

平成 17 年度科学研究費補助金特定領域研究（課題番号 17011073）

「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」研究報告書

科学的リテラシーと科学的探究能力

平成 18 年 2 月

小倉 康

（国立教育政策研究所）

はしがき

本報告書は、すべての児童・生徒に科学的リテラシーを身につけさせる科学教育における科学的探究能力の位置づけについての研究経過を報告するものである。将来、科学やテクノロジーの領域で活躍するいわゆる科学技術系人材を育成するための科学教育に関しては、本報告書では扱っていない。

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14年度から継続して進めているものである。子どもたちの論理性や創造性を育む科学教育の提案へ向け、それを科学的探究能力の育成と位置づけ、そのための基礎的条件や教材・指導法など、国内外で幅広く研究調査を行ってきた。

本書で報告する内容は、平成16年2月に開催した講演会に合わせて刊行した報告書『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』の内容を直接引き継ぐもので(<http://www.nier.go.jp/ogura/tokutei.html>)、特に、科学的リテラシーとしての科学的探究能力の位置づけと、その教育への展開について、諸外国の取り組みを基に検討したものである。また、英国における認知的発達の促進プログラムのフォローアップ研究の結果、及び、2年前の講演会参加者のアンケート結果も含まれている。

さらに、本研究では、科学的探究能力に科学とテクノロジー両面の基礎的素養が含まれるという立場から、科学とテクノロジーとの協働関係をいかに築くかについて検討している。本報告書では、技術科教育における科学的探究能力としての「デザイン」能力の育成についての検討結果を掲載している。

本報告書の一部の研究成果は、平成18年2月19日に日本科学未来館にて開催する講演会・フォーラム「科学的リテラシー育成の科学カリキュラム」で報告される。その際、本書に論文を掲載していただいたロバート・ローリー氏を招聘し、カナダにおける科学的リテラシー育成のカリキュラム・フレームワークについて講演をしていただく。同時に、カナダの科学的リテラシー育成のカリキュラム・フレームワークを翻訳した『幼稚園から第12学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワーク—学校カリキュラムに関する協力のための全カナダ協定』も刊行し公開する。本書と合わせてご活用いただきたい。

本報告書が、多くの科学教育関係者に活用され、わが国のこれからの科学カリキュラムの発展に役立つものとなることを願う。

平成18年2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 | 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 |
| | 笠 耐 | 元・上智大学助教授 |
| | ロバート・ローリー (Dr. Robert Laurie) | カナダ・ ブランスウィック州教育省測定評価部長 |

本研究資料に関する問い合わせ先

〒153-8681 東京都目黒区下目黒 6-5-22
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 小倉 康
電話(03)5721-5082 ファックス(03)3714-7073
電子メール ogura@nier.go.jp

概 要

本報告書は、科学的探究能力の育成に関わる研究成果として、主に以下の点を報告する。

- (1) 米国では、1980年代の後半から、すべての市民が習得すべき科学的リテラシーの策定とそれを合理的効果的に実現する科学カリキュラムの改革が進展してきたこと。(第一章)
- (2) 科学的リテラシーは「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」(『全米科学スタンダード』)と見なされ、個人や社会的活動への科学の適用性を強調した学力観となっていること。(第一章)
- (3) カナダでは、1990年代の後半から、科学カリキュラム開発のための共通枠組みの策定を通じて、科学的リテラシーの育成へ向けた改革が進展してきたこと。(第一、二章)
- (4) 英国では、1980年代末のナショナルカリキュラムの導入以後、義務教育期間に到達すべき教育内容として、科学的リテラシーと同種の学力観が位置づけられたこと。(第一章)
- (5) OECDでは、1990年代後半から教育の成果としてすべての市民に期待されるコンピテンズ(資質や能力)の検討を進め、PISA調査で測定される科学的リテラシーは、個人の成功と社会の成功のために必要な構成要素として位置づけられていること。(第一章)
- (6) 米国における科学教科書の事例分析から、科学的リテラシーの育成に向けて教科書においても数多くの工夫が図られていること。(第一章)
- (7) 海外における科学的リテラシーの育成へ向けた科学カリキュラムの動向は、科学的探究能力の伸長を明確に位置づけていること。(第一章)
- (8) わが国の昭和20年代における生活単元学習カリキュラムは、科学的リテラシーを育成する科学教育の方向性と極めて共通性が高く、今日でも参考となりうる内容であったが、当時の社会状況において、幅広い国民や経済社会から受け入れられなかったこと。(第一章)
- (9) わが国における創成(デザイン)能力育成の技術カリキュラムの開発に向けて、イングランドや北アイルランドのカリキュラムから、多くの事柄が学べるとともに、実践的な検証や応用が可能であること。(第三、四章)
- (10) 英国での、内容としての科学的探究の扱いや科学の授業時間の設定、科学的探究能力の指導に役立つ情報提供や教科書での取り扱い、試験での評価手法、および、科学を通じて認知的発達を促進させる学習プログラム(CASE)など、科学的探究能力の育成に関わる諸取り組みに対して、有識者から高い評価が得られていること。(第五章)
- (11) 英国で開発された認知的発達を促進させる以下の学習プログラムの特徴を分析した。
 - Thinking Science ー認知加速のための科学教育プログラム(第六章)
 - Thinking through Science ー認知加速を反映した科学教科書(第六章)
 - Let's Think through Science ー小学校低学年の認知加速(第六章)
 - Let's Think ー幼児期の認知加速(第七章)
 - Thinking Maths ー数学を通じた認知加速プログラム(第八章)

目 次

| | | |
|-----|--|-------|
| 第一部 | 科学リテラシーとしての科学的探究能力の育成 | (1) |
| 第1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) | (3) |
| 第2章 | The development of the Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12 and its impact on Science curricula and assessment in Canada Robert E. Laurie, New Brunswick Department of Education カナダにおける幼稚園から第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の開発と、カナダの科学カリキュラムと評価への影響 ロバート・E・ローリー (ニューブランズウィック州教育省) | (49) |
| 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 (兵庫教育大学大学院・連合学校教育学研究科博士課程) 磯部征尊 (新潟県十日町市立水沢小学校) 山崎貞登 (上越教育大学) | (89) |
| 第4章 | 十日町市立水沢小学校における技術教育のポートフォリオ学習の実践 磯部征尊 (新潟県十日町市立水沢小学校) | (117) |
| 第5章 | 科学的探究能力育成のカリキュラムに関する講演会・フォーラムを 開催してー参加者アンケート結果ー 小倉 康 (国立教育政策研究所) | (130) |

| | | |
|-----|--|-------|
| 第二部 | 英国における認知的発達の促進プログラム－科学的思考力の基盤づくり－ | (165) |
| 第6章 | CASEプロジェクトの概要－プロジェクトによって開発された教材－ Thinking Science (認知加速のための授業プログラム) Thinking through Science (CASEの成果を生かした理科教科書) Let's Think through Science (小学校初期の児童を対象にした授業プログラム) 浅海範明 (山口県熊毛郡田布施町立麻郷小学校) | (167) |
| 第7章 | Let's Think 「考えよう」の概要 笠 耐 (元・上智大学) | (177) |
| 第8章 | Thinking Maths－数学を通じた学習の促進プログラム－ 小倉 康 (国立教育政策研究所) | (200) |
| 資料 | | (204) |
| 資料1 | 「Design and technology」の到達目標 (attainment targets) 磯部征尊 (新潟県十日町市立水沢小学校) | (206) |
| 資料2 | Edexcel 試験局のコースワークの評定基準 磯部征尊 (新潟県十日町市立水沢小学校) | (209) |
| 資料3 | ポートフォリオ検討会 (学習者 S, H, Y) 磯部征尊 (新潟県十日町市立水沢小学校) | (214) |
| 資料4 | 未来社会に求められる科学的資質・能力に関する科学教育課程の編成原理 小倉 康 (国立教育政策研究所) | (221) |

第一部

科学的リテラシーとしての科学的探究能力の育成

第1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、数学的世界、歴史的観点、共通の主題、思考の習慣」となっている。科学リテラシーは物理学、化学といった既存の個別科学から寄せ集められた知識ではなく、個人的や社会的な目的の文脈において適用される人間活動の所産としての科学的知識と科学的な考え方の集成だとする立場が貫かれている。

『科学リテラシーへのベンチマーク』は、最終的な目標である科学リテラシーに到達するまでの通過点として、第2学年、第5学年、第8学年、及び第12学年の終わりに到達されるべき水準の知識や技能を示している。これによって、合理的かつ効果的に目標を実現することが意図されている。

^(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。

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の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（本報告書中のLaurie氏による論文も参照のこと）。

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、生徒の学習を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

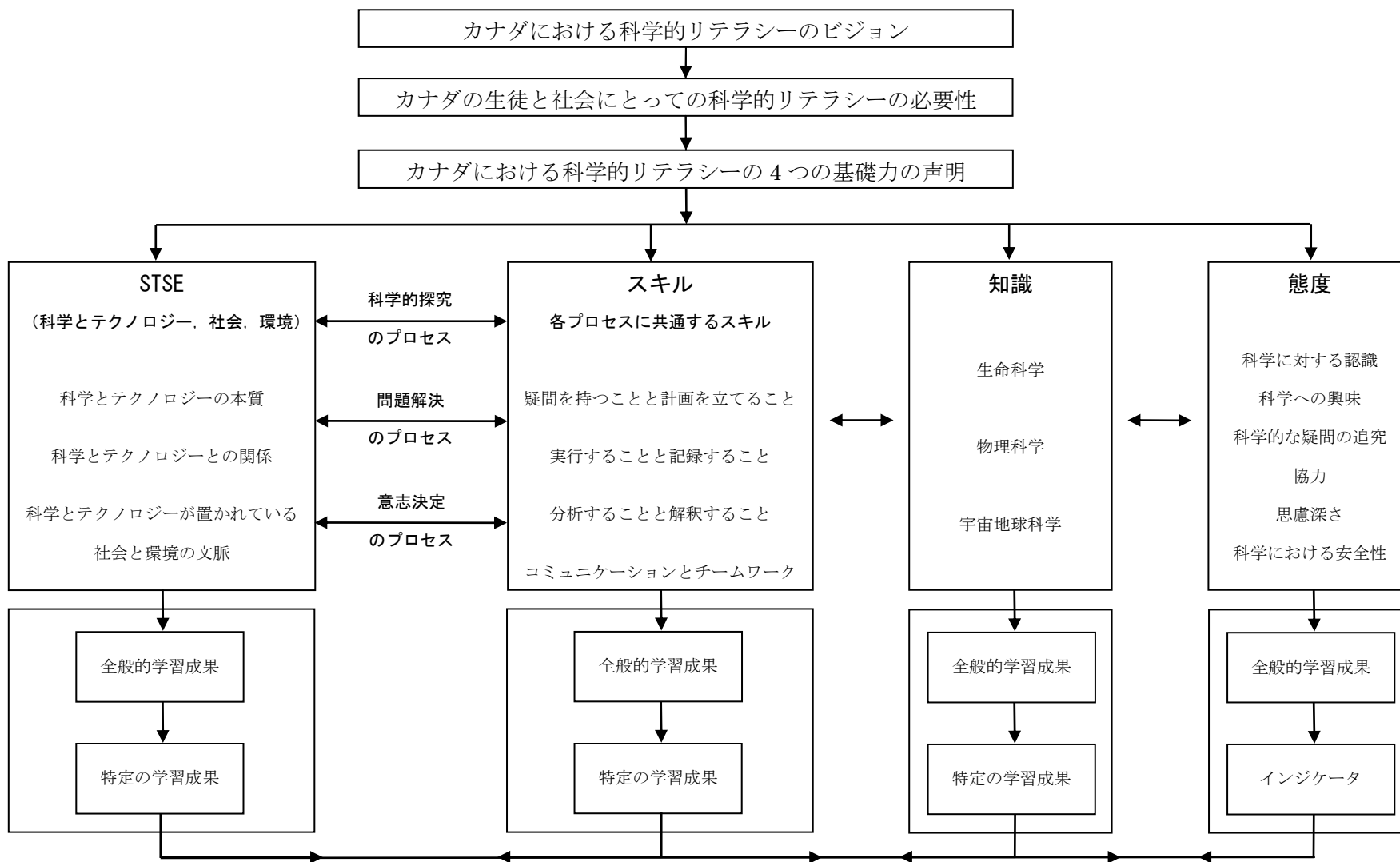


図2 幼稚園から第12学年までの各学年で示されている学習成果のクラスター名

[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。

思慮深さ

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。

—何かがこぼれたり壊れたり、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。

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るかを測定する「生徒の学習到達度調査（PISA）」^{13,14,15)}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）」¹⁴⁾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。

| | |
|----------|---|
| 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, 生理的变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・物理的变化, エネルギーの移動, 力と運動, 形態と機能, 生理的变化, 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 |

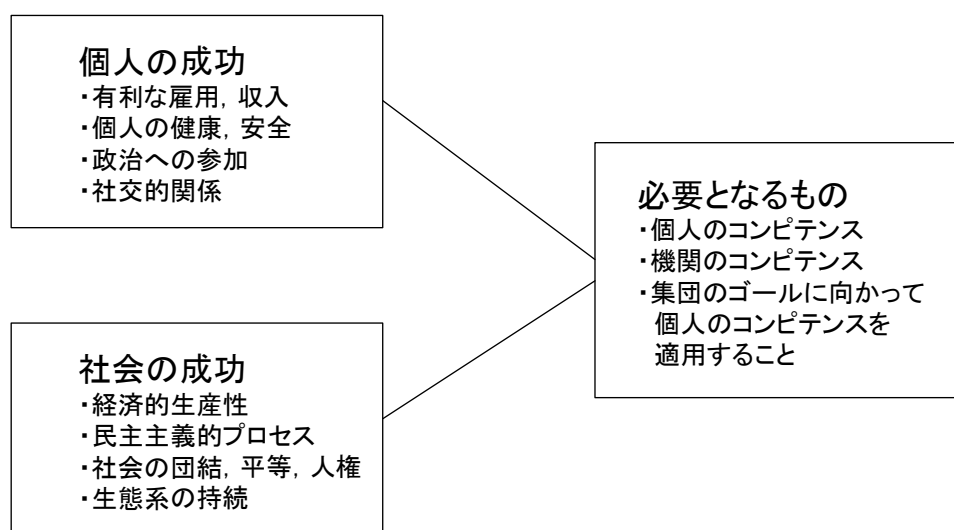
^{脚注} 2006年実施のPISA調査は、科学的リテラシーを中心的な測定領域としており、測定可能な内容の拡張に合わせて、科学的リテラシーの定義も改訂される見通しである。

OECD では、1997 年より DeSeCo¹⁶⁾ (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 6)、その必要性を満たすためのコンピテンスとして以下の 3 つの領域を定義した。

OECD が捉えるコンピテンスの 3 つの領域

- ・ ツールを効果的に用いることができる
 - 個人は、情報技術など物理的なツールとともに言語の使用など社会文化的なツールを幅広く用いる必要がある
- ・ 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 6 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 6 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ものと予想される。

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”¹⁷⁾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7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7 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。

文部科学省¹⁸⁾によれば、2006 年度からの 5 か年の第 3 期科学技術基本計画において、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¹⁹⁾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²⁰⁾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8 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8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²⁰p.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²⁰⁾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²⁰⁾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9 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 10 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)²¹⁾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) 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) .
- 14) 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) .
- 15) 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) .
- 16) OECD: *The Definition and Selection of Key Competencies - Executive Summary* (www.oecd.org/edu/statistics/deseco, 2005).
- 17) C. McFadden, R. E. Yager, *et al*: *Science Plus Technology and Society* (Holt, Rinehart and Winston, 2002)
- 18) 文部科学省－科学技術・学術審議会基本計画特別委員会：『第 3 期科学技術基本計画の重要政策－知の大競争時代を先導する科学技術戦略－(中間とりまとめ)』(<http://www.mext.go.jp/>, 2005)
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) 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) .

| | | |
|------------------------------|-------|-------|
| 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あるか</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よつながらつながりがあるか</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>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>物理</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>化学</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>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>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>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>科学技術</p> <p>物理</p> <p>物理</p> <p>科学技術</p> <p>物理</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>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 |
|--|-------|---|--|
| <p>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</p> <p>I 家畜や作物はどんなすぐれた性質をもっているか</p> <p>1. 家畜や作物と私たちの生活</p> <p>2. 家畜や作物と野生の動植物との違い</p> <p>3. いろいろの品種</p> <p>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</p> <p>1. 生物のふえ方</p> <p>2. 交配による作物の改良</p> <p>3. 優良種を選んで残していく方法</p> <p>4. 化学的なしげきによる改良</p> <p>5. 交配による家畜の改良</p> <p>III 私たちはどのようにしてすぐれた品種を保護するか</p> <p>1. 虫や風による害からまもること</p> <p>2. つぎ木によって保護すること</p> <p>3. さし木やとり木による保護</p> <p>IV 遺伝に関する発見はどのようにしてなされたか</p> <p>1. メンデルが発見した遺伝の法則</p> <p>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</p> <p>3. 遺伝のしくみ</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> <p>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</p> | 生活と健康 | <p>生活と健康</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>生物</p> <p>生活と健康</p> | <p>生活と健康</p> <p>生物</p> <p>生活と健康</p> <p>生物</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>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>単元2 科学は天然資源の利用をどのように広げたか</p> <p>I 天然資源とはどんなものか</p> | 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だち、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発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 2 章

The development of the Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12 and its impact on Science curricula and assessment in Canada.

Robert E. Laurie, New Brunswick Department of Education

カナダにおける幼稚園から第 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の開発と、カナダの科学カリキュラムと評価への影響

ロバート・E・ローリー（ニューブランズウィック州教育省）

訳：小倉 康（国立教育政策研究所）

**The development of the Common Framework of Science Learning
Outcomes K to 12 and its impact on Science curricula and assessment
in Canada.**

Robert E. Laurie, New Brunswick Department of Education

Abstract

The last decade of the 20th century was very effervescent for science education in Canada. The introduction of the first pan-Canadian science assessment in 1996 followed one year later by the publication of a curriculum framework document put science education and learning at the forefront of educational issues across the country.

The curriculum framework document entitled Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12 strongly emphasizes scientific literacy as the goal of science education in Canada. It has greatly influenced the intent and the content of science curricula in all provinces and territories.

Although not without challenges, the emphasis on scientific literacy rather than scientific knowledge in curriculum and assessment continues to change science education in Canada.

Robert E. Laurie is Director of Assessment and Evaluation for the New Brunswick Department of Education. He can be reached at P.O. Box 6000, Fredericton, New Brunswick, E3E 5H1 Canada; robert.laurie@qnb.ca

Introduction to the Canadian context

Canada is the world's second largest country but with only 32.8 million people it ranks 33rd in population. The country has two official languages, English and French, and is composed of 10 provinces and 3 territories covering 5 time zones.

There is no national education system in Canada. Each province and territory has complete authority over its education system. It is therefore not surprising that considerable differences exist from one region of the country to another.

Although each province and territory has exclusive jurisdiction over educational matters like curriculum and assessment several collaborative efforts exist. The main reasons are to avoid duplication and to profit from each others strengths. The four western provinces along with the 3 territories have created the Western and Northern Canadian Protocol (WNCP, 2000). Since 1993, common curriculum frameworks in mathematics, English language arts and social studies have resulted from this collaboration.

A comparable situation exists with the four easternmost or Atlantic Provinces (CAMET, 2004). During the last decade these provinces have collaborated on a variety of educational projects including curriculum and resource development.

At the pan-Canadian level, the Council of Ministers of Education, Canada (CMEC) was established in 1967 to give the Ministers of Education of

all provinces and territories a forum in which to discuss issues of mutual concern.

The CMEC is the national voice for education in Canada. It is the mechanism through which ministers consult and act on matters of mutual interest, and the instrument through which they consult and cooperate with national education organizations and the federal government. The CMEC also represents the education interests of the provinces and territories internationally on projects such as PISA and TIMSS.

One of the most important CMEC initiatives was to create the School Achievement Indicators Program or SAIP (CMEC, 1996a). Since 1994 one of three subject areas (reading and writing, mathematics and problem solving, and science) was to be assessed annually.

The first SAIP Science assessment, administered in 1996, was developed by a team of 8 people, including the author, which relied on the participation of teachers from across the country as item writers and scorers. Provinces and territories vetted all the assessment documents including assessment items.

An important feature of the SAIP Science assessment was its focus on aspects other than scientific knowledge. The nature of science and the relationship of science to technology and societal Issues had as much importance as each of the knowledge domains.

Another important feature of the SAIP Science assessment was to include a practical task component. Participating students would rotate

amongst a total of seven work stations, engage in the required hands-on manipulations, record their observations and answer a series of questions pertaining to each experiment. At some stations students were presented with a problem and given some equipment which they could use to solve the problem. No scientific or technological protocol was given. These tasks can be downloaded free of charge from the following web site <http://www.cmec.ca/saip/science3/pt/indexe.stm>.

The impact across Canada of assessing areas other than scientific knowledge was significant. One of the impacts was to broaden the scope and the goal of science education throughout the country. Teachers and curriculum developers immediately saw the importance of areas that were known to exist but not very present in the classrooms. More and more educators came to realize that it was at least as important for Canada to produce scientifically literate citizens as to teach science to prepare students for future scientific studies. The change in paradigm is easier to make when one realizes that teaching for scientific literacy does not preclude preparing students for future studies in science.

Development of a common science framework

In February 1995, the Council of Ministers of Education, Canada (CMEC) adopted the *Pan-Canadian Protocol for Collaboration on School Curriculum*. Science was chosen as the first area for collaboration.

This collaborative effort led to the creation of the *Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12* (CMEC, 1997). The timing for the creation of this document was excellent since its publication came on the

heels of the first SAIP Science assessment which had been administered in 1996. It was a time when science education was very prominent in Canada.

The development of the framework involved the expertise of participating ministries and departments of education, in collaboration with teachers, students, school administrators, parents, business representatives, postsecondary educators and other partners in education.

Two provinces, British Columbia and Manitoba, were the respective English and French co-leaders of the project. Participating provinces and territories appointed curriculum developers and other science experts to work on the project. There were about 12 to 14 people in all, including the author who represented Francophones from the four Atlantic Provinces.

The first step in the development process was to complete an extensive review of tendencies in science education including science assessments. Many national and international initiatives influenced the development of the *Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12*. Some of the major initiatives that were considered were American (AAAS, 1993; NRC, 1996, NSTA, 1992; NSTA, 1993; and Rutherford & Ahiglen, 1990), Australian (ACC, 1994), French (Driver, Guesne & Thibergien, 1985), and of course Canadian (Orpwood & Souque, 1984; Science Council of Canada, 1984). Journal articles (Bingle & Gaskell, 1994; Eisenhart, Finkel & Marion, 1996; Hart, 1987; and Jenkins, 1995) and existing provincial and territorial curricula were also taken into account. Together, these sources revealed certain trends in science education and, consequently, heavily influenced the framework's intent and content.

It is important to note that the *Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12* was designed for curriculum developers throughout Canada to assist them in developing science curriculum that meets the needs of their students. Use of the document is done on a voluntary basis and remains a provincial or territorial decision. Thus, the document can not be considered as the “official” pan-Canadian curriculum; no such curriculum document exists.

An overview of the framework

The *Common Framework of Science Learning Outcomes for K to 12* describes a vision and foundation statements for scientific literacy in Canada. It outlines general and specific learning outcomes, and provides illustrative examples for some of these outcomes. Learning outcomes are presented by grade grouping at grades 3, 6, 9, and 12, and also grade by grade. This dual presentation of the same learning outcomes is meant to facilitate the work of curriculum developers.

The framework clearly emphasizes that when taken as a whole, the learning outcomes aim to develop students’ scientific literacy rather than restricting science education to the learning of scientific knowledge.

Scientific literacy is defined as the evolving combination of the science-related attitudes, skills and knowledge students need to develop inquiry, problem-solving and decision-making abilities, to become lifelong learners and to maintain a sense of wonder about the world around them.

In light of this definition of scientific literacy, the framework was developed by acknowledging the important processes of scientific and technological inquiry, problem-solving and decision-making. These processes cover the more traditional scientific or technological methods (scientific and technological inquiry), link strongly with technology (problem-solving) and emphasize the role of science in real-life situations (decision-making). Science education in Canada, as proposed in the framework, should place a great deal of importance on the development of these processes which are critical to scientific literacy.

In light of this, five premises form the basis of the scientific literacy framework. These premises are:

1. Scientific literacy is essential for all students, regardless of gender and cultural background.
2. Scientific literacy is a journey on which all students should be encouraged to embark, both formally and informally.
3. A scientifically literate individual needs to acquire certain knowledge, skills and attitudes; to develop inquiry, problem-solving and decision-making abilities; to become a lifelong learner; and to maintain a sense of wonder about the world.
4. Science education programs should include the science, technology, society and the environment (STSE) perspective. They should promote skills, knowledge and attitudes that will ensure the development of scientific literacy in all students.

5. The STSE perspective must be a major driving force in science education, to make student learning relevant and meaningful.

The framework contains four foundations which delineate the critical aspects of scientific literacy.

Foundation 1. Science, technology, society and the environment (STSE)

The science, technology, society and the environment or STSE foundation provides three dimensions for developing science curricula. These dimensions are:

1. the nature of science and technology;
2. the relationships between science and technology; and,
3. the social and environmental contexts of science and technology.

Foundation 2. Skills

The skills foundation clearly identifies four areas which are deemed important for scientific literacy. These four areas are:

1. initiating and planning;
2. performing and recording;
3. analysing and interpreting; and,
4. communication and teamwork.

The framework expects that students will apply these skills in a variety of science, technology, societal and environmental contexts. Through science inquiry students seek answers to questions through experimentation and

research. Through problem-solving students seek solutions to science-related problems by developing and testing prototypes, products and techniques to meet a given need. Finally, through decision-making students provide information to assist the decision-making process in real-life situations which often include environmental issues.

Foundation 3. Knowledge

The framework provides an outline for each of the three major science disciplines: life science, physical science, and Earth and space science. The total number of knowledge outcomes is considerably less than those found in more traditional science curricula. This was a conscious decision intended to ensure that students gain a deeper understanding of important scientific knowledge. Depth of understanding is favoured over breadth of coverage.

A strong emphasis is placed on pedagogies which favour presenting scientific knowledge in appropriate real-life contexts. Similar to what was previously stated about the importance of teaching skills in STSE contexts, in order to better develop scientific literacy it is expected that the scientific knowledge outcomes will also be taught in relevant STSE contexts. This approach ensures students learn scientific knowledge while developing their abilities in scientific and technological inquiry, problem-solving and decision-making, in other words, increase their level of scientific literacy.

It is not an exaggeration to think of the STSE foundation as the “motor” of science education which justifies the skills and the knowledge that are to be learned.

Foundation 4. Attitudes

The attitudes foundation is intended to provide a variety of opportunities for curriculum developers to include attitude-related learning outcomes and indicators in their science curricula. In contrast to the other foundations the attitudes are presented only as general learning outcomes. A number of indicators relate to 6 attitudinal constructs. The constructs are presented here along with some of their indicators:

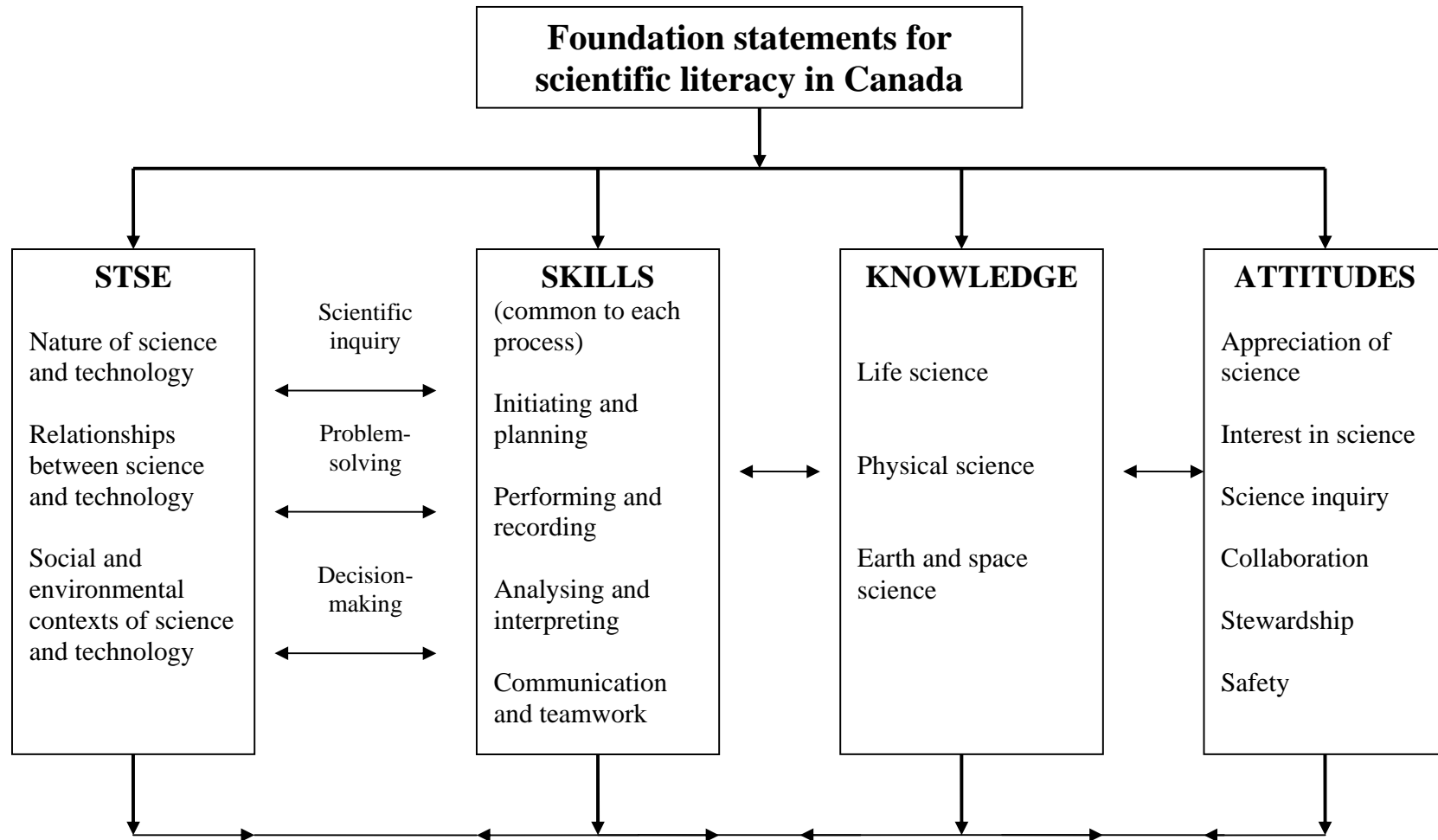
1. Appreciation of science (value the role and contribution of science and technology in our understanding of phenomena that are directly observable and those that are not; appreciate that the applications of science and technology can raise ethical dilemmas; value the contributions to scientific and technological development made by women and men from many societies and cultural backgrounds)
2. Interest in science (show a continuing and more informed curiosity and interest in science and science-related issues; acquire, with interest and confidence, additional science knowledge and skills, using a variety of resources and methods, including formal research; consider further studies and careers in science- and technology-related fields)
3. Science inquiry (confidently evaluate evidence and consider alternative perspectives, ideas, and explanations; use factual information and rational explanations when analysing and evaluating; value the processes for drawing conclusions)

4. Collaboration (work collaboratively in planning and carrying out investigations, as well as in generating and evaluating ideas)
5. Stewardship (have a sense of personal and shared responsibility for maintaining a sustainable environment; project the personal, social, and environmental consequences of proposed action; want to take action for maintaining a sustainable environment)
6. Safety (show concern for safety and accept the need for rules and regulations; be aware of the direct and indirect consequences of their actions)

It is assumed that the development of these attitudes will support the responsible acquisition and application of scientific and technological knowledge to the mutual benefit of students, society and the environment.

Figure 1 illustrates the relationship between the four foundations of scientific literacy. The inclusion and positioning of the three processes demonstrate the strong link between the science, technology, society and the environment, and the skill foundations. The bidirectional arrows between the four foundations underscore their ever present contribution to scientific literacy.

Figure 1. Foundation statements for scientific literacy in Canada



Impact and benefits of the framework

Since the framework is intended for curriculum developers each province and territory can work from the same document yet still include desired variations or regional “flavours”. Provincial and territorial curricula can emphasize some parts more than others and even introduce aspects not found in the framework. Notwithstanding their final content, provincial curriculum development is now quicker and less expensive than before the availability of the *Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12*.

To insure a common interpretation of the outcomes and their intent, illustrative examples are given throughout the framework. Appropriate pedagogical approaches were considered during the development of the illustrative examples. When teaching using modern pedagogical practices based on current knowledge of the cognitive sciences one can expect higher quality learning on the part of the students.

Another benefit of the common framework was the creation of more uniform, and in some cases more rigorous, science curricula across Canada. The framework is causing a definite shift from teaching science knowledge to developing students’ scientific literacy. The inclusion of the three important processes (scientific inquiry, problem-solving and decision-making) which are present in all provincial and territorial curricula is a testimony to the framework’s influence.

Each province and territory now has more or less similar curricular expectations of their students because of the common scope and sequence of outcomes for science learning found in the framework. This greatly helps students who transfer from one province to another. On the one hand they can expect to have been exposed to roughly the same curriculum as students in their welcoming province while their teachers can in turn expect incoming students to have the prerequisites for their courses. Clearly, there is more consistency and harmonization in the learning outcomes for science across provinces and territories since the implementation of science curricula written in light of the framework.

Yet another advantage that resulted from the publication of the *Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12* was that publishers and other resource developers now align their products according to the contents and philosophy of the document. The availability of more quality resources in English and in French remains an important advantage for the provinces and territories that are not large enough to warrant special editions or that don't have the financial means to have resources developed for them.

All of these advantages open the door to greater collaboration in professional development activities by science teachers across Canada.

What can be said about the value of the framework?

Given that the framework was intended to help curriculum developers across Canada one can conclude that it has greatly achieved its goal since all current curricula reflect its intent and content. The fact that the document was not imposed but used willingly is a tribute to its perceived worth.

The alignment of high quality resources based on the framework and in both official languages is also evident. This is another strong indicator that the framework has had a positive impact.

Yet another interesting observation is the strong alignment between the *Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12*, the OECD's Program for International Student Assessment (PISA) science frameworks as well as the TIMSS science frameworks. Of course this does not suggest that PISA and TIMSS have used the curriculum framework to develop their assessment frameworks but it is interesting to note the foresight of the curriculum framework on an international scale.

Unfortunately one can not directly evaluate the impact on the framework on student performance. How Canada would have performed on the Science component of PISA in absence of the framework and its benefits may never be known. It is also interesting to note that in the last 10 years the performance of Canadian students in Science seems to be decreasing. Results from PISA 2006 whose major assessment domain is Science will provide important information which will undoubtedly influence the future of Canadian science education.

Looking ahead

Published in 1997, the Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12 is almost 10 years old. To date no discussions have been held about the possibility of creating a second version.

As new curriculum based on the current edition of the framework continues to be developed important changes in the pan-Canadian assessment program are currently taking place. The School Achievement Indicators Program (SAIP) ceased to exist in 2004. SAIP will be replaced in 2007 by a new Pan-Canadian Assessment Program or PCAP. It has already been determined that PCAP will reflect the PISA model in that it too will assess reading, mathematics and science and use the one major domain with the two minor domains approach.

Given the strong similarities in science curricula across Canada one can expect PCAP to focus on the four foundations and the three processes of scientific literacy as described in the *Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12*. However, a lot of work remains to be done on the science component of this new assessment and to date these questions remain unanswered.

Regardless of its yet unknown approach and content we can expect PCAP to reveal important information about the level of scientific literacy of Canadian students.

Conclusion

Canadians are aware of the increasing global interdependence and the need for a sustainable environment, economy and society. Rapid technological innovations and a growing knowledge base will continue to affect everyone's life. Advancements in science and technology play an increasingly significant role in daily life. Thus, it is crucial that Canadian science education contribute strongly in building a strong future for its students by ensuring a high level of scientific literacy.

Throughout the last decade, the *Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12* has played an important role in giving direction to science curriculum development and science education in Canada. Based on a combination of science, technology, society and the environment outcomes along with skills, knowledge, and attitude outcomes, curricula intended to develop students' scientific literacy have been published. The framework is still being used today to inform science curriculum development across Canada.

We can only hope the new pan-Canadian assessment program together with other large-scale assessments of scientific literacy such as PISA will help describe the development of Canadian students' scientific literacy.

References

AAAS (1993) Benchmarks for Science Literacy: Project 2061. *American Association for the Advancement of Science*, New York: Oxford University Press.

ACC (1994) Science: A Curriculum Profile for Australian Schools. *Australia Curriculum Corporation*: Carlton, Victoria, Australia.

Bingle, W.H. & Gaskell, P.J. (1994) Scientific Literacy for Decision Making and the Social Construction of Scientific Knowledge. *Science Education*, 78 (2), 185-201.

CAMET (2004) CAMET interprovincial agreement. *Council of Atlantic Ministers of Education and Training*. Halifax, NS. (retrieved from <http://camef-camef.ca/default.asp?mn=1.2> on December 28, 2005)

CMEC (2004) Science Assessment for the Classrooms – Practical Tasks *Council of Ministers of Education, Canada* (retrieved from <http://www.cmec.ca/saip/science3/pt/indexe.stm> on January 6, 2006)

CMEC (1997) Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12. *Council of Ministers of Education, Canada*, Toronto, ON.

CMEC (1996a). Science Assessment: Framework and Criteria, School Achievement Indicators Program (SAIP). *Council of Ministers of Education, Canada*, Toronto, ON.

CMEC (1996b) Report on Science Assessment, School Achievement Indicators Program (SAIP). *Council of Ministers of Education, Canada*. Toronto, ON.

Driver, R., Guesne, E., & Thibergien, A. (1985) *Children Ideas in Science*. Open University Press.

Eisenhart, M., Finkel, E., & Marion, S. (1996) Creating the Conditions for Scientific Literacy: A Re-Examination. *American Educational Research Journal*, 33(2), 261-295.

Hart, E.P. (1987) *Science for Saskatchewan Schools: A Review of Research Literature, Analysis, and Recommendations*. Saskatchewan: Saskatchewan Instructional Development and Research Unit.

Jenkins, E.W. (1995) Benchmarks for Scientific Literacy: A Review Symposium. *Journal of Curriculum Studies*, 27(4), 445-461.

National Research Council (1996) *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.

National Science Teachers Association (1993) *The Content Core: A Guide for Curriculum Designers*. Washington, DC.

National Science Teachers Association (1992) *Scope, Sequences, and Coordination of Secondary School Science*. Vol. II.

Orpwood, G. & Souque, J.P. (1984) Science Education in Canadian Schools, Background Study 52. Ottawa: Ministry of Supply and Services.

Rutherford, J. & Ahiglen, A., eds. (1990) Science for All Americans. AAAS Publications.

Science Council of Canada (1984) Science for Every Student. Report 36. Ottawa: Ministry of Supply and services.

WNCP (2000) Western Canadian Protocol for Collaboration in Basic Education (Kindergarten to Grade 12). WNCP (retrieved from <http://www.wncp.ca/general/wpagreement.html> on December 28, 2005)

カナダにおける幼稚園から第 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の開発と、カナダの科学カリキュラムと評価への影響

ロバート・E・ローリー（ニューブランズウィック州教育省）

訳：小倉 康（国立教育政策研究所）

要旨

20 世紀最後の 10 年は、カナダの科学教育にとって非常に活気のある時期だった。1996 年、最初の全カナダ科学教育評価 (*pan-Canadian science assessment*) が導入され、その 1 年後には、カリキュラムフレームワーク文書が公表され、科学教育・学習が全国レベルで教育問題の最前線に押し出された。

幼稚園から第 12 学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワークと題されたカリキュラムフレームワークは、カナダの科学教育の目標として科学的リテラシーを強く打ち出している。このフレームワークはあらゆる州と準州において科学カリキュラムの趣旨と内容に大きな影響を与えてきた。

困難な課題もないとは言えないが、カリキュラムと評価において科学的知識ではなく科学的リテラシーを重視する姿勢により、カナダの科学教育の変革が続いている。

ロバート・E・ローリーはニューブランズウィック州教育省の評価測定部長である。
連絡先は P.O. Box 6000, Fredericton, New Brunswick, E3E 5H1 Canada;
robert.laurie@gnb.ca

カナダの現状紹介

カナダの国土は世界第 2 位の規模があるにもかかわらず、人口は 3,280 万人に過ぎず、世界第 33 位である。公用語は英語とフランス語の 2 言語であり、10 の州と 3 つの準州で構成され、5 つの時間帯がある。

カナダには国の教育制度は存在しない。各州と準州がそれぞれの教育制度について完全な権限を有している。したがって、国内の各地域間で大きな違いがあるが、それは意外なことではない。

各州と準州はカリキュラムや評価など、教育問題に関して独占的な管轄権があるが、幾つかの協力プロジェクトも存在している。その最大の理由は、重複を避け、お互いの長所を活用することである。たとえば、西部の 4 つの州と 3 つの準州が北西部カナダ協定[WNCP, 2000]を確立した。1993 年以来、この共同プロジェクトから数学、国語としての英語、および社会科の分野で共通カリキュラムフレームワークが生み出されている。

同様のことはアトランティック・プロビンスを構成する東部の 4 州についても言える (CAMET, 2004)。過去 10 年間、このグループに参加している 4 州がカリキュラムやリソース開発など多様な教育プロジェクトを共同で行ってきた。

カナダ全体では、カナダ教育大臣協議会 (CMEC) が 1967 年に設立され、すべての州と準州の教育大臣がそれぞれの問題を議論する場となっている。

CMEC はカナダの教育に関する国のレベルで教育について話し合う場である。それは、大臣達がそれぞれの関心のある問題について協議し行動するためのメカニズムであり、大臣達が国の教育関連組織および連邦政府と協議し共同するための手段である。CMEC はまた PISA や TIMSS などのプロジェクトにおいて全州および準州の教育に関する諸問題を代表する立場にある。

CMEC が行ってきたプロジェクトで特に重要なものの 1 つとして、学習到達度インジケータプログラム (SAIP) の作成があった (CMEC, 1996a)。1994 年以来、毎年 3 つの教科分野 (リーディングとライティング、数学と問題解決、および科学) のいずれか 1 つについて評価が行われてきた。

最初の SAIP 科学評価は 1996 年に実施され、筆者を含む 8 名のチームが、全国の教員に項目別の著者および採点者として参加を求めて開発したものであった。州と準州が評価項目を含めてすべての評価文書を慎重に検討した。

SAIP 科学評価の 1 つの重要な特徴は、科学的知識以外の要素を重視したことである。科学の性質、科学とテクノロジーの関係、および社会的問題が各知識分野において大きな重要性を持っていた。

SAIP 科学評価のもう 1 つの重要な特徴は、実践的課題をその構成要素に含めたことである。評価に参加する生徒達は合計 7 箇所の作業場を順番に回り、所定の実際の操作を行い、気がついたことを記録し、各実験に関する一連の質問に答える。一部の作業場では、生徒達に問題が提示され、何らかの機材を提供されるので、生徒はそれを使って問題を解決する。科学的または技術的な指示は与えられない。これらの課題はウェブサイト <http://www.cmec.ca/saip/science3/pt/indexe.stm> から無料でダウンロードできる。

科学的知識以外の領域を評価することは、カナダ全体に大きなインパクトを与えた。インパクトの 1 つとして、国内各地で科学教育の範囲と目標が拡大されたことがある。教師とカリキュラム開発者達は、それまで存在することはわかっていたが教室ではあまり取り上げられなかった領域の重要性を直ちに理解した。また、科学を教え、生徒が将来科学教育を受けられるように準備するためには、科学的リテラシーのある市民をカナダが生み出すことが控えめに言っても重要であるということを理解する教育者達が次第に増えていった。科学的リテラシーを目的とした教育が生徒に将来の科学教育のために準備させることを妨げないことが理解されるとき、パラダイムの変化は一層容易になるのである。

共通科学教育フレームワークの開発

1995 年 2 月、カナダ教育大臣協議会 (CMEC) は、*学校カリキュラムに関する協力のための全カナダ協定*を採択し、科学は最初の協力分野として選択された。

この協力活動から、*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*が作り出された (CMEC, 1997)。この文書は、最初の SAIP 科学評価が 1996 年に実施された直後に発表されたのだが、その作成のタイミングは絶妙だった。科学教育がカナダで非常に注目されていた時期だったのである。

フレームワークの開発には、参加する教育省庁がその専門能力を発揮し、また教員、生徒、学校管理者、保護者、産業界の代表者、中等後教育の教育者、その他の教育関係者の協力を得た。

ブリティッシュコロンビアとマニトバの2州がそれぞれ英語とフランス語に関するプロジェクトの共同リーダーとなった。参加した州と準州は、プロジェクト活動を行うカリキュラム開発者およびその他の科学専門家を指名した。アトランティック・プロビンスの4州からフランス語圏住民を代表したのは、筆者を含めて合計12名ないし14名だった。

フレームワーク開発プロセスの最初のステップは、科学評価を含めた科学教育における傾向の広範囲な見直しを行うことだった。*幼稚園から第12学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワークの開発は、国内および海外で行われている多くのプロジェクトから影響を受けた。参考にされたプロジェクトで特に重要なものは、アメリカ (AAAS, 1993; NRC, 1996, NSTA, 1992; NSTA, 1993; および Rutherford & Ahiglen, 1990) , オーストラリア (ACC, 1994), フランス(Driver, Guesne & Thibergien, 1985), そしてもちろんカナダ (Orpwood & Souque, 1984; Science Council of Canada, 1984)のプロジェクトなどであった。雑誌論文 (Bingle & Gaskell, 1994; Eisenhart, Finkel & Marion, 1996; Hart, 1987; および Jenkins, 1995) および各州と準州が採用していた既存のカリキュラムも検討対象に含められた。これらの参考資料を総合的に検討することで、科学教育における幾つかの傾向が明らかになり、その結果、フレームワークの趣旨と内容に重大な影響があった。*

幼稚園から第 12 学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワークのデザインは、カナダ全国のカリキュラム開発者達が生徒達のニーズに適合する科学カリキュラムを開発できるように支援するために行われたのであり、このことは是非指摘しなければならない。この文書の使用は任意であり、州または準州の決定に委ねられている。したがって、この文書を「公式」の全カナダカリキュラムと見なすことはできない。そのようなカリキュラム文書は存在しない。

フレームワークの概要

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は、カナダの科学的リテラシーに関するビジョンと基礎力の声明を著している。また、全般的学習成果と特定の学習成果を定め、一部の学習成果については参考例を示している。学習成果の提示は、学年を第 3 学年、第 6 学年、第 9 学年および第 12 学年を区切りとしてグループ化して行われ、また学年ごとにも提示されている。同じ学習成果がこのように二重に提示されているのは、カリキュラム開発者の作業を容易にするためである。

学習成果は、全体としてみれば、科学教育を科学的知識の学習に制限するのではなく、生徒の科学的リテラシーを発達させることを目的としていて、フレームワークはそのことを明確にうたっている。

科学的リテラシーとは、生徒が探究、問題解決および意志決定の能力を発達させ、生涯学習者となり、そして自分たちを取り巻く世界に関する不思議さに惹かれる感覚を持ち続けるために必要な、科学に関しての態度、スキルおよび知識の結合体であり、またそれは進歩していくものである。

この科学的リテラシーの定義を踏まえて、科学的小および技術的な探究、問題解決および意思決定の重要なプロセスを認識することによって、フレームワークが開発された。そのようなプロセスでは、より伝統的な科学的小および技術的方法（科学的小および技術

的探究)が含まれ、テクノロジーとの強い結びつき(問題解決)があり、そして実生活の状況における科学の役割(意思決定)が重視されている。フレームワークで提案されているカナダの科学教育は、科学的リテラシーにとって非常に重要なこれらのプロセスの開発を特に重要視するものでなければならない。

以上を踏まえ、科学的リテラシーフレームワークを形成する5つの前提が定められた。その前提は以下のとおりである。

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、生徒の学習を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。

フレームワークには、科学的リテラシーの重要な要素を表現した 4 つの基礎力がある。

基礎力 1. 科学とテクノロジー，社会，環境 (STSE)

科学とテクノロジー，社会，環境つまり STSE の基礎力において，科学カリキュラムの開発のために 3 つの次元が提供されている。その次元は以下のとおりである。

1. 科学とテクノロジーの本質
2. 科学とテクノロジーの関係
3. 科学とテクノロジーが置かれている社会と環境の状況

基礎力 2: スキル

スキルの基礎力において，科学的リテラシーにとって重要であると見なされている 4 つの分野が明確に定められている。その 4 つの分野は以下のとおりである。

1. 疑問を持つことと計画を立てること
2. 実行することと記録すること
3. 分析することと解釈すること
4. コミュニケーションとチームワーク

フレームワークでは，生徒がこれらのスキルを科学とテクノロジー，社会，環境の多様な状況において応用することが期待されている。科学的探究を通じて，生徒は実験と研究を行い疑問への回答を探す。問題解決能力を用いて，ある特定の必要性に適したプロトタイプ，成果物およびテクニックを開発および検証することによって科学関連の問題を解決しようと試みる。最後に，意思決定能力を用いて，生徒は実生活の状況（しばしば環境面の課題を含んでいる）における意思決定プロセスに役立つ情報を提供する。

基礎力 3：知識

フレームワークでは、3つの重要な科学分野（生命科学、物理科学、宇宙地球科学）についてそれぞれの概要が説明されている。知識の成果の総数は、より伝統的な科学カリキュラムに含まれているものより遙かに少ない。これは、生徒が重要な科学的知識についてより深い理解を獲得できるようにするため、敢えてそのように決定されたのである。理解の深さが理解の幅広さより重要視されている。

科学的知識を適切な実生活の状況の中で提示することを優先する教授法が特に強調されている。STSE（科学とテクノロジー、社会、環境）の状況の中でスキルを教えることの重要性についてすでに述べたが、それと同じく、科学的リテラシーをより良く発達させるには、科学的知識の成果も関連性のある STSE の状況に置いて教えることが期待されている。このアプローチによって、生徒が科学のおよび技術的探究、問題解決および意思決定の能力を発達させながら、つまり科学的リテラシーのレベルを向上させながら、科学的知識を学ぶことが保証される。

STSE の基礎力を科学教育の「原動力」であり、学ぶべきスキルと知識に正当な根拠を与えるものと考えても、大げさではない。

基礎力 4：態度

態度の基礎力は、カリキュラム開発者達に対し、態度に関連する学習成果と指標を科学カリキュラムに含めるための多様な機会を提供することを目的としている。他の基礎力と異なり、態度は全般的学習成果としてのみ提示されている。6つの態度の構成要素に幾つかの指標が関連づけられている。その構成要素と幾つかの指標を以下に示す。

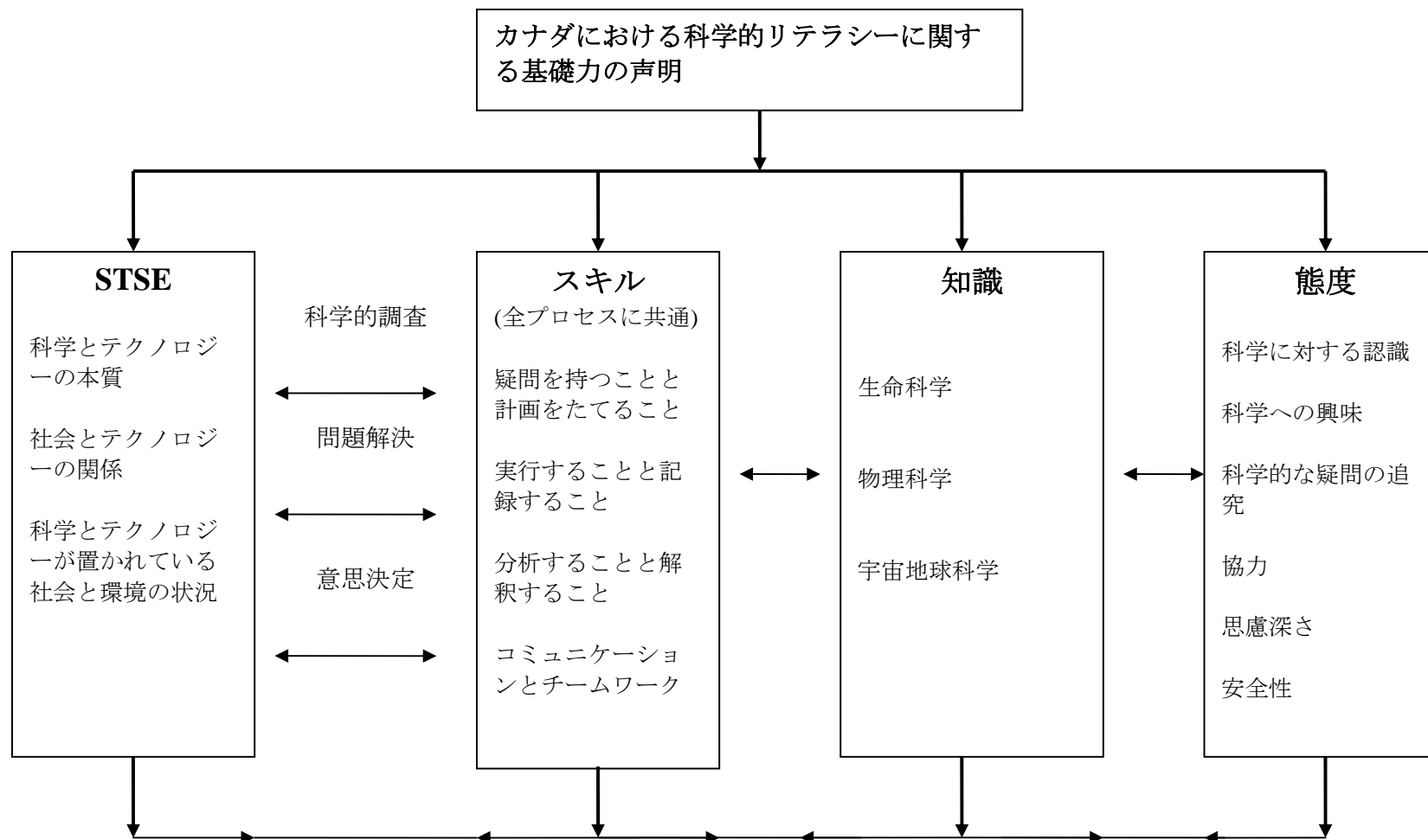
1. 科学に対する認識（我々が直接観察可能な現象と直接観察できない現象を理解するために科学とテクノロジーが行う役割と貢献の価値を認識する。科学とテクノロジーの応用が倫理的なジレンマを発生させることを認識する。様々な社会的および文化的背景を持つ男女が行ってきた科学とテクノロジーへの貢献の価値を認識する。）
2. 科学への興味（科学および科学関連の課題に対して、継続的でより豊かな情報に基づいた好奇心と興味を示す。公的な研究を含む多様なリソースと方法を用いて、追加的な科学的知識とスキルを興味と自信を持って獲得する。科学およびテクノロジー関連の分野でさらなる学業とキャリアを検討する。）
3. 科学的な疑問の追究（証拠を自信を持って評価し、別の視点、考えおよび説明を検討する。分析と評価を行うときに事実に基づいた情報と合理的な説明を用いる。結論を導くためのプロセスの重要性を認識する。）
4. 協力（調査を計画し実行するため、また考えを生み出し評価するため、他者と協力する。）
5. 思慮深さ（持続可能な環境の維持のために個人としてまた他者と共同での責任感を持つ。提案されている行動がもたらす個人的、社会的、および環境面での結果を予想する。持続可能な環境を維持するために行動を起こそうとする意欲を持つ。）

6. 安全性（安全性に対する配慮を示し，規則と規定の必要性を納得する。自分達の行動による直接的および間接的な結果を意識する。）

これらの態度を発達させることは，生徒自身，社会および環境の相互的な利益を目指して責任をもって科学とテクノロジーの知識を獲得し応用するために役に立つと想定されている。

図 1 に，科学的リテラシーを構成する 4 つの基礎力の相互関係を示す。3 つのプロセスを図の中に取り入れこのように配置したことは，科学とテクノロジー，社会，環境，そしてスキルの基礎力の強い相互的な結びつきを示している。4 つの基礎力を結ぶ双方向の矢印は，それらが科学的リテラシーに対して常に貢献していることを強調している。

図1. カナダにおける科学的リテラシーの4つの基礎力の声明



フレームワークの影響と利点

フレームワークはカリキュラム開発者達を対象としているので、各州と準州は同じ文書を元にして開発を行い、なおかつ希望する多様性または地域の「フレーバー（趣き）」を取り入れることができる。カリキュラムにおいてフレームワークのどの部分により一層の重きを置くかは各州と準州が判断し、しかもフレームワークにはない要素を取り入れることも可能である。カリキュラムの最終的内容がどのようなものであれ、州と準州のカリキュラム開発は、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利用できるようになる前に比べて、今よりも速くより低コストで行えるようになった。

学習成果とその趣旨について共通の理解が保証されるようにするため、フレームワークでは随所に参考例を示している。参考例を作成するにあたっては、適切な教授法的アプローチが考慮された。現在の認知科学的知識に基づく最新の教授実践を用いるとき、生徒に対してより質の高い学習を期待することができる。

共通フレームワークのもう 1 つの利点は、カナダ全体でのより統一的で、また場合によってはより厳格な科学カリキュラムの作成である。フレームワークは、科学的知識を教えることから生徒の科学的リテラシーの発達へと決定的なシフトを引き起こしている。3 つの重要なプロセス（科学的探究、問題解決、意思決定）がフレームワークに取り入れられ、それがすべての州および準州のカリキュラムに含まれていることは、フレームワークの影響力を証明するものである。

フレームワークの中にある科学学習の共通の範囲と一連の学習成果を適用することで、各州と準州は、今やカリキュラムによる生徒の成果に対して多かれ少なかれ同じような期待を抱いている。このことは、他の州に移転する生徒にとって大きな助けとなる。一方で生徒達は転入先の州の生徒達とほぼ同じカリキュラムによって学習を行ってきたと期待することができ、また教師達も、転入してくる生徒達はその州の課程を受けるための基礎力ができていると期待することができる。フレームワークを参照して作成された科学カリキュラムが実施されているので、明らかに、様々な州と準州の間で、科学の学習成果にこれまでより一層高度な整合性と調和がある。

さらに、*幼稚園から第 12 学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワーク*を公表したことによってもう 1 つの利点が生まれた。それは、出版社その他のリソース開発者達がそれぞれの製品をフレームワークの内容と哲学に準拠させているということである。専用の版を確保できるほどの規模ではない州と準州、あるいは自らのためにリソースの開発をさせる資金のない州と準州にとって、英語とフランス語でのより質の高いリソースを利用できることは、重要な利点である。

こういったすべての利点は、カナダ全域で科学教師が行う専門的開発活動において大規模な共同に扉を開くものである。

フレームワークの価値についてどのような評価ができるか？

フレームワークがカナダ全域におけるカリキュラム開発者達の支援を目的としていることを前提とすると、現在すべてのカリキュラムがフレームワークの趣旨と内容を反映していることから、フレームワークはその目的を非常に良く果たしていると結論することができる。フレームワークが強制されているものではなく、自主的に用いられているという事実は、その価値が認められていることの1つの賜である。

フレームワークに基づいて、また2つの公用語の両方で質の高いリソースが同じ方向性に揃えられていることも明らかである。このことは、フレームワークがポジティブなインパクトを及ぼしていることを示すもう1つの証拠である。

さらにもう1つの興味深い事実として、*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*と、OECD生徒の学習到達度調査（PISA）の科学のフレームワーク並びにTIMSSの科学のフレームワークとの間の強い関連がある。もちろん、これはPISAとTIMSSにおいてそれぞれの評価フレームワークを開発するためにカナダのカリキュラムフレームワークが用いられているという意味ではないが、カリキュラムフレームワークの先見の明が国際的なスケールのものであると指摘しておきたい。

残念ながら、フレームワークが生徒の成績に及ぼすインパクトを直接定量化することはできない。フレームワークが無かったとすれば、PISAの科学コンポーネントでカナダの成績がどうなっていたか、そしてフレームワークが存在しないことにどのような利点があるかは、永久に知り得ないことである。過去10年間にカナダの生徒達の科学における成績が下がっているように思われることも指摘しておきたい。PISA2006は科学を主要調査分野とするものであり、その結果によって重要な情報が得られるであろうし、またそれがカナダの科学教育の未来に影響を与えることは間違いないことである。

今後の展望

1997年に幼稚園から第12学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワークが発表されてからほぼ10年たつが、今日まで、第2版を作成する可能性についてはまったく議論されてこなかった。

フレームワークの現行版に基づく新しいカリキュラムの開発が続き、カナダ全域の評価プログラムに重要な変化が今も起き続けている。学習到達度インジケータプログラム (School Achievement Indicators Program=SAIP) は2004年に終了した。2007年には新しい全カナダ評価プログラム (Pan-Canadian Assessment Program=PCAP) が SAIP に代わって実施される予定である。PCAP は、リーディング、数学、および科学の評価を行い、3分野のうち1つを重要分野とし、他の2つを二次的な重要性の分野とするアプローチを取ることによって、PISAモデルを反映することが決まっている。

カナダ全域での科学カリキュラムの強い類似性を考えると、PCAP が幼稚園から第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において定められている科学的リテラシーの4つの基礎力と3つのプロセスに焦点を合わせたものとなるだろうと期待してもおかしくない。ただし、この新しい評価プログラムの科学コンポーネントについては今後行わなければならない作業が山積しており、今日までそれらの問題にはまだ答えが出ていない。

PCAP がどのようなアプローチと内容を備えたものとなるかはまだ不明であるが、それがどのようになるにしろ、カナダの生徒達の科学的リテラシーのレベルについて重要な情報を明らかにするものになるだろうと期待することができる。

結論

カナダ人は、世界的な相互依存関係の強まりと、持続可能な環境、経済そして社会の必要性を認識している。急速に進む技術革新と知識ベースの拡大はこれからもあらゆる人の生活に影響を与え続けるだろう。科学とテクノロジーの進歩が日常生活において果たす役割は、その重要性を増していく。したがって、高度な科学的リテラシーを保証することによって生徒達のためにしっかりした未来を築かなければならないが、そのためにはカナダの科学教育が強力な貢献を行うことが非常に重要である。

過去 10 年の間、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は、カナダの科学カリキュラムと科学教育に方向性を与えるために常に重要な役割を果たしてきた。科学とテクノロジー、社会、環境面での学習成果をスキル、知識および態度の学習成果と組み合わせ、それに基づいて生徒の科学的リテラシーを発達させることを目的としたカリキュラムが公表されている。フレームワークは、カナダ全域で科学カリキュラム開発活動の基本資料として今日も利用され続けている。

我々は、新しい全カナダ評価プログラム並びに PISA などの大規模な科学的リテラシー評価プログラムがカナダの生徒達の科学的リテラシーがどの程度発達しているかを明らかにするために役立つことを願うばかりである。

引用文献

AAAS (1993) Benchmarks for Science Literacy: Project 2061. *American Association for the Advancement of Science*, New York: Oxford University Press.

ACC (1994) Science: A Curriculum Profile for Australian Schools. *Australia Curriculum Corporation*: Carlton, Victoria, Australia.

Bingle, W.H. & Gaskell, P.J. (1994) Scientific Literacy for Decision Making and the Social Construction of Scientific Knowledge. *Science Education*, 78 (2), 185-201.

CAMET (2004) CAMET interprovincial agreement. *Council of Atlantic Ministers of Education and Training*. Halifax, NS. (retrieved from <http://camef.camef.ca/default.asp?mn=1.2> on December 28, 2005)

CMEC (2004) Science Assessment for the Classrooms – Practical Tasks *Council of Ministers of Education, Canada* (retrieved from <http://www.cmec.ca/saip/science3/pt/indexe.stm> on January 6, 2006)

CMEC (1997) Common Framework of Science Learning Outcomes K to 12. *Council of Ministers of Education, Canada*, Toronto, ON.

CMEC (1996a). Science Assessment: Framework and Criteria, School Achievement Indicators Program (SAIP). *Council of Ministers of Education, Canada*, Toronto, ON.

CMEC (1996b) Report on Science Assessment, School Achievement Indicators Program (SAIP). *Council of Ministers of Education, Canada*. Toronto, ON.

Driver, R., Guesne, E., & Thibergien, A. (1985) Children Ideas in Science. Open University Press.

- Eisenhart, M., Finkel, E., & Marion, S. (1996) Creating the Conditions for Scientific Literacy: A Re-Examination. *American Educational Research Journal*, 33(2), 261-295.
- Hart, E.P. (1987) Science for Saskatchewan Schools: A Review of Research Literature, Analysis, and Recommendations. Saskatchewan: Saskatchewan Instructional Development and Research Unit.
- Jenkins, E.W. (1995) Benchmarks for Scientific Literacy: A Review Symposium. *Journal of Curriculum Studies*, 27(4), 445-461.
- National Research Council (1996) National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press.
- National Science Teachers Association (1993) The Content Core: A Guide for Curriculum Designers. Washington, DC.
- National Science Teachers Association (1992) Scope, Sequences, and Coordination of Secondary School Science. Vol. II.
- Orpwood, G. & Souque, J.P. (1984) Science Education in Canadian Schools, Background Study 52. Ottawa: Ministry of Supply and Services.
- Rutherford, J. & Ahiglen, A., eds. (1990) Science for All Americans. AAAS Publications.
- Science Council of Canada (1984) Science for Every Student. Report 36. Ottawa: Ministry of Supply and services.
- WNCP (2000) Western Canadian Protocol for Collaboration in Basic Education (Kindergarten to Grade 12). WNCP (retrieved from <http://www.wncp.ca/general/wpagreement.html> on December 28, 2005)

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）

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活用できる能力</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活用できる能力</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。

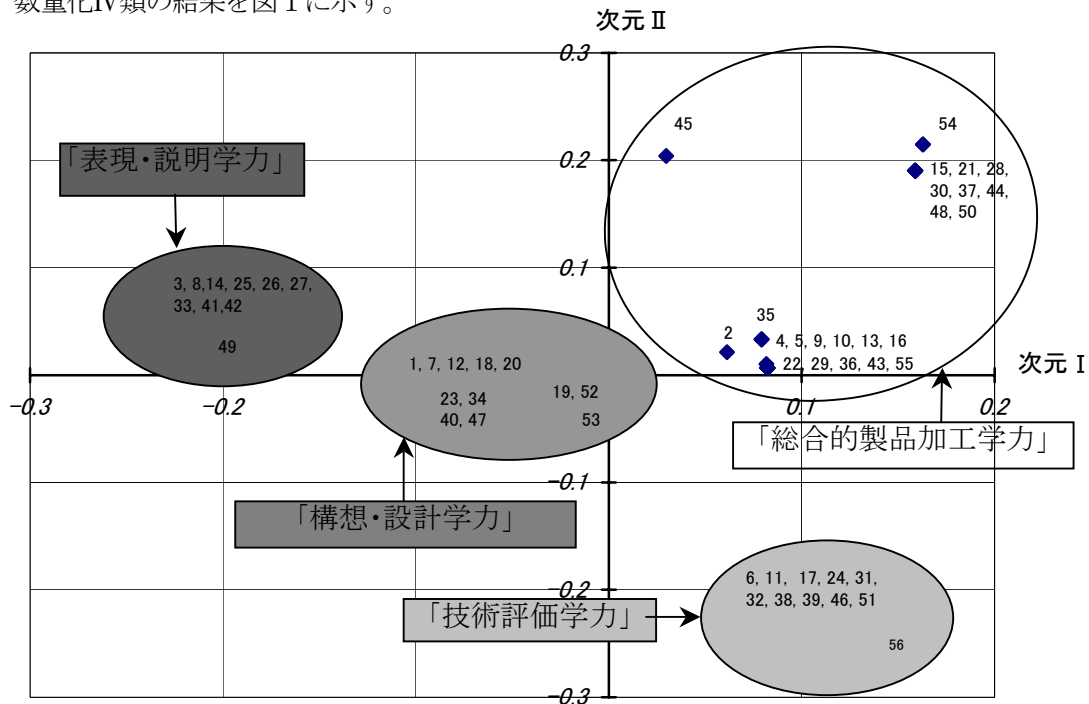


図1 数量化Ⅳ類によって分類された到達目標（56項目）の散布図

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事ができる。 |

「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)。

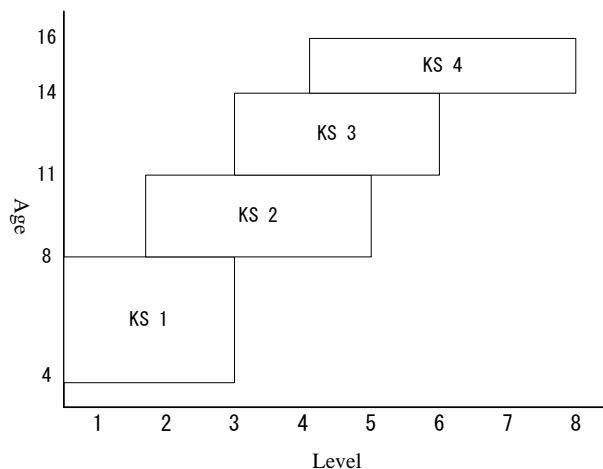


図2 レベルと到達段階の関係

(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)、コミュニケーション(4 個)であった。次に、各要素の内容を検討する。デザインでは、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。コミュニケーションでは、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 | コミュニケーション | 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 | デザインング | コミュニケーションング |
| 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、デザインング、コミュニケーティング）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://www.soc.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ー」『指導と評価』52(1), 48-51 頁

第4章 十日町市立水沢小学校における技術教育のポートフォリオ学習の実践

新潟県十日町市立水沢小学校

磯部 征尊

1. 問題と目的

小・中学校一貫した技術教育の体系化と、学習到達目標及びその到達度水準に関する実証的研究の積み上げが強く求められている。しかしながら、特に小学校段階の技術教育課程基準に関する組織的な先行研究は、極めて少ない¹⁾。

小学校における立体の投影・構成行為の発達と形成に関する城(1990)²⁾の先行研究は、小学校段階の技術教育の重要性と、児童・生徒の技術的ものづくり活動や形、色、材料の特徴や構成の美しさなどを工夫した技術的アイデアスケッチ活動の必要性の根拠を提供している。同氏の指摘は、算数・数学の「図形」領域や、中学校技術・家庭科技術分野の「製作品の設計」における他教科との関連を踏まえると、小学校段階から平面図法を系統的に行っていく必要性を示していると言える。

連合王国の普通教育としての技術科教育では、育む学力を重視した教育課程を編成している(磯部・山崎, 2003)³⁾。同国では、16歳時卒業時に資格試験(GCSE試験)が実施されている。資格試験は、筆記試験とコースワークである。コースワークでは、育む学力に基づいた評定基準表(以下、ルーブリック)が事前公開されている。技術教諭及び試験局は、ルーブリックに基づいて受験生の学力の評定に努めている。日本の普通教育としての技術教育(以下、技術カリキュラム)においても、育む学力観を明確化すると共に、学習到達度が明瞭に評定できる方法の検討が必要である。

本研究の第1の目的は、小学校段階の技術カリキュラムにおける「創成力(designing/design process)」に着目したルーブリックを開発し、その有効性における技術教育課程基準に着目したルーブリックを開発し、その有効性の検証・改善を、ポートフォリオ制作による「カリキュラムのデザイン」を重視した教育実践研究により検討することである。第2は、事前公開したルーブリックを用いて、学習者のポートフォリオを複数の教師で評定し、評定者間の不一致及び、児評と評定者間の不一致について分析し、ルーブリックの妥当性・信頼性について検討することである。

2. 研究方法

2.1 小学校技術教育における創成力(designing/design process)に着目したルーブリック開発

本研究は、第1学年1クラス(16名)の「算数科」(単元名:かたち)と「図工科」(単元名:はこ はこ はこ)を研究対象とし、2005年7~10月を中心に教育実践研究を行う(表1)。

筆者らは、磯部(2005)⁴⁾が開発した「小・中・高一貫した技術教育課程基準」に基づき、小学校低学年段階の「技術カリキュラム」における「創成力」に着目したルーブリックを開発する。

表 1. 第 1 学年「算数科」「図工科」構想カリキュラム

| 単元名 (かたち), 授業時数 (6 時間), 学習指導要領の項目 : C(1) | |
|---|--|
| 学習活動 (授業時数) | |
| 1. 仲間作りと、積み上げる活動 (1) | <ul style="list-style-type: none"> ○家から持ってきた立体 (お菓子の箱や洗剤, ティッシュ箱など) についての話し合い ○グループごとに立体を高く積み上げる活動 |
| 2. 空き箱の面の形を色画用紙に写し取る活動 (1) | <ul style="list-style-type: none"> ○色画用紙に写し取った形をもとにして、絵を描く。 |
| 3. 集めた箱をどのようにならべるかをアイデアスケッチする (1)。 | <ul style="list-style-type: none"> ○ルーブリックを見て, スケッチのポイントを考慮しながら, アイデアスケッチをする。 |
| 4. 製作 (2) | <ul style="list-style-type: none"> ○はさみの使い方及び切り方 ○ものの色や形, 並べる方向などを考えて, 並べる。 ○元ポートフォリオ制作 |
| 5. 作品鑑賞 (1) | <ul style="list-style-type: none"> ○相互に自分の作品の良さや工夫した点を話し合う。 |
| 単元名 (はこ ハコ はこ), 授業時数 (7 時間), 学習指導要領の項目 : A(1)(2), B (1) | |
| 1. 素材との触れあい (1) | <ul style="list-style-type: none"> ○集めた箱を様々な角度から鑑賞したり, 高く積んだり, 横に並べせたりして, 箱に触れる機会の提供 ○過去の作品や簡単な見本の提示・鑑賞 |
| 2. アイデアスケッチ (2) | <ul style="list-style-type: none"> ○ルーブリックを参考に作りたい形のスケッチ活動 (イメージできない子のために, 参考作品を複数準備しておく) <ul style="list-style-type: none"> ・使いたい素材 (箱の名前, 飾りつけ) が書けるように支援する。 ○アイデアスケッチの精選・選択 <ul style="list-style-type: none"> ・選んだスケッチには, 頑張りたいことや工夫したいことを書くように支援する。 |
| 3. 製作 (2.5) | <ul style="list-style-type: none"> ○箱と箱をつなげ, 形を完成させる活動 ○飾り付け作業 ○元ポートフォリオ制作 |
| 4. 作品鑑賞 (1.5) | <ul style="list-style-type: none"> ○元ポートフォリオ及び, 凝縮ポートフォリオ制作 ○凝縮ポートフォリオを活用した発表会 |

2.2 ポートフォリオ制作の実践

本研究は, 鈴木 (2002)⁵⁾ の解釈に従い, ポートフォリオ制作を行う機会を設定する。具体的には, 開発したルーブリックを基に, 学習者たちはポートフォリオを制作する。学習者は, 制作

したポートフォリオを用いて発表会を行う。「算数科」では、元ポートフォリオを作成する。予備題材終了後、筆者らの他、4人の教職員らがポートフォリオ検討会（作品の順位付け及びルーブリックの検討）を行い、開発したルーブリックを修正する。「図工科」では、学習者が修正したルーブリックを参考に、凝縮ポートフォリオを制作する。「図工科」の単元が終了後、学習者の作品・凝縮ポートフォリオとルーブリックを照らし合わせ、再度ポートフォリオ検討会を行う。

2.3 実施方法

筆者が、授業単元の学習を全時数一人で実施、データを収集した。収集したデータは、観察データである。特に、学習者の会話記録及びポートフォリオ検討会での話し合い記録を中心に、その他、子どもの学習の様子を補足しながら、質的分析を進めることとする。

a. 教室の映像記録

教師の問いかけと学習者の発言の様子を把握するため、ビデオカメラによる固定撮影を行う。

b. フィールドワーク

授業のフィールドワークに関して、筆者は授業者かつ観察者となり、授業で起きた出来事や会話などをフィールドノートにメモとして書き留めていく。フィールドノート及びビデオの分析を通して、プロトコール（授業記録）の作成及び蓄積を行う。

3 結果及び考察（算数科 単元名「かたち」）

3.1 アイデアスケッチの課題提示

2時間目「集めた箱から作りたい作品をイメージしたアイデアスケッチ（元ポートフォリオ）」の活動では、アイデアスケッチを行った。アイデアスケッチは、元ポートフォリオに収集される資料の一つである。しかし、学習者にとってアイデアスケッチの活動は未経験であると共に、「アイデアスケッチ」という言葉にも馴染みがない。そこで、筆者らの一人である授業者（以下、教師）は、学習の初めに、表2のような課題提示を行った。なお、本時には、教師の他に教諭T（教職歴28年）が授業の談話過程の分析に参画した。

表2. アイデアスケッチの課題提示（2時間目）

| |
|---|
| A1 教師：今日は、みんなが持ってきてくれた箱を使って何かを作ってみましょう。 |
| A2 大勢が：やったあ。 |
| A3 K：何かって？（小さい声で） |
| A4 教師：そして、粘土の時にも最後にみんなで発表会をしたように、作った後に自分の頑張った点や工夫した点を発表してもらいます。 |
| A5 R：あー、覚えてる、覚えてる。 |
| A6 教師：そこで、最初にみんなから作りたいものを絵で書いてもらいたいと思うんだけど、どう？ |
| A6 K：（手を挙げて）せんせい、はこで動物さんをつくるんですか？ |

A7教師：うん、そうだね。このまへの粘土では、動物さんをつくったね。今度は、はこを使って動物やほかのものをつくってみたいと思うんだよ、うん。いいかな？

A8K：はい。

A9教師：そこでね、粘土のときを思い出してほしいんだけど、あの時に「自分の作品を友達に教えてあげよう」ということで上手に発表できた？

A10Y：できたよ。

A11R：僕は、むずかしかった。

A12M：私もー。

(子ども同士で言い合いになる。)

A13教師：じゃあ、ちょっといいかな。ぼくは、みんなの様子を見ていてなかなか自分の言いたいことを言うのが難しいんじゃないかと思ったんだ。そこで、みんなに作りたい絵を書いてもらってから作れば、後で発表するときに役に立つと思うんだよね。作りたい作品を絵に描くことはできる？

A14：(あちこちから) できるできる。

A15K：描いたら作っていいんですか？

A16教師：いいよ。ぜひ、いろいろな絵を書いてみて、その中から作りたい絵を選んでください。

学習者たちは、前時に自分たちが集めた箱で色々な角度から見たり、触ったりする活動を行った。また、箱を高く積み上げるための話し合いを行った。学習者の中には、箱を使って何かを作りたいという意見があった。教師は、前時の時間の意見を踏まえ、初めにA1「箱を使って何かを作ってみましょう。」と投げかけた。教師の問いかけに対し、ほとんどの学習者たちは前向きな反応を示した。次に、教師は、A4「作った後に自分の頑張った点や工夫した点を発表してもらいます。」と課題を提示した。その意図は、学習者に発表することの難しさを想起させる問い(A9, A12)を投げかけ、アイデアスケッチをすることの必要性に気づかせるためであった(A11, A12)。その際、アイデアスケッチという言葉は使わずに、A6「絵」という言葉を用いた。「絵」という言葉は、これまでの図工科の活動や、算数の「足し算・引き算の絵本作り」で理解していた。学習者にとって絵を描くことは、イメージが容易であったと推察される。しかしながら、学習者Kは、箱で何かを作るイメージが出来ない様子(A3)であった。そのため、教師のA4「粘土」という言葉から、学習者Kは箱ではなく「動物」をイメージしてしまった(A6)。アイデアスケッチの課題提示をするためには、最初にA7を問いかけ、「箱を使って何か作る」というイメージを十分に持たせる必要があった。学習者は、すでに粘土の活動で「製作→発表」の学習を体験している。教師は、「製作」体験を十分に想起させずに、「発表」場面を提示してしまった。従って、学習者Kにアイデアスケッチの価値付けを十分に行うことができなかった(A15)。

3.2 ルーブリックの課題提示

本研究では、「表現・コミュニケーション学力」に関するルーブリックを作成した。同学力の

目標に基づき、予想される学習者のパフォーマンス状況を易から難の4段階に区分した。開発したルーブリックを表3～4に示す。

表3. 小学校1～2学年における「表現・コミュニケーション学力（領域：アイデアスケッチ）」のルーブリック

| 学習到達目標 | 色鉛筆やペン，マーカー，絵の具を活用して，材料の色や形を意識してアイデアをスケッチしている。 |
|--------|--|
| レベル | 具体的な活動状況 |
| 1 | レベル4に示された①～④の優れた特徴が， 1つ 以下である。 |
| 2 | レベル4に示された①～④の優れた特徴が， 2つ である。 |
| 3 | レベル4に示された①～④の優れた特徴が， 3つ である。 |
| 4 | 次の①～④の優れた特徴が， 4つ 以上見られる。 ① 色が丁寧に塗られている。 ② 完成作品をイメージしながら，色塗りをしている。 ③ 材料の形を見ながら，スケッチをしている。 ④ 作品名を書いている。 |

表4. 小学校1～2学年における「表現・コミュニケーション学力（領域：発表）」のルーブリック

| 学習到達目標 | 使用している道具や製作内容について，自分の意見や考えを自由に発表している。 |
|--------|---|
| レベル | 具体的な活動状況 |
| 1 | レベル4に示された①～④の優れた特徴が， 1つ 以下である。 |
| 2 | レベル4に示された①～④の優れた特徴が， 2つ である。 |
| 3 | レベル4に示された①～④の優れた特徴が， 3つ である。 |
| 4 | 次の①～④の優れた特徴が， 4つ 見られる。 ① 工夫した点を発表している。 ② 頑張った点を発表している。 ③ 友達の作品を褒めたり，質問したりしている。 ④ 作品とポートフォリオを用いて「次はこうしてみたい」という改善点や自分の願いを発表している。 |

本研究では，作成したルーブリックを子どもに分かりやすくするために，学習者へアイデアスケッチの課題提示を行った後，アイデアスケッチの仕方について，表5のように板書した。

学習者には，「ルーブリック」という言葉は使わずに，「がんばってほしいこと」という表現を用いた。教師は，板書した点に少しでも気をつけてスケッチすると共に，スケッチしている時に困ったり，分からなくなったりしたら黒板を見るように伝えた。

表5. 黒板に板書した文章 (学習者用ルーブリック)

えをかくときに「がんばってほしいこと」

- ・いろは、ていねいにぬりましょう。
- ・つくってみたいさくひんをよくかんがえながら、いろをぬりましょう。
- ・はこのかたちをよくみて、えをかきましょう。
- ・さくひんになまえをつけましょう。
- ・がんばりたいことやくふうしたいことをかきましょう。
- ・さくひんをつくったあとに、やっぱりこうすればよかったということをかきましょう。

6つのことが、すこしでもたくさんできるようにがんばりましょう！

※太字で示した文字は、赤チョークで書いたことを示す。

次に、ポートフォリオ制作を学習者へ価値づけるために、教師は、表6のような提示を行った。

表6. ポートフォリオ制作の価値付け

A16 教師：(教師が自作したポートフォリオを提示しながら) ちょっとこれみてくれるかな。

A17：(あちこちから) わー、先生の写真だぁ。

A18 教師：(表紙を示しながら) 僕は、磯部征尊です。この写真は、僕が作った作品です。(表紙を開いて) みんなから左側にある絵、こっちの方だね、この絵は、僕が作りたいたいなぁと思って描いた絵です。僕は、2枚描きました。1枚目の絵は、車です。名前は、「ブル」と言います。2枚目の絵は、亀です。名前は、「カメキチ」です。僕は、車の方が気に入ったので、「ブル」を作りました。みんなから見て右側には、作ってみた感想を書きました。みんなが描いてくれたスケッチも、こんな風に画用紙に貼り付けて絵本にしようと思います。作れそうかな？

A19M：算数でやった絵本ですか？

A20 教師：そうだね、算数でもたしさんの絵本をつくったね。あの時も、絵本を使ってみんなの前で発表したよね。今回も、僕が作ったような絵本をつくって、作品を発表するときさ、こんな絵本を使って発表してほしいんだよ。

A21K：作品は作らないんですか？

A22 教師：作品はつくります。作品ができた後に、大きな画用紙にみんなが描いた絵をはろうと思います。だから、みなさん、色々なスケッチを描いてみてくださいね。思いついたことをたくさん描いてみてください。その中から作りたい作品を選んで作ってもらいます。

A23K：じゃあ、どっちも作るんですか？

A24 教師：Kさん、良いこと言ったね。そうですね、絵本と作品と両方作りましょう。絵本と作品を友達に見せながら、最後に発表しましょう。さっき、Mさんが、粘土の時の発表を思い出して「難しかった。」って言ってたよね。Mさん、絵本があると発表できそうかな？

A25R：(首を傾けながら) うーん、多分大丈夫。

A26K：(はさみを持って箱を切りたがっている)

初めに、教師は、自作したポートフォリオを学習者に提示することから、ポートフォリオの価値付けを行った。表紙には、名前と写真（完成作品を持つ自分自身）が示されている。教師は、自作のポートフォリオを紹介しながら、学習者が発表する時に役立つことを説明している（A17, A19, A22）。教師は、ポートフォリオという言葉は使わずに、「絵本」という言葉を用いた。学習者Mが、A18「算数でやった絵本ですか？」と質問しているように、学習者たちは、すでに「絵本」という言葉の概念を理解している。しかしながら、学習者Kには、A21「作品は作らないんですか？」と発言しているように、ポートフォリオよりも手を動かして作品を作りたいという気持ちが先行していた。それは、教諭Tが指摘した学習者Kの様子（A25 K）と、教室の映像記録からも明らかであった。アイデアスケッチ及びポートフォリオ制作は、学習者にその意義を明確に伝えることができるかどうかによって、その後の学習への取組に大きく左右される。学習者Rの場合、作りたいというよりも、作品をきちんと発表できるかどうかという点を心配していた。実際、学習者Rは、作品の製作に至るまでに、5枚のスケッチをすることになる（5枚のスケッチは、学習者の中で最も多い）。

3.3 ポートフォリオ制作の様子

2, 3時間は、ポートフォリオ制作及び作品の制作を行った。特に、2時間目のアイデアスケッチでは、表2のポイントに留意しながらスケッチすることを学習者に伝えた。学習者は、箱の形を参考にしながら作りたい作品をイメージしたり、制作への思いを膨らましてスケッチしていた（写真1）。例えば、学習者Hは、アイデアスケッチを2枚作成した（写真2）。



写真1. 箱を見ながらスケッチしている様子



写真2. 学習者Hのアイデアスケッチ

写真2より、1枚目は、「ばくだんろぼっと（右）」であり、2枚目は「すべりだいろぼっと（左）」であった。学習者Hは、2枚のアイデアスケッチのうち、1枚目の「ばくだんろぼっと（右）」を選んで制作を行った。理由は、2枚のスケッチを描いてみて、手のついたロボットの方を気に入ったからである。他の学習者においても、複数のアイデアをスケッチしている様子が見られた。筆者は、机間支援をしながら、学習者が気付いていない問題点について「この点についてはどう

思う？」といった形で問いかけ、学習者自身に気付かせるような手だてを行った。

3.4 ポートフォリオを活用した発表会

4時間目（作品鑑賞）には、6人一組の班を2つ、4人一組の班を1つ編成した。発表者は、制作したポートフォリオを用いて作品の発表を行った（写真3、4）。



写真3. ポートフォリオを用いた発表の様子



写真4. 作品を紹介している様子

ポートフォリオには、学習者のアイデアスケッチ（作品名・工夫したい点）と作ってみた感想が示されている。発表者は、作品の完成に至るまでの学習過程を友達に話した。例えば、学習者Tの場合、アイデアを5つ考え、それぞれのアイデアについて説明を行った。学習者Tは、友達に5番目のアイデアを制作したことを伝え、その作品を友達に紹介した。その後、作ってみた感想を述べた。発表者が発表した後、班のメンバーから質問や感想を述べる時間を設けた。メンバーからは、「目はどこですか？」「工夫した所はどこですか？」などの声上がり、発表者は質問に答えていた。作品を十分に伝えていない発表者には、筆者の方から「この作品のどんなところがよくできたと思う？」「どうしたらもっと良くなったのかな？」などの言葉を投げかけた。しかしながら、授業に参画した教諭Tからは、「自分の意見を一方的に述べる児童が多く、相手の質問をきちんと聞いていなかった。」という意見が出された。つまり、自分の意見を述べるだけでなく、他者の意見をきちんと聞くことの大切さを支援する必要があったと言える。

3.5 ポートフォリオ検討会

予備題材終了後、筆者らを除く4名の教諭（以下、検討者）とポートフォリオ検討会を行った。ポートフォリオ検討会の進行を表7に示す。

表7. ポートフォリオ検討会

1. 筆者ら及び4名の検討者による「算数科（単元名 かたち）」を実施
 - ・ルーブリック（表3）に基づくポートフォリオの評定付け
 - ・ルーブリックやポートフォリオについての協議（理解できない箇所と理解できるが気になる箇所の指摘）
 - ・評定付けの際に考慮した点や、ポートフォリオを読んでいて気になった点等についてのインタビュー
2. インタビューから得たルーブリックの評価項目に関する情報結果を参考に、ルーブリックを改善
3. 改善したルーブリックを用いて、「図工科（単元名 はこ ハコ はこ）」を実施
4. 筆者及び複数の検討者による「図工科」を実施（手順1～2）

※検討会の手順は、西岡（2003）⁶⁾ や、田中ら（1998）⁷⁾ を基に、筆者らが再構成した。

初めに、筆者らの他、4名の検討者は、ルーブリック（表3）を用いてポートフォリオの評定を行った。その後、ルーブリックやポートフォリオに関して、理解できない箇所と理解できるが気になる箇所についての意見交換を行った（写真5～6）。各検討者がルーブリックを用いて評定した結果を、表8に示す。

表8. 各検討者の評定結果

| 対象者 \ 検討者 | N (1) | M (6) | O (9) | T (28) | 筆者 (1) |
|-----------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 1 (Y) | 2 | 4 | 1 | 3 | 3 |
| 2 (K) | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 |
| 3 (I) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 4 (S) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 (M) | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 |
| 6 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 7 (R) | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 |
| 8 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 9 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 10 (C) | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 11 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 12 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 13 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 |
| 14 (H) | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 15 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 16 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 |

※教師評定の結果が完全一致した項目には、網掛けを行った。

※対象者は名簿順であり、()の英文字は、その児童のイニシャルを示す。検討者の

()の数字は、教職経験を示す。なお、実際に全授業に参画した検討者はT(28)のみである。



写真5. ポートフォリオを評定している様子



写真6. 互いの評定結果を検討している様子

表8より、検討者の評定結果が完全一致した項目は、4つであった。他項目の一致率の結果を表9に示す。

表9. 検討者間の一致度

| | | |
|------|----|-------|
| 4者一致 | 4 | 25% |
| 3者一致 | 5 | 31.3% |
| 2者一致 | 6 | 37.5% |
| 合計 | 16 | 100% |

※表8より、16項目を対象に集計した。

表8～9の結果より、検討者間の一致・不一致の要因について詳細に考察するため、ポートフォリオが特に検討された3名（学習者S, H, Y）を抽出した。検討された3名の詳細は、資料3を参照していただきたい。

3.6 「図工科」に向けた課題及びルーブリックの修正

筆者らは、ポートフォリオ検討会の結果から、「算数科」の実践カリキュラム及びルーブリックについて、以下の点が課題であるととらえた。

- ・学習者には、箱と箱を並べさせたり、組み立てたりする時間を十分に確保する必要があること
- ・学習者用ルーブリック(表3)には、学習者の発想を阻害しないような評価項目を提示する必要があること
- ・ルーブリック(表3)の「② 材料の色を考えて色塗りをしている。」「③ 材料の形を見ながら、スケッチをしている。」は、検討者間によって視点が異なるだけでなく、学習者の実態に適した評定にならないこと
- ・「アイデアを2つ以上考えることができる」「線や点を正確に書くことができる」点をルーブリックに取り入れること
- ・ポートフォリオを活用した発表場面では、自分の意見を述べるだけでなく、相手の話しを聞く姿勢も必要であること

そこで、本研究では、研究対象者の事例を基に、本題材のルーブリックに向けて、「表現・コミュニケーション学力」を表10～11に変更した。

表10. 「表現・コミュニケーション学力」に関するルーブリック

| 領域 | 小学校1～2学年の評価基準 |
|----------|---|
| アイデアスケッチ | 色鉛筆やペン，マーカー，絵の具を活用して，材料の色や形を意識してアイデアをスケッチしている。 |
| レベル | 具体的な活動状況 |
| 1 | レベル4に示された①～⑤の優れた特徴が， 1つ 以下である。 |
| 2 | レベル4に示された①～⑤の優れた特徴が， 2つ である。 |
| 3 | レベル4に示された①～⑤の優れた特徴が， 3つ である。 |
| 4 | 次の①～⑤の優れた特徴が， 4つ以上 見られる。 ① 色が丁寧に塗られている。 ② <u>アイデアスケッチを2枚以上書いている。</u> ③ <u>線や点を正確に書いている。</u> ④ 作品名を書いている。 ⑤ <u>アイデアの特徴や工夫したい点を書いている。</u> |

※二重線は、表4を変更した部分を示す。

表11. 「表現・コミュニケーション学力」に関するルーブリック

| 領域 | 小学校1～2学年の評価基準 |
|-----|---|
| 発表 | 使用している道具や製作内容について，自分の意見や考えを自由に発表している。 |
| レベル | 具体的な活動状況 |
| 1 | レベル4に示された①～④の優れた特徴が， 1つ 以下である。 |
| 2 | レベル4に示された①～④の優れた特徴が， 2つ である。 |
| 3 | レベル4に示された①～④の優れた特徴が， 3つ である。 |
| 4 | 次の①～④の優れた特徴が， 4つ以上 見られる。 ① 工夫した点を発表している。 ② 頑張った点を発表している。 ③ 友達の作品を褒めたり，質問したりしている。 ④ <u>友達の質問を正確に聞き取り，返答している。</u> ⑤ 作品とポートフォリオを用いて「次はこうしてみたい」という改善点や自分の願いを発表している。 |

※二重線は、表4を変更した部分を示す。

表 10 より、ポートフォリオ検討会での課題を受けて、3つの評価項目を取り入れた。ただし、学習者の提示の仕方次第では、「アイデアを2つ以上描けばよい」という安易なとらえをさせてしまう危険性がある。従って、ルーブリックを提示する際には、学習者と授業者が、ルーブリックのねらいを十分に共有することが大切である。また、アイデアが十分にイメージ出来ない学習者には、粘土を活用させて立体を視覚化させる支援も考えられる。

表 11 では、評価項目を1つ追加した。発表者は、自分の意見を述べるだけでなく、相手の話しを聞く姿勢も必要であることから、「④友達の質問を正確に聞き取り、返答している。」点を新たな評価項目に取り入れた。

3.7 総合考察

本来、各学校が地域や学習者の実態に即してルーブリックを作成するためには、「例えば各教科に関する全米規模のスタンダードから導かれるべきである（田中，2001；p.70）」⁸⁾と指摘されるように、国家基準としての「基準（スタンダード）」が必要である。なお、ここで言う「基準（スタンダード）」は、教育目標・教育内容をきめ細かく決めた文書ということではなく、「国全体としての統一性を保つ」ための最低基準のことである。諸外国のうち、イングランドでは、教育課程基準及び各地域の試験局が作成する評定基準を基に、各学校がルーブリックを作成している。米国では、「Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology（技術リテラシーの基準：技術の学習内容）」を基に、各学校がルーブリックを作成している。英米とも、国家基準がルーブリックを作成する拠り所となっている。しかしながら、日本では、国家基準としての評価基準は設定されていない。加藤（2005）⁹⁾は、国家基準としての教育課程基準を、到達目標として具体的に明確化することを指摘している。到達目標は、「評価の観点となる各目標領域（たとえば、知識領域、技能領域など）」に対応して設定（鹿毛，2000；p.405）」¹⁰⁾されるものである。主に、行動的目標（「～ができる」「～が言える」など）として具体的に表現され、教育内容との関係で設定される質的な概念である。「何を」「どこまで」教えようとするのかを明記した「学習到達目標」を明確にすることは、各学校が個々の学習者に学力を保障することができ、評定・評価と同時に、それらの解釈も容易になると推察される。小・中学校一貫した技術教育の体系化が強く求められている今日、小・中・高一貫した技術教育課程基準について、本研究が開発・検討を試みたルーブリックとポートフォリオをつき合わせ、評価基準の水準向上や保護者などへの説明責任を伴う教育実践が今後求められる。

4 まとめ

本研究は、連合王国の学力構造を知見とし、ポートフォリオ制作を重視したカリキュラムのデザインを通して、小学校1年生段階における「表現・コミュニケーション学力」のルーブリックの開発・検討を行った。その結果、本研究のまとめは、以下の3点に集約される。

- 1) ポートフォリオ制作は、学習者の作りたい作品がどれだけイメージできるかを把握することができる上で有効であると解釈された。そのためには、学習者にアイデアスケッチやポ

ートフォリオ制作の意義を明確に伝えることができるかどうかが重要であることが示唆された。

- 2) 「表現・コミュニケーション学力」の「アイデアスケッチ」に関するルーブリックには、学習者の発想を阻害しないような評価項目を提示する必要があるがあった。具体的には、以下3つの基準をルーブリックに取り入れることが重要であると解釈された。
 - ・アイデアスケッチを2枚以上書いている。
 - ・線や点を正確に書いている。
 - ・アイデアの特徴や工夫したい点を書いている。
- 3) 「表現・コミュニケーション学力」の「発表」に関するルーブリックには、「友達の質問を正確に聞き取り、返答している。」項目を取り入れることが適切であると推察された。

註及び文献

- 1) 組織的な研究としては、例えば、以下の文献が挙げられる。日本産業技術教育学会「21世紀の技術教育－技術教育の理念と社会的役割とは何か そのための教育課程の構造はどうあるべきか－」、『日本産業技術教育学会誌』第41巻3号別冊，1999。日本教職員組合『中央教育課程検討委員会報告 教育課程改革試案 わかる授業 楽しい学校を創る』，一ツ橋書房，1976。技術教育研究会「すべての子ども・青年に技術教育を」、『技術教育研究』別冊1，1995，16-37頁。
- 2) 城仁士『立体の投影・構成行為の発達と形成』，風間書房，1990
- 3) 磯部征尊・山崎貞登「イングランド OCR 試験局の中等教育修了一般資格試験 “Design and Technology” の評価基準とポートフォリオ」、『日本産業技術教育学会誌』第45巻2号，2003，55-66頁
- 4) 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。
- 5) 鈴木敏恵『これじゃいけなかったの！？総合的な学習』，学習研究社，2002
- 6) 西岡加名恵『教科と総合に活かすポートフォリオ評価法』，図書文化，2003，29-30頁
- 7) 田中真理・坪根由香里・初鹿野阿れ「第二言語としての日本語における作文評価基準－日本語教師と一般日本人の比較－」、『日本語教育』第96号，1998，1-12頁
- 8) 田中耕治「4 これからの学力評価のあり方－『ポートフォリオ評価法』の可能性を問う－」，日本教育方法学会（編者）『教育方法30 学力観の再検討と授業改革』，図書文化，2001，70頁
- 9) 加藤明「到達目標明確化で目標・指導・評価一体に」『日本教育新聞』，9月26日，2005
- 10) 鹿毛雅治「到達度評価」，日本教育工学会（編者）『教育工学事典』，2000，405頁

第5章 科学的探究能力育成のカリキュラムに関する講演会・フォーラムを開催して ー参加者アンケート結果ー

小倉 康（国立教育政策研究所）

1. 経緯について

平成 15 年度文部科学省科学研究費補助金特定領域研究(2)「未来社会に求められる科学的資質・能力に関する科学教育課程の編成原理」(課題番号 15020272)の研究の一環として、平成 16 年 2 月 16 日と 19 日にそれぞれ東京と京都で「科学的探究能力育成のカリキュラムに関する講演会・フォーラム」を開催した。両会場合わせて、約 240 人の参加者を得ることができた。

プログラムは、(1) 基調報告「英国科学カリキュラムの概況」小倉 康(国立教育政策研究所)、(2) 招待講演「「思考に関する科学」の文脈としての「科学」」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)、(3) 調査報告「英国科学カリキュラムにおける「科学的探究能力」の指導と評価」小倉 康(国立教育政策研究所)、(4) 実践報告「小学校総合的な学習の時間における CASE 理論の実践的活用」浅海範明(山口県熊毛郡田布施町立麻郷小学校教諭)、(5) 実践報告「日本の中学・高校の理科教育の変革のために英国から学ぶもの」笠潤平(京都女子高等学校教諭)、(6) フォーラム「英国の実践に学ぶ、わが国の科学カリキュラムの発展に向けた可能性」コメンテーター：笠耐(元・上智大学教授)、山崎貞登(上越教育大学教授 2/16)、岡本正志(京都教育大学 2/19)である。また、当日に合わせて、研究成果報告書として『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』を刊行し、配布した。

報告では、英国における「科学的探究能力」の育成に焦点を当て、文献調査と渡航調査で得られたこれまでの情報を整理し分析した結果とともに、科学の学習によって学力全般の向上という付加価値をもたらす「科学教育を通じた認知的促進」(CASE)プログラムの詳細を紹介した。

講演会・フォーラムへの参加者にアンケート用紙を配布し、後日郵送にて回収した。本稿は、アンケートへの回答結果をまとめて、報告するものである。

2. アンケートの内容

(1) あなたの所属について教えてください。アからセまでの中で、最もよくあてはまるものの一つの記号に○をして下さい。

- ア. 就学前教育機関(保育園、幼稚園等)
- イ. 小学校[教師・管理者・その他]
- ウ. 中学校[理科教師・理科以外の教師・管理者]
- エ. 高等学校・中等教育学校[理科教師・理科以外の教師・管理者]
- オ. 高等教育機関[学生・教官・管理者][理学系・工学系・教育系・心理系・その他]
- カ. 社会教育機関(科学館、博物館、動物園等)
- キ. 調査研究機関(官民間問わず)
- ク. 教育行政機関(政府、教育委員会、教育センター等)
- ケ. 各種協会・団体等(官民間問わず)

- コ. 企業－学習支援関連（塾，予備校等）
- サ. 企業－教材関連（教科書，学習書籍，教材会社等）
- シ. 企業－ジャーナリズム関連（テレビ，新聞，出版等）
- ス. 一般（市民，保護者）
- セ. その他…

（2） 本会で提供された英国での科学カリキュラムに関する以下の取り組みについて，わが国でその導入に取り組むと仮定したとき，それがわが国の科学教育の発展にどのくらい役立つとお考えですか。役立つ程度について，5から0のいずれかに○をして下さい。考えに理由がある場合は枠中に理由をお書き下さい。

5 大変役立つ 4 役立つ 3 少し役立つ 2 殆ど役立たない 1 全く役立たない
0 わからない

ア. 義務教育期間の学習内容を4つの段階 (5 4 3 2 1 0)
として大きなまとまりで捉えている。

イ. 学習到達目標までの過程を8つの段階を (5 4 3 2 1 0)
経た学習の高まりとして捉えている。

ウ. 「科学」の学習内容を「科学的探究」を (5 4 3 2 1 0)
含む4領域で捉えている。

エ. 英国では科学の平均学習時間が長い。 (5 4 3 2 1 0)

オ. 系統的に「科学的探究能力」が指導 (5 4 3 2 1 0)
されるように情報提供を工夫している。

カ. 教科書において「科学的探究能力」の (5 4 3 2 1 0)
指導が組み込まれている。

キ. 日常的な科学の授業を通じて「科学的 (5 4 3 2 1 0)
探究能力」の指導と評価を工夫している。

ク. 全国テストで筆記試験による「科学的 (5 4 3 2 1 0)
探究能力」の評価を工夫している。

ケ. 資格試験の「コースワーク」により (5 4 3 2 1 0)
「科学的探究能力」を指導し評価している。

コ. 「コースワーク」の評価結果の信頼性を (5 4 3 2 1 0)
高める工夫をしている。

サ. 学ぶ側も教える側も実践的な「科学的 (5 4 3 2 1 0)
探究」の大切さを重視している。

シ. CASE プログラムとその理論 (5 4 3 2 1 0)

上記の他に，本会で提供された情報で役立つとお考えの点がありましたら教えて下さい。

（3） 今後より詳細な報告を期待される点や，ご意見などがありましたら教えて下さい。

3. アンケートの結果

回収したアンケート数は、計 73 件で、回収率は約 3 割と低かったが、自由記述の質問項目が多く、記入にかなりの時間を要するにもかかわらず回答に協力頂いた方々の誠意から、量的な傾向よりも、その回答の質の高さと内容に注目したい。自由記述はすべてを電子的に入力した。一部の掲載に不向きな表現以外は、元の記述内容をそのまま掲載した。ただし、読みやすくするため、筆者の判断でアンダーラインを引き、要点を強調した。

以下に、質問項目別の回答傾向と、特徴的な記述例を報告する。

(1) 回答者の属性

以下のように、73 人の回答者の内訳で、最も多いのは、高校教師の 18 人で、大学教官の 16 人、中学校教師の 11 人と続く。教育行政機関からの回答者も 10 人と多かった。

| | |
|--|------|
| ア. 就学前教育機関（保育園，幼稚園等） | 0 人 |
| イ. 小学校 [教師 3 人・管理者 2 人・その他] | 5 人 |
| ウ. 中学校 [理科教師 10 人・理科以外の教師 1 人・管理者 1 人・不明 1 人] | 13 人 |
| エ. 高等学校（中高一貫含む） [理科教師 15 人・理科以外の教師 3 人・管理者 0 人・不明 1 人] | 19 人 |
| オ. 高等教育機関 [学生 3 人・教官 16 人・管理者 0 人] [理学系 3 人・工学系 2 人・教育系 10 人・心理系 1 人・その他 3 人] | 19 人 |
| カ. 社会教育機関（科学館，博物館，動物園等） | 1 人 |
| キ. 調査研究機関（官民間わず） | 1 人 |
| ク. 教育行政機関（政府，教育委員会，教育センター等） | 10 人 |
| ケ. 各種協会・団体等（官民間わず） | 0 人 |
| コ. 企業－学習支援関連（塾，予備校等） | 1 人 |
| サ. 企業－教材関連（教科書，学習書籍，教材会社等） | 1 人 |
| シ. 企業－ジャーナリズム関連（テレビ，新聞，出版等） | 0 人 |
| ス. 一般（市民，保護者） | 0 人 |
| セ. その他 | 3 人 |

(2) 本会で提供された英国での科学カリキュラムに関する以下の取り組みについて、わが国でその導入に取り組むと仮定したとき、それがわが国の科学教育の発展にどのくらい役立つとお考えですか。

以下に、アからシまでの 12 の各質問について、選択肢への回答傾向別に、回答内容を掲載する。理由の()中の数字は、選択肢の番号である。下線部はすべて筆者によるものである。つまり、(0)「わからない」、(1)「全く役立たない」、(2)「殆ど役立たない」、(3)「少し役立つ」、(4)「役立つ」、(5)「大変役立つ」を意味する。

ア. 義務教育期間の学習内容を4つの段階として大きなまとまりで捉えている。

| ア | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 9 | 12% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 3 | 4% |
| 3 少し役立つ | 12 | 16% |
| 4 役立つ | 37 | 51% |
| 5 大変役立つ | 12 | 16% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 67% |

[理由]

- ・ (0)ある段階において到達すべき（期待できる）目標が明確に示されていることは、重要であると考えます。
- ・ (0)大きな示唆となるが、ピアジェ等の考えを、そのまま導入してもよいか検討していきたい。
- ・ (0)日本で同じことがあてはまるかどうかはわからないので。
- ・ (2)子どもの認識のしかたは、（発表にもあったが）発達段階があるのだから、それに応じたまとまりを考え、そこでの目標をはっきりさせるのはよいと思う。
- ・ (3)義務教育のあり方について検討する場合の参考として使える。
- ・ (3)小中一貫、中高一貫のモデルとして役立つ
- ・ (3)精神的発達段階とマッチしている。中高生を指導していて、Key stage 4に納得している。
- ・ (3)幼児期（幼・小の接続）、小中の接続、中高の接続で日本と区別が異なるのでその理由、正当性や妥当性を知りたい。
- ・ (4)4つの大きなまとまりとする必要はないが、CASEが提案しているような、あるカリキュラムをより具体的にするという点で良いと思う。
- ・ (4)4つの段階がよいかどうかは、わからないが、大きなまとまりを考えての学習は、必要である。
- ・ (4)この前提として担任制、教科担当者制となることとして、回答している。
- ・ (4)フォーラムの中でもおっしゃられたように、日本のカリキュラムは内容についての訂正に終始しており、近年盛んに言われている、新しい学力観を反映したものとは言いがたい。
- ・ (4)わが国でも学習内容については、きちんと考えられていると思います。
- ・ (4)わが国の6・6・3制は“学ぶ側（生徒）”の為というよりは、改革をきらう行政の都合により 何十年も見直されていない。（昨今の中高一貫の試みはあるが）、英国の4段階を参考に、学習の進め方、生徒の肉体的、精神的、伸張に合わせ、小4年、中4年、高4年の制度が有効と思う。
- ・ (4)以前、イギリスの「エネルギー」概念の定着のため、段階として、小・中・高12年（小中9年）の目標を捉えていることを文献で読み、とてもよいと思っていました。「系統的・段階的に育成する」ことを、概念、領域毎に意識した方がよい。

- ・ (4)我が国の学習指導要領では、(中学校を含めて、基本的には)学年毎の学習内容・目標に細分化されており、児童生徒一人一人の発達の度合いに対応しているとは言い難い。個に応じた指導を考えるならば、それに対応するシステムが必要と考える。
- ・ (4)近年増加している中高一貫学校では実現可能と考える。小学校や中学校の個々の教育段階では、学校間・生徒間に大きな差が生まれる。小・中・高の適切な連携が一層求められるため、現段階では実現が難しいと考えるから。
- ・ (4)現行学習指導要領においても、学年毎のまとまりから、低・中・高学年といったまとまりへの移行がみられる。また、各学年でのねらいも明らかにされており、既に日本のプログラムは先進的に組まれていると思う。ただ、今後見直して、参考にしながら修正、改善を加えていくには有効であると考え。
- ・ (4)現在の日本の学習内容の方がいいと思ったから。
- ・ (4)個々の教育内容をいずれの学年で学習するか規定していないことで、弾力的な編成ができると思う。このような場合、全国テストのような存在は、必要不可欠であるが、子どもたちの到達水準も把握でき、良いと思う。
- ・ (4)今思考することが少しかけているように思う。導入するとそれが改善であると考えられる。
- ・ (4)私は小学校の5・6年生の理科だけを担当しています。ポストとしては、専科ではなく、小人数授業加配です。5・6年と2年間を教え卒業させる前には、かなり理科について興味・関心を持たせているつもりです。(アンケート等の結果から分かることです。)しかし、中学に行った子ども達は、理科が好きとは言わないのです。これは小6と中1のつながりがとれていない段階が分けられていることにも、関連していると考えます。
- ・ (4)段階そのものは、あまりおおきな意味はないかもしれないが、各段階の最後に、到達水準の測定をしたり、資格試験によって、資格や階級が与えられることで、教師、生徒ともに明瞭な目標ができるのは、よいことだと思います。現在の日本の学校での評価は、(ずいぶん改善されてきてはいるが)まだ、具体性に乏しく、生徒は『何をどうすればいいのか』よく分からないと思う。
- ・ (4)日本の現行のシステムを変えてまで取り入れるのは、混乱が大きいと考える。
- ・ (4)日本の制度と大部違うので、慣れるまでは困るかもしれないが、こう考えた方がよいかもしれない。(ただ全国テストを各段階でするのは、少し多いような気もしている。)
- ・ (4)複数学年で能力をとらえる視点も大切かもしれない。小学校の国語では、低・中・高学年というかたまりで、とらえるという発想があるようである。
- ・ (5)しかし、システムにかかわることは、そのままウノミにして進めるべきではないという気がします。
- ・ (5)これについては、さてどうだろう。いくつに分ければ良いのか。
- ・ (5)各 stage の教育内容をいずれの学年で学習するか、規定してないが、義務教育段階では、我が国のように、1年ごとに定める方が、様々な観点(内容の明確化・到達度)から望ましいのでは。特に key stage 3 では、学校間格差、個人的能力・進路の違いを共通理解している

のなるわかるが、日本では疑問。

- ・ (5) 学校教育システムが、6-3-3で一斉の日本において、どういう形で入れるのか？ 理科だけの問題ではないでしょう。4-3-2の品川や、私立などで、どうやっているのか、一度洗い出して比較しながら検討する材料として使うべきと思います。
- ・ (5) 現行の6・3制と、児童・生徒の発達段階に差があるため。

イ. 学習到達目標までの過程を8つの段階を経た学習の高まりとして捉えている。

| イ | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 6 | 8% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 3 | 4% |
| 3 少し役立つ | 9 | 13% |
| 4 役立つ | 36 | 51% |
| 5 大変役立つ | 17 | 24% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 75% |

[理由]

- ・ (0) このレベルに相当する問題の具体的なイメージをつかみにくく、個人による差も認められるのではと考えるため。
- ・ (2) 今現場にある基準や規準といわれるのに近いものを感じ、現場ではほとんど使えないが、段階として、示すだけならいいと思う。
- ・ (2) 理解は全体的なものであるため
- ・ (4) 「すべて、8つの段階を経るだろうか」という疑問はあるが、賛成。
- ・ (4) 「学習の高まり」を本当に教師が実感できるのか、子どもが「高まっている」と感じられているのか、その実感できる「仕かけ」はどうなっているのか、興味をもちました。
- ・ (4) 『科学的探究』というところに、私は今一番関心を持っていますので、その部分でのみ考えました。私は、理科的にものごとを考える力は、スパイラル的に育っていきと考えています。だから、レベル2とレベル4を比較してみると、小学校1年の終わりに育っている力が次々と育ち、そして、5年生での力にむすびつくといえます。今の5年生の子ども達には、レベル4に達成できるような、指導を、理科授業の中でしていますが、なかなか到達しないのは、高まってきていなかったことも、関連があるように思います。
- ・ (4) ア、と同様の理由（段階そのものは、あまりおおきな意味はないかもしれないが、各段階の最後に、到達水準の測定をしたり、資格試験によって、資格や階級が与えられることで、教師、生徒ともに明瞭な目標ができるのは、よいことだと思います。現在の日本の学校での評価は、(ずいぶん改善されてきてはいるが) まだ、具体性に乏しく、生徒は『何をどうすればいいのか』よく分からないと思う。）
- ・ (4) レベルを客観的に表現するといこと自体が、理解やスキルの深化・向上を客観化すること

を促す。

- (4) 実行に移す段階で教師の力量による若干の差は出てくると思う。マニュアル化したもの（法則化）でいくと、教師の力量の差の解消は可能であろう。気をつけたいのは、PCの代役を教師がするようになってはいけない。
- (4) 各 Key stage での到達目標が明確になってよい
- (4) 学習到達目標と評価とが、教師にもオープンなしくみで、学習の高まりを評価できればあるのが本来一番良いと思う。現状ですぐにとはいかないだろうが
- (4) 学習到達目標を設計する場合に有効かと考える。
- (4) 具体的に8段階でしっかりと、とらえていることはおどろきました。
- (4) 小中高をひとつのつながりで思考や知識の目標を一本化して見ることは大切だと思います。ただ、現実には NC を見てみると目標の文面は非常にファジーなもので、現場の教師は（ASE の WS で出会った人たち）「共通の基準が出来たことは評価すべきだが、実は小と中の間のトランジッションの問題が浮上した」とっていました。具体的には、同じ子どもを小学校の教師がレベル3としたのに、受け取った中学の教師はレベル2とみなすなど、これまでは、小学校の教師がほめていた、といった程度のものだったのに、同じレベル2とか3と評定することによってその違いが顕在化したということです。
- (4) 到達目標が明示されているのがよい。
- (4) 到達目標を学習の高まりと考える事が良い。
- (4) 到達目標を細かく設定することは重要と考える。
- (5) Key stage と Level の関係が、はっきりしているので、能力に対して到達水準を判断でき、教育効果が高まるのであろうと思う。
- (5) このような考え方は、絶対評価の参考になると思います。
- (5) 我が国の 学習指導要領では、学習内容に重点が置かれ、より基礎的な「科学的な探究能力」の育成に関しては、構造化・階層化が不十分であり、学校現場においても、明確には意識化されていないのではないかと思われる。そういう意味では、「科学的探究」の項目は参考になるし、CASE 理論も興味深い。探究力ばかりではなく、スキルの面でも構造化が必要と考えている。個人的には、学年に応じた「センサーという統一的な枠組みでの測定技術」を小・中・高でどう位置付けるかに興味があり、センター研修に組み込むことを考えている。
- (5) 国に導入して欲しいことの一つである。学習指導要領に法的拘束力がある限りにおいて、国がその達成度合を測定する、何らかの方法（全国規模）を導入し評価すべきである。
- (5) 児童・生徒の学習到達目標が、発達段階に応じて、8つに分類されていることと、明確な目標設定ができており、目指す児童・生徒像に向けて、指導しやすいと思います。
- (5) 文部省が学力の中に思考力や表現力を位置づけたことにより、これからの力に関する到達目標が国家基準として示されるべきであるから。

ウ. 「科学」の学習内容を「科学的探究」を含む4領域で捉えている。

| ウ | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 4 | 5% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 0 | 0% |
| 3 少し役立つ | 6 | 8% |
| 4 役立つ | 41 | 56% |
| 5 大変役立つ | 22 | 30% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 86% |

[理由]

- ・ (0) 科学的探究を分離独立した領域に考える必要性？地学は？
- ・ (0) 専門科目が理科ではないため、自分に知識・経験等で科学の学習内容をこの4領域で捉える捉え方がベストなのかどうか、判断ができません。
- ・ (3) こういう領域になるということは、英国でそれだけ重要視されているということですね。自分が学んだ大学の研究室が『物理』『化学』『生物』『地学』『理科教育』と分かっていたのに似ています。でも変な話ですよ。『具体的なもの』『抽象的なもの』が同一化されています。
- ・ (3) 特に key stage 4において、旧課程「総合理科」の教科書1章に意義があったように、領域1は意味がある。しかし、「地学」や「環境」についても日本では重要であり、そのような領域がないのは、日本にとって不十分。
- ・ (3) 日本での導入ということで考えれば、まずすべきことは、物理・化学・生物・地学と総合理科など、科学内の横のつながりをしっかりすることではないでしょうか。 S c i (探究) 別の柱にしたら、これまた「だれがやるの？」とか「輪番にしよう」といった、分野ごとに取り合い or 押し付け合いとなるのは必須のような気がします。
- ・ (4) 「科学的探究」を学習内容として、明示されていることに賛同します。そしてこれは、大変参考になります。
- ・ (4) 『科学的探究』は現在の日本では『総合的な学習』の中で学習することが期待されている。しかし現実には、その期待に応えてはいない。やはり『総合』ということで、段階評定がないこと、色々な教科の教師がそれに携わることなどが、大きな原因ではないだろうか。これに対して、探究の流れ、手法をしっかりと身につけた教師が責任をもって指導するのは、効率がよいのではないかと思う。
- ・ (4) スモールステップで、科学的探と究能力を図ろうとしている点はよいと思う。我が国の学習指導要領をしっかりとらえると、スモールステップの用意がすでにされている。現場でどうとりくむかだと思う。今、算・国の力に目が向き、理、社、実技等は、かやの外状態である。ここがこわい。
- ・ (4) 意思決定などの正しい判断を、将来一市民としてくださなければならない場面において、対象となる問題を、科学的に処理する能力を高めることは重要であり、探究能力について、

日本においても導入をはかるべきだと考える。

- (4) 科学的探究と、それが使われる文脈の中での扱いが、今一つわからなかった。
- (4) 科学的探究という、ある意味縦断的な内容を含めることで、総合的学力を高めることに通じると思う。
- (4) 科学的探究を「科学（理科）」で教えることの必要性を意識することになる。
- (4) 学習内容だけでなく、学習過程に関する内容も国家基準として規定することにより、教科の存在する意義につながるから。
- (4) 学習内容の設計に役立つのでは
- (4) 高校で指導要領には、類似の領域設定となっている？「理科基礎，理科総合 A,B(科，化，生，地)」
- (4) 十分に理解してはいないが、領域1.『科学的探究』の4項目のとられ方は、私には新鮮に見えた。
- (4) 小学校の生活，理科，中，高の理科ともに、探究に必要なバックボーンとしてのスキルアップを求める機会が科学者育成，また科学的な考え方のできる人間を育てるために必要である。
- (4) 探究プロセスを大切にするような指導はとてもよいと思うが、現状の時間数では、無理がある。
- (4) 探究を一つの領域と考えていいかどうかは疑問だが、学習方法の一つとして利用できるところがある。
- (4) 日本のカリキュラムの中においても「科学的探究能力の育成」は重視しているが、すべての分野の中で、網羅的に扱われており、たいへんあいまいな取り扱いになっている。領域の1つとして扱うことには賛成である。
- (4) 米国はさらに多い。ただし、教科書レベルでは、別の単元等として設定されることは少ないと思う。
- (5) 「科学的探究」そのものは学習内容として非常に重要と思う。予想をたてて、検証をするという考え方を学ぶことは、個別の知識を得るよりも重要と思う。しかし、現行の教科書であれこれ試させることが探究としての扱いに感じられることがあるが、それこそ何を知るために何を同じ条件にして、どの部分のちがいや変化を調べるのか、目的を意識させることが、授業の中でかならずしも行えているとは限らない。（へたな「探究」などやめて欲しいと思うことがある。）科学的探究とはどういうことかをきちんと教える授業プログラム（それこそCASEのような）のような基礎を行うこと、また探究の過程そのものを擬似的に体験できる授業プログラムでの学習が必要でないかと思う。
- (5) 『科学的探究』これを日々私たちの使っている言葉に直すと『科学的なものの見方・考え方』あるいは『科学的思考力』におおよそなると思います。科学の（日本の）4領域（物・化・生・地）の、どの領域においても、私はこの『科学的なものの見方・考え方』が一番大切な学習内容と考えています。

- ・ (5)『科学的探究能力』が系統的に育成されるという点ですぐれていると思う。
- ・ (5)位置づけをはっきりさせるのは、いいことだと思います。
- ・ (5)我が国の高校の現状では、地学履修者が非常に少なく、物理の選択者も少ない。地学的な知識は、地震・気候等大変重要で、広く国民がその基礎的知識を身につけるべきと考える。物理自体も、地学的な内容を組み込むことで、より現実的でダイナミックな（宇宙からミクロの世界まで）科目にすることができる。総合的な知を考えると、科目の細分化の弊害は大きい。高校では、物理・化学・生物に地学の内容を組み込むことで、現「地学」の内容を履修する生徒が増えるのではないだろうか。物理については、併せて、より工学的・応用的内容を増やしたい。平行して、小・中の内容の再編をすることが望ましい。
- ・ (5)各分野を横断する「科学的探究」を含んでいることは、とても評価できる。課題研究的なものは、義務教育段階でも、体系的に取り入れるべきだ。（自由研究とは違うと思います）
- ・ (5)自然科学の学習をする場合、探究心を育てることが不可欠と考える。
- ・ (5)日本の物理，化学，生物，地学そのすべてに「科学的探究」は、含まれると考えている。

エ. 英国では科学の平均学習時間が長い。

| エ | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 6 | 8% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 2 | 3% |
| 3 少し役立つ | 14 | 19% |
| 4 役立つ | 22 | 31% |
| 5 大変役立つ | 28 | 39% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 69% |

[理由]

- ・ (0)小中の現場にいないので、他教科とのバランスを考慮して、答えることができないので、わからないというのが実感である。ただ、「楽しい」「大事だ」と思う科目の学習時間が長いというのは、相乗効果がとても期待できるはずだ。
- ・ (2)英国小学校で1年間アシスタント・ティーチャーとして勤務した経験があり「Science」と「日本の理科」を同じ尺度で比較するのは、難しいと感じます。
- ・ (2)長ければいいのかというと違うと思います。日本のカリキュラムは、難易度と教えるべき時期がずれていておかしいとは思いますが……。それと、P8のグラフの縦軸はパーセントで出した方がいいのではないのでしょうか。日本がさびしくみえます。英国の0～50という学校での状況が知りたい。
- ・ (3)国として、理科をどう位置付けるかである。
- ・ (3)新しい学習指導要領作成時の提言としては使えるが、学校の先生方に使えるか？
- ・ (3)他の教科との比較で考えないといけないと思いますが、どうなのでしょう？ まず時間

割や教科名など学校に任されているというお国事情の違いを乗り越えては議論できないでしょう。教科構成のフィロソフィーをしっかりとふまえるべきと思います。また、内容の捉え方の違いも感じます。UKの小学校では科学といっても、科学読み物を読んで少し話し合うといった感じで行われていることが多いようでした（今は違うかもしれませんが）。つまり、日本では国語の教科書で扱っている説明文、カブトガニとか皮膚のしくみとか、地球温暖化などは、無効では科学の時間としてもカウントしているのではないかしら？ 実際日本では、国語の説明文の内容が科学とまったくリンクしていない現実も気になります。

- ・ (3)長さは学習設計の結果なので、長いだけでは、余り意味がない。
- ・ (3)日本では「家庭」「保健」「体育」などカリキュラムから外すことのできない教科があるため、理科の時間数を増加させるのは困難であり、行政の問題が大きいと思われる。
- ・ (4)「理科」を現在の日本の教育の中で、中核教科に位置づけることができるだろうか？（個人的には、中核教科に位置づけるべきであると思います。）
- ・ (4)科学に限らず、学習時間の確保は必要。
- ・ (4)科学的とはどういうことか、科学的な方法とはどういうものを学ぶためにはそれだけの時間が確保されないと実現できないと思う。（総合の時間、選択理科などの中で行えば良いのかもしれないが、現実には、そういう内容にはなり得ていない）
- ・ (4)学習時間は知識を定着させるために、ある程度必要と考えます。子ども達に一生懸命教えても、その授業時間内に定着する子どもは、ほんの一部です。その時は、納得していても、時間が経てば忘れるのは当たり前でしょう。そんな時に、学校で（あるいは家庭でも）科学の復習をする時間を十分に取れば学力も向上するはずです。年間105時間であった理科の時間が95時間になり、日本はますます学習時間が短くなっています。本校では、今年の6年は年間102時間、5年では年間110時間の実施予定です。これでも、内容を終え、ふくらませるだけで、復習等できません。学習時間が長いことは、素晴らしいことと考えます。
- ・ (4)今後、我が国では理科の削減が尚、考えられるため、様々な観点から学習時間の確保が必要。
- ・ (4)探究的な実験・観察などを行う場合、時間は必要。
- ・ (4)理科を教える上で、アルキメデスの原理やボイルの法則などの専門的な知識は、必ず教えなければならぬから、学習時間が短くなれば、探究学習、問題解決学習などの、実用的な学習を省かなくてはならなくなると思う。これは生きる力の育成に逆行するのではないかと思う。科学の学習時間の確保」は重要なことだ。
- ・ (5)ぜひ、今の日本の理科の学習時間を再考していただきたいです。
- ・ (5)科学的探究のカリキュラムを導入することで、学習時間が現在より増加することは必然である。
- ・ (5)学習＝苦しいというステレオタイプから離れて、楽しく長い時間学んで欲しい。
- ・ (5)勤務校の学習時間は英国並みです。今より少ないと困難な点が多いかと思えます。

- ・ (5)現在の日本の科学（理科）の学習時間はあまりにも短すぎる。実験をとまなわない科学の学習は、成立しないと考えます。
- ・ (5)現在問題になっているには、学習意欲や学習を持続させる力の育成である。平均時間を伸ばすことは、学習意欲や持続させる力を身につけさせることができると考えるから。
- ・ (5)手間がかかっている。それだけ重要視しているのだろうと思う。
- ・ (5)少ない学習時間しか与えられず、しかし受験等の結果を残さなければならないとなれば、暗記や詰め込みに走らざるを得ない。時間的余裕があれば、それは避けられる。使える学力を身につけさせるのであれば、手間ひまをかけることが必要。
- ・ (5)内容を考える際にも、時間の制約が重大と思います。
- ・ (5)日本は少なすぎだと思う。
- ・ (5)理，社を各1減で総合にあてられた。我が校では、理の発展型として、科学探究の時間として使っているが、英語をしなくてはならない等、先行は不透明である。理，社の時数を増し、探究活動にあてるようにすること、又は、総合は、科学探究にあてるようにすることが必要。
- ・ (5)理科の授業時数が減ったことは反対です。中学校においては、「総合的な学習の時間」は教科の延長上で、とらえるべきだと考えています。
- ・ (5)理科は、時間がかかる。とくに、暗記ではなく、理解をさせていくためには。

オ. 系統的に「科学的探究能力」が指導されるように情報提供を工夫している。

| オ | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 4 | 5% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 0 | 0% |
| 3 少し役立つ | 4 | 5% |
| 4 役立つ | 27 | 37% |
| 5 大変役立つ | 38 | 52% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 89% |

[理由]

- ・ (0) どのような点で「系統的」と言えるのかがわかりませんので、何とも言えません。
- ・ (0) もし、それが我が国に取り込まれるのであれば、科学教育の発展に役立つのは疑いがないと思えるが、実際現状では、全ての校種に導入が可能かどうか判断できないのでわからない。
- ・ (0) 系統的な性質のものかどうか不明確だから。
- ・ (3) QCA に相当する機関といえば、日本では教育委員会でしょうか？もっと学校の先生に時間的精神的にゆとりがあれば、指導法を工夫しようと思える環境作りも機能すると思いますが、今のままでは、いくら情報提供しても、そこにアクセスしようと、どれだけの教師が思うだろうかと考えると、どうかなという気もします。実際に、環境教育などたくさんの団体が HP

やリーフレットなどで実践事例や指導案などを提供してくれています。またカリキュラムの方針を変えずにそこだけ輸入するのは無理があると思います。日本の理科教育は、結局知識獲得しか目標としても評価としても認められていない状態だと思うので。

- ・ (4) もう少し勉強させていただいたら、5 とするか考えたい。
- ・ (4) 系統的の根拠はピアジェの学習理論なのだろうか。やや気になるところです。
- ・ (4) 効率的な指導をする上では、schemes of work は必要なもの
- ・ (4) 資料に『ナショナル・カリキュラムの学習内容をどの学年に、どのような順序で、どの程度まで指導するのかについて、計画作りは容易ではないが・・・』と書かれています。私もその通りだと考えます。それは、個に応じた、細やかな指導を必要とするからです。しかし、その指導のねらいが、系統的に創り上げられているだけでも、そしてそれを、すべての教師に提供されるだけでも、私は、大切であると考えます。
- ・ (4) 生徒の到達レベルが判断できるように、Webサイトで具体的を出しているのはわかりやすい。
- ・ (4) 浅海先生の事例を大変興味深く拝聴しました。
- ・ (4) 日本の学習指導要領に合った形で、系統的に作り、モデルとして示す。
- ・ (4) 評価をするためのルーブリックを公開することで、教師の負担が減り、オーセンティックな評価の実現に奇与できると思う。
- ・ (5) カ、キにも連動して、私達現場の教員も、科学的な方法を、生徒に獲得してもらいたいと努力しているが、特に本校のように大学進学を主軸とする学校では、受験に対応するための授業構成となる。
- ・ (5) 科学の学習において、全体的なカリキュラムを見渡した上での「系統的」には意味がある。日本の「総合学習」でも、ある程度系統的に指導されていると思う。
- ・ (5) 我が国では、大学での教育や現職教員研修等で、組織的な取り組みが不足しており、過去に受けた理科教育でもほとんどなかったことなので、教員に明確な指針や方法論がない。情報提供と計画的な研修体系が必要である。情報提供と言うことと言えば、例えば、Aレベルの教科書『アドバンス物理』においては、具体的な実験の指導法と併せて、学校が備えるべき備品・実験器具の詳細なリスト（最低限～将来）がCDで提供されている。現場に任せるばかりではなく、親切丁寧な情報提供が望まれる
- ・ (5) 我が国に、探究能力を育成するプログラムが不足しているため。
- ・ (5) 現実的に可能なこととの一つではないか。
- ・ (5) 現状を考えると、生徒に単に自発的に試させたり、選択教科の中でテーマを決めさせて、実験を計画させてという試みがあるが、ごく一部の能力の比較的高い生徒は、何かを達成するが、多くの生徒は着想ができないし、失敗した実験に終わる。それ自体、何かを学んでいるのだから、無意味とは言わないが、そこから学べるような、系統的プログラムで学習した方が指導する側も、子どもも、満足感があると思う。系統的に指導できるような情報がないのが現状と考える。

- ・ (5)子どもの理科離れ以前に教師の理科離れが進行している。情報提供を工夫することにより、現場の教師の支援となる。
- ・ (5)指針があると、標準化できるし、やりやすいと思います。
- ・ (5)指導にはそれなりのスキルが必要である。そのための教員研修は必要だし、情報も欲しい。
- ・ (5)小学校教員の多くは、理科だけを指導しているわけではなく、また、理科に関する知識も必ずしも、豊富であるとは限らない。そこで、どのように指導すべきかを、情報提供することは、極めて重要である。
- ・ (5)情報提供や指導・援助の工夫なしには、自然に科学的探究能力の指導は広がらない。
- ・ (5)探究能力の指導内容について各々の教師が個別に判断するのは避けるべきで、客観的な指導内容を系統的に確立する必要がある。
- ・ (5)日本は役に立つ情報提供が少ない。

カ. 教科書において「科学的探究能力」の指導が組み込まれている。

| カ | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 6 | 8% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 1 | 1% |
| 3 少し役立つ | 7 | 10% |
| 4 役立つ | 27 | 37% |
| 5 大変役立つ | 32 | 44% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 81% |

[理由]

- ・ (0)イギリスの教科書検定システムを知らないため（多分無いとは思えるが）、日本との比較は考えにくい。
- ・ (0)教科書に組み込まれているのは、大事だと思うのですが、それを活かすのは、教師です。で、一概に科学的教育の発展にどれほど効果があるかは、予想できません。
- ・ (2)この手の指導は、多分『やる気がある生徒』が集まった集団のときのみ成立します。『生徒の荒れ』『やる気のない生徒』には向きません。『問題解決学習』や『仮説実験一』も同じです。長つづきしないでしょう。
- ・ (3)教科書の内容が自由になっていけば有効かと。
- ・ (3)国定から検定教科書という長い歴史のある日本においては、余計なものを排除し、ぴったり指導要領どおりに作ること、また教えることが伝統的に行われてきたのであり、そこを変えないで形だけ変えても使えないと思います。実際高校の理科の教科書には、探究が導入され教科書にもそういうページがありますが、現場の先生は、それほど重要だと考えていないのではないのでしょうか。（大学入試に関係ないから。）教師の授業観や教科書観が変わらなかつたら意味がないように思います。

- ・ (3) 今、自分が指導しているのは、探究能力の何なのか。教員が意識できることはとてもよいことと思う。教科書はその支えになりうるだろう。
- ・ (4) “科学の性（本）質”を学ぶ機会を提供できる。
- ・ (4) もう少し勉強させていただいたら、5 とするか考えたい。
- ・ (4) 学習指導要領中に明確に表現されるべき。
- ・ (4) ナショナル・カリキュラムの学習内容の一つとして、取り込まれていることはすばらしく、是非参考にしたい。
- ・ (4) 日本でも参考にしていけるべきだと思います。
- ・ (4) 本来そうあって欲しいと思う。現状を考えると教員自身がそのように教育された経験がない（私自身そう感じる）ため教員自身がおもしろい、やりたいと思えるような内容の教員教育がないと意味がないと思う。
- ・ (5) ぜひ、そうしてほしい。すべての単元ではなくてよい。それに適した単元が各学年にある。 研究したい。
- ・ (5) もちろん必要。ただし、他のとりくみと、ともにでない
- ・ (5) 一つのモデルとして参考になる。
- ・ (5) 教科書に記載されていることが、全国的な指導への普及に影響を与えていると考える。
- ・ (5) 教材のない場合、現場の教員への負担が重くなってしまう。系統的であることを、追求するのであれば、教科書を作る人の大変な努力が要求される。
- ・ (5) 現行理科でも、問題解決のプロセスの学習ができるよう工夫されている。そこをいかに現場の教師が実践化するかがとわれている。教科書を教えていたのではだめで、子どもたちが、自ら解決していくように、仕向けるような指導することが大切である。
- ・ (5) 高校では、「探究」は組み込まれているが、システムティックではない。また、入試との関連で、十分機能していない。小中の教科書にも位置づけは必用と思われる。（現課程でそれらしきことは、小学4年生の振り子や斜面の実験における条件制御の部分であろうか。）
- ・ (5) 国家基準としてだけでなく、教科書に記載されることで、教員は適切な指導が可能になるから。
- ・ (5) 私たちは、教科内容を進める中で『理科的ものの見方・考え方』を育てているわけですが、教師により、あるいは、その教師の考え方により深め方の程度が大きく違うと思われます。そこで教科書に、このことだけをねらった単元（指導部分）があれば、素晴らしいと私は思います。
- ・ (5) 教科書に明記してあれば、教員だけでなく、児童・生徒にも、意識づけられると思います。
- ・ (5) 探究能力の指導内容は基準となる教科書を使用することによって、一層客観性が向上するものと考え

キ. 日常的な科学の授業を通じて「科学的探究能力」の指導と評価を工夫している。

| キ | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 2 | 3% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 0 | 0% |
| 3 少し役立つ | 3 | 4% |
| 4 役立つ | 34 | 47% |
| 5 大変役立つ | 34 | 47% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 93% |

[理由]

- ・ (3)これは、現在の日本のカリキュラムでも目ざしていることですよね。でも、そういわれると、どういう観点で自分自身が行っているのか不安になったし、参考にしていけそうだから。
- ・ (3)指導は日本でも行われているが、評価目標などが不明確で、本当に力がついているのか、先生も自信がない。
- ・ (4)もう少し勉強させていただいたら、5とするか考えたい。
- ・ (4)学習内容の領域と関連づけて指導するのが、効率的である。
- ・ (4)教員自身が「科学的探究能力」の育成を常に意識しておく必要があるため。
- ・ (4)教師が工夫できることなら有効。
- ・ (4)教師の研修会への参加が必要である。
- ・ (4)今まで以上に時間とスタッフが必要でしょう。今までも、たとえばコンピュータが導入され総合学習が導入されたときも、だれも人が増えていないのに現場は仕事が増えています。これまでの仕事は何一つ減っていないのですから、コンピュータの点検などは土日か夜に食い込んでいます。もちろん総合学習もそうだと思います。内容を増やすのであれば、スタッフを増やして欲しいと思うのですが、これはどこの職場でも同じことですね。
- ・ (4)実験を実施するにあたり、何を目的とするのか、またどのようなスキルを身につけるのか。明確にすることは重要である。
- ・ (4)上越の山崎先生がいうところの“内容知”だけでなく“方法知”をしっかりと育てていると思う。
- ・ (4)探究能力の育成、トレーニングは重要。
- ・ (4)評価があつて、指導の充実があると思うので、よいことだと思う。
- ・ (4)評価の効率化が求められているため、日常の授業の中で評価をする姿勢は、重要な視点であるから。
- ・ (4)理科授業を工夫することで、即、対応が可能と思う。やはり、理科教育研究を進める中で、各現場へ意識化を図っていくことが必要。
- ・ (5)キ、ク、ケ、コについては評価や指導を公正に行う、外部機関の設置が重要と思える。
- ・ (5)クと同様（科学的探究能力は筆記のみで、評価できないと思いますが、科学的探究能力を「とらえよう」「どのようにしたらとらえられるか」という視点は大切だと思います。日本で

は評価観の偏りが、こういった実験的とりくみの、さまたげになっているかもしれません。)

- (5) この科学的探究のレベル 1～レベル 8 や、コースワークの POAE も採点基準を生徒に提示、課題研究の動機づけや、その後の活動を行ううえでの、指標になるのではと、現在検討中であります。
- (5) 客観的な評価の方法とそのための教育プログラムは表裏一体だと思う。
- (5) 現場で必ず、評価が問題となりますが、この工夫自体素晴らしく、手法として確保されている点が、実際役立つのだと思います。
- (5) 私たちの学校でも指導に合わせた評価を、工夫しようと評価基準を、他校の資料も参考にしながら作っています。(主に算数で)。私は理科でそれを作っているわけですが、日常的な授業を通して、指導に合った評価をするのが、大変むずかしいです。データを集める基準というものが、実用的で分かりやすいということが、一番大切で、その工夫がなされていないと、子どもの成長を正確に評価することはできないでしょう。
- (5) 探究能力の評価については、自分の考えを表現する手段としての記述や口答を評価対象とすることが、中心になると考えるので、日々の授業の中で、その都度評価していくことが大切である。
- (5) 特に、生徒レポートをどう評価するかのも明確な観点があることが参考になる。これによって、探究的な実験に向かうときのポイントが明確になるから。
- (5) 日常とつながりのあること、実社会の文脈での科学教育は大切である。
- (5) 日本では、この分野の研究と実践が始まったばかりで、試行錯誤の状態です。(現場に多忙感や疲労感があり、英国の事例はたいへん参考になると思います)
- (5) 評価は、その探究の「本音」の目的とうつるので、ぜひ必要。
- (5) 評価基準・評価規準をあわせて作り示したい。その上で、授業者がアレンジする。
- (5) 評価項目は日本でもとっと紹介すべき。
- (5) 理科室内でのみ有効な探究能力としないためにも必要。

ク. 全国テストで筆記試験による「科学的探究能力」の評価を工夫している。

| ク | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 1 | 1% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 1 | 1% |
| 3 少し役立つ | 13 | 18% |
| 4 役立つ | 29 | 40% |
| 5 大変役立つ | 29 | 40% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 79% |

[理由]

- ・ (0) 科学的探究能力が筆記試験のみで評価できるのか疑問。
- ・ (3) 指導する教師にとって、ひとつの基準が与えられることになる。
- ・ (4) キ、のためにもスタンダードとなる試験は重要な意味がある。
- ・ (4) センター試験の理科が知識以外のものも評価できるように工夫されるとよいと思う。
- ・ (4) やるべきと思います。時間とお金をたっぷりかけて。文科省の全国一斉テストを、イギリスの SATS みたいにすれば、予算や人的配置のシステムもきっちり調べて導入して欲しい。現場のものが、時間はずぶれて、採点の仕事が増えて・・・という二重苦になっている。今学力低下論を受けて、いろんな自治体で一斉テストがはやり、同じ月に国・県・市・と 3 回テストしたという話も聞きました。システムとしてしっかり作ってほしい。もちろん記述の問題も作り、その評価システムもしっかりして、暗記でなくしっかり考えることが高得点につながり、それが評価できたらいいと思う。
- ・ (4) 科学的探究能力というのは、〇×式では、正しく見えないでしょう。それは、子どもとの対話や意見交換に表れてくると考えます。そうすると、その評価はとてもむずかしくなります。工夫していなければ、担当者の主観で評価されてしまうかも知れません。
- ・ (4) 学習したことが評価されることは基本的に重要と思われる。
- ・ (4) 知識を問うことは簡単である。探究能力を問うことは難しい。しかし、探究能力を全国テストに用いることで、知識だけではダメだということを気づかせるのはとても良い。
- ・ (4) 日本の「教育課程実施状況調査」さらに工夫が必要ではないか。
- ・ (4) 筆記テストは客観的な到達度を見るには、有効な1つの手段と思うので、上記のことは、必要だと思う。ただし、出題するときには知識に偏らないよう工夫するべきだ。
- ・ (4) 評価することは重要であるが、筆記試験でよいのか疑問。
- ・ (4) 例えば、大学入試センター試験で「科学的探究能力」のテストが必須になれば、その効果は極めて、大きいと思われます。
- ・ (5) テストを出題する上で、作る人の『意図』を感じることができるというのが、とても有意義だと思う。テストの出題傾向から、現場の教師の授業改善や、生徒も『科学で学ぶべき力』が具体的され、勉強しやすくなると思う。大賛成です。
- ・ (5) ペーパーでの評価方法は今後も評価の重要な役割を担うと考える。

- (5) よいことだと思う。
- (5) 科学的探究能力は筆記のみで、評価できないと思いますが、科学的探究能力を「とらえよう」「どのようにしたらとらえられるか」という視点は大切だと思います。日本では評価観の偏りが、こういった実験的とりくみの、さまたげになっているかもしれません。
- (5) 公平性がどの程度保たれているのか知りたい。またそのための工夫等の実態は？
- (5) 指導プログラムとあわせて導入することにより、現場の力の入れ様がちがってくると思う。標準化したテストを用いることにより、子どもの力の、のび様が明らかになるし、ボトムアップにもつながると思う。
- (5) 生徒、先生ともに、真剣に取り組むには、次の進学そのものに関わる試験に影響力を持たせる以外に、方法はないと思いますので、たいへん役立つと評価します。
- (5) 全国テストをやるのであれば、(その中に、探究能力の評価のための部分も) 必要。でなければ、探究能力の育成の部分は、無視されてしまう。
- (5) 日本では統一されたこのようなテストが開発されていない。遅れている。
- (5) 日本はどうしても知識・理解の評価に偏りがちであるため。
- (5) 筆記の全国テストで「科学的探究能力」を測ることは、一面難しいと思う。しかし、本質が同じでみかけのちがう内容について、正しく予想できるか、あるいは課題を解くために、どういう条件を整理して実験を計画したらよいかなどを書かせることで可能と思う。全国テストがあるのは良いと思う。
- (5) 筆記試験問題例を作成し、評価の観点基準を示したい。
- (5) 評価については、現状の教育現場に最も不足し、不十分なところでは。大変役立つと思います。
- (5) 用いて、課題研究の論文集の点数化を図ろうということも、同じく検討しています。ただ、このようにして生徒に配布してもよいのか、著作権の問題があるのではないかと考えています。

ケ. 資格試験の「コースワーク」により「科学的探究能力」を指導し評価している。

| ケ | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 3 | 4% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 1 | 1% |
| 3 少し役立つ | 8 | 11% |
| 4 役立つ | 34 | 47% |
| 5 大変役立つ | 27 | 37% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 84% |

[理由]

- ・ (0) この内容について理解していないので。
- ・ (0) 現在の初等教育で行なっている4つの指導の観点と単元をうまく合わせると日本の場合も、「科学的探究能力」の指導・評価は可能と考える。
- ・ (3) コースワークが伝統的に行われていて、今でもできているのは、だれもかれもが同じ教科のテストを受けているのではなく、進路意識もそれに対する自己尊厳感が同時に、長い伝統の中で培われてきたものだから（階級社会であることも含めて）だと思います。今の日本の平等意識や国民性（全ての人が向上したいと思っている?）の中で、どう位置づくのか、文化の背景を抜きに導入してはダメだと思う。研究する必要、意味はあると思います。
- ・ (3) 評価の統一ができない。
- ・ (4) 小学校での自由研究だけでは、児童・生徒が自ら課題を選択して、探究にはげむような機会が少なく、コースワークの導入は、探究能力を育成することにつながると思うから。
- ・ (4) 『コースワーク』は『科学的探究能力』を高めるには必要であり、日本では『コースワーク』のような学習が不十分だと思う。
- ・ (4) クと同様（科学的探究能力は筆記のみで、評価できないと思いますが、科学的探究能力を「とらえよう」「どのようにしたらとらえられるか」という視点は大切だと思います。日本では評価観の偏りが、こういった実験的とりくみの、さまたげになっているかもしれません。）
- ・ (4) たいへん大切なことだが、現在の日本の学校制度、カリキュラム、大学入試制度の中では、特に公教育においては、難しいのではないか。
- ・ (4) より実践的な探究能力を、より客観的に評価するには、たいへんよい方法である。
- ・ (4) 計画し、証拠を得、分析考察し、自己評価もすること、これは「科学的のものの見方・考え方」をしているかが分かる大切なポイントです。これらを、順序よく、そして能率的に分かりやすく、レポートにまとめていく力、これは、子ども達にとって、必要な力であり、十分指導しなければならないことだと考えます。
- ・ (4) 今の教育の到達点は、あくまでも入試になっているので、それに結びつくことが、やはり必要であることは、本来それが正しいかどうかは別としていなめない。
- ・ (4) 採点する教員の質が保てれば、すごいことだと思う。
- ・ (4) 教師が大変なので、現場から反対の声が挙がるのは避けられないでしょう。

- ・ (4) 高等学校理科の中の「探究学習」「課題研究」を資格試験にするような制度ができないものではないでしょうか。
- ・ (4) 面白い考えであるが、現場にどう入れるか、難しい面が多い。
- ・ (5) P, O, A, Eは、探究能力の評価として適切である。こういう評価を我々も、授業の中に組みこんでいくことが大事である。
- ・ (5) いただいた資料が大変役立ちます。評価に手間とお金をかけている。日本は放任主義のよう。
- ・ (5) コースワークが指導できるように、教師の能力育成にも力を入れていることに、おどろきました。日本にも、教師育成のシステムが必要です。
- ・ (5) これなしには、「科学をすること」を重視しているとはとられない。
- ・ (5) これは、理想的であるが、中高一貫の学校ならば、実現に近いでしょうか。(現状では、遠い道のりの気がします。)
- ・ (5) どのようにやるのかが課題と考える。
- ・ (5) 学習したことが評価されることは基本的に重要と思われる。
- ・ (5) 実践的、具体的評価として注目すべきと考える。
- ・ (5) 大学受験が日本の特有文化として、やや心配な方向への成長を遂げたが、軌道修正して改善する必要がある。この分野の評価は、現場教員の資質向上にもつながると思います。
- ・ (5) 日本の中・高等教育は、入り口が狭く、出口が広いといわれている総合力を育成し、判断するためには、有効であると思う。

コ. 「コースワーク」の評価結果の信頼性を高める工夫をしている。

| コ | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 2 | 3% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 1 | 1% |
| 3 少し役立つ | 10 | 14% |
| 4 役立つ | 36 | 49% |
| 5 大変役立つ | 24 | 33% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 82% |

[理由]

- ・ (0) 情報がない
- ・ (3) ○×式でないので、かなり評価はむずかしいものとなると思う。
- ・ (3) 評価の信頼性を高めるためには、実態に即した長期の取りくみが必要。
- ・ (4) 『コースワーク』の評価をどうするかが、一番難しいと思う。教員の質が問われますね。
- ・ (4) GCSE などの認定した資格の妥当性の裏付けとなる。
- ・ (4) これも大変素晴らしいと思う。大変ですが。

- ・ (4) 各学校の教員が頑張らねばいけないところである。
- ・ (4) 学習者にも、保護者にも、評価結果を公表したい。(次のコースワークの学習に生かすため) そのためにも信頼性のあるものにすべき。
- ・ (4) 客観的で、知識以外も測ることができるような評価の工夫は、とても大事なことだと思う。
- ・ (4) 総合的な学習の評価についても、同様なことが言えると思う。評価規準・方法を明らかにし、結果の信頼性を高めること、それは、即、子どもの真の力がついているかどうか結びつくと思う。
- ・ (4) 日本では、○×とか選択式のテストが客観的で採点時間も短くて楽、といった長い歴史がある。記述問題のテストやレポートの評価が「先生の主観が入る」→「信頼できない」という認識があるため、記述テストはあまり行われず、だから記述することを子どもたちも先生も大事にしない。といったテストによる誤った学習観が作られているように思います。だから国際テストでも全国一斉テストでも日本は記述で白紙の率が高いということになってしまう。根本の学力観を変えることが必要でしょう。
- ・ (4) 日本においては、特に必要なことかもしれません。
- ・ (4) 評価には、どうしても担当者の主観や重いが入ってしまうものです。それを防ぐことへの努力も、もちろん大切ですが、ワークショップを行ったり、モデレーターという専門家による調整が行われていることは、見習うことが、必要だと考えます。
- ・ (5) クと同様（科学的探究能力は筆記のみで、評価できないと思いますが、科学的探究能力を「とらえよう」「どのようにしたらとらえられるか」という視点は大切だと思います。日本では評価観の偏りが、こういった実験的とりくみの、さまたげになっているかもしれません。）
- ・ (5) これなしには、信頼性を維持できない。
- ・ (5) 学習したことが評価されることは基本的に重要と思われる。我が国で導入するに当たっては、指導する側の「評価能力」育成に時間がかかろう。
- ・ (5) 多様な評価の可能性を検討している点が良い。
- ・ (5) 的はずれで、こことかわりがないかも知れませんが、教員の評価をそのような形で行えば、教員の資質が高まるのではないかと思います。Aくんのレポートを、a先生は、このように採点しました。外部団体が、その採点方法をみて、このような採点方法は間違ってますよ。ここはこのように評価して、得点化してやらないとダメですよ。
- ・ (5) 日本では各地域の教育委員会が試験局のような機能を果たすことにより、各学校の評価の信頼性や説明責任の向上につながるから。
- ・ (5) 評価のしかたをより客観性のあるものにし、オープンにしている点は大変すぐれていると思う。現在日本の中学校の評定、評価が客観的に説明できるようにということで数値化したり、多様な評価をするようになっているが、評価そのものの基準も教員によって様々だし、せつかく出した評定も専任の一存翻ってしまっていることがある。

サ. 学ぶ側も教える側も実践的な「科学的探究」の大切さを重視している。

| サ | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 2 | 3% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 0 | 0% |
| 3 少し役立つ | 1 | 1% |
| 4 役立つ | 24 | 33% |
| 5 大変役立つ | 45 | 63% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 96% |

[理由]

- ・ (0) 情報がない
- ・ (4) この意識か大切だと考えている。
- ・ (4) これが学習意欲に当然反映されますが、英国で『科学的探究』が大切と考えるのは、ニュートン以来の『文化』的背景があるからではないでしょうか
- ・ (4) これは、日本ですぐに学ぶことができないところ。ゆっくり、じっくりというところだと思います。
- ・ (4) どのようにして学ぶ側も大切さと実感しているのか知りたいところです。
- ・ (4) 学ぶ側からの視点が参考になる。
- ・ (4) 教える側も、楽しみながら指導ができると思う。
- ・ (4) 生活科が導入された時、体験重視が言われながらも、評価システムが難しく、「何も学んでないじゃないか」と批判されていたように思います。実践的科学的探究も、同じことにならぬよう、ただ実践が大切、というだけでなく、学んだ実感が得られる根拠を示す必要があるように思います。やっぱり実践しなくたって知識なのね、という伝統から脱却しないと・・・
- ・ (4) 日本も見習いたいものです。
- ・ (5) 「科学的探究」の学習自体がおもしろく、意味のあるものだと思えるためには、やりがいがあり、自分の成長が確認できる（つまり未知の問題に対し、正しい予想をたてられるようになる）すぐれた授業プログラムが必要だと思う。CASE もひとつだと思うし、仮説実験授業もそのひとつだと思う。
- ・ (5) 「生きる力」の育成として、「科学的探究」が有効であると考える。
- ・ (5) このようにあのようになりましたが、生徒を評価した結果が、うまく評価できているのかどうかチェックできる機会、場面それも外部の専門家によるものが、あればよいとお話を聞きながら考えていました。
- ・ (5) これなしには、科学の探究とならない。
- ・ (5) たいへん重要である。しかし、探究学習時の問題点も克服する必要がある。
- ・ (5) 科学の重要性を国が本当に理解しているのであれば、学ぶ側にも、これを理解させる方策を設けるべき。現在の枠組みの中で、できるのでしょうか？
- ・ (5) 学ぶ側・教える側双方が大切さを重視できるように工夫されている点が良い。

- (5) 学ぶ側の視点に立って「科学を探究することの面白さは何か？」を追求する、してみるという姿勢が必要と思います。教師側の（どちらかというと経営・運営的な）視点では、科学的探究の面白さや大切さは気づきにくいと感じました。（授業時間内に終了しなければいけない）
- (5) 教える側も、探究の大切さをしっかりと認識して、授業を行うべきである。受験のため、どうしても「探究」ということを教師が、忘れてはいないだろうか。
- (5) 教科や科目が、それぞれ、「総合的な知」の育成に寄与するという視点が重要。
- (5) 教師は当然のことですが学ぶ側の子どもたちが、科学的にものを考えていくことを、大切と思わなければ、から回りしてまいります。これは日々の理科授業でも言えることです。しかし子ども達には、その大切さというものが、簡単には浸透しません。くり返しその必要性を授業の中で話しています。
- (5) 児童・生徒の「科学的探究能力」の育成を図るためには、何よりも教員のやる気と姿勢が大切です。理科嫌いの先生からは、理科好きの子供達が育成できるとは思えません。
- (5) 探究心は強制されて身につくものでなく、学ぶ側の自発性が大切になってくる。学ぶ側と教える側が同じ価値観を持つことで探究心の育成が図られると考える。
- (5) 同期の先生方で重視していそうな人がいない。教員も理科という教科を教えているだけっぽい教員が多い。そういう教員の指導からはそういう生徒しか育たない。さらにそういう人が教員になっていくのかと思うと・・・。
- (5) 特に、教える側がその重要性を認識し、学ぶ側に伝えていかないと向上しない。
- (5) 日本において、入試制度の絡みから、「探究」に力を入れにくい面があると思われるが、大切だということは言うまでもない。「探究」が重視されれば、教える側も重点的に取り組める。
- (5) 明快さがある。わかりやすいです。資料を調べると日本との差の大きさに気づく。

シ. CASE プログラムとその理論

| シ | 件数 | 割合 |
|----------------|----|-----|
| 0 わからない | 3 | 4% |
| 1 全く役立たない | 0 | 0% |
| 2 殆ど役立たない | 0 | 0% |
| 3 少し役立つ | 9 | 12% |
| 4 役立つ | 30 | 41% |
| 5 大変役立つ | 31 | 42% |
| 肯定的回答割合（役立つ以上） | | 84% |

[理由]

- ・ (0) 予備知識がなく、当日の話は概要中心だったので、具体的なイメージがわからなかった。
- ・ (3) CASE プログラムのエッセンスを伝達するのは難しいと思います。下手をすると、形式や主張のみ（表層的な）ばかりが理解される恐れがあると思います。
- ・ (3) CASE プログラムを理科の授業の中で行うには無理があるが、（他のプログラムが確立されているため）「総合的な学習の時間」などで実施（特に理教科，SSH）すると効果が期待できるのでは。
- ・ (4) これは、ぜひ学んでみたいです。
- ・ (4) まだ十分勉強していないので4.
- ・ (4) 一部しか見ていないが、トレーニングは適切なプログラムが必要。日本にあうものにしていくことができればよいのですが。
- ・ (4) 英国での研究の成果に大変に興味をもった。現在の学校のシステムの中での実施には、難しいものがあるが、『総合的な学習の時間』の中で、多くの学校が、実践研究することを、期待したい。何より、理科だけでなく、数学、国語でも大きな変化があるということは、ここで育てられた、論理的思考力は、全教科の基礎・基本として、より意図的に育てるべきである。
- ・ (4) 学び方、問題解決の仕方のTOOLを教えることで、それは、その後の教科の学びに反映されるものであり、有効であると思う。
- ・ (4) 指導を伝達するのが難しい。
- ・ (4) 条件制御の考え方は、確かに根本的でどの学問分野でも大切なものなのに、現状では5年生の理科でちょろっと出てくるだけで、理科の中でも身につくような形になっていないのです。今、日本のカリキュラムにはすばらしい蓄積があるのだから、分類とか比例といった内容を算数と協力して、今のものにうまくこの理論を入れていけるといいなあとと思います。ただ、教科の壁は厚く、どうやって協力したらいいのか・・・、まず現場でやってみることを考えています。
- ・ (4) 日本ではほとんど意識されていない発想であり、とても考えさせられた。
- ・ (5) アデイ教授の講演が素晴らしかったのと同時に CASE プログラムの理論的支えと、効果は納得がいった。

- ・ (5)カリキュラムに新しい骨格を組み入れてくれる。CASE の理解と導入には、十分な検討を組織的にする必要があると強く思います。
- ・ (5)ぜひとり入れたいと思うから。
- ・ (5)我が国では漠然としている「思考力育成」の具体的な実践事例として、さらには、「総合的な知」の育成に寄与するという意味でも、大いに参考にしている。
- ・ (5)高等学校への直接的な導入は難しいと思われる。しかし、アディ先生の示された、Cognitive Development の結果は衝撃的でした。私が知らないだけかもしれませんが、日本でもあのような調査は行っているのでしょうか？もしあの結果が示すように、形式的操作段階へ移行できていない生徒が（日本にも）いるとすれば、高1での早期における、プログラム導入は、意味があると考えられる。また、浅海先生もおっしゃられていたが、日本の場合、条件の制御ということは、強調されていないように思われる。私も課題研究で比較することのできない、条件制御できていない、2つの結果を比較して、グラフ化し、何かを（生徒が）結論づけようとする場面に多々出会う。思考力のように、なかなかその能力向上について、このような報告を行っていただけることは、大変勉強になります。
- ・ (5)思考力に焦点化した教育を実践するには、脳科学・認知科学・情報理論に裏打ちされた教育の科学が必須だと考えます。特にW. Mの容量を中心にする考え方には同感です。
- ・ (5)総合的な学習の時間等で、ぜひもっと利用してほしい。
- ・ (5)停滞感や低下感のある日本の現行のカリキュラムに対して、見直しや改善のためのヒントやアイデアが CASE プログラムには、含まれていると思います。
- ・ (5)日本の小学6年生と中学1年生の相当する段階の生徒に2年間実施する教育プログラム。私はこの4年間ずっと5・6年生の子ども達と理科を通してかかわってきて、論理的思考力を育てることの大切さを痛感しています。このプログラムが実施されれば、子ども達の「科学的にものを見、考える力」は育つと思います。
- ・ (5)認知科学を基にした、科学的探究の能力の育成に大変興味をもちました。本校でも、認知科学を基に創造性の育成に取り組んでおり、参考になる点が多々ありました。
- ・ (5)認知心理学などは不勉強なので、役立つと言えるのですが、具体的には何も言えません。申し訳ありません。
- ・ (5)発達認知学にもとづく、理論として、もっと日本の、義務教育教員も、学ばなくてはならないこと。大学の教員育成課程の講座に入ったら？
- ・ (5)非常に興味深い内容です。日本の理科カリキュラムは、このような視点が欠けています。
- ・ (5)別のところでも書いたが、私たちが行ってる様々な推論の形式（相関、分類他）について系統的にトレーニングを受けることは、自分の考え、感じたことを整理して、認識するための方法を学ぶことだと思う。生徒を見ていて、能力の高い子どもはこうしたことを自分で気づき、使いこなしていると思うが、認識が未分化であり、理解できていないという場合、こうした獲え方で、整理することができていないのだと思う。
- ・ (5)理論にもとづいた、プログラムや教材の開発は、現行の指導内容でも充分可能と考える。

その他、本会で提供された情報で役立つ点

- ・ アデイ教授によるピアジェの骨子はたいへん明解な説論であつた。
- ・ オープンエンド的な課題を設けてある点がよいと思う。生徒は課題→答えの図式で、途中を大事にしない（考えない）、そのためには、答えの見えてこない課題も必要である。
- ・ もう少し、CASE プログラムのカリキュラム開発について説明していただけるとなお良かったが、特徴的で成功しているカリキュラム及びその実践例を聞いて、大変参考になりました。コースワークとその評価についても、固定化された日本の理科の課題研究や評価を改善する良い視点を提供していると思う。
- ・ 結局は、教師が真剣であることが必要であるということ、モデレーター等を導入しても、どう活用すべきかということ、教師が学ぶことが必要になる。教える側と教えられる側と環境と一斉指導のもとで、おこなうことの必要性を痛感する。
- ・ 浅海先生の実践報告
- ・ 理科の授業のカリキュラムをつくるには、どのような手順をとったらよいかを明確に示していただいたことです。パイロットプランをたて、教室で実施してみる。その実施を、あらかじめつくられている観点からチェックする。このプランに共鳴する教員を増やす。しかし、実施するには、教員にどのような資質が育っていなければならないか検討し、トレーニングしたのち現場に立つ。まさに、科学的手法でカリキュラムをつくっていることに感動した。私は現役のとき、授業でかなり汗をかいた。しかし、定年をすぎた今思いかえしてみると、ただ右往左往しただけのような気がする。ねらいは、文部省から示され、それは賛同できることもあった。しかし、どうしたらよいかわからなかった。「探究」重視はよい、しかし、40～50人の生徒と1人の教員で一斉授業が横溢している学校の中で実施するにはどうしたらよいか、右往左往であった。日本もこのムダを脱する時が来ているように思った。時間がかかっても。
- ・ 科学的探究能力を問うようなペーパーテスト等は、これまでも、入試問題や問題集等で出題されていたので、それらを整理、位置づけながら、より深化させることで、現在の学校現場でも、充分導入が無理なく可能と感じました。
- ・ 浅海先生の実践はもっと多くの場で発表されるべきだと思います。貴重な発表でした。
- ・ 先進的な理論及びその実践において、研究者と、教育者の連携が、とても大切であるという観点到、感銘をうけた。日常業務や受験指導、限られたカリキュラムなどの中で、新しい取りくみを行うことは、重要であるが、困難を極める。本会のような研究会はもちろんのこと、県委、大学、研究機関と現場はもっと、情報交換を蜜にして、日常的な共働体制を組んでいくべきと感じた。
- ・ Advancing Physics の紹介
- ・ 本会で提供された情報の細かいところまで、十分理解できたとは決して思っていない。し

かし、今までこのような情報が日本に紹介されたのでしょうか？もっと早くから知っていたら、いいえ個人レベルではなく、教育の中に取り入れられていれば「理科離れ」「生活に理科は大切と思わない」という児童・生徒は減っていると思います。もし紹介されていたのなら、私の情報収集不足ですが・・・。

- ・ 「コースワークの導入時に、観点別の目標と、評価規準を提示する」という報告。基本的に賛成だが、今の小中の単元導入時に、毎回それをするには、まよっている。子どもの思考を、誘導してしまうことにならないか。それについて、何か、資料や、事例があれば、また情報をいただきたい。
- ・ CASE プログラムが、メタ認知、構成主義、そして認知的葛藤を、うまく利用した実践で、これらはまだ、日本では、それほど発達していないものなどで、卒業研究をする上で、役立つと思う。
- ・ 浅海先生の実践では、具体的でわかりやすいものでありますが、すこし理論的なことが多く、難解な面が多くあった。資料が、細かいのは、見にくいがかたないか。
- ・ CASE の理論は、はじめわかりにくいように感じたが、語へいがあるかもしれないが、ひと言でいえば「頭をよくするたまには、どうしたらよいか」そのための具体的トレーニング方法だと思った。科学的・理論的にもものごとを整理して、とらえるためには、条件統制や分類、モデル化相関といった「考えるための方法」「しくみのとらえ方」を具体的な例にあてはめて使いこなす必要がある。そうした概念の操作ができ、適切な判断をし、実行できる人は、いわゆる「頭がいい」「カシコイ」ということになり、問題解決能力が高いということになると思う。効果的な理科の授業にするために、どうしたら良いかを日々考えているつもりであるが、自分が考えて、やろうとしていることの意味を整理できる気がした。また授業の構成を考えていく上で、自分が何をねらってやっているのか意義して考えていかれると思う。授業の中で認識の対立にあたるようなことを問いかけ、予想をさせ、実験結果がなぜ、そうなるのかが、わかるようにやってきたつもりであるが、さらに深めていきたい。
- ・ 現在理科で特別講座（選択）を考えています。「日本の中学、高校の理科教育の変革のために英国から学ぶもの」の内容が興味があった。土曜日または長期休業中に実験を含んだ講座ができないものかと、ストーリーを考えています。高校生が理科（物理）でもっている興味・関心を持っていることを伸ばしてやりたい。
- ・ 教員の意識変革のためのプログラムがしっかりとできあがっている点が参考になりました。全体的な印象としては、考え方を育成するスキルが意図的・計画的に実践されているという感じがしましたが、パターン化されて指導されていくことへの心配が多少残りました。日本の発展的な扱いの時間を充実させる方向の方が望ましいと感じました。
- ・ 評価についてレベル1～レベル8が事前に（生徒？に）提示されていることや、評価基準がしっかり決められおり、教師はそれと照らしあわせればよいこと。
- ・ 一番大切なものは研究者が現場の教師とともに、実践的な研究をつみあげていくこと、そういう制度があること、それを奨励する環境（国の姿勢）があることだと思う。それがあれば

いくつも他の国のまねをしていなくても、日本は独自のすばらしい教育を作れる力があると思う。

- ・ 麻郷小学校や京都女子高等学校での具体的な実践、山口県教育研修所のホームページには、ぜひアクセスし、開発されたプログラムをダウンロードして、検討したい。
- ・ 今回はどうもありがとうございました。探究能力については、今の日本の理科教育に必要な内容だと思います。「内容」と「方法」を発達段階に応じて、学力としてつみあげていくことは、今後の日本の教育においても、必要な内容だと思います。またそこに「思考力」がつけくわった、3次元的な教育プログラムも必要となると思います。
- ・ コースワークの具体的な採点基準は大変役に立つ。今後可能な範囲で活用したい。また、(具体的)本物の生徒のレポートが掲載されているため、リアルであり、このような具体的な事例を可能な限り提供していただきたい。笠先生の実践は、本校でも行っている土曜活用在り方について考えさせる報告であり、大変参考になった。
- ・ CASE プログラムとその理論について、興味をもって聞かせていただきました。特に理論の部分については共感するものが多くありました。CASE プログラムと同じものではないにしても、理論を生かした授業は、可能なように感じました。今後日々の授業づくりの中に意識して取り入れてみようと考えております。
- ・ イギリスでの科学教育のあり方。
- ・ 京都会場の最後にお話された、大阪府教育センターの樋口先生の内容はもう少し、知りたかったです。(教員研修について)
- ・ 今、これまでの米国教育に学ぶから、英国教育に学ぶへ方向転換が、各教科で行われている様に思う。我が国の教育のよさと課題を明らかにし、よさは世界に誇り、堅持しつつ、課題解決に向けて、他国の状況に学ぶという姿勢が必要だと思う。不易と流行、まさに、不易の部分を見極め、大切にしていけることも忘れてはならないと思う。
- ・ 「科学の学習によって学力全般の向上という付加価値をもたらす」このことが、日常の教育活動の中で妥当性があり、信頼できるベクトルであることを確信できたら、理科教師にとって活躍の場が広がるだろう。また日本の科学教育の発展になるであろう。
- ・ 科学的研究心を1つの領域と、とらえている点が新鮮でした。
- ・ 大阪の科学センターでの、教員研修の内容。
- ・ 大変興味深く拝聴いたしました。潤平さんの発表で、日本に取り入れるには慎重にしないと、というところに共感しました。知識でない部分をどう学ぶのか、どうカリキュラムとして表現するのか、どう評価するのか。結局そこが一番のポイントだと思います。大学入試まで合わせて議論して欲しいと思います。浅海先生のご実践もとても興味深くうかがいました。いろいろなところで実践して、それを交流していけたらと思います。Addy 先生のお話もわかりやすかったです。イギリスの例から学ぶことは沢山あると思いますが、すぐに日本に適用できないこともたくさんあると思います。生活習慣や文化、階級の強い社会構造、学校システム、教師や学校と国のカリキュラムの関係など、日本とまったく正反対であることを考慮し

ていくことが大切だと思います。探究学習や総合的な学習、外部評価システム（学校評議員）など、直輸入で必ずしもうまくいっているとはいえない状況があるように思います。「科学的思考」は必ずしも理科だけで考えるのではなく、コアカリキュラムとして、general thinkingのベースとして考える、という発想が必要な気がしました。日本では「科学」というと、ハイ、理科お願いします。といった感じだけど、そうではなく、科学的思考というものは、全ての教科に通じるものだということを言わないと成らないのではないかと。評価も大学入試も、論文や記述を「客観的でない」「採点が大変」と避けている現状をなんとかしないといけないと思います。また、どこの国からも驚きあきれられる「40 人学級」という現状や、そうじからしつけから生活指導も何もかも同じ教師が担当する学校観、日本の教育全体の構造をもう一度相対化してから議論しないといけないのではないかなと思います。

- Adey 教授の講義は、CASE の具体的な内容とその成果について理解でき、大変参考になった。実践の中の、CASE を応用したコンピュータ学習については検討の余地があると思われる。教師と児童生徒、児童生徒相互のコミュニケーションこそ中核であると思われるので。
- 中学・高校の理科教育の国際比較を行っております。英国について、総合的なお話を伺えて、大変勉強になりました。

今後の報告への期待や意見等

- 本システムを、日本に導入しようとするならば、入念な準備が必要であろう。特に、教師の研修システムや他の教科との関連などで、今と、かなり本質的に異なったカリキュラムとなるので、全国民の意識の改革が必要となる。
- 環境問題のように、実社会では、答えが1つとはかぎらないもの、方法がいくつもあるものなど、問題に対し、答えが定まらないものもある。そのために科学教育においても、トレードオフの課題を扱いたい。
- 能力育成でカリキュラムを配分・配列する場合に、その学習内容をどのような基準で選ぶのか（んだのか）知りたい。CASE とカリキュラムとの関係についてもきちんと説明した方が誤解を生じないと思います。
- 具体的な指導案があれば、学校（他の理科教師）を説得できると思います。せっかくここまで、新しい授業のデザインを提供していただいたので、序々に広めていく手段があればと思います。
- 大変よい勉強をさせていただきました。こうした新たな事に意欲的に、実践レベルで挑戦していく先生方に大いに、支援していきたいと考えます。
- 英国教育で使用する様々な資料、情報の提供をお願いします。
- 次の2点について多大の関心があります。カリキュラムのつくり方（アイデアではなく、どのような手順をふんでつくっていくのか）。プランができて、試考したときの評価の観点の立て方。

- ・ 他国でも同様の例がありますか。大学を出た時点では効果の評価はありませんか。
- ・ 日本で導入したときの、具体例をもっともっと知りたい。教科名を日本でも思い切って、『理科』から『科学』にかえてほしい。いいことが起こると思う。全国テストを行うというのは、これから絶対必要だし、求められていると思う。『いいとこどり』すべき。日本の風土、状況にあてはめていくべき。調査結果がわかりやすく、いい点もわるい点も書いてあり、読んでいておもしろかったです。次は日本国内でサンプル校による実践ですね。
- ・ 科学的思考力の向上に対する実践研究をしています。
- ・ 日本の教育の現場で、これからのカリキュラムが実際にどのように活用され、効果が上げられたのかということ、本日の浅海先生、笠先生の実践報告のように、具体的に教えていただきたく存じます。また、英国科学カリキュラムをもっと詳細に理解させていただけるような機会を、つくっていただければ幸いです。
- ・ 今回報告された、英国の科学教育のシステムや、CASE 理論には、多くの参加者が興味を覚えたと思います。そして『実践してみたい』とも思っているはず。しかし、いざ実践となると、現行学習指導要領の枠にどうしても干渉してしまいます。また、総合学習の中で実践する場合でも、すでに各校で作成している年間計画の中にその時間を確保するのは、大変なことです。でも文部省より『やってみないか』という声かけがあれば、そのハードルは越えられそうです。
- ・ 私は笠先生と共に、京都でアドバンシング物理研究会をやっております。高等学校物理教育の中に、CASE の考え方を導入したいと思いました。アドバンシングに流れる考え方の原点を本日お教えいただいたように思えます。今後ともよろしくお願いします。また今年、SPP でアドバンシング物理を実践しました。(京都教育大学との連携) 生徒の考え方、思考に、本日の講演の内容が重なっているように思いました。
- ・ CASE の日本版とでもいうべきものが、できればと思います。京都女子中高の笠先生が行ったような、授業を実践したいと感じました。本校でも土曜講座を実施しているので興味深いです。
- ・ 英国の教育のシステムやカリキュラムについて、もう少し予備知識があれば、今回の講演内容の理解が深まったと思います。そのような、資料もこの会で提示されれば助かりました。
- ・ 実際に CASE の研修を、日本でも受講できるようになれば、素晴らしいと思いました。日本も産学官が連携して、科学教育を行わなくてはならないと思います。
- ・ 非常に興味深く聞かせて頂きました。少し前から『CASE』について、名前だけは知っていたのですが、教材が手に入りやすく、もどかしく思っていました。可能であれば、本校中学でも試験的に導入してみたいと思っています。
- ・ 今理科大好きスクールの委嘱を受けているのですが、その推進役という過大なポストにいます。今は、本年度の取組から、来年16年度の課題を模索する時期で、このフォーラムに出席させていただきました。いくつか課題らしきものを持ちつつ、どれに決めていけばよいかと悩んでおりましたが、今回の報告を聞かせていただき、ほぼ私なりの課題を決めることが

できました。私案ですが、(2000年度からの4年間の取組を通して、理科好きに子ども達をすることができるということに確信がもてましたので)「子ども達に、理科は大切だという意識を育てられるような、指導方法の研究」というところに、もって行ってはどうかと考えています。つまりこれは「科学的探究」の大切さを、学ぶ側にも感じとらせるということが、ポイントになります。このことはこれからの管理職との相談で決まっていきます。フィリップ・アディ教授のお話の中にもありましたように、「校長の役割が大切で校長を味方につけないといけない」と思います。それと集団として取り組むことが大切ですね。

- ・ 「指導と評価」について、静岡市で、さらに進めていきたいと思えます。評価のこと、評価した上で、子どもたちに与えられるアドバイス、指導等により、詳細な資料、授業分析記録等あれば、教えてください。小中学校の「よい理科の授業」VTR分析でお世話になります。十分な授業案検討、分析の視点、検討により、質の高い授業分析を旨したいと願っています。
- ・ 具体的な資料、教材が示される報告や実践を報告していただくと、一部にもすぐに実践できるのでは……。教育は、長い目で見ていかなければいけないと思うが、今学んでいる生徒は、今しか学ぶことができない。すこしでは、力になる取組をすることも一方ではある。もちろん、将来の教育の行方を求め研究することは、重要であることは、言うまでもないです。
- ・ コースワークやCASEがどの程度有効なのか、現場ではないので、把握できませんが、参加されていた多くの教員の方々の実践を踏まえて、確固としたものになることを期待しています。
- ・ CASEの意義と効果については、およそわかったと思うが、現場の教員としては、具体的な教材と、授業のしかた、評価のしかたについて知りたいと思う。できれば模試授業を受けたい。そうでないと、講義だけではわかりにくい。やはり現状では、そっくりそのまま導入ということは難しい。(教育制度そのものがちがうから)と思うが、個々の教員が学び、授業の中で使えるところを、利用していくというのが、現実なのかもしれない。筆記全国テストや、日々の授業での生徒の授業の成果に対する評価については、より客観的ですぐれた方法を学びたいと思う。私は、中学理科で年間の授業時間の一部で仮説実験授業を、毎年実施しており、子どもの反応から効果を感じてきた。CASEと、ねらいとするところは、異なるが、認識の対立点を明確にし、条件を統制したらどうなるかを考えさせるなど、共通点を感じた。今回の講演で、仮説実験授業が有効な点の意味付けがわかった気がした。
- ・ 本校では課題研究を近隣の博物館と連携して、実施している。さらに大学等の先生方にも協力していただけないかと思案中である。中・高レベルの生徒に、いかに専門家に入っていただけか、私は課題であると考えています。課題研究をSSHなどで、実施し、生徒の興味関心を伸ばしたり、能力を高めたりしている成功例を報告されることを希望いたします。
- ・ CASEプログラムの開発者の方のお話を直接伺うことができ、また各先生方のご発表も良い意味で非常に「研究的」でとても知的にわくわくする時間を過ごすことができました。さっそく「Thinking Science」を頼みました。もう少し伺いたかった点は、①30のカリキュラム

の開発方法（どんな組織で、開発しているのかなど）②カリキュラムに対しての生徒の評価（生徒はどの程度歓迎しているか）の2点です。何かの機会に伺えればと思っています。フォーラムに参加して、CASEプログラムは、「あるパラダイムのもとに行われる『通常科学』『規範的科学』のパズル解きの面白さ」が実感できるものであるという印象を受けました。

- ・ 実際の具体的な授業の様子についての情報がもっと欲しいと感じました。
- ・ 少しがんばって探究の研究会でいろいろ検討しようと思います。やる気が出てきました。すでに8回ほど「探究」の研究会を開いています。
- ・ CASE理論の実践例、高校物理への応用（実験になると思うが）。認知科学と教科指導法について。フォーラムでは勉強になりました。ありがとうございました。
- ・ 実践、体験→知識というプログラムを模索中です。（数学教師ですが）今後ともに、科学教育の発展のために努力していきたい。
- ・ 外国のすぐれた研究や実践をどんどん和訳してほしい。
- ・ 英国において、数学教育と理科教育の関連はどうなっているか知りたい。また、数学教育においてCASE理論に対応するような理論や取り組みがあるかどうかとも知りたい。
- ・ 国内の実践は参考になるので、ぜひそのような報告を期待したいと思います。また、国内の入試問題についても昨今は「科学的探究能力」を高める問題が工夫されています。イギリスの入試問題等も、それらと比較しても、おもしろいのではと考えています。
- ・ 日本でも「科学的」と思われる学習内容、方法は多くあると思いますが、それを明確に意義付けしたり、現場教師に広く効用を認識させるシステムになっていないと思います。科学教育は、知識も大切ですが、それ以上に思考過程が大切です。科学的な考え方、分析力、探究力は、人間の日常生活上生きる知恵として、必要不可欠です。「科学＝知識」という、現場教師の（特に文系出身の方）アレルギーを取り除くためにも、このプログラムを役立ててください。自称文系の方も、日々「科学的」思考法、行動は気づかないうちに行っています。そこを意識してもらえれば、アレルギーは小さくなると思うのですが。
- ・ 年間何回も、このような研修会がもたれることを、期待しています。
- ・ 勉強不足で、的はずれなことを書いているかも、しれませんがお許してください。イギリスの（一般的な）教育制度 {〇才～〇才、初等段階であるなど。学校種—Grammar School など。何%程度がSixth Formや大学へ進学するのか？理系人口の割合。National Curriculumの導入の経緯（歴史的に）。GCSEやGCEでのDouble AwardやSingle Awardについての詳細な説明。2単位得られるということは、物理、化学のように2科目受験するのか。それとも、複合的な問いがなされるのか。Examination boardに關与（参加）している現職教員の割り合い、もしくは構成メンバー。この報告書で提示された事例を、どの程度活用してもよいのか？→著作権の問題。
- ・ 能力育成でカリキュラムを配分・配列する場合に、その学習内容をどのような基準で選ぶのか（んだのか）知りたい。CASEとカリキュラムとの関係についてもきちんと説明した方が誤解を生じないと思います。

- 日本の学校でさっそくですから、取り入れる方向を検討できませんでしょうか？1校や2校ではなく、地域単位で通学圏で重なる数校が面白いように思えます。ただ、英国の実践をそのまま上滑りさせて取り入れるのではなく、随時、日本風に改善し、独立化させていくことは、必要だと思います。現在小、中学校の教育に、現場への期待よりも「塾」への期待の方が大きい様に感じます。なんとか塾も巻き込めればよいですね。
- 「科学的探究能力」の育成に独創性の育成？を含めると混乱がありはしないか。CASE プログラムは、多くの子供の科学的基礎力を向上させるには、効果が大きいと考える。独創性の育成なら、人のマネをしないなどを強調する必要があると考える。
- なかなか難しいとは思いますが、もう少し、質疑の時間がほしいところです。フロアーにも、Social Construction がないと、身につかないのではないのでしょうか。
- 今すぐに、いろいろ書いただけ意見はありませんが、いろいろ紹介していただけるとありがたい。
- 半日の設定で時間が不足ぎみと感じた。午前中から始めても良いのでは。報告毎に質疑応答があった方が理解が深まる。Piaget の発達理論に基づいての科学教育法と受けとめたが。Piaget の研究成果（科学教育に結びつく範囲で）と最近の評価等についても、テーマ設けて報告があると、CASE への理解がより深まったと思う。（フィリップ・アデイ氏の講演などに簡単な説明はあったが）
- 実践された結果の情報を、さらに教えていただければ幸いです。
- CASE プログラムの具体的な内容の紹介。CASE プログラムの内容をどのように開発したのか教えて欲しい。
- 現行の日本の教育課程を、急進的に改革するのは難しいと思いますが、できることから「無理なく、役に立つ、生徒にとっても、教員にとっても楽しい」改革を目指すことは大切だと思います。また、個人的に職務の関係上「教員研修はどうあるべきか？」ということに、大きな関心があります。日本の未来を担う子供達のために、今こそ真剣に考えたいものです。
- 米国の AP (Advanced Placement) プログラムについて色々教えていただきたいのですが。本校は高大連携を推進しようとしているのです。今、校内では AP を手本とした「先取り教育」のようなものを、数学、物理、化学、工業について行おうとしています。高校において大学レベルの授業内容を行うことについての効果や、AP 教員の研修制度、通常の授業と AP の対応関係などについて米国の実態がほとんど分からない状態です。College Board の AP の Course Description などを読んでいるのですが、実際に授業がどのように行われているのでしょうか。
- Thinking Science および Science Education を入り口とする CA 開発に感銘を受けた。教育内容は易しすぎず、難しすぎずである必要があるという主張は当然であるか。CA を 8 段階に分類すると、同じ段階の生徒を集めて教えるのであろうか。学年別と能力別の問題は、日本では議論が分かれる所であるか、英国ではどうなのだろうか。数学と理科をあわせて CA の発達を図るのが良いのではないかと思うが、どうなのであろうか。

- 山口県の先生より提示があったような、実践編も入れながら、理論解決が行われるとわかりやすい。私たちも、もっともっと勉強しなくてはならないと痛感しました。
- 科学教育の意義について、心強い報告を受けたと思いました。国数の他に理科を基幹科目と認める英国の方針が全国的に理科及び他教科の学力を促進するというところに、つながることも興味深いです。比較的、独自の教育を可能としている。私立学校において、実践可能なことであると思いました。今回の報告は、私共にとって、とても参考になる報告でした。カリキュラム全体をすぐに変えられないまでも、一部を実践することができないかと考えています。中高の入試が終わり、学年末のさなかにありますので、十分に報告書を拝見させていただいておりません。理科の部会で紹介する機会を持ちたいと考えています。教科書の取り寄せを試みました。
- (具体的認知→形式的認知) 高校生の1年～2年生の段階で、実験や実習において、こうした能力の促進や転化をはかることができるコースワークが開発できると良いと考えている。しかし、そのためには、一方で評価方法の確立が必要かと考える。現状SSHでやっているが、難しいですね。
- イギリスでの評価制度の実態についての調査は、今までにない具体的かつ詳細なもので、大変勉強になりました。アメリカでの、さまざまな取り組みについても、教えていただければ幸いです。
- 子どもの科学的探究能力を育てるという意味でCASE理論と、これまでの日本でのとりくみ(仮説実験授業など)と比べ、何が同じか違うのかが明確になればと思いました。そうでないと、CASE理論および実践の表面的理解にとどまると思われたからです。
- 小生は理科教育を価値観独立性のある科学的なものにすべきだと考えておりますが、CASEの理論に触れて、「その通り」と共感する点が多々ありました。日頃交流のある小・中・高の先生方に、今回のフォーラムのことを話して回っています。
- International Baccalaureate 関連について教えていただけるとありがたいです。

第二部

英国における認知的発達促進プログラム

ー科学的思考力の基盤づくりー

第6章 CASEプロジェクトの概要

ープロジェクトによって開発された教材ー

Thinking Science

(認知加速のための授業プログラム)

Thinking through Science

(CASEの成果を生かした理科教科書)

Let's Think through Science

(小学校初期の児童を対象にした授業プログラム)

浅海範明 (山口県熊毛郡田布施町立麻郷小学校)

1 CASE(Cognitive Acceleration through Science Education)プロジェクトとは

CASE はピアジェやヴィゴツキーの研究成果を理科授業に生かし、認知能力の発達を促進させようとするプロジェクトで、ロンドン大学キングスカレッジを中心とした組織によって20年以上研究が続けられている。そしてこのプロジェクトにおいて開発された「Thinking Science」という学習プログラムは、その効果が全国統一試験においても確認されており、実績が国内外で広く認められている。

1981年に発表された「Towards a Science of Science Teaching」(科学教授のための科学をめざして)では、英国における児童の認知レベルをSRTという独自のテストを用いて調査し、その当時使われていた教科書が、児童の実態にあっていないことを指摘した。その後、教科書のレベルを落とすのではなく、児童の認知レベルを「加速」することをめざして指導法の研究に着手する。その研究から生まれた「認知加速」のための学習プログラムが「Thinking Science」としてまとめられた。

「Thinking Science」の授業は通常の授業とはその運営方法が異なるため、特別なトレーニングを受けた教師が指導に当たることが望ましい。そこで教師のトレーニングプログラムを開発し、教師の研修会を行う際に必要となるプリント類、OHPマスター、研修会の運営方法などをまとめた「Thinking Science INSET」が出版された。またロンドン大学キングスカレッジを中心としたCASEの本部では、教師の研修講座を開催している。教師が大学に来てCASEの理論を学ぶほか、学校での授業をCASEのスタッフが参観し、授業の運営等について実践的なアドバイスを与えている。

2 Thinking Science

表1にピアジェの提唱した推論形式を示す。これらの推論形式を身に付けさせるために特別にデザインされた授業プログラムが「Thinking Science」である。各授業の概要を表2に示す。これらの授業（1回70分程度）を2年間にわたって計30回行う。従って生徒は、一般的な理科授業とは別に2～3週間に1度の割合で、「Thinking Science」の授業を受けることになる。そしてこのプログラムは以下のような方法論に支えられている。

- ・用語法の確立・・・キーワードを用いて概念を意識づける。
- ・関連づけ・・・同じ推論形式を異なった問題場面で用いるように仕向ける。
- ・認知的葛藤と新しい認知構造の構築・・・これまでの認識とのずれを経験させ、その事象を説明し得る新たな認知構造を学習者自らが作り上げるようにする。
- ・メタ認知・・・自分の理解の状態や思考過程について、吟味させる。

表1 Thinking Science で扱われる推論形式の概要

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

表2 Thinking Science の授業計画

| | | 授業タイトル | 育成をねらう推論形式 | 授業内容の概要 | |
|--------------|-----|--------|-------------|---------|---|
| 第7学年(11~12才) | 1学期 | 1 | 変量ってなに? | 変量とその値 | これからのトレーニングに必要な「変量」と「値」についての概念形成を行う。教材としては、平面図形や実験器具の容積のような理科的なものだけではなく、お湯を沸かす場面、皿に盛られたソーセージの図などが用いられる。 |
| | | 2 | 2つの変量 | | |
| | | 3 | 正しい調べ方 | 条件統制 | |
| | | 4 | どんな関係? | 変量とその値 | |
| | | 5 | 斜面を転がるボール | 条件統制 | |
| | 2学期 | 6 | 歯車と比 | 比例 | 歯車、紙の枚数と厚み、地図の縮尺等を用いて比や比例について理解させる。 |
| | | 7 | 倍率(縮図と顕微鏡) | 比例 | 縮図や顕微鏡の倍率を用いて、比や比例について理解させる。 |
| | | 8 | 一輪車 | 比例 | 一輪車にてこの原理を題材にして、荷物の重さと持ち上げる力との比例関係や、荷物の重さと支点からの距離の反比例関係を理解させる。 |
| | | 9 | 幹と枝 | 補償 | 幹から何回枝分かれしたか、その回数とその枝の太さの関係を調べ、反比例についての定性的理解を図る。 |
| | | 10 | てこ | 補償 | てこに加える力と、支点からの距離の関係をj用いて反比例を理解させる。てこの他にも、反比例的な事例を示し概念形成を促進する。 |
| | 3学期 | 11 | 電流と導線の長さや太さ | 補償 | 電流の大きさと導線の長さの関係をj用いて、反比例の概念を形成させる。 |
| | | 12 | 電圧と電流、電力 | 補償 | 電力を一定にしたときの電流と電圧の反比例関係を導入し、「補償」の概念を確かなものにする。 |
| | | 13 | 表か裏か(コイントス) | 確率 | コインを投げて表がでたときと裏がでたときを記録し、グラフ化することなどを通して、確立の概念を導入する。 |
| | | 14 | 組み合わせ | 組み合わせ | これからのトレーニングに必要な「複数の変量を、もれや重複がないように組み合わせる。」という能力を身に付けさせる。こまを4色に塗り分ける場面や数種の料理を皿に盛り付ける場面を用いる。 |
| | | 15 | 紅茶の味比べ | 確率 | 「ミルクと紅茶のどちらを先に注いだミルクティーか。」という味比べで、でたために答えてもどれくらい正答することができるか、コインの表裏の事象と結びつけて理解させる。 |

| | | | | | |
|--------------|-----|----|-----------|--------|---|
| 第8学年(12〜13才) | 1学期 | 16 | 変量の相互作用 | 条件統制 | イースト菌を活発にさせる要因やさびを促進する2つの要因を条件統制や条件の組み合わせに着目させて実験し、より複雑な実験条件の操作ができるようにする。 |
| | | 17 | ダンゴムシの性質 | 相関関係 | ダンゴムシの好きな環境を湿度と明るさの2つの要因を組み合わせた4種類の条件下で調べ、相関関係の概念を導入する。 |
| | | 18 | 肥料や薬とその効果 | 相関関係 | 植物や動物に肥料や薬を与えたときの効果についてのシミュレーションから、相関関係の考え方に習熟する。 |
| | | 19 | 全体はいくつ? | 確率 | 全体の数を調べるのが困難なとき、その一部の個体にはマーキングをしてもとの集団に戻し、再び個体を取り出して、マーキングされた個体数の割合から全体数を推計する方法を経験させる。 |
| | | 20 | さいころの目 | 確率 | 2つのさいころを振り、でた目を表にまとめる活動を通して、確立の概念を確かなものにする。 |
| | 2学期 | 21 | なかま作り | 分類 | 種々の生きものをなかま分けする活動を通して分類の概念を導入する。 |
| | | 22 | 鳥の分類 | 分類 | より多くの条件を使って、複雑な分類ができるようにする。分類に適した条件とは何かということにも気付かせる。 |
| | | 23 | 物質の三態 | モデル化 | 種々の物質が融ける様子を観察し、融ける前と後では物質がどのように変化したのかを説明しようとする課程から、説明するのに適したモデルを考えるようにする。 |
| | | 24 | 溶解 | モデル化 | 物質が溶解する様子や溶媒の蒸発によって析出する様子を観察させ、適当なモデルを用いて説明できるようにする。 |
| | | 25 | 化学反応 | モデル化 | ろうそくの燃焼や銅と硫黄の反応などを観察させ、適当なモデルを用いて説明できるようにする。 |
| | 3学期 | 26 | 圧力 | 複合した変量 | 圧力や密度のような二つの変量から成り立つ変量を導入する。体重や、履いている靴の違いでどの程度地面にめりこむかが異なることなどを例示する。 |
| | | 27 | 浮くか沈むか | 複合した変量 | 容積や質量のちがういくつかのビンについて、水に浮くか沈むかを調べることを通して、密度という二つの変量が複合した変量の必要性を理解させる。 |
| | | 28 | どちらが上がる? | 平衡 | てこの両側のおもりとそれぞれの支点からの距離のように4つの変量がバランスを保っているような事象について理解させる。天秤の他にも、傾斜のちがう坂に、質量のちがう2台の車がロープでつながれてぶら下がっているような場面も用いる。 |
| | | 29 | 天秤のつり合い | 平衡 | |
| | | 30 | ダイバー | 複合した変量 | 浮沈子の実験から、浮沈子の容積と質量、浮沈子を浮かべる水の量とその水に加える食塩の量という4つの複雑な変量の関係が理解できるようにする。 |

3 Thinking through Science

前述の「Thinking Science」は普通の理科授業とは別に、特別な授業プログラムによる30回の授業を必要とするが、一般的な理科の授業においてCASEの成果を生かした授業を行うために開発されたのが、「Thinking through Science」である。この「Thinking through Science」は3冊に分かれた教科書の体裁をとっており、一般の授業に特別な授業を挿入する「Thinking Science」とは形態が大きく異なっている。すなわち指導要領に準拠した理科の教科書と同様の内容を持ち、授業の中でCASEの理論を生かすための留意点や補充的な活動を示すという形である。このような形態で教材を提示したことはCASEプロジェクトで提案された手法が、指導要領のどの部分で有効であるかを示すのに有効であると思われる。「Thinking Science」では、挿入する授業が指導要領のどの部分に対応しているのかがわかりにくく、教師側に必然感が生まれにくいという欠点があった。以下にCASEで提案された推論形式を教科書中のどの単元の中で育成しようとしているのかについて示す。

Thinking Through SCIENCEの第1巻の目次と各推論形式がどの単元において取り扱われているかを以下にまとめた。

Thinking Through SCIENCE 第1巻 目次

| | | |
|------------|----|--------|
| はじめに | 7 | 細胞 |
| 1 環境と食物連鎖 | 8 | 生殖 |
| 2 変異と分類 | 9 | 溶液 |
| 3 電気 | 10 | 太陽系 |
| 4 固体、液体、気体 | 11 | 化学反応 |
| 5 酸とアルカリ | 12 | エネルギー源 |
| 6 力と作用 | | |

| CASEの推論形式 | 取り扱う単元の番号 |
|-------------|------------------------------------|
| 変量の制御（条件統制） | はじめに, 1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 |
| 分類 | 2, 4, 5, 10 |
| 比、縮尺、割合、 | 1, 2, 7, 8, 9, 10 |
| 複合した変量 | 1, 6, 12 |
| 確率、相関 | 2 |
| モデル化 | はじめに, 1, 2, 3, 4, 7, 9, 10 |

上の表で示されるように、推論形式は多くの単元の学習に関係しており、異なった単元で同じ推論形式を用いて繰り返し用いることで、その形成をより確かにしようとしている。

(1) 複数単元にまたがって扱われる推論形式

始めに「分類」という推論形式が異なった単元の中でどのように取り上げられているかを概観する。

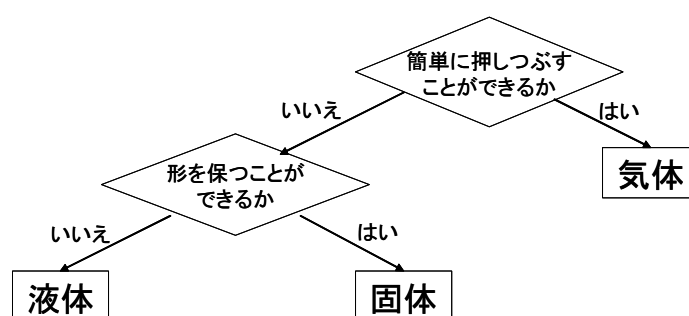
「分類」は、「2 変異と分類」、「4 固体、液体、気体」、「5 酸とアルカリ」、「10 太陽系」の4つの単元で指導されることになっている。

2 変異と分類

始めから分類の観点を示すのではなく、多種の生物を示しそれらを分類させる活動から、どのような点に着目し分類することができるのかを気づかせるような活動を仕組んでいる。また補充的な活動として、部屋に散らかったものをどのように分類して棚に整理するのがよいかを考えるというものがあり、CASEの授業と共通した手法が見られる。

4 固体、液体、気体

物質を固体、液体、気体に分類する方法をフローチャートで提示する。(下図参照)



しかる後に砂時計の砂、消しゴム、ゴム手袋、練り歯磨き、ゼリーを液体、固体、気体に分類することを通じて、分類の観点を見直す必要に気づかせる。

5 酸とアルカリ

いろいろな溶液を酸性、アルカリ性、中性、に分類する。また、これらの分類は、数種類の指示薬を使い分けることで、より複雑な分類となる。

10 太陽系

2人組で天体に関する既知の言葉(月、太陽、惑星、自転、軌道、重力・・・)を出し合い、それらを分類することなどを通して概念図を作成する。

(2) 1単元の中で扱われる複数の推論形式

次に1つの単元の中で、各種推論形式がどのように取り上げられているか、2 変異と分類の単元を例に紹介する。この単元では4つの推論形式(「分類」、「比、縮尺、割合」、「確率、相関」、「モデル化」)を扱うことになっている。これら4つの推論形式は、この単元の中で次のように扱われる。

「分類」

前項を参照のこと

「比、縮尺、割合」

この推論形式を扱うための項立は見られないが、次の「確率、相関」を扱う際に、この推論形式が関係してくるものと思われる。

「確率、相関」

ある種が持っている形質が、遺伝的なものなのか種内での変異かという問題から、人間の身長、

足の大きさ、ヒイラギがつける実の数等のデータが示される。これらのデータは単独に示されるのではなく、例えば身長と足の大きさ、実の数とその冬の平均気温、というように他の条件との相関が判るように、グラフにプロットして示され、正の相関、負の相関についての解説がなされる。そしてそれらの情報を用いて、足の大きさから身長を予測したり、その年の平均気温からヒイラギの実の数を予測したりする。また、サンプルの大きさがその統計の信頼度にどのような影響を与えるかについて考えさせる。

「モデル化」

形質を伝えるときの遺伝子や染色体の働きを、アルファベットの各文字が単語や文章を作り、それが物語となることに類比させ、現象をモデル化して考えることを理解させようとしている。

(3) その他CASEに関連した特徴

- 1 教師用指導書には各単元の始めにその単元で取り上げられる推論形式についての解説がある。
- 2 各巻の始めには、実験における注意事項やグラフの描き方といった、理科授業全般にかかわる事項が解説されているが、推論形式を形成させるための活動も数多く含まれている。これらの活動は、「Thinking Science」に共通するものが多い。
- 3 指導要領の内容に準拠してはいるが、推論形式をより効果的に育成するために、単元構成が普通の教科書とは若干異なるようだ。他の教科書との比較をしていないため、具体的にどのような工夫がされているのかについては未確認である。

3 Let's Think through Science

前述の二つの教材が、Key Stage 3の生徒を対象としたものであるのに対して、この教材は、第3学年（Key Stage 1の最終学年）の児童を対象に、より早い時期から科学的な思考のトレーニングを開始するというねらいで開発された教材である。この時期の子どもにとっては、確実な具体操作を身に付けさせることが将来の確実な形式操作のために必要であると考えられるため、表3に示すようなスキーマにおいて確実な具体操作を行わせる活動が考案されている。17の学習活動の内、始めの二つはグループワークに必要なルール作りを中心に進められ、残りの15回で、ピアジェの提唱した具体操作を確立するための活動を行う（表4）。これらの活動に使われる教材は、指導要領のKey Stage 1に示された内容に準拠している。ただしこの教材はKey Stage 1の内容を全てカバーしているわけではないので、これとは別に通常の理科の授業を行う必要がある。したがってこの教材は「Thinking Science」の低学年版であるといえる。

表3 Let's Think through Science で扱われるスキーマ

| スキーマ | スキーマの特徴 |
|--------|---|
| 分類 | 複数の対象を概観して観点を定め、なかま分けする。対象が持つ属性の数が増えるほど、また、その値のとり範囲が広いほど難しい分類となる。 |
| 因果関係 | 一つの変数の変化が他の変数の変化の原因になっていることを認識する。 |
| 組み合わせ | 複数の対象を順序良く、効率的に組み合わせ、何種類の組み合わせ方があるか調べる。 |
| 配列 | 複数の対象を決められた観点に従って、順番に並べる。 |
| モデル化 | 事象を抽象化して図に表したり、その図を使って考えを進めたりする。 |
| 変数間の関係 | 二つ以上の変数の変化が、何らかの関わりを持っていることを認識する。 |
| 保存 | あるものの形状や、置かれた位置が変わっても、その物質量は変化しないという認識。 |

表4 Let's Think through Science の授業計画

| 単元 | 活動のタイトル | ねらいとするスキーマ | 活動内容の概略 |
|--------|---------------|--------------------|---|
| 導入的な活動 | A お金について | (能率的なグループ討議のための準備) | 7種類のコインを組み合わせで指定された金額にするという活動をグループで行い、集団で機能的に思考することの経験をする。教材の内容としては「組み合わせ」のスキーマに関係したものである。 |
| | B ドアを塗り分けよう | | 20枚のドアを決められた条件に合致するように8色に色分けする。(となりと同じ色にならないように塗る。1桁目が2のドアはオレンジ色でなくてはならない。) この活動はグループ討議に慣れさせるだけでなく、答えは一つに決まらないという経験をさせるねらいもある。 |
| 歯と食餌 | 1.1 食べ物のなかま分け | 分類 | 1日に食べた料理から、用いられている材料を書き出し、4人グループで分類させる。分類の観点は最初示さない。分類の仕方について学級内で討議した後で、最終的にはたんぱく質、炭水化物、ビタミン・無機質、脂肪に分類してまとめる。 |
| | 1.2 動物と歯 | 因果関係 | 人間を含めた20種類の動物を示し、そのえさの種類について考えさせる。その後それらの動物の歯がどのような形状になっているかを考えさせ、所為供物の種類との関係を認識させる。 |
| | 1.3 サンドウィッチ | 組み合わせ | サンドウィッチの構成をパン、中身、その他の具の3つの変数で捉え、それぞれが3つの選択肢を持っているとすると何種類のサンドウィッチが作れるかを考える。 |
| 植物の育ち | 2.1 これは種? | 分類 | 種と、種に似た物を5種類ずつ混ぜて示し、どのような観点からそれを種と断定するのかについて話し合う。 |
| もの | 3.1 何を着ようかな | 変数間の関係 | 12種類の衣料の素材(綿、毛、ナイロン等)を示し、与えられた条件において、素材の特性を勘案してどの素材でできた服を選択するかについて話し合う。 |
| | 3.2 もののなかま分け | 配列 | 異なった素材できている様々なもの(用紙、アルミホイル、クリップ、定規、消しゴム等)を提示する。それを「強さ」というあいまいな基準の下で「弱いもの」から「強いもの」の順に並べるよう指示する。「強さ」をどのように捉えるかについての討議を通して、ある属性に着目して、順序性を与えるという思考を鍛える。 |
| 石や土 | 4.1 石のなかま分け | 分類 | 大きさ、色、質感の異なった8から10個の岩石を観点を与えずに分類させ、分類の仕方について討議する。2つのグループに分けるように指示したり、何通りの分類ができるか会うか考えさせたりすることで、分類することに習熟する。 |
| | 4.2 土の組成 | モデル化 | 均一の物質であると考えていた土が、水の中で攪拌することにより、いくつかの異なった部分に分かれる様子を観察させて、各部分の特徴を認識することで、土が部分構造を持ってモデル化される。 |

| | | | |
|-------|-------------------|--------|---|
| 磁石とばね | 5.1 磁石に付くもの付かないもの | 分類 | 数種類の金属と、木、プラスチック、陶器、等を磁石に付くものと着かないものに分類する。金属でも磁石に付かないものがあることを提示し、磁石に付かなかったものについてそれをさらに金属と、非金属に分類する必然性を持たせ、磁石に付く、付かない、金属、非金属という二つの属性を用いたより高度な分類を経験させる。 |
| | 5.2 磁石の強さ | 変数間の関係 | 磁石の強さがその大きさには関係ないという意外な事実を提示することで、磁石の様々の属性（形状、材質、大きさ）と磁石の強さという属性との関係について考察する経験をさせる。 |
| | 5.3 極を探せ | モデル化 | 磁石がクリップをひきつける様子や磁石同士がひきつけあったり、反発しあったりする様子を演示し、磁場の様子や、磁石の極の仕組みをモデル化して理解させる。 |
| | 5.4 ジャガイモの重さ | 因果関係 | スーパーの袋に入ったジャガイモをゴムバンドで持ち上げる活動を通して、ゴムの伸びと、中に入っているジャガイモの重さとの間にある、因果関係を理解する。 |
| 光と影 | 6.1 影の長さ | 因果関係 | 垂直に立てた棒の影の長さや方向の変化を予想し、それを実際に観察して確かめることで影の長さや方向と太陽の位置との因果関係を理解する。 |
| | 6.2 影人形をつくろう | 因果関係 | 影人形を作る活動を通して、素材の持つ特性（光の透過性、輪郭の形状）と、その人形が作り出す影との因果関係を理解する。 |
| 保存 | 7.1 体積の保存 | 保存 | 形状が異なった容器に、100mlの水を移し変えたり、100mlの水に100mlの砂を加えると200mlになることを確かめたりして、物質量の保存について理解する。 |

第7章 Let's Think「考えよう」の概要^{注1}

笠 耐

はじめに

Let's Think「考えよう」は、公教育が始まる英国の小学校1年生（5歳）向けに開発されたプログラムである。この年齢はピアジェの理論によると、平均的な子供が「前操作的」思考から「具体的」操作思考へ移行する時期であり、そのような子供たちに適切な思考の刺激を与えて、かれらの考える能力を促進するためにつくられた1年間のコースである。このコースは30の活動（表1）で構成されており、各々の子供は、毎週30分間、6人の小グループで、1人の教員の指導を受けて1つの活動を行う。したがって、すべての活動をリストの順序で終了するには、1年間に30週、学習する必要がある。

「考えよう」の活動のために、教師用書と教材パックが準備されている。「考えよう」を指導する教師は、できればこのコースを指導するための準備教育を受けて、その背景にある理論を理解し、従来の授業とは異なる指導方法で、生徒の活動を助けることが要求される。教師用書からの引用を元に、その概要を以下に述べる。

「考えよう」はどのように開発されたか

「考えよう」は the Cognitive Acceleration through Science Education (CASE) プロジェクト^{注2} から生まれた。The Economic and Social Research Council (1984-1987) によって支援された CASE の目的は、10歳から14歳までの年齢の平均的な生徒たちの思考の一般的なレベルを向上させる可能性を研究することであった。CASE のカリキュラムの教材と方法は9校で試行され、直後の評価では、生徒たちが認知的な進歩をしたことが示された。干渉(intervention)が行われた2,3年後に、CASE を経験した生徒たちは経験しなかった生徒たちよりも、科学だけでなく、数学や英語でもかなり高い成績に到達したことが明らかになった。1991年に多くの学校や地域の教育庁が CASE の方法による、より進んだ学習指導を始め、生徒たちの学力に、より肯定的で、長期間の効果があることが観察された。

CASE の教材は、生徒の思考と推論とに挑戦し、生徒が自分自身の思考を自覚し、問題を解決するための論理的な戦略を立てるのを助けるために計画された、教育方法とカリキュラムの課題のセットとを与えている。カリキュラムの課題は、子供がもっている科学の概念に挑戦して、かれらが精神的な葛藤を生じるような問題を与えるように工夫されている。

CASE はピアジェとヴィゴツキーとフォイエルスタインによって確立された学習の信頼できる原

注1 物理教育通信 No.120 (6-24) 2005 に掲載されたものを再掲（一部修正）

注2 CASE コースの出版物—Philip Adey, Michael Shayer, Carolyn Yates 著の Thinking Science は Nelson-Thornes から出版されている (ISBN 01 743 8673 7)。

理を基礎にしている。子供たちの思考能力の標準を引き上げるための筋が通った研究方法は、大きな規模で学力を高めるのに必要な、生徒の指導や教師の専門的な発達や学校の運営技術をも提供している。

より若い子供たちの思考能力の研究

1999年にCASEチームは、正規の学校のクラスにおける5歳から6歳の子供たちに対する、認知的に刺激する活動―「考えよう」プログラムの試作の効果を研究し始めた。その目的はこれらの活動の生徒の認知発達に与える学習直後の効果と、学力への長期的効果の両方を調べることにあった。

「考えよう」教材の予備的な評価は2000年5月に1年生の14のクラスで実行された。そして定量的方法と定性的方法との両方を使用して、プログラムの効果が追跡された。1999年の9月に1年生の14の試行「クラス」の子供たちと、8つの「コントロール」クラスの生徒たちとに、これらのレベルの認知発達の2つのテストが与えられた。その学年の終わりにまた、同じテストが与えられた。その結果、「考えよう」の活動を行った子供たちの一般的な思考能力が、活動を行わない子供たちに比べて、明らかに高まっていることが判明した。また、活動を行った子供たちをインタビューした研究者は、子供たちが、「私たちはグループで考え、自分たちの理由を述べあい、話し合い、お互いに助け合って、問題を解決している」と、述べていることを確認した。

活動の内容

教師用書には30の活動について、各々の活動の指導書が掲載されている。30の活動のリストは表1に示されているが、各々の活動のスキーマと指導書のページも記されている。最初の3つの活動(A, B, C)は、コースを通じて重要な「聞くこと」を目的とした活動であり、子供たちがグループの中でお互いに、相手にわかるように意見を述べ、また人の意見を注意深く聞くことを学ぶように計画されている。その後の活動(1から27まで)の各々は、次のような具体的操作の6つのスキーマのいずれかに対応していて、易しいことからだんだん難しい問題へ進むように計画されている。

- ・連続配列
- ・分類
- ・時間系列
- ・空間認知
- ・因果関係
- ・ゲームの規則

新しいスキーマの導入に際して、その概略が各活動の指導書のSchema Fact Boxに述べられている。

表 1

| 活動のリスト | スキーマ | ページ |
|--------------------|--------|-----|
| 活動 A : ピエロの顔 | (聞くこと) | 1 4 |
| 活動 B : 宇宙 | (聞くこと) | 1 6 |
| 活動 C : 動物 | (聞くこと) | 1 8 |
| 活動 1 : 棒 | 連続配列 | 2 0 |
| 活動 2 : 花* | 連続配列 | 2 2 |
| 活動 3 : ビー玉競走 | 連続配列 | 2 4 |
| 活動 4 : 形を分類する | 分類 | 2 6 |
| 活動 5 : 家畜 I | 分類 | 2 8 |
| 活動 6 : ボタン* | 分類 | 3 0 |
| 活動 7 : 家畜 II | 分類 | 3 2 |
| 活動 8 : 失ったブーツ | 時間系列 | 3 4 |
| 活動 9 : 車* | 分類 | 3 6 |
| 活動 10 : 石* | 連続配列 | 3 8 |
| 活動 11 : 箱 | 連続配列 | 4 0 |
| 活動 12 : 料理 | 時間系列 | 4 2 |
| 活動 13 : 生物? | 分類 | 4 4 |
| 活動 14 : 何かを推測する | 分類 | 4 6 |
| 活動 15 : 図書館の本* | 連続配列 | 4 8 |
| 活動 16 : 十字路 I | 空間認知 | 5 0 |
| 活動 17 : 形を見る | 空間認知 | 5 4 |
| 活動 18 : 十字路 II | 空間認知 | 5 6 |
| 活動 19 : レンガ | 分類 | 5 8 |
| 活動 20 : 転がるピン* | 因果関係 | 6 0 |
| 活動 21 : 猫と蛇の物語 | 時間系列 | 6 2 |
| 活動 22 : 影 | 因果関係 | 6 4 |
| 活動 23 : この町で | ゲームの規則 | 6 6 |
| 活動 24 : ゲームをつくる | ゲームの規則 | 6 8 |
| 活動 25 : 変形 | 因果関係 | 7 0 |
| 活動 26 : 農家の庭 | 空間認知 | 7 2 |
| 活動 27 : アイスクリームの物語 | 時間系列 | 7 4 |

*印は教材がキットに含まれていない活動で、教師が身近なもので教材を準備しなくてはならない。

教材

教材パック：「考えよう」の活動の多くは、特別に準備された教材カードを使用するように計画されていて、カードは教材パックの中に入っている。これらの教材カードには、子供たちの興味を保つために、いくつかの異なるアートワークのスタイルが使用されている。

キット：特定の 3 次元の物体を必要とする活動もあり、それらの多くは「考えよう」キットの中に与えられているが、ありふれた物（石、花等々）が必要な場合は、教師たちが準備しなくてはならない。

教師用書：教師用書の 1 章は導入で、2 章にはこのプログラムの基礎をなす理論について書かれている。3 章は「考えよう」が理論を実践にどのように転換しているかを示している。そして 4 章はプログラムがどのように開発されたかを述べている。クラスで「考えよう」をどのように使用するかについての一般的な案内は、5 章に与えられていて、そこにはまた、プログラムの使用をどのように始めるかの段階的な手引きも示されている。各々の個別の活動に対する詳しい指導書は、6 章に書かれている。活動を実践する前に、活動に対するすべての指導書を必ず読む必要がある。付録 3 には、各々の活動に対して必要な、教材パックにあるカードの見本が与えられている。

理論的基礎

21 世紀の社会はその労働力に、かつてないほど高度の要求をするであろう。それは他の人間と交流しあうことや、または複雑なコンピュータガイドシステムを操作すること等である。教育に対するこの影響は、すべての子供たちが良き思考者になるように、その可能性を発展させることにある。

子供たちの思考の発達の記述

思考は、問題を解こうとするときわれわれが行うことである：それはわれわれに役立つ知識— 外の世界からであれ、またはわれわれ内部の記憶からであれ— を処理することを意味している。思考は、われわれが知っていることや観察したことを取り出して、新しい理解の方法にそれらを転じることを可能にする。ある人々は他の人々よりもこの情報処理の活動がより上手く、複雑な情報をより素早く処理できる。言葉の使用がより流暢な人もいるし、また、空間のセンスがより優れている人もいる。能力におけるこれらの差異をどのように特徴づけることができるであろうか。これらを述べる 1 つの方法は「知能」であるが、それはわれわれが子供について観察したことの多くを説明するために述べるには、あまりにも広範囲すぎる。子供たちが考え始める時の、子供たちの思考能力の発達を述べるのに役立つ 2 つの方法の概要を以下に説明する。

具体的操作

ジャン・ピアジェ (1896-1980) は「具体的操作」という言葉を、物質の世界に関連する精神的な

機能を述べるのに使用した。1 つに集められた物体を、異なる色や異なる形のセットに分類する能力は、精神的な活動を必要とする。典型的な子供たちは、4 歳から 6 歳の間に具体的な操作を使用する能力を獲得する。それ以前は、「前操作的」である。

作業メモリー

認知発達を調べる相補的な方法は、「作業メモリー」の発達を見ることである。作業メモリーは入ってきた情報を処理する精神的なシステムの一部であり、その情報が使用されたり、記憶されたりする前に、それを理解する部分である。情報は外部から、われわれの感覚（視覚、聴覚、等々）を通して入ってくるかもしれないし、または内部の長期メモリー（記憶）からくるかもしれない。作業メモリーは容量に限界があり、同時に情報のいくつかの部分の扱えるに過ぎない。ある心理学者は、前操作段階の子供たちは、作業メモリーで同時に扱える情報は 2 つの部類に限られると主張している。しかし、この容量は年齢や経験と共に増加していく。上で述べた具体的な操作は、3 ないし 4 の独立した部分の情報を扱うことができる作業メモリーの容量を必要とする。

発達していく能力のこれら 2 つのモデルは共に、異なる子供の間での差異を説明し、思考の発達を促進するために計画された活動を考案するのに役立つ。さらに進んだモデルもまた役にたつ、それはスキーマである。

スキーマー思考の異なる方法

スキーマという言葉は、多くの異なる状況に適用できる思考の一般的な方法を述べるのに使用される。例えば、分類のスキーマは、物体をある共通の特徴をもったグループに分ける一般的な認知能力を記述する。連続配列のスキーマは物を順番に並べる一般的な能力を述べる。保存は水や粘土のような物質の全体の量は、形が変えられても変わらないこと、すなわちその量は保存されることを理解できるスキーマである。

スキーマは世界を理解して、新しい状況に取り組む能力を与える。例えば、分類の一般的なスキーマなしには、物体を馴染みのない各々のセット（鳥、切手等々）にどのように分類するかを、各々の場合に関する原則から改めて学ばなくてはならない。各々のスキーマは能力の異なるレベルで機能する。たとえば、同時に 2 つの特性によって物体をセットに分類する能力は、1 つの特性での分類よりもより強力である。1 つのガラスコップからもう 1 つのコップに液体を注いだとき、液体の量は同じのままであること（液体の量の「保存」）を明確に理解することは、大きな粘土の 1 つの球をより小さな複数の球に壊したとき、その重さが保存されることを予測できることよりも、スキーマの有力さはより小さいのである。

思考能力の発達を促進すること

「認知」は知識を習得する方法や状況を理解する能力として定義できるであろう。認知能力は年齢と経験によって発達し、認知発達は子供たちの成熟のコースの期間に、子供たちがかれらの

周りの物質的および社会的世界との相互作用を行うとき、自然に起こる。われわれは肉体的な成熟を統制することはあまりできないが、教師や両親として、子供たちの環境を統制することはかなり可能である。刺激する環境の特徴とは何であろうか。いかに思考を刺激できるかについてのわれわれの考えを2つの心理学的な伝統から引用する。

認知葛藤

「認知葛藤」という概念はピアジェによっている。ピアジェは、子供たちにとって頭を悩ます経験や、自分もっているスキーマの使用では簡単に説明できない経験は、より強力なスキーマの発達を刺激できることを示唆している。これは、われわれが子供たちにより易しい要求を連続的に行うことは、かれらに実際は害を与えていることを示している。むしろわれわれはかれらにとって難問となる活動を考え出さなくてはならない。そしてかれらがこのような難問に立ち向かうのを助けなくてはならない。

社会的構成

ロシアの心理学者レフ・ヴィゴツキー(1896-1934)は、子供たちがかれらの周りの文化を吸収する方法に魅了された。かれは、人間が社会的な動物として、一緒に観察し耳を傾け、話や行動で物事を試行し、他の人への効果を探索し、そのようにして互いに学びあいながら成長していく、その方法を調べた。これらの観察から、かれは「社会的構成」の考えを開発した。多くの活動はグループ内の子供たちの間で起こるが、この方法には大人によって、よく運営される必要がある。ヴィゴツキーは子供たちが助け無しにできることと、かれらの友人たちから少し助けをもらって達成することとの間の違いを、「近接した発達領域」として述べている。

メタ認知

第三の原理は、ヴィゴツキーとピアジェから間接的に出てきたもので、認知発達は、子供たちがかれら自身の思考に注意深く気づき、活動者としての彼ら自身について考える場合に、また、活動過程における彼ら自身の活動の役割に連続的に注意を払うことで、助長されるということである。「メタ認知」という用語は、この自己認識を述べるのに使用される。

認知葛藤や社会的構成やメタ認知は「認知加速」の「3本柱」として一緒に述べられる。

「考えよう」理論から実践へ

「考えよう」の開発の背後にある主な推進の原理は、すべての子供の知識を処理する一般的な能力—考える能力—は、「認知加速」の方法によって、改良できるということである。「知能」という言葉はしばしば「固定された性質」を述べているように思われてしまう傾向があるが、「考えよう」はそうではなくて、認知心理学の理論（たとえば、具体的操作、作業メモリー）を利用して、時間をかけて実験しながら、すべての子供の思考の技能を発達させようとしているのである。

「考えよう」は公教育が始まる時に、子供たちの思考能力を発達させるように計画されている。それは、もしも適切に使用されたならば、子供たちの情報処理の許容量の成長を促進するような活動のセットを与えている。5歳という年齢は、よりよい思考を促進するための重要な時期であるということをサポートする理論的な推論がある。すなわち、この年齢になると多くの子供たちは、ピアジェが述べているように、「前操作的」思考から「具体的」操作思考へ移行する。「考えよう」はこの移行段階の子供たちに対して計画されている。その目的は、かれらが「認知発達」の階段の最初の段を登るときに、かれらを引き上げて促進することである。

「考えよう」の活動は、認知発達—「理解する」能力の発達—のプロセスを最大化する環境を与えることを目指している。「考えよう」の活動は、子供たちの学校生活の始めに子供の中に強力なスキーマの発達を促すので、この思考方法は子供たちのその後の全ての学習において役に立つ。「考えよう」の活動が基礎にしているスキーマは、多様な能力をもつ1年生の子供たちに対する幅広いスペクトルの難問を与えるように選ばれている。研究は、子供たちの学ぶことに対する一般的な能力に実質的な効果を与えることができることを示している。

認知発達の5本の柱

2章では認知加速の3本の「柱」：認知葛藤、社会的構成、メタ認知を述べた。理論から実践に移るには、あと2本の「柱」：「具体的準備」と「ブリッジング」が必要である。次に一般的な言葉で、「考えよう」ではこの5本の柱が共にどのように働くかを述べる。

1. 具体的準備

子供たちに難問となる活動を与える前に、かれらには具体的な準備が必要である。「考えよう」の各々の活動はしたがって、活動の言葉や教材を導入する段階（5分間以内）を経る。たとえば、ボタンに関する分類の活動では（活動6：ボタン）、教師は子供たちに物の名前を聞くことから始め、それらは互いにどのように異なるかを言うことや、異なるボタンの色の名前や、穴の数を質問する。このような活動は1年生には一般に難しくないが、子供たちは自分が持っている知識を整理して、使用できるようにそれを全面にもってくる。

2. 認知葛藤

これは刺激的な難問が与えられる段階である。「考えよう」の各々の活動では、困難な課題が用意されていて、子供たちはそれに頭を悩ますように奨励される。たとえば、活動16：交差路Iでは、6歳の子供たちは一般に、自分が座っている場所からみることができる情景を表す絵のカードを選ぶことには困難を感じない。しかし教師がかれらに、テーブルの他の側に座っている人が見ることができる情景を表しているカードを選ぶように質問されると、その活動ははるかに難問となり、注意深い思考が必要となるであろう。解決するためのすべての試みは尊重され、思慮深いなんらかの示唆が与えられる。しかし、ここがこの活動が日常的な授業の殆どとおそらく異なるところだが、もしも子供たちが彼ら自身で正しい答を見出せなかった場合に、決して正しい答

を教師は与えないことである。多くの場合子供たちは、かれらが満足する解決に到達するであろう。しかしこの活動の最も意味がある点は、その答えではなくて葛藤にある。「考えよう」の開発者が期待しているのは、認知刺激を与える問題に取り組み続ける、すべての考える作業である。教師はときどき、問題を未解決のままにすることに困難を感じるであろうが、子供の思考を短絡する誘惑に抵抗するように試みるのが重要である。

もちろん、どのグループの子供たちも難問を解く能力が広範囲にわたっているであろう。そして認知葛藤の効果的な運営こそが、重視される必要がある。

3. 社会的葛藤

「考えよう」の活動によって生じた各々の問題に子供たちが頭を悩ますとき、各々の子供は提案したり、他の子供の提案に対して、丁寧で柔軟な態度でコメントすることが奨励される。かれらはまた、発言を正当化したり、「なぜそう考えたか」を説明することを求められる必要がある。ときには、子供たちが二人一組で問題のある側面を考えて、それからかれらのアイデアをグループの他の子供たちと分かち合うことが役に立つ。子供たちの間での高いレベルの真の相互作用を目指すことが重要である。最初は、教師によって運営され、相互作用を作り出す必要があるが、時を経るにつれて、子供たちがだんだん互いに聞いたり、尊重したり、お互いにアイデアを構成したりする規則を使用できるようになり、あからさまな教師の干渉は少なくなることが明らかとなるであろう。認知葛藤を生じさせたり、小グループ授業を準備していることから、「考えよう」はこのタイプの社会的構成を生み出すための有力な環境を与えている。

4. メタ認知

教師はこの活動のどの段階でも、子供たちが彼ら自身の思考について注意深く自覚することを発達させるように、奨励することが望まれる。最初に教師は、「・・・これは異なるタイプの活動です。教師たちはよく考える必要があるでしょう・・・」と、具体的に述べるとよい。そしてどんな場合にも、「教師がそれを行ったとき、教師は何を考えていたのですか」と、聞くとよい。しかし普通は終わり近くで、教師は殆どのメタ認知的な質問をするであろう。それはたとえば、「その問題についてどんな困難をみつけたましたか」「教師がやったことを振り返って考え、それをどのように解いたかを、私に説明してください」等々。「考えよう」では、かれら自身の思考過程を反省する優れた機会を与えている。

5. ブリッジング

これはまさに「考えよう」の中での特定の活動で発達させているある種の思考を、そのタイプの思考が必要であったであろう他の時の経験に関連付けること以外のなにものでもない。それは「考えよう」の活動の内外の両方の場合について起こりうる。たとえば、分類に注目した活動では、教師は他の場合—おそらく算数や理科の中から—物をグループに分けることが役に立ったことを指摘するとよい。ブリッジングの示唆は、各々の活動に対して与えられている。活動の最初近く

で示される場合もあるが、終わり近くで示していることもある。

これら5本の柱を使用する機会は、「考えよう」の各々の活動において重要である。

「考えよう」のクラスでの使用

認知的刺激のための授業は、教師が子供の1つのグループと共に活動し、密着した注意を払うことが必要である。すでに述べたように、「考えよう」の活動の各々は、完結するのに約30分かかり、できることなら、6人の子供のグループごとに一人の教師で実行することが望ましい。

いつ使用するか

「考えよう」プログラムを始める教師にとって、最初に問題となることは、「カリキュラムの他の要求すべてに加えて、これを1日の時間割のいつ行えばよいのか」ということである。信じ難いと思われるであろうが、正規のカリキュラムに新たに加えて、独立に行うのである。「考えよう」の活動はどの科目にも属さないが、算数のカリキュラムの多くの目的をこの活動によって達成することができるし、科学に自然に応用される機会も多い。話すことや聞くこと的能力はまた、全科目にわたって使用される。

「考えよう」の各々の活動は、子供の異なるグループに対して、同じ週の異なる日に行うべきである。しかし1クラスが30人以上であったり、公休日などで、1週に教える日が4日しかない場合は、1グループの子供の数を6人以上にする必要がある。

「考えよう」のグループ分け

「考えよう」は、30人のクラスのすべての生徒を、6人ずつのグループに分けて活動させるように計画されている。各グループにいろいろな能力の子供が混ざることが望ましい。試行した教師たちは、問題の解答を見つけた子供が、他の子供たちにそれを説明するとき、相互作用が最も効果的であることを見出している。しばしば、子供は解答が「わかる」のだが、それを言葉で説明するのは困難である。

1つのグループが「考えよう」を活動して、それを教師が指導しているとき、クラスの他のグループは、あらかじめ準備された、特定の他の活動を行う。これらの他のグループが行う活動に対するいくつかのアイデアは、教師用書の付録2に与えられている。もしも幸いなことに、授業を補佐する助手がいれば、かれに他のグループの活動を監督してもらえる。いずれにせよ、教師が「考えよう」のグループを指導しているときは、教師はその他の子供たちの質問で邪魔されるわけにはゆかないことを、子どもたちが学ぶことが重要である。

「考えよう」のグループ活動の場所

「考えよう」のグループにとって理想的な場所は、教師と6人の子供たちが、周りをかこんで容易に座ることができる円卓である。しかし、小さな四角のテーブルでも同様に活動し易い。重

要なことは大きすぎる机を使用して、目での触れ合いができにくくなったり、子供が道具をさわれなかったりしないようにすることである。

「考えよう」を教える特別の方法

「考えよう」を教えるには、普通のカリキュラムの授業で使用している方法とは異なる教育方法が必要となる。

教師の哲学を変える

「考えよう」の活動の間は、子供たちが必要としている援助すべてを子供たちが受けられるように保証したいとする、「懇切な」教師としての哲学から、困難な問題を与えて、子供たちがかれら自身で解答を見つけることにより多くの責任をもつように促す教師の哲学へ、教師自身が変わることが必要になる。これは、教師が子供たちの背後に単に座って、かれらの努力を観察することを意味しているのではない。教師の役割は「仲介者」になることで、子供たちに解答を与えることなく、子供たちの考えを促進するためのオープンな質問をすることである。教師は子供たちに密着して観察し、各々の子供が互いに耳を傾け、ある認知的な葛藤を経験し、解答を見出すことに貢献することを確かにするよう、手助けする。これはやりがいがある仕事である。

明確ではない結果に備える

「考えよう」は、しばしば明確な正答や誤答をもっていないし、明確な活動結果に導くこともない。活動はより捕らえ難く、数週間も、または数ヶ月も明らかにはならないであろう。深層ではあるが、その変化は、それにもかかわらず、観察可能で、実際に起こり、意義深いのである。

どのように始めるのか：段階的な指導

準備

- ・ クラスを 6 人ずつのグループに分ける。前に示唆したように、能力が混ざるようにグループ分けすることを心がける。
- ・ 最初の週のどの曜日にどのグループが「考えよう」を活動するかを計画し、計画を実行し始める日を決める。

同じグループを、毎週、同じ曜日にしない方がよい。したがって、例えば、最初の 2 週間を次のように計画してもよい：

第 1 週

月曜日：A グループ
火曜日：B グループ
水曜日：C グループ
木曜日：D グループ
金曜日：E グループ

第 2 週

月曜日：B グループ
火曜日：C グループ
水曜日：D グループ
木曜日：E グループ
金曜日：A グループ

学年の始まりから、この活動を始めることができなくても、心配することはない：いつでも教師の望むときにこのプログラムを適用することができる。

- ・ 最初のスキーマ・ファクト・ボックス (Schema Fact Box) を一読すること。
- ・ 最初の授業に入る前に、**活動 A: ピエロの顔**に必要な教材がすべてそろっていることを確かめ、また、必ず、注意深く指導書を読むこと。

第1週

すべての子供に (クラス全体、または別々のグループで)、なぜ、この活動をするのかを説明する。かれらがよりよく考える人になり、よりよい聞き手になり、よりよく説明する人になるために学ぶということを、子供たちに話す。

- ・ 指導書に注意深くしたがって、最初のグループに (約30分間)、**活動 A: ピエロの顔**を活動させる。
- ・ その間、クラスの残りの子供たちには30分間、他の活動をさせ、もし助手がいれば、その人に監督してもらおう。活動についてのいくつかの例が、付録2にあげられている。クラスの残りの子供たちが、教師や「考えよう」を活動しているグループの邪魔をしてはいけないことをよく理解させておく。

教師がかれらを助けることができないとき、生じる困難を子供たちが解決する方法をもつように、多様な異なるクラスの運営手段を適用するとよい。

- ・ 翌日は、第2のグループに同じ活動をさせる。
- ・ クラスの全員が**活動 A: ピエロの顔**を活動し終わるまで、続ける。

第2週

次の週の初めに、計画通りにプログラムを続ける。**活動 B: 宇宙**に対して、上と同じ方法に従う。

第3週

その次の週の初めに、計画通りにプログラムを続ける。**活動 C: 動物**に対して、上と同じ方法に従う。

第4週

- ・ ここでは、プログラムの主な部分始める準備ができている。本質的ではないが、活動1：棒から始めることを勧める。
- ・ 再び、関連したスキーマ・ファクト・ボックス (Schema Fact Box) (この場合は、連続配列) と指導書のすべてを読むことから始める。

- 必要な教材がすべてそろっていることを確かめる。
- グループ記録用紙をコピーする。それに「考えよう」の活動に参加する子供すべての名前を記入する。この用紙を使用して、全プログラムを通して、各々の子供が各活動を終えた日の記録を保存することができる。
- 指導書に注意深くしたがって、最初のグループにこの活動をさせる。上の導入の活動で学んだように、社会的構成（例えば「聞くこと」）の良い習慣を思い出すこと。
- 同じ方法で、各々の週、続けていく。

注意：活動 1 から 27 まで、順序通りに活動させることを勧める。なぜなら、だいたい、だんだん難しくなるように準備されているからである。

活動の例

例 1

スキーマ **ファクト・ボックス**

聞くこと

活動 A,B,C

はじめに

これら 3 つの活動は、英国の小学校 1 年生（5 歳）の子供たちに、考える活動で主な習慣となる必要がある学び方を、教師が初期に確立するのに役立つ。これらの活動に対して、教師は注意を集中して行う必要がある。

目的

これらの活動の目的は、問題を解くときに役立つ、説明や質問や推論の考えを子供たちが認識して、行動できるようにすることである。活動を完成するために必要な情報を得ようとする場合、子供たちはお互いに、よく聞きあう必要がある。

はじめる前に

これらの活動をなぜするのかを、子供たちに説明する。すなわち、説明が上手になり、また、上手に聞くことができるようになるために、どのように学ぶかについて、子供たちの注意を向けさせる時間をもつこと。

活動 C 動物

目的

子供たちは、いくつかの特徴から、動物の同一性を考えなくてはならないゲームをする。子供たちは、かれらが目的にあった示唆をしているかどうか、注意深く見たり、聞いたりしなくてはな

らない。

教材

準備されているもの：

25の絵があるゲームの紙(A3)1枚

各々のカードに、ゲームの紙にある絵の中の1つが描かれている、小さなカード25枚

活動

具体的準備

絵にある動物全ての名前を子供たちが知っていることと、各々の動物についていくつかの事実（例えば、足は何本か、毛皮をもっているか、泳ぐことができるか等）を知っていることを確かめること。子供たちはゲームの紙にある空白のマスについて質問するであろう。これらの理由について子供たちに考えさせるべきである。これらのマスを埋めるために、子供たちに何枚かの絵を与えるように呼びかけるとよい。

かれらはなぜこれらの絵を選んだのか？ これらの絵に対してどんな手がかりをかれらは与えるであろうか？ それはゲームをより面白くするのだろうか、それとももっと挑戦的で難しくするのだろうか？

認知的葛藤

各々の子供が見ることができる場所に、ゲームの紙を置く。小さいカードを絵を下向きにして、ゲームの紙の周りに散らばるように置く。

1人の子供がカードを1枚取るが、他の子供には見られないようにする。その子供は小さいカードに描かれている動物のある特徴を述べる - それは毛皮をもっている、四本足をもっている、等々。他の子供たちはその手がかりをもとに、どの動物かを考えて当てる。かれらが当てたとき、そのカードは絵を上向きにしてテーブルに置く。そして次の子供が他の1枚のカードを選び、同様にしてゲームを進める。

社会的構成

この活動を通して、社会的構成の能力が育成されるであろう。しかしまた、次のことに集中すべきである。

子供たちに奨励すること

話している子供をよく見ること；

その子供が話し終わるまで待つこと；

グループの各々のメンバーに聞こえるような声で、明確な情報を与えること。

止めさせること

他の人の話に口をはさまないこと

クラスの残りの人の邪魔をしないこと

メタ認知

すべてのカードの絵が上向きになったとき、子供たちに次の質問をする。どんな種類の手がかりが、最も役にたったか？ なぜか？ どの手がかりが、この活動を難しくしたか？ なぜか？ も

っと多くの手がかりが必要なものがあつたか？ なぜか？ その動物が何かをできる、またはできないといった手がかりから、どのようにして、当てたか？

ブリッジング

この活動は、このプログラムで後に扱う分類の活動によく関係している。言い換えると、これらは科学の活動にブリッジしている（すなわち、そこでは異なるタイプの動物や植物を異なるグループに分ける）。

導入の活動はここで終わる。主要なプログラムの**活動1：棒**を始めるとき、子供たちが、活動A,B,Cで発達させた「聞く」能力や他の社会的構成の手法を使用するように、子供たちを奨励し続けること。

例 2.

スキーマ **ファクト・ボックス**

連続配列

活動 1,2,3,10,11,15

はじめに

連続配列（ものを連続的な系列（シリーズ）をつくるために配置すること）は、取り組むべき形式操作の最初のスキーマである。この能力は、数を理解するための基本であり、年長の子供が当然のことと思う多くの具体的操作の基本である。長年の経験がある教師でさえ、多くの子供たちにとって、10本の棒のセットを長さの順に置くことが、いかに難しいかということに、驚くであろう。その理由は、作業メモリー容量が非常に限られている前操作段階の子供たちにとって、同時に2本以上の棒に注意することは難しいからである。このような子供たちは、2本か3本の棒のシリーズを多く作ろうとするが、このシリーズを全体として理解することはできない。また、もしもAがBより長く、BがCより長ければ、AはCより長いはずである、という心的操作を行うことができない。

目的

最初の3つの活動はすべて、長さの概念を使用して、子供の連続配列の能力を発達させることを目指している。

活動1：棒は、できるだけ気を散らさずに、もっぱら長さにだけ集中するように計画されている。

活動2：花は、長さを現実の状況に置いて、科学へのブリッジングを考慮している（ある花がより高く成長しているのはなぜか）。

活動3：ビー玉滑走は、子供たちに連続配列のスキーマを使用して、実際の問題を解くことを要求している。

このプログラムでは後にまた、連続配列に戻る。しかしそれらの活動では、物体が順序付けられる性質の次元は、1つ多くなっている。

活動10：石は、重さや長さ、またはその他の特徴で順序付けられる。

活動 11：箱は、重さが意外にも大きさに対応していないので、余分の認知的葛藤を与える。

活動 15：図書室の本は、本を順序良く置くための、多次元の機会を与え、なぜ子供たちは1つの次元を選び、もう1つの次元を選ばなかったかを、子供たちが議論する機会を与える。

総合して、この連続配列の活動は、困難についての険しいが、やりがいがある進路を形成している。

活動 1 棒

目的

10本の棒を長さの順に置き、そのあと、さらに9本の棒を、その系列の正しい位置に合うように置く。

教材

準備されているもの：

長さが13 cm から22 cm の範囲の棒2組（A組とB組）。A組は10本の棒（13,14,15,...22 cm）で、B組は9本の棒（13.5, 14.5, 15.5,...21.5 cm）で構成されている。

準備されていないもの：

拡張した活動にだけ使用する、小さな人形または動物。

始める前に

グループ記録紙をコピーする。それに、「考えよう」の活動に参加するすべての子供の名前を記入する。このプログラム全体を通して、各々の子供がそれぞれの活動を完成した日付を記録するのに、この記録紙を使用するとよい。

活動

具体的準備

ここでいくつかの基本的な言葉を導入して、次の準備をする。

長さが中間の1本の棒を、グループのすべての子供が見えるように、テーブルの上に平らに横たえて置く。

その呼び方（例えば、棒）を決める。

最初の棒の隣に、長さがそれとはかなり異なるもう1つの棒を置く。

気がついたことは何ですか？ それは同じですか？

「より長い」「より短い」という言葉を定着させる。

第3の棒は、最初の棒と2番目の棒の中間の長さの棒で、それをテーブルの上に置く。子供たちにその棒を握らせる。1本の棒は、「より短い」と「より長い」ことの両方であり得ることを定着させる。

ブリッジング

前に、これに似たことを何かやったことがありますか？ 他の何を、最も短いものから最も長いものまで、順に置くことができますか？ そうしたいと思うのはなぜですか？

認知的葛藤と社会的構成

A組

A組から10本の棒を持ち出して、問題を出す：これらの棒を最も長いものから最も短いものまで、順に並べるようにいう。グループの全員が積極的に参加していることを確実にするために、しっかり運営する必要がある。

子供たちが作業しているとき、ときたま、かれらを中止させて、1人の子供が行っていることに注目させる。何（名前）ちゃんがしていることを見てごらん。何（名前）ちゃん、あなたはなぜそうしているかを皆に説明できますか？

もしも作業に参加していないように見える子供がいたら、次のようにいう：皆、待ってください。

何（名前）ちゃんに棒を置いてほしいのです。

あまり言わないで、棒の底を同一にそろえるために、底に沿うように定規を置くことが必要であろう。

教師が定規を導入する前に、子供たちがこの必要性を理解する機会を与えること。

かれらが10本の棒を順に並べ終えそうなときに、指示する質問：これを行うのは楽しいですか？

棒はすべて順番になっていますか？ もう一度やってみたいと思いますか？

自分の指を、最も短い棒の頂上に置いて、次から次へと1つずつ上へ動かしていく方法を発見する子供が必ずいるであろう。毎回、上にのぼっていますか？ これについてはどうですか？

B組

ここでB組を導入する。各々の子供に1本の棒を与えて、各々の子供に、すでに順番に並んでいる棒のシリーズの中に、自分がもっている棒を挿入するように言う。子供たちがかれらの棒を正しい位置に順に置いていくことを確かめる。かれらがその位置に置いた理由について質問し、他の子供たちも議論に注目し、その議論に貢献するように指導する。

拡張した活動：階段

子供たちが19本の棒の完全な連続配列を比較的早く（20分以内に）達成した場合にのみ行う。

2人か3人の子供たちに、棒の数を数えさせる。かれらが確実に数えることができる数の棒だけ残して、他の棒を取り除く。すべての子供が、棒が何本あるかを知っていることを確かめる。

小さなプラスチックの動物か人形を、この連続配列の中の最も短い棒の端に置く。教師の指は他の1つの棒に置く。

質問する：この棒に到達するには、「動物の名前」は階段をいくつ登らなくてはならないだろうか？

声を出して数えることはしないで、動物を、指示された棒まで移動させる。「動物の名前」の後ろには、階段はいくつありますか？ あと、いくつ登らなくてはならないでしょうか？

棒をすべてごちゃ混ぜにして、1つの棒の上に動物を立たせて、質問する：ここにくるには、いくつ登らなくてはならないでしょうか？ 子供たちは、より短い棒のシリーズを再配列して、

それらを数えなくてはならないであろう。

最も高い所に達するには、あと、いくつ登らなくてはならないだろうか？ 子供たちが、シリーズの最も高い端までを再構成することなく、棒の全体の本数を数え上げることで、これに応えることができるかどうかを、観察する。

メタ認知

子供たちに、この問題をどのようにかれらが解決したかを、振り返って考えさせる。つまり、困難と思ったことは何か、棒をどのようにして順に置いていくかを考え出すのに、役に立ったのは何か、棒をどの様にして順に置いていくかを、自分より年少の子供に説明するにはどうすればよいか。

例 3

スキーマ **ファクト・ボックス**

分類

活動 4, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 19

はじめに

分類の過程での子供たちの困難を理解するためには、2つのアイデア：変数と価値を理解する必要がある。

変数は単に、物が互いに異なる方法である。例えば、物は色や、形や、足の数が異なるであろう。色や形や足の数は、すべて変数である。各々の変数は多くの価値をもっている。変数「色」は、青、緑、赤、暗褐色、その他多くの価値を持っているであろう。変数「足の数」は、2本、4本、6本、8本等々の価値を持っているであろう。

分類の問題は、変数の数が増加するにしたがって、また、各々の変数の価値の数が増加するにつれて、子供たちにとって、より難しくなる。すべてが赤で、すべてが同じ大きさの多数の正方形と三角形とを分類することは、かなり易しい：2つの価値（正方形と三角形）を持つ、1つの変数（形）だけである。例えば、赤と青の三角形というような2つの価値をもつ、もう1つの変数を加えると、途端にその問題はワーキングメモリーにより多くを要求する。それでもまだ、殆どの5歳の子供にとっては易しい。

目的

「考えよう」の中の最初の分類の活動（活動4：形を分類する、活動5：家畜Ⅰ）は、各々が多くの価値をもつ、多くの異なる変数を使用して、物を分類することを、子供たちに要求する。それから、困難の度合いが増していき、「空っぽの種類」に注目する（赤い三角形、赤い正方形、青い三角形はある。何がないのか？）（活動6：ボタン）。そしてまた、1つの物が2つの集まりのどちらにも置くことができるとき、ジレンマが生じる（青い正方形は、青い物体に属するのか、それとも正方形に属するのか？）（活動7：家畜Ⅱ）。さらに説明の仕方を理解したり（活動9：車）、

物を分類する活動（活動 13：生物？や活動 14：何かを推測する）によって、これらの能力に対する子供たちの自信が増していく。かれらは、時間における 1 変数以上のものに注目する活動に到達する（活動 19：レンガ）。

活動 14 何かを推測する

目的

教師は分類のゲームを行うが、子供たちは、教師が分類に使用している規則は何かを解く。

教材

準備されているもの：

選択する動物の 24 枚の絵で、次のものが含まれている。軟体動物：カタツムリ、ナメクジ 昆虫：ハエ、ハチ、アリ、チョウ 鳥：メンドリ、アヒル、コマドリ、ツバメ 哺乳動物：猫、キリン、クジラ、ネズミ 爬虫類：ヘビ、トカゲ、ワニ 両生類：ヒキガエル、カメ、カエル 魚：サメ、トゲウオ、マス、エンジェルフィッシュ

活動

具体的準備

子供たちが知らない動物について議論し、その名前を決める。また、子供たちがよくは知らない動物について、どこに住んでいるかについて、情報を与える。

認知的葛藤と社会的構成

*これからゲームを行うことを子供たちに説明する。カードに描かれている動物を、教師が 2 つのグループに分類するために、教師の心の中にある規則を、子供たちは当てなくてはならない。例えば、「4 本足の動物と 4 本足ではない動物」とか、または「骨のある動物と骨のない動物」というように、教師は考えるであろう。

*子供たちにカードを配るが、各々のグループから 1 枚ずつ取った 2 枚のカードは教師が保持して、テーブルの中心に、表向きに置く。

*各々の子供は順々に、かれらのカードの 1 枚を、2 つのグループのどちらか 1 つの側に置いて、なぜその動物は、そちらのグループに属すると思ったかを説明する。もしも子供がカードを正しいグループに置いたときは、カードはそのままにして、かれらが述べた理由が正しいか正しくないかを、教師がコメントする。

もしも子供たちが正しくないグループにカードを置いたときは、それは正しくないグループだと説明して、そのカードを取り上げ、正しいグループに入れるが、その理由は言わない。

*子供たちが規則を当てて、すべてのカードを正しいグループに入れるまで、子供たちを順々に回して続ける。

子供たちがどのようにゲームを進めるかを理解するために、次のような規則の一例を与える必要があるであろう。（猫は毛皮を持っているから、このグループに入ると私は思う。）

*この活動は、子供たちが自分達の考えを言葉で表現することを学び、それを促すことに役立つ。

また、かれらはゲームを進めるために、他の子供たちのアイデアに耳を傾ける必要があり、この問題を解決するためには、心に1つ以上の情報を保つ必要があるであろう。

発展した活動：動物のグループ

子供たちに自分達自身か、または小さなグループで活動する時間を与える。子供たちに、カードに表わされている動物の6つのグループを当てるように促すとよい。

発展した活動：規則を考え出す

子供たちに自分達自身か、または小さなグループで活動する時間を与える。子供たちに、分類のゲームの規則を考え出して、ゲームを進めるように促すとよい。

メタ認知

子供たちに、役に立つと思ったヒントや、他の子供のアイデアを聞くことによって、学ぶことができたことについて議論する機会を与える。子供たちはまた、規則について考えるとはどんな気持ちかを議論するとよい。

他の人たちにとって難しいかどうかは何によるのか？

ブリッジング

この活動は、科学のカリキュラム：動物、生息環境、生存に役立つ特性に、直接関係している。

例 4

スキーマ **ファクト・ボックス**

時間系列

活動 8, 12, 21, 27

はじめに

*時間系列*は連続配列の特別の場合である。

目的

(大きさや重さのような) 具体的な特性の順序で物体を並べる代わりに、子供たちは事象のセットを、かれらが納得できるように、順序良く置かなくてはならない。要求されるワーキングメモリーは同じである。すなわち、前操作段階の子供たちは、二枚だけの絵を同時に見て、特徴と特徴とを比較する。具体的操作段階では、二枚以上の絵から、特徴を精神的な特徴へ持ち込み、持続することができるようになり、そうして、系列を作り始める。前半の*時間系列*活動は、これだけを要求している(活動 8：失った長靴、活動 12：料理)。しかし後半(活動 21：猫とカタツムリの物語、活動 27：アイスクリームの物語)では、系列に適応できない「余分な」絵を入れて、特に認知的葛藤を導いている。

活動 21

猫とカタツムリとの物語

目的

子供たちは、道理にかなった物語をつくるために、猫とカタツムリの絵を順序付ける。数枚の絵の中の一つは、その順序に適応しないので、問題が生じる。

教材

準備されているもの：

猫とカタツムリの 5 枚のカード

活動

具体的準備

テーブルに絵を表にしたカードを置いて、どの子供もそれを見ることができるようにする。絵の中のいくつかの物について、それらの名前を、猫、猫のえさ、カタツムリ、カタツムリが這った跡、猫のえさ入れ等、決めるために議論する。

認知的葛藤と社会的構成

*これらの絵は物語をつくっているが、順序よく置く必要があることを説明する。子供たちにいろいろな順序を探させて、その理由を説明させる。これは多くの議論を生み出し、同意しない子供もでてくるであろう。

異なる特性に焦点を絞って（例えば、食事の前には猫は活動的である、えさは下に置かれている、カタツムリとその這った跡等）、なぜかれらは同意しないかを、説明するように促す。このシリーズの中には、ある意図的な意味不明瞭なものがある。

*数枚の絵の中の 1 枚の絵が正しくないので、認知的葛藤が生じる。その絵は、カタツムリの足跡は最も短くて、えさ入れに、えさがいっぱい入っている。子供たちは、この結論に達することに、非常に困難を感じるかもしれない。そこで、ある重要なヒントが必要かもしれない。子供たちが議論して、かれら自身の考えで苦心する時間をもつまで、ヒントは与えないこと。かれらを導かないように、注意すること。次のような質問をする。この問題をどのように解決できるだろうか？ その方法はある。... それを見つける必要がある。

ブリッジング

他の同様な活動を思い出すように、子供たちを促す。

メタ認知

これらの絵を順序付けて並べるのがそんなに難しかったのは、なぜだろうか？ 私たちの問題を、どのように解決したのか？ この問題を解決するのに、何か他の考えがあっただろうか？ その考えについて考えるのに、あなたに役立ったのは、何であったか？

例 5

スキーマ **ファクト・ボックス**

因果関係

活動 20, 22, 25

はじめに

何がどれの原因か？ 原因と結果との関係は、われわれにとってと同様に、年少の子供たちにとって、明らかではない。3、4歳の子供は、「風は木が動くことによって起きる。」と言うことさえある。5歳では、このように考える子供はあまりいないが、異なる変数の間関係は、まだ難しいであろう。

目的

ここではいくつかの驚くべき経験を与えて、子供たちに可能な原因を探らせる（活動 20：転がるピン）。一方、観察した現象に対して、原因を提案させる（活動 22：影、活動 25：変化）。一般に、認知加速の活動においては、「正しい」答えが出てくることは、精神的な挑戦や探求の過程に比較すると、それほど重要ではない。

活動 22 影

目的

影をつくるには、2つの物：光源とその前の物体とが必要であることを、子供たちは理解するようになる。

教材

準備されているもの：

着色の十字が描かれた A3 の厚紙

準備されていないもの：

* 懐中電灯

* 形が明確なおもちゃ：ピラミッドがよい、または活動 11：箱の教材の中の箱を一個使用してもよい。

* 水性の OHP 用ペン

活動

ブリッジング

子供たちと、どこで影を見るか、影について何をいうことができるかを議論する。

具体的準備

* 部屋を暗くするか、または、教師がいる部屋の隅を暗くするために、カーテンを引く。クラスの残りの子供たちが活動を続けるのに必要なことを考慮して、実際に出来る範囲で行う。

* 影を議論する—J.M. Barrie's *Peter Pan* または Colin MacNaughton の本 *Suddenly* (Harper

Colins Picture Lions series ISBN 0 00 0664520) で始めるとよい。子供たちに懐中電灯とオモチャと紙を示して、これらの物に対する言葉を決める。この段階で子供たちに、影はどこからくると思うかと聞きたくなるであろう。

認知的葛藤と社会的構成

*紙の上の着色した十字の真ん中にオモチャを置く。消したままの懐中電灯を、着色した十字の1つの線の上にもってくる(図参照)。懐中電灯を点灯したとき、オモチャの影はどこにできるかを、子供たちに予測させる。

*子供たち全員が予測したとき(例えば、影は緑の線上にできる)、懐中電灯を点灯する。子供たちのどんな驚きについても議論する。

*懐中電灯を着色した線の各々の上にもってきて、この活動を繰り返す。最後には、子供たちは懐中電灯とは反対側の着色した線上に、影ができるであろうということを予測できるはずである。

*着色した線の1つの上に懐中電灯をもってきて、水性ペンで、オモチャの影を描く。この影について議論しようとしていることを説明する。注意：他の光源によって生じる他の影もあるであろう。したがって、あなたが語ろうとしている特別の影を分離することが重要である。

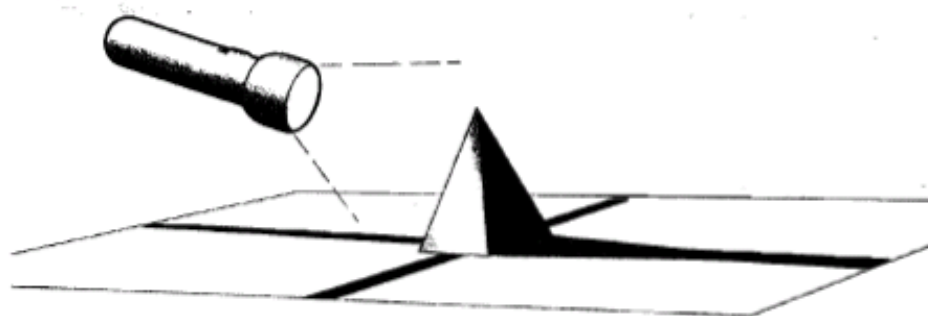
*子供たちに質問する：**影をつくる原因は何だと思えますか？** この活動の認知的挑戦は、影をつくるには、懐中電灯とオモチャの両方が必要であることにある。もしもかれらが、下の**厚紙**が原因だといったら、紙を取り除いて、気がついたことは何か：影がまだそこにある、を問う。もしもかれらが**光**が原因といったら、オモチャを取り除いて、気がついたことは何か：光はまだそこにあるが、影はない、を問う。もしもかれらが**オモチャ**が原因といったら、光を取り除いて、気がついたことは何か：オモチャはまだそこにあるが、影はない、と問う。

*ついには、子供たちは、影をつくるには、オモチャと懐中電灯の両方が必要であるという考えに到達するはずである。この結果(影)は2つの原因をもっているので、これはかなり難しい。

メタ認知

影の原因は何であると決めたか？ これを解決するのに長時間かかったのはなぜか？ 私たちが話し合う前に、あなたは何が影の原因だと考えたか？ [具体的準備では、例えば、木の影、寝室での影等]

図：懐中電灯の位置を示す図



謝辞

CASEの「Thinking Science」については、1990年に開発者であるM. Shayer および P. Adey 両氏と再会して議論して以来興味をもち、教材も購入して教師教育で利用してきた。しかし、Let's Think「考えよう」については、国立教育政策研究所の小倉康氏が、2004年2月に東京と京都で開催された「科学的探究能力育成カリキュラムに関する講演会・フォーラム」におけるP. Adey氏の講演で興味をもち、同年11月に小倉氏が購入された教材をお借りして、幼稚園の先生たちや小学校の先生に紹介した。先生方は非常に興味を示され、日本においてもこの教材を研究する意義が大きいことを実感した。小倉氏に心から感謝の意を表します。

参考

「Let's think」の教材入手法（小倉氏による）：出版社はnferNelson社で直接輸入する。出版社のホームページ<http://www.nfer-nelson.co.uk>から、顧客登録申請用紙（registration form）をダウンロードして、必要事項を記入し、nferNelson社にエメールアドレスする。約3週間前後で、審査に通れば（nferNelson社が顧客を選別しているようです）登録番号が電子メールで送られてくる。注文は、電子メールで国際担当営業部（E-mail: international@nfer-nelson.co.uk）に発注する。その際、上記の登録番号を明記することが必要。注文内容は、出版社のホームページのカタログを見て、品物のコード番号と個数など、正確に記す。たとえば、「Let's think」だけですと次のように記すことになる。

Let's Think Complete Set 4043 11 0 / N0001 Quantity 1

品物だけでなく、発送方法（航空便、船便、「できるだけ速く」など）指定する。

支払いについては、送料を含めた金額が特定できないため、クレジットカード払いにするのが便利。カード番号、有効期間、カード所有者名、登録住所、電話番号など記す。これで特に問題なければ、数日以内に、電子メールで受注内容の連絡があり、在庫があれば、航空便の場合、それから2～3週間内で品物が送られてくる。その際、税関で関税を取られることになるが、通常、着払いとして、品物の到着時に配達人に関税分を支払うことで品物を受け取ることができる。

参考文献

フィリップ・アデイ（小倉康訳）：「思考に関する科学」の文脈としての「科学」 研究報告書「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」pp155－182，平成16年2月

笠潤平：CASEとは何か 研究報告書「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」pp197－218，平成16年2月

M. Shayer & P. Adey 編: Learning Intelligence—Cognitive Acceleration Across the Curriculum from 5 to 15 Years Open University Press, 2002

第8章 Thinking Maths—数学を通じた学習の促進プログラム—

小倉 康 (国立教育政策研究所)

「Thinking Maths」は、「CAME (数学教育を通じた認知的加速)」プロジェクトの成果として、1998年に刊行された主として第7学年と第8学年(11～13歳)の生徒のための学習プログラムである。ロンドン大学キングスカレッジ校にて、「CASE (科学教育による認知的加速)」を開発したマイケル・シェイアー氏とともに、ムンダー・アダミ氏とディビッド・ジョンソン氏がその開発に当たった。「CASE」の詳細については、フィリップ・アデイ(2004)氏による論文¹⁾を参照のこと。

以下に、「Thinking Maths」の教師用書²⁾に基づいて、その大まかな特徴を紹介する。

1. 「CASE」との理論的共通性

プログラムの開発の背景にある理論は、「CASE」と共通しており、ピアジェの認知発達理論に基づいて、具体操作的思考から形式操作的思考への認知発達を促すために、いくつかの形式的操作を伴う推論パターン(スキーマ)の使用に生徒を熟達させようとする。推論パターンとしては以下が示されている。

- ・ 変数制御、及び関係のない変数の排除
- ・ 比と比例
- ・ 確率と相関
- ・ 説明と予測のための抽象的モデルの使用

「Thinking Maths」においては、これらの推論パターンが、プログラム中の活動の文脈に埋め込まれているとしている。英国のナショナルカリキュラム(数学)においては、一般に、到達水準のレベル6以上で、形式的操作的思考が要求されるので、これらの推論パターンに習熟しないで、中等教育一般修了資格試験(GCSE)において「C」以上の成績を収めることはできないとしている。つまり、「Thinking Maths」で学習することによって、形式的操作的思考を展開できる生徒が増え、それによって2年後のGCSE試験での成績を向上させることが意図されている。

その他、ヴィゴツキーの心理学的理論に基盤を置く点も「CASE」と共通している。

2. 「Thinking Maths」のプログラム内容

プログラムは、30の単元で構成され、さまざまな数学的文脈が用意されている。前半の15単元が第7学年、後半の15単元が第8学年での学習を想定している。各単元は、60分から90分の指導時間が想定されている。隔週に1回程度のゆっくりとした指導の中で、生徒の思考力が徐々に高まると考えられている。単元とナショナルカリキュラムの到達水準との関係は次のように示されている。

- ・ 単元 1～13 レベル 4～7
- ・ 単元 14～22 レベル 5～7/8
- ・ 単元 23～30 レベル 6～8

各単元の名称は、次のようになっている。

| | | | |
|-------|-------------|-------|-----------------|
| 単元 1 | 屋根 | 単元 16 | 3つのサイコロ |
| 単元 2 | トーナメント | 単元 17 | 集合と部分集合 |
| 単元 3 | 数の演算 | 単元 18 | 相関の分布 |
| 単元 4 | ちょうどよい大きさの机 | 単元 19 | 精度と誤差 |
| 単元 5 | 単語の長さ | 単元 20 | 頭かしっぽか？ |
| 単元 6 | 向きと距離 | 単元 21 | 数式と方程式 |
| 単元 7 | 2段階の関係 | 単元 22 | 相関関係を比べる |
| 単元 8 | 関係 | 単元 23 | 変化の割合 |
| 単元 9 | 長方形を調べる | 単元 24 | データの関係 |
| 単元 10 | 長方形の関数 | 単元 25 | 三角比 |
| 単元 11 | 不明の数字 | 単元 26 | 結合と分配 |
| 単元 12 | さまざまな関数 | 単元 27 | 加速 |
| 単元 13 | 境界と内側 | 単元 28 | 回転する軸のグラフ |
| 単元 14 | 円の関係 | 単元 29 | 直線グラフ |
| 単元 15 | 円の関数 | 単元 30 | どうやってデータを処理するか？ |

これら 30 の単元は、扱われる形式的操作の推論パターンへの習熟の順序性によって、少なくとも前半の 15 単元（第 7 学年）については、この順序で進めることを求めているが、後半の 15 単元については、数学の授業と関連させたいという学校側の事情によって、順序の組み替えがあり得るとしている。「Thinking Maths」の授業時間を「思考力の授業」として数学の授業とは異なる位置づけをすることを好む教師が少なくないという。

ナショナルカリキュラム（数学）との関係については、以下の 9 つの数学カリキュラムの内容が、Thinking Maths で扱われる比と比例といった形式的操作の推論パターンを含むものであるとされている。

| | |
|-------|--------------------------------------|
| 数と代数 | 掛け算の関係（比と比例） 数の性質 関数 数式と方程式 |
| 形と空間 | 幾何関係と関数 形 方位 |
| データ処理 | 確率 データの表現と分析（相関を含む） |

3. 各単元の展開

各単元の進め方については、4 つの段階が設定されている。第 1 段階の「導入」では、殆どの生徒に可能な具体操作的な思考だけを用いて、単純な発問をして過去の経験や知識を思い出させ

たり、問題で使用される用語を説明したりして、これから取り組む問題状況を理解させる。これによって、生徒の学習動機が高まり、活動への「具体的な準備」が整う。

第2段階の「生徒の独自の作業」では、生徒が個人や二人一組、あるいは少人数のグループで、ワークシートで示された問題に取り組み、問題への解を構成する。具体操作的思考だけで解くことができない問題であるため、より高次の思考が求められる。複数の生徒で解く過程で、相互の考え方の違いが「認知的葛藤」の状況を生み、ヴィゴツキーが「最近接発達領域」(ZPD)と呼ぶ学習状況の中、認知的発達が促される。

第3段階の「クラス全体での共有」では、前の段階で生徒たちが独自に考え出した解決策をクラス全体に発表させ、生徒間で質疑させて、さまざまな考えについて検討させる。それによって、生徒は自らの考えを見直して、いわゆる「メタ認知」の促進が図られる。

そして第4段階の「ふり返りと関係づけ」で、生徒たちに活動全体の流れをふり返らせて、どのような葛藤に対して、討議を通じていかなる結論を導いたかを明確にする。ここでも「メタ認知」が促進される。さらに、活動で得られた新たな考え方が、他のどんな状況に適用できたり、別の考え方に関係したりしているかについて検討させる。CASE同様、これを「ブリッジング(関係づけ)」と呼んでいる。これによって、これまで獲得してきた認知的構造に関連する形で、新たに学習した考え方が確かに組み込まれることとなる。

4. 単元の例

具体的な単元の例として、単元30「どうやってデータを処理するか?」の概略を述べる。

この単元は、3つの異なる文脈で与えられたそれぞれのデータについて、どのような手段で適切にデータを表現するかを検討させる活動である。思考力としては、メタ認知と関係づけの能力の強化をねらっている。数学的には、データを組織化したり分析したりして処理する力と、相関や関数、データ表現の理解に関わっている。

文脈1は、GCSEの資格試験では、「女子の英語の成績が男子より高い」という新聞記事があったという状況設定で、ある学校の男女47人ずつのGCSE試験の結果(A*, A, B, C, D, E, F, G, uのいずれか)が与えられて、新聞記事が言っていることを確かめてみるために、このデータをどう処理するかが問われる問題である。

文脈2は、化学反応の理科実験の文脈で、教師の実験によって、2種類の薬品を混ぜ合わせた時に反応が終了するまでの時間が混ぜ合わせた際の温度と関係していることを示唆するデータの表が与えられている。温度は20度から10度間隔で70度までの6通りで、それぞれの温度下での反応時間が秒で示されている。そして、その教師が1番目の薬品の量を2倍に、2番目の薬品の量は同じにして、同じ実験を行ったときの結果のデータの表が与えられる。温度ははじめの実験と同じ6通りである。そこで、1番目の薬品の量と反応の際の温度との関係を検討するために、これら2つの実験のデータをどのように表現すべきかが問われる。

文脈3は、「英語(つまり国語)でいかにより成績であることが、他の教科でいかにより成績であるかをうまく予測する」ということが本当か嘘か、という標題に続いて、「女子が理科でどのくらいよい成績を取るかは、英語(国語)でどんな成績かを見ればすぐにわかる」と言っている人

達がいるので、まずこれが本当かを検討して、続いて、男子についてはどうかも検討しなさい、という問題設定である。データは、同じ年齢（キーステージ3）の男子女子それぞれ24人ずつの生徒の英語（国語）と理科の成績（8段階）が与えられている。まずは、パートナーと二人で可能な解決策を考えなさいと指示されている。

第1段階の「導入」と第2段階の「生徒の独自の作業」を合わせた15分間で、これらの文脈の問題状況を理解させ、生徒にデータをグループ化したり、分類したり、単純化したり、さまざまなグラフで表現するなど、いろいろなデータの処理方法や分析方法があることを認識させる。生徒たちは、約10分間、グループで話し合いながら、どのように問題を解くかを検討する。

第3段階の「クラス全体での共有」は、10分間で、さまざまなグループが異なる方法を提案する。まずは提案を受け入れて、どの方法もそれなりの理由があつて提案されたものであることを理解することに努める。

続く20分間は、提案された方法を参考として、再び「生徒の独自の作業」に戻って少人数のグループで検討する。3つの問題の文脈のうち、少なくとも2つについて、各グループの解決法を、模造紙に書かせる。

最後の15分間は、各グループに作業結果を発表させ、どの方法が最も良い方法で、その他の方法が役に立たないかをまとめさせる。2つあるいは3つの問題を比較して、データの処理や表現にどのような方法が適用できるかを考えさせる。このことが、第4段階の「ふり返りと関係づけ」に相当する。

5. 考察

CASEの「Thinking Science」と比べると、「Thinking Maths」は、形式的操作の推論パターンが数学的な問題の文脈に埋め込まれており、各単元でどの推論パターンをどこまで高めようとしているのかは明瞭にされていない。逆に、算数・数学の授業として取り入れることは「Thinking Science」よりも容易であると思われる。両者とも、ピアジェとヴィゴツキーの認識論に立脚しており、「具体的な準備」や認識の「構成」や「認知的葛藤」、「メタ認知」、「関係づけ」など共通の教授学的手法を用いて、単元展開を構成している。

英国では、これらの認知能力の促進プログラムを教育課程に取り入れる学校がGCSEでの「数学」や「科学」、「国語」の試験結果で成果を上げている¹⁾ことから、「確かな学力」の形成を目指して基礎学力の習得に力を入れているわが国においても、このような教科の境界を超えた思考力の発達促進教育について引き続き注目し研究を進めることが必要かつ有用であると考えられる。

引用文献

- 1) フィリップ・アデイ(2004)「思考に関する科学」の文脈としての「科学」、小倉康編集『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』（平成15年度文部科学省科学研究費補助金特定領域研究(2)研究中間報告書）、国立教育政策研究所
- 2) Adhami, M., Johnson, D. and Shayer, M. (1998) *Thinking Maths - Accelerated Learning in Mathematics*, Heinemann.

資 料

参 考 資 料

- 資料1 「Design and technology」の到達目標 (attainment targets)
磯部征尊 (新潟県十日町市立水沢小学校)
- 資料2 Edexcel 試験局のコースワークの評定基準
磯部征尊 (新潟県十日町市立水沢小学校)
- 資料3 ポートフォリオ検討会 (学習者 S, H, Y)
磯部征尊 (新潟県十日町市立水沢小学校)
- 資料4 未来社会に求められる科学的資質・能力に関する科学教育課程の編成原理
小倉 康 (国立教育政策研究所)

資料1 「Design and technology」の到達目標 (attainment targets)

[本資料は、名取一好(研究代表者)「科学技術・職業教育カリキュラム開発の現状と課題に関する国際比較研究」、『平成14年度 文部科学省研究費補助金 基盤研究(C)(1)』、課題番号:14608009 研究成果報告書(研究資料)』、2003にも掲載されている。]

レベル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。
- ・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。
- ・写真や用語を活用して、活動したい内容を述べている。
- ・何を製作しているのか、どんな道具を活用しているのかを説明している。
- ・必要に応じて、道具や材料を活用している。
- ・どのような作業や加工処理を行ってきたのかを仲間同士で簡単に話し合う。

レベル2

- ・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の計画を行う。
- ・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。
- ・学習者は、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。
- ・様々な方法で道具を使い、材料や部品の組み立てや接合、結合を行うことができる。
- ・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。

レベル3

- ・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している。
- ・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。
- ・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、モデルを活用できる。
- ・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。
- ・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。
- ・design 案の評価や製作プロセス、製作品の改善部分を確認することができる。

レベル4

- ・情報を使用し、取捨選択することにより、アイデアを創出することができる。
- ・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。
- ・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。
- ・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。
- ・道具や部品を自分で選んで、作業することができる。

- ・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。
- ・上手に機能しているのは何か、改善すべき点は何かを確認することができる。

レベル5

- ・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。
- ・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。
- ・アイデアを発展し、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。
- ・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。
- ・ある程度正確に、道具や材料、装置、部品、加工を実践することができる。
- ・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。
- ・自分の design 案が、機能を満たしているか、資料を絞り込んでいるか理解している部分を示しながら、製作品の試験及び評価をすることができる。
- ・情報資料を活用しながら、自分たちの製作品を評価することができる。

レベル6

- ・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している点を示すことができる。
- ・ユーザーとアイデアを議論しながら、design 思考を探究及び試験するために、モデルやデザインを作ることができる。
- ・仕様書を探究・活用して、作業計画を立てることができる。
- ・道具や材料、装置、部品、加工の特徴を理解しながら実践することができる。
- ・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。
- ・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、探究した結果を活用し、designing や製作状況を知らせることができる。
- ・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。

レベル7

- ・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。
- ・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。
- ・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。
- ・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。
- ・道具や材料、装置、部品、加工の特徴を十分に考慮して、作業を進めることができる。
- ・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。
- ・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。

レベル8

- ・自分で調べた情報を対応させながら、適切なアイデアを展開させるための方略を活用することができる。
- ・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。
- ・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、その提案を展開するために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。
- ・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。
- ・製作品を評価するための幅広い仕様書を確認する。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を超える範囲の取り扱い

- ・自分の design 思考を助けるための情報を探し出し、顧客たちのニーズを認識することができる。
- ・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。
- ・時間配分や資料に関する形式的な計画を活用して、作業することができる。
- ・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。
- ・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。

資料2 Edexcel 試験局のコースワークの評定基準

[本資料は、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にも掲載されている。]

必要性の確認・情報収集

1) 必要性

学習者たちは、現実的に必要な部分を考え、その必要性が製作を通じて解決できることを確認する。学習者たちは、分析や調査を通じて問題を探究するべきである。また、問題及びサブ問題を解決するためのシステムアプローチを活用する。分析や調査に関する方略の中には、必要性や問題に関する疑問や、既製品の分析の実行も含まれるであろう。

2) 情報

様々な方法で調査した情報は、最も役に立つデータを提供してくれるであろう。しかし、使用目的と密接に関連していなければならない。役に立たない情報は、信頼性がないであろう。学習者たちは、情報収集のために、以下の役に立つ資源を活用する。

- ・市場調査 (market research)
- ・消費者調査 (consumer surveys)
- ・工場見学 (visit to manufactures)
- ・試験表の製作 (product test reports)
- ・教科書 (textbook)
- ・電子メール (e-mail)
- ・CD-ROM (CD ROMs)
- ・データベース (databases)
- ・インターネット (Internet)
- ・データシート (data sheets)
- ・雑誌 (magazines)
- ・製造業従事者 (people in manufacturing industry)

3) 仕様書

明確かつ詳細な仕様書は、design プロジェクトを成功させる上で効果的な資料である。学習者は、アイデアを designing し、構成する時や、様々な点の解決に向けて仕様書を参照する必要がある。学習者は、仕様書を正確に書く必要があり、提案された design の考慮する必要がある点を明記しておくことが大切である。

分析の内容が design の決定に関連した一般的な質問（例えば、「利用可能な材料は、どれか?」「生産規模はどれくらいか?」）であるのに対し、明確な内容（例えば、「利用可能な材料は、アクリル樹脂性である」「その design は、定量生産に相応しい」）で記述することが仕様書の特徴である。

仕様書には、自己評価を通じて最終決定するためのパフォーマンスに対し、多くの情報を取り入れることが重要である。仕様書に含む内容には、以下の点が挙げられる。

- ・目的
- ・使用者及びパフォーマンスの要望内容
- ・使用可能な材料
- ・サイズと利用可能な費用
- ・生産状況の規模
- ・安全面
- ・製品管理
- ・環境問題

アイデアの展開・チェック・再調査・修正

1) アイデア

アイデアは、**design process** においてとても重要な学習過程である。学習者は、今までに問題の分析や探究などの学習を自分達なりに展開してきた。学習者にとって問題を解決するための代案を提案することは、彼らの創造力を活用し、**design** 能力を発揮する良い機会である。

design アイデア (少なくとも3つ以上) は、**design** フォルダーの箇所で提案される必要がある。各 **design** には、仕様書の内容を満たしておくことが大切である。各アイデアは、実現可能で、機能しなければならない。また、その可能性を認めてもらえるアイデアでなければならない。

学習者は、様々な材料や加工法、技法を探究することを **design** 案の中に提示し、「**design and technology**」のコース学習を通じて獲得した知識・理解を活用する機会を得る必要がある。

2) 展開

アイデアの展開は、最初の **design** アイデアから、最終決定に至るまでの学習過程である。この学習過程では、費用・材料、装置の利用、他の予期しない問題などに対する妥協や制約が認められている。学習者は、妥協や制約を行うことは、正しいことを理解する必要がある。

アイデアやサブ・システムのモデリングや試験は、提案された解決案が実現可能であることを学習者に理解させる役目を果たしてくれる。モデリング技法は、「実物大模型」の **design** に使われることがある。モデリング技法は、実際よりも安い材料を利用して加工・複製する技法であり、便利な方法である。カードは、おもちゃ用のメカニズムを創造・試験したり、食品包装の容積を考えたりするために使われる。硬質フォームは、形状やトーチ **design** の人間工学を試験するために使われる。安い繊維は、衣服の **design** の型を試験するために活用される。電子回路は、回路用モデリングソフトパッケージを使って試験をすることができる。プリント基板は、最終的な回路図を展開するために使われる。モデリングを活用するとき、学習者は、活動状況を記録しておくことが大切である。

学習者は、最終的な **design** を、仕様書に示された重要事項を全て満たす詳細な情報と一緒に提示する必要がある。学習者は、最終的な **design** を、仕様書の各重要事項の評価を通して最終決定することが大切である。

3) 再調査

アイデアの活動を通して、学習者は、仕様書に示した design を、再調査して最終決定した証拠を示す必要がある。この場合、自分で書いた評価のコメントを提示したり、顧客や材料・技術に関する専門家、利用してもらえそうな人たちからの意見を提示したりしてもよい。

再調査の活動は、design 問題の最適な解決策を発見・進展させる上で効果的な活動である。

文書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

1) 文章表現

「Design and technology」では、正確かつ独特という2つの技術的用語を用いる。学習者は、コースワークプロジェクトを記述する際に、正確な用語を用いることに努力する必要がある。質の高い作業では、適切な専門用語を用いて表現したり、論理的な方法で発表したりして知識・理解のレベルが反映されるだろう。

2) メディア

学習者は、design 活動においてグラフィカルメディアや技法を活用することに努める必要がある。質の高いコミュニケーションスキルは、相手にアイデアと概念を関連させる上で効果的な技法である。

学習者は、以下の中から幾つか選んで活用することができる。

- ・効果的かつ正確なハンドスケッチ
- ・製図
- ・絵による描写
- ・分解図
- ・透視図
- ・画像の三次元化
- ・模型製作
- ・写真及びその他の適切なグラフィカル技法

3) ICT

ICT に関しては、コースワークプロジェクトを通して、使用する機会が多い。学習者は、該当する方法で資源を活用することが求められる。ICT は、別のコミュニケーション道具としてプロジェクトの範囲内で適切に活用することができる。ICT は、単に結果のためだけに使われるべきではないし、無理に使う必要もない。

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 適切な ICT を活用した生産や組み立てラインの模擬実験

1) システム・制御

製造・製作過程は、インプットやプロセス、アウトプットのサブ・システムを通して正常に機

能しなくなることがある。このようなシステムの目的は、プロセスを通してインプットをアウトプットに変更することである。

学習者は、可能なインプットの範囲に関して作業を通じて確認することができる。学習者は、インプットを形成したり、変更したりしながら、様々な処理に精通するようになるであろう。また、学習者は、システムが効果的かつ製作する上で役に立つかどうかを調べるために、アウトプットを評価することも求められる。

システム design のフィードバックは重要である。学習者は、システム内で起こりうる可能性のある問題や難題を確認する必要がある。そして、学習者は、パフォーマンスを改善するための修正案を提案しなければならない。

2) 計画

綿密な製作計画は、必要不可欠であり、他の人が製作計画を見ても結果が導き出せるような詳細な計画を制作しなければならない。

スケジュールの基礎は、生産に必要な学習過程（部品や材料の収集、計測・けがき・加工処理・組み立て・仕上げに必要な材料の準備）を含むフローチャートである。

スケジュールは、製作するために必要である。スケジュールには、作業手順や製作に必要なサブ・システム、重要な情報を可能な限り示さなければならない。具体的には、字ジグや鋳型、テンプレート、CAD/CAM システムなどである。

作業スケジュールのほかに考慮する内容としては、生産規模や時間配分表、管理の問題がある。

3) 産業社会への応用

学習者は、産業用プロセスの理解していることを説明する必要がある。また、活動内容に応じて産業用プロセスを活用しなければならない。学習者は、1 回限りの製品の製作を行っているが、何百もの同じ製品を生産する際に用いる装置やプロセスを要求するかもしれない。

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

1) 選択・使用

学習者は、製作スケジュール用の計画書を参照しながら、適切な道具や装置、加工処理を選択したことについて説明しなければならない。学習者は、出来る限り巧みに道具や装置を使うと共に、道具や装置の性質を生かしながら、必要に応じて技法や加工処理を変更していく力を見せなければならない。

2) 製作

学習者は、完成度が高く、十分な機能を備え、仕様書の要求を満たしているような質の高い製品を製作することを目的としている。

製作活動は、学習者が、道具や装置の操作スキルや工夫・創造した加工処理スキルを実践するための絶好の機会である。質の高い作品を仕上げるには、高レベルのスキルを必要とする。学習者は、必要に応じて、あまり精通していない建築技術を探究しなければいけない。質の高い作業

に向けて挑戦することは、それ以上の報酬や結果を獲得することが期待される。

製作過程で CAM を活用することは、利用可能な場合に効果を発揮するが、CAM を利用することを直接の目的とするべきではない。

3) 安全面

学習者全員が、自分自身や周囲のために、安全意識の注意事項を説明できなければいけない。そのためには、材料や道具、装置を活用する際に安全手順を確認することが重要である。安全意識は、製作スケジュール用の計画書に明記しなければいけない。危機評価や危険分析の活用は、望ましいことである。

機能性の質を調べる試験及び評価、修正案の提案

1) 試験

仕様書の内容に関して製品の試験を行ったり、製品が目的通りの寸法であるかどうか確かめたりすることにより、学習者は、修正点や改善の有無を把握することができる。

試験は、製作中に行う。製作中に試験を行うことにより、学習者は、順調に作業が進んでいるかどうかを知ることができる。また、製作終了後に活動状況を振り返り、製品の評定を行う。

学習者が活動状況を調べる方法には、作業状況についての現地試験や長期にわたる試験、第3者によるユーザー・テスト、外部基準に基づいた試験、一般的な知覚試験など、あらゆる方法がある。

2) 評価

学習者は、仕様書と照らし合わせながら、自分の活動状況を客観的かつ総括的に評価し、製品の完成具合を確認しなければならない。評価には、生じた問題をどのようにして克服したのかという状況や、製作中に行った修正箇所を記載しなければならない。

3) 修正

試験や評価は、パフォーマンスの状況や製作目的の適合度をフィードバックさせる役目を担っている。学習者にとっては、製作を的確に進めるために必要な design の修正点や改善点を提案することができる。

提案された修正内容は、パフォーマンスを向上させたり、製作・design の質を高めたり、目的の適合度を向上させなければならない。また、目標市場や巨大な生産規模と関連していなければならない。

資料3 ポートフォリオ検討会（学習者 S, H, Y）

①抽出児：S（男子）

表8の評定結果にも示されているように、学習者 S のポートフォリオに対する評定は、全員の評定結果がレベル4で完全一致した学習者の一人である。学習者 S のポートフォリオのアイデアスケッチと作品は、写真1～2である。

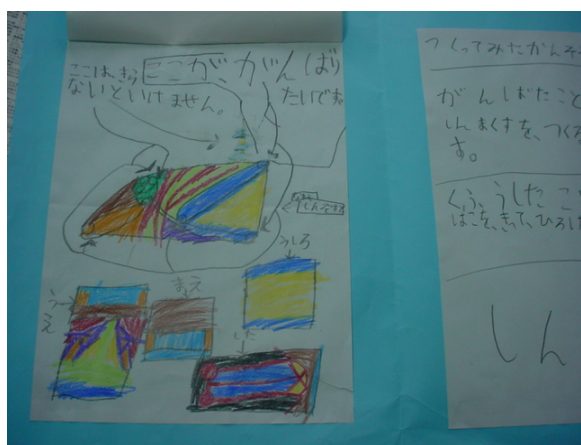


写真1. アイデアスケッチ



写真2. 作品

学習者 S のアイデアスケッチは、評定者間で最も高く評定された。その様子は、ポートフォリオ検討会の次の場面でも理解することができる。

表1. 学習者 S に対する評定者間の会話（ポートフォリオ検討会，2005年8月30日午後4時44～50分）

- B1 教師：全員一致したアイデアスケッチのうち、どれが一番良かったですか？
- B2 O：「良かった？」って何が？「良かった」という言葉の意味がわかんねえなあ。
- B3 教師：あつ、すみません。良かったというか、その、えーと、みなさんが高く評定したアイデアスケッチの中で、技能面で最も優れているとか、イメージや発想が豊かなスケッチはどれだったのかなあと思ひまして。
- B4 O：それは、断然 S だろうなあ。断然すぐれている。
- B5 M：うんうん、スケッチが全然違う。しっかりイメージ出来ているもんねえ。
- B6 N：私もそう思う。
- B7 T：S さんのスケッチは、たくさん経験しているから、イメージしやすいのかもね。
- （中略）
- B8 N：このループリックにとられると、みんななんか、違うんだけど、みんながこう、同じようなっていか、カクカクしたっていか、まあ、カクカクした箱だからしょうがないんだろうけど、もっと、S さんみたいな奇抜な子があっても・・・

B9 教師：どの作品に関しても？

B10N：(うなづきながら) はい。

B11M：ちょっといいですか？やっぱり，材料で作りながら，子どもは考えていくものだと思うから，ある程度，素材に触れさせて想像させないと，豊かな発想を持ってスケッチしたり，作るのは難しいんじゃないかなあ。

学習者 S のアイデアスケッチは，写真1で示したように，一方向だけの絵ではなく，上・下・前・後ろから見た絵が描かれている。各方向には，その方向から見える色が正確に塗られている。また，学習者 S のアイデアスケッチには，「ここは，きらないといけません。」と工夫したいところが書かれていた。学習者 S には，どこをどうすれば作品が作れるのかという見通しが持っていたと推察される。実際，アイデアスケッチの通りに色を塗って作品を完成させていた。検討者の B4，B5 で指摘されたように，イメージがしっかりと表現されたスケッチであった。その理由の一つは，B7「たくさん経験しているから，イメージしやすいのかもね。」であると解釈される。

その後の談話では，学習者 S のスケッチと他のアイデアスケッチを比較した話し合いであった。その時に，検討者 N が B8「S さんみたいな奇抜な子があっても」という指摘を行った。B8 の意見は，逆に言えば，他の学習者に対して素材を十分に触れさせていないのではないか，という指摘であったと推察される。筆者らは，学習者に箱と箱を並べさせたり，組み立てたりする時間をもっと必要だったのではないかと反省している。また，子ども用ルーブリック(表5)の中に，子どもの発想を阻害しないような観点を提示する必要があると言える。例えば，スケッチの時に，「箱の形は，切って形を変えてもいいんだよ。」と一言付け加えるだけで，子どもの創造性は広がったのかもしれないととらえる。

②抽出児：H(男子)

学習者 H は，表8の評定結果の通り，検討者3名(教諭 O と教諭 T，筆者)が評定3であり，他2名(教諭 M と教諭 N)が評定2であった。学習者 H のアイデアスケッチと作品は，写真3～4である。



写真3. アイデアスケッチ



写真4. 作品

学習者 H は、アイデアスケッチを 2 枚作成した (写真 3)。写真 3 より、1 枚目は、「ばくだんろぼっと (右)」であり、2 枚目は「すべりだいろぼっと (左)」であった。学習者 H は、2 枚のアイデアスケッチのうち、1 枚目の「ばくだんろぼっと (右)」を選んで製作を行った。理由は、2 枚のスケッチを描いてみて、手のついたロボットの方を気に入ったからである。

学習者 H のアイデアスケッチは、評定者間で大きく意見が二つに分かれた。その時の検討会の内容は、次の通りであった。

表 2. 学習者 H に対する評定者間の会話 (ポートフォリオ検討会, 2005 年 8 月 30 日午後 4 時 54~57 分)

- | |
|--|
| <p>C1O: H の作品は、うーん、かしこいよ、うん。発想が広がっているんだよな。</p> <p>C2N: (うなずく)</p> <p>C3M: うんうん、箱をどんどんつなげているよね。</p> <p>C4T: さっきの S さんもそうだけど、H さんも、K さんも立体感が身に付いているよね。</p> <p>C5O: 色は、あんまり丁寧じゃないが、他の観点は、いいだろう。</p> <p>C6M: でも、私は、そんなに高い評定じゃないんだよなあ。</p> <p>C7 教師: どうしてですか?</p> <p>C8M: うーん、なんていうか、この観点では評定できないけど、作りながら思いを膨らませて作っているかとか、工夫しているか、っていう観点だったら、高く評価できるんだよねえ。授業見ていたら違った評定するのもかも。</p> <p>C9 教師: なるほど、つまり、発想力とか、子どもの思いや願いが発展しているかといった観点が必要だったということですか?</p> <p>C10M: うん、そうだね、うん。</p> <p>C11N: 私も M 先生と同じような考えで、えっと、ルーブリックの②の観点だと分かりづらいっていうか、評定しにくかったですねえ。M 先生の話した観点があれば、H の作品には良い評価をしていたと思います。</p> <p>C12 教師: ご意見ありがとうございます。たぶん、お二人の指摘した点について、授業者の私を感じた部分は、H の作品の口の部分です。作ってみた感想にも「くちをくふうしました」と書いてありますが、口の部分が上手に開いています。こういう部分が発想の広がりになっていると思いますが、どうですか?</p> <p>C13T: あと、足の部分も工夫されていますよね。絵の方には、足が箱一つで作られてるけど (写真 3)、実際の作品には、足を 2 つの箱で作っているんですよ (写真 5)。こういう部分が、彼の頭の中で発想の広がりになっているという感じがするんですよ。</p> |
|--|



写真5. 学習者Hの作品の一部

C14N：あー，なるほど。この部分もそうですね。

C15T：Hさんの場合，靴は，安定感があってつけたとか，カッコイイのかなあ？って作りながら発想が広がったんじゃないかな。実現したいと思っていたけど，実現できない。そこで工夫や発想が生まれたんだろうね。

C16O：つーかさ，③の観点なんて，意識していると言えば，みんな意識してるんじゃないかな。この子たちには，正確な形は書けないだろう。いかに自分の作りたいものを組み合わせたり，眺めたり，わいてきたイメージを表せるかどうかが大事なんだと思うな，うん。

C17 教師：ということは，たくさんイメージを絵に表せる子の方が，イメージを表す力があるっていうことですね？

C18O：うん，そうだろうな。

C19 教師：そうなるよ，例えば，Rさんはアイデアスケッチを5枚描いています。あと，IさんやTさんのように，アイデアスケッチを3枚描いて，作品も3つ作っていますが，この子たちのイメージは豊かであるということですか？

C20O：うん，俺はそう考えてるけど，Mさんどう？

C21M：うん，そうだねえ，Iさんのスケッチは，箱をつなげたいという思いが描かれていていいと思ったなあ。

C22T：うーん，でもRさんの絵は，たくさん描いてあるけど幼稚だよねえ。Kさんの方がしっかり書いているんだよねえ。Yさんのも，線が弱々しいし。線や点を正確に書くという点も大事にしたいよね。

C23 教師：なるほど，T先生のご意見は，線や点を正確に書いているというのも観点の一つになり得るということですね。

表2より，学習者Hのアイデアスケッチは，スケッチ自体の評定が高いというよりも，作品に注目が集まっていることが分かる（C1，C2，C3）。その理由の一つは，3名の検討者が実際の授業を見ていないために，アイデアスケッチ自体で評定することに難しいと感じていることが推察される。一方，検討者Tは，実際の授業に参画していたので，Hのスケッチに着目し，C4「立

体感が身に付いている」という意見を出している。その後、ループリックの評価観点を懸念する声が2名の検討者から指摘された（C8, C11）。懸念されたループリックの評価観点は、「② 材料の色を考えて色塗りをしている。」であった。検討者 M は、②の評価観点よりも、「作りながら、発想を豊かに広げたり、思いを膨らませたりしているか、工夫しているか」という観点に着目していた（C8）。そこで、授業者である教師と、実際に授業を見ていた検討者 T は、指摘された点（C8, C11）に答えるために、学習者 H の発想が広がった部分を取り上げ、共有化を図ろうとしている（C12, C13, C15）。この談話のやりとりは、授業を見たか、見ないかの大きな違いでもある。検討者 M が指摘した「作りながら、発想を豊かに広げたり、思いを膨らませたりしているか、工夫しているか」という観点は、製作後の振り返り活動によって明らかになる点であると言える。つまり、表現・コミュニケーション学力の評価観点というよりも、技術評価に関する学力と関係していると推察される。

次に、懸念されたループリックは、「③ 材料の形を見ながら、スケッチをしている。」であった（C16）。検討者 O は、学習者一人一人が材料を意識しており、「③ 材料の形を見ながら、スケッチをしている。」点を評定することが難しいととらえている。つまり、材料の形を学習者が意識してスケッチしている点を評定するよりも、「作りたい作品のイメージを膨らませているか」という点が重要であることを述べている。検討者 O の指摘に対し、他の検討者との話し合い（C17, C19, C21）から、複数のイメージを膨らませることができることの必要性が確認された。今回、アイデアを2つ以上考えた児童は、15人（16人中）いた。アイデアスケッチを3枚以上描いた学習者は、8人いた。筆者らを含む検討者は、アイデアの数が豊富な子は、それだけ作りたい作品をイメージしてスケッチする力があるのではないかという意見で一致した。筆者自身は、イングランドの教育課程基準の研究結果から、複数のアイデアを考案することを提案してきた。しかしながら、小学校低学年では、どの程度のアイデアを考案させることが適切なのか、構想カリキュラムの段階では、明確ではなかった。また、素材への関わりの程度や発表することへの意識づけによって、子どもたちは、スケッチすることの意義を見いだしているのとらえることができる。

そこで、今回の実践結果を踏まえ、対象児童の場合は、「アイデアを2つ以上考えることができる」点をループリックに取り入れることにした。さらに、検討者 T の指摘（C22）から、アイデアを複数スケッチするだけでなく、「線や点を正確に書くこと」の必要性が提示された。「線や点を正確に書くこと」は、小学校期とくに亭中学年の時期に「学習対象を点から開始し、線、面、立体とつなげていく（城、1990；p.249）」必要性と同意見であると言える。

③抽出児：Y

学習者 Y は、表8の評定結果より、全員の評定結果が異なった。学習者 Y が描いたアイデアスケッチと作品は、写真6～7である。



写真6. アイデアスケッチ



写真7. 作品

学習者 Y のアイデアスケッチは、検討者間でそれぞれのとらえ方が異なり、話し合いが長く行われた。その時の検討会の内容の一部を表3に示す。

表3. 学習者 Y に対する検討者間の内容の一部（ポートフォリオ検討会，2005年8月30日午後5時10～20分）

- D1 教師：Y さんのアイデアスケッチの評定結果がみんなバラバラなんですけど、この点について何かご意見ありませんか？
- D2 M：はい、じゃあ、私から。スケッチの部分に「とうめいな～」って書いてあって、実際の作品をみると、透明のフィルムを実際に使っていました。これは、その子が、この素材を使いたいという強い思いが伝わって、すごいと思いました。
- D3 T：私も授業見ている時には、気づかなかっただけで、スケッチしたことを実際にやってみたっていうことは、その子がどんな材料を使うのかを見通していたということになると思うんですよ。だから、私は、結構高い評定にしたんです。
- (中略)
- D4 O：ふーん、頑張りたいことややってみたいことがきちんと書いてあってそれを実現させるってのは大事だよな。それは、なんとなく分かった。でもさ、さっき、Hの作品か、あの時のMさんの話からいけば、もう少し発想が広がってもよかったんじゃないかなあ。
- D5 N：あっ、私もそう思いました。なんか、発想に広がりがないような気がしました。あと、他の作品に比べて、材料の出来映えを考えて色を塗っているように思えなくて。
- D6 M：うーん、出来映えを考えてないというよりは、箱自体に色が付いているから、それを意識して塗ったんじゃないかな。
- D7 O：うん、箱にすでに色がついているからどうしようもないんだよね。子どもたちは、こういう色を塗りたいと思っけていても、材料にすでに色が付いているから、どうしようもない。こういう所で、子どもの発想を妨げてしまっただろうなあ、きっと。

学習者 Y のアイデアスケッチは、評定結果はそれぞれ異なっていたが、共通した意見が出され

た場面もあった。一つは、D2、D3の「頑張りたいことや工夫したいことを書き、それを実現させている。」である。この指摘は、単に自分の思いや願いを表現するという行為だけでなく、材料や道具を見通しており、構想・設計力や総合的製品加工力にもつながると言える。この点に対しては、検討者Oも納得している(D4)。なぜなら、ほとんどの学習者の場合、アイデアにどんな特徴があるのかが明確でないために、子どものスケッチからだけでは、アイデアの特徴がはっきりと理解しがたい。一方、検討者Oと検討者Nは、「発想の広がり」という視点から評定を行っていた。また、先にも指摘されたが、ルーブリックの「②材料の色を考えて色塗りをしている。」が不明瞭であることが、D5とD6の意見から伺える。また、検討者O(D7)が、「完成作品をイメージしながら」は、子どもによっては、使いたい色というよりはむしろ、箱自体の色を意識して塗ったのではないかということである。箱に色が付いていたことと、結果的に箱と同じ色を塗らせたことにより、子どものイメージや塗りたい色を制限してしまったということを、検討者Oは懸念している。つまり、箱自体に色がついているので、ルーブリックの②で評定すること自体に問題があった。子どもたちに、箱について色は関係がないこと、自分の好きな色で表現したいなら、折り紙や色画用紙を使ってよいことを指導するべきであった。そこで、②の観点は、本題材のルーブリックでは用いないことにした。

資料4 未来社会に求められる科学的資質・能力に関する

科学教育課程の編成原理（課題番号 15020272）^注

小倉 康（国立教育政策研究所）

〔要約〕米国、英国等での渡航調査と文献調査から、海外での科学的資質・能力の育成を目指した科学教育課程編成の基本原則について研究し、わが国における科学的資質・能力の育成を目指した科学教育課程の編成原理とその具体モデルについて検討するとともに、児童生徒への全国的な質問紙調査を行い、科学への学習意欲形成過程を分析することで、一般市民と将来の科学技術人材育成の両面から科学技術教育の在り方について検討した。

〔キーワード〕科学教育課程，科学的探究能力，科学的資質・能力，学習意欲，科学教科書

〔研究成果〕

調査領域Ⅰ 英国の科学教育課程における科学的探究能力育成の工夫 （文献10）

本研究では、イングランドを中心とした英国の科学教育課程の実施状況について、国際比較的な観点から文献と既存の調査データを分析し、その特徴を以下のように概括した。

- ① 英国の生徒の科学の成績は国際的に高い水準にある。
- ② 英国の生徒の科学への学習態度は国際的に良好な水準にある。
- ③ 英国では、多くの生徒が科学の学習を楽しんでいる。
- ④ 英国では、多くの生徒が科学の学習を大切であると感じている。
- ⑤ 英国では、多くの生徒が将来、科学を用いる職業に就きたいと思っている。
- ⑥ 英国では、科学の平均学習時間が長い。
- ⑦ 英国では、近年、学力が向上しつつある。

そして、英国の科学カリキュラムの基本的特徴を次のように概括した。

- ⑧ 義務教育期間の学習内容を4つの段階として大きなまとまりで捉えている。
- ⑨ 学習到達目標までの過程を8つの段階を経た学習の高まりとして捉えている。
- ⑩ 「科学」の学習内容を「科学的探究」を含む4領域で捉えている。
- ⑪ 「科学」を「英語（国語）」「数学」と並ぶ中核（コア）教科に位置づけている。
- ⑫ 教科横断的に、重要な諸スキルを発展させる機会を強調している。

次に、英国における「科学的探究能力」の指導と評価の詳細を明らかにするために、英国に渡航し、関係機関を訪問した。インタビュー調査の結果と収集した資料を分析し、英国における「科学的探究能力」の指導と評価について、以下の諸特徴を明らかにした。

- ① 系統的に「科学的探究能力」が指導されるように情報提供を工夫している。
- ② 教科書において「科学的探究能力」の指導が組み込まれている。
- ③ 日常的な科学の授業を通じて「科学的探究能力」の指導と評価を工夫している。

^注 本稿は、本研究が属する特定領域研究「新世紀型理数科系教育の展開研究」のA02研究班「論理的思考力や創造性・独創性を育むための教育内容や指導方法・教材等の研究」における『平成15・16年度研究成果報告書』（2005年3月）に集録された研究報告の再掲である。

- ④ 全国テストで筆記試験による「科学的探究能力」の評価を工夫している。
- ⑤ 資格試験の「コースワーク」により「科学的探究能力」を指導し評価している。
- ⑥ 「コースワーク」の評価結果の信頼性を高める工夫をしている。
- ⑦ 学ぶ側も教える側も実践的な「科学的探究」の大切さを理解している。

これらの諸特徴から、わが国の科学教育課程に関して以下の事柄が示唆される。

まず、わが国においては、学習指導要領において「科学的探究能力」を系統的に指導する設計となっていないため、どのような科学的探究能力をいつの段階でどの程度まで育成するかが明らかでない。結果として、科学教育課程の中で、意図的計画的に効率よくより高度な科学的探究能力が育成されているとは言えないであろう。

したがって、教科書も、科学の内容面での知識理解中心の構成となり、科学的探究能力が徐々に深められ発展していくような構成となっているとは言えないであろう。

また、わが国でも日常的な理科授業において、観察実験を通じた理科学習が強調されているところではあるが、それを通じて育成すべき「科学的探究能力」が曖昧で、ややもすると、科学的に探究すること無く、手順に従って観察実験という行為を経験したに過ぎないものとなりかねない。また、英国で強調されているような「実験計画」と「証拠の獲得」、「証拠の分析と考察」、及び「評価」まで含めた一連の「科学的探究」過程には、相応の時間が必要であり、授業時数の少ないわが国の理科授業において、そのような「科学的探究」を通じた「科学的探究能力」の指導は物理的に困難であると考えられる。したがって、そのような一連の「科学的探究」に携わる機会を工夫して設定することが、「科学的探究能力」を意図的計画的に育成するための重要な要件であると考えられる。

英国の科学カリキュラムでは、ナショナルテストや資格試験のコースワークを通じて、「科学的探究能力」の指導と評価に非常な労力と時間、情熱、知恵が注ぎ込まれていた。これは、わが国の科学カリキュラムと大きく異なる点である。わが国においても科学的探究能力の育成は一般的には重要な教育目標であるが、それが具体的な教育内容として系統的に規定されていない現状において、それが主たる指導と評価の対象とはなりにくい。一方、英国においては、科学カリキュラムが、科学の概念的体系と、科学的探究能力の発達の体系の2つの体系が車の両輪のように組み込まれて編成されているため、科学的探究能力の育成がこのように重視されていると考えられる。ここに、両国での科学カリキュラムの編成原理に大きな違いがある。

英国では科学を学ぶ側も教える側も実践的な「科学的探究」の大切さを十分認識した環境の下で、「科学的探究能力」の育成が図られていた。わが国で、理科を学習することの大切さを意識している生徒が少ない状況を改善するためには、科学カリキュラムにおいてこうした価値意識の醸成に取り組まねばならないと考える。

今日わが国の高等学校では、SSH（スーパーサイエンスハイスクール）や理数科などにおいて、生徒の科学の課題研究を重視した科学カリキュラムが開発され広まりつつある。しかし、そのような実践的な科学的探究の経験を積んだ生徒の学習成果を適切に評価する手法や評価の基準については、未だ開発されていると言い難い状況である。英国のGCSEやAレベルの資格試験におけるコースワークの評価手法は、高い妥当性と信頼性をもつ課題研究

レポートの評価法として、わが国でも活用可能なのではないであろうか。その際には、あらかじめ、どのような評価基準で課題研究レポートが評価されるのかを生徒に理解させた上で、課題研究を実行させ、提出されたレポートを客観的に評価し、評価結果を指導に生かすという、これまでとは異なった教授学習過程を採ることとなる。今後、実践的に研究を行ってみる必要があると考える。

また、わが国においては、多くの小学生が、夏休み期間に探究的な観察実験を伴う科学研究を意欲的に行い、科学論文を作成するというすばらしい文化が存在している。その多くは、自ら調査課題を設定し、観察や実験を計画し、証拠を集め、分析し考察するという、一連のオーセンティックな科学的探究を論文にまとめたものとなっている。しかし、中学に上がり受験が間近となると、そうした文化は陰を潜め、大半の生徒にとって自主的な科学研究は無関係な存在となってしまふ。これを有効に活用し発展させるための一つの可能性は、小学生に始まる科学研究が、発達とともに次第に高度な科学的探究へと発展するような指導過程を科学教育課程に組み込むことであると考え。その指導を通じて、すべての子どもたちに「科学的探究」の大切さを理解させるとともに、実社会で求められる実践的な科学的探究能力を身につけさせることが可能となるのではないだろうか。

調査領域Ⅱ 米国の科学教科書に見られる科学的資質・能力育成の工夫 (研究発表2)

米国の科学教科書 (文献 11) を取り上げ、その特徴を整理し、米国におけるリテラシーとしての科学的資質・能力の育成の工夫について調査した。

分析に用いた米国教科書は、Holt, Rinehalt and Winston 社の“Science Plus”(2002)である(以下、SP と呼ぶ)。SP は、「広く用いられている」(AAAS Project 2061,教科書評価プロジェクト)中学生用教科書で、わが国でも知られる R. Yager アイオワ大学教授が代表編者となっている。SP の正式名称は“Science plus technology and society”であり、そのタイトルからも STS の考え方を強く反映したものであることがわかる。

◆インテグレートされた単元内容

教科書は Level Green, Level Red, Level Blue 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。以下は各冊の単元タイトルである(括弧内は単元内の章タイトル)。社会や環境、テクノロジーとの関連も含めて幅広い内容が含まれていることがわかる。

[Level Green]

- 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)

[Level Red]

- 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? ; 追跡する)
- 単元3 溶液 (溶液かそうでないか? ; 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)

[Level Blue]

- 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)

◆豊富な情報量

一般的に分量の多いのが米国教科書の特徴であるが, SP の頁数は各冊ともに 550 頁前後のいわゆる本文に, 学習補助資料(Sourcebook)として読み物を中心とした 200 頁が続いている。

年間授業時数は, 160~180 時間に設定されている (科学の授業が毎日 1 時間設定されていると想定されている) ので, 単純にすべての内容を授業で取り上げると, 50 分程度の授業時間当たりの進度は, 3 頁を超える (わが国では中学 3 年間で約 400 頁の第 1・2 分野教科書を 105+105+80=290 時間で指導するため, 授業時間当たりの進度は約 1.4 頁)。英語と日本語とでは情報量比較が困難であるが, 仮に和訳した際の頁当たりの平均文字数は日本の教科書よりも平均して数 10% 多いと見積もられる。したがって, 教科書の情報量は, 本文の頁数 (米国 550×3=1650 頁; 日本 400 頁) 以上にわが国よりも豊富であると考えられる。

◆インテグレートされた内容, 情報

各単元は, 物理科学, 生命科学, 地球科学のいずれかを主としつつ, 内容面でその他の 2 つのいずれかあるいはいずれとも関連づけられている。

各単元を結びつける単元を超えたテーマないしは原理として 5 つ「エネルギー」「システム」「構造」「時間変化」「サイクル」が設定され, 各単元で最低 3 つ以上のテーマが学習される。

各単元では 3 つの STS トピックが取り上げられ, 単元末の 4 つのコラムでも STS を強調した内容が紹介されている。単元末コラムは, 「社会におけるテクノロジー」「科学とテクノロジー」「科学とテクノロジーの環境への影響」「科学と健康」「現実の科学者」「科学と芸術」「奇妙な科学」の 6 種類に分かれている。

また, すべての単元で, 観察実験によって, 幅広い科学のプロセススキルズが扱われ, 各単元では次の 11 から特に強調される 3 つが指定されている。「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」。

さらに, 学習に利用可能なテクノロジーとの関連が積極的に図られ, NSTA を始めとするさまざまな有効なインターネットのホームページ URL が明記され, 調べ学習等に容易に検索

できるようにしている。

◆オーセンティックな評価の強調

各章の学習の始めと終わりに、その章のテーマについての理解の状態を **ScienceLog** と呼ぶノートに記述し、生徒自身がどのように理解が変化したかを自覚するようにしている。加えて、各単元末にコンセプト・マップ課題と、理解の確認課題がある。

学習を通じて、論述や作品、写真、課題研究レポートや実験レポートなど、ポートフォリオを蓄積させ単元末によりポートフォリオを作るための課題研究のアイデアが記されている。

上記に関するルーブリック評価基準に加え、筆記問題や実技テストなど多様な評価法に対応した、形成的及び総括的評価を進めるための評価情報が整備してある。

◆全米スタンダード NSES との明確な関連

NSES の内容スタンダードのそれぞれについて、どの学習内容が該当するかを明確に示している。スタンダードは、幼稚園から 12 学年までに教えられるべき内容を「統一的な概念とプロセス」「探究としての科学」「科学とテクノロジー」「個人や社会の立場での科学」「歴史と科学の本質」「物理科学」「生命科学」「地球宇宙科学」の 8 領域で規定しているが、教科書の学習内容がスタンダードをその内に包括していることを具体的に示している。

◆これらの諸特徴から、わが国の科学教育課程に関して以下の事柄が示唆される。

Schmidt らによる TIMSS のカリキュラム分析では、米国の実際の教育現場では教科書の膨大な情報が表面的に触れられるに止まっているという批判がなされているが、教科書自体は、NSES スタンダードを基本として、豊富な情報を断片的知識としてではなく、相互の関連づけや、内容間のインテグレーションを進めることで、構造的で体系的な科学カリキュラムとして生徒に伝えようと工夫されている。科学が単なる科学の知識としてではなく、リテラシーとしての科学的資質・能力にまで高まるよう、社会やテクノロジー、健康や環境、歴史、芸術などと関連づけて扱われるとともに、科学の基本的な思考技能である科学のプロセススキルズや ICT 活用能力、及び「システム」といった内容を越えた統一的な考え方であるテーマと、複数の次元で絡み合わされて構造的計画的に育成されるものとなっている。

翻って、わが国の理科の学習指導要領は、主として当該学年で学習すべき理科の内容を規定しているが、内容相互の関連や、内容を越えて育成されるべき科学的資質・能力を具体的に要求していない。結果的に、教科書は米国よりもはるかに少ない知識に限定される一方、育てるべき資質・能力については明確な設定がなされていない。教科書が単に分厚いことが良い成果を上げないことは明らかであるが、わが国の科学教育で、12 カ年の学校教育期間にいかなる科学的資質・能力を身につけさせるべきなのか、この議論を進め、カリキュラム編成に反映させ、その結果として教科書において、こうした教育的視点を盛り込むことが必要ではないだろうか。

このように諸外国の教科書の特徴は、その国でリテラシーとしてどのような科学的資質・能力の育成が期待されているか、及びその国の科学カリキュラムの編成原理について多くの事柄を教えてくれる。

調査領域Ⅲ わが国の生徒の科学への学習意欲に関する実態調査 (文献 12)

児童生徒が科学的探究能力の学習に意欲的に取り組む科学教育課程の編成には、児童生徒の科学への学習意欲の実態と要因を把握し、効果的なアプローチを選択することが重要である。そこで文部科学省の協力を得て、本研究で全国的な無作為抽出標本調査を実施し、児童生徒の科学的探究の実態と要因、児童生徒の科学的探究と学習意欲との関連、学校の科学的探究に関わる教育課程と児童生徒の学習意欲との関連、リテラシーとしての意識と専門家としての意識の醸成について明らかにすることとした。また、特別な刷新プログラム（SSH、理科大好きスクール）の効果についても、科学技術振興機構（JST）との共同で調査することとしたが、これについては別途公開されることとなる。

調査の対象は、全国の 70 の公立小学校、74 の公立中学校、及び、96 公立高等学校普通科の二段階無作為抽出された児童生徒で合計 20984 人である。内訳人数は次の通りである。

| 学年 | 小 5 | 小 6 | 中 1 | 中 2 | 中 3 | 高 1 | 高 2 | 高 3 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 人数 | 2103 | 2042 | 2392 | 2421 | 2290 | 3493 | 3393 | 2850 |

調査内容は、選択式の質問紙で、約 65 の質問項目からなる。質問項目は、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の実態」調査 (文献 13) の項目と同一の 26 項目で中学生の意識の経年変化を明らかにし、また、内閣府「科学技術と生活に関する世論調査」(文献 14) の 2 項目を用いて社会人の意識との比較を可能とし、その他の項目は、学校における学習指導要領外の科学教育活動の実態と効果に関する項目、児童生徒の理科の自由研究の実態と要因に関する項目として、新たに作成した。

調査結果は、別途、報告書 (文献 12) で詳細に報告するが、要点だけを述べると、全国の児童生徒が、科学に関わる様々な意識や意欲に関して、平均的な意識が、小学校から高等学校にかけて、どのように変化しているかを正確に捉えることができた。平成 12 年度の調査結果と比較すると、若干ではあるが、概ね中学生の意識の程度が向上していることがわかった。児童生徒の科学への学習意欲は、学校側の取組み次第で改善しうることが示された。科学者や技術者といった専門家を招いた授業を実施することや、児童生徒を科学館や科学博物館に連れて行って理科学習を行うこと、校外に出かけて野外体験学習を行うこと、授業の一環で、児童生徒に理科に関する自主的な研究を行わせること、などの学校の取組みは、いずれも、それらを実施していない学校に比べて児童生徒の科学への学習意欲が特定の質問項目で高まる傾向が見られた。さらに、自主的な理科の自由研究を行っている児童生徒は、より科学への学習意欲が高いことも示されたが、同時に、中学 3 年以降は、受験で評価されない理科の自由研究は急速に実施されなくなっていた。今後、児童生徒に理科の自由研究を奨励したり支援したりする取組みや、学校の科学教育課程において、理科の課題研究を必須にするなど、科学的な研究を体験しない児童生徒に学習機会を与えることが重要になる。同時に、進学試験において、科学的研究能力を評価規準に取り入れることも重要である。

論考 未来社会に求められる科学的資質・能力を育む科学教育課程の編成の課題

1. 教育目標をどうするか？

初等中等科学教育を通じて、いかなる未来市民を育成したいのかを明らかにすべきである。

その際、大衆市民としての教育への期待と、科学技術の専門家としての教育への期待とに分けて捉える必要がある。

ア) 大衆市民として

近未来社会に生きるわが国の国民にとって、いわゆるリテラシーとして、いかなる科学技術の資質・能力を獲得しておくことが個人生活や社会生活の上でいかに重要であるかを明確にし、それを目標として12カ年の初等中等科学教育の体系を整備する必要があると考える。

米国AAASが1989年に明らかにした『全アメリカ人のための科学』¹⁾は、次のハレー彗星(2061年)までの長期的な見通しの下での科学教育の目標を検討した結果であり、わが国においても同様の目標設定のプロセスが必要と考える。

イ) 科学技術の専門家として

自然資源に乏しいわが国において、人的資源のみが、その産業・経済の成功を支える鍵であるといっても過言ではない。

わが国同様に自然資源に乏しいシンガポールにおいては、教育で期待される成果を、すべての生徒に対するものと、将来的なリーダーに対するものとに分けて明示している²⁾。また後者の実現方策の一つとして、英才教育プログラムがある。

わが国において、優れた科学技術の開発・発展が継続され続けることのために、教育では、世界トップレベルの高い知的生産能力を有する人材を科学技術の生産現場に送り出すことを、その重要な使命と位置づけ、そのための12カ年の初等中等科学教育の体系づくりに着手する必要があると考える。

科学技術の専門家に期待される目標の実現は、全員必修を前提とした義務教育とはねらいが異なることから、小中学校段階では、平日の放課後や休日における、学校内や学校外での教育活動を想定した思い切った基盤づくりが必要と考える。

2. 教育内容面

ア) 大衆市民として

子どもたち³⁾や成人⁴⁾に見られる科学や科学技術に対する好ましくない意識の実態の背景には、これまでの科学や科学技術の教育内容が学習者にとって有益性の理解されにくいものであったことが強く影響しているものと考えられる。

個人生活や社会生活で活用される科学技術に特有の知識と思考、科学的探究プロセスや創造的問題解決技能と密接に関連づけたより実践的な教育内容として、初等中等科学教育の内容を再編する必要があると考える。

諸外国では80年代以降、科学カリキュラムにおいて、STS(科学-テクノロジー-社会)と環境の側面が強調されてきた。わが国では理科の教育内容と授業時間が削減される中で、個々の科学の概念や知識を、テクノロジーや社会、環境と具体的に関連づけて扱うことは一層困難になっていると考えられる。

イ) 科学技術の専門家として

世界トップレベルの高い知的生産能力を有する科学技術の専門家には、必然的に、科学技術に関する深い理解と豊かな経験、研ぎ澄まされた思考力や判断力、それを支える情報処理能力などに加え、日本語のみならず英語によるコミュニケーション能力、研究開発上のリー

ダーシップなども要求される。

とりわけ将来の卓越した科学技術者を目指す中等教育段階の生徒たちにとって、こうした資質・能力を習得する機会を得ることは、その後の発展の可能性を大きく高めると考える。

3. 教育方法面

現状の初等中等教育段階の理科授業では、児童生徒の思考力や判断力、創造性の育成を強調するものとなっていない。

大規模教育調査の結果では、観察・実験の実施回数は決して少なくない⁶⁾が、理科授業を分析した結果では、思考力や判断力が育成されるように観察・実験が行われていない⁷⁾。その主因は、45分ないしは50分の授業時間内で、観察・実験とそのまとめを終えなくてはならない時間的余裕のなさから、児童生徒に観察・実験の手続きや結果について思考させる時間が確保できないことである。さらに、児童・生徒が自らの考えで観察・実験を計画したり、その結果を評価して計画を改善したりといった、主体的な探究や創造的な問題解決に取り組まれることは希有であることから、実践的な能力が育成されているとは言い難い。

教育内容を示すのみで、思考力や判断力、創造性を育む授業が実践されるものではない。授業実践に裏打ちされた教育方法とともに具体的に教師に示すことが必要であり、かつ、それを実現するための授業条件を整えることが必要である。

このことは、大衆市民としての教育も科学技術の専門家としての教育も同じと考える。

4. 教育評価面

教育評価は、教育目標に対応し、妥当なものでなくてはならない。現在も、「確かな学力」として、思考力、判断力、課題発見能力、問題解決能力、表現力、学び方、知識・技能、学ぶ意欲が教育目標に掲げられている⁸⁾が、教育評価、とりわけ入学試験が従前通りの筆記試験中心であり、教育目標の変化に十分対応しているとは言えない。

評価結果についても、成績と入学試験以外に活用できるものとなっていない。とりわけ、初等中等教育段階で、科学技術の研究活動や制作活動で資質・能力を磨いた生徒にとっては、その成果が入学試験結果に反映しない矛盾に苦しむことの多い現状である。

研究者が研究業績を持つように、児童生徒も課題研究や自由研究などの実践的な探究活動や創造的活動の成果を含めて学習履歴として示すことができれば、習得した資質・能力の証明として活用できる。これは受験者の資質・能力をより妥当に評価できる可能性がある。近年注目されつつあるポートフォリオ評価⁹⁾も、同類の評価法である。

英国においては、中等教育一般修了資格(GCSE)の科学の試験においては、得点の20%は課題研究(コースワーク)の評価結果を用いている¹⁰⁾。これにより、すべての生徒が義務教育終了までに、実際的な課題研究活動を通じて、実践的な科学的探究能力を身につけることを要求し達成度を総合的に評価している。わが国の場合、生徒の科学的探究能力に焦点を当てて評価する仕組みがない。

5. 制度面

科学教育課程の授業時数は、教育目標と内容、及び方法まで含めて、各教科の体系に具現化する中で合理的に定められるべきである。現状では、前述の通り、観察・実験に費やす時間を除くと思考力や判断力を育成するための時間が残らない場合が多い。まして、課題発見

や実験計画、評価に基づく計画改善など、創造性育成につながる活動の時間的ゆとりは無いものと考えられる。

また、入試選抜制度は、選抜すべき生徒の資質・能力を妥当に評価できるものであるべきである。マークシートによる筆記試験が、生徒の資質・能力の限られた一面しか測定しないことは明らかである。科学技術の課題研究や観察・実験技能の評価結果や、自由研究や作品コンテストの成果など、加点方式で考慮したり、面接による口頭試験やパネル発表などの採点を加味したりすることで、より育成したい市民像や科学技術人材像に近い生徒を選抜することができると思う。

さらに、将来の卓越した科学技術者を目指す者を継続的に支援する仕組みを持つべきである。初等中等教育段階の子どもたちで、科学技術に高い関心や意欲を持ち、必修の教育内容を超えた発展的な学習機会を求める者に対して、その子どもの地域や学校にかかわらず、必要な支援や効果的な教育機会を提供することによって、高水準の科学技術を学ぼうとする意欲の高揚が図れるとともに、限られた資源を効率的に学習者に提供できると考えられる。

さて、一般的な学校の資金的、人的、時間的な制約下では、科学技術人材育成のための教育条件を整備することは物理的に困難な状況である。現在の「スーパーサイエンスハイスクール」事業においては人員増ができないために人員不足の状態で新たな学習プログラムを開発しようとしており、学校内の理科教師に過度の負担がかかるものとなっている。また、数年の期限付き事業でありその後は正規の教育課程に戻すことから、科学技術人材育成に特化した教育プログラムに多くの時間を充てることもできない。科学技術人材育成を確かなものとするためには、長期的な見通しをもった新たな制度が必要であると思う。

6. 社会面

社会の意志決定場面では、「鶴の一声」や「根回し」などによって、科学的な事実や根拠に基づく意志決定が抑圧されることが多々ある。科学教育は、大衆市民に対して、科学的知識のみならず、科学的な態度や精神も培うことを目指している。事実と解釈の区別、微細な出来事への好奇心や懐疑的精神、曖昧な論理に対する批評的精神などは、時には権力者や市民の主張や意向と相容れない事態を招く可能性を高めるが、同時に、誤った予測や歪められた論理の下に、会社や部下、消費者や国民が、不利益を被る可能性を低下させることにつながる。この意味で、科学と科学的態度を習得し、それを社会生活で実践することの大切さを社会全体に訴えることが必要であると思う。また社会的有用性が増すことによって、科学技術領域を志望する者も増加すると予想される。

また、学校や大学、政府、学术界が率先して意志決定のプロセスを公開するとともに、それに関するディスカッションを抑圧しないことによって、国民の批評的精神が涵養され、社会全体の知的水準の向上に寄与すると思う。

さて、科学技術の発展とともに、国民にとっての科学技術がますますブラックボックス化しつつある。よくわからないまま、指示通りに操作することで、通常は問題が発生しないという状況は、科学技術自体に対する知的好奇心を育まないどころか、思考そのものを要求しない意味で国民の知的水準を低下させかねない。行為の意味を考えず、指示通りに操作する内に、大切な個人情報や金銭の被害にあったり、自他が危険な目に曝されることもあり得る。

医療事故，原発事故，インターネットウィルス，詐欺商法，などそうした事例は溢れている。

したがって，科学技術をブラックボックスにしておかない啓蒙活動が重要である。そのためには，インタプリターの育成と普及活動の促進が必要である。

また，科学技術者集団においては，社会的啓蒙と後進育成の使命感を認識し，教育普及活動へのボランティア的支援を強化する必要がある。とりわけ，学校教育において，科学者技術者が児童生徒の身近な存在として，科学技術の学習に関与する可能性を高める取り組みが「モデリング」や「コーチング」の見地から効果的と考える。

文献

- 1) AAAS, “Project2061: Science for All Americans”, Oxford University Press, 1989.
- 2) 小倉康「シンガポールの教育制度—その概要と英才教育プログラムについて」(科研費報告書『科学教育の改革, 開発, 実施に関する調査研究—米国, 英国, シンガポールでの事例研究』研究代表者: 三宅征夫, 研究課題番号 10041044) 所収) (2001).
- 3) 小倉康「理科学習の重要性に関する中学生の意識に関する調査研究」(国立教育政策研究所『理科大好き支援事業研究セミナー資料集』所収) (2002).
- 4) 国立教育政策研究所『数学教育・理科教育の国際比較—第 3 回国際数学・理科教育調査の第 2 段階調査報告書』(2001).
- 5) 文部科学省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』(NISTEP REPORT No.72)(2001).
- 6) 文献 4) の 134 頁
- 7) 小倉康『わが国と諸外国における理科授業のビデオ分析とその教師教育への活用効果の研究: IEA/TIMSS-R 授業ビデオ研究との協調』科学研究費補助金報告書 (研究代表者: 小倉康, 研究課題番号 12308007) (2004).
- 8) 文部科学省初等中等教育局教育課程課『「確かな学力」と「豊かな心」を子どもたちにはぐくむために・・・』パンフレット(2004).
- 9) Hart, D. “Authentic Assessment”, Addison-Wesley, (1994).
- 1 0) 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』科学研究費補助金研究報告書 (研究代表者: 小倉康, 研究課題番号 15020272) (2004).
- 1 1) Yager, R., etal. “Science Plus” Holt, Rinehalt and Winston (2002).
- 1 2) 小倉康『児童生徒の科学への学習意欲に関する実態調査』科学研究費補助金研究報告書 (研究代表者: 小倉康, 研究課題番号 15020272) (2005).
- 1 3) 小倉康『理科学習の重要性に関する中学生の意識の実態』調査報告書, 国立教育政策研究所 (2001).
- 1 4) 内閣府『科学技術と社会に関する世論調査』世論調査報告書 (2004).

[研究発表等]

1. 小倉 康: 未来社会の科学カリキュラムにおいて考慮すべき資質・能力とその実践方法, 日本科学教育学会年会論文集, 28, 23-26 (2004).
2. 小倉 康: リテラシーとしての科学的資質・能力と科学カリキュラム—米国科学教科書の事例から—, 日本科学教育学会年会論文集, 27, 321-322 (2004).
3. 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』科学研究費補助金中間報告書 (研究代表者: 小倉康, 研究課題番号 15020272), 国立教育政策研究所, (2004).
4. 小倉 康: 『児童生徒の科学への学習意欲に関する実態調査』科学研究費補助金研究報告書 (研究代表者: 小倉康, 研究課題番号 15020272), 国立教育政策研究所, (2005).

謝 辞

第5章にて報告いたしましたアンケートにご回答いただきました以下の方々のご協力に対して、心より感謝の意を表します。(承諾者のみ掲載。敬称略。50音順。所属は平成16年2月時点。)

阿久津浩(栃木県総合教育センター研修部) 田代直幸(国立教育政策研究所)
浅井和行(京都教育大学教育実践総合センター) 田中慶太(長崎県崎戸町立崎戸中学校)
石井恭子(お茶の水女子大学附属小学校) 田中春彦(広島大学大学院教育研究科)
石渡正志(法政大学第一中学・高等学校) 田辺久信(大阪府教育センター)
磯部征尊(兵庫教育大学連合大学院生) 堤晶子(大阪桐蔭中学・高等学校)
稲田佳彦(岡山大学教育学部) 長澤友香(静岡市教育委員会学校教育課)
猪狩英究(飯野町立大久保小学校) 中田正仁(堺市教育センター)
大塚直樹(千葉県立千葉高等学校) 西森章子(大阪府立大学総合科学部)
大中逸雄(大阪大学大学院工学研究科) 根岸秀孝
小川雅史(京都府立嵯峨野高等学校) 長谷川大和(東京工業大学工学部附属工業高校)
荻野正彦(埼玉大学大学院教育学研究科) 長谷川智子(御徒町台東中学校)
小路輝子(茨木市立東小学校) 原田樹雄(広島県比婆郡東城町立帝釈小学校)
尾嶋好美(有限会社サイエンスプラス) 原康夫(帝京平成大学情報学部)
鍵山千尋(立命館中学校・高等学校) 東田充弘(滋賀大学教育学部)
影山哲男(京都府立医科大学生物学教室) 平田稔夫(札幌北高等学校)
風間考二(東海大学菅生中学高等学校) 平松敦史(岡山県立岡山一宮高等学校)
梶野ルミ子(自由学園女子部) 広井禎(未来科学技術情報館)
加藤隆(京都府宇治市立御蔵山小学校) 広重喜徳(ソニー教育財団)
加藤恵己(文部科学省初等中等教育局) 藤枝秀樹(香川県教育センター調査研究課)
金子富雄(湘南白百合学園中学高等学校) 藤岡達也(上越教育大学学校教育学部)
鹿江宏明(広島大学附属東雲中学校) 細矢英三(茨城県立竹園高等学校)
河崎哲嗣(京都教育大学教育学部附属高校) 前田容考(京都市総合教育センター)
坂口淳(県立新潟女子短期大学) 前田義幸(科学技術振興機構)
佐藤明子(お茶の水女子大学大学院人間文化研究科) 前出昇(京都市立紫野高等学校)
佐藤敏宏(福島大学教育学部附属中学校) 松原敏治(金沢大学教育学部附属中学校)
志賀修治(宮城県亘理郡山元町立坂元中学校) 三嶋徳三(島津理化器械株式会社)
清水誠(埼玉大学教育学部) 向井珠樹(千葉県立沼南高柳高校)
勝呂創太(東京学芸大学教育学部学生) 谷田貝秀雄(文京学院大学女子中学高等学校)
鈴木勝浩(春日部市立大増中学校) 柳下修(栄光学園中学校・高等学校)
隅田学(愛媛大学教育学部) 山浦麻紀(さいたま市立内谷中学校)
高橋和成(岡山県立岡山一宮高校) 山縣宏美(京都大学教育学研究科)
高橋純(逗子開成中学高校) 山口道明(京都府立西城陽高等学校)
高橋豊(四條畷学園小学校) 吉田和郎(宮城県仙台第一高等学校)
高橋和光(江戸川区立小松川第二中学校) 吉田豊彦(福島県教育センター)
瀧上豊(関東学園大学法学部) 笠潤平(京都女子高校)