

平成 18 年度科学研究費補助金特定領域研究 領域「新世紀型理数系教育の展開研究」公募研究

「科学的探究能力の育成を軸としたカリキュラムにおける評価法の開発」（課題番号 17011073）研究報告書

理科好きの裾野を広げ、トップを伸ばす 科学カリキュラムとは

平成 19 年 3 月

研究代表者 小倉 康

（国立教育政策研究所）

はじめに

本研究は、文部科学省の科学研究費補助金特定領域研究における領域「新世紀型理数系教育の展開研究」の公募研究として、平成 17～18 年度に実施した内容を中心とし、かつ、平成 14 年度から 5 か年にわたり進めた研究全体についてまとめたものです。

5 年前に、子どもたちの論理性や創造性を育む新世紀型科学教育カリキュラムの枠組みを提案するという大変野心的な研究課題を立てた時点で、この研究は、とてつもなく規模の大きい、複雑きわまりない教育事象全体を研究対象にせざるを得ないこととなりました。このような対象に、厳密に証拠を論理的に積み上げていく研究スタイルが適さないのは明らかです。そこで本研究は、追究すべきキーワードとして、科学的リテラシー、科学的探究能力、技術的問題解決力、科学技術人材育成、科学コミュニケーション、科学への学習意欲を設定し、それぞれに対して並列的にアプローチしつつ、それらの関係を徐々に整理することによって、最終的に全体が統合されるように取り組みました。その過程で、特定のテーマを中心に 4 冊の報告書・研究資料を刊行しました。

国立教育政策研究所では、国際的あるいは全国的な教育調査研究を長期的に継続実施している他、今日的な教育課題に対応し、今後の効果的な政策立案に資する研究に取り組んでいます。本研究は、科学研究費補助金という競争的資金を得て、科学技術人材育成と国民の科学的リテラシーの向上という今日の重要な政策課題の検討に貢献できる成果となるよう努めました。また、理科教師をはじめ、大学や社会教育機関など、科学教育と科学コミュニケーションに関わる様々な方々に参考としていただける情報となるようにも努めました。

研究は広範囲にわたるため、細部の検討は未だこれからという内容が多く残っています。今後も研究内容の充実改善に努めたいと考えていますので、皆様からの忌憚無いご意見ご批判を頂戴できれば幸いです。

終わりにになりましたが、5 年間、本研究を支援して下さいました特定領域研究総括班の先生方、特にいつも温かく励ましていただきました A02 班総括の伊藤卓先生に、心より御礼申し上げます。

平成 19 年 3 月

国立教育政策研究所 小倉 康

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
研究分担者	山崎 貞登	上越教育大学教授
研究協力者 (平成 17～18 年度)		
	浅海 範明	山口県熊毛郡田布施町立麻郷小学校教諭
	磯部 征尊	新潟県十日町市立水沢小学校教諭
	伊藤 大輔	兵庫教育大学大学院・連合学校教育学研究科研究生
	宇野 学	岐阜県本巣市立真正中学校教諭
	浦田 安之	熊本県菊池市立泗水中学校教諭
	小森 栄治	蓮田市立蓮田南中学校教諭
	進藤 明彦	岡山県立岡山一宮高等学校教諭
	西本 昌司	名古屋市科学館学芸員
	野瀬 重人	岡山理科大学教授
	長谷川 広和	岐阜県サイエンスワールド職員
	笠 耐	元・上智大学助教授
	フィリップ・アデイ	ロンドン大学キングス・カレッジ校教授
	ロバート・ローリー	カナダ・ブランスウィック州教育省部長

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 17 年度	3,300	0	3,300
平成 18 年度	3,500	0	3,500
総 計	6,800	0	6,800

研究業績

1. 研究報告書

- (1) 『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』研究報告書(2004)
- (2) 『科学への学習意欲に関する実態調査』調査結果報告書 (2005)
- (3) 『科学的リテラシーと科学的探究能力』研究報告書(2006)
- (4) 『カナダ教育大臣協議会 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)』翻訳資料(2006)
- (5) 『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』研究報告書 (2007)

2. 研究論文, 研究発表

- (1) 小倉康 (2007) 「科学的探究能力育成スキル1－科学的探究能力をどうやって育むか？」千葉和義他編著『サイエンス コミュニケーション』日本評論社, pp.109-162.
- (2) 小倉康 (2006) 「科学的リテラシーの育成をめぐる国際的動向－万人のための理科教育に向けた改革－」『物理教育通信』第 126 号, 物理教育研究会, pp.16-26..
- (3) 小倉康 (2006) 「教授・学習における科学コミュニケーションの役割」『日本科学教育学会年会論文集』, 日本科学教育学会, pp.323-326.
- (4) Ogura, Y. (2006) Background to Japanese Students' Achievement in Science and Mathematics, Howie, S. J. & Plomp, T. (Eds.) Contexts of Learning Mathematics and Science, Routledge, pp. 313-331.
- (5) 小倉康 (2006) 「英米を中心とした初等中等理科教育の動向について」『日本物理学会誌』, 日本物理学会, Vol.61, No.5, pp.361-364.
- (6) 小倉康 (2006) 「21 世紀の理科学力を目指した教育改革を」『世界の科学教育』(松田良一編), 明石書店, pp.11-28.
- (7) 小倉康 (2005) 「英国のナショナルカリキュラムと CASE」『化学と教育』, Vol.53, No.10, 日本化学会, pp540-543.
- (8) 小倉康 (2005) 「政策決定にインパクトを与える科学教育研究」『日本科学教育学会年会論文集 29』, 日本科学教育学会, pp.323-326.
- (9) 小倉康 (2005) 「科学への学習意欲に関する実態調査から得られた理科教育への示唆」『日本理科教育学会全国大会発表論文集』, 日本理科教育学会, p.306.
- (10) Ogura, Y. (2005) Situation and problems of decrease of Japanese students in Science and Technology fields, Invited presentation at the 10th OECD/Japan Seminar on raising the quality of educational performance at school – the role and impact of internationally comparative evaluation and assessment, Tokyo, June 23, 2005.
- (11) Ogura, Y. (2005) Support science teachers, Invited presentation at the “OECD conference on declining student enrolment in science and technology” Amsterdam, November 14, 2005.

概 要

- (1) 日本の科学教育は、科学技術人材の育成と国民の科学的リテラシーの向上という 2 つの課題に対処するために、子どもたちに、より創造的活動の基盤を身に付けさせ、専門性や個性を発展できる学習機会を拡大し、単純作業よりも能動的生産者として活躍できるスキルを高め、科学的探究と技術的問題解決の経験を重ねることで、高度な論理性と創造性を培う方向で改革される必要がある。このような改革によって、子どもたちは、自身にとっての科学を学習する価値を理解し、学習意欲が高まると考えられる。そのための科学教育システム改革の具体的な指針、包括的枠組みを示した。(第 1 章)
- (2) すべての子どもたちに身に付けさせるべき科学的リテラシーに関する諸外国(米国, カナダ, 英国, OECD)の取組みの状況を、科学的探究能力育成の視点から整理した。また、日本の昭和 20 年代のカリキュラム改革を再考し、今日のカリキュラム改革における留意点を明らかにした。(第 2 章)
- (3) 日本の科学技術カリキュラムにおける創成教育の現状と課題を明らかにした。(第 3 章)
- (4) 児童生徒の科学への学習意欲の全国的な実態と、その向上に効果のある教育活動を明らかにした。また、全国的な実態との比較により、スーパーサイエンスハイスクールなどの特定事業の参加生徒の科学への学習意欲の実態と特徴を明らかにした。(第 4, 5 章)
- (5) 理科好きの裾野を広げ、トップを伸ばす科学コミュニケーションの在り方、及び、注目される科学コミュニケーションの取組みの事例を示した。(第 6 章)
- (6) 先進国における理工系学生の育成状況と効果的な国の施策、今後の課題について、OECD における検討状況をもとにまとめた。(第 7 章)
- (7) 理科好きの裾野を広げ、トップを伸ばす上で先進的な科学カリキュラムとして、CASE(英国)、FOSS(米国)、Twenty First Century Science(英国)の特徴を報告した。(第 8, 9, 10 章)
- (8) OECD PISA 調査における科学的リテラシーの最新の評価の枠組みを報告した。(第 11 章)
- (9) 科学的探究能力育成のために開発した教師教育プログラムの基本的内容を示した。(第 12 章)
- (10) 理科好きの裾野を広げ、トップを伸ばすために優れた理科教師たちがどのような実践に取り組み、今後何が必要であると提言しているかについて、資料掲載した。(資料)

目 次

第1章	総論 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	(7)
第2章	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	(21)
第3章	創成教育重視の技術教育課程基準の構成原理	(68)
第4章	科学への学習意欲の全国的な実態	(96)
第5章	スーパーサイエンスハイスクール・理科大好きスクールを対象とした 科学への学習意欲に関する実態調査	(113)
第6章	理科好きの裾野を拡げ、トップを伸ばす科学コミュニケーション	(133)
第7章	先進国における若者の科学の学習への関心低下に関する OECD での検討	(143)
第8章	CASE：英国における先進的思考力育成プログラム	(179)
第9章	FOSS：米国における先進的初等科学教育プログラム	(209)
第10章	“Twenty First Century Science”－英国の科学的リテラシー育成カリキュラム－	(216)
第11章	2006年 OECD PISA 調査における科学的リテラシーの評価の枠組み	(225)
第12章	科学的探究能力の指導と評価に関する教師教育プログラムの開発	(235)
資料	理科好きの裾野を拡げ、トップを伸ばすための理科教師たちの実践と提言	(247)
1.	公立中学校の理科教育，理科教師の現状	浦田安之 (249)
2.	理科大好き小学生を増やすために	宇野 学 (255)
3.	理科は感動だ！	小森栄治 (259)

第1章 総論

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

小倉 康（国立教育政策研究所）

本研究では、子どもの論理性と創造性を伸ばさせる科学教育システムの構築に資するため、平成14年度から5か年にわたり、科学的探究能力の育成を中心に国内外での研究や取り組みを幅広く調査分析し、教育システムのモデルを提案するとともに、実践的プログラムの開発に取り組んできた。

その背景には、(1)科学技術系人材の育成と(2)国民の科学的リテラシーの向上という2つの科学教育に課せられた課題がある。第一の人材育成の観点については、日本で長らく進んだ少子化の影響により、今後、若年人口が急激に減少し、そのため理工系で活躍する人材が量的不足の状況に陥ると予想される。この事態に対処するため、総人口が減少中でも(a)理工系への進学・就職を希望する若者の割合を高めることと、そうした(b)若者の科学的資質・能力を最大限に伸ばさせることの2点を通じて、質量両面での科学教育改革が必要である。第二の科学的リテラシーの向上の観点については、欧米諸国で過去20年ほどの間に進められた科学教育改革が、すべての市民にとっての科学的資質・能力としての科学的リテラシーの育成を目指したものであり、その点で、日本での教育内容の検討が遅れている。中学・高校と理科嫌いが進み、理科の学習意欲が低下する実態は、日本の理科教育が、将来、理工系に進学する一部の生徒のためのカリキュラムに止まっていることを物語っている。今後、(c)すべての生徒にとって学ぶ価値が実感できる科学教育とすることが必要である。こうした課題を明確にするため、本研究では、過去の調査の再分析と新たな調査と分析を行った。

1. 問題の所在－科学への学習意欲の低下

図1は、文部科学省が発行している1985年～2003年の『学校基本調査報告書』を基に、大学卒業生に占める理工系学生の割合の推移を専門分野別にまとめたものである。約20年間に、大学進学率増加に伴い、大卒者数は、全体と理学では約1.5倍に、工学でも1.4倍程度に増加している。しかしながら、物理と化学については、1.1倍の増加に止まっており、結果的に、物理と化学、及び工学の大卒者の全体に占める割合は、2003年時点で、それぞれ0.6%、0.6%、18.6%と、ピーク時よりもそれぞれ0.3%、0.3%、1.5%ほど低下している。(参考資料1)

図2は、大学進学者における専門分野別人気度の推移を推測するために、大学入学志願者合計の入学者数に対する倍率の1985年～2003年の推移を、同じく『学校基本調査報告書』を基にグラフ化したものである。但し、学科名称別のデータから分野別にカテゴリー化するために独自に再集計したものである。また、すべての大学の入学志願者数を単純に合計してあるため、一人の生徒が複数の大学を受験するなどにより、志願者数は実際の生徒の人数とは異なっていることに注意を要する。このグラフによれば、約20年間に、理学分野の倍率は相対的に低水準で大きく変化していないのに対して、工学分野では、80年代に倍率が他分野

よりも高かったにもかかわらず、90年代以降2000年まで低下を続けたことがわかる。1993年以降は、保健分野の倍率が高い状態が続いている。大学入学者数は入学定員に依存するものであるが、志願者倍率の推移は、理工学系分野の人気の、現在では低い水準にあることを示している。(参考資料2、本報告書第7章も参照のこと)

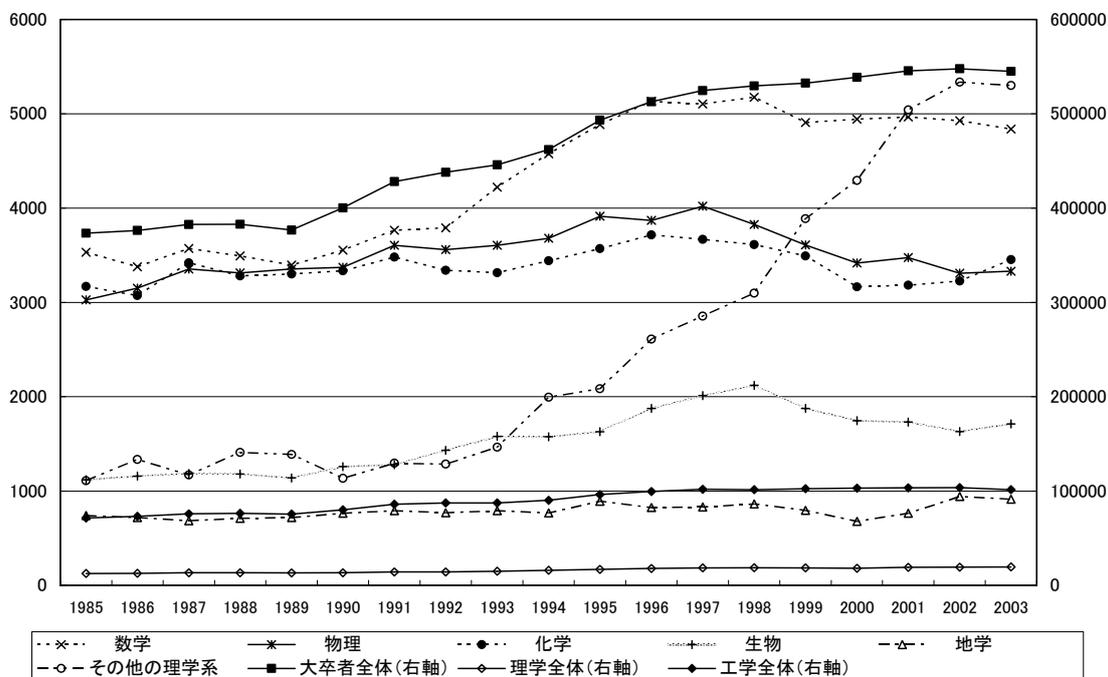


図1 大学卒業生における理工系専門分野別学生数の推移 (縦軸単位: 人)
 (文部科学省『学校基本調査報告書』(1985年~2003年)を基に筆者が作成)

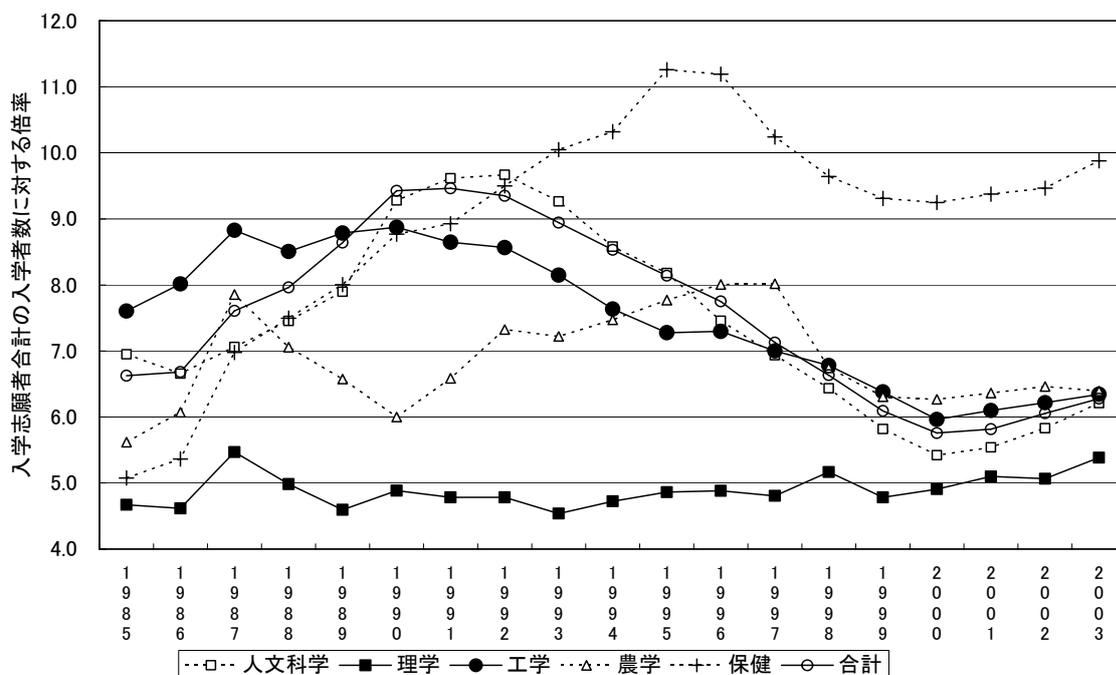


図2 大学入学志願者合計の入学者数に対する倍率の推移
 (文部科学省『学校基本調査報告書』(1985年~2003年)を再集計した後、筆者が作成)

図3は、国立社会保障・人口問題研究所の『日本の将来推計人口（平成18年12月推計）』を基に2055年までの0歳～14歳の推計人口の推移をグラフ化したものである。仮定された三通りの出生率のうち、現在に最も近い中位(1.26)推計を辿ると、約40年後に当該人口が半減するという急激な減少となる。必要な科学技術人材の確保のためには、理工学系分野の魅力を高める取組みによって志願者割合を高めるとともに、一人ひとりの資質や能力を最大限に伸ばし、生産性の高い人材を育成する科学教育改革が必須と言える。

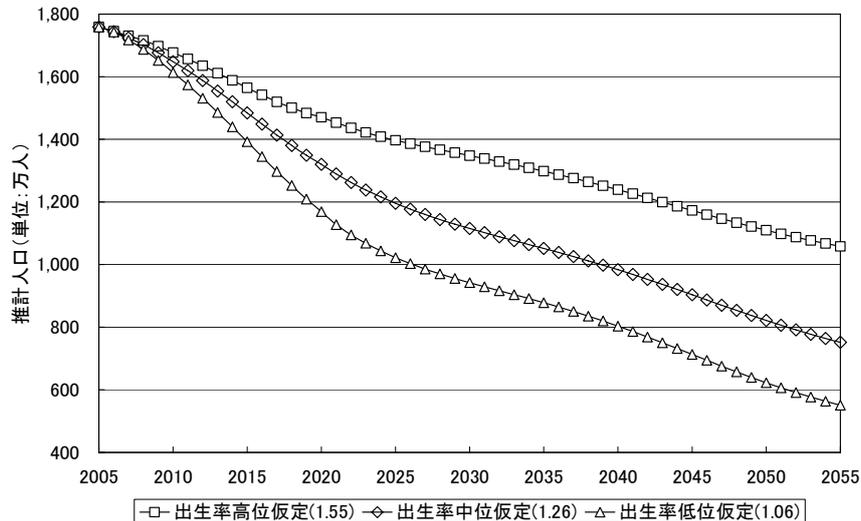


図3 三通りの出生率を仮定した0～14歳の推計人口の2005年～2055年の変化
(国立社会保障・人口問題研究所の推計人口（平成18年12月推計）を基に筆者が作成)

理科教育の現状としては、平成15年度実施の小中学校教育課程実施状況調査では、小学5年から中学3年までの5か年間を通じて、「理科の勉強が好きだ」という児童生徒の割合は、国語や社会、算数・数学、英語よりも概ね高い状況である（図4）。

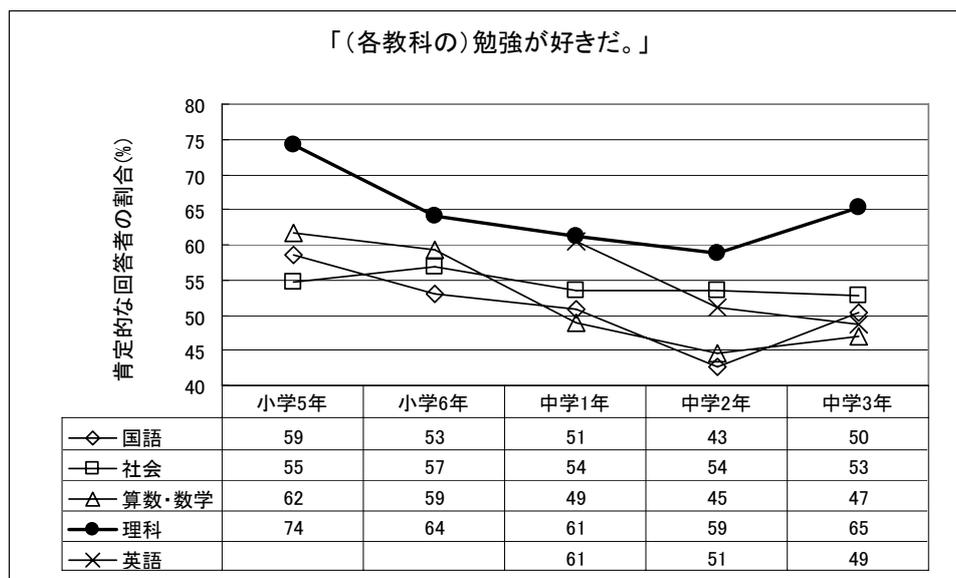


図4 平成15年度小中学校教育課程実施状況調査における「理科の勉強が好き」に関する児童生徒の意識の状況（国立教育政策研究所(2004)に基づき作成)

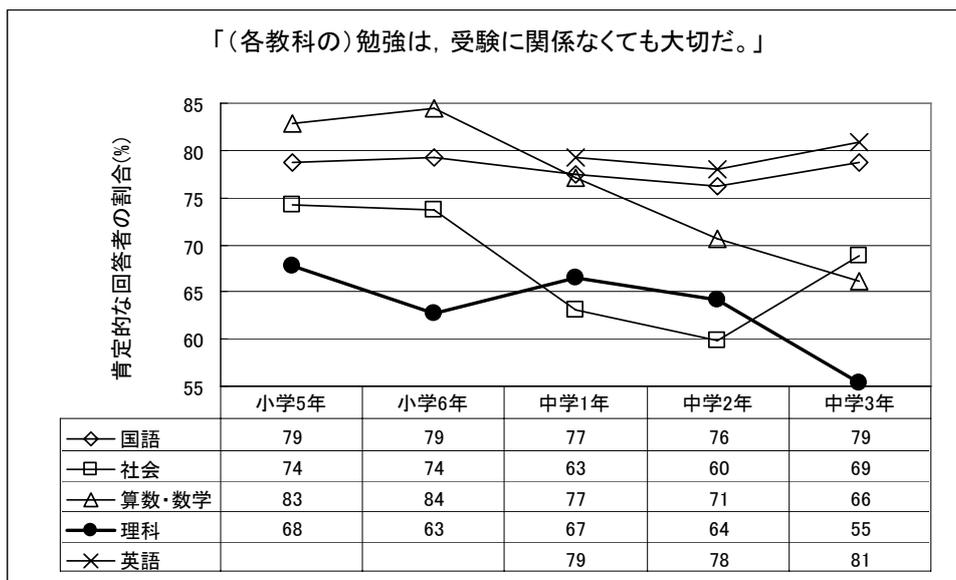


図5 平成15年度小中学校教育課程実施状況調査における「理科の勉強は、受験に関係なくとも大切」に関する児童生徒の意識の状況（国立教育政策研究所(2004)に基づき作成）

これに対して、「理科の勉強は、受験に関係なくとも大切だ」と思う児童生徒の割合は、中学3年の段階で、国語や社会、算数・数学、英語と比較して最も低い状況にある（図5）。

このことが象徴しているように、日本では、小中学校段階で、子どもたちに理科を学習することの価値を伝えることはこれまで強調されてこなかった。例えば現行中学校学習指導要領において理科の目標は「自然に対する関心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に調べる能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う」となっているが、児童生徒がなぜこのことが重要なのかを理解させることは目標とされていない。学習指導要領に示された内容を学習すること自体が重要性を持つのであって、それがなぜ重要であるかは不問に付されてきたのである。

しかしながら、平成12年に中学生たちが理科を学習することの大切さをどのように意識しているか調査した結果では、「社会に出たら理科は必要ない」、「数学や国語と違って、（理科は）役に立つてことはあまりないし、知っててもあまり生活とか日常生活には関わってこない」、「社会に出たときに理科の実験とか理科のことを知ってても、ただものしりっぽくて、あんまり意味がない」、「理科が好きな人は重要かもしれないけどきらいな人は、あまり重要じゃないと思う」、「実験なんかやっても、その1回で終わりだから意味がない」などと、理科学習が重要でないと感じている生徒が少なくなかった。（小倉康（2001）「学習の重要性に関する子供の意識」『初等教育資料』(No. 743), 68-71頁.)

このように、理科を学習することの大切さの意識が希薄な状態で、高等学校に進学した生徒たちは2科目以上の理科を選択することになる。表1に、旧学習指導要領下で実施された平成14年度高等学校教育課程実施状況調査における物理IBなど理科4科目の履修状況と各科目の選択生徒の意識を示す。物理IBについては、選択者は全体の25%で、その内、物理IIまで履修した生徒は51%である。物理IIの履修者がすべて物理IBを履修済みであると仮定すれば、物理IIの履修者は高校生全体の約13%となる。また、各科目を選択した生徒の

中で、その科目の「勉強が好きだ」に肯定的に回答した生徒は約4割、その科目の「勉強は、受験に関係なくても大切だ」に肯定的に回答した生徒は2～3割に止まっており、どちらの意識の割合も中学3年での状況よりかなり低くなっている。このように、高校の理科教育もまた、生徒たちに理科を学習することに対する関心意欲や価値意識を喚起できていない現状である。

表1 平成14年度高等学校教育課程実施状況調査における理科4科目の履修状況と生徒の意識（国立教育政策研究所(2004)に基づき作成）

	物理IB	化学IB	生物IB	地学IB
選択率	25%	61%	54%	6%
各IB選択者のII科目の選択率	51%	32%	26%	10%
「好きだ」に対する肯定者	38%	29%	41%	42%
「大切だ」に対する肯定者	34%	24%	35%	29%

このように、日本の理科教育は、学習意欲の醸成に多くの努力を注いでこなかったわけであるが、国際的にはどのような状況であろうか。図6は、2003年の国際数学・理科教育動向調査(TIMSS2003)の生徒質問紙の結果で、中学校で科学が理科として総合的に教えられている国の中で、「学校でもっと理科を勉強したい」「理科の学習が楽しい」「理科を学習することは普段の生活に役立つ」「他の教科を学習するために理科が必要だ」「行きたい大学に入るために理科がよくできる必要がある」「理科を用いることが含まれる職業に就きたい」「なりたい職業に就くために理科がよくできる必要がある」の7つの質問に対する4件法(1～4点に点数化)での回答の平均値が、3点以上の生徒を良好な状態と考えられる理科学習に高い価値を意識している生徒であるとした場合に、各国でのそれらの生徒の割合を横軸にとり、各国の中学2年生の理科テストの平均得点を縦軸にとってプロットしたものである。

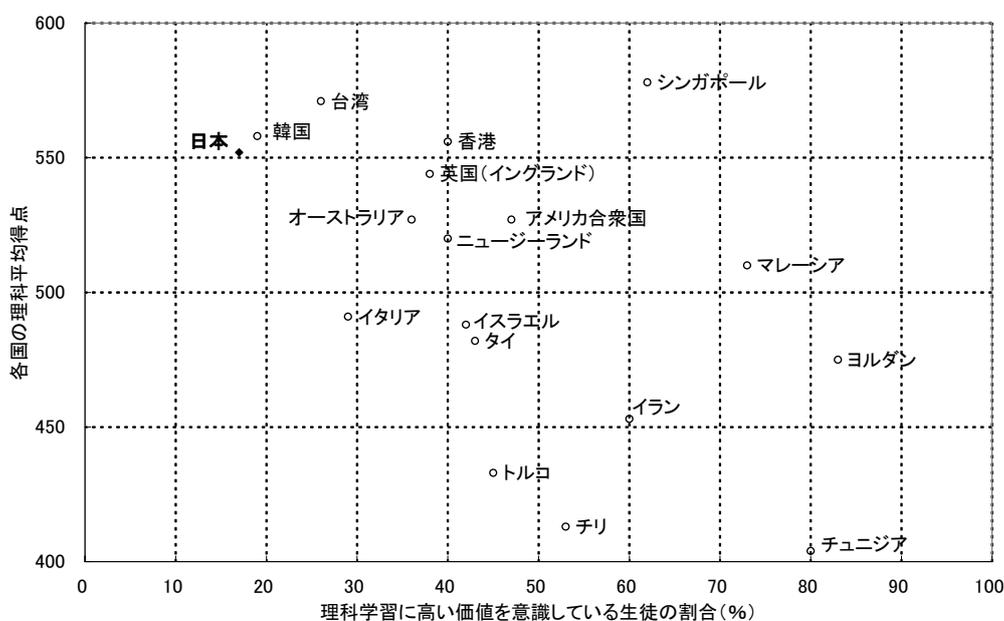


図6 理科学習に高い価値を意識している中学2年生の割合と各国理科平均得点 (TIMSS2003の調査結果に基づき筆者が作成)

日本の中学生は、理科の成績の平均では相対的に上位に位置しているが、理科学習に高い価値を意識している生徒の割合は、グラフに示された 18 か国中で最低の 17%であった。1999 年の TIMSS 調査においても同様の結果が見られた。この結果は、日本の理科教育が、国際的に見ても、学習意欲の醸成に関して明らかに努力を欠いていることを意味している。このことは、科学技術人材の育成においても深刻な問題である。理科を学ぶことの価値が意識できない状況では、生徒が高校や大学で自然科学を選択したり理工学系分野に進学したりする可能性は低いからである。しかしながら、図 6 に見られるように、英国（イングランド）の中学生が、成績は日本と同程度であっても、倍以上の生徒が理科学習に高い価値を意識していることから、日本においても事態の改善が不可能とは言えないだろう。

改善の示唆を得るために、科学への学習意欲に関する標本抽出による全国的な意識調査を実施したところ、小中学生の科学への学習意欲は、学校で行われる科学教育活動によって有意な差が見られることが明らかとなった。つまり、(1)学校における専門家招へいの理科学習、(2)科学博物館等を訪問して行う理科学習、(3)野外での理科学習、(4)理科の課題研究などの取組みを経験した児童生徒の方が、経験の無い児童生徒よりも意欲が高かった。また、児童生徒が(5)理科の自由研究を経験することと科学への学習意欲との間に正の相関が認められたが、理科の自由研究を経験する児童生徒の割合は、学校によって大きく異なっていた。このように、学校における科学教育活動次第では、児童生徒の科学への学習意欲が大きく向上する可能性がある。また、平成 15～16 年度指定の「理科大好きスクール」と平成 14～16 年度指定の「スーパーサイエンスハイスクール（SSH）」のほぼ全校の児童生徒を対象とした意識調査を実施したところ、上記(1)～(5)で活動の頻度の高い学校は、より科学への学習意欲が高い傾向が認められた（詳細は、本報告書第 4 章及び第 5 章を参照のこと）。

さらに、SSH は日本の中等教育段階での科学技術人材開発政策の中心的事業であるが、SSH で学ぶ高校生が、小中学生の時に、理科の自由研究をどの程度経験しているかを分析した。図 7 は、高校 3 年生について、SSH で物理Ⅱを履修した理系の男女と、全国標本の普通科高校で物理Ⅱを履修した理系の男女、及び、同じく全国標本の普通科文系の男女を比較したものである。生物Ⅱの場合を図 8 に示す。化学Ⅱについても傾向は同様である。

図 7、図 8 から、特に小学校高学年以降において、SSH の生徒の方が、普通科文系の生徒よりも、理科の自由研究を多く経験している傾向が読みとれる。男女別比較では、SSH に進んだ女子生徒は、小中学校を通じて、男子生徒よりも多く理科の自由研究を経験している傾向がある。このように、理科の自由研究の経験が、生徒の科学への学習意欲の形成と相関関係にあることがわかる。とりわけ女性の科学技術系進学者の中には、小中学校を通じて理科の自由研究を経験している者が多いことが示唆される。しかしながら、日本の理科教育では、理科の自由研究については、学習指導要領の内容ではないため、その経験は、すべての子どもに保障されているわけではない。子どもの学校の物的、人的な教育環境、家庭の教育環境、及び地域の社会教育環境等の違いによって、経験に個人差や学校間格差が生じていると考えられる。

以上のように、日本の理科教育においても、(1)学校における専門家招へいの理科学習、(2)科学博物館等を訪問して行う理科学習、(3)野外での理科学習、(4)理科の課題研究、(5)理科

の自由研究などを体験させることによって、児童生徒の学習意欲が高まると予想される。しかし、こうした特別な教育手段による学習形態は、普段の理科授業で実施することは容易でない。そこで、次は、諸外国における普段の理科授業の改善に関する動向に着目する。

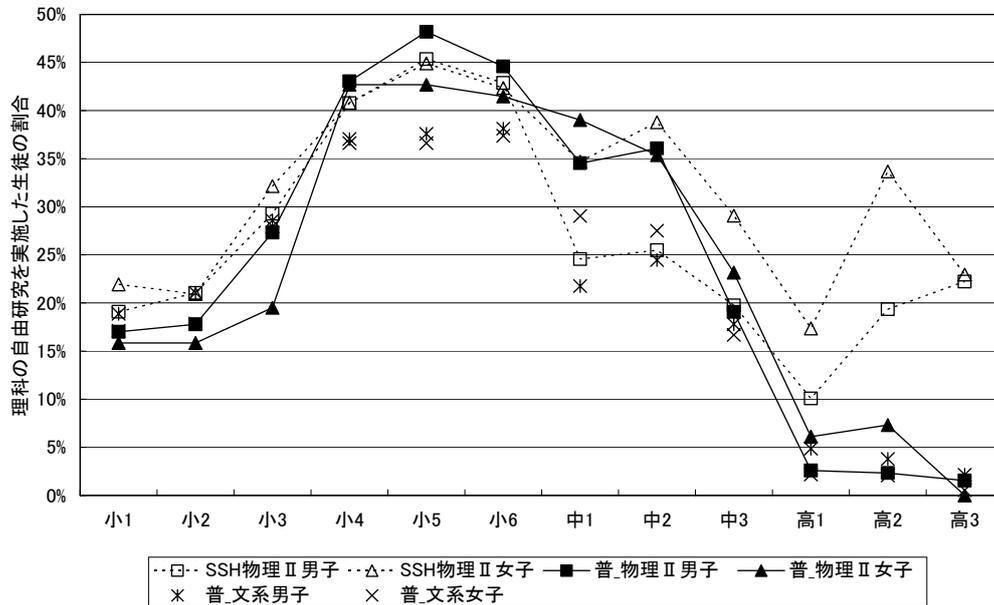


図7 高校3年男女のSSHと普通科の物理II履修者及び文系生徒の理科自由研究実施割合

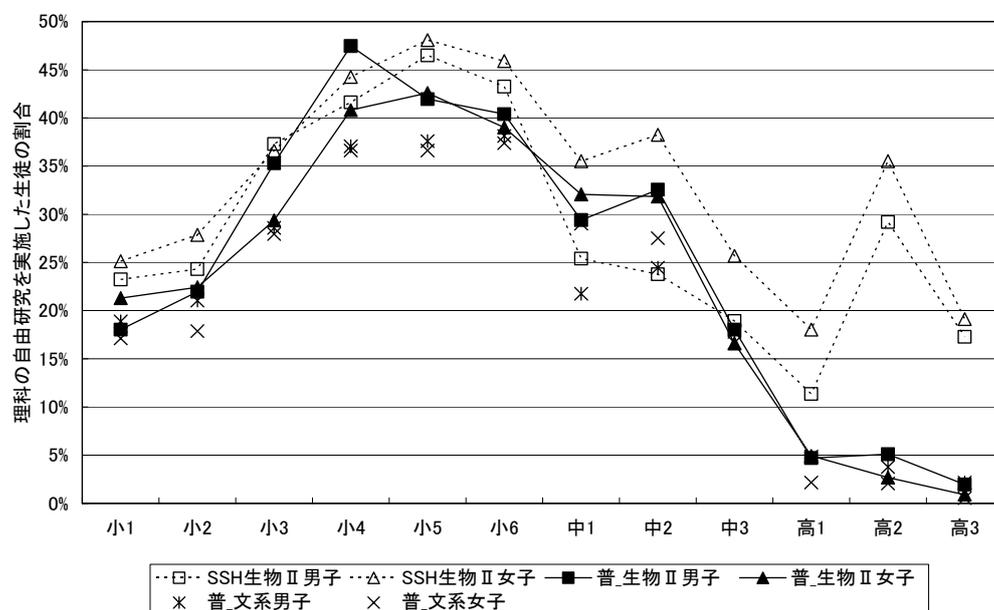


図8 高校3年男女のSSHと普通科の生物II履修者及び文系生徒の理科自由研究実施割合

2. 科学リテラシーを育成する科学カリキュラムに関する海外の動向

1980年代以降、欧米の科学カリキュラム改革で重視されてきたことは、理科教育が一部の理工系生徒のためではなく、科学リテラシーとして、すべての生徒にとって意味のある内容となることと、探究スキルや問題解決スキルなどの領域横断的能力を育成することである。こうした改革によって、子どもたちは、理科学習の大切さがより直接的に感じられることになる。そこで、本研究では、米国、カナダ、英国、及び、OECD（経済開発協力機構）における科学リテラシーの扱いについて、包括的な分析を行った（本報告書第2章を参照のこと）。

米国では、すべての子どもたちを「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用いるような人物」に育てるために、初等中等科学教育を通して、「探究としての科学」を扱うことで科学的探究に必要な能力とそれについての理解を深めることが、全国的な指針である『全米科学教育スタンダード』で示されている。カナダにおいても、すべての子どもたちが「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、意志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」市民となるための基礎力の一つに、「疑問を持ち計画を立てること」「実行し記録すること」「分析し解釈すること」という探究的なスキルの育成を掲げ、全国的な指針である『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』でその内容を詳細に示している。英国では、11か年の義務教育期間を通して、すべての子どもに「科学的探究能力」として、計画すること(P)、証拠を得ることと提示すること(O)、証拠を考察すること(A)、評価すること(E)、という4つの基礎的能力の習得を要求している。また、評価面でも、コースワークと呼ばれる課題研究レポートを複数提出させ、評価基準に沿って採点された結果が、義務教育修了資格(GCSE)に反映されるようになっており、実践的な科学的探究能力の獲得が重視されている。さらにOECDでは、「生徒の学習到達度調査」(PISA)において、各国の15歳段階の生徒の科学リテラシーの習得状況を把握する際に、生徒たちが社会に出て遭遇する可能性のある生活と健康、地球と環境、テクノロジーなどの日常生活の様々な問題状況で、「科学的な疑問を認識する」や「現象を科学的に説明する」、及び「科学的証拠を用いる」などの能力の獲得が期待されている（2006年PISA調査における科学リテラシー評価の枠組み、本報告書第11章を参照のこと）。

また本研究では、米国、カナダ、英国で科学リテラシーとして、いかなる教育内容が扱われているかを分析した。いずれの国においても、科学教育で扱われる内容は幅広い領域に及び、いわゆる物理や化学といった分科個別的科学的習得以外に、社会やテクノロジー、環境、健康など、今日的かつ多面的な課題に関係する領域横断的な内容を多く扱い、またそうした教授学習を可能とする時間数が配当されていた。

3. 海外との比較における日本の科学教育システムに関する省察

本研究での英・米・加国の調査から、日本との対比において、図9～図12の特徴が指摘できる。日本の科学教育では、すべての子どもに対して義務教育9年間で必要最低限の基礎的知識の習得を求めるのに対し、米国（及びカナダ）では12か年を通じた市民に必要な幅広い科学リテラシーの習得を求めている（図9）。将来の専門的人材への準備となる発展的科学的学習機会は、米国ではアドバンスド・プレースメント（AP）科目の設定などにより高校段

階から大学の基礎レベルの学習機会が提供されているが、日本ではそうした学習機会は設定されていない（図 10）。英国では義務教育で一貫して自ら計画を立て証拠を集め証拠を分析し結論を導き評価するなどの科学的探究能力の習得が強調されるのと対照的に、日本の義務教育の理科では、定型の観察実験の確認が中心で生徒の主体的な科学的探究活動が要求されていない（図 11）。

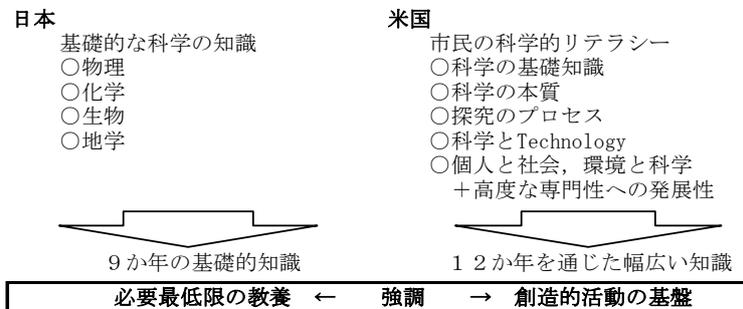


図 9 日米の科学カリキュラムにおける科学的知識の特徴

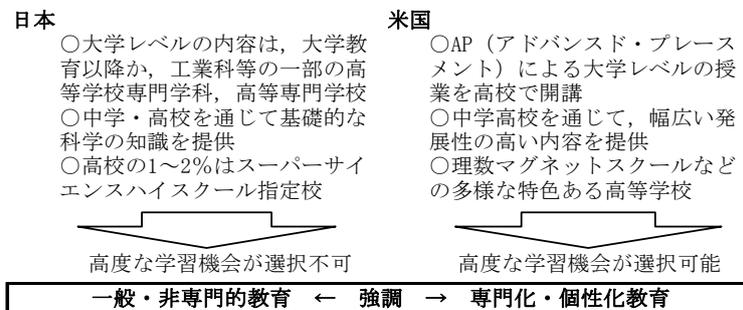


図 10 日米の科学技術人材育成における発展的科學学習機会の特徴

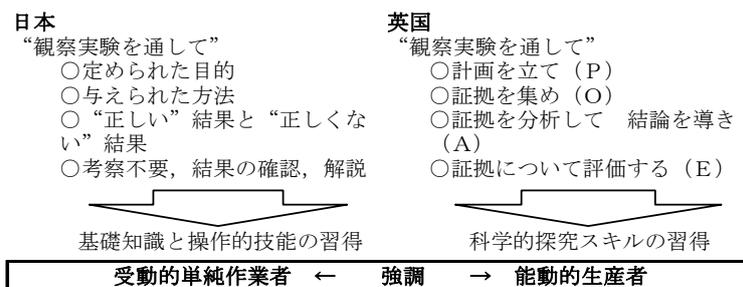


図 11 日英の理科観察実験におけるスキルの特徴

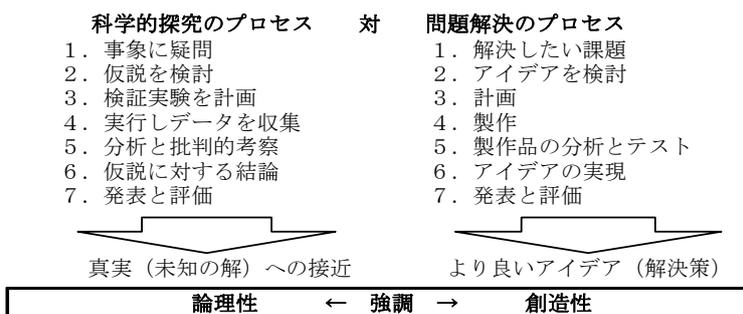


図 12 英・加・米国における論理性，創造性育成へのアプローチ

また、英・加・米国では、義務教育段階の科学教育において科学的探究のプロセスと技術的問題解決のプロセスが盛り込まれており、論理性とともに創造性の育成も強調されている（図 12）のに対して、日本では、特に技術的問題解決の扱いが不明確で、小学校理科でのものづくりでおもちゃ作りをする程度に止まっている。これに関して研究分担者の山崎らは、英国や北アイルランドの科学技術教育における科学スキルと技術スキルの指導体系を分析し、日本での科学技術教育における「創成（デザイン）教育」の確立（本報告書第 3 章を参照のこと）を提唱した。

こうした海外における科学カリキュラム改革の動向から省察して、日本の科学教育が、科学技術人材の育成と国民の科学的リテラシーの向上という 2 つの課題に対処するためには、子どもたちに、より創造的活動の基盤を身に付けさせ、専門性や個性を発展できる学習機会を拡大し、単純作業よりも能動的生産者として活躍できるスキルを高め、科学的探究と技術的問題解決の経験を重ねることで、高度な論理性と創造性を培う方向で、科学教育を改善することが必要であると言える。このような改善によって、子どもたちは、自身にとっての科学を学習する価値を理解し、学習意欲が高まるものと考えられる。

そこで、具体的な改善に資するため、本研究は、以下の知識とスキル、学習方法の評価の枠組みを提案する。これらの枠組みの組み合わせとして、科学カリキュラムを評価することで、現状の問題点と改善の方向性を際立たせることに役立つと考える。

[知識] ①科学の本質、②物理の世界、③化学の世界、④生命科学の世界（人体と健康、生態系を含む）、⑤技術・工学の世界、⑥数学の世界、⑦科学と技術・工学の関連、⑧科学と社会生活の関連、⑨科学と環境の関連

[スキル] ①事象への好奇心・探究心、②科学的態度や科学的意志決定の尊重、③情報の収集と分析の能力、④仮説やモデルの構築力、技術的創造・設計力、⑤変数制御と実験計画能力、⑥観察実験等の操作的技能、⑦データの処理、グラフ化、数学的解析力、⑧証拠に基づいた論理的推論能力、⑨非形式的推理と批評的思考力、⑩科学的知識の習得、理解、基盤、⑪科学的知識の適用、応用、関連づけ、⑫情報通信技術（ICT）の活用能力、⑬表現力（発表、討論、テキスト表現と理解）、⑭国際性（英語力、異文化理解）、⑮リーダーシップと協働の能力（チームワーク）

[学習形態] ①自由試行・探索型生徒活動、②飼育・栽培型生徒活動、③技能習得型生徒活動、④疑問追究型（構成的）観察実験、⑤解説型（確認的）観察実験、⑥知識教授（講義、演示）、⑦表現活動（発表、討論、記述）、⑧製作活動（企画、製作、改良）、⑨課題研究、自由研究、⑩校外学習、野外体験、⑪専門家（科学者、技術者等）による教授、⑫個別学習、⑬グループ学習

4. 新世紀型科学教育システムを設計する概念モデル

以上、日本の科学教育は変革への多くの課題を抱えているが、今後、そうした課題の解決へ向けたシステム構築が「新世紀型科学教育システム」への道程となる。図 13 に、そうしたシステムを設計するための概念モデルを示す。

科学教育システム	(1) 幼児期	(2) 小学校・低	(3) 小学校・高	(4) 中学校	(5) 高等学校	(6) 大学	(7) 大学院
(c) 科学技術人材開発型						高度な専門性	
(b) 科学的リテラシー重視型					発展的基礎		
(a) 基礎学力型			科学的リテラシー				
		生活習慣	自然体験				
フォーマル教育		義務・市民化教育			専門化・個性化教育		
インフォーマル教育		地域・社会連携			専門家・機関連携		

図 13 新世紀型科学教育システムをデザインする概念モデル

日本の科学教育では、基礎的・基本的事項に精選された学習指導要領に沿って科学教育が展開されており、これは図 13 での基礎学力型(a)に相当する。小学校低学年(2-a)では生活科を通して自然体験が中心となり、小学校高学年(3-a)から中学校(4-a)にかけて基礎的事項に精選された科学的知識の習得が図られる。しかし、英・加・米国では、科学的リテラシーの観点から社会や日常と関連した幅広く興味深い科学的知識や科学的探究の機会が小学校低学年から与えられており、科学的リテラシー重視型(2-b, 3-b)の科学教育システムとなっている。中学・高校段階では、これらの国では、発展的内容が多く含まれるとともに、能力適性の高い一部の生徒が選択可能な高度な専門的内容も提供されており、科学的リテラシーを重視(4-b, 5-b)するとともに、科学技術人材開発(4-c, 5-c)も重視されている(本報告書第2章、第8～10章を参照のこと)。日本のSSHやSPPも科学技術人材開発型事業であるが、希望する生徒が受講できる可能性は極めて低い現状である。

この概念モデルによれば、子どもが、その成長において図 13 中のどのセルの科学教育を受けられるかが、その子どもの科学的素養の幅広さと、将来、科学技術系人材として活躍できる可能性に影響を与える主要な要因であると捉えられる。基礎学力型で成長していく日本の子どもと、科学的リテラシー重視型あるいは科学技術人材開発型で成長する英・加・米国の子どもとでは、科学的素養の幅広さと将来的な活躍の可能性に結果的に大きな差が生じることになる。したがって、より幅広い科学的素養と発展的な科学の学習機会を拡大する方向での新たな教育システムの設計が必要である。

しかし、すべての必要性を学校教育(フォーマル教育)によって賄うのではなく、図 13 で表現しようとしているように、インフォーマル教育(社会教育など、公的プログラム以外の教育)との関係を整理して、総体としての科学教育のシステム化が求められる。学校教育は、費用、時間、人的・物的リソース等、容易に解決できない問題に制約されているからである。

そこで図 14 では、学校教育と科学技術の専門家、一般市民・社会の三者が、科学館等の教育プログラムや多様な科学コミュニケーションプログラム、及びメディアなどを介して、協働して一人ひとりの子どもを育成しようとする関係を表している。フォーマル教育のみに依存しない、社会全体での科学コミュニケーションの必要性を訴えるものである（本報告書第 6 章を参照のこと）。

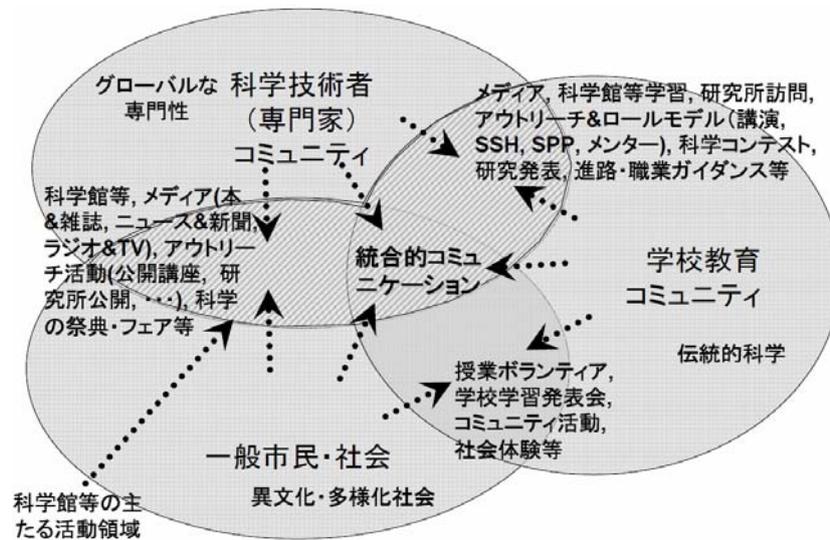


図 14 新世紀型科学教育システムにおけるフォーマル・インフォーマル教育間の協働関係

参考資料 1 大学卒業生における理工系専門分野別学生数（文部科学省『学校基本調査報告書』（1985年～2003年）を基に作成）

年度	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
大学卒業生(計)	373302	376260	382655	382828	376688	400103	428079	437878	445774	461898	493277	512814	524512	529606	532436	538683	545512	547711	544894
理学	12698	12814	13389	13388	13295	13420	14217	14176	14976	16034	16973	18028	18489	18695	18568	18241	19157	19369	19549
数学	3532	3379	3572	3493	3395	3554	3765	3790	4221	4574	4884	5132	5103	5174	4906	4941	4965	4926	4837
物理	3027	3151	3354	3313	3354	3373	3606	3559	3606	3680	3913	3870	4020	3826	3610	3418	3475	3308	3331
化学	3168	3073	3420	3281	3301	3335	3480	3340	3314	3441	3570	3715	3669	3614	3492	3164	3182	3227	3454
生物	1120	1158	1186	1181	1140	1259	1280	1432	1580	1576	1628	1875	2011	2121	1876	1745	1731	1631	1712
地学	741	718	686	711	718	764	791	770	791	768	893	825	831	862	796	680	764	942	915
その他	1110	1335	1171	1409	1387	1135	1295	1285	1464	1995	2085	2611	2855	3098	3888	4293	5040	5335	5300
工学	71396	73316	75843	76362	75678	80136	86115	87404	87463	90286	96373	99428	101940	101526	102431	103156	103513	103682	101401

参考資料2 大学入学志願者合計の入学者数に対する倍率の推移（文部科学省『学校基本調査報告書』（1985年～2003年）を再集計して作成）

入学者数																			
年度	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
人文科学	59595	63976	69204	72217	74214	76115	80870	86813	89677	90864	91447	96338	98060	99243	99381	98407	99782	99666	98988
社会科学	160338	172539	185368	191021	190611	196659	211627	219150	224012	227216	229642	234420	238343	238357	237402	241275	239630	239733	232878
理学	13778	13966	14897	14950	15899	16940	17454	18313	19077	19679	19849	19878	20355	20669	21042	20795	20936	20883	20570
工学	80249	84878	91104	91578	91792	95401	101533	104316	107564	107276	111209	111712	112168	112817	110007	107566	108207	106295	103544
農学	14434	14768	14984	14875	15631	16527	16311	16607	16781	16846	16831	16779	16580	16570	16198	16147	16206	16334	16190
保健	22168	22214	22710	22033	21629	21651	22622	22561	23399	24053	25685	26232	27065	28506	29820	31573	32642	34919	37176
商船	364	378	410	406	411	222	209	216	213	222	224	211	215	210	201	174	167	174	175
家政	7909	8754	9113	8949	9181	9218	9765	10115	9848	10130	10071	10349	10423	10616	10720	11473	12869	13720	14620
教育	33403	33888	34595	34210	33828	34946	34889	35532	35646	35412	35035	34627	34308	32629	32387	32086	32299	33493	34618
芸術	10709	11292	11581	11499	11795	12230	13222	13672	14121	14862	15338	15395	15297	15131	15720	17395	17377	18029	18265
その他	9046	10243	11537	11227	11795	12431	13397	14309	14635	14255	13245	13207	13874	15995	16681	22764	23838	26091	27761
合計	411993	436896	465503	472965	476786	492340	521899	541604	554973	560815	568576	579148	586688	590743	589559	599655	603953	609337	604785

入学志願者数																			
年度	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
人文科学	414167	425860	488632	538318	586177	706285	777509	839387	830740	779688	747877	718391	680083	638583	578172	533421	552897	580979	614779
社会科学	1180510	1246190	1487229	1711060	1958209	2238120	2392755	2393971	2295415	2185126	2029046	1894151	1661362	1499232	1326523	1271993	1275862	1365444	1380410
理学	64377	64473	81487	74493	73060	82767	83481	87609	86565	92972	96515	97067	97842	106793	100642	102035	106759	105786	110783
工学	610220	680429	804274	778890	806346	846494	878013	893445	876384	819086	809175	815173	785176	764793	701902	641401	659727	660687	656896
農学	81099	89684	117702	104984	102763	99133	107411	121642	121183	125859	130777	134359	132961	111762	102161	101211	103105	105525	103513
保健	112521	119150	158444	165152	173151	189821	201939	214287	235134	248244	289145	293554	277152	274905	277661	291954	306018	330483	367256
商船	1231	1097	1602	2357	2391	2145	2182	2142	2822	2680	2895	2621	2112	2069	1521	1579	1836	1643	1808
家政	26795	32701	37105	36880	39243	42581	49444	46043	46811	48245	49132	53315	57275	54633	50518	48003	54164	58599	61282
教育	106990	111278	171031	164635	169256	167684	166396	175051	170881	175543	171425	166713	165334	144477	126539	126625	128574	141128	148317
芸術	51136	54901	61913	62824	69840	79494	86960	93277	93872	94404	90820	93064	94360	93498	87848	86441	81297	81530	75866
その他	80753	92865	131769	126745	139173	185456	191777	196008	203056	213533	211047	221022	227605	228889	238783	246609	242062	258510	275888
合計	2729799	2918628	3541188	3766338	4119609	4639980	4937867	5062862	4962863	4785380	4627854	4489430	4181262	3919634	3592270	3451272	3512301	3690314	3796798

入学倍率																			
年度	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
人文科学	6.9	6.7	7.1	7.5	7.9	9.3	9.6	9.7	9.3	8.6	8.2	7.5	6.9	6.4	5.8	5.4	5.5	5.8	6.2
社会科学	7.4	7.2	8.0	9.0	10.3	11.4	11.3	10.9	10.2	9.6	8.8	8.1	7.0	6.3	5.6	5.3	5.3	5.7	5.9
理学	4.7	4.6	5.5	5.0	4.6	4.9	4.8	4.8	4.5	4.7	4.9	4.9	4.8	5.2	4.8	4.9	5.1	5.1	5.4
工学	7.6	8.0	8.8	8.5	8.8	8.9	8.6	8.6	8.1	7.6	7.3	7.3	7.0	6.8	6.4	6.0	6.1	6.2	6.3
農学	5.6	6.1	7.9	7.1	6.6	6.0	6.6	7.3	7.2	7.5	7.8	8.0	8.0	6.7	6.3	6.3	6.4	6.5	6.4
保健	5.1	5.4	7.0	7.5	8.0	8.8	8.9	9.5	10.0	10.3	11.3	11.2	10.2	9.6	9.3	9.2	9.4	9.5	9.9
商船	3.4	2.9	3.9	5.8	5.8	9.7	10.4	9.9	13.2	12.1	12.9	12.4	9.8	9.9	7.6	9.1	11.0	9.4	10.3
家政	3.4	3.7	4.1	4.1	4.3	4.6	5.1	4.6	4.8	4.8	4.9	5.2	5.5	5.1	4.7	4.2	4.2	4.3	4.2
教育	3.2	3.3	4.9	4.8	5.0	4.8	4.8	4.9	4.8	5.0	4.9	4.8	4.8	4.4	3.9	3.9	4.0	4.2	4.3
芸術	4.8	4.9	5.3	5.5	5.9	6.5	6.6	6.8	6.6	6.4	5.9	6.0	6.2	6.2	5.6	5.0	4.7	4.5	4.2
その他	8.9	9.1	11.4	11.3	11.8	14.9	14.3	13.7	13.9	15.0	15.9	16.7	16.4	14.3	14.3	10.8	10.2	9.9	9.9
合計	6.6	6.7	7.6	8.0	8.6	9.4	9.5	9.3	8.9	8.5	8.1	7.8	7.1	6.6	6.1	5.8	5.8	6.1	6.3

（注）学科名称別のデータから分野別に再カテゴリー化して集計した。すべての大学の入学志願者数を延べで合計してあるため、一人の生徒が複数の大学を受験するなどにより、志願者数は実際の生徒の人数を大幅に上回る。

第2章 科学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

小倉 康（国立教育政策研究所）

1. 米国における科学リテラシー^(脚注)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』¹⁾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』²⁾を、続いて1993年に『科学リテラシーへのベンチマーク』³⁾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、数学の世界、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

^(脚注) 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。

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』⁴⁾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、「個人的な意志決定、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」⁵⁾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⁶⁾。さらにプロジェクト 2061 では、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⁷⁾。

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。表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。

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

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』^{8,9)}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、意志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1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、意志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2のような「クラスター」（群）ごとにまとめて示されている。

図1 『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

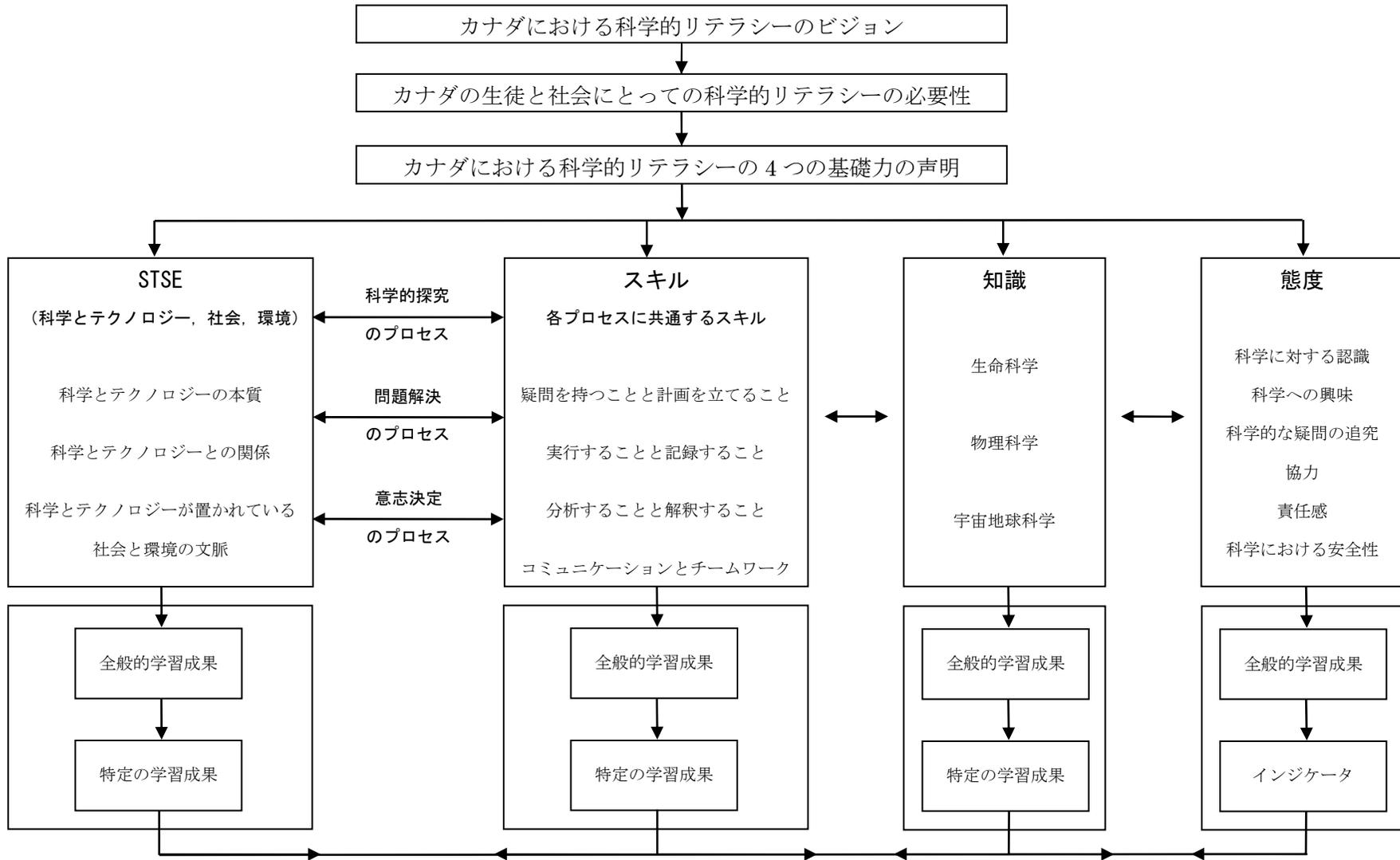


図2 幼稚園から第12学年までの各学年で示されている学習成果のクラスター名

[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】

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情報として、第5学年の「基本的必要性を満たし、健康な体を維持する」のクラスターの例を掲載する(図3-1～図3-4)。また、図3-5のように、各クラスターについて、一部の学習成果への到達を意図した学習展開の「参考例」が示されている。

図 3-1 第 5 学年「基本的必要性を満たし、健康な体を維持する」クラスターの基礎力「STSE(科学とテクノロジー, 社会, 環境)」に関する学習成果

以下の作業を行うことが生徒に期待される。

科学とテクノロジーの本質

- 104-2 科学的な疑問を調査し、技術的な問題を解決するためのプロセスを実際に行い、記述する（例：人工透析機，人工肺，コンピュータ援用人工関節，人工心臓など，様々な器官の機能を代替する医療機器を指摘する）。
- 105-2 過去に人々が取り組んだ科学的疑問と技術的問題の例を指摘する（例：細胞組織の生産や遺伝病の特定などに見られるテクノロジーの限界を示す例を指摘する）。

科学とテクノロジーの関係

- 106-2 科学的発見に寄与したツールと技術の例を記述する（例：顕微鏡，聴診器，外科手術，解剖などを例として記述する）。
- 106-4 科学的なアイデアと発見が新しい発明と応用に発展した事例を記述する（例：運動器具，補聴器，義肢などの様々な医療テクノロジーを記述する）。

科学とテクノロジーが置かれている社会と環境の文脈

- 107-2 生徒の地域と地方で様々な人達がそれぞれの必要性を満たすために使用しているツール，技術および材料を記述し比較する（例：歯科医，外科医，理学療法士，実験技術者が使用するツールと技術を記述し比較する）。
- 107-5 生徒の地域社会と地方で問題解決のために科学とテクノロジーがどのように使われてきたかを示す例をあげる（例：携帯型人工透析機，身体障害者向けの交通機関などを例としてあげる）。
- 107-8 生活条件の改善のために開発されたテクノロジーの例を記述する（例：合成薬品，人間工学的設計の事務用椅子などを例として記述する）。
- 107-12 科学とテクノロジーに貢献したカナダ人の例をあげる（例：身体障害者がモールス信号によって通信できるようにしたソフトウェアを発明したレスリー・ドルマン，心臓ペースメーカーを発明したウィルフレッド・ビッグローなどを例としてあげる）。
- 107-14 様々な文化圏の人達が行った科学的発見と技術革新を指摘する（例：アボリジニが頭痛のために樹皮を用いることが，合成薬品の開発につながった例などをあげる）。

図 3-2 第 5 学年「基本的必要性を満たし、健康な体を維持する」クラスターの基礎力「スキル」に関する学習成果

以下の作業を行うことが生徒に期待される。

疑問を持つことと計画を立てること

- 204-1 調査すべき疑問と解決すべき実際的な問題を提案する（例：「心臓発作の原因は何か」などの疑問を尋ねる）。
- 204-2 検証可能な形式で疑問を表現し直す（例：「心臓はどのように機能するのか」という疑問を「水を循環させるポンプの能力に影響を与える要因は何か」に直す）。
- 204-4 調査の中で扱う物体と事象を定義する（例：「器官」や「系」などの用語を定義する）。

実行することと記録すること

- 205-1 問題を探究する手順、および提案された考えについて、重要な変数を制御しながら公正な検証を行う手順を実行する（例：1 人の人が定規を落とし、別の人が親指と人差し指でその定規をキャッチして、その反応時間を調べる。あるいはテニスボールを様々な高さから足の上に落として、ボールを避けるための反応時間を調べる）。
- 205-2 ツールを選択し、それを使って材料を操作し模型を作る（例：模型の心臓を作るために様々な材料とツールを使用する）。
- 205-7 1 単語、箇条書き、センテンス、簡単な図表を用いて観察結果を記録する（例：鶏の羽根の構造を示す図を描き、各部にラベルを付ける）。

分析することと解釈すること

- 206-2 データを手作業により、またはコンピュータを使って、頻度記録、表、棒グラフなどの多様な形式で編集し表示する（例：心拍数を、登った階段の段数の関数としてグラフで表示する）。
- 206-3 データからパターンと相違を読み取り、その理由の説明を提案する（例：テニスボールを落とす位置が足に近いほど、それをよけることが難しくなる）。
- 206-4 特定の疑問に対して答えを探するとき、様々な情報源の有用性を評価する（例：食品の栄養情報を手に入れるときに TV コマーシャルの有用性を評価する）。

コミュニケーションとチームワーク

- 207-5 疑問が生じたときにそれを特定し、解決を見つけるために他者と協力して作業する（例：模型の心臓の設計を改良するために協力して作業する）。

図 3-3 第 5 学年「基本的必要性を満たし、健康な体を維持する」クラスターの基礎力「知識」に関する学習成果

以下の作業を行うことが生徒に期待される。

- 301-8 ニキビや体毛の成長など身体の変化と、成長・発育との関係を考える。
- 302-4 人やその他の生物が成長し、生殖するため、また基本的必要性を満たすために、器官系が果たす役割を記述する。
- 302-5 主要な器官である消化器系、排泄器系、呼吸器系、循環器系、および神経系について、その構造と機能を記述する。
- 302-6 身体を動かすために骨格系、筋肉組織および神経系がどのように協調するかを示す。
- 302-7 肌の役割を記述する。
- 302-8 涙、唾液、肌、一部の血液細胞、胃液など、身体が感染症に対するための防衛機能を記述する。
- 302-9 健康な身体を維持するために必要な栄養その他の要件を記述する。

図 3-4 第 5 学年「基本的必要性を満たし、健康な体を維持する」クラスターが属する第 4 学年～第 6 学年の児童が第 6 学年の終わりまでに達成が求められる基礎力「態度」に関する学習成果

以下の作業を行うよう生徒を促すことが期待される。

科学に対する認識

- 409 生徒たちが世界を理解する上で科学とテクノロジーが果たす役割と寄与を認識する。
 - 410 科学とテクノロジーを応用することで、意図した影響と意図しない影響の両方が生じる可能性があることを理解する。
 - 411 男女の区別無く、また文化的背景の如何にかかわらず、同じように科学に貢献できることを認識する。
-

生徒がたとえば以下の作業を行ったときに、この目標が達せられたと見なす：

- 物事がどのようにして、またなぜ生じるのかを説明するために科学的な考えが助けになることを認識する。
- 科学がすべての疑問に答えられるわけではないことを認識する。
- 疑問の答えを探したり、問題を解決しなければならないときに、科学的な疑問の追究と問題解決戦

略を用いる。

- －負の影響または意図しない影響が発生する可能性を考慮に入れて、またはその可能性を抑えるように、行動計画を立てる。
- －活動に参加するときに、自分の行動が他者と環境に及ぼす影響に注意を払う。
- －科学の領域で働いている人達に対し、その性別、肉体的および文化的特徴、あるいはその人達の世界観にかかわらず、敬意を払う。
- －仲間達が科学関連の活動を継続し、興味を追究するように励ます。

科学への興味

- 412 様々な環境の中にある物体と事象に興味と好奇心を示す。
 - 413 自ら進んで観察し、疑問を持ち、探究し、調査する。
 - 414 科学とテクノロジーの領域で働く個人の活動に興味を示す。
-

生徒がたとえば以下の作業を行ったときに、この目標が達せられたと見なす：

- －自分自身の疑問に対し、試行錯誤と慎重な観察によって答えを出そうと試みる。
- －本、雑誌、新聞、ビデオ、デジタルディスク、インターネット、あるいは家族、教師、同級生、および専門家との個人的な議論によって集めた科学関連情報を同級生と共有し、議論することに喜びを表す。
- －科学者が特定の領域で何を行っているかについて質問をする。
- －科学書と科学雑誌を読むことに喜びを表す。
- －自分自身が世界をどのように見ているかを積極的に表現する。
- －科学を行う自分の能力に自信を示す。
- －科学関連の趣味を追究する。
- －アマチュアの科学者として探究と科学的調査に参加し、他者の結論ではなく自分自身の結論を得る。

科学的な疑問の追究

- 415 調査の間および結論を導く前に、自分自身の観察と考えだけでなく他者の観察と考えも考慮する。
 - 416 正確さと誠実さの重要性を認識する。
 - 417 理解するために忍耐と意欲を示す。
-

生徒がたとえば以下の作業を行ったときに、この目標が達せられたと見なす：

- －確実に理解するために質問をする。
- －他の生徒が提出した質問に積極的に答える。
- －他の生徒が提出する考えに注意深く耳を傾け、自分自身の提案とは異なる別の提案を試みることを

検討する。

- 様々な意見に耳を傾け、それらを受け入れ、検討する。
- 科学への非伝統的アプローチを、偏見を持たずに検討する。
- 決定を行う前により多くの情報を手に入れようとする。
- 予断や直感ではなく証拠に基づいて結論を出す。
- こうあるべきだという考えや教師が何を期待していると思うかではなく、観察したことを報告し記録する。
- 新しい情報や証拠が提示されたとき、積極的に行動と意見を変えようとする。
- 証拠を集めるとき、自分の目で見たものと計測した結果を正確に記録する。
- より一層の正確さを期すために、時間をかけて繰り返し計測または観察を行う。
- 実験の中で1つの変数が変化したときに何が起きるかを質問する。
- やり始めた作業課題、または1つの調査のすべてのステップをやり通す。

協力

418 探究と調査を進めながら協力して作業する

生徒がたとえば以下の作業を行ったときに、この目標が達せられたと見なす：

- グループでの活動またはプロジェクトを行う。
- 共同での問題解決に積極的に参加する。
- 作業期間が完了するまで、グループのメンバーと一緒にいる。
- グループでの活動またはプロジェクトに積極的に貢献する。
- 年齢、性別、あるいは肉体的または文化的特徴にかかわらず、積極的に他の人達と協力して作業する。
- 他者の世界観を積極的に検討する。

責任感

419 他の人々、他の生物および環境の幸せに対して注意を払い、またそのための責任感を育む。

生徒がたとえば以下の作業を行ったときに、この目標が達せられたと見なす：

- 他の人々に対し、また自分を取り巻く世界に対しよい影響を及ぼそうと決心する。
- 自分の行動がどのような影響と結果を持つかを頻繁にまた慎重に見直す。
- 環境保護のために自分の行動を変えることに対し積極性を示す。
- 自分とは異なる世界観を尊重する。
- 環境問題に内在する原因と結果の関係を考察する。
- 自分たちの希望と必要性を満たそうとすることが環境に負の影響を及ぼす場合があることを認識す

る。

—個人の積極的行動を通じて地域社会の持続可能性に貢献することを決心する。

—1つの活動が持つ直接的影響だけでなくその先までを見通し、他者と環境にどのような影響が及ぶかを考える。

安全性

420 何らかの活動を計画し実行するとき、また材料を選択しそれを使うときに、自分たちの安全性と他者の安全性に配慮を示す。

421 潜在的危険を意識する。

生徒がたとえば以下の作業を行ったときに、この目標が達せられたと見なす：

—材料に付いているラベルを確認し、それを解釈するために援助を求める。

—1つの手順のすべてのステップまたは与えられたすべての指示が守られるようにする。

—材料を運ぶときに安全技術を何回でも利用する。

—材料を廃棄するときは、あらかじめ教師に相談する。

—必要に応じて積極的に適切な安全作業着を着用する。

—安全手順に対して適切な配慮を怠ったために問題が起きた場合、それに対する自分の責任を認める。

—注意散漫や事故の発生を最小限に抑えるため、活動が終了するまで自分の持ち場に留まる。

—何かがかぼれたり壊れたり、異常な事態が発生したとき、ただちに教師に知らせる。

—活動を行った後、掃除に参加する。

—切り傷、やけど、および異常な反応などがあった場合に、ただちに応急処置のために助けを求める。

—作業場の整理整頓を心がけ、必要な物だけがそこにあるようにする。

図 3-5 第 5 学年「基本的必要性を満たし、健康な体を維持する」クラスターの学習「参考例」

生徒は、人やその他の動物の身体に幾つかの器官と系があり、基本的必要性を満たすためにそれらが協調して活動していることを学ぶことができる。模型とシミュレーションを使用して、身体内部の主な器官を探究し、それらが体内のどこにあるかを知る機会が生徒に提供されなければならない。健康な身体のために多くのものがかかわっていることを生徒が認識することが重要である。身体には病原菌に対抗する独自の防衛機能が備わっているが、栄養や運動など自分の身体が必要とするものを満たさなければならないことを生徒は知る必要がある。この参考例は、科学とテクノロジーの本質を重点として作られている。

探究

生徒は、身体の系と器官が適切に機能できなくなった場合に、それらを補助するために使用される様々なテクノロジーを探究する。

上記の探究から次の質問が出てくるだろう：

呼吸器系の健康にはどのような要因が影響しているのか。

発展

生徒は肺と呼吸器系の健康に環境要因が及ぼす影響を探究する。

- －スモッグ、埃、花粉、煙など有害な可能性のある様々な大気汚染物質を指摘する。
- －環境汚染物質の調査を行う。喫煙が肺に及ぼす影響のシミュレーションを含める。大気中の異物を収集するにはフィルターペーパーとワセリンを使うことができる。
- －呼吸器系がどのようにして有害物質を除去しているか、アレルギーや喘息のある人など、有害物質に対して特別に敏感な人がどのように反応するかを記述する。
- －同級生の肺活量を量り比較する。肺活量に影響を与える要因を指摘する。

応用

生徒は、健康な肺と呼吸器系を維持するために役立つ行動は何かを指摘し、それに基づいて行動する（たとえば定期的な運動プログラムを実行する、受動喫煙を避けることなど）。

この参考例では、生徒が以下の学習成果に到達できるように導く方法が提案されている：

- －STSE(科学とテクノロジー，社会，環境)： 104-2, 107-2, 107-8
- －スキル： 204-1, 205-7, 206-2
- －知識： 302-5
- －態度： 413, 419, 424

以上から、カナダの『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」及び「スキル」を具体的に示すとともに、「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が明示されている。

科学的探究能力については、基礎力「スキル」として、「疑問を持つことと計画を立てること」、「実行することと記録すること」、及び「分析することと解釈すること」という枠組みで捉えられている他、基礎力「態度」として、特に「科学的な疑問の追究」の姿勢や「安全性」に配慮する態度の育成が関係している。また、科学的探究そのものに関する理解が、基礎力「STSE（科学とテクノロジー、社会、環境）」における「科学とテクノロジーの本質」で深められるものとなっている。さらに、「参考例」において「探究」「発展」「応用」の枠組みで展開例を示していることが、科学の学習における科学的探究活動の重要性をより鮮明に示すものとなっている。これらから、教科書に掲載されている科学的知識の伝達あるいは解説的教授に慣れ親しんだ教育者の授業観あるいは学力観が不適切であり変革が必要とされていることは明らかである。

3. 英国における科学カリキュラムの改革

北米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¹⁰⁾。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。Ratcliffe¹¹⁾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か年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」「物理的プロセス」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¹²⁾。

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¹²⁾。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)を伸ば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¹²⁾。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。

図4 Key stage 4における領域1「科学的探究」の学習内容¹²⁾

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るべきである
 - a いかにか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、いかにか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なかにいかにか影響を与えるか。
 - 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で(例えば、野外作業や調査など)いかにか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¹²⁾

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。

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。具体的な仕組みについては、第10章で説明する。「科学はどうはたらいているか How science works」で示されている生徒に教えらるべき内容を図6に示す。

図6 ナショナルカリキュラム「科学」で2006年度に改訂されたキーステージ4の内容の一部¹³⁾

科学はどうはたらいているか

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こと、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こと、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こと

図6で示される領域「科学はどうはたらいているか」は、図4で示された改訂前の領域「科学的探究」と比較して、「データ、証拠、理論、及び、説明」「コミュニケーション能力」「科学の応用と関連」の側面が新たに加わったあるいは強化されたものとなっていることがわかる。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。その意味で、これらの特徴は、イングランドの義務教育が生徒に将来市民生活を営む上で習得してほしい資質能力として位置づけた科学的リテラシーの具体的な提案であると見なすことができる。

さらに、その具体像は生徒に対して教科書によって示される。本報告書の第10章では、教科書の一つである「Twenty First Century Science」の内容の特徴について述べる。

4. OECDにおける科学的リテラシーの位置づけ

西ヨーロッパの殆どの国が加盟する経済協力開発機構（OECD）では、加盟する先進各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）」^{14,15,16)}を2000年から3年間隔で実施している。測定領域の一つとして「科学的リテラシー」を調査しており、そこでは「科学的リテラシー」について「自然界及び人間の活動によって起こる自然界の変化について理解し、意志決定するために、科学的知識を使用し、課題を明確にし、証拠に基づく結論を導き出す能力」としている^{脚注}。

この定義においては、これまでの学校で学習される科学では、自然界に関する知識や概念の習得が中心であり、必ずしも、「人間の活動」と自然界との関連が理解されていない、また「意志決定」に役立つための思考力が育っていないという問題意識から、今までの科学の学力では不十分であったと考えられる側面を測定しようとしている意図が読みとれる。一方で、観察や実験など、実践を伴う科学的探究能力や実験技能は、この定義には盛り込まれておらず、PISA調査も筆記試験のみで行われる。PISA調査は、これから社会で活躍する一市民として期待される資質・能力の到達の程度を測定するのであり、科学者や技術者といった特定の人材育成に関わる資質・能力の測定は意図されていないのであるが、実践的な科学的探究能力をどの程度市民に期待するかについては明らかでない。

測定しようとする目標と手段との一致度を高めるために、科学的リテラシーの多様な側面を分析的に捉え、それぞれの側面に関連づけた問題を作成するとともに、出題問題全体で各側面をバランス良く測定できるように問題を配置する工夫がなされている。PISAでは、この分析的な捉え方を「フレームワーク（枠組み）」¹⁵⁾と呼ぶ。2003年調査において、科学的リテラシーのフレームワークは、次の「科学的知識・概念」「科学的プロセス」「科学的状況・文脈」という3つの側面から捉えられた。

^{脚注} 2006年実施のPISA調査では、科学的リテラシーを中心的な測定領域とし、測定可能な内容の拡張に合わせて、科学的リテラシーの定義も改訂された。その内容については、本報告書の第11章で述べている。

科学的知識・概念	: 物理学, 化学, 生物学などの各分野から選択され, 力と運動, 生命の多様性, 生理的変化などの多くのテーマから導かれる。(物質の構造と性質, 大気の変化, 化学的・物理的変化, エネルギーの移動, 力と運動, 形態と機能, 生理的変化, 遺伝子操作, 生態系, 地球と宇宙, 地質的变化)
科学的プロセス	: プロセス1 : 科学的現象を記述し, 説明し, 予測すること プロセス2 : 科学的探究を理解すること プロセス3 : 科学的証拠と科学的結論を解釈すること
科学的状況・文脈	: 生活と健康, 地球と環境, テクノロジーについて, 日常生活における様々な状況で科学を用いること

OECD では, 1997 年より DeSeCo¹⁷⁾ (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 7), 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。

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

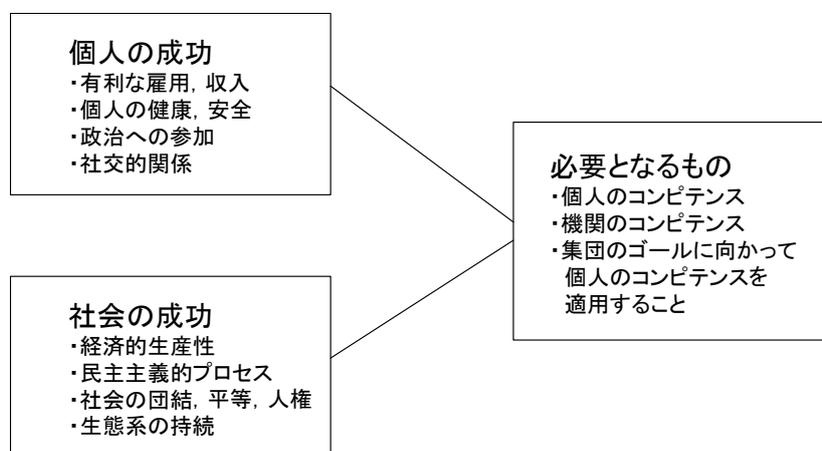
異質な集団において活躍できる

- 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

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 7 コンピテンスの必要性



PISA 調査では、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 7 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 調査がもたらす国際競争的文脈において、こうした「科学的リテラシー」の捉え方が、今後、科学カリキュラム改革の国際的な動向に少なからず影響すると予想される。

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

以上のように、科学的リテラシーの育成が、多くの国の科学カリキュラムの目標となりつつある中で、その目標の実現を目的とした科学教科書も数多く開発されつつある。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”¹⁸⁾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⁷⁾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 8 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8 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)

6. 海外動向からのわが国の科学カリキュラム改革への示唆と過去からの教訓

本稿では、海外における約 20 年間に及ぶ科学的リテラシーの育成へ向けた科学カリキュラム改革の動向を分析してきた。科学的リテラシーに関する捉え方や取り組みには多様性が見られるが、「教育の最終成果としての科学的リテラシーの到達目標を設定すること」と「科学的リテラシーを実現するための道標として、初等中等教育期間全体に及ぶ、段階的な到達目標を設定すること」、さらに「科学的リテラシーの内容は、将来、科学技術を職業とする者の視点からではなく、すべての国民にとっての必要性の視点から策定すること」は、ほぼ共通した動向である。わが国においても、そうした科学的リテラシーの育成を目標とした科学カリキュラム改革を行うべき時期にあると言える。

政府の 2006 年度からの 5 か年の第 3 期科学技術基本計画¹⁹⁾では、国民の科学技術への理解と共感を醸成するために、今後、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）の策定に取り組む。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合意を目指した活動は存在しなかった。したがって、義務教育段階である小中学校の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。しかしながら、科学技術政策研究所²⁰⁾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。このことは、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いものであったことを示唆している。つまり、成人となったときの科学技術リテラシー像を見定めて、その実現に向けた教育プロセスをこれまで整備してこなかったことが、国民の科学への理解と共感を十分得られない科学教育を招いてきたと言えるだろう。

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²¹⁾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9 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

図9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²¹⁾p.285）。

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まり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²¹⁾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²¹⁾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10 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 11 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)²²⁾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結果を本稿末尾に示した(表3)。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表2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。

表2 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。科学的探究能力についても、今日「科学的リテラシー」の文脈で科学教育に育成が期待されている内容と同様あるいはより詳細な内容となっている。したがって、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おいて参考となる点が少なくないと感じる。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と考え。そのためには、目標としての「科学的リテラシー」の中身が明確に示された上で、科学カリキュラムがその実現に向けてのプロセスを反映したものとして示される必要があるであろう。その作業において、海外における科学カリキュラム改革の経験並びにわが国における過去の科学カリキュラムの記録は、極めて有用な情報を提供するものと考え。

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ー学校カリキュラムに関する協力のための全カナダ協定ー』(研究資料, 国立教育政策研究所, 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：『PISA2003 年調査 評価の枠組み』(ぎょうせい, 2004) .
- 16) 国立教育政策研究所：『生きるための知識と技能 2 : OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2003 年調査国際結果報告書』(ぎょうせい, 2004) .
- 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) 文部科学省『第 3 期科学技術基本計画』(<http://www.mext.go.jp/>, 2006)
- 20) 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.
- 21) 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.
- 22) 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) .

<p>1. 空気や水のはたらき</p> <p>2. 川はどのように変化していくか</p> <p>3. 海水は海岸をどのように変えるか</p> <p>II 土地の隆起や沈降をどのようにして知るか</p> <p>1. 土地が隆起したことは何でわかるか</p> <p>2. 土地がしずんだことは何でわかるか</p> <p>III 山はどのようにしてできたか</p> <p>1. 山のできかた</p> <p>2. 山はどのように移り変わっていくか</p> <p>IV 火山はどのようにしてできるか</p> <p>1. 世界で火山の多いところはどこか</p> <p>2. 火山はどのようにしてできたか</p> <p>3. 温泉はどうしてできるか</p> <p>V 地震によって土地はどのように変化するか</p> <p>1. 世界で地震の多いところはどこか</p> <p>2. 地震はどうして起こるか</p> <p>3. 地震によって土地はどのように変化するか</p> <p>VI 地球の表面はどうなっているか</p> <p>1. 地球の水陸分布はどのようになっているか</p> <p>2. 日本列島の山や川にはどのような特ちょうがあるか</p>			<p>地学</p>
<p>単元3 水は私たちとどのようなつながりがあるか</p> <p>I 人や他の生物はどのように水を使うか</p> <p>1. 水はどこにあるか</p> <p>2. 水は植物にどのように役だっているか</p> <p>3. 人は毎日どのように水を使うか</p> <p>II 安心して水を飲むにはどうすればよいか</p> <p>1. 生水を飲むにはどのような注意がいるか</p> <p>2. 水をきれいにするにはどうすればよいか</p> <p>3. 水道ではどのようにして水をきれいにしているか</p> <p>III 水にはどのような性質があるか、また水は何からできているか</p> <p>1. 水はどのように物をとくすか</p> <p>2. 水はどのように状態を変えるか</p> <p>3. 水は何からできているか</p>	生活と健康	<p>生物</p> <p>生活と健康</p> <p>化学</p>	<p>地学</p> <p>生物</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p> <p>科学技術</p> <p>科学技術</p> <p>化学</p> <p>化学</p> <p>化学</p>

2. 私たちはどのような植物を知っているか			生物
<p>単元5 地下はどのようにになっているか</p> <p>I 土は私たちの生活とどのような関係があるか</p> <p>1. 土はどのようにしてできたか</p> <p>2. 土はたまり方でどのようにちがうか</p> <p>3. 土は植物の成長にどのように役だつか</p> <p>4. 土を改良するにはどうすればよいか</p> <p>II 大地は何からできているか</p> <p>1. 火山の熔岩や花崗岩はどのようにしてできたか</p> <p>2. 水底でできた岩石にはどのようなものがあるか</p> <p>3. 鉱物にはどのような性質があるか</p> <p>4. 地下からどのような資源がとれるか</p> <p>III 地球の内部はどうなっているか</p> <p>1. 地球のできたころはどんなであったろうか</p> <p>2. 地球ができてからどのくらいたつたか</p> <p>3. 地球の内部はどのようになっているか</p> <p>IV 地球のようすはどのように変わってきたか</p> <p>1. 地球の歴史はどのようにわけられるか</p> <p>2. 三葉虫の化石からどのようなことがわかるか</p> <p>3. 恐竜の化石からどのようなことがわかるか</p> <p>4. ゾウの化石からどんなことがわかるか</p> <p>5. 日本列島はどのようにしてできたか</p>	地学	生活と健康 地学 地学 生物 生活と健康 地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学	
<p>単元6 天体は私たちとどのようなつながりがあるか</p> <p>I 星は大空の上でどのようにならんで見えるか</p> <p>1. 恒星とはどんな星か</p> <p>2. 天球とは何か</p> <p>3. 恒星にはどのような名前がついているか</p> <p>II 地球と月とはどのように動いているか</p> <p>1. 地球はどのように動いているか</p> <p>2. 月はどのように動いているか</p> <p>3. 月の満ちかけはどうして起こるか</p> <p>III 太陽系はどのような星からできているか</p> <p>1. 惑星とはどんな星か</p> <p>2. 太陽系はどんな星からできているか</p>	地学	地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学 地学	

IV 太陽と月は私たちの生活にどのようなつながりがあるか	生活と健康	
1. 太陽は私たちの生活にどのようなつながりがあるか		生活と健康
2. 太陽はどのような構造をもっているか		地学
3. 太陽の光と熱はどのようにして発生するか		地学
4. 月はどんな天体であるか		地学
5. 日食と月食はどのようにして起こるか		地学
V 宇宙はどのくらい広いか	地学	
1. 星はどのくらい遠いところにあるか		地学
2. 恒星にはどのような種類のものがあるか		地学
3. 宇宙はどのように広いか		地学
VI 時刻と季節はどのようにしてきめるか	地学	
1. 正しい時間と時刻はどのようにしてきめるか		地学
2. 1年の長さはどのようにしてきめるか		地学
3. こよみはどのようにつくられてあるか		生活と健康

[理科第2学年] 『日常の科学』	単元	節	項目
<p>単元1 私たちは自然界からどのようにして食物を得ているか</p> <p>I 私たちは自然界のどこから食物の原料をとっているか</p> <p>1. いろいろの食料</p> <p>2. どんな植物のどんな部分が食用になるか</p> <p>3. どんな動物のどんな部分が食用になるか</p> <p>4. 私たちは食塩をどのようにして得ているか</p> <p>5. 私たちは食料の増産についてどのような努力をしているか</p> <p>II 植物はどのようにして養分を作るか</p> <p>1. 植物のたくわえている養分はどのように作られるか</p> <p>2. 植物は養分をどんな状態でたくわえているか</p> <p>3. 植物がたくわえる養分をふやすにはどのようにしたらよいか</p> <p>III 動物はどのように食物をとっているか</p> <p>1. 動物は何を食べているか</p> <p>2. 動物が食べたものはからだの中でどうなるか</p> <p>3. 家畜を育てるにはどのような注意がいるか</p> <p>IV 自然界では動物と植物とでどのような関係があるか</p> <p>1. 動物や植物は自然界でたがいにとどのようなつながりがあるか</p> <p>2. 動物と植物とは自然界でどのようにつりあいを保っているか</p>	生活と健康	<p>生活と健康</p> <p>生物</p> <p>生物</p> <p>生物</p> <p>生物</p> <p>生物</p> <p>生物</p>	<p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p> <p>科学技術</p> <p>科学技術</p> <p>生物</p> <p>生物</p> <p>科学技術</p> <p>生物</p> <p>生物</p> <p>生活と健康</p> <p>生物</p> <p>生物</p>
<p>単元2 私たちの健康にはどのような食物や着物がたいせつか</p> <p>I 食物にはどのような成分がふくまれているか、そしてこれらは私たちのからだの中でどのようなはたらきをするか</p> <p>1. 私たちが食卓にのせる食品</p> <p>2. 熱をだし、はたらく力を与える成分</p> <p>3. からだをつくる成分</p> <p>4. からだのはたらきを整える副成分</p> <p>II 健康を保つには何をどれだけ食べたらよいか</p>	生活と健康	<p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p>	<p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p>

1.	食物の必要量のきめ方		生活と健康
2.	よい食事の持つべき条件		生活と健康
3.	食品の選び方		生活と健康
4.	よい食事の効果をじゅうぶん発揮させる方法		生活と健康
Ⅲ	必要な食品を必要なときいつでも得られるようにするにはどのようにしたらよいか	生活と健康	
1.	穀物のたくわえ方		生活と健康
2.	野菜のたくわえ方		生活と健康
3.	食品の腐敗		生活と健康
4.	家庭や公共団体での食品の保存法		生活と健康
Ⅳ	衣類は体温を保つのにどんなに役だっているか	生活と健康	
1.	寒さから身を守るはたらき		生活と健康
2.	日光や熱から身を守るはたらき		生活と健康
Ⅴ	衣料をどのように扱ったらよいか	生活と健康	
1.	衣料と衛生		生活と健康
2.	せんたく		生活と健康
3.	しみぬき		生活と健康
4.	衣料の保存		生活と健康
Ⅵ	衣料にはどのような繊維が利用されているか	生活と健康	
1.	衣料に用いられる材料		生活と健康
2.	植物から得られる繊維		生活と健康
3.	動物から得られる繊維		生活と健康
4.	人造繊維		生活と健康
5.	染色と模様		生活と健康
単元3 生活にはどのような家がよいか		生活と健康	
Ⅰ	どんな家が健康によいか	生活と健康	
1.	家を建てるにはどんな場所を選んだらよいか		生活と健康
2.	日あたりをよくするには家をどのように建てたらよいか		生活と健康
3.	通風や換気をよくするにはどうしたらよいか		生活と健康
4.	室内を明るくするにはどうしたらよいか		生活と健康
Ⅱ	家を建てるのにどんな材料を用いたらよいか	生活と健康	
1.	屋根にはどんな材料を用いたらよいか		生活と健康
2.	壁やしきりにはどんな材料を用いたらよいか		生活と健康

3.	床や天井にはどんな材料を用いたらよいか		生活と健康
4.	建物の骨組にはどんな材料を用いたらよいか		生活と健康
5.	基礎にはどんな材料を用いたらよいか		生活と健康
6.	垣根やへいにはどんな材料を用いたらよいか		生活と健康
III	家族の健康と便利のためには家はどのように設計したらよいか	生活と健康	
1.	家にはどのような様式があるか		生活と健康
2.	家の間取りをどのようにしたらよいか		生活と健康
3.	家はどのようにして建てられるか		生活と健康
IV	屋内にはどのような設備があったらよいか	生活と健康	
1.	屋内にはどのような建具が使われているか		生活と健康
2.	屋内にはどのような設備があるか		生活と健康
V	屋外にはどんな設備が必要か	生活と健康	
1.	庭はどのようにしたら健康によいようになるか		生活と健康
2.	ごみや下水などのしまつはどのようにしたらよいか		生活と健康
3.	衛生的ないどや水槽はどのように造ったらよいか		生活と健康
VI	家の災害を防ぐにはどのようにしたらよいか	生活と健康	
1.	火災を防ぐには家をどのように建てたらよいか		生活と健康
2.	地震や暴風雨の災害を防ぐにはどうしたらよいか		生活と健康
3.	雪その他の災害をどのように防ぐか		生活と健康
4.	家の修理と模様替え		生活と健康
単元4 熱や光はどのように利用されるか		物理	
I	熱はどのようにして得られるか	化学	
1.	物が燃えるにはどのようなことが必要か		化学
2.	物が燃えると何ができるか		化学
3.	熱量の単位はどのように定めてあるか		化学
4.	燃焼に似かよったことにどのようなことがあるか		化学
II	燃料にはどのような種類がありそれがどのように利用されているか	化学	
1.	家庭で使われる燃料にはどのようなものがあるか		生活と健康
2.	石炭はどのように利用されているか		化学
3.	石油はどのように利用されるか		化学

<p>III 物は温度によってどのような変化をするか</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 熱と温度とはどのような関係があるか 2. 熱はどのようにして移るか 3. 温度が変われば物の大きさはどのように変わるか 4. 物の状態は温度のちがいでによってどのように変わるか 5. 高い温度低い温度はどのようにして得られるか <p>IV 光はどのように進むか</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. かげはどうしてできるか 2. 鏡ではどのように像ができるか 3. レンズはどのようなはたらきをするか 4. 光の進む速さはどれくらいか <p>V 色とはどのようなものか</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 日光はわたくしたちにどのような関係があるか 2. 物の色はどうしてできるか <p>VI 私たちの日常生活に熱や光が有効に利用されているであろうか</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 太陽の熱と光とはどのように利用されるか 2. 室内をあたたくするにはどのようになくふうがいるか 3. 物を冷やすにはどのようにしたらよいか 4. 光はうまく利用されているであろうか 		<p>化学</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>生活と健康</p>	<p>化学</p> <p>化学</p> <p>化学</p> <p>化学</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>生活と健康</p> <p>物理</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p>
<p>単元5 電気は家庭や社会でどのように使われているか</p> <p>I 電池をどのように使っているか</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 乾電池はどんな構造を持っているか 2. 電池はどのように電気を起こすか 3. 電池はどのように使うのがよいか 4. 電気めっきはどのようにして行うか 5. 蓄電池はどのような役目をするか <p>II 電気は動力としてどのように利用されるか</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 磁石はどのような働きを表すか 2. 電流はどのような磁性を表すか 3. 電車の電動機 4. 電流の強さや電圧はどのようにして測られるか 	<p>科学技術</p>	<p>科学技術</p> <p>科学技術</p>	<p>科学技術</p> <p>化学</p> <p>生活と健康</p> <p>化学</p> <p>科学技術</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>科学技術</p> <p>物理</p>

<p>III 家庭で電気をどのように利用しているか</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 電気の通り方は導線の種類によってどのようにちがうか 2. 導線を通る電流の強さは何によってきまるか 3. 電熱器ではどのようにして熱が出るか 4. 電燈はどのようにして光を出すか <p>IV 電気はどのように起こされ、どのようにして送られるか</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 屋内の配線はどうなっているか 2. 電力をどのようにして測るか 3. 多量の電気をどのようにして起こすか 4. 発電機の電流と電池の電流とはどちらがうか 5. 電力はどのようにして送られるか 6. 変圧器はどのようなはたらきをするか 7. 交流はなぜ広く利用されるか 8. 配電された交流から直流を得るにはどうしたらよいか <p>V 私たちの家庭や学校や社会や産業で電気の利用をどのように改善したらよいか</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 電気の故障はどのような場合に起こるか 2. 漏電とはどういうことか 3. 電気の照明を有効にするにはどうしたらよいか 4. 電気を利用すると人の労力はどのようににはぶけるか 5. 生活を改善するために電気をどのように使ったらよいか 		<p>生活と健康</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>生活と健康</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>科学技術</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>科学技術</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p> <p>生活と健康</p>	
<p>単元6 道具や機械はどのようなはたらきをするか</p> <p>I 私たちの生活と道具や機械とはどのようなつながりがあるか</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 人間はどのような道具や機械を使ってきたか 2. 人はどのような目的で道具や機械を使うか 3. いろいろな量を測るにはどうすればよいか <p>II かんたんな道具はどのように利用できるか</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. てこはどのように利用できるか 2. 滑車や輪軸はどのように利用できるか 	<p>科学技術</p>	<p>科学技術</p> <p>科学技術</p> <p>科学技術</p> <p>科学技術</p> <p>科学技術</p> <p>科学技術</p>	<p>科学技術</p> <p>科学技術</p> <p>科学技術</p> <p>科学技術</p> <p>科学技術</p> <p>科学技術</p>

3.	ころや車輪はどのように利用できるか		科学技術
4.	斜面やねじなどはどのように利用できるか		科学技術
5.	ばねはどのように利用できるか		科学技術
Ⅲ	家庭などの身近なところにある機械はどのようになっているか	科学技術	
1.	ポンプはどのようになっているか		科学技術
2.	自転車はどのようになっているか		科学技術
3.	時計はどのようになっているか		科学技術
4.	家庭で使いたい機械にはどのようなものがあるか		生活と健康
Ⅳ	生産にはどのような機械を使っているか	科学技術	
1.	農業関係の主な機械はどのようなものがあるか		科学技術
2.	布を織る機械はどのようになっているか		科学技術
3.	木材や金属を加工する機械にはどのようなものがあるか		科学技術
4.	印刷機はどのようになっているか		科学技術
Ⅴ	道具や機械を使うとどれほどの仕事ができるか	物理	
1.	仕事とはどのようなことか		物理
2.	道具や機械を使えば仕事がとくになるか		物理
3.	仕事はどのようにはかどるか		物理

[理科第3学年] 『科学の恩恵』	単元	節	項目
単元1 科学は生物の改良やわたしたちの健康にどのように役だっているか I 家畜や作物はどんなすぐれた性質をもっているか 1. 家畜や作物と私たちの生活 2. 家畜や作物と野生の動植物との違い 3. いろいろの品種 II 私たちはどのようにして動物や植物を改良してきたか 1. 生物のふえ方 2. 交配による作物の改良 3. 優良種を選んで残していく方法 4. 化学的なしげきによる改良 5. 交配による家畜の改良 III 私たちはどのようにしてすぐれた品種を保護するか 1. 虫や風による害からまもること 2. つぎ木によって保護すること 3. さし木やとり木による保護 IV 遺伝に関する発見はどのようにしてなされたか 1. メンデルが発見した遺伝の法則 2. 親にない性質が突然現れてそれが子孫に伝わることもある 3. 遺伝のしくみ V 健康な生活ができるように微生物の世界に対して、どのような研究がなされたか 1. 微生物はどのようにしてふえひろがるか、また私たちの健康を維持増進するためにそれらをどのようにしてほろぼしたらよいか 2. 人のからだは微生物の侵入に対してどのように抵抗するか、またその知識をどのように応用して伝染病を防いだらよいか 3. わたしたちはどのような法律をつくり研究所などを設けて健康の維持増進につとめているか	生活と健康	生活と健康 生活と健康 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 生物 生物 生物 生活と健康 生活と健康 生活と健康	生活と健康 生物 生活と健康 生物 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 科学技術 生物 生物 生物 生活と健康 生活と健康 生活と健康
単元2 科学は天然資源の利用をどのように広げたか I 天然資源とはどんなものか	科学技術	地学	

II 地下資源はどのようなところにどんな形でみいだされるか	地学	
1. 大地は何からできているか		地学
2. 鉱物とはどんなものか		地学
3. 鉱床とはどんなものか		地学
4. 鉱床をさがすにはどんな方法があるか		地学
5. 鉱石はどのようにしてほり出されているか		地学
III 金属はどのようにして取り出され、またそれがどのように利用されるか	科学技術	
1. 鉱石はどのようにしてより分けるか		科学技術
2. 鉱石から金属をどのようにして取り出すか		科学技術
3. 銅は何に用いられているか		科学技術
4. 鉄は何に用いられているか		科学技術
5. 錫・鉛・亜鉛・アンチモニー・アルミニウム・水銀は何に用いられているか		科学技術
6. 貴金属や宝石はどのようなものか		科学技術
IV 地下資源は燃料や原動力にどのように役だっているか	科学技術	
1. 石炭は何に用いられているか		科学技術
2. 石油は何に用いられているか		科学技術
3. 新しい燃料や原動力はないか		科学技術
V 肥料や酸・アルカリにはどんな資源が用いられているか	科学技術	
1. 窒素肥料にはどんなものが用いられているか		科学技術
2. 磷の肥料にはどんなものが用いられているか		科学技術
3. カリウムの肥料にはどんなものが用いられているか		科学技術
4. 食塩や硫黄から何が得られるか		科学技術
VI 化学工業の原料にはどんな天然資源が用いられているか	化学	
1. 石炭からどのようなものが得られるか		化学
2. コールタールから何がつくられているか		化学
3. コークスから何がつくられているか		科学技術
4. 人造樹脂とはどんなものか		科学技術
5. ガラス・陶磁器などはどのようにしてつくられるか		科学技術
VII 森林や水力はどのように利用されているか	環境	

1. 森林は私たちの生活にどんな影響を与えているか			環境
2. 木材から何がつくられているか			科学技術
3. 水力発電所はどんな所にできるか			科学技術
4. 総合開発にはどんな計画があるか			科学技術
<p>単元3 科学は見える世界をどのように広げたか</p> <p>I 知恵の窓といわれる目はどのようにできているか</p> <p>1. 眼球の構造はどのようになっているか</p> <p>2. 物を見るとき目はどのようにはたらくか</p> <p>3. 私たちの目は物をいつも正しく見ているか</p> <p>II めがねはどのようにして視力を助けるか</p> <p>1. 近視眼はどのようなめがねで調節するか</p> <p>2. 遠視眼や乱視眼はどのようなめがねで調節するか</p> <p>3. 目の健康はどのようにして保つか</p> <p>4. 虫めがねはどのように使われるか</p> <p>III 小さいものの世界はどのくらいまで見えるようになったか</p> <p>1. 顕微鏡はどのように進んできたか</p> <p>2. 顕微鏡はどのようにできているか</p> <p>3. 顕微鏡はどのように利用されているか</p> <p>4. 電子顕微鏡とはどんなものか</p> <p>IV 遠いところはどのような距離まで見える世界がひろがったか</p> <p>1. 望遠鏡はどのように進んできたか</p> <p>2. 望遠鏡はどのようにできているか</p> <p>3. 望遠鏡はどのように利用されるか</p> <p>V 映画や写真は私たちの生活にどのように役立ち、X線はどのように利用されているか</p> <p>1. 写真はどのように利用されているか</p> <p>2. テレビジョンとレーダーは見える世界をどのように広くするか</p> <p>3. X線とはどのようなものか</p> <p>4. X線はどのように利用されているか</p>	科学技術	生物	生物 生物 生物
		科学技術	科学技術 科学技術 生活と健康 生活と健康
		科学技術	科学技術 科学技術 科学技術 科学技術
		科学技術	科学技術 科学技術 科学技術
		科学技術	科学技術 科学技術 物理 科学技術
<p>単元4 科学は交通をどのように発達させたか</p> <p>I 交通機関はどのように発達してきたか</p> <p>1. 交通機関はどのように変わってきたか</p> <p>2. 交通機関にはどんなエンジンが使われているか</p>	科学技術	科学技術	科学技術 科学技術

3.	事故を防ぎ旅行を楽しむために 交通機関はどのようにくふうされているか		科学技術
II	汽車はどのようにして動くか	科学技術	
1.	蒸気はどのようにしてつくられるか		科学技術
2.	蒸気をどのように利用して動力を得るか		科学技術
3.	電車や電気機関車はどのようにして走るか		科学技術
4.	機関車はどうして列車をひくことができるか		科学技術
5.	車体はどのようにできているか		科学技術
III	自動車はどのようにして動くか	科学技術	
1.	自動車はどんな部分からできているか		科学技術
2.	自動車にはどんな機関が使われているか		科学技術
3.	機関の力はどのようにして車に伝えられるか		科学技術
4.	自動車はどのようにして安全に運転されるか		科学技術
IV	船はどうして浮かぶか、またどのようにして進むか	物理	
1.	船はどうして浮かぶか		物理
2.	船の形はどんなことを考えてきめるか		科学技術
3.	船は何によって進むか		物理
4.	航海はどのように行われるか		科学技術
V	飛行機はどうして飛ぶか	物理	
1.	飛行機はどのように進歩したか		科学技術
2.	飛行機はどうして浮揚することができるか		物理
3.	飛行機はどのようにして安定を保つか		物理
4.	飛行機の方向はどのようにして変えることができるか		物理
5.	飛行機はどうして速くとぶことができるか		物理
VI	道路やその他の交通施設はどのようにつくられているか	科学技術	
1.	道路はどのようにしてできているか		科学技術
2.	鉄道はどのようにしてつくられているか		科学技術
3.	港にはどのような施設があるか		科学技術
4.	通信機関はどのように交通に利用されているか		科学技術
单元5	通信に科学がどのように応用されているか	科学技術	
I	通信にはどんな方法があるか	科学技術	
1.	通信のうつり変わり		科学技術

2.	通信のしかたにはどんなものがあるか		科学技術
3.	通信と音との関係		科学技術
II	音はどのようにして生じるか，またどのように伝わるか	物理	
1.	音はどのようにして出るか		物理
2.	音はどのように伝わるか		物理
3.	人ののどはどのようにして声を発し，耳はどのようにして音を感じるか		生物
4.	音にはどんな性質があるか		物理
5.	音のちがいは何によって起こるか		物理
III	電信や電話でどのようにして通信ができるか	科学技術	
1.	電信電話はどのようにして発達したか		科学技術
2.	電信機はどのようにしてはたらくか		科学技術
3.	進んだ電信機にはどんなものがあるか		科学技術
4.	電話機はどのようにしてはたらくか		科学技術
5.	電話の交換はどのように行われるか		科学技術
IV	ラジオはどのようにして聞こえるか	科学技術	
1.	電波はどんな性質をもっているか		物理
2.	放送はどのように行われているか		科学技術
3.	受信はどのようにしてなされるか		科学技術
4.	真空管はどんなはたらきをするか		科学技術
5.	無線電信はどのように行われるか		科学技術
6.	搬送式通信とはどんなことか		科学技術
V	音はどのように記録され，また再生されるか	科学技術	
1.	音の記録にはどんなものがあるか		科学技術
2.	蓄音機はどのようにして音を再生するか		科学技術
3.	トーキーはどのような原理ではたらくか		科学技術
4.	磁気録音はどのように行われるか		科学技術
VI	通信機関はどんなに生活を豊かにしているか	科学技術	
1.	通信と生活にはどんな関係があるか		科学技術
2.	簡単なラジオ受信機はどのようにして組立てることができるか		科学技術
単元6	科学は人類の生活をどのように豊かにしたか	科学技術	
I	科学によって自然の神秘はどのくらいまで明らかにされたか	科学技術	
1.	科学によって過去の世界とそこに住んでいた生物のようすはどのように明らかにされたか		生物

2.	科学は微生物の世界をどのように明らかにしそれを利用する方法を発達させたか		生物
3.	科学はどのように生物の体内からわれわれに有用な薬をつくるのに役だったか		生物
4.	科学はどのように物質の構造を明らかにしたか		化学
II	科学は私たちの生活を効率的にするためにどんな型の機械をつくりだしたか、また私たちはどうしたらその機械をもっと効果的に使うことができるか	科学技術	
1.	機械はどのように進歩したか		科学技術
2.	機械文明はどのようにして開けたか		科学技術
3.	自然の力をどのように利用しているか		科学技術
4.	産業上にどんな種類の機械がどのように使われているか		科学技術
5.	家庭生活を改善し能率をよくするためには、どんな機械が用いられるか		科学技術
III	科学は私たちの健康を増進させるのに、またまちがった健康法にうちかつために、どのような貢献をしたか	生活と健康	
1.	日本人の死亡率は自然科学の進歩とともにどのように減少したか		生活と健康
2.	私たちの社会は、その人々の健康を保ち、それを増進するために、科学研究の結果をどのように応用しているか		生活と健康
3.	私たちは健康を増進し、まちがった健康法を正すためにどうすればよいか		生活と健康
IV	人は自然界においてその中枢神経の構造の複雑さとその機能の点で他の動物と比較してどんな位置にたつか	生物	
1.	人と他の動物の行動との間にはちがいがあるか		生物
2.	神経系はからだの作用を統制するのにどのような役わりを果たすか、また人の神経系にどんな特色があるか		生物
3.	人の知的・情的・感覚的活動をじゅうぶんに發揮するために神経系の健康をどのように保ったらよいか		生活と健康

第3章

創成教育重視の技術教育課程基準の構成原理[※]

伊藤 大輔（兵庫教育大学連合大学院）

磯部 征尊（十日町市立水沢小学校）

山崎 貞登（上越教育大学）

[※] 本章は、研究報告書『科学的リテラシーと科学的探究能力』（2006）で掲載された論文の再録である。

創成教育重視の技術教育課程基準の構成原理

1. 問題の所在と目的

「創成（デザイン）科目」「創成（デザイン）教育」という言葉が、日本の工学・農学・理学系の大学や高等専門学校等で5年ほど前から使われている。従来型の授業では、学生への一方的な知識の伝授と、プロセスよりも唯一の正解を求め過ぎたとの反省から、「創成科目」では、学生が自主的に問題を見つけ取り組むことを通して、「ものを創ること」や「新しい自分自身の解を見出すこと」を経験し、自らの能力をコミュニケーション能力、リーダーシップ能力などを含めて総合的に高めていくことが想定されている（恒川・清水，2005：p. 4）¹⁾。

工学系における創成教育の理論研究については、武田(2005)の論文に詳しく論じられている。同論文では、2004年9月10日の8大学工学部長会の「デザイン科目」の定義²⁾を以下のように紹介されている。

- 1) 知識を一方向的に教授する講義ではなく、学生が自主的に何かを行うという過程を経験することで、動機づけられ、自分から進んで物事に取り組み、創り出す能力、チームで協力していく能力など将来にわたって有用な根本的態度を育成する科目群の総称
- 2) 形式知を教授する従来型の科目ではなく、自立したプロたる創造性豊かな技術者を育成することを目的とし、実際に設計もし、ものごとに取り組むという過程・経験を通しての暗黙知錬成指向教育科目の総称

養成する具体的な創成（デザイン）能力については、工学部や高等専門学校等で実践研究が始まっている。本稿は、稲葉ら(2005)³⁾の研究を表1に紹介する。

表1 創成能力（出典：稲葉ら，2005，工学教育第53巻第1号90頁）

段階	能力	内容
計 画	調査・検索能力	特許検索・論文調査・社会ニーズの市場調査ができ、社会の要求するテーマあるいはレベルを設定できる。
	企画・創案能力	調査・検索等に基づき、創造性溢れるテーマや企画などを提案できる。
	問題抽出・検討能力	課題や構想を実現する過程で発生する問題（製作手法、製作材料、耐久性、経済性、安全性、倫理性、環境問題等）を予想・抽出し、実現可能なものかどうかを検討・判断できる。
	設計・計画能力	与えられた知識・技術に創造性を加え、課題や構想を実現するための実施計画を具体的に、計画書、プログラム、設計図などで表現できる。
実 行	知識・技術取得能力	既存の知識・技術を駆使して解決を試み、解決できない場合には、新たに必要となる知識・技術の取得あるいは未知の知識・技術を整理・統合できる。
	協調・管理統率能力	スタッフやユーザ等のコミュニケーションを通じて、協調・管理統率できる。
	実践能力	課題や構想を実施計画に従って、継続的に着実に実行できる。
	継続的改善能力	継続して点検を欠かさず、計画を尊重しつつ創造性を発揮し、スパイラルアップを目指すことができる。
総 括	報告書作成・プレゼン能力	完成した作品を報告書にまとめ、プレゼンテーションができる。
	評価能力	完成した作品を自己管理し、さらに他の作品等を正当に評価できる。

このように、創成能力を狭義の設計・製図教育と解釈するのではなく、計画、実行及び総括の三段階にわたる広義のデザイン能力ととらえていることに注目したい。

一方、この5年ほどの間に、大学など高等教育機関の多くが、各大学等で実施している技術者教育プログラムについて、社会の要求水準を満たしている認定を受けるようになってきている。この認定は、外部機関が公平に評価する。技術者教育プログラムの審査・認定は、日本技術者教育認定機構(JABEE: Japan Accreditation Board for Engineering Education)が行っている。JABEEの認定基準¹⁾を表2に示す。

表2 日本技術者教育認定基準(JABEE)の「基準1 学習・教育目標の設定と公開」

項目	認定基準
	<p>自立した技術者の育成を目的として、下記の(a)－(h)の各内容を具体化したプログラム独自の学習・教育目標が設定され、広く学内外に公開されていること。また、それが、当該プログラムに関わる教員および学生に周知されていること。</p> <p>(a) 地球的視点から多面的に物事を考える能力とその素養</p> <p>(b) 技術が社会や自然に及ぼす影響や効果、および技術者が社会に対して負っている責任に関する理解(技術者倫理)</p> <p>(1) (c) 数学、自然科学および情報技術に関する知識とそれらを用いる能力</p> <p>(d) 該当する分野の専門技術に関する知識とそれらを用いて問題を解決する能力</p> <p>(e) 種々の科学、技術および情報を利用して社会の要求を解決するためのデザイン能力</p> <p>(f) 日本語による論理的な記述力、口頭発表力、討議等のコミュニケーション能力の向上及び国際的に通用するコミュニケーション基礎能力</p> <p>(g) 自主的、継続的に学習できる能力</p> <p>(h) 与えられた制約の下で計画的に仕事を進め、まとめる能力</p>
(2)	<p>学習・教育目標は、プログラムの伝統、資源および卒業生の活躍分野等を考慮し、また、社会の要求や学生の要望にも配慮したものであること。</p>

JABEEの基準1では、1)育む能力を中心とした学習・教育目標の設定の重視、2)特に創成能力の育成を重視している。

ところで、創成教育を積極的に実施している国内の大学及び高専等の高等教育関係者から、小・中・高校と大学等の高等教育や高等教育卒業以降に連続的に発展する、いわゆる縦の一貫性のある創成教育の導入の必要性が指摘されている⁵⁾。米国では、技術(Technology)教育が小・中・高校段階における「Technology for all」のリテラシー育成にとどまり、「Technology for excellent」のための工学(Engineering)教育と技術(Technology)教育の接続と一貫教育の重要性が近年指摘されている。連合王国では、工学部受験者の大多数が18歳時の中等教育修了Aレベル及びASレベル資格試験において「Design and Technology」科目を選択し、いわゆる初等・中等教育と高等教育の縦の接続が体系化されている。

本稿では、創成教育を小・中・高校及び大学教育で一貫して重視している連合王国イングランド及び北アイルランドの「Design and Technology」教科について、育む能力をどのように系統的に育成しているか探究することを目的とする。

2. 1999年版「Design and technology」の「到達目標」の評定基準

2.1 問題の所在及び研究目的

イングランド「Design and technology (以下 Dt)科」の教育課程基準は、学習プログラム (programmes of study) と到達目標 (attainment targets) から構成されている。このうち、到達目標についてみると、学習内容に関する領域は設定されていないが、8レベル及び、教育課程最低基準の内容を超える範囲の取り扱い (Exceptional performance) の計9レベルから当教科で育む学力が系統的に提示されている (資料「Design and technology」の到達目標 (attainment targets)) を参照)。到達目標は、レベルがあがるにつれて内容が易から難へ発展している。しかしながら、到達目標がどのように系統化されているのかは、本表の解説だけでは不明瞭であった。その理由は、主に3点ある。

1つは、各レベルを構成する文章の数が異なっている点である。レベル1は6文章、レベル2は5文章、レベル3は6文章、レベル4は7文章であり、レベル毎の文章数が異なっている。各レベルの項目数が異なる意図は、管見の限り、教育課程基準で記載されていなかった。そのため、項目同士の相互関係を見付けることが不明瞭であった。

2つは、各レベルにおける学習到達基準が示されていない点である。1つめの理由で述べたように、各KSの項目数は異なっている。例えば、各レベルの文章数が共通しており、各レベルに5項目示されていたと仮定する。さらに、「レベル1」の文章は、1番目から「(1)a, (2)b, (3)c, (4)d, (5)e」、 「レベル2」の文章も1番目から「(1)a, (2)b, (3)c, (4)d, (5)e」の項目番号が明記されていたと場合、レベル1の1番目の文章「(1)a」とレベル2の1番目の文章「(1)a」が関係している。また、レベル1の2番目の文章「(2)b」とレベル2の2番目の文章「(2)b」が関係しており、両レベル間の系統性を調べることができる。実際は、系統性を示すような記号は記されておらず、項目同士の関連性が明記されていなかった。

3つは、到達目標の構成要因数についてである。到達目標の構成要因数については、教育課程基準の文書や関連文書の文献研究だけでは不明瞭であった。そこで、筆者は、現地調査による授業観察や聞き取り調査、文書読解研究を行ってきた。しかしながら、到達目標56項目を易から難へレベル化することは不明瞭であった。

そこで、本節では、一次資料の解説や現地調査のみでは不明瞭であった99年版の「Dt科」教育課程基準における到達目標の系統性について、数量化IV類を用いた構造的分析により易から難へレベル化を行い、日本の国家基準としての「小・中・高一貫した技術教育課程基準」の開発に関する知見を得ることを目的とする。

2.2 研究方法

本研究は、到達目標 56 項目を分類化・系統化を図るため、数量化IV類の手法を用いた。解析ソフトは、Black-Box の計算プログラム (Excel VBA) を用いた (URL <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/>)。数量化IV類は、対象間の親近性や類似度などをもとに各対象に数量を与え、多次元尺度上に位置づける手法 (林, 1974; 林ら, 1979; 古川・田中, 1983; 田中・脇本, 1984; 藤沢, 1985; 有馬・石村, 1988; 渡部ら, 1988; 木下, 1989)^{6~13)} である。例えば、5つの対象項目を想定し、対象間を比較するための指標を6項目取り上げる (表3)。

表3 5つの対象項目と6つの指標との比較 (例示)

指標 対象項目	A	B	C	D	E	F
1	○	×	×	×	×	×
2	○	○	×	×	×	×
3	×	○	○	×	×	×
4	×	×	×	×	×	×
5	×	○	×	○	○	○

表3より、対象間同士の類似度を比較する。対象間の類似度は、指標の反応が (○, ○) または (×, ×) と一致しているかどうかで判断する (有馬・石村, 1988; p.278)¹¹⁾。例えば、対象項目1と2を比較した場合、指標が一致した項目数は5つ (指標A, C, D, E, F) である。対象間を比較し、指標と一致する数が多いほど高い類似性を示し、一致する数が少ないほど低い類似度が与えられる。このような方法により、表3の対象間を比較すると、表4を得る。

表4 対象間の類似度 (例示)

対象 対象	1	2	3	4	5
1	0	5	3	5	1
2	5	0	4	4	2
3	3	4	0	4	2
4	5	4	4	0	2
5	1	2	2	2	0

表4に示すデータを用いて分析を行い、得られた2次元の数量を用いて散布図を描く。同分析の散布図は、似ているもの同士は近くに、似ていないもの同士は離れて位置される特徴を持つ。従って、数量化IV類を用いれば、56項目を類似性から分類し、得られた散布図から幾つかの能力群に類型化及び、易から難へレベル化することができるという研究仮説を設定した。

類似性を示す行列作成は、筆者を含む計6人で行った。行列作成に関わった6名は、筆者の他、筆者の指導教員、博士課程院生（教職経験なし）、修士課程現役院生2人、修士課程現職派遣院生（教職経験15年）であった。その際、2段階からなる評定尺度を作成した。評定尺度の指標は、Edexcel 試験局が作成するコースワーク¹⁴⁾の6つの評定基準（表5）¹⁵⁾を活用した（試験局の制度及びコースワークの評定基準の詳細は、第4章参照）。

表5 Edexcel 試験局のGCSE 試験の評定基準

1. 必要性の確認・情報収集
2. アイデアの展開・チェック・再調査・修正
3. 文章やグラフィック技法（ICTやCADを含む）によるアイデアの一般化・展開・モデル化・伝達
4. システムや制御の概念、産業社会への適用度を考慮した製作計画の制作・活用
5. 道具や装置、プロセスの効果的かつ安全な活用・選択、CAMの適切な活用
6. 機能性の品質を調べる試験及び評価、修正案の提案

〔出典：Edexcel, *GCSE in Design & Technology 3970–3974 (Short Course)*, London, 2001 を基に筆者が再構成した〕¹⁶⁾

Edexcel 試験局の評定基準を評定尺度として選択した理由は、本研究が着目した他の試験局（AQA, OCR）の評定基準よりも、Edexcel 試験局の評定基準が詳細に記載されていたからである。評定者間で評定尺度を用いる際、評定尺度に対する認識や理解が異なれば、共通の評定尺度としての信憑性は低くなる。Edexcel 試験局の評定基準の場合、評定基準の各観点が詳細に記載されていた。Edexcel 試験局の評定基準を用いれば、評定者間の評定基準に対する認識に大きな相違は見られないと判断し、共通の尺度として活用できるととらえた。

到達目標の各変数とEdexcel 試験局の各評定基準を比較し、直接的に関与・関連する場合は「1」、それ以外を「0」の数値を与えて分析した。例えば、到達目標の1番目の変数「学習者は、アイデアを創造すると共に、身近な製品の特徴を認識している」項目と、Edexcel 試験局の評定基準「2. アイデアの展開・チェック・再調査・修正」を比較する。「学習者は、アイデアを創造すると共に、身近な製品の特徴を認識している」というパフォーマンスは、Edexcel 試験局の「2. アイデアの展開・チェック・再調査・修正」評定基準が目指す目標と極めて関連していると考えられた。従って、この場合は「1」を与えた。同様に、同変数を、Edexcel 試験局の評定基準「5. 道具や装置、プロセスの効果的かつ安全な活用・選択、CAMの適切な活用」と比較する。この場合、Edexcel 試験局の「5. 道具や装置、プロセスの効果的かつ安全な活用・選択、CAMの適切な活用」が目指すパフォーマンスは、主に道具や装置の活用に関する目標であり、1番目の変数が示すパフォーマンスと直接関連していないと解釈した。そこで、「0」を与えた。検討者によって「1」「0」のように、異なる数値結果が見られた項目は、協議して判断した。

2.3 結果

数量化Ⅳ類の結果を図1に示す。

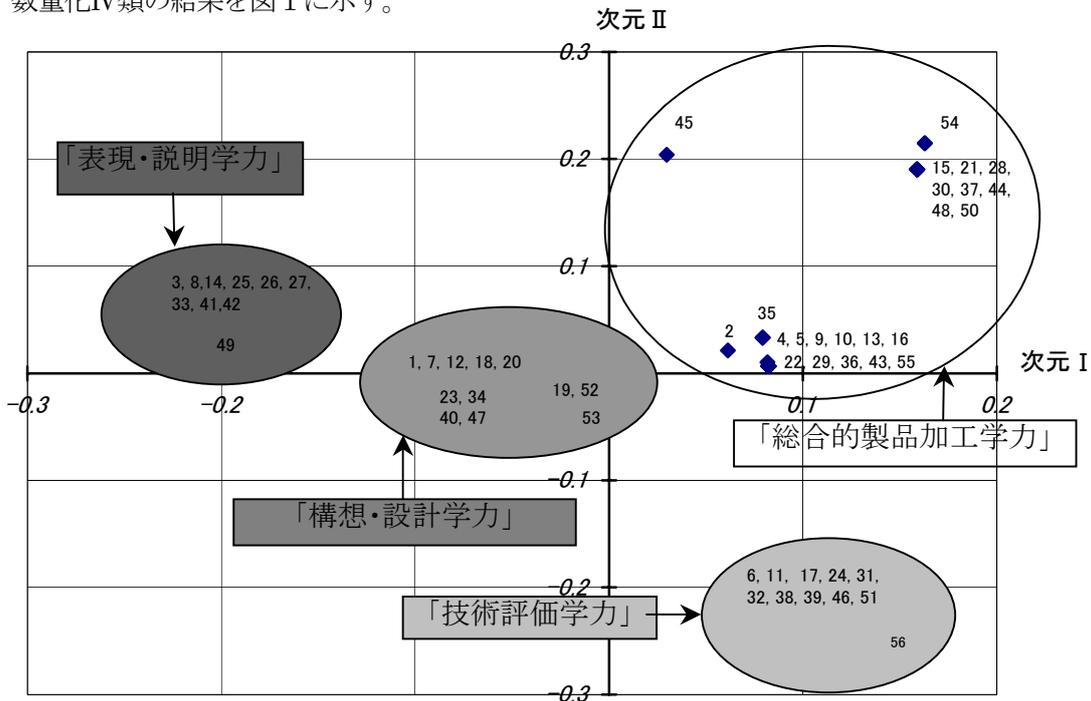


図1 数量化Ⅳ類によって分類された到達目標（56項目）の散布図

図1における散布図の配置をみると、主な特徴は4点ある。

第1点は、第1象限上に集中している箇所が2つあるということである。1つは、(15) (21) (28) など8項目であった。もう一つの集団は、(4) (5) (9) など11項目であった。第1象限上に位置された項目は、それぞれ比較的近いところに位置していると解釈した。

第2点は、原点付近に集中して位置されている箇所が2つあることである。2つとは、(19) (52) (53) 項目と、(1) (7) (12) などの項目である。これらの項目は、近似して位置されていると言える。

第3は、第2次元上に集中して位置された箇所がある。その集団とは、(3) (8) (14) などの項目である。これらの項目は、(1) (7) (12) などの項目と比較的近いところに位置されている。しかし、(1) (7) (12) などの項目は、第3象限に位置されていることから、第2象限に位置された(3) (8) (14) などの項目と区別することが適当と解釈した。

第4は、第4象限に位置された項目同士が比較的近いところに位置していることである。本研究は、(6) (11) (17) などの項目が集中した箇所と、(56) の項目との間に親近性があると解釈した。

以上の読み取りから、図1に位置された56項目は、2次元上で4つのグループが形成されたと解釈した。第1象限を中心に位置された(2) (16) (45) など23項目は、「(2) 学習者は、アイデアを実践活動へ取り入れるための計画を示している」「(16) 材料の型取りや切断、部品加工のために、ある程度正確に道具や装置を使用している」「(45) 状況に応じて製作方法を適用す

ると共に、**design** 提案を用いて製作方法の変更理由を示している」など、計画性や製作段階に関する目標が示されていた。そこで、計画段階と製作段階をまとめて「総合的製品加工学力」と命名した。

第4象限を中心に位置された項目は、(6) (17) (46) など、11項目であった。これらの項目に見られるパフォーマンスは、自分の活動プロセスを振り返り、改善・修正することであった。仕様書や製作プロセスなど、絶え間ない評価の必要性が示されていた。従って、「技術評価学力」と命名した。

原点付近に位置されたグループは、(1) (18) (23) など、12項目であった。「(1) アイデアを創造する」といった工夫・創造する行為や、「(20) 仕様書の作成」に関する目標が提示されていた。これらの活動は、製作の動機付けや必要性を確認する構想段階及び、ユーザーの観点や使用目的を盛り込む設計段階であるにとらえた。そこで、アイデアを構想・設計する活動を総称して「構想・設計学力」と命名した。

次元Iのマイナス方向に近似して位置された項目は、(3) (8) (27) (41) など10項目であった。各項目は、写真や複数のメディアを活用する内容であった。アイデアの描写や仕様書の作成、製品の形状や機能の調査活動について、「(3) 写真や用語を活用して、活動したい内容を述べている」という限定された表現活動や、「(41) 様々なメディア」を活用した発展的な表現活動などが含まれていた。本研究は、これらの項目を「表現・説明学力」と命名した。

2.4 考察

(1) 4つの学力における評定基準表の作成及び検討

命名した4つの学力の系統化を検討するため、到達目標のレベル1から高次に向けて、各学力の項目間を並び替えた。初めに、「構想・設計学力」に関する評定基準を示す(表6)。

表6より、製作動機や必要性、アイデアを考える際、低いレベルでは、身近な製品の特徴や自己の実体験を参考にすることが求められていた。高いレベルになると、ユーザーの観点を考慮すると共に、雑誌・インターネット・広告など、様々な情報資源を活用しながらアイデアを絞り込むパフォーマンスが求められていた。従って、「構想・設計学力」は、作品の送り手を十分に意識し、情報資源を追求しながら複数のアイデアを考案する力であるにとらえた。

次に、「表現・説明学力」に関する評定基準を表7に示す。表7より、低いレベルの段階では、写真やスケッチを活用して、自分のアイデアや構想を表現することが求められていた。高いレベルになると、アイデアを表現するだけでなく、具体的な形状や機能面まで示すことが必要とされた。つまり、高レベルになるほど、出来上がりの状態を明確にイメージしておかなければならない。レベル7「(41) アイデアを伝達する前に、様々なメディアを活用して、形状や機能、生産工程を調査することができる」で示されているように、コンピュータやグラフィック技術などのメディアを活用し、3Dで表現するスキルも求められていると言える。

表6 「構想・設計学力」に関する評定基準 (Department for Education and Employment and Qualifications and Curriculum Authority, 1999)

レベル	構想・設計学力
1	(1) 学習者は、アイデアを創造すると共に、身近な製品の特徴を認識している。
2	(7) 材料や部品を使った作業経験を基にアイデアを創出し、次に何をしたら良いのか計画する。
3	(12) アイデアを創出し、自分たちの design 案が様々な方法に対応しなければならないことを認識する。
4	(18) 多数の情報の中から取捨選択し、アイデアを創出することができる。 (19) ユーザーの観点を考慮し、徐々に計画を立てることができる。 (20) アイデアを絞り込んでいる意図を示しながら、単語やラベルを貼ったスケッチ、モデルを使って代案を伝達することができる。 (23) 製作品が上手に機能することを願うと共に、その思いを design に展開・反映している。
6	(34) ユーザーとアイデアを議論しながら、モデルやデッサンを作り、design を思考・探究、試験することができる。
7	(40) アイデアを発展させるために、情報資源を幅広く、適切に活用することができる。
8	(47) 自分で調べた情報とアイデアを対応させ、アイデアを発展させるための方略を適切に活用することができる。
教育課程の最低基準の内容を超える範囲の取り扱い	(52) design の思考に役立つ情報を探し出し、顧客たちのニーズを把握することができる。 (53) 学習者たちは、作業を支援する情報資源を活用して整理している。

表7 「表現・説明学力」に関する評定基準 (Department for Education and Employment and Qualifications and Curriculum Authority, 1999)

レベル	表現・説明学力
1	(3) 写真や用語を活用して、活動したい内容を述べている。
2	(8) 自分たちの design 案を述べるために、モデルや写真、用語を活用する。
3	(14) 尋ねられたときに、自分のアイデアを明らかにすることができる。また、design 案を具体的に伝達するために、単語やラベルの貼られたスケッチ、モデルを活用することができる。
5	(25) 様々な情報の資料を活用して、アイデアを描き出すことができる。 (26) 討論や描写、モデリングを通して、アイデアを明らかにすることができる。 (27) アイデアを発展・伝達する際に、既製品の特徴に関する理解を活用することができる。
6	(33) 様々な情報の資料を活用し、アイデアを描き出すことができる。また、既製品の機能面や形状の理解を示すことができる。
7	(41) アイデアを伝達する前に、様々なメディアを活用して、形状や機能、生産工程を調査することができる。 (42) ユーザーの異なる必要性を認識し、現実的な design を十分に展開させることができる。
8	(49) design 案の要求を確認し、自分たちのアイデアがどのような要求に応じているかを説明することができる。また、その提案を発展させるためには、どのような分析を行ったらよいのかを説明することができる。

続いて、「総合的製品加工学力」における評定基準を示す (表8)。

表8 「総合的製品加工学力」に関する評定基準 (Department for Education and Employment and Qualifications and Curriculum Authority, 1999)

レベル	総合的製品加工学力
1	(2) 学習者は、アイデアを実践活動へ取り入れるための計画を示している。 (4) 製作内容や、どんな道具を活用しているのかを説明している。 (5) 必要に応じて、道具や材料を活用している。
2	(9) 彼らは、適切な道具や技法、材料の選択理由を説明しながら、それらを選ぶことができる。 (10) 様々な方法で、道具を使ったり、材料や部品の組み立てや接合、結合を行うことができる。
3	(13) 目的を達成するための現実的な計画を作ることができる。 (15) 作業手順を前もって考え、適切な道具や装置、材料、部品、技法を選ぶことができる。 (16) 材料の型取りや切断、部品加工のために、ある程度正確に道具や装置を使用することができる。
4	(21) 仕上げの質や機能面に注意しながら、ある程度正確に種々の材料や部品を用いた作業を行える。 (22) 道具や部品を自分で選んで、作業することができる。
5	(28) 具体的な計画を通じて、作業を行い、適切な箇所を修正する。 (29) ある程度正確に、道具や材料、装置、部品、加工を実践できる。 (30) 自分の作業を確認し、進行状況に応じてアプローチを修正する。
6	(35) 仕様書を探究・活用して、作業計画を立てることができる。 (36) 道具や材料、装置、部品、加工の特徴を理解しながら実践できる。 (37) 自分の作業を確認し、進行状況に応じてアプローチを修正する。
7	(43) 作業に必要な時間を予測した計画を作成することができる。 (44) 道具や材料、装置、部品、加工の特徴を十分に考慮しながら作業を進めることができる。 (45) 状況に応じて製作方法を適用すると共に、design提案を用いて製作方法の変更理由を示している。
8	(48) 計画時に、材料の物理的な特徴や性質を基に、使用する材料や技法を決定することができる。 (50) 加工を正確かつ、継続的に行えるように、また、道具や装置、材料、部品を正確に活用できるような作業編成を行える。
教育課程の最低基準の内容を超える範囲の取り扱い	(54) 時間配分や資料に関する計画を活用して、作業することができる。 (55) 道具や装置、材料、部品を正確に活用して作業することができる。

「総合的製品加工学力」では、「計画性」と「製作」の2つのパフォーマンスが系統化されたと解釈した。「計画性」では、レベル1「(2) 学習者は、アイデアを実践活動へ取り入れるための計画を示している」といった計画から、レベル6「(35) 仕様書を探究・活用」や、レベル7「(43) 作業に必要な時間を予測した計画」といった綿密な計画へと発展していた。

「製作」では、レベル1「(5) 必要に応じて、道具や材料を活用」する基礎的な内容から、レベル4「(21) 仕上げの質や機能面に注意」することや、レベル8「(48) 材料の物理的な特徴や性質を基に、使用する材料や技法を決定する」ことまでが求められていた。「総合的製品加工学力」のパフォーマンスを通して、全体を見通すことのできる計画スキルや、状況に応じた道具の活用・製作スキルが身に付くと解釈できる。

最後に、「技術評価学力」に関する評定基準を示す（表9）。

表9 「技術評価学力」に関する評定基準（Department for Education and Employment and Qualifications and Curriculum Authority, 1999）

レベル	技術評価学力
1	(6) 作業や加工処理の経緯について、仲間同士で簡単に話し合う。
2	(11) 作業過程を通じて、自分が取り組んでいる意図を十分認識し、もっと良くなる方法を提案している。
3	(17) design案や製作プロセスを評価し、製作品の改善部分がどこなのか、確認することができる。
4	(24) 上手に機能している点や、改善点を確認することができる。
5	(31) design案の機能面や、資料の絞り込む過程など、製作品の試験・評価をすることができる。 (32) 情報資料を活用し、自分たちの製作品を評価することができる。
6	(38) いかに効率良く情報資源を活用したら良いのかを評価することができる。また、探究結果を基に、designingや製作状況を知らせることができる。 (39) 製作品の活用状況を評価し、改善方法を確認することができる。
7	(46) 製作品がどのように機能を果たしているかを評価するための適切な技法を選択することができる。また、修正した際の評価を考慮しながら、改善を行うことができる。
8	(51) 製作品を評価するための幅広い仕様内容を確認する。また、製作品が目的に応じてdesignされ、適切な資料を活用しているという事実を明らかにすることができる。
教育課程の最低基準の内容を超える範囲の取り扱い	(56) 正確かつ、頑強であり、design案の要求を十分に満たした製作品を製作することができる。

「技術評価学力」の低いレベルでは、良くできた点や改善点を自己評価する程度であった。高いレベルになると、製作途中の振り返り評価や改善方法の提案・修正まで求められていた。すなわち、製作終了後に自己評価する活動は、基礎段階であり、各プロセスの内省や振り返り評価は応用段階として位置づけられる。「技術評価学力」の習得を通して、自己評価力と共に、自己の課題を克服する力や実践スキルも獲得することができると言える。

2.5 小 括

本章の結果は、以下のように要約される。

- (1) イングランド「Design and technology」の「到達目標」で重視される学力の構成要因を、数量化IV類の手法により分析した結果、「構想・設計学力」「表現・説明学力」「技術評価学力」「総合的製品加工学力」の4つの学力群が抽出された。
- (2) 4つに分類された各学力における項目を、「到達目標」のレベルに即して易から難へと並び替えた結果、各学力で育むパフォーマンスのシーケンスが示された。

3. 北アイルランド科学技術教育課程基準の構造

3.1 本節の課題

1996(平成8)年の中央教育審議会の第一次答申¹⁶⁾以降、教科の再編・統合を含む教科等の構成の在り方に対する関心が高まっている。一方、1990年代以降の国際的な教育課程改革の動向に目を向けると、2つの特徴が指摘されている。第1は、科学教育と技術教育の連携を強化する国・地域の増加¹⁷⁾であり、第2は、初等教育や後期中等教育段階への普通教育としての技術教科・学習領域の導入¹⁷⁾である。連合王国北アイルランドも、以上の特徴に合致する国・地域の1つである。また、連合王国は、特に教科の区分と構成に関する教育課程研究が最も盛んな国の1つであり、とりわけ1980年代から国内の科学技術教育課程に関する研究が活発に行われ、多くの先行研究を有している¹⁸⁾。

そこで本節では、連合王国北アイルランドの科学技術教育課程及び「科学技術」学習領域の指導計画例の分析を通して、科学技術教育課程の構成的特徴を示しつつ、技術教育と科学教育の連携に向けた示唆を得ることを課題とする。

3.2 北アイルランド教育課程基準の構成と特徴

3.2.1 北アイルランドの学校制度

北アイルランドの学校制度¹⁹⁾(小論では初等中等教育に限定される)は、次の通りである。

就学前教育：幼稚園 (nursery school：2～4歳)

初等教育：小学校 (primary school：4～11歳)

中等教育：中等学校 (secondary school：11～18歳)

このうち義務教育期間は、4～16歳であり、年齢段階に応じて、4つのキーステージ(Key Stage)、すなわちKS1：4～8歳(レベル1～3)、KS2：8～11歳(レベル2～5)、KS3：11～14歳(レベル3～6)、KS4：14～16歳(レベル4～8)で構成¹⁹⁾され、学年別に到達レベルを仕切るのではなく、個人差に合わせて柔軟に設定されている(図2参照)。

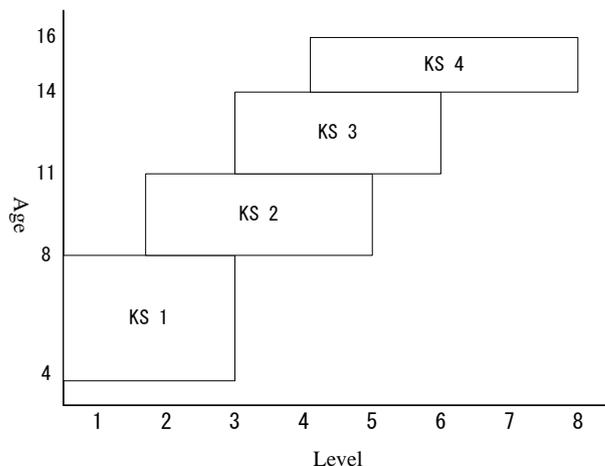


図2 レベルと到達段階の関係

(出所) Northern Ireland Curriculum Council: The Northern Ireland Curriculum A Guide for Teachers, Stranmillis, Belfast: Author, 1990, p.5

3.2.2 小・中学校の教育課程規準

北アイルランドには、同地域における教育課程の基準としてナショナル・カリキュラム²⁰⁾が存在し、教科構成が規定されている。同地域のナショナル・カリキュラムは、学習プログラム(Program of Study)と到達目標(Attainment Target)から構成される。学習プログラムは、各年齢段階で全ての児童生徒に提供されるべき知識・理解・スキルを規定している²¹⁾。一方の到達目標は、年齢段階の視点から、各教科で生徒に期待される標準的なパフォーマンス²²⁾を定義したものである²¹⁾。

北アイルランド教育改革法(1989年制定, 1993年及び1996年改訂)に基づいて、北アイルランド・ナショナル・カリキュラム(以下、ナショナル・カリキュラム)は、4歳から16歳の児童生徒に保証されるべき教育目標と教育内容を規定している。現行のナショナル・カリキュラムでは、英語(English)、数学(Mathematics)、科学・技術(Science and Technology)、環境・社会(Environment and Society)、創作・表現(Creative and Expressive)、アイル語(Irish)の6つの学習領域を設定している²³⁾。初等教育段階の学習領域を表10に示した。

学習領域とは、各領域に複数もしくは単一の教科活動が対応し、児童生徒の視点からまとめた教育課程の構成領域であり、旧来の教科枠を越えた新たな知の形成を求めていると解釈される²⁴⁾。表10に示したように、この「学習領域」は、児童の経験範囲を十分反映するように、6つの領域に区分され、それぞれの領域に、複数の教科・活動が対応し、そこにおける学習活動を通して総合的に子どもの発達を促進させようというものであり、学習領域自体それが、本質的には「教科横断的な教育課程基準(クロス・カリキュラム: cross curriculum)」であると認識されている²⁴⁾。

表10 初等教育(キーステージ1及び2)段階の学習領域

学習領域	教科活動
英語	英語
数学	数学
科学・技術	科学・技術
環境・社会	歴史、地理
創作・表現	芸術・デザイン、音楽、体育
言語	アイル語(アイル語で授業が実施されている学校のみ)

(出所) Northern Ireland Council for the Curriculum, Examinations and Assessment: Northern Ireland Curriculum, URL <http://www.ccea.org.uk/curriculum.htm>, 2002を再構成した。

またナショナル・カリキュラムは、学習領域に加えて、宗教教育と4つの教育的(教科横断的: cross curricula)テーマ(theme)を規定している。初等教育段階の教育的テーマは、1)相互理解のための教育(Education for Mutual Understanding), 2)文化遺産(Cultural Heritage), 3)健康教育(Health Education), 4)情報技術(Information Technology)であり、各学習領域において、それぞれのテーマとの関連性を重視した学習活動が展開される。また、各教育的テーマと学習領域(教科)との関連は、各教科の学習プログラムに詳細が掲載されている。磯崎(1996)も指摘するように²⁵⁾、北アイルランドでは、伝統的な教科領域でなく、学習領域を教育課程基準編成の基礎とし、教育的テーマを重要な要素として位置づけている点に特徴がある。

一方、中等教育段階における教科と学習領域との対応関係²⁶⁾を表11に示した。中等教育段階

の教育課程は、「教科」の枠組みから構成され、宗教教育を含む全 10 教科から成り立っている。また、ナショナル・カリキュラムは、中等教育段階の教育的テーマとして、1)相互理解のための教育 (Education for Mutual Understanding), 2)文化遺産 (Cultural Heritage), 3)健康教育 (Health Education), 4)情報技術 (Information Technology), 5)経済意識 (Economic Awareness), 6)キャリア教育 (Careers Education) を規定している²⁶⁾。なお、教育課程の地域基準における教育的テーマの取り扱いは、初等教育と同様である。

表 11 中等教育（キーステージ 3 及び 4）段階の教科

学習領域	教科
英語	英語
数学	数学
科学・技術	科学, 技術・デザイン
環境・社会	歴史, 地理, 実務研修 (Business Studies), 家政, 経済, 政治 (以上のうち 1 教科かモジュール学習を選択)
創作・表現	芸術・デザイン, 音楽, 体育
現代言語	フランス語, ドイツ語, イタリア語, スペイン語, アイル語

(出所) Northern Ireland Council for the Curriculum, Examinations and Assessment: Northern Ireland Curriculum, URL <http://www.ccea.org.uk/nicurriculum.htm> を再構成した。

さらに、生涯学習能力を高めるため、教科全体を通して児童生徒に獲得されるべき「学習の方法」に関する学力が規定され重視されている。この学力は、「キー・スキル(Key Skills)」と呼ばれ、「コミュニケーション」、「数の応用」、「情報技術」、「他者との協働」、「自分の学習とパフォーマンスの向上」、「問題解決」の 6 種類が規定されている²⁷⁾。1988 年度版のナショナル・カリキュラムは、教科の集合体として構成されていた。しかし、1995 年版以降のナショナル・カリキュラムでは、教育、仕事、人生において自分の学習とパフォーマンスを向上させるための「キー・スキル」が、教科横断的に保障されるべきであると規定されている。

3.3 北アイルランドの科学技術教育

3.3.1 「科学技術」学習領域

「科学技術」学習プログラムの構成を表 12 に示した。学習プログラムは、「科学・技術の探究と製作」及び「科学・技術の知識と理解」から構成され、キーステージ 1 及び 2 に共通した構成であった。各構成領域についてみると、「科学・技術の探究と製作」は、科学・技術に関する知識・理解を構成する中心的な活動(DENI, 1996a : p. 4)²⁸⁾と位置づけられており、「科学・技術」学習領域の「学習方法」に関わる知識・理解・スキルを提示しているものと考えられる。

一方、「科学技術の知識と理解」は、「生物」「物質」「物理的プロセス」の 3 領域から構成され、学習すべき具体的な「内容」を規定していた。これは、生徒によって獲得されるべき教育内容と位置づけられる。以下、「科学・技術の探究と製作」及び「科学・技術の知識と理解」の構成領域とそれらの系統性を検討し、各々の特徴をみていく。

表 12 「科学技術」学習領域の学習プログラムの構成

	4～8 歳段階 (キーステージ 1)	8～11 歳段階 (キーステージ 2)
科学・技術の探究と製作	計画(6), 実行と製作(8), 解釈と評価(5)	計画(6), 実行と製作(10), 解釈と評価(8)
科学・技術の知識と理解	生物: 人間(6)・動物と植物(9) 物質: 特性(5)・変化(2)・環境(3) 物理的プロセス: 力とエネルギー(4)・電気(3)・音(3)・光(3)	生物: 人間(6)・動物と植物(8) 物質: 特性(4)・変化(6)・環境(3) 物理的プロセス: 力とエネルギー(5)・電気(4)・音(2)・光(3)

※()内は、知識・理解・スキルの個数を示す。

(出所) Department of Education Northern Ireland: Program of Study, Science and Technology at Key Stage 1, Belfast: Author, 1996a 及び Department of Education Northern Ireland: Program of Study, Science and Technology at Key Stage 2, Belfast: Author, 1996b を再構成した。

(1) 科学・技術の探究と製作

キーステージ 1 「科学・技術の探究と製作」の構成を、表 13 に示した。「計画」は、アイデア、結果の予想と問題解決の方法、作品の構想・計画について、教師や友だち同士で互いに話し合うなどの、実践的・体験的な学習活動に参画する機会と位置づけられていた。具体的な内容に注目すると、問題の設定・結果予想、試験・実験のデザイン、材料・素材の決定、製作プランの設定など「実験・試験・製作活動の構想・計画に関するスキル」から構成されていた。

「実行と製作」は、身近な環境でよく知られている対象や素材について調査・探究したり、自分のおこなったことを記述したりする実践的・体験的な学習活動に参画する機会と規定されていた。内容をみると、実験・観察の実践、材料加工、工具・素材の適切な利用、結果の記録と提示、製作活動の遂行など、「試験・実験・製作活動の実践・遂行に関するスキル」から構成されていた。

表 13 キーステージ 1 「科学・技術の探究と製作」の構成領域

計 画	実行と製作	解釈 (Interpreting) と評価 (evaluating)
・質問に対する回答	・感覚による観察	・結果(成果)の発表
・作品と使用材料の決定と説明(T)	・材料加工と再構成の実践(T)	・結果(成果)の特徴の発表
・質問とその結果の検討・予想	・類似点と相違点を考慮した観察	・結果(成果)の効果的な提示
・正しい試験・実験の識別	・観察結果の分類と記録	・予想と対比させた結果の報告
・調査・予測可能な問題の識別	・接合法の探究と実践(T)	・作品の報告と改良案の提示(T)
・適切な素材と部品の選択(T)	・計測スキルの強化	
	・素材と工具の使用(T)	
	・適切な方法による観察/実験結果の記録	

1) 網掛け内は、8～11 歳(KS2)段階に共通する内容

2) (T)は、技術に関連する内容を示す

(出所) Department of Education Northern Ireland: Program of Study, Science and Technology at Key Stage 1, Belfast: Author, 1996a を再構成した。

「解釈と評価」は、結果を報告・提示し、それらを解釈したり、製作物を評価したりするスキルを伸ばす機会を提供する実践的・体験的な学習活動に参画する機会と定義されていた。規定された内容をみると、結果の比較・考察、結果の類型化、結果の報告、作品の評価、修正案の作成と提案など、「試験・実験・製作活動の解釈・評価・報告に関するスキル」から編成されていた。

以上のように「科学・技術の探究と製作」は、探究活動や製作活動の流れに沿って構成されて

いる点が特徴的である。これは、キーステージ2においても共通していた。

(2) 科学・技術の知識と理解

ここでは、「生物」、「物質」、「物理的プロセス」の領域構成と内容と特徴をみていく。

まず「生物」は、キーステージ1段階及び2段階ともに、「人体」と「動物と植物」から構成されていた。人体は、身体の構造と機能、成長段階、健康と安全の維持に関する知識から構成されていた。また「生物」は、動植物の生態と分類、保護色の機能と意義、季節変化と動植物の生態、植物の生育条件、食物連鎖に関する知識から構成されていた。

次に「物質」は、キーステージ1段階及び2段階ともに、「特性」「変化」「環境」から構成されていた。「特性」は、日用品・材料・物質の分類、材料の特性と用途との関連性、物質の三態など物質や材料の特性を中心とした構成であった。「変化」は、温度による物質の変化、化学変化とその有用性、錆とその防止法など、物質変化とその応用を中心とした内容構成であった。さらに「環境」は、各種ゴミ・廃棄物の識別と分類、物質の腐敗、リサイクルなど、資源の有効活用と循環に関する内容から構成されていた。

最後に「力とエネルギー」「電気」「音」「光」から構成され、各キーステージともに同様であった。「力とエネルギー」では、力と物体の運動、各種エネルギーとエネルギー源、エネルギーを利用した模型製作、摩擦などの内容が扱われていた。「電気」については、電気の各種用途・危険性・安全利用、導体と絶縁体、電気回路、電流などの内容から構成されていた。また「音」では、足音やドアの開閉音などの各種音源、音を鳴らす方法、音の伝達など、音の性質に関する知識から主たる内容が構成されていた。さらに「光」は、電球や太陽などの各種光源、光と色彩の関係、光の進み方・反射など光の性質に関する内容構成であった。

これらの内容は、基本的には単純なものから複雑なものへという、極めてオーソドックスな配列とるが、児童の成長にあわせた「活動範囲の広がり」に配慮している点が特徴的である。例えば「生物」において、児童は、校庭・通学路・家庭・地域へと活動範囲を広げながら、動植物を探究し、最終的には「動物」「植物」などの一般的な「種」という概念へ導かれるよう教育内容が配列されていた

3.3.2 「技術・デザイン」科

「技術・デザイン」科の学習プログラムの構成(DENI, 1996c : p.4)²⁹⁾を表14に示した。学習プログラムは、「教授と学習の成果」と「内容とアプローチ」から構成されていた。「教授と学習の成果」では、教授・学習の成果として生徒に獲得されるべき知識・スキル・理解が規定されていた。一方の「内容とアプローチ」では、知識・理解の具体的な教育内容が提示されていた。以下、「技術・デザイン」科のスキルと「内容とアプローチ」の教育内容に着目しながら、各領域及び技術・デザイン科の特徴について検討していきたい。

表 14 「技術・デザイン」科の学習プログラムの構成

カテゴリー	内 容
教授と学習の成果	ス キ ル: デザイニング (13), コミュニケーティング (11), 製作 (8) エネルギーの使用と制御 (4) 知識・理解: デザイニング, コミュニケーティング, 製作, エネルギーの使用と制御
内容とアプローチ	デザイン (8), コミュニケーティング (4), 製作 (5) エネルギーの使用と制御: 電子システムと制御 (3), 機械システムと制御 (2), 流体システムと制御 (1), PC/MPU 制御 (2)

※()内は、知識・理解・スキルの個数を示す。

(出所) Department of Education Northern Ireland: Program of Study, Technology and Design at Key Stage 3, Belfast: Author, 1996c を再構成した。

「技術・デザイン」科のスキルを表 15 に示した。デザイン³⁰⁾では、問題や動機の認識、解決に向けたアイデアの提案・発展、製作工程の作成と遂行、作品の評価などのスキルが規定されていた。よって、デザインのスキルは、製作活動を構想・遂行・評価するためのスキルとみられる。次にコミュニケーティングであるが、スケッチを使用したアイデアの探究と表現、製図通則に基づく図記号・製図技法の使用など、作品のアイデアや構想を図や文章、表やグラフなどの形態を通して表現し、他者に伝達するためのスキルと位置づけられる。一方、製作では、安全作業の遂行、各種加工法・接合法を使用したものづくりの実践などのスキルから構成されていた。したがって、製作のスキルは、材料・加工法・接合法を適切に使用しながら、製作活動を遂行し、作品を完成させるためのスキルと言える。また、エネルギーの使用と制御のスキルは、機構の識別、簡単な方法による運動制御、制御機構の構成と作品への適用などから構成されており、制御機構をもつ作品を製作するためのスキルと言える。

表 15 「技術・デザイン」科のスキル

デザイン	コミュニケーティング	製 作	エネルギーの使用と制御
<ul style="list-style-type: none"> ・自然物及び人工物の長所と問題点の説明 ・製作活動のための問題提起と解決に向けたアイデアの提案 ・作品の形状・機能についての説明 ・デザイン概要の解釈及び関連する要素の分析 ・仕様書の作成 ・デザイン概要と関連する情報の収集・評価・活用 ・各種アイデアの発展 ・アイデアの評価・選択 ・選択理由の説明 ・製作工程の計画 ・仕様書との対比による作品の評価 ・修正案の提案とその評価 	<ul style="list-style-type: none"> ・製作したい作品や実際に製作した作品の説明 ・学習活動や成果の長所と問題点の説明 ・アイデア表現のための線・形状の使用 ・図記号の識別・使用 ・スケッチを使用したアイデアの探求・表現 ・情報通信技術の使用 ・フリーハンドスケッチを使用したアイデアの発展 ・製図通則に基づく製図技法の使用 ・公認の図記号・製図通則の認識と使用 ・状況に応じた拡大図或いは分解組立図の使用 ・アイデア提示のための各種メディアの活用 	<ul style="list-style-type: none"> ・安全作業の遂行 ・簡単な構成活動及び再構成活動の実践 ・各種接合法を使用した構成活動の実践 ・使用材料に適合する切断・成形・接合の各加工法の選択と実践 ・精度の高い材料加工の実践 ・1種類以上の材料を使用した作品の製作 ・各種手工具及び工作機械を使用したものづくりの実践 ・複数の材料を使用した作品の製作 	<ul style="list-style-type: none"> ・身近な環境における異なる運動の識別 ・作品内部への単純な運動を繰り返す機構の組み込み ・簡単な方法による運動制御 ・制御ユニットの構成と作品への適用

(出所) Department of Education Northern Ireland: Program of Study, Technology and Design at Key Stage 3, Belfast: Author, 1996c を再構成した。

「技術・デザイン」科の教育内容（内容とアプローチ）を、表 16 に示した。各要素別の個数をみると、デザインングとエネルギーの使用と制御がそれぞれ 8 個で最も多かった。以下、製作(5 個)、コミュニケーティング(4 個)であった。次に、各要素の内容を検討する。デザインングでは、製作活動を構想・遂行・評価する過程、すなわち「デザイン概要の作成と使用」から「作品の評価」に到る各過程で必要となる知識・理解が規定されている。コミュニケーティングでは、アイデアの提示法、拡大図、分解組立図、製図通則など、アイデア・スケッチと製図法を中心にした作品の表現・伝達方法に関する知識・理解が規定されている。一方、製作では、材料、加工法、接合法、手工具、電動工具、工作機械とそれらの利用に関する内容がみられる。エネルギーの使用と制御は、「電子制御」「機械制御」「流体制御」「コンピュータ/MPU 制御」から構成されていた。

表 16 「技術・デザイン」科の教育内容（内容とアプローチ）

デザインング	コミュニケーティング	製作	エネルギーの使用と制御
<ul style="list-style-type: none"> デザイン概要の作成と使用 デザイン要素の考察と技術 適切な情報の活用 仕様書の作成 各種アイデアの生成と発展 アイデアの評価と選択 最適な活動計画の選択・決定 作品の評価 	<ul style="list-style-type: none"> フリーハンドスケッチによるアイデアの提示 各種グラフィック技法の習得と発展 拡大図・分解組立図・注釈等を使用した補足事項の追加方法 製図通則の識別・使用 製図通則に準拠した各種図面の作成と解釈 	<ul style="list-style-type: none"> 各種製作プロセス（罫書き、材料固定、切断、研削、接合、成形）及び各プロセスで使用される工具・設備機器の特徴と安全な使用法 工作機械の使用目的（穿鑿、研磨、ポリシング、真空成型加工、切断、プラスチックの折曲げ）及び安全な使用方法 手工具・電動工具・工作機械を使用した高精度の加工処理の実践 永久結合及び半永久結合を使用した材料接合 使用材料に適した表面処理加工法の使用 	<ul style="list-style-type: none"> 【電子システムと制御】 基本的な電子部品の機能と作動の調査 所期の作動を実現させる電子回路の構成 【機械システムと制御】 基本的な機械要素の機能と作動の調査 所期の作動を実現させる簡単な運動制御機構の構成 【流体システムと制御】 バルブ及びシリンダの機能と作動の調査 両者を使用した流体システムの構成 【PC/MPU 制御】 PC/MPU 制御の利点についての調査と議論 制御用ソフトウェアを使用し PC/MPU 制御の実践

(出所) Department of Education Northern Ireland: Program of Study, Technology and Design at Key Stage 3, Belfast: Author, 1996c を再構成した。

3.3.3 科学技術教育の到達目標

ここでは、北アイルランド科学技術教育の到達目標に着目したい。表 17 は、「科学技術」学習領域及び「技術・デザイン」科の到達目標（一部抜粋）である³¹⁾。「技術・デザイン」科は、小学校教育課程には存在しない。しかし、「科学技術」学習領域と同様の水準を保ちつつ、より教科的な内容に特化されたかたちで、学力の発達状況が、系統的に規定されていることがわかる。これは、到達目標が、学力の評定・評価を強く意識していることを意味する。実際、到達目標は、学校内における評定・評価はさることながら、GCSE 試験（中等教育修了一般資格試験）等の資格試験における評定基準の基軸となっており、教育内容を中心に規定した学習プログラムと同様に、教育実践において重要な位置づけを占めている。

表 17 北アイルランド科学技術教育の到達目標（一部抜粋，下線は筆者ら。「技術」分野を示す）

レベル	「科学技術」学習領域	「技術・デザイン」科	
	科学と技術の探究と製作	デザイン	コミュニケーション
Level1	児童は、身近な物質・材料・生物を観察し、その結果や自身の考えを相手に伝える。また児童は、つくろうとしている「もの」について他者に話すとともに、材料を用いて簡単な構成及び再構成活動をおこない、実際に作成した「もの」について説明する。	人工物と自然物に関してその長所と短所を話すことができる。	彼らが何を作るか、あるいは、作ったかについて話すことができる。
Level2	児童は、身近な物質・材料・生物の観察と比較をおこなう。また生徒は、観察と関連した「問い」を設定し、何が生ずるのか各自で予想するとともに、観察の結果と結論を簡単な方法で記録する。また生徒は、ものづくりのアイデアを提案し、種々の方法で材料を接合する。さらに、教師からの支援を得て、機構部分を作品の内部に組み込み、実際に作成した「もの」について、その長所と問題点を説明する。	製作活動のために問題を提起し、その解決に向けたアイデアを提案できる。	各自が何を製作しているのか、文章または図面の形態で表現できる。
Level3	児童は、アイデアがどのように調査されるのか自身の考えを示唆するとともに、何が生ずるのか各自で予想する。児童は、どのような場合、正確な試験であるのか理解し、なぜ正確なのか、その理由を認識している。また児童は、観察及び計測に対する論理的な説明をおこない、文章・図・棒グラフなどの種々の方法を使用して、アイデアや実験・観察の結果を記録する。また、各自で何をおこなったのか、その順序と内容を記述し、観察結果を類型化する。さらに児童は、アイデアを選択し、各種材料・部品・工具一式を用い、構成活動をおこなうとともに、選択した材料と部品や、作成した「もの」についての出来栄を説明し、可能な場合には、作品の修正案を提示する。	外観、機能、安全性の見地から作品について話すことができる。	アイデアを伝達するために、線と形状を使用できる。
Level4	児童は、一定にする必要のある条件や要因を示す正確な試験を実施する。児童は、何が起こると思われるのか、試験の結果を予測し、一連の観察・計測を実施するために、適切な器具や設備機器を選択・使用する。また児童は、図・簡単な表・グラフ・文章記録など、適切な方法を適宜選択しながら、得られた結果を記録し、発表する。さらに、ものづくりの計画と実践のため、材料の特徴に関する知識を用い、材料の切断・成形・接合に適切な手工具と加工法を、自身の能力とあわせて活用するとともに、所期の製作意図や仕様を念頭におきながら、実際に作成した「もの」を評価する。	所与のデザイン概要から、記載されたデザイン要素に適切な情報を収集し、使用できる。	作図の場面において公認された図記号について知り、それを使用できる。各自のデザインアイデアについて、その形状や外観をスケッチできる。さらに、図面の質を高めるために情報通信技術を適宜使用できる。
Level5	児童は、科学技術の学習活動から生じた疑問の解決を目的とする正確な試験を計画、実行し、得られた結果を説明する。児童は、課題に対して適切な各種器具・設備装置を選択し、正確かつ安全にそれらを使用する。また児童は、結果を系統的に記録し、結論の案出・類型化・比較のため、記録した結果を利用する。結果を説明するとともに、結果に基づいて得られた類型や結論についての報告書作成を開始する。さらに結論では、科学的な知識・理解と実際と得られた結果とが、一致している。児童は、作成した模型の運動を制御し、信頼性と強度の視点から作品を試験する。	製作活動に関連した各種アイデアを生成・発展させるために、デザイン概要を使用できる。また、適切なデザイン要素及びその他関連情報が記載された仕様書を作成できる。さらに、最適なアイデアを選択できる。	作品の色と外観を示した注釈付きのフリーハンド・スケッチを使用して、作品のアイデアを発展させ、それらを他者に伝えることができる。
Level6		収集した情報源を評価できる。製作活動を遂行するため、作成した作品の仕様書に照らしあわせてアイデアを評価・相互比較することで、案出された各種アイデアの中から最適なものを選択できる。さらに、作品を評価できる。	公認された図記号や製図通則に基づく正式の製図技法を適宜使用することにより、各自のアイデアを発展させ、他者に伝達することができる。
Level7		各自で作成した仕様書と対比させ、作品を評価できる。また、各自の作品の製作工程を正しく配列できる。	各自の図面において拡大図または分解組立図を使用し、作品の補足情報を他者に伝達できる。

3.3.4 「科学技術」学習領域における学習活動計画

ここでは、「学校に基礎をおくカリキュラム編成」の基準の1つとなる「科学技術」学習領域の教師用指導書³²⁾について、スキル育成の視点から分析し、「学習活動計画」の構成的特徴について検討したい。分析対象は、1999年に北アイルランド試験局から刊行された「科学技術」学習領域の教師用指導書である。指導書は、science(以下、科学)分野とtechnology(以下、技術)分野の2部構成であり、分野ごとに「スキルの系統表」と「学習活動計画」がそれぞれ含まれていた。

(1) 科学スキルと技術スキルの指導系統表

指導書において、科学スキルと技術スキルの「指導系統表」は、学習活動計画編成の基準とされていた。科学スキルと技術スキルの指導系統表を表18と19に示した。科学スキルは、質問する・予測する・公正にテストする・観察する・計測する・記録する・説明する・報告するの8つのスキルから構成されており、5つのレベルが設定されていた。一方の技術スキルは、計画する・製作する・切断する・接合する・穴あけする・固定する・評価するの8つのスキルから構成され、科学分野と同様に5つのレベルに区分されていた。これらのレベル区分は、「科学技術」学習領域の到達目標に対応しており、同領域の学習プログラムの「科学と技術の探究と製作」の「教育内容」を基準として作成されているものと考えられる。

表18 科学スキルの指導系統表(抜粋)

スキル	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5
予測する	何が起こるか説明できる。	予測できる。	予測した論拠について説明できる。	先行経験に基づいた予測ができる。	科学的な知識に基づいた予測ができる。
観察する	五感を使った観察ができる。	類似性と差異性に着目した観察ができる。	適切な観察ができる。	系統的な観察ができる。	精度に配慮した観察ができる。
説明する	なぜ起こったのか話すことができる。	何が起こったのか説明できる。	予測したことと、実際の結果とを関連づけることができる。	結論を導いたり、比較をするために、結果を使用できる。	類型化するために結果を使用できる。

(出所) Northern Ireland Council for the Curriculum, Examination and Assessment., Science and Technology at Key Stage 1&2, Belfast: Author, p.5, 1999.

表19 技術スキルの指導系統表(抜粋)

スキル	レベル1	レベル2	レベル3	レベル4	レベル5
計画する	作りたいものと、使用する材料について説明できる	製作のアイデアを構想できる。また教師の支援を受けて、適切な材料を選択できる。	ものづくりを計画する場合に、適切な材料と部品を選択できる。	ものづくりの計画を作成できる。また、材料や部品の選択理由を説明できる。	技術的活動と関連した生活上の問題に取り組むことができる。
製作する	材料部品の組み立てや再構成ができる。	材料に適した接合方法について探究できる。	一連の材料と工具についての操作スキルを高めることができる。	各種加工方法と使用工具を適切かつ安全に利用できる。	エネルギーを制御した動く模型を構成できる。

(出所) Northern Ireland Council for the Curriculum, Examination and Assessment., Science and Technology at Key Stage 1&2, Belfast: Author, p.71, 1999.

(2) 学習活動計画

科学分野の学習活動計画は、「学習プログラムとの関連」「期待される学習成果」「学習活動の展開」から構成され、特に「学習活動の展開」については、「科学技術」学習領域の学習プログラムのうち「知識と理解」の構成領域である「生物」「物質」「物理的プロセス」に準拠した編成であった。具体的な内容に目を向けると、技術アイデアとして技術分野との関連性が示されている点に注目される（表 20 参照）。

表 20 科学分野学習活動計画（物質の性質）

内 容	
学 習 プログラム	児童には、日常生活の種々の場面で利用される各種素材を用いて活動する機会が与えられなければならない。
期待される 学習成果	<ul style="list-style-type: none"> ・水・紙・砂・ブレードゥ（子ども用工作粘土）・ブロック・ジグソーパズル等を用いた構成あそびができる。 ・種々の性質の異なる材料があることを理解できる。
学 習 活 動 の 展 開	<p>活動のながれ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○児童は、紙・木材・プラスチックのブロック・塑像用粘土・ブレードゥ・砂・水・石・貝殻・布を含む各種素材を用いた構成あそびを通して、（素材の性質を）探究する。 ○例えば、水を注ぐ、紙を切る、粘土を使って造形する等、素材を用いた構成活動をおこなう。 <p>探究課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ○どちらの履き物が、雨の日には適していますか？ <p>技術アイデア</p> <ul style="list-style-type: none"> ○模型の製作にブロックを使うことができる。 ○テディを雨から守るために、帽子か雨傘を作ることができる。

一方、技術分野の学習活動計画は「学習プログラムとの関連」「期待される学習成果」「展開可能な学習状況」「学習活動の展開」「工具と材料の使用方法」「学習素材」から構成されていた。活動計画の内容に着目すると、科学分野の活動計画は、学習プログラムの構成に沿って展開されていたのに対し、技術分野の活動計画は、関連性のある教育内容を組織した学習活動のまとめ、すなわち「単元」として構成されていた。活動計画は、全 14 題材から編成されており、学習プログラムとの関連性からみると、「物質」や「物理的プロセス」のうち「電気と磁気」「力とエネルギー」「音と光」等の教育内容が扱われていた。また、系統性の視点では、身近な素材（紙・ビニル・布・木材等）を使用した材料加工を中心とする題材から、空気・磁気等を使用した動くおもちゃの製作等、「物質」や「物理的プロセス」の内容を扱う複合題材へと展開されていた。

以上より、教師用指導書の学習活動計画は、科学と技術の教育内容を 1 つに統合するのではなく、相関カリキュラムの形態で科学分野、技術分野それぞれの「活動計画」を編成していることがわかる。

3.4 考 察

3.4.1 北アイルランド科学技術教育課程の構成的特徴

ここでは、日本の学習指導要領との比較を通して、北アイルランドにおける科学技術教育課程基準の構成とその特徴について考察を進めたい。

まず、北アイルランドの科学技術教育課程基準は、学習プログラムと到達目標から構成されていた。前者の学習プログラムは、同地域の科学技術教育において育まれるべきスキル・知識・理解の内容の具体的な内容を規定していた。一方、到達目標は、8段階からなる到達の「レベル」と、当該レベルにおける具体的な児童生徒の学習状況を示した「レベル記述」から構成されていた。また、学習プログラム、到達目標の両者とも、科学技術教科における学習の方法を中心に編成された領域（科学技術の探究と製作、デザイン、コミュニケーション）と、学習の対象内容を中心とする領域（科学技術の知識と理解、製作、エネルギーの使用と制御）から成り、特に、到達目標によって、教育課程基準の系統性を明確化している点が特徴的であった。

次に日本の学習指導要領の構成に着目する。平成10年度版中学校学習指導要領の第8節「技術・家庭技術分野」をみると、「目標」「内容」「内容の取扱い」から構成されていることがわかる。さらに内容は、「A 技術とものづくり」「B 情報とコンピュータ」の2つのスコープから成り、各内容は、A、Bそれぞれ(1)～(6)、合計12項目から構成される「指導項目」と、指導項目の具体的な内容を記述した「指導内容」(A:13項目、B:12項目)から構成されていた³³⁾。

以上のように、「目標」と「内容(教育内容)」という構成は、北アイルランドに共通しているが、次に示すような2点の大きな相違がみられる。

第1は、教育課程基準における系統性の規定である。北アイルランドでは、レベルと各レベルにおける児童生徒の到達状況を記述した到達目標があった。一方、わが国の学習指導要領には、例えば、各学年における生徒の到達状況やその違いについて、明記されていなかった。

第2は、教科における学習の「対象内容」に関する学力と「方法」に関する学力のバランスである。北アイルランドのナショナル・カリキュラムは、学習の「対象内容」及び「方法」の双方から構成されていた。これに対し、日本の学習指導要領をみると、例えば「材料に適した加工法を知ること」あるいは「機器の保守と事故防止ができること」などのように、学習の「対象内容」となる「知識」や「技能」を中心として、わが国の教育課程基準が構成されており、学力の捉え方に、北アイルランドと大きな相違がみられる。

木下(1991)は、「教育の本質観・学校観・児童観・価値観等に不可分の関係にあるため、教育学的にコンセンサスを得た学力の概念は、確立されていない」³⁴⁾としながらも、「学校教育が『学校的能力』として児童生徒に形成することを目的とした人間的能力の総体を広義の『学力』として把握し、その中軸に位置づくものとして『認識能力』を狭義の『学力』として把握すること」³⁴⁾を提案している。そして、人間的能力の総体としての広義の学力は、「①認識能力としての学力(狭義)、②表現能力(感応・表現の能力、身体的能力、労働の能力)、③社会的能力としての人格的諸特性」³⁵⁾の3つの軸によって構成されると指摘している。さらに、認識的能力としての狭義の学力は、「①知識習得の結果的表現としての学力、②新しい知識や課題を解決していく、学習可能性としての学力(科学的方法・学習方法の能力など)、③知識習得の過程で形成される認識の基礎としての心理的諸特性(観察力・集中力・直感力・想像力・思考力等)」³⁵⁾を内包するとしている。

木下(1991)の分類に基づき、北アイルランドの科学技術課程を分析すると、1)「認識能力」「表現能力」「社会的能力」を包含していること、2)「認識能力」では、「新しい知識や課題を習得・

解決していく学習可能性としての学力」が特に重視されていることが特徴として指摘できる。そこには、学力をその主体的側面（学習主体の意識・意欲・関心・主体性）など主軸にして、主体的・人間的能力として把握しようとする学力観³⁵⁾がうかがえる。

これに対して、日本の学習指導要領の構成及び内容に着目すると、「知識習得の結果的表現としての学力」を重視していることが指摘されている³⁶⁾。この基底には、学力をその客体的側面（対象化された教育内容）を主軸にして、実体的に規定しようとする学力観³⁴⁾がうかがえる。

その一方、急速な社会変化への対応するため、わが国でも、「生きる力」や「新しい時代に求められる教養」のような、実用的・機能的な学力の育成が、重視されつつある。田中(2000)は、21世紀に多様な社会的ニーズに耐えうる基礎学力として、次の3つを指摘³⁷⁾している。

①生涯学習社会で自立する基礎学力

多様な社会活動に参加して自己実現する過程において、主体的に学ぶことができる、実践的な自己学習力

②高度情報通信社会に必要な基礎学力

「コンピュータに慣れ親しむ」「コンピュータから学ぶ」を越えて、子どもたちが探究したり、表現したり、そして交流するため、主体的に情報機器を活用する能力

③プロジェクト社会に必要な基礎学力

課題解決的な学習活動³⁸⁾を実行する力や積極的に学ぶ態度

①～③の「基礎学力」は、いずれも学習の「方法」に関連した学力であり、連合王国の「キー・スキル」に極めて類似している。したがって、①～③の「基礎学力」を形成する場合、各教科における学習の「対象内容」と関連づけながら、教育課程編成を実施する必要があると考えられる。このように、今後のわが国における教育課程基準の構成の在り方を検討する上で、北アイルランドの教育課程基準の構成は、極めて示唆に富む。

3.4.2 科学教育と技術教育の連携に向けて

本章を総括するにあたり、分析により得られた知見をふまえ、「教育課程規準」及び「学校に基礎を置くカリキュラム」の視点から、科学教育と技術教育の連携に向けた示唆を示す。

まず、教育課程規準レベルでは、3点に要約される。第1は、「教科カリキュラム」と「経験カリキュラム」のバランスである。北アイルランドの場合、初等教育では児童の生活や経験を重視した「学習領域」により、中等教育では「教育的（教科横断的）テーマ」との関連性に配慮した「教科」により教育課程規準が構成されている。つまり、初等教育では「経験カリキュラム」に、中等教育では「教科カリキュラム」にウエイトを置き、児童生徒の発達水準に応じて「経験カリキュラム」から「教科カリキュラム」へとウエイトを緩やかにシフトさせながら、両者のバランスをとっている。

第2は、学習方法に関わる学力への着目である。北アイルランドの科学技術教育課程基準では、「科学技術の探究と製作」として、探究活動や製作活動を進めるために必要となる知識・理解・スキルを、学習活動の時系列的な展開に合わせて規定している。無論、探究活動や製作活動の最

終的な「目的」は異なる。しかし、それぞれの活動を遂行するためには、「論理的思考力」、「反省的思考力」、「表現力」、「情報処理能力」などが必要であり、これらの教科横断的な学力が、「科学技術の探究と製作」の知識・理解・スキルに含まれている。このように「科学技術」学習領域の場合、学習方法に関わる学力、とりわけ教科横断的な学力を中心に科学教育と技術教育の連携を図っている。

第3は、系統的な到達目標である。主として教育内容を規定した学習プログラムとは対極的に、到達目標は、領域・教科で育む学力の発達状況を規定している。これは、学力の評定・評価の基準となっており、資格試験の評定基準とも密接に関連している。その一方、授業時間数に関して法的規定のない連合王国において、学力の到達状況を定めることは、学力を保障するだけでなく、教育課程基準の実施をより弾力的に促進するものであり、「学校に基礎を置くカリキュラム開発」が機能するための条件でもある。このことから、学校毎の独自性を重視する我が国において、教育課程基準としての到達目標は、もはや不可欠であると言わざるを得まい。

一方、「学校に基礎を置くカリキュラム」のレベルでは、「相関カリキュラム」が重要になると考えられる。「科学技術」学習領域の教師用指導書は、「科学」と「技術」の各分野から構成されており、科学と技術の教育内容を1つに統合するのではなく、相関カリキュラムの形態で科学分野、技術分野それぞれの「活動計画」を編成していた。教師用指導書の活動計画は、「学校に基礎を置くカリキュラム」を直接意味するものではないが、各学校における教育実践に対して少なからぬ影響を与えるものと思われる。

上越教育大学学校教育学部附属中学校(2003)³⁹⁾では、未来ゼミ(総合的な学習の時間)と教科との関連性、各教科の関連性を考慮し、「今日的な課題を中心に各教科の学びを再構成」した「科学技術科」を実施している。科学技術科において、各生徒は「理科と技術・家庭科技術分野の『技術とものづくり』」での学びを中心に、エネルギー問題や組替えの是非を含めた遺伝子にかかわった問題などの今日的な課題の中から自分で課題を設定し、既存の教科の枠組みを越えながら追求していく。⁴⁰⁾こうした「課題」と「教科」との関連性を重視した上越教育大学学校教育学部附属中学校の実践は、「教科カリキュラム」と「経験カリキュラム」のバランスをはかる試みとして、重要な位置づけにあると言える。と同時に、物質循環をキーワードにした「技術分野」と「理科分野」との相関カリキュラムによって学習活動がデザインされており⁴¹⁾、「教科」と「総合的な時間」の発展的形態を示す事例として極めて示唆的である。

4. 結びにかえて

以下の2点から、創成教育を重視した技術教育課程基準に関する研究開発の促進・発展に向けた示唆を述べ、本論を総括したい。

4.1 学習指導要領の構成原理

我が国の学校教育の教育課程の国家基準(学習指導要領)は、基本的には「内容中心」の構成である。学習指導要領の各教科は、「目標」と「内容」から構成される。「内容」では、各学年で

習う漢字、英単語、算数・数学や理科の法則・概念等が示されている。「内容」では、各学年で習得すべき知識、技能を中心に記述されている。一方、各教科の目標は、一般的には「方向目標」で示される。方向目標とは、「態度を育てる」「考え方を指導する」「情操を豊かにする」「感動する能力を高める」といったように、目標を実態的にはなく方向を示すものである(中内, 1998: p. 46)⁴²⁾。

戦後の職業教育課程の国家基準は、例えば1951(昭和26)年の高等学校学習指導要領工業科編(試案)及び中学校学習指導要領職業・家庭科編(試案)が示すように、フリックランドの「職業分析」に基づくものであった⁴³⁾。フリックランドの職業分析法は、対象となる職業の仕事の要素作業と関連知識に分け、要素作業の頻度数によって学習すべき技能と知識を定める方法である。

しかし、我が国は今後、内容とともに目標を重視し、目標と内容のバランスの取れた教育課程基準を構成する必要があると考える。OECD参加国が共同して国際的に開発した15歳生徒を対象とする学習到達度問題を2003年に実施した調査(PISA)では、読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシー、問題解決能力の各領域について、ただ単に学校の教育課程基準の内容を習得したか否かというだけでなく、成人後の社会に必要とされる重要な知識・技能をどれだけ習得しているかを目的とした(OECD, 2004)⁴⁴⁾。日本は、前回(2000年)8位であった「読解力」がOECD平均レベルの14位まで低下し、「数学的リテラシー」は、前回の1位から6位に下がった。

「科学的リテラシー」は2000年と同様に2位、問題解決能力は4位であった。さらに、国際教育到達度評価学会(IEA)が2003年に実施した国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)で、日本の中学2年生の数学は、前回(1999年)調査と同じ5位、理科は4位から6位に低下し、学習習慣を含め改善に取り組む必要性が指摘されている。

生涯学習力を重視し、変化する社会や技術に柔軟に対応できる思考力、判断力、問題解決力等、育む能力が明確に目標として示された教育課程基準を構成する必要がある。

4.2 スタンダード準拠評価の導入の必要性

育む力を重視した教育課程基準を導入するには、「領域準拠評価」ではなくて、「スタンダード準拠評価」の導入が必要である。

「目標(クライテリオン)準拠評価」には、「領域準拠評価」と「スタンダード準拠評価」があり、鈴木(2004)が指摘するように、我が国では両者の区別されないままに用いられ、齟齬をきたしている。

「領域準拠評価」は「明確に定義された行動領域」を評価するものであり、具体的には「～ができる」「～ができない」といった判断が可能な行動をあらかじめ決めておき、これらの行動を示すかを確認していく評価である。領域準拠評価は、個別に教えることのできる知識や簡単な技能の評価には適しているといわれる。しかし、特に思考力や判断力、問題解決力等といった高次の学力では、明確な行動の次元で評価基準を設定することは極めて困難である(鈴木, 2002 8月号: p. 42)⁴⁵⁾。

一方、「スタンダード準拠評価」は、領域準拠評価のように、○か×でといった二値的判断で

評価しない。連合王国各地域の教育課程基準のように、長期間(連合王国では5～16歳)における進歩の学習到達水準(イングランドの教育課程基準では8段階)の表をまず規定し、学習者がどの到達水準に当てはまるかどうかを判断する評価である。学習到達水準表は、アメリカではルーブリックと呼ばれることが多い。米国のルーブリックも、一義的な解釈は難しいが、その多くは、学習の到達水準を示す数段階程度の水準と、それぞれの該当水準に見られる学習者の様相の特徴を示した記述語から作成されている。思考力・判断力・問題解決力等の高次の学力は、長期にわたる学習を必要とする。これを、小单元ごとや1時間ごとに急激に進歩すると考えて評価するのは、こうした学習力の発達を、知識や簡単な技能の発達と混同していることになる(鈴木, 2004 12月号: p. 7)⁴⁶⁾。PISAの2003年調査も、点数の算出だけではなく、各リテラシー領域ともに学習到達度の水準を求め、スタンダード準拠評価の考え方が用いられている(鈴木, 2006: p. 51)⁴⁷⁾。

領域準拠評価とスタンダード準拠評価との違いは、単に評価基準の示し方の違いだけではなく、より根本的に、学習観自体が異なっている(鈴木, 2004: p. 42)⁴⁸⁾。スタンダード準拠評価は、構成主義の学習理論を基礎としている。

附 記

本報告の各節について、そのもとになった原論文の初出等を示すと、以下の通りである。

1. 書き下ろし
2. 磯部征尊「技術科評価基準の開発とカリキュラムのデザイン」、『平成16年度 兵庫教育大学大学院 連合学校教育学研究科博士論文』(未刊行), 2005, 56-65頁を一部修正した。
3. 伊藤大輔「北アイルランドと日本の技術科カリキュラムのデザインに関する研究」、『平成15年度 兵庫教育大学大学院 連合学校教育学研究科博士論文』(未刊行), 2004, 37-73頁に一部加筆修正した。
4. 書き下ろし

註釈及び参考文献

- 1) 恒川昌美・清水優史, 「「創成教育特集号」の趣旨」, 『工学教育』53(1), 2005, 4頁
- 2) 武田邦彦, 「工学系における創成教育の理論」『工学教育』53(1), 2005, 27-34頁
- 3) 稲葉ら, 2005, 工学教育第53巻第1号90頁
- 4) 日本技術者教育認定機構, 『日本技術者教育認定基準』, 2005, 1頁 [同機構のホームページ(<http://www.jabee.org/>)より入手可。]
- 5) 例えば, 日本工学教育協会『第53回通常総会資料』, 財団法人日本工学協会, 2005, 1頁など。
なお本資料は, 日本工学教育協会のホームページ(<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsee/>)より入手可。
- 6) 林知己夫『数量化の方法』, 東洋経済, 1974
- 7) 林知己夫・樋口伊佐夫・駒沢勉『情報処理と統計数理』, 産業図書, 1979
- 8) 古川俊之・田中博『多変量解析プログラムパッケージ入門』, 医学書院, 1983
- 9) 田中豊・脇本和昌『多変量統計解析法』, 現代数学社, 1984

- 10) 藤沢偉作『楽しく学べる多変量解析法』, 現代数学社, 1985
- 11) 有馬哲・石村貞夫『多変量解析のはなし』, 東京図書, 1988
- 12) 渡部洋 (編著)『心理・教育のための多変量解析法入門』, 福村出版, 1988
- 13) 木下栄蔵『わかりやすい数学モデルによる多変量解析入門』, 啓学出版, 1989
- 14) コースワークとは, GCSE 試験として設定された特別活動ではなく, 平常授業の一環として実施された展開された学習活動であり, 通常の場合, 自由製作によるものづくりと併行してポートフォリオの制作が実施される。
- 15) 6つの評定基準の詳細は, 資料「Edexcel 試験局のコースワークの評定基準」を参照されたい。
- 16) 文部省編「21世紀を展望した我が国の教育の在り方について」『第15期中央教育審議会第一次答申』ぎょうせい, 1996
- 17) 山崎貞登「科学・技術教育の世界的流れ」『日本科学教育学会年会論文集25』, 2001, 77-82頁
- 18) 山崎貞登(研究代表者)「横断的テーマ『情報技術』から生徒の学びの総合化をはかる教育実践研究」『平成11年～平成12年度 上越教育大学研究プロジェクト成果報告書』, 2001, 42頁
- 19) Northern Ireland Curriculum Council: The Northern Ireland Curriculum A Guide for Teachers, Stranmillis, Belfast: Author, 1990
- 20) 連合王国ではイングランド・ウェールズ・スコットランド・北アイルランドの各地域ごと独自のナショナル・カリキュラム或いはガイドラインを有している。
- 21) Northern Ireland Council for the Curriculum, Examinations and Assessment: Northern Ireland Curriculum, URL <http://www.ccea.org.uk/curriculum.htm>, 2004
- 22) パフォーマンスは「実践的なスキル practical skill)」を重視することが, 指摘されている。しかし適切な訳語がみられないため, ここでは原語を用いた。[Lawton, D. and Gordon, P., Dictionary of Education, London, U.K.: Hodder & Stoughton, 1994, p.140]
- 23) 上掲書 19) 及び 21) を再構成した。
- 24) 磯崎哲夫「英国におけるクロス・カリキュラムとその運営」野上智行編『総合的学習への提言—教科をクロスする授業—1: 「クロス・カリキュラム」理論と方法』, 明治図書, 1996, 99頁
- 25) 同上書, 103頁
- 26) Northern Ireland Council for the Curriculum, Examinations and Assessment: Northern Ireland Curriculum, URL http://www.rewardinglearning.com/development/ks3/ni_curriculum/ni_curriculum.html, 2004 及び上掲書 19) を再構成した。
- 27) Qualifications and Curriculum Authority: Key skills, URL: <http://www.qca.org.uk/603.html>
- 28) Department of Education Northern Ireland, (DENI), Program of Study, Science and Technology at Key Stage 1, Belfast: Author, 1996a
- 29) Department of Education Northern Ireland, (DENI), Program of Study, Technology and Design at Key Stage 3, Belfast: Author, 1996c
- 30) デザイニング (Designing) とは, 思考や創造, 発見, 予測, 実験, 製作の決定, 絶え間ない評価, 必要性の理解, 作品の修正など創造的な技術プロセスとその活動の総体を意味する。筆

者らは、「デザインング」と「創成活動」は同義であると解釈しているが、十分なコンセンサスが得られていないため、小論では原語のままカタカナ表記とした。

- 31) Department of Education Northern Ireland: Attainment Target and Level Descriptions for Technology and Design at Key Stage 3, URL http://www.deni.gov.uk/parents/key_stages/pdfs/techdesign/3_t&d_at.pdf 及び Department of Education Northern Ireland: Attainment Target and Level Descriptions for Science and Technology at Key Stage 2, URL http://www.deni.gov.uk/parents/key_stages/pdfs/scitech/2_s&t_at.pdf を再構成した。
- 32) Northern Ireland Council for the Curriculum, Examination and Assessment., Science and Technology at Key Stage 1&2, Belfast: Author, 1999.
- 33) 文部省『中学校学習指導要領 解説—技術・家庭編—』文部省, 1999, 102-105 頁
- 34) 木下繁彌「学力」細谷俊夫ほか監修『教育学大事典』第1巻, 第一法規, 1978, 314 頁
- 35) 同上書, 315 頁
- 36) 例えば, 以下の文献など。佐藤学: 教育方法学, 岩波書店, 1996, 110 頁。野嶋栄一郎「学力観に伴って変わる教育測定観」『教育実践を記述する 教えること・学ぶことの技法』金子書房, 2002, 2-3 頁
- 37) 田中博之『総合的な学習で育てる実践スキル 30—知る, 創る, 表す, 関わる, 律する力』明治図書, 2000, 17-18 頁
- 38) 田中(2000)は, 以下に示す学習過程を想定している。対象にふれる→課題を設定する→多様な探究活動を行う→中間発表で活動を見直す→多様な表現活動や交流活動を展開する→学んだことを社会還元する→ポートフォリオ評価によって活動のまとめを行う。[同上書, 18 頁]
- 39) 上越教育大学学校教育学部附属中学校編「自分を知り, 世界とのかかわりを深める教育の創造 Vol. 2」『研究紀要・教育研究協議会要項』, 2003, 34-47 頁
- 40) 同上書, 11 頁
- 41) 上越教育大学学校教育学部附属中学校編『さくら PLAN 2005 (年間指導計画)』, 2005
- 42) 中内敏夫『中内敏夫著作集 I —「教室」をひらく—』藤原書店, 1998, 46 頁
- 43) 篠田功「技術科における教育内容の編成」p. 16, 技術科教育実践講座刊行会『技術科教育実践講座第9巻 指導と評価』(所収), ニチブン, 1989
- 44) OECD・国立教育政策研究所監訳『PISA2003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, 2004
- 45) 鈴木秀幸「評価の結果の解釈(2) 評価の背景となる学習観との関連」『指導と評価』48(8), 2002, 40-43 頁
- 46) 鈴木秀幸(2004)「思考力の様相と評価」『指導と評価』50(12), 4-7 頁
- 47) 鈴木秀幸(2006)「評価疲れとその対策 —思考・判断・表現などはスタンダード準拠評価で—」『指導と評価』52(1), 48-51 頁

第4章 科学への学習意欲に関する全国的な実態調査

小倉 康（国立教育政策研究所）

1. 目的

(1) 科学への学習意欲は、小学校5年から高等学校3年までの範囲で全国的にどのように形成されているか

(2) 平成12年度に実施した「理科学習の重要性に関する中学生の意識調査」の結果と比べて、平成16年度の中学生の科学への学習意欲に変化が見られるか

(3) 学校での学習活動や自主的な活動の程度の違いによって科学への学習意欲の形成に違いが見られるか

2. 調査対象者

全国の公立の小・中学校、及び高等学校全日制普通科の小学校5年から高等学校3年までの児童生徒を母集団とし、無作為に抽出された標本集団。単純無作為に抽出した全国の小中高の各150校について、対象学年で各1学級に属する約5000人を標本として計画。調査を実施する1学級は、各学年で乱数を用いて無作為に指定。

3. 調査方法

学校への郵送による多肢選択式の質問紙調査。調査項目は小学生用を末尾に掲載。

平成16年12月～平成17年1月に実施。

4. 回収結果と標本規模

小学校70校（回収率47%）、中学校74校（回収率49%）、高等学校96校（回収率64%）。合計20984人に実施。各学年の児童生徒数は下の表の通りである。

全国標本	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
全体 人数	2103	2042	2392	2421	2290	3493	3393	2850	20984
男子 人数	1070	1025	1233	1199	1154	1616	1534	1262	10093
割合(%)	50.9	50.2	51.5	49.5	50.4	46.3	45.2	44.3	48.1
女子 人数	1025	1008	1151	1204	1115	1852	1821	1521	10697
割合(%)	48.7	49.4	48.1	49.7	48.7	53	53.7	53.4	51
性別無回答人数	8	9	8	18	21	25	38	67	194
割合(%)	0.4	0.4	0.3	0.7	0.9	0.7	1.1	2.4	0.9
学校数	69	68	73	74	72	91	92	79	240
	70			74			96		

4. 調査結果

目的 (1) 科学への学習意欲は、小学校 5 年から高等学校 3 年までの範囲で全国的にどのように形成されているか。

結果 科学の学習意欲を多面的に捉え、各側面に関する全国的な形成過程が明らかになった。

目的 (2) 平成 12 年度に実施した「理科学習の重要性に関する中学生の意識調査」の結果と比べて、平成 16 年度の中学生の科学への学習意欲に変化が見られるか。

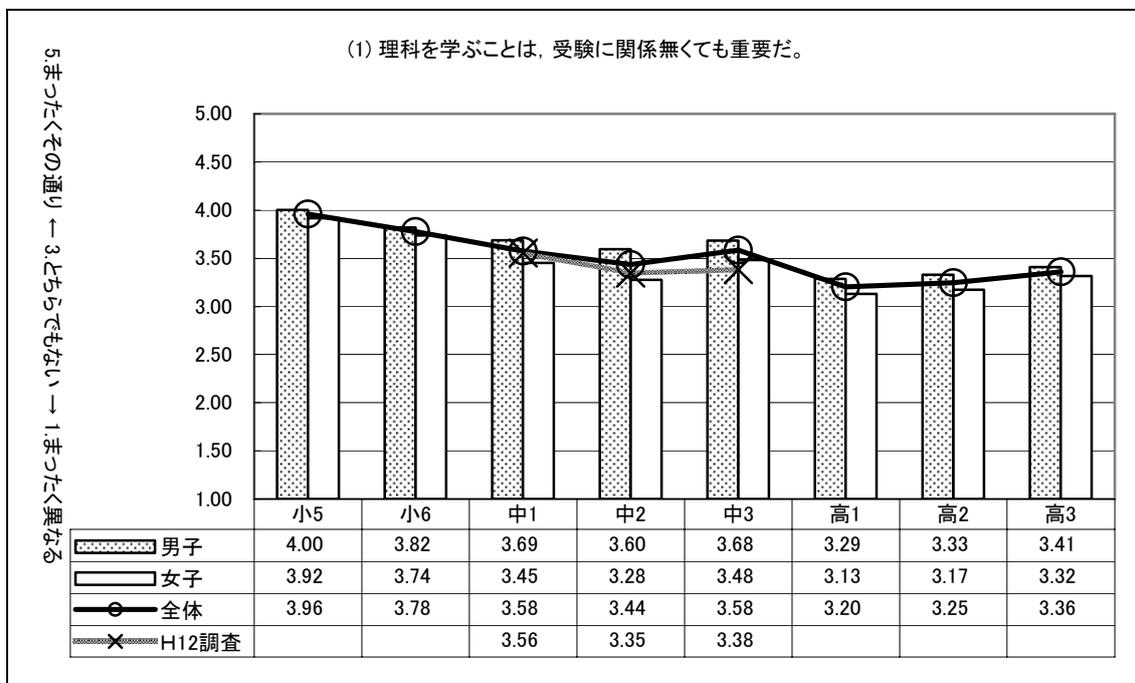
結果 多くの側面に渡って、平成 12 年度と比べて統計的に有意に科学への学習意欲が高まっていることが明らかとなった。

目的 (3) 学校での学習活動や自主的な活動の程度の違いによって科学への学習意欲の形成に違いが見られるか。

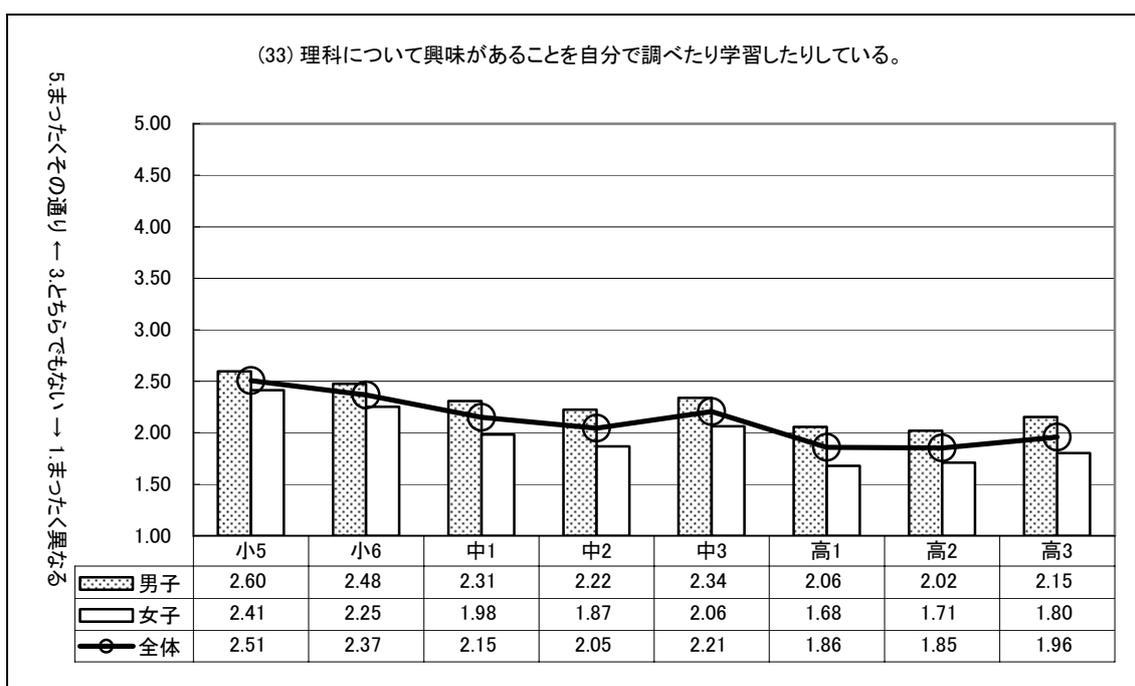
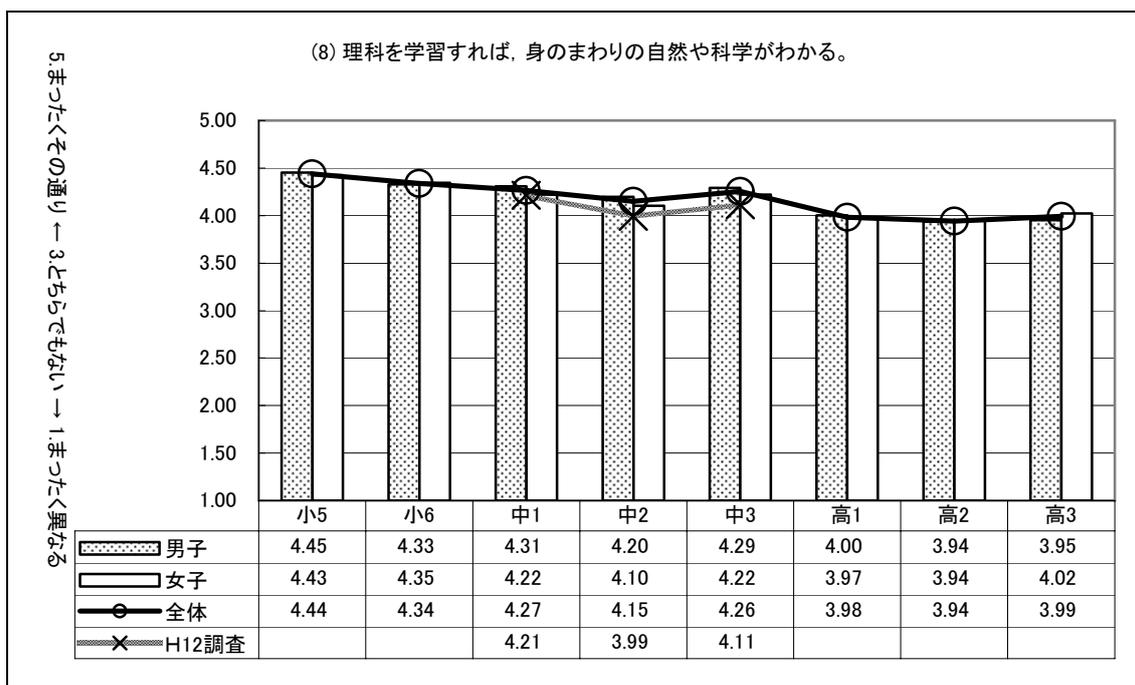
結果 学校における専門家招へいの理科学習、科学博物館等を訪問して行う理科学習、野外での理科学習、理科の課題研究の取組みと、児童生徒が主体的に行う理科の自由研究は、いずれも科学への高い学習意欲と関連していることが明らかとなった。

[主な結果] (詳細については報告書『科学への学習意欲に関する実態調査』(2005)を参照のこと)

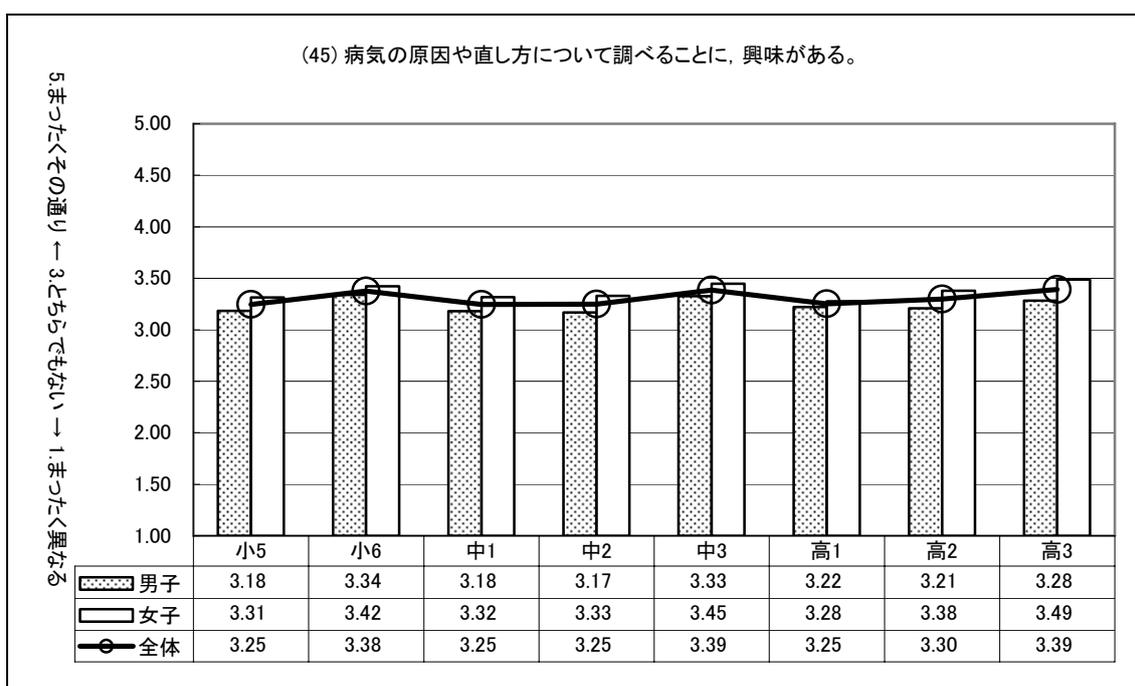
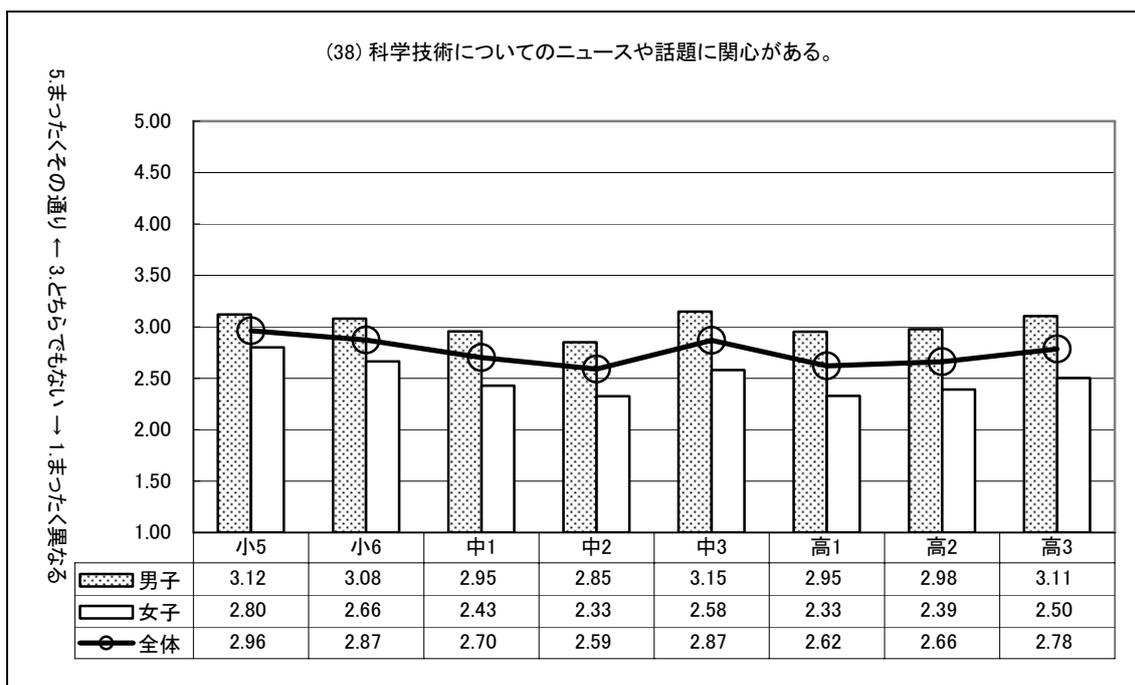
- ① 全国の児童生徒の科学への学習意欲は、全体として、小学生の時から学年とともに低下していた。ただし、中学校 2 年から 3 年にかけては、全般的に意欲が高まっていた。



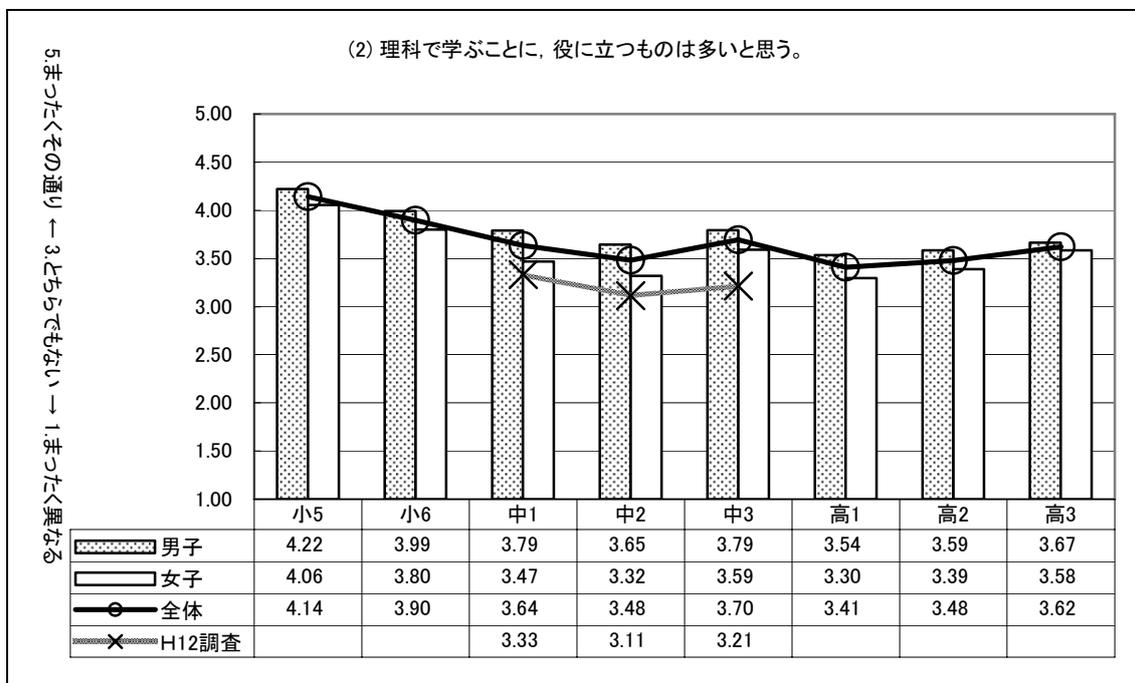
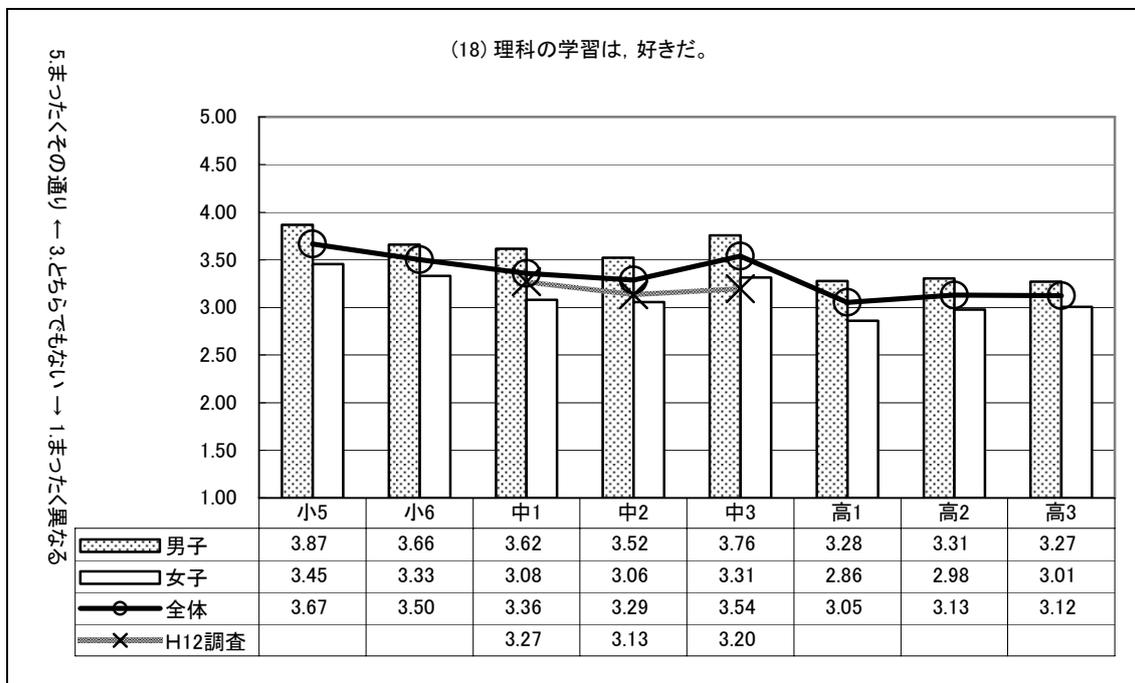
- ② 「理科を学習すれば、身のまわりの自然や科学がわかる」や「理科の学習がもっとよく分かるようになりたい」などのように、多くの児童生徒が概ね肯定的に回答する項目が見られる一方で、「家庭や知り合いにくわしい人がいて、理科について質問できる」や「理科について興味があることを自分で調べたり学習している」などのように、多くの児童生徒が否定的に回答する項目が数多く見られた。



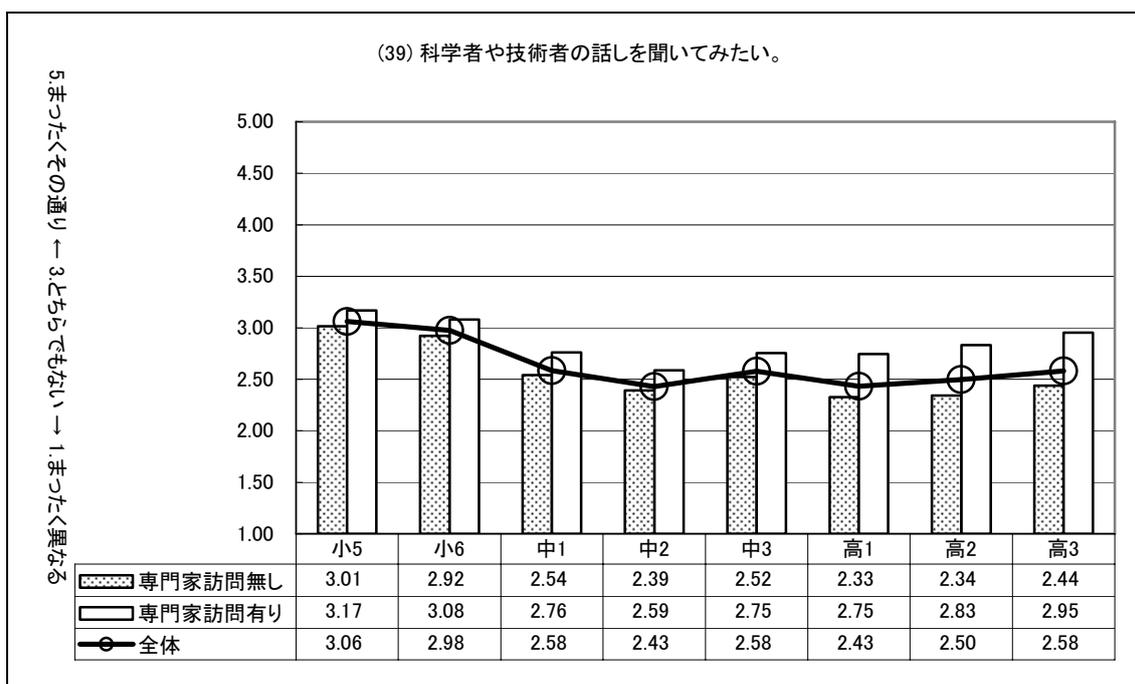
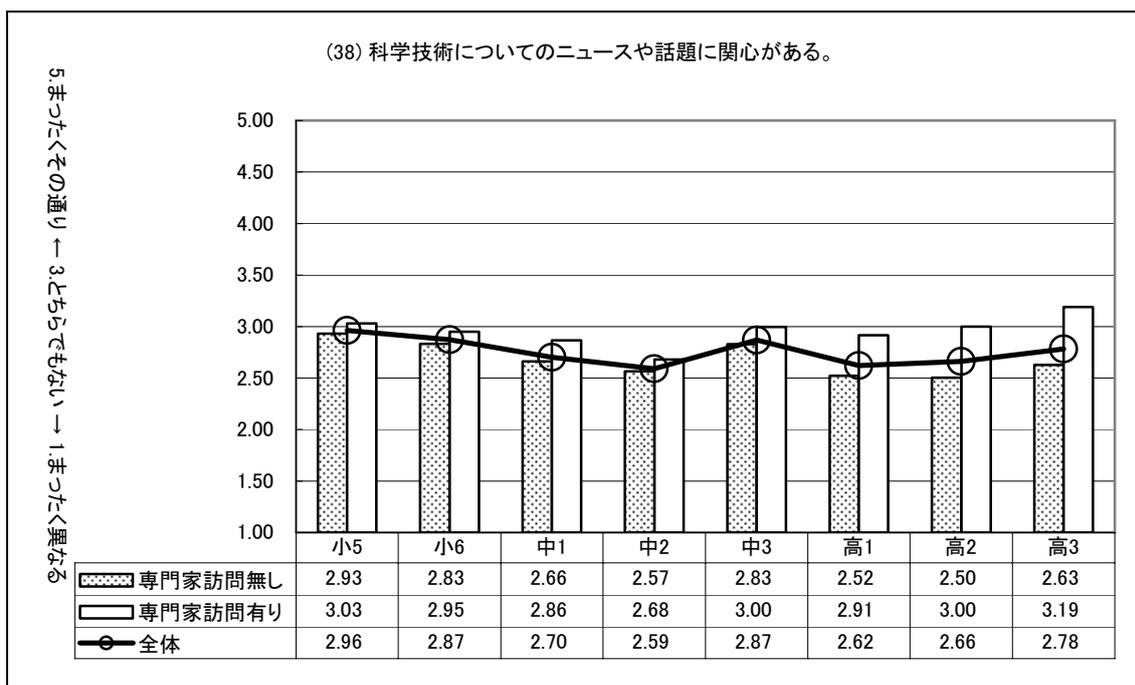
- ③ 「機械のしくみを調べることに、興味がある」や「科学技術についてのニュースや話題に関心がある」などのように、男子の方が女子よりも肯定的に回答する傾向のある項目が数多く見られる一方で、「病気の原因や直し方について調べることに、興味がある」や「食べるものが安全かどうかを調べることに、興味がある」などのように、健康や安全、身のまわりの自然に関する項目に対して、女子の方が肯定的に回答する傾向のある項目も見られた。



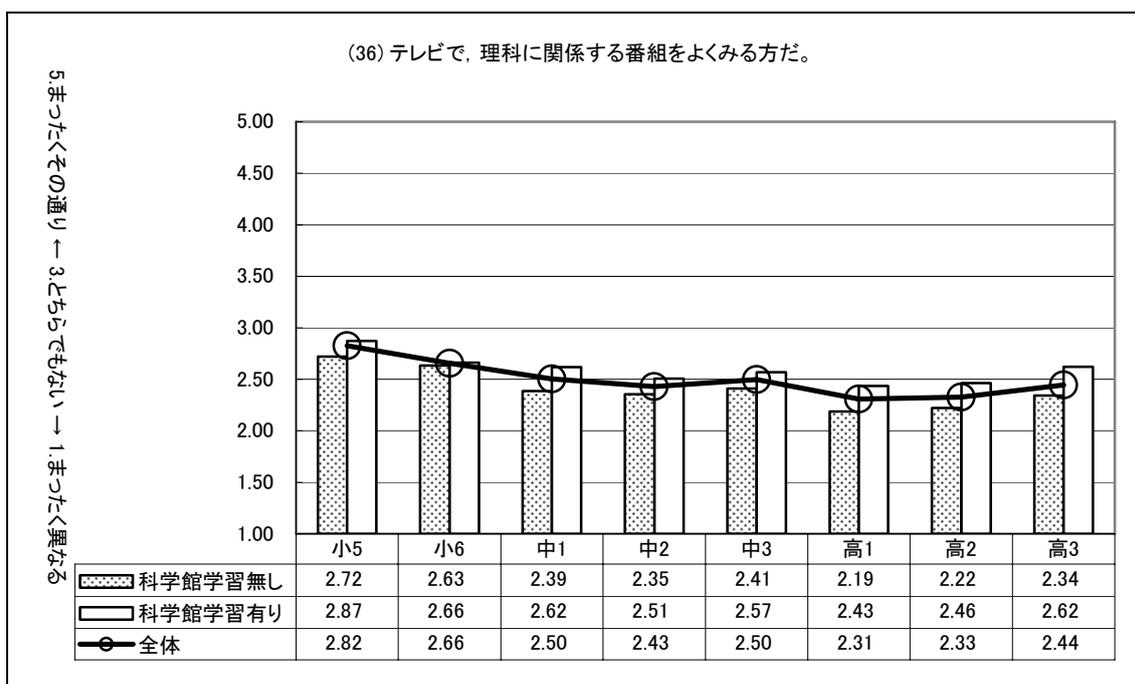
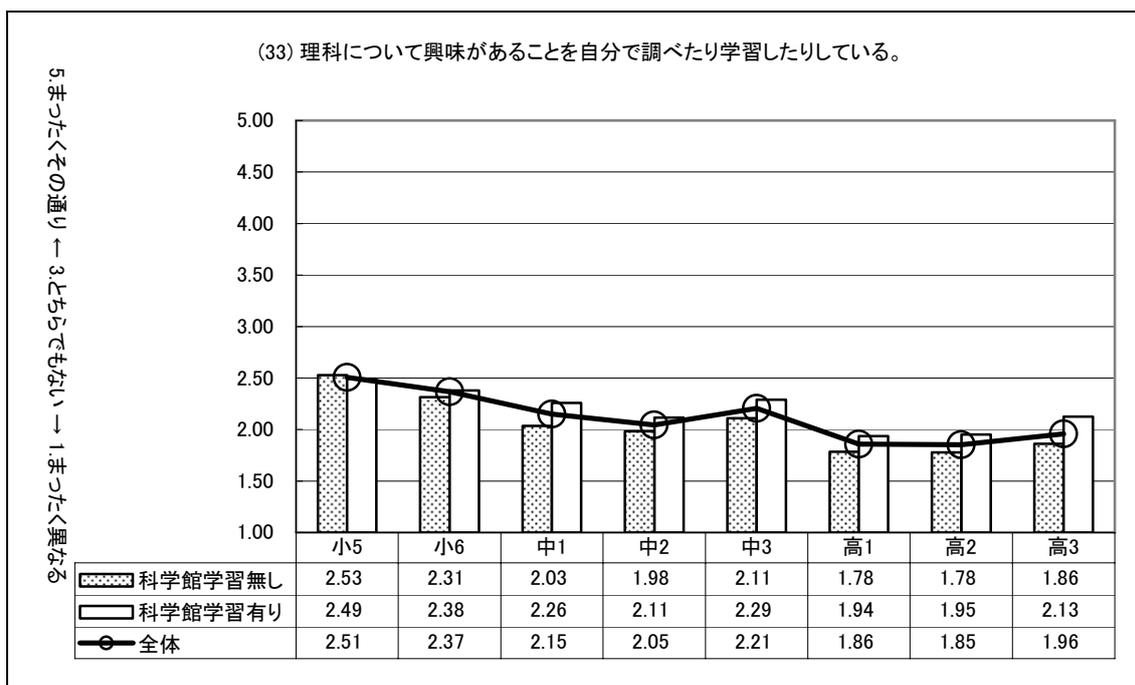
- ④ 平成 12 年度に行った中学生に対する全国調査の結果と比較して、同一内容の 26 項目のうちの 22 項目で、科学への学習意欲が統計的に有意に高まっており、低くなった項目は無かった。



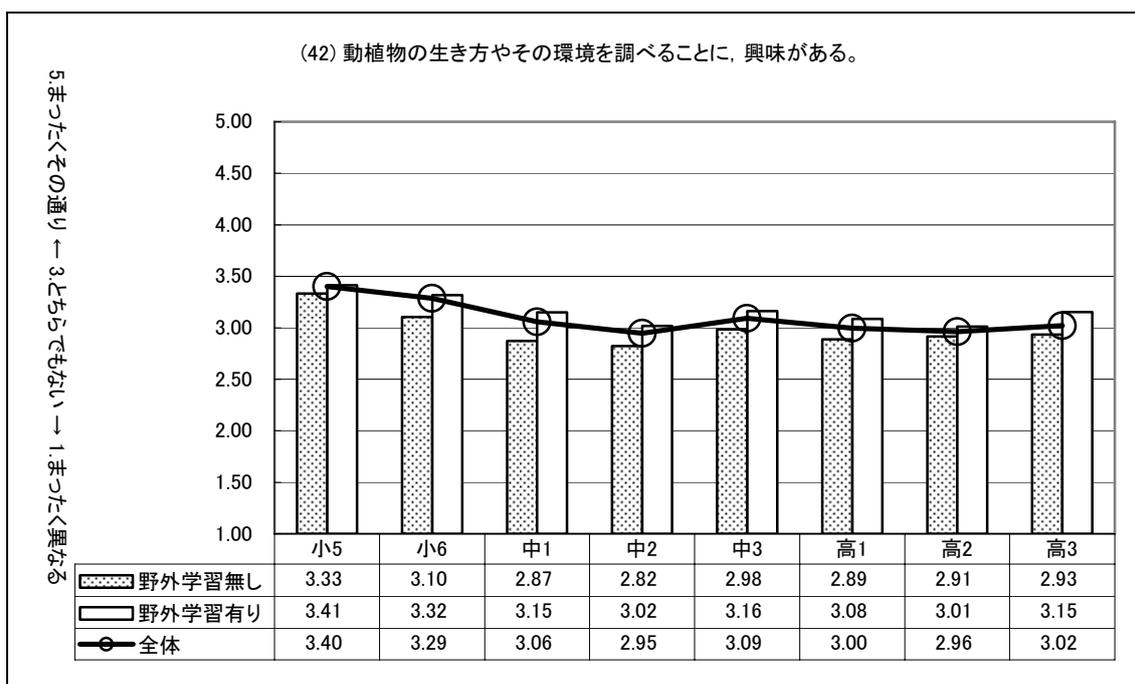
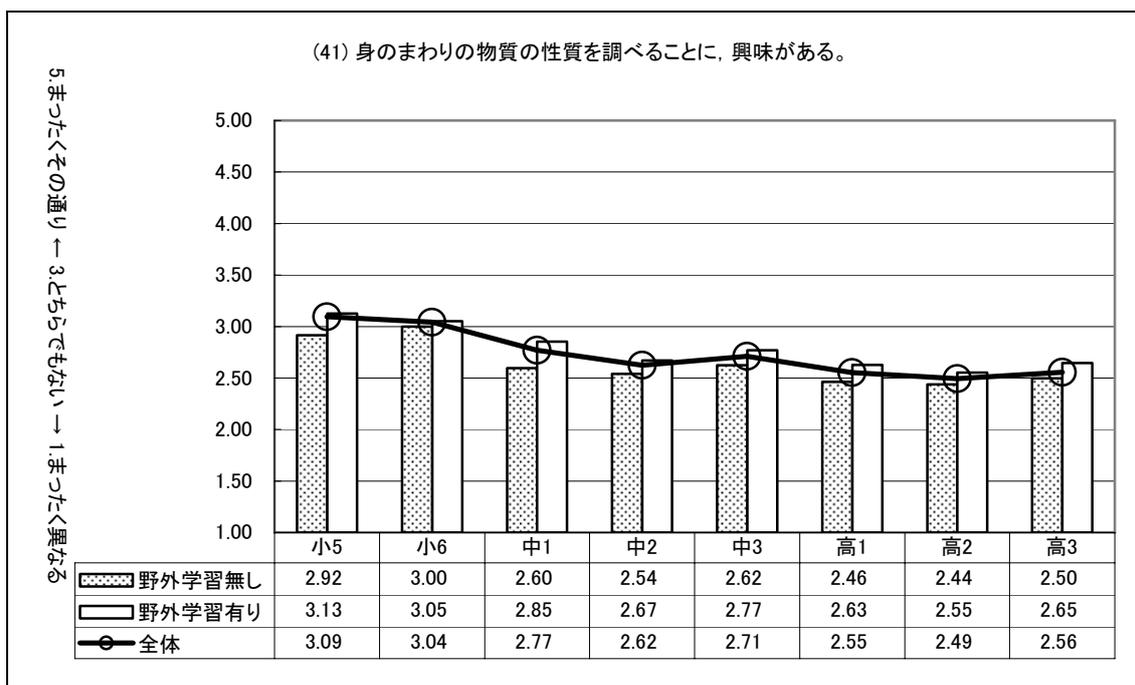
- ⑤ 専門家を招へいた理科学習は、全国的には小学生の約 3 割、中学生の約 2 割、高校生の 2～3 割の児童生徒が自分の学校で経験したと回答した。経験した児童生徒の 6～8 割は、「とてもよかった」などと肯定的に評価し、その最大の理由を「面白かった」とした。また、専門家招へいによる理科学習を経験した児童生徒の方が、科学への学習意欲について調査項目の大半で統計的に有意に高い傾向を示した。



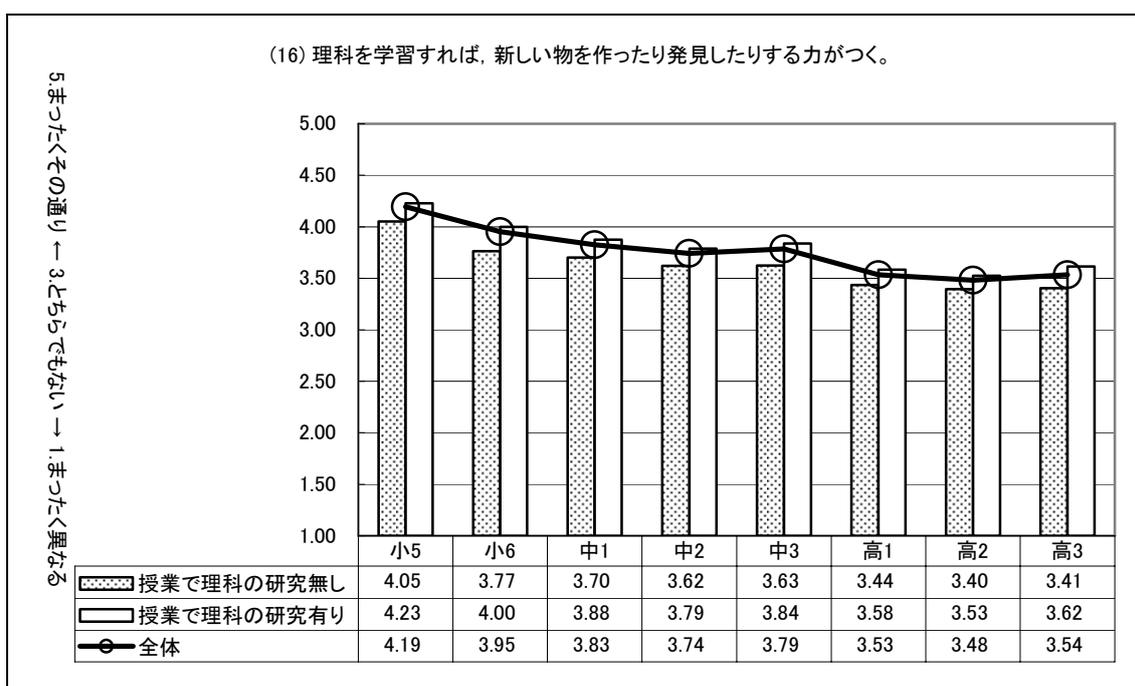
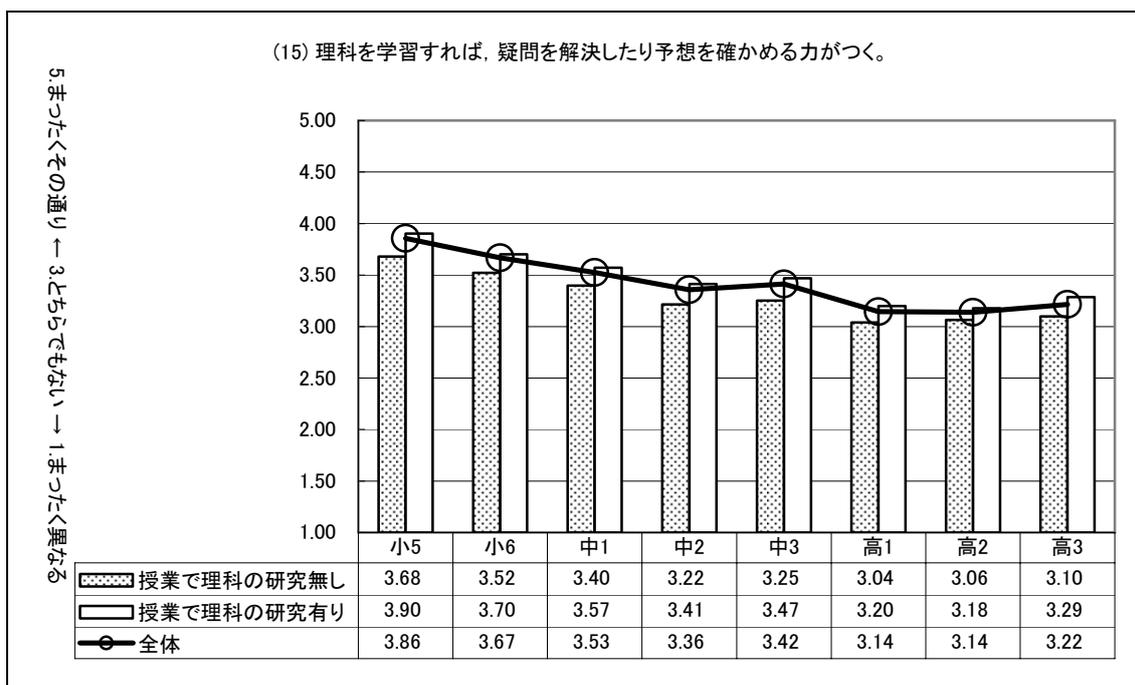
- ⑥ 科学博物館等での理科学習は、全国的には小学校で7～8割、中学校で約5割、高校で4～5割の児童生徒が自分の学校で経験したと回答した。経験した児童生徒の7～9割が、「とてもよかった」などと肯定的に評価し、その最大の理由を「面白かった」としている。また、特に中学校と高校で、科学博物館等での理科学習を経験した児童生徒の方が、科学への学習意欲について調査した数多くの項目で統計的に有意に高い傾向を示した。



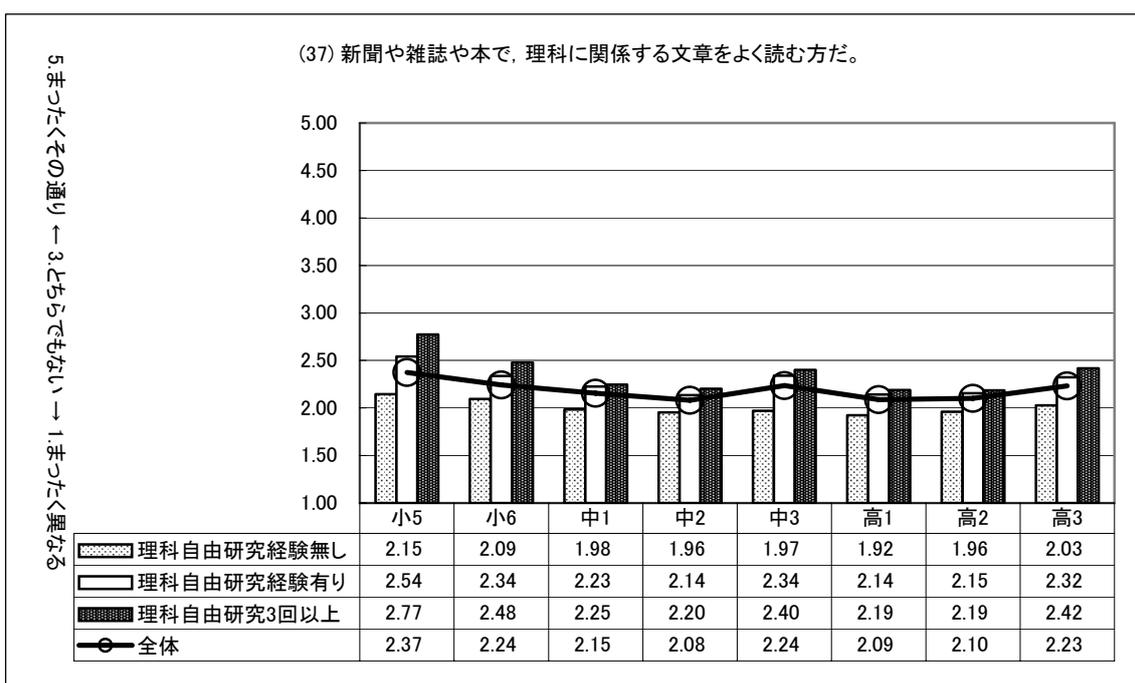
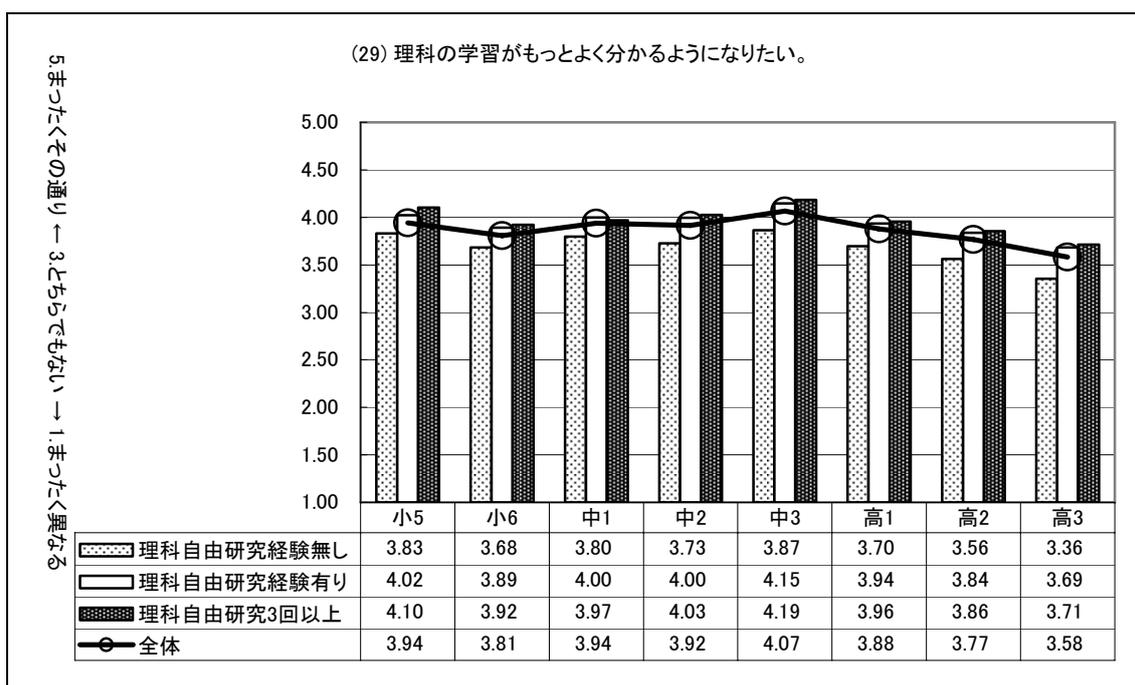
- ⑦ 野外での理科学習は、全国的には小学校で8～9割、中学校で約6割、高校で4～6割の児童生徒が自分の学校で経験したと回答した。経験した児童生徒の7～8割が、「とてもよかった」や「わりとよかった」と肯定的に評価し、その最大の理由を「面白かった」としている。また、特に中学校と高校で、野外での理科学習を経験した児童生徒の方が、科学への学習意欲について調査した数多くの項目で統計的に有意に高い傾向を示した。



- ⑧ 理科の課題研究は、全国的には小学校で8割、中学校で7～8割、高校で6～7割の児童生徒が自分の学校で経験したと回答した。経験した児童生徒の6～8割が、「とてもよかった」や「わりとよかった」と肯定的に評価し、その最大の理由を「面白かった」もしくは「よくわかった」としている。また、理科の課題研究を経験した児童生徒の方が、科学への学習意欲について調査した項目の大半で統計的に有意に高い傾向を示した。



- ⑨ 理科の自由研究は、全国的には小学校で約6割、中学校で約7割、高校で7～8割の児童生徒がこれまでに経験したことが有ると回答した。理科の自由研究を実施する児童生徒の割合は、小学校低学年で1～2割、3年で2割程度、4年で3割程度と増え、5年以降中学校2年までは4割程度となる。中学校3年以降は急激に減少する。中学校3年時点では、生徒一人当たりの経験回数は2.9回となっており、自由研究を通じた自主的な学的探究活動が広く普及していることがわかる。理科の自由研究を経験した児童生徒の方が、科学への学習意欲について調査した項目の大半で統計的に有意に高い傾向を示した。



- ⑩ 理科の自由研究を経験していない児童生徒にとって、その最大の理由は「むずかしそうだから」で、「どうしたらよいかわからなかったから」「興味がなかったから」も主たる理由であった。過去に理科の自由研究を経験した児童生徒で、今年度はそれを行わなかった理由については、「時間がなかったから」で、「しなくてもよかったから」も主たる理由であった。

問7 自由研究したことがない理由 (全国標本)	自由研究無しの児童生徒での割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
1 知らなかった	10.0	8.6	11.1	11.6	11.9	9.7	11.1	11.0	10.5
2 むずかしそう	47.7	48.0	53.7	51.0	44.1	39.2	35.3	35.7	43.9
3 時間が無い	33.3	31.8	33.0	36.2	34.1	25.1	23.1	18.3	28.9
4 どうしたらよいか?	35.4	41.6	50.1	47.9	42.6	37.6	35.2	29.9	39.5
5 興味が無い	41.8	42.9	43.6	50.1	43.1	46.3	46.5	48.3	45.3
6 理科が好きでない	16.9	22.3	22.3	22.6	19.4	18.5	20.5	21.4	20.4
7 一緒に友達がいない	9.0	10.4	10.7	10.8	10.5	7.0	9.4	6.9	9.2
8 大事でない	9.0	12.8	15.0	14.2	14.7	9.9	12.4	10.6	12.1
9 しなくてもよい	19.2	24.3	33.4	35.2	43.5	40.7	41.4	39.4	34.4
10 道具が無い	22.8	27.4	34.4	28.1	24.1	14.0	16.1	12.7	21.9
11 理科の仕事はしない	13.7	18.8	17.9	15.2	17.3	9.9	12.1	13.3	14.5
12 受験に関係ない	4.0	4.6	7.3	7.3	10.8	5.3	7.6	9.1	6.9
13 調べたい事がない	35.1	34.2	36.1	37.2	34.7	26.5	25.8	25.3	31.5
14 賞がもらえない	9.4	10.7	7.9	6.3	7.1	3.6	3.8	2.7	6.3
15 塾で忙しい	8.3	8.9	6.4	6.4	10.0	2.9	1.7	1.5	5.6
16 その他	14.5	20.3	13.3	9.9	8.2	6.2	7.6	6.4	10.8
自由研究無しの割合(%)	42.8	39.5	29.3	29.6	28.3	24.6	25.8	30.7	30.4
自由研究無し的人数	901	807	700	716	648	860	877	875	6384
全体人数	2103	2042	2392	2421	2290	3493	3393	2850	20984

(注) 割合は、各学年で理科の自由研究を行ったことがない児童生徒数を母数としている

一方、理科の自由研究を経験した児童生徒が、それを実行した最大の理由は、小学生では「理科の自由研究をしたかったから」と「自分が自由研究で調べてみたい事柄があったから」であり学年とともに少なくなっていた。中学生から高校生にかけて「学校やクラブの活動ですることになっていたから」が主たる理由となっていた。

問8 自由研究をした理由 (全国標本)	割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
1 したかった	36.4	32.1	22.8	17.2	20.1	10.5	9.1	10.9	17.6
2 親にすすめられた	26.8	24.5	13.9	13.0	9.6	6.9	7.8	7.2	12.0
3 先生にすすめられた	13.1	14.8	21.2	20.7	18.6	18.4	16.8	15.7	17.6
4 調べたい事があった	36.9	32.3	25.5	19.9	22.1	13.6	12.6	12.9	19.9
5 自由研究は大事だ	15.0	11.7	8.7	6.2	6.6	2.1	2.4	2.0	5.8
6 学校やクラブの活動	15.5	24.9	33.0	38.1	43.1	55.0	54.9	51.5	42.9
7 一緒に友達がいた	8.5	14.3	12.5	12.6	11.1	8.1	7.8	7.1	9.8
8 理科の仕事をするかも	8.9	6.0	3.8	3.2	3.3	1.5	1.6	1.1	3.1
9 賞がもらえるかも	7.6	8.7	8.4	5.1	5.4	4.1	4.1	4.8	5.6
10 受験に関係するかも	8.9	6.3	6.5	6.1	6.4	3.6	2.3	0.9	4.6
11 道具があった	14.3	13.4	7.3	6.5	6.1	3.5	3.8	3.5	6.4
12 人が手伝ってくれた	6.5	7.8	4.5	2.9	4.0	2.5	2.1	2.9	3.7
自由研究有りの割合(%)	57.2	60.5	70.7	70.4	71.7	75.4	74.2	69.3	69.6
自由研究有りの人数	1202	1235	1692	1705	1642	2633	2516	1975	14600
全体人数	2103	2042	2392	2421	2290	3493	3393	2850	20984

(注) 割合は、各学年で理科の自由研究を行ったことがある児童生徒数を母数としている

- ⑪ 科学への学習意欲に関する意識の構成要素として、「科学や科学技術への関心」「生きていく上での理科の必要性」「観察実験活動への興味」「身近な問題の科学的解決への興味」「自分の将来と理科の関連性」「理科学習で身に付く力」「理科学習の非直接的効果」「科学技術発展の大切さ」という 8 つの側面が見出され、それぞれの側面を変数として、各児童生徒の状態を数量的に示した。その結果、各変数ともに、小学校 5 年から中学校 2 年にかけて平均値が低下する傾向が見られた。また、自由研究を体験し、学校において専門家招へい学習と科学博物館等訪問学習、野外学習、課題研究を経験することが、科学の学習意欲に関するこれらの 8 つの側面の高い平均値と統計的に有意に関係していることが示された。
- ⑫ 専門家招へい学習、科学博物館等訪問学習、野外学習、課題研究の取組みの程度には、学校間で大きなばらつきが見られ、また、小学校よりも中学校で、中学校よりも高等学校で、こうした取組みがより少なくなっていた。理科の自由研究を体験している児童生徒の割合についても、学校間で大きくばらついているが、過半数の児童生徒が理科の自由研究を過去に体験したことがあるという学校の割合は、小学校で 5～6 割、中学校で 7～8 割、高校で約 9 割と増えていた。

専門家招へい学習、科学博物館等訪問学習、野外学習、課題研究の取組みの程度（問 3～問 6 に対する児童生徒の回答の平均）に関する学校間のばらつき [数値が小さいほど、活動が頻繁]

学校平均	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3
4.0～5.0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0～6.0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.0～7.0	1	1	0	0	0	0	0	0
7.0～8.0	2	0	0	0	0	1	1	0
8.0～9.0	2	3	0	0	0	1	0	1
9.0～10.0	8	9	1	0	3	0	2	0
10.0～11.0	15	20	8	4	3	2	1	0
11.0～12.0	15	16	20	15	16	13	14	6
12.0～13.0	17	14	28	34	31	44	33	21
13.0～14.0	7	5	15	17	16	24	35	33
14.0～15.0	1	0	1	4	3	4	8	16
15.0～16.0	0	0	0	0	0	2	0	2
学校数合計	68	68	73	74	72	91	94	79

- ⑬ 高校 2 年までに履修した科目の中で、最も多くの生徒が好きだった科目として記入したのは「生物Ⅰ」であり、逆に、最も多くの生徒が嫌いだった科目として記入したのは、「化学Ⅰ」であった。高校 3 年までに履修した科目の中で、最も多くの生徒が好きだった科目として記入したのは「生物Ⅱ」であり、逆に、最も多くの生徒が嫌いだった科目として記入したのは「化学Ⅱ」であった。このように、旧教育課程と新教育課程では同様な傾向が見られた。高校 3 年までに履修した科目の中で、「最も好きだった」科目を記入した生徒の科学への学習意欲指標の平均値が高かったのは、「Ⅱ」の付いた科目で、その中でも物理Ⅱが最も平均値が高かった。

5. 考察

科学の専門家や科学博物館等の協力を得た理科学習，野外学習や課題研究を取り入れた理科学習，児童生徒の理科の自由研究体験など，科学への学習意欲を高める効果が期待できる。また，その結果として，高等学校でより多くの生徒が理科を選択するようになることも期待される。

しかし，学校にとって，こうした理科学習を推進することが容易ではないことは明らかである。一般の学校がこうした効果的な理科学習を推進することの困難さについて，学校にアンケート調査を実施した結果，以下の事情が把握できた。

- ・ 移動費用と学習時間の問題
- ・ 安全性の確保の問題
- ・ 地理的に不利，近隣に施設が無い
- ・ かつて教育センターで学校巡回の支援プログラムがあったが現在は無い
- ・ 小中学生を惹きつける話しができる専門家が少ない
- ・ 申請手続きが面倒，情報不足，研修不足
- ・ 教育課程への位置づけが難しい
- ・ 指導体制づくりと教師の時間確保が困難
- ・ 器具，教材費が無い
- ・ 生徒が IT 情報検索に慣れて安易な学習態度になっている問題

こうした困難を克服するためには，学校外からの人的，財政的支援が必要である。第 5 章で報告するように，「理科大好きスクール事業」や「スーパーサイエンスハイスクール事業」といった財政的支援を受けた学校の児童生徒は，一般学校よりも高い頻度で効果的な理科学習を児童生徒に提供できていた。子どもたちの科学への学習意欲の改善は，学校における課題というよりも，社会全体で対処すべき課題と捉えることで，より有効な取組みが実現すると考えられる。

このアンケートは、学校で学ぶ理科をもっとよくするために、小学生の皆さんが、理科の勉強や科学技術に対してどのように感じているかを調べるためのものです。正解はありませんから、考えこまないで、感じたままを回答してください。

問1. あなたの学年と性別を○で囲んでください。 小学校(5 6)年 (男子 女子)

問2. 各項目について、あなたの考えに最も近い番号をカッコから1つ選び、○をして下さい。

例えば、あなたの考えが「まったく異なる」とときには、1に○をします。

- | | ま
た
た
く
そ
の
通
り | や
や
そ
の
通
り | ど
ち
ら
で
も
な
い | や
や
異
な
る | ま
た
た
く
異
な
る |
|--|--------------------------------------|----------------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------------------|
| (1) 理科を学ぶことは、受験に関係無くても重要だ。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (2) 理科で学ぶことに、役に立つものは多いと思う。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (3) 理科で学ぶことに、役に立たないものは多いと思う。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (4) ある程度の理科は、大人になるまでに学習しておきたい。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (5) 学校で理科を学ばなくても、生きていくのには困らない。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (6) 理科がわからないと、社会に出てから損をする。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (7) 社会に出たら、理科は必要無くなる。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (8) 理科を学習すれば、身のまわりの自然や科学がわかる。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (9) 理科を学習すれば、自然や科学のニュースや新聞記事がわかる。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (10) 理科を学習すれば、生活がより便利になる。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (11) 理科を学習すれば、より健康に生活できる。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (12) 理科を学習すれば、よりお金持ちになる。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (13) 理科を学習すれば、自然や地球環境を破壊しない人になる。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (14) 理科を学習すれば、悪い人にたまされなくなる。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (15) 理科を学習すれば、疑問を解決したり予想を確かめる力がつく。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (16) 理科を学習すれば、新しい物を作ったり発見したりする力がつく。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (17) 理科を学習すれば、自分の考えを人に伝える力がつく。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (18) 理科の学習は、好きだ。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (19) 理科の実験や観察は、好きだ。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (20) 理科でわざわざ実験をしなくても、結果を教えてくれればよい。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |
| (21) 理科が嫌いな人は、無理に理科を学ばなくてもよい。_____ (5 4 3 2 1) | | | | | |

まったく異なる
 やや異なる
 どちらでもない
 ややその通り
 まったくその通り

- (22) 私は、大人になって理科が関係する仕事をするかもしれない。 _____ (5 4 3 2 1)
- (23) 将来進む道を決めるために、理科を学ぶ必要がある。 _____ (5 4 3 2 1)
- (24) 理科を学習すれば、これまで誰も気付かなかった発見をする人が
 出てくるかもしれない。 _____ (5 4 3 2 1)
- (25) 生物や地球を守るには、科学やテクノロジーの発展が必要だ。 _____ (5 4 3 2 1)
- (26) 平和な社会づくりには、科学やテクノロジーの発展が必要だ。 _____ (5 4 3 2 1)
- (27) 私は、自分が将来何を生きていきたいのか考えていない。 _____ (5 4 3 2 1)
- (28) 理科の学習は面白い。 _____ (5 4 3 2 1)
- (29) 理科の学習がもっとよく分かるようになりたい。 _____ (5 4 3 2 1)
- (30) 学校で学習するよりも、理科をもっとくわしく学習したい。 _____ (5 4 3 2 1)
- (31) 学校で学習するよりも、高度な理科の観察や実験をしたい。 _____ (5 4 3 2 1)
- (32) 家庭や知り合いに詳しい人がいて、理科について質問できる。 _____ (5 4 3 2 1)
- (33) 理科について興味があることを自分で調べたり学習したりしている。 _____ (5 4 3 2 1)
- (34) 興味があることを自分で調べたり学習したりするための時間が無い。 _____ (5 4 3 2 1)
- (35) 自分で調べたり学習したいと思うような興味のある事が無い。 _____ (5 4 3 2 1)
- (36) テレビで、理科に関係する番組をよくみる方だ。 _____ (5 4 3 2 1)
- (37) 新聞や雑誌や本で、理科に関係する文章をよく読む方だ。 _____ (5 4 3 2 1)
- (38) 科学技術についてのニュースや話題に関心がある。 _____ (5 4 3 2 1)
- (39) 科学者や技術者の話を聞いてみたい。 _____ (5 4 3 2 1)
- (40) 機械のしくみを調べることに、興味がある。 _____ (5 4 3 2 1)
- (41) 身のまわりの物質の性質を調べることに、興味がある。 _____ (5 4 3 2 1)
- (42) 動植物の生き方やその環境を調べることに、興味がある。 _____ (5 4 3 2 1)
- (43) 地球や宇宙がどのようにできたかを調べることに、興味がある。 _____ (5 4 3 2 1)
- (44) 地震や火山や台風の被害をどう防ぐかに、興味がある。 _____ (5 4 3 2 1)
- (45) 病気の原因や直し方について調べることに、興味がある。 _____ (5 4 3 2 1)
- (46) 食べるものが安全かどうかを調べることに、興味がある。 _____ (5 4 3 2 1)
- (47) すぐれたスポーツ選手の運動を調べることに、興味がある。 _____ (5 4 3 2 1)

問3. これまで、理科の専門家(科学や科学技術の仕事や研究をしている人)があなたの学校を訪れて、理科について話してくれることがありましたか。どれか1つに○をしてください。

- 1 よくあった 2 ときどきあった 3 めったになかった 4 まったくなかった

1か2か3を選んだ人は次の質問にも答えてください。4を選んだ人は問4に進んで下さい。

☆あなたは、理科の専門家の話しを聞いてよかったですか。どれか1つに○をしてください。

- 1 とてもよかった 2 わりとよかった 3 あまりよくなかった 4 全くよくなかった

☆その理由は どうしてですか。あてはまるものすべてに○をしてください。

- 1 面白かった 2 よくわかった 3 役に立つ 4 理科がより好きになった
5 面白くなかった 6 よくわからなかった 7 役に立たない 8 理科がよりきれいになった

問4. あなたの学校の活動で、科学館や科学博物館など(科学や技術についての展示を見たり学習できる施設)に出かけて、理科について学習することがありましたか。どれか1つに○をしてください。

- 1 よくあった 2 ときどきあった 3 めったになかった 4 まったくなかった

1か2か3を選んだ人は次の質問にも答えてください。4を選んだ人は問5に進んで下さい。

☆あなたは、科学館や科学博物館で理科を学習してよかったですか。どれか1つに○をしてください。

- 1 とてもよかった 2 わりとよかった 3 あまりよくなかった 4 全くよくなかった

☆その理由は どうしてですか。あてはまるものすべてに○をしてください。

- 1 面白かった 2 よくわかった 3 役に立つ 4 理科がより好きになった
5 面白くなかった 6 よくわからなかった 7 役に立たない 8 理科がよりきれいになった

問5. あなたの学校の活動で、野外(学校外の野山や川、海、湖、田畑など、生き物や自然に出会える場所)に出かけて、理科について学習することがありましたか。どれか1つに○をしてください。

- 1 よくあった 2 ときどきあった 3 めったになかった 4 まったくなかった

1か2か3を選んだ人は次の質問にも答えてください。4を選んだ人は問6に進んで下さい。

☆あなたは、野外で理科を学習してよかったですか。どれか1つに○をしてください。

- 1 とてもよかった 2 わりとよかった 3 あまりよくなかった 4 全くよくなかった

☆その理由は どうしてですか。あてはまるものすべてに○をしてください。

- 1 面白かった 2 よくわかった 3 役に立つ 4 理科がより好きになった
5 面白くなかった 6 よくわからなかった 7 役に立たない 8 理科がよりきれいになった

問6. あなたは、学校の授業で理科に関する研究(観察や実験の方法を工夫して疑問を調べ、わかったことを発表したりレポートにする学習)をすることがありましたか。どれか1つに○をしてください。

- 1 よくあった 2 ときどきあった 3 めったになかった 4 まったくなかった

1か2か3を選んだ人は次の質問にも答えてください。

☆あなたは、理科に関する研究をしてよかったですか。どれか1つに○をしてください。

- 1 とてもよかった 2 わりとよかった 3 あまりよくなかった 4 全くよくなかった

☆その理由は どうしてですか。あてはまるものすべてに○をしてください。

- 1 面白かった 2 うまくできた 3 役に立つ 4 理科がより好きになった
5 面白くなかった 6 うまくできなかった 7 役に立たない 8 理科がよりきれいになった

このページでは、「理科の自由研究」について質問します。ここでの「理科の自由研究」は、主に授業以外の時間を使って、学校や家庭などで、自分が出会ったものごとや生き物への疑問を調べるために、自分で観察や実験をおこない、わかった結果をレポートや論文などにまとめて、学校やコンテストなどに出すことです。学校の授業で理科の自由研究をすることになっていたり、クラブ活動として行ったりした場合も含まれます。

問7. この問いは、今までに理科の自由研究をしたことがない人が答えて下さい。

(1) 理科の自由研究をしたことがない理由として、次のうちであてはまるものすべてに○をしてください。

- ①理科の自由研究について知らなかった ②むずかしそうだから ③時間が無かったから
 ④どうしたらよいかわからなかったから ⑤興味が無かったから ⑥理科は好きでないから
 ⑦まわりにする友だちがいなかったから ⑧大事なことでないから ⑨しなくてもよかったから
 ⑩使いたい観察や実験の道具が無いから ⑪将来、理科が関係する仕事をしないだろうから
 ⑫受験に関係しないだろうから ⑬自分が自由研究で調べてみたい事がらがないから
 ⑭賞がもらえそうにないから ⑮塾の勉強で忙しいから ⑯その他

問8. この問いは、今までに理科の自由研究をしたことがある人が答えて下さい。

(1) 理科の自由研究をしたすべての学年に○をしてください。

(1年 2年 3年 4年 5年 6年)

(2) もっとも最近におこなった理科の自由研究をした理由として、次のうちであてはまるものすべてに○をしてください。

- ①理科の自由研究をしたかったから ②親にすすめられたから ③先生にすすめられたから
 ④自分が自由研究で調べてみたい事がらがあったから ⑤理科の自由研究は大事なことから
 ⑥学校やクラブの活動で、することになっていたから ⑦まわりにする友だちがいたから
 ⑧将来、理科が関係する仕事をするかもしれないから ⑨賞がもらえるかもしれないから
 ⑩受験に関係するかもしれないから ⑪使いたい観察や実験の道具があったから
 ⑫まわりに理科にくわしい人がいて手伝ってくれたから

(3) 今年度、理科の自由研究をしなかった人は、その理由として、次のうちであてはまるものすべてに○をしてください。

- ①むずかしいから ②時間が無かったから ③どうしたらよいかわからなかったから
 ④興味が無かったから ⑤理科が好きでないから ⑥まわりにする友だちがいなかったから
 ⑦大事なことでないから ⑧しなくてもよかったから ⑨使いたい観察や実験の道具が無いから
 ⑩将来、理科が関係する仕事をしないだろうから ⑪受験に関係しないだろうから
 ⑫自分が自由研究で調べてみたい事がらがないから ⑬賞がもらえそうにないから
 ⑭塾の勉強で忙しいから ⑮その他

第5章 スーパーサイエンスハイスクール・理科大好き

スクールを対象とした科学への学習意欲に関する実態調査

小倉 康（国立教育政策研究所）

1. 目的

(1) 「理科大好きスクール事業」に参加した小中学校児童生徒の科学への学習意欲は全国平均と比べて異なるか。

(2) 「スーパーサイエンスハイスクール(SSH)事業」に参加した高校生の科学への学習意欲は全国平均と比べて異なるか。

(3) 学校での学習活動や児童生徒の自主的な活動の程度の違いによって科学への学習意欲の形成に違いが見られるか。

2. 調査対象者

A. 特定実施群：「理科大好きスクール事業」参加児童生徒

平成15年度から2年間、「理科大好きスクール事業」の指定を受けた小・中学校の小学校5年から中学校3年までの事業への参加児童生徒を母集団とし、各学校で学級単位に無作為に抽出された標本集団。調査を実施する学級は、各学年で無作為に2学級を指定。

B. 特定実施群：「スーパーサイエンスハイスクール(SSH)事業」参加生徒

平成14年度から3年間、「SSH事業」の指定を受けた高等学校の全学年の事業への参加生徒を調査対象。

C. 特定非実施群：「SSH事業」指定校で、事業に非参加の生徒

上記「SSH事業」の指定校において、SSH事業の全般に参加していない生徒を母集団とし、各学校で学級単位に無作為に抽出された標本集団。調査を実施する学級は、各学年で無作為に2学級を指定。

及び、

D. 比較対象として全国標本による調査（第4章を参照のこと）

全国の公立の小・中学校、及び高等学校全日制普通科の小学校5年から高等学校3年までの児童生徒を母集団とし、無作為に抽出された標本集団。単純無作為抽出された学校にて各学年で無作為に1学級を指定。（標本規模：約2万1千人）

3. 調査方法

学校への郵送による多肢選択式の質問紙調査。調査票は省略。

平成16年12月～平成17年1月に実施。

4. 回収結果と標本規模

学校側の事情により調査を実施できなかった中学校 1 校を除くすべての指定校から調査票が回収された（小学校が 105 校（回収率 100%）、中学校 61 校（回収率 94%）、高等学校 26 校（回収率 100%）、合計 192 校）。実施した児童生徒数は、特定実施群と特定非実施群を合わせて約 3 万人である。各学年別の調査実施の児童生徒数は次の表の通りである。

表 学年別の調査実施の児童生徒数

特定実施群	理科大好きスクール指定校					SSH指定校			全体
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	
全体 人数	4815	4789	3381	3376	3305	2150	2271	2007	26094
男子 人数	2463	2429	1702	1653	1635	1360	1445	1304	13991
割合 (%)	51.2	50.7	50.3	49.0	49.5	63.3	63.6	65.0	53.6
女子 人数	2326	2322	1664	1700	1647	767	805	678	11909
割合 (%)	48.3	48.5	49.2	50.4	49.8	35.7	35.4	33.8	45.6
不明 人数	26	38	15	23	23	23	21	25	194
割合 (%)	0.5	0.8	0.4	0.7	0.7	1.1	0.9	1.2	0.7
学校数	105	104	57	57	56	21	24	26	192
	105		61			26			

特定非実施群	理科大好きスクール指定校					SSH指定校			全体
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	
全体 人数						1381	1693	1402	4476
男子 人数						800	968	817	2585
割合 (%)						57.9	57.2	58.3	57.8
女子 人数						573	705	547	1825
割合 (%)						41.5	41.6	39.0	40.8
不明 人数						8	20	38	66
割合 (%)						0.6	1.2	2.7	1.5
学校数						18	19	16	20
	0		0			20			

5. 調査結果

目的 (1) 「理科大好きスクール事業」に参加した小中学校児童生徒の科学への学習意欲は全国平均と比べて異なるか。

結果 科学への学習意欲に関する一部の質問項目で、全国平均よりも肯定的に回答する傾向が見られた。専門家を招へいした理科学習の実施など、指定校における教育活動の程度の違いによって、児童生徒の科学への学習意欲の程度に違いが見られ、活動頻度の高い学校の児童生徒は、科学へのより高い学習意欲を示す傾向が見られた。

目的 (2) 「スーパーサイエンスハイスクール(SSH)事業」に参加した高校生の科学への学習意欲は全国平均と比べて異なるか。

結果 全学年を通じて、科学に対して全国平均よりも顕著に高い学習意欲を示しており、かつ、SSH 指定校内の事業非参加の生徒よりも科学への高い学習意欲を示していた。また、専門家を招へいした理科学習や課題研究の実施など、指定校における教育活動の程度の違いによっても、生徒の科学への学習意欲の程度に違いが見られた。

目的 (3) 学校での学習活動や児童生徒の自主的な活動の程度の違いによって科学への学習意欲の形成に違いが見られるか。

結果 学校における専門家招へいの理科学習、科学博物館等を訪問して行う理科学習、野外での理科学習、理科の課題研究の取組みと、児童生徒が主体的に行う理科の自由研究は、いずれも経験ある児童生徒の方が、経験無い児童生徒よりも科学への高い学習意欲を示していることが明らかとなった。この傾向は全国標本の調査結果と共通しており、「理科大好きスクール事業」と「SSH 事業」に参加した児童生徒は、これらの学習を、全国平均よりも高い頻度で経験していた。

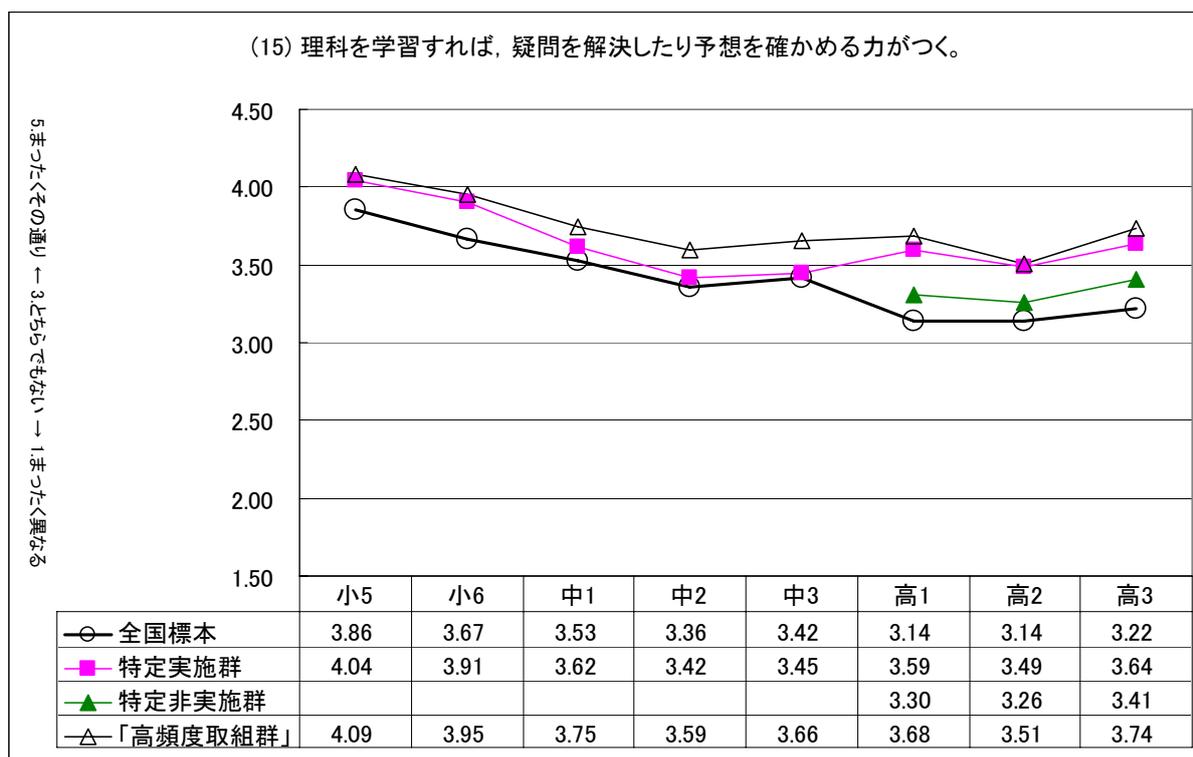
[主な結果] (詳細については報告書『科学への学習意欲に関する実態調査:スーパーサイエンスハイスクール・理科大好きスクール対象 調査結果報告書』(2005)を参照のこと)

①「理科を学習すれば、疑問を解決したり予想を確かめる力がつく」に関する児童生徒の回答傾向

回答傾向を平均値で比較すると、特定実施群の児童生徒のうち、「理科大好きスクール事業」参加の小学生と「SSH 事業」指定の高校生（特定実施群及び特定非実施群）の平均値は、全国標本の平均値よりも、有意に高かった。

特定実施群の児童生徒のうち、「学校における専門家招へいの理科学習」、「科学博物館等を訪問して行う理科学習」、「野外での理科学習」、「理科の課題研究」の4種類の教育活動の頻度が総合的に高い学校の児童生徒（グラフ中の「高頻度取組群」）については、中学校段階も含めて、すべての学校段階において、全国平均よりも、有意に高い平均値を示した。

全国平均と同様、特定実施群も、小学校5年から中学校2年にかけて、学年とともに、肯定的な意識が低下し、中学校3年でやや高まる傾向が見られた。

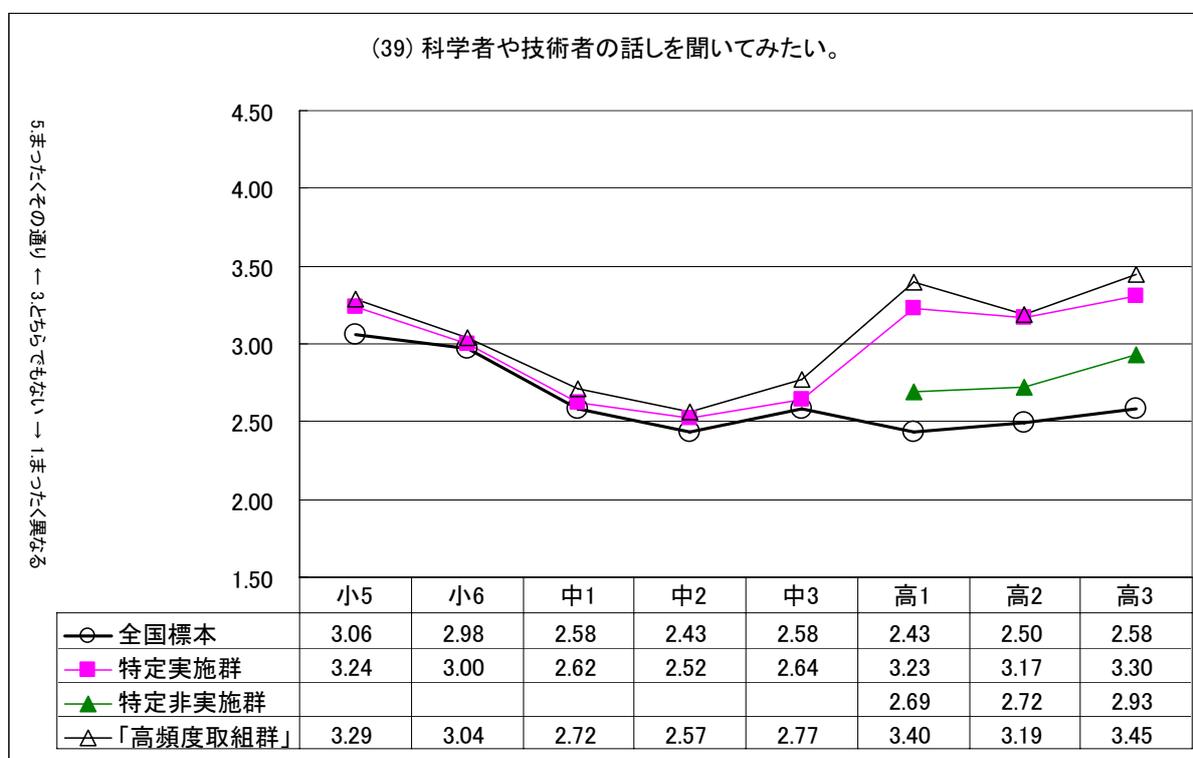


②「科学者や技術者の話しを聞いてみたい」に関する児童生徒の回答傾向

回答傾向を平均値で比較すると、特定実施群の児童生徒のうち、「理科大好きスクール事業」参加の小学校5年生と「SSH 事業」指定の高校生（特定実施群及び特定非実施群）の平均値は、全国標本の平均値よりも、有意に高かった。

特定実施群の児童生徒のうち、「学校における専門家招への理科学習」などの4種類の教育活動の頻度が総合的に高い学校の児童生徒（グラフ中の「高頻度取組群」）については、小学校5年に加えて、中学校1年と3年においても、全国平均よりも、有意に高い平均値を示した。

全国平均と同様、特定実施群も、小学校5年から中学校2年にかけて、学年とともに、肯定的な意識が低下し、中学校3年でやや高まる傾向が見られた。

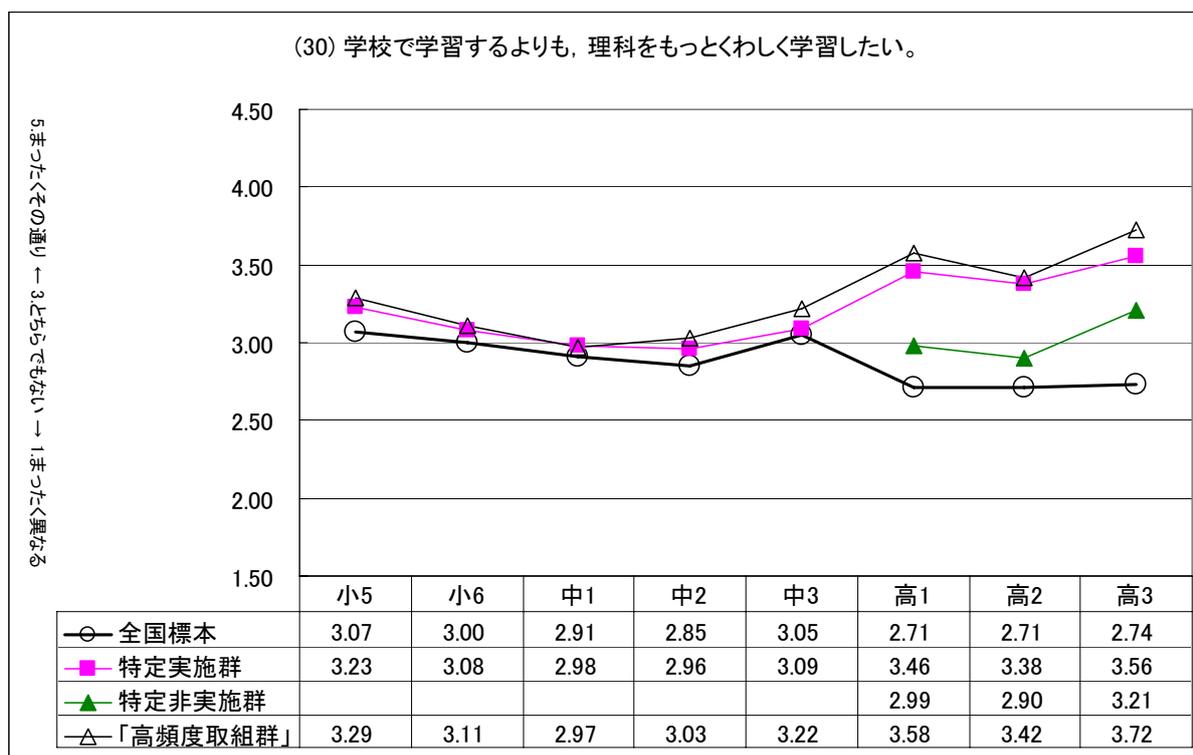


③ 「学校で学習するよりも、理科をもっとくわしく学習したい」 に関する児童生徒の回答傾向

回答傾向を平均値で比較すると、特定実施群の児童生徒のうち「理科大好きスクール事業」参加の小学校5年生と中学校2年生、「SSH事業」指定の高校生（特定実施群及び特定非実施群）の平均値は、全国標本の平均値よりも、有意に高かった。

特定実施群の児童生徒のうち、「学校における専門家招へいの理科学習」などの4種類の教育活動の頻度が総合的に高い学校の児童生徒（グラフ中の「高頻度取組群」）については、小学校5年生と中学校2年生に加えて、中学校3年においても、全国平均よりも、有意に高い平均値を示した。

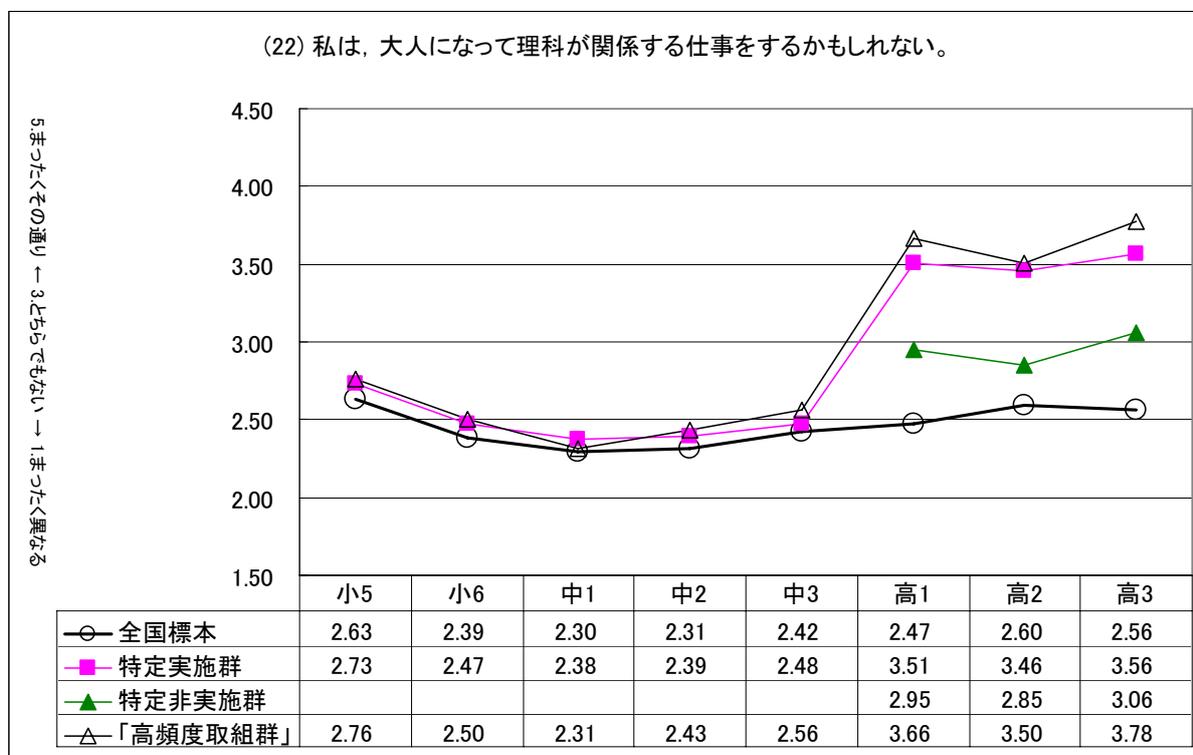
全国平均と同様、特定実施群も、小学校5年から中学校2年にかけて、学年とともに、肯定的な意識が低下し、中学校3年でやや高まる傾向が見られた。



④ 「私は、大人になって理科が関係する仕事をするかもしれない」 に関する児童生徒の回答傾向

回答傾向を平均値で比較すると、特定実施群の児童生徒のうち、「SSH 事業」指定の高校生（特定実施群及び高校 2 年以外の特定非実施群）の平均値は、全国標本の平均値よりも、有意に高かった。「理科大好きスクール事業」参加の児童生徒の平均値は、全国平均と、いずれの学年でも有意な差は見られなかった。

特定実施群の児童生徒のうち、「学校における専門家招へいの理科学習」などの 4 種類の教育活動の頻度が総合的に高い学校の児童生徒（グラフ中の「高頻度取組群」）については、小学校 5 年と 6 年の児童において、全国平均よりも、有意に高い平均値を示した。



⑤ 「これまで、理科の専門家があなたの学校を訪れて、理科について話してくれることがありましたか」

特定実施群の児童生徒は、全国標本よりも高い頻度で、理科の専門家を招へいして行う理科学習を経験している。経験した児童生徒のうち、「理科大好きスクール事業」参加の小学生で8～9割、中学生で約7割、「SSH事業」参加の高校生で7～8割と高い割合の児童生徒が、「とてもよかった」や「わりとよかった」と肯定的に評価している。理科の専門家を招へいして行う理科学習肯定的に評価した理由としては、「理科大好きスクール事業」参加の小学生では「面白かった」と「よくわかった」が最も多く、中学生と「SSH事業」参加の高校生では「面白かった」が最も多い。

専門家招へいによる理科学習を経験している児童生徒の方が、経験していない児童生徒よりも、高い科学への学習意欲を示す傾向が見られた。この傾向は、全国標本の結果と共通している。

[特定実施群の結果：頻度]

問3 専門家訪問学習の頻度 (特定実施群)	割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
よくあった	6.2	6.0	3.6	4.2	4.8	40.1	50.8	51.5	15.6
ときどきあった	35.7	38.5	22.8	32.7	36.2	45.2	42.7	39.7	35.9
めったになかった	27.2	25.4	24.4	23.2	21.0	8.0	3.7	4.8	19.9
まったくなかった	28.9	28.7	48.4	39.0	37.0	5.6	1.9	3.4	27.5
無回答	2.0	1.4	0.7	0.9	1.0	1.0	0.9	0.6	1.2
全体人数	4815	4789	3381	3376	3305	2150	2271	2007	26094

[特定実施群の結果：評価]

問3 専門家訪問学習の評価 (特定実施群)	割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
とてもよかった	33.3	24.4	13.4	11.5	12.3	19.4	16.1	20.7	20.3
わりとよかった	53.2	58.4	54.7	56.6	58.5	58.5	56.0	55.2	56.4
あまりよくなかった	10.7	14.1	25.5	25.8	23.8	18.9	23.5	19.5	19.1
全くよくなかった	1.7	2.2	4.4	5.0	4.1	2.7	4.1	4.0	3.3
無回答	1.1	1.0	2.0	1.1	1.3	0.4	0.2	0.5	0.9
学習者数	3326	3347	1721	2030	2049	2008	2207	1926	18614
学習者の割合(%)	69.1	69.9	50.9	60.1	62.0	93.4	97.2	96.0	71.3

[特定実施群の結果：肯定的評価の理由]

問3 肯定的評価の理由 (特定実施群)	肯定的評価者中の割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
面白かった	67.6	64.8	61.7	63.3	60.3	69.0	72.4	74.8	66.8
よくわかった	66.7	62.0	50.5	46.0	46.6	30.8	28.7	25.9	48.1
役に立つ	55.7	50.1	42.5	38.0	40.1	41.4	34.5	34.1	44.1
より好きになった	42.6	31.2	26.8	21.7	21.1	19.6	18.9	21.7	27.6
肯定的評価者数	2878	2769	1172	1383	1451	1565	1592	1463	14273
肯定的評価者の割合(%)	86.5	82.7	68.1	68.1	70.8	77.9	72.1	76.0	76.7

⑥ 「あなたの学校の活動で、科学館や科学博物館など（科学や技術についての展示を見たり学習できる施設）に出かけて、理科について学習することがありましたか」

特定実施群の児童生徒は、全国標本よりも高い頻度で、科学館や科学博物館での理科学習を経験している。経験した児童生徒のうち、「理科大好きスクール事業」参加の小学生で約8～9割、中学生で7～8割、「SSH事業」参加の高校生で約8割と高い割合の児童生徒が、「とてもよかった」や「わりとよかった」と肯定的に評価している。科学館や科学博物館での理科学習を肯定的に評価した理由としては、「面白かった」が最も多い。

科学館や科学博物館での理科学習を経験している児童生徒の方が、経験していない児童生徒よりも、高い科学への学習意欲を示す傾向が見られた。この傾向は、全国標本の結果と共通している。

[特定実施群の結果]

問4 科学博物館学習の頻度 (特定実施群)	割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
よくあった	11.7	12.8	5.6	5.1	5.1	13.9	13.9	17.1	10.2
ときどきあった	53.9	52.2	32.4	37.1	37.1	38.4	44.9	38.0	43.2
めったになかった	21.3	25.7	21.6	25.1	27.4	13.9	16.3	17.3	22.0
まったくなかった	7.7	6.1	37.2	30.5	28.0	32.4	23.3	26.2	21.6
無回答	5.5	3.3	3.3	2.3	2.5	1.5	1.6	1.4	3.0
全体人数	4815	4789	3381	3376	3305	2150	2271	2007	26094

[特定実施群の結果：評価]

問4 科学博物館学習の評価 (特定実施群)	割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
とてもよかった	45.1	35.4	24.0	20.9	20.9	26.9	23.9	30.7	31.0
わりとよかった	45.6	52.5	58.1	59.0	58.0	57.0	54.7	52.5	53.5
あまりよくなかった	6.9	9.9	13.6	15.8	17.3	13.9	18.5	14.1	12.5
全くよくなかった	0.9	1.2	2.1	3.0	2.5	1.2	2.6	1.2	1.7
無回答	1.5	1.0	2.2	1.3	1.4	1.0	0.3	1.4	1.3
学習者数	4180	4340	2013	2268	2300	1422	1705	1452	19680
学習者の割合(%)	86.8	90.6	59.5	67.2	69.6	66.1	75.1	72.3	75.4

[特定実施群の結果：肯定的評価の理由]

問4 肯定的評価の理由 (特定実施群)	肯定的評価者中の割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
面白かった	80.3	79.8	81.1	82.0	78.0	80.9	83.0	83.1	80.7
よくわかった	62.9	56.2	43.7	40.4	43.0	36.4	32.7	31.3	48.2
役に立つ	49.5	42.5	33.7	26.6	29.8	29.9	24.5	25.5	36.5
より好きになった	41.3	31.5	25.5	22.1	20.5	23.4	21.7	23.6	29.0
肯定的評価者数	3792	3815	1652	1813	1814	1194	1340	1209	16629
肯定的評価者の割合(%)	90.7	87.9	82.1	79.9	78.9	84.0	78.6	83.3	84.5

⑦ 「あなたの学校の活動で、野外（学校外の野山や川、海、湖、田畑など、生き物や自然に出会える場所）に出かけて、理科について学習することがありましたか」

野外に出かけて行う理科学習の経験については、特定実施群と全国標本の児童生徒は、ともに同じ程度経験している。経験した児童生徒のうち、小学校で8～9割、中学校で約7割、高校で7～8割と高い割合の児童生徒が、「とてもよかった」や「わりとよかった」と肯定的に評価している。野外に出かけて行う理科学習を肯定的に評価した理由としては、「面白かった」が最も多い。

専門家招へいによる理科学習を経験している児童生徒の方が、経験していない児童生徒よりも、高い科学への学習意欲を示す傾向が見られた。この傾向は、全国標本の結果と共通している。

[特定実施群の結果]

問5 野外体験学習の頻度 (特定実施群)	割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
よくあった	20.2	16.9	8.7	5.4	4.4	4.5	4.8	6.5	10.5
ときどきあった	48.2	49.3	36.2	33.6	30.3	23.4	21.3	24.6	36.5
めったになかった	21.7	23.9	27.1	31.5	29.4	19.1	17.7	21.5	24.5
まったくなかった	6.1	6.9	25.0	27.3	33.7	51.8	54.7	46.2	26.0
無回答	3.7	2.9	2.9	2.2	2.1	1.2	1.5	1.2	2.5
全体人数	4815	4789	3381	3376	3305	2150	2271	2007	26094

[特定実施群の結果：評価]

問5 野外体験学習の評価 (特定実施群)	割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
とてもよかった	39.8	29.7	25.6	20.5	20.2	25.2	29.0	28.0	28.9
わりとよかった	48.5	52.7	53.8	53.9	53.8	53.5	50.8	50.5	52.0
あまりよくなかった	9.6	14.4	16.7	21.2	21.4	18.5	16.5	17.8	15.8
全くよくなかった	1.2	2.0	2.6	3.1	2.6	1.6	1.9	1.3	2.0
無回答	0.9	1.2	1.2	1.4	1.9	1.2	1.8	2.4	1.3
学習者数	4343	4318	2437	2382	2119	1011	995	1056	18661
学習者の割合(%)	90.2	90.2	72.1	70.6	64.1	47.0	43.8	52.6	71.5

[特定実施群の結果：肯定的評価の理由]

問5 肯定的評価の理由 (特定実施群)	肯定的評価者中の割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
面白かった	76.5	74.7	77.7	78.2	77.0	82.3	84.4	81.1	77.5
よくわかった	57.1	53.7	39.6	35.1	36.5	25.3	24.7	27.5	44.3
役に立つ	45.1	39.0	28.5	23.8	21.8	19.1	19.2	21.5	32.6
より好きになった	33.5	25.1	20.5	18.6	17.8	17.7	23.8	21.5	24.5
肯定的評価者数	3836	3559	1936	1772	1569	796	794	829	15091
肯定的評価者の割合(%)	88.3	82.4	79.4	74.4	74.0	78.7	79.8	78.5	80.9

- ⑧ 「あなたは、学校の授業で理科に関する研究（観察や実験の方法を工夫して疑問を調べ、わかったことを発表したりレポートにする学習）をすることがありましたか」

特定実施群の児童生徒は、全国標本よりも高い頻度で、理科の課題研究を経験している。経験した児童生徒のうち、「理科大好きスクール事業」参加の小学生で約8割、中学生で約7割、「SSH事業」参加の高校生で約7割と高い割合の児童生徒が、「とてもよかった」や「わりとよかった」と肯定的に評価している。理科の課題研究を肯定的に評価した理由としては、「理科大好きスクール事業」参加の小中学生では「面白かった」と「よくわかった」が同じくらい最も多く、「SSH事業」参加の高校生では「面白かった」が最も多い。また、「役に立つ」という理由も多い。

理科の課題研究を経験している児童生徒の方が、経験していない児童生徒よりも、高い科学への学習意欲を示す傾向が見られた。この傾向は、全国標本の結果と共通している。

[特定実施群の結果]

問6 課題研究学習の頻度 (特定実施群)	割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
よくあった	26.1	29.3	25.7	22.1	25.2	29.7	42.5	35.5	28.4
ときどきあった	40.5	40.8	37.4	39.5	41.7	43.5	35.5	36.9	39.7
めったになかった	19.3	20.7	19.0	19.0	18.0	10.0	8.1	11.2	17.0
まったくなかった	9.8	6.8	15.0	16.9	13.3	15.6	12.6	15.0	12.4
無回答	4.3	2.5	2.8	2.4	1.8	1.2	1.3	1.3	2.5
全体人数	4815	4789	3381	3376	3305	2150	2271	2007	26094

[特定実施群の結果：評価]

問6 課題研究学習の評価 (特定実施群)	割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
とてもよかった	29.1	21.3	14.0	11.5	14.0	14.4	15.8	24.8	18.9
わりとよかった	54.2	56.0	55.3	54.2	54.6	56.2	50.3	47.3	54.0
あまりよくなかった	13.3	19.0	25.7	28.6	26.7	25.8	27.3	23.4	22.5
全くよくなかった	2.0	2.6	3.6	4.8	4.0	3.1	6.2	4.1	3.5
無回答	1.4	1.1	1.4	0.9	0.8	0.4	0.5	0.5	1.0
学習者数	4138	4346	2778	2723	2806	1788	1955	1678	22212
学習者の割合(%)	85.9	90.7	82.2	80.7	84.9	83.2	86.1	83.6	85.1

[特定実施群の結果：肯定的評価の理由]

問6 肯定的評価の理由 (特定実施群)	肯定的評価者中の割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
面白かった	59.8	54.2	52.8	48.6	49.2	49.3	53.7	59.7	54.0
よくわかった	63.9	63.1	56.0	56.4	55.3	38.9	32.8	31.4	54.1
役に立つ	50.7	49.7	42.5	37.4	39.5	41.6	44.3	45.6	45.1
より好きになった	32.8	23.5	19.2	15.4	17.4	16.2	18.1	21.9	22.2
肯定的評価者数	3447	3360	1927	1788	1923	1262	1291	1209	16207
肯定的評価者の割合(%)	83.3	77.3	69.4	65.7	68.5	70.6	66.0	72.1	73.0

⑨ 理科の自由研究の経験

特定実施群における児童生徒で、理科の自由研究を体験している割合は、小学校5年ですでに7割近くに達しており、中学生では約8割となる。それぞれ、全国標本の割合よりも1割程度高い割合である。理科の自由研究を行う学年については、まだ「理科」を学習していない小学校低学年でも1～2割の児童が行い、小学校3年で2～3割程度、4年で3～4割程度と割合が増え、「理科大好きスクール事業」参加の児童生徒では、小学校5年以降中学校2年までは4～6割程度の児童生徒が理科の自由研究を行っていることがわかる。「SSH事業」参加の高校生は、中学校の時に理科の自由研究を行った生徒の割合は、2～4割と高くない。中学校3年以降は理科の自由研究を行う生徒の割合は急激に小さくなっている。

理科の自由研究を体験している児童生徒が、より高い科学への学習意欲を示す傾向が見られた。この傾向は、全国標本の結果と共通している。

[特定実施群の結果]

問8 自由研究の体験	実施群での割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
自由研究の体験有り	67.4	65.3	82.4	81.7	81.1	76.8	77.8	76.2	74.9
小学校1年の時	12.6	11.7	14.5	16.9	17.9	16.8	18.1	19.9	15.3
小学校2年の時	16.3	13.9	17.0	19.1	19.2	19.7	20.6	21.7	17.7
小学校3年の時	28.3	23.5	30.1	28.8	28.6	30.1	30.2	31.0	28.3
小学校4年の時	40.1	33.0	42.3	40.6	39.5	40.0	41.6	40.2	39.2
小学校5年の時	46.8	40.1	48.1	46.5	45.4	43.2	44.0	44.2	44.8
小学校6年の時		42.9	49.2	48.6	45.8	40.0	41.0	41.5	44.6
中学校1年の時			63.1	59.3	56.8	36.2	30.6	26.0	48.6
中学校2年の時				53.8	53.5	36.7	31.8	26.4	42.9
中学校3年の時					30.0	23.9	22.2	19.8	24.7
高等学校1年の時						16.5	19.4	12.4	16.2
高等学校2年の時							22.5	22.9	22.7
高等学校3年の時								19.4	19.4
全体人数	4815	4789	3381	3376	3305	2150	2271	2007	26094

[全国標本の結果]

問8 自由研究の体験 (全国標本)	割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
自由研究の体験有り	57.2	60.5	70.7	70.4	71.7	75.4	74.2	69.3	69.6
小学校1年の時	10.6	7.8	11.8	11.4	13.6	16.1	17.4	18.1	13.9
小学校2年の時	13.2	9.8	13.2	13.8	15.2	18.0	19.6	19.4	15.8
小学校3年の時	23.3	18.4	24.0	22.6	22.9	26.7	29.3	29.1	25.1
小学校4年の時	31.9	28.7	33.9	31.6	32.7	37.5	39.6	39.7	35.1
小学校5年の時	35.7	34.0	38.3	37.3	36.7	41.5	43.3	40.3	38.9
小学校6年の時		35.9	41.0	37.9	34.8	40.5	40.6	39.1	38.9
中学校1年の時			42.9	42.1	42.1	40.8	36.9	29.0	38.7
中学校2年の時				34.2	39.0	39.9	36.9	29.4	36.0
中学校3年の時					16.8	23.7	20.7	17.6	20.1
高等学校1年の時						4.4	4.1	3.6	4.1
高等学校2年の時							4.5	3.9	4.2
高等学校3年の時								1.3	1.3
全体人数	2103	2042	2392	2421	2290	3493	3393	2850	20984

児童生徒一人当たりの理科の自由研究を行った回数（学年数）については、「理科大好きスクール事業」の実施群は全国標本の児童生徒よりも、より多くの回数となっており、義務教育終了の中学校3年の段階で、平均0.9回、全国標本の平均回数を上回っていることがわかる。「SSH事業」の実施群でも、高校3年の段階では、平均0.6回、全国標本の平均回数を上回っている。

[特定実施群の結果]

問8 自由研究の回数 (年1回として計算)	実施群での割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
0回	32.6	34.7	17.6	18.3	18.9	23.2	22.2	23.8	25.1
1回	26.6	20.3	19.2	11.5	11.4	15.1	12.2	13.4	17.4
2回	18.9	17.5	15.7	17.7	11.9	12.7	14.1	12.3	15.8
3回	12.9	11.6	14.1	11.3	15.8	11.8	11.7	11.6	12.7
4回	3.9	9.1	12.7	10.9	8.7	8.5	9.2	8.0	8.7
5回	5.1	2.5	10.6	10.9	9.3	7.1	7.0	5.5	7.0
6回		4.4	3.5	8.5	9.3	8.9	9.4	9.6	5.8
7回			6.7	3.2	5.2	3.9	5.0	4.8	3.1
8回				7.6	4.7	3.6	3.0	3.6	2.4
9回					4.8	4.4	4.4	4.1	1.7
10回						0.9	1.1	1.7	0.3
11回							0.7	0.7	0.1
12回								0.9	0.1
全体人数	4815	4789	3381	3376	3305	2150	2271	2007	26094
平均回数	1.4	1.7	2.6	3.1	3.4	3.0	3.2	3.3	2.5

[全国標本の結果]

問8 自由研究の回数 (全国標本)	割合(%)								
	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3	全体
0回	42.8	39.5	29.3	29.6	28.3	24.6	25.8	30.7	30.4
1回	25.5	23.4	20.0	15.1	14.9	13.6	12.5	12.7	16.5
2回	15.9	15.9	15.6	16.9	13.9	13.1	12.8	12.5	14.3
3回	9.2	11.6	12.1	10.8	13.2	14.3	13.0	12.0	12.2
4回	3.0	5.6	10.1	9.2	8.3	8.5	8.9	7.4	7.8
5回	3.5	2.0	5.3	7.9	6.8	6.5	6.4	5.1	5.6
6回		2.1	2.8	4.6	6.2	7.8	8.4	8.9	5.6
7回			4.8	1.7	2.8	4.2	4.5	3.7	3.0
8回				4.2	2.9	3.3	3.5	2.8	2.3
9回					2.6	3.7	3.8	3.4	2.0
10回						0.4	0.2	0.5	0.2
11回							0.2	0.2	0.1
12回								0.2	0.0
全体人数	2103	2042	2392	2421	2290	3493	3393	2850	20984
平均回数	1.1	1.3	2.1	2.3	2.5	2.9	2.9	2.7	2.3

また、特定実施群で理科の自由研究を行ったことがない小中学生のうち、その理由として、最も高い割合で選択されたものは、「むずかしそうだから」と「興味が無かったから」であり、「どうしたらよいかわからなかったから」も高い割合である。こうした傾向は、全国標本と共通している。特定実施群の高校生については、「興味が無かったから」と「しなくてもよかったから」が最も高い割合で選択されており、この傾向についても、全国標本と共通している。

⑩ 学校間での取組みのばらつき

「学校における専門家招へいの理科学習」、「科学博物館等を訪問して行う理科学習」、「野外での理科学習」、「理科の課題研究」の4種類の教育的取組みの頻度（質問票の間3～間6に対する児童生徒の回答）を、学校ごとに平均値で比較すると、これらの取組みの程度が、学校間で大きくばらついていることがわかる。

4種類の取組みの平均値を合計した学校平均値が10.0以下の場合を「高頻度取組群」、10.0より大きい場合を「低頻度取組群」とに分けて、科学への学習意欲に関する児童生徒の回答傾向を比較すると、「高頻度取組群」の児童生徒の方が、「低頻度取組群」の児童生徒よりも、科学への高い学習意欲を示す傾向が見られた。

4種類の教育的取組みの程度に関する学校平均値の分布

学校平均	小5	小6	中1	中2	中3	高1	高2	高3
4.0～5.0	0	5	0	0	0	0	0	0
5.0～6.0	4	1	0	0	0	0	0	0
6.0～7.0	7	2	1	0	0	0	1	6
7.0～8.0	9	11	1	3	3	1	5	4
8.0～9.0	25	26	3	8	5	7	9	7
9.0～10.0	22	27	7	3	8	8	6	6
10.0～11.0	26	18	14	15	15	2	2	1
11.0～12.0	5	10	16	16	9	3	1	2
12.0～13.0	1	0	11	7	12	0	0	0
13.0～14.0	0	0	1	2	2	0	0	0
14.0～15.0	0	0	2	1	0	0	0	0
15.0～16.0	0	0	0	0	0	0	0	0
学校数合計	99	100	56	55	54	21	24	26

注 各問への回答「よくあった」「ときどきあった」「めったになかった」「まったくなかった」をそれぞれ1, 2, 3, 4と数値化したものの合計であるので、平均値が低いほど、間3～間6の取組みの頻度が高い学校と考える。

⑪ 「SSH 事業」に参加した生徒による事業の評価

A. 「SSH に参加したことで、科学全般の学習に対する興味・関心・意欲が増した」かに関する生徒の評価傾向

「まったくその通り」ないしは「ややその通り」と回答した生徒の割合は、約 6 割である。平均値で回答傾向を比較すると、高校 1 年が最も高く、3.71 である。

各指定校の学年ごとに平均値を算出して、平均値の範囲ごとに学校数をくらべると、平均値が 4.0 を超えた学校／学年が 28 学校／学年(39%)ある一方で、より多くの生徒が否定的に回答したことを意味する平均値が 3.0 以下の学校／学年は 3 学校／学年(4%)とわずかだった。

SSH問1(3)	割合(%)				人数 全体	平均値範囲	学校数			
	高1	高2	高3	全体			高1	高2	高3	全体
5 まったくその通り	24.5	23.5	26.0	24.6	1583	>4.5	1	3	5	9
4 ややその通り	36.0	32.0	30.7	33.0	2119	>4.0	7	6	6	19
3 どちらでもない	21.3	21.0	19.1	20.5	1319	>3.5	10	11	10	31
2 やや異なる	7.3	8.8	6.7	7.6	490	>3.0	3	2	4	9
1 まったく異なる	5.5	9.9	11.7	9.0	577	>2.5	0	2	1	3
無回答	5.3	4.8	5.7	5.3	340	>2.0	0	0	0	0
平均値／全体人数	3.71	3.53	3.56	3.60	6428	2.0以下	0	0	0	0

肯定的に回答した生徒の割合は、「高頻度取組群」では全体で 62%、「低頻度取組群」では全体で 44%と約 18 パーセントポイントの違いが見られた。その差は、高校 3 年で最も大きく、約 33 パーセントポイントの差となっていた。

SSH問1(3)	低頻度取組群					高頻度取組群				
	割合(%)				人数 全体	割合(%)				人数 全体
	高1	高2	高3	全体		高1	高2	高3	全体	
5 まったくその通り	14.8	15.2	11.5	13.7	259	30.9	25.2	32.9	29.1	1324
4 ややその通り	35.6	28.4	23.0	29.8	562	36.3	32.8	34.4	34.3	1557
3 どちらでもない	23.9	21.6	25.3	23.9	451	19.7	20.9	16.1	19.1	868
2 やや異なる	8.7	4.1	10.6	8.4	158	6.3	9.7	4.9	7.3	332
1 まったく異なる	4.9	5.4	18.6	9.7	183	5.9	10.8	8.4	8.7	394
無回答	12.1	25.3	11.0	14.4	272	0.9	0.6	3.2	1.5	68
肯定的回答の割合	50.4	43.6	34.5	43.5	1885	67.2	58.0	67.3	63.4	4543

B. 「私は SSH に参加してよかった」 かに関する生徒の評価傾向

「まったくその通り」ないしは「ややその通り」と回答した生徒の割合は、約 6 割である。平均値で回答傾向を比較すると、高校 1 年が最も高く、3.84 である。

各指定校の学年ごとに平均値を算出して、平均値の範囲ごとに学校数をくらべると、平均値が 4.0 を超えた学校／学年が 38 学校／学年(54%)ある一方で、より多くの生徒が否定的に回答したことを意味する平均値が 3.0 以下の学校／学年は 4 学校／学年(6%)に止まった。

SSH問1(10)	割合(%)				人数	平均値範囲	学校数			
	高1	高2	高3	全体			高1	高2	高3	全体
5 まったくその通り	33.1	28.6	33.4	31.6	2031	>4.5	5	3	6	14
4 ややその通り	31.0	26.0	25.1	27.4	1761	>4.0	7	7	10	24
3 どちらでもない	18.8	20.2	20.1	19.7	1266	>3.5	6	8	6	20
2 やや異なる	6.4	9.3	6.1	7.3	472	>3.0	2	4	3	9
1 まったく異なる	5.5	11.1	9.8	8.8	567	>2.5	1	2	1	4
無回答	5.2	4.8	5.6	5.1	331	>2.0	0	0	0	0
平均値／全体人数	3.84	3.54	3.70	3.69	6428	2.0以下	0	0	0	0

肯定的に回答した生徒の割合は、「高頻度取組群」では全体で 65%、「低頻度取組群」では全体で 45%と約 20 パーセントポイントの違いが見られた。その差は、高校 3 年で最も大きく、約 36 パーセントポイントの大きな差となっていた。

SSH問1(10)	低頻度取組群					高頻度取組群				
	割合(%)				人数	割合(%)				人数
	高1	高2	高3	全体		高1	高2	高3	全体	
5 まったくその通り	21.6	22.4	15.8	19.8	373	40.6	29.9	41.7	36.5	1658
4 ややその通り	32.5	22.7	18.0	25.5	481	30.1	26.7	28.4	28.2	1280
3 どちらでもない	22.6	16.0	26.9	22.7	428	16.3	21.1	16.9	18.4	838
2 やや異なる	6.4	8.0	12.3	8.8	165	6.4	9.6	3.2	6.8	307
1 まったく異なる	4.8	5.7	16.5	9.0	169	6.0	12.2	6.7	8.8	398
無回答	12.1	25.3	10.6	14.3	269	0.6	0.5	3.2	1.4	62
肯定的回答の割合	54.1	45.1	33.8	45.3	1885	70.7	56.6	70.1	64.7	4543

C. 「あなたがSSHプログラムの参加にあたって、困ったことは何ですか」に関する生徒の回答

SSH 事業に参加して困ったこととして、最も多くの高校生が選択した事項は、「レポートなど提出物が多い」である。

特定実施群	割合 (%)			
	高1	高2	高3	全体
① 部活動との両立が困難	22.8	26.4	19.4	23.1
② 学校外に出かけることが多い	6.0	9.4	8.0	7.9
③ 授業内容がむずかしい	30.3	29.6	27.7	29.3
④ 発表の準備が大変	24.2	39.6	33.0	32.4
⑤ レポートなど提出物が多い	49.8	54.4	45.4	50.1
⑥ 課題研究がむずかしい	20.2	27.0	19.8	22.5
⑦ 授業時間以外の活動が多い	15.7	27.6	22.3	21.9
⑧ 受験のための成績が落ちないか心配	7.9	14.7	15.3	12.6
⑨ 特に困らなかった	18.6	12.5	20.6	17.1
回答者数	2011	2141	1856	6008

D. 「SSHによってどの部分が身についたと思いますか」に関する生徒の回答

SSH 事業に参加して身についた事柄として、最も多くの高校生が選択した事項は、「未知の事柄への興味（好奇心）」、「文章やレポートを作成する力」である。「真実を探って明らかにしたい気持ち（探究心）」や「自分から取り組もうとする姿勢（自主性）」、「挑戦しようとする姿勢（やる気）」、「プレゼンテーションする力」についても選択した生徒が多い。

特定実施群	割合 (%)			
	高1	高2	高3	全体
① 自分から取り組もうとする姿勢（自主性）	30.3	30.6	35.7	32.0
② 独自のものを創り出そうとする姿勢（独創性）	16.0	16.7	24.2	18.7
③ 未知の事柄への興味（好奇心）	52.8	45.3	49.9	49.3
④ 真実を探って明らかにしたい気持ち（探究心）	37.5	33.4	37.8	36.1
⑤ 挑戦しようとする姿勢（やる気）	28.2	28.9	35.2	30.6
⑥ アイデアを思いつく力（発想力）	17.5	20.5	23.4	20.3
⑦ 問題を解決する力	19.0	19.7	25.0	21.1
⑧ 洞察力（見抜く力）	12.7	13.3	19.4	14.9
⑨ 論理的に考える力	24.3	25.6	28.9	26.1
⑩ 観察から気づく力	17.0	20.1	24.4	20.4
⑪ リーダーシップ（統率する力）	5.1	5.3	9.3	6.5
⑫ 数学的に考える力	10.5	10.7	12.1	11.0
⑬ 英語で表現する力	6.4	7.8	8.6	7.6
⑭ 学んだことを応用する力	13.0	12.8	14.4	13.3
⑮ 国際的なセンス（国際感覚）	4.6	4.4	4.8	4.6
⑯ コミュニケーションする力	7.9	9.9	11.6	9.7
⑰ プレゼンテーションする力	25.4	34.8	40.4	33.3
⑱ 文章やレポートを作成する力	42.3	48.4	44.0	45.0
⑲ 社会のために正しく科学技術を用いる姿勢	8.8	8.4	10.8	9.3
⑳ その他	9.8	10.8	11.9	10.8
回答者数	1951	2015	1724	5690

E. 「あなたが参加してよかったと思う」SSH 事業に関する生徒の回答

SSH に参加してよかったと思う事業として、最も多くの高校生が選択した事項は、「一般の高校で習うのとは異なる理科や数学の授業内容」と「大学や研究機関の専門家による特別講義や実験・実習」である。次いで、「最先端の研究や技術開発をしている科学者や技術者の講演会やシンポジウム」の選択者が多く、高校3年生の回答では「個人や班で行う自主的な研究活動（課題研究）」と「大学や研究所、企業、科学館等での見学や学習教室への参加」の選択割合も高くなっている。

特定実施群	割合(%)			
	高1	高2	高3	全体
① 理科や数学の学習により時間が割り当てられている教育プログラム	28.1	23.3	26.8	26.0
② 一般の高校で習うのとは異なる理科や数学の授業内容	55.0	51.8	54.7	53.8
③ 個人や班で行う自主的な研究活動（課題研究）	23.2	32.9	41.0	31.9
④ 大学や研究機関の専門家による特別講義や実験・実習	49.9	49.2	53.0	50.6
⑤ 最先端の研究や技術開発をしている科学者や技術者の講演会やシンポジウム	40.1	40.9	44.9	41.8
⑥ 大学や研究所、企業、科学館等での見学や学習教室への参加	28.4	31.5	38.1	32.4
⑦ 科学コンテストへの参加	4.6	7.0	11.6	7.5
⑧ プレゼンテーションする力を高める学習	20.8	27.0	33.7	26.9
⑨ 英語で表現する力を高める学習	8.3	8.1	10.4	8.9
⑩ 他の高校の生徒との交流	3.5	5.9	12.0	6.9
⑪ 理科や数学、科学技術に関するクラブ活動	6.6	6.0	8.2	6.9
回答者数	1870	1893	1621	5384

F. 「大学で専攻したい分野」に関する生徒の回答

「SSH 事業」参加の生徒は、ほぼ全員が大学に進学する予定である。大学で専攻したい分野を複数選択可で選択させた結果、高校3年生では、「工学系（情報工学以外）」が最も多く27%、次いで、「理学系（数学以外）」と「医歯薬学系」が同程度で22~23%であった。

特定実施群	割合(%)			
	高1	高2	高3	全体
① 理学系（数学以外）	34.1	26.0	22.3	27.6
② 数学系	13.1	7.3	5.2	8.6
③ 工学系（情報工学以外）	26.2	26.5	26.7	26.5
④ 情報工学系	13.2	10.6	10.1	11.3
⑤ 医歯薬学系	31.2	24.6	22.8	26.3
⑥ 農学系	6.9	9.1	9.0	8.3
⑦ 文学・社会学系	11.3	11.6	10.3	11.1
⑧ 法・政治・経済学系	14.0	14.8	14.7	14.5
⑨ 教育学系	10.3	8.5	6.6	8.5
⑩ 家政学系	1.2	1.7	2.1	1.6
⑪ 芸術系	4.1	3.2	3.4	3.6
⑫ その他	6.6	5.8	3.9	5.5
「はい」回答割合	99.1%	98.8%	97.0%	98.3%
「はい」回答者数	2007	2122	1814	5943
「いいえ」回答者数	19	26	56	101

G. 「あなたは、将来、科学技術に関連する研究者や技術者になりたいと思いますか」及び「科学技術に関連する研究者や技術者になりたいと思わない主な理由」に関する生徒の回答

「SSH 事業」参加の生徒は、全体の約 44%の生徒が将来、科学技術に関連する研究者や技術者になりたいと思うと答え、残りの 56%の生徒の 6 割以上が、研究者や技術者になりたいと思わない理由として「他に、もっとなりたい職種があるから」を選択した。約 3 割の生徒は、「興味がない職種だから」を選択した。

特定実施群	割合 (%)			
	高1	高2	高3	全体
① 他に、もっとなりたい職種があるから	60.4	62.3	69.0	63.6
② 経済的に勉強を続けるのがむずかしいから	5.2	5.0	5.3	5.2
③ なるのが大変そうだから	14.0	14.3	10.5	13.1
④ 仕事がきつそうだから	6.0	5.5	5.1	5.6
⑤ 収入が少なそうだから	8.8	9.0	9.1	8.9
⑥ 興味がない職種だから	29.7	36.0	32.4	32.8
⑦ 自分が何になりたいのかわからないから	19.6	13.5	8.0	14.0
⑧ 将来のことは、大学に行ってから考えるから	11.4	11.4	10.8	11.2
「いいえ」回答割合	56.4%	58.8%	52.6%	56.1%
「いいえ」回答者数	1136	1251	981	3368
「はい」回答者数	879	876	885	2640

6. 考察

本調査結果から、特に SSH 事業に参加した生徒たちは、科学に対して全国平均よりも顕著に高い学習意欲を有していることは明らかである。それは、SSH 事業がそのような生徒のためにより発展した理数の学習機会を与える場として提供されていることから、もともと科学への学習意欲の高い生徒が参加しているからと考えられる。しかし、本調査結果は、学校の教育活動として、専門家招聘の理科学習、科学博物館等を訪問して行う理科学習、野外での理科学習、及び、理科の課題研究の取組みが重視されている学校の生徒は、より科学への学習意欲が高いことを示した。このことは、SSH や理科大好きスクールといった特定の科学教育振興事業が、生徒の科学への学習意欲を高めることに寄与していることとともに、事業の内容によっては、その効果に差が出ることを意味している。実際に、学校単位の比較では、専門家招聘の理科学習など取組みの頻度に学校間で差が見られることが、生徒による SSH 事業の評価の程度と関連していることが示された。

今後、SSH 事業が、科学への高い学習意欲を有する生徒を高等教育により多く送り出すものとなるためには、一人ひとりの生徒に、より充実した取組みが提供されることが必要である。しかしながら、財政的人的リソースの点で、提供できる取組みには限界がある。そこで問題となるのが、対象となる生徒の適性規模と提供される取組みの程度との関係である。また、同程度のリソースで、より効果的な取組みを行うことも必要である。この点は、一般の小中学校を対象とした理科大好きスクール（現在では理数大好きモデル地域事業）等の特定事業においても、効果を上げる上では重要な要因であると考えられる。

またさらに、SSH 事業の参加生徒の過半数が、将来、科学技術に関連する研究者や技術者になりたいと思っていないという結果は、たとえ SSH 事業の内容が科学への高い学習意欲を有する生徒を送り出すために最適化されたとしても、科学や技術に携わって生きていくことに必ずしも生徒は魅力を感じないことを示唆している。科学技術が、将来選択のより魅力ある領域として意識されるような社会となるための条件整備が進められなくてはならない。

そして、SSH 事業に参加している生徒たちが、「理科学習は重要だ」や「理科学習が好きだ」という意識が特に強く、「内発的動機に基づく理科学習」を頻繁にしていたり、「科学技術に関わる情報への関心」が強いといった特徴を示していることから、今後の小中学生を対象とした科学教育を通じて、このような意識の子どもを育てることが重要である。

これらの諸課題に今後取り組むことが、日本の科学技術人材育成全般に寄与すると考える。

第6章

理科好きの裾野を拡げ、トップを伸ばす科学コミュニケーション

小倉 康（国立教育政策研究所）

第1章で論じたように、日本の科学教育は、(1)科学技術系人材の育成と、(2)国民の科学的リテラシーの向上に向けて、子どもたちにより幅広い科学的素養と発展的な科学の学習機会を提供できる新たな教育システムを設計する必要がある。それは同時に、費用、時間、人的・物的リソース等、様々な制約下にある学校教育のみに依存しない社会全体での科学コミュニケーションを通じて子どもたちを育成するものでなくてはならない。本章では、社会全体で効果的な科学コミュニケーションを育む観点から、注目されるアプローチを紹介する。

1. インテル国際学生科学フェア（Intel ISEF）

まず、高校生の科学の自由研究の国際コンテストとして米国で毎年開催されている「インテル国際学生科学フェア」（Intel ISEF ; <http://www.isef.jp/>）を紹介する。Intel ISEFでは、世界中から選抜され集まった1500人近い高校生が、専門家に対してポスター研究発表を行い、博士号を有する1000人以上の科学技術の専門家が審査を行い、400人近い発表者が表彰されている。このイベントは、NPOが主催して50年以上継続実施されており、科学者技術者コミュニティの強力な支援と、企業・団体等の財政的かつ人的な支援を受けて実施されている。参加する高校生の多くが、将来、優れた科学技術の専門家になると期待され、ノーベル賞受賞者を迎えたシンポジウムなど専門家からのアドバイスを受けられるさまざまなセッションに参加できるほか、受賞者の多くに、高等教育で継続して質の高い科学教育を受ける機会や奨学金が副賞として与えられる。

こうした「科学技術系人材育成」に特化したイベントであるにもかかわらず、イベント期間中には、高校生が一般市民に対しても研究発表する日が設けられ、数万人の市民や審査員でない科学者や技術者が会場を訪問し、関心をもった発表者と科学コミュニケーションする機会が設けられている。私が参加して感じたことは、訪れる小中学生にとっては、研究発表する高校生は、憧れの存在として見られているということである。科学研究に没頭する高校生が、「おたく」ではなくて「スター」として扱われているとともに、そのスターたちと、科学を媒介として、コミュニケーションできる機会が子どもたちや市民に与えられていることに、科学好きな若者に対する社会的なイメージに関する日本との大きなギャップを感じた。日本では科学研究に没頭するような高校生は、珍しいとか変わっているとといったイメージで一般からは遠い存在として見られがちである。

また、別の会場では、日本の「科学の祭典」のようなイベントが同時に開催されており、数多くの大学や研究機関や企業の展示ブースで科学を体験したり科学者や技術者とコミュニケーションできるようになっている。このように、Intel ISEFは、幅広い市民の「科学的リテラシー」向上のための効果的な機会にもなるように工夫されている。このようなイベントが、インテルを始め、社会貢献活動に熱心な数多くの企業や民間団体の支援で実現していることも、科学教育と社

会との距離感が、日本でよりもはるかに近いと感ずるところである。日本においても、社会全体での科学コミュニケーションを推進するために、今後、民間企業により多くの支援を求めることが必要と考える。写真1～写真8は、2006年5月に米国インディアナ州で開催されたフェアの様子を記録したものである。



写真1 数千人が参加した初日の開会式の様子



写真2 開会式での日本から参加した高校生の様子



写真3 一般公開日には大勢の市民が会場を訪問



写真4 高校生のポスター研究発表会場で、市民や小中学生が発表者と交流



写真5 別会場では「科学の祭典」を開催



写真6 「科学の祭典」会場で近隣大学がアウトリーチ活動を紹介



写真7 最終日の授賞式の様子

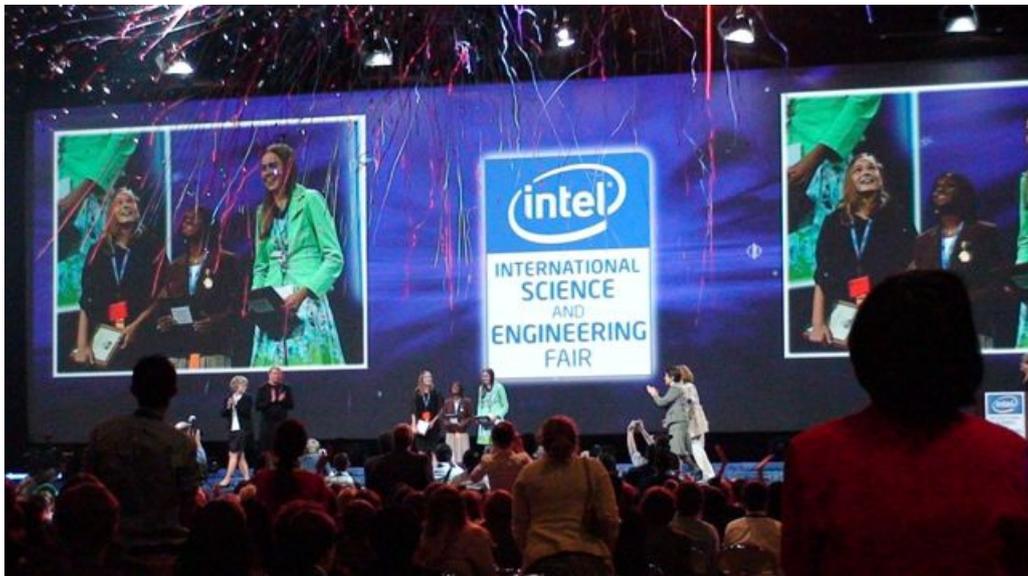


写真8 最高の賞を受賞した3人の女子高校生たち

2. 児童生徒の科学研究を通じた科学コミュニケーションの普及に向けて

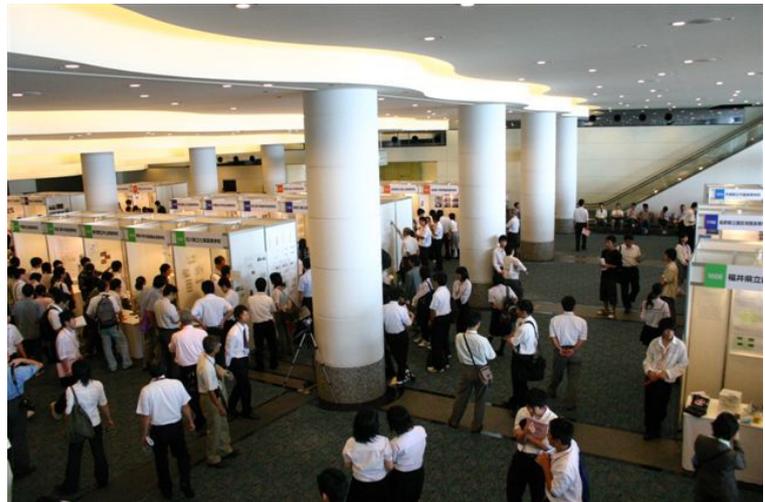
Intel ISEF では、一般公開日に、高校生が自らの研究を、訪れた市民や小中学生に説明することを通して、活発な科学コミュニケーションが交わされていた。小中学生にとっては、「スター」との交流によって、科学への学習意欲がさらに高められたと推測される。また、参加した他の高校生たちとの交流も仲間意識を育んだものと思われる。

日本でも、小中学生や高校生の科学研究コンクールは各地に存在する。しかし、彼らが、自らの研究を通じて、市民や他の生徒たちと直接コミュニケーションできる場面は殆どない。そこで、そうした機会が設けられている貴重な事例を以下に紹介する。

(1) スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会

これは、スーパーサイエンスハイスクールから、課題研究を行っている生徒たちが全国から集まり、研究発表を通じて、互いの交流を深めるとともに、優れた発表が表彰されるものである。研究発表では、互いの科学研究を理解しようと、活発なコミュニケーションが交わされていた。

さらに、ポスター発表会場では、高校生によるポスター発表に加えて、研究機関や大学も、研究プロジェクトやアウトリーチ活動の成果を紹介し、高校生たちと交流していた。



また、平成 18 年度の発表会では、2006 年の Intel ISEF 年次大会で動物学部門第 1 位を受賞した高校生（下山せいりさん）による研究発表が行われ、参加した 1000 人近い高校生たちの注目を集めた。発表後の質疑では、さまざまな質問に的確に応えられる発表者の姿が、参加した高校生にとっては憧れに映ったものと思われる。



生徒研究発表会に参加した高校生にインタビューして、科学研究に対する意識を尋ねた（インタビュー：西本昌司）ところ、概ね良好な意識がうかがえたとともに、このような交流会に参加することで少なからず影響を受けている様子もうかがえた。ただし、下線部のように、他の生徒たちと交流したことで、不安になったり自信を失ったりすることもあることがわかる。「SSHにおいても、理科好きで積極的に研究に取り組もうとする生徒がいる一方で、漠然とした不安を持つ者もいるようである。前者に対しては、国際大会や国内コンテストは目標になりうるものの、後者についてはかえって躊躇させてしまうのかも知れない。・・・ISEF 経験者の下山さんたちと参加生徒が熱心に話しているのを見ると、生徒同士の交流の中で、生の経験談を伝えられるのが一番と感じた」（西本昌司；名古屋市科学館学芸員）。生徒間の交流が大切であることがわかる。

<高2女子> 自由研究は楽しいと感じる。知らないことを発見することが楽しい。テーマはオーロラをしている。先輩の研究例からおもしろそうなテーマを選んだ。国際大会については知らなかった。

<高2男子> 二足歩行ロボットをつくろうとしている。難しいが、できるのは楽しみ。取り組みはクラブ活動がきっかけ。

<高2男子> 元素分析。昨年した自由研究は楽しすぎた。なぜか今は憂鬱。しかし、これからも研究はしたい。

<高3男子> 授業と違って、研究は良い。国際コンテストにとっても興味がある。でも、たいした研究じゃないので、まだまだ。

<高3男子> 授業はおもしろくないが、研究は楽しい。物理オリンピックでは予選落ちしたので、チャレンジしたい。

<高2女子> SSHになったばかり。研究はしたことがないが、これからやらないといけない。難しそうで不安。国際大会なんて無理無理。

<高3女子> グループ研究しかしたことがない。実験の条件合わせが難しい。土壌の研究をしようと思っている。研究は、理系の大学進学に役立つと思う。国際大会があることは知らなかった。コンテストに応募したこともない。

<高2女子> 理系にすすみたい。研究はやってみたらおもしろかった。コケの研究をしたかったが、先生提示のテーマから光合成を選んだ。先生の熱意についていこうと思う。英文アブストラクトもやっている。

<高2男子> SSHになって研究しなければならなくなった。他の展示を見て不安になっている。

<高1女子> カフェインや色素などの天然物の抽出の研究をしている。中高一貫の学校なのでのんびりしているから理科はダメ。国際コンテストは初めて知った。

<高1女子> 何を研究したら良いか悩んでいる。他の人の研究を見て驚いた。私にはできそうもない。

<高1男子> 研究はやればやるほど、やるが増えるのがおもしろい。

<高1男子> 中学の頃燃料電池に興味があった。高校に入って、風紋の研究をしている。研究は、先生といっしょに考えることができ、おもしろいと思う。授業だと頭使わない。国際大会では、英語をしゃべらなきゃいけないというイメージがある。

(2) 各地の取組み

① 岡崎市理科作品展

毎年、市内各小中学校から、児童生徒の優れた科学研究が出品され、体育館でポスター展示される。一部の作品は、児童生徒自らが発表する。市民ら 5000～10000 名が参加する。



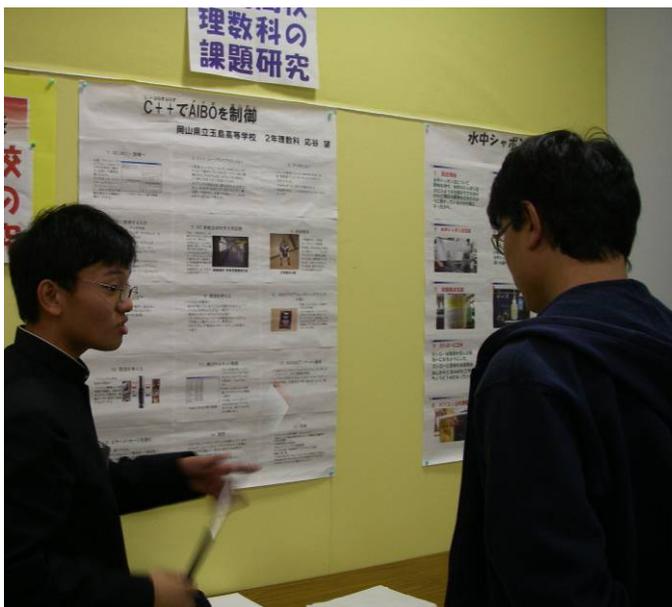
② 岡山県児童生徒科学研究発表会

毎年、県内各地で選考された小1～中3の約140名が自らの科学研究を発表する。56年間継続されており、審査委員長自身も、小学生の時に受賞経験を持つ科学者である。理科教師と科学者がボランティアで審査・運営に当たっている。親と子の絆、教師と児童生徒との信頼関係が深まるという。



③ スーパーサイエンスハイスクール 岡山県立岡山一宮高等学校の場合

2006年の岡山県での「科学の祭典」での新たな試みとして、高校生が自らの科学研究をポスター発表した。「予想外に多くの来訪者があった。数時間の内に発表する高校生のコミュニケーション力が格段に成長して立派に発表していた」（岡山理科大・野瀬教授）。「ポスター発表を経験すると一段とたくましくなるように感じます。多くの生徒から楽しかったという感想が出て嬉しくなります」（岡山一宮高・進藤教諭）。積極的な科学コミュニケーションを経験することで、生徒は一段と成長するようである。



④ 理数大好きモデル地域事業指定校 京都市立朱雀第四小学校の場合

21 世紀の社会を生き抜く子どもたちの「豊かな生き方を創造する科学教育」を推進し、「自然を豊かに感じる・自然に問題意識をもつ・主体的に課題を追究する・自然を愛し共生する・自然からの学びを生かす」科学好きの子どもたちの育成を目指して、数多くの特徴的な教育活動が実践されている。

中学生や高校生との交流のなかで「自分も高校で理科を専門的に勉強したい」とか「科学者になって～を研究したい」といった気持ちを育んだり、発展的な内容を学ぶことで科学の魅力を味合わせるために、「小・中学校理科合同授業（フレンドリーサイエンス）」や小・中・高等学校合同での「ミニ『青少年のための科学の祭典』」を開催している。また、「理科チャレンジスクール」では自由研究の優秀作品を発表したり、高校生が高校生活や将来の夢を話すなど、交流を深めている。

「全校自由研究」を実施しており、夏休み中は指導者全員が支援体制を組み、児童全員が自由研究をまとめ上げられるように努めている。毎年、京都市の科学研究コンテストや、創造性コンクールに多数出品し、認められており、多くの子どもたちの大きな目標や励みになっている。

その他、「ミニ科学教室」「あかしや自然研究員」「マイサイエンスの日」など、多様な取組みの中で、子どもたちの科学への関心を高め、科学の目を養うとともに、研究発表する力も身に付けられるように工夫されている。

3. 児童生徒が主役となれる科学コミュニケーション機会の演出

本研究で見てきた理科好きの子どもたちは、社会からさまざまな支援を受けつつも、自律的な存在として、将来の目標に向かってたくましく成長しつつある様子がうかがえる。そのような子どもの成長を促す科学コミュニケーションは、次のような特色をもっている。このような姿勢で子どもたちの育成に取り組むことが望まれる。

子どもを個として尊重する	<i>Respect as a human</i>
子どもを機会に恵む	<i>Enrich with opportunities</i>
子どもを情報に恵む	<i>Enrich with information</i>
子どもを励まし支援する	<i>Encourage and support</i>
子どもが主役となる	<i>Produce as a star or a main player</i>
子どもに切磋琢磨させる	<i>Compete and brush up</i>
子どもの努力を認める	<i>Recognize efforts</i>
子どもを格好良く見せる	<i>Show up in nice-looking</i>
仲間意識を育む	<i>Cultivate fellowship</i>

第7章 先進国における若者の科学の学習への関心低下

に関するOECDでの検討

小倉 康（国立教育政策研究所）

1. 先進国における科学技術人材育成に関する懸念

第二章で述べたように、多くの先進国ではすべての生徒を対象として科学的リテラシーの育成を目指した科学カリキュラム改革を進めつつある。しかし一方で、科学技術分野で将来活躍すると期待される優れた理工系人材をいかに確保するかは、先進国の重要な関心事である。OECD 諸国の中には、科学技術を学習し、その方面でのキャリアを目指す若者が、近年減少しつつあるのではないかという懸念がある。経済的に発展した状況では、金銭的収入、地位の安定性、労働環境などの点で、科学者やエンジニアを目指すよりも、より有利なキャリア選択が可能だからである。すでに多くの先進国では、優れた理工系人材を確保するために、何らかの対策に取組みつつある。

日本においては、理科離れへの懸念などを背景として、2002年度から文部科学省の「科学技術・理科大好きプラン」によって、「スーパー・サイエンス・ハイスクール事業」などの科学技術人材育成施策が展開されている。

欧州連合（EU）では、2000年のリスボンサミットにおいて、EUが世界で最も競争力のある知識基盤経済となることを目標に掲げ、2002年のバルセロナサミットにおいて、EUにおける研究開発投資のGDP比を1.9%から3.0%に引き上げるよう求めた。これによって、今後50万人以上の研究者が必要となると試算され、2004年に、EUでの科学教育改革を含む科学技術人材確保に向けた包括的な政策提言レポートが示された¹。そこでは、科学技術人材確保の鍵となる課題として、ヨーロッパの若者たちに研究開発の雇用を確保すること、科学技術を選択する学生数を減少しないこと、より多くの女性が研究開発に加わるようにすること、南ヨーロッパと東ヨーロッパの国々で、科学技術の開発を加速すること、多くのヨーロッパ諸国における教育の認めがたい退学率の高さを低減することが指摘されている。現在、ヨーロッパ全体で科学技術系人材の育成を促す取組みが進展しつつある。

OECDにおいては、加盟国における今後の科学技術系人材の確保の見通しへの懸念から、若者の科学学習への関心低下の実態と効果的な対策に関する検討委員会（OECD グローバルサイエンスフォーラム（GSF）「若者の科学学習への関心低下に関するワーキンググループ」）が設置された。その結果、近年科学技術系学生数が相対的に低下する傾向が確認され、特に数学と物理科学分野で学生数の減少傾向が顕著なことなどが明らかとなった。また、科学技術人材の確保に影響を与える主な要因として、①科学技術及び科学者技術者に関するイメージ、②科学者技術者へのキャリアパス、③科学技術教育のカリキュラム、④科学技術教育に携わる教師、⑤科学技術領域におけ

¹ European Commission: Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe (<http://europa.eu.int/>, 2004).

るジェンダーとマイノリティ、が見出された。さらに、各要因に関連して、効果を上げている国の施策についての情報を幅広く収集し、各国の参考となるようにまとめるための作業が続けられている。

筆者は、この OECD が設置した検討委員会の委員として作業に加わってきた。これまでに公開された情報には、本研究に関わるものが多く含まれている。そこで、まず、2005 年 11 月にオランダのアムステルダムで開催された OECD ワークショップの内容を報告し、続いて、2006 年 4 月に公表された政策提言レポートの日本語訳を掲載する。これらによって、先進国における若者の科学の学習への関心低下の傾向の実態と、それに影響している要因、各国で行われている効果的な取組み、そして、今後この問題に対処していくためになされた政策提言について報告する。

2. OECD ワークショップ「科学とテクノロジー領域における学生数の減少—それは事実か？原因は何か？何ができるか？」

OECD が検討委員会で進めてきた結果を広く公開し、政策文書（次項に掲載）の作成に向けた議論を深めるために、OECD がオランダ政府と共同で開催した国際会議である。参加者は、各国政府や政府系機関の関係者に加え、科学技術人材育成に関係ある組織・団体・企業・大学関係者、理科教師など、26 カ国から約 170 人であった。日本からは、文部科学省担当官、ジェンダー問題に詳しい都河明子氏（東京医科歯科大学）、科学技術キャリア教育に詳しい小川正賢氏（神戸大学）、科学技術理解増進活動に詳しい前田義幸氏（科学技術振興機構理解増進部）、及びワーキンググループ委員として筆者が出席し、2 日間の全体会と分科会の論議に参加した。以下にその概要を報告する。なお、本国際会議に関する詳細な情報は専用のホームページ <http://www.caos.nl/ocw> から公開されている。

① OECD ワーキンググループ「若者の科学学習への関心低下」委員会の検討結果について 数量的分析結果

まず、各国における理工系の生徒数、学生数の経年変化に関する数量的分析結果から、以下の傾向が報告された。

- ・ 科学技術の学習者には、相対割合的に、低下傾向が認められる。
- ・ 絶対量としては、数学と物理科学分野で減少が認められる。
- ・ 同様に、生物化学と工学においても、減少事例が見られる。
- ・ こうした減少傾向は、1990 年代に始まり、各国間では異なるパターンを示している。
- ・ 科学技術分野の学位保持者の重要な生産国でもあるいくつかの大国では、特に減少傾向が見られ、博士課程段階で顕著である。
- ・ この間、女性の参加は改善したが、学問分野の選択においては、ジェンダーによる特殊化が存在する。
- ・ 科学技術分野の男子学生数は、いくつかの国で減少している。
- ・ この間、外国人学生の参加も改善し、博士課程段階では著しい。

- ・ 今後数年の間に、非常に多くの教師と研究者が退職することとなり、入れ換えが必要となる。数学、物理や化学で十分な供給がなされるか懸念される。

なお、日本については、各教育段階の生徒数・学生数に関する統計の内容別分類方法が国際標準である ISCED と異なっているため、今回の理工系に特化した基礎データが存在しないことから、多くの項目で国際比較ができなかった。しかし、理工系大学生の減少傾向、女子学生の割合が極端に少ないが近年の増加割合が高いことは確認されている。

質的分析結果

次に、理工系生徒数・学生数の減少に関わる主要因として質的に抽出された 5 つの側面に関する検討結果と、OECD 各国における理工系人材育成のための対策とその効果に関する分析結果について、要因別に報告された。

5 つの「要因」とは以下のものである。

1. 科学と技術及び科学技術の専門家に関するイメージ
2. 科学技術におけるキャリア
3. 科学技術教育とカリキュラム
4. 教師教育、資質、研修
5. ジェンダーとマイノリティの問題

「対策」に関する検討は、規模の大小やトピック、対象、評価の有無など、報告件数は膨大に及ぶことから、それが政府のアクションプランであるかどうか、また、「ベストプラクティス」の例として相応しいかどうかで限定し、かつ、対策の対象とトピックが幅広い領域にわたるように選別された。

対策の対象としては次が想定された。

- ・ 幼稚園
- ・ 初等学校
- ・ 中等学校
- ・ 高等教育段階
- ・ 女性とマイノリティ、移民
- ・ トップ 5 % の生徒
- ・ 教師
- ・ 保護者
- ・ 一般市民
- ・ 経済界、産業界
- ・ 政治システム

対策のトピックとしては次が想定された。

- ・ 国の政策及びアクションプラン
- ・ 就職機会
- ・ 雇用パターン
- ・ 教材教具
- ・ 教育実践とカリキュラム開発
- ・ 教授ツールと評価手段
- ・ 産業界の関与

- ・教師教育，研修
- ・教師のステータス
- ・学校段階以降の接続（幼児→初等，初等→中等，中等→高等，高等→労働力）
- ・ジェンダー問題
- ・マイノリティ，移民の問題
- ・ロールモデル
- ・市民へのアウトリーチ
- ・科学博物館と科学センター
- ・科学技術のリソースセンター
- ・サマースクール，科学クラブ

結果として，政府のアクションプランとして，フィンランド，スウェーデン，オランダ，ベルギー（フランダース），韓国，ポルトガル，日本，ノルウェー，アメリカ合衆国から，多くの対策が収集された。

しかしながら，いずれの対策も，直接確実に効果を上げるといった内容ではなく，より包括的なアプローチの中で，全体的に効果が期待されるという位置づけである。これを「最も弱い接続よりも強い鎖は無い」（ひとつ一つの関係は弱くても，相互に接続を張り巡らせることが，何よりも強い関係をもたらす，という意味と思われる）という一般的表現で特徴づけ，さらに「それには時間がかかる」とし，政府の採るアクションプランが忍耐強い取組みであることを印象づけた。

「ベストプラクティス」を収集する際の基本的な仕様は次のものである。

- ・プロジェクトのタイトル
- ・実施国
- ・対象グループ
- ・関与するパートナー
- ・実施中か終了後かの別
- ・評価の有無
- ・説明
- ・より詳しい説明，レポートへのリンク

報告では，収集された「ベストプラクティス」の一部について，各要因につき2事例が紹介された。

要因1 「科学と技術及び科学技術の専門家に関するイメージ」の検討結果

肯定的な意識

- ・殆どの国では，調査結果は，市民のイメージは，全体として肯定的であることを示している。
- ・科学と技術は，社会とその発展にとって重要であると考えられている。
- ・科学者は，専門職の中でも市民が最も信頼しているものである。

否定的もしくは中間的な意識

- ・若者たちを含む一般市民は、「現実」の科学の世界についてよく知らない。
- ・科学と技術は、生徒たちにとってしばしば魅力のない科目と見られている。
- ・遺伝子操作された生物や再生生物のように、科学の社会的影響については懸念されている。

ベストプラクティス 1

「科学の週」(フランダースーベルギー)

- ー 1994年から毎年実施
- 対象グループ：一般市民と生徒
- 関与するパートナー：フランダース省，フランダース・テクノロジー国際財団
- ー科学の祭典：ハンズ・オン体験活動(参加者2万人)
- ー科学のめがね：16～18歳(2万7千人)
- ー科学プロジェクト：10～12歳対象の体験型科学
- ー第三者機関のプロジェクト：天文台，図書館，・・・

ベストプラクティス 2

「ユーロフィジックスファン」(ドイツ→EU)

- ー 2004年開始
- 対象グループ：一般市民，科学志向の生徒
- 関与するパートナー：私的財団，EU科学学生ネットワーク
- ーアウトリーチ活動を行う大学生グループ
- ーワークショップとツールの活用とのパッケージ
- ーショーは，大成功
- ー科学者に対する典型的なイメージの変化

要因 2 「科学技術におけるキャリア」に関する検討結果

- ・若者がある専門職を選択する第一の基準は，情熱と興味である。
- ・若者は仕事と家庭生活とをバランスさせたいと考え，科学はあまりにきついと見ている。
- ・若者は将来の職業での自律性を求めており，科学の場合，キャリアのかなり遅い時期まで，そうはならないことが多い。
- ・多くの国では，科学者の収入が比較的低い。
- ・科学技術のキャリアのひとつとして，教師は殆ど価値を認められず，給料も良くない国がある。
- ・メディアが，科学技術のキャリアを魅力のないものとして描いたり，非現実的なイメージを与えている。
- ・職の安定性に問題があり，経済サイクルに依存する。
- ・トップの生徒たちは，他の法律やビジネス，医学などの領域に魅力を感じる。

ベストプラクティス 1

「技術と科学の基礎学年」(スウェーデン)

対象グループ：高等教育段階の入学生（3万5千人）

関与するパートナー：国立の高等教育機関

- －中等教育で「科学を選択しなかった学生に2回目のチャンス」を与える。
- －修了すれば、大学に（理工系に）進学できる。
- －ジェンダー問題へのアファーマティブアクション
- －修了率は80%。進学後のドロップアウト率は、正規と変わらない

ベストプラクティス 2

「科学学生を引き寄せる」(オランダ)

対象グループ：中等学校生徒，大学生

関与するパートナー：大学（Nijmegen），中等学校教師，経済界・産業界

- －経済界・産業界との接続の研究
- －PRの方針
- －チューターシステム
- －カリキュラム改革と新しい教授方法

要因3「科学技術教育とカリキュラム」に関する検討結果

- ・若者は、しばしば学校での科学を退屈あるいは難しすぎると思う。
- ・エリートの特権家を育てる要求と、科学的リテラシーのある市民を育てる必要との、二重の目的の不調和
- ・生徒、特に年少の生徒では、ハンズ・オンを重視した理科のアプローチを魅力的に感じる。
- ・学校のインフラ、例えば、テクノロジーや実験施設が、不十分である。
- ・教えられている科学は、時に、無関係とか、「現実」の科学に結びつかないものであると見なされる。
- ・専門職スキル（コミュニケーション、チームワーク、など）は、科学技術カリキュラムにおいて、しばしば軽視されている。

ベストプラクティス 1

「La Main a la Pate」(フランス)

－2000年以降

対象グループ：初等学校児童と教師

関与するパートナー：教育省，初等学校教師

- －科学をより実践的にかつ体験的に教える
- －教師が新しいカリキュラムを実践することを支援するツールや、方法論的かつ教育的なツ

ル、指導書、インターネット支援サービスを提供
－方法、生徒の質問、実験による探究などの強調
－班学習を推進

ベストプラクティス 2

「Ciencia Viva - in schools」(ポルトガル)

－1996年以降

対象グループ：生徒、教師、・・・

関与するパートナー：教師、科学研究機関、・・・

－毎年、全国的なプロジェクト研究のコンテスト（3千以上。7千人の教師と、60万人の生徒が参加）

－学校と科学研究機関を結びつける

－「若者のための休み期間の科学」：1～2週間の研究実験施設での体験

要因 4 「教師教育、資質、研修」に関する検討結果

・多くの教師（特に、初等教育）が、科学技術領域での専門教育を殆ど受けておらず、内容的な知識を欠いている。

・初等学校の教師たちが科学技術を教える能力に自信を欠いており、そのため、科学技術の教科を教える能力が低い。

・存在する専門的研修は、質と量ともに多様である。

・国によっては、教師の社会的ステータスと経済状況が低いことがある。

・国によっては、特に科学技術領域で、教師を雇用することが困難で、また、彼らを教職に止めることがより困難である。

・高等教育教員

－彼らは、科学的専門性に基づいて雇用されるが、良い教師としてのスキルは求められない。

－大学教員の給与は、他の機会に比べて魅力的とは言えない。

－教えることよりも、研究が彼らのキャリアにとってより重要であり、やりがいがある。

ベストプラクティス 1

「LUMA－現職教師教育」(フィンランド)

－1996年以降

対象グループ：幼稚園教師、学校教師

関与するパートナー：教育省、国立教育委員会、地方自治体、教員組織、大学

－補助的現職教師教育

－情報とコミュニケーションテクノロジーに関する多くの研修コース

－研究体験を含む多くの研修コースと、授業に適したインターネット教材の開発

ベストプラクティス 2

「科学高校」(SSH) (日本)

－2002年以降

対象グループ：高校理科教師と生徒

関与するパートナー：高校(1%)，大学，研究機関

－科学，数学，テクノロジーの強調

－大学や研究機関から講師の招へい

－大学と研究機関との連携方策の推進

要因5 「ジェンダーとマイノリティの問題」に関する検討結果

女性

- ・ほとんどのOECD加盟国で，科学技術分野で著しく少数派である。
- ・領域の中には(生命関連など)，より多くの女性を引き寄せているものもある。
- ・能力は，問題とならない。
- ・女性は，特に科学技術領域では，しばしば同等な専門家として未だ受け入れられていない。

マイノリティ

- ・「マイノリティ」の定義は，国によって異なるが，多くの国で，ある特定のグループの人々で科学技術の学習の達成が低いという問題がある。
- ・女性やマイノリティの多くには，ロールモデルがない。
- ・財政的リソースと教育システムに関する知識を欠いている。
- ・社会経済的状況に大きく影響を受ける。

ベストプラクティス 1

「女性にテクノロジーへの新たな勢いを与える」(ドイツ)

－2002年以降

対象グループ：女子児童・生徒，高等教育卒業生，科学技術職の女性，学校，大学，企業

関与するパートナー：連邦教育省・研究機関，企業，大学

－女子の日：女子のための全国的なキャリアオリエンテーションの日

－学習に関する刷新的改革：コンピュータ科学，工学，自然科学でのコース改革，IT関連の職種

その他の情報

－Teache@D21：企業における日常業務への注目

ベストプラクティス 2

「NSFの科学と工学プログラムでのジェンダー研究」(米国)

対象グループ：科学技術のあらゆる分野での女子と女性の幅広い参加のための方策を研究する研

究者

関与するパートナー：NSF と、被助成者である学校、非公的科学機関、企業、大学
—NSF のウェブサイト上に、200 以上のプロジェクト研究を収録

今後の発展の必要性

今後の発展に向けて次が提案された。

- ・科学技術リソースセンター（カリキュラム開発、教材、現職教員研修、縦の接続、・・・）をネットワーク（連携）化するための国立の中核機関を新設する [各国政府]
- ・科学技術リソースセンター間でのコミュニケーションを促進する（スタッフ交流、焦点を絞ったワークショップ、・・・） [OECD]
- ・「ベスト・プラクティス」の収集、評価、及び普及のための調整役 [OECD]

この報告を基に、政策提言を導くための議論を進展させるため、参加者は要因別の作業分科会に分かれ、それぞれの分科会で、4～5人のパネリストの提案と全体質疑を行った。

作業分科会

1. 科学と技術及び科学技術の専門家に関するイメージ
2. 科学技術におけるキャリア
3. 科学技術教育とカリキュラム
4. 教師教育、資質、研修
5. ジェンダーとマイノリティの問題

②各作業分科会での協議結果について

1日目の午後に各分科会での協議が行われ、その結果は、2日目の午前中に、各分科会の責任者から全体報告された。各分科会からの提言事項を以下に整理して記す。

第1分科会「科学と技術及び科学技術の専門家に関するイメージ」からの提言事項

提言1

- ・政府と公的助成機関は、科学技術と科学技術職の本質や関連性を伝える活動を支援するための研究開発予算に、一定の割合を「取っておく」必要がある
 - 専門家から認められ得る活動であること
 - 適切なアクションプランが立てられ実行されること

提言2

- ・科学技術の学習と科学技術職とのギャップを橋渡しする活動が必要である。
- ・直接関与する関係者が含まれる必要がある。
 - 幼稚園、初等学校、中等学校（学習が継続するすべての段階で）

- －研究実験施設や研究機関
- －企業と経済界
- －非公的科学研究機関（科学センター，科学館，アウトリーチ機関・・・）
 - ・活動の例：
 - －重要な関係者間のネットワーク化（連携）
 - －キャリア関連の情報提供を支援
 - －現実性のあるロールモデルに光を当てる
 - －派遣プログラムのサポート

提言 3

- ・科学技術の社会との関連と科学技術の本質に関する一般的な知識を向上させる
- ・含まれる関係者：
 - －公的科学研究教育機関
 - －研究機関と科学技術の専門家
 - －科学技術のコミュニケーター（科学教育者，メディア）
- ・活動の例：
 - －科学技術の本質とその歴史的発展について教えること
 - －科学技術の専門家に対してコミュニケーション能力を訓練すること
 - －メディアと科学技術職の間での交流プログラム

第2分科会「科学技術におけるキャリア」からの提言事項

提言

1. 科学技術のキャリアの役割と職能（コンピテンシー）及びキャリアパスに関して，その状況を継続的にモニターし，若者がそうした職種の現実について情報を得られるようにする。このことは，産業界と教育界及び政府の共同の責務である。
2. 大学は，科学技術の学問を教える際に，チームワークやコミュニケーション及びプロジェクト計画立案といったスキルをカリキュラムで統合して扱うように，また，コースワーク（課題研究）や実践研究を取り込み実行するように改革すべきである。
3. 大学と学校，及び産業界は，中等段階の理科教師たちのスキルを科学の発展と産業界のニーズに沿って更新し続けられるように協力して取り組むべきである。
4. 中等教育は，産業界，大学と科学技術の卒業生と協力して，若者に科学と技術の興奮を実感し，個人的接触を通じて可能なキャリアの選択肢を把握することができるように取り組むべきである。

第3分科会「科学技術教育とカリキュラム」からの提言事項

政策者側では

- ・教育システム全体の改善につながる科学教育研究と認知科学研究により多くの時間とお金を費

やすとともに、これで得られる知識を、学校における実践に適用されるものとする。

- ・いかに特定の概念が学習されるかに関する知識理解が、カリキュラムは評価、教授プログラムと学習ツールに反映されるものとする。
- ・教師と教育研究者との間の交流機会を増やすこと。
- ・教育システムにおける変化は、確かな証拠に基づいてなされるべきであり、また、一貫性のある様態で実施されるべきであること。(生徒たちは、モルモットではない)
- ・カリキュラムは、より幅広くよりも、より深くあるべきで、教師たちに重要な概念についてより多くの時間を費やすことを可能にすること。全員が何もかもを学習ことは必要でなく、全員はいかに学習するかを学ぶ必要がある。
- ・もっとも大事な決定がなされる時期である中学校段階に焦点をあてること。
- ・すべてのレベルで、より多くの国際交流、国際協調の機会を設けること。

学級では

- ・学校の数学と理科を文脈に位置づけ、現実世界の例を用い、実際の人々に合わせる。
- ・学校数学の最終点は、微積分学よりも、統計学であるべきだ。それは、生徒たちが実際に生活で何を用いるかに関連が高いからだ。
- ・生徒たちに、自分で調査して自身の疑問に答えることによって、成功や失敗からいかに科学が学べるかを学習できるようにすること。
- ・大きさの比較など、数学的な基礎的概念は、できるだけ早い内に教え始めること。
- ・科学の興奮は、教師から生徒に伝えられるべきであるが、そのためには、教師が科学と数学について自信を持って難なく教えられるレベルにすることが必要だ。
- ・教師をより良い教師に、そして生徒を専門家やロールモデルに触れさせるための最近の ICT 技術の使用を教室内で可能にすること。

評価について

- ・最も優れた指導実践を評価し、教師がより良く授業できるための支援に用いるべきである。単に PISA 等の生徒の到達度だけが評価ではない。
- ・教えることに、より信望を与えること。
- ・インフォーマル（非公的）な教育手段を利用すること。
- ・大学教師は、より教育学を必要とする。

教師の支援について（第 4 分科会と重複する）

- ・教師たちに、キャリアの初期段階において、より多くの支援と少ないプレッシャーを。
- ・教師は、カリキュラムの変化に適応するためにより多くの時間を要する。
- ・教師に、キャリアの早い段階でサバティカルイヤー（研究のための有給休暇年）を与える。
- ・教育省が、教員養成や教員研修のためにより多くのリソースを提供すべきこと。

提言

1. 科学技術リテラシーをすべての生徒の基礎とする。
2. カリキュラムは教授学習に関する最新かつ最善の学問を反映させるべきである。

3. 現在何が起こりつつあるかを教え、過去のみには止まらないこと。
4. 生徒たちを発見の喜びに出会わせること。
5. 現実世界との関連性を示すこと。
6. 生徒たちを科学技術の多様なキャリアに出会わせること。
7. 科学教育システムのパフォーマンスを正しく評価し、生徒たちの評価に止めないこと。

第4分科会「教師教育、資質、研修」からの提言事項

提言1

学校と学校外とで、教師の資質を向上させるための柔軟な解決策を提供すること

- ・初等学校に産業界から専門家を引き入れることは、必ずしも成功するとは言えない。
- ・学校は、専門の内容的知識よりもより教育的なマインドを求めている。
- ・現職の教員研修プログラムを通じて、生涯学習機会を提供すること。

提言2

草の根的活動とトップダウン的アプローチの両面から、生涯学習システムを構築すること

- ・教師たちに、授業に関連し、教職の同僚と共有可能な授業に関する知識を発展させること。
- ・適正な学級規模や授業準備時間、技術支援者など、経営に関わる支援を与えること。

提言3

より多くの多様で差別化した給与体系を可能とすること

- ・教師に対して差別化した給与体系をとる事例は少ない。
- ・殆どは、ならした（フラットな）体系を採っており、他のタイプの報酬、例えば、サバティカルの休暇などを導入している。
- ・教師が知識を更新したり専門家となるための枠組みを提供するために、教師のプロファイルと給与体系とを統合する。

提言4

ネットワークや委員会を設置して、経験を共有するための基盤を整備すること

- ・異なる背景を持った諸問題に取り組むことは容易でなく、政治的社会的構造別に整備されること。
- ・授業で生徒に直接接する教師には、（異なる背景でありながらも）依然、共通する特徴が存在する。
- ・OECD がベストプラクティスや教員養成プログラムなどの交流のためのネットワークのリソースとして機能することを期待する。

第5分科会「ジェンダーとマイノリティの問題」からの提言事項

A. 背景

- ・女性と少数民族は、科学技術の学習とキャリアにおいて、世界中で、著しく少数派である。
- ・彼らは、科学技術の学習を専攻する人の数を増やすために、最も確実な資源である。

・こうした問題は行動を要請するものである。しかし、そこには、歴史的、社会的、経済的要因が複雑に介在している。

・ジェンダーとマイノリティの諸問題には、教育のできるだけ早い段階で取り組む必要がある（最も遅くとも11～14歳までに）

B. 提言

・OECD各国の科学技術の将来を担う者に関する基本的な問題であり、他の4つの分科会を含めて、本会合の全体に及ぶ問題である。

・したがって、本分科会からの提言は、イメージ、キャリア、カリキュラムそして教師教育と研修というトピックに基づいて構成している。

科学技術専門家のイメージについて

・中等教育段階の生徒のために、理科系大学生がチューターやロールモデルとなること。

・女性と少数民族によるメンター（指導）

・10代の若者が、選択に際して直面する困難（同輩からのプレッシャー、典型にはめられる、心理的効果、・・・）に対処できるよう、早期に始めること。

科学技術におけるキャリアについて

・大学や研究機関の内側と外側の両面で、多様なキャリアに至る道筋と結果があることにもっと気づかせること。

・学術キャリアにおいて、研究と同様に、教えることと指導（メンター）することに価値を与え、報いること。

・すべての非雇用者に対して、仕事と生活とのバランスの取れた方針を根付かせること。

・キャリアのアドバイザーに対して、ジェンダーとマイノリティについての理解を進めること。

・大学において女性と少数民族を雇用させる財政上の利点を与えること。

・すべてのOECD加盟国において、育児休業に関する共通の医療（保険）政策を整えること。

・女性や少数民族の研究者が、学校でのロールモデルを促進するために「タスクフォース」として活動する仕事に対して価値を認め、それに報いること。

カリキュラムについて

・教育学的方法と手段を多様化すること。

・学習コースを通じて、複数の入り口と出口を設定して、よりフレキシブルな学習の構造へと変化させること。出口は、労働市場により関連づけるものとする必要がある。

・社会的有用性や、問題解決、及び生徒を科学技術に引き寄せるための学際的な諸問題を利用すること。

・教授学習教材が、ジェンダーとマイノリティの内容的に相応しいか検査すること。

教師教育、資質、研修について

・教員養成と現職研修において、教師たちにジェンダーとマイノリティの諸問題に関する知識を向上させること。

- ・科学技術の教職に多様性を持たせること。
- ・科学技術の研修者と教育者との間で、新しい教育方法を設計し実行するための協力関係を構築すること。

領域を横断するテーマについて

- ・科学技術の生徒と労働者をモニターするために、調査データと研究を個別集計すること。「もしあなたが集計しなければ、あなたはわからない」。
- ・ジェンダーとマイノリティに関する主たる行動としての積極的な差別是正策が必要である。
- ・リーダーシップ： コーディネートしたり、調査データを収集したり、ベストプラクティスを普及させたり、コミュニケーションや次の主体による行動を促進したりするための至急の必要性がある。

－OECD

－EU

－各国政府

－産業界

－科学研究機関

③提言事項のまとめ

2日目の午後に行われた会議の総括に当たり、OECD側のワーキンググループ委員長のBonga氏が、本会合で得られた主たる提言事項を以下のようにまとめた。

提言

- ・政府と公的助成機関は、科学技術と科学技術職の本質や関連性を伝える活動を支援するための研究開発予算に、一定の割合を「取っておく」必要がある
- ・科学技術のイメージと魅力に関わる問題に対処するために、重要な関与者（教育界、経済界、政策立案者、生徒の代表）間でのネットワークが構築される必要がある。
- ・科学技術のキャリアの進展と内容をモニターし、すべての関係者に最新の情報を提供するための観測所を設置すべきである。
- ・生徒たちに、(現実的なロールモデルとの)個人的な接触を通じて、キャリア上の選択肢に関する知識を提供できるように、教育界と科学技術の専門家が連携を確立すべきである。
- ・科学技術のリテラシーは、すべての生徒たちの基盤である。
- ・教育内容を、現代の科学技術の実際とその社会での役割に関連させて、より魅力的にすべきである。
- ・科学教育システムのパフォーマンスを正しく評価し、生徒たちの評価に止めないこと。
- ・科学技術カリキュラムは、教育システムの異なる段階での生徒のより柔軟な進路選択を可能とすべきである。
- ・教師の知識と能力を更新するための適用可能な解決法とリソースを提供し、生涯学習システム

を発達させること。

- ・教師に追加の研修と資質向上を促すために、誘因と報酬が提供されるべきである。
- ・教師と教育のエキスパートのネットワークを構築して、経験とベストプラクティスを情報交換すべきである。
- ・教育の早い段階での女子とマイノリティの生徒をエンカレッジするための行動が必要である
- ・教師がジェンダーとマイノリティの諸問題に関する知識を高めておくことは、初期の教師教育に含めるべきである。

また、参加者との最終質疑では、今回のテーマに関して、これを議論と提言で終わらせるのではなく、提言を実現させるためのコーディネート機能を OECD が担うことが強く要望された。

④国際会議後の作業について

この国際会議の結果を受けて、ワーキンググループにて、最終答申としての政策提言レポートが作成された。ワーキンググループでこれまで作業してきた内容を基礎として、会議で新たに得られた事項も考慮し、次項で示す簡潔な政策提言レポートをまとめ、2006年春に公開した。

さらに、各国の参考となるように、包括的な情報提供のための報告書の作成作業が現在も続けられている。

3. OECD政策提言レポート

「OECD グローバルサイエンスフォーラム 科学とテクノロジーの学習への生徒の関心の変化 に関する政策提言」

訳 小倉 康 (国立教育政策研究所)

概要

2003年7月、第9回グローバルサイエンスフォーラム (GSF) 際、フランスとオランダの提案に基づき、若者の科学とテクノロジー (S&T) の学習への関心の低下に関するワーキンググループが設置された。関心の低下が現実に測定可能なものかを決定し、また、その原因と可能な対策を検討するために、OECDの包括的な分析が必要との見解で一致した。その結果とワーキンググループの提言は以下にまとめられている。

近年、科学とテクノロジーに関する学習者数は、絶対数では増加しているが、相対的には減少している。

結果：過去15年以上、殆どのOECD諸国は、高等教育における学生数の大幅な増加を経験してきた。S&T領域の学生の絶対数もまた全体としては増加を示している。しかし、S&T領域の学生の割合はこの期間中一貫して減少している。数学や物理科学などの学問領域では、特に懸念される傾向を示している。

提言：学生数の現在の傾向がもたらしうる影響に関する詳細な研究がOECD諸国によって取り組まれるべきである。それによって、高等教育において、また、よりテクノロジーが進んだ経済に連続的に移行する中で、望ましい安定性のある学生数について、需要と供給の展開が分析できる。

存在する統計データは、生徒の関心のレベルを測定したり分析したりする上で、十分適切なものとは言えない。

結果：近年の国際規模での教育に関する統計情報統合化の努力にもかかわらず、現在のデータでは、状況を十分に分析することができないし、矛盾した解釈にも導きかけない。さらに、生徒数のデータは、生徒のS&T学問領域に対する実際の関心を必ずしも反映しておらず、他の要因 (S&Tの高等教育の定員数など) によっても在学者数に影響する。

提言：一貫した、重要な範囲をカバーした数量的指標がさらに開発され、そのための国際的な協議と合意が必要である。特別な指標を用いた生徒の動機に関する長期的な研究を促進すべきである。

女性はS&Tの学習において依然著しく不利な状況にある。

結果：高等教育における女子学生の数は、男子学生のそれよりも急な勢いで増加してきたが、S&Tの学習を選択する女性の割合は、依然、殆どのOECD諸国において40%以下に止まっている。学問領域の選択は、強く性別に依存的であり、工学（エンジニアリング）や計算機科学は特に男子が占めている。教育期間を通して、根強いステレオタイプな見方が女子学生の選択に影響を与えている（マイノリティの学生にも同様に影響している）。

提言：女子学生数を増加させることが、最も目に見えてS&T領域の学生数の全体的増加に寄与できる方法であることから、政府は、積極的に平等な機会促進に努め、否定的なステレオタイプな見方を排除する措置を講じるべきである

生徒の選択は、S&Tに関わる専門家たちに対するイメージと、S&Tのカリキュラム、及び、授業の質に幅広く影響を受ける。

結果：生徒の学習と就職に関する意志決定は、第一に、ある特定の領域に関する興味に基づき、そして、その領域の職業についてどのような見通しをもつかに基づいている。教育内容とカリキュラムが、若者のS&Tへの興味を向上させ持続させるのに重要な役割を果たしている。早い年齢段階での科学とテクノロジーへの肯定的な関わりによって長期的に持続する影響を与えうる。学校での興味のわかない内容や効果的でない授業といった否定的な経験は、将来の選択にしばしば大変有害である。さらに、カリキュラムの構造も、子どもたち本来の好みを阻害することがある。S&Tの専門家や職業見通しに関する正確な知識は、方向付けるのに重要な要素であるが、現在はステレオタイプな見方や不完全な情報で溢れている。科学とテクノロジーは、高等教育における新しいより流行的な科目に良質な学生を奪われつつある。

提言：正確な情報を提供することが、S&Tの学習と職業への魅力を増すためのいかなる方策にとっても重要である。このことは、単に生徒に情報を与えるだけでなく、すべての関係者（教育、科学者、産業界、など）との相互作用をもたらすことを意味する。政府と関係機関は、教員研修と授業活動に対して適切な資源を提供すべきである。柔軟でより魅力的なカリキュラム構造をもたせ最新のS&Tの内容を提供すべきである。多くの政府と団体がS&Tのキャリアパスを促進する活動を手がけることで、ベストプラクティスと評価ツールに関する情報交換が、さらに重要になるであろう。

はじめに

教育システムのさまざまな段階での科学とテクノロジーに関する生徒数の変化は、近年多くの OECD 諸国の重要な関心事項であった。というのも、経済がますます複雑な知識と発展的な認知的スキルを要求するものとなっているからである。グローバルサイエンスフォーラムは、この問題に関する活動を、2003年7月の第9回会合で承認した。この問題は、OECDの科学技術政策委員会（2004年1月）と、教育委員会（2004年3月）の大臣会合で優先処理事項として認められた。

実行委員会（委員長はフランスのジャンジャック・デュビー教授）の提言に基づき、2004年7月のグローバルサイエンスフォーラム会合で、16か国と EC 及び OECD 事務局の代表で構成されるワーキンググループを設置し、オランダのショアード・ベンデラー・ボンガ教授を主査とすることが認められた。生徒の在籍と卒業割合に関する統計データは、19か国から提出され、関心低下につながりうる要因とさまざまな国での解決に向けた取組みに関する情報も合わせて分析された。

ワーキンググループの最初の結果と提言は、2005年11月にアムステルダムで開催された OECD グローバルサイエンスフォーラムとオランダの教育文化科学省の共催による国際会議で発表され、協議された。

今回発表する報告内容は、この会議を受けて、ワーキンググループがまとめた主な結果と提言である。統計データの詳細な分析と原因となる要因、及び、実施された解決法については、別途、より長い文書で刊行されるであろう。

目的

今回のグローバルサイエンスフォーラムの活動の全体的な目標は次の通りである。

1. S&T 学習における在籍生徒数の近年の数量的傾向を分析すること（特に、何らかの減少傾向を数量的に示すこと）
2. 生徒の選択に影響を与える背景的な要因を特定すること
3. 生徒の選択に影響を与えるために取り組める解決法を探ること

第二の目標は、現在存在する指標（インジケータ）の限界と複雑な現象のモデルを特定し、さらに拡大が必要なデータと共有できる情報を探ることである。

本調査は、関心低下の潜在的要因として、国家経済と社会経済の状況との関連には言及しないし、また、S&T 学生に対する需要と供給との関係にも言及しない。

1. S&T の学習を選択する生徒の数量的傾向

このグローバルサイエンスフォーラム (GSF) の活動を通して、新たなデータ収集に取り組んだ。というのも、現在の国際的な統計システムには深刻な制限があるからである。例えば、利用可能な情報は、これまで高等教育段階のみであり、また、学習の科目領域ごとの詳細なデータや過去にさかのぼれる期間についても不十分であった。更に複雑な問題として、国際標準教育分類 (ISCED) の改訂版が 1997 年に導入されたことで、教育段階の定義と学問領域の定義が、その変化を境に不連続なものになってしまっていた。

そこで今回の調査で収集した統計データは、次の 5 領域に関するものとした；生命科学、数学と統計、物理科学、計算機科学、工学 (エンジニアリング)。データは 4 つのカテゴリーでまとめた；中等段階／高等学校修了者、高等教育入学者、高等教育卒業生、博士課程修了者。学問的な学習と職業的な学習とは一緒にまとめた。もし利用可能であれば、データは性別と自国／外国生まれの別で作成した。調査対象の期間は、ほとんどのデータ分類については 1993 年～2003 年とし、いくつかの分類については、1985 年～2003 年とした。

データは 19 か国から収集された；オーストラリア、ベルギー (フランダース圏とワロニア圏)、カナダ、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、イスラエル、イタリア、日本、韓国、オランダ、ノルウェー、ポーランド、ポルトガル、スウェーデン、トルコ、イギリス、アメリカ合衆国。

S&T 学習を選択する生徒の傾向分析については、人口動向と、高等教育への入学のし易さの点も考慮した。(アメリカ合衆国などの) 数カ国を除いて、ほとんどの国では、15～19 歳の人口で明らかな減少傾向にある。しかし、この減少傾向は、EU の数カ国においては、ごく最近、増加に転じている。全体的に、人口減少傾向は、通常、後期中等教育への入学のし易さによって逆の影響を受けやすく、分析した国では後期中等教育で生徒数にやや増加の傾向が見られた。

同様に、高等教育での在籍割合は、1995 年～2003 年の期間にわたってすべての国で増加がみられた。著しい増加が見られる場合も少なくなかった。高等教育への入学のし易さは、幅広く、人口減少傾向を克服させるか安定的なものに導いてきた。

結果

A. S&T における生徒数の全体的な増加

OECD 諸国での高等教育への在籍者割合の増大の結果、S&T における生徒の絶対数は、1993 年～2003 年の期間、ほとんどの国で増加していた (図 1)。この傾向は、高等教育の異なる段階 (入学者、卒業生、博士課程修了者) で見られたが、中等教育卒業生については見られなかった (ただし、すべての国でデータが利用できたわけではない)。こうした傾向は、近年は多様化しつつある。しかし、こうしたデータからは、国ごとや学問領域ごとの重要な違いが見えに

くい。

B. 相対的關係における減少傾向

S&T の学生の絶対数が増加する一方で、同じ期間に、学生の全体数に対する S&T 学生の相対的割合については逆の状況が見られた (図 2)。この傾向は、高等教育のみならず、後期中等教育においても多くの国で見られた (図 3)。人口減少傾向と、高等教育への入学のし易さと組み合わせあって、OECD 諸国のいくつかでは、S&T 生徒の絶対数においても将来に減少傾向が現れると予想される。その他の国では、人口の回復が、この傾向を弱めると予想される。

C. 特に影響を受ける学問領域

合算した生徒数は学問間での重要な違いを見えにくくする。工学 (エンジニアリング) の学生は、殆どの国で、S&T 学生全体の 40% から 60% を占めるが、特に過去 10 年において、入学者数と卒業生数の水準は安定しているか増加の傾向が見られる。しかし、物理科学と数学については、逆の傾向が見られ (図 4)、生徒の絶対数においていくらか減少傾向が見られる。中には、これらの領域の学生の割合が、1995 年～2003 年の期間で半分にまで減った国がある。他方で、生命科学とエンジニアリングの学生割合は大まかには安定して、それは主として生命科学における女子学生数の増加に因るところが大きく、また、エンジニアリングのように、就職見通しのよい領域の学習への関心が高まっていることに因る。計算機科学の学生数についても、劇的に増加している。特に、物理からコンピュータの学習といった S&T 中での全体的な学生の選択における変遷の結果としての変化が見られる。

提言

特定領域での学生数が減少しているため、OECD の各国政府はこの現象の経済への影響と社会全体への影響についてより理解を深める必要がある。特に、GSF の活動は、教育の全段階における S&T 卒業生の将来的な需要を理解するために補足的な努力に継続されるべきである。需要と供給との比較は、在籍生徒数を変化させる新たな努力に取り組む緊急性の判断に役立つ。

2. 数量的分析の限界

数量的分析は、重大な制約と障害に遭遇した。それは、大きくは、各国データの特殊性に因るものである。理想的には、最適な生徒数の分析は、国々が同一 (あるいは非常に類似した) 修了や教育段階や生徒の分類に関する定義にしたがって提出された同質で完全なデータセットに基づくものである。さらにそうした定義が長期間にわたって変わらないことが必要である。しかし、このような状況でないため、分析はしばしば絶対数の比較よりも傾向や割合としての比較に止まった。

S&T を学習する生徒の数に基づいて特定の学問領域に対する学生の関心を推定することも注意が必要とされた。というのも、S&T の学習に関する学生数や選択、関心の程度の関連は複雑で非直接的でないからである。

結果

A. データセットの異質性は解釈を制限し、結論の不一致を導く

この調査で用いられた統計は、国際水準で徹底した詳細な状況分析を行うのに不十分である。要求された完全な情報を提供できた国は殆ど無く、分類の変更や、科学の諸領域での分類が利用不可能であったりした。特に、後期中等教育の修了者数については顕著であった。

さまざまな学問領域に関する ISCED 分類システム（1997 年改訂版）が存在するにもかかわらず、多くの国が、同質なデータを持っていない。すべての国が ISCED の定義を採用しているわけではなく、中には、その定義を異なって解釈していることもある（さらに期間中にその解釈が変更している場合もある）。こうした不一致によって、絶対数に関する分析は信頼性の低いものとなった。人の卒業数よりも当該年での修了者数を指標化している（学生の中には 1 年に 2 つ以上の修了書を得る者もいる）など、卒業生数が二度計数されることもある。このことが、全体数や増加割合の過剰を生み出すことがあった。また、国間で特定の学問領域の変化を比較することは困難であり、生徒をさまざまな分類で期間中の変化の傾向を分析することも、不連続性のために困難であった。同様の問題は、外国生まれやマイノリティの生徒の分類にも見られた。

B. 在籍者のデータは、必ずしも生徒の関心や動機を反映しない

数量的分析では、S&T 科目の生徒数における傾向を解析する。しかし、これは、S&T 学習に興味のある生徒数が減少している可能性を正しく測定できるとは限らない。例えば、S&T は名声ある学問であるために、入学定員が制限されていけば、S&T への興味が低下したからといって、すぐに生徒数の減少にはつながらないであろう。受け入れ可能な定員数に対して、それ以上に、必要な資格をもつ受験者がいるものである。たとえ、実際の受験者数は減少しつつあるとしても、入学者数は変わらないことになる。このように、科学を学習したいと思っている人の数に関する減少は、実際の在籍者数における減少と結びつかないのである。この理由のために、科学の学習への関心の低下は、在籍者数として記録されているよりも、より進行しているかもしれない。さまざまな学習領域に対する若者の実際的な興味や選択の背景理由を測定する動機の調査は、通常、1 回限りの実施か、(PISA のように) かなり長い期間をおいて実施を繰り返している。こうした調査は、重要な定性的な情報を提供しつつある一方で、興味や動機に関する十分な数量的測定としては認められない。

提言

- ・ 一貫性のある、意味深い、調査範囲の広い定量的な指標が、INES（国別教育システムインジケータ）事業の下で開発されつつある。この努力は、さらに促進されるべきである。傾向を正確に評価するために、国は国際水準で特定の指標に対して同じ要素を測定できるよう極力努力すべきである。例えば、卒業生や修了生の数と大学院生の数をはっきりと区別したり、外国籍学生についてより良い定義をもつ必要がある。教育統計における新しい ISCED の定義を用いることは極めて価値の高いことであるが、さらなる改善が必要である。例えば、科学と工学（エンジニアリング）の明瞭な区別や、（バイオメディカルエンジニアリングなどのように）ハイブリッドな学問領域を考慮に入れることなどである。そのような測定が学習領域ごとにこれまでになかった統計情報を各国にもたらすのに役立ち、そうしたデータ収集の実現を可能にする。より良いメタデータと入学者に関する個別のデータを集めるべきである。
- ・ 入学者と卒業生のデータは、それ自身では、S&T の学習への生徒の興味を監視（モニタ）するのには不十分である。にもかかわらず、それらの情報は大変重要であり、現象自体の分析に加えて、新たな政策の効果を測定することにも重要である。そのため、国際水準で、適切な分析モデルと指標が定義される必要がある。例えば、S&T 領域の定員に対する受験者数や、単なる在籍者数（国によっては入学に選抜試験を適用している）よりも学問的な水準を示すこと、中途退学者や転科学生を測定すること、（伝統的に S&T 学問領域を選択する）ベストな学生の実績に関する情報を入手することなどである。（PISA や ROSE といった）国際調査は、生徒の動機に関して調査しており、長期間にわたる傾向の分析を可能とすべきである。

3. 女性はS&Tの学習において依然著しく不利な状況にある。

女子生徒は、S&T の履修者数を増加させる最良の明らかな資源である。このことは、OECD 諸国のマイノリティグループに属する若者にも言える。彼らの選択に影響する要因と、これらの学問領域で成功を収めるのに影響する要因は重複している。しかし、こうした問題に取り組むことは、社会的経済的な要因を含む数多くの複雑な要因が相互作用するために容易でない。

多くの調査によって、男子と女子との間に、科学と工学（エンジニアリング）に関する経験や興味やそれらに対する態度に明らかな差があることが示されている。したがって、そうした態度が、彼らの学習選択における違いとなって現れることは驚くものではない。さらに、女子は事実や事物よりも人により強い興味を示す傾向があり、その違いが S&T が教えられる過程で増幅され、S&T のキャリアの認識に違いを生む。こうした差は能力に関するものではなく、女子は S&T においても同様に成功する傾向があり、特に、早い段階ではそうである。専門家の中には、男女ともに、平等な機会を提供するために教育プロセスを再設計することに取り組んでいるものもいるが、その仮定や手法、達成される結果などに関して未だコンセンサスを得るに至っていない。

マイノリティの学生の中には、S&Tの学習機会を殆ど受けていないものもいるが、多くの国で詳細な分析を欠いている。低い達成率と高い中途退学率を懸念するOECD諸国は少なくないが、社会経済状況や文化的環境的要因の違いなどにより、分析と解決法は複雑で困難である。

結果

A. S&T学習における女子の割合は、増加しつつあるが、依然、男子の割合に距離がある。

高等教育における女子学生数は、男子学生の場合よりも急速に増加してきた。しかし、S&T学習を選択する女子学生の割合は、男子の場合よりも依然低い（図5）。さらに、たとえ、S&Tの女子学生割合が最も低い国でより明らかな割合の増加が見られるとしても、最も効果を上げていると見られる国においてさえ、S&Tの女子卒業生の割合は、40%の天井を抜けられない。たぶん、特定のいくつかの領域を女子が選択的に選ぶ傾向があるためである。

B. 学問領域の選択は、強く性別依存的である。

殆どの国において、計算機科学と工学（エンジニアリング）の女子生徒の割合は25%未満である。対照的に、生命科学には、一貫して男子よりも多くの女子がいる（図6）。女子学生の割合は、分析された国々の中で、各学問領域においてかなり同質的であった。しかし、女子学生の入学者や卒業生の傾向をそれぞれの領域で見ると、それは国によってかなり異なっている。

C. 女子（とマイノリティの学生）は否定的な圧力やステレオタイプな見方を受けやすい。

若い女子生徒は、外部からの期待（保護者や教師や一般社会から）に関連してステレオタイプな見方に苦しんでいる。成績は男子と同程度かそれ以上であるにもかかわらず、女子は家族や教師や職業アドバイザーからS&Tのキャリアパスに進むよう励まされることは普通はない。教育のプロセスも同様のステレオタイプな見方を反映しがちであり、例えば、男子は創造性や想像力を褒められ、女子は困難な作業や忍耐といったより平凡な達成を褒められやすい。女子は彼ら自身の達成やS&Tを遂行する能力を過小評価する傾向にある。女子はまた、ロールモデル（有名な科学者や家族など）を欠いている。いくつかの研究が、家族にモデルがいることが、女子がS&Tの学習を進める能力に自信を強めることを示している。このようなステレオタイプな見方は、また、マイノリティに属している生徒にとっても当てはまる。女子もマイノリティの学生も、S&Tを学習する学生によって構成される同質的な男子に優位な大多数のグループの中で自分が孤立していると見ている。

提言

- ・ 優先的な手段を講じることによって女子生徒を有利にすべきである。そうして、S&Tの学生となりうる大きな予備軍を構成できる。しかし、これは「女子のみ」を対象としたプログラムによって達成しないことが望ましい。というのも、さまざまな利害関係者が、女子に対する信用度を低下させかねないからである。
- ・ 理想的には、均一なS&Tの教育システムをすべての生徒に対して適用すべきである。そして、すべての生徒が、彼らの潜在能力のすべてを、巧妙ありうは明白な差別を受けることなく、発揮できるものとすべきである。
- ・ 教員研修とカリキュラム及びロールモデルの開発に関する改革が必要である。学習状況と指導法が女子生徒にもっと魅力的となるように修正されるべきである。例えば、S&Tがもたらす社会的な利益を強調すべきである。
- ・ 教科間連携や生徒の相互作用を促進すべきである。
- ・ 女子とマイノリティの学生がS&Tに関するキャリアに進むことを支援するためのモニタリング（監視）プロジェクトを奨励すべきである。

4. 科学者に対するイメージは肯定的でも、S&Tの専門家になることの魅力は希薄になった

イメージと動機に関する調査は、若者の間で科学やテクノロジーに対する認識は概ね肯定的であることを示している。科学とテクノロジーは、社会とその発展に重要であると考えられている（SASやROSE調査の結果では、OECD諸国よりも発展途上国ではよりその傾向が強い）。しかし、特定の領域では、S&Tの環境や社会に与える否定的な影響に結びつけて心配もしている。科学者についても、その名声が後退しつつあるとしても、市民が最も信頼を置ける専門家であると見なされている（高位の企業人や政府関係者には科学者やエンジニアは皆無に等しい。また、S&Tのイベントに関するメディアの報告は、研究者自身に焦点を当てないため、研究者がその名前を知られることは殆ど無い。）

S&Tでのキャリアは、保護者から依然推奨されている。しかし、S&Tに関する若者の肯定的な見解とS&Tのキャリアに進みたいとする実際の意欲との間には、はっきりとした違いがある。S&Tを専門とする道は、発展途上国の若者には強い関心をひきつけ続けているけれども、産業化された国ではもはや通用しない。このことは女子にはさらに嫌われやすい（ただし、健康関連の専門を除く）。多くの若者は、こうしたキャリアとそのライフスタイルに否定的な認識をもっている。収入についても、携わる仕事量と求められる学習の困難さに比して、低いと見ている。科学が関連する専門職について完全あるいは正確な理解を有する子どもはほとんどいない。また、多くの子どもは、S&Tの学習によって開かれるキャリア機会の範囲について無知である。

結果

- A. 若者は *S&T* の専門家について、曖昧な考えしかもたず、しばしばステレオタイプに捉えている。

生徒たちは、*S&T* の専門家たちが何を実際に行っているのかについての知識をしばしば欠いている。彼らが知っていることは、しばしば人的な相互作用（多くは *S&T* の教師か家族の誰かと）から、あるいは、メディアを通じて得たものである。科学者は、通常、白衣を着た白人として描かれ、エンジニアは、汚れた退屈な作業をする人として描かれる。*S&T* の専門性が急速に進化するとともに、*S&T* の教師やキャリアアドバイザーは生徒に伝えるべき最新の情報をしばしば欠いている。したがって、若者は *S&T* の専門家たちが実際に何をしていたり、どんな生活をしているのかについて殆ど学ぶ機会がない。*S&T* を専門とするさまざまなキャリアは、全体的に展望や財政に貧しく職の確保に不安が増しているというメディアからの報告に影響されている。しかしこうした現象は、事実としては主として研究者に適用されるものである。加えて、若者たちにとって家族との人生を満足させることが重要であるが、そのことと、キャリアで成功を収めることが適度にバランスを保てる可能性について、*S&T* を専門とすると困難になると捉えている。

- B. *S&T* の学習を進めることと *S&T* のキャリアに進むことに対する前向きな決断は、しばしばより良い知識に結びついている。

S&T で働く家族や保護者をもつことが、生徒が *S&T* を選択する可能性を高めるという調査は少なくない。専門家と交流した経験は、生徒の選択に強い影響を与える。このことは、これらの専門領域での適切なロールモデルを持たない女子には特に重要である。*S&T* の学習を選択する決断は、また、伝統的な *S&T* の専門以外には、生徒のキャリアに関する知識に依存することになる。したがって、多くの生徒は、さまざまな教育経路を通じて、彼らに開かれる専門性の範囲に敏感であり、高等教育レベルの *S&T* の学習は、しばしば誤って技術的なキャリアに関するとても幅の狭い選択を導いてしまいがちである。

- C. *S&T* に関するコミュニケーションの影響をより正しく測定する必要がある。

多くの取組みが異なる段階で *S&T* のキャリアと学習を推進するために立ち上げられてきた。政府の動きは、しばしば社会における科学と科学者のイメージにターゲットを当ててきた（科学週間、科学の日など）。また、多くの取組みが専門的な科学関連機関によって提供されている。コミュニケーションは、科学そのものに焦点を当てがちで、*S&T* の専門の実像には焦点が当てられない傾向がある。若者の態度と彼らの学習やキャリアの選択の両者に実際上の影響を与えるさまざまな活動は、うまく評価されていない。さらに、さまざまな利害関係者間のコミュニケーションもしばしば不十分である。

提言

- ・ 生徒たちが、S&T のキャリアに関して、正確で信頼のおける情報、そして、非現実的だったり誇張されたりした描写の無い情報を入手できるようにすべきである。そうした情報は、独立した観察者によって集められ、教育のコミュニティや保護者や生徒に利用可能とすべきである。S&T の職業に関するより良い情報は、専門家との直接的な交流によって提供されるべきである。政府は、そうしたアウトリーチ活動と、その効果の測定のために、資源を確保すべきである。
- ・ OECD の会議では、多くの参加者が科学への関心低下に懸念をもつすべての人々が関与するような継続的な活動が必要と主張した。利害関係者（教育リソースセンター、産業界のコミュニティ、S&T 教育の専門家、生徒、教師のコミュニティ）間のネットワークを結成し、国間やコミュニティ間で、ベストプラクティスの情報を共有すべきである。

5. 科学とテクノロジーの教育とカリキュラムを改革する必要がある。

生徒の選択にとって、教育内容とカリキュラムは本質的な要素である。履修者数の低下の原因は、しばしば科学の授業が面白くないことや内容が難しいことに帰属される。

教育システムは、小学校と中学校段階で、2 つの矛盾する要求を満たす必要がある。第一は、すべての市民が所有すべき S&T の基本的な知識を身に付けさせ、科学的思考に精通させ、また、科学への好奇心や関心を発達させることである。第二は、将来の S&T の専門家につながる詳細な知識を提供することである。第一の要求は、より参加型のアプローチで興味関心に焦点を置いているが、第二の要求は、より概念的で発展的な教材を教えることを伴う。二つのタイプの教授方法と内容を適度に混ぜ合わせて用いることが困難である。この問題は、長い間理科教育での議論の中心にあった。

結果

A. 早い段階で S&T に肯定的に触れることが大切である。

生徒たちの教育とキャリアの選択は、主として、ある特定領域への興味と、情熱に基づくものである。S&T に対する興味は、小学校の早い段階で現れ、長期追跡的調査では、こうした興味は 11 歳と 15 歳との間にほぼ安定することが示唆されている。早い段階での体験を促進することは、教師（S&T への自身と魅力を高めること）、教育内容（ハンズオン体験）と生徒（教科外活動、コミュニケーション、など）によって可能となる。

B. S&T の学習に対する意見を持たないことは、しばしば否定的な教育経験につながる

小学校の子どもたちは、科学とテクノロジーに対して素朴な好奇心を持っている。しかし、彼らの教師の多くが十分な研修を受けていなかったり、科学が不得意だったり、ハンズオンの実演が苦手だったりする。指導は、しばしば理解よりも記憶に頼りがちとなり、重い作業負担から、実験に時間を殆ど割くことがない。中学校では、生徒たちは教科と社会や実世界との関連を感じたいと認識する。ところが不幸にも、教えられる事柄がしばしば先端的な科学や今日の S&T の応用と乖離していて、より年少の時に獲得した興味を削ぐことになりがちである。S&T への興味は 15 歳辺りで最も急激に低下することが観察される。このことは、また、性別の区別が将来の方向性の選択に結びつく時でもある。残念にも、カリキュラムはしばしばあまりに難しく、主たる教科として S&T 領域を選択しない生徒が、後になって科学に戻ってくることは無いのである。

C. 高等教育において、S&T は新たなより流行的な科目と競合しなくてはならない

生徒の興味を失うことによって最も影響を受ける学問は、高度に理論的な内容をもつ数学や物理や化学である。後期中等教育や高等教育段階では、S&T の科目は、新たなより流行的科目（マネージメント、マーケティング、メディア研究、など）や、より就職市場にかんれんしたり社会的関心のある職業的な科目と競合しなくてはならない。内発的な興味他には、キャリアの展望は、若者の選択に影響を与える最も重要な要因である。実験結果は、大学で学習する学生数は、S&T に関係するキャリアに関するより良い情報を与えることと、より関連性がありより興味深い内容を反映した高等教育プログラムを再編し再定義することによって増加することを示している。

提言

- ・ カリキュラムには、より早い段階で別の選択をした生徒たちが、S&Tの学習に戻ってきたい時に2度目の機会を提供できるよう、より柔軟性を持たせる必要がある。
- ・ カリキュラムは、現代の実際的な科学とテクノロジーをうまく反映するように再設計されるべきで、また、社会に対する科学とテクノロジーの貢献を強調する必要がある。焦点化されるべき特定の活動としては、S&Tの専門家と交流することに、最先端の科学とテクノロジーと現代生活における応用的側面に触れさせること、S&Tの役割と社会的関連性についてディベートさせること、及び、科学授業で人間性を強調する活動である。授業はまた、情報のみに頼るのではなく科学の諸概念や諸方法の教授により焦点を当てるべきである。こうした目標が特に中等教育では重要となる。
- ・ 高等教育のS&T教育においては、専門的なスキルと学際的な学習が促進されるべきである。過度に専門化されたり、社会的要素を欠いたりしたカリキュラムは、いくらかの生徒のグループを、S&Tの学習から遠のけてしまう。さらに、コミュニケーションやプロジェクトマネージメント、チームワークなどのスキルは、S&Tキャリアにおいても次第に価値が高まりつつある。S&Tの展望を拓げる新たなプログラムは、多くの生徒、特に若い女子学生に対して、より魅力のあるものとなりつつある。

6. 教員研修と教員資格に注意が必要である。

とりわけ小中学校段階で、生徒の将来への学習やキャリア選択に教師が与える影響が大変重要であると常々報告されている。知識の伝達に加えて、教師は（直接、間接に）キャリアアドバイスを提供し、また、彼ら自身がロールモデルとなる。

教師の初期研修と継続する研修は、教授の質と、科学とテクノロジーの学習に対する生徒たちの態度に影響する動機付けの要因にも影響を与える。しかし、教師は、彼らが教授法を反省したり、自身の知識を拡張させるためのリソースや機会を欠いているとしばしば報告する。国によっては、S&T領域での教師を採用することが徐々に難しくなっている事実に懸念を表明している。

結果

A. S&Tに関する不十分な知識がS&T科目に対する教師の自信に影響している。

調査した多くの国では、大抵の小学校教師は非理工系の教育を受け、また、S&Tに関する特別な専門性研修を受けていない。中等教育においても、教師が自分の能力適性を欠いている教科を教えることを求められた場合は、同様の事態となる。小学校段階では、教師たちは科学的方

法の本質を伝え、子どもたちに興味と熱心さを育むことが期待されるが、教科と知識と子どもに感じて欲しい事柄について不確かであると、そのことは困難である。

B. 教師たちはS&Tに関する最新の知識とキャリアに関する情報を必要としている。

科学とテクノロジーは、急速に進化する教科であり、多くの国では中等教育の教師の平均年齢が高い。さらに近年の発展に関する研修が、しばしば欠落していたり、理論的な内容の説明を欠いている。結果として、彼らは職務に強い意欲をもっているにもかかわらず、S&Tの多くの教師たちが、彼らの知識の更新を必要とし、生徒たちが最も興味をいただく最近のS&Tの発展に精通していない。科学的なキャリアについても急速に変化しているが、殆どの教師たちは生徒たちのためにキャリアの展望に関する情報を入手する手段をもっておらず、したがってキャリアアドバイスに積極的でない。

D. S&Tに関する肯定的なイメージを伝えるには、熟達した指導が必要である。

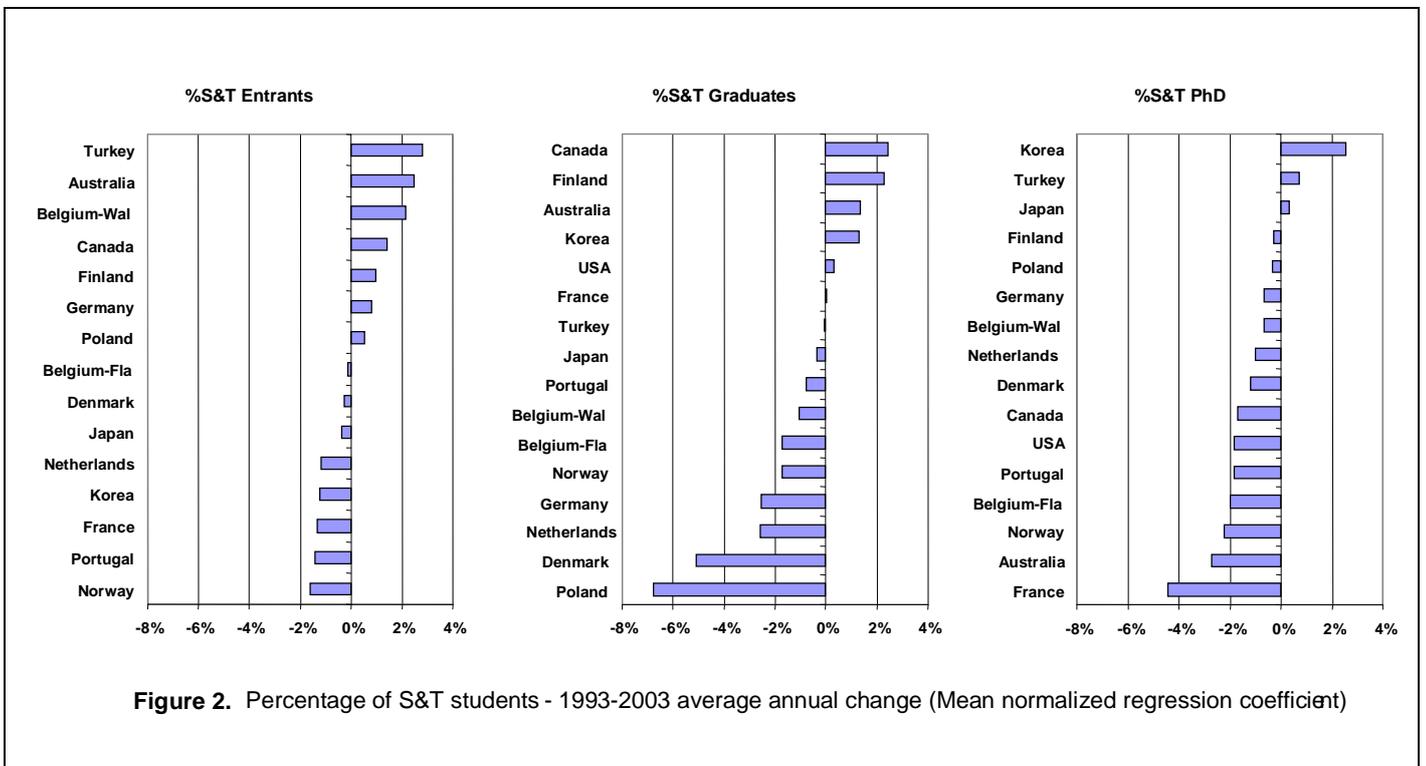
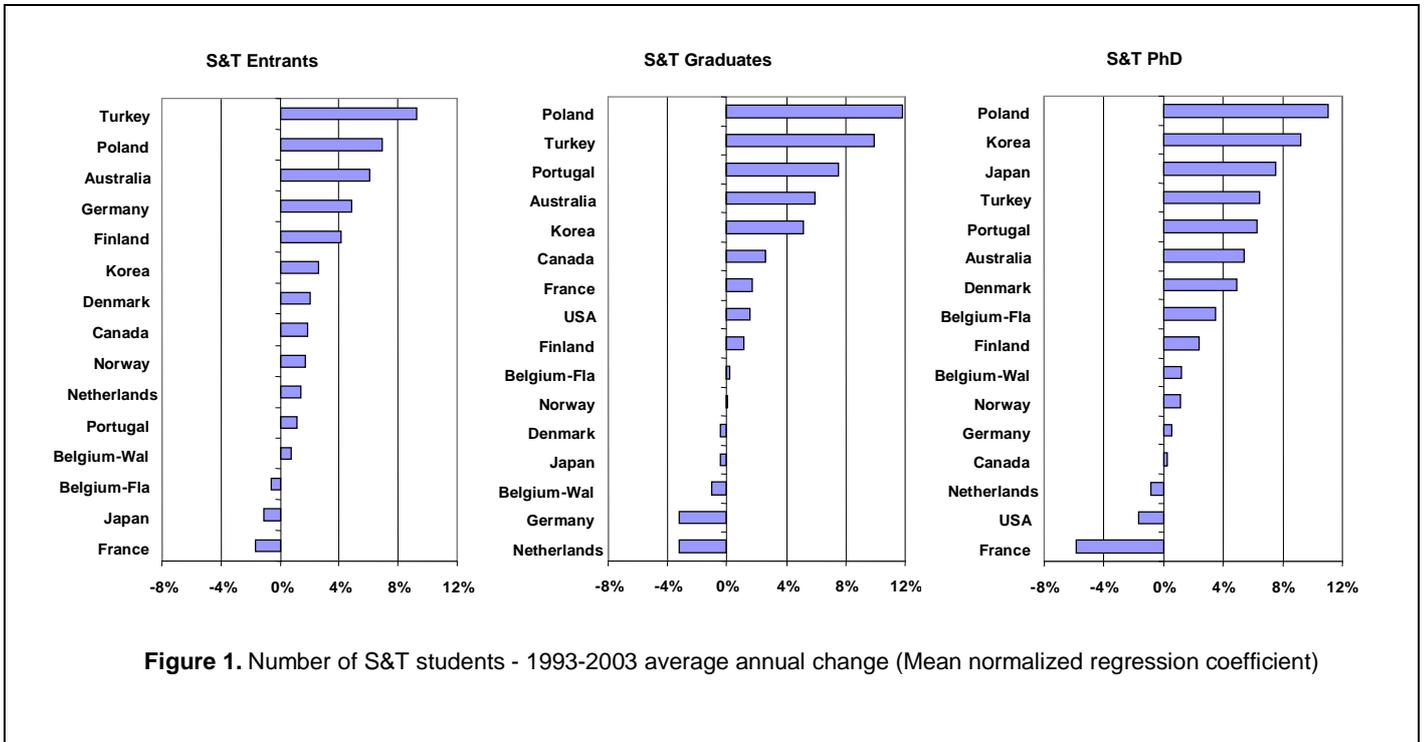
科学とテクノロジーの学問領域は、通常、難しいものとして捉えられており、生徒の成績は、一般目的の能力全体の測定結果としてしばしば用いられるため、生徒と保護者にとって不安を生み出している。こうした障害を克服するためには、良質な教授スキルが必要で、S&Tに関する強い内発的な価値観を育み、S&Tのキャリアの利点を伝える必要がある。しかし、S&Tの教師たちは、しばしば、彼らの特定の教科の資質能力を基礎として採用されるため、こうした必要性に対応できない。多くの国では、教員採用は、教授スキルに関していかなる必須要件も示していないか、継続する研修をもたない。特に高等教育でこの問題は深刻であり、教師たちは、通常、彼らの研究成果のみで評価され、高い中途退学者割合につながる要因となっている。

提言

- S&Tに関する研修を必要としたり再教育を受ける教師たちに、誘因やリソースが与えられるべきである。それは、生涯学習の柔軟な枠組みの一部として提供されるべきである。教師たちは、彼らのスキルと知識をを向上させる努力に対して報われるべきである。それは必ずしも経済的な報酬でなくてもよく、例えばサバティカル（長期研修）の形式でもよい。特別な初期研修も必要である。教師たちはそれによって、無意識に生徒たちに、特に女子やマイノリティの学生に、伝えるかもしれないステレオタイプな見方に対する認識を深めることができる。報酬は教師とS&Tコミュニケーションに時間を割く学者に対して与えられるべきである。
- 教師たちの諸協会と教育省が協力して、小学校から大学段階までの教師のネットワークを構築し、S&Tの学習に関する要件や教授実践についての情報を共有すべきである。教育の段階によって状況は異なるけれども、教師のコミュニティ間で討議し共有すべき共通の特徴や教訓が存在する。

Appendix 1

Figures



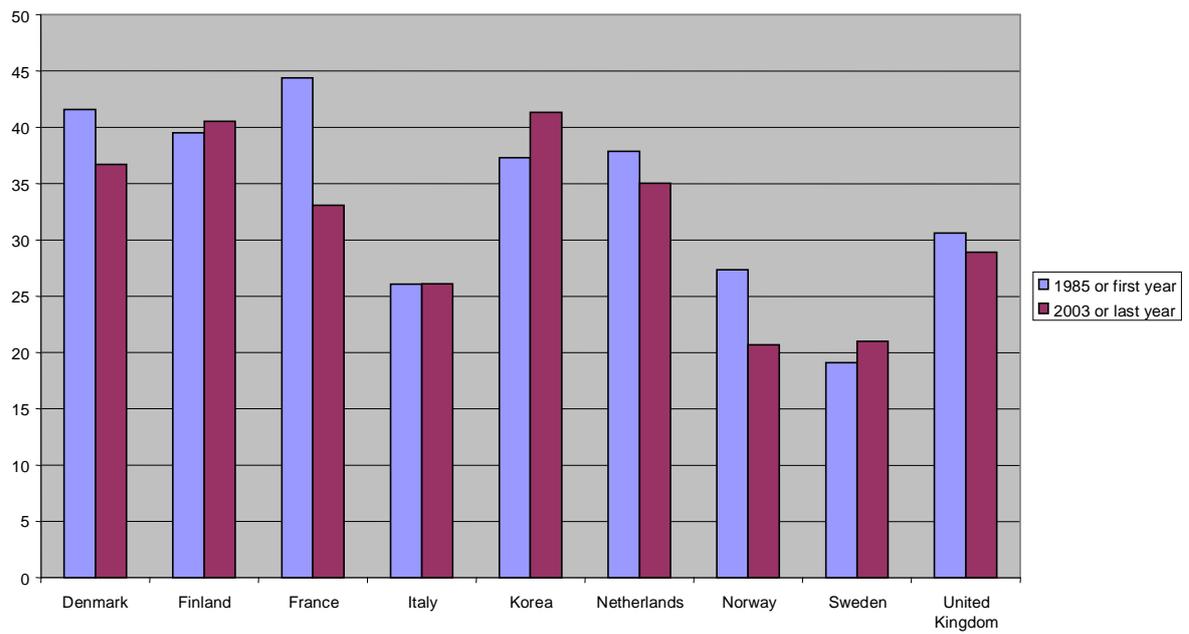


Figure 3. Percentage of upper secondary graduates with an S&T orientation

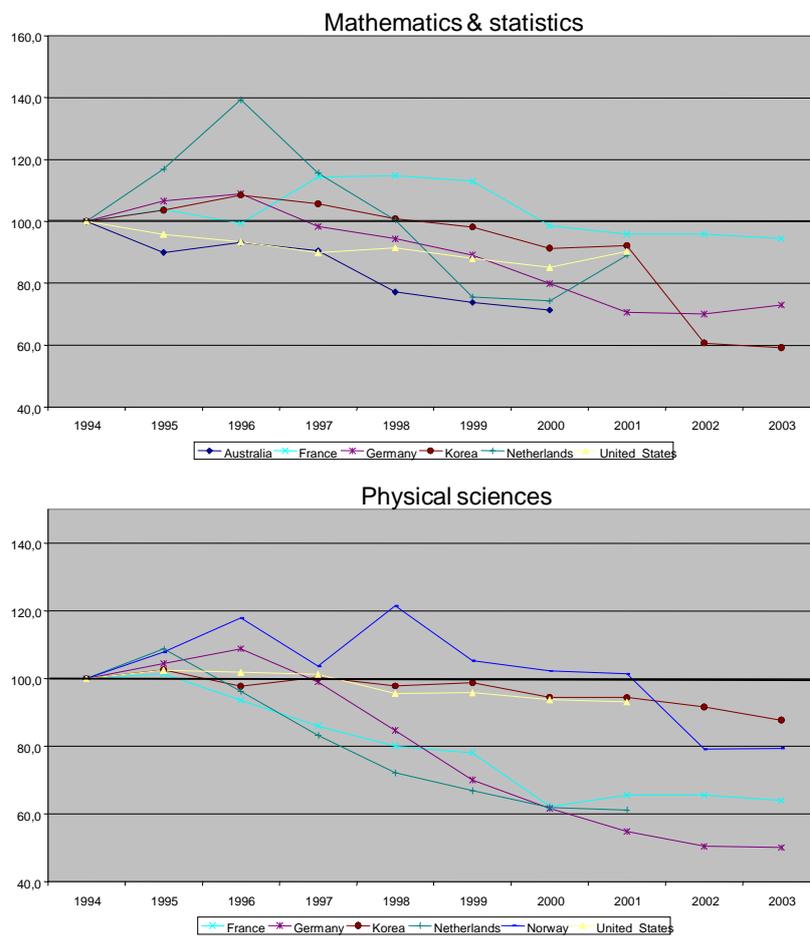


Figure 4. Total number of tertiary graduates in mathematics & statistics and physical sciences. Index 100: 1994

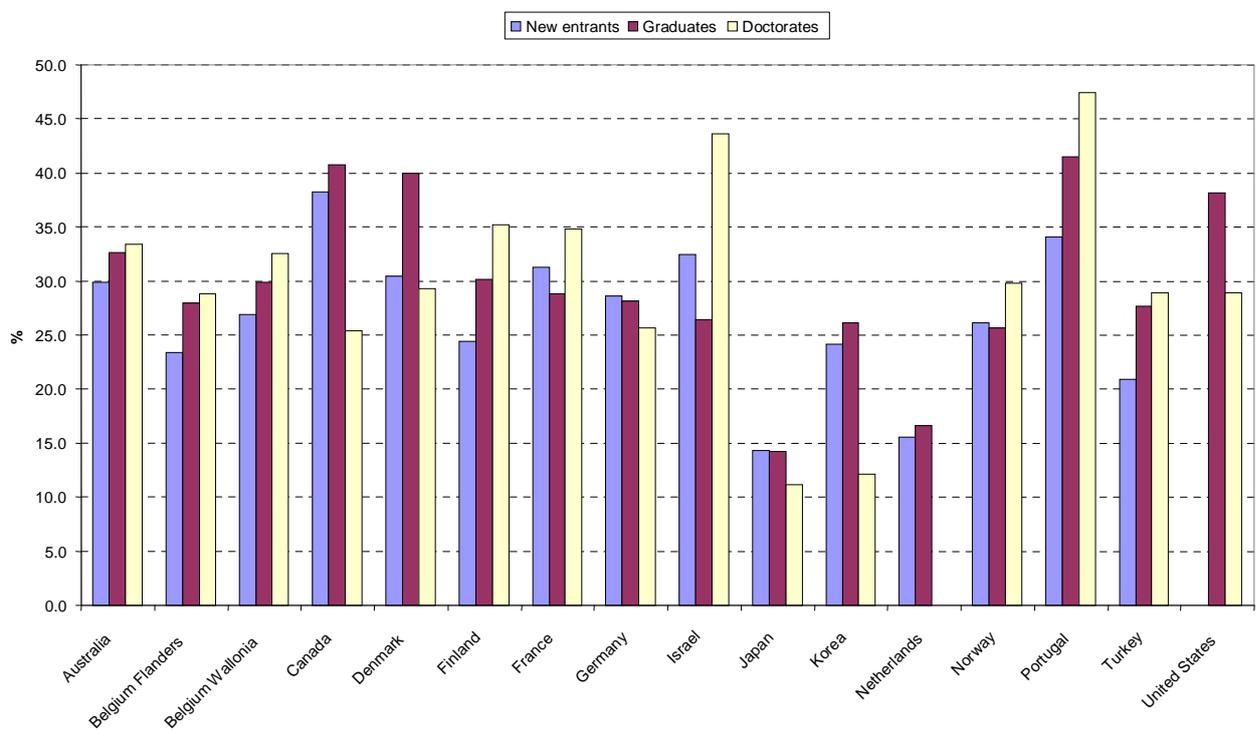


Figure 5. Percentage of female students in S&T disciplines - 2003 or latest year available

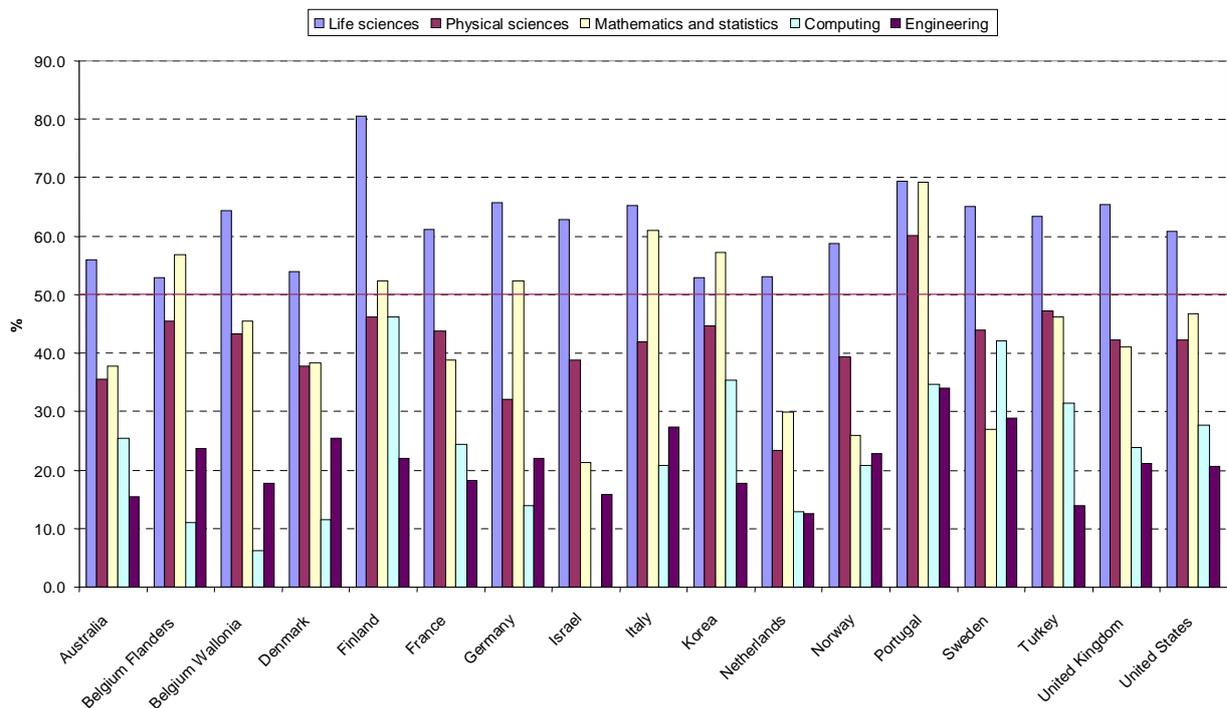


Figure 6. Percentage of female graduates by S&T disciplines - 2003 or latest year available

Appendix 2

List of participants to the Working Group

* Members of the Steering Committee, ** Chair of the Steering Committee

Chair	Sjoerd Wendelaar Bonga	Radboud Universiteit Nijmegen, The Netherlands
Australia	William Thorn	Department of Education, Science and Training
Belgium	Sabine Borrey*	Ministry of Flanders
	Henri Eisendrath	Vrije Universiteit Brussel
	Pierre Feyereisen*	Université Catholique de Louvain
Canada	William M. Coderre*	NSERC
Denmark	Nils O. Andersen*	Niels Bohr Institute, University of Copenhagen
	Kurt Johannesen	Ministry of Science, Technology and Innovation
European Commission	Stephen Parker	DG Research
Finland	Hannele Kurki	Academy of Finland
	Marja Montonen	National Board of Education
	Anneli Pauli *	Academy of Finland
France	Jean-Jacques Duby**	Observatoire des Sciences et Techniques
	Pierre Malléus*	Ministère de l'Éducation Nationale
	Magda Tomasini	Ministère de l'Éducation Nationale
Germany	Christian Kerst	Hochschul-Informations-System GmbH
Ireland	Eamonn Cahill*	Forfás
Italy	Enrico Predazzi*	University of Torino
Japan	Yasushi Ogura *	National Institute for Educational Policy Research
Korea	Ki-Wan Kim	Korea Institute of S&T Evaluation and Planning

		(KISTEP)
	Jungil Lee*	Korea Institute of S&T Evaluation and Planning (KISTEP)
	Myungsoo Park	Science & Technology Policy Institute (STEPI)
Netherlands	Jacky Bax*	Ministry of Education, Culture and Science
	Roeland Oevering*	Ministry of Education, Culture and Science
	Piet Timmermans	Radboud Universiteit Nijmegen
	Marjolijn Vermeulen	Platform Science and Technology
Norway	Doris Jorde	University of Oslo
	Svein Sjøberg*	University of Oslo
Portugal	Joao Caraça*	Fondation Calouste Gulbenkian
Sweden	Max Kesselberg	Ministry of Education, Science and Culture
USA	Barbara Olds*	National Science Foundation (NSF)
	William Frascella*	National Science Foundation (NSF)
OECD	Laudeline Auriol*	Economic and Analysis Division
	Valérie Hemmo	Global Science Forum
	Frédéric Sgard*	Global Science Forum

第8章 CASE：英国における先進的思考力育成プログラム

小倉 康（国立教育政策研究所）

1. CASE プログラムの概要

本章では、英国における論理的思考力の育成に効果を上げている先進的な教育プログラムとして、CASE (Cognitive Acceleration through Science Education) を取り上げる。CASE は、英国ロンドン大学キングス・カレッジ校で、1980年代に開発された科学教育プログラムである。論理的思考力が具体的操作期にある生徒をより効果的に形式的操作期に引き上げるために工夫された学習プログラムとなっている。CASE の学習は、11歳から14歳までの生徒の論理的思考力を発達させることを目的として、正規の理科授業とは別に、1回70分程度の授業ユニットが2週間に1度ほど、2年間に渡って行われる。

CASE の教材は、以下に示す計30回の授業で構成され、各授業は、「変数」や「分類」「比例」「相関」といった論理的思考パターンのいずれかを学習するために、「ワラジムシの行動」や「サイコロを投げる」といった具体的な素材を用いて指導するものとなっている。数回の授業を通して、生徒たちは、徐々に特定の論理的思考パターンに習熟し、その思考パターンを自分で別の状況に適用できるように促される。

CASE での30回の授業名と育成する論理的思考パターン

1 変わるものは何か？	変数
2 2つの変数	変数
3 どんな関係か？	変数
4 「公正な」テスト	変数
5 転がるボール	変数
6 グループに分ける	分類
7 さらに分類する	分類
8 ギヤと比率	比例性/比率
9 手押し一輪車	比例性
10 幹と枝	反比例性
11 つりあいを保つ	反比例性
12 電流と長さ、太さ	反比例性
13 豆をサンプリングする	確率
14 豆の成長	確率
15 選択肢	組み合わせ
16 相互作用	変数
17 コインを回す	確率
18 お茶の味見	確率

19	ワラジムシの行動	相関性
20	処理と効果	相関性
21	サンプリング：池の中の魚	確率
22	サイコロを投げる	確率
23	物質の状態を説明する	形式的なモデル
24	溶液を説明する	形式的なモデル
25	化学反応を説明する	形式的なモデル
26	圧力	合成変数
27	浮かぶ、沈む	合成変数
28	丘を登り谷を下る	平衡
29	ダイバー	合成変数
30	つりあいをとるもどす	平衡

CASE プログラムを実施した学校群では、生徒が CASE の学習を終えてから数年後に行われる中等教育一般資格試験 (GCSE) において、「科学」の成績のみならず、「数学」と「国語 (英語)」についても、CASE を実施していない学校群と比較して、統計的に明らかに上回った成績が得られている (詳細は、次稿のフィリップ・アデイ氏の論文を参照)。これは、論理的思考パターンに、「比例」や「相関」「確率」といった数学的な考え方が含まれていることに加え、「国語」の主たる教育目標の一つが「論理的思考力の育成」であるように、CASE によって論理的に考え、表現する能力が高まり、国語での文章の意味や構造を理解したりうまく表現したりする力に良い効果をもたらすのだと考えられる。

CASE の成功を受けて、現在では、さまざまな領域での「認知的加速プログラム」が開発され普及しつつある。数学の題材を用いるものは CAME と呼ばれ、CASE と同様に中学生に対して 2 年間で 30 回の授業ユニットが設定されている。テクノロジーの題材を利用した CATE というプログラム、より年少児向けの認知的加速プログラムとしては、小学校中学年向けに Let's Think through Science, さらに低学年向けに Let's Think が開発されている。また、最近では、CASE の理論を採り入れつつ一般的な理科の教科書として、中学生向けの Thinking through Science が開発されている。

このように、CASE に続いて、多くの認知的加速プログラムが普及してきたのは、CASE が確かな理論的根拠を持って設計されていることに加え、信頼できる教育成果を示してきたこと、さらには、普及のための研修プログラムを実施してきたことなどが考えられる。その詳細について、本研究では、2004 年 2 月に CASE を開発したフィリップ・アデイ氏を招聘し、多くの理科教育関係者とともに CASE について学ぶ機会を得ることができた。次項では、その際にアデイ氏に執筆していただいた論文の訳を掲載する¹。

2. 「思考に関する科学」の文脈としての「科学」

¹ 本訳は、英語の原文とともに、既刊の研究成果報告書『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』(2004)に収録されたものである。

「思考に関する科学」の文脈としての「科学」¹

フィリップ・アデイ

(ロンドン・キングスカレッジ・思考促進センター)

(訳 小倉 康)

第1節 はじめに

本論文は、「科学教育による認知的加速 (CASE)」と呼ばれる一つの刷新に関して、その起源と構造、及び効果について述べる。その名の通り、CASE (ケース) は、私たちがいかに思考するか、また思考がいかに改善されるかに関する心理学的理論としての思考に関する科学に基づいて、学校カリキュラムにおける科学を思考強化の手段として用いている。

CASEは、約11歳から14歳までの生徒たちに対する科学カリキュラムにおけるある干渉として設計されている。それは、まとまったカリキュラムではなく、ほぼ2週間に一度、正規の科学の活動に置き換わる活動である。それは、1970年代に、連合王国 (及び世界中) で、科学のカリキュラムで扱われる概念の多くが、意図している生徒たちの知的能力を超えた要求をしているということを示したロンドンのチェルシーカレッジで行われた研究に起源を発している。

マイケル・シェアー教授の率いるチェルシーカレッジのチームは、困難さという問題に対してある科学的なアプローチを採った。われわれは学校の母集団に関する知的プロフィールについての正確な記述を必要とする一方、他方で科学概念の困難さの程度を測定し記述する方法を必要とした。ピアジェによって組み立てられた認知発達の理論は、われわれが必要としたまさにそうした記述をわれわれに与えてくれた。異なる段階で利用可能な思考のタイプに関する彼の記述を頼りに、われわれは (1) カリキュラムの教材が求める諸々の認知的な要求を分析することを可能とする測定手段を開発し、また (2) 認知的発達に関する集団テストを開発した (Shayer, Wylam, Kuchemann & Adey, 1978)。それらを、イングランドとウェールズの学校の母集団での異なる年齢ごとに子どもたちの思考の段階を立証するための非常に大規模な調査において用いた。学校の母集団の多く「たぶん大多数」の能力にとって、科学のカリキュラムは非現実的な要求をしているということが明確に示された (Shayer & Adey, 1981)。

この問題へのアプローチには原理的に、科学のカリキュラムをより易しくすることか、生徒の知的能力を向上させること、という2つの可能性がある。前者は比較的容易ではあるけれども、学問的かつ政策的な困難を免れないであろうし、いかにも敗北主義者の解決法と見なされてしまう。生徒たちの思考する能力を高めることの展望にはひるんでしまいがちであるが、まさにこれが1982年に始まったCASEプロジェクトの目標だった。

¹ 訳注：本翻訳においては、“science”が学校で学習される教科として用いられる場合も「科学」と訳し、日本における呼称である「理科」は用いていない。

第2節 背景にある心理学

私たちが意味する「認知的加速」は、ピアジェが「形式的操作」として述べるところの、抽象的で論理的で多変量的な類の思考へ向かって、異なった段階にいる生徒たちの「自然な」思考力の発達を加速する過程のことである。形式操作的思考は、一度に多くの変数を頭の中で保持する能力によって特徴づけられる、たとえば、論争の二つの側面を比較検討することができたり、ある特定の一連の行動の利点と欠点を公平に検討できたり、また、ある結果（たとえばグルコースの生成）について多くの入力変数（たとえば太陽光、二酸化炭素、水）のそれぞれの影響と合成された影響の両面で捉えることができることなどである。ピアジェは、このような類の思考は、自然な知的発達の過程として、14ないし15歳辺りの子どもたちに利用できるようになることと示唆した。しかし、チェルシーでの私たちの調査では、そうした思考ができる16歳たちはたったの30%に過ぎず、また、この結果は、米国の大学1年生に関する研究、世界の他の地域の同様な（小規模ではあるが）調査によっても支持された。

1970年代の終わり頃までは、認知的加速の試みはほとんど成功の証拠を示せないでいた。しかし、そうした研究は、かなり短期的で直接的な教授法を用いたもので、まるで情報を処理するための心的な能力がひとまとまりの新たなルールによって変化しうるかのようであった。私たちはそうした取り組みには欠陥があると考えていた。というのも、心的な処理能力は挑戦しがいのある問題によって能力を要求されるのに応じてゆっくりと成長するものと信じていたからである。このことが、CASE理論の5つの「柱」の第一番目である**認知的葛藤**を私たちにもたらしている。認知的葛藤は、生徒が自分では容易に解決することができない問題に遭遇する時に起こり、その問題は大人やより能力の高い友人による慎重に組み立てられた助けによって解決されたり、あるいはその問題の性質についての理解を深めたりすることになる。認知的葛藤の原理は、ヴィゴツキー(1978)によって研究された「発達の最近接領域」(ZPD)の考え方に要約されているものでもある。ZPDとは、子どもが助けを借りないでできることと、大人の助けを借りてできることとの違いである。ヴィゴツキーは「・・・唯一のよい学習とはそれが発達に先行していることである」と述べている。言い換えれば、子どもの能力の範囲で済む学習課題は、認知的成長を刺激する挑戦の機会を与えてはいないのである。CASEの活動は認知的に挑戦することになるように設計されている。

ヴィゴツキーは私たちにCASEの第二番目の「柱」である**社会的構築**をももたらしている。ソビエトの一人の優れた心理学者として、ヴィゴツキーは人々がともに知識を構築するために働きかけるという事実、それが一つの社会的プロセスであるということ強く意識していた。私たちは、社会的相互作用を通じて、他人に話しかけ、他人と議論し、耳を傾け、また徐々に私たちの理解を構築している。CASEを教える教師たちは、優れた社会的相互作用を促し、礼儀をわきまえて異なる意見を発することを助長する学級の雰囲気醸成を醸成し、さらにそれが人の考えを変える上でまったく正しいことであるということ学ぶ。

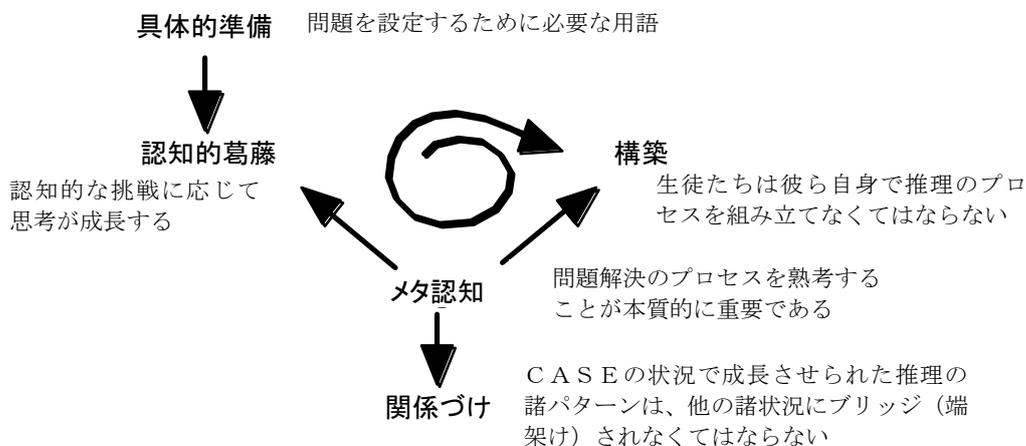
CASEの第三番目の柱は、**メタ認知**の刺激である。メタ認知は本質的には「自分自身の思考について思考すること」を意味するが、認知心理学において極端に流行した観念として、メタ認知の言葉はさまざまな用法で用いられてきた(Brown, 1987)。

私たちは、もし私たちの思考をいくらか制御して、つまり、思考する者として自分たち自身を意識するようになれば、その時のみ、私たちがより高い次元で思考するように自分自身で成長させることができる。CASEでは、生徒たちがある問題をいかに解決するかとか、彼らがその問題の何を困難であると見いだすか、彼らがいかなる類の推理を用いるか、彼らがどのように助けを求めるか、そして、彼らがいかなる類の助けを必要とするかといったことについて、生徒たちが時間をとって熟考することを促される。このことは、時間を消費するとともに、きわめて行うことの難しいことであり、教師も生徒も、彼らの取り組み方が、よりメタ認知的なものとなるために、はじめは多くの助けと刺激を必要とする。

CASE理論には、もう2つの柱がある。一つは**具体的準備**の考え方である。生徒たちに、単にある難しい問題を提示するだけで、認知的加速のはたらきをする認知的葛藤を期待することはできない。そこには、その問題の専門用語が、用いられる器具と問題が設定されている状況とともに導入される準備の段階がなくてはならない。その目的は、遭遇した困難さが確かに知的困難さにのみよるものであり、可能な限り、用語や状況に関する問題と区別されることである。最後の柱は**関係づけ**（訳注：ブリッジングの直接の意味は橋を架けること）であり、それはCASEの活動の特定な状況で成長される諸々の思考様式を他の科学や数学、その他のカリキュラム要素における諸状況に関連づけ、さらに現実生活におけるさまざまな経験に結びつけることである。もし、ある特別な状況で成長させられた推理を、広く利用可能なものにしたければ、それは抽象化されて、いかに一般的な思考ツールとして用いることができるかが生徒に示されなくてはならない。

図1は、これら5つの柱の互いの関係を図解である。

図1：5つの「CASEの知恵に関する柱」



螺旋状の矢印で示されている認知的葛藤と社会的構築との関係は複雑である。ある問題に直面したとき、私たちは単純な解答を探そうとする。私たちは問題全体の分析を「途中省略」（直訳は「短絡」）して、その状況が直接必要とするある調和に到達しようとする。

たとえば、どんな要因が鉄をさびさせるかを決定することと、水中の釘が乾燥した釘よりも速くさびることを見いだすことにおいては、生徒たちは「さびは水によって引き起こされる」という解で満足するだろうが、同じように空気に関してあるかもしれない影響について、より詳しくは調べようとしない。認知的葛藤はそれだけでは概念の再構造化を自動的に導くものでも、十分な理解に到達するものでもない。認知的葛藤は、持続されなくてはならず、また持続は教師の注意深い発問を通じてのみ可能となるのである。このことは、認知的加速に必要となる教授学的特質に関するあるヒントを与えており、それについては専門性開発（訳注：一般には「現職教育」を意味）に関する後半の部で述べるつもりである。

「5つの柱」は認知的加速の教授学の基礎を規定するものであるが、それ自身では教科内容の文脈について何も特定しない。上述の概要のようなピアジェとヴィゴツキーを基礎とした教授法は、どの教科内容においても展開できるだろう。それで、なぜ私たちが数学や歴史や英語といったものよりも科学を通じた学習を選んだか。その答えの実際上の要素の1つは、CASEプロジェクトを進めた切尔西の初期の研究が科学を基礎としたものであり、また、マイケル・シェアーと私がともに科学の出身であったからである。しかし、少なくとも科学に関する学習を始めることが好都合な、ある理論的な理由もあった。イネルダとピアジェ(1958)が提唱した形式的操作に関するオリジナルの詳細な記述は、変数の制御、比と比例、代償、平衡、相関、確率、及び諸々の形式的モデルの使用という、ひとまとまりの心的な「シエマ」によって特徴づけられている。これらのシエマは、科学者や科学の教師たちにとっては、実験の設計の要素であったり、自然界の一般的行動パターンを説明であったりするもので、変量間の関係を示す重要ないくつかの型を記述したものであるとして直接理解可能なものである。諸々の形式的操作は、どんな知的領域でのデータをも処理するきわめて一般的な方法であり、形式的操作のシエマはどんな学問的な教科領域の状況にも解釈できるのだけれども、それを科学に応用することはかなり直接的なのである。科学は、高次の思考を展開する際のもっとも明瞭な入り口として表現されている。

私たちが1984年に活動を展開し始めた時には、私たちは上述したような理論的なモデルをまだ十分明確に表現してはいなかった。形式的操作のシエマはどの活動を構造化するかに関する枠組みとして設定され、認知的葛藤の「柱」は認知的加速の中核のプロセスであると認識され、また構成主義は常にピアジェの認知発達に関する説明の主な柱の一つであった。具体的準備の必要は教師としての私たちの経験から実際上必要であったもので、また同様にブリッジングはもしシエマが一般化されるとすれば明らかに重要であると思われたものである。しかし、メタ認知の重要性は、私たちが奨励する類の発問の中に暗黙に存在したところから、CASEの方法の非常に重要な部分として明示されるようになるまで、プロジェクト全体を通じて入念に練って発展してきたものである。以来、CASEの設計と活動の配置を支える一つの完全なる理論構造としての「柱」に関するこうした緩やかな進化は、後に述べるように、教師たちの専門性開発のプロセスにおいてとても重要なものとなった。

第3節 カリキュラムとしての諸活動の開発

対象集団

1節で述べたCASEの発端の時から、私たちは、広い能力の範囲に、つまり科学がどちらかといえれば難しいと意識している大部分の生徒集団に関心があった。能力に関しては、私たちの対象集団には80%台半ばから90%の生徒たちが含まれている。ここで、認知的葛藤の体験は、個々人の能力に依存するだろう。ある子どもには興味深く実りの多い葛藤をもたらすことが、より能力のある子どもにはつまらなく見えたり、より能力の低い友人には理解できないものに見えたりするだろう。活動を慎重に設計し柔軟性のある指導法を用いることで、広範なレベルに応じた葛藤をもたらすことが可能であり、その一方で、私たちが対象としている集団では、11歳までにすでに形式的操作を用いているような極端に能力の高い子どもや11歳でも前操作期にいて深刻な学習不振に陥っているような子どもを含めることは実行不可能であると考えた。

私たちは、生徒の大多数が形式操作的な思考への準備にある年齢である11歳から14歳までを対象とした。11歳の女子と12歳の男子において、脳発達が活発であるといういくつかの証拠(Epstein, 1990)があるが、これは成人に求められる知的要求に対して若者が準備するために進化してきたある生理的成長プログラムの一部であろう。冒頭で紹介した私たちの母集団生徒に関する調査では、実際にはほんの小さい割合の子どもたちしか、ピアジェがその「認識主体」で述べた認知発達年齢に達していない。母集団生徒の調査結果は、大多数の子どもたちが家庭や学校で与えられている刺激の質が不足していることを示唆していると読みとることができる。

CASEを行う年齢に11から14歳児を選択する実際的な事情もある。イギリスにおいては、11歳と何ヶ月かで初等学校から中等学校に移動し、初等学校では学級担任が全科目を教えるが、中等学校では教科担任が教えることになる。科学という文脈で干渉していくには、その干渉の背景にある科学的な推理パターンの性質について、すでに明確にあるいは暗黙に理解している科学の教師が必要となるのである。

理論モデルに関する主な特徴と、形式的操作のスキーマ、及び科学教師としての経験とを踏まえ、CASEの著者（当初マイケル・シェアー、その後、私とキャロライン・イエーツが加わった）らは、私たちの対象集団にとって適切と考えられる諸々の活動の下書きを始めた。私たちは、自分たち自身で、また他の研究者たちや教師たちとで、その諸活動の形式と実践性について議論した。ロンドンのコンプリヘンシブ・スクール（訳注：一般的な公立学校）で、私たちの対象集団をよく表現できる年齢と能力範囲で、かつイギリスの都市部学校で社会的人種的に典型的な構成にある学級生徒に対して私たち自身が下書き段階の各活動を教えた。

プロジェクトが予算化されて1年後に、私たちはより広範な試用段階を迎えた 20 余りの活動を蓄積した。では、次の2つの活動で、「柱」を実践に適用することを説明しよう。この教材は、「考える科学 Thinking Science」で出版されたものである。

TS4: 管 これはプログラムの第4番目の活動である。それまでの活動で、変数の考え方と変数の値、及びその関係が紹介されている。生徒たちは、小さな複数の管の入った箱を持っている。一斉授業の討論で発問を行い、生徒たちに、管の長さ（短い、中くらい、長い）や、管の太さ（広い、狭い）、管の材質（銅かプラスチック）といったいくつかの変数とその値を明確に同定させる。これは、活動の**具体的準備**の段階であり、生徒たちにこれから実際に用いる器具を操作する基本的な考え方に慣れさせるものである。そこで、生徒たちは彼らの手のひらを使って開いている管の一方を閉じて、出てくる音を聞いてみるよう指示される。このときの質問は「あなたが聞いている音に何が影響していますか？」である。生徒たちは、しばらく自由に調べる時間を経て、彼らが何が音に影響しているかを知っているかどうかを尋ねられ、考えていることとどうしてそう考えるかについて教師や他の生徒に説明するよう求められる。しばしば必要となることは、生徒たちが一度にたった2つの管しか使っていないことを数分後に学級全体に知らせることである。

これが**認知的葛藤**と**社会的構成**の段階である。一人の生徒は管の太さが音に影響するという主張を提案するだろう。教師は「見せてみて」と言う。生徒は違った長さの2つの管が異なる音を発生させるのを示す。それらの管を見て、教師は長さも異なっていることを指摘する。「どうやったら、音に影響を与えるのが、長さなのか、太さなのか分かるかな？」ここで教師はある認知的葛藤を引き起こそうとして、生徒に彼女がまだ気づいていなかった変数を考慮するよう要求するのである。典型的な生徒の回答は、「太さと長さはどちらも音に影響する」である。彼女はこれが葛藤を解決する単純な方法に思えてそうするのだけれど、教師は屈せず発問し、「もう1組の管を選んで、今度は明らかな答えを与えてくれる1組を見つけてごらんさい」といったまとめをする。教師は、直接、生徒にどれか一つの変数を変化させるような2つの管を選ぶよう指示してないことに注意してほしい。その生徒がこうしていくつかの変数を制御する方略を彼女自身で構築しなくてはならないことが要点である。

12歳の能力混合の学級では、課題全体があまりに簡単に感じて、たいした認知的葛藤を体験しない子どもが一人か二人はいるだろう。そうした子どもに対しては、教師は、複数の変数間の相互作用について調べるような、より高い水準の課題を促す。また、60分か70分の授業の終わりに、学習全体がまったくわけがわからなくて、変数を制御することの大切さがわからないでいる子どもが一人か二人はいるだろう。しかし、大多数の生徒は（器具やワークシートの質問、教師や他の生徒たちとの相互作用を通じて）十分な葛藤を体験し、彼ら自身で少なくとも変数制御の初歩的な方略を構築するだろう。これが、内面化された無意識にすべての実験状況に「自然に」適用されるシエマへと完全に発達するのには、まだいくらか時間がかかる。

しかし、実質的な基礎的学習がなされたので、すべてをばらばらにするのでなければ、「何もかも変えてみてから何が起こるかを見してみる」という具体のシエマは、かなり揺さぶられている。たとえ活動の終わりにわけがわからなくなっている能力の低い生徒でも、問題に取り組もうとして、具体的方略が不十分なのでないかという疑いが投げかけられたであろう。実験上の発問に取り組む中でいくらかの不安感ですら価値がある。認知発達を促進する上で重要なのは認知的に奮闘することであって、だからもし子どもがいくらか認知的葛藤を体験し、彼女や彼自身に満足のある解決法を見いだそうと何らかの方法に取り組むのであれば目的は達せられるのである。授業の終わりにかけて、教師は生徒たちに彼らがおかした誤りと学習した事柄について振り返るよう求め、彼らを変数制御の方略で取り組んだ推理を回想させる。これがメタ認知の学習になる。最後に、生徒たちは、一般的な変数制御の方略が有用となる他の題材について考えるよう求められ、この授業で学んだ思考が他の状況に**関係づけ**られる。

TS18: 処理と効果はプログラムの2年目で教えられる。これは、相関シエマの文脈に位置づけられている。**具体的準備**において、ニンジンの成長に関してある新しい肥料の効果を確かめようとしている二人の研究者について討論する。二人とも、それぞれ処理されたニンジンと処理されていないニンジン群のそれぞれで、標準的な大きさを超えたニンジンの数を数えた。データは2組の2×2表（処理／非処理、及び効果あり／効果なし）で学級に与えられ、討論では、非処理のニンジンのデータが、処理されたニンジンのデータと同じくらい重要であることを強調する（具体操作期の生徒たちは、処理されたニンジンにのみについて、収量が多いかどうかを見ようとしがちである）。ここで生徒の各班に、20枚のカード群が渡される。それぞれのカードには、ある生物（バラ、小麦、牛、豚、あるいは羊）と、その生物が何らかの処理を受けたか受けていないか（例えば、肥料や、より多くのミルクを出させるための薬など）、及びその動物ないしは植物が何らかの効果を示したか（より大きな成長や、より多くのミルクや肉の生成、など）が示されている。生徒たちは、まずカードを、次の観点から4つのまとまりに分類する。

- A 処理されてなくて、効果が見られないもの
- B 処理されてないが、効果が見られるもの
- C 処理されているが、効果が見られないもの
- D 処理されていて、効果が見られるもの

そこで生徒たちは、見られる効果が処理による結果によるものだろうかそうではなさそうかという発問に取り組む。例えば、もし、処理が効果の原因であれば、A, B, C, Dの4つのまとまりのどれに大きな数が見つかるかと期待されるだろうか？

この質問によって、かなりの**認知的葛藤**が起こり、班内での討論（**社会的構成**）がまとまりのAとDが大きい数で、まとまりのBとCが小さい数になると期待されるという結論を導く。こうした結果について討論する中で、正の相関、負の相関、及び相関無しという用語が導入され、生徒がどのような関係が処理と効果の間に存在するかについて思考するのを助ける。この活動は、単純な水準で、多くの医学や農業や他の研究での核となる実験的な処理の評価の型とモデル化するものである。相関の理解やそれに関連する確率的な関係の理解無しでは、新聞でのポピュラーな科学記事の多くが理解できない。再び、**メタ認知的**討論によって生徒が遭遇した困難さが追求され、生徒たちは相関の考え方を科学の授業外の題材に**関係づける**よう促される。

これらの「考える科学」の授業は、いずれも、生徒たちに「到達した結論」や「見つけた知識」のノートを完成させようとはしない。記述の成果は何もなく、ワークシートはただ関係について思考する際の素材となるデータを記録するためだけに用いるのである。このことは、再び、CASEの干渉活動と正規の科学カリキュラムとの違いを際立たせ、この違いを教師の中には当初受け入れることが難しいと感じるものもある。

カリキュラム中に位置づける

CASEは完全な代用科学カリキュラムを提供するものではない。実際、干渉の授業を運営することに関する教育学上の困難さと、明示的に取り扱われている科学の内容が無いという事実によって、正規の科学の教授に代わるものとしては不適切になっている。さらに、生徒たちがCASE授業の終わりにしばしば抱く不確かさは適度な程度では実りが多いが、科学の授業がいつもそういう特徴をもつとすれば、学習動機をかなり低下させるようになってしまうだろう。CASEでは、「通常」の認知発達中に干渉を加えるプロセスであるからのみならず、正規の科学カリキュラム中に干渉を加えるものであるから、「干渉」と記される。CASEの諸活動は、2週間に1度、正規の科学の活動の代わりに教えられ、それは科学に配当される時間の約20%に相当する。教師はよく「よいアイデアに聞こえるけれども私たちにはそのための時間が無い」と言う。理解できる姿勢ではあるが、実際にはカリキュラムの学習内容に対してごくわずかの時間が「失われる」に過ぎない。このことは、一部はCASEがすでにカリキュラムのプロセス目標（訳注：思考能力の育成に関する教育目標）のいくらかを含んでいることによるが、多くは生徒たちの思考が発達することで正規のカリキュラム内容がより少ない時間で効果的に理解され納得されることが可能になることによるものである。幸いにも、私たちはこの主張を裏付ける非常によい証拠を持っており、この証拠が多くの教師たちに、少なくとも試用段階で、そんなに多くのカリキュラム時間を「失う」ことの危険を冒してもやってみる価値があると納得させるのである。

第4節 試用と評価

CASEの干渉が生徒たちの認知発達と学業成績に与える効果については、私たちの当初の研究プロジェクトの時から測定され、今では広く報告されるようになった。例えば、Adey & Shayer (1993, 1994), Shayer & Adey (1992a, 1992b)を見なさい。その取り組みのより最近の詳細な証拠を検討する前に、次に概括を示す。

1984年から87年にかけての実験

ここに述べるのは、2年間のプログラムを継続した7つの学校の10の実験学級に関するものである。それらの学校では、1ないしは2の学級を「実験」として設定し、1985年の9月から「考える科学」の活動を2週間に1度、2年間に渡って使用し始めた。実験群の4学級は、子どもたちはほぼ11歳+（訳注：日本では小学校6年生に相当）の年齢で、6学級ではほぼ12歳+（訳注：日本では中学校1年生に相当）の年齢であった。各学校では「統制」学級も並行して指定され、年齢と能力に関して実験学級と一致するようにした。統制学級ではCASEの干渉に時間を失うことなく正規の科学カリキュラムが教えられた。

すべての学級で認知発達に関する事前テストを実施し、そして2年の干渉の最後に、認知発達に関する事後テストと科学の成績に関するテストを行った。このときが干渉プログラムの終わりであったが、1年経って、1989年7月に、第8学年（訳注：日本では中学校1年生に相当）でCASEの干渉を始めた学校の生徒たちは、GCSE（一般中等教育修了資格）試験を受けた。これは、イングランドとウェールズの学校のすべての16歳の生徒が受ける国が行う公的試験である。かつて実験学級と統制学級に指定された学級にいたすべての生徒たちについて、私たちは科学と数学と英語で達成された評点を収集した。さらに1年後（1990年7月）に、第7学年で始めた学校の生徒たちがGCSE試験を受け、私たちは再び彼らの評価点を収集した。こうして私たちは初期には同じであったがCASEの干渉を経験した生徒とただ正規の科学授業を受けた生徒について、(a)認知発達と(b)学業成績とを長期的に比較することが可能となった。

表 1: CASE の 2 年間の干渉後のテストで 1984 年 9 月の事前認知テストから向上した得点 (残差化後)

	群	被験者数	平均の 増加得点	標準 偏差	有意性 p<	* Effect Size (s.d.)	
1987 年 7 月の 干渉直後の 認知テスト	11+ 男子	29	-0.21	0.95	-	-	
	11+ 女子	27	0.08	1.10	-	-	
	12+ 男子	65	0.70	1.00	.001	0.75	
	12+ 女子	52	0.03	0.98	-	-	
1988 年 7 月の 1 年後の 科学の成績	11+ 男子	37	2.72	15.45	-	-	
	11+ 女子	31	7.02	12.76	.025	0.60	
	12+ 男子	41	10.46	16.6	.005	0.72	
	12+ 女子	36	4.18	14.41	-	-	
GCSE 1989 年	科学	12+ 男子	48	1.03	1.34	.005	0.96
		12+ 女子	45	0.19	1.38	-	-
	数学	12+ 男子	56	0.55	1.23	.005	0.50
		12+ 女子	54	0.14	1.27	-	-
	英語	12+ 男子	56	0.38	1.27	.05	0.32
		12+ 女子	57	0.41	0.96	.01	0.44
GCSE 1990 年	科学	11+ 男子	35	-0.23	1.46	-	-
		11+ 女子	29	0.67	1.36	.025	0.67
	数学	11+ 男子	33	-0.21	1.59	-	-
		11+ 女子	29	0.94	1.26	.005	0.72
	英語	11+ 男子	36	0.26	1.65	-	-
		11+ 女子	27	0.74	1.32	.025	0.69

*訳者註 Effect Size (効果の大きさ) は、一般的に、2 群の得点差を統制群の標準偏差で割った係数を指し、1.0 が 1 標準偏差分に相当する。実験群の分布が、統制群の分布とどのくらい離れているかを示すために用いられる。

すべての結果は、当初の事前テストに対する事後テストの回帰から計算される残差である増加得点で示される。残差化された増加得点は、統制群との比較によるものであり、統制群の増加得点がゼロであるように定義されていることに注意していただきたい。表 1 は、異なる年齢で干渉を始めた男子と女子に関する結果をまとめている。これらの結果には、次のような目立った諸特徴がある。

- ・ 直後の効果はやや限られているように思えるが、(1)認知発達に関して獲られた最近の直後の効果はずっと大きい（後で述べる）、また(2)個々の生徒に関しての 2 年間の干渉プログラムによる認知的な増加得点と GCSE での増加得点との間には強い相関がある。
- ・ 生徒たちの学業成績に関して、長期的で明らかに成長している干渉の効果がみられる。干渉の終わりに始まる認知的水準の向上の効果が、生徒たちが通常の授業から獲得できる能力を改善するのであろう。そうした改善が概念学習をより良く理解させ、さらなる学習へのよりしっかりとした足場を提供するように積み重なっていく可能性が考えられる。
- ・ 強い「遠隔転移」効果が見られる。科学の文脈で設定された干渉プログラムが、数学と英語での生徒たちの成績に効果を与えている。こうした転移は、CASE が深層の心的機能を刺激して生徒たちの知性に広範な効果を与えるように影響を及ぼしたことを意味する。
- ・ 年齢と性別との相互作用効果が見られ、干渉は年齢の低い方の女子と年齢の高い方の男子により効果的である。この見方は、この年齢では一般的に女子の方が男子よりもより早期に成熟することと一致するように、形式的操作の促進のための機会に関する認知的な窓というモデルにうまく適合するのではあるが、私たちはそうした結論を導くにはとても注意深くなければならない。一つの理由は、11 歳+の生徒群は 12 歳+の生徒群と認知発達に関してほぼ同じ平均点の水準で干渉を始めたことから、実際には全体的により能力の高い生徒群であったからである。もう一つの理由は、より最近のデータでは、同じような性別の効果は見られていないからである。

より最近の結果

当初の実験研究において、私たちは一致度の良い統制学級に対する実験学級の効果を測定することができた。しかしながら、被験者数はやや小さく、教師の研修方法についてもなお探索の途上であった。また、教師たち自身は彼らの学校で独立してプロジェクトに関わっていた。

1991 年 5 月に GCSE 得点への長期的な効果に関して報告した後は、教材と手法に関して学校側から多大な求めがあり、学校が結果を再生できるようになった。この時以来、私たちは手法を紹介するための 2 年間の一連の現職教育コースを運営してきた。この専門性開発については、第 5 節でより詳細に記述するつもりである。私たちは、現在、多量に新たなデータを収集しているのだが、これと当初の実験との重要な違いは、今では私たちがうまく機能すると信じている方法を持っており、どの学級にも実験的に制御のみを与えることが倫理的に拒否できないということである。新たなデータを分析する一つの方法は、CASE 学校によってなされた増加を、チェルシーでの調査で確立された全国的な基準と比較することである (Shayer and Adey 1981, 第 2 節参照)。

最初にCASEの研修プログラムに参加した学校群によって、私たちは8つの学校での63学級に関する認知発達の水準について事前テストと事後テストのデータを集めることができた。これらの学級の中には、第7学年（11歳+の年齢）で干渉を始めたものと、第8学年（12歳+の年齢）で始めたもの、及び両方の学年で始めた1校がある。全国的な基準と比較して残差化された学校平均の増加得点に関するEffect Size(効果の大きさ)を表2にまとめて示す。

表2：認知発達の効果(Effect Size)：1991年から93年にCASEの研修プログラムに参加した8つの学校での残差化された増加得点

学校	開始年齢	Effect Size (単位 σ)
1	11+	0.67
1	12+	0.76
2	11+	0.69
3	11+	1.12
4	11+	1.12
5	12+	0.80
6	11+	1.0
7	12+	0.29
8	12+	1.26*

* 前年の第9学年と比較して結果に疑問がもたれている。

63の学級のうち、有意に負の効果が見られた学級が1つあったが、これは、たぶん事前テストの実施における何らかの間違いによるものである。他に4つの学級で有意ではない負の効果が見られた。3つの学級では、0.3 σ より小さい正の効果が見られた。残りの55の学級のすべてで、子どもたちの認知発達の速度に関して、CASEの干渉の有意な正の効果が見られた。前述のように、干渉の期間を通じて達成された認知的な増加は、その後の学業上の増加に関連している。

1995年と1996年には、私たちは「キー・ステージ3の全国テスト(KS3 NCT)」(訳注：イギリスの第9学年(日本の中学校2年)の終わりに生徒全員に課せられる到達度テスト)に関するCASE実施校の成績と非実施校の成績と比較するデータを収集できた。同様に、1991年から93年にかけてCASEを受けた生徒たちのGCSEの評価点に関して、さらには、1994年から96年にかけてCASEを受けた生徒たちのGCSEの評価点に関しても、CASE実施校の成績と非実施校の成績と比較するデータを収集できた。まず、KS3 NCTの結果について述べた後に、1999年のGCSEのデータを紹介する。

イギリスにおいては、教育の各「キー・ステージ」の終わり、つまり学齢 2, 6, 9 年の終わりで、子どもがそれぞれおよそ 7, 11, 14 歳の時に、さまざまな教科領域で、政府が一連の全国統一テストを行ってきた。「考える科学」を第 7・第 8 学年で用いる学校では、第 9 学年の終わりに、KS3 NCT が実施されるので、干渉後に 1 年経た後の学業成績を測定するのに都合がよいのである。

図 2a、2b、2c において、各点が一つの学校を表している。横軸 x 軸は、第 7 学年の始め（中等学校入学時）における生徒の認知発達段階の測定結果の学校平均を意味し、全国平均に対する割合で表されている（訳注：全国平均が 50% に合わされている）。これが、学校の入学者の能力であり、学校周辺の社会的経済的諸条件を要因とする影響を受けている。また、地域に入学者を選抜する学校がある場合により高い能力の生徒たちが引き抜かれている。そのため、私たちが現在持っているデータに関わる学校の殆どは、入学者の能力範囲の下半分に位置している。縦軸 y 軸は、KS3 NCT での結果である。これら（科学と数学、英語）のテストは、ナショナル・カリキュラム上の到達水準として得点化され、1 から 10（最近では 1 から「8 かそれ以上」）で示される。キー・ステージ 3 では、到達水準が 6 かそれ以上であった生徒の割合は、通常、学校の成功を見る一つの測定値として用いられる。プロットを直線とするために、すべての得点是对数変換されている [対数 {割合% / (100 - 割合%)}]。これによって、軸のスケールは等間隔ではなくなっている。

驚くことではないが、これらの図から KS3 NCT の結果は、その学校の生徒の入学時の成績に強く関連することがわかる。目を見はるのは、CASE の学校が統制群の学校に関する回帰直線よりもすべて上に一時にはかなり上に一位置していることである。このことは、学校の入学時の水準にかかわらず、CASE の学校は非CASE の学校よりもその生徒たちの学業で有意に高い価値を附与していることを意味している。この効果は、学校平均の学業成績に対して約 30% の上昇に相当する。

図 2： 学校の入学時の認知的水準と第 9 学年でのキー・ステージ 3 の全国テストの結果での CASE 学校 (x) と非 CASE 学校 (o) の結果

図 2a: 科学

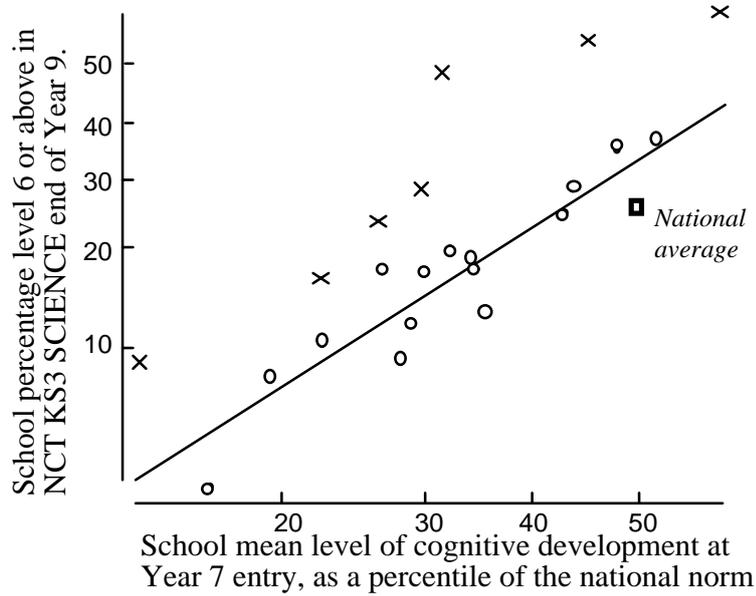


図 2b: 数学

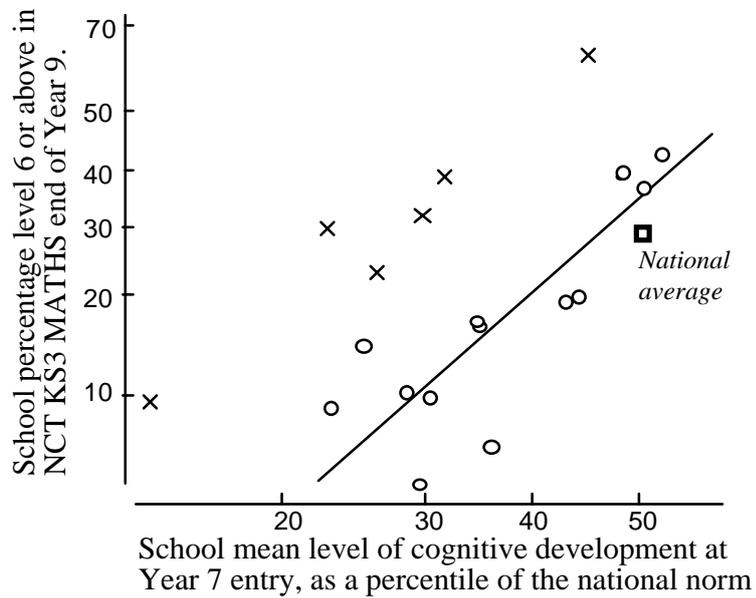
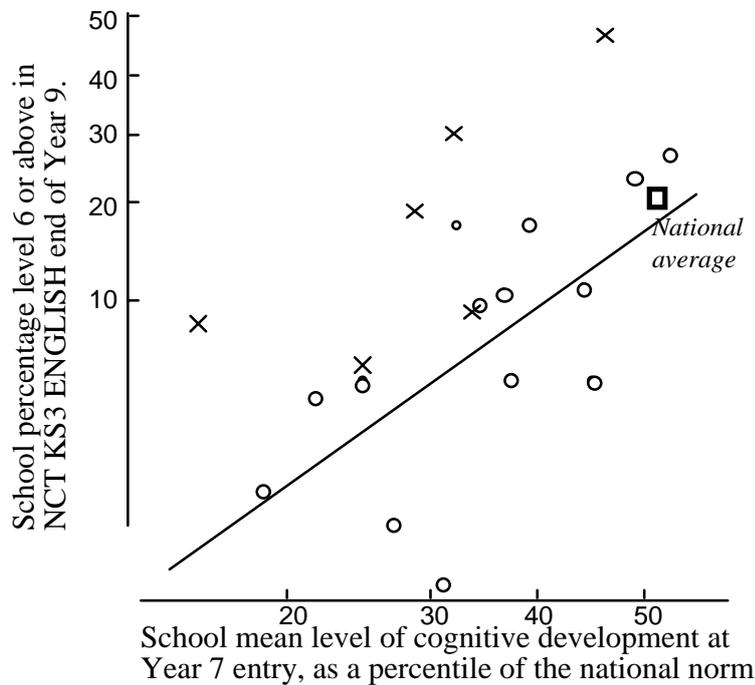


図 2c: 英語



CASEを受けてから3年後の生徒の1995年と1999年のGCSEの結果も同様なパターンとなった。それは、KS3（全国テスト）のデータとまったく同じ方法で分析され、ただGCSEでの成果の学校平均は、GCSEでAからG及び「落第」で示される尺度上で、A、B、Cの到達段階であった生徒の割合で測られている。到達段階AからCは、一般的にGCSEを「良好」に通過したと見られ、その教科領域での教育を継続する基礎になると考えられている。図3aから3cは、1999年のGCSEの結果をまとめたものである。CASEの干渉によって当初の認知的水準から非CASE実施校で得られるよりも大きな学業的付加価値が組織的に得られていることが明らかである。そして、この効果は認知的な干渉プログラムが指導された文脈である科学を超えて生徒たちの一般的な能力に転移している。

図 3a : 1999 年の GCSE での到達段階 : 科学

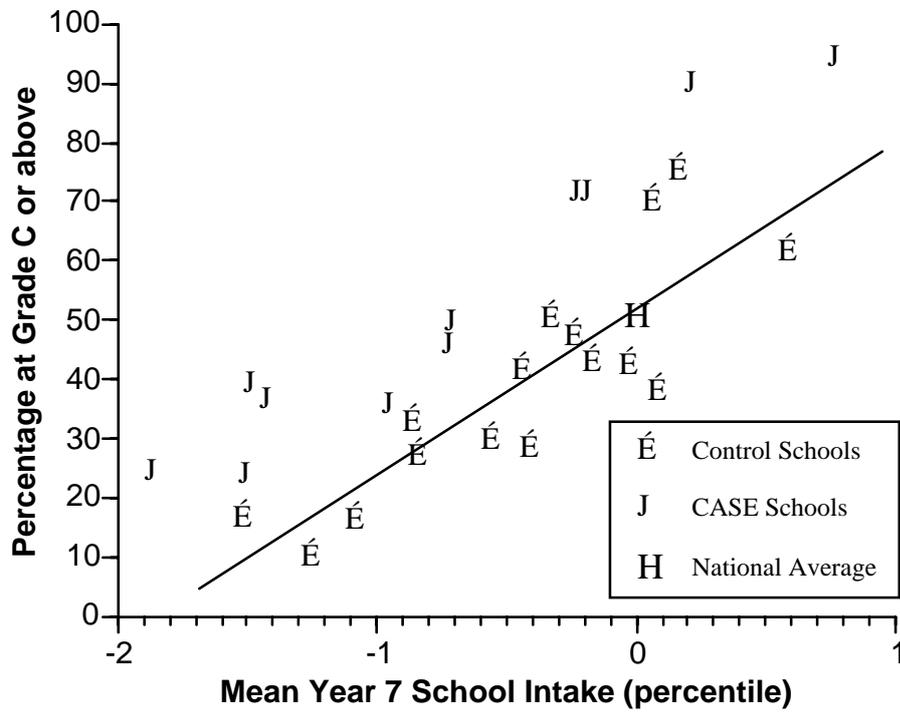


図 3b : 1999 年の GCSE での到達段階 : 数学

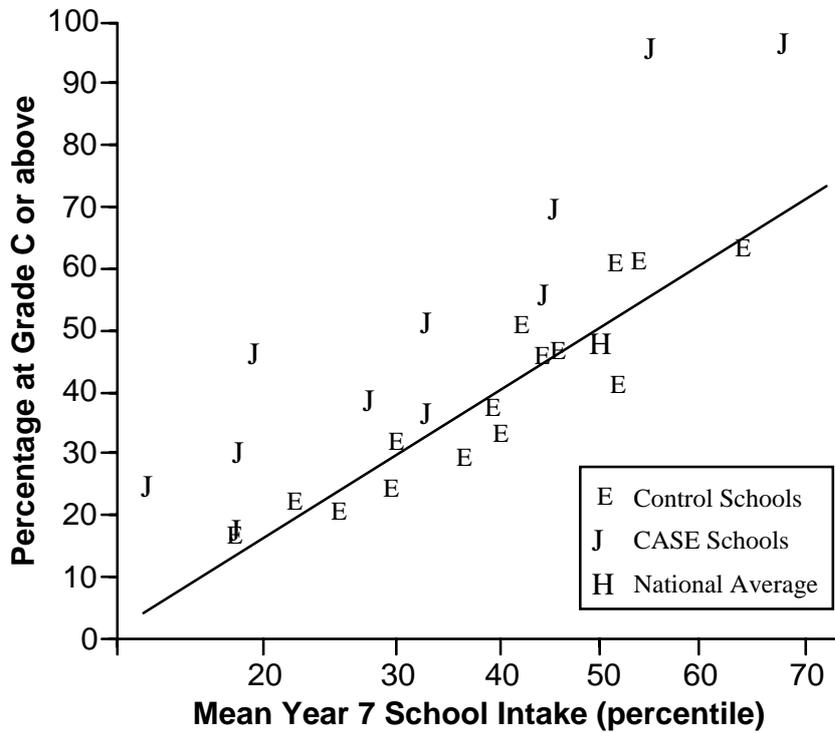
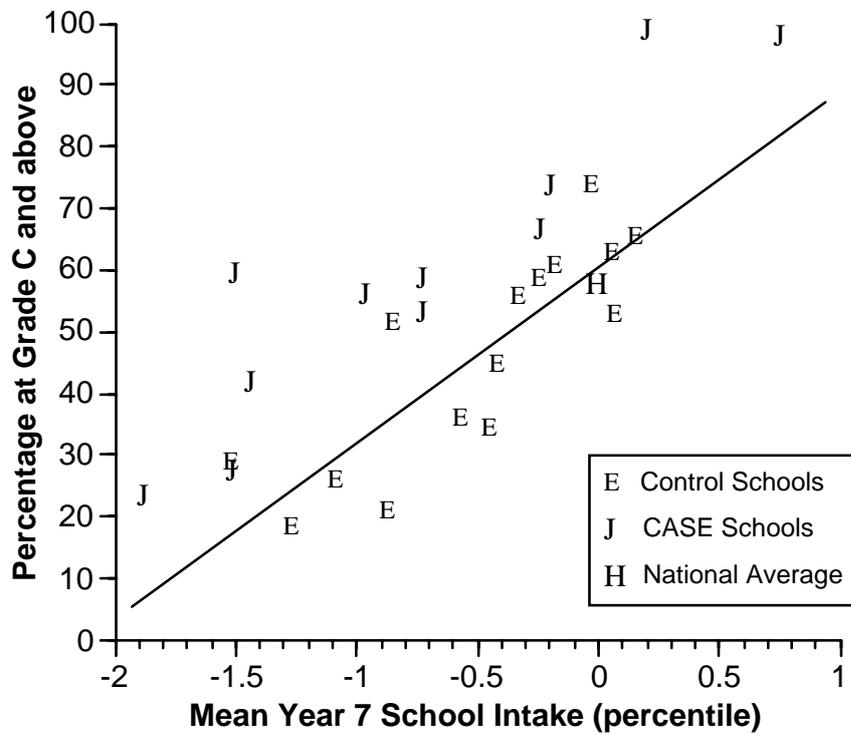


図 3c : 1999 年の GCSE での到達段階 : 英語



第5節 CASEと教師の専門性開発

子どもたちが考えるように教えることは、巧みな複雑な過程であり、教師が従えばよいような特定の一連の活動に簡略化できないことは明らかであろう。そのような「教師に依らないカリキュラム」があり得ない理由は、教授過程の本質は、教師と生徒たちとの無数の相互作用を介した人間社会的営みであるからである。効果的な教授のためには、各教師は、彼ら自身のやり方で、日々出会う多種多様な個性を持った生徒たちにはたらきかけなくてはならない。

もし、教授に関するこうした原理が一般的に真実だとすれば、なおさら推理の発達を教授することを適用するのに教師の重要性は増す。私たちは、思考を教える教師に何ができてはならないかということ、教師たちがどのような一般的な訓練と経験で準備されているかということ、そして、これらの2つの隔たりをいかに縮められるかということを検討しなくてはならない。子どもたちの推理の発達を教授することは、事実的な内容を記憶再生させる教授とは正反対である。子どもたちの批判的思考（訳注：クリティカル・シンク、批判的思考などとも言われる。）あるいは高次の推理の発達は、定義からして当然、子どもたちが彼ら自身の頭を鍛える機会を与えられ、批判的に評価を行ったり、共感的雰囲気にあることを承知の上で反論したり、しかしその意見は合理的ではあるが他人を尊重したやり方で発せられるものとなることを要求する。このことは、教室の中であるきわめて特殊な雰囲気を醸成し、それが知的に厳格ではあるが、同時に親しみがあがり危険の心配のない雰囲気であり、すべての子どもたちが自信を持って認知的な危険を冒せると感じるべきものであることを意味している。そのような雰囲気を醸成するために、教師は次の事柄を把握する必要がある：

- ・ ある特定の思考授業でどのような種類の推理が発達されようとしているかに関する明確な目標を持つこと
- ・ 認知的加速の基礎的理論にある程度精通すること
- ・ もし個々の生徒の主張が特定の水準で営まれない場合、生徒たちが示すどういう推理や議論を展開しているかについてよく理解すること
- ・ 問いかけをしたり判断を保留したりすること、特定の子どもたちに適切なやりがいのある課題を設定すること、及び子どもたちが用いる思考の型について彼らの発話内容から解釈する能力、といったテクニックをある範囲において習得すること

これらの「必要な事項」は、根本の異なった教授というよりはむしろ、どの教師にも必須の専門性のように思える。目標を明確にし、教材内容に精通し、子どもたちに必要な事柄に敏感で、また発問やその他のテクニックを使いこなせることは、優れた教師たちのレパートリーの一部である、ないしは少なくともそうあるべきことである。しかし、子どもたちの推理の発達に関して、これらの必須事項は、通常の内容志向カリキュラムよりも程度を高くするか、かなり異なった特定の手法や教材を適用させる

教師たちの認知的加速に関する教授に求められる教授スキルの開発は、現職教育の課程を通じた継続性のある専門性開発にかかっている。教師たちがそうしたプログラムに参加するよう動機づけることや、プログラムを予算化すること、教師たちを認定すること、などに関連する諸問題は強敵であるが、本論文では、私は私たちがCASEプロジェクト内で開発してきた基礎的理論とその実践のみにとどめておく。

効果的な現職教育実践に関する研究

教師たちの授業実践を変化させる現職教育課程の効果を関わる諸要因について、多くの研究がなされてきた。ジョイスとショアー(Joyce & Showers 1980, 1988)は人材開発の効果に関する 200 近くの研究についてメタ分析を実施した。彼らは、表 3 にまとめられているように、現職教育課程が効果的となるためには、大学や専門性開発センターにおいて時たま過ごすことはそれがとてもよく組織化され構造化されているとしても効果が無く、学校内で指導者によってコーチング（実践的指導）に取り組むことが不可欠であると、強く結論づけた。そうした研究の証拠は、現職教育の実施者たちが、教師たちが「あなたの考えはとてもよいし、このすばらしい大学の環境ではそれでよいと思うが、私の学校（あるいは、私の生徒たち、など）ではうまくいかないだろう」と言うのをしばしば耳にする経験によって支持される。多くの教師は、きわめてわかりやすく、その理論が彼ら自身の学校で実践できるのを確信することを必要としており、このための唯一の手段は、教師たちとともに彼らの教室で取り組み、その場で教師たちに思考の教授の実施を応援することである。

図 3：現職教育の考えられる成果に関する異なる人材開発手法の効果(Effect Size)の平均値（単位：標準偏差）

課程の特徴	成果： 教師が発達させた事項		
	知識	技能	実践
情報の提供	0.63	0.35	0.00
+ 演示	1.65	0.26	0.00
+ 実践機会		0.72	0.00
+ フィードバック（評価情報）	1.31	1.18	0.39
+ 学校でのコーチング	2.71	1.25	1.68

after Joyce and Showers 1988 p. 71

CASEの専門性開発の構造

私たちが学校にCASEを導入するために考案した現職教育専門性開発のプログラムは、ジョイスとショアーが見いだした事柄を重視し、理論と実践、及び学校内でのコーチングという要素を含めている。また、もし必要な場合は、学校における変化のマネジメント（管理）に関する要素も含めている。

前述のように、CASEの手法は、ピアジェ学派の認知的葛藤と平衡の考え方、及びヴィゴツキー学派の社会的構成と自分自身の思考を発達させることに関するメタ認知的反省の考え方に根本がある。したがって、教師たちが実行することとなる手法は、記述されるとしても、本質的には、必要な技能を効果的に展開することに関する理解が不可欠な理論に根付いている。今まで、どんな教師用手引き書も、それがわかりやすいとしても、生徒たちの一般的な思考の水準を持続的に高めようとする授業実践を鮮明に伝えることはできていない。どんな教師開発でも成功するには学習過程に関していくらか理解することが不可欠だが、とりわけ思考の発達を目指す干渉的な教授に関しては重要である。干渉の手法を自身で構築することは、教師たちが新たな手法を採る際にもたらされるオーナーシップ（所有権）のような感覚につながる。教師が、その個性と特定の学校環境によって、ある方法について教師自身の特異な解釈と色づけによってオーナーシップがもてるようになるまでは、外的刺激である現職教育プログラムが去ると容易に失われる「付け足し」の技能にとどまる。思考を教授する手法のオーナーシップは、それを教室のカリキュラムに自然に組み込むことを可能とする。

CASEの専門性開発(PD)は、2年間の「考える科学」プログラムの最初の実施と平衡して行われる2年間に渡るプログラムである。2年の間に、教師たちが私たちの現職教育センターで終日参加する日が7日あり、さらに4回ないしは5回、半日間、私たちが教師たちと学校で取り組む。特に、熟達したCASEのトレーナーがコーチングのために訪問することに費やす時間量によって、プログラムの費用はかなり高額になっている。典型的な2年間のプログラムの費用は、学校あたり約3000ポンドである。イギリスでの現職教育は、今日、個々の学校に委ねるものとして予算化されているので、各学校が独自に現職教育予算をもっている。CASEの現職教育コースへ投資した学校は、生徒たちの成績を向上させることと同様に、教師たちの一般的な専門性の開発に関しても価値があるとしばしば見なしている。

私たちは個々の教師と取り組むのではなく、学校の科学科全体とのみ取り組む。すべての科学の教師たちがプログラムに参加することが不可欠である。個人的に熱心な教師がいても、主流のカリキュラムを教え続ける他の教師に囲まれながら、学校内で明確に異なる、新奇な教授法を継続することはとても困難である。学科全体での取り組みに固執することによって、その学科とその学校の文化の一部としての新たな教授目標と教授手法を創造する可能性が飛躍的に高まるのである。

平日に学校のすべての科学教師が(PD)センターでの研修のために学校を離れることは、学校にとって実際的でないため、学校は通常2名の教師をセンターに派遣する。

一人はその学校の「CASEコーディネーター」であり、他方は毎回異なる教師が参加できるようにローテーションする。これによって、PDプログラムの継続性とそれに学科のできるだけ多くの教師を触れさせることのバランスがもたらされる。私たち自身による学校へのインプットに加えて、CASEコーディネーターたちは、彼らが校内でPDセッションを運営して、その実行計画を開発するよう促される。私たちは、その学校訪問時間の一部を、コーディネーターによる校内でのPDセッションを支援するように使っている。

私たちはまた、並行して、CASEトレーナーの教育プログラムを運営している。トレーナーたちは、大学の教育学部教官であったり、地方自治体のアドバイザーであったり、フリーランサーのコンサルタントであったり、あるいは学校自身であったりする。校長の中には、自分の学校がCASEのトレーニングセンターとなることを有益に感じている。トレーナーたちは学校の教師たちと同じセッションに参加するだけでなく、学校における変化の管理や、効果的なPDに関する研究データ、そして彼らが実施するトレーニングプログラムの実行計画づくりに関するトレーナーたちのセッションにも参加する。

専門性開発について研究すること

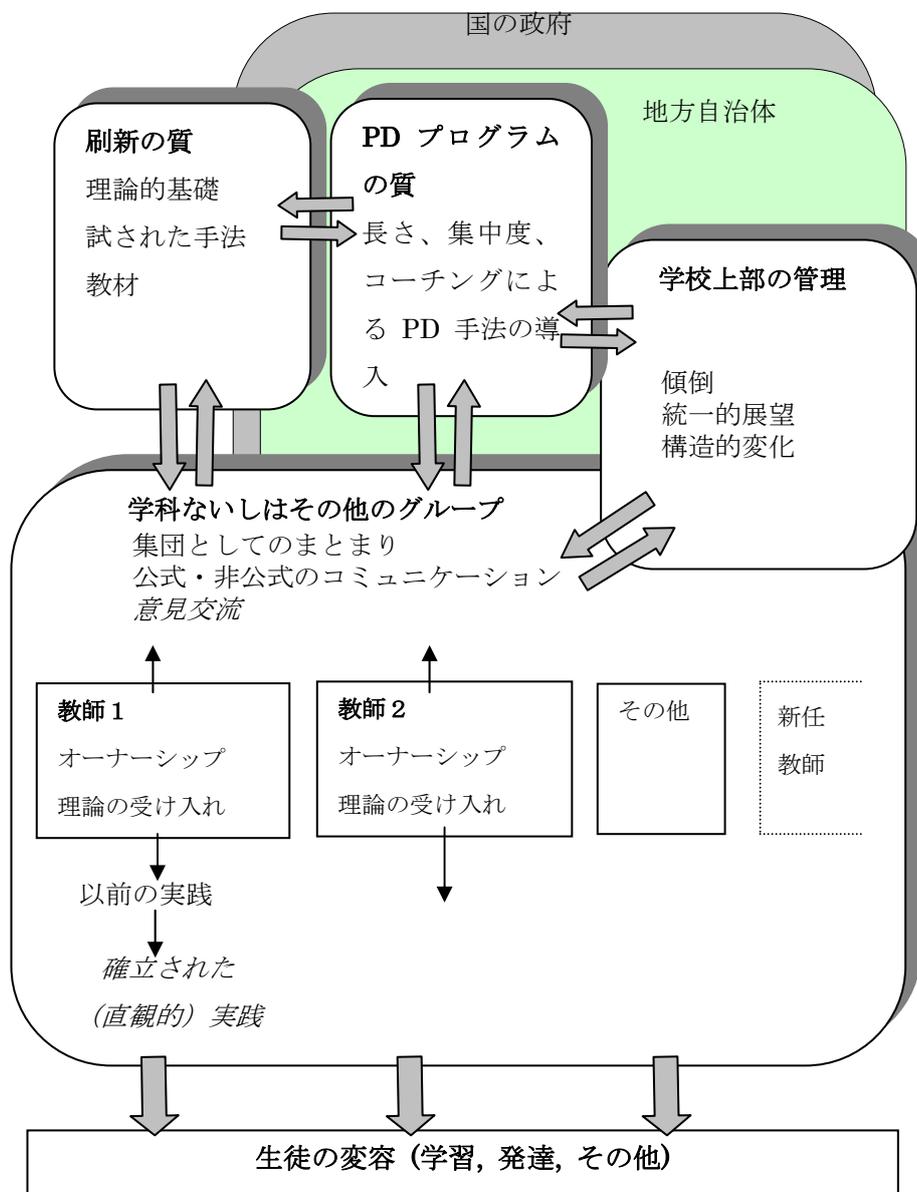
第4節で述べたように、専門性開発プログラムの効果を、プログラムに参加している学校の生徒たちの学業成績の向上によって測定するある一般的な方法がある。しかし、専門性開発課程と、教師たちの実践の発達、及び生徒たちの認知的向上との間の関連をより詳しく評価することは、もっと難しい評価手法となる。私たちは、今では、専門性開発を効果的なものとする諸要因に関する大量のデータを蓄積している。誌面の都合で、その研究についての詳細をここで述べることはできないが、その完全な報告はAdey et.al. 2004で述べられる。そこで私たちは、効果的な専門性開発に関する広範な文献の文脈で私たちのデータを位置づけ、鍵となる諸要因のモデルを開発した(図4)。

そのモデルの「底辺」は生徒たちの変化である。学校における刷新の要点は、何らかの方法で生徒たちに変化を与えることである。例えば、生徒たちの成績行為を改善することである。もし、ある専門性開発プログラムが効果的であるとすれば、それはそのような変化を生徒にもたらすものでなくてはならない。モデルには主に次の4つの要素がある：

1. 刷新の特徴。効果的であるために、刷新には、根拠のある理論的基礎と、生徒たちへの効果に関するいくつかの証拠、及び教師たちが便利だと感じる印刷物やその他の教材が必要である。
2. 専門性開発の質が、十分に長く集中的なもので、かつ教室内でのコーチングの要素を含むものであることが一般的に必要である。

3. 学校の校長が刷新を支援し、その実施に時間を費やすことを許可し、かつ例えばある一人の教師がその学校を離れると代わりを配置するような管理（マネージメント）について考慮することが必要である。
 4. 教師の集団としてのまとめり。根本的な刷新のためには、一つの学校内の教師たちが分担して相互協力的な環境で一緒に取り組むことが必要である。
- PD を効果的なものとするために、これらの4つの要素すべてが「積極的」なモードに設定されることがこのモデルの特徴である。もし、どれか一つの要素が「消極的」なモードだと、PD は成功しない。

図4： 効果的な教師の専門性開発に関する一つの包括的なモデル



第6節 認知的加速の影響を拡大すること

1980年代初頭を発端に、それから「認知的加速」は広く多くのやり方で普及してきた。初期のCASE教材は、第3版となるまでにかなり改訂され、今ではイギリスの学校で広く用いられている。CASE教材は、さまざまな言語に翻訳され、私を知る少なくとも10の国々で試みられてきた。その諸原理は、数学(CAME, Adhami, Johnson, & Shayer, 1998)に、テクノロジー(CATE, Hamaker, 2003)に、そして表現の芸術(ARTS, Gouge & Yates, 2003)に適用されてきた。私たちは今ではもっと年少の児童たちのための認知的加速プログラムも作成している：5歳児向けの「考えてみよう！」(Adey, Robertson, & Venville, 2001)と、7歳児向けの「科学によって考えてみよう！」(Adey, Nagy, Robertson, Serret, & Wadsworth, 2003)。

第7節 結論

私は、ここに示してきた「科学教育による認知的加速(CASE)」が直接に生徒たちが情報を処理する一般的な能力つまり彼らの一般的知性に働きかけることで教育上の成績を向上させる一つの有効な方法であると見込んでいる。それは、青少年の集団の一般的な知的能力を向上させるための時間のかかるアプローチである。それは、2年間のカリキュラムへの干渉である点でその実行において時間がかかり、また、干渉が終わってから3年を経過するまでその効果が追跡される点でその評価においてさらに長い時間がかかる。それゆえに、CASEを学校の教授法に取り入れることは、その発端から20年近く経ってもゆっくりとしたプロセスであるが、その利用は増え続けている。私たちは、CASEの成功は、そのデザインと実行における理論と実践の相互作用と、印刷物と教師の専門性開発の両方を併せ持つものとして「カリキュラム」を捉えていることの2つの一般的特徴によるものと捉えている。私は、生徒たちの教育の質を向上させるどんなアプローチでも、その成功のためには、しっかりとした学習理論に基礎づけられ、その理論をある程度教師たちが共通理解することが必要であり、また、成功しない刷新は、ある完成した製品として教師たちに「缶詰」にされ手渡されるようなものであると考えている。教師たちは、自分たち自身で私たちの支援を得ながら、それを成し遂げなくてはならない。

参考文献

- Adey, P. (1984). The core curriculum - cage or support? *School Science Review*, **65** (230), 144-148.
- Adey, P. S. (1993). *The King's-BP CASE INSET pack*. London: BP Educational Services.
- Adey, P.S., with Hewitt G, Hewitt J., and Landau N. (2004). *The Professional Development of Teachers; Practice and Theory*. Dordrecht, Kluwer Academic.
- Adey, P., Nagy, F., Robertson, A., Serret, N., & Wadsworth, P. (2003). *Let's Think Through Science!* London: nferNelson.
- Adey, P., Robertson, A., & Venville, G. (2001). *Let's Think!* Slough, UK: NFER-Nelson.
- Adey, P. S., & Shayer, M. (1993). An exploration of long-term far-transfer effects following an extended intervention programme in the high school science curriculum. *Cognition and Instruction*, **11** (1), 1 - 29.
- Adey, P. S., & Shayer, M. (1994). *Really Raising Standards: cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge.
- Adey, P. S., Shayer, M., & Yates, C. (1992). *Thinking Science - U.S. Edition*. Philadelphia: Research for Better Schools.
- Adey, P. S., Shayer, M., & Yates, C. (1993). *Naturwissenschaftlich denken* (Mund, H.A., Trans.). Aachen: Aachener Beiträge zur Pädagogik.
- Adey, P. S., Shayer, M., & Yates, C. (2001). *Thinking Science: The curriculum materials of the CASE project*. (3rd ed.). Cheltenham: Nelson Thornes.
- Adhami, M., Johnson, D. C., & Shayer, M. (1998). *Thinking Mathematics: The Curriculum Materials of the CAME project*. London: Heinemann.
- Brown, A. L. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation and other more mysterious mechanisms. In R. Kluwe & F. Weinert (Eds.), *Metacognition, Motivation and Understanding*, . London: Lawrence Erlbaum.
- Burmann, U., & Adey, P. (1999?). The development of learning strategies under specific teaching conditions. *submitted to European Journal of Psychology of Education*, .
- Department for Education and Employment. (1997). *Excellence in Schools*. London: The Stationery Office.
- Epstein, H. T. (1990). Stages in Human Mental Growth . *Journal of Educational Psychology*, (82), 876-880.
- Hamaker, A. (2003). *Cognitive Acceleration through Technology Education*. Taunton: Nigel Blagg Associates.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking*. London: Routledge Kegan Paul.

Joyce, B., & Showers, B. (1980). Improving inservice training; the messages of research. *Educational Leadership*, **37** (5), 379-385.

Joyce, B., & Showers, B. (1988). *Student Achievement through Staff Development*. New York: Longman.

Larkin, J., McDermott, Simon, & Simon. (1980). Expert and Novice performance in solving physics problems. *Science*, **208** (June), 1335 - 1342.

Leo, E. L., & Galloway, D. (1995). Conceptual links between Cognitive Acceleration through Science Education and Motivational Style: A Critique of Shayer and Adey. *International Journal of Science Education*, **18** (1), 35-49.

Renner, J. W., Stafford, Lawson, McKinnon, Friot, & Kellogg. (1976). *Research, teaching, and learning with the Piaget model*. Norman: University of Oklahoma Press.

Shayer, M., & Adey, P. S. (1981). *Towards a Science of Science Teaching*. London: Heinemann.

Shayer, M., & Adey, P. S. (1992a). Accelerating the development of formal thinking II: Postproject effects on science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, **29** (1), 81-92.

Shayer, M., & Adey, P. S. (1992b). Accelerating the development of formal thinking III: Testing the permanency of the effects. *Journal of Research in Science Teaching*, **29** (10), 1101-1115.

Shayer, M., Wylam, H., Küchemann, D. E., & Adey, P. S. (1978). *Science Reasoning Tasks*. Slough: National Foundation for Educational Research.

Stenhouse, L. (1975). *An introduction to curriculum research and development*. London: Heinemann Educational Books.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

3. CASE 教材による教員研修の実施

本研究では、日本での CASE 教材の実践的可能性を検討するために、一部の教材を教員研修の場で実施した。以下に、その概要を報告する。

3. 1 CASE 教材「処理と効果」

「処理と効果」は「相関」の論理的思考パターンを学習する教材である。バラの成長と葉のつや出し剤投与の関係、小麦の収量と肥料投与の関係などのさまざまな題材で、処理の有無と効果の有無に関係があるかどうかを判断させる課題となっている。各題材の実験結果が 20 枚の絵入りのカードで与えられ、生徒は、下の表の形式で、実験結果を整理した上で、処理が効果的と言えるかどうかを判断することを求められる。

	処理有り	処理無し
効果有り	(a)	(c)
効果無し	(b)	(d)

もし、(a) 6 枚、(b) 2 枚、(c) 7 枚、(d) 5 枚だったとすると、処理有りの方が、より効果有りの出現割合が高くなり、正の関係が認められることになる。また、(a) 4 枚、(b) 6 枚、(c) 4 枚、(d) 6 枚だったとすると、処理してもしなくても、効果有りの出現割合が同じなので、関係は認められないことになる。さらに、(a) 7 枚、(b) 5 枚、(c) 7 枚、(d) 1 枚だったとすると、処理無しの方が、より効果有りの出現割合が高くなるため、負の関係が認められることになる。

この教材では、 χ^2 検定や相関係数などの考え方は導入されない。処理の効果を確かめるために、 2×2 の表を作成して実験結果から正か負の相関関係があるかないかを考えさせることが課題である。

参加した教師の中には、当初、割合が同じ時に相関関係があるものと誤解するケースが見られたが、これは、日本では相関関係の考え方自体が教育されていないためである。教師たちは、考え方を学習することで、二つの変数が無関係かどうかという適用範囲の広い課題について判断する能力を身に付けることができたようである。

3. 2 CASE教材「サンプリング：池の中の魚」

「サンプリング：池の中の魚」は「確率」の論理的思考パターンを学習する教材である。

「養殖業者のフリッパーさんが餌をどれくらい与えるかを決めるために彼の池に何匹の魚がいるかを知りたい」という状況で、「すべての魚を捕まえることをしないで、池にいる魚のすべての個体数(母集団)を推定するにはどうしたらいいでしょう」という面白い課題設定になっている。

まず、池の中の魚をモデル化した種がたくさん入っている袋を各班に与え、個体数を推定する方法を例示する。標本として、袋から一握りの種を取り出して、その数を数えた後、それぞれの表と裏にマークをつけて、元の袋に戻して、袋をよく振って種をかき混ぜるというものである。こうして、袋は、比率の不明なマークの付けられた「魚」を含むこととなり、再び袋から一握りの種を取り出す。これが、「池」の中の「魚」の第二回目の標本となる。この標本中の種の

数を数えて記録し、第二回目の標本中でマークの付けられた種とマークの付けられていない種の数の比率を求めさせる。そこで、「フリッパーさんは、第二番目の標本中でマークの付けられた魚の比率は、第一番目の標本でマークの付けられた魚の全体の魚の数に対する比率と同じだと考えています。あなたは賛成しますか。班で話し合いなさい。」と指示をする。そして、班で比率から全体の個体数を推定させた後、どれくらい正確かについて、袋の中のすべての種を数えさせる。

こうした活動の途中で、「母集団(population)」や「標本(sample)」や「推定(estimate)」といった確率統計上重要な言葉の意味が学習され、よくかき混ぜてばらつきを均一にすることが、推定の誤差を小さくするために必要だということを理解させる。

このCASEの教材と同様な活動を、大豆を使って試してみた。班で分担して何回か推定した結果を平均すると、より精度の良い結果が得られることが確認された。

CASEの教材とは異なるが、大豆と小豆を使って、標本から母集団中の雄雌の比を推定する活動も可能である。総数の分からない大豆と小豆が混ざった袋をよくかき混ぜて、一握り取り出した標本中の大豆(♂)と小豆(♀)の数を数えて比率を計算します。これを何回か繰り返して得られた結果を平均するという活動です。標本の数が少ないと、結果が大きく偏ることも、活動を通じて見つけていくことができた。

3.3 CASE教材「浮かぶ、沈む」

「浮かぶ、沈む」は「合成変数」に関する論理的思考パターンを学習する教材である。

この学習には、異なる大きさ(体積)のビンが数種類、それぞれについて数本ずつが必要となる。そして、中に砂などを詰めて、同じ大きさのビンでもビン全体の重さが異なるようにする。重さを調整して、水に浮かべたときに、ある重さのビンは浮かび、それよりも重いビンは沈むように準備する。

CASEでの活動は、どんな変数が浮かんだり沈んだりするのに関係するかを考えさせてから、まず、さまざまなものを浮かばせてみて、生徒に対して、ある条件以外は同じ条件で比べると考えやすいことに気づかせる。まず、同じ体積で比べると、より重い方が沈みやすいことがわかる。次に、同じ重さで比べると、より小さい方が沈みやすいことがわかる。ここまでは、2変数の関係だけで理解できるが、大きさと重さのどちらも考慮すると、さらに変数が増えて考えられない生徒が出てくる。そこで、表にビンの大きさが絵で示されて重さが書き込まれ裏に浮かぶか沈むかが書かれたカードを使って、同じ大きさのビンのカードを横方向に、同じ重さのビンのカードを縦方向に揃えて並べさせ、ゲームのように浮かぶか沈むかを予想させながらカードを裏返させると、浮かぶか沈むかの境目が斜めになって現れる。この結果から、浮かぶか沈むかを予想するには、大きさと重さの両変数を組み合わせることが必要だとわかるというものである。

CASE通りに教材を準備するのは大変であるが、異なる体積と重さのビンを数本ずつ用意することはさほど難しくないのであろう。生徒に体積と重さをそれぞれ測定させて、それらが浮かぶか沈むかを予想させながら確かめさせる活動を通して、浮き沈みに関しての体積と重さの関係を見つけさせ、さらに重さと体積の比を合成変数とすることで、容易に浮き沈みが予想できることを理解させることができる。その合成変数を密度として導入すれば、多くの生徒に理解が難しい密度

の考え方がより理解しやすくなると思われる。理科では、基本的な変数を組み合わせて作られた変数が少なくないが、生徒の限られた論理的思考力でそうした変数を理解させるには、それぞれの基本的な変数が目的とする変化（この例では浮き沈み）にどう関係しているかをまず具体的に確認させてから、それらを組み合わせた変化について導入すると良いということを、この教材は示唆している。

参加した教師の反応は、これらの CASE 教材は、日本においても十分指導可能な内容であることを示唆するものであった。

第9章 FOSS：米国における先進的初等科学教育プログラム

小倉 康（国立教育政策研究所）

1. FOSSの特徴

FOSS(Full Option Science System)は、米国カリフォルニア大学バークレー校の科学教育機関ローレンスホール・オブ・サイエンス（LHS）で開発された初等理科カリキュラムの一つである。FOSSは、幼稚園(K)から9学年までの理科授業のための数多くの単元モジュールから構成されており、「生命科学」「物理科学」「地球科学」「科学的推論とテクノロジー」の4つのトピックに分けられている。幼稚園から6学年までの27のモジュールの構成を下の図に示す。

FOSSでは、次の2点が最も重要な目標に設定されている。

- ① 科学的リテラシー：すべての生徒たちに、1) 認識発達段階に適した科学の経験、及び、2) ますます科学的、テクノロジー的に複雑化する世界で生きていくための準備としてより高次の考え方を身につけるのに役立つ科学の経験、を提供すること。
- ② 指導法的効果：すべての教師たちに、学習と指導法に関する最新の研究成果を反映した、完全でかつ柔軟でさらに使いやすい科学教育プログラムを提供すること。

FOSS K-6教育プログラム					思考のプロセス	
学年段階	生命科学	物理科学	地球科学	科学的推論とテクノロジー		
学年5・6	食物と栄養	てこと滑車	太陽エネルギー	モデルと設計	関係づける、組織化する、比較する、コミュニケーションする、観察する	
	環境	混合物と溶液	地形	変数		
	人体	磁気と電気	水	アイデアと発明		組織化を高度にする、比較する、コミュニケーションする、観察する
生物のつくり	音の物理	地球の物質	測定			
学年1・2	植物	固体と液体	大気と天気		組織化を始める、比較する、コミュニケーションする、観察する	
	昆虫	つりあいと運動	石、砂、どろ			
幼稚園(K)	生命科学		物理科学			比較する、コミュニケーションする、観察する
	木々	動物たち	木片	紙	繊維	

教材化の理論は、認知発達モデルと科学的思考のプロセスに関する研究に基づいている。

- ① 認知発達モデル：人間が一連の認知発達の段階を経て系統的に成長するというを示す研究に基づくと、はじめの数年間、児童は観察したり記述したり並べ替えたり事物や生き物について知ったりといった直接的な体験によって最も良く学べる。小学校の後半に、

分類したり、確かめたり、実験したり、事物と生き物の因果的関係を決定したりすることでより高度な概念を構築するようになる。FOSS の諸活動は、実際的な体験（ハンズオン）を伴う探索活動で展開するが、どの活動も、児童に期待する認知的要求が彼らの認知能力を超えないように注意して設計されている。発達的に適切な活動によって、「水平的カリキュラム設計」（ある段階での多様な経験を提供する数多くの活動）を実現している。

② 科学的思考のプロセス：FOSS では、認知的段階に関連させて、発達的に次のような思考プロセスを学習プログラムに組み込んでいる。

- ・ 観察すること（情報を入手するための感覚の活用）
- ・ コミュニケーションすること（話したり、描画したり、行為すること）
- ・ 比較すること（対にすること、1対1の対応づけをすること）
- ・ 組織化すること（グループにまとめること、順にすること、連続させること）
- ・ 関係づけること（原因と結果、分類）
- ・ 推理すること（上位／下位分類、条件推論、科学的法則性の導出）
- ・ 応用すること（方略的計画づくり、発明）

例えば、3・4 学年の児童は、「組織化すること」のプロセスを用いて、事物や生き物を観察したり、比較したり、時間や空間の中で捉える（事物や生き物を順にしたり、連続させる）ことが期待されている。一方で、5・6 学年の児童は、確からしく「関係づけること」のプロセスを用いることができる。振り子の長さとは振り子の回数との関係や、てこの力点と負荷の関係、船の容積と耐えられる乗員数の関係を見出すことが期待されている。

各単元モジュールの概要は以下のようにになっている。

（1）幼稚園児用モジュール

「木々」モジュール（3つの活動）は、教室や学校内、及びその周りにある木々を探索する。実物教材と描写教材を使って、生徒たちは学校の木々を選び、木の部分を観察し、葉について調べ、四季を通じた変化を切りぬき帳に記録する。

「動物たち」モジュール（5つの活動）では、導入で、子どもたちに比較する生き物を選択させる。各活動で、生徒たちはある生き物の体のつくりや行動を観察したり記録したりして、類似した生き物の場合と比較する。グッピーと金魚、陸へびと海へび、小さいミミズと大ミミズ、及び、ワラジムシとダンゴムシが、時間をかけて教室で飼われ、小人数の生徒の班が中心となって調べ活動をする。5 学年でのオプションな活動では、教室で鶏卵をふ化させるためのふ卵器の設置について記載している。

「紙」モジュール（3つの活動）は、生徒たちを紙についての調べ活動に導く。生徒たちは、紙の特徴調べからはじめ、紙でもものづくりをしたり、水がいかにか紙に影響するか、及び自分たちで紙を作ってみる。

「木片」モジュール（2つの活動）では、生徒たちは異なった種類の木片（松、合板、アメリカすぎ、チップボード、しなの木）の特徴を比較する。生徒たちは、水の中での木片の様子を調べ、何がそれを沈めるのかを見つけ出す。のこぎりやサンドペーパーで木片を切ったり磨いたりして、出てくるおがくずや削りかすを調べる。2つの木片を合板とチップボードをサンドイッチすることによってくっつける。また、くぎやのりを用

いて、木の彫像を制作する。

「繊維」モジュール（2つの活動）は、生徒たちに日々の生活環境での共通した素材としての繊維について探索させる。まず、繊維の特性調べではじまり、繊維との関わりとして、布を汚したり洗濯したり、繊維を染めたり、繊維から何か役立つものやきれいで楽しいものを作ったりする。

（2）1・2学年生用モジュール

「植物」モジュール（4つの活動）は、生徒たちが植物の世界の生命の多様性を尊ぶことに役立つ。彼らは、花を咲かせる植物のつくりを知り、成長した植物から新しい植物が生まれる様子を見出す。生徒たちは、成長サイクルの短いアブラナ科（Wisconsin Fast Plants TM）を種から育て、1ヶ月ほどのライフサイクルを観察する。生徒たちは単子葉植物（らい麦）と双子葉植物（むらさきうまごやし）を「芝生」上でともに育てて、刈り取りの結果を比較する。彼らは、新たな植物を、差し木や球根、根、から育てて、成長を観察する。

「昆虫」モジュール（6つの活動）は、多くの昆虫の成長過程の学習である。ゴミムシダマシ、ナガカメムシ、ハチミツガ、カイコガ、ヒメアカタテハ、コオロギ、及びアリなどが継続的に観察する生き物の一部である。生徒たちは、異なった成長段階にある昆虫の体のつくりや行動を観察したり比較したりして、見つけたことを議論するとともに記録して、解決すべき疑問を明確にする。生徒たちは、完全かつ単純な昆虫の変態を体験し、動物の世界の多様性の一面に触れる。

「固体と液体」モジュール（4つの活動）は、生徒たちに、物質の2つの状態の特徴を導入する。固体の物質の特性を記述した後に、生徒たちは造形課題でそれらを用いる。彼らは、特定の固体（とうもろこしの粉、豆、米）と液体（水、コーンシロップ、油）の特徴を調べ、またそれらのはたらきを比較する。固体と液体及び液体と液体の相互作用を観察して後に、生徒たちは、歯磨き粉が固体か液体かを決めるための調べ活動を行う。

「つりあいと運動」モジュール（3つの活動）は、生徒たちにいろいろな形のカードや鉛筆をつりあわせ、モビール（遊具の一種）を作ることから、バランスやつりあわせ、安定性について探索させる。彼らは、コマの回転運動や、ぶんと音の出るもの、ろくろ、軸と車輪を持つ機構でのローリング、回転するコップ、及び、おはじきなどについて調べ活動を行う。

「石、砂、どろ」モジュール（4つの活動）では、さまざまな種類の岩について導入する。モジュールの活動を通じて、生徒たちは岩を並べ替えたり洗ったり、比較したり、順列にしたりする。彼らは、ざる（ふるい）を使って岩の混合物を分別し、粘土と土について探索する。生徒たちは、こうした地球物質を用いた多くの経験を経たあとで、彼らの日常生活において、人々がいかに地球物質を活用しているかを示すための自主的研究に参加する。

「大気と天気」モジュール（4つの活動）は、生徒たちによる天気観測を含む。彼らはプラスチックの注射器とチューブを使って、空気の性質を調べ、空気が押し縮められたときにかさが縮められ、圧力が増すことを見つける。生徒たちは、空気のはたらきを利用した次のようなさまざまな仕組みを制作する。パラシュート、プロペラ、風船ロケット、グライダー、風車、吹き流し、風見用円錐筒、たこ、及び、風車。

（3）3・4学年生用モジュール

「生物のつくり」モジュール（5つの活動）は、教室で生き物の物語りをつづる。生徒たちは、種を発芽させ、それを水栽培で育てる。また教室でザリガニを飼い、その興味深い体のつくりと行動を観察する。

「人体」モジュール（4つの活動）は、生徒たちが自分たちの体（骨格や関節、筋肉）の基礎的なつくりと相互のつながり、及び、特に刺激反応の状況で、いかにしてこれらのつくりが協調して運動に結びついているか、についての理解を進める。

「音の物理」モジュール（4つの活動）は、音の発信源や音の受信、強さ、高さ、及び音の方向などについて経験する。また、振動がすべての音の発生の中心と考えられることも扱う。生徒たちは、音の物理に関するさまざまな概念を探究するために学習センターで作業する。

「磁気と電気」モジュール（4つの活動）では、永久磁石や電気の単回路、及び電磁石について探索する。はじめの3つの活動で得られた知識が、4つ目の活動で応用され、生徒たちが電信機を作り、互いに連絡し合うための有線機構を開発する。

「地球の物質」モジュール（4つの活動）では、生徒たちが地球が作られている基礎的な構成物質に触る。彼らは、模擬岩と実物の岩を体験し、鉱物や特性を調べ、地質学者が貴重な岩を分析したり鉱物を同定したりするテクニックについて学ぶ。

「水」モジュール（4つの活動）は、生徒たちを最も驚くべき物質である水に密着させる。彼らは、日常生活のさまざまな場面での表面張力や氷結、膨張、濃度、気化、及び凝結について調べる。最後に、水の質（クオリティ）と水の自然循環の過程について考える。

「測定」モジュール（4つの活動）は、メートル法での測定を導入する。生徒たちは、基準単位について学び、長さ（メートル）、重さ（グラム）、液体体積（リットル）、及び温度（摂氏）を用い、また、測定が必要な場面で適切に道具として用いることができるようにする。

「アイデアと発明」モジュール（4つの活動）は、拡散的思考と創造性に焦点を当てる。科学者たちが普段目立たないで行っている情報収集に用いる4つのテクニック（摩擦、クロマトグラフィー、指紋、鏡像）を習得した後に、生徒たちは、それらをゲームや芸術作業、及びその他の創造的な製作に活用する。

（4）5・6学年生用モジュール

「環境」モジュール（6つの活動）では、生徒たちは多くの異なった植物や動物、及び彼らの環境を探索する。陸上と水中の両方の機構に関する構造的な調査によって、環境要因、許容性、環境上の優先権、環境の範囲、などの概念が形成される。

「食物と栄養」モジュール（4つの活動）では、生徒たちに、酸性内容物、ビタミンC、脂肪分、及び糖分について植物を試験する手段を与える。こうした活動に続き、彼らは、知識と栄養に関する成分表からの情報を活用してランチメニューを計画したり評価したりする。

「てこと滑車」モジュール（4つの活動）は、生徒たちに6つの単純な機械の中から2つ—てこと滑車—を用いて、力学に関する基礎的な概念を示す。生徒たちは直接経験により、力点、作用点、支点、力の拡大率などを理解する。

「混合物と溶液」モジュール（4つの活動）は、生徒たちに基本的な化学的概念を導入する。彼らは、混合物と溶液、濃縮、飽和、蒸発、及び、化学反応を経験する。

「地形」モジュール（5つの活動）では、地文学と地図づくりの概念を学ぶ。生徒たちは、川の流れの台を使って、土地の造形をシミュレートし、地形図法によって地形を表現する。

「太陽エネルギー」モジュール（4つの活動）は、生徒たちに太陽の動きと受ける太陽エネルギーに関する

大切な概念を導入する。生徒たちは、いくつか異なった地球の物質を使って、太陽エネルギーを取り込み、また反射式や吸熱式の集熱器を用いて太陽熱湯沸かし器を作る。最後に、モデルハウスについて考え、いかに太陽エネルギーを活用した空間利用の発熱性を最大にするかを見つけた。

「変数」モジュール（4つの活動）は、生徒たちに変数の概念を導入する。生徒たちは、変数を同定し、変数を制御し、さらに、多変量システム-振り子や飛行機、ボート、及びカタパルト-を用いての対照実験を実行する。

「モデルと設計」モジュール（4つの活動）では、科学的なモデルの概念について学習し、生徒たちに多様な問題の解決法を見出す機会を設ける。強く強調されることは、作業モデルを組み立てて、実世界の問題解決に結びつけることである。

2. FOSS教材による教員研修の実施

本研究では、日本でのFOSS教材の実践的可能性を検討するために、一部の教材を教員研修の場で実施した。以下に、その概要を報告する。

2.1 FOSS教材「変数」モジュールの「振り子」

5・6学年用モジュール「変数」中の活動「振り子」を体験してみる。

活動「振り子」は、その周期に影響する変数を明らかにする活動を通じて、条件を制御して実験する能力や、結果をグラフ化して解釈したり、グラフから誤差を読み取ったり、内挿や外挿によって結果を予測したりする能力を高めるとともに、観察し、コミュニケーションし、比較し、組織化し、関連づけるといった科学的思考のプロセスを身に付けさせることを目的としている。

振り子は、身近な素材である鉛筆と糸、クリップ2個、及びコイン（米国の1ペニー硬貨1枚か複数枚、わが国であれば5円玉が便利）で児童に作らせる。

はじめの課題は、振り子を作ってその動きを知った後で、15秒間で振り子が振れる回数に、どんな変数が影響するかを調べることである。振り子の振れの回数の数え方を統一して、実際に計測する。「変数」という用語が導入され、児童は、振れに関係がありそうな変数として、振り子の糸の長さとおもりの重さ、振れ始めの位置（高さ）を指摘する。

次に、3つの変数が振り子の振れの回数に影響するかどうかを検証する。基準となる振り子に対して、どれか一つの変数を変え、他の変数は変えないで、15秒間の振れの回数を数えると、振り子の糸の長さだけが振れの回数に影響することがわかる。そこで、児童は、好きな糸の長さの振り子を作って、全員で一斉に15秒間の振れる回数を数える。そして、黒板の左から右に向かって5回から25回までの数値が等間隔に書かれた紙が貼られ、それぞれの回数の下にクリップが付けられたところに、児童が自分の振り子の回数のクリップに振り子を釣り下げる。それで、全員が振り子を釣り下げ終わると、振れる回数が多いほど、振り子の糸の長さが短くなっている関係が一目でわかる。このデータから、黒板と同じように、左から右方向に振れの回数を、上から下向きに振り子の糸の長さとなるようにした絵グラフを描かせる。

次に、同じデータを使って、横軸に糸の長さを、縦軸に振れの回数をとった折れ線グラフを描かせる。このグラフを使うと、データの無いところの糸の長さの振れの回数が予測できたり、予

測を確かめるために新たな糸の長さの振り子を作ったりすることができる。こうして、グラフを活用する能力が育成される。

「振り子」の活動の後では、「救命ボート」という活動が用意されていて、適当な高さに切った紙コップ（ボート）を使って、水に浮かべた時に、何枚のコイン（乗員）を乗せられるかを測定する。それぞれのボートの容積（ミリリットル）を計測して、横軸にボート（コップ）の容積を、縦軸に乗せることのできたコインの枚数（乗員数）をとったグラフを描かせる。そして、新たに異なる容積のボートを作って、グラフから内挿や外挿によって乗員数を予測させた上で、実験をして、予測と実測値を比較する。このようにして、グラフ化の能力の定着が図られる。

2. 2 FOSS教材「モデルと設計」モジュールの「ブラックボックス」

次は、5・6 学年用モジュール「モデルと設計」中の活動「ブラックボックス」である。この活動では、黒い箱を使って、頭の中でモデル化する能力を育てるとともに、科学の本質、つまりサイエンスとは何かを、子どもにわかりやすく伝えることができる。

1 人に 1 つ、プラスチックの黒い箱を配る。配られた箱は、中を開けなければ何をしてもいいので、各自工夫して調べて、中身がどうなっているかを考える。その後、黒板に絵で描く。既知の事柄として、中にビー玉が 1 つ入っている。まず個人で調べてみる。（各自、盛んに箱を揺らして中身を確認しようとする。同じ班の個人に配られた箱には、それぞれ A, B, C, D と異なるアルファベットがかかれたシールが貼ってある。）中身を考えたら、黒板の自分の箱についているシールのアルファベットのところに、予想図を描く。

ここでやっていることは、例えば、サイエンスの学会で、テーマ別に A B C D の 4 つの分科会があって、同じテーマを研究している科学者が集まったとすると、それぞれの発表したモデルには若干違いがある。ただ、発表を聞いただけだと、どうして違いがあるのかわからない。だから、同じものを研究している人が、集まって、相手を蹴散らすのではなく、真実を求めるために討議をする。10 分後に次回の学会がはじまるので、それまで討議をする。（同じタイプの箱を持つ人たち同士で討議する。）

次に、今の段階での、分科会の暫定的な結論を発表する。（各分科会が、新しいモデルと、そう考えた理由を説明する。）依然、真実はわからないけれども、これで、それぞれの専門家の分科会で一番もっともらしいモデルが出てくる。これが現時点での科学の限界である。

自然界を探る方法には限界があるから、今はこのような暫定的な結論がある。それが真実かは誰にもわからない。真実だと分かっただけで、だれも研究しなくなる。そのうち、新しい手法や事実が発見されて、定説が覆されるということがあるかもしれない。

ここで、ブラックボックスは開けないまま、ブラックボックスの授業は終わることになる。作業モデルを組み立てることで、実世界を予測していくというプロセスが、児童に教えられる、特徴的な学習である。ふたを開けて中身がわかってしまうと、知的好奇心は途切れてしまう。わからないものが、どんなものなのかと思いつけているのが科学者だということである。でも 1 つの発展課題が示されていて、ブラックボックスを作成するのに用いた材料を提示する活動が用意されている。物質には有機物・無機物があって、考えうる材料がある。そこで、ありえない可能性

を排除して自分達のモデルを検証する。頭の中でモデルを作っても、実際にうまくいかない場合もある。したがって、実際にモデルをつくって検証するという可能性が用意されている。

科学が暫定的なものだという見方を教えるのは、科学的リテラシーとして、科学とはどんなものか、技術とはどんなものか、それらはどうかかわっているのかなど、従来の物理、化学、生物、地学ではない横断的な見方を教えることになる。科学的リテラシーが世界的に重視されてきている中で、科学が暫定的な性格を有していることも大切な見方だと考えられている。今の時代、理科の授業は全て先生が答えを知っているから、子どもは科学でわからないことはないと思ってしまうがちである。でも、科学の暫定性を伝えることで、わからないことに固執する態度を育むことができる。教科書に載っていることは、今は一番もっともらしいとされているけれど、もしかしたら将来覆る可能性もありうることだということを子どもたちが知っていてもいいということである。

参加した教師の反応は、これらの FOSS 教材は、日本においても十分指導可能な内容であることを示唆するものであった。

第 10 章 “Twenty First Century Science”

－英国の科学的リテラシー育成カリキュラム－

小倉 康（国立教育政策研究所）

1. イングランドの義務教育修了段階（キーステージ 4）における科学カリキュラム改革

英国（イングランド）では、2006 年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 2 年間；日本の中学 3 年－高校 1 年に相当）の科学の内容が大幅に変更された。新しいカリキュラムは、次の領域「科学はどうかはたらいているか How science works」と領域「学習の幅 Breadth of study」を、すべての生徒が履修すべき内容として位置づけている。

キーステージ 4 の領域「科学はどうかはたらいているか」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、創造的な思考の使い方、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こと、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こと、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こと

キーステージ4の領域「学習の幅」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。

「科学はどうかはたらいっているか」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。また、そうした学習で目指されている生徒像が、次のように記されている。

キーステージ4において、生徒たちは、科学と科学者が社会的にはたらいっている様子について学習する。データと証拠、理論、説明の間関係を検討し、個人や班で取り組む中で、実践的スキル、問題解決スキル、及び探究スキルを発達させる。探究の方法と結論を、定性的にかつ定量的に評価し、自身の考えを明確にかつ正確に伝達する。

すべての生徒は、彼らの科学的理解を、自身や他人の生活スタイルに関する決定や、社会における科学や科学技術的な発展に関連づける能力を発達させる。

大半の生徒は、科学と関連領域でのさらなる学習の基礎となるように、彼らの理解とスキルを発達させる。

この表現から、ナショナルカリキュラムは、イングランドの義務教育において、生徒に将来市民生活を営む上で習得させたい学力として位置づけた科学的リテラシーの内容を表したものであると同時に、上位学校へ進学する大半の生徒のための基礎的学習となることを目指していると言えるだろう。

次節では、この新たなカリキュラムを具体化した教科書の一つの事例として「21 世紀科学」(Twenty First Century Science)を紹介する。「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」を通して、英国における科学的リテラシーの育成の方向性がより具体的に把握できると考える。

2. “Twenty First Century Science” の特徴

「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¹。

「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

¹ 本章に記述の内容は、「21 世紀科学」の教科書を分析した結果とともに、2006 年 9 月に英国ヨーク大学隣接の全国理科学習センター(National Science Learning Center)で開催されたセミナー「Scientific Literacy: its implications for schools」に参加した際に、「21 世紀科学」について著者である Robin Millar 氏、John Holman 氏らから詳細な説明を受けた内容に拠っている。

「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志決定、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、ウィルスやバクテリア、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志決定、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志決定）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。

3. “Twenty First Century Science” の科学的リテラシーへのアプローチ

上記のように、「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。

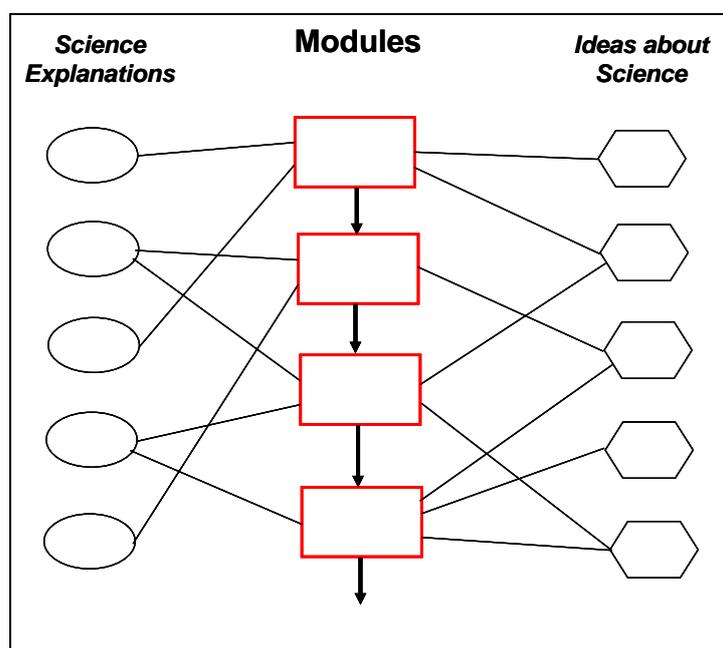
科学教育において科学的リテラシーが強調されるのは、現代の社会生活では、科学や科学技術が関連する大量の情報に接する中から、自らに関わるものを取捨選択したり、それに関わる問題を適切に解釈したり、問題に対して社会的に意志決定するための議論に参加したり、また、自ら問題を解決する能力を有していることが、市民の資質能力として期待されるからである。「21世紀科学」は、科学技術の専門家になるわけではない大多数の子どもたちに、科学的リテラシーの習得を強調するとともに、将来科学技術系分野に進む可能性のある子どもたちに対しても、さらに高度な内容の科目を選択可能とすることで、その必要性に応えようとしている。

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「科学はどうかはたらいっているか」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「科学はどうかはたっているか」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、リスクと利益に関係す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 1 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 1 「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。

第 11 章 2006 年 OECD PISA 調査における

科学リテラシーの評価の枠組み（フレームワーク）

小倉 康（国立教育政策研究所）

1. 2006 年 PISA 調査までのフレームワーク開発の経緯

すでに第 2 章で述べたように、OECD の PISA 調査（生徒の学習到達度調査）は、OECD 加盟国に象徴されるように、科学技術や社会経済の発展した現代社会において、義務教育終了段階にある生徒たちが、知識や技能に関して、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調査である。毎回測定されている領域は、読解リテラシー(reading literacy)、数学的リテラシー(mathematical literacy)、科学的リテラシー(scientific literacy)の 3 領域であり、2000 年が読解リテラシーを中心とした調査、2003 年が数学的リテラシーを中心とした調査、そして、2006 年が科学的リテラシーを中心とした調査であった。

日本では、国立教育政策研究所がこの調査の設計と実施を担当してきた。2006 年の PISA 調査は、科学的リテラシーが初めて主たる調査領域となるもので、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、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、その育成状況を測定する評価の枠組み（フレームワーク）を作成することとなった。

この作業は、OECD が 2002 年 12 月 3～4 日に専門家を招いてパリで開催した第一回サイエンス・フォーラムに始まり、ワーキンググループ会合（2003 年 1 月 23～25 日、米国コロラドスプリングス）を経て、第二回サイエンス・フォーラム（2003 年 2 月 27～28 日、パリ）でフレームワークの基本方針と最初の試案が作成された。これらの会合を通じて、枠組みの試案作成に寄与したことから、筆者はフレームワークのその後の開発と具体的な調査内容の検討に携わることとなったが、具体的な作業は、2006 年 PISA 調査のために結成された国際コンソーシアム（オーストラリア教育研究所 (ACER) を中心として、オランダ教育測定研究所 (CITO)、米国 WESTAT、及び ETS、そして国立教育政策研究所 (NIER) の 5 機関で構成）が設置した、科学的リテラシーの国際専門委員会 (Science Expert Group; SEG) で修正案を作成し、OECD の運営理事会 (PGB) に承認を求める形で進められた。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、次の 11 か国 12 名の専門家で構成された。

委員長	Rodger Bybee	BSCS 代表	米国
委員	Ewa Bartnik	ワルシャワ大学	ポーランド
	Peter Fensham	モナシュ大学	オーストラリア
	Paulina Korsnakova	スロバキア教育省	スロバキア共和国

Robert Laurie	ニューブルンスウィック州教育省	カナダ
Svein Lie	オスロ大学	ノルウェー
Pierre Malleus	フランス教育省	フランス
Michelina Mayer	国立教育評価研究所	イタリア
Robin Millar	ヨーク大学	イギリス
Yasushi Ogura	国立教育政策研究所	日本
Manfred Prenzel	キール大学	ドイツ
Andre Tiberghien	リヨン大学	フランス

国際コンソーシアムの下では、並行してフレームワークの試案に沿った調査問題の開発が進められた。調査問題の開発は、調査問題作成担当機関（ACER;オーストラリア, IPN;ドイツ, ILS;ノルウェー, CITO;オランダ, NIER;日本）がパイロット問題を作成し、それぞれの国内でのパイロット調査を経た後、最終的に必要な調査問題数の約3倍の候補問題を作成した。日本では、中学高校大学の理科教師と科学者の協力を得て、筆者を含む国立教育政策研究所の理科教育の研究官が中心となり、問題作成を進めた。国際コンソーシアムでは、調査問題作成担当機関以外の調査参加国から提案された問題も含めて、フレームワークへの適合性と参加各国の担当者によるレビューの結果などから問題の選定を進め、結果として、最終的に必要な調査問題数の約2倍の候補問題を予備調査問題とし、2005年に参加各国での予備調査が実施された。予備調査結果から、フレームワークに最終的な修正を施し、本調査問題を確定し、2006年に本調査が実施された。そして、完成されたフレームワークは、OECD 運営理事会（PGB）の承認を経て、英語とフランス語で、2006年10月に公開された。

2. 科学的リテラシー評価のフレームワークの内容¹

フレームワークには、2006年のPISA調査における科学的リテラシーの定義とその理論的背景の説明とともに、フレームワークに沿った調査の問題構成と問題のサンプル（予備調査で実施されたもので、本調査では実施されていない）として16題が掲載されている。サンプルでは、採点に用いた解答類型とともに各問題がフレームワークのどの要素に対応するのかの説明、及び、問題を検討する過程についてのコメントが付記されている。これらの情報は、今後各国で科学的リテラシーの評価を目的とした調査問題の検討に有用と思われる。日本でも2000年、2003年のPISA調査と同様に国立教育政策研究所から全訳され出版される予定である。なお、PISA2006の調査結果は、2007年12月に一部の本調査問題とともに公開される予定である。

フレームワークは全訳出版される予定であるので、以下では科学的リテラシーフレームワークの概要を記す。

¹ OECD (2006) "Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006". 公開 pdf ファイルのダウンロード : <http://www.pisa.oecd.org/>

科学的リテラシーの定義

科学的リテラシーが主調査領域となる PISA2006 では、科学的リテラシーは次のよう定義されている。これは、2003 年調査までの定義（第 2 章を参照）を否定するものではなく、それをさらに拡張したものであると捉えられている。

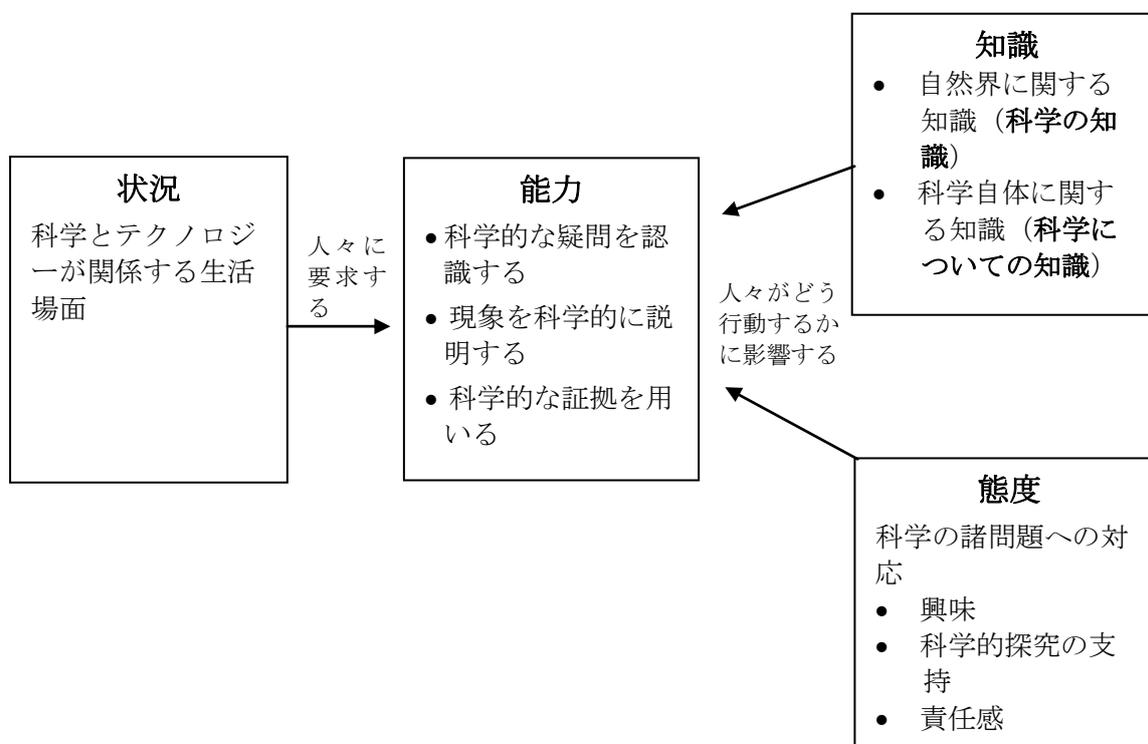
科学的リテラシーとは、個人が、

- ・ 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。

科学的リテラシーの枠組み

科学的リテラシーは、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であるか？」に対して、科学的リテラシーを構成する諸要素とそれらの関係を構造的に図 1 に示される枠組みで捉えている。

図 1 PISA2006 科学の評価の枠組み



- **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 2) 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 4)の 4つのテーマで、後者は「科学的探究、科学的説明」(図 5)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 5)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 3)の 3つのテーマで捉えている。

図2 PISA2006 科学の評価のための「状況」

<p style="text-align: center;">個人的な状況</p> <ul style="list-style-type: none">▶ 健康（例：健康の維持，事故，栄養）▶ 資源（例：個人の物質とエネルギー消費）▶ 環境（例：環境に優しい行為，物質の使用と廃棄）▶ 災害（例：自然災害と人為的災害，家を建てる際の決断）▶ 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）
<p style="text-align: center;">社会的な状況</p> <ul style="list-style-type: none">▶ 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）▶ 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）▶ 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）▶ 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）▶ 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）
<p style="text-align: center;">地球的な状況</p> <ul style="list-style-type: none">▶ 健康（例：流行（伝染）病の発生，感染症の蔓延）▶ 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）▶ 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）▶ 災害（例：気候変動，近代的戦争の影響）▶ フロンティア（例：種の絶滅，宇宙探査，宇宙の起源とつくり）

図3 PISA2006における科学的な「能力」

<p style="text-align: center;">科学的な疑問を認識する</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 科学的に調査可能な疑問を認識する➤ 科学的情報を検索するためのキーワードを特定する➤ 科学的な調査について、その重要な特徴を識別する
<p style="text-align: center;">現象を科学的に説明する</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 与えられた状況において科学の知識を適用する➤ 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➤ 適切な記述，説明，予測を認識する
<p style="text-align: center;">科学的証拠を用いる</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 科学的証拠を解釈し，結論を導き，伝達する➤ 結論の背景にある仮定や証拠，推論を特定する➤ 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

図 4 PISA2006 における「科学の知識」のカテゴリー

<p>物理的システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 物質の構造（例：分子モデル，結合） ➤ 物質の特性（例：状態変化，熱と電気の伝導性） ➤ 物質の化学変化（例：反応，エネルギーの移動，酸とアルカリ） ➤ 運動と力（例：速度，摩擦） ➤ エネルギーとその変換（例：保存，散逸，化学反応） ➤ エネルギーと物質の相互作用（例：光と電波，音波，地震波）
<p>生命システム</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 細胞（例：構造と機能，DNA，植物と動物） ➤ 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） ➤ 個体数（例：種，進化，生物多様性，遺伝的多様性） ➤ 生態系（例：食物連鎖，物質とエネルギーの流れ） ➤ 生物圏（例：生態系の助け，持続可能性）
<p>地球と宇宙のシステム</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 地球システムの構造（例：地圏，大気圏，水圏） ➤ 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） ➤ 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） ➤ 地球の歴史（例：化石，起源と進化） ➤ 宇宙における地球（例：重力，太陽系）
<p>テクノロジーのシステム</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ 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） ➤ 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） ➤ 概念（例：能率化，トレードオフ，コスト，リスク，利益） ➤ 重要な諸原理（例：基準，制約，革新，発見，問題解決）

図 5 PISA2006 における「科学についての知識」のカテゴリー

科学的探究
<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="240 387 751 421">➤ 発端（例：好奇心，科学的な疑問）<li data-bbox="240 450 1374 528">➤ 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 data-bbox="240 562 1145 595">➤ 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 data-bbox="240 629 1007 663">➤ データのタイプ（例：定量的 [測定]，定性的 [観察]）<li data-bbox="240 696 1374 775">➤ 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 data-bbox="240 808 1257 842">➤ 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）
科学的説明
<ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="240 925 836 958">➤ タイプ（例：仮説，理論，モデル，法則）<li data-bbox="240 992 1374 1025">➤ 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 data-bbox="240 1059 1374 1137">➤ 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 data-bbox="240 1171 1374 1249">➤ 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）

図6 PISA2006における「態度」の評価のための領域

<p style="text-align: center;">科学への興味</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 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➤ 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➤ 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
<p style="text-align: center;">科学的探究を支持する</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 異なった科学的見方や論点を検討する重要性を認める➤ 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➤ 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
<p style="text-align: center;">資源と環境に対する責任</p> <ul style="list-style-type: none">➤ 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➤ 個人の行動が環境に及ぼす影響の認識を示す➤ 自然資源を維持する行動に意欲を示す

調査問題の割合

図 2 から図 6 に示された枠組みに沿って作成された調査問題で、本調査問題は構成されているが、調査問題全体として総合的に科学的リテラシーが捉えられるように、科学的リテラシーの構成要素ごとの構成割合が次のように設定されている。

図 7 PISA2006 の調査問題における「知識」の各要素の割合

科学の知識	素点の割合
物理的システム	15～20%
生命システム	20～25%
地球と宇宙のシステム	10～25%
テクノロジーのシステム	5～10%
小計	60～65%
科学についての知識	素点の割合
科学的探究	15～20%
科学的説明	15～20%
小計	35～40%
合計	100%

図 8 PISA2006 の調査問題における「能力」の各要素の割合

科学的な能力	素点の割合
科学的な疑問を認識する	25～30%
現象を科学的に説明する	35～40%
科学的証拠を用いる	35～40%
合計	100%

第12章 科学的探究能力の指導と評価に関する

教師教育プログラムの開発

小倉 康（国立教育政策研究所）

第2章で論じたように、欧米で進められてきた科学的リテラシーの育成を目指す科学カリキュラム改革において、科学的探究能力の育成はその主たる構成要素の一つとなっている。そこで本研究では、科学的探究能力をどのように捉え、それを理科の指導と評価にいかに取り入れるかの教師教育プログラムについて、海外の事例も参考としながら、理科の教員研修や教員養成の講座での試行を通じて検討してきた¹。その基本的な内容について報告する。

1. 科学的探究能力をどう捉えるか

「科学的探究能力とは何か」について、さまざまな捉え方がされているが、大まかには観察や実験を通して疑問や仮説を確かめていくプロセスとして捉えられている。歴史的には、19世紀から20世紀にかけて、科学的探究能力を、データー帰納ー法則（仮説）ー演繹ー検証（反証）といった固定化された「科学の方法」と捉えて、そうした一連の過程に沿って理科学習を展開することを良かれとした時代があった⁽¹⁾。しかし、科学とは何かを問う科学哲学の発展によって、科学がそのような「科学の方法」によって進歩してきたものではない⁽²⁾ことが明確になり、探究の過程は普遍的な論理が存在しない多様なものであるとする見方に変わってきた。そこで、今日では、科学的発見や科学的問題解決を目指したさまざまな状況の目的的活動に利用できる諸能力を総称して「科学的探究能力」と呼んでいる。つまり、科学的探究を進める固定的な方法としてではなく、科学的探究を進める上でそれを獲得しておくことが有益と考えられる諸能力として科学的探究能力を捉えるようになっている。

科学的探究能力をそのように捉えると、実に多様な能力的要素がそれに含まれることがわかる。例えば次頁のリストに示すような項目を上げることができる。

このリストには、科学的な思考に関する能力（③～⑤，⑦～⑨）のほかに、科学への情意・態度面（①，②）や技能・表現力面（⑥，⑫～⑮），知識・理解面（⑩，⑪）の能力も含まれている。子どもたちがこうした多様な能力を発達させておくことが、将来、彼らは何らかの疑問や課題を科学的に探究したり解決したりしていく際の推進力になると考えられる。教師としては、指導と評価を通じて、最終的には、こうした多様な能力が子どもたちに育成されることを目標とした授業設計を志すべきと考える。

以下では、科学的な思考に関する能力の基盤となる論理的思考力、科学のプロセススキル、非形式推理と批評的思考力の指導と評価について論じる。

¹ お茶の水大学における一部の実践は、以下に紹介されている。

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？」千葉和義他編著『サイエンス コミュニケーション』日本評論社、109～162頁。

科学的探究能力を捉える観点のリスト

- ① 事象への好奇心・探究心
科学への情意〔科学技術への興味・関心・イメージ，価値意識，学習意欲，学習習慣等〕
- ② 科学的態度や科学的意志決定の尊重
科学的な態度〔持続可能な発展（環境・生態系，資源・エネルギー等），民主主義社会形成，科学的根拠の提示，防災（自然災害，人的災害）・危機管理，健康・衛生，科学技術開発等〕
- ③ 情報の収集と分析の能力
文献レビュー，調べ学習，アンケート，インタビュー等
- ④ 仮説やモデルの構築力，技術的創造・設計力
仮説演繹の推理，帰納，アナロジー（類推），技術的創造・設計力
- ⑤ 変数制御と実験計画能力
変数同定（制御変数，操作（独立）変数，反応（従属）変数），操作的定義，探究計画，妥当性
- ⑥ 観察実験等の操作的技能
五感，テクノロジー活用（センサ，機器），創造性，安全性，信頼性・正確性
- ⑦ データの処理，グラフ化，数学的解析力
情報処理能力，比較・分類，関数的変量関係，統計（平均，ちらばり等）
- ⑧ 証拠に基づいた論理的推論能力
保存，比例，条件制御，確率，順列組み合わせ，因果関係と相関関係，帰納と演繹
- ⑨ 非形式的推理と批評的思考力
三段論法と前提の誤謬性，認知過程の「振り返り」「見直し」
- ⑩ 科学的知識の習得，理解，基盤
学校理科，学校外学習機会（科学館・博物館，新聞・TV，書籍，レクチャー等）
- ⑪ 科学的知識の適用，応用，関連づけ
問題解決，ものづくり，日常生活への応用・関連づけ
- ⑫ 情報通信技術（ICT）の活用能力
シミュレーション，インターネット（ブラウザ，メール，ホームページ等），表計算，画像解析，ワープロ，データベース，CDやDVDのコンテンツ作成，プレゼンテーションアプリケーション
- ⑬ 表現力（発表，討論，テキスト表現と理解）
科学論文（英国コースワーク（プロジェクト），課題研究，自由研究），パネル発表，プレゼンテーション（書く，聞く，話す，読む，見せる，討議する）
- ⑭ 国際性（英語力，異文化理解）
英語力，国際理解・協調，英文アブストラクト，英語コミュニケーション，海外情報検索等
- ⑮ リーダーシップと協働の能力（チームワーク）
チームワーク，KJ法，ブレインストーミング法，等

2. 論理的思考力について

論理的な思考とは、数学の定理や論理、科学の原理や法則、観察実験事実や法律など、客観的な命題「形式的な論理」に基づいて判断したり演繹的に推理したりすることである。理科教育で「論理的思考力」というときは、その思考形態よりも、ピアジェの発達段階の考え方に基づいた、子どもの思考力に関する発達の制約を意味する場合が多くある。すなわち、理科教育で要求する思考水準が、その子どもの発達段階に対して、適切な要求であるかを問うような場合だ。とりわけ、具体的操作の時期（7～8歳から11～12歳）から形式的操作の時期（11～12歳に始まり14～15歳頃に完成）への移行が後期初等教育段階から前期中等教育段階への移行と重なるため、この間の形式的な思考操作を要するような学習内容の導入には注意する必要がある。また、発達に個人差があるため、形式的な論理操作にまだ不慣れな児童生徒に対して、いかに指導すれば理解できるかに留意する必要がある。

例えば、「密度」などの比例的変量関係が形式的には理解できない中学生が多くいる。それに対して小倉⁽³⁾は、調査結果から、生徒が比例的変量関係を形式的に理解するようになる以前に、まず課題を定性的に理解することを前提とすべきであると結論している。形式的な論理操作に偏りやすい「比熱」や「電圧」といった科学概念の指導においては、生徒の思考力の発達の制約への配慮が必要である。さらに、形式的操作が困難でない生徒でも、課題を定性的に説明することに困難を示したことから、定性的な理解を欠いた形式的な論理操作が、表面的な学習に止まる危険性を持つことがわかる。理科では、生徒に学習した科学の原理や法則を真理として演繹的に問題に適用させて問題を解かせる場面がよくあるが、たとえ生徒の思考が「論理的思考」の形態であったとしても、実質的には理解しているとは限らないのである。

理科の授業で「論理的思考力」が試される別の場面は、観察実験結果から論理的に結論を導く場合だ。例えば水を加熱して、「水は何度で沸騰するかを調べる」課題で、実際は100℃よりも低い温度で沸騰する様子を観察しても、「水は100℃で沸騰する」と結論づける生徒がいる。温度変化とともに沸騰の様子を記録して、そこから論理的に判断すれば、「水は100℃より低い温度で沸騰した」あるいは「水は100℃でなければ沸騰しないわけではない」とすべきであるが、「水は100℃で沸騰する」という「知識」や「信念」が判断の客観性を歪めてしまう。そのような先入観の下では、飽和水蒸気圧の変化や溶質によっても沸騰温度が変わりうることや、気化し始めた温度ではなくそれ以上に上昇しなくなった温度を沸点とすること、さらに、測定に用いた温度計の精度に幅があることなど考えが及ばない。したがって、理科教育では観察実験結果から客観的に何が言えるのかを考えさせることが論理的思考力を育成するとともに科学的な見方を発展させる上でとても重要である。

1980年代に米国で開発された論理的思考力問題 GALT (Group Assessment for Logical Thinking) は、「保存」「比例」「変数制御」「確率」「相関」「組み合わせ」の6種類の論理的思考パターンに関する12の問題で構成され、児童生徒の論理的思考力の発達段階の推定に用いられた。

「保存」の思考パターンについては、上皿天秤で釣り合った2つの丸い粘土の一方を平たく伸ばした後で再度両者の重さを比較した結果を理由とともに選ばせる問題と、同じ体積と形で一方

は軽く他方は重い2つのおもりを、それぞれ同じ量の水の入った2つの同じ形のビーカーに入れたときに水面の高さがどうなるかを理由とともに選ばせる問題となっている。年少の子どもたちは、見た目の大きさと重さが区別できず、薄く延ばした粘土は軽くなると考えたり、重いおもりの方がより水面が高くなると考える傾向がある。

「比例」の思考パターンについては、小さなコップと大きなコップそれぞれで大きなバケツに水を満たす場合にそれぞれ15杯と9杯必要だとわかっていて、小さなバケツを満たす場合に小さなコップで10杯必要であれば大きなコップで何杯必要かを理由とともに選ばせる問題と、天秤の中心から左に3の距離に10gのおもりを釣り下げるとき、5gのおもりを右に釣り下げて天秤を釣り合わせるには中心からどれだけの距離に釣り下げるべきかを理由とともに選ばせる問題となっている。いずれも、比例の関係を使って論理的に推理させる問題であるが、形式的な論理操作に不慣れな子どもには、難しい課題である。

「変数制御」の思考パターンについては、同じ長さの糸につけられた10gのおもりと5gのおもり、及び、少し長い糸につけられた5gのおもりの3つのふりこがあるとき、ふりこの往復する時間が糸の長さに関係があるかどうかを調べるためにはどのふりこを使えばよいかを理由とともに選ばせる問題と、傾斜台の異なる高さの場所からボールをころがしてビー玉に当てると、どれくらい遠くまでビー玉が動くかを調べるために、まず、低い場所から軽いボールをころがしたならば、次に、高い場所からころがすボールは、重いボールと軽いボールのどちらにすべきかを理由とともに選ばせる問題となっている。いずれも、変化させる条件以外の条件を同じにするという論理操作が可能かを問うものである。

「確率」の思考パターンについては、布ぶくろの中にさまざまな形と模様の木片がそれぞれ何枚かずつ入っている場合、ぶくろの中から木片を1個取り出すときにある模様の木片（形は異なってもよい）が取り出される割合を理由とともに選ばせる問題と、同じ布ぶくろから、ある形である模様か同じ形で別のある模様の木片かが取り出される割合を理由とともに選ばせる問題になっている。確率の考え方をを用いて計算させるものである。

「相関」の思考パターンについては、ネズミの大きさ（太っているかやせているか）と尾の色（黒か白）の間に関係があるかを、ある場所のすべてのネズミに関する調査結果から理由とともに選ばせる問題と、魚の大きさ（大きいか小さいか）と縞模様（太い縞か細い縞か）の間に関係があるかを、調査結果から理由とともに選ばせる問題になっている。相関関係は、日本の義務教育では教えられていないので、大人でも正解が容易でないのであるが、例えば、大きな魚も小さな魚もどちらとも7分の3に太い縞模様があるから、魚の大きさと縞模様の間には関係はないというように、2つの変数を組み合わせたときに、同じ比になっていれば相関関係はないと判断する。逆に、比が大きく異なるときには、相関関係があると判断する。

「組み合わせ」の思考パターンについては、男女3人ずつで、男子1名と女子1名の2人で肝試しをするときのすべての組み合わせを書き出させる問題と、新しくできるショッピングセンターで4つの店を1列に並ばせる場合のすべての並びを書き出させる問題になっている。組み合わせの考え方をを用いて、整然と解答が導けるかが問われる。

このような論理的思考のパターンは、思考力の発達した大人が思考する際には容易に適用しているものであるが、小学生の多くや、中学生の一部では、困難な課題である。理科的な探究場面においては、とりわけ、比例的な考え方や、変数制御の手法は、頻繁に適用することになる。

3. 科学のプロセススキルについて

「科学的探究能力」という言葉が用いられるときは、多くの場合、プロセス・スキル(process skills)を意味している。これは 1960 年代に心理学者ガニエによって提唱され広まった考え方である。彼は、プロセス・アプローチの基本的な考え方を次のように説明している。「科学を探究していく際の科学者の一連の知的活動は高度に複雑ではあるが、それはより単純な複数の活動に分析可能である。・・・中略・・・これらの科学者の知的活動は、単純な活動から始まって、それらをもとにしてより複雑な活動へと組立てられていくようにして学習される。したがって、子どもたちにプロセス・スキルを獲得させようとする学習は、観察のような単純なものから始めて、次第に、分類する、測定する、伝達する、数量化する、時空間を用いる、などを組立てていき、推論や予測を可能にしていくような順序で構成することができる。さらに進んでくると、操作的に定義する仕方、検証可能な仮説を形成する仕方、実験の仕方、実験結果の解釈の仕方がわかってくる。こうして、優秀な生徒を育成することが可能となる。」

ガニエの理論を基礎として作られた初等理科カリキュラムである SAPA (Science-A Process Approach) では、科学者の行為から次の 13 のプロセスを特定した。

- ① 観察する
 - ② 時空の関係を用いる
 - ③ 分類する
 - ④ 数を用いる
 - ⑤ 測定する
 - ⑥ 伝達する
 - ⑦ 予測する
 - ⑧ 推測する
-
- ⑨ 変数を制御する
 - ⑩ データを解釈する
 - ⑪ 仮説を形成する
 - ⑫ 操作的に定義する
 - ⑬ 実験する

はじめの八つは、基礎的プロセスとされ、小学校 4 年までに、残りの五つは統合的プロセスとされ、小学校 4 年以降に学習するものとされた。SAPA では、これらの各プロセスを習得させる単元を、「実験する」のプロセスを最上位とした階層構造をもってカリキュラムに配置した。

こうした科学のプロセス・スキルの考え方は、わが国でも、昭和 44～46 年改訂の中学校・高等

学校指導要領に見られる「科学の方法」の考え方に影響を与え、今日でも「科学的に調べる能力」あるいは「探究の技法」と言われているものの原型となっている。

理科の学習を科学的な問題解決過程と捉えると、そこには科学者の探究活動にも共通するさまざまな知的技能が介在する。まず、調べたい事柄（課題）が明らかになったとき、それを実験可能な命題に表現し（実験課題の明確化）、実験によって導き出される結論がそれを検証ないしは反証するものとしての見通しを立てる（仮説の設定）。実験する事象に関与すると見られる全要因を抽出し（変数の同定）、同じにする条件（制御変数）と、変える条件（操作変数）、及び変化する条件（反応変数）を明確にして、各条件が何で測られるものかを定義し（操作的定義）、実験に必要な道具や実験手順を組み立てて（実験計画）、実験し、結果を記録する（測定・記録）。実験結果を集計したり表やグラフに整理して（データの処理）、実験仮説を検証し結論づけ（論理的推論）、結論の持つ意味や適用の限界について考察する（結果の考察）。

実際の問題解決が必ずしもこのような定形で進行するわけではないが、少なくともこうした探究の諸技法に習熟してこなかった人は、多くの場合、実験仮説を設定できなかつたり、変数を同定しないで条件の曖昧な実験を実行したり、そのために論理の飛躍した結論を強引に導いたり、結果（データ）と結論（わかったこと）や考察との区別がつかなくなつたりしがちである。筆者も、理系の大学生の多くが、こうした不十分な問題解決能力の状態に止まっていることを多く見てきた。「科学のプロセススキル」は、問題解決の流れがどのようなものであれ、その諸局面で、科学的な探究活動を展開するために必要となるさまざまな知的技能の集合と考えてよいと思われる。注意すべきことは、子どもの学習可能性を過大視してはならないことである。ガニエの主張によれば、どのような高次の学習もその学習に必要なより低次の学習を順序よく学習させることによって可能になると帰結されるため、発達段階に配慮した学習の適時性を考慮しなくてもよくなる。しかし、経験的に、形式的な論理操作は小学校の低・中学年の児童には困難なのである。

1980年代に米国で開発された科学のプロセス・スキルに関するテスト問題 TIPS II (Test of Integrated Process Skills 改訂版)は、36問からなるペーパー・ペンシルテストで、「仮説を設定する」(9問)、「変数を同定する」(12問)、「操作的に定義する」(6問)、「実験を計画する」(3問)、「グラフ化・データの解釈をする」(6問)という五つのプロセス・スキルの獲得の状況を調べようとするものである。

「仮説を設定する」プロセスについては、実験状況の説明に続いて、「この実験で確かめようとしていることがらは、次のどれですか」という典型的な問い方をして、適切な答えを選択肢から選ばせるようになっている。

「変数を同定する」プロセスについては、実験状況の説明に続いて、「この実験で同じにするもの(controlled variable)は、次のうちのどれですか」、「この実験で変化するもの(dependent or responding variable)は、次のうちのどれですか」、「この実験で変えておくもの(independent or manipulated variable)は、次のうちのどれですか」という典型的な問い方をして、それぞれ適切な答えを選択肢から選ばせるようになっている。独立・従属・制御変数という科学用語は、わが国の理科教育では教えられないため、英語の部分の日本語は、子どもにわかりやすく意識されて

いる。科学用語をどの段階で導入するかは、理科教育の大きな問題であるが、正しい科学用語が使えることは、科学コミュニケーションにとっても重要なので、義務教育のどこかで全員に習得させるべき事項と思われる。

「操作的に定義する」プロセスについては、実験で調べたい事を説明した後で、調べたい事を、「次のうちのどの方法で測定したらよいですか」という典型的な問い方をして、適切な答えを選択肢から選ばせるようになっている。

「実験を計画する」プロセスについては、実験仮説を説明した後で、「それを確かめるには、次のうちのどの方法で調べたらよいですか」という典型的な問い方をして、適切な答えを選択肢から選ばせるようになっている。

「グラフ化・データの解釈をする」プロセスについては、実験結果がグラフで与えられた後で、「このグラフからいえることは、次のうちのどれですか」という典型的な問い方をして、適切な答えを選択肢から選ばせるか、あるいは、実験結果が表で与えられた後で、「この表の値が示すグラフは、次のうちのどれですか」という典型的な問い方をして、適切なグラフを選ばせるようになっている。

こうした科学のプロセス・スキルの考え方は、固定化した「科学の方法」としてではなく、科学的探究を効果的に進める上で大切な諸能力として、米国のみならず、広く世界の理科教育で子どもたちへの習得が図られている。わが国においても、「条件統一する」プロセスは、特に小学校5年での育成が重視されているほか、「グラフ化」のプロセスは小中学校を通じて指導されている。中学校の理科第1分野では、「探究的な活動を通して、生徒の問題解決への意欲も高まり、例えば、観察する、測定する、分類する、数量化する、記録する、条件制御する、実験法を考えるなどの探究の技法が習得されていく」（中学校学習指導要領解説－理科編）ことが期待されている。

4. 非形式的推理と批評的思考力について

聞き慣れない用語だが、非形式的推理(informal reasoning)は、前記の論理的思考で述べたような客観的な命題「形式的な論理」に基づいて判断したり演繹的に推理したりするものではないものの、生活上、日常的に無意識のうちにあるいは意識的に推論や判断に使用されている思考パターンを総称したものである。つまり、生活者にとっては一番身近な推理様式とも言える。認知に関する研究が進み、特定領域の熟達者の思考分析や、日常行動などの分析によって、人間の推理は、従来考えられていたよりもずっと多様で複雑であることが明らかとなり、「演繹」や「帰納」といった形式的な推理様式よりはむしろ推理される文脈や内容の特殊性に依存した非形式的な推理様式に関する研究が多く見られるようになってきた。非形式的推理の研究は、日常的な推理や熟達者と初心者の比較、信念、アナロジーや比喩、事例や極端例の利用、直観、意志決定など多岐にわたっている。小倉⁽⁴⁾は、物理専攻の大学生の物理問題解決過程を分析して、彼らが「手続き的知識」をア・プリアリ（経験を必要としない真理性）に信じ込んで、推理過程で矛盾に遭遇してもそれを修正することは非常に困難ないしは不可能であり、修正を回避するために望ましい結論が得られるような後ろ向き推論を行って、場あたりの（アド・ホック）な論理を生み出した

り、アナロジーを利用したり、論理的矛盾に「まあ、いいか」と妥協したり、あくまで直観や信念を貫いたり、場合によっては物理法則を歪めて解釈したり、協同解決者と安易な合意に至ったりしたことを報告している。

この例のように、「判断」は「推理」の結果として導かれる場合だけでなく、実は「判断」が先にあつて、それを可能にするように後ろ向きに行う「推理」も存在するのである（これを「手段-目標分析」(means-ends analysis)とも言う）。

小倉⁽⁵⁾は、人間が推理で用いるさまざまな論理のパターンを次のように概括している。非形式的な論理による推理が非形式的推理ということになる。

形式的な論理
・非経験的な論理
自然科学の規範（数学の定理や論理，科学の原理や法則など）
社会的な規範（法律や規則など）
・経験的な論理（観察実験事実，史実など）
非形式的な論理
・非経験的な論理
（権威ある情報，常識，慣習，流行，仮説，モデルなど）
・経験的な論理
（特殊な事例や実験結果，調査統計結果，経験，習慣など）
・場あたりの論理
（曲解，短絡，思いつき，辻つま合わせ，仮定など）
・社会的相互作用による論理
（合意，不一致，同意，妥協，主従関係，社会的欲求など）
・個人的な論理
（直観，信念，価値感，イメージ，感情，感覚，欲求など）

まず、形式的な論理は、普遍的に存在する「非経験的(ア・プリオリ)な論理」と、経験的真実として存在する「経験的(ア・ポステリオリ)な論理」で捉えられる。通常私たちは、数学の定理や科学の基本原則をいちいち証明することなどしないで、自明のものとして利用している。これらは、そうした論理が通用する社会では、一種のルールとして非経験的な論理がコミュニケーションの基盤となっている。いわゆる「パラダイム」を形成している。法律など社会的なルールは頻繁に変更されうるが、科学の世界でも新たな発見によって「パラダイム・シフト」が起こりうるなど、この類の普遍性は、実は暫定的な約束事であつて絶対的なものではないという認識は必要である。経験的な論理は、誰もが再現できる観察実験事実や、解釈の余地のない事実としての過去の出来事である。こうした形式的な論理に基づいた論理的な推論は、きわめて客観性の高い結論を導くと考えられる。

一方、非形式的な論理は、人によって異なる解釈は判断に至る客観性の低い推論を導くものである。非形式的な論理は、論拠が経験に依らない「非経験的な論理」と、経験を論拠とする「経験的な論理」、説明のために場あたりの生成される「場あたりの(アド・ホック)な論理」、協同で推理判断する際に他者との相互作用で生成される「社会的相互作用による論理」、及び、他者には共有することの困難な「個人的な論理」で捉えられる。

非形式的な論理における「非経験的な論理」には、まず、社会的権威のある人(専門家、教師、聖職者など)の発言やメディアや機関の発した情報(テレビ、新聞、教科書、解説書、機関誌など)としての権威ある情報が含まれる。それらの情報は、虚偽である可能性は否定できないにも関わらず、信頼すべき情報として判断に利用されがちである。また、社会常識、慣習、宗教行為、流行も、その真偽を問われることなく行動を誘導する。科学者が提起する仮説も、「隕石恐竜絶滅説」のように、真偽を保留したまま推理や判断に用いられる。また、モデルも、仮説同様、それが実物ではないという虚偽性を保留したまま推理や判断に用いられる。

非形式的な論理における「経験的な論理」は、一般的でない特殊な事例や追試されない実験結果、コンピュータ・シミュレーション等による仮想的実験結果、心理学や社会学における統計調査結果、個人的な経験、習慣などを論拠に推理や判断しようとするもので、いずれも帰納的誤謬(ごびゅう; 間違い)に結びつく可能性がある。統計調査結果は、標本の無作為性、結果の信頼性や精度を考慮しなくてはならないなど、確率的な推理や判断が要求されるにもかかわらず、あたかも絶対的な真理として用いられることが少なくない。社会的な意志決定場面で、特定の状況での個人的な経験があたかも一般的な見解かのように主張される場面もよく見られる。

「場あたりの論理」は、自己の主張や期待する結論を導いたり擁護するために、逆にそうした結論を導くための前提として作り出されるもので、事実や原理を曲解(歪めて解釈)したり、「要するにこの違いは誤差だよ」などと短絡したり、その場の思いつきや辻つま合わせで済ませる行為を誘導する。科学においても、18世紀のフロギストン説(燃焼時に金属の質量が増加する現象を、フロギストンを負の重量として説明)のように、仮定をおくことによって矛盾する状況をうまく説明しようとするのはよくある。身近な例だと、学力向上に向けて、「早寝・早起き・朝ご飯」が推奨されているが、両者には相関関係は見られても、因果関係は定かではない。にもかかわらず、どちらも期待されることなので、因果関係があるかのように曲解しても社会的に通用するのである。

「社会的相互作用による論理」は、例えば二人で協同して推理や判断をする場合に、論理の中身にかかわらず、二人が合意すればそれで良しとしてしまったり、一方が他方の意見に同意したり妥協したりするなど、誤謬性の高い論理である。科学的に解決可能な問題に対して、多数決や声の大きさを解答を決めることが間違いを導きやすいのは明らかであるが、容易に解決できないような問題に対して、そうしたやり方で解決してしまうのは社会生活上よくあることである。

「個人的な論理」は、個人の直観や信念、価値観、イメージ、感情、感覚、欲求などを論拠とするものである。電気は怖いとか虫は嫌いといった感情や、早く終わらせたいといった欲求などが誤った判断を導くことは容易に想像できる。

このように人間の推理を捉えてみると、従来の理科教育で育成しようとしてきた推理判断力は、形式的な論理に基づく推理判断のみを特に強調してきたことがわかる。理科の授業においては、普遍的真理として科学の原理や法則を演繹的に問題に適用することや、観察実験結果から論理的に結論を得ることが重視されてきた。

しかし、現実には、科学者といえども、真偽を保留して仮説やモデルを立てて推理したり、個人的な経験から浮かんだアイデアを用いたり、直観的に答えを考えたりしている。科学者に限らず、創造的な思考は、こうした非形式的な論理に基づく推理や判断で溢れている。したがって、これからの理科教育は、非形式的推理にも重きを置いて教える必要があると考える。それによって、例えば、「権威ある情報」だからといって無批判にその論理を受け入れてしまうような判断、友達が皆「同意」したからといって自分の主張が正しいとするような判断なども正していくことが出来るであろう。教師の論理についても、生徒にとっては非経験的で真偽の不明な論理であるにもかかわらず、「教科書に書いてあるから」とか、「科学ではそういうことになっているから」といった「権威」を振りかざすような教え方をしていないか、不適切な場面で多数決をしていないか、理由を示さずに特定の子どもの意見のみを採用したりしていないか、うまくいかなかった実験結果をただ誤差のせいにして辻つま合わせしていないかなど、より合理的な推理や判断を導くような修正が可能となるだろう。

つまり、非形式的な論理に対して敏感になることが、「科学的な思考」と「科学的でない思考」の違いをより明確にすることに役立つ。それによって、推理や判断をより合理的なものに修正することが可能になる。そのような状況での科学コミュニケーションは、曖昧さや誤解の少ないお互いに理解しやすいものになると考えられる。

こうして、非形式的推理に関する理解と、それによって推理や判断を修正していく批評的思考力の獲得が「科学的探究能力」の一つの大切な要素だと考えられる。

批評的思考力の評価例を紹介する。次は、中学生の批評的思考力の評価のために作成した問題の2例である。

問1 うすい塩酸とうすい水酸化ナトリウムの液が、アルミニウムはくを変化させるかどうかを調べることになりました。

よし子さんの考えた方法は、スポイトでうすい塩酸をアルミニウムはくの入った試験管に入れ、そのまま同じスポイトで同じ量のうすい水酸化ナトリウムを別のアルミニウムはくの入った試験管に入れるものでした。

よし子さんの実験の方法はよいですか、わるいですか。わるいと思う場合は、その理由を思いっただけ書きなさい。

(よい ・ わるい)

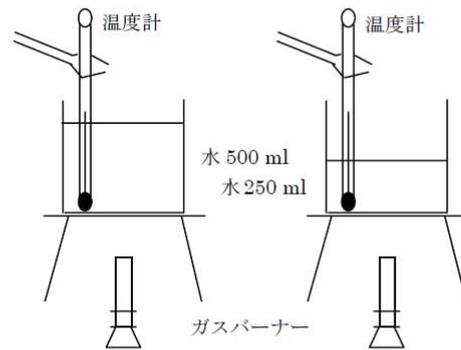
わるいと思う場合はその理由

問2 水の量の違いによる暖まり方の違いを調べることになりました。

かおるさんの考えた方法は、図のように、2本のガスバーナーで、水の量の異なるビーカーを温め、スタンドで支えた温度計で、1分ごとの水の温度の変化を記録するものでした。

かおるさんの実験の方法はよいですか、わるいですか。わるいと思う場合は、その理由を思いっただけ書きなさい。

(よい ・ わるい)
わるいと思う場合はその理由



中学校4校の1・2年生、248人に実施した結果、問題1と問題2の回答の「よい」を1、「わるい」を2として、整理した結果は以下ようになった。「わるい」の割合は、問題1では、1年で66%、2年で78%であった。問題2では、1年で31%、2年で50%であった。

		回答者数				割合	
		1	2	無回答	合計	1	2
問題1	1年	39	76	1	116	33.6%	65.5%
	2年	27	103	2	132	20.5%	78.0%
問題2	1年	79	36	1	116	68.1%	31.0%
	2年	65	66	1	132	49.2%	50.0%

これらの問題は、実験方法を批評的に捉えて、改善点を指摘させるものである。正解とするには、「わるい」を選択した上で、適切な理由が記述できる必要がある。適切な理由が書けて正解となる生徒の割合は上記の数値よりも大きく低下する。

問題1の正解理由の記述例は、「同じスポイトでちがう種類の薬品を試験管に入れるのはよくない。スポイトでうすい塩酸を入れたあとでうすい水酸化ナトリウムをいれるとうすい水酸化ナトリウムを入れる時にスポイトにすこしついていたうすい塩酸がいっしょに入ってしまうから」「うすい塩酸とうすい水酸化ナトリウムが混る。でも洗っていけば大丈夫だけれど、そのままと書かれているので洗っていないことになる。」などである。

問題2の正解理由の記述例は、「ガスバーナーの火のつよさがちがう。温度計は手でもってビーカーのそこにつけないようにする。」「温度計を熱しているビーカーの底につけるとわれてしまうことがあるから。火の強さがちがうから同じにしなければならぬ」などである。

問題2は、ガスバーナーの火力を同じにするという条件統一の視点と、温度の測定技術の視点の2面で批評的に捉えることを要求するため、問題1よりも困難である。

常に教科書や実験プリントに示された“正しい”実験手順のみに従って実験を行ってきた生徒にとっては、こうした問題で正解することは容易でないと考えられる。自ら実験計画を立て、あるいは、実験計画の適切性について検討したり議論したりするような指導を行う必要がある。

引用・参考文献, 註

- (1) 小倉康(1992)「科学的探究能力と理科の教育課程」日本理科教育学会『理科教育学講座』東洋館, 264-280 頁.
- (2) A. F. チャルマーズ著, 高田紀代志他訳(1983)『科学論の展開—科学と呼ばれているのは何なのか?』恒星社厚生閣.
- (3) 小倉康(1999)「理科的問題解決における生徒の比例的変量関係認識」日本科学教育学会誌『科学教育研究』Vol. 23(5), pp. 309-321.
- (4) 小倉康 (1993)「物理問題解決場面における推論の合理性に関する研究—手続き的知識と科学概念との矛盾の解決法略」日本科学教育学会誌『科学教育研究』Vol. 17(4), pp. 189-197.
- (5) 小倉康(2001)「科学的な思考」を見極める力をつける, 『理科の教育』, 2001(8), 16-19 頁.

資 料

理科好きの裾野を拡げ
トップを伸ばすための
理科教師たちの実践と提言

公立中学校の理科教育，理科教師の現状

浦田安之（熊本県菊池市立泗水中学校）

前・熊本県中学校教育研究会理科部会事務局長

現・熊本県中学校教育研究会理科部会幹事(問題集編集担当)

1. 人的支援を理科教師の負担軽減のための加配措置を！

・現行の学習指導要領になり，さらに教師は多忙を極めている。

「現場は忙しすぎる」「必修理科の授業に専念できない現状」

本校のある若手理科教師の例

週の持ち時数が21h/29h(1週間)

(授業時数確保のために，1週29時間で計画)

つまり一日の空き時間は1時間 多い日で2時間。

これで予備実験を行い，授業(実験や観察)の準備ができるでしょうか？結局，夜の9時，10時まで残ってがんばらねばならない状況。

**必修理科 3時間×5クラスの15時間，道徳1時間，学活1時間，総合2時間，選択理科2年1時間，
選択理科3年1時間 生徒指導部会の会議1時間 計22時間**

(別紙資料参照:平成17年度1学期泗水中時間割)

22h/29h ということは，一日のうち1h多くても2hしか空き時間はない。担任であれば生活ノートの点検，返却を行い，欠席・不登校生徒の対応もある。家庭へ電話したり，家庭訪問をしたり，相談室へ行ったり……。そして，夕方5時以降は，部活動の指導へ。終了は午後7時。職員室へ戻ってこれるのは，午後7時すぎ。これから夏場になり中体連の大会近くなると8時近くまで指導にあたることもある。

土・日も部活動の練習，対外試合，各大会へ参加して，終日のボランティア状態。

また，思春期まっただ中の生徒対象の中学校は生徒指導もたいへん。

どこで，理科教師が自分のスキルアップできる時間と機会を確保できるか？とても厳しい状況である。

また，教職員標準定数法により，人事異動で学校へ人員が配置されるが，教科による人数を考える時，**なんと必修教科の授業時数で各教科の教員の数が決められている。**

理科は，1年105h，2年105hでこれまでどおりが，3年生が105h～140hだったのが80hになったことで，社会よりも減らされた状況となってしまった。

現場の校長先生は単なる数値あわせでしか，人事を考えておられないと思われる。必修教科の合計時数が，教科教員数の基準にされている。確かにやむをえない事かもしれないが，**理科の授業時数を減らしたことは，理科教師の数を減らしてしまったことになる。**

理科という教科の特殊性(予備実験を行い，教材教具の周到的準備をし，事故防止の安全面への配慮を十分施し実験を行い，効果ある結果を出し，科学的な見方や考え方を身につけさせる。そして授業

終了後は片づけを行い、ワークシートやテスト等での評価活動も行う。時間と労力が他教科よりもたいへんである)を十分理解されている管理職や教育委員会、教育事務所の先生方はどれだけいるのか？

理科教師は、総合的な学習の時間での「環境」をテーマにした指導でも活躍している。他教科と「理科」の違い、特殊性を打ち出し、国が総力あげて、「科学創造立国日本」を目指す意気込みを示してほしい。

「理科離れ」が問題になっているが、「理科離し」という表現が妥当だと思われる。人事のシステム、校内の校務分掌において、「理科」を特別扱いしてでも、国の施策として理科担当教師が教科指導に専念できる恒常的な制度化を望む。単に「文部科学省指定校」ということではなく、全国すべての国公立学校で実施される施策をお願いしたい。「指定校」の場合、その指定期間が終わればまた元の状況になってしまうのが現状であり、抜本的な改革を期待する。

また、熊本県だけかもしれないが、小学校の理科専科の教師は、理科免許を持っていない学校が多く、教務主任が理科専科という現状がある。これでは、「教科書で」教えるのではなく、通り一遍の「教科書を」教える理科学習になっているきらいがある。「科学的な思考力」を高める手だてや「わくわくする理科授業の創造」など厳しい。また、小学校の理科教育研究会がまともに機能していない現状を聞かされている。

よって、理科教師に本当の理科専科、理科という教科専属で指導にあたられるような環境、システムづくりを構築していただきたい。ぜひ、理科実習助手の配置あるいは理科教師の理科専科として担任を外し、スペシャリストとして理科教育に専念できる環境整備、あるいは持ち時数を他教科の半分にするなど、理科教師の人員の加配が不可欠だと考える。以前、実験の準備や片づけ、実験そのものの支援を行う人が配置されていた時期があったと聞いているがそのような人員配置は今はない。本校には児童生徒理解支援のための加配教員が配置されており、生徒指導や人権同和教育指導教諭として充当されている。また、英語や数学などが少人数学級指導の対象にされており、理科で取り組んでいる学校はほとんど聞いている。

国が本当に危機感を持っておられるならば、理科教育振興のための理科指導の加配教員の配置など大胆な施策を希望する。

今、現場の教師、担任への負荷は極限状態。担任を持つとしない教師が増えている。そして、教師の精神疾患が増えているのが現状。ゆとりどころではない。

こんな多忙な状況だから、文部科学省から「理科大好きモデル地域事業」の誘いがあっても、そこまで手が回らない。ましてや、理科教師個人での対応を考えると引いてしまう、避けてしまうのが現状である。

教育委員会から各学校理科担当へ話があっても、素直に喜べない。理科教師の負担軽減を。加配教員が認められないならば、高専や大学のスペシャリスト、博物館の学芸員などゲストティーチャーとして定期的そして長期(1～数ヶ月)の派遣も検討していただきたい。ただ学校外からの場合は、しっかり義務教育諸学校の現状、児童生徒の発達段階など状況をよく理解された大学の先生方でないと、いくらスペシャリストでも効果は上がらない。

また、外部講師との指導計画や準備の打ち合わせ等煩わしさが伴い、場合によっては現場から敬遠されがちにもなる恐れがある。

現在進められている学校外の活動で行われる理科大好きボランティア支援や理科大好きコーディネーター支援は今後も大いに推進していただきたい。自然科学に興味ある子どもたちが自ら学ぼうとする環境づくり、制度はどんどん進めてほしい。ただ、今のところ全国のどれだけの地域に普及していることか？地方においては、このような情報すら伝わってこない。

また、地方の公立中学校の場合、土日は部活動に追われ、土日にいろいろな自然科学に興味関心を高めるための「おもしろ実験」や「理科大好き事業」など催事を実施しても生徒はなかなか集まらない。長期休業中に単発的な催事に参加できるぐらいの状況であり、継続的なものが実施できない状況である。

2. 物的、財政面、情報面での恒常的な支援を！

・理科の事業においては、理科教育振興法がどこまでいきている事やら。地方も財政難。科学技術は進歩するなかで、古い器具を使いながら、教科書にある実験をノルマとして消化しているだけである。

本校の理科教育振興法における整備率は、25%どまり。しかも古い機材ばかりで、予算要求しても極わずかしら認められない。隣接の中学校でも30%程度の整備率である。学校数の多い自治体によっては、毎年理振による購入ではなく、ローテーションで数年に1度しか予算措置が受けられない学校もある。

だから、生徒実験をすべきなのに、必要な機材が揃わず、教師の演示実験で終わってしまうときもある。楽しくわくわくする授業を組み立てようとしても、器具・道具が不十分で、楽しい授業の展開が図れない。結局、理科教師の中には、自分の財布から教材研究のために器具、書籍を買っている場合が多く見られる。

道具も古くて魅力的でないし、…。もっと、備品購入などハードウェア面での改善策を。

経済的にゆとりのある自治体の学校とそうでない学校の格差は広がるばかり。どんどんひどくなっている感じがしてならない。特にIT関連の達成率も自治体や学校によって、格差は広まるばかり。平成17年度末まで達成すべき校内LANが整備されていない学校もまだある。

本校では、校内LANの整備は終わり、インターネットには接続されているが、電子メールのアカウントは教育センターから発行されたものが学校にただ1つだけ。校内の教職員が電子メールのやりとりすら自由にできない。そのスキルも低いままである。

また、ITの授業への活用がまだまだ進んでいない。理科の場合、科学技術振興機構が提供している科学技術・理科教育のためのデジタル教材システム「理科ねっとわーく」によるデジタルコンテンツの提供はとてもすばらしい。2分野の授業を中心に、頻繁に利用している。普段の理科授業の中で使えるもっと教科書に準拠したコンテンツ開発を行い、現場に無料配信してほしい。

3. 理科教育振興法の主旨を活かせるような大胆な改革と取り組みを

理科教育振興法

第1条 この法律は、理科教育が文化的な国家の建設の基盤として特に重要な使命を有することにかんがみ、教育基本法(昭和22年法律第25号)及び学校教育法(昭和22年法律第26号)の精神にのっとり、理科教育を通じて、科学的な知識、技能及び態度を習得させるとともに、工夫創造の能力を養い、もって日常生活を合理的に営み、且つ、わが国の発展に貢献しうる有為な国民を

育成するため、理科教育の振興を図ることを目的とする。

理科教育振興法があるにもかかわらず、振興法たるものになっていない。ただ設備費の1/2を国が補助するためだけのものになっているようだ。大事な法律だが、現場では「理振」と聞けば「備品購入のためだけ」としか思い浮かばない。しかも地方では財政難で毎年、購入できるわけでもない。財政的に厳しいのであれば、民間企業から公立学校への寄付を認め、公立学校を支援できるスポンサー的な制度を認めたらどうか。

本来の理科教育振興法の趣旨・目的が達成されていないのではないかと。備品の購入に限らず、加配教員の措置、理科の授業の少人数指導措置など理科教育振興法に明記するような法改正をぜひお願いしたい。また、全国の小・中学校の理科備品の整備率調査を至急実施して、現状を把握していただきたい。ぜひ、地方の公立学校の理科室や理科準備室を直接見ていただきたい。ITの整備率や指導可能教員の数の調査など Web を利用して毎年行われている。理科教育の現状調査も毎年実施していくべきである。

4. 理科大好きモデル地域事業について

各県中学校教育研究会理科部会(県中理)への情報の配信と支援を

国からの公文書の流れ

文部科学省――>県教委――>県内教育事務所――>市町村教委――>各公立学校――> 担当者

これでは、文部科学省の指示命令は通っても、本来の主旨や意図は地方末端、現場教師までは浸透しない。

「理科大好き地域支援事業」という施策が現場理科教師にどれだけ知れ渡っていることか？前任校の附属教官すらもよく知らなかった。

一部の教育委員会担当者や一部の学校の事業としてしか広まっていないのではないかと。直接、文部科学省とやりとりできるシステムを実現してほしい。

また、県教委の理科担当指導主事も多忙な状況ではないか。本当に理科教育振興のために動くことができる状況にあるのか？県教委を通すことも行政上のシステムとして大事だが、ぜひ直接、全国の各中学校へメールやダイレクトメールによる情報配信をしてほしい。

また、全国には、『全国中学校理科教育研究会』という県教委認定の研究団体が各県にあり、理科教師は互いに情報交換しながらスキルアップに努めている。

各県の中学校教育研究会理科部会(県中理)へ、いろいろな予算的に裏付けられた施策の案内をしてほしい。全国に存在する各都道府県の中学校理科教育研究会という組織をぜひ活用し、支援してほしい。ぜひ「理科大好きプラン」、今年度から始められる「理科大好きモデル地域事業」などを公募する場合、県教委ルートとさらにもう一本、各県にある「中学校理科教育研究会」への情報伝達や案内のルートを確立してほしい。

熊本県の場合、中学校理科の担当者は管理職を含めて、500名弱の会員数である。そして、やる気の

ある理科教師は多い。毎年、授業研究大会による公開授業や授業研究会の実施、各地区代表者による理科教師個人の研究発表大会の実施、授業で使う資料集や問題集を作成したり、地域の中学校に集まり夜遅くまで熊本県下一斉で実施する観点別テスト問題の作成をしたり、また夏期休業中には実技講習会や巡検会を開いたりしている。

また、過去3年間、次のような熊本県の委託事業も実施してきた。

現在、熊本県は財政難を理由に県立博物館設置構想が凍結されたままである。つまり、熊本県には県立博物館がない。しかし、建設準備のために、熊本県内の自然に関する情報収集として県文化企画課の委託契約事業を請け負い、県内の自然文化、名水、地質、希少野生動植物などのデータ収集に県内の小学校や中学校の理科教師が活動してきた。その成果は、「ありのままの熊本アーカイブス」として Web 上で公開されている。

このように学校という枠組みを超えて、理科教師が集まり研鑽に努めている。こんな教師の集まり、研究団体の支援をぜひ行ってほしい。各県の県中理の実態と活動状況を文部科学省もしっかり把握していただきたい。

また、文部科学省指定の事業もその指定が終了すれば、予算の裏付けや加配教員の措置がなくなり、元の状態になっていく。効果がないとまでは言わないが、様々な各事業が打ち上げ花火的に全国にばらばらと30地域で実施されるより、全国の小・中・高等学校で「広く」「末永く継続的」に実施される理科教育振興のプラン、制度を希望する。

(参考資料:別冊;熊本県中学校教育研究会理科部会会誌41号, 42号)

5. SPP推進について

長期休業中における短期研修や

大学や高専との相互支援ができる制度を！

現学習指導要領になり、内容の厳選ということで前指導要領から「内容3割削減」が当時謳われた。われわれ20年を超える教師のように、以前の指導要領や学習内容を知っている教師はよいが、新任理科教師は今の学習指導要領、学習内容しか知らない。今の内容を100だと思って指導している。経験豊かな教師は、折に触れ、プラスアルファの指導や話ができるが、新任教師は教科書そのものを100だと思い、指導している。

つまり、応用・発展的な内容を教科書へ掲載しても通り一遍の指導になるくらいがある。来年度から使用される教科書に応用発展的な内容を掲載されているが、どこで実施するのか。実施できるのは「選択理科」の時間だろう。「時間の確保」を保証をしないで、ただ教科書に「発展的内容」を掲載すればよい問題ではない。実質的に厳しい。京都市のように必ず指定した内容を実施するように義務づけた自治体もあるが、生徒の自主的学習や現場教師まかせにしても、おそらく絵に描いた餅になることだろう。

また、高等学校で「物理」「化学」「生物」「地学」の4つの領域の単位を取って、教員養成学部へ進学し、理科免許をとる学生は見られなくなった。

附属中学校のような教育実習校にくる中学理科専攻の大学生のほとんどが、高校時代には「化学」と「生物」しか履修しておらず、物理や地学を履修していない。そんな中で、中学校の落下運動の授業ができない、地層や地震、天体の指導がうまくできない学生がいた。話にならない。なにしろ、教員養成学部の理科の学生が中学校の理科レベルの知識しか持ち合わせていない現状に問題がある。

また、教師について10年、20年目の教師の中には、「現場を離れてもっと学びたい」という教師が多い。本校の中堅女性理科教諭も、「わずか数日の研修だけではなく、長期休業中、職場を離れて研修できるシステムを設けてほしい」と希望していた。

昨年、理科免許をもった大学院生が理科授業におけるIT活用の効果を検証するために、本校に2ヶ月ほど毎日訪れ、私の理科授業の支援や授業実践を行った。慣れるまでの間、対応はとてみたいへんではあったが、毎日出勤し補助教員的な事を手伝ってくれた。周囲の教師や管理職は「大学院生まで受け入れてたいへん」という目で見えていたが、私自身たいへん助かった。ITを活用した授業をどんどん組み込み、子どもたちも学習に意欲的に取り組んでいた。

このように理科免許をもった大学院生をはじめとして、大学の教授や助教授、助手、高専の教官などが現場で**長期の授業支援**(1~2ヶ月)をしていただくような制度も提案したい。

また、これとは逆に、現在、私は熊本大学教育学部の非常勤講師として、3年次の理科学生に「学習指導案」の書き方の指導に大学へ出向いている。学校の本来の業務に支障がないように計4回程度であるが、学校長より承認をいただいて後輩の指導を行っている。大学での講義、演習で、自分自身がとても刺激になっているし、自分自身の理科教育に関する指導力を向上させることもできている。

大学や高専と相互の支援がスムーズに行えるような制度も検討していただきたい。

冒頭述べたように、「現場は忙しい」限り。「様々な課題(生徒指導、人権教育、部活動、教科教育、総合的な学習の時間への対応など)を抱え込み、何でも処理しなければならない」状況である。「忙しい」ことは今も昔も変わらないことかもしれないが、以前に比べて生徒・保護者の価値観が多様化し、現場教師はその対応に苦慮する毎日でもあり、教師自ら研鑽に励み自ら学ぼうとする気力すら生じてこない時もある。

半年や1年間の長期研修、国内留学に加えて、夏期休業中など授業に支障のない時期に、1~2週間程度、大学や高専、教育センターなどにおいて、学校現場を離れ「授業に即活かせる教材研究」など**短期研修の機会拡大とその制度化**も要望したい。地方の大学や高専と連携した授業の推進もどんどん図ってほしい。

そんな中でも、じっくりと我々理科教師自身が自然科学に関する知識や技術をさらに習得し、指導力を向上させつつ、子どもたちに学ぶ喜び、理科のたのしさ、自然の不思議さ、おもしろさを伝えていきたい。

最後に、今後、文部科学省を中心として、アジアいや世界における「科学技術創造立国日本」再生と維持発展のため、現場が驚く大胆な改革と施策を切に希望します。

(本資料は、平成17年4月27日に文部科学省「科学技術理解増進政策に関する懇談会」で発表されたものです。 http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/006/shiryo/05061401.htm)

理科大好き小学生を 増やすために

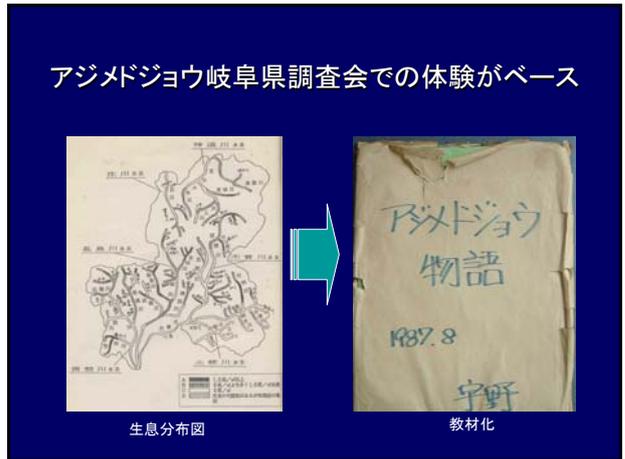
岐阜県本巣市立真正中学校
(前 真桑小学校)
教諭 宇野 学

要望 1

「理科教師に調査や研究の機会を」

- ・研修の弾力化
- ・調査員, 学芸員に教師をノミネート





要望 2

「理科教師を目指す大学生の活用」

- ・科学の祭典 in ○○小学校
- ・学校の授業に大学生を





葉脈しおり



吹き上げ



化学カイロ



小麦粉ねんど



スライム



科学の祭典 in 真桑小学校



要望 3

「理科が得意でない教師の支援」

- ・科学の祭典 in ○○小学校の教師版
- ・定期的な観察実験研修会

本資料は、平成17年4月27日に文部科学省「科学技術理解増進政策に関する懇談会」で発表されたものです。

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/006/shiryo/05061401.htm

理科は感動だ！－蓮田南中の取組み

Science is Exciting! Practices in Hasuda Minami Junior High School

小森 栄治

KOMORI, Eiji

蓮田市立蓮田南中学校

, Hasuda Minami Junior High School, Hasuda City

[要約] 「理科は感動だ！」を合い言葉に、観察実験から感動や探究心を呼び起こし、生徒が納得して理解できるような楽しい授業を実践した。興味関心を引くような実験、身近にあるものを使った実験などからスタートし、問題解決的な探究学習、さらに、総合的な学習の時間と融合させて遺伝子やエネルギーに関する発展的な学習を行った。3年間の縦断的な調査では、中学校入学時には4割程度だった理科が好きで好きな生徒が97%にまで増えたことが確かめられた。また、職業と理科の結びつきに触れることにより、将来科学を使う仕事をしたいという生徒が2割足らずから9割にまで増加した。

[キーワード] 感動, 興味関心, 観察実験, 探究学習, 総合的な学習の時間, 職業

1. 蓮田南中学校の取組み

2002年度の入学生についてIEA(国際教育到達度評価学会)の1999年の調査(TIMSS-R:第3回国際数学・理科教育調査の第2段階調査)とほぼ同じ設問で調査した結果は、表1、図1のようになった。

「理科が好き」という生徒の割合は2003年からの2年間、平均97%でほぼ一定している。この数字は、日本平均55%を大きく上回り、国際平均79%やシンガポールの86%をも上回っている。確実に理科好きが育っている。

表1 各設問に対して、肯定的に回答した生徒の割合の変化(蓮田南中学校・2002年入学生。単位は%)

	2002年中1					2003年中2					2004年中3					
	3月	5月	7月	10月	12月	3月	5月	7月	10月	12月	3月	5月	7月	10月	12月	3月
理科が好き	41	80	81	94	98	98	97	98	97	97	97	94	98	98	97	97
理科の勉強が楽しい	47	84	86	95	99	97	99	95	97	96	97	95	98	97	97	98
理科の勉強は退屈	44	14	14	6	2	4	3	3	5	3	3	3	0	1	2	0
理科の勉強はやさしい	48	28	4	8	15	6	3	7	9	13	8	8	15	10	16	15
理科は生活の中で大切	52	84	93	84	93	93	97	98	99	100	98	99	100	99	98	100
科学を使う仕事をしたい	14	17	14	18	20	51	71	79	77	77	84	85	87	86	88	89

※2003年3月以降、やりたい仕事を書いてもらい、科学に関係していることを指摘した。

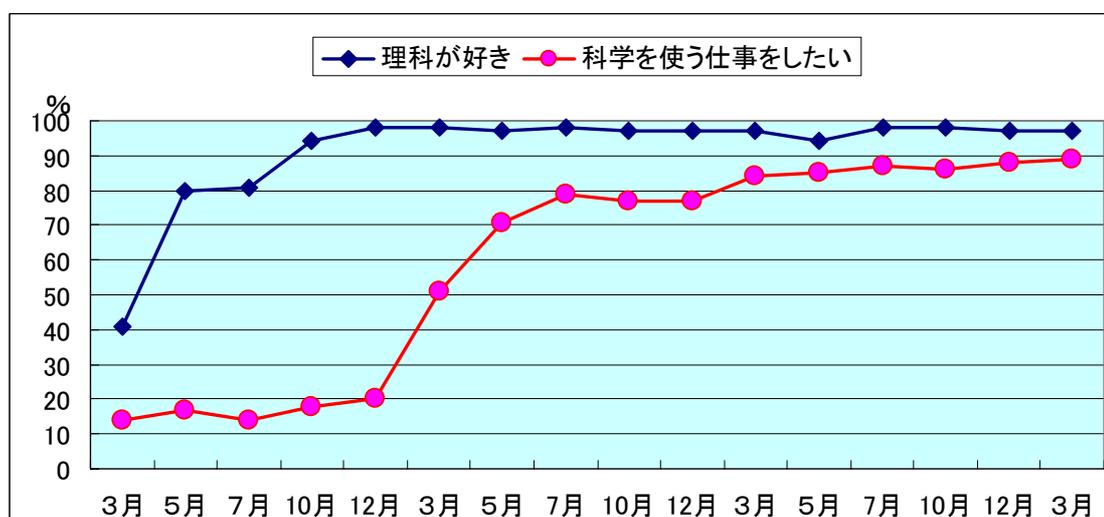


図1 「理科が好き」、「科学を使う仕事をしたい」に肯定的に回答した生徒の割合

2. 理科好きを増やす教材, 実験, 環境の工夫

(1) 興味関心を引くような教材

電流学習の導入では, 手回し発電器やコンデンサー, 発光ダイオードなどの電気部品で遊ばせた。電気の学習を敬遠しがちな女子生徒にも, おもしろさを味あわせることができた。

エネルギーの学習では, ろうそく船(ブリキのおもちゃ)を使い, 化学エネルギー→熱エネルギー→運動エネルギーの変換に気づかせた。

おもちゃの利用で, 敬遠されがちな「電流」や「エネルギー」や単元が好評だった。生徒の感想文の中に

も, 「ポンポン丸に感動した」と多数あった。

(2) 感動するような観察実験

本校の理科では, 直接体験を重視している。その典型が「ドラム缶つぶし」(写真1)や「カエルの解剖」(写真2)である。

音を立てて一気につぶれるドラム缶に, 生徒は歓声を上げる。大気圧の大きさを実感する。

解剖に関しては賛否両論あるが, 本物から学んだことは理科の知識を超え, 命の大切さを実感させることができた。最初はおそろおそろだった生徒たちも, 夢中になって2時間以上取り組んでいた。



写真1(左上), 写真2(右上), 写真3(左下), 写真4(右下)



(3) 理科が楽しくなるような環境づくり

廊下に生徒作品やレポートのほか, 楽しく遊べるもの, 中の見える機械などを並べ, 科学館のようにしている。

写真3は, 太陽の10億分の1のモデル。これらを作製するにあたり, 生徒にも手伝ってもらっている(写真4)。生徒は楽しみながら作成している。

3. わかる, できたを実感させる工夫

(1) 観察実験の技能の習得

マッチやガスバー, 電流計, 電圧計など基本的な器具について, パフォーマンステストを実施して, 実験技能の習得をはかっている。また, 事故防止のために保護メガネの着用を徹底している(写真5)。



写真5 保護メガネを着用した実験の様子

(2) 自分で方法を考えて探究する学習(問題解決的な学習)

「気体Xの謎をとけ」の事例

結果がわかっている実験はおもしろくない。実験の際, 用意するものに石灰水とあれば, やる前から二酸化炭素が発生するとわかってしまう。火のついた線香を近づけるといふ指示なら, 確かめる前から酸素ということになる。これでは, おもしろくない。

また, 生徒は, 発生させ方や, 「空気より重い」とか「水に溶けやすい」などの性質を覚えることが勉強だと思いきみがちである。暗記するだけでは, 科学的な思考力は育たない。探究的な学習を仕組むことにより, 思考力を発揮して試行錯誤しながら追求する楽しさを味わえる。

そこで, 気体の学習の最後に, 未知の気体X(窒素)を探究させる実験を取り入れた。

窒素は反応性がないので, 「こうなったので窒素である」と断定することはできない。自分で考えていろいろ調べること自体に意義がある。生徒には次のことを説明した。

- ・「予想がはずれた結果」についても記録して, 考察する。
- ・どんな事実から, どう判断したかをはっきり書く。
- ・気体の名前がわからなくても, 性質をいろいろな面から調べる。

窒素という名前が最終的に出なくてもよいのである。どれだけ実験をしたか, 結果からどう考察したか, 結果からの考察に間違いがないかを評価するようにした。

生徒の感想より

「ぼくはこの気体Xを調べるというテーマで, 初めて自分だけでいろいろな実験をして, 今まで先生から教わったことを元にして, 自分だけで理科の謎を解いてとても楽しくて勉強になりました。1年最後の勉強で自分の理科への思いや理解力がよくわかりました。」

「実験の結果から事実を証明していくのはとてもおもしろいです。気体Xを調べるのはまさにこれでした。自分で実験し, 水に溶けるか, 何性の気体か, 空気より重いか, 火は燃えるか, 色やにおいは, 石灰水を入れるとどうなるかなどを調べ, 結果からどのように判断するかというのをやりましたが, 方法・結果・考察の三拍子が大切です。」

(3) 発展的な内容の学習

最初の表でわかるように, 本校では, 「理科はやさしい」という生徒の比率が低い。それにもかかわらず, 「理科は楽しい」という生徒が多いのだ。難しくても, わかれば楽しいのだ。

そこで, 総合的な学習の時間と理科の時間を合わせて, 発展的な内容を学習した。

「遺伝子工学」の実践事例

新聞紙上に, 遺伝子治療, DNA鑑定, クローンなどの言葉が頻繁に載っている。しかし, 理科の教科書では, 遺伝子という言葉は出ても, その本体であるDNAについては全く触れていない。

このような今日的な課題について, 日本の子どもたちは基礎知識なしに社会に出て行く。それに対して, アメリカの教科書, たとえば『Science and Life Issues (SALI)』という生物の教科書では, メンデルの法則はもちろんのこと, DNAの電気泳動や遺伝子診断まで扱っている。

そこで, 3年生の総合的な学習の時間を理科と関連させてまとめ取りする方法で, 遺伝子工学について扱った。

本校では, 総合的な学習の時間は2時間をひとかたまりにして, 学年一斉に週に1回の割合で実施している。この方法では, パソコンを利用したくても使える生徒はごく一部である。また, 週に1回では, 間があいて問題意識

が継続しにくい。

そこで、形式上は3年生の理科を年間80時間+35時間という取り方で時間割を組み、理科を週3時間、あるいは4時間ですすめたあと、時期を区切ってそれを全部、総合的な学習の時間に切り替えるというまとめ取り方式にした。

指導の概要

「細胞と生殖」を理科で扱ったあと、3週間にわたり、週4回1時間ずつクラス単位で、理科担当が総合的な学習の時間として「遺伝子工学」を担当した。

DNAの構造、解明の歴史、遺伝子治療や遺伝子組換え技術について、新聞記事などを用いた自作プリントのほか、ビデオ番組、科学雑誌などを利用し、視覚的にわかりやすいように指導した。その後、次の中から各自の課題を選び、レポートにまとめた。

- A 遺伝子解説 D ES細胞の研究
- B 遺伝子治療 E 遺伝子組換え作物
- C 遺伝子診断 F そのほかDNA関連のテーマ

その際、理科室で、9台でインターネットを利用できるようにしたほか、廊下でビデオ視聴ができるようにした。レポート作成にあたっては、新聞資料、書籍、科学雑誌などから「長所、賛成側の理由」および「短所、問題点、反対側の理由」をそれぞれ対比させながらまとめるよう指示した。

インターネット上の情報がすべて真実と思いがちの生徒もいる。賛成の立場、反対の立場の意見を調べ対比することにより、サイト制作者の立場が表明されていることに気づく。自分に都合のよい情報のみを載せているような個人サイトも多いことに気づいた。

遺伝子工学の学習のみならず、情報教育のよい機会になった。生徒たちは、賛成と反対の両者の間を迷いながらも、熱心にまとめていた。

レポート紹介と評価を終える際、「社会的にも賛否両論あることである。これから君たちの世代が真剣に考えていくことになる。」と生徒たちにメッセージを送った。

(4) 対外的なコンテストへの参加

理科の取り組みを全校に紹介できるよう、できるだけ対外的なコンテストや行事に参加している。

埼玉県主催の「彩の国科学大賞」の2次審査は、ノーベル化学賞受賞の白川博士ら、科学者の前での

プレゼンテーションだった。生徒たちは、自分でつくったパワーポイントのスライドで、堂々と発表し、白川博士らの質問にも答え、みごと日本一の科学大賞を受賞した(写真6)。



写真6 「彩の国科学大賞」における生徒発表の様子

4. 日常生活との関連を実感させる工夫

(1) ピーナッツを燃やしてエネルギー学習

身近な食品の熱量を測定する実験から、ダイエットの話など日常生活との関連をつけることにより、日常生活との関連に気づかせることができた。エネルギーを身近に感じることができる。

(2) 将来つきたい職業と理科との関連を知らせる

理科好きを増やすことと並行して、社会の中であらゆる場面で科学の成果が使われていること、科学と無関係な仕事を探すことの方がむずかしいぐらい、21世紀は科学と無関係には生きていけないことを、具体的に生徒に知らせるようにしている。

表1、図1で示したように、2002年度の入学生の調査では、理科好きが増えても、「将来科学を使う仕事につきたい」という生徒の割合は、低いままであった。2003年3月以降の調査では、将来つきたい職業を具体的に記入するようにした。すると、美容師、中には薬剤師と書きながら、「科学を使う仕事をしたくない」という生徒がいた。そのような例を授業中にあげて、美容師、薬剤師はもちろんのこと、スポーツ選手も科学を無視しては勝てないことを紹介した。美容師の国家試験は化学の問題があることは、かつての教え子からの「受験勉強では化学をたくさん勉強し、合格できた」という旨の手紙を紹介した。

このように具体例をあげて、職業と科学の関係を生徒に紹介し続けた結果が図1のグラフである。

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 年度科学研究費補助金 特定領域研究(2)
領域「新世紀型理数系教育の展開研究」公募研究
「科学的探究能力の育成を軸としたカリキュラムにおける評価法の開発」
研究成果報告書 課題番号 17011073

研究代表者 小倉 康
国立教育政策研究所
〒153-8681 東京都目黒区下目黒 6-5-22
電話(03)5721-5082 ファックス(03)3714-7073
電子メール ogura@nier.go.jp
発行 平成 19 年 3 月