

平成 19 年度～21 年度科学研究費補助金 基盤研究(B) 研究成果報告書  
課題番号 19300267

# 科学的リテラシーを向上させる 優れた理科授業に関する 教師用ビデオ教材の開発

平成 22 年 3 月

研究代表者 小 倉 康  
(国立教育政策研究所)



## はじめに

科学的リテラシーは、すべての国民が身につけるべき科学的素養のことである。将来の科学技術人材となるべき生徒には、それに加えてより専門性の高い科学の知識や技能を身につけさせる必要がある。理科教育は、この両面の必要性に対応しなければならないが、それぞれの内容をどのように捉え、理科教育としてそれをどのように実現するかは、各国でさまざまである。日本では、理科教育は、自然科学の体系的な知識を、より易しいものから難しいものへと学習させるようにカリキュラムを構成してきたため、将来、科学者や技術者とはならない大多数の生徒にとって、学習することの意義が実感しにくい教科と見られがちであった。一方、米国やカナダ、英国などでは、90年代以降、科学的リテラシーの育成を重視したカリキュラムや教科書が相次いで開発され、教育現場での経験が蓄積されている。OECDのPISA調査においても、科学的リテラシーの学習到達度が調査されている段階に入っている。

わが国では、学習指導要領が実質的に生徒に身につけさせる科学的リテラシーを規定するものとなっているにもかかわらず、2006年のPISA調査の結果から、今後、次のような理科学習を重視する必要があることがわかった。

- ①日常生活や実社会での出来事が理解でき、説明できるようになる理科学習。
- ②科学の大切さや意義が実感でき、科学を学習する目的が明確に意識できる理科学習。
- ③経験に基づき、主体的に追究する楽しさを実感できる理科学習。
- ④学習した事柄が、実生活や実社会での課題や疑問の解決に応用できる理科学習。
- ⑤科学の学習が様々な職業に求められる資質・能力と関連していると分かる理科学習。

さらに、テクノロジーと関連づけて、工学的な問題解決力を身につける理科学習も必要である。

新学習指導要領の理科が目指す方向性は、こうした課題と概ね符号したものであるが、どのような授業実践によって、これらの課題を克服していくかについては、研究が進んでいるとは言い難い状況である。

本研究は、科学的リテラシーを向上させる優れた理科授業について、理論と実践の両面から追究するとともに、教師教育用のビデオ教材の開発を目指した。本報告書は、3年間の研究成果をまとめたものである。連携研究者、研究協力者によって数多くの論文が作成され、協力校において様々な授業実践をビデオ収録することができた。ご支援ご協力いただいたすべての関係者に心より感謝申し上げます。今後、本研究の成果が、わが国の教育の発展に十分に貢献できるよう努めることでその責任を果たす所存である。

平成 22 年 3 月      国立教育政策研究所      小 倉   康

## 目 次

はじめに	( 1 )
目次	( 2 )
研究組織	( 6 )
研究協力者	( 7 )
研究業績等	( 9 )
第 1 章 総論 科学的リテラシーを向上させる優れた理科授業とは /小倉 康	(13)
1.1 本研究の目的とその背景	(15)
1.2 科学的リテラシーを理科教育にいかに関与させるか	(18)
1.2.1 米国における科学的リテラシーの育成へ向けた科学カリキュラムの改革	(18)
1.2.2 カナダでの科学的リテラシーの育成へ向けた科学カリキュラムの改革	(20)
1.2.3 英国での科学的リテラシーの育成へ向けた科学カリキュラムの改革	(24)
1.2.4 OECD における科学的リテラシーの位置づけ	(31)
1.2.5 米国における科学的リテラシーの育成を目指した科学教科書の事例	(37)
1.2.6 英国における科学的リテラシーの育成を目指した科学教科書 「21 世紀科学」	(39)
1.2.7 カナダにおける科学的リテラシーの育成を目指した科学教科書の事情	(47)
1.2.8 「科学的探究」と「問題解決」	(49)
1.2.9 わが国における戦後の科学カリキュラムからの教訓	(51)
1.2.10 科学的リテラシーを育成するこれからの理科教育の構築に向けて	(56)
1.2.11 科学的リテラシーを育成する理科授業を捉える枠組み	(59)
第 2 章 新たな授業実践と教師教育開発の視点からの研究	(65)
教員養成と教員研修における「優れた理科授業ビデオ」の活用 /松原道男	(67)
学部レベルの教員養成における優れた理科授業ビデオ活用の試み /中山迅、山口悦司	(69)
教職大学院における優れた理科授業のビデオ分析を活用した授業研究 /小林博典、中山 迅、小倉 康	(78)
構成的方法による理科授業ビデオの教材化の試み —大学学部生を対象とした理科授業分析— /益子典文、小倉康	(83)

科学的探究能力育成における教師の実践コミュニティ —福井大学教育地域科学部附属中学校を例に— Professional Learning Community in Teachers /石井恭子	(96)
科学技術の有用性を伝える理科授業の開発 —5年「磁石」を題材として— /人見久城、土田美栄子	(105)
継続的な観察などを充実させる授業実践 /小椋郁夫	(109)
ARISS スクールコンタクトを活用した科学技術教育 /船戸 智	(113)
「調べ学習」が科学的リテラシーの育成に及ぼす効果 /清水誠、小森栄治、田中修平	(117)
科学的に解釈する力の育成を目指した教授方法の工夫・改善 —小グループでの議論を促すことの効果— /黒川昇、清水誠	(123)
授業ビデオを活用した優れた小中学校理科指導に関する教師教育用教材 /小倉康、熊野善介、猿田祐嗣、清水誠、隅田学、中山迅、 鳩貝太郎、人見久城、益子典文、松原静郎、松原道男、吉田淳	(131)
第3章 科学的思考力の育成手法の側面からの研究	(133)
すべての教科で取り組む科学的思考力を育む教育課程研究開発学校 「(新)サイエンスプログラム」 /山下雅文	(135)
校外連携を活用した科学を探究する意欲を高める 教育プログラムの実践 /高木裕司、中村琢	(141)
科学的思考力育成のための新たなカリキュラム(併設中学校)の提案 /中山広文	(149)
理科を中心とした科学的思考力育成カリキュラムの構造化 —言語活動とCASE によるスキル学習に着目して— /高城英子	(153)
認知的発達レベルを探る「ローソンテスト」日本語版の作成について /笠潤平	(165)
PISA2006で見えてきた科学的リテラシー育成の課題 /小倉康	(172)
科学的リテラシー育成に向けた日本の理科教育の課題と 必要な理科教師支援 /小倉康	(174)
第4章 収録授業	(177)
授業01 特別活動「発電機を使ってゲームをしよう —学級や学校の生活づくり—」(小学2年)	(179)
授業02 「ヒトの誕生って？」(小学5年)	(180)
授業03 「流れる水のはたらき」(小学5年)	(185)
授業04 「生活を支える磁石」(小学5年)	(194)

授業 05 「わたしたちの暮らしと電気」(小学 6 年)	(198)
授業 06 「身の回りの物質(水溶液の性質)」(中学 1 年)	(199)
授業 07 「博物館レポート」(中学 1 年)	(205)
授業 08 「大地は語る」(中学 1 年)	(207)
授業 09 「進化」(中学 2 年)	(210)
授業 10 「大気中の水(単元 天気の変化)」(中学 2 年)	(212)
授業 11 「CASE 反比例」(中学 2 年)	
(第 3 章 科学的思考力育成のための新たなカリキュラム(併設中学校)の提案 を参照)	
授業 12 保健「砂糖について考えよう！」(中学 2 年)	(218)
授業 13 「たい積岩はどのようにして固結するか」(中学 3 年)	(222)
授業 14 「科学技術と人間」(中学 3 年)	
(第 2 章 「調べ学習」が科学的リテラシーの育成に及ぼす効果 を参照)	
授業 15 「科学技術と人間－放射線の性質と利用」(中学 3 年)	(224)
授業 16 「インセンティブ・レクチャー(4 回連続)」(高校 1 年)	
(第 3 章 校外連携を活用した科学を探究する意欲を高める教育プログラムの実践 を参照)	
授業 17 「溶解と極性」(高校 1 年)	(227)
第 5 章 科学的リテラシー育成に関する国際的視点からの研究	(235)
学校教育初期の段階における科学的探究能力育成の方法について -英国で開発された教材を参考に- 浅海範明	(237)
英国 GCSE 必修理科の「21 世紀科学」の目標、教科書、活動は 通常の科学的内容の習得型の理科とどれだけ異なるか? / 笠潤平	(249)
私立 A 高校 IGCSE における Investigation の取組 / 後藤顕一	(272)
先進的教育プログラムの取組に関するオーストラリア現地調査の報告 / 松原憲治	(280)
科学的リテラシーを向上させる理科授業に関する米国の教員研修 / 隅田学	(288)
カナダの科学教育による科学的リテラシーの育成 / 小倉康	(290)
PISA 調査データの二次分析に基づく 新たな科学技術人材育成指標の提案 / 小倉康	(292)
Comparison of Attitudes toward Science between Grade 9 and 10 Japanese Students By Using the PISA Questions and Its Implications on Science Teaching in Japan / 小倉康	(303)

第 6 章	理科授業へのロボットの活用ー工学的視点からの研究ー	(317)
	科学的リテラシーを向上させる工学的問題解決の研究ー第6学年「電気の利用」からのアプローチー / 日置光久 村山哲哉 塚田昭一	(319)
	LEGO ロボット活用による科学リテラシー向上を目指す 理科教育に関する一考察 / 荻野正彦	(323)
	ロボット教育の必要性～理科の授業へのロボットの活用～ / 鈴木勝浩	(327)
	ロボットを活用した理科教育への一提案 / 百武三郎	(331)
	科学的リテラシー、科学的能力を向上させるロボット科学教室の シラバス作成と小学校でのロボット教室実践 / 和田重雄	(336)
	レゴマインドストームを活用した小6理科「電気の利用」の指導 / 寺木秀一	(340)
	中学校理科におけるロボット製作授業の実践 / 小林輝明	(342)
	科学的リテラシーを育成する理科における 「ものづくり・工学的問題解決」としてのロボット活用	(349)
第 7 章	「ロボットを取り入れた科学リテラシーの指導法」ワークショップ	(349)
	プログラム	(351)
	講 演 1: 科学リテラシーとロボットの関係 / 小倉康	(353)
	実技講座1: レゴ®ブロックを使った理科実験 / 須藤みゆき	(362)
	講 演 2: 中学校での教育用レゴ®マインドストーム®NXT を使った 実践事例 / 小林輝明	(369)
	実技講座2: 教育用レゴ®マインドストーム®NXT のプログラミング体験 / 小林健介	(376)
	講 演 3: レゴ®ブロックを教材として活用する効果 / 樺山資正	(387)
	講 演 4: 理科教育に工学的要素を入れよう / 小森栄治	(395)
	参加者の感想・意見交換	(399)
第 8 章	新しい理科教員のための実験指導講座ーDVD	(403)
	新しい理科教員のための実験指導講座 / 小森栄治, 小倉康	(405)

## 研究組織

### 研究代表者

小倉 康 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官

### 連携研究者(50音順)

熊野 善介 静岡大学 教育学部 教授  
 後藤 顕一 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官  
 猿田 祐嗣 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官  
 清水 誠 埼玉大学 教育学部 教授  
 隅田 学 愛媛大学 教育学部 准教授  
 中山 迅 宮崎大学大学院教育学研究科 教授  
 鳩貝 太郎 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官  
 人見 久城 宇都宮大学 教育学部 准教授  
 益子 典文 岐阜大学 総合情報メディアセンター 教授  
 松原 憲治 国立教育政策研究所 教育課程研究センター基礎研究部 総括研究官  
 松原 静郎 桐蔭横浜大学スポーツ健康政策学部 教授  
 松原 道男 金沢大学 教育学部 教授  
 山口 悦司 宮崎大学大学院教育学研究科 准教授  
 吉田 淳 愛知教育大学 教育学部 教授  
 笠 潤平 香川大学教育学部 准教授

### 研究協力者（次頁以降に掲載）

本研究は、収録授業の内容検討、授業者と学校の協力による授業収録、そして、収録された授業の評価分析の各段階で、非常に多くの方々の協力を頂戴した。心から感謝申し上げるとともに、以下に御協力頂いた方々の御名前と、授業収録校として御協力頂いた学校名を記す。

交付決定額(配分額)

(金額単位:千円)

	直接経費	間接経費	合計
平成19年度	4,700	0	4,700
平成20年度	4,300	0	4,300
平成21年度	4,300	0	4,300
総計	13,300	0	13,300



## 研究協力者（敬称略）

### 1. 研究協力者(氏名・所属, 50音順)

浅海 範明	やまぐち総合教育支援センター
石井 恭子	福井大学教育学研究科
荻野 正彦	さいたま市立西原中学校
小椋 郁夫	岐阜県伊自良青少年の家
樺山 資正	レゴジャパン(株)レゴエデュケーション
小林 健介	(株)ナリカ
小林 輝明	東京都新宿区立新宿中学校
小林 博典	宮崎大学大学院教育学研究科
小森 栄治	日本理科教育支援センター
須藤 みゆき	レゴジャパン(株)レゴエデュケーション
鈴木 勝浩	埼玉県春日部市立大沼中学校
高城 英子	松戸市立第一中学校
高木 裕司	学校法人静岡理工科大学静岡北高等学校
田中 修平	流山市立北部中学校
田中 正夫	(株)ナリカ
塚田 昭一	新座市教育委員会指導課
寺木 秀一	東洋大学
中村 琢	学校法人静岡理工科大学静岡北高等学校
中村 久良	(株)ナリカ
中山 広文	岡山県立倉敷天城中学校
日置 光久	文部科学省初等中等教育局
百武 三郎	藤沢市立御所見中学校
船戸 智	岐阜県関市立武芸川中学校
村山 哲哉	国立教育政策研究所教育課程研究センター研究開発部
山下 雅文	広島大学附属福山中・高等学校
笠 耐	元・上智大学
和田 重雄	お茶の水女子大学サイエンス&エデュケーションセンター

## 2. 収録授業の授業者と授業収録協力校

### 授業者(50音順)<sup>※</sup>

井口 桂一  
川瀬 秀樹  
窪田 雅文  
隈元 修一  
小森 栄治  
酒井 立人  
杉山 直樹  
土田 牧也  
土田 美栄子  
南部 浩一  
平賀 博之  
丸本 浩  
三宅 幸信  
山田 貴之  
渡邊 寛樹

### 授業収録協力校(50音順)

宇都宮大学附属小学校  
岡山県立倉敷天城中学校  
岐阜県関市立旭ヶ丘中学校  
岐阜市立竹鼻中学校  
岐阜市立長良東小学校  
岐阜市立陽南中学校  
岐阜大学附属中学校  
埼玉県蓮田市立蓮田南中学校  
埼玉大学附属小学校  
静岡理工科大学静岡北高等学校  
栃木県那須町立黒田原小学校  
広島大学附属福山中・高等学校  
宮崎県清武町立清武中学校  
宮崎大学附属中学校

※ 授業ビデオの特定を避けるため所属校は  
非掲載としています。

**研究業績等**  
(平成 19～21 年度)

- ・ 清水誠, 久保厚彦, 大高綾子(2010)「質量保存概念形成を促す教授方法に関する研究－考えを外化し議論することの効果－」『理科教育学研究』50(3), 日本理科教育学会, 109-116.
- ・ 石井 恭子, 油谷泉, 小島敏弘, 葛生伸(2009)「科学的探究を競う中高生のイベント「ふくい理数グランプリ」」『応用物理教育』No. 33(2), pp.75-80.
- ・ 石井恭子, 伊佐公男(2009)「授業作りと模擬授業を核とした理科教材研究の実践報告」『福井大学教育実践研究』No.33, pp.123-131.
- ・ Matsubara, K. (2009) Lesson Analysis on Zambian Grade 9 Science Classes from the Viewpoint of Student-centered Approach, A paper presented at the 8th Science Education Research Symposium, University of Canterbury College of Education, New Zealand, November 19, p.8.
- ・ 松原憲治, 池田秀雄 (2009)「国際教育協力を志向した授業分析(1)-理科授業における教師－生徒間の発問-応答分析」『日本理科教育学会第 59 回全国大会発表論文集』, p.213.
- ・ 小倉康 (2009)「学習意欲の向上を図り, 生きる力を育む理科の指導」『中等教育資料』 第 878 号(7月号), pp.10-15.
- ・ Ogura, Y. (2009) PISA2006 Assessment of Attitudes Toward Science, in R. Bybee & R. McCrae (eds.) “PISA Science 2006: Implications for Science Teachers and Teaching”, NSTA PRESS, pp.139-147.
- ・ 小倉康 (2009)「カナダの科学教育における科学的リテラシーの育成」『日本物理教育学会物理教育』 Vol.57, No.1, pp.30-35.
- ・ 小倉康, 松原静郎(2009)「理科授業の国際比較－TIMSS1999 理科授業ビデオ研究の結果－」『日本理科教育学会 理科の教育』 Vol.58, No.679, pp.8-11.
- ・ 小倉康 (2009)「カナダの科学教育による科学的リテラシーの育成」『日本科学学会年会論文集』33, pp.417-418.
- ・ Ogura, Y. (2009) “Science-related Career Aspiration of Japanese Students in PISA and Its Implication on Science and Technology Education in Japan”, Poster presented at 2009 International Conference of East-Asian Science Education (EASE) in Chinese Taipei, October 22.
- ・ Ogura, Y. (2009) “Comparison of Attitudes toward Science between Grade 9 and 10 Japanese Students By Using the PISA Questions and Its Implications on Science Teaching in Japan”, Paper presented at the PISA research conference in Kiel,

Germany, September 14-16.

- Ryu, J. et al. (2009), A comparison of school physics in Japan and the UK - from the experience of trial teaching Advancing Physics -, Proceedings of The International Conference in Physics Education, pp.116-117.
- 笠潤平(2009)「Modellus3.0 および WorldMaker 新版など「アドバンスング物理」新版CDROM 所収のソフトウェア教材について」『物理教育通信』No.135, 物理教育研究会, pp.45-73.
- 笠潤平(2009)「マクデルモット他「入門物理におけるチュートリアル」とミネソタ大学の「協同的問題解答」」『物理教育通信』No.137, 物理教育研究会, pp.61-75.
- 笠潤平(2009)「認知的発達レベルを探る「ローソンテスト」日本語版の作成について」『物理教育通信』No.137, 物理教育研究会, pp.76-90.
- 笠潤平(2009)「英国 GCSE 必修理科の「21 世紀科学」の目標、教科書、活動は通常の内容の習得型の理科とどれだけ異なるか？」『物理教育通信』No.138, 物理教育研究会, pp.52-65.
- 笠潤平(2009)「探究活動の指導」『授業に活かす！理科教育法・中高編』(左巻健男, 内村浩編), 東京書籍, pp.141-158.
- Sakata, S., Takagaki, M., Matuura S., Mori K., Shimizu M. (2009) 「The Case Study of Rika Class Reflections by Video Analyses Through Fieldwork Activities」『埼玉大学紀要教育学部(教育科学)』58(1), pp.9-13.
- 清水誠, 安田修一(2009)「相互教授を導入した授業における相互作用の効果—消化と吸収の学習を事例に—」『理科教育学研究』(日本理科教育学会)50(2), pp.81-88.
- Ishii, K., Tanemura, M., Okiharu, F., Onishi, H., Yokoe M., Kawakatsu, H. (2008) The history and aim of LADY CATS (Physics Women Teachers in Japan) The Third IUPAP International Conference on Women in Physics 2008, pp.43-44.
- 小倉康 (2008) 「PISA2006 で見えてきた科学的リテラシー育成の課題」『日本科学学会年会論文集』32, pp.1-4.
- 小倉康 (2008) 「科学的リテラシー育成に向けた日本の理科教育の課題と必要な理科教師支援」『日本科学学会年会論文集』32, pp.111-112.
- 小倉康 (2008) 「PISA の調査項目を用いた日本の中学3年生と高校1年生の科学への態度の比較」『日本科学教育学会科学教育研究』Vol.32, No.4, pp.330-339.
- 小倉康 (2008) 「優れた小中学校理科指導に関する研修用授業ビデオ」『日本理科教育学会理科の教育』Vol. 57, No. 674, pp.40-43.
- 小倉康 (2008) 「科学的リテラシーを育むこれからの理科教育—2006 年 PISA 調査の結果を

受けてー』『広領域研究』No.69, 4-12.

- ・ 小倉康 (2008) 「PISA 調査の意義と背景等, 調査の概要について」『日本理科教育学会 理科の教育』Vol. 57, No. 671, pp.4-7.
- ・ 小倉康 (2008) 「PISA2006 における科学的リテラシーとしての態度の測定」『国立教育政策研究所紀要』No. 137, pp.59-70.
- ・ 小倉康 (2008) 「PISA における習熟度レベルの設定について」『指導と評価』Vol.54, No.3, pp.46-50.
- ・ 笠潤平他 4 名(2008) 「ソコロフ・ソーントンの力と運動の概念調査問題と京都におけるアクティブ・ラーニングの試行」『物理教育通信』No.133, 物理教育研究会, 40-44.
- ・ 笠潤平他(2008) 「アドバンシング物理研究会(京都・和歌山)の活動方法と成果ー京都での活動を中心にー」『物理教育』55(2), 物理教育学会, 117-122.
- ・ 笠潤平、右近修治(2008) 「ワークショップ:物理教育の改革 ジョン・オグボーン他」『物理教育』56(1), 物理教育学会, 47-52.
- ・ 笠潤平(2008) 「アドバンシング物理新版について」『物理教育通信』No.133, 物理教育研究会, 69-78.
- ・ Sachiko Tosa, Kyoko Ishii (2008), What does Inquiry-Based Teaching Mean to Japanese and American Middle-School Science Teachers?, The 20th JUSTEC Conference 2008 in Kyoto Proceedings, pp.33-36.
- ・ 清水誠, 大山亨, 中村友之(2008) 「実験グループの人数が理科学習に与える影響」『理科教育学研究』49(1), 日本理科教育学会, 65-72.
- ・ 小倉康 (2007) 「科学コミュニケーション支援型学習と子どもたちの理科学習への価値意識との相関」『日本科学教育学会 科学教育研究』Vol.31, No.4, pp.340-353.
- ・ 小倉康 (2007) 「大規模教育調査と教科教育学」『日本教科教育学会誌』Vol.30, No.3, pp.49-52.
- ・ 小倉康 (2007) 「科学的探究能力育成スキル1ー科学的探究能力をどうやって育むか?」『サイエンスコミュニケーション』千葉和義他編, 日本評論社, pp.109-162.
- ・ 小倉康 (2007) 「TIMSS2003 からわが国の児童・生徒の理科学力の問題点を探る」『日本理科教育学会 理科の教育』Vol. 56, No.1, pp.12-15.
- ・ 小倉康, 熊野善介, 猿田祐嗣, 清水誠, 隅田学, 中山迅, 鳩貝太郎, 人見久城, 益子典文, 松原静郎, 松原道男, 吉田淳 (2007) 「授業ビデオを活用した優れた小中学校理科指導に関する教師教育用教材」『日本科学学会年会論文集』31, pp.339-340.
- ・ 笠潤平(2007) 「未来のための物理教育 ジョン・オグボーン」『物理教育』55(4), 物理教育学会, pp.334-337.

- 笠潤平(2007)「高校物理の根本問題」『大学の物理教育』13(2), 日本物理学会, pp.71-72.
- 笠潤平(2007)「理科(高校)の学習指導案例とその説明」『平成 19 年度学習指導案実例集』, 京都大学教育学研究科・京都大学教育学部, pp.71-78.
- 清水誠・山浦麻紀(2007)「観察時に生徒が演繹的に学習に取り組む効果－花のつくりの学習を事例に－」『理科教育学研究』47(3), 日本理科教育学会, pp.9-14.
- 清水誠, 矢野聖也(2007)「考察を深めることが理解の深まりに与える効果－植物のはたらきの学習を事例に－」『理科の教育(投稿論文)』56(664), 日本理科教育学会, pp.54-57.
- 清水誠, 渡邊文代, 安田修一(2007)「外化と内省が理解に与える効果－維管束の学習を事例に－」『理科教育学研究』48(2), 日本理科教育学会, pp.45-51.
- 山崎敏昭, 岩間徹, 笠潤平他 7 名(2007)「日本とイギリスの高校物理教育の比較－放射線学習を例に－」『近畿の物理教育』No.13, 物理教育学会近畿支部, pp.18-21.
- 吉田順一, 清水誠(2007)「話し合いボードを活用し, 議論することが概念獲得に及ぼす効果－水に溶ける物質の様子 of 学習を事例に－」『理科の教育(投稿論文)』56(658), 日本理科教育学会, pp.60-63.

# 第 1 章

## 総論

科学的リテラシーを向上させる  
優れた理科授業とは





# 第1章 総論 科学的リテラシーを向上させる優れた理科授業とは

研究代表者 小倉 康

## 1.1 本研究の目的とその背景

### 教員の指導力向上の重要性

少子高齢化が進展する中、科学技術を基盤とする社会構造を維持発展するためには、より優れた科学的資質・能力を有する若者を確保するとともに、良質な科学的リテラシーを有し、科学技術の振興に理解を示す市民で構成される社会を構築する必要がある。この過程で、学校を中心とした子どもたちに対する教育は中心的な役割を担う。政府の第三期科学技術基本計画が掲げる科学好き子どもの裾野を広げ、知的好奇心に溢れた子どもを育成する諸々の施策の成功は、学校で子どもたちがどのような科学に触れることができるかに大きく依存している。学年が上がるとともに科学離れが進行する現状に対抗するために、科学コミュニケーターとしての理科を教える教員の力量向上が必須であることは明らかであるが、教員向けに文書による指導・助言や学問的な資料の提供は数多くなされても、いかなる授業実践が期待されるかが具体的に示されることは皆無に等しい状況であった。具体的な授業実践面での改革の遅れが、子どもたちの科学離れへの対処を遅らせてきたと考えられる。

### 授業ビデオの蓄積と研修への活用の実績

研究代表者は、平成12年度から3年間研究代表者を務めた基盤研究(A)(2)「わが国と諸外国における理科授業のビデオ分析とその教師教育への活用効果の研究:IEA/TIMSS-R 授業ビデオ研究との協調」、及び平成15年度から4年間研究代表者を務めた基盤研究(A)(1)「優れた小中学校理科授業構成要素に関する授業ビデオ分析とその教師教育への適用」において、わが国の中学校理科授業実践の国際比較を行い、その問題点を明らかにするとともに、小・中学校の理科学習指導要領に含まれる広範な授業内容に関して、経験豊かな理科教員の授業をビデオ収録し、優れた理科授業の構成要素を分析して、理科教員養成と現職教育用の教材を開発してきた。

この一連の過程で、教員向けに優れた理科授業実践を具体的に示すことのできる膨大なデータが得られたが、それは従来の「理科」という教科の授業改善を目途とするもので、「より優れた科学的資質・能力を有する若者を確保するとともに、良質な科学的リテラシーを有し、科学技術の振興に理解を示す市民で構成される社会を構築する」という今日的な課題には十分対応したものではなかった。

### 科学的リテラシー育成への期待

「良質な科学的リテラシー」の育成は、経済協力開発機構(OECD)が、科学技術経済の進展した21世紀の国際社会で充実した社会生活を営む市民の育成に向けた各国の教育政策の評価と改善のために実施している15歳段階の「生徒の学習到達度調査」(PISA)の主たる測定領域の一つである。研究代表者は、2002年度より「科学的リテラシー」を定義し調査内容を決定する国際委員会委員を務めている

が、2006年にOECDが公開した『PISA2006年調査 評価の枠組み OECD生徒の学習到達度調査』(国立教育政策研究所監訳, 2007年)では、その定義は次のようになっている。

「科学的リテラシーとは、個人が、疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とその活用であり、科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探究の一形態として理解することであり、科学と技術(テクノロジー)が我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形作っているかを認識することであり、思慮深い一市民として、科学的な考えをもち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わることである。」

### 日本の理科授業の弱点

こうした定義に基づくと、これまでわが国の理科学習指導要領が目標としてきた子どもの理科学力は、科学的リテラシーの一部にしか当たらないことがわかる。実際に、研究代表者と連携研究者の松原静郎が日本側の国際調査担当者を務めた「IEA/TIMSS-R 授業ビデオ研究」(小倉康, 松原静郎ほか(2006)「TIMSS1999 理科授業ビデオ研究の結果」『日本科学教育学会年会論文集 30』(pp.203-204.)、及び、Roth, K.J., et.al (2006) “Teaching Science in Five Countries: Results from the TIMSS 1999 Video Study” NCES 2006-11, U.S. Department of Education)によると、5か国の理科授業を数量的に分析し、統計的に比較した結果、わが国の理科授業は、生徒自らが考えて観察実験のデータを処理したり、実生活や「STS」(Science & Technology in Society)など科学以外の側面に関連づけたりすることに乏しく、科学的リテラシーの育成という点で弱いことが示されている。

### 海外で先行する科学的リテラシーの教育

米国では、すでに1980年代に「良質な科学的リテラシー」の育成を目指した教育改革論議が高まり、1989年には全米科学振興協会(AAAS)による「すべてのアメリカ人のための科学」が示され、90年代以後、米国、カナダ、英国(イングランド)を含む数多くの国々で科学的リテラシーを志向した理科教育改革が進展した。これらの改革の中で、育成したい科学的リテラシーの明確化が進み、それを実現するための具体的な教育内容と方法、評価を伴ったカリキュラムが開発されてきた(詳細は、『科学的リテラシーと科学的探究能力』平成17年度文部科学省科学研究費補助金特定領域研究(課題番号17011073, 研究代表者小倉康)報告書(2006)、及び、『理科好きの裾野を拓げ、トップを伸ばす科学カリキュラムとは』平成18年度科学研究費補助金特定領域研究(課題番号17011073, 研究代表者小倉康)研究報告書(2007)を参照のこと。いずれも、<http://www.nier.go.jp/ogura/>からPDFファイルがダウンロード可能)。

### 本研究の目的と展開

以上の経緯を踏まえ、日本の理科教育改革にとって、科学的リテラシーの育成を目指したカリキュラム開発への挑戦と、教員の指導力の向上は、きわめて重要な課題であると判断した。そこで、これからの日本の子どもたちに育成すべき (a)科学的リテラシーの内容に関する研究、(b)科学的リテラシーの学習方法に関する研究、(c)理科を教える教員の指導力とその開発に関する研究、(d)諸外国における科学的リテラシーの育成状況に関する研究、及び、日本の現在の理科教育で取り扱いが希薄となっている (e)科学的リテラシーの工学(テクノロジー)的側面の育成に関する研究の進展を視野に入れて、平成19年度に本研究に着手した。加えて、平成20年度からの移行期間を経て、平成23年度から小学校で、平成24

年度から中学校で、それぞれ全面実施となる (f)新学習指導要領で必要となる指導力の基礎について研修用ビデオを開発し、理科を教える教員に提供することが必要と判断し、これも視野に入れることとした。また、これらの研究の過程で収録された授業ビデオは、これまでの研究で蓄積されている授業ビデオとともに、理科を現在あるいは将来教える教員のための効果的な教材として開発を進め、その成果を大学と都道府県等教育センター、学校などで幅広く利用できるようにすることを目的とした。

これらの研究テーマは、いずれも今後の日本の理科教育を発展させる研究開発のフロンティアに位置している。そのため、さまざまな専門分野の連携研究者と、幅広い授業実践開発の経験を有する研究協力者、及び授業収録に協力する授業者と学校とで研究体制を組織し、テーマ別に研究を遂行し、研究代表者が全体を統括することとした。本報告書は、それぞれのテーマに関して、研究体制のメンバーによって、期間中に取り組みされた研究と開発した教材及び収録した授業をとりまとめて報告するものである。各テーマに対応する章立ては以下のようになっている。

(a)科学的リテラシーの理科教育への位置づけに関する研究	第1章
(b)科学的リテラシーの学習方法に関する研究	第3章
(c)理科を教える教員の指導力とその開発に関する研究	第2章
(d)諸外国における科学的リテラシーの育成状況に関する研究	第5章
(e)科学的リテラシーの工学(テクノロジー)的側面の育成に関する研究	第6, 7章
(f)新学習指導要領で必要となる指導力の基礎についての研修用ビデオの開発	第8章

## 1.2 科学リテラシーを理科教育にいかに関与させるか

「科学リテラシー」は、本研究の中心概念であり、90年代以後の理科教育改革の国際的な動向の中心に位置している。この動向の中でも、米国、カナダ、英国(イングランド)、及びOECDのPISA(生徒の学習到達度調査)における取り組みは、理科教育にいかに関与させるかを検討する上で重要な知見を与えるものである。以下では、それぞれの取り組みの特徴を分析し、わが国の理科教育の現状も踏まえて、科学リテラシーを理科教育にいかに関与させるかについて論じる。

### 1.2.1 米国における科学リテラシー<sup>(脚注)</sup>の育成へ向けた科学カリキュラムの改革

1980年代の米国においては、1983年の『危機に立つ国家－教育改革の要請』<sup>1)</sup>の審議会答申を契機として、教育全般の改革が国家的規模で進められた。答申は、科学教育について「高校の科学教育は、生徒たちに(a)物理科学と生命科学の概念、法則、プロセス、(b)科学的探究と推論の方法、(c)科学的知識の日常生活への応用、(d)科学と技術の発展が社会と環境に持つ意味、を与えるべきである。科学の諸科目は、大学に進学する者と進学しない者の両者に対して、改訂され、刷新されるべきである」と述べている。すべての高校生が習得すべき科学が、知識のみならず、科学的な考え方を含み、日常生活に応用でき、さらに社会や環境と密接に関係するものとなることを訴えている。

『危機に立つ国家－教育改革の要請』において学校カリキュラムの改善への協力を要請された米国科学振興協会(AAAS)は、アメリカ人の科学リテラシーの向上を促すことを使命とした「プロジェクト2061」を1985年に発足させた。プロジェクト2061は、最初の成果として1989年に『すべてのアメリカ人のための科学』<sup>2)</sup>を、続いて1993年に『科学リテラシーへのベンチマーク』<sup>3)</sup>を刊行した。

『すべてのアメリカ人のための科学』は、教育の最終成果として一人ひとりの国民がいかなる科学技術的な素養を有するべきかを示した文書で、そこでは、「科学リテラシーを備えた人物というものは、科学、数学、技術がそれぞれの長所と制約を持ち、かつ相互に依存する人間活動であるということ意識した上で、科学の主要な概念と原理を理解し、自然界に精通してその多様性と統一性の双方を認識し、個人的、社会的目的のために科学的知識と科学的な考え方をを用いるような人物である」とされている。教育されるべき科学リテラシーの内容を具体的に記した提言は、12の章から構成され、それらの章のタイトルは、「科学の本質、数学の本質、技術の本質、物理的背景、生命環境、人間(ヒト)、人間社会、設計された世界、数学的世界、歴史的観点、共通の主題、思考の習慣」となっている。科学リテラシーは物理学、化学といった既存の個別科学から寄せ集められた知識ではなく、個人的や社会的な目的の文脈において適用される人間活動の所産としての科学的知識と科学的な考え方の集成だとする立場が貫かれている。

『科学リテラシーへのベンチマーク』は、最終的な目標である科学リテラシーに到達するまでの通過点として、第2学年、第5学年、第8学年、及び第12学年の終わりに到達されるべき水

---

<sup>(脚注)</sup> 本稿では、「科学リテラシー(scientific literacy)」と「科学リテラシー(science literacy)」の意味を明確に分けていないが、いずれかに統一することでそれぞれが用いられてきた文脈を歪める可能性があることから、原典にしたがって用語を使い分けている。

準の知識や技能を示している。これによって、合理的かつ効果的に目標を実現することが意図されている。

プロジェクト 2061 における科学リテラシー像は、教科としての科学と数学、技術を統合的に扱っているため、それを学校カリキュラムの教科内容として位置づけることは難しい。全米研究審議会(NRC)によって、学校の科学カリキュラムを開発するための全国的な指針として検討され、1995年に刊行されたのが『全米科学教育スタンダード』<sup>4)</sup>である。『全米科学教育スタンダード』は、科学的リテラシーを身につけた市民のあるべき姿を実現するための、すべての児童・生徒のための科学教育の指針として設計された。ここで、科学的リテラシーとは、「個人的な意思決定、または市民のおよび文化的な活動への参加、そして経済生産力の向上のために必要になった、科学的な概念およびプロセスについての知識および理解のこと」<sup>5)</sup>とされており、個人や社会的活動への適用性が強調されていることから、上述のプロジェクト 2061 での科学リテラシーの捉え方と共通する立場と言える。科学的リテラシーの実現までの過程は、幼稚園から第4学年、第5学年から第8学年、第9学年から第12学年の3段階で示されている。また、教育内容は、探究としての科学、物理科学、生命科学、宇宙及び地球科学、科学と技術、個人的・社会的観点から見た科学、科学の歴史と本質という7つの領域で構成されており、個別科学の領域を超えた学際的な内容の取り扱いが求められている。

全国規模での『全米科学教育スタンダード』の策定作業に並行して、全米各州でも州独自のスタンダードが開発され策定されていった。科学の教科書は、全米のスタンダードと州のスタンダードに沿ったものであることが、採択の重要な基準となった。プロジェクト 2061 の活動は、こうした科学カリキュラムのスタンダード策定過程に大きく影響を及ぼした<sup>6)</sup>。さらに、さまざまな科学教科書を『科学リテラシーへのベンチマーク』と『全米科学教育スタンダード』に照らして評価した結果を公開し、教科書採択の際の評価参考として提供している<sup>7)</sup>。

こうして、『全米科学教育スタンダード』の策定によって、1990年代後半以降の米国の科学カリキュラムは、科学的リテラシーの育成に向けた全国的変革を決定づけることとなった。その内容は、わが国の学習指導要領が依然として依拠している物理・化学・生物・地学のそれぞれの系統的知識の結合の論理とは大きく異なっている。図1に、第9学年から第12学年の段階における内容構成を示す。これらの内容は、幼稚園から第4学年の段階、及び第5学年から第8学年の段階においても、それぞれ、発達段階に応じた学習内容が、共通の内容領域に設けてあり、幼稚園から第12学年にかけて体系的に学習が深まるように一貫性した構造を採っている。

伝統的な自然科学の教育内容と比較すると、「統一的概念とプロセス」「探究としての科学」「科学と技術」「個人的社会的観点から見た科学」「科学の歴史と本質」が特徴的である。これらの内容の学習をいかに実現するかが、科学教育に携わる関係者に要求されている具体的な今日的課題であると捉えることができる。

図1 『全米科学教育スタンダード』における第9～12学年の生徒の学習内容構成

内容領域	すべての生徒の学習内容
統一的概念とプロセス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・システム、順序と組織</li> <li>・証拠、モデルと説明</li> <li>・不変、変化と測定</li> <li>・進化と平衡</li> <li>・外観と機能</li> </ul>
A. 探究としての科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・科学的探究に必要な能力</li> <li>・科学的探究についての理解</li> </ul>
B. 物理科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子の構造</li> <li>・物質の構造と性質</li> <li>・化学反応</li> <li>・運動と力</li> <li>・エネルギーの保存と無秩序の増大</li> <li>・エネルギーと物質の相互作用</li> </ul>
C. 生命科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・細胞</li> <li>・遺伝に関する分子の基礎</li> <li>・生物学的進化</li> <li>・生物の相互依存、エネルギーと生物システム中の組織</li> <li>・生物の行動</li> </ul>
D. 宇宙及び地球科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地球システム中のエネルギー</li> <li>・地球化学的サイクル</li> <li>・地球システムの起源と進化</li> <li>・宇宙の起源と進化</li> </ul>
E. 科学と技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>・技術的な計画能力</li> <li>・科学と技術についての理解</li> </ul>
F. 個人的社会的観点から見た科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・個人と共同体の健康</li> <li>・人口増加</li> <li>・天然資源</li> <li>・環境の質</li> <li>・自然災害とで人間の誘発した災害</li> <li>・局地的、全国的、全世界的な挑戦における科学と技術</li> </ul>
G. 科学の歴史と本質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・人間の努力としての科学</li> <li>・科学的な知識の性質</li> <li>・歴史的な見通し</li> </ul>

### 1.2.2 カナダでの科学的リテラシーの育成へ向けた科学カリキュラムの改革

カナダでは、すべての子どもたちに対する科学的リテラシーの育成を目的として、『幼稚園から第12学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワーク』<sup>8,9)</sup>が1997年に策定され、全カナダの科学カリキュラム開発者がこの共通フレームワークに沿って作業することを期待して公表された。その開発に当たっては、上述のProject2061による『すべてのアメリカ人のための科学』を始め、科学的リテラシーを育成する科学教育に関する幅広い知見が分析された。その結果、科学的リテラシーを育成する科学教育が次のように位置づけられ、フレームワークの策定の前提とされた。

1. 科学的リテラシーは、性別や文化的背景にかかわらず、すべての生徒にとって重要なものである。
2. 科学的リテラシーは、すべての生徒たちが、公的私的の両面で、乗り出すべき旅である。
3. 科学的リテラシーのある個人に要求されることは、ある程度の知識とスキル、態度を習得

しており、探究と問題解決、及び、意思決定の能力を発達させ、一人の生涯学習者であり、世界に関する不思議さに惹かれる感覚（センス・オブ・ワンダー）を保持していることである。

4. 科学教育プログラムは、科学とテクノロジー、社会、環境（STSE）に関する見方を含むべきであり、スキルと知識と態度を高めてすべての生徒たちの科学的リテラシーを確実に発達させるべきである。
5. STSE(科学とテクノロジー、社会、環境)に関する見方は、生徒の学習に関連性があり意味あるものとするために、理科教育の中での主たる推進力となるべきである。

フレームワークでは、「科学とテクノロジーと社会と環境（STSE）」「スキル」「知識」「態度」の4つの「基礎力」が同定され、それぞれの学習成果が、第3学年、第6学年、第9学年、第12学年の各終末段階に対応して示されている。図2にその概念構成図を示す。

科学的な「知識」を科学教育で育成する基礎学力の1つの構成要素とし、その他に「スキル」「態度」及び「科学とテクノロジー、社会、環境（STSE）」を並列に位置づけ、構成要素間の相互作用、とりわけ科学的探究と問題解決、意思決定のプロセスを強調することで、伝統的な自然科学の知識教授に留まらない科学教育を目指そうとしていることがわかる。

これらの構成要素すべてが教育内容であるが、教育内容を具体的に学習成果として表したものが「全般的学習成果」と「特定の学習成果」となっている。「全般的学習成果」は、複数の学年のまとまりに対応しており、その期間終了時まで達成すべき学習内容というやや長期的な目標を示している一方で、「特定の学習成果」は各学年で達成すべき学習内容という短期的な目標を示している。特定の学習成果は、それらが実現される実際的な学習単元の文脈で、それらを図3のような「クラスター」（群）ごとにまとめて示されている。

それぞれのクラスターでの学習が想定されている学習成果は、それぞれ「科学とテクノロジーと社会と環境との関連性の認識」「知識」の3つの「基礎力」別にまとめられており、「態度」の基礎力については、学年のまとまりごとに、その期間の終わりまでに到達することが求められている。（具体的な学習成果の記載については、文献9を参照のこと。）

『幼稚園から第12学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワーク』が、「科学教育プログラムは、科学とテクノロジー、社会、環境（STSE）に関する見方を含むべきであり、スキルと知識と態度を高めてすべての生徒たちの科学的リテラシーを確実に発達させるべきである」という科学教育の位置づけに沿った具体的な提案となっていることがわかる。米国の『全米科学教育スタンダード』よりも「科学とテクノロジー、社会、環境」、「スキル」、「態度」を基礎力として明瞭に位置づけ、詳細な到達目標としての学習成果を明示している。

図 2 『幼稚園から第 12 学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワーク』の概念構成図

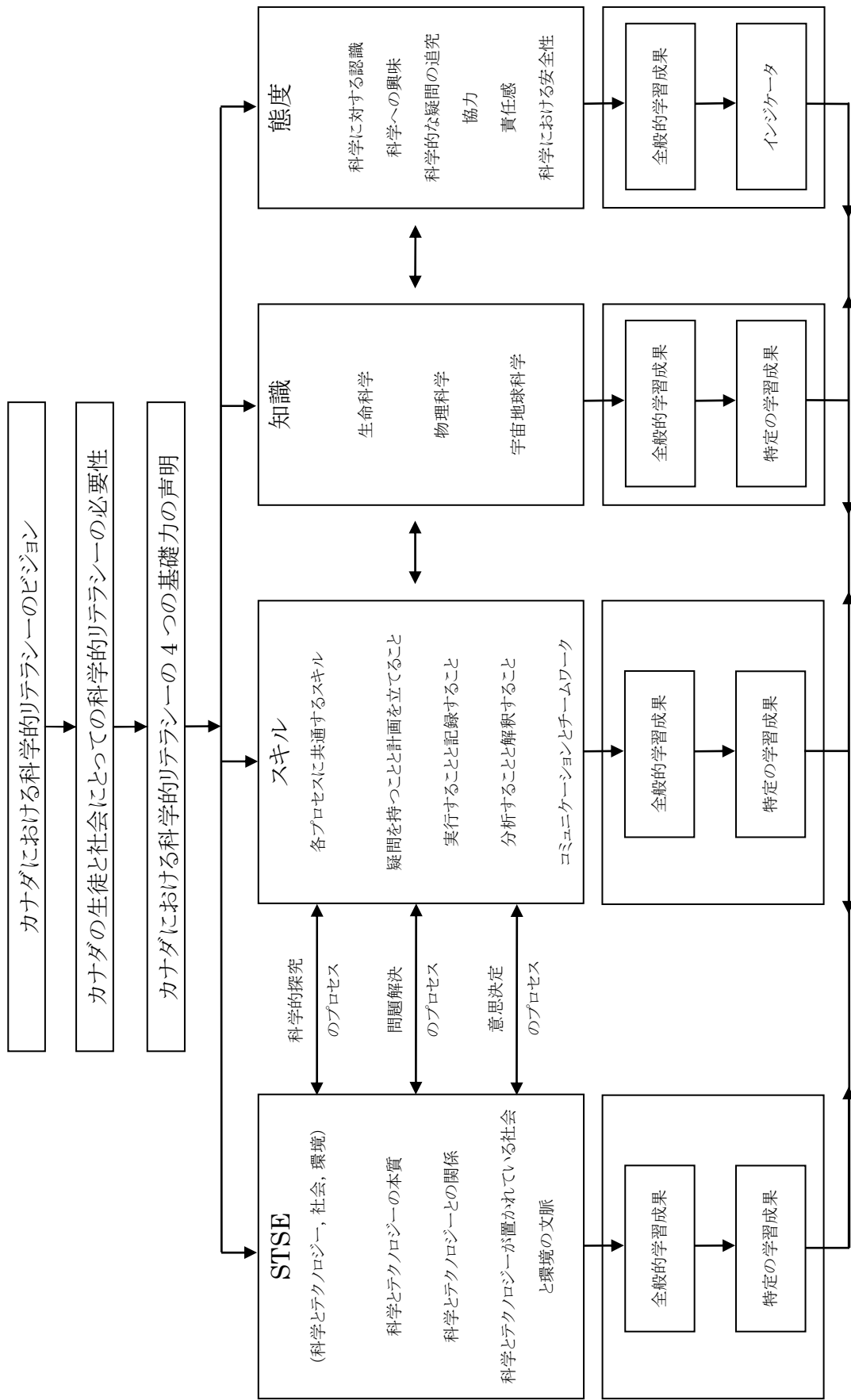




図3 幼稚園から第12学年までの各学年で示されている学習成果のクラスター名

[幼稚園から第3学年の段階]

幼稚園	【感覚を働かせて世界を探究する】	第2学年	【動物の成長と変化】 【液体と固体】 【相対的位置と運動】 【環境の中での空気と水】
第1学年	【生物の必要性と特徴】 【物体と材料の特性】 【材料と私たちの感覚】 【1日の変化とある季節の中での変化】	第3学年	【植物の成長と変化】 【材料と構造】 【目に見えない力】 【土の中を探究する】

[第4学年から第6学年の段階]

第4学年	【棲息地とコミュニティ】 【光】 【音】 【岩, 鉱物, 浸食】	第6学年	【生命の多様性】 【電気】 【飛行】 【宇宙】
第5学年	【基本的必要性を満たし, 健康な体を維持する】 【材料の特性と変化】 【力と単純機械】 【気象】		

[第7学年から第9学年の段階]

第7学年	【生態系との相互作用】 【混合物と溶液】 【熱】 【地殻】	第9学年	【繁殖】 【原子と分子】 【電気の特徴】 【宇宙探査】
第8学年	【細胞, 組織, 器官, 系】 【光学】 【流体】 【地球の水系】		

[第 10 学年から第 12 学年の段階]

第 10 学年 【生態系の持続性】

【化学反応】

【運動】

【気象の力学】

第 11～12 学年

生命科学

【生殖と成長】

【生命にとっての物質と  
エネルギー】

【遺伝的連続性】

【進化, 変化, そして多様性】

【動的な均衡を保つこと】

【生物間の相互作用】

第 11～12 学年

化学

【有機化学】

【酸とアルカリ】

【構造から特性へ】

【電気化学】

【溶液と化学量論】

【熱化学】

第 11～12 学年

物理学

【力と運動, 仕事】

【エネルギーと運動量】

【波】

【場】

【放射能と現代物理学】

第 11～12 学年

宇宙地球科学

【地球のシステム】

【地球の資源】

【地球のプロセス】

【地質の歴史】

【天文学】

### 1.2.3 英国での科学的リテラシーの育成へ向けた科学カリキュラムの改革

北米大陸でのこうした動きとは別に、イングランドにおいては、1980 年代に公立学校に通うすべての児童・生徒に対する教育水準を高める改革が進展し、1989 年に初めて全国規模で共通の教育内容を示したナショナルカリキュラムが策定された。ナショナルカリキュラムでは、5 歳から始まる 11 か年の義務教育期間をキーステージ 1 (2 年間) とキーステージ 2 (4 年間) の初等教育段階と、キーステージ 3 (3 年間) とキーステージ 4 (2 年間) の中等教育段階の 4 つのキーステージに区分し、それぞれの終わりに対応した科学の学習内容と到達目標が示されている<sup>10)</sup>。キーステージ 3 までの 9 年間は、すべての児童・生徒に共通のカリキュラムであるが、キーステージ 4 の 2 年間は、中等教育修了のための資格試験の受験のため、個々の生徒の能力・適性、将来選択に応じた科目選択が可能となっている。「科学的リテラシー」という用語は用いられていないが、ナショナルカリキュラム(科学)に現れる「科学の重要性」についての以下の引用は、その位置づけが北米における「科学的リテラシー」の捉え方と共通性の高いものであることがわかる。Ratcliffe<sup>11)</sup>も、ナシ

ョナルカリキュラムでの科学の位置づけが「科学的リテラシー」の方向性と同様であると分析している。

「科学」は生徒たちを刺激し、身の回りの世界の事物現象に関する好奇心をかき立てる。また、この好奇心を知識で満たす。科学はアイデアと実際上の経験とを直接結びつけ、そのため、さまざまな水準で学習者が取り組むことができる。科学的な方法は実験による証拠とモデル化を通じた説明の発展と評価に関わっている。これが批評的思考と創造的思考に拍車をかける。科学を通して、生徒たちはいかに重要な科学的アイデアが産業やビジネス、医学に影響を与え、生活の質を改善させるようなテクノロジーの変化に貢献するものであるかを理解する。生徒たちは科学を学ぶ重要性を認識し、その世界的な発展を追跡する。彼らは、自身の生活に影響するかもしれない科学に基礎をおく諸問題と社会の行く末、及び世界の将来について疑問をもったり討論したりすることを学ぶ。(p.15)

ナショナルカリキュラム（科学）の学習内容は、11 年間の義務教育期間を通して、「科学的探究」「生命のプロセスと生物」「物質とその特性」「物理的过程」の 4 つの領域で構成されている。「科学的探究」という領域横断的な内容設定が特徴的であるが、その中身は、「科学の本質」に関する理解と、「探究能力」としての、「計画すること」、「証拠を得ることと提示すること」、「証拠を考察すること」、「評価すること」、という 4 つの基礎的能力で構成され、発達段階とともに、より単純で基礎的な能力から複雑で高度な能力への計画的成長が図られている。義務教育終了段階（キーステージ 4）の「科学的探究」に関する学習内容を図 4 に示す<sup>12)</sup>。

この「探究能力」の達成度の評価は、4 つの基礎的能力の各指導項目の達成度を判断するための評価基準例や具体的な子どもの活動やレポートの例が提供されており、教師の評価結果の信頼性を高める努力と工夫がなされている。また、キーステージ 2 とキーステージ 3 の終わりに、筆記試験ではあるが「全国テスト」が実施され、その中で「探究能力」の到達状況の把握をねらった出題が工夫されている。

さらに、中等教育修了のための資格試験（GCSE）では、「コースワーク」と呼ばれる実験レポートを提出させて、標準化された評価基準に沿って得点化するようにしており、それを筆記試験での得点に加えて、修了資格の段階（A\*,A,B,C,D,E,F,G,及び u という無資格）の判定に用いる<sup>12)</sup>。これによって、すべての生徒にとって、科学的探究を実行する能力を身につけることが不可欠なものとして、そのような科学教育実践が求められている。GCSE における科学の「コースワーク」の評価基準を図 5 に示す。各生徒が提出したレポートは、この評価基準に沿って得点化される。評価結果は、学校内でのモデレーションと呼ばれる二重チェック体制と、外部評価機関の専門のモデレーターによるサンプルチェックによって、その信頼性を高めるような努力がなされている。

また、ナショナルカリキュラムにおいては、すべての生徒に、教科横断的に、重要な諸スキル (key skills) を伸長させることが求められている。「科学」では次のようなスキルが示されている<sup>12)</sup>。これらスキルも、科学的探究を支える基盤的な能力であると考えられる。

- ・ さまざまな文脈において事実やアイデアや意見を明らかにするとともに他人に伝えることを通じた「コミュニケーション」スキル。
- ・ 直接的や二次的なデータを収集し、吟味し、分析することを通じた「数の応用」スキル。
- ・ 広範な情報通信技術の使用を通じた「情報テクノロジー」スキル。
- ・ 科学的調査を実行することを通じた「他人と一緒に作業する」スキル。
- ・ 成し遂げてきたことを振り返り、達成したことを評価することを通じた「自分の学習と成績を向上させる」スキル。
- ・ 科学的な疑問に創意ある解で答える方法を見つけることを通じた「問題解決」スキル。

英国では、このように、科学的リテラシーの重要な構成要素として、すべての生徒に「科学的探究」の基礎力を確実に身につけさせる指導と評価を充実しているところが特徴的である。

2006年9月から、ナショナルカリキュラムの義務教育終了段階(キーステージ4)の科学の内容が大幅に変更された。新しいカリキュラムでは、前記の「探究能力」の領域が拡張され、それを含む形で、「科学はどうかはたらいているか How science works」という領域名称となり、コアと呼ばれるすべての生徒が履修すべき内容として位置づけられた。「学習の範囲 Breadth of study」と呼ばれるコアに含まれる科学の体系的知識の範囲はより厳選され、コアを履修した後に、生徒の能力資質に合った科目をさらに選択させる形態となった。図6に領域「科学はどうかはたらいているか」、図7に領域「学習の幅」の内容を示す。

「科学はどうかはたらいているか」の内容は、大きく「データ、証拠、理論、及び、説明」「実践能力及び探究能力」「コミュニケーション能力」「科学の応用と関連」の4つの項目で構成されている。これらの領域横断的で活用範囲の広い資質や能力は、「学習の幅」で示されるいわゆる科学の知識の学習に統合されるように教えられることが求められている。このことから、科学の学習を通じて、科学的な体系的知識の習得に止まらず、実践的な科学的探究能力を獲得することに加えて、さらに、これらの領域横断的な資質や能力をすべての生徒に獲得させようとしていることがわかる。

図4 Key stage 4における領域1「科学的探究」の学習内容<sup>12)</sup>

領域1「科学的探究」(Key Stage 4)

科学での考え方と証拠

1. 生徒たちは以下の事項を教えられるべきである
  - a いかにより科学的な考え方が発表され、評価され、広まっていくか。(例えば、出版物や他の科学者のレビューによって)
  - b 経験的な証拠を異なって解釈することから、いかにより科学的な論争が巻き起こるか。(例えば、ダーウィンの進化論)
  - c 科学的な仕事、それがなされる状況から影響を受ける様(例えば、社会的、歴史的、倫理的、精神的)と、そうした状況が考え方を受け入れるか、いかに影響を与えるか。
  - d 産業的、社会的、及び環境的な問題に取り組む際の科学の力と限界について考察すること。それは、科学が答えられることと答えられないこと、科学的な知識の不確かさ、及び、関連する審美的な諸問題も含む。

調査能力

2. 生徒たちは以下の事項を教えられるべきである。

「計画すること」

  - a 科学的な知識と理解を用いて、さまざまな考えを調査できる形式に変換し、適切な方略を計画すること。
  - b 直接経験に基づく証拠を用いるか、あるいは二次的な情報源からの証拠を用いるかを決定すること。
  - c 適切な場面で、予備的な作業を行って、予測を立てること。
  - d 証拠を収集する際、考慮すべき主要な要因について検討し、また、容易に変数がコントロールできないような状況(例えば、野外作業や調査など)いかにより証拠を収集できるかを検討すること。
  - e 収集しようとするデータの範囲と程度(例えば、生物調査の際の適切な標本の量)、技法、装置、及び用いる材料を決定すること。

「証拠を得ることと提示すること」

- f 幅広い装置や材料を用いて、かつ、自身や他人の安全を確保する作業環境を保つこと。
- g データ収集に当たって、ICT(情報通信技術)を使用することを含んだ観察や測定を行うこと。
- h 誤差を低減したり、信頼性の高い証拠を得たりするために十分な観察や測定を行うこと。
- i 観察や測定における不確かさの程度を判断すること。(例えば、繰り返し測定における分散を用いて、測定値の平均値の正確さの程度を判断すること)
- j ダイアグラムや表、チャート、グラフ、及びICT(情報通信技術)を用いて、量的データや質的データを表現したり、他人に伝えたりすること

「証拠を考察すること」

- k ダイアグラムや表、チャート、グラフを用いて、データにおけるパターンや関連性を見つけたり説明したりすること。
- l 計算の結果を適切な程度の正確さで表現すること。
- m 観察や測定、その他のデータを用いて、結論を導くこと。
- n こうした結論がどの範囲において予測を支持するか、及び、さらなる予測を可能とするか、について説明すること。
- o 科学的な知識と理解を用いて、観察や測定、その他のデータ、及び結論を説明したり解釈したりすること。

「評価すること」

- p 不規則なデータについて、それらを却下、もしくは採用するための理由について検討するとともに、測定と観察にともなう不確かさに関して、データの信頼性を検討すること。
- q 収集した証拠がいかなる結論やなされる解釈を十分に支持するかどうかについて検討すること。
- r 用いた方法に対する改善点を示唆すること。
- s さらなる調査について示唆すること。

図5 GCSEにおける科学の「コースワーク」の評価基準<sup>12)</sup>

能力領域 P「計画すること」(Planning)

- 2点 P.2a 単純な手順を説明している。
- 4点 P.4a 根拠を確実にするような証拠を収集するように計画している。  
P.4b 証拠に関して相応しい準備物や情報源の利用を計画している。
- 6点 P.6a ある手続きを計画し伝えるために科学的知識と理解を用い、重要な諸要因を特定したり、変化させたり、抑制したり、考慮に入れたり、また、適切な場合に予測を行っている。  
P.6b 証拠を収集するために、ある適当な範囲と大きさを決定している。
- 8点 P.8a ある適切な手法を計画し伝えるために詳細な科学的知識と理解を用いており、そこに、正確で信頼できる証拠を生成する必要性と、予測をした場合に予測を正当化する必要性を考慮している。  
P.8b 計画を述べるために、適切な場合に先行研究から関連する情報を用いている。

能力領域 O「証拠を得ること」(Obtaining Evidence)

- 2点 O.2a ある単純で安全な手順を用いていくらか証拠を収集している。
- 4点 O.4a 活動に十分で適切な証拠を収集している。  
O.4b 証拠を記録している。
- 6点 O.6a 十分に体系的で正確な証拠を集め、また、適切な場面で繰り返しや確認をしている。  
O.6b 収集した証拠を明確にかつ正確に記録している。
- 8点 O.8a ある適切な範囲で信頼できる証拠を得たり記録したりするための正確な手順と技能を用いている。

能力領域 A「証拠を分析し考察すること」(Analysing and considering evidence)

- 2点 A.2a 証拠によって何が示されるかを簡潔に述べている。
- 4点 A.4a 証拠を説明するための基礎として、単純な図解や図表やグラフを用いている。  
A.4b 証拠中の傾向とパターンを特定している。
- 6点 A.6a ある結論に向けて証拠を処理するために、相応しい図解や図表、グラフ(適切な場合に最適に当てはまる線が引かれている)、あるいは数字で表す方法を作ったり用いたりしている。  
A.6b 証拠に合致するある結論を導き、それを科学的知識と理解を用いて説明している。
- 8点 A.8a 詳細な科学的知識と理解を用いて、証拠を処理して導かれた根拠の確かな結論を説明している。  
A.8b 予測がなされていた場合に、どの程度まで結論がその予測を支持するかを説明している。

能力領域 E「評価すること」(Evaluating)

- 2点 E.2a 用いた手順や得られた証拠に関連した批評を行っている。
- 4点 E.4a 何らかの変則を特定しながら、証拠の質について批評している。  
E.4b 手順の適切性について批評し、また適切な場合に、それを改善するための変更点を示唆している。
- 6点 E.6a 証拠の信頼性と、それが結論を支持するに十分かどうかについて、変則を説明しながら、批評的に考察している。  
E.6b 付加的に関連する証拠を与えるさらなる研究について、詳細に記述している。

図6 キーステージ4における「科学はどうかはたらいっているか How science works」の内容

データ、証拠、理論、及び、説明

- a 科学的なデータが、どのように収集され、解析されるか
- b データの解釈の仕方、創造的な思考の用い方、考えをテストしたり、理論を構築するためにどのように証拠を提示するか
- c 科学的な理論、モデルや考えを使って、多くの現象に関する説明がどのように発展していけるか
- d 現在の科学では答えが出ていない問題や説明ができない問題があること

実践能力及び探究能力

- a 科学的な考えをテストしたり、科学的な疑問に答えたり、科学的な問題を解決したりするための計画を立てること
- b 直接にデータを収集したり、ICTやその他のツールを使うなどして二次的にデータを収集したりすること
- c 直接にデータを収集する際に、正確にかつ安全に、個人や他人と協力して作業すること
- d データの収集方法について評価したり、証拠としてのデータの妥当性や信頼性について考察すること

コミュニケーション能力

- a 科学的な情報や考えを想起したり、分析したり、解釈したり、応用したり、疑問を発したりすること
- b 定性的検討と定量的検討の両方を用いること
- c 科学や科学技術や数学の言語や、きまり、記号、情報通信手段などを用いて、情報を提示したり、主張を構成したり、結論を導いたりすること

科学の応用と関連

- a 現代の発展した科学や科学技術の利用と、それらの利益、不利益、危険性に関すること
- b 科学や科学技術に関する決定が、それがもたらす倫理上の問題も含めて、どのようにまたどうして行われるかに関する事、及び、そうした決定の及ぼす社会経済環境への影響について考察すること
- c 科学的な知識と科学的な考えの不確実性が、時間が経過するといかに変化するかに関する事、及び、そうした変化を正当化する際に科学者コミュニティが果たす役割に関する事

図7 キーステージ4における「学習の範囲 Breadth of study」の内容

生物と健康

- a 生物は相互依存している。また、その環境に適応している
- b 種の多様性は、進化的な変化を導きうる。また、種の類似性や差異性は測定し分類することができる。
- c 生物が機能する仕方は、細胞中の遺伝子に関係している
- d 化学的信号と電気的信号によって、体のシステムが、体のある最適な状態に維持するために、内部からと外部からの変化に対応することを可能とする
- e 人の健康は、様々な環境的、遺伝的な諸要因、薬の使用や誤用、医学的処置によって影響を受ける

化学的な物質の振舞い

- a 化学的な変化が、物質中の原子の再配置によって起こる
- b 物質間の化学反応にはパターンがある
- c 新たな物質が、化学反応によって、天然資源から作られる
- d ある物質の特性は、その利用のされ方を決定する

エネルギー、電気、及び放射

- a エネルギーの移動は測定され、その効率が計算できる。そのことは、エネルギーを使用することの経済的なコストと環境的な影響を考慮する際に重要になる
- b 電力は容易に変換され、制御される。そして、様々な異なる状況で使用することができる
- c 電離放射線を含む様々な放射が、エネルギーを移動できる
- d 波動の形態の放射は、コミュニケーションに用いられる

環境、地球と宇宙

- a 環境に対する人間の活動の影響が、生物指標と非生物的指標を用いて測定できる
- b 地球の表面と大気は、地球の起源から変化し続け、現在も変化している
- c 太陽系は宇宙の一部で、その起源から変化し続け、今も長期的な変化を示している。



### 1.2.4 OECD における科学的リテラシーの位置づけ

先進国及び西ヨーロッパの殆どの国が加盟する OECD（経済協力開発機構）では、1997 年より DeSeCo<sup>17)</sup>（重要なコンピテンスの定義と選択）プロジェクトを発足させ、市民に期待されるコンピテンス（資質や能力）の検討を進めた。DeSeCo は、コンピテンスの必要性を個人の成功のためと、社会の成功のための両面から捉え(図 8)、その必要性を満たすためのコンピテンスとして次の 3 つの領域を定義した。

領域「ツールを効果的に用いることができる」

個人は、情報技術など物理的なツールとともに言語の使用など社会文化的なツールを幅広く用いる必要がある

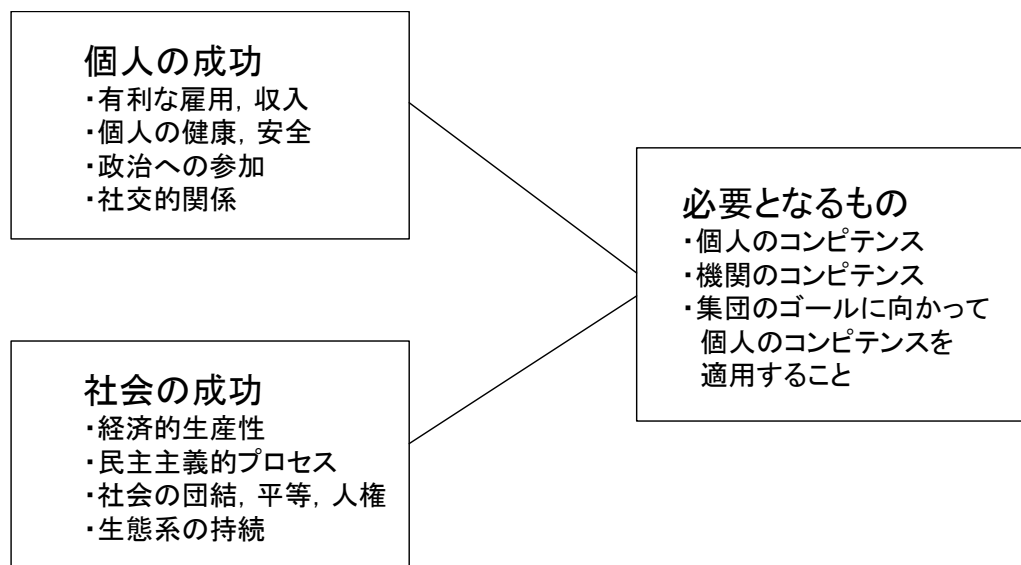
領域「異質な集団において活躍できる」

個人は、世界が益々相互依存的になるにつれ、さまざまな背景をもつ人々と協力して取り組む必要がある

領域「自律して活動できる」

個人は、自らの生活に責任をもち、広範な社会状況に生活を位置づけ、自律して活動する必要がある

図 8 コンピテンスの必要性



OECD は、加盟国の義務教育終了段階にある生徒が、今日の社会が直面する課題に対してどの程度準備ができていないかを測定する「生徒の学習到達度調査 (PISA)」<sup>14,15,16)</sup>を 2000 年から 3 年間隔で実施している。PISA 調査は、主として、領域「ツールを効果的に用いることができる」のコンピテンスの到達度を測定するものであり、科学的リテラシーも、

そうしたコンピテンスの文脈を背景としている。したがって、図 8 に示されるように、個人の成功と社会の成功のために役立つ学習成果として「科学的リテラシー」を位置づけていることとなる。

PISA 調査では、2006 年に科学的リテラシーを初めて中心測定領域とした調査を行った。2000 年、2003 年の調査と比べて、約 3 倍の調査時間が割り当てられるとともに、質問紙調査についても科学的リテラシーに関わる調査項目を中心に設計することが可能となった。そのため、改めて測定する科学的リテラシーを多面的・総合的に分析し、それぞれの側面に関連づけた問題を作成するとともに、出題問題全体で科学的リテラシーをバランス良く測定できるように調査問題を構成する枠組み「フレームワーク」<sup>15)</sup>が作成された。その検討は、科学的リテラシーの国際専門委員会（Science Expert Group: SEG）で原案を作成し、OECD の運営理事会（PGB）に承認を求める形で準備を進めた。SEG は、米国で長年、科学的リテラシーの普及を理論面と実践面で支えてきた Roger Bybee 氏を委員長とし、筆者を含む 11 か国 12 名の専門家で構成された。

#### 科学的リテラシーの定義

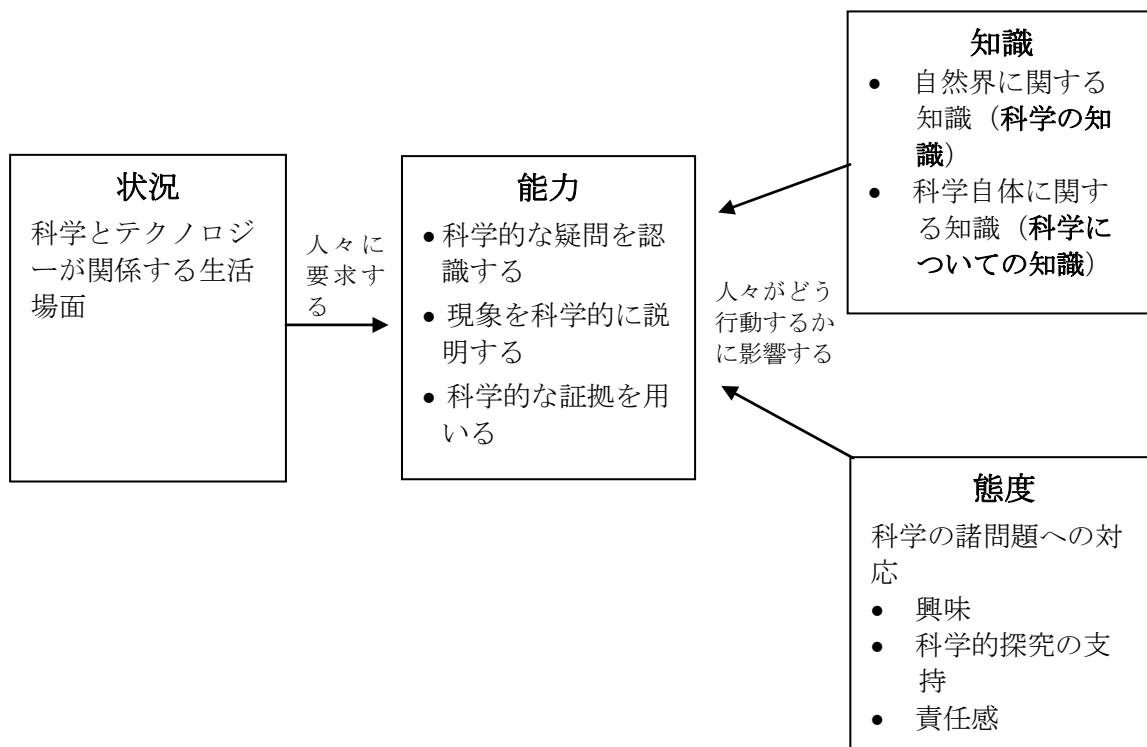
フレームワークの検討において、SEG は、一つの根元的な問い「科学とテクノロジーが関係する諸々の状況において、市民は何を知っていて、何に価値を感じて、何をすることができることが重要か」への回答となるように、科学的リテラシーを捉え、次のように定義した。

科学的リテラシーとは、個人が、

- ・ 疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とその活用であり、
- ・ 科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探究の一形態として理解することであり、
- ・ 科学と技術（テクノロジー）が我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形作っているかを認識することであり、
- ・ 思慮深い一市民として、科学的な考えをもち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わることである。

そして、科学的リテラシーを構成する諸要素とそれらの関係を図 9 に示す構造で捉えた。

図 9 PISA2006 における科学的リテラシーを捉える構造



- ・ 状況 (context) は、評価の対象ではなく、科学的リテラシーが活用される諸問題の文脈を特定する。フレームワークでは「個人的、社会的、地球的」という3つの次元で、「健康、資源、環境、災害、フロンティア」の5つのテーマを構造化 (図 10) している。
- ・ 知識(knowledge)は、いわゆる科学の知識(knowledge of science)と、科学についての知識(knowledge about science)との2面で捉えている。前者は「物理的システム、生命システム、地球と宇宙のシステム、テクノロジーのシステム」(図 11) の4つのテーマで、後者は「科学的探究、科学的説明」(図 12) の2つのテーマで捉えている。
- ・ 態度(attitudes)は、科学的リテラシーの定義で強調されているように、PISA2006において、科学的リテラシーの評価対象となった。「科学への興味、科学的探究を支持する、資源と環境に対する責任」(図 13) の3つのテーマで捉えている。
- ・ 能力(competencies)は、他の要素からの矢印が集まることで表現されているように、科学的リテラシーが活用される認知的プロセスそのものである。「科学的な疑問を認

識する、現象を科学的に説明する、科学的証拠を用いる」(図 14) の 3 つのテーマで捉えている。

科学的リテラシーを評価するために、図 1 の各構成要素を捉える枠組みを、図 10～図 14 に示す。

図 10 PISA2006 における科学的リテラシーが活用される「状況」の枠組み

<b>個人的な状況</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 健康 (例: 健康の維持, 事故, 栄養)</li> <li>➤ 資源 (例: 個人の物質とエネルギー消費)</li> <li>➤ 環境 (例: 環境に優しい行為, 物質の使用と廃棄)</li> <li>➤ 災害 (例: 自然災害と人為的災害, 家を建てる際の決断)</li> <li>➤ フロンティア (例: 自然現象に関する科学的説明への興味, 科学に基づく趣味, スポーツやレジャー, 音楽と個人使用のテクノロジー)</li> </ul>
<b>社会的な状況</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 健康 (例: 病気の制御, 社会的伝染, 食品の選択, コミュニティの健康)</li> <li>➤ 資源 (例: 人口の維持, 生活の質, 食料の確保, 生産, 流通, エネルギーの供給)</li> <li>➤ 環境 (例: 人口分布, 廃棄物処理, ゴミ処理, 環境への影響, 地方の気象)</li> <li>➤ 災害 (例: 急速な変化 [地震, 激しい気象], ゆっくりな漸進的变化 [沿岸の浸食, 沈降], リスク評価)</li> <li>➤ フロンティア (例: 新素材, 装置と処理, 遺伝子操作, 兵器テクノロジー, 輸送)</li> </ul>
<b>地球的な状況</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 健康 (例: 流行 (伝染) 病の発生, 感染症の蔓延)</li> <li>➤ 資源 (例: 再生可能と非再生可能, 自然のシステム, 人口増加, 種の持続可能な利用)</li> <li>➤ 環境 (例: 生物多様性, 生態系の持続可能性, 個体数制御, 土壌の生成と流失)</li> <li>➤ 災害 (例: 気候変動, 近代的戦争の影響)</li> <li>➤ フロンティア (例: 種の絶滅, 宇宙探査, 宇宙の起源とつくり)</li> </ul>

図 11 PISA2006 における科学的リテラシーとしての「能力」の枠組み

<b>科学的な疑問を認識する</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 科学的に調査可能な疑問を認識する</li> <li>➤ 科学的情報を検索するためのキーワードを特定する</li> <li>➤ 科学的な調査について、その重要な特徴を識別する</li> </ul>
<b>現象を科学的に説明する</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 与えられた状況において科学の知識を適用する</li> <li>➤ 現象を科学的に記述したり解釈したりして、変化を予測したりする</li> <li>➤ 適切な記述，説明，予測を認識する</li> </ul>
<b>科学的証拠を用いる</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 科学的証拠を解釈し，結論を導き，伝達する</li> <li>➤ 結論の背景にある仮定や証拠，推論を特定する</li> <li>➤ 科学やテクノロジーの発展の社会的意味について考える</li> </ul>

図 12 PISA2006 における科学的リテラシーとしての「科学の知識」の枠組み

<b>物理的システム</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 物質の構造（例：分子モデル，結合）</li> <li>➤ 物質の特性（例：状態変化，熱と電気の伝導性）</li> <li>➤ 物質の化学変化（例：反応，エネルギーの移動，酸とアルカリ）</li> <li>➤ 運動と力（例：速度，摩擦）</li> <li>➤ エネルギーとその変換（例：保存，散逸，化学反応）</li> <li>➤ エネルギーと物質の相互作用（例：光と電波，音波，地震波）</li> </ul>
<b>生命システム</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 細胞（例：構造と機能，DNA，植物と動物）</li> <li>➤ ヒト（例：健康，栄養，サブシステム（消化，呼吸，循環，排泄，それらの関係），病気，繁殖）</li> <li>➤ 個体数（例：種，進化，生物多様性，遺伝的多様性）</li> <li>➤ 生態系（例：食物連鎖，物質とエネルギーの流れ）</li> <li>➤ 生物圏（例：生態系の助け，持続可能性）</li> </ul>
<b>地球と宇宙のシステム</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 地球システムの構造（例：地圏，大気圏，水圏）</li> <li>➤ 地球システムにおけるエネルギー（例：エネルギー源，地球気候）</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 地球システムの変化（例：プレートテクトニクス，地球化学的循環，構成的な力と破壊的な力）</li> <li>➤ 地球の歴史（例：化石，起源と進化）</li> <li>➤ 宇宙における地球（例：重力，太陽系）</li> </ul>
<p><b>テクノロジーのシステム</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 科学に基づくテクノロジーの役割（例：諸問題の解決，人間の必要性や希望をかなえる助け，調査の計画と実行）</li> <li>➤ 科学とテクノロジーとの関係（例：テクノロジーは科学の発展に貢献する）</li> <li>➤ 概念（例：能率化，トレードオフ，コスト，リスク，利益）</li> <li>➤ 重要な諸原理（例：基準，制約，革新，発見，問題解決）</li> </ul>

図 13 PISA2006 における科学的リテラシーとしての「科学についての知識」の枠組み

<p><b>科学的探究</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 発端（例：好奇心，科学的な疑問）</li> <li>➤ 目的（例：科学的な疑問に答えるのに役立つ証拠を得ること，探究を方向付ける今日的な発想やモデルや理論）</li> <li>➤ 実験（例：異なる疑問が異なる科学的調査を提案する，実験計画）</li> <li>➤ データのタイプ（例：定量的 [測定]，定性的 [観察]）</li> <li>➤ 測定（例：固有の不確実性，複製可能性，変動（変異）性，装置と手順の正確性と精度）</li> <li>➤ 結果の特性（例：実験的，試験的，検証可能な，反証可能な，自己修正的）</li> </ul>
<p><b>科学的説明</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ タイプ（例：仮説，理論，モデル，法則）</li> <li>➤ 構成（例：データの表現，既存の知識と新たな証拠の役割，創造性と想像力，論理）</li> <li>➤ ルール（例：論理的に一貫しなければならない，証拠に基づく，歴史的知識と今日的知識）</li> <li>➤ 成果（例：新しい知識の生成，新しい手法，新しいテクノロジー，新しい疑問と調査を導く）</li> </ul>

図 14 PISA2006 における科学的リテラシーとしての「態度」の枠組み

<b>科学への興味</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 科学と科学が関連するさまざまな問題や努力に好奇心を示す</li> <li>➤ さまざまなリソースや手法を用いて、一層の科学的知識と能力を獲得することに意欲を示す</li> <li>➤ 科学が関連する職業を検討することを含んで、科学的情報を求めたり、科学への興味を継続させたりすることに意欲を示す</li> </ul>
<b>科学的探究を支持する</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 異なった科学的見方や論点を検討する重要性を認める</li> <li>➤ 事実に関する情報を用いることと合理的な説明を支持する</li> <li>➤ 結論を導く際に論理的で慎重な過程をとる必要を表明する</li> </ul>
<b>資源と環境に対する責任</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 持続可能な環境を維持する事に対する個人としての責任感を示す</li> <li>➤ 個人の行動が環境に及ぼす影響の認識を示す</li> <li>➤ 自然資源を維持する行動に意欲を示す</li> </ul>

### 1.2.5 米国における科学的リテラシーの育成を目指した科学教科書の事例

米国では、1995年の『全米科学教育スタンダード』の策定後、それに対応した新たな科学教科書が開発されてきた。その代表例として、“Science Plus Technology and Society”<sup>18)</sup>を紹介する。これを取り上げる理由は、プロジェクト 2061 による教科書評価結果<sup>7)</sup>で、中学校（ミドルスクール）用の科学教科書で相対的に高い評価を受けた教科書であるからである。以下にその主な特徴を記す。

教科書は緑レベル、赤レベル、青レベルの3分冊からなっており、それぞれを通常1年間かけて学習する。各冊とも分厚く、約550頁のいわゆる本文に、発展的な学習資料としての約200頁が続く。教科書で扱われる知識量の多さは、米国の科学教科書の一般的特徴であるが、想定されている授業時数は、週当たり5時間であり、わが国での週3時間かそれ以下の状況とは大きく異なる。図15に、それぞれのレベルの単元タイトルと、括弧内に単元内の各章のタイトルを示す。

各単元は、物理科学、生命科学、地球科学のいずれかを中心としつつも、他の2つとも関連するように融合が図られている。また、“Science Plus Technology and Society”という教科書名がその姿勢を象徴しているように、科学と社会、および科学と技術との関連性

を示す事例が数多く盛り込まれている。さらに「社会における技術」「科学と技術」「科学と技術の環境への影響」「科学と健康」「現実の科学者」「科学と芸術」「奇妙な科学」をテーマとして述べた4つのコラムが各単元末に掲載され、学際性を更に高めている。

また、すべての単元で、観察実験に関わる幅広い科学的探究能力が扱われており、各単元で「観察する」「伝達する」「測定する」「比較する」「対照する」「組織化する」「分類する」「分析する」「推測する」「仮説を立てる」「予測する」の中から特に強調される3つの能力が明確に示されている。さらに、教師用書では、『全米科学教育スタンダード』の各項目と教科書との対応関係が明確に示されている。これらのことから、この教科書が目標とされている科学的リテラシーの育成に向けて数多くの工夫を図ったものであるとわかる。

図 15 米国の中学校科学教科書“Science Plus Technology and Society”(2002)の内容

[緑レベル]

- 単元 1 科学とテクノロジー (科学とは; 科学的であるとは; 科学からテクノロジーまで)
- 単元 2 生き物のさまざまなパターン (生きていることと蹴って動かすこと; 成長のパターン; 反応のパターン; 生命のブロックを組み立てる)
- 単元 3 小さな世界 (隠れた世界; 友か敵か; それぞれの場所で細菌を大事にすること)
- 単元 4 物質を調べる (物質に出会う; 物質を測定する; 物質をもっと知る)
- 単元 5 化学的な変化 (薬品とあなた; ゲームの名前は「変化」; 化学を学習する)
- 単元 6 エネルギーとあなた (エネルギーのさまざまな顔; 電気エネルギーに注目; エネルギーの代金; エネルギーの昨日, 今日, 明日)
- 単元 7 温度と熱 (温度, 熱, 移動する熱)
- 単元 8 私たちの変化する地球 (変化しうる惑星; 速い変化と遅い変化; 水と風と氷)

[赤レベル]

- 単元 1 相互作用 (プレイヤーと役割; エネルギーの大切さ; 変化に変化, さらに変化)
- 単元 2 生き物の多様性 (こんなに多様! ; なぜそんなに多様なのか? ; 追跡する)
- 単元 3 溶液 (溶液か否か? ; 溶液と溶質を分離する; 溶液の濃度)
- 単元 4 力と運動 (力を理解する; 力を測定する; 力と見合う動き; 力をもっと知る)
- 単元 5 構造とデザイン (構造に関する科学; デザイン (設計) のアート)
- 単元 6 休むことのない地球 (揺れる, 鳴る, 流れる; 岩石の役割; 化石-過去の記録)
- 単元 7 星々に向かって (観察者たち; 地球は動く; 太陽系を探究する; 私たちの宇宙)
- 単元 8 成長する植物 (庭の養分; 植物体内の動き; あなたの身のまわりの植物)



## [青レベル]

- 単元 1 生命のプロセス（生きるためのエネルギー；ある水の世界；生命を維持する）
- 単元 2 粒子（観察することを超えて；粒子たちの入れ物（ケース）；粒子モデルを確かめる；原子の世界）
- 単元 3 機械，仕事とエネルギー（エネルギーを仕事に注ぐ；エネルギーを利用する）
- 単元 4 海洋と気候（惑星の温度；水の海洋と大気；風と気流）
- 単元 5 電磁気システム（導線内のエネルギー；電気のみなもと；電流と回路）
- 単元 6 音（音って何？；音はどのように伝わるか；近づいて聞く）
- 単元 7 光（光の正体；光はどのように振る舞うか；光とイメージ）
- 単元 8 生命の連続性（数々の発見；生命の取り扱い説明書）

### 1.2.6 英国における科学的リテラシーの育成を目指した科学教科書「21 世紀科学」

イングランドのキーステージ 4 における新たなカリキュラムを具体化するための教科書として、「21 世紀科学」(Twenty First Century Science)が開発された。「21 世紀科学」は、ヨーク大学、ナフィールド・カリキュラム研究所、OCR 試験機構が、約 3 年をかけて、ナフィールド財団、ソルターズ研究所、ウェルカムトラスト財団の支援を受けて開発し、2006 年にオクスフォード大学出版社から出版されたプログラムである。

「21 世紀科学」は、大きく、「GCSE Science」「GCSE Additional Science」「GCSE Additional Applied Science」の 3 つのプログラムから構成されている。

#### 「GCSE Science」

「GCSE Science」は、全員が履修するコアとなる科目で、ナショナルカリキュラム「科学」キーステージ 4 の「科学はどうかはたらいているか How science works」に対応する「科学に関する考え Ideas about Science」と呼ぶ内容を強調している。モジュールと呼ばれる 9 つの単元は、生物的な内容、化学的な内容、物理的な内容（地学を含む）がそれぞれ 3 つ含まれており、各単元は 12 授業時間で指導されることが想定されている。

#### 「GCSE Science」の内容

- B1 君と君の遺伝子
- B2 健康を維持する
- B3 地球上の生物
- C1 大気のクオリティ

C2 材料の選択

C3 食事に関わること

P1 宇宙の中の地球

P2 放射と生命

P3 放射能物質

「B1 君と君の遺伝子」では、遺伝子とそのはたらき、遺伝病、遺伝子治療、遺伝子診断と出産時の意思決定、クローンなどが、人間生活と科学技術の関わりが強調された状況設定で扱われている。

「B2 健康を維持する」では、病院の待合室でさまざまな症状をもった患者が診断を待っている状況設定で、ウイルスやバクテリア、菌などの微生物による感染やそれぞれの微生物の特徴、生活習慣病、病原菌の増殖と白血球のはたらき、免疫システム、抗生物質と副作用、抗体の必要性、ワクチンと免疫と接種の効果、インフルエンザワクチン、AIDS と HIV ウィルス、さまざまな種類の接種とその意思決定、抗生物質耐性生物、新薬の開発、臨床検査の仕組み、循環器病、心臓発作、肺ガンと喫煙の因果関係の究明過程とその信頼性、優れた研究とは何かなどが扱われる。

「B3 地球上の生物」では、生物の多様性、遺伝的多様性と環境的多様性、進化の歴史、化石からの証拠、選択的交配、自然淘汰、ダーウィンの物語、同じデータに対する異なる説明、種の起源、自然淘汰に対する人々の反応、ローマカトリック教会の評価、メンデルと遺伝学の発生、メンデルの証拠と自然淘汰、二重らせん構造、突然変異、生命の起源と諸説、生体内恒常性、神経システム、ホルモン、ヒトの進化、絶滅危惧種、環境の変化、食物連鎖、人間の影響、生物多様性と持続可能性、などが扱われる。

「C1 大気のクオリティ」では、大気と汚染物質、大気汚染の原因、汚染濃度の測定と解析法、汚染物質の生成過程、大気中の物質移動、大気の質の健康への影響、汚染除去のテクノロジー、持続可能な発展などが扱われている。

「C2 材料の選択」では、流行しうる新しい靴のために、相応しい材料を選択するという状況設定で、材料の特性、天然材料と合成材料、ポリマー、あらゆる場所で見られるポリマーが導入され、材料試験、性能管理、光学顕微鏡や電子顕微鏡による繊維構造の説明、高分子とそのモデル、ポリエチレンの発見とナイロンなどポリマーの発展、分子の結合、デザイナーの素材、ゴアテックスなどの巧妙な素材、持続可能性とは何か、材料（モノ）の一生、生物分解素材、などが扱われる。

「C3 食事に関わること」では、穀物が農場からパンが食卓に上るまでの過程で状況を設定し、農場で、植物のために必要な化学物質、養分の循環、害虫の抑制と殺虫剤、窒素の循

環，窒素肥料，集約農場で用いられる化学物質と環境，持続可能性，有機農業と環境，保存食品と加工食品，防腐剤（抗酸化剤等）と食品添加物，健康的な食事，天然のポリマー，消化，成長，排泄，食物や飲料中の有害物質，食物アレルギー，食事と肥満，糖尿病のしくみと対処，食品と消費者，食品標準庁，食品の研究，食品の危険性，リスクの高低と警告前の行動，などが扱われる。

「P1 宇宙の中の地球」では，宇宙のしくみと地球の歴史，化石から過去を知る，大陸移動説，プレートテクトニクスと造山，地震と火山，災害予測と防災，太陽系の歴史とクレーター，恐竜の絶滅，星と地球の物質，核融合，星の一生，星との距離と光速，望遠鏡で捉える宇宙，宇宙の起源の理論などが扱われる。

「P2 放射と生命」では，太陽光が健康へ及ぼす利点と危険性，太陽光から生命が受け取るエネルギー，太陽光と大気，オゾンとオゾンホール，放射の原理，電磁波の放射と吸収と生命への危険性，生活利用の電磁波，健康被害のリスク判断，エックス線の安全性と危険性，地球温暖化と二酸化炭素，炭素の循環，気候変動，温室効果ガス削減への行動などが扱われている。

「P3 放射能物質」では，エネルギー消費について考えさせる状況設定で，電力需要，電気のエネルギー効率，発電による二酸化炭素の放出を扱い，あらゆる場所の放射線，自然放射線と人工的な放射線，ラドン，放射能の健康への影響，放射能汚染，放射線医療，放射線によるイメージング，健康へのリスクと利点，甲状腺ガン治療，放射線被曝量，ガンマ線の利用，原子の崩壊，原子の構造，同位体元素，原子力，核融合，連鎖反応の制御，原子力発電，チェルノブイリ事故，核廃棄物，放射能と半減期，永久処理場，エネルギーの将来，一次エネルギー源，二酸化炭素削減，エネルギーに関するディベート（原子力利用か再生可能エネルギー源かエネルギー消費の提言か）の意思決定）などが扱われる。

中等教育修了資格（GCSE）のための評価では，教科書で扱われた生物的な問題，化学的な問題，物理的な問題の3つに加えて，「状況においての（科学的な）考え」(Ideas in Context) と呼ばれる応用的な問題の4つの領域に関する外部試験機関による筆記試験によって，全体の3分の2の得点が決まる。残りの3分の1は，「ケーススタディ」と「データ解析」に関する学校内での実地試験で採点される。「ケーススタディ」では，論争を伴うような問題に対する考察や，多様な発表形態を示せることが評価され，「データ解析」では，データを解釈したり評価したりする能力が，実際にデータを収集する活動を実践することを通じて評価される。

### 「GCSE Additional Science」

「GCSE Additional Science」は、「GCSE Science」に続いて、多くの生徒が履修する選択科目で、同じく生物的な内容、化学的な内容、物理的な内容をそれぞれ 3 つ含む 9 つの単元から構成されている。各単元は 12 授業時間で指導されることが想定されている。後期中等教育への連続性がより重視されたコースとなっている。

### 「GCSE Additional Science」の内容

- B4 ホメオスタシス（生体の恒常性）
- B5 成長と発達
- B6 脳と心
- C4 化学的なパターン
- C5 自然環境の化学物質
- C6 化学的な合成
- P4 運動を説明すること
- P5 電気回路
- P6 放射の波動モデル

中等教育修了資格（GCSE）の評価は、「GCSE Science」と同じく、教科書で扱われた生物的な問題、化学的な問題、物理的な問題の 3 つに加えて、「状況における（科学的な）考え」（Ideas in Context）と呼ばれる応用的な問題の 4 つの領域に関する外部試験機関による筆記試験によって、全体の 3 分の 2 の得点が決まる。残りの 3 分の 1 は、「科学的調査 Investigation」に関する学校内での実地試験で採点される。「科学的調査」では、「方略」「データ収集」「データ解釈」「評価」「発表」の各能力が評価基準に則って評価されるものとなっている。

### 「GCSE Additional Applied Science」

「GCSE Additional Applied Science」は、社会で実際に使われている手続きや科学技術を基盤とした内容で、応用科学の現代的な状況が設定されている。より高度な職能教育コースやいくつかの後期中等教育コースへの連続性が重視されている。次の 6 つのブロックのうちから、3 つを選んで、それぞれを 36 授業時間で学習することが想定されている。

### 「GCSE Additional Applied Science」の内容

- B 健康へのケア
- B 農業と食物

- C 科学探知
- C 化学物質を利用する
- C/P 材料と性能
- P コミュニケーション

中等教育修了資格（GCSE）の評価は、自分が学んだ3つのブロックに関する外部試験機関による筆記試験で50%、及び「ポートフォリオ」という実際的で問題解決的な作業を伴う学習の評価手法で残りの50%が評価される。

「GCSE Science」と「GCSE Additional Science」及び「GCSE Additional Applied Science」は、それぞれ一つの中等教育修了資格(GCSE)を修得するためのものである。

「GCSE Science」と「GCSE Additional Science」、あるいは「GCSE Science」と「GCSE Additional Applied Science」の組み合わせによって、大半の生徒が2つのGCSEを修得することが期待されている。

#### 「GCSE Separate Sciences」

生物的内容と化学的内容、物理的内容のそれぞれの修了資格、つまり3つのGCSEを修得したい一部の生徒向けに、「GCSE Separate Sciences」が別途用意されており、生物的内容については前記のB1～B6に加えてB7を、化学的内容については、前記のC1～C6に加えてC7を、物理的内容については、前記のP1～P6に加えてP7を、加えたものとなっている。生徒は、これらのすべての内容を2年間かけて学習することとなる。

#### 「GCSE Separate Sciences」の内容

B1～B6 (前記に同じ)

B7 ・生物は相互に依存している

- ・光合成
- ・従属栄養
- ・新たなテクノロジー
- ・呼吸
- ・循環
- ・骨格のシステム

C1～C6 (前記に同じ)

C7 ・アルコール, カルボン酸, エステル

- ・化学におけるエネルギー変化
- ・可逆反応と平衡
- ・分析
- ・グリーンケミストリー

P1～P6 (前記に同じ)

P7 ・宇宙飛行士には空はどのように見えるか?

- ・望遠鏡はどのようにはたらいているか?
- ・星と銀河は, どんなものか?
- ・星の誕生と死の間に何が起こるか?
- ・宇宙飛行士たちは, どのように協力して働いているか?

中等教育修了資格 (GCSE) のための評価は, 生物, 化学, 物理のそれぞれの資格試験で評価されるが, それぞれについて, 学習した内容に関する問題と「状況においての (科学的な) 考え」 (Ideas in Context) を問う応用的な問題に関する外部試験機関による筆記試験によって, 全体の 3 分の 2 の得点が決まる。残りの 3 分の 1 は, 「ケーススタディ」と「データ解析」か「科学的調査」のいずれかの組み合わせでの学校内での実地試験で採点される。

このように, 「21 世紀科学」が扱う内容は, 個人が生活していく上で身近なあるいは切実な情報や問題を積極的に取り上げている。特に, 全員がコア科目として履修することとなっている「GCSE Science」の内容は, 医療, 健康, 安全, 環境, 資源, 科学技術といった社会生活を送る上で関心の高い領域横断的なテーマに関連して, 生物学的な内容, 化学的な内容, 物理的な内容 (地球科学を含む) を学習するものとなっている。

日本では, 理科の内容は, 物理, 化学, 生物, 地学の体系的知識でまとめられており, 領域横断的なテーマについては, 保健科や技術・家庭科, 社会科の中で一部扱われているか, あるいは, 学校独自に総合的な学習の時間の中で取り上げる可能性がある程度に止まっている。結果として, 「遺伝子診断」「新薬の開発」「絶滅危惧種」「大気汚染物質」「生物分解素材」「植物アレルギー」「災害予測と防災」「電磁波の放射と吸収と生命への危険性」「核廃棄物」など, 新聞やニュースで一般的に取り上げられる話題について, 日本の義務教育のカリキュラムでは学習されない。また, 日本の中学生が, 「理科を学ぶことが大切だ」と感じる程度が, 国際的にも, また他教科と比較しても最低水準に止まっていることが, 国際数理解科教育動向調査や教育課程実施状況調査などから明らかになっている。したがって, 市民生

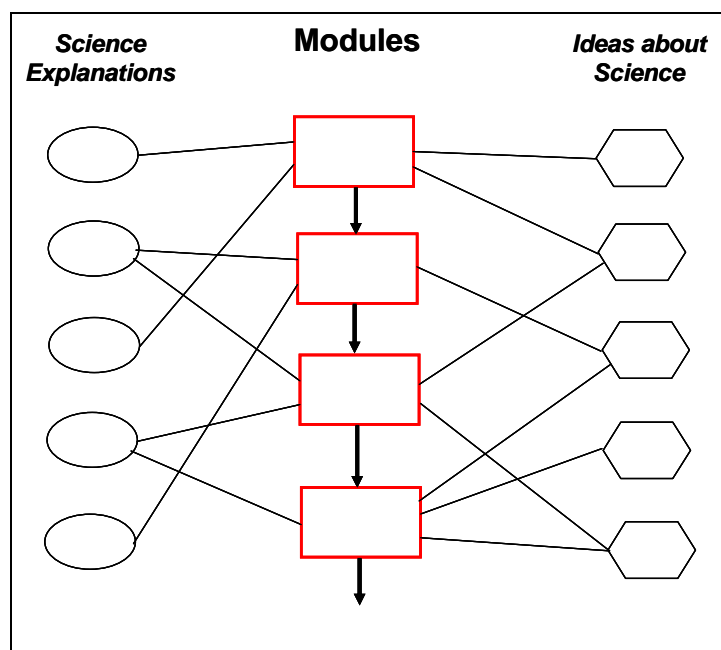
活を営む上で習得が期待される科学や科学技術の知識や技能としての科学的リテラシーを育成しようとする英国の義務教育におけるこうした科学カリキュラム改革は、日本の今後の科学教育改革にも大きな意味を持ちうるものと考えられる。

科学教育において科学的リテラシーが強調されるのは、現代の社会生活では、科学や科学技術が関連する大量の情報に接する中から、自らに関わるものを取捨選択したり、それに関わる問題を適切に解釈したり、問題に対して社会的に意思決定するための議論に参加したり、また、自ら問題を解決する能力を有していることが、市民の資質能力として期待されるからである。「21 世紀科学」は、科学技術の専門家になるわけではない大多数の子どもたちに、科学的リテラシーの習得を強調するとともに、将来科学技術系分野に進む可能性のある子どもたちに対しても、さらに高度な内容の科目を選択可能とすることで、その必要性に応えようとしている。

また、科学の内容面だけでなく、前述のように、新しいナショナルカリキュラムでは、領域横断的な資質能力について、領域「科学はどうはたらいているか」として、「データ、証拠、理論、及び、説明」「実践能力及び探究能力」「コミュニケーション能力」「科学の応用と関連」の 4 つの資質能力の習得が位置づけられている。

これについて、「21 世紀科学」では、「科学的な説明 Science Explanations」と「科学に関する考え Ideas about Science」という 2 つの学習内容の柱を立てて、各単元の学習が、それら両方の柱に関連づけられるように設計されている。後者の内容が、ナショナルカリキュラムにおける「科学はどうはたらいているか」に対応している。その中で、「21 世紀科学」が強調するのは、データの質を評価すること、相関関係と因果関係を適切に理解すること、説明が基づく証拠を特定し、説明の暫定性を認識すること、科学の専門家集団の大切な役割を理解すること、リスクに関わるデータを解釈すること、リスクと利益に係る行動を評価すること、科学や科学技術の応用がもたらす諸問題を認識し、他人の見方を評価したり、自分自身の見方を合理的に説明したりすること、などである。図 16 に、「21 世紀科学」における単元（モジュール）の設計の考え方を示す。

図 16 「21 世紀科学」における単元設計の考え方



また、領域横断的な資質能力の習得を確かなものにするためには、それに適した評価法を導入する必要がある。評価が筆記試験のみでは、指導も科学的な知識理解に偏ってしまい、結果的に断片的知識の詰め込み、暗記に陥りかねないからである。「21 世紀科学」では、コア科目の「GCSE Science」では、「ケーススタディ」と「データ解析」に関する実地試験を課し、「GCSE Additional Science」では、「科学的調査」を実行させ「方略」「データ収集」「データ解釈」「評価」「発表」の各能力を評価し、また、「GCSE Additional Applied Science」では、「ポートフォリオ」という作業重視の評価手法を導入することで、それぞれ育成したい学力の習得を促す工夫が評価面にも見られる。

「21 世紀科学」は、科学的リテラシーの育成を重視して開発された、新たなプログラムである。学校は、科学の体系的知識の習得をより重視した他のプログラムを採択することも可能である。イングランドの自由な競争の中で、今後、このプログラムがどの程度普及するのか、その行方が注目される。



### 1.2.7 カナダにおける科学的リテラシーの育成を目指した科学教科書の事情

前述のように、カナダでは、1997年に『幼稚園から第12学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワーク』（以下「フレームワーク」）が策定され、以後、すべての子どもたちに良質な科学的リテラシーを育成することを目標とした理科教育に取り組んでいる。（筆者は、許可を得てフレームワークを日本語訳し公開している<sup>9)</sup>。）

カナダでは、教科書は、必ず使用しなければいけないわけではなく、州のカリキュラム基準に示されている教育目標を達成するための資料の一つという扱いである。



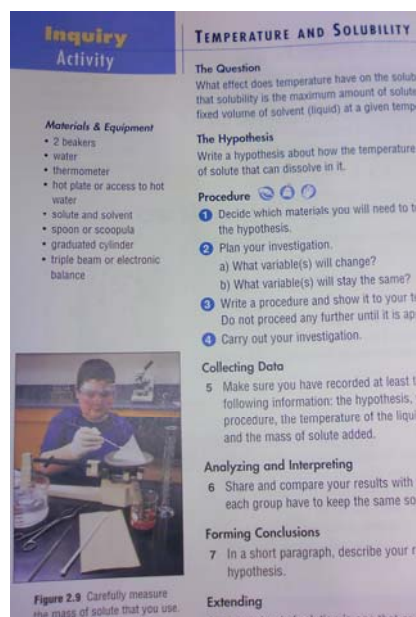
第7～9学年用のカナダの科学教科書と日本の中学生用教科書（各二種類）

日本のように小・中・高校が学年で区別されていないため、教科書も、小学校用、中学校用、高校用とは分かれていない。代わりに、各州の教育省が各学年別に示すカリキュラム基準に従って、各学年別の教科書となっている。

理科では、各学年で何を児童生徒に教えるべきかについて、1997年に策定されたフレームワークを参考にして、各州のカリキュラム基準が作成され、教科書もそれに準じた内容になっている。

フレームワークでは、児童生徒が身につけるべき学習成果を「STSE（科学とテクノロジー、社会、環境）」「スキル」「知識」「態度」の大きく4つの基礎力に分けて、各学年・単元別に示しているのを受けて、科学教科書もそれを反映したものとなっている。

事例として、Pearson-Addison Wesley社の9学年用の科学教科書「Science in Action」（2002年版）<sup>19)</sup>を紹介する。フレームワークでは、9学年の内容は、「繁殖」「原子と分子」「電気の特徴」「宇宙探査」の4単元であるが、「Science in Action」では、「生物的多様性」「物質と化学変化」「環境の化学」「電気の原理とテクノロジー」「宇宙探査」の5単元で構成されており、化学領域が2単元に分けられているが、フレームワークに準じた内容構成となっている。各単元は約90頁で編成され、付録部も含



Addison Wesley社「SCIENCE in Action」における科学的探究の場面（探究のスキルが明示されている）

めると全体で約 520 頁の分量である。各単元は、およそ 4 つの章からなり、さらに各章がおよそ 3 つの節に分かれている。各節には、いわゆる学習内容に関する本文の他に、1 つ以上の生徒による活動として、「探究的活動」「問題解決的活動」「意思決定活動」「技能実習」「実験」「やってみよう」などが配置されている。すべての節末には「確認問題」が、すべての章末には、「復習問題」と特定のテーマに関連させた「焦点課題」が、また、すべての単元末には、「単元のまとめ」に加えて、「事例研究」(調べ学習)と「プロジェクト研究」(観察実験)が課題として示されている。

教科書における「探究的活動」「問題解決的活動」「意思決定活動」は、明らかに共通フレームワークにおける基礎力 2「スキル」の育成を意図している。基礎力 1「科学とテクノロジー、社会、環境 (STSE)」は、学習内容の本文中や、章末の「焦点課題」で強調されている。基礎力 4「態度」については教科書中では明示的ではないが、他の基礎力の学習を進める中で徐々に長い時間をかけて形成されるものと考えられる。基礎力 3「知識」は、言うまでもなく学習内容本体である。

「探究的活動」は、例えば、単元「電気の原理とテクノロジー」の第 2 章「電気エネルギーを伝達し制御するためにテクノロジーが利用できる」の第 2 節「電気をモデル化し測定する」に、「抵抗って何だろう？」という「探究的活動」がある。その中で、「異なる物質は異なる電気抵抗値をもつのだろうか？」を「課題」として、6 ステップでの「調べ方」の説明と、準備物が示してある。これに続いて、4 つの「分析と解釈」の視点が示され、「結論を導く」という課題、「応用し関連づける」という課題、「発展させる」という課題へと続いている。他の「探究的活動」もほぼ同様の構造である。

「問題解決的活動」は、例えば、上記と同じ章の第 3 節「電気回路を分析し組み立てる」に、「安心して安全な家庭配線」という「問題解決的活動」がある。まず、「必要性を認識する」という見出しで、「戸外でより安全に歩け、泥棒も近寄らない屋外の自動照明のための電気配線をどのように設計したらよいか？」という目的が示される。「問題」として、改めて解決すべき問題が記述され、フォトコンダクターが説明され、これを含む利用できる材料が示される。そして「成功の基準」として、問題解決と見なされる状況が明示され、それを目指して、「アイデアをブレインストーミング」で構想を練り、「プロトタイプを作成」で試作品を作成し、「テストし評価する」で基準を上回る機能を発揮するかを試験し、最後に「伝達する」で、他の生徒の試作品を試してみても、もし自分がデザインした作品に改善への示唆がある場合は、それをやってみることが求められている。他の「問題解決的活動」もほぼ同様の構造である。

「意思決定活動」は、例えば、上記単元の第 3 章「さまざまな効率でエネルギーを変換する装置やシステム」の第 4 節「装置によって消費されるエネルギーを削減する」に、「効

率を上げるために何ができるだろうか？」という「意思決定活動」がある。まず、「イシュー」（社会的問題）として、「毎日、さまざまなエネルギー変換装置を用いて暮らしていますが、どんな方法によって、あなたが効率を上げて、使用するエネルギーの量を少なくすることができるでしょうか？」という問題状況が示される。「背景的情報」の見出しで、身のまわりのさまざまな変換装置のエネルギー効率について調べさせるとともに、装置の効率を上げる方法を列挙させ、どのくらいの削減効果があるかを調べさせる。続いて、「分析し評価する」において、最もエネルギーを節約できる変化を特定し、それについて理由を説明させる。その結果を、提言を含めて他のクラスメートに発表し、他の生徒の提言と、効率のよさを比較させるものとなっている。他の「意思決定活動」もほぼ同様の構造である。

このように、共通フレームワークで目指された科学教育の方向性を、実際に使用されている科学の教科書で確認することが可能である。(カナダにおける科学教科書のより詳細な分析については文献<sup>20)</sup>を参照のこと。)

#### 1.2.8 「科学的探究」と「問題解決」

カナダのフレームワークに明確に位置づけられているように、科学的リテラシーを育成する理科授業を構築する上で、いわゆる自然科学のアプローチである科学的探究と、工学的なアプローチである問題解決とを区別する必要がある。理科実験を行う場合、この両者を区別することは、その扱いに大きな違いをもたらす。科学的探究として扱う場合は、例えば、「どんな色の光が最も植物の成長に適しているか」といったように、疑問に対して、既知でない真実（解答）を求めて、実験で得られた事実から論理的に推論する探究の過程となるが、問題解決として扱う場合は、例えば、「より長く温かい物体を保温するにはどうするか」や「どのような家の造りにすれば地震に強いか」といったように、あらかじめ問題に対する解答（保温がより長い、地震に強い）が既知であり、その目標をよりよく実現する方法を見つける過程となる。

理科教育における科学的探究と問題解決の扱いについて、Bybee と DeBoer<sup>21)</sup>は、1994年の論文で、次のように整理して、科学とテクノロジーの両面でのアプローチを必要としている。

“Students should begin study with questions about the natural world (science) and problems about humans adapting (technology). They should be actively involved in the process of inquiry and problem solving. They should have opportunities to present their explanations for phenomena and solutions to problems and to compare

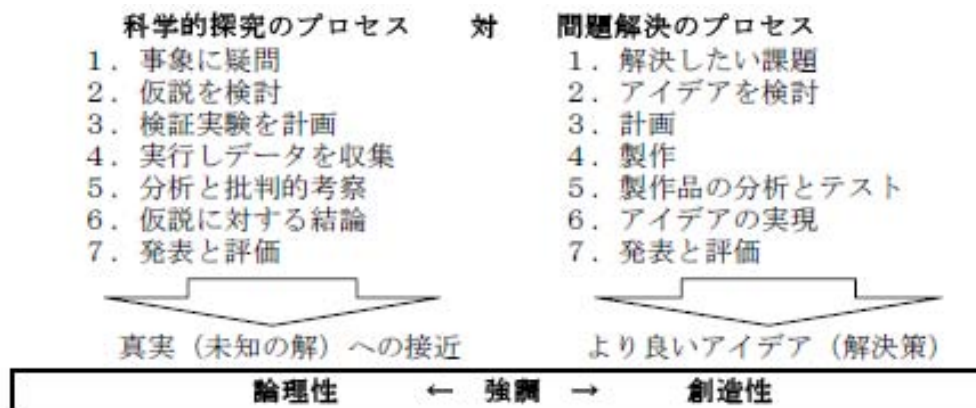
their explanations and solutions to those concepts of science and technology.”

1995年に公開された『全米科学教育スタンダード』<sup>4)</sup>においても、「自然界を理解するための科学的探究」と、「人の問題を解決するためのテクノロジー・デザイン」という異なる特徴をもつ「科学とテクノロジー」について正しく理解することを求めている。

“Science and technology are pursued for different purposes. Scientific inquiry is driven by the desire to understand the natural world, and technological designs driven by the need to meet human needs and solve human problems. Technology, by its nature, has a more direct effect on society than science because its purpose is to solve human problems, help humans adapt, and fulfill human aspirations. Technological solutions may create new problems. Science, by its nature, answers questions that may or may not directly influence humans. Sometimes scientific advances challenge people's beliefs and practical explanations concerning various aspects of the world.” (p.192)

小倉<sup>22)</sup>は、米国をはじめ、カナダ、イングランドにおける科学的リテラシーの育成を重視した理科カリキュラムにおける科学的探究と問題解決の役割を、図17のように、前者が論理性を強調し、後者が創造性を強調するものとして位置づけた。わが国の理科教育における「ものづくり」は、工学的なプロセスを伴うものではあるが、図17に見られるような問題解決のプロセスを明示的に要求していないため、例えば、与えられたキットを組み立てるだけでアイデアの検討や工夫を伴わない非創造的作業となっていることが少なくない。工学的な問題解決の過程では、創造性とともに、コストや効率、リスク、トレードオフといった、実生活や実社会との関連の強い大切な見方や考え方を育成することができる。理科カリキュラムで、科学とテクノロジーをいかに関連づけて扱うかは、これからのわが国の理科教育の大きな課題である。

図17 科学的リテラシーの育成における科学的探究と問題解決の役割(小倉, 2007)<sup>22)</sup>



### 1.2.9 わが国における戦後の科学カリキュラムからの教訓

わが国においても、昭和 20 年代に「すべての国民にとっての必要性の視点から策定」された科学カリキュラムが存在した。戦後の教育体制は、連合軍の占領下という特殊な事情の下で整備されていったが、その過程で、米国におけるデューイ哲学を背景にもつ進歩主義教育の理念が導入され、いわゆる生活単元学習が科学カリキュラムの主流となった。以下、関・長洲<sup>23)</sup>による昭和 22 年版理科の学習指導要領の分析を参照しながら、当時の科学教育について考察する。

昭和 22 年版の中学校理科の学習指導要領（試案）は、昭和 30 年代以後の 2 分野制ではなく、一般理科（general science）として科目が融合されたものであった。理科の指導目標には、「すべての人が合理的な生活を営み、いっそうよい生活ができるように、児童・生徒の環境にある問題について次の三点を身につけるようにすること。1. 物ごとを科学的に見たり考えたり取り扱ったりする能力。2. 科学の原理と応用に関する知識。3. 真理を見出し進んで新しいものを作り出す能力。」と述べられている。小学校と中学校を通じた 9 か年で、「比較により区別する能力」とか「科学的に分類する能力」といった理科で学習されるさまざまな能力を発達させる見通しが示されている。また、指導内容とともに、理科の指導法についても記されており、その中で、「研究する」とか「問題を解決する」といった科学的探究能力の育成に関わった指導も説明されている。

図 18 に、昭和 22 年版の中学校理科の学習指導要領（試案）に示された指導内容の構成を示すが、ここで、単元が疑問形式で表されているのは、単元が「単に学習内容のまとまりを示すだけのものではなく、それは生活の中から取り上げられた課題として提示されるもの」と捉えられていることにより、したがって「何が・・・どのように・・・」といった表現をとるのが一般的な形式とされていた。また、単元の大部分が衣食住とのかかわりや、生活との関係及び利用といった立場でとらえていることは、「Dewey によって代表される当時の理科の基本理念が「経験」や「実用」を基調としたことからもうかがうことができる。現在の理科は基本概念とのつながりを重視して内容を精選しており、この当時扱われていた応用的な内容の大部分は削除されたり、保健体育科や技術・家庭科で扱うようになった」と説明されている（文献<sup>23)</sup>p.285）。

図 18 昭和 22 年版の中学校理科の学習指導要領（試案）に示された指導内容の構成

第七学年

- 単元一 空気はどのようにはたらいているか
- 単元二 水はどのように大切か
- 単元三 火をどのように使ったらよいか
- 単元四 何をどれだけ食べたらよいか
- 単元五 草や木はどのようにして生きているか
- 単元六 動物は人とどのような関係にあるか

第八学年

- 単元一 きものは何から作るか
- 単元二 体はどのように働いているか
- 単元三 海をどのように利用しているか
- 単元四 土はどのようにしてできたか
- 単元五 地下の資源をどのように利用しているか
- 単元六 家はどんなふうにして建てられるか

第九学年

- 単元一 星は日常生活にどんな関係があるか
- 単元二 機械を使うと仕事はどんなにはかどるか
- 単元三 電気はどのように役に立っているか
- 単元四 交通・通信機関はどれだけ生活を豊かにしているか
- 単元五 人と微生物とのたたかいはどんなになっているか
- 単元六 生活をどう改めたらよいか

さらに、例えば「単元一 空気はどのようにはたらいているか」の指導内容が、呼吸や  
燃焼、空気の重さ、温度と膨張、融点・沸点と物質の三態、気温の変化と風・雨・雪、天  
気の変化、気象災害など、自然科学全般にわたって取り上げられており、教材を融合的総  
合的に扱う姿勢が見られる。こうした **general science**（一般理科）としての扱いは、「単  
に内容を分野や領域などに分けずに構成するだけでなく、それらを生徒の生活経験の視点  
に立って融合する点にあるという」特徴を持っている。しかしながら、「そこには一つの論  
理的な筋はあっても学問的な筋やまともは無視される結果となり、このことが後に批判  
を招き、いわゆる系統学習や 2 分野制がとられる大きな原因となった」（文献<sup>23</sup>p.287）と  
いう負の側面も持っていた。昭和 20 年代の科学カリキュラムが批判され、より系統的な  
学習を重要視するようになった背景には、「1）学習内容の拡大に対して歯止めがない。2）

科学技術の成果の応用的なものや現象的なものに目を奪われがちで、科学の基本的なことが見失われやすい。3) 知識・理解がばらばらで、まとまりや系統性がない。」などの問題の指摘があるのだという（文献<sup>23)</sup>p.291）。

昭和 22 年版の学習指導要領のねらいをより一層徹底させるために、昭和 27 年に改訂された学習指導要領が発行された（昭和 26 年版）。知識・理解、能力と技能の指導目標とともに、それぞれに対応した評価方法も示された。科学的探究能力に関連が強い「能力と技能」の目標は、以下のように記されている。

図 19 昭和 26 年版学習指導要領（試案）における中学理科の目標（一部）

- I 自然界の事物，現象を観察する能力
  - (1) 解決すべき問題を発見する能力
  - (2) 観察を正確に注意深く行う能力
  - (3) 長期間にわたって継続観察する能力
  - (4) 関係的に観察する能力
- II 科学的な問題を解決する能力
  - (1) 資料を集める能力
  - (2) 資料を利用する能力
  - (3) 実験を計画し実行する能力
  - (4) 事実に基づいて論理的に考察する能力
  - (5) 自然現象を構成要素または因子に分析する能力
  - (6) いろいろな自然現象観察をし、それらに通じる原理または特性を抽出する能力
  - (7) 帰納した結果を実証する能力
  - (8) 科学に関する記述・統計・図表などを理解する能力
  - (9) 物ごとを、科学的な規準に基づいて分類する能力
- III 科学的な問題を解決するのに必要な技能
  - (1) 生物を飼育・栽培する技能
  - (2) 機械・道具・装置・薬品などを扱う技能
  - (3) 標本を作製する技能
  - (4) 統計・図表などを作成する技能
  - (5) 簡易な機械や道具を作成する技能
  - (6) 正確に記録する技能

また、学年で扱う内容も次のように、昭和 22 年版に比べて、より具体性のある表現として、主題と単元名が示された。

図 20 昭和 26 年版学習指導要領（試案）における中学理科の指導内容の主題と単元名

第 1 学年 主題「自然のすがた」

- 単元Ⅰ 季節や天気はどのように変化するか。また、これらの変化は人生にどのような影響を及ぼすか。
- 単元Ⅱ 地球の表面はどのような形をしているか。また、それは人生にどんな影響を与えるか。
- 単元Ⅲ 水は自然界のどんなところにあるか。また、水は生活にどのようなつながりをもっているか。
- 単元Ⅳ 生物はどこで、どのように生育するか。
- 単元Ⅴ 地下はどのようになっているか。また、そこからどのような資源が得られるか。
- 単元Ⅵ 天体はわれわれの生活とどのようなつながりをもっているか。

第 2 学年 主題「日常の科学」

- 単元Ⅰ われわれは自然界のどこから食物を得ているか。また、それをどのように使っているか。
- 単元Ⅱ われわれが健康を保ち進めるためには、どのような食物や衣服が必要とするか。
- 単元Ⅲ 家を健康によく安全で便利なものにするにはどうしたらよいか。
- 単元Ⅳ 熱や光は近代生活にどのように利用されているか。
- 単元Ⅴ 電気は家庭や社会でどのように使われているか。
- 単元Ⅵ 機械や道具を使うと仕事はどのようににはかどるか。

第 3 学年 主題「科学の恩恵」

- 単元Ⅰ 科学の研究は生物の改良にどのように役だつたか。
- 単元Ⅱ 天然資源を開発利用し、さらにこれから新しい物資をつくり出すのに科学はどのように役だっているか。
- 単元Ⅲ 科学によって見える世界はどのように広がったか。
- 単元Ⅳ 交通に科学がどのように応用されているか。
- 単元Ⅴ 通信に科学がどのように応用されているか。
- 単元Ⅵ 科学は人生にどのような貢献をしているか。



これらの単元が実際にはどのように構成されたかを調べるために、昭和 26 年版学習指導要領に基づく検定教科書を事例として、詳しい内容構成を分析することとした。事例として用いたのは、学校図書（株）による中学校理科教科書『中学理科』（1 年：自然のすがた、2 年：日常の科学、3 年：科学の恩恵）<sup>24)</sup>である。教科書目次にある単元構成を、単元別、章別、及び、節別に、それぞれの特徴を分類した（詳細は文献<sup>23)</sup>を参照）。分類に用いた区分は、「物理」「化学」「生物」「地学」「環境」「生活と健康」「科学技術」の 7 つである。「科学技術」は、科学技術の成果に関する内容と科学や技術の本質的理解に関わる内容の両面を含む。単元や章、節のそれぞれのタイトルから、主たるテーマを 7 つの区分のいずれとするのが適切かという観点で判断した。

全体的な分類結果を図 21 に示す。最小単位の「節」別で、最も出現頻度が高かったのは、「科学技術」（30%）で、次に多い「生活と健康」（25%）と合わせて全体の過半数を占めている。このことから、この教科書が、「物理」や「化学」といった個別科学の系統的理解よりも、科学や技術の応用や生活との関連性の理解を重視していることが明確である。

図 21 昭和 26 年版学習指導要領に基づく中学校理科の検定教科書『中学理科』（学校図書）の内容構成の区分別分類結果（表中数値は、出現頻度と割合）

	単元	章	節
物理	1 (6%)	8 (8%)	34 (9%)
化学	0 (0%)	5 (5%)	20 (6%)
生物	1 (6%)	10 (10%)	34 (9%)
地学	4 (22%)	21 (22%)	74 (21%)
環境	0 (0%)	1 (1%)	2 (1%)
生活と健康	5 (28%)	26 (27%)	89 (25%)
科学技術	7 (39%)	26 (27%)	106 (30%)
計	18	97	359

各単元や各章内でも、それに含まれる節が、複数のテーマ（分類区分）に属しているものが多く、総合的なテーマ構成が特徴的である。例えば、表 3 に示すように、第 1 学年の「単元 3 水は私たちとどのようなつながりがあるか」では、5 つの章が「物理」「化学」「生物」「地学」「生活と健康」と、それぞれ異なるテーマを扱うものとなっている。

このようにわが国の昭和 20 年代の科学教育では、科学やテクノロジー（科学技術）が日常生活、社会生活といかに密接に関連しているかを理解させ、かつ科学やテクノロジーが応用できるように工夫されており、今日、われわれが改革を進めようとしている「科学的リテラシー」を育成する科学教育の方向ときわめて共通性が高い内容であった。当時の取り組みには、今後、わが国における「科学的リテラシー」の育成に向けた科学カリキュラム改革にも参考となる点が少なくないのである。しかしながら、昭和 20 年代の科学カリキュラムが、昭和 30 年代以後に、科学の系統的な学習へと変質せざるを得なかった歴史的事実は、当時の科学教育観が、すべての国民が身につけることを想定した「科学的リ

テラシー」としては受け入れられるものではなかったことを意味している。当時の経済社会にとって、その発展のために、生活単元学習で育まれる学力よりも、より系統的な科学の学力の習得の方が重要と見なされるという状況は十分理解できる。この過去からわれわれが学ぶことのできる教訓は、すべての子どもに身につけさせるべき「科学的リテラシー」の到達目標は、幅広い国民及び経済社会から支持されるものでなくてはならず、またそうなるように策定される必要があることと、その目標の実現へ向けて開発される科学カリキュラムが、数十年間の長期的な見通しを持って安定した取り組みとして整備されなくてはならないことである。

#### 1.2.10 科学的リテラシーを育成するこれからの理科教育の構築に向けて

科学技術政策研究所<sup>25)</sup>が2001年に行った科学技術に関する一般国民を対象とした意識調査の結果は、科学の基礎的な概念の理解度のみならず、科学技術への関心度についても、欧米諸国に比べて低い水準に留まっていた。これまでの学校における理科教育は、成人となったときの科学技術的素養としての成果には必ずしもつながらなかったことを示唆している。

政府の2006年度からの5か年の第3期科学技術基本計画<sup>26)</sup>では、国民の科学技術への理解と共感を醸成するために、成人が身につけるべき科学技術リテラシー像（科学・数学・技術に関係した知識・技術・物の見方を具体化、文書化したもの）の検討が必要とされた。これを受けて、2006年後半から2008年にかけて、科学技術振興調整費の研究助成を受けて、日本学術会議が中心となり、科学技術の智プロジェクト（研究代表者：北原和夫・国際基督教大学教授）が実施され、その結果として、『21世紀の科学技術リテラシー像』<sup>27)</sup>が作成された。これは、「すべての成人が身につけてほしい科学・数学・技術に関係した知識・技能・物の見方」であり、2030年までの長期的な展望でその定着・普及が目指されている。その内容は、数理科学、生命科学、物質科学、情報学、宇宙・地球・環境科学、人間科学・社会科学、技術の7分野で構成されている。これまでわが国においては、一人ひとりの国民がいかなる科学技術的な素養を有するべきかについての信頼できる文書がなかったため、学習指導要領に規定された内容が実質的に基礎的な科学技術的素養の水準と見なされてきた。『21世紀の科学技術リテラシー像』が作成されたことによって、今後、わが国における国民が身につけることを期待される科学的リテラシーの目標として活用されることが期待される。

2007年12月に公表された2006年実施のPISA調査の結果<sup>16)</sup>は、日本の15歳段階生徒の科学的リテラシーの平均得点は531点で、参加した57カ国・地域の中で、6番目に

高い得点であった。フィンランドと香港が、日本よりも統計的に有意に高い得点で、カナダ、台湾、エストニア、ニュージーランド、オーストラリア、オランダ、リヒテンシュタイン、韓国とは、有意な差がない。それ以外の 46 カ国・地域は、日本よりも有意に低い得点であった。

図 22 2006 年 PISA 調査の結果（得点上位 11 カ国・地域）

	科学的リテラシー得点	科学的能力			態度
		科学的な疑問を認識する	現象を科学的に説明する	科学的証拠を用いる	科学への興味・関心
フィンランド	<b>563</b>	555	566	567	448
香港	<b>542</b>	528	549	542	536
カナダ	<b>534</b>	532	531	542	469
台湾	<b>532</b>	509	545	532	533
エストニア	<b>531</b>	516	541	531	502
日本	<b>531</b>	522	527	544	512
ニュージーランド	<b>530</b>	536	522	537	461
オーストラリア	<b>527</b>	535	520	531	465
オランダ	<b>525</b>	533	522	526	452
リヒテンシュタイン	<b>522</b>	522	516	535	504
韓国	<b>522</b>	519	512	538	486

科学的能力の 3 つの領域別に結果を見ると、「科学的な疑問を認識すること」（522 点）と「現象を科学的に説明すること」（527 点）が、全体の平均得点を低下させている。逆に、「科学的証拠を用いること」（544 点）が、平均得点を上昇させている。

「科学的な疑問を認識する能力」は、生徒が自ら疑問を見出し、関連する知識を適用しながら調査や実験を工夫して疑問を解決していく理科学習、「現象を科学的に説明する能力」は、科学的知識を活用して実生活や実社会のさまざまな現象を科学的に説明させる理科学習が関連している。また、「科学的証拠を用いる能力」は、観察実験で得たデータの分析方法を考えたり、結果から言えることを解釈したり、導いた結論を適切に表現させる理科学習が関連している。こうした理科学習を重視することが、日本の生徒の科学的リテラシーの改善に有効であることが示唆できる。

2006 年の PISA 調査では、「科学への興味・関心」の程度についても得点化がなされた。日本の平均得点(512 点)は、図 22 の科学的リテラシー得点の上位国・地域においては、香港、台湾に次いで高く、フィンランドの 448 点は、すべての参加国で最も低い得点である。成績が高い国が、必ずしも興味・関心の育成に成功していないことがわかる。

質問紙による意識面の調査結果では、以下の数多くの指標で国際的に低い水準であった。

「生徒の科学に対する自己効力感」

「科学の楽しさ」

「理科学習に対する道具的な動機付け」

「生徒の科学に関連する活動」

「30歳時に科学に関連した職に就くことの期待」

「対話を重視した理科の授業に関する生徒の認識」

「モデルの使用や応用を重視した理科の授業に関する生徒の認識」

「科学に関連した職業に就くための準備としての学校の有用性に関する生徒の認識」

これらの結果は、高校1年段階の生徒が、科学や科学技術に対して意欲的に学習できていないことを意味しており、大変憂慮される事態である。しかし、この事態が、高校での理科教育に起因するものか、中学校までの理科教育に起因するものか、調査結果からは判断できないものであった。

そこで、平成20年1～2月に、全国の中学校から無作為抽出した89中学校の3年生、約3000人を対象に、PISA調査と同じ質問項目を用いた質問紙調査を実施した<sup>28)</sup>。

その結果、調査項目の多くで、PISA調査での高校1年生よりも、中学3年生の方が良好な回答状況を示したことから、生徒の科学への意識は、高校進学後に大きく低下していることがわかった。

この調査で、理科授業の様子に、中学3年と高校1年で大きな違いがあることが明らかになった。中学生では「観察実験などの体験を重視した理科授業を受けている」及び「生徒の科学研究を取り入れた理科授業を受けている」に関する項目でOECD平均よりもかなり高い水準を示しているにもかかわらず、高校生では、これらの項目で国際的に著しく低い水準であった。

したがって、中学校で受けた体験を重視した主体的な探究活動を重視した理科授業から、高校進学後、観察や実験が少なく、受動的な学習を中心とした理科授業へと変化したことが、生徒の科学への意識を全般的に低下させている可能性が高まった。

一方、中学生の意識においても、国際的に低い水準の項目が多く見られ、その内容から、中学校と高校段階に共通する理科教育の課題として、以下が示唆された。

- ①科学に関する自信、自己効力感を高める必要があること。
- ②理科や科学を学ぶ価値や意義を実感させる必要があること。
- ③科学に関連する職業意識を養う取り組みが必要であること。
- ④対話しながらの思考や、応用に関する学習を重視する必要があること。

そして、これらの調査結果から、科学的リテラシーの向上に向けて、日本の理科教育が、

次の学習を重視する必要があることがわかった。

- ①日常生活や実社会での出来事が理解でき、説明できるようになる理科学習。
- ②科学の大切さや意義が実感でき、科学を学習する目的が明確に意識できる理科学習。
- ③経験に基づき、主体的に追究する楽しさを実感できる理科学習。
- ④学習した事柄が、実生活や実社会での（解答が問題集に載っていない）課題や疑問の解決に応用できる理科学習。
- ⑤科学の学習が、様々な職業に求められる資質・能力と関連していることが分かる理科学習。

これらの課題は、新学習指導要領の理科が目指す方向性とも概ね符合するものであり、現在の日本の理科教育は、科学的リテラシーの向上に向かいつつあるといえる。

#### 1.2.11 科学的リテラシーを育成する理科授業を捉える枠組み

本研究では、科学的リテラシーを育成する理科授業を計画したり評価したりする際に、それを捉えるための具体的な観点を与える枠組みとして、次のページに示す「科学的リテラシーを育成する授業構成観点」を提案する。これは、本章でレビューしてきた国内外における科学的リテラシーの育成に向けた科学カリキュラム改革の諸特徴を取り入れたもので、理科を教える教員が、科学的リテラシーを育成する授業を構築しやすくするために作成したものである。従来の指導案に代わるものではなく、指導案を作成する際に、育成しようとする科学的リテラシーとそれを育成する状況をより明確に意識するためのチェックリストとして活用することを想定している。

構造としては、図9で示したPISAのフレームワークにおける科学的リテラシーを捉える構造を反映しており、生徒が疑問や問題に「Ⅰ 取り組む状況」、取り組みを通じて「Ⅱ 身につける科学的知識」、「Ⅲ 身につける科学的思考力・表現力」、及び「向上させる関心・意欲・態度」で構成している。

「Ⅰ 取り組む状況」は、児童生徒が疑問や問題への取り組みを通じて科学的リテラシーを身につける状況、あるいは科学的リテラシーの活用を通じて疑問や問題を解決しようと取り組む状況である。

「A 規模」は、取り組む疑問や問題の空間的広がりであり、自分自身や身の回り、地域や社会的な広がり、国家的な広がり、地球規模での広がり、及び、宇宙への広がり、に区別される。

「B 文脈」は、疑問や問題に取り組むことで解決したり実現されたりする内容の属性であり、学習者にとっては、取り組むことの意義や重要性を実感する大切な要素である。

## 科学的リテラシーを育成する授業構成観点

授業名	(第 学年)
単元名	(平成 年 月 日 校時)
授業者	( 学校)

### I 取り組む状況

#### A 規模

- 自分や身の回り    地域    国    地球    宇宙

#### B 文脈

- 資源・エネルギー／持続可能な開発  
環境・生態系／美しい環境と多様な生命  
災害・健康／安心で健康な生活  
テクノロジー・技術者／安全で住みやすい社会  
発見・科学者／科学の発展

#### C アプローチ

- 科学的探究    問題解決・ものづくり    意思決定    対話・説明・論述

### II 身につける科学的知識

- 科学の各領域の知識・理解

- 物理学    化学    生命科学    地球・宇宙科学    数学    テクノロジー  
情報学    社会科学・人間科学

(内容 )

- 領域横断的な科学に関する知識・理解

- 目的    予想    仮説    モデル    理論    法則    プロトタイプ    設計  
観察    実験    シミュレーション    試験    事例    抽出調査    製作  
条件制御（一定にする条件，変化させる条件，測定する条件）    操作的定義  
結果 [ 定性的データ（観察）    定量的データ（測定値    精度    誤差） ]  
分析 [ 分類    表    グラフ化    数学処理    統計解析    機器分析 ]  
解釈 [ 論理性    客観性    反証可能性    評価    改良    結論    関連性  
コスト    リスク    トレードオフ    性能    倫理    知的財産保護 ]

### III 身につける科学的思考力・表現力

- 科学的な疑問を認識することと調査を計画すること  
現象を科学的に記述・説明・予測することと知識を適用すること  
科学的な証拠を分析し批判的に解釈し結論することと伝達すること

### IV 向上させる関心・意欲・態度

- 自然や科学への興味・関心                      科学的な追究や主張を支持する姿勢  
他人と協調し協力する姿勢                      主体的に判断し責任ある行動をする姿勢  
学びを実践し応用する姿勢                      将来の職業生活・社会生活への活用の姿勢

資源・エネルギー問題に取り組むことは、持続可能な開発（発展）につながり、環境や生態系の諸問題に取り組むことは、美しい環境と多様な生命の保全や維持に、自然災害や人的災害、健康を脅かす問題に取り組むことは、安心して健康な生活を営むことに、テクノロジーを発展させる技術者を理解し支持することは、安全で住みやすい社会を構築することに、そして、新たな発見を導く科学者を理解し支持することは、人類の文化としての科学の発展につながる。このような取り組みの「文脈」が、IVの「関心・意欲・態度」を向上させる前提として重要である。

「C アプローチ」は、カナダのフレームワークを取り入れ、科学的リテラシーを育成する取り組みに、「科学的探究」と「問題解決・ものづくり」、「意思決定」の3つの異なる学習プロセスを位置づけるとともに、これらのプロセスに、さらに「対話・説明・論述」による学習プロセスを加えて、より柔軟な学習スタイルを提示したものである。生徒にとって未知の真実を観察や実験などで追究させる学習は「科学的探究」に、生徒が既知の目標を実現させるために設計や製作を行う学習は「問題解決・ものづくり」に、そして、個々の生徒やグループが唯一の正解が存在しない問題への意思を決定するために利用可能な情報を分析したり討論したりする学習は「意思決定」に位置づけられる。これらの能動的な学習スタイル以外にも、「対話・説明・論述」は、授業において、教師や講師との対話や、専門家や教科書その他のメディアの説明や論述などから、科学的リテラシーを身につける受動的に学習スタイルが可能であることを意図している。

「II 身につける科学的知識」の「科学の各領域の知識・理解」は、わが国で作成された『科学技術の智プロジェクト』の成果を反映して、7分野のところ、物質科学を物理学と化学に分けて、8分野としている。これら諸科学の基礎的な知識を理解することが、科学的リテラシーの基盤として重要であることは言うまでもない。

「領域横断的な科学に関する知識・理解」は、いわゆる「科学とは何か」に対する理解である。自然科学だけでなく社会科学の特徴と工学的な問題解決の特徴を反映している。ここで留意すべき事は、例えば「条件制御」を科学的思考力と捉えて「III 身につける科学的思考力・表現力」に移行すべきという考えに対しては、まず「条件制御とは何か」に対する理解が前提であり、その知識を科学的探究の状況に適用できて、初めて科学的思考力として機能できるという意味で、「知識・理解」として位置づけている事である。科学的思考力を発揮するためには、科学的思考に関する知識・理解が必要である。

「III 身につける科学的思考力・表現力」は、OECDの科学的リテラシーの「科学的能力」の枠組みと同一である。上記のように、科学的思考力・表現力が発揮するためには、それに関する知識が理解されていることが前提である。疑問や問題に対して、「科学的探究」

のプロセスとして取り組むとすれば、通常、「科学的な疑問を認識することと調査を計画すること」が必要であり、その結果、「科学的な証拠を分析し批判的に解釈し結論することと伝達すること」が求められる。また、疑問や問題に対して、「対話・説明・論述」のプロセスとして取り組むとすれば、「現象を科学的に記述・説明・予測することと知識を適用すること」や、対話の中で「科学的な証拠を分析し批判的に解釈し結論することと伝達すること」が必要となる。

「IV 向上させる関心・意欲・態度」は、カナダのフレームワークを参考にし、また、わが国で、理科学習を役立てようという意識や将来の職業との関連の意識が低いという課題を反映したものである。科学的リテラシーを育成する授業を行った成果として、「知識」や「思考力・表現力」とともに、「関心・意欲・態度」の向上が図られるべきであることは、現在、中央教育審議会でも検討されている観点別評価の考え方と同じ構造である（「技能」は「知識」と「思考力」の両方の側面をもつと考えられる）。科学的リテラシーを重視するならば、「自然や科学への興味・関心」とともに、市民性にも関連する「科学的な追究や主張を支持する姿勢」、「他人と協調し協力する姿勢」、及び「主体的に判断し責任ある行動をする姿勢」を育成することが重要である。そして、学習で習得した知識を実生活に役立てたり社会の諸事象に関連づけたりしていつでも応用できるように「学びを実践し応用する姿勢」を向上し、さらに、自分の未来と学習した事柄との関連性を考えるなど「将来の職業生活・社会生活への活用の姿勢」を高めることが大切である。

科学的リテラシーを育成する授業を設計する際、以上の観点のどこに関連づけるかによって、多様な授業展開を描くことが可能である。また、現在の授業を、これらの観点に沿って評価することで、いかなる科学的リテラシーを育成しようとしているかを点検することができる。

また、このような観点で展開される授業は、従来からの「理科」の概念に縛られない、より柔軟な視野をもったものとなる。総合的な学習の時間はもとより、社会科、算数・数学科、技術・家庭科、保健・体育科、国語科、英語科など、教科間で連携・融合した、さまざまなテーマ設定が可能である。そのような広がりをもった「理科」こそが、科学的リテラシーを育成する新しい時代の「理科」の姿であると考えられる。例えば、船戸氏は、保健科と合同した 2 時間連続の授業で、「ぶたの肺の解剖」を取り上げ、消化や呼吸に関する科学的知識を理解させるとともに、肺の構造上、喫煙がもたらす健康被害について検討させ、意思決定につながる学習を実践した<sup>29)</sup>。今後、科学的リテラシーの育成を目指した優れた実践報告の蓄積が進展することが期待される。



引用文献

- 1) U.S. Department of Education: *A Nation At Risk: The Imperative for Educational Reform* (<http://www.ed.gov/>, 1983)
- 2) American Association for the Advancement of Science-Project2061: *Science for All Americans* (Oxford University Press, 1989). (長崎栄三他訳 : 『すべてのアメリカ人のための科学』 (文部科学省, 2005))
- 3) American Association for the Advancement of Science-Project2061: *Benchmarks for Science Literacy* (Oxford University Press, 1993)
- 4) National Research Council: *National Science Education Standards* (National Academy Press, 1995)
- 5) 長洲南海男監修, 熊野善介他訳『全米科学教育スタンダード』(梓出版社, 2001) p.27.
- 6) A.A. Zucker, *et al*: Evaluation of the American Association for the Advancement of Science's Project 2061-Executive Summary (SRI International, 1996) p.2.
- 7) American Association for the Advancement of Science-Project2061: *Project 2061 Textbook Evaluations* (<http://www.project2061.org/>)
- 8) Council of Ministers of Education, Canada: *Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12* (<http://www.cmec.ca/>, 1997).
- 9) 小倉康 (訳) : 『幼稚園から第 12 学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワーク-学校カリキュラムに関する協力のための全カナダ協定-』 (研究資料, 国立教育政策研究所, <http://www.nier.go.jp/ogura/>, 2006)
- 10) Qualifications and Curriculum Authority: *The national curriculum for England-Science* (<http://www.nc.uk.net>, 1999)
- 11) M. Ratcliffe: *The Purposes of Science Education*, ASE Guide to Primary Science Education (Stanley Thornes, 1998) p.7.
- 12) 小倉康 : 『英国における科学的探究能力育成のカリキュラムに関する調査』 (<http://www.nier.go.jp/ogura/tokutei.html>, 2004) p.66.
- 13) Qualifications and Curriculum Authority: *The national curriculum for England-Science Revised 2004* (<http://www.nc.uk.net>, 2006)
- 14) 国立教育政策研究所『生きるための知識と技能 : OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2000 年調査国際結果報告書』 (ぎょうせい, 2002)
- 15) 国立教育政策研究所 : 『PISA2006 年調査 評価の枠組み』 (ぎょうせい, 2007)
- 16) 国立教育政策研究所 : 『生きるための知識と技能 3 : OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2006 年調査国際結果報告書』 (ぎょうせい, 2007)

- 17) OECD: *The Definition and Selection of Key Competencies – Executive Summary* (www.oecd.org/edu/statistics/deseco, 2005)
- 18) C. McFadden, R.E. Yager, *et al. Science Plus Technology and Society* (Holt, Rinehart and Winston, 2002)
- 19) Mah, K., Martha, J., McClelland, L., Milross, J., Neal, J., Sandner, L.: *Science in Action 9*. (Toronto: Pearson-Addison Wesley, 2002)
- 20) 小倉康：「カナダ」『第3期科学技術基本計画のフォローアップ「理数教育部分」に係る調査研究 理数教科書に関する国際比較調査結果報告（平成20年度科学技術振興調整費調査研究報告書）』（国立教育政策研究所，<http://www.nier.go.jp/>，2009） pp.232-243.
- 21) Bybee, R. & DeBoer, G.: “Reserach on Goals for the Science Curriculum” in *“Handbook Research on Science Teaching and Learning”* (edited by Dorothy L. Gabel, 1994) p.385.
- 22) 小倉康：「科学的リテラシー育成の科学カリキュラムの動向と科学的探究能力の位置づけ」『理科好きの裾野を拡げ，トップを伸ばす科学カリキュラムとは』（平成17～18年度文部科学省科学研究費補助金特定領域研究，研究代表者：小倉康，課題番号17011073，研究成果報告書，国立教育政策研究所，<http://www.nier.go.jp/ogura/>，2007）
- 23) 関利一郎，長洲南海男：「昭和22年版理科の学習指導要領」『現代理科教育体系1』（東洋館，1988） pp.279-321.
- 24) 真島正市，山本勇，福田邦三監修：『中学理科』（昭和26年版学習指導要領検定済教科書）（学校図書，1953）
- 25) 科学技術政策研究所：『科学技術に関する意識調査－2001年2～3月調査』（<http://www.nistep.go.jp/>，2001） p.50.
- 26) 文部科学省『第3期科学技術基本計画』（<http://www.mext.go.jp/>，2006）
- 27) 科学技術の智プロジェクト：『21世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト 総合報告書』（<http://www.science-for-all.jp/>，2008）
- 28) 国立教育政策研究所：「PISA調査のアンケート項目による中3調査集計結果（速報）」（<http://www.nier.go.jp/>，2008）
- 29) 小倉康：『優れた小中学校理科授業構成要素に関する授業ビデオ分析とその教師教育への適用』（平成15～18年度科学研究費補助金基盤研究(A)，研究代表者：小倉康，課題番号15200055，研究成果報告書，国立教育政策研究所，<http://www.nier.go.jp/ogura/>，2007） pp.155-163.

## 第2章

# 新たな授業実践と教師教育開発の 視点からの研究



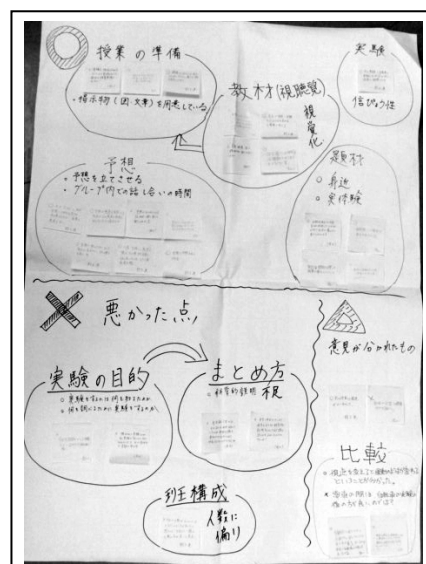
## 1. はじめに

「優れた理科授業ビデオ」の活用については、教員養成と教師教育とではその活用方法が多少異なる。しかし、目指すところはビデオを通して参考になる点や改善点を議論し、授業計画や指導技術に関する能力を高め、理科の教育観を形成するところにあるといえる。ここでは、教員養成と教師教育でのビデオ活用の実践について報告するとともに、さらに今後の発展について提案を行う。

## 2. 教員養成における授業ビデオの活用

### ①授業による活用

教員養成におけるビデオ活用については、まず免許法上で必修となる理科教育法での活用があげられる。観点を定めてビデオを視聴する方法から、ある程度自由にビデオを視聴し指導技術について学ぶ方法があげられる。後者については、たとえば、視聴しながら参考になる点や改善点、指導上疑問に思う点などを付箋に書き議論する方法があげられる。右図は付箋をもとに4～5人のグループでディスカッションし、指導技術、授業展開、教材についてまとめたものである。教員養成の場合は、指導技術についての知識や技能が乏しいため、授業の改善点というよりも授業をすべて肯定的にとらやすい場合がある。そこで、100%良い授業はなく、ある程度批判的に授業を見る必要もあることを指導した。



観点を与えてビデオを視聴する方法としては、課題の設定、コミュニケーションのとり方など観点を定めて視聴し、それについて議論する方法があげられる。この方法では、教員が指導したいことに焦点を当てることができる。一方、授業からいろいろ学んでほしいこともあり、あまり焦点化しすぎるとビデオから学ぶことが少なくなってしまう点に留意する必要がある。

### ②授業ビデオの比較

「優れた理科授業ビデオ」には、ほとんどの単元の授業があるため、同じ授業内容で他の教師が行った授業のビデオや学生の実習のビデオと比較して検討する方法があげられる。これについては、比較して議論できるため、議論が焦点化されやすく、改善点も実感をともなったものとなり、学生が理解しやすい。図は中

#### <課題設定>

- ・「いろいろな化学変化の質量はどうなるか」といってもなぜそんなことを考えないといけないか。
- ・まずは、具体的な自然現象を見せることから、問題を提起していくのが生徒は考えやすい。

#### <指示事項>

- ・質量に赤丸をなぜつけないといけないのか

#### <指名の仕方>

- ・すぐに〇〇さんを当てて、〇〇さんへの質問になっている。全体が考えない。結局答えられなくて、全体に聞いている。

#### <質問の内容>

- ・天秤が並んでいるのに、質量は天秤で測るのはあたりまえ。
- ・知識の確認(質量は何で測るか)の質問から入ると、動機付けが薄れる。

学校における化学反応前後の質量についての「優れた授業ビデオ授業」とそうでない授業のビデオを比較して、そうでない授業の改善点について学生が指摘した内容の一部である。

### ③発展的学習（自学自習、卒論研究）での活用

本学では、学生の自学自習を推奨している。USBメモリーにビデオを収め管理を徹底するとともに、設置したメディアプレイヤーで自主的に学生が授業ビデオを視聴できるようにして活用を行った。また、演習や卒論などにおいては、教師や子どもの発話を中心としたスクリプトを抽出し、子どもの変容の様子なども含めて細かく分析する方法があげられる。本研究では、卒論研究において、教師の指導法や指導観について細かく分析を行った。

## 3. 教師教育における授業ビデオの活用

### ①一つの授業を通して視聴する活用

教師教育においても、「優れた理科授業ビデオ」を視聴することによって、教員養成の学生と同じように、授業のよい点や改善点について議論を行うことができる。本研究においては県教育センターの研修において実践を行った。これも同様に観点をしぼったものから、自由に議論する方法があげられる。教員養成とは議論するレベルや授業を見る観点の違いがある。教員養成の場合と違って、改善点についての多くの指摘がある。一方、教員においては、すでに自分の授業スタイルに固執しすぎる場合もあり、柔軟な考え方をもちて授業を見るようにアドバイスする必要がある。

### ②ビデオの一部を編集した活用

現代の理科授業においては、科学的な説明や記述など、科学的な表現力の育成が指摘されている。たとえば、それに焦点を当てた場面をとりあげて、ビデオを視聴するといった方法があげられる。本研究においては、科学的な考えを深めるための学習形態やコミュニケーションのあり方について、5つの異なる授業からその場面（2～3分）だけを抽出し、教員研修や学校研究の指導に活用した。指導技術についての説明だけでなく、具体的な映像で示されて参考になったという感想を得た。コミュニケーションなどについては、理科

の内容であるが、他の教科にも参考になるといえる。

その他、たとえば表にあげたような指導場面

指導場面	内容
コミュニケーション	指名・発表・聞き方・話し合い（グループ・全体）
教師の説明	説明・板書・提示
机間指導	聞き取り・助言
観察・実験	演示・操作・説明・安全指導
表現活動の指導	ノート・ワークシート・画用紙・ホワイトボード
教育機器の活用	プロジェクター・教材提示装置・ビデオ
主体的活動の促進	事象の提示・興味や関心を高める工夫
評価	学習状況の把握・自己評価・相互評価
その他の指導	学習態度

があげられ、そのような場面を集めて編集することが今後考えられる。また、このようなビデオは教員養成においても活用できるといえる。

## 4. 今後の発展

「優れた理科授業ビデオ」においては、前述したような指導場面の中で参考になる点がいくつもあげられる。そこで、今後の発展としては、よい点について解説したビデオを授業ビデオの前につけることや、授業の視聴に妨げにならない程度に、ビデオの中に解説を入れることが考えられる。

## 学部レベルの教員養成における優れた理科授業ビデオ活用の試み

中山 迅（宮崎大学大学院教育学研究科）

山口悦司（宮崎大学教育文化学部）

### 要約

宮崎大学教育文化学部で開講される小学校教員免許用の理科の教職科目において、「優れた理科授業ビデオ」を活用した模擬授業の取り組みを行った。学生が模擬授業の指導案を立案する前に現職教員の授業ビデオや指導案を参照して、授業で取り組むべきポイントを把握することができたため、授業の準備に具体的な問題意識を持って取り組むことが可能になった。

### 1. 背景と問題の所在

宮崎大学教育文化学部では、主として小学校の教員を養成する「初等教育コース」の学生と、その他のコースで小学校の教員免許取得を希望する学生向けの「教職に関する科目」として、「初等理科教育研究Ⅰ」(1単位)と「初等理科教育研究Ⅱ」(1単位)を提供している。3年生の前期に開講される「初等理科教育研究Ⅰ」では、小学校理科の基本的事項について学び、実践事例の文献調査などを経て、班で理科授業の特定の場面の計画を立てて短い模擬授業に取り組む。その後、夏季休業中の9月に附属小学校での3週間の教育実習を経験して、後期の「初等理科教育研究Ⅱ」を受講する。この授業では、教育実習によって培われた授業力にさらに磨きをかけるため、7名程度の6つの班に分かれて、小学校の1単位時間(45分)分の指導案を作成し、残りの学生が児童役になって行う模擬授業を実施している。

従来は、単元だけを指定し、その単元の中でどの部分の授業を行うかは学生に任せていたが、単に良い授業を行うことを目指して授業の教材研究や指導案づくりに取り組み、授業を改善するという学校現場で求められる授業研究的な視点が乏しくなりやすいことが課題であった。

そこで、3年ほど前から、「優れた理科授業ビデオ」の中から選んだ授業を受講生全員に視聴させ、その授業実践で残された課題を指摘し、一つの班に、その課題に挑戦するような模擬授業をさせる試みを始めた。このねらいは、次のようなものである。

理科授業実践の力量を一層高いレベルに育てるには、単に指導案の書き方や教材研究の仕方を訓練するだけでなく、授業実践に問題を見いだしてそれを改善するという授業研究の力量を育てることが大切である。そこで、9月の教育実習で実施された内容を取り上げる「教育実習リベンジ授業」と題する模擬授業や、現職教員による授業ビデオと同じ内容を取り上げる「プロへ挑戦」の模擬授業では、先立つ授業で実現できなかったのは何であるかを検討し、それを挑戦すべき「問題」として設定した上で、それらの問題を解決できるような授業改善に主眼をおいた教材研究と指導案作成に取り組ませるようにしている。「優れた理科授業ビデオ」には、単に授業の録画だけでなく、指導案、授業で使用したワークシート、児童の描画などが用意されており、それらを参照することができるため、単に新しい授業を作るのではなく、既に実施された授業をさらに良くするという観点での取り組みが可能である。

本報告では、このような取り組みによって学生が何を学ぶことができたのかについて、宮崎県内の小学校に勤務する榎原茂教諭の授業ビデオを使用したクラスの事例を取り上げて示唆を得

る。

## 2. 方法

宮崎大学教育文化学部で開講している「初等理科教育研究 II」は、同じ内容の授業を 2 クラスで実施している。2009 年度は、どちらのクラスでも学生を 6 班に分け、それぞれの班は異なる内容の模擬授業に取り組んだ。それらのうちの 1 つの模擬授業を「プロへの挑戦」と題して実施した。つまり、「優れた理科授業ビデオ」から筆者らが選んだ授業ビデオを学生全員に視聴させ、一つの班がその模擬授業と同じ内容について教える 1 時間分の授業を計画・実施するという流れである。

今回は、2 つのクラスでそれぞれ異なる授業ビデオを取り上げた。どちらも宮崎県内の小学校教諭によるもので、榊原茂教諭による「ものの溶け方」(小 5)と、中西英教諭による「ものの温度とかさ」(小 4)であった。本報告では、2 つのクラスのうち、榊原茂教諭の授業に挑戦したクラスを取り上げる。

授業で、学生全員によって榊原教諭の理科授業ビデオの視聴を行ったのとは別に、模擬授業担当の班の学生たちは、班で授業 DVD をくり返し視聴し、授業の工夫点や問題点を詳細に学んだ。そして取り組むべき問題が明確になったところで、その問題を乗り越えるような授業の計画と実施に挑戦した。

模擬授業の実施後は、クラス全体で 20 分程度の事後検討会を行い、児童役となった学生たちは模擬授業担当班の学生によって作成された質問票に記入して、授業への評価やコメントを授業担当班に返した。

このような、取り組みにかかわった班の学生や、児童役となった学生たちが、こういった取り組みから何を学んだかを探るために、筆者らは最終回の授業で質問紙調査を実施した。質問項目を以下の表 1 に示す。

表 1. 質問項目

1. あなたは、「プロに挑戦」の担当グループメンバーですか？
2. 現職教員の授業をビデオ参観してから学生による模擬授業を行うことは、良いことだ。
3. 現職教員の授業をビデオ参観してから学生による模擬授業を行うと、授業研究で取り組むべき観点や問題が明確になる。
4. 現職教員の授業をビデオ参観してから学生による模擬授業を行うと、授業の内容をよく理解できる。
5. 現職教員の授業をビデオ参観してから学生による模擬授業を行うことは、授業の改善につながる。
6. 現職教員の授業をビデオ参観してから学生による模擬授業は、自分自身の授業力向上につながる。
7. 模擬授業は、必ず先に現職教員の授業ビデオを見てから行うようにした方が良い。
8. 現職教員の授業をビデオ参観してから行う学生による模擬授業を通して学んだことは何ですか？
9. 現職教員の授業をビデオ参観してから行う学生による模擬授業を通して得た、自らの課題は何ですか？

※ 1 は、「はい」「いいえ」で回答。

※ 2 は、「まったくそう思わない」「あまりそう思わない」「少しそう思う」「とてもそう思う」で回答。

※ 8 と 9 は、自由記述



模擬授業の実施について、事後に模擬授業担当班の学生から提出されたレポート内容や、上記質問紙調査の調査結果を含めて以下に報告する。

### 3. 結果

#### (1) 単元と本時の内容

単元は小学校5年生の「ものの溶け方」である。榊原教諭による授業ビデオでは、食塩を水に溶かしたときの重さがどうなるのかを児童への問題として取り上げている。榊原教諭の授業では、前回までに分かったこととして「食塩水を蒸発させると、水の中に食塩があることが分かったこと」と、「食塩水の味を調べたり、蒸発させたりする方法では、水の中の食塩の量が分からなかったこと」が確認され、本時の学習問題として「水に溶けた食塩の重さは、目に見えなくなっても全部残るのだろうか」が設定された。児童は、これを明らかにするために、小型のペットボトルに、あらかじめ重さを量った水と食塩を入れ、容器を振って食塩を全部溶かした後にもう一度重さを量って、重さの変化があるかどうかを調べた。

授業では、すべての班の実験結果が一致したわけではなかったが、学級全体で「食塩は、水に溶けても重さは残る。だから、水の中に食塩は全部残る。」という結論を出した。ところが、事後に榊原教諭が児童を対象として実施した質問紙調査では、「本当は、食塩水の重さは少し軽くなっているんじゃないか」と考えている児童が少なからず存在したことが報告されている。

#### (2) 模擬授業を担当した班の学生が取り組もうとした問題

事後に学生が提出したレポートを見ると、個々の学生で問題の捉え方に若干の違いがあるが、模擬授業担当班の学生たちが、取り組むべき問題と見なしたのは、おおむね以下のような事柄であった。

##### ①「重さが残る」という学習問題の設定が適切であったのか。

- ・『溶かす前後の重さは変わらない』とは『溶けても全部水の中に残っている』である」ということを理解することが困難な児童がおり、実験の結果と学習問題に対する結論が結びつきにくい。

##### ②実験結果にばらつきがみられた。

- ・食塩や水をわずかにこぼすなどの原因で、結果に誤差が生じることがある。
- ・実験用容器の蓋が固く、その開閉が児童には困難で、水をこぼしてしまう可能性がある。
- ・水の量によって食塩が溶け残ったり溶かしにくかったりする場合がある。

##### ③確かめる前の考えの出し方は適切か。

- ・確かめる前の考えの、「少し残っている」という「少し」の程度の表し方、感じ方は曖昧で、人によってかなり差があり、不明確である。

##### ④児童の考えの変わりにくさ

- ・食塩を水に溶かすと目に見えなくなるため、食塩は無くなってしまったと考える子どもが多い。
- ・残っているとしても味の分だけ残っていて、全ては残っていないと考える子どももいる。

#### (3) 模擬授業を担当した班の学生による工夫

上記の問題に対して、模擬授業担当班の学生たちは以下のような工夫をした。

### ①学習問題の設定

- ・学習問題を「水に溶けた食塩は目に見えなくなっても全部残っているのだろうか」と設定した。結論に結び付きやすくするために、「全部残っているのだろうか」と言葉を入れた(図 3)。

### ②実験誤差への対応

- ・実験でできるだけ誤った結果が出ないように、重さの合計を比較するのではなく、全部の重さを一度に量って、入れる前と入れた後の重さの比較を行うようにした。
- ・納得できない子どもには、授業後に教師と一緒に実験を行う機会を設定し、まとめをして終わりではなく、子どもが納得できるまで、実験や説明をする。
- ・実験結果が子どもの納得にもつながるので、正確な実験を行うために、以下のような実験道具の工夫を行った。
  - a. 容器を電子ばかりの上に置く場所によって重さが変わることもあるので、電子ばかりの上に×の印をつけ、容器や薬包紙を置く場所を固定した(図 1)。
  - b. 容器が従来のものであると、蓋の開け閉めが困難で、ペットボトルでは口が小さいため、こぼれてしまうこともあったので、焼酎の入った容器として売られているプラスチック製の容器を使った。この容器だと、口も広いので、食塩を入れやすく、蓋の開け閉めも容易である(図 2)。
  - c. 容器に入れる水の量を赤い線までと指定することで、少なすぎることによって、食塩がとけなかったり、多すぎてこぼす、うまく振れないなどの失敗を防ぐ工夫をした(図 1 の容器の目盛り)。
  - d. 容器を透明なものにすることで、中の食塩が溶けたことを目で確かめることができるようにした(図 1 の容器)。
  - e. 実験に使用する水と食塩の量は、実験がうまくいく量になるように教師の方で指定した。



図 1 実験器具



図 2 焼酎の瓶を使用した容器

### ③確かめる前の考えの出し方

- ・確かめる前の考えを発表するときに、図を使い、それに合わせて挙手をさせる。残っているか、残っていないか、半分だけではなく、少し減ったとか、少し残っていると考える子どもの予想を広げるために、図を使って言葉で言い表すことができない子どもや微妙な考えを尊重するようにした(図 3)。

### ④児童の考えの変わりにくさ

- ・「目に見えなくなったから水の中には食塩はない」と考える子どもに対しては、色のつく粉ジュ

ースを使うことで、水に溶けて粒がなくなっても、溶かした物は中に残っているということを知りやすくした。

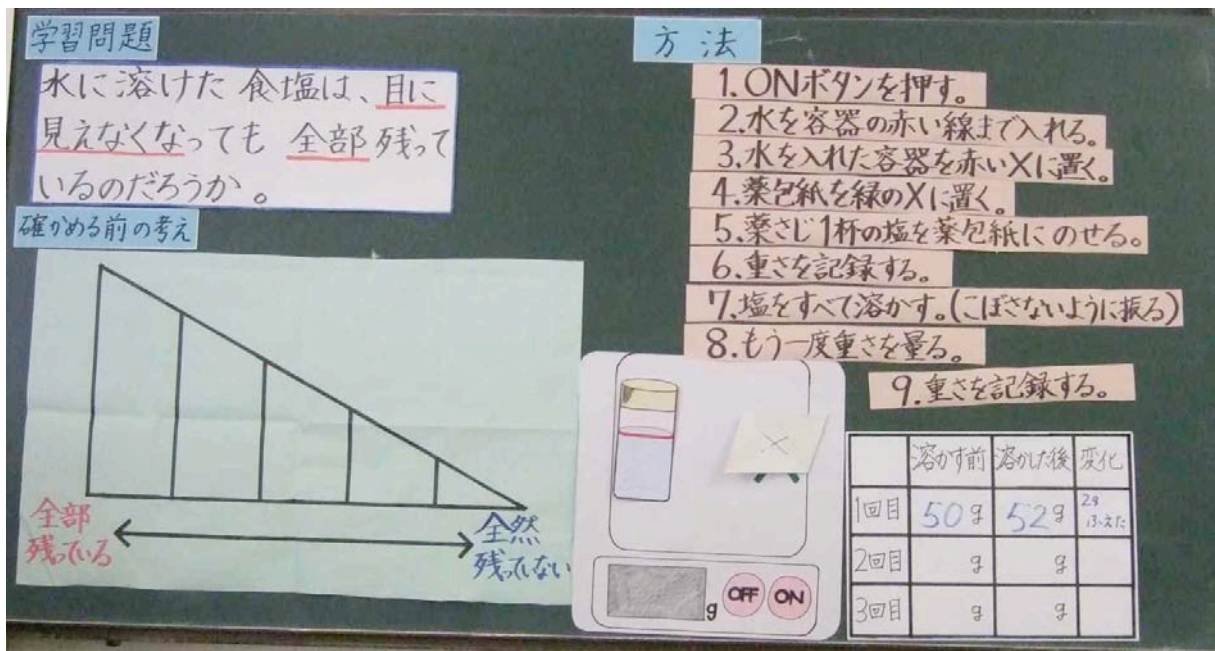


図3 板書(学習問題, 確かめる前の考え, 方法)

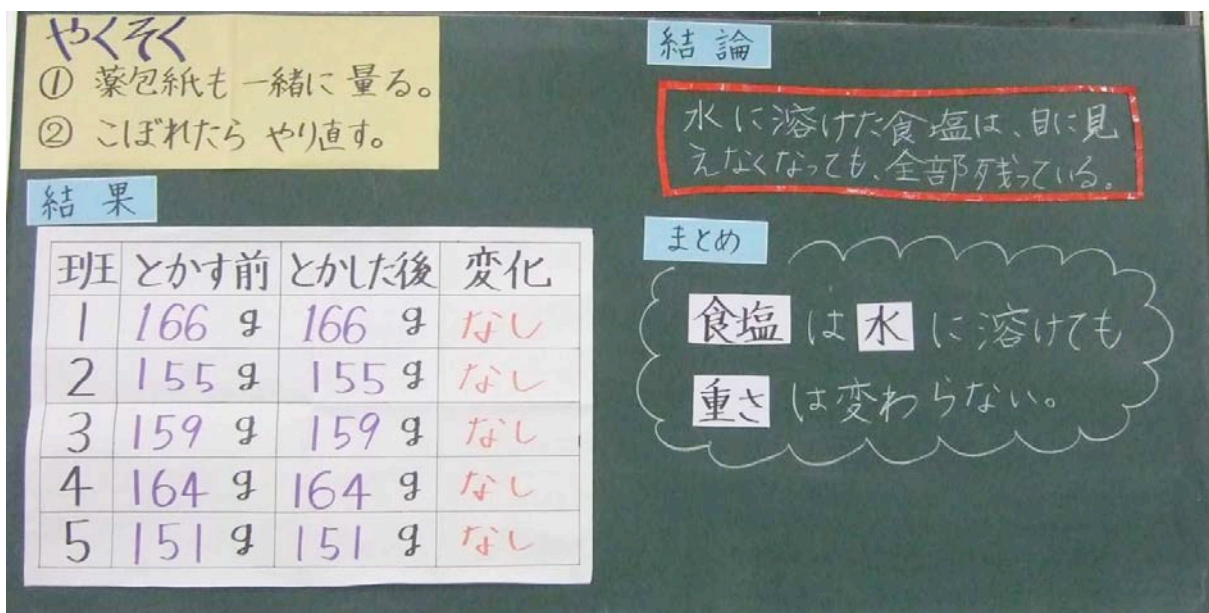


図4 板書(結果, 結論, まとめ)

#### (4) 模擬授業に対する児童役の学生からの評価

図1は、模擬授業において児童役となった30名の学生を対象として、模擬授業担当班の学生が作成・実施した模擬授業評価票の集計結果である。5段階の評定で、5がもっとも肯定的、1がもっとも否定的な評価である。

これによると、実験方法の工夫に対しては、高い評価が与えられている。また、板書についても評価が高く、児童の思考の流れを板書で作っていく工夫が成功している。

しかし、予想を立てる際に図を用いたことについての評価は分かれている。さらに、もっとも重要

な、「食塩の重さは水に溶けても変わらないことの理科」ができたかどうかについても、評価が分かれています。

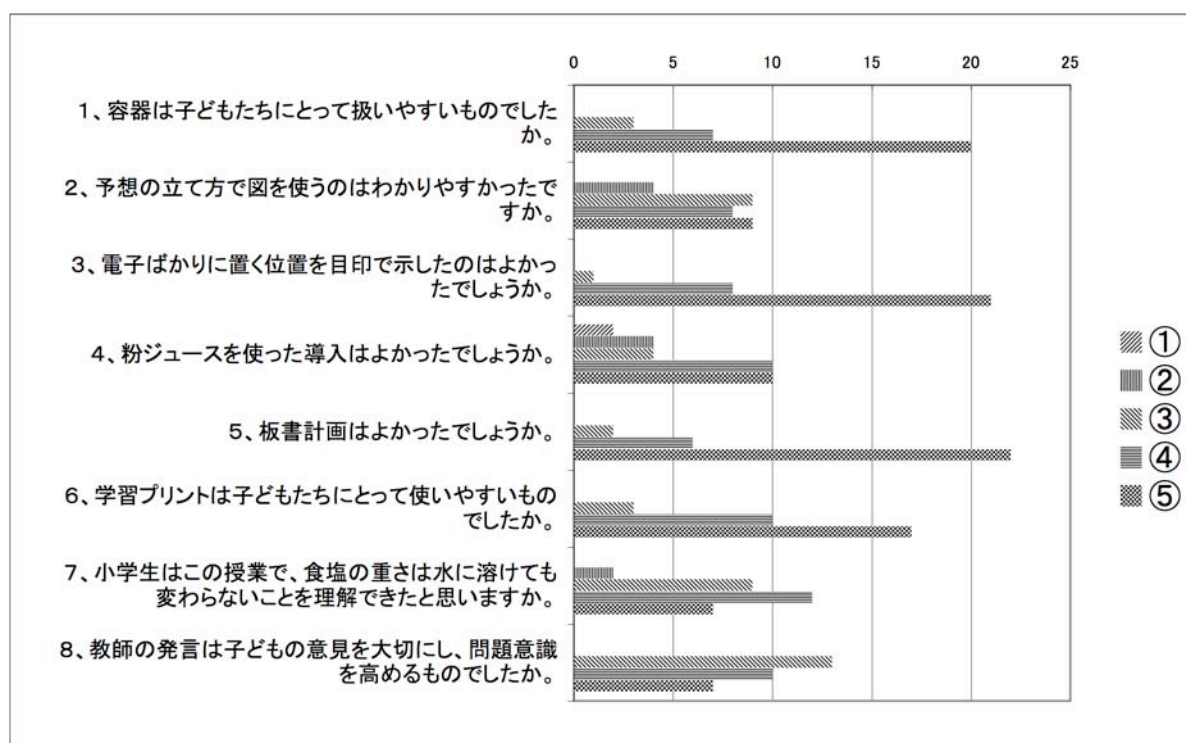


図1 模擬授業を受講した学生による授業評価

この他に自由記述のコメントでは、学習問題について「意味が分かりにくい」という意見が多く寄せられている。学習問題の設定は、授業ビデオの榊原教諭によるものをさらに改善しようとして班で取り組んだが、必ずしも解決できたとは言えない結果になった。

#### (5) 模擬授業を担当した班の学生による評価

筆者らが、半期の授業の最終回に実施した質問紙調査に対して、「プロへの挑戦」模擬授業を担当したと回答した10名の回答を集計したものが図2である。ただし、筆者の記録では、現職教員の理科授業ビデオに挑戦した班のメンバーは8名であるので、10名のうち2名は質問の意味を勘違いして回答している。したがって、以下の集計結果のうちの2名は、「プロへの挑戦」模擬授業の担当班のメンバーではないことを承知しておく必要がある。

理科授業ビデオを視聴して、その授業に挑戦する模擬授業を担当した学生たちの多くは、この取り組みによって「授業研究で取り組むべき観点や問題が明確になる」「授業の内容を良く理解できる」「授業の改善につながる」「自分自身の授業力向上につながる」などのことに、非常に肯定的な回答を寄せている。その一方で、現職教員の授業をビデオ参観してから学生が模擬授業を行うことについては、全員が肯定的な評価をしているものの、強い肯定は半数である。

一般に、模擬授業を必ず先に現職教員の授業ビデオを見てから行うようにした方が良いかどうかについては、否定的な回答が4分の3程度を占めた。この理由としては、現職教員の授業を見てしまうと、幅広い発想で授業を計画する取り組みは困難になると考えているようである。

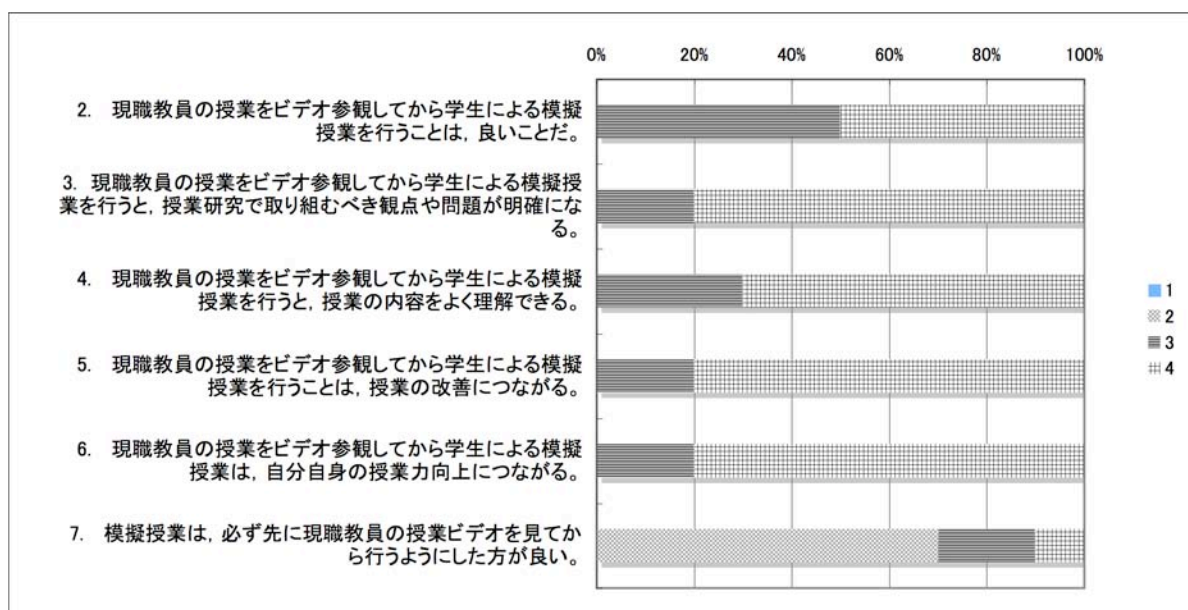


図2 「プロへの挑戦」模擬授業の担当班の学生による、本取組への評価

#### (6) 模擬授業を担当した班の学生たちが学んだこと

「現職教員の授業をビデオ参観してから行う学生による模擬授業を通して学んだことは何ですか?」という質問に対して、模擬授業担当の班の学生たちは表2のように回答している。

表2 「現職教員の授業をビデオ参観してから行う学生による模擬授業を通して学んだことは何ですか?」に対する、模擬授業担当班の学生の回答

- ・ 現職教員の工夫だけでなく、その後の問題点もわかるので、そこに注目し改善しようとすることができ「問題点を解決し、よりよい授業を目指す」ということの大切さを学ぶことができました。
- ・ 現職教員の授業を観てからだったので、授業構成や方法など流れを決める際の留意点(ポイント)に気づくことができた気がします。
- ・ 現職教員の型の工夫点、改善点、失敗点、また、こどもたちの素直な疑問や理解度の実態、また、他の教員からのコメント、指摘など、様々な視点からの問題点を挙げられている状態で授業を考えることができるため、この内容、授業に求められていることがはっきりしていて、子どもたちにとって、より、わかる授業となる。
- ・ 現職教員でも、改善すべき点があること。何回しても、反省点が出てきて、よりよい授業を行うには、くり返しが必要であるということ。
- ・ 子ども達の細かな実態を理解することができました。具体的に子ども達の支援を考えることができました。
- ・ 現職の先生の授業で出た課題を教具、説明の方法などのいろいろな視点から改善するための工夫をすること。
- ・ 現職教員の考えが必ずしも良いということではなく、その授業での改善点について話し合うことで、より子どもにとって良い授業をつくることができるということ。
- ・ 授業者と子どもの理解が予想以上にずれが大きいこと。子どもは自分の実験を通してでない、納得しないこと。
- ・ プロの教員の授業を見て理科の正しい授業法を学んだだけでなく、自分の目標を見つけられた。
- ・ 授業の流れ。発問の仕方。子供の反応。教材研究の大切さ。

模擬授業を担当した学生たちは、現職教員の授業から、授業における子ども理解の大切さや、授業の工夫点を学び取り、発問や教材研究の大切さも学び取っている。しかも、現職教員でも、授業を通して改善すべきことがあって、何度もくり返し授業改善を行うべきであることを学んでいる。

#### (7) 模擬授業を担当した班の学生たちがつかんだ課題

「現職教員の授業をビデオ参観してから行う学生による模擬授業を通して得た、自らの課題は何ですか?」という質問に対して、模擬授業担当の班の学生たちは表3のように回答している。

表3「現職教員の授業をビデオ参観してから行う学生による模擬授業を通して得た、自らの課題は何ですか?」に対する、模擬授業担当班の学生の回答

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>・問題を改善したいと思っても、他に問題があったり、それでもわかりにくいところがあったり、さらなる問題点ができることがわかりました。7とかかわりがありますが、視野がせまくなってしまったかもしれないと思いました。</li><li>・子どもたちにいかに分かりやすく説明するか、理解していない子への説明(補足)などが課題です。</li><li>・様々な意見を見たり、聞いたりするため、どうしても意見に方向づけされがちだったり、そこから抜け出せないことがあったため、そこは気をつけていきたい。まずは、自分の子どもたちの実態と現職教員の子どもたちの実態は異なるため、そこは忘れずに、照らし合わせ、参考にするべき点、改善する点を判断したい。</li><li>・何度も考え直したり、予備実験を行ったりして、くり返すことで授業の改善を目指す。現職教員のアイデアにとらわれず、自分の発想も大切に作る。</li><li>・自分達の実験したように子ども達がしてくれるとは限らない。もっと細かな子ども達の反応や動きの予想が必要。</li><li>・今までは授業内容を元に実験を「こうすればいい」と考えていましたが、こんなことを学ばせるために「このような道具がいいのでは?」と考える視点が違っていると感じ、先を見通した授業をするのが課題だと思いました。</li><li>・現職教員の授業を元にするので、自分たちの授業にならない。</li><li>・元の授業で問題になっていたこと以外に目が向きにくいこと。</li><li>・どのように事象提示を行えばよいか。</li><li>・もっと、教材にふみこんで、研究し、子供に考えさせる授業をつくっていくこと。</li></ul> |
|--|

現職教員の授業のやり方の影響を受けてしまって、他の問題点についての視野が広がりにくいことが指摘されている。しかし、その一方で、子どもたちへの分かりやすい説明の仕方、事象提示の方法、教材研究のあり方、多様な意見に惑わされ過ぎない態度、先行実践に縛られすぎず自分の発想を出す大切さなど、自分自身の今後の取り組みへの課題が挙げられている。

学生たちは、授業研究の取り組みの観点を明確にして、具体的な工夫を行い、自らの実践について児童役の学生たちから評価を受けることで、自らの授業研究と授業を振り返り、何が改善されて、何が今後の問題として残ったかを確認することができたと考えられる。

## 5. 考察

学部の3年生の理科に関する教職科目で、現職教員による授業ビデオに学生が挑戦する形式の模擬授業を実施する取り組みは、2007年度から開始して今年度が3回目である。当初は、学生が模擬授業に取り組むための授業の手本として導入したが、試行的に実施するうちに、授業

改善を行うことを目的とした授業研究として模擬授業を実施するために有効ではないかと考えるようになった。

今回、これに取り組んだ学生のレポート内容や質問紙調査への回答を分析することで、学生たちが現職教員の授業ビデオの視聴を通して、授業改善のための視点を明確にして模擬授業に取り組み、それを自己評価している姿が確認された。

この授業を受講した学生たちは、さらに4年生での教育実習を経て卒業し、学校現場に出てからも引き続き授業力を高めていかなければならない。その際に、他の教師による授業の参観や、授業ビデオの参観を通して問題意識を持ち、自らの授業を改善することのできる力量が重要である。今回の「プロへの挑戦」模擬授業の取り組みは、そのような力量形成の手立てとなったのではないかと考えている。

# 教職大学院における優れた理科授業のビデオ分析を活用した授業研究

○小林博典（宮崎大学大学院 教育学研究科）  
中山 迅（宮崎大学大学院 教育学研究科）  
小倉 康（国立教育政策研究所）

<要約> 本研究では、教職大学院前期の必修科目において、「優れた小中学校理科授業構成要素に関する授業ビデオ分析とその教師教育への適用」（国立教育政策研究所、小倉ら 2007）を活用した授業研究を行った。その結果、具体的かつ実践的で効果的な指導法を検討することで、院生の指導案作成に創意工夫がみられ、模擬授業に質的向上がみられた。

<キーワード> 授業評価、授業改善、理科教育、ビデオ分析

## 1. 本研究の目的

宮崎大学は、08年度に教職大学院を設置した。2009年度に1年目の授業を受けている20名の院生の中には5名の現職教員も含まれており、確かな教育理念と高度の実践力・応用力を備えた新任教員とスクールリーダーの養成を目指し、理論と実践の融合を図っている。

本研究を行った前期の必修科目「教科学習の構成と展開・評価と課題」では、より高度な教科教育に関する授業構成論や評価法を修得することをねらいとし、教科系列に分かれて、授業事例の分析、分析結果の検証、指導案作成、模擬授業、討議を主な活動としている。

理科系列で問題となったのは、日本の子どもたちの「理科離れ」解決と、理科授業の質を高める指導法の習得に関する校内研修のあり方である。現状として、小中学校理科に関するより実践的、具体的な指導方法についての情報が入手しづらい実態がある。

本研究に取り入れた「優れた小中学校理科授業構成要素に関する授業ビデオ分析とその教師教育への適応」は、全国の小中学校における日々の理科授業の改善に役立てることを目指している。ここでは、学習指導要領の幅広い内容に関する優れた特徴をもつ理科授業をビデオ収録しており、その実践の何が優れているかを具体的に示し、理科を指導するすべての教師が参考にできる成果とし、教員研修や教員養成の利用に供することをねらいとしている。

本研究の目的は、この優れた理科の授業ビデオ分析の手法と分析結果が、学生の指導案作成や模擬授業にどのような影響を与えるか、その成果と課題を追究することにある。

## 2. 研究の方法

### 2.1. 研究対象・期間

対象：教職大学院生 20名

期間：平成21年5月8日～7月30日

分析した授業：収録授業 「大気中の水分」 中学校2年地学内容 授業者 窪田雅文  
(小倉ら 2007、pp215-pp218)

### 2.2. 授業科目名

「教科学習の構成と展開・評価と課題」

### 2.3. 研究計画

授業日	形態	内容
5月8日	全体	・小中理科授業と校内研修の実態を協議 ・指導案、資料の配布 ・理科授業ビデオ分析の方法説明



5月13日	全体	・理科授業ビデオ視聴 ・評価シートの作成とメールによる提出
5月20日	全体	・評価結果一覧表配布 ・分析結果の発表
6月3日	班別	・評価結果から得られた知見の整理
6月10日 ～ 7月28日	班別	・模擬授業についての指導案作成（全5回の指導案検討会実施）
7月29日	全体	・模擬授業の実施 ・研究協議
7月30日	班別	・成果と課題のまとめ

## 2.4. 理科授業ビデオ分析の流れ

### 2.4.1. 事前の指導案等の資料配布、読み込みによる授業概要への理解

指導案配布時に、収録された理科授業ビデオが理科ネットワークから視聴可能なこと、そこには指導案等の資料も掲載されていることを説明し、校内研修等にいつでも利用できることを知らせた。

### 2.4.2. ビデオ視聴と、評価シートの作成

評価シートの作成では、小倉らの評価カード記入例をもとに、1枚のシートにした。

### 2.4.3. 評価シートに評価コードを記入

評価コードは小倉らの理科授業評価コメントの分類カテゴリーをそのまま用いた。

### 2.4.4. 評価シートを電子データで提出

各自の作成したメモを元に入力させた。

### 2.4.5. 全評価をエクセルで集約・分析

提出されたデータを集約し、一括ソートすることによって見やすくした。

## 2.5. 指導案作成と模擬授業の実施

理科系列の学生5名（現職教員1名）に、評価シートの集約結果を分析させた上で、視聴した優れた理科授業ビデオと同じ単元、内容の指導案を作成させた。また、作成した指導案を元に、模擬授業を実施し、授業研究会を開催し、評価を得た。模擬授業後に、成果と課題を明確にした。



図1 模擬授業の様子

### 3. 研究の結果および成果と課題

#### 3.1. 評価シートの集約とその成果

図1は、評価シートの集約の一部である。このように、評価シートを集約して、分析することによって、優れた理科授業と評価されるポイントが明らかとなり、授業改善の視点が得られた。

	A	B	C	D	E	F	G
1	評価	時間	コード(半角)		コメント	評価者	
2	+ -	分 秒					
3	-	8 20	III-2		いきなり話し合いだったので、自分の力で考える時間が不十分である	5	
4	+	8 20	III-1		予想・仮説の立て方で記述の仕方を多様に提示し、多様な表現方法を認めている点	8	
5	+	8 20	II-2		考えをまとめやすいような教具活用	11	
6	+	8 20	II-2		例示している内容が分かりやすい	14	
7	+	8 20	I-1,II-2		各班の意見・考えをまとめ、シートを渡して、記入させている点	15	
8	+	8 20	I-3		ただ予想させるのではなく、書き方の説明をしている。→生徒は分かりやすい	17	
9	+	8 20	II-1		「学習内容・学習課題・予想・結果の結論のまとめ」と、授業の流れが明確	17	
10	+	8 20	II-1 II-2		各班に用紙を配布した上でまとめさせている	18	
11	+	8 29	III-1		予想の書き方の例を提示し、生徒に予想を立てやすくしているところ	6	
12	+	8 29	I-3		具体的な書き方の指示があり、生徒がすぐに動ける点	7	
13	+	8 30	II-2		マジックなど取りに行く生徒(実験の準備)の指示がはっきりしており分かりやすい	10	
14	+	8 30	I-3		話し合いの結果をどのように記述するかモデルを提示している	12	
15	+	8 30	I-3		各班の話し合い活動や意見・考えをまとめる作業の指示が明確	15	
16	+	8 33	IV-2		役割分担が明確	3	
17	+	8 40	IV-2		役割分担についていねいに指示しているところ	2	
18	+	8 40	III-3		班での意見交換の時間の十分な確保	3	
19	+	8 40	IV-2		道具を取りに行く生徒を班ごとに指定し、効率化を図っている点	16	
20	+	8 45	II-1		班、係分担ができており、作業効率が高い点	9	
21	+	8 46	IV-2		学級内の役割分担ができているところ	14	
22	+	9 0	III-3		話し合い(グループ活動)活発に意見交換されている点	12	

図2 評価シート集約の一部

#### 3.2. 指導案作成における創意工夫

集約された評価シートをもとに、優れた理科授業としての観点を明らかにし、指導案に盛り込むべき内容を吟味させた。その結果、学習指導過程に以下の創意工夫がみられた。

- ・理解を高めるために、実験器具の改良を図ったこと (図4)
- ・小学校での既習事項との関連を整理して、説明を加え、系統性を考慮したこと (図5)
- ・発問の文言を検討し、生徒が考察を深められるための適切な言葉を吟味したこと (図5)
- ・机間指導の際の留意点に配慮したこと (図5)



図3 ビデオに出てくる説明の映像

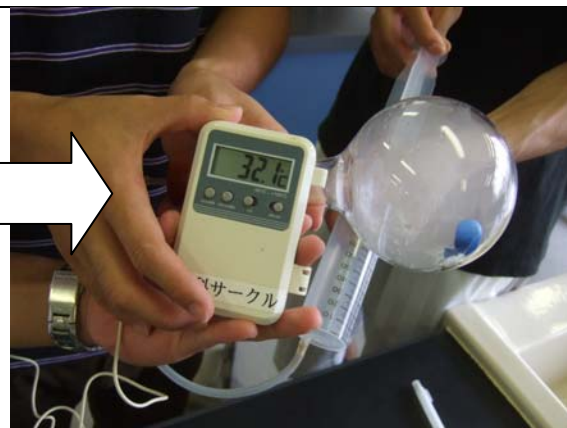


図4 ビデオ映像を元に改良した実験器具

問題 追及	3. 演示実験で空気の膨張と気圧の変化の様子を見る。 ・ 丸底フラスコ内の空気を膨張させると中に入れたミニ風船が大きくなる様子を見て、自然界でも空気が膨張したら雲が発生するであらうと推論する。 <b>(小学校4年の「空気の圧縮」のときの空気鉄砲を思い出させ、その逆であることを示す)</b>	全体	・ 上空での状態と、フラスコ内で起こっていることが同じであることを説明する。 ・ 注射筒のピストンを引くと気圧が下がり、丸底フラスコ内の空気の体積が膨張することを確認する。	雲発生装置 フラスコ 注射器 ミニ風船
	4. 疑問を仮説として具現化する。 <b>空気を膨張させると雲が発生する。その原因はなんだろうか。</b>			
	・ 疑問「雲が発生する原因について」を班で考える。 ・ 水滴がどうしてできるのかについて推論する。 ※ 今までの既習事項を基に、仮説を立てる。 ・ 予想される生徒の反応 ○ 水滴ができたのは、温度が下がったから ○ 膨張すると水滴ができるので、気温が下がっているのではないか ○ 水分が多いから、水滴になる	班	・ ヒントとして、水滴ができる条件を考えさせる。(「何をやったら水滴ができたのかな?」) ・ 断熱膨張による冷却の考えで考えさせる。 <b>(「スプレー缶でシューっとすると、缶の温度はどうなる?」)</b> ・ 生徒の予想から湿った空気の温度が下がった場合に、どんな現象が起こるのかを考えさせる。 ・ 気温が下がるためという生徒が多いと考えられる。そのため、露点に達し、雲が発生すると考える。	日常生活 ホワイトボード用のペン
文言の整理	<b>仮説</b> <b>空気を膨張させたら、気温が下がって雲が発生するのではないか。</b>			つまずき

図5 指導案作成上の創意工夫

改善前	7. 本時の実験結果をまとめる。 ・ 実験結果から結論を説明する。 ・ 雲の発生について説明をする。	全体	・ 雲が発生するには、上昇気流によって、空気が膨張し、温度が露点にかくなることにより、雲ができることを理解させる。	
	8. 自己評価・相互評価表をまとめる。 ・ 疑問点、何か気付いたこと ・ 自己評価・相互評価	個人	・ 疑問点や何か気付いたことがあれば評価表に書かせる。 ・ 自己点検、相互評価をさせる。	
改善後	7. 本時の実験結果をまとめる。 ・ 実験結果から結論を説明する。 ○ フラスコの中の空気を膨張させると、温度が下がった。 ○ 温度が下がることによって、雲が発生した。 <b>結論</b> <b>フラスコの中の空気の温度が下がったことが、雲が発生した原因である。</b>	全体		「まとめ」の部分の改善
	8. 自己評価・相互評価表をまとめる。 ・ 疑問点、何か気付いたこと ・ 自己評価・相互評価	個人	・ 疑問点や何か気付いたことがあれば評価表に書かせる。 ・ 自己点検、相互評価をさせる。	自己評価表 相互評価表

図6 指導案の改善



図7 ビデオに出てくる板書の映像



図8 ビデオ映像を元に改善した板書

### 3.3. 模擬授業における成果

模擬授業において、授業者に以下の研究成果がみられた。

- ・ 構造的な板書を行ったこと（図8）
- ・ 教材、教具の準備が的確になされ、スムーズに実験が進められるように配慮されたこと
- ・ 改良された実験器具が効果的に活用され、理解を助けていたこと
- ・ 生徒役の学生の役割分担を明確にし、検証実験に全員で関わらせようとしていたこと
- ・ 生徒の予想や疑問、意見を大切にされた授業づくりができたこと

### 3.4. 今後の課題

- ・ 優れた理科授業の各実践者の授業行為にある、このビデオに映っていない潜在的な背景を考えられるようになること。
- ・ たとえば、授業における突発的な状況に対し、臨機応変に対応できる柔軟さや、生徒に対する言葉のかけ方など、各人の個性に合わせた実践として取り入れていく必要がある。
- ・ 評価シートの主観的評価の質の向上を図ること。特に教職に関する経験の差で、表記内容に大きなずれがある。授業を観る視点を養いたい。

<参考文献>

小倉 康 他「優れた小中学校理科授業構成要素に関する授業ビデオ分析とその教師教育への適用」国立教育政策研究所(2007)

国立教育政策研究所「TIMSS2003 理科教育の国際比較」ぎょうせい (2005)

# 構成的方法による理科授業ビデオの教材化の試み

## －大学学部生を対象とした理科授業分析－

益子典文（岐阜大学総合情報メディアセンター），小倉康（国立教育政策研究所）

### 1. 授業ビデオの教材化

学校で日々実践されている生の授業場面をビデオに収録し、記録することは、授業者自身の授業改善の素材として、そして授業に関する新しい知見を得るための授業分析の素材として利用するために、意義のあることである。さらに、収録した授業ビデオを、次世代の学校教育を担う人材育成のための教材とする方法を考案することは、意義のあることである。

授業ビデオの教材化は、例えば、LessonLab における e ラーニングコースにおいては、授業ビデオと連動した様々なタスクに回答することによって、授業の国際比較による分析結果の追体験を行うことができるように設計されていた。このコースは、現職教員を対象とした教員研修用である（益子，小倉，2005）。また、教員養成段階の理科の授業ビデオの教材化では、例えば Reflecting On Elementary Science (ROES) では、小学校における優れた理科授業実践者（特に概念変換に関する授業実践）2名が1週間から2週間程度、特定のテーマについて実践した授業場面に加え、本人自身の授業毎の振り返りインタビューも含めた授業ビデオを素材としている。この素材に対し、一連のテーマに沿った小課題（vignette）を設定することで、理科授業に対する様々なアイデアを学ぶことができるコースを開発している（Abell et.al. 2004）。これらの事例からは、素材としての授業ビデオに対し、学習者側が様々な働きかけを行う課題を設定することにより、授業ビデオの教材化を図っている例である。

### 2. 構成的方法による理科授業ビデオ分析

#### 1) 国立教育政策研究所による授業ビデオ教材化の方法

国立教育政策研究所により開発された授業ビデオ分析法は、次の手順によるものである（小倉，2003）。

- a. 資料に目を通す：教師質問紙と添付資料（学習指導案，教科書該当ページ，ワークシート，参考資料等のコピーがある場合）に目を通して，授業の概要を理解する。
- b. ビデオを視聴しながら「評価カード」を作成する：授業ビデオを視聴しながら，授業者の指導力に関して，肯定的な評価あるいは否定的な評価を感じたら，以下の手順で，それぞれ1つずつの「評価カード」に書き留める。
  - (1) 各カードへの記入の際，肯定的な評価に「+」に，否定的な評価に「-」に○をつける。

(2)肯定的あるいは否定的な評価を感じた時間をビデオから読み取り記入する。特定の時間いかかわらない評価の場合には空欄とする。

(3)具体的な評価内容を「コメント」欄に記入する。

(4)できるだけ数多く書き留めるように努める。ただし「机間指導」など同じ行為が繰り返され、まったく同じ評価コメントとなる場合は、新たな「評価カード」は作成しない。

c.「評価カード」に評価コードを付ける：「理科授業評価の観点」を見ながら、それぞれのカードに書き留めたコメントの内容が、リストにある13の中のどの観点到最も近いかを判断し、そのコードを「評価コード」欄に記入する。2つ以上の観点到重複する場合は、複数のコードを記入する。該当するコードが無い場合は空欄とする。

d.「総合評価票」に記入する：授業の総合的な評価として、「総合評価票」の質問項目に答える。

また、この方法のdを集団で行うことにより、理科授業研究会として教員研修を効果的に行うことができる。

## 2) 国立教育政策研究所による理科授業分析方法の大学生への適用

これまでに報告されている2つの結果を、表1と表2に示す。

これらの結果で特徴的なのは、理科授業の経験を積んだ現職教師はこの方法で授業分析をする  
と肯定的評価の視点で分析する傾向にあるのに対し、経験がない大学生を対象としてこの方法を適用すると、次のような興味深い傾向があることが示されている。

表1 対象者別の評価カード平均枚数 (猿田, 2002)

対象者	人数	+評価	-評価
理学部2年生(H13)	n=15	9.6	3.9
理学部2年生(H14)	n=12	10.5	2
教育学部4年生・院生	n=11	5.4	7.2
理科教師	n=6	11.2	3.3

表2 対象者別の評価カード平均枚数 (吉田・小倉, 2003)

対象者	人数	+評価	-評価
教育学部3年生	n=11	5.5	7
教育学部4年生	n=14	12.9	8.3
教育学研究科院生	n=7	12.7	16

i. 評価カードの枚数は、+評

価よりも-評価の枚数が高い傾向にあり、唯一の例外が吉田らの教育学部4年生である。

ii. 猿田らの調査によれば、同じ大学生であっても、理学部学生には同様の傾向が見られないこと。

実際に、第一著者は、県内の理科教師の授業ビデオを対象として、同様の理科授業研究会を開催したことがある。その折には、教育学部の理科教育専修の学生も参加し、同時に国立教育政策研究所の授業分析方法によって授業分析を行った。その結果、現職教員も参加している授業研究会で学生は、授業を実践する教師側の立場からすれば、当然何らかの問題解決の結果、このような行動が見られるのだらうと容易に推測できる部分に対し、「こうすべきであった」という観点から-評価をする傾向にあり、研究会の途中で、現職教師が授業そのものの解説を始めてしまうという結果であった。もちろん、学部生は悪気があって授業分析を行っているのではなく、懸命に授業分析した結果を報告しているわけであ

る。また、猿田らの調査によれば、理学部の学生は、+評価と-評価のカード数の比に関する限り、理学部の学生と現職教師の評価結果が類似していることが示されている。大学3年生以上の学生は、教職に関する科目の単位を取得すると同時に、時期によっては教育実習を経験済みであり、授業分析に用いる知識は、理学部の学生よりも豊かであることが想定される。

### 3) 理科授業分析の方法の改善

以上の結果に、吉田らの調査において、教育学研究科大学院生が、カードの総数が増加している一方で、-評価も併せて増加していることを考慮すると、教育学部学生ならではの「成長によるエラー」(ブルーナー, 1968)に類似した反応であると思われる。

このような反応が見られる原因として第一に、学部生にとっての授業分析活動の位置づけが考えられる。業観察・分析活動が「目的」となった場合、学生は極めて真面目に取り組むと思われる。それ故に、理学部学生よりも豊かであり、かつ、現職教師よりは弱い自分の知識や経験に基づき、観察・分析活動を行うと考えられる。教職経験者は、授業を観察する際に、経験によって構成した「授業観察の枠組み」によって授業を分析する。これにより、視点を定めて観察・分析することが可能となると思われる。一方、学部生は、観察の視点を定めることが難しく、それ故に、「与えられた視点や指導案の情報」を手がかりとして観察・分析を行うと考えられる。第二に、授業分析の視点の設定である。授業分析を行う際に、手がかりとなるのは、観察・分析前に配布される資料群である。例えば、「理科授業評価の観点」「指導案」などを分析前に把握することになっているが、これらの情報を、前述のような知識の状態に基づいて解釈することにより、授業を「チェック」することになっている可能性がある。したがって、カード数は多いものの、現職教師とは本質的に異なる授業分析を行っているのではないだろうか。

そこで、本研究では、次のような方法で授業分析を行ってみることとした。

まず第一に、授業分析を、目的ではなく方法として位置づける。これは、自分自身で何らかの課題を行うために必要な作業の一つとして、授業観察・分析を行うということである。今回は、CST初級コースの「教材開発セミナー」の一環として行うため<sup>1</sup>、教材開発のために必要な知識として、理科特有の授業展開区分と、それぞれの区分における教師の様々な配慮を知ることが、教材開発において不可欠であることを知らせた上で、授業分析を試みる。

第二に、授業分析を開始する前に、授業に関する先行情報をできるだけ少なくすることである。前述のように、教育学部生は教育実習や理科授業に関する最小限の知識を持って最大の努力を払った結果、-評価のカードが増加していると考えられる。そこで、観察・分析活動前に、授業について知らせる情報を最小限とし、個人毎に生成される評価カード

---

<sup>1</sup> 「教材開発セミナーⅡ」は岐阜県教育委員会・岐阜大学教育学部の連携によるCST初級認定のための講義であり、約3ヶ月(30時間)に渡って教材開発を行う講義である。2009年度の講義担当者は、益子典文、下野洋、川上紳一である。

の結果を利用する活動を設定することである。今回は、評価カードの生成のみが個人活動であり、それ以降、そのカードを1グループあたり4名ないし3名で持ち寄った上で、理科授業に特有の区分（導入、展開など）を構成することとした。

図1に、国立教育政策研究所による方法と、本研究で試みた方法の手順を示す。

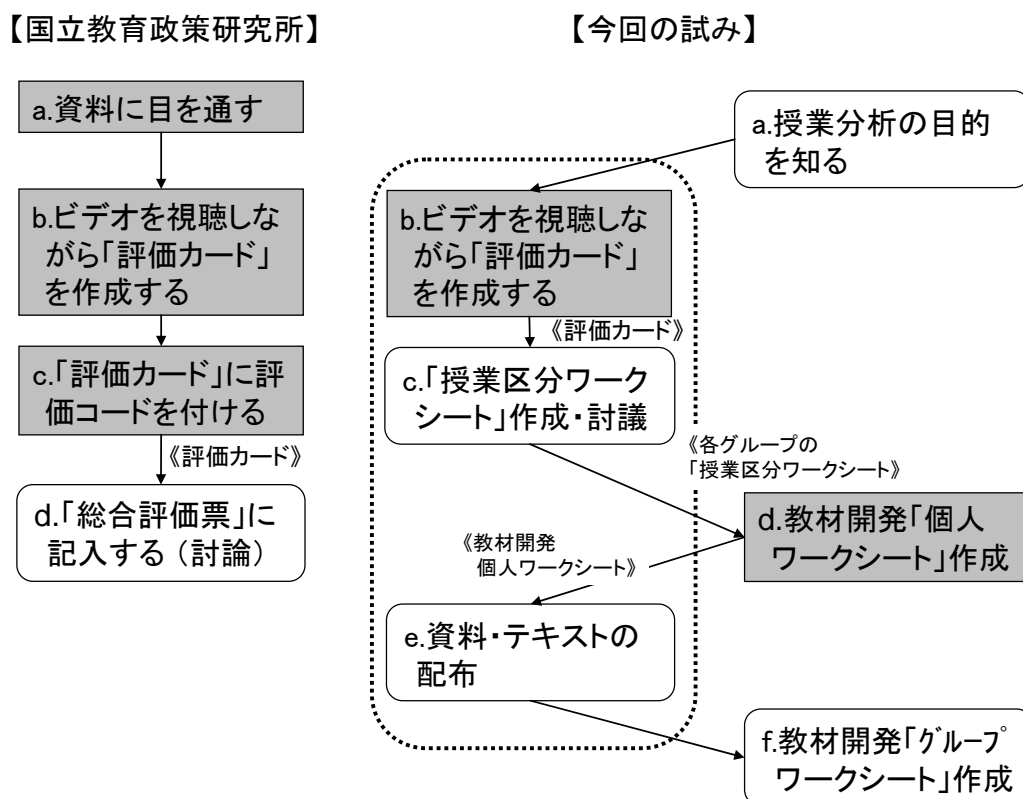


図1 授業観察・分析の方法

今回の方法の特徴は、各種資料を参照した後に授業分析活動を行うのではなく、授業分析活動を行った後に、「評価カード」を素材として、教材開発に利用するための「授業区分ワークシート」を、グループで討議しつつ構成する点にあることから、構成的方法と呼ぶことにする。

#### 4) 構成的方法による理科授業分析の方法

本研究で用いた理科授業ビデオは、2003年に収録した中学校1年生「大地の変化～火山と火成岩」の授業である。授業者は、山田茂樹教諭（当時美濃市立美濃中学校教諭）である。赤色に着色したデンプンのりを使って、火山の形を決める要因を、マグマの粘性にあるのか、噴火の勢いにあるのか、学習者が検証する授業である。

この授業を選択した理由は、①小学校理科授業ではクラス担任の授業が収録されているケースが多いため、学級経営や教師の言葉遣いなど、今回の授業観察・分析の目的である「教材開発」とは異なる様々な教育技術が目をつくこと、②当該授業は、授業区分が比較的明確であり、今回試みる授業観察・分析に適していると考えられること、③学習者が利



用している教材に対し、安全面など様々な配慮が見られること、などである。

図1を使って、構成的方法による理科授業分析の手順を述べる。

a. 授業分析の目的を知る

授業分析を、目的ではなく「方法」として位置づけるインストラクションである。

今回は、約3ヶ月に渡って教材開発を行うことが目的であり、そのためまず最初に、理科授業において、教材がどのように利用されているのかを、事例をもとに知ることが目的であることを説明した。その上で、次の情報を説明した。

i. 授業の概要：中学校1年生・「大地の変化」・全20時間中3時間目

条件：先行学習内容として、VTRで2つの山の噴火の様子を視聴

演習内容：授業を視聴し、指示に従いメモを書く

ii. 教材のコアとなるアイデア

図2に示したように、ピストン内部のものを押し出すことで、山の形を作ることが、コアとなる教材のアイデアであることを伝え、このアイデアは、授業のテーマ、学習活動の展開、授業時間など、様々な条件を考慮した結果生み出されたものであることに注意することを伝えた。

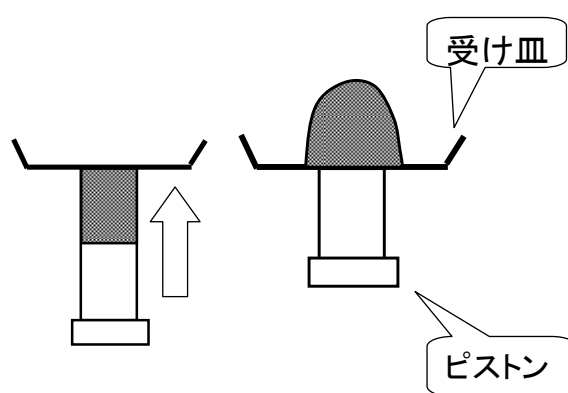


図2 教材のコアとなるアイデア

b. 授業を視聴しながら「評価カード」を作成する

この過程の手順は国立教育政策研究所の方法と同一である。ただし、評価カードには、評価コードを記入する欄を省略してある。

c. 「授業展開ワークシート」作成・討議

「評価カード」記入後、4人から3人のグループに分かれ、「評価カード」を時間経過に従って並べた後、「授業区分ワークシート」を作成する。図3にワークシートを示す。

1枚あたり2つの授業展開区分を記入することとし、1グループあたり4枚(最大8区分)配布し、グループ毎に話し合いをしつつ記入することを求めた。ワークシートには「授業展開区分の名前」「この区分における主たる学習者の活動」「学習活動・教材に対する教師の配慮」の3点を記入することとなっている。「評価カード」の内容を吟味しつつ、授業全体を複数の区分に分け、その区分毎に、「評価カード」に記述された学習者の活動と教師の配慮をまとめる作業をグループで行うことになる。

全グループの「授業展開ワークシート」が完成した時点で、すべての記入済みワークシートをコピーして全員に配布し、統一した理科授業に特有の授業展開区分を議論する。

d. 教材開発「個人ワークシート」作成

完成した「授業展開ワークシート」を参考にしつつ、1週間の期間内に、参加者が個人毎に作成する、教材開発を行うワークシートである。教材のアイデアとともに、授業展開を

記入する欄を設けてある。このワークシートを図 4 に示す。

グループメンバー：  
岐阜 CST 初級・教材開発セミナーⅡ・「授業展開」ワークシート

授業展開区分 の名称	
この区分にお ける主たる学 習者の活動	
学習活動・教材 に対する教師 の配慮	
授業展開区分 の名称	
この区分にお ける主たる学 習者の活動	
学習活動・教材 に対する教師 の配慮	

図 3 授業展開ワークシート

e. 資料・テキストの配布

教材開発・個人ワークシートを作成した後、授業に関する資料・テキストを配布する。今回は、テキストとして、合意された授業区分毎に、作成した「評価カード」に記載された内容、当該区分のポイント、を、授業ビデオの画面とともに掲載した、32 ページのテキスト（付録参照）を作成し、全員に配布した。このテキストの詳細な解説は行わず、次の「f. 教材開発・グループワークシート」を作成する際に、グループで参照しつつ作成することとした。

岐阜 CST 初級・教材開発セミナーⅡ・「個人レポート」(2010年1月14日提出)

学籍番号：

氏名：

※ 必要に応じて行数やページ数を増やし、図や写真をできるだけ多く記入してください

教材のテーマ・目的			
想定した学年			
小学生・中学生に理解させるための工夫 ・活動の工夫 ・素材の工夫 ・その他			
参考にした教材事例			
授業の流れと主たる学習者の活動	区分	主たる学習者の活動	教師の発問・課題提示・留意点など

図 4 教材開発・個人ワークシート

### 3. 構成的方法の実施

今回の方法を、次のように実施した。

#### 1) 実施日

2010年1月8日(金)～1月15日(金)

## 2) 受講生

岐阜大学教育学部の CST 初級受講者 19 名 (大学院生 1 名, 学部 3 年生 18 名)。全員, 自主的に申し込みを行った希望者である。

受講生は全員, この時期までに CST 初級の講座として 4 種類の講座 (工学部・教育学部 教員による地学巡検, 応用生物科学部教員による筋肉のしくみ, など) を受講済みであり, 今回のコース全体の目標は, これらのコースで受講した内容を教材化することである。

## 3) 方法

対面の講義は, 1 月 8 日 (1 日目) と 1 月 15 日 (2 日目) である。1 日目の午前 2 時間で, 図 1 の a (目的を知る), b (授業分析・評価カード作成) を行い, 午後 3 時間で c (授業展開シート作成・討議とコピー配布) を行った。

その後, 1 月 14 日までに, 教材開発・個人ワークシートの提出を求め, 1 月 15 日の冒頭に全員のレポートを配布の上, 午前から午後にかけて, 3 時間で相互に発表会を行い, その後, テキストを配布した上で, グループ分けを行った。

この後, 2 月末までの期間内に, グループ毎に教材開発を行い, レポートを提出することが課題となっている。

## 4. 結果

### 1) 評価カードの内容

受講生のうち, 3 名のグループのみ評価カードの提出を失念したため, 分析対象は 16 名である。表 3 に, 評価カードに記載された + 評価, - 評価をカウントした結果を示す。

+ 評価のカードが 12.2 枚, - 評価のカードが 1.8 枚であり, 教育学部の学生を対象とした猿田の調査および吉田・小倉の調査と比べると, 圧倒的に + 評価が多い結果となっている。個々の評価カードに記載されている内容は, 評価カード記入時にカテ

表 3 評価カードの結果 (n=16)

受講生	+ 評価	- 評価	その他	合計
A	18	1	1	20
B	13	1	0	14
C	8	7	2	17
D	11	0	0	11
E	8	1	0	9
F	18	2	0	20
G	12	2	0	14
H	3	1	1	5
I	16	0	0	16
J	13	2	0	15
K	7	2	1	10
L	8	0	0	8
M	17	1	0	18
N	16	2	0	18
O	15	2	0	17
P	12	4	0	16
平均	12.1875	1.75	0.3125	14.25
標準偏差	4.289795	1.677051	0.582961	4.308422

ゴリーを記入していないため, これらを改めて分類する必要がある。



## 2) 授業展開ワークシートに記載された内容

今回の試みでは、授業分析開始前に、教材開発に役立てるための授業分析であることと、授業分析によって記入された評価カードを用いて「授業展開ワークシート」を作成することをあらかじめ学生に教示してあったことも、特徴の1つであった。

表4に全5グループ分の授業展開ワークシートの内容を示す。まだ詳細に分析を終えていないが、教師の教育技術に偏りがあるものの、学習環境や教材についての記述が見られる点が特徴的である。

## 4. おわりに

授業分析を目的ではなく方法（教材開発のためのノウハウ取得）と位置づけ、個人毎に記入した「評価カード」の内容から、そのノウハウを抽出する構成的な活動を組み込んだ今回の試みは、「+評価」が増加した点において、一定の成果を見ることができたと言える。

今後、授業展開ワークシートに記載された内容の分析をさらに進める予定である。

## 引用文献

小倉 康，熊野 善介，猿田 祐嗣，清水 誠，隅田 学，中山 迅，鳩貝 太郎，人見 久城，益子 典文，松原 静郎，松原 道男，吉田 淳「授業ビデオを活用した優れた小中学校理科指導に関する教師教育用教材」日本科学教育学会年会論文集 31, 339-340, 2008

猿田 祐嗣「理科授業ビデオ分析と教師教育：6.教員養成における理科授業ビデオの大学生による評価結果の特徴」日本科学教育学会年会論文集 26, 173-174, 2002

ブルーナー（岡本夏木，奥野茂夫，村川紀子，清水美智子訳）「認識能力の成長－認識研究センターの協同開発－下」明治図書，1969

Reflecting On Elementary Science (ROES)Web サイト：  
<http://roes.missouri.edu/roes.html>

吉田 淳，小倉 康「理科授業のビデオ分析と教師教育：教員養成大学生による理科授業ビデオの評価」日本科学教育学会年会論文集 27, 325-326, 20030720

## 付録：第2日目に配布したテキストの構成

分析対象のケースとなる授業を、「課題化」「予想」「実験の説明」「実験」「結果・交流」、「まとめ」の6つの区分に分けた上で、それぞれの区分における、i.「評価カード」に記載された内容、ii.当該区分の留意点、iii.授業のポイントの3つの内容を、文章と授業場面の写真をもとに解説したものである。なお、この6つの区分は、初日に、全員で合意を得たものである。各ポイントは、学習者からの反応をもとに作成したものである。テキストのページ数は、全32ページであった。

記述したポイントは、区分毎に次の16となった。

### ○課題化

【ポイント1】 補助教材

【ポイント2】 (予想の余地のある) 学習者の疑問の共有化

【ポイント3】 言語化する

### ○予想

【ポイント4】 個人予想における机間指導 8

【ポイント5】 予想交流：意見を集約し黒板に「明確化された課題」を完成させていく

【ポイント6】 「理科の授業のコツ」掲示

### ○実験の説明

【ポイント7】 教師の教材開発

【ポイント8】 条件統一の導出と実験への適用

【ポイント9】 実験方法の図式化

【ポイント10】 実験における安全上の留意点

### ○実験

【ポイント11】 実験観察の準備

【ポイント12】 実験実施時の机間指導の流れ

### ○結果・交流

【ポイント13】 結果発表の内容を集約する板書（予想との関係）

【ポイント14】 補助教材の提示

### ○まとめ

【ポイント15】 机間指導と発表

【ポイント16】 後片付け

「課題化」部分のサンプルを、次ページに示す。

## 第1章 課題化

### 1. この区分のみんなの意見

評価	氏名	番号	時間	コメント
+	宇佐見	1	0:00:00	子どもたちが何かをまぜていた。実験ノートを書く。
+	都竹	1	0:00:00	授業前から2つの山の写真を黒板に貼っておく。生徒の意識をひきつけることができる。準備を生徒と一緒に。
+	内藤	1	0:00:00	授業が50分ということを踏まえて授業開始前に実験の準備。
+	長瀬	1	0:00:00	実験始まる前に児童に手伝ってもらい、準備していた。手伝っていた児童は興味を持って。他の児童もその様子を見て興味を持つ。
+	畑口	1	0:00:24	一番最初から大きな声であいさつをしていてやる気がでる。
+	畑口	2	0:01:05	教師が生徒の疑問をうまく利用して課題までもっていている。絵でもわかりやすくしている(ゆるやかとかを極端に描いて)。
+	オオサワ	1	0:01:07	生徒の前時のノートの中から、意図的に疑問点を引き出して、実験への流れを作る(山の形)→火山の形は何で決まってくるのだろうか(2:50)
+	都竹	2	0:01:09	授業のはじめ。前回、ビデオを見て疑問に思ったこと→意図的指名導入→課題へスムーズ。
+	濱野	1	0:01:10	教師が子どもの疑問を取り上げている。子どもに言わせる。そこから課題づくりへつなげている。流れ。
+	古山	1	0:01:10	ごうし君のノートの疑問から入る。みんなの疑問から学習に入るという意味表示。
+	宇佐見	2	0:01:15	雲仙普賢岳と三原山についてのビデオについてノートに書いたことを復習→課題化
+	宮島	1	0:01:20	形が違うところを調べたい。発表して、今日やることの見通しを生徒の意見から出す
-	小倉	1	0:01:30	もりあがった形とゆるやかな形の復習は生徒に言わせても良かったと思う。
+	川北	1	0:01:40	ある生徒の疑問からみんなの疑問にして課題をつくっていた。
+	永屋	1	0:01:40	前時までに生徒が2つの火山から疑問をノートにまとめている。そこから本時の内容へとつなげている。生徒が主体で、課題も生徒の疑問になっている。
-	小倉	2	0:02:30	課題化のときに教師が課題化してしまっている。生徒が積極的に課題化していない。
+	長瀬	2	0:03:10	机間指導、ノート忘れた子への声かけ。授業をスムーズに進めるための声かけ。「課題書きながら予想」意見を認めてあげる。発表につながる。
+	宇佐見	3	0:03:13	課題を書きながら予想を考えさせていた。グループで相談するようにアドバイス(3:36)。

### 2. この区分の留意点

- 1) 生徒の先行学習・先行経験から、本時の「課題」を導出する
- 2) 課題を導出するにあたっては、学習者の経験をあらかじめ調べておく(ノートなど)ことにより、時間を短縮できる。このように、学習者が考えていることを知ることで、アクションの設計をあらかじめ行うことができる。
- 3) 導出する「課題」は、教師が準備している実験や観察のための教材と直接的に結びつくものではない。「検証可能な命題(真偽がはっきりする文)」は、次の「予想」の段階で、児童生徒自身から引き出すことになるからである。
- 4) その意味で、この段階での「課題化」は、「児童生徒が予想する余地のある課題」と言っても良い。



### 3. 授業のポイント

#### 【ポイント1】補助教材

前の時間にビデオで視聴した「雲仙普賢岳」と「三原山」の写真を、黒板に貼っておく。これは、課題を引き出すための準備である。



写真1：授業前の準備状況

#### 【ポイント2】（予想の余地のある）学習者の疑問の共有化

前の時間に「知りたいこと」をノートに書かせ、あらかじめ教師はそのノートを閲覧しておく。これは「生徒が何を知っており、何を知らないか。また、何を知りたいと思っておるか」をあらかじめ調べることにつながる。これにより、授業を構成しやすくなると同時に、授業冒頭で誰を指名すればよいかをあらかじめ把握できる（より確かな「仮説」で授業を構成することができる）。また、ここでは学習者とインタラクション「しながら」意見を図式化し、あいまいな部分がなくなり、皆で共有することを促している。



写真2：生徒を指名し意見を図式で板書することにより生徒の疑問を共有化する

# 科学的探究能力育成における教師の実践コミュニティ

-福井大学教育地域科学部附属中学校を例に-

## Professional Learning Community in Teachers

福井大学大学院教育学研究科教職開発専攻

石井恭子

### 1. はじめに

平成20年3月に新しい学習指導要領が公示され、知識基盤社会における生きる力の重視ということが示され、理科においても、思考力・表現力の育成、探究的な学習活動の充実という方向性が示された<sup>1</sup>。また、今回の改訂では、OECD-PISA 調査やTIMSS2006など国際学力調査の結果や、キーコンピテンシーや科学リテラシーなどで示された国際的な学力観を受けて、理科教育の改革が求められている<sup>2</sup>。こうした改革の方向は、今に始まったことではなく、これまでも何度も強調され、よりよい授業を求めて研究者実践者ともに模索が続けられてきた。しかし、思考力や科学的探究能力を育成する授業とはどのようなものか、答申や学習指導要領解説などにその理念は示されているものの具体的な基準は示されていないので、実際には個々の教師の努力にゆだねられているのが現状である

思考力や科学的探究能力を育てるといえるとき、実際には、どのような授業展開で、どのような生徒の姿が見られるのか、ということについては、事例を検討することによって、一つの示唆が得られると考える。本稿では一つの事例として、福井大学教育地域科学部附属中学校の授業実践と、その授業実践に取り組む教師のコミュニティを取り上げてみたい。

### 2. ストーリーとスパイラルで構成される授業

福井大学教育地域科学部附属中学校では、「探究するコミュニティ」をテーマに、全校での授業改革に取り組んできている。すべての教科と総合を包括する単元構成の概念は、「発意」→「構想」→「構築」→「遂行」→「省察」というストーリーのあるサイクルで示されており、教師が効率的に学習内容を教える「目標」→「達成」→「評価」型の授業とは異なり、子ども自らがサイクルを作っていく。理科の授業の中で考えると、これまでにプロセススキルと言われるサイクルと非常に似ている。しかし、実践記録を読むと、探究はいわゆる方法としてではなく、単元全体を通じた学び全体をさしていることがわかる。

2005年2年生の実践「化学カイロ製作プロジェクト」（9時間）の実践記録から、授業の展開を詳しくみてみよう。前期に行った「白熱灯の明るさの謎に迫る」、2学期の化学変化の学習を終えたあとの学習である。

カイロを作る学習をしようとして教師が提案するところから学習が始まる。寒くなってきた時期でもあり、自分たちで売っているカイロと同じものを作るという学習に、生徒たちは湧いた。まず、カイロを作るためにはどうしたらよいのか、生徒たちはすぐにその成分を調べなくてはならないことに気づく。（発意の段階）

いよいよカイロの成分を調べるために、中身を予想する。鉄、砂、乾燥材、炭、など出てきた予想は、生徒それぞれが持つこれまでの生活経験や情報が活かされている。いろいろな予想が出たところで、市販のカイロを配り、4人グループで観察・実験に取り組む。

磁石で鉄の存在を確かめる。しかし、さらに確証を得るために、カイロの中身に電極を差し込んで調べると、電流が流れないことがわかる。湯気が出ていることから水の存在を予想し、水の存在を確かめるために、蒸発皿にラップをかけて水滴がつくかどうか調べよう、など4人のアイデアを交流しながら、実験方法を考え（構想）、実験していく（構築）のである。（構想、構築の段階）

実験の結果が出たところで、4人グループを解いて、新たなグループ（ジグゾー班）を作り、中間報告会でお互いの実験方法、予想、明らかになったことなどについて情報を共有する。「電気を通したり通さなかったりした」他の班の実験結果や、「他の物質の粉も混ざっているから」という考察を聞くことによって、自分たちの班では解決しなかった鉄の存在について、解決し納得していく。カイロの中に含まれている不思議な金色の粒にこだわった生徒の追究から、蛭石（パーミキュライト）の存在と、加熱すると伸びるといふ不思議な性質が報告された。（表現の段階）

それぞれが、報告会で聞いた他の班での実験方法や結果を持ち寄り、さらに班で吟味するパーミキュライトの実験は、その面白さ不思議さに、学級の生徒全員が実験を体験することになった。さらに、次のカイロ作りに向けて、鉄、炭、パーミキュライト、水という4つの材料が確認される。（省察、次のサイクルの発意の段階）

いよいよカイロ作りにとりかかるために、学級全体での話し合いをする。材料を確認し、基準量を全員で共有した後、班ごとに一つだけ分量を変えて、温度変化を調べていくのである。温度が上がっていかないことから、さらにカイロの外袋の成分表を見直し、新たな材料として、食塩の存在に気付く。カイロを作るという目的から、より高く温度が上がることを目指し、定量的な実験が続いていく。（2つ目のサイクル）

右に示したのは、化学カイロ製作プロジェクトでの探究のサイクルである<sup>3</sup>。

「化学カイロを作ろう」という発意は、「まず成分を調べよう」⇒「どうやって調べようか」⇒「実験しよう」⇒「実験がどうなったか友だちと話し合おう」⇒「成分がわかったから、いよいよカイロを作ろう」というように、生徒の追究心によってスパイラルに進んでいく。

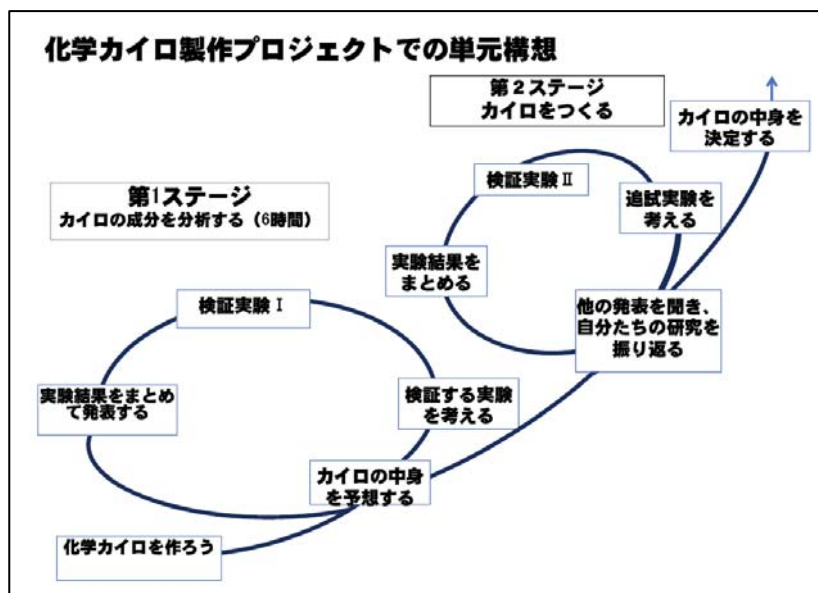


図 1 探究サイクルの図（竹澤 2007 より筆者再構成）

毎時間の授業で、教師が「今日の授業のねらいは・・・、実験の説明をします」というのではなく、生徒の必然性によって、実験方法や実験道具が決められていく。それは、発意から始まった学習のテーマにストーリー性があるからである。この、「ストーリー」と「スパイラル」は、附属中学校の探究サイクルを考える場合の重要な視点である。

### 3. 実践から検討する思考力・科学的探究能力の育ちとしくみ

#### 記録を書くことと省察すること

それぞれの班には、探究シート（スケッチブック）があり、班で起きたエピソードが書き込まれている。単元の終わりには、探究シートに、グループメンバーで見出しを作り、自分たちの探究のストーリーを振り返っていく。学習の最後には、一人一人が、自分の探究の足跡を振り返り、物語風に表現したレポートを書く。実験レポートの形とは違い、自分たちが行ってきたエピソードの因果関係を記録していくのである。これは、毎回の授業で書いていた、探究シートに残された班での探究の履歴をもう一度、各自で再構成するということである。

化学カイロの探究のサイクルでは、始める前に、記録に関する省察（ふりかえり）が、教師と生徒によって行われていた。前期の「白熱灯の明るさの謎に迫る」での探究シートについて振り返りをしている。レポートを書いたときのことを思いだして、探究シートがどのように役に立ったのか、どのような探究シートだとよいのか話が話された。そこで出てきた生徒の発言には、「文が多い方がいい」「実験結果の比較があるといい」「実験の図と細かな条件が書かれているといい」「実験中にしゃべったことや、なぜそう予想したのかが書いてあった方がいい」など、探究のプロセスを記録しておくことの意味を感じているものが多い。この振り返りによって、プロセスやエピソード、つぶやきなどの記録が、探究シートに書かれるようになった。こうした探究シートを通じて、生徒自身が自分の探究のストーリーをたどることによって、エピソードの因果関係をとらえることができる。

#### 対話を通じた探究学習 ～コミュニケーション（協働）

附属中学校では、ほとんどの探究を4人グループで行っている。理科では、実験台や実験道具の都合から4人グループで行うことも多いが、そうした意味ではなく、対話とコミュニケーションの人数として4人グループを取り入れているのである。さらに、中間報告会で行ったように、それぞれが別々の実験を行っていたグループを開いて、ジグソー班での共有の機会も多く取り入れている。同じ大きなストーリーを共有し、それぞれが明らかになったこととなっていないことを持っているため、話し合いは活発に行われ、それぞれの班の結果から、新たな視点が得られるのである。

#### ストーリーとスパイラルによる探究のサイクル

附属中学校の理科では、科学的探究活動を授業の中で展開しようとする場合、1時間や2時間という授業の単位ではなく、最低でも5、6時間を想定している。そして、生徒自身が探究のサイクルを回していくために一番大切にしているのが「発意」である。一般にいう「導入」とも言えるが、教師の作った授業計画に関心を持たせるための短期的な目的ではなく、「発意」で心掛けているのは、数時間の探究活動全体を貫くような、生徒自身の探究心・問いを掘り起こすことである。

この発意が単元全体を貫いている限り、授業は、断片的な知識の伝達になるはずもなく、生徒が、今日の授業はなんのためなのかかわからないこともない。毎回毎回の授業は、生徒の必然性に支えられて行われる。さらに、一つのサイクルの、省察は次のサイクルの発意となる。こうして、探究のサイクルがスパイラルに続いていくのである。

#### 4. 探究学習を3年間のスパイラルでとらえる

附属中の探究サイクルのスパイラルは、3年間の積み重ねを前提として作られている。附属中学校理科では、3年間の貫く目標を、「しくみを解明し、自然観を広げる」とし、それぞれの学年に「科学に挑戦する1年生」「科学を使いこなす2年生」「科学を広げる3年生」というカリキュラムイメージを持ち、探究学習に適した単元を実践している。こうした実践と省察を繰り返す中で、学習内容だけではなく、いわゆる思考力といわれるものの段階的な育ちが見えてくる。

参考までに、過去9年間の研究紀要で紹介された探究の実践を以下に紹介する。

	1年生	2年生	3年生
2001	植物が水を捨てている 校庭の野草マップを作ろう	朝虹はどうして雨なの？ 光るシャープペンシルの芯の謎を 探ろう	
2002		使い捨てカイロをつくってみよう！ 電気のモデルをかいてみよう	
2003	野草マップから見つけた植 物の不思議を探ろう	白熱灯に学ぶ電気の世界 使い捨てカイロをつくろう！	遊園地は力学の宝庫だ～アトラ クションの運動を探ろう
2004	物質分類図を作ろう 白い粉の正体を探ろう	明るいついてどういうこと？～回路の 謎に挑む～	
2005	身の回りの物質から、オリジ ナル物質分類図を作ろう	化学カイロ製作プロジェクト	運動の規則性を探ろう
2006	光合成発見の歴史！		東尋坊の地誌を探る
2007	野草マップ作り		運動の規則性を導き出すプリン キピア 2007 づくり
2008			F(附中)-1グランプリに挑戦!!

これらの実践は、それぞれの学年で重点となる単元である。これを、附属中学校では「核となる学び」と呼んでいる。核となる学びをもとに3年間のカリキュラム作りに取り組んでいる<sup>4</sup>。(図2)

#### 科学に挑戦する1年生

1年生での探究のタイトルには、校庭マップや物質分類図などを「つくろう」というものが見られる。また、扱う題材も、目に見えるものであり、諸感覚を使った観察や実験などが中心である。力を合わせてよいものを作ろう、という発意に支えられて、詳細な観察や顕微鏡など器具の扱い、急激に増えた単語など、必然的に出会い、身につけていく。

また、4人グループなどで、互いの意見をつぶやいたり、よくわからないことを素直に表現したりする協働探究の経験をする 것도大事にしている。その時、彼らが見通しを持ちやすいのは、ともに何かを作ることであろう。一人では発見できなかったものでも、2人、3人といろいろな角度から見ることで見えてくる。また、隣の子の、「なんで？」という一言が、知識にとらわれていた生徒に、もう一度考えるきっかけを作ったりする。

# 3年間の“核となる探究学習のキャリアグラム”

巨視的な視点を育む探究

## 「科学を広げる」

第3学年

『ニュートンに挑戦！プリンキピア 2008 をつくりよう』  
 1 ステージ「プリンキピアって何？近代科学の歴史を探ろう」 2 ステージ「わたしたちのプリンキピアをつくりよう」  
 ニュートンの功績を調査し、17世紀の科学革命を探る。さらに『プリンキピア』を2008年中学生版でリメイクする活動を行う。  
 連綿の風刺性を連続写真や電線テープ等を使って視覚的に解き明かし、記録をスケッチブックに纏することで、自分たちの学びの履歴を人に伝える資料集づくりを行う。

『東尋坊付近の地史を探る』  
 1 ステージ「東尋坊付近の地史年表をつくる」 2 ステージ「地史漫画を描く」  
 野外観察で観察してきた事実から現在に至るまでに起こった地学的イベントの順序をグループ内外で吟味し、出来上がった年表をもとに原簿で方針を決めて、その地史を漫画で表現する。

微視的な視点を育む探究

## 「科学を使いこなす」

第2学年

『化学カイト制作プロジェクト』  
 1 ステージ「化学カイトの成分を分析する」 2 ステージ「ベストカイトの分量を探る」  
 これまでの知識や経験から化学カイトの成分を分析し、その分量を探る。他グループとの情報交換を通し、検証方法を吟味しながら同定のための確かな証拠を探り出したり、他グループと条件を分担したりして原簿で好条件のカイトの分量を探る。

『二酸化炭素内のマグネシウムの燃焼』  
 1 ステージ「電球の明るさを探る」 2 ステージ「検証実験を遂行する」  
 新たに学んだ抽象的な原子・分子の概念をつかい根拠のある仮説を立て、自らその検証実験を構築・遂行する。他者とモデルを用いた仮説の議論を通し、思考実験と実際の検証実験をつなげる。

『白熱灯の謎を探る』  
 1 ステージ「電球の明るさを何によって決まるのか」 2 ステージ「フィラメントを作る」  
 直列回路と並列回路によって明るさの変わる異種電球、そもそも電球の明るさは何によって決まるのか、回路を組み自分たちの手で電流や電圧を測定しながら、電球の明るさの秘密を解き明かす。2ステージではフィラメントの条件を考え、自作に挑戦する。探究の見通しを明らかにし、繰り返し回路を組んだり、計器を使いこなしたりしながら課題解決に迫る。

身近な課題に帯点を当てた探究

## 「科学に挑戦」

第1学年

『白い粉の物質分類図を作ろう』  
 1 ステージ「白い粉の性質を探る」 2 ステージ「調べた性質から分類図を作る」  
 小麦粉や重曹などの身近にある白い粉の性質を調査し、その性質を利用して粉の同定を行う。その結果を用いてベン図を用いた分類図を吟味しながら、分類の概念を獲得する。

『野草の営みを探る(スズメノカタビラ)』  
 校庭に自生する野草の生態の課題を自分たちの考える様々な手法を用いて、自然界の巧みな営みを探究する。発見した事実から植物の精微を吟味しながら、科学的な探究の手法を学ぶ。

『光合成発見の道のりを探る』  
 インゲンマメハウスなどの科学者の行った光合成を解き明かす歴史的背景を、条件統一などの科学的な手法を用いて体験する。

夏休みの理科研究について  
 日頃培った科学的な探究力を用いて、個人が課題を設定し、解決する場として位置づけている

「核となる学び」  
 「しくみを解明し、自然観を広げる」

【探究】  
 他者とのかわりあいの中で、探究の質を高め、見通しを培った探究を其軌することができる。

【省察】  
 思考や活動の変容を出来事に関係付けてまとめ、その意義をとらえることができる。

【探究】  
 他者とのかわりあいの中で自らの課題を明らかにし、見通しを持った探究を組み立てることができる。

【省察】  
 思考や活動の変容を出来事に関係付けてまとめることができる。

【探究】  
 筋道を立てて、探究を組み立てることができる。

【省察】  
 思考や活動の出来事によってまとめることができる。

図 2 3年間の核となる探究学習（研究紀要 36 p.114）

1年生の「野草MAPを作ろう」では、身近な野草を観察し、基準を設けて分類したり性質を発見したりする調査活動を経験する。さらに、グループごとに調査結果をまとめたり、模造紙の地図に結果を書いて情報交流したりすることで協働的な探究に発展していく。さらに「物質分類図を作ろう」でも、観察から分類、という調査活動を協働で行っていくが、その中で、密度の概念やプラスチックの分類など、これまでには持っていなかった知識や概念を獲得する必要がある。事例から、探究学習を進めていく中で、プラスチックの分類についての探究心が生まれ、それを感じた教師が提示したプラスチックの分類法や名前などの資料を使って知識を獲得し、さらに追及を進めていく様子がわかる<sup>5</sup>。探究活動の中で、必然性をもって知識や科学の方法を獲得していくことができるのだといえよう。

### 科学を使いこなす2年生

2年生では、1年生で習得した科学的探究の技法や進め方を使いこなす段階にとらえ、上記のような化学カイロの製作をしたり、図やモデルなどを使って結果を検討したり表現したり、ということが行われる。扱う内容も、目に見えない電流や目で見ても見分けのつかないカイロの成分などである。温度変化や化学変化など、これまで身につけてきた実験の手法や表現の手法を、必然性を持って使いこなしながら身につけていく。あらかじめ実験方法や結果がわかる教科書の実験とは違い、実験方法や実験結果の読み取りなど、すべてが班のメンバーによる自己決定に基づいて行われる。単元途中の探究シートや最後のレポートでの省察により、生徒一人一人が、自らの探究のプロセスを記録し、意味付け、表現することが自然に行われていく。

### 科学を広げる3年生

3年生になると、探究の方法を吟味する姿も見られるようになる。それぞれの班から報告された実験データについて、どのような実験方法で行ったのか、どうやって条件統一をしたのか、など具体的な実験を想像したり自分たちの取り組みと比較したりしながら、協働で探究の取り組みを吟味していく。こうした班ごとの追究やジグゾー班を生かした中間報告など他者とのコミュニケーションを図りながら課題を焦点化する活動を3年間通して繰り返し経験することによって、実験の手順やデータの処理、表やグラフ、数式を用いて科学的な対話が行われる。しかしここでも、知識を持っている者だけが発言する、という場ではなく、目の前の事実をどうとらえるか、さらに明らかにしたいことは何か、どうやって明らかにしようか、というグループの探究が活発に行われている。

附属中学校の研究主任でもある理科教諭の竹澤は、OECS-PISA調査で示された科学的リテラシーを読み解き、これを育てるための教育として附属中学校の探究学習をとらえている。3年間の探究学習を積み重ねた3年生について以下のように評価している<sup>6</sup>。

「単にうわべの形式だけを辿るのではなく、より条件統一を考えた検証実験を構想したり、検討会での話題の目の付けどころがより要点を押さえた会話になっていたり、と着実に探究のコツをつかんでくる。それらの取り組みが、科学的証拠をあげて真偽を検討したり、それらに基づいた意思決定をしたりする資質や能力、すなわち科学的リテラシーの育成につながっていると考えている」

## 5. 生徒の探究を支える教師の探究

なぜ、附属中学校では、生徒の事実をこれだけ蓄積し、その生徒の事実から、カリキュラム構成にまでつないでいくことが可能なのだろうか？

こうした3年間の積み重ねの実践は、教師自身の省察により、毎回改善を繰り返すことによって可能となる。同時に、一人だけではなく、複数の教員が改良を重ねているものも多い。たとえば、化学カイロの成分分析とカイロ制作で構成された「使い捨てカイロをつくってみよう！」は、2002年（平成14年）に木本茂が始めたもので、翌年にも行われた。前年の反省を生かして、グループでの話し合いの記録をホワイトボードからスケッチブックに変えたことによって、話し合いや実験の過程が残り、教師にもわかりやすくなったという。さらに、前章で紹介した「化学カイロ製作プロジェクト」2005年（平成17年）は、竹澤が実践したものであり、これまでの科学的な知識や探究の手法をフルに動員して探究学習を進める単元として位置づけている。

実践記録についても、一人で実践をまとめたというよりは、校内の同僚とともに、協働で作り上げたものと考えられる。授業を構想するところから、実践し記録化に向けて、同僚たちとの対話と省察を繰り返す中で作り上げられていく。授業実践は校内で授業公開することによって、多くの同僚が、それぞれの班での探究を、ていねいに見とっている。授業者一人での記録では、自分がかかわっていた班の生徒の言動はわかるが、見えていない班も多い。授業後の研究会では、多くの参観者が、生徒のつぶやきやエピソードをもとに、授業について語り合う。附属中学校では、こうしたプロセスを通して、全員がロングスパンの実践記録を書き続けている<sup>7</sup>。

## 6. 研究組織と教員の協働研究に支えられた授業づくり

福井大学教育地域科学部附属中学校では、「探究するコミュニティ」というテーマのもと、生徒自ら探究する授業を目指した研究が長年行われている。佐藤学（1999）は、この附属中学校の研究と実践を、21世紀のわが国の中学校が目指す姿として評価している。その根拠として、中学生の学びを中心にカリキュラムと授業が組織されていること、そのために教師たちが学び合う連帯があること、さらにその実践と研究を大学の研究者と密接に協力して行われていること、の3つを挙げている。また、附属中の校内研究に立ち会ってきた秋田は、教師自身が学びあう組織を評価し「学び続けていく可能性を探究する学校文化を生徒も教師もともに問うている」と意味づけている<sup>8</sup>。松下（2007）は、カリキュラム構成という視点から、教師が生徒の学びを記録し、その意味を協働生成することに価値があると述べている<sup>9</sup>。

こうした学校作りが実現した背景には、附属中学校の長い研究の歩みがある。1999年に出版された『探究・創造・表現する総合的な学習』は、総合的な学習を中心とした探究学習の歩みを報告している。しかし同時に、附属中学校の探究学習は教科の中でも行われていく。それは、学校と授業にかかわる生徒と教師が同じなのだから当然かもしれない。しかし、多くの学校でも学習指導要領でも教科の学習と総合の学習を別のものでとらえられることが多いことから考えると、附属中学校の研究組織と内容と方法によって、教科と総合が二分しない学びのありようを探ることができるのではないかと考える。

ここで、附属中学校が築いてきた研究組織について概観する。教員たちは、研究企画の



メンバーを中心に、教科の異なる4, 5名の小グループで、授業構想や授業公開など授業研究を継続的に行っている。さらに、それぞれが書いた実践記録を検討したり、先進校である伊那小学校などの授業記録を読みあったり、教育に関する古典や最新の著作や資料を読みあったりしている。「探究するコミュニティ」という研究テーマは、授業づくりにおける生徒のことだけではなく、教師自身のことも示しているのである。ここに大学の教員が加わり、探究するコミュニティは、生徒のコミュニティ、教師のコミュニティ、大学教員も含むコミュニティの3重構造となっている。こうした研究システムの構築は、上述のような教師を反省的実践家ととらえる視点とそれをささえるコミュニティという視点を融合させた教師の力量形成の実践研究に支えられている<sup>10</sup>。

## 7. おわりに ～学び合う実践コミュニティの持つ意味

本稿では、思考力・科学的探究能力育成について、福井大学教育地域科学部附属中学校の事例を紹介しながら検討してきた。ここで紹介した事例は、授業としては、理科の授業の発展的扱いでも行われているものかもしれない。しかし、特筆すべきことは、その実践を支えている、『探究するコミュニティ』という学校文化である。

それは、生徒たちが、グループや学級というコミュニティの中でともに探究していくという学習観であり、同時に教師自身が実践コミュニティとしてともに探究していくという教師観でもある。発意・構想・構築・遂行・省察のサイクルは、子どもの学びのサイクルであると同時に、教師自身の授業づくりのサイクルでもある。

自ら探究をする教師にこそ、探究する授業が可能なのであり、科学的探究能力の育成も、スキルとしてバラバラにつくのではなく、一つの探究のストーリーの中で徐々に育まれていくということがいえるだろう。

### 参考文献

寺岡英男, 科学リテラシーと授業改善, 教育方法 36 リテラシーと授業改善, 2007, pp.66-81

<sup>1</sup> 文部科学省, 学習指導要領, 2008

<sup>2</sup> 文部科学省, 幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申)、2008

<sup>3</sup> 竹澤宏保, 木本茂 研究紀要別冊「探究するコミュニティの創造(5年次)～教科の探究を問い直し、カリキュラムを再構成する～」, 福井大学教育地域科学部附属中学校研究会 2007, p.68

<sup>4</sup> 竹澤宏保, 永廣裕子, 木本茂, 3年間の“核となる探究学習のカリキュラム”, 研究紀要「探究するコミュニティ」36, 福井大学教育地域科学部附属中学校研究会 2008, p.117

<sup>5</sup> 竹澤宏保, スパイラルする探究活動を通し、学びを深める授業の実践 - 物質分類図作りを通して、物質観を育む(1学年) -, 研究紀要「探究するコミュニティ」33, 福井大学教育地域科学部附属中学校研究会 2005, pp. 80-86

<sup>6</sup> 竹澤宏保, 科学的リテラシーを育む探究学習, 研究紀要別冊「探究するコミュニティの創造(5年次)～教科の探究を問い直し、カリキュラムを再構成する～」, 福井大学教育地域科学部附属中学校研究会 2007, pp.1-3

<sup>7</sup> 福井大学教育地域科学部附属中学校研究会『学びを拓く探究するコミュニティ—授業のプロセスとデザイン—数学・理科・技術編』エクシート, 2009

<sup>8</sup> 秋田喜代美, 探究する学校文化の形成を支えるもの, 『中学校を創る—探究するコミュニティへ—』, 福井大学教育地域科学部附属中学校研究会, 東洋館出版社, 2004, pp.180-186

---

<sup>9</sup> 松下佳代, カリキュラム研究の現在, 教育学研究, 74(4), 2007, pp.567-576

<sup>10</sup> 松木健一・寺岡英男・森透・柳沢昌一, 実践コミュニティを中心とする授業研究の方法論的検討—福井大学教育地域科学部附属中学校を例に教師の力量形成のための実践研究システムを考える—, 東京大学大学院教育学研究科附属学校臨床総合教育研究センター年報『ネットワーク』6, pp.33-39, 2004

## 科学技術の有用性を伝える理科授業の開発

－ 5年「磁石」を題材として－

人見久城<sup>A</sup>，土田美栄子<sup>B</sup>

宇都宮大学教育学部<sup>A</sup>，栃木県那須町立黒田原小学校<sup>B</sup>

### 1. はじめに

身の回りには多くの科学技術の成果が活かされ、生活を便利にしているにも関わらず、それらがすでに生活の隅々まで空気のように浸透しているため、それを実感し、意識することが少なくなっている。現代の最先端の科学技術には、日本の科学者や研究者、技術者たちの努力から生まれた研究成果も活かされており、それは科学分野のみならず、医療、工業、産業等、様々な分野にもわたる。先人たちの努力とその業績は、人材育成や技術伝承を通じて今日まで受け継がれ、わが国の科学技術力を支えている。

こうした日本の科学技術のすばらしさや先人の努力および業績を授業で取り上げ、子どもたちに伝えていくことで、子どもたちの科学技術に対する興味・関心および知的好奇心や探究心を高めることができるのではないか。本実践では、子どもたちにもっと理科学習の楽しさ、現象・事象の不思議さを感じさせるとともに、科学技術の有用性を伝えるための授業開発を試みることにした。

「磁石」を題材としたのは、以下3つの理由による。

- ①身の回りのいろいろなところで応用されている：身の回りには、磁石を応用した様々なものがあり、それ無しには日常生活が成り立たなくなっている。
- ②様々な産業に欠かせないものとなっている：工業分野はもちろん、宇宙開発、電気通信、医療、農林水産業、発電など、広い分野で磁石を応用した機械や技術が使われている。
- ③日本人の功績が大きい：本多光太郎、加藤与五郎、武井武、三島徳七、佐川真人らにより磁石が開発・改良され続けてきた。日本は磁石材料が乏しく、そのほとんどを輸入に頼らなければならないが、現在も磁石に関して世界でトップクラスの研究を続けている。

### 2. 目的

小学校理科で学習する内容が日常生活の中でどのように応用され、役に立っているのか、その有用性を伝えるために「ものづくり」を取り入れた教材研究を行った。それにもとづいて授業を実践し、理科で学習した内容（科学技術）の有用性を伝えられたかどうかをワークシートおよび事後アンケートにより評価した。

### 3. 方法

- (1)授業前後における調査：授業前に、理科の学習に対する児童の意識を把握した（対象は、4～6学年児童）。授業後に、意識がどの程度変容したかを把握した（対象は、授業を受けた5学年児童のみ）。
- (2)授業の実践：5年生を対象に1校時分の授業を実践した。授業の概要を以下に示す。

- 題材名： 生活を支える磁石
- 目 標： 身の回りのいろいろなところで磁石が使われていることを知り，理科の学習と日常生活との結びつきに気付くことができる。
- 対 象： 栃木県内A小学校 第5学年1組・2組児童（計61名）
- 期 日： 平成21年6月30日
- 展 開： 詳細は省略し，学習活動のみを記す。
  - ・身の回りに使われているモーターの存在に気付く
  - ・モーターに使われているものを知る
  - ・クリップモーターを作る
  - ・モーターに使われている磁石に目を向け，磁石の役割を考える  
（種類と強さ・磁石の開発に日本人が貢献していること・なぜ強力な磁石を開発する必要があるのか）
  - ・磁石の役割と日常生活との結びつきに気づく（モーター以外への磁石の応用）
- 評 価： 身の回りに利用されている磁石に気付き，そのよさを感じているかどうかを，ワークシートや事後アンケートなどによって評価する。（関心・意欲・態度）

#### 4. 結果

##### 4-1. 事前調査

- ①理科学習の好き嫌いとその理由： 理科の学習が好きな児童は非常に多い（85%）。理科の学習が好きな児童は，実験の楽しさ，おもしろさを，理科の学習が嫌いな児童は，学習の理解の困難さを挙げている。学年が上がると，観察・実験の技能に難しさを感じて嫌いになる児童が増える。
- ②理科学習における好きな学習活動： 実験，観察，飼育，栽培，ものづくりといった活動を好む。しかし，思考をとまなう活動には消極的である。
- ③理科学習の有用性： 全体的には，理科で学習する内容の有用性を感じている児童が多い。4年生では，有用性を感じたり判断したりすることができない児童が見られる。
- ④理科学習と将来の仕事との関係： 児童にとって，理科で学習したことと職業とを関係づけて考えることは馴染まないと思われるが，何らかの関連性を感じている児童は多数いる。
- ⑤磁石遊びの経験： 3学年で磁石の学習をするが，学年が上がるにつれて記述数が少なくなっている。また，「磁石を使って」ということと「磁石につく」ということを混同していると思われる回答が見られた。
- ⑥磁石が使われていると思うものについて： 全体的には，磁石が使われているもの（方位磁針，自動車，モーター）を選択できた児童が多い。一方，これまでに学習したことのある「豆電球」「乾電池」「温度計」「虫眼鏡」にも磁石が使われているとする回答も，4～6学年で2割あった。

##### 4-2. 授業者による振り返り

盛りだくさんの内容であったので，それぞれの活動の時間が短くなってしまった。子どもたちは消化不良のところもあったと思う。モーター作りの中で，子どもたちからモータ

一の性能に関する発言を引き出したかったが、活動に十分な時間がとれなかったため、引き出すことができなかった。また、モーターなど教材の演示・提示がうまくいかないところがあり、子どもたちの意欲付けが十分でなかったと感じる。

身の回りのモーターが使われているものにはどんなものがあるのかを提示したときには、初めて知ったことが多かったようだ。また磁石について、いろいろな磁石があることや磁石を開発した日本人のことがいたことに驚いている様子が見られた。

ネオジム磁石の力の強さにも驚きの声が上がった。授業後、磁石や振動モーターに興味・関心をもち、使用した教材を見に来たり、展示しておいた磁石やゲームなどで遊んだりしている子どもたちが多くいたことはよかった。

#### 4-3. 事後調査

①授業の満足度： 児童にとって、たいへん

満足できた授業だったといえる（図1）。

②理科学習と日常生活との関連に関する探究心：

設問「今日の授業を受けて、勉強したことが生活に利用されているものについて知りたいと思いましたか」に対する結果を図2に示す。本授業を通して、磁石が日常生活で役に立っているところを知りたいという気持ちをもたせることができた。

③理科の学習の有用性： もともと理科の学習に有用性を感じていた児童が多かったが、図3に示すように、授業を行うことによってさらにその有用性を感じた児童が増えたといえる。

否定的な意識をもっていた児童も、授業を受けることで、理科の学習の有用性を感じるようになった。

④理科の学習と仕事との関係： 授業後、理科の学習は将来必要になると感じた児童が増えた（図4）。一方で、否定的な意識をもった児童も若干増えている。授業で扱った内容が児童の認識を混乱させてしまったのかも知れない。

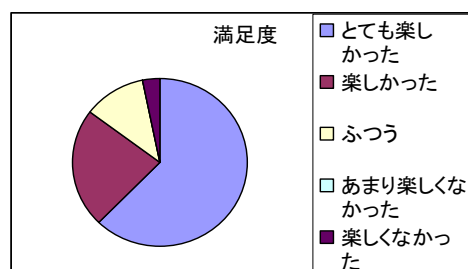


図1. 授業の満足度

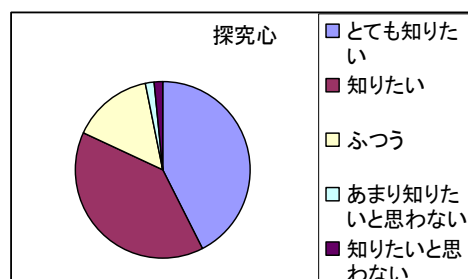


図2. 理科の学習と日常生活との関連に対する探究心

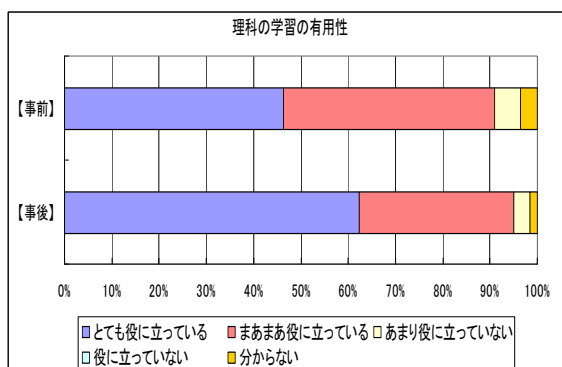


図3. 理科の学習の有用性

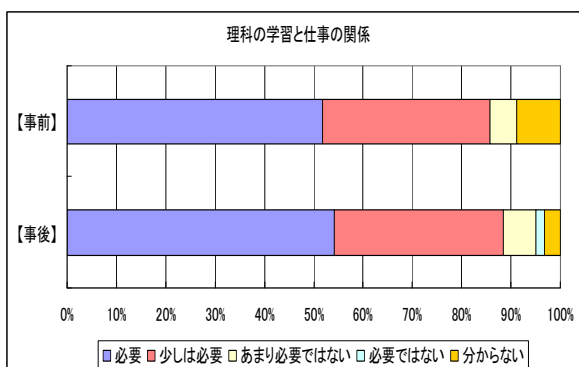


図4. 理科の学習と仕事の関係

⑤磁石が使われているもの：

事前調査で用いた選択肢（自動車，モーター，方位磁針，ホチキス，一輪車，延長コード，蛍光灯，懐中電灯，豆電球，乾電池）に，事後調査では，電動鉛筆削り，洗濯機，上皿天秤，顕微鏡を加え，磁石が使われていると思うものを選ばせた。磁石が使われているものについては，事前調査で50%程度の正答率であったが，事後では，方位磁針以外のものについては90%以上の高い正答率となった。しかし，磁石が使われていないものを選んでしまう回答（誤答）も事後で増加してしまった。身近に見られる様々なものに磁石が使われているという認識をもたせることができた一方で，どんなものにも磁石が使われているような印象を与えてしまったのではないかと考えられる。

磁石が使われているものについては，選択肢を選ばせる設問のほかに，自由に記述させた。ただし，事前では「あなたが知っている磁石が使われているものには，どんなものがありますか」，事後では「ほかにはどんなものに磁石が使われているか，書きましょう」と表現はやや異なる。事前では20件であった回答が，事後では28件に増えており，知識の幅が広がったことがうかがえる。

さらに，授業を受けて理解したこと，さらに探究したいこと，感想などを記述させた。それらは大きく，磁石に関する記述（48件），モーターに関する記述（34件），その他（9件）に分けられた。磁石に関する記述では，「身の回りのいろいろなものに磁石が使われていることが分かった」が最も多く（23件），「自動車には100個以上の磁石が使われていることが分かった」（6件），「強い磁石を作ったのが日本人だということがわかった」（4件）などとなっている。モーターに関する記述では，「モーターはいろいろなものに使われていることが分かった」が最も多かった（17件）。磁石が生活の中で応用されていることを印象づけることができ，磁石やモーターについてもっと知りたいという気持ちをもたせることができたと考えられる。

## 5. まとめ

授業において，ものづくり（モーターづくり）を中心とした展開は，理科の学習と日常生活との関連性や科学技術の有用性を伝える上で有効であった。

今後の課題として，電磁石の学習で，モーターの構造や回転の仕組みを確認させるような授業実践をあげておきたい。磁石がモーターの性能に関係していることに焦点をあてた授業展開が，児童の関心をいかに高めるかを検証することにつながると考えられる。

## 継続的な観察などを充実させる授業実践

小椋 郁夫

### 1. 学習指導要領から

H20.9.25 発行『中学校学習指導要領解説理科編』の『第3章指導計画の作成と内容の取り扱い：1 指導計画作成上の配慮事項(4)継続的な観察などの充実』には、『(4)継続的な観察や季節を変えての定点観測を、各内容の特質に応じて適宜行うようにすること。』と記されている。ここでは生物分野の新たな授業実践として、継続的な観察を取り入れた実践について述べる。

### 2. 校庭の自然の観察

校庭の自然の季節変化を継続的に観察することによって、生物と環境の関連をより深く理解させる。このことについて、二つの事例を述べる。

#### (1)植物地図の作成

##### 【春4月：学習活動の主な流れ】

- ①春の校庭を散策して代表的な植物の名前や特徴を説明する。
- ②調べるための5種類程度の植物を自分や班で決定する。
- ③教師は事前に調査地域を俯瞰できる校舎や校庭の見取り図を作成して全員に渡す。
- ④見取り図上に、自分(たち)の決定した植物の分布を記入する。

植物は、種類ごとにシールの色で分けたり、番号で分けたりする。多く固まっている場所はだまかな範囲を線で囲む。

- ⑤調査する中で、環境の様子についても記録する。

光の当たり方、土の湿り方など、気がついたことについて、記述する。

よく当たる場所は曲線で囲って「光」、湿り気の多い場所は同様に「水」と記述する。

- ⑥作成した植物地図と環境の様子をもとにして春の校庭の植物と環境の関連などについて見つけたことや考えたことを記述する。
- ⑦お互いに見つけたことや考えたことの交流を行い、作成した植物地図を掲示する。
- ⑧夏(7月)にはどのように変化しているかについて考えて交流する。

↓

##### 【夏7月：学習活動の主な流れ】

- ①春の植物地図を持って校庭を散策して変化について記述し、交流する。
- ②夏の代表的な植物の名前や特徴を説明する。
- ③以後の流れとしては春と同じである。最後に秋の予想を行い、交流する。

↓

##### 【秋10月：学習活動の主な流れ】

- ①秋は夏と同じである。最後に冬の予想を行い、交流する。

↓

##### 【冬1月：学習活動の主な流れ】

- ①植物が少ないので、秋に見つけた植物がどのように変化しているかについても記述する。
- ②冬でも場所によって植物の様子が違っている。環境との関連も論じたい。

③最後に冬のから春にどのように変化していくかについて予想させて、一年間の観察を終わる。

一年間の継続的な植物の観察である。(2)の内容とともに、中学校一年生第2分野(1)植物の生活と種類：ア生物の観察のはじめに『春の観察』を行い、この単元が終わる7月上旬に『夏の観察』を行う。その中で、この単元での「花から実への変化」についても関連して学習させる。秋と冬については、特別に時間を1時間設けて(2)と合わせて行う。

## (2)捕虫網による校庭の小動物の観察

この学習は(1)の植物地図の作成と同じ時間に行う。このことによってより環境との関連や植物とそこに生息する小動物との関連も発展的に理解させていくこと、そして、中学校2年生(3)動物の生活と生物の変遷：動物の生活と種類、3年生(7)自然と人間：食物連鎖・生態系などの学習にも関連させていくことがねらいである。

### 【春4月：学習活動の主な流れ】

①植物地図の作成が終わってから、調査する場所(植物がよく茂っている10㎡程度の場所)を決める。班ごとで違う場所であるとよい。そのときの気温を測定する。

②捕虫網で10回、草をはくようにしてすくう。

③採集した小動物を厚手(がよい!)のビニル袋の中に入れる。

④ビニル袋の中の小動物の種類と個体数を調べて記述する。

ハエ・カ、カメムシ、アリ、チョウ・ガ、バッタ、コオロギ、キリギリス、クモ、ダニなど、大まかな仲間(種類)に分類して、それぞれの数を数える。各班で採集した種類や個体数の合計を算出する。種類は各学校ごとで違う。教師の事前調査が大切である。

④数えたら、ビニル袋の中の小動物はもとの場所に戻す。

⑤採集できた小動物とそこに生息する植物との関連を調べたり考えたりする。

教師は事前に採集できる小動物とそれぞれの食物やすみか、ふえ方などについて調べ、資料提供したり、説明したりする準備をしておくことが大切である。

⑥夏(7月)の変化を予想する。

↓

### 【夏～冬：学習活動の主な流れ】

①調査場所および調査方法は毎回同じである。

②採集できる種類や個体数の違いやその原因などについて、見つけたり考えたりさせる。

周囲の植物などの環境の変化や気候の変化などによって、校庭の小さな自然でも季節の変化が起きているという事実を実感させ考察させる。

この調査は、科学部の活動や個人や複数の自由研究として、毎日の変化を継続的に調査させていくと、小さな自然環境から季節変化がより深く実感できる。以前、岐阜大学教育学部附属中学校(岐阜市中心部)で一年間の継続観察を行ったが、次のことが分かった。

○最も多く採集される(約95%以上)ハエ・カの仲間の一週間ごとの個体数の合計の変化が、一週間ごとの平均気温の変化の移り変わりと類似する。

○バッタの仲間の採集個体数のピークは夏で、キリギリスの仲間のピークは秋になる。

校外での観察は泊を伴う行事の活用以外には、困難な状況にあるだろう。校庭に小さな自然観察園をつくるだけで、生物の多様な継続的な観察が可能になる。



### 3. 通学路の季節変化

通学路は毎日見続けることができる自然環境である。天然の自然環境だけでなく、田や畑の様子、自分の家や通り過ぎる家の庭や植木、公園や休憩場所や建築物、街路樹など人工的な環境との関わりの景色の中にも季節を感じることができるだろう。

中学校1年生や2年生の生物分野の学習の発展(自由研究など)として活用できる。

#### 【春4月：学習活動の主な流れ】

- ①自分の通学路で一年間見続けたい景色や植物、動物などの様子を決定する。  
一場面の景色でなくても、いくつかの景色を合成させた自分なりの季節の景色を作らせるとより季節感を感じることができるので、通学路で見られるいろいろな景色を思い出させることが大切である。
- ②一週間ほど観察して春の通学路の様子を作図する。また、その様子を説明する。
- ③お互い作成した通学路の景色の図の交流を行う。
- ④次に作成する頃にはどのように変化しているか予想させて交流する。

↓

#### 【夏～冬：学習活動の主な流れ】

- ①作成方法は春と同じである。より詳しく変化を捉えるならば、毎月宿題などで作らせて、季節ごとに交流していくとさらによい。
- ②前に書いたプリントの「次に作成する時期の変化の予想」が当たっているかどうかについて、はじめに確認させるとより興味や関心が深まる。

通学路の景色の図 (一場面、合成図など、 いろいろと工夫させて作 成させる)
----- 図の説明! ----- -----
----- 次の季節? -----

以前、自由研究として『毎月の通学路の自然の観察』行わせたことがあるが、生徒は、「普段通っている道にこんなにもいろいろな自然が観察できるとは思っていなかった!」、「町並みの中にもたくさんの季節の変化が観察できる!」など、通学路の中での季節感を再発見することができていた。

ある生徒は、田、畑、庭の柿の木、草原をもとにして作成した。田では、水が入り、田植えが始まり、稲が育って刈り入れられて、枯れ田に変化する様子だけでなく、見られるカエルの数の変化まで観察していた。畑では四季折々の作物の成長の様子、庭の柿の木は新緑から柿の実がなくなり葉も枯れてしまうまでの様子、草原では代表的な植物の季節変化などを表現していた。また、一週間の間にその空間に飛んでくる虫(モンシロチョウ、アゲハチョウやトンボの仲間)や鳥(ツバメやモズ)なども入れ込んで作成していた。

### 4. 通学路の発展～食物網の作成や生態系の理解～

通学路を継続的に観察し続けることにより、多様な学習が可能になる。二つ述べる。

#### (1)食物網の作成

中学校3年生に食物連鎖の学習がある。ここでも通学路の自然を継続的に観察することを活用する。主な流れを記す。

- ①中学校になってから通学路等で見たことのある生物をあるだけ書く。
- ②その中から食物網を作成するための10～15種類程度の動物を選ぶ。

③それぞれの動物をカードに書いて、台紙(四つ切り画用紙)の上に食物網の矢印が引けるように位置を考えてから、のり付けする。

台紙には林や草原や水辺など、必要に応じて風景を書いておく。不足するレベルの動物(特に大型鳥類、獣類)も出てくる場合もあるが、そのときは教科書などで調べて、適切な動物を組み入れる。

この場合も、中学校三年生の春から、通学路の自然を継続的に観察させて、その都度、生徒自身が見た動物について書き綴らせていけば、授業で十分に活用できる。

## (2)生態系

中学校3年生の生態系のまとめの学習としても、各自の作成した季節ごとの通学路の自然を総合的にまとめていく作業を通して、校区の自然の生態系としての理解を深めていくことができる。主な流れを記す。

①一年間見てきた通学路の季節や自然の変化を相互交流する。

②班ごとや地域(校区をさらに分ける)ごとで、一年間見続けてきた校区全体の自然の様子を生態系というキーワードを基にしてB紙などに作図する。

## 5. 校外学習の活用

2～4の学習を是非、校外学習に行ったときにも実施したい。ここでは秋に校外学習に行く場合の流れを記す。

①参加教師で春に下見に行ったときに、どの場所でどんな観察を行うのかを決定する。

②決定した場所で、行わせる活動を教師自ら実施する。

植物地図や捕虫網での採集、散策路の季節図(景色図)および、写真やビデオでその景色を撮影する。できれば夏にもう一度行って、作成したり撮影したりするとよい。

③秋に校外学習に行く前に、②で作成した図や写真、映像をみせて、秋である今、どのように変化しているかを考えさせる。

生徒は、自分でも校庭や通学路で学習しているので、その経験を基に考えるであろう。

④校外学習で観察させ、変化を見つけ考え話し合う中で、自然と環境との関係を理解する。

校外活動の場所の季節変化だけでなく、校庭などでの季節変化も含めて考えさせることで、生物が、いろいろな場所でそれぞれの環境に適応しながら生きているということを実感できる。

## 6. 教師間(学校間)の継続的な交流を

日本は南北に長く、標高差が大きい国土である。自分たちの住む地域以外の自然と比較することもより深まった理解を育てることにつながる。私の友人は岐阜大学教育学部附属中学校勤務時に、県内の豪雪地帯である郡上市蛭ヶ野、国内では北海道と沖縄の学校、そして、メルボルンの日本人学校と学校周辺の写真をインターネットで継続的に交換して授業に活用していた。同時期であるのに、違った自然の景色を見た生徒は、標高差(標高の高い蛭ヶ野は春に残雪)、緯度差(北海道と沖縄の気温や景色の違い)、北半球と南半球(日本の冬はメルボルンの夏)の自然の変化や違いを継続的に理解していった。彼の後輩は韓国やエジプトからも資料収集して季節の変化を学ばせていた。さらに深まった授業を実施するための教師間(学校間)の継続的な交流が大切であることを実感した。

# ARISS スクールコンタクトを活用した科学技術教育

船戸 智 関市立武芸川中学校

## 1. はじめに

新指導要領「科学技術と人間」において、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し、持続可能な社会をつくることが重要である、と示している。(文部科学省、2008) これらについて考えようとするとき、非常によい教材として、国際宇宙ステーション (International Space Station) があげられる。

本校では 2009 年 7 月 11 日、国際宇宙ステーションが上空を通過するおよそ 10 分間、若田光一宇宙飛行士と直接交信することに成功した。本研究では、この交信に向けて様々な学習をしたり、実際に交信体験したりすることが、生徒の学ぶ意欲や科学への興味・関心を高め、さらには科学的なものの見方や考え方を育成するのに有効であるかどうかを、検証することを目的とした。

## 2. 生徒の実態

本研究の対象は、3 年生とした。(昨年度の実践は、この生徒たちが 2 年生の時に実施。) 昨年度初めのアンケートで、「科学技術のニュースや話題に興味があるか」という問いに対し、「全くそう思わない・そう思わない」と回答した生徒が 53%と、学年全体の半数以上いた。また、今年度初めの平成 21 年度全国学力・学習状況調査によると、3 年生の数学における思考力を問う問題の正答率は、全国のそれと比較してほぼ同等という結果が出ている。(以下アンケート結果は、すべて学年全体の割合。)

## 3. 指導計画と教材開発

無線機を利用した通信は、携帯電話の普及に伴って急激に減少した。しかし、無線機を用いた通信は、自ら電波を送受信していることが、携帯電話に比べより明確に分かるため、遠く離れたところにいる人と会話が成立したときの驚きと、感動がある。本校では、数名の生徒が無線クラブを立ち上げ、その魅力を校内に広めている。

NASA(アメリカ航空宇宙局)の教育プログラムの一つに、ARISS(Amateur Radio on the International Space Station)スクールコンタクトがある。これは、無線通信によって、国際宇宙ステーションに滞在する宇宙飛行士と地上にいる子どもたちとが会話をする、という取組である。多くの生徒の科学に対する興味・関心を高める絶好の機会となると捉え、本校でも実施することにした。

### (1)授業のねらい

国際宇宙ステーションが浮かぶ宇宙、無線交信に使用する電波(光)にかかわる体験的な学習を実施したり、スクールコンタクトを実施したりすることで、生徒の学ぶ意欲や科学への興味・関心を高め、科学的な見方や考え方を育成できるのではないかと考えた。

### (2)SPP を活用した指導計画

宇宙は未だ解明されていないことが多く、それゆえに、生徒にとっては非常に興味深い

ものである。しかし、生徒が抱く疑問やなぞについては、中学校の必修理科で指導する内容でないことも多い。そこで、JST(科学技術振興機構)のSPP(サイエンス・パートナーシップ・プログラム)を活用し、生徒の疑問を解決しつつ、必修理科の学習にも役立つ学習を進めることにした。総合的な学習の時間をあて、生徒のもつ疑問が解決するような配列で、体験的な学習ができるよう指導計画を立てた。

まず単元のはじめに、宇宙や電波(光)について、疑問に思うことや知りたいことを確認した。「宇宙人はいるのか」「宇宙には果てがあるのか」「(目に見えない光である)電波とは一体何か」などの疑問が出された。それを、もとに「宇宙は一体どうなっているのか」「電波はどのように利用されているか」というテーマを設定し、学習計画を立てた。

宇宙にかかわる学習は、天文講話で宇宙に関する疑問を解決することからはじまり、将来交信することになる国際宇宙ステーションについて学ぶ学習を位置づけた。また、電波(光)にかかわっては、光の使われ方の学習からはじまり、実際に自分の手で電波を受信したり、電波利用の実際について学んだりする活動を仕組んだ。

また、スクールコンタクト実施後には、交信内容を生かした学習を位置づけ、生徒の姿から授業の有効性を検証していくこととした。

### (3)スクールコンタクト実施に向けての準備

スクールコンタクトは、世界各地で実施されている。したがって、申請をしてすぐに交信できるとは限らない。申請後の時間を有効に活用し、関係諸機関と連携をとりながら、交信のための準備を行うことにした。(スクールコンタクトへのSPP支援は受けていない)

JARL(日本アマチュア無線連盟)岐阜県支部に協力依頼をするとともに、校内にはARISS委員会を組織した。JARLと共同で、アンテナの設営、通信機器の調整・設置、等を行った。また、ARISS委員会では、当日の会場設営・運営にかかわる準備、交信する生徒への交信指導(外国人宇宙飛行士との交信も考慮し、英語での交信練習を含む)、PTA・報道機関への連絡調整、を行った。

## 4. 授業実践(紙面の関係で、宇宙に関する学習を抜粋し、紹介する。)

### (1)岐阜大学での授業

ゲルマニウムラジオを作り、電波を自分で受信できるようになった生徒は、実際にどのように電波が利用されているかについて、興味をもった。そこで、岐阜大学工学部にある電波望遠鏡を見学し、最新の研究内容を聞き、科学技術の進歩について学ぶことができた。また、岐阜大学教育学部地学教室では、宇宙人はいるか、宇宙の果てはどうなっているか、等生徒の素朴な疑問に答えていただいた。

### (2)プラネタリウムを活用した学習

天体観測会で学習した星の動き等を、実際の星空ではどのように見ることができると理解できるよう、関市内にあるプラネタリウム施設を活用し、学習を進めた。また、3年生で学習することになる月の満ち欠けの様子も含め、天体の動きを再現していただいた。生徒は、「塾の帰り道、夜空にすぐオリオン座を見つけことができ、うれしかった。」「月の形が変わることがよくわかった。実際に見て観察してみたい。」と感想を書いていた。

### (3)ARISS スクールコンタクト

2009年7月11日19時15分、武芸川中学校の呼びかけに、若田宇宙飛行士が応答し、スクールコンタクトが始まった。若田宇宙飛行士の声は、大変明瞭に届いた。地上と宇宙がつながった瞬間、何とも言えない感動が会場を包んだ。

スクールコンタクトは、国際宇宙ステーション内での標準語である英語を用いた交信が一般的だが、今回は国際宇宙ステーション側のオペレータが日本人であったため、質問のやりとりはすべて日本語で実施された。

生徒は交代でマイクを握り、若田宇宙飛行士に質問をした。(写真1, 表1)



写真1 若田宇宙飛行士に質問をする生徒

そしておよそ10分後、会場には拍手が響き渡り、見守っていた会場の全員で、成功を喜び合った。(詳細は、岐阜県教育委員会「まるごと学園」<http://gakuen.gifu-net.ed.jp/hoso/>)

ARISS スクールコンタクトでの武芸川中学校(8J2ISS)と国際宇宙ステーション(NA1ISS)の交信内容 17/July/2009

OK. 武芸川中学校のみなさん、こんにちは。国際宇宙ステーションから、若田です。皆さんとお話できることを楽しみにしております。質問をたくさんいただいておりますので、皆さんからの質問にお答えしたいと思います。よろしくお願ひします。

番号	質問
1	柔道の一本背負いをする時、どうなりますか？ 人を持ち上げることが、宇宙ではできないですね。ですから、持ち上げようとする時、その反動で自分も浮き上がってしまうと、一本背負いの形にはならないですね。 地球も月のように、満ち欠けして見えますか？
2	地球が見える範囲というのが、だいたい直径が2000kmくらいなんですね。ですから、地球の昼間を見るときというの、全体的にこう丸く地球が広がっているように見えて、満ち欠けしては見えないんですけども、夕方とか朝方、太陽が昇る時には、月の満ち欠けに近いような状態で見ることが出来ますよ。 宇宙でも、地球上と同じ自然を再現できると思いますか？
3	再現することは可能だと思います。ただかなり地球のようにならね、非常に大きい領域の場所が必要になってくると思いますよ。
4	将来宇宙生活において、私たちはものを燃やすことは出来ますか？ すごく面白い質問だね。燃やすことは出来ますよ。僕たちも、先週・先々週とまたヨーロッパのね実験室で、ものを燃やす実験なんかもしています。ただ、空気が循環しないものが連続して燃えないので、空気のファンを使って酸素を供給してあげる必要があります。
5	空気があれば、植物は宇宙でも光合成をしますか？ 実はね、今私が話しているロシアのサービスマンという実験室の中には、植物を成長させる実験装置があって、光を出して、二酸化炭素を吸って、それで植物が育って、光合成もしていますよ。
6	タマネギを切ると、目がしみませんか？ 面白い質問だね。タマネギを宇宙で切ったことがないので、まだ分からないんですけども、国際宇宙ステーションの中には空気がありますので、きっと地球と同じように目がしみると思いますが。今度やってみます。
7	ISS内で竹とんぼを飛ばすと、どのように飛んでいきますか？ 竹とんぼに近いものを扱って実験してみましたけども、竹とんぼは地球上では棒の部分が下を向いて飛んでいきますね。宇宙ステーションで飛ばすと、その棒が回し始めた方向をそのまま維持して飛んでいきます。
8	宇宙生活で、不思議だと思ったことは何ですか？ 人間がね、あつという間に無重力の環境に慣れて、最初は宇宙ステーションの中もおそろおそろ動いていたんですけども、そのうち太平洋をね、泳ぎ回るマグロのように宇宙ステーションの中を自由自在に動き回れるようになったという、そういう人間の対応力の速さ、これがとても不思議に思いました。
9	地球上の夜にあたる部分で、どこが光って見えますか？ (交信断絶後、再開) 日本なんかを含めて、地球上の大都市の部分のがものすごく明るく見えますよ。
10	森林伐採による環境への影響は、宇宙から見えますか？ 環境の影響は直接には目では確認できないんですけども、森林が伐採されていることは、例えばブラジルのアマゾンのところでは、かなり森が切り開かれていることが、よく宇宙から分かりますよ。
11	ISS内で二酸化マンガンとオキシドールを混ぜると、酸素が発生しますか？ その実験はしたことないんですけども、空気がある中でこの二酸化マンガンとオキシドールを混ぜると、地球上と同じように酸素が発生すると思いますよ。
12	ISS内でシャボン玉を飛ばすと、どうなりますか？ シャボン玉は地球上でも浮きますけども、宇宙だとほとんど落ちていくことがないので、宇宙ステーションの中をふわふわと漂うと思いますよ。
13	将来、宇宙で出たゴミは宇宙で処理できるようになるのですか？ 将来はかなり宇宙ステーションのようどころでね、生活することがふえていくと思いますので、処理できるようにならないといけないと思います。今はまだ、できないですね。
14	地球からは見えないけれど、ISSから見えるものはありますか？ 雷の稲妻がね、宇宙ステーションから見ると、たまに上の方に稲妻が伸びていくのが見えますよ。これは地球では見えないですね。
15	宇宙で赤ちゃんは成長できますか？ これは、動物のね、例えばネズミ、ハツカネズミの赤ちゃんなんかの成長を確認していますよ。まだ人間の赤ちゃんは宇宙では成長していませんけども、きっとできると思いますよ。
16	以前に比べ、北極の氷が溶けていることが分かりますか？ 宇宙ステーションが飛んでいるところが、北極まで届いていないんですね。僕たちは、北緯51.6°と南緯51.6°の間を飛んでいるので、残念ながら北極は見えません。
17	宇宙から見る太陽は、何等星くらいの明るさですか？ ものすごくね、ぎらぎらと輝く太陽なので、何等星というより、もうその1等星の百倍も千倍もあるようなものすごく明るい星で見えますよ。(途中で交信断絶)

表1 武芸川中学校の生徒たちと若田宇宙飛行士との交信内容

## 5. 考察

### (1)「国際宇宙ステーションに滞在する宇宙飛行士との交信」をきっかけにした興味・関心の高まりが学力向上につながったこと

生徒はスクールコンタクト後、次のような感想を書いている。「今宇宙にいる人と話しているんだ、と思うと、何だかゾツとしてすごくうれしくなった。」「空中にコードがないのに、あんなにもはっきり聞こえてきてびっくりした。この機会を通して、理科ってすごいと思った。」

スクールコンタクトを実施したことで、無線通信のすばらしさを発見できた。また、テレビでしか見たことのない宇宙飛行士と直接話したことで、多くの生徒が感動を味わうことができた。こういった感動が、生徒の科学への興味・関心を高め、理科の学習においても学力を向上させている。以下に、3年理科「月の動きと見え方」の授業で、生徒の科学的な見方や考え方が育成できた例を示す。

「宇宙から見ると、地球も満ち欠けして見えそうだ。」という若田宇宙飛行士の回答や、事前の月の観察結果をもとに、地上から見た月の見え方が変化する様子を考察した。天体観測会やプラネタリウムでの学習の事前指導等が生かされ、正確な月の観察記録を書く生徒が多かった。また、太陽光が当たる部分だけが光るということをもとに、太陽・月・地球がどんな位置関係にあると、月の形が変化するかを、モデルをもとに正確に話す生徒が多く見られた。

事後にとったアンケートでは、月の満ち欠けする仕組みについて自信をもって仲間に説明できたかという質問に、82%がそう言える、と回答した。さらに天体の学習をする上で、SPPやスクールコンタクトが役立ったと回答した生徒は97%であった。高まった意欲と、意図的な授業展開により、科学的な見方や考え方ができたと捉えている。

### (2)SPPとARISSスクールコンタクト

今回、単にARISSスクールコンタクトを実施するに終わるのではなく、SPPを活用して指導計画を構築したことが、生徒の学力向上につながったと考える。生徒の実態から、どんな点に弱さが見られるか、またそれを補うために、どんな手だてで何を学習するか、について検討し授業を展開した結果、生徒の学ぶ意欲や科学への興味・関心が高まり、さらには科学的なものの見方や考え方を育成できたと考える。SPPのような支援のあるなしにかかわらず、生徒の疑問を大切に、思考の流れに沿って体験的な活動のできる指導計画を設定することは、非常に大切なことである。

## 6. おわりに

3年理科「月の動きと見え方」の授業後、TIMSS2007における理科の科学的な見方や考え方に関する調査を実施した。その問いの正答率を見ると、全国平均47%に対し、本校のそれは58%と、大幅にポイント数を上回っていた。また、今年度初めに実施した平成21年度全国学力・学習状況調査で、思考力を問う問題の正答率が、全国平均とほぼ同じであったことから考えても、この結果は大きな成果があったと考えられる。

これらのことから、本研究の有効性は検証できたものととらえる。

# 「調べ学習」が科学的リテラシーの育成に及ぼす効果

清水 誠                      小森 栄治                      田中 修平  
埼玉大学教育学部          日本理科教育支援センター      流山市立北部中学校

## I. 問題の所在

平成 15 年度小・中学校教育課程実施状況調査等から、我が国の児童・生徒は科学的な思考力・表現力が十分でない状況があることが示されてきた。また、OECD（経済協力開発機構）が 2006 年に日本の 15 歳段階の生徒たちを対象にリテラシーの育成状況を中心領域として実施された PISA 調査の我が国の結果は、科学的リテラシー全体では上位グループに属するものの、科学的リテラシーの育成状況が国際比較の観点で不十分であり、科学的態度に関わる多くの指標で国際的に低い水準にあることが明らかにされた。特に、科学的な能力とされる 3 領域中の科学的な疑問を認識することや現象を科学的に説明することに課題が見られるとされた。科学的リテラシーの育成は、我が国が取り組むべき重要な課題の一つといえる。こうした状況に対し、文部科学省の指導資料（2005）では、科学的リテラシーを育成する手だてとして教科で学習した範囲を超えたことを扱った文章や資料から、これまでに身につけた知識や技能をもとに自分なりに考察、判断し、結論を導き、それらを表現していくことが求められると述べている。国立教育政策研究所の報告書（2007）では、個々人が自身による科学的探究を通してではなく、図書館やインターネットなどのリソースを通じて新しい知識を獲得しなければならないとしている。しかしながら、科学的リテラシーの育成を図る有効な教授方法が、提案・検証されてきたとはいえない。

そこで本研究では、優れた理科教師による科学的リテラシー育成を目的とした授業実践を参与観察し、その教授方法の分析と効果を検証することを目的とする。

## II. 調査の方法

### 1. 調査及び調査時期

#### (1) 調査対象

調査対象に、文部科学省から優秀教員として表彰された共同研究者の小森が科学的リテラシー育成を目的として行った授業「調べ学習」を選択した。授業は、埼玉県公立 H 中学校第 3 学年 125 名に対して行われた。

#### (2) 調査時期

調査は、平成 19 年 10 月から 11 月にかけて行った。授業時間は、9 時間（一単位時間

50分)である。効果を検証するための事後調査は、平成20年1月に行った。

### (3) 調査

実施された授業の計画は、小森からの聞き取りによって行った。続いて、対象となった授業及び生徒の変容の様子を探るため、授業及び生徒の活動の9時間の様子をビデオカメラで収録し、分析を行った。また、対象となった授業の科学的リテラシーの育成効果を見るため、授業終了後に事後調査として PISA2006 で実施された公開問題による調査を被験者の生徒に実施し、全国平均との比較を行った。

## Ⅲ. 結果とその分析

### 1. 参与観察された授業

小森が「調べ学習」と呼ぶ教授方法の特徴は、初めに教師から意思決定に必要な知識や考え方に関する情報提供を行い、それをもとに、生徒が各自の課題を設定して調査し、レポートにまとめる学習を行うという進め方で行うというものである。小森からの聞き取りと授業ビデオ分析により明らかになった授業の概要は、次のようである。

学習のテーマは、「エネルギーの利用を考える」である。授業は、段階1：教師による「情報提供」の4時間、段階2：生徒による「調べ活動」の3時間、段階3：生徒間の「発表」の2時間の計9時間で進められた。段階1では、教師からリスク評価やライフサイクルアセスメント(LCA)の考え方など、エネルギー・環境問題の意思決定に関して必要な知識や考え方を生徒に指導がなされた。段階2では、生徒は各自で設定したテーマについてインターネット・文献を用いて「調べ活動」を行った後、各自のテーマについてメリット・デメリットの両面から検討させ、意思決定をさせられた。段階3では、生徒は自分と異なるテーマについて調べた生徒と発表・対話・討論を行い、他者からの意見を踏まえ知識を再構成するよう促された後、レポートを仕上げさせられた。

### 2. 実施された授業とその分析

段階1の教師による「情報提供」、段階2の生徒による「調べ活動」場面における教師の具体的な指導と生徒の反応は次のようであった。

#### (1) 段階1：教師による「情報提供」

教師は、図1のグラフを用いて指導を行った。ライフサイクルアセスメントの指導場面のプロトコルを見ると図2のようであった。この場面では、プラスチック1トンを作るときのCO<sub>2</sub>発生量に関するグラフについて扱い、372Aの生徒の発言に見られるような「原料からペレット」について注意を喚起させている。

図2の発話プロトコルに見られるように、教師は学習のテーマ「エネルギーの利用を考える」で必要な知識について、資料や実験を通してしっかりと指導していることがわかる。

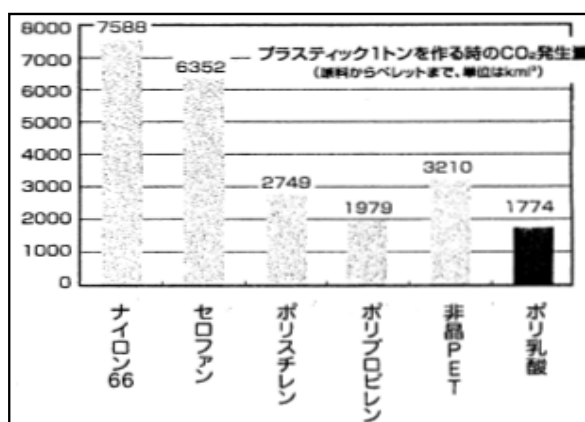


図1 授業内で使用したグラフ



371T うーん、そこに書いてあるの見たら、それしかないよね。じゃG君、説明してくれる？このグラフを見るときにの注意。

372G 「原料からペレットまで」ってところ。

373T じゃあ、これ、何が問題なの？

374G 最初から最後までの中の、二酸化炭素発生量とは違う。

375T うん、H君は？

376H 同じです。

377T 同じ、はい、その通りです。最初から最後までじゃないってこと。原料ってことはトウモロコシからってことだよ、このスタートはね。だから、さっきの、これを無視しているわけ。ここ[の原料を育てるところまで]を。ね、トウモロコシからエタノールまで、いやプラスチックまでってことで、「種からトウモロコシ育てて、トウモロコシ育つ」ってそこを無視しているでしょう。材料ってことは。ま、もしかすると、肥料までを入れてるかもしれないけど。少なくとも、この見方からすると原料からだから。例えば、「石油からペレットまで」でしょ？石油掘るときのこと、考えてないでしょ？きっと。それが、ライフサイクル・アセスメントってわけ。今日みんなにね、考えてほしかった、身につけてほしかったことなのね、気をつけてね。

図2 「情報提供」場面でのプロトコル

(2) 段階2：「生徒による調べ活動」

各自で設定したテーマについて生徒による「調べる活動」が行われた。教師からは、テーマに関する科学技術の利用の長所や短所を整理し、両面からの視点を踏まえ、より科学的な根拠に基づいて意思決定を行い、提言をまとめるよう指導がなされた。

図3は、段階2の「生徒による調べ活動」の際に、レポート作成の留意点として、生徒に配布された資料である。教師は、この授業プリントを使って、①～④の指導がなされた。

①科学技術の利用の長所や短所を整理させる指導により、両面からの視点を踏まえ、より科学的な根拠に基づいて意思決定を行うこと。

②調べた結果、得られた情報を科学的な根拠をもって推論し、判断すること。

③導いた自らの提言を、相手を説得できる形で事実と結びつけ、説明すること。

★レポート作成の留意点

- ・長所と短所、あるいは、賛成と反対の両方の意見や立場について調べてみよう。長所（賛成）と短所（反対）が、同じ視点で横に並ぶように書くといい。
- ・最終ページに、**自分の意見とその理由**を書く。ここがメインです。  
あなたの考えを、**科学的な証拠に基づいて**主張しましょう。

科学的な証拠とは……	実証性（事実に基づいている）
	客観性（思いこみではない）
	再現性（ほかの人がやってもそうなる）
	原理法則性（一般的に通用する）
これと反対は	主観（自分がそう思う）
	仮定・仮説（「そうなるはず」など、予想）
	感覚（感じる）
	思いこみ・信念（証拠抜きに信じている）

- ・**提言**という形で、「こうするべきだ」とみんなに呼びかける場合も、相手を説得できる根拠をあげて呼びかけよう。

【注 意】

- ・本やインターネットのサイトなどから引用するときは、必ず「**出典**」として、著者、本の名前、出版社、などを明記する。  
**信頼できるサイト、本であるかにも注意が必要。**
- ・学校にある冊子類、CD、DVD、ビデオテープなども活用しましょう。

図3 生徒に配布したプリント

④信用できる情報源(本, サイトなど)を使うように注意させ, 参考文献, 引用, 出典について明記すること.

生徒は, 配布プリントと教師からの指導のもとに, インターネット・文献を用いて, 自ら設定したテーマについて調べ活動を行った. 調べ活動を行った後, 生徒は自分と異なるテーマについて調べた生徒と小集団で発表・討論が行われた. 教師からは, 科学的な証拠に基づいて主張しているか, 科学的な判断をしているかについて注意して発表を聞こうという指導が授業プリントを使ってなされた. 指導された内容は, 科学的な証拠については事実に基づいているか, おもいこみではないか, 他の人がやってもそうなるか, 一般的に通用するかといったことである. 科学的な判断をしているかは, ライフサイクルアセスメント, リスク評価, 持続可能性の視点で考えているかということである.

### 3. 事後調査の結果と分析

科学的リテラシーの3領域の能力が身についたかを調べた事後調査の中から, 日本の正答率が低かった3つの問題についての結果をまとめると次のようであった. それぞれの問いにおける評価基準は, PISA 調査の国際報告書によるものを用いた.

#### (1) 「科学的な疑問を認識すること」の領域

分析は[酸性雨に関する問3]を用いた. 内容は, 科学的探究における対照実験に関する知識を適用して, それが問題で説明されている科学的調査の重要な特徴であることが識別できるかを問うものである. この問題の完全正答は習熟度レベル6(難易度717点)に属し, 大理石片を蒸留水に入れることが科学的調査における対照実験として, 酢に入れる実験と比較に用いられていることを認識している記述. また, 部分正答(習熟度レベル3(難易度513点))は, 対照実験の目的を理解できていないが, 単に比較するためであると認識した記述である. なお, 正答率は, 完全正答した生徒の割合に部分正答した生徒の割合を0.5倍して加えたものである.

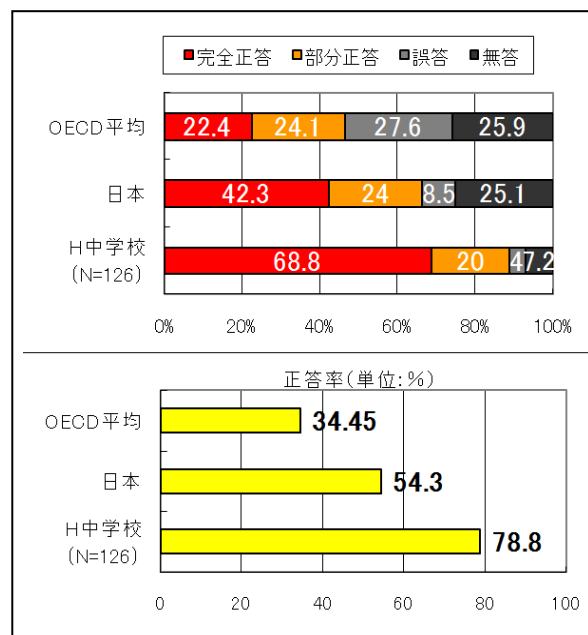


図4 酸性雨に関する問題3の結果

結果は, 図4に示した通りである. 正答率の日本平均は35%, H中学校は71%であり, H中学校のほうが31ポイント上回っている. 科学的な疑問を認識する能力が高い割合で身につけていることがわかる.

#### (2) 「科学的な証拠を用いること」の領域

分析は, [温室効果に関する問2]を用いた. 内容は, 結論を支持する証拠とならないグラフの特徴を指摘することができるかどうかを問うものである. この問題の完全正答は習熟度レベル5(難易度65点)に属し, 必要な2つのデータを比較し, グラフの特定の部分で両者が同時に増えたり同時に減ったりしていないことを指摘し, それに照応する説明をしている記述. また, 部分正答(習熟度レベル4(難易度568点))は, 質問を理解し, 2つのグラフの相違について特定できるが, その相違について説明できていない記述である. な

お、この問題でも正答率は、完全正答した生徒の割合に部分正答した生徒の割合を 0.5 倍して加えたものである。

結果は、図 5 に示した通りである。正答率の日本平均は 54%，H 中学校は 79% であり、H 中学校のほうが 25 ポイント上回っている。科学的な証拠を用いる能力が高い割合で身につけていることがわかる。

### (3) 「現象を科学的に説明すること」の領域

分析は、[温室効果に関する問 3]を用いた。内容は、温室効果に影響を及ぼす可能性のある二酸化炭素以外の要因について問うものである。

この問題は習熟度レベル 6 (難易度 709 点) に属し、二酸化炭素以外のもので地球の平均気温上昇に影響を与えている可能性のある要因が存在することを認識する記述である。結果は、図 6 に示した通りである。正答率の日本平均は 18%，H 中学校は 49% であり、H 中学校のほうが 31 ポイント上回っている。

現象を科学的に説明する能力が高い割合で身につけていることがわかる。

## 4. 発表時の発話プロトコルの分析

発表の際に授業プリントの科学的な証拠に基づいて主張しているか、科学的な判断をしているかの指導がなされた発表時の 3 班の発話プロトコルを見ると図 7 のようであった。

- 367D 輸送の時に必要なエネルギーで、外国から輸送するブロッコリーは、97.2キロカロリーのエネルギーが必要で、日本でトラックで輸送すると4.6キロカロリーです。
- 368A じゃ、輸入しないでいいじゃん。
- 369B バナナも輸入だよな。
- 370A うん。
- 371D トマトを外国から輸入すると、31キロカロリーで、日本でトラックで輸送すると、1.4キロカロリーです。
- 372C えー
- 373A やっぱ、外国から輸入することって、エネルギーの無駄遣いなのかな。
- 374D そうだね。外国産の野菜を食べることは、国内産に比べて20倍も30倍もエネルギーを消費することになるので、ちょっと無駄、無駄使いついていうか。
- 375A でも、農家がないのが現実？
- 376T ああ、そうかもしれないね。日本はさ、もう農家の方が65歳以上の人がほとんどなんだよね。これから先、日本の食料ってどういう風になっちゃうのかエネルギー以外に

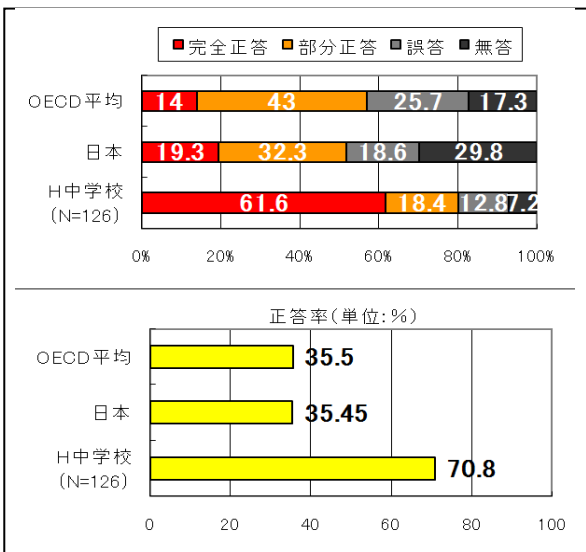


図 5 温室効果に関する問 2 の結果

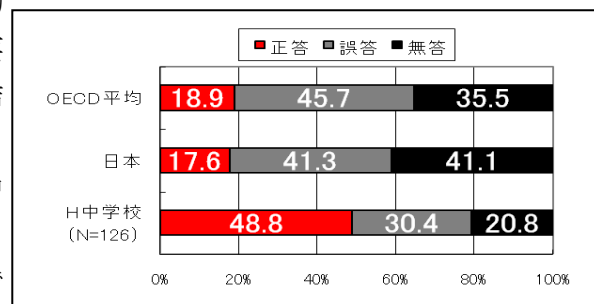


図 6 温室効果に関する問 3 の結果

も考えたほうがいいね。でも、なんで海外から輸入するんだろうね。  
377B 作りたくないけど食べたいみたいな。  
378A 日本の野菜高いじゃん，だから。

図7 発表時の3班の発話プロトコル

3班の生徒Dは、367Dや371Dの発話に見られるように、調べた結果を証拠にしなが  
374Dで自分の考えを述べていることがわかる。さらに、生徒Aは375Aで日本の農業に従  
事する人たちがいないという知識をもとに発表している。こうした議論に対し、教師は  
376TでAの考えを承認すると共に、議論の方向性を示していることがわかる。3班を事例  
にしたような議論は、すべての班の発表時の議論に見ることができた。

#### IV. 考察

小森授業を受けたH中学校の生徒のPISA2006で実施された公開問題実施結果は、日本  
平均を正答率で大きく上回っていることがわかった。H中学校の生徒の授業前の科学的リ  
テラシーがどの程度育成されていたかを調べていないため断定することはできないが、小  
森が実践した「調べ学習」と呼ぶ教授方法は、科学的リテラシーの育成に有効である可能  
性があることが示唆できる。

生徒の科学的リテラシーの育成を促した要因を発話プロトコルや教師の指導から見ると、  
次の点で効果があったと考えられる。1点目は、調べる活動を取り入れたことで生徒が  
自身で得た情報に対し、自ら疑問を見だし関連する知識を適用しながら調査し、解決  
させることができ、科学的な疑問を認識する能力を高めたのではないかとこの点である。  
2点目は、情報提供場面において、ライフサイクルアセスメントやリスク評価など生徒が  
意思決定するための具体的な考え方や知識を与えたことで、生徒は文章や表、グラフな  
どの情報を与えられた考え方や知識を用いて考えることができ、科学的証拠を用いる能力  
を高めることにつながったのではないかとこの点である。3点目は、発表やレポートの指  
導を通して、教師が自らの提言を他者が納得する形で事実と結びつけて説明するよう促  
したことが、現象を科学的に説明する能力を高めることにつながったのではないかと考  
える。

#### 引用・参考文献

- 国立教育政策研究所：PISA2006年調査・評価の枠組み・OECD生徒の学習到達度調査，ぎ  
ょうせい 2007
- 文部科学省：小学校理科・中学校理科・高等学校理科指導資料 PISA2003(科学的リテラシ  
ー)及びTIMSS2003(理科)結果の分析と指導改善の方向，東洋館出版社，2005
- 国立教育政策研究所：生きるための知識と技能3・OECD生徒の学習到達度調査(PISA)  
2006年調査結果報告書，ぎょうせい，2007
- 小倉康：科学的リテラシー育成に向けた日本の理科教育の課題と必要な理科教師支援，日  
本科学教学会第32回年会論文集，2008

# 科学的に解釈する力の育成を目指した教授方法の工夫・改善

—小グループでの議論を促すことの効果—

黒川 昇                      清水 誠  
蓮田市立黒浜南小学校      埼玉大学教育学部

## I. 問題の所在

PISA2006年調査では、日本の科学的リテラシー全体の平均点は、国際的に見て上位グループに位置しているものの、論述形式の問題や、未習問題に対する無答率がOECD平均よりも高い傾向が見られることが分かった。特に、科学的能力とされる3領域中の科学的な疑問を認識することや現象を科学的に説明することに課題が見られるとされた。これまでの理科学習は、自然事象を自分なりに解釈する力や、自分の考えを説明する学習が不足していると考えることができ、児童・生徒の科学的に解釈する力を育成する新たな教授方法の検討が必要であると考えられる。

我が国の理科教育学研究をみると、学習者の「解釈」に対する実態を調査したものを見ることが出来る。平賀・寺谷(2006)は、中学校1～3年生と大学1年生を対象に、金属の同定可能範囲の設定の仕方を分析している。結果は、同定の仕方の実態は、中学1年生から大学1年生まで変わらないこと、中学校・高等学校で行われている理科教育カリキュラムは同定の仕方に影響を及ぼしていないことを明らかにしている。また、岡本ら(2009)は、中学校3年生を対象に質問紙調査を実施し、定量実験の測定値とグラフの読み取りの傾向を調査している。結果は、科学的解釈を行う根底となる「実験値の意味とその重要性」「実験データの収集の仕方」など、実験値そのものに対する認識が不十分であることを示している。しかしながら、科学的に解釈する力の育成を促す教授方法を検討した研究は理科教育学会や科学教育学会の論文にはみられず、研究が十分進んでいるとは言えない。

そこで本研究では、科学的に解釈する力の育成を促す教授方法を検討することにした。なお、検討するに当たっては、PISA2006年調査の中で科学的能力とされる3領域中の現象を科学的に説明することに加え、科学的な証拠を用いることができる能力の育成が不可欠と考え、本研究における科学的に解釈する力の育成に迫ることとした。

## II. 研究の方法

### 1. 教授方法の検討

Olson(1996)は、書くことは話すことを変換したものだけではなく、話すことの持つ表象的な構造を発見させる役割があるとしている。しかしながら、松原(1997, 2000)は、高

等学校の生徒が書いた実験レポートの考察の記述を見ると事実と意見の区別ができていないことや TIMSS2003 の結果を見ると我が国の小・中学生が回答の理由を問う論述問題で設問に書かれている事実を解答することを問題視し、書くことの改善策として定型文を用いた指導方法を提案している。定型文指導とは、実験レポートをまとめる際に、結果および考察に必要な要素を取り込んだ定型文を教師が示し、それに当てはめて記述するよう指導するものである。また、平賀(2004)は、科学的表現力の育成をねらいとした研究の中で松原の定型文の提示が有効であることを明らかにしている。

一方、清水・佐國(2004)は、小グループでの話し合いをさせることで新たな疑問や考えを創発させることや、自身の既存の概念に対し見直しや再吟味が生じるとしている。清水・山浦(2006)は、学習者の考えを外化し話し合いをさせる教授方法を取り入れると、生徒に知識の不足に気付かせ、認知的な葛藤を促し、そのことで考えを仲間や自身に向かって説明することや立てた予想の再吟味がなされるとしている。こうした小グループでの話し合いを促す教授方法は、科学的に説明することや科学的な証拠を用いることを促し、科学的に解釈する力を育成することに繋がるのではないかと考えることができる。

そこで、本研究では、ねらいに迫る教授方法として、児童が予想や考察を記述する際に定型文指導を行うとともに、予想や考察を行う際に小グループによる話し合いを取り入れた教授方法を行うことにした。その際、科学的に解釈する力が育成されたことを測る指標として、PISA2006年調査で使用された「現象を科学的に説明すること」と「科学的な証拠を用いること」をもとに評価基準を作成し、分析を行うこととした。

## 2. 調査対象及び時期

授業は、埼玉県内の公立小学校の5年生、2クラス58名を対象とした。対象の被験者全てに、予想時と考察時に定型文を使った記述をさせることとした。さらに、対象の被験者を小グループで話し合いを行う群（以下、実験群と呼ぶ）と話し合いはクラス全体で行う群（以下、統制群と呼ぶ）に分けた。実験群の被験者は1クラス29名（6グループ）、統制群の被験者は1クラス29名（6グループ）である。実験群は、理科室の6つの実験台に4～5名で着席している。統制群も同様である。本研究では、この実験台に各学級での生活班を基に着席している児童達をそれぞれ1グループとして分析を行っている。

調査は、2009年10月22日に実施した。

なお、授業を行うにあたり、各クラス1単位時間を使って実験群では定型文と小グループでの話し合いの方法について、統制群では定型文とクラス全体での話し合いの方法について事前指導を行った。

## 3. 授業の概要

検証授業は、B生命・地球の「台風の接近」の単元において実施した。実験群で実施した授業の主な流れは、次のア～キのようである。

- ア. 「台風はどのように進み、それにもなまって天気はどのように変化するでしょうか」という課題提示を教師が行った。
- イ. ワークシートに予想を定型文で記述させた。
- ウ. 予想について、小グループで話し合いをさせた。
- エ. 衛星写真とアメダス情報を合わせた資料をもとに、台風の進み方と天気の変化との関係を調べさせた。

- オ. ワークシートに結果と考察を定型文で記述させた。
- カ. 結果と考察について、小グループで話し合いをさせた。
- キ. 教師が台風の動きと天気の変化についてのまとめとして、「台風は日本の南の海上でできて、北に向かって動くが、最初は西に、日本に近づくと東に風の力によって動く。台風が近づいた地域は、台風に伴う雨雲によって、激しく雨が降る。」を行った。
- なお、統制群では、ウとカの話し合いをする際、小グループではなく、クラス全体での話し合いを行った。それ以外の授業の流れ及び条件は、実験群と同じである。

#### 4. 調査方法

##### (1) 両群の等質性

検証授業の3日前に質問紙を利用して調査を行った。質問紙の内容は、PISA2006年調査の「科学的に説明すること」と「科学的な証拠を用いること」の公開問題をもとに作成した。問題の例は表1の通りである。時間は15分間である。

表1 等質性調査に使用した質問紙

問題(科学的に説明すること)	正答	誤答
プール学習の時期になると先生方は毎日放課後、プールに薬を入れています。ある月曜日、プールに入ると、緑色の も がプールの壁にうっすらとはえていました。金曜日の授業では、も はありませんでした。なぜ も がはえてしまったのか、理由を説明しましょう。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・学校が休みで、薬が入れられなかったから</li> <li>・金曜日の薬が少なかったから</li> <li>・だんだん薬が薄くなったから</li> <li>○薬について触れている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・誰かが入れたから</li> <li>・濾過機が壊れたから</li> <li>・水が汚れたから</li> <li>・カモがプールに入ったから</li> <li>・無答</li> <li>○薬についてふれていない</li> <li>○科学的な根拠がない</li> </ul>

##### (2) 科学的に解釈する力

小グループにおける話し合いの有無が、科学的に解釈する力の育成に与える効果をみるため、授業の概要イとオで児童がワークシートに記述した内容を分析した。なお、ワークシートの評価基準は、PISA2006年調査の「現象を科学的に説明すること」「科学的な証拠を用いること」の2つの観点で表2のように作成した。

##### (3) 小グループでの話し合いの効果

小グループで話し合うことが科学的に解釈する力の育成にどのような効果があるのかをみるため、話し合い時の児童の発話量および内容について分析した。その方法は、下記の通りである。

###### ア. 発話量

予想・結果と考察時のそれぞれについて各グループの児童の会話をステレオマイク付きのMDレコーダーで録音し、発話プロトコルの分析を行った。(両群とも8分間)

###### イ. 発話内容

予想・結果と考察時のそれぞれについて各グループの児童の会話をステレオマイク付きのMDレコーダーで録音し、発話内容についてプロトコルの分析を行った。

表2 予想・結果と考察の分析基準

	予想時	考察時
現象を科学的に説明すること  (台風の動きと雨が降る理由を説明する)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・与えられた状況において科学の知識を適用する</li> <li>〔記述・発話〕</li> <li>A: 台風の動きが風によること、および、雨は台風にもなる雨雲によることを予想し、表現している。</li> <li>B: 台風の動きが風によること、あるいは、雨が台風にもなる雨雲によることを予想し、表現している。</li> <li>C: 台風の動きが風によること、雨は台風にもなる雨雲によることのどちらについても表現していない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・与えられた状況において科学の知識を適用する</li> <li>〔記述・発話〕</li> <li>A: 気象衛星とアメダスの資料から、台風の動きが風によること、および、雨は台風にもなる雨雲によることに気づき、表現している。</li> <li>B: 気象衛星とアメダスの資料から、台風の動きが風によること、あるいは、雨が台風にもなる雨雲によることに気づき、表現している。</li> <li>C: 台風の動きが風によること、雨は台風にもなる雨雲によることのどちらについても表現していない。</li> </ul>
科学的な証拠を用いること  (証拠を明確に示し、台風の動きと雨が降るきまりを見いだす)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・科学的証拠を解釈し、結果を予測し、伝達する</li> <li>・予測した結果の背景にある仮定や証拠、推論を特定する</li> <li>〔記述・発話〕</li> <li>A: 既習事項や経験といった証拠を明確に示し、台風の動きと雨が降るきまりを予想し、表現している。</li> <li>B: 証拠が明確でないが、台風の動きと雨が降るきまりを予想し、表現している。</li> <li>C: 証拠が示されていない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達する</li> <li>・結論の背景にある仮定や証拠、推論を特定する</li> <li>〔記述・発話〕</li> <li>A: 気象衛星とアメダスの資料から読み取ったことを明確に示し、台風の動きと雨が降るきまりを表現している。</li> <li>B: 証拠が明確でないが、台風の動きと雨が降るきまりを表現している。</li> <li>C: 証拠が示されていない。</li> </ul>

### III. 結果とその分析

#### 1. 両群の等質性

両群の等質性を調べるため、質問紙調査を行った。質問と正答は表1の通りである。質問紙調査の結果は表3の通りである。直接確率計算  $2 \times 2$  で検定にかけたところ、両群に有意な差は見られなかった(両側検定:  $p = 0.4172$ )。

表3 等質性調査の結果

	正答	誤答
実験群 N=29	12(41.4)	17(58.6)
統制群 N=29	9(31.0)	20(69.0)

注. 単位は、人数。( )内の数字は%



## 2. 科学的に解釈する力

### (1) 授業実施時の結果

本研究では「科学的に解釈する力」を、自然事象を自分なりに捉える力と定義した。そこで、達成されたかを測るための観点として、科学的に解釈する力の育成に不可欠と考えられる PISA2006 年調査における科学的リテラシーの中の「現象を科学的に説明すること」と「科学的な証拠を用いること」の2つの観点に着目して分析を行った。

### (2) 現象を科学的に説明する力

結果を考察する場面において現象を科学的に説明するには、与えられた状況において科学の知識を適用することが重要である。具体的には、課題となる自然現象が起こる原因について科学的な理由を説明しなければならない。特に今回の学習内容では、風の力によって台風が移動することと、台風にともなう雨雲が雨を降らせることを指摘することが重要である。そこで、台風の動きが風によること、および、雨は台風にともなう雨雲によることを衛星写真やアメダスの情報から読み取り、記入できていれば A 基準、台風の動きが風によること、あるいは、雨が台風にともなう雨雲によることを衛星写真やアメダスの情報から読み取り、記入できていれば B 基準、その他は C 基準とした。

B 基準までを、現象を科学的に説明できたと考え A 基準と B 基準を足すと、実験群は 21 名(72.4%)、統制群は 12 名(41.4%)であった。A 基準と B 基準を

足した児童と、それ以外の児童とで、2×2の直接確率計算で検定したところ、実験群が5%水準で有意な差が見られた(両側検定：p=0.0329)。予想時や考察時に小グループで話し合いを行った方が、現象を科学的に説明することができる児童が多いといえる。

### (3) 科学的な証拠を用いる力

結果を考察する場面において科学的な証拠を用いるには、科学的証拠を解釈し、結論を導き、伝達することや、結論の背景にある仮定や証拠、推論を特定することが重要である。本実験授業では、課題となる自然現象が起こった原因について、根拠となる証拠を明確に示しながら説明しなければならない。特に、今回の学習内容では、台風の動きと雨の様子について、衛星写真やアメダスの情報といった証拠を明確に示すことが重要である。そこで、衛星写真やアメダスの情報といった証拠を明確に示し、台風の動きと雨が降るきまりについて結論を導きだし、記入できていれば A 基準、証拠が明確でないが、台風の動きと雨が降るきまりについて結論を導き出し、記入できていれば B 基準、その他は C 基準とした。

B 基準までを、証拠に基づいた結論を出すことができたと考え A 基準と B 基準を足すと、実験群は 24 名(82.8%)、

統制群は 19 名(65.5%)であった。予想において証拠に基づいた結論を出すことができた児童の数は、実験群は 21 名(72.4%)、統制群は 16

表4 現象を科学的に説明する力

	A 基準	B 基準	C 基準
実験群 N=29	8(27.6)	13(44.8)	8(27.6)
統制群 N=29	2(6.9)	10(34.5)	17(58.6)

注. 単位は、人数。( )内の数字は%

表5 科学的証拠を用いる力

	A 基準	B 基準	C 基準
実験群 N=29	5(17.2)	19(65.5)	5(17.2)
統制群 N=29	7(24.1)	12(41.4)	10(34.5)

注. 単位は、人数。( )内の数字は%

名(55.2%)であったので、両群ともに増加したといえる。A 基準と B 基準を足した児童と、それ以外の児童とで2×2の直接確率計算で検定したところ、両群に有意な差は見られなかった(両側検定：p=0.2298)。考察時の記述における証拠に基づいた結論を出す力には、両群の間に大きな差は生じていないことが分かる。

### 3. 小グループでの話し合いの効果

#### (1)実験中の発話

授業中の予想・結果と考察場面の発話(8分間)の児童の発話数と発話時間は表6および表7のようであった。

表6 予想・結果と考察場面の発話数

	授業に関係あり	授業に関係なし
実験群	339(91.4)	32(8.6)
統制群	87(67.4)	42(32.6)

注. 単位は、人数。( )内の数字は%

表7 予想・結果と考察場面発話時間

	授業に関係あり	授業に関係なし
実験群	1915(93.7)	128(6.3)
統制群	500(65.6)	262(34.4)

注. 単位は、人数。( )内の数字は%

予想・結果と考察時における授業に関係ある発話数及び発話時間の合計を分析すると、小グループによる話し合いを行った実験群が統制群に比べて多いことがわかる。

#### (2)予想・結果と考察時の発話プロトコル分析

結果と考察時の記述における「現象を科学的に説明する力」になぜ有意な差がみられたのかを探るため、予想・結果と考察時の発話プロトコルの分析を行った。

表8は、実験群の発話プロトコルの例である。司会のリードのもと、小グループの全員が自分の考えを発表しているところである。この例から、以下で示すような様子が見られる。①予想との比較をしている。②友達の考えとの比較をしている。③自分なりに自然現象をとらえ、その理由を説明している。このような話し合いの様子は、実験群6グループのほぼすべてで見られた。また、34、35Cや、37D、40Eで見られるように、考えの根拠となる証拠(アメダスや衛星写真)を示す様子も多く見られた。それに対し、統制群では、数名の発表者以外にこのような様子は見られなかった。

なお、結果と考察時における「科学的な証拠を用いること」の記述結果に有意な差が現れなかった理由としては、両群ともに行った定型文の指導による効果が考えられる。結果と考察を分けた記述や、科学的な根拠を示すことが身に付くという定型文指導の効果により、両群ともに証拠に基づいた結論を出すことができたのではないかと考えら

表8 実験群の発話プロトコル例

	児童	発話内容
28	A	これから2班の話し合いを始めます。Bさん、考えを発表してください。
29	B	予想と同じで、風に押されて台風は動いていました。その理由は、台風が東へ向かって進んだからだと考えます。
30	B	雨は、予想と同じで、雲がかかっているところでいっぱい雨が降っていました。その理由は、雲の影響で雨がふっていたからだと考えます。
31	A	Cさん考えを発表してください。
32	C	予想と違って、雲の写真を見て、東から、雲は東から、あれ、ちがってとか言うの？
33	A	ちがってとか、少しちがってとか、いいんじゃない、そう言っちゃって。
34	C	Bさんと少し違って、雲の写真を見て、雲は、東から西に動ききました。理由は、雲は、東から西に動くからだと思います。
35	C	雨は、予想と違って、アメダスを見て、台風が来ると、雨は強くなりました。その理由は、台風が来ると、雨は強くなると考えます。
36	A	Dさん、考えを発表してください。
37	D	ぼくは、Bさんと違って、雲の写真を見て台風は東から北に動きました。その理由は、雲は西から東に動けけれど、台風の場合は、西から北に動くと考えます。
38	D	雨は予想と同じで、雨が降っていました。その理由は、台風が近づくほど、雨が強く降ると考えます。
39	A	Eさん、考えを発表してください。
40	E	Bさんと少し違って、台風は予想と同じで、衛星写真を見て台風は雨を降らせていました。その理由は、台風の雲によって雨を降らせていたと考えます。
41	E	雨は予想と同じで、雨はすこくふっていました。その理由は、雨雲によって雨を降らせていたと考えます。
42	A	ぼくの考えは、Bさんと違って、予想と同じで、台風は風に押されていました。その理由は、台風も風だから押されていると考えます。

れる。このことは、「科学的な証拠を用いること」の分析基準における予想時と結果と考察時の記述を比較したときに、予想時に比べ、結果と考察時における A 基準および B 基準の児童数が、両群ともに増加したことから推察される。

#### IV. 考察

科学的に解釈する力が児童に育成されているかを調べた授業のワークシートの記述からは、小グループによる話し合いを実施した実験群が、小グループによる話し合いを行わない統制群に比べ、現象を科学的に説明することや科学的証拠を用いること科学的に解釈する力の育成に有効であることが分かった。

その要因として、小グループによる話し合いを行った実験群において、授業に関係のある発話が多いことや、発話例で示したように、予想との比較をしている様子。友達の考えとの比較をしている様子。自分なりに自然現象をとらえ、その理由を説明している様子が、実験群 6 グループのほぼすべてで見られたことから推察できる。小グループで話し合いを行った児童たちは、他者の考えを取り入れることや予想と比較して説明する様子、考えの根拠を示す様子が発話プロトコルの中で確認することができた。こうしたことが、現象を科学的に説明することや科学的証拠を用いること科学的に解釈する力の育成に有効に働いたのではないかと考える。

検討した授業からは、定型文指導を行いながら小グループで話し合いをさせる教授方法は、科学的に解釈する力の育成に有効に働く可能性があるといえる。

#### V. 研究のまとめ

本研究では、検証授業の範囲内という限定付きではあるが、小グループにおいて議論を促すという自分の考えを外化する学習方法が、科学的に解釈する力の育成に有効であることを示すことができた。自分の考えを外化することの機能は、予想との比較により振り返らせること、友達の考えとの比較により、色々な考えがあることを知ること、自分なりに自然現象を捉え、その理由を説明すること、考えの根拠を示すことを促し、科学的に解釈する力の育成に有効に働くことが示唆された。

#### 引用・参考文献

国立教育政策研究所 「PISA 2006 年度調査 評価の枠組み～OECD 生徒の学習到達度調査株式会社」 16-22, ぎょうせい, 2007

国立教育政策研究所 「PISA 2006 年度調査 生きるための知識と技能～OECD 生徒の学習到達度調査株式会社」 vi ぎょうせい, 2007

日本認知科学学会：「認知科学辞典」 107-108, 共立出版株式会社, 2002

文部科学省：「小学校学習指導要領解説理科編（平成 20 年 8 月）」, 2008

文部科学省：「中学校学習指導要領解説理科編（平成 20 年 9 月）」, 2008

岡本英治・山下雅文・小茂田聖士・鳶岡孝則・前原俊信：「実験データの科学的解釈に関す

- る基礎研究」広島大学 学部・附属学校共同研究機構研究紀要, 37, 349-354, 2009
- 平賀伸夫・寺谷徹介:「測定値の解釈のしかたに関する縦断的分析」愛知教育大学研究報告, 55, 121-126, 2006
- 工藤与志文:「概念受容学習における知識の一般化可能性に及ぼす教示情報解釈の影響」教育心理学研究, 51, 281-287, 2003
- 清水誠・佐國勝:「理科授業におけるスモールグループでの話し合いの効果」埼玉大学紀要 教育学部 51(2), 17-25, 2003
- 清水誠・石井都・海津恵子・島田直也:「小グループで話し合い, 考えを外化することが概念変化に及ぼす効果」理科教育学研究 46(1), 53-60, 2005
- 清水誠・石井都・海津恵子・島田直也:「小グループで話し合い, 考えを外化することが概念変化に及ぼす効果」理科教育学研究 46(1), 53-60, 2005
- 清水誠・山浦麻紀:「考えを外化し, 話し合いをすることが概念的知識の一般化に及ぼす効果」理科教育学研究, 47(1), 35-43, 2006
- 平賀伸夫:「科学的表現力の育成をねらいとした実験レポート作成に関する指導」愛知教育大学研究報告, 53(教育科学編), pp.155~122, March, 2004
- 松原静郎:「表現力育成の意義とその効果」『中等化学教育における個人実験を通しての科学的表現力育成に関する調査研究』平成7年~8年度化学研究費補助金(基盤研究B)研究成果報告書, 1-14, 1997

## 授業ビデオを活用した優れた小中学校理科指導に関する教師教育用教材 Lesson Video Materials for Teacher Education on Good Science Teaching Practices at Elementary and Secondary School Levels

○ 小倉康<sup>A</sup>, 熊野善介<sup>B</sup>, 猿田祐嗣<sup>A</sup>, 清水誠<sup>C</sup>, 隅田学<sup>D</sup>, 中山迅<sup>E</sup>,  
鳩貝太郎<sup>A</sup>, 人見久城<sup>F</sup>, 益子典文<sup>G</sup>, 松原静郎<sup>A</sup>, 松原道男<sup>H</sup>, 吉田淳<sup>I</sup>  
OGURA Yasushi<sup>A</sup>, KUMANO Yoshisuke<sup>B</sup>, SARUTA Yuji<sup>A</sup>, SHIMIZU Makoto<sup>C</sup>, SUMIDA Manabu<sup>D</sup>, NAKAYAMA Hayashi<sup>F</sup>,  
HATOGAI Taro<sup>A</sup>, HITOMI Hisaki<sup>F</sup>, MASHIKO Norifumi<sup>G</sup>, MATSUBARA Shizuo<sup>A</sup>, MATSUBARA Michio<sup>H</sup>, Yoshida Atsushi<sup>I</sup>  
国立教育政策研究所<sup>A</sup>, 静岡大学<sup>B</sup>, 埼玉大学<sup>C</sup>, 愛媛大学<sup>D</sup>,  
宮崎大学<sup>E</sup>, 宇都宮大学<sup>F</sup>, 岐阜大学<sup>G</sup>, 金沢大学<sup>H</sup>, 愛知教育大学<sup>I</sup>  
National Institute for Educational Policy Research<sup>A</sup>, Shizuoka University<sup>B</sup>, Saitama University<sup>C</sup>, Ehime University<sup>D</sup>,  
Miyazaki University<sup>E</sup>, Utsunomiya University<sup>F</sup>, Gifu University<sup>G</sup>, Kanazawa University<sup>H</sup>, Aichi Educational University<sup>I</sup>

【要約】平成15年度から18年度に科学研究費補助金を受け実施した『優れた小中学校理科授業構成要素に関する授業ビデオ分析とその教師教育への適用』研究の成果(小倉, 2007)として、教師教育での活用のために開発した教材を紹介する。全国9地域でビデオ収録した小学校3年から中学校3年までの89の授業について、それぞれの授業の優れた特徴を抽出し、すべての授業の指導案とともに提供している。また、全国の教育センターや教員養成系大学等の教師教育及び学校での校内研究などでの活用目的に授業ビデオを含む教師教育用DVD教材を開発し貸出している。インタラクティブセッションでは、これらの成果の特徴、利用法などを、実際のDVD教材を用いて説明する。

【キーワード】 授業研究, 理科授業, 授業ビデオ, 指導力向上, 教師教育

### 1 目的

小学校から中学校にかけて、理科好きな子どもたちが全国的に減少していく現状に対して、子どもたちの学習意欲を喚起し、確かな理科学力を身に付けさせるためには、どのような理科授業実践であるべきか。われわれは、小中学校における日々の理科授業を改善するために、どのような指導が効果的かに関する情報提供が不十分な現状であると判断した。そこで、全国の小中学校における日々の理科授業の改善に役立てるため、学習指導要領の幅広い内容に関する優れた特徴をもつ理科授業をビデオ収録するとともに、その実践のどこが優れているかを具体的に指摘することによって、理科を指導するすべての教師が参考にできる成果とし、指導力の向上に資することを目的とした。

### 2 方法

#### (1) 収録された授業

全国9つの地域で、理科指導法の改善に熱心に取り組んできた小中学校教師の研究グループを組織し、優れた理科授業について検討し、それぞれの地域の小中学校で、教育利用目的の承諾を得て、理科授業をビデオ収録した。平成15年度からの4年間で収録した理科授業は、小学校3年から中学校3年までの幅広い単元内

容に対応し、計89件に達した。これらの殆どは、全国で日々実践されている学習指導要領に沿った内容であり、したがって、特に指導上の工夫に注目して活用できるものとなっている。

具体的な授業構想は、それぞれの授業者や研究グループに委ねられたが、子どもをより理科好きにする授業づくりの大まかな視点として、次のような授業観の意識化を図った。

- ・ 教師が教え込まず、子どもが主体的に進める理科学習
- ・ 子どもが目的や見通しを明瞭に意識した活動
- ・ 科学の知識のみならず、科学的探究の本質を伝える展開
- ・ 子どもの関心興味を引き付ける事象や活動
- ・ 実社会や身の回りの生活や子どもの将来と関連づけられた学習内容
- ・ 学習方法に関する必要かつ十分な指示
- ・ 既習事項の定着を図りつつ、それと関連づけた指導の連続性
- ・ 学習活動や内容に応じた効果的な学習形態を採り入れる技術
- ・ 学習活動や内容に応じた効果的な教材教具やメディアを採り入れる技術
- ・ 個々の子どもの学習状況の把握と適切な手だてを行う技術

- ・子どもに科学的な思考を展開させる工夫
- ・子どもの創意工夫や主体的な学習の促し
- ・子どもが自分の思いや考えで活動したり思考をすすめるための時間の確保
- ・子どもと教師との信頼関係
- ・協力的で自分の役割を自覚した子どもの学習姿勢の醸成
- ・安全かつ効果的な理科学習のための環境

授業時間については、現行学習指導要領においても授業時間の弾力的運用が求められていることから、収録する授業においても、各授業者が実現しようとする優れた理科授業実践のために必要な授業時間とすることとした。その結果、2時間連続した授業や60分や70分といった柔軟な授業時間を設定した授業も数多く収録された。

また収録の際は、原則的にデジタルビデオカメラ2台以上で収録した。1台は教師を中心に撮影し、教師用ワイヤレスマイクの音声を入力した。他のビデオカメラは、教室全体の様子または子供の学習の様子を中心に撮影した。教師用マイクによって、個に対応した指導の様子など、通常聞き取りにくい音声情報も収録することができた。

なおすべての授業について、授業者が作成した指導案を収集するとともに、児童生徒の学習成果を例示する資料（ノートやプリントなど）が利用可能な場合は合わせて収集した。

## （2）授業の分析

どのような指導が優れているかを具体的に示すため、小倉(2004)らが開発した理科授業分析法を用いて授業ビデオを分析し、指導上の特徴を抽出した。具体的には、それぞれの授業ビデオを経験豊かな6人程度の理科教師が視聴し、所定の方式によって授業を評価した結果を質的・量的に分析した。

## 3 教師教育用教材の開発

評価結果のうち、教師教育用に公開して用いるのは肯定的な評価情報である。本研究が目的とした「日々の理科授業を改善するために、どのような指導が効果的かに関する情報」として整理分析した。否定的な評価情報については研究目的には用いるが、授業者の意図や授業の背景が授業ビデオからは理解しにくいことから公開しないこととした。授業実践を批評的に捉える能力も教師教育上必要であるが、実践の優れた特徴を見分ける力が高まれば、批評的な観察力や洞察力も強化されると考えた。

これらの評価情報と授業ビデオ、指導案などをマルチメディアに編集し、教師教育に効果的に活用するためのDVD教材を開発した。授業ビデオ以外の情報については、発表者のホームページ\*と科学技術振興機構(JST)「理科ねっとわーく」の登録者用ページで公開されている。

授業ビデオを含むDVD教材は、現在、教育委員会、教育センター、大学、及び、国公立学校等、公的機関を対象に、その教師教育(研修)担当者に無償で貸出している。また近い将来、インターネット上での登録者向けへの無償公開が可能となるよう検討している。

## 4 期待される効果

さて、本教材を普及させることによって、期待される効果について次のように考えている。

- ・小中学校理科の幅広い内容に関する指導上の工夫をビデオから学べる。
- ・特に理科指導についての研修機会や経験に乏しい多くの小学校教員の助けとなる。
- ・中学校理科教師にとっても小学校における理科学習の様子や強調点を学べる。
- ・学校の小規模化に伴い、同一教科の教師による授業研究が難しい状況を補える。
- ・理科以外の教科や高校でも、同様の授業分析手法を用いた研修や教育が発展する。
- ・授業研究を通して、指導上の工夫を共有し互いに高め合おうとする意識が高まる。
- ・授業が高度で複雑なシステムであることが認知され、教師のプロ意識が高まる。
- ・これから理科教師を目指す大学生に、優れた指導実践について具体的かつ包括的に学習する情報源となる(現在、そのための教育プログラムの開発中である)。
- ・結果として、全国的な理科授業の質が向上し、子どもたちがより理科好きになる。

## 文 献

小倉(2004)『わが国と諸外国における理科授業のビデオ分析とその教師教育への活用効果の研究：IEA/TIMSS-R 授業ビデオ研究との協調』科研費研究成果報告書\*

小倉(2007)『優れた小中学校理科授業構成要素に関する授業ビデオ分析とその教師教育への適用』科研費研究成果報告書\*

※ PDF ファイルは、次の URL からダウンロード可能である。<http://www.nier.go.jp/ogura/>

## 付 記

本研究は、科学研究補助金(課題番号15200055, 19300267)の補助を受けた。

## 第 3 章

# 科学的思考力の育成手法の 側面からの研究





すべての教科で取り組む科学的思考力を育む教育課程  
研究開発学校「(新)サイエンスプログラム」

広島大学附属福山中・高等学校  
山下 雅文

1. はじめに（研究開発学校の取り組み）

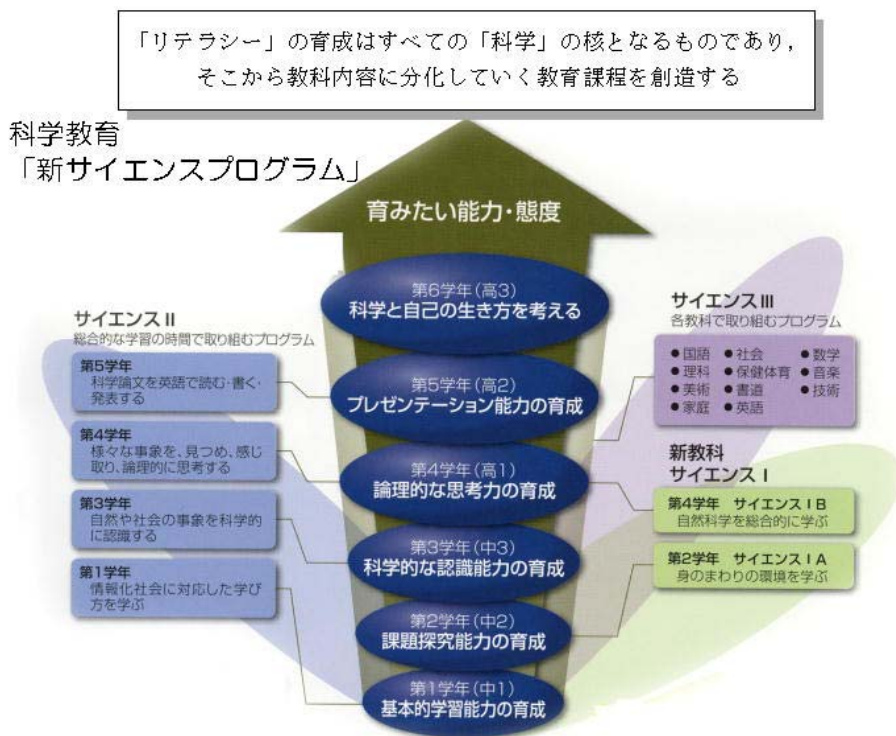
広島大学附属福山中・高等学校は、平成15～17年度に文部科学省 研究開発学校の指定を受け、「中学校・高等学校を通して科学的思考力の育成を図る教育課程の研究開発」（サイエンスプログラム）を開発・実践した。その後、延長3年が認められ、平成18～20年度は、「中等教育における 科学を支える「リテラシー」の育成を核とする教育課程の開発」（新サイエンスプログラム）を開発・実践した。

これらの研究開発は、『科学的思考力』や『科学を支える「リテラシー」』の育成をねらいとするもので、全教科が協力してねらいの達成に向けた取り組みを行い、中学校・高等学校を通して系統性と内容の深まりをもつ教育課程として提案した。開発した内容（取り組み）は、新教科としての「サイエンスⅠ」、総合的な学習の時間としての「サイエンスⅡ」、既存の教科の発展的単元として取り組む「サイエンスⅢ」と分類した。

この中で理科は、主に新教科「サイエンスⅠ」の開発を担当した。具体的には、中学校2年で保健体育科・家庭科との連携により週2時間展開する新科目「サイエンスⅠA（環境）」、高等学校1年

で数学との連携による4単位の新科目「サイエンスⅠB」である。ここで開発した新教科は、平成21年度からはじめた新しい研究開発でも新科目「環境」、「自然科学入門」として継承され、科学リテラシーの習得とクリティカルシンキングの育成をめざして内容の深化がはかられている。

本報告では、学校全体で取り組んだこのプログラムの概要を紹介する。



## 2. 「(新)サイエンスプログラム」の概要

### (1) 育みたい資質・能力

次世代の科学を担う人材を育てるには、理数教科の強化だけでは十分でない。科学技術の基盤となる能力は、自然や社会の事象を、様々な体験や探究を通して見つめ、感じ取り、論理的に思考する力であり、その育成のためにはすべての教科の中で、教材や教育方法の開発を行う、全人教育が重要である。このような現状分析に基づき、教育課程のあらゆる場面での科学的思考力（後期3年では科学を支えるリテラシー）の育成をめざした。全教科で取り組むに当たり、このプログラムで育みたい資質・能力を以下の内容に設定した。

#### ① 科学に関する事物・現象に関する知識の定着

自然科学，社会科学の各事物・現象に関する正しい知識の定着を図る。また，さらにそれらを発展，展開させることで科学的思考力や概念形成を図る。

#### ② 科学・技術への興味・関心・態度

企業や大学，研究機関の人材や施設を活用するなど，多くの生徒が広く科学に触れ，科学のすばらしさ，科学の役割やその重要性について理解を深められる機会を提供する。

#### ③ 自然や社会の様々な事象を認知する能力

自然や社会の事象を，様々な体験や探究を通して見つめ，感じ取るといった，総合的な能力を高める。

#### ④ 課題発見，主体的に判断し解決していく能力

自ら課題（興味・関心・要求）を見つけ，自ら考え（方法・集計・分析），主体的に判断（考察・整理・処理）していく活動を繰り返し体験させ，課題を解決する資質や能力を育てる。

#### ⑤ 読解力，表現力，コミュニケーション能力

基礎的知識や技能，理解力，思考力の基礎となる読解力や，適切に表現する能力，コミュニケーション能力を養う。

#### ⑥ 自由で豊かな発想力，創造性，独創性

生徒の豊かな感性，探究心，好奇心を大切にし，創造的能力を醸成する体験学習等に重きを置いた教育を進めていく。

#### ⑦ 科学と人間・社会との関係を俯瞰的・総合的に捉える能力

科学技術と人間，社会の関係，科学技術の正負両面性を総合的，俯瞰的にとらえる能力を養う。

「サイエンスプログラム」では，自然科学を題材として取り組んだが，後期3年の「新サイエンスプログラム」では，科学を社会科学を含めた広い科学と捉えた。また，「リテラシー」育成は，すべての科学の核となるもので，具体的には科学的知識や方法の習得に加えて，科学的思考力，問題解決力，連続型・非連続型テキストについての読解力，表現力・コミュニケーション力，科学的に判断する力，独創性・創造性，そして科学・技術と社会の関係や科学者の役割に対する理解など総合的・俯瞰的に捉える力の育成を意味し，これら「リテラシーの育成」を柱に教科内容に分化する教育課程とした。（ここでいうリテラシーの育成は，PISAの「科学的リテラシー」をそのまま意味するものではなく，より広い内容を意図しており，それを「科学を支えるリテラシー」と表現している。）

「リテラシー」の視点にたった際には、以下のような点が特に重要となると考え、授業構成の再検討を行った。

- ① 学ぶ内容（科学・技術）と実社会との具体的な関わりを感じることができるようにすること。
- ② 論理的思考方法や科学的分析方法など、教科と科学の関係を意識できるようにすること。
- ③ 連続型・非連続型テキストを読み取り、適切に考察するとともに、自らまとめ表現する力を育成すること。
- ④ 学んだ力を活用できる場面を組み入れること。

(2) プログラムの具体

ここでは主に「新サイエンスプログラム」で扱われた内容を紹介する。

◆ 新教科「サイエンス I」

①サイエンス I A（中学校 2 年 週 2 時間） ～身の回りの環境を学ぶ～

「環境と人間」についての学習を通して、科学的思考力の育成とともに「課題に対して問題意識を持ち解決することができる生徒」の育成をめざす。

単元とその内容

1. 地域の環境（外的環境）

「酸性雨」学習を中心に、データの収集、まとめ、考察などの研究方法の紹介、および探究活動（グループ研究）と発表

2. 身体の内部環境に関する学習（内的環境）

「身体の内部環境」と「食を中心とした生活習慣」との関係についての探究活動（グループ研究）と発表

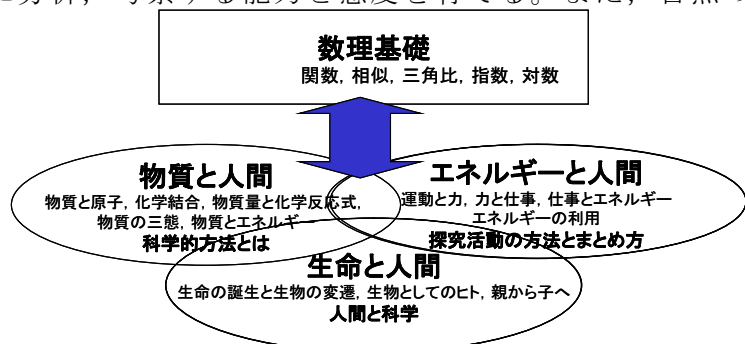
3. 生活を見つめる

自己の生き方や環境に対する行動を考察し、実践目標や行動アピールの作成、および交流活動

担当教科・・・理科，保健体育科，家庭科，養護教諭

②サイエンス I B（高等学校 1 年 4 単位） ～自然科学を総合的に学ぶ～

高等学校段階で共通して履修すべきであると考えられる科学分野の内容を厳選し、「自然に対する興味・関心や探究心を高め、観察，実験などを行い，数理的な手法を含めて科学的に分析，考察する能力と態度を育てる。また，自然の事物・現象についての理解を深めるとともに，人間と科学の関係や科学的方法についての理解を深める。」を目標とした新科目である。



単元 1. 数理基礎

2. 物質と人間      3. エネルギーと人間      4. 生命と人間

担当教科・・・数学，理科

## ◆ 総合的な学習の時間「サイエンスⅡ」

### ①「情報化社会に対応した学び方を学ぶ」(中学校1年 週2時間)

「学ぶ方法」を学ぶことと、「探究的な態度」を育むことを目標に、コンピュータを学びの道具として活用する場を設けて、探究的な学習を行い発表し、評価を行う。また、今後の学習で必要となる情報リテラシーの育成をめざす。

単元 1. 表現の方法を学ぶ 2. 探究の方法を学ぶ 3. 相互評価と自己評価

### ②「自然や社会の事象を科学的に認識する」(中学校3年 週2時間)

生徒にとってより身近な事象を取り上げ、これまでの学習の成果を発揮し、探究的な活動を行い、成果をまとめ発表する。これまでの学習と実社会との関連を感じられる展開とする。

テーマ1 社会の事象を科学的に認識する 担当教科・・・社会

テーマ2 身のまわりの事象を数理的に捉える 担当教科・・・数学

(さいころの目の出方、シミュレーションと乱数、Gコードなど)

### ③「様々な事象を、見つめ、感じ取り、論理的に思考する」(高等学校1年 1単位)

日常生活や社会と科学のつながりを、感じ取り、それらを分析しする力を育むことをねらいとして、様々な事象を取り上げる中でもものの考え方や科学的に考える内容を構成する。

テーマ1 「科学/技術」と「ものの考え方」 担当教科・・・国語

テーマ2 「科学と芸術」

・「音や声の仕組みを探ろう」「視覚の世界を探究しよう」

「文字が書かれた背景を探ろう」 担当教科・・・芸術

### ④「科学論文を英語で読む・書く・発表する」(高等学校2年 1単位)

目的に応じて書かれたテキストの構造を理解させ、さらに科学的なテキストを用いて問題解決のプロセスに必要な表現、論理性を学ばせることにより、表現力、コミュニケーション力を育成する。 担当教科・・・英語

## ◆ 既存の教科の中での発展的内容「サイエンスⅢ」

例えば、中学校理科では地学領域の内容を、物理、化学、生物領域をベースに、総合的な視点に立つ領域と位置づけ、エネルギー、環境問題を地球規模で考え、自然災害を地球システムのなかで捉える力を養う展開とした。これは、高等学校で地学を選択しない生徒が多い中で、有効な手段であり、最低限の防災リテラシーの育成にもつながった。

## 3. 評価について

プログラムの妥当性については、運営指導委員会や公開研究会における外部評価、保護者、生徒に対するアンケート調査や、生徒の興味・関心や進路志望の変容を捉えることで総合的に判断してきた。また、生徒にねらいとする科学的思考力やリテラシーが育まれたかについては、対象となる各授業で、ねらいとするリテラシーを明確化し、それを測る調査問題を作成、実施した。形式はペーパーテストだけでなく、実験、発表会、成果物(作品)を通した評価活動など様々で、ねらいとしたものは、問題解決力、科学的リテラシー・数学的リテラシー、読解力・表現力、情報リテラシー、コミュニケーション力であった。

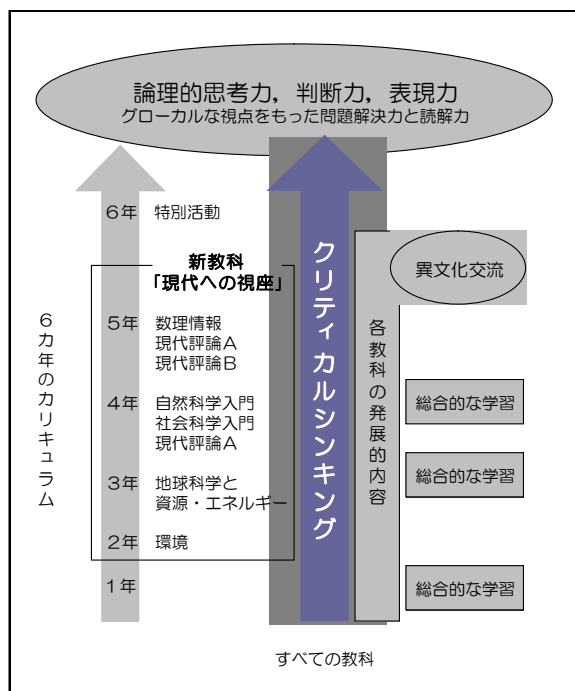
調査結果から「おおむね満足できる」点として、「教師が授業のねらいとして伝えている内容は、生徒へと十分に伝わっている」、「情報の解釈・分析など、基本的な科学的思考力は習得されている」「実験計画や調べたことをレポートにまとめることはできている」「活動を通して、コミュニケーション能力の伸長が見られる。」が挙げられる。課題となったのは、「情報の分析で、独創的に工夫を凝らしてデータを処理し、判断する力（他の可能性がないかを探る力）」「書かれた内容の解釈はできるが、それに対して批判的に思考し判断すること（※特に、中学校では書かれた内容を「批判的に読む」という点に慣れていない。高等学校では、批判のポイントはおおむね把握できるが、それを適切な文章で表現する点に課題が見られた）」が挙げられることがわかった。

#### 4. 成果と課題

6年を見通した科学を支えるリテラシーの育成を柱に据えて、サイエンスⅠ～Ⅲのそれぞれの取り組みを組み立てていったが、中学校では問題解決力や科学的思考力、論理的思考力などの基本となる基礎的な知識や技能、表現方法の習得からはじめて、それらの知識の活用へ、そして高校では、科学的方法やまとめかたや表現方法、事実と推察および意見の区別、効果的な表現方法とコミュニケーション力など、論理性の高い思考力を鍛えるカリキュラムが提案できたと考える。特にリテラシーの評価問題づくりと実施を通して、ねらいとするリテラシーや授業内容および到達度を振り返り、修正することができた。身近な生活や社会との関わりを感じる展開を心がけることで、生徒にとっても学ぶ意義の感じられるものとなったと考える。中学校と高等学校との連関を取ることで、中等教育段階における科学教育への提案もできたと考える。しかし、時間の制約が大きく、内容の厳選について今後も課題が残っている。

#### 5. 今後の発展 ～研究開発「クリティカルシンキングを柱とした生きる力の育成」へ～

平成21年度からは、新たに3年計画で「クリティカルシンキングを育成する中等教育教育課程の開発」をテーマに、複眼的でグローバル（グローバル・ローカル）な視点をあわせもった問題解決能力や読解力を育成するために、クリティカルシンキングを柱に据えた系統的カリキュラムの開発をおこなっている。ここで、クリティカルシンキングは批判的思考とも訳されるが、「相手を批判する」という意味ではなく、「適切な規準や根拠に基づき、論理的で偏りのない思考」をするという意味を持ち、「よりよい解決に向けて複眼的に思考し、より深く考えること」を意味する。その議論がどのような背景で語られているのか、根拠となる事実や理論はどういう



ものか、他の可能性はないかなどをじっくり考え、正しい結論を導こうとする態度を意味している。

このプログラムでは、中学校、高等学校を通して学ぶ教科横断的な新教科「現代への視座」を創設した。この教科では、これからの国際社会で生じる課題を発見

または解決していくための様々な視点を学ぶとともに、論理的に考察し、的確に読み取り、表現する力を育成していくことをねらいとしている。問題の発見と解決方法の考察、体系的知識や科学的方法の学習、リテラシーの育成、クリティカルシンキングと段階を追って深めていく教科となっている。学習指導要領で設定されている教科内容で関連する部分を移行したり、発展的内容として独自に取り入れ、学習指導要領との整合性を検討しながら内容構成を計画している。この柱を中心とし、それを補完する形で、総合的な学習の時間や教科での発展的内容を取り扱う。

新教科「現代への視座」の構成	
高等学校2年	・ 評論を中心に、読む力、書く力でのクリティカルシンキングの育成 ・ 情報リテラシー(メディアリテラシー)の育成 ・ 複雑な事象を数学的に分析する力 ・ 交流を通して異文化理解、合意形成をはかる場面の設置
高等学校1年	・ 科学的思考力、論理的思考力などの育成 (科学リテラシー、社会科学の視点の習得)
中学校 3年	・ 知識を活用して複雑な事象を考察
中学校 2年	・ 問題解決に向けての探究活動的学習

この中で、理科は中学校2年の「環境」、中学校3年の「地球科学と資源・エネルギー」、高等学校1年の「自然科学入門」を開発する。「環境」と「自然科学入門」は「サイエンスIA」、「サイエンスIB」をベースにして、本研究開発のねらいにあわせて内容を再構成したものである。

「地球科学と資源・エネルギー」(週3時間)では理科2分野の地学分野(「地球」分野)と、中学校理科の第7単元である「科学技術と人間」と「自然と人間」の内容を取り入れ、大地の変動、気象、天文など広範囲で発生する複雑な自然現象や資源・エネルギーと身近な生活に関連する内容を学び、自然を見る様々な視点の育成するとともに、科学と人間生活のかかわりに関心を持って持続可能な社会構築に必要な視点を考えていく。

「自然科学入門」は、物理、科学、生物の内容を扱い、それぞれ、「力学的スコープ」、「粒子的スコープ」、「生命的スコープ」と題して、科学に対する興味・関心を高めながら、基礎的な科学概念や科学的方法の習得をするとともに、データの信頼性や表現方法、結論の導出などに対して、クリティカルに考察し、より正しい結論を導いていく展開を計画している。

この新しい研究開発でも、全教科で協力する推進体制を確立し、クリティカルシンキングを柱にして、論理的思考力や判断力、表現力を育成する教育課程の開発に挑戦していく。この中で、教科間でクリティカルシンキングのとらえ方や、各教科で養うクリティカルシンキングなどを充分議論し、科学的思考力や読解力、表現力とクリティカルシンキングとの関係を整理して、これから必要とされる教育についての何らかの提案ができればと考えている。

この新しい研究開発でも、全教科で協力する推進体制を確立し、クリティカルシンキングを柱にして、論理的思考力や判断力、表現力を育成する教育課程の開発に挑戦していく。この中で、教科間でクリティカルシンキングのとらえ方や、各教科で養うクリティカルシンキングなどを充分議論し、科学的思考力や読解力、表現力とクリティカルシンキングとの関係を整理して、これから必要とされる教育についての何らかの提案ができればと考えている。

## 校外連携を活用した科学を探究する意欲を高める教育プログラムの実践

学校法人 静岡理科大学 静岡北高等学校 高木裕司 中村琢

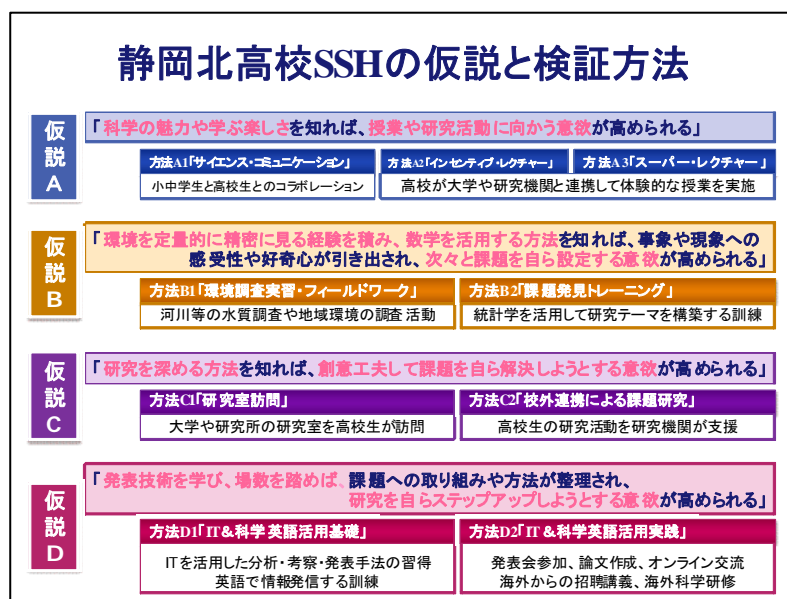
### はじめに

本校では、平成 19 年度から SSH 研究開発として、『科学への興味を高め、自らテーマを開拓し、独創的に解決し、国内外に発表できる能力を伸ばす教育プログラムを実践することによって、科学への深い関心と強い学習意欲を持った生徒を育成することができる』という仮説を立てて研究開発を理数科対象に行ってきた。平成 19 年度のアンケートでは、「理数科目へ取り組む意欲の向上」、「理系進学を希望する生徒の増加」を顕著に確認できた。この結果を踏まえ、平成 20 年度には理数科第 2 学年に、平成 21 年度には理数科第 2、3 学年に SSH クラスを設置し、大学や研究機関、科学館と連携したより深いプログラムを実施した。専門家と向かい合うことにより、生徒は自ら課題を探求し、解決しようとする意欲を高めることができた。その結果として、「科学系コンテスト等で受賞」する等、課題研究において著しい成果を示した。また、海外の科学者や高校生との交流により、「将来は国際的な科学的な研究を行いたい」という強いインセンティブを得た生徒が増加した。

### 研究方法

研究内容の根幹は地域との連携教育である。それに付随する取り組みの結果、前述した仮説が証明されると推察する。具体的にはコネクト式授業（①事前学習を高校で、②校外で訪問授業、③高校で事後学習、発表準備、④生徒による発表活動、次頁参照）によって SSH プログラムを推進し

ている。コネクト式授業の内容は次の通りである。「①理科・科学技術の魅力を実感させる。」、「②科学へアプローチする数学の使い方を伝える。」、「③科学を仲間と共に深めるための英語・ITの使い方を伝える。」、「④21世紀の科学技術の在り方を考えられる倫理観を育成する」。これらを教科の授業に取り入れると共に、総合的な学習の時間と課外活動を連動させて実施している。更に、コネクト式授業の内容を教材化・モデル化することにより他校での実施が可能な普及版の研究開発を行っている。この普及版をもとに、第一線の科学者・技術者・大学・院・研究所・企業から小中学校・他高へ「高校が科学の魅力を橋渡し」する教育プログラムを研究開発している。



## インセンティブ・レクチャー

コネクト式授業の開発の中心的なプログラムとして、インセンティブ・レクチャーがある。インセンティブ・レクチャーは、高校1年生を対象にし、**大学で簡単な科学の実習等を体験し、科学に対する興味関心を持たせるためのプログラムである。**科学する楽しさを体験させ、授業や研究活動およびキャリアデザインへの明確な動機付けを行うことをねらいとしている。また、参加者全員が同じプログラムに参加するのではなく、**10人程度の少人数の班に分け、互いに異なるテーマのレクチャーを受講させ、受講していない生徒に発表する義務を負わせることにより、レクチャーへの集中力を高めさせ、高校教員は事前学習から事後指導まで、それぞれの教員がレクチャーごとに担当することにより、校内での指導事例が一度のインセンティブ・レクチャーで複数の事例を校内に蓄積することも考慮している。**

## 実施方法

下表のようなコネクト式授業（校外と連携し、4段階の指導のステップを1セットの授業形態）で実施している。5月、6月、7月下旬～8月初旬、9～10月上旬、10月～11月上旬にそれぞれ1シリーズずつ、年間で計6シリーズを実施している。

段階	高校生の活動	高校教員の活動
STEP1 事前学習	STEP2の目的について理解すると共に、STEP2に関連する基礎知識を身につける。	STEP2の外部講師と協議し、STEP2の実習内容において指導要領外や発展的な内容について高校教員が授業を行うと共にSTEP2の目的についての事前指導を実施する。
STEP2 訪問学習	10人程度の少人数の班に分かれ、各班が異なる講義、実験、実習等を大学や研究機関等で体験する。	科学者や技術者等による講義、実験、実習を高校生と共に受講し、質問や議論を促す。1度の訪問実習で講座を3つ以上同時展開させる。
STEP3 発表準備	STEP2の内容をポスターにまとめると共に発表練習を行い、STEP4の準備を進める。	STEP2において、高校生の理解が追いつかなかった部分を補完し、STEP4の準備を促進する。発表の仕方等を指導し、練習を促す。
STEP4 発表会	STEP2の各班を2～3分割した発表班に分け、STEP2で異なるプログラムを体験した高校生に発表する。発表の際に、外部講師や高校教員から受けた助言を記録する。	異なるテーマの生徒に対して発表させる。 STEP2が県内で実施できた場合は、STEP2で指導して頂いた外部の先生方を本校に招聘して、生徒のポスターセッションをご覧頂き、生徒の変容を高校教員と協力して評価して頂く。

## 実施内容

平成19～21年度におけるインセンティブ・レクチャーの実施内容を次頁に掲載した。平成19年度は理数科1年生55名、平成20年度は理数科1年生61名、平成21年度は理数科1年生101名と普通科30名を対象に実施した。平成19年度は21講座、平成20年度は41講座、平成21年度は58講座を実施した。



過去3年間に実施したインセンティブ・レクチャー

	平成 21 年度 STEP2 の内容	実施日 内容・時間	平成 20 年度 STEP2 の内容	実施日 内容・時間	平成 19 年度 STEP2 の内容	実施日 内容・時間		
S E C 1	<b>理工学講座 I</b> <b>静岡理科大学</b> 講座 1「動物型ロボットの製作 丹羽昌平教授」、講座 2「センサを使ったロボットの制御 丹羽昌平教授」、講座 3「トランジスタアンプの設計 野村龍男教授」、講座 4「アンテナ・電波伝搬の測定 郡武治教授」、講座 5「蛍はどうして光るの? 惣田晃夫教授」、講座 6「植物色素を使った pH 測定 住谷實教授」、講座 7「アンケート結果を科学的に分析しよう 秋山憲治教授」、講座 8「遺伝的アルゴリズムと最適化 菅沼義昇教授」、講座 9「インタラクティブ 3D アプリケーション開発 ツールを用いたゲームの作成 玉真昭男教授」、講座 10「C++ 言語で方程式を解く 幸谷智紀講師」	STEP1 事前学習 5月21日(木) 2時間	<b>機械工学講座・コンピュータシステム講座・人間情報講座</b> <b>静岡理科大学</b> 講座 1「LEGO マインドストームの組み立て・プログラミング 丹羽昌平教授」、講座 2「飛行機はなぜ飛ぶことができるのか? 安昭八教授」、講座 3「バイオ燃料の話 土屋高志講師、十朱寧講師」、講座 4「公理理論的論理学への誘い 鈴木千里教授」、講座 5「生体電気現象を観察してみよう 宮岡徹教授」、講座 6「3次元 CAD ソフト SolidWorks を使用したモデリング・デザイン 荻野徹教授」	STEP1 事前学習 5月13日(火)2時間、5月19日(月)1時間、5月22日(木)2時間 STEP2 訪問実習 5月24日(土)7時間 STEP3 発表準備 5月26日(月)1時間、5月27日(火)3時間、5月28日(水)2時間、6月4日(水)2時間 STEP4 発表会 6月5日(木)2時間	<b>環境体験実習</b> <b>静岡県立大学</b> <b>環境科学研究所</b> 講座 1「大気分析～自動車の排ガスに含まれる大気汚染物質の測定～雨谷敬史准教授、大浦健助教 講座 2「水質分析～河川・湖沼の水質調査～巴川から採取した水と静岡県立大学の噴水池の水等の機器分析(外観、色、臭い、透明度、pH、DO、CODとTOC)～岩堀恵祐教授、宮田直幸助教 講座 3「土壌分析～酸の中和と吸着による緩衝作用の確認～坂田昌弘教授」	STEP1 事前学習 5月21日(月) 1時間 STEP2 訪問実習 5月26日(土) 4時間 STEP3 発表準備 5月28日(月) 1時間 STEP4 発表会 5月31日(木) 2時間		
		STEP1 事前学習 5月25日(月) 2時間		生物科学講座 STEP1 事前学習 5月14日(水) 2時間		物質生命講座 静岡理科大学 講座 1「電気力～磁石と電流の不思議な関係～ 笠谷祐史准教授」	STEP1 事前学習 6月21日(木) 3時間	
		6月9日(火) 2時間		生物科学講座 静岡大学理学部 生物科学科 丑丸敬史教授 講座 1「レバーから遺伝子(DNA)を取り出そう」、講座 2「大腸菌にクラゲの蛍光タンパク質の遺伝子を組み込もう」、講座 3「大腸菌 DNA を抽出して解析してみよう」、講座 4「自分の DNA を抽出して解析してみよう」		STEP2 訪問実習 6月8日(日)7時間、6月15日(日)7時間 STEP3 発表準備 6月12日(木)2時間、6月23日(月)1時間、6月24日(火)2時間 STEP4 発表会 6月25日(水)2時間	講座 2「燃える鉄～化学反応速度のコントロールと応用～ 住谷實教授」	STEP2 訪問実習 6月23日(土) 4時間
		STEP2 訪問実習 6月7日(日) 7時間		講座 5「遺伝子異常の酵母に正常な遺伝子を組み込もう」、講座 6「大腸菌 DNA を抽出して解析してみよう」、講座 7「自分の DNA を抽出して解析してみよう」		講座 3「植物の色の秘密～植物の色の酸塩基による変化～ 桐原正之准教授」	STEP3 発表準備 6月25日(月) 1時間	
		6月15日(月) 2時間		STEP3 発表準備 6月15日(日) 7時間		応用数学講座 STEP1 事前学習 6月6日(金)1時間 STEP2 招聘講義 6月10日(火)2時間 STEP3 発表準備 6月10日(火)2時間、6月16日(月)1時間 STEP4 発表会 6月17日(火)2時間	STEP4 発表会 6月30日(土) 2時間	
		6月16日(火) 2時間		STEP4 発表会 6月13日(日) 7時間				
		6月18日(木) 2時間		STEP4 発表会 6月22日(月) 2時間				
		6月22日(月) 2時間						

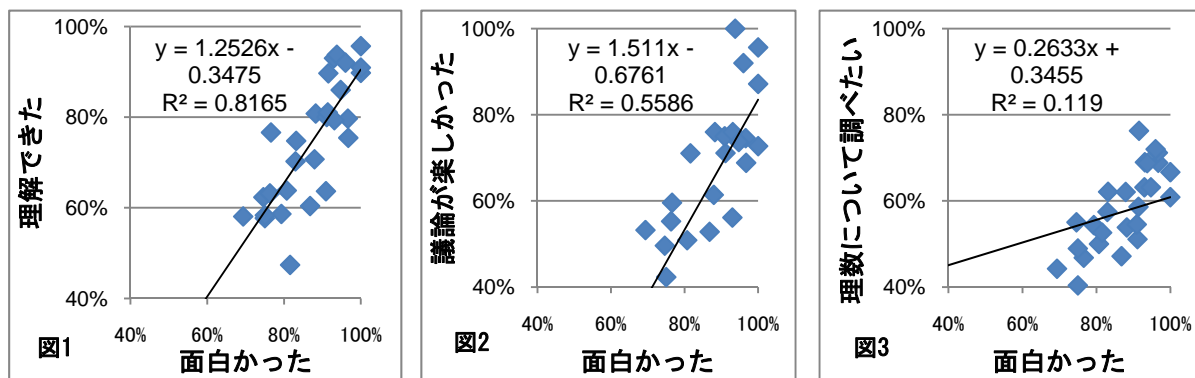
	平成 21 年度 STEP2 の内容	実施日 内容・時間	平成 20 年度 STEP2 の内容	実施日 内容・時間	平成 19 年度 STEP2 の内容	実施日 内容・時間
S E C 3	<b>筑波学園都市研修</b> A コース 理化学研究所→筑波宇宙センター→地質標本館→サイエンス・スクエアつくば B コース 物質・材料研究機構→気象研究所高層気象台→サイエンス・スクエアつくば→地質標本館 C コース 農業生物資源研究所→筑波大学→くらしと JIS センター→地質標本館	STEP1 事前学習 7月30日(水) 1時間  STEP2 訪問実習 8月3日(月)7 時間、4日(火) 2時間  STEP3 発表準備 8月3日(月)1 時間、24~26日 各2時間  STEP4 発表会 8月3日(火)2 時間、27日(木)3 時間	<b>筑波学園都市研修</b> A コース 地質標本館→筑波宇宙センター→国土地理院→理化学研究所 B コース サイエンス・スクエアつくば→高エネルギー加速器研究機構→物質・材料研究機構 C コース くらしと JIS センター→筑波大学→農業生物資源研究所	STEP1 事前学習 7月31日(水) 3時間  STEP2 訪問実習 8月5日(火)  訪問学習6時間 8月6日(水) 訪問学習3時間  STEP3 発表準備 STEP4 発表会 8月5日(火) 準備と発表3時間	<b>筑波学園都市研修</b> 筑波宇宙センター→高エネルギー加速器研究機構→国土地理院→地質標本館	STEP1 事前学習 7月23~26日 4時間  STEP2 訪問学習 7月31日(火) 4時間 8月1日(水) 4時間  STEP3 発表準備 7月31日、9月4日、11日、18日 各2時間  STEP4 発表活動 9月上旬の朝の HR で発表 (2週間)
S E C 4	<b>岐阜研修</b> 岐阜大学、核融合科学研究所、東濃地科学研究所、名古屋大学基本粒子研究所(F研)への訪問学習を行った。 岐阜大学 講座1「21世紀、エネルギー・環境問題はどうか、次世代の自動車として残るものは? 機械システム工学科 若井和憲教授」、講座2「元素の起源ー超ミクロな世界の不思議な法則ー、量子力学的世界像 数理デザイン工学科 坂本秀生准教授」、講座3「光の不思議から光技術 数理デザイン工学科 山家光男教授」、講座4「新エネルギーと太陽電池開発の現状 電気電子工学科 伊藤貴司准教授」  核融合科学研究所 「プラズマと光 加藤太治准教授」、「プログラミングと可視化 渡邊智彦准教授・石崎龍一准教授」、「プラズマ放電 吉村泰夫准教授」、「電子顕微鏡 菱沼良光准教授」	STEP1 事前学習 8月17日(月) 1時間  STEP2 訪問学習 8月20日(木)3 時間、21日(金) 6時間  STEP3 発表準備 8月20日(火)1 時間、24~26日 各2時間  STEP4 発表活動 8月20日(木)1 時間、27日(木) 3時間	<b>岐阜・愛知研修</b> 核融合科学研究所、京都大学霊長類研究所、ソーラーアークへの訪問学習を行った。 核融合科学研究所 「プラズマ科学と未来のエネルギー」[核融合] 後藤基志助教、「真空の実験 井上徳之特任准教授」、「プラズマ測定 吉村信次助教」、「環境放射線測定 河野孝央准教授」、「理論解析と数値計算 鈴木康浩助教」  京都大学霊長類研究所 「ヒトの進化: 成長・加齢パターン 濱野籬准教授」とリサーチリソースステーション見学  三洋ソーラーアーク 「太陽光発電の現状について 阪本貞夫館長」とソーラーアーク概要説明および太陽電池科学館見学	STEP1 事前学習 8月22日(金) 3時間  STEP2 訪問学習 8月26日(火)6 時間、27日(水)4 時間  STEP3 発表準備 8月26日(火) 1時間  STEP4 発表活動 8月26日(火) 2時間	<b>岐阜東濃研修</b> 核融合科学研究所と東濃地科学研究所、瑞浪超深地層研究所、ベレトロン年代測定センターへの訪問学習を行った。  核融合科学研究所 「事前講義 石崎龍一助教」、講座1「プログラミングと可視化 石崎龍一助教」、講座2「理論解析と数値計算 鈴木康浩助教」、講座3「プラズマと電磁波 南貴司助教」、講座4「超伝導現象 柳長門准教授」	STEP1 事前学習 8月24日(金) 2時間  STEP2 訪問学習 8月28日(火)4 時間、29日(水) 5時間  STEP3 発表準備 8月28日(水)、 9月4日、11日、 18日各2時間  STEP4 発表活動 9月上旬の朝の HR で発表(2週 間)

	平成 21 年度 STEP2 の内容	実施日 内容・時間	平成 20 年度 STEP2 の内容	実施日 内容・時間	平成 19 年度 STEP2 の内容	実施日 内容・時間
S E C 5	<b>環境体験実習</b> <b>静岡県立大学</b> <b>環境科学研究所</b> 講座 1「岩石・土壌と水の相互作用と化学物質の循環 坂田昌弘教授 谷幸則准教授」、講座 2「水をきれいにする微生物の観察 岩堀恵祐教授 関川貴寛助教」、講座 3「自動車の排ガス中の二酸化炭素、二酸化窒素の濃度を測ろう 雨谷敬史准教授 大浦健助教」 <b>栄養科学講座</b> <b>静岡県立大学食品栄養科学部 貝沼やす子教授</b> 講座 1「米の種類と吸水、うるち米(しん粉)の調理」、講座 2「砂糖液の加熱による変化、砂糖液の結晶析出と調理への利用」、講座 3「加熱による魚肉の性状変化と調理への利用、魚すり身を利用した魚肉団子の調理」、講座 4「ゲル化剤の調理性」 <b>理工学講座Ⅲ</b> <b>静岡理工科大学</b> 講座 1「音の性質を学ぼう 野崎孝志教授」、講座 2「マイクロコンピュータでシミュレーション 波多野裕教授」、講座 3「緑茶から DNA の抽出 常吉俊宏教授」、講座 4「PHP 言語によるプログラミング 金久保正明准教授」、講座 5 数の世界がどのようにひろげられたか 有限体の構成法を知ろう 田中源次郎教授」、講座 6「アニメーション制作体験 野村 恵美子准教授」	STEP1 事前学習 10月6日(火) 2時間 STEP2 訪問実習 10月10日(土) 7時間 STEP3 発表準備 10月16日(金) 5時間 STEP4 発表会 10月20日(火) 2時間	<b>環境体験実習</b> <b>静岡県立大学</b> <b>環境科学研究所</b> 講座 1「岩石・土壌と水の相互作用と化学物質の循環 坂田昌弘教授 谷幸則准教授」、講座 2「水をきれいにする微生物の観察 岩堀恵祐教授 関川貴寛助教」、講座 3「自動車の排ガス中の二酸化炭素、二酸化窒素の濃度を測ろう 雨谷敬史准教授 大浦健助教」 <b>栄養科学講座</b> <b>静岡県立大学食品栄養科学部 貝沼やす子教授</b> 講座 1「米の種類と吸水性」、講座 2「小麦粉の種類とドウの物性およびグルテンの採取、小麦粉膨化調理における膨化剤成分の影響」、講座 3「ゲル化剤の調理性」、講座 4「サツマイモの加熱調理と甘味の相関、マッシュポテトの裏ごし温度の違いと性状変化」	STEP1 事前学習 8月23日(土) 7時間(環境科学研究所一般公開へ訪問学習) 9月8日(月) 2時間(岩堀教授による事前講義) 9月9日(火) 1時間(高校教員による事前講義) STEP2 訪問実習 9月13日(土) 7時間 STEP3 発表準備 9月16日(火) 2時間、17日(水) 2時間 STEP4 発表会 9月18日(木) 2時間	<b>共生バイオ講座</b> <b>静岡大学農学部</b> <b>付属地域フィールド科学教育研究センター</b> 講座 1「土壌観察と土壌呼吸 南雲俊之准教授」 講座 2「根粒菌の顕微鏡観察 鮫島玲子助教」 講座 3「果樹の繁殖方法～接木の体験～ 八幡昌紀助教」	STEP1 事前学習 9月25日(火) 2時間 10月4日(木) 2時間 STEP2 訪問実習 10月6日(土) 4時間 STEP3 発表準備 10月18日(木) 5時間 10月19日(金) 2時間 STEP4 発表会 10月20日(土) 2時間
S E C 6	<b>土壌圏フィールド科学講座</b> <b>静岡大学農学部</b> 講座 1「土壌は呼吸する!? 土壌の吸着能 南雲俊之准教授」、講座 2「土壌微生物の顕微鏡観察、フィールドでのマメ科植物探索と根粒菌の観察 鮫島玲子助教」、講座 3「植物の根をとりかえる技術ー接ぎ木ー八幡昌紀助教」	STEP1 事前学習 11月10日(火) 3時間 STEP2 訪問実習 11月14日(土) 7時間 STEP3 発表準備 11月14日(土) 2時間、17日(火) 3時間 STEP4 発表会 11月24日(火) 2時間	<b>土壌圏フィールド科学講座</b> <b>静岡大学農学部</b> 講座 1「土壌断面の観察(土壌のでき方とその利用) 南雲俊之准教授」、講座 2「土壌は呼吸する!? (分解者としての土壌微生物) 南雲俊之准教授」、講座 3「接ぎ木の仕組みと技術(土壌と植物の接点) 八幡昌紀助教」	STEP1 事前学習 10月3日(木) 3時間 STEP2 訪問実習 11月2日(日) 7時間 STEP3 発表準備 11月4日(火) 2時間、5日(水) 2時間 STEP4 発表会 11月6日(木) 2時間	<b>電気電子講座</b> <b>静岡理工科大学</b> 講座 1「PIC マイコンを使ったストップウォッチの電子回路製作 梶田芳朗教授」、講座 2「パワーエレクトロニクスを用いたモーター制御実験 恩田一教授 服部知美講師」、講座 3「無線機器を利用した無線通信の電波伝搬の実測 郡武治教授」「はじめての集積回路設計実習 波多野裕准教授」	STEP1 事前学習 10月9日(月)、12日(金) 各 2時間 STEP2 訪問実習 10月13日(土) 4時間 STEP3 発表準備 10月18日(木) 5時間、19日(金) 2時間 STEP4 発表会 10月20日(土) 2時間

## 成果の検証

(1) STEP2 (訪問実習) の直後におけるアンケート結果から

3年間に実施したインセンティブ・レクチャーにおけるSTEP2 (訪問実習) の直後に参加した生徒を対象に下記の質問に対して5段階評価を用いた回答における5と4を回答した生徒の割合を各年度における実習場所(29か所)ごとに統計した結果をもとに散布図を作成した。R<sup>2</sup>値(Root Mean Square)は図1、図2、図3の順に大きくなった。図1より生徒が実習内容を理解したという自覚と達成感には密接な関係があることが確認できた。体験した実習内容を理解する支援を工夫することが生徒のモチベーションをあげることに繋がることを再認識でき、コネクト式授業のSTEP1における生徒への事前学習と実習内容の打ち合わせにおける難易度の調整の重要性が明らかになった。図2より議論の充実と達成感にも正の相関がある。実習の結果を他人と話し合うことにより理解が促進された、あるいは、話す行為自体が充実感を高める効果があったと推察される。実習時における議論をする時間の確保や雰囲気作りを行うための連携先との打ち合わせが重要であることが分かった。一方、実習直後における理数への意欲増加と達成感にはあまり相関がない。実習を1回だけ体験しても高校1年生の理数への意欲を大幅に変化させることは難しいことを表している。コネクト式授業のSTEP3(事後の補完)とSTEP4(ポスターセッション)を通して、体験内容の理解と今後の学習や進路研究にいかにより有用であったかを自覚させると共に、複数の科学的な体験を結び付けながらじっくり理数への興味を引き出す必要がある。



設問

問1 今回のインセンティブ・レクチャーは面白かった、問3 自分が体験したテーマに対して自分なりに理解できた、問6 自分が参加した実習から得た結果について大学教授や大学院生や友人と議論することは楽しかった、問9 理科・数学について知りたいことを自分で調べてみようと思う

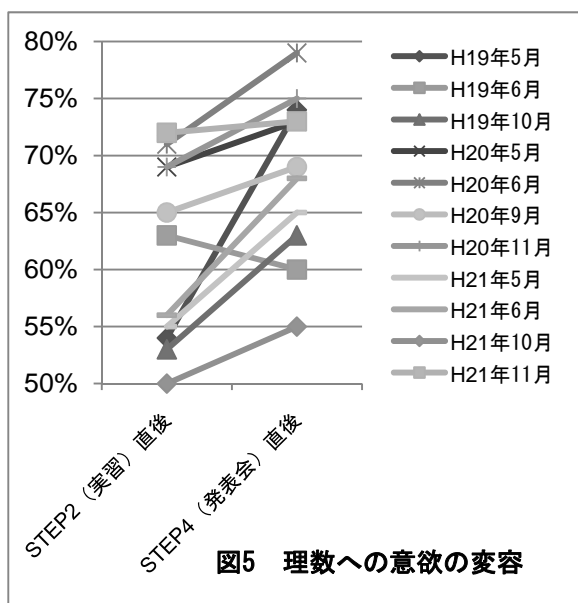
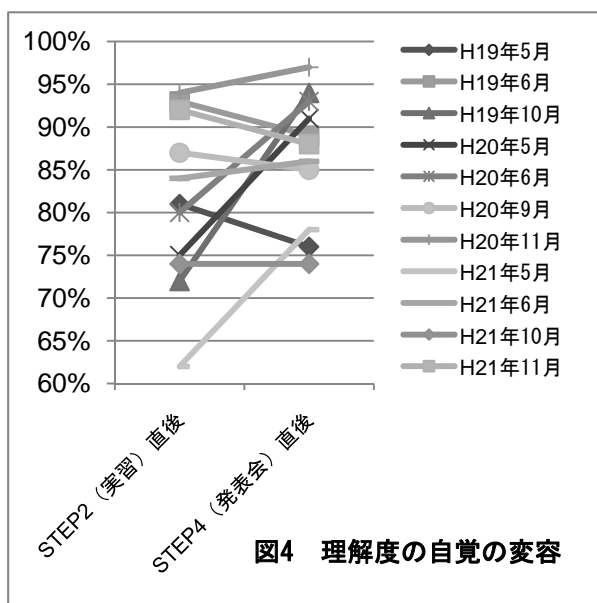
回答の選択肢

5 思う 4 どちらかと言えば思う 3 どちらかとも言えない 2 どちらかと言えば思わない 1 全く思わない

(2) STEP4 (発表会) の直後におけるアンケート結果から

3年間に静岡県内で実施したインセンティブ・レクチャーにおけるSTEP4 (ポスターセッション) の直後に(1)の問3と問9に対して5段階評価を用いた回答における5と4を回答した生徒の割合を各年度の月ごとに統計した結果をもとに

STEP2 直後と STEP4 直後の生徒の意識の変容を比較した。図 4 より STEP3 (事後の補完) と STEP4 (発表会) を通して 11 回のうち 6 回が理解した自覚を得た生徒の割合が増加したことから、高校で事後学習と発表会を実施することは高校生の達成感を増進できる施策であることが分かった。また、理解度の自覚の減少が 4 回あることから、体験した内容を実際に発表してみると、高校生が予想した以上に高度であったことが分かった等の原因が挙げられる。インセンティブ・レクチャーにおける生徒の実際の理解度を定量化する手法については現在、研究中である。図 5 より、11 回中 10 回で理数についてもっと調べたいと思う生徒が増加していることが確認できた。体験から発表までの期間は 1~2 週間であり、発表会までの短い期間に集中して準備することが理数への興味増進への良い働きかけになっていることが分かった。また、発表準備と発表を通して、内容を整理し理解をさらに深めるとと



もに、新たな興味を持つ強いきっかけになっていると考えられる。

### 今後の課題

3年間の継続によりインセンティブ・レクチャーは、高校生が科学を探究する意欲を高めるきっかけとなると同時に、他者とのコミュニケーション能力を高める施策として機能し得ることが分かってきた。第2段階として、このプログラムによって高校生の理数系の能力の変容を定量化する方法を研究している。

#### (1) ワークシートの定量化の試み

本校のワークシート（ポスターセッションの下書き、右図参照）の定量化の試みとして、以下の3つの観点（下記参照、計20点）により、複数の教員により採点する試みを行っている。

観点1. 5枚のシートのそれぞれの内容説明が正しく、要点を押さえている。2点×5枚=10点

①テーマ	②目的
③方法（仮説） 結果の予測	④手法 実験のデザイン 実験のセット
⑤結果 データ整理 図表・グラフ	⑥考察

観点 2. 2 枚目から 3 枚目、3 枚目から 4 枚目、…、5 枚目から 6 枚目の流れやストーリーの展開がスムーズで、内容がつながっている。1 点×5 点=5 点

観点 3. 体験した実験や実習に対して、独創的な記述が見られる。 5 点

上記の観点 1～3 での評価でも、ある程度、生徒の変容が記録できることが分かってきた。特に、科学に対する熱意、話の内容を真剣に聞き、理解し、整理する能力の変容は測定ができるという感触を得た。欠点としては、これらの評価基準を他者に伝達しにくいことである。もっと明確な採点基準を事前に公表することができれば、目標とする到達段階を意識しながら、学習や体験を進めることができるため、採点基準の明確化が重要な課題になっている。

## (2) 「コースワーク」を活用したワークシートの評価指標の構築の試み

英国の中等教育修了のための資格試験 (GCSE) では、「コースワーク」という実験レポートを提出させて、標準化された評価基準に沿って得点化している。昨年度、本校では「コースワーク」の評価基準をもとに高校生のサイエンス・ライティングの定量化を行う手法の開発に着手した。コースワークの評価基準における 4 つの能力領域とワークシートの記入項目の関連性を右表のように整理し、コースワークの評価基準を適応し、理数科 1 年生を対象に適応を試みた。その結果、高校 1 年生の段階では、証拠と考察という概念が定量化による検証であることを理解するまで

コースワークの評価基準	ワークシートの記入項目
能力領域 P (Planning) 「計画すること」	②目的 ③方法(仮説)
能力領域 O (Obtaining Evidence) 「証拠を得ること」	④手法 ⑤結果
能力領域 A (Analysing and Considering Evidence)「証拠を分析し考察すること」	⑥考察
能力領域 E (Evaluating)「評価すること」	

1 年近くかかることが分かった。また、コースワークのスケールでは与えられた課題や実習に対して、点数の個人差が出にくく、変容が定量しにくかった。特に訪問実習のような場合は能力領域 P と O では、実験内容や検証方法、回数が制限されているため、個人的な差異がワークシートに表れにくいことが分かった。

インセンティブ・レクチャーは STEP1～4 が適切に連動することによって、科学を探究しようとする意欲を効果的に増進させることが分かってきた。インセンティブ・レクチャーの企画、実施の手法は校内に蓄積され、今後も継続可能な体制が整った。上記の評価方法の開発を継続することにより、高校教員による高校生の理解を促進させる効果的な事後補完の手法を開発して行きたい。

## おわりに

事例の開発にあたり、静岡大学、静岡県立大学、静岡理工科大学をはじめとして、県内外の多数の皆様にご多大なるご協力を頂きました。ここに深く感謝致します。

# 科学的思考力育成のための新たなカリキュラム（併設中学校）の提案

岡山県立倉敷天城中学校 中山広文

本校は、平成 19 年度に併設型中高一貫校の併設中学校として開校し、3 年目を迎える新しい学校である。目指す教育の 1 つの柱として科学的思考力の育成を掲げている。また、中高一貫のSSH研究開発指定校として、科学的思考力育成のためのカリキュラム開発を行ってきたので、その実践を報告することにより新たなカリキュラムの提案とする。

## 1 科学的思考力育成のためのカリキュラム開発（併設中学校）

併設中学校が開発・実践しているカリキュラムは、SSH 研究開発課題である中高 6 年を通した理数教育の在り方を考える中から生まれたものである。高等学校は理科や数学の教科指導に加えて、課題研究等の課題解決型学習を強化することによって科学的思考力の育成を図るカリキュラムを展開している。そこで、これに繋げるための中学校段階のカリキュラムはどのようにあるべきかを研究し、論理的思考力を構成する様々な推論形式を強化する体系的なプログラム（CASE）と言語技術教育の導入を図った。

まず、中高一貫校の教育課程の特例を活かした選択教科「サイエンス」（全学年週 45 分）を設定し、1・2 年生に対して、推論形式を強化する体系的なプログラムである CASE（"Thinking Science 3rd Edition" の 30 単元をほぼ 2 週間に 1 単元の割合で指導して全単元を終了）を指導している。併設中学校の年間の総授業時間数は 1050 時間（30 単位）であり、標準の 980 時間（28 単位）を越えた教育課程を編成しているため、この教科は、数学や理科の時間数を減じることなく別枠として設定している。次に、総合的な学習の時間の 1 コマに「グローバル」（全学年週 45 分）という名称を付け、1・2 年生と 3 年生の前期に言語技術教育を行っている。

また、3 年生では、「サイエンス」と「グローバル」の時間に「サイエンス探究」（各自が課題を設定し、1 年間を通してその課題を解決する学習）という課題解決型学習を展開している。（下図参照）

高等学校	（普通科）                      （理数科） プロジェクト型課題解決学習 （次期 SSH 研究開発課題）	
中 3	普通教科 + 「サイエンス」 + 「グローバル」 課題解決型学習「サイエンス探究」	
中 2	普通教科 + 「サイエンス」	普通教科 + 「グローバル」
中 1	CASE	言語技術教育

## 2 カリキュラム開発の背景

このカリキュラムを開発した背景は 3 つある。

1 つ目は、高等学校における課題研究等の課題解決型学習の指導上の課題に起因する。課題研究の指導に当たっては、研究テーマの設定、研究時間の確保、指導者の力量など課題は多いが、もっとも大きな課題は、義務教育段階で課題解決型学習を習得するに至

っていないことにあるのではないかと考える。

高校生が課題解決型学習を行っていく中で、論理の正当性が薄くなったときどのような行動をとるのか、あるいは指導者はどのような支援をするのか。生徒は「ヘウレーカ」の声を発するまで粘り強く論理的思考を繰り返しているか、指導者は小さなジャンプとなるような葛藤を与えているか。教科の学習や指導に比べると、どちらもできていないというのが実態ではなかろうか。これは、単に時間不足の問題だけではないだろう。義務教育では、総合的な学習の時間に課題解決型学習を取り入れている学校も多いが、調べ学習の段階で終わり論証の技術を身につけさせる指導には至っていないのではないか。日本の教育全体が正解にはやく辿り着きたいという生徒の体質を生む指導に陥っているのではないかと考える。そのため、生徒が論理の節目に立ったとき、解答が与えられないものに対して、粘り強く一貫性を持つ次の道を探すことに躊躇するのも頷ける。

そこで、義務教育段階において、内容的にも時間的にも制約の多い教科指導とは別に、論理的思考力を強化するプログラムとしてCASEを導入した。CASEは特定の論理的思考パターンを習熟し、その思考パターンを別の状況でも用いることを促すプログラムとなっているため、論証の技術を向上させるには最も適していると判断した。また、英国のCASEプロジェクトの研究成果から日本の理科教育に一石を投じるのも考えている。

2つ目は、CASEの授業構成の理論がヴィゴツキーの理論によることに起因する。CASE教材には、グループ討議やクラス討議が必ず組み込まれており、生徒が新しい考えについて述べたり、互いに説明や根拠を求め合ったりすることが不可欠となっている。このプロジェクトは英国で開発されたものであり、根拠をあげて考えを述べるという欧米の母語教育で指導される言語技術教育が前提であると考えられる。言語技術教育は、日本の母語教育（国語教育）では弱い部分であり、これを補強しなければならないと考え、つくば言語技術教育研究所（三森ゆりか所長）が独自に開発したプログラムを導入した。

3つ目は、中学校と高等学校の接続の在り方に起因する。中学1・2年生の論理的思考力を高める学習と高等学校のプロジェクト型課題解決学習を繋げる中学3年生の学習は、本格的な課題解決型学習を前に実際にそのプレ版を体験させることであると考えた。ウォーミングアップという考え方に異論はないと考えるが、問題はプレ課題解決型学習をどのようなプログラムのもとに指導するかである。そこで、OECD教育研究改革センターの形成的アセスメントに関わる研究（『形成的アセスメントと学力 人格形成のための対話型学習をめざして』2008 有本昌弘監訳）を参考に、本校独自のプログラムを開発した。OECD教育研究改革センターが8カ国の中等教育学校において事例研究を行った結果、形成的アセスメントの要素のうち「頻繁なフィードバック」「学習プロセスへの生徒の積極的な関与」「自己アセスメントとピアアセスメント」の3要素の重要性が確認された。このことから、3要素を評価指標として高等学校で開発されたSSH研究開発プログラムを検証し、その結果を中学3年生の「サイエンス探究」のプログラムに活かした。文献調査におけるログブックを利用した「頻繁なフィードバック」、課題設定における「学習プロセスへの生徒の積極的な関与」、論文作成における「自己アセスメントとピアアセスメント」が検証結果を活かした新たなプログラムである。

以上が新たに開発したプログラムの背景である。



### 3 実践報告

#### ○「サイエンス」CASE

指導期間 第1学年9月～第2学年3月（12歳～14歳）

授業時間 各学年週45分（通年）

授業形態 45分授業のため2時間で1Lesson（例外有）

1クラス2講座同時展開（1講座19名～20名）

1講座指導者2～3名のTT

1グループは2名（実験時に4名となることもある）

1グループに「ノートシート」1枚

（ノートシートは2名が討議する際のメモ的要素）

1クラス（19名～20名）の討議

教材 Thinking Science 3<sup>rd</sup> Edition（翻訳 笠潤平ほか）



Lesson4 「公正な」テスト



Lesson10 幹と枝

#### ○「グローバル」言語技術教育

指導期間 第1学年4月～第3学年9月

授業時間 各学年週45分（通年）

授業形態 1クラス3講座同時展開（1講座13名～14名）

教材 「言葉のワークブック3」つくば言語技術教育研究所編

教員対象研修受講（開講時に基礎1（6時間）を6名受講，その後，基礎2（30時間）を受講した教員による伝達講習を実施）

#### ○「サイエンス探究」

指導期間 第3学年4月～第3学年3月

授業時間 前期週45分，後期週90分

授業形態 前期1クラス6名のTT，後期1クラス11名のTT

教材 以下のような教材を開発

##### (ア) 文献調査（4月～6月）

- ① サイエンス探究分野は，社会科学（社会・文化・国際など），人文科学（言語・文学・心理・教育など），自然科学（物理・化学・生物・地学・情報・数学・工学など）の3分野
- ② 教員が担当分野の文献（ジュニア新書，ブルーバックスなどを中心に）を指定
- ③ 文献の中から1週間で要約できる範囲を指定（印刷配付）
- ④ 生徒は3分野を1回どおり文献調査
- ⑤ 生徒は指定された文献を調査し，ログブックに要約や意見などを記入して提出
- ⑥ 指定された文献調査を2週間で終了

##### (イ) 探究課題設定（7月）

- ① 文献調査の経験をもとに各自がさらに文献調査をして，探究課題を設定，探究課題は担当教員が審査
- ② 探究課題は，必ず調査（ヒアリング調査，質問紙調査，インタビュー調査など）や実験によって課題解決するものを指定

##### (ウ) 探究課題の解決（7月～10月）

- ① 授業担当者がログブックを利用して指導

② 長期休業中も自主的に活動

(エ) 論文作成 (10月～12月)

① 論文はA4サイズで4枚程度

(オ) 論文修正 (12月～1月)

① 授業担当者によるが論文を修正指導

(カ) 論文集および発表会準備 (2月)

① 論文集の編集および発表ポスターの準備

(キ) 発表会 (3月)

① サイエンス探究発表会



放課後や休日(土日, 長期休業中)に自主的に研究



担当教員による  
探究テーマの審査

#### 4 成果と課題

##### ○「サイエンス」CASE

CASE 導入時 (2007.10.26) に、笠潤平研究室の協力により SRTs (Science Reasoning Tasks: ロンドン大学チェルシー校「中等教育の数学及び科学における諸概念」チーム (Shayer, Adey らが参加) によって 1973 年～1978 年の間に開発され、7つの Task (課題) から構成、9～16 歳を対象に思考操作段階を検証する検査) 中の Task II および IV を実施した。結果は、14 歳の思考操作段階で比較すると、本校平均 > イギリス平均で、本校はイギリスの Grammar School に相当することがわかった。CASE 実施後は、同じく笠潤平研究室の協力によりローソンの教室用科学的推論多肢選択テスト (Anton.E.Lawson) を実施した。現在、結果の分析中である。

指導者は、「変数に着目させることによって、議論に関係ない項目を排除することを体験的に理解させることができた」「理科の授業で既習であっても、発展的な内容として役立つ」など理科の授業とのブリッジングを図りながら指導を行っている。言語技術教育の指導を CASE の指導に活かすことが今後の課題である。

##### ○「グローバル」言語技術教育

論理的に説明したり、書いたりする力が伸長されている。特に生徒の文章をみると、結論から述べる、ナンバリングを用いるなどの技法が自然に使えるようになっている。全教科・領域でさらにこの技法を活用することが課題である。

##### ○「サイエンス探究」

探究課題として、人文・社会科学系のテーマを設定した生徒が 27 名 (23.1%)、自然科学系のテーマを設定した生徒が 90 名 (76.9%) であった。放課後や休業日に観察や実験をする生徒、近隣大学に足を運び指導を受ける生徒、街中に出てインタビューをする生徒など課外の自主研究が中心であった。指導者 11 名への聞き取り調査では、「生徒は計画・根拠・分析・考察などの探究の方法を身につけることができた」「生徒は課題解決をしたことを論文にまとめる手法を身につけることができた」などの評価が高かった。「サイエンス」「グローバル」の指導が活かされていると判断できる。また、頻繁なフィードバックに生徒も指導者も慣れてきたことは大きな成果である。しかし、課題解決型学習に不慣れなためか、計画どおり進行しないことに苛立ちを感じたり、専門性にこだわり過ぎたりする生徒・指導者が多い。手順を踏むことや適切な切り口 (枠組み) で構成要素に分解することなど、今後助言の仕方の研修を深めれば大きな成果が期待できるプログラムである。

# 理科を中心とした科学的思考力育成カリキュラムの構造化 —言語活動と CASE によるスキル学習に着目して—

高城英子 TAKAGI Eiko 松戸市立第一中学校

## 1. はじめに

改めて PISA や TIMSS の結果を取り上げるまでもなく、現在思考力の育成が大きな教育課題になっている。また、これからの持続可能な社会を創り出す学力を育成していく上で、個々の「知識」を科学的に結びつけ「活用」していく思考力はますます重要になってくるはずである。その科学的思考力の育成のためには、従来の理科学習だけでなく、探究していく方法や思考を深めていく方法を知ることが重要であり、その方法を学ぶ探究スキルの導入や「総合的な学習の時間（以下、「総合」と記す）」での論述法の学習なども視野に入れた「カリキュラムの構造化」が必要ではないかと考えた。ここで「構造化」とは、理科や「総合」を結ぶ教科間の構造化、理科内の従来の教科内容とスキル学習の構造化、グラフ化やモデル化といった論理性を高める指導の構造化などを含むものである。

## 2. 科学的思考力育成の全体像

筆者はこれまでも理科の授業の中で「実験や観察の重視」「実験の結果や考察を自由記述させることによる表現力や思考力の育成」「選択理科での課題追求型授業の実践」などの方策をとって、思考力の育成を図ってきた。その中である程度の成果を得てきたが、勤務している学校での教育課程改変（45分授業でコマ数を増やす）により、必修理科の時間に数時間（1・2学年7時間ずつ、3学年16時間）の余裕ができ、「総合」での論理的な言語能力育成も活用して科学的思考力の育成<sup>1)</sup>を考えていこうと考えた。

具体的には、「自分で考えたことを自分の言葉で書く」ことに重点を置き、①今までも続けてきた必修理科での「実験・観察カード」での指導、②イギリスの「Thinking Science（後述、以下「TS」と記す）の必修理科への導入、③「総合」での「言語技術教育」の理科への活用、などにポイントを置き、これらを結びつけた理科指導を進めている。

### (1) 「実験観察カード」中心に進める論述指導

本校の「総合」では、三森ゆりか氏<sup>2)</sup>の提唱する「子どものための論理的トレーニング」を参考に論理的な言語能力育成を目指したスキル学習を進めている。そこで学んだ「結論を先に述べ、根拠を明確にしていく話し方」「対象を正確に観察する力」「情報を整理する力」「客観的に順序立てて話す力」などを「実験観察カード」の記述に活かし、理科の論理性育成に積極的に生かしていくことを考えた。

科学的思考力は実験の中だけでなく、実験過程を振り返り、その中で考えたことを文章化することでより確実なものとなる。実験を自分の手で記述することを大切にするために、筆者は実験結果を予め大枠ができてワークシートを使わず、生徒自身が「目的」「予想」「実験方法」「使用する器具」「結果」「考察」「感想・反省」「自己評価」を自分の手で記入していく「実験・観察カード」（図1）を使用している。主に実験の次時にそのカードに、結果や考察を記述する時間を確保し、生徒は個人で自分の考えたことを組み立て、〈自分だけの実験カード〉とし

て仕上げていく。また、基本的に生徒達は実験だけでなく、ほとんどすべての学習を理科室で実験班で進めている。これは実験班で意見を出し合い、実験計画から実験後の考察までを連続した思考を重ねていってほしいという意図による。その学び合いの中で結果を確かめ合った後、最終段階の考察では、「考察は同じものはないはず。自分の言葉でまとめる」と指導しており、結果をまとめる方法も極力提示しないことにしている。考察段階の授業を行ったその日のうちにカードを提出させ、個々の実験カードへは必ず評価や添削、アドバイス等を〈赤ペン〉で記入し、返却していく。その際、深い考察を行ったもの、わかりやすい表記を工夫したもの、新しい切り口で考えを深めているもの等、他の生徒の参考になりそうなカードはコピーし、理科室に掲示している（図2）。生徒はお互いのカードを参考にしながら、学び合い、その後の学習の参考に活かしている。

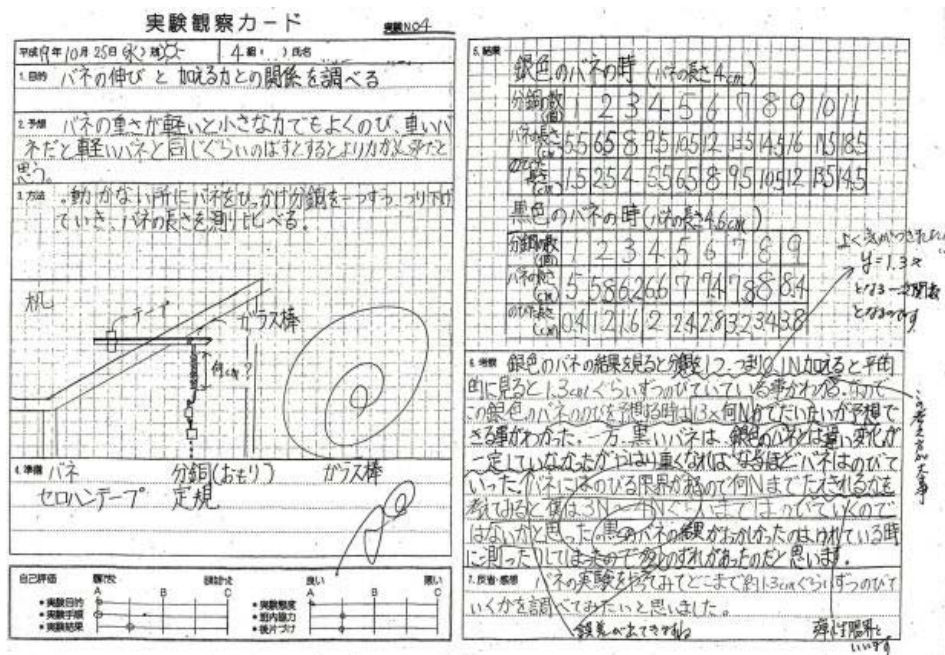


図1 実験観察カードへの記入例



図2 理科室側面に張りだした優秀「実験観察カード」

## (2) スキル学習の導入

生徒達に「科学的に調べなさい。論理的に考えなさい。」といっても、具体的にどのように調べたり、考えたりすればよいのかをつかむことは難しい。つまり、科学的思考力を身につけていくには、学習指導要領で指定された内容を系統立てたカリキュラムに沿って指導していくと同時に、科学的に考えていくための探究スキル学習を行うことが必要と考え、イギリスの CASE (Cognitive Acceleration through Science Education) の教材として開発された「Thinking Science (TS)」等から各学年でいくつかを取り上げて指導していくことにした。

表1 TS で扱われる推論形式の概要

推論形式	推 論 形 式 の 特 徴
変量とその値	物事の検証は入力変数を意図的に操作し、それによってもたらされた変化との因果関係を探ることであるという認識を持つ
条件統制	適切に条件を設定して、因果関係を明らかにしようとする。
比例	二つ以上の量の変化の間にある比例関係を認識する。
補償	反比例の関係にある二つの量の変化を、お互いに補い合っているという捉え方をする。
確率	複数回の試行から、その事象の一般的傾向を捉えようとする。
相関関係	複数のサンプルかの様子から、二つの変量の関係を判断しようとする。
分類	複数の対象から特定の属性を抽出し、その共通点や相違点に着目して分類する。
モデル化	事象を抽象化して図にしたり、その図を使って考えを進めたりする能力。
平衡	4つの変量があり、2つずつの変量の積が等しくなる関係の認識。 (てこのつりあい)
複合した変量	2つ以上の変量の演算によって導かれた変量の理解。(圧力、密度など)

(浅海範明氏作成<sup>3)</sup>)

具体的には、授業時数の制限もあり、既にある教材を活用できるものはそれを取り上げ、それを題材に TS で取り上げた推論形式を学ぶことにし、不足している内容については、TS やアメリカの FOSS からの教材も取り入れ、1 学年では 1 時間 (45 分) の授業で扱える内容から始め、3 学年では、生徒達が実験などを組み立て、発表するところまでを視野に入れた数時間扱いのプログラムに進んでいけるように配置した。(表 1)

表2 スキル学習の各学年配当

1 学年	2 学年	3 学年
①分類 「植物分類」	①比例 「電流・電圧」	①平衡「てこのつりあい」
②条件統制・確率 「振り子」	「電力・発熱」 (3 時間扱い)	(3 時間扱い)
③比例 「バネの伸び」 (3 時間扱い)	②補償 (反比例) 「電流と導線の長さ」	②変量とその値・条件統制 「自由落下」 (2 時間扱い)
④複合した変量 「密度」	③分類「身近な動物分類」	③相関関係・条件統制・ プレゼンテーション
⑤モデル化 「水の三態」	④モデル化「化学変化」	「身の回りのイオン」 (6 時間扱い)
	⑤複合した変量・グラフ化 「気圧・天気図」	

「必修理科」の授業は、教科書にそって単元毎に進められるのもなので、スキル学習もその流れの中に織り込んでいくことによって、生徒達に無理なく受け入れられる。今回、トピック学習として新たに導入したのは、1学年②「振り子」(FOSSより導入)、3学年①「てこのつりあい」の2教材にとどめた。(表2)

### 3. 授業実践から

実際に従来の学習とスキル学習をどの様に組み合わせ、どの様な思考力を育成したいと考えたのか、グラフ化指導に絞って考えていきたい。

#### (1) グラフ化指導で伸ばしたい力

グラフ化は、実験結果として得られた数値をある基準に従ってグラフ用紙上にプロットし直すことにより、抽象化し、関係性や規則性を見つけ出す活動である。PISA調査での「読解力」においても「非連続型テキスト」としてグラフが取り上げられている。

今までも生徒達は小学校から実験結果をグラフに表す活動は行っており、数学でも比例・反比例の学習等でグラフを学んでいるので、実験結果をグラフ用紙に記入することは比較的抵抗なく行っている。しかし、「多くの中学生においてグラフ化をし、その意味を問うと解答できる者は半分にも満たないのが現状で(森本信也 2007<sup>4)</sup>)」あり、ワークシートや教科書のグラフを参考に〈言われるままに〉グラフを仕上げていることが多い。

そこで、グラフにすること自体が個々の結果を科学的に整理し直し、思考していく手だてであることを生徒達に意識させ、考察の重要なプロセスとしてグラフ化を行うことを1年生段階でしっかりおさえることからグラフ化の指導を行う事にした。

指導に先立ち、グラフ化することの効果として次の4点を挙げ、それぞれの段階で伸ばしたい思考力を明確にした。

#### — グラフ指導で伸ばしたい思考力

- ①変化の様子 : 一方を変化させることによって、他方がどの様な規則性を持って変化していくかをしていくか (例) バネの伸び、水の沸点や融点
- ②二者の関係性 : 二つの変化量の変化の様子を比較できる  
(例) 湿度と気温、S波とP波
- ③傾き=性質 : 二者の変化の様子をグラフで示すと、その傾きがある性質を示している  
(例) 質量と体積から密度がわかる、電流と電圧から抵抗がわかる
- ④グラフと式 : グラフからわかる法則性がグラフの式からも導くことができる  
グラフからわかる法則を公式の形でまとめることができる  
(例) オームの法則、時間と速度から運動方程式

では、実際にどの様な場面でグラフを用いて学習を進めているのだろうか。学習していく順番に従って、どの様な場面でどのようにグラフを使って学んでいるか整理し(表3)、どの場面での様なグラフ化の力をつけていくかを意識して指導を進めた。

表3 学習内容とグラフ指導で伸ばしたい思考力

学習内容 (学年)	①変化の様子	②二者の関係性	③傾き＝性質	④グラフと式
植物の生活と種類(1年)				
「振り子」(1年)		「振り子」		
身近な物理現象 (1年)	「バネの伸び」		「バネの伸び」 (バネ係数) 「密度」	「フックの法則」
身の回りの物質(1年)	「融点・沸点」			
大地の変化(1年)		「S波・P波」(初期微 動継続時間)	「S波・P波」 (速度の違い)	
電流とその利用(2年)	「電流と電圧」 「電力と発熱」	「電流と導線の長さ」 (反比例)	「電流と電圧」 (抵抗値)	「オームの法則」
動物の生活と種類(2年)				
化学変化と分子・原子(2年)	「金属と酸化物」		「金属と酸化物」	
天気とその変化(2年)	「飽和水蒸気量」 「気圧」 「天気図」	「気温と湿度」		
運動の規則性(3年)	「等加速度運動」 「等速運動」		「等加速度運動」 「等速運動と距離」	「運動と速度」 「自由落下」
「てこのつりあい」(3年)		「てこのつりあい」	「てこのつりあい」	
生物の細胞と生態(3年)				
物質と化学反応の利用(3年)	(「化学電池」)			
地球と宇宙(3年)				
自然と人間(3年)	「動物数の変遷」 「捕食関係」			
科学技術と人間(3年)	「CO <sub>2</sub> 排出量」 「農業生産と人口」			

(ゴシック部分を「3. 授業実践から」で取り上げる)

グラフ化の指導が科学的に考える力を育成していく上でどのような効果を示しているかを4つの実践を通して考察していきたい。この4つの実践は、グラフ化の指導の上で重要な次のような意味を持っている。

<実践1> 『振り子』では実物を並べ視覚化し、関係性を発見する。「グラフ化」の導入。その意味を知る上で重要な学習である。アメリカのFOSS<sup>5)</sup>からトピック学習として独立して導入した題材である。(1学年1学期に実施)

<実践2> 『バネの伸び』では、グラフにかくことの意味と具体的なかき方を学んでいく。

<実践3> 「電流とその利用」の単元は2学年でのグラフ化の学習の中心であり、いくつかのグラフをかくことを通して電流の性質やオームの法則を学んでいく。その中で中学校ではグラフとして扱わない「補償」の内容を、『導線の長さ』を題材にして導入

した。この単元でのグラフ化の学習は「電流」の理解だけに留まらず、様々なグラフの活用の仕方や目的に合わせたグラフの利用法を身につけていく学習でもある。

<実践4>『てこのつりあい』はグラフ利用の発展的段階と考えられる。本来、この学習は中学校では扱われない「平衡」の学習として導入したものであり、グラフを用いなくても規則性を見つけ出せるのであるが、生徒達が自分たちからグラフ化の考え方を用いて考察していった実践である。

### 実践1 : 1 学年「振り子」<sup>5)</sup>

<主な授業の流れ>

- ①学習課題をつかむ「重りと凧糸を用いて、15秒間の振り子の振れ方を調べる」
- ②各自が下げる重りの数と凧糸の長さを自由に決め、「振り子」を作成する。
- ③各自が15秒間に何回振れたかを測定する。(1人1実験)
- ④黒板に設置された「振動数」毎のフックに、自分の振り子を当てはまる「振動数」のフックに吊り下げる。(人数分の振り子が振動数毎に吊り下げられる)
- ⑤黒板に下げられた振り子から何がわかるか意見を出し合う。

黒板に提示された振り子は、「振動数」が多くなるにつれ、「糸の長さ」が短くなり、重り(ワッシャー)の位置が斜めに直線上に並び、生徒達は「振り子の糸の長さ」と「振動数」の間にははっきりとした規則性があり、「糸が長い方が振動数が少ない」事と、重りの数つまり「振り子の重さ」と「振動数」の間には関係がない事を発見していく。

生徒達は、口々に感想(下記「生徒の声」)を述べ、「振動数毎に分けて、実験結果を並び替えたことにより規則性が見えてきた」ことに気づく。そして「並び替えるという活動により、規則性を発見すること」が「実験から考察していく」ことであることを学んでいった。

#### 振動数毎に並び替えたときの生徒の声

「すげえ、振り子がきちんと並んでいる。」  
「回数(振動数の意味)が増えるほど、糸が短くなっている。」  
「変なヤツ(一直線上に並ばなかった振り子)は、数え方を間違えたんだな。もう一度やってみればいい。」 **そして、測定し直すと・・・**  
「やっぱり、ちゃんとした所(他の振り子同様、一直線上に並ぶ)に入るな。」  
「同じ糸の長さなら、重りの数には関係なく、同じ所にかかっている。」

### 実践2 : 1 学年「バネの伸び」(フックの法則)<sup>6)</sup>

<主な授業の流れ(3時間扱い)>

- ①学習課題をつかむ「バネの伸びと加えた力との関係を調べる」
- ②各自が予想をたてた後、1班(3~4人)毎に2種類のバネと重り(10g)5個をわたし、班毎に設置場所や測定法を考え、実験する。
- ③実験結果を各自の方法で分析し、法則をまとめる。(2時間目)
- ④考察に用いた表やグラフを実物提示装置に写しながら、お互いにわかったことを発表し、検討を加える。
- ⑤話し合いを元に、各自が実験をまとめる。



⑥改めて、自分の仕上げたグラフを見直し、「理科でのグラフのかき方」を確認し、今回導き出した「決まり」が「フックの法則」という物理学上の法則であることを確認する。

(3時間目)

正しい「グラフのかき方」については実験後に扱うことにし、生徒の発想を大事にして、生徒から希望があったときにグラフ用紙も配る形で授業を進めた。「おもりの数とバネの伸びのグラフ」を最初から仕上げる生徒は少なく、「おもりの数とバネの長さのグラフ(図3)」をかき、直線的な関係を見つけて「比例している」と結論づける生徒が多かった。また、重りを1つ増やす毎にバネが何cm伸びるかを考えてグラフをかく(図4)の生徒もみられた。これらのグラフを2時間目に取り上げ、「比例」ならば「原点を通る」はずなので「バネの伸び」に着目しなければいけないと話し合いながら修正していった。また、2種類の伸び方の異なるバネを示すことによって、理解の深まった生徒の中には、2本のバネの結果を同じグラフにかき込み、伸び方の違いに気づいた生徒(図5)も多くなった。また、測定によってはプロットした点が直線上に並ばない場合もあることに気づき、それを誤差として理解していった。

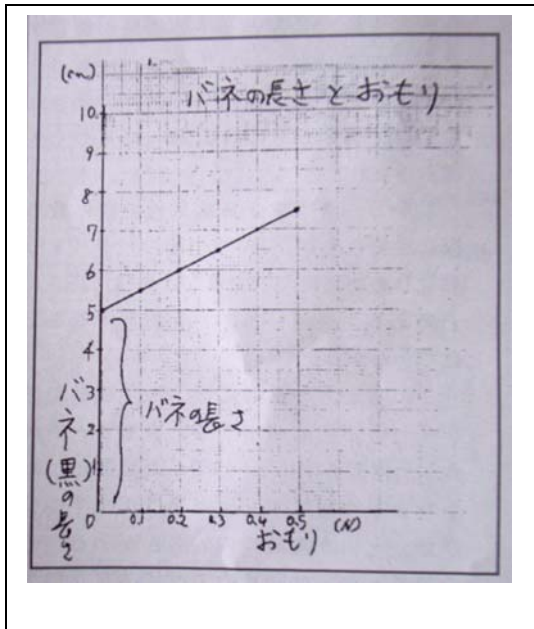


図3 「重り (力)」と「バネの長さ」のグラフ

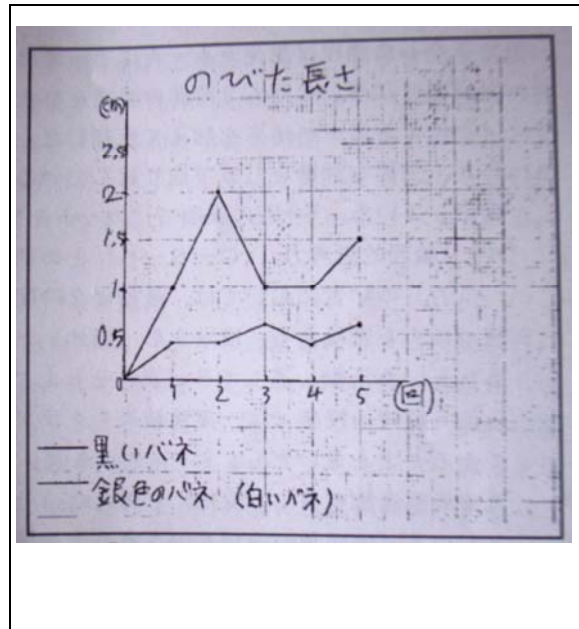


図3 「バネの伸び」を「1つ重りを加えた事で新たに伸びた長さ」と考えたグラフ

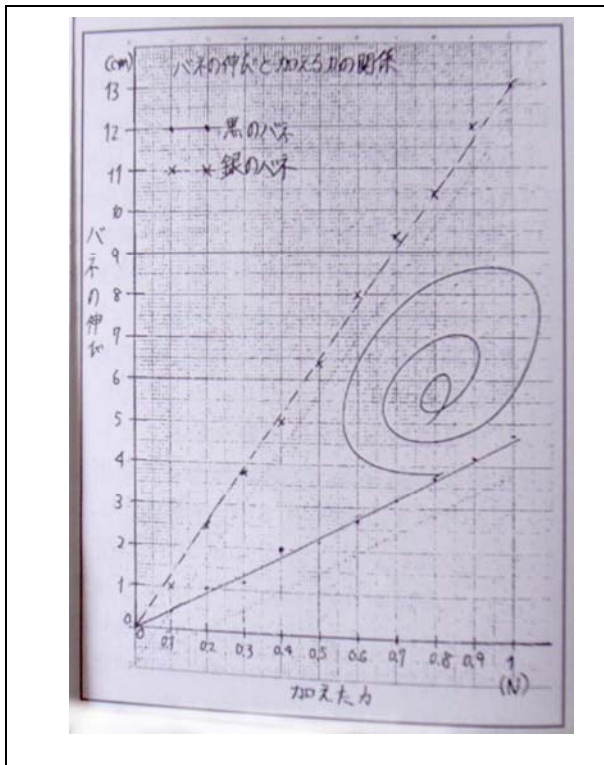


図5 2種のパネの結果を同じグラフにかき込んだグラフ

こうした話し合いを通して、各自が実験結果をグラフにかく事を通して「決まり」を見つけた後、3時間目に「理科でのグラフのかき方」を確認し、グラフを用いることの意味とその方法を理解していった。これが中学校でのグラフの基本となる。

＜理科でのグラフのかき方の基本＞（参考：大日本図書教科書1分野上 p34）

- ①横軸は変化させた量、縦軸は変化した量に決める。
  - ②測定値が全部かき込めるように目盛りを決める。
  - ③測定点を小さな・や\*などの印でかく。
  - ④印のなるべく近く近くを通る直線、またはなめらかな曲線をかき。
- （測定点を結んで、折れ線にはしない）

### 実践3：2学年「電気」でのグラフ（「反比例の関係」を含む）

A：電流と電圧の関係

＜主な学習の流れ＞

- ①学習課題をつかむ「同じ抵抗にかかる電圧を変えて、電流の変化を調べる」
- ②各自が予想をたてた後、実験を行い、各自の方法で実験結果を考察し、まとめる。

抵抗として発熱による誤差が少ないようにセメント抵抗を用いて実験し、表やグラフの形式は指定せずに考察させた。グラフ用紙は予め配布せず、生徒がデータを整理し、分析していく過程で必要があったときにグラフにかく活動を取り入れ、「目的を持ってグラフ化する」ことを意識させた。1年次での指導もあり、ほとんどの生徒が適切に縦横軸や目盛りをつけてグラフから「電流は電圧に比例する」ことをつかんでいた。（定期テストにも出題したが、正答率は78%を示した。）その後、オームの法則を学習し、 $[E = I / R]$ という式が比例係数を $1 / R$ の比例を表

す式となることを確認し、グラフと法則（式）の関係についてまとめた。

B：導線の長さとお電流

<主な学習の流れ>

- ①学習問題をつかむ「電熱線の長さを変えて、電流の変化を調べる（電圧は一定）」
- ②各自が予想をたてた後、電熱線の長さを1 cmから6 cmまで1 cmずつのばし、その時に流れる電流を測定する。
- ③実験結果から、各自の方法で実験結果を考察し、まとめる。

中学校で本来扱う実験の中で「反比例」関係を扱うことはなく、生徒達は一方が増加するとき他方が増加していく関係は『比例する』時とそうでない時があることを区別することはできるが、一方が増加するとき、他方が減少しても、『反比例する』と結論づけることはあまりない。

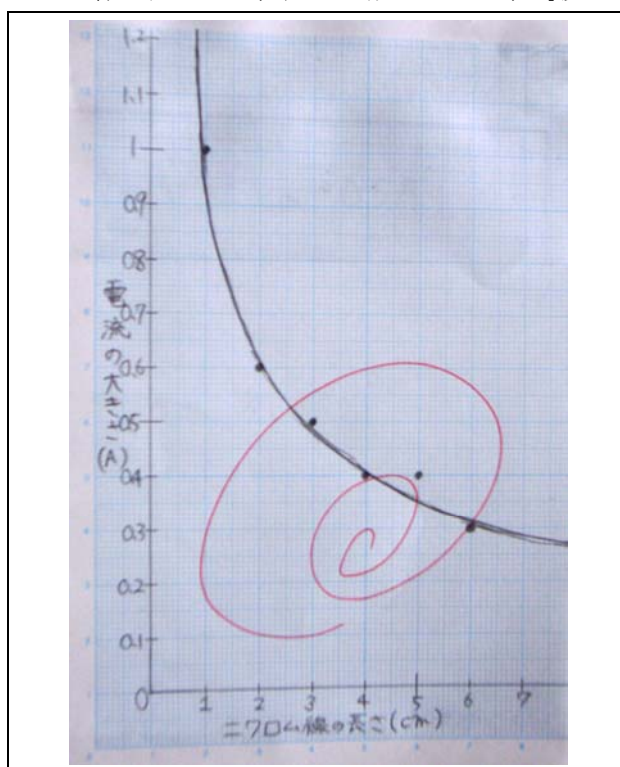


図6 導線の長さとお電流のグラフ（反比例）

（今回も、「電熱線の長さが長くなると、電流は流れにくくなる（電流は小さくなる）」と予想した生徒は半数近くいるのに、「反比例する」と予想したのは5%程である。）

それがグラフに測定点をプロットしていくと反比例の関係が見えてくるので、生徒達は改めて、「グラフにしてみることの価値」を感じていく。生徒の中にはその考察の中で、電熱線の長さは抵抗の大きさを示しており、「オームの法則」を変形していくと電流Iと抵抗Rの間には $[I = E (\text{一定}) / R]$ という反比例の式になることに気づいていく者（約1割程度）もいる。その生徒の実験観察カードを提示しながら、他の生徒にはグラフと式（オームの法則）との関係について補足した。

#### (4) 実践4：3 学年「てこでのつり合い」

<主な授業の流れ>

- ①学習課題をつかむ「てこにバランスをとるための法則を見つける」（3～4人の班毎に、ワークシートの課題に沿って実験を進めていく）
- ②実験1「重り2個をAサイド（片方）の4番目に設置、重り1個をBサイド（もう一方）のどの穴に設置するとバランスがとれるか」
- ③実験2「Aサイドに重り4個と、Bサイドに重り2個をかけて、バランスをとる方法を見つけなさい」
- ④実験3「Aサイドに重り3個と、Bサイドに重り2個をかけて、バランスをとる方法を見つけなさい」
- ⑤3つの実験からバランスをとる方法について各自でまとめる。

⑥発展として（⑤が早く終わった生徒が個人的に取り組む課題）

斜面の傾斜比率と質量との間の関係性を実験データから考える

本来、「平衡」の学習として導入した課題であるが、実験2・3のデータ分析において、約2割程度の生徒がグラフを使った。つまり、A・Bサイドの重りまでの距離を横軸・縦軸にとり、一定の傾きで比例のような直線が引けることから、「腕の長さ」の比が1:2、2:3のなることを発見している。これは1学年の「密度」で、体積と重さの関係をグラフにプロットすることから、傾きとして現れた「密度」を発見していく過程と似ている。

生徒達はグラフや表を用いて「腕の長さ」の比をつかみ、重さの要素を加えることで「腕の長さ×重さ」という二量の積が一定になる「平衡」の関係性を認識していく。

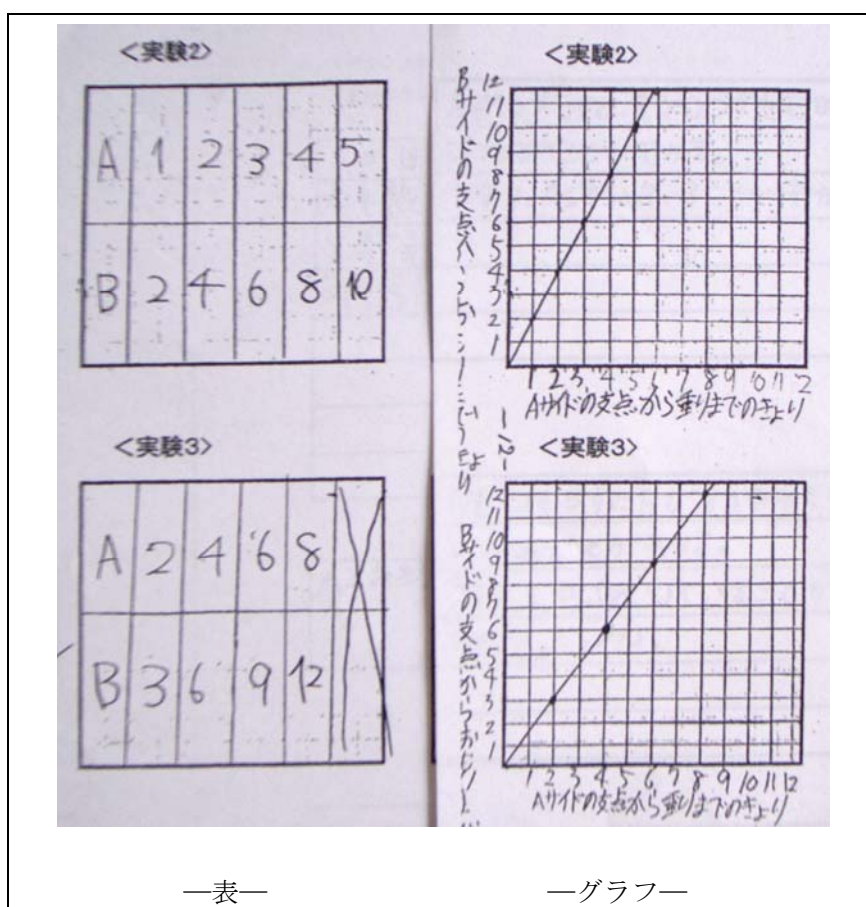


図7 グラフや表を活用して各自の方法で実験データをまとめる（実験2）

#### 4. まとめ

スキル学習を導入することにより科学的思考力の育成にどのような効果があるかを、グラフ指導に焦点を当ててみてきたが、改めて「グラフを用いて抽象化していく思考過程の流れ」や「スキル学習の導入で強化できた点」について考えてみたい。

##### (1) グラフ化による思考の抽象化

この実践ではグラフ化の学習は、実物を並び替え視覚化することによってそれまで見えなかった関係性を発見する段階から始まり、1学年から「グラフのかき方」や「グラフ化することの意味」を学び、その後様々な学習の中でグラフにかくことで関係性や法則性を発見したり、非連続

的テキストとして与えられたグラフから読み取ったりする学習を積み重ねることで個々のデータではなく抽象化された関係性をつかむ方法を身につけていくという流れをとっている。

今回、グラフ指導で伸ばしたい思考力として「①変化の様子」「②二者の関係性」「③傾きから見えてくる性質」「④グラフと式の関係」の四点を挙げたが、今までグラフをかかせる時には「変化の様子」をつかませる方法として意識したものの、他の効果について意識することは少なかつたように感じる。しかし、表3に示したように多様な目的のためにグラフが用いられており、それを整理し、どこにポイントを置いて指導していくかを意識したことは有意義であった。また、スキル学習として全く新しい題材をいくつも導入していくと、教科書の内容とスキル学習と、まったく違う2種類のを学ぶ事になり、生徒の中に混乱が生じる心配があったが、今回は、既習の題材の中で利用できるものはそそ学習の中にスキル学習での要素を入れていったので、あまり大きな学習指導計画の変更をしなくても実行できた。

大きな流れとして①から④へと思考の抽象化は進み、グラフを離れて公式という形でまとめられた法則を認識していくのであるが、この思考の深まりを理解しないと、単純に公式だけを覚え、数値を代入していくという「暗記型の理科学習」に陥ってしまうのではないだろうか。グラフ化の意義や方法をしっかりおさえたことにより、『てこのつりあい』などでも生徒の中からグラフを用いて思考をまとめていこうとする動きが出てきたのではないかと考える。

## (2) スキル学習の効果

こうしたグラフを用いることによる思考の方法を学んでいく上で、その目的をしっかりとつかむことがとても重要である。その点で1学年の段階でスキル学習として『振り子』と『バネの伸び』を導入した意義は大きいと感じる。

教科書通りの学習進行では、グラフを用いて実験結果を整理する学習は、1学年の「いろいろな力を調べよう」という学習の中で「バネにはたらく力の実験結果を、測定結果をグラフや表に表して整理する」という学習で始まる。そこではなぜ「バネの長さ」なのではなく「バネの伸び」なのかの説明も、なぜ表の上段に「分銅の個数」を下段に「バネの伸び」なのかの説明もなくワークシートとして与えられている。こうした目的を明確に示さず、方法を与えるグラフ化の指導が、平成15年度中学校教育課邸実施状況調査において報告されている「縦軸横軸の設定してないグラフ用紙に、データを整理できない生徒が多かった<sup>7)</sup>」という傾向を生んでいるのではないだろうか。

また、スキル学習で「反比例のグラフ」をかく学習を2学年の『導線の長さとお電流』で導入した。2学年の『電流とお電圧』の実験ではほとんどの生徒がグラフを用いた考察を行えるようになってきたので、「グラフにかけば比例関係」という固定観念を持たずに、グラフをかいて関係性を考える例として効果的だった。実験前に、ただ「導線が長くなれば電流が小さくなる」と予想していた生徒も、グラフ化することにより、反比例しているという関係性をはっきりつかむことができた。

全体を通して「電流とその利用」での学習は、実験データの誤差も少なく、明確な式でまとめられる場合が多いので、グラフ→関係をつかむ→法則化(公式)として「科学的に調べ、探究していく手だてを学ぶ」というスキル学習の上でも大切にしたい単元である。

## (3) グラフ化を通して、再度実物を見直す

グラフ化は個々のデータを整理し規則性を発見していく上で重要な思考過程であるが、今回の実践を通して実感したのは、「生徒達はグラフをかくことで、抽象化・法則化していくが、それが単なるスキルに終わらず、実物に戻って確認している」という事である。

生徒達は『振り子』の実験では、他の傾向と合わない「変なヤツ」についてもう一度測定をやり直し、『バネの伸び』では、2種類のバネでグラフの傾きが違っていることに気づいたときに、もう一度バネを手に取り、伸び方の違いを確かめていたのである。生徒達はこうした行動を通して「ああ、なるほど。やっぱり・・・の決まりは本当なんだ」と納得していく。

こうした行動（実験）があつてこそ、理科としての理解は深まり、物質やその現象への認識として定着していくものと考えられる。この点からも、グラフ指導などのスキル学習を単独で進めるのではなく、構造化し総合的にみていく視点を持つことが重要なのではないだろうか。

## 5. 終わりに

「構造化」とは、理科や「総合」を結ぶ教科間の構造化、理科内での従来の教科内容とスキル学習の構造化、グラフ化やモデル化といった論理性を高める指導の構造化などを含むものであり、多方面からの学習を構造化していく効果を改めて実感している。

具体的には、「総合」で論理的な文章力を身につけるための「言語技術」を学んできたことが、理科の考察などでの文章表現に活かされてくることを確認することができ、スキル学習を導入することによって、段階的・計画的な指導を行うことができ、生徒達が実験結果を科学的に整理分析していく思考力を身につけていくことができることを、グラフ化指導から読み取ることができた。

中学校では学習指導要領の移行期に入り、平成24年から完全実施される。「身近な物理現象」や「電流とその利用」の学習の中ではグラフ化・法則化や誤差についても扱われるようになり、「化学変化とイオン」ではレポートの作成や発表（プレゼンテーション）が含まれるなど、今回スキル学習として追加していた内容が正式な学習内容として扱えるようになる。授業時間数も変化し、「総合」の扱いにも変化が見られるので、構造化について再検討し、より重層的な科学的思考力を育成法を考えていきたい。

## <参考文献>

- 1) 高城英子(2007)「日本理科教育学会全国大会発表論文集」、p78
- 2) 三森ゆりか(2006)「外国語で発想するための日本語レッスン」白水社
- 3) 浅海範明(2008)「科学的リテラシーと科学的探究能力」平成17年度科学研究費補助金特定領域研究(課題17011073)研究報告書、p167-173
- 4) 森本信也(2007)「理科の教育」Vol.664、p4-7
- 5) 小倉康(2007)「科学的探究能力育成スキル1」サイエンスコミュニケーション(日本評論社)、p109-162
- 6) 高城英子・千葉県総合教育センター(2008)「思考力を高める学習指導法の研究」研究報告第366号、p90-162
- 7) 国立教育政策研究所 平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査

以下の文章は、物理教育通信 137 号（2009 年物理教育研究会発行）に掲載された論考の誤字などを若干訂正したものです。その後、この「ローソンテスト」日本語版を、香川大学・同大学附属坂出中学校、岡山県立倉敷天城中学校など、CASE (Cognitive Acceleration through Science Education) プロジェクトの研究に参加されている教員のいる大学・学校で、試行しており、その結果は、順次発表を予定です。（香川大学 笠潤平）

\*\*\*\*\*

## 投稿 研究ノート「物理教育研究」その 2

### 認知的発達レベルを探る「ローソンテスト」日本語版の作成について

笠潤平 香川大学教育学部

〒760-8522 高松市幸町 1-1 jpryu@ed.kagawa-u.ac.jp

#### 1 はじめに

1976 年にアメリカの物理教育研究の創立の父として並び称される Arnold Arons と Karplus は、American Journal of Physics の編集者に向けて、ピアジェ的な意味における認知的発達に関して蓄積された調査結果は、14 歳の生徒集団の約 3 分 1 ずつが具体的操作段階と過渡期段階と形式的操作段階について、さらにその分布は大学新入生まであまり変わらないことを示していると指摘した上で、「もしわれわれが示唆した帰結が正しいならば、大学とカレッジにおいて、この問題を正面から取り上げ、それに取り組む手段を講じることが始められるべきであるように思われる」として、認知的発達と物理教育の関係についての研究と対処の重要性を指摘する小文を送っている。<sup>1)</sup> このとき、Lawson は Karplus などとともに生徒・学生の認知的発達段階の調査において中心的な役割を担っている。

一方、最近の物理教育研究の中で、Coletta らは FCI (力の概念調査) テストのゲイン (授業前と授業後の FCI の成績向上度) と当該授業の受講学生の認知的発達レベルとの間には正の相関があることを指摘した論文を発表しているが、そのときかれらが用いた思考操作についての調査問題は、基本的に Lawson によるテストを多肢選択型に移したものである。<sup>2)</sup>

一方、筆者は、これまでピアジェの理論をもとについて生徒の認知的発達の促進を目指す Shayer, Adey らによる CASE (Cognitive Acceleration through Science Education) プロジェクトとその教材 Thinking Science<sup>3)</sup>を検討してきたが、その際、Shayer らが作成した、生徒の認知的発達レベルを調べるための調査問題 Science Reasoning Tasks<sup>4)</sup>を香川大学の学生とともに訳し、いくつかの協力校で実施してきたが、これは当然のことながら Lawson のテストとよく似ている。

本稿では、近年 Coletta らが用いている Lawson による生徒・学生の思考操作パターンについてのテスト (これを Coletta らの論文での言い方に従って勝手に「ローソンテスト」と呼ぶことにする) の日本語版を確定するために必要ないくつかの点を議論し、その採点方法、得点の表し方を提案し、またその結果を用いた、思考操作段階の判定基準を紹介し、最後に、筆者が作った日本語版を資料として掲げる。

#### 2. 「ローソンテスト」原版と多肢選択版の比較

Coletta らの論文では、かれらが研究に用いた Lawson のテストの多肢選択版の問題文が付録として末尾に掲載されているが、残念ながらそれ以外の情報はほとんど与えられていない。そこで筆者は、まず Lawson の著作“Science Teaching and Development Of Thinking”<sup>5)</sup>に当たり、Coletta らが用いたテストを、その付録に掲載されているテストと比較対照することから検討を始めた。以下、Lawson の著作の付録に掲げられているテストをローソンテスト原版と呼び、Coletta らの論文の末尾についているテストをローソンテスト多肢選択版と呼ぶ。

**原版の形式** 多肢選択版では実験の結果もその理由も選択肢から選ぶが、原版では、実験結果のみを選択肢から選び、その理由は自由記述する。

**原版の問題数** 12 の項目、ただし上に述べたように各項目ごとにその理由を記述するようになっているので、多肢選択版 (24 設問) と問題数は事実上同じである。

**原版の問題の内容構成** 原版の設問と多肢選択版の設問との異同は次の通り。

- ・ 原版の項目 1 (粘土球と粘土の円盤の重さ) は多肢選択版の間 1・2 と同じ。
- ・ 原版の項目 2 (ガラス球と鋼球の押しつける水の体積) は多肢選択版の間 3・4 と同じ。
- ・ 原版の項目 3 (太いシリンダーから細いシリンダーへの水の移し変え) は多肢選択版の間 5・6 と同じ。

- ・ 原版の項目 4 (細いシリンダーから太いシリンダーへの水の移し変え) は多肢選択版の間 7・8 と同じ。
  - ・ 原版の項目 5 (ふりこの糸の長さや周期) は多肢選択版の間 9・10 と同じ。
  - ・ 原版の項目 6 (ふりこのおもりの重さや周期) は多肢選択版にはない。
  - ・ 原版の項目 7 (ハエと重力と赤い光) は多肢選択版の間 11・12 と同じ。
  - ・ 原版の項目 8 (ハエと重力と青い光) は多肢選択版の間 13・14 と同じ。
  - ・ 原版の項目 9 (赤 3 枚と黄 3 枚の札) は多肢選択版の間 15・16 と同じ。(ただし多肢選択版の札の挿絵は原版にはない。)
  - ・ 原版の項目 10 (赤黄青の角札と丸札) は多肢選択版の間 17・18 と同じ。(ただし多肢選択版の札の絵は原版にはない。)
  - ・ 原版の項目 11 (4 つのボタンとランプ) は多肢選択版にはない。
  - ・ 原版の項目 12 (魚の大小と縞の太さ) は問 19・20 (ねずみの大小と尾の色) と同種だが、結果として前者では相関がないのに対して後者では相関がある。
  - ・ 多肢選択版の間 21・22 (ろうそくの火と二酸化炭素) は原版にはない。
  - ・ 多肢選択版の間 23・24 (赤血球の縮み) は原版にはない。
- ※ 理由の選択肢はもちろん原版にはない。

**原版の採点方法の指定** その項目の解答が正しくしかもそのもっともな理由づけも答えてはじめてその項目に正解したと判定するので、12 項目で 12 点満点となる。生徒の答えた理由づけはもっともなものであれば、解答例と違っていても正解と認める。

**原版の得点と思考操作レベル** 原版に付せられた Lawson 自身の説明によれば、得点 0~4 は、当該生徒が経験的・帰納的思考を用いる段階にあることを示し、得点 5~8 は、過渡的段階にあることを表し、得点 9~12 は、仮説・演繹レベルの思考を用いることができることを表すとされている。

## 2. 多肢選択版の採点方法と得点の表し方について

さて、先に述べたように、多肢選択版の問題が付録として掲載されていた Coletta らの論文では、正答、採点方法、その結果を用いた思考操作レベルの判定基準も掲載されていなかった。そこでここでは、以上の原版についての情報と照らし合わせて、多肢選択版について、これらの諸点を確立しよう。

**採点方法** 多肢選択版の間 1 から問 20 までは、それぞれ問 1 と問 2、問 3 と問 4 などが、設問への解答とその理由付けのペア (これが 10 ペアある) となっている。これは、上記のローソン自身の原版の採点方法にならって、いわゆる完全解 (両方正解ではじめて正解) 扱いとするのが、原版の趣旨に合うだろう。また、問 21 と問 22 は、実験方法の選択とそれで何が検証されるかの説明を選ぶものなので、これも当然完全解とし、最後の問 23 と問 24 も、与えられた仮説を否定する実験結果の同定 (別の言葉で言えばワーキングモデルを頭の中で動かせるか) という同じ思考操作の 2 つの例なので完全解としてよいだろう。

結局、原版同様、24 問を 2 問で 1 ペアの採点対象として扱って、12 項目で 12 点満点で採点するのがよいのではないだろうかと思う。

**得点の表示** 得点の表示は、Coletta らの論文では % 表示になっている。これを踏襲してよいだろう。(ただし Coletta らのグラフでは 4.2% 刻みのプロットになっているように見える。もしそうだとするとこれは 100% を 24 段階にわけていることになり、12 ペアにして採点しているのではなく、各問を独立に採点して 24 点満点にしているのかもしれない。今後、われわれが取ったデータを Coletta らの論文のデータと比較する場合にはこのことに注意しなければならない。)

## 3. 多肢選択版の間 11・12 および問 13・14 の正解と理由付けの選択肢について

さて、ここで、もうひとつ重要な問題を解決しておかなければならない。多肢選択版を翻訳してすぐ、筆者は自分で試しに解いてみたが、その中でとくに、多肢選択版の間 11 の答えの理由付けを聞く「問 12」と問 13 の答えの理由付けを聞く「問 14」には十分な解答の選択肢がないのではないかという疑問が生じた。(図 1 参照) アドバンス物理研究会員のある先生も解いてくれたが、筆者と同じ感想を持った。そこで、問 11・12 および問 13・14 とまったく同じ内容の原版の項目 7 および項目 8 のローソン自身による正解例を見てみた。

11 4 つの試験管にそれぞれショウジョウバエが 20 匹ずつ入れてある。試験管 I と II は黒い紙で部分的に覆われ、試験管 III と IV は覆われていない。これらの試験管は右に示したように置かれ、それから赤い光に 5 分間さらされる。各試験管の覆われていない部分のハエの数が図中に示されている。

この実験はハエが以下のものに反応すること (反応するというのはそちらに近づくかあるいはそれから逃げるかすることである) を示している。



- a. 赤い光に反応するが重力には反応しない。  
 b. 重力に反応するが赤い光には反応しない。  
 c. 赤い光と重力の両方に反応する。  
 d. 赤い光にも重力にも反応しない。
- 12 なぜなら、
- a. 試験管Ⅲでは、ハエの大多数は上端にいるが、試験管Ⅱでは等しく広がっている。  
 b. 試験管ⅠとⅢでは、ハエの大多数は底へは行かない。  
 c. ハエは見るために光を必要とするし重力に逆らって飛ばなければならない。  
 d. ハエの過半数はこれらの試験管の上の端で光が当たっているところにいる。  
 e. 各試験管の両端にハエが何匹かいる。
- 13 第2の実験で、違う種類のハエと青い光が用いられた。結果は図中に示されている。これらのデータは、これらのハエが以下のものに反応すること（反応するというのはそちらに近づくかあるいはそれから逃げるかすることである）を示している。
- a. 青い光に反応するが重力には反応しない。  
 b. 重力に反応するが青い光には反応しない。  
 c. 青い光と重力の両方に反応する。  
 d. 青い光にも重力にも反応しない。
- 14 なぜなら、
- a. 各試験管の両端にハエが何匹かいる。  
 b. ハエは見るために光を必要とするし重力に逆らって飛ばなければならない。  
 c. 試験管Ⅳではハエがだいたい等しく広がっているが、試験管Ⅲでは上端にいる。  
 d. 試験管Ⅱでは大多数のハエが光が当たっている端にいるが、試験管ⅠとⅢでは、下に降りていない。  
 e. 試験管Ⅰでは大多数のハエが上端にいて、試験管Ⅱでは大多数のハエが光が当たっている端にいる。

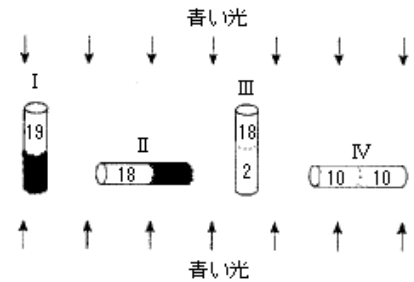
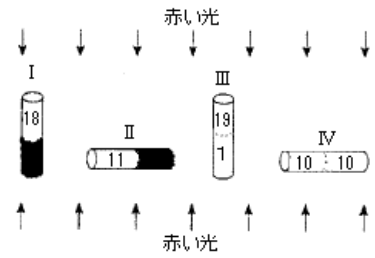


図1 多肢選択版の問11・12および問13・14の選択肢 問11と問13の正解は、それぞれ(b)と(c)でよいが、それぞれの問いに対する理由付け(問12・問14)の選択肢の中には十分な解答がない。

### 「原版項目7 ショウジョウバエと重力と赤い光」(多肢選択版問11・12)の場合の正解例

問題の内容は、試験管の各部分へのショウジョウバエの分布の数値まで含めて多肢選択版と同じである。ローソン自身がその著作で与えている問いの正解は「(b) ハエは重力には反応するが、赤い光には反応しない」であり、その理由付けの模範例はつぎの通りである。

「試験管Ⅲは重力への反応を示す。なぜなら、ハエの大多数(19/20)は、赤い光は両端で同じであるにも係わらず上の端にいる。試験管Ⅱと試験管Ⅳを比較すると、ハエの分布に意味ある(significant)違いはないことがわかる。(11対9と10対10)つまり赤い光の量はハエには何も影響をもたないようである。」(分離、変数の制御、確率的思考)

つまり、正解を選ぶ理由として、①試験管Ⅲの結果および②試験管Ⅱと試験管Ⅳの結果の比較の2つの観察結果を総合している。

### 「原版項目8 ショウジョウバエと重力と青い光」(多肢選択版問13・14)の場合の正解例

問題の内容は、ここでも、試験管の各部分へのショウジョウバエの分布の数値まで含めて多肢選択版と同じである。ローソン自身がその著作で与えている問いの正解は「(c) ハエは重力にも青い光にも反応する」であり、その理由付けの模範例はつぎの通りである。

「試験管Ⅲは前問と同様に重力への反応を示す。試験管Ⅱと試験管Ⅳを比較すると、ハエの分布に、おそらく偶然だけによるものではないような、大きな違いがあることがわかる。(一方が18対2であるのに対してもう一方は10対10)つまり、青い光の量はハエに影響するようである。」(分離、変数の制御、確率的思考)

ここでも、正解を選ぶ理由として、①試験管Ⅲの結果および②試験管Ⅱと試験管Ⅳの結果の比較の2つの観察結果を総合している。

ところが、多肢選択版問12および問14の理由の選択肢では、これらの正解例に相当するものがなく、選択肢の中に完全な答えはない。そこで、多肢選択版の改訂案として、1) 必要な観察の選択肢を補って、複数回答を許し、完全な解答をできるようにするか、2) よりましな解答を選ぶ(それは部分的な論拠になり、かつ間違いを含まないもの)ように指示するか、3) この2問だけ理由は自由記述にして見るかなどが考えられる。

筆者は、もともとローソンテストは理由づけについては自由記述という方式を取っていたことを考えると、この2問だけは理由を自由記述で書かせるというのがよりよいのではないかという意見である。後掲資料のローソンテスト多肢選択版一部自由記述版というのはこの考えにもとづいて作ったものである。

#### 4. 多肢選択版の各設問が問う思考操作と正答についてのまとめ

Iowa Science Teaching Section of the Iowa Academy of Science のホームページ<sup>6)</sup>に、ローソンテストの各設問が問う思考操作を整理した表と、このテストの得点をもとに思考操作レベルを評価する基準が与えられている。Iowa Academy of Science というのは、「科学研究、科学教育、科学の公共的理解の前進とこれらの分野における優れた業績を認めるための非営利機関である」とされ、Iowa Science Teaching Section はその中の科学教育部門である。ここで、ローソンテストとされているのは、問いが24番まで番号を付され、2個ずつペアにされていること、それぞれで問う思考操作が、多肢選択版のものとよく一致していることから考えて、原版の方ではなく多肢選択版を指しているものと思われる。

ここで与えられている評価基準は以下の通りである。

##### 学生の推論レベルの判定:

具体的操作: 得点 0-4、過渡期: 得点 5-8、形式的操作: 得点 9-12

ここでは、得点によって3つのレベルに分けて判定するという趣旨は同じだが、先に紹介した原版の評価基準についてのローソン自身の説明よりも、よりピアジェ本来の用語が使われている。

各設問が問う思考操作は右の表にまとめられている。

また、採点方法についても、「正解1を得るためには、正しい答えと正しい理由の両方を選んでいなければならない。どちらかが不正解であったり、両方が不正解であったら、得点は与えられない。ローソンテストには24の設問があるので、最高点は12点である。」としているが、これはわれわれが考えた採点方法と同じである。

各設問の選択肢の正答と問12・問14の模範解答は後掲の付録資料の3に掲載した。

ただし、正答についてはもう一つ、気になる点がある。問7・8の水の注ぎ変えの問題では、問5・6の問題と同じ2本のシリンダーを用い、問5・6では口の広いシリンダーから口の狭いシリンダーに水を移すと、目盛りが4から6へ上がったことを利用して、逆に口の狭いシリンダーで目盛り11まで入っていた水を口の広いシリンダーに移すとその中で水位の目盛りはいくらになるかを問う。もちろん答えは、 $11 \times \frac{2}{3} = \frac{22}{3}$  なので、「d. およそ7と1/3あたりまで」上がるというのでよいが、問8でその理由を選ぶ際に、選択肢として「a. 比率は同じままでなければならない。」の他に、「e. 狭い方で3下るごとに広い方で2引けばよい。」というものも置かれているのである。与えられた最初の水位が11なので、この問題を解く上で、この方略はそのままの意味で(つまり実際に3を引くごとに2を引くという意味で)は使えず、また、実際にこの手順を使ってこの問題を解く生徒はいないということで、これを選んだ生徒は、前の問6の答えからの類

設問番号	評価される推論パターン
1, 2	重さの保存
3, 4	押しのけられる体積の保存
5, 6	比例的思考
7, 8	高度な比例的思考
9, 10	変数の同定と制御
11, 12	変数の同定と制御および確率的思考
13, 14	
15, 16	確率的思考
17, 18	高度な確率的思考
19, 20	相関的*な思考(比率および確率を含む)
21, 22	仮説-演繹的思考
23, 24	仮説-演繹的思考
※原文には Correctional とあるがおそらく Correlational の誤り	

表1 各設問で問われている思考操作パターン

推（そこでは口の広い方で2増えるごとに口の狭い方では3上昇するという方略がそのままの意味で使える）か、あるいは当て推量で選んでいるとみなされるのだろうか、「狭い方で3下るごとに広い方で2引けばいい」というのは、比例関係における比例定数が2/3であれば、独立変数を3変化させると、従属変数は2変化するという意味に取れば間違いではない。そこで、生徒が、eもaも結局同じことを意味すると考えてeを選んだと主張したらあなたが不正解にできないように思われるが、どうだろうか？実際、数学によく慣れている生徒の方にそのような考えを持つ生徒がいそうにも思われる。一応、ここでは、aを正解としたが、実際にこのテストを試行し、eを選ぶ生徒がどの程度いて、どのように考えてeを選んだかを調べ、必要ならばeを選択肢から除くなどしないといけないかもしれない。

## 5. 終わりに

多肢選択版で加えられた問21・22および問23・24は、学校における実験の文脈で仮説 - 演繹的思考を用いることができるかどうかを問う非常に面白い問題であるが、その仮説 - 演繹的思考自身の要求度の高さに加えて、それが置かれている文脈が、(赤血球の縮みやイオンの影響など) 原版の諸問題に比べてより難しい。このテストで初めて見る状況設定で、生徒が問題をどれだけ具体的に把握できるかは確かめてみないとわからない。とくにイオンの記述がある問題など小学生はもとよりこの10年間の学習指導要領下で学んできた中学生あるいは一部の高校生を対象にした場合でも使いにくいだろう。(これに対して原版の方は、各設問の状況設定が単純で小学校高学年から使っても、状況設定の理解が問題を解く障害となる危険性はより低いだろう。)

今後の課題として、ローソンの結果と Science Reasoning Tasks の結果の一貫性のチェックが必要である。一方、純粋にペーパーテストであるローソンの結果は、試験者による教室における具体的な実験状況の提示などが必要な Science Reasoning Tasks より、より実施が簡便で、かつ、Science Reasoning Task IIやIVに比べて、よりレベルの高い設問まで含まれているので、中学高学年や高校・大学での利用に便利である。今、香川のいくつかの協力校の教員とこのローソンの試行を検討している。試行に参加していただける学校を募りたい。

さらに、このテストやその前身のテストを用いた Lawson 自身による研究の結果や、それらをもとにかれが提起するに至った思考操作の発達に関する仮説（それはピアジェを踏まえながら、独自の考察を加えたものである）も非常に興味深い。<sup>9)9)</sup>これも機会があれば報告したい。

## 参考文献

- 1) Arons, A. B. & Karplus, R., Implications of accumulating data on levels of intellectual development, Am. J. Phys. **44**, 396, 1976
- 2) V. P. Coletta and J. A. Phillips, Interpreting FCI Scores: Normalized Gain, Pre-instruction Scores, and Scientific Reasoning Ability, Am. J. Phys. **73**, 1172, 2005
- 3) Shayer, M., Adey, P., Yates, C., "Thinking Science" 3rd edition, Nelson Thornes, 2001
- 4) Wylam, H., Shayer, M., CSMS Science Reasoning Tasks General guide, NFER Publishing, 1980
- 5) Lawson, A. E., Science Teaching and Development Of Thinking, Wadsworth / Thomson Learning, 2002
- 6) <http://ists.pls.uni.edu/~stone/IA%20Teaching%20Stds/Scoring%20the%20Lawson%20Test.htm>
- 7) 角屋重樹, 教育学部学生における命題論理および形式的操作能力の実態分析, 宮崎大学教育学部紀要 自然科学, 57号, 31-39, 1985
- 8) Lawson, A. E., Research on Advanced Reasoning, Concept Acquisition and a Theory of Science Instruction, in Adey, P. with Bliss, J., Head, J., Shayer, M ed., Adolescent Development and School Science, The Falmer Press, 1989
- 9) Lawson, A. E., The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching, Int. J. Sci. Educ., vol.25(11), 1387-1408, 2003

## 付録資料案内

- 1) ローソンの多肢選択版一部自由記述版
- 2) ローソンの多肢選択版一部自由記述版正答・模範解答 (改訂版)

## PISA2006で見えてきた科学的リテラシー育成の課題

### Implications of the PISA 2006 on fostering scientific literacy

小倉 康

OGURA Yasushi

国立教育政策研究所

National Institute for Educational Policy Research

**[要約]** 2006年PISA調査は、各国における科学的リテラシーの育成状況を中心領域として測定し国際比較した初めての調査であった。市民となるための基礎的教育を終了した15歳段階の生徒たちは、科学やテクノロジーが関係する事象に関して、何を知っていて、何に価値を感じて、何をすることができるべきであろうか。PISA調査の結果は、日本の15歳段階の生徒たちの科学的リテラシーの育成状況が、国際比較の観点で不十分であることを示した。特に科学的態度に関わる多くの指標で国際的に低い水準の結果であった。また、科学的な能力面についても「科学的な疑問を認識する」能力などに課題が見られた。今後、中学校と高校のそれぞれの理科授業の改善に向けた取り組みが求められる。その際、フィンランドやカナダなど、良好な結果を示した国々での取り組みも参考となるだろう。

**[キーワード]** PISA調査, 科学的リテラシー, 科学的な能力, 科学的態度

#### 1 PISA調査のねらい

PISA調査の特徴は、学校で学習される各教科の学習内容の理解度を測ることが目的ではなく、生徒が将来直面するかもしれない様々な状況における総合的な課題を解決するために知識や技能がどの程度適用できるかを測ることを目的としている。社会で活躍するための準備度を測っているとも言える。そのため、OECD加盟国の多くで義務教育を修了し、社会生活を始める基礎を身に付けていると考えられる15歳段階の生徒を調査対象としている。

PISA調査で測定される主たる学力分野は、読解リテラシー(読解力)、数学的リテラシー、科学的リテラシーの3つである。「リテラシー」という言葉を使うのは、社会の構成員として一人ひとりが身に付けるべき学力を意図しているからで、一昔は、「読み・書き・そろばん」がリテラシーと考えられていた。しかし、20世紀に科学技術や社会経済が大きく発展した結果、それだけでは充実した個人生活や社会生活を営むことが難しくなり、また、雇用者が労働者に期待する基礎的な資質・能力もより高度で複雑なものに変化してきた。

実際、OECD加盟国の多くでは、繰り返し作業が中心の単純労働は低賃金化し、そうした産業自体がより労働コストの低い国に移転するか、ロボットが労働者に取って代わりつつある。知識を基盤とする分野においても、プログラミングが可能な作業は、コンピュータに取って

代わられるようになり、人には、コンピュータだけでは対応できない創造的な作業や、人と相互作用しながら進める協同的な作業、刻々と変化する状況に新たな対応策を見出さなくてはならない高度な作業などが期待されている。

このように、工業発展国の多くで、社会構造が高度な知識基盤社会に変化してきたことで、社会の担い手である若者には、決まった手順に従って課題を素早く正確に処理することよりも、自ら方法を工夫して課題を解決するなどの知的創造性の高い資質・能力を身に付けることが期待されるようになったのである。PISA調査は、そうした新しい社会構造で必要とされる基礎的な資質・能力が、各国の15歳の段階の生徒にどのくらい身に付いているかを測定し相互に比較することを通じて、各国での教育の成果を把握し、見直し改革していくための示唆を得ることをねらいとしているのである。

例えば、学校の理科で、プリントに示された手順に従っていつも実験をしていたならば、自ら課題を設定し、実験方法を工夫して課題を解決する能力が育まれるとは考えにくい。もしある国について、PISA調査から、そのような能力が低いことを示唆する結果が得られたならば、理科授業における実験の指導方法を改善する施策を講じることによって、科学に関わる「リテラシー」を向上させることが可能となり、その結果、社会が必要とする高い資質・能力を有する若者の育成が進展するのである。

## 2 PISA 調査における科学的リテラシー

PISA 調査 2006 年に実施された PISA 調査は、初めて科学的リテラシーを中心とした調査であり、過去の調査よりも、幅広い領域で科学的リテラシーを捉えることが可能となり、それを評価する枠組みと、その枠組みに沿った調査問題が開発された。筆者は、科学的リテラシー国際専門委員としてこの一連の過程に関与した。

枠組みでは、2006 年の PISA 調査で測定する科学的リテラシーを次のように定義した。

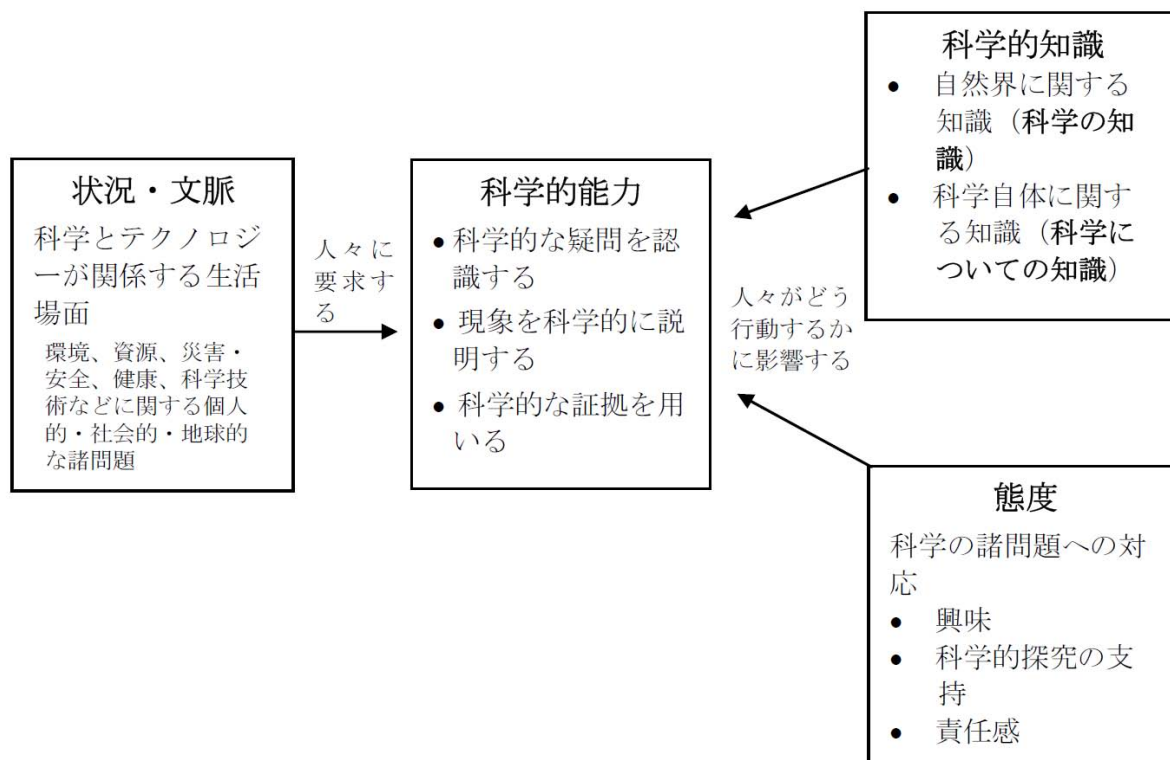
- ・ 疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とその活用。
- ・ 科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探究の一形態として理解すること。
- ・ 科学とテクノロジーが我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形作っているかを認識すること。
- ・ 思慮深い一市民として、科学的な考えを持ち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わること。

このように定義された科学的リテラシーを測定するために、その構成要素と要素間の関係を、下図のような構造として捉えた。PISA 調査の「科学的な能力」を測定する問題は、いずれも、特定の「状況・文脈」において、特定の「科

学的知識」の活用を要求するものであり、「態度」を測定する質問と合わせて、生徒の科学的リテラシーの発達状況を測定するように設計されている。もちろん、このような設計は PISA で定義された科学的リテラシーを測定するために開発された一つのモデルであり、他のモデルの可能性を否定するものではない。しかしながら、科学的リテラシーに関する各国での取り組みや研究文献の広範な調査に基づいて開発され、国際的な協議を経てコンセンサスに至ったというプロセスは、これが当面最も妥当な枠組みとして長く多方面で利用されることを示唆するものとなっている。

## 3 2006 年 PISA 調査が示した課題

2006 年の PISA 調査の結果、日本の 15 歳段階生徒の科学的リテラシー得点の平均は約 531 点（標準誤差 3.4 点）で、平均が約 548 点（標準誤差 4.1 点）であった 2003 年調査の結果から、17 ポイント低下した。しかし、評価の枠組み（測定される学力の構造）が異なるため、両調査結果の直接比較はできない。両調査間で共通する同一問題の平均正答率はほぼ同じであったことから、2003 年調査で測定した学力については低下したとは言えない。2006 年調査の学力構造で捉えると、日本の生徒の科学的リテラシーの水準は、より厳しく評価され、



OECD 加盟国平均の 500 点を約 30 点ほど上回った程度であることがわかる。一方 1 位のフィンランドの平均は約 560 点と高い水準であった。

科学的能力の 3 つの領域別では、

「科学的な疑問を認識すること」約 522 点

「現象を科学的に説明すること」約 527 点

「科学的証拠を用いること」約 544 点

と、前者 2 領域が全体の平均得点を低下させたことがわかる。したがって、「科学的な疑問を認識する能力」を伸ばすために、生徒が自ら疑問を見出し、関連する知識を適用しながら調査や実験を工夫して疑問を解決していく理科学習や、「現象を科学的に説明する能力」を伸ばすために、科学的知識を活用して実生活や実社会のさまざまな現象が科学的に説明できる理科学習などを重視することが、今後の科学的リテラシーの改善に特に有効であることが示唆できる。また、「科学的証拠を用いる能力」についても、観察実験で得たデータの分析方法を考えたり、結果から言えることを解釈したり、導いた結論を適切に表現させる理科学習を一層重視することで、科学的リテラシーをさらに高めることができると考えられる。

一方、科学的態度に関する結果では、以下の数多くの指標で、国際的に低い水準であった。

「生徒の科学に対する自己効力感」

「科学の楽しさ」

「理科学習に対する道具的な動機付け」

「生徒の科学に関連する活動」

「30 歳時に科学に関連した職に就くことの期待」

「対話を重視した理科の授業に関する生徒の認識」

「モデルの使用や応用を重視した理科の授業に関する生徒の認識」

「科学に関連した職業に就くための準備としての学校の有用性に関する生徒の認識」

若者の科学や科学技術への関心や学習意欲の低下は、社会全体の科学技術理解 (Public Understanding/Engagement of Science) の低下につながる重要な問題である。理科教育は、将来の科学者や技術者となる一部の生徒が必要とする科学教育とともに、一般市民として社会のさまざまな分野で活躍することになる大多数の生徒が必要とする科学教育、科学的リテラシーの教育に取り組まなければならない。

科学的態度面の改善を含め、2006 年 PISA 調査の結果から示唆される今後の科学的リテラシーの向上に向けた科学教育の課題を、私は、次のように考えている。

- ① 日常生活や実社会での出来事が理解でき、説明できるようになる学習
- ② 科学の大切さや意義が実感でき、科学を学習する目的が明確に意識できる学習
- ③ 経験に基づき、主体的に追究する楽しさを実感できる学習
- ④ 学習した事柄が、実生活や実社会での (解答が問題集に載っていない) 課題や疑問の解決に応用できる学習
- ⑤ 科学の学習が、様々な職業に求められる資質・能力と関連していることが分かる学習

概ねこれらの課題は、平成 21 年度から一部実施される新学習指導要領の改訂方針と符合するものであり、これらの課題に取り組むことを通じて、日本の学校における科学教育が、より科学的リテラシーの育成を進展させることができると考えられる。今後、その実現のための教員研修の機会提供や環境面の整備、教師の支援が重要である。

#### 4 参考となる諸外国の取り組みの例

国立教育政策研究所では、平成 20 年 3 月 8・9 日に、文部科学省、ブリティッシュ・カウンシルと共催で、「学校教育における科学的リテラシーの現状と今後の育成方策」をテーマとした国際シンポジウムを開催した。PISA 調査の結果が良好であったフィンランドとカナダ、及び特徴的なカリキュラムを開発し普及させつつある英国での科学的リテラシー育成の取り組みについて、国際シンポジウムで紹介された事項を以下に報告する。

##### (1) フィンランドでの取り組みの例

フィンランドの Merike Kesler 氏は、PISA の調査結果が示しているフィンランドにおける良好な学習成果は、1970 年代以降、すべての教師が修士号を修得するようにした教師教育の改革と、平等で地域から信頼された質の高い学校づくりを目指した教育改革の成果に起因していると説明した。また、2004 年から始まった新たな科学カリキュラムでは、中学校段階の理科の授業時数が大幅に増加され、その構造も、概念体系が整理されたものになったことを紹介した。一方、科学への興味をより高める上での科学クラブや科学キャンプなどのインフォーマルな科学教育の重要性、すべての基礎である、優れた教師教育のためのバランスのとれた教員養成課程、今後の社会のマルチカルチュラル化への対応や優れた才能を持つ子ども

たちのための支援教育等の重要性も指摘した。

#### (2) カナダでの取り組みの例

カナダの Robert Laurie 氏は、今回、PISA 調査で、カナダの結果が良かったことと関連づけながら、地方が独立した教育制度をもつカナダにおいて、なぜ良好な結果を導くことができたのかについて説明した。その要因として、移民であっても優れた学習成果を上げていること、生徒の家庭の経済的社会的状況の違いが学習成果に及ぼす影響を小さくすることに成功していることを紹介した。そして、90年代にカナダ全体で共通した学習成果に関するフレームワークを設定し、それが PISA 調査で測定した科学的リテラシーのフレームワークと多くの点で共通していたことも大きな要因と考えられることから、国全体で共通したフレームワークをもつことの重要性を強調した。

#### (3) 英国での取り組みの例

英国の John Holman 氏は、英国での科学的リテラシー育成への取り組みと現状について、自身がセンター長を務める全国科学学習センターでの教員研修の例を取り上げながら紹介した。最も成功する学校は、優れた力量をもつ教員を有しており、そうした教員を育てることが最も重要であることが強調された。また、政策上、すべての生徒の科学的リテラシーを高めることと、科学技術系人材の育成の両方が重要であり、英国においては、現在も両者間での緊張した議論が続いているものの、すべての国民の科学的リテラシーを高めることの重視は認識されていると話した。また、「21世紀科学」という科学的リテラシーの育成を強調した新しい科学カリキュラムでは、「科学的な説明」と、「科学についての考え方」という2つの柱によって、具体的な学習内容を構造化していることを紹介した。

英国の Robin Millar 氏は、科学的リテラシーの育成を重視したカリキュラム開発の実際について、「21世紀科学」の開発過程とその背景から詳しく紹介した。まず、科学的リテラシーの教育が目指すところは、生徒が科学的知識および情報の賢い消費者となるよう支援することだと明確に位置づけ、科学技術の消費者となるためのすべての生徒に対するものと、科学技術の生産者となるための一部の生徒に対するものとを分ける必要性が認識されたことが、科学的リテラシーのカリキュラムの開発につながったと説明した。「21世紀科学」は、

義務教育修了段階の生徒たちに、科学の市民的理解を育むように設計された科学カリキュラムであり、生徒が高い肯定的な反応を示すなどの良い成果を上げている一方、実際の授業をどう改善するか、学習成果をいかに評価するかなどの点で、現状ではまだ課題が残っていると述べた。

## 5 教師への支援の必要性

教師が指導力を高め、それを十分に発揮できるようにすることが科学的リテラシーの育成に重要性であることは、海外の取り組みにも共通するものであるが、教師の支援策に関して今後以下の事項の検討が必要と考える。

#### (1) 科学教育の目的を明確化し共有すること

全ての生徒の科学的リテラシーを育むことと、将来理工系で活躍したい生徒の能力を高めることのどちらもが重要であることを共通認識し、カリキュラムでの位置づけを明確にする必要がある。

#### (2) 教師の生涯学習機会を充実すること

公的な研修は標準的な実践情報を習得する機会として、教師主体の研修は個人や協同で特定課題の解決に取り組んだり有益な情報を相互に共有したりする機会として、どちらも重要であることを関係者が理解し、そうした機会の充実に努める必要がある。

#### (3) 学校における支援環境を整備すること

実験機器・教材費、ICT環境整備、適切な授業時間、準備時間、実験助手等人的支援、観察実験指導に適した学級規模、妥当な評価手法の適用等を進める必要がある。

#### (4) 学校外・地域が学校を支援すること

保護者、地域、ロールモデルとしての科学者や技術者、社会施設（科学系博物館、公共施設、病院等）、研究施設（大学・企業等の研究施設等）などが、教師が科学的リテラシー育成に取り組む強力な支援となり、今後、社会的なネットワーク構築を進める必要がある。

## 文 献

- 国立教育政策研究所(2007)「生きるための知識と技能3」ぎょうせい
- 国立教育政策研究所(2008)「平成19年度教育改革国際シンポジウム」<http://www.nier.go.jp/>
- 国立教育政策研究所(2008)「PISA調査のアンケート項目による中3調査集計結果(速報)」— PDFファイル <http://www.nier.go.jp/>

## 科学的リテラシー育成に向けた日本の理科教育の課題と必要な理科教師支援

### Challenges for fostering scientific literacy in Japanese science education and necessary supports for science teachers:

小倉 康

OGURA Yasushi

国立教育政策研究所

National Institute for Educational Policy Research

**【要約】** 2006年のPISA調査における日本の結果は、科学的リテラシーに関して必ずしも良好なものではなかった。科学的な能力面についても「科学的な疑問を認識する」能力などに課題が見られたほか、特に科学的態度に関わる多くの指標で国際的に低い水準の結果であった。こうした課題が何に起因するものであるか、また、中学校までの理科教育と、高校以降の理科教育のそれぞれの段階の課題は何かを探るために中学3年生に対するフォローアップ調査を行った。その結果、中学校での理科授業と高校での理科授業では、その様子が大きく異なり、こうした課題を生じている要因となっていることが示唆された。今後は、中学校、高校、それぞれの理科授業の改善に向けて、課題に応じた教員研修機会の提供と、環境面での支援が重要となる。

**【キーワード】** PISA調査, 科学的リテラシー, 教員研修, 科学的態度

#### 1 2006年PISA調査の結果から

2006年のPISA調査の結果、日本の15歳段階生徒の科学的リテラシー得点の平均は約531点(標準誤差3.4点)で、平均が約548点(標準誤差4.1点)であった2003年調査の結果から、17ポイント低下した。しかし、評価の枠組み(測定される学力の構造)が異なるため、両調査結果の直接比較はできない。両調査間で共通する同一問題の平均正答率はほぼ同じであったことから、2003年調査で測定した学力については低下したとは言えない。2006年調査の学力構造で捉えると、日本の生徒の科学的リテラシーの水準は、より厳しく評価され、OECD加盟国平均の500点を約30点ほど上回った程度であることがわかる。一方1位のフィンランドの平均は約560点と高い水準であった。

科学的能力の3つの領域別では、

「科学的な疑問を認識すること」約522点

「現象を科学的に説明すること」約527点

「科学的証拠を用いること」約544点

と、前者2領域が全体の平均得点を低下させたことがわかる。したがって、「科学的な疑問を認識する能力」を伸ばすために、生徒が自ら疑問を見出し、関連する知識を適用しながら調査や実験を工夫して疑問を解決していく理科学習や、「現象を科学的に説明する能力」を伸ばすために、科学的知識を活用して実生活や実社会のさまざまな現象が科学的に説明できる

理科学習などを重視することが、今後の科学的リテラシーの改善に特に有効であることが示唆できる。また、「科学的証拠を用いる能力」についても、観察実験で得たデータの分析方法を考えたり、結果から言えることを解釈したり、導いた結論を適切に表現させる理科学習を一層重視することで、科学的リテラシーをさらに高めることができると考えられる。

一方、科学的態度に関する結果では、以下の数多くの指標で、国際的に低い水準であった。

「生徒の科学に対する自己効力感」

「科学の楽しさ」

「理科学習に対する道具的な動機付け」

「生徒の科学に関連する活動」

「30歳時に科学に関連した職に就くことの期待」

「対話を重視した理科の授業に関する生徒の認識」

「モデルの使用や応用を重視した理科の授業に関する生徒の認識」

「科学に関連した職業に就くための準備としての学校の有用性に関する生徒の認識」

若者の科学や科学技術への関心や学習意欲の低下は、社会全体の科学技術理解(Public Understanding/Engagement of Science)の低下につながる重要な問題である。理科教育は、将来の科学者や技術者となる一部の生徒が必要とする科学教育とともに、一般市民として社会のさまざまな分野で活躍することになる大多数の生徒が必要とする科学教育、いわゆる科



学的リテラシーの教育に取り組まなければならない。2006年PISA調査の結果は、日本の理科教育が、大きな問題を抱えている事実を示すものとなった。

## 2 中学3年生のフォローアップ調査から

2006年PISA調査で明らかとなった、生徒の科学的態度面の問題について、PISA調査が高校1年生を対象としていることから、問題が中学校段階で生じているものか、高校進学後に生じているものかが不明であり、したがって、改善に向けて、中学校、高校それぞれでどのような対応をすべきかが分からなかった。

そこで、本年1月末から2月末の期間に、全国のすべての中学校から無作為に抽出し、調査協力の得られた89校の約3000人の中学3年生を対象に、科学的態度面についてPISA調査と同じ質問項目を用いた質問紙調査を実施した。

その結果、科学的態度に関する調査項目(111項目)の結果で、PISA調査における高校1年生よりも、中学3年生の方が多くの項目で良好な回答状況を示した。平均が10ポイント以上高かったのが23項目、5~10ポイント高かったのが28項目、2.5~5ポイント高かったのが12項目で、これらで全体の57%を占めた。差が2.5ポイント以内であったのが40項目(全体の42%)で、2.5ポイント以上低かった項目はわずか8項目(同7%)であった。

この結果から、生徒の科学的態度が、高校進学後に大きく低下していることが分かった。原因は特定できないが、質問によっては、「資源や環境に対する責任感」などでOECDの平均よりも高い回答状況も見られることから、調査時期(高校1年の7月)の違いだけで、こうした低下を説明することはできない。

しかし、中学3年生と高校1年生は、理科授業の様子について大きく異なる回答傾向を示し、中学生では「観察実験などの体験を重視した理科授業を受けている」及び「生徒の科学研究を取り入れた理科授業を受けている」に関する項目群でOECDの平均よりもかなり高い水準を示しているにもかかわらず、高校生では、これらの項目群で国際的に低い水準であった。

このことから、中学までに受けていた体験重視で、主体的な思考活動が促されていた理科授業から、高校に進学して、観察や実験が少なく、受動的な学習を中心とした理科授業へと変化したことが、生徒の科学的態度を全般的に低下

させている可能性が示唆された。

ただし、中学生の科学的態度においても、国際的に低い水準の項目が多く見られ、その内容から、中学校段階の理科教育の課題として次が示唆された。

- ① 科学に関する自信、自己効力感を高める必要がある
- ② 理科や科学を学ぶ価値や意義を実感させる必要がある
- ③ 科学に関連する職業意識を養う取り組みが必要である
- ④ 対話しながらの思考や、応用に関する学習を重視する必要がある

科学的リテラシーの向上に向けた理科教育全体の課題としては、以下が示唆された。

- ① 日常生活や実社会での出来事が理解でき、説明できるようになる理科学習
- ② 科学の大切さや意義が実感でき、科学を学習する目的が明確に意識できる理科学習
- ③ 経験に基づき、主体的に追究する楽しさを実感できる理科学習
- ④ 学習した事柄が、実生活や実社会での(解答が問題集に載っていない)課題や疑問の解決に応用できる理科学習
- ⑤ 科学の学習が、様々な職業に求められる資質・能力と関連していることが分かる理科学習

概ねこれらの課題は、平成21年度から一部実施される中学校の新学習指導要領の改訂方針と符合するものであることから、今後その実施に向けた取り組みの中で、これらの課題の克服を目標とすべきである。

そして、中学校、高校、それぞれの理科授業の改善に向けて、教師向けの研修機会の提供と、環境面での理科教師の支援が重要である。理科を教えるすべての教室で、上に揚げられた課題に対応した授業が観察されるようになるために、今後、教育関係者全体で、理科教師をサポートしていくことが必要と考える。

## 文 献

国立教育政策研究所(2007)「生きるための知識と技能3」ぎょうせい

国立教育政策研究所(2008)「PISA調査のアンケート項目による中3調査集計結果(速報)」— PDFファイル <http://www.nier.go.jp/>

付 記 本研究は、科学研究費(課題番号19300267)の補助を受けた。



## 第 4 章

### 収録授業



# 特別活動学習指導案

日 時：平成22年1月18日（月）  
場 所：体育館  
授業者：土田 牧也

## 1. 単元名

発電機を使ってゲームをしよう。 「(1)学級や学校の生活づくり」

## 2. 本時について

本時は、手回し発電機を使ってモーターカーを動かし、生活班毎に競い合う活動を位置付ける。この手回し発電機は、GENECON 製のものである。抵抗が回路にあると、手応えが重くなり、発電することにエネルギーが必要になることを感じ取ることができる。また、動かす車については、子どもたちに馴染みのある、「ミニ四駆」のキッドをそのまま使い、モーターへの配線を手回し発電機とつないだものである。速く回せばそれだけ発電するため、車も速く動くことになりよりゲームが楽しくなると考える。さらに、この活動で2つのことをねらっている。



まず1つ目に、今回のゲームでは、3学期より新しくなったペアでの活動を位置付ける。手回し発電機を回して車を動かす担当と車を正しい方向に走らせる担当に分かれてゲームをする。また、復路では、担当が交代するため、お互いの立場を理解しながら、声を掛け合い望ましい人間関係を形成することにつながると考える。2つ目に、手回し発電機の有用性を感じ取るようにしたいと考える。2年生では、発電することで車を動かし、楽しいゲームにつながる経験をすることで、将来発電機についての学習をする上での素地をこの時間に少しでも育むことができると考える。

## 3. ねらい

手回し発電機を使って車を動かすゲームを通して、お互いに声を掛け合いながら仲良く助け合い、手回し発電機の有用性を感じ取ることができる。

## 4. 本時の展開

過程	過程のねらい	学 習 活 動	指導・援助・留意点
つ か む  /  や  つ て み る  / ま と め る	<p>・手回し発電機をたくさん回して、車を早く動かして、1位を目指そうという願いをもつ。</p> <p>・手回し発電機をたくさん回して速い車にしたり、車を正しい方向に導いたりして、仲間と声を掛け合いながらゲームに取り組むことができる。</p> <p>・ゲームをして、がんばったことやうれしかったことを交流できる。</p>	<p>1. 本時の願いを交流する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・手回し発電機をたくさん回して、速く動く車にして競争して勝ちたいよ。</li> <li>・同じグループの子に声をかけながら、一生懸命回したいよ。</li> </ul> <p>2. めあてを確かめる。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>手回し発電機をたくさん回して速く動く車にして、1位を目指そう。</p> </div> <p>3. 順番ややり方を確認する。</p> <p>4. 手回し発電機をつないだ車を使って、競争する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・二人ペアで行う。</li> <li>・一人は手回し発電機で車を動かし、もう一人は、チェックポイントを通過するように手で、方向を決める。</li> <li>・往復するため、帰ってくる時は担当を変える。</li> </ul> <p>5. 感想を交流する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・手回し発電機でいっぱい回したら、車が速くなって、1位が獲れてうれしかったよ。</li> <li>・手回し発電機を回しているときに、いっぱい声をかけたり、応援したりしてくれたからうれしかったよ。また、遊びたいよ。</li> </ul>	<p>○1位を獲得するためにどんなことをしていくよいかをつぶやいたり発表している姿を価値付ける。</p> <p>○実際に、ゲームする場を使って、ペアでの活動の仕方を実演する。</p> <p>○ゲームしている同じ班の仲間だけでなく、他の班の仲間も応援している姿を価値付ける。</p> <p>○発電機とモーターカーは班毎に一台とする。</p> <p>○がんばったことや仲間のよさについて話をする姿を価値付ける。</p>



# 第5学年2組 理科学習指導案 平成21年2月20日

指導者 井口 桂一

## 1 単元名 ヒトの誕生って？

### 2 単元について

#### (1) 研究との関連

##### 【(1) 科学的に学び、自然事象のおもしろさを実感できる授業】

###### ア 自然事象に対する思いをふくらませる展開の工夫

###### ① 自然事象とかかわる中で自分の思いを持つための工夫

本単元では、観察や実験を通して追究する活動は少ないので実験データをもとに自分の考えを持つ活動を設定することが少ない。そのため、ヒトの誕生について資料を使ったりインタビューをしたり体験をしたりして追究しながら「生命の神秘物語」を作成するようにしたこととともに、「生命の神秘」「自分の体の大切さ」「お家の人への感謝」をキーワードにして生命についての自分の考えを表すことで、自然についての思いを明らかにできるようにした。

これらのことで、生命誕生の事実を追究するだけでなく、「生命の神秘…生命尊重、敬虔、自然愛」「自分の体の大切さ…節度・節制」「お家の人への感謝…家族愛」など道徳と関連させながら、自分の思いを持たせていきたいと考えた。

###### ② 自然事象への自分の思いを広げる活動

追究しながら表した「生命誕生」についての一人一人の思い（命を持っている自分への思い）を友達と共有できるように話し合う時間を、追究の時間の中で2回、そして単元まとめの時間でも設定するなど意図的に多くとるようにした。

また、単元末の「おもしろ科学館の時間」では、「生命の誕生」を単なる胎児の成長と捉えるのではなく「生命が受け継がれていく」という視点にたって自分の考えをまとめ発表するようにして、命への思いを一人一人が存分に表現し合えるようにした。

これらのことで、生命についての自分の思いを明らかにするとともに、友達の多様な見方や考え方、そして命に対する思いがあることに気づき、自分の思いをもう一度見直してそれを学習前よりも大きく膨らませていけるようにしたいと考えている。

##### 【(2) 子供の科学概念を深める活動】

###### ア 学んできたこととのつながりから自然事象について考える活動の工夫

理科は本来、自然事象についておもいっきり体験し、論理的に考え、見つけた面白さや概念、知識などを理解し、納得できるようにすることをねらっている。しかし、指導要領に示されていることをもとに各学年で一つの自然事象を分断しながら行っている実態もある。人体の内容も4年において「骨格と筋肉」5年において「生命誕生」6年において「消化・呼吸・血液の循環など」を学習しているが、それらをつなぐものはない。

そこで、人体について学んだこととのつながり（系統性）に気付いたり、今回学んだことが次の人体の学習のどこにつながっているか見通しを持てるようにしたりしながら人体学習全体を見通せる活動を単元末に入れていくようにした。

具体的には、「ヒトの誕生」で学んだことをもとに、来年6年で学習する「消化吸収」「血液」「呼吸」等について考えてみる活動を取り入れることにより、今後の生物の学習へ思いをはせたり科学概念を深めたりできるようにしていきたい。

## (2) 児童の実態

5年2組の子供たちは、いつも落ち着いて授業に取り組んでいる。どの単元においても体験活動からクラス全体で作り上げた学習問題の解決に向けて地道に活動できる子が多い。また、単元まとめの活動で「図鑑作り」「科学論文作り」を行っても、追究した内容を網羅しながら自分の考えや気持ちを随所にいれてまとめることができている。出来栄えも、字や図を丁寧に書きながら美しくまとめることができる子が多い。

ただ、全体的に落ち着いている雰囲気もあるため、学年当初から行っている話し合い活動「サイエンストーク」の時間でもその傾向が続いてしまい、ある程度の話し合いはできるが活発に自分の思いを話し合い続けることはまだ難しい状況にある。聞くことは上手にできているよさを認めながら少しずつでも自分の考えや気持ちを存分に話し合えるようにしていきたい。

子供たちは、生物関係についてこれまでに「植物」「メダカの誕生」の学習をしてきている。

「メダカ」の学習においては、理科室で育てているメダカを使って、泳ぐ様子、えさを食べる様子をじっくりと見ながら雌雄の違いを見分けたり、受精卵を双眼実体顕微鏡を使いながら成長を追って観察してその変化を分かりやすく記録したりするなどの学習を積み重ねてきた。学習を通して、精子、卵、受精卵などについての知識を持つとともに、受精卵の中のものがあった2週間ほどで子メダカとして生まれてくることに感動していた。

本単元では、追究において資料調べが中心となるが、メダカの学習で得た知識や生命についての感動を生かして授業を進めていきたい。

## (3) 指導の構え

本単元では、数多くの実験観察を実践しながらデータや記録をとった上で話し合いをするといういつもの理科の授業の手法をとることは難しい。しかし、図書資料、自作のテキスト、視聴覚資料などの多様な資料を使うこと、保護者や養護教諭など身近な人にインタビューすること、「妊婦体験」や「赤ちゃん抱っこ」など簡単な体験活動をする事など、いつもの理科の授業とは違った学習活動を展開することができる。

そこで、本単元で「子供たちに頑張ってほしいこと」を次のように設定した。

◇ 本単元で頑張ってほしいこと

- 1 図書資料やビデオ等の多様な資料を使ったり、妊婦体験したり、保護者へのインタビューなどをしたりしながら、命の誕生について追究し、「生命の神秘物語」として詳しくまとめてほしいこと。
- 2 追究したことをもとにして「生命の神秘」「自分の体の大切さ」「お家の人への感謝」についての考えを持って、自分の考えを「サイエンストーク」で十分に話し合っしてほしいこと。

実際の授業の進め方では、体験活動では3本のビデオを見て生命誕生についての不思議・疑問・知っていることをじっくりとメモすることを活動の中心に据えた。学習問題作りではそのことを「サイエンストーク」によって話し合うことに力点を置いた。

追究活動1では、多様な資料で調べたことと、インタビュー、体験などで調べたことを結びつけながら、単に資料で調べたことを書き写す作業にならないように追究活動として「生命の神秘物語」をまとめるようにする。ここでは、「生命の神秘」「自分の体の大切さ」「お家の人への感謝」のキーワードを設定し、この観点からの自分の思い、考えも物語に表すようにするとともに、その思いをサイエンストークでおもいきり話し合うことができるようにしたい。

追究活動2では、「生命の神秘物語」を見合いながらサイエンストークをしたり、「命が受け継がれていく」という視点にたって自分の考えを話し合った上でまとめたりする活動を設定する。各教科で道徳との関連を強めることが叫ばれているが、本単元においては「生命尊重」「敬虔」「自然愛」「節度・節制」「家族愛」などの道徳の内容項目と関連させながら、「生命誕生」についての自分の思いを膨らませていきたいと考えている。

### 3 単元の目標

- ① 「生命誕生」についてのビデオを見て考えた不思議や疑問について話し合ったことからまとめた学習問題について、図書資料・ビデオなどの資料、保護者などへのインタビュー、体験などから調べたり、調べたことを「生命の神秘物語」として分かりやすくまとめたり、「生命の神秘」「自分の体の大切さ」「お家の人への感謝」などのキーワードをもとにして自分の考えを話し合ったりすることを通して、「ヒトの誕生って？」という単元名である問いに対しての自分の答えを考えまとめようとする。  
(自然事象への関心・意欲・態度)
- ② 「生命誕生」の学習問題について、図書資料、ビデオなどの多様な資料の内容をじっくりと見るとともに、保護者などへインタビューしたことや体験などから考えたことと資料で調べたことのかかりについて考えながら、「生命の神秘物語」として自分の考えを入れながらまとめることができる。また、「生命の神秘」「自分の体の大切さ」「お家の人への感謝」などのキーワードをもとにして自分の考えを明らかにして話し合うことを通して、「ヒトの誕生って？」という単元名である問いに対しての自分の答えを考えまとめることができる。  
(科学的な思考)
- ③ 「生命誕生」の学習問題について、図書資料、ビデオなどの多様な資料の内容を学習問題に合わせて取捨選択しながら見るとともに、保護者などへのインタビュー、体験などを正しい方法で行い、追究したことをもとにして「生命の神秘物語」を美しくまとめることができる。また、「生命の神秘」「自分の体の大切さ」「お家の人への感謝」などのキーワードをもとに自分の考えを分かりやすく話すことができる。  
(観察・実験の技能・表現)
- ④ 人は、受精した卵が母体内で少しずつ成長して人間としての体ができいくこと、胎児は母体内でへその緒を通して養分をもらって成長することが分かる。また、人は母体内で成長して生まれることを資料調べなどで追究することを通して、生命尊重や自然愛などの見方や考え方にも気付くことができる。  
(自然事象についての知識・理解)

### 4 単元の展開計画（10時間扱い 本時10/10）

具 体 目 標	学 習 活 動	学習活動への支援 (○) 研究との関連 (☆)
<p>「生命の誕生」のビデオを見て『学びたいこと』を考えよう</p> <p>○ 「生命の誕生」のビデオを、不思議や疑問についてメモしながら見て、「学びたいこと」を表す。</p> <p>○ 「生命の誕生」のビデオを、不思議や疑問についてメモしながら見て、「学びたいこと」を表すことができる。</p> <p>【体験活動】(2)</p>	<p>○ 「生命の誕生」のビデオを、不思議や疑問についてメモしながら見て、「学びたいこと」を表す。</p> <p>◎見るビデオ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・驚異の小宇宙「人体～生命誕生～ NHK</li> <li>・赤ちゃんが生まれるとは ニーナ</li> <li>・ニワトリの発生 IGUKEI</li> </ul>	<p>○ 「生命誕生」について興味を持てるようなビデオを事前に準備しておき、それを見せる活動を設定することで、生命についての不思議、疑問、知っていること、もっと調べたいことなどを明らかにできるようにする。</p> <p>○ ビデオをじっくりと見て、生命についての不思議、疑問などをノートにたくさんメモしている子供のよさを認め、賞賛する。</p> <p>☆ 生命誕生についてメモした不思議や疑問からこの単元で「学びたいこと」を考えている子供のよさを賞賛し、そのことが自然を学ぶ面白さにつながっていくことを伝え、もっとたくさんの「学びたいこと」を出せるように促す。 (紀要(1)ア①)</p>



具 体 目 標	学 習 活 動	学習活動への支援 (○) 研究との関連 (☆)
<p>「ヒトの誕生って？」 ～はじめの一步～ サイエンストーク</p> <p>○ 前時に表した生命の誕生についての「学びたいこと」を話し合い、学習問題を考えることができる。</p> <p>【学習問題作り】(1)</p>	<p>○ 前時に表した生命の誕生についての、「学びたいこと」を話し合い、学習問題を考える。</p> <p>話し合いから生まれた学習問題</p> <p>(紀要(1)ア①)</p> <p>1 おなかの中の赤ちゃんの成長を調べる。(へその緒、栄養など) 2 お母さんの体について調べる。(胎盤、卵子、おなかの変化など) 3 お父さんの体について調べる。(精巣、精子など) 4 生まれてきたときのことなどをインタビューして調べる。</p>	<p>○ 前時に考えていた生命誕生についての「学びたいこと」を積極的に発表している子供の意欲を認め賞賛するとともに、把握していたノートの記録をもとに意図的指名を行って、一人一人の気付きのよさを全体に広げていく。</p> <p>☆ 赤ちゃん(胎児)のこと、母親の体のこと、父親の体のことなどの観点で話題を整理しながら話し合いをコーディネートするとともに、それぞれの観点において子供の思いがよく表れている発表についてその思いのよさを認め、その思いを共有できるように励ましていく。</p>
<p>「赤ちゃんの成長について、詳しく調べよう」 「生命の神秘物語」作り サイエンストークは2/6時と4/6時の終末に行く。</p> <p>○ 「赤ちゃんの成長」「お母さんの体」「お父さんの体」「インタビューから」の4つの学習問題について、自分が追究したい順序で調べ、学習問題についての自分の考えを入れながら「生命の神秘物語」をまとめる。</p> <p>【追究活動1】(6)</p>	<p>○ 「おなかの赤ちゃんの成長」「お母さんの体」「お父さんの体」「インタビューから」の4つの学習問題について、自分が追究したい順序で調べ、学習問題についての自分の考えを入れながら「生命の神秘物語」をまとめる。</p> <p>[おなかの中の赤ちゃんの成長を調べる]</p> <p>○ へその緒が、栄養や酸素を胎児に運んでいることをまとめている調べのよさを認め、お母さんのどの部分とへその緒がつながっているか調べるよう助言する。</p> <p>○ 受精後からの胎児の大きさの変化を詳しくまとめているよさを認め、なぜ、270日もたないと赤ちゃんは生まれてこないのか自分の考えをまとめるように助言する。</p>	<p>○ 図書資料、自作テキスト、視聴覚資料など多様な資料を使うこと、医師や養護教諭、子育てをしている人へインタビューすること、妊婦体験や赤ちゃん抱っこなどの体験活動することなどの追究を、意欲的に行っている子供のよさを認め、それを「生命の神秘物語」作りに生かすように助言する。</p> <p>☆ 生命誕生への自分の思いを表し、それを友達と共有しながらより膨らましていけるように「生命の神秘」「自分の体の大切さ」「お家の人への感謝」の3つの観点を設定し、それぞれの観点から自分の思いを表現できるように助言する。</p> <p>(紀要(1)ア②)</p> <p>○ 「生命の神秘物語」を作りながら、学習問題についての自分の考えを「生命の神秘」「自分の体の大切さ」「お家の人への感謝」の3つの観点から表している子供の気付きのよさを賞賛するとともに、その思いを「サイエンストーク」で話し合えるように促す。</p>

具 体 目 標	学 習 活 動	学習活動への支援 (○) 研究との関連 (☆)
	<p>[お母さんの体の変化を調べる]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ おなかの中で赤ちゃんが確実に大きくなっていくことをまとめているよさを認め、妊婦体験や赤ちゃん抱っこなどの体験をしてその時の思いも記録するよう助言する。</li> <li>○ 羊水の中に胎児が浮かんでいるために守られているという気付きのよさを認め、生まれるころには胎児と羊水などを含め10kgぐらいの重さになることを知らせる。</li> </ul>	
	<p>[お父さんの体の変化を調べる]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 3億の精子のうち1つしか受精しないことをまとめている気付きのよさを認め、お父さんのDNAが自分たちにも受け継がれていることについて考えてみるよう助言する。</li> <li>○ お父さんは、赤ちゃんが生まれる時にあまり関係がないとまとめている子供には、生まれてきた時のお父さんの気持ちをインタビューすることを勧め、お父さんの子供に対する気持ちにもふれるようにする。</li> </ul>	
	<p>[生まれてきたと時のことなどをインタビューして調べる]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 生まれてきた時の写真などをもとに、インタビューしてきた子供のよさを認め、お家の人の自分への願いがどれほどあたたかいものか考えてみるよう助言する。</li> <li>○ 産声を初めて聞いた時の、お家の人の気持ちをインタビューしてきた気付きのよさを認め、高山先生へのインタビューと比べ、親の子供への思いの共通点を考えてみるように助言する。</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>○ サイエンストークの時間に「生命の神秘」「自分の体の大切さ」「お家の人への感謝」の3つの観点から自分の意見を友達に一生懸命話している子供のよさを認め、互いの意見で共通する話題を見つけそれについてもう一度考えてみるよう助言する。</li> </ul>
<p>「ヒトの誕生って？」 ～おもしろ科学館の時間～ サイエンストーク ○ 生命の神秘物語を読み合い、3つの観点からサイエンストークをするとともに、「ヒトの誕生って？」という問いの答えを考えまとめることができる。 【追究活動2】(1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 生命の神秘物語を読み合い、3つの観点からサイエンストークをするとともに、「ヒトの誕生って？」という問いの答えを考えまとめる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 友達の「生命の神秘物語」をじっくりと読んでいたり、グループで話し合う時のキーワードについて意見を話したりしている子供のよさを認め全員に広めていく。</li> <li>☆ 追究したことをもとにして、話し合う際には、「生命の神秘」「自分の体の大切さ」「お家の人への感謝」のキーワードに利用するとともに、自分の考えを積極的に話したり友達の意見をよく聞いたりしながら、それについての意見を付け加えることなどを助言することにより、友達と意見を共有して新しい考えや今まで気が付かなかった見方にふれられるようにして、ヒトの誕生への思いを膨らましていけるようにする。 (紀要(1) ア①②)</li> </ul>

## I 研究主題について

### 1 主題設定の理由

2006年にOECD（経済協力開発機構）のPISA調査が行われた。この調査結果の分析からわが国の児童の実態として「現象を科学的に説明すること」に課題があることが明らかになった。また、教育課程実施状況調査の結果からも「意味付けや関係付けを伴う説明活動に関する問題に於いて科学的な思考力・表現力が充分ではない」という問題点が指摘されている。

これらの課題を踏まえ、平成20年6月に告示された新小学校学習指導要領解説理科編では、新たな理科教育の方針が示されている。改訂の趣旨の中の改善の基本的方針では「科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、学年や発達段階、指導内容に応じて、例えば、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり、説明したりする学習活動、探究的な学習活動を充実する方向で改善する」という項目が挙げられている。

これらの問題点として、児童が筋道立てて思考していないため、自己の考えを論理的に説明することができないことが考えられる。児童が筋道立てて考えるべき学習の場面として、観察・実験の結果をもとに考察する学習活動がある。しかし、実際の様子やノートの記述からは、結論に知識を当てはめている児童が多く見られる。現在の社会では多くのメディアや書籍などから様々な科学知識を得ることができる。その結果、児童の知識量は豊富と言える。知識が豊富な児童ほど、結論にいき着くまでの過程を軽視し、知識に頼る傾向にある。そのため、結果からどのように考え、結論を導きだしたのか、その思考の過程が抜けてしまっていることが多い。これでは、自己の考えを論理的に説明することはできない。つまり、科学的に説明する力の中でも論理的に説明する力に課題がある。これは、観察・実験の結果や資料、既習事項をもとに筋道立てて考えることができていないためと言える。

本校の児童の実態をみると、理科に関する知識は豊富である。例えば、4年生で水の状態変化についての学習内容がある。そこでは、冷やしたビーカーを放置しておくことでビーカーに水滴が付着することから、「空気中の水蒸気は冷やされると液体の水になる」ということを学ぶ。児童は、水の状態変化についての知識をもっており、実験の記録にも「水蒸気は冷やされると液体の水になる」と結論付ける児童が多い。しかし、どうしてこのような現象が起こったのか説明を求めると、「空気中の水蒸気が冷たくなったビーカーで冷やされ、液体の水になり、それがビーカーの側面にくっついたから」と現象を順を追って説明するのではなく、「温度差があるから」「冷たいから」と断片的な答えが返ってくる児童が多い。これらのことから、知識はあるが、筋道立てて考えること、論理的に説明することに課題があると言える。

そこで、本研究では、観察・実験の結果や資料、既習事項をもとに筋道立てて考え、結論を導くことができるようにすることで、自己の考えを論理的に説明できる力の育成を目指す。ここでの「論理的」とは、筋道立てて考え、根拠を示し、それらに関係付けることと捉えた。また、「説明」とは、観察・実験の結果、資料、既習事項をもとに考えたことを、口頭や記述で表現することと捉えている。

筋道立てて考えることができるようにするために、これまでも、観察・実験の結果をもとに考察し、それを説明する活動を行ってきた。しかし、結果以外にも実験の方法が妥当であったかなど、

複数の要因を考えながら結論を導き出さなければならなかった。そのため、単純に筋道立てて考えることが難しかった。また、お互いの結論が同じであると、わざわざ結果から結論までの思考を説明する必要感がなく、知識を当てはめて終わることがあった。そこで、今回は、他の要因は考えずに、得られた情報のみから、筋道立てた結論を導けるように、共通の知識である既習事項を生かして自然事象を説明する学習活動を行う。また、変化の過程の説明が結論となるように、その過程を問う問題を扱う。そこでは、観察・実験の結果から結論とは違い、筋道立てた結論を導く必然性が出てくる。そのとき、時間とともに変化してきた自然事象を取り扱うことで、変化の過程の順が分かりやすく、筋道立てて考えやすくする。また、自然事象についての説明を記述し、思考を整理するとともに、口頭での説明し合う活動を行うことで、他者のよい表現に触れ、自分の考えをよりよく変えていけるようにする。

このように、筋道立てた結論を導くことができるようにすれば、論理的に説明することができる児童が育つと考えた。以上のことから、研究主題「論理的に説明する力を育成する指導の工夫」を設定した。

## 2 教科の主題とのかかわり

本校理科部では「目の前の自然に主体的にかかわり、問題解決における資質・能力を育成する指導の工夫」という研究主題のもと①問題解決の能力の育成と科学的な見方や考え方を養う②科学的な思考力・表現力の育成を図る③理科学習の有用性を実感させる、を柱に研究を進めている。

本研究では、観察・実験の結果や資料、既習事項をもとに筋道立てて結論を導くことができるようにすることで、自己の考えを論理的に説明することができる力の育成を目指す。理科の学習活動において、考えを説明し合う活動は、他者の意見に触れ、自己の考えをより妥当なものに変えていくことができる一つの手だてと言える。そのためには、自己の考えを相手に伝えることが重要である。観察・実験の結果や資料、既習事項をもとに筋道立てた結論を導くことで、論理的に説明できるようにし、自己の考えを相手に伝えることができるようにする。これは、考えを相手に伝える重要なスキルであると言える。以上のことは、本校理科部の研究の柱の①科学的な見方や考え方を養う②科学的な思考力、表現力の育成に合致するものと考えられる。

## 3 主題にせまるための方策

研究主題にせまるため、次のような研究の視点と手だてを考え、実践を通して検証を試みる。

### 視 点

筋道立てた結論を導き出せるようにすることで、論理的に説明できるようにする。

〈手だて〉

- (1) 既習事項を生かして自然事象を説明する活動を設定することで、筋道立てた結論を導き出せるようにする。
  - ① 自然事象の変化の過程を問うことにより、必然的に自然事象を説明する活動を設定する。
  - ② 児童が必要なときに既習事項を確認できる掲示をすることにより、既習事項を生かして、自然事象を説明する活動ができるようにする。
- (2) 自然事象の変化の順序を明確にすることで、筋道立てた結論を導き出せるようにする。
  - ① 時間とともに変化してきた自然事象を問題として取り扱うことで、事象の変化の順序が明確になるようにする。
  - ② 自然事象の変化を場面ごとに図に表現することで、事象の変化の順序が明確になるようにする。
- (3) お互いの考えを説明し、質問し合い、考えを修正することで、筋道立てた結論を導き出せるよ

うにする。

- ① 順序性を備えた他者の考えのよさを、自己の表現に加筆することで、自己の考えを修正できるようにする。
- ② グループごとの結論を掲示する場をつくり、意欲を高めることで、グループとして考えを修正できるようにする。

検証方法

- ・授業中の児童の学習の様子、ワークシートの記述

## II 授業の計画

第5学年3組 理科学習指導案（5年3組教室）

### 1 単元名 流れる水のはたらき

#### 2 単元について

- (1) 本学級の児童は、これまでの「天気と気温の変化」の学習では、気象衛星の雲画像などの資料を集め、観測した天気や気温と資料とを関係づけながら、天気の変化のきまりや、1日の気温の変化と天気の関係について調べてきた。そこでは、結果をグラフや表に整理すること、結果と分かったことを区別して考えることを中心に学習を進めてきた。また「植物の発芽と成長」では、条件を制御しながら、種子が発芽するために必要なものについて確かめる実験方法を考える学習活動を行ってきた。その際、自分たちの結果をもとに結論付けることを意識して学習に取り組んできている。しかし、この実験では、十分に条件を制御できず、グループごとに異なる実験結果が得られた。その際、「すべての条件下で発芽しなかったので、それ以外に他の原因があると思う。」「水をしっかりとやることができていなかったため、わからない。」などと結果をもとに考察を記述する児童が見られた。その反面「この実験は失敗だった。本当は空気、水、適温が必要」と知識を当てはめて、記述している児童も見られる。
- (2) ここでは、地面を流れる水や川の働きについて興味・関心をもって追究する活動を通して、流水の働きと土地の変化の関係について条件を制御して調べる能力を育てるとともに、それらについて知識の理解を図り、流水の働きと土地の変化の関係についての見方や考え方をもちことができるようにすることがねらいである。
- (3) 展開に当たっては、第一次「流れる水のはたらきを調べよう」では、川が増水する前と後の写真を比較し、その違いから土地の様子が変わったのは、流れる水の力によるものであると考え、流れる水には、どのようなはたらきがあるのかを予想する。流水実験を行い、徐々に地形が変化していく様子から、流れる水には侵食、運搬、堆積作用があることをまとめる。また、大雨の時を想起させ、流す水の量、水の速さを変えたときに三つの作用はどのように変化するかにも目を向け、実験を行う。その際、水の量や斜面の角度などの条件に目を向けさせ、条件の制御を意識しながら実験を行うようにする。

第二次「川の水はどのように土地を変化させるのだろうか」では、川が蛇行している様子から長期的に川がどのように土地を変化させるのかを実験により確かめる。そして、実際の川の画像資料から、どのように流れが変わったのかについてこれまでの学習をもとに類推する。次に大水が来たときの映像を見る中で、大雨の時はどのような被害が出るのかについて考え、災害に対する予防策を考える。これらの学習では、第一次に学習した流れる水の三つの作用をもとに結論を導き出すようにし、実験による結論と自然事象とを関係付けながら学習を進めていく。

第三次「川を観察しよう」では、これまで学習した内容を実際の川で調べ、流れる水のはたらきを体感することで、流水実験の結果と実際の川の流れや川原のでき方を関係付けて考え、より実感を伴った理解につなげるようにしていく。

- (4) 本時では、流れる水のはたらきによりできた三日月湖の写真を提示し、「三日月湖はどのようにできたのだろう」という問題を扱う。三日月湖ができる過程を考えることで、その変化を説明する必然性を持ち、既習事項を生かしながら結論を導くことができるようにする。その際、順番を明確にしやすいように川がどのように変化したのかを、まず、図で表現してから言葉で説明するワークシートを用いる。順番を意識することで筋道立てた結論を導けるようにする。その後、グループ内でお互いの考えを説明し合う。納得のいかないところや説明が不十分な部分は、質問し合い、より筋道立てた結論になるように自己の考えを見直していく。最後にグループごとに三日月湖のでき方をまとめ、結論を導く。
- (5) この学習は、第6学年「B(4)土地のつくりと変化」、中学校第2分野「(2)ア火山と地震」、「(2)イ地層の重なりと過去の様子」の学習に発展する。

### 3 単元の目標

増水による災害の様子や流れる水が土地の様子を変えることに興味をもち、地面などに水を流して調べる。そして、実験結果をもとに川とその周りの土地の样子の資料や実際の川などを調べて、流れる水には、土地をけずったり、石や土を流したり積もらせたりするはたらきがあること、流れる水の速さや水量が変わると土地の様子が大きく変化することをとらえることができるようにする。

### 4 単元の評価規準

	自然事象への 関心・意欲・態度	科学的な思考	観察・実験の 技能・表現	自然事象についての 知識・理解
評価規準	流水の変化を自然災害などに関係付けながら意欲的に追究し、自然の力の大きさを感じるとともに、見いだしたきまりを生活に当てはめてみようとする。	流水の変化とその要因との関係について問題を見だし、条件に着目して計画的に追究し、量的変化や時間的变化をとらえ、問題を解決する。	問題解決に適した方法を工夫して流水の変化を観察や実験し、その過程や結果を的確に表す。	流水の働きには規則性があることなどを理解している。
具体の評価規準	ア 増水による災害の様子から流れる水のはたらきに興味をもち、川の水のはたらきと川の様子との関係について進んで調べようとする。 イ 実験からわかった流れる水のはたらきが、実際の川にもあてはまるかというこ	ア 実験結果をもとに地面を流れる水のはたらきを流れの速さや水量と関係づけて説明することができる。 イ 川や川岸に見られる地形や石の様子、増水による川原の変化について流れる水のはたらきと関係づ	ア 地面に水を流し、水量のちがいや流れる場所に着目しながら地面の変化のようすを観察し、結果を記録することができる。 イ 川原やがけができているところのようすや曲流部の外側と内側の流れの速さの	ア 流れる水には土地を侵食したり、石や土などを運搬したり堆積させたりするはたらきがあることを理解している。 イ 流れる水のはたらきは、水の速さや水量によって変わることを理解している。 ウ 雨の降りかたによ

とに興味をもち、写真資料や経験をもとに進んで調べたり発表したりしている。	けて推論することができる。 ウ 災害を防ぐための工夫などについて、流れる水のはたらきと関係づけて推論することができる。	違い、災害を防ぐための工夫などを観察して記録し、発表することができる。	って流れる水の速さや水量が変わり、川原や川岸の様子に変化する場合があることを理解している。 エ 川原の上流と下流によって川原の石の大きさや形に違いがあることを理解している。
--------------------------------------	--	-------------------------------------	---

### 5 単元の指導計画(14時間扱い)

次 時	学 習 活 動	評価の観点・方法
第一 次	1 ・ 2枚の川の写真を見比べ、大雨の前後の変化と流れる水とのかかわりについて話し合う。 2 ・ 流れる水のはたらきについて予想を立て、実験方法を考える。 3 ・ 流水実験を行い、流れる水により土が侵食、運搬、堆積される様子を観察する。 4 ・ 実験の結果をもとに分かったことを記述し、流れる水の三つの作用についてまとめる。 ・ 大水の川の写真から、水の量が多くなったとき、三つの作用は変化するかを予想する。 ・ 水の量を変えて流水実験を行い、水量や流れの速さによってその三つの作用の大きさが変化する様子を観察する。 ・ 流れる水のはたらきについてまとめる。	関意態ア 増水による災害の様子から流れる水のはたらきに興味をもち、川の水のはたらきと川の様子との関係について進んで調べようとする。 [発言・記録] 技表ア 地面に水を流し、水量のちがいや流れる場所に着目しながら地面の変化の様子を観察し、結果を記録することができる。 [行動観察・記録] 知理ア 流れる水には土地を侵食したり、石や土などを運搬したり堆積させたりするはたらきがあることを理解している。 [発言・記録] 思考ア 実験結果をもとに地面を流れる水のはたらきを流れの速さや水量と関係づけて説明することができる。 [発言・記録] 知理イ 流れる水のはたらきは、水の速さや水量によって変わることを理解している。 [発言・記録]
第二 次	5 ・ 川が蛇行して流れている様子から、川は土地をどのように変化させるのかについて話し合い、予想を立てる。 ⑥ 本時 ・ 流水実験を行い、川が徐々に蛇行していく様子、水量を多くするとまっすぐに流れようとする様子を観察し、結果、分かったことを記述する。 7	関意態イ 実験からわかった流れる水のはたらきが、実際の川にもあてはまるかということに興味をもち、写真資料や経験をもとに進んで調べたり発表したりしている。 [行動観察・発言・記録] 思考イ 川や川岸に見られる地形や石の様子、増水による川原の変化について流れ

8	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長い時間をかけて、徐々に川は蛇行していくことや鉄砲水により流れが変化することをまとめる。</li> <li>・「三日月湖」の写真を見て、その地形がどのようにできたのかについて問題をつくる。</li> <li>・これまでの学習をもとに、三日月湖のできかたについて、考え、グループ内で説明し合う。</li> <li>・学級全体で三日月湖のでき方について話し合い、まとめる。</li> <li>・大雨が降った時の川の様子を示す資料を見て、どのような被害が出るのかについて話し合う。</li> <li>・川の災害を防ぐための工夫について調べる。</li> <li>・流れる水のはたらきをもとに、増水した時にどのようなところに被害が出やすいのか、また、対策はどうしたらよいかを説明しあう。</li> </ul>	<p>る水のはたらきと関係づけて推論することができる。 [発言・記録]</p> <p>思考ウ 災害を防ぐための工夫などについて、流れる水のはたらきと関係づけて推論することができる。 [発言・記録]</p> <p>知理イ 流れる水のはたらきは、水の速さや水量によって変わることを理解している。 [発言・記録]</p> <p>知理ウ 雨の降りかたによって流れる水の速さや水量が変わり、川原や川岸の様子が変化する場合があることを理解している。 [発言・記録]</p>
<p>第 9</p> <p>次 10</p> <p>11</p> <p>12</p> <p>13</p> <p>14</p>	<p>【理科現地学習】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実際の川や川原の様子をスケッチして、流水実験のときの様子と似ているかどうか調べる。</li> <li>・カーブの内側と外側の川岸の様子、水の流れの速さ、川底の深さの様子の違いを調べる。</li> <li>・水をせき止めて水の力を体感する。</li> <li>・川原の石の大きさや形を調べる。</li> </ul>	<p>関意態イ 実験からわかった流れる水のはたらきが、実際の川にもあてはまるかということに興味をもち、写真資料や経験をもとに進んで調べたり発表したりしている。 [発言・行動観察]</p> <p>技表イ 川原やがけができているところの様子や曲流部の外側と内側の流れの速さの違い、災害を防ぐための工夫などを観察して記録し、発表することができる。 [行動観察・記録]</p> <p>知理エ 川原の上流と下流によって川原の石の大きさや形に違いがあることを理解している。 [行動観察・記録]</p>

## 6 本時の学習指導(第二次 2/4時)


### (1) 目標

[科学的な思考] 川や川岸に見られる地形や石の様子、増水による川原の変化について流れる水のはたらきと関係づけて推論することができる。

### (2) 前時までの活動

流水実験から、川はカーブの外側では侵食作用、内側では堆積作用が働くことによって、徐々に蛇行をしていくこと、大雨の際は鉄砲水が発生し、流れが直線に変化することをまとめた。



学習活動	児童の活動と教師の支援	留意点・評価の観点	時間
1 これまでの学習内容を振りかえる。	T <sub>1</sub> これまでの学習でどのようなことが分かりましたか。 ※手だて(1)－②	○掲示物を示しながら学習を進め、既習事項を思い出すときに使えるようにする。	5'
<p>《これまでの既習事項》</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・流れる水には侵食、運搬、堆積作用がある。</li> <li>・カーブでは流れる水の速さが速い外側で侵食作用が大きくなり、流れの緩やかな内側では堆積作用が大きくなる。</li> <li>・水の量が増すと、侵食作用や運搬作用が大きくなる。また、鉄砲水が発生しやすい。</li> <li>・まっすぐに流れている部分では、真ん中の方が流れが速い。</li> <li>・時間をかけて川は徐々に蛇行していく。しかし、洪水が起こると、流れは直線的に変化する。</li> </ul>			
2 三日月湖の写真と地図を見て、問題をつくる。	T <sub>2</sub> これは三日月湖です。形やある場所などで気づいたことはありますか。 ・バナナのような形をしている。 ・川の周りにいくつもある ・もともとは川だったのかもしれない。 ※手だて(1)－①、手だて(2)－①	○一人一人に写真を配り、地形を観察できるようにする。 ○三日月湖の位置を色を付けて示しておき、川の流れて沿ってあることに気づくようにする。	
			
3 三日月湖がどのようにしてできたのか、全体で話し合い、見通しをもつ。	T <sub>3</sub> 三日月湖はどのようにしてできたのだと思いますか。 ・カーブしてた部分が残されたのだろう。 ・洪水があって、川の流れがまっすぐになったのではないか。 ◆流水の働き以外の考えに向かわないよう、元々は川であったことを全体で確認する。	○川がふさがって湖ができたということをおさえ、流水のはたらきによりできた地形であることを確認する。	5'
4 自分の考えをワークシートに書く。	T <sub>4</sub> これまでの学習をもとに、どのようにしてできたのか、自分の考えをワークシートに記入しましょう。その後、グループ内で考えを説明し合い、グループごとに結論を出し	○根拠を示したり、順序立てて説明できているものがより分かりやすいことをおさえる。	10'

三日月湖はどのようにしてできたのだろう。

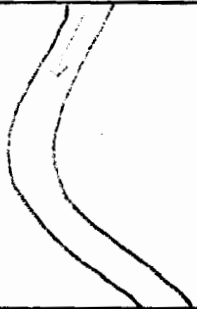

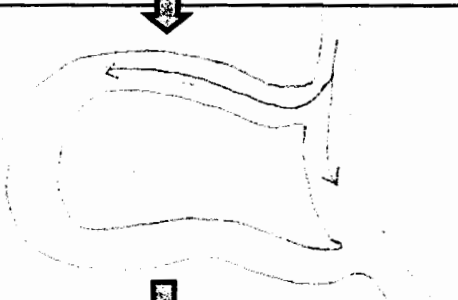
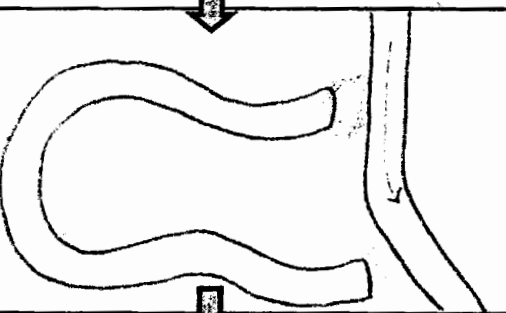


チーム( )

問題

三日月湖はどのようにしてできたのだろうか？

○三日月湖のでき方を説明しましょう。

<p>①</p> 	<p>まず大雨が降ると水の流れる速くなる。そうすると水の流れる速いカーブの外側がけすれる。</p>
<p>②</p> 	<p>そうすると、どんどんカーブの外側がけすれてきて、カーブが急になる。</p>
<p>③</p> 	<p>だんだん時間がたつにつれてカーブが急になってくる。すると、カーブの道より水はま、すぐの道のほうが通りやすいから、すぐの道ができてくる。</p>
<p>④</p> 	<p>と、カーブの道を水が通らなくなってきた。ま、すぐの道だけに水が通るようになる。すると、水が通らなくなったカーブの道に土や石などがたまって、たい積作用。このような形の湖ができる。</p>



## 第5学年 理科学習指導案

平成21年6月30日(火)  
第5学年2組(31名)  
指導者 土田 美栄子

1 題材名 生活を支える磁石

2 目 標 身の回りのいろいろなところで磁石が応用されていることを知り、理科の学習と日常生活との結びつきに気づくことができる。(関心・意欲・態度)

3 研究主題について

(1) 研究主題

「理科教育における科学技術の有用性を伝える授業の開発」 ～「磁石」を題材として～

(2) ねらい

ア 小学校理科で扱われる原理・現象が、どのように応用され、役立っているのか、その有用性を伝える授業を組み立てる。

イ 日本の科学技術のすばらしさやものづくりの匠のことを伝える授業を組み立てる。

(3) 主題設定の理由

初めて理科の学習に出会った子供たち(3年生)は、「理科が好き」と答える子が多い。それは学年が上がっても、それほど変わらないと感じている。

しかし「理科は嫌い」と答える子がいるのも事実である。それは何故か。それは、観察や実習、実験といった「作業・活動」は好きだが、実験の条件の統一、実験結果の考察といった「科学的な思考」が苦手なためである。

子どもの「理科離れ」が叫ばれているが、世界の最先端の技術は日本の技術者たちが生み出したものであるし、それは科学の分野に限らず、医療、工業、産業等、様々な分野にわたる。科学技術の発展は目覚ましく、ますます理科学習の必要性が増してくると考えられる。未来を担う子供たちに、もっと理科学習の楽しさ、事象・現象の不思議さを感じさせるとともに、科学技術の有用性を伝えたいと考え、本課題を設定した。

(4) 「磁石」を取り上げる理由

副主題を『「磁石」を題材として』としたのは、以下の3つの理由による。

ア 身の回りのいろいろなところで応用されている

イ 様々な産業に欠かせないものとなっている

ウ 日本人の功績が大きい

なお、ここでの「磁石」とは、磁石そのものだけではなく、電磁石を含めた広い意味での「磁石」を指す。

<アについて>

身の回りには、磁石を応用した様々なものがあり、それ無しには日常生活が成り立たなくなっている。

- ・クレジットカード, Suica
- ・スピーカー
- ・IHクッキングヒーター
- ・電子レンジ
- ・テレビ
- ・磁気ネックレス
- ・MRI(磁気共鳴イメージング)
- ・リニアモーターカー
- ・コンピュータ
- ・ビデオカメラ
- ・魚群探知機
- ・携帯電話
- ・モーター
- ・電話機
- ・エレベーターのセンサー
- ・エアコン
- ・自動車
- ・ロボット
- ・電気自動車
- ・ハイブリッドカー
- ・洗濯機
- ・鉄道
- ・航空機
- ・デジタルカメラ
- ・オーディオ
- ・電動鉛筆削り
- ・コピー機
- ・FAX
- など

<イについて>

工業分野はもちろん，宇宙開発，電波，医療，農林水産業，電気事業など，広い分野で磁石を応用した機械や技術が使われている。

<ウについて>

磁石開発の歴史における日本人の功績は，以下のとおりである。

1917年 本多光太郎 KS 鋼 (コバルト・鉄) …世界最初の合金磁性体，当時世界最強

1930年 加藤与五郎，武井武 OP 磁石 (オキサイト・パウダー) …フェライト磁石の原型

1932年 三島徳七 MK 鋼 (アルミニウム・ニッケル・鉄) …アルニコ磁石に発展

1934年 本多光太郎 NKS 鋼 (コバルト・チタン・アルミニウム・ニッケル・鉄)

1983年 佐川真人 ネオジム磁石 (ネジウム・鉄・ホ素) …現在世界最強

磁石の研究において日本は，今現在も世界でトップクラスの研究を続けている。

- 4 評価 身の回りに利用されている「磁石」に気付き，そのよさを感じているかどうかを，ワークシートや事後アンケートなどによって評価する。 (関心・意欲・態度)

- 5 展開 (別紙)

5 展 開

学 習 活 動	教 師 の 支 援 ・ 留 意 事 項
1 身の回りに使われている「モーター」の存在に気づく。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・事前に、ドライヤーなどの電化製品を分解して、中の様子が見えるようにして展示しておき、それらの作りに目を向けさせておく。本時では、それらを見てどんなことに気づいたか話し合うことで、「モーター」の存在に気づかせる。</li> </ul>
2 「モーター」が使われているものには、どんなものがあるかを知る。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「モーターは電気の力を回転する力に変える働きをする」ことを押さえる。</li> </ul>
3 「クリップモーター」を作る。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・身の回りの「モーター」が使われているものの写真を黒板に貼る。いろいろなものに使われていることが実感できるように数多く貼る。</li> </ul>
3 「クリップモーター」を作る。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「モーター」の材料が子どもから出ない場合には、「モーター」を分解して見せる。中から、コイル、磁石が出てくる。「モーター」はコイル、磁石、電気（電池）で作れることを知らせる。</li> <li>・いろいろなコイルモーターがあることを見せ、興味をもたせる。その中で今回は、「クリップモーター」を作ることを知らせる。</li> <li>・コイルとクリップ、磁石、電池を組み立てさせる。時間を短縮するために、事前にコイルとクリップを加工しておく。</li> <li>・「モーター」作りをする中で、どんな話をしているのか、子どもの言葉を拾っておく。特に「速く回そう」と「工夫している子」や「速く回す競争」をしている子をチェックしておく。その中で、モーターの性能に目を向けさせる。</li> </ul>
4 「モーター」に使われている「磁石」に目を向け、「磁石」の役割を考える。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モーターの性能が、磁石に関係しているのではないかという考えが出てくることを期待したい。</li> <li>・小さくて強い磁石を使ったクリップモーターを提示し、自分たちのものと比べさせ、磁石に目を向けさせる。</li> <li>・磁石の種類と強さについて知らせる。磁石の材料については、質問が出たら答える。</li> <li>・磁石にクリップがどれだけつくかなど、具体的に目に見える方法で提示していく。</li> <li>・磁石開発における日本人の功績を伝える。</li> </ul>
5 「磁石」の役割と日常生活との結びつきに気づく。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・なぜ強力な磁石を開発する必要があるのか考えさせ、磁石と科学技術との関連を考えさせる。意見が出ないことも予想される。</li> <li>・「モーター」に強い磁石を使うと、電化製品はどうなるのか考えさせ、便利になるだろうと予想させる。</li> <li>・磁石が強くなると、「モーター」が小型化できることを知らせる。その例として、携帯電話のバイブレーション機能を提示する。</li> <li>・「モーター」には必ず磁石が使われていることや、「モーター」以外にも磁石はいろいろなところで使われていることを知らせ、理科の学習と日常生活との関連を図る。</li> </ul>

# 生活を支える



5 年 組 名 前 \_\_\_\_\_

## ◇◇ モーターってなあに？ ◇◇

モーターとは  の 力 を  の 力 に変えるもの

## ◇◇ モーターはこんなところで活躍かつやくしています！！ ◇◇

『へえ！』 『そうなんだ！！』 『すごい！！！！』

## ◇◇ つくってみよう！！ ◇◇

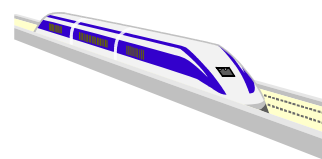
モーターは  と  でできている



## ◇◇ 世界最強！？ ◇◇

世界最強の  を開発したのは

◇◇分かったこと、気づいたこと、思ったこと、もっと知りたいこと◇◇



# 理科学習指導案

日時 平成 22 年 1 月 18 日(月)4 校時  
 場所 小学校理科室 (6 年 2 組)  
 授業者 酒井 立人

## 1. 単元名 わたしたちのくらしと電気

## 2. 単元について

本時は、学習指導要領の「A 物質・エネルギー (4) 電気の利用」に基づく内容である。生活に見られる電気の利用について興味・関心をもって追究する活動を通して、電気の性質や働きについて推論する能力を育てるとともに、それらについての理解を図り、電気はつくったり蓄えたり変換したりできるという見方や考え方をもちことができるようにすることがねらいである。

## 3. 本時の目標

豆電球の数と手回し発電機の回し方や電流の強さとの関係を調べることを通して、豆電球の数が増やすほど手回し発電機を速く回すことが必要になり、作り出す電流の強さが強くなることを捉えることができる。

## 4. 評価規準

[科学的な思考]

明かりをつける豆電球の数と手回し発電機の回し方や電流の強さとを関係付ける。

過程のねらい	学習活動	留意点
1. 豆電球の数を变えて明かりをつけると、手回し発電機の回し方や電流の強さがどのように変わるのかに問題をもつ。	1. 豆電球の数を变えて明かりをつける事象を見て、手回し発電機の回し方や電流の強さがどのように変わるのかを考える。 <b>課題</b> 豆電球の数を变えて明かりをつけるとき、手回し発電機の回し方や電流の強さは、どのように変化するだろうか。	・家庭で電気器具を使うときも並列つなぎであることを話し、生活とつなげる。 ・導線は予めつないでおき、豆電球をソケットにはめると電流が流れるようにする。
2. 豆電球の数と、手回し発電機の回し方や電流の強さの関係を予想する。	2. 豆電球の数を变えて明かりをつけるとき、手回し発電機の回し方や電流の強さがどのように変わるのか予想を交流する。	・手回し発電機の手応えの変化を捉えることができるように、回す人を固定して実験する。
3. 豆電球の数を变えて、手回し発電機の回し方や電流の強さの関係を調べる。	3. 豆電球の数を变えて、手回し発電機の回し方や電流の強さの変化を調べる。 ・豆電球の数を増やすと、速く回さないで明かりがつかないね。電流の強さは強くなっているね。 ・もっと豆電球を増やすと、もっと速く回さないで明かりがつかないと思うよ。	・班の結果をグラフ用紙にシールで貼るようになる。
4. 豆電球の数と手回し発電機の回し方や電流の強さの関係について他の班の結果からも考察し結論付ける。	4. 豆電球の数と手回し発電機の回し方や電流の強さの関係について考察したことを話し合い、結論を導き出す。 ・豆電球の数と電流の強さの関係を他の班と比べると、電流の強さが違う。 ・全部の班の結果をみると、豆電球を増やすと電流の強さが強くなるといえそうだ。	・他の班の結果も合わせてみて結論を導き出すように方向付ける。
5. 手回し発電機を水道の水の力で回す事象や水力発電所の写真を見て、人が回す代わりに自然のエネルギーを使い、たくさんの電流をつくり出していることを考える。	5. 手回し発電機を水道の水の力で回す事象や水力発電所の写真を見て、たくさんの電流を使うために、自然のエネルギーを使ってたくさんの電流をつくり出していることを考える。 ・たくさんの電流をつくり出すために、とても大きな自然の力を利用しているんだね。	・水道の水の力で明かりを付けるには、実験で使用した豆電球を光らせるほど電圧が生じないので、LED ランプ（豆球型）を使用する。 ・水力発電所の仕組みが分かりやすい写真のみ用いる。



# 1年4組 理科学習活動案

日時：平成21年12月16日(水) 第5校時14:00~14:50  
場所：中学校 第2理科室  
指導者：山田 貴之

## 1 単元名 「身の回りの物質 (水溶液の性質)」

### 2 研究の立場

#### (1) 教材のとらえ

「熱い紅茶には、角砂糖が何個溶けるのだろうか？」これは、私が小学1年生の頃、疑問に思ったことである。そして、自分で確かめてみた最初の化学実験でもある。紅茶に入れた角砂糖は、見る見るうちに溶け始め、やがて何も見えなくなった。そして、1つまた1つと角砂糖を入れていった。立方体の角砂糖は、角から崩れていき、どんどん小さくなっていく。

私は、この様子をいつまでも食い入るように見ていた。やがて、7目の角砂糖からなかなか溶けなくなってきた。しばらくすると、コーヒーカップの底に白い粉の沈殿が見え始めた。私は、それが砂糖であることを知ると、溶けたものが形を変えて再び現れてくるという不思議な現象に心を惹き付けられた。その時の驚きと不思議さを今でも鮮明に覚えている。

この「溶ける」という現象には、生徒の興味を惹き付けるものがある。その1つとして「溶けた物質が見えなくなる」ことが挙げられる。この「見えない」というブラックボックスが、生徒たちの知的好奇心を揺さぶり、学習への強い興味を引き出すと考える。しかし、逆に「見えない」ことが、生徒にとって「溶ける」ということの理解を困難にさせている原因にもなっている。

そこで、本単元の導入では、食塩や砂糖などが溶ける様子をじっくり観察する活動を位置付ける。そして、そこから沸き起こる「どれだけでも溶けるのか」「溶けたものを再び取り出すことができるのか」といった疑問を追究していく活動を通して、「見えない」ブラックボックスを少しずつ解明していきたい。また、酸とアルカリの中和については、酸性、アルカリ性の水溶液に指示薬や金属を加え、混合したときの色の変化や気体の出方などから、混合すると中和して互いの性質が打ち消されて中性に近づくこと、及び塩が生成することを学習する。このとき、目に見えない小さな粒についての考えを深め、微視的な見方や考え方の素地を養っていきたい。

#### (2) 本校の研究主題に関わって

##### ①生徒の学習意欲を喚起する教材の工夫について

粒子概念を形成するために、塩化水素と水酸化ナトリウム粒子モデルで考察する場を位置付け、微視的な見方や考え方の素地を養っていきけるようにする。また、塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加えていき、「酸性→中性→アルカリ性」と連続的に変化していく様子を捉えられるように、pHメーターとBTB溶液を活用する。

## ②本時の課題化と学び合いの組織化について

本時の導入では、「塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせていくと、液性(BTB溶液とpHメーターの数値)は、どのように変化するか」という共通の疑問から、課題を生み出す。そこで、目的意識を明確にもつことができる場を位置付け、自分なりの予想をもち、その予想を検証していくことができるようにしたい。そのための具体的方法として、予想をもつ場では、今までの学習(特に、酸性とアルカリ性の水溶液の性質)を想起できるように助言を行う。実験の場では、明確になった結果とそうでないことを浮き彫りにしたり、科学的な追究であるかを振り返ったりすることができるように、学習の方向付けや顕在化の助言を行っていく。

さらに、自分が見出した実験結果を仲間と交流し合うことで、自分の追究の妥当性を吟味したり、より確かな結論を導き出したりしていきけるようにする。この時、交流する場として「実験・考察の時の自由交流」と「全体交流」の2つを位置付け、できる限り科学的(実証的・客観的・再現的)なデータを収集することができるようにしたい。

そして、自分の予想に立ち返った振り返りと科学的な視点での自己評価を位置付けることで、より美感を伴った理解ができるようにする。

## 3 単元の目標

身の回りの物質についての観察、実験を通して、固体や液体、気体の性質、物質の状態変化について実生活と関連付けて理解するとともに、さまざまな物質の性質や変化の調べ方の基礎を身に付け、物質についての巨視的な見方や考え方ができる。

## 4 指導計画(全25時間)

第1次：身の回りの物質とその性質(第1~6時)

第2次：気体の性質(第7~11時)

第3次：物体のすがたと状態変化(第12~16時)

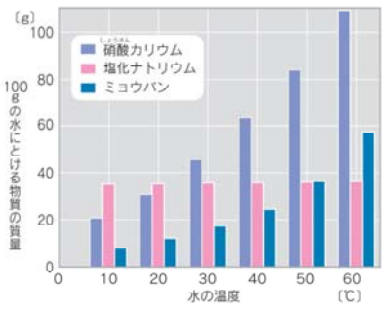
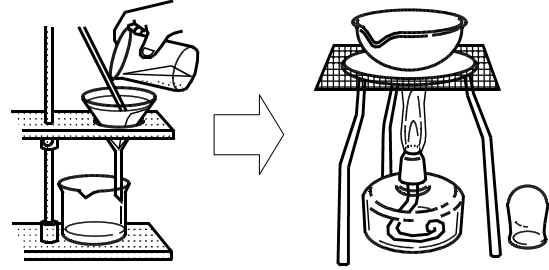
第4次：水溶液の性質(第17~25時)

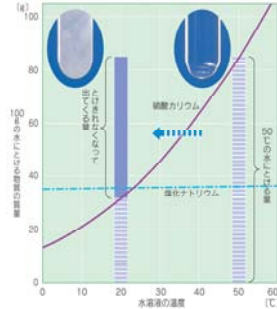

## 5 本時のねらい(第24時)

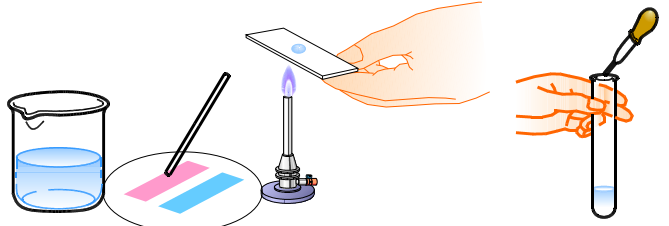
塩酸(5.0 cm<sup>3</sup>)に水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ(1.0 cm<sup>3</sup>)加えていく実験を通して、指示薬(BTB溶液)の色とpHメーターの数値の変化に着目し、酸とアルカリを混合すると、互いの性質が打ち消されることを粒子モデルを用いて説明することができる。

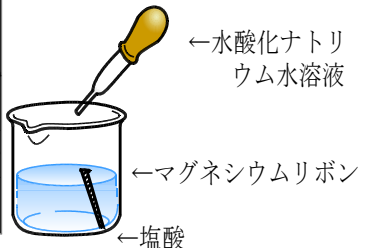
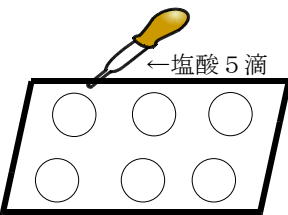
## 6 本時の展開

学 習 活 動	研究の具体的方 途	留 意 点												
<p>①<b>事象提示</b>を見る。(塩酸と水酸化ナトリウム水溶液のB T B溶液の色やp Hメーターの数値を確認する)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>塩酸は黄色で、p Hは約「2」だから酸性だ。</li> <li>水酸化ナトリウム水溶液をどんどん加えていくと、液性がどう変化するのか調べてみたい。</li> </ul> <p>酸とアルカリを混ぜ合わせると、液性がどう変化するのかという共通の疑問</p> <p>【課題】 塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせていくと、液性はどのように変化するのだろうか。</p> <p>②<b>目的意識を明確</b>にもつ。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>p HメーターとB T B溶液を活用すると、液性の連続的な変化を調べることができそうだ。</li> </ul> <p>③<b>塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を混ぜて、B T B溶液やp Hメーターの変化を調べる実験</b>を行う。</p> <p>④<b>結果を交流</b>する。</p> <table border="1" data-bbox="715 336 869 1070"> <tr> <td>酸の性質が失われていく</td> <td>中性に近づくと</td> <td>アルカリの性質が強くなっていく</td> </tr> <tr> <td>B T B溶液が黄緑色に変化した時、p Hメーターが「2～6」まで変化するという事実から酸の性質が失われている。</td> <td>塩酸と水酸化ナトリウム水溶液が同量の時、緑色と「7」を示し、中性となる。</td> <td>中性を超えると、青色になったり「8～12」まで変化したたりするから、アルカリの性質が強くなっている。</td> </tr> </table> <p>B T B溶液の色やp Hメーターの数値から、液性が変化したという共通の事実</p> <p>⑤<b>考察を交流</b>する。</p> <table border="1" data-bbox="933 336 1189 1070"> <tr> <td>塩酸に含まれる酸の粒に、水酸化ナトリウム水溶液に含まれるアルカリの粒が混ざると、互いの性質が打ち消されるんだ。</td> <td>そう言えば、酸に刺された時、キンカンを塗るのは、酸とアルカリを打ち消し合っているからなんだ。</td> <td>お互いの性質を打ち消し合った後の酸やアルカリの粒は、一体何なのだろうか？調べてみたいな・・・。</td> </tr> <tr> <td>粒子モデルの活用</td> <td>日常生活に立ち返って</td> <td>学習課題の連続性</td> </tr> </table> <p>⑥<b>終末の事象提示</b>を見て、再<b>追究</b>する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>吾妻川とその支流である湯川の水を提示する。(湯川に生物は生息しないが、吾妻川には生息する事実)</li> <li>〇2種類の水の液性をp HメーターとB T B溶液を活用して調べる。</li> <li>〇酸性の湯川を中和することで、吾妻川を中性にしている事実を確認する。</li> </ul> <p>⑦<b>本時のまとめ</b>をする。</p> <p>塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせると、お互いの性質が打ち消されることが分かった。酸とアルカリの粒子モデルを用いて考えれば、液性が変化する理由を説明することができる。</p>	酸の性質が失われていく	中性に近づくと	アルカリの性質が強くなっていく	B T B溶液が黄緑色に変化した時、p Hメーターが「2～6」まで変化するという事実から酸の性質が失われている。	塩酸と水酸化ナトリウム水溶液が同量の時、緑色と「7」を示し、中性となる。	中性を超えると、青色になったり「8～12」まで変化したたりするから、アルカリの性質が強くなっている。	塩酸に含まれる酸の粒に、水酸化ナトリウム水溶液に含まれるアルカリの粒が混ざると、互いの性質が打ち消されるんだ。	そう言えば、酸に刺された時、キンカンを塗るのは、酸とアルカリを打ち消し合っているからなんだ。	お互いの性質を打ち消し合った後の酸やアルカリの粒は、一体何なのだろうか？調べてみたいな・・・。	粒子モデルの活用	日常生活に立ち返って	学習課題の連続性	<p>【生徒の学習意欲を喚起する教材の工夫について】</p> <p>③p HメーターとB T B溶液を活用することで、「酸性→中性→アルカリ性」という連続的な変化を捉えられるように机間指導する。</p> <p>③溶質の存在やその働きに気付き、目に見えない小さな粒(粒子)についての概念を形成するために、微視的な見方や考え方を重視し、粒子モデルを活用して考察できるように机間指導する。</p> <p>⑥本時の学習内容が日常生活で活用されていることを実感できるように、群馬県吾妻川の中和事業を紹介する。</p> <p>【本時の課題化と学び合いの組織化について】</p> <p>①「塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加えていくと、液性がどう変化するか」ということを共通の疑問として位置付け、本時の課題化を図る。</p> <p>②前時の学習から、水溶液の性質を調べるためにB T B溶液やp Hメーターを用いることを引き出し、その実験結果の見通しを明確にすることで、目的意識をもった追究ができるように助言する。</p> <p>②自分なりの予想をもつことができた生徒には、「どうしてそう考えるのか」を尋ね、根拠を明確にもてるように助言する。</p> <p>③B T B溶液の変化とp Hメーターの数値を関連付けながら考えることができるように、次のような視点で机間指導する。</p> <p>ア：「p Hメーターの数値から、酸性かアルカリ性のどちらになっているのだろうか」</p> <p>イ：「B T B溶液の色の変化とp Hメーターの数値の変化を関連付けて考えると、どんなことが言えるか」</p> <p>ウ：「B T B溶液が、すぐ黄色に変化した時、青色になったりするのなぜだろうか」</p> <p>エ：「水溶液中の様子を、モデルで考えてみよう」</p> <p>オ：「身の回りのことに置き換えて考えてみよう」</p> <p>③基礎的、基本的な知識や技能の確かな習得を図るために実験グループを少人数化する。(学習集団の工夫)</p> <p>④モデルを活用して説明(粒子概念の定着)する姿を評価付けたり、次時の課題につながる発言を位置付けたりして、本時の学びのよさを評価する。</p>	<p>留意点</p> <p>①事象提示における生徒のつぶやきや驚きや聞き取り、その理由や根拠を問い直すことで課題化を図る。</p> <p>②追究の見通しをもちにくい生徒には、実験の方法や手順については個別指導する。</p> <p>③実験時の安全メガネの着用を見届ける。</p> <p>④生徒の見方や考え方を深化できるように、生徒のハンドサインや教師の事前評価をもとに意図的に指名し、学び合いを組織化する。</p> <p>＜評価規準＞</p> <p>⑥塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜ合わせると、お互いの性質が打ち消されることを見いだすことができる。</p> <p>→p HメーターとB T B溶液から、酸性→中性→アルカリ性に変化している事実を再確認するように個別指導する。</p> <p>☆実験結果をもとに考えた発言、ノートの記述</p> <p>【科学的な思考】</p> <p>⑤見いだした自然の仕組みやつくり上げた科学的な見方や考え方に納得している姿を評価付け、全体に広める。</p> <p>⑥日常生活への活用を図るために、群馬県の吾妻川と湯川の水を準備する。</p>
酸の性質が失われていく	中性に近づくと	アルカリの性質が強くなっていく												
B T B溶液が黄緑色に変化した時、p Hメーターが「2～6」まで変化するという事実から酸の性質が失われている。	塩酸と水酸化ナトリウム水溶液が同量の時、緑色と「7」を示し、中性となる。	中性を超えると、青色になったり「8～12」まで変化したたりするから、アルカリの性質が強くなっている。												
塩酸に含まれる酸の粒に、水酸化ナトリウム水溶液に含まれるアルカリの粒が混ざると、互いの性質が打ち消されるんだ。	そう言えば、酸に刺された時、キンカンを塗るのは、酸とアルカリを打ち消し合っているからなんだ。	お互いの性質を打ち消し合った後の酸やアルカリの粒は、一体何なのだろうか？調べてみたいな・・・。												
粒子モデルの活用	日常生活に立ち返って	学習課題の連続性												

内容	ねらい	学 習 活 動	留 意 点
物質の溶解	<p>1. 硫酸銅や食塩が水に溶けていく様子を観察することによって、溶けるということが、溶質が水の中に均一に広がっていくことであることを理解できる。</p>	<p>○氷砂糖を水に入れ、溶けていく様子を観察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・もやもやしたものが下に流れているぞ。</li> <li>・これが溶けている証拠だ。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>硫酸銅・食塩、ミョウバン、デンプンは水に溶けるのだろうか。</p> </div> <p>○食塩、ミョウバン、デンプン、硫酸銅を水にとかしてみる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・食塩、ミョウバン、デンプン、硫酸銅を水に入れてかき混ぜる。</li> <li>・少量入れて、水の中を落ちていく様子を観察する。</li> </ul> <p>○事実とわかったことを交流する。 <b>学び合い</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・やっぱりもやもやしたものがでていた。</li> <li>・目に見えないくらい細かくなったんだ。</li> </ul> <p>○溶けるということをもとめる。</p> <p>→溶質・溶媒・溶液の説明を聞く。</p> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>食塩や硫酸銅は、砂糖と同じようにもやもやができて粒が見えなくなっていくので溶けた。硫酸銅も青色が全体に広がったので溶けたのではないか。ミョウバンやデンプンはどれだけ混ぜても下にたくさんたまっている。溶けているのだろうか。</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プロジェクターなどの光の前にビーカーを置くことでシュリーレン現象を見やすくすることができる。</li> <li>・均一に広がる様子を視覚的にとらえることができるように溶けた様子をモデルで表すように助言する。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>&lt;評価&gt; 知識・理解        実験の事実から、水に溶けるということはどういうことを説明したノート        観察の結果をもとに水に溶けた物質が均一に広がっている状態について自らの考えが記述されている        →溶質に注目させて溶けていく様子をじっくり観察させ、小さな変化にも注目するように促す。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ミョウバンが、線香花火や肥料の原料として利用されていることを説明し、日常生活との関連を図る。</li> </ul>
溶質を取り出す	<p>2. 溶けている物質を取り出すために、水溶液を蒸発乾固させる実験を行い、物質によって溶ける量が違うことをつかむことができる。</p>	<p>○ミョウバン、食塩、デンプンを水に入れてかき混ぜたもの（前回の実験で使ったもの）の提示を見る。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>ミョウバンやデンプンは本当に溶けているのだろうか。</p> </div> <p>○調べ方を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水溶液を加熱して蒸発乾固させれば溶けているものが出てくるはずである。</li> <li>・ミョウバンやデンプンも少しでも溶けていれば白い固体が出てくるはずである。</li> </ul> <p>○ろ過ををして、ろ液を蒸発させてみる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・基礎・基本：蒸発乾固の仕方を確認する。</li> </ul> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>水溶液を蒸発させると、溶けているものが残る。ミョウバンなどは溶けにくいし、デンプンは溶けないことが分かった。物質によって溶ける量や溶け方が違うことがわかった。</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・入れた量と溶け残りの量が見た目変わらないことに注目し、「本当に溶けたのか。」と投げかけ問題意識をもたせる。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>&lt;評価&gt; 観察・実験        水溶液から溶質を取り出すために、ろ過や蒸発乾固を安全に正確に行っている姿と記録したノート        水溶液をろ過し、蒸発乾固させて、溶けているミョウバンを取り出すことができた。        →教科書や資料集でろ過や蒸発乾固のやり方を確認しグループで見合いながら進めるように助言する。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・正確な実験が行えるように、ポイントを小黒板に示しておき、机間指導に生かす。</li> </ul>

内容	ねらい	学 習 活 動	留 意 点
温度による溶解度	<p>3. 温度を上げると物質はたくさん溶けるが、物質によって溶け方が違うことを見いだすことができる。</p>	<p>○ 5 cm<sup>3</sup>の水に 3 g のミョウバン、食塩を入れて溶かす。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ コーヒーなども温かいとよく溶けるから、あたためれば溶け残っている分も溶けるだろう。でもすべては溶けきらないのではないか。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>水の温度を上げると食塩やミョウバンの溶ける量は変わるのだろうか</p> </div> <p>○ 5 cm<sup>3</sup>の水にミョウバン 3 g、5 cm<sup>3</sup>の水に食塩 3 g を入れたものを加熱する。</p> <p>○ 実験結果と考察を交流する。</p> <p style="text-align: center;"><b>学び合い</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ミョウバンは温度が上がると溶ける量が増えていくけど、食塩はあまり変わらなかった。</li> </ul> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>物質が溶ける量には限界があるが、水の温度が上がると、物質は多く溶ける。ただ、食塩などのように温度が上がっても溶ける量があまり変わらない物質もある。時間がたったら、また溶け残りができたような気がする。なぜだろう？</p> </div> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 溶け残りを溶かすためにはどのようにしたらよいかを問いかける。</li> <li>・ グループを食塩班とミョウバン班の2つに分け同時進行させ比較をしながら見ていくように助言する。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>&lt;評価&gt; 科学的な思考 温度によって溶質の溶ける量が違うこと、物質によって溶解度がちがうことを実験結果から見出した記述や発言 温度を上げると溶ける量が増えるが、物質によってそのふえ方が違うことに気付いてまとめている。 →温度変化と溶ける量、食塩とミョウバンの違いに分けて考えるように助言する。</p> </div>
飽和水溶液と再結晶	<p>4, 5. 水溶液を冷やしていくと溶けきれなくなった物質が結晶として出てくることを利用して溶けていた物質を取り出せることが理解できる。</p>	<p>○ 前回使った食塩水、ミョウバンの水溶液を提示して観察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ ミョウバンは全部溶けたはずなのに、また溶け残りが増えている。冷えたからだろうか。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>お湯に溶かしたミョウバンの水溶液に結晶ができたのはなぜだろうか。</p> </div> <p>○ もう一度加熱して、ミョウバンを溶かして、冷やして結晶ができるか確かめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 溶けきったことを確かめて、水や氷水で冷やしながらビーカーの中の様子を観察する。</li> </ul>  <p>ときどき試験管を振り混ぜる。また、ビーカー内の水をガラス棒でかき混ぜ、50℃になったら加熱をやめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ それぞれの水溶液を1滴スライドガラスにとり、顕微鏡で観察する。</li> </ul> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>温度が高いほど溶ける量が増えるので、水溶液を冷やすと、温度を上げたときに溶けた分がまた溶けきれなくなり、結晶になって出てくる。再結晶という方法で溶けていた物質を取り出すことができるけど、すべて取り出せないし、手間がかかることがわかった。</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ゆっくり冷やしてできた大きな結晶を参考に、結晶の形についても触れて説明をする。</li> <li>・ 溶け残りも結晶の集まりであるというとならえができるように助言する。</li> <li>・ 溶けきった水溶液を試験管に移し、一人一人が観察できるようにする。やけどに注意しながら移すように指導する。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>&lt;評価&gt; 知識・理解 再結晶の方法と仕組みについて説明をしたノートや発言 溶解度をもとに、水溶液を冷やすことで、再結晶ができることが記述されている。 →実験の結果や溶解度曲線を提示しながら溶ける限界量の変化をとらえさせて、考える視点を与える。</p> </div>

内容	ねらい	学 習 活 動	留 意 点
食品から食塩を取り出す	6. 今まで学習してきたことを生かして、食塩を含む身のまわりのものから食塩を取り出すことができる。	<p>○食塩の含まれているものの提示を見る。 ・みそ ・ポテトチップス ・バターなど</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">身のまわりのものに含まれている食塩を取り出そう。</div> <p>○取り出す方法を考え、確認する。 ・水に溶かしてろ過すればできそう。 ○みそやバター、ポテトチップスに含まれている食塩を取り出す。</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p><b>食品からの食塩の取り出し方</b></p> <p>①みそ、ポテトチップスなどを空き缶などの容器に入れ、ガスバーナーで加熱してこがす。 ※かなり煙が出るので換気をよくしてやるかハンディーバーナーを使ってこの作業だけ外でやる。</p> <p>②炭化したものを取り出し乳鉢で砕き水を入れて混ぜる。</p> <p>③②をろ過する。</p> <p>④ろ液を蒸発乾固させる。</p> </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;">ポテトチップスやみそにも意外に多く食塩が含まれていることが分かった。みその中から白い食塩を取り出せたことがすごいと思った。</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>減塩などの話題を取り上げ、どれだけ食塩が含まれているかの課題意識をもたせる。</li> <li>今までの学習を生かして課題追究をすることを伝える。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>&lt;評価&gt; 興味・関心 食塩の含まれているものから既習の実験操作を生かして食塩を取り出そうとしている姿 ろ過、蒸発乾固などの、実験操作を正しく行い、食塩の含まれているものから食塩を取り出すことができる。 →実験操作は、掲示物や以前まとめたノートを参考にして、互いに確認しながら進めること助言する。</p> </div>
酸とアルカリ	7, 8. 酸やアルカリの水溶液の性質を調べ、その共通性を見つけることができる。	<p>○塩酸の性質の実験結果を示す。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">酸性の水溶液に共通した性質は何だろうか。</div> <p>○塩酸、硫酸、酢酸、レモン水の性質を調べる。 ①リトマス紙 ②B T B溶液 ③蒸発 ④スチールウールを入れる ⑤電導性 ⑥におい ⑦色 ⑧フェノールフタレイン溶液</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;">酸性の水溶液は青のリトマス紙を赤に変えたり、B T B溶液を黄色にしたり、金属を溶かして、気体を発生させたりする性質をもつ。</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">アルカリ性の水溶液に共通した性質は何だろうか。</div> <p>○アンモニア水、石灰水、水酸化ナトリウム水溶液、水酸化バリウム水溶液などの性質を調べる。</p> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin: 5px 0;">アルカリ性の水溶液は赤のリトマス紙を青に変えたり、B T B溶液を青色にしたりする性質をもつ。</div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>何度も繰り返しながら正しい実験操作ができるように指導する。</li> <li>水溶液をどれだけ使うのを見通しをもたせ最小限の量で実験をするように指導をする。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>&lt;評価&gt; 観察・実験 既習の調べ方を生かして水溶液の性質を正しい方法で調べ、共通性をまとめているノート 酸性の水溶液の性質を表にまとめ、共通点を見つけることができる。 →実験結果を丁寧に表にまとめ、課題を意識して実験するように働きかける。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>揮発したものを吸い込まないように、安全面の指導を十分に行う。寒気などの環境面の配慮も大切にしたい。</li> </ul>

内容	ねらい	学 習 活 動	留 意 点
中和	<p>9. 酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜ、試薬の変化や金属の変化を観察することで酸やアルカリの性質がうち消されていくことを見出すことができる。</p>	<p>○導：塩酸と水酸化ナトリウムを混ぜる。</p> <div data-bbox="422 268 710 515" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>まず、マグネシウムリボンに塩酸の中に入れて、水素が発生する様子を観察する。次に、塩酸の中に水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ入れていきながら、発生する水素の量を観察する。</p> </div>  <div data-bbox="422 548 1077 649" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>酸性の水溶液にアルカリの水溶液をを少しずつ混ぜていくと酸の性質はどのように変わっていくのだろうか。</p> </div> <p>○実験方法を選択し、実験を行う。 <b>学び合い</b></p> <div data-bbox="422 716 710 929" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">  <p>←塩酸 5滴</p> </div> <div data-bbox="710 716 1077 907" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>まず、塩酸を5滴入れる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・BTB溶液</li> <li>・マグネシウムリボン</li> <li>・万能試験紙</li> </ul> <p>次に、水酸化ナトリウム水溶液を1滴ずつ滴下していき、水溶液の性質の変化を調べる。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・黄色からだんだん緑色に変わってきた。</li> <li>・塩酸と水酸化ナトリウム水溶液が同じ量の時、緑色になり、PH値は「7」を示した。そして水素は出なくなった。</li> <li>・さらに水酸化ナトリウム水溶液を入れていくと緑色から青色に変わり、pH値は「10」を示した。もう水素は出なかった。</li> </ul> <div data-bbox="422 1176 1077 1299" style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p>2つの水溶液の量が同じになった時、「中性」になる。塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を加えていくと、酸性→中性→アルカリ性の順に水溶液の性質が変わっていく。</p> </div> <p>○事象提示を見て新たな疑問を見出す。 →硫酸+水酸化バリウムの演示実験を見る。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・液性の変化に目を向けさせ、本時の課題をつくり出していけるように「塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を加えていくと水溶液の性質はどうなっていくのだろうか。」と投げ掛ける。</li> </ul> <div data-bbox="1109 548 1428 907" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>&lt;評価&gt; 科学的思考 酸性とアルカリ性を混ぜ合わせていくと、液性が変化することを見出した発言やノート 酸性の水溶液に加えるアルカリ性の水溶液の量によって、酸性や中性、アルカリ性になることを説明できる。 →万能試験紙の実験結果から、酸性→中性→アルカリ性に変化している事実を再確認するように助言する。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・次時につなぐため、中性にした水溶液はビーカーのままとおき、塩を自然に析出する。濃い水溶液で中和をして中性にして、シャーレに薄く広げておくと、比較的大きな食塩の結晶が見られる。</li> </ul>
中性の性質	<p>10, 11. 酸性とアルカリ性の水溶液を混ぜてできた水溶液蒸発乾固させて、出てくる物質を観察することによって、中和されると塩が作られることが理解できる。</p>	<p>○硫酸+水酸化バリウムの水溶液や水酸化ナトリウムと塩酸を混ぜた水溶液の提示を見る。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ビーカーの縁に結晶がついている。酸とアルカリを混ぜると何かできるのかもしれない。</li> </ul> <p>○中和と中性の違いを説明を聞く。</p> <div data-bbox="422 1590 1077 1691" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を混ぜると本当に何か別の物質ができるのだろうか。</p> </div> <p>○調べる方法を確認し実験する。 <b>学び合い</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・溶けているのかもしれないから蒸発させてみればよい。蒸発させたらぱちぱちと飛び跳ねる白い物質がでてきた。これは食塩だと思う。</li> </ul> <div data-bbox="422 1859 1077 1982" style="border: 1px dashed black; padding: 5px;"> <p>中和されて中性になった水溶液からは、食塩が出てきた。中和するとその水溶液が酸性、アルカリ性であっても塩できるということがわかった。</p> </div> <p>○様々な酸とアルカリの組み合わせで実験する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・硫酸バリウムの生成で別の物質の生成を視覚的にとらえることで、塩酸と水酸化ナトリウムの反応に対しての問題意識をもたせる。</li> </ul> <div data-bbox="1109 1624 1428 1960" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>&lt;評価&gt; 知識・理解 中性の仕組みについて説明をしたノートや発言 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液を例に中和と塩について説明している。 →中和のなかの一部分にあたるところが中性であることをおさえ、今までには存在しなかった食塩の存在に気付かせ課題に迫る。</p> </div>

## 第1学年 理科学習指導案

平成20年 3月 11日(火) 2校時  
1年A級 (男子20名, 女子20名)  
授業提案者 教諭 隈元修一

### 1 単元名 大地の変化

### 2 目標

- 身近な土地のつくりや岩石について、積極的に調べようとする意欲を高める。
- 土地や岩石などのつくりの多様性と規則性について考察する力を育成する。
- 観察記録の基本的な技能を身につけるようにする。
- 土地や岩石の成因やつくりについて説明できるようにする。

### 3 本単元で育てたい「読解力」の要素

- (ア) 博物館の資料などから情報を取り出す能力
- (イ) 得られた情報を吟味しながら考える能力
- (ウ) 得られた情報や既有的知識を使って、総合的に解釈する能力
- (エ) 自分の考えを基に、調査内容について論理的に発言する能力

### 4 指導観

- 本単元は、大地の動きや火成岩、堆積岩の学習後に、身近な土地の形や岩石の調べ方の基礎を身につけること、大地の変化や岩石のつくりの規則性や多様性について考察することの二つの内容が含まれている。具体的には、自分達が興味をもった地質に関する現象についての観察を行い、観察記録などから地質に関する現象について生徒が自分の言葉で説明することで地学全般への興味や関心が一層深まると考えた。また、通常の授業で得た知識を用いて新たな知識を獲得することにより、探究してきた学習内容を活用する場面が設定でき、これまで選択授業で行うことの多かったテーマでの学習を必修授業の中で行いながら、論理的に話し合い、発表することで、知識の共有も図られると考え、この題材を設定した。
- 生徒は、小学校時に、身近な岩石の名称やつくりについて学んでいる。しかし、実際に野外で岩石や火山灰をあまり意識していない。また、宮崎の代表的な地層や波状岩は、見たことはあっても、興味をもったり、不思議に感じたりしている生徒は少ないと考えられる。さらに、全生徒が県立総合博物館へ行ったことがあるが、自主的に博物館へ行ったことがある生徒は、40人中2名で、学校行事等でしか利用していない実態があり、博物館へ行くことはイベントであり、ツールとして利用し、認識している生徒が非常に少ないと言え、学習したことを活用したりしようとする考えまでには至っていない。
- そこで、指導にあたっては、地質に関する基本的な学習後に、より高度な内容について考えることができるように博物館での観察を行う。その際、展示物、書籍の見方や学芸員の方々への質問の視点に注意し、観察結果と考察を明確にしながら指導したい。また、未履修の内容や語句についても生徒が調べることで、大地の変化に伴う、規則性について巨視的かつ微視的に考察する態度を養いたい。さらに、各グループがそれぞれのテーマをもって観察を行うことで、発表時にお互いの解釈や視点の違いや意味について見いださせる。また、これらの違いについて、観察結果や資料を基に説明できるようにしたい。また、観察結果の考察や説明から、自分と違う考えに対し、相手を説得したり、反論したりする力を養いたい。その際、それぞれの班のアイデアを全体で考えることができるようにパネル等で可視化を図り、互いの発言や考えを参考にして、科学的に妥当な考えを導き出すようにしたい。

### 5 指導計画

- テーマの決定 . . . . . 1時間
- 博物館での観察 . . . . . 2時間
- レポート作成と発表 . . . . . 2時間 (本時1 / 2)

## 6 本時の学習指導

### (1) 目標

- テーマについて自分の考えを論理的に述べる。

### (2) 準備物

- 岩石の写真，レポートノート，模造紙，油性ペン

### (3) 学習指導過程

学習内容及び活動	教師の支援
1 テーマについて考える。 2 自分の考えを発表する。 ○自分の予想の根拠も述べる。  3 レポートの作成をする。	○実際に博物館で調べた例を発表させ、調べようとする意欲を高める。  ○自分の考えについて発表できる場を設定する。 ○日頃のレポートの手順と同じであることを伝える。
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; margin-bottom: 10px;">             4 考察の発表を行う。           </div> ○自分の予想の根拠を基に殖え方をグループ内で説明する。  ○考察を用紙に書いて発表する。  ○他の意見を基に自分の考えで説明を行う。	○お互いの考えを参考に話し合いができるように話し合いの結果を模造紙に書いて掲示する。  ○論理的な話し合いができるように博物館の写真を提示する。  ○周囲に自分の考えを受け入れてもらえるように、根拠に基づいた説明について助言する。
5 全体への発表をする。	○自分のテーマ以外の発表から一層、地質に注目できるようにグループの発表内容を記録し、質問や意見を促す。
6 本時のまとめ	



# 第1学年 理科学習指導案

平成20年2月25日(月) 5校時1年4組  
指導者 窪田雅文

## 1 題材 「大地は語る」

### 2 目標

- 地層をつくる堆積岩や化石に関心をもち、意欲的に観察し調べようとする態度を養う。  
(自然事象への関心・意欲・態度)
- 地層に含まれる化石や岩石から、地層が堆積した時代や当時の環境を推定することができるようにする。  
(科学的な思考)
- 堆積岩を観察し、その特徴を記録することができる。  
(観察・実験の技能・表現)
- 堆積岩の特徴を、粒の大きさや成分と関連づけて理解させる。  
(自然事象についての知識・理解)

### 3 指導観

- 本題材は、中学校学習指導要領(理科)の第2分野(2)の「大地の変化」のア「地層と過去の様子」の(ア)にあたる。ここでは、野外観察を行い、地層の重なり方の規則性やその広がりなどを見いださせるとともに、地層の調べ方を習得させる。さらに、これらの活動や資料によって得られた情報を基に、地層の成因、堆積環境や年代などを推定することを通して、地表の変化が長い時間と広い空間の中で互いに関連を持ちながら起こる大地の変化と関係していることを理解させることが主なねらいである。地層年代の推定には示準化石を用いる。  
本題材の関連として、小学校5年生では、流れる水のはたらき(けずる、流す、積もらせる、流量・流速による土地の変化の違い)、小学校6年生では、地層のでき方、地層を構成するれき岩、砂岩、泥岩や火山灰や化石について学習をしている。これを受けて、本題材では、さらに堆積岩として石灰岩とチャートを学習し、化石では示準化石と示相化石を学習し、大地の変化を推定する力を高めることになる。それらの学習が、本題材の「地層を調べる」から次題材の「大地の過去を探る」へとつながる。これは、知識を活用して思考する力の育成に他ならない。

- 生徒が既に学習した岩石として「泥岩」「砂岩」「れき岩」があるが、3つとも詳しく覚えている生徒は少ない。また、地層には火山灰を含むものもあることは既に学習し理解している。地層のでき方や化石のでき方なども既に学習しているが、出身小学校によって、地層の観察をした経験のある生徒とない生徒がいる。町内から化石が採れることも知っている生徒は多く、実際に化石を採ったことのある生徒もいる。一方、「清武町は、火山の影響を受けていない」と思っている生徒が8割以上おり、過去に火山の大噴火の影響を何回も受けていたことは知らない。数年前まで、桜島の火山灰が飛んできたことがあることを数名の生徒が知っていた。しかし、過去の大噴火によって運ばれた火山灰の地層があることや、始良カルデラの大噴火による火砕流が清武町に堆積したことは知らない。学校の校門などに使用されている岩石(通称 清武石:正式名称 溶結凝灰岩)が、その時の火砕流によるものであり、清武町内で採取される岩石とは知らない。

生徒は、岩石や化石について関心があり、どのような種類があり、どのようにしてできたかなど知りたいと考えている。また、火山についても関心が高く、前題材では、火山灰の観察やそれに含まれる鉱物の観察を意欲的に取り組み、火山についてもっと知りたいと考えている。

- 私の理科授業の考えとして、「本物を見せる」「体験をする」そして「感動をする」をモットーにしている。ところが、本題材は本来、実際の地層の観察を行うこととしているにもかかわらず、授業時間内で観察できる地層が身近にない。そこで、地層の写真や採取してきた堆積物や岩石等を実験室に持ち込んでこれを直接観察する。その際、小学校の学習内容も授業の中に取り入れ、基礎的な学力の一層の定着を図りたい。化石の学習では、町内で採取される化石と県総合博物館から借用した化石標本を用いて観察をさせる。多くの生徒に実物をじっくりと観察をさせる機会を増やすために、双眼実体顕微鏡を、宮崎大学や他の中学校より借用し、前題材より、各班に双眼実体顕微鏡を2台ずつ使用している。更に、詳しく観察をしたい生徒のため、昼休み時間も理科室を開放し、観察できるようにしている。

本時は、清武町内の地層からとれる、火山灰(アカホヤ:K-Ah)と清武石(正式名称は、溶結凝灰岩であるが、授業では、名称として「凝灰岩」と呼ぶことにする)を使用する。それらの堆積物の観察から、清武町の地表も、過去に火山の影響を受けていたことを理解させる。授業の流れとして、火山灰や岩石を見せて説明をして終わりではなく、これまでの学習で獲得した知識を活用する力をつけるため、火山灰の地層を「地層X」、凝灰岩を「岩石X」をして、生徒自身に観察をさせ、何であるかを考えさせたい。つまり、地層Xに含まれる火山ガラスや鉱物から、それが火山灰であることを推定させ、岩石Xに含まれる軽石や鉱物から、それが凝灰岩であることを推定させたい。

授業の最後で、アカホヤやシラスが堆積した時、多くの生物が全滅したことや、清武石が、始良カルデラの巨大火砕流の噴出物であること、過去に破局的な噴火が南九州で起こっていたことを説明し、これからも、破局的な火山の噴火による影響が起こりうることを伝えたい。このように、火山の災害は、身近で起こりうる災害であることを生徒に理解させたい。

また、本時の学習活動が「火山灰を調べる」という学習内容のため、前題材の「火山」の復習にもなる。前題材では、桜島の火山灰・シラス・高温石英の火山灰・軽石など多くの火山噴出物を観察しているため、火山灰を双眼実体顕微鏡で観察をし、含まれる火山ガラスや鉱物から火山

灰と推定できると考える。

5 本時の目標

○ 清武町内の地層から採取した堆積物が、火山灰であることと、清武町内の河原で採取した岩石が凝灰岩であることを観察結果から、推定することができる。

(科学的な思考)

○ 自分たちの住んでいる地域も過去に火山の影響を受けていたことを、採取した火山灰や凝灰岩から理解させる。

(知識・理解)

6 指導過程

学習活動及び学習内容	学習形態	指導上の留意点	○評価の視点 ★ 評価項目 《評価方法》	資料・準備
1 学習課題 ① <b>地層Xは何？</b>				採取した火山灰 プロジェクター パソコン
<ul style="list-style-type: none"> <li>地層Xの写真を見て、それが何からできているかについて問題意識をもつ</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>土を採取した地層や周辺の写真をプロジェクターを使って見せる</li> <li>縄文時代の遺跡の発掘現場であり、高台にあること、地層の厚さが30cmぐらいであったことを伝える</li> </ul>		
2 地層Xの観察 ① 採取した堆積物が何であるかを考える。またその理由も考える <ul style="list-style-type: none"> <li>各班の結果をホワイトボードに記入し掲示をする</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 予想される生徒の反応とその理由</li> <li>・粘土……粒が細かいから</li> <li>・砂……粒がざらざらしている</li> <li>・火山灰……キラキラ光るものがあるから</li> </ul> </div>	班	<ul style="list-style-type: none"> <li>初めは、ルーペなどを使わず、肉眼で観察をさせる</li> <li>手触りや粒の大きさから、粘土か砂といふ予想が多くなると考えられる</li> <li>分からない場合は、今まで学習した堆積岩や火山の噴出物のいずれかであるかことを伝える</li> <li>ホワイトボードには、結果のみを書き理由は後で発表することを伝える</li> </ul>		ペトリ皿 火山灰 ホワイトボード ホワイトボード用のペン 上質紙
3 各班の意見とその理由を発表 <ul style="list-style-type: none"> <li>ホワイトボードに記入し、掲示した班の考えを発表し、他の班の考えと自分の班の考えを比較する</li> <li>観察すべき観点を各自がもつ</li> </ul>	全体	<ul style="list-style-type: none"> <li>ほとんどの班が粒の大きさから、泥と考えると予想させる。しかし、手触りから何かざらざらするものがあることから、次に、ルーペや双眼実体顕微鏡で観察させることにつなげる。</li> </ul>		
4 地層Xの観察 ② <ul style="list-style-type: none"> <li>観察方法と観察に関する注意点を教師から説明を聞く</li> <li>堆積物の中に、どのような物質があるか観察をする</li> <li>観察結果から地層Xが何であるかをホワイトボードに記入し 掲示する</li> </ul>	全体班	<ul style="list-style-type: none"> <li>ペトリ皿に地層Xを少量入れて、ルーペと双眼実体顕微鏡で観察をさせる</li> <li>ペトリ皿に、地層Xをうすく広げて観察をするように説明する</li> <li>双眼実体顕微鏡のステージは、黒色で使用する</li> <li>地層Xの中にキラキラ光る火山ガラスの破片に気付かせる</li> <li>堆積物の中に、キラキラと光る火山ガラスがあることに気付かせ、堆積物が火山灰であることを推定しやすいようにする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>清武町内の地層から採取された堆積物が、火山灰であることを観察結果から、推定することができる</li> <li>★ 観察結果から、堆積物が火山灰であることを推定する(話し合い活動・記録)</li> </ul>	ルーペ 双眼実体顕微鏡 顕微鏡 ペトリ皿
5 各班の意見とその理由を発表 <ul style="list-style-type: none"> <li>理由についても考える</li> <li>教師の説明を聞く</li> </ul>	班	<ul style="list-style-type: none"> <li>観察結果から、火山ガラスがあることから「火山灰」の結果がでると考えられる</li> <li>生徒に、清武町は、火山の影響を受けていないのに、火山灰の地層があるのは正しいのだろうかという生徒の観察結果にゆさぶりをかける</li> </ul>		ホワイトボード ペン
6 地層Xの観察 ③ 「火山ガラスの観察」 <ul style="list-style-type: none"> <li>火山ガラスや鉱物を観察す</li> </ul>	全体班	<ul style="list-style-type: none"> <li>超音波洗浄機で、火山ガラスや鉱物だけにした火山灰を観察することにより、明らかに、火山灰であることを確</li> </ul>		ルーペ 双眼実体顕微鏡

る		認させる ○ 観察だけにして、スケッチはしない		ペトリ皿
7 地層Xの結果 ・ 観察した地層Xが火山灰であることの説明を聞く	全体	○ 本時の火山灰が、7300年前の鬼界カルデラの火山灰であることを伝える ○ 鬼界カルデラの場所を板書で示し、遠い場所から火山灰が飛んできたことを説明する		
8 学習課題 ②	<b>岩石Xは何？</b>			採取した凝灰岩 ルーペ パソコン プロジェクター
		○ 清武町内の河原で採取した岩石であることを説明する ○ 清武中の門柱や地元の発電所の壁に使われていることもプロジェクターで説明する		
9 岩石Xの観察 採取した岩石が何であるかを考える。またその理由も考える。 ・ 各班の結果をホワイトボードに記入し掲示をする。	班	○ ルーペや双眼実体顕微鏡を使い、観察させる ○ 岩石の中に、軽石や鉱物・火山ガラスがあることに気付かせ、凝灰岩であることを推定させる	○ 清武町内の河原で採取した岩石が凝灰岩であることを観察結果から、推定することができる ★ 観察結果から、岩石Xが火山灰であることを推定する（話し合い活動・記録）	凝灰岩 ルーペ 双眼実体顕微鏡 ペトリ皿 ホワイトボード ホワイトボード用のペン
10 各班の意見とその理由を発表 ・ ホワイトボードに記入し、掲示した班の考えを発表し、他の班の考えと自分の班の考えを比較する	全体	○ 各班の考えを数班聞く		
11 岩石Xが清武でとれる岩石（溶結凝灰岩：通称 清武石）の説明を聞く。 ・ 火山の噴出物が固まってできた岩石であること ・ 始良カルデラの火砕流により運ばれてきたこと	全体	○ 授業では、清武石を凝灰岩と説明をする。 ○ 岩石Xが凝灰岩であることを説明する。 ○ 火砕流の噴出物が、清武まで届いていることを説明する。 ○ 当時、南九州一帯の生物がほぼ全滅したことも伝える。	○ 自分たちの住んでいる地域も過去に火山の影響を受けていたことを、採取される火山灰や凝灰岩から理解させる。★ 授業後の記録から判断をする。（ワークシート）	
12 本時のまとめ ・ 教師の説明を聞き、清武の地表も火山の影響を受けていたことを理解する ・ 火山活動と地表の変化のかかわりの大きさを知り、これについて清武町以外の宮崎県内や、地球規模のことについても知りたいと考えるようになる	全体	○ 現在、清武は火山の影響をほとんど受けていないが、過去には、火山の破局的噴火により、何回も大きな被害を受けていること、これからも火山の影響を受ける可能性があることを伝える ○ これらの火山灰の地層は、全国でも見つけやすい年代を決めるかぎ層になっていることを伝える ○ 授業の最後で、自己評価・相互評価表を配布し記録させ提出をさせる		自己評価・相互評価表

## 第2学年 理科学習指導案

平成20年11月17日(月) 5校時 2年4組

指導者 窪田雅文

### 1 題材 「進化」 (発展的内容)

### 2 目標

- 生物が長い年月をかけて進化をしてきたことに関心をもち、生命の歴史の長さを認識し、生命を尊重する態度が育つ。  
(自然事象への関心・意欲・態度)
- 今のせきつい動物の共通点や相違点と化石より、現存する生物は過去の生物が変化して生じてきたことに気づく。  
(科学的な思考)
- 骨の写真や骨格標本など様々な資料を観察し、それぞれの特徴を記述できる。  
(観察・実験の技能・表現)
- 現存する地球上の生物は、進化によって生じた姿であることを理解できる。  
(自然事象についての知識・理解)

### 3 指導観

- 本題材は、新中学校学習指導要領(理科)(平成20年3月改訂)の第2分野(3)の「動物の生活と生物の変遷」の「生物の変遷と進化」の(ア)にあたる。ここでは、生物についてこれまでに学習してきたことを基に、現存の生物及び化石の比較などを基に、現存の生物は過去の生物が変化して生じてきたものであることを体のつくりと関連付けてとらえ、生物の間のつながりを時間的に見ることを通して進化の概念を身に付けさせることがねらいである。生物が進化する際、生物にとって環境に対応できるように、進化していることも触れる。

本題材は、前々回の学習指導要領では中学校の指導内容として指導していたが、前回(現行)の学習指導要領では、高校の指導内容となり、今回の改訂で中学校の指導内容として復活したものである。また生物領域に関連する内容として、小学校6年生で、人の体のつくり「呼吸」「消化・吸収」などを学習している。中学校2年生で、「動物の仲間」「動物の体のつくりと働き」を前題材まで学習している。これらの学習内容を基に、中学校3年生では、「生物の成長と殖え方」「遺伝の規則性と遺伝子」へと学習していく。生物の進化の歴史は、中学校1年生で学習した「地質時代」とも関連している。

進化を学習することにより、現存している生物は、進化によって生じたものであることを理解させ、生命の歴史の長さを認識させることにより、生命を尊重する態度を育てていく。

- ほとんどの生徒は、「進化」という言葉は聞いたことがあるが、意味は5割の生徒は知らない。知っている生徒も、「体の形が変わっていくこと」ということで知っている。しかし、「環境に適応した生物が生き残ることで進化していく」という適切な意味では理解していない。生徒は、「生物がどのようにできたのか?」「人は、どのようにして人になったのか?」というの、科学的な知識としては知らない。ほとんどの生徒は「人はサルから進化した」と思っている。中には、「別な星から人がやってきた」「いろいろな細胞が一緒になって人になった」と進化論とは異なった考えを持っている生徒もいる。地球上の生物が、過去から進化をして今の姿にあることは、テレビや雑誌などで、知識として知っている生徒は数名いるが、具体的に何がどのように変遷していったかは知らない。

また、進化論と提唱した「ダーウィン」の名前を約7割の生徒は聞いたことがないと答え、どんなことをした人かもほとんど知らない。学級で2名だけ「進化論を発表した人」ということで知っている。

- 本題材は、現学習指導要領では発展的な内容である。そのため今の教科書には資料等はないが、以前の教科書や高校の生物の教科書を参考に授業を組み立てる。そして、次年度以降の授業への一提案として行いたい。指導にあたっては、生物はどのように進化してきたのかを、相同器官による共通の祖先から発生したことや始祖鳥の特徴、ダーウィンの進化論、ガラパゴス諸島の話など進化の証拠とさせる事例などを用い、生物は進化をして現在の姿であることを考えさせたい。また生徒には、進化についてよく理解し、興味・関心をもってもらうため、ビデオなどの視聴覚教材を用いる。本題材では、宮崎県総合博物館と積極的に連携し、始祖鳥の化石標本や人類の頭骨標本(レプリカ)などを借用し、学芸員から専門的な助言等をもらいながら授業を組み立てていった。

そこで、本時では、進化の内容について学習した最後の授業として、「ヒトはどのように進化してきたのか」ということを、何体かの頭骨標本を参考に考えさせていく。ヒトの頭が、時代とともに大きくなり、脳が発達をしてきていることに観察から気づかせたい。また、脳の発達により、ヒトは他の生物にはない特徴を持つことにより、今の文明を築き上げたことを考えさせたい。

進化の授業を通して、我々の命は、遠く38億年前からのDNAを受け継いで来ていることにも触れ、生命を尊重する態度を育てていきたい。

本時の目標

- 脳の発達と環境への適応を関係づけて、ヒトの進化について推論できる。
  - ヒトの脳が発達したことにより、環境の変化に対応でき今まで生き残ることができたことを理解する。
- (科学的な思考  
自然事象についての知識・理解)

指導過程

学習活動及び学習内容	学習形態	指導上の留意点	資料・準備
1 前時までの復習 進化について学習した内容について再度確認をする。	全体	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 進化は、共通の祖先からしだいに変化し、さまざまな仲間に分かれていくことであることを伝える。</li> <li>○ 前時までは、せきつい動物で学習をしているため、せきつい動物の進化を例に説明をする。</li> </ul>	
2 疑問 ・ヒトは、どのように進化し、今のような形になったのだろうか？			パソコン スクリーン プロジェクター
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ヒトの進化について知っていることについて、発表する。</li> <li>○ 予想される生徒の反応 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ サルから進化をした</li> <li>・ ヒトは、二本足で歩くようになった</li> </ul> </li> <li>○ 15万年前に今のヒトの祖先(ホモサピエンス)が現れた。</li> <li>○ 他の動物と大きく違う点は、唯一二足歩行になったことである。</li> </ul>	班	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 地球上の歴史からは、新しく15万年前に今のヒトの祖先(ホモサピエンス)が現れたことを生徒に伝える。</li> <li>○ 他の動物と大きく違う点は、唯一二足歩行になったことを押させる。この点は、本時で学習する両手が使えるようになり、脳が発達したことにつながる。</li> <li>○ ヒトは、サルから進化したのではないことを進化の系統樹を用いて説明をし、生徒に理解させる。</li> </ul>	
3 ヒトの祖先は、どのようなもので、どのように変わってきているのかを観察する。 人の祖先の頭骨標本を3個見る。	全体	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 頭の形がどのように変化してきたのかを、頭蓋骨標本をもとに考えさせる。</li> <li>○ 標本が、いつ頃のものであるか生徒に分かるように、時代や何年前のものかを説明する。</li> </ul>	頭蓋骨標本 頭蓋骨標本の写真
ヒトの祖先の頭蓋骨は、時代とともに、どのように変化をしていっているのだろうか？			ホワイトボード ホワイトボード用のペン
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 班で考え、ホワイトボードにどのような変化をしたかを記入をする。</li> <li>○ 予想される生徒の反応 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 目が前に出ていたのがなくなってきた。</li> <li>・ 目の上のまぶたの部分の出っ張りやなくなってきた。</li> <li>・ 頭の部分が全体的に大きくなってきた。</li> </ul> </li> </ul>	班	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 具体的にどの部分がどのように変化をしていったのかを考えさせる。</li> <li>○ 生徒に注目をさせる点として、頭の部分に注目をさせて、脳の変化と結び付ける。</li> </ul>	
4 生徒の意見から、頭蓋骨の変化から何が変わったのか考える。	全体	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 頭蓋骨の変化から、脳の容量が変わっていることを気づかせる。</li> </ul>	
頭蓋骨の変化から、ヒトの頭蓋骨以外の何が変わったのか？			
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 班で考え、発表をする</li> <li>○ 予想される生徒の反応 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 脳が大きくなった</li> </ul> </li> </ul>	班	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 実際に脳の容量が大きくなったことを、プレゼンテーションを用いて示す。時代とともに他の人類の脳も大きくなっていることを示す。</li> </ul>	
5 4の結果からさらに人の行動や生活がどうなったかを考える。	全体		ホワイトボード ホワイトボード用のペン
脳の容量が大きくなったことで、ヒトの行動や生活は変化したのだろうか？			
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 班で考え、ヒトの行動や生活がどう変化したかを考える。</li> <li>○ 予想される生徒の反応 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 火を使う</li> <li>・ 言葉を使う</li> <li>・ 他の動物にはない生活をした 農業・狩猟・定住</li> <li>・ 文明を築く</li> </ul> </li> </ul>	班	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ヒトの脳が発達することにより、生活環境に適応した生活をして、生き延びることができたことを伝える。</li> <li>○ それぞれの遺跡から、実際にどのような生活をしてきたかを、プレゼンテーション等を用いて説明をし、脳の発達が生活の様子を変えていることを伝える。</li> </ul>	
3 まとめ ・ 本時のまとめをする ヒトの進化について	全体	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ヒトの進化について説明をする。アフリカでヒトの祖先が生まれ、全世界に広まったこと。今は頭蓋骨だけでなく、DNAなどからも詳しく調べられている。</li> </ul>	パソコン スクリーン プロジェクター

## 2年2組 理科学習指導案

日 時 平成22年2月5日(金)3校時  
場 所 第1理科室(北舎2階)  
授業者 南部 浩 一

### 1. 単元名 天気の変化

#### 1章 大気中の水

### 2. 「確かな学力」の育成をめざして ～友愛～

#### 研1 仲間と練り合おうとする

##### (1) 仲間との交流を求めようとする意欲づけの在り方

###### ① 知的好奇心を引き出し、科学的な見方や考え方を高めていこうという意欲をもつ導入

1章「大気中の水」では、霧や雲が発生する状況を観察し、大気中の水蒸気が凝結する現象を気圧、気温及び湿度の変化と関連づけてとらえさせることがねらいである。

生徒たちは、小学校4年生で水は蒸発して水蒸気となって空気中に含まれること、空気が冷やされると水蒸気は水になって現れることについて学習している。中学校1年生では、水を加熱していくと100℃で水蒸気に、冷却していくと0℃水に状態変化することについて学習している。また、状態変化は物質そのものが変化するのではなくその物質の状態が変化するものであることや、状態変化によって物質の体積は変化するが質量は変化しないことを粒子のモデルと関連づけて理解している。

そこで本時の導入では、2種類の水の入ったビーカー(A:常温の水、B:氷水)を提示する。2つの事象を比較し、Aはくもっていないのに、氷水の入ったBのビーカーの外側がくもっているという事実気づき、ビーカーの周りの空気を冷やしていくと空気中の水蒸気が冷やされて水になって現れたのではないかという仮説を立て、ビーカーを冷やしていきその表面に水がついたときの温度(露点)を測定したいという意欲をもつようにする。生徒のつぶやきや発言を取り上げながら課題を設定することで、生徒の知的好奇心を引き出し、生徒の意識に沿った課題作りをすることができ、見出した事実を仲間と比較・検討するなどし、科学的な見方や考え方へと高めていこうという意欲につながると考える。

従来の露点の測定では、熱の伝導率が高い金属製コップを用いてコップ内の水温を測り、コップ内の水の温度とコップの外の空気とが同じ温度だと考えて露点としていた。露点は空気の温度であるが、コップ内の水温を露点としている点にややわかりにくさがあった。そこで今回は、氷水を入れたビーカーと放射温度計を用いることにした。ガラスのビーカーは、冷たい飲み物が入ったガラスコップに水滴がついた生活経験と結びつけやすいと考える。また放射温度計は、空気と直接接触しているガラス面の温度を測定することが可能であるため、空気中の水蒸気が冷やされて水となって現れる温度が露点であることを、より理解しやすいと考える。

#### 研2 考察する力を養う

##### (2) 自分と仲間の考えを比較して考察する指導・援助の在り方

###### ② 思考を整理するための教師の言葉がけ

「なぜそれをするのか(しているのか)」と問いかけることで意識を顕在化し、その子のよさを価値付け、方向付けていくなど、教師による言葉がけを大切にしていく。そして生徒たちに自信をつけさせたり、自分のよさに気づかせたりしていく(学ぶ喜びの実感)。こうすることで、生徒は自分の思考を整理し、ノートに考察が書けたり、小集団交流や全体交流で発言ができたりしていくと考える。そして自分の歩みのよさを自由記述の振り返りの中で表現している姿を価値づけたり、広めたりしていく。特に本時では、露点を求める実験では、何度も繰り返して調べている姿や、飽和水蒸気量のグラフと関係づけて考えようとしている姿、身近な現象と結びつけて考えている姿などを価値付け、広めていきたい。

### 研3. 話し合いを組織する

#### (2) 練り合いを高める教師の指導・援助の在り方

##### ② 個を生かす意図的指名

私たちが求めている学びの姿とは、生徒が問題解決に向けた歩みの中で見出した事実とその考察を、仲間の事実とその考察と比較し、検討し、迷い、葛藤しながら、自分の見方や考え方をより科学的なものへと高めていく姿である。そうした仲間との交流を組織するために、実験中や班交流、全体交流の時の子どものつぶやきや発言から、その子がどんな見方や考え方から語っているのかを、教師が見抜き、問い返し、投げかけ、練り合いを高めていくことが大切である。そこで、練り合いを高めていくための発問、問い返し、意図的指名、学習形態、板書の在り方を吟味し、実践している。

特に本時では、ビーカーを冷やすとその表面に水滴がつく事象について、その仕組みを、既習事項や生活体験を基に語ってくる姿や、その語りを聴いた生徒が「なるほど、そうか」と輝いた目でほほえむ姿を期待している。

### ○単元の学習指導目標

身近な気象の観察、観測を通して、気象要素と天気の変化の関係を見出させるとともに、気象現象についてそれが起こる仕組みと規則性についての認識を深める。

### ○1章の学習指導目標

4章「大気中の水」では、地球上の水はさまざまな状態で存在し、雲、雨や雪はその循環の一部であることを認識させるとともに、大気中の水の変化について考えさせる。

### ○1章の評価規準

自然事象への関心・意欲・態度	科学的な思考	観察・実験の技能・表現	知識・理解
<ul style="list-style-type: none"> <li>地球上の水について、どこにどんな形で存在しているかを考えようとする。</li> <li>身の回りの諸現象のなかから、空気中の水蒸気の状態を確かめようとする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大気中の水蒸気がどのようにして霧や雲になるかを考えることができる。</li> <li>気温が下がると、空気中の水蒸気が水滴になることを指摘することができる。</li> <li>湿度から空気の湿り気を考えることができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>温度変化による水滴と水蒸気の状態変化を、実験で調べることができる。</li> <li>露点を正しく測定することができる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地表のさまざまな水を、水の循環と関連させて理解する。</li> <li>霧や雲の発生する状態を理解する。</li> <li>雲が雨になる過程を理解する。</li> <li>空気に含まれる水蒸気には限界があることを理解する。</li> <li>湿度を、空気中の水蒸気量や飽和水蒸気量、露点と関連づけて理解する。</li> </ul>

### ○指導計画

時節	ねらい	本時の学習活動	指導・援助環境構成	評価規準
1	様々な気象現象	<p>地球上で、水と太陽のはたらきによって、大雨や台風、雲の発生など様々な気象現象があることを理解し、課題や疑問を積極的に生み出すことができる。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>様々な気象現象の画像を見て、感じたことを交流する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>入道雲の下は大雨が降ったり雷が鳴ったりする。夏によく見る。集中豪雨という。</li> <li>雨が降らないとダムの水が枯れて、飲み水や工業用水や農業用水が足りなくなると、困るというニュースを見たことがある。</li> <li>台風では大雨や大風で、大きな被害がでる。</li> <li>霧だ。山に行ったら霧が出て、周りが真っ白になったことがある。</li> <li>雪だ。今年は羽島市も雪が3回も降った。</li> <li>毎日の生活で天気予報は欠かせない。</li> </ul> </li> <li>このような気象現象の多くに関係しているのはなんだろう。 <ul style="list-style-type: none"> <li>雨や雪は水が降ってくる。</li> <li>曇りは、雲があるから曇りだ。雲の正体は水だ。</li> <li>霧も水かな。晴れている時は雲がないということだから、どれも水が関係している。</li> </ul> </li> </ol> <p>【単元の課題】天気は、どのような仕組みで変化するのだろうか。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>単元を通して考えたいことを交流する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>天気はどうやって予報するのだろうか。</li> <li>雲や雨、台風はどうやってできるのか。</li> <li>雲を発生させることはできないか。</li> </ul> </li> <li>本時の振り返りをする。【自由記述による振り返り】『振り返りを書こう』.....                  天気のことについて詳しく知ること、自分で予測ができるかもしれない.....             </li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>積乱雲や乱層雲（雨雲）、台風など天気の様子や気象変化による災害などが分かる画像や動画を多く提示し、疑問や課題につながる考えや感想の交流をする。</li> <li>「集中豪雨や台風などによる被害を最小限にとどめるために、天気を操作することはできるのだろうか」と問いかけ、天気の予想が必要であるという考えを引き出す。</li> <li>雲や台風など気象変化の多くに水の存在があることと、水を変化させる太陽も欠かせないことに気づかせる。</li> </ul>	<p>【関心意欲態度】気象現象の画像や映像から、気象の変化や特徴について調べてみたいことを積極的に出すことができる。</p> <p>☆発言内容 ☆ノートへの記述</p>
2	循環する水	<ol style="list-style-type: none"> <li>やかんのお湯を提示し、水の状態変化について考える。 <ul style="list-style-type: none"> <li>やかんの中にあるお湯は液体、ふたを開けると出てくる白い湯気は液体で、その後、消えた後は水蒸気だから気体だ。</li> <li>水たまりの水がしばらくして無くなるのは、日光に温められて水蒸気になるからだ。</li> <li>水蒸気になった水は、また雨などになって降ってくるのかな。</li> </ul> </li> <li>自然界での水の循環について考える。</li> </ol> <p>自然界では、水はどのように循環しているか。</p>  <p>地球の水の循環</p> <p>水蒸気の移動40</p> <p>蒸発111 蒸発71 蒸発425 降雨385</p> <p>陸地から海へ戻る流れ40</p> <p>単位：10000km<sup>3</sup>/年</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>海の水を出発点として考えると、太陽の熱によって温められた水が蒸発して、空気中にためられて、やがて雲になる。</li> <li>雲が再び雨を降らせて、川となり海に注ぐことで、循環が成り立っている。</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>本時の振り返りをする。.....                  太陽があるおかげで水が循環して、その恩恵を受けて私たち人間は生きていけると感じた。水の状態変化がなければ人間は生活できないんだ.....             </li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>やかんが与える熱の代わりに、地球上では太陽が熱を与えていることを日常的な現象と関わらせて確認する。</li> <li>湯気を水蒸気と勘違いしていることが多いので、確認する。</li> <li>「もしも太陽が無くなったら」と問いかけることで、植物の光合成ができなくなることはもちろん、水の循環が行われなくなるという考えを引き出す。</li> <li>自分の住んでいるところを図中で確認することで、自分も自然の一部であるという意識をもてるようにする。</li> </ul>	<p>【知識・理解】太陽の力によって、水が状態変化を繰り返して地球上を循環していることを理解することができる。</p> <p>☆発言内容 ☆ノートへの記述</p>



<p style="text-align: center;">3</p> <p style="text-align: center;">空気中の水蒸気</p>	<p>冷やすことで、水蒸気を水に状態変化させて、空気中に水が含まれていることを確かめる実験を考え、意欲的に調べることができる。</p>	<p>1. 前時からの疑問を確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>自然界では、水は氷や水蒸気に状態変化して、循環していることは分かったけど、本当に空気中に水蒸気が含まれているのかな。</li> </ul> <p>2. 問題づくりをする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">       空気中に水が含まれていて、温度によって状態変化するのだろうか。     </div> <p>3. 温度を変化させて水滴と水蒸気の状態変化を調べてみよう。</p> <p>① ガラス管から出る湯気を丸底フラスコに集め、温度計をつけたゴム栓でふたをする。</p> <p>② 丸底フラスコを、湯に入れてあたためたり、氷水につけて冷やしてみたりする。</p> <p>③ ②を繰り返しながら、丸底フラスコの中の様子を観察する。</p> <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>フラスコ内の空気を冷やすと、内側に水滴がついた。</li> <li>フラスコ内の空気を温めると水滴が消えた。</li> <li>空気の出入りのない密封状態で水滴が出たり消えたりしたから、温度によって水が水蒸気に状態変化したと考えられる。</li> <li>本当に空気の中に水が姿を変えて含まれていることが分かった。</li> </ul> <p>4. 結果をまとめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>空気の出入りのない密封状態で、フラスコ内の空気を冷やすと、内側に水滴がついたから、空気の中に水が含まれていることが分かる。</li> <li>温めると消えたから、温度によって水が水蒸気に状態変化したと考えられる。</li> </ul> <p>5. 本時の振り返りをする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>密閉したフラスコ内の空気の温度を上げたり、下げたりすると、中が白く曇って水ができて、消えたりしたから、空気には、水が含まれることが分かった。状態変化で水が循環することが確かめられた。</li> <li>でも、水は100℃で水蒸気になるはずなのに、こんな温度で水蒸気が水になるのはおかしいな。</li> </ul>	<p>○「この水が空気中に入ったと言いつけるか」と問いつけることで、密封状態での観察の必要性に気づくようにし、実験方法の提示につなげる。</p> <p>○フラスコは高温になり危険なので、木綿手袋をしてやけどをしないように留意する。また沸騰石を入れる。</p>	<p>【関心意欲態度】</p> <p>水を状態変化させて、水蒸気や水に変化させる実験に意欲的に取り組むことができる。</p> <p>☆実験の様子 ☆行動観察</p>
<p style="text-align: center;">4・5</p> <p style="text-align: center;">飽和水蒸気量と湿度</p>	<p>氷水を入れて徐々に冷やしていくビーカーの表面の温度（露点）を放射温度計を用いて正しく測定したデータを、飽和水蒸気量のグラフと関係づけて考え、温度が下がると水蒸気が水に変化するためにビーカーの表面に水滴がつくことを理解することができる。</p>	<p>1. 2つの事象を比較しながら観察し、問題意識をもつ。</p> <p>○Aのビーカー（室温と同じ温度の水が入っている）とBのビーカー（氷水が入っている）を提示する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aのビーカーの表面には何もついてないけど、Bの表面には水がついている。</li> <li>冷えたジュースの入ったコップの表面に水滴がつくのと同じで、Bのビーカーは水が入っているからすぐ冷えて、ビーカーの表面に水滴がつくんじゃない？</li> <li>昨日調べたフラスコ内の空気を冷やすと水滴がつくというのと同じで、フラスコの周りの空気中の水蒸気が冷やされて水になって、ビーカーの表面についたんじゃないかな</li> </ul> <p>2. 「何か不思議に思うことはないですか？」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1年生の理科で水は100℃で水蒸気になると学んだ。でも、昨日の実験では57℃で水滴が消えて水蒸気になって、4℃でもって水滴ができた。100℃でない温度で状態変化しているからおかしいと思う。</li> <li>4℃と57℃の間にも、状態変化する境目があるのかな。</li> </ul> <p>3. 本時の課題づくり</p> <p>「水蒸気の水になる境目で何かが起こっているということかな。まず境目をはっきりさせようか。冷やしていくと何度で水蒸気の水になるのか調べてみよう。そして、そこでどんなことが起こっているのか考えてみようか。」</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">       空気中の水蒸気の水になる温度は何度で、その温度の前後ではどんなことが起きているのだろうか。     </div> <p>4. 露点を測定する。</p> <p>① ビーカーに氷水を入れて冷やしていく時の温度を測定しながら、ビーカーの表面を観察する。</p> <p>② ビーカーの表面の温度の測定は、放射温度計を用いて行う。</p> <p>③ ビーカーの表面が曇り始めたときの温度を記録する。5回測定する。</p> <p>④ 測定者の息がかからないように注意して行う（表面が曇る）。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>5.8℃まで下がったところで、曇って水滴がついた。</li> <li>5回測ったところ、6.0℃のところ、曇って水滴がつくようだ。</li> <li>6.0℃より高い温度では水蒸気だけど、6.0℃より低い温度では水滴になるみたいだ。</li> <li>6.0℃のところ何が起きているのだろうか。</li> </ul> <p>5. 結果を交流し、露点の説明を聞く。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水蒸気の水になるのは100℃と習ったけど、6℃まで冷やされたら水に変化した。100℃で状態変化するのは違う状態変化がやっぱりあるのでは。</li> <li>水たまりの水も100℃で沸騰しているわけじゃない。いつの間にか水蒸気になって乾いてしまう。これと同じ変化かな。水は100℃じゃなくても状態変化するのかもしれない。</li> <li>教室を閉め切ってストーブや加湿器をつけていたら、教室の窓の内側が曇って水滴がいっぱいついてた。これも同じかな。窓の外に冷えた空気で窓ガラスが冷やされて窓の内側の水蒸気が冷やされて水に変化して、窓についたのかな。</li> <li>沸点以外にも、水蒸気の水に変化することがあるんだ。どんな変化なんだろう。「空気中の水蒸気が冷やされて、水滴が変わるときの温度を『露点』といいます。しかし、露点は沸点と違って何度と決まっているわけではありません。」</li> </ul> <p>6. 飽和水蒸気量と露点、湿度についての説明を聞く。</p> <p>① 水蒸気を含む大気</p> <p>空気を1m<sup>3</sup>に切り取ると、その中には必ず水蒸気が含まれています。</p> <p>② 飽和水蒸気量</p> <p>水蒸気を含む量は気温によって違うのです。温度が高いほど含むことのできる水蒸気量は多くなります。その気温で最大限水蒸気が含まれたときの量を飽和水蒸気量といいます。</p>	<p>○「氷水の入ったビーカーの表面に、なぜ水滴がついているのか」「ビーカーを冷やすと表面に水滴がつくのでは」などのつぶやきを広め、問題意識につなげていく。</p> <p>○前時からの疑問（不思議に思うこと）が出なければ、「水蒸気の水になるのは何度ですか」と問いつける。100℃で状態変化するという既習事項からのずれを引き出して問題意識を高める。</p> <p>○水はあらかじめ室温にしておく。</p> <p>○放射温度計を使って温度の変化を見るときにも、水滴がつく変化を、注意深く観察する。</p> <p>○水滴がつく瞬間を見つけるのは難しいので、何回も操作を繰り返す。</p> <p>○ビーカーの表面に水滴がつくことと既習事項とのずれにかかわって問題意識をもっているつぶやきや発言を意図的に取り上げ、全体に問い返す。</p>	<p>【技能・表現】</p> <p>露点を正しく測定することができる。</p> <p>☆実験の技能 ☆行動観察</p> <p>【科学的思考】</p> <p>飽和水蒸気量と気温の関係を示すグラフから、気温が下がると露点に達し、さらに温度が下がると、空気中に含みきれなくなった水蒸気水滴になってでくと考えられることができる。</p> <p>☆行動観察 ☆ノートの記述</p>

ます。

### ③ 実際の大気

実際の大気は、飽和状態の大気になることはまれです。いくつかのゆとりを残して水蒸気が含まれています。バスに例えるなら、定員よりも少ない人が乗車し、座席に着いていることと同じです。

### ④ 飽和状態の大気

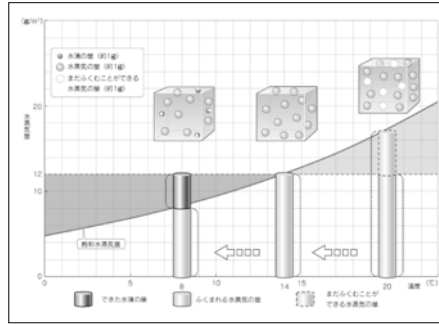
気温が下がると、含まれている水蒸気量は変わりませんが、飽和水蒸気量は少なくなります。気温がどんどん下がると、やがていっぱいになります。このときの温度が露点です。

### ⑤ 凝結と露点

露点を越えて温度が下がると、水蒸気として存在できなくなるため、水蒸気は凝結して水となります。ピーカーの温度は露点を示していたのですね。

### ⑥ 湿度の計算

湿度は、測定する温度での飽和水蒸気量に対する、実際に含まれる水蒸気量を割合で表したものです。



・空気中に含まれている水蒸気が冷やしていくと露点に達する。露点に達すると、空気中に含みきれなくなった水蒸気が水滴になって出てくる。これがピーカーの表面につく。

### 8. 理科室内の湿度を計算する。

- ・気温は15°C。そのときの飽和水蒸気量は、 $12.8 \text{ g/m}^3$ ...
- ・露点は6.0°Cだったので、水蒸気量は $7.26 \text{ g/m}^3$ ...
- ・ $7.26 \div 12.8 = 0.567$  だから湿度は 56.7%だ。...

### 9. 本時の振り返りをする（自由記述による振り返り）。「振り返りを書こう。」

・空気中に含まれている水蒸気が冷やされると、露点に達して、含みきれなくなった水蒸気が水滴になることが分かった。沸点以外でも水蒸気が水に変化する状態変化があることが分かった。天気予報で空気が乾いているときに、服が乾きやすいと言っているのは、こういうことだったんだ。

3. 本時のねらい

・氷水を入れて徐々に冷やしていくピーカーの表面の温度（露点）を放射温度計を用いて正しく測定したデータを、飽和水蒸気量のグラフと関係づけて考え、温度が下がると水蒸気が水に変化するためにピーカーの表面に水滴がつくことを理解することができる。

4. 本時の展開（4/5）

	学 習 活 動	指 導 ・ 援 助	評 価
つ か む	<p>1. 2つの事象を比較しながら観察し、問題意識をもつ。 ○Aのピーカー（室温と同じ温度の水が入っている）とBのピーカー（氷水が入っている）を提示する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・Aのピーカーの表面には何もついてないけど、Bの表面には水がついている。</li> <li>・冷えたジュースの入ったコップの表面に水滴がつくのと同時に、Bのピーカーは氷が入っているからすぐ冷えて、ピーカーの表面に水滴がつくんじゃない？</li> <li>・昨日調べたプラスチック内の空気を冷やすと水滴がつくというのと同時に、プラスチックの周りの空気中の水蒸気が冷やされて水になって、ピーカーの表面についたんじゃないかな。</li> </ul> <p>2. 「何か不思議に思うことはないですか？」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・1年生の理科で水は100℃で水蒸気になると学んだ。でも、昨日の実験では57℃で水滴が消えて水蒸気になって、4℃でくもって水滴ができた。100℃でない温度で状態変化しているからおかしいと思う。</li> <li>・4℃と57℃との間にも、状態変化する境目があるのかな。</li> </ul> <p>3. 本時の課題づくり 「水蒸気が水になる境目で何が起きているということかな。まず境目をはっきりさせようか。冷やしていくと何度で水蒸気が水になるのか調べてみよう。そして、そこでどんなことが起きているのか考えてみようか。」</p>	<p>「氷水の入ったピーカーの表面に、なぜ水滴がついているのか」「ピーカーを冷やすと表面に水滴がつくのでは」などのつぶやきを広め、問題意識につなげていく。</p> <p>前時からの疑問（不思議に思うこと）が出なければ、「水蒸気が水になるのは何度ですか」と問いかける。100℃で状態変化するという既習事項からのずれを引き出して問題意識を高める。</p>	<p>・提示された事象と既習事項と結びつけて、100℃で状態変化する以外の状態変化があるかもしれないと考えることができたか。（つぶやき・発言）</p>
追 究 す る	<p>4. 露点を測定する。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>① ピーカーに氷水を入れて冷やしていく時の温度を測定しながら、ピーカーの表面を観察する。</li> <li>② ピーカーの表面の温度の測定は、放射温度計を用いて行う。</li> <li>③ ピーカーの表面が曇り始めたときの温度を記録する。5回測定する。</li> <li>④ 測定者の息がかからないように注意して行う（表面が曇る）。             <ul style="list-style-type: none"> <li>・5.8℃まで下がったところで、曇って水滴がついた。</li> <li>・5回測ったところ、6.0℃のところで、曇って水滴がつくようだ。</li> <li>・6.0℃より高い温度では水蒸気だけど、6.0℃より低い温度では水滴になるみたいだ。6.0℃のところでは何が起きているのだろう。</li> </ul> </li> <li>5. 結果を交流し、露点の説明を聞く。             <ul style="list-style-type: none"> <li>・水蒸気が水になるのは100℃と習ったけど、6℃まで冷やされたら水に変化した。100℃で状態変化するのは違う状態変化がやっぱりあるのでは。</li> <li>・水たまりの水も100℃で沸騰しているわけじゃない。いつの間にか水蒸気になって乾いてしまう。これと同じ変化かな。水は100℃じゃなくても状態変化するのかも。</li> <li>・教室を閉め切ってストーブや加湿器をつけていたら、教室の窓の内側が曇って水滴がいついっしょにいた。これも同じかな。窓の外の冷えた空気窓ガラスが冷やされて窓の内側の水蒸気が冷やされて水に変化して、窓についたのかな。</li> <li>・沸点以外にも、水蒸気が水に変化することがあるんだ。どんな変化なんだろう。「空気中の水蒸気が冷やされて、水滴に変わる時の温度を『露点』といいます。しかし、露点は沸点と違って何度と決まっているわけではありません。」</li> </ul> </li> <li>6. 飽和水蒸気量と露点、湿度についての説明を聞く。             <ol style="list-style-type: none"> <li>① 水蒸気を含む大気 空気を1m<sup>3</sup>に切り取ると、その中には必ず水蒸気が含まれています。</li> <li>② 飽和水蒸気量 水蒸気を含む量は気温によって違うのです。温度が高いほど含むことのできる水蒸気量は多くなります。その気温で最大限水蒸気が含まれたときの量を飽和水蒸気量といいます。</li> <li>③ 実際の大气 実際の大气は、飽和状態の大气になることはまれです。いくつかのゆとりを残して水蒸気が含まれています。バスに例えるなら、定員よりも少ない人が乗車し、座席に着いていることと同じです。</li> <li>④ 飽和状態の大气 気温が下がると、含まれている水蒸気量は変わりませんが、飽和水蒸気量は少なくなります。気温がどんどん下がると、やがていっぱいになります。このときの温度が露点です。</li> <li>⑤ 凝結と露点 露点を越えて温度が下がると、水蒸気として存在できなくなるため、水蒸気は凝結して水となります。ピーカーの温度は露点を示していたのですね。</li> <li>⑥ 湿度の計算 湿度は、測定する温度での飽和水蒸気量に対する、実際に含まれる水蒸気量を割合で表したものです。</li> </ol> </li> </ol>	<p>ピーカーの表面に水滴がつくことと既習事項とのずれにかかわって問題意識をもっているつぶやきや発言を意図的に取り上げ、全体に問い直す。その理由を考える中で素朴な見方や考え方を顕在化することができるように問い返しをする。（「なぜそう思ったのかな。」）</p> <p>調べ方の見直しをもつことができているかどうか確認するとともに、安全に実験ができるように言葉がけをする。</p> <p>正しい露点温度を求めようと、何度も操作を繰り返してデータを取る姿を価値づける。</p> <p>問いかけを通して、今の時点ではっきりしたことを整理させる（「はっきりした事実は何？」） 「そこから何が言える？」（→顕在化） その追究方法や内容のよさを価値付ける（→価値付け）。次の歩みを方向付ける（→方向付け）</p> <p>&lt;C→Bにする手立て&gt; 子どもの表情やつぶやきを注意深く観察する。困っている子がいれば個別に言葉かけをし、事実から何がいえそうかを考えさせたり、一緒に考えたりする。</p> <p>情報交流ホワイトボードを使って、お互いの事実を比較する中で共通点、相違点をはっきりさせ、真実を見抜いていこうとする姿勢を価値づける。</p>	<p>・露点を正しく測定することができているか。（実験技能、行動観察）</p> <p>・飽和水蒸気量と気温の関係を示すグラフから、気温が下がって露点に達し、さらに温度が下がると、空気中に含まれなくなった水蒸気が水滴になってできると考えることができるか。（つぶやき・発言） （ノートの記述）</p>
ま と め る	<p>・空気中に含まれている水蒸気が冷やしていくと露点に達する。露点に達すると、空気中に含まれなくなった水蒸気が水滴になって出てくる。これがピーカーの表面につく。</p> <p>8. 理科室内の湿度を計算する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・気温は15℃。そのときの飽和水蒸気量は、12.8g/m<sup>3</sup>…</li> <li>・露点は6.0℃だったので、水蒸気量は7.26g/m<sup>3</sup>…</li> <li>・7.26÷12.8=0.567 だから湿度は 56.7%だ。…</li> </ul> <p>9. 本時の振り返りをする（自由記述による振り返り）。「振り返りを書こう。」</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・空気中に含まれている水蒸気が冷やされると、露点に達して、含まれなくなった水蒸気が水滴になることが分かった。沸点以外にも水蒸気が水に変化する状態変化があることが分かった。天気予報で空気が乾いているときに、服が乾きやすいと言っているのは、こういうことだったんだ。</li> </ul>	<p>学ぶ喜びを味わうことができるように、自分の問題解決活動の歩みを振り返る時間と場を保障する。</p>	<p>&lt;本時の評価規準&gt; 【技能・表現】 ・露点を正しく測定することができる。</p> <p>☆実験の技能 ☆行動観察</p> <p>【科学的思考】 飽和水蒸気量と気温の関係を示すグラフから、気温が下がって露点に達し、さらに温度が下がると、空気中に含まれなくなった水蒸気が水滴になってできると考えることができる。</p> <p>☆行動観察 ☆ノートの記述</p>

## サイエンス I A

身体の内部環境と食を中心とした生活習慣  
砂糖について考えよう！

<配当時間数 15時間>

- ・基礎的な知識を獲得するだけに終わらぬよう、原材料や製品の実物に触れてみたり測定を行い、学習を深める。
- ・体験や調べ学習を通して感じたことやわかったことを整理・発信し、今後の生活の中で、自分は砂糖とどのように付き合いのかを考える。

キーワード：ホメオスタシス（身体の恒常性）

生活習慣病 食生活 新奇体験  
糖度測定 疑問の共有 調べ学習  
自分の生き方を考える力



### 1. 単元のねらい・目標

世界的にも長寿の地域として知られる沖縄の生活を調査・分析し、人類の長寿達成への可能性を示した『沖縄プログラム』（鈴木信 著）という、アメリカでベストセラーになった本がある。しかしながら、沖縄における40～60歳の死亡率が全国平均を上回るといふ報告や、南米エクアドルのビルカバンバも世界的な長寿村から、逆に生活習慣病対策に追われるようになってしまっているという現実があり、これらの原因を食生活に探ると、「動物性脂肪・塩・砂糖摂取量の増加」の影響が浮かび上がってくる。

人類には、古くから甘味に対するあこがれがあったことは知られており、紀元前1万5千年～1万年ころのクロマニヨン人は、スペインのイベリア半島にあるアラーニヤの洞窟に蜂蜜をとる壁画を残している。今では、私たちの身近な所にあふれるばかりに存在するようになったが、食生活と健康の関係にも大きく問題を投げかけている甘味の代表「砂糖」。これを中心の一つひとつの疑問にぶつかっていき、「食べる」といった「生きる」ことを支える基本的なことがらに自分から迫れるように仕組み、それらのことをまずは科学的な知識として理解し身につけるとともに、日々の生活の中の知恵として生かすことができる実践力を、それぞれの中に育ててゆくことをねらいとする。

### 2. 単元の構成と特色

科学的な基礎知識の蓄積が背景にあってこそ、課題解決のための具体的な「活動」を行うことが可能となる。そして、その過程で得た様々な「体験」を通して、「問題解決能力」・「学習スキル」・「自分の生き方を考える力」等が獲得されるが、これらはまた、確かな知識の獲得を支え、学力の裾野を広げることに還元される。その循環過程において、生活習慣と身体の間わりや問題点を、日常の生活のあり方との関係の中で、自分の問題として

とらえ整理し、知識や理解を深めるとともに、適切な意志決定・行動選択することができるようになることを考える。

日常生活の中で何気なく接している砂糖。その働きや摂取量の持つ意味の理解だけに終わらず、歴史的背景や製造方法・種類等、様々な視点で科学的にこの問題をとらえることができるようにするために、実物に触れることや実験を通じて多角的に吟味する。また、「生きる力」の育成をそれぞれの内面に図るために、他の人の考えと突き合わせたりすることを通して、その吟味の結果を自分自身に還元するように、学習の過程をしっかりと振り返らせることができるように単元構成を行った。

### 3. 本単元における評価

#### 1) 評価規準

##### (ア) 関心・意欲・態度

糖質について関心を持ち、将来にわたる健康な生活の実現のためには、砂糖とどのように付き合えばよいかということ在意欲的に考えようとしている。

##### (イ) 思考・判断

健康と糖質に関する問題を、実物に触れることを通じて分析的・総合的に考察し、糖質の摂取の仕方について適切に判断することができる。

##### (ウ) 知識・理解

糖質に関する基礎的な問題を理解し、その功罪に関する知識を身につけている。

##### (エ) 技能・表現

糖質に関する問題を調べたり、糖度を測定する方法を身につけるとともに、その結果をまとめたり自分の考えを交えて発表することができる。

#### 2) 評価方法

- (A) ビデオ視聴のためのワークシート
- (B) 調べ学習による砂糖についての疑問のレポート
- (C) 体験や測定の結果をまとめるワークシート
- (D) おやつに含まれる砂糖の調査用紙
- (E) 学習の結果をまとめるレポート
- (F) 毎時間の活動の様子を観察



## 4. 単元計画 「砂糖について考えよう！」

(配当時間計15時間)

題目(配当時間)	学 習 内 容	指導上の留意点・評価
1 時間目 ・「食べること」 の意味を考え よう！	◎NHKビデオ『『食べる』の明日を 考える～2001食料プロジェクト～』 「動物性脂肪・塩・砂糖摂取量の増 加」が長寿社会を壊す仕組みを理解 し、『食べること』の重要性を認識。 ◇砂糖を中心に、『食べること』の 意味を考える。	◆活動への関心，意欲を引き出 し，自分の「学び」という意 識をもてるようにする。 (ビデオ視聴のためのワークシ ート) ◆課題への意欲・見通しを持た せる
2 時間目 ・「甘み」とは？	◎「甘み」に対する人類の熱望を様々 な角度から検討。 ◇砂糖についての疑問を出し合う。	◆他の問題と関係づけて推論す ることができるようにする。 (砂糖の疑問のレポート)
3. 4 時間目 ・糖質の理解	◎糖質の基礎的な性質の理解	◆基礎的な知識の理解
5 時間目 ・砂糖の実際	◎お砂糖に触れてみよう。 ◇様々な砂糖に実際に触れ，臭い， 味，手触りなどを確かめて見る。	◆体験を活性化する学習場面を 設定する。 (結果をまとめるワークシート)
6 時間目 ・砂糖の摂取量 とその意味	◎砂糖(糖質)をどれくらいとってい るんだろうか？ ◇よく食べるおやつに含まれている 砂糖の量から摂取量を調べる。 ・その摂取量の示す意味は何か。。	◆学習したことを日常生活に当 てはめることができるように する。 (おやつに含まれる砂糖の調査 用紙)
7. 8 時間目 ・砂糖は何から できる？	◎お砂糖の原材料に触れてみよう ◇サトウキビや甜菜，ステビアや甘 草等，砂糖の原料や砂糖以外の甘 味に実際に触れてみる。	◆話し合いや，他者との交流が 行われやすい机の配置など， 学習空間を設定する。 (結果をまとめるワークシート)
9・10・11 時 間目 ・糖分を計ろう	◎糖度を測ってみよう！ ◇ジュースについて ◇果物について ◇野菜について (糖度計を使って計測・比較・検討) ◎砂糖の体に与える影響を確かめてみ よう！ ◇教師が測定した血糖値の変化と， 体と気持ちの関わりを示す。	◆体験を活性化する学習場面を 設定する。 (結果をまとめるワークシート) ◆体験を活性化する学習場面を 設定する。 (結果をまとめるワークシート)
12 時間目～ 15 時間目	◎砂糖とどのようにつき合っていこう と思いますか？	◆体験を活性化する学習場面を 設定する。 (結果をまとめるワークシート)

<p>・砂糖の疑問について調べる</p> <p>・君にとっての砂糖とは？</p>	<p>◇砂糖の疑問について、その功罪を含めて調べレポートする。</p> <p>◇今回の学習から、感じたこと、わかったことを整理し、これからの生活の中で、自分は砂糖とどのようにつき合っていこうと考えるのかをまとめてみる。</p>	<p>◆学びの過程を振り返りながら、内容、課題、目標を明確にし調べる。</p> <p>◆その子に応じたメッセージを送るようにする。 (学習の結果のまとめレポート) (毎時間の活動の様子の観察)</p>
--	---	--

## 5. 指導のポイント

- ①子どもから出てきた疑問や教師の問いかけの中から、「認識内容」と「課題に迫る方法」を学習内容として設定する。
- ②「疑問を出し合う、調べる、資料を集める、実験する、発表する」などのグループ活動を中心とした形で探求を進め、子ども自身の活動の中からそこに潜む科学的根拠をつかみ取っていく過程を大切にす。そして、教師からの問いかけは、子どもに自分の現状を自覚させ、砂糖に潜むナゾ（科学的根拠）を探求してゆく活動への道しるべとなるように留意する。
- ③一連の学習で得た科学的根拠を元に、一人ひとりの生活課題を明らかにし、解決の方向性を探り、まとめ、生活の中で実践できるような種を、一人ひとりの内面に蒔く。
- ④教師が積極的に子どもに関わり、要求を突き付けつつ、問いと学びの成果を絡み合わせるができるよう、指導性を十分発揮することに留意する。

## 6. カリキュラムの評価

実物に触れるという新奇の体験や観察、また測定等を通して、砂糖に対する知識の獲得や理解を深め、広げることができた。また、測定の結果や調べ学習の結果を、自分の生活との関わりで考えながらレポートにまとめるという「表現」も工夫して行うことができた。

人間の食に対する我欲が、季節感の失われた食材や自然の状態からかけ離れた食材を生み出し、それが人間の「健康」という首を真綿のように絞め続けている……。しかし、文明の便利さに慣らされてしまっている我々は、そこから望ましい方向へと舵を切り替え抜けることは至難の業である……。

生活習慣病は、今日の不摂生が明日の異常を引き起こすというものではなく、未来において「あの時から考えておくべきだった」と振り返る側面がある問題だけに、現在の自分の問題として考え、将来にわたって主体的な健康達成の実践者として自立してゆける力を育むということは、中学2年生にとってはなかなか難しい側面を持っている。授業の展開・構成にさらなる工夫が必要であると思われるが、「知らなかったことを多く知ったことはもちろんだが、学習を通して、自分の砂糖を見る目や考え方が、かなり変わった。」というように、学習を通して知識が増えただけでなく、自分自身が変わったということを感じる生徒も多くいたことが、一番の成果であろう。

# 理科 2 分野 学習指導案 2009.11.30

授業者 平 賀 博 之

クラス 3年A組(男子20名 女子20名)

場 所 コンピュータ教室

## 1. 単元 大地の変化

### 2. 単元のねらい

私たちが、身のまわりの景観を見たとき、それがどんな過程を経て形成されてきたものかという認識を、はたしてどれほど持つであろうか。地球の誕生以来、地表には様々な営力がはたらき、その結果として現在の地球ができてきたのである。つまり、地球を「変動の場」として捉えることがこの単元の大きなねらいであり、これと地球の構成物質である岩石・鉱物と関連を持たせながら構成している。

このような観点から、この単元では、比較的身近な地震から出発し、次第に時間的、空間的なスケールを広げ、プレート運動による山の形成までを扱うとともに、「現在は過去を知る鍵」であるという地質学の原理に従って過去を解明する方法や考え方を身につけさせる。

### 3. 単元計画

(1) ゆれ動く大地 ～地震～

(2) 火をふく大地 ～火山～

(3) 地層が語る大昔のようす

① 地層はどのようにしてできたか(2時間)

② 地層をつくる岩石 ～たい積岩～(2時間)・・・本時はこの第2時

③ 地層と化石 ～化石から何がわかるか～(2時間)

(4) 変動する大地

### 4. 本時の主題 「たい積岩はどのようにして固結するか」

### 5. 本時のねらい

道ばたや校庭などに転がっている石は、生徒にとってただの「石ころ」にすぎない。踏みつけたり、遊びに使う石と、教材用としての標本は別次元のものとして捉えているのが現実の生徒の姿であろう。まして、地層を形づくっている岩石の特徴など、一部の興味関心の高い生徒以外は、生活の中で考えて見る機会もないだろう。したがって、地学教材の扱いに当たっては、可能な限り野外での観察、授業を行い、地層を肌で感じ取らせたいと考えている。当校では例年岡山県川上郡川上町の弥高山周辺で地学内容を中心とした野外学習を実施している。こうした野外での学習をもとに、本時は地層をつくる堆積岩を観察させ、地層が堆積してから堆積岩に変化する過程を考察させ、大地の変化に要する時間のスケールを感じさせることを目指す。



6. 指導展開過程

学習展開	学習活動・指導過程	指導上の留意点と評価
<p>&lt;導入&gt; (5分)</p>	<p>[問題提起] 地層はどのようにしてかたくなる(固結する)のだろうか? 地層が固結してできた岩石を「堆積岩」と呼ぶ。</p>	
<p>&lt;展開&gt;</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● インスタントセメントを固める れき岩とコンクリートとの比較</li> <li>● 演示実験：塩酸との反応 <ul style="list-style-type: none"> <li>・砂岩・石灰岩・コンクリートの3種類の小片を試験管に入れ、うすい塩酸を加えて発泡の有無を調べる。</li> <li>・どのような反応で気体が発生すると考えられるか? ○ 石灰岩とコンクリートからは気体がかんかに発生する。</li> <li>・石灰岩の再結晶についての説明 例：鍾乳石</li> </ul> </li> <li>● 観察：ノジュールとは何か <ul style="list-style-type: none"> <li>・ノジュール(団塊)の産状の説明</li> <li>・ノジュールの断面にはどのようなものが見られるか。</li> </ul> </li> </ul> <p>[発問] ノジュールはどのようにして固結したと考えられるか? 「本日の授業の内容を参考にして、ノジュールがどのようにして硬く固結したか記述せよ。」</p>	<p>コンクリートは何を混ぜて、どのようにして固めるか、確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・教材提示装置でビーカーの様子を提示する。</li> <li>・砂岩も弱い発泡が見られることがある。</li> <li>・石灰岩は石灰石と同じ化学組成であることを確認</li> </ul>
<p>&lt;終結&gt; (10分)</p>	<p>地層が堆積してから堆積岩に変化する過程を想起させる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートはなぜ短時間で固化するのか</li> <li>・地層が固結する条件は?</li> <li>・石灰岩の成分(炭酸カルシウム)以外で、糊付けする成分 例：チャート</li> </ul>	<p>地層が岩石に変化するのに要する時間のスケールを感じさせる。</p>

単元名 科学技術と人間

ねらい

放射線について、放射線についてのイメージの交流、霧箱の実験、放射線測定器を使った放射線の測定を通して、放射線は身近に存在することを知るとともに、放射線について正しい知識を得ていこうとする態度を養う。(関心・意欲)

	学習活動	留意点
つ か む	<p><b>放射線、放射能の違いについて考える。</b></p> <p>放射線とはいったいどんなものなのだろうか。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・怖い・危険</li> <li>・原子力発電所から発生・ウランが関係。</li> <li>・レントゲンと関係・医療で使われている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・怖い・危険というイメージの根拠が何であるか(根拠がないか)をはっきりとさせる。</li> <li>・危険と有効という両面があることを確認する。</li> <li>・放射線のイメージを図で表すことをさせ、放射能との違いを考えさせる。</li> <li>・発言した意見が、正しいか正しくないかを確認するためにはどうしたらよいかを考えさせる。</li> <li>・今回発生している放射線の量については危険でない量であることを説明し、不安をなくす。</li> <li>・鉛の容器で密閉し、むやみに放射線が広がらないようにしていることにも触れる。</li> <li>・放射線測定器の使い方について説明する。</li> </ul>
追 究	<p><b>放射線に対するイメージを班ごとに交流し、放射線について疑問に思ったことを全体交流する。</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・どんな物質から放射線が出ているか。</li> <li>・放射線の何が危険か。</li> <li>・レントゲンなど医療に使われているが、危険なのか有効なのか。</li> </ul> <p><b>霧箱の実験で、放射線を見る。</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・こんな簡単に放射線を見ることができるんだ。</li> <li>・たくさん放射線が出ている。</li> <li>・放射線を浴びても危険ではないのだろうか。</li> <li>・こんなにも自然界に放射線が出ている。</li> </ul> <p><b>放射線測定器で、放射線を測定する。</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・常に、放射線が発生している。</li> <li>・どこでも放射線が発生している。</li> <li>・外の方が放射線が強いのではないか。</li> </ul> <p><b>追究していききたいことをノートにまとめる。</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・放射線はどういうところでたくさん発生しているのだろうか。</li> <li>・どれくらいの量が発生しているのだろうか。</li> <li>・原子力発電所の近くではたくさん発生しているのではないだろうか。</li> <li>・日によって放射線の量には違いがあるのだろうか。</li> <li>・放射線はどんな利用の仕方があるのだろうか。</li> <li>・放射線の何が危険なのだろうか。</li> <li>・放射線とどうつきあっていたらよいのだろうか。</li> </ul>	
ま と め	<p>放射線は身近に存在するもので、放射線測定器を使えば測定することができる。放射線はどんなところに多く存在したり、どんなことが危険で、どんなことに利用されているのかもつと調べていきたい。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>①30秒同じ場所で測る。</li> <li>②単位は<math>\mu\text{Sv/h}</math>である。</li> <li>③ボタンはさわらない。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・追究方法について考えさせる。</li> </ul> <p>評価規準 (関心・意欲)</p> <p>放射線は身近に存在し、測定器を使えば調べることができることを理解するとともに、放射線についてさらに詳しく、危険性や有効な利用法などを調べていこうとする。</p>

## 放射線に関する事項

### 学習指導要領解説抜粋

単元（7）科学技術と人間

エネルギー資源の利用や科学技術の発展と①人間生活とのかかわりについて認識を深め、自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について②科学的に考察し判断する態度を養う。

ア エネルギー

（イ）エネルギー資源

人間は、水力、火力、原子力などからエネルギーを得ていることを知るとともに、エネルギーの有効な利用が大切であることを認識すること。

（内容の取扱い）

イ アの（イ）については③放射線の性質と利用にも触れること。

（イ）ここでは、人間が水力、火力、原子力などの多様な方法でエネルギーを得ていることをエネルギー資源の特性と関連させながら理解させるとともに、エネルギーを有効、安全に利用することの重要性認識させることがねらいである。

日常生活や社会で利用している石油や天然ガス、太陽光など、エネルギー資源の種類や入手方法、水力、火力、原子力、太陽光などによる発電の仕組みやそれぞれの特徴について理解させる。その際④原子力発電ではウランなどの核燃料からエネルギーを取り出していること、⑤核燃料は放射線を出していることや⑥放射線は自然界にも存在すること、⑦放射線は透過性などをもち、医療や製造業などで利用されていることにも触れる。

ウ 自然環境の保全と科学技術の利用

（ア）自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察し、持続可能な社会をつくることが重要であることを認識すること。

内容の取扱い

（ア）自然環境の保全と科学技術の利用について

テーマ例

#### ⑧・原子力の利用とその課題

このような⑨テーマを設定して調査を行わせ、調査結果を分析して解釈させ、レポートにまとめさせたり、発表や討論をさせたりする。調査の際には、テーマに関する情報を適宜記録して整理させたり、図書館、博物館、情報通信ネットワークなどを活用して調べさせたりする。分析して解釈させる際には、科学的な根拠をもって推論し、判断させるようにする。

### 教科書抜粋（啓林館 1 分野下 P 1 0 1）

もともと依存度の高い火力発電には、二酸化炭素や汚染物質の排出という問題があり、①原子力発電には、安全性や廃棄物の処理などに課題が残っている。また、どちらも限りある資源を使っている。

※原子力発電には二酸化炭素をほとんど発生しないという長所はあるが、②核燃料のウランや発電後の廃棄物から人体に有害な放射線が出るという短所がある。そこで、③放射線が外部にもれないように厳重に管理するとともに、放射性の廃棄物の管理も万全にしなければならない。また、④放射線は外部に漏れると危険なだけに、発電所の故障などの情報を積極的に公開し、地域の理解を得ることも重要である。

## 生徒の意識

- ・放射線という言葉は聞いたことがある。
- ・放射線は危険なものというイメージ
- ・放射能と放射線の違いはよくわからない。
- ・レントゲンも放射線が関係している。

## 目指す姿

放射線の正しい理解

漠然ともっている怖いイメージを、浴びる量が多いと問題で、大変危険なものであるが、自然界には存在し、常に私たちは放射線を浴びで生活をしていること、放射線を活用し、よりよい生活を送っていることに気づき、放射線とどのようにかかわっていったらよいかをりかひすることができるようにする。

- ①放射線は自然界に存在しており、常に浴びている。
- ②放射線は浴びる量が多いと問題（マイナス面）。
- ③放射線は宇宙からや放射性物質から発生している。
- ④計測器で測ることができる。（調べられる）
- ⑤放射線は医療、農業、工業で利用され、放射線は私たちの生活に身近である。（必要なもの）

## 授業の流れ

- ①放射線について知っていることやイメージを確認
- ②放射線について知りたいことを考える
- ③①②を班ごとに交流
- ④交流を通して、放射線に対して知っていることや知りたいことの全体交流
- ⑤放射線について追究していくための手段の確認
- ⑥放射線を目でみる。（霧箱の実験）
- ⑦放射線の測定（放射線測定器の活用）
- ⑧放射線について追究したいことの確認
  
- ⑨ビデオの視聴（偉人たちとの授業 放射線を知る 企画：財団法人経済広報センター 23分）
- ⑩インターネット、図書館、原子力発電所の方などへの聞き取り調査などを行い、レポートにまとめる
  
- ⑪交流会

本時は①～⑧を1時間で行う。

クリティカルシンキングの育成を図るための新教科「現代への視座」  
自然科学入門（４年）化学分野 指導のためのメモ

中・高等学校  
教諭 丸本 浩

<単元> 化学結合

<単元の構成> 化学結合（10時間）

- ①イオン結合とイオン結晶（2時間）
- ②共有結合と共有結晶（2時間）
- ③分子間の相互作用と分子結晶（2時間）
- ④金属結合と金属結晶（2時間）
- ⑤結晶の比較（1時間）
- ⑥探究活動：溶解と溶解（1時間） ← 本時

<単元の目標>

物質の性質について観察，実験などを通して探究し，化学結合と物質の性質との関係を理解させ，物質について微視的な見方ができるようになる。

<教材観> 化学結合の学習を通して，身のまわりのいろいろな物質の性質を，物質の構成粒子と粒子を結びつける力の違いとして捉え，微視的な視点に立って物質の化学的な性質を理解することができるようになる。探究活動という少し発展的な実験を通して，論理的・科学的な考察をすることができる「科学リテラシー」の育成を図ることができる。これまで，科学的・論理的に説明できた実験結果を覆す新たな事実が得られたときに，結果の考察を「クリティカルシンキング」の手法を用いて取り組むことにより，さらに発展的かつ探究的な考察をすることができるような力を育成できると考える。

<生徒観> 生徒は物質を構成する原子・分子・イオンなどの粒子概念の構築をはかり，実験・観察を通して科学的に考察できる力「科学リテラシー」を育成してきた。化学結合の単元のしめくりとして，溶解と極性という探究活動を行い，「クリティカルシンキング」の手法を用いて結果の考察を深めることができる。

<本時の主題> 探究活動：分子間の相互作用と溶解

<本時の目標> ①いろいろな物質の間で，互いに溶けたり溶けなかったりする現象を，実験・観察を行い，結果を科学的に考察する態度を養う。

②発展的な実験を通して「クリティカルシンキング」の育成を図る。

<本時の評価基準および評価方法>

[思考・判断] 極性分子と無極性分子，イオン結晶と分子結晶でできた物質が，相互に溶けたり溶けなかったりすることを，極性の有無の視点から科学的に説明できる。

[知識・理解] 極性分子と無極性分子，イオン結晶と分子結晶でできた物質の性質を，化学結合の観点から理解し，分類し判断することができる。

<準備物> ①器具：試験管(12)，メートルグラス(2)，駒込ピペット(3)，

②試薬：ヘキサン  $C_6H_{14}$ ，エタノール  $C_2H_5OH$ ，蒸留水  $H_2O$   
塩化ナトリウム  $NaCl$ ，過マンガン酸カリウム  $KMnO_4$

スクロース(ショ糖) $C_{12}H_{22}O_{11}$  , ヨウ素  $I_2$   
 ※生徒4名で1班を構成。 1クラス41名 11班

学習内容	指導過程・学習活動	留意点
<導入> (5分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>物質が溶ける(溶解する)というのはどのような現象だろうか。</li> <li>どのような状態から物質が溶けたと判断できるのだろうか？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水と油の仲(犬猿の仲)</li> <li>セパレート・レッシングを提示する。</li> </ul>
<展開> 問題提起1 (5分) 実験の説明 (5分) 生徒実験 (15分) 実験のまとめ (10分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>互いに溶けあう物質と溶けない物質には、どのような共通性や違いがあるのだろうか。</li> <li>実験を行い、物質が互いに溶ける溶けないということを極性の有無の観点から考えてみよう。</li> <li>実験方法・操作の説明を行う。</li> <li>机間巡視を行う。</li> <li>各班にヨウ素を配る。</li> <li>黒板に結果のまとめの表を書く。</li> <li>実験が早く終了した班の結果を黒板に書かせる</li> <li>できるだけ発問を交えながら考察する。</li> <li>分子モデルを使って極性分子・無極性分子の確認を行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「物質が溶けた」という状態の判断基準を示す。</li> <li>試験管に入れる液体の量、固体の量を確認する。</li> <li>実験が遅い班には時間までに終わるように促す。</li> <li>溶けた……○ 溶けない……× の記入をする。</li> </ul>
問題提起2 (2分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>エタノールが水とヘキサンの両方に溶けるのはなぜか？ →エタノールは極性分子のはず！ しかし、ヘキサンにも溶けるのはなぜか？ →親水性、疎水性(親油性)を導入する。</li> <li>実験より、ヨウ素は水にほとんど溶けない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>「クリティカルシンキング」の導入①</li> </ul>
演示実験 (5分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヨウ素液をつくる時、どのようにしてヨウ素を水に溶かすのだろうか？</li> <li>試験管にヨウ素液3mlをとり、ヘキサン1mlを加えて変化を観察する。</li> <li>ヨウ素液の上のヘキサンの層が着色していることから、どのようなことがわかるか考察する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ヒントとして KI の存在を示す。</li> <li>「クリティカルシンキング」の導入②</li> </ul>
本時のまとめ (3分)	<ul style="list-style-type: none"> <li>溶解する現象を極性の有無から説明できる。しかし、エネルギーやエントロピーからの説明も必要である。科学は奥が深くてももしろい！</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>片付けの指示を行う。</li> </ul>

●● 探究活動：分子間の相互作用と溶解 ●●

課題：①物質が溶ける（溶解する）というのはどのような現象だろうか。  
 ②互いに溶けあう物質と溶けない物質には、どのような共通性や違いがあるのだろうか。

<実験：溶解と極性>

実施日： 年 月 日 曜日 時限 場所（ ）教室！

目的：溶解の原理を極性の有無から考える。

準備：①器具：試験管(12)，メートルグラス(2)，駒込ピペット(3)，  
 ②試薬：ヘキサン  $C_6H_{14}$ ，エタノール  $C_2H_5OH$ ，蒸留水  $H_2O$   
 塩化ナトリウム  $NaCl$ ，過マンガン酸カリウム  $KMnO_4$   
 スクロース(ショ糖)  $C_{12}H_{22}O_{11}$ ，ヨウ素  $I_2$

方法：以下の各物質を試験管で混合し，結果を表に記入する。

1. 液体+液体の場合

試薬名	エタノール 1ml	ヘキサン 1ml
化学式		
水 1ml	①	②
ヘキサン 1ml	③	

2. 液体+固体の場合

注：固体はそれぞれ小さじ 1/2 を加える。

試薬名	塩化ナトリウム	過マンガン酸カリウム	スクロース(ショ糖)	ヨウ素
化学式				
水 5ml	a	b	c	d
ヘキサン 2ml	e	f	g	h

### 考察

1. 極性分子，無極性分子間において，溶解性はどのようにいうことができるか。
2. エタノールが水にもヘキサンにも溶けるのはなぜか。
3. イオン結晶，分子結晶の溶解性について，どのようなことがいえるか。

<発展>◇ヨウ素液をつくる時，どのようにしてヨウ素を水に溶かすのだろうか？  
ヒント：ヨウ素液の正式名称は？（ ）水溶液

### ●● 発展的な実験 ●●

方法：試験管にヨウ素液 3ml をとり，ヘキサン 1ml を加えて変化を観察する。  
結果と考察

<疑問・感想など>

( ) 年 ( ) 組 ( ) 番 名前 ( )
--------------------------



●●< 生徒の感想・疑問など>●●

1. 感想

①授業全般について

- ・ある物質がある物質に溶けるか、溶けないかも、化学で説明できることが驚きだった。
- ・化学の不思議を一つ解き明かしたような気がする。
- ・物質が溶けるかどうかは極性の有無が主となって決まっていることがわかった。
- ・溶けるということがよくわかった。
- ・水はそこらにある化学物質をよく溶かすことができた。
- ・溶解と電解質との関係など、分子モデルなどでもう少し考えてみたい。
- ・最後はよくわからなかったが、なぜ溶けるのかはわかった気がした。
- ・なぜヨウ素が少し溶けたのかがわかってスッキリした。
- ・液体に物質が溶けていないのは不思議だった。
- ・極性が無極性かによって、溶解性がわかるのがすごいと思った。
- ・極性・無極性によって、溶け方にこんなに差があって驚いた。
- ・極性と無極性の区別が大事になってくる。
- ・水に溶ける溶けないは極性によって決まるということはおもしろいなと思った。
- ・わかりやすい授業だった。
- ・よく分かった。
- ・全体的によくわからん。
- ・難しいー。
- ・極性・無極性について覚えておきたいです。
- ・実験はよくわかりました。

②ヘキサンやエタノールについて

- ・なぜエタノールがヘキサンに溶けるのかということや、ヨウ素液の詳しいことがわかった。
- ・エタノールとヘキサンが似ているという理由で溶けたのが不思議だった。
- ・1の③が○になるのがわからなかった。

③ヨウ素やヨウ素液について

- ・ヨウ素の色の変化がすごかった。
- ・ヨウ素の色の変化に驚きました。
- ・ヨウ素液はカリウムが溶けているので驚いた。
- ・ヨウ素と水を混ぜたものに KI を加えるだけで、ヨウ素液になったので驚きました。
- ・ヨウ素液は、単にヨウ素を水に混ぜただけではできないのは驚いた。
- ・ヨウ化カリウムを入れてヨウ素が水にとけやすくなったのがすごかった。

#### ④色の变化について

- ・いろいろ混ぜたら色の变化とかがみれておもしろかった。
- ・今度は、できた液（勝手に混ぜて）の化学式を考えて色とか成分？を知りたい。
- ・他の液体でも、この実験をやってみたいと思った。

#### ⑤論理的な説明の仕方や例外の扱いについて

- ・例外とかは、砂糖など身近なものにあるんだ。
- ・例外について考えるのが難しかった。
- ・例外がいくつかあるとわかった。

## 2. 疑問

### ①エタノールやショ糖について

- ・エタノール以外にも両刀遣いはあるのか。
- ・なぜショ糖が溶けないのかが不思議だった。
- ・どうして1. のような事が起こるのかよく分からなかった。

### ②ヨウ素・ヨウ素液関係

- ・ $I_3^-$  とは何？なんで  $I_3^-$  になるのかがいまいち……。
- ・ $I_2 + I^- \rightarrow I_3^-$  になったら溶けるのがよくわからなかった。
- ・わざわざ何で KI を混ぜるのか。
- ・なんで紫色なのか？
- ・水にヨウ素を入れて黄色くなったのはなぜか？
- ・ヨウ素のような例外が他にはあるのだろうか？
- ・ヨウ素が「危険」な理由が気になりました。
- ・私の班ではヨウ素を水に加えるだけでも少しまざったので、なぜか知りたいです。
- ・ $I_2$  は何で紫になると黄色になるのがあるのか？

## ●● 授業を振り返って ●●

### <反省と課題>

1. 50分で実施する分量を多くしすぎたので、時間が不足して、生徒達に十分に考えさせる時間を与えることができなかった。
2. そのため、科学的思考力の育成やクリティカルシンキングの手法を用いた考察を十分に深めることはできなかった。

### <改善方法・対策>

今回準備した内容を十分に活用するためには50分間では無理なので、生徒実験を2回に分けて実施し、結果の考察をする時間や発問によるやりとりの時間を十分に確保するという改善ができる。

例えば、以下のような展開が考えられる。

#### ◇第1時限◇

導入：変更無し

展開

実験1：液体＋液体

水，エタノール，ヘキサン，ジエチルエーテルの4種類の溶媒を用いて，相互に溶解するかを調べる。

考察1：極性溶媒と無極性溶媒の分類を行い，液体相互の溶解と極性の有無に，一定の法則性があるかどうかを考察する。

考察2：考察1で得られた法則性で説明できない実験結果をどのように説明したらよいのか。この場面で，科学的思考力を育成するためにクリティカルシンキングの手法を用いる。

◇どちらの液体が上か下か？どうやって調べる？→新たに加えてみる。

実験2：互いに溶けあわなくて2層になっている溶媒の組み合わせにヨウ素または過マンガン酸カリウムなど色のついた固体を加えてその様子を観察させる。

考察3：どちらの層が上か下かを見極めるための実験であるとともに，液体と固体の溶解を考えるきっかけにもなる。(次時へのつながりを意識する。)

◇第2時限◇

導入：前時の結果・考察より

展開：液体と固体の場合には？

実験3：液体＋固体

水，ヘキサンにそれぞれ以下の4種類の固体を加えて  
それぞれの溶媒に溶解するかを調べる。

塩化ナトリウム，過マンガン酸カリウム  
スクロース（ショ糖），ヨウ素

考察4：極性溶媒と無極性溶媒のに対して，イオン結晶でできた物質と分子結晶でできた物質が溶解するかどうか，一定の法則性があるかどうかを考察する。

考察5：考察1で得られた法則性で説明できない実験結果をどのように説明したらよいのか。この場面で，科学的思考力を育成するためにクリティカルシンキングの手法を用いる。

◇ヨウ素は水にほとんど溶けていないのにヨウ素液はどうやっ  
つくるのか？ → (KIを加える)

実験4：ヨウ素液にヘキサンを加えるとどのようなことが  
起きるのか？それは何を意味しているのだろうか？

考察6：水層に含まれていたヨウ素 ( $I_3^-$ ) は褐色であるが，ヘキサン層に  $I_2$  が移動していくと紫色に変化する。  
(これはヨウ素の溶媒抽出)

◇以上のように2時間かけての展開を行うと，科学的思考力を育成するためにクリティカルシンキングの手法を用いる場面を得ることができる。

◇生徒実験により「溶解する」という現象に興味・関心を持たせることができる魅力的なプログラムの一例として，実施する価値のある授業であると思う。

◇一方で，多量の試験管と試薬を用いるため廃液がかなり生じるため，実施に伴う教員の負担（準備とかたづけの労力・費用の負担など）はかなり大きいといわざるを得ない。

◇今回のプログラムは，先にふれたデメリットを上回って余りある教育的な価値や成果が得られるものと考えている。このことは生徒の感想・疑問の中からも読みとることができる。

## 第5章

# 科学的リテラシー育成に関する 国際的視点からの研究



# 学校教育初期の段階における科学的探究能力育成の方法について

- 英国で開発された教材を参考に -

やまぐち総合教育支援センター 研究指導主事 浅海 範明

## 1 英国のナショナル・カリキュラムにおける「科学的探究能力」

英国のナショナル・カリキュラム (The national curriculum for England) において科学的探究能力は重要な位置を占める。英国のナショナル・カリキュラム「科学」についてその構造を簡単に述べる。

「科学」の学習内容は、領域1「科学的探究」と領域2「生命のプロセスと生物」、領域3「物質とその特性」、領域4「物理的プロセス」の4つの領域から構成されている。このうち領域1「科学的探究」は、学習内容を示したのではなく、他の3領域の学習を進める際に、ここに記述されているような探求能力を育てるということを規定しているものである。ナショナル・カリキュラムは義務教育10年間で4つのキー・ステージに分割し、各キー・ステージでの指導内容を示しているが、キー・ステージ2（7歳から11歳の児童が所属するステージ）「科学的探究」についての記述を以下に紹介する。

### 領域1「科学的探究」(Key Stage 2)

#### 科学での考え方と証拠

1. 生徒たちは以下の事項を教えられるべきである。
  - a 科学は、創造的に思考することに関わり、それによって生物と非生物がどのようにうまく動いているかを説明しようとしたり、原因と結果のつながりを見出したりすることであること（例えば、ジェンナーによるワクチンの研究）。
  - b いろいろな考えを、観察と測定から得られた証拠を用いて確かめることが大切であること。

#### 調査能力

2. 生徒たちは以下の事項を教えられるべきである。

#### 「計画すること」

- a 科学的に調査できる疑問をもち、どうやって答えを見つけるかを決めること。
- b 直接経験や他のある程度の広がりのある情報源からの情報を検討し、疑問に答えるためにそれらを用いること。
- c 何をするか、どんな種類の証拠を集めるか、及びどんな器具と物質を用いるかを決める際に、何が起こりうるかについて考えたり、試しにやってみたりする。
- d 他の要因を同じに保ったまま一つの要因を変えて効果を観察したり、測定したりして、公正な検証や比較を行うこと。

#### 「証拠を得ることと提示すること」

- e 単純な機器と物質を適切に使い、安全を確保して活動すること。
- f データ収集に当たって、ICT（情報通信技術）を使用することを含んだ組織的な観察や測定を行うこと。
- g それが相応しい場面で繰り返しによって観察や測定をチェックすること。

h ダイアグラムや図、表、棒グラフ、線グラフ、及びICT（情報通信技術）を含む幅広い手法を用いて、データを適切にかつ組織的なやり方で他人に伝えること

**「証拠を検討し、評価すること」**

- i 自分たちの観察や測定、あるいはその他のデータを比較して、それらの中に単純なパターンや関連性を見出すこと。
- j 結論を導くために、観察や測定、あるいはその他のデータを用いること。
- k そうした結論が予測と合致するかどうか、また結論がさらなる予測を可能とするかを決めること。
- l 観察や測定、あるいはその他のデータや結論を説明するために、彼らの科学的知識と理解を用いること。
- m 自分たちの研究と、他人の研究を振り返って、その意味と限界について論じること。

また、これらの探求能力をどのような学習内容に関連付けて指導するのかについて、QCA（英国教育省：Department for Children, Schools and Familiesの専門機関）が Schemes of Work（各学年の学習内容を、単元（Unit）を設定して詳述したもの。ナショナルカリキュラムとは異なり、法的拘束力をもたず、利用は各学校の裁量に任されている。）との関連を一覧にまとめている。以下にキー・ステージ2に相当する部分について紹介する。

<b>単元 (Unit)</b> <b>Key stage2</b> (year3:7歳から year6:11歳にかけて指導される内容)	<b>単元においてかわりのある科学的探求能力</b> * 前出「科学的探求能力」の番号・記号に対応
歯と食べ物	2a, 2b 2a, 2b, 2f, 2h, 2i, 2j, 2m
植物をよく育てるには	2a, 2d, 2e, 2f, 2g, 2i, 2j, 2k, 2l, 2 m
素材の特徴	1b, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2h, 2i, 2j
石や土	2c, 2d, 2e, 2f, 2i, 2j, 2l
磁石とばね	1a, 1b, 2a, 2b, 2c, 2d, 2e, 2f, 2g, 2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2m
光と影	1a, 2c, 2f, 2h, 2k, 2m
骨格の成長と動き	1a, 2a, 2b, 2c, 2e, 2f, 2g, 2h, 2k
生物の特徴	2a, 2c, 2d, 2f, 2g, 2i, 2j, 2k, 2l
熱の伝わり方	2a, 2c, 2d, 2f, 2h, 2i, 2j, 2l, 2m
物質の三態	2c, 2e, 2f, 2j
摩擦	1a, 2a, 2c, 2d, 2e, 2f, 2h, 2i, 2k, 2l
電気回路と導体	2a, 2b, 2c, 2d, 2f, 2i, 2l

DCFS:英国教育省 Web ページ

“<http://www.standards.dfes.gov.uk/schemes2/science/sequencing?view=get>”から作成。

また、これらの学習内容は各キー・ステージにおける到達目標（Attainment Target）が提示されている。「科学的探究能力について、キー・ステージ2終了段階で到達が期待される到達目標である、Level4の記述を以下に引用する。



#### レベル4（現行 Attainment Target）

生徒たちは、科学的な考えが、証拠に基づいていることがわかっている。彼ら自身の調査活動の中で、彼らはある疑問に答えるために（例えば、公正な実験を行うなどの）適切な取り組み方を決定する。適切な場面で、彼らは一つの要因以外の要因を同じに保ったままいかにその要因を変化させるかを記述したり、課題を遂行する方法を示したりする。彼らは、適切な場面で予測する。彼らは、彼らに与えられた情報源から情報を選択する。彼らは、課題に対して、ふさわしい装置を選択し、適切な一連の観察と測定を行う。彼らは、表と棒グラフを用いて、観察したことを記録したり、比較したり、測定したりする。彼らは、単純なグラフを作成するために打点することを始め、これらのグラフを用いて、データ中のパターンを指摘したり解釈したりする。彼らは、彼らの結論をこうして得たパターンや科学的知識や理解と関連づけたり、適切な科学用語を用いて結論を伝達したりすることを始める。彼らは、彼らの活動の改善点について理由を与えながら示唆する。

\*平成15年度文部科学省科学研究補助金特定領域研究（2）「未来社会に求められる科学的資質・能力に関する科学教育課程の編成原理」研究中間報告書より引用

現在英国においては学習指導要領改訂作業が進行中で、この到達目標の level の表現にも変更が加えられようとしている。2011年より施行される指導要領においては Science1 の領域のタイトルが、「科学的探究」から「科学の利用:How science works」に変更される予定である。改訂後の指導要領に準じた level4 の記述も以下に示す。

#### レベル4（改訂 Attainment Target）

生徒は、課題を解決するために公正な実験を行なうことや与えられた器具や情報から適切なものを選択するなど、適した課題解決の方法を選択することができる。彼らは最も適した課題解決の方法を選択し利用する。指示に従って、危険回避のための行動をとる。彼らは他の条件を一定にしたうえで一つの条件を変化させ、一連の観察、実験を行なう。彼らは観察、比較、測定によって得られた結果を、表、棒グラフで記録し、単純な座標上にプロットすることもしはじめる。彼らは正負両方の記号を持つデータを解釈する。彼らは結論を、グラフに現れた測定データの傾向や科学的知識、理解と関連付け始める。彼らは結論について科学的に適切な言語でコミュニケーションする。彼らは行った探究活動についての改善点についてその理由とともに示す。

\*QCDA (The Qualifications and Curriculum Development Agency) による  
[http://www.qcda.gov.uk/libraryAssets/media/Level\\_Descriptions\\_-\\_Science.pdf](http://www.qcda.gov.uk/libraryAssets/media/Level_Descriptions_-_Science.pdf) から引用

取り扱うデータ（数字の正負）や安全面の記述が付け加わっている以外、特に大きな変化はなく、これらの科学的探究能力について到達目標を設定してその育成を図っていくという姿勢は今後とも継続されると思われる。

このように、英国の科学教育においては、「科学的探究」の能力を指導要領上で明確に位置づけ、学習内容との関連を明確にし、到達目標も設定して、その育成に取り組んでいる。しかしながら、学習初期の段階で、問題解決的な学習を仕組むことが困難なことは、多くの教師の世界共通の悩みではないかと思われる。特に、解決すべき課題を把握、もしくは設定し、どのような実験によってその課題を解決すればよいのかを見通す場面の指導に苦慮することが多い。科学的探究の態度ともいえるこのような能力をいかに育てるかについて、英国で開発されたいくつかの教材を例に考えてみたい。

## 2 授業においてどのように探求的な活動を導入するか

### ① 第1学年および第2学年に対応した教材（5歳および6歳児童対象）

「ディスカバリー・ドッグ」: Discovery Dog Investigation Pack 2

Millgate House Education Ltd

## 7 教材の概要

この教材は、イングランド教育制度でいうとキー・ステージ1（5～7歳）の児童に用いることを想定した教材である。

科学に関係する様々な問題解決を、主人公の「ディスカバリー・ドッグ」と従姉の「ノラ」を中心とした物語で、児童に導入していく。「ノラ」はとてもしつら好きで、いろいろと困った騒動を巻き起こす。主人公の「ディスカバリー・ドッグ」はその解決を迫られて、物語の最後でいつも考え込むことになる。全12話のショート・ストーリーはいつも”Can you help him?”で終わり、児童は主人公と一緒に問題解決に取り組むことになる。CD-ROMによるアニメーションで提示するのが一般的なようだが、絵本で読み聞かせたり、指人形で劇化することもできる。以下に全12話の中から、興味深い6つの物語のあらすじと、その物語をきっかけとして児童に取り組ませる問題解決的な活動の概要を紹介する。

タイトル	あらすじ	問題解決的な活動	QCA Unitの 関連項目
背高のっぽの犬	ノラは迷子になって、迷い犬センターに運ばれてしまう。そこで体格の違うたくさん犬に出会うが、大きい犬が必ずしも年取っているわけではないことに気付く。そのことについて質問されたディスカバリー・ドッグは困ってしまう。	いろいろな学年の友だちの身長を調べ、調べた結果をグラフ化する。グラフから、年齢と身長の関係について大まかな傾向を読み取る。また、年上であるからといって、必ずしも身長が高いとは言えないことを理解する。	私たち自身 1 A
最も適した植物は？	ノラは宝物探しをしているうちに、花壇に植えてあった植物を全部掘り散らかしてしまう。できるだけ早く花壇を元通りにしなくてはいけない。最も適した植物の育て方とは。	土の量や、鉢の大きさなど、条件制御に気を付けながら、与える水の量と光の量を変化させて植物を育て、その高さを記録する。結果をグラフ化し、植物が良く育つ条件を探る。	植物の育ち 1 B
こぼしちゃった	ノラは台所の床をぬらしてしまう。ディスカバリー・ドッグはできるだけ早く床を乾かしたいのだが、何を使って拭き取るのが一番よいだろうか。	大きさをそろえた、数種類の素材（布、紙、ビニル等）を用意し、皿の上にスプーンなどを用いて一定量入れた水をどれだけ拭き取れるか調べる。	ものの用途と分類 1 C
行くえしれずの犬	ノラは暗闇でかくれんぼをするときだれも見つけられなくておもしろいことに気付く。ノラを探しくたびれたディスカバリー・ドッグは、ノラ的首輪に暗闇でもよく見える色の襟を付けようとしている。どんな色がよいか。	素材の大きさや、当てる光の強さ、光源との距離等条件制御に気を付けながら、暗い部屋でいろいろな素材（明るい色のもの、暗い色のもの、反射材や蛍光色の着いたもの等）に光を当て、どの素材がよく目立つか調べる。	明るいところ 暗いところ 1 D

カタツムリの食べ物	花壇の世話をしていたノラは、カタツムリを見つけ、飼いたいと思うようになった。ところがカタツムリは花壇の植物を食べていた。このままでは花壇がめちゃくちゃになってしまう。カタツムリがよく食べる植物を見つけ出して、花壇から離れたところで栽培する必要がある。どうやってカタツムリの好きな植物を見つけると良いか。	数種類の葉を集め、カタツムリがどの葉をどれだけ食べるか観察する。葉を小さく同じ大きさに切って食べた枚数を数えるのも良いし、始めと終わりで重さを比べるのも良い。	身近な動植物 2B
くっついて困っちゃった	ノラは買い物袋から大好きなチョコレートを手放してしまふ。ばれては大変とチョコレートの上に座って隠そうとしたが、チョコレートが溶けておしりにべったりくっついてしまった。チョコレートが溶けないように保存するにはどこがよいのだろう。	いろいろな場所（窓際、暖房機の上、冷蔵庫の中等）にチョコレートを置いてみて、とけるのにどのくらい時間がかかるか調べる。発展的な実験として、いろいろな温度の水にチョコレートを入れてみるのも良い。	ものの仲間わけ・変化 2D

**\*参考 キー・ステージ1のQCA Unitsについて**

キー・ステージ1は第1学年 (Year1) と第2学年 (Year2) を含み、各学年には以下のような単元が割り当てられている。各単元 (Unit) はさらに細かい章 (Section) に分けられ、授業の詳細が記載されている。全Unitの構成や各Unitの詳しい記述については、下記のWebページよりリンクしているので、参照されたい。

第1学年 (Year1)	第2学年 (Year2)
<b>1A:</b> Ourselves	<b>2A:</b> Health and growth
<b>1B:</b> Growing plants	<b>2B:</b> Plants and animals in the local environment
<b>1C:</b> Sorting and using materials	<b>2C:</b> Variation
<b>1D:</b> Light and dark	<b>2D:</b> Grouping and changing materials
<b>1E:</b> Pushes and pulls	<b>2E:</b> Forces and movement
<b>1F:</b> Sound and hearing	<b>2F:</b> Using electricity

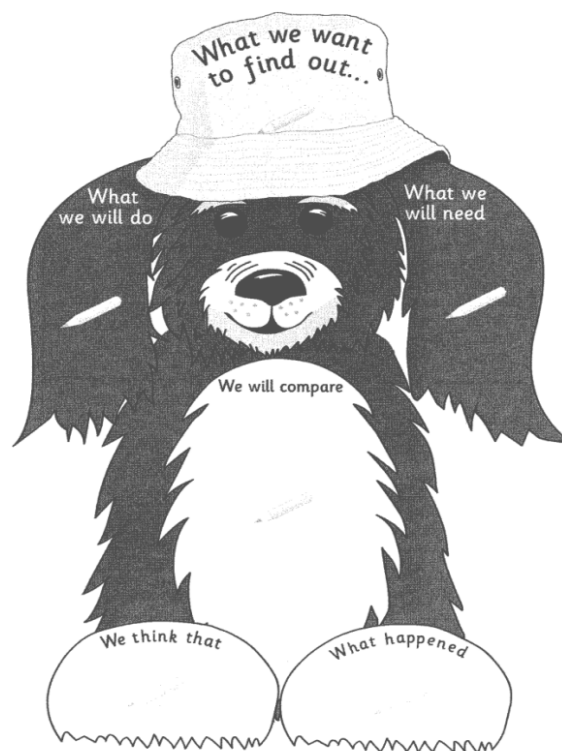
DCFS: 英国教育省 Web ページ

<http://www.standards.dfes.gov.uk/schemes2/science/?view=get> から引用

児童の興味を引く、かわいい犬のキャラクターで物語が展開され、児童は問題解決への意欲を高めることと思うが、それに加えて、問題解決活動を進めていく際に用いる「プランナー」を工夫することで、問題解決の手法が分かりやすく提示されると共に、問題解決への意欲の継続が図られている。

右に示すのがそのプランナーである。これは CD-ROM 版に含まれている、PC 画面上に表示されるものであるが、各項目について入力すればデータとして保存できるようになっている。プロジェクターを備えた教室では、教師が児童の意見を集約しながらプランナーを完成させることができる。プロジェクターなどの機器が利用できない場合は、大判用紙に印刷された同様のものが準備されており、付箋などを利用してこのプランナーに書き込みをしていく。

帽子の部分が課題である。「自分たちが見つけ出したいことは・・・。」耳の部分には、実験の方法と必要な用具等を記入し、おなかの部分には、何を比べようとしているのかを書いて実験の目的を明確にする。足の部分が実験結果「何が起こったか。」と考察「どのように考えるか。」を記入する部分になっている。このように、児童が興味を持つ図案の中に、実験を行う際にのポイントが網羅されており、このプランナー作りを繰り返すことで、問題解決過程の定着が図られる。

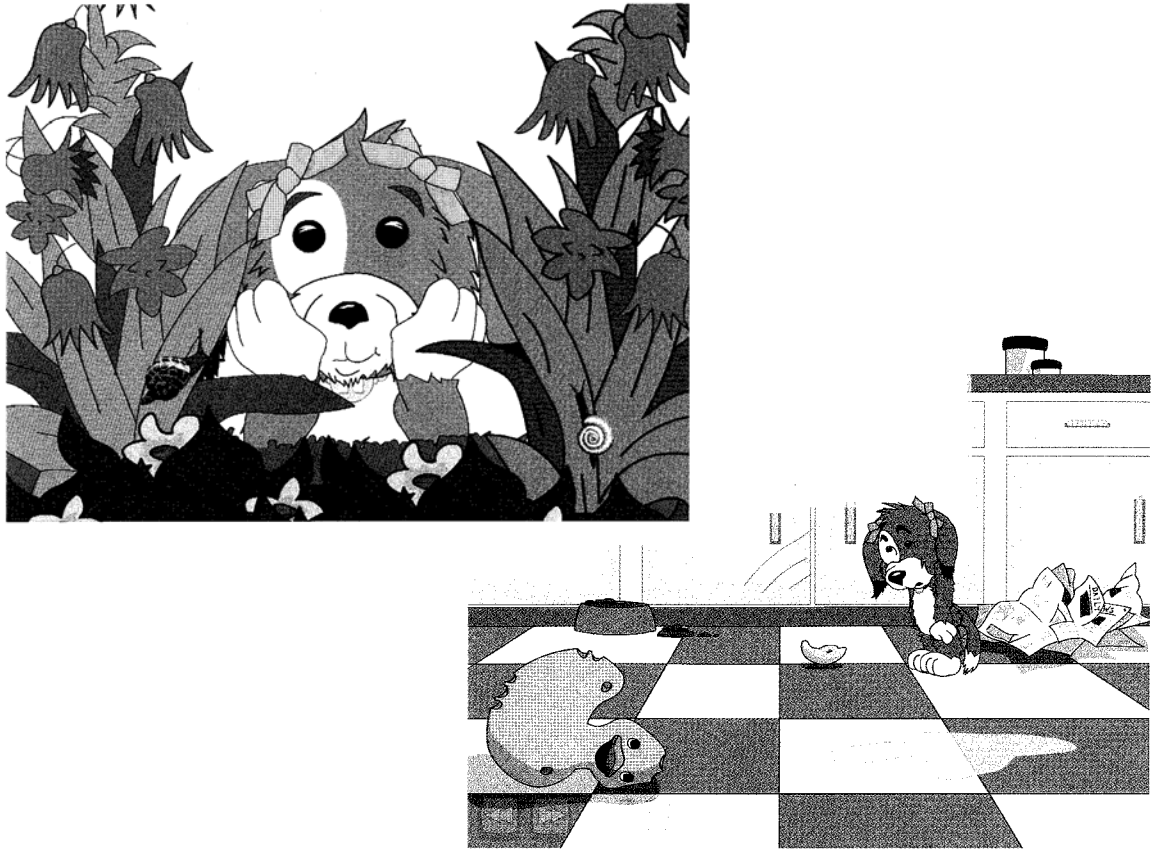


「ディスカバリー・ドッグ」のプランナー

## イ この教材による学習効果について

以上、問題解決を促進するための教材を紹介してきたが、英国で利用されているこの教材による学習と、この教材が対象としている年齢の児童が日本の学校で経験する「生活科」との違いについて述べてみたい。

生活科はその目標にあるように「自分と身近な人々、社会及び自然とのかかわり」から出発する教科であるから、そこで取り上げられる題材は、児童の生活に密着したものになる。自分の生活の中から生まれた問題であるので、児童の問題解決に対する必然性が高くなることは期待できるが、科学的な実験手法によってその解決を図ることができる問題ばかりではない。ここに紹介した教材は、児童を主人公に同化させ、児童の現実からは離れた事象ではあっても、より科学の手法に近い解決方法を用いることのできる事象を、児童が必然性をもって学習することができるようにした教材である。よりすっきりした形での問題解決場面を提示することができ、問題解決の経験の積み上げも意識的に行なうことができる。学習の初期段階から、このような学習を繰り返すことで、問題解決に対する積極的な態度を育成するのに効果があるものと期待できる。また、児童一人ひとりの自然・社会事象に対する経験は、異なっている。一人ひとりの学びを大切にしなければならないことも確かだが、物語による共通の土台で、集団として問題解決に当たる経験を与えることができるとともに、児童の身の回りの事象だけではカバーしきれない、より広範な科学的な思考も経験させることができるという点で、学習効果の高い教材であるといえる。



「ディスカバリー・ドッグ」の物語場面：CD-ROM を用いれば動画で表現される。

②第3学年～第6学年に対応した教材（7歳～11歳児童対象）

「魅惑の科学」 SPELLBOUND SCIENCE

Millgate House Education Ltd

7 教材の概要

この教材は2冊の絵本（Book1、Book2）、もしくは2枚のCD-ROMで構成されている。また、物語の場면을再現するための指人形も併せて販売されている。対象としている児童はBook1では7-9歳、Book2では9-11歳となっているが、この年齢の児童はいずれもKey Stage 2に属することとなる。

科学的探究を導入する手法としては前述の「ディスカバリー・ドッグ」と似ていて、登場人物が「科学的な」出来事に物語の中で遭遇し、問題解決を図っていくというスタイルである。ただし「魅惑の科学」は一つ上のKey Stageに属する児童を対象に作られているため、問題解決の方法がより精緻化され、複雑な問題場面となっている。

全ての物語は以下に示すような統一された構成になっている。「お姫様の救出」（Book1）を例に教材の特徴を紹介する。

「お姫様の救出」（Book1）

i ストーリー（概略訳）

ある日主人公（リッキー）の元に1通の手紙が届く。それは高い塔のてっぺんに閉じこめられたお姫様からだった。「助けてください。ただし私の部屋の入り口は鍵が掛かっています、

部屋には窓が一つあるだけです。」

リッキーたちは窓にはしごをかけて助け出す計画を立てる。しかしどれだけ長いはしごを用意すればよいか分からない。

実際に塔のある場所へ行ってみると、地面に塔の影ができていた。この影の長さを測ることで必要なはしごの長さが分かるのではないか。

リッキーの仲間は意見を出し合った。

**The Prisoner Princess**

Ruby and Ricky were waiting for the mail to arrive. They always liked getting letters and postcards from interesting places.

Today there was a mysterious looking letter. It was addressed to Ruby and Ricky.

They opened the letter carefully. Inside was a single piece of paper. It read... Dear Ruby and Ricky.....

Ruby and Ricky wanted to help the princess. So they hurried over to the big tower. It was enormous! They could hardly see to the top.

Ruby looked at Ricky. Ricky looked at Ruby. They both looked at the tower. It was so big. How could they possibly help the princess to escape?

Ricky suggested that they could bring a ladder to rescue the princess during the night. She could use the ladder to climb down from the window when the guards left.

"That's a good idea Ricky," said Ruby, "but the big ladder needs to be! We don't want to go out at night and find that the ladder is too short!"

They both looked at the guards at the bottom of the tower. They looked very fierce, with helmets and swords. The shadow of the tower on the ground. The shadow was long.

"I'll tell you what, Ricky," Ruby continued, "we can measure the shadow of the tower. Then we will know how long the ladder needs to be. I was pleased that they had thought of a way!"

Ricky looked uncertain. He wasn't sure that the shadow was the same size as the tower.

Just then Nana and Jed arrived. Ruby and Ricky told them about the princess trapped in the tower. Ruby needed to measure the height of the tower so they could help her to escape. They all thought about whether measuring the shadow would help, then they started to talk about their ideas.



ストーリーが語られるページ

## ii 登場人物が意見をつぶやくページ

What do you think?  
Can you help them?

影は塔よりも大きくなるわ

影は塔よりも小さくなるよ

The shadow will be bigger than the tower

The shadow will be smaller than the tower

The shadow will be the same size as the tower

We can't use the shadow to measure the tower

塔の大きさを測るのに影は使えないよ

影は塔と同じ長さだわ

### iii 解決のヒントのページ

晴れた日に外へ出て、段ボールや木や煉瓦を使って塔の模型を作ってみよう。影の形をかいてみよう。

- ・ 朝
- ・ 給食時間
- ・ 学校から帰る前

何が分かりましたか。何か違いが見つかりましたか。

問題を解決するために、何ができるか自分で考えてみよう。ここにいくつかのヒントもあります。

段ボールで塔の模型を作り、懐中電灯を太陽として使ってみよう

塔の上から照らしたら、影の長さはどのくらいですか。どのようにしたら影を変えることができますか。影の長さはいつも塔の長さと同じですか。

晴れた日、あなたの影を、時刻を変えて観察してみよう。それはいつも同じ大きさですか。大きさを換えることはできますか。いつも同じ所にできていますか。

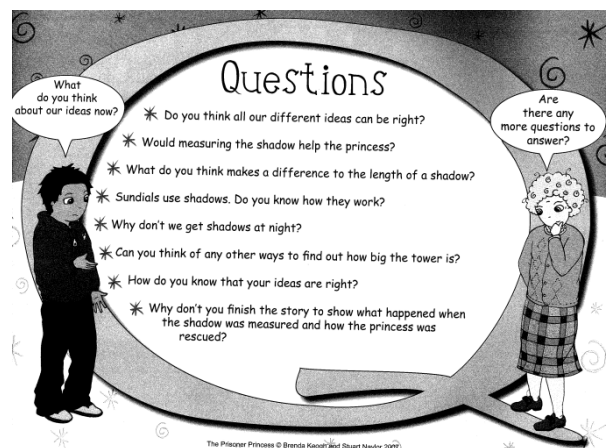
物とその影が映っている写真を探してごらんください。影はその物より長いですが、短いですが。

影について本やインターネットで調べることもできます。日時計は影を使っていますが、それについてももっと見つけることができるでしょう。

Try to think of your own ideas for finding out. Here are some of our ideas for what you could do...

### iv 登場人物からの質問のページ

- ・ わたしたちの意見はそれぞれ違っているけど、みんな正しいと言えますか。
- ・ 影の長さを測ることが、お姫様を助けることにつながるのでしょうか。
- ・ 何が原因で影の大きさが変わるのでしょうか。
- ・ 日時計は影を使っていますが、どのような仕組みか分かりますか。
- ・ なぜ夜に影はできないのですか。
- ・ 塔の大きさを測る他の方法はありませんか。
- ・ あなたの考えが正しいということは、どうやって確かめられますか。
- ・ 影を測り、お姫様をどのようにして助けたのか、あなたがこの物語の結末を考えてください。



v まとめおよび発展のページ

この物語に関係する基本的な考え方は、空の太陽は一日中その位置を変えているということ。そのため影の大きさやできる方向が変化する。

**何かが光をさえぎると影ができます**

太陽は影を作ることができる。  
懐中電灯やランプは影を作ることができる。  
影は物をはさんで、光っている物の反対側ができる。

しかし彼らはメートル尺の影の長さを測ることができます。

The big idea in this story is that the position of the Sun in the sky changes during the day. The size and direction of shadows caused by the Sun also change.

When something blocks the light you get a shadow.

- ★ The Sun can make a shadow.
- ★ A torch or a lamp can make a shadow.
- ★ The shadow is on the opposite side of the object from the light.

As the Earth rotates, the Sun appears to move across the sky and the length of shadows changes.

- ★ The Sun is low in the sky in the morning and evening. When the Sun is low shadows are long.
- ★ The Sun is highest in the sky at midday. When the Sun is high in the sky, shadows are short.

But they could find the length of the shadow of a metre stick.

The length of the tower's shadow changes during the day. This makes it tricky for Ricky and Ruby to use the shadow to find the height of the tower.

Then they could find how many times the metre stick's shadow fits into the tower's shadow.

**地球の自転により、太陽が空を横切っていくように見え、影の長さが変わります。**

朝夕、太陽は空の低い位置にあります。太陽が低い位置にあるとき、影は長くなります。  
正午に太陽は最も高くなります。太陽が高い位置にあるとき、影は短くなります。

塔の影の長さは一日の中で変化します。これがリッキーやルビーが塔の高さを知るのに影の長さを使うことに注意した点なのです。

そして塔の影の長さがメートル尺の影の長さの何倍になっていることを知ることによって、塔の高さを知ることができるのです。

\*参考 「魅惑の科学」: SPELLBOUND SCIENCE に収められている他のストーリーとその物語をきっかけに行う探求的活動の概略

Book1 (7-9歳対象)

タイトル	物語のあらすじ	探求的活動の概略
“歯”がいっぱい	博物館に並んでいた数々の歯の標本をひっくり返してしまった。どの歯がどの動物のものなのだろう。	前歯の働きや奥歯の働きをする日用品の形状と、歯の形状とを比較し、その機能を推測する。いろいろな動物の食べ物と歯の形状の関係を調べる等。
すばらしい豆	野菜コンテストに出品した今年の野菜のできはいまひとつ。来年こそは！	光や水の量、温度や肥料の条件を変化させて植物の育ちに最高の条件を探る。
フィッシュ・アンド・チップス	新しくオープンしたフィッシュアンドチップスショップの包み紙がどうもよくない。どんな包み紙だとじょうぶで冷めないだろうか。	いろいろな材質の包み紙を用意し、水にぬらして強度を調べたり、色落ちしないかを調べたり、油に対する強度を調べたりする。
きえた土	ちょっと困りものの魔法使いが、花壇の土を消してしまった。植物の栽培に適した土をどうやって作る？	花壇を深く掘ってみるとその下にはどんな土があるか調べる。花壇の土をルーペで観察してみて、どのようなものが含まれているのか調べる。土中の生物を調べる。土をふるいにかけてみる。いろいろな地域で調べてみる。
磁石星からきたマグネちゃん	磁石星からやってきたマグネちゃんは、地球上のいろんなものが体にくっついて大変。どんなものから離れておけばよいかアドバイスして。	いろいろなものを磁石にくっつけてみる。電化製品に使われている磁石を探してみる。磁石の強さをひきつける強さ、ひきつけることができる距離などの視点で調べる。マグネちゃんゲームを作って遊ぶ。



骨のある問題	主人公は木登りしていて骨折してしまう。こんなに痛いのなら、骨なんてなければいいのに。骨がなくなると私たちの体はどうなるの？	いろいろな動物の骨格を描く。自分の体を触ってみて、骨や筋肉の様子を観察する。紙を丸めて骨の模型を作り、その強度を実感する。
ぴよんぴよんハウス	池の蛙が新しい家を求めて池から去っていく。どうして？	蛙の生活史を調べる。蛙のえさや蛙をえさにしている生物、蛙が身を守る方法等生態的な視点で蛙について調べる。実際に身の回りで蛙を探してみる。
こおり鳥	幻の「こおり鳥」の卵が庭で見つかった！でも、こおり鳥の卵はやはり氷。このままではとけてしまう。こおり鳥の卵を救うには。	風船に水を入れて冷凍庫で凍らせる（こおり鳥の卵を作る）。いろいろな素材でくるんだり、置く場所を変えてみて、氷が最も長持ちする方法を探る。
海岸へのピクニック	砂浜で砂のお城を作ったが、波に洗われて跡形もなくなってしまう。そういえば紅茶に入れる砂糖もなくなる。チョコレートはとけて形がなくなる。溶ける？融ける？	いろいろなものを温めてみて、「融ける」物を探す。温度による融け方の違いを観察する。いろいろなものを温度を変えて水に溶かしてみる。
いらいらする日	魔法使いが変な呪文を唱えてしまい、いろいろなものがすべるようになってしまった。コップは手から落ちるし、ハトは屋根に止まれない……。何が起こったのか。	空気抵抗を調べるために、いろいろな形状のものが落ちる速さを比較する。摩擦力について調べるために、いろいろなものを滑らせて見る。重力、空気抵抗、摩擦力についてその違いを考えてみる。
不思議な回路	せっかく作ったブザーの導線1本を魔法使いが持って行ってしまった。導線の代わりに何を使えばブザーが鳴るようになるかな？	ブザーをつないだ単純な回路を作り、いろいろなものを導線の間に入れて、電気を通すもの、通さないものを見つける。電気を通さないものを使うことで、日常生活を安全なものにしている例にはどのようなものがあるか。

### Book 2 (9-11歳対象)

タイトル	物語のあらすじ	探求的活動の概略
ゾロ星への旅行	ゾロ星へ6週間の旅行をすることになった。長い旅なので、宇宙船に食料をたくさん積み込まなくてはならない。好きな食べ物ばかりを買い込んだ主人公。本当にそれでいいのかな。	健康な食事について、コックさんなどにインタビュー。食物群についての調べ学習。どのような食料でバランスのとれた食事になるのか主人公に提案。
不思議な植物	ゾロ星から持って帰った、地球上にただ一つしかない不思議な植物の種をなんとかしてうまく育てたい。たった一個しかないので失敗は許されない。どのように植えるのがよいか。	いろいろな種類の種を観察する。(大きい、小さい、乾いたの……。) いろいろな条件(植えるときの種の向き、土の質、光の量等)を適切に変えて、育ちの違いを観察する。木を種から育てる。
地球へようこそ	液体と気体が存在しない星から地球へやってきたレベッカ。「地球ではいろんな物が勝手に動いて怖い！」液体と気体についてどう説明してレベッカを安心させることができる？	身の回りの物質を、固体、液体、気体に分類する。分類しにくい物(のり、クリーム、トマトケチャップ等)について話し合う。気体を1、固体を10とするスケール上に物質を並べてみる。
よく晴れた日に	天気の良い日、ピクニックに出かけたところサンドイッチが干からびてしまった。魔法使いに元通りにしてもらおうと頼んだが、魔法使いは水の蒸発を止める呪文を唱えてしまった。いったいどうなる？	いろんな物が乾いていく様子を観察する(植物、洗濯物、パン……。) 早く蒸発させるにはどうしたらよいか考える。結露がみられる場所の特徴を探す。乾燥するのを防ぐにはどうすればよいか考える。
昼と夜	夜の暗闇が怖いベニー。魔法使いに、夜を昼に変えるように頼んだら、太陽の動きを止めることならできるといわれた。太陽が止まると、昼ばかりになるのかな。	昼と夜が生じる仕組みについてインターネット等で調べる。また、太陽を電球に、地球をボールにたとえたモデルを用いて昼と夜を再現してみる。回転軸を傾けることで、昼と夜の長さに違いができることを体験する。
うるさいお隣	ネズミのロナルドはお隣さんが出す騒音に悩まされて夜も眠れない。壁にどんな工夫をすれば騒音を止めることができるか。	音の出る物(ラジオ、目覚まし時計等)をいろいろな素材(アルミホイル、紙、エアキャップ等)でくるみ、どの素材が音をもっとも遮断するか調べる。条件制御に気を付けた実験にする。
狐とにわとり	飼っていたニワトリが狐に食べられてしまった。狐がニワトリを食べないようにする呪文を魔法使いにお願いしたら、「動物が他の動物を食べないようにする呪文ならある。」と言われた。この呪文を使うとどうなるか。	食物連鎖について調べる。ネズミが一匹も食べられずに生き残ったらどれくらい増えていくか、そしてどれだけのえさが必要か、ねずみ算をシミュレートする。

冷蔵庫中の食べ物	たくさん買い物して帰って、冷蔵庫の中を見るとほぼ満杯。冷蔵庫に入れた方がよい物と、入れなくても良い物に分けなくてはならない。どうやって分ける？	いろいろな食べ物を湿らせて、ビニル袋の中で腐らせてみる。暖かいところと、冷たいところに置き、変化の違いを観察する。冷蔵庫なしでどうやって食べ物を保存するか考える。
ミスターけちんぼ	安売りの岩塩を大量に買い込んだミスターけちんぼ。ドラム缶に入れて庭に置いてたら、雨で溶けてしまった。ドラム缶にたまった大量の塩水をどうすればいい？	塩水から塩を取り出す方法をいろいろ考えて試す。温度による溶解度の違いについて実験する。かきまぜることの効果について調べる。早く蒸発させるための条件について調べる。
消えたらうそく	停電で真っ暗な中、ろうそくの炎をみていると、炎は芯から少し離れたところから出ている。ろうが気化しているのだったら、そのろうを集めてまたろうそくが作れる？	ろうそくの炎を観察する。ろうそくに広口ビンをかぶせて何が集まるか調べる。物を温めたり、燃やしたりしたらどうなるか調べる（ろう、紙、木、チョコレート等熱して変化の様子を観察する。
バンジー・ジャンプ	バンジージャンプに挑戦することになったベニー。ゆっくり落ちるようにできないかと魔法使いに頼んだ。ベニーの体をどう変化させれば、ゆっくりと落ちることができるか。	いろいろな形の人形にゴムをつないで、バンジージャンプのモデルを作り、落ちる速さを比べる。いろいろな物（タンポポの種、ボール、羽毛、紙・・・）を落としてみて、どれが速く落ちるか調べる。
闇夜の猫	迷子になった猫を探しに公園に行った。ほとんど真っ暗の中で、猫の目が光るのを利用して探し出すことはできるのか。	暗がりの中でよく見えるもの、そうでないものを調べる（鏡、CD、反射材、白いぬいぐるみ）
灯台	灯台の模型を作ってみたが、肝心の電球が明るくつかない。どんな改造を加えると電球はより明るく光るだろうか。	電球を一つつないだ単純な回路を造り、どうやれば電球を明るくできるか試してみる。変えることができるのは導線の太さ、導線の長さ、導線の本数。そのほかにも変えることができるものがあるか。

## イ この教材による学習効果について

自然の事物・現象を探究的に学習する流れを組み立てるのは容易なことではない。特に自然科学分野に関する理解が十分でない教師にとっては、子どもの気付きや科学的な知識を統括して、探究的な活動へと導くことは難しい。また、事物・現象への理解は、対立する意見をもつ学習者間の討論によって深まっていくが、教師が学習内容に関して包括的に理解していないと、子どもの多様な考え方を引き出し、論点を焦点化していくことも困難である。

この教材の優れているところはそういった探究的学習の手順を物語の流れの中にうまくはめ込んでいる点である。i 物語の結末では、調べるべき事象がうまく絞り込まれており、ii 登場人物が科学的な討論になるような視点をもった対立意見を述べている。またこの対立意見はiv 質問のページでよりはっきりとした疑問点として示される。iii 解決のヒントのページでは課題を解決するための具体的な実験方法が提示される。さらにv まとめのページではこの探究的活動に関連する科学の原理が示され、発展的な内容についても触れられている。

児童は無理なく課題意識をもつことができ、問題を把握し、見通しをもった後に解決へ向けて行動するという、一連の問題解決行動のひな形を経験することができる。これを複数の問題場面において経験することで、問題解決の手法が定着していくことと思われる。

さらに、学年が進むにつれて、理科で扱う学習内容も高度になり、児童の生活経験からだけでは十分な問題意識を引き出せない場合も出てくる。そういった場合にも児童に探究的な思考の流れを経験させることができるという点でこの教材は魅力的である。

※ 以下の文章は、物理教育通信 138 号 (2009 年 物理教育研究会発行) に掲載された論考の誤字などを訂正し、資料を付したものです。(香川大学 笠潤平)

\*\*\*\*\*

## 英国 GCSE 必修理科の「21 世紀科学」の目標、教科書、活動は通常の科学的 内容の習得型の理科とどれだけ異なるか? \*1

笠 潤平 香川大学教育学部

〒780-8522 香川県高松市幸町 1-1 [jpryu@ed.kagawa-u.ac.jp](mailto:jpryu@ed.kagawa-u.ac.jp)

### 1 はじめに

06 年 9 月から英国 (ここではイングランドおよびウェールズ) の「ナショナル・カリキュラム」の改訂にもとづいて、同国の義務教育最終段階の 2 年間 (キーステージ 4/GCSE 段階、日本の中 3・高 1 年齢に相当するが英国では小学校から数えて第 10・11 学年) 向けのシラバスの 1 つとして本格的使用が開始された『21 世紀 (必修\*2) 科学』は、市民の科学的リテラシーのための学校理科教育の 1 つの徹底した試みである。\*3

筆者は、06 年までに物理教育学会近畿支部、理科カリキュラムを考える会、科学教育研究協議会その他の研究大会・全国大会等において、同コースの全体的な特徴とその意味について報告し、また、07 年の物理教育研究会夏期大会 (於名城大) で、同コースおよび『21 世紀科学・追加科学』の章立て (資料 1 ab 参照)、同コースの物理分野のモジュールの 1 つ「P3 放射性物質」の内容についてビデオ教材の紹介などを含めて報告した。また、同コースの検討を目的とする「GCSE 研究会」(代表 岡本正志・京都教育大) においても同じ「P3 放射性物質」の教科書、授業案、実験・実習などの活動 (アクティビティ)、ビデオやパワーポイントなど各種教材をさらに検討した結果を報告した。これらの検討の副産物として翻訳資料は A 4 で数十枚になった。

本稿では、それらの上に立って、i) モジュール「P3 放射性物質」の目標、教科書の叙述、設問、推奨されている活動などを全体的に検討した結果を報告し、加えて ii) 同コースの大きな特徴である「科学についての考え」の教育の組み込みの意義を検討する。

その際、i) の作業においては、「P3 放射性物質」との比較対照に、同じく 21 世紀科学シリーズの一環でその後の進学を望む生徒向けの (科学的) 概念主導型のコース『21 世紀科学・追加科学』のモジュール「P5 電気回路」を用いる。この「追加科学」コースの性格の分析は日本ではまだなされていない。

また、検討の過程で、市民の科学的リテラシーのための教育に関わる問題提起を得たので、それについても報告する。

### 2 P3 と P5 の比較 : 学習目標、教科書、活動、教材の違い

**具体的な学習目標の比較** 『21 世紀科学』の教材はヨーク大学とナフィールドカリキュラムセンターによって開発されたが、シラバスの規定文書 (specification) は OCR (オックスフォード・ケンブリッジ・王立芸術協会試験当局) によるものである。実際の教科書では P3 は 8 つ、P5 は 7 つの節からなるが、規定文書では P3 は 4 つ、P5 は 5 つのトピックに分けられている。文書の性格上、規定文書は同コースの内容の骨格をより端的に表していると考えられる。この規定文書ではトピックごとに具体的な学習目標が列挙されているが、それらを、ア) 科学の内容 (知識・概念・法則など) に関するもの、イ) 科学と実生活のかかわり (応用など) に関するもの、ウ) 科学と社会の関係の諸問題に対する見方に関するものに分けてみると、P5 では、ア) が 88%、イ) が 12% を占め、ウ) に相当するものは見当たらないのに対し、P3

では、ア) は 30%にすぎず、イ) とウ) がそれぞれ 36%、34%を占める、到達目標の項目数の単純な比較では、この三者がほぼ同程度の重みになっている。(図 1) つまり、P5 は日本の理科授業と授業の目標の性格上類似しているのに対し、P3 は授業の具体的な学習目標自体が知識習得・概念主導型の授業と大きく異なり、科学と社会の関わりに関する学習(上記イとウ)、さらに科学と社会の関わりについて市民の側からどう考えるべきかという観点の学習(ウ) が大きく取り入れられていることがわかる。このウは後述するように、これまで日本の理科学カリキュラムではほとんどまったく取り上げられていなかった観点である。ここで、ア) イ) ウ) の目標というのは、それぞれ、P3 における例をあげると、たとえば、

ア) 1つの原子は陽子と中性子からなる1つの原子核を持つことを理解する、

イ) われわれは常時放射線の照射を受けたり放射性物質を体内に取り込んだりしていることを理解しこうした背景放射線の線源の例を挙げることができる、

ウ) 放射性物質が関係する文脈においてわれわれに出来ること(技術的に可能なこと)となされるべきこと(価値)を区別することができる、

などである。

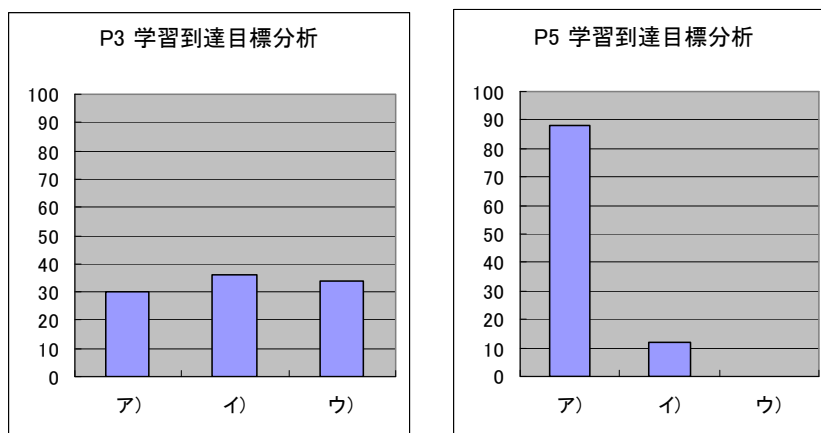


図 1 P3 と P5 の学習到達目標の数の百分比 :ア)、イ)、ウ)の内容は本文参照

**教科書の比較** つづいて、教科書の本文、図表、問いについて同様な整理を行なうと、図 2 のようになる。これも「P3 放射性物質」においては、ア) 科学の内容(知識・概念・法則など)に関するものに対してイ) 科学と実生活のかかわり(応用など)に関するものの重みが比較的高く、ウ) 科学と社会の関係の諸問題に対する見方に関するものがかなり取り入れられていることがわかる。一方、P5 はもっぱらア)科学の概念・法則に関わる学習内容が多くを占めていることがわかる。ただし、学習到達目標の項目数で見た比率とは、比率が異なっている。いずれにせよ、学習目標の項目数や本文の行数、教科書の設問数、図表の数などにおけるこれらの比率には厳密な数量的な意味はなく、どれが真の重みを表しているかということは問題にならない。(生徒用教科書の P3 の各節の概要については資料 2 を参照。)

**活動(アクティビティ)の比較** また、教師用 DVD-ROM で推奨されている P3 と P5 の多数の活動を同様に整理してみても同様な結果を確認できる。P3 は放射線を扱うので、電気回路を扱う P5 ほど生徒実験が組みやすいということもあるが、それでも両者の対比は際立っている。

P5 の活動は、日本の中学校と同じような抵抗にかかる電圧と電流の関係を調べるものから、電流についての 2 つのモデルの長短を比較するもの(この観点は少し面白い)、光依存抵抗の光による抵抗の変化を調べるものなどまで 38 例にのぼって豊富に用意されているが、大半(76%)がア) 科学の内容(知識・概念・法則など)に関するもので、イ) 科学と実生活のかかわり(応用など)に関するものが残りの 24%を占め、ウ) 科学と社会の関係の諸問題に対する見方に関するものと分類できる活動はない。

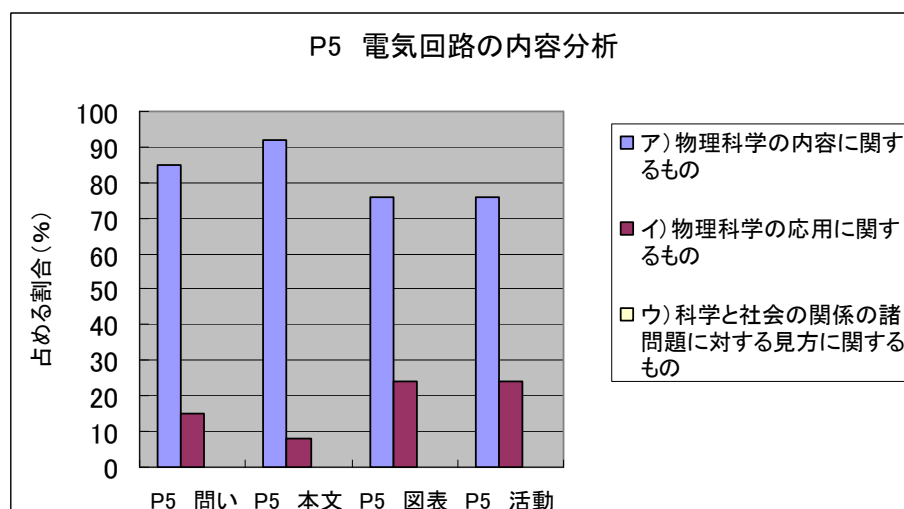
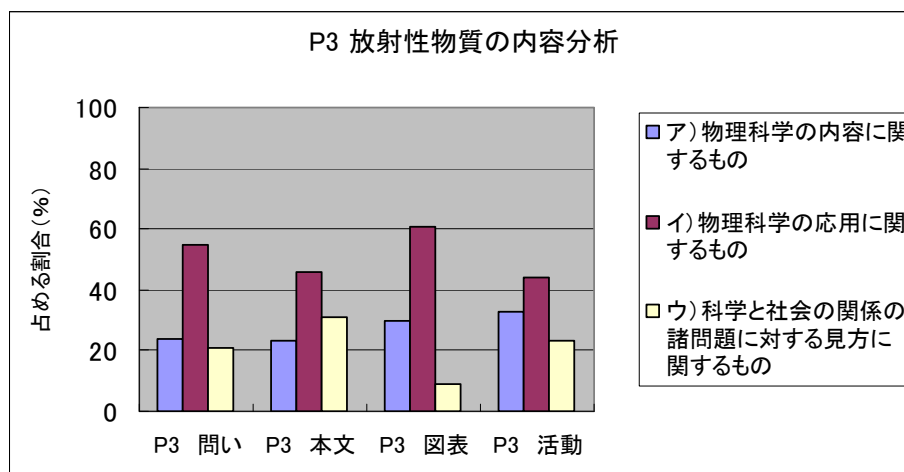


図2 P3とP5の教科書の設問数、本文の行数、図表の数の内訳

これに対し、P3では、総計30例の活動のうち、イ)科学と実生活のかかわりに関するものがもっとも多く(全体の44%)、ウ)科学と社会の関係の諸問題に対する見方に関するものも多様かつ豊富(23%)に用意されている。一方、普通われわれが理科で教えようとするア)科学の内容(知識・概念・法則など)に関するものは33%に留まっている。

ここでウ)に分類した活動とは、リスクとベネフィットを計算するものや、核廃棄物の処理についてのインタビューのビデオクリップを見て、そこに出てくる廃棄物処理場の技術者と原発反対運動家の双方の発言について事実と意見を分けるようもとめるものなどである。(同コースの規定文書内のP3のモジュール概観、教師用ガイドのモジュールマップ[授業の流れ図]、授業展開に沿った教材・活動例の一覧を資料3・4・5に示す。また、ウ)に分類した活動の1例「リスクをレポートする」を資料6に示す。)

結論として、『21世紀科学』モジュール「P3 放射性物質」の内容の顕著な特徴として、ア)の割合が低く、イ)の割合が高いのみならず、ウ)も到達目標、教科書から推奨される活動例まで首尾一貫して重視されていることが確認できる。

### 3 内容分析の方法：カテゴリ立て

**分析のカテゴリ** 以上のような各モジュールの学習到達目標、本文、図表、問いの内容の分析の3つのカテゴリへの分類は以下のような観点から行った。

**ア) 物理学の内容に関するもの** モジュールがP3、P5など物理分野(生物・化学・物理の3分割中の)であるので、物理教員が教えるか、または当該教員が大学などで学んだ物理固有の方法・考え方・概

念を前提として教えようとするものと想定したときに、今までどおり物理の内容が述べられていると受け取るような内容、たとえば、原子核から放射線が放射されるプロセスの説明や電磁波の波長と振動数の関係の説明など。(ただし、少し広げて化学的な内容の説明もかぶる場合があればそれも含めることとし、そのため表記を物理ではなく「物理科学」とした。)

イ) 物理科学と実生活のかかわり(応用など)に関するもの a) 話題の日常的・社会的コンテキストを説明しているもの、b) 人体や生物への影響の説明に主眼があるもの、c) 技術的な応用について説明しているもの、d) 社会的な影響について説明しているものなど。

ウ) 科学と社会の関係の諸問題に対する見方に関するもの イ) の d) と関連しているが、とくにリスクとベネフィット、予防原則、ALARA 原則など社会的規制のための考え方に関するもの。また、原因と相関性など社会的影響を考えるための方法に関するものもここに入れた。社会的規制・政策に関する議論などで必要となるために入れられている観点であると見たためである。\*4

作業の進行 上述の説明の順序とは異なり、分析作業は、本文の内容の分析から始め、ついですぐに教科書内の問いと図表・小コラムの分析を行い、しばらくおいて、教師用ガイドにある全活動例の分析へ進み、最後に、最近になって、OCR規定文書内の全学習到達目標の同様な分析を行った。

本文の分析においては、段落ないし文ごとにその意味がはっきりしている場合はその行数を数えたが、ア) とイ) あるいはイ) とウ) の観点などが混じりあってどちらとも割り切れないと思われたものは、その行数を2で割ってそれぞれに振り分けた。図表や小コラムについては、本文中での言及やその図表に添えられたコメントから、著者らの意図を推測して、ア) イ) ウ) のいずれかに分類したが、2つ以上のカテゴリーが混じりあってどれかだけに分類するには無理があると考えられるものについては、0.5カウントや0.33カウントしていった。活動についても同様に分類しカウントした。

分類の例 たとえば、P3の「F節 核廃棄物」冒頭の「核廃棄物の遺産」は、つぎの2つの段落から始まる。

「2004年に政府は、英国各地の危険な核廃棄物を一掃するための核廃棄機関(NDA)を設立した。放射性廃棄物の95%以上は原子力発電所から生まれる。その他は、医療利用、工業、科学研究からのものである。それは英国の「核の遺産」と呼ばれている。

NDAは毎年10億ポンドずつ、総額500億ポンドを使う予定である。しかし作業に取りかかる前に政府は世論にとって許容可能な核廃棄物の処理方法を見出す必要がある。」

一応、この最初の3行の段落は、イ) に分類し、つぎの2行の段落はウ) に分類した。(見ての通りこれだけでも多少異論がありうる。) また、この節ではこの後、「放射性崩壊のパターン」という小見出しの下で、核廃棄物の処理の問題の説明の前提として半減期についての議論が20行ほどなされるが、それらはア) に分類した。同じ「F節 核廃棄物」の節末には以下のような問いが置かれている。

「問い

② ヨウ素132はヨウ素を吸収する甲状腺の問題を調べるのに用いられる。これはγ線源である。

a なぜヨウ素元素が選ばれたのかを説明せよ。

b なぜヨウ素132がγ線を出すことが役に立つのか説明せよ。

c ヨウ素132は13時間の半減期を持つ。半減期が次のようだったらどんな問題があるか。

i ずっと短かったら

ii ずっと長かったら

」

この②の問いは、すべてイ) に分類した。

また、「E節 原子力」には行数はわずかではあるが、「核兵器」と題した小コラムがあって、トリニティの実験のことが記載され、その右に原子爆弾投下後のキノコ雲の写真が出ているが、これらはもちろん

核兵器開発という、科学と社会の関係について 20 世紀においてもっとも鋭く問題提起をした課題に関係しているが、ここでは、市民としてその問題をどう考えるかという観点ではなく、科学の社会的影響の話として一般的に叙述されているに過ぎないのでイ) に分類した。

**カテゴリーの「発見」** 上記の作業を始めたのは、07 年の物理教育研究会夏期大会での報告後で、今述べたようにまず本文の内容の分析から入った。作業は見ての通りひどく単純で、また同時に、上述の例でも示唆したように、各文、図表、問いなどの「意味」についての主観的判断に基礎を置いていると言う点であまり「科学的」に見えず、筆者自身も当初よりその結果を、教科書や授業のほしいの傾向を浮かび上がらせるのに用いることができるという程度にしか考えていない。実際、作業上、カテゴリー分けに迷った箇所は少なからずあり、また時間的経緯の中で判断基準のぶれも多少生じていると思われる。それでも、試みにこの作業をしてみたのは、なるほど『21 世紀科学』がこれまでの GCSE 科学や日本の中学校・高校理科と著しく異なっていることは教科書を一読すれば感じられるものの、そこから議論を先に進めるために、その特徴を端的に示す方法はないかと考えたからである。ところが、本文の内容上の分類のためのカテゴリーを立てようとして見て、思いがけず得るものがあった。その時に、イ) 科学の応用に関するものとは、質・量ともに相対的に独自の重要性を持つ、ウ) 科学と社会の関係の諸問題についての見方に関するものというカテゴリーが自然に立てうることを言わばただちに「発見」したのである。ここでとくに強調したいのは、このカテゴリーは「科学と社会の関係に関するもの」ではなく、もっと限定的に「科学と社会の関係の諸問題に対する見方に関するもの」とするのが同コースの特徴を表すのによりよいということ、さらに言えば、「科学・技術と関係する諸政策や科学・技術の社会的規制の議論に関するもの」と言うカテゴリーでもよいのである。このカテゴリーは、図表や問いの分類においても十分に機能し、学習到達目標を規定文書で逐一点検した際にも有効だった。

**コースの構造設計の思想とウ) のカテゴリー** この『21 世紀科学・(必修) 科学』の設計のもっとも大きな特徴は、「科学の説明」(Science Explanation)すなわち科学的リテラシーの科学的知識の側面についての柱を立て、義務教育の最終段階の 2 年間で教えるべきその要素を選び出す(実際には根本的に見直しながら絞る)と同時に、「科学についての考え」(Ideas about Science)といういわば科学論に当たる側面についての柱を立て、学校教育で教えるべきその要素と教えるべき程度を同定し、この両者を各モジュールに構造的に配置していること、とくに後者は複数のモジュールで繰り返し現れるように組み込んでいることにある。(図 3)

ウ) のカテゴリーは、結局、この「科学についての考え」のうちの 2 つ、「リスク」と「科学・技術に関する決定を下す」の学習内容に関するものにほぼなっている。

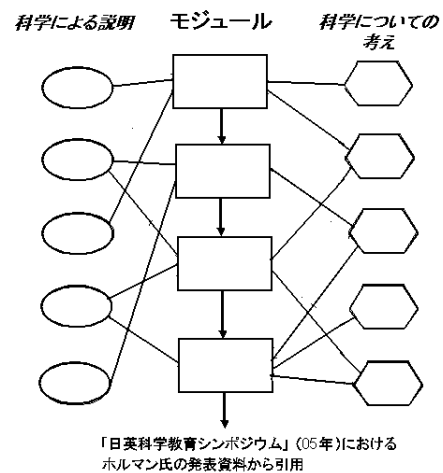


図3 21 世紀科学・(必修) 科学の設計構造

#### 4 モジュール概観に見る P 3 と P 5 の趣旨

議論とまとめに入る前に、最後に規定文書や教師用ガイドにあたって P 3・P 5 それぞれの趣旨について、製作者たちの意図を確認しておこう。

**P3 の趣旨** 『21 世紀科学』シリーズには各モジュールについて、OCR 規定文書と教師用 DVD-ROM 内の教師用ガイドにそれぞれ簡単な「モジュール概観 (Overview)」という同じ名称のページがある。前者がより一般的で後者がより教師向けということになるのだろうが、内容の区分けはそれぞれはっきりしていないように思われる。

P3 についての OCR 規定文書のモジュール概観はつぎのように述べる。(資料 3)

「『放射線』(Radiation)という用語と『放射能』(Radioactivity)という用語は、しばしば入れ替え可能な言葉だと思われる。目に見えないために誰もが放射線を恐れている。リスクと恩恵(ベネフィット)のより客観的な評価が放射性物質の多くの実用例の理解を深めることで促される。

保健分野における放射性物質の利用を通して、生徒は、放射能の性質、生体細胞へのその有害な影響およびその安全な扱い方について学ぶ。放射性物質による照射および/または汚染と関連する健康上のリスクという文脈の中で、生徒はリスクに関するデータの解釈についても学ぶ。

英国政府は新しい原子力発電所建設の可否について、じきに公衆に問いかけるかもしれない。核分裂にもとづく発電は二酸化炭素を排出しないというのが、その重要な論拠である。一方で、核廃棄物の処分という長期的な問題に対しては今なお解決策はない。再生可能なエネルギー源は、現存する原子力発電所に代わって十分な電力を生むことはできないかもしれない。

生徒は、電力生産のいくつかの方法と核廃棄物処分のいくつかの方法について検討する。これらの事例研究は、公的な決定は費用(コスト)に対して恩恵(ベネフィット)を秤量することによってなされなければならないことを示す。考慮すべきファクターには、技術的な実現可能性と現在と将来の社会的および環境的な影響の見通しが含まれる。」

つまり、著者らがこのモジュールで取り組もうとしているのは、第1に放射線・放射能に対する市民の理解不足と恐れの問題であり、第2に英国の今後のエネルギー問題と原発問題(より具体的に言えば原発建設の再開問題)である。そして、その際に著者らが行おうとしているのは、第1の問題に対しては、①放射線と放射能の基礎知識(放射線の種類と性質、照射と汚染の違い、線量の概念、環境放射線の知識など)を与えること、②医療分野など放射線が人間によって利用されている例やラドンなどによる環境放射線とそれへの対処の問題などを多数取り上げて理解を深めること、③リスクとベネフィットという観点からの評価を積極的に推奨することである。また、第2のエネルギー問題と原発問題については、核分裂のしくみや半減期等の科学的概念の基礎理解とともに、さまざまな政策の利点と短所の評価、民主的な規制のための議論の重要性、市民がこのような問題を考える際の共通の拠り所としての予防原則の理解を図ろうとしている。

これらの諸点でも、日本の理科教育と大きくことなる点が多く見られるが、筆者の考えでは、より重要なのは、モジュールのこの趣旨が、徹頭徹尾、(原理的に)民主的な社会において、その構成市民が身につけているべき放射性物質の理解は何かという点から組み立てられ叙述されている点である。科学者が、常識として市民に知っていてほしいと願う知識という面から科学的リテラシーを考えるのではなく、(その場合、なぜ知っていてほしいかの理由はしばしば科学者側からのもので、人間の知識はここまで進んでいるのだからせめてこのぐらいは知っていてほしいという理由がおおおうにして重きをなしがちである)、社会の存続のために何が問題かというところから学習内容を決めようとしているように思われるのである。

付け加えれば、その結果、同じように科学・技術と社会の問題を取り上げる場合にも、日本の場合のように、従来とあまり変わらない、当該トピックについての科学的な知識を中心とした叙述に、こうした諸問題についての指摘を付け加えるだけではなく、科学的な知識の選び方、叙述の仕方も、市民にとって必要な理解を促進する(誤解を解消する)という観点からなされているように思われる。たとえば、放射線の照射と放射性物質による汚染の違いが強調されているが、これは70年代に開発されその後の「コンテキスト主導型」の理科コースに大きな影響を与えたオランダのPLONプロジェクトの研究の結果に直接学んだものと思われる。

**P5の狙い** P5については、教師用DVD-ROM内の教師用ガイドのモジュール概観を見てみると、その冒頭に、「このモジュールのアプローチ方法は『概念主導型』(concept-led)である」と謳われ、以下、もっぱら、電気回路の物理的な概念・法則に関する学習内容と、家庭の電気・全国電力網についてのその応用的な理解について述べている。科学・技術の社会的規制や、政策決定についての考え方の学習の観点は述べられていない。



ただ、本稿の主題とは異なるが、OCR 規定文書の P5 モジュール概観の冒頭で、「電気は、その効果によってのみ知られているので（下線は筆者）、科学的モデルの利用とその威力を例示する上で理想的な題材となる」とし、「このモジュールで、受験生は科学者たちがどのように回路の中で起きていることを可視化し、回路の振る舞いを予測するかを学ぶ」として、電流回路の学習を科学的モデルの学習の好機と捉えている点は非常に新鮮である。そして、その叙述は以下のように続く。

「第1のトピックでは、電子の流れとしての電流と言う考えが導入される。第2のトピックでは、電圧によって動かされつつ、抵抗に抗して、回路中を運動していく電荷という役に立つ諸モデルを学ぶ。そこには、狭い管中の液体というモデルや、圧力パッドの間のベルトというモデルが含まれる。電位差としての電圧という、電圧のより一般的な理解が、第3のトピックで展開され、高さの差にもとづくモデルを導入することができる。発電のトピックで、電流と電圧の概念がさらに発展させられる。最終トピックは、これらの概念を電力へと結びつけ、電化製品の効率という考えを導入する。」

なかなか楽しそうである。

## 5 議論

### 5-1 「科学と社会の関係の諸問題に対する見方に関するもの」というカテゴリーの意味

すでに本稿中で部分的に示唆したことだが、学習到達目標や本文の性格について「科学と社会の関係に関するもの」というカテゴリーを立てられるだけでなく、「科学と社会の関係の諸問題に対する見方」にしぼったカテゴリーを立てることができる（そのようなカテゴリーを立てても十分大きな割合をそのカテゴリーが占める）というのが、P3の著しい特徴である。そして、このカテゴリーが、今までの理科授業に対して非常に新しい観点を表すものであることは容易にわかる。たとえば、以下に掲げたOCR規定文書のP3の学習到達目標の中の最後の17個はすべてこのカテゴリーに入るが、これはすべて、放射性物質の利用と処理というアクチュアルな問題において、科学・技術の成果の利用と社会への新たな有害なあるいは倫理的な影響との間の関係に対して、市民が主体的にどのような観点を理解しつつ議論に参加できるべきかについて述べたものである。

1. 放射性物質に関連する健康上のリスクとそれを限定するために取られた手段についての追加的な情報を得たときに、
  - ・ 絶対に安全なものはないのはなぜかを説明することができる
  - ・ 新しい科学的ないし技術的進歩から生じるリスクの例を同定することができる
  - ・ 特定のリスクを減じる方法を示唆することができる
  - ・ さまざまな形で表現されたリスクの大きさに関する情報を解釈し議論することができる
  - ・ 与えられた例のリスクを、それが起きる確率ともしそれが起きた場合の重大性の両方を考慮に入れて、議論することができる
  - ・ リスクがあることが知られている活動のベネフィットを示唆できる
  - ・ 人々がある活動のリスクを受け入れる自発性(ないし躊躇)の理由を提起することができる
  - ・ リスクとベネフィットのバランスの観点から個人的および社会的選択を議論することができる
  - ・ 「予防原則」にもとづく議論を同定したり、提起したりすることができる;
  - ・ 個人的および社会的選択を議論する受け取られたリスクと実際のリスクの違いを区別することができる
  - ・ 与えられた例において、実際のリスクと受け取られたリスクの違いについて、その理由を示唆することができる
  - ・ ALARA (実現可能な限り低くする)原則とは何を意味するかおよびそれが当該の問題にどのように適用できるかを説明することができる
2. 放射性物質に関連する健康上のリスクのコンテキストの中で、

- ・ 影響を受ける諸集団を同定し、ある行動が実行される際に、各グループが受ける主要なベネフィットとコストを同定することができる
- ・ 持続可能な発展の考えを説明し、それを特定の状況に適用することができる
- ・ 科学的研究と応用は公的な規制と法の下に置かれることに気づいていることを示す
- ・ 実現できること(技術的に可能なこと)と何をすべきか(価値)とを区別することができる
- ・ ことなる社会的・経済的コンテキストでは、異なる行動が取られることがあるのはなぜかを説明することができる

このような観点を生徒たちに真に根付かせるためには、教師は相当授業方法の研究をつまねばならないし、すぐ後に述べるように、教師自身が「科学の伝達者」といったものとは違った新しい役割を引き受けなければならないことを意味していると思われる。

**リスク論** より個別に議論すると、これらの到達目標からは、さきほどP3のモジュール概観の議論でも指摘したように、このコースではリスク論の基本的な考え方の紹介がかなり重視されていることがわかるが、リスク論は日本の理科カリキュラムではほとんど議論されておらず、またこの強調については賛否両論があるだろう。(その中で電力会社など原発推進の立場の関係者は、原発の安全神話が維持できなくなった今日、欧米で取られているリスク・ベネフィット論による原発建設問題の議論が公的な議論の主要な論理となることを目指していると思われる。)しかし、一方で特徴的なのは、リスクとベネフィットという考え方にとどまらず、予防原則、ALARA(合理的に達成可能な限り低くする)原則なども併せて強調されている点である。そして、逆に低強度放射線による被爆の可能性についてもこの2つの観点から取り扱い、ホメオシス効果の示唆などは一切あられず、低強度被爆の有害性が否定できない限り、規制が必要であるという立場を取っている。

**予防原則** そして簡単に言えば「潜在的なリスクが存在するというしかるべき理由があり、しかしまだ科学的にその証拠が提示されない段階であっても、そのリスクを評価して予防的に対策を探ること」(大竹千代子 文献6参照)というこの予防原則(precautionary principle)こそ、科学者の立場からの科学的リテラシーではなく、科学や科学・技術行政に対して市民の立場から規制の要求をする際の正当性の根拠となる新しい拠り所である。その原則がこのコースではっきりと出されていることこそ、同コースの新しい立場を端的に示しているように思われる。そして、これらの立場をこのコースが採用しているのは、EU自体をはじめ、ヨーロッパの公的な諸機関で、日米などに対してはるかに進んで、このような立場が正式に採用されていることが背景にあると思われる。

**『21世紀(必修)科学』と生活単元学習との違い** 筆者はこれまでさまざまなところで、この『21世紀(必修)科学』を説明してきたが、あるとき、中学校の教員の自主的な研究会で、すでに退職しているベテランの理科教師から「ああ、これは生活単元学習だね」とコメントされたことがあった。だが、筆者の考えでは、同コースはいわゆる生活単元学習とはかなり異なっている。筆者の理解では、生活単元学習は、基本的に日常生活で出会う範囲の事柄から入り、何か解決すべき課題を設定し、その解決に向けて、本来はさまざまな教科に渉る知識や法則の内容を自分たちで調べたりしながら学習していくことを目指すものだが、『21世紀(必修)科学』では基本的に学習するトピックも内容(それが予防原則のように科学プロパーの観点ではなく、科学の社会的影響に対する議論の原理であるにせよ)も、かなり規定されていて、講義や議論や活動を通じて、その内容を学んでいくのである。そして逆にトピックの面では、日常生活の問題ではなく、むしろ社会的な議論の重要テーマとしてすでに提起されているか、早晚提起されるであろう特定の問題を限定的に取り上げている。

**『21世紀(必修)科学』とコンテキストベースド(context-based)型教材との違い** また、同コースの開発を主導したRobin Millarらヨーク大学のスタッフが製作し内容的にも同コースの下敷きとなっている面が少なくない『サルターズ GCSE 科学』や、Swinbank 女史を責任者として同じくヨーク大学のスタッフが中心に製作した『サルターズ・ホーナーズ A レベル物理』のような、いわゆるコンテキスト・ベースドの教材ととも違った特徴を持っている。とくに『サルターズ・ホーナーズ A レベル物理』は、

コンテキストの中で教えることで、物理が現実の中でどのように役立っているかを生き生きと示して、生徒の問題意識を大きく喚起しながら、授業を進めていくのだが、一方で（Swinbank 女史が来日された際に講演で強調されたように）あくまでその目的は、基本的にそのトピックを通じて物理の一般法則とその応用される様を教えることであって、そのトピックについて熟知してもらうことではない。ところが、『21世紀〈必修〉科学』では、9つのモジュールで取り上げられたトピック自体が、市民にとって重要であるとみなされている、つまりその問題についての知識も重要な学習内容とみなされているように思われる。そこで、この『21世紀〈必修〉科学』をたんにコンテキスト・ベースの科学コースとすることはできない。

**新しく加わる理科教師の役割** 最後に本稿の分析から、このコースを教える理科教師の役割はこれまでよりも広がるのが結論できると思われるのでそのことを述べる。すなわち、①科学的な知識体系（事実に関する知識と概念・法則からなる体系）を理解させること、および②科学の実生活への関わり、応用的側面、社会への影響などを理解させることの2つに加えて、③市民の観点から科学と社会の関係についてどう考えるか、その考え方を理解させることが理科教師の役割として新たに加わると言ってよいだろう。そして、私見によれば、①と②の課題は、やや単純化した表現になるが、これまでの多くの理科教師のスタンス、すなわち生徒たちに対して科学の側を代弁する形で望むスタンスに立って取り組むことが可能だが、③の課題は、生徒たちとともに、科学に対して市民の立場からその規制や価値観との折り合いの問題を含めて考えるという新しいスタンスを教師に要求するものであるように思われる。これはかなり大きな変化ではないだろうか。

#### 4-2 日本で同様なコースを実施する際の諸課題

**タイミング** 上記のごとく、この「21世紀科学」の授業は、その内容においても授業方法においても、日本の理科の授業と大きく異なる。そして、この10数年、いわゆる「ゆとり」カリキュラムの克服を掲げ、主として科学的内容の系統的な教育の実現のために努力してきた理科教育関係者、理系各学会関係者および現場教員、そしてその声を受け入れたカリキュラム策定者が、ようやく理科教育の「再充実化」への一歩が始まったと感じている現時点でこのようなアプローチの大変化を望ましいと考えるかどうかは、現実にはかなり疑問である。

**教員の理科授業観** また、理科の授業についての長年の観念を継承している現場教員がここで要求される授業観と教授方法の変化を受け入れるかどうか大きな問題である。

**内容に関するきびしい論争** さらに、よしんば市民の科学的リテラシーのための理科教育を根本的に考えるというコンセンサスが関係者の間にできたとしても、そのつぎには（たとえば地球温暖化論やエネルギー問題の将来などを考えても）その内容として何をどの程度教えるべきかおよびどのような観点から取り扱うべきかが、教科書に書かれていること＝正しいことと受け取る生徒が多い現実がある限り（それは発達段階から言っても当然のことである）、論争（時として利害のからむイデオロギー政策的な論争）の対象となることが予想される。それは先に論じた「低強度放射線」の人体への影響の評価などの個別の諸点についても起きるだろう。

#### 5 終わりに

以上、モジュール「P3放射性物質」の内容について、設定された学習到達目標、教科書本文、問い、図表の性格の分析というやや形式的な側面から入って検討することによって、『21世紀科学・〈必修〉科学』で目指す科学的リテラシーの内実の新しい重要な一端を明らかにした。科学的リテラシーについての論議・調査・教材づくりの試みを、①科学的知識に関するもの、②科学的探究方法や科学的な態度に関するもの、③科学と社会の関係に関するものにわけると、日本では、やはり科学者や科学教育関係者による①の議論が主流で、②の諸要素の同定やその教育のための試みも相対的に弱いのではないだろうか。そして③については、英米を中心とするSTS教育に示唆を受けた日本のSTS関連の研究者たちによる試みは

あるもののその議論はあまり広がりを見せていないのではないだろうか。それに比して、この『21世紀科学・(必修)科学』の試みは、③の課題でもとくに科学・技術に関わる社会的諸問題についての議論に市民として合理的に参加できるような力をどのように育てるかということを重要事項として特定し、そのための教材を首尾一貫して作っている。

もちろん、筆者はこのコースの内容に留保がないわけではない。第1に「神は細部に宿る」、あるいはオグボーンが新しいカリキュラム作りについて述べたように「悪魔は細部に宿る」のだから、どんなに設計の意図が意欲的であろうと、実際の教材、テキストや活動が生徒にとって面白くまた意図した教育目標に沿った力がつくものになるためには、生徒のニーズ、問題意識、好奇心やその国の教師の現状などへの著者の優れた洞察が必要であり、成功は自動的に保証されない。

第2に、このようなコースを日本で実施するならば、理科教育関係者の十分なコンセンサスを作ることが必要となる。また現場の教師自身の理科教育観を大きく変えることができるような検討材料を提供し集団的検討の時間を十分保証する必要がある。そしてそのためには、英国を始め諸外国でなぜ市民の科学的リテラシーのための理科教育が強調されるに至ったのか、それらは同一のものなのか、そして成功しつつあるのかどうかをさらに検討しなければならない。また、可能などころでの授業の試行による検討も必要である。そして、何よりも、民主的な社会の存続のために市民が身につけるべき科学的リテラシーのための教育を考える上では、その議論も合理的かつ民主的に行う必要があるだろう。

そして、本稿の主題から多少問題を拡げ過ぎだが、そもそも同コースは科学と社会の問題については理想的なものだろうか？日本で同様のコースを作るとしたらわれわれが取り上げたい科学と社会に関するトピックは同コースでほとんど網羅されていると言えるだろうか？そうともいえないだろう。第1に核兵器の問題・軍需産業の問題がほとんど触れられていない。また、(このことは他の機会にも指摘したが)科学の歴史の進み方と言う点では、ガリレオから始まる近代物理学の創立期のトピックを面白く入れることは可能であったように思われる。それらが抜けている理由は推測できないが、1つには、物理・化学・生物3つずつに均等に分けた9つのモジュール立てという機械的な枠組みをしていることにあるように思われる。

本稿で触れることができなかった、同コースの全モジュールの分析結果、評価方法の詳しい検討結果、マスコミで取り上げられて「プチ学力低下論争」の様相を呈した同コースへの批判と反批判、同コースの製作者による自己評価と外部委託評価の検討などについては、後日稿を改めて触れたい。

## 注

- \*1 本稿は、主として2008年にGCSE研究会(京都)の場で報告した内容および2009年度の物理教育学会全国研究大会で発表予定であった内容にもとづく。
- \*2 ここで「必修」としたのは、「21世紀科学」シリーズにはここで論ずる「科学」(ナショナル・カリキュラムの必修部分に対応)以外に「追加科学」(進学する生徒向けの従来型の学問的な科目)、「応用的追加科学」(進学を考えない生徒向けの実生活や職業とのつながりを重視したテーマ別モジュール・シリーズ)という2つの補足的な選択科学もあるからである。
- \*3 もちろん、英国のGCSE科学シラバスは、これまで同様、ナショナル・カリキュラムに定められた骨子に従いながら、3つの試験当局がそれぞれ2つずつ発表してよく、また各学校がそのうちから選んで教えればよいことになっている。そして、「21世紀科学」以外は市民のための科学的リテラシーのための教育という今次のナショナル・カリキュラム必修科学の趣旨に、同コースほど大胆かつ意欲的に踏み込んでいない。そこで、同コースが必修科学枠の諸コースのうち、どのぐらいのシェアを占めているかは興味あるところである。Joint Council of Qualifications が公表しているGCSE全科目の受験者数および成績分布のページによれば、2008年7月の「GCSE Science」(新規定)の総受験者数は、537606名(約54万名)であった。OCRのホームページに当たるとそのうちのOCR Science A(「21世紀科学」)の受験者数がわかるが、それは、117329名(約12万名 22%)であった。また、OCR Science B(これは「Gateway Science」というシラバスで「21世紀科学」ほど科学的リテラシーのためのコースに徹底していない)は85669名(8万6千名弱 16%)であり、もっともシェアが大きかったのは、より伝統的なGCSE科学に近いAQA試験当局の

Science A で、その受験者は 202735 名(約 20 万名、38%)だった。なお、「追加科学」の受験者総数は 433468 名(約 43 万名)で、「(必修)科学」に対して約 8 割になるので、旧 GCSE 科学のダブル・アワード以来の科学への2科目分の時間数配分は想像以上に保持されていることが推測できる。

- \*4 これ以外に P1、B3 などでは、それぞれ、ウェゲナーの大陸移動説とダーウィンの進化論を例に、社会的・歴史的コンテキストの中で、1つの学説がどのように科学者の共同体に受け入れられていったかを扱っている(科学についての考えの「3 理論を展開する」「4 科学者共同体」)ので、それにふさわしいカテゴリー(「エ」学説の発展と科学者の共同体に関するもの)を設ける必要がある。同様に「21 世紀科学」9つのモジュールをすべて分析するには、結局、さらに、オ)データの見方とデータと理論の関係に関わるものを含め、全部で 5 つのカテゴリーが必要となったが、全体の分析の報告は他日を期すこととする。
- \*5 筆者が日本の理科教育関係者から始めて「予防原則」の意義を聞いたのは、2007 年の物理教育研究会の夏期大会における川勝博氏(名城大)の特別講演においてである。そこで氏は、この原則が科学に対する市民の側からの姿勢の定式化(とその「原則」としての社会における承認)として画期的な意義を持つものとした。

## 参考文献

- 1) Holman, J. et al., 21st Century Science GCSE Science Higher, Oxford Univ. Press, 2006
- 2) 笠潤平, 科学的リテラシーを目指す英国の義務教育の改革, 物理教育, 54-1, 19-27, 2006
- 3) OCR Specification GCSE Science A 21st Century Science Suite Science, 2nd edition, 2005
- 4) 村田隆紀, 英国における物理カリキュラムの開発 コンテキストに基づく物理はすべての人のためのものか? エリザベス・スインバンク, 物理教育, 56-1, 42-46, 2008
- 5) 笠潤平, 右近修治, ワークショップ:物理カリキュラムの改革 ジョン・オグボーン他, 物理教育, 56-1, 47-52, 2008
- 6) 大竹千代子, 東賢一, 予防原則 人と環境の保護のための基本理念, 合同出版, 2005

## 翻訳資料

- 資料 1 「21 世紀(必修)科学」および「21 世紀追加科学」目次
- 資料 2 「21 世紀(必修)科学」生徒用教科書モジュール「P3 放射性物質」の各節の概要
- 資料 3 「21 世紀(必修)科学」規定文書内の P3 のモジュール概観および「21 世紀追加科学」教師用ガイド内の P5 のモジュール概観
- 資料 4 「21 世紀(必修)科学」規定文書「付録F:科学についての考え」の前文、「IaS5:リスク」、「IaS6:科学と技術に関する決定を下す」
- 資料 5 「21 世紀(必修)科学」教師用ガイド内の P3 のモジュールマップ
- 資料 6 「21 世紀(必修)科学」の P3 の教材・活動例の一覧

## 資料 1 a 21 世紀科学「科学」目次

序

コース内の評価

### **B1 あなたとあなたの遺伝子**

- A 同じところと違い
- B 家族の価値
- C 人間のくじ
- D 男か女か？
- E 倫理—決定を下す
- F あなたは自分の子どもを選べるか？
- G 遺伝子治療
- H クローン化—SFか科学的事実か？  
モジュールのまとめ

### **C1 空気の質**

- A 地球の大気
- B 主な大気汚染物質は何か？
- C 大気汚染物質を測定する
- D 大気汚染物質はどのように作られるか？
- E 燃焼過程で何が起きるか？
- F すべての原子はどこへ行くのか？
- G 大気汚染物質に何が起きるか？
- H 空気の質はわれわれにどう影響するか？
- I 新技術による空気の質の改善方法は？
- J 政府と個人はどのように空気の質を改善できるか？  
モジュールのまとめ

### **P1 宇宙の中の地球**

- A 時間と空間
- B 時間を深くたどって
- C 大陸移動
- D プレート・テクトニクスの理論
- E 太陽系—危険！
- F われわれは何から作られたか？
- G われわれは孤独か？
- H どのように宇宙は始まったか？  
モジュールのまとめ

### **B2 健康を保つ**

- A お医者さん、何が起きたんですか？
- B 細菌攻撃！
- C 抗体は皆に必要—抗生物質ではなく！
- D ワクチン
- E 抗生物質の終わり？
- F 新しい薬はどこから来るのか？
- G 循環
- H 病気の原因—どのように知るか？  
モジュールのまとめ

### **C2 材料の選択**

- A ふさわしい素材を選ぶ
- B 回りじゅうにあるポリマー
- C テストの時
- D 拡大する
- E 新しい大きな考え
- F 大きい分子、小さい分子
- G 設計された素材
- H それは持続可能か
- I ライフサイクルアセスメント
- J 合成ポリマーのライフサイクル
- K 抗菌タオルより持続可能な代替物  
モジュールのまとめ

### **P2 放射と生命**

- A 日光、大気、および生命
- B 放射モデル
- C 放射を用いる
- D 健康へのリスクはあるのか？
- E 地球温暖化
- F 気候変動？  
モジュールのまとめ

### **B3 地上の生命**

- A 生命の多様性
- B 現在の変化の証拠
- C チャールズ・ダーウィンの物語
- D 生命はどこから来たか？
- E 接触を保つ
- F 人間の進化
- G 絶滅！  
モジュールのまとめ

### **C3 食品問題**

- A 食物連鎖
- B 農業の挑戦
- C 食品のための農業
- D 食品の保存と加工
- E 健康化学物質と有害化学物質
- F 食生活と糖尿病
- G 食品と消費者
- H 食品災害とリスク  
モジュールのまとめ

### **P3 放射性物質**

- A エネルギー・パターン
- B 身の回りの放射線
- C 放射線と健康
- D 原子内部の変化

- E 原子力
- F 核廃棄物
- G エネルギーの将来  
モジュールのまとめ

用語集  
索引

\*\*\*\*\*

## 資料 1 b 21 世紀科学「追加科学」目次

序

### **B4 恒常性維持**

- A 同じであり続けるために変わる…
- B 制御系におけるフィードバック
- C 酵素
- D 温かくなる、冷たくなる
- E 拡散と浸透
- F 水の恒常性
- G すべてがおかしくなったとき
- まとめ 問題

### **C4 化学的なパターン**

- A 周期表
- B アルカリ金属
- C 化学反応式
- D ハロゲン
- E ヘリウムの発見
- F 原子構造
- G 原子の中の電子
- H 電子構造と周期表
- I 塩
- J イオン理論
- K イオン理論と原子構造
- L 化学的な種
- まとめ 問題

### **P4 運動を説明する**

- A すべての方向の力
- B どのように物体は動き始めるか
- C まさつ一応答的な力
- D 表面の反作用
- E 合力を作ること
- F どのくらい速くあなたは進んでいるか？
- G 運動を描く
- H 力、相互作用および運動量
- I 自動車の安全
- J 運動の諸法則
- K 仕事とエネルギー
- まとめ 問題

### **B5 成長と発達**

- A 成長と変化
- B 成長する植物
- C 核の内部を覗く
- D 新しい細胞を作る
- E 有性生殖
- F 遺伝の謎
- G 特殊な細胞—特殊なたんぱく質
- H 幹細胞
- I たんぱく質を作る
- J 屈光性
- まとめ 問題

### **C5 自然環境の化学物質**

- A 4つの自然圏における化学物質
- B 大気中の化学物質
- C 水圏の化学物質
- D 岩石圏の化学物質
- E 生物圏の化学物質
- F 環境への人間の影響
- G 岩石圏から得られる金属
- H 金属内の構造と結合
- I 金属のライフサイクル
- まとめ 問題

### **P5 電気回路**

- A 静電気
- B 単純な回路
- C 電流
- D 電流を制御する
- E 電位差
- F 電力
- G 家庭の電気機器
- H 電力供給
- I 電力の分配
- まとめ 問題

### **B6 脳と心**

- A 行動とは何か？
- B 人間における単純反射
- C あなたの神経系

- D シナプス
- E 脳
- F 学習された行動
- G 人間の学習
- H 記憶とは何か？
- まとめ 問題

**C6 化学合成**

- A 化学産業
- B 酸とアルカリ
- C 酸から得られる塩
- D われわれの生活の中の塩
- E 化学物質の純度
- F 反応速度
- G 化学的な諸量
- H 化学合成の諸段階
- まとめ 問題

**P6 放射の波動モデル**

- A 波とは何か？
- B 波を描写する
- C 波の諸性質
- D 放射と波
- E 光のビームを曲げる
- F 電磁波
- G 可視光の上側
- H 可視光の下側
- I ラジオの働くしくみ
- J デジタル化
- K 宇宙からの放射
- まとめ 問題

用語集  
索引

\*\*\*\*\*

**資料2 「P3 放射性物質」生徒用教科書の内容紹介**

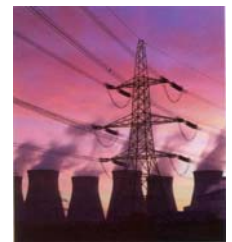
モジュール P3 のテキストは、7つの節からなる 28 ページの長さで、授業の流れも内容上はだいたいこの教科書の流れと同じである。以下生徒用の教科書の内容を簡単に紹介する。

**序 なぜ放射性物質を学ぶか**

「放射性物質を学ぶのはなぜか」は、放射性物質はしばしば話題にしました恐れているが、現在の(原子力)発電所の老朽化にともなって、早晩、発電所の代替の問題が浮上し、その際、原子力発電所を新たに建設するかどうかをイギリス国民は決定しなければならない、そのためには、放射性物質とエネルギー問題についての理解が欠かせないという問題意識が汲み取れる。

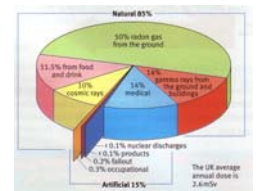
**A エネルギー・パターン**

「A 節 エネルギー・パターン」では、現在の電力供給の概観が紹介され、電気は大変便利な二次エネルギー源だが、電力の生産は化石燃料に頼る限り、地球温暖化の原因となる二酸化炭素の増大化をもたらすことを述べる。ここでは、以下の授業内容への基本的な実生活的・社会的コンテクストを与えている。科学的な原理の話は出てこない。(※推奨指導計画では授業 1 回分で第 1 回の授業。プレ教材「どれだけの電力がいるか」、活動 2 つ(実験系なし)、宿題 1 つ。)

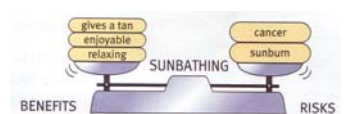


**B 身の回りの放射線**

「B 節 身の回りの放射線」では、まず身の回りの放射線の線源の 100 分比が紹介され、続いて 400 年前にアグリゴラが記録しているドイツの銀鉱での「肺病」が現在ではラドンガスの吸引による内部被曝が原因であると推定されているエピソードを鍵に、アルファ線の内部被曝の危険と、照射と汚染の違い、環境放射線の問題、線量の測定とその単位など、放射線についての基礎知識が紹介されている。



また、リスクとベネフィットの比較評価という観点で紹介される。注目されるのは、「安全な線量はあるか」という小見出しの段落で、ここでは、安全な線量というものはなく、どんなに小さくてもリスクはあるという立場がのべられている。しきい値の議論、ホルミシス効果の主張などはまったく紹介されていない。



「ラドンと暮らす」という家庭でのラドンの危険についての政府のリーフレットをスペースを割いて紹介している。

また途中のコラムで、イギリス人女性医師アリス・スチワードによるアメリカの原子力産業の労働者の健康調査とそれに対する会社側の妨害のエピソードが紹介されている。いわく、「放射線の低被曝線量が健康に及ぼす危険

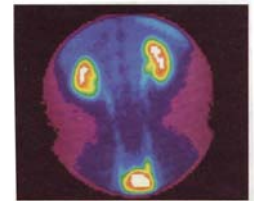


について確かめることは難しい。アリス・スチワードはイギリスの医師でアメリカの原子力産業で働く人々の健康を調査した。彼女の初期の調査結果は、放射線は子どもと老人により有害であるということを示唆していた。この考えのために彼女は攻撃された。そして、雇用者側はそれ以上彼女が医療記録を調査することを妨げた。」

(※推奨指導計画では第2・3回の授業2回分。プレゼン教材「身の回りの放射線」、活動5つ(実験?2つ、演示実験1つ)、宿題1つ)

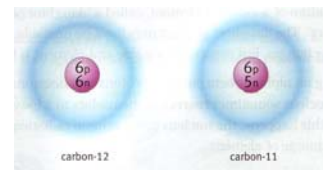
### C 放射線と健康

「C節放射線と健康」では、放射線の医療での利用が、診断での利用と治療での利用という2つの側面について2人の人物の具体的な例によって紹介される。1人は肝臓が感染症に感染しているかどうかをガンマ線の利用によって診断し、もう1人は甲状腺ガンの治療に放射線を利用する。このとき、リスクとベネフィットの比較評価が登場する。つづいて、被曝線量の規制が紹介され、ALARA原則の説明がなされる。アルファ線、ベータ線、ガンマ線の特徴の紹介がなされる。また、滅菌における放射線の利用も紹介される。(推奨指導計画では授業2回半の内容で第4・5・7回の授業で扱われる。プレゼン教材「核医療」、ビデオ「放射線と健康」、活動6つ(うち演示実験1つ)、宿題1つ)



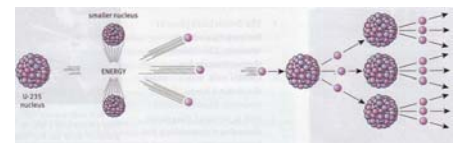
### D 原子内の変化

「D節 原子内の変化」は、放射性崩壊の基本的な知識、たとえば、原子と比較した原子核の小ささ、原子核の崩壊によって放射されること、放射性同位体のことなどがほぼ定性的に説明されていく。科学的な内容のわかりやすい叙述が大半を占め、日本の教師にとってもおなじみの叙述方法である。(※推奨指導計画では授業1回半の内容で第6・7回の授業で扱われる。アニメ教材「放射性崩壊」、活動3つ(実験系なし)、宿題1つ)



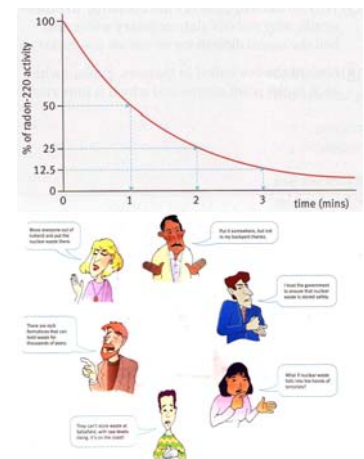
### E 原子力

「E節 原子力」は、核分裂、ウラン235の連鎖反応(ここで核兵器についてもコラムで触れる)、連鎖反応の制御などのしくみを紹介した後、発電所の基本的な構成を火力発電所との異同比較で説明し、最後にチェルノブイリ原発の事故について述べている。冒頭は原理的な説明、後半は原子力発電所のしくみの叙述だが、だいたい客観的な叙述で、日本の教師にとっても説明に苦労はないだろう。(※推奨指導計画では授業1回分で第8回の授業。アニメ教材「核反応炉はどのように作動するか」、活動3つ(うち演示実験1つ))



### F 核廃棄物

「F節 核廃棄物」は、その表題の通り、核廃棄物の処分の問題を扱う。その中で、核崩壊のパターンとして紙数関数的な減衰のグラフと半減期の概念を紹介する。つづいて、廃棄物には、高レベル、中間レベル、低レベルの廃棄物があること、それらの扱いの違いなどが説明され、セラフィールドの核廃棄物処理施設の紹介がなされ、予防原則が説明される。最後に、核廃棄物の処分をめぐるいくつかの典型的な意見・反応が紹介される。これらの意見・反応は客観的に紹介され、それらをどう評価するかを生徒たちは考える。このような観点をどのような授業によって育てるかは、日本の教師はとまどうだろう。いくつかの意見を最後に列挙しているのは、この問題が、科学・技術に関わる市民にとっての焦眉の問題として意識されていることを反映している。(※推奨指導計画では授業2回分で第9・10回の授業で扱われる。表計算教材「半減期」、ビデオ「放射性廃棄物」、活動4つ(うち演示実験1))



### G エネルギーの将来

「G節 エネルギーの将来」では、BからFまでの知識や観点の学習の上にならって、A節の問題をふたたび取り上げ、将来のエネルギー源をどこにもとめるべきかということを考える。石油、天然ガス、原子力、風力、太陽光の5種類の発電の特徴が比較され、二酸化炭素の排出量の削減という問題と、ライフサイクルアセスメントの観点とが述べられる。その上で、3つの施策「原子力発電所の建設の可否」「再生可能エネルギーの利用によるエネルギー供給」「エネルギー消費の削減」についての典型的な賛成・反対意見が紹介され、生徒が考えることを求めている。(※推奨指導計画では授業2回分で第11・12回の授業で扱われる。プレゼン教材「電力のコスト」、ビデオ「電力生産」、活動3



つ (実験系なし))

\*\*\*\*\*

### 資料3a **モジュール P3：放射性物質：概観**

「放射線」(Radiation) という用語と「放射能」(Radioactivity) という用語は、しばしば入れ替え可能な言葉だと思われる。目に見えないために誰もが放射線を恐れている。リスクと恩恵(ベネフィット)のより客観的な評価が放射性物質の多くの実用例の理解を深めることで促される。

保健分野における放射性物質の利用を通して、生徒は、放射能の性質、生体細胞へのその有害な影響およびその安全な扱い方について学ぶ。放射性物質による照射および/または汚染と関連する健康上のリスクという文脈の中で、生徒はリスクに関するデータの解釈についても学ぶ。

英国政府は新しい原子力発電所建設の可否について、じきに公衆に問いかけるかもしれない。核分裂にもとづく発電は二酸化炭素を排出しないというのが、その重要な論拠である。一方で、核廃棄物の処分という長期的な問題に対しては今なお解決策はない。再生可能なエネルギー源は、現存する原子力発電所に代わって十分な電力を生むことはできないかもしれない。

生徒は、電力生産のいくつかの方法と核廃棄物処分のいくつかの方法について検討する。これらの事例研究は、公的な決定は費用(コスト)に対して恩恵(ベネフィット)を秤量することによってなされなければならないことを示す。考慮すべきファクターには、技術的な実現可能性と現在と将来の社会的および環境的な影響の見通しが含まれる。

市民のための問題	科学が答えの助けとなりうる問題
「放射性」とは何を意味するか？	なぜある物質は放射性を持つのか？
放射性物質からの放射線が危険であるならば、どうやってそれががんの治療に役立つのか？	放射性物質による健康上のリスクとはどんなものか？ 放射性物質を用い、核廃棄物を含めて安全に取り扱うことができるか？
われわれは原子力を必要とするのか？	電力はどのように生産できるか？ 核廃棄物をどう処分できるか？
科学の説明	科学についての考え
SE11a、b、e エネルギー源と利用 SE13 放射能	IaS5 リスク IaS6.1-6.3, 6.7 科学と技術についての決定を行う

#### ICT (情報・コミュニケーション技術) を用いる機会

このモジュールは科学における ICT の利用を例示する機会を提供する。例えば：

- ・ ガンマ線画像とともに用いるコンピュータ・トモグラフィ
- ・ 高放射性廃棄物の遠隔操作におけるコンピュータの役割

授業と学習における ICT の使用は以下のものを含む：

- ・ プロトアクチニウムの崩壊を示すためのデータロガーの利用
- ・ 原子構造と崩壊を示すためのアニメーション
- ・ 放射性物質のコンテキストにおけるリスクの中心的な概念を示すためのビデオ画像
- ・ 発電所の中心的な過程を示すためのアニメーション

\*\*\*\*\*

### 資料3b **P5 電流回路 モジュール概観**

#### アプローチ方法

このモジュールでのアプローチ方法は「概念主導型」である。

生徒は、荷電粒子が回路中を移動するという、物理学者たちが用いている電気回路モデルについて学ぶ。抵抗と電位差についての学習に進む前に、基本的概念のしっかりとした理解を確立するために、これまでのキー・ステージで検討済みだと思われる電流の保存という考えとモデルを再度学習する。つづいて、これらの考えが家庭への電力供給のコンテキストの中で用いられる。

#### 静電気学

モジュールは、静電気と関連するいくつかの現象を見ることから始まる。生徒はすでにモジュールP2で電子と荷電粒子について学んでいる。生徒は荷電粒子の流れが電流であることを知っている。

## 電気回路

生徒は、並列回路の電流について注目する前に、簡単な回路と回路の諸モデルを再考する。基本的概念の理解を保障するために費やす時間は有益である。ただし、必要な時間は、個々の生徒とその電気回路についてのこれまでの学習経験に非常に大きく依存していることに注意する。

## 抵抗、電流、電圧

生徒は、電気回路の抵抗を探究し、電流の大きさと抵抗と電源の電圧の関係を探究する。直列・並列に接続された抵抗の実験を行う。オームの法則が導入される。オームの法則に従わないサーミスタや光依存抵抗のような素子が探究される。

## 電位差

電気回路中の素子の両端間で測定された電圧に対して、電位差という用語が導入される。生徒は直列の素子と電源の両端の電位差を測定し、それらの関係の仕方を見出す。

## 電力

電気回路で使用される電力の計算のために、電力=電流×電圧の等式が用いられる。この式はつぎに、適切なヒューズの値を計算し、電線に過大電流を流さないことの重要性を知るために家庭での電力供給に応用される。

電気的エネルギー=電力×使用時間の等式が家電製品の使用のコストの計算に用いられる。

## 発電と電力供給

電磁誘導が探究され、発電のしくみと変圧器の働き方を理解できるようになる。生徒は誘導される電圧の大きさに影響するファクターを探究する。

生徒は発電機が交流を生むことおよび変圧器にはそれが必要であることを学ぶ。高電圧の送電網が議論される。

## ICT教材

電子的教材にはつぎのものがあるだろう。:

- ・パワーポイント：静電気現象を示す、電位差、過大電流が流れる電線、家電製品の電力使用を説明する。
- ・表計算：グラフをプロットする助けとなる。
- ・双方向的なコンピュータ回路アニメーション：電気回路モデルを演示するため。
- ・オーディオ・クリップ：消防士が過大電流が流れた電線からどのように火事が発生しうるかを説明するもの。

## スキル評価

このモジュールはスキルの評価に適していない。

## 健康と安全

電気配線に関連する危険は過小評価されるべきでない。いかなる実験を行う前にも、生徒には電気幹線で実験をすべきでないことを注意する。安全についてのビデオは授業2で用いるのがよいだろう。ガイダンスセクションは特定の活動についての健康と安全の問題に光を当てている。

## 事前準備

前もって準備が必要な活動はない。

資料4 21世紀科学 科学 OCR規定文書より

付録F: 科学についての考え (Ideas about Science)

IaS 1 データとその限界 IaS 2 相関性と原因 IaS 3 説明を展開する IaS 4 科学のコミュニティ  
IaS 5 リスク IaS 6 科学と技術についての決定を行う

説明

日常生活で出会う科学に対して賢明に対処するためには、自然界の振る舞いの根本的な科学的説明のいくつかを理解するだけでなく、科学それ自身、それがどれだけ信頼性を持つか、その限界は何か、そしてどこまでわれわれはそれを信頼してよいか、そして科学的知識とより広い社会との間の接点についても、ある程度知ることが重要である。

学校での科学教育の終了時に生徒たちが身につけてほしい科学の理解は、以下のように要約できるだろう。

科学の目的は自然界のさまざまな振る舞いに対する説明を見出すことである。よい説明は、他の状況で何が起きるかを予測することを可能にし、おそらく出来事を制御しそれに影響を与えることを可能にするだろう。

科学的知識に自動的に導くような単一の「科学の方法」のようなものはない。しかし、科学者たちは、自身の特徴的な仕事の仕方を持っている。とくに、観察と測定から得られるデータは、中核的な重要性を持つ。

説明の1つの種類は、因子と結果の間の相関性の同定である。この因子は、原因か諸原因の1つかもしれない。複雑な状況では1つの因子がつねにその結果をもたらすとは限らないが、それが起きる確率（ないしリスク）は増大させる。説明にはこのほか、データを説明するような理論の提出もある。科学的理論はしばしば、それ自身（とその振る舞い）を直接に観察できないような対象を用いた、下敷きとなるモデルを提案する。

科学的な説明の考案と検証は単純で直線的なプロセスではない。第1に、われわれはデータに対して完全に確信を持つことは決してできない。観察は不正確かもしれない。測定装置の限界やそれを用いる人間の限界のゆえに、測定が完全に信頼できるということはある得ない。第2に、説明はデータから自動的に「現れ」ない。説明の考案は創造的なステップである。それゆえ、異なる人が同じデータについて異なる説明に到達することはまったくあり得ることである。そして、個人的な特徴、好み、忠節が、関係した決定に影響を及ぼしうる。

科学の共同体は個々の科学者の発見と結論を試験し検証し、一致した見解に到達するための手続きを確立している。科学者たちは自分たちの発見を他の科学者たちに対して学会や専門誌で報告する。主張は、科学共同体の批判的な吟味に耐えて生き残るまでは受け入れられない。ある領域の探究においては、1つ以外のすべての考えられる説明を消去することが可能であることが証明されている。その説明は（当面の）合意された説明となる。

可能な場合には、科学者は、理解に到達するために単純な状況を研究することを選ぶ。しかしその場合、この理解を複雑な現実世界の状況に適用することが困難なこともありうる。そこで関連を持つ基礎科学については何も論争がない場合でも、状況をどう説明するかについては、公に認められた不一致がありうる。

新しい技術、材料、装置における科学的知識の応用は、われわれの生活を大きく進歩させている。しかし、一方で、意図せざる、望ましくない副作用も持ちうる。科学の応用は社会的、経済的、政治的含意を持ち、おそらくはまた倫理的な含意も持つことがある。個人的および社会的決定は関係する科学の理解を必要とするが、また科学を超えた知識と価値も関係する。

以上は、もちろん、科学の性質についての単純化された説明であり、今日の科学哲学者や科学社会学者が重要とみなす多くの考えと微妙さを省略している。それは、14歳から16歳の受験者にとって理解可能な科学の概観となり、のちにもっと洗練された理解を打ち立てたいという人に対する基本的理解の提供を意図している。ここで

の表現は通常この年齢の受験者たちに対して話しかけるときの使われるような言葉ではないことに注意することが重要である。以下に、こうした科学の理解に含まれると思われる基本的な考えをより詳しく説明する。そして受験者はこれらの考えを自分が理解していることを示すことができるべきである。

☆以下、規定文書の「付録F：科学についての考え」の中から、「IaS 5 リスク」「IaS 5 科学と技術に関する決定を下す」の2つについての説明の部分を全訳したものを掲げる。 各項の冒頭の（ ）内の小見出しは、訳者がつけたもので原文にはない。（笠）

## 科学についての考え IaS 5： リスク

すべての活動には一定のリスクが伴う。一つの活動の諸リスクを評価・比較し、それらを、その活動から得られる恩恵に関係づけることは、決定を下す上で重要である。

5.1 **（「完全に安全なものはない」原理）** わたしたちの行うすべての事には、事故ないし危害の一定のリスクが伴う。リスクのないものはない。科学的進歩にもとづく新しい技術とプロセスはしばしば新しいリスクをもたらす。

このことを理解している受験生は…

- ・いかなるものでも完全に安全にすることは不可能であるのはなぜかを説明できる。
- ・新しい科学的あるいは技術的進歩から生じるリスクの例を同定できる。
- ・特定のリスクを減じる方法を示唆できる。

5.2 **（リスクの評価は確率にもとづく）** 場合によっては、リスクの大きさを、与えられた期間にわたる大きな標本におけるその生起の確率を測ることで評価できる。

このことを理解している受験生は…

さまざまな仕方で提示されたリスクの大きさについての情報を解釈し議論できる。

5.3 **（リスク評価には確率と結果の重大性が関係する）** 特定のリスクについての決定をするために、それが起きる確率とそれが起きたときの結果の双方を考慮しなければならない。

このことを理解している受験生は…

それが起きる確率ともしそれが起きた場合の結果との双方を考慮して、与えられたリスクを議論できる。

5.4 **（リスクの受け入れやすさはしばしば主観的な要因に左右される）** 人々は自分が楽しんでいるかあるいはそれから恩恵を受けている活動の場合には、しばしばそれに関連するリスクを受け入れやすい。われわれはまた、自分で選んでやることに関連するリスクの場合には、強制されてすることに関連するリスクよりも受け入れやすいし、また影響が長期間にわたるものよりも短期間で終わるもののリスクの方が受け入れやすい。

このことを理解している受験生は…

- ・リスクが知られている活動の恩恵を示唆できる。
- ・与えられた活動のリスクに対する人々の受け入れやすさ（受け入れがたさ）の理由を挙げられる。
- ・付随するリスクと恩恵のバランスという観点から個人的および社会的選択について議論できる。

5.5 **（「予防原則」）** もしあなたが何をするときの可能な結果について確信がなく、またもし深刻で不可逆な危害がそれから生じる可能性があるならば、それを避けるのは合理的である。（「予防原則」）

このことを理解している受験生は…

「予防原則」にもとづく議論を同定するあるいは提案できる。

5.6 **（受け取られるリスクと実際のリスクの相違）** リスクの大きさについてのわれわれの受け取り方はしばしば実際に測られるリスクとは大きく違っている。われわれは慣れないもののリスクを過大評価しがちであり(サイクリングに比べて飛行機に乗ることのリスクを過大評価するなど)、また、影響が目に見えないもの（たとえば電離放射線のような）のリスクを過大評価しがちである。

このことを理解している受験生は…

- ・個人的および社会的選択を議論する際に、実際のリスクと受け取られたリスクの間の区別ができる。
- ・与えられた例において、実際のリスクと受け取られたリスクの間の相違の理由を示唆できる。

5.7 **（「ALARA原則」）** 与えられた危害のリスクをより低くしようとすればするほど、リスクを低くするためのコストは大きくなる。リスクをゼロにすることはできないので、個人および/ないし政府は、どのレベルのリスクは許容できるかを決めなければならない。

このことを理解している受験生は…

ALARA（合理的に達成できるかぎり低くする）原則とは何を意味するか、そして与えられた文脈においてそれをどのように適用するか説明できる。

## 科学についての考え laS 6: 科学と技術についての決定を下す

科学的知識の応用について健全な決定を下すためには、われわれは新しいプロセスとデバイスの恩恵とコストを秤量しなければならない。時としてこれらの決定は倫理的問題もまた提起する。社会はこれらの問題を扱う方法を発達させてきた。新しい展開が新しい課題を提起することもありうるが。

6.1 **（恩恵とコスト）** 科学に基礎を置く技術は、人々に、人々が価値を見出し、生活の質を向上させる多くのものを提供する。しかしながら、科学の応用の中には、意図せざる、好ましからざる影響を生活の質や環境に及ぼすものもある。恩恵はそのコストとの比較において秤にかけられなければならない。

このことを理解している受験生は…

特定のコンテキストで、影響を受ける諸グループを同定することができ、その実行過程における各グループにとっての主要な恩恵とコストを同定することができる。

6.2 **（持続可能な発展への科学者の寄与）** 科学者は、（人口増加を含めた）人間活動の環境への意図せざる影響を同定するかもしれない。科学者は、時に、こうした影響を軽減し、自然資源をより持続可能な仕方で行う方法を考案する上で、われわれを助ける。

このことを理解している受験生は…

持続可能な発展の考えを説明でき、それを特定の状況に応用することができる。

6.3 **（科学研究への公的規制）** 科学研究の多くの領域において、科学的知識の発展と応用は公的な規制と法に従うべきものである。（たとえば研究における動物の使用、環境に対する放射のレベル、人間の受胎と胎児の研究など）

このことを理解している受験生は…

科学研究と応用は公的な規制と法に従うべきものであることに気づいていることを示す。

6.4 **（価値を含む問題は科学によっては解けない）** 価値を含む問題のようなある種の問題は、科学者によって解

かれることはできない。

このことを理解している受験生は…

科学的アプローチを用いて取り組みことができる問題を、そうではない問題と区別することができる。

**6.5 (科学の応用が倫理的問題を提起する場合がある)** 科学の応用の中には倫理的含意を持つものもある。その結果、人々は何をなすべきかについて（あるいは許すべきかについて）意見が一致しないことがありうる。

このことを理解している受験生は…

倫理的問題が関係する場合に、

- ・ その問題はどのようなものかを言え、
- ・ ありうるさまざまな見解を要約することができる。

**6.6 (倫理的問題での典型的議論)** 倫理的問題の討議においては、関係する人々の多数にもっともよい結果をもたらす決定が正しい決定であるというのが、よくある議論の一つである。もう一つは、ある種の行動は自然に反し、間違っており、どのような状況においてもなされるべきではないというものである。第三のものは、自分たち自身はリスクを避けながら、他の人がリスクを冒すことでのみ可能となることから恩恵を得ることを選ぶのはフェアではないというものである。

このことを理解している受験生は…

特定のコンテキストにおいて、以下の考えにもとづく議論を同定し展開できる。

- ・ 正しい決定は関係する人の多数にとってもっともよい結果をもたらすものである。
- ・ ある種の行動は、それが自然に反するかあるいは間違っているので決して正当化できない。

**6.7 (技術的な実現可能性と実行の決定の違い)** いかなる科学の応用の評価においても、われわれは最初に、それが技術的に実現可能かを判断しなければならない。異なる社会的経済的コンテキストの中では、同じ問題に関して異なる決定がなされることもある。

このことを理解している受験生は…

- ・ 特定のコンテキストの中で、可能なこと（技術的な実現可能性）となされるべきこと（価値）とを区別できる。
- ・ なぜ、異なる行動が異なる社会的経済的コンテキストの中でとられるかを説明できる。

\*\*\*\*\*

科学についての考え		モジュールのストーリー	科学的説明	
他のモジュール	本モジュールにて		本モジュールにて	他のモジュール
科学についての考え5 P2 放射と生命 および C3 食品問題	可能なこと(技術的な実現可能性)と何をすべきか(価値)とを区別する	エネルギー・パターン ↓	エネルギー源としての電気の の便利さ サンキー図に示 されたエネルギー変換の 効率性 発電所の炭素 放出	C1 空気の質 にお ける発電所からの 放出物  P2 放射と生命 に おけるCO2と地球温 暖化
	特定のリスクを小さく する方法 さまざまな 仕方で表されるリスク の大きさについての情 報の解釈	身の回りの放射 線 ↓	放射能は確率的な過程で あること 線源一進行一 検知器 ラドンガスとア ルファ放射線 照射対汚 生体の細胞に対する電離放 射線の影響 放射線線量の 測定	P2 放射と生命 に おける線源一進行 一検知器
C1空気の質、C2 材 料の選択、C3食品問 題 B2 健康を維持す る における 科学の 応用の規制(科学につ いての考え6.2)	リスクと恩恵のバランス 完全に安全なものは無 い 規制:特定の リスクを小さくする 方法 ALARA原則	放射線と健康 ↓	ベータ線およびガンマ線 アルファ、ベータ、ガンマ線 の性質 殺菌など放射線 の医学その他の利用方法 線量の測定(より詳しく) 放射線作業従事者	
		原子内部の変化 ↓	原子と原子核の構造 同位体 親元素と娘元素の 間の相違	
		原子力 ↓	核分裂 連鎖反応 核反応炉 と発電所の主要な特徴 放 射線作業従事者 放射性廃 棄物	C1 空気の質 にお ける発電所の主要 部分  P4 運動を説明する における運動エネル ギー
P2 放射と生命 にお ける予防原則(科学に ついての考え5.5)	意志決定:影響を受ける 集団と行動にともなうコ ストを同定する 予防原 則	核廃棄物 ↓	放射性半減期 核廃棄物の3 つの種類 処分方法の案	
C2 材料の選択 にお ける持続可能な発展 (科学についての考え 6. 3)の概念  科学に関する考え6: 科学と技術に関する 意思決定をする	持続可能な発展の思想 技術的实现可能性と何 をなすべきか(価値)との 区別 ことなる社会的・ 経済的コンテキストのも とでのことなる行動の道 筋	エネルギーの将 来	一次エネルギー源と二次エネ ルギー源 発電のためのさま ざまなエネルギー源につい ての解釈と評価 サンキー図	



授業	活動	タイプ	題名	内容	カテゴリ
1	IP3.1	プレゼンテーション	どれだけの電力がいるか？	停電になったらどう対処するかをシートに書き込む	イ
	AP3.1		停電		
	AP3.2		世界中の廃棄物	各国のCO2排出量の表を見て行う作業	イ
宿題	AP3.3		放射性について人々はどうか考えているか	宿題「家族や友達へのインタビュー」	ウ
2	IP3.2	プレゼンテーション	身の回りの放射線	ガイガーカウンターでいろいろな身近な物質の放射線を調べる	イ
	AP3.4		どの物質が放射性か？	計算表に従って自分の照射線量を計算してみる	イ
	AP3.5		私の照射線量		
	AP3.6		スパークカウンター	スパークカウンターと $\alpha$ 線源によるデモンストレーション	ア
3	AP3.7		リスクを計算する	リスクを確率 $\times$ その影響で計算する 架空の町に住むリスクを計算	ウ
	AP3.8		あなたのまわりのラドン	TASTRAKを用いる	イ
宿題	AP3.9		リスクについてレポートする	たばことラドンを比べる記事を読んで考える課題	ウ
	IP3.3	プレゼンテーション	核医療		
	IP3.4	ビデオ	放射線と健康	放射線診断と治療についての取材ドキュメンタリー(18分)	
4	AP3.10		放射線の3つのタイプ(1)	ガイガーカウンターと $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線源によるデモンストレーション	ア
	AP3.11		放射線の3つのタイプ(2)	$\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線についての問題10問	ア
	AP3.12		患者への手引き	放射性ヨウ素を用いる治療の患者向けの説明書についての課題	イ
	AP3.13		放射性交通信号	放射線についての正誤問題	アイ
5	AP3.14		放射線量をモニターする	放射線をモニターするバッジについての問い	イ
	AP3.15		リスクと恩恵のバランスを考える	放射性物質を用いる診断を受ける患者向けの説明書についての課題	イウ
	IP3.5	アニメーション	放射性崩壊		
6	AP3.16		放射性崩壊では何が起きているか？	アニメーション「放射性物質」を用いたシミュレーション 課題と理解を問う問い	ア
	AP3.17		ここまでのストーリー	ここまでの授業の流れの復習問題8問	アイウ
7	AP3.18		「活動的な家族」ゲーム	「ハッピーファミリー」(4人家族の顔を描いたカードを用いるゲーム)	ア
	AP3.19		問題解決に放射性同位体を用いる	実社会での放射性物質の利用例の紹介と問題	イ
	AP3.20		制御されない連鎖反応	連鎖反応のシミュレーションモデル実験	ア
8	IP3.6	アニメーション	核反応炉はどのように作動するか		
	AP3.21		原子力中心の考え	火力発電所と原子力発電所の異同についての図を見ての課題と問い	イ
	AP3.22		原子力発電所はどのように働くか	核反応炉の各部分の働き、動き、音、リズムなどの説明をするロールプレイ	イ
	AP3.23		半減期	ガイガーカウンターとプロトアクチニウムを使った半減期の実験	ア
	AP3.24		コイン投げ	コイン投げまたはさいころ投げによる放射性崩壊のシミュレーションゲーム	ア
9	AP3.25		半減期 まとめ	半減期についての問い グラフや表を見て答える	ア
	IP3.7	表計算	半減期		
	AP3.26		半減期のモデリング	エクセルファイル「半減期」を用いた課題	ア
10	IP3.8	ビデオ	放射性廃棄物	シェフィールド核廃棄物処理工場を中心とする取材ドキュメンタリー(18分)	
11	IP3.9	プレゼンテーション	電力のコスト	風力発電を自分の家でするとしたらという想定の問題	イ
	AP3.27		あなたの庭の風車	風力発電、太陽光発電などの取材ドキュメンタリー(18分)	
12	IP3.10	ビデオ	電力生産	ビデオ「電力生産」をもとにした活動 ここで言われていることをチェックする	ウ
	AP3.28		言われたこと	同上 発言内容のうち事実と意見を区別する 発言のテクニックを列挙する	ウ
	AP3.29		言葉の顔面どおりにとるな	線量とその影響の課題 早期と遅発性の影響 がんのリスク等	イ
カバ-A	AP3.30		放射線線量		
カバ-B	AP3.31		原子力発電所と廃棄物	ラジオ番組での原発技術者と原発運動家のやりとりの資料をもとにした問題	ウ

# 私立 A 高校 IGCSE における Investigation の取組

後藤 顕一

## はじめに

英国は、高い水準の学力を維持しつつ<sup>1)</sup>、良好な学習態度が形成されていることが報告されている<sup>2)</sup>。英国では 1988 年に制定された教育改革法に基づき、公立学校を対象として、ナショナルカリキュラムが導入された。ナショナルカリキュラムでは、11 カ年の義務教育段階を Key Stage 1 から 4 まで 4 つの段階に区分している。科学教育のナショナルカリキュラムでは、各 Key Stage の終わりまでに生徒が履修すべき内容と、到達水準の評価基準を明示している。また、Key Stage 4 を学習し終えた生徒の大半は、GCSE 中等教育一般修了資格試験を受験し学力の到達度を測定することとなっている。このナショナルカリキュラムは、科学的探究、生命のプロセスと生物、物質とその特性、物理的プロセスの 4 領域で構成されている。これら英国の理科教育制度や、理科学習への取組は、日本でも様々な形で紹介されてきた<sup>3)</sup>。

本報は、英国の地にありながら日本の学校として英国特有の実験と探究の科学の特徴的な取組を取り入れながら実践し続けている私立 A 高校の理科授業について報告をする。私立 A 高校では、中学校 3 年生、高校 1 年生の化学、生物において英国の科学教育のカリキュラム IGCSE を取り入れながら、実践をつづけている。また、特徴的な取組である Investigation とよばれているコースワークの実践を行っている。今回は化学の Investigation 実践の日程を合わせて訪問させていただき、実際の授業の様子、レポート作成に向けての授業等を見学させていただいた（平成 21 年 9 月～10 月）。Investigation を通じて、生徒たちはどんな学習内容で、どんな取組を体験して、何を学んでいるのかについての概要を報告する。

## 1. 私立 A 高校について

### 私立 A 高校の概要

私立 A 高校は、海外生徒の教育を目的とし、1970 年代前半に開校された英国のロンドン南方に位置する学校である。ヨーロッパで最初の日本人向けの学校で、小学部(第 5 学年・第 6 学年)、中学部、高等部が設置されて(男女共学・全日制普通科)生徒は全員寄宿寮で生活している。保護者居住地は英国をはじめ、ヨーロッパ各地、アフリカ、中近東、アジア等、世界各国といえる。1 年間の学校生活は、日本とほぼ同様であり、学期は、4 月より翌年の 3 月までを 3 学期に分けている。土・日曜日は通常開校日として在寮している。授業は、日本の学習指導要領に準拠しているが、国内と同様のカリキュラムに加えて、全学年に英国人による少人数制の英会話授業 EFL (ケンブリッジ大学実施の英語資格取得のためのレベル別クラス編成) を設けている。全ての教科で、少人数のクラス編成によるきめ細か



写真 私立 A 高校の校舎

い指導、徹底した学習指導を行っている。また、理科教育に大きな特徴があり、中学部3年6月から高等部2年5月まで英国に準拠したサイエンスの授業（英国現地校で実施している中等教育資格試験受験のための授業）を行っている<sup>4)</sup>。

## 2. 特徴ある理科授業

私立A高校では、現地校と同じ科学教育を目標に掲げ、大変特徴的な理科の教育課程を実践し続けている。最も特徴的なものは、中学部3年から高等部2年にかけて、2年間のIGCSE（International General Certificate of Secondary Education） Science Courseを設置し、全生徒がBiologyとChemistryを必修科目として学習している点にある。

IGCSEとは英国の中等教育のカリキュラムGCSEの国際版にあたるもので、私立A高校ではこのうちの理科に相当する教科書を含め、学習内容をほとんどそのままの形で取り込むことで、理科の本質的な力を付けることを目的としている。英語をそのまま取り入れることで、実践的な英語力の強化も目指している。

現地校で英国人がとっているコースをほとんどそのままの形で導入したカリキュラムであるが、あらゆるレベルの生徒がついていけるように、授業を行う英国人教員に日本人の理科教員がアシスタントとしてつき、全生徒がコースワークを滞りなく行えるようにしている。コースワークの中でも特徴的なのが、生徒の主體的な探究活動をおこなう、Investigationである。日本の課題研究と似通った部分もあるが、Investigationには、実験操作のスキルと科学的思考を評価することを含んでおりこの点は異なる。

表 私立A高校の理科GCSEプログラム

	生物	化学	備考
中学校 3年生	IGCSE 3時間	IGCSE 3時間	
高校 1年生	IGCSE Investigation 実験	IGCSE Investigation 実験	夏休みに Investigation 実験計画が宿題

## 3. 共通の学習フレームワークについて

イギリスの科学教育の大きな特徴は、評価にある。Key Stage 1からKey Stage 4まで、共通のフレームをもち、それぞれのKey Stageで詳細に目標が定められている。フレームは、Key Stageごとに、フレームの呼び方の違いはあるものの、趣旨は一貫している。大きく4つに分かれ、主に、1. 実験の計画に関するもの 2. 観察・実験に関するもの 3. 根拠から結論を論理的に導くこと（グラフの活用） 4. 証拠を評価すること があげられている。次頁の表は、Key Stage 4の細部である。化学であっても生物であっても、全ての学習がぶれることがなく、取り扱われていく。

表 Key Stage 4 のフレーム

	GCSE Key Stage 4
1. 実験作業を計画すること	<p>題名 skill C1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・独立変数（自分が変化させる値）は何か。 ・従属変数（測定する値）は何か。</li> <li>・予想</li> <li>・実験器具・図を書いてラベルを付ける・方法を箇条書きにする。</li> <li>・フェアテストになるように一定に保つものを全て箇条書きにする。</li> <li>・測定器具についてそれぞれの精度（小数点以下何桁まで測れるか）を書く。実験の手続きを計画する</li> </ul>
2. 証拠を得ること	<p>Skill C2 観察、測定、記録</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全ての測定結果をはっきり正確に記入できるような結果の表をデザインする。</li> <li>・表を書くのに定規を使う。・測定を繰り返して行うこと</li> <li>・表に3回の結果とその平均が書いてあるか。・全ての欄に見出しを付ける。</li> <li>・単位を付ける。・結果を正確に書く。・小数点の桁数を正しく書く。</li> </ul> <p>例) 台ばかりの精度は、小数点以下2桁なので、平均を出す時も2桁まで</p>
3. 証拠から導いて結論を得ること	<p>Skill C3 ・グラフ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・グラフに題を付ける。・定規を用い、鉛筆で軸を書く。・変化させた方 x 軸・測定した方 y 軸</li> <li>・書きやすいように目盛りを決める。・なるべくグラフが全体に大きくなるように書く。</li> <li>・x 軸、y 軸に単位を付ける。・x 軸、y 軸にラベルを付ける。</li> <li>・グラフの点は、× か ⊙ ではっきり大きく示す。</li> </ul>
4. 証拠を評価すること	<p>結論</p> <p>「結論」と書く・表やグラフから傾向を読む。・xが増えるにつれて、yも増加</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・xが増えるにつれて、yは減少・xとyの間に関係はない。・グラフに示された関係は何か。・原点を通る直線であれば、正比例・原点を通らなければ比例ではない。</li> <li>・減少する曲線であれば、反比例かもしれない。・xとyは無関係</li> </ul> <p>科学的知識から結論を説明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・はずれた値はないか。・赤い□で囲む・グラフ上の点は、赤い丸で囲み、anomalous と書く。・はずれた値に対して、どういう扱いをしたか。・そこを繰り返す。・計算に使わない。</li> <li>・グラフ上のはずれた点はどうか。・直線や曲線を引く時に無視する。</li> <li>・結果をより正確なものにするにはどうしたらよいか。</li> <li>・より精度の高い測定器具を使う。</li> </ul>

#### 4. Investigation (化学) について

##### (1) 実験指導の流れ

Investigation の指導の流れは、以下の通りである。

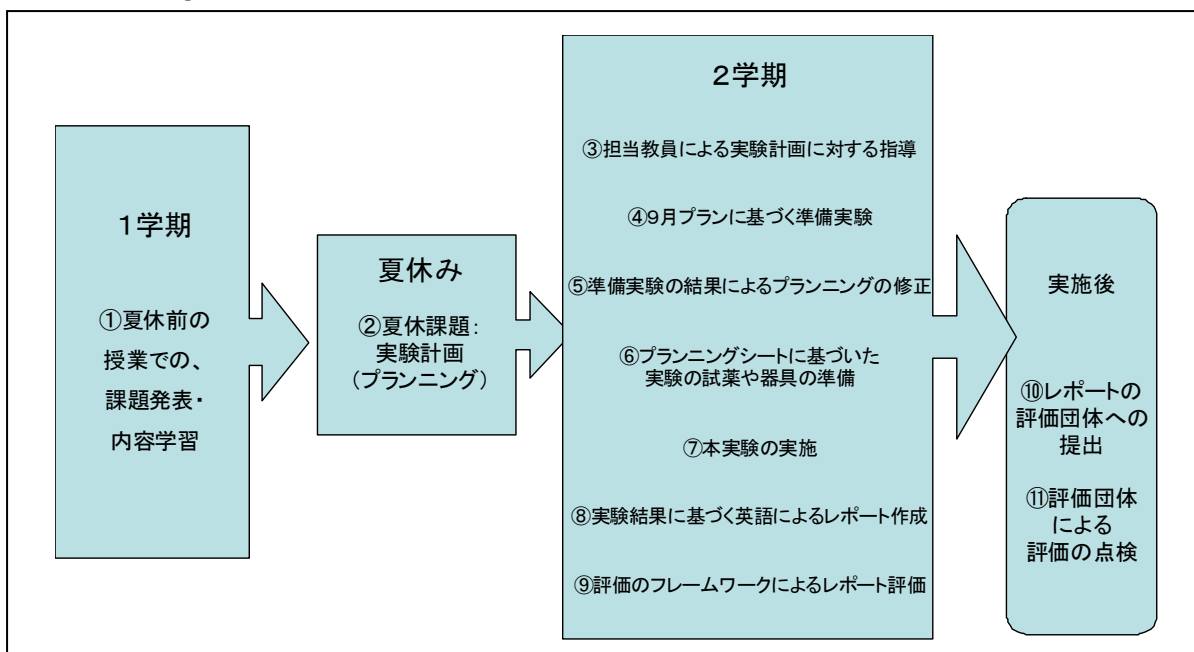


図 授業展開のながれ

私立 A 高校で行われている Investigation は、高校 1 年の 2 学期始まったばかりに実施される。夏休みにかけて実験計画をしっかりと行わせ、インターネットメールなどを利用した教員との綿密な指導の後、夏休み以降に実験計画に基づいた実験を行わせる。予備実験、計画の修正、本実験と全て一人ひとりで行う。本実験では、事前に生徒は、実験器具や薬品などの要望書を提出し、教師がそれに応え一人ひとりに応じて準備をし、2 時間にわたる個人実験を行う。また、Investigation プログラムでは、探求実験とともに結果のレポートが特に重視されている。生徒達は実験の後、英語でレポートを仕上げる。その後、実験レポートは、教員から評価を受け、教員は評価団体に抽出したのち提出し、評価団体から教員や学校が評価を受ける。実験レポートにおいても、Key Stage 1 から 4 までの共通フレームを意識しながら、かつ、Key Stage 4 特有の課題を意識しながら進んでいく。とくに、結果や考察の表現、グラフの取り扱い、指導は大変特徴的である。

##### (2) 実験指導の流れの詳細～見学させて頂いた実験授業を基に～

###### ① 夏休前の授業での、課題発表・内容学習

夏休みの前の数回の授業で、課題が発表され内容理解を深めるための授業展開がされる。今年度の化学は、「(ア) 炭酸カルシウムと塩酸との反応 (粒子のサイズ) (濃度の変化の影響)」「(イ) チオ硫酸ナトリウムと塩酸との反応」の 2 つの実験課題から一つを選択。それぞれの実験課題については、探究課題とプランを立てる上での注意事項、練習実験、結果の記録、結論を導くこと。自己評価といった内容で構成されている。

###### (ア) 炭酸カルシウムと塩酸との反応 (粒子の大きさの影響)

授業で、私たちは、2つの違うサイズ (すなわち、大きなサイズと、中ぐらいのサイズ) の炭酸カルシウムの粒を用い、反応の速さを比較した。粒子の大きさが反応に与える影

響について考察せよ。

(イ) 反応の割合における温度変化の影響の探究

ヨウ素の時計反応の実験では、温度の上昇とともに、反応が早くなることが確認できた。あなたは、チオ硫酸ナトリウムと、塩酸の反応において、温度が反応の速さに与える影響について考察せよ。

(ウ) 反応速度と濃度の変化の影響についての探究

溶液の濃度の影響が反応にどのように寄与するのかを2つの実験から学習した。  
・炭酸カルシウムと、塩酸との反応 ・チオ硫酸ナトリウムと塩酸との反応  
私たちは、様々な濃度を用いて、反応のパターンが同じであることを確認するために、これらの反応速度を比較した。  
反応物質の濃度が、反応の速さに与える影響を考察せよ。

以下、全ての実験では、共通の評価基準が記載されている。

このアセスメントのために行う必要があること。

- ・実験計画を記入する (スキル C4)
- ・もし、必要ならば変更に基づき、実験を行う (スキル C4)
- ・自分の結果を書く (スキル C2)
- ・自分のプランと、実験作業についての評価を書く。(スキル C4)

**プラン (C4)**

あなたは、自分の反応に影響を与えた全ての要素を考える必要と、あなたの実験がフェアテストであることを確認する必要があります。

あなたは、実験の間、独立変数の影響について、全ての変数について、繰り返し確認しなければならない。

**実習 C4**

実習をしている間、もしプランを改善したいなら、そう変えても良い。もしそうした場合は、自分の方法を修正したり、(変えたりすることができる。)

**結果の記録 C2**

全ての結果を一番いい方法で記録しなさい。

**結果の処理 C3**

あなたが集めたデータの中で処理するのに一番いい方法を決めなさい。異質な結果を確認し、あなたは、それらに何を施したのかをいいなさい。あなたの結論を作成するためにこのことを用いなさい。

**評価 C4**

もし何か変更したのであれば、自分の評価の中に書かなければならない。あなたが、実習をもう一度繰り返すとしたら、どういうふうにあなたの方法をかえるか。

**② 夏休課題：実験計画 (プランニング)**

夏休みに宿題で、実験計画 (プランニング) を行わせ、担当の先生に、メールで実験計画を送る。9月は、プランニングに基づいて実験を生徒に行わせる。

**③ 担当教員による実験計画に対する指導**

担当の先生は、実験計画を見て、指導・コメントをする。

**④ 9月プランに基づく準備実験**

9月新学期に入ると、プランに基づいて1時間準備実験を実施する。



写真 生徒の Plan に合うように粒子の大きさを調整する装置



写真 生徒の Plan に合わせて準備された実験道具

### ⑤ 準備実験の結果によるプランニングの修正

レポートの評価団体への提出準備実験を元に、プランニングを検証し直し、プランニングや準備すべき実験道具等を訂正し、新たなプランニングシートを提出する。

プランニングシートには、薬品や、必要器具が一つずつ記されている。教員は、提出されたシートを一人ずつチェックする。



写真 プランニングシートの一例

### ⑥ プランニングシートに基づいた実験の試薬や器具の準備

教員は、プランニングシートに基づいて、実験の準備を行う。実験の試薬や器具の準備は、生徒の要望通り、教員が全て行う。生徒によって、要求してくる実験道具は、それぞれ全く異なる。

### ⑦ 本実験の実施

本実験を次の時間に 2 時間かけて実践。実験中は、生徒同士で相談することもできない。不足となった試薬や器具を要求する際には、挙手をして教員の指示を受ける。



写真 実験準備の例



写真 実験の様子 ①



写真 実験の様子 ②

## ⑧ 実験結果に基づく英語によるレポート作成



写真 実験後の処理のためのディスカッション



写真 グラフの記述の様子

実験後、実験結果を基にレポート作成を行う。特にグラフの作成は、気を配りながら作成を進めていた。

## ⑨ 評価のフレームワークによるレポート評価

担当の教諭より評価についての詳細な注意事項が与えられる。

- ・チェックリストで全て採点される。
- ・判定は、書かれていることだけで行う。
- ・採点をするのは最終的には外部の英国人なのでわかる英語で書かなければならない。
- ・評価は、提示していた評価のフレームワークに従って評価する。

生徒たちは1週間ほどで、放課後や夜の自由時間を使ってレポート作成に取り組む。提出後は採点者であるN教諭が、(チームティーチングを実施している英国人教師) 全員のレポートを評価する。

## ⑩ レポートの評価団体への提出

評価後は、IGCSEのコースワークの一つとして、評価団体に提出する。

当校は、ケンブリッジ IGCSE を採用している。(※ IGCSE のボードはケンブリッジしかない) N教諭は、評価団体から要求されるレポートを提出しなければならない。

## ⑪ 評価団体による評価の点検

評価団体は、N教諭の評価が妥当であったかどうかをレポート記述とともに抽出で点検し、規準通りあっているかどうかをチェックするといった仕組みである。

## 5. 生徒はどのような体験をし、何を学ぶのか。

生徒はこの学習を通じて、やりがいを持ちながら、課題に取り組んでいた。英語でのレポート記述に悪戦苦闘していたが、ほぼ全員が、自力でレポートを書き上げて90%以上の生徒が合格水準であるC以上の判定を受けている。(※ 最終的な評価は、本試験を含めた全てで出される。)

### IGCSE を取り入れたことによる効果

英語で習うサイエンスの取組は、理系の生徒にとっては、大学以降、大変役に立ち、国際的に活躍する生徒も多く輩出してきた。また、文科系の生徒にとっても、大学入学後あるいは社会に出てからも大いに役立っているとの評価を受け続けている。

### IGCSE を取り入れたことによる問題点

日本の学習指導要領の改訂で、この後教育課程のなかでどのように位置づけていくか、検



討が必要となる。

## 6. 実践後のインタビュー

準備などの煩雑さ、英国人教師とのチームティーチングの討議の時間等多忙であるが、生徒の大きな成長が、支えとなって毎年実践をしている。実験の計画から始まりレポート作成、評価に至るまで主体的に学ぶ姿勢がつき、提出物などを通じて、教員と今までにないほどの知的な交流をし、長期休業中も意識を切らすことなく過ごさせることができる。様々な実験活動を通じ、計画的にものごとを進める訓練ができる。また、自分の計画がうまくいかない時に自分の力で、修正をしながらさらによい方法を見出していくなど、通り一辺倒の学習形態とは大きく異なるところに意味を感じている。また、行った実験については、英文で論理的な文章や図、グラフなどで、評価のフレームワークの要件をクリアしなければならず、さらに、外部の評価で判定されるので、生徒たちにとっては甘えが通用しないのもより一層主体的な学習や個々人の学習態度の成長を促す要因になっていると感じる。また、評価については、規準に従って評価がなされ、主観が入りづらいものとなっている。

## おわりに

Investigation の取組を経験することで、断片的な知識・理解といったものから、知識を活用する力、多様な課題に向かっていく行動力等が身に付き、現在求められているキーコンピテンシーを向上させることに寄与するものと考えられる。PISA の調査によると、英国では、「生徒の科学研究を取り入れた理科の授業に関する生徒の意識」の中で、特に、「理科の問題を実験室でどのように調べるかを、生徒が計画するように指示されている」という項目において「ほとんどの授業で行っている」と答えた生徒のポイントが大変高く、授業で主体的な取組を促している状況がうかがえる<sup>5)</sup>。日本では新しい学習指導要領が出され、高等学校においては 24 年度から先行実施する。とりわけ化学教育がおかれている現状は、決して楽観できるものではない。学習内容に対し、生徒が実感を伴った理解をしながら、価値や意義を見出すためには、主体的に学習に取り組める仕組みや、学ぶ喜びを感じられる様な場面を設定し取り入れる工夫が必要である。今回見学させて頂いた Investigation の取組は、今後の国内での化学教育に有益な示唆を多く含んだ極めて優れた理科授業であった。

今後さらに、共同的に研究を進め、この取組で生徒はどのような変容を遂げさせるのか、どんな効果があるのか調査をさらに進めていきたい。

- 1) 国立教育政策研究所『TIMSS2007 理科教育の国際比較－国際数学・理科教育動向調査の 2007 年調査報告書－』(2008)pp. 17-23
- 2) 小倉康『未来社会に求められる科学的資質・能力に関する化学教育課程の編成原理』「英国における科学的探究能力育成のカリキュラムに関する調査」(課題番号 1502072) 中間報告書(2004) p. 27 など。
- 3) たとえば、磯崎哲夫「協議会から諸外国では理科カリキュラムをどう学習につなげているか(その 7) 英国の中等化学教育(後編) KS4 (14 歳～16 歳) と A レベル (16 歳～18 歳) の特色」『化学と教育』(2004) pp. 638-641
- 4) 私立 A 高校の HP など参考にした。
- 5) 国立教育政策研究所編『活きるための知識と技能－OECD 生徒の学習到達度調査(PISA)＝2006 年調査国際結果報告書』(2007) pp. 638-641

謝 辞：学期中の忙しい中、ご対応いただいた立教英国学院の皆様に感謝申し上げます。

## 先進的教育プログラムの取組に関するオーストラリア現地調査の報告

松原 憲治

オセアニア地域に属するオーストラリアとニュージーランドは OECD/PISA において比較的上位に位置する国々である。ニュージーランドでは 2006 年にナショナルカリキュラム (New Zealand National Curriculum) による教育が始まった。オーストラリアにおいては 2011 年にナショナルカリキュラムが施行される予定であり、これらの国の教育の動向は注目に値する。しかし、わが国において当地域の理科教育に関する調査は北米や欧州に比べると蓄積が少なく、これから更なる調査研究の必要があるといえる。

今回、両国において取り組まれている先進的教育プログラムを調査することを目的に、オーストラリアとニュージーランドにおいて現地調査を実施した。ニュージーランドについては、代表的な教員養成機関の一つであるカンタベリー大学教育学部 (College of Education, University of Canterbury) において調査を行った。オーストラリアについては、最大の理科教育の大会である第 58 回オーストラリア理科教員協会全国大会 (The Conference of Australian Science Teachers Association 58、以下 CONASTA58) に参加し、資料収集および意見交換を行った。

本稿では、CONASTA 58 での主な基調講演、フォーラムそして研究実践の発表を基に、現地の理科教育の最新の話題及び先進的教育プログラムの取組に関して報告する。先進的教育プログラムについては、特に”Big Ideas” (大きなアイディア<sup>1</sup>) に着目する。

- 1 CONASTA58 の概要
- 2 基調講演から：オーストラリアにおけるナショナルカリキュラムの開発
- 3 フォーラムから：理科教員の専門職能規準
- 4 研究発表から：“Big Ideas”について

### 1 CONASTA 58 の概要

CONASTA は、オーストラリアで理科教育に携わる小学校、中学校、高等学校、教員養成校および大学の教員が校種を超えて、理科教育に関する調査研究や教育実践について発表討議がなされる会議である。また、研究や実践の報告に加え、基調講演、ワークショップやフィールド調査も行われる。わが国と比べて特徴的なのは、実習助手の会 (Lab Technician Stream) も実施されることである。理科教員だけではなく、実習助手も CONASTA には参加するのである。旅費や参加費といった経費は、所属する学校から支給されることが一般的である。

今回で 58 回目を数える CONASTA 58 のテーマは、「理科教育：未来への橋」であった。

問題解決能力や思考力を向上させ、今後ますます発展していく科学技術社会の一員として、主体的で広い視野をもった児童生徒を育てるために、理科教育の重要性を強調していた。また、フォーラムではこれから行われるナショナルカリキュラムの導入と、それがオーストラリアの理科教育へ与える影響について議論がなされた。

## 2 基調講演から：オーストラリアにおけるナショナルカリキュラムの開発

4日間の大会期間中に5つの基調講演が行われたが、7月5日(大会2日目)の基調講演、「21世紀のオーストラリアの理科カリキュラムの開発」について概要を示す。

### 21世紀のオーストラリアの理科カリキュラムの開発(Building an Australian science curriculum for the 21<sup>st</sup> century)

オーストラリアの理科カリキュラムの開発は、21世紀後半を生活することになるオーストラリアの若者のために世界水準のカリキュラムを開発するものである。報告ではナショナルカリキュラムの開発において、科学とその学習について生徒の知識、理解、スキル及び態度の向上をどのように行うかが議論された。まず、米国の状況を紹介しながら、近年先進国で必要とされる労働者のスキルや質が例示された。特に、高度なスキルや創造性が必要となり、ナショナルカリキュラムはこの要求を満たすことが重要となる点が強調された。

## 3 フォーラムから：理科教員の専門職能規準

オーストラリア理科教員協会フォーラム：理科教員のための専門職能規準—開発と課題—(ASTA Forum: Professional Standards for Science Teachers-development and issues)

CONASTA58の1セッションとして、ASTA(Australian Science Teachers Association)のフォーラムが行われた。その中身はASTAのScience Professional Standards Projectに関するもので、特に現在開発中の熟練した理科教員の専門職能規準(National Professional Standards for highly accomplished teachers of science)について、CONASTA58に参加した教員に、その内容の確認を行うとともに、彼らの意見を問うものであった。オーストラリアでは教員の専門職能規準をいくつかの教科について開発中であるが、理科教員のそれはASTAとTeaching Australiaが開発を担う。特筆すべきは、初等、中等および高等教育において理科に携わる教員が一堂に集まるCONASTAにおいて、専門職能規準の草案が提示され、現場からの意見を反映することが試みられた点である。60分のセッションでは、

まず、専門職能規準の概要が ASTA のスタッフにより示された。その後、校種の関係なく 10 人弱の小グループが編成された。各小グループでは、ASTA のスタッフがファシリテーターとなり、提案された草案に関して積極的な議論が行われた。筆者もオブザーバーとして小グループに入り、議論に参加させていただいた。文章表現等の変更すべき点について細かい指摘はあったが、専門職能規準を開発する大枠について、特に反対意見はないようであった。この小グループでの議論で使用された草案は、CONASTA58 の受付時に、他の資料と共に参加者全員に配布されていたものである。議論に参加した理科教員は、既にある程度目を通していただいていたようであった。草案の中身については CONASTA 58 の開催時は引用が許可されていなかったが、のちに ASTA のホームページに最終版の草案が掲載されている<sup>2</sup>。

留意点としては、この草案は前述のように熟練した理科教員 (**highly accomplished teachers of science**) の専門職能規準であることである。一般的な理科教員の専門職能規準については、次のステップとして進行中であり、主な関係者と有効性・正当性の確認がなされることになる。

#### 4 研究発表から：“Big Ideas”について

オーストラリアにおいて、現在開発中の理科のナショナルカリキュラムでは、重要な特徴の一つとして“Big Ideas”が挙げられている<sup>3</sup>。そこで、オーストラリアにおける先進的教育プログラムに関しては、CONASTA 58 での様々な発表のうち、Big Ideas に着目した。

Big Ideas については、Wiggins & McTig(2005)が著書の“Understanding by Design”において、“A big idea is a concept, theme or issue that gives meaning and connection to discrete facts and skills. (大きなアイディアは、概念、話題や問題であるが、それらは意味を持ち、別々に分かれた事実とスキルを繋げるものである：著者訳)”と説明している。なお数学では、Big Ideas に関する記述は、2000 年に実施された最初の OECD/PISA での数学的リテラシーに関する議論の中に見られた(OECD 2000)<sup>4</sup>。

わが国においては、雑誌「理科の教育」の「理科教育最前線」において、古屋(2009)が「逆向き設計」の説明のためのテンプレートを紹介する際に、Big Ideas について次のような解釈を示している。

「学習内容の中核となるものである。扱う範囲が小単元、単元、1 年間の学習か、とレベルによってビッグアイディアの (テンプレートの) 項に書くものは異なる。そのため「科学の方法」というものから、「生物学において形と機能はどのような関係があるか」、さらに「すべての生物は、その周辺の環境の中にあるさまざまな資源を必要として、それに依存しなければ生きることができない。」などと状況によって異なる。」(テンプレートの) は著者の加筆。

CONASTA 58 では、Oxford's Big Ideas Science project に携わった Kerry Thomas によって説明がなされた。発表のタイトルは、"What's the Big Idea?"であった。次に、Kerry の発表について要約を示す<sup>5</sup>。

科学の学習の中心に、物質、エネルギー、システムといった *Big Ideas* を配置することで、科学的リテラシーの基礎を提供できる。これによって、生徒はどの知識が重要で、それがどのように他の考え(*ideas*)や概念に関連付けられるかを判断できる。そして、その知識や理解したことを他の単元に応用できるようになる。発表では近年の理科教育研究を用いて、*Big Ideas* の意味を示しながら、このアプローチがどのようにして別々の事実やスキルに、意味ある枠組みの中で繋がりを持たせられるか報告する。

このような発表に加え、CONASTA58 では、教材など様々な出展ブースの中で(写真 1)、*Big Ideas* の考え方を元に作成された教科書が紹介されていた(写真 2)。この教科書は Oxford University Press Australia & New Zealand の出版によるもので、Oxford big ideas Science シリーズと呼ばれる。オーストラリアとニュージーランドで一般に販売されている(写真 3)。



写真 1 教材出展のブース



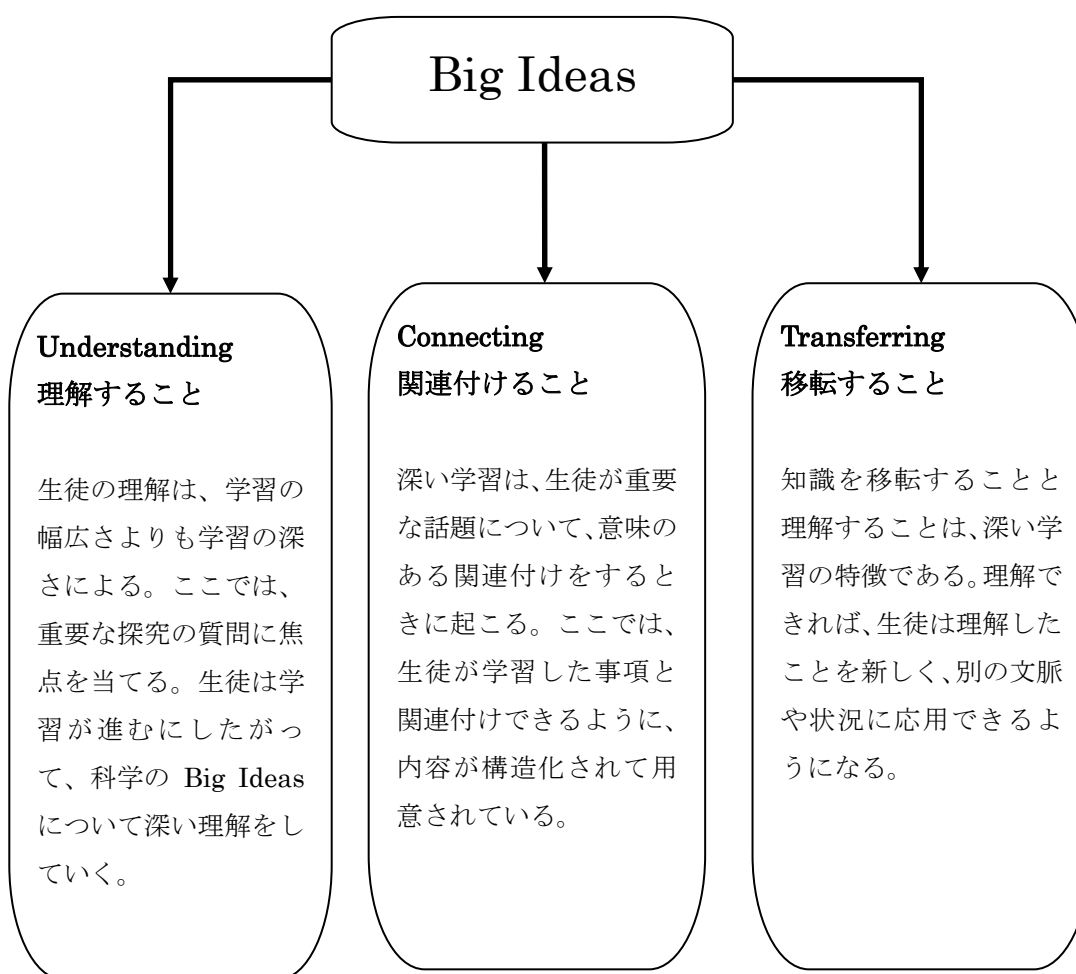
写真 2 Oxford big ideas の紹介



写真 3 Oxford big ideas Science 1 (ISBN: 9780195567151)

以下、ビクトリア州のカリキュラムである Victorian Essential Learning Standards Level 5 に対応した教科書 Oxford big ideas Science 1 for the Victorian Essential Learning Standards Level 5 (以下、Oxford big ideas Science 1 と表記) について、その構成の概要を示す。

Oxford big ideas Science 1 は、Big Ideas の考え方をもとに、大きく分けて “Understanding (理解すること)”、“Connecting (関連付けること)”、“Transferring (移転すること)” の3つで構成される (図 1)。



Oxford big ideas Science 1: Daniela Nardelli & Angela Stubbs, 2008, p.vi 著者訳

図 1 Big Ideas の考え方

教科書の目次については、各々が Big Ideas となる問いから構成される。Oxford big ideas Science 1 は、科学のスキル、物質、システム、エネルギーの 4 つの単元(part)と、9 つの節で構成されるが、各節には問いの形式をとった Big Ideas が見出しとなる。表 1 に Oxford big ideas Science 1 の目次と邦訳を示す。見出しの下層には、Big Ideas ごとに、より細分

化・具体化された Big Ideas の問いが小見出し（1.1 など）として用意される（表 1）。

表 1 Oxford big ideas Science 1 の目次と邦訳

目次(Contents)	目次の邦訳（著者訳）
Part 1 Science Skills 1. Curiosity, wonder and questioning: How do we explore science? 1.1 What do questions have to do with science? 1.2 How do we do science safely? 1.3 How do we collect and record information? Transferring Ideas: Cane toads	単元 1 科学のスキル 1. 好奇心、疑問と質問：どのようにして科学を探求するのか？ 1.1 科学における質問はどのようなものか？ 1.2 科学をどのようにして安全に行うか？ 1.3 情報をどのようにして集めて記録するのか？ 移転するアイデア：オオヒキガエル
Part 2 Matter 2. What matters: How does matter behave? 2.1 What do we know about matter? 2.2 What are the properties of matter? 2.3 Why does water matter? Transferring Ideas: Water crisis 3. The crime scene: How do we work with matter? 3.1 How does science help solve crimes? 3.2 How do we analyse evidence? 3.3 What separation techniques do we use to work with evidence? 3.4 How does technology assist forensic scientists? Transferring Ideas: Sport science	単元 2 物質 2. 何が大事（物質）か？：物質はどのようにふるまうか？ 2.1 物質について何を知っているか？ 2.2 物質の性質は何か？ 2.3 なぜ水は物質か？ 移転するアイデア：水問題 3. 事件現場：物質をどのように役立てるか？ 3.1 科学はどのようにして事件解決を助けるか？ 3.2 どのようにして証拠を分析するか？ 3.3 証拠を扱うときどのような分離法を用いるか？ 3.4 科学技術はどのようにして科学捜査官の助けとなるか？ 移転するアイデア：スポーツ科学
Part 3 System 単元 3 の詳細は省略	単元 3 システム
Part 4 Energy 8. Sound energy: What is sound energy? 8.1 How are sounds made? 8.2 How is sound energy measured and described? 8.3 How do we receive sound energy? Transferring Ideas: Recording sound 9. Forces: What is a force? 9.1 How do we recognise a force? 9.2 What is magnetism? 9.3 What is gravity? Transferring Ideas: Natural forces	単元 4 エネルギー 8. 音エネルギー：音エネルギーとは何か？ 8.1 音はどのように作られるか？ 8.2 音エネルギーはどのように測られ、記述されるか？ 8.3 私たちはどのようにして音エネルギーを受け取るか？ 移転するアイデア：録音 9. 力：力とは何か？ 9.1 私たちはどのようにして力を認識するか？ 9.2 磁力とは何か？ 9.3 重力とは何か？ 移転するアイデア：自然の力

教科書の内容については、小見出しの Big Ideas の問いそれぞれについて、Connecting Ideas（関連付ける考え）として補足的な問いの記述がある（図 2）。他方、各節の最後では、その節の Big Ideas について、Transferring（移転すること）に関して補足される。表 1 の目次のうち、単元 2 物質 節 3 事件現場 について、その構成を図 2 に示す。

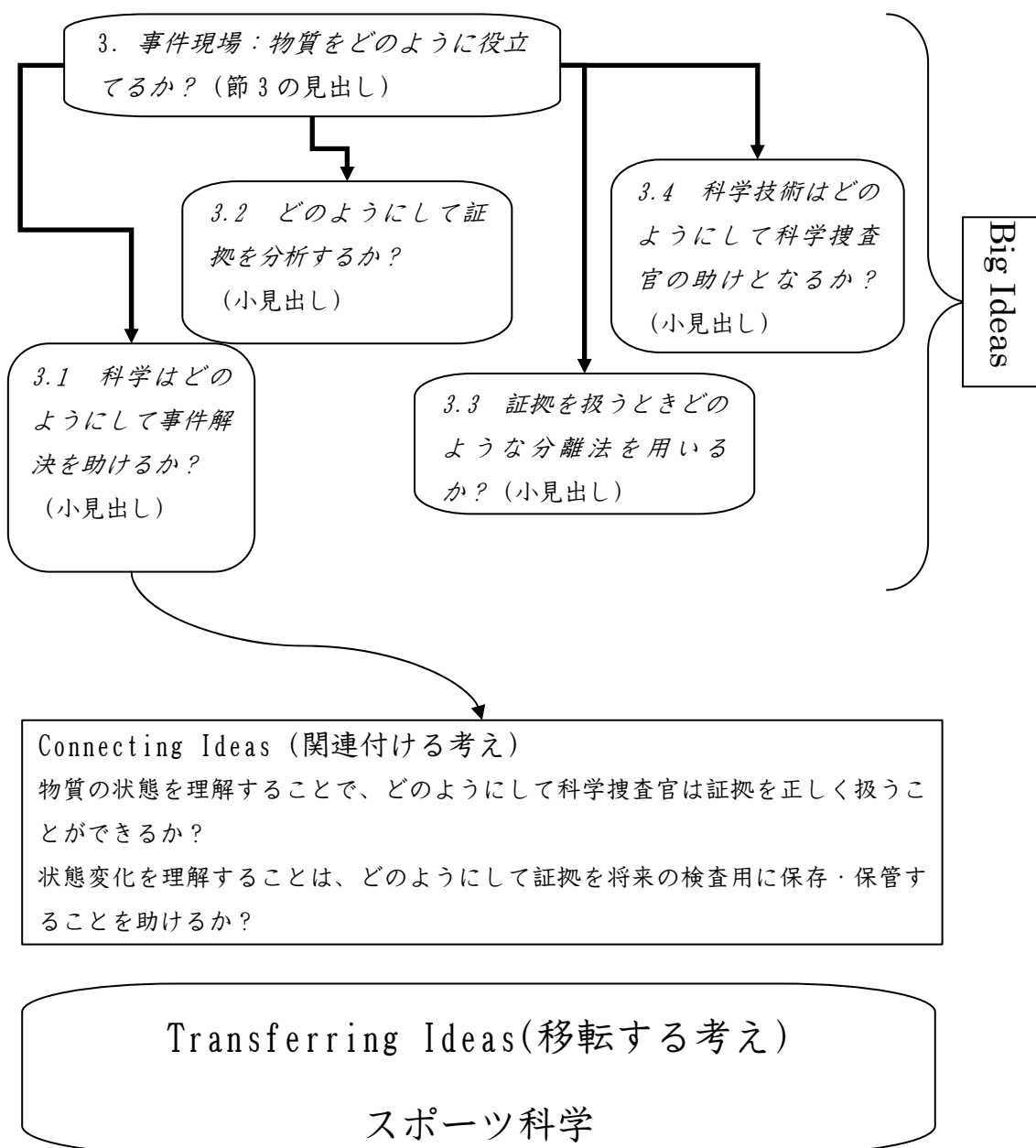


図 2 単元 2 物質 節 3 事件現場 の構成



以上のように、教科書 Oxford big ideas Science 1 は、Big Ideas の考え方を軸として構成されていた。その特徴は、学習の幅広さよりも学習の深さを重視し、次に意味のある関連付けを行えるように内容を配列し、そして理解したことを別の文脈や状況に応用できるように配慮がされていた点である。

今回報告した、オーストラリアにおける先進的教育プログラムの取組での観点は、わが国の理科教育においても科学的リテラシーの議論を深めるものであると思われる。Big Ideas については、さらに現場での実践状況に関する調査研究が必要である。

#### 参考引用文献

Organisation for Economic Co-operation and Development (2000). *Measuring Student Knowledge and Skills: The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical, and Scientific Literacy*. Paris: Author, pp.52-53.

Wiggins, G., & McTigh, J.(2005). *Understanding by Design*. Alexandria, VA :Association for Supervision and Curriculum Development, 2<sup>nd</sup> Edition.

古屋 光一(2009) 理科教育における「逆向き設計」のためのテンプレートを用いた実践開発のヒント - ウィキンス・マクタイの著書 “Understanding by Design”より - 「理科の教育」日本理科教育学会編 10, Vol.58, NO687, pp.54-57.

---

#### 注記

- 1 Big Ideas の邦訳については、「大きな考え」、「大きなアイディア」及び「ビッグアイディア」などがこれまで用いられている。本稿では、英語の Big Ideas のニュアンスを伝える目的と、わが国の理科教育において Big Ideas に関する議論はこれから深まる可能性を鑑み、現時点では原語のままに Big Ideas と表記した。
- 2 [http://www.asta.edu.au/resources/professional\\_standards\\_for\\_tea/national\\_professional\\_standard](http://www.asta.edu.au/resources/professional_standards_for_tea/national_professional_standard)
- 3 [http://www.acara.edu.au/verve/\\_resources/Consultation\\_report\\_-\\_Science.pdf](http://www.acara.edu.au/verve/_resources/Consultation_report_-_Science.pdf)
- 4 PISA の 2000 年の調査では、これまでの数学のカリキュラム構成ではなく、複雑な現実世界のパターンを反映するため、“Big Ideas” という別のアプローチで横断的に数学の話題を構成した。OECD(2000)による数学での Big Ideas は、変化と成長(change and growth)、空間と形(space and shape)、量的推論(quantitative reasoning)、不確実性(uncertainty)、依存と関係(dependency and relationships)であると述べられている(p.53)。
- 5 Conference Handbook - The Conference of the Australian Science Teachers Association CONASTA 58 -, p.32. [www.cdesign.com.au/conasta58](http://www.cdesign.com.au/conasta58)

# 科学的リテラシーを向上させる理科授業に関する米国の教員研修

愛媛大学教育学部

隅田 学

## I. はじめに

21 世紀を迎えるにあたって、全米科学振興協会 (The American Association for the Advancement of Science) は、新しい科学教育の長期的な改革を目指し、プロジェクト 2061 を発足させた。その壮大なプロジェクトの第一として発表されたのが、「すべてのアメリカ人のための科学 (Science for All Americans)」である。そこでは、全てのアメリカ人に身につけて欲しい科学的リテラシーとしての知識・技能が示された。続いてプロジェクト 2061 が発表したのが「Benchmarks for Science Literacy」である。それは、第 2 学年、第 5 学年、第 8 学年 (日本の中学 2 年に相当)、第 12 学年 (日本の高校 3 年に相当) の各学年段階終了時に身につけておくべき具体的な学習目標を示すものであった。そして、科学的リテラシーの目標としての「Science for All Americans」とその科学的リテラシーに関する個別の学習目標としての「Benchmarks for Science Literacy」とを実践的に結びつけ、図示したものが「Atlas of Science Literacy」として発表された。「Atlas of Science Literacy」は現在第 2 巻まで出版されており、第 1 巻と第 2 巻をあわせると、「Benchmarks for Science Literacy」の約 43% の内容をカバーしている。

全米科学振興協会は、「Atlas of Science Literacy」「Science for All Americans」「Benchmarks for Science Literacy」を教材として、3 日間にわたる教員研修のワークショップを全米各地で行っている。このワークショップは、参加者がスタンダードに準拠した科学教育改革に実践的に関わるができるようになることを目指しており、科学的リテラシーに関する理解の向上とカリキュラムや教授、評価の改善を目的としている。筆者が参加したワークショップは、2008 年 11 月 5-7 日に、カリフォルニア大学サンフランシスコ校にて開催された。参加者は計 31 名であった。以下では、科学的リテラシーを向上させる理科授業方法の観点と理科教師に求められる知識の部分を紹介したい。

## II. 科学的リテラシーの向上を目指す理科授業方法の観点 (Instructional Criteria)

プロジェクト 2061 では、以下の 7 つのカテゴリの観点からカリキュラム分析を行っている。それぞれの観点とその下位観点に基づき、各理科授業方法について、児童生徒による個別内容の学習をどの程度促進できるかを判断している。これらの観点は、ベンチマークで示された科学的リテラシーの個別学習目標へ児童生徒が到達するよう、理科教科書や理科授業方法を評価し、改善する目的で利用されている。

### 1. 児童生徒に目的意識を持たせる

- ①単元の目標がわかる ②授業/活動の目標がわかる ③授業の流れがよい

### 2. 児童生徒が科学的な考えを構築する

- ①必要な先行知識や技能が明確である ②児童生徒に共通な考えを考慮している
- ③児童生徒の考えを引き出して認めている ④児童生徒の考えに重点が置かれている

### 3. 児童生徒を実世界の事例/現象に触れさせる

- ①多様な関連する実世界の事例/現象を提示している

- ②直接体験や疑似体験が行われている
- 4. 数学/科学の考えを獲得して利用する
  - ①学習目標の妥当性がわかる ②用語や手順が有意味に導入されている
  - ③科学の考えが正確で一貫性を持って提示されている
  - ④科学の考えが適切に関連して統合されている
  - ⑤技能や知識の利用が明示されている ⑥演習が含まれている
- 5. 児童生徒が体験や知識について思考するよう促す
  - ①児童生徒に自分の考えを説明させている
  - ②体験を解釈させたり推論させたりしている
  - ③児童生徒に自分が何を学んだのかを考えさせている
- 6. 児童生徒の向上を評価する
  - ①学習目標を評価している ②児童生徒の理解を探るようになっている
  - ③評価が効果的である ④学習の評価に基づき教師が授業を計画している
- 7. 児童生徒の学習環境をよくする
  - ①教師の科学理解を深める ②好奇心や疑問を奨励している
  - ③すべての児童生徒を受け入れている

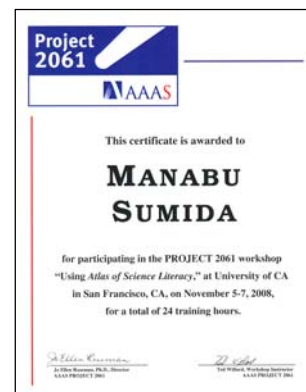
### III. 科学的リテラシーの向上を目指すために理科教師に求められる知識

本稿で紹介したワークショップの最終日には、理科教師に求められる以下の7つの知識や能力が示された。すべての児童生徒に質の高い科学的リテラシーを身につけさせる上でいずれも重要なことである。

1. 科学，数学，技術に関する知識とそれらの相互関連性に関する知識
2. 各学年段階で科学的リテラシーを育成する認知的適性に関する知識
3. 科学に関する児童生徒の概念研究の成果に関する知識及び児童生徒の理解／誤解を調べる能力
4. カリキュラムや教材の代替やそのトレードオフに関する知識及び個別の学習目標に適った資料や活動計画を選択する能力
5. 多様な評価の可能性やそのトレードオフに関する知識及びそれらを科学的リテラシーの育成と評価に利用する能力
6. 特別なグループに属する児童生徒に関する知識及びすべての児童生徒を対象として各種の授業方法を行う能力
7. 自分の実践を省察したり同僚と共に教授・学習について検討したりする能力

### IV. おわりに

今回参加したワークショップは、3日間、午前9時から夕方4時まで行われ、宿題も課せられる。毎日、100枚程度のパワーポイントが提示され、グループ活動も多い。我が国においても、科学的リテラシーに関する研究成果に基づく系統的な教員研修プログラムが構築され、そのプログラムが多くの先生方に共有され、実際の理科授業の改善に役立てられることが望まれる。



# カナダの科学教育による科学的リテラシーの育成

## Development of Scientific Literacy through Science Education in Canada

小倉 康

OGURA Yasushi

国立教育政策研究所

National Institute for Educational Policy Research

**【要約】** カナダの教育制度は州によって異なり、言語的・文化的背景が複雑な状況であるにもかかわらず、2006年のPISA調査では、国全体としての科学的リテラシーの水準が大変高い水準であった。これは、1997年に策定されたカナダ全体の科学の学習成果に関する共通フレームワークが、科学的リテラシーの育成を重視するものであったため、その後の初等中等教育を通じた科学教育が科学的リテラシーの育成を目指してきたことの成果である。同時に、生徒間での教育成果の格差の縮小に成功していることも大きな要因である。発表では、オンタリオ州への訪問調査から、現地の様子についても報告する。

**【キーワード】** カナダ、科学的リテラシー、PISA調査、フレームワーク

### 1 研究の目的

カナダは、10の州と3つの準州とからなる人口約3300万人(2007年)の連邦国家である。2006年に実施されたPISA調査の結果は、科学的リテラシーの平均得点がカナダは534点であり、統計的有意差は無いが日本よりも高く、参加した57か国中で3番目であった。標準偏差も94点と、日本の100点と比べて得点格差が小さい。また、読解力は4番目、数学的リテラシーは7番目と、いずれも日本よりも高い。

カナダの公用語は英語とフランス語である。カナダ人の約57%が英語を母語とし、約22%がフランス語を母語としている。残りの約21%は、2つ以上の母語を持つが、英仏以外の言葉を母語としている。こうした多様な言語的背景をもつ国の子どもたちが、PISA調査で日本と同じかより高い水準の学習到達度を示しているのは驚きである。

本研究は、カナダにおける科学的リテラシー教育について、様々な資料と現地訪問調査の結果から理解を深めることを目的とする。

ック州(770万人)、ブリティッシュコロンビア州(約440万人)、アルバータ州(約350万人)が平均得点の国内上位4番目までを占めていることは、カナダ全体の学習到達度の水準の高さにつながっている。フィンランド同様に、カナダでは高い学力水準に加えて学力格差の小さい教育が実現している。

表1 2006年PISA調査におけるカナダ各州の科学的リテラシー得点<sup>(1)</sup>

国名	科学的リテラシー	
	平均得点 (標準誤差)	
アルバータ州	550	(3.8)
ブリティッシュコロンビア州	539	(4.7)
オンタリオ州	537	(4.2)
カナダ全体	534	(2.0)
ケベック州	531	(4.2)
ニューファンドランドラブラドル州	526	(2.5)
マニトバ州	523	(3.2)
ノバスコシア州	520	(2.5)
サスカチワン州	517	(3.6)
プリンスエドワードアイランド州	509	(2.7)
ニューブランズウィック州	506	(2.3)

### 2 学力格差が小さい

カナダは、PISA調査において州別の学習到達度を測定している。結果は、アルバータ州からニューブランズウィック州まで平均得点で44ポイントの差があるが、すべての州がOECD平均以上となっている(表1)。アルバータ州は、フィンランド(人口約530万人)に次ぐ成績水準である。カナダで人口規模の第1位から第4位のオンタリオ州(約1280万人)、ケベ

### 3 「幼稚園から第12学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワーク」(1997年)

連邦国家のカナダでは、カナダ教育大臣協議会(CMEC)が、すべての州と準州が国全体の教育について協議する場となっている。1995年2月、CMECは学校カリキュラムに関する協力のための全カナダ協定を採択した。1997年に策定された「幼稚園から第12学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワーク」<sup>(2)</sup>(以

下「共通フレームワーク」)は、この協定に基づいて行われた最初の共同開発プロジェクトの成果である。小倉(2006)は、CMECの許可を得て本文書を日本語訳し公開している<sup>(3)</sup>。

共通フレームワークでは、まずカナダの科学的リテラシーに関するビジョンと基礎力が表明され、全般的学習成果と特定の学習成果、及び成果の一部についての参考例が示されている。共通フレームワークは、各管轄区がそれぞれの内部でカリキュラムを開発するための共通の基盤を提供し、科学の学習成果に管轄区を超えたより高度な一貫性が得られるようにしている。その他、生徒の移動性の増大に対応する科学カリキュラムの統一性の改善、全カナダで統一的使用する質の高い学習資源の開発、理科教師による専門的能力の研修活動での協調なども可能にすることも意図された。

共通フレームワークでは、科学教育で身につけさせる科学的リテラシーを、「科学とテクノロジーと社会と環境(STSE)」「スキル」「知識」「態度」の4つの「基礎力」から捉え、学習成果と展開事例を、各単元別と各学年段階別、及び、第3学年、第6学年、第9学年、第12学年の各終末段階に対応して示している。

CMECは、共通フレームワークと各州の科学カリキュラムとの間に相当な共通性があると報告している<sup>(4)</sup>。また、共通フレームワークの作成委員を務め、PISA調査で科学的リテラシー分野の国際専門委員を務めたロバート・ローリー氏は、カナダの10学年の科学カリキュラムのフレームワークと2006年のPISA調査における科学的リテラシー評価の共通フレームワークとを比較して、カナダの共通フレームワークに記載の学習成果の約86%が、PISA調査のフレームワークに対応しており、このことが、カナダの生徒がPISA調査での高い水準の到達度に強く影響したと分析している<sup>(5)</sup>。

また小倉(2009)は、カナダの小中高等学校で実際に使用されている科学教科書を分析して、共通フレームワークの記述に概ね準拠した記述となっていると報告している<sup>(6)</sup>。

共通フレームワークの策定によって、カナダにおける各州の科学カリキュラムが、科学的リテラシー育成を目指した教科書作成を促すとともに、科学的リテラシーの到達度を評価するためのPISA調査のフレームワークと親和性の高い科学教育を導いたと考えられる。

#### 4 オンタリオ州における訪問調査から

平成20年12月に、オンタリオ州トロント市とその周辺にて現地訪問調査を行った。小学校(第1~6学年)、中学校(第7~9学年)、初等教育学校(第1~8学年)、高等学校(第9~12学年)、及び、12学年のみの学校、各1校を訪問し、関係者にインタビューするとともに、理科関連の授業や教室等を観察した。

日本と大きく異なるのは、教科書は教材の一つであり、教科書を使用するかしないかは、学校及び教員に委ねられている点である。インタビューした教育省担当官は、「教科書を教える」ことを否定し、「教科書はリソースの一つに過ぎない」ことを強調した。なぜなら、州のカリキュラムで規定されている目標が達成すべき事項であるので、それを達成する方法は、学校区(教育委員会)や学校、教員の工夫に委ねられているからということである。

訪問調査から、高校段階では教科書への依存度が高くなるが、初等・前期中等段階では、教員が自らの指導計画に従って、観察実験と講義を織り交ぜながら、授業を展開することが一般的であることがわかった。必然的に教員には、州のカリキュラムを実現する授業計画を自身で作成し実行できる資質・能力が要求されることになる。PISA調査の結果は、科学的リテラシーを育成する授業作りに各教員が10年余り取り組んできた成果と見ることができる。

#### 引用参考文献

- (1) Bussiere, P., Knighton, T., Pennock, D.: Measuring up: Canadian Results of the OECD PISA Study. Canada and Statistics Canada. (2007) 60.
- (2) CMEC: Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12. (1997).
- (3) カナダ教育大臣協議会(訳:小倉康):『幼稚園から第12学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワーク—学校カリキュラムに関する協力のための全カナダ協定—』  
<http://www.nier.go.jp/ogura/tokutei.html> (2006).
- (4) CMEC: Literature Review of Science Curriculum and Test Design. Unpublished document. CMEC: Toronto, Ontario, Canada. (2005).
- (5) Laurie, R.: PISA 2006 Science in Canada: Context, Results and Possible Explanations. 国立教育政策研究所紀要137(2008)71-90.
- (6) 小倉康「理科の教科書:カナダ」国立教育政策研究所『第3期科学技術基本計画のフォローアップ「理数教育部分」に係る調査研究[理数教科書に関する国際比較調査結果報告書]』(2009).

# PISA調査データの二次分析に基づく 新たな科学技術人材育成指標の提案

小倉 康

国立教育政策研究所総括研究官

JST理科教育支援センターシニアアナリスト

OECD-PISA科学専門委員会委員

Presentation at 2009 International Conference of East-Asian Science Education  
(EASE) in Chinese Taipei, October 22, 2009

Keywords: Science-related Careers, Motivation, PISA, Human Resource Development, Secondary Analysis

## 背景

- 国際的に同一年齢段階での無作為抽出法を適用するため、PISA調査での日本の参加生徒は、高校1年の7月の段階。
- 2006年のPISA調査の結果で、日本の生徒の理科に関わるキャリア意識が極めて低い水準であった。例「私は理科の科目からたくさんのことを学んで就職に役立てたい」(肯定的回答割合: 日本39%, OECD平均56%)
- 通常、高校1年で、総合的な理科科目を履修しつつ、翌年以降の特定分野の科目選択を決定するため、1年段階での生徒のキャリア意識は、その後の科目選択と進路選択に大きく影響する。
- 科学教育の一つの使命としての優れた科学技術系人材育成の観点で、高校1年段階の生徒のキャリア意識は、生徒の科学学力と並んで、初等中等教育の質を評価するとともに、将来の科学技術系人材を予測する重要な要素である。

## 目的と方法

- 2006年のPISA調査のデータを二次分析して、日本の生徒の科学技術系のキャリア意識の状態を国際比較する。
- 日本の科学教育が、優れた科学技術系人材育成に向けて寄与している程度を指標化し、国際比較する。
- 2006年のPISA調査では、生徒質問紙調査項目「自分は、30歳の時に、どんな職業に就いていると思うか」に対する自由記述の回答が、国際職業分類コード(ISCO88)で分類されている。以下の4分類コードを科学技術キャリア意識とする。
  - (A) 物理学、数学及び工学の専門的職業従事者 (2100番台)
  - (B) 物理学及び工学の準専門的職業従事者 (3100番台)
  - (C) 生命科学・保健関連専門的職業従事者 (2200番台)
  - (D) 生命科学及び保健関連の準専門的職業従事者 (3200番台)
- 科学的リテラシー得点の習熟度レベル(1～6)のレベル5以上を科学の高学力生徒(Top Performer\*)とする。

\* according to the definition of “Top of the Class – High Performers in Science in PISA 2006” (OECD, 2009)

### (A) 物理学、数学及び工学の専門的職業従事者① (PHYSICAL, MATHEMATICAL & ENGINEERING SCIENCE PROFESSIONALS)

- PHYSICISTS, CHEMISTS & RELATED PROFESSIONALS
  - Physicists & astronomers
  - Meteorologists
  - Chemists
  - Geologists & geophysicists [incl. Geodesist]
- MATHEMATICIANS, STATISTICIANS ETC PROFESSIONALS
  - Mathematicians etc professionals
  - Statisticians [incl. Actuary]
- COMPUTING PROFESSIONALS
  - Computer systems designers & analysts [incl. Software Engineer]
  - Computer programmers
  - Computing professionals

**(A) 物理学, 数学及び工学の専門的職業従事者②**  
(PHYSICAL, MATHEMATICAL & ENGINEERING SCIENCE PROFESSIONALS)

- ARCHITECTS, ENGINEERS ETC PROFESSIONALS
  - Architects town & traffic planners [incl. Landscape Architect]
  - Civil engineers [incl. Construction Engineer]
  - Electrical engineers
  - Electronics & telecommunications engineers
  - Mechanical engineers
  - Chemical engineers
  - Mining engineers, metallurgists etc professionals
  - Cartographers & surveyors
  - Architects engineers etc professionals [incl. Consultant]

**(B) 物理学及び工学の準専門的職業従事者①**  
(PHYSICAL & ENGINEERING SCIENCE ASSOCIATE PROFESSIONALS)

- PHYSICAL & ENGINEERING SCIENCE TECHNICIANS
  - Chemical & physical science technicians
  - Civil engineering technicians
  - Electrical engineering technicians
  - Electronics & telecommunications engineering technicians
  - Mechanical engineering technicians
  - Chemical engineering technicians
  - Mining & metallurgical technicians
  - Draughtspersons [incl. Technical Illustrator]
  - Physical & engineering science technicians nec
- COMPUTER ASSOCIATE PROFESSIONALS
  - Computer assistants [incl. Assistant Users Services]
  - Computer equipment operators
  - Industrial robot controllers



(B) 物理学及び工学の準専門的職業従事者②  
(PHYSICAL & ENGINEERING SCIENCE ASSOCIATE PROFESSIONALS)

- OPTICAL & ELECTRONIC EQUIPMENT OPERATORS
  - Photographers & electronic equipment operators
  - Broadcasting & telecommunications equipment operators
  - Medical equipment operators [incl. X-ray Technician]
  - Optical & electronic equipment operators
- SHIP & AIRCRAFT CONTROLLERS & TECHNICIANS
  - Ships engineers
  - Ships deck officers & pilots [incl. River Boat Captain]
  - Aircraft pilots etc associate professionals
  - Air traffic controllers
  - Air traffic safety technicians
- SAFETY & QUALITY INSPECTORS
  - Building & fire inspectors
  - Safety, health & quality inspectors

(C) 生命科学, 保健関連専門的職業従事者  
(LIFE SCIENCE & HEALTH PROFESSIONALS)

- LIFE SCIENCE PROFESSIONALS
  - Biologists, botanists zoologists etc professionals
  - Pharmacologists, pathologists etc profess. [incl. Biochemist]
  - Agronomists etc professionals
- HEALTH PROFESSIONALS (EXCEPT NURSING)
  - Medical doctors
  - Dentists
  - Veterinarians
  - Pharmacists
  - Health professionals except nursing nec
  - NURSING & MIDWIFERY PROFESS. [incl. Registered Nurses, Midwives]

(D) 生命科学及び保健関連の準専門的職業従事者①  
(LIFE SCIENCE & HEALTH ASSOCIATE PROFESSIONALS)

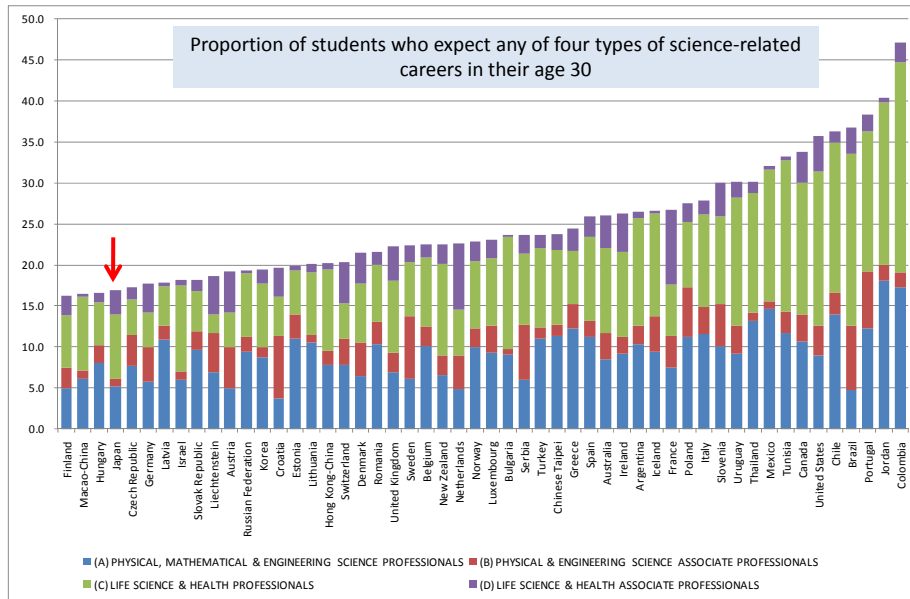
- LIFE SCIENCE TECHNICIANS ETC ASSOCIATE PROFESSIONALS
  - Life science technicians [incl. Medical Laboratory Assistant]
  - Agronomy & forestry technicians
  - Farming & forestry advisers
- MODERN HEALTH ASSOCIATE PROFESSIONALS EXCEPT NURSING
  - Medical assistants
  - Sanitarians
  - Dieticians & nutritionists
  - Optometrists & opticians [incl. Dispensing Optician]
  - Dental assistants [incl. Oral Hygienist]
  - Physiotherapists etc associate professionals
  - Veterinary assistants [incl. Veterinarian Vaccinator]
  - Pharmaceutical assistants
  - Modern health associate professionals except nursing nec

(D) 生命科学及び保健関連の準専門的職業従事者②  
(LIFE SCIENCE & HEALTH ASSOCIATE PROFESSIONALS)

- NURSING & MIDWIFERY ASSOCIATE PROFESSIONALS
  - Nursing associate professionals [incl. Trainee Nurses]
  - Midwifery associate professionals [incl. Trainee Midwife]
- TRADITIONAL MEDICINE PRACTITIONERS & FAITH HEALERS
  - Traditional medicine practitioners [incl. Herbalist]
  - Faith healers

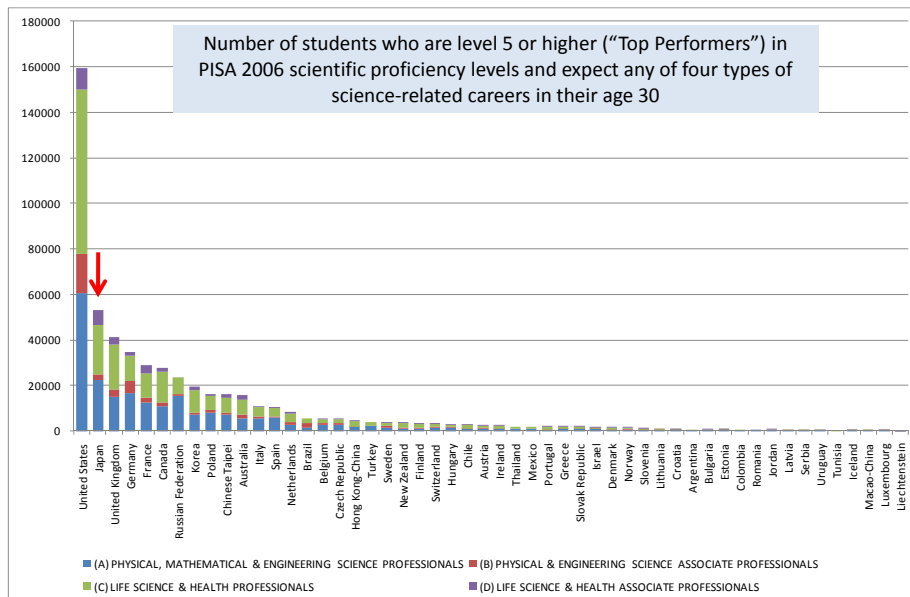
## 結果

科学技術キャリア意識をもつ生徒の割合で、日本は他の殆どの国よりも少ない。

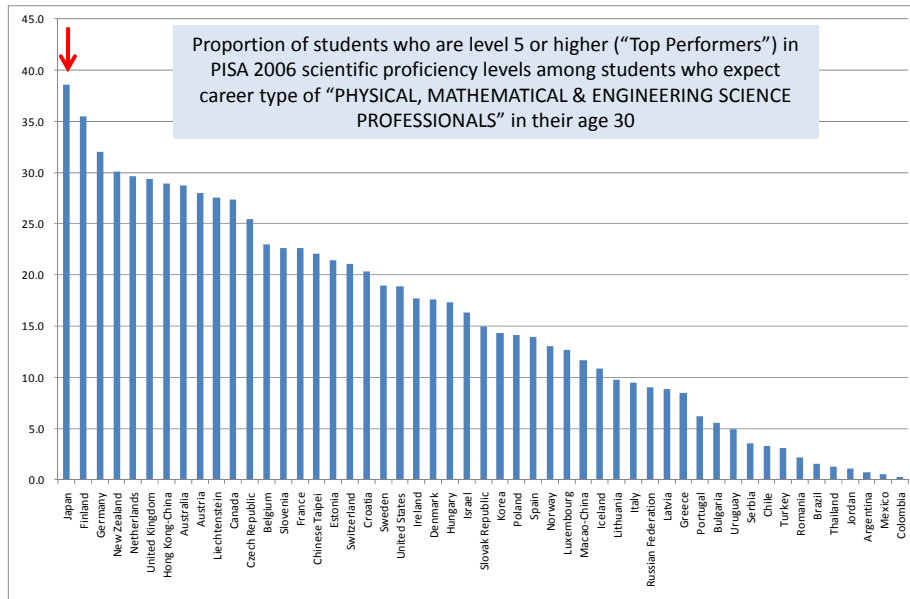


## 結果

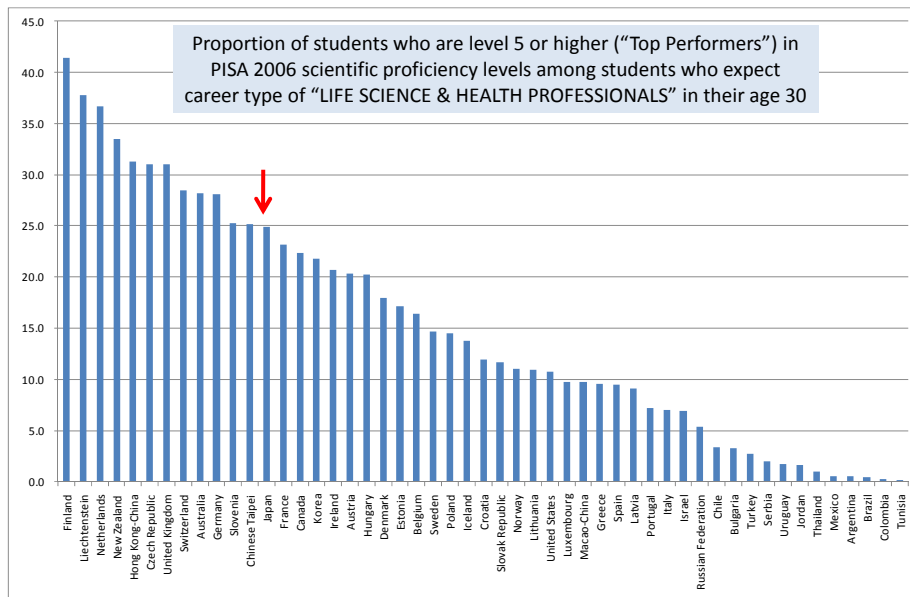
科学技術キャリア意識をもち、かつ科学に高学力(レベル5以上)である生徒の数で、日本は米国に次いで2番目に多い国である。



**結果** 将来、物理学、数学及び工学の専門的職業に従事するキャリア意識を持ち、かつ、科学に高学力である生徒の割合で、日本は最も高い国である。

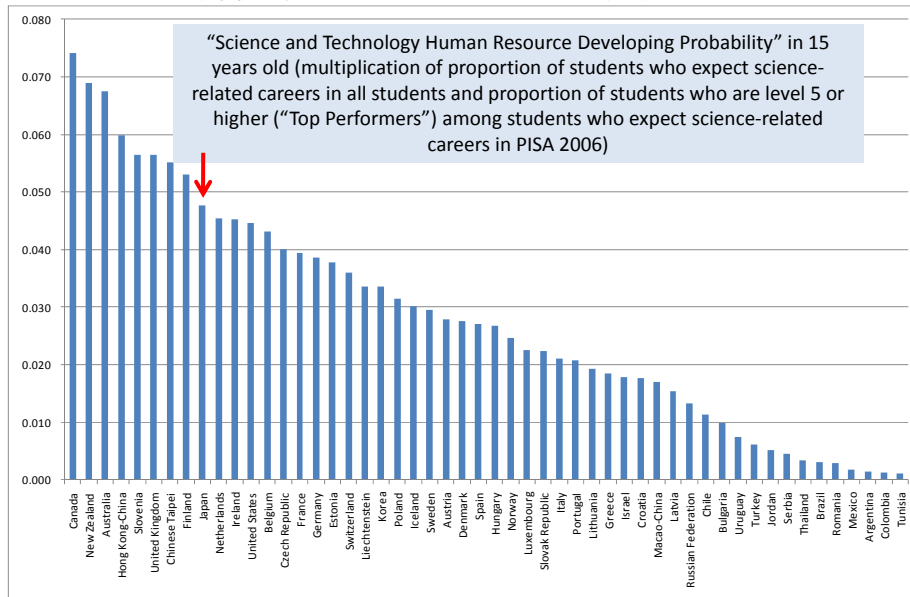


**結果** 将来、生命科学・保健関連専門的職業に従事するキャリア意識を持ち、かつ、科学に高学力である生徒の割合で、日本は比較的高い国である。



## 結果

将来の科学技術キャリア意識をもち、かつ科学に高学力(レベル5以上)な生徒を育成する確率で、日本は高い値(1000人当たり48人)を示している。最高は、カナダ(1000人当たり74人)である。



## 結論

- 日本は、フィンランドと同様、科学技術のキャリア意識を持つ生徒の割合は国際的に低いが、そうした生徒の中で科学リテラシーの高学力生徒の割合は高い。
- 米国とイタリアでは、科学技術のキャリア意識を持つ生徒の割合は国際的に高いが、そうした生徒の中で科学リテラシーの高学力生徒の割合は低い。
- カナダとオーストラリアでは、科学技術のキャリア意識を持つ生徒の割合が国際的に高く、そうした生徒の中で科学リテラシーの高学力生徒の割合も高い。
- 科学リテラシーの高学力生徒の割合が低くても、米国やロシアのように人口規模が大きな国では、科学で高学力の生徒数は数多くいる。

## 結論

- 2006年PISA調査に参加した国の中で、科学技術キャリア意識をもち、かつ科学で高学力を示す生徒数について、日本は2番目に高い国である。
- 各国における科学教育を通じた将来の科学技術系人材の育成状況に関して、3つの重要な要因を考慮すべきである：
  - (a) その国で科学技術キャリア意識をもつ生徒の割合
  - (b) (a)の中で科学で高学力を示す生徒の割合
  - (c) 若年層人口
- 科学教育の科学技術系人材育成指標として「(a) × (b)」を国際比較することが可能である。
- 日本では、(c)要因について今後数十年間で急速に減少することが確実なため、科学教育は、いかに(a)要因と(b)要因を改善するかが課題である。

PISA 2006 Questionnaire asked students their expecting careers at age 30. Their responses were coded by using ISCO codes that can be used in this study to identify *science-related careers*.

ISCO codes and careers that are heavily dependent on science and/or technology

2100 PHYSICAL, MATHEMATICAL & ENGINEERING SCIENCE PROFESSIONALS			
2110 PHYSICISTS, CHEMISTS & RELATED PROFESSIONALS			
2111 Physicists & astronomers			
2112 Meteorologists			
2113 Chemists			
2114 Geologists & geophysicists [incl. Geodesist]			
2120 MATHEMATICIANS, STATISTICIANS ETC PROFESSIONALS			
2121 Mathematicians etc. professionals			
2122 Statisticians [incl. Actuary]			
2130 COMPUTING PROFESSIONALS			
2131 Computer systems designers & analysts [incl. Software Engineer]			
2132 Computer programmers			
2139 Computing professionals nec			
2140 ARCHITECTS, ENGINEERS ETC PROFESSIONALS			
2141 Architects town & traffic planners [incl. Landscape Architect]			
2142 Civil engineers [incl. Construction Engineer]			
2143 Electrical engineers			
2144 Electronics & telecommunications engineers			
2145 Mechanical engineers			
2146 Chemical engineers			
2147 Mining engineers, metallurgists etc professionals			
2148 Cartographers & surveyors			
2149 Architects engineers etc professionals nec [incl. Consultant]			
2200 LIFE SCIENCE & HEALTH PROFESSIONALS			
2210 LIFE SCIENCE PROFESSIONALS			
2211 Biologists, botanists zoologists etc professionals			
2212 Pharmacologists, pathologists etc profess. [incl. Biochemist]			
2213 Agronomists etc professionals			
2220 HEALTH PROFESSIONALS (EXCEPT NURSING)			
2221 Medical doctors			
2222 Dentists			
2223 Veterinarians			
2224 Pharmacists			
2229 Health professionals except nursing nec			
2230 NURSING & MIDWIFERY PROFESS. [incl. Registered Nurses, Midwives]			

3100 PHYSICAL & ENGINEERING SCIENCE ASSOCIATE PROFESSIONALS			
3110 PHYSICAL & ENGINEERING SCIENCE TECHNICIANS			
3111 Chemical & physical science technicians			
3112 Civil engineering technicians			
3113 Electrical engineering technicians			
3114 Electronics & telecommunications engineering technicians			
3115 Mechanical engineering technicians			
3116 Chemical engineering technicians			
3117 Mining & metallurgical technicians			
3118 Draughtspersons [incl. Technical Illustrator]			
3119 Physical & engineering science technicians nec			
3120 COMPUTER ASSOCIATE PROFESSIONALS			
3121 Computer assistants [incl. Assistant Users Services]			
3122 Computer equipment operators			
3123 Industrial robot controllers			
3130 OPTICAL & ELECTRONIC EQUIPMENT OPERATORS			
3131 Photographers & electronic equipment operators			
3132 Broadcasting & telecommunications equipment operators			
3133 Medical equipment operators [incl. X-ray Technician]			
3139 Optical & electronic equipment operators nec			
3140 SHIP & AIRCRAFT CONTROLLERS & TECHNICIANS			
3141 Ships engineers			
3142 Ships deck officers & pilots [incl. River Boat Captain]			
3143 Aircraft pilots etc associate professionals			
3144 Air traffic controllers			
3145 Air traffic safety technicians			
3150 SAFETY & QUALITY INSPECTORS			
3151 Building & fire inspectors			
3152 Safety, health & quality inspectors			
3200 LIFE SCIENCE & HEALTH ASSOCIATE PROFESSIONALS			
3210 LIFE SCIENCE TECHNICIANS ETC ASSOCIATE PROFESSIONALS			
3211 Life science technicians [incl. Medical Laboratory Assistant]			
3212 Agronomy & forestry technicians			
3213 Farming & forestry advisers			
3220 MODERN HEALTH ASSOCIATE PROFESSIONALS EXCEPT NURSING			
3221 Medical assistants			
3222 Sanitarians			
3223 Dieticians & nutritionists			
3224 Optometrists & opticians [incl. Dispensing Optician]			
3225 Dental assistants [incl. Oral Hygienist]			
3226 Physiotherapists etc associate professionals			
3227 Veterinary assistants [incl. Veterinarian Vaccinator]			
3228 Pharmaceutical assistants			
3229 Modern health associate professionals except nursing nec			
3230 NURSING & MIDWIFERY ASSOCIATE PROFESSIONALS			
3231 Nursing associate professionals [incl. Trainee Nurses]			
3232 Midwifery associate professionals [incl. Trainee Midwife]			
3240 TRADITIONAL MEDICINE PRACTITIONERS & FAITH HEALERS			
3241 Traditional medicine practitioners [incl. Herbalists]			
3242 Faith healers			

Country	Percentages and the standard errors of students who expected specific career types at their ages of 30 in PISA 2006**					Percentages and the standard errors of (A) to (D) students who are Level 5 or higher of scientific literacy/proficiency in PISA 2006 within total and each gender				
	(A) PHYSICAL, MATHEMATICAL & ENGINEERING SCIENCE PROFESSIONALS	(B) PHYSICAL & ENGINEERING SCIENCE ASSOCIATE PROFESSIONALS	(C) LIFE SCIENCE & HEALTH PROFESSIONALS	(D) LIFE SCIENCE & HEALTH ASSOCIATE PROFESSIONALS	(E) Other	(F) Total number of student (full weight)	(G) Total	(H) Female	(I) Male	
	% (s.e.)	% (s.e.)	% (s.e.)	% (s.e.)	% (s.e.)	n	% (s.e.)	% (s.e.)	% (s.e.)	
United States	9.0 (0.44)	3.7 (0.22)	18.7 (0.61)	4.4 (0.38)	64.2 (0.84)	3578040	12.5 (1.15)	159447	16.4 (1.98)	
Japan	5.2 (0.48)	0.9 (0.14)	7.8 (0.93)	2.9 (0.33)	83.1 (1.19)	1113701	28.2 (2.59)	53049	35.6 (2.61)	
United Kingdom	6.9 (0.35)	2.4 (0.22)	8.8 (0.43)	4.2 (0.24)	77.8 (0.63)	732004	25.4 (1.33)	41265	30.6 (1.89)	
Germany	5.8 (0.33)	4.2 (0.29)	4.2 (0.28)	3.5 (0.34)	82.3 (0.58)	903512	21.8 (1.56)	34810	24.6 (2.47)	
France	7.4 (0.47)	4.0 (0.35)	6.2 (0.44)	3.7 (0.23)	73.2 (0.84)	739428	14.7 (1.62)	29162	19.1 (2.43)	
Canada	10.7 (0.38)	3.2 (0.18)	16.2 (0.36)	3.7 (0.23)	66.3 (0.66)	370879	22.0 (1.07)	27510	26.5 (1.61)	
Russian Federation	9.5 (0.71)	1.8 (0.29)	7.7 (0.49)	0.4 (0.08)	80.6 (0.82)	1810856	6.8 (1.29)	23921	8.7 (1.75)	
Korea	8.8 (0.63)	1.2 (0.19)	7.8 (0.47)	1.7 (0.20)	80.6 (0.78)	19343	17.3 (2.12)	19343	18.4 (2.72)	
Poland	11.3 (0.47)	6.1 (0.39)	8.0 (1.08)	2.3 (0.19)	72.4 (0.65)	515993	11.4 (1.06)	16216	12.1 (1.41)	
Chinese Taipei	8.5 (0.34)	1.3 (0.17)	9.1 (1.08)	2.0 (0.26)	76.2 (1.10)	293513	23.1 (1.97)	16167	21.4 (3.68)	
Australia	8.5 (0.34)	3.2 (0.16)	10.3 (0.38)	4.0 (0.20)	74.0 (0.54)	234940	25.9 (1.24)	15870	29.4 (1.95)	
Italy	11.6 (0.79)	3.2 (0.33)	11.3 (0.60)	1.7 (0.25)	72.1 (0.92)	520055	7.6 (0.62)	10979	8.3 (0.76)	
Spain	11.3 (0.51)	1.9 (0.15)	10.2 (1.41)	2.6 (0.21)	74.1 (0.77)	381686	10.4 (0.94)	10310	12.5 (1.45)	
Netherlands	4.8 (0.36)	4.2 (0.36)	5.6 (0.35)	8.1 (0.56)	77.3 (0.71)	189576	20.1 (2.28)	8619	15.5 (2.31)	
Brazil	4.8 (0.31)	7.8 (0.41)	21.0 (0.65)	3.1 (0.27)	63.3 (0.79)	1875461	0.8 (0.34)	5595	0.5 (0.25)	
Belgium	10.1 (0.47)	2.4 (0.21)	6.5 (0.37)	1.6 (0.18)	77.5 (0.65)	123161	19.2 (1.19)	5319	14.5 (1.37)	
Czech Republic	7.7 (0.69)	3.8 (0.91)	4.3 (0.40)	1.5 (0.31)	82.8 (1.19)	128827	23.2 (2.45)	5151	22.6 (3.74)	
Hong Kong-China	7.8 (0.35)	1.7 (0.22)	10.0 (0.47)	0.8 (0.13)	79.8 (0.58)	75145	29.6 (1.82)	4494	30.3 (2.43)	
Turkey	11.0 (0.73)	1.4 (0.23)	9.7 (0.76)	1.6 (0.35)	76.3 (1.33)	665477	2.6 (0.92)	4125	2.9 (1.19)	
Sweden	6.1 (0.41)	7.7 (0.40)	6.6 (0.42)	2.1 (0.21)	77.6 (0.74)	126393	13.1 (1.28)	3729	10.8 (1.90)	
New Zealand	6.5 (0.37)	2.4 (0.24)	11.2 (0.48)	2.4 (0.24)	77.5 (0.68)	53398	30.6 (1.76)	3678	33.3 (2.78)	
Finland	4.9 (0.33)	2.6 (0.21)	6.4 (0.43)	2.4 (0.23)	61.387	61387	32.7 (2.24)	3255	27.4 (2.69)	
Switzerland	7.8 (0.37)	3.2 (0.20)	4.3 (0.31)	5.0 (0.30)	79.7 (0.46)	89634	17.7 (1.51)	3223	15.1 (1.83)	
Hungary	8.0 (0.68)	2.2 (0.28)	5.3 (0.40)	1.1 (0.31)	83.5 (0.96)	106010	16.2 (2.14)	2840	11.7 (2.59)	
Chile	14.0 (0.78)	2.7 (0.27)	18.3 (0.94)	1.5 (0.20)	63.7 (1.31)	233458	3.1 (0.94)	2653	3.7 (0.87)	
Austria	4.9 (0.54)	5.0 (0.60)	4.2 (0.37)	5.1 (0.50)	80.8 (1.13)	89925	14.5 (2.04)	2500	9.5 (2.43)	
Ireland	9.2 (0.51)	2.0 (0.25)	10.4 (0.56)	4.7 (0.34)	73.7 (0.82)	55114	17.2 (1.35)	2498	15.0 (1.62)	
Thailand	13.1 (0.64)	1.0 (0.16)	14.7 (0.58)	1.4 (0.20)	64.4125	644125	1.1 (0.32)	2168	0.7 (0.27)	
Mexico	14.6 (0.48)	1.0 (0.13)	16.0 (0.58)	0.5 (0.08)	69.9 (0.85)	1190420	0.6 (0.19)	2109	0.5 (0.26)	
Portugal	12.2 (0.55)	7.0 (0.36)	17.1 (0.59)	2.1 (0.23)	61.7 (0.89)	90079	5.4 (0.70)	1863	3.9 (0.65)	
Greece	12.3 (0.54)	2.9 (0.26)	6.5 (0.42)	2.7 (0.26)	75.6 (0.76)	96412	7.6 (0.96)	1786	5.5 (1.33)	
Slovak Republic	9.6 (0.77)	2.4 (0.26)	4.8 (0.52)	1.4 (0.28)	81.8 (1.03)	76201	12.3 (1.51)	1706	8.3 (1.81)	
Israel	6.0 (0.45)	1.1 (0.18)	10.4 (0.65)	0.7 (0.16)	81.9 (0.89)	93347	9.9 (1.33)	1668	7.7 (1.37)	
Denmark	6.5 (0.38)	4.1 (0.30)	7.2 (0.37)	3.8 (0.30)	78.5 (0.74)	57013	12.8 (1.87)	1571	10.5 (2.04)	
Norway	10.0 (0.51)	2.3 (0.23)	8.2 (0.44)	2.4 (0.25)	77.2 (0.64)	59884	10.8 (1.23)	1476	8.6 (1.52)	
Slovenia	10.1 (0.37)	5.1 (0.39)	10.8 (0.56)	4.0 (0.24)	70.0 (0.72)	20595	18.8 (1.28)	1162	19.1 (1.93)	
Lithuania	10.5 (0.47)	0.9 (0.17)	7.6 (0.46)	1.0 (0.16)	79.9 (0.64)	50329	9.6 (1.41)	973	10.8 (1.92)	
Croatia	3.7 (0.33)	7.7 (0.91)	4.9 (0.64)	3.5 (0.80)	80.4 (1.50)	46523	9.0 (1.16)	824	7.5 (1.85)	
Argentina	10.3 (0.77)	2.2 (0.25)	13.2 (0.79)	0.8 (0.14)	73.5 (0.98)	523048	0.6 (0.22)	786	0.3 (0.27)	
Bulgaria	9.1 (0.44)	0.7 (0.17)	13.6 (0.53)	0.2 (0.07)	76.4 (0.61)	74326	4.2 (1.10)	734	3.7 (1.14)	
Estonia	11.1 (0.51)	3.0 (0.22)	5.3 (0.39)	0.5 (0.09)	80.0 (0.68)	18662	19.0 (1.63)	707	16.2 (2.19)	
Colombia	17.2 (0.60)	1.8 (0.27)	25.7 (0.93)	2.4 (0.33)	52.9 (0.85)	537262	0.3 (0.11)	639	0.1 (0.14)	
Romania	10.4 (0.83)	2.8 (0.32)	6.9 (0.49)	1.5 (0.26)	78.4 (1.17)	223887	1.3 (0.56)	629	0.5 (0.43)	
Jordan	18.1 (0.81)	2.0 (0.22)	19.8 (0.89)	0.6 (0.09)	59.6 (1.11)	90267	1.3 (0.42)	470	1.4 (0.48)	
Latvia	10.9 (0.48)	1.7 (0.17)	4.8 (0.35)	0.5 (0.16)	82.1 (0.52)	29232	8.6 (1.52)	448	8.0 (1.86)	
Serbia	6.0 (0.64)	6.8 (0.66)	8.7 (1.28)	2.2 (0.48)	76.4 (1.65)	73907	1.9 (0.46)	329	1.3 (0.71)	
Uruguay	9.2 (0.50)	3.4 (0.42)	15.6 (1.11)	1.9 (0.23)	69.9 (1.06)	36011	2.5 (0.16)	268	1.4 (0.51)	
Tunisia	11.7 (0.75)	2.6 (0.25)	18.5 (0.65)	0.5 (0.12)	66.8 (0.98)	138491	0.3 (0.16)	144	0.3 (0.29)	
Iceland	9.4 (0.43)	4.4 (0.36)	12.6 (0.55)	0.3 (0.10)	73.3 (0.75)	4624	11.3 (1.23)	140	10.5 (1.57)	
Macao-China	6.2 (0.46)	1.0 (0.18)	9.0 (0.44)	0.3 (0.06)	83.5 (0.56)	6417	10.3 (1.36)	109	7.6 (1.86)	
Luxembourg	9.3 (0.37)	3.3 (0.27)	8.2 (0.43)	2.3 (0.23)	77.0 (0.65)	4733	9.8 (1.05)	107	6.7 (1.42)	
Liechtenstein	6.9 (1.36)	4.8 (1.03)	2.3 (0.72)	4.6 (1.17)	81.4 (2.06)	353	18.0 (6.30)	12	17.9 (9.50)	

\*\* n is estimated by using (F) and (G) and should not be used as the exact number.

\*\* Although PISA does not report estimates based on fewer than 30 students or less than 3% of students in general, many statistics reported in this study have less than 3% of students.

Country	Estimated proportion and number of students who are Level 5 or higher in PISA2006 scientific literacy proficiency/levels within each type of careers expecting in their age 30**										(O) Science and Technology Human Resource Developing Probability in 15 years old female	(P) Science and Technology Human Resource Developing Probability in 15 years old female	(Q) Science and Technology Human Resource Developing Probability in 15 years old male
	(J) PHYSICAL, MATHEMATICAL & ENGINEERING SCIENCE PROFESSIONALS	(K) PHYSICAL & ENGINEERING SCIENCE ASSOCIATE PROFESSIONALS	(L) LIFE SCIENCE & HEALTH PROFESSIONALS	(M) LIFE SCIENCE & HEALTH ASSOCIATE PROFESSIONALS	(N) Other	n*	% (s.e.)	n*	% (s.e.)	n*			
United States	18.9 (2.51)	60735	12.9 (3.61)	16884	10.8 (1.39)	72239	6.1 (1.76)	9536	7.2 (0.81)	166000	0.045	0.036	0.053
Japan	38.6 (3.18)	22497	22.9 (6.54)	2351	24.9 (3.75)	21692	20.0 (3.62)	6513	12.4 (0.69)	114579	0.048	0.039	0.056
United Kingdom	29.4 (2.60)	14856	18.9 (4.26)	3326	31.0 (2.22)	19853	10.6 (2.16)	3249	10.4 (0.53)	59362	0.046	0.044	0.069
Germany	32.0 (3.26)	16670	14.5 (2.72)	5464	28.1 (3.37)	10671	6.0 (1.96)	1909	9.7 (0.70)	72026	0.039	0.030	0.046
France	22.6 (3.76)	12406	7.8 (2.11)	2278	23.2 (3.06)	10649	5.7 (1.44)	3823	5.5 (0.58)	30023	0.039	0.030	0.049
Canada	27.4 (2.02)	10876	14.0 (2.31)	1672	22.3 (1.70)	13368	11.8 (2.33)	1603	10.6 (0.50)	25972	0.074	0.064	0.084
Russian Federation	9.0 (2.03)	15374	2.5 (1.64)	823	5.4 (1.48)	7431	16.0 (4.92)	1532	3.5 (0.39)	51776	0.013	0.008	0.018
Korea	14.3 (2.64)	7239	11.4 (5.51)	781	21.8 (3.08)	9790	8.4 (2.77)	990	8.7 (0.91)	40237	0.034	0.023	0.044
Poland	14.1 (1.62)	8200	3.4 (1.14)	1053	14.5 (2.16)	5976	27.1 (4.89)	1985	5.0 (0.45)	18722	0.031	0.022	0.040
Chinese Taipei	22.1 (2.08)	7988	12.0 (4.60)	465	25.2 (3.67)	6719	20.7 (2.29)	1931	12.0 (0.73)	26795	0.055	0.039	0.070
Australia	28.8 (1.99)	5748	18.0 (2.50)	1354	28.1 (1.69)	6937	20.7 (2.29)	1931	10.6 (0.59)	18473	0.068	0.055	0.079
Italy	9.5 (1.18)	5715	5.0 (1.49)	839	7.0 (0.79)	4110	3.6 (1.13)	315	3.5 (0.31)	12987	0.021	0.015	0.028
Spain	14.0 (1.28)	5999	3.5 (1.71)	255	9.4 (1.30)	3679	3.8 (1.59)	375	3.0 (0.29)	8347	0.027	0.021	0.033
Netherlands	29.7 (4.29)	2706	14.0 (3.40)	1108	36.6 (4.41)	3862	6.1 (1.67)	946	11.1 (0.73)	16282	0.045	0.041	0.050
Netherlands	1.6 (1.08)	1391	1.6 (0.92)	2314	0.5 (0.24)	1849	12.1 (3.21)	232	0.4 (0.19)	4784	0.003	0.002	0.004
Brazil	23.0 (1.80)	2857	17.9 (3.37)	519	16.4 (1.69)	1712	5.9 (3.22)	113	7.4 (0.45)	7096	0.043	0.029	0.056
Belgium	25.4 (3.44)	2506	16.6 (3.92)	818	31.0 (4.10)	1713	2.7 (0.89)	153	9.2 (0.82)	9776	0.040	0.033	0.046
Czech Republic	28.9 (2.89)	1691	24.1 (5.18)	306	31.3 (2.49)	2344	26.7 (8.39)	153	12.5 (0.89)	7467	0.060	0.049	0.071
Hong Kong-China	3.1 (1.37)	2280	9.5 (1.91)	930	14.7 (2.75)	1215	4.9 (2.83)	131	6.4 (0.52)	1979	0.006	0.006	0.006
Turkey	18.9 (2.24)	1455	21.6 (4.60)	281	33.5 (5.28)	1996	27.8 (5.28)	349	13.8 (0.80)	6231	0.030	0.023	0.036
Sweden	30.1 (3.64)	1050	22.9 (4.55)	361	41.4 (3.43)	1621	14.0 (3.90)	202	18.6 (0.88)	5721	0.069	0.070	0.068
New Zealand	35.5 (3.93)	1071	12.0 (2.43)	346	28.5 (2.92)	1621	7.0 (1.97)	317	8.6 (0.81)	9562	0.063	0.047	0.059
Finland	21.0 (2.31)	1473	9.2 (3.80)	213	20.2 (3.81)	1129	2.6 (2.32)	32	5.0 (0.52)	4451	0.036	0.031	0.041
Switzerland	17.3 (3.12)	1467	0.7 (0.65)	45	3.4 (0.90)	1452	2.6 (1.99)	87	1.2 (0.30)	1791	0.011	0.008	0.014
Hungary	3.3 (1.04)	1070	8.7 (2.24)	392	20.3 (4.03)	770	2.2 (1.62)	101	8.9 (0.64)	6467	0.028	0.019	0.037
Chile	28.0 (3.57)	1238	11.0 (3.74)	121	20.7 (2.34)	1188	11.3 (2.30)	290	6.6 (0.64)	2690	0.045	0.038	0.053
Austria	17.7 (2.25)	898	1.0 (0.35)	926	1.0 (0.35)	926	1.0 (0.35)	926	0.1 (0.07)	426	0.003	0.003	0.004
Ireland	12.0 (0.43)	1041	0.5 (0.24)	1016	7.2 (1.05)	1101	1.3 (1.53)	24	0.1 (0.06)	1197	0.002	0.001	0.002
Thailand	0.6 (0.28)	970	0.9 (0.66)	57	9.5 (2.06)	599	3.2 (2.14)	83	1.7 (0.41)	955	0.021	0.014	0.028
Mexico	6.2 (1.26)	681	3.6 (1.94)	101	11.7 (2.09)	430	2.3 (2.06)	25	2.1 (0.31)	1514	0.019	0.013	0.024
Portugal	8.4 (1.50)	1003	8.5 (3.70)	152	6.9 (1.38)	667	7.9 (5.67)	51	4.2 (0.54)	3223	0.022	0.011	0.033
Greece	15.0 (2.26)	1098	4.0 (3.52)	40	18.0 (3.41)	734	1.9 (1.40)	40	5.1 (0.64)	2289	0.018	0.015	0.020
Slovak Republic	16.3 (2.65)	910	6.3 (2.37)	149	11.1 (1.98)	543	4.4 (2.41)	62	4.7 (0.45)	2166	0.028	0.022	0.028
Israel	17.6 (3.52)	647	8.8 (2.90)	94	25.3 (2.35)	560	5.0 (2.49)	41	10.4 (0.69)	1497	0.056	0.050	0.062
Denmark	13.0 (1.91)	777	8.4 (2.56)	88	12.0 (3.02)	419	2.6 (1.56)	41	3.8 (0.61)	1532	0.019	0.020	0.019
Norway	22.6 (2.77)	473	2.6 (2.65)	12	10.9 (2.24)	270	0.5 (0.39)	363	4.1 (0.41)	1545	0.018	0.011	0.024
Slovenia	9.8 (1.73)	519	4.6 (1.35)	165	17.1 (3.05)	332	15.3 (13.98)	23	0.4 (0.17)	1559	0.002	0.001	0.002
Lithuania	20.4 (3.10)	348	15.1 (4.54)	83	3.3 (1.07)	372	10.3 (7.94)	10	2.7 (0.57)	1537	0.010	0.009	0.011
Croatia	0.8 (0.50)	408	17.1 (3.05)	372	0.3 (0.18)	369	0.3 (0.18)	369	9.6 (0.86)	1439	0.038	0.031	0.045
Argentina	5.5 (1.71)	372	0.3 (0.18)	369	0.3 (0.18)	369	0.3 (0.18)	369	0.1 (0.08)	231	0.001	0.000	0.001
Bulgaria	21.4 (2.51)	442	1.7 (1.02)	296	1.7 (1.02)	296	0.5 (0.56)	3	0.2 (0.10)	410	0.003	0.001	0.005
Estonia	0.3 (0.21)	270	9.1 (2.69)	127	9.1 (2.69)	127	0.5 (0.56)	3	3.1 (0.36)	747	0.015	0.013	0.018
Colombia	2.2 (1.01)	509	0.9 (0.54)	44	1.7 (0.63)	94	1.0 (1.06)	7	0.5 (0.15)	265	0.004	0.003	0.006
Romania	1.0 (0.44)	169	0.9 (0.54)	44	1.7 (0.63)	94	1.0 (1.06)	7	1.0 (0.24)	251	0.007	0.004	0.011
Jordan	8.9 (1.90)	283	0.9 (0.54)	44	1.7 (0.63)	94	1.0 (1.06)	7	1.0 (0.24)	251	0.007	0.004	0.011
Latvia	3.5 (1.24)	156	4.9 (1.15)	163	0.2 (0.22)	50	0.2 (0.22)	50	4.5 (0.50)	153	0.001	0.001	0.001
Serbia	4.9 (1.15)	163	4.9 (1.99)	10	13.8 (1.75)	80	15.8 (11.90)	2	4.3 (0.37)	230	0.017	0.011	0.023
Tunisia	10.8 (2.30)	47	8.6 (6.30)	5	9.7 (2.26)	56	6.1 (2.64)	7	4.7 (0.36)	172	0.023	0.014	0.031
Iceland	11.6 (2.24)	46	4.4 (1.86)	7	9.8 (1.85)	38	10.1 (9.83)	2	10.9 (2.16)	31	0.034	0.027	0.041
Macao-China	12.7 (1.99)	56	37.8 (20.49)	3	37.8 (20.49)	3	37.8 (20.49)	2	37.8 (20.49)	3	0.034	0.027	0.041
Luxembourg	27.6 (10.54)	7											
Liechtenstein													

n is estimated by using (F) and (G) and should not be used as the exact number.

\*\* Although PISA does not report estimates based on fewer than 30 students or less than 3% of students in general, many statistics reported in this study have less than 3% of students.



## **Comparison of Attitudes toward Science between Grade 9 and 10 Japanese Students By Using the PISA Questions and Its Implications on Science Teaching in Japan**

OGURA Yasushi

National Institute for Educational Policy Research

**Abstract:** The Japanese sample of PISA is 10<sup>th</sup> graders at the 1st grade of upper-secondary school level. Most of them had entered their schools only three months before the PISA test. The results showed that the level of attitudes toward science of Japanese 10<sup>th</sup> graders is quite low. To analyze and interpret the results of PISA, this study explored attitudes toward science of Japanese 9<sup>th</sup> graders at the end of lower-secondary school level by using the same questions that were used in PISA 2006.

Randomly sampled 89 lower-secondary schools and about 3000 9<sup>th</sup> graders participated in this follow-up study in January of 2008. If the result of 9<sup>th</sup> graders also showed the low level of attitudes toward science, the problem is thought as being formed before entering upper-secondary school level.

Major findings are: (1) Japanese students are losing their interest in science at grade 10, (2) the level of motivation to learn science at grade 9 is low and further lowered at grade 10, (3) the level of self-efficacy in learning science is low both at grade 9 and 10, and (4) responsible attitude toward environment and resources is well developed by grade 10. The difference of science teaching styles between lower- and upper-secondary schools can explain why Japanese PISA sample showed quite low level of attitudes toward science.

### **Background**

PISA (Program for International Student Assessment) conducted by OECD (Organization for Economic Cooperation and Development) in 2006 measured various aspects of attitudes toward science in the cognitive test of scientific literacy and in the student questionnaire (OECD, 2006; OECD, 2007a; OECD, 2007b). Collected data are a rich source for educational researchers and policy makers to analyze the situation of their science education system in comparison with other systems and to identify needs for the improvement.

Japanese students performed a relatively high achievement of scientific literacy in the cognitive test of 2006 PISA where the OECD average is 500 points while Japanese average is 531 (standard error is 3.4). However, the level of attitudes toward science in most aspects was quite low among the participated countries. Figure 1 summarizes the mean value and the standard error of scales and indices of attitudes toward science in 2006 PISA.

Level of scale or indices in the aspects of “Students’ self-beliefs”, “Support for scientific enquiry”, and “Interest in science” are very low compared to the OECD average.

The results of 2006 PISA gave strong impact to

science education community, policy makers, media, and industrial community that needs the best work force in developing science and technology, because the results simply suggested that Japanese students tend not to believe themselves to be able to understand science, not to support for scientific enquiry, and not to be interested in science not only in 10<sup>th</sup> grade but also in their future.

This situation is problematic for Japanese science education to be improved. However, it is not apparent when the problems occurred. Identifying the source of the problem is necessary to find the way for the improvement.

There is a fundamental difficulty in PISA design to analyze the data of Japanese students in relation to the school factors. Because grade based sampling can be used as the age cohort sampling in Japan, Japanese sample of PISA as representing the fifteen years old population is all 10<sup>th</sup> graders at the 1st grade level of upper-secondary school. Most of them had entered their schools only three months before the PISA test. Japanese students’ data of PISA are thought to be strongly influenced by their lower-secondary education, although there is no data to analyze the influence. Furthermore, educations in lower- and upper-secondary schools

are very different, because students at grade 10 are selected based on achievement by entrance examination test. It enables for upper-secondary schools to adjust their education for the level of achievement of their students, while the education at lower-secondary schools covers all achievement levels of students.

There need additional data to 2006 PISA in order to explain whether the results of Japanese students' attitudes toward science are due to the influence of upper-secondary education or lower-secondary education or both.

### Objective

This study aims to analyze the origin of the problems of Japanese students' attitudes toward science observed at grade 10 in 2006 PISA by collecting students' data at grade 9 and comparing the levels of attitudes between these grades. In order to make this comparison possible, the same questions in 2006 PISA should be used for this study.

If the results at grade 10 were worse than those at grade 9, problems should be occurring in the upper-secondary level. On the contrary, if the results at grade 9 were also problematic like as at grade 10, problems should have occurred by the end of lower-secondary level.

### Method

89 lower-secondary schools from 194 randomly sampled lower-secondary schools from all schools of Japan and their 2994 students of randomly selected one classroom in 9th grade of each school participated in this study in January of 2008. The timing is almost the end of lower-secondary education in Japan. Most of the 9th graders take entrance examination test in February or March for getting into upper-secondary schools. Upper-secondary education starts for 10th graders in April and the PISA study was conducted in July 2006 in Japan. There are five or six month difference in the timing of study between the PISA in 2006 and this study in 2008. Because there had been no change in national course of study, these two groups are supposed to have had the same curriculum by the time of the study. If there was

difference in the results of these two groups, it can be interpreted that there must be the origin of the difference in upper-secondary education.

This study uses the same questions in the 2006 PISA student questionnaire in order to compare the results with those of 2006 PISA (OECD, 2007c). The group of questions that composed an index of attitudes toward science in 2006 PISA is also used in comparing the results as the same group of questions in this study.

### Result

#### *General interest in science*

Figure 2 shows the result of questions on "general interest in science" answered by students in 30 OECD countries participated in 2006 PISA and Japanese students at 9th grade in this study. Percentages of students reporting high or medium interest in each of eight topics from A to H as well as the average of them are shown. Countries are sorted by the average.

The level of "general interest in science" in Japanese 9th graders is higher than that in Japanese 10th graders in most of the topics. There are 10 percent or larger decrease in "Topics in chemistry", "Topics in physics", and "Ways scientists design experiments". It can be said that Japanese 10th graders are losing their level of "general interest in science" from the level of that at grade 9. The problem of losing "general interest in science" occurs at upper-secondary level in Japan.

#### *Instrumental motivation to learn science*

Figure 3 shows the result of questions on "instrumental motivation to learn science". Percentages of students agreeing or strongly agreeing with each of five questions from A to E as well as the average of them are shown.

Percentages of Japanese students at both grades are low compared to other OECD countries. Japanese 10th graders show further low percentages than 9th graders and the bottom level of "Instrumental motivation to learn science" among OECD countries. The problem of low level of "Instrumental motivation to learn science" exists both at lower- and upper-secondary levels.

There are only 51 and 42 percents of students in Japanese 9th and 10th graders, respectively, who

agree or strongly agree with “I study school science because I know it is useful for me”, while it is 67 percent in OECD average. Japanese education by grade 10 fails to teach students what values science learning gives them.

#### *Self-efficacy in science*

Figure 4 shows the result of questions on “self-efficacy in science”. Percentages of students believing that they can perform easily or with a bit of effort in each of eight tasks from A to H as well as the average of them are shown.

Percentages of Japanese students at both grades are low or at the lowest level among OECD countries. The problem of low level of “self-efficacy in science” has occurred by the end of lower-secondary level and continues to upper-secondary level.

There are about twenty or more percent gap from the OECD average in the tasks; “Interpret the scientific information provided on the labeling of food items”, “Describe the role of antibiotics in the treatment of disease”, and “Discuss how new evidence can lead you to change your understanding about the possibility of life on Mars”. The subjects to do these eight tasks are not scientists nor engineers but ordinal citizens who possess scientific literacy. For example, scientific explanations of antibiotics, vaccination, bacteria and viruses are not taught for all students in Japan, but every citizen may need to understand these in their life. Japanese education by grade 10 fails to teach students necessary scientific knowledge and skills to become citizens.

#### Responsibility for sustainable development

Figure 5 shows the result of questions on “students’ responsibility for sustainable development”. Percentages of students agreeing or strongly agreeing with each of seven questions from A to G as well as the average of them are shown.

Percentages of Japanese students at both grades are relatively high among the OECD countries. Japanese elementary and secondary education has put emphasis on learning of environmental problems not in science subject but in the periods of integrated study since 2000. This result may represent a success of the efforts. Japanese grade 9 and 10 students have developed their responsible

attitude toward environment and resources through their school education.

## Discussion

### *Interest in science*

Country of high achievement does not mean also the success in fostering the attitude toward science, especially interest in science. Students in Finland where the level of achievement of scientific literacy was the top showed the bottom level of interest in science among OECD countries. Students in Canada where the level of achievement of scientific literacy was the second, however, showed a relatively high level of interest in science. Interest in science is important as a predictor of lifelong science learning and a career in science or technology field. Interest is closely related construct to intrinsic motivation. (Krapp et al. 1992; Osborne et al. 2003; Tobias 1994). Students can learn, because they are interested. Both raising achievement and fostering interest should be important goal of science education. In order to improve interest in science, it should be understood why it declines at upper-secondary level.

### *Possible explanations of the decline of interest*

One possible explanation of the decline of interest found in Japanese 10<sup>th</sup> graders is that the pressure for high achievement may restrain interest in further learning, because supporting autonomy to learn is important to maintain interest and intrinsic motivation (Deci 1992). Because Japanese students are highly stressed by periodical examinations several times a year and entrance examinations at the end of grade 9 and 12, it is possible that Japanese students are deprived the room to develop their interest in and enjoyment of science. However, this explanation cannot explain the difference of decline of students’ interest in different topics. There are larger differences in topics in chemistry and physics and ways scientists design experiments than in other topics.

### *Influence of science teaching*

Another explanation of the decline of students’ interest in science is that their science lessons are not interested for students compared to lessons at lower-secondary level. Figure 6 shows the result of questions related to “inquiry based science

teaching". Percentages of students reporting "In all lessons" or "In most lessons" for each of six teaching patterns from A to F as well as the average of them are shown.

There are big differences in the percentages of each teaching pattern between students at grade 9 and 10. Japanese 10<sup>th</sup> graders have less opportunity to conduct scientific investigation and to do science experiment than 9<sup>th</sup> graders do.

Figure 7 shows the mean of index of general interest in learning science of Japanese 10<sup>th</sup> grade students by responses to the six questions on inquiry based science teaching. It is apparent that students reporting "In all lessons" or "In most lessons" are more interested than students reporting "Some lessons" or "Hardly ever". Although students are interested in inquiry based learning, science teaching at grade 10 does not orient it. This suggests an approach to improve the problematic situation of students' interest in science at upper-secondary level.

#### *Purpose to learn science*

Even though students are not interested in science, if they are extrinsically motivated, they can learn. But the findings of low level of motivation to learn science at grade 9 and further low level at grade 10 suggest that Japanese students are not instrumentally motivated to learn science.

Instrumental motivation is thought as an important predictor for course selection, career choice and performance (Wigfield and Eccles 1992; Wigfield et al. 1998). Students may pursue tasks because of their importance for future goals. Such a task has utility value and gives students extrinsic reason to pursue it. Students can learn, because it is valuable.

Learning science can be more valuable if the learning can be applied to real life. Figure 8 shows the result of questions how science lessons are taught in connected with real life. Percentages of students reporting "In all lessons" or "In most lessons" for each of five teaching patterns from A to E as well as the average of them are shown.

Percentages of Japanese students at both grades are low compared to other OECD countries. Japanese 10<sup>th</sup> graders show further low percentages than 9<sup>th</sup> graders and the bottom level of science

lessons in connected with real life among OECD countries. There are only 12 percent of Japanese 10<sup>th</sup> graders who report "In all lessons" or "In most lessons" in which the teacher uses science to help students understand the world outside school, while the percentage is 38 in OECD average.

Most of Japanese students may not be able to understand the purpose of learning science because of lacking connection with real life. They will not be taking science courses in following years. Japanese science education both in lower- and upper-secondary schools should teach science with the value for students to learn.

#### Conclusion

It was found that: (1) Japanese students are losing their interest in science at grade 10, (2) the level of motivation to learn science at grade 9 is low and further lowered at grade 10, (3) the level of self-efficacy in learning science is low both at grade 9 and 10, and (4) responsible attitude toward environment and resources is well developed by grade 10. This study could successfully analyze the origin of the problems of Japanese students' attitudes toward science.

The difference of science teaching styles between lower- and upper-secondary schools can explain why Japanese PISA sample showed quite low level of attitudes toward science. Students are interested in inquiry based learning, while science teaching at upper-secondary level does not orient it. Science taught both in lower- and upper-secondary schools does not seem valuable for students to learn, and lacks contents necessary scientific knowledge and skills to become citizens. Japanese science education needs actions to change its teaching and contents so that their students can well develop not only the aspect of achievement of but also the aspects of attitudes toward science as scientific literacy that are required to live in society.

Not the all aspects of attitudes toward science of Japanese students are at low level. Japanese students at grades 9 and 10 have developed their responsible attitude toward environment and resources through the periods of integrated study in their elementary and secondary schools. As the United Nations Educational, Scientific and Cultural

Organization decided the ten years from 2005 as the Decade of Education for Sustainable Development (UNESCO 2004), individual choosing actions for sustainable development is getting more and more important in today's society. This successful effort in Japanese school education should be continued.

## References

- Deci, E. L.: The Relation of Interest to the Motivation of Behavior: A Self-Determination Theory Perspective. In *The role of interest in learning and development*, eds. K. A. Renninger, S. Hidi, and A. Krapp, 43-70, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1992.
- Krapp, A., Hidi, S., and Renninger, K. A.: Interest, learning and development. In *The role of interest in learning and development*, eds. K. A. Renninger, S. Hidi, and A. Krapp, 3-25, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1992.
- OECD: Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006, OECD, Paris, 2006.
- OECD: PISA 2006 Science competencies for tomorrow's world - Volume 1: Analysis. OECD, Paris, 2007a.
- OECD: PISA 2006 Science competencies for tomorrow's world - Volume 2: Data. OECD, Paris, 2007b.
- OECD: The PISA International Database (<http://pisa2006.acer.edu.au>), 2007c.
- Osborne, J., Simon, S., and Collins, S.: Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education* 25(9): 1049-1079, 2003.
- Tobias, S.: Interest, Prior Knowledge, and Learning. *Review of Educational Research* 64(1): 37-54, 1994.
- UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation) 2004. United Nations Decade of Education for Sustainable Development 2005-2014: Draft International Implementation Scheme. Paris: UNESCO.
- Wigfield, A., and Eccles, J. S.: The Development of Achievement Task Values: A Theoretical Analysis. *Developmental Review* 12: 265-310, 1992.
- Wigfield, A., Eccles, J. S., and Rodriguez, D.: The Development of Children's Motivation in School Context. *Review of Research in Education* 23: 73-118, 1998.

## Note

This paper extended the analysis and interpretation in following paper of preliminary phase of this study.

Ogura, Y.: Comparison of Attitudes Toward Science Between Japanese Students of Grade 9 and 10 by Using the PISA Questions. (written in Japanese) *Journal of Japan Society for Science Education*, 32(4): 330-339, 2008.

This study was supported by the Grant-in-Aid for Scientific Research (project number 19300267) from the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS). The presentation of this study at the PISA research conference in 2009 held in Kiel is supported by the Center for Promotion of Science Education in Japan Science and Technology Agency (JST). Their supports are appreciated.

## Author & Contact Address

Yasushi Ogura  
Senior Researcher  
Curriculum Research Center  
National Institute for Educational Policy  
Research (NIER)  
3-2-2 Kasumigaseki, Chiyoda,  
Tokyo 100-8951, Japan  
Tel. +81,367336862  
Fax. +81,367336975  
Email: [ogura@nier.go.jp](mailto:ogura@nier.go.jp)  
Web: <http://www.nier.go.jp/>

Figure 1. Scales and indices of attitudes toward science in 2006 PISA and the value of mean (M) and the standard error (SE)

<i>Students' self-beliefs</i>
Index of self-efficacy in science [M=-0.53, SE=0.02]
Index of self-concept in science [M=-0.87, SE=0.02]
<i>Support for scientific enquiry</i>
Support for scientific enquiry scale [M=468, SE=2.3]
Index of general value of science [M=-0.18, SE=0.02]
Index of personal value of science [M=-0.23, SE=0.02]
<i>Interest in science</i>
Interest in scientific topics scale [M=512, SE=2.1]
Index of general interest in science [M=-0.13, SE=0.02]
Index of enjoyment of science [M=-0.26, SE=0.02]
Index of instrumental motivation to learn science [M=-0.43, SE=0.03]
Index of future-oriented motivation to learn science [M=-0.24, SE=0.02]
Index of science-related activities [M=-0.62, SE=0.02]
<i>Responsibility towards resources and environments</i>
Index of students' awareness of environmental issues [M=-0.13, SE=0.02]
Index of students' optimism regarding environmental issues [M=0.10, SE=0.02]
Index of students' responsibility for sustainable development [M=0.04 SE=0.02]
Index of students' level of concern for environmental issues [M=0.01, SE=0.01]

Figure 2. Result of questions on *general interest in science*

Country	Percentage of students reporting high or medium interest in								average
	A	B	C	D	E	F	G	H	
A) Human biology									
B) Topics in astronomy									
C) Topics in chemistry									
D) Topics in physics									
E) The biology of plants									
F) Ways scientists design experiments									
G) Topics in geology									
H) What is required for scientific explanations									
Mexico	84	72	74	75	76	74	65	66	73
Germany	77	52	59	56	57	54	49	42	56
France	75	57	60	65	51	50	48	38	56
Turkey	78	56	50	47	63	53	42	46	54
Luxembourg	75	49	58	55	49	61	45	41	54
Greece	78	55	53	53	57	48	40	47	54
Italy	74	65	46	44	48	62	49	42	54
Portugal	61	53	56	58	41	61	47	51	53
Canada	70	58	64	56	51	45	42	33	52
<b>Japan at 9th grade</b>	<b>65</b>	<b>59</b>	<b>58</b>	<b>50</b>	<b>63</b>	<b>45</b>	<b>39</b>	<b>31</b>	<b>51</b>
Austria	76	51	47	49	55	53	43	34	51
Belgium	73	53	52	52	49	50	42	36	51
United States	68	58	56	52	45	45	42	34	50
Poland	77	53	42	36	58	52	43	35	50
Switzerland	51	52	59	55	41	52	47	39	50
Norway	47	52	58	56	36	59	43	43	49
<b>OECD average</b>	<b>68</b>	<b>53</b>	<b>50</b>	<b>49</b>	<b>47</b>	<b>46</b>	<b>41</b>	<b>36</b>	<b>49</b>
United Kingdom	75	49	55	51	47	41	35	35	49
Slovak Republic	69	55	41	46	47	46	44	30	47
Czech Republic	69	57	40	47	40	54	37	35	47
Ireland	77	47	44	41	55	40	34	33	46
Hungary	72	59	36	41	44	43	40	37	46
New Zealand	66	50	55	49	44	38	36	30	46
Iceland	62	60	47	50	36	38	42	31	46
Sweden	61	53	50	48	37	44	35	35	45
<b>Japan at 10th grade</b>	<b>65</b>	<b>55</b>	<b>48</b>	<b>40</b>	<b>58</b>	<b>34</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>45</b>
Denmark	59	39	53	52	37	37	30	36	43
Australia	62	46	48	44	40	36	32	29	42
Korea	62	52	42	31	45	24	42	28	41
Spain	59	43	36	35	41	43	34	29	40
Finland	66	48	45	41	33	24	31	26	39
Netherlands	63	36	38	40	39	30	28	27	38

Figure 3. Result of questions on *instrumental motivation to learn science*

Country	Percentage of students agreeing or strongly agreeing with the following statements					average
	A	B	C	D	E	
Mexico	86	86	85	79	82	84
Portugal	84	75	81	76	78	79
Turkey	73	80	73	69	79	75
United States	77	78	70	70	68	73
Canada	75	73	72	69	63	71
Poland	73	68	73	66	71	70
Italy	76	66	72	63	64	68
United Kingdom	75	71	71	65	54	67
New Zealand	71	69	68	66	56	66
Ireland	73	67	68	67	54	66
Greece	70	65	63	58	61	63
Australia	69	66	64	62	55	63
Spain	66	66	63	62	54	62
Iceland	65	62	60	57	64	62
Denmark	67	64	61	54	60	61
<b>OECD average</b>	<b>67</b>	<b>63</b>	<b>61</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>60</b>
Hungary	66	69	53	53	55	59
Sweden	62	62	63	52	55	59
France	67	59	61	48	52	57
Germany	66	58	55	50	48	55
Norway	60	56	59	48	53	55
Luxembourg	61	57	54	49	48	54
Slovak Republic	62	55	56	52	43	54
Belgium	57	56	55	48	48	53
Netherlands	62	54	56	44	46	52
Czech Republic	62	50	49	47	52	52
Finland	63	53	51	48	43	52
Korea	55	57	52	46	45	51
Switzerland	60	54	49	41	44	50
<b>Japan at 9th grade</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>47</b>	<b>43</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
Austria	55	44	47	38	36	44
<b>Japan at 10th grade</b>	<b>42</b>	<b>47</b>	<b>41</b>	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>42</b>



Figure 4. Result of questions on *self-efficacy in science*

Country	Percentage of students who believe they can perform the following tasks either easily or with a bit of effort								average
	A	B	C	D	E	F	G	H	
Poland	76	76	82	71	62	72	71	59	71
Norway	78	65	66	66	68	77	76	61	70
Portugal	75	75	72	71	76	61	66	57	69
United States	76	79	71	77	64	63	58	59	68
Canada	76	78	72	78	64	59	62	57	68
Slovak Republic	76	83	77	54	61	63	67	60	68
United Kingdom	75	79	69	77	67	60	61	52	67
Czech Republic	81	81	61	67	60	71	57	57	67
Iceland	79	72	74	72	58	63	55	59	67
Mexico	74	78	62	67	77	57	62	55	66
Australia	78	78	68	75	61	59	54	55	66
Netherlands	82	78	60	62	60	66	65	53	66
Germany	83	78	61	69	62	64	64	44	66
Turkey	73	76	72	65	64	61	57	51	65
Finland	83	77	68	56	63	53	48	64	64
<b>OECD average</b>	<b>76</b>	<b>73</b>	<b>64</b>	<b>64</b>	<b>62</b>	<b>59</b>	<b>58</b>	<b>51</b>	<b>63</b>
Ireland	81	68	64	63	69	55	64	41	63
Sweden	80	67	65	67	58	53	58	54	63
New Zealand	78	73	64	68	58	58	48	50	62
Denmark	78	77	70	59	54	42	49	62	62
Hungary	70	72	66	49	74	63	62	35	61
France	79	65	67	59	52	70	43	54	61
Belgium	67	73	67	64	51	58	57	52	61
Spain	73	61	62	59	55	54	61	56	60
Luxembourg	78	71	57	65	57	58	49	44	60
Austria	78	73	53	61	63	55	58	36	60
Italy	77	70	63	64	57	46	56	46	60
Greece	67	67	52	56	61	57	59	42	58
Switzerland	77	69	55	62	54	52	45	41	57
Korea	72	68	47	53	65	55	56	39	57
<b>Japan at 9th grade</b>	<b>65</b>	<b>62</b>	<b>43</b>	<b>66</b>	<b>66</b>	<b>34</b>	<b>47</b>	<b>32</b>	<b>52</b>
<b>Japan at 10th grade</b>	<b>62</b>	<b>64</b>	<b>44</b>	<b>58</b>	<b>61</b>	<b>33</b>	<b>43</b>	<b>26</b>	<b>49</b>

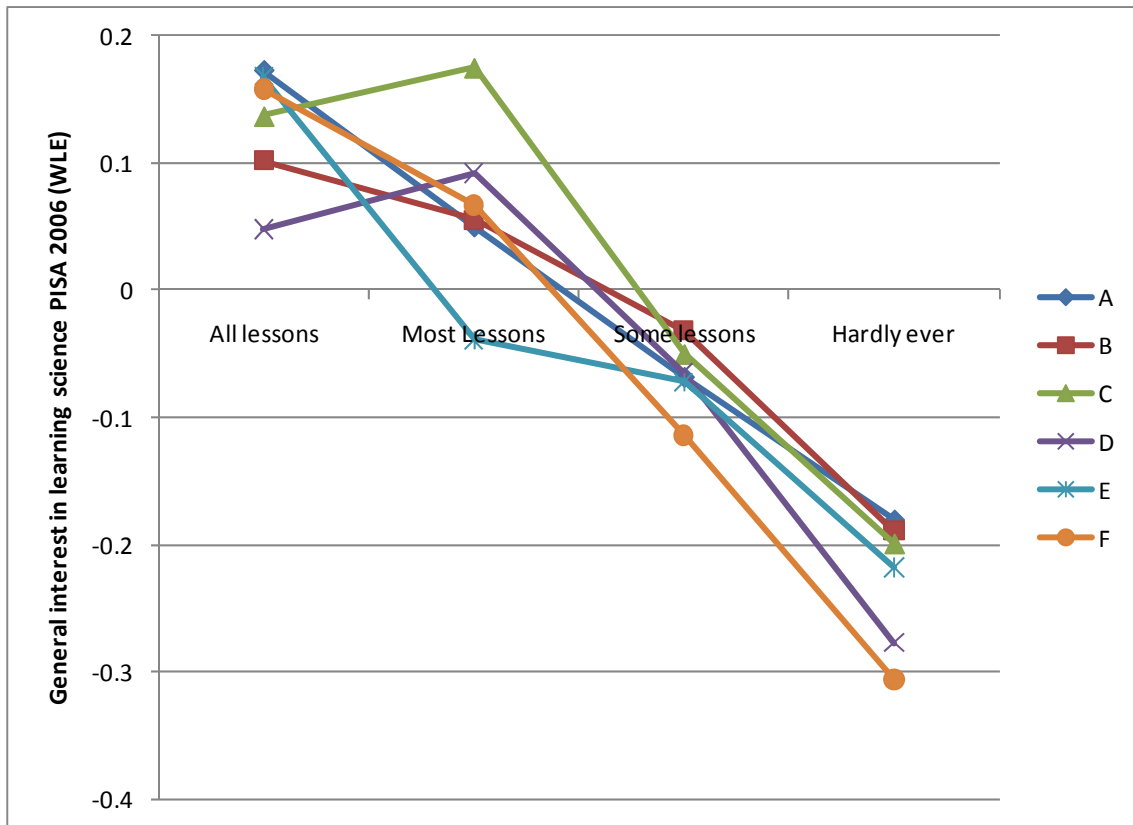
Figure 5. Result of questions on *students' responsibility for sustainable development*

Country	Percentage of students agreeing or strongly agreeing with the following statements							average
	A	B	C	D	E	F	G	
Portugal	98	98	98	92	93	90	90	94
Turkey	93	95	96	90	89	92	94	93
Korea	97	96	97	94	92	85	86	93
Spain	96	97	94	84	88	88	81	90
Mexico	94	96	92	91	80	89	83	89
Poland	93	95	90	88	89	79	85	89
Hungary	94	94	95	86	82	77	85	88
France	94	95	95	85	77	87	77	87
Greece	91	90	97	85	79	82	76	86
Italy	95	96	96	80	81	84	68	86
<b>Japan at 9th grade</b>	<b>90</b>	<b>93</b>	<b>86</b>	<b>91</b>	<b>88</b>	<b>77</b>	<b>76</b>	<b>86</b>
<b>Japan at 10th grade</b>	<b>88</b>	<b>92</b>	<b>89</b>	<b>90</b>	<b>88</b>	<b>73</b>	<b>71</b>	<b>84</b>
Belgium	94	91	94	86	74	76	68	83
Canada	93	93	93	86	82	69	66	83
<b>OECD average</b>	<b>92</b>	<b>92</b>	<b>91</b>	<b>82</b>	<b>79</b>	<b>69</b>	<b>69</b>	<b>82</b>
Ireland	94	93	92	92	84	60	61	82
Luxembourg	89	91	91	85	75	72	63	81
Switzerland	92	92	93	82	74	69	62	81
Finland	91	91	93	81	79	59	71	81
Denmark	92	92	81	82	79	54	75	79
Australia	92	93	90	88	78	62	52	79
Austria	92	91	87	81	69	63	69	79
Slovak Republic	94	83	91	73	81	72	56	78
United Kingdom	90	89	92	82	82	58	56	78
United States	88	90	89	77	75	63	56	77
New Zealand	90	92	90	83	75	58	49	77
Germany	91	91	89	80	66	64	53	76
Norway	88	88	83	74	72	53	73	76
Czech Republic	93	93	93	64	71	52	63	75
Iceland	89	91	86	73	77	45	65	75
Sweden	92	86	86	63	72	52	69	74
Netherlands	92	90	88	75	65	51	53	73

Figure 6. Result of questions on inquiry based science teaching

Country	Percentage of students answered "In all lessons" or "In most lessons" with the following statements						average
	A	B	C	D	E	F	
Turkey	27	42	45	42	28	53	39
Mexico	34	34	34	47	35	60	37
United States	45	30	28	38	45	69	35
Portugal	25	28	28	36	13	53	29
Greece	26	23	33	33	20	53	29
<b>Japan at 9th grade</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>47</b>	<b>32</b>	<b>52</b>	<b>25</b>
Canada	33	18	18	29	28	66	25
Denmark	51	13	11	14	61	63	22
Australia	28	16	16	26	25	65	21
United Kingdom	36	14	12	23	27	67	21
Switzerland	22	18	17	23	23	61	20
<b>OECD average</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>51</b>	<b>19</b>
France	23	17	16	22	23	68	19
Italy	16	16	20	24	17	36	19
New Zealand	26	14	12	22	23	58	19
Poland	14	16	16	28	8	59	18
Germany	25	14	16	19	22	65	18
Sweden	21	19	13	18	28	61	18
Luxembourg	19	16	16	20	19	49	18
Norway	26	13	13	16	24	49	17
Slovak Republic	13	18	16	21	12	37	17
Netherlands	26	13	12	17	30	51	17
Austria	20	12	14	18	16	38	16
Ireland	23	10	13	17	35	62	16
Spain	14	13	12	20	8	48	15
Korea	13	13	12	13	9	26	13
Czech Republic	10	13	8	18	9	37	12
<b>Japan at 10th grade</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>8</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>26</b>	<b>12</b>
Belgium	11	12	12	14	12	49	12
Hungary	8	12	10	17	9	34	12
Iceland	15	9	6	12	7	26	10
Finland	10	5	7	14	22	55	9

Figure 7. Mean of index of general interest in learning science of Japanese students by responses to six questions on inquiry based science teaching



- A) Students are required to design how a <school science> question could be investigated in the laboratory
- B) Students are allowed to design their own experiments
- C) Students are given the chance to choose their own investigations
- D) Students are asked to do an investigation to test out their own ideas
- E) Students spend time in the laboratory doing practical experiments
- F) Students are asked to draw conclusions from an experiment they have conducted

Figure 8. Result of questions on science lessons taught in connected with real life

A) The students are asked to apply a <school science> concept to everyday problems						
B) The teacher explains how a <school science> idea can be applied to a number of different phenomena						
C) The teacher uses <school science> to help students understand the world outside school						
D) The teacher clearly explains the relevance of <broad science> concepts to our lives						
E) The teacher uses examples of technological application to show how <school science> is relevant to society						
Country	Percentage of students answered "In all lessons" or "In most lessons" with the following statements					average
	A	B	C	D	E	
United States	50	68	58	57	50	57
Canada	50	72	53	58	49	56
Greece	40	63	54	60	48	53
Mexico	43	67	45	57	51	53
Portugal	38	61	53	60	49	52
Australia	39	66	49	55	41	50
New Zealand	38	66	48	51	37	48
Denmark	36	73	45	44	37	47
Switzerland	30	65	45	49	41	46
Turkey	39	56	42	46	45	46
Poland	32	69	34	48	39	45
United Kingdom	33	59	40	45	33	42
Ireland	26	61	45	47	30	42
France	32	65	37	43	32	42
<b>OECD average</b>	<b>30</b>	<b>59</b>	<b>38</b>	<b>46</b>	<b>34</b>	<b>41</b>
Iceland	23	67	36	49	29	41
Hungary	20	61	43	49	28	40
Sweden	28	62	34	41	32	39
Italy	27	50	36	48	32	39
Spain	24	56	30	47	36	39
Austria	21	56	38	44	33	38
Germany	25	57	38	39	31	38
Belgium	26	61	33	38	32	38
Norway	25	56	37	42	28	38
Luxembourg	21	55	34	41	30	36
Finland	25	61	31	41	20	36
Slovak Republic	21	45	29	54	26	35
Czech Republic	23	51	27	43	33	35
Netherlands	26	51	25	42	25	34
<b>Japan at 9th grade</b>	<b>22</b>	<b>45</b>	<b>25</b>	<b>36</b>	<b>30</b>	<b>32</b>
Korea	21	59	18	35	25	32
<b>Japan at 10th grade</b>	<b>11</b>	<b>26</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>17</b>



## 第 6 章

# 理科授業へのロボットの活用 －工学的視点からの研究－





# 科学的リテラシーを向上させる工学的問題解決の研究

－第6学年「電気の利用」からのアプローチ－

○文部科学省初等中等教育局視学官

日置 光久

○文部科学省初等中等教育局教育課程課教科調査官

村山 哲哉

○埼玉県新座市教育委員会

塚田 昭一

## 1 問題の所在

PISA 調査 (Programme for International Student Assessment) において科学的リテラシーとは、①疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とそれを活用する力。②人間の知識と探究の一形態として科学的な考え方を理解する力。③科学と技術がわれわれの物質的、知的、文化的環境をいかに形づくっているかを認識する力。④思慮深い一市民として、科学的な考えを持ち、科学が関連する諸問題に、自ら進んでかかわる力。と定義されている<sup>1)</sup>。

この科学的リテラシーの向上を図るために工学的視点 (理科へのロボット活用) から様々なアプローチが理科教育において実践されている。例えば、立命館小学校の理科・生活科・図画工作科を横断するカリキュラムとしての「ロボティクス科」の学習は、知的好奇心を触発しながら、論理的思考力や創造性等の資質を伸ばすことを目標とし、工学的視点から科学的なリテラシーを向上させている事例と考えられる。

しかし、全国の一般的な公立小学校においては、上記に示したロボットを活用した工学的視点からの授業への導入は教育課程編成上難しいと言わざるを得ない。

そこで本研究では、工学的視点 (理科へのロボット活用) を従来の小学校理科で行われている「ものづくり」の一環として位置付けることで、一般的な公立小学校においても広く科学的リテラシーの向上が図れると考え、以下、工学的視点 (工学的問題解決) における「ものづくり」の有効な位置付けを検討する。

## 2 第6学年「電気の利用」における工学視点からのものづくり

新学習指導要領小学校理科で新設された第6学年「A(4)電気の利用」の単元は、手回し発電機などを使い、電気の利用の仕方を調べ、電気の性質や働きについての考えをもつことができるようにすることをねらっている<sup>2)</sup>。本単元は次世代を担う子どもたちにとって極めて重要な学習であると考え。なぜなら本学習内容は、「エネルギーの変換と保存」、「エネルギー資源の有効利用」にかかわるものであり、「新エネルギー」「省エネルギー」「環境」の3つ視点から学習を志向することが期待できるからである。そして、この3つの視点は、現代的な環境問題と合致しており、工学的な問題解決のアプローチをより身近な問題としてとらえることができ、実感を伴って理解できるものと考え。

以下、本単元における工学的視点を踏まえたものづくりへのステップについて説明する。

テーマ：～太陽の動きに合わせて日光を鏡で反射させ、教室を明るく暖かくしよう！～

○ステップ1 冬期、教室の廊下側や廊下（北側）は寒くて暗い。（実際的な問題の同定）

導入：ドイツ連邦議事堂のシステム 映像、写真資料の紹介及び解説

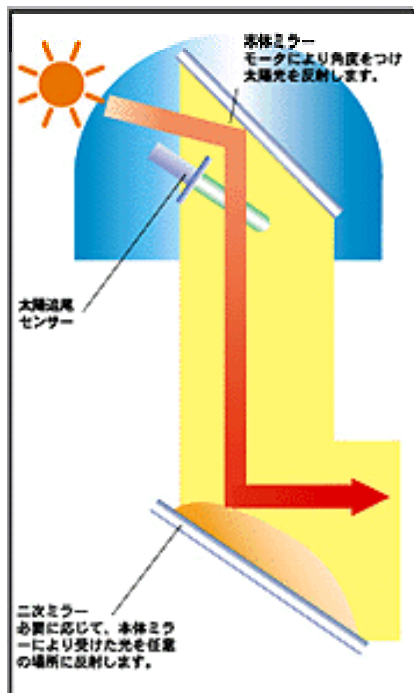


解説：ドイツ連邦議会議事堂は、ガラスのドーム状の建物であるが、このドームを通して新鮮な空気が議場を換気し、また鏡効果により太陽光線は拡散され、議場の照明の役割も果たしている、さらに、熱電併給のコージェネレーション・ユニット(CU)が導入され、その燃料として菜種油を用いたり(いわゆるバイオディーゼル)、地下の帯水層蓄熱槽や帯水層蓄冷槽とCUを接続して熱利用の最適化が図られている等、様々な環境配慮がなされている。菜種油は、公用車にも用いられている(バイオディーゼル車)。

○ステップ2 鏡を使って太陽光を採り入れれば、教室を明るく暖かくすることができる。（問題の分析）

○ステップ3 太陽の動きに合わせて鏡をモーターで動かし、太陽光を採り入れるロボットを設計する。（解決法的设计）

構想：太陽光を実際に採り入れているシステムを調べ、自分たちでもできる方法を考える



話し合い、計画

①第3学年で学習した「光の性質」の内容を振り返る。


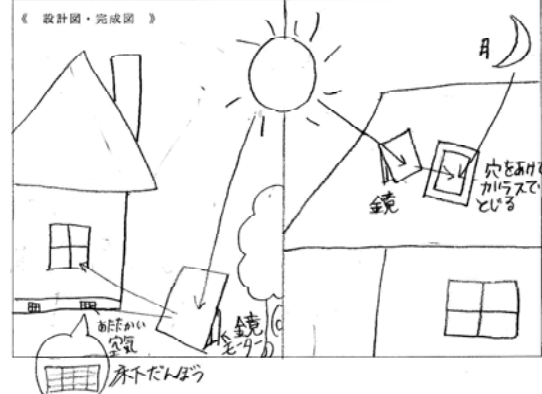
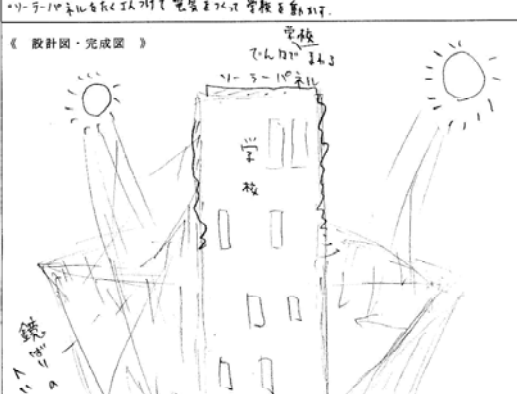
- ア 日光は集めたり反射させたりできること。
- イ 物に日光を当てると、物の明るさや暖かさが変わること。

②解決方法

- ア モーターを動力として、太陽軌道に沿って回転するように設計してはどうだろうか。
- イ 鏡をいろいろな角度にセットしておき、いつでも反射できるようにしたらどうだろうか。
- ウ モーターは光電池で動くようにしてはどうか。
- エ 鏡は重くて危険なので、アルミの反射板ではどうだろうか。
- オ 風力発電の羽根を鏡のように反射できるものにして発電と同時に採光もできるようにしてはどうか。

【太陽光採光システム <http://www.sun.or.jp/system/system1.html>】

【子どもが考えた解決方法の例】

<p>《アイデア》</p> <p>○太陽の当たる向きに鏡を設置して反射した光を、大きな鏡で家の屋根から光を取り出し家の周りにちがう角度の鏡をしく。</p>	<p>《アイデア》</p> <p>○風力発電の風の当たる所に鏡を付けて風力発電をしなから鏡に当たる太陽光をエアコンの暖房などに使う。</p> <p>○鏡は反射するから、その上に氷を引くと反射して太陽光が当たらない所も氷が蒸発する。</p>
<p>《設計図・完成図》</p> 	<p>《設計図・完成図》</p> 
<p>《アイデア》<sup>1</sup> 反射して目をいためないようにした鏡を家のまわりの庭や道などに取りつける。角度を変えられる。</p> <p>○家の屋根に穴をあけて中に光が取り入れられるようにし、その近くに鏡を設け、太陽 月の明かりが取り入れられるようにする。</p>	<p>《アイデア》</p> <p>○お風呂、洗面所などに鏡を貼ると太陽の光を反射して、お風呂を暖める。お風呂の水も温まる。(お風呂の水) 太陽の光を反射して、お風呂の水も温まる。お風呂の水も温まる。</p> <p>○お風呂に鏡を貼るとお風呂の水も温まる。</p> <p>○お風呂に鏡を貼るとお風呂の水も温まる。</p> <p>○お風呂に鏡を貼るとお風呂の水も温まる。</p> <p>○お風呂に鏡を貼るとお風呂の水も温まる。</p>
<p>《設計図・完成図》</p> 	<p>《設計図・完成図》</p> 

- ステップ4 太陽光採光ロボットをグループ毎に制作する。(制作)
- 制作：共通の解決方法毎にグループになり、協同して制作を行う (総合的な学習の時間)
- ステップ5 太陽光採光ロボットを実際にテストし、効果を検証する。(テスト)
- テスト：晴れた日を数日選び、照度計、温度計を用いて日光を反射させた場合と反射させない場合のデータを取り比較する。
- ステップ6 太陽光採光ロボットが太陽の軌道に沿って回転しないなどの改善点を見だし、上手く動作するよう改善を行う。(設計の改善による問題の克服)
- ステップ7 フィフティーフィフティー事業へ参加し、太陽光採光ロボットの効果を評

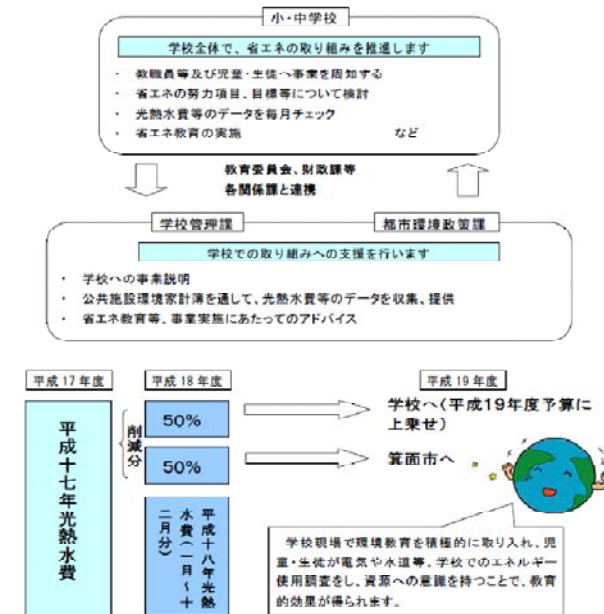
## 価する。(成果物の発表と評価)

評価：蛍光灯の消費電力や灯油などの光熱費がどれだけ削減できたか、また CO<sub>2</sub> 削減量も計算する。削減分の費用を還元する。(フィフティ・フィフティ事業に参加)

○光熱水費削減費還元プログラム（フィフティ・フィフティ事業）とは

**光熱水費削減費還元プログラム(フィフティ・フィフティ事業)概要**

子どもたちや教職員が協力して省エネルギーに取り組み、光熱水費を削減できた学校について、削減した費用の2分の1に相当する金額を翌年度の予算として還元します。



解説：もともとドイツで始まった「フィフティ・フィフティ」と呼ばれるプログラムで、公立小中学校において、子どもと教職員が協力して省エネ活動を行い、節減できた光熱水費をすべて自治体の財政にもどすのではなく、半分はその学校に還元する仕組み。省エネ教育を行いながら、自治体の経費を節減し、地球温暖化防止にも貢献する「一石三鳥」のプログラムとして注目を集めている。

教職員と子どもが協力して省エネルギーに取り組み、1月から12月までの光熱水費を前年1月から12月までの光熱水費より削減できた学校には、削減した費用の2分の1に相当する金額を翌年度の予算として還元する。

行政も参画した環境教育事業の一つ。

【箕面市都市環境部都市環境政策課 <http://www2.city.minoh.osaka.jp/KANKYOU/5050/5050gaiyou.htm>】

### 3 研究の成果と今後の課題

本研究の成果と課題として、以下のことが実践から考察できる。

工学的視点からのものづくりの有効な位置付けとして、新設単元第6学年「電気の利用」は有効であったと言える。「新エネルギー」「省エネルギー」「環境」の3つ視点から「ものづくり」をアプローチしたことで、地球温暖化や二酸化炭素削減など、現代的な環境問題とリンクさせて子どもたちが意欲的に構想することができた。

これからの理科教育は環境教育と関連させて充実を図ることが求められている。持続可能な社会の構築と関連させ、環境教育をベースにした工学的問題解決は、子どもたちにとって環境問題を意識させ、よりよい生活のためにどうすればよいかということを実験に考えさせることができた。さらに、工学的視点からものづくりを構想したことによって、理科教育の意義や価値を実感することにつながった。

今後の課題としては、「ものづくり」を単なる「おもちゃづくり」として位置付けるのではなく、実生活に役立ち、現実的な課題を解決する位置付けも加味して、工学的視点からの「ものづくり」の可能性をさらに研究していく必要がある。

#### 引用文献

- 1) 国立教育政策研究：PISA2006年調査 評価の枠組み, pp.19-20 ぎょうせい,2006.
- 2) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 理科編, 大日本図書, 2008.

# LEGO ロボット活用による科学リテラシー向上を目指す理科教育に関する一考察

萩野正彦

さいたま市立西原中学校

## 1. 問題の所在

中学生にとっては、「ロボット」は科学技術に関する興味・関心を惹くものと考えられる。テレビでも高等専門学校等のロボットコンテストが放映され、また、さいたま市においても小学生、中学生を対象としたシュートロボット大会が行われている。小中学生向けロボット講座等のイベントでも、定員が少ないこともあるが、すぐに定員になるといった状態であり、盛況であると聴く。このようなロボット講座等での中学生向けのロボットは、モータを駆動させて動かし、ボール運びなどの競技を行わせるものであり、リモートコントロールにより、その状況に応じて、人が制御するものが殆どである。しかし、ここでは、LEGOを活用することによって、あらかじめコンピュータでプログラミングすることにより、ロボットが自らの頭脳を使って、その状況に応じて判断させるようにする。すなわち、生徒はプログラミングという作業を通じて、論理的思考を働かせて、複数の課題解決のために、課題解決の選択肢からより良いものを選び決定する。例えば、LEGOには、「救助隊出動」というテーマがある。これは、救助活動を行うシミュレーションである。災害現場に行き、病院に寄ってから本部に戻ってくるという動きをロボットにプログラミングして、ロボットを制御するという問題解決的なアクティビティがある。まさに一長一短のある複数の方法や解答があるような課題の中で、グループでどのようなプログラミングをするかを試行錯誤しながら、より良い意思決定をするのである。このようなアクティビティによって、グループ内でのコミュニケーション能力の育成、表現力の育成、問題解決能力の育成等の向上が期待できる。さらに、生徒が習得した知識やスキルを現実社会で直面する課題に対応できるようにトレーニングを行うことができる。しかしながら、現在の学校教育では、先を見通して、総合的に判断し、意思決定するようなトレーニングは、殆ど行われていないのが実態である。

そこで、理科教育において、LEGO ロボット活用による成果や課題点について、実践に基づき報告する。

## 2. 実践研究の目的

LEGO ロボットを活用した学習活動が、コミュニケーション能力の育成、表現力の育成、問題解決能力の育成等の向上に有効かどうか検証し、学習指導要領に合致した活用を提案する。

## 3. 実践研究の方法

SPP(サイエンス・パートナーシップ・プログラム)を活用し、2009年7月24日、27日、29日の3日間、希望者16名に対して、埼玉大学教育学部准教授野村泰朗氏、(株)ナリカ・サイエンスアカデミー・インストラクター小林健介氏を講師として招いて、LEGO マインドストーム NXT による授業を実施していただいた。授業後、生徒に対して質問紙による調査を行い、成果を分析した。今回実践した対象の生徒たちの一部は、LEGO SCIENCE & TECHNOLOGY を活用した授業を受講しており、問題解決的学習を行っている。

しかしながら、今回は、問題解決のための複数の方法を検証しながら、コンピュータを利用してプログラミングするため、幾つかの課題が達成できるように予測する必要がある。すなわち、問題解決のために事前に想定される現象を予測し、解決するためのプログラムを組む必要がある。そのため、総合的に判断する能力を育成することが期待できる。さらにまた、本校はエネルギー環境教育実践校であるので、エネルギー変換についてもこの講座を通じて学習させる。学習活動のまとめとして、ロボット競技会を行うことで、一連の学習活動をフィードバックする内容である。以下、3日間の授業展開の概略である。

### 事前学習

24日の初日の講座では、小林健介氏から、自律型ロボットと制御型ロボットについて、説明を受けた後、レゴマインドストーム NXT を実際に操作して、NXT に慣れる学習を行った(写真1)。履修者のほとんどが NXT は初めてである。そのため、この教材の特徴を説明し、実際に教材に触れさせ、簡単な組み立てを実習することで、慣れ親しむことを目的とした。まず、今回の教材である NXT は、自ら考えて行動するコンピュータ制御のロボットであることを説明し、コンピュータを通してプログラミングすることで、目的に合った動きをすることを学習する。また、NXT では、コンピュータを使ってプログラミングする活動があるのでコンピュータの操作方法に慣れるために時間を割いた。



写真1 小林健介氏の講義

### 課題演習

2日目(27日)は、野村泰朗氏を講師に招き、レゴマインドストーム NXT の操作を学習した(写真2)。問題解決的な課題を設定し、生徒は2人1組のペアで話し合いながら、課題に対する解決策を提案、合意形成を図る。そして、決定した解決策に基づいて実験し、データを得て解析して、より良い解決策を求めて、改良を図るといった一連の活動を行なわせた。具体的には、タッチセンサや光センサ、音センサの特徴と実際にコンピュータ制御を行う場合の操作方法や注意点を説明し、どの課題に対して、どのセンサを利用すればよいかを例示した。



写真2 野村泰朗氏の講義

また、プログラミング演習課題を実施する際、基本的なプログラミングについて説明し、ロボットの動作を確認させた。



写真3 課題演習

ペアごとにプログラミングの演習を通して、コンピュータ制御の方法を習得させた。

さらに、コンピュータによる制御方法を学習したら、実際にパワーを変えさせたり、タイヤの回転を変えさせたりと生徒に課題を与えた。ペアごとに話し合いながら試行錯誤を繰り返し、課題解に取り組ませ解決を図る。うまく行かない場合は、ヒントを与える程度にして、生徒が自ら考えて解決させるようにした(写真3)。



写真4 競技会準備

### 競技会準備

次時で競技会を行うので、ロボットが壁に触れないようできるだけ接近して止まるようなプログラミングとその演習を行い、次時の競技会への準備とした(写真4)。

### 競技会

3日目は、学習した知識を活用して競技会を行った。この際、プログラミングを工夫させ、ロボットを改造してパワーアップを図ることを指示した。また、エネルギーの効率利用なども考えさせることで、理科やエネルギー環境教育との関連を図った。競技会終了後にレポートを提出させて、プログラミングで工夫した点、苦労した点などを記録させた。

## 4. 成果と課題

### (1) 成果

生徒の感想より

ロボット講習会を受けて、初めてみる部品がほとんどでおもしろかったし、それでロボットが作れてしまうのが不思議でした。パソコンからロボットにプログラミングして、前進したり、方向転換したりしてとてもおもしろかった。また、パワーを何%とかに変えたりすると、同じ秒数でも進む距離が違ったり、思うようにゴールにたどり着けなかったりして、難しかった。簡単にできないからこそ、また、挑戦したいと思えて、とても楽しかった。また、言葉も入れられたのでいろいろ試してみた。ロボットをつくったり、プログラミングをしたりと、最初は難しそうだと思い、私にもできるのだろうかと思ったけれど、実際にやってみると、やっぱり難しかったけど、ちゃんとできたのでよかった。今度は、もっとパワーアップしたロボットをつくってみたい。

LEGOの講座を3日間受けて、とてもおもしろい体験をすることができました。僕は、2年前にも東京でLEGOの講座を受けたことがあって、そのときは、ロボットにプログラムをパソコンを使って入力して、障害物をよけてゴールをするといったことをしましたが、今回の講座では、どのようにすれば人を効率よく助けることができるかをテーマに決められた所で止めるセンサーなどを使ったことがとてもおもしろかったです。目標を見つけたとしても、ロボットをどの位置で止まるようプログラムしてあげればよいか、ただ目の前に止まればよいわけではないということを考えさせられました。また、ロボットと人とのつながりということでアイボなどの自立ロボットがどんどんだされていることも知りました。今回の講座を受けてとてもよかったと思いました。

ロボット講演会に参加して私は、はじめはロボットについてあまり興味がなかったけど、3日間の講演会を受けてロボットってこんなに楽しいものなんだと初めて分かりました。私は、ロボットを組み立てることがニガテで何度も間違えたり、やり直しもしたけど、完成したときは、達成感が味わえたので、とても良かったです。ロボットが完成してコンピュータにプログラミングするときは、ロボットの速さを変えたり、進む方向を変えたりするのが、少し違うだけでも、実際に走らせてみると、すごく違っちゃったりするので、すごく難しかったです。テストでは、あたえられた課題になるようにプログラミングするのが、とても難しく何度か何度も挑戦しました。3日目の最後に、障害物ギリギリに止められるかで、1位になれたのは、とてもうれしかったです。

LEGOブロックというより、コンピュータの学習という意味合いが強く、コンピュータをあまり使う機会がない生徒も多かったが、興味を持ってもらえたことやうまくロボットを制御できなかったときに改善に取り組み、成功したときの喜びが味わえたことがアンケートから読み取れる。

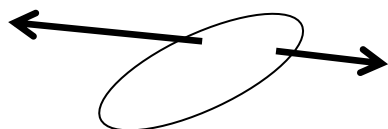
### (2) 課題

コンピュータやロボットといった今日的テーマでの授業は、日常生活と学校教育の関連性から必要なことである。今後の継続した取組と通常日課の授業での導入可能な学習プログラムが必要である。

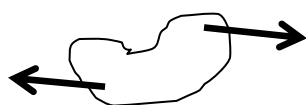
## 5. LEGO を活用した授業デザインの提案

LEGO を理科授業に取り入れるには、カリキュラムとの関連付けが必要不可欠である。前述の実践例では、「エネルギー」に関連付けて中3の最終単元での実施が考えられる。

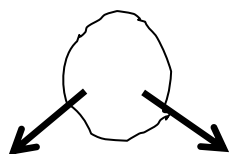
また、第1分野「運動とエネルギー」において、様々な条件を設定し、厚紙を引かせることでつり合いの条件を見出す。例えば、次の3例を実験してみる。



【例1】力の大きさが異なる場合：  
力の大きい側に動く。



【例2】力が同一直線上にない場合：  
ガタガタと動き、しばらくすると、つり合う。



【例3】力が同一直線上にない場合：  
合力の方向に動き、つり合う。



このように、ロボットに引かせることで、つり合わない場合における事例を演示する際の実験が比較的容易にできる。

さらに、第2分野「動物」の単元で、生物における反応の伝達経路の学習において、ヒトとロボットとの相違点を比較することで、反応と行動に対する理解を深めることが考えられる。具体的には、ヒトでの反応経路

刺激→感覚器官→感覚神経→(脊髄)→大脳→運動神経→運動器官→行動

と、ロボットの反応経路

刺激→光センサ→ケーブル→→→本体→→→ケーブル→モータ→行動

と比較する。この学習活動から、ロボットも刺激の伝達から中枢で判断し、行動を起こしている。ヒトも同様に刺激に対して行動を起こしていることを客観的に理解できる。写真5<sup>1)</sup>は、LEGO SCIENCE & TECHNOLOGY 基本セットで、実際に産業に使われている機械を例にして、空気力学を学ぶものである。マインドストーム NXT に、この学習セットがあると「手でものを掴む」といった教科書にあるような反応経路の学習に活用可能であろう。



写真5 レゴ空気力学セット

<sup>1)</sup> <http://www.legoeducation.jp/st/table/sub9641.html> より



# ロボット教育の必要性

～理科の授業へのロボットの活用～

埼玉県春日部市立大沼中学校 教諭 鈴木勝浩

## 1 ロボットを学校で学ぶ機会がない

私は中学校の教諭である。高校は普通科。大学は農学を専攻した。実生活の中にはプラスチック製品があふれていたが、プラスチックについて学ぶ機会はなかった。プラスチックについて学びはじめたのは、教員になって10年以上が経過してからである。私は理科教師という仕事上の必要性から学んだ。しかし、私と同年代の大人の大多数はおそらく、プラスチックについては、ほとんど知識の少ない人が多いことだろう。なぜなら、義務教育段階でプラスチックが学ぶべき内容となっていなかったからである。

では、ロボットについてはどうであろうか。ロボットという言葉は多くの児童生徒は知っている。また、アニメなどを通して、身近に感じていることだろう。しかし、最新の小中学校の学習指導要領の中には、ロボットという言葉は全く出てこない。理科においても技術科においてもである。ということは、ロボットについて具体的に学ぶ機会はないのである。学習指導要領の中にロボットという言葉が出てくるのは、高校の、しかも工業科の学習指導要領においてである。私がプラスチックについての知識がほとんどないまま大人になってしまったように、多くの児童生徒は、ロボットについて全く学習しないまま、義務教育を終えて大人へとようになっていくのである。

ロボットに関連することとして、中学校技術科では、プログラムによる計測・制御ということで、学ぶこととなっている。ただし、この内容は、必修ではないので、学校によっては学ばない生徒もいる。現状としては、コンピュータ制御などの学習を選択している学校の方が少ないようだ。

## 2 ロボット教育の必要性

これから時代が進むにつれ、ますます私たちの生活の中にロボットが入ってくる。そのロボットについて学ぶことは、必要不可欠なことである。

また、ロボットについて学んでいく中で、ものづくりを行うこともできる。課題に対して試行錯誤を繰り返していく中で、問題解決を身をもって体験できるし、達成感も味わえる。さらには、科学や技術に対しても興味や関心をもたせることもできる。

ものづくりの面白さ、創意工夫する力の伸長、学んだことが実生活と関連していることの気づきなど、ロボット教育の意義は大きい。

## 3 技術科の中でのロボット関連の学習内容

選択の部分であるが、次のような内容で構成されている。（開隆堂）

### ①計測・制御の基本

#### ■コンピュータ制御に必要な機能を知ろう

！考えてみよう 「人が自転車を運転するときの様子を、運転に必要な情報の流れや

情報の処理のしかたで考えてみよう。目や耳、腕や足はどのようなはたらきをしているのだろうか。」

■まわりの状況を知る部分を調べよう

！調べてみよう 「光センサの一つであるc d s（光導電セル）を使って、右のような回路をつくり、あてる光の強さを変化させて電気抵抗を測ってみよう。」

■判断・命令する部分を調べよう

！考えてみよう 「部屋を快適な温度にしておきたいとき、人はストーブと温度計をどのように使うのか考えてみよう。」

■調べてみよう 「右の洗濯機は、洗濯物の重量を調べ、モーターの回転方法などを工夫して制御している。身の回りにあるコンピュータで制御されている機器の、仕事をする部分を調べてみよう。」

②プログラムの基本

■プログラムのはたらきを知ろう

■仕事の流れを考えよう

■プログラムをつくろう

③コンピュータによる計測・制御

■実習例1 コンピュータを内蔵したロボットの制御

実習例2 コンピュータによる温度の制御

実習例3 家庭電気製品の消費電力の計測

実習例4 家庭電気製品のオン・オフ制御

④わたしたちの生活と計測・制御

■計測・制御の発達の様子を知ろう

！「身の回りにあるコンピュータが内蔵されている機器を調べ、コンピュータが使われていることによって機能がどのように便利になったのか考えてみよう。」

学習内容は「計測・制御の基本」・「プログラムの基本」・「コンピュータによる計測・制御」・「わたしたちの生活と計測・制御」の4つの部分から構成されているが、それぞれの内容によって、調べる対象や考える対象が違って、学習者にとって、学びにくいものとなっている。これが、LEGO MINDSTORMSのような教材を使用すれば、センサやコンピュータやアクチュエータの部分、インターフェースのことも理解しやすくなるし、何よりも、学ぶ内容が統一性のとれたものとなる。そして、学んだことをもとにして、最後にコンピュータを内蔵したロボットということで、いろいろな課題を仕組んでいけば、生徒は学んだことが身の回りの機器に応用されていることを実感でき、実生活との関連も理解することができると思う。

#### 4 ロボット教育がなされなければならない

現指導要領では、ロボット教育どころか、ロボット学習の基礎となるコンピュータの計測・制御も必修ではない。おそらく「制御」とは何かということを知らないまま社会へ出てしまう日本人が多いことであろう。理科でも技術科でも良い。コンピュータの計測・制御などの基礎学習を、義務教育段階で実施すべきである。

## 5 理科の授業へのロボットの活用

(活用例 1 中学3年「仕事」の実験)

導入：仕事について生徒のもっている考えを発表させる。

予想：①マインドストームで、ブロックなどを1 m運んだときと、2 m運んだときとはどちらが、たくさん仕事をしたのか予想する。

②マインドストームで、運ぶブロックの大きさを2倍にしたとき、仕事の大きさがどうなるか予想する。

③仕事の大きさを感覚ではなく、誰もがわかる数式として表わすにはどうしたらよいか考える。

実験：マインドストームを組み立てる。

①マインドストームでブロックを1 m運ばせる。

②ブロックを運ぶ距離を2倍の2 mにする。

③運ぶブロックの大きさを2倍にする。

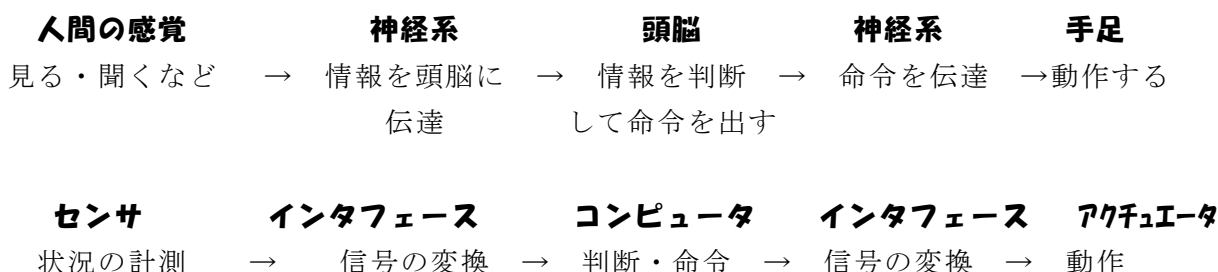
④2種類の箱を動かすのに、どれだけの力が必要か、ばねはかりを利用して測定する。

考察：仕事の大きさを数式として表わす。

(上記の活用例は、駒沢学園女子中・高等学校 佐藤克行氏の実践を参考にしました。)

(活用例 2 中学2年 感覚器官)

マインドストームを組み立て、人間(ヒト)とマインドストームの計測・制御システムを比較する。



コンピュータで制御される機器は①まわりの状況や機器の状態を計測するはたらきをする部分(センサ)と、②計測された情報などをふまえて総合的に判断し、その結果にしたがって命令を出すはたらきの部分(コンピュータ)と、③その命令によって仕事をする部分から成り立っている。

人間の感覚器官にあたる部分がセンサ、感覚神経や運動神経にあたる部分がインタフェース、そして、中枢にあたる部分がコンピュータ、手足に相当する部分がアクチュエータである。

これらのことを、自分自身のからだとマインドストームを比較することにより、人体とロボットの理解が容易になると考える。

(活用例 3 中学3年 等速直線運動 速さ)

従来、等速直線運動の実験は、しにくかった。台車を運動させ、等速直線運動の部分のみ記録として使った。マインドストームを使用すると、条件を制御することにより、容易に等速直線運動を再現することができる。等速直線運動の記録をとるには、マインドストームが有効と考える。

また、速さの指導をする際、移動距離は、車輪の回転によって求めることができる。時間はストップウォッチで計測できるので、速さを求める実験にも利用することができる。

(活用例 4 中学3年 科学技術と人間)

駒沢学園女子中・高等学校の佐藤氏は、レゴS&Tを使用し、宇宙エレベータの製作に取り組んでいる。これを、マインドストームで製作してはどうであろうか。重量の大きさが気になるが、マインドストームにはセンサも搭載されており、いろいろな条件をつけて製作することが考えられる。最終単元で、導入することも可能であると考え。

## 6 ロボットという単元を作ってはどうであろうか

5では、現行の必修理科に、マインドストームを導入するというので考えてみた。しかし、かなり無理があるのも事実である。

そこで、ロボットという単元を作ってはいかがであろうか。ここでは、今の技術科で選択で学ぶことになっている計測、制御の基本などを学ぶ。そのときに、マインドストームの製作も行う。そして、そのあと、マインドストームを使用して、ライントレースなどの実習をおこなっていく。以下にロボットの単元計画を示す。

単元名「ロボット」

計測・制御の基本

プログラムの基本

(上記のことをマインドストームを製作しながら学ぶ。)

4時間

ライントレースなどの実習

2時間

いろいろなロボット

1時間

マインドストームを使ったロボットの学習は、現代社会と私たちの生活世界が、科学や技術の成果に支えられていることを自覚し、科学や技術に関して関心をもつ、よい契機になる。

また、実際に、マインドストームを製作することは、身近なもののブラックボックス化が進む中で、ものづくりをすることで、いろいろな原理を学ぶよい機会になると考える。

予算面や、教師教育面など、問題もあるが、ぜひ、義務教育段階でロボット教育を実施することができればと考える。

### 【参考文献】

「文部科学省検定済教科書 中学校技術・家庭 技術分野」 開隆堂 平成20年発行

## ロボットを活用した理科教育への一提案

神奈川県藤沢市立御所見中学校 百武 三郎

### ◇ はじめに

宇宙での長期滞在、携帯電話、テレビ電話、電子翻訳機、あるいは食洗機、自動洗濯乾燥機など。科学技術の進歩に伴って、今まではSFの世界の出来事だったことが次々と現実のものになっている。ロボットもまたSFの世界だけのものではなく、私達の日常生活を助け豊かにするために活躍している。これらのことから、中学生の時期にキャリア的要素も含めロボットやプログラミングについて学ぶことは21世紀を生きる市民にとって大切である。課外活動ではなく授業の中でこれらについて体験し学ぶことが出来れば、今後大いに役立つと思いロボットを用いた理科授業について提案したい。

### ◇ 概要

- ☆ 総合的な学習の時間を想定し、10時間程度のシリーズものとする。
- ☆ ストーリー性を持たせ、目的が持続する中で学習が進むようにする。
- ☆ 理科の授業と技術の授業、そしてキャリア教育が融合した内容として捉える。
- ☆ 通常の理科の授業を通じてCPUと脳との関連やセンサーと感覚器官との関連、モーターと運動器官との関連などについて触れ、ロボットと人間との機能的なかわりについて意識させる。
- ☆ ロボットとしては、レゴ社の教育用レゴ、マインドストームNXTヒューマノイドキットを使用するものとする。マインドストームは豊富なセンサー類が使用でき、レゴブロックをその躯体に使用できるため様々な形態を構成することが出来るなど、多くの点でその優位性が認められる。

### ◇ 期待される効果

- ◆ 先端技術と日常生活は乖離したものではなく、きわめて身近なものであることを認識するのではないだろうか。
- ◆ グループ（チーム）で学習、探求することで、自分の意見を述べることや仲間の意見を聞く力がつくのではないだろうか。
- ◆ 正解を求めるのではなく、やり直し繰り返しの中から探求する力や集中力が育つのではないだろうか。
- ◆ 正解が一つではない課題にも挑戦することで、生徒個々が自信を持ち、生きる力を育むのではないだろうか。
- ◆ ロボットに関わる学習、探求を通じて、キャリア教育として生徒が自分の将来を考えるのではないだろうか。

### ◇ 学習プログラムの例

#### 1. 導入 ロボットと私たちの生活

- ☆ 全ての学習の導入として、学習の目標や意識付けを行なう。読み物資料を使って自分をその中の人物と置き換えることで、継続的に目的意識をもって学習に取り組めるだろう。また、ロボットに関する簡易的な意識調査を行えば、そのデータをプログラム終了時の発表に活かせるだろう。

- ・ 読み物やビデオ、パワーポイント等によるロボット学習の意識付け
- ・ プログラミングとは
- ・ 目標の設定

《読み物の例》

太郎は中学校2年生。正義感が強く、中学校では野球部員として友達からの信頼も厚い。家族は地域で農業を営んでいる。路地でキャベツやダイコンを作る農家、ハウスでトマトやキュウリを作る農家。太郎の通う学校には農家の子どもが多い。太郎の家では両親も祖母も毎日畑に出て働いている。そんなある日のこと、太郎のおじいさんとおばあさんが太郎に話しかけました。「太郎は畑を継いでくれるのかい？私もだんだん歳をとって、畑仕事が辛くなってきてねえ。」「冬でもハウスの中は温かいからいいのだが、朝早くに温度調節に行ったり、ハウスの窓の開閉など大変になってきてなあ…。」太郎はふと理科の時間に先生が言っていたことを考えました。『ロボットが人間の役割をすることも出来るんだっけ。人間の目や筋肉の代わりにすることもできるし、脳で考えるようにプログラムをすれば、おじいさんやおばあさんの代わりにロボットが働いてくれる。そうしたら、おじいさん、おばあさんに楽をさせてあげられる…。』そう考えた太郎はロボットについて、もっと学習して、高齢化する農家の役に立ちたいと思いました。

2. プログラミング実習 基礎①

☆ ロボットの基礎はプログラミングを行なうことから始まる。ここではドライブベースの NXT を使い、直進させること、直進しそのまま曲がらせることをプログラムし、プログラムによってロボットが動くことを学ぶ。

- ・ プログラミングの実際
- ・ 直進させよう
- ・ 直進させ曲がらせてみよう

3. プログラミング実習 応用①

☆ ドライブベースの NXT を使い、生徒が自ら考えて目的を達せられるようなプログラムを入力しロボットを動かすことを学ぶ。プログラムによってロボットが動くという基本を習得したことを受けて、その応用である。

- ・ 行ってらっしゃい、お帰りなさい → 出発地点から目標地点に到達し、再び出発地点に帰ってくる。

4. プログラミング実習 応用②

☆ ドライブベースの NXT を使い、見本となる動きを真似るプログラムを考え入力し、動かしてみる。マニュアルがある訳ではないので、ここまでのプログラミング学習が元になる。また、観

察し真似るプログラムを考えることで、思考力を養うことになる。

- ・ 真似っこ、真似っこ！ → 見本となるロボットの動きをよく観察し、その動きを真似るプログラムを施し動かす。

#### 5. プログラミング実習 基礎②

☆ この時間ではロボットの特徴であるセンサーについて学ぶ。NXTには多くのセンサーがあるが、その中から光センサーのはたらきを体験する。ロボットにとって大切なセンサーを用いる基礎の学習である。

- ・ 光センサーを使ってみよう → 光センサーを使いコントラストの違いに反応して次の指示を出すことが出来ることを学習する。

#### 6. プログラミング実習 応用③

☆ この時間は前時に体験した光センサーのはたらきを応用し、センサーとそれを利用するプログラムの構築を学ぶ。

- ・ オートドライブ！ → 光センサーのコントラスト検知機能を利用して、ロボットをコース上で走らせ、一般的なラインレースを行なわせる。

#### 7. ミッション 1時間目

☆ ここまでの学習を元にミッションの達成を目指す。学習してきたことを最大限発揮することや創意工夫、思考錯誤することが求められる。

- ・ 温室で植物を育てよう → NXTに光センサーと温度センサー、駆動用モーターを積み、小さな温室で効率的に植物を育てる温室を作る。

#### 8. ミッション 2時間目

- ・ 温室で植物を育てよう → 1時間目に続きセンサーを利用した温室を作る。

#### 9. 提案 ① 検討

☆ ロボット学習を行ってきたことを受けて、ロボットと私たちの生活の関連について自ら検討し発表します。ロボットを取り入れた生活の長所だけでなく、リスクを含めた短所についても考えます。

- ・ ロボットを取り入れた社会や私たちの生活についてどのようなことが必要かを検討します
- ・ ロボットと共に歩む未来について検討します
- ・ ロボットが私たちの生活をどのように良くしていくか、又どのようなリスクがあるか検討し

ます。

#### 10. 提案 ② 発表

- ・ ロボットを取り入れた社会や私たちの生活についてどのようなことが必要かを提案します
- ・ ロボットと共に歩む未来について提案します
- ・ ロボットが私たちの生活をどのように良くしていくか、又どのようなリスクがあるかを提案します。

### ◇ 授業展開の例

#### ★4時限目 プログラミング実習 応用②

##### 1. 本時の目標

- ・ ドライビングベースの NXT を使って、自分で観察し得た情報からそれを真似るようなプログラムを模索し、基本的なプログラミングの習得を図る。

##### 2. 準備

- ・ 班は4人を基本とし、偶数班となるよう3人、5人までを可とする。
- ・ NXTはドライビングベースのものを11台（4人×10班+教員分）用意する。
- ・ パソコンも11台用意し、立ち上げ、ソフトを起動しておく。
- ・ パソコンにはUSBケーブルを接続し、ダウンロード可であることを確認しておく。
- ・ Aグループ用、Bグループ用のデモ走行プログラムを用意しておく。
- ・ 教員のデモ走行プログラムは予め入力し、確実に動くことを確認しておく。

##### 3. 授業展開

過程	学習活動	指導内容	指導上の留意点
導入 (5分)	2時限目のプログラミング実習基礎①と3時限目のプログラミング実習応用①の内容を思い出す。	本時の学習内容を伝達する。	作業をする時間と話を聞く時間の区別など、けじめをつけて取り組むことを指示する。
展開 (15分) ×2 +	☆第1ターン Aグループは指示されたプログラムをソフト上で入力し、NXTに転送する。 BグループはAグループのデモロボットの動きを観察し、必要なことを記録する。 Bグループは観察や記録し	デモ用のプログラムの入力は正確に行い、3分程度で済ませるよう集中させる。 机間巡視しプログラミングが進むよう指導する。  デモロボットの観察は集中して行ない、生徒それぞれが	デモ用のプログラムは簡潔なものとし、AグループとBグループのプログラムは別ものとする。  AとBの2グループがあるので、時間の配分に配慮する。



<p>= (40分)</p>	<p>た内容をもとに、同じ動きが出来るプログラムを考える。</p> <p>Bグループがプログラミングした NXT と Aグループの NXT を同時に動かし、同様の動きをするか検証する。</p> <p>☆第2ターン AグループとBグループと内容を入れ替えて同様の活動を行なう。</p> <p>☆第3ターン プログラムした NXT を動かし、同様の活動を行なう。</p>	<p>記録をとるよう促す。</p> <p>検証（プログラミング）はグループ内でよく相談し、メンバーの同意のうちに進めるよう指導する。</p> <p>第2ターンでも第1ターンと同様の指示をする。</p> <p>第3ターンでも班内でよく相談して具体的プログラムを入力するよう指導する。</p>	<p>進行状況によって第3ターンは実施しない。</p>
<p>まとめ (5分)</p>	<p>イメージを単純にプログラムすることと、動きを見てプログラムすることの違いや困難さについて話をする。</p>	<p>単に難しいという話ではなく、動きを真似ることは人に役立つ道具をつくる時に重要であり、大切であることを強調する。</p>	<p>次時以降も続くので無理やりにまとめるようなことはしない。</p>

#### ◇ 終わりに

工学的視点からロボットを用いた授業プログラムの提案として、その一例を作ってみた。実際に生徒を相手に実践を行なうことは出来なかったが、時間が許せばすぐに取り組めるプログラム例を作ることができたと思う。ロボットやコンピュータの準備など、一般的な実験に比べ費用や手間がかかるが、それだけに期待も大きい。

本校は学校環境的に他校に比べ農家の割合が高い。温室の温度管理や施肥、散水などをロボットで管理することが出来れば、直接的に地域に還元できる利点もある。今後すぐに一般授業や総合的な学習の時間での取り組みは難しくても、部活動等を通じればすぐに取り組める内容でもある。

科学技術の先端とも言えるロボットであるが、その技術は人々の生活をより良くするものでありきわめて日常的なものとして利用されるべきである。その側面から考えても中学校の授業でロボットについて学ぶ機会が増えることを切に願っている。

# 科学的リテラシー、科学的能力を向上させるロボット科学教室のシラバス作成と 小学校でのロボット教室実践

お茶の水女子大学サイエンス&エデュケーションセンター  
和田 重雄

児童・生徒の科学的能力の育成および科学的リテラシーの向上を図るために学習用ロボットを教材とするロボット科学教室のシラバスを作成した。それを利用して、小学校6年において総合学習の時間を中心にロボット科学教室を実施した。普段の理科の授業に消極的な傾向を示していた児童も、能動的かつ積極的に取り込んでおり、それぞれの課題をこなすために創意工夫を加えていた。

## A. はじめに

### (1) 背景

- ・「科学的な疑問を認識すること」、「現象を科学的に説明すること」などの科学的能力の低下が指摘されるが、現実的に初等・中等教育の理科の授業において、これらの能力を大きく育成できるような授業はほとんど行われていない。
- ・理科にさほど興味関心を抱かないような子供たちにも、科学的能力を伸ばすような機会を授けたい。そのためには、公立の小・中学校の授業にも導入できることが望ましい。
- ・子供たちが興味関心を抱きやすいものの例として「ロボット」があげられる。
- ・以前、ロボット科学教室を実施したことがある。その際、教室のカリキュラム及びシラバスの作成および主任講師を担当してきた。

### (2) 目的

- ・子供たちが興味関心をいただきやすいロボット（学習用ロボット）を教材とし、児童・生徒の科学的能力を育成し、かつ、技術も含めた科学的リテラシーの向上を図ることを目的とし、公教育現場でも利用できるロボット科学教室のシラバス作成を行った。
- ・科学的リテラシーの向上に関しては、理科の学習指導要領で扱われる内容を取り入れるよう配慮した。今回のシラバスにおいては、生物の体のしくみを取り上げ、自律型ロボットとの対応を考察させるものとした。
- ・公立の小学校6年で総合学習の時間を割り当て通常授業時間中にロボット教室を実施し、子供たちの様子の観察を行った。また、将来公教育の現場で取り上げられる可能性などの検討も行った。
- ・ロボット教室終了後に、理科（科学）的知識の定着、ロボットのプログラミングの技能等の獲得、理科に対する興味関心、普段の授業や生活等への有用性等の意識などをアンケート調査を実施した。

## B. 実施の概要：

内 容：レゴ(R)社マインドストームNXT(R)を用いた、ロボットプログラミング教室

対 象：東京都北区立神谷小学校（校長今野正夫先生）

6年1組37名（学級担任杉田昇教諭）、6年2組36名（学級担任平井和子教諭）

実施日程：2009年12月8日～2009年12月24日。総合学習の時間として実施

実施場所：東京都北区立神谷小学校 パソコン室および6年2組の教室

担当講師：和田重雄（お茶の水女子大学サイエンス&エデュケーションセンター）

使用教材：レゴマインドストームNXT 20台（児童二人に1台の使用）

（SPP\_Hプランで2台購入、他はお茶の水女子大学サイエンス&エデュケーションセンター、および（株）Narikaから借用）

日程の詳細：

第1日 2009年12月8日 講義（ロボットとは何か） 45分×1時限

第2日 2009年12月14,15日 NXTプログラミングその1 45分×3時限

第3日 2009年12月17日 NXTプログラミングその2 45分×3時限

第4日 2009年12月18日 NXTプログラミングその3 45分×3時限

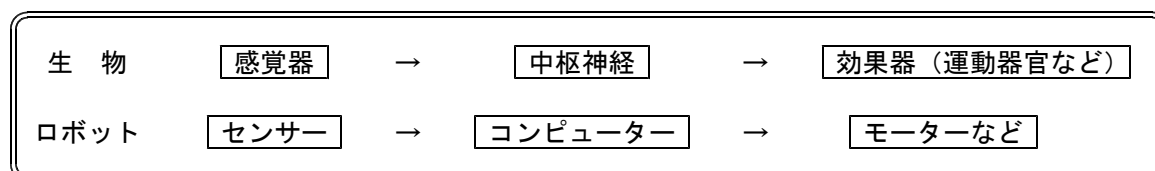
第5日 2009年12月24日 まとめの講義 45分×1時限

## C. 実験教室のシラバスと実践の様子

第1日 講義「ロボットとは」 45分×1時限（2学級合同）

※講義内容

- (1) ロボット（自律型）といわゆる機械との相違、生物との類似点に重点をおいて講義
  - ・生物の特徴（恒常性の維持（ホメオスタシス）の存在など）を認識させる（下記の内容を特にしっかりと認識させるよう講義した）



- (2) ロボット運動の原理（プログラミングの必要性、運動のしくみなど）
- (3) 楽しみながら学ぶこと
- (4) 今後の発展的な活動（理科などの学習活動やロボット大会への参加の呼びかけ）

※児童の反応等

- ・「ロボット」には大変興味がある
- ・ロボットは、人が直接操作しないで動いているものというイメージが強い傾向あり
  - たとえば、電池で歩行する犬のおもちゃはロボット
  - 人がリモコンで操作できる乾電池式の自動車のおもちゃはロボットではない

第2日 レゴ(R)マインドストームNXT(R)のプログラミング その1 45分×3時限  
運動(モーター)制御のプログラミング

※実施内容

- (1) ロボットの最終組み立て(8割程度までは組み立て済み)
- (2) NXTとコンピューターをつないでプログラム転送方法の習得
- (3) モーター制御のプログラミング
  - ・ 前進、後退、駆動時間の変化とその制御
  - ・ 目的の運動パターンを行う(箱の周りを周回、8の字状に運動など)

※児童の反応、指導者の対応・留意点など

- ・ 指導者は3人で行った(講師(和田)、学級担任、補助の教員)
- ・ ロボットは18~19台(指導者ひとりあたり、6~7台)
- ・ 予想外のハプニングが同時に3台起こるとその対応で教室の進行が遅れる。
- ・ ロボット実習初日は、些細なこと(例えば電源スイッチが入っていない)への指導者の対応依頼が多く、教室の進行が遅れた。しかし、個々の対応をしている間に、子供たちが勝手に試行錯誤する時間が増え、早く慣れることになったとも考えられる。
- ・ プログラムを変更する際に、思考を伴わない試行錯誤が多かった。
- ・ 事実上、とにかく”NXTに慣れる”ことが初日の課題となった

第3日 レゴ(R)マインドストームNXT(R)のプログラミング その2 45分×3時限  
赤外線センサーの扱いとそのプログラミング

※実施内容

- (1) モーター制御プログラミングの復習(3点移動)
- (2) 赤外線センサーの使い方(受講の閾値の概念などを習得)
- (3) センサーのプログラミング(待機やスイッチの概念の習得)
  - ・ 部屋の出口から抜け出すプログラム
- (4) ライントレースのプログラミング
  - ・ ライントレースを確実に行うプログラムと、早くラインレースを行うプログラミング(翌日のラインレースレースの見据えたプログラミング)

※児童の反応、指導者の対応・留意点など

- ・ 思考してからの、プログラミングの改良を強調した。
  - 3/4程度のグループは、考えて相談してから改良を加えていたが、他はパラメータの数値を適当に変更する程度の改良をしていた。
- ・ プログラミングに慣れてきたのか、児童自身で対応できるようになってきた。
- ・ 第2日に比べ、かなりスムーズに教室が進行。
- ・ 質問の内容もプログラミングの本質的な内容が多くなる。
- ・ センサーの閾値の設定などが理解しにくい児童が目立った。

第4日 レゴ(R)マインドストームNXT(R)のプログラミング その3 45分×3時限  
タッチセンサーのプログラミング、ライントレース競技、ロボットサッカー大会

※実施内容

- (1)ライントレースレースの競技 2種  
確実にたどる(曲率が大きいコースも) 早く回る(周回コースを3周する)
- (2)タッチセンサーの扱いとプログラミング
  - ・壁にぶつかったら後退する。壁にぶつかった後に方向転換する。
  - ・閉じた空間で連続的に移動する。などのプログラミング
- (3)ロボットサッカー大会の実施

※児童の反応、指導者の対応・留意点など

- ・具体的な目標を持って制限時間を設けた方が積極的にプログラミングを行える。
- ・時間を区切ってプログラミングは、出来不出来がはっきりするが、あきらめる児童も出やすい。(ロボット改造(装飾)に集中する児童も何グループかいた。)
- ・ライントレースは、もっとも早く回れるプログラミングができたロボットは、「確実にたどる」コースもきちんとクリアできた。
- ・赤外線センサーで培ったプログラミング技術のためか、タッチセンサーのプログラミングはかなり早かった。
- ・この段階では、指導者のプログラミングに関する個別指導はほとんどなくなる。
- ・サッカー大会は大変盛り上がった。(正規の授業の中で盛り上がるのも重要!!)  
→子供たちが教員の予想以外のところでもたくさんのものであるはず。

第5日 まとめの講義とアンケート 45分

※まとめの講義

- ・4日間で実施したことの確認

※アンケートの実施内容

- ・印象に残ったこと、楽しかったか。難しかったか。勉強や実生活に役に立つかなど
- ・生物との比較、プログラミング技術とプログラム解読など

D. まとめ

※ロボット教室を終了しての感想

- ・二人1台でロボットであったこともあるが、クラス全員の児童が積極的に活動をしていて、大変活気がある雰囲気が続いた。
- ・担任の先生から、ロボットの動きから今起こっている現象を科学的に解釈し、目的に近づくように対応するような「問題解決能力」がかなり身についたように思えるという意見をいただいた。

E. 謝辞

実践の場を提供いただいた、東京都北区立神谷小学校の今野校長先生、副校長の飯野先生、実際に指導の協力をいただいた6年学級担任の杉田先生、平井先生、ロボットを貸していただいた(株)Narikaの小林様に厚く御礼申し上げます。

## レゴマインドストームを活用した小6理科「電気の利用」の指導

寺 木 秀 一

### 1 はじめに

本事例は「エネルギーの変換と保存」及び、「エネルギー資源の有効利用」について学ぶもとする小学校学習指導要領 理科 6学年のねらいを、レゴマインドストームのロボット作成および活用を中心としたにより児童の実験によるアクティビティによって達成できる可能性を追究するものである。同理科編6 学年では

手回し発電機などを使い、電気の利用の仕方を調べ、電気の性質や働きについての考えをもつことができるようにする。

ア 電気は、つくりだしたり蓄えたりすることができること。

イ 電気は、光、音、熱などに変えることができること。

ウ 電熱線の発熱は、その太さによって変わること。

エ 身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があること

という内容が示されている。本実践ではそのうち主にア、イ、エについて取り上げることとした。

### 2 本内容のねらい

学習指導要領では「生活に見られる電気の利用について興味・関心をもって追究する活動を通して、電気の性質や働きについて推論する能力を育てるとともに、それらについての理解を図り、電気はつくったり蓄えたり変換したりできるという見方や考え方をもつことができるようにすることがねらいである」としている。児童にとって関心の深いロボットを主たる教材として、これらのねらいが、どの程度達成できるか検討することにした。

また、パソコンによるプログラムの作成や工夫改善は、小学校における情報活用能力の育成と関連しての学習として取り上げることができる

さらに、「内容の取り扱い」ではものづくりについて「電気の働きを活用したものづくりとしては、風力発電や蓄電器を利用した自動車などが考えられる」とされている。マインドストームのロボットはそれに適合しているといえることができる

### マインドストームを活用した全体指導計画

時	学習活動 (予想される児童の思考)	支援・留意点	ロボットの活用
1	<p>電気は、つくりだしたり蓄えたりすることができること。</p> <p>○手回し発電機を使い、電池を充電することができることを確かめる。</p> <p>○身の回りに充電して電気を蓄えている物を探す</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・携帯電話・ゲーム</li> <li>・Gバウンドなどの電気</li> </ul> <p>で動くおもちゃ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・4学年の「電気の働き」で太陽電池による発電をした経験をもとにする</li> <li>・電解二重層コンデンサーおよび、エネルギーセットeLABを活用</li> <li>・手回し発電機で発電した電気が蓄えられて、利用できることを、LEDモータ、電子オルゴールなどで確かめられるようにする</li> </ul>	<p>マインドストームNXTロボットのはあらかじめ組み立てておく。(別途、図画工作の造形活動で製作することも考えられる)</p> <p>[エネルギーセットeLAB</p> <p>6. 私たちの生活と下水道</p>

	<p>○ロボットの充電の仕組みを調べよう</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・充電できる電池がある</li> <li>・家庭用の電気 (AC) をコンバータで変換して充電している</li> </ul>	<p>電池パックの電圧や流れる電流を電流計やテスターで測定する</p>	<p>あらかじめ未充電のバッテリーを用意しておく</p>
2	<p>電気は、光、音、熱などに変えることができる・ロボットのモーターの電池を手回し発電機で充電できないだろうか</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロボットが動くのモーターの働き</li> <li>・ライトは電気が光に変わったり</li> <li>・充電をしているときにあつくなったり、電気をつかった暖房がある。</li> <li>・ロボットから音楽をながすことが出来るようにしたい</li> </ul>	<p>「マインドストームNXT」ロボットを手回し発電機で充電できるキットを作成しておくことにより実感をもなった活動ができる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発熱については別途、電熱線による発熱で扱うようにするのが通電により導線が発熱していることにより触れることもできる</li> </ul>	<p>「マインドストームNXT」ロボットのモータ、など</p>
3	<p>NXTソフトウェアを使ってマインドストームのプログラミングをする。</p> <p>電気のエネルギーをつかってマインドストームのロボットが動くことを調べ、プログラミングをする</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基本的なアイコンの操作についてはじめ指導して、以降は児童の創意工夫にゆだねる</li> </ul>	<p>ノートパソコン NXTソフトウェア マインドストームNXT</p>
4	<p>マインドストーム ロボットを動かし身の回りには、電気の性質や働きを利用した道具があることを調べる</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・超音波センサーを使えばロボットが「見る」ことができる</li> <li>・サウンドセンサーを使えば音に反応できる</li> <li>・タッチセンサーを使えば障害物を避けるようにプログラミングできる。</li> </ul>	<p>二人一組で車のモデルを組み立て、実際に坂道を走らせてみるアクティビティ「フリーホイールリング」では車輪の大きさや重りのバランスなどの工夫をさせる</p> <p>ライトレースではプログラムの修正、改善が必須であることを知らせる、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発展的にはたとえば光センサーとインタラクティブ・サーボモーターを使えば、赤いボールを見つけて、ホッケー用スティックでそれを打つ、といった動きをさせることが可能</li> </ul>	<p>坂道用のボード ライトレース用シート 光センサー タッチセンサー</p>

# 中学校理科におけるロボット製作授業の実践

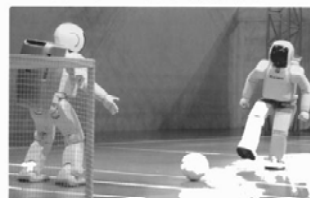
東京都新宿区立新宿中学校 主幹教諭 小林輝明

## 1. はじめに

ロボットとは、「人間や動物のような動きができ、人の代わりに何らかの作業を行うことができる機械」と考えることができる。鉄腕アトムのようにマンガやアニメーションの世界だけでなく、「家庭用ロボット」など身近なところで使われるようになっており、生徒にとってたいへん関心の高いものといえる。ロボットの種類はさまざまであり、アシモに代表される人型ロボットだけでなく、「産業用ロボット」のように工場で自動車を作る作業に使われるもの、「災害用ロボット」などもある。現在使われている中学校理科教科書の終章「科学技術と人間の生活」には、右図のようなロボットを紹介する記述や写真も記載されている。

### 科学技術とわたしたちのくらし

科学技術はわたしたちのくらしにどのような影響があるだろうか。よりよい未来をつくるために、さらに学習を続けよう。



ロボット技術を開発する研究者(ロボカップ)がペナルティーキックを見せるロボット(左図)



盲導犬や視覚障害者用ロボット



開発中の対人地雷の探知・除去ロボット。人間の進入できない地雷を探知する。

中学校理科 1 分野下 大日本図書 p133

## 2. 科学的リテラシーを向上させるために

科学技術の進歩に伴い、理科で学習する内容と、日常生活や身のまわりの製品との関連が見だしにくくなっている。生徒にとって、工学が社会を豊かにしていることの実感も乏しい。このような現状の中で科学的リテラシーを向上させるには、「体験」と「工学的な学び」とを関連させることのできる新しい教材が必要と考え、ロボットに着目した。以前からロボットを作ってみたいという生徒の要望はあったものの、理科教師として未体験の領域でもあった。

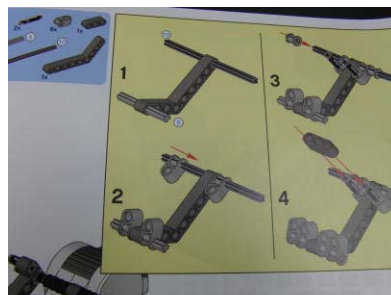


収納ケースには分類用トレーが付いている

使用した教材『教育用レゴ マインドストーム NXT』は、生徒たちが製作図を見ながら無理なく自律型のロボットを組み立てることができ、さらにプログラミングを通して学習能力を高めることができるツールである。レゴブロック、学習しやすいソフトウェア、そして段階を追った指導ガイダンス機能をもち、楽しみながら知識を身につけることができるのが特徴である。



イラストによるツール一覧



イラストによる製作手順

※どちらも文章はなく、実物と同じ色、大きさで表示されているので絵を見るだけで理解できる



### 3. 授業実践

第2学年選択理科の授業でロボット製作授業を実施した。全35時間の計画でおもな内容は以下の通りである。前半は受講生全員の必修の学習とし、後半は発展的な学習扱いとした。

	時数	内容
前半	2	パソコンの使い方
	2	部品の仕分け
	2	基本ロボットの製作
	2	基本的なプログラミングの学習とソフトの操作方法の習得
	4	進む、止まる、曲がる、バックする等のプログラミングの学習
	4	課題を与えてそれをクリアする試験
	4	センサーの学習
後半	6	人型ロボットの製作
	2	人型ロボットの動作を工夫する
	7	他のタイプのロボットの製作

受講した生徒の中にはパソコンをほとんど扱ったことがない生徒も含まれており、プログラミングを学ぶよりも先に、ソフトの操作方法を習得させる必要があった。そこで、パソコンの知識がある程度ある生徒と苦手な生徒を組み合わせ、2人1組とし、原則的に2人で1台のロボットを組み立てることにした。これは本校にはノートパソコンが5台しかなかったことも影響している。理科室での授業のため、授業で使用できるノートパソコンの台数が決まっており、たまたまこの年の受講生が少なかったため少人数での実施が可能だった。ロボットのキットの台数だけでなく、ノートパソコンの台数も製作には影響する。途中生徒がノートパソコンを落として破損させ、1台足りなくなっただけで授業では進度に大きく影響した。こうした経験からも、パソコンの台数には十分配慮する必要がある。しかも本校のパソコンには「ハードディスクキーパー」がインストールされており、起動ごとに設定（インストール）しなければならない状況だった。このように、学校にあるパソコンには使用する上で様々な制約があるので、注意しなければならない。

部品の仕分けにはたっぷり2時間かかった。一つ一つのパーツの色や大きさ、形を見ながらその数を数え、仕分けていった。あまりの種類の数と数に、この段階で集中力がとぎれる生徒もいたが、多くは熱心に仕分けていた。ここで部品に一通り触れることが以後の活動で生きた。ただし、授業時間内ですべて終わるわけではないので、部品をそのまま入れておけるように、各グループごとにボックスを用意した。はじめの頃は、熱中するあまり授業終了後も製作が中断できなかつたり、部品を分類して片づけることに手間取ったので、終了時にはまとめてボックスに入れてもいいようにした。これによって片づけの時間短縮が可能となった。

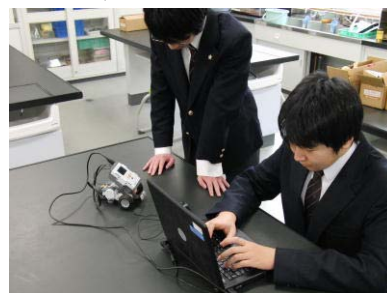


部品をそのまま入れることができるようにした

ロボットを作る作業は大きく2つに分かれる。ひとつはロボットそのものの形を「組み

立てる」ことであり、もうひとつはロボットを動かすコンピューターの「プログラムを作る」ことである。はじめに作ったのは基本ロボットであり、これは本体にモーター、タイヤをつけた車のようなもので、その構造はいたって簡単である。カラーで書かれた製作図は説明の文章がなく、部品を組み立てていく順番と組み立て方がすべてイラストで示してある。「見ればわかる」ようになっており、製作作業を容易に進めることができた。

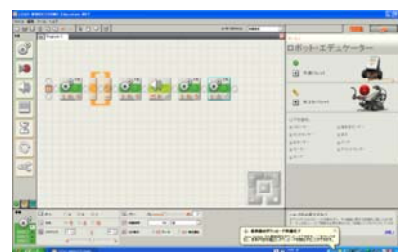
また、添付されているプログラミングソフトは、学習しやすいアイコン操作を主体としたインターフェースが特長で、プログラミングはすべて『ドラッグ・アンド・ドロップ』によるものとなっている。難しい操作は一切不要で、初心者でもすぐに簡単なプログラミングを行うことができた。



プログラムを基本ロボットにインストールする

**楽しかったこと・よかったことは [生徒の感想から]**

- ・みんなと協力してロボットを組み立てたこと。
- ・ロボットを組み立てて、プログラミングして、ロボットが動いたとき。
- ・自分のプログラム通りに動いたとき、とてもうれしかった。何日もかけて完成したときに達成感が味わえてよかった。貴重な体験ができた。



プログラミングソフトの画面

プログラミングの学習では、「進む、止まる、曲がる、バックする」等のプログラムを組み合わせることでロボットを動作させた。さらに2メートル進んで止まる。障害物を避けて通る、道に沿って動かす、いくつかのポイントを通り、静止した後、方向を変えて元の位置に戻ってくる等、徐々にステップをあげるようにして課題を与え、その達成度を評価した。生徒たちはやがて指示をしなくても自ら取り組むようになり、時間の経過につれて難しい課題を与えても、逆に短時間でクリアするようになっていった。以前に学んだことや失敗の経験を活かして生徒たちが課題解決していたことが、行動観察から読み取れた。

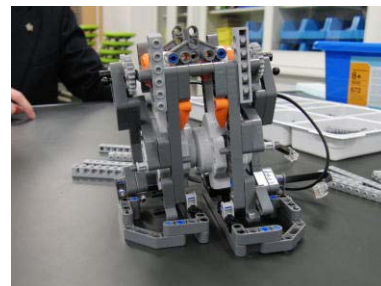


ロボットを動かす

**難しかったこと・たいへんだったことは [生徒の感想から]**

- ・小さい部品を探して組み立てるのが大変だった。さらにプログラミングが難しかった。
- ・タイヤをどのくらい回すかとかの加減が難しかった。
- ・プログラミングのときにタイヤの回転数がなかなか合わず大変だった。
- ・部品を探して組み立てるのが大変だった。プログラミングの時の回転数やスピードの調整をするのが大変だった。

この段階までくると生徒のようすにも違いが生じてきた。活動に飽きてしまい見ているだけの生徒や、こだわりが強くなって一人でやりたがる生徒が現れてきたのである。さらにグループごとの進捗にも大きく差が生じてしまった。そこでセンサーについて学習する時間をとり、前半の学習内容を終えることにした。センサーの種類は光センサー、音センサー、超音波センサーにタッチセンサーがあるが、それぞれの特性を伝え、プログラミングによってロボットがセンサーを利用して動くようにさせた。以後後半となる学習は自由課題とし、人型ロボットの製作・完成を目指した。



製作途中の人型ロボットの下  
半身にあたる部分

人型ロボットの製作には時間もかかるが、何よりも根気強くなければ完成に至らない。チームワークよく作業を進められるグループと、そうでないグループの差がここでも生じた。生徒はよく人型ロボットを作って歩かせたいと望むが、実際に歩く姿は人のそれとは大きく異なる。つくってみて人型ロボットができることの少なさにがっかりするとともに、生徒たちは改めて人体の精巧さに気づいたようだった。

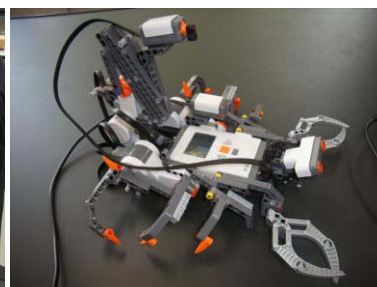
特に印象に残っていることは [生徒の感想から]

- ・人型ロボットの歩き方がチョコチョコだったこと。
- ・初めて作ったロボットがあまりプログラム通りに動いてくれなかったけど、それでも動いただけで、すごくうれしかったこと。
- ・できあがったロボットがちゃんと動いてくれたこと。
- ・自分の思うとおりにロボットが動いたときのこと。

一つのグループだけはすぐに人型ロボットを解体してさらに別のロボット製作に取り組んだ。サソリ型ロボットである。超音波センサーで物体までの距離を測りながら、足を使って前に動く。そして前方に何かを見つ



動き具合を調べる



サソリ型ロボット

ると、タッチセンサーのついた尾をのばして刺すものである。さらに「bye!」と声を出し後退した後、また向かってくる優れものである。できあがったものを校長先生に見せたところ、そのできばえにとっても喜んでもらい、この印象が特に心に残っていると語る生徒もいた。

#### 4. 科学的リテラシーを向上させることはできたのか

授業の終了にあたり、生徒にアンケートを実施した。自由記述としたが、その中で「理科の授業にロボットを作ることを取り入れると、あなたにとってどんな力が身につくと思いますか。」と尋ねた。

以下生徒が答えた内容のいくつかを紹介する。

### 生徒の答え

- ・考える意欲
- ・想像力や友達と協力をする力
- ・理科に対して興味がわいて理科への関心が高くなっていくと思います。そして理科を自主的に学習したり、理科の授業がさらに楽しくなると思います。
- ・ロボット産業が主流になるであろうこれからの未来への期待
- ・手先が器用になり友達といっしょに作ることで友情が深くなったりすること
- ・説明書を理解するための理解力。どんなロボットを作ろうかと考えるための力と発想力。チームで行動するための協力する力。

表現はつたないが、理科を学ぶことや、工学的な視点、進んで課題解決にかかわろうとする力が身につくことを、生徒たちは自らの体験を通して明らかにしている。

「ロボットは見るものではない。ロボットはつくられるもので、つくれるものである。」生徒たちは部品の一つ一つを組み合わせて本体を完成させ、ゼロからプログラミングを考え修正を繰り返す中で、このことを実感していたはずである。さらにロボットを私たちが望むように組み立て動かすことがいかに困難かも、体験したからこそ理解させることができた。このことは、上記にある生徒の感想にいくつも書かれている。

- ・タイヤをどのくらい回すかとかの加減が難しかった。
- ・プログラミングのときにタイヤの回転数がなかなか合わず大変だった。
- ・部品を探して組み立てるのが大変だった。プログラミングの時の回転数やスピードの調整をするのが大変だった。

回転数やトルクを少し変えるだけで全く違う動きをしてしまう、頭の中で描いていた動きと全く異なった動きになってしまう、何度やっても思い通りにならない。ところが発想を変えるだけで、ロボットの動きがなめらかなになった。こうした試行錯誤を繰り返し、失敗を重ね成功体験をさせることで、アシモのようなロボットがいかになめらかな動作をし、極めて優れた工学製品であることを、生徒に身をもって実感させることができた。自分たちが組み立てプログラミングした人型ロボットの歩き方を「チョコチョコ」と形容したのは、逆に実用化されているロボットが科学の英知を結集した傑作であり、いかにそれを作ることが難しいかを理解したからこそ、出た言葉だったのだ。

本実践では、科学的リテラシーの向上が見られたのか、目に見える形で検証できる数値データを得てはいない。しかし、科学的リテラシーの一要素である「科学と技術がわれわれの日常生活を支えていることを認識する力」はじゅうぶんに育てることができたといえる。また、課題を解決するために知恵を寄せ合い、試した結果を生かし修正を加えて、目標に向けてよりよいものを求めていく本実践のような体験的な学習カリキュラムは、生徒の科学的リテラシーを向上させることにつながると確信している。

### 6. さいごに

生徒はアンケートで協力の大切さにも触れている。授業の中でも、日頃の理科の授業では見られない生徒の一面が観察できた。まずロボットが完成したときの達成感の大きさで

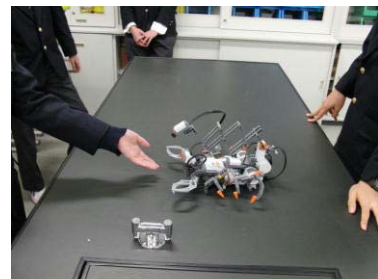
ある。自分がプログラミングしたロボットがどう動くか、自分の思い通りに動いてくれたときや意に反して動かなかったときなど、生徒の感情表現がたいへん大きかった。これは自ら進んで学ぶ姿勢が強くなったことにも通じるが、生徒の内面を揺さぶる教育効果があったからだと考えられる。さらに受講した生徒の中には欠席がちな生徒が2名含まれていたが、これらの生徒が普段の学習よりも一層意欲的に取り組み、もっと難しいものに引き続きチャレンジしたいと望んでいた。こうした知的好奇心を喚起する教材としてロボットの学習効果は高いと認められる。

課題として挙げられる点は少なくない。『教育用レゴ マインドストーム NXT』はまだ教育界に十分普及していないこともあって高価である。さらにパソコンの台数を確保することも考慮すると、教師がサイエンステクノロジーの重要性を十分認識し、周りの理解を得て授業を計画しなければ、到底予算化し実践できるものではない。何百とある小さな部品をなくさないようにきちんと保管することや、生徒指導の徹底も求められる。本校の生徒は、箱ごとすべての部品を床に落としたりもしたが、部品がなくなれば自分たちが困ることはわかっており、ひとつも部品がなくなったりしなかった。

こうした生徒との信頼感を醸成するとともに、ロボットを授業に取り入れるには、新しいことに取り組む教師の高い意欲やチャレンジ精神が一層求められるといえよう。



組み立ての様子



手を当てて超音波センサーを確かめる



## 第7章

「ロボットを取り入れた科学リテラシー  
の指導法」ワークショップ





## ロボットを取り入れた科学リテラシーの指導法

# レゴ®ブロックを活用した理科実験ワークショップ


2009年8月28日(金)

主催：小倉 康 / 国立教育政策研究所 総括研究官

(平成21年度科学研究費補助金「科学的リテラシーを向上させる優れた理科授業」研究代表者)

共催：株式会社ナリカ(旧中村理科工業株) 後援：レゴ エデュケーション

ロボットは、子どもたちに大変人気があります。人間や動物に似た動きをするものや、人間以上の働きができるものなど、さまざまなロボットが開発されています。今後も、さまざまな場所で利用が進むでしょう。ロボットについてある程度の知識や技能をもつことは、これからの社会では基礎的な科学的素養になります。そこで、ロボットを取り入れた理科授業について先進的な実践をしている方々から勉強する機会を設けることにしました。

<b>講演 1：科学リテラシーとロボットの関係 約20分</b>
講師：小倉 康 / 国立教育政策研究所 総括研究官
<b>実技講座 1：レゴ®ブロックを使った理科実験 約120分</b>
講師：須藤みゆき / レゴ エデュケーション セールス&マーケティングマネージャー
<b>講演 2：中学校での教育用レゴ®マインドストーム®NXTを使った実践事例 約20分</b>
講師：小林輝明 / 新宿区立新宿中学校 主幹教諭
<b>実技講座 2：教育用レゴ®マインドストーム®NXTのプログラミング体験 約120分</b>
講師：小林健介 / 株式会社ナリカ 海外部 レゴ技術担当
<b>講演 3：レゴ®ブロックを教材として活用する効果 約20分</b>
講師：樺山資正 / レゴジャパン株式会社 レゴ エデュケーション 日本地区マネージャー
<b>講演 4：理科教育に工学的要素を入れよう 約20分</b>
講師：小森栄治 / 日本理科教育支援センター代表
期日：2009年8月28日(金) 時間：10時～17時00分(9時30分受付開始) 場所：株式会社ナリカ 本社4F 対象：小中高等学校教員 定員：30名 参加費：無償

<b>問い合わせ先及び申込方法</b> ：別紙に必要事項をご記入のうけFAXにてお申し込みください。 株式会社ナリカ ナリカ・サイエンス・アカデミー 担当：小野 〒101-0021 東京都千代田区外神田5-3-10 TEL：03-3833-0746 FAX：03-3833-0747 URL <a href="http://www.rika.com/nsa/index.html">http://www.rika.com/nsa/index.html</a>

注意：内容が変更になる場合がありますので、予めご了承ください。

## 講演 1：科学リテラシーとロボットの関係 10:00～10:20

講師：小倉 康 / 国立教育政策研究所 総括研究官

科学リテラシーとは何か。ロボットとどう関係するのか。理科教育でどう扱うか。今後どんな研究が必要か。今や実生活や実社会の様々な事象は、テクノロジーと不可分です。理科教育では、身のまわりの事象についての疑問や問題を科学的に捉え解決していくための科学リテラシーを育成します。テクノロジー化の進む社会で活躍できる子どもたちを育てるために、ロボットを取り入れた理科授業について一緒に検討してみましょう。

## 実技講座 1：レゴ®ブロックを使った理科実験 10:20～12:30

講師：須藤みゆき / レゴ エデュケーション セールス&マーケティングマネージャー

新学習指導要領に沿った学習項目を中心に「レゴ®サイエンス&テクノロジー モーター付基本セット」を使って実験を行います。ものの動く仕組みを協力しながら自分たちの手で組み立てることは、深い理解を生み、実験を通じて、想像力、創造力、問題解決力を育みます。幼いころから親しんできたレゴブロックを使うことによって、「科学」に対する興味関心をもつ心を育て、「ものづくり」の楽しさを改めて体感していただける内容です。

## 講演 2：中学校での教育用レゴ®マインドストーム®NXT を使った実践事例 13:30～13:50

講師：小林輝明 / 新宿区立新宿中学校 主幹教諭

「教育用レゴ マインドストームNXT」を用いた選択理科の授業を行いました。ロボット教材もパソコンもほとんど使ったことのない子どもたちが、どのように苦勞し協力しながら自作ロボットを組み立てていったのでしょうか。子どもたちのようすだけではなく、教材の準備やプログラミング指導、授業運営など実際の授業で明らかになった成果や課題を報告します。

## 実技講座 2：教育用レゴ®マインドストーム®NXT のプログラミング体験 13:50～16:00

講師：小林健介 / 株式会社ナリカ 海外部 レゴ技術担当

子どもたちがロボットを思い通りに動かすためのプログラミングを基礎から学ぶ授業を、体験していただきます。子どもたちが考えてつくったプログラムをロボットにダウンロードし、ロボットのスタートボタンを押すだけ。つまり、ロボットがどう動くかは子供たちのプログラミングにかかっているのです。このレゴブロックでつくった「自律型ロボット」を通して、子供の創造力と科学的思考プロセス、問題解決能力の育成を目指します。

## 講演 3：レゴ®ブロックを教材として活用する効果 16:00～16:20

講師：樺山資正 / レゴ エデュケーション 日本地区マネージャー

レゴ社の教育部門であるレゴ エデュケーションは「子どもたちの自発的な学びは遊びから生まれる」という理念もと様々な教材を開発しており、理科・科学・テクノロジーの楽しさを体験的に学ぶツールとして世界各国の教育機関でご活用いただいております。各国の活用事例やレゴ教材の期待される効果などのご紹介も含め、将来の産業界でリーダーシップを発揮できるイノベーション力に長けた人材の育成についてお話をさせていただきます。

## 講演 4：理科教育に工学的要素を入れよう 16:20～16:40

講師：小森栄治 / 日本理科教育支援センター代表

日本の理科教育は、観察実験から法則性を見いだすような理学的な要素がほとんどです。応用という工学的な視点がほとんどありません。そのため、国際調査において日本の子どもたちは「将来科学を使う仕事につく」「理科は生活の中で重要」と思う生徒の割合が低いことが問題になっています。生活や社会での利用という工学的な要素を理科教育にとり入れたいものです。その際、ロボットは子どもたちが興味をもつ最適の教材になるはずで

## 質疑応答（意見交換） 16:40～17:00（終了予定）

## 科学リテラシーとロボットの関係

小倉 康（国立教育政策研究所  
総括研究官）

本日は、ロボットに関する勉強会ということで、ワークショップを開かせていただいております。私はロボットの専門家ではないのですが、趣旨にも書きましたけれども、理科の中でロボットとか、ロボットに代表されるテクノロジーが、理科とどういう関係があるのか、これからそれをどう位置付けていけばいいのか、そういうことを研究している途中です。それを研究するためには、ロボットを用いた教育について今まで実践して来られた方々から直接実践の内容を教えていただいて、その上でこれからについて検討したいという思いで本日開かせていただいております。優れた講師の方々から勉強させていただける機会になって、大変有り難いと思っておりますし、また本日皆さまにお集まりいただいてこの会を開くことができることを大変感謝しております。本日の会は研究の一環ということですので、これ一回で終わりではなくて、これからの理科を考えていく中で生きてくるような研究にしていきたいと思っております。

「ロボットを取り入れた科学リテラシーの指導法」というタイトルを付けたのですが、まずは科学リテラシーというものを考えることから始めたいと思います。

なぜロボットかということですが、ご存知のように子供たちに大変人気があります。私の小学校 3 年生の息子も大好きなんですけれども、この大変人気があるというのは何十年前前では考えられなかった社会の変化だということを認識する必要があると思います。

ロボットの中には人間に似た動きをするものや、人間以上の働きができるものなど、様々なものがあります。今日の社会では急速に活用が進みつつありますが、これからはさらにもっと活用が進んで、社会がどんどん変化すると予想されます。そういう時代にあって、今から子供たちが社会に出ていくために必要な知識と技能を身に付けさせるということを理科の立場で考えるわけですが、ロボットについてもある程度の知識と技能を持って社会に出ることが、これからの社会で生きていくための基礎的な素養なのではないかということが基本的な姿勢です。

### ロボットを取り入れた科学リテラシーの指導法 レゴ®ブロックを活用した理科実験ワークショップ

#### 開催趣旨

- ▶ ロボットは、子どもたちに大変人気があります。
- ▶ 人間や動物に似た動きをするものや、人間以上の働きができるものなど、さまざまなロボットが開発されています。
- ▶ 今後も、さまざまな場所で利用が進むでしょう。
- ▶ ロボットについてある程度の知識や技能をもつことは、これからの社会では基礎的な科学的素養になります。
- ▶ そこで、ロボットを取り入れた理科授業について先進的な実践をしている方々から勉強する機会を設けることにしました。

実生活や実社会を見てもテクノロジーというものを無視して語ることはできないし、生活すべてがテクノロジーの成果で埋め尽くされていて、天然のものというのを見つけるのが非常に難しいです。今の社会は昔とは変化しているのです。

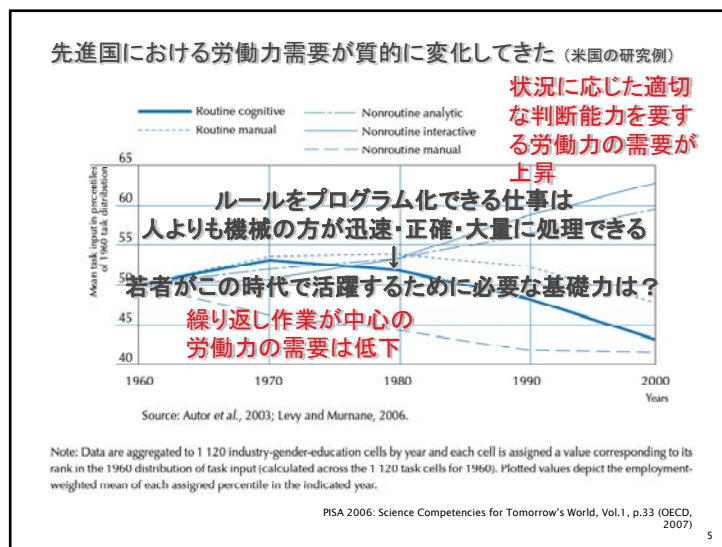
時代の流れを振り返ってみると、労働力として若者に何が期待されているかということですが、1970年代ぐらい、30、40年前までは、繰り返し作業が中心の労働力ということにニーズが高かったわけです。それがだんだん下がってきているわけです。何が逆に上がってきているかというと、状況に応じて判断できる人です。どんどん状況は変わっていきますから、そこに工夫しながら適応できる技能、能力を持った労働力への需要が高まってきたわけ

です。なぜ繰り返し作業が中心の労働力の需要が低くなったかというと、ロボットもそうですが、人間がやっていた多くの部分を今ではテクノロジーがカバーしているからです。では人間がやるべきことは何かというと、機械では出来ない部分です。それがまさに今からの子供たちが社会の中で生きていくうえで求められている力です。

ルールがプログラム可能な仕事は、人間よりも機械の方が迅速・正確・大量に処理できます。こういう社会で子どもたちが活躍するために、教育の中でどういう能力を身に付けさせるかを考えなければいけない。子どもたちは、機械やテクノロジーをうまく利用してそれ以上のことができなければいけない。このことは基本的なことになってきています。

この社会で食べていくための基盤というか前提として、機械ができる以上のことを普段の仕事でやっていけることが、社会で活躍しようとする人に求められているということです。

自分の学校生活を思い出してみると、理科の授業もそうだったのですが、決まった手順を迅速・正確にこなすことが期待された学校生活を送ったことを覚えています。でも今の子ども



### OECDによるキー・コンピテンスの3つの領域

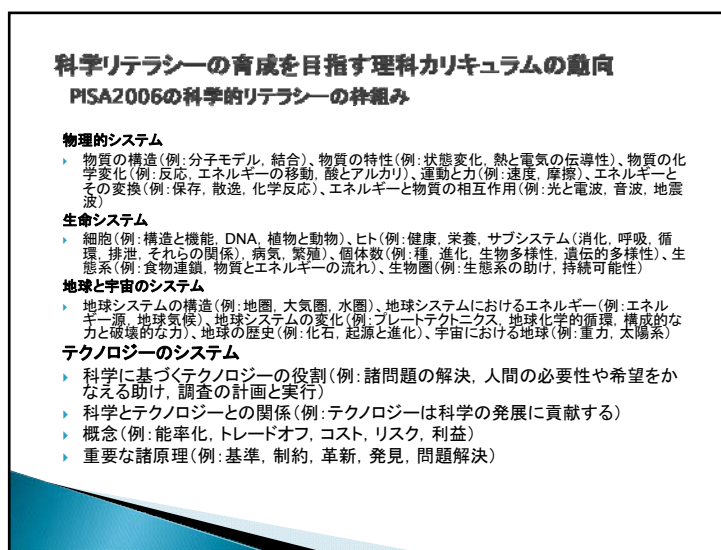
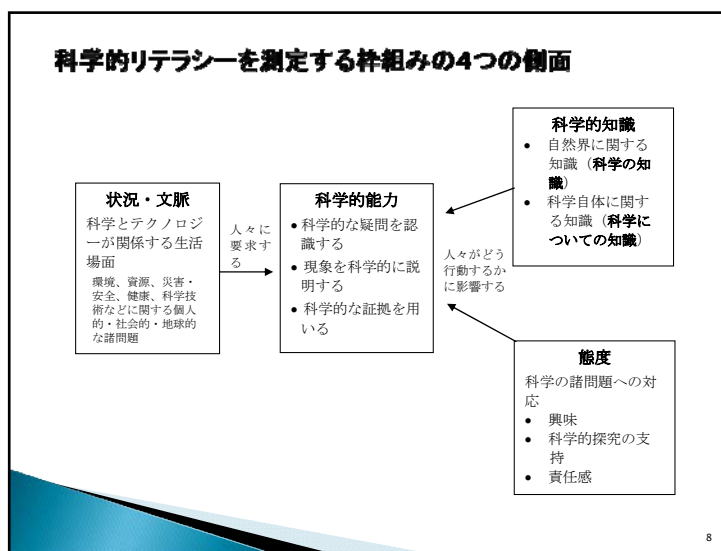
1. ツールを状況に応じて使用することができる
  - 個人は、知識や情報、テクノロジー、言語や記号、テキストなど、ツールを状況に応じて使用できる必要がある
  - PISAの学力調査で測定
2. 異質な集団において活躍できる
  - 個人は、世界が益々相互依存的になるにつれ、さまざまな背景をもつ人々と関係したり、協力したり、問題を調整したり解決できる必要がある
3. 自律して活動できる
  - 個人は、広範な社会状況に自身を位置づけ行動し、人生設計し、個人の課題を設定して実行し、権利を主張したり興味や限界や必要性などを示すことができる必要がある

もたちには、それは求められていないのです。プログラムできるところは機械に任せなければいけないし、機械に任せられないことを自分で考えてやらなければいけない。よく言われている「生きる力」というのもその辺に対応することです。OECD もそういう能力が今からの先進国の若者たちに重要だということで、ツールを状況に応じて使用できることを基盤の力にしている。「キー・コンピテンス」という名称で呼ばれています。

学習指導要領の原点、基盤になっている「生きる力」も同様な考えで、自ら課題を見つけ、自ら学び、考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題解決する。これは機械に任せられないことです。そういう力を伸ばしていかなければいけないということで、そのためにはツールを効果的に用いるということが基盤になります。テクノロジーをツールとして使っていく能力が期待されているのです。

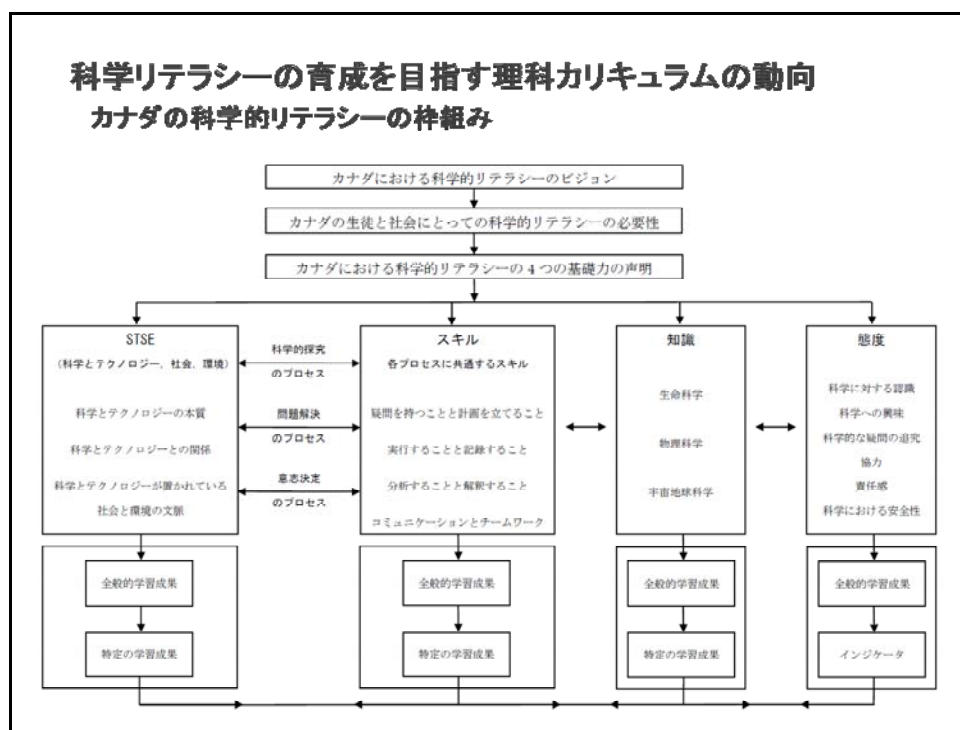
PISA という国際調査で、科学リテラシーをどうとらえるかの構造を見ると、状況に応じて自分の持っている知識とか能力とか態度を適用することが求められています。その状況というのが、環境問題、資源問題、災害、安全、健康問題、先端的な科学技術といった科学やテクノロジーが様々な関係する状況です。

知識には、物理や化学といったフィジカルなものもありますし、生命に関する基礎的な知識もあるし、それから地球・宇宙に関する知識もあります。そしてテクノロジーが世界をどう組み上げているかの知識も必要です。具体的には、テクノロジーが生活の中でどう関係しているのか、問題を解決するのにいかに利用されているのか、科学で未知の物を探究することとテクノロジーはどう関係しているのか、などです。科学がテクノロジーによって発展しているのは確かです。研究の現場は、テクノロジーで溢れていて、何千万円もするような機械がなければできない



ような科学研究が普通になってきています。逆にテクノロジーが、科学の成果から発展するのも事実です。そういう相互依存の関係があるのです。テクノロジーというのには良い事ばかりではなくて、危険性だとか問題もあるわけですし、能率も良くなけてはいけない、利益も上がらないといけない、コストは低く抑えなければいけない、テクノロジーによる副作用、リスクも、分かっているリスクと分からないリスクがあるわけですから、そういうことをちゃんと認識したうえで、テクノロジーを使わなくてははいけない。

トレードオフというのは、例えばテクノロジーを使うと労働力が減少して、失業者が増えるという二次効果があるかもしれないように、一つの事柄の良い面と悪い面の両方を考えることです。しかし、テクノロジーを使う時代には、さらに高いレベルの資質・能力を身に付けさせるような教育を行うことで、結果として発展していけるわけです。



これはカナダの例です。なぜカナダかというと、国際調査をいろいろ見てみると、非常に良い結果が出ているのです。日本と同じくらいの学力レベルですが、日本は、情意面はすごく低いのです。それがカナダは情意面も高いのです。先進国のカナダでは、1997年つまり12年前に、学習指導要領のような方向性を示す文書で、科学リテラシーが強調されました。科学リテラシーの大きな柱として、関心・意欲・態度の情意面と、知識、思考力・表現・判断力・表現力のようなスキル面、それに、科学とテクノロジー・社会・環境との関わりについての側面が上げられています。12カ年の教育体系は、これら4つの科学リテラシーの柱について「子どもに身につけさせるべき学習成果」を明確にリストアップすることで、それに向けて各教員が、日々の授業でその成果が得られるように工夫して、実践していけるようにしています。そのことで、PISAの結果を見てもきちっとその成果が表れ

ているといえる状況です。

カナダ以外にも、小学校と中学校段階の教科の名前が「サイエンス&テクノロジー」になっている国があります。科学とテクノロジーの関係は、カリキュラムの中で統合されています。例えば飛行機とか、交通手段については、テクノロジーを学びながら、自然科学も学べるし、逆に自然科学の基礎を学びながら、その応用としてテクノロジーを同じ単元の中で学べる。そういう融合的な単元を多く持ったカリキュラムが増えています。

それでは日本はどうかというと、今はテクノロジーが、理科の立場からは遠い存在ですが、昭和26年当時の学習指導要領を見てみると、例えば、「日常の科学」がテーマの中学2年では単元が6つありました。「電気は家庭や社会でどのように使われているか」とか「機械や道具を使うと仕事はどのようににはかどるか」とかです。「科学の恩恵」がテーマの中学

3年になると、「科学の結果、生物の改良にどのように役立つか」とか「天然資源を開発し、さらにこれから新しい物質を作るのに科学はどのように役立っているか」といった単元があります。まさにテクノロジーと科学が融合した表現で書かれていました。当時の教科書の内容を「物理、化学、生物、地学、環境、生活と健康問題、科学技術」と分類してみると、驚くことに「科学技術」（「テクノロジー」と言っていると思いますが）は、約3割を占めています。それから、「生活と健康問題」が25%です。この2つで過半数の内容です。「物理、化学、生物、地学」、いわゆる現在の理科の内容が半分以下ということで、当時は科学とテクノロジーと個人の生活、社会の生活が大変関連して扱われていたとわかります。ただし、「環境」に対する扱いは明らかに弱かったわけです。その後公害問題が起こるなど、環境面は、今では持続可能な社会づくりに向けて、かなり重視されてきたところですが、それ

### 昭和26年版学習指導要領(試案)における 中学理科の指導内容の主題と単元名

『科学のソフターと科学的探究能力』(http://www.nier.go.jp/ogusa/tokutei.html)

#### 第2学年 主題「日常の科学」

- 単元Ⅰ われわれは自然界のどこから食物を得ているか。また、それをどのように使っているか。
- 単元Ⅱ われわれが健康を保ち進めるためには、どのような食物や衣服を必要とするか。
- 単元Ⅲ 家を健康によく安全で便利なものにするにはどうしたらよいか。
- 単元Ⅳ 熱や光は近代生活にどのように利用されているか。
- 単元Ⅴ 電気は家庭や社会でどのように使われているか。
- 単元Ⅵ 機械や道具を使うと仕事はどのようににはかどるか。

#### 第3学年 主題「科学の恩恵」

- 単元Ⅰ 科学の研究は生物の改良にどのように役だつたか。
- 単元Ⅱ 天然資源を開発利用し、さらにこれから新しい物質をつくり出すのに科学はどのように役だっているか。
- 単元Ⅲ 科学によって見える世界はどのように広がったか。
- 単元Ⅳ 交通に科学がどのように応用されているか。
- 単元Ⅴ 通信に科学がどのように応用されているか。
- 単元Ⅵ 科学は人生にどのような貢献をしているか。

### 昭和20年代の理科は、生活との関連を重視し、 技術・家庭科や保健の内容を含んでいた。

昭和26年版学習指導要領に基づく中学校理科の検定教科書『中学理科』(学校図書)の内容構成の区分別分類結果(表中数値は、出現頻度と割合)

	単元	章	節
物理	1(6%)	8(8%)	34(9%)
化学	0(0%)	5(5%)	20(6%)
生物	1(6%)	10(10%)	34(9%)
地学	4(22%)	21(22%)	74(21%)
環境	0(0%)	1(1%)	2(1%)
生活と健康	5(28%)	26(27%)	89(25%)
科学技術	7(39%)	26(27%)	106(30%)
計	18	97	359

「科学技術」と「生活と健康」に関する内容が過半数  
「環境」に関する内容はほとんどない

でもまだ十分だとは思いません。このように、当時の理科は、テクノロジーを活用できることがひとつの大きな目標であったわけです。また、健康に暮らす、安全に生活する、快適に生活するということが、非常に大きな目標であったわけです。

今我々が理科を考えるときには、「物理、化学、生物、地学」ということが頭に浮かんでくるのですが、そもそも理科がそれでいいのかということが大事な観点です。テクノロジーや健康問題は、技術科や保健科でというように、教科の縦割り構造に落ち込んでしまっているのですけれども、理科を教える私たちは、本当のところ、理科は何を扱うべきなのかを常に考えないと、すっばり落ちてしまうものがあるということを意識していただきたいと思います。

中学校の新学習指導要領理科を見ると、第7単元の最後で教える内容に、「科学技術と人間」があって、「日常生活が科学技術で便利になったことを知るとともに、科学技術を環境との調和を図りながら発展させていく」という内容があります。テクノロジーとかロボットとかが載っているわけではありませんが、理科が最終的に科学技術を関係づけて扱うこと

になっています。できれば私は、別単元としてではなくて、それぞれの単元の内容が実社会、実生活での科学技術とどのように結びついているかということ、普段の授業でも触れていくべきと考えています。そのとき、これは技術科の内容だからとか、これは保健でやることだからとか、遠慮しないで、どんどん関係づけていくべきだと思っています。

中学校の技術科では、「エネルギー変換を利用して」とか、「エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組みを知り」とか、まさにこれは中学3年の理科でやる内容とほとんど区別がつかない内容をもっていますが、技術科では2年生でやるかもしれないわけです。技術科と理科は非常に近い内容を持っているので、教科の壁にこだわ

## 新学習指導要領 中学校理科

- ▶ (7) 科学技術と人間  
エネルギー資源の利用と環境保全との関連や科学技術の利用と人間生活とのかかわりについて認識を深めるとともに、日常生活と関連付けて科学的に考える態度を養う。
- ▶ イ 科学技術と人間
- ▶ (ア) 科学技術の進歩による成果として新素材などの利用が行われ、日常生活が豊かで便利になったことを知るとともに、環境との調和を図りながら科学技術を発展させていく必要があることを認識すること。

## 新学習指導要領 中学校技術

- A 技術とものづくり
  - (1) 生活や産業の中で技術の果たしている役割について、次の事項を指導する。
    - ア 技術が生活の向上や産業の発展に果たしている役割について考えること。
    - イ 技術と環境・エネルギー・資源との関係について知ること。
  - ▶ (5) エネルギーの変換を利用した製作品の設計・製作について、次の事項を指導する。
    - ア エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組みを知り、それらを利用した製作品の設計ができること。
    - イ 製作品の組立て・調整や、電気回路の配線・点検ができること。
- B 情報とコンピュータ
  - (6) プログラムと計測・制御について、次の事項を指導する。
    - ア プログラムの機能を知り、簡単なプログラムの作成ができること。
    - イ コンピュータを用いて、簡単な計測・制御ができること。



らないで、積極的にどういう連携がありうるのかを考えておく必要があると思います。情報とコンピュータの中にある「計測制御」は、距離や光を計測して、プログラムでそれを判断して、何らかの行動を起こすという処理に関する学習ですが、技術科で必ずやることになります。理科の立場からも幅広くこうしたテクノロジーを関連付けていけたら良いのではないかと思います。

さて、これからロボットテクノロジーを利用していく可能性に、どのような事柄があるでしょうか。人間がその進化の過程ですっとやってきた知的な活動が、今ではロボットがかなりの部分を代替することができます。しかも人間以上のことができる。人間が見えないことも見えるし、人間が計算できないスピードで計算もできるわけです。そういう意味で人間の

能力を拡張強化できる。そういうテクノロジーを持ったからこそ人間はさらに高度なことができるわけです。基本的な構造は人間と同じで、人間は五感で計測をして、脳で認識をして、行動するわけですが、コンピュータも、センサーで計測をして、プログラムで処理をして、何らかの制御をしていくということです。アシモ(ASIMO)のように自分で動く物がロボットと呼ばれることが多いのですが、運動を伴うかどうかということは本質的な違いではなくて、中で行われていることが、人間とほぼ同じことをやっているのです。

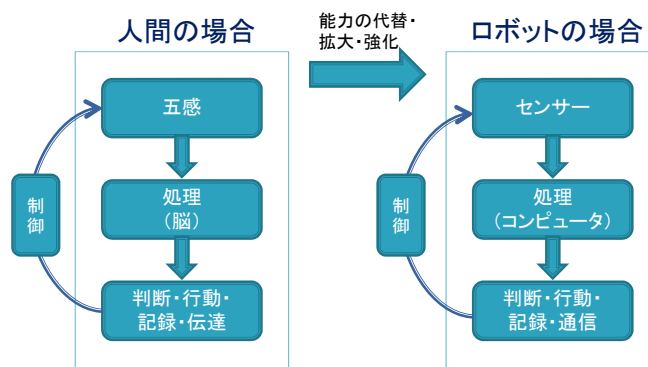
今のことを図に表現するとこのようになりますが、人間が歩こうとする時には、見ながら、動いて、さらに運動を制御しながらうまく転ばないように歩いている。ロボットもきちんとセンサーで力や傾きを計算して、どうするかを命令して、また測定をしてということをやっています。ですので、基本的には同じ流れなのですが、能力は代替される、拡大される、強化されるというのがロボットの技術になっているということです。

### 21世紀の科学教育でロボットテクノロジーを利用する可能性

ロボットテクノロジーをどう位置づけるか

- ▶ テクノロジーは、課題を解決する技術であり、人間生活や社会生活、科学の発展に役立つものである
- ▶ 人間の知的能力をロボットテクノロジーで代替したり拡張・強化できる
- ▶ 基本的構造は、「計測－処理－制御」である。人間の「五感－認識－行動」と同じ構造を有している。
- ▶ 特に、運動を自律的に制御するものがロボットと呼ばれることがあるが、運動を伴うか否かは本質的な違いではない。

### ロボットテクノロジーの基本的仕組み



今後、少子高齢化社会、高度知識基盤社会が進展するわけですが、我々人間の営みがどんどんロボットに代替される社会で生きていく子どもたちを育てていかなければいけないわけです。理科の中でロボットに直接結びつくところは、まず情報を入手する、計測するところ、つまりセンサリングです。この点、理科で扱っている対象は、基本的には全て関連すると思われる。視界とか、力とか、時間とか、pHとか、電流、電圧、抵抗、熱、磁気、放射線などなど、これら全てがセンサーの対象になってきます。それは直接人間が感覚ではとらえられないような情報も、今ではセンサー技術でとらえられます。そういう意味で人間のセンサリング能力が拡大、拡張されるわけです。

処理の部分は、基本的にはプログラムがその背景にあり、そこで論理性が必要になるし、数学的な計算力も求めるし、速度も必要になって、シミュレーションを利用することもできる。こういうことが人間に代わって出来るようになります。

出力の部分は、判断だったり、行動だったり、記録したり、通信したりという人間の出力が、ロボットでは、力とか運動でその結果が出てきたり、メモリー

## センサーによる情報収集

- ▶ 光(可視光、X線、紫外線、赤外線、電波、)
- ▶ 力・圧力・音
- ▶ 時間、速度、位置
- ▶ pH、各種ガス、イオン
- ▶ 電気伝導度
- ▶ 熱
- ▶ 磁気、電界
- ▶ 放射線
- ...

## 判断・行動・記録・通信

- ▶ 信号出力(力、運動、電流、光、熱、電磁波…)
- ▶ 記録(メモリ、ハードディスク、…)
- ▶ 通信(アナログ、デジタル、インターネット…)
- ▶ フィードバック制御
- ...

## コンピュータによる情報処理

- ▶ プログラミング
- ▶ 論理性
- ▶ 数学的計算
- ▶ 計算速度
- ▶ シミュレーション、予測
- ...

やハードディスクに情報が記録されたり、その結果を通信してどこかに伝達されたり、またフィードバック制御をして、新たな処理をしたりということができるようになります。

最後に、実社会のどういうところでロボットが利用されているかということですが、さまざまな用途に使われていて、研究とか、新しい技術の開発でも盛んに利用されている。今からどんどん増えていくと考えられます。運動を伴わないロボットでも、通勤に普段使っているSuicaによる改札も、ちゃんと情報を読みとって、判断して、適切な行動が出るという点では、ロボットと同じことをやっているわけです。エアコンも電子レンジも自動ドアもロボットといえます。

こういう見方を子どもが持ちながら、自分が理科で学んでいる自然の原理がテクノロジーに組み込まれて、個人生活や社会生活の基盤を支えているという認識を、きちんと身に付けさせることが大切だと思います。

### 実社会におけるロボットテクノロジーの例

#### 明確な自律的運動を伴うもの

- ▶ お掃除ロボット
- ▶ 道案内ロボット
- ▶ 工場用産業ロボット
- ▶ 「パロ」「アシモ」などの娯楽的ロボット
- ▶ 軍用ロボット
- ▶ 探査ロボット(火星、噴火口、海底、火災・地震などの災害現場…)

…

### 実社会におけるロボットテクノロジーの例

#### 自律的運動が明確でないもの

- ▶ バスカード、Suicaなど電子機能付きカード
- ▶ カードロックシステム、自動ドア、指紋認証システム
- ▶ 現金自動支払機(CD)
- ▶ エアコン、予約録画装置、洗濯乾燥機
- ▶ 家電:電子レンジ、炊飯器
- ▶ 火災報知器、自動ドア

…

## レゴブロックを使った理科実験

須藤 みゆき

(レゴ エデュケーション)

レゴについて

レゴのマークには意味があります。クイズにしたいと思います。

1. Let go の略
2. デンマークレゴ本社の電話番号下4けた「0937」をさかさまにした
3. ある外国語のよく遊べという意味をもとにした

答えは3番の“LEG GODT”です。

その言葉は何語なのか、はたまたレゴはどこで生まれたのか？

レゴブロックはどこで生まれたかご存知の方はいらっしゃいますか？北欧のほうですが、レゴブロックはデンマークで生まれました。今も本社がデンマークにあります。

デンマークとはどんな国なのかといえますと、人口は544万人。日本の

人口が約12700万人ですから日本の23分の1です。日本と比べると人口も少ない。地形もユニークで、1番高い標高でも173mでとてもフラットな地形になっています。

皆様お聞きになったかもしれないですけども、デンマークというのは福祉国家としても有名です。医療も無料ですし、教育費も幼稚園から大学まで無料ですので、どんな人でも等しく教育が受けられます。

その反面税金はとても高いです。消費税は何パーセントぐらいだと思いますか？実は25%です。とても高いですね。所得税は個人所得の49.1%で、税金は高いですけども、福祉としても確立されているという国です。

さて、私は自己紹介のときにレゴ エデュケーションの須藤ですと申しあげましたが、レゴグループの中にエデュケーション、教育事業というところがあります。1980年に設立しまして、来年で30年になります。

レゴというどうしてもおもちゃというイメージが強いかもしれませんが、レゴブロックはABS樹脂素材でできておりまして、非常に丈夫なのに弾力性もあって、長い間結合しても色も変化しないという特徴があります。許容誤差が0.002mm以下ということとても精巧にできているので、その精巧さを生かして、先ほど小倉先生がおっしゃったようにテクノロジーとか、動く物のしくみとか、マインドストームのようにセンサーを使ったロボット教材とかにも使われております。



さっそくハンズオンで実際に使っていききたいと思います、今日は二人でペアになってやっていききたいと思います。

はじめに、レゴブロックを使ってやっていききたいと思います。こちらの道具はデュプロブロックと言いまして、先ほどお見せしました基本ブロックと比べて、体積でいいますと8倍の大きさになります。このレゴ基本ブロックとデュプロブロック、大きさは違うのですが、はめて遊ぶことができます。ですので、年齢の小さい子から共同で何かつくって遊べます。例えば幼稚園などでは、大きな木を作るときに年少さんはデュプロで幹を作って年長さんはレゴ基本ブロックで木の枝を作るとかして使えるのも特徴かなと思います。

それでは活動に移りたいと思います。まず、ブロックを数えていききたいと思います。ブロックの数え方ですが、まず出っ張っている部分、日本語でポッチと言います。英語だとスタッドと言います。後ろの穴の部分がチューブ。このスタッドアンドチューブ方式が生まれて今年で51年になりますが、この方式の開発のおかげでカチッとほまるレゴ独特の結合性が生まれ、子どもたちの想像力と想像力をいかに発揮できるようになりました。まずオレンジ色の2×2のブロックが1個。次に黄色の目がついた2×2のブロックが2個。黄緑色の2×4が1個。紫色の2×6が1個。オレンジ色の2×2でカーブがついたものが1個。同じ形で赤色が1個。次はちょっと変わった形で2×2の黄色でオレンジのスプリングがついたものが1個。また変わったもので浅いブロックで黄色いポッチがついたものが1個。プロペラが1個。

ではこの10ピースのブロックを使ってお二人で協力して高い塔を作ってくださいなのですが、使っているのは片手だけです。ブロックは両手ではめますので、お二人で協力してなるべく高い塔を作ってくださいと思います。皆さんはエキスパートでいらっしゃるのです、組み立てる間はお話をしてはいけません。ただし組み立てる前に相談をしてどんな高い塔にするかプランを練ってください。3分間でプランを練って、組み立てるときは片手で、お話しで作ってください。



今小倉先生から「ブロックをつなげないといけないのですか？」といういい質問がありました。特にそういうルールはお話していませんので、できるだけ高く積んでいただければと思います。(ブロック作成中)

では手を止めてみていただきたいと思いますが、いろんなタイプがありますね。こちらはブロックを組まないで上に積み上げていく。組まなくてはいけませんよと言っていないのですごく高い塔ができていて、素晴らしい発想力とチームワークだなと思いますが、こ

うして別々の位置で組み立てた時に、どれが一番高いかなとどうやって比べたらいいですか？

「そばに持っていくしかない」

後は何か方法がありますか？

「定規で測る」「組み合わせを見れば」

そうですね。ブロックのサイズは決まっていますからね。残念ながら今日は定規を忘れてきてしまいました。できればひとつの場所に集めて背比べをしてみたいのですが、お二人のチームワークも良くなってきたので、今度は前のテーブルでコンテストをしたいと思います。組みなおして前のテーブルまで運べる高い塔を作っていただきたいと思います。それではさっきと同じように 3 分間のプランニングの後組み立てていただきますが、今度はプランニング中にブロックに触らないでどんなに高い塔を作るか話し合っていて、よいスタートで二人で協力して、テーブルまで運べる高い塔を作っていただきたいと思います。(ブロック作成中)

では、出来上がった方から壊さないように前に持ってきていただけますか。プロペラの位置とかによっても高さが微妙に違いますね。

今回 10 ピースのブロックで 1 回目と 2 回目の課題で持ち運びできるようにするというちょっとした変化をつけたところと、二人で想像をして一緒にプランを立てて組み立てるというところもポイントだったと思います。ブロックというどうしても一人で集中するというイメージが強いと思うのですが、協力してできたという達成感もありますし、表現力とかイメージネーション力とか 10 ピースのブロックの塔にすごく表れています。



今日私はレゴ エデュケーションという所から樺山という上司と二人で来たのですが、もう一人友達を連れてきました。その友達はとても恥ずかしがり屋でこの箱からなかなか出てきたくないと言っています。皆さんは二人でまず役割分担をしていただいて、一人の方がまず前に出てきていただいてこのお友達の形を見ていただきます。このお友達は先生方の前にあるブロックと同じものでできています。二人のうち一人がどんな形か見えていただいて、席に帰ってペアの方にどんな形だったかと伝えてあげてください。ルールとしては、見に来た方はブロックに触れません。どんな形だったか伝える役目。待っている方は情報を聞いてブロックを組み立てて表現する。それではお二人で役割分担を決めてください。それでは見に来るほうの方は前に、組み立てるほうの方は後ろを向いていてください。

それでは見に来た方は、ブロックに触らないで、口で伝えてください。(ブロック作成中)

いま何がしたいですか。

「もう一度見たい」

ではさっきと同じ役割で、見に来る方は前に来てもう一回見てください。さっき見きれなかったようですね。ではもう一度伝えてください。(ブロック作成中)

皆さんペアで協力して作ってもらったモデルを前のほうに持ってきていただいてあって、いるかどうか見てみましょう。

どうでしょう。今 10 ピースのブロックを使っていただいて、二人で協力してやっていたのですが、それを組み合わせるのにどんなスキルが必要だと思いますか。

「まずしっかり見てくる」

「しっかり伝える」

そうですね。情報伝達も大事です。あと、二人で協力するので、コミュニケーション力、協調・協力です。

また、10 ピースブロックなのですけども、レゴブロック自体がシンプルだからこそ、その環境や年齢、スキルに合わせた課題設定をすることができます。今回、先生方はとても優秀なので、モデルをすごく複雑な難しいものにしました。それなのに正解率が高くてびっくりなのですが、生徒さんたちにやらせる時に、もう少しブロックの数を減らすとか、組み立てをシンプルにしたり、難易度を自由に設定できるところもブロックの特徴です。

折角なのできょう一日協力してやっていただくチーム名を付けていただきたいと思います。前に三角の紙がありますので、二人で話し合って素敵なチーム名を付けてください。いろんなユニークなチーム名ができていますね。今日はこのペアで一日活動していただきたいと思いますので、チームワークよくやっていただければと思います。(休憩)

特に午前中の部分は、コンピュータ制御を使わない動く物のしくみですとか、そういうものを学習するレゴ サイエンス&テクノロジー モーター付基本セットというものを使って原理について一緒に学習していけたらと思います。

396 のパーツの入ったセットを使います。細かいピースも入っていて理科の学習に十分役立つと思います。

それでは、ギアについて一緒に勉強できたらと思うのですが、先生方理科のエキスパートなので逆にアドバイスいただければと思うのですが、左側に駆動輪。右側に非駆動輪があります。非駆動輪を速く回すにはどういう組み合わせがいいでしょう。

1. 同じ大きさのギアを回す
2. 小さいギアで大きいギアを回す
3. 大きいギアで小さいギアを回す

一番早く非駆動輪を回すのはどの組み合わせでしょうか。ペアで話し合っていて、答えを決めていただきたいと思います。回転数の速さで考えていただきたいと思います。それではいかがでしょうか。1 番だと思ふチーム、2 番、3 番。(3 番の回答で挙手)  
では、トルクが最も強いのはどの組み合わせでしょう。1 番だと思ふ人、2 番。(2 番の回答

で挙手)

それでは、本当にそうなのかブロックで作って試してみたいと思います。

これから二人に 1 個、セットを配ります。セットには細かいパーツがたくさん入っています。ギアもいろんなサイズがあります。中に組み立て説明書が入っていきまして、手順が書いてあります。最後には皆さんで動く車を作っていただくのですが、まずギアが本当にさっきの回答の通りなのか試していただきたいと思います。まず、説明書の中の G1 を組み立てていただきたいと思います。G1 が終わった方は、G2、G3 と作っていただいて実際に速さがどう違うか確かめてください。

それでは、結果を発表してもらいたいと思います。

「早く回るのは人が回すほうが大きい歯車で、回されるほうが小さい歯車です。」

「力のほうは回すほうが小さい歯車で、回されるほうが大きい歯車のほうが力は出ます。」

皆さんどうでしょう。同じ結果になりましたでしょうか。

では、たくさんのパーツのセットなので、実際に動く車を作っていききたいと思います。それでは、折角組み立てていただいた歯車なのですが、一回ばらしていただいて、トレーに片づけていただきます。終わりましたでしょうか。それでは、今日取り組んでいただくのは、パワーカーというものです。こちらのセットはモーターとかバッテリーボックスもセットになっているので、モーターで駆動する皆さんオリジナルの車を作っていただきたいと思います。お手元に組み立て説明書のファイルがあると思うのですが、これから作っていただく物は A と B のファイルに分かれています。なぜ分かれているかということ、一つのモデルを組み立てるのに、二人で作業を分担して、それぞれのパーツを組み立てて、最後に一つに組み合わせる、という特徴がこちらのセットにあります。最初にジプロブロックで取り組んだように、二人が役割分担して一つのモデルを組み立てるということで、時間短縮のみならず、二人で共同して組み立てたという達成感も出てくると思います。そうした工夫がしてあります。

まず、11A と 11B を抜き出してください。11A の 6 ページ下のほうに棒が書いてあります。実寸ですので、それに合わせて取り出してください。棒の長さを間違えると後で抜いたりするのが大変ですので、まずこの実寸を確認していただきたいと思います。あと、そのページのものを作る時に何が必要かということが、上の小窓に書いてありますので、事前に取り出して組み立てていただければと思います。

車の出来上がった方はテスト走行をしてください。電池は単三 6 本入れてください。今日は電池を使いますけ





ど、バッテリーの開発もやっております。

先生方途中だと思いますが、情報がありますので一度こちらを向いていただけますでしょうか。説明書を元に基本のパワーカーを作っていたらと思うのですが、説明書の中にタイヤとか歯車の組み合わせを変えた発展のところもあります。今日は折角なので、皆さんでレースをしたいと思えます。できるだけ早いパワーカーを作っていて、会場の後ろでレースをしたいと思えます。プラス速いだけではなくパワーのある車を作っていてほしいと思えます。速さは平面のレースをして、その後坂道でやりたいと思えます。それではルールを説明します。スピードのレースは、1位 100点、2位 80点、3位 60点、4位 50点、5位 40点、6位 30点、7位 20点です。坂道を上れたらボーナスとして 50点差し上げます。例えばスピードで 4位でも坂道を上ればボーナス 50点で 100点になります。ですからスピードで 1位を狙っても OK ですし、パワーとスピードでバランス良く作っていただいても OK です。

標準の形からいくら変更していただいても OK です。例えばお人形を取ったりとか、増やしたりとか、重りを乗せたりとか、どんな形に変えていただいてもいいです。

最初にスピードを競っていききたいと思えます。

前のタイヤを線のところに合わせてください。

「全部一斉にやるわけ」

「3 チームずつで行きますか」

「3 チームいっぺんには測れないので 1 チームずつで」

それでは青春 18 から。青春 18 6.32 ボロボロ 6.17 ニューフェイス小学校 4.52  
THBS 4.84 わだたなか 2.49 AKB 途中でストップのためリタイヤ おや 2.37  
たにおか 5.18 O-GEL 2.81

すごく早いですね皆さん。次はボーナスポイント。坂道を行きましょうか。改良なしでそのまま行きたいと思えます。どうします。3 チームずつで、早いもの順にしますか。(チームごとに挑戦)

まず青春 18 ○ ニューフェイス ○ ボロボロ ○ THBS × O-GEL × おや  
× たにおか × わだたなか ×  
AKB ×

それでは表彰式を始めます。

まず 1 位は 2 チームが獲得しました。チームおやがスピードで 1 位です。とにかくはスピードが速かったです。次がニューフェイス小学校で、総合力で 1 位でした。工夫した点は

「ほとんどノーマルでタイヤを大きくした点と、前に人形を 2 対のせた点



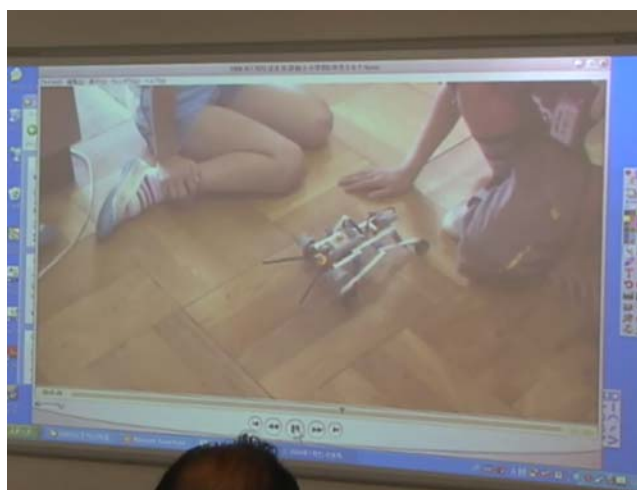
です」

3位はわたたなかチーム。こちらスピードが速かったです。工夫された点は「軽量化です」

ありがとうございました。本当に素晴らしい10チーム10様の車ができたと思います。またこうやってレースをやることによってチーム性も高まりますし、さらに工夫しようという意欲もわいてきたかなと思います。スピードだけでなく勾配のきつい坂道を登ることのできる車を作るため、トルクの面でも工夫されたり、車自体を軽量化されたりとか、三輪にされたりとか、今まで見たことのない車もたくさん見れて、すごいな、さすが先生たちだなと思いました。

最後に学校でどのように使われているかということムービーにしましたので、見ていただきたいと思います。さいたま市の公立小学校の5年生「電流のしくみ」のムービーです。

小学校5年生の授業なんですけども、今日先生たちが作ったものちょっと違って、4足歩行。ちょっと虫みたいな形ですね、で進んでいくものを作りました。リンク機構という機構を使っています、ペグを止める位置によって足の歩幅が変わってくるので、どうしたら大股に動くのか生徒たちが工夫して1時間の授業の中で作った結果をまとめました。授業の中で使う可能性というのもたくさんありまして、参考資料として、小学校でどのように使っているかということを机の上に置いておきますので、参考にいただければと思います。



## 中学校での教育用レゴ・マインドストーム・NXT を使った実践事例

小林 輝明（新宿区立新宿中学校 主幹教諭）

新宿中学校は JR 新宿駅の東側一帯を学区域としている地域でして、日本で一番の歓楽街歌舞伎町や、23 区でも大きい戸山団地という都営団地を学区域に抱えています。なおかつ新大久保という中国・韓国系のお店、レストランが多い地域も抱えていまして、半分ぐらいが外国籍にかかわる、お父さん、お母さんが外国籍である子供たちで、全く日本語を話せない子がクラスに 2~3 人、不自由な子も合わせますと 2 割弱になるような複雑な地域の学校です。生徒の減少により、二つの学校が統合して新しい学校として 5 年前にスタートしました。

今回の実践にもかかわるのですが、統合したので、新校舎を作るということで、理科も備品の予算がつかしました。その時に教師としてこういうものが必要だ、例えば理科の教師なので、電源装置が古くなっているの、ドンと 10 台くらいきれいなのをそろえたいとか、誘導コイルが古くなっているの、交換したいとかそういうものもありま

したが、子供に「どんなものが学校にあったらうれしいかい」と要望を聞いたところ一番にかえてきたのが、「ロボットとかを作りたい」というものだったのです。

子供たちに聞いても電源装置が欲しいとか、ピーカーを充実させて欲しいとかという返事は返ってきませんので、こういうものかもしれません。中には、環境をいろいろ調べられるものが欲しいとかいうのもあったのですが、ロボットが多かったのです。私自身もロボットを学校の授業の中に取り入れるというのは、未体験ゾーンなのです。私も学校を何校か経験し、いろいろと実践も重ねてきたのですが、作ったことがなかった。そこで、いろいろと調べてみましたところ、レゴの可動性というところに惹かれまして、購入しようということでパンフレットとか見せていただき、教えていただきながら購入ということになりました。

当初予算では 1 クラスで全員出来るように、10 台購入ということで出したのですが、果たして私が異動になった後引き継ぐ者がいるのか、10 台をやり切れるのかということで、事務方との折衝がありました。他の物も必要なので、ロボットでいくぞというような大きな特色を出すということでなく、理科としてこうやっていきたいということでまず半分にして、実績を積むなり、今後買い足せばいいんじゃないかということで、6 セット購入でスタートしました。

実際にはどういう風の実証したかと言いますと、年間 35 時間ある選択理科の 2 年生の授業で実施しました。2 年生ですので週 1 回の授業なのですが、このレゴのロボット製作

### 1. 授業実施へ向けて

- 新校舎建設に当たり理科備品予算が増加
- 生徒の要望 ロボットとかつくってみたい
- レゴの可能性 教師として未体験の領域
- 10 台の購入→5 台

に当てたのは、実質 20 時間です。前半の 15 時間については別のことをやりました。これには理由がありまして、1 年間ロボットのプログラミングだけを選択理科としてやるのはどうかというのを、授業案を作る時に言われました。これにはいろんな考えがあって、理科だから一つのことをやるということももちろんあるでしょうが、この選択としてそれまで取り組んできたことが、野外で植物を育て、その栽培をするというのをずっとやってきて、その流れがあったわけです。野外で栽培をしていてその後急にロボットに変わるというのはどういうことだということがあって、それでは季節の良い前半は今まで通りで栽培活動をして、寒くなると野菜もなかなか取れなくなるので、部屋の中でロボット製作ということで、前半後半に分かれました。

受講生なのですが、理科の好きな生徒もいれば、苦手な生徒もいて、生徒 9 名が受講しました。選択理科を取っている生徒はもっと多いのですが、私は厳しいほうでして、厳しいから、生活指導でうるさいからということで生徒が来ないので、9 名ということになりました。

この 9 名を 4 グループに分けて、1 台ずつ作らせるというような形で、授業をスタートしました。スタートはパソコンの使い方からです。この 9 名の中には「起動ってなに」という子が入っています。全くパソコンが分からないという子供がいたので、そういうパソコンの使い方、さらに最初は先ほど先生方が手にした箱なのですが、ビニールのパックに入っていますので、一つ一つパーツを仕分けることで 1 時間中学生にはかかってしまいました。その後基本ロボットの製作、基本的なプログラミングの学習です。この基本ロボットというのが、レゴの製品を買いますと作り方というのが入っていますので、説明は無くそれを絵で見てできます。この基本のロボットを製作し、後はパソコン上で基本的なプログラミングを学習して、このロボットが進む、止まる、さらに曲がる、進んで行きながらカーブして曲がることとか、急に 90 度に曲がることとか、左に行くとか、そしてバックする。こういうプログラミングを学習しました。その後課題を与えて、それをクリアする試験を何回かやりました。ここまでが選択理科の基本的なところで、全員で評価するぞ、できたかできないかで評価するぞというところでのところです。するとこれも大体難しいのを出して、最初

## 2. 実践

- 年35時間の第2学年「選択理科」で実施
- 週1回の授業 実質20時間
- 受講者は様々な生徒9名が受講
- 4グループに分けて1台ずつつくる

## 3. 年間予定(前半)

- パソコンの使い方
- 部品の仕分け
- 基本ロボットの製作
- 基本的なプログラミングの学習
- 進む、止まる、曲がる、バックする等のプログラミングの学習
- 課題を与えてそれをクリアする試験

はまっすぐ行って止まり、バックして元の位置にかえってくる。次は、まっすぐ行って右に曲がり、そこから左に曲がって、あるところで止まる。何秒間か進み、回転数を変えて右に曲がり、左に曲がって何秒か行ったところで止まる。それから途中に障害物を置いて、どういう形で越えて行ってもいい、右側から回ってもいい、左側から回ってもいい、どういう形で行ってもいいから、障害物をよけて行って、中に入って、入った後バックで出て来て、また元の位置に帰ってこいとか、いろいろな試験を出して、それをクリアするというようなものが前半で終わりました。

大体ここまではすべての生徒ができていました。基本ロボットを組み立てるのが難しいというのもあったと思います。では、どういう風にプログラミングするのかということになりますと、これは後半にお話があるのではないかと思います。ノートパソコンで非常に簡単にドラッグアンドドロップでプログラミングを組むソフトが付属で付いています。それはパソコンという知識がなくても、なになにをさせたいというものをクリックしてドラッグすれば、その組み合わせでロボットに命令が送れるというシステムでしたので、本当にパソコンの知識がない子供でもやっているうちに理解できるという内容でした。

このあとなのですが、センサーの学習をしました。いろんなセンサーがあるので、センサーの学習をして、ここまで来ると子供たちが、さらにもう少しやりたい、人型ロボットを作りたいということで、人型ロボットの製作にかかりました。ところがいったん出来上がると意外に人型ロボットは歩くだけで、そんなにいろんなことができるわけではないのです。ここで終わってしまったのが大部分なのですが、そこが終わ

ってしまうと人型ロボットで手を上げたり、ダンスみたいな動き、ちょっとおもしろいような動きをさせなさいというようなことを伝えたのですが、結局あまり面白くないということで、他のタイプもやりたいということで、他のタイプの製作まで取りかかって終わったということです。

ほかのタイプの製作で一つのグループが作ったのが、サソリです。設計図などは独自に作ったのではなくて、基本になるものがあるので、それに従って作っていったというようなところ。子供たちが作ったのは、動いて行ってセンサーが感じると刺してバックします。しばらくするとまた向かって行って、2回刺します。基本の物は1回刺すだけなのですが、子供たちが2回刺したほうがいいと、刺した後はバーイと言ってバックする。このように歩いて行って、センサーで何か感じると刺しに行って、1回だけでなく2回とどめを刺して、バーイと言ってまた帰っていく。またしばらくすると進んでいくというような、作るだけでなくプログラミングの中身についても子供たちが、ああしようこうしようと言

#### 4. 年間予定(後半)

- センサーの学習
- 人型ロボットの製作
- 人型ロボットの動作を工夫する
- ほかのタイプの製作

って工夫しました。これは中学 2 年生で、初めてブロックを与えられて、その場でプログラミングの方法を自分たちで学んで、20 時間の授業の中の最後に出来上がったのが、先ほどのサソリですので、私自身も子供たちがここまでできるのかという非常に大きな発見がありました。

授業の実際ですが、授業が始まりましたらノート PC を理科室に子どもたちは自主的に持っていきます。レゴのボックスを自分たちで出して来て、各自作業を始めます。

このときの特徴としては、普通の授業とは違って指示されなくても自ら箱を出して、パソコンを立ち上げてと自分で取り組みます。休み時間のうちから来ました。50 分の授業なので、じゃあ終わりだよは 5 分前に言ったのでは間に合いませんので、10 分前に片づけの指示をしなければならなかったのが実際です。理由は熱中するあまりすぐにやめられない。「片づけだよ」と言われてから 10 分ないとその間に自分たちがやっている途中で「はいやめて片付け」ということができないんですね。どうしても 10 分近くかかる。ですからそれだけ熱中するということです。

それから、心配したのは多くのパーツがあったのでなくなってしまうのではないかということが心配だったのですが、最後までパーツがなくなるということはありませんでした。ただ、落ちているはありました。これは後でもまたお伝えするのですが、なぜ落ちていたかですが、授業で工夫したことは、二人一組として必ず協力しなさいということで、これを基本としました。それから、パソコンの経験の差があったので、ある程度経験の差を考慮しました。パーツの紛失を防ぐために、理科室にはいろんな物が多いのですが、できる限りすべての物品を撤去して床の上には何も無い、落としてもすぐわかる、机の上も何も無いという形でやりました。

それから、ノートパソコンの確保。1 台のロボットにつき 1 台のノートパソコンがないと難しいということがわかりまして、4 つ作りましたので、4 台のノートパソコンを確保しました。ちなみにうちの学校では 4 台しか自由に使えるノートパソコンがなかったので、4 台以上は無理だったということです。一度そのうちの 1 台が壊れて、3 台でやった時には非常に大変でした。ですから、ノートパソコンを選択理科では必ず 4

## 5. 実際の授業

- ノートPCの準備、ボックスの用意
- 各自作業を始める  
指示されなくても自ら取り組む
- 終了10分前に片づけの指示  
パーツがなくなることはなかった  
熱中するあまりすぐにやめられない

## 6. 工夫したこと

- 2人一組とし、協力して製作することを基本
- PC経験の差を考慮して2人を組み合わせる
- パーツの紛失を防ぐため理科室のすべての物品の撤去
- ノートPCを確保

台使うので、その時だけは学校の方は貸してくださいというようなお願いをしました。

授業ではどのような効果があったかというところ、日ごろの授業では見られない生徒の一面、先ほどもありましたが、自ら来て、自分で出して、そして始めて、こちらが何を支持するまでもなく自分からどんどん進んでいく。それから、完成のときの非常に大きな達成感が子供たちにあったように思

います。「出来た。これを誰かに見せたい」というような思いが強かったと思います。自ら進んで学ぶ姿勢が非常に強くなりました。こっちに聞きに来ないで、自分たちで解決しよう。それから、一人だけ欠席がちな生徒がいたのですが、なぜかこの日だけは来ると。自分としてはこれのせいだと思いたいのですが、ほかの要素もあったのかもしれませんが。この生徒は最初の屋外活動のときには休みがちだったのですが、ロボットになったとたんに急に来るようになった。それから、もっともっとやりたい。難しいことをやりたいというような生徒がやはり最後の方に出てきた。次のステップ、次のステップを求める生徒がいたということです。9名しかいなかったのですが、統計的にどうかということは言えないのですが、9名の生徒からはこういうことが読み取れたということです。

授業をする上の課題なのですが、とにかくプログラミングを作って、命令を加えて、動いて、失敗をし、またプログラミングをして、命令してということを繰り返すので、やはりノートパソコンというものがロボット1台に対して1台は必要で、うちは4台しかなかったのが6つ買っても4つしかできなかったという状況がありました。またうちの学校では、インストールが不可、ハードディスクがキーパーというインスト

ールができない構造になってしまっていて、新たに授業でやるようなものもそれをやるタイミングがないからということで、インストールはだめと。ですから、1回インストールして再起動すると全部消えているという。ですからまた再起動して、インストールし直してまたというような課題がありました。こういうのは全然問題のない学校であればいいと思います。

それから、1回ノートパソコンを落としまして、壊れて3台になった時期がありました。これも学校の理解を得ないと、ノートパソコン壊したじゃないかもっと大事に扱ってくれないと困るというようなことにもつながってくると思います。ノートパソコンは学校全体の物でしたので、理科の物ではなかったです。それから理科室の机がちょっと小さいとい

## 7. 授業効果

- 日頃の授業ではみられない生徒の一面が見られた
- 完成の時の達成感が大きい
- 自ら進んで学ぶ姿勢が強くなる
- 欠席がちな生徒への効果があった
- ほかのロボットやもっと難しいものにチャレンジしたいという生徒がいた

## 8. 授業をする上での課題

- ノートPCの確保→4台しかない  
インストール不可、落として破損
- 理科室の机では少し小さい→ロボット落下  
プログラミングの学習では制約
- 進度に大きな差が出る→やっもらう生徒
- こだわりが生じてくる→一人でやりたがる生徒
- 評価の観点

う印象もありました。今お伝えしましたが、やっていく中で動きを伴うと机の上で作業しているとほんのわずかですけれども理科室は小さい。それと、水槽があるところではそこにパーツを落としたりする可能性もあるので、ふたのない広い机とかがあるといいかと思えます。ただ理科ということであるというのなら理科室というのはやむを得ないと思えます。プログラミングの学習では、オープンスペースがあるかないかで、通常理科室にはオープンスペースはないと思えますので、そういう意味での制約がありました。

それから進度に大きな差が出ました。早い子はものすごく早い。どんどん先に行きます。それで最後にサソリのロボットができる。遅いグループは人型ロボットの途中であきらめました。完成できなかったというのが実状です。ただ授業としては、評価の観点に関するのですが、必ず評価をしなければいけないし、どういう観点で評価しているか説明の義務がありますので、授業としては、先ほどお伝えした基本的なプログラミングが、クリア出来ていればこの授業ではOK。そこから先は応用発展という形でしたので、後半は差が出てきました。

それから、2人ないし3人で組んだのですが、途中からかなりこだわりが生じてきます。つまり一人でやりたがる子が増えてきます。隣で「こうやっても」と言っても「違うよ」と言って、自分でやります。これはある意味やむを得ないと思えます。むしろこういうものがあるからこそ、お互いにやりながら人間関係を学ぶ良さだと思えます。これを排除してしまうと、じゃ一人1台ずつ渡せばいいじゃないかという、それは他と関係ない、自分一人でやっていけばいいという世界になってしまうので、学校教育の中で取り入れるには、こういう課題があるけれども、さらにこれを考慮してやらせることが必要かなと思えます。むしろこういうものを体験させて、その上で、その次を育てるような工夫が我々に求められるのかなと思いました。

これから授業を進めるためにはどんなことが必要かということで、自分なりに考えてきたものをまとめたのですが、私たち自身がサイエンステクノロジーというか物・化・生・地でくくられてしまって、理科で言えば最後の最終章に科学技術という言葉が出てくるのですが、私自身が感じるものは工学的な分野、例えば高校に行くと高専、大学に行くと工学部・理工学部がありますが、何か中学校、小学校の、特に中学校ですが物・化・生・地とは違うところにあるようなイメージがあります。そこに今学んでいるものが繋がるんだというものを中学の中に取り入れる、または我々が認識する必要があるのではないかと思えます。それからもちろんこれは新しいことになります。こうしたことに今日先生方が研修を受けられているように、新しいことに取り組む教師の意欲がないとどうしてもうまくいかないだろう、と同時

## 9. これから授業をすすめるには

- サイエンステクノロジーの重要性の認識
- 新しいことに取り組む教師の意欲
- まわりの教師、事務室の理解
- 場所の確保
- レゴの台数と授業案の作成
- PC台数の確保
- 授業を誰が行うか



に周りの教師や、お金もかかりますので事務室の理解がないと、とうてい進められないと思います。

それから場所です。実は箱ごと落としたことがありました。パーツが全部床に散らばって、全部片付けろと言って、最後に私が点検した時にパーツがいくつか残っていたのですが、こうした場所でもどこで活動するかによって、落とすということは必ずあると思うので、そういう時にパーツを全部回収できるか、回収しやすい場所か。「1 個いっちゃった」という時にちゃんと拾える場所かということも大きな問題だと思います。古い学校だと床と床の間に隙間があいていたりとかあるかと思いますので。後は、レゴの台数とそれに応じた授業案の作成。これが先にロボット作るよということを伝えたら、おそらく 1 クラス以上の生徒が私の学校でも集まるのではないかと思います。面白そうだからと集まるんじゃないかという気がします。そうしますと 30 人、40 人と集まった時に、基本的に選択は断るなというのが原則になっていますので、40 人集まってレゴロボットをどうやってやらせるかという、台数が足りないとかいろんな問題があるので、この台数に応じた授業をどう組み立てるのかということ。

同じくレゴの台数に応じて、これは私自身が感じた事なのですが、パソコンはやはり必要だと私は感じました。パソコンを確保すること。

そしてこれも大きいことなのですが、好きな先生がそれだけやっていて、その先生が異動になった途端に今までやっていた実践が止まったというのは、教育の中で部活も含めていろんな所であるかと思います。ですから、非常に優れた教材ではあるけれども、まず一歩にしり込みしがちなところがあります。私もプログラミングのロボットというと、大学も生物系で物理系は苦手ということもありましたので、そうすると次に来た方が、ちょっとそれはと言われると、それで実践が終わってしまっただけでは非常にもったいないので、授業を誰がやるか、それは同時に誰でも出来る物にしていく必要があるのではないかと思います。

## 教育用レゴマインドストーム NXT のプログラミング体験

小林 健介 (株式会社ナリカ)

今日は皆さんにプログラミングをしていただきたいと思います。この中で NXT を実践した方はいらっしゃいますか。それでは今日は、初級から始めたいと思います。レゴの NXT ですが、難しそうに感じる方がいらっしゃると思うのですが、私はいろんなところで講習とかワークショップを行っているのですが、小学校 1 年から大学生までやりました。さすがに小学校 1 年生というのは 5 月にやったのですが、幼稚園を卒園したばかりなので、理解できないということがありまして、1 年生はさすがに無理でした。ただ 3 年生ぐらいからちょうど理論的な考えというのができてくるのかもしれないのですが、3 年生になると理解できます。1 年生、ちょうど幼稚園出たてのころは、動くのは楽しいのですが、何で動くのか分かっていないということがありました。同じく一番上の大学生になると、ロボットを専門的にやっている人に教えたのではなく、大学の一般授業の 1 年 2 年のところでやったのですが、ロボットをさわっていないので、小学生や中学生がやっているのと基本的にはいっしょなのですが、大学生も楽しんで学んでくれるということがわかりました。

それでは実際にやってみたいと思います。一つお聞きしたいのですが、今日ロボットということでやっていますが、ロボットって何でしょうか。

「情報を得て動く」

人間も情報を得て動いたりもしますね。

「物」

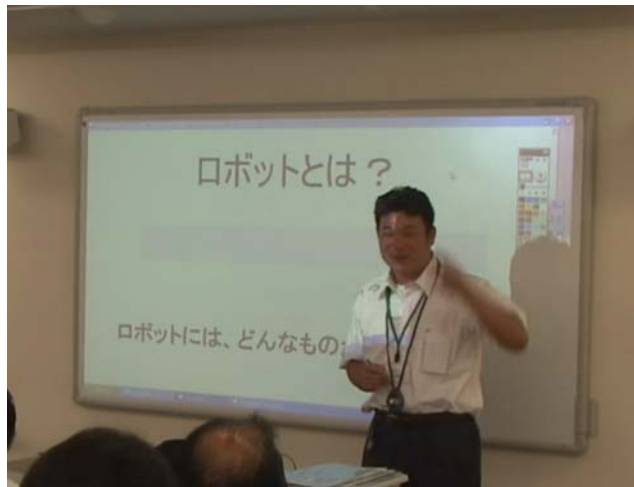
動く物。後は何か

あまり難しく考える必要はないです。これは基本的に小学校、中学校向けにやっている内容なので難しいことは書いてありません。

簡単に言うと「人の代わりに作業を行うもの」もともとの概念というのがそこからロボットというのは入っているものなのですね。ロボットの言葉の語源というのが、チェコかどこかの小説かなんかで、ロボタというのが人の代わりに作業を行うので、そこからロボットになったということです。

次に「ロボットには、どんなものがありますか？」ということなのですが、これも小学校、中学校向けに作ってありますので、色紙の下にいろいろ隠れています。ロボットとはどんなものかなというので、これは、アニメとか映画とかいろいろあると思うのですが、何かありませんか。

「ガンダム」



そうですね。今、明日ぐらいまでですかお台場にガンダムがあると思います。他に「アトム」

日本ではこれが一番メジャーじゃないかと思います。後はありますでしょうか。

「鉄人 28 号」

後は

「ターミネータ」

色を想像してもらえるとわかると思うのですが、

「ドラえもん」

「マジンガーZ」

「アシモ」

「ヤッターマン」

「アラレちゃん」

「エバンゲリオン」

その他いろいろ映画ではトランスフォーマーとかやっていると思います。ロボットというだけで、いろいろあります。工業用ロボットとかもこの写真の中には入っていませんが、あります。

今日やるロボットなのですが、先ほどの回答に線引きができます。「ガンダム」「鉄人 28 号」「マジンガーZ」は、人間が操作するロボットです。「ヤッターマン」は人が乗っていますが操作はしていません。自分でいろいろ動きます。「アトム」「アラレちゃん」「ターミネータ」「ドラえもん」も自分で動きます。「アシモ」はいろんなパターンがあるのですが、一応こちらに分類してあります。「エバンゲリオン」は一応人が乗って操作しているのですが、たまに隠れとかもあったので真ん中にしておきました。今日皆さんにやってもらうのは「アトム」側のロボットを皆さんに体験してもらうということです。

プログラミングとはということなのですが、「コンピュータに指示命令をすること」制御とは「物をうまく動かすこと」。これは小学校とかでやっているのですが、今日やるのは、ロボットを動かすためにプログラミング（命令）をして制御してみようということをしてみたいと思います。

二人でペアを組んでやっていただきます。まずプログラミングソフトを動かしてみたいと思うのですが、皆さんのパソコンのデスクトップのところに **NXT2.0** プログラミングというのがあるので、ダブルクリックしてください。もちろん小学生とかはダブルクリックと言っても分からないかもしれませんので、説明した方がいいかもしれません。ブロックの組み立ても自分たちでやった方がいいのですが、今日は時間がないので出来上がったものを使います。小学校では組み立てに 1 時間使ってしまいます。セットは先ほどと同じようにパーツごとに入っています。組み立て方も先ほどのサイエンステクノロジーでやったのと同じで、説明書が入っていますので、それを使って組み立てます。

それでは実際にプログラミングしてみたいと思います。画面上にプログラム 1 というの

があります。その横に実行というがあるので、クリックしてください。簡単なものからやっていきたいと思います。画面の左にいろんなアイコンがあると思うのですが、このアイコンの一番上の所に、ギアがかみ合わさったようなアイコンですが、これをクリックすると出てきますので、これを開始という所にドラックして離してください。これでとりあえずプログラミングは出来ました。これをロボットにダウンロードするのですが、作ったからと言ってロボットに何も命令しているわけではないので、ロボットに必ずダウンロードしなければいけません。子供たちは結構忘れていて、プログラミングしたからできたと思って持って行ってもできなかったということもありますので、ここは結構重要ポイントです。あとは、ロボットをつなげてもダウンロードできませんということもあるのですが、ロボットも寝ていたら何も言うことをきいてくれません。必ず電源を入れてからダウンロードするということで、電源は、真ん中のオレンジのボタンです。押すとロボットが起きます。これは自分で何分間で消えるとか、ずっとつけっぱなしとか調節できるようになっているのですが、皆さんのロボットは10分ぐらいに調節してあると思います。なので、何もやっていないと消えて切れてしまいますので、必ずロボットが起きていないと動かない。人間と同じですね。寝ている時に勉強しろと言われてもできないのと一緒で、ロボットもやってくれないということです。

これをUSBケーブルでつなげてダウンロードするわけなのですが、大人の方はこれだけでわかって出来ると思うのですが、子供の方にはきちんと平型の長方形の方がパソコン側について、台形のちょっと形の変った四角い方をロボットにつけるのですが、ロボットの方にはちゃんと形を合わせてつけるように説明をしないと多分無理やり差し込んだりとか、後は「先生全部ささりません」とかちょっとピンが出ている感じなんですね。その辺をちゃんと説明してあげてください。

それではダウンロードしたいと思うのですが、ダウンロードの仕方はいろいろあるのですが、今日やりたいのは、右端のところにコントローラのような絵があります。これの下向きの矢印、これをロボットが立ち上がっているのを確認してクリックします。そうするとプーとロボットがおならをするので、それで一応ダウンロードができました。子供はこの時に結構早くダウンロードに持っていきたいからということで、待っています。その時にダウンロードできていないのに抜いてしまうと壊れることがありますので、気をつけていただきたいと思います。プーと音が鳴ってから抜いてください。

それではダウンロードできたので、持っていきたいので、USBケーブルを外して後ろの方に行ってください。

なにも押さないとマイファイルという所になっていると思います。小学校2,3年でもマイファイルというのはわかっている子がいます。もう一度オレンジのボタンを押すとソフトウェアファイル、もう一度押すとプログラム1というのになります。もう一度押すとダウンロードプログラム1になると思います。もう一度押すと動きます。どんなふうに動くか分からないので、気をつけてやってください。(少し動いて止まる)もう一度オレンジのボタンを

押すとプログラムが動きます。(ちょっと動く)

「なんだつまんないなあ」

つまんないですね。でも一応さっきのプログラムをダウンロードした結果なんですね。オレンジのボタンを押すと何度でもプログラムを実行します。一度リセットしたい場合はオレンジの下、濃い灰色の部分を押すと電源が落ちます。

つまんなかったなという声もあるので、もう一度これを説明します。

「もう少し動きがないとね」

とりあえずはロボットにプログラミングと簡単にやってみました。これはどんなものをアイコンに入れたのかということなのですが、画面上にロボットのアイコンだけがあるのですが、アイコンの上をスリットしてもらいますと、アイコンが薄青い枠で囲まれます。薄青い枠で囲まれていないところをクリックしても何も出ないのですが、薄青で囲まれたものをクリックすると情報が下の方に出ます。

情報の説明をしてみたいと思いますが、まずコード ABC というのがあって、BC にチェックが入っています。これはロボットの USB の横に ABC というのがあります。コードが繋がっているのが皆さんの物は B と C につながっていると思うのですが、コードを伝わっていくとどこにつながっていますか。タイヤ、モーターにつながっていますね。なので、今このプログラミングの命令というのが、タイヤ、モーターに対する命令だということがわかると思います。B だけにすればこのロボットだと右足だけに対する情報だということになります。次に方向ですが、前と後ろと止まると書いてあります。前のところにオレンジ色のマークが付いていると思うのですが、液晶の部分の前とすると先ほどは前に進みました。なのでこれを後ろにするとバックする、止まるにすると止まっているということです。次はステアリングです。缶詰みたいなマークが書いてあると思うのですが、まずは真っ直ぐ向いています。矢印の下のスライダーみたいなものを動かすと矢印が踊ります。ですからこれを右に動かすとロボットが右に動き、左に動かすと左に動くのではないかなという感じがしてきますね。次にパワー。パワーは、0 から 100 まであって今 75 になっています。スライダーで変えることもできますし、数字の前に Delete をおいて変えることも可能です。

今つまんないというお話のあった一番の原因はここですね。この持続時間。ここを今 1 回転です。ロボットが前転で 1 回転するとかその場で回るとかというわけではなく、タイヤが 1 回転です。これは結構重要です。皆さんのロボットの左側のタイヤに目印が付いていますので、特別にその場で持って本当に 1 回転しているのかどうか確かめてください。ここを 5 回転とか 10 回転とか 100 回転とか変えて動かします。同じく回転の横のところをクリックすると、秒、度とか無限とかあります。ここは無限を使いたくなるのですが、後で説明しますがここを無限にしてもずっと走りません。

今回転になっているのを度にするとも一回転は 360 度なので 360 となります。一度限りなので同じく秒にすれば秒単位になります。次はブレーキと惰性運転になるのですが、また

あとでやりますが、簡単に言うと車が信号機があって赤の時に赤のところまでブレーキを踏んでゆっくり止まるというのが惰性運転です。ブレーキというのは一瞬でポンと止まるということです。またあとで説明しますが、なんとなくでいいので覚えておいてください。

「ステアリングという意味がよくわからなかったのですが」

ステアリングというのはハンドルみたいなものです。

「右、左の回転数を変えるのですか」

違います。回転数を変えたりもしますが、これは子供向けになっているので、バーを右に動かすと右に回るよというようになっています。今先生お話になったように細かく右タイヤを何回転左タイヤを何回転とすることも可能です。

「BとCを一緒に制御するためのプログラムだからこうなっていて、BはB、CはCで制御するアイコンというかプログラムを開けると…」

そうですね。Bにすると左が動かさなくなります。

「具体的には、両方のモータの回転を少しずつずらすということですね」

それではみなさん実際に試してみたいと思います。5回転にしてください。ダウンロードして後ろで実際に5回転するか試してみてください。

「スピンしているよ」

回転数を試してみてください。今口で全部話していましたが、子供達には前に行くのなら前を、後ろに行くのなら後ろをと画面を指さして教えた方がいいです。見ないと子供たちはわからないので、見せながら試した方がいいです。今日は時間がないのでそれは省いて、試しにいろいろやってみたいと思うのですが、全員10回転にさせていただきますでしょうか。前で真直ぐで10回転にしてください。間違えました。5秒にしてください。ちょうど10チームあるので、パワーを変えてみたいと思います。10から順番に100までです。パワーの順番に後ろの方に並べてください。0がいなかったなので、私が0にします。頭を緑の線に合わせてください。それでは予想ですが、どんなふうになると思いますか。

「パワーの大きい方が前に行って弱くなるにつれだんだんスタート位置に近くなる。」

皆さん同じでいいですか。それでは一斉にスタートしてみたいと思います。一応斜めになりました。それでは次は5秒のところを5回転にしてパワーは10だったところは100、20だったところは90という風に変えてくださ



い。できた方は後ろの方に並べてください。今度はどうなるでしょう。

「同じ距離」

「止まる時間が違う」

それでは試しにやってみましょう。

「距離は同じになるんですね」

さっきは5秒間だったので斜めになりましたが、今回は5回転だったので、みんな同じ距離になりました。ポイント

はさっきもこれもそうなのですが、パワー0のロボットは5秒間たったらプログラミングは終わっていたのですね。でも今はプログラミングは動いています。ロボットは命令したのは5回転動きなさいなのですが、パワーが0なので5回転するまでプログラミングは動いています。

それではこれからロボットを自由に動かしてみてください。前に行ったりとか、後ろに行ったりとか自由に動かしてみてください。余りやりすぎると何をやっているのか分からなくなるので、必ずこういう動きをするのだなと予想しながらプログラミングして、その通りに動いたかどうか確認しながらやってください。

これから皆さんに課題をやっていただきます。次に出てくるのが wait、待つということなのですが、砂時計マークのところをクリックするといろいろ出てきます。一番最初に今日使うのは左側にある時計マークです。例えばこの時計マークを図形の真ん中に持ってきて、置きます。止まる場所をクリックします。プログラミングの時によく出てくることは、例えば、1秒間止まりなさいとか5秒間止まりなさいという時には、プログラミングなので英語が主になります。日本語では2秒間止まりなさいとか、5秒間止まりなさいという風になるのですが、プログラミングは英語が主になるので、「止まりなさい。何秒間」という風になります。今だと止まりなさい1秒間というようになります。「止まりなさい。何秒間」というのを覚えておいてください。ではみなさん後ろにお集まりください。それでは皆さんレスキュー隊チームになっていただいて、ロボットを駆使していただいて、事故現場の人を救助して病院まで運んでいただきたいと思います。運ぶといってもまだやっていないので、その上に行けばいいです。ただその上には今お話した2秒間止まってください。通過したら現場に行って何にもしないで帰ってくるようになります。2秒間その場に止まってから次のところに行くということです。

(紙に書いたレスキュー本部・事故現場 1,2・病院を床に張る。4枚は大体正方形になるよ



うに置かれている。事故現場 1 のところにブロックで障害を作る。事故現場 1 と 2 の間にも崩したブロックを置く。) ブロックは子供たちのレベルに応じて、どかしたりとか難易度を変えられます。ロボットは、タイヤがどこか紙の上に乗っていればオッケーです。

ミッション 1 はレスキュー本部から事故現場 1 に行つて 2 秒間止まって病院に送り届けるということです。ミッション 2 はレスキュー本部から事故現場 1 に行つて、病院に行つてレスキュー本部にバックで帰ってくるです。

「バックで」

そうですバックで戻ってきてください。それではミッション 2 までを挑戦してみてください。(挑戦中)

できたところは何チームありますか。

1 チームだけ。(拍手)

そうですね。実は子供たちの方がもう少しまかったりするかもしれませんが、これは見ていてわかったのですが、子供たちの方がもっと回数をやっています。皆さんは一番最初に考えてやりますが、子供たちは最初にあそこまでやって、それから考えるので、子供たちはすごい数やります。一つ子供たちが間違えやすいのは、始めた段階でよく説明しているのですが、ロボットが帰れなくなるということです。そこで、B だけ変える



ということは右側のタイヤだけ変えるということですね。もちろんタイヤで動くということは、C のタイヤを軸にしてロボットが左回転する。ここでよく見るとだいたい 1 回転で 90 度回っているのがわかると思います。ただこれは左側のタイヤを 1 回転にしているの、まっすぐに来ていないですね。これで実は B と C を別々にして動かすことで、軸を真ん中にして動かすこともできます。ということで、ロボットを好きな位置まで持っていくということは、結構難しいですね。もう少し時間があれば、子供達にはもっと時間を与えて、もっと工夫させてやらせるといいのですが、今みたいにぐるっと回って行ったりとか、いろんなやり方ができますので、いろいろとやらせるのがいいかなと思います。

次にセンサーについてやりたいと思います。まだロボットに感覚を与えていないですね。これからやっていただくのはロボットに感覚を与えるということで、ロボットに触覚、タッチセンサーというのをつけてみたいと思います。これをポート 1 という所に挿してもらいたいのですが、先ほど A、B、C というのを話しましたが、これは出力ポートということです。要は、プログラムで命令したことは、こういう風に動かさなさいということでモーターに命令を与えているのですが、今度は入力ポートということで、NXT の本体の下の方を見ると、1、2、3、4、と 4 つの入力ポートがあります。タッチセンサーを 1 番にカチッ



というまで挿してください。タッチセンサーをロボットの真ん中のところに挿し込んで、コードは邪魔なので巻いておいてください。

タッチセンサーを動かす時にいろいろなパターンがあるのですが、今日やりたいのは、時間プロットの指のマークがタッチセンサーのマークなので、これをクリックしてください。

これは約束なのですが、タッチセンサーの前は必ず無限にしてください。これはなぜかというと、例えば1回転動いてタッチセンサーが反応するまで待っているとすると、1回転動きました。ロボットはタッチセンサーに誰か触ってくれるまで待っているんですよね。ずっと待っている。誰かが押してくれれば、押してくれたんだなとわかるわけで、つまり、この場合はタッチセンサーは前についていて、必ず前に進んでいて、なおかつ無限、タッチセンサーがどこかに当たるまで走り続けなさいということで無限が入っています。

ここで1回ダウンロードして子供たちに調べさせるとこれでも一応止まります。止まる時にはどういう動作をしたか皆さん見ていてください。

「惰性で止まっている」

先生方は理解度も早いので、お気づきだった方もいらっしゃると思うのですが、これでも止まるんです。ただ止まり方が壁に当たってよいしょ、よいしょと止まった感じで、この場合ですとまっすぐ行って、タッチセンサーが反応しなさいで、何も命令してないです。一応プログラ的には終了の形になっています。本当に止めるときにはこの後に「止まれ」を入れなくてははいけません。「止まれ」という言葉を1つの動作、止まりなさいというのがないと本当に止まらないわけです。なので「止まれ」を入れてダウンロードしてやるとわかると思います。皆さんキチンと止まりましたでしょうか。「止まれ」というのも一つの動作だということをお覚えておいてください。

今までいろいろやってきた中では、一つの流れだけなのですね。ただ、ロボットでたとえば今タッチセンサーで、一回止まってまたボタンを押したら動くとする、普通の工場とかで、自動的に動いているロボットとかで、部品を置いてボタンを押して、部品を置いてボタンを押してでは、面倒くさいですよ。そういうルーチンワーク、ルーチンというのですが、ループのマークがあります。これを一番前に置きます。



ループの中に入れてほしいもの例えば先ほどの3つの動作を入れます。ただこのプログラムだとまっすぐ進んでタッチセンサーが働いたら止まりなさい。またまっすぐ行ったらぶつかってしまうので、例えばバック5回転を入れてやると本当の工場のロボットのよう

に動くと思うのでやってみてください。

どれぐらいしたら辞めさせたいという場合は、無限のところ今無限にループしているのですが、無限のところ永久になっているのを、時間とかカウントとか変えられるので、それを使うと同じ動作を何分したら抜けなさいとか、この後に違うプログラムがあったとしたら、これを何回したら次の動作に移るとかそういうことができます。



今日はもう一つだけ光センサーをやってみたいと思います。タッチセンサーのところを外していただいて、上向き、下向きどちらでもつけられるのですが、今日は光センサーを下向きにつけてください。ポートは3番にしてください。ポートは自分で変えることも可能です。

簡単に説明したいと思います。タッチセンサーはタッチしたら止まります。光センサーの場合はどうなのかということなのですが、人間の目に当たる部分です。カラーセンサーというものもあるのですが、これは色は判断できません。光の濃淡を判断できるものなのですが、パソコンのタッチセンサーのところを光センサーに変えて式位置という所なのですが、今50のところにあります。これを明るい方にチェックが入っていると光センサーが50以上だったら次の動作をしないでください。先ほどのタッチセンサーは、タッチセンサーが押されたら何かしなさいでしたが、光センサーは50以上の光が入ったら何をしなさいということです。暗い方にチェックが入っていると、光センサーが50以下だったら何かしなさいということになります。

今光センサーを下向きにしているので、何をやってもらうかというライントレースです。まず課題として簡単なものをしてもらいます。白い紙の上を進んで、黒い線の所に来たら止まりなさいというのをやってもらいたいと思います。すぐにやれと言ってもできないと思います。なぜなら、白い紙の所の値がどれくらいなのか分からないですね。その時にロボットだけでもセンサーが付いているので測ることができます。プログラム1というのをオレンジ色の下の黒い灰色の部分で長押しして電源を切って、もう一度立ち上げてください。マイファイルの所に持ってきてください。マイファイルの所を右でも左でもいいのですが、押していくとビューというのがあります。ここでオレンジボタンを押して、そうすると今テンプレチャー、温度になっています。これを右か左かどンドン押していくと、明かりがついたランプのマークがつきます。これでオレンジボタンを押して、今コード3番についているので、コード3番にすると、40何パーセントとかいろいろ値が出てくると思います。これでリフレキティというのは、反射という意味なので、今センサーから

光が出ています。プレイマークの所だと光が出ていません。これは今光の反射を読んで値がでできます。机の上とかだと、大体50%とか60%だと思います。それで今やってもらいたいのは後ろにある白黒のラインで、端の所から走って、黒いラインで止まりなさい、です。

もちろん光の加減は場所によっても違うので、注意してください。白黒というのは物によっても変わってくるので、なるべく現場でやった方がいいと思います。

次に「脱出」というのをやってもらいたいと思います。これは白と黒い枠で囲まれています。一か所枠が切れているところがあるので、そこをいかに効率よく抜け出すのか。それをプログラミングしてやっていただきたいと思います。スタート位置はこちらで勝手に置きます。

(挑戦中)

バックの時はセンサーが働いていないので、バックはなるべく短くした方がいいです。

あまり時間がありませんが、ラインレースをちょっとだけやってみたいと思います。まずこれをクリアしていただきたいと思います。これは初心者版です。というのはラインが太いですね。ラインが細ければ細いほど今みたいにパワーが強いと見つけたんだけど通り過ぎてしまいます。ですので、子供たちにやらせる場合にはラインが太い方がベストです。ポイントは白と黒を判断できたわけで、どうしたらいいかということなのですが、例えば黒を見つけたとしたらどうしたらいいでしょう。

「回転」

「白があるまで前進する」

白があるまで前進するとラインを通り越してしまいますね。

「左回転」

そうですね。白があるまで左回転ですね。ということは白を見つけました。今度は

「右回転」

黒が見つかるまで右回転ですね。簡単に言うとラインの際を読むんですね。



「黒の中を進むんじゃなくて、黒と白の境目を進むということですね。」  
そうです。よく市販されているおもちゃとかもいろいろあると思いますが、みんな同じです。基本的に際を読むんですね。今白黒のラインを読むことができたので、ライントレースができるはずですよ。それではやってみてください。

もちろん白黒というのはいろいろあるわけですので、できれば毎回調べてからやっていただいた方がいいと思います。

時間がないので、できたグループのプログラムを説明してもらいたいと思います。

「最初無限に右に曲がっていくように進んで、50より低い。だから黒い線を見つけたら左回転に無限に曲がっていくようにして、50より高い白を見つけたらループの一番最初に戻るようにしました。」

「パワーは50にしました」

パワーが早すぎるとオーバーすることもあります。ただそれは調整の仕方によっては、今は確実な感じですけども、円の中を誰が一番速いかというレースをする時などは、調整とかいろいろ出てきます。

今日はスピーディすぎてわけがわからなくなった方もいらっしゃるかもしれませんが、子供たちにやらせる時は今日やった2時間の内容は6時間ぐらいあった方が理解度はずっと高くなると思います。ある程度の子供は出来るまでやった方がいいのではないかと思います。後は、課題とかをやっていただくことによって、子供たちが自立的にやるのですが、やはり一人に集中してしまう面もあるので、その辺は交代ごうたいに必ずやろうとか、二人で協力して考えを出し合っていくということが大事だと思います。



## レゴブロックを教材として活用する効果 —21世紀型授業を目指して—

樺山 資正

(レゴ エデュケーション)

今日はレゴ エデュケーション、我々のいろいろな思いを皆さんに紹介できる貴重な時間をいただきましてありがとうございます。

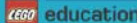
今日準備しましたプレゼンテーションは海外の方の事例をピックアップしまして、ご紹介したいと思います。

サブタイトルとしては、「21世紀型の授業」というのを皆さんと考えたいと思います。私もそうだったのですが、今の小学校の低学年の子供たちが社会人になる頃、今

から15年後ぐらいですが、おそらく50%以上は、今まだ存在していない仕事の内容などにつくことがあるといわれています。それは、私自身も小学校の3,4年ごろにはWEBデザイナーなどという仕事はありませんでしたし、例えばハイブリットカーのエンジニア、ゲームCGグラフィックデザイナーとか、こういう仕事すら存在してなかったわけです。世の中は言うまでもなくすごいスピードで変わっています。また日本はどちらかというと戦後、当時のいろんな先進国に追いつけというようなミッションがあったと思うのですが、その日本自身が今先進国のリーダ役になっています。ここから先にはいかにイノベートしていくかということも大きなテーマです。これは日本のみならずグローバルなジェンダとしまして、21世紀、この10年15年先卒業していく子供たちが、社会人になってどんなスキルを身に付けていけばいいかというのがグローバルな課題になっています。それは、政治家の方でもかなり重要なフォーカスになっているということをお聞きしますし、また教育現場で様々な議論やあり方について話があると思います。また実質的にどんなスキルというものを教えていったらいいのか。そして保護者の方ですが、特にアジアや日本は保護者の方が熱心で、そのご指導が高い。

特にここで皆さんの知恵を拝借したい



教育は今、グローバルなアジェンダ 

- 教育のテーマは、世界の政治界ではナンバーワンフォーカスとなっている
- 学校教育のあり方について様々な議論が行われ、変化の声が挙げられている
- 卒業生に必要な21世紀スキルとは
- 保護者の方もより教育熱心
- 先生の役割はどう変わるのか

ところでもあるのですが、先生の役割というのがより「21世紀型授業」を考えていくとど  
ういう役割に流れるのかということと一緒に考えていければと思います。

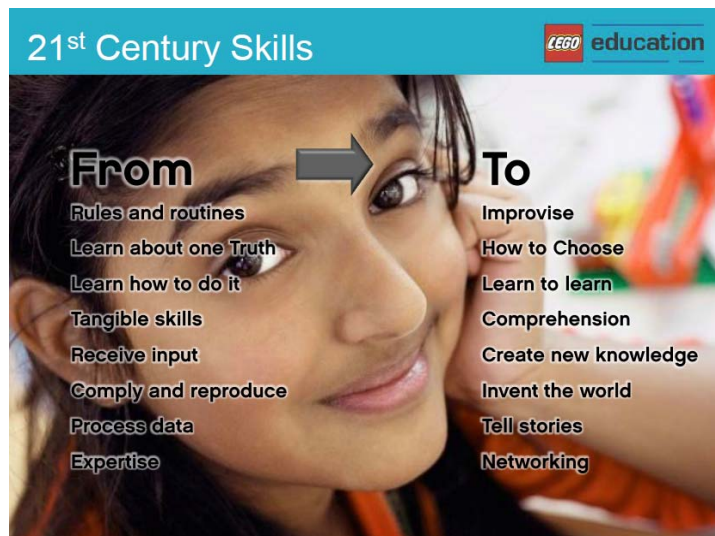
今のリストアップは、かなりテーマも課題も多く、ある先生はパニックになってもおか  
しくないぐらいかもしれません。その中の一つのヒントかもしれないのですが、本日いろ  
んなご体験いただいたことやそれ以上のことがあるのではないかと思います。

「20世紀型」と言っているのかわかりませんが、今までのスタイルの授業では、もし  
かしてそれだけでは足りないかもしれません。ちょうど昼食の時に学力の向上ということ  
でより時間数ですとかそういうところが増えているとか、いろんな話がありますけども、  
もしかして今から15年後卒業していく子供たちはいろんなパターンや個性やバラエティー  
が出てくる中で、どのような授業づくりを展開していけばというのが世界中のいろんな教  
育関係の課題としてあるかと思っています。

あるスタイル、「21世紀のスキ  
ル」、たとえば今まで情報を蓄  
積してそれをいかに正確に伝  
えるかという所から、むしろい  
ろんな情報がある中でどれを選  
択してどれを活用するか。また  
は具体的に学んだスキル、もち  
ろん基礎学力は重要というのは  
世界の教育者の間で言われてい  
ますけれども、その蓄積された  
スキルをいかに活用、応用の方  
に持っていくか。もしかしたら生

徒でも先生方でも該当するかもしれませんが、専門知識を持っている、誰よりも何かの特  
別な知識を持っていることも重要ですが、今後はネットワークです。自分ももちろ  
んそういう専門知識はあるのですが、いろんな周りの方々の知識、ネットワークの発展、  
物事を解決したり、新しいものを見出す、そういうスキルがより今世紀重要なのではない  
でしょうか。

レゴ エデュケーションについて午前中の部で須藤の方からお話がありましたけど、私ど  
もはそのエデュケーションに関してパッションです。もともとレゴ社というのが、よく遊  
べるところからきております。ただし部門としましては、専門に教材とアクティブテ  
ィを開発していくという部門になりまして、幼稚園・保育園から小学校・大学・社会人教  
育まで、幅広く展開をさせていただいています。



また、国内もそうですけれども海外の大学や先生方と連携を組みまして、今日お使いいただいた「マインドストーム」という教材はマサチューセッツ工科大学とのコラボレーションですし、「サイエンス&テクノロジー基本セット」はイギリスの何名かの先生方を中心にして開発したもの、ICT教育を考える会というのがありましてそういった形で教材が監視されています。

現在は教材が60カ国以上で使用されておりまして。特にロボティクスです。今回の主なテーマでもありますけれども、世界で五万以上の教育機関で使っていただいています。

私どもの理念としましては、クリエイティブ・プロブレムソルビング (Creative Problem Solving) というのが一番重要なテーマになっております。それは、創造的に問題を解決していく力です。なぜかと言いますと、先ほどの将来の話になっていくのですが、今まで直面したことのない課題、今も世界同時不況ということでもいろいろあると思えますし、新型インフルエンザなどなどいろいろある中で、初めて直面した課題・問題に対していかに解決策を見出ししていくかという力、考える力、または生きる力、こういったところがクリエイティブ・プロブレムソルビング (Creative Problem Solving) の一つのヒントになりえるだろうと思っています。

またレゴ エデュケーションの中のレゴというものがよく遊べというものでありましたが、子供たちは遊びが好きです。遊びを通じて新たな発見をしたり、予測を立てて

**レゴ エデュケーションとは** 



- 1980年に発足した、レゴ社の教育部門
- 幼稚園・保育園向け・学校・科学館などの教育機関向けに、年齢やグループ学習に適した製品、アクティビティを開発
- 50以上のワールドワイドな大学や企業との連携による教材開発
- 教材は、60各国にて利用
- ロボティクス教材は世界5万以上の教育機関で採用




**将来のために、いま築く力** 

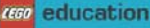
**Creative Problem Solving**  
創造的な問題解決力を育む

今、子どもたちを取り巻く環境は大きく変わってきています。さまざまな情報が飛び交い、世界が複雑になっていくにつれて、一人ひとりが新しいものを創り出し、斬新な解決策を見つけていく力がこれまでももたして重要になっていきます。レゴ エデュケーションでは、これからの社会で必要とされる、創造的に問題を解決していく力をチームワークで育んで築いていきます。

**Building now the skills for the future**  
将来のために、いま築く力

知性とは単に知識の蓄積ではありません。何かまったく新しい問題に直面したとき、何をどうすればよいかを考えることができるか?ということです。レゴ エデュケーションが提案する「創造的な問題解決力」とは、自ら課題そのものを設定し規定する過程を含む問題解決の能力です。創造的な問題解決力によって、一つの問題の解決が新たな課題への設定へとスパイラルにつながり、自発的で積極的な学びへと発展します。



**レゴ エデュケーションの教育理念** 

「子どもたちの自発的な学びは遊びから生まれる」

**"LEGO"**  
『LEGO』はデンマーク語の "LE G Odt (よく遊べ)" から生まれた言葉で、創設者であるオーレ・キアク・クリスチャンセンによって名づけられました。子どもに最も大切なことは遊びへの意欲と学習への意欲であり、それが子どもたちの興味や関心を広げ、新しいアイデアと思考力を育てていくという考えを持っていました。

**Playful Learning**  
「遊びながら学ぶ」

子どもたちは遊びの中で様々な発見をしています。遊びには子どもたちの好奇心や探究心をかき立てる無限の可能性が広がります。そしてこうした遊びの中で子どもたちは多くの知識を自然に体験し学んでいるのです。この「遊び」の中で感じる「楽しい」「面白い」という気持ちこそが、自発的な学びを促すのです。


実像して、それが思い通りに動いたのか、それでは何を工夫すれば思い通りになるのか。遊びを通じて学んでいくというスタイルを私どものエデュケーションとしています。それが遊びながら学ぶという文言となっています。それは当然ですね。子供たち、大人もそうですが楽しい、面白いというのがどんどん熱中していったって夢中になっていくというフローの原理というのがありますけれども、どんどんフローの方に入っていく。

そしてなぜレゴブロックなのかということになるかと思えますけれども、そこは作ることで学ぶというもう一つ私どもの教育理念がございます。それは今日お使いいただいたマイドストームの初期のバージョンというのが、マサチューセツ工科大学の名誉教授でありますシーモア・パパート先生との共同開

発で、80年代に行われてきまして、具体的に商品化したのが98年になったのですが、先生がよくおっしゃられるのはコンストラクショニズム(Constructionism)。それは簡単に言いますと作ることで学ぶということなのですが、本当の理解というのとは何か。どなたからか言われるというのではなく、自分で実体験して作り上げることの過程の方がより浸透して学びにつながるということを推奨されている先生なのですが、まさしくレゴブロックというのは素材としてそういう高いクオリティーがあるのではないかと。

また先ほどもありましたように、絶対的な答えが一つというわけではなく、先ほどのレスキューのミッションのチャレンジもいろんな形で病院に運んだり、災害地の方にロボットを誘導したりと各チーム皆さんがすごくオリジナリティーを持っていました。そうした意味では一つしか絶対的な答えがないわけではなく、子供たちの豊かな感性をいかに引き出していけるか。一つのマニュアル式の答えではなく様々な回答がある。これはテキストですと無理があるので、ここで1分のプチワークショップをやりたいと思います。


今皆さんの所に卵の方をお配りしていますけれども、その中に黄色と赤の6つのブロックがあります。4つのブロックと2つのプレートが入っていると思います。今から1分でア

レゴ エデュケーションの教育理念 

**Learning by making**  
「作ることで学ぶ」

学ぶということは、子どもたちにとってごく自然なことであり、すべての人間が持っている能力です。身の回りを探究することで子どもたちは世界とそこにあるものを理解しようとし、物事がどのように関連しているのかを見つけ出そうとします。

レゴ教材やカリキュラムの開発に深くかかわる米国マサチューセツ工科大学名誉教授シーモア・パパート氏は、「Constructionism (コンストラクショニズム)」と称する教育理論の中で、「本当の理解は実体験から得られる。子どもたちが何かを夢中で作り上げているとき、その過程で学んだことはだれかに言われたどんな教えよりも深くしみ込む」



レゴ エデュケーションの教育理念 

**Open-ended**  
「オープンエンド方式」

子どもの柔らかな感性は、様々なアイデアを自然に生み出します。従来の学習方法や教材では、与えられた解決策にたどり着くための手順が既に決まっていて、子どもたちが自然に持っている学びの力を制限してしまう傾向にあります。ひとつの問題にひとつの答えといったマニュアル的な制約のないオープンエンド方式では、創造性を刺激し、解決策へとつながるたくさんの道筋を見つけます。

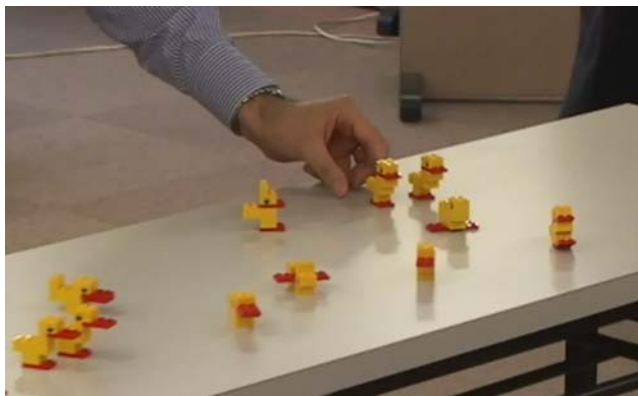


**Hands-on! Minds-on!**



ヒルを作ります。皆さんが思うアヒルというのを作ってください。そして皆さんのオリジナルなユニークなアヒルが完成しましたら、後ろのテーブルに飾ってください。(アヒル作成中)

ある時、50 人の人と、このエクササイズをやらせてもらったことがあるのですが、その時は 50 羽全部違っていました。そういった意味では、今日はペアリングが先に来ていいチームワークで、以心伝心、まったく同じものがたまたま2羽ずつあるのですが、大きく言いますといろんなアヒルが並んでいます。一つのプチエクササイズ



でいいますと、私どもの理念はこれです。オープンエンドで課題が出されていかにそれを自分の補充しているノウハウの結びつきで表現していくかということです。もちろんもっと時間があればプレゼンテーションなども行います。

もう少し教材の方の話を簡単に説明しますと、今のアヒルというのもいろんな形が違うわけですが、ただしレゴブロックというまったく同じブロックで絶対的形のもので、「システムティッククリエイティブティ」という言葉をよく我々は最近言っているのですが、それは「理論上にきちんとはまらないと形にならない。」ですが、その創造次第でいろんな形になっていく。その「システムティッククリエイティブティ」というものはさらにいろんな形のブロック、システム、レゴソフトを使います。それはなぜかというと年齢です。お子さんの年齢にあった組み立てシステムの「システムティッククリエイティブティ」が可能とするシステム作りを考えているからです。それらが幼稚園の教材になったり、小学校の低学年、または高学年ではエネルギーの再利用を考えるセットなどもありまして、キャパシター（コンデンサー）とかソーラーパネルとか含んだセットもあります。また今日活用いただいたセットもあるのですが、さらに追加して空気力学ですとか、ナンバリングをする物をつけるとか、より理科の実験とか技術の実験が楽しくなる。いろいろカリキュラム開発で日本の先生なのですが、その方いわく「レゴというのが何がすごく夢中にさせるか」というと、自分が作ったものがその場で何か見れて、また動きまわるとそれが楽しい」というようなことをおっしゃっています。ロボティックスのレゴ マインドストームというものも一つのそういう製品です。

ただし先ほどもお話がありましたように、どちらかという小学校の高学年から上ということですが、実はちょうど 1 か月前に私どもも日本で新しい教材というものを提供し始めました。それはレゴ エデュケーション WeDo と言いまして、大きく開発の意図としては 3 つございます。1 つは小学校 1 年生、7 歳のお子さんです。これはブラジルで 200 名の子供たちを対象に 2 年間かけてテストしました。今先生方が、マインドストームのソ

ソフトウェアを使って難しいところもあったかも知れませんが、結構予想以上に簡単だった先生もいらっしゃるかも知れませんが、これをさらにやさしくして、実はカナダの幼稚園でもプログラミングを行っているくらい非常に直観的なプログラムになっているのが一つの特徴です。

2つ目は、どちらかというとロボティクスというと男の子が多い

のですが、どうやって若いうちに女の子にもより関心を持っていただけるかということで、カースキームもきみどり、黄色を入れたり、色の物語を使ったり、いろんな動物を作っていくことだったりしています。

3つ目ですが、私どもとしてはこれが非常に重要なのですけれども、予算がある先進国だけではなくて、新興国でも授業ができるための導入。例えばネットブック、5万円パソコンといわれているもの、OLPC機種等とも互換性があるって一緒に使っていただけるということで、よりロボティクスというのを広げていきたいという意思が開発者にあります。

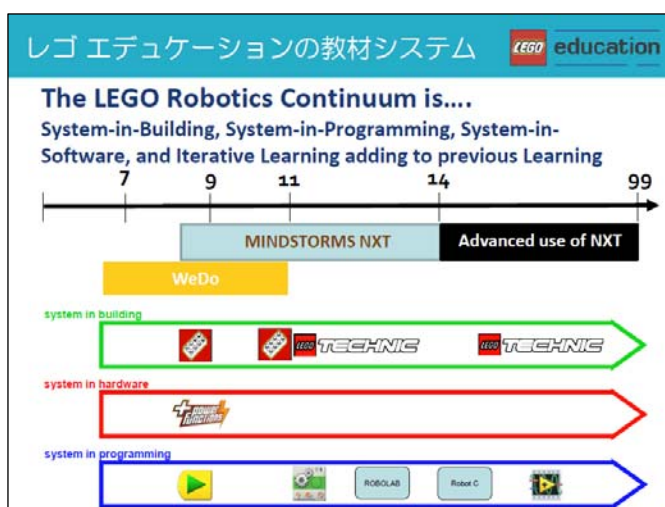
それらのシステム、WeDoからマインドストームとありますけど、ソフトウェアも先ほどのNASAでお使いいただいた対応から、ロボラボ (ROBOLAB)、もう少しフローチャート原理でシステムプログラムできるもの、C言語から本格的なロボティクスという非常に拡張性を重要視しています。ソフトウェアによってどんどんJavaでもマインドストームが操作できるようにしています。

ここで7つの海外の事例を紹介したいと思います。

ブラジルですけども、ここは予算的に難しい学校が多くあるのですが、購読モデルというのがありまして、学校には備品としてサイエンステクノロジーセットがあるのですが、生徒たちが毎月情報誌として購読していく。これを開きますと例えばバランスについて考えましようというのがあります。実際にバランスするモデルを組み立てて行うのですが、その冊子の中で社会のバランス、道徳的な内容の話も含まれていて、貧富の差について考えましようというようなことも書かれています。

また中国ですが、今急成長していますけれども、中国では指導要領の中にゼネラルテクノロジーというガイドラインがあります。こちらでは、4つのボックスで、例えば橋を作るような構造を考えましよう。デザインプロセスを考えましよう。または、システムデザインと計測制御。これらが副題に指導要領に含まれているそうです。

同じアジアでもシンガポールですが、これは私も行って驚いたのですが、6割以上の公立校にマインドストームを利用させていただいていて、その中でもさらにそれを加速する



ために政府がモデル校を指定しておりまして、例えばルーラン・プライマリースクールというモデル校があるのですが、こちらでは全教科国語も算数もロボティクスを使って教えているというところなんです。非常にクロスカリキュラムなアプローチが使われておりまして、またアウトリーチが非常に活発で、周りの 30 校に対して先生の派遣、また先生のセミナーなども実施されています。

ドイツですが、WeDo の話でも申し上げましたが、なかなか女の子が理科、科学、技術テクノロジーに興味がないのが日本同様薄れています。もともとロボットはロベルタというチェコの言葉で、プロジェクト・ロベルタ (Roberta) というものを立ち上げていまして、テーマが「ガールズディスカバーロボティクス」という産学官という形で、特に小学生の女の子を対象にロボティクスの学習を行っています。

ロシアですが、ホームスクーリングという介助を行っています。これはフィンランドの教育ではよく聞くのですが、落ちこぼれを作らない教育法。ロシアでも何らかの障害を持っていらっしゃるお子さんに対して、政府が積極的に支援をしているそうです。そこでホームスクーリングという家庭学習の形で、政府からパソコンとインターネットの接続環境が支給されてきます。今コラボレーションしています WeDo というものを使ってこういう方々に提供して、スカイプ (Skype)、またはウェブカメラを活用して e ランニングという形で学んでいくネットなどが活用されています。

進学率が非常に強いことで有名な韓国ですが、アフタースクールです。レゴの教材を活用した私塾というものを展開しています。現在 140 以上の教室があります。日本でも 5 年前にレゴ エデュケーション センターというものがスタートしていますが、10 年以上前にスタートした韓国では、非常に数も多く、3 万から 5 万人のお子さんたちが学校の後に通っているということを知っています。

最後の例になりますけどアメリカです。アメリカでは特に中学校の中で使われています。なかなか小学校の先生に活用というのがむずかしく、一部のパイオニア先生のみです。どうやればもっとロボティクスを身近なものにできるかということを考えていたところ、ロボット大会という形で、日本でも様々なロボット大会があると思いますけど、ファースト・レゴ・リーグ (FIRST LEGO League) というものがあります。現在世界で 19 万人の子供たちが参加している教育プログラムなのですが、19,000 のチームのうち 8,500 チーム、半分以上がアメリカのチームで、特に小学校、女の子の参加も 40%以上ということで非常に女の子、小学校の子供たちが毎年毎年チャレンジしていくプログラムです。一つ紹介したいポイントが、特に工科系、工学系の大学が優秀なチームに奨学金を出しています。このようなロボット大会を通じて学べるということになっています。また今年の 4 月にオバマ大統領が演説の中で、物を消費していく文化というものもありますけど、子供たちは物を発明していきたい。そういった理念、発明していく力や、例えばロボット大会やロボットを通じたエンジニアリング的な考え方というものが非常に今必要になってくるのではないのでしょうかという演説がありました。

先生の役割がどんどん多様化してきているという風にも今の世界中の例示を見ますと言えます。もちろん従来の先生でしか分からないたくさんの知識、プロフェッショナルとしての役目。ですがもしかして今日みたいに直接答えを知るのではなく誘導するチームコーチ的、スポーツのコーチ的な役割。またはメンター役です。誘導ではなくて頑張りなさい。どうすれば



という所を子どもたちに考えさせる。もしかしたらソフトウェアの機能などは子供たちの方がたくさん知っているかも知れない。じゃ先生はそれをやらなくてもいい訳ですね。ただそういう場を設定して、時々何かわからなかったら相談役としてという意味でのメンター役。先生の役割も多面化してきているのではないかと考えています。

スタートどんなスキルを 21 世紀に子どもたちに利用すべきかということで、先生たちもグローバルに悩まれている方もいらっしゃいますけども、今日の終日のプログラムもそうですけど、7つのグローバルな事例でも何らかのヒントになればという気持ちでおります。

## 理科教育に工学的要素を入れよう

小森 栄治（日本理科教育支援センター代表）

28年間中学校で教員をやっていましたが、昨年早期退職をしました。今は、理科好きの先生方、理科好きの子供たちを育てることを支援しようという仕事をしています。

今日は「日本の理科教育に工学的要素を入れよう」ということでお話しします。

最初に、私が教えていた中学校での調査事例を紹介します。小学校6年の

3月（4月に思い出して回答）、中1、中2、中3と3年間追跡調査をしていました。「理科が好き」という割合は、中学校に入ってすごく伸びたのですが、「将来科学を使う仕事がしたい」という割合はほとんど伸びませんでした。2割ぐらいでした。

どうしてかなと思ったら、生活・職業と理科が結びついていないのです。例えば、薬剤師や建築家、美容師になりたい生徒が、「将来科学を使う仕事をしない」という方を選んでいきます。

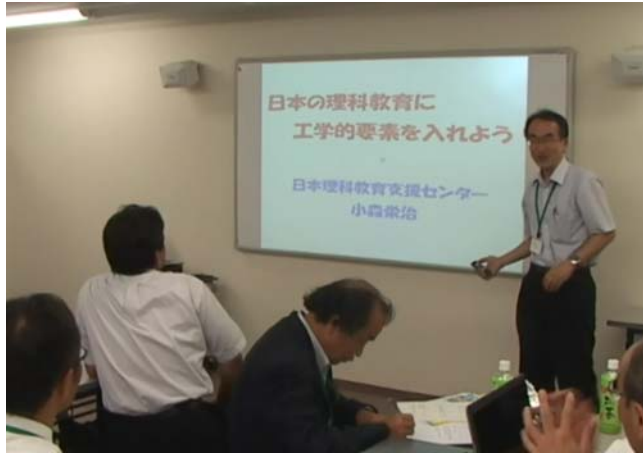
理科は楽しいと言いながらも、職業とは関係ないわけです。それは子供たちに理科系の職業が見えていないのではないかと思います。すべての仕事が理科に関係していることを教えてあげる必要があるのではないだろうか。政治家も漫画家も詩人も、私はみんな理科に関係していると思っています。普段の理科授業が、原理・原則を子供たちに発見させたり、あるいは教えたりという所だけで止まっていて、理科が職業につながっているということを教えていなかったのです。

そこで、「サッカー選手は科学的なトレーニングをすれば強くなるし、ユニホームだってみんな科学だよ」ということを言い続けました。そのような指導を始めた途端に、「将来科学を使う仕事をしたい」という割合が上がりました。

教師が教えなければ、2割のままなのですが、理科と職業の関連を教えると「将来科学を使う仕事をしたい」という割合が8割、9割になったのです。教えなければ子供たちには分からないということが事実として明らかになりました。

次に紹介するのは、小倉先生がやっていた調査を私の学校で実施した結果です。（2005年1月）「大人になってから理科に関係する仕事をするかもしれない」という値は、理科大好きスクールも全国平均も大して変わらなかったのですが、私の学校ではたいへん高い値となりました。

このような理科と職業に関することが、日本の理科教育にかけているのです。アメリカ



の Houghton Mifflin 社の理科教科書には、各単元末に職業紹介があるのです。例えば化学の後には石油化学エンジニアが載っています。しかも女性の写真が載っているところがすごいです。女の子も科学の世界に進むべきだということを、この写真が子どもたちに伝えていると思います。

エンジニア、テクニシャンという言葉が何回も出てきます。グラフィックデザイナーが宇宙の単元の後で紹介されています。初めて見たときは、驚きました。考えてみれば、NASA が火星探査機の着陸する様子を映像で流しますけど、誰もそれを火星で中継している人はいないわけです。パラシュートを開いて、バウンドしてゴロと落ちて中から探査機が出てくるようすなどは、グラフィックデザイナーが CG にしてしまう。だから、グラフィックデザイナーも科学に関係する仕事なのですね。

その他、動物の単元の後には牧場主が載っています。単元の後ろにこのような職業紹介がある教科書で小学校で勉強しているから、「将来科学を使う仕事をしたい」という子がアメリカは 6 割ぐらいいるのです。教科書や理科教育の中に、職業が入っているからです。

それに対して日本の理科教育は理学部的ではないかと思えます。実験をしてその中から法則性や原理・原則、規則性を発見する。私が工学部出身だから言うわけではないのですが、工学部的な視点がない。

理学部的に真理や原則を発見されたら、それを利用して物を作る。建物を建てたり、テレビを作ったり、ロケットを打ち上げたりとか、飛行機を作ったりするのが工学です。そういう工学部的な視点が欠けているのではないかと思います。

これは先ほどのアメリカの教科書なのですが、「You can be an inventor」とあります。「あなたも発明家になれる」というようなことが理科の教科書に載っているのです。

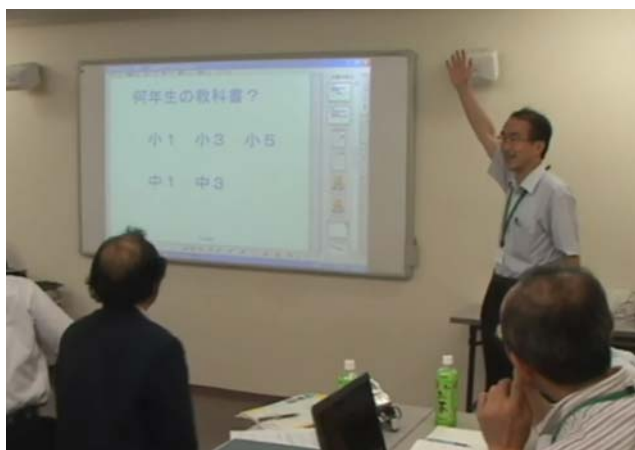
「発明家になるには」ということで「問題を見つけなさい」「解決方法を考えなさい」「サンプルを作って試してみなさい」と手順が載っているのです。

一方では「What is technology?」というページがあります。「技術とは何か」というようなことが、理科の教科書の最初に載っているのです。その中に「技術は生活を楽にする。でも時には問題を起すこともある」というように、技術のメリット、デメリットが載っているのです。これが全学年に載っています。

ちなみに今お見せしたのは何年生だと思いますか。手を挙げていただけますか。小学校 1 年生、3 年生、5 年生、中 1、中 3。（小学校 3 年生と 5 年生が多く挙手あり）

これは小 1 なのです。小 1 からこれが載っていて、小 2 も小 3 も小 4 も小 6 も全部載っているのです。

「What is technology?」というタ



イトルは同じですが、どんどん文字数が増えて詳しくなっています。必ずメリット、デメリットがあることを載せています。

4年生では、「技術というのは生活を便利にする」は、似たような感じですが、例には、「農業では農薬を使うことによって生産量が増える」、しかし「農薬が池の生物に害を与えることがある」とあります。このように必ずメリット、デメリットを載せて、技術についての心構えを、理科の教科書の最初で教えているのです。

かたや日本の学習指導要領は、中3の第7単元という一番最後に、「科学技術と人間」という単元が入り、メリット、デメリットを考えて意思決定できるような子どもたちを育てるようにあります。

でも、中3の最後ですから大体受験シーズンなので、きちんと授業になるかどうか非常に心配です。ですから私は、実生活との関連を、小学校、中学校の普通の授業の中に取り入れるべきだと思っています。

先ほどから紹介している Houghton Mifflin 社の理科教科書の小4の所を少し詳しく紹介します。

電流の所で、日本と同じように「豆電球がどうやったらつくか」というようなことが載っています、そのページの後に、「回路とは」とあります。「電荷が連続的に流れているのを電流という」とあります。その例が、豆電球でなくてコンセントにつながっているトースターなのです。交流だから、本当は電流が行ったり来たりのはずなのですが、一方通行になっているところは小学校向けです。「コードは中に電気を通しやすいものがあって、外が絶縁体でカバーしている」というような実用的なことが載っているのです。

回路の学習で、直列回路、並列回路があります。日本だと「豆電球1個の時に比べて、暗くなるとか同じ明るさである」という学習になります。アメリカの教科書では、「直列回路で片方の豆電球を外すと、もう一方の豆電球が消えてしまう」というのが載っています。「並列回路では片方の豆電球を外しても、もう一方は点灯し続けます」とあります。

次のページには、「家の中の回路」というタイトルで、家の中の回路は並列回路であることがイラストで載っています。トースターがオーバーヒートして、キッチンのブレイカーがOFFになっています。でも他の部屋は、照明が点いています。これは並列回路だからです。こういう仕組みを紹介しているのです。日本の教科書が理学部的にできているのに対して、アメリカの教科書は工学部的で、実用的なことを重視しているかがわかります。

これは、その小単元の終わりの復習のページです。「どうして家の中の配線は並列回路になっていて、直列回路ではないのですか。説明しなさい」という問題があります。その下には「プールでは雷が近づくと泳ぐことができない。どうしてこのような決まりがあるのですか。その理由を言いなさい」とあります。実社会との関連が非常に強いです。

またこの部分では、数学や作文など他教科との関連ということで、作文課題が載っています。「電気自動車はガソリンの代わりにバッテリーで動きます。電気自動車についてどうやって動かすか調べなさい。そして電気自動車のための広告を書きなさい。その中には電気

自動車の持っているメリットを書きなさい」とあります。調べて広告を作るのが作文として宿題になっているのです。

力学のページを見てみましょう。ここでは、「マシーンズ」ということがよく出てきます。でもこれは機械ではなさそうです。シンプルマシーンズとして、くさび、ねじなどが載っています。日本語では、道具として言っている、てこ、輪軸、滑車もシンプルマシーンズということが出ています。それらの事例が非常にこと細かに載っているのです。

しかし、力の大きさが何対何というようなことは、あまり載っていません。まずは、使いみちが載っているのです。その単元の後にはロボティクスエンジニアが紹介されています。

日本では理科と技術科が無関係です。中2の理科で電流を勉強しますが、技術科ではセンサーライトやラジオを作っています。それらの中にセンサーとか増幅回路とかあっても理科とは無関係です。理科で力について学習しますが、それとは無関係にロボコンをやっています。技術科ではギア比などが出てくるのですが、理科の「仕事の原理」とは全く無関係です。せっかく理科と関係しそうな内容が技術科の中にあるのですが、連携ができていません。技術科は物作り、理科は原理・原則の追究、法則性を調べようというふうになってしまっているのが非常に残念です。

また、日本では理科と保健体育がやはり無関係ですよね。人体のことを中2で勉強するけども、健康のことだとか病気の話は全然触れていない。今、新型インフルエンザだとかウィルスが話題になっているけれど、ウィルスのことは理科に出てこない。子供たちはウィルスについて学習しないまま社会人になり、新型インフルエンザで右往左往してしまう。

ダイエットについても、エネルギー収支の視点で、海外の理科教科書に載っています。インプット何キロカロリー、アウトプット何キロカロリー。その差によって体重が増えたり減ったりする。こういうところが、日本の理科に欠けています。理科と技術科、保健を総合的にやるとよいと思います。

ロボットを先進的に扱っている学校として、立命館小学校があります。ロボティクス科と学習指導要領との関連付けが、本の中で紹介されています。生活科や理科がメインですけども、技術科、図画工作、道徳なども載っています。そんなふうに関連付けをして、ロボティクス科というのを立命館小学校では、レゴを使って小1からずっとやっています。

私は、日本の理科と技術科を結びつけるクロスカリキュラムが必要だと思います。理科教師がレゴブロックを使おうとしても、必修理科だけでは時間的にできません。技術科の先生とうまく連携して、電流の学習後にセンサーを使った電気で動くものを作ったり、力学で力のことを勉強したり、仕事の原理をやったあとにギアなどが関連するものを作るとか、工夫するとよいと思います。

その時に、貫く柱としてロボットを位置づけることによって、子供たちが興味を持ちながら、理科と技術科を一緒に学ぶことができるのではないかと思っています。



## 意見交換

### 主催者／小倉

本日はご参加いただきありがとうございます。理科の中でロボティクスやテクノロジーをどう関連付けて教えていくのかについては、まだこれから考えていかなければいけないことで、答があるわけではありません。主催者としては、これから一緒に考えてみませんかという姿勢でこのワークショップを開かせていただきました。これからの子供たちにとって、このテーマにどのように迫っていくかをまとめていくことは大事なことでと考えています。そこで、ワークショップを終えるにあたり、本日参加してお感じになったことを伺いたいと思います。

### 参加者感想

A「今日は知らないことが多くて、今日来て得したという気がしていますが、知らないの中で自分の中で授業とかクラブとか文化祭とか、その中でチョイスする選択肢として入っていません。だから自分を含めてみんなが知れば、いろんなことをやる時のチョイスの選択肢の一つとして入っていれば、いろんなところでもっと使うのではと思いました。」

B「ありがとうございました。大変参考になりました。ただ実際には興味があってもやってみたいなと思うのですが、なかなか予算面とかで難しいという気がします。総合的な学習の時間は好きなことができますが、学年で取り組むという関係もありますので、なかなかこれをやるというのは難しではないかと。ただそれをうまく利用すれば、使えるかもしれないですし、場合によってはエネルギーとか福祉にも絡められないかなと。例えば福祉に役立つような、おもちゃかもしれないけど、ロボットを作ってみようとかできないかなと考えてはみました。」

C「理科が嫌いな理科教諭を長くやっています、工学部が出身だからかもしれませんが、法則が何とかというような理学部的なのが大っきらいでいやでしかたがなかったのですが、最近、工学的な視点をというような小森先生の話をついばい聞くことがあって、その縁で今わくわくして授業をやっています。今日もこの会に来てまた胸を張れる何かが出てくるような感じがして、良い体験をさせてもらったと思っています。」

D「自分も今日実際に体験してみて夢中になってしまっていて、使えたらいいなあ、ぜひ活用してみたいなあと思うのですが、やはり時間をどういうふうに確保していけばいいのかとか、この教材を運用するにはどういうふうにすればいいのかとか、いろいろ難しい点もあるのかと思います。でもこれから先どんどんこういったものを使って授業が行えたらいいかなと思いました。」

E「今日は午後からの参加だったのですが、いろいろな基礎プログラムを使っていろいろ楽しめました。もっと時間があれば目的もないままにいろいろ動かして使い方に慣れていけたらなと思いました。これからの子供たちはこういうパソコンを使うのが当たり前のように

な時代になるのかなというのを感じました。」

F「非常に楽しかったですが、このまますぐ導入して授業で使うのは難しいのかなと思いました。一つ時間、そして予算。ただやはり子供の時のことを考えると、私のころは携帯電話などというものはなかったし、いろんな便利な道具などはなかったですが、今は当たり前のようにありますから、たぶん子供たちが大人になった時には今わからないような技術の物がたくさん出てくるだろうなど。それを使いこなすようになるためには、何か問題が出た時にそれに対していろんなアプローチの仕方でも解決していく。その道筋をつけるということが一番大事なのかなと思いました。今回のこれは道が一つじゃないというのがすごくいいなと、いろんな解決方法を自分で考えて自分で実行できるというのはいいなと思いました。できればやってみたいなと思っています。」

G「今日ここに来るまでは子供にこれをどのように与えるかとか、子供はどのように感じるかとか思ってきたのですが、いざやってみると子供のことは忘れて自分が楽しいなと。あと残り時間わずかとか言われる時に焦ってしまって、これは子供の気持ちだなと思いました。今まだこれが実際子どもにどうやって与えるかというイメージはわからないのですが、こういった感覚をもう一回自分で思い出すのも大事かなと思って、これがまた何か今後に生きればいいなと思いました。」

H「私は高校で生物を教えていまして、女子高なので本当に女の子で理科があまり好きではないということで、何か取っ掛かりをとということで参加してみたのですが、全然ちょっと観点を考えてみていたら、特に午前中やっていただいた何かみんなで問題解決をしようとかいうプログラムも、もちろんこういう機材を使ってもいいのですが、何か自分でもいろいろ工夫して学級経営とか総合学習の中でコミュニケーションの勉強の何かヒントをいただいたような感じでした。やはりうちの学校も物理が嫌いな生徒が多くて、受験だけの理科となっているのですが、何かそういったところで面白いなと思えるようなきっかけを作るのに、ちょっと高いですが、考えたいと思います。」

I「うちの学校は 12 月にマインドストームを使って実際に授業を行います。その際にお茶の水大学の先生とかいろいろとお世話になってほしい 20 台ぐらい今回お借りして、2 クラスで 1 クラス 39 名と 37 名なので 2 人一組でパソコン室でプログラミングをして、隣の教室の机を全部出してそのままやるという形で行うのですが、なにせ 12 月なので今勉強したことを 12 月まで私が覚えているか問題なのですが、今日新宿中学校の小林先生のお話を聞かせていただいて、いろいろ実際こういうことが問題だったとかすごく参考になったので、とりあえず帰ったらすぐ隣の先生に伝えて、あと何かお借りしているものがあるので、実際にちょくちょく空いてる時間にいじってみようかなと思いました。」

J「実際に活動している最中に思ったのは、間違えることが許されているプログラムだなと思いました、やはり日本の教育全体、多分間違えることがあまり許されていないというか、例えば英語教育でも日本の子供は間違ったことを言うのがいやなのであまり発言しなくて、それが結局練習につながらないとなると思うのですが、理科でも間違いの中から新しい方

法を思いついたりすることがあると思いますし、それが学校の授業の中でできるというのが、ひとつ大事なことだなと思いました。」

K「私の知らないレゴの世界をたくさん知ることができたとても楽しい一日でした。私たちのグループは車が破壊してしまいスタートラインにさえ着くことができずにお情けで10点をいただくことができましたけども、久々に出来ない生徒の気持ちがわかる一日でした。でも何度もトライしながら進めていけたのが、スタートラインにも立てなかったのに楽しいねと慰めあっていました。本当にありがとうございました。」

L「研修会に参加した理由は、レゴという名前は知っていたのですが、一体どういうものかなという単純な動機で参加させていただきました。一番驚いたのは説明書を見ながらすぐできる。自分が見てもすぐわかるので、誰が見てもたぶんすぐできると思うのですごいなということが一番感じました。それから人間関係づくりとか理科を離れた所でも使える教材なのだなということを感じました。」

M「小学校の理科教育にテクノロジーはすごく欠けている部分なので、自分も導入したいと思っているのですが、意気込みはあるのですが、後は予算的なものがかかなり大きいと思いますので、そういった部分でも開発をしていただけたらなと思っています。」

N「JSTのSPP、サイエンスパートナーシッププロジェクトは、小学校はロボットに限ると書いてあります。その訳が未だに私は全部よくわかっていないのですが、実はここで前にも一回小林さんに今日のようなプログラムを個人教授してもらったのですが、でもなぜロボットだけなのだろうかということが少しわかってきたのですが、それをやろうと思って話を進めていたのですが、途中で担当の方に2人に1台欲しいといたら、それは考えられない。3人に1台でないのだめだと絶対譲りませんでした。私も最後まで頑張ったのですが、結局だめだということで全部申請するのをやめてしまった経過がありました。JSTのSPPを取りますと10台分ぐらい小学校でも手に入ります。ですからそれを使ってやればいいのかと思います。」

O「今日は実践事例の紹介ということでこちらに伺わせていただいたのですが、それよりも私自身が本当に学ぶことが多くて受講生の一人として参加しました。レゴのまた新しい可能性を見つけられた感じがして、本当に今日参加して良かったと思いました。」

P「うちの息子がレゴが好きで、たくさん作っていて、先ほどの説明書、どんどんどんどん作ってしまいます。私はそれを見ていてわからなかったのですが、今日大体分かるようになりました。いろいろ皆さんとお付き合いしてやっていただいていたのは、先ほどから出ているコミュニケーションが大切だというあたりです。あと、二人いてもたぶん二人で頭を突き合わせてやっていてもつまらないんだなと思いました。周りにライバルがたくさんいて、「あっちがあんなに行っているよ」というのを見ながら、「くそ」と思ってやるところがいいところだなと思うので、大勢の集団の中での活用ということが一番合っているのではないかなと感じました。」

Q「今日の一番の目的はレゴをパソコンにつないでから、どうやって動くのかなというのが

一番の課題で、今日参加させていただきました。本当によくわかって帰ってからやれそうです。また、ロシアの特別支援教育で、レゴエデュケーションというのをされているということで、非常に興味を持ちました。また挑戦してみたいなと思いました。ありがとうございました。」

レゴ エデュケーション「今日は心がいっぱいです。私たちもなかなか先生たちと一緒に、しかも終日サイエンステクノロジー、本当にジプロの組み立ての所から、いろいろなさまざまなサイエンステクノロジーやロボティクス、あいだ間には多くの先生方のお考え、サイエンステクノロジーは実はこれほど遅れているんだということを、今日私は驚きながら聴かせていただきましたし、学校で実際に授業の中でのよい話はよくお聞きするのですが、今日はいろんな課題というのもすごくシリアスに受け止めておりますし、たいへん今後の参考になります。本当に私どもがすごく教育に関して、パッションを持っており、熱心に思っており、ただこれをいい形で展開していくのは先生方のお知恵を拝借しなければなりませんけど、何かより日本が全体的にネクストステップに行けるようなクリエイティブな社会であって、本当にリーダーぼくなることを個人的にはそういう思いがあります。今日は本当にありがとうございました。」

ナリカ「ありがとうございました。皆さんが作った物で最後塀から脱出するのがありましたけど、是非日本の教育も閉塞状態にならないようになっていただきたいなと思いました。」

## 第 8 章

# 新しい理科教員のための 実験指導講座－DVD





新たな理科教員のための  
実験指導講座

講師 小森栄治（日本理科教育支援センター・代表）  
協力 株式会社 ナリカ  
制作 小倉 康（国立教育政策研究所・総括研究官）  
プロジェクト 「科学的リテラシーを向上させる優れた  
理科授業に関する教師用ビデオ教材の開発」  
平成19～21年度科学研究費補助金基盤研究（B）  
研究代表者 小倉 康

本作品は研究成果として非営利の教育  
目的での利用が認められたものです。

（新学習指導要領に対応して、小中学校で理科を教える教員のための効果的な実験指導法に関する研修用ビデオを、小森栄治氏を講師として制作した。以下に、講座の内容を記載する。本実験指導講座ビデオのDVDは、本研究報告書に添付している。）

# 新しい理科教員のための実験指導講座

## 顕微鏡の使い方の指導

顕微鏡を初めて使う時の指導法についてこれから説明いたします。

### プラスチックの定規を利用する

小学校の 5 年生で、水中の小さな生き物あるいは花粉の観察があるかと思いますが、最初からガラスのスライドガラスなどを使って練習するのではなく、プラスチックの定規を使って見える大きさあるいは物を動かした時の方向がどのようになるかということを実習する方法です。

定規の数字の 5 が自分の方を正しく向くようにステージの上に置きます。

### デジカメラアダプターを利用する

また子供たちにどのように見えているかをテレビで映すためにこのような簡単なデジカメラアダプターがあります。(デジカメラアダプターを顕微鏡に取り付ける)



### ビデオ出力のあるデジカメを利用する

ごく普通のデジカメです。ビデオ出力があるものを使う。(デジカメをアダプターに取り付ける)

このモニター画面を見ながらうまく映るように調整します。今ちょうど数字の 5 がさかさまに映っている様子が見えます。

### プロジェクターからスクリーンに投影する

これをビデオ出力で、プロジェクターの方からスクリーンに投影しています。

### 上下左右がさかさまになる

このように上下左右がさかさまになっていることがわかります。この状態で今ピントは

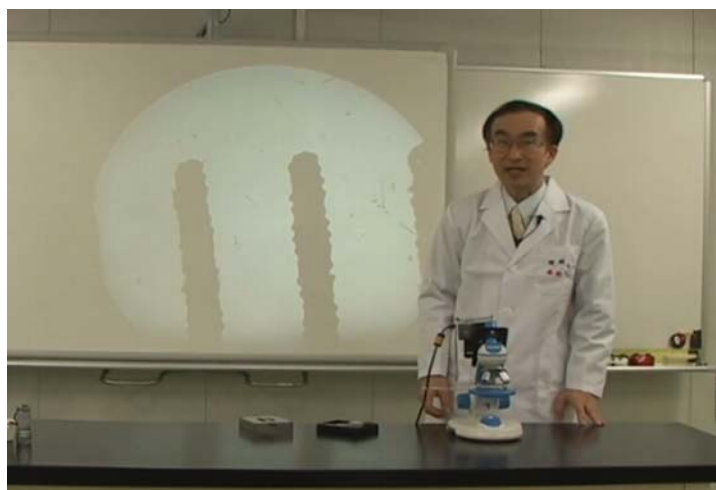


最初からあっていますけども、ピント合わせの練習、それから最初違う位置にあるものをちょうど真ん中に持ってくる時に今上に動かしているわけですが、視野の中では下に動いてしまう。ですから下に動かすと上に来て右に動かすと左に行ってしまうと。こんな練習をこのプラスチックの定規で行うことができるわけです。この数字の 5 を見ると上下左右が反対であるということがよくわかります。

## 視野の大きさを調べる

### 1 mm のメモリを観察する

次に視野の大きさです。今見ているのが何ミリの大きさであるのかということを実感するためには、1 mm のメモリの所を見るようにします。(一番端の所を円の端に当てる) 一番端の所を円の端に当てていますので、ちょうど 3 mm の世界を見ていることがわかります。今この顕微鏡は対物レンズが 4 倍で、接眼レンズが 10 倍ですから、40 倍で見ていることになります。そうすると子供たちは 40 倍で見た時に直径が 3 mm だということがわかるわけです。マイクロメータなどを使わなくてもこのように定規で大まかな大きさがわかります。



倍率を 100 倍にしてみます。メモリを端に合わせます。端にメモリを合わせていますから約 2 mm と。100 倍にすると約 2 mm の世界を見ているということになります。視野の半分ぐらいの直径のものがあつたとしたら、1 mm の物を見ているということがわかるわけです。ぜひ最初の顕微鏡観察の時に、このような練習をしておくといいと思います。

### 身近なものを観察する

次に身近なもので新聞の折り込み広告、カラーの物を使います。スライドガラスと同じような形に切りまして、ステージに乗せます。今 40 倍で見えていますけども、マグロとか刺身の所を見ているのですけども、このような点でカラー写真ができていることがわかります。よく見るとインクジェットプリンターの赤青黄色と同じ 3 原色を使って印刷されていることがわかります。あと黒の点もあります。このような新聞広告なんて身近なものを見ますと、子供たち「えー、こんな点で出来ているの。」というふうに興味を持ち、またい

ろんな所を見ようと思って上下とか左右に動かすんですね。その時にまた動かす方向と視野の中で動いて見える方向が逆だということも実感して、動かす操作にも慣れるようになるわけです。

### 光の当て方を工夫する

顕微鏡を見る時に光の状態というのが非常に大切です。普通は反射鏡、あるいはこのように発光ダイオードと言って下から光を当てています。

#### 逆光のために黒く映っている

今その状態で画面が写っていますけども、これは後ろ側から光が来ていますので、ちょうど窓際にいる人をカメラで写真に撮っている状態で、逆光なんですね。ですからこのように見たいものが黒く映っている場合が多い訳です。

#### 上から光を当てる

では下のライトを消してみます。そして上からライトを当てます。そうするとこのようにすごく立体的にまた、光の位置を変えることによってきらきら光って平面なんかも良く見えます。今これは食塩を見ているわけなんですけども、普通の家庭用の食塩なんですが、さいころ型をしていることがよくわかります。同じ食塩でも光の当て方によって、このように見え方が変わるわけなんです。ぜひ上から光を当てて御覧になってください。



### 血液の循環の観察

#### どじょうを観察する

血液の循環の観察の場合、教科書ではメダカを使っていることが多いですけども、メダカは大変弱りやすく授業が終わるころに死んでしまうこともあります。その点今日これから紹介しますどじょうは、あまり水がいない状態で長持ちしますので、死ぬことはありません。

#### チャック付きポリ袋に入れて観察する

そしてこのようなチャック付きのポリ袋に入れてステージの上に乗せます。今100倍で観察しています。血管の中を赤血球がころころころころ転がるようにして動いているこ

とがわかります。尾ビレの先端を見ると血液がUターンして戻っていることがわかります。

### 花粉の観察

次に桃色昼咲き月見草というピンク色の花の花粉を見てみましょう。これは大体4月から5月頃歩道の脇ですとか、わりと乾燥に強いようなところ、道端なんかに咲いているものです。外来種のようなですけども、とてもこれは面白い形をした花粉なんですね。では見てみましょう

これは通常の顕微鏡観察のように下からの光で観察している状態です。前にも説明したように逆光で見ているようなものですので、花粉の色があまりよくわかりません。それでは下からの光を止めて、上からこの発光ダイオードで照らしてみましょう。このように黄色い色凹凸がわかるんですね。真ん中がへこんでいて周りに3つの玉のような部分があるのわかります。実際に肉眼で見るともっとくっきりとよく見えます。桃色昼咲き月見草、この花粉は子供たちにすごく興味を持たせる形をしているお勧めの物です。

### プラスチックの性質

プラスチックの性質。その違いについて確かめる方法をこれからご紹介します。まず教材会社の方からこのような同じサイズのプラスチックの小片を販売しているようになります。青がポリプロピレン、赤が高密度ポリエチレン、黄色がポリスチレン、緑がポリ塩化ビニール、白がポリエチレンテレフタレートです。

#### とがったものでキズがつくか

まず釘などのとがったものでキズがつくかどうかやってみます。青のポリプロピレンは滑ってしまってキズがつきません。赤の高密度ポリエチレンです。ぐっと食い込んでキズが残ります。黄色のポリスチレン。これも食い込んでキズが残っているのわかります。ポリ塩化ビニール。これはやわらかく釘が入っていく感じはするのですが、また元に戻ってしまってこすった後キズがなくなってしまう。ポリエチレンテレフタレート。これはほんの少しキズが付きます。

#### やわらかさやきりやすさの違い

また触ってみた場合、硬さの違い、柔らかさですがその違いなんかもわかります。ハサミで切ってみても手ごたえがかなり違うことがわかります。

#### 厚さがそろっているもので比べるとよい

プラスチック、身近な製品から、例えばこのようなクリアカップなどから切っても構いませんけども、厚さがそろっていないと硬さ、柔らかさの比較などはできないと思います。

#### 異なる液体に浮くか沈むかを較べる

次に水道水、飽和食塩水に小さく切ったプラスチック片を入れて浮くか、沈むかを調べてみます。(水に入れる)プラスチックは水をはじきますので、ガラス棒で押ししたり、それから空気の泡が付いていることがあるので、取るようにします。

今沈んでいるのが、黄色がポリスチレン、緑がポリ塩化ビニール、白がポリエチレンテレフタレートです。

次に食塩水の方に入れてみます。同じようにガラス棒で浮いているのを 1 回沈めてみます。今度は先ほど水道水の方では沈んでいた黄色のポリスチレンが浮かんでいます。

3 番目はエタノールに同じように入れてみます。今度は全部沈んでしまいます。これに水を少しずつ加えてみますと液体の密度が変わってきますので、浮いたり沈んだりの差が出てきます。ちょっとずつやってみます。まだ全部沈んでいます。今ここで青のポリプロピレンが 1 個だけ浮いています。そうするとここではポリプロピレンが浮き、水道水ではそれに加えて赤の高密度ポリエチレンが浮いています。そうして、さらにこちらの食塩水になると今度は黄色のポリスチレンも浮くようになっていきます。

#### 実験結果から推論する

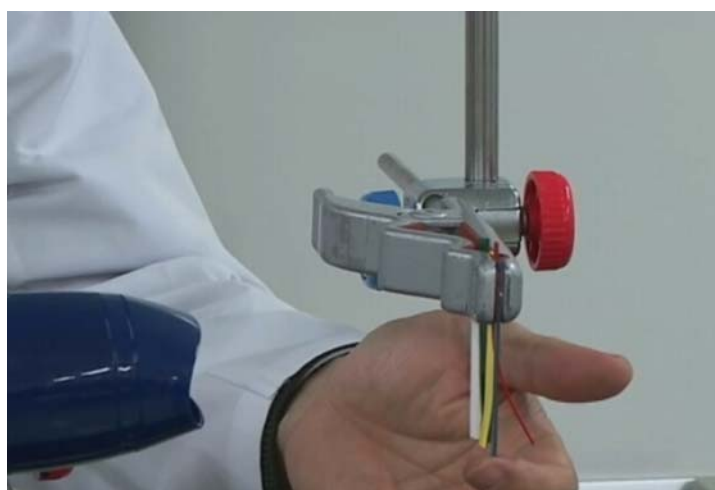
これから判断することによって、密度の違いというのがわかると思います。

#### **加熱したときの変化の違い**

##### ドライヤーで加熱する

今度は加熱したときの変化について実験します。(小片を) そろえてセロテープでとじましてドライヤーで熱い風を当てます。

緑のポリ塩化ビニールは熱風でもうすでに曲がっています。次に赤の高密度ポリエチレンも少し柔らかくなって曲がっていることがわかります。緑のポリ塩化ビニールはとても柔らかくなっています。赤の高密度ポリエチレンも柔らかくなっていることがわかります。青のポリプロピレン、黄色のポリスチレン、白のポリエチレンテレフタレートは堅いということがわかります。



#### **有機溶媒に対する変化の違い**

有機溶媒の代表として、アセトンに対してそれぞれのプラスチックがどのような違いが起こるか実験してみます。このようにしてしばらくアセトンにつけておきます。約 5 分経ちました。白い紙を敷いてみると、少し黄緑色っぽく溶けだしていることがわかります。(取

り出して) ガラス棒で触ってみます。黄色のポリスチレンは糸をひいて少し溶けていることがわかります。このようにガラス棒についてきます。他のは堅く変化ありませんが、ポリスチレンが柔らかくなっていることがわかります。

30分経ちました。緑のポリ塩化ビニールはかなりアセトン吸って太くなっています。触ってみるとぼろぼろと崩れることもわかります。黄色のポリスチレンの方、先ほども糸を引いてちぎれましたけども、やはりねばねばと溶けている様子がわかります。このようにアセトンに対する反応の様子、変化の様子も違うことがわかります。

### 炎で加熱したときの変化の違い

今度は炎で加熱したらどのように変化があるか調べてみます。実験用ガスコンロを使います。ガスコンロの弱火で加熱し、柔らかくなったら引き延ばしてみます。最初は青のポリプロピレンです。ちぎれてしまいました。赤の高密度ポリエチレンです。伸びましたけれどもこれもちぎれてしまいました。黄色のポリスチレンです。とてもよく伸びます。緑のポリ塩化ビニールです。柔らかくなったのですがちぎれてしまいました。白のポリエチレンテレフタレートです。これも大変よく伸びます。非常に細い繊維のような状態になりました。このように加熱したときの引っ張った伸びやすさにも違いがあります。ただ直火で加熱しますので、燃えてしまったり、多少臭いがしたりしますので、生徒実験というよりは、教師の演示実験が良いと思います。

### まとめ

プラスチックには大変たくさんの種類があり、同じポリ塩化ビニールでもこのように柔らかいものや固いものもあります。プラスチックの性質それぞれいろいろな違いがあることがわかりました。けれどもこの学習では、プラスチックの種類の名前を覚えてどれが固いとか柔らかいとかあるいはどのプラスチックが浮く、沈むという固有の性質を覚えることではありません。プラスチック、様々な種類のものがあり、目的に応じて私たち人間が使い分けているんだなと実感できればいいと思います。

## 力の大きさとばねの伸び

力の大きさとばねの伸びの実験の仕方についてご説明します。

### 実験装置を組み立てる

#### ばねの一番下を定規の0cmに合わせる

まずこのような実験用のばねをスタンドに固定します。次に伸びを図る定規を固定するわけですが、最初の長さ、つまりばねの一番下のところが0になるようにしておくとうばねの伸びを読む時に簡単になります。今0に合わせました。

#### 10グラムのおもりにかかる力は0.1N

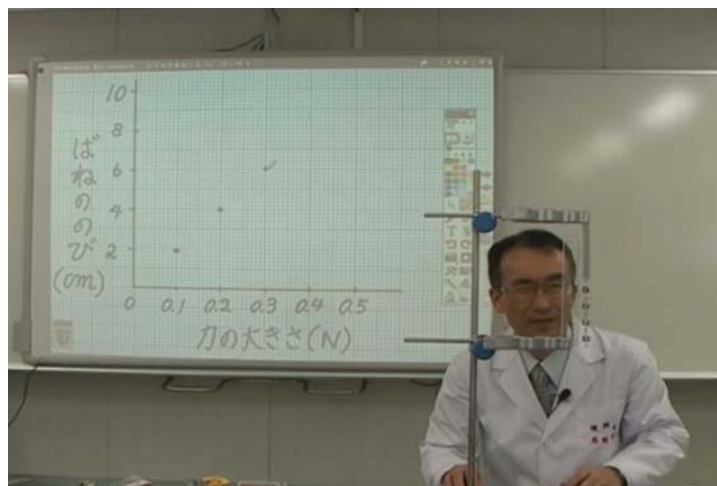
おもりなのですが、これは1個10gのおもりですが、力の大きさとばねの伸びという実験ですので、10gのおもりにかかる力は0.1Nということで測定します。ではおもり1個、

0.1Nの力で伸ばします。

### ばねの伸びを測る

グラフへのプロットは点を少し大きく書く

今ばねの一番下の所が 1.9 cm の所に来ています。グラフ用紙にプロットする場合には、点は少し大きく目立つように書くのがポイントです。今回はおもりを 2 個にし、0.2N にします。



目盛りは同じ高さで読む

ちょうど同じ高さから見るようにします。4.0 cm です。4.0 の所に印をつけます。3 つ目。これで 0.3N になります。真横から見ると 6.0。0.3N の時に 6.0 cm のところに印をつけます。4 つ目をつけます。8.1 cm になっています。0.4 の時に 8.1 cm と。これでだいたい測定が終わったわけですが、最初の時、おもり 0 の時に、おもりがない時に 0 になっていますから、0 の所もプロット、点を打っておいた方がいいです。

### グラフから結果を分析する

このように点を打った後定規を当てて、直線になっているかどうか見るわけですが、このように少しずつしてみると原点を通る直線になっているということがわかります。これで線を引けばいい訳です。

透明なプラスチックの定規を使用する

生徒には透明なプラスチックの定規を使うと隠れてしまった点も見えますので、ちょうどそれぞれの点の近くを通る線を引くというのがやりやすくなります。今日は電子黒板を使っていますので、直線を引く機能を使って線を引いてしまいます。原点を通る直線というふうにわかりましたので、引いて行って少しずつずらしながら、少し下にずれているのもあったり、上にずれているものもありますが、ほぼ全部の点を通った直線になります。このグラフから力の大きさとばねの伸びが比例関係にあるということが考察できます。

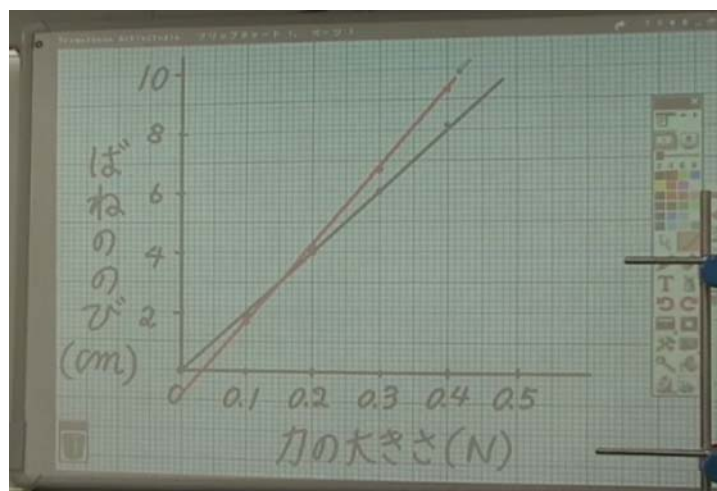
### ばねを用いる際の注意点

他の種類のばねで実験したデータをプロットしてみます。0.1N の時に 1.7 cm。0.2N の

時に 4.2 c m。0.3Nの時に 6.7 c m。0.4Nの時に 9.3 c m。これを定規で当ててみますと、原点を通らない直線になりそうです。

#### 原点を通らない直線になる場合

原点からこのずれがどうして生じてしまうのでしょうか。



#### 縮もうとする力がはたらいている

それは、ばねの中にはおもりが 0 の時に縮もうとする力が働いた状態ものがあるわけです。ですから最初少し力をかけても全然伸びないのです。このグラフから読み取ると、0.03 Nの力をかけても、全然伸びないということがわかります。

#### 予備実験でばねに伸ばしぐせをつけておく

予備実験をしてそのようなばねであることがわかった時には、少しばねを伸ばして伸ばしぐせをつけておくとうまくいくようになります。

## 電流による発熱

小学校 6 年生の電流の働きの中にある「電流による発熱」の実験をご紹介します。

#### 太さの異なる電熱線での発熱量の違い

並列回路で同じ電圧をかける (小学校での実験で難しい場合は、1 本ずつ実験して、それぞれの時間を測定するとよい。)

この実験では、太さの違う電熱線に、同じ電圧をかけて発熱量が違うということを、ロウの溶け方の違いなどで確かめます。

#### 板状のロウを用いた実験

これから使うのは板のロウです。これを切って使います。このように電熱線の上に乗せます。それでは 1.5 ボルトの電圧をかけます。太い方はすぐに溶けて落ちました。(しばらくして) 細い方も落ちました。

熱い電熱線にふれてやけどしないように注意

この電熱線かなり熱くなっていますので、実験中子供たちが手を触れないように注意をしましょう。

### **発泡プラスチックを用いた実験**

ロウの代わりにピスという発泡プラスチックで実験してみましょう。先ほどと同じように乗せて、3ボルトの電圧をかけます。太い方が先に溶けました。細い方も今切れて落ちました。

### **ロウソクを用いた実験**

ロウソクを使って実験する場合をご紹介します。この芯がありますと切れても糸が残って落ちない状態になってしまいます。

#### 実験前に芯を抜いておく

事前にお湯につけて芯を引っ張って抜いてしまう。そういう処理が必要になってきます。これはそのようにして芯を抜いたロウです。これで実験してみます。2本のロウを乗せました。3ボルトの電圧をかけます。太い方が落ちましたね。細い方も今落ちました。

#### ロウは溶けた後に再びつながることがある

ただこの細い方の場合、切れていないんですね。1回溶けたものがまた固まってつながっているんです。

### **発熱を手で体感する実験**

次に電流による発熱を手で体感する方法をご紹介します。この装置は電熱線の上にプラスチックのフィルムが巻いてありますので、直接手で触ることができます。

#### 指定された電圧を加える

なお電圧は1.5ボルトまでというふうになっていますので、1.5ボルトで実験します。電流を流します。もうこちらの方（太い方）が少し暖かくなっています。細い方はほとんど変わりません。少し時間をおいてから触ってみますと、こちらの方（太い方）は暖かくなっていることがわかります。細い方はほとんど変化ありません。

#### 放射温度計を用いると数値で比べられる

放射温度計を使うと、温度を測定することができます。太い方は34.0℃、細い方は26.6℃です。

#### 指定された電圧を加える

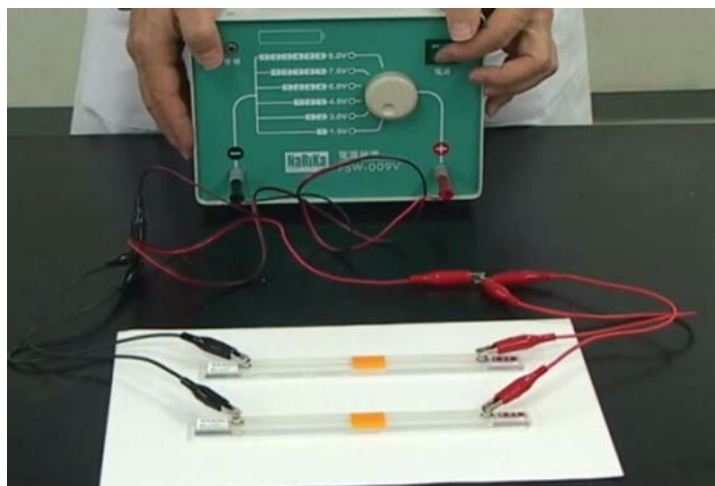
なおこの装置を使うときの注意事項として、1.5ボルトまでで使うようになっています。それ以上の電圧をかけると、プラスチックのフィルムが溶けて電熱線が直接子供たちの手に触れる状態になり、やけどをすることがあります。その点を気をつけて使ってください。

### **サーモテープを用いる実験**

次にサーモテープという温度によって色が変わるテープを張った電熱線で実験をいたします。これは1.5ボルトまでですので、1.5ボルトで電圧をかけます。こちらの太い方の電熱線は赤くなっています。触ると暖かくなっています。もう一方の細い方の電熱線は、色の変化がほとんどありません。触っても暖かくなっています。こちら（太い方）は暖



かくなっています。

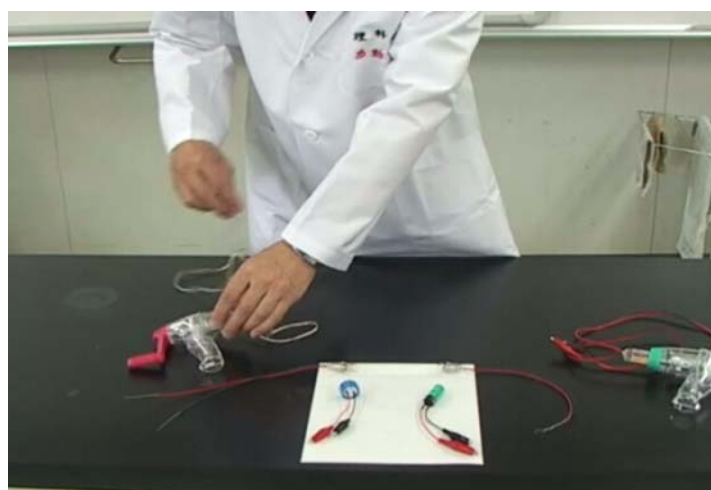


### 電源装置の種類

電源装置の種類について簡単にご紹介します。こちらのようにダイヤルを回して、針で電圧を見ながら調整するタイプ。それに対して、こちらのように乾電池の直列つなぎに合わせて電圧を調整できるタイプがあります。最近の電源装置は、ショートしてしまったり、あるいは過剰な電流が流れた時に制限する、安全装置が付いているものが多くなっています。

### 電気の利用

電気の利用ということで、新しく入る単元についてご説明します。電気を作ったり、蓄えたりすることが出来るということで、発電機やコンデンサーが小学校 6 年生で扱われるようになります。発電機あるいはコンデンサーにもいろいろな種類がありますので、最初はその種類、組み合わせについてご説明いたします。



## 手回し発電機とコンデンサー

### 従来型の手回し発電機は電圧が高くなりやすい

まず手回し発電機ですけれども、従来あるものは思い切り回すと 10 ボルト以上の電圧が出ることがあります。こちらの手回し発電機を使う場合、豆電球も 6.3 ボルト用という電圧の高いものを使わないといけません。

### 2.5V 用豆電球は簡単に切れてしまう

小学校によくある 2.5 ボルト用をつないで、子供たちが思いっきり回したらすぐに切れてしまいます。ちょっと試しにこちらの電圧の高い方で、2.5 ボルト用の豆電球をつけてみましょう。思いっきり回すと、もう切れてしまいました。こんな感じで、この組み合わせで子供たちに遊ばせる、実験させると 1 時間で全滅してしまうのではないかと思います。

### 電圧が高くなりすぎない手回し発電機もある

そのようなことを防ぐために、新しく、新指導用対応で出ている 3 ボルト程度しか電圧が出ないというそういう手回し発電機があります。こちらでしたら小学校で今まで使っている豆電球でも切れる心配がありません。またコンデンサーにもいろんなタイプがあります。

### コンデンサーにも使用に耐えられる電圧がある

これはどちらも電気二重層コンデンサーという容量の大きいものなのですが、こちらの平べったいタイプの方は、電圧が 5.5 ボルトというふうに書いてあります。ですから先ほどのこちらの電圧が高い方の手回し発電機と比較的組み合わせとして良いパターンになっています。それに対して、こちらの細長いタイプのコンデンサーは 2.3 ボルト用なのです。ですからこちらの方に 10 ボルトも出てしまうような発電機をつなぐと少々電圧が高すぎるといふようなことになってしまいます。

### 発電機とコンデンサーを適切に組み合わせる

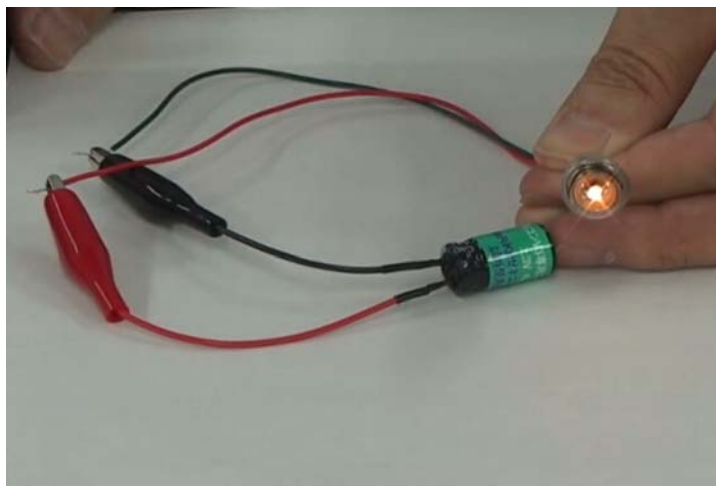
ですからコンデンサー、こちらの細長いタイプを使う場合には、こちらの 3 ボルトぐらいしか出ない手回し発電機。従来型の 10 ボルト以上出るような手回し発電機には平べったいタイプのコンデンサーが適していると思います。

### コンデンサーはマイナス側に印が付いている

コンデンサー、これにはもうみの虫コードが付いていますけれども、何も付いていない状態の部品の場合マイナス側に「-」あるいは「白く」なっていたりして印が付いています。この印が付いている方がマイナスということで、ご確認ください。

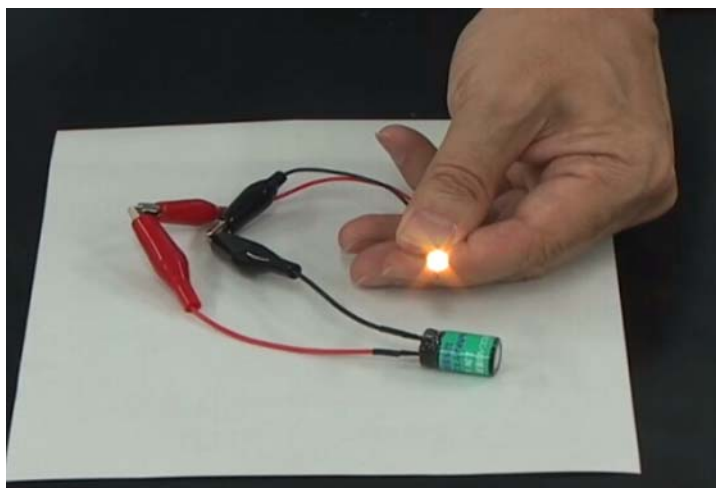
### 発電した電気を蓄えて豆電球を点ける

手回し発電機で電気を作り、コンデンサーに貯え、豆電球を点ける実験を行います。コンデンサーに発電機からのコードをつなぎます。40 回回して外すことにします。40 回になりました。豆電球をつなぎます。豆電球が点きました。豆電球をつないだ場合、豆電球は数十秒で消えてしまいます。だんだん暗くなってきました。消えました。



### 発電した電気を蓄えて LED を点ける

今度はコンデンサーに蓄えた電気で、発光ダイオードを点けるという実験を行います。先ほどと同じ 40 回回転します。40 回になりました。発光ダイオードにはプラスマイナスがあります。このようにコードが色分けされている場合には分かりますけど、コードが付いていない場合には、発光ダイオードの足の長い方がプラスとなっています。点いています。発光ダイオードは消費電力が非常に少ないので、かなり長い間点いています。発光ダイオードの場合真正面から見ないと、あまり明るく光っていないように見えることがあります。



### 発電した電気をにがさないように注意

手回し発電機で、コンデンサーに電気を蓄える場合、回すのをやめて外そうとする、その間に電気が逃げてきてしまいます。手を放した瞬間に逆流してきてしまうわけですね。ですから 30 回とか 40 回と回数を決めたら、こちらを外すもう一人の人と共同で実験をすると思います。

### 手回し発電機の回転の向きに注意

手回し発電機は、回転する向きを変えるとプラスマイナスが逆になります。モータで確

かめてみましょう。反対にハンドルを回すとモータの回る向きも反対になります。コンデンサーにプラスマイナスがありますので、実験の際には子供たちにこの回転させる方向について指導しておきましょう。この回転する方向については、この手回し発電機の所に矢印などで表示してあります。これがわかりにくい場合には、このように油性ペンなどで大きく書いておくという方法もあります。

#### コンデンサーの容量の違いに注意

同じ2.3ボルト用のコンデンサーにも、容量の違う2つのタイプが教材として出ています。その2つの違いについてご説明します。どちらも2.3ボルト用になっていますけども、こちらは10ファラッド、こちらは4.7ファラッド。10ファラッドの方が、たくさん電気を蓄えることができます。ただ、10ファラッドの場合はたくさん発電して長い時間貯えないと、電圧が高くなりません。ですから短時間で電気を蓄えた場合には、10ファラッドの方を使うと発光ダイオードが点灯しない場合があります。発光ダイオードはおよそ2ボルトぐらいの電圧が必要なんです。4.7ファラッドを使うと、40回ぐらい回したぐらいでもちゃんと発光ダイオードが点く。そういったことが確かめられます。

#### **ハイブリッド自動車の原理を学ぶ実験**

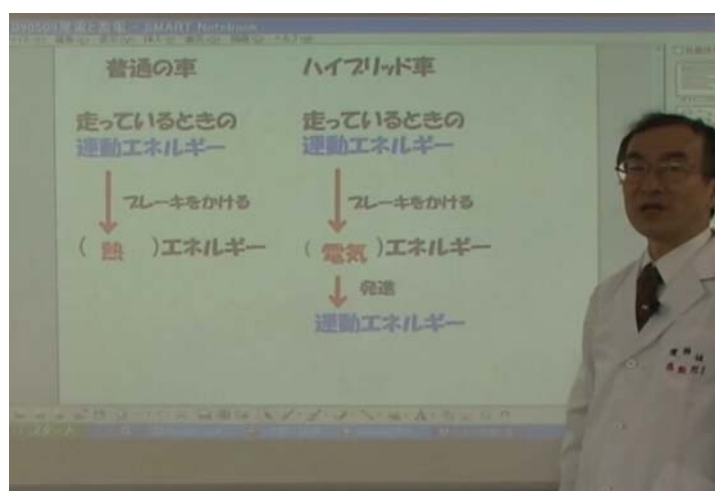
手回し発電機とコンデンサーを使い、ハイブリッド自動車の原理を実験することができます。今手回し発電機にタイヤの絵を張り付けたところです。ハンドルの所についています。このハンドルを一人がエンジン役という形で手で回すと、この車はエンジンで走っているという形になります。もう一人の人がこのコンデンサーをつないだり外したりします。実際の車ではバッテリーということになります。それでは実際にこちらのスクリーンにこれからどのような動作をするか出ますので、二人でやってみます。

それではエンジン役回してください。今これは車がエンジンで走っているという状態です。では、コンデンサーをつなぎます。重くなりましたね。車に今ブレーキがかかっています。今こちら（エンジン役の方）では発電がおこなわれ、このコンデンサーに電気が蓄えられています。では手を止めてコンデンサーを外します。車は停車中です。エンジンが動いていません。ですから、これはアイドルストップということになります。ハイブリッド自動車は停車すると自動的にエンジンが止まるようになっています（停車中にエンジンを止めないハイブリッド自動車もあります）。では信号が青になりました。運転手がアクセルを踏むとエンジンはかからず回路が繋がり、このようにモータで車が走り出します。自動車は発進するときが一番ガソリンを使うといわれています。そのガソリンが一番使う所を蓄えた電気で、モータで走り出す。ということを使っていますので、ハイブリッド自動車はガソリン消費量が少なく、その分二酸化炭素排出量も少なく環境にやさしいというふうにいわれております。ぜひこのように発電と蓄電という原理が社会や日常生活の中で使われているということまで紹介してほしいなと思います。

#### **中学3年のエネルギー変換の学習で利用**

今の手回し発電機とコンデンサーを使った実験は、中学校3年生のエネルギー変換の授

業の際にも使えます。走っている時、動いている物体は運動エネルギーを持っています。車がブレーキをかけると普通の車の場合は、摩擦で止まっていますので、熱エネルギーに変わっています。それに対してハイブリッド自動車は、今の実験でわかるように運動エネルギーが電気エネルギーに変わっています。それをコンデンサー、あるいはバッテリーに貯めていたわけです。発進する時には、電気エネルギーから運動エネルギーへという変換がおこなわれます。普通の車の場合では、走っていた運動エネルギーが熱になり、回収されていませんけども、ハイブリッド自動車は、運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、もう一度走る運動エネルギーに変えているわけです。それぞれのエネルギー変換の時に、効率が100%ではありませんから、100%復活するわけではありませんけれども、エネルギーを無駄遣いしていないということで、燃費が良い車、そしてガソリンの使用量が少ないですから、二酸化炭素の排出量が少なく、環境にやさしい車というふうにいわれるわけです。



## 真空放電に関する実験

### 誘導コイルが使用できる状態か確かめる

今回の学習指導要領の改訂で、真空放電が復活いたしました。学校に長い間使っていない誘導コイルがあると思います。これは新型ですけど、昔の円筒型のコイルが入っている場合、中の絶縁が悪くなっている可能性があります。授業で使う前に一回試運転をして異常がないことを確かめるようにお願いします。

### クルックス管が使用可能な状態か確かめる

なおこちらのクルックス管の方も10年20年と使っていない場合というか、時間が経ちますと、真空度が落ちているという可能性もあります。こちらの方も予備実験をしてから授業に望むようにしてください。

### クルックス管を使った真空放電の実験

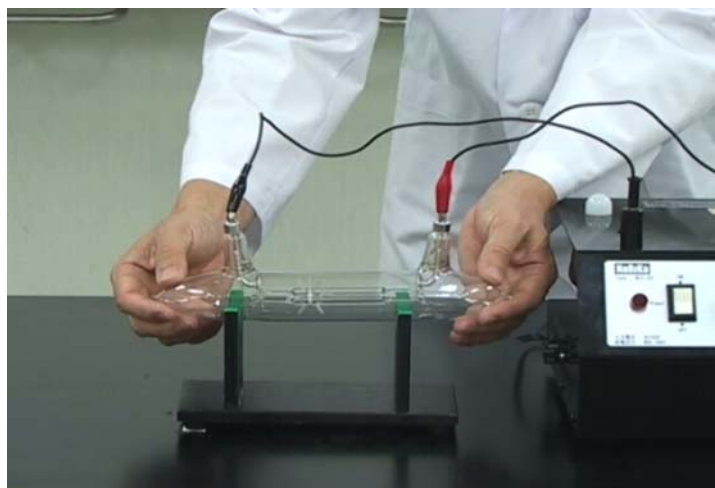
クルックス管を使って真空放電を実験いたします。ここの電極を抜くと端子が表れてきます。このように金属部分が露出しないようになっており、感電の心配がなくなります。

#### 配線が接触しないように気をつける

コードがあまり接触しないようにした方がいいです。

#### 水平になっていることを確かめる

またこれが（クルックス管）が水平になっていることを確認してください。傾いていたら、台の下に紙を挟むなどして、どちらかに偏ることがないようにしてください。今こちら側に寄せて実験をします。（羽根車を黒のコードの方に寄せる）ではスイッチを入れます。こちらのマイナス極から何かプラス極に向かって飛んでいるということが確かめられます。実際には電子が飛んで、この羽根車を動かしているということになります。今度はプラス、マイナスを逆にしてみましょう。



#### 電極に触れる時は必ず電源を切る

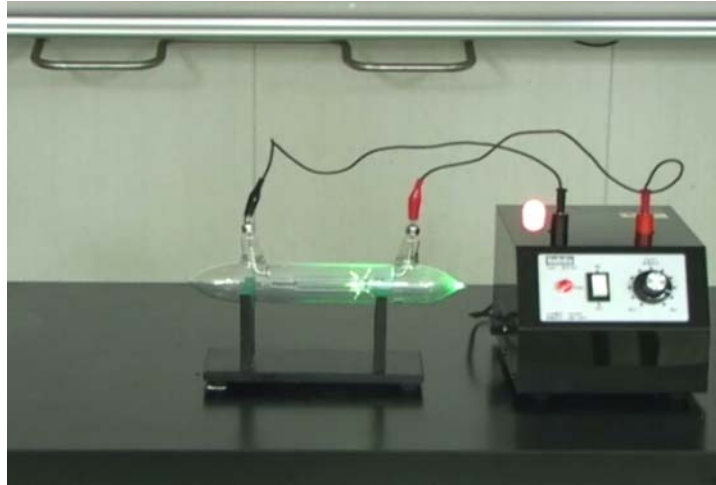
このような電極を取り換える時など必ずスイッチを、電源を切つて行うようにしてください。コードがあまり交差しないように、そこも気をつけましょう。では電源を入れます。このようにマイナス側から電子がプラス極の方に向かって飛んでいるということが確かめられます。

#### 観察が近すぎないように注意する

なおこの電極付近ではエックス線が出ておりますので、あまり近くでじっと見たりしないように、遠くからはなれて見ている分には安全ですので、近くで見ないように注意してください。

### 十字板入りのクルックス管を使った実験

次に十字板入りのクルックス管で実験いたします。奥がマイナス極、手前がプラス極になっています。では電源を入れます。ここに影が出ています。照明を落としてみてください。後ろから前の方向に向かって飛んでいるということがわかります。



### 光ではないことが磁石で確かめられる

ただこれが普通の光ではないということが磁石で確かめることができます。磁石を近づけるとこのように影が動きます。これは磁界の中を電子が動く時に力を受けてこのように動くわけです。



### **バンデグラフ型起電機による放電の実験**

次にバンデグラフの装置による放電の実験をご紹介します。中にゴムのベルトが回転するようになっています。上下にローラーが入ってしまして、そのところではがれる、剥離する時に、電気を帯びるようになっています。この場合ここ（大と小の間）が10センチぐらい離れていても放電しますので、10万ボルトぐらいの電圧が出ています。

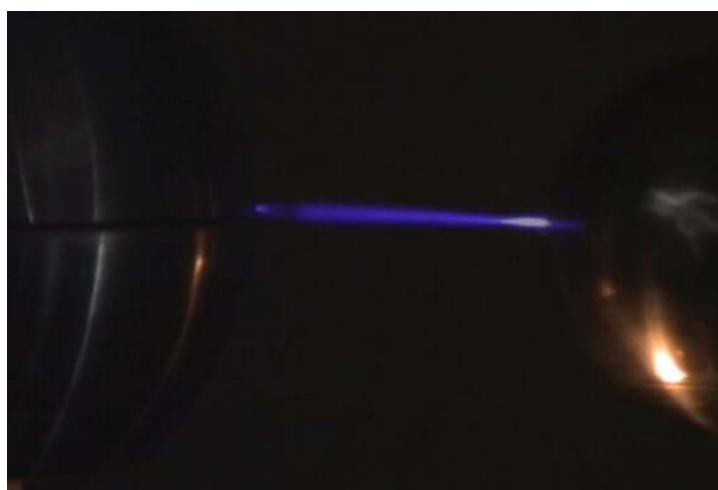
### 手をむやみに近づけないように気をつける

手をむやみに近づけないように気をつけてください。特にこの小さい球よりも近くに手を近づけた場合には人体の方に放電いたしますので気をつけるようにしてください。

ではスイッチを入れます。電気を消してみましよう。電気をつけてください。

### 実験を止める時は必ず放電させてから触る

実験を止める時には、電源を切ってから、この小さな玉を近づけて放電させてから触るようにはしてください。そうしないとこちら側が帯電していますので、人体の方に電流が流れてしまいます。それでは少し距離を離してみます。この装置は離れたところで操作できるようになっていますので心配が少なくなっています。スイッチを入れます。(スイッチを切る) 必ずこの小さな玉で放電をさせます。この球を手で触って髪の毛を逆立てるといような実験などが写真に載っていますが、かなりの高電圧になっていますので、子供たちにそのようなことをさせるのは避けたいと思います。



#### **バンデグラフ型起電機を使用するコツ**

このバンデグラフの装置を使う際のコツをいくつかご紹介します。まず一番大切なことはこの小さな球から出ているコードを必ず本体につなぐということです。それによってここで電子が動くようになります。それから、うまく飛ばないという時にいくつかの原因があるのですが、机の汚れ、湿り気、それで持って他に放電してしまうということがありません。

#### エタノールで拭いて水分などを除く

それを避けるためにはエタノールをティッシュにつけてこの実験台をよく拭いて水分を除くようにしてください。





またこのゴムベルトが湿っていることもあります。その場合にはドライヤーで乾燥させると良いのですが、ゴムベルトを動かしながら乾燥させます。

#### 程よい熱風でゴムベルトを乾燥させる

近くに行きますとここから放電して危険です。また近くから熱風を当てますとゴムベルトが傷みますので、50～60センチ離れた所から全体を乾燥させるような感じで熱風を当てるようにしてください。そうするとうまく実験が行きます。

#### **手回しの静電高圧発生装置を使った実験**

このような手回しの静電高圧発生装置もあります。実験してみましょう。回してみます。このように帯電したことが確かめられます。(紙が浮く)(回すのを)やめると空気中に放電して下りていきます。今度は二つの球を使って間で放電させてみます。これはプラスチックの玉にアルミホイルを巻きつけたものです。それぞれコードでこの発生装置につないであります。回してみます。電気を消してください。今二つの玉の間が1センチくらい離れていますので、およそ1万ボルトの電圧が生じていることがわかります。なおこの手回しの発生装置ですが、あまりむきになって回すと回転する部分が壊れてしまいますので、1秒間に2回転程度で回すようにしてください。今ここに球があり、紙が張り付けてあります。この球の方から電極。そして置いてある台の方からもう一方の電極につないであります。では回してみます。今この球の方はマイナスに帯電しています。紙がすべてマイナスになっているので、お互い同士が反発しあってこのように持ち上がっています。回転を止めると空気中に放電し、下りていきます。

#### **ネオン管を使った実験**

今度はネオン管につないで放電してみましょう。回します。電気を消してください。このようにネオンの中で放電がおこっていることがわかります。

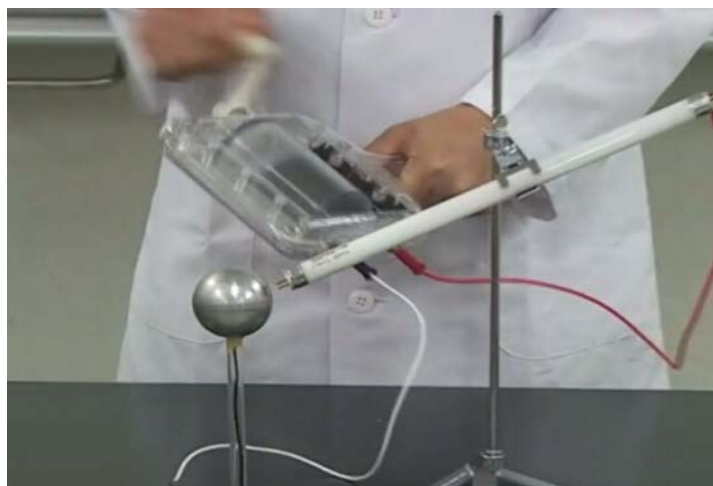
#### **蛍光灯を使った実験**

今度は蛍光灯につないでみます。回します。電気を消してください。この蛍光灯は内側に三色に光る様に蛍光塗料が塗ってあります。ちょっとこのままでは光が弱いということ

がわかります。蛍光灯をもっと明るく点灯させるには、この集電球を使います。片方の方を外してこの集電球につなぎます。

#### 集電球を使うことで高電圧を発生できる

この蛍光灯の端子と集電球の間はちょっとだけ離しておきます。このことによって高電圧が生じてもっと明るくつきます。ではやってみましょう。このように先ほどよりも明るく点灯しています。



## メンデルの法則

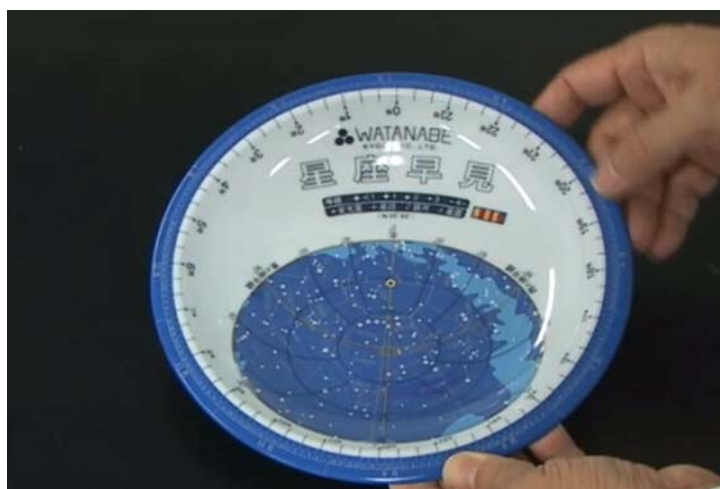
### 簡単なシミュレーション実験

メンデルの法則を簡単にシミュレーション実験する方法をご紹介します。フィルムケースに穴があいていて、中におもちゃのビービー弾、プラスチックの玉が黄色が 10 個、緑が 10 個入っています。黄色の方はエンドウ豆の子葉を黄色くする遺伝子ラージ A ということにします。緑の方は子葉を緑色にするスモール A という遺伝子だとします。どちらも 10 個ずつ入っています。これがめしべ側という形になっています。こちらが同じように 10 個ずつ玉が入っているのですが、おしべ側ということになっています。これは 2 人一組で実験をするようになっています。一人がめしべの方でガラガラポンというふうにします。今緑が出ました。これはスモール A ということになります。もう一人の子が同じようにガラガラとやって、黄色が出ました。そうするとこの組み合わせの場合、ラージ A とスモール A ですから子葉は黄色になります。この実験をまた玉を元に戻して、二人組で 30 回繰り返し実験し、記録させます。30 回やっただけでは 1 対 1 になったり、5 対 1 になったり、黄色と緑の比率が 3 対 1 にはならないことの方が多いです。でもこれは 2 人一組で実験できますから、クラスの中でそれを 20 組実験すれば、600 回実験したことになり、それを全部集計し、表計算で集めると、ほぼ 3 対 1 に近づくことがわかります。メンデルの法則の実験の所は、なかなか本物の生物を使ってやりますと時間がかかりますが、このようにシミュレーション実験をすることによって、1 時間の中で法則性を確かめることができます。ま

た、コンピュータによるシミュレーションと違って、二分の一の確率でどちらかが出るといことが子供たちにわかりますので、分離の法則の意味もわかるのではないかと思います。



### 星座早見盤の使い方



星座早見盤の使い方をご紹介します。小学校で子供たちに星座早見盤を買い与えていることがありますけども、あまり活用されていないようです。それは使い方が十分子供たちに分かっていないのです。この星座早見盤は、外側が月日、内側が時間。そうして回るようになっています。例えば今日7月17日の場合、外側の7月17日の所に左手の親指を当てます。中は自由に動くようにしておきます。そうして例えば今夜の夜8時、つまり20時に星を見ようと、どんな星が出ているかなと合わせる時には、親指の所に20時を持っていきます。そうすると7月17日の20時、夜8時の星座がここに出ています。実際に空の星と照らし合わせる場合には、ここに北、東、南、西と書いてあります。それぞれの方位を下になるようにもっていきます。例えば南の空を見ようという時には、ここにある南

が下になるようにして、南の空に向けます。今度東の空を見ようという時には、東と書いてあるところが正しく下を向くようにして東の空を向きます。そうすると大体こと同じ星座が東の空に見えることとなります。なおこの星座早見盤には惑星は載っていませんので、金星や木星、土星のような明るい星、この中に載っていないことがあります。その時には、星座早見盤ではなくて、それぞれの土地のガイドブックなり、月刊誌に載っている星の様子を参考にしてください。

### 携帯用ゲーム機を利用した星空の観察

このような携帯用ゲーム機 (Nintendo DS) に挿入して使う、いわば電子星座早見盤 (「星空ナビ」) もあります。これの便利なところは、夜空に向けていくと、ちゃんとその方向の星や惑星、月などが出てくることです。今月が出ています。月に合わせます。そうすると月の解説がこの下に出てきます。ですから学校行事で林間学校などに行った時にこれ 1 台先生が持っている、あの星座は何だとか、あの星は何だろうということが子供たちに説明することができます。また昼間でもこのように表示されますので、昼間金星が見えているという時なんかはこれをもとに探し、子供たちに肉眼で観察させることもできます。またメニューの中には、星を探すということで、例えば今、月がどっちにあるかということを探したくなると、このように月の方向が矢印で表示されます。月の方に行くと見つかるわけです。外れると移動すべき方向がこのように表示されます。星座早見盤と組み合わせで使用するといいのではないのでしょうか。







科学的リテラシーを向上させる  
優れた理科授業に関する教師用ビデオ教材の開発

平成 19～22 年度科学研究費補助金 基盤研究(B)  
研究成果報告書 課題番号 19300267

国立教育政策研究所  
研究代表者 小倉 康  
発行 平成 22 年 3 月