

課題番号 国 10041044

科学教育課程の改革，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—

平成 10～12 年度科学研究費補助金（基盤研究(B)(2)）

研究成果報告書

平成13（2001）年3月

研究代表者 三宅 征夫

（国立教育政策研究所）

はしがき

わが国では 21 世紀の科学教育を構築するための議論が活発になされている。我々は、第 3 回国際数学・理科教育調査(TIMSS)の結果から、日本の科学教育に関する問題点をいくつも明らかにしてきた。本研究では、それらの問題を解く糸口を米国、英国、及びシンガポールの科学教育システムに見出そうと考えた。これらの国で現在進行中の科学教育改革を、教育行政者、教師等への聞き取り調査、学校での実際の科学授業の分析、教師教育システムの調査などによって詳細に調べ、日本における教育課程審議会とその作業部会、今後の科学教育行政、及び研究者に有益な情報を提供することを目的とした。

研究代表者の所属する国立教育政策研究所(旧国立教育研究所)が実施した IEA(国際教育到達度評価学会)の第 3 回国際数学・理科教育調査(TIMSS)の結果から、わが国の科学教育の深刻な問題として、認知面では論述形式の問題の正答率が国際的に低いこと、情意態度面では理科嫌いの割合や理科が楽しくないと思っている割合が国際的に最も高く、理科が生活に重要であると思っている割合が最も低いこと、授業形態では個人学習やグループ学習がほとんど行われておらず課題研究も少ないこと、などを指摘してきた。

上述の諸問題を解決すべき、21 世紀へ向けた新科学教育実施カリキュラムの設計が要求されている。そのためには、構築すべきカリキュラムの理念・学習内容・学習指導方法・学力評価及びそれらを実現するための教育システムの検討が不可欠であるが、わが国にはその検討のための研究情報の蓄積が未だ十分でない状況である。そこで、既に科学教育改革に着手し、新しい科学教育カリキュラムを普及させる段階に入った英国、米国、及び TIMSS で世界トップの結果を示したシンガポールの実状を調査することで、これら先行国の研究情報を提供することが重要であると考えた。

米国では、多年の論議を経て 1995 年末に国家科学教育規準(NSES)が制定され、各州において規準達成のための科学教育課程の改革が進みつつある。その多くの州で、我々が開発担当者の調査を行った FOSS や DASH といった革新的な初等科学教育カリキュラムが採用されつつあった。英国では、米国より若干早くナショナル・カリキュラムを制定して、科学技術教育を推進していた。中学校理科教育に関しては、米・英両国とも TIMSS の結果は 1983 年の第 2 回国際理科教育調査(SISS)よりも向上しており、シンガポールでは TIMSS で世界最高の成績ときわめて望ましい情意態度を示した。さらに、シンガポールでは、TIMSS での世界最高の成績にもかかわらず、新たな教育課程・指導法を模索していた。

本報告書では、3 カ国の科学教育課程の改革・開発・実施について、現地に出張し、収集した資料と聞き取り調査に基づいて、その概要と若干の事例を記述した。また、最終年度に米国・シンガポールから科学教育研究の専門家を招聘し、科学教育国際セミナーを開催した。この結果についても、別途資料(次頁参照)を作成した。これらを、理科教育課程を改善する際、あるいは、理科を指導する際の参考にしていただければ幸甚である。

平成 13 年 3 月

研究代表者 国立教育政策研究所教育課程研究センター 三宅 征夫

研究課題 科学教育課程の改革，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－

研究期間 平成 10 年度～12 年度

研究組織

研究代表者：

三宅 征夫 国立教育政策研究所教育課程研究センター基礎研究部長

研究分担者：

猿田 祐嗣 国立教育政策研究所教育課程研究センター基礎研究部総括研究官

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主任研究官

吉田 淳 愛知教育大学教授

人見 久城 宇都宮大学教育学部助手

研究経費

平成 10 年度 2, 5 0 0 千円

平成 11 年度 2, 2 0 0 千円

平成 12 年度 2, 1 0 0 千円

計 6, 8 0 0 千円

既印刷物

『個の可能性を最大限に引き出す科学教育について考える
－シンガポールと米国ノースカロライナ州での取り組みから学ぶ－』
(研究資料，平成 13 年 2 月発行)

目次

はしがき	1
序章 調査の概要	5
1章 米国における科学教育課程の改革，開発，実施について	7
1-1 米国の科学教育課程制度	9
1-2 平成10年度インタビュー調査の結果	14
1 カリフォルニア大学バークレー校にて	16
2 ハワイ大学にて	24
1-3 平成11年度事例調査の結果	31
1 カリフォルニア大学バークレー校（FOSSプログラム）の事例	32
(1) FOSSカリキュラム開発担当者へのインタビュー	32
(2) FOSSカリキュラムに関する基礎的情報（資料A～資料C）	37
2 ハワイ大学（DASHプログラム）の事例	89
3 ノースカロライナ大学チャペルヒル校（MSEN）の事例	106
2章 英国における科学教育課程の改革，開発，実施について	115
2-1 英国の科学教育課程制度	117
2-2 平成10年度インタビュー調査の結果	125
3章 シンガポールにおける科学教育課程の改革，開発，実施について	137
3-1 シンガポールの科学教育課程制度	139
1 シンガポールの科学教育課程制度	139
2 シンガポールの教育制度	146
3-2 平成10年度インタビュー調査の結果	164
3-3 平成11年度事例調査の結果	171
資料 (1) 「アメリカ科学教育界におけるカリキュラム改革の共通項 －GEMSプログラムにおける報告書をもとに－」	189
(2) 平成11年度における3カ国調査の記録写真	195

序章 調査の概要

本研究では、米国、英国、シンガポールにおいて、現在進行中の科学教育カリキュラムの改革と開発、実施の実態を、主として、教育行政者、カリキュラム開発者、教師を対象としたインタビュー調査と学校視察によって調べ、わが国における今後の科学教育カリキュラムの開発に資する情報を提供することを目的とした。

研究1年目の平成10年度は、3カ国における科学教育カリキュラムについて、国の意図がどのように影響し、また、反映しているかについて調べることを中心課題とした。国としてのカリキュラムを持たない米国では、実際に革新的な科学教育カリキュラムを開発している2つの大学の担当者にインタビューした。一方、国のカリキュラムを持っている英国（イングランド）とシンガポールについては、それぞれ、科学教育カリキュラム改革の中心的立場にいて適切と思われた担当者にインタビューした。

平成11年度は、カリキュラム開発の仕組みと、その実施について調べることを中心課題とした。米国では、前年度と同じ2つの大学と、新たに1つの大学を加えた3つの大学に調査協力を依頼し、担当者のインタビューと、カリキュラムを実施している学校への視察を行った。シンガポールでは、国で唯一、教員養成と現職教育を手がける国立教育大学に調査協力を依頼し、担当者のインタビューと、小学校、中学校への視察を行った。英国では、A S E（理科教育協議会）という英国最大の理科教育研究学会で本研究の関連成果の発表を行った。その際、ロンドン市郊外の中等学校を訪問する機会を得たが、本報告書で報告するための十分な情報収集には至らなかった。

さて、個を伸ばす教育は、わが国の教育政策における目下の最重要課題の一つであるが、2年間の調査の中で、とりわけ米国とシンガポールにおいて、これに対する際だった取り組みを目の当たりにした。

そこで、最終年度である平成12年度は、米国とシンガポールから、この課題に対して重要な示唆を与えるであろう4人を招聘し、国内の多方面から多数の参加者を得て、「科学教育国際セミナー」を開催した。セミナーでは、これらの国での科学教育改革に関する新たな情報と、「個の可能性を最大限に引き出す」という課題に対する国内の関係者の考えが収集された。これについては、別途「科学教育国際セミナー」の報告書（研究資料）を作成し、詳細を報告したので、参照いただきたい。したがって、本報告書では平成10年度と11年度の調査結果のまとめを行った。

3カ年における渡航先と渡航者、及び、招聘者は次頁のようになっている。

10年度

米国	ハワイ大学	人見, 吉田
	カリフォルニア大学バークレー校	人見, 吉田
英国	NFERとロンドン大学キングスカレッジ	猿田, 人見
シンガポール	文部省, 及び, 国立教育大学(NIE)	三宅, 猿田

11年度

米国	ノースカロライナ大学チャペルヒル校	小倉, 人見
	カリフォルニア大学バークレー校	小倉, 人見
	ハワイ大学	人見
英国	ASE, ロンドン近郊の中等学校	小倉
シンガポール	国立教育大学, 小学校, 中学校	小倉, 猿田

12年度

日本 (招聘)	米国ノースカロライナ大学チャペルヒル校	Gerry Madrazo 氏
	米国ノースカロライナ大学チャペルヒル校	Rita Fuller 氏
	シンガポール国立教育大学	Yap Kueh Chin 氏
	シンガポール国立教育大学	Goh Ngoh Kahn 氏

本報告書では、3カ国のそれぞれについて、その科学教育課程制度を概観した後に、10年度と11年度のそれぞれの渡航調査で得られたデータを取りまとめた。データは、3カ国における科学カリキュラムを開発し実践してきた中で得られた経験的で凝縮された知恵であり、今後のわが国における科学教育改革において有用性が高いものと考えている。

第1章では米国での調査に関する報告を、第2章では英国（イングランド）での調査に関する報告を、そして、第3章ではシンガポールでの調査に関する報告を行う。

また、資料として、参考となるものを掲載した。終わりには、3カ国での調査の様子を撮影した写真を解説を付けて掲載した。

1 章

米国における科学教育課程の改革，開発，実施について

1-1 米国の科学教育課程制度

人見 久城

アメリカの科学教育に関し、教育制度、科学カリキュラムの目標、現状と課題などの側面を、連邦や州という広いレベルから見て、その特徴を把握することは、科学カリキュラム研究についての理解を深める上で重要と思われる。また、1990年代からアメリカの科学教育界では、教育基準設定プロジェクトを中心とする教育改革が進行中である。この動向についての知見も、カリキュラム研究を探る上では有用なものである。

このようなねらいに回答を与えてくれる情報が、最近公表された次の2つの文献に含まれている。本節では、先のねらいに沿った内容を抜粋し、アメリカの科学教育カリキュラムを探る上での基礎的資料とすることにしたい。

【引用文献】

- ① Edward C. Robeck: United States, In Robitalle, D. F.(eds): National Contexts for Mathematics and Science Education --An Encyclopedia of the Education Systems Participating in TIMSS--, Pacific Educational Press, pp.386-396 (1997).
- ② Burry-Stock, J. A. et al. : Russian/US comparison using the expert science teaching educational evaluation model (ESTEEM), International Journal of Science Education, Vol.22, No.4, pp.419-433 (2000).

◆教育政策

アメリカの教育は個々の州の責任において進められる。しかしながら、教育に関する連邦基準に合致した学校運営をするよう、すべての州の運営は求められている。連邦教育省は30以上の連邦機関と連携を図りながら、連邦教育政策に関与している。公立学校の運用規定、私立学校の認可基準などは、各州の法律により定められている。日々の学校運営は、地域教育委員会の業務であり、地域の教育委員会は州レベルでの教育管理体制により指導されている。

教育職員の任用や学校運営にあたっての必要事項などを決める、教育上の許認可に関する基準は、すべての州で定められている。大多数の州では、少なくとも主要教科におけるカリキュラム基準 (curriculum guideline) や教師教育に関する基準 (professional standards) を設定している。

現在、全米レベルでの教育基準設定プロジェクト (standards-setting project) が進行中である。現在進行中のプロジェクトは、近い将来、数学と科学のカリキュラムに重要な影響を与えると見られている。それらのプロジェクトは、アメリカの児童・生徒の学力が国際的に見てあまり好ましくないことや、アメリカの将来の経済的地位に関する懸念などに対する、教育上の対応

策として始められたものである。プロジェクトの進行には、1989年の全州の知事による研究集会(いわゆる“教育サミット”), 1994年の「ゴール2000・アメリカ教育法(the Educate America Act)」の議会通過が関係している。この法律の中の重要な目標のひとつに、2000年までにアメリカの児童・生徒の成績が国際的学力調査で第1位になる、というものがある。またこの法律の条項の中で、おそらく最も影響力のあるものは、主要教科における教育基準(スタンダード)の厳密な設定であろう。それらの基準の役割と影響に関しては、最近特に議論が高まってきている。例えば、「それらの基準に照らし合わせて、児童・生徒の学力や習熟度を評価するのか」「もしするならば、それはどの段階で実施するのか(次学年への進級条件か、あるいは卒業条件か)」などといった点である。また、この議論における重要なポイントのひとつは、プロジェクトが、学校運営に対してどのように影響するのか、という点である。すなわち、基準の設定、基準の普及、カリキュラムの設定という点についての提言事項である。これらの点の意思決定は、最低限の権限や評価プログラムの設定に対する連邦教育省の関与を認めながら、州レベルか地域教育委員会の業務として残っていくように見える。

◆学校教育制度

アメリカの公立学校では、一般に、小学校第1学年の前に幼稚園教育が併設されている。幼稚園には7歳までに就学しなくてはならないが、ほとんどの児童は5歳時に入園してくる。公立学校制度においては、幼稚園から第12学年(高校3年)までの連続的な体制がとられている。第12学年は義務教育の最終学年で、18歳で修了する段階とされている。多くの州で、第12学年修了以前に生徒が退学することは可能である。しかしながら、就学してはならない最高年齢は、16, 17, 18歳のいずれかに設定され、それが法により義務づけられている(33州で16歳, 8州とコロンビア特別区で17歳, 9州で18歳)。

第1~12学年の教育段階は、初等学年(幼稚園~第2学年), 小学校中等学年(第3~6学年), 中等学校初級(第7~9学年), 中等学校上級(第10~12学年)と区切られている。このほか、ミドル・スクール(第6~8学年)や、第6学年を中等学校初級に結合する形態、第9学年を中等学校上級に結合する形態などがある。このように、学校種によって、学年のいろいろな組み合わせが成り立つが、小学校(幼稚園から第5または6学年), 中等学校またはミドル・スクール(第7~9学年または第6~8学年), 高等学校(第10~12学年)とする分け方が一般的である。地域により、3歳児のための公立または私立の保育園教育が設定されているところもある。第6学年までの児童は、必要な物が揃った環境の教室で、一人の教師から全教科の授業を受ける。また体育、音楽、芸術、科学などの授業が、教科専門の教師によって受け持たれる場合もある。第7学年以上になると、いずれすべての授業が教科別の教師によって実施されるようになる。

◆科学カリキュラムの目標

科学は、すべての教育段階で必修科目である。しかしながら、小学校段階の児童にとっては、担任教師の技量に左右されるような限られた科学的事象しか接することができない場合もある。第7, 8学年までに、すべての児童・生徒は科学の科目を履修しなければならない。学校により、

生物、地球科学、物質科学を、第7、8、9学年でそれぞれ履修するようになっている場合もあれば、それらの学年で総合科学（general science）を履修するようになっている場合もある。高等学校では、ほとんどの生徒が卒業要件として必要な1～2年間の科学の授業を受講する。高等学校段階では、生物、化学、物理の授業を個別に履修するのが典型的である。学校によっては、科学カリキュラムの中に技術（テクノロジー）の学習内容を取り入れる場合もある。その方法は、科学カリキュラムの中に独立した科目として導入する形式か、あるいは物理との結合形式である。高等学校段階になると、科学の諸科目を並行して履修することが可能になる。上級者向けの化学、物理、動物学、天文学や宇宙論、生態学などの科目を開講している学校も少なくない。

◆科学カリキュラムの主要な改革

1983年以降、教育の思潮は、すべての市民に対する科学的リテラシー（Scientific Literacy）の強調へと変化してきた。この状況によって、これまで伝統的にあまり科学が重視されてこなかった小学校段階においても、学齢の早い時期から科学により多くの時間をあてるという考え方が強調されるようになってきた。また、環境問題が扱われたり、科学・技術・社会（Science, Technology, and Society）における相互関係に関心が向けられるようにもなってきた。科学・技術・社会の相互関連テーマに基づく授業は、従来、科学の学問体系に基づく授業の中ではそれほど厳密には考慮されてこなかったが、そのような授業も開講されるように変化してきた。学校によっては、科学・技術・社会の相互関連テーマの中に、社会的意識の要素を組み込む場合も見られる。それらは、公害防止や環境問題抑制のような、社会的な問題を探究することに生徒の関心を向けさせるためのものである。

◆科学カリキュラムの現状と課題

大多数の生徒は科学に関する職業に就かないということが認識されているにもかかわらず、「科学教育は、人々が科学的な仕事をするために必要な領域である」という理由付けがしばしばなされたりする。1992年の調査によれば、第12学年の生徒で、科学に直結する職業に就きたいと回答している生徒はわずか5%程度しかいない。また、「科学の学習は、個人としてあるいは社会の構成員として意思決定をするために、科学や技術を理解する上で必要なものである」という理由付けもよく言われることである。それゆえ、「学問的な目的にたつて、生徒が学ぶべき科学の範囲はどの程度か」「より実用的な側面から、市民に必要な科学の範囲をどの程度までしぼるべきか」といった議論は、カリキュラム研究において常に続いている。アメリカの科学教育に関して議論されてきたことの多くは、先の問題における適切なバランスを見い出さなくてはならない、ということである。

アメリカの学校教育は、実社会における生徒の幸福について多くの責任をもつ。これは、科学教育における関心事のひとつとして、最近の議論の中から生じてきた考え方である。エイズ、飲酒、薬物乱用、青少年の性非行などの問題は、これらに関連する内容の何を科学教育に取り入れていくべきか、という議論をわき起こすようになってきた。これは、独立した保健教育がないような地域では特に必要なことである。科学・技術・社会のテーマを扱うカリキュラムの中で、先にあげたような問題を考慮するとき、カリキュラムの中に個人の役割や社会的な価値を取り込ま

なくてはならない，という認識が必要となってくる。このような認識とともに，カリキュラム固有の価値と，家庭や実社会で形成されていく価値との関係に関する議論や問いも生じてくる。

《以上，文献①》

◆ 1990年代の科学教育改革

現在アメリカで進行中の科学教育改革は，1990年代のアメリカの重要な関心事のひとつである。改革の発端は，就業や大学入試における高校卒業生の学力不振，科学技術領域での職業選択，科学的・技術的リテラシーの向上などに見ることができる。

アメリカの科学教育において，次の2つはこれまでにない大規模な教育改革プロジェクトである。1つは，アメリカ科学振興協会（American Association for the Advancement of Science）が進める「プロジェクト2061（Project 2061）」であり，もう1つは，全米科学教育連合学会（National Science Teachers Association）が進める「SS&C（Scope, Sequence, and Coordination）」である。前者は，全米科学財団（National Science Foundation）やカーネギー・メロン財団（Carnegie and Mellon Foundations）から研究費の支援を受けており，後者も全米科学財団や連邦教育省（Department of Education），アメリカン原油機構（American Petroleum Institute）のような企業からも資金援助を受けている。両プロジェクトともに，それぞれ2000万ドル（約2億円）以上の経費が計上されている。

全米科学アカデミーの研究協議会（National Research Council, the National Academy of Science）が公表した「全米科学教育基準（National Science Education Standards）」は，4年の歳月と3000人以上の関係者がかかわり，700万ドル（約8億円）を投じて作成されたが，その最終版には，「プロジェクト2061」と「SS&C」の両者が影響を与えたといわれている。そして，この基準（最終版は1995年12月に発表）は，科学教育改革が十分進行中であることを示している。この基準で期待されることは，科学と数学の教育において，改革の動きが加速し，国がその目標に向かって進もうとすることである。当然，科学教育と数学教育の充実と発展は，学校における全体的な教育改革と結びついている。「全米科学教育基準」は，最低限の基準でもなく，また現在の科学者たちのもつ知識をそっくり再現したような理想完璧型のものでもない。「基準」は，高校卒業生の全員に対して提供する科学教育はどうあるべきかという視点を現実化しようとして作成されたものである。

ここで大変重要なことは，「全米科学教育基準」では，学校で教えられる科学に関する広範な定義（これはまず，ほとんどの大人やあるいは科学以外の教育関係者が理解に苦しむと思われる）が用いられていることであろう。従来の典型的な科学の授業は，児童・生徒の能力発達が十分でない状態で行われてきた。能力発達は，自然界の事象を説明するのに必要な知識やスキルを獲得したり，判別したりする上で重要であるのに，である。科学教育界においては，基礎的知識やプロセス・スキルの重要性についての認識は十分継続されているが，それらに直接アプローチするような試みは見られない。学習についての研究の中で，これまでの年月で確立されてきたことは，我々（あるいは「科学教育基準」の執筆者）が重要だと感じる知識やスキルをただ単に伝えることはできない，ということの示唆である。と言うよりもむしろ，学習者（児童・生徒）が彼らの生活という文脈の中で意味やスキルを獲得できる方法を探さなくてはならない，ということであ

る。この学習方法は構成主義（constructivism）と呼ばれ、教師や教科書を通して単に知識を獲得するのではなく、学習者自身が意味を構成していくものにとらえられる考え方である。

しかし残念なことに、最近の研究は、特に高校や大学の学部レベルにおいて科学の学習で最秀であった生徒は、教えられたことや理解を伴わずに読んだことを単に思い出しているだけである、ということを示している。評価（成績付けや進級のために行われる）のほとんどにおいては、細部にわたる事項の暗記や復唱などが求められている。最近の認知科学研究によって、人は心的状況の関与や個人の意味形成を伴わずには学習することはできない、ということが明らかになりつつある。このことは、教室の内外での新しい学習環境の必要を示唆している。それらが、理解することに関係する人間の一部を担うものとみなせるからである。

現実の課題とのかかわりで付け加えると、既存の概念と対置するような状況に直面させることや、事象説明に関するいろいろな解釈において生徒どうしが相互にかかわることについての認識を改めなくてはならない。さらには科学の学習内容も再考される必要がある。科学者が用いるスキルのひとつとして分類される探究ではなく、プロセスも伴う探究に関心が移りつつある。探究の基本的な考え方や実践方法は、現実の課題に用いるときのように、それぞれが統合されて用いられる場合、それらはより強力でかつ説得力をもつものと考えられる。それらが統合されたものとみなされるとき、どのような状況でも、より活用しやすいものであることがわかる。

「全米科学教育基準」は、以上の他に3つの基本的な考え方を明確にしている。その1つは、日常生活における科学の活用場面と学習との関係である。これにかかわる側面のひとつは、科学と技術（テクノロジー）の結びつきである。科学だけに注がれてきた関心を見直すために、科学と技術の統合に関する試みは世界中で進められている。それらは、疑問と好奇心からスタートする。科学は自然界における事象とその振る舞いを対象とし、技術は人間が我々の利益のための自然を操作する場合を対象とする。

科学教育改革における2つめの側面は、科学の内容に関することである。それは、自然界の事象や人工物を説明するとき、個人的・社会的な関わりの中で理解を深めていくという点である。この点の強調は、例えば、環境破壊、疾病、健康、薬物、倫理の問題などとも関わるが、私たちの生活をより価値のあるものとするために、科学を個人的な関わりの中で活用することにつながる。「科学教育基準」の中に含まれ、また強調されている3つめの側面は、科学の歴史や科学の本質についての関与である。そのような哲学的・歴史的な視点からの考察は、ほとんどの生徒にとっては哲学的過ぎてむずかしいものと見なされてきた。特に小学校児童にとってはそうであろう。しかし、「基準」においては、このような科学に対する見方を、幼稚園から小学校第4学年レベルにおいても含めているのである。

現在の教育改革は、すべての教育現場における科学の必要性、全体的な学習計画における相互関連についての新しい識見、教育制度全体に関わる視点を含んでいる。我々はこれまで、教育改革を「基準」という枠組みから見直すことを経験したことがない。また、社会全体で支援する上での教育改革の目標を設定したこともなかった。成功につながる試みをこれほど大きく感じたことはない。すなわち現在の教育改革が、学習指導法についての新たなモデル、学習内容の新たな側面、継続すべき教師教育についての新たなモデル、評価についての新たなモデルの提案をしているからである。《文献②》

1-2 平成10年度インタビュー調査の結果

人見 久城, 吉田 淳

はじめに

今回、訪問対象となった「カリフォルニア大学バークレー校ローレンス・ホール・オブ・サイエンス」及び「ハワイ大学カリキュラム研究開発グループ」は、アメリカの初等中等科学カリキュラムの分野でその研究開発が最も活発に行われている機関として知られている。両機関におけるカリキュラム研究の特徴としては、科学の学習内容に関する十分な基礎的検討、教師用指導書をはじめとする質の高い学習ツールの提供、学校現場における試行とフィードバック、普及における教師教育や事後研修の充実、などがあげられる。そしてこれらの特徴は、研究開発が全米レベルでも活発と見なされる両機関において、ほぼ共通しているのである。すなわち、これらの特徴が、アメリカの科学教育カリキュラム研究をリードしている手法であり、研究を成功に導いている鍵と見なすことができる。

我々は、以上のような手法の背景や具体的な開発事例に関する情報を得るために、両機関を訪問し、インタビュー調査を行った。「アメリカの科学教育でカリキュラムとはどのような位置づけか」「教師は何を求め、研究者は何を提供しようとしているのか」。それぞれのインタビュー記録から、これらの問いを理解する手がかりが得られるのではないかと考えている。また、各研究者がこれまでの及び今後のカリキュラム研究に対して思い描いている課題や夢なども、インタビューにはいくつか含まれている。それらも、カリキュラム研究に携わる者にとってのヒントや励みになるのではないかと思う。

本稿で示すインタビュー記録は、アメリカの科学教育カリキュラム研究の一端を垣間見たに過ぎない。またアメリカという国情を考慮して読み解かなければならない。その上で、わが国のカリキュラム研究を検討する際、視点やヒントを与えるような資料となることを期待している。

次頁の質問項目を手がかりにしたインタビューを試みたが、議論の進展により他の内容も含まれている場合が多い。また時間の制約もあり、すべての質問項目について聞き取ることはできなかった。聞き取りが不十分な部分や、今回の調査の中で得られた情報で明確でないこともいくつか見られる。今後の課題としたい。

インタビューにおける質問項目

1. カリキュラム研究のねらい, 目的等

- a) カリキュラムの目標, 構成原理とは何か。
- b) カリキュラムの目標, 構成原理は, 誰が決定するか。
- c) カリキュラムの目標と内容構成とを結びつける際, 重要なことは何か。
- d) カリキュラムの目標と内容をどのように関連させているか。その過程はどのようなものか。
- e) 発達研究や生理学的研究の成果などを, 教授方法や教材開発に結び付けたりしているか。
- f) カリキュラム研究に「全米科学教育基準」をどのように関連させようとしているか。
- g) 州の教育フレームワークとカリキュラム研究はどのような関係にあるか。

2. カリキュラムの研究, 内容構成, 開発

- a) カリキュラム研究, 内容構成, 開発における過程は, どのようなものか。
- b) カリキュラムを構成する基本的な要素は何か。
- c) カリキュラムにおける学習内容の範囲, 順序性は何か。
- d) 学習内容と教材とをどのように結び付けているか。
- e) カリキュラム研究において, 科学者, 教育行政関係者, 教育研究者, 教師の役割をどのように分担しているか。

3. カリキュラムの普及

- a) カリキュラムの普及において, 基本となる事項は何か。
- b) カリキュラムの採択や普及に対し, カリキュラム研究者は何ができるか。
- c) カリキュラムの普及と現職教育には, どのような関係があるか。
- d) 教員研修の事後指導は, どのように行われているか。

4. カリキュラムの評価

- a) カリキュラムの評価は, どのように行われるか。
- b) カリキュラムに関する教師から研究者へのフィードバック情報は, どのようにして得るのか。
- c) カリキュラム研究の今後の課題として, 何が考えられるか。

1-2-1 カリフォルニア大学バークレー校にて

人見 久城, 吉田 淳

- (1) 訪問先: カリフォルニア大学バークレー校 ローレンス・ホール・オブ・サイエンス
Lawrence Hall of Science, University of California at Berkeley
(Berkeley, California 94720 U.S.A.)
- (2) 訪問日: 1998年(平成10年)8月31日
- (3) 調査内容: 「FOSS (Full Option Science System) プログラムにおけるカリキュラム
研究について」
- (4) インタビューにおける回答者:
ラリー・マローン Larry Malone (カリフォルニア大学バークレー校ローレンス・ホール・オブ・サイエンス/FOSS カリキュラム・ディベロッパー)
リンダ・デルッキー Linda DeLucchi (カリフォルニア大学バークレー校ローレンス・ホール・オブ・サイエンス/FOSS カリキュラム・ディベロッパー)
- (5) 質問者:
吉田 淳
人見久城

===インタビューの記録 (◇は質問者からの発言, Q は質問者からの質問を表す) ===

◇日本には学習指導要領があり, 理科の教育は, 学習指導要領と理科の教科書に大きくたよっている。これは, 日本の理科教育研究において, カリキュラム開発研究における力量が乏しいという指摘とも合致している。今後進展が期待される理科のカリキュラム研究とその開発は, 21世紀の日本の理科教育をよりよくする契機となると考えている。我々は, アメリカの特色ある科学教育プログラムを手がかりに, カリキュラム研究開発の手法を学ぼうと考えている。

Q カリキュラムを設計, 構成していく際, そのカリキュラムの目的 (objective) や目標 (goal) をどのようにとらえようとしているか。カリキュラム・ディベロッパーの立場からお答えください

きたい。

Larry Malone (以下 M) : カリキュラムの目的や目標を考えるとき、中心になることは2つぐらいあると思う。1つは、「生徒が将来科学に関わる職業に就く際、科学の学習が、多くのいろいろなことを学ぶ上での基本となるのではないか」という視点である。もう1つは、「生徒が成人した後、生活の中で直面するであろう政治的・経済的な問題に対して、よりよい意思決定ができるように、科学的基礎を獲得させること」である。

このために、我々カリキュラム・ディベロッパーがすべき仕事は、まず十分な科学的知識を与えることである。それば、将来の職業を選択するときの有効な手がかりになる。しかしこのとき、あまりに多くの科学的知識や難しい概念、学問体系に沿った厳格な内容までカリキュラムに取り込まないことが重要である。これは、大多数の生徒が科学を専門としない職業に就くという事実を考慮してのことである。科学から落ちこぼれる生徒が多いことも、我々は認識している。したがって、カリキュラムを設計するとき、将来科学に関する職業に就く生徒にとって有用な内容にすると同時に、科学に関する職業に就かない大多数の生徒にとっても意味があり、学びがいのある内容にする努力をしなければならない。つまり、後者は、より良い一般市民となるために必要な、科学に対する理解を与えるということにつながる。

Q より良い市民となるために必要な、科学的基礎の獲得とはどのようなことか。

M: 私たちをとりまく生活の中には、多くのいろいろな問題がある。例えば、人口増加、水や生活資源（食糧、原油など）の確保。あるいは、宇宙開発と国家予算の関係など。このように、現在の社会には福祉に関わる問題、環境に関わる問題、資源活用の問題、廃棄物処理など克服すべき課題が多い。これらは21世紀においてさらに多様に、かつ深刻になると思われる。問題の克服には、政治的・経済的な視点からの解決策が必要と考えられやすいが、実はすべての問題には、“科学的な”要素が含まれている。個人のレベルですべきことは、それらの問題を考える際、「どのように情報を獲得し」、「どのように意思決定をするか」である。

現在学校に通う生徒は、将来この国を担う世代となる。そこからは、リーダーシップを発揮する人材も生まれてくるだろう。将来、先のようなさまざまな問題を社会全体として克服しようとするとき、解決策が提出され、それに賛同する体制が必要となる。そして、その策を個人がどのように受け止めるかが重要になってくる。つまり、市民の一人ひとりに、科学的な思考能力が求められるのである。他人の言うことを鵜呑みにしたりせず、問題の解決に向けて、本質的な事柄を科学的に判断することが、誰にも求められるようになる。

Q そのような個人の意思決定にかかわることは、科学カリキュラムの構成上、どのような位置づけになるか。

M： 個人の意思決定は、生徒が将来の市民として実行に移すことであり、長期間にわたるものである。その十分な達成に応えようとすることは、科学カリキュラムの目的を設定する上で、とても重要な事柄のひとつとなる。我々は、科学カリキュラムが単に科学的知識を与えることをねらいとするものとは考えていない。知識は、文献を調べればわかることである。我々は、科学カリキュラムの構成において、「批判的思考」「意思決定」「生徒どうしの協同的な学習」「実験などを通した実証的な学習」などを強調しようと心がけている。科学的なプロセスを生徒に体験させることは、一人ひとりが“科学的に考える”ことの本質を理解することに寄与すると、我々は考えている。

Q カリキュラムを構成する際、どのようなことから始めるのか。

Linda DeLucchi（以下D）： カリキュラムを構成するとき、考慮すべきことは多数存在する。

「科学カリキュラム研究からの知見」「子どもの学習や思考に関する知見」「教室における実践的場面にかかわる事柄」などである。我々は、それらをすべて議論のテーブルに載せる。そして、ある特定の学習内容に焦点をあて、その学習を通して生徒の資質をどのように高めていくかを、研究スタッフの間で議論する。その結果、どのような教材を用意し、どのような学習活動を展開するかを考え、それらをモジュールとして作成する。我々は、研究室の机にずっと座った状態で、モジュールの詳細まで書いていくという方法はとらない。できたモジュールを授業において試行し、教師や生徒からのフィードバック情報をもとに、手直し作業をする。検討の際に、手がかりとしている問いは、例えば次のようなものである。

- ・生徒はどのように考え、学んでいるか。
- ・我々は、生徒に適切な課題を与えているか。
- ・いい教材が用意されているか。
- ・教師以外に専門家を必要とするような場面はないか。
- ・我々が成果として望むことは、授業のなかで実現可能なものか。

◇日本では学習指導要領による規定が影響力をもっており、カリキュラムを自由に構成する素地はほとんどない。しかし、教科書の執筆などでは、観察や実験などの活動内容を、研究者と教師が共同で設計する機会もある。ただし、そのような仕事に関わる科学者はわずかである。初等中等教育レベルの科学教育に対する、科学者の関心は高くない。

M: アメリカでも事情は同様である。科学者は、大学や研究機関などでおもに学術研究に取り組む者と、企業などで応用研究に取り組む者に分けられる。いずれの科学者も科学領域での専門研究をおもな仕事としており、教育の研究はおもに科学教育研究者と教師が行っているという状況だ。専門科学と科学教育の両方にかかわりをもつ科学者はごくわずかである。

そのような中でも、我々は、科学者がカリキュラム研究にかかわりを持つ機会をつくり、実行している。それは、学習内容に対するチェックである。我々は、モジュールが出来上がると、科学者に、「ここに書かれている内容は、科学的に見て正確ですか。最新の科学情報と照らし合わせてみて、生徒に誤解を与えるような表現はありませんか」ということを依頼し、学習内容をチェックしてもらっている。我々カリキュラム・ディベロッパーは、カリキュラムの構成や教授方法などにおもな関心があるが、科学者はそれらに関心をあまり示さない。科学者は、科学の正確さに強い関心をもっている。いずれにしろ、学習内容のチェックという場面は、科学者のコミュニティと科学教育研究者のコミュニティを結ぶよい機会になっている。

D: 教材に活用できる資料や情報の提供を専門科学者に願い出ることもある。例えば、ミドルスクールレベルでの人体の学習で、人類学者や医者に協力を求めたりすることがあった。科学研究における最新の知見を、学習教材として編成し活用するということは、科学者が教育にかかわりをもつことのできる機会のひとつであり、カリキュラム構成上も考慮すべき点である。

科学者に教育研究にかかわってもらおうとするとき、科学者がそれに取り組む動機が重要である。それには、科学者が所属する研究機関や企業の姿勢も影響する。例えば、企業には、科学者が教育の仕事にかかわることを業務の一部とし、それに資金援助をしているところがある。また、専門学会の中にも、教育の発展に貢献する仕事に科学者が積極的にかかわることを推奨している団体がある。我々教育関係者は、そのような機会を大いに活用すべきであると思う。

Q 全米科学教育基準 (National Science Education Standards) は、カリキュラム開発に何か影響を与えらると思うか。

M: 1996年に全米科学教育基準 (スタンダード) が公表された。しかし、これは全米のナショナル・カリキュラム (統一のカリキュラム) になることを意味するものではない。このスタンダードは、アメリカの子どもたちが「何を学ぶべきか」を学齢に沿って示したものである。「どのような教材を使うべきか」「どのように学習すべきか」については規定していない。私個人としては、スタンダードの公表によって、個々の科学教育プログラムの開発競争が促されるのでは

ないかと考えている。つまり今後は、教育現場におけるプログラムの採択において、スタンダードとの合致という点が考慮されると思う。その際、教科書をはじめとして教材の良さにおける競争があると思う。しかし、「教室で(すなわち授業で)いかに成功しているプログラムであるか」という点の方が、より重要視されると思う。我々の FOSS は、学校現場での実践による成功に基づいて発展してきた。

Q カリキュラムの研究開発において、その構成原理 (philosophy) や理論的根拠 (rationale) は誰が決めていくのか。

M: 我々カリキュラム・ディベロッパーが決める。我々は、カリキュラムの構成原理 (philosophy) を、「カリキュラム構成の方向付けをし、そのカリキュラムに他のものには見られないような特徴をもたせるための指針」ととらえている。一方、カリキュラム構成には理論的根拠 (rationale) が必要となる。我々が用いる根拠とは、「学術研究によって得られる知見」と「教室における体験」の2つである。前者は、科学や科学教育における研究成果であり、後者は我々が教室で授業実践を観察して直に感じ取る感覚である。そのような感覚の蓄積の中から、我々が今後進むべき科学教育の方向が見えてくる。我々は、外部からの情報(科学や科学教育における成果)と内部からの情報(教室における体験)の両方をバランスよく取り込もうと考えている。

D: カリキュラム・ディベロッパーが根拠を考えるときの別の要因として「研究資金配分団体が提示する、研究におけるガイドライン(研究の方向性、正当性)」がある。我々は、大学に雇用されているが、大学は研究のための資金を与えてはくれない。我々自らが研究費交付の申請書を書き、外部の団体から研究費の配分を受けなければならない。そのとき、例えば全米科学財団(National Science Foundation)などが提示する研究のガイドラインは、我々研究者が考慮しなければならない重要な事柄である。現在は、全米科学教育基準が公表されているので、これなどが、これからのアメリカの科学教育の方向を探る手がかりになると思う。我々は今、2年後に行う予定の研究計画を考え、それを申請書にまとめているところである。他のカリキュラムも FOSS と同様に、外部からの資金によって研究が支えられているので、事情は同じだろう。

Q 構成原理をカリキュラム・デザインに反映させるときの重要な点は何か。

M: カリキュラム・デザインにおいて、我々カリキュラム・ディベロッパーが、最も慎重に考えることは、「我々の開発する様々な教材が、教師に受け入れられ、きちんと活用されるだろう

か」という点である。我々カリキュラム・ディベロッパーは、いろいろな観察や実験内容を考案し、モジュール教材として完成させ、提供する。そして、ほとんどすべての場合と言っていいほど、生徒はそれらにおもしろさを感じ、意欲をもって取り組む。我々は1998年7月に東京で「青少年のための科学の祭典」を見学したが、そこに来場していた生徒は皆、夢中になって実験に挑み、楽しんでいた。モジュール教材の実験も、ちょうど同じようなもので、生徒には十分受け入れられやすい。しかし問題は、教師が意欲をもってその教材を活用してくれるか、だ。教師も生徒と一緒に、教材を楽しんで取り組めるように、我々は配慮しなければならない。このために、我々は、教師用指導書（ティーチャーズ・ガイド）において、教材活用上の留意点や必要な情報を事細かに説明している。

Q カリキュラムのデザインから完成まで、カリキュラム・ディベロッパーや教師の仕事はどのように連携されるのか。また、その手順とはどのようなものか。

M: この質問が、我々の行っている研究の中味を答える上で、最も適当な質問かも知れない。新しいアイデアに基づいたカリキュラムを、あるいは何時間分かのまとまったモジュール教材を構成する場合を考えてみる。その研究過程を順を追って述べると次のようになる。

我々がまず行うことは、生徒用ワークブックやその他の必要な教材を集めて、授業実践の手引きとなる教師用指導書（ティーチャーズ・ガイド）を荒削りに（ラフに）書き起こすことである。そして、我々の仲間である研究スタッフを交えて、検討を重ねる。出来上がったものが、教師用指導書の初期バージョンとなる。

次に、研究仲間の中で、地理的に近郊にある学校の教師に、その試行（フィールドテスト）を依頼する。「これを授業で試してみてください。そして授業後に、生徒の反応、教材の良かった点、悪かった点など、あらゆること（後述）をフィードバックしてください」と。そのフィードバック情報が集まった後、また研究スタッフの間で、改訂に向けての議論が行われる。そして、それに基づいて教材や教師用指導書における記述内容の加除訂正が進められる。

さらに、それらが終了した後、今度は州の広い地域や全米レベルでの試行に移される。我々の研究拠点（サイト）は、通常10前後である。その中には、ノースカロライナ州のフロイド・マサイエス教授の研究グループも入っている。そのように、時にはカリフォルニアだけでなく他の州においても試行を行う。広域の試行には、我々カリキュラム・ディベロッパーによる直接の指導は行き届かない。すなわち、教材が実践に耐えるものかどうかを判断する上で、非常に有効な情報がフィードバックされるのである。そして、それらのフィードバック情報をもとに、さらに手直しを繰り返して出来上がった教材、教師用指導書が、市販用プログラムの候補として完成するのである。

このような一連の研究過程が完了するまでには、平均して2年間を要する。我々は、研究の過程をいくつかの段階（フェイズ）に分けてとらえ、自分たちの仕事カリキュラム開発のどこに位置しているかを念頭におきながら、研究を進めている。カリキュラム開発にかかわりをもつおもなメンバーを考えると、教材構成や指導書執筆を主に担当するカリキュラム・ディベロッパー、教室において試行をする教師、改訂作業に協力する研究スタッフなどがあげられる。研究の流れやかかわるメンバーから、カリキュラム開発がとても大きな研究プロジェクトであることがわかる。

Q 教材モジュールを構成する具体的な物は何か。

D: ここに FOSS のミドルスクール用の「電気」単元のモジュールがある。教師用指導書 (teacher's guide) , 生徒用のワークブック (student book) , その他 (副読本など) がおもな印刷教材である。このほか、実験活動で使用する実験器具 (equipment kit) が大きな箱に収められている。これら一式が教材モジュールを構成するおもな物である。

まず、教師用指導書をめくると、このモジュールのねらい、教師の指導内容 (teacher's activity) , 教材・教具のリスト、その他の準備事項が書かれている。次に、このモジュールの概要がある。これは、9週間で9つの実験活動を含むコースである。さらに、学習する科学概念 (science concepts) , 心理的発達面との関係 (cognitive engagement) , 評価のポイント (assessment) がまとめられている。そして、個々の実験活動における教師の指導内容が詳細に書かれたページや、OHP シート、生徒のワークブックなどが続いている。最近では、これらの内容を従来のような印刷物だけでなく、CD-ROM をはじめとしてマルチメディア対応の形態も用意し始めている。次に生徒用のワークブック (student book) を見てみよう。これは教科書でない。我々はこれをリソース&オーガナイザー (resources & organizers) と位置づけている。すなわち、実験データを記入したり、そこからグラフを作成したり、活動のまとめなどに活用することを念頭においている。時には、読み物教材が含まれることもある。

ひとつの教材モジュールを完成させるとき、教師用指導書、生徒用のワークブック、実験器具のすべてが有効に機能するように、カリキュラム・ディベロッパーは、それらの適切さを常に気にしている。

Q 試行 (フィールドテスト) によるフィードバック情報は、どのようなものか。誰が何を評価するのか。

D: この「電気」単元のモジュールに関しては、20名の教師が試行に協力してくれている。

ここに、フィードバック情報に関するパッケージ・ファイルがある。そこには、教師に対する次のような質問項目の例（抜粋）が、評価のポイントとして列挙されている。

- ・教えるのに、どのぐらいの時間がかかりましたか。
- ・準備にはどのぐらいの時間がかかりましたか。
- ・活動において、どんなことをしましたか。
- ・生徒のワークブックをどのように活用しましたか。生徒の記入状況はどうですか。
- ・OHP シートは使いましたか。
- ・指示内容はどうでしたか。多く与えましたか、ほとんど与えませんでしたか。
- ・学習内容は生徒が楽しんで取り組めるものでしたか。
- ・科学概念は、実験活動との明確な関連の中で提起されるようになっていましたか。
- ・発展学習や宿題を活用しましたか。
- ・このモジュールを何クラスの（何人の）生徒に対して実践しましたか。

以上の項目例のほかに、このモジュールの良かった点、悪かった点、次回の実践で改善したいところ、教師用指導書の記述内容に対する意見などを自由回答してもらおう。これらが、教師からのフィードバック情報である。一方、生徒の反応は、事前・事後テストを実施して把握するようにしている。以上のフィードバック情報を、実践の経過日時に沿って蓄積し、その変化をカリキュラムの改訂に活用するようにしている。

◇このような評価の方法は、系統性をもった良いやり方だと思う。

M： カリキュラム研究において、評価はなくてはならない部分である。「教室における実践でうまく機能していたのか、いなかったのか」。この問いに対する明確な証拠が、そのカリキュラムを全体的にしる部分的にしる改訂しようとするときの大きな拠り所となるからである。

他方、カリキュラム研究における評価は、研究費の適正な使用という面からも行われる。例えば、全米科学財団から研究費の配分を受けた場合、その資金によって作成されたカリキュラムがどのような成果をあげているのかは、必ずチェックされるようになっている。これは、外部の（第三者的な）評価者が行うことになっている。

1-2-2 ハワイ大学にて

人見 久城, 吉田 淳

- (1) 訪問先: ハワイ大学教育学部 カリキュラム研究開発グループ
Curriculum Research & Development Group (以下, CRDG と略記),
College of Education, University of Hawaii
(1776 University Avenue, Honolulu, Hawaii 96822 U.S.A.)
- (2) 訪問日: 1998年(平成10年)9月3~4日
- (3) 調査内容: 「ハワイ大学教育学部カリキュラム研究開発グループ(CRDG)におけるカリキュラム研究について」
- (4) インタビューにおける回答者:
アーサー・R・キング Arthur R. King (ハワイ大学教育学部教授・カリキュラム研究開発グループ総括ディレクター)
フランシス・M・ポッテンジャー Francis M. Pottenger (ハワイ大学教育学部教授・カリキュラム研究開発グループ科学教育プロジェクト・ディレクター)
- (5) 質問者:
吉田 淳
人見久城

=== インタビューの記録 (Q は質問者からの質問を表す) ===

Q はじめに、研究組織としての CRDG (Curriculum Research & Development Group) について教えていただきたい。

Arthur R. King (以下 K) : 附属学校 (University Laboratory School) も含む CRDG は、ハワイ大学教育学部における研究組織である。カリキュラムの開発、普及、評価等に関する研究を行う組織として、その原型は1966年に発足し、現在に至っている。30年以上経過した現在、開発されたプログラムは200を超え、それらが活用されている地域はハワイ州だけでなく、

アメリカ本土やアメリカ以外の国々にまで及んでいる。

Q CRDG の発足から現在までの経緯を簡潔に教えていただきたい。

K： ハワイにおける教育を、一地域の植民地的な古い体質のものから、すべての児童・生徒への平等なものへ移行させようという意図のもとで、1966年、ハワイ大学とハワイ州教育局は研究集会を開催した。当時提案された全体計画は、州内のすべての学校に対し、新しくかつ効果的なカリキュラムを提供しようというものであった。この計画を遂行するために、州教育局と大学はそれぞれの研究情報を相互に出し合い、附属学校内にハワイ・カリキュラムセンター(Hawaii Curriculum Center)を設立した。そして、州内の教育に関する事項を議論したり、全教科に及ぶカリキュラム研究を開始した。豊富な研究財源に支えられて、広範囲にわたるカリキュラム研究の実現は可能であるように思われた。

しかし、カリキュラムの研究と開発、普及が軌道に乗る前に、我々の研究事業の減速を暗示するようないくつかの不運がカリキュラムセンターに降りかかった。大規模な予算の減少、従来型の教育を支持する関係者を満足させることができない評価モデル、教師教育の不十分さ、変革に対する教師からの根強い抵抗、情報提供の不十分さ、全米レベルでの教育思潮の変化などである。

1971年、州議会の方針により、カリキュラムセンターの業務とその協力体制は、分断されてしまった。

州教育局がカリキュラムセンターから撤退することを機に、さらによりよい研究業務を行うことを念頭に、大学側はカリキュラム研究開発グループ(CRDG)を発足させ、それ以前の研究が継続できるようにした。人員の削減と予算の規模に応じて、研究業務は定期的に修正されるようになった。長い時間をかけて、かつての研究体制における問題点が再検討された。解決策が、カリキュラム研究における工学的手法の導入、試行の実践、それらの有機的な結合にあることが認識されるようになった。

Q CRDG における研究業務は何か。

K： CRDG と附属学校では、①効果的な学習教材、②教師教育、③長期的な研修支援を特徴として備えた教育プログラムの開発と普及を専門的に研究している。CRDG においては、教育研究者、教師だけでなく、専門研究者からの研究協力が得られる体制をつくり、新しい知見やアイデア、学習指導法などを実践的に検証し、開発するようにしている。プログラムの完成後は、それらを出版し、学校現場への普及に努めている。

Q CRDG で研究開発されているプログラムには、どのような教科・領域のものがあるか。

Francis M. Pottenger (以下 P) : 科学, 海洋科学, 環境科学, 数学, 英語, ハワイ史, 音楽, 幼児教育, 健康, 技術, 多文化教育などがある。科学プログラムの具体例としては, 幼稚園～小学校 6 学年レベルの DASH(Developmental Approaches in Science, Health, & Technology), 6～10 学年 (高校 1 年) レベルの FAST (Foundational Approaches in Science Teaching) などがある。海洋科学としては, 9～12 学年 (中学校 3 年～高校 3 年) レベルの HMSS (Hawaii Marine Science Study) がある。

Q 附属学校 (University Laboratory School) は、カリキュラム研究にどのように関わっているか。

K: 附属学校は, CRDG のカリキュラム研究上, 重要な試行実践の場となっている。児童・生徒数は, 全体 (幼稚園から第 12 学年 (高校 3 年)) で約 360 名である。入学者の選抜にあたっては, 幼稚園から高校までの全児童・生徒の中に, ハワイ州における多様な人種構成が反映されるように配慮されている。

我々のグループでは, カリキュラムをデザインする研究者, カリキュラム・ライター (学習内容や構成の執筆者), 教師が分担し, 協力してカリキュラムの研究開発にあっている。特に気をつけていることは, これらの人々が附属学校 (University Laboratory School) における教育実践にかかわる, という点である。もし, ライターが書き, 教師が実践するという形態の場合, それはいい協力とは言えない。実践において何がうまく機能し, どこがうまく機能しなかったのかを, 研究者もカリキュラム・ライターも, 教師も皆把握する必要があるからである。このような研究の遂行において, 附属学校は大きな利点をもっており, カリキュラム研究の基盤であると考えている。

CRDG の研究室は, 教育学部および附属学校内に位置している。研究棟と附属学校とは一応別の建物にはなっているが, 例えば, 小学校内で同じフロアに研究室をもつ者も多い。研究者と教師, 児童・生徒が, 非常に近い距離にいることは, 教育研究と教育実践が一体化できる利点と受け止めている。

日本の教員養成大学にも附属学校があり, そこではおもに教育実習をはじめとする教員養成の場として十分機能していると聞いている。しかし, カリキュラム研究の場としての役割については, あまり聞いたことがない。

Q 日本の研究者や教師は、教科の全体を見通したカリキュラムを構成することに精通して

いるとは言い難い。アメリカにおけるカリキュラム研究のように、研究者と教師が連携して仕事をするための方法論をさがす必要があるかも知れない。

K： 日本の教育が、政府が示す基準によって統制されている背景から考えると、今の話はよくわかる。私個人の考えだが、今後、日本にも国立のカリキュラム研究センターを設立し、教育研究者や教師が連携して、カリキュラムに関するあらゆる研究を遂行することが、重要な役割をもつのではないかと思う。国の教育基準やそれに関する政策が作成される前に、それらとは独立に研究を進めることが可能になれば、日本のカリキュラム研究の進展に大きな意味をもつと予想されるからである。つまり、教育の基準や政策が発表された後に、それを具体化したり充実化を図ったりするのではなく、それらを創出するためのアイデアや系統立った研究データを提供するのである。

P： もし、日本にカリキュラム研究センターを設置するならば、同種の機関を2つ以上設立するのがいいのではないか。すべての課題や問題には、複数の解答が存在する。そして、どの解答が最良であるかは誰も決めることはできない。ある解答がある時期において解決策として最良であったとしても、時代が変われば別の解答を少し修正した解答の方が適応できるかも知れない。つまり、よりよいアイデアや解決策を複数の可能性のもとに提案できるよう、カリキュラム研究センターどうしが競合的になることも大切なのではないか。

Q 非常に貴重な意見で、ありがたく思う。そのようになっていくことを期待したい。さて、カリキュラム研究において大切なことはどのようなことか。

P： カリキュラム研究の基礎となるおもな仕事は、学習内容や教材構成に関する研究仮説の設定とその検証である。私は、これまでに科学教育カリキュラムの開発を数多く手がけてきているが、現在取り組んでいるもののひとつに高校レベルの物理カリキュラムがある。その物理カリキュラムに関しては、もう15年ぐらい学校の教師とともに試行を続けてきているが、まだ公に発表できる段階までは至っていない。それは、我々の研究仮説が十分検証されていないと考えられるからである。アメリカの教育システムでは、学校がある教科のカリキュラムを構成するにあたり、どのプログラムをベースとするかは、各学校や教師に採択の権限がある。日本にはそれが無いが。したがって、我々は、教師が自ら望んで採択したくなるような魅力あるプログラムを提供するように心がけなくてはならない。

Q 仮説と検証のことについて、もう少し教えていただきたい。

K： 教育基準の内容を後追いするのではなく、それに先んじたカリキュラム研究をしようと望むならば、研究者と教師が連携して仕事をする「研究チームの編成」が必要だと思う。そして、研究ベースの（研究成果にもとづく）カリキュラムが提案され、それを重視する風潮が教育界に広まっていく必要がある。それには、研究仮説を立て、それを試行によって検証する作業をコツコツと継続的に行い、成果を蓄積していくしかない。ある仮説を立て、試行する。修正してまた試行する。さらに仮説を強化して試行してみる。生徒人数の少ない集団で試行したら、今度は大きな集団でも行ってみる。科学的な検証方法に則って、実践研究を行うのである。これは時間のかかる仕事である。しかし、研究者や教師が、児童・生徒と双方向的に情報をやり取りし、そのカリキュラムの実践が確かなものとなるまで、継続して行うのである。児童・生徒は学習内容について評価をしてくれるし、教師は指導方法に対してコメントを寄せてくれる。試行を進めるうちには、そのカリキュラムにおける例外的な場面（非常によくできる、あるいはできない）などが浮かび上がってくることもある。

Q CRDG で開発したプログラムの普及における、特徴的なことは何か。

K： 我々のカリキュラム開発とその普及における特徴のひとつに、教師の研修（training）を必修にしている点がある。つまり、例えばある科学教育プログラムを自分の学校で実践してみようという希望をもつ教師がいる場合、教師用指導書やワークブックなどの教材セットのみを販売するのではなく、購入にあたっては研修への参加を義務付けているのである。これは、通常の販売方式とは異なるものであろう。我々の提供するプログラムでは、学習内容だけでなく教授方法に関しても従来と比べて多くの変更点を含んでいる場合が多い。もちろん研修を受講しなくても、ある程度の実践は可能であろう。しかし、研修では、学習内容や指導形態がより詳しく解説されることに加え、それらについて教師どうしが話し合ったり、批評しあったりすることができる。それは、知識の増強や変容だけでなく、指導方法の変更も促すことにつながる。つまり、研修の受講体験は、教師の教育実践に対する意識を根本的に変革しやすくしているのである。

Q 教師に対する教育や支援の話題になったが、そこに注目する理由は何か。

K： もし、教育を本質的に変革しようとするなら、“教師”を変えていく必要がある。それを支える要素には、次の3点があるだろう。すなわち、①アイデア (ideas)、②教材 (materials)、③研究の仲間 (colleagues) である。研究仲間とは、同じ学校や近隣学校の教師や指導者、さらに広い地域の教師や指導者、あるいは異なる立場にある教師や指導者、研究者などをさす。教師

は、いいアイデア (ideas) に基づいた教材 (materials) を使って教育実践を行う。また、研究仲間 (colleagues) からの助言が教材の活用方法に関する理解を助けてくれる。教師は、一旦とても有用なアイデアを与えられると、その後は創意工夫を大いに進めていく傾向があることを、我々は確認している。この過程は、トップダウン的な側面をもつが、教師はアイデアの改良者、地域への普及者となって、そのアイデアをどんどん改善していく。このような動きに対応するように、我々の開発するプログラムにおいては、教師用指導書の改訂の方が、生徒用ワークブックのそれよりもはるかに頻度が高い。

Q 優れたプログラムとは、どのような特徴をもっているものと考えられるか。

K: 児童・生徒および教師の双方にとって、①魅力ある (Attractive である) ことがまずあげられる。また、②教師にとって教えやすい (Teachable である) こと、③児童・生徒にとって学びやすい (Learnable である) ことなどが考えられよう。

Q CRDG におけるカリキュラム研究の今後は、どのようなことを課題としているか。

K: 将来構想のひとつに、研究チームの強化がある。現在、各種のカリキュラム研究チームには、教育研究者と教師だけでなく、自然科学系・工学系研究者、教育行政関係者、産業界関係者など、いろいろな立場の人がかかわっている。今後はさらに多様な職業の人々からの意見をカリキュラム研究に反映させたいと考えている。

CRDG における研究実績や、CRDG が学校現場や他の大学と協力して進めてきた研究体制は、よりよいカリキュラムを開発し普及していくための重要な研究拠点の機能を大学が提供できることを示唆している。CRDG における経験をさらに発展させれば、大学を拠点とするカリキュラム研究がさらに活発に機能し、21世紀に向けて論じられているリテラシー獲得を目標におく教育の達成にも大きな役割が果たせるものと考えている。

P: CRDG における科学プログラムは、実際的な課題や、科学や技術領域における学問体系に基づくことを念頭において開発されてきた。そしてまた、各時代における科学教育の要請にも応えるように修正が施されてきた。具体的には、1960年代に見られた学問体系の強調、70年代の環境運動、80年代の科学・技術・社会 (STS) 運動、さらには現在も続く90年代の教育基準 (スタンダード) の強調である。各時代における教育の強調点とプログラムとの整合性を検討してきた我々のような事例は、他にはあまりないのではないだろうか。今後も、この方針を踏襲したいと考えている。

CRDG におけるカリキュラム研究開発の視点や方法については、我々の機関誌「Educational Perspective (Journal of the College of Education, University of Hawaii at Manoa)」Vol.30, No.2 (1996)に発表している。科学教育プログラムにおける具体例や、プログラムの普及における視点などについては、掲載論文を参考にしていきたい。

1-3 平成11年度事例調査の結果

1-3節では、平成11年度に行った米国の3つの大学を中心とした事例調査の結果に基づいた報告を行う。

まず、カリフォルニア大学バークレー校のローレンス・ホール・オブ・サイエンス (Lawrence Hall of Science) にて開発されたF O S S (Full Option Science System)カリキュラムを事例として取り上げ、開発担当者へのインタビューとカリキュラム開発の詳細を報告する。

次に、ハワイ大学で開発されたDASH(Developmental Approaches in Science, Health and Technology)カリキュラムを取り上げ、その開発に関わる情報を報告する。

そして、ノースカロライナ大学チャペルヒル校を中心としたM S E N (Mathematics and Science Education Network: 数学理科教育ネットワーク)に関する調査報告を行う。M S E N 自体はカリキュラムを開発するものではないが、理数のカリキュラムの効果的な実施を補完するためのユニークな取り組みを行っている。とりわけ、理数離れが進む中等教育段階での科学教育カリキュラムの一つのあり方を提案するものである。

なお、本報告書の巻末に、カリフォルニア大学とノースカロライナ大学への訪問時の写真を掲載した。参考にしていただきたい。

1-3-1 カリフォルニア大学バークレー校（FOSSプログラム）の事例

小倉 康

（1）FOSSカリキュラム開発担当者へのインタビュー

カリフォルニア大学バークレー校ローレンス・ホール・オブ・サイエンス Lawrence Hall of Science にて開発された FOSS（Full Option Science System）カリキュラムの開発と実施に関わるより詳細な情報の収集のため、1999年10月22～23日に、平成10年度の調査と同じく Larry Malone 氏と Linda DeLucchi 氏の2名を訪れ、インタビューを行った。質問者は、小倉と人見である。

Larry Malone 氏と Linda DeLucchi 氏は、FOSSカリキュラムを普及させるために、多くの問題の解決を経験しており、現在もカリキュラムの改善のための努力を続けている。FOSSカリキュラムの開発については、前年度のインタビュー調査でも一部報告されているし、次項（2）においてその詳細を紹介するが、本項では、先進的なカリキュラムを開発することと、それを普及させることとの関係について、インタビューにより調査した内容を、観点別に整理して報告する。（◇は質問の観点を意味する。）

◇FOSSカリキュラムにおける学習の特徴

FOSS では、事物から学ぶ、仲間と学ぶ、協調してアイデアを構築する、自分自身のアイデアや説明を構築する、思考することを重視した科学的探究活動を強調する、こうしたことが科学的思考力を育成する上で重要である。

科学的探究は、事象との出会いから始まる総合的な取り組みで、観察し、そこから疑問をもち、追究、研究計画、遂行、理論化・結論へと発展する。例えば、「なぜ魚は口をパクパクしているのだろうか？」「水流を造り出すためだろうか」「絵の具を入れてみて、水の流れを見てみよう」「水が口から流れ込んでいる」「口の動きとえらの動きに関係があるみたいだ」といった取り組みとなる。

教師は答えを与える人ではなく、質問をして、議論、思考を深める役割を持つ。生徒はすぐに「私の考えは正しい？」と正解を聞きたがるけれども、教師は「私はわからないから、グループで話し合って皆が納得できるかどうか考えて。それで、その考えが正しい答えか、それとももっと別の情報や活動が必要かを判断しなさい」ということが重要な役目となる。

生徒が発見した事柄を確信させることも重要な役割だ。例えば、生徒たちが「水を口に取り入れるために口をパクパクさせている」と結論した時は、教師がそれを確信させる絶好のタイミング

グである。教師は「その通りだね。君たちの発見は、魚が使っている重要なストラテジーの一つだね。魚は、十分な「酸素」を取り入れるために、新鮮な水を口に取り入れようと、口をパクパクさせているんだね」と言えるだろう。これが、さらに次の段階の探究する疑問につながっていく。

生徒中心主義に立って、生徒がゆっくり、全体的に、基礎的な科学的アイデアを構築していくことを保障すべきと主張している。多くの内容を教えるべきとする外的なプレッシャーに対して、学校や学区のレベルでは、生徒が確実にアイデアを組み立て発展させることを認めるべきである。

◇FOSSカリキュラムの構成上の特徴

FOSS は、カリキュラムのコアとしても使えるし、コア・カリキュラムのデザインに否定的な人々は、モジュールを一つの教科として使えるようにもしている。使う方法は極力フレキシブルにしてあり、多様に用いることができるが、開発者としては、FOSS をカリキュラムのコアとして用いることを期待している。

教師用書（マニュアル）中には、各モジュールに関する詳細な授業案が含まれている。6-8週間のプランに、「探究活動」、「科学の概念」、「思考能力」と並んで、「学際的な拡張性(interdisciplinary extensions)」の項が設けてあり、「国語」の拡張、「数学」の拡張（「今週の数学問題」を含む）、「科学」の拡張、「芸術」の拡張、「社会」の拡張などが記されている。これらの詳細は、さらに「アクティビティ・フォリオ」に記されている。

また、プランには、モジュールの各探究活動に応じて、どの「ストーリー（読み物）」がいつ活用されるかも記されている。

その他の拡張性として、「テクノロジーとの関連」では、生徒用のウェブサイトを開設しており、教材のCD-ROM から直接参照されるようにしてある。

また、「家庭と学校との関連」では、生徒が家庭に持ち帰るシートを用意しており、家庭の兄弟や保護者とともに取り組むことを期待しているため、一人で行う宿題とは違う。

1-2 週間のプランとなっている各探究活動別のインストラクションは、探究活動が、いくつかのパートにわかれて、それぞれのパート別に、「追究する疑問(inquiry questions)」、「活動の概要」、「科学の内容」、「活動の評価」が記述されている。

さらに、再び、「ストーリー」の活用、国語や数学、その他との「学際的拡張性」がより詳細なレベルで記述されている。

「今週の数学問題」とは、1 週間かけて考える問題のことで、少しずつ何回にも分けて数学の時間も使いながら、数学の応用として、あるいは、数学的思考の適用として用いるようになっている。

各モジュールの終わりには、「プレゼンテーション」の項があり、生徒がプロジェクトとして課題追究した結果を発表するようになっている。

まず、単元の中で、子どもたちが活動中に感じた疑問や探究的な興味について、教師が「これはプロジェクトにいいアイデアだ」と思ったことを書き留めて、「プロジェクト・フォルダー」に保存しておく。

モジュールの終わりに、生徒がプロジェクトのアイデアを出し、教師も以前に生徒が発したアイデアを「プロジェクト・フォルダー」から提案する。あらかじめ、いくつかのアイデアの例もガイドラインとして示してある。

アイデアの中には、研究調査（リサーチ）や、コミュニティからの情報収集であったり、実験研究が含まれていたりする。

プロジェクトは、2人一組で取り組んだり、個人であったり、グループであったりする。

8歳や9歳のレベルではあるけれども、生徒たちがプロジェクトのアイデアを書き、そのプロポーサル（計画のようなもの）を記述し、それに対して、教師がフィードバックを与える。そして、活動の結果を、一人（一組）あたり3分で、クラスの前で発表させる。

こうして、子どもたちに口頭でコミュニケーションする機会を与え、何を成し遂げたかを仲間に伝えさせる。また、生徒が自分が興味をもって、自分で選んでやってきた事であるというオーナーシップを持たせる。

プロジェクトは約1週間かける。生徒は家で活動することもある。

（その他のカリキュラムの構成についての詳細は、次節を参照。）

◇FOSSカリキュラムの普及に関わる要因

多くの州の予算では、生徒一人あたり\$30～\$40程度が当てられており、通常、教科書がその程度のコストとなっている。FOSSのキットは、それと同等のコストで購入できるものとしている。

最近、テキサス州は4種類の教科書とFOSSの5つを承認した。学校は、この5つの選択肢から、教師の意志、校長の方針、保護者の要請などを素に、採択のカリキュラムを決定する。教科書を採用する学校の方が多いが、FOSSも多くの学校で採用されている。

学校の中には、教科書を生徒用には購入しないで、生徒が参考として利用できるようないくつか購入して教室に配置し、FOSSとともに用いる形態もある。

各学校や教育区で、FOSSのフィロソフィーやアドバンテージを訴えることで、FOSSを広めていくことが必要であるし、そのようにしている。

第一段階として、リストに載った。教科書会社曰く、「ハンティング・ライセンス」が最初のチャレンジ。それから、ファインド・カスタマーズということだ。

プログラム（カリキュラム）を売る以上、教師に理解してもらうのを手助けする責任が生じる。普及の段階である。だからこそ、NSTA 等のワークショップ、リーダーシップトレーニング、さまざまな IN-SERVICE トレーニングを行う。PRE-SERVICE も重要で、大学との密接な連携は今後ますます必要となる、

1992～1998 年には、14 ないし 15 州で FOSS が採用された。50 州のうちで、カリキュラムの採用システムを採っているのは、22 州。その内の 14 ないしは 15 の州で採用された。州として採用システムを採っているのは、主として、西部と南部の州で、東部と北部、中西部は採用システムを採っていない（教育区あるいは学校が独自にカリキュラムを採択することを意味する）。

たとえ州として採用リストに載っても、フロリダ州のように、教科書を用いるとても強い伝統的考えがあるところでは、実質的には FOSS は購入されなかった。

ノースカロライナ州のように、採用システムのある州で、リストに載ることが、ステートファンドと連動していないところもあり、単に、学校や学区が選択する際の参考にしかになっていない場合もある。州ではなく学区がすべての財政的負担をしている。

カリフォルニアやテキサスは、州が財政的負担も負っている。財政的負担が得られる場合は、学区はカリキュラムの採用が容易となる。

学区が州からの負担以外の財政的援助を得ている場合もあるし、特別な申請によって州からのカリキュラムの拘束を免れる制度も存在していた。

我々が第 2 サイクルと呼んでいる 1999 年から状況に変化が起きている。

フロリダやノースカロライナ州のように、FOSS の採用は難しくなってきた。

ベーシックスに戻る、逆方向（教科書タイプ）に向かっている。金がつぎ込まれ、教科書カリキュラムを採用するようなロビー活動の働きかけもある。テストの成績を上げるためには、よりよい教科書が必要だとする考えがある。

また、コミュニティには、実験プログラムへの根強い批判が存在する。つまり、保守的観念がある。宗教的観念による実験科学への否定的態度もある。「教育は本から学ぶ」という観念は、本無しで科学を学ぶことへの否定につながる。

ナショナルスタンダードは、膨大な内容項目をスタンダードとして擁したために、それをカバーするために、ねらいが歪められている。

また、ナショナルスタンダードでは、発達の段階を大きく 3 段階に分けて、大まかな達成目標を示したが、州のレベルでは、州によっては、1 学年ごとの達成目標に細分化してスタンダード化しているところがあり、より包括的なデザインをもった FOSS のようなカリキュラムが対応することが難しい。包括的なデザインが、トータルとして K-6 の達成目標をすべてカバーしており、かつ、限られた授業時間をより効果的に使用するためのものだとしても、それを理解させるのが困難である。

州によっては、ナショナルスタンダードそのものを否定している。教育専門家以外の人々の影響が強い。政治的な要素が強く、研究に基づいて方針が決定されない。

◇教科書に代わる新概念の教材「ストーリー（読み物）」の活用

F O S S の学習モジュールと連動して、読書の時間に用いることのできる「ストーリー（読み物）」を多く開発して、教師に薦めている。

3-6 学年の 16 の各 FOSS のモジュールに 1 つのストーリーブックが付いている。

各ストーリーブックは、歴史的な事実や概念的な事柄が書かれていて、各領域で活躍した人々の話や、歴史、たまに生徒が取り組む探究を描いたフィクションストーリーも含まれている。

生徒に読書する機会を与えるが、それは初期的な情報提供ではなく、あくまでも初期的な情報は、マテリアル（事物）との関わりから得られる点が重要である。実験や観察、事物による活動から、最初の情報が得られるようにするのである。読書がインテグレートされているのは、科学概念を理解する第一手段としてではない。活動で得られたアイデアが、強化され、発展され、拡張されるために読むのである。

1 つのモジュールは、だいたい 6 ~ 8 週間かけて行われるが、教師用書（マニュアル）には、教師が、いつどのように特定のストーリーを用いるかのインストラクションがある。

各ストーリーには、関連する「科学の内容」、「文献の種類」、「生徒がどのように活動するか」が示してある。例えば、モジュール「地球の物質」のストーリーブックの最初のストーリーは、タイトルが「石」で、ある生徒が別の生徒に送った手紙であり、その内容は、地質学者である彼のおじさんの職場を訪ねた時のことが書かれている。その他、「ポストカード」のように写真を用いる手法、ゴールドラッシュなど歴史的な話題、新聞の切り抜きからの掲載、トピックと関連する一般的な科学的・歴史的・地理的情報が取り入れられている。

インストラクションでは、生徒たちの探究活動と、このストーリーとの関連のさせ方を示しており、従来、読書が用いられてきたやり方とは異なって、科学とリンクさせるやり方が示されている。

その他、小学校にたいてい備えられているノン・フィクションやフィクションの書籍でトピックに関連のあるものの情報を示している。また、ソフトウェア、ビデオテープ、その他の教材についても示されている。

これらは、教師がコレクションを発展させるスタートポイントとなる。教師が、時間をかけてコレクションを拡張していくことを期待している。

◇試験の成績への効果

FOSS に関するアセスメントについて、まだ結果は出ていないが、形成的にも、総括的にも、

FOSS の生徒がアセスメントで満足できる成績を達成するものと考えている。なぜなら、生徒は思考方法を心得ているし、内容に関わった読書を行っているし、考えを表現したり記述したりすることを習得している。生徒の認知的成長を測るスタンダード・テストであれば、FOSS の生徒の実力は示されるものと考ええる。

現在そうした傾向を示すデータはわずかである。今後、より、信頼性のあるアセスメントを遂行するために、NSF（全米科学財団）の研究費を得たところだ。このプロジェクトでは、8 つの大学の共同センターで、地元の FOSS 教師のグループと協力して、FOSS の K-8 のモジュールのアセスメントデータの収集分析を行う予定である。そこでは、「内容的な知識の程度」、「研究の遂行能力」、「説明能力」の3つの変数で、アセスメントを行う。

国のアセスメントのスタンダードで強調されていることが、次の10年間でテストのあり方に変化をもたらすと考えている。アセスメントはもっと状況的になる、時間をかける、知識確認でなく、リサーチや研究の遂行を含んだり、結果を記述させたりする、こうしたことが、試験の中に含まれていくようになる。

この点で、教科書タイプのカリキュラムはそうしたアセスメントに対応できない問題がある。教科書は全体的な学習経験の1つに過ぎない、FOSS は、その全体的な学習経験を構築しようとしている。

（2）FOSSカリキュラムに関する基礎的情報

FOSSカリキュラムに関して渡航の際に収集した基礎的な資料（すべて英文）のうち、その開発の基礎となった理論や、カリキュラムの詳細を知ることのできる次の3つについて、翻訳（一部抜粋）し、掲載する。最初の2つの著者の Lawrence F. Lowery は、FOSSカリキュラム開発の研究代表者である。

- 資料A. Lawrence F. Lowery “The Scientific Thinking Processes” University of California, 1992.
- 資料B. Lawrence F. Lowery “The Biological Basis of Thinking and Learning” University of California, 1998.
- 資料C. “FOSS Introduction, A brief look at the Full Option Science System” University of California. (FOSSカリキュラムに添付されている資料である。1999年から新しい版となったが、本資料は1998年まで用いられていたものである。)

資料A. Lawrence F. Lowery “The Scientific Thinking Processes” University of California, 1992.

ローレンス・F・ローリー「科学的思考のプロセス」
FOSS (Full Option Science System) のために
コピーライト 1992年 カリフォルニア大学
翻訳者 小倉 康

種々のパターンを導き出す能力は、私たちが知っている他のどの生き物よりも人間がもっとも高度に発達している。多くの生き物は、その環境との刺激反応の関係の中で生きている。鳥たちは危険に際してさまざまなやり方でそれから逃れるのに役立つ可能性の高い行動を採る。蛙たちは一匹の昆虫が通りかかるまで動かず見つからないように座っていて、通りかかった昆虫を食物として摂取するために舌を昆虫に向けて突っ込むように伸ばす。植物の成長は日光やその不足という刺激によって抑制される。しかし、人類は環境中にパターンを認識することによって環境について学習する。それによって、人類は環境に対して自らの目的に合うようにそれを修正したり変化させたりするような行為を行う。

時には、人間は白昼夢を見たり落書きをしたり、あるいはただ観察を楽しんだりするときのような遊び好きのパターン探索者となる。また時には、人間はパズルを完結したり、何かから型を感じたり、あるいは問題を解決させようと努力するときのように、有目的なパターン探索者であったりする。そのパターン探索能力のおかげで、事実上、人間は地球上のどんな環境においてもうまく生活することができる。そのようなことが可能な他の生き物はいない。

科学が基礎としている土台は、行動的なパターン探索の営みである。その一つの表現は、われわれ人間が思考する能力である。科学的な知識は、科学者たちが事物と現象に関して思考して、それらにさまざまな意図的な行為を行った結果から、思慮深い説明を展開したために得られたものである。科学の知識はその内容に当たる。科学の行動的な部分は、科学的思考のプロセスにある。

Full Option Science System (FOSS)は、科学が私たちの思考する能力に基づく一つのパターン探索の営みであるという考えを利用した一つのまとまった初等科学プログラムである。そこでは、われわれのすべてが本質的にパターン探索者であり、科学者とは熟達し多くの実践を踏んだパターン探索者であるという見方をしている。FOSS プログラムは、National Science Foundation 全米科学財団と Encyclopaedia Britannica Educational Corporation の支援の下、ローレンス・ホール・オブ・サイエンスにて開発された。それは、子どもたちが 21 世紀へのよりよい準備のため、21 世紀の高度に科学・技術化した社会で期待されるパターン探索能力を身に付けるのを助けるようデザインされている。

科学的な内容について

内容は発見された事実（例えば、「テキサスのルピナスのもっとも優勢な特徴は、花が青いことである」とか、「運動は、場所や位置が変化するような行為である」、「昆虫は 3 つの体節

と 6 本の足を持つ」など)で構成されている。事実の間の関係が、原理(例えば、「ルピナスは 90 種類あり、その根に塊生するバクテリアがもたらす窒素化合物によって土壌を肥沃化する」とか、「運動は他からの力を受けない限り、ある一定の速さで移動する」、「熱は金属を膨張させる」など)を生み出す。原理は組み合わせられついでには広く一般化や法則を形成する(例えば、「ルピナスは豆科の一種として自然に選択され、昆虫を惹き付ける外見的な特色(青い花)を保持してきた」、「運動量は質量と速度に直接に比例する」、「熱は固体を膨張させる」など)。理論は相互に関連した法則で構成される(例えば、「進化は植物や動物が世代から世代へと自然に選択され異なった特徴を持つ子孫を生み出してきたプロセスを含む」、「宇宙は拡大している」、「物質が熱せられると、その中の分子がより激しく運動し始め、また熱が失われると、分子はより遅く運動し互いに近づいてくる」など)。知識は、理論の発展によって進歩する。

科学的なプロセスについて

科学の行動的な部分であるプロセス(過程)もまた進歩的である。科学者たちは彼らの五感を用いたり、触ったり嗅いだりする感覚を拡張させたり、身の回りの世界に対して異なった見方をしたり、可能な限り客観的に特徴や行動を観察したりする。科学者たちは彼らが様々な方法で観察する事柄を記載したり絵に描いたりして、彼らの考えを他の人に伝達し、見方や解釈を交換できるようにし、また、世代から世代に情報を伝えることができるようにする。彼らは、彼らがまだ知らない事柄に対して知っている事柄を試し、特徴や行動の類似点や差異点を比較する。彼らは秩序立てたり、整理したり、分類したりして、彼らの理解を組織化し、より理解しやすい並べ方とする。彼らは事物間の相互作用について研究し、いくつかの要因を関係づけることによって原因と結果を含むより深い理解を得る。彼らは蓄積された知識と起こることが予測される現象に基づいて何が起こるかを仮説化し予測する。それによって、今まで起こらなかったか、直接に観察することができないか、まだ確認されていない何かを推測するのである。そして、こうした科学的思考プロセスを用いることによって、彼らの知識が成長するので、彼らは熟達化し、新たな説明を創ったり発見したりするため、そして新たな可能性を創り出すためといった、目的的な用途のために、内容とプロセスの両方を応用する。

われわれが自ら身を置いている環境と、それを理解する仕方や、環境を制御する尺度について考える能力は、ほぼ人類だけが所有する才能である。直立姿勢や回転し傾く頭、及び色のスペクトルを 3 次元的な広がりで見える目に加え、人類は環境からパターンを探索し構成するような型を感じ取ることでできるようデザインされた脳を持っている。生命体として、われわれはパターン探索者であるようにデザインされているのである。そして、科学的思考のプロセスを導くのは、われわれのパターン探索能力のおかげなのである。

(その後、「観察する」、「伝達する」、「比較する」、「組織化する」、「関係づける」、「推測する」、「応用する」の各プロセスに関する記述が続く。これらについての翻訳は省略し、最終章の「科学的思考プロセスの進歩的順序性」を訳出した。)

科学的思考プロセスの進歩的順序性

FOSS プログラムで活用されるすべての科学的思考のプロセスは、ある程度はすべての年齢のすべての個人に用いることができる。しかしながら、研究調査の結果は、われわれの発達において、特定のプロセスがより高い学習利益をもたらす期間があること、及び、いくつかのプロセスがほとんど貢献しない期間があることを示唆している。例えば、小学校段階の子どもたちは、観察したり、伝達したり、比較したりすることには適している。しかし、単純な推測（「もし土地がどこも濡れていたら、昨晚雨が降ったに違いない」）をすることはできても、重要な推測的な考え方（原子の構造、惑星や星の動き）や理論（進化、知られている4つの力）は理解されない。重要な推測的な考え方を教えることが教育の目的であるならば、それは青年期の始めかそれ以後により良く教えられる。人間の発達の特性によって、科学的思考のプロセスはある特定の順序性を持って教授される価値を持つ。K（わが国の幼稚園最終年度）から小学校 2 学年までの子どもたちは、科学を理解できるけれども、この段階の子どもたちの特性を定義して、いかに科学的知識と科学的なプロセスをその定義に沿ったものとするかを定めるべきである！

FOSS プログラムでは、子どもたちが彼らの発達の各段階で、効果的かつ効率的に学習できるように、プロセスを発達段階に沿って描写し、内容をそれに対応させてきた。科学的に教育されてきた生徒は、それぞれの発達段階で異なった種類の科学的思考力能力を発揮する。それぞれの科学的思考能力はそれ自身でまとまっているが、他への準備でもある。それぞれの思考能力は、順序的に、早い段階の思考能力が後続の段階の思考能力に階層的に統合され、しだいに形態が統合整理され、全体的な構造的特質（相関関係のある行動や概念やスキルを統一する）を確立するようになっている。発達の美は科学的思考能力の各段階が次の段階への準備となることである。子どもたちは不完全な大人なのではなくて、各段階において完全な子どもなのである。科学の内容と期待は、それに沿うように調整されるべきである。

以下は、FOSS プログラムの学年レベルプランでの構成要素の例である。

K～2 学年

この学年段階でもっとも価値ある科学的思考プロセスは、観察する、伝達する、及び、比較する、である。若い生徒たちは、彼らが生活している世界に関する基本的なレパートリーを組み立てているところで、事物の特徴を見付けたあり、事物間の似ているところや異なるところを決定したり、行った事柄を他の人に伝えることに向いている。

こうしたプロセスを活用することにもっとも適した内容は、事物に固有の特徴を認識することである。この基礎的な内容が、より発展した考えを組み立てるかたまり（ブロック）となる。

一般的に、どんな科学の領域についても、事物の特徴は K-2 学年の子どもたちにすばやく容易に学習させることができる。したがって、K-2 学年では、すべての科学の領域に渡って、始めの3つの科学的思考のプロセスを通じた記載のための言語の発達と感覚的な体験を重視すべきである。

K-2 学年のプロセスを用いる内容の事例

すべての事物（例えば、動物）は、特定できる特徴を持つ。

事物（例えば、動物）は、その特徴を元に比較できる。

世界はとても多様な事物で満たされている。

科学に精通した K-2 学年の生徒に何ができるかの例

多様で多数の事物の個々を認知し名称を言える。

すべての事物を特定し、基本的特性を記載する。

類似性と差異性をもとに事物を比較する。

3～4 学年

子どもたちはより早い学年でうまく行っていたプロセスを実行する能力を失うものではないが、小学校の中学年段階では、組織化するプロセスがとても上手になる。このプロセスによって、生徒たちは事物を並べたり、順序づけたり、整理したり、分類したりといったことに精通し、また、こうしたカテゴリー化が組み立てられる原理を含むこうした諸活動から導かれる知識と、カテゴリー内で行える変換、及びカテゴリーが異なる原理で再構成されうるという事実について精通するようになる。

3-4 学年のプロセスを用いる内容の事例

葉っぱは、先端や基底、縁、葉脈、形状など、それを特定すること

のできる諸特徴を持っていて、それによって組織化できる。

音は、大きさと高さ、音色といった特徴を基に特定できる。

電気はいくつかの物質を通るがその他の物質では通らない。

鉱物は石を形成する成分である。

科学に精通した 3-4 学年の生徒に何ができるかの例

どんな数の事物も論理的な原理で分けることができ、また、他人が分けた原理を理解する。

物質を物理的に再配置するような置き換えは、事物の数や量や測定された値を変えないことがわかる。

5～6 学年

子どもたちはこれまで学習したプロセスと内容の上に構築しつづける。この段階では、関係づけるというプロセスが有用になってくる。子どもたちは、もしこれまでの活動が適切な体験とともに与えられたとすれば、彼らのアイデアを試す簡単な実験を計画することができる。このプロセスを用い、またこれまでに学んだ事実に立って、子どもたちは多くの原理について知ることができる。

5-6 学年のプロセスを用いる内容の事例

植物や動物の中には自然に選択され、カモフラージュの特徴を保有するものがある。

振り子の長さはある単位時間における振れの数を決定する。

滑車の装置で荷物を支えるロープの数と、荷物を持ち上げるに必要な力の間には関係がある。

できるだけ多くの固体が液体に溶けたとき、溶液は飽和している。

水と風は岩を浸食し地形を変化させることができる。

川が流れるところの土地の傾きは、浸食と崩壊の過程に大きく影響する。

科学に精通した5-6 学年の生徒に何ができるかの例

複数の特徴に基づいて事物を分類する。

原因と結果との関係を認識し記述する。

あるアイデアを試すために、変数を制御し操作することを含む実験を行う。

デカルト座標のグラフを描きデータを解釈する。

7～8 学年

子どもたちが青年期に入ってくるにつれ、彼らはより推測することができるようになる。彼らは将来についてよく考え、過去について良く理解する。彼らは事物や物質によって表現されない諸概念を理解することができる。彼らは科学的な言語感覚で予測することができ、また科学の法則性を概念化することができる。彼らは現象を説明するのに役立つ適用範囲の広い理論を理解することができる。

5-6 学年のプロセスを用いる内容の事例

化石は過去に存在した植物や動物の証である。

ダーウィンの理論によれば、進化は今存在するすべての種の植物と動物が生み出され、一方でその他が絶滅してきたほど長い間続いてきた。

ニュートンの理論によれば、運動量は質量と速度に直接に比例する。

量子論によれば、光のエネルギーは極小の粒子で形成される。波動論によれば、光のエネルギーは波のようなパターンでエネルギーが分子を通って伝わる振動のようなものと考えられる。

理論によれば、すべての物質は電気の極小の粒子を含む原子から成る。

理論によれば、地核は持続的に移動する大きなプレートから成る。

科学に精通した7-8 学年の生徒に何ができるかの例

データに基づいて、現象や過去や未来（予測）を推測する。

補正する変数を用いた実験を計画できる。

「もし～なら、～する」の論理にしたがう。

科学的な法則性を公式として表現する。

9～12 学年

子どもたちが彼らの基礎教育の最終段階に達すると、彼らは、獲得してきた知識をさまざまな方法で応用することができる。彼らは新しい科学の進歩について読んで理解することができる。彼らは進化論や相対性理論、分子運動論、などの理論の意味を理解することができる。彼らは、科学的意志決定に関係する問題を理解することができる。彼らは科学的営みの価値を尊重し、そ

の営みを信頼し、理由を持って営みを支持したりしなかったりすることができる。彼らは科学的問題に対して堅実に投票することができる。彼らはその生涯において現れる新たなテクノロジーと新たなアイデアに十分柔軟に適応することができる。彼らはその職業において、あるいは投票者として、また教養のある市民としての他の手段で、知性ある決断をするために、彼らの知識を応用できる。

9-12 学年のプロセスを用いる内容の事例

科学的営みに関する意志決定は、同時にいくつかの観点から見てみる必要がある（例えば、動物実験や高額な研究への取り組み、DNA 操作、遺伝的工学など）。

科学そのものは現代社会に固有の諸問題を解決できないこと（例えば、自然保護や廃棄物管理、汚染制御など）。

資源や野生生物などの保護に関しては、すべての人類の幸福のために、世界規模の対話が必要であること。

学年を通して進歩する科学のあるテーマの例

テーマ：進化

K-2 学年

科学的思考のプロセス：

観察する、伝達する、比較する

内容：生物は特定可能な特徴を持っている。生物には大きな多様性がある。

3-4 学年

科学的思考のプロセス：

観察する、伝達する、比較する、
及び、組織化する

内容：生物はその特徴に基づいて組織化できる。生物のグループには類似性と差異性がある。

5-6 学年

科学的思考のプロセス：

観察する、伝達する、比較する、組織化する、
及び、関係づける

内容：生物は生き残るためにその環境に適応する。生物のさまざまな構造は、彼らが生き続け成長するような特別なやり方で機能する。

7-8 学年

科学的思考のプロセス：

観察する、伝達する、比較する、組織化する、関係づける、

及び、推測する

内容：理論によれば、進化は生物が世代から世代へと自然に選択される中で、異なった特徴を持つ子孫を生み出す過程を含む。進化は、これまでに絶滅してしまった他の生物と同様、現在存在するすべての植物と動物が生まれてきたという長期間続いてきた。

9-12 学年

科学的思考のプロセス：

観察する、伝達する、比較する、組織化する、関係づける、推測する、
及び、応用する

内容：資源と生物を保護するために、世界規模での同意がなされる必要がある。生物の特徴は、DNA 構造の操作によって変え得る。

FOSS プログラムは複数の次元を持ったカリキュラムである。垂直方向に、内容が物理科学、生命科学、及び思考とテクノロジーを通じた科学の統合に属している。水平方向に、内容は子どもたちの発達に合うように順序づけられている。またそれらは、各学年段階に対して、適切な科学的思考のプロセスを強調するように書かれている。次が FOSS カリキュラムの概要である。

学年段階	内容の系列				思考のプロセス
	生命科学	物理科学	地球科学	科学的推論とテクノロジー	
幼稚園(K)	植物と動物を発見する	事物と物質を見付ける			コミュニケーションする、観察する
学年 1・2	生命科学からの事物の特性を調べる	人間環境における事物の特性を調べる	地球から事物の特性を調べる		コミュニケーションする、観察する、比較する、組織化を始める
	生命のつながり	運動と移動			
学年 3・4	人体	磁気と電気	水	アイデアと発明	コミュニケーションする、観察する、比較する、組織化を高度にする
	生物のつくり	音の物理	地球の物質	測定	
学年 5・6	食物と栄養	てこと滑車	太陽エネルギー	モデルと設計	コミュニケーションする、観察する、比較する、組織化する、関係づける
	環境	混合物と溶液	地形	変数	

資料B. Lawrence F. Lowery “The Biological Basis of Thinking and Learning”
University of California, 1998.
ローレンス・F・ローリー「思考と学習の生物学的根拠」
コピーライト 1998年 カリフォルニア大学
翻訳者 小倉 康

FOSS プログラムについて

Full Option Science System (FOSS) は、全米科学財団(NSF)からの補助金を受けて可能となった「新世代」の科学プログラムである。このプログラムは、カリフォルニア大学バークレー校の Lawrence Hall of Science にて開発された。

FOSS は、教科書の類ではないプログラムである。研究結果は、子どもたちは彼らが直接に経験する時に、最も良く科学を学ぶことを示していることから、FOSS ではすべての生徒たちが探索し実験的研究に関われるよう特別に設計された教室実験キットを提供する。教師用書は、教師が個々の状況を作り、活動を他の教科領域と統合させ、経験を他の小学校理科の教材と関連させるのに役立つ。各 FOSS 活動に含まれている生徒用シートは、彼らがデータを記録して、組織して、分析するのに役立つ。

よく使用されている教科書で学校の1年間に多くの異質で無関連なトピックがしばしば軽く扱われているやり方に比較して、FOSS では、より少ないトピックを扱い、より深みをもって教えようとする。トピックは、教授モジュールとして提示され、以下の基準に基づいて慎重に選ばれた：

- 1 子どもたちは、それが面白くて広範囲に探ってみるに値することがわかる。
- 2 各トピックは、重要で、強力な、転移可能な科学的概念のための一種の乗り物となる。
- 3 トピックは、次のような科学的思考過程を直接用いる機会を与える：観察する、コミュニケーションする、比較する、組織化する、関連づける、推論する、適用する、など。
- 4 提示された概念が、生徒たちの発達段階に適している。

出来上がったモジュールによって、教育プログラムに絶大なる柔軟性が加わる。モジュールは、十分な内容と範囲をもっており、教育プログラムを完全に明瞭なものとするけれども、それはまた、教育プログラムにより大きな成果をもたらすための補助や発展として、選択的にも用いることができる。このプログラムを活用する学校は、教師の目的や生徒の必要性に即してモジュールを配置することができるけれども、FOSSモジュールの完全性を保つことも重要である。モジュールは、指示された学年かそれ以上の学年でのみ用いられるべきである。また、モジュールの学年間での縦のつながりにも留意しなければならない。連続したFOSSモジュールは、それに

よって、生徒の科学概念理解を深めるように組み立てられている。FOSSプログラムの重要な要素は、子どもたちがいかに考え学ぶかに関する今日の研究を応用していることである。プログラム中の諸活動は、彼らの認知的能力に合うように特にデザインされたもので、モジュールのつながりも子どもたちの認知的成長に沿って区切りがつけられている。教師への提案として、子どもたちが自分自身で問いを生み出し、データを収集する方法を見だし、証拠に基づいて事柄を見つけていくように、彼らを促す方法を示唆している。

FOSS K-6教育プログラム					思考のプロセス
学年段階	生命科学	物理科学	地球科学	科学的論議と探究の過程	
学年5・6	食物と栄養	てこと滑車	太陽エネルギー	モデルと設計	関係づける、 組織化する、比較する、 コミュニケーションする、観察する
	環境	混合物と溶液	地形	変数	
学年3・4	人体	磁気と電気	水	アイデアと発明	組織化を高度にする、 比較する、コミュニケーションする、 観察する
	生物のつくり	音の物理	地球の物質	測定	
学年1・2	植物	固体と液体	大気と天気		組織化を始める、 比較する、コミュニケーションする、 観察する
	昆虫	つりあいと運動	石、砂、どろ		
幼稚園(K)	生命科学		物理科学		比較する、 コミュニケーションする、観察する
	木々	動物たち	木片	紙	

「思考と学習の生物学的根拠」

人間は、大半においてパターンの探索者である。時には、いたずら書きや、パズルや、空想にふけるといった遊び心のパターン探索者となる。また時には、物事の答えを出そうと努力したり、計画を立てたり、問題を解消しようとして、目的をもったパターン探索者となることもある。人間がパターン探索の諸能力を活用するにつれて、彼らは身の回りのことについて学び、理解するようになる。

今日世界の多くの事柄は、科学を通して最もよく理解される。それは、自然が私たちが見て行う中に見出すパターンをもっていて、私たちが発見するパターンが、環境でのできごとを克服したり理解したり評価したり予測したりすることを可能にするからだと考えることはもっともなことである。生物学か物理学か天文学かにかかわらず、また何を専門とするかにかかわらず、科学者たちはまさによく訓練されたパターン探索者である。私たちすべてが、本質的にパターン探索者なのである。

21世紀の科学的数学的に複雑化した社会に生きる子どもたちのために、研究に基づいてよく検討されたいくつかの教育プログラムが設計されている。そうした教育プログラムは、いかに脳が機能するかや、いかに人間が考え学ぶか、に関する合理的で今日的な科学的知識に基づいており、また、いかにその知識が私たちの世界の理解に結びつくのかにも基づいている。

本稿は、教育者のための研究をまとめるものである。第一に、科学がここ10年間に脳について明らかにしてきたいくつかの事柄について説明し、その多くは医学的テクノロジーでの発展についてである。第二に、私たちが幼児から大人へと成長する中で、生物学的に7段階のパターン探索能力を経過することについて、広範な調査研究によってまとめている。

F O S Sプログラムは、この研究成果を子どもたちが新たな概念を容易に獲得するために適切な、カリキュラム経験の連続性と学習活動の計画に利用している。それぞれの発達の段階は、学習者が何をして、どのような学習を享受するかに関する事例で強調される。これらの7つの段階の学習への関連は、全教科領域で重要であるが、ここで提示する事例のほとんどは、科学の内容領域に関している。

脳と思考

私たちは自分たちの他には、宇宙の外側についてや原子内部のはたらきについて考えることができるような生命体を知らない。他の生物では、自分が生きている範囲を超えて、将来を想像したり、過去を考えたりすることはできないのである。いかにして、人間だけがそうした思考能力

を持つことができるようになったのだろうか？ 教育者としての私たちは人間がいかにか考えるかについて何を知っているのか？ また学校を終えた将来に見るべき重要な思考力とは何か？

多くの人々が思考と脳はまるで同意と見なしている。優れた思考者はしばしば「頭がよい(brainy)」と評される。人が「頭脳は腕力より勝る(Brains over brawn)」というとき、明らかに脳を巧みな思考と同等化している。「脳みそが無い(brainless)」とは、知性を欠いた人のことである。しかし、こうした用語にもかかわらず、脳と思考は同意ではない。はっきりと違うのである。

脳は体の組織であり、人が生まれたときにはおよそ 1000 億個の細胞からなるとされている。生まれたときの脳の重さは、成長した脳の重さの約3分の1である。生後2年経つと、大きさが2倍になり、さらに15年経つと、脳細胞の多くは60万もの細胞間の接続をもつようになる(Maranto, 1984)。過去10年間で、私たちは脳の生理学的機能、つまり、電気伝達性や化学特性、解剖学的構造などについて多くのことを知るようになった。

しかしながら、思考のしくみについては謎である。それは生理学的特質の次元をいくらか超えている。チェスゲームの中盤を想像してみよう。チェス駒の物理的配置は記述できるが、攻撃や防御の方略はどこにあるだろうか？ どうように、学校を歩き回って、教師と生徒がいる部屋をつきとめることを想像しよう。あなたは、「教育」がそこで行われていると指摘できるだろうか？ 思考と脳の関係は時間と時計の関係のようだ。時計には針と数字があるが、時間はどこにある？ 時計中の時間と、ゲーム中の方略、教室での教育などは、物理的配置における経過である。そして、そう、思考は脳の中(の過程)なのである。神経生物学者たちは、ある思考の経過における細胞間で活発に営まれる一つ以上の要素を特定するかもしれない。しかし、私たちの頭の中では、100億個以上の相互作用があることが思考過程の根本的な重要性を与えるのであり、生理学的構成要素が重要なのではない。

過去10年間、神経生物学者たちは、脳が情報を処理するものとして脳の中で何が起こっているかを見ようとかなり思い切った試みをしてきた。彼らは私たちの脳のどの部分がどんな思考に用いられているかにつて、瞬時に脳の活動の局所の信号を与えることのできるいくつかの技術を発明することによって明らかにしつつある。それぞれの技術は、脳の処理に関して異なった観測を与えている。

E E G (electroencephalogram) と M E G (magnetoencephalography) は、脳の機能を観察するために開発された一番最初の技術だった。それらは、脳の電気信号を記録するものである。

E E G は、脳のイメージをコンピュータの画面上に示す。電極を点在させた帽子を被験者の頭にかぶせ、帽子から出ているケーブルをコンピュータに接続する。コンピュータは被験者が課題を遂行している間の脳の局所的な活動を記録する。

M R I (magnetic resonance imaging) は、脳の構造についての詳細な観測を与えてくれる。

最近では、E E GとM E Gの技術はM R I 技術と組み合わせられて、一連の二次元の磁氣的共鳴イメージ群から、脳の三次元の描写を合成することができるようになった。

プログラムによって、脳の各皮質領域ごとの境界を正確に記述することができる。この非侵入技術は、機能的磁氣的共鳴イメージング (f M R I) とよばれる。

P E T (positron emission tomography) は、脳の中での血流を測定する脳スキャンである。血流の増大は、代謝活動量の増大を意味する。このスキャン画像は、脳のどの領域が特定の課題を遂行するかを特定するのに用いられる。

以下の情報の多くは、こうした諸技術を用いたことによって得られた研究成果に基づいている。

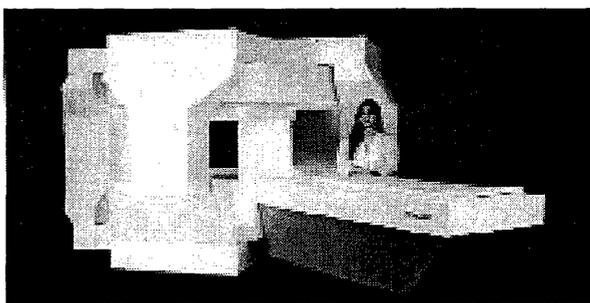
初期の脳の発達

妊娠後すぐに脳細胞は分割を始め、驚く速さで分割を繰り返していく。胚の一部のたった数個の細胞から始まって、20週後には一分あたり25万個の細胞が生産され、誕生の時までには、2000億もの細胞が造られていることもある。

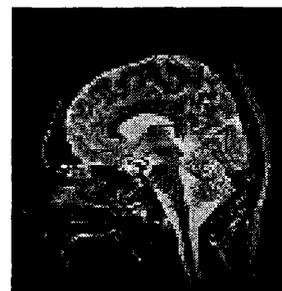
生産された脳細胞の数は、いち個人が必要とする以上のものである。過剰生産は生き残っていくために必要な無数の複雑な能力の発達を取り仕切るのに十分な細胞を保障するための自然の摂理である。誕生前には、脳細胞の役割は、その周りで成長しつつある体をよく知ることである。細胞は、他の脳細胞に軸索や樹状突起といった接続子を延ばして、枝を広げ他の脳細胞と接続するのである。これらの細胞の約半分は誕生後に死んでしまう。多くは、成長する体のいくつかの部分と接続するのに失敗することにより、その他は、傷のある細胞接続を消去するという余計なものを取り除く過程(pruning process)によるものである。

妊娠期間中、とりわけ20週目あたりでは、ビタミン欠乏や喫煙、アルコール、特定の薬品、高熱などの危険要因は、脳神経の適切な成長を阻んだり脳神経やそれらの接続にダメージをあたえる原因になりうる。

MRI "Open" Scanner



MRI Brain Scans
(side and top views)



脳細胞は、誕生後も増加し続けるが、生産については生後1年も経たないうちに止まってしまふ。1歳を過ぎると、人間は決して別の脳細胞を得ることは無い。必要とされ所有することになるすべての脳細胞がそこにある。しかしながら、脳の重さは大人の脳に比べて約半分しかない。脳細胞の大きさが大きくなることによって、また細胞間の接続網が張り巡らされていくことによって、脳は誕生後も大きくなる。経験の結果として、脳に数多くの新たな接続が増えるのである。

脳のファイリング（綴じ込み）システム

誕生までに、脳は40以上もの異なった機能をもつ部野を分化させており、それらが視覚や聴覚、言語、筋肉運動といった機能を支配する。

脳は感覚的情報を機能部野で処理する。私たちが見ること、聞くこと、触ること、においや味のすべてが、五感の器官を通して感覚情報として処理される。この五感は、脳が「外界」の情報を獲得する唯一の手段である。入力を強化するために、脳は運動神経メカニズムを構築しており、情報が集めやすくなっている。これで強化されるものは、単純な反射から思慮深い慎重な探索にまでわたっている。

環境での出来事が見ている者を驚かせるとき、つまり、かつて見たことがない何かを見るときや、容易には説明できないような出来事を見るときには、眉が上がり、目が大きく開かれる。この単純な顔面の反射は、誰かが驚くときにはいつでも起こるものである。眉を上げるのは、脳が、より多くの光を目に入れ、視野を広げられるように「窓を開ける」やり方である。目を大きく開くのは、より多くの視覚情報を脳が入手するためにもたらされるのである。

何か脳が注意を引きつけると、脳は腕や手の筋肉に指令を出して、手を伸ばしてその奇妙な物体をつかんだり、回したり、触ったり、別の仕方で試して見たりする。こうした思慮深く慎重な探索行為でもたらされたものは、脳の中のマッピングシステムで処理される。

知覚的情報が脳に入ってくると、情報は細分化され、記録される情報のタイプによって、機能部野に配られる。例えば、非言語的な知覚情報は、ある場所に形状を、別の場所に色を貯えておき、動きや順序性、感情的状態はすべて別々に貯えられる。

脳と外界との間での相互作用を取り仕切る神経系処理は、ほぼ同時に起こる急速な一連の多数の微少な知覚的入力と微少な物理作用の出力とから構成されている。それぞれの処理は、脳の異なった機能的領域で営まれ、各領域がさらに下部の組織を構成している。例えば、視覚的入力は、後頭葉付近の脳の視覚展開野内で、さらに色や形、動き別に特定の小システムに分割して処理される。こうした下部システムが、さらに下位に分割される。分子レベルでは、神経生物学者たちは一群の脳細胞が垂直線を、別の一群は時計の1時方向の傾斜線のみを、また別の一群は2時方

向の傾斜線を、といった具合に認識していることを見つけた。

データ貯蔵システムとしては、脳は無数のイメージを受け入れ、それらを部分別に分解して、部分ごとに脳の特定の細胞群に蓄積する。こうした還元方略の利点は、ある細胞が類似の要素を同定するために幾度も必要とされることである（たとえば、ある物が水平なのか、垂直なのかなど）。このある細胞は、ビルや本や鉛筆といった多様な物体についての垂直性を認識することができる。こうして、光の量やにおいの分子、音の振動といった、世界に関する記憶ないしは特徴は、それらの構成要素部分に分解されており、特定の接続をもったネットワークの活動が必要となるときには、容易に再生することができる。

非言語的情報の蓄積と同様に、言語についても脳のさまざまな部分に貯蔵される。聞いたり、見たり、読んだり、書いたりといった能力は、別々に貯えられる。植物や動物といった自然物の名称は脳のある部分に記録され、人造の物体、機械などの名称は別の場所に記録される。名詞は動詞と区別され、音素は単語と区別される。

知的情報を取り込むと、脳は記憶領域の細胞間を接続する。接続は、異なった貯蔵領域間に関係を与え、それがシステムやサブシステムとして機能するようになる。システムやサブシステムとは、個々の特徴を合わせ持った事物(objects)や、

時空間的な動きの連続である現象(events)、それに学習者の活動(actions of the learner)としての事物に働きかけたことやその結果として起きたことを含んでいる。

神経生物学者たちが学んできたことから、脳の中のどこにも絵画のようなものは貯蔵されていないことが明らかである。脳は、見た物を詳細に写真化するカメラのような装置ではない。また、聞いたことを記録したり再生したりする録音機器でもない。脳の中には接続のパターンだけがあるものであり、それらは無数に姿を変えうるのである。呼び出されれば、構築されていた接続は、部分部分を記憶（概念や現象など）としてのパターンに再度組み立てるのである。再構築されたものがどの程度正確かは、元の入力がいかに正確であったかによる。

接続を造る

一般的に、豊かな環境とは脳の接続の数を増やすものである。接続は、個人が何かについて興味を持ったときや、その興味を自由に探索するときに造られる。そうしたときには、脳細胞は何千もの新たな接続子を広げ、樹状突起の針先が木の枝のように伸びていく。いずれの細胞も、そのひとつが一生の内に何千という接続子を何百と生成しうる。脳は、感覚データの処理と、データの既存の知識構造への併合のために、新たな接続子を造っている。

豊かな環境や多様な経験、興味をそそられるテーマは、接続子の生成を促進し、その経験に対

するより大きな貯蔵権を用意する。クラスの中で新しい席に変わっただけのわずかな変化でも、学習者にとっては、脳が新しい樹状突起の枝や針先を生成し、学習者がクラスの事物や人々と経験する新しい視点や新しい関係を取り入れようとする事態をもたらす。脳は、環境で出くわす変化を克服するために、自分自身を調節する。

新しい接続子は、必ずしも永続的ではない。それらは、活動を繰り返したり（実践）、活動をいくらか変化させて発展させたり（リハーサル）、あるいは、その活動について話しをして振り返ったりといった、再度の呼び出しによって次第に永続的になる。もし、呼び出されることが無ければ、接続子は分解して、永久に失われてしまうだろう。ことわざに言う「使わねば、失う」とは、脳での接続子の生成と維持を最も的確に言い表している。

脳のシステム内での接続の出来映えと広範性は、個人があることをいかによく理解しているかやいかに上手く実行できるかを構成している。研究成果は、有している接続子が多ければ多いほど、より良く問題を解くことができ、明確に考えられ、また現象を理解できるということを示している。脳がどれほどの接続子がある経験において生成するかは、その個人がそれに参加する興味の度合いに依るのである。

神経細胞（脳細胞）から広がる糸のような樹状突起の成長をいかに引き起こすかが重要である。樹状突起が延びるとき、神経細胞は、より多くの接続を他の神経細胞に造ることになる。樹状突起システム内の情報が実践やリハーサルによって強化されるとき、接続子は次第に安定し、永続的で、活用しやすくなる。

脳神経細胞間に適切な接続が増加してくると、脳の機能はより向上する。こうした接続の一部は、人の遺伝的形成のパターンを継承している。接続はまた、環境中の刺激に対して脳が神経刺激として情報を受け取ることで成長する。ここにおいて、教育者への示唆は明らかである。脳は、豊かな経験の結果として、樹状突起を成長させるから、また、成長は実践することと繰り返すことによって着実となるから、学校環境はそのような経験を与えるものでなければならないのである。そうすることで、生徒たちは、彼らが学んだ事柄を保持することとなり、また、その学習を新たな状況に適用する可能性が高まるのである。

教育、経年と脳

研究者たちは、人々が教育の階段を上につれ、脳細胞間（樹状突起要素）の接続の枝分かれが飛躍的に増大することを発見してきた。脳の検視研究によれば、早期の子どもの接続は、学齢期の子どものそれよりも少なかった。また、大学を卒業し活発な知性的生活を営んでいる人の樹状突起要素は、高校で落第した人のそれよりも最大40パーセントも多かった。さらに、大学を卒業しても知性的生活を止めた人は、継続している人よりも少なかった。（Kotulak, 1996, p.18）

人生のいつの磁気でも脳を働かせればいつでも脳細胞は新しい樹状突起を張り出すという研究結果も示されている。もし健常者であれば、彼や彼女はどの年齢でも何か新しいことを学び、そのために新しい接続を生成し、既存の構造に統合させることができるのである。70歳の人もし関心があれば新たに専門性を身に付けうるのである。学習の能力は一生涯を通じて利用可能ということである。

学習し続ける活発な脳に関する驚くべき特典は、脳がいくつかの病気に対してより防御的になりうるということである。科学者たちは、教育され、したがってより多くの接続を持った脳が、アルツハイマーの病気による脳へのダメージに対してより抵抗力があることを見つけた。

年齢とともに精神的能力が低下するという誤った信念は、年上の人々への一種の不幸な思いこみを植え付けてきた。精神力の低下は経年の結果でないのである。イメージスキャンによって、記憶を制御し思考を司る部分である脳の脳皮質は、20歳から70歳までの間にほんの10パーセント縮退しただけである。そして、脳細胞のある程度の減少は、脳全体ではなく、一部の特定部分だけで起こっていた。私たちが歳をとれば、反応時間はより遅くなるかもしれないが、著しく遅いわけではない。あることを覚えたり複雑な問題を解いたりするのにより多くの時間がかかるかもしれないが、思考そのものの能力はかわらないのである。

しかしながら、脳のスキャンは、年上の人たちが若者とは異なった問題解決方略を用いていることを示している。年上の人たちは、より頻繁に前頭葉の前側の皮質を使っている。そこは、人が複雑な問題のさまざまな側面を同時に考えることを可能にする部分で、それにより満足のいく問題の解を導き出す確率が高くなる。そこはまた、目標を達成するための長期的な計画や方略を立てたり、予期せずに発生する新たな事態に対して、それを包括できるような計画へと調整することを可能にする。こうした性能が、「年上の人」の脳と「若者」の脳とを区別している。

文化人類学や生物学、脳神経学、心理学、精神生物学などが明らかにしてきた情報を寄せ集めることで、私たちは、学習が私たちの肉体的特質に依っていることを知る。つまり、いかに私たちの手が物体が何であるかをわかるために物体を探ろうとするかや、いかに私たちの頭が情報を目や耳から取り入れるために傾けられたり回転したりするか、また、以下に私たちの体が空間を移動するかなどである。

私たちは思考する性能を不完全な状態で生まれてきて、性能は時間とともに、また環境中の事物との関わりにおいて、連続的に成長する。そこにすべての人間が思考することの生物学的根拠がある。

生物学的特徴と思考

頭を回したり傾けて、目で色や深さを知覚することで、人は未知の領域に移動しそれを調べる。直立状態は肢体を自由にし、対面する指をもつ手は環境を探る。こうした生物学的特徴は、私たちが身の回りの環境を探り、何が起こるかに注目し、観察したことから、それについての理解を改めることができる。二足歩行と手の操作と、感覚入力、及び脳の発達との複雑な関係は分けられない。私たちにとって、それらの相互依存性が生涯を通じて重要なことである。

子どもたちが環境中の物体を見たり触ったり聞いたり味わったりにおいを嗅いだり投げたりして観察するのと同じように、大人は火星の表面の物体をリモート探索機をつかって観察する。テレビの目は、見えるものを「見る」。機械の手は、表面を触って、表面を「感じる」。アンテナは「聞く」。センサーは大気を「嗅ぐ」。子どもの直接的な知覚経験と大人の拡大された感覚による探索の、それぞれによって、人間は宇宙に関する知識を集積している。

教育者たちは、永く直接体験（ハンズ・オン）による教授法を称えてきた。しかし、称賛されても、授業に訪問すると、その大半は異なった環境で学習が行われていることがわかる。経験は、とても早い時期に本へと置き換わり、それが4年生から高3までのほぼ唯一の手段となっている。本での指定がない時間は、子どもたちは教師の言うことを聞いたり質問に答えたりして過ごしている。授業の主たる環境は、記号（シンボル）の操作や経験への置き換えである。

本は重要である。私たちはそれから学ぶことができる。しかし、本はもし私たちの経験の基盤がしっかりとしていればこそ学習が可能となる。幾何学を学習するためには、私たちはさまざまな幾何的形象の扱い方とそれらの異同の区別を経験しておかなければならない。電気について学ぶならば、電池と導線、電球の関係について調べなければならない。あるページの言葉を読むためには、第一にその言葉についての概念が無ければならない。

かつては、人が音を発生させたり聞いたり識別したりするための特定の生物学的な適応は、生存するために重要であった。人類が記号としてのマークをつかって情報を伝えるやり方を見出すまでには長い時間がかかった。人間は生物として、読んだり書いたり、芸術や音楽を創ったりする目的に合うようには創られていなかった。読み書きは、別の目的のために創られた生物学的特徴の幸運な拡張である。(Pinker, 1994)

熟練した教師たちは、生徒たちが周りの世界を感覚を使ってのみ学びうることを決して忘れていない。

生物学的段階と思考

他の生物と比べ、人間は内容的にまったく空っぽの頭で生まれてくる。鳥や魚や他の動物たちの多くの種は、生きるために食物を獲得したり生殖するための情報を予め書き込まれた脳を持って生まれる。例えば、いくつかの渡り鳥は、それらが依然一度も行かなかつた生存しやすい場所へ飛んでいくことができる。他の動物でも学習に依存しない本能的なやり方で行動する。しかし、人の赤ちゃんはまったく無力である。世界についての知識を自身で構築しなければならない。

生物学的視点から見れば、既存の知識がない状態で生まれることは、素晴らしいことである。それは種の生存能力を強化する。人類は、実際どんな環境でも繁殖することができ、子孫は、その環境を観察と環境との相互作用を通して学ぶ。既存の知識を持って「準備して」生まれる代わりに、私たちは強力な遺伝的贈り物を与えられている。つまり、間隔を置いて現れ、各性能を確立する時間と容量を十分に与えられたプログラムされた一群の思考性能である。こうした性能が、私たちにいかに現実の環境で生きていくかを学ぶことを可能にしている。



こうした性能は、透き通った複数の地図の重ね合わせのようなもので、大陸と地形、都市、道路、表面といった一つの上にもた一つ複雑さをましていく描写による。しかし、それらは名称や用語といった内容を持たない地図で、しかも質（クオリティー）については、地図では描けない。個人の環境との相互作用は内容を徐々に満たしていき、まず一つの地図を、そして他のものを加えていくのである。

思考の諸性能の性質とそれらが現れる順序性については、二つの研究領域が進行している。出現に関する生物学的基礎についての研究には、脳の大きさの周期的な増大(Epstein, 1974)、脳の質量(Epstein, 1974)、脳の中の細胞の成長(Winick and Ross, 1969)、

脳の電気的機能(Monnier, 1960)、頭囲(Eichorn and Bayley, 1962)、一般的な脳の成長(Restak, 1980; Scientific American, Sep., 1992)、及びおよそ2年周期での脳の再構造化の証明(Wright, 1997)がある。

心理学的基礎についての研究は、個人が独自の考えを処理したり、それらを組み合わせたり関連づけたりする性能が、3歳くらいから17歳までに2から3年の何度かの急成長が見られるという証拠に裏付けられている(Pascual-Leone, 1970; Case, 1974)。また、人が成長する間に、個々の見方がより洗練された見方に変わる際に、2ないし3年の範囲で他の人と同様の行動を示す傾向があることもある(Piaget, 1969)。研究者たちは、思考の現象についてのさまざまな説明を記述してきたわけであるが(Bruner, 1966; Erikson, 1950; Gagne, 1970; Vigotsky, 1974)、本稿で言う順序は、授業での有用性のために書かれるものである。

パターン探しの発達段階

パターン探しの処理は、人の学習の中核であり、人と殆どの霊長類やその他の動物とを区別させている。科学者たちは、科学的な概念を定義したりタクソノミー（分類学）を発展させようとする時にはいつでもこの処理を用いる。私たちが話したり聞いたり読んだり書いたり考えたりする一つひとつの単語が物体や考えのまとまりや階層を意味していることから、私たちの各々が頻繁にその処理を用いているといえる。世界を理解しようとする試みの中で、人間がその処理に熟練するようになり、その処理を、世界についての情報を生産したり整理したりするための最も強力な道具としてきたのである。

パターン探しは、その行動面では、私たちが環境を理解するために「同様な事柄」を表すことで環境に意味を与えるやり方に例示される。また認識面では、私たちが環境からの感覚入力を精神的に構造化するやり方である。多くの心理学者たちは、並べたりまとめたりという初期の構造化の能力が効果的な概念化が起こる前に必要とされることから、その行動面と認識面は、密接に結びついていると考えている。

発達の初期の段階では、子どもたちは知覚した方向に向く傾向にあり、ある特徴に基づいて事物を並べ替えることができることが知られている。例えば、事物を色に基づいて並べ替える能力は、私たちの文化ではもっとも初期に現れる。

7歳までに、形状によって並べ替える能力が顕著となる(Goldman, 1963)。パターンのような特徴にしたがって並べ替えることが次で、その後、大きさとなる。事物をその素材や、その他の分子構造といった抽象的な特徴で並べ替えることは、ずっと後に成長する。

また初期の段階では、子どもたちは唯一の特徴にもとづいて事物をまとめようとするともわかっている。分類の基礎となる2つかそれ以上の独立した特徴を同時に用いる能力は、およそ4学年までには殆どの子どもが達成できない高度な処理である。このように一つの知覚的特徴によって事物をまとめるための能力が早期に発達し、構造化のレパートリーに加えられると次第に重要性が低くなる。



一つより多くの特徴を同時に用いてまとめようとする能力や、個人的経験からある程度独立した抽象的な特徴でまとめようとする能力は、より後になって発達する。しかしながら、初期の能力は背景として隠れてしまうようになるが、決して完全に無くなるものではないことに注意しておくべきである。そうした能力は、より高度な段階の能力に包括されていくので、独立してはいないのである。いくらかは、個人にとってより無益となり、より効果的な構造化様式にとって代わられる。しかし、決して失われることなく、個人が新たな状況に取り組む際に、ときどき基礎的な構造化の能力に立ち戻ることがある。

私たちのパターン探しの諸能力の発達の順序における特定の能力の位置づけについては、未だにいくつか見解の不一致がある。以下の考え方は、発達の順序について独立した複数の研究者間で広く了解のなされている成果として同定された諸能力のみを示している(Piaget, 1964; Kofsky, 1966; Allen, 1967; Hooper and Sipple, 1974; Kroes, 1974; Lowery, 1981a)。

パターン探しの諸能力に関する発達の順序			
一般的特徴	Lowery による特徴	研究による特徴	Piaget による特徴
前学校段階 1 事物に意味を付与する能力は無い	レパートリーの構築：特徴の学習（大きさ、形、色、など）	偶然の表象	感覚-運動的操作
前学校段階 2 一つの特徴を元に2つの事物をいっしょにする能力	1対1の一致による学習	類似による並べ替え	前操作的段階
初等段階 ある一貫した一つの特徴を原則としてすべての事物をまとめる能力	事物をまとめること；事物を元あった様子に戻すこと	一貫した、あるいは完全な並べ替え	初期の具体操作期
後期初等段階 2つかそれ以上の特徴や概念を一度に扱う能力	複数の考えの同時性	複数の観点での分類	後期の具体操作期
中学校(middle school)段階 時間や空間を隔てた複数の考え方を概念化する能力	上位、下位の関係	内包的な分類	初期の形式的操作期
中学校(junior high school)段階 順列を用いた推理能力	組み合わせ推論	水平的な再分類	中期の形式的操作期
高等学校段階 上位に続いたいくつかの考えの間の関係を推理する能力	柔軟な思考	階層的な再分類	後期の形式的操作期

パターンが当てはめられない段階

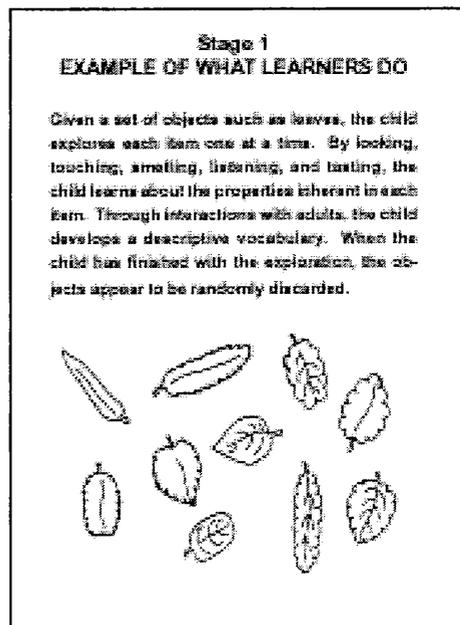
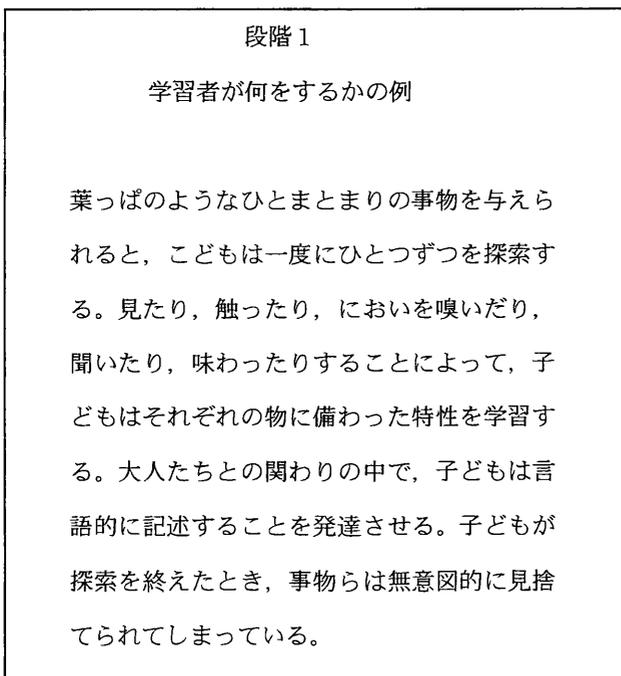
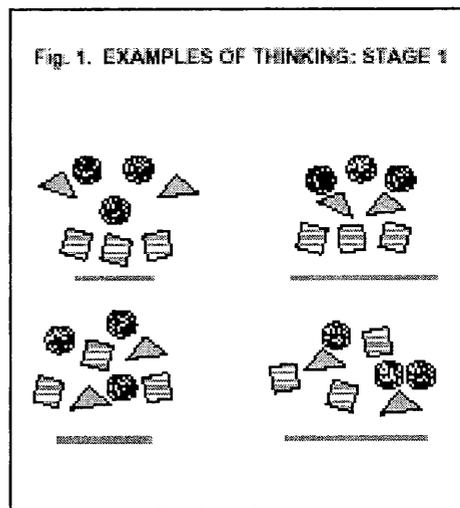
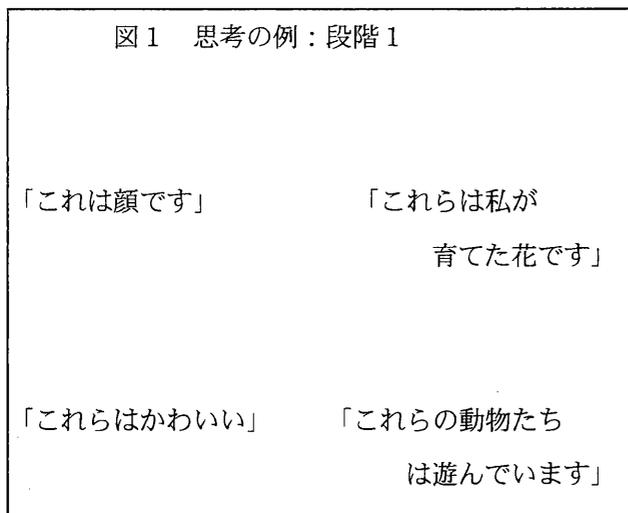
段階 1：偶然の表象

認識発達の第1段階で構築される思考の様式は、子どもたちが何をすることを観察することでよくわかる。遊ぶ事物を複数与えれると、子どもはそれらの知覚的な特徴に興味をもって、「一度に一つずつ」を探索しようとする。子どもがある事物の探索が終わると、それは放棄される。

この段階の思考能力はかなり感覚的で、事物に対して一度に一つずつ行為を重ねていく。行為とは、見たり、色や形、大きさに関して知覚したり、触れたり、きめの様子や堅さを感じたり、押したり引いたり、投げ飛ばしたり、そうした行為の結果によって事物がどのように振る舞うかに注目したり、またそのにおいや堅さ、きめの細かさなどを味わったり注目したりすることである。こうした経験が以後の段階にとっての基礎的なレパートリーとなっていく。

生物学的には、私たちは、自分が生きていく環境に関する基礎的なレパートリーを確立するためにおよそ3年間をかける。さらに、脳は初期の段階では単語を容易に吸収するようにできている。子どもたちは、2歳から5歳までの間には、平均して1日に10の新しい単語を吸収するよ

うである(Jackendoff, 1994)。初期の子どもたちは、活発に概念を形成し、それらの概念と単語とを関連づけている。この初期の段階でさえ、子どもたちは自分のレパートリーを確立するための探究の過程を慎重に実行できるようである。



誕生から約3年間は、子どもは無意図的に事物を探索し、組織的で合理的な計画を暗示するようなシステムの存在を示すことは無い。しかし、最終的な事物の配置が、偶然に顔や電車といった何かをデザインしたり表現したりすることはあるだろう。こうした理由から、研究者たちはこの段階を「偶然の表象段階」と呼んできたのである。この段階の子どもたちは、しばしば表1に示されるような配置に似たものを創って、似たような説明をすることがある。

子どもによる事物の配置は、大人にはいくつかの特徴に基づいた分類を感じさせるので(例えば、2つの黄色い事物が隣り合わせに置かれているなど)、子どもが一種の分類能力を用いたの

かいなかについて、子どもの言語的な説明を聞いてから判断する必要がある（すなわち、2つの黄色い事物が偶然に一緒に置かれたのではないのか、ということ）。

この段階の子どもたちは、何かを表現するために事物を配置したりはしない。しかし、もし、事物の配置の過程で子どもがよく知っている何かに似たものに見え始めたなら、その子どもはその配置に名前を付けたり説明を与えたりする。こうして、この段階は、子どもが事物に対してパターンを当てはめて考えるのではない点で他の段階と異なっているのである。

パターン化能力の前段階

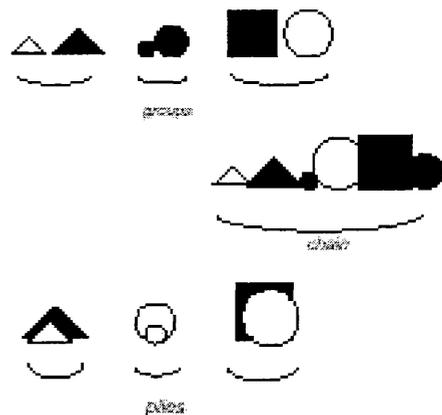
段階2：類似による並べ替え

認知発達の第2段階は、約3歳ころに始まる。ここでは、子どもは事物について考えたり、それらを用いて活動するとき、大きさや形、色やその他の特徴を元にしたペアづくりを行う。子どもがそれぞれのペアをつくる考えは、既存の経験から得られたレパートリーに由来している。こうした行為によって、子どもは世界やその中でいかに事物や現象が関連しているかに関するさらなる精神的構造を手に入れることとなる。思考のすべては、「2つの事物」を共通の特徴を元にくっつけたり、2つの現象をある関係をもとに結びつけたりといった能力によって特徴づけられる。こうした特徴は、子どもが約6歳になるまで、思考したり問題を解決する主たるやり方として継続する。(Kofsky, 1966; Allen, 1967; Lowery, 1981a)

この段階の能力は、一つの行為を別の行為と比較する能力や、あるいは、色や形や大きさといったある特徴を元に事物を一組（ペア）にする能力によって特徴づけられる。

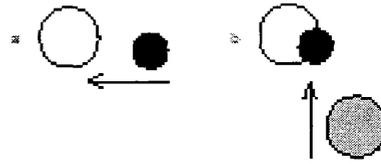
事前に教えられなくても、この段階の子どもたちは事物がお互いに似ているからということで、1対1対応で事物をペアにするのを確認できる。そのペアづくりは、事物のまとまりをつくることであったり、積み上げたり、あるいは事物をつなげたり、といった様子であり、それによって子どもは単一の特徴に関する基礎的な比較をすることができるのである。

Fig. 2. EXAMPLES OF THINKING: STAGE 2



生徒が2つ以上の事物をひとまとまりにしようとするときはいつでも、ペアづくりの繰り返しを含んだやり方で達成されるのが通常である。幼児期の説明は大体こんなようなものである。「私はこの丸いものを、こっちの丸いもの(a)に入れます。そして、この丸いものをこちらの丸いものの集まり(b)に入れます。」

Fig. 3. EXAMPLES OF THINKING: STAGE 2



第2の段階を達成するために、子どもははじめの2つをある単一の概念に組み入れてから、もう一つをそれに加える。それは1対1対応を付けるようである。数量の捉え直し（例えば、2つの黄色い事物がペアにされると1セットとなること）は重要であって、そのことが後に子どもがより多くの事物の数量を扱うことを可能にすることとなる。数量をより小さい数に捉え直すことは、人間の脳に、環境におけるより多量の事物や現象の数量を扱うことを可能とする。

子どもたちは適合する事物をすべてまとめることができるが、それは事物の異動する前の「適合性」を概念化することによってそうしているわけではなく、代わりに、子どもたちは試行錯誤によって事物を動かしており、結果として概念を認識することもあるということである。

この段階の子どもたちは一連の段階を踏むこと無しに同じ属性を持つすべての事物をひとつにまとめるようなことはしない。また子どもたちはいくつかの異なった特徴を認識できるけれども、まだそれらを「同時に」組み合わせて（すなわち、複数の特徴を）用いることはない。

Slap Jack や Concentration（神経衰弱？）、伝統的な Old Maid の最近のバリエーションなどのトランプゲームはこの段階の子どもたちが十分楽しめるものである。

段階2
学習者がすることの例

葉っぱのようなひとまとまりの事物を与えられ、生徒たちはよく知っている物と新たなよく知らない物とをペアにしたり1対にしたりする。生徒がその行為を終えたときには、事物のペアや積み重ねやいくつかのペアのつながりが示されている。

- ペアリング（一組にする）
- 積み上げる
- つなげる

Stage 2
EXAMPLE OF WHAT LEARNERS DO

Given a set of objects, such as leaves, the student matches a familiar object with a new, unfamiliar object on pairing or one-to-one basis. When the student has finished with the action, pairs of objects or piles or chains linking pairs together are displayed.

Pairing

Piling

Chaining

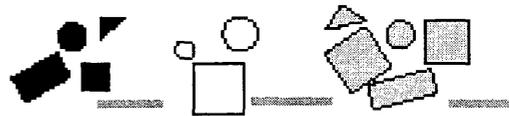
段階 3 : 一貫した完全な並べ替え

認知発達次の段階は、およそ6歳頃から始まり、殆どの子どもたちは8歳までに到達する (Lovell and others, 1962; Sedslund, 1964; Bruner and Kenney, 1966)。

子どもによって作られた配置は、すべての小片をひとつのまとまりに使い尽くす (完全に) ようになる。事物をまとめる際に、子どもはそのまとまりの中ですべての事物に対して論理的な (一貫した) ルールを適用しようとする。例えば、もし子どもが事物の配列から青色の事物をすべてひとつくりにすれば、その子どもは引き続き黄色や赤やその他の色別にくくって並べ替えようとして、「私はこれらのすべてをその色ごとにまとめました」と言うようになる。

この段階の並べ替えの能力は子どもが「ある一つの」共通する特性を元にすべての事物をひとまとまりとすることで特徴づけることができる。

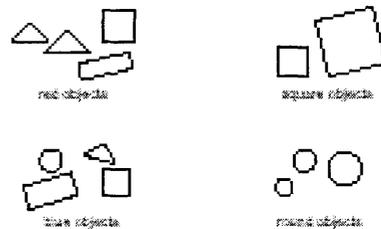
Fig. 4. EXAMPLES OF THINKING: STAGE 3



もし事前の経験が豊かであったなら、この段階の子どもたちは事物の特性をより多様なレパートリーから捉えることができる。子どもたちはそのレパートリーの範囲で事物を並べ替えることができるのである。しかし、それぞれの並べ替えはいつも一つの特性に基づいており、それは子どもたちがまだ心理的に一つより多い特性を一度に組み合わせることができないからである。

この段階での特徴は、子どもたちが書いたもので、文章中で何かを表現するためにどこに形容詞句 (節) が用いられているか (「それはある「古い」家です。それはある「茶色の」家です。それはある「空きの」家です。) とか、接続詞の使われ方 (「それはある古い「そして」茶色い「そして」空きの家です」) を見ることで確認できる。

Fig. 5. EXAMPLES OF THINKING: STAGE 3



段階 3

学習者がすることの例

葉っぱのようなひとまとまりの事物を与えられると、生徒は単一の一貫した考えに基づいて事物をまとめあげたり分離したりする。その行為が終わったときには、いくつかの事物のまとまりがある論理的な配置となっている。

葉脈の形によるまとまり

葉っぱの周形によるまとまり

Stage 3

EXAMPLE OF WHAT LEARNERS DO

Given a set of objects, such as leaves, the student groups together or takes apart sets of objects based upon a single, consistent rationale. When the action is finished, sets of objects have a logic to their arrangement.

Grouped by types of veins

Grouped by types of edges

この段階の子どもたちが容易に学び十分遊ぶことができるトランプゲームは、トランプのいくつかのまとまり（すべての4つのエース、すべての4つの7、など）を作ろうとする Fish である。この段階の子どもの中には、前の段階にいてただ2つのトランプをひとまとめとする子どもと遊ぶときに、しばしばいらだつことがある。

パターン化する能力

段階4：複数の観点での分類

子どもたちが心理的に二つ以上の考えを同時に組み合わせることができていることがわかるような思考を示すようになると、彼らは認知発達の段階4に入っている。大抵の子どもたちは、およそ8歳の頃にこのことが起こり、引き続きおよそ11歳頃まで子どもの思考の支配的なやり方となる (Inhelder and Piaget, 1964; Vernon, 1965)。

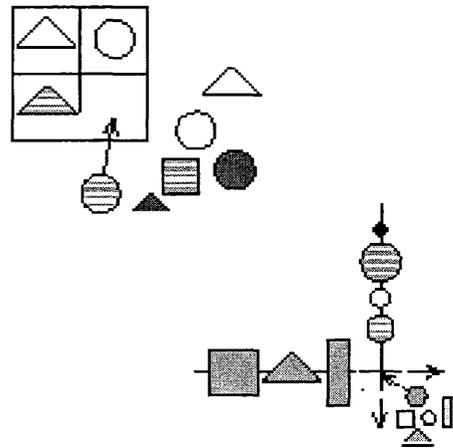
この段階では、生徒は事物を「2つ以上の」カテゴリーに「同時に」分類したり、「2つかそれ以上の同時的な特性をはたらかせて」「ひとつの」カテゴリーに分類することができるようになる。

生徒は事物に備わった複数の特性を同時に認識する、すなわち、ある事物は、茶色になって「から」四角になったのではなく、茶色で「かつ」同時に四角だということである。この思考段階での事物やアイデアの配置は複雑である。

より年少の子どもたちでもこの段階であるかのような結果を生み出すことはあるけれども、その達成の仕方が大きく異なっている。例えば、年少の子どもは、まず事物をそれらの色によって並べ替えてから、求められている形によって並べ替えるだろう。でも年長の子どもの場合には、事物を動かす前に心理的に両方の特性をはたらかせて「正しい」事物を選ぼうとするのである。

この段階の生徒たちが上手く遊べるようになるトランプゲームは Gin Rummy で、複数のまとまり（すべての3とかすべてのジャックとかなど）や複数の並び（ある順序で続いている3つかそれ以上のトランプ）を同時に保持することができる。この段階の生徒は、一度にただ一つの可能性しか保持できずに並びかまとまりのいずれかで両方を同時に扱えない前段階にいる生徒に対して、一貫して勝ち続けることができるだろう。

Fig. 6. EXAMPLES OF THINKING: STAGE 4



段階4
学習者がすることの例

葉っぱのようなひとまとまりの事物を与えられると、生徒はそれらの事物の複数の特性を明らかにするように事物を置き換える。生徒は、事物が2つ以上の階層に属しているとか、同時にまとめられるといったように説明する。行為が終わったときには事物の配置は複数の特性の組み合わせを示している。

葉脈の違い		
	なめらかな 周囲	
長い形		
ハート型		
四角い形		
	なめらかな 周囲	丸まった 周囲
		ぎざぎざ な周囲

Stage 4
EXAMPLE OF WHAT LEARNERS DO

Given a set of objects, such as leaves, the student places certain objects between others so as to reveal multiple properties of those objects. The student explains that the objects belong to more than one class or set at the same time. When the activity is finished, the arrangement of objects indicates the intersections of multiple properties.

Alternate Veins		
Long Shape		
Heart Shape		
Rectangu- lar Shape		

段階5：内包的な分類

事物のグループ間の関係やそれらの上位的概念に関する思考が、この発達段階のインジケータとなる。それはおよそ11歳で見られる。この思考段階では、もし事物のひとつの集合が別の集合に含まれるとすると、より小さい集合にある事物のすべてが、よりおおきな集合の一部であること、逆に、より大きな集合の一部がより小さな集合の事物のすべてを含むことがわかるようになる。全体がその部分の集まりに等しく、全体を代表するような例が存在しないことの認識が見られる。

この思考段階の一つの特色は、演繹的な推論の出現であり、生徒たちはより一般性の高いものと一般性の低いものとの関係を論理的に推理することができる。

「すべての女性の命は限られている」

「すべての女王は女性である」

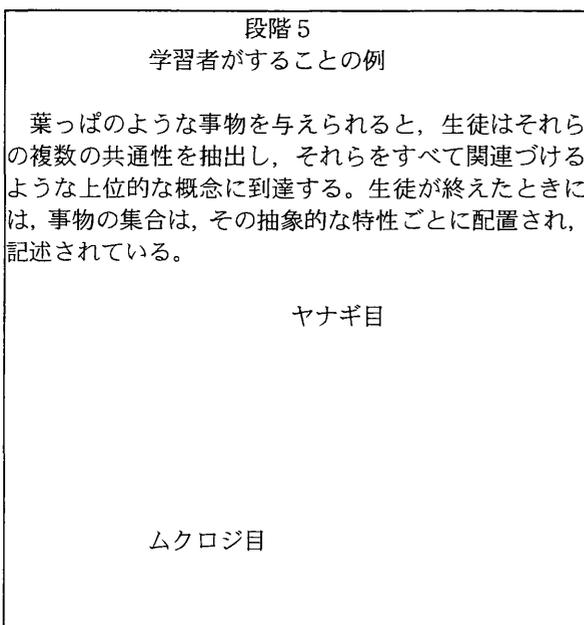
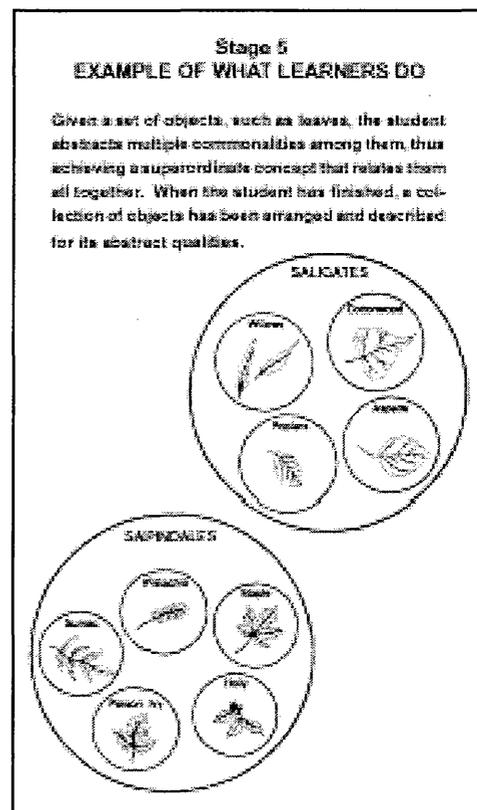
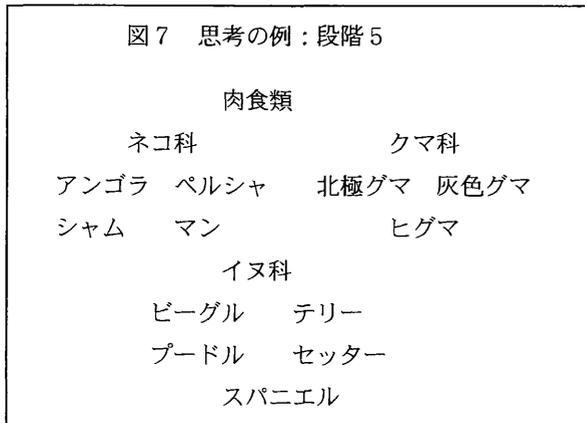
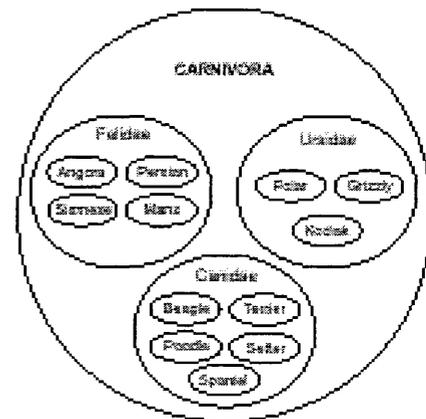
「ゆえに、すべての女王の命は限られている」

機会が与えられれば、生徒たちはより大きいクラスとより小さいクラスとの論理的関係の認識を学習可能である。

この段階での生徒のパターン化する能力は、一つかそれ以上の事物のクラス（階級）をある上位的な事物の階級に含めることによって特徴づけられる。生徒は、全体（より大きな階級）がその部分（下位の階級）の集まりに等しいことがわかり、その階級間の論理的な関係を理解している。例えば、すべての鯨がほ乳類であってもすべてのほ乳類が鯨でないことを理解できるのである。

この段階では、生徒たちは、ある市に住んで、「かつ」、同時に、ある州に住んでいること、「さらに」、一方（州に住むこと）が他方（市に住むこと）の上位にあることを完全に理解できる。

Fig. EXAMPLES OF THINKING SETS



柔軟なパターン化の能力

段階 6 : 水平的な再分類

およそ 14 歳頃に始まる次の段階では、生徒はより柔軟な思考ができるようになる (Lawson and Renner, 1975; Lowery, 1981b)。この段階の個人は、事物を一つかそれ以上の特徴で分類した後も、多くの異なってやり方でそれらを再度分類することができ、一度にいずれかのやり方が可能で、配置の選択はする人の目的次第だということがわかるようになる。

例えば、もし個人がきまった大きさ (ページ数) や形、色、内容といった特徴をもつひとまとまりの本を与えられれば、その人は本を次のような観点に基づいて組織化できることがわかる。

- 1 大きさ ; 形 ; 色 ; 内容
- 2 大きさと形 ; 大きさと色 ; 大きさと内容 ; 形と色 ; 形と内容 ; 色と内容
- 3 大きさと形と色 ; 大きさと形と内容 ; 形と色と内容
- 4 大きさと形と色と内容

情報を位置づける目標が与えられれば、その人は目標に到達するのに使えない特徴以外の、組織化するための特徴のみをもつ内容のみを選択する。100 ページ以下と 100 ページ以上の厚さの本といったような異なった目標を与えられれば、その人は本をその目標に到達するように異なった特徴ごとに再分類する。

図 6 思考の例 : 段階 6

組み合わせの思考は、生徒たちが一連の前提から得られる結論が論理的に妥当か否かを決定することを可能とする。もし、彼らが勉強に励むこととよい成績を得ることといった 2 つの変数の関係に関心があるとすると、かれらはその 2 つの変数からの可能な 4 つの可能性を理解する。

生徒ができること	行為の結果
A 勉強に励む	よい成績を得る
B 勉強に励む	よい成績を得ない
C 勉強に励まない	よい成績を得る
D 勉強に励まない	よい成績を得ない

Fig. 6. EXAMPLES OF THINKING: STAGE 6

Combinatorial thinking enables students to determine whether or not a conclusion derived from a set of premises is logically valid. If they are interested in the relationship between two variables, such as studying hard and getting good grades, they recognize that there are four possible combinations of the two variables:

What Students Can Do	Consequences of the Action
A. study hard	receive good grades
B. study hard	don't receive good grades
C. don't study hard	receive good grades
D. don't study hard	don't receive good grades

段階6
学習者がすることの例

葉っぱのようなひとまとまりの事物を与えら
れると、せいとは分類したり、分離したり、
再度分類したりして、事物を用いて作成可能
なすべての階級の組み合わせを完了するまで
実行する。終えた時には、生徒は多様な階級
と、どの条件下での配置が有意義であったか
を記述する。

Stage 6
EXAMPLE OF WHAT LEARNERS DO

Given a set of objects, such as leaves, the student
classifies, takes apart, reclassifies, and continues to
do so throughout all the possible combinations of
classes that can be created with the objects. When
finished, the student describes the various classes
and under which condition each arrangement has
value.



Grouped by size — all large leaves



Small leaf



Grouped by edge



Indented base leaf



Grouped by veins — 2 leaves with veins



Main vein leaf



Grouped by tip



Rounded tip leaf



Grouped by shading — shaded leaves



Light leaf



Grouped by serration



Saw-tooth serration



Grouped by shape



Lobed leaf



Grouped by color — green leaves



Red leaf

教育への示唆

段階という意味は、思考発達が連続的に成長するという以上のことである。それはその段階でのパターン化のされ方や各段階での能力が確実になるまでに必要となる期間を含んでいる。研究者たちは、全人類がここに述べた7つの生物学的段階を経て発達することを見いだしてきた (Inhelder and Piaget, 1964; Kofsky, 1966; Allen, 1967; Hooper and Sipple, 1974; Kroes, 1974; Cowan, 1978)。この発達の学習順序は、あらゆる文化に共通する (Bruner and other, 1956; Prince-Williams, 1962; Lovell and other, 1962; Schmidt and Nzimande, 1970; Wei and others, 1971; Lowery and Allen, 1978; Cowan, 1978)。学習者が次の発達段階に進むときには、以前の段階までに獲得した行為や概念や諸能力を含むすべての学習成果を統合する。そして、以前の段階とのゆるやかな統合と行為や概念、諸能力を次第に統一化することも含む。

その結果、幅広く相互関連した諸能力の構造的ネットワークが現れてくるが、それはいつべんにできるものではなく、(各発達段階で) かなり狭く限られた数年の幅をもった期間中になされるものである。思考が適切に伸びるためには、とても長い子どもとしての期間が必要で、すべての段階を経て落ち着くまでの間、子どもたちは生存のための諸活動から逃れているのである。このことがすなわち、なぜ人間が地球上のほかの動物たちには無い、長期に渡る生物学的に決定された子どもとしての期間を持っているのかである。Pierce(1977)は、これを次のように言っている。

発達のどの段階でも、自然は私たちに次の段階を準備しているのだが、そのシステムの美しさに誰も気づかない。理想的には、私たちは自身の発達段階を十分受け入れて生きていき、またその内容と可能性とに十分に反応するべきである。これは、どの段階もそれ自身は完全であることを意味する。3歳であることは、不完全な5歳であることではなく、すなわち、子どもは不完全な大人ではない。私たちは、決して単に自分の道を進んでいるのではなく、常にそこに到達しているのである。すべての事柄は、成長の過程における何かへの準備なのである。

ここでの思考発達に関する生物学的根拠の重要性は、教育者によってひどく見過ごされてきた。新たな内容に依存しない思考能力(内容を含む初期の諸能力に上積みされる)の出現と一緒に起こる脳の成長における急速な周期的増加(おそらくは細胞のネットワークの確立による)は、新たな諸能力が統合され、利用され、機能的になるのを可能にする(期間的な)プラトー(水平部)に続く。不幸にも

ほとんどのアメリカの学校でのカリキュラムと教授の組織、及び営利的な教科書の設計は、学習者の思考能力に合致していない。多くのトピックが、生徒たちがそれらを理解することができる前の段階で導入される。内容はそれが学習可能である程度の期間を通じて構築されるようには配置されていない。

たいていの教師は、内容の垂直的な系統性に親しんでおり訓練されている。技能や概念は、生徒が学年を通過するに連れて複雑さを増していく。生徒の学力へのカリキュラム上の期待が、認

知発達ではなく、学年や年齢、成績などの指標に基づいている。

学校に関する競争社会的な背景によって、教育者たちは高度なトピックや技能をより早い段階に移し、学校の取り組みの中で発達段階を加速しようとする(Furth, 1977)。まるで、子どもから知性的な大人までの距離が、生徒たちが歳を加えるにつれより多くの経験と多くの情報、幅広い知識を獲得するといったように数量的にのみ測れるかのようにふるまう。これは、知的成長に関して不完全な捉え方である。子どもと大人のもっとも著しい違いとはかれらの理解の性質とその質にある。子どもたちが成長するにつれ、彼らは複数の思考を通過し、それぞれにおいて異なった経験や情報、知識の組織化が表現され、またそれぞれにおいて世界に対するとても異なった見方を導くのである。

生徒の諸能力に対して内容的に不適切に設定された教育システムでは、多くの生徒たちは教えられる事柄を学習するための自分の能力に次第に自信を失い、遂には、学習すべきことを理解するよりも、期待される事柄を記憶することに頼ることとなる(Collins, 1974; Covington and Berry, 1976)。その理由はかなり複雑であるけれども、思考に関わる生物学に関連した二つの側面が証明され明らかとなっている。

1. 成功への可能性は、(成長曲線の)水平期間中の内容と思考能力との不一致の程度が増すと、減衰する。
2. 学校教育の中での個人の評価が公的な評価となるにつれ、学習の本質的部分である誤りや誤解といったものが、失敗として誤って解釈されるようになる。結果として、生徒たちは、探究や学習に内在する刺激よりは、金星や階級のような本質的でない抽象的な報酬のため、あるいは大人たちを喜ばせるために頑張るよう動機づけられるようになる。

認知的に不一致な内容が外的な期待や報酬を伴っているとき、教師と学校は知らず知らずに多くの生徒にとって非現実的な基準を設定している。時間が経つと、生徒たちは自信を失い、失敗感を強めている。その結果、生徒たちが発達の機能障害を経験するのを助長し、そうした場合に、学習段階の移動がゆっくりとなったりあるいは完全に止まってしまったりする。そうした生徒たちによく見られることは、ある領域での勉学は良くて、他の領域では極端に悪いということである。このことは心理学者たちによって asynchrony (非同時性) と呼ばれている(Cowan, 1978)。

カリキュラムと教授は、思考の生物学的根拠についてわかっていることを反映させることが重要である。生徒たちは、水平的カリキュラム(horizontal curriculum)ではある思考の段階を発揮して多様な抽象レベルの異なった教材を扱うことにとっても良く頑張ることができる。このモデルは、ある特定の発達段階にいる生徒がその段階での多くの経験を深めていくことを可能とする。教師たちは、ある生徒の進展を、他の生徒のそれと比較しない。むしろ、教師たちは、個々の生徒の発達段階に適切な価値ある複数の経験を選択し、それらを意味のある解釈のために組織化し、

さらにその生徒の思考を喚起するように調整するのである。

数多くの研究者たちが理科(Askham, 1972; Loggins, 1972; Lowery and Allen, 1978)と数学(Ginsburg, 1977; Langbort, 1982; Rupley, 1981)でのこのモデルの妥当性を支持してきた。

このアプローチの本質は、思考と学習に関して、思考能力が与える課題に含まれる事物とは独立であることを示す生物学的根拠に基づいている。生徒たちは、いくらでも可能性のあるひとまとまりの経験を通じて、理解に関する小さくて連続するいくつかのステップを経ていく。例えば、ある教師が第2の思考段階（類似性による並べ替え）かそれ以上の生徒に、並べ替えの課題をさせようと準備するとする。教師は、生徒に一行のおはじきから似た色の2つのおはじきを見つけるよう尋ねる。2つのおはじきを大きさの特徴を元に組にする活動へと続く。また、色や大きさ、その他の物理的特性を元に他の事物を処理することも行える。それぞれの活動において、必要な思考能力は同じであり、単一の特性に基づいて2つの事物を組にするのである。研究は、こうしたやり方で教授されたとき、生徒たちの思考能力は、より熟達し、新たな課題に容易に転移することを示している。

教師たちはまた、高い段階の思考を必要としないで生徒たちの思考をより高い水準の抽象化へ拡張するために、水平的カリキュラムを用いることができる。

図 1 2 学習の諸形式

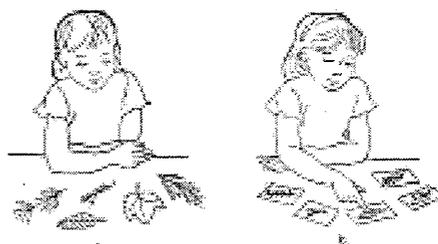
Fig. 12. FORMATS FOR LEARNING

<直接経験>

(a)

<描写>

(b)



<記号や抽象>

(c)



例えば、もし、第3の思考段階（一貫した完全な並べ替え）かそれ以上のある生徒が、一群の事物をすべて論理的に分類することができるようにするならば、その行動は、直接操作か具体的でなければならぬ(a)と考えられる。その行動は、実際の事物の操作を含み、現実の抽象化ではない。直接経験の価値について、誰も十分に言い表すことはできない。脳への唯一の経路である私たちの五官の多様性は、直接経験を通して発揮されるのである。実際、脳は人が環境と関わる際にそれぞれの感覚器官からの感覚や伝搬系における神経細胞の活動の記録を受け取り貯える

のである。それぞれの記録は、感覚データを貯える神経細胞間の接続のパターンであり、そうしたパターンによって、後になって経験を構成するいくつかの部分の再生させるために再度活性化させることができる。

同一の生徒が、より高度な段階で無くても、同じ思考（一貫した完全な並べ替え）を現実の絵的な描写(pictorial representations)に重ね合わせることもできる。絵的な描写は現実の代替であるから、現実よりは1ステップ隔たっている(b)と考えられる。私たちの五官よりを活用するよりも、描写(representations)を活用した研究は少ない。教授での描写の活用は非常に価値がある。惑星の運動に関するある描写は、私たちの太陽系内での事物の関係を捉える一つの方法を与えてくれる。川の流れ図において地球のさまざまな物質間を水が流れ進むことは、土地を形成する因果関係を例証する。

描写による教授の威力は、複雑な考えの単純化（イラストのように）と、時間空間の縮小（シミュレーションのように）である。ときどきは、描写的による教授は、直接経験に先行することが重要である。川の流れ図を用いた経験は、生徒たちに自分たちが生活している地域の土地に関するよりよい理解を可能とする。電気回路のモデルを用いた経験は、電気回路を用いた学習に対して既存の知識を与える。人体の骨格モデルを組み立てる経験は、生徒たちに、ふくろうが吐き出したものの中の骨を集めてよりよく組み立てることや、考古学的発掘で見つかる骨の配置をよりよく考えることを可能とする。



ときには、直接経験は描写経験に先行することが重要である。植物と動物、岩石と鉱物、つり合いと運動に関する多様な直接的学習は、その学習後に出合うビデオやシミュレーション、その他の描写による理解を増強する。少し例を上げると、かなり離れたところに住んでいる野生の植物と動物を見せたり、どのように地球の物質が異なった形態に変形されるかについてのシミュレーションだとか、どのように物体が移動し落下するかについてのアニメーションである。

再度、より高度な段階にいる必要なくして、この同じ生徒が現実から何ステップも隔たった記号や抽象(symbols or abstractions)に基づくのと同じ思考を実行する可能性がある(c)。記号が意味を運ぶのに対して、脳は既存の知識によってその記号を解釈できなければならない。もし、脳の蓄積と記号との間に一致が無ければ、記号は解釈できない。物語でも専門書でも解説書でも、本を読むことには大変な価値があり、言葉（記号）が読者の既存知識を引き出し、それを新鮮な様に再配置するのに使えるのである。本から学ぶことは、本質的に蓄積された知識の再配置である。その再配置が、新しい洞察や新鮮な考え、そして読者が以前には思いつかなかったようなアナロジーやメタファーを通じた概念的枠組みを組み立てるのである。

思考の諸能力を活用するように設計された諸経験は、生徒たちに潜在的に成功可能な範囲にある諸課題に前進的に取り組ませることによって、有意に認知的かつ情意的な効果をもたらすだろ

う。一方、加速によるものやその他の不一致な垂直的計画は、失敗と自己価値感の喪失を招くだろう。

私たちの生物学的な財産は、私たちに一連の思考の諸能力を与えている。もともと私たちに生存のための機会を強化するために設計されたものが、思考と行為の相互作用によって、直接的な生存を超越して、世界に関する理解をもたらしてきた。人間として、私たちは暇なときに空想したり熟考したりする。私たちは芸術や音楽、建築を創造し、本を通して想像したりコミュニケーションしたりする。私たちは触れたり経験したりを超えた未知の領域を探索する。教育者たちは、この財産を理解し、生徒たちにとって価値ある経験を適切に選択し連続させ、また彼らが上手く考えるための能力を強化するものでなければならない。思考に関する生物学的根拠に関する理解は、幼年期から成人へかけて、いかに人間が学ぶのかに関する現実とすべての学年段階での生徒間の知的差異に対して、より責任を持った学校カリキュラムの概念と実行を導くことができる。

本稿で述べた知識の多くは、生徒たちに適切で効果的なカリキュラム経験を選択する際に用いることができる。カリキュラム教材に関するいくつかの疑問点を述べておこう。

1. カリキュラムは、より深みをもったより少ないトピックを教えているか？
2. 教育計画は、経験から抽象へ進んでいるか？
3. 教育計画は、科学についての読みを強調しているか、あるいは、良い読み物と合わせて強化することのできる直接経験を含んでいるか？
4. カリキュラムは、生徒たちの諸能力と彼らが習得する技能に対して発達的に適切であるか？
5. カリキュラムは、先行する学習を何年度にも渡って進展していくように構築しているか？
6. カリキュラムは、生徒たちが教材を探索したり操作したりすることで、彼ら自身の考えを構築できるように設計されているか？
7. 生徒たちは彼らが学んできた技能を実践したり、多面的に活動したり、また議論して熟考したりする多様な機会が与えられているか？
8. 教育計画は試されたか？もし試したとすれば、いかに学習され、何が変わったか？

文献リスト

The Brain, A User's Manual. 1983. New York:Berkeley Books.

"The Brain." 1992. Scientific American, September.

"The Brain." 1997. Time Magazine, February 3.

"The Brain." 1997. Newsweek, Spring, Special Issue.

Allen, L. R. 1967. "An examination of the

classificatory ability of children who have been exposed to one of the 'new' elementary science programs."

Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley.

Askham, L. R. 1972. "Classification of plants by children in an outdoor environment." Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley.

Begley, S. 1996. "Your Child's Brain."

Newsweek, February 19.

Bruner, J. S. and Kenny, M. J. 1966. *Studies in Cognitive Growth*. New York, N.Y.: Wiley.

Bruner, J. S., Goodnow, J. and Austin, G. 1956. *A Study Of Thinking*. New York, N.Y.: John Wiley and Sons.

Case, R. 1974. "Structures and strictures, some functional limitations on the course of cognitive growth." *Cognitive Psychology* 16: 544-573.

Collins, M. E. 1974. "Dependence and independence in young school-age children." Ph.D. Thesis. University of California, Berkeley.

Covington, M. and Berry, R. 1976. *Self-Worth And School Learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Cowan, P. A. 1978. *Piaget With Feeling*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Eichorn, D. and Bayley, N. 1962. "Growth in headcircumference from birth through young adulthood." *Child Development* 33: 257-271 1962.

Epstein, H. T. 1974. "Phrenoblysis: Special brain and growth periods I - human brain and skull development." *Developmental Psychobiology* 17: 207-216.

Erikson, E. H. 1950. *Childhood and Society*. New York: Norton.

Furth, H. G. 1977. "Intellectual health in school: what can Piaget's theory contribute?" Piagetian theory and its implications for the helping professions. Paper presented at Sixth Annual Piagetian

Conference, University of Southern California.

Gagne, R. M. 1970. *The Conditions of Learning*. New York: Holt, Rinehart and Winston, Inc.

Gardner, H. 1993. *Multiple Intelligences: The*

Theory in Practice. New York: Basic Books.

Ginsburg, H. 1977. "The psychology of arithmetic thinking." *The Journal of Children's Mathematic Behavior* 14: 1-89.

Goleman, D. 1995. *Emotional Intelligence*. New York: Bantam Books.

Hooper, F., and T. Sipple, T. 1974. "A cross-sectional investigation of children's classificatory abilities." Technical Report. Madison, Wisconsin: Research and Development Center for Cognitive Learning, University of Wisconsin.

Inhelder, B., and Piaget, J. 1964. *The Early Growth of Logic in the Child*. Translated by E. A. Lunzer and D. Papert. New York: W. W. Norton and Co., Inc.

Jackendoff, R. 1994. *Patterns in the Mind: Language and Human Nature*. Basic Books, Inc.

Kamii, C. 1985. *Young Children Reinvent Arithmetic*. New York: Teachers College Press.

Kamii, C. 1989. *Young Children Reinvent Arithmetic, 2nd grade*. New York: Teachers College Press.

Kamii, C. 1994. *Young Children Continue To Reinvent Arithmetic, 3rd grade*. New York: Teachers College Press.

Kandel, E. R., Schwartz, J. H., and Jessell, T. M. 1997. *Principles of Neural Science*. Norwalk, Connecticut: Appleton & Lange.

Karplus, R. and Karplus, E. 1978. "Intellectual development beyond elementary school III: a longitudinal study." *School Science and Mathematics* 8: 735.

Kofsky, E. 1966. "A scalogram study of classificatory development." *Child Development* 37: 190-204.

Kotulak, R. 1996. *Inside the Brain*. University Press

Syndicate, Kansas City, KS. Kroes, W. 1974.

"Concept shift and the development of the concept of class in children." *Journal of Genetic Psychology* 125: 119-126.

Labinowicz, E. 1985. *Learning From Children*. Palo Alto, CA: Addison Wesley.

Labinowicz, E. 1987. *The Piaget Primer*. Palo Alto, CA: Addison Wesley.

Langbort, C. R. 1982. "An investigation of the ability of fourth grade children to solve problems using hand-held calculators." Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley.

Lawson, A. E. and Renner, J. 1975. "Piagetian theory and biology teaching." *American Biology Teacher* 37: 336-343.

Loggins, P. 1972. "Visual multiple-class membership sorting abilities among second grade children: tasks of increasing difficulty across categories of sex and socioeconomic status." Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley.

Lovell, K., B. Mitchell and Everett, I. 1962. "An experimental study of the growth of some logical structures." *British Journal of Psychology* 53: 175-188.

Lowery, L. 1985. *The Everyday Science Sourcebook*. Palo Alto, CA: Dale Seymour Publications.

Lowery, L. 1989, reprinted 1998. *Thinking and Learning: Matching Developmental Stages With Curriculum and Instruction*. Seattle, Washington: Teachers Press.

Lowery, L. F. 1980. "Toward improving the education research enterprise." *Journal of Research in Science Teaching* 17: 275-281.

Lowery, L. F. 1969. "Visual resemblance sorting abilities among first grade pupils." *Journal of Research in Science Teaching* 6: 248-256.

Lowery, L. F. and Allen, L. R. 1978. "Visual resemblance sorting abilities of U. S. and

Malaysian first grade children." *Journal of Research in Science Teaching* 15: 287-292.

Lowery, L. F. et al. 1986. *It's the Thought That Counts*. Palo Alto, CA: Dale Seymour Publications.

Lowery, L. F. 1981a. *Learning About Learning: Classification Abilities*. Graduate School of Education, University of California, Berkeley.

Lowery, L. F. 1981b. *Learning About Learning: Conservation Abilities*. Graduate School of Education, University of California, Berkeley.

Lowery, L. F. 1981c. *Learning About Learning: Propositional Abilities*. Graduate School of Education, University of California, Berkeley.

Maranto, G. 1984. "The mind within the brain." *Discover* 4: 34-43.

Monnier, M. 1960. "Definition of stages of development." *Discussions on Child Development*. Tanner, J. and B. Inhelder, eds. New York: International Universities Press, Inc., 133-135.

Pascual-Leone, J. 1970. "A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages." *Acta Psychologica* 63: 301-345.

Piaget, J. 1969. *Psychology of Intelligence*. Totowa, New Jersey: Littlefield, Adams Co.

Piaget, J. 1960. *The Language and Thought of the Child*. London: Routledge.

Pierce, J. C. 1977. *The Magical Child*. New York: E. P. Dutton.

Pinker, S. 1994. *The Language Instinct: How the Mind Creates Language*. William Morrow & Co., Inc.

Price-Williams, D. R. 1962. "Abstract and concrete modes of classification in a primitive society." *British Journal of Educational Psychology* 32: 50-62.

Restak, R. M. 1980. *The Brain, The Last Frontier*. New York: Warner Books.

Rupley, W. 1981. "The effects of numerical characteristics on the difficulty of proportional reasoning tasks." Ph.D. Thesis, University of California, Berkeley.

Schmidt, W. H. O., and Nzimande, A. 1970. "Cultural difference in color/form preferences and classificatory behavior." *Human Development* 13: 140-148.

Smedslund, J. 1964. "Concrete reasoning: A study of intellectual development." *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 29.

Swerdlow, J. L. 1995. "Miracles of the brain." *National Geographic*, June issue.

Vernon, P. E. 1965. "Environmental handicaps and intellectual development." *British*

Journal of Educational Psychology 35: 9-20.

Vygotsky, L. 1974. "The problem of age-periodization of child development." *Human Development* 17: 24-40.

Vygotsky, L. 1962. *Thought and Language*. Cambridge, MA: MIT Press.

Wei, T., T. Lavatelli, and C. Jones. 1971. "Piaget's concept of classification: A comparative study of socially disadvantaged and middle class young children." *Child Development* 42: 919-977.

Winick, M. and P. Rosso. 1969. "Head circumference and cellular growth of the brain in normal and marasmic children." *Journal of Pediatrics* 74: 774-778.

Wright, K. 1997. "Babies, bonds, and brains." *Discover* 18, 10; 75-78.



Lawrence Lowery 教授は、カリフォルニア大学バークレー校の名誉教授です。彼は現在も Lawrence Hall of Science で開発されている F O S S (Full Option Science System), 及び Bay Area Mathematics Project の研究代表者です。彼は雑誌や書籍の出版と編集を続け、最も最近では、「学習の本質」(FOSS ニュースレター NO.5, 1997)と、「パスウェイ (通路) - 科学基準の実行手引き」(NSTA, 1997)を書いています。

Lowery 教授は、初等中等の科学教育に関する基礎的研究と応用的研究の両面で多くの研究に貢献してきました。

彼の第一のねらいは、彼の研究を教室の教師たちが彼らの教授法を改善するのに活用することができるようにすることです。

資料C. “FOSS Introduction, A brief look at the Full Option Science System”
University of California.
コピーライト カリフォルニア大学
翻訳者 小倉 康

FOSSの構成について

書類

教師用指導書として、FOSSの各モジュールには、モジュールの概要説明書と一連の活動指導書（フォリオ）、生徒用シートの複写用マスター、評価用書、FACTS（資料集）、及び教材目録シートが含まれている。

概要説明書：教師のための理科内容の説明と、FOSSモジュールを授業で効果的に用いるための活動の予定と組み立て方についての情報を提供する。

活動指導書：各活動はフォリオと呼ばれる詳細な冊子に記述されている。45～60分単位の2時間以上の授業時間を要する詳しい授業プランに加えて、それぞれのフォリオは固有の背景的情報と教材リスト、準備計画案、討論のための質問例、数学や社会科、美術への展開、家庭での活動、授業で文化的多様性をとり入れるための示唆などを含んでいる。

生徒用シート：ほとんどの活動が最低1つは生徒用シートを含んでおり、子どもたちが観察した事柄を記録したり構造化したり解釈することに役立つ。複写用マスターには、英語用とスペイン語用がある。

評価用書：1～6学年用の各モジュールは評価用書を含んでいる。3～6学年用モジュールは、ハンズオン（直接体験）や描画、及び再考という3部からなる評価用書を含み、子どもの科学的なプロセスや内容についての理解を評価できるように設計されている。1学年及び2学年用のモジュールは、パフォーマンス（実技的）による評価を組み込んでいる。幼稚園用には形式的な評価は無い。

教材目録シート：各モジュールに2種類の教材目録シートが含まれている。一つは、そのキットにあるすべての要素の詳細な記載で、もう一つは、備品扱いとなるものと消耗品扱いのもの、及び教師が準備すべきものについての記載である。教材の中には「測定キット」に含まれているものもある。

教材キット

子どもたちは教材を用いて作業することで最もよく学べる。このため、F O S Sの各モジュールは教材キットを準備している。各キットは、一度に3 2人までの子どもたちの授業が可能のようにできている。生徒用教材の入った箱の中に、そのモジュールの教師用指導書1部と教師が始めやすいように教師授業準備用ビデオテープが入っている。

F O S Sキットには最小限必要な消耗品扱い教材が入っている。日々必要な教材（はさみや鉛筆、セロテープなど）や食品類（小麦粉や砂糖、果物など）が必要な時には、教師がそれらを準備することが求められる。一部の消耗品類（種、色付き砂など）は、最低2度、そのキットを用いるに十分な量が入っている。消耗品類は、交換パックを注文するか、または電話で直接注文することができる。生き物教材の場合は、教師がその地域の素材を活用したり、業者を利用したり、あるいは、添付のクーポンを使って手に入れることができる。活動指導書（フォリオ）は、教師が生き物素材を見つけるための情報を提供している。

教師授業準備用ビデオテープ

すべてのモジュールの箱の中に、生徒用の教材とともに教師用授業準備用のビデオが入っている。ビデオはモジュールの紹介のためにあって、教師用指導書に代わるものではない。27のビデオのそれぞれで、F O S Sの開発メンバーか熟練したF O S S教師の中の一人が登場し、各活動で教材をいかに活用するかを示すとともに、実際にF O S Sモジュールを授業で用いている様子が短く紹介されている。

F O S Sプログラムの目標

F O S Sの目標

F O S Sは科学を教え学習を評価することに対する新鮮なアプローチである。そこには2つの重要な目標が設定された。

・科学的リテラシー：すべての生徒たちに、1) 認識発達段階に適した科学の経験、及び、2) ますます科学的、テクノロジー的に複雑化する世界で生きていくための準備としてより高次の考え方を身につけるのに役立つ科学の経験、を提供すること。

・指導法的効果：すべての教師たちに、学習と指導法に関する最新の研究成果を反映した、完全でかつ柔軟でさらに使いやすい科学教育プログラムを提供すること。

科学的リテラシー

21世紀における生活の質は、科学とテクノロジーによって強く影響されることから、すべての人々が科学的教養を身につけていることは重要である。人々は、環境の保護をはじめ、エネルギーの消費と拡散、安全、食料生産、水の使用と水の質、資源管理、その他科学的な証拠や明確な推論を要する数多くの諸問題に関して、思慮深く情報に裏づけられた意志決定ができなくてはならない。アメリカ科学振興協会(AAAS)のプロジェクト2061では、科学的リテラシーを次のように特徴づけている。

- ・自然界の多様性と相互依存性について精通すること。
- ・エネルギーをはじめ、変化のパターンや変異、システムと相互作用、及び尺度と構造、といった科学の「重要な考え方」や科学の鍵となる諸概念について理解すること。
- ・科学とテクノロジー、数学の知識は、相互に依存した人知であること、及びある種の力とともに限界も内包していること。
- ・科学的に思考する能力を有すること。
- ・個人的、社会的な目的のために、科学的な知識や思考のパターンを用いること。

F O S S のプログラムは、人間の認知発達が時間的に予測可能な一連の段階に沿って進むという理論に基づいている。F O S S での活動に現れる科学の内容と思考のプロセスは、生徒たちの発達段階に基づいて継続的に彼らの科学的リテラシーを構築する。各段階は、それ自体で完全なものであるが、かつ、別の何かの準備でもある。第2学年であれば、子どもは生物についての情報を観察したり比較したり構造化したりすることで、自然界とその多様性についての教養を身につけるようになるし、それゆえに、科学的リテラシーを身につけた2学年生ということとなる。5学年であれば、生徒たちは原因と結果の関係に関して考察することができるようになり、また、変量間の関係の理解に必要な内容に取り組むことができるようになる。F O S S は、生徒たちが中学校へと進むにつれ適切な段階を経たりリテラシーを確立できるように設計された活動的な学習経験を提供することによって、完全な科学的リテラシーの獲得に貢献するものである。

指導法的効果

ハンズオン（実際の体験による）理科は、生徒たちにとって本質的に楽しくて興味があるものである。そして、ほとんどの教師たちは、効果的な指導教材があればすばらしい理科教師となれる。この目標のために、F O S S の開発スタッフは教師向けの作業に大変な時間と労力をかけた。その結果、F O S S の多くの提供物と指導方法が、生徒たちと同様に教師たちもハンズオン理科を実施するものとなっている。プログラムでの実践的特色を簡単にまとめると以下ようになる。

- ・完備された教材キット
- ・教師のための科学の背景情報
- ・多くの教育スタイルに容易に移転したり適合させたりできる詳細な指導案

- ・生徒たちがデータを収集し組織化するに役立つように作られた生徒用記録シート
- ・学際的活動への助言
- ・多文化的適用のための考え方
- ・読書やビデオ、ビデオディスク、及びコンピュータプログラムによる経験の拡張への助言
- ・多様な形態での評価手段
- ・教育学上の諸論文と教室経営手法
- ・教師授業準備用ビデオ

F O S Sの背景にある考え方

認知発達モデル

F O S Sのプログラムは、人間の認知発達に相互影響的である。活動は、生徒たちの成長における異なった考え方に適合させてある。F O S Sの開発者たちは、人間が予測可能で記述できる一連の認知発達の段階を経て系統的に成長するということを示す研究にしたがった。はじめの数年間、生徒たちは観察したり記述したり並べ替えたり事物や生き物について知ったりといった直接的な体験によってもっとも良く学べる。小学校の後半ともなると、分類したり、確かめたり、実験したり、事物と生き物の因果的関係を決定したりすることでより高度な概念を構築するようになる。F O S Sの諸活動はほとんどすべてをハンズオンの探索活動にあてている。

F O S Sの諸活動は、どの活動においても生徒に期待する認知的負荷が生徒の認知能力を決して越えないように慎重に組み立てられている。教科内容と密接に結び付いた発達の適切な諸活動によって、F O S Sは、「垂直的カリキュラム設計」（生徒たちをかつてより複雑で抽象的な理解の段階に引き上げようとする諸活動）に対置するものとしての「水平的カリキュラム設計」（ある段階での多様な経験を提供する数多くの活動）を可能としている。

科学的思考のプロセス

多くの教育プログラムが思考のプロセスを活用しているけれども、F O S Sは認知的段階に特に関連させた連続的な発達のタキソノミーの中に思考のプロセスを組織化している唯一の教育プログラムである。

- ・観察すること（情報を入手するための感覚の活用）
- ・コミュニケーションすること（話したり、描画したり、行為すること）
- ・比較すること（対にすること、1対1の対応づけをすること）
- ・組織化すること（グループにまとめること、順にすること、連続させること）
- ・関係づけること（原因と結果、分類）

- ・推理すること（上位／下位分類，条件推論，科学的法則性の導出）
- ・応用すること（方略的計画づくり，発明）

科学的思考のプロセスは，F O S Sの内容選択に役立つ。3及び4学年の生徒たちは，「組織化すること」のプロセス全体を用いて，事物や生き物を観察したり，比較したり，時間や空間の中で捉える（事物や生き物を順にしたり，連続させる）ことができると期待される。一方で，5及び6学年の生徒たちは，確からしく「関係づけること」のプロセス全体を用いることができるが，本質的な自然の中の推理（細胞理論や物質の原始モデル）を要するトピックでは困難が生じるであろう。5及び6学年生たちは，振り子の長さや1分あたりの振り回数との関係や，てこの力点と負荷の関係，そして，船の容積と耐えられる旅客人数の関係を見い出せることが期待される。

実践的教育学

F O S Sプログラムの中ではいくつかの教育実践上のテクニックが用いられ，教師にとって理科を効果的にし，学校にとってより対支出効果を高め，生徒にとってより生産的なものとする。

ハンズオン（実際の体験的）アプローチ： 科学に取り組むためのハンズオンアプローチは，小学校の生徒たちが確かな科学的知識の基盤を作るのを助けるもっとも効果のあるやり方と考えられている。ハンズオン活動は生徒たちを動機づけ，好奇心を刺激する。F O S Sの生徒たちは探索し，実験し，データを収集し，結果を整理し，生徒自身の行動に基づいて結論を導き出す。そうした活動で集める情報が，科学的に思考するやり方の成長を促す。

F O S S活動には，ある学習サイクルが埋められている。活動はしばしば教材の自由な探索から始まり，見つけたことについての討論の中で，用語が導入され，さまざまな考え方が露呈される。そして，概念を強化するための教材を用いた補足の経験へと続く。用語は，いつも，生徒たちが直接体験をした後の状況で導入される。

複数感覚手段： 観察はしばしば見ていることに等しいが，F O S Sでは，五感のすべてを観察に用いてより良い理解を導こうとする。F O S Sでは，肢体不自由児や学習遅進児に適用させるためだけでなく，すべての生徒たちにとって情報収集力を強化するために複数感覚手段を用いる。

一人で一緒に作業する（幼-2学年）： 初期の生徒たちは共通の班目標に向かった強調的な作業をはじめたばかりで，教材を共用しようとするのが常である。F O S Sの幼-2学年の活動は，しばしば生徒たちを4から10人の班に組織する。班の各生徒は，自分自身が作業する教材を有しているが，他の生徒たちと接近していることで，アイデアの交換や見つけたことの伝達を容易にしている。私たちはこうした初期の児童期の組織形態を「一人で一緒に作業する」(working alone together)と呼んでいる。

協力的集団（3～6学年）：協力は、科学という行為の本質である。3～6学年におけるFOS S活動は生徒たちが4人の班で作業して、それぞれの班員がデータの収集や分析、結果の報告に対して貢献できるように設計されている。生徒個人の観察や考えは、常に班の意志決定に取り入れられる。協力的集団は、学級と生徒の管理に役立ち、生徒の学習を強化する。

教室経営手法

ハンズオン理科の効果的な実施のためには、思慮深い教室経営が必要である。FOS Sの設計においては、教室経営の4つの観点が盛り込まれている。それらは、時間と空間、生徒、及び教材である。

時間：ハンズオン理科には時間がかかる。これは必須である。時間の利用を最大限効果的にする重要な要素がプランニング（計画づくり）である。FOS Sの活動指導書では、教師たちに指導と進んだ教材の準備への時間配分に関する手引きをしてある。

教師たちは、一日中でハンズオン理科のための時間がとれないと感じているかもしれない。創造的な教師たちはFOS Sを用いる際に予定外の利点を手に入れている。どのFOS S活動もコミュニケーションスキル（口頭、筆記、描画）や数学的スキル（計算、グラフ化、配列化、数列化）を実行するような各種プロジェクトを示唆している。FOS Sに加わってみて、多くの教師たちが、FOS Sのために多くの時間を設けられることを報告している。それは、ときには、数学や読解の時間に、指導書中で記載されている機会を利用するような活動へと拡張するものであったりする。

空間：ハンズオン理科は空間を要する。生徒たちの作業空間や、育てたり作成したりする調べもの活動の空間、及び結果を表示するための空間である。FOS Sの教材内容の中には、植物成長や蒸発といった活動の間の空間の最大限の効率的使用について特に配慮して設計されたものがある。FOS S活動の記載では、教材の配置や実験、及び保管のための教室設置の最善の経営策についての助言がある。

生徒：ハンズオン理科は異なったタイプの行動をする生徒、つまりより活動的な生徒となることを求めている。新たにハンズオン理科を実践する教師にとって、学習の質の変化によって騒々しさが増すということを理解することは重要である。教師たちは、活動と騒音が影響し合える新たな快適区域を設定しなければならない。FOS Sの活動指導書ではさまざまな活動が経営可能な状態を維持するための手順について助言している。班分けや順序だった行動の設計、及び生徒用ワークシートは、生徒たちの経営に役立つ手法や教材の一部である。

教材：ハンズオン理科は教材、つまり測定道具や容器、薬品、トレー、飼育プランターなどを要する。教材の経営は、分配や収集、洗浄や乾燥、保管、在庫管理、失われたり壊れたり消耗した教材の補充などを含む。優れたハンズオン理科プログラムのために教材経営は決定的である。

F O S S 文献では、教材経営を順調に進めるための数多くのテクニックが記されている。困難な条件の僻地においても教師の求めに応じてキットが配達されるよう中央管理システムをとっており、メンテナンスするためのほとんどの問題は解決される。教材は、生徒たちの助けを借りて教室内で管理することができる。3 学年以上の生徒たちは、教材を配分したり、洗浄したり、保管したり、記録簿につけるといったことすべてを任せられるとみなすことができる。生徒の能力は、しばしば見過ごされがちであるが、彼らはハンズオン理科を続けるために、喜んで手だすけする。

F O S S モジュールの概略

幼稚園児用モジュール

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

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

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

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

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

1・2 学年生用モジュール

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

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

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

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

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

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

3・4 学年生用モジュール

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

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

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

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

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

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

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

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

5・6 学年生用モジュール

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

「食物と栄養」モジュール（4つの活動）では、生徒たちに、酸性内容物、ビタミンC、脂肪分、及び糖分について植物を試験する手段を与える。こうした活動に続き、彼らは、知識と栄養に関する成分表からの情報を活用してランチメニューを計画したり評価する。

「てこと滑車」モジュール（4つの活動）は、生徒たちに6つの単純な機械の中から2つ—てこと滑車—を用いて、力学に関する基礎的な概念を示す。生徒たちは直接経験により、力点、作用点、支点、力の拡大率などを理解する。

「混合物と溶液」モジュール（4つの活動）は、生徒たちに基本的な化学的概念を導入する。彼らは、混合物と溶液、濃縮、飽和、蒸発、及び、化学反応を経験する。

「地形」モジュール（5つの活動）では、地文学と地図づくりの概念を学ぶ。生徒たちは、川の流れの台を使って、土地の造形をシミュレートし、地形図法によって地形を表現する。

「太陽エネルギー」モジュール（4つの活動）は、生徒たちに太陽の動きと受ける太陽エネルギーに関する大切な概念を導入する。生徒たちは、いくつか異なった地球の物質を使って、太陽エネルギーを取り込み、また反射式や吸熱式の集熱器を用いて太陽熱湯沸かし器を作る。最後に、モデルハウスについて考え、いかに太陽エネルギーを活用した空間利用の発熱性を最大にするかを見つけ出す。

「変数」モジュール（4つの活動）は、生徒たちに変数の概念を導入する。生徒たちは、変数を同定し、変数を制御し、さらに、多変量システム—振り子や飛行機、ボート、及びカタパルト—を用いての対照実験を実行する。

「モデルと設計」モジュール（4つの活動）では、科学的なモデルの概念について学習し、生徒たちに多様な問題の解決法を見出す機会を設ける。強く強調されることは、作業モデルを組み立てて、実世界の問題解決に結びつけることである。

教育者への体系的なサポート

学校や教育区が科学的リテラシーを改善するような変化を成功させるためには、いくつかの要素が、ひとつの方略的で体系的な計画として慎重に組織化されなくてはならない。FOSSはひとつの主要な要素－変化のための乗り物－と、いくつかの実行支援の要素を提供している。支援は、教師の熟練度を高める研修体験と、論文とビデオテープ、授業用補助・支援教材、及びニュースレターやインターネットのWebサイトなどを通じて行われる。

研修機会

FOSSでは、導入のためのワークショップや体験済み教師向けのワークショップから、学術的で理論的な内容を含む発展的セッションまで、いくつかの資質向上の段階を設けている。導入のためのワークショップは、FOSSやそのさまざまな素材をよく知りたい個人が年間を通じて利用できる。学校や教育区ですでにFOSSが実施されているところの教師たちは、支援的、経営的、及び体系的な改善に関わる諸問題に焦点化した体験済み教師向けのワークショップに参加できる。発展的セッションは、プログラムを支えている理論的で学術的な知識や経験を必要とする個人の要求に応じて提供される。

FOSSワークショップの修了者は、全米各地にいる。彼らは、質問に答えたり、実践を発表したりしてくれる。彼らにコンタクトする場合とか、スタッフ訓練機会に関するより多くの情報を得たい場合は、次のFOSS代表者まで電話をかけなさい：1-800-258-1302。

授業用補助・支援教材

スペイン語語彙事典： スペイン語バイリンガル環境にいる教師たちは、科学の定義に関するFOSS語彙辞典が便利なのがわかるだろう。スペイン語と英語の両方での語彙辞典である。加えて、すべてのFOSSモジュールの生徒用教材は、スペイン語と英語とを両方備えてある。

読本・資料： 読書は重要な学習である。そのため、FOSSは各モジュールの活動や概念に関連した物語や解説書といった副読本を用意している。それらすべては、内容の正確さや興味の程度、年齢的妥当性を確かめてある。

論文とビデオテープ： FOSSが基づいている教育的、哲学的、理論的基礎については、2つの形態で利用可能である。つまり、論文とビデオテープである。

「思考と学習の生物学的根拠」（論文とビデオテープ）

「科学的思考過程」（論文）

その他の発行物： そのときどきで、FOSSはプログラムを実践する教育者を支援するその他のドキュメントを利用できるようにしている。例えば、
「FOSSと米国科学教育基準(NSSE)の関連」
「FOSSに関連する最新の研究リスト-定期刊行」

これらは、Lawrence Hall of Science を通じてでも入手できる。

Lawrence Hall of Science へのホットライン： もしFOSSについて質問があるなら—設計や哲学、評価手順、活動上の問題点、その他のプログラムに関連あること—、次の E-mail アドレスに連絡すれば、スタッフが応対する。

E-mail :

仲間たちとのリンク

FOSS のニュースレター： FOSSを購入した教育者は、自動的にFOSSユーザーの全国ネットワークの一員となり、年に2回のニュースレターを受け取る。ニュースレターは、ユーザーにFOSSのスタッフや教師が書いた記事を含む開発情報を提供し、理科を教える中で有益であった実践上のアイデアや示唆を発表している。すべてのメンバーがニュースレターに投稿できる。

FOSSの Web サイト： FOSSの Web サイトによって、多くの情報が読めたり、ダウンロードできる。関連書籍を見たり、活動教材を見たり、FOSSの発行者へリンクしたり、FOSSを使用している教育区と情報交換したりできる。次のサイトを探りなさい。

<http://www.lhs.berkeley.edu/FOSS/FOSS.html>

顧客サービス： FOSSとその製品、または交換部品の購入についてのより多くの情報は、次へ電話を。

電話：

1-3-2 ハワイ大学（DASHプログラム）の事例

人見 久城

1-2-2節のハワイ大学におけるインタビュー調査でも触れられたように、ハワイ大学教育学部のカリキュラム研究開発グループ（CRDG）は、科学だけでなくあらゆる教科において、初等・中等教育プログラムを数多く開発してきている。その開発や普及における手法は特徴的なもので、わが国のカリキュラム研究、教員養成・現職研修などと比較すると、相違点があることがわかる。その中には、アメリカという国情による点も少なくないが、科学教育の本質にかかわる部分は、わが国の教師、研究者にとって学ぶべき事柄であるように思える。例えば、知識形成と学習過程のとらえ方、評価との関係、教師の役割などの点である。さらに、教員養成や現職研修の方法についても、参考となることが多く見られるように思える。

本節では、CRDGで開発された初等科学教育プログラムのひとつである「DASH（ダッシュ）」の特徴を述べた論文を翻訳引用する。論文の著者は、同プログラムの総括ディレクターとして、構想、設計、開発、試行のすべての過程にかかわり、プログラムを完成に導いてきた研究者である。論文には、DASHの内容構成の枠組みや、学習内容や活動が具体化される際に基盤となる仮説やモデルの意味するところが集約されている。これらが本論文の横糸だとすれば、縦糸は、DASHの用いる研究開発アプローチについての解説であろう。研究開発の牽引役であるカリキュラム・ディベロッパーがどのようなはたらきかけをしているかを、知ることができる。わが国のカリキュラム研究のあり方を再考していく際、焦点をあてるべきポイントを、本論文から読み取ることができるように思われる。

DASHに関する筆者の発表論文を、以下にあげておく。DASHの学習単元の構成や、普及セミナー等については、それぞれ参照いただければ幸いである。

○人見久城：DASHプロジェクトにおける普及セミナーとフォローアップ活動、

日本科学教育学会研究会研究報告，Vol.8，No.6，pp.31-36（1994）。

○人見久城：DASHプログラムにおける第3学年の内容事例—学習カレンダーを中心に—、

宇都宮大学教育学部紀要，No.48，part.Ⅱ，pp.11-26（1998）。

【以降に収録する翻訳の原論文名】

Francis M. Pottenger III: The DASH Program; Beginning Experiences of the Sciences, Health Services and Technologies for the Elementary Classroom, Educational Perspective , Vol.30, No.2, pp.4-12 (1996).

DASH プログラム： 小学校教育における科学，健康，技術についての学習のはじまり

フランシス・M・ポッテンジャー III (訳・人見 久城)

DASH (Developmental Approaches in Science, Health and Technology) プログラムは、ハワイ大学カリキュラム研究開発グループ (Curriculum Research and Development Group of the University of Hawaii) で開発された科学教育プログラムである。DASH では、科学者、技術者が担っている事柄を小学校教育へ導入しようとする。歴史的な観点から検討され、農業従事者、技術者、獣医師、医師、歯科医、栄養士、動植物学者、天文学者、気象学者、地質学者、物理学者、化学者、生物学者等がかかわってきた領域から選定された学習内容を通して、児童は、技術や健康、科学について学んでいく。DASH は、幼稚園から小学校第 6 学年児童を対象に、約 700 の実験・観察活動を用意し、科学技術に支えられた現代の日常生活で必要となる、科学的な概念やスキルを習得することをねらいとしたプログラムである。DASH で学んだ児童は、中学校へ進む前に、実験や野外での観察活動における基本的なスキルが身に付くようになり、生物に関する正しい知識を習得するとともに、薬物や疾病による負の影響についても理解できるようになる。

DASH の研究開発には、情報や資金面で多くの機関の支援を受けている。DASH は、1986年、ハワイ大学とハワイ州観光事務局からの資金援助のもとに研究開発がスタートした。1988年からは全米科学財団 (National Science Foundation) から研究費の配分を受けるようになった。

DASH の研究スタッフは大規模研究組織 (コンソーシアム) を構成し、DASH の試行や評価、地域の実情に合わせたプログラムの採択に関する研究を進めている。コンソーシアムに属する大学の研究スタッフは、実践研究、教師教育、現職研修と事後指導 (フォローアップ)、評価なども担当している。これらの協力体制により、DASH は 21 世紀を展望しながら、児童と教師の要望に応える努力を続けている。

§ 1. 研究方法における有機的・工学的アプローチ

DASH の研究開発における基本は、カリキュラム構成、指導方法、評価、教育行政からの支

援、保護者のかかわり、教師教育等における有機的・工学的なアプローチである。DASH のカリキュラム・ディベロッパーは、プログラムの構成と普及における成功の鍵は、以上のような多様な側面における有機的な結びつきにあることを十分認識している。プログラムをより洗練されたものにするための長期にわたる試行は、先の工学的なアプローチに基づく方法論の中心部分である。工学的アプローチの中でのプログラムの構成、開発、普及における結果は、研究の成果を決定づける。有効性に関する工学的な原理を用いて、我々カリキュラム・ディベロッパーは、プログラムの改訂と修正を行う。その際、「学習教材とその活用は、ねらいどおりに行われ、児童や教師に受け入れられているか」「これまでの実践で、プログラムは有効に機能しているか。試行による評価データに基づき、常に改訂され続けているか」などの問いを手がかりとする。

工学的なアプローチは、DASH の研究開発過程に、哲学的、社会学的、心理学的、教授学の理論から機能的な部分を選択適用する視点を与えている。これは、ハワイ大学教育学部附属学校での実践、ハワイ州やアメリカ本土、太平洋諸地域、アジア、ヨーロッパでの普及に関する事例研究を通じた、約30年間の研究の成果に基づくことである。本稿では、DASH の構成の枠組みに関するモデルと仮説を述べることにする。

§ 2. コミュニティ・モデル

児童の体験にもとづくプログラムとするために、科学と技術を、知識形成の場 (knowledge-making community) 及び教授・学習の場 (teaching-learning community) として表すモデルを DASH では活用している。これらは、学習者が、新たな理論、技法、成果による学習を継続させる場を意味している。

2-1 児童と教師の役割

DASH で学ぶ児童は“研究者”“発明家”のような役割のもとで活動に取り組み、教師は“研究のリーダー”“技術面での支援者”のような役割を念頭において、指導にあたる。その場合、教師は次のようなことを行う。

- ・児童に質問や疑問を投げかけ、知識構成のための学習状況をつくる。
- ・必要な教材・教具を準備する。
- ・児童に彼らの経験を話させ、共同での学習状況を評価したり、理解に関する意思統一が図られるようにする。
- ・事象に関する共通の説明や一般化を調整する。
- ・経験や活動に関する継続的な記録等に目を通し、管理する。

2-2 学習者としての教師

このモデルの適用により，“研究者”としての児童が得る知見や反応が，予想外となるような場面が多くあることを，教師は気づくようになる。科学者や技術者の専門的な領域でのこのように，児童が共同で科学を探究することと並んで，教師も科学を学ぶのである。

2-3 学習コミュニティの位置づけ

教育研究においては，“科学”や“技術”という用語がいろいろな意味で使われているが，DASH の学習にどのようなコミュニティが位置づけられるのかを定義することは，重要な点である。それは，現在進行中の教育基準（スタンダード）の中（例えばプロジェクト2061，Project 2061，1989）でも言及されている，技術的・科学的なコミュニティである。

DASH で扱う“技術”は，物や技術や仕事の創造，供給につながる人間活動の集積であると定義している。これには，技術，建設・建築，農業，漁業，製造，輸送，鉱業，健康，食物，コンピュータ，報道，スポーツ，ダンス，他の実践的な事業に関する人々の仕事内容が含まれる。

DASH における“健康”は，人間の心身の健康を維持するため手段や内容を扱う技術をおもな対象とする。これは，医療現場，公共健康管理機関，薬局，消毒技術，その他関連領域で働く人々の仕事内容をさす。

DASH における“科学”は，自然現象に関する理論の創造，仮説や解釈の実証などを行う人々の仕事内容に対応する。天文学，植物学，化学，気象学，生理学，物理学，動物学，その他の科学領域での仕事内容をさす。

2-4 児童のコミュニティのメンバーシップ

すべての児童・生徒の科学的リテラシーを育成することをねらいとして，DASH の研究開発は進められてきた。このことは，現在の教育基準設定運動（例えばプロジェクト2061，Project 2061，1989）でも支持されている点である。能力レベルに幅のある児童に，DASH を適用させたときの評価結果には，本プログラムのねらいが先の目標に合致していることが示されている（Young, 1992）。

2-5 児童の混合型コミュニティ

すべての児童にプログラムの適用が可能となるように，DASH は，混合型（ヘテロジニアス）学級編成を推奨している。このことは，ハワイ大学附属学校での試行評価や，異なる状況下での異年齢幼児へのプログラム適用による発達的特徴の知見をもとに，混合型編成に関する研究成果から明らかにされてきたことである。混合型編成は，科学者や技術者の専門研究の領域における人種構成の多様な特徴を，学習において再現しているにとらえることもできる。

2-6 協同的な教授・学習のコミュニティ

「すべての児童・生徒に対する科学」という目標を支持する別の視点は、科学・技術に関する課題解決において、児童がグループ内で協同的に取り組むための活動の場を、DASH が提供するということである。協同学習の研究者は、そのような環境の設定を強調している (Johnson and Johnson, 1983)。それは、児童が、考えや関心事を相互に共有できる場だからである。共通の研究課題を集団で取り組む科学者や技術者の世界を考慮した結果、DASH のコミュニティ・モデルは考案された。そのような環境では、誰かが学んだことは、次に他者へ教える事柄となる。DASH では、児童において知識の形成が確実になされたことは、それを他者へ教え伝える行動として表出される、ととらえている。

§ 3. 学習内容と知識の形成

DASH は、クーン (Thomas Kuhn) の「認知的な個体発生は、科学的な系統発生を繰り返す」という説に基づいてきた (Kuhn, 1977)。言い換えれば、科学・技術・数学に対する児童の理解は、一般的に、知識の形成過程の歴史的順序と同様の過程をたどる、という考え方である。

3-1 追体験 (Recapitulationism) の適用

DASH は、カリキュラムとしての学習内容の選択やその配列を決めるために、基礎的な考えや手法の歴史的上の発展に関する広範な解釈を用いてきた。DASH における学習内容や知識構成に関する手法は、経験的に試行されている。試行結果は、DASH における内容構成が児童に、技術や科学における基礎的な原理を再構築させることに効果的であることを示している (Young, 1992)。

知識の歴史的発展に関するクーンの知見を用いれば、人類は、事象を記述したり説明したりする“科学者”になる以前の何百万年も前から、物を作る“技術者”であったことが明らかになってくる。当時の技術的な手法は、単純（作り、組み立て、それが機能するかを確かめる程度のもの）であった。例えば、初期のホモ・サピエンスは、岩石の先端を削り、肉を切る道具を作り、それを試したのであろう。それが機能することが確かめられ、その技術は生まれたのであろう。

数百万年もの間、人類の祖先は、物を作る技術や、互いに意思疎通を図る手段を発明してきた。同時に、自然現象に反応したり制御したりする知識の蓄えを構築してきた。やがてそれらは、人類が破壊的な自然現象を克服したり、気候の変化の中でも生き延びることを可能にした。発明を通しての問題解決能力は、人類の共通遺産のひとつである。発明、製作、試行は、学校に入学してくる児童にもすでに十分身に付いている過程である。DASH では、この既存の経験や好奇心を生かし、事象の探究を幼稚園児から始めるようにしている。

3-2 技術の初歩

人類の歴史の中で最も初期の技術は、生存の欲求を満たすこと、すなわち生き延びるためのものであった。現在でさえ、多くの技術は、我々の生存にかかわる部分に関係している。ゆえに、DASH では次のようなことを技術として取り上げている。それらは、飲料水、新鮮な空気、栄養分になる食物の確保、清潔でいること、身体の保護、道探し、コミュニケーションである。

3-3 科学の初歩と記述的手法

古代博物学者、地中海沿岸の古代天文学者、中東の人々による記録をひもとくと、初期の科学は、記述中心のものであったという。現在の科学のすべての領域でも、それぞれの目的ごとに記述的であり、類別的である。初期の記述的科学は、自然の観察、天文学や気象学における観測を含んでいた。これらの領域の研究は、児童でも分析できそうな、定期的かつ直接観測が可能な要素を提供する。ここが、DASH において児童の関心を科学に向けさせる始まりである。

初期の科学者は、生存のための技術を発展させるのに有用な記述や予測を残してきた。例えば、天文学は、季節の予測、日食・月食、時刻の把握などについての知見を与えてきた。また自然の観察は、春の到来と、川に水が流れることや動物の生活、植物の生長との関係を知らせたりしてきた。気象学は、風雨の予測と防備について知見を与えてきた。DASH には、以上のような事項に関する学習内容が数多く含まれている。

3-4 技術と科学における知識形成の方法

発明や工夫、試行による技術領域における知識形成の方法は、何千年もの時間を経て発達してきた。このような長期にわたる手法により、多数の物や活動が発達し、そのことが我々の社会を特徴づけることにつながっている。一方、約6000年前の記録から、科学における知識形成の新しい手法の創出が確認されている。

科学における最初の記録では、2つの記述方法が用いられている。1つは観察と記録を含むもので、もう1つは実験的な試行と記録を含むものである。約2500年前、ギリシャにおいて記述と仮説を基盤とする手法が発達した。仮説・実験的な手法が導入されたのは、今からわずか5000年前のことである。それらの確実性により、現代の科学者はそれらすべての手法を活用している。

3-5 実験の基礎的な手法

疑問、実験、記録という基礎的な実験的手法の本質を考えると、それらの手法が確立された時期を特定することは困難である。しかしそれらは、好奇心を満たすものとして、技術の発達と並んで、文字の表記よりもずっと以前に確立されたことは確かである。当時、それらの手法は未発

達であったが、現代の科学におけるアイディアの試行の多くと、本質的に同じである。実験的な試行のこの形式は、直感（予想）、観察、あるいは単に知ることの欲求により、もたらされたものかもしれない。実験とは解答が与えられる質問によって限定され、解答は起こった現象の記述によって表現されることがほとんどである。例えば、「ホットプレートの上に氷を置くと、どうなるだろうか？」という質問には、実際にホットプレートの上に氷を置き、その様子を観察すれば解答が得られる。「夜空の星は、天の北極のまわりを回っているのだろうか？」という質問には、北の夜空を眺めその動きを観察すればよい。DASH では、このような単純な質問を児童に投げかけ、それを確かめるための観察や実験の基礎的な手法を思い起こさせるようにしている。

3-6 記述・仮説の手法

ギリシャ時代の自然哲学者たちは、我々の世界がどうなっているかを説明、理解しようと試みた。この試みでは、ひとつの現象に対して複数の仮説が提出されることもあった。そしてそれらの仮説は、哲学者の間で、論理性や合理性をもとに判定された。天文学の事例では、根拠や数学に関する論理体系によってしばしば判断された。しかし、現代の科学者は、現象の説明に確実性があるのではなく、「『現象の説明が合理性をもつか、もたないか』についての合意があるだけである」ということを認識している。ときには合理性をもつ仮説にも誤りがあることが判明したりもするが、それでもなおその仮説の方が、合理性をもたない仮説より説得力をもっていたりすることもある。また、合理性の判断基準自体が、まだ確かめられていないことに関する最初の仮説を生み出すこともある。DASH の学習における児童どうしの話し合い活動の多くは、仮説の自然発生的な創出やグループによる合理性の判断に、結びつくようになっている。

3-7 説明・実験的な手法

ガリレオの時代以降、物理学、生物学、地球科学は、現象の解釈のための説明・実験的な手法によって発達してきた。説明と仮説を中心とする手法よりも、妥当性に対する信頼をより多く与えてくれるからである。説明・実験的手法には、確かめられる形式での仮説や説明が必要とされる。例えば、「ある岩石が、オーディン（ギリシャ神話に登場する神）の意思によって崖の表面から剥ぎ取られた」とする説明は、確かめることができない。我々はオーディンの意思を知ることができないからである。そうではなく、「岩石中の水分の氷結による体積膨張が原因で、崖から剥離したものである」とする仮説を出し、それに対し「そうである」「たぶんそうであろう」「そうではない」「たぶんそうではないだろう」という形の解答を与えていくのである。

説明・実験的な手法を用いることで、実験方法が形成されていく。それはまた、説明が正しい場合に限り、予想通りの結果をもたらすものとして特徴づけられる。もし、実験の途中で予想に合う結果が得られたとしても、それはまだ説明に対する一時的な有効性をもっているに過ぎない。

結果は合理性に関する検討も要し、もともとの説明をいかに支持するか、あるいは否定するかという点においても検討が必要だからである。説明・実験的科学的原理は複雑で、標本抽出の手法や、原因と結果、演繹的・帰納的論理、結果に対する公的検討の必要性なども含むものである。

説明・実験的手法を授業で用いるためには、児童の論理的思考力や言語能力が十分発達していることが必要となる。予想を伴う説明・実験的な活動を行う上でのこれらの能力は、第4学年児童のレベルで十分であることが明らかとなっている。

3-8 統合

DASH では、科学と技術の内容を統合させたり、関連させたりしている。例えば、花のつくりに関する知識と、果物の変遷の歴史に関する知識の関連性は、人工受粉や同様の農業技術を児童に知らせるのに適当である。てこの原理に関する知識は、てんびんの仕組みを理解したり、より複雑なてんびんの構造を考えさせたりするのに有効である。動物に関する学習は、ヒトの生殖を医学的な視点から学ぶことや、身体の維持について学習することに関連づけられる。

3-9 手段としての知識の活用

DASH にとって、他教科との融合ということも重要な視点である。算数、国語、図工、社会などの教科における学習内容や指導方法も、DASH では手段として活用する。常時ではなく特定の学習内容に関連し、特別の手法を用いることが DASH の活動には含まれている。例えば、直線を等分する際にピタゴラスの方法を用いることがある。もちろんこれは、算数の学習のためではない。手段として数学的な内容を導入することであり、数学的知識を活用することである。また、スーパーマーケットについて学ぶ活動では、児童は、銀行員、新聞広告製作者、デザイナー、帳簿係、販売業者などに扮し、算数、国語、社会、図工などの教科で学んだ技法を広範囲に活用するようになっている。DASH の日々の学習活動の中で、言語能力は、会話や記録、読み書きに必要な基本的スキルである。数学的スキルと読み書きのスキルは、データの収集、分析、説明において不可分のものである。

§ 4. 学習

DASH では、学習内容や指導方法を方向づける上で、構成主義の考え方を活用してきた。そして、活動構成への考え方の反映として、次のような仮説を含むようにしている。

- ・学習とは、経験や考えにもとづく知識形成の個人的なプロセスである。
- ・新たな知識が形成されるのは、既存の知識が再明確化されたり、それに新たな情報が付加されるときである。
- ・知覚情報の選択、解釈、結合は、固有のあるいは習得された過程の中でなされる。

- ・新たな知識形成にどの知覚情報を選ぶかにおいては、感情、思い入れ、興味、好奇心のすべてが作用する。
- ・知識形成がなされるのは、自然環境における事象との関わり、他人が注意深く用意した体験との関わり、あるいは心的記憶にすでにある情報の結びつきによる。
- ・他人が注意深く用意した体験による知識形成は、教師の指導による学習活動である。

4-1 知の多様性

DASH は、人類が多様な知をもつとする考え方（Gardner, 1987）に依拠してきた。DASH における研究成果では、言語的、数的、音楽的、身体的能力や空間認知力を必要とする課題に対し、児童は一人ひとり異なる程度で対処するということが、支持されている。また我々は、それらの能力のいくつかあるいはすべてに関わる学習状況の設定は、児童の理解の度合いをより顕著に表す、という点を明らかにしている。DASH の活動は、グループにおける児童どうしのやりとりや個人の振り返りのきっかけを提供する。これは、児童が対人間や個人レベルで知識を調整することにつながる。DASH の活動は、ひとつの知だけでなく、多様な知の発達を促進させる。

4-2 誤解釈

今日の科学理論の多くには、部分的にしる全体的にしる、誤解とみなされる時がいずれ来であろう、ということが指摘されてきた。それは、科学の歴史において常にそうであったことである。“誤概念（misconception）”という用語によって、ある性質を帯びたとか既に備わっているというようなニュアンスが表されることを恐れ、むしろ知識形成の動的な側面を示す言葉として、ここでは、“誤解釈（misinterpretation）”という用語を使うことにする。

ひとたび形成されたある考えは変化しにくい。特に、常識的な観察や実用的な予想に基づく場合は、なおさらである。また、現在受け入れられている科学理論には、直観に反するものや、直接観察よりも潜在的な結果の論理で形成された根拠に基づくものも見られる。例えば、我々が認めているコペルニクス的な宇宙体系には、天球における動きと考え方の上で相反する部分もある。すなわち、「日の出」「日の入り」「太陽や星の通過」という用語に代表されるような、地球中心体系の誤解を生じることである。教師や教科書がもたらす観察事実、常識の否定は、創造的に思考することから児童を遠ざけ、権威に従うような傾向に陥らせる危険性があると、DASH では仮定している。児童一人ひとりが思考する意欲を保証するためには、たとえ教師や他の児童からの影響があろうとも、彼らが正当化した経験を再構成させるよう、配慮しなければならない。

4-3 誤解釈の再構成

DASH では、児童の常識的な考え方の再構成に対する指導の指針を、クーンの説明パラダイ

ムの発展と構成に関する歴史的観点に求めている。クーンは、受け入れられている説明と反するような矛盾点を経験が生み出すときに再構成が起こる、としている。そのような状況は、矛盾点を解決するための新たな仮説の提出や古い仮説の復活によって生じる。代替仮説を受け入れることで、それが有用と見なされる場合もある。

DASH では、同様の方法で児童の再構成を促すようにしている。それには、次のような場面や方法を用いる。

- ・矛盾，食い違い，既存の知識に修正を迫る場面
- ・説明における再構成を促すような組織立った体験場面
- ・新たな説明内容に移行している児童からの影響
- ・教師によるソクラテス式問答
- ・再構成を促す新たな探究活動

再構成は、初めのうち、部分的に進む不規則な過程である。しかし、新たな説明を繰り返し適用することで、再構成は全体的な広がりを見せるようになる。

4-4 概念とスキルの強調

DASH では、概念とスキルが児童にとって確実なものとなり、習慣的に使えるようになるよう、それらを定期的に強調している。このことのために、DASH の活動では、以前の学習で習得した概念やスキルを、同一学年間や異なる学年間での他の学習で、反復的（スパイラル）に活用したり、替え歌や標語の形で記憶に残るような配慮をしている。

4-5 知識の関連

体験が関連付けられるとき児童は知識を最もよく再構成する、という知見に基づき、DASH の学習活動は、同一学年間や異なる学年間で継続的に配列されている。このことで、関連のある知識やプロセスに児童が気づくようになっている。また、それらの関連についての認識をより確かなものとするために、DASH では、概念地図（コンセプト・マップ）、観察事項を残す「科学記録ブック（Science Record Book）」、探究事項をまとめる「不思議発見ブック（Wonder & Discover Book）」、学校内外での経験を記す「事柄関連ブック（Connections Book）」、操作的な定義によって説明を記録する「定義辞典（Working Dictionary）」などのツールを活用する。

4-6 「定義辞典（Working Dictionary）」

学習における知識の再構成の過程では、児童の間に、誤解釈や不完全で正しくない定義なども存在するようになる。それらが教師から発せられることもある。DASH では、解釈は、いずれ

後で改めて解釈したり、修正されたりするものである、と理解されている。「定義辞典」は、この過程を手助けするツールである。事象に対してある定義が児童から提出されれば、その定義を記録し、後で見直したり修正したりするときまで、保存しておくのである。例えば、月光を「月に蓄えられた光が放たれている現象」とする定義も、クラス全員の検討を経てやがて「太陽の光を反射している現象」という定義に修正されていくのである。

4-7 学習の記録

科学者や発明家が観察事項やアイデアをノートに記録するように、DASH においても、児童は個々に「科学記録ブック (Science Record Book)」を持っている。また、「学習カレンダー (Learning Calendar)」もクラス全員の共同記録として活用される。そこには、日々の学習内容や、天文や気象現象に関する長期的な観測の記録データを書き込むようになっている。事象や学習過程の時間的経過を示すねらいのために、多くのクラスで、学習カレンダーはプリンターの連続用紙に記入されている。

4-8 長期間にわたる児童の探究活動

DASH には、長期間にわたる探究活動が多く含まれている。中には、幼稚園で始まり第6学年まで継続的に行われるものもある。具体的な活動としては、物の分解（腐敗）、自分の成長の記録、地域や全米における気象状況、太陽、月、惑星の動きなどである。累積されるデータは、定期的に児童とともに見直され、分析される。また原則的には、「科学記録ブック」「定義辞典」「不思議発見ブック」「学習カレンダー」は、継続的な活動のデータ集となるよう、年度を越えて保存されるものである。

4-9 学習のための情報源

長さや体積、質量の測定には、科学と技術が関わっている。DASH では、これらの測定をする際に、その測定器具を製作することから始めるようになっている。また、水耕栽培における容器や、モーターの回転軸や羽根にいたるまで、DASH の活動では、ほとんどの教材を児童が自ら製作する。その際児童は、紙ばさみ、輪ゴム、テープ、糊といった教室で普段使っている文具類や、日用品の廃品などを利用する。測定器具を開発し製作していく中で、児童は、経験的な科学による測定の有用さや限界に気づくようになる。最も重要なことは、児童自らが、器具を開発し、それをより機能的なものにしていくことである。製作における児童の自主性や自信などを尊重するため、DASH における製作器具は組み立て式のキットではなく、のこぎり、かなづち、プライヤー、ドライバー、ダクトテープなどを駆使して自由に作られるようになっている。

また、探究活動が自主的に行われるよう、児童には、いろいろな教材・教具が提供される。例

例えば、新聞、百科事典、年間暦、自然ガイドブック、科学雑誌、ビデオテープ、テレビ番組、コンピュータネットワークなどである。教室内での学習と、実社会での生活がどう関連しているかを児童に知らせるために、各種の専門家を教室に招く機会を設けたりもする。

§ 5. 児童の評価

児童の製作物、知識概念、スキルについての継続的な評価は、教授方法のコミュニティ・モデルにおいて基礎的な事柄である。DASH の学習活動は、その順序性や発展的な構造、オープンエンドな扱い、学習の成果などによって特徴づけられており、その評価が容易にできるようになっている。それらの製作物は、ポートフォリオ評価に結びつく。

5-1 自己評価

カリキュラム研究開発グループ(CRDG)における我々の研究で、教育にかかわるすべての人々(児童、教師、保護者など)が教授・学習過程に関係することで、児童は学習の状況をよりよく把握していくという点が明らかにされてきた。これに基づき、評価状況を児童と教師が共有することをDASHは支持している。学習の最終段階では、習得された概念とスキルのリストを用い、児童が自分の成果を評価できるようになっている。評価は、「その概念について全くわからない」や「そのスキルは使えない」などから、「その概念(あるいはスキル)を他の児童に教えることができる」というレベルで判断されるようになっている。

DASHでは、教えることができる能力を、理解における最上位のレベルと位置づけている。概念やスキルを他の児童に教えられる能力の習得は、学習における優秀さを示すものである。「他の児童に教えることができる」ということは操作的定義であるので、「では先生にも教えてくれる?」という単純な問いかけによって容易に評価することができる。

5-2 自己評価と信頼性

児童の自己評価を教師が共有することで、児童と教師の間に新たな信頼関係が築けるようになる、という点をDASHの教師は念頭においている。これまでの評価では、評価する側に対して、評価される側の欠陥を隠そうとする意識を助長させる面があったことは否めない。これに対し自己評価では、児童が自分の短所を示したり、その点の克服を教師に求めたりすることを奨励している。児童による自己評価は、教師とのさらなるかわりかかわりが設定できるという点で期待される手法である。

§ 6. 教授方法

DASHで用いられる科学・技術のコミュニティ・モデルでは、教授活動を、児童どうしがか

かわる活発で集中的な場ととらえている。知識形成をする主体は児童であるけれども、知識形成を可能にする状況や学習内容を提供するのは教師の役割である。DASH では、研究者集団の有り様をモデルとして児童を研究者として位置づけることにより、児童の知識形成は、外的な要因によって継続的に決まっていくものであるととらえている。

6-1 DASHにおける教授モデル

DASH では、児童の知識形成過程における支援監督者としての役割を教師に与え、次のような4つのステップから構成されるモデルを提案している。

- ・ステップ（1）：評価（Assessment）

児童が新たな課題の解決に取り組む際、児童がその解答を得られる可能性を教師は保証しなければならない。この段階で教師は、児童の学習履歴などを分析し、どのような補正が必要かを把握する。

- ・ステップ（2）：探究（Exploration）

教師は、児童に課題となる内容を与え、その内容の範囲を調べさせる。

- ・ステップ（3）：応用（Application）

課題に対する解答を探す際、児童が既習の知識を適用することを、教師は支援する。

- ・ステップ（4）：説明と一般化（Explanation and Generalization）

新たに習得した知識の確証や、他の事項との関連付けなどによる一般化を、教師は支援する。

すべての学習活動が必ずしも4つのステップを含むわけではないが、もしそれらすべてのステップを踏まえるとすれば、『評価 → 探究 → 応用 → 説明と一般化』という順序をたどることになる。

新たな知識の形成に対し、児童の既習の知識を応用するという点が、このモデルの主眼である。評価（ステップ（1））を除く残り3つのステップで主体となるのは、児童である。教師の役割は支援者であり、またソクラテス式問答での質問者である。

6-2 教授方法と公平性

全米レベルで展開される教育基準（スタンダード）の考え方では、公平性への強い関与が提唱され、学校教育において男女や人種間での差別が生じないことを要請している（Project 2061, 1989）。科学教育分野での研究知見によれば、グループ活動における個人の疎外など、性や人種間での不公平性は、その児童個人の学習成果や、言語、数的能力のレベルに影響を及ぼしたりするとされている。また、児童に対する教師からの期待や接し方の違いは、その多くが性や人種

による偏見に根ざすものである。

DASH では、共有される知識の基礎は、児童に、科学や技術に関する真正で共通の体験をさせることにあるとしている。それらの体験は、幼稚園における学習の初日から始まり、学校外での事象についての観察や、教室での活動に含まれている。教材・教具の自作、昆虫や爬虫類の世話、調理、石器作り、データの収集、これに関する数的な探究活動などは、DASH において児童が協同で取り組む学習活動のほんのわずかな事例である。

DASH プログラムは、特徴をもった文化圏からの児童（例えば、ポリネシアン、南東アジア系、アメリカ・インディアンなど）にも、協同的な学習活動の機会が与えられるよう、配慮している。また、大都市の過密地域に住む児童や、英語を第二外国語としたり言語能力に困難さを伴う児童にも、会話能力のスキルを習得させながら、科学知識形成の機会を与えるように配慮している。そのような場合の学習活動は、おもに表記（絵や母国語を使った表現になるかもしれない）、聞き取り、発話などが中心となるであろう。しかし、DASH のねらいはあくまでも、観察、製作、描画、グラフ作成、道具や物の使用、モデルの活用などを通じた体験の共有にあると考えている。知識形成に結びつくこれらの体験は、言語能力の習得を待つこととは無関係である。

読解、暗記、復唱、計算等を強調する点から、現象にはたらきかける学習へ、教師の意識を移行させることは、児童に対する教師の期待にも変化をもたらす。小学校教師の多くは、ハンズオン活動を基盤にした科学の授業を行ったことがない。その結果、科学が読み物的な方法によって教えられる場合よりも、ハンズオン活動の方が児童の知識習得の成果は高いということの予測が持てないのである。

DASH に取り組もうとする教師は、児童に関する多くの驚きに出会うことと思う。例えば、かなづちやのこぎりを使ってモーターを組み立てる際、男子よりも上手な女子が現れたり、発明工夫にたいへん優れた能力を示す児童が現れたりするのである。つまり、ハンズオンを活動の基底におく場合、知識やスキルの習得状況を予想する上で、人種や性などはまったく無意味な基準なのである。DASH の普及セミナーで、教師は、伝統的な科学の授業に共通する不公平性についての先入観に気づかされる。そして、探究活動におけるそれらの扱いについて、新しい方向づけがなされる。

§ 7. 教師に対するセミナーと支援

小学校教師の多くは、科学や技術を教える上での最低限の資質は備えている。しかし、学習に児童を積極的にかかわらせることについての豊富な経験をもつ教師は少ない、と我々は認識している。このような理由から、DASH ではこのプログラムになじみの薄い教師を対象にセミナーを開催し、DASH の理念や指導方法、各学年における学習内容の順序性などについて、研修が受けられるような体制をとっている。セミナーは、夏季休暇中や年度内のある時期に、1～2週

間の日程で行われるようになっていく。

Joyce and Showers (1989) や Pottenger (1977) の研究により、教師が新しいプログラムの活用に順応するには、多くの場合、3～5年の時間を要することが明らかとなっている。DASH の開発では試行と修正が繰り返され、教師が効果的に活用することを支援するための教員研修システムが確立されている。研修の形態には、テレビ会議、授業参観、個別相談や指導などが含まれる。

§ 8. 保護者の役割

児童の日常生活において保護者は最も大きな存在であることから、DASH プログラムでは、教育への保護者の関与の重要性を認識している。学校での児童の生活に対する保護者の連携した協力体制を支援するため、DASH では、保護者ミーティング、ニュースレターの発行、家庭でできる学習活動についての指導など、異なる形態により保護者の関与に配慮している。

DASH の研究は、複数の大学の共同研究者から構成される大規模研究組織（コンソーシアム）によって進められている。コンソーシアムによる研究上の利点のひとつは、研究業務上の責任を分担できることである。例えば、ルイジアナ州立大学の共同研究者は保護者のための研修セミナーを企画した。また、カーネギー・メロン大学における研究者は、保護者向けニュースレターの発行に責任をもっている。「DASH ON HOME」というニュースレターには、児童と保護者向けの発展学習が掲載されたり、教師向けには指導内容の解説などが掲載されたりする。家庭が DASH の学習を補完する場であることから、教師も定期的に保護者と接触する機会を持たなければならなくなってくる。

DASH の学習活動の多くは、家庭での実践が可能なものである。教室内での実践で重要な内容は、家庭での体験にも含まれているからである。例えば、DASH の天文学領域での学習活動には、太陽、月、星、惑星の観察・観測が含まれているが、これらは DASH のすべての学年（幼稚園から小学校第6学年）において実践されるものである。観察・観測活動を十分に行うためには夜空の観察が不可欠であるが、それは児童が家庭にいる登校前や帰宅後の夜の時間帯でのことである。また、アルコール、タバコ、薬物に関する学習の一部は、新聞記事に基づいて行われる。児童と保護者が新聞記事に目を通し、親子の対話が行われるような配慮を、教師はしなければならない。このような機会を通して、保護者は、教室内での話し合い活動の大意に気づくようになる。また、先のような関心度の高い問題について、親子間でコミュニケーションが図れるよう、新聞記事等の扱いに慣れてくるようになる。

§ 9. 管理者への指針

学校や教育行政現場における管理者に対する指針は、カーネギー・メロン大学とノーザン・ア

ラバマ大学の研究者によって作成されている。指針は、教員研修セミナーを開く際の学校長や代表者の仕事の支援、保護者への情報公開、プログラムの有用性に関する評価等について述べている。管理者対象の研修セミナーは、たいていの場合、一般教員対象の研修セミナーと同時に開催される。コンソーシアムでは、必要に応じて管理者向けの相談サービスも受け付けている。

§ 10. 地域事情への対応

あるプログラムが、あらゆる教育環境においてそのままの状態では適用可能にはならない。それゆえ、地域の実情に合わせられるような配慮が必要となってくる。例えば、地域環境への適用、学校行事等による修正、あるいは学校がおかれている特別の事情などに適応できるように、学習をオープンエンドな形式にしたり、新たな学習内容を挿入したりするのである。DASH では、地域事情への対応に関する相談体制も設けている。

§ 11. まとめ

DASH は、小学校教育に、科学、健康、技術についての学習を、コミュニティを通して実践させるプログラムである。これは、教科書を通して児童が個人で行う静的な学習とは、大きく異なるものである。今、科学や技術に関する概念や方法、知識を形成するコミュニティの設定などに真に反映される教育への移行が進みつつある。

このような大きな変化に対応するために、DASH では工学的アプローチを用いている。これは、カリキュラムの研究開発、普及などにおいて、全体の有機的な結びつきを強める上で必要な手法である。しかし、DASH の研究開発における成功の最も大きな鍵は、カリキュラム・ディベロッパーの経験的で、工学的な考え方にある。その背景には、単一理論信奉の回避、構成主義の影響による実用的な教育理論の融合、知の多様性や追体験、協同的学習、教育基準（スタンダード）に基づく教育運動からの知見の活用があり、カリキュラム研究開発グループ（CRDG）での30年以上に及ぶ研究の成果が大きく反映しているのである。

DASH の研究開発は10年以上に及び、その間、約1万人の教師が実践にかかわるようになった。また、DASH を学ぶ児童数は、全米で75万人以上にまで増加している。コンソーシアムに属する複数の大学の共同研究者とともに進められる DASH の研究開発と普及は、常に洗練されていかなければならない。カリキュラム構成と普及に対して DASH が用いるアプローチは、非常に特徴的であり、成功している手法である。この手法が、国内外のカリキュラム研究の拠点において、カリキュラムの研究開発、普及、教員研修に対するモデルとなることを期待している。

【文献】

- American Association for the Advancement of Science, 1989. Science for All Americans: A Project 2061 Report on Literacy Goals in Science, Mathematics and Technology, Washington DC: AAAS.
- Gardner, H. 1987. Frames Of Mind: The Theory of Multiple Intelligences, New York: Basic Books.
- Johnson, D.W., R.T.Johnson and E.J.Holubec. 1986. Circles Of Learning: Cooperative Teaching In The Classroom. (Rev. Ed.). Edina, MN: Interaction Book.
- Joyce, B. and B. Showers. 1983. Power in Staff Development through Research on Training, Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Kuhn, T.S. 1977. The Essential Tension, p.21. Chicago: University of Chicago Press.
- Kuhn, T.S. 1962. The Structure of Scientific Revolutions. Chicago: University of Chicago Press.
- Pottenger, F.M. III. 1977. A Science Project Director Reflects on Curriculum Development and Dissemination. Educational Perspectives, Vol.16, No.2.
- Pottenger, F.M. III, D.B. Young, C.A. Brennan, and L.M. Pottenger. 1995. Instructional Guide: Developmental Approaches in Science, Health, and Technology. Honolulu, HI: Curriculum Research and Development Group, University of Hawaii.
- Young, D.B. 1992. The Impact of DASH: A Cross-case Analysis: Grades K-3, Honolulu, HI: Curriculum Research and Development Group, University of Hawaii.

1-3-3 ノースカロライナ大学チャペルヒル校 (MSEN) の事例

小倉 康, 人見 久城

(1) ノースカロライナ大学理数系教育ネットワーク (MSEN) について

MSENは、ノースカロライナ州全体で優れた理数系教育を実施することを、州政府とともに目標としている。MSENは、教師、学校や関係者とパートナーシップを結び、ノースカロライナ大学を中心とした州内の理数系教育センター（10カ所）と、6カ所のプリ・カレッジ・サイト（大学進学準備センター）の豊富な人材、知識を生かし、目標達成に向け取り組んでいる。これについての最新の情報は、インターネット(<http://www.unc.edu/depts/msen>)から知ることができる。また、本報告書とは別に印刷された研究資料「科学教育国際セミナー」に、詳細な情報を掲載したので参照いただきたい。

さて、MSENは、大きく2つのプログラムを展開している。

1つは、教師の専門的知識・技能の向上のためのプログラムで、MSENプロフェッショナル・デベロップメント・プログラム（理数系教育ネットワーク専門養成プログラム）と呼ばれる。教師の教授法と資格のグレードアップのため、幅広い現職教育、コース、セミナー、ワークショップなどを実施するとともに、それにより最新の科学・教育界の情報やテクノロジー研究を広め、大学教授陣と科学者、数学者、企業経営者と教師との連携を図っている。

もう1つは、プリ・カレッジ・プログラム（大学進学準備プログラム）で、大学で理数系を専攻するに必要な基礎的能力を備えた中高生徒の増加に取り組んでいる。このため、援助を必要とする中高生（6学年から12学年生）に特別な養成プログラムを提供している。このプログラムは、それを実施する学校での履修科目に組み込まれ、進路指導プログラムやリーダーシップ訓練、成績指導、個人指導、コンテストの他、理数系とテクノロジー関係の実験を伴う体験学習を行っている。その他、PREP(Pre-College Research Experience)というプログラムによって、教師や生徒に研究の機会を提供している。PREPでは、夏休みの6週間、参加者の教師や生徒と指導者である研究者が、共同実験・研究を行う。

プリ・カレッジ・プログラムは、中等教育段階での正規の科学教育カリキュラムを協力にサポートするとともに、将来の理数系人材を積極的に養成するもので、わが国にはこれまで無かった領域の革新的取り組みとして注目される。そこで、これについて、次の項でより詳しく述べる。

(2) MSENプリ・カレッジ・プログラムについて

プリ・カレッジ・プログラムは、6学年から12学年までの中高生を対象として、ノースカロライナ州の6つの公立大学内に設置されたプリ・カレッジ・サイトと、プログラムに参加する中学校・高等学校にて実施される。学校での授業と大学での活動体験を通して、生徒たちが大学で

理数系を専攻する準備、及び、将来、科学や数学、テクノロジー、エンジニアリングなどの進路を歩む準備をする。プログラムの実施は、大学のスタッフと学校の理数教師、参加生徒の保護者、プログラムを支援する公共施設や企業とその職員のパートナーシップで支えられている。

プログラムは、いくつかの要素から構成されている。

まず、学校においては、毎日、理数系の実験に基づく体験学習や個人指導、進路相談などが提供される。特に、高校では、Academic Chapters of Excellence(ACE)クラブが設けられ、生徒同士で学び合うような組織化が図られている。

土曜学校（サタデイ・アカデミー）は、プリ・カレッジ・サイトで、毎週土曜日に年間を通じて提供されている体験学習で、生徒たちは、地域からスクールバスや自家用車を利用して参加している。

サマープログラムは、大学の研究者の指導を受けながら夏休みの期間に研究を進めることができるコースで、教師もそれに参加することで研修機会を提供することにもなっている。

その他、リーダーシップを養成するためのプログラムが組まれており、年度の終わりには州全体で科学・数学・テクノロジーに関するコンテストが開かれる。

保護者は、子どもがプログラムに積極的に参加するように支援するほか、ワークショップやミーティングを通じて、プリ・カレッジ・プログラムを企画し運営することに参加する。

プログラムは、州の予算と、連邦からの補助金、その他、一般の寄付金などによって運営されており、参加できる生徒の数を増やすために、絶えず新たな予算獲得のための努力がなされている。

プログラムへの参加は常時可能であるが、大学と地域の教育委員会の共同での選考過程を経ることが必要で、かつ、人数制限の無い中学校・高等学校内でのプログラム入会と、人数制限のある大学での土曜学校やサマープログラムへの入会とは、別に選考されている。MSENがもともと支援を必要とする生徒たちを対象として発展してきたことから、理数系学習への関心があって、学力的には平均か少し良い程度で、支援が無ければ経済的に困難な状況にある生徒が選考される中心となっている。

（3）プリ・カレッジ・プログラム実践校でのインタビュー

1999年10月19日に、ノースカロライナ大学数学理科教育ネットワーク（MSEN）を訪問し、代表者のジェリー・マドラーゾ教授とネットワークのメンバーからMSENについての説明をうけた後、プリ・カレッジ・プログラムを実践している中学校と高等学校に訪問し、理数教師やプログラムの参加生徒にインタビューする機会を得た。記録中のGAMSECとは、訪問した地域でのプリ・カレッジ・プログラムを実施しているプリ・カレッジ・サイトの名称である。訪問者は、小倉と人見の2名である。

以下、インタビューの内容を観点別に整理して報告する。（◇は質問の観点を意味する。）

高等学校でのインタビュー

回答者 4 人

理科教師：Brenda

最近，“National Distinguishing Science Teacher”として表彰を受けた。

数学教師：Barbara 教職経験 14 年のベテラン教師

高校生 1：Joseph 6 学年からプリカレッジプログラムに参加して、現在 12 学年。

高校生 2：Chiquita

◇MSEN プログラムは、学校の科学とどう違うか？

高校生 1

- ・ 学校では教科書の内容を幅広くカバーする。土曜教室では、分解して、拡張して、もっと興味深い実験をして、化学薬品の混合などをする。
- ・ 土曜教室は、とても興味がある。学校での科学授業を助けてくれる。通常の科学授業では見ることの範囲まで広げてくれる。
- ・ 理解を助けてくれる。

理科教師

- ・ 土曜教室を学校の授業と同じにしたくない。
- ・ 土曜教室や夏期教室は、高校生が持っているものを拡張してやること。
- ・ 補習もしない。
- ・ 自分で実験を計画し、実験を遂行させる。A から Q の内容まで扱う通常の授業では、時間の制限で経験できないことが行える。
- ・ 土曜や夏期の教室では、通常の授業で浅くしか扱われなかった事柄を深めてやることができる。
- ・ 基本的には実験に基づく。ハンズオン。ほとんど、講義はしない。
- ・ 成す事から学ぶ。
- ・ ロール・プレイング。意志決定者として。例えば、大気汚染について討議を行い、意志決定する。
- ・ 学校の授業とは異なる必要あり。エキサイティング、行動主義、常に何かを行うこと。

高校生 2

- ・ 深める学習することによってよりよい理解が得られる。実験がたくさんできる。
- ・ 学校で学んだことを拡張する機会を与えてくれる。もっとたくさんのことを与えてくれる。
- ・ 学校のイブニング・セッションに参加。
- ・ 数学教師になりたい。
- ・ 数学が好き。チャレンジしたい。私のチャレンジを人々に教えたい。
- ・ より多くの高校生が理解できるように。

数学教師

- ・ 科学を支援する
- ・ 理科教師は補習をしないが、数学的内容については、数学教師が支援する。
- ・ 高校生が何かについてもっと知りたいと思うとき、GAMSEC では、サイエンス・プロジェクトの機会が彼らに与えられる。それによって、より多くのことが学べる。
- ・ サイエンス・プロジェクトは、高校生が本当に知りたい興味ある事柄で、学校ではそれを調べる機会がなかった事柄を扱う。
- ・ 土曜・夏期の教室でサイエンス・プロジェクトを展開する。
- ・ 理科と数学は支援関係にある。理科で深める事柄やサイエンス・プロジェクトで展開する内容を、数学でも扱う。
- ・ 時には、数学で、学校の内容を扱うこともあるが、殆どは、GAMSEC 理科の学習を支援する。
- ・ 保護者が子どもを動機づける。保護者のヘルプが重要。
- ・ 保護者のワークショップ、保護者のグループが困っている高校生を助ける。

理科教師

- ・ 保護者は熱心だ。月曜～金曜の 5 日間であつた子どもを土曜教室に連れてくるには、保護者の役割が重要。
- ・ 保護者は結果を信じて、土曜、夏期の教室に連れてくる。
- ・ スクールバスは 2 台しかなく、この周辺地域しか利用できない。保護者が送り迎えするしかない。
- ・ 8 : 30 開始の 45 分以上前に家を出なければならない。それほど熱心な保護者。

高校生 1

科学も数学も好き。どんな領域でも関連してくる。

- ・ 弁護士になりたい。
- ・ GAMSEC では好きなことについて、もっとたくさんのことを学べ、深めてくれる。
- ・ 学校にも理科と数学が好きでよくできる友達はあるが、GAMSEC では、学校で学んできているレベルよりも、さらに高いところに到達できる。

高校生 2

- ・ GAMSEC で、学校の成績も上がるし、良く理解できるようになるし、視野を広げてくれる。別のレベルに連れて行ってくれる。

数学教師

- ・ 一端止めた高校生が、その良さがわかって、再び戻りたいケースが多い。

- ・学校独自のプログラムを持っており、すべての高校生に参加を薦めるようにしている。
- ・保護者が含まれるように、学校と保護者との合意を形成する。
- ・保護者、高校生、学校、コミュニティ、大学の関係者すべての貢献を求める。
- ・素晴らしい人を仲間に入れる。

理科教師

・学校は決まり切ったこと。拡張すること。楽しめること。関連のあること。若者、市民、成人として高校生に関連づけること。参加したくなるようなこと。土曜や夏期にも参加したくなるようなこと。関連させるとともに楽しく、興味づけ、傾倒を重視する。旅行をする。ワークショップをする。通常からの拡張。参加者はとても楽しむ。

◇MSENネットワークでもっとも興味深いことは何か。

高校生 1

- ・他校の高校生の友達ができる。

全員

- ・参加者のネットワーキングづくりが重要。

高校生 1

・GAMSECで気付かなかったこと、知らなかったことに気付かせてくれることが、最も興味あること。いつもそんな驚きがある。ハンズオンも楽しい。

高校生 2

- ・学校で学んだ以上のことが学べるのが興味深い。
- ・フィールドトリップが興味深い。いろいろな場所に行ける。現実の科学・数学が仕事の場でどう含まれているかを見ることができる。

数学教師

・高校生を楽しんでいる。いろいろな学校から来る高校生と共に行うことを楽しんでいる。学校の授業にはない自由を楽しんでいる。自分自身が成長できることを楽しんでいる。ワークショップや会議に参加することも楽しんでいる。

理科教師

- ・創造できることを楽しんでいる。普通環境ではできないことができる自由。
- ・自分のアイデアが試せる自由を楽しんでいる。
- ・高校生たちは普通の水準にもかかわらず、責任感を持って参加し、それを誇りに思い、学びたがり、よく学んでいる。

中学校でのインタビュー

回答者 5 人

中学生 1 : JASMAN

中学生 2 : DEMETRIOUS

中学生 3 : TCIAN

中学生 4 : ANTNATTA

中学生 5 : TIMOTHY

◇MSENネットワークに参加して何が変化したか。

中学生 1

・ ナイスプログラム, 多くのことを学べる。今では, より進んだ事柄が好きになった。土曜教室やイブニング・セッションに参加する。

中学生 2

・ 早くに目を覚まして出発しなければならないので, 最初の頃はあまり来たくなかった。
・ 学校と違って, どうやったら, もっと易しくできるかとか, もっと速くできるかとか, 学校でやっていることよりも進んだ学習ができる。
・ 昨年よりも, 成績も上がった。数学と理科がとても好きになった。

中学生 3

・ 昨年は, 理科と数学に退屈していた。GAMSEC に参加して以来, 多くのことを学んで, それが楽しくなり, 成績も上がった。
・ 数学が一番好きな教科で, 将来それを含む職業に就きたい。
・ 代数が少し苦手だけど, GAMSEC で学んで, 今は克服した。

中学生 4

・ 2年間, GAMSEC に参加してきた。
・ 8 学年で代数ができるように準備できた。
・ 理科では多くの実験があって楽しくなるような教育をしてくれる。
・ 理科と数学の成績がよい。好きな教科。
・ 実験が好き。グループで活動するのが好き。

中学生 5

・ GAMSEC は 1 年目だけど, とてもいいプログラム。
・ より易しいやり方と難しいやり方のどっちがいいかを教えてくれる。
・ 理科が好き。自分で探究できる。コンピュータを使って調べる。
・ 理科は, 実験, ハンズオンプロジェクトがあるから, 数学よりも易しい。

◇MSENネットワークでもっとも興味深かった経験は何か。

中学生 1

- ・土曜教室での実験がもっとも興味深い。より進んだことや優れた人を知る。例：薬品を混合して物質を作る。

中学生 2

- ・ 大学の日。研究室を見て回る。研究者から大学研究の面白いところや、どのようなプログラムがあるかを教えてくれる。
- ・ 理科実験にもっとも興味がある。水をテストして pH を測るなど。昨年、水の処理場にも行った。
- ・ Ph.D を取りたい。

中学生 3

- ・ 先週、薬品で飲料水をテストした。とても楽しかった。
- ・ 数学が最も好きだけだけど、理科実験にとっても興味がある。水の純度が測れる。

中学生 4

- ・ GAMSEC は、学習が優れているだけでなく、別の場所の学校の中学生と知り合える。
- ・ 水のテストは面白かった。
- ・ 数学は傾きの学習が面白かった。

中学生 5

- ・ 夏期の土曜教室で、テクノロジーの学習があって、コンピュータを使った活動。
- ・ 水のテストは面白かったが、テストだけでなく、異なった色を作れることも面白かった。

(4) インタビュー結果の考察

本インタビューによって、MSEN のプリ・カレッジ・プログラムに直接参加している生徒たちと教師たちが、プログラムに対してどのような思いを抱いているかの事例を知ることができた。インタビューを行うことのできたわずか 2 名の教師と 7 名の中高生徒による情報から一般化することはできないが、多少の主観的解釈を含め、これらの事例から推測できる事柄について以下に考察を行う。

・教師側の強調点について

インタビューした理科と数学の高校教師は、ともに、正規の理数のカリキュラムでは学習指導を発展させるための自由度に乏しいことを問題と捉え、MSEN のプログラムによって、より発

展的な（拡張的な）学習を展開することに強い意義を見出していた。

とりわけ理科教師は、正規の理科カリキュラムの補習ではなく、実験的探究を軸として、生徒の探究意欲を助長し、科学の楽しさと身近さが伝わるような指導を重視している。

数学教師は、主に理科で行われるさまざまな科学的プロジェクトと関連した数学的問題を扱うことによって、より支援者としての、あるいはツール（道具）としての数学の理解と適用を重視している。

教師たちは、参加する生徒自らが、もっと知りたいという自発的な学習意欲を育てることをとても重視していることがよくわかる。

・生徒の評価

参加生徒は、一様にプログラムに対して高い評価を行っていた。

2名の高校生たちは、理科や数学がとても好きで、プログラムの中で高い水準の学習ができたことを高く評価している。実験的探究を中心としたプログラム内容が彼らの興味を大きく導いていることがわかる。ただし、実験だけではなく、プログラムへの参加によって、理科や数学がより理解できるようになったことも彼らの評価に大きく貢献している。さらに、プログラムへの参加によって、他校の生徒と友達になったり、科学や数学が現実世界でどのように使われているかについて職場見学できるなど、さまざまな体験学習も高く評価されている。こうした体験を通じて、彼らの学習は、将来の就職を見据えた目的的な活動として内発的な意欲に支えられている。

5名の中学生たちも、プログラムへの参加によって、理科や数学がより好きになり、成績も向上したことが報告されている。彼らの内には、参加する前には理科や数学が退屈で、あまり好きでなかった者もいたが、そうした生徒にとっても、このプログラムがとても有効であることがわかる。この段階の生徒たちは、面白い実験が体験できることを大きな喜びにしている、薬品を使った水のテストを多く紹介している。実生活にも結びつくこうした教材が、生徒の興味関心を高め、より好ましい学習態度の形成へと貢献するものと考えられる。中学生の内から、この領域での博士号(Ph.D)取得を目指していたり、理数と関連した職業に就きたいなど、将来を見つめたより目的的な学習態度が形成されつつあることがわかる。

・その他

このプログラムが成功するために、保護者の関わりがとても重要な要素となっていることがわかる。自らの子どもだけでなく、プログラム全体の成功へ向けての献身的な関わりが存在している。関係者によれば、保護者は、プログラム実施のための資金集めにも協力している。

こうして、学校と地域、大学とが一体となって、子どもたちが将来、科学と数学の領域で活躍する可能性を積極的に高める取り組みについて知ることができた。その実効性については、別途、提供されたプログラムの年次報告では、高校修了までプログラムに参加したほぼ全員の生徒が、大学に進学し、その内の多くが修士号や博士号まで視野に入れた進学意識を示していることが紹介されているように、極めて高い成功を達成していると言える。

2章

英国における科学教育課程の改革，開発，実施について

2-1 英国の科学教育課程制度

出典： “National Contexts for Mathematics and Science Education : An Encyclopedia of the Education Systems Participating in TIMSS” (Pacific Educational Press, Canada, 1997)のイングランドについての記述部分の翻訳（執筆者：Claudia J, Davis, National Foundation for Educational Research）

猿田 祐嗣

(1) 国の概要

イングランド（英国）はウェールズ、スコットランド、北アイルランドとともに連合王国の一部をなし、ヨーロッパ本土の北西岸から40kmも離れていない。連合王国の東にはベルギー、フランス、オランダが隣接し、西にはアイルランド共和国が隣接している。

イングランドの面積は13万423平方キロメートルと島嶼部にある関係で極めて狭く、1993年には人口密度が372人/平方キロメートルと、ヨーロッパで最も過密が進んでいる。人口が最も集中しているのはイングランドの南東部で、東アングリアは人口密度が最も低い。1991年のイングランドの人口は4820万8000人で、全人口の20%が16歳未満の子どもである。

イングランドの公用語は英語である。イングランドの人口のほとんど（94%）は白人（コーカサス人）であり、少数民族としての主な出身地はインド、アフリカ、カリブ諸国である。

イングランドは女王を国家元首として戴く立憲君主国の一員である。政府は議会、行政府あるいは内閣、そして司法府からなっている。立法府である議会は、君主、上院、下院から構成されている。議会の仕事の大部分は、国会議員あるいはMPとして知られている659名の選挙で選ばれた議員から成る下院において為されている。

ユネスコによると、イングランドの経済は高所得と位置づけられ、1993年における連合王国の国民一人当たりの国内総生産GDPは14,058米ドルである。また、1993年の国民一人当たりの国民総生産GNPは14,923米ドルであり、1980年から1991年にかけての経済成長率は年平均3%である。OECDによると、高所得の国々の中でも最も高いグループに属している。1993～94年の教育に対する支出は、国家支出の16%で、これは連合王国のGDPの5%に相当する。イングランドの識字率は約99%である。

(2) 教育制度

1) 教育政策と意志決定

1944年の教育法（The Education Act）およびその後の改正は、イングランドにおけるすべての学校および大学を管理する基礎を与えている。教育法は、三つの異なる段階、すなわち初等、中等、そして高等教育へと分かれる制度上の教育システムが連続的に発展しなければならないことを謳っている。教育改革法（1988, The Education Reform Act）では、イングランドにおけるナショナル・カリキュラム（national curriculum）およびナショナル・カリキュラム・アセスメント（national curriculum assessment）が制定された。

中央政府は、教育サービスについて漏れなく規定したり、国家的政策を決定したり、そして全体としてのシステムの方向性を計画したりする権威と義務を有している。教育雇用大臣は首相により任命され、議会に対して公教育システムおよび雇用の方向性を与えたり制御する事項について報告する義務を負っている。教育雇用大臣によって建議され、議会によって承認される一連の教育法および法的手段あるいは法令は、イングランドの教育法令の基礎を形成している。地方レベルでは、地方自治体の教育局（local education authority）および学校管理会（school's governing body）が高等教育機関と連携して政策を履行する。

学校管理が地方へと移っていくにつれて、現在では、1988年に制定された教育改革法の施行や学校行政機能や学校統括機能のほとんどは地方機関が受け持つようになっている。イングランドのすべての公立学校（state school）は、地方自治体の教育局、地域社会、保護者、そして学校の教員から選ばれた代表からなる学校管理会を持たなければならない。学校管理会に課せられた事項は、予算を分配し、学校が進むべき方向性やナショナル・カリキュラムで定められた必修単位に基づいて自校のカリキュラムを決定することである。実際は、これらの権限の多くは学校の内部組織や運営に責任を持つ校長（head teacher）に委任される。教務主任はたいていの場合、カリキュラム編成や指導法、指導助言など特定の自校をベテランの教員に任せている。

4年毎に実施される学校の監査制度は1992年の教育（学校）法で定められた。非政府団体（non-statutory body）である学校カリキュラム評価局（School Curriculum Assessment Authority）はナショナル・カリキュラムの履行と評価を監視する責務を負っている。教育標準庁（The Office for Standards in Education）は学校観察プログラムの運営に関する責務を担っている。

2) 教育制度および就学率

教育制度

図1（略）は教育制度の構造とおおよその就学率を示している。イングランドの義務教育は5歳から16歳までである。子どもたちはたいていの場合、5歳の誕生日を迎えた後の新学期から学校に通い始める。しかしながら、学校によっては入学後に5歳を迎える4歳のうちに入学を認めている。

イングランドの多くの学校は、国の組織の一部である。1993年1月時点で学齢児童・生徒の約93%が通うこれらの公立学校の財源は中央政府の予算で運営されているが、管理は地方自治体に任されている。保護者は自分たちの子どもをどの公立学校に通わせるかに関して希望校を表明する権利を持っている。しかしながら、認可されている私立学校の多くもまた公的財源で運営されている。これらの私立学校は初等・中等のいずれの学校段階にも存在し、インデペンデント・スクール（independent school）として知られている。いくつかの伝統ある寄宿制の中等私立学校はパブリック・スクール（public school）として有名である。

イングランドでは、5歳以下の幼児に対する幼稚園教育は任意である。1944年の教育法は初等教育を5歳から11歳までの子どもに対する教育と定義した。1988年の教育改革法はさらに、この初等教育の段階を二つのキー・ステージ（key stage）に分割した。キー・ステージ1は5歳から7歳までの児童を対象とし、キー・ステージ2は7歳から11歳までの児童を対象として

いる。中等教育は11歳から18歳までの生徒の教育をにない、11歳から14歳までの生徒を対象とするキー・ステージ3、14歳から16歳までの生徒を対象とするキー・ステージ4を含んでいる。義務教育後の教育は職業補修教育（further education）機関でも担当する。中等教育の最初の5年間は義務教育機関に相当するが、それ以後の就学は任意である。

算数・数学および理科の履修状況

算数・数学および理科は第11学年まで必修コースとなっている。高等学校（high school）の最後の2年間における数学の履修率は男子で約9%、女子で約4%に下がる一方、理科の履修率は男子で23%、女子で16%である。

3) 教育制度における学校

学年

1981年に、教育（学校および職業補習教育）規則（Education（Schools and Further Education）Regulation）によると、イングランドのすべての公立学校は、半日を1日として換算すると年間最低380日（記者注：190日のことか）授業を行うよう義務づけられ始めている。県立学校（county school）の学期の通学日数は、地方の教育当局が定めている。寄付運営学校（voluntary-aided school）および特別認可学校（special agreement school）における学期の通学日数は、地方の教育当局との協議に基づいて学校管理会が定めている。補助金運営学校（grant-maintained school）の場合は、学校管理会が決定を下している。

1学年は、7月から8月にかけての約6週間の長い夏休みとクリスマスおよび復活祭前後の2、3週間の短い休みを区切りとした3学期に分かれている。1週間は月曜日から金曜日までで授業がある日はだいたい6時間（校時）である。

学級人数

初等学校の平均的な学級人数は1995年1月当時で27人である。中等学校では、約27人であるが、上級学年では一般的にさらに人数は少なくなる。

能力別クラス編成

学校内での能力別クラス編成（streaming）は正式な政策に基づくものではなく、ほとんどの学校では能力別クラス編成を行っていない。一般的に、初等学校の学級にはさまざまな能力を持つ児童が混在する。算数や理科は義務教育段階の年齢の児童・生徒すべてに対するカリキュラムの一部を成している。能力別クラス編成は中等学校段階の数学の授業ではきわめて一般的に行われているが、理科は数学ほど行われていない。

4) 数学教師および理科教師の資格

イングランドの教師は二つの方法で資格を得ている。すなわち、4年間の学士の学位を修めるか、または3年間、他の学問分野で単位を修めた後1年間の学習を経て大学卒業後に教員としての資格を得るかである。前者のコースは、カリキュラム、教授学、教育法、教育実習、専修教科の大

学レベルの授業，そして初等学校あるいは中等学校での専修教科の教育法が含まれる。大学卒業後に認定される資格は，カリキュラム，教授学，教育法，教育技術，そして既に修めた専門分野の知識の学校現場への応用が重視される。初等学校教員養成コースの卒業要件には，最低 25 週間の学校での教育実習が含まれる。同様に，中等学校教員養成コースにも最低 32 週間の教育実習が含まれる。初等学校教員を目指す学生のための大学卒業後認定資格コースには最低 15 週間，中等学校教員志望学生には最低 32 時間の教育実習が必修とされている。

2 年間のサイクルで行われる公式評価計画 (scheme of formal appraisal) は現在，すべての教師に導入されつつある。経験を積んだ教師が教科主任，学年主任，ゆくゆくは教頭 (deputy head teacher) あるいは校長 (head teacher) の地位を求めて志願する。教員の資格，経験，実行能力は，新しい地位を求める際に考慮される。適切な専門性の進歩と現職教育プログラムや教員研修への参加が昇進を確実なものにするのである。

5) 教師の地位

初等学校の教師の 80% 以上が女性であるが，中等学校の教師はほぼ男女同数である。常勤教師の平均年齢は 1992 年当時，イングランドでは 40～49 歳代である。教師の給料は年間 17,357 米ドルから 46,985 米ドルの範囲にある。大部分の教師の給料は 28,971 米ドルから 38,129 米ドルの範囲に収まっている。

(3) 科学のカリキュラムと教授法

1) 科学カリキュラムの目標

イングランドにおける理科の意図されたカリキュラム (intended curriculum) は The National Curriculum (1995) 1) の中に記載されている。この出版物は教育省 (Department of Education) から刊行され，教師に対して目的，内容，教授法，そして評価法について勧告を与えている。理科のカリキュラムはすべての公立学校に強制され，インデペンデント・スクールの大部分もまたこれに従って教育を行っている。

数学のナショナル・カリキュラムと同様，内容は教授法に関係してほど強制的なものではない。教師は示された提案を選んだり，広範囲にわたる素材から材料を寄せ集めたり，ある特定の学級や生徒の学習に必要なものを調達したりするよう求められる。

法的な枠組み内でのカリキュラムの編成は校長の責任事項である。数学と同様，学校は理科の学習プログラムを指導するために何時間使うか，どのように理科を時間割に組むか，最も適切な教授法や教材は何かなどを決定する。

数学のナショナル・カリキュラム同様，学習プログラムは領域ごとに設定される。表 4 では，四つの領域がすべてのキー・ステージに適用される。

上記の理科の領域に加えて，四つのキー・ステージすべてに対し，レベルに応じて五つの必要条件が課せられる。それは次の五つである。すなわち，秩序だった探求，日常生活における理科，科学的思考の本質，コミュニケーション，健康と安全である。これらの条件は，適切なキー・ステージで指導される他の内容の文脈においても適用される。

表 キー・ステージごとの理科プログラム

学習プログラム	児童・生徒への指導内容
実験・探求理科	(1)実験活動の計画 (2)証拠（資料）の入手 (3)証拠の吟味
生命プロセスと生物	(1)生命プロセス (2)有機体としての人間 (3)有機体としての緑色植物 (4)変異体と分類 (5)環境における生物
物質とその性質	(1)物質の仲間分けと分類 (2)物質の変化 (3)混合物の分離
物理的プロセス	(1)電気 (2)力と運動 (3)光と音 (4)地球と宇宙

2) 科学カリキュラムの主要な改革

1989年、理科のナショナル・カリキュラムが初等学校の2学年および中等学校の1学年に導入され、引き続き翌年から他の学年にも導入された（学校の負担が軽減されるよう、すべての児童・生徒に対する内容が変わるまでに数年が費やされた）。しかしながら、いくつかの学校では簡単に一度にすべて変更することができた。

最初の理科のナショナル・カリキュラム（1989年）では、中等学校レベルでは17個、初等学校レベルでは14個の達成目標があった。理科のナショナル・カリキュラムは1991年に改訂され、達成目標を4個に減らし、物理、化学、生物の違いをより明確にした。1993年のDearing Reviewに続いて、改訂された理科の規則が施行され、そこでは他の変更点とともに、すべてのキー・ステージの限定された内容を減らし、いくつかの内容を初等学校から中等学校へと移動した。すべてのキー・ステージにおける実験や探求に関わる学習プログラムは、より広範囲にわたる実験活動や探求活動を反映するよう、また量的な活動を際立たせるように大幅に改訂された。16歳時点での公式評価（formal assessment）において、理科のコースに関して言えば、三つの異なる選択肢が存在する。すなわち、低い能力の生徒に与えられるsingle awardコース、中間の段階の生徒に与えられるdouble awardコース、そしてより高い能力を有する生徒に与えられる分科理科コースの三つである。Dearing Reviewに引き続き、分科した理科の学習プログラムに含まれる教材が減らされた。

3) 科学カリキュラムの現状と課題

現在の関心事は次の事柄である。

- ・イングランドの多くの初等学校では、教師がすべての教科を教えているが、仲間の教師に特定の教科について助言を与えることを職務とする教科主任 (subject coordinator) から、ある教科では援助を受けている。初等学校におけるより専門的な理科の指導の必要性が、現在、全国的に議論されているところである。
- ・伝統的に、初等学校における理科の指導は、カリキュラムのいくつかの内容、たとえば水、交通、物質といったテーマを追求するトピックあるいはテーマにもとづく活動を伴ってきた。最近、カリキュラム内容は、すべてを包含するトピックからなる構造よりも、ある特定の科目として指導する方がより効果的であるとの指摘がなされるようになってきている。この議論では、初等学校の上級学年である第6、7学年で最も有効とされている。
- ・科学的探求スキルを育成するため (達成目標1) に費やされる時間と、科学的な知識や理解 (達成目標2~4) に費やされる時間とを釣り合わせる必要性。最近では、初等学校での達成目標1に費やす時間は50%、中等学校では25%である。
- ・初等学校と中等学校での理科の授業で増加している内容は、環境、資源、保護に関する特に話題性のある事項である。

理科の教科書

初等学校レベルでは、理科の教科書はふつう用いられておらず、教師が計画するテーマ活動にすべてが統合される複写物やカード、ワークシートなどの教材が一般的である。これらは、児童にとって興味を引くカラフルな材料を多用した書物に付属した教材である。しかしながら中等学校レベルでは、少数の教科書が多くの生徒に広く使われている。どのレベルの教科書もその内容は日常生活の場面と関連づけられる傾向が強くなっている。

初等学校レベルで一般に行われているのは、教師がいくつかの異なる授業案から素材を選ぶことで、学級の児童が行っているその他の活動に合わせるよう授業を計画することである。反対に中等学校レベルの理科授業は、生徒がキー・ステージを通して特定の内容に固執する傾向があると同時に、教科書の中に現れる事柄に強い制約を受ける。たとえば、キー・ステージ4では、生徒はGCSE (General Certificate of Secondary Education) を受験するために必要なコース条件と密接に関連した内容を一つ選ぶようになってきている。教科書および中等学校の生徒が選ぶ内容は、能力の低い生徒を支援する教材やより高い能力を持つ生徒を伸ばすトピックによって、生徒の能力をますます向上させる。教科書を使うかどうかは学校の自由裁量に任せられているが、助言者の指導や推薦を受けている。

理科教師の中心的な専門学会である理科教育協会 (Association for Science Education) は教師のための教材を幅広く用意している。これらの教材は、実際の探求活動に関わるもので、科学や技術が日常生活と関連していることを強調する素材を含むものである。

教授法

強く強調されるのは、初等学校および中等学校ともにどの年齢段階でも具体的な活動である。初等学校における実際の理科の授業では、児童に身近な日常の素材や道具が用いられる。反対に、

すべての中等学校は理科実験室が備わり、そこでは生徒がブンゼン・バーナー、酸・アルカリ、その他の特殊な理科の器具を用いる。

初等学校および中等学校の教師は、自分の受け持ちの学級には様々な能力の生徒に対処する努力を積み重ねてきた。それは、さらに高度な活動を要求している生徒に対応したり、能力の低い児童・生徒を支援することを意味している。これらの対応は、理科では数学でのように生徒を能力別に分けてクラス編成をしていないために、必要となっている。

初等学校では、理科を含むクロス・カリキュラムのトピックが、学期の半分またはほぼ学期を通して、余分な時間数、指導されている。中等学校では、理科の分科科目は多くの場合、各学年のカリキュラムを、ある特定の領域に焦点を当てた「モジュール」に分けて行われる。これらのモジュールはたいてい4週間から6週間続き、生徒をいくつかのグループに分けてローテーションを組んで指導することが多い。異なる教師が異なるモジュールを教える。たとえば、化学の教師は化学に関するモジュールを教え、物理や生物のモジュールもそれぞれ専門の教師によって教えられることが多い。

初等学校の児童は、自分たちが行った活動をレポートに書くよりも、口頭で発表させられることがある。中等学校では、口頭での発表が少なくなり、たいていレポートを書く。

教師は理科において情報技術を利用するよう求められ、1989年の理科カリキュラムの達成目標の一つは理科におけるコンピュータの利用に関するものであった。コンピュータは学校で広く利用され、生徒もコンピュータに慣れ親しみ、アプリケーション・ソフトにもなじんでいる。理科の指導においてコンピュータを使用する方法はクラスによっても学校によっても異なる。教師は理科の指導に情報技術の利用を含めるよう奨励されるが、実際はそれほど普及していない。教育標準庁の最近の報告によると、理科において生徒の学習支援のために情報技術をよく利用している学校はきわめて少ない。この理由は明らかでないが、理科の授業に使えるハードウェアやソフトウェアが不足していることが考えられる。

(4) 評価の方針と実施

イングランドにおいて1980年以降通過した多くの法律は、学校委員会や地方の教育当局に対して個々の教育機関やそれに属する生徒の成績についての情報を保護者などに与えるよう義務づけるものであった。この情報はナショナル・カリキュラム・アセスメントおよび公的試験の結果に基づいている。

新しいカリキュラムに対する評価計画は、政府に任命された評価と試験に関する作業部会 (the task group on assessment and testing) により1987年に提案された。変更は1988年から1993年にかけて学校試験および評価評議会 (the school examination and assessment council) によって施行・監督され、1993年には学校カリキュラム・評価局 (the school curriculum and assessment authority) に移管された。目的は、形成的、累積的、数量的、説明的であり、かつ教師の教職能力を進歩発展させるような評価システムを導入することであった。この目標を達成するために、評価と試験に関する作業部会は革新的な評価システムを提案した。達成目標は5歳から16歳までのすべての年齢をカバーする10個のレベルの連続的なスケールで測定される。児童・生徒は評価基準に定められたことを行うことである特定のレベルを獲得する、しかし、伝

統的である年齢を比べるための順序づけは行わない。

評価システムは、二つの系統に分けられる。すなわち、教師によって継続的に行われる評価と外部で作成された評価のための課題や試験である。生徒の評価記録は、7歳、11歳、14歳、16歳時に行われるナショナル・カリキュラムの評価基準に基づいた外部評価を必要とする。各年齢時における外部評価は、それぞれ2年間、3年間、あるいは4年間の教育期間行われるキー・ステージの最終段階で実施される。

算数・数学および理科はカリキュラムにおける三つの主要教科 (core subject) のうちの二つであり、三つ目は英語が相当する。キー・ステージ1, 2, 3では、主要教科の生成績レベルを二つの方法で評価する。すなわち、カリキュラムと評価を担当する政府機関や学校カリキュラム・評価局によって準備された試験と、担任教師が行う個々の生徒についての評価である。キー・ステージ4の終わりには、生徒は五つある試験委員会の一つが準備する GCSE 試験の多くのコースを取らなければならない。これらの試験の性格と内容は学校カリキュラム・評価局によって監督されている。改訂されたナショナル・カリキュラムに対応した新しい GCSE の教授要目は1996年に導入される予定である。

国家職業資格委員会 NCVQ (National Council for Vocational Qualification) は試験機関としての業務を司っていないが、既存の資格授与機構 (awarding body) を監視したり、それらの機構が授与する資格が NCVQ によって作成された基準に合致しているか確かめるために1986年に設立された。NCVQ が認定する試験は、国家職業資格 NVQ (National Vocational Qualification) あるいは一般国家職業資格 GNVQ (General National Vocational Qualification) と呼ばれている。一般資格は全日制教育を受けている16歳から18歳の生徒に主に関係し、彼らの評判に支えられて特定の職業というよりも広範囲にわたる職業において用いられるようになり、全国的に統一した形で用いられている。この一般資格は1993年の9月に導入され、将来は国家職業資格である GCE の A レベルや AS レベル、そして GCSE コースとその資格とともに統合される見込みである。

評価基準およびその遂行に関する今日的課題は数多い。

- ・ GCSE および GCE の A レベル、AS レベルの評価基準は、過去10ないし20年間に衰退している。1995年の秋に、政府は探求活動を比較可能な基準として設定し、1995年末にはその報告を行うことになっている。

- ・ 評価には時間がかかりすぎる。教師による生徒の評価はすべての教科で継続的に行われ、公式の外部評価はキー・ステージの最後に行われる。

- ・ カリキュラムは、継続的に行われる評価と公式に行われる外部評価に必要な条件に大きく左右される。ある人は、教師が事前に熱心に指導することによって、生徒は幅広くバランスのとれたカリキュラムを学習することで試験の成績が良くなることを危惧している。

- ・ キー・ステージ1, 2, 3における総当たり表 (league table) を用いる計画は今のところないが、システムが十分安定すれば、キー・ステージ2で導入される予定である。

2-2 平成10年度インタビュー調査の結果

人見久城, 猿田祐嗣

(1) 英国における聞き取り調査の訪問先

英国における聞き取り調査は、渡英が夏のバカンス時期と重なったため、研究者との日程調整がうまくいかず、次に挙げる2か所にとどまった。

- ・ロンドン大学キングス・カレッジ (King's College London, University of London)
- ・国立教育研究財団 (National Foundation for Educational Research)

しかしながら、大英博物館や自然史博物館をはじめ、教育活動において利用価値の高い学校外の施設を見学できたことは、初めて渡英する筆者らにとって貴重な生の資料を得ることができた。また、大学の研究者と政府の研究機関に所属する研究者という異なる立場からのカリキュラムに関する意見を聴取できたことは意義深い。

(2) ロンドン大学キングス・カレッジでの調査

- 1) 訪問先: ロンドン大学キングス・カレッジ School of Education, King's College
London, University of London
(Cornwall House, Waterloo Road, London SE1 8WA U.K.)
- 2) 訪問日: 1998年(平成10年)8月18日
- 3) インタビューにおける対応者:
Mr. Justin Dillon (ロンドン大学キングス・カレッジ講師)
- 4) 質問者: 猿田祐嗣
人見久城
- 5) 調査内容: 「イングランドにおけるナショナル・カリキュラム制定とカリキュラム研究について」

この調査内容について、ナショナル・カリキュラム制定までの経緯や、科学領域における学習内容に関する情報(変更点など)に大まかに分けて、インタビューを行った。また、回答者(Justin Dillon氏)が教員養成に実際にかかわっている研究者であることから、イングランドにおける教員養成の実態についてもインタビューを行うことにした。

6) インタビューの記録 (Q は質問者からの質問を表す)

Q ナショナル・カリキュラムの根拠 (rationale) は何か。

Justin Dillon (以下 D) : 「ナショナル・カリキュラムに特別の意義はない (There is no aims for the National Curriculum.) 」と主張する人が多くいる。ナショナル・カリキュラムを手に入ると、そこに意義 (aims) や目標 (objectives) の項目がないことに気づくだろう。今、政府が進めていることは、ナショナル・カリキュラムの改訂作業だが、その中には、ナショナル・カリキュラム自体の意義を盛り込むことも含まれているだろう。

あえてナショナル・カリキュラムの意義を挙げるとすれば、以下のような点になるだろう。

- ①誰もが科学を学べるようになった。男子生徒は物理を学び、女子生徒は生物を学ぶということではない。
- ②科学を必修にすることで、誰もが16歳までに、科学の基礎知識を習得する機会が保証される。
- ③国全体における科学の教育内容が同一になるので、家族の移動 (引っ越し) や転校の際に困ることがない。
- ④「教師は何を教えるのか」という問いに対するひとつの指針となる。従前は、試験における出題範囲が、それ (教師は何を教えるのか) を規定していた。ナショナル・カリキュラムにより、7, 11, 14, 16 歳において、学習内容の定着度 (到達度) が、国レベルで評価されるようになった。試験実施の目的は、個々の学校間の差を比較しやすいようにするためである。

Q ナショナル・カリキュラム導入までの経緯を簡潔に教えていただきたい。

D : 1970 年代まで、教育は統制されてきた。その後、各種の教育問題が盛んに議論され、1980 年代以降、サッチャー (かつては教育相) が首相になり、教育改革に乗り出した。1988 年、教育改革法案 (Education Reform Act) が作られ、それがナショナル・カリキュラム作成の契機となった。その後、メイジャー首相時代に、ナショナル・カリキュラムの内容が具体化していく。

ナショナル・カリキュラムは、ナショナル・カリキュラム審議会 (National Curriculum Council) によって作られた。この構成メンバーは、政府内の教育政策担当者 (Policy Maker) , 教育研究者 (Academic Person) , 産業界代表者 (Industrial) , 公立・私立学校代表者からなる。審議内容に世論が反映されるよう、配慮されている。ナショナル・カリキュラムの具体的内容の選定や改訂は、各教科部会が担当する。

Q ナショナル・カリキュラムの導入で、科学の学習内容における変更点にはどのようなものが

あるか。

D：科学のナショナル・カリキュラムは、現在までに5～6回改訂されていると思う。当初、22のトピックがあったが、21→18→17（1991年版）と減らされてきた。最終的には、4領域に統合され、それらの名称も一新された。かつての物理、化学、生物、実験・実習は、次のように呼ばれるようになった。

従来	現在
物理 (Physics)	→ フィジカル・プロセス (Physical Processes)
化学 (Chemistry)	→ 物質とその特性 (Materials and their Properties)
生物 (Biology)	→ 生命のプロセスと生物 (Life Processes and Living Things)
実験・実習 (Practical Work)	→ 探究活動 (Experimental and Investigative Science)

ナショナル・カリキュラム導入後の最も大きな変更点のひとつは、「探究活動」の実施であろう。従来の実験・実習では、教師の設定した手順にしたがって、生徒全員が同じ実験観察を行ってきた。しかし、新しい探究活動では、生徒自らが実験内容を検討し、実施し、プレゼンテーションまでするようになっている。

例えば、「ここに何種類かの紙がある。このうち最も上質な紙はどれかを見出そう」という課題などがその事例として挙げられる。この場合、生徒は、

- ①課題を具体化させる（「上質」の定義は何だろうか？）
- ②実験を設計する（実験によって確かめるには、どうすればいいか？）
- ③実験を行い、データを集める
- ④結果をもとに、結論を導き出す

という手順にしたがって、課題を解決するようになる。このような活動を行うのが、探究活動である。優れた教師は、このような活動を従来から行ってきたが、ナショナル・カリキュラムの施行によって、すべての教師が探究活動を行うようになった。

しかし、探究活動にも実施上の問題点はある。それは、次のようなことである。すなわち、探究活動は、特定の分野の学習となじみやすいかどうかという問題である。さらに言えば、物理分野や化学分野の学習には向いているという見方がある。それは、変数や物の性質などのように、比較の対象となりうる物理・化学的な側面を見つけやすいからである。つまり、生物分野の学習には向いていないという意見である。生物教師は、探究活動は生物の学習とは程遠い、と言う。人間は、自然界におけるさまざまな振る舞いを記述したり、パターンを見つけたりする。自然環境の中での変化の要因を人間が変えたりはできないとする見方が背景にある。ナショナル・カリ

キュラム作成関係者は、このような意見をふまえて、探究活動に関する解釈基準を拡大するように変更し、現在では、生物教師も探究活動を行うようになってきた。

Q キングス・カレッジにおける教員養成は、どのようなものか。

D：英国には、中等教育学校教員を養成する機関が100以上はある。キングス・カレッジもそのひとつである。キングス・カレッジでは、毎年250名の学生を中等教育学校教員として養成している。科学の教員養成枠は、そのうちの約70名である。

10年ほど前は、教員養成に関する政府のカリキュラム要綱はなかったが、その後作られるようになった。それによると、1998年度の場合、私の受け持つコース（通年）の例では、「授業時間の1/3（33％）は大学で学び、2/3（66％）は学校現場で学ぶ」というようになっている。つまり、このコースの年間授業36回（＝約8ヶ月間に及ぶ）のうち、12回を大学の授業で学び、24回を他で過ごすことになる。実践的に学ぶ機会を多く取り入れるようになっている。

Q 現職教育の実施形態には、どのようなものがあるか。

D：形態は、地方教育局（Local Authority）や学校により様々である。ロンドンの学校の例でも、1日研修（one-day course）、数日研修（few-days course）、1～2年に1度実施される長期研修（long-term training）などがある。これは、学期の初めや終わりに位置付けられ、授業のない5日間に、その学校での教育全般にわたる課題が議論されたりする。

Q 現職教育と教員の資質向上には、どのような工夫が見られるか。

D：政府組織であるが、教員研修機構（Teacher Training Agency）がある。そこでは、資質向上の指針とするための基準を設定している。それらの基準は、新規採用教員レベル、教科主任レベル、教務主任レベルに分けられ、そのレベルにおける教師が身に付けるべき資質や適性を項目として列挙している。これは、教員の資質向上をめざして、政府が簡潔に提案したひとつのモデルである。これに対し、それらの資質を獲得しさえすればよいのかという批判の声もある。

Q 現職教育に、大学の教員はどのように関わっているのか。

D：我々是一日で終わる研修を好まない。それは、効果が低く、時間の無駄とさえ思えることもあるからである。

大学教員がかかわる現職教育のひとつに、次に述べるプロジェクト型の研修がある。そのうちのひとつの形態に、科学における認知的促進理解 (cognitive acceleration through science education) や数学における認知的促進理解 (cognitive acceleration through mathematics education) がある。これらは、教室内に実際に入り込んで行う活動 (intervention program) である。具体的には、子どもが科学 (あるいは数学) の本質を考慮しなくてはならない学習をする際、その学習を教師 (授業者ではなく、研修を受講している別の教師) が観察するというものである。この観察は、2週間程度にわたって継続実施される。このようなプロジェクト型の研修は、長いときで2年間にも及ぶ。プロジェクト型の研修には、大学の教員も助言者としてかかわっており、良い現職研修のモデルとなっている。

私は、昨年 (1997 年)、20 名の科学教師 (2 名の地方教育局関係者も含む) のグループを指導した。1 学期には、毎月、研修のための会合をもった。そこでは、異なるトピックが設定された。例えば、子どもの考え (children's ideas)、評価 (assessment)、教授活動 (teaching activities)、認知的促進理解 (cognitive acceleration) などである。会合の後、教師はそのトピックに関するいろいろな授業実践を続け、その結果を次の会合で持ち寄ることにした。2 学期は、与えられた研究プロジェクトの実践をする期間となった。3 学期は、研究プロジェクトで得られたデータの分析にあてられた。教師が研究の手順を学ぶには、実際に研究に取り組む機会を与える必要があると考えている。このような現職研修は効果的なものとして評価されているが、政府からの財政支援の低下が実施上の問題となっている。

Q アメリカのように、現職研修の受講は、教員の給与や地位に影響するのか。

D: 英国では一般に、現職研修の受講後、給与が増えたりすることはない。しかし、上位の職に就こうと希望する場合、受講体験が考慮されないことはないだろう。

英国の医者は、2年ごとに研修を受講することが義務付けられている。もしそれを怠ると、医師会 (medical council) から医者としての登録を取り消されることもある。研修は、医師の資質水準を保つための重要な場である。製薬会社などは、医師の研修支援にも力を入れている。もちろん、薬の PR ができる重要な機会であることもその理由のひとつであろう。

英国の教育界では、教師教育審議会 (general teaching council) がまだ設立されていない。いずれ必要になるであろう。それは、独立した政府機関として、教員研修の機会や教員の待遇などを支援する機能を持つべきであろう。

Q 第3回国際数学・理科教育調査 (TIMSS; The Third International Mathematics and Science Study) の結果は、英国の科学教育ではどのように受け止められているか。

D：もしその国のスコアが低ければ、政治家は次のように言うだろう。「わが国の教育のすべてがダメだ。すべて変えよう！」もしその国のスコアが高ければ、誰も安心してしまい、教育に対する関心は次第に薄れていくだろう。

私のまわりの研究者は、TIMSS の結果を鵜呑みにはしていない。教育にはさまざまな要因が含まれるため、教育制度を国を越えて比較することが容易ではないことを知っているからである。スコアの良し悪しを気にしたり、その結果を利用するのは、おもに政治家である。

Q アメリカの大学には、カリキュラム開発機能が充実しているところが多い。英国の大学にも同様の機能はあるか。

D：英国は、アメリカの影響を受けていない。英国人の多くが、アメリカの教育はアメリカ独自のものと考えている。

アメリカの教育システムは、州ごとに異なっている。そのため、いろいろな教育改革の試行が行われる。それはそれでいい実験ではある。しかし、ある州の教育政策が他の州でも受け入れられるかという、そうとは限らない。つまり、州の間で異なった教育システムが存在するのである。TIMSS におけるアメリカのスコアが低い理由のひとつが、教育システムの多様性にあるのかも知れない。

英国では、アメリカのように大学独自でカリキュラム開発を行うのではなく、政府主導のもとに協力関係によって進められている。我々のような科学教育分野の大学教員の仕事は、おもに①研究、②教育（学生指導）、③教育評価である。教育評価には、例えば、学校現場で実施されている試験の質を検討するようなものがある。そこでは、大学、政府の試験検討委員会、学校関係者などが、協力体制を組織し、共同的な研究を進める。

Q 教育雇用省のカリキュラム開発局（Curriculum Developing Agency）に所属する専門官は、どのような仕事をするのか。

D： 彼らはおもに、カリキュラムの内容改訂に関する仕事をしている。しかし、学校現場での試行などについてはあまり関与しない。彼らはしばしば次のように言う。「我々の仕事は、教える内容（トピック）を提供することです。どのように教えるかについては特に何も言いません。それは、教師である皆さんが考え、決めることです。」

7) インタビューを終えてのコメント

歴史的な事柄とも言われるイングランドのナショナル・カリキュラム制定に関しては、わが国においても、理科に限らず多くの教科教育関係者が興味をもっているところである。ナショナル・カリキュラムの作成経緯や、科学の学習内容に関する部分については、イングランドの理科教育事情を研究対象とするわが国の理科教育研究者によって、多くの情報が集積・整理され、文献として公表されて、利用可能な状況となっている。

今回のインタビュー調査で得られた情報は、すでにわが国の研究者の間で広く知られている情報を大きく上回る程のものではない。しかし、「イングランドの科学教育研究者が、ナショナル・カリキュラムをどのように理解し、どのような印象をもっているか」という点は、直接のインタビューでなければ得られない部分である。その意味で、本調査は、文献だけではなかなか読み取りにくい知見を提供しているものと思う。

調査の後半では、イングランドの教員養成や現職教育の実情についての情報を得た。教員養成や現職教育の実施形態については、日本のそれと共通するところを確認することができた。しかし、現職教育における研修トピックや、現職教育への大学教員の関与のしかたなどについては、日本と異なる点があることがわかった。

一方で、我々の関心の中心である科学カリキュラム研究の実情については、あまり多くを得られなかった。それは、イングランドが日本と同様に政府主導型のカリキュラム開発の国であること、したがって大学にカリキュラム研究開発の機能が十分備わっていないこと、などの理由による。イングランドのカリキュラム研究についてさらに理解するには、大学所属の研究者だけでなく、政府機関所属の専門官や研究者からの情報に依存するところが大きいであろう。

(3) 国立教育研究財団での調査

- 1) 訪問先： 国立教育研究財団 National Foundation for Educational Research
(The Mere, Upton Park, Slough, Berkshire SL1 2DQ U.K.)
- 2) 訪問日： 1998年(平成10年)8月20日
- 3) インタビューにおける対応者：
Dr. Wendy Keys
Ms. Sue Harris
- 4) 質問者： 猿田祐嗣
人見久城
- 5) 調査内容： 「IEA調査とナショナル・カリキュラムとの関連について」

この調査内容について、IEA 第3回国際数学・理科教育調査（TIMSS）の英国における調査責任者（National Research Coordinator）である Wendy Keys 博士にナショナル・カリキュラムが理科教育に与えた影響および IEA 調査とナショナル・カリキュラムとの関連、インタビューを行った。また、Sue Harris 女史からは、ナショナル・カリキュラムの評価のために行われているナショナル・アセスメントに関する説明を受け、QCA（Qualification and Curriculum Authority）が発行している、児童・生徒に対して実施されている評価問題および教師用の手引き書を入手した。

6) IEA 調査が英国の科学教育に与えた影響について

このインタビュー調査から得た情報は、次の報告書の中で Wendy Keys 博士自らがまとめている。ここでは、その報告文にしたがうこととする。

‘The impact of TIMSS on the teaching and learning of mathematics and science’, Robitaille, D.F. et.al.(ed.), Pacific Educational Press, Vancouver, Canada, pp.50-55, 2000.

英国における TIMSS 調査の対象

TIMSS 調査において、英国では母集団 1 は第 3 学年および第 4 学年ともに各小学校から 1 学級が抽出されたが、母集団 2 は各中学校から 32 名の生徒を抽出し、さらに第 7 学年および第 8 学年ともそれぞれ 16 名の生徒が無作為に抽出された。その結果、母集団 1 は 134 校から 6,142 名の児童が調査対象として選ばれた。また、母集団 2 は 127 校から 3,579 名の生徒が選ばれた。

調査結果の概要

母集団 1 および母集団 2 ともに、理科では英国の児童・生徒は比較的高い成績を残したが、算数・数学はそれほど良くなかった。前回までの調査と比べると、理科の成績は高くなり、算数・数学は低くなっている。

第 8 学年（英国では Year 9）の理科の得点は、英国よりも有意に高い国は 4 か国のみであり、参加国中ほぼ 3 分の 2 の国よりも成績は高かった。母集団 1 では理科の成績に男女差はみられなかったが、母集団 2 では男子の成績が女子よりも有意に高かった。

母集団 1 および母集団 2 ともに、英国は理科における観察実験等の実際の活動は他の国よりも頻繁に行われていることが明らかとなった。

IEA 調査結果に対するマスコミの反応

母集団2の結果については1996年11月、母集団1の結果については1997年6月に発表された。マスコミの反応は、英国の児童・生徒の算数・数学の成績が国際的にみて芳しくなかったこと、特に「数」に関する成績が良くなかったことに話題が集中した。理科では参加国の中で成績が上位にあったにも関わらず、それほど大きく報道されなかった。

カリキュラム政策に対してTIMSS調査結果が与えた影響

TIMSS調査の結果は、政策立案者、教員養成機関の教官、教科教育の諸学会、そして地方教育局（local education authority）の視学官や指導主事に大きな影響を与えた。マスコミには理科の結果よりも算数・数学の結果に興味集中した。たとえば、1996年から1998年にかけて英国のTIMSS調査実施チームは29回発表や講演を行ったが、そのうち14回は算数・数学に関するもの、12回は算数・数学と理科の両教科に関するもの、そして理科に関するものはわずか3回にすぎなかった。

算数・数学、特に「数」に関して、英国政府の政策立案者に政策変更を余儀なくさせ、National Numeracy Task Forceにおいて次のような勧告を生じせしめた。

1999年の秋学期から、すべての初等（primary）および特殊（special）学校において、すべての児童に対して、年齢に応じて45分～60分の算数の授業を毎日行うこと。教師は一斉授業の割合をなるべく多くし、どの授業でも口頭での発表や考え方を中心とした内容を強調したものとすること。（GB DFEE Numeracy Task Force 1998）

また、QCA（Qualifications and Curriculum Authority）が1999年に刊行した教師向け指導資料によると暗算の重要性が指摘されている。これは、TIMSSの質問紙調査で英国における電卓の使用頻度が国際的にみて高かったことにもとづいており、QCAの別の勧告では、「初等学校において、教師は電卓を安易に使用させるのではなく、計算の指導場面では電卓を児童に使用させず、暗算または筆算をさせること」としている。

7) インタビューを終えてのコメント：

政府機関に所属する研究者へのインタビューからは、IEA調査の結果が英国政府の政策決定に大きく影響を与えていることが明らかとなった。特に、算数・数学においては英国の児童・生徒の「数」に関する領域の成績が低かったことから、電卓使用の制限や宿題の重視等、教師に対する政府の勧告として具体的な影響を与えている。

また、Wendy Keys博士によると、英国政府は今後もIEAやOECDの到達度の国際比較調

査へ参加するための予算を継続して支出する予定であることを明らかにし、TIMSS 調査結果が英国政府の政策立案者に与えた影響および調査への期待が大きかったことを指摘している。

(4) 入手資料リスト

1) ロンドン大学キングス・カレッジでの入手資料

- Science Education Newsletter, The British Council, No.133, No.134 in 1997, No.138 in 1998.
- *Learning to Teach Science : Activities for Student Teachers and Mentors*, Martin, M. and Dillon, J.(Eds.), The Falmer Press, London, 1995.
- *Recent Research in Mathematics Education 5-16*, Askew, M. and William, D., School of Education, King's College London, 1995.

2) 国立教育研究財団での入手資料

- *TIMSS First National Report Part 1 : Achievement in Mathematics and Science at Age 13 in England*, Keys, W., Harris, S. and Fernandes, C., NFER, 1996.
 - *TIMSS First National Report Part 2 : Patterns of Mathematics and Science teaching in lower secondary schools in England and ten other countries*, Keys, W., Harris, S. and Fernandes, C., NFER, 1997.
 - *TIMSS Second National Report Part 1 : Achievement in Mathematics and Science at Age 9 in England*, Harris, S., Keys, W. and Fernandes, C., NFER, 1997.
 - *TIMSS Second National Report Part 2 : Patterns of Mathematics and Science teaching in upper primary schools in England and eight other countries*, Keys, W., Harris, S. and Fernandes, C., NFER, 1997.
 - *TIMSS Second National Report Part 2 : Summary*, Keys, W., Harris, S. and Fernandes, C., NFER, 1997.
 - *TIMSS Third National Report : Performance Assessment*, Harris, S., Keys, W. and Fernandes, C., NFER, 1997.
 - *TIMSS Third National Report : Summary*, Harris, S., Keys, W. and Fernandes, C., NFER, 1997.
 - *TIMSS National Reports Appendices : Additional information relating to the study in England*, Keys, W., Harris, S. and Fernandes, C., NFER, 1996.
- (後日 NFER を通して QCA から送付されたもの)
- *Science tests (Key Stage 2), Test A and B (Levels 3-5), Test C (Level 6)*, QCA, 1998.
 - *Mathematics tests (Key Stage 2), Test C (Level 6)*, QCA, 1998.

- *Science tests (Key Stage 2), Mark Schemes for Test A and B (Levels 3-5), Test C (Level 6), QCA, 1998.*
- *Science tests (Key Stage 3), Paper 1 and 2 (Tier 3-6), QCA, 1998.*
- *Science tests (Key Stage 3), Paper 1 and 2 (Tier 5-7), QCA, 1998.*
- *Science tests (Key Stage 3), Extension Paper (Level 8 and EP), QCA, 1998.*
- *Science tests (Key Stage 3), Teacher Pack, Mark Schemes for Paper 1 and 2 (Levels 3-7), QCA, 1998.*
- *Science tests (Key Stage 3), Teacher Pack, Mark Schemes for the Extension Paper (Level 8 and EP), QCA, 1998.*
- *Science tests (Key Stage 3), Notes for Teachers (Levels 3-8 and EP), QCA, 1998.*

3章

シンガポールにおける科学教育課程の改革，開発，実施について

3-1-1 シンガポールの科学教育課程制度

次の文献を翻訳し、シンガポールでの現地調査で得られた情報を取り入れて修正したものを掲載する。

出典： Claudia J, Davis “National Contexts for Mathematics and Science Education : An Encyclopedia of the Education Systems Participating in TIMSS” (Pacific Educational Press, Canada, 1997)のシンガポールについての記述部分

三宅 征夫

(1) 国の概要

シンガポールは赤道の北、およそ 138km に位置しており、長さ約 42km、幅 23km、面積は 646km² である。1994 年におけるシンガポール国民と永住市民権取得者を含めた居住者人口は 300 万人弱であった。人口密度は、1983 年には 3,893 人/km² であったが 1993 年には 4,481 人/km² に増加した。中国系住民は人口の 78%、マレー系は 14%、インド系は 7%、その他の民族系は 1% であった。15 歳未満の住民は人口の 23%、60 歳を超える者は 10% 近くを占めていた。居住者の年齢の中央値は、1983 年の 26 歳から 1993 年の 31 歳に上昇した。

生活や保健、衛生の水準が上がり、乳児死亡率は 1960 年には生児出生 1,000 人につき 35 人、1970 年には 21 人、1980 年には 12 人であったのに対し、1993 年には 5 人を切った。住民の出生時における平均余命も、男性は 1983 年の 71 歳から 1993 年の 74 歳に、女性は同期間に 76 歳から 78 歳に延びた。

シンガポールは、元首である大統領を長とする議会制政体の共和国である。統治権は内閣にあり、内閣の長は首相である。首相およびその他の閣僚は、国会議員の中から大統領によって指名される。

シンガポールは高い生活水準を享受している。1994 年における 1 人あたりの GNP は 20,414 米ドルであった。シンガポールの人口の約 87% は、国の住宅当局によって建設された住宅開発庁(Housing and Development Board)営アパートに住んでいる。1993 年におけるその他の生活水準指標は、296 人に公共交通バス 1 台、693 人に医師 1 名、275 人に病院のベッド 1 床、4 人に住宅用電話回線 1 本であった。10 歳以上の住民 100 人に対する識字者の数で表される一般識字率(general literacy rate)は、1993 年にはおよそ 92% と見積もられていた。

経常費と開発費を含めた政府の支出総額は 1994 年には 92 億米ドルであり、このうち 22% が教育に使われた。

(2) 教育制度

2-1 教育政策と意思決定

教育省は、1 つの省委員会(Ministrial Committee)と 10 の局で構成されている。教育省の役割は、国全体のために国の教育目標を立て、統合教育プログラムを立案することである。教育省は、学校に通う全ての子どもたちに質の高い教育を提供し、それぞれの生徒が自らの可能性を十

分に発揮できるような状況を確保することを目指している。カリキュラムの開発、教科書の選定、指導、および試験の水準に関する責任は、教育省に集中している。

2-2 教育制度と就学率

教育の構造

シンガポールの全ての子どもたちは、6年間の初等教育と4年間の中等教育を含む、少なくとも10年間の一般教育を受ける。義務教育期間は存在しないが、最初の10年間の就学率はほぼ100%である。中等学校終了者は、専門・職業コース、大学進学準備(preuniversity)コースまたは高等(tertiary)コースに進むことができる。

初等レベルでは、生徒は1年次から4年次までで基礎段階を、5年次と6年次でオリエンテーション段階を学ぶ。基礎段階では基本的な識字能力と計算能力に関する技能が重視される。この段階の生徒は全員、英語、数学、および生徒の民族語(heritage language)、すなわち中国語、マレー語またはタミール語のいずれかをコア科目として含む、共通のカリキュラムを履修する。

4年次の終わりに、生徒は能力によってコース分けされる。オリエンテーション段階には、EM1、EM2、EM3の3つの能力別コースがある。EM1とEM2のコースの生徒は、英語、民族語、数学、理科を履修する。EM1の生徒は一段階上のレベルの民族語を学ぶ。EM3コースの生徒は、英語、民族語、数学を学習する。能力別コースとは無関係に、生徒は全員が体育、社会科学など試験科目外の科目も履修する。

全ての生徒は、6年次の終わりにコース分け国家試験を受ける。試験は生徒の中等教育への適性を評価するもので、生徒は自分の学習能力にふさわしい中等学校コースに分けられる。

7年次以上の中等レベルでは、生徒の大半は4年制の特別・速習コースをとり、その他の者は4年または5年制の普通コースに入る。特別コースでは一段階上のレベルの民族語を学ぶことを別にすれば、特別・速習コースの生徒は、基本的には同一のカリキュラムを学ぶ。この2つのコースはいずれも、4年間で生徒にシンガポール・ケンブリッジ教育修了一般試験(GCE)Oレベルの準備をさせるものである。普通コースの中では、生徒は一般教養コースと技術コースに分けられ、双方とも4年目の終わりにシンガポール・ケンブリッジ教育修了一般試験Nレベルを受験する。成績優秀者は、5年次の終わりにOレベルの試験を受ける。

中等教育修了者は、2年制の大学進学準備コースであるジュニアカレッジ、または3年制の大学進学準備コースである中央高等専門学校(centralized institute)に入学することができる。入学資格は、生徒の教育修了一般試験Oレベルの総計点から算出される単位進級制度に基づくものである。大学進学準備コースの終わりに、生徒はシンガポール・ケンブリッジ教育修了一般試験Aレベルを受験し、その結果によって高等教育を受ける資格が判定される。

技術や商業を学ぶことに関心のある生徒は、大学進学準備コースの代わりに総合技術専門学校コース(polytechnical stream)に入ることもできる。このような生徒は卒業後、大学で学位取得コースに進むこともできる。また、中等学校卒業者は技術教育高等専門学校(Institutes of Technical Education)において、様々な上級職業コースを選ぶこともできる。

学校の種類

シンガポールには、小学校 192 校、中等学校 144 校、小・中等統合学校(combined primary and secondary school) 5 校、ジュニアカレッジ 14 校、および中央高等専門学校(centralized institutes) 4 校がある。政府が全額出資する公立学校、宗教組織その他の団体が設立し、運営費は政府からの助成を受ける政府助成学校、および政府から相当額の資金を受けるが、教育関連の人事や方針を決定する理事会によって運営される独立学校がある。公立学校と政府助成学校のなかには、生徒に提供する教育の質の向上を目的とした各種の革新的な拡充プログラム(enrichment program)を提供するために、大幅な自治と多額の資金が与えられているものもある。このような学校は自治学校と呼ばれている。この他に、特別コースと速習コースを備えた特別援助計画(Special Assistance Plan)学校もある。このような学校は、伝統的な校風を保ちつつ英語と中国語の高い水準を維持するために設立されたものである。

初等レベルでは、生徒の 73%は公立学校、残る 27%は助成学校に、また中等レベルでは、生徒の 66%は公立学校、19%は助成学校、9%は自治学校、そして6%が独立学校に在籍している。

数学における能力・適性別コース分け (streaming and tracking)

全ての生徒は1年次から10年次まで数学を学ぶ。中等レベルにおいては、生徒全員が基礎数学を学習し、速習・特別コースの9年次と10年次の生徒は数学の追加科目を選択することができる。10年次終了時に、特別・速習コースの生徒は教育修了一般試験Oレベルの数学の試験を受け、普通コースの生徒は教育修了一般試験Nレベルの数学の試験を受ける。これらの普通コースの生徒のおよそ75%はもう1年勉学し、学年の終わりに教育修了一般試験Oレベルの数学の試験を受ける。

大学進学準備レベルでは、大多数の生徒は数学(シラバスC)を学び、教育修了一般試験Aレベルの数学の試験を受ける。数学の能力が高い少数の生徒は、教育修了一般試験Aレベルの上級数学の試験に向けて勉強し、これを受験する。このレベルの数学を履修する女性の数は男性よりやや少なく、女性の90%、また男性の94%がこのレベルの数学を1ないし数科目履修している。

理科における能力・適性別コース分け

小学校生徒では3年次から6年次まで理科を学び、7年次と8年次では生徒全員が総合理科を学習する。9年次と10年次では、生徒は物理、化生徒物、融合理科(combined science)、人間・社会生物学のコースなど、様々な理科系科目を組み合わせることで選ぶことができる。生徒は、学校の推薦と親の意見をもとに、1ないし3つのコースを選択することができる。

大学進学準備レベルでは、理科コースの生徒は物理、化生徒物または自然科学を専攻することができる。学校の推薦と親の意見をもとに、生徒はこれらの科目のうち1ないし3つを選択することができる。このレベルで理科を履修する女性の数は男性よりはるかに少なく、女性の41%、男性の74%がこのレベルの理科を1ないし数科目履修している。

2-3 教育制度における学校

学年

学年は1月2日に始まり、それぞれが10週間の4つの学期で構成されている。1学期と2学期の間に1週間の休暇があり、3学期と4学期の間にも休暇が1週間ある。中期試験の後に4週間の休みが、また年度末に6週間の長期休暇がある。

大多数の学校は2部制をとっており、生徒は午前7時30分から午後1時までの午前部か、午後1時から午後6時30分までの午後部のいずれかに出席する。生徒は月曜日から金曜日まで通学し、始業前または放課後、あるいは日曜日に課外活動に参加する。

数学と理科に割り当てられた授業時間

1年次から4年次まででは、カリキュラムの時間の20%が数学に、4%が理科にあてられている。5年次と6年次では、生徒はカリキュラムの時間の20~27%を数学に、6~10%を理科に費やしている。7年次と8年次においては、その割合は数学に13~20%、理科に10~15%であり、9年次と10年次では数学が13~25%、理科が13~38%の範囲となっている。ジュニアカレッジ・レベルでは、生徒は授業時間のうち0~37%を数学に、0~51%を理科に費やしている。

学級規模

学級規模の平均は、初等レベルで37人、中等レベルで35人である。ジュニアカレッジでは規模はこれより小さく、22人となっている。

2-4 数学教師および科学教師の資格

教師の専門教育は、国立教育高等専門学校(National Institute of Education)が行い、ここでは次のコースが提供されている。

- ・学士号が授与される4年制の学部コース。卒業生は小学校または中等学校で教えることができる。
- ・1年制の大学院レベル教育専攻資格授与(diploma)プログラム。これは大学卒業者を小学校または中等学校の教師として養成するものである。また、このプログラムでは2年制コースでの体育専攻が認められている。
- ・2年制の教育専攻資格授与プログラム。これは、教育修了一般試験Aレベル資格所持者および総合技術専門学校(polytechnic)資格所持者に、総合職小学校教師になる資格を与えるものである。また、民族語、美術、音楽、家庭、体育の専科教師の教育のための措置もある。
- ・現役教師向けとして、教育高等専門学校では複数の現職教育コースも提供している。このコースには、教師が学科長になるための教育を行う上級教育専門資格プログラムや、副校長を校長として養成する教育管理資格プログラムなどがある。

2-5 教師の特徴

1995年には、小・中等学校とジュニアカレッジの教師は20,000人以上であった。これらの教師の約70%は女性で、3分の1強は大学卒業者であった。教師の33%は教育経験10年未満であり、19%が10年から19年の教職経験を持ち、残る48%は20年間以上シンガポールにおいて教育に携わってきた者である。小・中等学校の教師は平均で41歳、ジュニアカレッジの教師はそれよりやや若く、37歳であった。

(3) 科学のカリキュラムと教授法

3-1 科学カリキュラムの目標

初等理科プログラムの目標は次のようなものである：

- ・ 周囲の自然への興味を広げるために、生徒に現実の事物や状況を直接経験させること。
- ・ 自分自身と周囲の世界への理解を助けるために、生徒に科学的な概念と事実に関する知識を与え、理解力を付けさせること；
- ・ 生徒が、科学的探求と問題解決に必要な技能と態度を育てられるようにすること；
- ・ 生徒に、責任ある意思決定に必要な理解力を身に付けさせること；
- ・ 生徒が、生涯学習のための技能を育てられるようにすること。

中等理科プログラムの目標は、生徒が次のことをできるようにすることである：

- ・ 知識と理解力を獲得すること；
- ・ 探求力と問題解決能力を育てること；
- ・ 好奇心や進取の気性など、科学の研究と探求に対する積極的態度和価値観を育むこと；・ 科学・技術・社会の間の相互作用に関する批判的意識を助長すること；
- ・ 環境に対する意識と理解を育み、環境の利用に関する積極的態度和行動を生み出すこと。

3-2 科学カリキュラムの主要な改革

初等学校においては、学習内容、学習プロセスに関する技能の習得、および積極的態度的養成が重視されている。中等レベルと大学進学準備レベルでは、データの取り扱いと解釈、問題解決といった学習プロセスに関する技能とともに、理解力と応用力が重視される。プロジェクト学習を行わせて、技能と学習態度を評価することが奨励されている。電子工学、保健、食品技術、および人間が環境に及ぼす影響など、技術社会に関連したテーマが導入された。コンピュータの利用が可能となったことで、教師のなかには、指導、補習(remedial work)、発展課題(enrichment)において、コンピュータによる学習法を利用し始めた者もいる。

3-3 科学カリキュラムの現状と課題

理科のカリキュラムにおける課題の一つは、より多くの生徒に高等レベルで理科コースと工学コースに進学するよう仕向けることである。科学者と技術者の層が厚ければ、その国は、研究開発、イノベーション、高付加価値産業やハイテク産業における設計など、開発の次の段階に進むことができる。これらの分野により多くの若い才能を引きつけるために、複数のプログラムが立ち上げられた。

理科の教科書

初等および前期中等レベルでは、教育省が執筆した教科書を使用しているが、後期中等レベルでは教育省が承認した様々な教科書が使われている。前期レベルでは、教科書は生徒と教師によってあらゆる活動に広く使用されており、後期中等レベルでは、生徒はより広範囲の教材を使用している。全てのレベルで、生徒は自分の教科書を購入する。

最新の教科書には、要約、課題(assignment questions)、プロジェクトのためのヒント、推薦図書など、より多くの工夫がほどこされている。ここ 10 年間に、情報の提示方法が改善され、現在では分かりやすいレイアウトとなり、カラー写真が使われ、挿し絵の数も増えている。

教授法

教師の主な役割は、生徒が知識を理解し身に付けるのに必要なツールを使用する機会を提供することである。これらのツールには、実験機器や科学的探求のための技能が含まれる。

教師は様々な理科教授法を用いて、多様な学習スタイルに対応している。これらの方法には、講義、実演、討論、ロールプレー、教育映画、実地見学、ケーススタディー、プロジェクトと実践作業(practical work)、ディベート、フィールドワークなどがある。教授法を選ぶ際は、教師は生徒の能力、発想、技能、育てたい態度、時間とリソースの有無などの要素を考慮しなければならない。

生徒に興味を持たせ、それを持続させるために、しばしば与えられたカリキュラムの時間内に様々な教授法が用いられる。例えば、教師中心の授業を行った後は、生徒中心の授業の時間が配されるケースが多い。教授法の選択は、学ぶべきテーマまたは学ぶべき技能によって大きく左右される。それは、あるテーマには講義や教科書中心の授業が向いており、別のテーマにはより生徒中心の戦略が向いているからである。

(4) 評価の方針と実施

数学における生徒の達成度を評価することは、教育・学習プロセスにとって不可欠な部分である。これは以下のことを意図して行われる：

- ・学習が行われたことを確認すること；
- ・新しいテーマの学習に対するレディネス(readiness)を評価すること；
- ・進歩状況に関して生徒にフィードバックすること；
- ・教師に対し、自らの授業の効果に関してフィードバックすること；
- ・教師がフォローアッププランを立てる際の目安になること；
- ・生徒の達成度を評点すること。

評価は、形成的評価と総合的評価のために利用される。形成的評価によって、教師は学習上の弱点を確認し、指導中に進歩の状況をモニターすることができる。総合的評価によっては、教師は生徒がコース全体の目的をどの程度達成したかを確認し、どのような評点を与えるべきかを定めることができる。これは通常、正式な形をとり、広範囲をカバーし、教えた事柄の代表的サンプルについてテストするものである。評価は、授業中に生徒を観察したり質問したりすることで、

形式ばらない形で行うこともできるし、また試験や基準に合わせたテストによって正式な形で行うこともできる。数学は、初等レベルから大学進学準備レベルまでの全ての学年でテストされる。

評価は、理科の教育・学習プロセスの不可欠な部分である。評価には情報収集と情報提供が伴う。情報収集は価値判断と決定の基準となる様々な評価技法によって行われ、提供される情報は学習目標への生徒の達成度に関するものである。教師は、学習能力を高めたり、教授法を改善するために何をすべきかに関して、この情報をもとに決定を行う。

理科の評価は、口頭での質問、観察、宿題、実技テストや筆記テストなど様々な手法を使って定期的に行われる。テストの手段には、多肢選択式、短答式、小論文問題、プロジェクト作業、実技(practical items)などがある。生徒には、3年次から大学進学準備レベルまで、全てのレベルで理科のテストが行われる。

3-1-2 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－

シンガポールの教育制度に関して、シンガポール教育省インターネット・ホームページ (<http://www1.moe.edu.sg>) で収集した情報を掲載する。

小倉 康

(1) シンガポールの教育サービス－私たちの国の将来を形作ること－

(<http://www1.moe.edu.sg/educationservice.htm>)

われわれの使命

1. 国の富は、その民にある。つまり、民衆の国と地域への貢献、喜んで努力し我慢すること、また、考え、達成し、優れるための能力である。私たちの将来は、リーダーシップと市民性を絶えず更新し再生しつつ、過去の経験に基づいて、現在の環境から学び、そして将来の挑戦への準備を行うことに依存している。私たちの若者たちをいかに家庭で育成し、学校で教えるかが、次世代のシンガポールを形作るものとなる。
2. 教育サービスの使命とは、国の将来を決定することとなる人々を鑄型にはめることによって、国の将来を形作ることである。サービスによって、子どもたちには調和のとれた包括的な教育が与えられ、彼らの潜在能力が最大限に伸張され、また、家族や社会、国に対して責任感を持つ善良な市民へと育成される。

生き残りと成功への基本

1. 民衆は、われわれの最も大切な資源である。全ての市民には、価値があり、また、それぞれに特有な貢献の仕方がある。教育によって、すべての個人が、その潜在能力を最大限に発現させ、地域と国に利益をもたらす才能や能力を振るい、精一杯の満足できる人生へと導くことを可能とする。
2. 全ての子どもは、この教育システムの中で、その能力の及ぶ限り成長するように勇気づけられなくてはならない。進歩は、常に、達成と功績により、それが全ての人への機会均等を保証している。
3. 全ての子どもは、自分が対処できるスピードで教わるべきである。それぞれが、自身の適性に応じて優れるように刺激を受けるべきである。精神的に、肉体的に、感情的に、また、社会的に異なった速さで成熟する子どもたちに対処するために、このシステムには柔軟性があるべきである。
4. 個々の子どもは、仕事に誇りを持ち、どんな仕事でも最善を尽くすとともに、誠実な仕事を評価し尊重することを学ぶべきである。

5. 教育は、私たちに諸技能や知識に加えて正しい価値や態度を身に付けさせ、それによって、個人の生活と国の生き残りや成功が保証される。私たちは、自分を頼りにするように学ばなくてはならないが、また、他人と寄り添って仕事をすることができるのでなければならない。つまり、個人的に競い合っても、強い社会性を持っている必要がある。私たちは、絶えず急速に変容する世界に対して適応できる柔軟な心と見解の持ち主でなくてはならない。私たちは、価値の変化する世界で、私たちに力を与える堅固な道徳的態度を持っていてはならない。

6. 子どもたちは、われわれの共通の歴史、傷つき易い側面とさまざまな制約を受けていることを知るべきである。彼らは、共有のアイデンティティと使命感、シンガポールの国益を守る本性、脅威と挑戦に対して一人の人民として共に立ち向かう決意と自信を成長させなくてはならない。

7. 教育は、われわれの文化的な根源の保護を助ける。私たちの子どもは、彼ら自身の文化的な遺産と母国語について知るべきである。同時に、子どもたちは、異なる人種、宗教、文化や言語的背景を持つ仲間の市民を理解し、尊重することを学ばなくてはならない。

社会における教師

1. 教育サービスは、質の高い専門性を持った人材であり、模範的実行者でかつ献身的な人であり、また、最新の技能と知識を持つ人としての教師の育成に取り組む。私たちは、教師に、彼らの仕事がよりよくなされるような資源と環境を提供する。私たちは、教師たちが彼らの生徒に最善でいることに集中できるよう、教師の成長の世話をする。良きリーダーシップと調和のとれた面倒見の良い管理によって、筋のとおった、献身的で、かつ要求にかなった教授サービスの発展を手助けする。

2. 教師は、自分の領域での専門的発展に遅れず、新しい教育理論と実践を授業に応用することに賢明でなくてはならない。彼らは、教育上の諸政策を、彼らの子どもたちの学習ニーズに沿った実践的で効果的な教育プログラムへと翻訳するために、推進力と確信を必要とする。

3. 教師は、生徒たちの指導者でありモデル（模範）である。教師は、教室の内外で、若者の心性に影響を与え、言葉と行為の両面で、調和のとれた社会的で道徳的な価値を教え込むものである。教師が与えるものは、生徒たちが将来に対処できるような学習技能と思考力、及び生活技能であり、持続的に学習し改善する態度であり、また、シンガポールに属し貢献する感覚である。

パートナーとしての社会

私たちは、保護者と地域の人々の十分な支援があつてのみ、われわれの使命を成就することができる。私たちは、パートナーとして彼らと共に働き、われわれの子どもたちが彼らの潜在能力を最大に発達させることができるよう努力する。教育は、私たちの子どもの将来を創りだし、一方、私たちの子どもがシンガポールの将来を創り出すだろう。

シンガポールの教育の概要

(<http://www1.moe.edu.sg/educatio.htm>)

教育政策の基礎

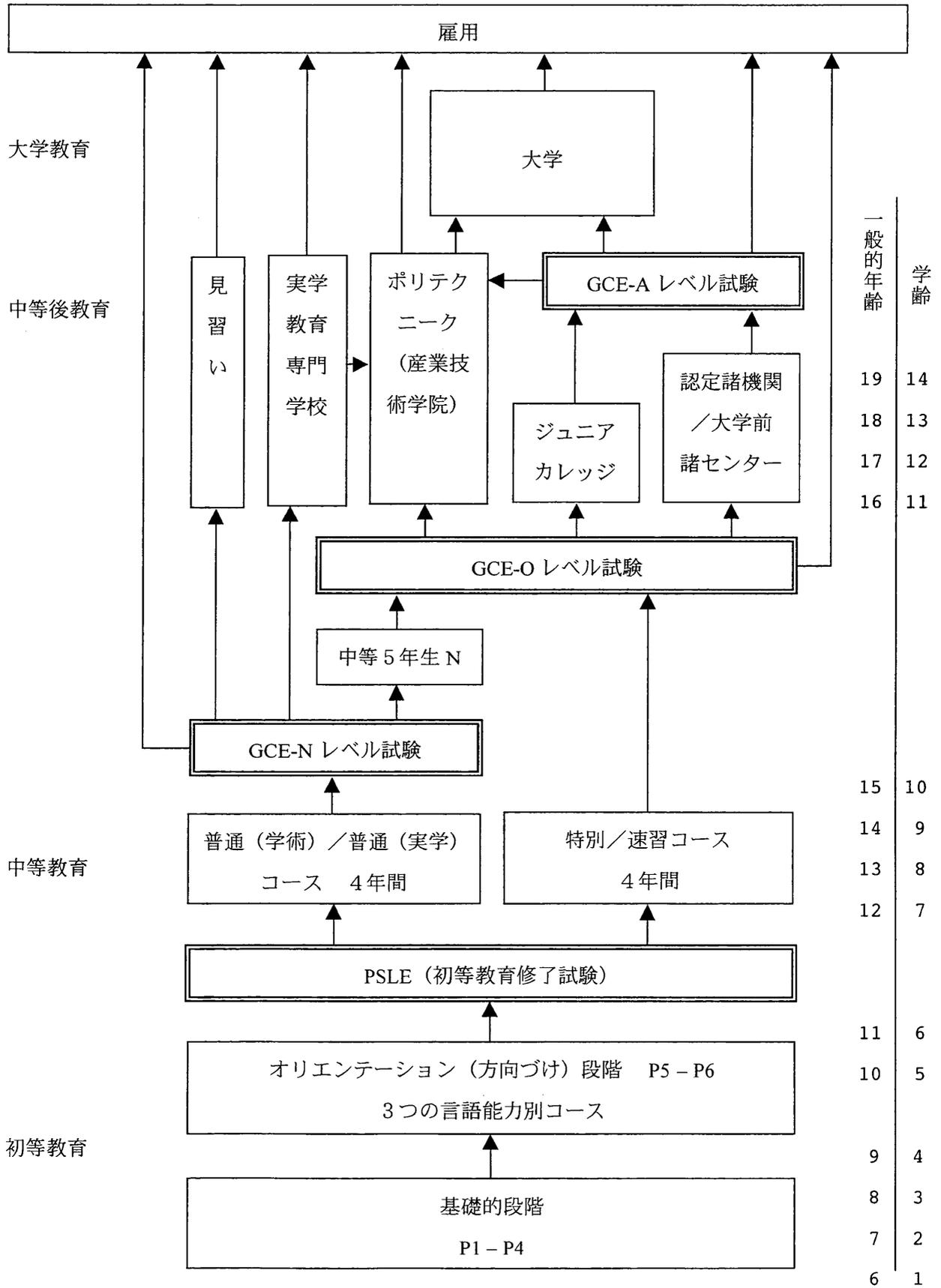
教育システムには、柔軟性があり、全ての子ども能力、関心、及び、適性に応じて、子どもの潜在能力が最大限に発達するのを手助けするように行われる。それは、教育を受け技術を習得した労働人口を必要とするシンガポールの人的資源を開発することに焦点を当てている。またそれは、急速に進歩し変化する時代における文化的安定さとして寄与する調和のとれた道徳的価値観を身に付けるよう促す。

シンガポールの全ての子どもは、最低 10 年間の一般教育を受ける。これは、6 年間の初等教育と、4 年間の中等教育とからなる。この教育システムでは、識字、計算、二カ国語使用、身体的かつ道徳的教育、及び、創造的かつ主体的に思考することが強調される。二カ国語使用は、全ての子どもが、英語とその母国語を学ぶことを要求する。これが、子どもたちを、商業とテクノロジー及び管理において用いられる言語である英語と、彼らの文化的遺産の言語としての母国語に堪能にならしめることを可能とする。また、コンピュータを基礎とした学習プログラムが学校に導入され、子どもたちが 21 世紀の挑戦に確かに対処できるものとする。

創造的な思考力と学習能力は、将来に必要な本質である。教育省は、生徒たちの創造的な潜在性を発達させ拡張させるような、そして、子どもたちが持続的に学習したいという希望を内面化するような働きかけを行ってきた。加えて、情報テクノロジー(IT)は、コミュニケーションや主体的な学習でのさまざまな技能を発達させる教授学習資源として今後幅広く用いられるようになる。国に関する教育(ナショナル・エデュケーション)もまた、生徒間に強い絆を育み、家族や地域、国に対する責任と献身的な心性を発達させるために教えられる。

こうした将来への挑戦に対処するというビジョンは、次の 4 つの単語でまとめられる。「考え続ける学校、学び続ける国」。これは、シンガポールが、その持続的成長と繁栄へ向かって貢献することのできる思考し献身する市民からなる国となることを見通したものである。

教育システム



初等教育

初等段階では、子どもたちは1年生から4年生までの4年間の基礎的段階と、5年生と6年生の2年間のオリエンテーション（方向づけ）段階を進む。

全ての基礎的段階の子どもたちは、英語と母国語及び数学において確かな基礎を習得させる共通カリキュラムを受ける。カリキュラムには、音楽や図画工作、市民と道徳の教育、保健教育、社会科、及び、体育も含まれる。子どもたちは、課外活動に参加することも推奨される。

子どもたちの潜在能力を最大限に伸ばすために、彼らは、4年生の終わりに、正式に、個々の学習能力に応じた能力別コースに分けられる。それから、初等教育の次の段階であるオリエンテーション段階へと進む。オリエンテーション段階では、子どもたちは彼らの能力に応じて3つの能力別コースのいずれかに属する。つまり、EM1、EM2とEM3である。EM1とEM2の子どもたちは、英語と母国語、数学、及び理科を学習する。EM1の子どもたちは、母国語としての高度な中国語かマレー語かタミル語を学ぶ。EM3の子どもたちは、基礎英語と、基礎母国語、及び基礎数学を学ぶ。

6年生の終わりに、子どもたちは、初等教育修了試験(PSLE)を受け、彼らとその学習速度と適性に見合った中等学校の学習コースに配属するように、彼らの能力が評価される。必要な基準を満たした子どもたちは、中等学校において、特別コースか、速習コース、普通コースのいずれかの能力別コースが許可される。

中等教育

中等段階では、子どもたちは彼らの学習能力と興味に合うように計画された3つのコースが用意されている。大半の子どもは、特別コースか速習コースに進み、残りが普通コースに入る。普通コースの中では、子どもたちは、普通（学術）コースか、普通（実学）コースを受け、ともに、中等4年の終わりに、シンガポール・ケンブリッジ一般教育資格「普通」（GCE-N）段階の試験を受けることになる。成績の良い生徒は、シンガポール・ケンブリッジ一般教育資格「一般」（GCE-O）段階の試験を中等5年の終わりに受ける。

特別コース

4年間の特別コースは、子どもたちに、高度な英語と母国語、つまり、高等中国語、高等マレー語か高等タミル語を学習する機会を与える。中等4年の終わりには、GCE-O段階の試験を受ける。

速習コース

4年間の速習コースもまた、GCE-O 段階の受験に子どもたちを準備させる。特別コースと異なって、子どもたちは、英語と母国語、つまり、中国語、マレー語かタミル語を学ぶ。

普通コース

普通（学術）コースの子どもたちは、必修科目として、英語、母国語、及び数学を学ぶ。子どもたちは、中等4年の終わりに GCE-N 段階の試験を受ける。水準以上の子どもは、中等5年の勉学へ進む。GCE-O 段階の試験で良い成績を取れば、ジュニア・カレッジやポリテクニク、実学教育機関へと進むことができる。GCE-N 段階の試験を受けた後、4年間で普通コースを終えた子どもの多くは、実学教育機関での実学教育や職業教育を受ける。

普通（実学）コースの子どもたちは、実学教育専門学校(ITE)で実学的職業的教育を受ける準備を行う。カリキュラムは、英語と数学に堪能になることを強調する。子どもたちは、必修科目として、英語と数学、コンピュータ・アプリケーションを受け、また、中等4年の終わりに、GCE-N 段階の試験を受ける。学術的に可能な生徒たちは、さらに1年間勉強を続け、GCE-O 段階の試験に備える。

カリキュラム

中等段階では、特別、速習、及び、普通（学術）コースの各カリキュラムは、英語と母国語、数学、理科、歴史、地理、英文学、図画工作、設計とテクノロジー、家庭科、市民と道德教育、体育、及び、音楽を含む。中等3年次に、生徒は、コア教科（英語、母国語、数学、体育、及び、市民と道德教育）とは別に、科目の選択が可能となる。

選択科目は、子どもが芸術か、科学か、商業や実学コースのいずれに在るかに依存する。もし、生徒が科学のコースにいれば、最低1つの人文科目を行う。生徒はまた、フランス語やドイツ語、日本語のような第3の言語を学習することもできる。

普通（実学）コースの子どもは、コア教科としての英語、基礎中国語／基礎マレー語／基礎タミル語、数学、及び、コンピュータ・アプリケーションとは別に、実学（ないしは、設計とテクノロジー）、基礎科学、食物と栄養、ファッションと繊維、図画工作、及び、オフィス管理の要素といった教科を選択できる。

中等後教育

GCE-O 段階の試験を終えると、生徒たちは、2年間の大学前コースであるジュニア・カレッジか、3年間の大学前コースである中央機関に進学を申し込むことができる。入学許可は、生徒の GCE-O 段階試験の結果集計から計算されたポイントシステムに基づいている。

大学前教育の終わりに、生徒たちは、シンガポール・ケンブリッジ一般教育資格「発展」(GCE-A) 段階の試験を受ける。大学教育への可能性は、彼らの GCE-A 段階試験の結果によって決まる。

大学前教育でのカリキュラムは、2つの必修教科、すなわち、一般論文と母国語、及び、最大4つの GCE-A 段階試験科目とからなっている。芸術コースでの受講科目は、文学と経済、歴史、地理、芸術と数学を含む。科学コースの生徒たちは、物理、生物、化学、物理化学、数学、発展数学、経済、芸術、及び、コンピューティングを選択できる。

(以後、省略)

教育で期待される成果 “Desired Outcomes of Education”

今日、学校でわれわれが行っていることが、将来のシンガポールを形作る。

1 国は、その市民に役立てるために、公の教育システムに対して何を望むかについて、幾度も問い直すべきである。再評価の度に、残るべき事柄、より重視することが必要な事柄、新たに強調することが必要な事柄、及び、落としても良い事柄を確かにすべきである。その結果が、教育で期待される成果に関する簡潔で包括的なリストとなるはずである。

シンガポール人 —個人と市民—

2 国の教育システムは2つの機能を持っている。個人を育てることと、市民を育成することである。

2. 1 基本的に、教育は全人的な養育に関わるものである。われわれは、アジアの伝統的な教育に関する考え方の知恵を新たに認識すべきである。これは、その人間の道徳的、認知的、身体的、社会的、及び、審美的領域の成長を全体として含むものである。一人の人間の基礎は、その価値体系にあり、そこから、その人の人生に対する見方や人生の目標が発せられる。家庭との協調によって、公の教育システムは、われわれの子どもたちの道徳的な規範を注意深くかつ辛抱強く形成していかなければならない。また、子どもたちは、彼らの年輩や同輩、似た考えの人々や異なった考えの人々など、他の人々と関係することを学ばなくてはならない。最終的に、教育は、各子どもの独特な才能や能力を十分に開発し、生涯、健康であり続けることを教える。教養のある人間とは、彼自身と彼の家族、及びその友に対して責任ある人のことである。

2. 2 しかし、一人の人間は、社会や国から離れて存在できるものではない。その人間に地位と安全を与えるのは、大きくは社会であり、その貢献を通じて自分のふさわしい場所が刻まれていくのである。その人間は、コミュニティに対して義務と責任を負い、そこから目的意識とアイデンティティが生まれる。こうして、公教育はわれわれの子どもたちがシンガポールを自分の母国として位置づけ、そこで生活し、向上することを目指し、また、必要とあれば、防衛するような感覚を身に付けさせなければならない。教養のある人間とは、彼のコミュニティと国に対しても、責任ある人のことである。

3 この教育に関する2つの役割は、互いに強化し補足し合っている。確かに、われわれが一人の人間に望んでいる教育の成果は、一人の市民に期待している教育の成果と重複するものである。

成果は何のためか？

4 一組の期待される成果を持つことによって、われわれは、われわれの公教育のシステムがいかにうまくいっているかを測ることができる。われわれがいかにうまく行っているかを決定する

ものは、結局は、われわれの進めている特定の活動やその量ではなくて、それらの活動が、われわれが達成しようとしている成果に全体としてどのように影響しているかである。

教育の成果

5 ここでの教育で期待される成果は、われわれが全てのシンガポール人に習得を望んでいる資質を表明したものである。次の表は、技術教育機関(Institute of Technical Education)とポリテクニック（職業教育高等教育機関）、及び大学の卒業生に関する最終的な公教育の成果を要約したものである。われわれは、国やコミュニティ、産業界や専門分野のリーダーとなることを欲する人には、さらにリーダーシップをとるに必要な資質を発揮することを望んでおり、その資質を右側の列に示している。

教育の成果	
全ての中等教育卒業生と 高等教育の学生	潜在的なリーダー
<ul style="list-style-type: none"> ・ 道徳的に高潔で、文化的に定着しながら違いを理解し尊重し、家族やコミュニティ及び国に対して責任を持つこと。 ・ 国家的な制約を理解しつつも、機会を求め、われわれの他民族主義や能力主義の原則を信じること。 ・ 思いやりのある社会の構成員であること。 ・ 進んで努力し、仕事に誇りを持ち、他人と仕事をすることに価値を認めること。 ・ 思考し、推論し、将来に対して確信を持って立ち向かい、逆境に対する勇気と確信を持つこと。 ・ 知識を求め、処理し、応用することができること。 ・ 革新的であること。つまり、持続的な改革精神、生涯学習習慣、事業を展開する精神。 ・ シンガポールに根ざしつつも、グローバルに考えること。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 社会を改善することに献身的であること。 ・ われわれの制約を乗り越えることに率先的であること。 ・ 他人に対し、思いやりがあること。 ・ 他人を鼓舞し、動機付け、その人の最良のものを引き出すこと。 ・ われわれの進むべき道を示し、導けること。 ・ 知識基盤経済において、突破口を見いだすことができること。 ・ 創造的で創造性豊かなこと。 ・ 途中で止めずに、敵に対して戦う正義感を持っていること。

中間的な教育の成果

6 上記に示された資質は、学校システムの各段階ごとの発達の成果のリストに書き換えられる。それぞれの教育段階は、それ以前の段階を基礎としてその上に積み重なっている。教育段階の間には、はっきりとした区別は無い。例えば、初等教育における主たる推進力は、子どもたちにシンガポールを愛させることであるけれども、それは、シンガポールを知るところを学ばないということではない。同様に、中等段階の生徒たちもまた、シンガポールを愛し、それについて知るところを学ぶ。彼らは、さらに、シンガポールが導かれ統治されている原則を学ぶ。

中間的な教育の成果		
初等段階	中等段階	ジュニアカレッジ
<p>初等学校の終わりに、生徒たちが学んでいるべき事柄</p> <ul style="list-style-type: none"> ・正しいことと悪いことの区別がつくこと。 ・他人と分かち合い、他人を優先することを学んでいること。 ・他人と友情を築けること。 ・物事に対して旺盛な好奇心を有すること。 ・自分自身について考え、表現できること。 ・自分の仕事に誇りを持つこと。 ・健康的な習慣を身に付けること。 ・シンガポールを愛すること。 	<p>中等学校の終わりに、生徒たちが学んでいるべき事柄</p> <ul style="list-style-type: none"> ・道徳的な完全性を有すること。 ・他人を気遣い、他人に関心を持つこと。 ・チームで働くことができ、各人の貢献の価値を認められること。 ・挑戦的で革新的なこと。 ・さらなる教育を受けるための広範な基礎を保持すること。 ・自分の能力を信じること。 ・美的事柄を評価すること。 ・シンガポールについて知り、信頼すること。 	<p>ジュニアカレッジの終わりに、生徒たちが学んでいるべき事柄</p> <ul style="list-style-type: none"> ・澆刺として不屈であること。 ・調和のとれた社会的責任感を有すること。 ・他人を鼓舞し、動機づけることがもたらすことを理解すること。 ・起業的で創造的な精神を有すること。 ・主体的にかつ創造的に思考できること。 ・優秀さを目指して努力すること。 ・人生に関する熱意を有すること。 ・シンガポールを導くことがもたらすことを理解すること。

結語

7 これらの教育成果のまともりは、学校長や教師たちが常々彼らの専門職において目指してきた事柄の抽出である。これらの成果は、教育サービスの方向を企画し、また、「われわれの国の将来を形作る」上での達成度を測る際の基礎となるものである。

英才教育プログラム(GEP)

(<http://www.moe.edu.sg/gifted/main.htm>)

英才教育プログラム(GEP)の歴史

シンガポールにおける英才教育プログラム(GEP)は、1984年に初めて実施された。それぞれの子どもが自身のペースで学習できるようにする「新教育システム」の下、同じ政策上に、教育省が始めたものである。教育省は、それぞれの子どもの潜在能力が認められ、育まれ、開発されるよう取り組んでいる。そして、天賦の才に恵まれた子どもが存在することを認め、彼らの要求に沿うような教育を与えるべきことが認知された。

1981年

後の教育大臣、Dr. Tay Eng Soon が、他の国の英才教育プログラムの調査を行った。これによって、シンガポールで、天賦の才に恵まれた子どもに対する教育プログラムを開始する必要があるという信念が強調されることとなった。英才教育プログラムは、シンガポールに特有のものではなく、米国や、中国、ロシア、そしてイスラエルもまた、英才児童の育成プログラムを開発してきた。

1983年

企画書が描かれた。それは、英才児童に対するプログラムを必要とする根拠と目的を示したものである。GEPは、知的な才能に恵まれた子どもたちのためのものである。企画書は、プログラムの構造を提案し、プログラムに含まれる教師の同定と、生徒の選別過程について議論した。提案されたものは、発展的学習(enrichment)であり、加速的学習(accelerated)ではなかった。

5月、今日、英才教育課と呼ばれている特別プロジェクトユニットが形成された。その主な課題は、GEPのための生徒と教師を選ぶこと、教師を訓練し、新たなカリキュラム教材を準備し、また、プログラムを実施して、その進展を監視することであった。ユニットチームは、米国の英才教育スペシャリストからトレーニングを受けた。また、コンサルタントをプログラムに付けた。

1984年

試行プロジェクトが、Raffles Girls と Rosyth School の2つの初等学校、及び、Raffles Girls と Raffles Institution の2つの中等学校で始まった。

(その後、1999年までに9つの初等学校、6つの中等学校に拡大された。)

英才教育プログラム(GEP)の正当性

教育省は、それぞれの子どもがもつ潜在能力が認められ、育まれ、開発されるよう取り組んでいる。このことは、個の成長を刺激し、子どもたちが彼らの持つ潜在能力を発言させるのに役立つ質が高く適切な教育が与えられるべきであることを意味している。子どもたちは異なった能力を持つことから、全ての学習者に対して彼らが自分自身の速度で学び、自分の潜在能力を完全に発達させることを可能とするような教育機会を与えることが、唯一正しい教育であると言える。

シンガポールの英才教育プログラムの実施背景にある3つの主要因

教育的要因

子どもたちが多様な能力を持ち、どの子どもにも同じ教育を与え、子どもに仲間と同じ速度で学ぶことを期待することが正しくないことが認められてきた。人口の1%から2%を構成していると研究が示している知的才能に恵まれた人達は、高い程度の精神的刺激を必要としている。もし、そうした学習者が健全に学ぶべきだとすれば、学校カリキュラムが、彼らのニーズに沿うように設計されなければならない。

経済的で政治的な要因

シンガポールはその進歩と繁栄を人的資源のみにしか頼ることのできない小国である。天才たちが援助され育成されることは、国にとって有利なこととなる。

人道的要因

とても賢い生徒たちはすでに良くできているので、彼らに特別なプログラムを与える必要はないという見方を多くの人々が持っている。しかし、多くの場合に、そうした生徒たちは、かれらの潜在能力を完全に発達させることが無いのである。実際、才能を無視された児童が、学校において大変な学習困難児となりうることが研究で示された。突出した才能を社会に挑戦させることなく失うことは、われわれの利益とはならない。

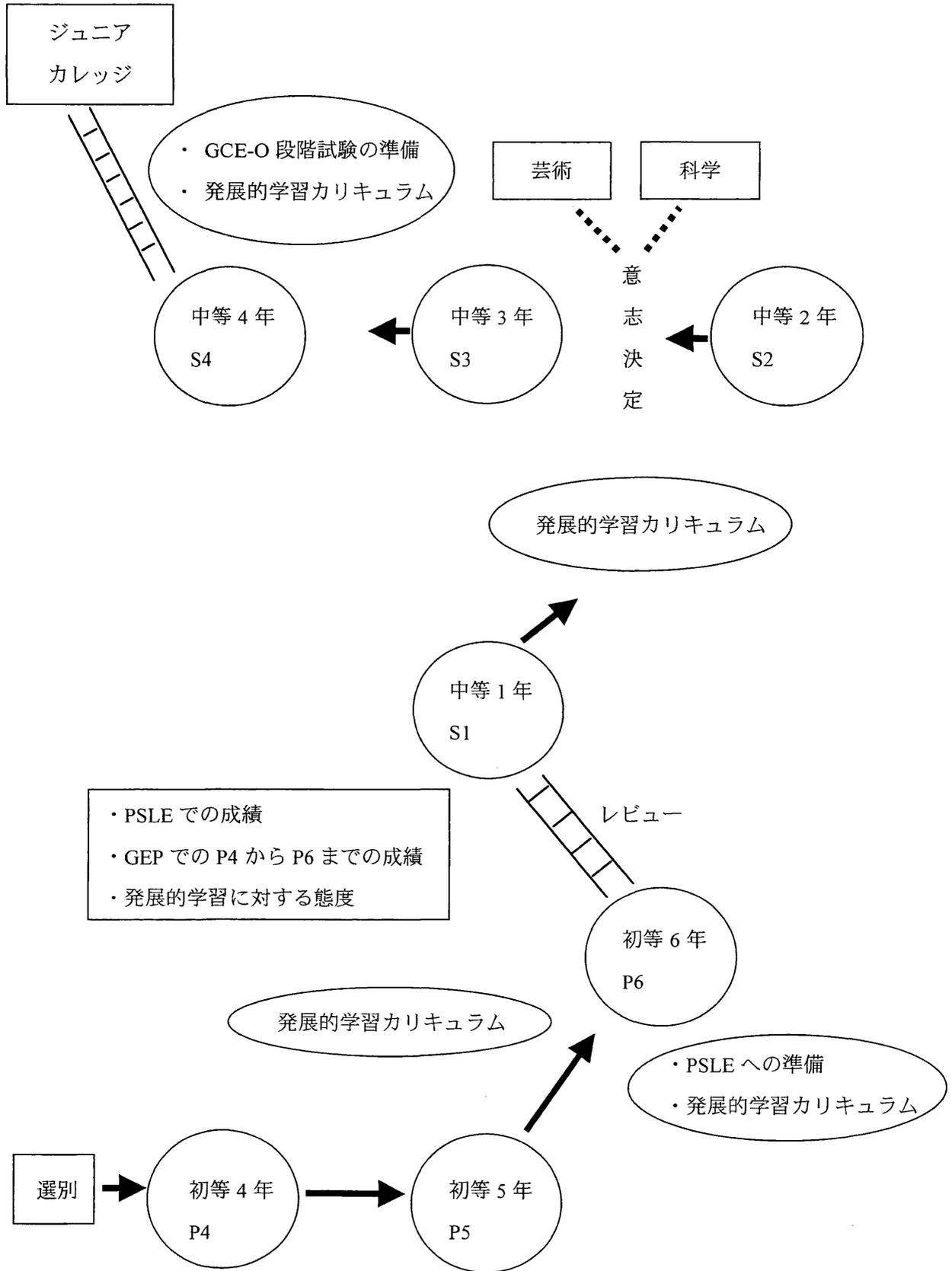
英才教育プログラム(GEP)の目標 (ゴール)

英才教育プログラムの目的は、子どもたちに、急速に変化する社会の挑戦に対処するために必要な知的ツールと態度を身に付けさせることである。それはまた、かれらの能力と価値を発達させて、変化と進歩の最前線に立って、より良い社会のために働くようになることを求めている。

英才教育プログラムの目標は、以下の通りである。

- ・ 子どもの知的能力に釣り合った高いレベルの思考過程を発達させること
- ・ 創造的な生産能力を育成すること
- ・ 自律的に生涯かけて学習し続けるスキルとプロセス、及び態度を発達させること
- ・ 子どもの自己に関する概念と自己充足への熱望を強化すること
- ・ 社会的良識と、社会への献身的貢献の意識の発達を促すこと
- ・ リーダーシップとしての資質を発達させること

英才教育プログラム(GEP)での生徒の進み方



英才教育プログラム(GEP)の内容

GEP では、英才児童の知的要求に沿うように、刺激的でインタラクティブな環境の中、発展的学習カリキュラムが与えられる。

正規の学校カリキュラムは、GEP の発展的学習カリキュラムの始発点となる。その 1 つの理由は、初等段階の GEP 生徒たちは、初等 6 年の終わりに PSLE 試験を受け、中等段階の GEP 生徒たちは、中等 4 年の終わりに GCE-O 段階試験を受けるからである。(中略)

内容領域

GEP の生徒たちは、基本的に正規の能力別コースのシラバスと同じものを受けるが、そのトピックは、より深く幅広いものとなっている。それは、創造的な思考と高次の思考技能をより強調したものである。GEP のカリキュラムは、より知的に挑戦的である。

初等段階のカリキュラム

- ・ 発展的学習教科は、英語、数学、科学、社会学、母国語（中国語）、及び、市民と道德教育である。
- ・ 母国語（中国語）に堪能で、その他の教科で優秀なすべての初等 5 年と 6 年の生徒たちは、高等中国語を学ぶことができる。
- ・ 初等 4 年と 5 年の GEP の生徒たちは、彼らに IT（情報技術）ツールを効果的に学習に用いることがDけいるようにコンピュータのコースを受けることを求められる。

中等段階のカリキュラム

- ・ 発展的学習教科は、英語、文学、歴史、地理、数学、科学、母国語（中国語）、及び、市民と道德教育である。
- ・ 母国語（中国語）に堪能で、その他の教科で優秀なすべての初等 5 年と 6 年の生徒たちは、高等中国語を学ぶことができる。
- ・ 選択可能な第 3 言語（フランス語、ドイツ語、日本語、マレー語）のコースが、教育省の言語学習センターで実施される。コンピュータプログラムが、中等 1, 2, 3 年の GEP 生徒に選択可能である。中等段階の GEP では、課外活動への参加は必修である。
- ・ 生徒たちは、中等 2 年の時に、正規の能力別コースと同じようにコースわけがなされる。彼らは、GEP 生徒に利用可能な 2 つのコースのいずれかを選ぶことができる。つまり、科学に重きを置いたコースと、芸術に重きを置いたコースである。GCE-O 段階の試験では、GEP

の生徒たちは、最低8つで最大10の科目を受けることができる。生徒たちは、試験において、音楽や芸術といったGEPで扱わない科目を受けてもよい。

英才教育プログラム(GEP)での発展的学習(Enrichment)

GEPの発展的学習のモデルは、他の国等で見られた多くの英才教育プログラムの概念的モデルから導かれた折衷的なものである。GEPでの発展的学習は、正規の学習シラバスの上に構築されるものである。

発展的学習は、4つの領域で区分されたカリキュラムによって達成される。

内容面の発展的学習

- ・学習の深さと幅において基礎的なシラバスを超えて拡張する
- ・必要なときに、より発展的トピックを扱う
- ・個々のニーズと関心に対して、より多くのことを提供する
- ・異なる教科領域と学問領域を統合する
- ・実際生活的問題の調査を促す
- ・多様な教科領域における感情的な諸問題に関する調査を促す

プロセス面の発展的学習

- ・高次の思考能力を発達させる
- ・発見的学習の機会を提供する
- ・オープンエンドな問題解決に取り組ませる
- ・個人研究のための研究スキルを教える
- ・多様な教授方略を用いて、異なる学習スタイルを提供する
- ・少人数グループでの活動と仲間同士の教授を扱う
- ・ハンズオン（実際活動的）体験を提供する

、生産面の発展的学習

- ・何について学んできたかに関する発表をさまざまな方法で行わせる
- ・創造的な表現を行う

学習環境面の発展的学習

- ・支援的で生徒中心的な学習環境を提供する
- ・リスクを伴うことを支持する

- ・刺激的な物理的環境を提供する
- ・学校外での学習経験，例えば，フィールドトリップ（実地見学）や，個人指導，地域を組み込んだプログラムなどを提供する

特別学習プログラム

英才教育課では，さまざまな個人指導，キャンプ，その他の授業外／学校外活動を組織しており，生徒たちがその潜在能力を完全に発揮できるよう手助けする。この諸活動は，英才の子どもたちが主体的に生涯をかけて自ら学ぶようになることをねらっている。

科学プログラム

科学の個人指導プログラム（中等段階）

- ・応用科学プログラム
- ・バイオテクノロジープログラム
- ・防衛科学プログラム
- ・南洋工科大学－個人指導プログラム
- ・シンガポール国立大学－科学個人指導プログラム

革新プログラム（初等及び中等段階）

- ・IP キャンプ
- ・若者革新家フェア

人文系プログラム

中等段階

- ・創造的芸術プログラム
- ・人文，社会科学系の研究プログラム

コンピュータプログラム

中等段階

- ・コンピュータ選択プログラム
- ・情報テクノロジーの認定コース
- ・実験室プログラム
- ・応用コンピューティングプログラム

初等段階

- ・初等コンピュータプログラム
- ・初等ロボティクスプログラム

キャンプ

中等段階

- ・数学発展的学習キャンプ
- ・特殊マルチメディアキャンプ

初等段階

- ・数学発展的学習キャンプ
- ・創造的ライティングキャンプ

リーダーシッププログラム

中等段階

- ・全国コミュニティリーダーシップ協会
キャンプ
- ・アウトワード・バウンド・スクール・
トレーニング
- ・リーダーシップ開発セミナー

個人研究学習(IRS)

個人研究学習(IRS)は、初等 4 年と 5 年、中等 1 年、2 年、3 年の GEP の全ての生徒のための発展的学習プログラムのかなめである。

ひとつの IRS プロジェクトは、生徒の個人的関心に基づいた独立した研究プロジェクトである。それは、生徒に文献研究技能や、探究スキル、いかに学習するかを学習するスキル、及び、論述や、口述、及び、ビジュアルなコミュニケーションスキルを発達させることをねらっている。そして、生徒たちに、自分が選んだ実際生活に関連した問題、「実践している専門家」のような問題を追究する機会を提供する。

生徒たちは、彼らの IRS プロジェクトの報告書に評定を付けられることはないが、目立った成果のあったプロジェクトは、学校においてそのメリットに対する証明や表彰を受ける等のさまざまなやり方で認められる。

指導教師は、少ない数の生徒を監督し、定期的なモニタリングと、生徒を勇気づけ助けるためのフィードバックを与える。

3-2 平成10年度インタビュー調査の結果

猿田 祐嗣, 三宅 征夫

(1) シンガポールにおける聞き取り調査の訪問先

シンガポールにおける聞き取り調査は、次に挙げる2か所で行った。

- ・シンガポール文部省 (Ministry of Education)
- ・国立教育大学 (National Institute of Education)

(2) シンガポール文部省カリキュラム計画・開発局での調査

- 1) 訪問先: シンガポール文部省カリキュラム計画・開発局
Curriculum Planning and Development Division, Ministry of Education
(Kay Siang Road, Singapore 248922, Republic of Singapore)
国立教育大学理学部
School of Science, National Institute of Education
(469, Bukit Timah Road, Singapore 259756, Republic of Singapore)
- 2) 訪問日: 1998年(平成10年)11月16日
- 3) インタビューにおける対応者:
Ms. Chua-Lim Yen Ching
(シンガポール文部省カリキュラム計画・開発局副局長)
Dr. Yeoh Oon Chye (国立教育大学理学部主任講師)
- 4) 訪問者: 三宅征夫
猿田祐嗣
- 5) 調査内容: 「シンガポールの教育制度およびカリキュラム改革の動向について」

シンガポール文部省カリキュラム計画・開発局の Chua-Lim Yen Ching 副局長 (Deputy Director / Sciences) および国立教育大学主任講師 (Senior Lecturer) の Yeoh Oon Chye 博士に面会し、シンガポールの教育制度およびカリキュラムについて説明を受け、2001年のカリキュラム改訂に向けて準備段階にある現状について、特に理科カリキュラムに関して詳しい情報を得ることができた。

6) インタビューの内容

Chua-Lim Yen Ching 副局長から約1時間にわたって、シンガポールの教育制度および教育改革の現状に関する説明を受けたが、その概要は次のとおりである。

説明の概要

- 1) 教育制度の全体像 Brief of Education System
- 2) 初等理科 Primary Science
- 3) 中等理科 Secondary Science
- 4) 教育内容の削減 Content Reduction Exercise
- 5) 指導方法 Teaching Methods
- 6) 施設や設備 Facilities/Resources
- 7) 理科への興味を引き出す方策 Generating Interest in Science

次に、1) から 4) について、その詳細を紹介する。

1) 教育制度 Education System

●初等学校 Primary School

初級 第1学年～第6学年 Primary 1 to 6

●中等学校 Secondary School

中等 第1学年～第4学年 特別/速習 Secondary 1 to 4 Special/Express

中等 第1学年～第5学年 普通 Secondary 1 to 5 Normal

●中等後教育 Post-Secondary

大学予科 Pre-University

ジュニアカレッジ（2年コース） Junior Colleges (2 year course)

大学予科（3年コース） Pre-University (3 year course)

技術教育専門学校 Institute of Technical Education

ポリテクニクス Polytechnics

2) 初等理科の教授要目 Primary Science Syllabus

●目的

- ・児童の自然への興味や環境への好奇心を引き出すために具体的な経験をさせる
- ・児童に科学概念を理解させるための知識を与えたり、自らを理解したり周りの環境を理解するための事実を与える
- ・科学的探究や問題解決に必要なスキルや態度を育成する

●強調すべき3つの側面

- ・概念
- ・スキル
- ・態度

3-1) 前期中等段階 Lower Secondary Level

●基本的な位置付け

- ・カリキュラムにおける主要教科 Core Subject

- ・科学のさまざまな領域から導かれた基本的原理

●目的

- ・理科，工業，技術のコースでのさらなる学習を支援する
- ・生徒が科学・技術にかかわる意志決定ができるようにする
- ・生涯学習の観点から生徒のスキルや態度を育成する

●強調すべき点

- ・探究の成果
科学概念の育成
- ・探究の過程
プロセススキル（例：観察や分類）の獲得
- ・態度や価値
科学的研究
社会的な事項との関連（例：アルコールの過剰摂取の影響）
環境問題

●評価方法 Modes of Assessment

- ・ペーパーテスト
再生
理解，知識の応用，科学的過程
- ・課題研究
- ・観察実験スキル

3-2) 後期中等段階 Upper Secondary Level

●基本的位置付け

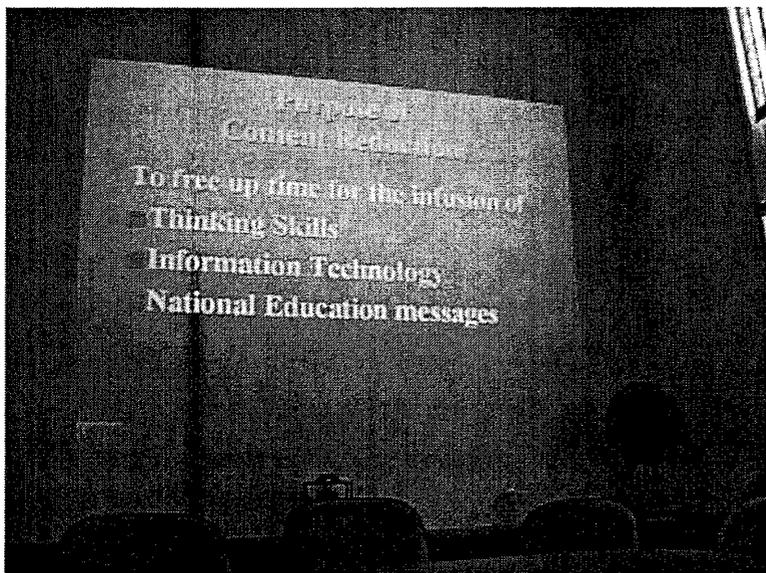
- ・GCE Nレベル，Oレベル，Aレベルにおける教授要目
- ・前期中等段階で育成された基礎を土台とする
- ・より学問領域を基本とする

●単独科目

- ・生物学あるいは人間生物学
- ・物理学
- ・化学

●複合科目

- ・理科（物理学と化学）
- ・理科（物理学と生物学）
- ・理科（化学と生物学）
- ・総合理科



4) 教育内容の削減 Content Reduction Exercise

●理科の時間数

・初等	第3学年	1.5 時間
	第4学年	2.0 時間
	第5・6学年	2.5 時間
・中等	第1・2学年（特別・速習）	3.5 時間
	第1・2学年（普通）	2.5 時間
	第3・4学年	3～9 時間（1～3科目）

●内容削減の目的

- 次の事項を徹底するために時間にゆとりをつくる
- ・思考スキル Thinking Skills
- ・情報技術 Information Technology
- ・国家的な教育への提言 National Education messages

●内容削減しても変わらない事項

- ・試験の形式は可能な限り変更しない
- ・問題の傾向は変更しない
- ・試験の様式は変更しない

7) インタビューを終えてのコメント

理科のカリキュラム作成に携わる文部省幹部から直接、教育制度および教育改革の動向に関する詳しい説明を受けることができたことは非常に大きな成果であった。特に、我が国と同じように教育内容の削減を行うという興味深い情報を提供していただいたが、内容の削減は行っても授業時間数は変更しないという説明であった。それでは何のために内容の削減を行うかということであるが、個々の教育内容をゆとりを持って学習することによって思考力を高めるとともに、学

習の過程で情報機器を十分利用することで情報技術を習得させようというねらいがあることが明らかにされた。

同席した国立教育大学の Yoeh Oon Chye 博士からも、国家の発展に寄与する人間育成が教育の最重要目的であり、そのためには情報技術の習得が大切であるとの説明を受けた。我が国以上に天然資源を持たない国家にとって、人間こそ資源であるというシンガポール建国当初からの基本理念が脈々と流れ続けていることがひしひしと感じられた。

(3) シンガポール文部省カリキュラム調査・評価局での調査

- 1) 訪問先： シンガポール文部省調査・評価局
Research & Evaluation Branch, Ministry of Education
(Kay Siang Road, Singapore 248922, Republic of Singapore)
- 2) 訪問日： 1998年(平成10年)11月17~18日
- 3) インタビューにおける対応者：
Mr. Wong Cheow Cher
(シンガポール文部省調査・評価局調査・評価担当官)
- 4) 訪問者： 三宅征夫
猿田祐嗣
- 5) 調査内容： 「シンガポールの数学および理科カリキュラムの現状と課題について」

11月17日は、シンガポール文部省調査・評価局の Wong Cheow Cher 調査・評価担当官 (Research & Evaluation Officer) に面会し、シンガポールの数学および理科カリキュラムの現状と課題について意見交換をすることができた。また、Wong氏は第3回国際数学・理科教育調査—第2段階調査—のシンガポール国内責任者でもあり、第1段階調査の結果および第2段階調査の実施・準備状況について情報を得ることができた。

11月18日は、Wong氏とともにジュロン地区にあるサイエンス・センターを訪問し、学校外施設を利用した小・中学生の理科学習を見学するとともに、センターのスタッフから関連資料を入手し、シンガポールで現在熱心に推進されている情報教育の現状について理解を深めることができた。

6) IEA調査がシンガポールの科学教育に与えた影響について

このインタビュー調査から得た情報は、次の報告書の中で Wong Cheow Cher 調査・評価担当官自らがまとめている。ここでは、その報告文にしたがうこととする。

‘The impact of TIMSS on the teaching and learning of mathematics and science’,
Robitaille, D.F. et.al.(ed.), Pacific Educational Press, Vancouver, Canada, pp.127-132,
2000.

シンガポールにおける TIMSS 調査の対象

TIMSS 調査において、シンガポールでは母集団 1 および母集団 2 とともに各学校から 1 学級が抽出された。初等学校は 191 校が抽出され、第 3 学年および第 4 学年を合わせて 14,500 名の児童が参加した。中等学校は 137 校が抽出され、第 7 学年および第 8 学年を合わせて 8,650 名の生徒が参加した。

調査結果の概要

シンガポールの母集団 1 は、第 3 学年および第 4 学年ともに算数の得点が参加国中最も高かった。理科は第 3 学年ではまだ指導していないため、参加国中 7 番目であった。母集団 2 は数学、理科ともに参加国中トップであった。

教育政策に IEA 調査が与えた影響

今回の TIMSS 調査で数学、理科ともに参加国中トップであった母集団 2 であるが、約 10 年前の 1980 年代初めに実施された第 2 回調査である SIMS および SISS の結果はかなり低かった。SISS の結果によると、母集団 1 の 10 歳児は参加 19 か国中 16 番目、母集団 2 の 14 歳児は参加 26 か国中やはり 16 番目であった。特に、初等学校第 3 学年の児童はまだ理科を学習していないため、算数に比べ理科の成績が悪かった。

そこで、過去 10 年間、算数・数学および理科のカリキュラムは改訂された。改訂された教授要目は枠組みが大きく変更を受け、シンガポールの児童・生徒は思考力だけでなく、問題解決や科学的探究に必要なスキルや態度を身に付けることができるようになった。

シンガポールの数学および理科の教師は、生徒の成績を付けたり授業を計画したりすることによりかなりの時間をかけており、このことは国際的に高い児童・生徒の成績につながっている。政府はさらに、教師の知識やスキルを向上させるために、定期的にワークショップや現職研修講座やセミナーを開催し、最新の教育技術を身に付ける機会を提供している。

7) インタビューを終えてのコメント

Wong Cheow Cher 調査・評価担当官が上述の報告書の中で指摘するように、1997 年以来、シンガポール文部省は急激に変化し、ますます将来が予測しにくい世界の中で、シンガポールの未来にとって次世代の教育を改革していくことが必要であるという認識のもとに、新しい方向を探っている段階である。新しい知識が高い価値を生み出す国際経済において生き残るため、シンガポールは新しく高い価値を有する知識を創造する能力の育成を最大の目標としている。シンガポールの児童・生徒は知識の使用者であるとともに創造者である必要があり、そのためには自ら考え出した方法で問題を革新的に解決できる独立した学習者かつ創造的な思考者でなければならないとしている。

このように非常に高い目標を掲げるシンガポールでは、1997 年に首相が 21 世紀における教

育の未来像として「考える学校，学ぶ国家」キャンペーンを公表した。このキャンペーンは，シンガポールをさらに発展し繁栄させ続けるための思考し献身的な市民からなる国家を目指すものであり，過去10年の教育の成功に裏付けられたものであるということができよう。

(4) 入手資料リスト

- *Education in Singapore*, Ministry of Education, 1998
- *Primary Education – Schooling in Singapore*, Ministry of Education, 1998
- *Secondary Education – Schooling in Singapore*, Ministry of Education, 1998
- *Junior College Education in Singapore*, Ministry of Education, 1998
- *Learning to Think Thinking to Learn*, Ministry of Education, 1998
- *Pace (Setting the pace for Primary Science Education)*, No.23,24,25, Curriculum Planning & Development Division, Ministry of Education, 1998
- *Science Newsletter (A Publication for Science Teachers of Secondary Schools, Centralised Institutes and Junior Colleges)*, Vol.5,No.2, Vol.6,No.1, Curriculum Planning & Development Division, Ministry of Education, 1998
- *National Report for Singapore (Population 1)*, Research and Testing Division, Ministry of Education, 1997
- *National Report for Singapore (Population 2)*, Research and Testing Division, Ministry of Education, 1996
- *Science Syllabus (Primary)*, Curriculum Planning Division, Ministry of Education, 1992
- *Science Syllabus (Lower Secondary) Special/Express/Normal Course*, Curriculum Planning Division, Ministry of Education, 1992
- *Science Syllabus (Lower Secondary) Normal (Technical) Course*, Curriculum Planning Division, Ministry of Education, 1993

3-3 平成11年度事例調査の結果

小倉 康, 猿田 祐嗣

3-3節では、平成11年度に行ったシンガポールにおける事例調査の結果に基づいた報告を行う。11年度は、カリキュラムの実施に関わる情報収集のために、国立教育大学（NIE）では、理科教育担当の教授に教員養成と現職教育に関して、また、小学校と中学校各1校では、理科主任教師に理科カリキュラムの実施とその背景要因に関して、それぞれインタビュー調査を行った。

(1) インタビューにおける質問の観点

1. 教員について

- 1-1 教員養成制度と教員免許について
- 1-2 教員採用制度、雇用の安定性、社会的名声、給料、教員の需給について
- 1-3 現職教員研修制度と教員評価について
- 1-4 理科教授と観察実験のための施設設備について
- 1-5 異なった能力を持った生徒のための教授について
- 1-6 科学がどのくらい、そしてなぜ重要で、また、関連があるかについて

2. 学習者について

- 2-1 社会的な多様性の問題について
- 2-2 生徒間の学習機会の平等性について
- 2-3 学校で学習することが成功をもたらすという信念や期待について
- 2-4 科学を学習する生徒の動機について
- 2-5 科学を学習する際の協調的で競争的な雰囲気について
- 2-6 問題行動の生徒の状況について

3. カリキュラムについて

- 3-1 科学の必修課程について
- 3-2 国レベルの教育スタンダードの影響と教科書について
- 3-3 典型的な評価方法について
- 3-4 科学教育への入学試験の影響について
- 3-5 学校外で生徒が学ぶ機会（私塾、家庭教師、公共施設、野外学習など）について
- 3-6 学校の教育課程の事例

以下では、上記の質問観点別に、3者のインタビューで得られた情報をまとめて掲載する。なお、本報告書の巻末に、訪問時の写真を掲載したので、参考にしていただきたい。

(2) インタビュー結果

実施日： 1999年11月3～4日
実施場所： 国立教育大学（NIE）、ジュイン（聚英）中学校、タオナン（道南）小学校
回答者： Yap Kueh Chin（国立教育大学副教授）、及び、
ジュイン中学校とタオナン小学校の各理科主任教諭

結果： 以下の通り。回答者を「大学」、「中学」、「小学」で示す。

1. 教員について

1-1 教員養成制度と教員免許について

（大学）資格を修得するための2年課程－初等教員
資格と学士号を修得する4年課程－初等教員
大学卒業者のための資格修得のための1年課程－初等・中等教員

1-2 教員採用制度、雇用の安定性、社会的名声、給料、教員の需給について

（大学）文部省が教員を雇用する。

学校教員は、終身雇用。

教員の解雇は、文部省によって可能であるが、滅多に起こらない。

教員は、職業として、社会からとても尊敬される職業である。

教員の給料は、他の職種に引けを取らず、2ヶ月半の休暇を持ちつつ、給料は12ヶ月分支払われる。

正確にはわからないが、多くの教員が勤めの後に、塾指導を行っている。

就労時間は、通常7時30分から16ないしは17時までで、その後は、家族と過ごすことが、人々にとっては大事なことである。

教員の数不足している。資質の高い教員の確保が、より重要になってきている。

（中学）教員の給料は、とても良い水準にある

（小学）今日、教師たちはさまざまなプレッシャーを受けている。例えば、教師は授業時間の3割を情報技術（IT）を活用したものに当てなくてはならない。

本校は、二交代制を採って、104人の教師がいるが、教師の数は不足しており、スペースも足りない。小学校の中には、交代制を採らないで、十分な教室を有するところもある。

1-3 現職教員研修制度と教員評価について

（大学）昨年(1998年)から、新しい現職教員研修制度が始まり、全ての教員が、1年間に100時間までの専門的な研修を受ける権利を持つこととなった。教員の中には、その限度を超えるものもいる。

学校長は、全ての教員を、A、B、C、Dの4段階で評定する。D段階に評定される

と、その教師には何らかの注意が与えられる。また、優れた教員の中には、月給の 3 分の 1 程度の実績ボーナスが与えられる場合がある。

(中学) 教員は、外部の新しい情報を教え合う。

教員は、互いに授業を観察し、教授について話し合う。年に、1~3 回は、授業改善のために何人かの教員が授業を見に来る。授業の評価や判定ではない。

全ての教員が、100 時間までの専門的な研修を受ける権利を持っている。研修のテーマは、学校の研修方針と一致していなくてはならない。学校は、教員研修のために、年間、1 人あたり 250 シンガポールドルの予算を持っている。殆どの教員は、100 時間を消化する。教員の中には、100 時間を超える者もいる。

学校の中には、ある教員がどのクラスを指導するかをローテーションで変える学校がある。というのも、特別ストリームや速習ストリームのクラスは、普通・技術ストリームのクラスよりも指導しやすいからである。教員の中には、自分が毎年、普通・技術ストリームのクラスを当てられてきたと苦情を言う者もいる。

中等学校の上位学年(中等 3 / 4 年生)を受け持つ教員は、そのカリキュラムの違いによって、下位学年(中等 1 / 2 年生)を受け持つ教員と異なる傾向がある。

(小学) シンガポールの教師たちは幸運である。なぜなら、政府が NIE のような研修機関に行くための予算を持っているからである。NIE の研修プログラムは、国が必要としている改革の方向と同調している。

1-4 理科教授と観察実験のための施設設備について

(大学) 学校によって、施設設備には程度の差がある。

(中学) 観察実験に関する施設設備には何の問題もない。本校には、実験授業をサポートする技官(テクニシャン)が 2 人いる。3 つの化学実験室、2 つの物理実験室、及び 1 つの生物実験室がある。

(小学) コンピュータ教室が 3 部屋あり、2 人で 1 台使える新型コンピュータが導入されており、またプロジェクターも完備されている。

1-5 異なった能力を持った生徒のための教授について

(中学) 本校には、3 つのストリーム(能力別コース)、つまり、普通・技術、普通・学術、及び、速習/特別のストリームがある。各ストリームには、異なるカリキュラムが与えられる。教員は、生徒たちの学習能力に適した難易度で努力のしがいのある水準で教えるように努めている。もし、それが生徒にとって難しすぎたり、易しすぎたりすれば、良い結果とはならない。

教員は、話し合いとか、班学習による協調的学習、コンピュータの活用、実作業を多く取り入れた実験、補習授業、など、多様な方法で教えるよう努めている。

補習授業は、何らかの理由で学習に困難が生じた生徒たちに課せられ、午後 2 時 30 分から、ないしは 3 時 30 分からの 1 時間を当てている。これは、教員にとっては、余分な仕事となる。

特別授業が、休業期間中に行われる。6 週間にわたって、5 から 6 の講座が開かれる。1 週間に 3 回、1 日に 3 時間、午前中に行われる。

1 年に 4 学期あり、各学期の終わりに、「継続アセスメント」(Continue Assessment) が実施される。1 つの学期は、10 週間の長さで、2 つの学期をセメスターとして、セメスターの終わりには、試験が行われる。

放課後に、課外活動が行われている。

(小学) 小学校 3 年の終わりに、英語と数学のテストを行って、その結果に基づいて、英才コースの児童が選ばれ、4 年生から 6 年生まで特別なカリキュラムを受ける。彼らに対する教材は、多くの発展的活動を含んでいる。というのも、彼らはとても速く学習するので、他の子どもたちよりも多くの発展的活動を経験できる。

小学校 4 年の終わりには、全国的な能力別コースわけのアセスメントが行われ、その結果によって、EM1、EM2、EM3 の 3 つにランクづけられる。EM1 が成績の良い子どもたち、EM2 が平均的な子どもたち、多くは母国語(中国語)が苦手な場合が多い、EM3 はゆっくり学習した方がよい子どもたちのためのコースである。

学校の勧めに基づいて、保護者が、自分の子どもがどのコースに進むべきかを選ぶことができる。しかし、小 5 の 1 年間に、学校はそれぞれの子どものコースへの適合性を評価し、再びコースわけを見直す。それによって、EM1 の子どもが EM2 へ、EM2 の子どもが EM3 へ、またそれらの逆の場合も起こる。

異なったコースの子どもたちへの指導は、その速さとともに、教え方(ストラテジー)においても異なっている。

1-6 科学がどのくらい、そしてなぜ重要で、また、関連があるかについて

(大学) 科学の内容は、基本的には、学問的に厳格な内容

(小学) シンガポール人は、伝統的に、科学が最も重要な教科であって、学校で習得しなくてはならないと考えている。このことは、生徒の積極的な学習態度に影響している。科学を修めることは、価値が高いのである。

教師たちは、科学の学習が、より職業選択に結びつくように努めている。

小学生たちは、本質的に科学や体験活動には高い好奇心を示す。

2. 学習者について

2-1 社会的な多様性の問題について

2-2 生徒間の学習機会の平等性について

(大学) 義務教育ではない。教育への参加は、政府の責任ではなく、人々が自身で決定すべきこと。

(小学) 本校の子どもたちの約半数は、家庭教師を持っている。他校に比べて、学習の水準はかなり高い。家庭の状況も学校によって大きく異なり、学校運営に差が生じている。

平均して、シンガポールの小学生たちの約 8 割が、塾ないしは家庭教師 (tuition) を利用している。この割合は高学年になるほど高く、また成績の良いクラスほど高い。放課後の 1～2 時間は、それが必要な子どもに対する補習授業が行われている。小 1 と小 2 では、補習プログラムは、学習遅進児や読み書きの苦手な子どもたちに対して行われる。

英才学級の子どもたちは、科学に関するより多くの学習機会や活動が与えられる。

義務教育は存在しないが、12 学年までの教育が受けられる。授業料は高くはなく、図書館の図書やその他の費用のいくつかを負担するだけですむ。

野外活動や遠足も、その参加費を徴収する。

なぜ義務教育が存在しないかという点、マレー系の子どもたちの多くがイスラム系の学校に進んで、学業成績が伸びなくなるという事情が関係している。この問題の解決に向けた検討が政府で行われている。

2-3 学校で学習することが成功をもたらすという信念や期待について

(大学) 自然資源を持たないシンガポールにとって、人材が最も重要な資源であり、国を支えるものである。政府は人々に、勤勉さと、良い教育を受けること、及び、教育に関心を持つこと、を尊重するよう期待する。

(小学) 保護者の中には、子どもの教育について、強い要求を示すものがある。学校の授業が、「あまりに悠長である」と不平を訴えることもしばしばである。

2-4 科学を学習する生徒の動機について

(大学) 科学や数学を学ぶことがなぜ重要なのかについては、疑う余地もない。伝統的に、これらの教科は、優秀な生徒たちが履修し、他人よりもよりよくできるものであると考えられてきた。

(中学) 生徒たちは、自ら学んでおり、保護者も生徒たちが勉強できるように努めている。

2-5 科学を学習する際の協調的で競争的な雰囲気について

(中学) クラスメイト間で競争的な雰囲気はある。しかし、そうした雰囲気が小学校の時からであるので生徒は慣れている。

プロジェクトワークが教育課程に導入されて、生徒たちの協調性やチームスピリットを重視するようになっており、3 人から 4 人でグループを構成させている。プロジェクトワークの評価は、同じグループのメンバーに対して同じになる。

学際的なプロジェクトワーク ('Interdisciplinary Project Work' (IPW)) は、まだ試行段階であるが、英語や科学、数学、地理といった単独の学問領域ではなく、それらを統合するようなものである。その評価は容易ではない。

(小学) EM1 や英才学級の子どもたちはとても競争的で、他の子どもと協調性や共同性に欠ける場合が見られる。しかし、根本的には、彼らは自らの希望や期待を持っているので、それが自然な学習意欲となって、自発的に勉強している。

班での活動は、EM3 などより EM1 や英才学級の方が容易にできる。
英才学級は 25 人で構成されており、その他は 44 ないしは 45 人で構成されている。

2-6 問題行動の生徒の状況について

- (大学) 最近、増加してきているが、依然、少数である。
- (中学) 「金持ちたちの問題」と言われるように、喫煙や飲酒、夜遊びといった問題行動を起こす生徒を助けるための委員会がある。学校にはカウンセリングがいる。教育省もカウンセリングのための特別なトレーニングプログラムを用意している。
- (小学) 本校の児童の家庭環境は、平均的なそれよりは良好である。それによって、塾通いや様々な体験、読書、科学番組の視聴など、学校外の教育環境にもよい影響がもたらされている。そうした状況の子どもたちは、より困難な家庭環境の子どもたちよりも、問題行動を起こしにくい。

3. カリキュラムについて

3-1 科学の必修課程について

- (大学) 基本的に中央集権的である。
- (中学) 中 1 と中 2 (S1 と S2) は、一般理科 (ジェネラル・サイエンス) を学習する。1 授業時間は 35 分で、特別コースと速習コース、普通の学術コースでは、週に 6 時間である。普通の技能コースでは週に 5 時間である。
- 中 3 と中 4、及び中 5 (普通コースのみ) では、物理学、化学、生物学、及び、物理と化学を合わせた科学を学習する。特別コースと速習コース、普通の学術コースでは、週に 5 時間である。普通の技能コースでは週に 6 ないし 7 時間である。
- 実験作業は、通常、2 時間枠 (70 分) を使って行われる。
- (小学) 1 授業時間は 30 分である。
- 小 1 と小 2 では、理科の授業がない。教師は、活動を間接的に理科と関連づけようとしている。
- 小 3 では 3 時間、小 4 で 4 時間、小 5 と小 6 では、5 時間である。
- 小 3 以降、児童は、土曜の 8 時から 10 時に行われるいずれかの補助授業を受け、その後、10 時 30 分から 12 時 30 分には、理科クラブを含むクラブ活動に参加する。理科クラブはとても人気があって、多くの子どもが入っている。
- 発展学習プログラムもあり、いろんな体験旅行や、時には海外旅行も含まれる。発展学習プログラムのため、政府は子ども一人あたり、年間 50 シンガポールドル (約 3 ~ 4 千円) を予算化している。教師は、プログラムが子どもたちの学習意欲を高めるものとなるよう楽しいプログラム作りに努めている。

3-2 国レベルの教育スタンダードの影響と教科書について

- (中学) 教師が教科書を選択できる。教科書は無償配布ではなく、貧しい家庭でない限り、生

徒たちは学習のために教科書を購入しなくてはならない。生徒たちは教科書代として年に100から150シンガポールドル（約7から13千円）を支払う。

(小学) 国定の標準教科書とワークブックがある。ワークブックは多くのハンズオン活動（観察実験活動）を載せている。

小3では、おもちゃの車づくりという学習プログラムがあり、個々の子どもが作った車でコンテストを行う。

小4以降では、より高度な知識と技術を駆使した車づくりに取り組む。

3-3 典型的な評価方法について

(中学) 基本的には、筆記試験の成績による。

(小学) 基本的には筆記試験に基づいて評価する。社会科では態度を評価することもある。

3-4 科学教育への入学試験の影響について

(大学) PSLEとGCE-OレベルとNレベル、及びAレベルの3段階の国家試験があり、この結果に基づいて、政府が一人一人の生徒に関してどのストリーム（能力別コース）が適切かを決定する。国に2つの大学しか無く、それぞれが特殊性があるので、優秀な生徒にとって、ある特定の領域での高等教育の勉学を続けたいならば、選択は一つしかない。

(小学) 本校の児童は、時々PSLEでトップとなってきた。

今は、試験の直後なので、児童はリラックスして、普段よりも楽しい活動を得ている。

3-5 学校外で生徒が学ぶ機会（私塾、家庭教師、公共施設、野外学習など）について

(大学) テュイションと呼ばれる私塾や家庭教師が普及しているが、学校よりも高額である。少なくない教員が、私塾でお金を得ている。

(小学) 裕福な家庭の子どもたちは、家庭教師やより良い塾に通ったり、科学学習センターに行ったり、さまざまな体験学習活動に参加している傾向がある。しかし、両親ともが外で働くようになった今日、両親が家庭で子どもの勉強を見る時間がなくなってきた。科学学習センターでの学習は、学校のカリキュラムと連動しており、学校の学習の補完として位置づけられる。学校での学習がすべてではなく、その他のさまざまな補助が連関している。

3-6 学校の教育課程の事例

(収集資料)

(3) 考察

1-1 教員養成制度と教員免許について

中等教員の多くは、一般的に専門の学部（理数で言えば、理学部の物理学科など）を4年で卒業した後に、教員免許習得のためにNIEの1年課程に進む。NIEの学部課程は、主として初等教員の養成となっている。このことから、中等教員には、より高度な教科の専門性が要求されていることがわかる。

1-2 教員採用制度、雇用の安定性、社会的名声、給料、教員の需給について

公立学校の教員の採用は、文部省が決定する（その後の調査では、特に成績水準の高い一部の学校の校長は、公務員としての位が高く、実質的にその学校の教職員を採用できるということである）。

教員の待遇は、社会的にも経済的にも高い水準にあり、結果として高い資質と能力を有する教員を獲得することができる体制を取っている。身分的にも安定しており、夕方5時以後は、家庭生活を営むことの重要性が認知されており、また、塾や家庭教師を営んでかなり高い副収入を得ることも認められている。しかし、経済状況が極めて好調なシンガポールでは、こうした好条件下においても教員不足の問題がある。

1-3 現職教員研修制度と教員評価について

すべての教員に対して、年間100時間の研修を受ける権利を認めていることは大きな特徴である。そのための経費が予算化されていることは、シンガポール政府が教員の能力向上を極めて重要視していることを示している。

前の質問から、教員は安定性の高い職種であることがわかる一方で、すべての教員が、毎年4段階の評価を受けており、評価次第では、収入にも変化が生じる点は、競争的なシステムを取り入れていることで、常に向上を要求していることが窺える。

競争的システムが存在している中でも、教員の間で教え合い学び合う風土が根付いていることで、教員研修がより効果的に展開されていることが予想される。

1-4 理科教授と観察実験のための施設設備について

われわれが視察し、インタビューした結果からは、シンガポールでの科学・技術教育の環境は、極めて高い水準で整えられていると言える。教員自身も、物理的な教授環境については、特に問題がないと感じていた。もともと、イングランドの教育システムが取り入れられていることにも起因しているが、中学校でも実験のための技官が配置されており、教員が授業でより実験を行いやすい体制が取られている。

情報教育の普及が、今日のシンガポールの教育政策の重要な柱となっていることは、視察した小・中学校のどちらでも、そのための優れた教室を複数設置していた（中学校では間もなく設置される場所であった）ことから明らかであった。

1-5 異なった能力を持った生徒のための教授について

能力別の学級とコースの編成は、シンガポールの教育の最も特徴的な点である。われわれが訪問した学校を含む限られた少数の小学校では、英才コースが4年次から設けられており、類い希な才能に恵まれた児童の一層の伸長が目指されている。通常の小学校では、5年次から、EM1、EM2、EM3の3コースが設けられて、児童の学習適性に応じて、最もその児童に適したコース選択が行われる。

中学校でも、一部の学校に小学校と同じく英才コースが設けられている。通常の学校では、特別、速習、一般（学習）、一般（実技）の大きく4つのコースの内の2つないしは3つのコースが設定されている。これらの4つのコースへの進学は、小学校卒業時の全国テストの成績で決定されるが、4年間の中学校の1年次から2年次、2年次から3年次では、コース配置の見直しも可能となっている。しかし、この早期からの複線型教育制度が、シンガポールの子どもたちの大半が、小学校時に厳しい学習生活を送ることの主要因となっていることは事実である。

4年課程の中学校から2年課程の高校（ジュニアカレッジ）へ進学する際にも、GCE-Oレベルの全国試験があることから、中学校でも生徒の学習達成を高めるためにさまざまな努力をしており、インタビューした学校においても、毎日の補習授業や、休業期間中の特別授業などを実施している。なお、シンガポールでは土曜日でも学習日である。

1-6 科学がどのくらい、そしてなぜ重要で、また、関連があるかについて

シンガポールでは、科学を学習すること自体が、将来の成功と強く結びつくものとして認知されている。逆に言えば、数学や物理といった学問で高い成績を達成することが、その生徒の能力の高さを示すものと見られるのである。このことは、IEAの数学・理科教育調査等で示された、シンガポールの生徒たちが高い成績とともに、理数学習へのより好ましい態度を示していることと強く関連しているものと考えられる。

2-1 社会的な多様性の問題について

インタビュー時には聞かれていないが、シンガポールは、中国系市民が大半を占めながらも、中国文化を国民に押しつけず、共通言語を英語とすることによって、国内外の異文化、異民族を広く許容し、相互理解の基に国を発展させようとしている。したがって、教育では、英語の習得が極めて重要な要素となっており、その点でマジョリティの中国系の子どもたちが、他のマイノリティの子どもたちよりも、有利というわけではない。同時に、それぞれの母国語とルーツとなっている文化を学習させることで、民族としてのアイデンティティを育成することにも力を入れており、英語ができれば社会生活に支障は無いシンガポールにあっても、結果的に英語しかできない子どもたちにならないような教育システムとなっている。

このように、社会の多様性へのアプローチは、白人社会とヨーロッパ文化を中心として、マイノリティをそれに近づけるように教育するアメリカとは異なって、民族に関わらずそれぞれの市民に高い学習目標が設定されている。

2-2 生徒間の学習機会の平等性について

制度的には義務教育を取っていない（現在は政府は義務教育化を決定し準備が進められている）が、実質的には小・中学校 10 年間の基礎的教育は確立されている。中学校の終了時に、GCE-O レベル（一部のコースについては、GCE-N レベル）の一般修了資格試験があり、その成績が、その後の進学先や将来就職したときの待遇に影響を与える。中学校での学習コースは、小学校終了時の修了資格試験（PSLE）の結果によって決定されるため、必然的に、子どもたちは小学校と中学校を通じて厳しい学習生活を要求される。子どもたちは、小学校と中学校に、義務感で通学するよりも、社会で成功するための必須要件を満たすため、自分のために通学するように動機づけられる。「勉強したくなければ学校に通わなくていい」という姿勢は、教育システムが資格社会での成功と連動しているからこそ成立していると考えられる。学習能力に個人差の大きい子どもたちが、それぞれ達成感を得られるように、かつ、効果的に学習を伸長できるように、能力別カリキュラムが用意され、いわゆる「落ちこぼれ」を生まないよう配慮されている。

しかし、正規の学校カリキュラムを超えて、大半の子どもたちが塾や家庭教師を利用し、保護者がそのために多大な努力を払っているという現実には、わが国にも見られるように、学習への過度の強調を引き起こしやすく、全人格的な調和のとれた人間形成を脅かしかねない。また、裕福な家庭の子息とそうでない場合とで、学習機会の不平等にもつながっている。わが国よりもはるかに厳しい「受験社会」として、新聞メディア等で紹介されることの多いシンガポールの教育の「マイナス」のイメージは、この点に集約できる。しかし、わが国を含め、韓国や台湾、香港といったアジア諸国の多くが類似の問題を抱えており、学校の教育システム自体の問題であるとは言い難い。

2-3 学校で学習することが成功をもたらすという信念や期待について

前述のように、社会での成功と学校での学習達成とは直結しており、人々はそれを前提として学校教育を捉えている。保護者の中には、学校に対してより厳しい教育を期待（要求）する者も少なくない状況にある。

2-4 科学を学習する生徒の動機について

シンガポールでは、科学や数学の習得が優秀さの証と捉えられ、これらの科目に対する学習意欲は高いということである。IEA の国際数学・理科教育調査で、高い成績とともに良好な学習態度が示された背景には、こうした文化にも影響を受けていると考えられる。

能力別コース編成にあって、生徒が全般的に良好な学習態度を示しているという事実は、能力別コースでの学習が、生徒自身の能力適性に合っているものとして受け入れられていることを示唆している。もし、より要求度の高いコースに属していれば、学習に着いていけない生徒を多く生むであろうし、逆に要求度の低いコースであれば、学習意欲につながるような刺激に欠けることにつながる。能力別コース編成は、トップの生徒たちに優越感を与えるものではなく、それぞれの生徒に適度の充実感や自発的な学習意欲を醸し出すものとなっていると考えられる。

2-5 科学を学習する際の協調的で競争的な雰囲気について

学習の協調性については、近年特に強調されるようになっており、新しく導入されたプロジェクトワークでは、チームスピリットやリーダーシップを育成することも重要な目標となっている。

しかし、学習の評価は依然として個人の試験成績に依っているため、特に学力レベルの高い子どもたちの間では競争的な雰囲気が強いようである。しかし、実質的には、競争よりも個人がいかに自発的に学習するかが重要であると見なされている。

2-6 問題行動の生徒の状況について

過激な受験社会の中で、そのシステムを受容できず、問題行動を引き起こしたり自暴自棄な態度に陥る生徒が多いのではないかというわれわれの予測に対して、現実には、そうした事例の発生は極めて少数に限られていることを知った。

その原因を特定することはできないが、考えられる可能性としては、前述のように、学校のカリキュラムが生徒の能力適性に合っていること、また、子ども自身が自分の能力適性を自覚していること、規制の強い社会にあって問題行動に対する処罰が厳しいこと、国民（保護者）が家庭生活を尊重した生活スタイルを送り、子どもの成長の支援に努力すること、政治の安定と好調な経済社会の下で将来をあまり憂慮しなくてよいこと、建国以来、国土がわずかで資源の無い国にとって、一人ひとりの国民が最も価値があるという意識が浸透しており、子どもが自己効力感を実感しやすいこと、などが挙げられる。

3-1 科学の必修課程について

小学校で、理科は3学年から始まる点はわが国と同じである。

授業時間は、小学校段階ではあまり変わらないが、中学校では、わが国よりもかなり多くの時間が割かれている。

授業内容は、中2までは総合的な科学で、中3以降は分科した科学（物理、化学、生物、あるいはそれらの組み合わせ）を学習する。GCE-O レベルの修了試験では、この分科した科学を選択して受験することとなる。

必修以外にも、発展的な理科の学習機会が設けられ、興味・関心の高い児童生徒が学習をさらに深めることを可能としている。

3-2 国レベルの教育スタンダードの影響と教科書について

授業で用いる教科書を、教師自身が選んで決定できることは着目される。訪問した学校でも、教師が選んだり参考にできるように、多くの教科書が棚に並べられていた。

3-3 典型的な評価方法について

評価はほぼすべてが試験の成績によっている。関心態度が評価されることはまず無く、あくまで結果として現れたことが評価される。技能面については、中学校の修了資格試験に、パフォーマンステストがあり、実験室で一定の時間内にいくつかの課題の実験を行って結論を導くことができるか評価される。

3-4 科学教育への入学試験の影響について

幾度も述べたように、進学の際には、入学試験ではなく、修了資格試験の成績によって成否が決定される。この試験で多くの生徒が良好な結果を示すことが、学校の評価になる。必然的に、科学の学習もそれを目指したものとなる。教師の評価も、いかに結果を残せたかにかかってくる。このように、国家試験が教育そのものの中身を大きく形作る素になっているといえる。

3-5 学校外で生徒が学ぶ機会（私塾、家庭教師、公共施設、野外学習など）について

デュイションについては前述したように、シンガポールで非常に普及している。帰宅時間は早いとはいえ、共働きの世帯が大半である中で、子どもが学校外で学習できる機会は重要な意味を持っている。

学校外で生徒が理科を学ぶ機会として特に注目されるのが、科学センターとの連携である。科学学習センターでは、カリキュラムに直接関連した内容のプログラムが多く設けられており、各学校が適時それを利用している。学校がそれを行うための予算も確保されている。

（5）シンガポールでの調査結果のまとめ

平成 12 年 7 月 31 日に「日本科学教育学会第 24 回年会」（静岡市）にて、「シンガポールでの優秀な理数の成績の背景要因に関する現地調査報告」と題して、小倉、猿田、三宅の 3 名で発表した。この内容をシンガポールにおける調査のまとめとする。

1. シンガポールという国への関心

マレー半島の先端にあるほぼ東京 23 区と同じ大きさで人口 300 万人余りが暮らす小さな島国がシンガポールである。1965 年の独立から短期間で急速な発展を遂げ、世界経済フォーラム (<http://www.weforum.org/>) が発表している国際競争力ランキングでは 1996 年度から 4 年連続世界第一位となっている（1999 年度の第二位は米国、わが国は第十四位）。人口の約 77% を中国系、14% をマレー系、7% をインド系が占める。公用語は、中国語、マレー語、タミール語と英語であるが、ビジネスや教育では英語が用いられ、国民の約 55% は 2 カ国語以上を話すことができるとされる (<http://www.japan-emb.org.sg/>)。

1994～95 年に実施された IEA による第 3 回国際数学・理科教育調査(TIMSS)では、40 カ国余りが参加した中学生段階の成績で数学、理科ともに世界第一位となった。しかし、シンガポールの生徒たちが強烈的なスパルタ教育によって無理やり勉強させられているかということ、そうではなく、同じ TIMSS の生徒質問紙の結果は、数学や理科が好きとか楽しいと思っている生徒の割合でも、非常に高い値を示した（わが国の結果は最下位に近い）。

建国から短期間で、このような世界の頂点に到達した背景には、建国以来の指導者である李光耀(Lee Kuan Yew)氏の存在と彼による数々の思い切った政策の実行が知られている。その過程を詳細に論じることは本研究の目的ではない。シンガポールの現在を調べ、科学教育に関して、その高い完成度を支えている主要因を探ることが目的である。なぜなら、わが国の教育が、学力低下や知離れをはじめ、山積する諸問題に混沌として将来像を描けないでいる状況で、一つの成

功事例を理解することは、問題の解決に利益をもたらす可能性があると思われるからである。

2. 研究方法

本研究の当初、シンガポールにおける教育、とりわけ科学教育についてはよく知られていなかった。そこで、シンガポールに渡航し、教育省関係者、教育研究者、学校関係者から直接情報収集し、学校視察を行った。平成10年と11年の2度の渡航により収集した情報を分析するとともに、メディア等から集めた情報と総合して、シンガポールでの科学教育の主要な特徴を探ることとした。

3. 教育制度に関連した特徴

シンガポールでは、義務教育は存在しないが、ほぼ100%の子どもたちが初等6年、中等4年(一部5年)の最低10年間就学する。面接した教育研究者は、「学校は勉強するために行くところ。勉強したくなければ行かなくてよいという考えが社会に浸透している」と話したが、実は宗教教育的な理由から、法的に義務教育化するのが困難とのことであった。

小学校の1年次から4年次が基礎段階(理科は3年次以降)、5と6年次がオリエンテーション段階とされ、基礎段階の終わりに、英語と民族語及び数学の成績に基づいてEM1,EM2,EM3という能力別の3つのコースのいずれかに分けられる。コースの決定にはある程度保護者の希望も入れられるが、5年次の終わりに再びコースの適正性がチェックされる。6年次の終わりに、中等教育段階へ進むための国家試験(通称PSLE)が課せられ、結果に基づき「特別」(約10%)「速習」(約50%)「普通」(約40%、学術対実学は約6対4)のいずれのコースかが決まる。

このように早期の能力別コース分けは、いわゆる試験地獄に子どもたちを追い込み、一部のエリートと多くの落ちこぼしを生み出し社会問題化することが心配される。しかし、シンガポールで会った教育関係者と一般人は、この制度に全く否定的な態度を示さなかった。彼らは、子どもの能力・適正に合ったコースで、その子どもの可能性を精一杯引き出していると評価していた。また、中学校の間にもアセスメントの結果によって、政府がコースの変更を認めることがある。教師の一人は、「生徒たちの学習能力に応じた困難さとがんばりがいのある適切な水準で教えるように努めている」と述べた。日本で能力別編成はしていないと言うと、日本の子どもの可能性が削がれているのではと逆に心配された。

小学校の教師によれば、EM1の子どもたちはとても速く学ぶので、より高度で退屈しないレベルの課題(Enrichment Activities)を多く取り入れ、逆にEM3の子どもたちは、学習により時間をかけてじっくりと学ばせるということであった。また、訪れた小、中学校のいずれも、必要な生徒には放課後1~2時間の補習授業(Remedial Lesson)を行っていた。加えて、土曜日にも課外活動が組まれていた。

中学校以後は、適正に応じて多様な進路が用意され、それに対応し、国家試験であるシンガポール・ケンブリッジ教育修了一般試験(GCE)のNレベル、Oレベル、及びAレベル試験などがある。英国と同様に、GCE-Oレベルの試験結果は、学校のランキングとなって毎年公表される。少しでも多くの生徒が、それぞれの学力を高めることが、その学校の評判を高め、政府からの支援も受けやすいシステムとなっている。

4. 教師教育に関連した特徴

シンガポールの教師について、特筆すべきことは、研修機会が充実していることである。年間100時間を研修に充てることが認められており、そのための予算措置もある。訪れた中学校では、殆どの教員が100時間程度かそれ以上の研修を行うということであった。国立教育機関(NIE)は、現職教員のための再教育プログラムを充実させており、最近では、「情報テクノロジー(IT)」の教科指導での活用に関する講座、及び「思考力や創造性」の育成に関する講座を開発、充実させているとのことであった。面接した小学校教師は、ITについて、総授業時間の30%でITを活用することが求められていると語った。

教育研究者の話では、教員は生涯雇用され、その給与は、社会的に高い水準にあるという。これは、高い資質を持つ優秀な教員を雇用するための必要条件である。しかし、経済の極めて好調なシンガポールでは、要件を満たす教員の数が見えないということであった。これは、理数教科で特に問題となる。実際、政府も雇用情報をインターネット上で積極的に流している(<http://www1.moe.edu.sg/>)。

5. 社会状況に関連した特徴

理数への関心がなぜ高いかについて、面接したいずれの人も、「学問に優秀＝理数に優秀」といった意識が社会に根強くあるのだとし、理数の学習には何の疑問も持たないのだと言う。理数での成功は、社会での成功とほぼイコールの関係にあると見てよいだろう。

シンガポールでは、Tuitionと呼ばれる私塾ないしは家庭教師が盛んで、学校教師もそうした副業が認められている。実態は把握されていないが、実績の高い教師は、かなり高い報酬を得ているという。訪れた小学校では半数の生徒が家庭教師を持っていると聞いた。

英語が民族を超えたコミュニケーションのための共通の言語として用いられることから、シンガポールから世界へ、またその逆への人の流れがスムーズである。それは経済のみならず、教育においても、多くの師弟が海外の大学で学ぶ。GCE-A レベルの資格実績は、海外の大学でも高く評価されるという。シンガポールでは、国の教育政策を信じて勉学すれば、確実に将来の世界に通用する「生きる力」が備わるという信頼感がある。

6. 全体を通じて

現地調査をする中で、資源を持たない小さな島国が、国際社会で生き残るために、政府と国民が一体となって、国の発展に必要な「人」を育てることに多大な努力と知恵を投じてきた国の実体を垣間見た。子どもを含め、国民ひとり一人が、よりよい国創りに向けて、自律的に行動していると感じた。女性も男性と区別無く社会で成功しているのも印象的だ。

数々の努力が実を結び、強固なシステムとして稼働し始めた現在、理数での優秀さは、その成果の一つとして、当然の如く現れた結果のようにも感じられた。

わが国は、人口1億を超し社会経済的にも文化的にも複雑かつ長大な基盤を有しており、シンガポールの経験を単純に投射できるものではない。しかし、わが国での教育に対する近年の取り組みが、次々と現れる病状への対症療法に終始し、根本的な治療法を見出せないでいる現状からすると、シンガポールでの成功に羨ましい思いを抱かざるを得ない。

(6) 文献 (これまで挙げられなかったもので役立つ資料)

「シンガポールの教育」文部省大臣官房 (1973)

「東南アジア諸国における教員の現職教育」東南アジア教育研究会, 国立教育研究所 (1970)

「シンガポール・マレーシアの華人社会と教育変容」小木裕文, 光生館 (1995)

「シンガポールの青少年と教育」国際青少年育成振興財団 (1995)

「都市整備先進国・シンガポール」丸谷浩明, アジア経済研究所 (1995)

「シンガポール」葭原麻衣他, トラベルジャーナル (1999)

「シンガポール共和国の青少年」国立オリンピック記念青少年総合センター (2000)

資 料

- (1) 「アメリカ科学教育界におけるカリキュラム改革の共通項ーGEMSプログラムにおける報告書をもとにー」

平成 11 年度における米国調査の際、カリフォルニア大学バークレー校の Lawrence Hall of Science にて、FOSS とは別に開発されている GEMS(Great Exploration of Mathematics and Science)カリキュラムについても情報収集を行った。本資料は、GEMS の概要とそこから見出される米国でのカリキュラム改革の動向に関して、人見がまとめた論文である。

- (2) 平成 11 年度における 3 カ国調査の記録写真

平成 11 年度における各国調査の様子を写真で紹介する。写真の撮影と説明文は小倉による。

アメリカ科学教育界における カリキュラム改革の共通項

—GEMSプログラムにおける報告書をもとに—

A Common Vision of Science Education Reform in the United States - From the summary
in the Resource Book of the GEMS (Great Explorations in Math and Science) program -

人見久城

HITOMI Hisaki

宇都宮大学教育学部

Faculty of Education, Utsunomiya University

【要約】アメリカ科学教育界におけるカリキュラム改革の動きは、1980年代後半から本格化した。これらの改革プロジェクトの代表的なものに、プロジェクト2061、SS&C、全米科学教育基準の3種がある。これら3種は、改革の対象や提言内容の範囲などに違いはあるものの、科学教育の最終的目標として科学的リテラシーの育成を掲げている。本稿では、これらのプロジェクトに共通に見られる視点を整理し、カリキュラム改革のねらいや方向などを考察するための情報資料を提供する。

【キーワード】アメリカ、科学教育、カリキュラム、科学的リテラシー、GEMS

1. はじめに

アメリカ科学教育界におけるカリキュラム改革の動きは、1980年代後半から本格化した。これらの改革プロジェクトの代表的なものに、プロジェクト2061(1)、SS&C(2) (Scope, Sequence, & Coordination)、全米科学教育基準(3)の3種がある。これら3種は、改革の対象や提言内容の範囲などに違いはあるものの、科学教育の最終的目標として科学的リテラシーの育成を掲げている。したがって、それぞれの改革プロジェクトの特徴の中には、共通項としてとらえることのできる事柄があると見ることができる。

一方、改革における最近の動きは、そのすそ野をさらに広げていると言ってもよい。つまり、従来から存在する各種科学教育プログラムにも、改革の影響が見られるようになってきているのである。具体的には、改革の動きに対応して、大学や研究機関等で個々に研究開発されている科学教育プログラムが、その特徴の中から、改革で示される新しい方向に沿った点を抽出、公表し始めているのである(4)。

以上のような動向に関心を寄せていたところ、先に述べた3種のカリキュラム改革における共通事項を簡潔に示す内容を収録した報告書を手に入れることができた。本稿では、それらの内容をもと

にカリキュラム改革のねらいや方向などを考察し、アメリカ科学教育界カリキュラム改革に関する理解を深める上での一助としたい。

2. 研究の対象と方法

GEMS (Great Explorations in Math and Science, 以下、GEMSと略)プログラムが発行する、報告書『The Architecture of Reform/GEMS and National Standards』(以下、Architectureと略)における記述内容をもとに、主要なカリキュラム改革の共通事項を概括、考察する。なお、本稿では『Architecture』からの引用箇所が多くあるので、その場所にページ数を付し、巻末には示さないことにする。

3. GEMSのあらまし

まず、GEMSプログラムについて、簡潔に紹介したい。GEMSは、カリフォルニア大学バークレー校内にある科学教育研究施設ローレンス・ホール・オブ・サイエンスにおいて研究開発された教育プログラムである。構想期間を経て、1984年に教育現場での実践研究が本格的にスタートし、教師用ガイドブックの出版とその改訂を継続しながら、現在に至っている。

GEMSで扱う内容は、直接体験と探究活動を基底に、おもに数学と科学における重要概念の習

得をねらいとしている。学習内容は、單元ごとに編集される教師用ガイドブックにおいて詳述されている。1998年現在、50を越えるモジュール（内訳：数学10，科学11，天文2，生物15，化学11，地球科学2，環境2，物理6）が開発されている。幼稚園から第10学年までを一応の対象としているが、研究実践を通して、幼稚園未満の児童や第11学年以上の生徒への適用も試みられつつある。

学習内容は、モジュール教材として独立的な性格をもつことに加え、先にあげた学年段階で想定される数学や科学の広い内容領域をカバーしてはいない。したがって、GEMSは、数学や科学における包括的な適用プログラムとしてではなく、補助教材的な位置づけとしての普及を図っている。アメリカ国内での普及はもとより、カナダ、オーストラリア、イギリスなどで活用されているほか、スペイン語圏にも拡大しつつある。

4. カリキュラム改革における共通項

4.1 報告書『The Architecture of Reform』のあらまし

同報告書は、3種の主要なカリキュラム改革プロジェクトの特徴がどのようなものであるか、またGEMSプログラムとそれらがどのような関係にあるかについての情報をまとめたものである。報告書の構成を表1に示す。

報告書の第1部では、現在進行中のカリキュラム改革の動きを、これまでの歴史的な経緯とともに概括している。そのため、第1，2章では、記述の視点を21世紀（2020年）に生きる仮想的な人の眼から見たところに置いている。20世紀末の現在、科学的リテラシーの普及と充実が科学教育の目標とされているが、21世紀にはそれがすでに理想的に進んでいるものとし、それまでの科学教育の軌跡をたどるような筆致で述べられている。第3章で、3種のカリキュラム改革プロジェクトにおける共通点を整理し、第4章では、科学的リテラシーを育成していくための科学教育のあり方を、“科学の家”の構築に類比させて述べている。

第2部では、GEMSの具体的な学習内容と改革による新しい方向との関係をまとめている。第5章では、GEMSが改革で示される新しい目標をいかに支持しているか、第6章では、GEMSの学習単元をどのように系統立てられるか、第7

表1. 『The Architecture of Reform』の構成

はじめに
第1部 2020年からの視点
1. 21世紀から見る科学教育
2. 主要なカリキュラム改革プロジェクトの概要と特徴
3. 主要なカリキュラム改革プロジェクトにおける共通の視点
4. “科学の家”を構築する
第2部 GEMSと全米科学教育基準
5. GEMSとカリキュラム改革
6. GEMSを活用したカリキュラム立案
7. 地域における教育プランの構成
おわりに
引用文献
付録A：3つの主要なカリキュラム改革プロジェクトにおける見解の比較
付録B：異なる領域からの概念やトピックを関連付けるためのおもなテーマ
付録C：GEMSガイドブックで述べられている科学の本質について
付録D：GEMSと全米科学教育基準の予備的な比較
付録E：活用図（OHP）

章では、州や地域におけるカリキュラム立案に向けての提案を、それぞれ述べている。また、付録部分には、報告書の記述内容の根拠となる事項を収録している。

4.2 3つの主要なカリキュラム改革プロジェクトにおける共通の視点とは

報告書『The Architecture of Reform』の著者らは、科学教育のあるべき姿を考えるために、次のような根本的な問いを設定している（p.19）。

- ①誰のための科学教育か？
- ②生徒は何を学ぶべきか？
- ③生徒はいかに学ぶべきか？
- ④①～③の問いに対する答（方策）が実現されるために必要なことは何か？

そして、これらに対する答を、3種の主要なカリキュラム改革プロジェクトの中に見いだし、12項目にまとめている（p.24，表2）。この作業は、3種のプロジェクト関係報告書における記述を

表2. 科学教育カリキュラム改革における共通の視点 (p.24)

<p>●誰のための科学教育か？</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. すべての人のための科学 2. 多様性, 公平性に対する強い関与 <p>●生徒は何を学ぶべきか？</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. 探究スキルの基礎から始める 4. 概念と過程の統合に関する枠組みを構築させる 5. 最も重要な概念や理論を特定する 6. 可能であれば, 異なる領域における考えを関連させる 7. 科学の歴史や科学の本質に関する事例を含める 8. 社会的な問題と, 科学や技術がいかに関連しているかを示す <p>●生徒はいかに学ぶべきか？</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. 科学に関する理解を, 生徒が自分のものとして深めていく 10. グループによる学習を活用する <p>●共通の視点が実現されるために必要なことは何か？</p> <ol style="list-style-type: none"> 11. カリキュラムと教授方法に関する整合性のある評価 12. 新しい改革を支持するための包括的教育システムの整備
--

比較引用することを通して進められている。また、12項目のすべてに関して、その該当部分を各プロジェクトの記述の中から引用し、見解を比較している。それらの中から、項目3, 4に関するところを、表3, 表4に示す (p.74,75)。

まず、第1の問い「誰のための科学教育か？」に関しては、すべての生徒が科学的リテラシーを獲得できるようになることをその答とし、また、性や人種、文化的経済的多様性にも配慮した内容を記している。

第2の問い「生徒は何を学ぶべきか？」に関しては、「探究スキルの基礎から始める」(表2における視点3)をその答の最初に挙げている。そして、これについての解説を、内容 (content) と過程 (process) との関係に注意させるために、全米科学教育基準における記述を引用して述べている。引用部分は次のとおりである。「生徒が観察、推論、実験などのスキルを学ぶだけの‘過程としての科学’を越えた段階が、“探究”である。“探究”に関する新しい見方には‘科学の過程’が含まれ、過程と科学的知識の結合が要求される。それにより、生徒は、科学的推論や批判的思考を行い、科学に関する理解を深めていく。(NSSE, pp.1-5)」(p.20)

また、従来の科学教育において、その強調点が、内容 (content) と過程 (process) の両極の間を

揺れ動く‘振り子’にたとえられたりするが、ここでは、その位置を両極のちょうど中央にあるものとしてとらえている。すなわち、カリキュラム改革による新しい科学教育では、「探究スキルと科学的知識を個別に扱うのではなく、両者が同時に学ばれることを期待されている」と述べている (p.20)。

第2の問いに対する答として、さらに「概念と過程の統合に関する枠組みを構築させる」(表2における視点4)「最も重要な概念や理論を特定する」(視点5)「可能であれば、異なる領域における考えを関連させる」(視点6)などが列挙されている。これらは、SS&Cで示される“less is more”の考え方に関連するものである。学習内容が増大し、“詰め込み過ぎで消化不良”という従来の科学教育に対する批判を克服するための方策のひとつとして、これらの視点は注目できよう。特に視点4に関しては、これまでの科学教育の内容ではあまり焦点のあてられなかった点に着目していると見ることができる。つまり、表4に示されるように、3種のプロジェクト間でとらえ方にややちがいはあるものの、系、不変、変化、モデルというような、異なる領域をつなぐ上で重要となる概念が、共通に提示されているのである。

視点7, 8も、科学教育の新しい方向として

表3. 共通の視点3「探究スキルの基礎から始める」に関する比較 (p.74)

プロジェクト2061	SS&C	全米科学教育基準
<p>生徒には、以下のような多様な機会が与えられる必要がある。それらは、データ収集、分類、リスト作成、観察、ノート記録、スケッチ；インタビュー、実地調査；虫メガネ、顕微鏡、温度計、カメラ等の身近な道具の使用などである。生徒には、解剖、測定、計数、グラフ作成、計算；身近な物質の化学的性質の探究、種まきと栽培；ヒトや動物の行動観察...などを行うことが必要となろう。生徒にはその発達段階に応じて適当な課題が与えられるべきである。そして、課題に関わっているか根拠が何かを決めさせたり、根拠となりうる事柄の意味が解釈できるようになることなどが、生徒に求められるであろう。 (SFAA, p.188)</p>	<p>生徒中心の学習とハンズオン活動の強調は、SS&Cの考え方においては結合される。科学の学習とは、ある考えや権威的な答を提示することではなく、生徒自らが考えや概念、情報などを見いだし、それを追跡することによって、科学に関する疑問を解いていくことである。教師は、 どうやって知ったの？ そう思うのは、なぜ？ その意味は何だろう？ という質問を投げかけ、生徒を支援していかなくてはならない。 (SS&C, Content Core, pp.15-16)</p>	<p>科学の学習は、生徒が何かをする活動であって、生徒に何かをしてあげることではない。科学の学習で、生徒は、対象物やその振る舞いを記録し、知識を獲得し、自然現象の説明ができるようになり、その説明が他の多くの場合においても可能であるかを確かめたり、考えを友だちと交換したりする。 全米科学教育基準では、「能動的なプロセス」という用語を用いている。この用語の意味することは、身体的、精神的な活動である。ハンズオン活動だけでは不十分であり、マインズオン活動も必要である。科学の学習には、探究活動が有効である。その中で、生徒は、既有的の科学的知識と多くの情報源の中から発見した知識とを結び付けたり、知識を新たな疑問につなげたり、問題の解決や問題の設定、意思決定、グループ討論などをしたりするのである。そして学習における「能動的な活動」と整合性のある評価を受けるのである。(NSSE, p.20)</p>

表4. 共通の視点4「概念とプロセスの統合に基づく枠組みの選定」に関する比較 (p.75)

プロジェクト2061	SS&C	全米科学教育基準
<p>古代文明や人体、彗星などの例を見るまでもなく、科学、数学、技術の中には、繰り返し登場するいくつかの重要なテーマが広がっている。 テーマは、学問領域を越えて、説明、理論、観察、設計などの場面において有益なものである。(SFAA, p.155) SFAAでは、以下のものをテーマとしている。 ・系 ・モデル ・不変 ・変化のパターン ・スケール</p>	<p>科学におけるビッグ・アイディアに沿って構成された科学のコースが、法則や原理から限定される学問領域を結合することは当然である。「ビッグ・アイディア」という考え方は、科学者が、広範囲に及ぶ観察や複雑な思考過程をへて、1つの包括的な考えにたどり着く様を示している。それゆえ、科学のコース設計者は、生徒の経験と大きな概念とを関連付けるように、ビッグ・アイディアに沿ったコースを注意深く作成しなければならない。(SS&C, Content Core, p.19) ビッグ・アイディアに沿うコースには「エネルギー」や「進化」などの事例を含めるようにする。(SS&C, Content Core, pp.20-21)</p>	<p>概念的、過程的スキーマは科学の領域を統合し、自然界を理解する上で有力となる考え方を生徒に与える。 (NSSE, p.104) この基準(スタンダード)における概念的、過程的スキーマは、基礎的な考えに関する有益で洞察的な方法を提供したり、それらを統合したりすることを、生徒に与える。これらは、自然界の説明に必要なことである。 K~12学年における活動の結果として、生徒は以下の概念やプロセスに関する整合性のある理解と資質を習得する。 ・系、組織、分類 ・根拠、モデル、説明 ・不変、変化、測定 ・進化と平衡 ・形と機能 (NSSE, p.115)</p>

重要視されなければならない点である。ただ、これらに関しては留意すべきこともある。それは、これらの視点を、科学教育の内容拡大として批判的に見る見方である。これについては、「科学教育を社会科教育に置き換えるものではなく、科学の人文的な側面を生徒に理解させるために必要なものである」として注意を促している (p.21)。

第3の問い「生徒はいかに学ぶべきか?」に関する答として示される視点9及び視点10は、それぞれ、構成主義学習論の反映、協同的なグループ活動の導入ととらえられ、その解説が述べられている (p.22)。

最後の問いに対する答は、視点1から10までの方策の実現に向けて必要とされる要因を示したものである。

4.3 科学的リテラシーの育成をめざした科学教育と“科学の家”構築の類比

報告書『Architecture ...』の第4章では、新しい科学教育の特徴を、“科学の家”を構築することに類比させて解説している。すなわち、“科学の家”を「現代社会に十分に参加していくために個人に必要な重要な場所」に見立て、家の（一応の）完成を科学的リテラシーの獲得にたとえているのである。そして、生徒が科学的リテラシーを獲得していくために必要な知識、能力、態度を、“家”を建てる際の材料や構築過程に類比させながら述べている。この類比を全体像として示したものが、図1である (p.29)。

“科学の家”の構成部分は、基礎、枠組み（梁）、壁面、屋根と分けられている。まず、基礎を作るには、探究スキルの活用が必須とであると（表2の視点3）、家を建てる過程は、生徒が学ぶ過程と関連付けられている（視点9、10）。家の枠組み（梁）は、異なる部分をつなぐ意味をもつことから、概念や過程の統合（視点4）にたとえられている。家の壁面は、個々の石を集め、それで埋められていく。石を科学的知識や概念、原理、理論などに見立て、概念や理論の選定が重要であるとしている（視点5）。また、それらの石を貼り付けるモルタル（しっくい）や釘に相当するものは、科学に対する‘楽しみ’と‘好奇心’であるとしている。家の屋根は、すべての生徒に対する科学的リテラシーの育成を示している（視点1）。家の構築をクレーンが進めている様は、“科学の家”すなわち理想的な科学教育の

実現には、教育システム全体の支援が必要である、ということを描くものである（視点12）。

このように見てくると、“科学の家”を使った類比（図1）には、先に表2で示された視点の相互の関係が提示されていることがわかる。

5. おわりに

本稿では、GEMSにおける報告書『Architecture of Reform』の記述内容をもとに、現在進行中である科学教育における主要なカリキュラム改革プロジェクトの共通点を把握することができた。個々のカリキュラム改革プロジェクトの記述を丹念に追いながら、そこから共通点を抽出することは、大変大きな作業であるだけに、本稿で取り上げた内容は、このような点に関心を持つ者にとって大変有益であろう。

また、科学的リテラシー育成を目標とする科学教育の姿を“科学の家”に類比させてとらえる手法（図1）は、先に表2で見てきたカリキュラム改革における共通の視点を、構造的に関係付けようとする試みである。本稿でねらいとしてきた、科学教育におけるカリキュラム改革の共通点をとらえることに対し、それらの立体的なイメージを与えてくれるものとして、その価値を評価したい。

現在進行中のカリキュラム改革プロジェクトの動向をとらえることは、21世紀のアメリカ科学教育界の姿と、そこへ至る道筋を知ることにはかならない。本稿で取り上げた情報は、そのための手がかりを与えてくれるものと考えられる。

【 文献 】

- (1) American Association for the Advancement of Science (1989): 『Science for All Americans』, Oxford University Press.; 同 (1993): 『Benchmarks for Science Literacy』, 同; など。
- (2) National Science Teachers Association (1993): 『Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science, Vol.1 Content Core』, Author.
- (3) National Research Council (1996): 『National Science Education Standards』, National Academy Press.
- (4) 例えば, Curriculum Research & Development Group, University of Hawaii (1996): 『Alignment of the DASH and FAST with the National Science Education Standards, Grades 5-8』, Author.
- (5) Sneider, C., Barber, J., Bergman, L. (1997): 『The Architecture of Reform/ GEMS and National Standards』, Lawrence Hall of Science, University of California at Berkeley.

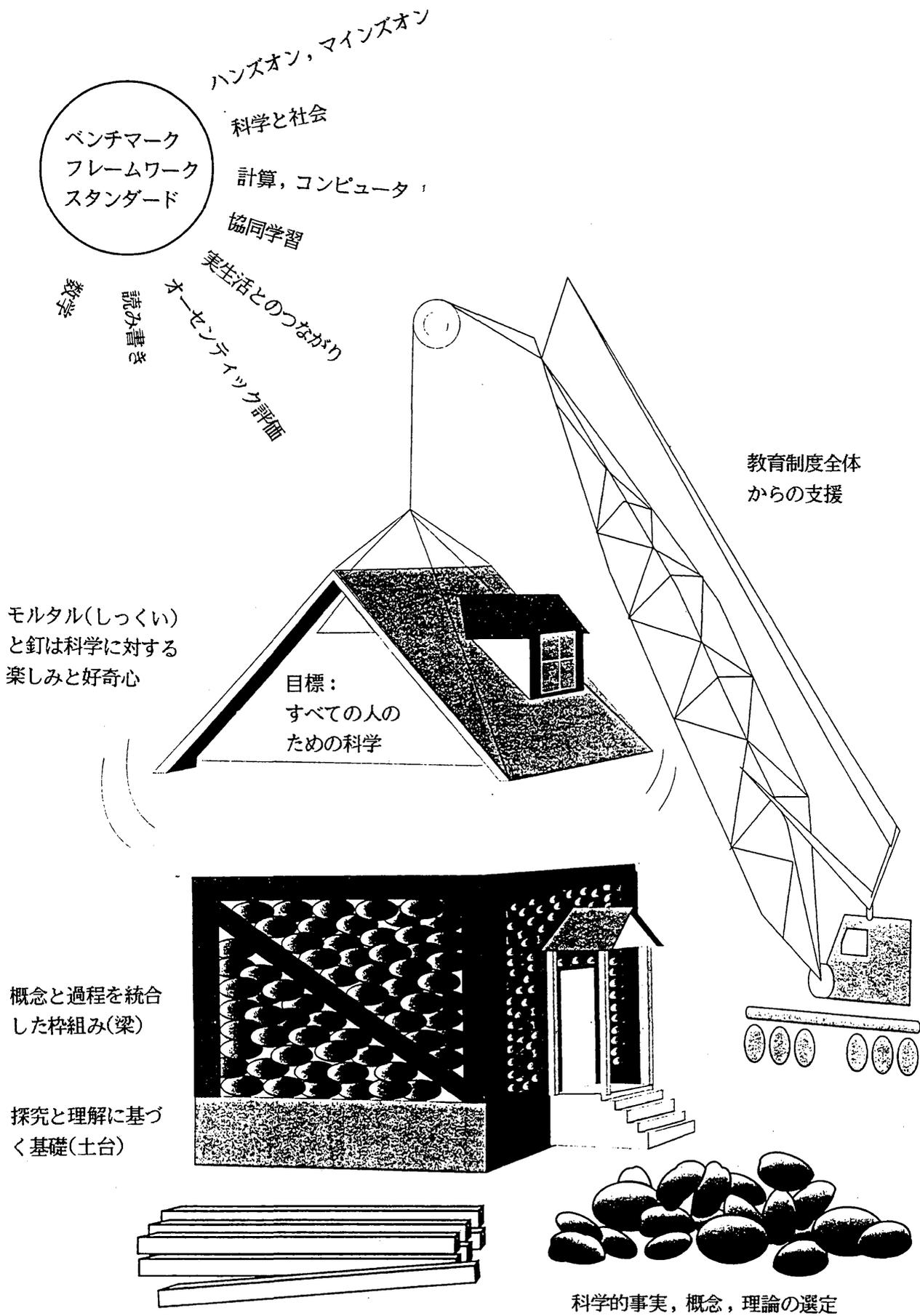


図1. 科学的リテラシーの育成をめざした科学教育と“科学の家”構築の類比

(2) 平成 11 年度における 3 カ国調査の記録写真

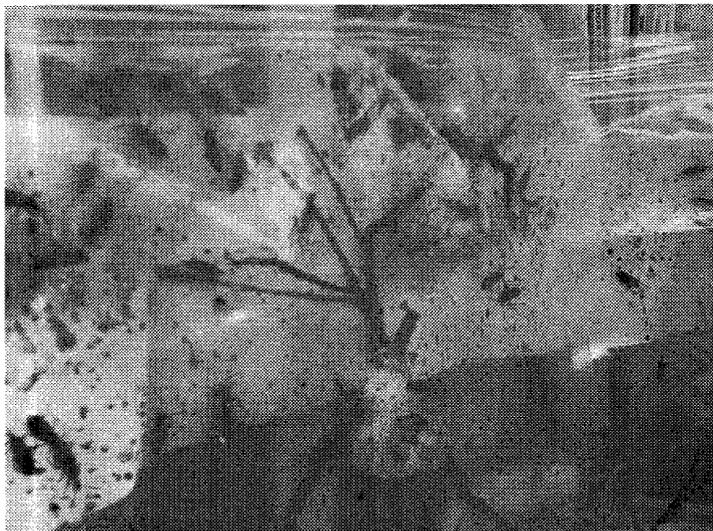
米国訪問の記録



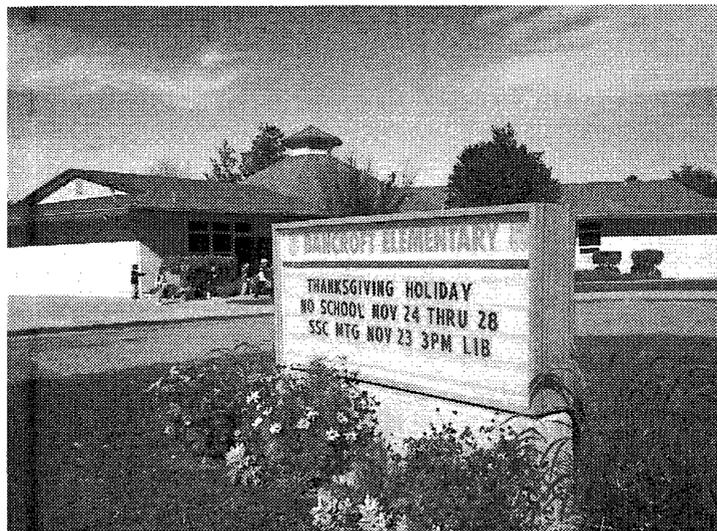
カリフォルニア大学バークレー校の Lawrence Hall of Science で F O S S 開発を担当する Larry Malone さん。



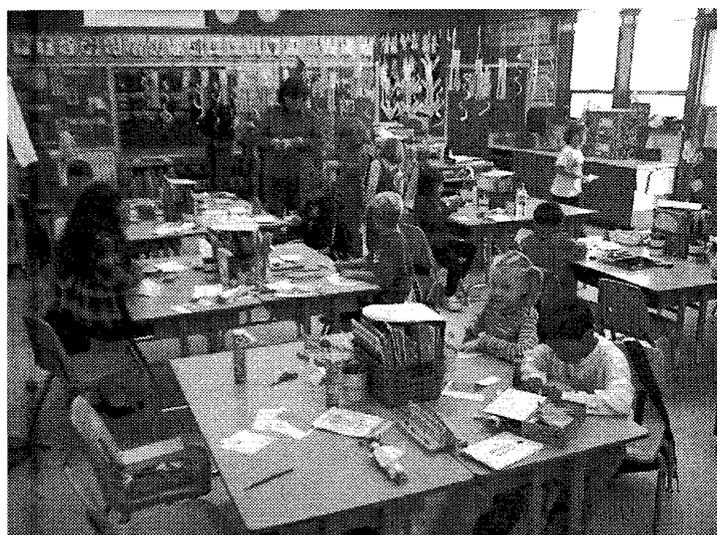
Malone さんとともに F O S S の開発を担当している Linda DeLucchi さん。



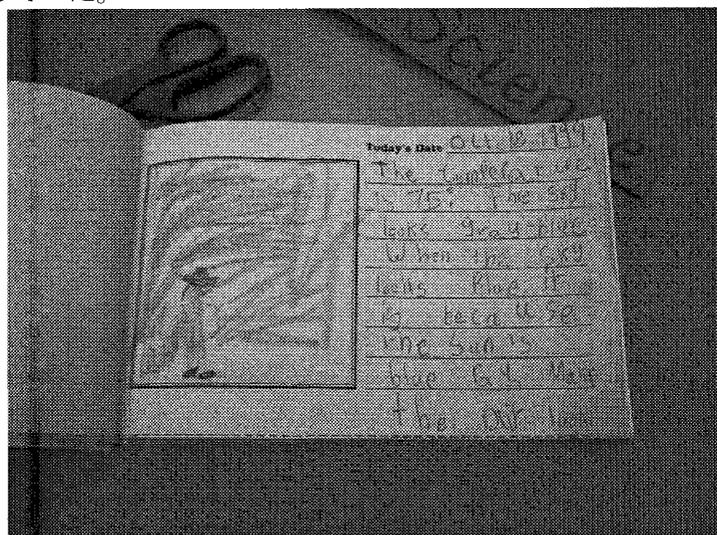
開発中の昆虫教材。ビニール袋の中で、卵、幼虫から成虫までの成長過程を観察することができる。



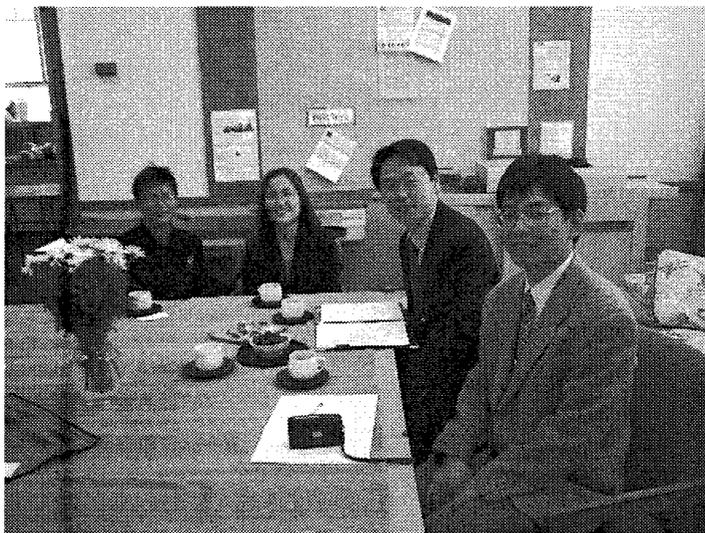
訪問した小学校の一つ，Bancroft。



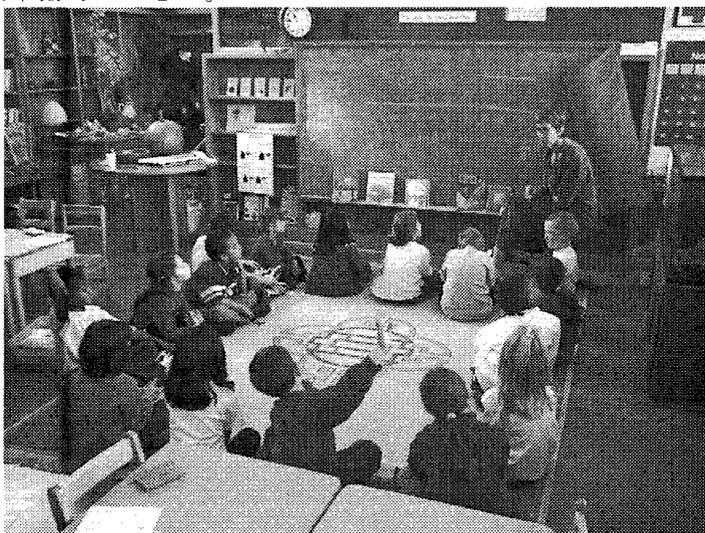
小学1年生のFOSS授業。風車づくりの活動の様子。風の働きを，風車づくりを通して学ぼうとしていた。



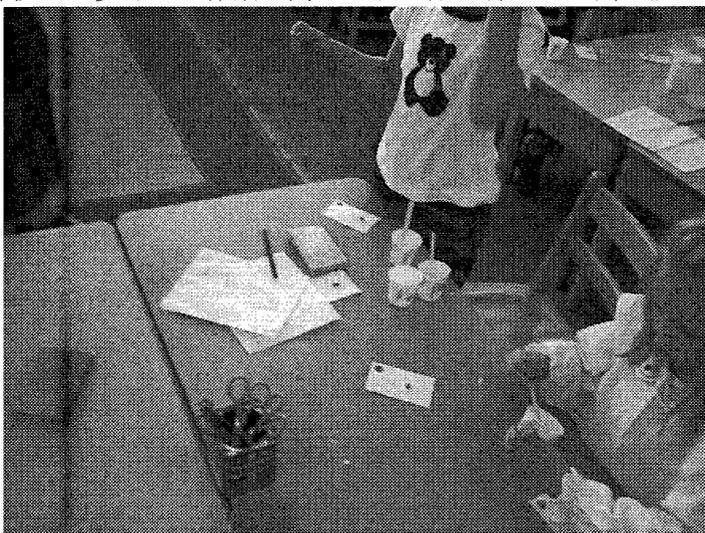
生徒が作成したその日の天気に関する日誌。身近な自然現象を子どもの言葉で表現することは，低学年における教科領域の無理の無い総合化の一例である。



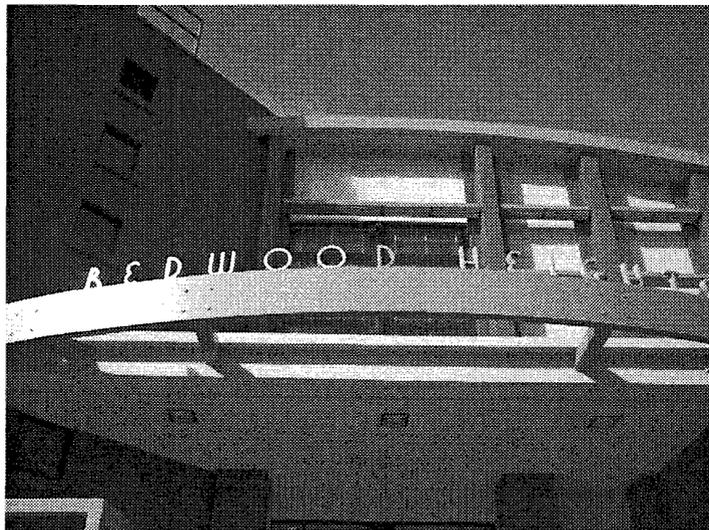
Hillcrest 小学校の Carolyn Yee 校長（左端）と、Lawrence Hall of Science で GEMS 開発を担当する Kimi Hosoume さん（左から 2 番目）。この学校は、FOSS と GEMS の研究開発に長年協力してきた。



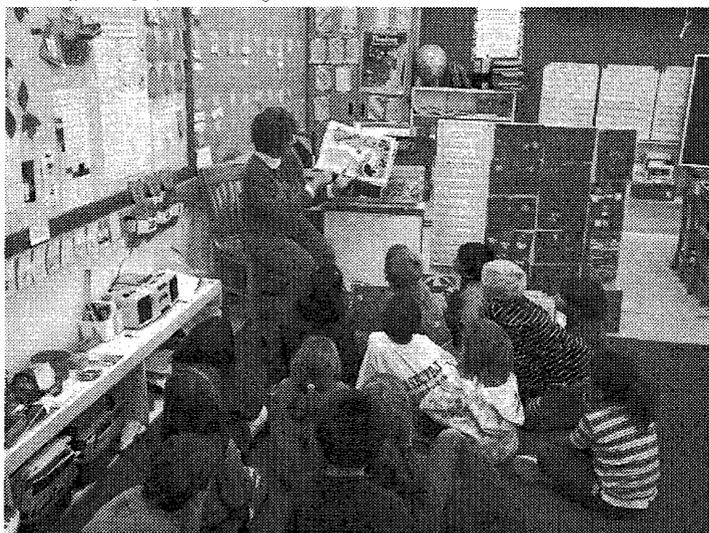
低学年の学習教室の多くでは作業空間とは別に話し合いの空間が設けられている。



実験的作業を行う子どもの様子。4 種類の白い粉（砂糖や小麦粉、でんぷんなど）を水でかき混ぜて、粘り気を比較するという活動（GEMS の内容）。



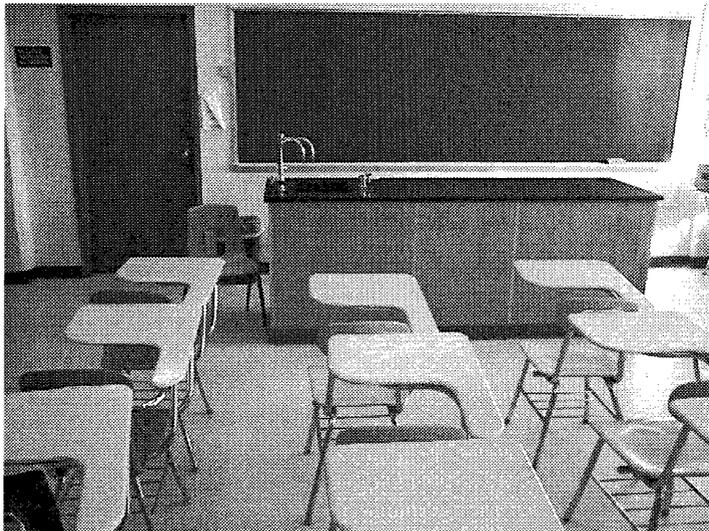
Redwood Heights 小学校。その名の通り、学校の入り口には、高木・長寿木として名高い Redwood が植えられていた。



この授業では、付近で採取された4種類の土壌（それぞれビニール袋に入っている）の中に生息している生き物を手分けして探して、土壌の特徴と関連づけた考察を行うことが目指されている（GEMS 単元）。1年生たちは、生き物探しに夢中になって土をいじっていた。この写真は、活動の前に、土に生きる生き物に関連した読み物を読み聞かせている場面であり、このように、読書と自然の学習が無理なく融合されるような総合的な指導が重視されている。



ノースカロライナ大学チャペルヒル校を中心とした MSEN のスタッフの一部。スタッフの人種的多様性はこのプログラムの大きな特徴の一つでもある。



土曜教室などに使われる大学のプリカレッジサイトの教室の一つ。こうした演示実験向きの実験室の他に、生徒実験向きの大型実験機を備えた実験室も数室あった。

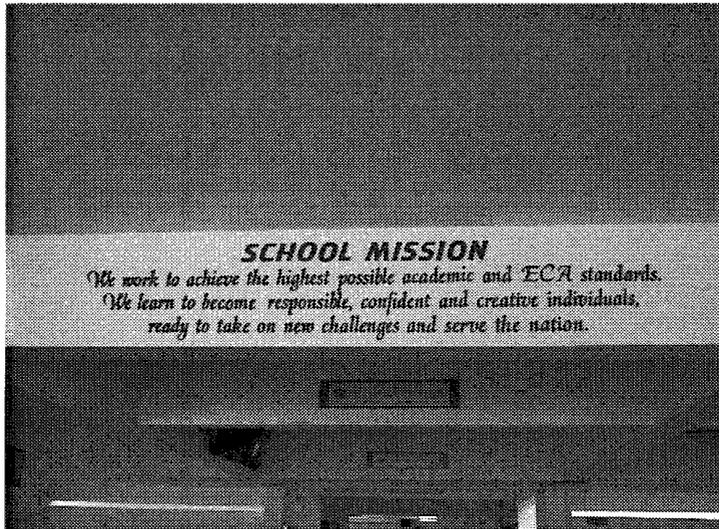


訪問した中学校での生徒へのインタビューの様子。

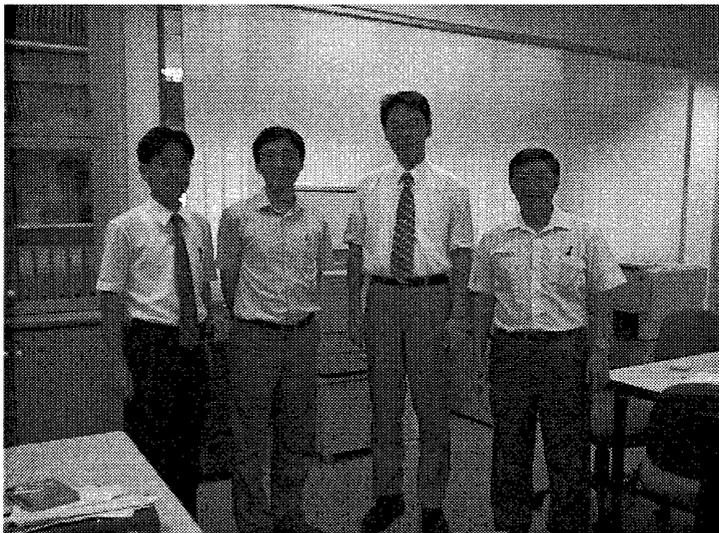
シンガポール訪問の記録



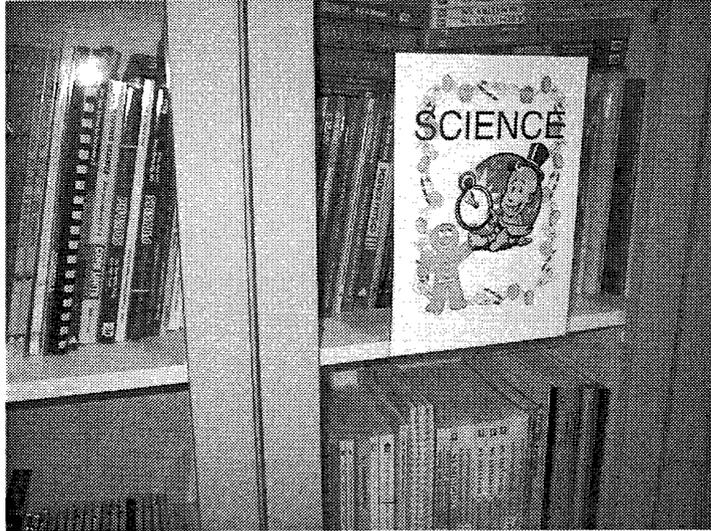
シンガポールでの訪問をコーディネートしていただいた国立教育大学(NIE)の Yap Kueh Chin 教授。背景は教師教育に使われる理科の実験室。近年、コンピュータを活用した実験を指導することが重視されているという。



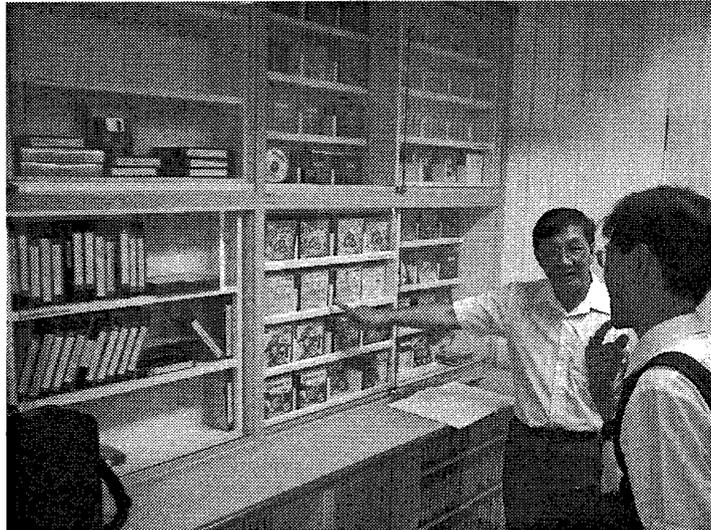
訪問した中学校の玄関に掲げられた学校のミッション。「国家に役立てるように学習します」という文言が印象的である。



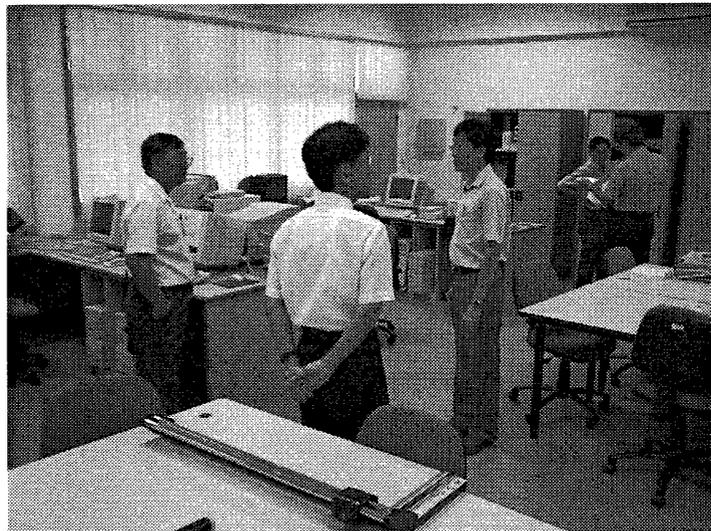
左から 2 人目が理科主任 (Head of Department) の Lee 氏。



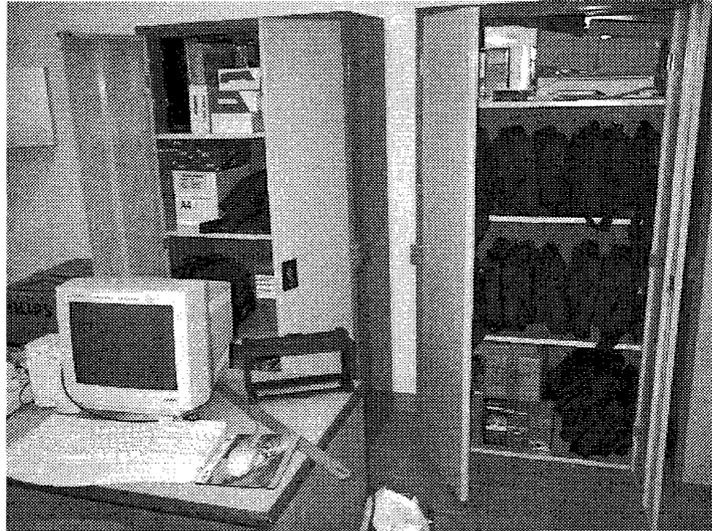
スタッフルームには、さまざまな教科書が見たり比較したりできるように整理されていた。理科教師たちは、その中から自分が用いる教科書を決めることができる。



学習に活用することのできるコンピュータソフトや、ビデオ教材等も収集、整理されていた。



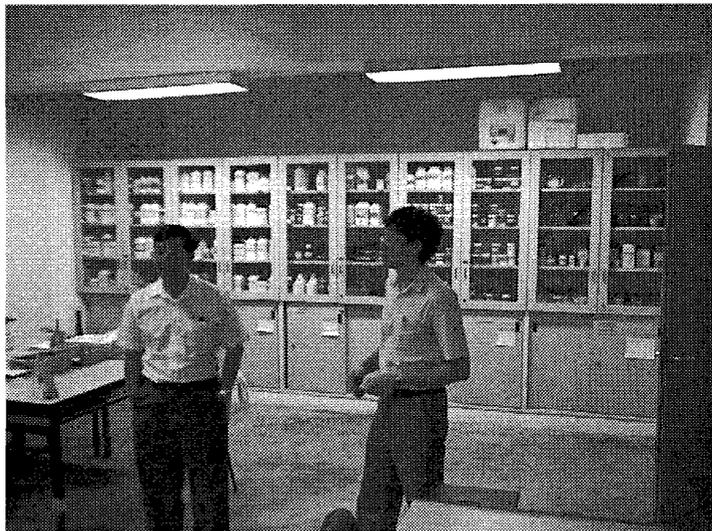
教師がコンピュータを用いた作業をしたり、少人数のミーティングを行えるスタッフルーム。



スタッフルームには、すぐに持ち出して使えるノートパソコンが数多く備えられていた。



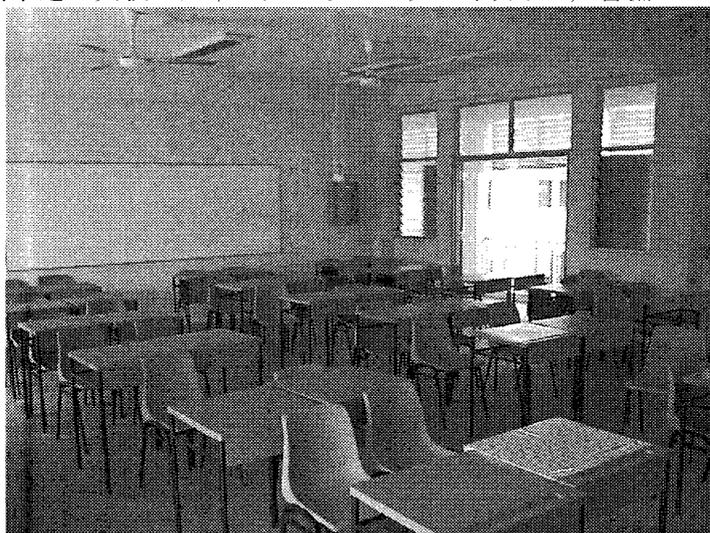
中学校の化学実験室の一つ。



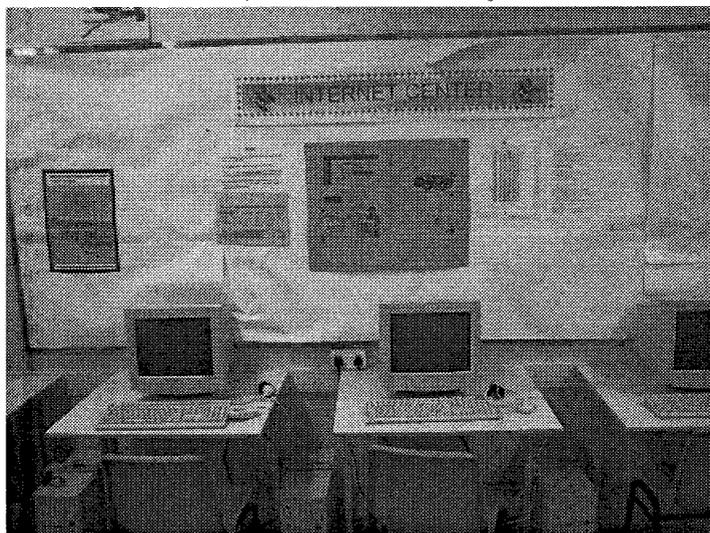
化学実験準備室。テクニシャン（技官）が、実験のための教材準備を行う。



訪問日は、GCE-Oレベル試験のプラクティカルテスト（実験テスト）の直前であったため、使用予定の実験室は中が見えないように封鎖され、警備されていた。



一般教室の一つ。すべての一般教室にコンピュータを導入するための工事が進められていた。



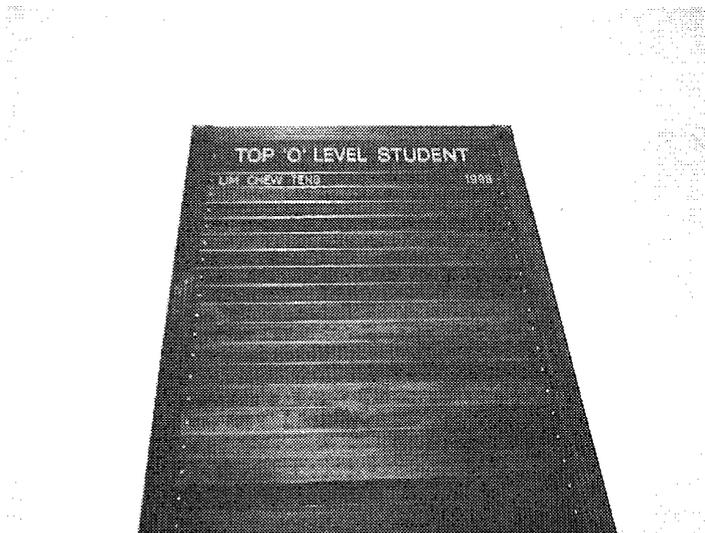
コンピュータ専用教室。



図書館の様子。奥の自由学習スペースでは、生徒たちが班のプロジェクト（課題研究）について検討会を行っていた。



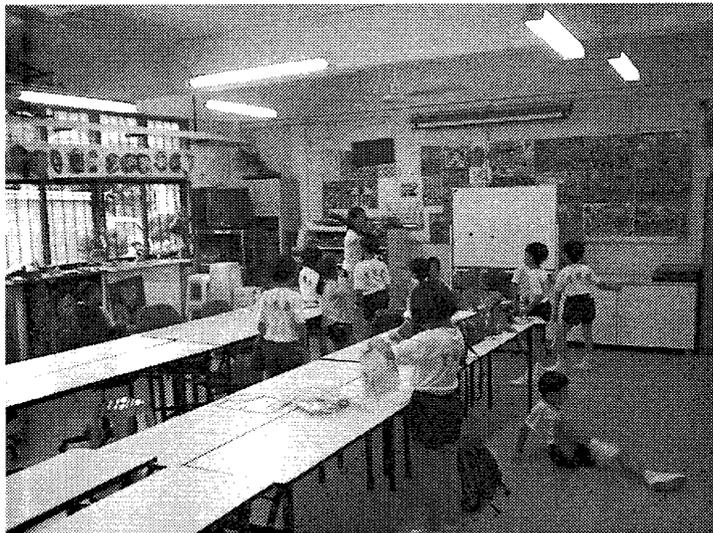
図書館内には、生徒が自由に使えるコンピュータが設置されていた。



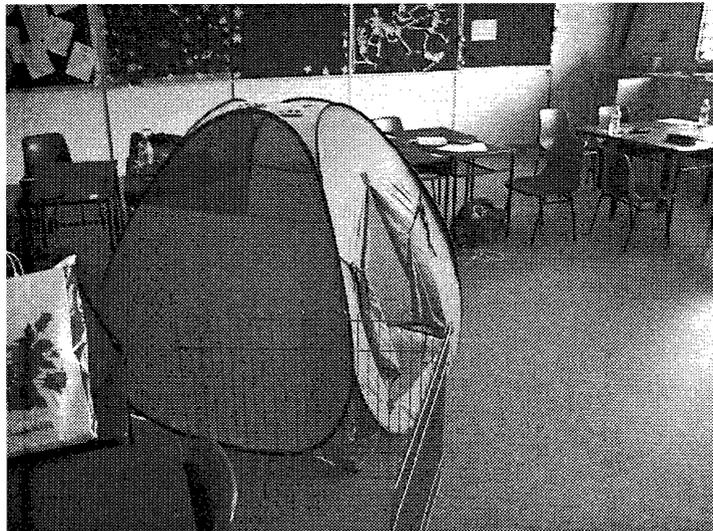
GCE-O レベル試験で、校内最高の成績を残した生徒を讃える楯。その他、年度の最優秀生徒を讃える楯も飾られていた。



訪問した小学校の中庭の様子。



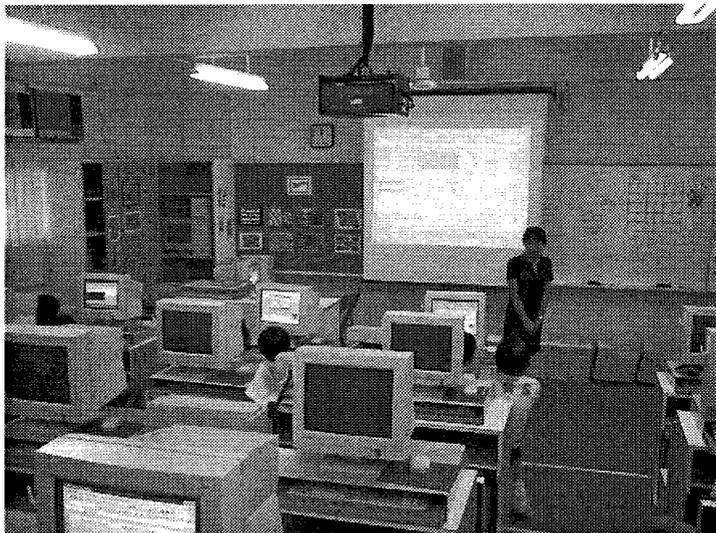
図画工作の教室の様子。



訪問した小学校には、英才教育コース（GEP）が設置されており、この写真はその学級の模様。このテントも、何かの学習プロジェクトと関連するのであろう。



同じく GEP 学級の模様。他の学級よりも、コンピュータの設置が進んでいる。



この小学校には、このようなコンピュータ教室が3ないし4カ所設けられていた。



2人に1台のコンピュータが割り当てられていた。この授業では、表計算ソフトの実習を行っていた。



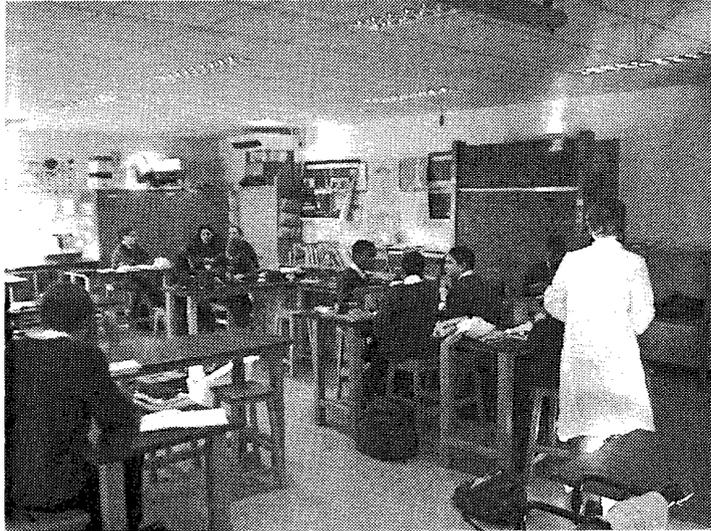
理科実験室の一つ。



間近に迫った発表会に向けて懸命に中国の琴の合奏に励む児童たち。伝統的な文化を尊重し継承することも、現在シンガポールの教育が重視している方向性の一つ。

英国訪問の記録

※平成 11 年度の英国訪問時に、学会発表と合わせて、ロンドン市校外の Edenham 中等学校に訪問することができた。十分な情報収集まで至らなかったため、本文中では報告していないが、ここではその時の写真を紹介する。



英国の中学校での正規の理科授業の一つ。2～3人の構成で、班単位の実験が行われていた。わが国の理科実験授業と比較的類似しているという印象である。



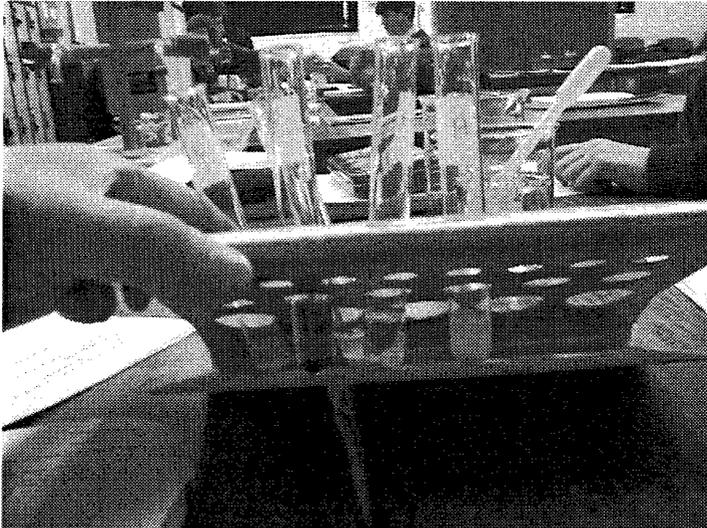
実験内容は、2つのスイッチと3つの電球のつなぎ方を工夫して、指定の内容で電球のつきかたを制御する回路を作るという応用的な課題であった。



スタッフルームの様子。この中学校には、9人の理科教師と3人のテクニシャン（右側の3人）がいて、7つの実験室があった。



英国で開発され、科学的思考力育成プログラムとして世界的に知られている CASE プログラムの授業風景。この中学校では、必修授業として位置づけられていた。



2時間続きの授業中に4種類の実験に基づいた思考活動が展開されたが、この写真は、見た目と水溶性によって、物質を4つのグループに「分類」する様子である。



さまざまな物質をいかなる観点で分類するかを議論している様子。

科学教育課程の改革，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－

平成 10～12 年度科学研究費補助金（基盤研究(B)(2)）

研究成果報告書

（課題番号 国 10041044）

発行者 三宅 征夫

発行 平成 13 年 3 月

印刷所 （株）光和商事

国立教育政策研究所・教育課程研究センター基礎研究部

〒153-8681 東京都目黒区下目黒 6-5-22

TEL: (03)5721-5077 FAX: (03)3714-7073

E-mail: miyake@nier.go.jp