

「教科等の構成と開発に関する
調査研究」研究成果報告書（7）

理科系教科のカリキュラムの 改善に関する研究

－ 諸外国の動向 －

平成13（2001）年3月

国立教育政策研究所

は し が き

21世紀への入り口に立つ今日、これまでの学校教育の成果を引き継ぎながら、きたるべき時代と社会における学校教育の在り方を展望することが緊要の課題となっている。また、変化する社会を生きる子供たちに求められる資質や能力を明確にし、それを具現化する教育内容の在り方について、中長期的な視野から検討することも重要な課題といえる。

本調査研究はこのような問題関心から、教育内容編成の具体的な形態としての教科等の構成や開発について、本研究所の共同研究として平成9年度から進めてきた研究である。

本調査研究のねらいは、我が国における教育課程の研究開発動向やその歴史の変遷、諸外国における教育課程の動向、及び各教科等のカリキュラムの改善等について調査研究を行うことにより、将来における教科等の構成の在り方を検討するための基礎的な資料を得ることにある。このねらいを実現するため、(1) 教育課程の改善と開発に関する研究、(2) 各教科等のカリキュラムの改善に関する研究、(3) 教育課程の開発動向や実施状況等の調査分析の三つの研究課題を設けて、研究を進めてきた。

この報告書は、研究課題(2)の各教科等のカリキュラムに関する研究のうち、理科の諸外国における動向を整理したものである。

本研究の成果が、今後教科等の構成の在り方を検討する際の基礎資料として、また各教科等のカリキュラムの改善のための資料として生かされることを願うものである。

平成13年3月

国立教育政策研究所長
富岡 賢治

「教科等の構成と開発に関する調査研究」の概要

1. 研究の目的

小学校・中学校及び高等学校における教科等の構成や各教科等のカリキュラムの課題を把握するとともに、我が国における教科構成の歴史的変遷や諸外国のカリキュラム構成の動向等について調査・分析することによって、今後における教育課程の改善並びに将来における教科等の構成の在り方に関する基礎資料を得ることを目的とする。

2. 研究課題

ア. 教育課程の改善と開発に関する研究

幼稚園、小学校、中学校、高等学校の教育課程の接続と構成の在り方、及び教育内容の「総合」的編成の原理と意義、その特質等について検討するため、我が国及び諸外国における教育課程の歴史的変遷と現状、文部省研究開発学校における研究開発内容などに関する調査・分析を行う。

イ. 各教科等のカリキュラムの改善に関する研究

教育課程における各教科等の役割やその内容構成の在り方等について検討するため、我が国及び諸外国における各教科等のカリキュラムの歴史的変遷及び動向等に関する調査・分析を行う。

ウ. 教育課程の開発動向や実施状況等の調査分析

教育課程の開発動向や教育課程の実施上の課題を把握するため、小・中・高等学校における教育課程編成に関する資料を収集し分析する。

3. 調査研究に関わる組織（所属・職名は平成13年3月現在）

(1) 研究代表者 下野 洋（次長）

(2) 研究企画委員

吉田 和文（研究企画開発部長）

坂本 孝徳（研究企画開発部企画調整官）

高浦 勝義（初等中等教育研究部長）

三宅 征夫（教育課程研究センター基礎研究部長）

長崎 榮三（教育課程研究センター総合研究官）

工藤 文三（教育課程研究センター基礎研究部総括研究官）

谷田部玲生（教育課程研究センター基礎研究部総括研究官）

(3) 事務局 教育課程研究センター基礎研究部内

(4) 各研究班担当研究員

ア. 教育課程の改善と開発に関する研究

- 高浦 勝義 (初等中等教育研究部長)
- 山田 兼尚 (生涯学習政策研究部長)
- 清水 克彦 (初等中等教育研究部総括研究官)
- 奈須 正裕 (初等中等教育研究部総括研究官)
- 黒井 圭子 (初等中等教育研究部研究員)
- 堀口 秀嗣 (教育研究情報センター総括研究官)
- 菊地 栄治 (高等教育研究部総括研究官)
- 渡邊 寛治 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
- 小松 郁夫 (高等教育研究部長)
- 坂野 慎二 (教育政策・評価研究部総括研究官)
- 澤野由紀子 (生涯学習政策研究部総括研究官)
- 鏡屋真理子 (国際研究・協力部総括研究官)
- 鬼頭 尚子 (生徒指導研究センター研究員)

イ. 各教科等のカリキュラムの改善に関する研究

- 有元 秀文 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
- 工藤 文三 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
- 猿田 祐嗣 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
- 五島 政一 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
- 谷田部玲生 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
- 名取 一好 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
- 吉田 孝 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
- 西野真由美 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
- 永田 忠道 (教育課程研究センター基礎研究部研究員)

ウ. 教育課程の開発動向や実施状況等の調査分析

- 工藤 文三 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
- 谷田部玲生 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
- 永田 忠道 (教育課程研究センター基礎研究部研究員)

理科系教科のカリキュラムの
改善に関する研究

— 諸外国の動向 —

教科等の構成と開発に関する調査研究
研究領域2 各教科等のカリキュラムの改善に関する研究
理科研究班 (平成13年3月現在)

【外国班】

磯崎 哲夫 (広島大学教育学部助教授)
戸北 凱惟 (上越教育大学学校教育学部教授)
大高 泉 (筑波大学教育学系教授)
熊野 善介 (静岡大学教育学部助教授)

【担当】

下野 洋 (次長)
三宅 征夫 (教育課程研究センター基礎研究部長)
小倉 康 (教育課程研究センター基礎研究部主任研究官)
猿田 祐嗣 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官) 担当
松原 静郎 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
鳩貝 太郎 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官)
五島 政一 (教育課程研究センター基礎研究部総括研究官) 担当

目 次

| | |
|---------|----|
| イギリス | 1 |
| フランス | 37 |
| ドイツ | 61 |
| アメリカ合衆国 | 83 |

イギリス

—新しい科学教育を目指して—

磯崎 哲夫
広島大学教育学部

はじめに

本報告では、まず、制度的な面として、現政権である Blair, T.労働党政権の教育政策について概観する。次に、Thatcher, M.保守党政権が導入し、その後継承されているナショナル・カリキュラム (National Curriculum: 以下 NC) の概要と特色について明らかにする。ちなみに、両政権の教育政策の目標は、教育水準の向上であるが、その施策には違いが認められる。次に、このような教育政策のもとにおける理科教師の実態や、子どもや保護者は科学教育をどのように見ているかに関する調査報告書を分析する。最後に、イギリスの著名な科学教育研究者達の作成による 21 世紀に向けての勧告を紹介し、わが国への示唆 (理科教育改革におけるポイント) について述べる。

なお、本報告では、science education は科学教育と訳出した。ただ、第 6 章においてはわが国を対象とした内容であるので、理科教育とした。science は明らかに自然科学を指している場合は科学とし、学校教育の文脈において使われている場合は、場合は科学 (理科) と訳出した。また、慣例的に science curriculum は理科カリキュラムに、science teacher は理科教師と訳出した。

1 学校制度と教育課程の規準の概要

(1) 学校制度

現在のイギリス (この報告書では、イングランドとウェールズを指している。) における学校制度 (今回は、初等中等教育に限る) は、以下の通りである。

就学前教育 : Nursery school (2 歳から 5 歳), Nursery classes within primary schools (3 歳から 5 歳), Reception classes (就学前以前の子どもを対象)

初等教育 : Infants schools (5 歳から 7 歳), Junior schools (7 歳から 11 歳), Combined junior and infants schools (最も一般的)

中等教育 : 3 分岐学校 (Grammar, Secondary modern, Technical schools), Comprehensive schools, Middle deemed secondary schools 以上が公立 (営) 学校である。

この他に公教育制度 (maintained education system) とは別の学校として Public schools などの私立学校がある。

ところで、これら各種中等学校の生徒数の比率¹⁾を、1971 年と 1991 年の統計について見てみよう。

1971 年 : Grammar: 18%, Secondary modern: 37%, Technical and other: 7%, Comprehensive: 36%,

Middle deemed secondary: 2%

1991年：Grammar: 5%, Technical and other: 5%, Comprehensive: 84%, Middle deemed secondary: 5%

1970年代の労働政権は、中等学校の総合制化を進めてきた結果、ここに見られるように20年の間に総合制中等学校（comprehensive secondary school）が急速に増加し主流となっている。後述するように、現在のBlair, T.労働政権は、この中等学校の総合制化を容認しながらも新しい道を模索し始めていることは指摘しておかねばならないであろう。

以上の公立（営）学校、いわゆる、公費維持学校（maintained schools）には、その設置・維持形態の違いにより、地方教育当局（Local Education Authority）が設置・維持するcountry schools、有志団体立学校と訳されるvoluntary controlled schools、有志団体立補助学校と訳されるvoluntary aided schools、特別協定学校と訳されるspecial agreement school、国から直接補助金を受ける国庫補助学校（grant maintained schools）がある。なお、1998年の法律により、country schoolsは、community schoolsに、国庫補助学校はfoundation schoolsに変更となった。

（2）21世紀に向けた教育政策とその方向性－"Excellence in schools"²⁾の目指すもの

現在の労働党政権のBlair, T.首相は、'Education, Education and Education'と、教育が政府の政策の中心課題であることを内外に表明した。この言葉が端的に示しているように、'New Labour'を標榜するBlair, T.労働党政権は、21世紀のグローバル社会における最も有効な手段として、教育への投資が有用であると考えている、と言えるであろう。

労働党政権は、1997年に5年後（2002年）までの教育政策を示した"Excellence in schools"を公表した。その中に、政権としての次のような基本的な考え方が表明されている。

教育は、すべてのものに機会と公正さを提供し、ダイナミックかつ生産的社会を創造する鍵である。それ（教育）こそが、政府の最優先事項である。政府は、われわれと情熱と感覚を共有するすべての人達と、緊急課題であるより高い教育水準の達成に向けて努力する。

そのため、それを実行するための6つの原理が示された。

1. 教育は政府の最重要関心事である。
2. 政策は、少数のものではなく大多数の利益になるようデザインされる。
3. その焦点は、教育構造ではなく、教育水準におかれる。
4. 干渉は、成功を妨げるものである。
5. その達成のために許容されるものはない。
6. 政府は、教育水準向上を委ねるすべての人々とパートナーシップを持ち行動する。

さらに、具体的達成については、以下のように示されている。（波線は筆者による）

・すべての子ども達が、少人数クラスにより、就学前教育や初等学校における良き指導のもとで、基礎的なリテラシー（literacy）と数量的思考能力（numeracy）を獲得すべきである。

・すべての学校が、中央政府や地方政府からのバランスのとれたプレッシャーと支援を得、最も良き実践を行い、自分達の学校の教育水準向上に向けて取り組み、そのことに対して責任を負うべきである。

- ・政府は、子ども達には異なる学習進度があり、また異なる能力を有していることを認識しているので、新しい世紀に向けて中等教育を近代化しなければならない。
- ・政府は、教師に対して新しい取り扱いを通して教授の質を高めなければならない。もちろん、それには、良き教授とリーダーシップのための支援に合った成功へのプレッシャーがある。
- ・保護者とローカル・コミュニティーは、十分かつ効果的に子ども達の教育に関与すべきである。
- ・政府は、より高い教育水準達成という共通の目標に向かって、学校がともに行動を起こすことを支援するために、地方レベルで効果的なパートナーシップを発展させなければならない。

さて、"Excellence in schools"には多くの教育政策が示されているが、ここでは以上のことから、少なくとも次のようなことが指摘できるであろう。

まず、教育の根幹としての初等教育を重視し、その中でも英語(literacy)と数学(numeracy)といった基礎学力の向上がねらいとされている。このため、政府は英語や数学の基礎学力向上のためのプロジェクトを実施しているが、科学教育においても言語能力としてのリテラシーと数量的思考能力が重視されている。

次に、中等学校の多様化がねらいとされている。Blair, T.労働党政権以前の1960・70年代の労働党政権では、先にも指摘したように、3分岐制の中等学校に対して総合制中等学校の拡大を進めてきた。それが、保守党政権下の統計では84%となっている。Blair, T.労働党政権は、総合制中等教育となった現状は必ずしも生徒の多様性や一人ひとりのニーズに対応できておらず、教育水準向上にとっては効果的ではないと認識し、教科ごとの能力や進度別編成による教科指導を行うべきという考えを表明し、より個々の生徒の能力やニーズにあった教育の実現を目指している。また、前政権が導入した特定分野を重視する'Specialist schools: city technology colleges, technology colleges and language colleges, sports colleges and arts colleges'を中等学校の多様化の一つとしている。

さらに、子ども達の教育に対する学校の説明責任(accountability)が強調されるとともに、教育が学校のみで行われるのではなく、「地域の中の学校(school in community)」として学校が位置づけられるとともに、保護者や地域の人材・資源の活用が求められている。

そして、教育水準向上の鍵として教師が重要な役割を担うことが求められている。このため、1984年の当時のThatcher, M.保守党政権下で創設された教員養成課程審議会(Council for the Accreditation of Teacher Education)に代わり、より包括的に教員養成の管理を行う教員養成委員会(Teacher Training Agency: 以下TTA)を設置した。このTTAは、教員養成機関の政府による補助金の配分も行うため、各教員養成機関にとっては極めて重要な組織と位置づけられている。また、後述するように、政府は、1998年にはcircular 4/98として必修3教科(英語、数学、科学(理科))とICT(Information and Communication Technology)の初等・中等教員養成のためのナショナル・カリキュラム(National Curriculum for Initial Teacher Training: 以下, NC for ITT)導入を表明し、2000年9月より各教員養成機関において実施されている。

(3) ナショナル・カリキュラム(NC)の特色と概要

① NC 導入の背景とねらい

もともとイギリスでは、伝統的に子どもの個性、能力、適性といったいわゆる 3A's を重視した教育が行われてきた。1970 年代以降、教育水準の低下が深刻な問題となり、1979 年に政権についた Thatcher, M.保守党政権は、政府主導のカリキュラム編成に関するガイドライン等を次々に公表していった。1987 年 7 月 Thatcher, M.保守党政権は、イングランドとウェールズのすべての公立（営）学校を対象とした共通のカリキュラムの導入を示唆した "National Curriculum 5-16: a consultation document"³⁾ を学校はじめ関係機関に送付した。これによると NC 導入の意図は以下のように解釈できる。

- ・児童・生徒の学力の到達水準を引き上げること
- ・学校・地域間のカリキュラムの格差の是正をすること
- ・学校、教師、保護者が子ども達の学力の到達度を客観的に評価することを可能にすること

また、1988 年の教育改革法 (Education Reform Act 1988) により設置された NC 審議会の説明⁴⁾ によれば、NC の目的は、教育内容の明確化と保護者への通知、子どもの可能性を引き出すことを目的とした教師への援助、学校間あるいは地域間格差の是正、ということが言える。

ただ、後述するように、とりわけ Thatcher, M.保守党政権は、教育水準の向上と学校教育の効率化をねらい、その背後に人材開発があり、NC を導入したことは間違いのないように思われる。

② NC の概要

1988 年の教育改革法⁵⁾ において、公立（営）学校に通うすべての子ども達（5 歳児から 16 歳児）が、以下のような基本原則からなる「幅広く調和のとれたカリキュラム (a balanced and broadly based curriculum)」を受ける権利を有していることが明確に示されるとともに、NC の概要が示された。

- ・学校及び社会における子どもの精神的、道徳的、文化的、知的、身体的発達を促進する。
- ・そのような子ども達に対し、学校修了後の社会生活の機会、責任及び経験の準備をする。

また、同法において、基礎教科 (foundation subjects) が設置され、そのうち数学、英語 (国語) 及び科学 (理科) が必修教科 (core subjects) として位置づけられた。また、各教科について、「能力及び発達の程度が多様な児童・生徒が、各 KS (Key Stage : 以下に説明) の終了時までには修得すべき知識、スキル及び理解力」である到達目標 (Attainment Targets : 以下、AT) と「能力及び発達の程度が多様な児童・生徒が、各 KS において、教授すべき内容、スキル及びプロセス」である学習プログラム (Programmes of Study : 以下、PoS)、「各 KS の到達目標に照らし、児童・生徒の習得の程度を確認するための各 KS の終了時に行う評価の方法」である評価方法 (Assessment Arrangements) が設定された。

以下に、NC の特色について列記しておこう。

- ・初等教育と中等教育の連続性や一貫性などから、義務教育段階 (5 歳～16 歳) が 4 つの段階 (Key Stage) に区分されている。初等教育段階が KS1 (5 歳～7 歳) と KS2 (7 歳～11 歳)、中等教育段階が KS3 (11 歳～14 歳)、KS4 (14 歳～16 歳)。そして、各 KS の終わりに全国テストがあり、教師による内部評価とともに、子ども達は評価される。

- ・ NC は省令 (Statutory Order) で示される。NC は、学校全体のカリキュラム (whole curriculum) を意味しているわけではない。つまり、各学校は、学校に基礎をおくカリキュラムデザイン／開発 (school-based curriculum design/development) を行うことになる。
- ・ NC では、「何を (what)」教え、学習するかについては明示されているが、「どのように (how)」教えるかについては明示されていない。つまり、教師の専門的判断 (professional judgement) が重要となってくる。
- ・ NC に付随した教科書検定制度がない。

つまり、NC は、学習目標や内容を明確化することにより教師の教育活動を鼓舞する一方で、それが全国テストと教師による評価とを結びつけ、NC は全国テストが実施され機能できるような枠組みを提供しているとも言える。このことから、また、学校別成績一覧の公表などからも明らかなように、保守党政権下での教育改革が、中央集権的な画一性と市場原理の教育分野への導入を基礎とした、学校教育の効率化を志向していたことは明らかである。

ところで、わが国の教育界には、NC は学習指導要領の模倣であるという意見が一部ある。確かに、中央政府主導による全国規模の共通のカリキュラム、その法的準拠、教科の学習目標・内容の提示、といった形式的な点において類似性が認められる。しかしながら、教育改革法で所轄大臣の権限が限定されていること、学習目標と内容である到達目標や学習プログラムは各学年ごとに示されるのではなく、一定の幅を持って、つまり学習発達段階ごとに示されていること、子どもの到達レベルが設定されていること、全国テスト（外部評価）と教師による評価（内部評価）によって子どもは評価されること、公立（営）学校を対象とし、必ずしもすべての学校を対象としているわけではないこと、NC は学校全体のカリキュラムではないこと、など、NC は、わが国の学習指導要領とは質的に異なることを認識すべきであろう。

③ NC の改訂のポイントと 2000 年版 NC の特色

これまで、NC は 1989 年の最初の版から、1991 年、1995 年と改訂され、現時点は 2000 年 9 月より新しい改訂版が施行されている⁶⁾。

1995 年の改訂の観点をまとめると次のようになるであろう。すなわち、カリキュラム運営と評価の簡素化、保護者への報告の明瞭化、GCSE 試験基準の維持と連続性、である。このため、到達目標 AT と学習プログラム PoS が大幅に整理・削減された。例えば、科学（理科）の場合、1989 年版 NC で 17 あった AT が、1991 年版 NC では 4 つにまでなった。このため、関連する内容の整理と、他教科の内容との重複回避が第一義的に行われた。つまり、省令の簡素化であっても、必ずしも構造改革ではなかった。

1995 年の省令改訂の主眼は、NC のスリムダウンと評価のさらなる簡素化であった。このため、前回の改訂における内容の精選より、さらなる厳選が行われた。一方、例えば、科学（理科）では、内容の厳選ばかりではなく、探究活動の範囲を広げ、より質的に高い活動が行われるよう策定された。つまり、この改訂は、前回の量的レベルを重視したものから、より質的レベルを重視したものと表現できる。

また、注目されるのは、この省令（1995 年版 NC）の改訂が構造改革とも表現できるような改訂を伴っていることである。例えば、すべての教科に共通した要求事項として、「言

業（言語）の使用と情報技術の応用」が課された。また、PoS については、質的にも変化した。すなわち、教師は、PoS を授業計画の立案や、教授・学習と日常評価のための目標設定の基礎として、活用しなければならないと説明されている。このため、例えば科学（理科）においては、すべてのKSを対象として、①系統的探究、②日常生活の科学（KS1,2）、科学の応用（KS3,4）、③科学的な考えの本質、④コミュニケーション、⑤健康と安全、についての具体的指針がより明確化されるとともに、その記述方法も 'Pupils should (do)' と子どもの主体的・能動的活動が中心であったものが、'Pupils should be taught' と受動的な表現に変更された。

さて、最後に、2000年版NCについて検討してみよう。

2000年版NC改訂を行ったのは労働党政権であり、この政権の教育目的は、先に示したように、教育水準の向上であるとともに、多様な子ども達の発達や能力、文化的、民族的背景に適合した教育機会の提供である。そのため2000年版NCは、すべての教科に関して「すべての子ども達に有効な学習の機会を提供する (providing effective learning opportunities for all pupils)」ことを目指し、以下の3つが基本原理とされている。

- ・適切な学習へのチャレンジを設定する。
- ・子ども達の多様な学習ニーズに応える。
- ・子ども達個人やグループの学習と評価に対する潜在的な障壁を乗り越える。

また、"Excellence in schools"にも明確に謳われていたように、リテラシーと数量的思考能力が重視されているが、例えば、科学（理科）のNCにもそのことが強く反映されている。

（４）科学教育が必修となった背景

ところで、なぜ科学（理科）が、NCにおいて必修教科として位置づけられたのであろうか。もちろん、科学教育学会であるASE (Association for Science Education) や王立協会 (Royal Society) の科学教育振興のための努力や教育的・政治的戦略の賜であることは間違いないであろう。また、その過程における結果として、1980年代の政府系報告書において科学教育が重要な位置づけがなされており、それが具現化されたと見ることもできる。しかしながら、これらだけがその要因と考えるのは、いささか早計であるように思われる。

1970年代はイギリス病とも言われ、イギリスの世界経済における相対的な地位の低下が問題となった。1970年代末に、労働党政権から Thatcher, M. を首班とする保守党政権が誕生して以来、いわゆるサッチャー主義と言われる原理に基づき多方面において改革が行われた。とりわけ、1987年の総選挙後の政権では、教育水準の向上が改革の重要な柱とされた。

Thatcher, M. 首相は、保守党大会での演説で以下のように述べ、英語（この場合 literacy と oracy）と数学（同 numeracy）といった基礎学力に加え、科学技術の内容が国民共通の素養であることを主張した⁷⁾。

今国会の最重要課題は、教育の質を上げることである。…（中略）…明日の世界で日本、ドイツ、アメリカと成功裏に競争するために、われわれはよく教育された、よく訓練され、創造的な若人を必要としている。…（中略）…私は、政府が私達の子どもの教育にとっての基準を設定するということに対して、基本的に責任を負わねばならないと信じている。そして、なぜ政府が基本的教科にとってのNCを制定しようとしているか

の理由である。すべての子ども達が、不可欠なスキル、つまり、読むこと、書くこと、字を綴ること、言葉遣い、計算を修得することや、基本的科学や技術を理解すること、は不可欠である。(波線は筆者による)

また、必ずしも Thatcher, M. と政治路線が同じではないと言われた NC 導入当時の教育科学大臣の Baker, K. は、以下のような考え方を示している⁸⁾。

科学(理科)が強調されるのには4つの理由がある。まず、世界において科学的技術的变化が加速されており、すべての若い人達が科学的概念に親しむことは重要なことである。次に、国家として、科学研究やその商業的・産業的応用において先頭に立ってイギリスの国際的地位を維持することが可能な、より多くの若い人達を必要としている。3番目は、よく科学教育を受けた人は、例えば、自分達自身の健康や科学的知識が必要不可欠とされる社会的問題に対して、より学識があり、調和のとれた判断をすることが期待される。最後は、すべての若い人達は、活力に満ちかつ享受可能な、われわれの文化的遺産として科学を見なすように助長されなければならない。(波線は筆者による)

つまり、科学(理科)が NC において必修教科とされたのは、1つには、高度科学技術社会に生きるすべての子どもの科学的リテラシーを育成することがねらいとされながらも、他方においては、科学技術を背景とした世界経済競争に打ち勝つための人材開発を意図していたことも確かである。

ところで、Thatcher, M. の演説では、科学と技術はひとまとまりと考えられている。実際、後述(第4章:子どもと保護者は科学(理科)をどう見ているか)するようにロンドン大学の Osborn, J. らの調査によると子どもや保護者は、科学と技術を明確に区別しているというよりは、むしろ一体のものに見なしていた。NC の科学(理科)に関する調査委員会 (Science Working Group) では、その報告書において科学(理科)と技術の両方についての AT と PoS が示された。しかしながら、少なくとも最初の省令の段階では、科学(理科)のみとなった。この理由については、イギリスの科学教育の歴史を紐解かねばならないので、ここでは省略する。ただ、科学教育が、歴史的に子どもの日常生活や産業界とは切り離された、抽象的・理論的知識を扱ってきたことと無関係ではないことだけを、ここで指摘しておこう⁹⁾。

2 学校理科カリキュラム

(1) NCは何をもたらしたのか

1989年版 NC の原案を作成した「科学(理科)に関する調査委員会 (Science Working Group)」の報告書¹⁰⁾や、NC 審議会によるガイダンス (Science-Non Statutory Guidance)¹¹⁾を分析すると、イギリスの科学教育における1つの特徴を窺い知ることができる。すなわち、未来社会に生きる市民となる子ども達に必要な学校(教育)の役割から説き起こし、学校カリキュラムにおける科学教育の役割を勘案して、科学教育の目的を示していることである。これらの報告書やガイダンスでは、NC の科学教育の目的は、概ね以下の通りである。

a) 科学的概念を理解する, b) 探究の科学的方法を使用する, c) 科学が社会形成に果たす役割を認識する, d) 科学教育が個人の発達(人間形成)に果たす役割を理解する, e) 科学的知識と本質と科学の説明は説得力はあるけれども、暫定的であることを認識す

る、f) 科学技術分野の職業へと導く機会を与える。

NC の導入は、少なくとも、教師や子ども達あるいは保護者達に、「なぜ科学（理科）を教えるのか」、「科学（理科）が個人の発達（人間形成）にどう貢献するのか」といったことを考える機会を提供した、と表現できるであろう。

(2) 2000 年版 NC 科学（理科）の構成と学習プログラム

1989 年版 NC から 1995 年版 NC の特色については、別のところで論じている¹²⁾ので、それを参照していただくとして、ここでは、2000 年版 NC における概要を示す。

NC の構造 (The structure of the National Curriculum)

学習プログラム (Programmes of study: PoS) は、何を子ども達が教えられるべきかを詳細に述べており、到達目標 (Attainment targets: AT) は、期待される子ども達のパフォーマンスの基準を詳細に述べている。それは、学校がどのように科学（理科）の PoS を含む自分達の学校カリキュラムをオーガナイズするかの選択でもある。

学習プログラム (Programmes of Study)

PoS は、子ども達が KS1, 2, 3, 4 の科学（理科）で教えられるべきことを示しており活動計画の基礎を提供している。カリキュラム計画において、学校は、PoS 全体で適用されている言語（用語）の使用、ICT (Information and Communication Technology) の使用、健康と安全に対する一般的教授要求を考慮しなければならない。

各 PoS 内の知識・スキル・理解は、科学（理科）の 4 つのエリアに関係している。

Sc1 : 科学的探究 (scientific enquiry)

Sc2 : ライフプロセスと生物 (life processes and living things)

Sc3 : 物質とその特性 (materials and their properties)

Sc4 : フィジカルプロセス (physical processes)

教授に際しては、「科学的探究」は、「ライフプロセスと生物」、「物質とその特性」、「フィジカルプロセス」の各 PoS の文脈を通して教えられること、が保証されなければならない。

学習の広がり (breadth of study) は、科学（理科）が教えられるべき文脈に関係するとともに、学習されるべき技術の応用 (technological applications) を明確にし、科学（理科）におけるコミュニケーションや健康と安全に関する教授内容に関係している。

KS1,2,3,4 に対する DfEE / QCA の活動計画例は、PoS や AT がいかに実際の授業運営計画に応用できるのかを示す際に有用である。

KS4 における科学（理科）

KS4 には、シングルサイエンス (single science) とダブルサイエンス (double science) の 2 種類の学習プログラムがある。生徒達は、どちらかを選択して学習することになる。それぞれの選択部分の要求は、生徒が受験する物理、化学、生物のすべての 3 科目に関する GCSE 試験の内容を満たすものである。政府は、ダブルサイエンスまたは 3 科目を大多数の生徒が選択するものと信じて疑わない。シングルサイエンスは、他教科により多くの時間を割くという理由を持つ少数の生徒を想定している。

到達目標とレベル記載事項 (Attainment targets and level descriptions)

科学（理科）の AT は、「各 Ks の終了までに獲得することが期待される、子ども達の多様な能力と発達を知識・スキル・理解」として示したものである。AT は、難度が異なる 8 つのレベルの解説と、レベル 8 を越える優秀なパフォーマンスの解説から構成される。各レベルの解説は、そのレベルにおける子ども達の活動で特徴的に見られるものの形態と範囲を示したものである。

科学（理科）におけるレベル記載事項は、PoS の主な 4 領域：「科学的探究」、「ライ

「プロセスと生物」、「物質とその特性」、「フィジカルプロセス」で示された知識・スキル・理解における進歩の度合いを示している。レベル記載事項において与えられる例は、法的な性質を持つものではなく、あくまで程度(pitch)を示すことを意図している。レベル4と5において、KS2あるいは3のPoSでは、同じ例が示されている。

レベル記載事項は、KS1,2,3,4の終了時における子ども達のパフォーマンスについて診断(judgments)を行う基礎を提供する。KS4では、国家資格(註:GCSE試験)が科学(理科)における到達度を評価する主な手段である。

大多数の子ども達が学習するレベルの範囲 KSの終了時に大多数の子ども達が期待される到達度

| | | | |
|-------------|-----|-----------|-----|
| Key stage 1 | 1-3 | at age 7 | 2 |
| Key stage 2 | 2-5 | at age 11 | 4 |
| Key stage 3 | 3-7 | at age 14 | 5/6 |

ナショナル・カリキュラムを横断した学習 (Learning across the National Curriculum)

子ども達の教育における科学(理科)の重要性は、15頁に示されている。初等・中等教員のためのハンドブックはまた、精神的(spiritual)・道徳的(moral)・社会的(social)・文化的(cultural)発達、キー・スキル(key skills)と思考スキル(thinking skills)のような多くの領域におけるカリキュラムを横断して、NCが学習を促進する方法を一般的な用語で解説している。科学(理科)を教える際の特定的方法を示した以下の例は、カリキュラムを横断した学習に貢献することができる。

科学(理科)を通して子どもの精神的・道徳的・社会的・文化的発達を促進する

例えば、科学(理科)は以下の能力を促進する機会を提供する:

- 精神的発達: 子ども達が暮らす自然界や物質的・物理的世界を五感で感じることを通して、また、子ども達に自分達が自然の一部であることを考えさせることを通して、さらに生命はいつ始まったのか、生命はどこから発生したのか、といった質問を探索させることを通して、精神的発達を促進する。
- 道徳的発達: プレコンセプションや先入観より、むしろ観察と証拠を用いて結論を導く必要性を子ども達が理解することを通して、また、科学的知識を使用する意味を、その有益さ、有害さの認識を含めて討論することを通して、道徳的発達を促進する。
- 社会的発達: 意見の形成や決定の正当化がどのようにして実験的証拠によって構成することができるかを子ども達が認識することを援助し、また、どのようにして科学的証拠の相異なる解釈が社会的問題を論議することに用いることができるかに注意を引きつけることを通して、社会的発達を促進する。
- 文化的発達: 科学的な発見や考えが、人間の思考、感性、創造性、行為、人生にどのように影響を与えたかを子ども達が認識することを通して、また、文化的な相違が、科学的な考えを受容し、使用し、評価することにどのように影響を与えうるのかに注意を引きつけることによって、文化的発達を促進する。

科学(理科)を通じたキー・スキル(key skills)の促進

例えば、科学(理科)は以下のようなキー・スキルを子ども達に発達させる機会を提供する:

- コミュニケーション: 多様な文脈において、事実、考え方、意見を理解し、コミュニケーションすることを通して、コミュニケーション・スキルは発達する。
- 数の応用(application of number): 一次データ・二次データを収集、考察、分析することを通して、数の応用スキルは発達する。
- IT: 広範囲なICTの使用を通して、ITスキルは発達する。
- 他者との協力(working with others): 科学的探究(Investigation)を実行することを通して他者と協力するスキルは発達する。
- 自己の学習(own learning)とパフォーマンスの向上: 自分が行ったことを振り返り自分が獲得したことを評価することを通して、自己の学習とパフォーマンスを向上するスキルは発達する。
- 問題解決: 科学的な質問に創造的な解決法をもって、答える方法を見つけることを通

して、問題解決のスキルを発達させる。

カリキュラムの他の側面を促進する

例えば、科学（理科）は以下の側面を促進する機会を提供する：

- **思考スキル**：科学的探究（enquiry）のプロセスに子ども達が従事することを通して、思考スキルは発達される。
- **企画・起業者的スキル(enterprise and entrepreneurial skills)**：科学者の活動や科学的な考え方がテクノロジカルな産物やプロセスに適用される方法について、子ども達が学習することを通して、企画・起業者的スキルは促進される。
- **職業に関連した学習(work-related leaning)**：科学を基盤とする産業的・商業的事業の学習を通して、また、学校のある地方の科学者、エンジニア、職場との接触・交流を通して職業に関連した学習は促進される。
- **継続（持続）的発達のための教育(education for sustainable development)**：信頼しうる(sound) 科学の根拠、価値観の探究(exploration)、科学や技術の応用に関する倫理に対し意思決定を行う子ども達のスキルを発達させることを通して、また、多様性、相互依存性などの鍵概念に対する子ども達の知識・理解を発達させることを通して、継続（持続）的発達のための教育は、展開される。

次に、以下は、KS1 と KS3 の学習プログラムである。

| KS1（5歳児～7歳児：初等学校） | KS3（11歳児～14歳児：前期中等学校） |
|--|---|
| <p>Sc 1 科学的探究 科学の考え方と証拠(Ideas and evidence in science) 1 子どもは、質問に解答しようとする際、観察や測定を行うことによって、証拠を収集することが重要であることを教えられるべきである。</p> <p>探究スキル(Investigative skills) 2 子どもは以下の内容を教授されるべきである：</p> <p>計画する(Planning) a：発問し（例；「どのように？」、「なぜ？」、「もし～なら何が起きるだろう？」）、それらの間の解答を見つける方法を決定する。 b：間に答えるため、直接的な経験と簡単な情報源を用いる。 c：行うことを決定する前に、起こったことについて考える。 d：テストや比較が不正であるとき、それを認識する。</p> <p>証拠の獲得と提示(obtaining and presenting evidence) e：指示に従って、自分自身や他の人のために危険をコントロールする。 f：視覚・聴覚・嗅覚・触覚・を適切に用いて探究し、観察・測定を行い、記録する。 g：ICT(Information and Communication Technology) の活用を含んだ多様な方法で、起こったことをコミュニケーションする（例；口頭や記述、線画、表、棒グラフ、ピクト</p> | <p>Sc1 科学的探究 科学の考え方と証拠(Ideas and evidence in science) a：経験に基づく質問や証拠と歴史的あるいは今日の事例との相互作用について（例えば、ラボアジェの燃焼に関する研究と地球温暖化の考え得る原因） b：予想を立てるためにそれらを用いたり、証拠が予想と適合するかどうかを見極めることにより、（その）解釈をテストすることの重要性について。 c：科学者が今日行う研究方法や、科学者が過去においてどのように研究してきたかについて。それは科学的な考えの発達における実験の役割、証拠と創造的な思考についての言及を含む。</p> <p>探究スキル(Investigative skills) 2 子どもは以下の内容を教授されるべきである：</p> <p>計画する(Planning) a：探究可能な形式にアイデアを変容し、適切なアプローチを決定するために、科学的知識や理解を用いる。 b：直接経験あるいは二次的資料からの証拠を用いるかどうか判断する。 c：予備実験を行い適切な予測を立てる。 d：証拠を集める際に考慮に入れる必要がある鍵となる要因を考慮し、変数は容易にコントロールできないなど、文脈〔例：フィールドワーク、概観調査(survey)〕においてどのように証拠が収集されるのかを考慮する。 e：収集するデータや技法の程度(extent)と範囲(range)、使用する設備や器具を決定する。</p> <p>証拠の獲得と提示(Obtaining and presenting evidence) f：適切な範囲の設備や器具を使用し、自分や他の人のためにリスクをコントロールする行動をとる。 g：精度を適正にするため、データロギング（例：時間を</p> |

グラフ)

証拠の考察と評価(considering evidence and evaluating)

- h : 簡単な比較を行い (例 ; 手の大きさ, 靴のサイズ), 簡単なパターンや関連性を同定する。
- i : 子どもが起こると予想したことと, 起こったことを比較し, 自分の知識や理解を用いて, その説明を試みる。
- j : 自分の活動を見直し, 他の人に自分の行ったことを説明する科学的考えと証拠

Sc 2 ライフ・プロセスと生物

ライフ・プロセス

- 1 子どもは以下の内容が教えられるべきである :
- a : 生きているものと現代には生きていないもの相違点
- b : 人間を含めた動物は, 運動し, 摂食し, 成長し, 感覚を用い, 繁殖する。
- c : 各地方の環境で見られる動・植物とライフ・プロセスは関係している。

人間とその他の動物

- 2 子どもは以下の内容が教えられるべきである :
- a : 人間とその他の動物の体の主な外観を認識し, 比較する。
- b : 人間とその他の動物は生き続けるために, 食物と水が必要である。
- c : 運動し, 適切な種類と量の食物を摂ることは, 人間の健康を維持する手助けとなる。
- d : 医薬品としてのドラッグの役割について
- e : 世話 (care) や思いやり (sensitivity) を伴った動物の取り扱いの方法
- f : 人間やその他の動物は子孫を産み, その子孫は成体に成長すること。
- g : 人間やその他の動物が身の回りの世界を知ることを可能にする感覚について。

緑色植物 (green plants)

- 3 子どもは以下の内容が教えられるべきで

追って変数を変化させる) のための ICT (Information and Communication Technology) 使用を含めた, 観察や測定を行う。

- h : エラーを減らし信頼できる証拠を獲得するため, 十分に適切な観察や測定を行う。
- i : 量的・質的データを表現しコミュニケーションするため, 図, 表, グラフ, ICT などを含めた広範囲の手法を用いる。

証拠の考察(Considering evidence)

- j : データの中にあるパターンや関係性を識別し表現するために, 図・表, グラフなどを用いる。
- k : 結論を導出するために観察や測定, その他のデータを用いる。
- l : これらの結論が予測を支持する, あるいは, これらの結論がさらなる予測を可能にする程度を決定する。
- m : 観察や測定あるいは他のデータや結論を説明し解釈するために自分自身の知識や理解を用いる。

評価(Evaluating)

- n : 観察あるいは測定における矛盾を考察し, それらの説明を試みる。
- o : 証拠がなされた結論や解釈を支持するに充分であるのかどうかを考察する。
- p : 用いた手段について適切な改善を提案する。

Sc 2 ライフ・プロセスと生物

細胞と細胞の機能(Cells and cell functions)

- 1 子どもは以下の内容が教えられるべきである :
- a : 動植物細胞は, 組織を形成しており, 組織は器官を形成している。
- b : 植物細胞における葉緑体と細胞壁の機能と動植物細胞における細胞膜, 細胞質, 核の機能。
- c : 繊毛虫の上皮細胞, 精子, 卵子, 根毛細胞などを含めた多様な細胞における様式が, それらの機能に適していること。
- d : 人間や花卉植物における受精が男性細胞と女性細胞の融合であること。
- e : 多様な生物におけるライフ・プロセスと細胞やその機能と関係付ける。

生物としての人間(Humans as organisms)

- 2 子どもは以下の内容が教えられるべきである :

栄養作用(Nutrition)

- a : 炭水化物, タンパク質, 脂質, ミネラル, ビタミン, 食物繊維, 水を含んだバランスのとれた食事に対する必要性と, これらの源である食物について。
- b : 巨大な分子を小さく分解する際の酵素の役割を含めた消化の原理について。
- c : 消化の産物は血流に吸収され, 身体の至る所に運搬され, 老廃物は排泄される。
- d : 食物は, 身体活動を維持するための呼吸燃料として, 成長や回復のための原料として用いられる。

運動(Movement)

- e : 骨格や間接の役割と運動における相反する筋肉部分 (例 : 二頭筋, 三頭筋) の原理について。

ある：

- a：植物は生長するために光と水が必要であることを認識する。
- b：花の咲く植物の葉・花・茎・根を認識し、名前を言う。
- c：種子が花の咲く植物に成長する。

変異 (variation) と分類 (classification)

4 子どもは以下の内容が教えられるべきである：

- a：自分自身と他のものの類似点と相違点を認識し、他のものを思いやりを持って取り扱う。
- b：識別可能な類似点と相違点に従って、生物をグループ分けする。

身近な環境における生物

5 子どもは以下の内容が教えられるべきである：

- a：各地方の環境において、異なる種類の植物や動物を見つける。
- b：各地方の環境間の類似点と相違点を識別し、そこで見られる動物や植物へ環境がどのような影響を与えるのかを確認する。
- c：環境を大事にする (care)。

生殖 (reproduction)

- f：思春期に起こる肉体的・精神的変化について。
- g：月経周期や受精を含めた人間の生殖システムについて。
- h：胎盤の役割を含めて、子宮の中で胎児はどの様に発達するのか。

外呼吸 (Breathing)

- i：タバコの影響を含めた、気体交換における肺構造の役割について。

内呼吸 (Respiration)

- j：好気呼吸は細胞中で酸素と食物の反応を伴っており、その中で、グルコースは二酸化炭素と水に分解される。
- k：式で好気呼吸をまとめる。
- l：呼吸の反応物や産物は、血流によって身体の至る所に運搬される。

健康 (Health)

- m：アルコールやシンナー、他の薬品は健康に影響を与える。
- n：細菌の成長や繁殖とウィルスの複製がどの様に健康に影響を与えるのか、また、免疫や薬品によって身体の自然防衛機能はどの様に高められるのか。

生物としての緑色植物 (green plants as organisms)

3 子どもは以下の内容が教えられるべきである：

栄養作用と成長 (Nutrition and growth)

- a：植物は光合成のために、二酸化炭素、水、光を必要とし、有機物と酸素を生産する。
- b：式で光合成をまとめる。
- c：炭素、酸素、水素に加えて、窒素や他の要素が植物の生長にとって必要とされる。
- d：土壌から水やミネラルを吸収する際の根毛の役割。

内呼吸 (Respiration)

- e：植物は好気呼吸を行う。

変異、分類、遺伝 (variation, classification and inheritance)

4 子どもは以下の内容が教えられるべきである：

変異 (variation)

- a：種内の環境的・遺伝的変異について。

分類 (classification)

- b：生物を主な分類グループに分ける。

遺伝 (inheritance)

- c：選択飼育 (selective breeding) は新しい変異を導くことができる。

環境における生物 (Living things in their environment)

5 子どもは以下の内容が教えられるべきである：

適応と競争 (Adaptation and competition)

- a：生物や環境を守ることができる方法や持続発展 (sustainable development) の重要性について。
- b：生息環境は独立した動植物の多様性を支えている。
- c：生物は生息環境における日々の変化や季節的变化を生き抜くためにどの様に適応しているのか。
- d：捕食と競争はどの様に個体数の大きさに影響を与えるのか (例：細菌、植物の生長)。

摂食の関連性 (Feeding relationships)

- e：いくつかの食物連鎖が食物網を構築していることについて。また、食物連鎖は数のピラミッドを用いてどの様に定量化されるのか。

Sc 3 物質とその性質

物質のグループ分け

1 子どもは以下の内容が教えられるべきである:

- a: 物質 (materials) 間の類似点と相違点を探究・理解するために、自分の感覚を用いる。
- b: 物体 (objects) をその簡単な性質に基づいてグループに分類する。(例; 手触り, 堅さ, 光沢, 浮力 (ability to float), 透明度, 磁性の有無)
- c: 物質 (例; 金属, プラスチック, 木材, 紙, 岩石) の一般的な形式を認識し, 名前を付ける。そして, それらのいくつかが自然界で見られることを認識する。
- d: 多様な物質 (例; 草, 木, 羊毛) の使用方法を案出する。また, これらの物質が, その簡単な性質から特定の使用方法に対してどのように選択されるのかを解明する。

物質を変化させる

2 子どもは以下の内容が教えられるべきである:

- a: いくつかの物質から生成された物体が, 押し潰す (squashing), 曲げる (bending), ねじる (twisting), 延ばす (stretching) など, いくつかのプロセスによってどのように変化させられるのかを明らかにする。
- b: 日常的な物質 (例; 水, チョコレート, ブレッド, 粘土) が, 暖められたり, 冷やされたとき, どのように変化するのかを探究し, 記述する。

f: 有毒物質は食物連鎖においてどのように蓄積されるのか。

Sc 3 物質とその性質

物質の分類 (Classifying materials)

1 子どもは以下の内容が教えられるべきである:

固体, 液体, 気体 (Solid, liquids and gases)

- a: 物質は, 融点・沸点・密度などでどのように特徴づけることができるか。
- b: 物質の分子理論は, 状態変化・気圧・拡散などを含めた固体・液体・気体の特性を説明するために, どのように用いることができるか。

元素, 化合物, 混合物 (Element, compounds and mixtures)

- c: 元素は周期表において見られ, 原子から構成される。また, それらは記号により表現される。
- d: 元素は, 外観・室温での状態・磁性・熱伝導性・電気伝導性などの物理的特性においてどのような多様性を持つのか。また, これらの特性は金属/非金属のように元素の分類をするため, どのように用いることができるのか。
- e: 元素は化学反応を通してどのように厳密な組成を持った化合物 (例: 水, 二酸化炭素, 酸化マグネシウム, 塩化ナトリウム, 大部分の物質) に化合するのか。

- f: 公式によって化合物を表現し, 式によって反応をまとめる。
- g: 混合物 (例: 空気, 海水, 大部分の岩石) は, 結合していない構成物によって構成されている。
- h: 混合物を蒸留やクロマトグラフィー, その他の適切な方法を用いて, どのようにそれらの構成物に分離するのか。

物質を変化させる (Changing materials)

2 子どもは以下の内容が教えられるべきである:

物理的変化 (Physical changes)

- a: 物理的変化 (例: 状態変化, 溶解) が起こったとき, 質量が保存される。
- b: 温度に対する溶解度の多様性, 飽和溶液の組成, 異なる溶媒に対する溶質の溶解度の違いについて。
- c: エネルギー変化と状態変化を関係付ける。

地質学的変化 (Geological changes)

- d: 膨張, 収縮, 水の凍結によって発生する力がどのように岩石の物理的風化を導くのか。
- e: 遙かなタイムスケールを越えて起こるプロセスによる岩石の形成と, 岩石形成の形態がその外観や含まれる鉱物を決定することについて。
- f: マグマの冷却により火成岩がどのように形成されるか。ロックフラグメントや有機物の堆積作用を含めたプロセスにより堆積岩がどのように形成されるのか。現存の岩石に対する加熱や圧力により変成岩がどのように形成されるのか。

化学反応 (Chemical reactions)

- g: 化学反応が起こったとき, 原子は異なる方法で結合するが, 同じ原子が存在するため, どのように質量が保存されるのか。
- h: 生体システムにおける金属を含め, 実質的に全ての金属は, 化学反応を通して形成される。日常的な状況における化学変化の重要性を認識させる (例: 果実の熟成, 接着剤の接着作用, 食物の調理)
- i: 環境に対する化石燃料の燃焼の考えうる影響 (例: 酸性雨の発生, 二酸化炭素, 固体粒子) とこれらの影響をどのよう

Sc 4 フィジカル・プロセス

電気(Electricity)

1 子どもは以下の内容が教えられるべきである:

- a : 電気を使用する日常的な設備について
- b : バッテリー, ワイヤー, 電球(bulbs), その他などを含む単純な直列回路(series circuit)について
- c : 回路を切るためにスイッチをどのように用いることができるのか

力と運動(forces and motion)

2 子どもは以下の内容が教えられるべきである:

- a : 見慣れた運動(例;車の加速,減速,方向転換)について解明し,記述する。
- b : 押したり引いたりすることが,力の例であること
- c : 物が加速したり,減速したり,方向が変わるときを認識し,原因(例;押す,引く)があることを認識する。

光と音(light and sound)

3 子どもは以下の内容が教えられるべきである:

光と闇(Light and dark)

- a : 太陽を含んだ,多様な光源を識別する。
- b : 暗闇は光の欠如であること。

音の作成と感知(Making and detecting sound)

- c : 多くの種類の音や音源が存在すること。
- d : 音は弱くなりながら,遠くまで届くこと。音は耳に入ったときに聞こえること。

に最小限に押さえる科について。

作用のパターン(Patterns of behaviour)

3 子どもは以下の内容が教えられるべきである:

金属(Metals)

- a : 金属が酸素,水,酸,他の金属酸化物とどのように反応するか。また,これらの反応の産物は何か。
- b : 金属と他の金属塩溶液の間に起こる置換反応について。
- c : これらの反応を考慮することによって,どのように金属の反応性を決定できるのか。また,他の反応を予測するためにどのように金属の反応性を用いるのか。

酸と塩基(Acids and bases)

- d : 酸性・中性・アルカリ性のように溶液を分類するために指示薬を用いること。また,溶液の酸性度を測定する際,pH基準を用いること。
- e : 炭酸炎を含んだ金属と塩基がどのように酸と反応するか。また,これらの反応の産物は何か。
- f : 日常的な中和の応用について(例:消化不良の治療,酸性土壌の処理,肥料の製造)
- g : 環境において,酸は金属の腐食や岩石の化学的風化(chemical weathering)をどのようにして導くのか。
- h : 化学反応におけるパターンを識別する。

Sc 4 フィジカル・プロセス

電気と磁性(Electricity and magnetism)

1 子どもは以下の内容が教えられるべきである:

回路(Circuit)

- a : 直列・並列回路をデザインし構築する方法や,電流や電圧を測定する方法。
- b : 直列回路における電流が電池の数や他の構成部分の数・性質に依存すること。また,電流は構成部分によって「使い切られる」ことがないこと。
- c : 電気回路において,エネルギーはバッテリーや他の電源から他の構成部分に運搬されること。

磁場(Magnetic fields)

- d : 磁性物質が力を感じる空間領域としての磁場について。また,同極の磁極(magnetic pole)は反発するが,異極の磁極は引き合うこと。

電磁石(Electromagnets)

- e : コイルに流れる電流は,棒磁石(bar magnet)の磁場と同様な磁場パターンを作り出す。
- f : 電磁石は機械や装置においてどのように用いられているのか[例:継電器(relay),リフティングマグネット]。

力と運動

2 子どもは以下の内容が教えられるべきである:

力と等速直線運動(force and liner motion)

- a : 運動物体の速度を決定する方法や速度・距離・時間の量的関係を用いる方法。
- b : 地球上での物体の重さは,物体の質量と地球の質量の間にかかる重力の結果である。
- c : 不均一な力(unbalanced force)は物体の運動の速度や方向を変化させ,均一な力(balanced force)は物体の運動を変化させない。
- d : 空気抵抗や affect motion を含んだ摩擦力について(例:車

の流線型化, タイヤと道路の摩擦)

力と回転(Force and rotation)

e : 力は物質を旋回心軸(pivot)を中心に回転させることができる。

f : モーメントの原理と単一の旋回心軸を含めた条件への応用。

g : 力, 面積, 圧力間の定量的関係性と, その応用 (例: スキーとスノーボードの使用, 鋭利な刃物の作用, 水圧 (油圧) ブレーキ)。

光と音

3 子どもは以下の内容が教えられるべきである :

光の作用(The behaviour of light)

a : 光は均一媒体(uniform medium)において有限速度(finite speed)で直線的に移動する。

b : 無発光(non-luminous)物体はそれらから散乱した光が目にはいるため, 見られる。

c : 平らな表面を光はどの様に反射するのか。

d : 2つの異なる物質の境界を光はどの様に屈折するのか。

e : 白色光は色の範囲を見るために分光することができる。

f : 白色光に対するカラーフィルターの効果と, 白色光や他の色の光の中で着色された物体はどのように見えるのか。

聴覚(Hearing)

g : 音が鼓膜を振動させることと異なる人は異なる可聴範囲を持つこと。

h : 大きな音の耳に対する影響 (例: 一過性難聴)

振動と音(vibration and sound)

i : 光は真空空間を移動できるが, 音はできないこと。また, 光は音よりも遙かに早く移動すること。

j : 音の大きさと振動の幅(amplitude of vibration)の関係性。

k : 音の高さと振動の頻度(frequency of the vibration)の関係性。

地球とはるか彼方(The Earth and beyond)

4 子どもは以下の内容が教えられるべきである :

太陽系(The solar system)

a : 地球の運動は, 日々や年間の見かけ上の太陽や他の恒星の運動をどのように生じさせているのか。

b : 地球・太陽・胎教系の惑星の相対的な位置関係について。

c : 太陽の周辺の惑星運動について。また, これらと重力を関係づける。

d : 太陽と他の恒星は光源であり, 惑星や天体(bodies)は光の反射によって見られること。

e : 地球を観察したり太陽系を探索するための, 人工衛星(artificial satellite)の使用法や調査について。

エネルギー源とエネルギーの移動(Energy resources and energy transfer)

5 子どもは以下の内容が教えられるべきである :

エネルギー源(Energy resources)

a : 石油, ガス, 石炭, バイオマス, 食物, 風, 波, バッテリーを含めたエネルギー源の多様性について。また, 継続できる(renewable)エネルギー源と継続できない(non-renewable)エネルギー源の違いについて。

b : 大部分の地球エネルギーの究極的源泉としての太陽について。また, 太陽と石炭, 石油, ガスがどの様に形成されるのかを関係づける。

| | |
|---|---|
| <p>学習の広がり</p> <p>1 このKS中に、子どもは以下の内容を通して、知識・スキル・理解力が教授されるべきである：</p> <p>a：子どもにとって身近であり興味を引く家庭および環境的文脈範囲を通して</p> <p>b：多くの役立つものを開発・発展させる過程で、科学が演じる役割を見ることを通して。</p> <p>c：ICTに基づく情報源を含んだ、情報やデータを用いることを通して。</p> <p>d：complete investigationsを含んだ、科学的な探究を実行するため、直接的データや二次的データを用いることを通して。</p> <p>2 このKS中に、子どもは以下の内容が教えられるべきである：</p> <p>コミュニケーション</p> <p>a：考え方を伝えるため、生物・物質・現象・プロセスの名前を呼び、記述するために簡単な科学用語を用いる。</p> <p>健康と安全</p> <p>b：生物、物質、フィジカル・プロセスに予期できない危険性が存在すること(hazards)を認識し、リスクを評価し、自分自身や他の人間に対しリスクを減らす行動をとる。</p> | <p>c：多様なエネルギー源の媒体により電気は発生させられる。 エネルギー保存(Conservation of energy)</p> <p>d：温度と熱の違いや温度変化は熱の移動に導かれること。</p> <p>e：エネルギーが有効に移動・蓄積させられる方法について。</p> <p>f：伝導・対流・蒸発における粒子運動によりエネルギーはどのように移動するのか。また、エネルギーは放射により直接的に移動する。</p> <p>g：エネルギーは常に保存されるけれども、放散するために、エネルギー源としての利用価値は減少する。</p> <p>学習の広がり</p> <p>1 このKS中に、子どもは以下の内容を通して、知識・スキル・理解力が教授されるべきである：</p> <p>a：家庭、産業、環境的文脈範囲を通して。</p> <p>b：技術的発達において科学が応用される方法を考慮することを通して。</p> <p>c：科学的・技術的発展の利点と欠点を環境・健康・生活の質との関連を含めて、考慮することを通して。</p> <p>d：ICTに基づく情報源を含めた、情報源の範囲を使用する事を通して。</p> <p>e：complete investigationsを含んだ、科学的な探究を実行するため、直接的データや二次的データを用いることを通して。</p> <p>f：物理的性質の単純な関係性に基づいた計算を含めて、適切に定量的アプローチを用いることを通して。</p> <p>2 このKS中に、子どもは以下の内容が教えられるべきである：</p> <p>コミュニケーション</p> <p>a：科学的な考えをコミュニケーションしたり、証拠に基づいた科学的説明をしたりするために、測定のSI単位・言葉の方程式や化学的記号・式や方程式を含んだ適切な科学的言語・規約(conventions)・記号を用いる。</p> <p>健康と安全</p> <p>b：生物、物質、フィジカル・プロセスに予期できない危険性が存在すること(hazards)を認識し、リスクを評価し、自分自身や他の人間に対しリスクを減らす行動をとる。</p> |
|---|---|

さて、NCの特色として、まず、いわゆる物理、化学、生物といった自然科学の領域に加えて、科学の本質(nature of science)が扱われていることを指摘できる。また「日常生活の文脈における科学(science in an everyday context)」という考えから、科学の生活や産業、社会への応用について、子どもが批判的な認識を発達させることが期待されている。つまり、子どもは、科学(理科)を社会、日常生活との関連で学習することになる。

また、伝統的にNCでは、探究の科学的方法(scientific methods of investigation)が一貫して重視されている。探究活動は、実際の活動(practical work)を通して、子ども達が探究スキルを発達させ、科学を理解するために計画される。また、子ども達の科学的な考えは、単に直接経験からのみで発達させられるのではなく、コミュニケーションが重要な役割を果たすと認識されている。そのため、子ども達は、自分の考えを表現し、他者に伝えるための多様な方法を学ぶことになり、こうしたプロセスにおいて、子ども達は、教師も多くの情報源の1つでしかないことを認識するであろう。つまり、子ども達の学習は、独立

事象的に成立するのではなく、他者（教師や仲間等、あるいは学習材も含めて）との相互作用においてより活性化されることになるであろう。

（３）学校理科カリキュラムに見られる科学観

NC では、先に述べたように「何を（What）」教えるかは示されているが、それを「どのように（how）」教えるについては示されていない。そのため、NC においては、教師の専門的判断が重要な要因となる。ここでは、わが国の理科教育では扱われていない「科学の本質（nature of science）」を取り上げ、NC におけるその内容と授業での教師の対応について検討してみよう。

法的拘束力を有する NC に見られる科学観（あるいは科学的知識）は、1989 年版、1991 年版、1995 年版及び 2000 年版を分析すると、次のようになるであろう。a) 科学的知識には暫定的であること、b) 科学には限界があること、c) 科学は、個人やグループといった人間活動の所産であること、d) 科学は、社会的・文化的・精神的文脈の依存性があること。これから明らかなように、少なくとも帰納経験主義を中心とした旧来的な科学観に基づいてはいないことは確かである。しかしながら、旧来的科学観ではないといっても、それがすべて現代的科学観であるというわけではないし、Wellington, J. が明確に指摘している¹³⁾ ように、実際の授業では教師の持つ科学観が影響を持つ。

例えば、Koulaidis, V. と Ogborn, J. の調査¹⁴⁾（理科教師と教育実習生を対象）によると、理科教師はその担当科目（物理、化学、生物）により保持する科学観が違うこと、経験ある教師と教育実習生との間でも保持する科学観が違うこと、などが明らかにされている。そして、教師の保持している科学観は、経験的帰納主義を中心とした伝統的科学観よりも、多くの教師が保持する科学観は文脈主義を中心とした現代的科学観に変容してきていること、しかしながら、確かな一貫した科学観を保持しているわけではないこと、が指摘されている。従って、Wellington, J. の以下の見解¹⁵⁾ が示すように、実際の授業では、次のような考え方が一般的になってきていると見てもよいであろう。

端的に言って、教師やカリキュラム計画者へのメッセージは、次のようなことである。科学とは何か、科学の方法とは何か、といった決定的な見解など存在しない。科学それ自身は固定化され、絶対的であるということではない。それ故、教師が科学についての不適切な概念を持っていると非難したり、あるいはそのことに対して教師達を叱りつけたりすることは意味のないことである。しかしながら、教師達に求められているのは、次のようなことである。すなわち、知識体としての科学は暫定的であり、科学の方法についての 1 つの受け入れられた見方などないこと、を教師達が授業において認識しておくべきである。また、科学と技術は中立的で没価値的な活動ではないことを強調すべきである。それらは、それ自身の経済的、政治的圧力と束縛がある、文化的あるいは社会的文脈の範囲内で従事されている。

つまり、NC の内容を「どのように（how）」教えるかは、教師の資質・能力に関わっているということである。

3. NC for ITT と専門職としての理科教師の実態

(1) 中等理科教員養成カリキュラム

先にも示したように、Blair, T.労働党政権は、教育水準向上の鍵の1つとして教師を位置づけていた。その具体的施策が、NC for ITTである。中等理科教員のNC for ITTは、生涯にわたる教職専門開発（専門的成長）（Professional Development）の観点から、養成段階において獲得すべき理科教師の資質・能力が3つに分類されている¹⁶⁾。すなわち、A：科学教育において子ども達の進歩を確実にするのに、教育実習生（註：教職課程在籍学生を指す。以下同じ。）にとって必要な教職専門的知識と理解（Pedagogical Knowledge and Understanding）、B：効果的な教授方法と評価方法（Effective Teaching and Assessment Methods）、C：科学（理科）に関する教育実習生の知識と理解（Knowledge and Understanding of Science）である。

以下には、Aの教職専門的知識と理解の全容を、Bの教授方法と評価方法については、その概要のみを示し、Cは省略した。

A：教職専門的知識と理解

1. すべての教員養成課程において、教育実習生は、なぜすべての子ども達が科学（理科）を学習することが重要であるのか、という理由をいくつかについて教えられるべきである。
 - a. 科学（理科）についての知識と理解は、子ども達が自然現象を理解するための手助けとなる。
 - b. 科学（理科）及び科学者の研究方法についての知識と理解は、進歩し続ける技術的世界において、子ども達が意思決定を行うための基礎を理解するための支援となる。
 - c. 科学（理科）を学ぶことを通して、子ども達は、問題解決をするための探究スキルや実際のスキルを発達させることができる。
 - d. 科学（理科）はおもしろく、知的興味をそそるものである。
 - e. 科学は現代的における文化の重要な一部であり、すべての国家の人達と関わりがある。
2. 子ども達の科学的な理解における進歩
 - a. すべての教員養成課程において、教育実習生は、科学（理科）における子ども達の進歩が、以下のような原理に基づく教授によって達成されていることを、教えられるべきである。
 - i. 基礎となる科学的知識と原理の枠組みを確立する。
 - ii. 子ども達が自らの直接体験と現象についての個人的な解釈以上のことができるようにする。
 - iii. 科学的思考の発達と、（理論として）一般に受け入れられた科学的な説明やモデルについての理解を支援する。
 - iv. 科学的文脈において、子ども達が推論したり、考えたりすることを求める。
 - b. 教師が持つ子ども達への高い期待を理解し、その教授・学習計画を促進し、科学（理科）において子ども達がどのように進歩するかを知るために、教育実習生は、11歳～19歳の子ども達の進歩を確実にする重要性について教えられなければならない。
 - i. ごく限られた領域において受け入れられている科学的知識の理解から、関連する領域や、領域間の結びつきがある、広範囲における科学的知識の理解まで。
 - ii. 簡単な出来事や現象の表現から、より複雑な出来事や現象の説明まで。
 - iii. 子ども達自身の考えに基づいた現象の説明から、一般に容認された科学的思考やモデルに基づいた現象の説明まで。
 - iv. 観察しやすい現象の学習から、形式的かつ一般化された考えを多く用いる学習まで。
 - v. 現象についての質的見方から、適切どころで、より量的で、数学的な見方まで。
 - vi. 学校活動として科学を見なすことから、教室内の活動を越えた科学・技術的な活動の重要性とインパクトについての理解まで。
 - vii. 簡単な科学的な考えを伴う実験や探究活動から、以下の内容に至るまで。
 - ・より複雑な科学的思考が必要とされるもの。
 - ・一つ以上の可変性が適切であるもの。
 - ・データ収集に必要な方略や道具の決定。

- ・データは信頼性と限界に関して、解釈され、評価される。
 - viii. モデルや理論を批判せずに容認することから、どのようにして新しい証拠が修正されていくのかを認識することまで。
 - ix. 科学的な情報やデータを表すシンプルな図や表から、科学的な法則に基づいて図やグラフを作成することまで。
 - x. 限られた範囲の科学的言語・表記・記号などを使用することから、広範囲に及ぶ専門用語や国際的に標準な表記・記号を日常的に、適切に、そして正確に使用できるようになるまで。
3. 子ども達の科学的知識と理解における進歩を支えている科学（理科）の重要な側面
- a. 鍵となる科学的な考えとそれらの関連性について、子ども達の知識と理解における進歩を確実にするために、教育実習生は以下のことが教えられなければならない。
- i. 子ども達が、科学（理科）の授業に KS 2 での活動経験から得た科学（理科）の知識と理解を持ち込むであろうということ。
 - ii. 科学（理科）領域についての子ども達自身の考えが、一般に受け入れられている科学的な考えとは、しばしば異なるであろうこと。さらに、子どものミスコンセプションについての考えられ得る根元を理解する方法や、それをどのようにして子ども達が表現するかについて、教えられるべきである。例えば、簡単な電気回路において、電源に戻ってくる方の銅線の電流は、装置（豆電球・抵抗など）向かう銅線の電流よりも小さいということを考えるとき；あるいは、植物が CO_2 を体内に取り入れて、 O_2 を放出しているということを考えるときなどの場合など。
 - iii. 例えば、等速直線運動には正味の力が働いていない（合力 0）ように、いくつかの科学的な考えは、子ども達の日常経験とは反対に思われるような反直観的であるということ。
 - iv. 子ども達の科学的な考えについての不完全な理解が、時として、独立した科学的な考えを区別することを困難にしてしまうこと。
 - v. 子ども達が、普通は混同されて区別がつかない科学的な考えを区別することと、それら科学的な考えの関係を理解するのを確実にする方法。例えば、燃焼は結果として、あるいくつかの物質があたためられるときに生じるかもしれないが、燃焼と熱は区別されていること。：あるいは光合成と呼吸はいずれも植物体内で行われるが、それらのバランスは条件(CO_2 濃度・温度・光)によって変わってくることである。
 - vi. 時には、明らかに異なる科学的な考え、あるいは科学の領域間に関連性が存在することがあるということ。例えば、燃焼と呼吸について；あるいは、原子のエネルギーレベルと炎色反応の関係など。そして、ある文脈で適用される考えは、また、明らかに関係のない文脈で使われるかもしれないということ、実習生が子ども達に教えなければならないこと。例えば、(素)粒子モデルが構成成分の拡張（膨張）から化学結合までの現象の範囲を説明するのに使われるということ。
 - vii. 科学（理科）教授におけるモデル・類推(analogies)・実例(illustrations)の使用は、子ども達にとって、複雑な科学的根拠（原理）を説明するための力強い手段であるということ。しかし
 - ・すべての類推には、限界があるということ。例えば、電気回路を水の流れに例えたモデルとは異なって、実際の電気回路がカット（途中で切断）されても電流が漏れることはない。そして、子ども達は、それらを過信的に受け入れるかもしれないということ。
 - ・子ども達の中には、自分達が説明しようとする科学的な考えと表現とを混乱させる者がいるということ。例えば、原子は、それらを表現するのに使われるモデルのように、それらが他（の原子）と一緒になることによって、結合を作るといことを考えるような場合。
 - ・各種のモデルは、大きすぎる現象(例えば、プレートテクトニクスとプレート運動)、また小さすぎたり、見るのが難しい現象(例えば、DNA の構造あるいは、DNA がハザードとして存在する部分・例えば、核分裂など)を表すために、科学を教える際に重要であること。
 - ・現象の異なる側面は、いろいろなタイプのモデルによって最も効果的に説明されるということ。例えば、結晶構造について教える場合、space - filling モデルは集合体(packing)を示すのに使われるが、固い結合をもったモデルでは、配位数を見るのに効果的である。
 - viii. いくつかの図解や例示は、子ども達の何人かが持ち得ていない一般的な知識を必要とするかもしれない。例えば、都会の子ども達は、動物の冬眠とか季節の移り変わりといったことにほとんど親しみが無いということ。
- b. 科学（理科）の活動を通して、子ども達の科学（理科）についての知識と理解における進歩を確かなものにするために、教育実習生は以下のことが教えられなければならない。

- i. その活動は、子ども達の主要な科学的な考えについての理解を確実なものにすることと同様に、子ども達の持つ既存の知識や理解に基づいて計画されなければならない。例えば、KS4でのホルモン作用と遺伝子についての学習は、KS3での人間の生殖(作用)についての討論に基づいたものである。
 - ii. 科学的スキルとプロセスは明確に教えられる必要がある。例えば、顕微鏡・メスシリンダー・ブンゼンバーナーといった標準的な科学(理科)の実験器具取り扱い方;あるいは、データの記録・表現(説明)・分析・評価の仕方など。
 - iii. 実際の活動(practical work)は、子ども達の科学(理科)における進歩にとって重要であるけれども、子ども達の科学的知識と理解は、ただ単に実際の活動を通じて発達され得るようなものではない。
 - iv. 教育実習生は、あらゆる科学(理科)活動の鍵となる科学的な考えを特定し、子ども達に対して明確にしなければならない。
- c. 教育実習生は、子ども達の科学用語の使用を促進することが、子ども達の科学(理科)についての知識と理解の進歩を確実にする、ということを教えられなければならない。
- i. 教師が用いる言語、例えば、現象を記述したり、説明したりする場合や、子ども達に質問する場合に用いるものは、子ども達の知識と理解に質的効果をもたらすであろう。それ故、教師は子ども達の誤った理解に拍車をかけたり、それを悪化させるようなやり方で教えることは避けるべきである。これは、例えば、低濃度の酸性溶液について説明するとき'dilute'の代わりに'weak'を使うことであったり、エネルギー転移について記述するとき、'used up'(使い切ってしまった)エネルギーに言及する場合である。
 - ii. 科学的な記述と説明は、正確な理解や専門用語・言語構造の利用を要求するものであり、それらは、明確に教えられるべきである。例えば、'compare'(比較する)、'draw conclusions'(結論を下す)、'lead to'(結論を導く)、'reason for'(～の理由)、'evaluate'(評価する)のような場合。また、例えば、competition, element, cell, distil, energy, work, radiation などいくつかの言葉の日常的な意味についての子ども達の理解が、科学的文脈で使われる同じ言葉についての理解を阻むものになるかもしれない。
 - iii. 科学用語を正しく使用することは、子ども達自身の科学的理解が発達するように、自分達の知識を構成することを支援することになる。例えば、化合物は、原子が結合してできるというようなこと。:しかし、科学用語を使うことが、必然的に、科学的理解を指し示すものではない。
- d. 教育実習生は、多くの子ども達が科学の本質や科学者たちについて誤った概念を持っているということが教えられなければならない。
- i. 科学的理論はいつの時代においても疑いの余地がなく、真実であるのに対して、いくつかの断片的知識は、他の断片よりも確実であるけれど、すべての科学的知識は、チャレンジと修正に対してオープンである。例えば、BSE(狂牛病)の伝達メカニズムとは全く対照的なものとしての血液循環。
 - ii. すべての科学的知識が実験やデータ収集によって一般化されるのに対して、多くの考えは新しく、創造的な現象の説明である。例えば、進化論やプレートテクトニクスなど。
 - iii. すべての科学的な考えは、自然界についての明確かつ現実的な表現であるが、実は、多くの科学的な考えが、自然界について記述するには役立つが、それらそのものを直接観察することは不可能である。例えば、力やエネルギーの場
 - iv. 科学者達は、独自に判断を行うが、実際、多くの決定は、倫理的、社会的そして経済的要因を伴っていると考える。例えば、実験での動物の使用についての賛否、あるいは、武器技術の発達についての賛否など。
 - v. 科学を応用することが、問題解決となる場合もあるが、一方で、それが他の問題を引き起こす要因となるかも知れないこと認識していない。
4. すべての教員養成課程において、教育実習生は、すべての子ども達の興味・関心を引きつけることの重要性について、教えられなければならない。
- a. 子ども達の科学(理科)に対する意欲を増進させること。
 - b. 16歳以降の科学(理科)諸科目についての態度、パフォーマンス、理解におけるジェンダーの違いに気づくこと。そして、すべての子ども達が、科学(理科)において十分に満足できるような進歩をするために、効果的に動機づける方法を見つけ出すこと。

- c. 子ども達が、異なる文明は科学的知識の創出に貢献していることを理解し、異なる文化から科学者の研究を評価する、ことを支援すること。

まず、注目するのは、「なぜ科学（理科）を学習するのか」ということを、子ども達が理解することが求められていることである。そのために、教育実習生も改めてそのことを理解しなければならない。イギリスでは NC 導入以降、理科教師だけではなく、子どもやその保護者にも「明確で簡単に理解でき、かつ、現実的で達成可能な」科学教育の目的を明示することが多くの研究者によって指摘されているが、これは、「教え（teaching）」の視点から「学び（learning）」の視点への転換と理科教師像のパラダイム転換が求められるようになり、加えて、その基底にある（ある意味では存在意義を示す）科学観の変容と、子どもの実態や時代的・社会的背景を考慮した新しい目的・目標論¹⁷⁾の提唱が、その背景にあった。つまり、このことは、これまで以上に急速に変化するであろう 21 世紀において「誰のための科学教育か」、「何のための科学教育か」という新たな問い直しである、と理解してもよいであろう。

ここに示された内容は、Pedagogical Knowledge and Understanding と示されているが、単に教職専門的知識と考えるのは早計であろう。ここには、理科教師が効果的に授業を行うために、教科知識だけではなく、その知識の現実的な意味や他の知識との関連、その知識をいかにして子ども達に伝達し、子ども達が獲得するかその多様な方法、その知識をもとにどのように授業を構成するが、といったことが示されている。つまり、これは Shulman, L. の提唱する「授業を想定した教材の知識（Pedagogical-Content Knowledge）」¹⁸⁾と表現してもよいように思われる。

次に B：効果的な教授法と評価法について、7. の評価方法を除き、紙幅の関係から要点のみ示しておこう。

5. 子ども達の理解を促進させる方法

- ・ 目的の違いによる多種多様な形での質問の方法やそれを行う時期
- ・ 子ども達の科学的な理解を促進し、ミスコンセプションを修正するための効果的な説明方法
- ・ 効果的な学習（effective learning）のための実験活動や実際の活動の用い方
- ・ 子ども達の言語能力としてのリテラシーを、科学（理科）を教えるのに必要な要素として発達させる方法と、子ども達が科学（理科）において進歩するのに必要不可欠なそのリテラシーを教える方法
- ・ 子ども達の数量的思考能力と他の数学的能力を、科学（理科）を教えるのに必要な要素として発達させる方法
- ・ 子ども達が科学的な理解をコミュニケーションするための教授方法
- ・ 鋭敏かつ論争の余地ある問題を調べ、扱う方法

6. 科学（理科）教室運営

- ・ 短期、中期、長期的に、よく構造化された個々の科学（理科）授業と授業のシーケンスを計画する方法
- ・ 自分の教授を構造化し、異なる目的のために、効果的にクラス全体、グループ、あるいは個人といった形で、相互作用を用いる方法
- ・ 効果的に科学（理科）学習材を利用する方法
- ・ 科学（理科）における子どもの学習を支援するために ICT を用いる方法と、ICT が科学（理科）を教えるのにうまく利用できる方法

7. 科学（理科）の教授・学習における評価

教育実習生は、以下のことが教えられなければならない。

- a. 子ども達の科学（理科）における進歩の評価について、形成的、診断的、そして総括的な手段を用いる方法。
 - i. 子ども達の口頭や記述による活動から、そして彼らの実際的な科学的スキルの観察から、彼らの科学的な考えの理解に、基礎となるものを見極めること。
 - ii. 科学的な理解についての明確な評価が、良くできる子どもや、英語が流暢でない子ども達、特別な教育を必要とする子ども達すべてに対して、実施できるようにするために、日々の、より形式的な評価活動を行うようにすること。
 - iii. 口頭や記述の質問を用意し、以下の項目についてチェックを行う活動やテストを計画すること。
 - ・科学的知識・理解におけるミスコンセプションやつまづき。
 - ・科学的な考えの理解と、科学（理科）における様々な考えの間にある結びつきについての理解。
 - ・プロセスや実験や探究活動と結びついた科学的な考えの理解と、実験的証拠を科学的な理解に結びつける能力。
 - ・実験的活動に伴う技術的スキル。
 - iv. 科学（理科）における子ども達個人の進歩や達成度を報告するために総括評価を行うこと。
例えば、子ども達個人の評価についてNCテスト、教師評価やその他の形式を利用すること。
 - v. 子ども達が課題とされた学級活動やホーム・ワークについて記録し、観察するとともに、構造的な口頭や記述によるフィードバックを提供し、子ども達の進歩目標を設定すること。
- b. 教育実習生が科学（理科）において、自分の子ども達に期待すべき到達水準を認識する方法。
 - i. KS3 の科学（理科）における各レベルの説明に関連して期待される要求と、到達レベルを判断する方法。
 - ii. 16歳以上と18歳以上での国家的な資格（注：GCSE試験とGCE-Aレベル試験）に関連して期待される要求。
 - iii. 科学（理科）において、目標に達していない子どもや能力のある子どもを見極める方法。
 - iv. 科学（理科）における到達水準についての研究証拠、国家・地方のデータ、比較データ、学校のデータなどがどのようにして、目標に達していない子ども達を特定したり、あるいは明確な期待と目標を設定するのに使われうるか。

8. 実践の機会

すべての教員養成課程の教育実習生は、上述の方法やスキルを、養成機関や実習校において、実践する機会が与えられなければならない。

ここで特に注目されるのは、リテラシー（literacy）や数量的思考能力（numeracy）が科学教育でも重視されていることである。さらに、科学の本質について子ども達が理解し易くするために、論争の余地ある問題を取り上げることが有効と考えられていることである。科学教育研究者や教師達によって、科学の本質を教える際に、この方法を用いることの重要性と効果が指摘されている¹⁹⁾。この方法では、従来の実験や観察とは違って、いわゆる調べ学習やディベート、ロール・プレーイングが取り入れられる。つまり、これらは、理科教師があまり精通していない方法である。

いずれにしても、NC for ITTは、NCにおける効果的な教授・学習（effective teaching and learning）と密接に関連していると言える。

（2）専門職としての理科教師の実態

次にここでは、専門職としての理科教師の実態について見ておこう。科学技術審議会（Council for Science and Technology）による専門職としての理科教師に関する調査結果報告書（"Science Teachers: A report on supporting and developing the profession of science teaching in

primary and secondary schools") がある。これは、生涯にわたる教職開発（専門的成長）（Continuing Professional Development：以下、CPD）の視点から分析され、勧告がなされているが、ここでは、紙幅の関係から勧告は省略し、ロンドン大学による調査結果²⁰⁾の概要について取り上げる。

調査機関：ロンドン大学キングスカレッジ

調査期間：1999年6月～7月

調査対象：・イングランドの5地域50の学校から150人以上の教師を20のグループに分ける。

・イングランドの初等学校1973校と中等学校735校からランダムサンプリング。

・校長、教職経験5年未満の理科教師、教職経験5年以上の理科教師

| | 初等学校 | 中等学校 |
|--------|-----------|-----------|
| 学校数 | 745 (38%) | 505 (68%) |
| 校長数 | 565 (29%) | 360 (49%) |
| 理科教師数 | 854 (22%) | 567 (42%) |
| 経験5年未満 | 289 | 223 |
| 経験5年以上 | 565 | 353 |

以下に調査報告の分析結果についての概要を示してみよう。

【教師の INSET】

- ・一般に、調査対象の教師達は、教科に関連した内容や、教室での実践に基づいた内容、という自分達個人のニーズに合った CPD に参加しているわけではなかった。
- ・多くの教師が CPD の意味を十分に理解しておらず、現職教育（INSET (In-Service Education for Teacher)）は、教えることに関するものというよりも、学校全体の問題や、ICT (Information and Communication Technology) といった一般的なトピックス、校務分掌が次第に取り扱われるようになっていったと感じていた。
- ・中等学校の校長の大多数が、自分達の学校の科学（理科）部会は、他教科のように短期的な発展と向上がなされていない、というコメントを行った。
- ・一般的に、校長達の見解と反対に、教師達は校外での INSET をより高く評価していた。

【教師のニーズと CPD の要求】

- ・校長や教師達両方が、理科教授のための CPD の位置づけと質が持続的に向上させられる必要があることを強く感じていた。教師達は、基本的には同僚から学ぶことから、自分達の専門的実践を発達させ強化するシステム (user-friendly system) を欲していた。教科知識、教授学、子どもの学び、教室経営などは、INSET のテーマ・リストにおいて高く位置づけられていた。
- ・教師達は、またより質の高い INSET や教室での実践をサポートすることに、より強調点が置かれることを欲していた。彼らの見方では、現行の INSET は、例えば、純粹理論よりも実際の活動の方法についてほとんど触れられなかったり、他教師との相互作用が制限されたりと、個人のニーズに焦点を当てるという点では不十分である、とされた。
- ・教師達は、他の学校の同僚教師達との反省的学習の機会が十分に与えられる、より拡張されたコースの利点を評価していた。

- ・ 1998/99 年に、初等学校教師の 85%と中等学校教師の 86%が、同僚からアドバイスを受けていた。対照的に、彼らは初等学校教師の 49%と中等学校教師の 51%が地方教育当局を、初等学校教師の 40%と中等学校教師の 25%が教師センターを、初等学校教師の 39%と中等学校教師の 56%が ASE (Association for Science Education) を利用しているに過ぎなかった。

【教師の自信の度合い：1995 年版 NC】

[初等学校教師の場合]

- ・ 57%の教師が、KS2 の科学 (理科) を教えることに自信を持っていた。これは、英語 (66%) と数学 (63%) よりも少ない。
- ・ わずか 44%の教師が、KS2 の学習プログラム Sc1「実験的・探究的科学」を教えることに自信を持っていることを示しており、学習プログラム Sc4「フィジカル・プロセス」では 47%であった。
- ・ 科学 (理科) は、NC の 3つの必修教科の 1つである。初等学校教師の 13%が 1 週間に 1 時間のみ授業を行っており、55%が週 2 時間、19%が週 3 時間、11%が週 3 時間以上であった。

[中等学校教師]

- ・ 89%の教師が、KS3 の学習プログラム Sc1「実験的・探究的科学」を教えることに自信を持っているが、KS4 になると 79%に下がった。他の学習プログラムでは、KS による違いがもっと顕著であった。例えば、KS3 の学習プログラム Sc4「フィジカル・プロセス」では 81%であったものが、KS4 では 50%に下がった。

【教師の教科についての資格】

- ・ KS2 で科学 (理科) を教えている初等学校教師の 19%が生物を教える資格を有しておらず、42%が化学を教える資格を有しておらず、47%が物理を教える資格を有していなかった。少なくとも A レベルやそれ以上の高い資格を有している教師の割合は、生物が 31%で、化学が 16%、物理が 11%であった。
- ・ KS4 で科学 (理科) を教えている中等学校教師のうち、26%が A レベルで生物を学習しておらず、同様に 13%が化学を、29%が物理を学習していなかった。さらに、KS4 で生物を教えている教師の 39%が生物学の学位を有しておらず、同様に化学では 51%、物理では 66%であった。

【学校科学 (理科) を支える第 3 者機関に対する教師の見解】

- ・ 一般的に、調査対象の教師達は、自分達にとってサポートが得られる第 3 者機関をほとんど利用していなかった。彼らは、教材が教室での実践に関連したものであってほしいと思うものではなく、多くの教材が新しい NC にとっては古くなっている、と感じていた。教師はまた一般的に、莫大な情報源としての教材が氾濫しており、どれが有効であるかを見極める時間がない、と感じていた。
- ・ 初等学校教師と中等学校教師の 10%以下が、第 3 者機関による教材の頻繁な利用者であった。初等学校教師は、「時々」次のような第 3 者機関の教材を利用していた。それは、博物館が 63%、産業界が 32%、ASE が 28%であった。中等学校教師の場合は、産業界と学術系学会が 50%、ASE が 45%、博物館が 41%であった。しかしながら、初等学校教師は多くの第 3 者機関の情報について認識していなかった。例えば、26%の教師が ASE を

通して教材を得ることを知っていなかったし、34%が政府系機関から情報が得られるとは思っていなかった。

- ・対照的に、初等学校教師の43%が教科書を、61%が他の書籍を、26%がビデオを「しばしば」使用していた。中等学校教師の場合は、89%が教科書を、46%が他の書籍を、51%がビデオを、科学（理科）を教える際に「しばしば」利用していた。
- ・96%の初等学校教師と97%の中等学校教師が、他の教師からのアドバイスが「良かった（good）」あるいは「満足（satisfactory）」であったと高く評価していた。「良かった」あるいは「満足した」という回答のうち、同僚教師以外としては、初等学校教師の76%が、そして中等学校教師の69%が地方教育当局からであった。また、教師センターからのアドバイスの場合は、それぞれ69%と58%であった。さらにASEからのアドバイスの場合は、それぞれ82%と90%であった。

【教師によるICTの利用】

- ・初等学校教師の42%が、科学（理科）を教える際に、「しばしば」コンピュータを利用しており、中等学校教師の場合は9%であった。
- ・初等学校教師の43%が、科学（理科）の教材準備に「しばしば」コンピュータを利用しており、中等学校教師の場合は65%であった。
- ・初等学校教師の35%が、科学（理科）に関係した校務分掌にコンピュータを利用しており、中等学校教師の場合は62%であった。
- ・科学（理科）を教える際に、教師がICTを用いるのに主な障害となっているのは、初等学校教師の88%、中等学校教師の86%が時間不足であった。次に重要な要因は、初等学校教師の56%がICTの利用に関する知識が欠けていたことである。しかしながら、中等学校教師の場合は、65%が適切な器具にアクセスすることが欠けていた。

さて、以上の報告書は多くの点で注目されるが、特に注目されるのは、まず生涯にわたる教職開発（専門的成長）が教職に求められている点であろう。そして、その中で同僚による専門的成長が評価されている点である。ここに、近年欧米諸国で理論化され、実践化されている反省的実践家（reflective practitioner）としての教師像が伺うことができる。次に注目されるのは、理科教師の自信である。科学の本質に関する Sc1 はもとより、KS が上がるにつれて教師の持つ自信が低下している。最後は、理科教師の資格である。これまでのイギリスにおける教員養成は、必ずしも法的拘束力を持つ法令により制度化されているわけではなかった。そのことが、この報告書の結果に現れていると解釈できる。

4 子どもと保護者は科学（理科）をどう見ているか

ここでは、ロンドン大学キングスカレッジの Osborn. J.と Collin. S.が1998年9月から1999年9月まで、ロンドン、リーズ、バーミンガムの公立学校の生徒、保護者、教師に対して行った調査結果 *"Pupils' & Parents' Views of the School Science Curriculum"*²¹⁾ について紹介しよう。

【調査の目的】

- a) 生徒や保護者が日常生活において必要とする科学的知識、スキル、理解とは何かを明らかにする。
- b) 生徒や保護者が興味を見いだす科学（理科）とは何かを明らかにする。

- c) 生徒や保護者が受けた学校における科学教育の内容の価値とは何かを明らかにする。
- d) すべての人のための理科カリキュラムにとって、将来、必要とされるべき内容とは何かを明らかにする。
- e) (この調査についての) 生徒の回答に対する理科教師の対応と、すべての人のための将来の理科カリキュラムとの関係を明確にすること。

【サンプルと調査方法】

GCSE 試験の点数が全国平均の± 15 %の 20 の公立学校から、16 歳の生徒 144 人とその保護者 117 人、26 人の教師を抽出。それを 45 のフォーカスグループに分け、1 グループ 6 人から 8 人、平均 7 人から構成され、グループ討論と個人面談を実施。

- ・ 科学（理科）を継続して学習しない女子生徒の 5 つのグループ
- ・ 科学（理科）を継続して学習する女子生徒の 5 つのグループ
- ・ 科学（理科）を継続して学習しない男子生徒の 5 つのグループ
- ・ 科学（理科）を継続して学習する男子生徒の 5 つのグループ
- ・ 科学に関係した職業に従事する男性保護者の 5 つのグループ
- ・ 科学に関係していない職業に従事する男性保護者の 3 つのグループ
- ・ 科学に関係した職業に従事する女性保護者の 4 つのグループ
- ・ 科学に関係していない職業に従事する女性保護者の 5 つのグループ
- ・ 科学に関係した職業に従事する男女混合の 1 つのグループ
- ・ 科学に関係していない職業に従事する男女混合の 2 つのグループ
- ・ 男女混合の教師の 5 つのグループ

【調査結果の概要】

- a) すべての生徒と保護者は、科学（理科）を重要な教科と見なし、カリキュラム上において正当な位置づけがなされていると考えていた。科学（理科）は、権威ある教科と見なされ、自然界の理解にとって価値あるとされていた。保護者は、今日の学校理科カリキュラムが、自分達の世代に学習した分科理科の特徴としてのジェンダーバイアスをもはや内在していないと考えていた。
- b) 生徒達は、本質的に興味ある教科としてよりも、職業的憧れとして科学教育を評価していた。生徒達にとっては、科学（理科）と関連した資格（職業）は、まだ伝統的に（自然）科学に関連した資格（職業）であった。生徒達は、科学の資格（職業）が、数学や英語における一般的な資格（職業）として同じ価値を有している、とはほとんど認識していなかった。
- c) 生徒達が嫌悪を感じる多くの経験があった。最も毛嫌いされた科目は、意外にも化学であった。これは、抽象的で現代のニーズに無関係であると見られていた。生徒達は、学年が終わりに近づくと、科学教育においてあまりにもつまらない経験をしていた。つまり、学習すべき内容が中心となり、すでに学習した教材を何度も繰り返し、きわめて多くの「書き写し (copying)」があり、討論する機会がなく、そしてその教科についての概観なくして断片的な（知識と経験の）ままで学習が終わっていた。
- d) 生徒達が興味を見いだす場合もまたあった。理科諸科目のなかで、生物は、自分達の生命について容易に理解できるというその関連性から、とりわけ女子生徒に、また男子生徒にも受け入れられていた（学習されていた）。化学では、化学薬品の混合や化合の場合に、生徒達は楽しんで学習していた。一般的に生徒達が熱中するトピックは、天文学と宇宙に関する学習であった。
- e) 科学（理科）は、また、実験・観察といった実際の作業を実施した場合や、あまり難し

くなく複雑にならない取り組み（チャレンジ）や刺激があった場合、さらに畏敬や驚きといった気持ち・感覚を刺激する場合に、生徒達にとって興味があった。

- f) 生徒と保護者の両方ともが、教師と彼らの教授スタイルが、生徒の科学（理科）に対する興味を決定づける非常に重要な要因であると感じていた。
- g) 生徒達は、今日的な科学的あるいは社会・科学的な問題（socio-scientific issues）に強い興味を示していた。保護者達は、このことは生徒達が理科カリキュラムにこの内容が含まれることを期待しているという意味で重要である、と議論していた。
- h) 生徒達は、学校科学（理科）と日常生活とを結びつけることには困難であったが、学校科学（理科）から洞察力が得られることや、科学教育が教育を受けた人としての自尊心を形成するのに貢献していることを高く評価していた。
- i) 生徒達は、自分達の日常生活と学校科学（理科）との関係をほとんど理解できていない場面が多くあった。化学に関しては、分子や原子結合、工業への応用についてしばしば言及されていた。物理においては、とりわけ女子生徒にとっては、日常生活との関連性についての認識が欠けていた。多くのトピックに関して、知識の価値は、試験に合格するための単なる道具的価値のままであった。
- j) 改革のための幅広い提案がなされた。生徒達は、少なくとも時折は、学校科学（理科）がメディアにおいて科学が扱うのと同じ問題を扱っていると気づかせるために、より今日的な事例を扱う必要があることを提案した。カリキュラムは、最終学年においてあわただしい経験をさせないようにするために、（内容の）削除や問い直しといったものの繰り返しをある程度行う必要があった。また、より実践的な作業や、さらなる探究活動、多様な経験を奨励するための討論の機会、個人の自律のための議論をする必要性が認められた。さらに、保護者や教師、生徒といったすべてのグループが、14歳の時のカリキュラムには、ある程度の選択要素（内容）が含まれるべきであると感じていた。
- k) 教師達は、生徒達の不満の多くが筋の通ったものであると認めた。しかし、彼らは、それらは内容主義的かつ過剰負担なカリキュラムの結果であると感じていた。生徒達のパフォーマンスは、彼らの能力と学校の到達度の両方の測定として冷酷にも調べられていたし、限られた時間故に、教師達は、必要不可欠な本質的な内容にのみ焦点化し、学校科学（理科）に「楽しさ」を増すような非本質的な内容を削除していた。しかしながら、教師達は、過度の書き写しについての不満が過度に強調されていること；生徒達が、自分達の知識や理解を強化したり正確にするという目的のために、繰り返し行うことの重要性を見極めることに失敗していること、を感じていた。

Osborn. J.と Collin. S.は、以上のような調査結果の分析を踏まえて、以下のような勧告を行っている。

- a) 新しいトピックを紹介したり、科学の内容を（よりよく）展開するために、技術（technology）を利用するアプローチは、科学（理科）を教えるときに取り入れられるべきである。
- b) 14歳以降の科学（理科）において、現代科学から生じる様々な問題についての学習は、カリキュラムの必要不可欠な部分となるべきである。
- c) 必修コースを構成すべき14歳以降のカリキュラムは、教師と生徒の両方にとって、選択的内容を提供するさらなるオプション・モジュールを付加すべきである。

- d) 14歳以降のコースは、物理、化学、生物、地学 (Earth science and astronomy) のすべての要素を含むべきであるが、それが調和のあるものであるとする要求は、すべての生徒の興味からしても、すでに適切ではない。
- e) KS2, KS3, KS4 のカリキュラムは、目的と内容の両方において、お互いに明確に違っているべきである。
- f) 良い理科教師の供給は、教科を維持するためには極めて重大であり、科学教育界によって素早い対応が求められる。

この報告書が注目されるのは、生徒や教師に対する調査ばかりではなく、保護者に対しても行われている点であろう。なぜなら、イギリスの多くの科学教育研究者が指摘しているのは、(ナショナル・カリキュラム以降)「なぜ、科学(理科)を学ぶ必要があるのか」つまり、科学教育の目的・目標論を、教師ばかりではなく、子ども達やその保護者達までもが理解する必要があると主張しているからである。保護者が、自分の子どもが何を学んでいるのかを知ることは、それは学校によるアカウンタビリティであるとも言える。

この報告書のポイントを整理すると、日常知と学校(科学)知の乖離という視点から学習内容的には、純粋科学的内容ばかりではなく、応用科学的、技術的内容が含まれるべきこと、科学の今日的、社会的、歴史的内容を含めること、等が指摘されている。また、カリキュラムの視点から、科学教育の目的は、科学的リテラシーの育成であり、そのためには、14歳までの科学(理科)は必修とすべきであるが、それ以降は、子ども達の興味・関心や適性や進路から、必修と選択的内容を取り入れること、子どもの発達段階にあった目的・目標と内容が設定されること、等が指摘されている。さらに注目されるのは、効果的な理科教授 (effective teaching) の視点から、教師教育に関しても言及されていることである。第Ⅲ章でも論じたように、効果的な理科教授においては、教師が授業変革の鍵となっているからである。

5 21世紀の科学教育に向けて－科学教育研究者による勧告－

"BEYOND 2000: SCIENCE EDUCATION FOR THE FUTURE"²²⁾ は、1997年1月から1998年4月にかけて、ナフィールド財団の財政的援助により科学教育研究者を中心とした4回の非公開セミナーと2回の公開セミナーの総括的報告書である。この報告書は、高度科学技術社会でグローバル化が進んだ21世紀を担う子ども達のための科学教育について想定されている。この報告書の4つの鍵となる「問い」は以下の通りである。

- ・ 現在までの科学教育の成功と失敗は何か？
- ・ 今日子ども達に必要なとされる科学教育とは何か？
- ・ すべての子ども達のための理科カリキュラムにとって、適切なモデルとなる内容と構造とは何であろうか？
- ・ そのようなカリキュラムの実施においてどのようなことが問題となるであろうか、そしてこれらはどのように現れるであろうか？

では、これまでの科学教育がどのような点で問題であったのであろうか。

- ・ 多くの子ども達が、義務教育としての科学教育を学習しているが、だからといって、必ずしも学校外における科学的考えに精通しているわけではない。現在の理科カリキュラムにおいて、「よく学習できた (succeed)」子ども達でさえ、彼らが「理解した

(understanding)」というのは、日常生活の文脈において、科学的情報を効果的かつ自信を持って扱うだけの素養を与える程度にまでは達していない

- ・学校科学（理科）、とりわけ中等教育においては、子ども達の自然界についての驚きや感動、興味を持続させ発展させることに失敗している。10代の子どもの興味や関心と理科カリキュラムとの明らかな関連性のなさ故に、文科系や学際的コースと比べて、16歳以後の理科系に進む生徒の数が極端に少ない。
- ・理科カリキュラムは、個別の考えや、一貫性と関連性がない「カタログ」のように思われる。本来不可欠な関連性や意味づけといった文脈とは切り離されて、教えられる内容（content）に、過度の強調点がおかれている。（いわゆる従前の純粋科学を中心とした）内容への強調のために、科学的証拠の役割、可能性とリスク、科学者が自分達の知識を正当化する方法、といった科学の実際の姿を理解するのに不可欠な、科学の本質といった構成要素を教えることが阻害されている。
- ・理科カリキュラムには、明快なる目的、あるいは5歳から16歳まで、またそれ以後の子ども達の科学的な能力発展させるモデルが欠けている。そのため、初等学校教師は、どのように基礎（力）を作り上げていくべきか見極めることが困難になっており、中等学校教師は、子ども達が初等学校で獲得した知識とスキルを鍛えあげることが困難となっている。
- ・評価は、極めて記憶と再生が強調される演習や課題に基づいており、そのような演習や課題は、学習者が、学習後の生活において科学的知識やスキルを使おうと思っている文脈とは、余りにもかけ離れている。
- ・NCでは、科学（理科）と技術が別の教科として設定されている。しかしながら、多くの若者達は、科学的努力の目的が、実質的にはその技術的生産物にあることに気づいている、という調査結果がある。そのため、2つ（科学と技術）が一緒のものであるということが一般の人の心にあるという理由ばかりではなく、科学が若い人達の関心や興味から切り離され、関係のないものと思われることから、科学と技術が別々の教科であることは有用なことではない。
- ・理科カリキュラムでは、相対的に議論や、現代的生活に浸透している科学的問題を分析することが疎かにされている。
- ・多種多様な教授・学習経験が不足している。時々、型通りの実験・実習を中心とした実際の作業（practical work）が、より効果的であろうと思われる他の学習方略において用いられている程度である。NCによって導入された革新的実践である探究活動（investigations）でさえ、評価のための型通りの授業に圧倒される危険性がある。
- ・結果として、14歳後の理科カリキュラムは、この年代の子どもの多様な興味や適性を十分に考慮するような選択制になっていない。

以上のような現状の問題点を把握した上で、以下のような勧告がなされた。

【勧告1】5歳から16歳までの理科カリキュラムは、一般的な科学的リテラシー（scientific literacy）を育成する課程としてまず見なされるべきである。

【勧告2】KS 4（14歳から16歳まで）においては、カリキュラムの構造は、「科学的リテラシー」を育成する内容と、将来の科学における専門家育成のための準備としてデザインされたものとの、明確な違いを示す必要がある。それは、後者の要求が、前者を歪

めないようにするためである。

【勧告3】理科カリキュラムは、われわれがなぜすべての子ども達が科学（理科）を学習する価値があると考えているのか、われわれが子ども達に（科学を学習する）経験から何を獲得してもらいたいと願っているのか、といったことを明確に示した目的を含む必要がある。これらの目的は、明確であり、かつ教師、児童・生徒、保護者に簡単に理解できる必要がある。もちろん、それらの目的は、現実的かつ達成可能でなければならない。

【勧告4】カリキュラムは、明確かつ簡潔に提示される必要がある。そして、その内容は、目的（下記に掲載）に従ったものと見なされる必要がある。科学的知識は、多くの鍵となる「説明の語り（explanatory stories）」としてカリキュラムに最もよく提示される必要がある。加えて、カリキュラムは、子ども達に多くの重要な科学についての考え（ideas-about-science）を紹介すべきである。

理科カリキュラムの目的（Aims of the science curriculum）

子ども達の全体的な教育経験の内容として、科学教育の目的は、子どもがに 21 世の世界において、十分かつ満足のいく生活を行うための準備をすることである。

◎理科カリキュラムは、子ども達を取り巻く自然界について、彼／彼女らの好奇心を持続させ、発達させる。そして、自然界の振る舞いを探究する能力についての自信を持たせべきである。

理科カリキュラムは、子ども達が、科学的、技術的事柄について取り組む自信と適性を感じ取るために、科学における驚き、熱意そして興味が助長されるよう追求されなければならない。

◎理科カリキュラムは、科学の重要な考えや説明の枠組みと、われわれの物質的境や文化に重大なインパクトを与えている科学的探究の手続きについて、子ども達が理解できるよう支援すべきである。それは、子ども達が以下のようなことをできるようにするためである。

- なぜこれらの考えが価値あるのか認識する。
- 例えば、ダイエット、あるいは医療措置、あるいはエネルギー利用など、子ども達が現在やその後の生活の両方の日常的な文脈において、自分達で取るであろう、あるいはアドバイスを受けて取るであろう意思決定のための基本となる理論的説明を理解する。
- 科学的な内容に関するメディア・レポートを理解し、批判的に対応することがきる。
- 公的な論議になりそうな、そしておそらくそれらのいくつかが現実化しそうな学術的な内容に関する問題について、個人としての意見を持ち、表現できることを探ってみる。
- 興味やあるいは職業的目的のために必要となれば、さらなる知識を獲得する

報告書では、科学教育の中心的目的が一連の「説明の語り（Explanatory stories）」を提示することであると認識されており、科学教育は世界中で最も説得力があり最も普及した考えをコミュニケーションする方法（それは物語の様式（narrative form）である）の1つとして、「説明の語り」を利用すべきである、と示されている。この「説明の語り」では、子ども達が、その「語り」を与えられた知識として見なすのではなく、社会的歴史的な文脈において個人の作業（研究）による絶えざる探究の成果として見なすことが重要となる。そのため、科学を文化として見なすのであれば、「説明の語り」は、歴史的ケース・スタディーとして提示される必要があるとされている。

【勧告5】技術の側面と科学の応用がどのようにして今日省略されているかを調べる作業（学習）は、「科学的リテラシー」を育成する科学カリキュラムに取り込むことができる。

【勧告6】理科カリキュラムは、子ども達が、いくつかの鍵となる「科学についての考え (ideas-about-science)」について理解できるようにすべきである。その考えとは、自然界についての信頼される知識がこれまで得られた、また、現在も得られている方法についての考えである。

科学についての考え (Ideas-about-science)

5歳から16歳までの学習において、子ども達は、科学とは自然界の振る舞いについての信頼ある説明を探究するものであると見なすようになるべきである。彼らが科学について理解するためには、以下のようなことがなされるべきである。

- 直接経験から得られた証拠と二次的情報源から得られた証拠の両方を評価し、解釈し、分析する。
- 重要な考えが最初にどのようにして生じ、確立され、受け入れられたかについての物語を聞いたり読んだりする。
- 正常で説得力ある、証拠に基づいた議論を行う方法について学習する。
- 科学の応用と科学的な考えが含まれている今日の問題の範囲について検討する。

上述のことは、具体的には以下に示したことである。

KS 1とKS 2の子ども達は、以下のことをすべきである。

- 出来事やプロセスについてのより正確な記録をするために、質的測定の価値を正しく認識し始めるべきである。
- 一定条件下での探究活動において、ファクターをそろえておくことを認識し、物や出来事等を簡単に比較する方法について学習すべきである。(検証テストを行う)
- 注意深い測定や一定期間にわたる記録などを含む科学的作業のいくつかに精通すべきである。(例えば、気象観測、水質検査)
- 他者(他の考え)を納得させる際の重要な証拠を例証するために、新しい「発見」がどのようになされたか、について書かれたノンフィクションを読むべきである。

中等学校の早い時期に、自分達自身による実際の作業や他の方法を通して、子ども達は以下のことを学習すべきである。

- 「真なる」価値に正確に適合するような観察や測定などないこと。つまり、いつも不確実性が存在すること。
- 測定を再度行い平均値を出すことは、ランダムエラーの影響を取り除く良い方法があること。
- 適切などころで、変数同士の相互の影響としてプロセスを認識すること。
- 他の変数と要因を一定にし、2つの変数の関係を調べる簡単な探究活動をデザインする方法。
- 直線図や棒グラフなどにより示された関係についてのパターンを言葉で表現する方法。

子ども達は、以下のような一般的な考えを例証する、科学における重要な考えがどのように発展したかについての物語に親しむようになるべきである。

- 科学的説明は、得られるデータを「凌ぎ」、そのデータから単に「生じた」のではなく、創造的な洞察を含んでいること。(例えば、燃焼を理解するためのラボアジエとプーストリー効果)
- 多くの科学的説明は、直接的には観察できないレベルで、起こるであろうと考えられる「モデル」の形となっており競合していること。
- 新しい考えは、時として広く社会的、政治的、あるいは宗教的コミットメントの理由から、しばしば他の個人やグループからの反対意見に出くわすこと。(例えば、コペルニクス、ガリレーと太陽系)
- 報告されたいかなる科学的発見や、提案された説明は、科学的知識として受け入れられる前に、同じ分野において、他の科学者の研究によって批判的な精査にさらされなければならないこと。(例えば、免疫に関するパストゥールの研究)

科学の応用に関する問題を考えることにより、子ども達は以下のことをすべきである。

- 革新は利益とリスク、それは予め予測がつかないリスクの両側面を含んでいることを認識する。
- 問題に対する適切な解決をする決定は、技術的可能性、経済的成本、社会的環境

的インパクト、そして政治的宗教的コミットメントなどの考慮すべき用件の範囲に影響をけていることや、これらの用件は異なる文脈では違うことを認識し始める。

子ども達が KS 4 にまで成長すると、彼らは上述した一般的な考えについての理解を拡げるべきである。子ども達は、以下のことをすべきである。

- 2つの変数間の相互関係は、一方が他方の原因となることを本質的には意味していないことを正しく認識する。
- いくつかの独立変数を含む状況で、よく制御された探究活動をデザインすることができる。
- 量的測定を繰り返した時の変化は、測定の信頼度の指標を与えていることを認識する。

子ども達は、以下のような一般的な考えを例証する、科学における重要な考えの発見についての物語に親しむようになるべきである。

- 証拠はしばしば不確実であり、いかなる単一の説明にも決定的に指し示しているわけではないこと。
- もし、ある説明が他でも予期されないことを予言し、そしてこれが観察されれば、このことは、その説明においてわれわれの自信をより増すことになること。(例えば、アダムによる海王星の存在の予言)
- 科学的進歩は、注意深く骨身を惜しまない研究と、また創造的な推測によっていること。(例えば、フランクリン、ワトソン、クリックの DNA 構造決定における役割)

科学の応用に関する問題を考えることにより、子ども達は以下のことをすべきである。

- 個人の意見は、彼らの専門的あるいはまた社会的帰属性によって影響を受けるであろうことを認識する。
- われわれが理解したいと願っていることの多くが、予言的な理論モデルに関して、まだ十分には説明つかないことを認識する。私達ができる最善のことは、起こりうるであろう要因とある特定の結果の予測(例えば、喫煙と肺病の関係、過飽和状態の脂肪消費と心病との関係)との関係を同定することであり、システムの複雑性がこのようなことを招いているのである。
- 予測とリスクの考えを理解する。
- 特定なリスクを受け入れようとする人々の意思に影響を与える要因の範囲に気づく。
- 科学と技術についての問題を考える際に、技術的に(可能な)問題と(なされなければならない)倫理的問題を明確に分ける。

【勧告7】理科カリキュラムは、幅広く多様な教授方法やアプローチを用いることを奨励すべきである。新しい考えが導入されるペースは多様であるべきである。とりわけ、歴史的、今日の問題についてのケース・スタディーは、「説明の語り」と鍵となる「科学についての考え」の理解を1つにまとめたり、教師が学習者のニーズ及び興味を自分達の仕事と合致させることを容易にするために用いられるべきである。

【勧告8】子ども達のパフォーマンスを報告するのに用いる評価法は、教師が科学的考えについての子どもの知識や理解に焦点を当てるのと同じように、科学的情報を理解し解釈し、そして論争ある問題について討論するところの子どもの能力に焦点が当てられるべきである。

【勧告9】短期的勧告：現在のナショナル・カリキュラム(1995年版)の目的は、提案された内容がどのように目的を達成のに適切と見なされるを明確に示されなければならない。

科学の本質と科学における系統的な探究を取り扱う一般的な要求(NC general requirements)に関する目的は、「科学についての考え」を教えることをより強調するために、最初の到達目標「実験的・探究的科学(Experimental and Investigative Science)」に

組み込まれるべきである。そして、評価の新しい形式が、そのような強調点を反映するために発達させられる必要がある。

【勧告 10】中長期的勧告：形式的な手続きは、科学教育における革新的アプローチが定められた期間に、典型的な学校において、限られた規模で試験されて、それによって受け入れられるべきである。そのような革新は評価され、その結果は、国家レベルで引き続き起こるであろう改革について知らせるために用いられるべきである。もし、それらがこのような方法で事前に試験されていなければ、ナショナル・カリキュラムとその評価に、重大なる変化はなされるべきではない。

6 わが国への示唆－おわりにかえて－

ところで、NC の評価グループの議長を務めたロンドン大学名誉教授の Black, P. は、世界的視野から理科カリキュラムの改革の必要性を説いているが、その要因として次の4つを指摘している²³⁾。まず、科学と技術そのものが変化していること。次に、教育（学）そのものが変化していること。そして、社会そのものが変化し、学校に対する期待の変容をもたらしていること。最後に、子ども自身や子どもを取り巻く環境が変化していること。彼は、これらの要因に対する教師や学校の役割の重要性と限界を認めたとうえで、理科カリキュラムの目的とプライオリティの決定は、他の社会的問題と同じように、本質的には政治的闘争 (political struggle) であると指摘している。このことは、第1章、第2章及び第3章に示したように、Thatcher, M. 保守党政権や Blair, T. 労働党政権の教育政策を見ると、的を射ているようにも思われる。少なくとも4つの要因は、NC や NC for ITT にその影響が認められるし、第4章と第5章における実態調査でも明らかとなっている。

従って、このようなイギリスの科学教育の置かれた背景を勘案し、これまで分析してきた内容や紹介してきた内容を考え合わせると、わが国が理科教育の改革を行う場合の参考となるであろうポイントとして、少なくとも次のようなことは指摘できるであろう。

- 1) 21 世紀における教育理念を明確にし、それに基づき、「なぜ理科を教えるのか」、「理科が個人の発達 (人間形成) にどう貢献するのか」といった理科教育の目的・目標論を、教師や子ども達あるいは保護者達に、「明確で簡単に理解できる」形で提示する必要がある。もちろんそれらは、「現実的で達成可能」でなければならない。それは、教育におけるアカウンタビリティであると同時に、「地域の中の学校」という発想からも重要である。また、目的・目標論の設定に際しては、理科教育の背景である科学観についても再考しなければならない。
- 2) 理科教育の内容論の再考が求められるであろう。まず、従前の自然科学 (物理, 化学, 生物, 地学) に代表される、純粋科学 (pure and academic science) ばかりではなく、「科学とは何か」、あるいは社会・科学的問題 (socio-scientific issues) といった科学の本質に関する内容が取り入れられても良いであろう。次に、イギリスの NC では反映されなかったが、子どもや保護者の意識から明らかなように、技術的・応用科学的内容も取り入れる必要があるであろう。「日常生活の文脈における科学」という視点を重視するのであれば、なおさら必要である。

内容の選択や配列に関して、初等教育と中等教育の連続性の視点をもっと重視すべきである。また、他教科 (とりわけ、国語や算数・数学) との関連にもさらに注意を払う

べきであろう。

- 3) 理科教育の方法論の再考が求められる。NCやNC for ITTに認められるように、またイギリスの科学教育研究者や学会も指摘しているように、実験・観察だけが理科教育固有の方法でない。例えば、科学の本質を扱う場合、敏感で論争の余地ある問題が取り上げられる。それは、子ども達の意味決定能力の育成にとっても不可欠である。その学習活動を効果的にするには、これまで理科教師が精通していなかったディベートやロール・プレイングといった方法を取り入れる必要もある。その際、教師の役割が重要となることには留意しなければならない。また、実験・観察の現代的意義について再考し、教授・学習活動におけるその位置づけについても問い直す必要があるであろう。
- 4) 教育水準向上の鍵として教師が位置づけられ、その具体策として、NC for ITT がNCと密接に関連しており、理科教師に必要な資質・能力が明確化されていること、生涯にわたる教職開発（専門的成長）の視点で教員養成が行われていること、などから、理科教師像のモデル再考が必要であろう。

謝辞：本報告を作成するにあたり、ロンドン大学キングスカレッジ（King's College, University of London）のDillon, J.氏には多くの資料を提供していただいた。ここに記して謝意を表します。

【参考・引用文献】

- 1) Mckinnon, D. and Statham, J., *Education in the UK*, Open University Press, 1999 (3rd ed.), p.85, fig. 5.9.より数値抜粋。
- 2) Department for Education and Employment (DfEE), *Excellence in schools*, The Stationery Office, 1997. 以下、Excellence in schoolsに関する内容は同書による。
- 3) Department of Education and Science, Welsh Office (DES & WO), *The National Curriculum 5 - 16: a consultation document*, Her Majesty's Stationery Office (HMSO), 1987.
- 4) National Curriculum Council (NCC), *Science-Non Statutory Guidance*, NCC, 1989.
- 5) *Education Reform Act 1988*, HMSO, 1988.
- 6) DES & WO, *Science in the National Curriculum*, HMSO, 1989. DES & WO, Science for ages 5 to 16 (1991), DES & WO, 1991. Department for Education & WO, *Science in the National Curriculum*, HMSO, 1995. DfEE and Qualifications and Curriculum Authority, *The National Curriculum for England: Science*, The Stationery Office, 1999. 以下、科学（理科）のNCはすべてこれらの公文書による。
- 7) *The Times Educational Supplement*, 16th Oct., 1987, p.12.
- 8) Baker, K., Science and the National Curriculum in England and Wales, *Physics Education*, Vo.24, No.3, 1989, pp.117-118.
- 9) 例えば、次のような文献がある。Layton, D., *Science for the People: The Origins of the School Science Curriculum in England*, Allen & Unwin, 1973. Young, M. F. D., The schooling of science, in Brown, J. et al., eds., *Science in Schools*, Open University Press, 1986, pp.181-197. Goodson, I., *School Subjects and Curriculum Change*, Croom Helm, 1983. McCulloch, G., Jenkins, E. & Layton, D., *Technical Revolution?: The Politics of School Science & Technology in England & Wales since*

- 1945, The Felmar Press, 1985.
- 10) DES & WO, *NC Science Working Group: Interim Report*, DES & WO, 1987. DES & WO, *Science for ages 5 to 16*, DES & WO, 1989.
 - 11) *op.cit.*, 4).
 - 12) 磯崎哲夫, 「イギリスにおけるナショナル・カリキュラムと理科教育」, 日本理科教育学会編, 『理科の教育』, 東洋館出版社, 1997, No.536, pp.12-15. 磯崎哲夫, 「ナショナル・カリキュラム」, 日本理科教育学会編, 『キーワードから探るこれからの理科教育』, 東洋館出版社, 1998, pp.32-37.
 - 13) Wellington, J., *teaching and learning secondary science: contemporary issues and practical approaches*, Routledge, 2000, p.37, Fig. 2.3 に明確に示されている。
 - 14) Koulaoidis, V. and Ogborn, J., Philosophy of science: an empirical study of teachers' views, *International Journal of Science Education*, Vol.11, No.2, pp.173-184.
 - 15) *op.cit.*, 13), p.39.
 - 16) DfEE, *Circular No.4/98, Annex H: Initial Teacher Training National Curriculum for Secondary Science*, DfEE, 1998.
 - 17) 例えば, 次のような優れた論考がある。Millar, R., Towards a science curriculum for public understanding, *School Science Review*, Vol.77, No.280, pp.7-18. Wellington, J., *op.cit.*, 34), ch.2. Osborn J., Science for citizenship, in Monk, M. & Osborn, J., eds., *Good Practice in Science Teaching*, Open University Press, 2000, ch.14. これらの論考で注目されるのは, 目的・目標論が従前的な実用主義的価値論や文化的・教養主義的価値論からのアプローチに限界を感じ, 社会的・時代的文脈から民主主義的価値論からのアプローチを試みていることである。
 - 18) Shulman, L., Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform, *Harvard Educational Review*, Vol.15, No.1, 1987, pp.1-22. 佐藤学, 『教育方法学』, 岩波書店, 1996. 同, 『教師というアポリア』, 世織書房, 1997. 磯崎哲夫, 『中等理科教師の力量形成の方策に関する比較教育史的研究』, 平成9・10年度科学研究費補助金(奨励研究(A))研究成果報告書, 1999.
 - 19) 例えば, 理論的なものとして *op.cit.*, 13) や実践例として次のようなものがある。Henderson, J., Teaching sensitive issues in science: the case of sex education, in Wellington, J., *Secondary Science: Contemporary Issues and Practical Approaches*, Routledge, 1994, pp.240-257.
 - 20) 引用等すべて次の文献による。Dillon, J. et al., *A study into the professional views & needs of science teachers in primary & secondary schools in England*, School of Education, King's College of London, 2000.
 - 21) 引用等すべて次の文献による。Osborn, J. & Collins, S., *Pupils' & Parents' Views of the School Science Curriculum: A study funded by the Wellcome Trust*, School of Education, King's College London, 2000.
 - 22) 引用等すべて次の文献による。Millar, R. & Osborn, J., eds., *Beyond 2000: Science education for the future*, School of Education, King's College London, 1998.
 - 23) Black, P., The Purposes of Science Education, in Hull, R. ed., *Science Teacher's Handbook*, ASE, 1993, pp.6-22.

フランス

戸北 凱惟
上越教育大学学校教育学部

1 21世紀をめざした大規模改革

フランスでは21世紀を展望して就学前教育から初等-中等-高等教育までの各段階において制度、内容など根本的な改革が進行中である。現在小学校、中学校（コレージュ）の学習指導要領（programmes）の改訂が終わり、高校（リセ）に着手されている。

我が国同様、学校教育に携わる人々に直接関連する教科の学習については学習指導要領によって定められる。将来の国家の文化的なレベルをも規定するものであり、学校関係者だけでなく家庭や社会の関心事でもある。教員にも父兄にもわかりやすい形で学習指導要領のパンフレット類が市販されている。まず、フランスのカリキュラム編成過程と教科書の編纂について特徴をまとめてみよう。

2 フランスの学習指導要領の作成過程（文献1）

（1）学習指導要領のできるまで

①文部大臣により任命された各分野の専門家による「全国教育課程審議会（CNP : le conseil national des programmes 注1）に望ましい教育改革の報告書作成を命ずる。

注1）1990年12月23日の政令で設立されたもの。審議会の委員は専門的な知識の観点から大臣によって選ばれ、省令によって任命される。22名の委員（大学教授、初等中等教員、一般の教育関係者、研究者や団体関係者など）で構成される。任務：教育の一般的構想、達成されるべき主要な目標、目標に適合させる教育課程に対して大臣に答申や建議を行う。具体的には、教科の整備とプログラムの整合について大臣に答申する。

②CNPは次の経緯を経た後、最終的に大臣に回答する。例えば、1994年12月には「コレージュの学習指導要領（プログラム）に関する基本構想」を提出した。これに基づき1995年11月に第1学年、1997年1月に第2、3学年、1998年9月に第4学年の学習指導要領が官報に告示された。

③文部大臣は現場のコレージュ・リセ局（DLC : direction des lycées et de collèges）にプログラムの基本構想にたいして具体的な検討を要請する。

④DLCは新しいプログラムに教科書やそれに伴う資料を準備するために、GTD（専門教科グループ 注2）と合流し、検討される。そこで作成されたプログラムの草案は教員、両親、専門家や組合などに打診される。草案は最終的にはCNPにゆだねられる。

注2）このグループはコレージュ・リセ局の下におかれる。構成は大学、文部省総視学官、地域の視学官、中等教育教授などで、役割はプログラムの内容および方法と、文部省指導書にかかわる資料を作成する。わが国の協力者会議に相当しよう。

⑤プログラムは打診の結果を勘案しGTDによって再構成される。

⑥改良された草案は中央教育審議会（CSE : le Conseil Supérieur de l'Éducation 注3）で検討・

票決する。付帯意見や修正もありうる。今回は中学校第1学年が生徒に求められる教育内容（学力）の中味が何であるか不明のままでは承認できないとして否定され、第4学年までの全体像の基本が示されて了解された。

注3) 1990年6月7日の政令で設立されたもの。委員は国民教育大臣によって任命される。合計95名から構成される。うち、48名は教育行政、教員、研究者、公教育学校および私立学校の代表者。19名は利用者の代表である父母団体、学生、課程団体、リセなど。28名は公共団体、学校外教育活動団体、および文化面・教育面・社会面・経済面での主要な団体の代表。

役割：教育指導に関して国の利益上のすべての問題に対して義務的に諮問を受け、また、答申を提出することができる。審議会内部の設けられる三つの特別委員会（初等学校、コレージュ、リセ）が審議会の答申の準備を行う。

⑦中央教育審議会は意見を発表する。大臣は必要に応じて新しい修正をDLCに求める。

⑧大臣は成文化された学習指導要領を官報に告示する。これらは国立教育資料センター（CNDP）から出版される。

（2）教科書、指導書の編纂

教科書の編纂専門員が配置されているわけではない。実際に作成しているのは教師であり、休暇や余暇時間を割いて作成にかかわる。編集者はそのような著者を選択する。

編纂は教育水準を上げるため多くの執筆者による共同作業である。科学的で教育的な配慮が必要であるため、大学関係者の協力を得ているのが普通である。

○教科書が発行される基準はあるか

フランスでは教科書の公的発行システムを持っていない。自由競争の原理で錬磨される。大臣は1850年の義務教育開始時のファルー法依頼、道徳的、制度的、法的に合致しない教科書を禁止すること以外干渉しない。実際にこのような検定は行使されてこなかった。つまり、教科書検定そのものが存在しない。

理科の教科書は5社から出ているが、教科書は各出版社によって単元の多少や問題や課題が含むかどうかの編纂の違いはあるが、学習指導要領の範囲にほとんどが収まっている。カラフルな編纂やハードカバーで豪華さを競う風潮が見られる。

○教科書の文化的教育的機能

教科書は単に教材だけでなく教育の今日的提案でもある。しかし、それは大部分は教育的な補助ではない。養成と関連して教科書は多機能教材であり、目的は多様である。

○結合されなければならない教科書の機能

- ・知識間のつながり
- ・子どもへの関心動機付け
- ・知識能力の開発
- ・概念の統合化
- ・教師や子どもの評価のため
- ・復習や学習深化のため
- ・自習に活用
- ・矯正の仕方に役に立つような

3 理科の改革の経緯

本論の目的は現代の世界諸国の事例から理科カリキュラムの特徴を我が国と比較的な論点で示すこと

である。フランスの場合、過去およそ50年の変革を踏まえ、今日さらに21世紀への展望も概観したのが図1である。図中、特に太枠の○や□で囲んだ部分は重要な改革がなされたところであり、矢印(↓)はそのこととの関連で今日の改革が連続している事を示している。

フランスの小学校理科は、戦後次のように目まぐるしく変わってきた。すなわち、観察の練習(「ルソン・ド・ショーズ」)(戦前から引き継ぐ)→「めざまし教科」(1969)→「科学的領域のめざまし活動」(1978)→「めざまし活動としての実験科学」(1980)→「科学とテクノロジー」(1985)→「世界の発見/科学とテクノロジー」(1995)へと名称が移り変わってきた。そのうち、1985年の改革はフランスの初等理科の歴史の中で最も注目される。その理由は、小学校第1学年から1週3時間の理科すなわち「科学とテクノロジー」が制度化されたからである。この教科の目標は次ページに示している。

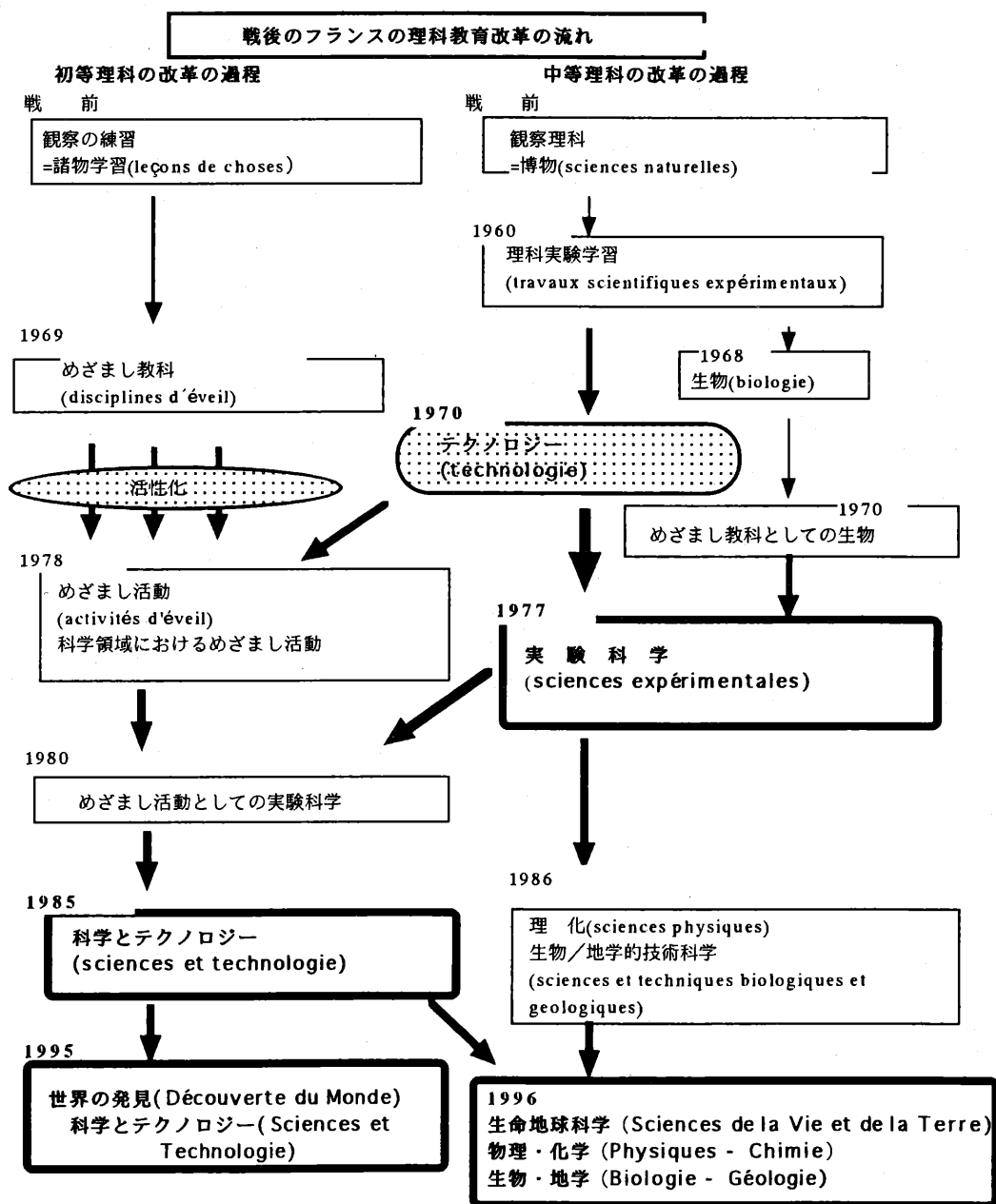


図1 戦後のフランスの理科カリキュラム変遷図 (文献2)

一方、中学校理科の改革は戦前の「博物」から急速に多様なカリキュラムが誕生することになる。すなわち、中学校では、「博物」→「生物」→「テクノロジー」→「実験科学」→「生命地球科学」/「物理-化学」と変わってきた。歴史的に見て最もドラスティックな改革は「テクノロジー」であった。この「テクノロジー」が引き金になり、改革が始まったのである。今日フランスの理科に「テクノロジー」は常に関わってくる。小学校の「科学とテクノロジー」と同様に、理科で最も大事なキーとなる改革は何であったかと言えば、すかさず「実験科学」というべきであろう。なぜなら、フランスの中等理科において、物理、化学、生物、地学な内容が均等に盛り込まれ、且つ、中学校4ヶ年に1週3時間の配当がなされたのである。その後、改革は続き、現在は「生命地球科学」「物理-化学」「生物-地学」の3科目が課されている。以下のページでは変遷の過程は紙面の都合で割愛し、現在の中学校理科に絞って取りあげることとする。

(1) 1985年小学校「科学とテクノロジー」の目的 (1985, 原文のまま文献3)

子どもは自分の世界についての知的、実践的習熟に至ることが出来るように基本的知識と能力を習得しなければならない。学校によってもたらされる最初の科学的教養は経験させることである。経験は子どもに直面したところに問題をおき、より複雑なものを解決させる場である。従って、この教育では、科学的手続き《観察すること(observer), 分析すること(analyser), 実験すること(expérimenter), 提示すること(représenter)》, 及び、テクノロジー的手続き《構想すること(concevoir), 製造すること(fabriquer), 加工すること(transformer)》にふさわしい方法を習得させることを目的としている。そのことはこれに対応する資質を発達させるものである。即ち、客観性、実際の計画能力、発明への興味を発達させる。さらに、科学とテクノロジーの歴史や社会的倫理的な考え方を与える。自分自身が、示された操作(manipulation)と経験(expériences)に支えられて、人間と境遇(健康や環境)の間にもたらされる問題を責任を持って認識する。それは科学的、技術的進歩の力と価値に関連する。結局、この教育は、事物、手仕事、科学を通して、自分が獲得した知識はどのようにして作られたのかと言う点に注目させることである。

いくつかの学問分野がこの教育に関わる。天文学(astronomie)は子どもを宇宙の中に位置づけ、物理学(physique)、化学(chimie)、地学(géologie)は自然界の現象と特性を子どもに発見させる。生物学(biologie)はどのようにして生物が作られ、環境の中で育つかを理解させる。テクノロジー(technologie)は子どもを人間の手により作られた世界にいたらしめる。テクノロジーは子どもに人類の進歩に役立つことを試み、それに参加する意志を鼓舞するものである。

以上の「科学とテクノロジー」の目的を簡潔に抽出すると次のような点である。

- ①問題解決に必要な科学的教養
- ②科学的手続き(観察, 分析, 実験, 提示)
- ③テクノロジー的手続き(構想, 製造, 加工)
- ④実際問題の解決のための計画力や発明への理解
- ⑤科学やテクノロジーへの理解
- ⑥操作的な解決能力
- ⑦科学的技術的進歩と価値の認識
- ⑧知識獲得過程の理解
- ⑨天文, 物理, 化学, 地学, 生物の各現象への理解
- ⑩技術の進歩への参加意志

(2) 現在の小学校理科の目標観 (文献4)

現在のフランスの小学校週時間表は表1の通りである。

表1 現行のフランス小学校週時間表

| 教科領域 | 基礎学習期 (低学年：5-8歳) | 深化学習期 (高学年：8-11歳) |
|-------------------|------------------|-------------------|
| 国語 | 9 | 9 |
| 算数 | 5 | 5.5 |
| 世界の発見 / 公民 / 地理歴史 | 4 | - |
| 科学とテクノロジー | - | 4 |
| 芸術 / 体育 | 6 | 5.5 |
| 指導付き学習 | 2 | 2. |
| 合計 | 26 | 26 |

3-1 低学年「世界の発見」目標 (1995, 原文のまま)

身の回りの環境は方法論的に扱う最初の学習の対象である。

子どもは幼稚園で興味をもった事柄を発展させ、身の回りの空間・時間・環境の知識を深め、自分の身近に生じている簡単なもののイメージをふくらませる。

教師は、子どもの身の回りの材料や技術物に興味や関心の目を開かせ、新しいことを試みるセンスを発達させるよう支援する。それらを通して、子どもは徐々に方法に関する簡単な計画を練りはじめる。

子どもに操作的に工夫させ、観察・比較・分類させる。少しずつ成熟した語いと文法を身につけていく。多様で、遠く離れた場所、異なる時代、物質と生物の世界の現象を学ぶ。こうした知識は徐々に個別の教科領域への構造化への準備となる。

3-2 高学年「科学とテクノロジー」目標 (1995, 原文のまま)

身の回りの環境についての理解が進歩したのは、大変複雑な状態や物質について、関連諸科学研究の領域で示された知識を利用して来たからである。

子どもは、このような科学的な方法のある種の側面を利用して、例えば、観察や測定を通して、そこから得られた資料から、何らかの関係を使って、解決を得る方法をつかむことができる。同じく、テクノロジーの手法と関連することにより、子どもは合理的な改良によって変換や目的のものが再構成されることを知る。情動的な基礎的知識もこの過程で獲得する。

子どもは、記録、描写 (デッサン)、図表 (シエマ)、グラフ化などの、いろいろなコミュニケーションの方法を活用することができるようになる。

教師は、できる限り何度も、このような活動が国語や数学の中でもできるように、変更したり、新しい手法を構築して導入する必要がある。

これらの活動は、子どもに、身の回りの環境や、生活し働きかける世界を理解する知識や能力を、少しずつ、総合的に解決するかを与えることになる。

4 1996年からの現在の中学校理科の目標観 (文献5)

(1) 中学校「物理-化学」(PHYSIQUE-CHIMIE)の目標

- ・基礎的な学習を中心とし、最小限の知識とその運用能力を引き出すこと
- ・他の理科科目と「物理-化学」教育の関連を強調し、同時に、その特殊性を示しながら、他の教科への貢献を示すこと

・環境についての総合的且つ合理的な見方に注目させて、自然界を構成する「物理-化学」現象に関わらせること

この3点を基本理念として次のような教科「物理-化学」の具体的な目標が示されている。

小学校の学習指導要領は「科学とテクノロジー」で扱われ、教科の枠にしたがって特別化するのではなく、ある種のテーマのもとに科学教育の最初の要素を決めるものであった。「物理-化学」は中学校(コレッジ)の中間期(正式には物理-化学は中間期すなわち中学校第2, 3学年から課される)から取り扱われるとは限らない。その間までに他の科学すなわち地球と生命の科学(SVTと略称)、テクノロジー、数学などの他、歴史-地理の感覚や公民教育に、環境との関わりで既に導入されていると考える必要がある。

また、「物理-化学」はフランス語の教育にも関係し、資料調査や効率的な文書作成、規定された言語を使っての論述、すなわち、実験に基づいた活動、仮説から論理的な思考を通しての帰納法に生徒を導く。「物理-化学」の教育はコレッジだけでなく高校段階の「リセ」にも関わる適切な目標を持ち、明確に記述されるものである。

①将来の物理学者や化学者の養成に限定されるものではなく、現代社会に不可欠な科学的教養の基本をすべての生徒に育成することである。

②実験的方法にのっとり、合理的に、科学的な方法で、批判的かつ知識に基づく誠実な精神を育成することである。

③「物理-化学」の教育は定量的且つ定性的に理由を持って育成されなければならない。物質とその変化の学習は定性的な扱いを優先し、化合物の特性などは明確にする際に必ずしも数学的な扱いになるものではない。定量性は簡単な溶液にしか利用されない。この時、適切な理由で計算させることは容易である。

④技術に関して、とりわけ「物理-化学」の中で強められると言うことが知られなければならない。

⑤科学的な職業(技師、エンジニア、研究者、教師)や日常の環境や近代の技術に関係する動機付けになるようにめざめさせなければならない。

⑥「物理-化学」は他の科学と同様に、政治選択、経済、社会、倫理の見方にも関わる。「物理-化学」の教育は生徒のこれらの選択に対して(科学技術に依存した社会)の構成に寄与することでなければならない

⑦世界が知的に関連するに従い、「物理-化学」は基礎的教養の要素を持つことを示さなくてはならない。自然や技術に特化した抽象性や複雑性は宇宙を一貫した表現からなるいくつかの普遍法則で描写することができる。この精神力ら、歴史的な考え方の変遷を扱わなければならない。宇宙の科学すなわち天体や天体物理に大きな役割を持たせなければならない。

⑧これらの一貫した表現は、経験すなわち実験活動が基本的な役割をもたらしたということに気づかせなければならない。

⑨この教育は応用にも強く関連している。生徒には基礎的な知識と探究で獲得されたことを知らせる必要がある。基礎的な応用技術は応用と探究をくり返しながらいの目を見たのである。

⑩日常生活で利用されることに気づかせ、科学的な生産物を通して技術的な利用という市民消費意識が形成さなければならない。さらに、この教育は環境や健康保全など安全教育につながる。

⑪日常の環境に根ざすと、この教育は現代の環境問題に利用されなければならない。コンピュータは個人に占有された道具、擬似的な扱いで親しまれている最たるものであり、直接経験の代理でしかないが、利用され得るものである。

自然現象を扱う基礎科学としての「物理-化学」はSVTやテクノロジーに必要な知識にも該当している。

明確な定義された性格から、その学習範囲の中心を形成している法則は人類が生産したもの、生物や非生物についても影響を与えている。

「物理-化学」の教育（一般的にはこの二つの分野間の定義はコレッジ段階では基本的には相違ない）は他教科の意向に関わる、物質、その状態変化、温度、光、電気を扱う。二つの分野間の継続性を考慮しながら「物理-化学」の知識が観察をベースにした他教科から導かれた事例によりさらに強められる。

コレッジに適した記述、つまり、より定量的に数学と共有した場を構成する。この関連は特に測定に関連して取り扱われる。測定単位は小学校の学習指導要領に述べられている。実際の測定を通して、コレッジ中間期の「物理-化学」の教育は市民生活には科学の構築の方法は不可欠であることを提供する場である。

数学との関わりは測定結果の数を使うことが大事で、「物理-化学」の大きさを表すのに10の指数を用いることにより概念をつかませることが必要である。

第3級の学習指導要領の全体的な見直し作業から次のような訂正が行われた。

- ・第4級で十分に扱われない〈電気の放電、イオン、pH、イメージの形成〉の内容は第3級の系列に統合する。

- ・〈推力と移動の方法〉、〈環境中の物質の化学反応〉および〈電気と日常生活〉の小系列への移行並びに削減。

- ・〈圧力と蒸発〉の単純化と削減。

さらに、学習指導要領の形式の特徴として、「知識・内容」欄の他に、具体事例を示した「諸活動事例」欄と「知識の「運用能力」欄の3欄で構成されるといった手の込んだものである。特に、「見通した運用能力」は注目される。指定された「知識・内容」と対応していて、次のような視点をあげている。

- ・教師の指示による明確な図表作成、直行座標の作成
- ・与えられた量のグラフ化と数値の解釈
- ・実験データからの図表の作成
- ・図表から実験の確認
- ・簡単な電気回路から基礎的な記号による図表の作成
- ・標準的な図表から簡単な電気回路の構成
- ・適切な情報を選択し学習指導要領示された簡単なせりふを述べること
- ・論述の適切な手続きに従って接続詞を使うこと
- ・教師が提示した実験から結論に達する論理展開ができること
- ・形式化された簡単な科学問題から教師が提示した実験の指示が何であるか説明することができること

また、「自主性、創造性と責任」の自覚の形成が述べられている。自主的に解決させなければならないこと。すなわち、創造性と責任である。できるだけ、公式文書を尊重して実験活動を行い、クラスの周辺のグループから中心となるグループとの交流が大事であること。他の機会にも目的を持って実験し創造する能力を強調し、組織的に運ばれるべきである事などが述べられている。

(2) 「生命・地球科学」の目標

中学1年の学習指導要領は新しいコレッジの論理の一環をなすものであり、中学1年から中学4年について、教育内容と科学教育の全体的な整合性に基づいて決められている。

中学校4年間を通じて、生徒の一人ひとりが、自らの学習継続に必要であるとともに、特に実験的精神に関することにおいて、成人として、また市民としての生活において有効である方法を身につけることが期待される。すなわち次のような力を獲得することである。情報を収集すること、とりわけ観察す

ること、推論すること、特に、分類する、関係づける、実験的なやり方を用いる、批評精神を発揮すること、実験操作や簡単な実験モデルの組立、測量、飼育、栽培を实践すること。および口頭あるいは文書によって（一般に言語の習得や特に科学言語を想定するもの）；図や図式を通して科学の領域におけるコミュニケーションをはかること。また、生徒がコレージュを卒業する特には、習得した諸方法や諸概念を用いることの可能な範囲において、生徒には次のことができるよう期待されている。

中学校第1学年の課題は(1)環境、(2)生物界の組織、(3)人間の食物摂取である。それに関わって次のような科学的理解へ到達することが期待されている。

- ①人体組織の最も日常的に現れる機能を説明すること。獲得した知識と一致する衛生と予防の行動や態度を選択すること。開かれた責任のある社会的態度（生命、男性と女性をそれぞれ相違した存在として尊重する）を築くために、全遺伝子形質の伝達や自然における人間の位置づけについての簡単な原則についての理解を活用すること。
- ②近くや遠くの世界の基本的な生物的地理的構成要素を識別し、それらの諸関係のいくつかを理解すること、この知識は他の諸教科から得られる知識とも結びついている。これに基づいて環境に対する責任のある態度（種の保護、環境と資源の管理、災害予防）を確立すること。
- ③地球と生命の歴史の重要な段階を描くこと。
- ④生物圏から細胞に至るその多様性をふまえて生物界の構成要素と組織を把握すること。
- ⑤メディアからもたらされた自然界や科学についてのイメージや情報に対して尋ねられた点で批評的態度を採り入れること。

5 「生命・地球科学」の目的達成の諸方法

根底から改革されたこの学習指導要領は、より理解しやすくするために身近な環境と人間の経験知に深く根をおろしている。教育内容は自然に対するこの年齢の生徒たちの好奇心や興味に基づいている。基本的には具体的なものの観察や実験、個人的な実験的経験を可能にする実践的な活動に基礎を置くものであり、技術的側面も含まれる。最新の科学技術の成果も取り入れられる。この教育内容は小学校で獲得した能力、そのほかの力を借りることによって、これらの力を強化、補完しながら、最終的にはすべての生徒に対して、次のクラスに立ち向かうことが可能になるだけの力をもつために必要な様々な方法や知識について共通の基礎を保証するものである。教師は、この共通の基盤を身につける上での困難を持っている者を支援することに絶えず心を配らなければならない。

①一貫した連携の必要

学習指導要領は、全般に、生命科学と地球科学の相互のテーマが関係する場合には常にその一貫性を確保することをめざしている。科学的・技術的教育における一貫性への配慮においては、生命と地球の科学の教師は隣接する分野の諸科学、（教えられていけば物理化学・中学校第1学年からのテクノロジー）にも関わることになる。これらの教科及びその他の教科（国語・数学・地理）を通して、教師は、生徒の一般教育や、推理力、表現・勉強方法の学習、公民教育（責任への教育、特に環境や健康への教育）に貢献する。

②学習方法と関連する扱い

一貫した教育目標を持つ3つの分野（第1部：環境、第2部：生物界の組織、第3部：人間の食物摂取）は、科学的には論理的な関係を有している。第1の分野は、生物と人間の周囲の環境や行動との諸関係が競合しあっている自然環境についての入門的知識を提供する。これは第2部と第3部の学習の導入となる。こうして、自然の理解と人間に有効な適応という科学の2つの面が、コレージュに入るとともに示される。3つの分野の配分はいくつかの主題に横断的にまたがって学習は行われている。季節の

リズムが1年間に何度も同じテーマを取り上げることができるのである。

③教育方法の重視

中学校第1学年では生徒の学習の方法論的能力の育成が重要である。これには学習作業の方法（各課の学習や時間の管理、ノートやファイルの管理、教科書の使用）ということも含まれるが、この教科において、コレージュの全期間、またはそれ以後を通じて習得すべき、運用能力、すなわち、情報収集能力 (I: savoir s'informer), 推論 (Ra: raisonner), 確認 (Re: realiser), コミュニケーション (C: communiquer) を指す。彼らの学習は段階的に進むので、この学年では科学的方法を用いて観察することが特に強調される。グループの人数を少なく構成できたら、これは容易になるのである。

学習の行われている途中、またこの期間の終わりに行われる評価（組み込まれた問題、筆記あるいは実地の査定問題、口頭試問）は、その方法と知識に基づいて行われる。これは、教師が、一人ひとりの生徒について抱えている困難を分析したり、彼らを助けるためにすべき行動を予測することに有効となる。

④生徒の諸活動、学習の基礎

この視点において、教育は諸活動を中心に組み立てられるが、これは可能な限り個人または数人で生徒が実行するのである。視聴覚的方法は、そこでは現実を補足するものとして、またコミュニケーションの道具としての位置を占める。しかし必要な設備がそろうにつれて、情報科学は替わってこの位置を占めるようになる。会話によって諸活動を準備するとともに、これらの成果を共有することが可能になる。授業外の個人的作業の基礎であるノートやファイルは、一方では、はっきりと識別できるような学習の要点の跡を、また他方では、実践した諸活動の跡を残すものである。それを推鼓することによって、表現の訓練ができ、学習結果の状況を明らかにすることが可能になる。

⑤他科目との関係

生命と地球の科学は物理・化学の基礎知識を結集したものである。中学校第1学年でこの科目がないことも考慮して、この授業の学習指導要領では、この基礎知識を最小限に限っている。しかしながら温度、照度、湿度測定、物質の状態（特に水）・溶解、試薬などいくつかは含まれている。

他科目との望ましいどころか不可欠の関係は、少なくとも関係する教師の相互の情報を必要とするし、時には互いに整合した諸活動を共同で行うことを選択することも含まれている。

コミュニケーションを学ぶことは、教育の4つの方法論的目標の1つとなっている。多数の諸活動がその役に立つ。テキストを読むこと、報告書の作成、クラスでの話し合い、書き込まれていることについての推敲、新しい語彙の識別、限定すればノートやファイルの作成などが挙げられる。

教師は、特に環境の分野では、その教科教育において公民科に協力する。この教科の学習指導要領に示された様式にしたがって、公民科教育の時間割枠の中にその行動を延長することができる。

6 現在の小、中学校の理科の内容について

フランスの小学校、中学校（コレージュ）における理科の教育内容の部分は資料として以下に掲げる。我が国のもとはかなり異なった内容構成である。特に、環境問題を意識し、人間を中心とした構成が特徴である。以下は学習指導要領 (programmes) の直訳である。特に内容構成の部分だけを掲載するが、他に、内容の解説や運用能力の評価事項、活動事例、他の教科との関連事項など詳しく記載されているがここでは省略している。斜体文字は他との関連や注意事項の部分である。

世界の発見 フランス小学校：基礎学習期（5～8歳）における理科の内容
空間と景色

- ・身近な環境として景観、他の環境や遠いところの景色と比較して構成する
- ・季節や初歩的な気象変化を見ながら、時間的な認識をつかむ
- ・夜、昼、星、太陽等の現象から地図、地球、宇宙の最初の発見へ

時間と人の生活

- ・時間、日、週、年を通して、自然界のリズムと時間の社会的な認識
- ・毎日の生活の基本として、家族とその継承、世代、出来事や記念日
- ・年代順やいろいろな情報源を使って、例えば、城砦などを取りあげ、歴史的な時代の生活様式の喚起

材料ともの世界

材料：

- ・日常生活の水として、液体、気体、空気存在
- ・日常生活の中での温度計の利用。

物質ともの：

- ・日常利用される技術物（家庭や学校で見られる道具や器具から）
- ・簡単なものの分解と製作。身の回りの道具や日常用品について、使用されている材料の特性
- ・電池を利用している日用品について

生きものの世界

子どもの体と健康：

- ・子どもの体（簡単な生理学と解剖学的知識）
- ・生活のリズムの重要性（生活習慣、食事、睡眠）

動物や植物の成長：

- ・動物も植物も生きていること；身近な動物から、栽培は地域の代表的な栽培種から

身のまわりに生きているもの：

- ・身のまわりの動物や植物
- ・季節による生きものの変化

科学とテクノロジー

フランス小学校：深化学習期（8～11歳）における理科の内容

生きものの世界の決まりと多様性

- ・生きもの（動物と植物）の成長：誕生、成長、成人、老化、死
- ・動物の再生産の方法：ヒトの性徴と生殖
- ・環境への生態学的接近：生物の位置と役割、食物連鎖
- ・生きものの進化の足跡：いろいろな典型的な化石の種類

人体と健康

- ・スポーツや仕事と体の動き
- ・筋肉のはたらき
- ・短期長期の健康法
- ・簡単な応急手当、救急法の原理

地球と天体

- ・目に見える太陽の動き：地球の自転、基本となる方位、羅針盤の利用、太陽系と宇宙
- ・光と影
- ・時刻の測定：単位、いろいろな測定法（水時計、日時計、機械装置、電子時計）
- ・地震と火山活動

物質とエネルギー

- ・水：沸騰と蒸発，凝固，自然界の水の循環，液体，気体，固体
- ・混合と溶液の例
- ・空気と水の性質
- ・エネルギー生成のための簡単な例：エネルギー消費と経済

ものとテクノロジー的理解

- ・電気回路：
 - 電池を用いた単一回路による実験，1個の電池と2つの極
 - 電気の利用と安全性
- ・メカニズム：
 - てことてんびん，平衡の確認
 - 機械的・電氣的仕掛け，移動と動きの伝達
- ・ものと製品：
 - 簡単な技術物による分解と製作
 - 日用品や模型による技術的確認

情報

- ・日常環境や学校における情報の利用調査
- ・コンピュータの合理的な利用，各教科領域の中での利用（テキストタイプ，表），マイクロコンピュータの動作原理（メモリー，情報処理，コミュニケーション）

物理-化学 (PHYSIQUE-CHIMIE) コレージュ第5級・第4級（中学校第2・3学年）

A 身の回りの環境の発見，物質

1 身の回りの水(20時間)

生物圏で偏って存在する多様な状態の水

地球上の水【地理：水】 【テクノロジー：物質】

温度や圧力の知識を用いて

いろいろな状態と比熱

水は飲料物や生物の中心的構成物【生命地球科学との関連；水の生物的作用】

均一，不純物，混合物。純粋な物

きたない水や多様な飲み物の構成物からの分離【生命地球科学との関連：沈殿】

気体の存在，そのような素材【生命地球科学との関連；沈殿した気体の生物的作用】

熱湯によるテスト，二酸化炭素の確認カードからの確認。

飲み水は水いろいろな物を含んだ水である。【生命地球科学との関連；二酸化炭素のテスト】【公民：着色の仕事はきまりがある】

ミネラルウォーター中に含まれるもの【生命地球科学との関連：食塩】

水の酸性度は水溶液に他の物質が混入していることの確認としてpHが使用されること

水の状態変化，現象的な扱い

与えられた圧力のもとでは状態変化の温度は決まること

状態変化は以下の通り：

- 加熱により，水は固体から液体への移行し，液体から気体への移行すること
- 熱を奪うと，水は気体から液体へ移行し，液体から固体へ移行すること

水は溶媒である

純粋物と混合物の区別

濃度としての g/L

体積の測定, メスシリンダーの利用

質量測定

長さ, 体積, 質量の単位

全質量は溶解後も不変であること

水と他の溶液の混合, 非混合 【環境: 水の汚染; 携帯用水の分布; 黒ずんだ海水】

理解のための特別なモデル:

-物質の物理的特性

-純粋物と混合物の区別

分子の知識

分子モデル形成のための三つのモデル:

-気体は散らばり無秩序状態

-液体は集まり無秩序状態

-固体は集まり結晶性で秩序状態

2 私たちを取り巻く空気; 酸素 (10 時間)

酸素, 窒素を含む空気の構成 【地理: 大気】

酸素は生命に必須であること 【生命地球科学との関連: 呼吸】 【環境: 大気汚染】

圧縮された気体の分子的な解釈

燃焼反応に関する燃焼物 (可燃物, 否可燃物); 新しく生成されるもの

【公民: 安全規定, 有毒一酸化炭素の発生】

湯に溶かした二酸化炭素, 炭酸カルシウムの沈殿物の生成

鉄, メタン, ブタン, 炭素, 酸素と化合したもの

二つの典型的な燃焼の反応の原子的な解釈ができること

分子は原子からなること

反応による一部又は全体の消滅と原子から新しい分子へ再構成される新たな生成物について

原子は記号によって, 分子はある決まった形式で示されること

反応式は反応の方向を示していること (→は生成される方向であること)

化学反応では全質量が保存されること

【生命地球科学との関連: 堆積岩, 石灰岩のテスト】

我々は酸素を獲得する:

-技術的に酸素を得る; この場合, 空気が圧縮されること

-化学的手段から, 実験室から

【生命地球科学との関連: クロロフィルの働き】

酸素, 二段化炭素, 化学反応によって得られた水も「天然にえられた物」と同じものである。

化学は物質の移動の科学である。

3 私たちの身近な環境 (まとめ) (2 時間)

可能ならば環境関連の研究所を訪問して具体的な問題で先に学習した教材を活用して行う

B 光 (16 時間)

1 光源

光源【生命地球科学との関連：視覚】

光の分散：分光器

確認事例：星や天体物（人工衛星など）

色についての最初の知識【芸術科目：色】

2 光の直進

光線のモデル

光の伝播の感覚

形のある適切な影：光線について言葉による表現

半影

太陽系の構造

月の形【地学：年月、季節】

月齢と月の見え方【数学：10の指数による大きさの表示】

3 光検出器としての目

目，工夫された光の検出器

光の印象を強調すること

知覚について

C 電流 (12時間)

1 閉じた回路の電流

電流が流れ続ける回路，電気供給源の役割，回路構成，電流の保存性【公民：電気の安全規格】

導体と絶縁体

端子：定義，直列回路に挿入された両端で簡単に図示すること

導体を挿入した場合の二点間の意味と役割（短絡回路）

2 閉回路中の電圧とその強さ

電圧の強さの概念を定性的に導入すること

強さ：測定，単位一定で流れている回路の中での強さから検証される保存性の法則

電圧は積算されること

1つのスイッチのある回路は直列に結ばれている順序に無関係であること

先の2つの法則について（負荷の物に無関係な）一般的特徴であること

物理-化学 (PHYSIQUE-CHIMIE) コレージュ第3級 (中学校第4学年)

A 日常の物質

A1 物質の特性 (10h)

A1.1 いろいろな物質：包装に用いる材料の例から (4h)

ものと物質の区別

ものを構成する物質の確認

いろいろな物質【国語，工芸，テクノロジー，歴史，環境：回収と選別】

A1.2 物質と電気 (6h)

原子構造：核と電子

イオンは一つ又はいくつかの電子を失った（プラスイオン）か得た（マイナスイオン）原子か原子の集団である。

【生命地球科学との関連：必須栄養，栄養失調，食物】

金属中の電流についての最初のモデル

溶液中の電流の移動

電荷の記号によるイオンの移動表示

A2 いろいろな物質の化学的特性 (17h)

A2.1 空気と金属の反応 (8h)

空気中での鉄の酸化

錆のできる条件

空気の組成

空気中のアルミニウムの酸化。それは金属の内部を保護するために酸化の特殊な塗装である。

酸素中でのエネルギーを伴わない金属の反応。燃焼方法の違いによる金属精製の方法

化学反応による質量の保存

ZnO, CuO, Al₂O₃, Fe₃O₄ の化学式, 亜鉛, 銅, アルミニウム, 鉄の酸化反応の化学式

元素の保存【生命地球科学との関連: エネルギーと物質的な栄養の必要,

環境: 貯蔵庫の爆発】

酸素中の有機物の反応【生命地球科学との関連: 栄養素の酸化によるエネルギー獲得】

化学反応化学反応によって対応される錆の斑点の確認: 空気中の酸素による鉄の酸化

生成物【生命地球科学との関連: 化学的な反応と活動】

A2.2 溶液と金属の反応 (9H)

pH の知識

酸, 塩基の使用上の注意。各段階の溶液に対する予防【環境: 強酸, 強塩基溶液による自然環境への危機】

酸やアルカリ溶液と金属の化学反応

包装に使用される金属の化学的な性質【環境: 金属類の特性から来る汚染】

イオン式

イオンテストの確認

化学反応式

反応における原子と電荷の保存

A3 環境中の金属 (3h)

A3.1 物理-化学教育に直接関わらない活動

A3.2 生命地球科学との関連担当教師と物理-化学教師の共同による活動, いずれも3時間

B 身の回りの物理的な環境

B1 動きと力 (10h)

他の物体からの影響による物体の動きの記述と観察

いろいろなタイプの動きの観察【EPS (体育とスポーツ):】

体操競技から

-着地

-運動感覚

-速さ【数学: 単位あたりの大きさ】

自動車の動きについてのグラフ化

時間当たりの距離, 時間当たりの速度

ブレーキと制動距離

物体に働く力 (他の物体からの), 観察事項:

-動きの変化

-変形

力の表し方

ベクトルで分割される力の表し方と作用点

二力が働く場合の物体の釣り合い, 不釣り合い

ものの重さと質量の関係【数学: 比例】

g : 重力の大きさ

B2 電気と日常生活 (16h)

B2.1 抵抗についての知識 (4h)

電気抵抗の知識, 単位

直交座標の特性

オームの法則【数学: 比例, 直線の式】

金属の電導率の質的特性

ヒューズ

B2.2 交流電流 (6h)

直流と時間とともに変化する交流電圧

直流と時間とともに変化する交流電流

周期変化する交流電圧

最大値最小値

最小の繰り返し:

周期 T は繰り返しの時間である

オシロスコープの図式の認識

振動数 f は毎秒あたりの繰り返しの数である

$f=1/T$ の関係式

正弦波であるので電圧計には実効値で示されること。その実効値は最大値に比例していること

電気回路の近くに磁針をおいて, 時間的に変化する電圧を受け取ることができる

電圧変換の原理は周波数が変わらず交番電流であること

電圧変換の利用と役割

整流装置の存在

B2.3 家庭の電気施設 (6h)

位相の有無の区別

発電機の電圧の周波数と実効値

感電死, 位相のある場所と中立の場所間, 位相と接地間

電気輸送の構成について

電気の流れを阻害するものの数から回路と電流の強さについて

電気施設に利用される特別な物質の特性

電氣的危機から保護された地点としての地球

製品に表示される電力は普通の使用で1秒間に流れる電気エネルギーの量である。

コードな荒れる電流は安全規格値以上の電流を流すべきではないこと

電力計で求められる電気エネルギー $E=Pt$ に等しいこと【数学: 時間との積】

B3 光と像 (4h)

幾何光学的な結像原理

エネルギーの集まり

うす方の凸レンズを用いること

焦点距離 **【STV：環境についての視覚的認識】** **【プラスチック芸術：像】**

像を作る装置の仕組み

像を作るシステムと視覚の役割

生命・地球科学 (Sciences de la Vie et de la Terre) コレージュ第6級 (中学校第1学年)

第1部 私たちの環境 (望ましい時間数15時間)

I 私たちの環境の特性

環境の特性は生物の分布を条件づける。

●地球全表面に関することとして我々の自然環境の中で次のことを識別する。

-鉱物の構成要素 (岩石・水・大気) の相互間の接触

【物理-化学, 水の状態】

-生物 (動物・植物) の相互間または媒体との関係

-人間の活動の表明

●生物はでたらめに分布しているわけではない。

我々の環境では、生命の条件と生物の分布は地域的に多様である。

生物の特性は多かれ少なかれ直接要求に対応してある環境を占拠する。この分布は次のことに依っている。

-地表か地中か

-大気中・地表・地中での必要な水の量

-温度と照度

【物理-化学, 水の状態, 湿度測定, 温度, 照度】

また人間の行為にも依存する。

注：学習した環境において人間の干渉が見分けられた要因についてしか考察されない。

●地面は地中の鉱物と動物や植物の遺体から成る特異な場である。

環境の特性は地理的状況による。

●我々が住んでいる場所は、一つの気候帯に属する地球の表面の一部である。

●照度や温度は時間や季節によって様々である。

【物理-化学, 照度, 温度】

それらは地理的な要因 (露出度・起伏の形体

・雲に覆われること、植物に覆われること) によっても変化する。

【物理-化学, 水の状態】

●現在の環境にある水は地球規模での莫大なストックに頼っていて、循環するようになっている。

開発の選択や、食料的工業的な必要との関連で、人間は環境に対して関わっている。

例えば次のようなことを行っている。

-地形を変えること

-役に立つ素材の採取

-植物相と動物相の改変

-ごみの投棄

注：改変の一連の学習に限られる。

II 生物の多様性・関連性・構成単位

観察した生物は非常に多様である。一定の基準によって、それを種によるグループに分けたり分類したりすることができる。

●同じ種は、同じ名前のもとに、グループを作る。また互いに類似しており、あるものは他のものを起源とする生物である。

●異なる種の生物は様々な基準によってグループ分けられる。

●いくつかの基準に従うことで、生物を分類することができる。例えば次のことが認められる。

脊椎動物、魚類、両生類、爬虫類・鳥類・哺乳類

無脊椎動物＝軟体動物・節足動物（昆虫、くも類・甲殻類・多足類）、きよく皮動物

-花をつける植物

-花をつけない植物＝シダ類・コケ類・藻類、地衣類、きのこ類

注；全体の中で1つのリストしか考慮してないわけだが、身近に見付けた種を分類するために必要なグループに限った枠組みを問題にするのである。これはのちの学習で完成されるだろう。

すべての生物は細胞で構成されている。

一つの細胞で構成されているものもあるし、莫大な数の細胞で形成されているものもある。細胞は生物の単位である。

第2部 生物界の組織（望ましい時間数20時間）

I 周辺環境の生物相

動物や植物は生殖によって環境に生息している。

環境での生息は保証されている。

●動物の場合には、個体の移動や生殖によって。

●植物の場合には、

-分散の形態によって：花（花をつける植物）や孢子（花をつけない植物）から出てくる種子。

-特殊な器官、または特殊でない器官。

注：ほんの少数の関係が体系的な学習の対象となる。

-2種の動物、そのうち一方は幼年期のもの。

-種子や孢子による分散と植物の繁殖を示すように選ばれた2種の植物。

環境における生息状態は、季節による気候上の変化とともに多様である。

この多様性は次のことに依存する。

●動物の移動

●植物（1年草、多年草）や動物（幼年、成年）における形態の交替。

人間は環境の生物相に影響を及ぼしている。

その影響は直接的でもあるし間接的でもある。

II 食物連鎖

動物と葉緑体植物は異なる栄養分を必要とする。

●動物は、その摂取食物がどんなものであるとしても、ミネラル質や他の生物、つまり動植物両方、またはその一方から栄養を摂取している、

●逆に葉緑体植物は栄養を摂取するのに、日光を受けさえすればミネラル質しか必要でない。

【物理-化学：溶解塩・溶解した気体】

栄養摂取について、生物は相互に依存しあうとともに、周辺環境のミネラル質に依存している。

多種多様な種によって、網状に組織された食物連鎖環をいくつも形成している。

すべての生物は生産者である。

生物はすべて自己の周囲の環境から採取でき物質から固有の物質を生産している：葉緑体植物は第一次生産者であり、他の生物はすべて第二次生産者である。

第3部 人間の食物摂取に応用できること (望ましい時間数10時間)

I 飼育と栽培例：養魚・鳥類飼育・穀物生産・果樹園

人間は食料を手に入れるために動物を飼育し植物を栽培する。

●動物は肉、乳、卵を供給するために飼育され、植物は果実、種、根茎を供給するために栽培される。

●飼育や栽培の収穫は人間が食物のなかで必要とするものと対応している。(脂質、糖質、澱粉、たんぱく質)

【物理-化学：反応体】

飼育や栽培は生殖、栄養補給、適切な条件について習熟を必要とする。

●飼育・栽培されている個体は有性生殖(動物・植物)または植物の増殖(植物)で得られる。

●生産は特別な物理化学的な条件を要求する。(温度、照度、酸素度、湿度など)

●栄養補給は必ず必要である(既知の食物の構成要素、肥料)。動物または植物の要求に応じる。

●生産物の量的及び質的またはどちらかの改良は次のことに働きかけることで達成できる。

生殖

-飼育・栽培の条件

-栄養補給

●実行に移す時の諸条件は成長と最良の生産を促すものにする。

II 生物学的加工 例；パンやチーズの製造

一定の食物は人間にコントロールされた加工に依存している。

●生産食物は動物や植物の一次物質の加工から生まれる。

●これらの食物は人間の食物摂取の構成要素の一部になる。

人間はこの加工を引き起こすもとである微生物を自由に利用する力を持っている。

●製造の過程で、適合微生物は特別な物理化学の条件で、発酵によってもとの生産物を加工する。

●生産物の改良は次の事となされる。

-使用される微生物の選択によって

--一次物質の質の改良によって

-衛生の諸規則を最大に尊重することによって

生命・地球科学 (Sciences de la Vie et de la Terre) コレージュ第5級・4級(中学校第2・3学年)

A 人間の体の機能と健康について(第5級-標準時間数：19時間)

1 運動とその命令(標準時間数：6時間)

1つの動作で、多数の器官が一緒に動く

筋肉の収縮と弛緩は腱によって結ばれている骨と骨の動きを助ける。

硬い器官である骨は、関節によって一本一本が動かされる。関節は靭帯によって結ばれている。

関節の軟骨と滑液が靭帯の作動を容易にしている。

筋肉の動きは神経中枢より命令されている。神経からの命令は神経センターと神経そのものを通じて行われる(脳と脊髄を適して)。

動作は外の刺激に応える形でも起こる。この刺激は、感覚器官により感知される。関連する情報は、1本の神経により神経センターに伝達される。

健全なる生活習慣は、移動運動器官と神経系統の健全な作動に貢献する。

正しい姿勢、スポーツをすることは移動運動器官の調整機能を高めることに役立つ。

ある種の物質の摂りすぎ（アルコール・麻薬）と疲労は神経系統を破壊し、その働きを妨げる。

2 性の機能と栄養摂取（標準時間数：13時間）

諸器官はその必要に応じた血液の交換を行う

よく血液供給される筋肉は、恒常的に血液より栄養と酸素を吸収する。又、二酸化炭素を吐き出す。この交換は身体のある器官で行われる。

筋肉の活動によって栄養素と酸素の消費量と二酸化炭素排出量は異なる。

肺における恒常的ガス交換が血液に含まれる酸素を増やし、二酸化炭素を減少させる。

その表面積の広さと血液供給の重要性により、又肺胞の壁の繊細さにより酸素吸入と二酸化炭素の排出は、容易に行われている。呼吸器管内での空気の入れ換えは、胸部の動きに従って起こる肺の膨張と収縮によってもたらされる。

【物理・化学：ガスの混合と液体のなかのガス】

環境に多かれ少なかれ含まれる有害物の吸入は呼吸器官に障害を与える。時には重病の原因となる。

諸器官が恒常的に使う栄養素は、食品の消化よりもたらされる。

食べた物の栄養素の転換は、消化器官で行われる。

消化液の活動は、そしゃくと消化器官の壁の収縮により助けられる。

腸の段階で栄養素は血液に混入する。

健康な歯と規則正しい食べ方は、消化器の働きを助け、すべての器官の働きを助ける。

血液の循環は器官内の継続した交換を保障している。

血液は血管の中を動脈、静脈、毛細管という形で一定方向に流れる。

即ち、閉回路である。

血液は心臓の活動と空洞の筋肉と仕切られた壁でリズムカルに送られる。

心血管組織のよい働きは、運動により助けられるため、贅沢すぎる食事、ストレス等は、心血管の病気の原因となる。

B 人間における生命の伝達（第5級・第4級-標準時間致：8時間）

人間は思春期に生殖に適するようになる。

青春期の間に、第2次性的特性が現れ、男子および女子の生殖器官が機能し始め、自我が変化する。

思春期から、配偶子の再生産は男性においては継続的で、女性においては閉経まで周期的である。

睾丸は精子を生産し、卵巣は卵細胞を生産する。

各周期（平均28日）に卵巣は卵細胞を放出し、子宮壁の内層が厚くなる。

卵細胞が受精されなければ、子宮壁の内層は取り除かれる：これが月経の始まりである。

性的関係に続いて起こる内部の受精の結果、人間の胎児は卵細胞から作られる。

生殖器官組織は、その機能によって、性的関係の実行、配偶子の生産、その接触を可能にする。

胎児が定着し、ついで子宮内で成長する：ヒトは胎生である。

胎児と母体組織との間の交換は、胎盤を通して行われる。

9ヶ月の初めに、子どもは、出産の際の子宮収縮によって産み出される。

C 環境の中の生物（標準時間数：18時間）

1 呼吸と環境の占有（第5級-標準時間数：10時間）

動物と同じように植物においても、呼吸は酸素を吸収し、二酸化炭素を排出する。

多くの動物において呼吸は、細胞壁の繊細さと交換面の広さの点で共通する呼吸器官（肺、えら、気管）の仲介によって行われる。

しばしば動物においては、その運動は、呼吸面と接触する空気または水の入替えを行う。

呼吸組織・行動の多様性により、動物は様々な環境を占有する。

呼吸は以下のものによって行われる。

-肺、大気中の動物および水面で呼吸するようになった水生動物については気管

-水生動物の大部分については、えら

注記：遭遇する動物の形態のリストにより、呼吸と生育環境との関連が議論できる。最大3～4例の学習が、組み込まれる呼吸のしかたをはっきりさせるのに役立つ

環境特性が呼吸の状態を決定し、生物の分類にも影響する。

気温が気体中の水の濃度に影響を与える。

光の下で、葉緑素を持つ植物は環境への酸素供給に貢献する。

人間は、環境（温度、汚染物質、植生）における呼吸状態を変えながら、その質とバランスに影響を与える。

【物理-化学：大気中、水中の気体】

2 環境の中で両性の結合による生殖と種の永続（第5級または第4級-標準時間数：8時間）

両性の結合による生殖は、雄配偶子と雌配偶子との結合-受精を伴う。その結果は、新たな個体の始まりの卵細胞である。

種は生殖により永続できる雄配偶子および雌配偶子は、2つの異なる個体によって、あるいは、両性共有の同一の個体によって生産され得る。

個体の反応や配偶子の引力が受精を助長する。

生殖様式と生物の生活環境の間には関係がある。

体外受精、とりわけ水生環境で行われるものは、生産された配偶子と卵の数多くの損失を伴い、通常は多いことがしばしばの数によって補われる。

体内受精、胎生または卵および子どもの保護は、保護に成功する可能性の高い陸生環境で行われる。

注記：遭遇する様々な種の分類の他は、学習は体外受精2例（動物、植物）、卵生の陸上動物における体外受精1例に限定される。人間の場合は胎生を説明する。

環境条件が生殖率に対して影響を与え、それ故、個体群の変化に影響を与える。

環境資源は生殖を有利にしたり、不利にしたりする。

人間の存在、汚染物質の使用、生物学的争いも、生殖を介して、種間の均衡に対して影響する。

D 地球は表面で変化する（標準時間数：28時間）

1 景観の進化：岩石、水、大気、生物（第4級または第5級、標準時間数：16時間）

景観の中で、岩石、水、空気、植物、生物を観察することができる。

岩石は、しばしば土や植物に覆われており、時として人工物によっても覆われている。

岩石及びその構成物は、地球の表面で風化、水が主要な要因となって溶解を受ける。

性格（自然特性、諸要素の準備、破壊）によって、水の作用に多少とも抵抗する。

植物は岩石が受ける変質に介在する。

岩石を粉砕することにより、粒子で構成された柔らかい物質を形成することができる。

この物質は、広場に堆積したり、土を形成することに関わったり、さらには運搬媒介により押し流されたりする。

岩石の構成物の一部を分解することにより、形成された溶解物を見ることができる。

主として水の流れや他の運搬媒介は、溶解の原因であったり、景観の形成に大きく関わったりする。

【物理・化学：固体や気体の溶解、同質及び異質の物体の区別、懸濁状態の固体の沈殿、物質の諸特性】

堆積した岩石はいわば古い記録であり、これにより、昔の景観の諸要素を再構成することができる。

新しい岩石は、溶解から出てきた物質により形成される。

-運搬媒介により放棄された粒子は、沈殿物や砕屑堆積物を構成する。

-他の堆積物は溶解から作られるが、この現象はしばしば生物の活動により促進される。

-変質に続いて、堆積は堆積岩石になる。

現在の景観において行われる観察を、過去の現象に重ね合わせるにより、古い場所の諸要素を再構成することができる。

生物の化石・遺骸、岩石中の形跡は、生活の場所についての情報をもたらす。

連続した堆積物の積み重ねは、景観や諸事件の再構成を可能にする。

【物理・化学：気体、固体の溶解、炭酸カルシウム、塩化ナトリウム、蒸発、沈殿、懸濁、化学反応、物理反応】

地質学的环境は、人間に資源をもたらす。

ある材料（素材）は、その特性ゆえに、直接あるいは工業的加工の後に使用される。

地中の資源の開発は、鉱床の性質や有用な物質の含有量、技術的可能性、経済的事情によって行われる。

一般に数千年の間に形成される地中の物質は、人間の生命時間のレベルでは更新不可能な資源である。その開発は、予見しうる埋蔵量に応じて行われる。

NB：ここで取り扱うのは、可燃性物質あるいは鉱物資源に限定し、水を除く。

人間は自らの環境に責任を負っている。

植生を尊重したり、流出の原則を確保する技術を用いることは、土壌の劣化を防いだり、崩壊を防いだり、洪水を予防することを可能にする。

2 景観の進化：地球内部の活動の結果（第4級：標準時間12時間）

深部の岩石が突然に変化（切断）することにより生ずる地震は、地球の表面での変形によって表れる。

岩石に常に作用する諸力は、突然の変化を引き起こす。

-地震発生地は、切断が起きる場所である。

-変形は発生地から波動の形で広がる。

-波動の伝達に関する地表の動きは、地震気象研究所により登録・分析される。

地震は一定地域において特に頻発している。

地震がとくに発生する場所は、大洋の背柱に沿った場所、山脈の中、大洋の溝の部分である。

火山活動は溶解した鉱物が地球表面に到達した結果：マグマ

火山の活動は、溶岩やガス（粉々になった堅い物質を噴出する爆発）の噴き出したもの。

マグマは、特定の大きさの岩石が地下数キロの深さの特定場所で溶解した結果発生した液体である。

マグマの構成に従って崩壊には多様なタイプがあり、溶岩は少なくとも流動的である。

NB. 2種類のタイプに限定する。

段階的なマグマの再冷却か、氷晶やガラスの形態での固体化は火山岩を生ずる。

岩石の構造は、再冷却の条件の痕跡をとどめる。

活火山は大陸及び大洋の中に不規則に分布する。

大陸上では、火山の造営物は、特に太平洋の周辺や大亀裂に沿って、しばしば整列した状態で連なっている。

背骨の軸の部分において、大洋の底に割れ目が現れ、それに沿って玄武岩が表出している。

昔の火山の営造物、岩の存在は、過去における火山活動を説明している。

【物理・化学：温度に伴う諸特性の変化：体積、気圧、純粋な物体の状態の変化】

地球の活動が人間に危険をもたらす。

地質的な危険は、地質学的な現象に関する危険やこの現象の発生可能性の評価により規定される（地震、火山活動、地滑り）。

人間は以下のことを心配する。

- 原因となる現象の研究により危険ゾーンの測定。
- 危険の防止（危険地域の科学的観測、適切な建築物、大衆への教育）

E 地球の機構 (第4級:標準時間6時間)

地球の外表面部分は、恒常的な運動により促進されたプレートにより形成されている。

地震や火山の分布と性格は、プレートの境界を定めることを可能にする。

岩石圏の上層部分である地殻は、大陸盾状地中の花崗岩や大洋中の玄武岩で大部分が構成されている。岩石圏や岩流圏の基礎は、かんらん岩で構成されている。

1年間に数センチずつプレートは形成され、山脈の軸から離れたり、接近したり、さらには収束の境界に埋まったりする。

プレートの運動に関与するエネルギーは、地球内部から発生する。

深度に伴う温度の上昇は、このエネルギーの存在を証明している。

このエネルギーの重要部分は、深部にある放射性物質から発生する。

プレートの運動は岩石圏を変形させる。

この運動は、大陸の移動、大洋の開放、閉鎖を確保する。

周辺の地域におけるプレートの接合は岩石圏(褶曲)の柔軟なまたは割れやすくもろい変形をもたらすと同時に山脈の形成へと至る。

F 生命の歴史、地球の歴史 (第4級-標準時間数:10時間)

生命の歴史は種および群の遷移と更新によって特徴付けられる。

地質学的記録は、時間の中で幾つかの種が出現し、別の種が絶滅していることを示している。

時期に沿って、徐々に、生物群が出現し、進化し、退化し、絶滅する。

注記:学習は、化石の形態の比較に関して、1つの層(地質学)の中で、異なる2つの系の間でなされる。

ある種は別の種から発生する:これが進化である。全ての生物は共通の起源を有している。

次々と現れる種の間での類似性の存在は、近縁性を示している。

新しい種は、それが生じた古い種と比べて、共通の器官と新しい特徴とを呈する中間的形態の存在は、群と群の間の繋がり

の概念を強化する。

進化の系図は、仮説上の共通祖先とともに、種および群の間に考えられる関連を要約する。

注記:関連の存在は霊長類および人間を含む、脊椎動物で得られる事例から学習される

生物界の変化は、地球の変化に付随するものであった。

地球は約45億年前に形成された。その変化の第1段階(表面温度の低下、初期の水の広がり)の形成が、約10億年後の生命の誕生を可能にした。

地球表面に影響を与えた出来事は、環境と生活条件を変えた:増殖が変化した。

注記:第2期のおわりと、第4期の古地理学と気候の変化とに関連する事例に基づく

地質学的変化と生物の形態の継承は、さまざまな長さの年代と期間における地質学的時期の下位区分に用いられた。

(コレッジ第4級の生命地球科学は割愛)

まとめ(我が国への示唆)

- 1 戦後のフランスの理科教育の改革は小、中連携したカリキュラムの実現を求めてほぼ連続した一貫した改革が行われている。その中で、理科は小学校第1学年から中学校まで、名称は異なるが内容的には一貫して課せられている。
- 2 カリキュラムの編成過程において民意のフィードバックがなされており、現実に第6級(中学校第1学年)のカリキュラムは再検討されたものである。「生物・地球科学」の目的に関する修正された意図も明示されている。学習指導要領は一般人にわかりやすい具体的な表現となっている。
- 3 小学校の時間表に「指導付き学習」の時間が配当され、その中で、学習過程に問題のある子どもへ個別の支援が行なわれるよう配慮されている。この時間の運用は各学校の自由裁量による。学校運営に

も父母の参加が行われている。

4 低学年の理科「世界の発見」では地理的内容が取り込まれている。理科の占める時間数は全体の10%強である。

5 中学校の理科は「生物・地学」系統と「物理・化学」系統に区分される。「生物・地学」は第1学年から導入されるが、「物理・化学」は中間学年以後から導入される。学習指導要領には目的、方法、内容が示されるが、特に内容の部分では指導事例や、知識の運用・評価に関わる運用能力、さらに、解説などが示されている。獲得される知識は実際の場合でも有用なものという認識のもとで取りあげられ、それも、父兄にもわかるような書き方である。

6 単元ごとに他教科との関わりが必ず示され、「生命・地球」の教科との関連は勿論のこと、環境的な配慮や、特にフランス語（母国語）教育における、論理的な表現法へ関連付けられる。資料・情報センター（図書館）の活用や各教科の教師間の連携が重視されている。

7 学習指導においては、生徒の特性に応じることが求められ、そのためには、学習指導要領のある特定の内容では柔軟な取り扱いのできることを述べ、選択的な指導やグループ指導などの方法が可能となっている。

8 学習指導要領はすべての者に保障すべきものは何かと言う視点から基本的知識や科学的方法の習得を目指しており、基本的には文化財受容の教育である。理科の教科書が知識の資料集的な要素を持っている事からも理解できる。

文 献

- 1) CNDP (1997) ; *choisir un manuel, un enjeu Pédagogique*
- 2) 戸北凱惟 (1999), 「戦後のフランスの初等理科教育にみられる学力観の変遷」, フランス教育学会研究紀要, 第10号, pp.53-62
- 3) Circulaire no.77-164 du 29 avril 1977, Enseignement des sciences expérimentales dans les collèges, B.O.E.N., (22 ter), pp.1692-1693, 1977
- 4) CNDP (1995) ; *Programmes de l'école primaire. pp.49-50, pp.65-66*
- 5) CNDP (1996) ; *Programmes de 6e pp.65-81*
- 6) CNDP (1997) ; *Programmes de 5e, 4e pp.67-89*
- 7) CNDP (1997) ; *Programmes de 3e pp.75-89*

ドイツにおける科学教育改革と科学教育課程

筑波大学教育学系

大高 泉

はじめに

ドイツはこれまでの教育改革、またそこにおける科学教育改革においても独自の歩みを示してきた。アメリカの影響を色濃く受けている我が国の科学教育改革とは対照的である。例えば、1960年前後の「範例的教授・学習」(Exemplarisches Lehren und Lernen)の提唱は、ドイツの教育改革としてわが国にもよく知られているが、その一環であった科学教育改革は、PSSC物理を典型とする1950年代末以降のアメリカの科学教育改革運動とは本質的な違いを見せている。ドイツのこの改革の発端になったテュービンゲン会議(1951年)は、ドイツの学校、特に中等学校と大学とは、教材の過剰によって精神的生活の危機に瀕している、との認識に立ち、この危機を打開するには、学習が浅薄に流れないような徹底性とそのための教材限定が必要であり、教材範囲の拡大よりも教授対象の本質的なものを徹底的に学ぶことを何より優先すべきである、と決議したのである。この教授改革の方式はわが国では一般に「範例方式」(Exemplarisches Verfahren)と呼ばれた。科学教育の分野でこの方式を推進し実践したのがヴァーゲンシャイン(Wagenschein, M.)であった。彼の科学教育論は、自然科学の陶冶作用や人間形成の本質を見極めつつ、またそれとの関連性を不断に意識しつつ構築されているのである。この点は、アメリカの科学教育改革とはもつとも異なる点といってよいし、科学教育の根底にある自然科学の教育的意義まで見通すことが稀である、わが国の理科教育研究とは対照的ではある¹⁾。しかもこの点こそ、わが国の理科教育研究者の関心を最も惹きつけた点であることも確かである²⁾。

ところで近年ドイツにおいても、科学教育及びその教育課程改革が進行している。これを推し進めている背景は多様であるが、まず次の二つの背景が指摘されねばならない。一つは、「生徒の側での受け入れ危機」と呼ばれるもので、自然科学、特に物理と化学が「難しい」・「魅力がない」といわれ、上級段階(第11学年から13学年、日本の高二から3年間にほぼ相当)で選択制になると選択しなくなることである。今一つは、「内容・方法の危機」と呼ばれる。多くの教師、教科教育学者の見解によれば、この危機は、内容が抽象的すぎ、理論的すぎ、日常との関連から隔たりすぎている。このため、社会的な諸々の決定に参画するために必要な自然科学的技術的教養を構成するには不十分である、というものである³⁾。この危機は多年にわたって、教科教育学者、教師、専門団体によつて議論されてきた。

しかし、世間にこの危機を初めて気づかせたのは、TIMSSの結果である。つまり、生徒の数学・自然科学の成績の国際比較においてドイツの生徒が極めて低調だったのである。

すなわち、第1回の調査（旧東ドイツを含まず旧西ドイツのみ、1970年）では、第9学年（日本の中3に相当）が世界で5番目であった。ところが今回の第三回の調査では、第8学年（日本の中2に相当）の理科の得点は、41か国中18番目に落ちてしまったのである⁴⁾。このTIMSSの結果については、単に科学教育界の関心を惹いたばかりではなく、社会的関心を引き起こし、一般教育学研究の世界の話題にもなっており、関連の議論がいくつかの雑誌で特集されてもいる⁵⁾。このようにTIMSSの結果に対する対応一つを取り上げて、わが国とは極めて異なっているのである。

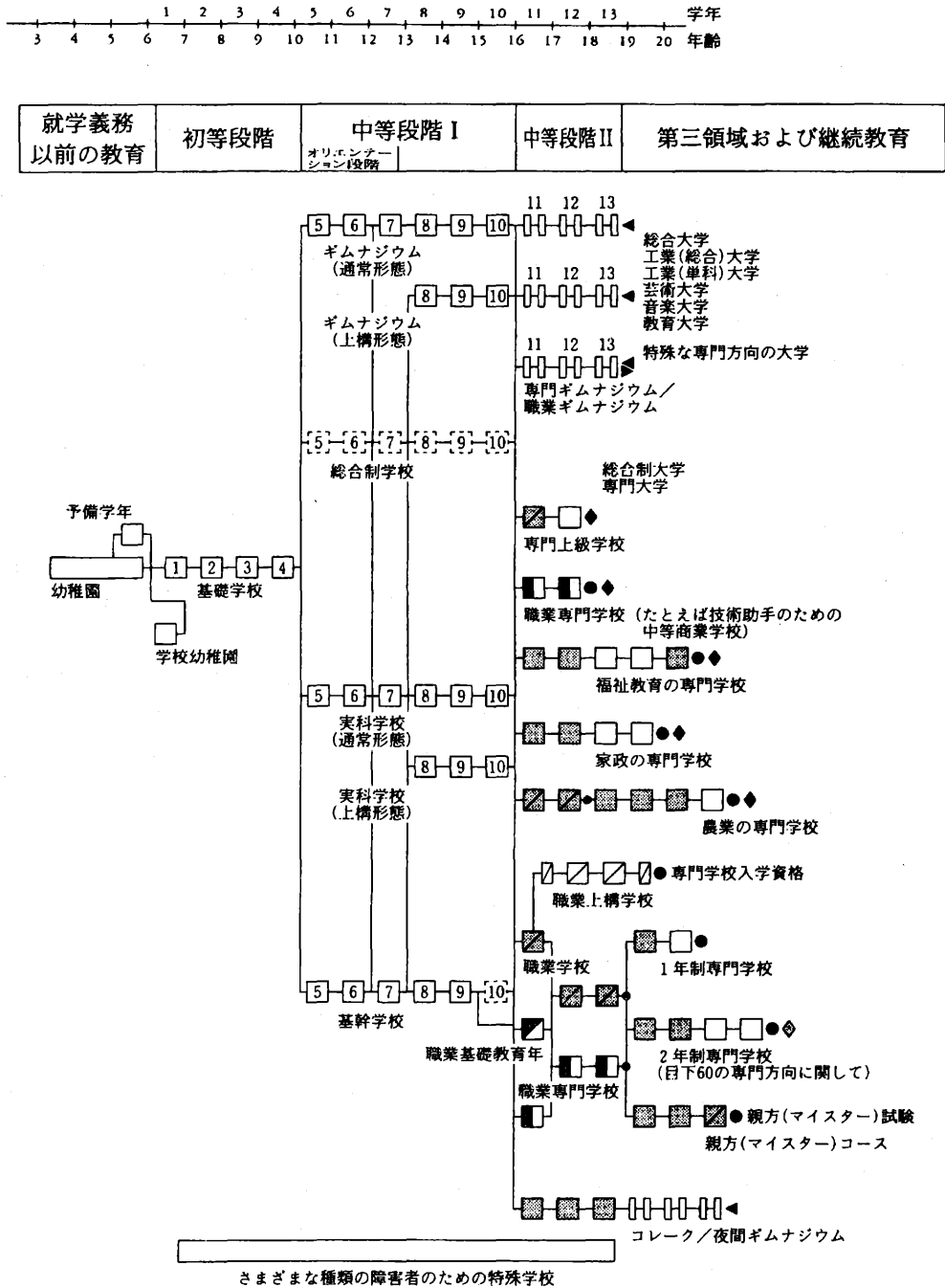
このような意味をも含めつつ、ドイツの近年の科学教育改革、特に科学教育課程改革の動向を探りドイツの取り組みの独自性を解明することは、今後わが国が進める理科教育改革・理科教育課程改革の方向を展望する際の一助になるはずである。そこで本稿では、まず、ドイツの教育制度や改革以前の科学教育の教育課程の特質を踏まえつつ、独自の展開を示すドイツの近年の科学教育改革、特に教育課程改革の動向を吟味する。そのためにまず、まず第一に、ドイツの科学教育が展開される外的枠組み、つまり教育制度について必要最小限の確認を行う。そして近年のドイツの科学教育改革の背景として第二に、TIMSSの結果に対するドイツ科学教育界の対応に示された科学教育改革の方向性を探る。第三に、1990年代の科学教育課程の現状と特質を確認する。第四に、連邦レベルの科学教育改革の方向性と州レベルの学習指導要領の改訂動向（1995年以降）を分析する。第五に、教育課程研究・開発から見た科学教育課程改革の動向、第六に、教科書から見た教育課程改革の動向をそれぞれ明らかにする。なお、本稿では、科学教育一般について論究するが、科学教育の個別的な領域を扱う場合には、主として物理教授を事例として取り上げることをまず断っておきたい。

1. 学校教育制度と教育課程の基準

ドイツ教育一般については多数の先行研究や紹介がある⁶⁾ので、ここでは、以下の論述の理解に必要な点だけにとどめたい。まず、ドイツの教育制度の構造は、図1⁷⁾のとおりである。これは1984年現在のものではあるが基本的には変わりはない。ドイツの教育制度では、まずすべての国民に共通の4年生の初等学校である基礎学校がある。中等段階は、I（5-10学年）とII（11-13学年）に別れる。中等段階Iには4種類の中等学校がある。同一学年に占める学校種別の生徒数の比率は、基幹学校、実科学学校、ギムナジウムがそれぞれ30%前後で、残りを総合制学校等が占める。表1⁸⁾は、ノルトライン・ヴェストファーレン州の中等段階Iにおける基幹学校（H）、実科学学校（R）、ギムナジウム（G）の時間割である。単純化して言えば、ギムナジウムは大学への進学を目指した中等学校、実科学学校は実業的な教育を主とする中等学校、そして基幹学校は卒業後職業に就くことを目指した普通教育を提供する中等学校である。その他に、それらの性格を合わせもった中等学校として総合制学校がある。表2⁹⁾がバーデン・ヴェテンベルグ州の数学・自然科学ギムナジウムの時間割である。同じく、表3¹⁰⁾は、バイエルン州の基幹学校の時間割である。

教育課程の基準は、各州の文部省が定める学習指導要領である。しかし、それは極めて多様である。この学習指導要領は、まず州ごとによって異なり、さらに学校の種類、学年、教科・科目によって異なっている。それは学習指導要領の内容ばかりではなく、同じ

州の同じ種類の学校であっても、教科・科目によってその改訂年度も異なることが多い。したがって、ドイツ全体の科学教育改革、教育課程改革を学習指導要領のレベルで確定することは極めて困難である。無論、ドイツの教育改革が中央集権化の方向にあるとは言っても、日本の学習指導要領とは違って、ドイツ全体で統一した教育課程が実施されているのではない。



(出典：クリストフ・フール (天野正治、他訳)、『ドイツの学校と大学』、玉川大学出版会、1996、p.101)

図1 ドイツの教育制度の構造

表1 ノルトライン・ヴェストファーレン州の中等段階 I の時間割

| 基幹学校(H)、実科学校(R)、ギムナジウム(G) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|------|----|----|-----|-----|-----|
| 学習領域・教科 | 5学年 | | | 6学年 | | | 7学年 | | | 8学年 | | | 9学年 | | | 10学年 | | | 計 | | |
| | H | R | G | H | R | G | H | R | G | H | R | G | H | R | G | H | R | G | H | R | G |
| 1. 必修授業 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 ドイツ語 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 26 | 24 | 22 |
| 1.2 社会科 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 20 | 23 | 23 |
| 1.3 数学 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 24 | 24 | 22 |
| 1.4 自然科学 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 3 | 2 | 4 | 5 | 4 | 4 | 5 | 19 | 23 | 23 |
| 1.5 外国語 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 8 | 4 | 4 | 8 | 3 | 4 | 6 | 3 | 4 | 6 | 24 | 26 | 38 |
| 1.6 労働科(技術・経済・家政) | - | - | - | - | - | - | 3 | - | - | 3 | - | - | 2 | - | - | 4 | - | - | 12 | - | - |
| 1.7 音楽・美術・工作・織物 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 4 | 2 | 16 | 22 | 18 |
| 1.8 宗教科 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 12 | 12 | 12 |
| 1.9 体育 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 18 | 18 | 18 |
| 2. 選択必修授業 | - | - | - | - | - | - | 2 | 3 | - | 2 | 3 | - | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 | 10 | 12 | 8 |
| 3. オリエンテーションの時間 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 | 2 | 2 |
| 4. 強化授業 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 | - | - | 3 | - | - | 6 | - | - |
| 計 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 31 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | 186 | 186 | 186 |

表2 バーデン・ヴェテンベルグ州の数学・自然科学ギムナジウムの時間割

| 教科 | 学 年 | | | | | | |
|--------------------|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 宗教科 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| ドイツ語 | 5 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 地理 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 歴史 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 社会 | | | | | | 2 | 2 |
| 英語・フランス語 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| 英語・フランス語・ラテン語・ロシア語 | | | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 数学 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 物理 | | | | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 化学 | | | | | 2 | 2 | 2 |
| 生物 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 体育 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 音楽 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 造形 | 2 | 2 | 2 | | 2 | 2 | 1 |
| 倫理 ¹⁾ | | | | (2) | (2) | (2) | (2) |
| 計 | 29 | 29 | 32 | 33 | 32 | 33 | 35 |

共同活動

支援・促進措置：第5・6学年でそれぞれ週2時間。

支援・促進措置と共同活動への参加は、通常、合わせて週3時間を超えてはならない。

週1時間の教科は、通年ではなく、週2時間で1学期間提供することも可能である。

1) 宗教の授業を受けない生徒のための教科

表3 バイエルン州の基幹学校の時間割（必修教科のみ）

| 学 年 | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. |
|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 1 必修教科 | | | | | |
| 1.1 宗教科 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.2 ドイツ語 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 |
| 1.3 英語 | 4 | 4 | 3 | - | - |
| 1.4 数学 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 1.5 物理・化学 | - | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 1.6 生物 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.7 歴史 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 1.8 地理 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1.9 育児科 | - | - | - | 1 | 1 |
| 1.10 社会 | - | - | - | 1 | 1 |
| 1.11 労働科 | - | - | 1 | 2 | 2 |
| 1.12 家政 | - | - | 2 | - | - |
| 1.13 体育 | 2+2 ¹⁾ | 2+2 ¹⁾ | 2+2 ¹⁾ | 2+2 ¹⁾ | 2+2 ¹⁾ |
| 1.14 音楽 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 1.15 美術 | 2 | 2 | - | - | - |
| 必修教科領域の時数 | 28+2 ¹⁾ | 28+2 ¹⁾ | 28+2 ¹⁾ | 25+2 ¹⁾ | 25+2 ¹⁾ |

(表1-3の出典：クリストフ・フェール(天野正治、他訳)、『ドイツの学校と大学』、玉川大学出版会、1996、pp.296-303)

2. 現代の科学教育改革：TIMSSの結果への対応

(1) 科学教育諸団体の共同声明：「21世紀の入口に立つ数学・自然科学陶冶」

TIMSSの結果に対してドイツの科学及び科学教育関連の団体が1998年に基本的立場を表明した。この声明が、「21世紀の入口に立つ数学・自然科学陶冶」¹¹⁾である。これは科学及び科学教育に関連した団体の共同声明の形をとったものである。この共同声明に参画したのは、ドイツ数学自然科学振興協会（MNU：Deutscher Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht）、数学—自然科学学部会議（MNFT：Mathematische-naturwissenschaftlicher Fakultätentag）、ドイツ自然科学者と医者との会（GDNÄ：Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte）、ドイツ数学者連合（DMV：Deutsche Mathematiker-Vereinigung）、ドイツ生物学者連盟（VDBiol：Verband Deutscher Biologen）、ドイツ化学会（GDCh：Gesellschaft Deutsche Chemiker）、ドイツ物理学会（DPG：Deutsche Physikalische Gesellschaft）、自然科学と数学の教科教育学研究会（AFNM：Arbeitsgemeinschaft Fachdidaktik der Naturwissenschaften und der Mathematik）、数学教育学会（GDM：Gesellschaft für Didaktik der Mathematik）、化学・物理教育学会（GDCP：Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik）の10の団体である。

前述のようにTIMSSの結果によって、ドイツの生徒の数学と自然科学の成績が、世間が期待しているよりも悪く、ドイツの青少年が将来のさまざまな要求を克服するには十分でないことが判明した。その原因は、教授（授業）自体とともに、学校内外の数学、自然科学、教育一般の認め方、評価、分かりにくさに帰されている。この声明は、21世紀の数学・科学教育の全体的な方向性を展望するもので、科学教育の意義、学校における科学教育の条件、教員養成と教員の研修等、5項目に及んでいる。それぞれの提案の根拠については詳しく述べられていないので、ここでは主要点のみを箇条書き的に示し、必要に応じて若干の説明を加えることにする。これらを踏まえてドイツの科学教育関連諸団体の提案する21世紀の科学教育像の特徴を指摘する。

ところで、表題が示しているようにこの声明にはもともと数学教育についての議論も含まれているが、ここでは科学教育についての議論に限定する。なお数学教育に関する声明の内容についてはすでに國本が詳細に論じているのでそちらを参照されたい¹²⁾。

(2) 21世紀の科学教育像の提案

① 科学教育の意義

科学教育の意義は、社会の継続的発展への寄与、職業と学問への寄与、及び一般陶冶への寄与の3つの観点から論じられ、主要な意義として次の4点が指摘されている。

- 科学教育は市民の民主的な意見形成と強化に本質的に寄与する。
- 自然科学では、研究の対象と方法が世界中で一致しているゆえに、自然科学に熱心に取り組むことはそれと同時に国際的な共同や意志疎通に役立つ。
- 職業と学問のための確固とした基礎を提供する。すべての市民は、科学的な認識獲得の目的、方法、及び結果をその限界も含めてわからなければならないが、特に現代の娯楽メディア、コミュニケーション・メディア、仕事メディアとの批判的なかわりには、自然科学的技術的理解を必要とする。科学教育は、一方では科学領域以外の職業及び学問に進む生徒の要求に方向づけられなければならないし、他方では、卒業後、数学・自然科学ないし技術的な学問や職業を選択する生徒に確固とした基礎を提供しなければならないのである。

○科学的態度や方法、専門的知識を個人的及び社会的責任構造の中へ位置づけることによって、科学教育は生徒の人格の発展に寄与する。ヨーロッパの文化、生活様式、生活の質、福祉の発展が本質的な部分において、技術、医療、農業の基礎としての科学の認識に基づいている。こうした科学の発展が精神科学、経済学、社会科学の多くの領域をも特徴づけている。自然科学的、技術的、エコロジ的、経済的、人口統計学的連関のネットワーク化を見ると、科学教育が現実のそして長期の問題の根本的理解を生み出すことに本質的な貢献をする。それで自然科学は、価値決定（Wert-Entscheidungen）についての合理的な議論に対する基礎をも造るのである。

全体的に言えば、科学教育は、次の様な相互に関連した能力育成に不可欠の寄与をするのである。すなわち、専門的能力（例えば、個人や社会の具体的問題を解決するための専門的知識の基礎、事実性（Sachlichkeit）への準備）、学習能力（例えば、題や対立に即した学習の準備と能力、知識欲）、思考力（例えば、抽象化能力、記号言語、公式の獲得、思考モデルとのかかわりにおける確実さ、論理的推論能力、創造力）、科学論的能力（例えば、科学の体系への洞察、疑似科学とえせ科学及びイデオロギーの区別、科学、技術、芸術、哲学、宗教とかかわる準備と能力）、言語能力（例えば、母国語及び専門語的表現の確実さ、外国語（特に英語）、公用語、コミュニケーションの喜び）、健康を維持する能力（例えば、正しい健康概念、プロセスとしての健康、健康維持の喜び）、環境能力（例えば、環境における状態と変化についての気づきと評価、あらゆる生活領域における環境にふさわしい行動）、社会的能力（例えば、共同社会における活動能力、コミュニケーション能力と共同能力）、倫理的能力（例えば、規範の知識、規範反省能力、決定能力、引責の覚悟）、道具を使う能力（例えば、実験能力、利用能力、コンピュータ技術、グラフ作成能力）である。このように極めて多様な能力の育成が目指されている。

②科学教育における教科横断的教科結合的活動

科学教育は、個々のディスプリンに依拠し、またその専門に固有な方法を伝達する3つの教科、つまり生物、化学、物理に分けられる。ディスプリンの専門的知識は、信頼における基礎である。それにもとづいて教科横断的学習が、複合的で相互関連した自然や技術の問題の理解に貢献する。これによつて、科学教育は、各専門固有の知識を他のディスプリンの視点と結びけるといふその陶冶課題を果たすのである。こうして、前述の一般的な環境や健康に関する能力の育成も可能になるのである。いうまでもなく、このディスプリンの結合は科学領域に限定されるのではなく、学習者の生活環境全体をカバーする多くのディスプリンと結びつけられるべきである。他方、自然諸科学が我々の文明の発展過程においてどのように世界像や生活条件を特徴づけてきており、さらに影響を及ぼしているのかを明らかにするには、科学と技術の歴史的観点を範例的に強調することも必要である。教科横断的活動のさらに進んだ形式を基礎的な教科教授と意味深く連関づけて範例的に実現することが中等段階Ⅱにおいても不可欠である。長期間あるいは短期間、教科横断的に活動すべきである。これによって、諸教科の特徴的思考様式や研究様式が特にはっきりするからである。

③科学教育の条件

科学教育がその目標を達成するには次の諸条件が満たされる必要がある。

○自然科学の3教科、つまり生物、化学、物理を維持する。

○科学は、数学を合わせて、時代に合った教育の本質的な構成要素として、合わせて全授業時間

の1/3を必要としている。

- 生物、化学、物理の3つの自然科学において、できる限り早期に授業が始められ、そして中断なく、少なくともそれぞれ週2時間、学校時代が終わるまで、ないしギムナジウムの上級段階のコースシステムの始まりまで続けられなければならない。したがって、自然科学全体としては、ギムナジウムの上級段階になるまで（日本の高校1年まで）全学年を通じて週あたり6時間の授業時間が割り当てられなければならない。
- ギムナジウム上級段階において一教科に限定された狭い科学教育ではなく、ある程度広がりのある科学教育が求められる。そこで、3つの教科、生物、化学、物理のうち少なくとも二つを課すことが必要である。さらに、上級段階のコースシステムにおいても教科横断的活動を強化することが無条件に必要である。
- 科学教育において、生徒実験を安全に実施するための組織論的条件がつくられ、ないし今日の通常の多人数学級（25人程度）に考慮して新たに考えられなければならない。
- TIMSSの結果によれば、ドイツの教師は国際比較においてもっとも高齢に属している。文部行政は、教科教師の適切な年齢構造が再び作り出されるよう是非とも配慮しなければならない。それゆえ、今日若い教師を新たに採用することが是非とも必要なのである。これによつて将来の生徒数の増加（「生徒の山」）と近い将来の教科教師不足に対処することができ、若い教師の新鮮な取り組みと革新ポテンシャルを学校のために活用することができるのである。
- 学校は、安全性に適った理科室ないし演示実験や生徒実験にとつて十分な設備を備えなければならない。当初の設備と並んで、その後の消耗や耐用過ぎを継続的に補完する財政的裏付けがなければならない。人件費について、およそ100マルクと評価されている1授業時間が、教材に関して2、3マルクが足りないために成果を上げずに失敗してはならない。科学教育の教材については、人件費の5%の額が必要なのである。それに加えて、マルチメディアと現代的なコミュニケーション手段の活用のために財政的保障が必要である。

④科学教師の養成と研修

- 専門能力及び専門科学的資質、教科教育学的資質、教育科学的資質を保障するためにアカデミックな大学における教員養成の第一段階を維持する。
- 教員養成期間において教科横断的な学習内容にたいして十分配慮する。
- 研修機関へ定期的に教師が参加するために義務規定を設ける。

(3) 21世紀の科学教育像の特徴

さて、日本の理科教育の現状と比較しつつ、ドイツの科学教育関連団体が提案する21世紀の科学教育像の特徴を抽出すれば、次のようにまとめることができよう。まず、科学教育は、社会の継続的発展、職業と学問への基礎の確保、及び一般陶冶（人間形成）に寄与し、多様な能力を育成するという意義を持っているし、期待されている。この意義を実現するために生物、化学、物理の三教科分科体制を維持しつつ、現代社会及び生徒の要請に応えるべく教科横断的結合的学習内容をも重視し、高校1年までの全学年で週あたり6時間の授業時間を確保し、生徒実験を充実するための物的、人的、財政的保障が必要である。また一方で、この科学教育実現のために多様な資質の育成を保障する科学教師の養成と研修が必要としている。

3. 連邦の科学教育改革：BLKの「数学－自然科学教授の効果向上」促進プログラム中間答申

TIMSSの結果への対応は科学教育関連団体ばかりではない。各邦レベルでも対応している。例えば、ノルトライン・ヴェストファーレンの文部省は、『数学及び自然科学・技術の課題領域への勇氣－TIMSSからの課題－』¹³⁾ (1998.11)を公表し、TIMSSの解説とともに時代に合った数学・自然科学教授の提案をおこなっている。一方、連邦教育科学省も対応に乗り出している。連邦教育科学省の委託を受けた、「教育計画及び研究促進連邦各州委員会」(BLK)の研究グループが「数学－自然科学教授の効果向上」(Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht)促進プログラムの中間答申(1997.11)を行った。この答申は、学校に即した教授のさらなる発展のための最初の内容的な手がかりを与えたものである。もともとドイツでは、教育の権限(文化高権)は各邦に委ねられており、科学教育に関して連邦レベルがこうした統一的な答申をするのはむしろ異例なことであった。

研究グループは、「数学－自然科学教授の効果向上」プログラムの準備のための専門的所見をまとめるために、教育実践家、教育学者、教員養成関係者、教育行政家、心理学者、教科教育学関係の専門家から構成された。そこには、教授と学習についての多岐にわたる基本的立場が表明されている。各教科(数学、物理、化学、生物)の問題点と解決の起点から、目標についてのコンセンサス、教科学習、教科を越えた学習、状況的学習(Situierendes Lernen、現実に近接し生徒にとって本当に重要な状況の中での学習)、動機づけと関心、教職の専門性等々にまで及んでいる。すでに1998年の秋までに180校がモデルケースプログラムを開始している。

その内容を物理教授の場合でみておこう。まず、現在の物理教授の問題点として次の5点を指摘している。すなわち、まず第一に、教育課程と学校現実の乖離である。つまり1984年の調査においてもすでに判明していたが、物理学という学問を学校の水準に変形しているだけで、生徒の生活、地域社会の問題についてめったに認識させていないのである。第二に、教授内容と生徒の関心との不一致である。第三に、教授構成に当たって女子生徒に取り立てて関心を払わないこと、女子生徒の軽視である。第四に、教授の効果があがっていないことである。第五に数学や化学の内容との間に関連が不足していることである。

今後の物理教授の目標をも提案している。それは次の5つの側面からなっている。すなわち、まず、「科学としての物理学」である。つまり専門科学としての物理学の教授という側面である。次に、「社会的重要性における物理学」である。この側面には、自然科学と技術、経済的發展との緊密なかかわりを認識・判断したり、科学・技術の発展・革新を注意深くフォローしたり、自然的・社会的環境に及ぼす物理学の影響を理解し判断する広範な観念が属している。

第三の側面は、「日常生活における技術的対象の理解手段としての物理学」である。日常生活の中にある科学を応用した技術的所産を理解する基礎としての物理学の意義である。第四の側面は、「感性的経験を豊かにすることとしての物理学」である。これは、自然・技術的環境と取り組む経験が、驚き・魅力、あるいは懸念、反感をももたらす、また肯定的な感情を伴う経験は認識上の好奇心や関心の出発点である、という認識に立ち、このような個人的体験や情緒的にかかわりも物理教授の正当な一部として捉えるものである。さらに「職業活動の基礎としての物理学」の側面は、職業活動を円滑に行ううえでの基礎となるという意味での物理学の意義である。ここで標榜されている目標は、アカデミックな専門科学的能力の育成とともに、日常生活・社会生活・職業生活の基礎教養としての物理学の知識やその社会的意味を理解し関連の社会的行動を可能にする社会的能力の

基礎の育成であり、物理学をとおした個人的な情緒的感性的側面の充実化である。わが国の理科教育の目標と比較すると、将来の職業や個人の精神的感性的な豊かさをも射程に入れていることが特筆されるべきである。

科学教育の教授一般に関連した指針としては、現代の学習論の動向をも反映して、次の11点が提起されている。

1. 数学—自然科学教授の一層の課題開発
2. 自然科学的活動
3. 誤りから学ぶ
4. 基礎知識の確保—種々の水準での完全に理解する学習
5. 能力の伸長を経験させる。：「累積的学習」(Kumulative Lemen)……自立的で実り多い学習の継続と発展の最善の前提である能力伸長の経験である。そしてその前提となるものが、教材の一貫した累積的順序である。自然科学教授は、以前の、今の、将来の学習内容の間に作り出される垂直的なつながりによって一貫性を獲得する。
6. 専門(教科)の限界を経験させる。：諸教科がクロスし諸教科が結びついた活動。
7. 女子生徒と男子生徒〔両者〕の促進
8. 生徒の協同のための課題の開発
9. 自己の学習に対する責任を強化する。
10. 査定する。：能力伸長を把握しフィードバックする。
11. 学校の内部における質の確保と各学校を越えたスタンダードの開発¹⁴⁾

4. 科学教育課程の現状：1990年代の物理教授

1990年代の科学教育課程、したがって最近の改革以前のドイツ全体(旧西ドイツの州)の教育課程の現状と特質を物理教授を例にしたシュルト(Schuldt, C.)の分析¹⁵⁾によりながら見てみよう。

(1) 時間割

まず、中等段階Ⅰの物理教授についてみてみよう。週あたりの授業時間数はドイツ全体で統一されてはいない。州により大きな幅がある。しかも、物理を学習する学年も統一されてはいないのである。中等段階Ⅰ全体の週授業時間数の合計では、7~8時間が主ではあるが、州により3~11時間までの幅がある。バイエルンとバーデン・ヴェルテンベルクは時間数が少ないし、プレーメン、ハンブルク、ラインラント・ファルツにおける物理教授には中断がある。つまり、すでに開始されている物理教授がある学年で全く行われなという事態が生じているのである。

ヘッセン、ラインラント・ファルツ、ベルリンは、合計6~7時間であるが、これも深い理解を保障するには不十分である、と指摘されている。ドイツ物理学会の請願(1980)と「物理の教科課程編成促進連盟」(Fördevereins zur Gestaltung von Physiklehrpläne)の勧告(1983)は、5学年あるいは6学年で開始し、週あたり2時間で中断なく7~10学年の一貫した物理教授を計画していた。

中等段階Ⅱの前半には中等段階Ⅰと同様に違いがある。シュレスヴィヒ・ホルシュタインでは、たとえば三つの自然科学のうちの二つを選ぶことだけが義務づけられているが、ハンブルグでは三つの自然科学全部が義務的に課されている。さらに、二三の州ではすでに予備段階で基礎コースと重点コースの分化が始まるが(例えば、ヘッセン、ラインラント・ファルツ、シュレスヴィヒ・ホルシュタイン)、他の州は(ハンブルグ)選択を1年間だけ延ばしている。しないでおいている。

一般的な傾向は、11 学年で三つの自然科学のうち二つを必修にすることになっている。そしてそのうち 12 学年と 13 学年で一つを継続する。

表 4 州別物理教授の週授業時間数

| 州 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 計 |
|-----|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| BW | - | - | - | 2 | 1 | 1-2 | 4-5 |
| BAY | - | - | - | 0-2 | 1-2 | 2-3 | 3-7 |
| BER | 基礎学校 | | - | 2 | 2 | 2 | 6 |
| BRE | 3自然科学 | 3自然科学 | 1 | 2 | - | 2 | 7 |
| HAM | - | 2 | - | 2 | 2 | 2 | 8 |
| HES | - | - | 2 | 1 | 1 | 2 | 6 |
| NS | 1物理・化学 | 1物理・化学 | 1 | 2 | 2 | 2 | 8 |
| NRW | - | 4-5自然科学 | 2-3自然科学 | 4-5自然科学 | 5-6自然科学 | 4-5自然科学 | 19-24自然科学 |
| RP | 1物理・化学 | 1物理・化学 | - | 2 | 2 | 1-2 | 6-7 |
| SA | - | - | 2 | 2 | 1-3 | 2-4 | 7-11 |
| SH | - | - | 2 | 2 | 2 | 2 | 8 |

1972 年以來の常設文部大臣会議 (KMK) の統一化に基づいた学校組織論的な変化は、ザールブリッケン枠組み協定と比べて自然科学教授の顕著な低下に導かなかった。しかし実践では、これは生物と化学の選択者は増加したが、物理の選択者は激減した。生徒の約 30% が、前もつて自然科学的部門を選択したが、重点コースに進むのは約 15% である。これに基礎コース領域の生徒の約 25% が加わるが、結局、60% の生徒は、物理を全く選択しないのである。

(2) 教授目標

まず中等段階 I の物理教授の目標を見てみよう。各州の物理教授の目標はその表現形式、内容等々について全く同一ではないが、無論、そこには共通性がある。それは次の 5 つの概念に整理される。

概念 A: 「物理と社会」では、自然科学的・技術的發展と経済的發展との間の関連が考察されるべきである。

概念 B: 「物理と日常」は、物理学的陶冶は技術的客体のより良い理解に寄与すべきである。

概念 C: 「体験としての物理学」は、自然と技術に対して人間がとる態度やそれらに対する人間の感情を明らかにすることができる。しかしまた物理学の研究の独自の体験もここに属している。

概念 D: 「物理学と方法」は、世界とその中で支配している法則性についての適切なイメージの構築を通して自然科学の知識財を伝達する。

概念 E: 「物理学と職業」は、種々の職業のための基礎的知識を伝達する。

物理教授の実際は、とりわけ概念Dの内容的な構成要素と部分的には概念Eの内容的な構成要素に優先権を与えている。概念Bはもっとも早く動機づけに利用される。概念Cは、「潜在的カリキュラム」の意味で利用され、概念Aについては教授の中ではおそらく一番配慮されていない。というのは、教師は物理と社会についてその養成の間にはほとんど何も聞かなかったし、教科書もほとんど助けにはならないからである。

これらの概念は、諸団体（ドイツ物理学会（DBG）1980、ドイツ数学自然科学振興協会（MNU）1983、1988）のさまざまな要請（請願）において同じように見いだされる。そうした諸団体は、構想Dにおいては内容的な観点というよりもむしろ方法的観点に目を向けている。つまり、教授は、自然科学的思考様式と方法を範例的に示すべきである。そのために、DGPが典型的と見なしているのは、観察と思考上の処理との相互作用、再生可能な諸条件のもとでの経験的事実を獲得すること、本質的なものを維持して複合的な事態を単純化すること（理想化）、データを法則性及びモデルに転換すること、理論の定式化及び意図的な実験によるその検証、法則の妥当な範囲を探究すること、である。

中等段階Ⅱの物理教授の目標も、中等段階Ⅰの物理教授が追究している目標の延長線上にあるが、無論、拡張され、深化される。当該の勧告から明らかなように（MNU、1980、1983、DPG、1980）特にモデル概念の科学論的深化、物理学的言説と理論の妥当性の範囲の探究、仮説の形成（発明）と仮説の検証、終には歴史的な構成要素と並んで、自然認識の個別的方法について知ることがとりわけ前面に出ている。物理教授が魅力を獲得するように、技術と境界テーマがもっと扱われなければならないと再三強調されている。中等段階Ⅰよりも強力に、例えばエネルギー、振動と波動、物質の構成、粒子と場の様な通常の視点が前面に出るべきである、とされる。

(3) 教授内容

中等段階Ⅰ（全州）及び中等段階Ⅱ（ハンブルクとノルトライン・ヴェストファーレン州）の物理教授の内容項目は表5及び表6にそれぞれ示されている。前述のように、週あたりの授業時間数が州により異なっている、という事態は、内容の多様性ではなく、各学年段階への内容の配分とそれに関連して基礎にある教授学的構想の違いとして現れている。とはいえ、半数の州において、内容の半分が同一学年に配分されているという統一性が存在している。特に、原子と核物理学が10学年に配分されている点に大きな共通性がある。ただし、確かに生徒にとって関心のあるまた社会的に重要なこうした領域がラインラント・プファルツやザールランドにおいては、全く計画されていない。

まとまりのあるブロックとして光学を早期に教授するという傾向がある。それは、光学は極めてたやすく定性的に扱うことができるからである。力学（エネルギー含む）と熱学もまたまとまりのあるブロックとして優先されている。これに対して電気論は概ね多数の学年に区分されている（ベルリン：9学年、ノルトライン・ヴェストファーレン：10学年を除く、したがって相対的に遅い）。というのは、電気論が質的によく扱われうる部分を含んでいるからであり、また、抽象的部分（例えば電圧の概念）も、そして高度に数学的な努力を必要とする部分を含んでいるからである。したがって、1960年代末のアメリカのカリキュラム研究との関連で宣伝されたスパイラルカリキュラムの痕跡は今日電気論の領域しかないのである。

同時にこのようなまとまりのあるブロックとしての扱いは、主に物理学の古典的な区分に方向づけられていることを示している。エネルギー原理、保存概念、場概念、不連続性の原理などのよう

表5 中等段階Ⅰの物理教授の内容と学年(州別)

| 区分 | テーマ領域 | 州 | | | | | | | | | | | 6州以上で同一学年 | 4-6州以上で同一学年 | 重点なし |
|-----|---------------------|----|------|-----|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|----|-----------------|-----------------|-----------|-------------|------|
| | | BW | BA | BE | BR | HA | HE | NS | NW | RP | SA | SH | | | |
| M1 | エネルギー | 8 | 9/10 | 8/9 | 5 | 6/8 | 9/10 | 9/10 | 9/10 | 8 | 9 | 8/10 | | | X |
| M2 | 仕事 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | 9/10 | 8 | 9/10 | 8 | 9 | 8 | 8 | | |
| M3 | 仕事率 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | 9/10 | - | 9/10 | 8 | 10 | 8 | | 8 | |
| M4 | 力学的な振動と波動 | - | - | 10 | - | - | - | - | - | 10 | - | - | | | |
| M5 | 直線運動 | | 8 | - | 10 | - | 9/10 | 10 | 8 | - | 7 | 7 | | | |
| M6 | 力、重力 | 8 | 8 | 8 | 7/8 | 8 | 9/10 | 8 | 8 | 6 | 7/8 | 7/8 | | 8 | |
| M7 | 簡単な力学的な機械 | | 8/9 | 8 | 8 | 8 | 9/10 | 8 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | | |
| M8 | 圧力、浮力 | 10 | 8 | 8 | 7 | 10 | 9/10 | 9 | 8 | 9 | 7 | 8 | | 8 | |
| O1 | 光の伝播、影、反射 | 9 | 9 | 8 | 6 | 8 | 6 | 7 | 5/8 | 7 | 8 | 7 | | | X |
| O2 | 光の屈折、レンズ | 9 | 9 | 8 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 | 7 | 8 | 9 | | 8 | |
| O3 | 簡単な光学装置 | 9 | 9 | 8 | 7 | 9/10 ^x | 7 | 8 | 5/8 | 7 | 8 | 9 | | 8 | |
| O4 | 光のスペクトル | 9 | 9 | 8 | 7 | 9/10 ^x | 7 | 8 | 8 | 7 | 8 | 9 | | 8 | |
| O5 | 波動光学 | - | - | 10 | - | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| W1 | 温度と熱膨張 | 8 | 9 | 7 | 5/8 | 6/9 | 7 | 5/6 | 9 | 5 | 8 | 7 | | | X |
| W2 | 熱の伝播 | 8 | 9 | 8 | 6 | 6 | 7 | 5/6 | 9 | 10 | 9 ^x | 7 | | | X |
| W3 | 熱エネルギーと熱機関 | 8 | 9 | 8 | 6/10 | 9 | 9 | 10 | 9 | 10 | 9 | 10 | | 9 | |
| W4 | 粒子モデル | - | 9 | 7 | 8 | - | 7 | 5/6 ^x | 9 | 10 | 9 | 8 | | | |
| W5 | 気体の法則 | - | 9 | - | - | 10 | - | - | 9 | 9 | 9 | - | | | |
| A1 | 原子の構造、 原子モデル、素粒子 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | - | - | 10 ^x | - | - | 10 | | 10 | |
| A2 | 放射線 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | - | 10 | 10 ^x | - | - | 10 | 10 | | |
| A3 | 核エネルギーと原子力 発電所 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9/10 ^x | 10 | 10 ^x | - | - | 10 | 10 | | |
| E1 | 簡単な電流回路 | 9 | 8 | 5/6 | 5 | 6 | 7 | 5/6 | 5 | 5 | 7 | 8 | | | X |
| E2 | 電流 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 7 | 7 | 10 | 8 | 7 | 8/9 | | 8 | |
| E3 | 電圧 | 9 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 10 | 8 | 7 | 9 | | 8 | |
| E4 | 電気抵抗 | 9 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 10 | 9 | 7 | 9 | | 9 | |
| E5 | 誘導、発電機 | 10 | 10 | 9 | 10 | 9/10 ^x | 8 | 9 | 10 ^x | 9 | 10 | 9 | | 9/10 | |
| E6 | 変圧器 | 10 | 10 | 9 | 10 | 9/10 ^x | 8 | 9 | 10 ^x | 9 | 10 | 9 | | 9/10 | |
| E7 | 通電導線の磁場 | 10 | 10 | 9 | 10 | 8 | 7 | 7 | 10 | 9 | 10 | 8 | | 10 | |
| E8 | 並列と直列 | 10 | 10 | 9 | - | 9/10 ^x | 8 | 8 | 10 | 9 | 10 | 9 | | 10 | |
| E9 | 電力と仕事 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9/10 | 10 | 10 | 8 | 10 | 10 | | 9/10 | |
| E10 | 通信技術の基礎 | - | 10 | 9 | 10 ^x | - | - | - | - | - | - | 10 ^x | | | |
| E11 | モーター | 10 | 10 | 9 | 10 | 8 | - | 9 | 10 ^x | 9 | 10 | 8 | | 10 | |
| E12 | 静電学 | 9 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8 | - | 10 | 8 | 10 | 9 | | 8/9 | |
| E13 | 磁気 | 9 | 8/10 | 9 | 10 | 8 | 6 | 5/6 | 10 | 6 | 7 | 7 | | | X |
| E14 | 半導体 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 ^x | 8 | - | 10 ^x | 10 | 10 ^x | 9 | | 10 | |
| E15 | 電子管 | 9 | 10 | - | - | - | 8 | - | - | 10 | - | - | | | |
| E16 | 電磁振動と波動 | - | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | 10 ^x | | | |
| S1 | 音響学 | 8 | - | 10 | 8 | 6 | - | - | - | 10 | 9 ^x | 7 | | | |
| S2 | 水について | - | - | - | - | 6 | - | 5/6 | (8) | 5 | 8/9 | - | | | |
| S3 | エネルギー変換 | 8 | 9 | 8/9 | 5/10 | 8/9 | 9/10 | 10 | 9 | 8 | 9 | 10 | | | |
| S4 | データ処理の基礎 | - | - | - | 10 ^x | - | 9/10 | - | - | - | - | 10 ^x | | | |

表6 中等段階Ⅱにおける物理教授の内容

| 学年 | ハンブルク (基礎コース) | ノルトライン・ヴェスト ファーレン (基礎コース) | ハンブルク (重点コース) | ノルトライン・ヴェ ストファーレン (重点コース) |
|------|--|---|--|---|
| 11-1 | 1.質点の直線運動 2.エネルギーと力積、保存則 3.力学的波動と音 4.静電気の場 5.質点の振動 6.多数の振動の共作用 | 力学： ・直線運動の運動学 ・直線運動の動力学 ・エネルギーと仕事 ・投射運動 ・円運動 ・剛体の回転 ・力学的振動 ・一元的及び二元的波動 | 1.質点の直線運動 2.エネルギーと力積、保存則 3.力学的波動と音 4.静電気の場 5.質点の振動 6.多数の振動の共作用 | 力学： ・直線運動の運動学 ・直線運動の動力学 ・エネルギーと仕事 ・投射運動 ・円運動 ・剛体の回転 ・力学的振動 ・一元的及び二元的波動 |
| 11-2 | 7.曲線軌道に沿った質点の運動 8.重力 9.回転運動 10.自由軸の周りの運動 11.回転振動 12.気体 [分子] 運動論 13.物質の熱的な特性 14.光波、回折、干渉 | ・音波 音響学 ・重力 ・物質の熱的特性 ・気体 [分子] 運動論 ・内部エネルギー、熱と仕事 | 7.曲線軌道に沿った質点の運動 8.重力 9.回転運動 10.自由軸の周りの運動 11.回転振動 12.気体 [分子] 運動論 13.物質の熱的な特性 14.光波、回折、干渉 | ・音波、音響学 ・重力 ・物質の熱的特性 ・気体 [分子] 運動論 ・内部エネルギー、熱と仕事 |
| 12-1 | 15.電場 16.磁場 17.電磁誘導 18.電磁場、深化 19.交流回路 20.電気振動 21.電磁スペクトル 22.気体及び液体中の荷電粒子の移動 23.電磁場における自由荷電粒子 | 電気学： ・電荷と電場 ・電荷の運動と磁場 ・電場及び磁場における荷電粒子 ・電磁誘導 ・自己誘導 ・誘導の技術的応用 ・交流 ・電磁振動 ・電磁波の発生と伝搬 | 15.電場 16.磁場 17.電磁誘導 18.電磁場、深化 19.交流 20.電気振動 21.電磁スペクトル 22.気体及び液体中の荷電粒子の移動 23.電磁場における自由荷電粒子 | 電気学： ・電荷と電場 ・電荷の運動と磁場 ・電場及び磁場における荷電粒子 ・電磁誘導 ・自己誘導 ・誘導の技術的応用 ・交流回路 ・電磁振動 ・電磁波の発生と伝搬 ・光波 ・電気の伝動現象 ・エレクトロニクス |
| 12-2 | 24.固体の構造 25.固体における荷電粒子の移動 26.量子的な吸収とエネルギー放出 27.二元論 28.物質の原子構造と原子モデル | 波動： ・光波 ・電気の伝動現象 ・エレクトロニクス 原子論 ・光量子 ・原子のエネルギー状態 ・物質の波動構造 ・原子モデル ・原子の構成と周期律 | 24.固体の構造 25.固体における荷電粒子の移動 26.量子的な吸収とエネルギー放出 27.二元論 28.物質の原子構造と原子モデル | 原子論 ・光量子 ・原子のエネルギー状態 ・物質の波動構造 ・原子モデル ・原子の構成と周期律 |
| 13-1 | 29.自然の放射能と人工的な放射能 30.核エネルギーと核技術 31.素粒子 32.特殊相対性理論 | ・核過程 ・原子核モデル ・核エネルギーとその作用 ・素粒子とその保存則 | 29.自然の放射能と人工的な放射能 30.核エネルギーと核技術 31.素粒子 32.特殊相対性理論 | ・核過程 ・原子核モデル ・核エネルギーとその作用 ・素粒子とその保存則 |
| 13-2 | 33.天体物理学 34.エレクトロニクス 35.歴史的哲学的深化 | | 33.天体物理学 34.エレクトロニクス 35.歴史的哲学的深化 | 種々の基礎コースのシーケンスが可能、一般的に次の順序 11.力学 12.電気学 13.原子論 |
| 備考 | コースは多数のテーマブロックから構成される。 | 種々の基礎コースのシーケンスが可能、一般的に次の順序 11.力学 12.電気学 13.原子論 | コースは多数のテーマブロックから構成される。 | |

な、統一的な（一貫した）視点、それはたとえそうした一貫した視点が物理学の種々さまざまな部分領域において論じられているにせよ、実践においてそれほど強力に顧慮されてはききかない。

中等段階Ⅱの教育課程の基準は、教授学的実験を認める極めて自由な、教師による授業形成が可能なハンブルク、種々のさまざまな前述のシークエンスからの選択するニーダーザクセン、ノルトライン・ヴェストファーレン、そして強力に規定された計画をもつバーデン・ヴェテンベルグ、バイエルン、ベルリン、ラインラント・ファルツなど多様である。

11 学年において、標準的なテーマはほとんど例外なく、力学、つまり運動学、エネルギー、力積である。この領域は、例えば、重力、振動、波動、光学、熱学あるいは電場によってもいろいろと強化されている。

12、13 学年の重点領域においては、振動と波動、光学、電場と磁場、量子物理学と核物理学を含めた原子物理学がほとんどの州も扱われている。現れている。相対性理論はほとんど扱われていない。熱学はむしろ周辺的である。気体の運動論〔気体分子運動論〕が「物質の原子構造」という整理する視点のもとで価値をもつはずの原子論の基礎との関連におけるよりもむしろ、エネルギーとの関連において扱われる。同様の視点のもとで扱われうる「電磁場における運動電荷」というテーマはあまり重点的に扱われてはいない。

核物理学は、5 年前には標準的なテーマではなかったが、現在はどの州においても標準的なテーマに属している。他方、現代重要な固体物理学は、せいぜい選択テーマとして扱われるだけにすぎない。高エネルギー物理学、天体物理学、エレクトロニクスも同様である。こうした領域は、技術的なものか、あるいは世界の構造やその成立史にかかわっている。生徒はこれに対して関心を持ち、物理教授における扱いを期待している。それゆえ、このような領域を取り上げることが、ドイツ物理学会、ドイツ数学自然科学振興協会の請願にあるように物理に対する生徒の魅力増進に導びくことができるのである。

基礎コース領域において、重点領域におけるとほとんど同様のテーマが扱われるが、「痩せ衰えた」形に過ぎない。相対性理論は一般に破棄されている。すべての学年全体では、力学（11 学年）、電磁気学、波動（12 学年）、原子論（13 学年）という順序がほとんどいつも確認される。（表 5 及び表 6 参照）

5. ノルトライン・ヴェストファーレン州の新教育課程：「自然科学」

いくつかの州の学習指導要領の改定に伴って科学教育課程も改訂されつつある。その中で、特に議論的になっているのが、ノルトライン・ヴェストファーレン州の総合制学校（ゲザムトシューレ）の「自然科学」である。ここでは、現在改訂中の 1999 年 6 月版の「自然科学（物理、化学、生物）－構想－」¹⁶⁾ を見てみよう。

(1) 「自然科学」編成の 5 観点

この教育課程は次の 5 つの観点から編成されている。

1. 科学指向（Wissenschaftsorientierung）：専門の基本的な問題設定とパラダイムを代表的に示す専門の重点とそこに組み込まれる主要概念及び基本的な方法と接近様式によって方向づける。
2. 問題及び行動指向（Problem- und Handlungsorientierung）：「社会的なキー問題」（gesellschaftliche Schlüsselfragen）を自然、技術、環境の現在重要な課題・問題として社会的な

文脈で扱う。

3.学習指向としての生徒指向 (Schülerorientierung als Lernorientierung) : 生徒の個人的社会的な生活世界、日常の現実、知覚、思考様式を含め、一人ひとりの学習プロセス、生徒の関心と性向に目を向ける。

4.テーマ指向 (Themnorientierung) : フレームテーマ (Rahmenthemen) を設定し必修とする。

5.「自然」、「技術」、「環境」の視点指向: 自然科学の対象世界とあらゆる人間が生き、活動しているリアルな現実世界への観点を特徴づける。それらは互いに関連している。

さて第一の観点にある専門の重点としては、物理では、「放射と光」、「熱とエネルギー」、「力と運動」、「電流と磁気」が、化学では、「物質」、「反応」、「モデルと構造」、「日常生活における化学」が、生物では、「細胞と生命」、「制御」、「成長、共同、消滅」(Wachsen, Zusammenwirken, Vergehen)、「エコシステム」がそれぞれあげられている。

一方、第二の観点にある「社会的なキー問題」としては次の様な実に多様な問題が扱われる。

- 1.代替エネルギー: 風力のエネルギー、太陽エネルギー、水力のエネルギー、生物のエネルギー、代替エネルギーの限界、エネルギーの節約
- 2.核エネルギー: 原子炉類型、供給、輸送、放射
- 3.環境汚染物質の排出とごみ: 排気ガス、騒音、家庭及び産業のごみ、排水、回避、リサイクル
- 4.気候の変化: 温室効果、温室効果気体、森林伐採と砂漠化、海流の変化
- 5.オゾンホールのはじまりと結果: フロンガス、長期の結果、成層圏における反応メカニズム、家庭や産業における防止、紫外線の生命への影響、保護手段、国際協定の成立と効果
- 6.水: 浄化、過剰使用と温暖化
- 7.文明病: 栄養、健康、アレルギー、姿勢障害
- 8.中毒患者: たばこ、アルコール、麻薬、薬物、鎮静剤
- 9.新しい伝染病: エイズ、狂牛病、抵抗力
- 10.臓器移植と遺伝への他の人工的な干渉: 再生医学、クローン
- 11.種の保存: 種の多様性とエコロジックな多様性、有害生物の病虫害、害虫駆除、雑草と有用野菜の区別
- 12.遺伝子工学: 薬の開発と投与、農業における措置と結果、抵抗力、ヒトゲノムの分析と結果の評価
- 13.デジタル化: 特に、現実の感覚的知覚の獲得と喪失
- 14.エコロジー: 制御系、平衡、グローバル化とローカル化
- 15.世界の自然科学的観方: 資源としての自然の評価、手段としての自然の評価、ともにある世界 [共有世界] としての自然の評価

(2) フレームテーマの機能と例

「自然科学」編成の第4の観点にあるフレームテーマには次のような機能と特質がある。

- 1.必修である。
- 2.教科に分かれた教授にも学習領域教授にも当てはまり、学校の時間割における物理や化学の区別には無関係である。
- 3.個別教科における専門的学習が教科横断的にまた継続的に教科が結合するように互いに関連づけられることを保障する。

4.5-8 学年の教科横断的な学習領域教授の中で、物理、化学、生物の専門的な観点が有効に機能する。

5.教科の必修の一部を明示している。フレームテーマの一般的な記述の中に専門の重点と一般的な自然科学の方法に対する必修が示されている。さらに、それぞれのテーマの記述の中に個々の教科の特別な主要テーマに対する年齢に合った要求が明示されている。

6.概念とそれに結びついた観念の連続的発展がなされうるように相互に結びついている。こうした発達は、進行する学習過程に応じている。

○第一段階で、生徒はその環境を知覚し、観察し、現象論的な体験、気付いたもの〔知覚されたもの〕、観察されたことを整理の基準にしたがって構造化することを学ぶ。

○第二段階で、彼らは、そのように得られた認識を一般化し、法則において再び認識し、これを他の事態に応用することを学ぶのである。

○第三段階で、生徒達は、精選された例に即して自然科学、技術、社会、環境の相互作用に取り組むのである。この段階で、対象との自然科学的交流の特殊な形式としてのモデルの形成と応用も学ぶのである。

7.自然科学的認識の歴史的次元も考慮に入れている。

8.教科に分かれた教授にとって専門のテーマが、学習領域の教授にとって学習領域テーマがそれぞれフレームテーマに組み込まれる。

こうした機能・特質をもつフレームテーマとしては各学年ごとに次の様なものが提案されている。

<5、6 学年段階のフレームテーマ>

1. 「感覚と知覚」
2. 「ミクロコスモスにおける発見」
3. 「その環境における動植物」
4. 「身体と働き」
5. 「日常生活における物質」
6. 「気候と年周期」

<7、8 学年のフレームテーマ>

1. 「生命の基礎である水」
2. 「自然における移動と技術」
3. 「物質は変化しまた変化される」
4. 「地球の歴史」
5. 「自然と日常生活における電気」
6. 「日光と生命」
7. 「コミュニケーションと意志疎通」

<9、10 学年>

1. 「健康と病気」
2. 「エネルギーと環境」
3. 「進化と遺伝」
4. 「農業と食料生産」
5. 「生産の自然科学的基礎」
6. 「複合的なシステムにおける人間」

7. 「自然科学と社会」

(3) 「自然」、「技術」、「環境」の視点

さて「自然科学」の編成の第5の観点は、専門的テーマ（物・化・生のテーマ）及び学習領域テーマ（「自然科学」という物・化・生を包括する学習領域のテーマ）内容にとってその他の規定要因である。この観点が「自然」、「技術」、「環境」の3つの視点である。これらの視点は、自然科学の対象世界への視点であると同時に人間一人ひとりが生活し活動してるリアルな現実世界への視点でもある。それらは互いに関連している。教授の計画や実践に当たってこうした視点を強調することによって、このような相互関連性が具体的なテーマの中で重視されることになる。まず、「自然」の視点は、自然の生活共同体や生息圏、物質、その現象形態、物理的、化学的、生物学的作用連関についての理解、そしてその個人的・情緒的な受け取りを包括している。次に「技術」の視点は、自然科学的・技術的認識と経験を目的に応じて社会的にまた個人的に活用することを包括している。最後に「環境」の視点のなかでは、「現場」や日常生活で観察される現象や発展〔開発〕がグローバルなレベルでエコロジー的に重要な事象と関連づけられる。

(4) フレームテーマ：「自然科学と社会」の内容

9、10 学年の教科別教授におけるフレームテーマは以下の表の通りである。

表7 ノルトライン・ヴェストファーレン州の総合制学校の「自然科学」
9、10 学年のフレームテーマの教科別区分

| フレームテーマ | 物理 | 化学 | 生物 |
|----------------|------|----|----|
| 物質は変化し変化される | | | |
| 自然と日常生活における電気 | 9/10 | | |
| 健康と病気 | 9/10 | 10 | 9 |
| エネルギーと環境 | 9/10 | | 9 |
| 進化と遺伝 | | | 9 |
| 農業と食料生産 | | 10 | 9 |
| 生産の自然科学的基礎 | 9/10 | 10 | 9 |
| 複合的なシステムにおける人間 | 9/10 | | |
| 自然科学と社会 | 9/10 | 10 | 9 |

この表にある「自然科学と社会」というフレームテーマはどのような観点で構成されているのであろうか。(1)で述べた教育課程編成の5つの観点に即して見てみよう。まず、自然の視点としては、自然との交流やその利用の基礎になっている(社会的)自然像や自然理解を含み、技術の視点としては、事例に即して自然科学的認識や結果に対する政治的、経済的、あるいは軍事的利害関心を含み、環境の視点としては、自然科学的認識と、その技術的応用と、エコシステムへのその影響の間の相互作用、エコロジー的に重要な決定プロセスに対する政治的意思形成を含んでいる。

一方、「社会的なキー問題」という観点では、革新可能なエネルギー：核エネルギー、遺伝子技

術、組織培養や別の人工的な進化への介入、世界の自然科学的見方を扱う。専門的な重点とそこに組み込まれる主要概念や基本的方法としては、物理、化学、生物それぞれ次のような内容が扱われる。

- 1.物理の専門テーマ：放射性の発見から原子爆弾を越えて原子力発電所へ（原子核の構造とシステム、核変換と放射線、核分裂の軍事技術的利用、原子力発電所、他）
- 2.物理の専門テーマ：自然科学の世界像（前科学的世界像、天動説と地動説、20世紀の物理学、進化論とその社会的影響、進歩の楽観主義と今日の進歩に対する懐疑）
- 3.化学の専門テーマ：現代化学の利用と危険（化学兵器、植物保護、薬、他）
- 4.生物の専門テーマ：遺伝子技術と再生産技術（遺伝子の発見、培養における遺伝子技術、医学における遺伝子技術、クローン技術）

(5) 教科：「自然科学」を巡る論点

ノルトライン・ヴェストファーレンの総合制学校のカリキュラムであるこの「自然科学」を巡ってはいろいろな議論がある。その重心は、従来中等学校の最初の学年である5学年（日本の小学校5年に相当）から、自然科学の教科が、物理、化学、生物と3つに分化して設定されていたのに対して、そうした教科区分を廃した統合的な教科編成を採ったことの是非に関するものである。例えば、「ドイツ物理・化学教育学会」GDCP)では、こうした問題の特集し、主たる論点を次のように整理している¹⁷⁾。

まず、こうした新教科については、物理、化学、生物はその認識様式に関して本質的に異なっている、それゆえ別々に教えられるべきである、という立場をとるか、逆に物理、化学、生物は、科学論的な処理様式においてほとんど違いがないので、これらの専門の別々の教授は意味深いとは言えない、という立場をとるかの違いである。次に、学習者については、専門に固有な観点ごと限定することは、生徒が複合的な事態を分析し学習することを容易にする、と考えるか、逆に、専門に固有な限定された観点は、生徒が複合的な事態を分析し学習することを難しくする、と考えるかの違いである。また、教師については、教師の専門的能力が生徒の陶冶過程で中心的な役割を演じている、と捉えるか、陶冶過程にとって、教師の教科を超えた（教科横断的）能力が重要である、と捉えるかの違いである。

6. PING プロジェクト

PING（統合的自然科学の基礎陶冶の実践）プロジェクトは、1989年に創設され、5-10学年の生徒のための教授計画や教材開発などに関する開発研究に取り組んできた。1993年からはBLKによって、PINGがシュレースヴィヒ・ホルシュタイン州、ラインラント・ファルツ州、プレーメン州などで促進されている。

PINGの陶冶内容は、自然に対する人間の関係であり、中心的な問題は、「人間と自然の関係は目下どのようであるか」、「その関係は過去にどのように発展してきたか」、「その関係は将来どのようになりうるのか」である。5、6学年（日本の小学校5、6学年にほぼ相当）用のフレームテーマは、「私と水」、「私と空気」、「私と土」、「私と太陽」、「私と植物」、「私と太陽」、「私と動物」、「私と動物」、「私と他の人間」、「私と機械」の8つである。図2は、そのうちの「私と水」の主題マップ（Themenlandkarte）を示したものである。まず、【水に対する個人的な

関係】（私にとっての水）では、私は水をどのように経験するか、私や他の人々にとって水はどんな意味があるのかを扱う。【水の性質】では、水の主たるメルクマールはなにかを扱う。【自然における水の循環】では、水が自然にどのような影響を及ぼしているか、そして自然によって水がどのような影響を受けているかを扱う。また、人間が水にどのような影響を及ぼしているか、そして水によって人間がどのような影響を受けているかを扱う。【水の質】では、どのような作用が水にとって望ましいのか、どのような作用が有害なのかを扱う。【水の文化的意義】では、他の地方の

人間の生活が水によってどのように規定されているか、過去の人間は水とどのように暮らしてきたのか、そして将来はどのように暮らすのかを扱う¹⁸⁾。

一方、シュレースヴィヒ・ホルシュタイン州ではPINGの教材開発の手法を科学教育課程改革に導入した。各学年ごとのフレームテーマは次表の通りである。統合（Integration）がもはや例外ではなくなった現在、シュレースヴィヒ・ホルシュタイン州の科学教育課程は積極的な教育課程開発の基礎として評価されている¹⁹⁾。

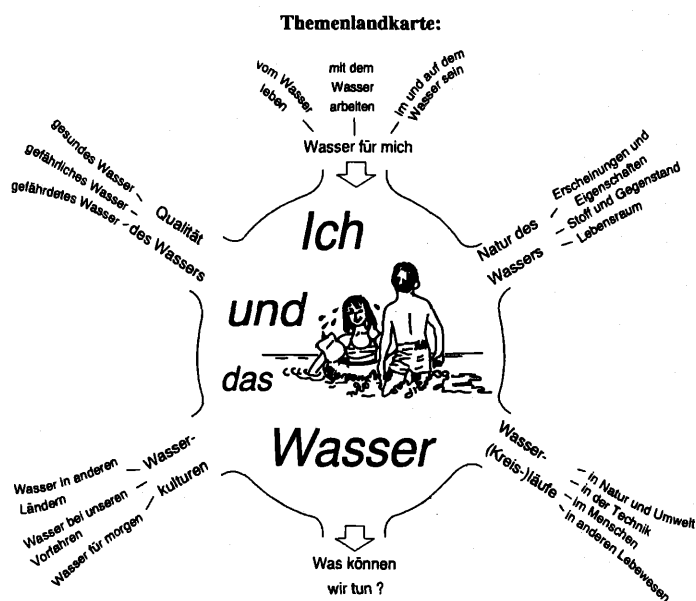


図2 PINGの単元「私と水」の内容構成の観点

表8 シュレースヴィヒ・ホルシュタイン州の自然科学の教育課程（1997年）

| 5.6 学年のテーマ | 7 学年のテーマ | 8 学年のテーマ |
|--|--|--|
| 1. 生命元素としての水 2. 生命元素としての空気 3. 生命要素としての太陽エネルギー 4. 生命の基盤としての土壌 5. 我々の環境における植物 6. 我々の環境における動物 7. 私と他人 8. 我々は電気エネルギーを利用する | 1. 環境の解明 2. 建築と居住 3. 歩行する 4. 栄養をとる | 1. 自然を見習う：衣服と装身具 2. 私達は精神的・身体的に発達し健康を維持する。 3. 私達はコミュニケーションする。 4. 私達は金属を利用し、それを道具に用いる。 |
| 9 学年のテーマ | 10 学年のテーマ | |
| 1. 人間は土地、植物、動物を利用する。 2. 人間は新しい物質を作り出す。 3. 生物はエネルギーを変換し、それによって環境を変える。 | 1. 昔と今の人間生活に対する社会的・技術的変化の影響 2. 交通手段とその環境への影響 3. 人間は生活空間を形作りまた変化させる | |

7. 現行教科書にみるプロジェクト教授の例

基礎学校や中等段階Ⅰの学校では現在プロジェクト授業が興隆し、そこでは、教授内容が学習指導要領によって厳密に規定されるかわりに「自由学習」に力点を置いた教育活動が重視されている²⁰⁾。これは教科書にも反映され、通常の物理の内容のほかに、プロジェクト²¹⁾が取り上げられている。教科書の所々で取り上げられたり、最後にいくつかのプロジェクトがまとめて取り上げられていたり、またそのページ数も内容もまちまちであるが、ほとんどの教科書でプロジェクトを取り上げているのである。たとえば、物理の教科書には次のようなプロジェクトテーマが取り上げられている。

(1) 『インパルス物理Ⅰ』²²⁾ (ギムナジウム中等段階用) :

平均2頁

「血圧」(血圧の仕組みとその測定など)、

「自転車」(自転車の発達史と距離と速度と加速度の関係、力とハンドルなど)、

「飛行」(模型飛行機の製作と揚力・飛行の原理など)、

「情報伝達」(電信、バーコード、コピーの仕組みなど)、

「騒音」、

「測定—制御—コンピュータの規則」、

「楽器」、

「時間の測定」(水時計、日時計、振り子時計など)

(2) 『環境：物理』²³⁾ (7-8学年用、ノルトライン・ヴェストファーレン州版) :

平均10頁前後

「コミュニケーション」、

「エコロジーとエコノミー」

「天気と気候」

例えば、『インパルス物理』のプロジェクト：「血圧」²⁴⁾の例をあげておこう。このプロジェクトでは物理学の圧力の問題との関連で血圧の問題が取り上げられている。単に物理学的な圧力の扱いのみならず、その知識を生かして心臓の構造や機能、心臓病の問題など、プロジェクトでは極めて広範な総合的な内容が扱われるのである。

おわりに

以上、ドイツの科学教育改革、特に科学教育課程の改革の動向を先述の4つの観点からとらえてきた。これらをふまえてドイツ科学教育改革、特に科学教育課程の改革については、以下のような特徴を指摘できる。まず科学教育全体について言えば、第一に、TIMSSの結果に対して科学教育関連団体が丸となって科学教育改革に当たっていることである。第二に、教育課程は邦ごとに規定されることになっているが、TIMSSの結果への懸念も大きな背景として、連邦レベルでも科学教育改革、科学教育課程改革に乗り出してきていることである。しかも、第三に、科学教育のトータルな改革が模索されていることである。

また特に、科学教育課程改革について言えば、次の五点が指摘される。第一に、科学教育関連団

体は、生物、化学、物理の三教科分科体制を維持しつつ、現代社会及び生徒の要請に応えるべく教科横断的結合的学習内容をも重視し、高校1年までの全学年で週あたり6時間の授業時間を確保することを要望していることである。第二に、科学教育をかなり多面的にとらえていることである。科学教育の目標も、専門的能力の育成から社会的能力育成（人間的成熟・責任感）、自然に対する美的情緒的關係促進、職業の基礎形成などにまで及んでいる。第三に、この目標観と呼応して、統合的（物理、化学、生物教科の統合）と総合的・教科横断的内容が増加する傾向にあることである。この点は、特に1990年代の物理教授の内容（表5及び表6）と比較すると歴然としている。そしてこの形態は、各教科（物理、化学、生物）の中でプロジェクトのように統合的総合的内容を扱う場合と、物理、化学、生物という教科枠を取り払って「自然科学」という統合的な学習領域を設定して、そうした内容を扱う場合がある。それと同時に、第四に、専門的な主要概念、方法にも重点が置かれていることである。第五に、科学教育の教育課程の改革も総合的学習の導入も、単に学習論レベル、教育課程論レベルの問題にとどまっていたのではないことである。そうした科学教育の意義の問題を不断に意識しつつまた吟味しつつ、教育課程の問題が議論されていることを付言しておきたい。

註

- 1) 拙著、『ドイツ科学教育論研究』、協同出版、1998。
- 2) たとえば、高野恒雄、『理科教育の理論と実践』、東洋館、1972年、46頁、あるいは、森一夫、『初等中等理科教育法』、学文社、1975年、88頁。
- 3) Bethge Th. u.a., Der Bildungswert der Naturwissenschaften, in: *Die Deutsche Schule*, 90.Jg. 1998, H.3, S.305ff.
- 4) 国立教育研究所、『中学校の数学教育・理科教育の国際比較—第3回国際数学理科教育調査報告書—』、東洋館出版社、1997、pp.132-133。
- 5) cf., *Die Deutsche Schule*, 91.Jg., 1999.
- 6) 例えば、天野正治、『ドイツの教育』、東信堂、1998、クリストフ・ヒュール、『ドイツの学校と大学』、玉川大学出版部、1996、マックス・プランク教育研究所研究者グループ、『西ドイツの教育のすべて』、東信堂、1989。なお、ドイツにおける理科教科書の扱い等については、拙稿、「ドイツにおける理科教科書観と理科教科書の特質」、日本理科教育学会、『理科の教育』、48巻1号、1999、pp.13-16参照。
- 7) クリストフ・ヒュール、前掲書、p.101。
- 8) 同上書、p.302。
- 9) 同上書、p.296。
- 10) 同上書、p.301。
- 11) MNU, u.a., Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung an der Schwelle zu einem neuen Jahrhundert, in: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 51. Jg., 1998, H.6, S. III f
- 12) 國本景亀、「ドイツの数学教育学の課題（Ⅲ）—TIMSSの結果と教育改革—」、『数学教育学研究』、第6巻、2000、pp.15-24。
- 13) MSWWF, *Mut zu Mathe und zum naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld, Aufgaben aus der TIMS/II-Studie, Frechen 1998.*

- 14) Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung, *Gutachten zur Vorbereitung des Programms "Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts"*, Bonn 1997.
- 15) Riquarts, K et al.(Hrsg), *Naturwissenschaftliche Bildung in der Bundesrepublik Deutschland*, Bd. II, Kiel 1994, S.199ff.
- 16) Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, *Lehrplan Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie), Gesamtschule, -Entwurf-, 1999.*
- 17) Herga Behrendt(Hrsg), *Zur Didaktik der Physik und Chemie, Problem und Perspektiven*, Darmstadt 1998.
- 18) Lang, M., *Neue Wege für den naturwissenschaftlichen Unterricht*, Kiel 1997, S.24f.
- 19) Ebenda, S.54f.
- 20) 天野正治、『ドイツの異文化間教育』、玉川大学出版部、1997、p.371。
- 21) Frey,K., *Physik in Projekten*, Köln 1996.
- 22) Bredthauer, W., u. a., *Impulse Physik 1*, Stuttgart 1998.
- 23) Leupold, J., u. a., *Umwelt: physik 7/8*, Stuttgart 1998.
- 24) Bredthauer, W., u. a., a.a.O., S.292f.プロジェクト「血圧」の部分についてはすでに和訳してある。詳細は下記報告書（木村捨雄教授研究代表）を参照されたい。

付記：本稿の2、3-7は、すでに、拙稿、「ドイツの科学教育課程改革における総合的学習」、平成11年度文部省科学研究費補助金（基盤研究B（1）、研究代表：木村捨雄・鳴門教育大学教授）研究成果報告書（2）、『「総合的学習の時間」の単元カリキュラムの開発と理論モデルの構築に関する研究』、2000、pp.99-101、および、「ドイツの科学教育改革の動向—TIMSSの結果への対応と科学教育課程改革—」、平成10-12年度文部省科学研究費補助金（基盤研究B（1）、研究代表：川上昭吾・愛知教育大学教授）研究成果報告書、『基礎的知識・能力の定着と科学・技術の発展を目指す新しい理科教育課程の開発権究』、2001、pp.165-179、において発表したものに若干加筆したものである。

アメリカ合衆国

— 科学教育改革の動向と新しい科学教育課程の方向性 —

熊野 善介
静岡大学教育学部

1 はじめに

アメリカの科学教育の現状はどのようになっているのか、また、科学教育がどのように変化しているのかについて、我が国の多くの科学や技術に関わる人々が関心を持っている。その理由の一つは、我が国が経済を中心にその推進力が弱まり、「科学技術基本法」を進めることそのものが減速するのではないかと懸念されているからである。また、アメリカはもちろん、他の多くの先進国の教育改革の基本的動向の中に科学や技術（テクノロジー）が基礎教科や重要教科として認知されつつあることがいえるので、アメリカの科学教育の現状分析を進めることは、日本の21世紀のビジョンを構築するために重要である。本小論では、なかなか一般化して述べるのが難しい国、アメリカを連邦レベルでの様々な報告書をもとに、現状の分析のまとめを試み、教育に関わる法律からも分析をすすめ、科学教育の改革の背景を明確にし、具体的に科学教育をどのように変革しようとしているのかについて解釈を行い、最後にこれらを踏まえて、日本の科学教育の現状を踏まえながら、日本の科学改革・改善のための提言を試みることにする。

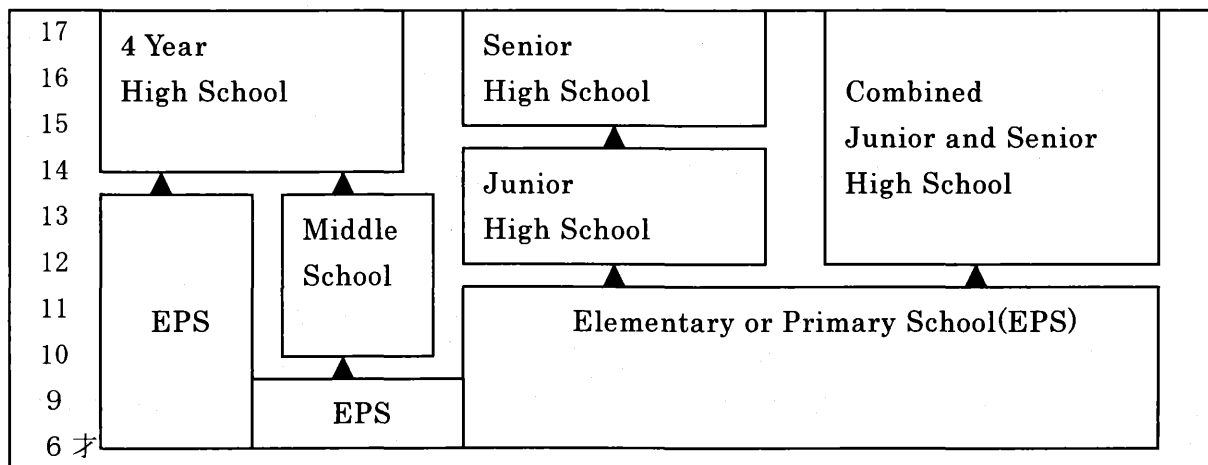
2 学校制度と科学教育関連法

まず学校制度の概略をまとめるとともに、その枠組みがどの方向に移動しているのかについて、まとめる。

(1) 学校制度

アメリカにおける6歳から18歳までの教育制度は以下の通りである(Digest of Education, 1999)。

図1 アメリカにおける6歳から18歳までの教育制度



理科カリキュラムの現状と到達度との関連に関する国際比較研究（三宅，2000，p 253）では、アメリカ合衆国の大まかな学校制度の枠組みが示された。基本的に、日本の枠組みに類似している。と述べるよりもともと、日本の教育システムは戦後アメリカ型のものを導入したということは、周知のことである。しかしながら、アメリカはもともとヨーロッパやプロテスタンティズム等の影響を強く受けてきたわけであるから、イギリスのパブリックスクールやカソリックスクール等のいろいろなタイプの私学が存在してきたことも忘れてはならないだろう。私学への就学率は1999年でXX%存在することからも、無視できないどころか、先端の人材育成に大変貢献していることは論をまたないであろう。特に、授業料等が年間1万ドルを超える、ボーディングスクールはいわゆる6ヵ年一貫教育を行っていることが多く、インターナショナルバカロレアや独自のカリキュラムに基づいて教育が展開されていることが多い。

公立学校に目を向けた場合、新しい知見として、公立学校の統合があげられる。1930年代には26万2千あった公立学校が、現在では9万校になったということである。しかし、1990年から1991年に5000校も増加したのである。この増大は主にミドルスクール（第四学年から第8学年に渡る3ヵ年の学校）の増大によるものである。1987年度から1997年度の間には9%の増加、即ち、63000校がミドルスクールとなり、一方、既存の中学校がしだいに減少している。この動きは今後も続くといえる。基本的にアメリカの教育システムを活性化させているいろいろな要因があるが、教育関連法が基本的動向を左右させている。このことは、わが国とはかなり異なっており、科学教育に関わる法案との関係において、1960年付近より、以下に解説を試みる。

（2）これまでの科学教育関係に関連した法律

今日のアメリカの教育に大きく影響を及ぼした法律として、1958年の国防教育法（National Defense Education Act, Public Law 85-864、法律の詳しい内容はアメリカンセンターで入手可能である。）である。この法律は、旧ソ連によるスプートニクショックにより、アメリカが科学および数学教育を推進させることが、国防上重要であるという合意がなされ、先端科学・技術のみならず、初等中等教育における科学および数学教育の質的転換を図ったのである。アメリカの場合、法律が作成されることが極めて重要であり、この法律から多大な研究予算や実践のための予算が全国にもたらされることになる。国防教育法により、先端科学者と先端心理学者が中心となって（教科教育学者はこの時代は中心的な役割を果たしていない）、まず、高等学校の物理（PSSC）、化学（CHEMS）、生物（BSCS）の教科書、中学校用の地学（ESCP）の教科書、そして、その後に小学校科学の教科書（SAPAやSCISなど）が次々作成され、多くの州で採用された。これらの多くの教科書が日本でも訳され、多くの実験・観察内容が日本の教科書に影響を与えたといえる。

続いて、1965年に出された、初等中等教育法（Elementary and Secondary Education Act of 1965, Public Law 89-10）である。この法律はアメリカで出された、小学校・中学校・高等学校を対象にした包括的な教育法である。この法律により、低所得者の児童・生徒の教育を受ける機会均等、図書館の整備、教材の確保、教育センターの設立と州教育委員会の機能の充実と高度化を図ったものである。この初等中等教育法は今日でも主要な法律として存在している。

次に、経済保証教育法（1984 Education for Economic Security Act, Public Law 98-377）である。この法律が、今日のアメリカの教育改革の始まりであると考えられる。時代背景としては、アポロ計画により象徴されるように、アメリカがあらゆる科学・技術において優位な展開を遂げ、国防教育法による成果がみられるようになり、アメリカ市民は次第に科学・数学教育の重要さから、全人格的な質的発達を目指した教育を求めるようになっていったと見られる。同時に、ベトナム戦争への批判と環境問題の深刻化があいまって、「環境教育ムーブメント」と「基礎にもどれ(Back to Basic)」教育運動が展開し、化学兵器等を生み出す科学・技術に対する批判が全米的に展開された。そして、高校卒業のために履修しなければならない科学関連教科が一科目だけでよい高校がかなりを占めるようになったのである。このことが、アメリカにおける「科学離れ」を招いた。すなわち、ハーバード大学のフレッシュマンの中に、掛け算や割り算が不得意な学生が誕生したのである。時を同じくして、1983年ごろがアメリカの対外国、特に対日貿易赤字が最大になり、科学と数学教育の再検討が必要になったのである。経済保証教育法はそういう意味で今日のアメリカの科学・数学・テクノロジー教育改革の原動力となったのである。マグネットスクールを作るためのプログラムへの支援や教育の卓越性のためのプログラムや教育の公平性のためのプログラムが盛り込まれた。

つぎに、取り上げる法律として、アイゼンハワー法(The Eisenhower Mathematics and Science Education Act, P. L. 100-297, 1990)がある。この法律は、基本的に先に述べた、経済保証教育法により 1989 年まで予算が執行され、1988 年に The Hawkins-Stafford Amendments として存続し、予算が毎年増大し 1985 年に 90 億円であったものが 1994 年には 251 億円になった)、この法案がさらに改定された法律として登場したものであり、上述の ESEA に密接に関連する法律である。この法律の特徴としてその 71%が理数科およびテクノロジー科教師の質の向上のための使用が義務づけられている。14%は理数科とテクノロジー科の教員養成大学や大学での現職教育のために使用される。そして、低所得者の初等中等教育の向上のために使用される。大まかな計算をすると、各州ごとに科学や数学、テクノロジーを担当する教師教育のために各週ごとに平均 3 億円以上の予算が執行されてきたことになる。この法律による予算措置は 2000 年の予算にも計上されていることから、今日まで、継続しているものと解釈できる。

さらに、1994年に教育改革をさらに推進するための包括的な科学教育関連法が成立する。それらは、目標 2000 アメリカ教育法(Goals 2000: Educate America Act, Public Law 103-227)、アメリカの学校の質的向上に関する法(Improving America's Schools Act, Public Law 103-382)である。これらは、科学や数学に限らず、すべての教科、さらには学校そのものの質的な向上を目指しており、スタンダードを達成するためのあらゆる内容が盛り込まれている。この法律から、教育改革は学校の中身を変えるだけでなく、アメリカ社会全体を生涯学習社会に移行するためのシステミックな改革を目指すことになる。ここでいうシステミックな教育改革とは、質的な転換を図るために、ある教育の部分、すなわち学校の中身だけを改善しても、質的な教育の向上には繋がらないという論理であり、学校を取り巻く地域社会が積極的に連携を図り、様々な協力体制を新たに構築するだけでなく、学校の運営や変革に関わっていくことにより、教育システムにとって無くてはならない構造が形成されていくことを意味している。

この延長で、チャータースクール促進法(Charter School Expansion Act, Public Law 105-278, 1998)が制定され、システミックな教育改革がさらに推進されることへと繋がっていく。チャータースクールは公平さの推進、選択の拡大、アカウントビリティの制度の提供、質の高い教授法の推進、教師の専門性向上のための機会の提供、地域のコミュニティーや保護者の学校教育への参加の推進、ひいては公教育の質の向上を図るものである。

チャータースクールはもともといろいろな教育改革の実践から生まれてきた。関連している学校運動としては、オルタナティブスクール、マグネットスクールなどがある。オリジンは1970年代にニューイングランド州のロイ・バドル(Ray Buddle)が学校内に、有志の教師による新しい教育アプローチを試みるため、チャーターという組織を作ったことによるとされる。州レベルでは、ミネソタ州が初めて1991年にチャータースクール法を作成した。続いて、カリフォルニア州が1992年に作成し、引き続き1999年までに36州で法律が成立している。2000年までに全米で、3000校のチャータースクールが生まれる予定であるとされた。補助金としては、一校あたり200万円程度が出され、全米で100億円ほどの予算が執行されている。内訳は、小学校が58%、中学校高等学校が20%、22%が小中高連携で、1999年段階で、35万人の児童生徒がチャータースクールで学んでいるという報告がなされた。州によってチャータースクールの数もことなり、先進の州はアリゾナ州(350校)、カリフォルニア州(234校)、ミシガン州(175校)、テキサス州(150校)、フロリダ州(112校)等である(USCS, 2000)。

(3) 2000年度予算からみられる教育改革を促進する内容(科学教育関係を中心として)

2000年2月28日に出された「1999年実績報告書ならびに2001年予算計画(1999 Performance Reports and 2001 Plans)」によれば、よりの確な教育改革計画が打ち出されている。科学教育に関係するものが、教育改革に関係する計画と学校の質の向上プログラムである。

ア. 教育改革に関係する計画

教育改革に関係する計画は11項目からなるが、内容として科学教育に関連するものとして、①21世紀コミュニティ学習センター(453億円/2000年度)②リテラシー挑戦プログラム(573億円/2000年度)③スタースクールプログラム(50億円/2000年度)④教育の連携を進めるための地域を基盤としたテクノロジーの活用(10億円/2000年度)⑤学習を支援する幼児・児童・保護者用教育番組の開発(16億円/2000年度)⑥算数・数学の学力向上のためのテクノロジー支援プログラム(8.5億円/2000年度)⑦教師のための教育テクノロジー支援プログラム(75億円/2000年度)⑧優秀な教師の確認と賞賛(50億円/2000年度)⑨目標2000、州と地方のための教育におけるシステミックな向上(491億円/2000年度)が挙げられる。

21世紀コミュニティ学習センターは2000年から開始したもので、主たる目的はそれぞれの学校において、放課後の様々な教科学習を含めた活動を行うことを推進するものである。そのために地域のコミュニティーが一丸となったプログラムが必要となる。どのようにして、生涯学習体系に則ったコミュニティーが形成されていくのが大変興味のあるところである。日本では各県レベルでコミュニティーづくり推進協議会があり、地域ベースのコミュ

ニティづくりが進んでいるが、政策のための予算はきわめて小さい。しかも、学校での学習の支援に関しては適応対象にはなっていない。

リテラシー挑戦プログラムの内容としては、低所得者層の児童を多く抱える学校に、学習の質を高めるために最新のマルチメディアコンピューターを導入して、インターネットを導入した学習やネットワーク学習を可能にすることが目的である。これらの導入のための教師プログラムも含まれている。

スタースクールプログラムは遠距離学習技術を使用を通して、生徒の学習と教授のあり様を向上することが目的である。教育の連携を進めるための地域を基盤としたテクノロジーの活用も教育テクノロジーの効果的な使用のために、技術支援やプロとしての力量向上を提供することにより、教授と学習を向上するためのプログラムである。

幼児・児童・保護者用教育番組の開発は、幼児・児童が積極的に学習に取り組めるように、種々の教育番組の開発を行うもので、保護者もその対象としており、すべてのアメリカ市民に全米の教育目標を達成するためのものである。

算数・数学の学力向上のためのテクノロジー支援プログラムはTIMSSの結論から導かれた必要性を解決するため、ビデオ教材と付属の学習材、そして、オンライン学習サービスの開発により、学習と教授を向上することが目標である。教師のための教育テクノロジー支援プログラムは、教師が新しい教育テクノロジーに精通し、自由に使用し教育の質をたかめるためのプログラムである。

目標2000、州と地方のための教育におけるシステミックな向上は、教育改革プログラムの中で、もっとも大きな予算を掲げ施行されているもので、学校改革が学校内で進めるだけではうまくいかず、地域を取り込んだ地域コミュニティの一人一人が、生涯学習を楽しむという価値の転換をはかり、学校は地域の学習の質を高める中心的存在となり、常に学校は地域との連携のもとに発展することになる。アカウントビリティもこのような文脈で捉える必要がある。そして、システミックな教育改革は、システムティックな教育改革とはことなるのである。つまり、システミックな教育改革とは、教育改革の一つ一つが、無くてはならない相補作用を形成している場合に使用される言葉であることだ。教育の質の向上がなされるために、ある部分が突出して進歩してもうまくいかないのであり、個々の構成要素が密接に連携・協力がなされて初めて機能するということなのである。

イ. 学校の質の向上プログラム

学校の質の向上プログラムには24項目あり、その中で特に科学教育に関係するプログラムは、①マグネットスクール支援プログラム(110億円/2000年)②公立チャータースクールプログラム(145億円/2000年)③われわれの学校の質的向上の機会プログラム(20億円/2000年)④より高度な試験への挑戦プログラム(15億円/2000年)⑤質の高いスタンダードを教授するための州レベルの実践費(アイゼンハワー教師の質の向上プログラムを含む1070億/2000年)⑥学校のリーダーシップと教授の質の向上のための全米レベルの活動(23億/2000年)⑦アイゼンハワー地域数学と科学教育連帯プログラム(15億/2000年)。

これらの内容についてはすでに、教育関係法律のところで示したので、ここではくりかえさないものとする。しかし、ここで抑えておくべきことは、アメリカが教育改革のために2000年度の予算として計上したのが、科学教育周辺に関連するものだけを取り上げた

けでも、3106 億円以上出されている。一方、日本の平成 13 年度の生涯学習関係の教育改革推進の予算が 387 億円（文部科学省，2001）であることから、アメリカの人口の半分である日本の今後の抜本的な教育改革に対する対応のあり方が問われることになる。

3 学校科学カリキュラムについて

現在のアメリカに最も影響を及ぼしているのは各教科のスタンダードである。次ページに、2000 年に纏められた、「英語，歴史，地理，数学，科学の各州のスタンダードに対する評価報告」が出された(SUMMARY OF THE SCORES, National Report Card - State Standards Across All Subjects, Finn & Petrilli, 2000)。この表から言えることは、総合評価で A がつけられたのが、カリフォルニア州のみで、B 評価を得た州 8 州で成績順に、アリゾナ州，南カロライナ州，テキサス州，アラバマ州，北カロライナ州，コロンビア特別区，マサチューセッツ州，南ダコダ州である。その他のほとんどの州が C や D ランクを得ており，州スタンダードが 2000 年になっても作成されていないのが，アイオワ州とアイダホ州の 2 州のみとなった。このことは，前述の種々の教育改革法案の成果の一つといえる。このことはすなわち，学校教育カリキュラムに州スタンダードが定着しつつある状況を示している。しかし，それにしてもかなりの州のスタンダードに対して，厳しい評価が出されていることは注目に値すべきことであり，今後の対策がなされることを示唆している。

このアセスメントがなされた理由として，①各州がスタンダードを基盤とした教育改革を州の教育法律の一環として抱え込むことがまだできていないこと。②アカウントビリティを高めると同時に学習の質の向上を図る必要があること。③スタンダードを基盤とした教育改革はとても分かりにくく，アメリカの K-12 の教育を蘇らせるため「銀の玉」としてのみ利用するだけではなく，他の教育改革戦略とともに融合して進める必要があることが提案されている。

(1) 科学の州スタンダードのアセスメント

州の科学スタンダードは後にやや詳しく記述する，「全米科学教育スタンダード」をもとにして作成されたのがほとんどのケースである。そこで，「州スタンダードの現状分析 2000」(The State of State Standards 2000, Finn & Petrilli, 2000)では，各教科ごとにアセスメントの基準を作成した。科学の場合，次の 5 つの分野の 25 項目においてアセスメントがなされた。これらの基準の概略は以下に示すとおりである。

A. 目標，達成状況の説明，どの対象に対してもわかりやすく書かれていること。

1. 子供の学年に応じ，科学的リテラシーがどこまで得られるのかを記述していること。
2. 実践および理論的な面で，州レベルの学習評価の基礎となりうるものであること。
3. 州スタンダードが関係するすべての人々にとって理解しうるものであること。
4. 生徒が標準の英語で書き，数学言語を受け入れ，意思の疎通ができるようになること。

B. 的確な編集

5. 3 から 4 学年以内ごとのまとまりでまとめられていること。
6. 種々の科学の基本的な理論構造を反映したカテゴリーにまとめられること。
7. 理論的な基礎に基づいた簡単な観察やデータ収集，段階的な観察による解釈，実験の計画を考慮した基礎的なスキルに周囲を向けること。

表 1 2000 年英語, 歴史, 地理, 数学, 理科の各州のスタンダードのアセスメント

| STATE | ENGLISH | HISTORY | GEOGRAPHY | MATH | SCIENCE | CUM. GPA | GRADE | RANK ('98) |
|----------------------|---------|---------|-----------|------|---------|----------|-------|------------|
| California | A | A | C | A | A | 3.60 | A- | 1 (2) |
| Arizona | B | A | B | B | A | 3.40 | B+ | 2 (1) |
| South Carolina | B | C | A | B | B | 3.00 | B | 3 (28) |
| Texas | B | B | A | B | C | 3.00 | B | 3 (2) |
| Alabama | A | B | B | B | D | 2.80 | B- | 5 (11) |
| North Carolina | B | D | C | A | A | 2.80 | B- | 5 (7) |
| District of Columbia | A | F | A | B | - | 2.75 | B- | 7 (13) |
| Massachusetts | A | B | D | D | A | 2.60 | B- | 8 (7) |
| South Dakota | C | C | C | A | B | 2.60 | B- | 8 (43) |
| Indiana | F | C | A | C | A | 2.40 | C+ | 10 (4) |
| Maryland | B | B | B | C | D | 2.40 | C+ | 10 (43) |
| Utah | C | C | C | B | B | 2.40 | C+ | 10 (4) |
| Virginia | B | A | D | B | D | 2.40 | C+ | 10 (4) |
| Delaware | C | D | C | C | A | 2.20 | C+ | 14 (24) |
| Kansas | F | B | A | A | F | 2.20 | C+ | 14 (31) |
| Louisiana | B | C | A | F | C | 2.20 | C+ | 14 (12) |
| Nebraska | A | C | F | C | B | 2.20 | C+ | 14 (40) |
| Nevada | B | C | C | C | C | 2.20 | C+ | 14 (-) |
| West Virginia | B | C | B | B | F | 2.20 | C+ | 14 (7) |
| Ohio | D | D | D | A | B | 2.00 | C | 20 (17) |
| Florida | B | C | B | D | F | 1.80 | C- | 21 (24) |
| Georgia | B | C | D | B | F | 1.80 | C- | 21 (14) |
| Mississippi | C | C | D | A | F | 1.80 | C- | 21 (28) |
| New York | C | D | D | B | C | 1.80 | C- | 21 (19) |
| Oklahoma | D | B | C | B | F | 1.80 | C- | 21 (34) |
| Illinois | B | F | D | D | B | 1.80 | C- | 26 (14) |
| New Hampshire | D | C | B | C | F | 1.60 | C- | 26 (14) |
| Wisconsin | A | F | F | C | C | 1.60 | C- | 26 (24) |
| Colorado | F | D | A | D | D | 1.40 | D+ | 29 (19) |
| Connecticut | D | D | D | D | B | 1.40 | D+ | 29 (17) |
| Missouri | F | C | B | F | C | 1.40 | D+ | 29 (31) |
| New Jersey | F | F | D | C | A | 1.40 | D+ | 29 (24) |
| Oregon | F | B | F | D | B | 1.40 | D+ | 29 (28) |
| Pennsylvania | C | F | - | C | - | 1.33 | D+ | 34 (38) |
| Rhode Island | F | - | - | F | A | 1.33 | D+ | 34 (7) |
| Maine | B | D | F | D | D | 1.20 | D+ | 36 (38) |
| Vermont | D | F | F | C | B | 1.20 | D+ | 36 (23) |
| Kentucky | F | D | F | B | D | 1.00 | D | 36 (42) |
| Michigan | F | F | B | F | D | 0.80 | D- | 39 (34) |
| Minnesota | F | F | F | F | A | 0.80 | D- | 39 (43) |
| Washington | D | F | F | F | B | 0.80 | D- | 39 (31) |
| Alaska | F | F | C | D | - | 0.75 | D- | 42 (21) |
| Montana | F | - | - | D | D | 0.66 | D- | 43 (43) |
| Hawaii | F | F | F | C | D | 0.60 | D- | 44 (21) |
| Arkansas | D | F | F | D | F | 0.40 | F | 45 (43) |
| Wyoming | D | F | F | D | F | 0.40 | F | 45 (-) |
| New Mexico | D | F | F | F | F | 0.20 | F | 47 (43) |
| North Dakota | F | F | F | D | F | 0.20 | F | 47 (40) |
| Tennessee | F | D | F | F | F | 0.20 | F | 47 (37) |
| Idaho | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Iowa | - | - | - | - | - | - | - | - |

| | | | | | | | | | |
|----|-------------|----|-------------|----|-------------|----|-------------|---|-------|
| A | 3.83 - 4.00 | B+ | 3.17 - 3.40 | C+ | 2.17 - 2.40 | D+ | 1.17 - 1.40 | F | <0.50 |
| A- | 3.50 - 3.82 | B | 2.83 - 3.16 | C | 1.83 - 2.16 | D | 0.83 - 1.16 | | |
| | | B- | 2.50 - 2.82 | C- | 1.50 - 1.82 | D- | 0.50 - 0.82 | | |

C. 範囲と内容

8. 実験観察を基本とし、発展的な実験や野外調査を促すこと。
9. その学年で理解可能なできるだけ、科学的に正確な語彙の使用に心がけること。
10. スタンダード内でデータ分析、実験誤差、データの信頼度等を扱っていること。
11. 発達段階に応じた、表やグラフに表したデータの解釈および解説の技能を体得することが表明されていること。
12. 発達段階に応じた、実験観察のデータのシステマティックな解釈や判断的な思考が科学理論の枠組みの中でおこなわれるよう述べられていること。
13. すべての科学の基本的な原理が強調されていること。
14. 発達段階に応じた科学概念提示がなされていること。
15. あまり単純化されたものではない、科学の方法の必要性が強調されていること。
16. 科学と技術の関係を取り扱い、科学と世界観の関係を扱い、科学が社会の形成に携わってきたことを取り扱っていること。科学は知的な欲求を満足すると同時に、社会的に役立つものであることが強調されていること。また、とても異なった立場の人々をまとめる力があることが認識されていること。

D. 質の高さ

17. 明確で適切で、述べようとする意味内容が直接的であること。
18. 特定のことを指しながらも、自由度が高いこと。即ち、広過ぎず、不明確にもなっていないと同時にあまり狭い内容になっていないこと。
19. 辞書的ではないが、科学界で一般的に受け入れられている重要で、基本的な内容を満たしていること。
20. 発達段階に則して、段階的により難しく、より質の高い内容となっていること。
21. すべての科学の基本的な原理や科学的な方法を網羅していること。

E. 科学として受け入れない内容を拒否していること。

22. 科学では解明されえない、擬似科学を受け入れないこと。
23. 民族的違い、人種的差、性差を支持するいかなる内容も含まないこと。
24. 科学と技術を混同しないこと。
25. 反科学的な内容を支援しないこと。

これらの25の判断基準をもとに各州で出されている、州科学教育スタンダードを評価すると、A評価が9つの州、B評価が9州、C評価が6つの州で、残りの州がさらに悪い評価が出されている。約半分の州が基準に達していない問題のある州ということになる。しかし、全米科学教育スタンダードに述べられているのは、6つの柱があり、それらのスタンダードが融合している必要性が述べられているが、今回の25の判断基準には科学教育教授スタンダードや専門性向上スタンダード、アセスメントスタンダード、システムスタンダード等に関する判断基準がほとんど入っておらず、ほとんどが内容スタンダードとの関わりで占められている。そういう意味で、この結果のみをそのまま鵜呑みにすることはできないと判断するべきである。

しかしながら、日本の学習指導要領も基本的にアメリカ科学教育スタンダードと比較した場合、内容スタンダードに対応する内容がほとんどなので、そういう意味で、各州の科

学教育スタンダードに対する本評価結果は大変役に立つということも事実である。

表2 25の基準で評価した場合の各州科学教育スタンダードの得点

| STATE (alphabetical) | SCORE | GRADE | 98 GRADE | STATE (by rank) | SCORE | GRADE | RANK ('98) |
|----------------------|-------|-------|----------|----------------------|-------|-------|------------|
| Alabama | 51 | D | D | California | 75 | A | 1 (2) |
| Alaska | - | - | - | Delaware | 74 | A | 2 (9) |
| Arizona | 71 | A | A | Indiana | 74 | A | 2 (1) |
| Arkansas | 46 | F | F | North Carolina | 73 | A | 4 (-) |
| California | 75 | A | A | Massachusetts | 72 | A | 5 (16) |
| Colorado | 59 | D | D | Arizona | 71 | A | 6 (4) |
| Connecticut | 70 | B | B | Minnesota | 71 | A | 6 (-) |
| Delaware | 74 | A | B | New Jersey | 71 | A | 6 (4) |
| District of Columbia | - | - | - | Rhode Island | 71 | A | 6 (4) |
| Florida | 37 | F | F | Connecticut | 70 | B | 10 (7) |
| Georgia | 40 | F | D | Nebraska | 70 | B | 10 (24) |
| Hawaii | 55 | D | A | South Carolina | 70 | B | 10 (23) |
| Idaho | - | - | - | Oregon | 69 | B | 13 (14) |
| Illinois | 68 | B | B | Utah | 69 | B | 13 (9) |
| Indiana | 74 | A | A | Vermont | 69 | B | 13 (9) |
| Iowa | - | - | - | Illinois | 68 | B | 16 (12) |
| Kansas | 7 | F | C | Ohio | 68 | B | 16 (-) |
| Kentucky | 58 | D | F | South Dakota | 68 | B | 16 (-) |
| Louisiana | 64 | C | B | Washington | 68 | B | 16 (12) |
| Maine | 56 | D | D | Texas | 66 | C | 20 (15) |
| Maryland | 56 | D | - | Nevada | 65 | C | 21 (-) |
| Massachusetts | 72 | A | C | Louisiana | 64 | C | 22 (7) |
| Michigan | 51 | D | - | Missouri | 64 | C | 22 (17) |
| Minnesota | 71 | A | - | New York | 60 | C | 24 (19) |
| Mississippi | 29 | F | F | Wisconsin | 60 | C | 24 (19) |
| Missouri | 64 | C | C | Colorado | 59 | D | 26 (21) |
| Montana | 49 | D | - | Kentucky | 58 | D | 27 (32) |
| Nebraska | 70 | B | D | Maine | 56 | D | 26 (22) |
| Nevada | 65 | C | - | Maryland | 56 | D | 26 (-) |
| New Hampshire | 43 | F | F | Hawaii | 55 | D | 30 (2) |
| New Jersey | 71 | A | A | Alabama | 51 | D | 31 (24) |
| New Mexico | 31 | F | F | Michigan | 51 | D | 31 (-) |
| New York | 60 | C | C | Montana | 49 | D | 33 (-) |
| North Carolina | 73 | A | - | Virginia | 49 | D | 33 (27) |
| North Dakota | 41 | F | F | Arkansas | 46 | F | 35 (28) |
| Ohio | 68 | B | - | New Hampshire | 43 | F | 36 (31) |
| Oklahoma | 29 | F | - | Tennessee | 43 | F | 36 (29) |
| Oregon | 69 | B | C | North Dakota | 41 | F | 36 (36) |
| Pennsylvania | - | - | - | Georgia | 40 | F | 39 (26) |
| Rhode Island | 71 | A | A | Florida | 37 | F | 40 (30) |
| South Carolina | 70 | B | D | West Virginia | 36 | F | 41 (32) |
| South Dakota | 68 | B | - | New Mexico | 31 | F | 42 (34) |
| Tennessee | 43 | F | F | Wyoming | 31 | F | 42 (-) |
| Texas | 66 | C | C | Mississippi | 29 | F | 44 (35) |
| Utah | 69 | B | B | Oklahoma | 29 | F | 45 (-) |
| Vermont | 69 | B | B | Kansas | 7 | F | 46 (18) |
| Virginia | 49 | D | D | Alaska | - | - | - |
| Washington | 68 | B | B | District of Columbia | - | - | - |
| West Virginia | 36 | F | F | Idaho | - | - | - |
| Wisconsin | 60 | C | C | Iowa | - | - | - |
| Wyoming | 31 | F | - | Pennsylvania | - | - | - |

*Please note that 1998 rank was out of 36 states.

4 最近のアメリカの初等中等科学教育に対する連邦レベルでの具体的評価

1960年代のアメリカの科学教育改革はかつてスプートニクショックとともに進んだ。このときの科学教育改革の評価は基本的にすばらしい教科書は生まれたが、現職教育や教育

現場への具体的施策がほとんどなされず、学校の教師が素晴らしい教科書をうまく利用することができなかったという解釈が一般的である。

この時代の教育改革の反省もあり、今回の教育改革においては、アカウンタビリティの重要性も問われつつ、いくつかの連邦レベルでの具体的評価が進んでいる。

まず、Science and Engineering Indicators (National Science Board, 1998)の中から、アメリカの科学教育の改革を明確に示している内容を取り上げる。表1は1982年から1994年までの間に高校において生物・化学・物理を履修して単位を取得して卒業したものの比率が示されている。

表3 高校卒業者の生物・化学・物理の単位の獲得率
(Science & Engineering Indicators '98, 1-7)

| Year of graduation and sex | Biology | Chemistry | Physics |
|-------------------------------|------------|------------|------------|
| 1982 graduates | | | |
| All | 76.6 (0.8) | 31.1 (0.8) | 14.4 (0.5) |
| Male | 74.5 (0.9) | 32.2 (1.2) | 19.1 (1.0) |
| Female | 78.6 (1.1) | 30.2 (0.7) | 10.2 (0.4) |
| 1987 graduates | | | |
| All | 87.9 (1.0) | 43.8 (1.1) | 19.3 (0.9) |
| Male | 86.3 (1.2) | 44.3 (1.3) | 24.1 (1.0) |
| Female | 89.5 (0.8) | 43.2 (1.2) | 14.7 (0.9) |
| 1990 graduates | | | |
| All | 91.1 (1.0) | 48.9 (1.3) | 21.6 (0.8) |
| Male | 89.6 (1.1) | 47.7 (1.4) | 25.4 (0.9) |
| Female | 92.4 (0.9) | 50.0 (1.3) | 18.0 (0.9) |
| 1994 graduates | | | |
| All | 93.4 (1.0) | 55.7 (1.1) | 24.6 (0.8) |
| Male | 92.0 (1.1) | 52.8 (1.1) | 27.1 (1.0) |
| Female | 94.7 (0.9) | 58.5 (1.2) | 22.2 (0.9) |

この表3から読み取れる事は、高校における生物・化学・物理の履修率が12年間の間にしだいに向上し、生物においては男女の平均値で17.1%、同じく化学は24.6%、物理は10.2%向上した。

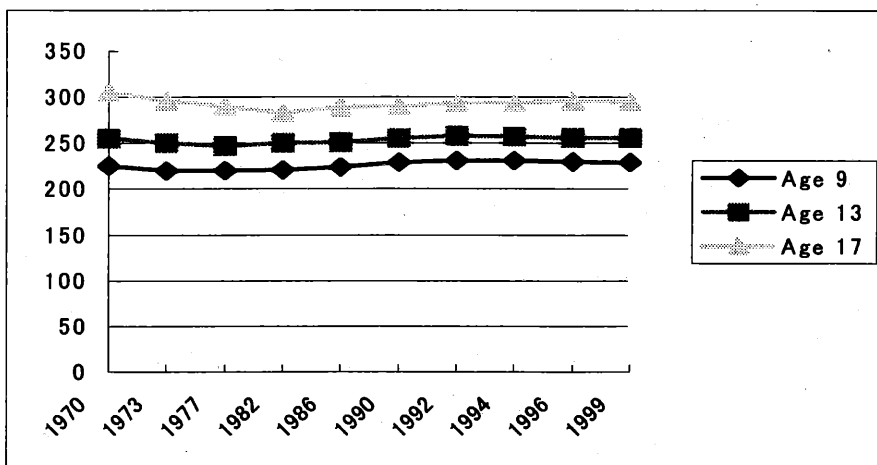
男女別にみると、生物においては女子の方が常に履修率が高く、化学においては、1988年ごろから男子の履修率を抜き、1994年には男子より2.7%多く履修している。一方、物理においては常に男子の方が履修率が高いが、履修率の差はしだいに無くなりつつある。このことから、より多くの高校生がしだいに多くの科学の教科を学習してきているという事がいえる。

次に1970年から1999年までの全米教育進歩アセスメント (National Assessment of Educational Progress) における年齢が17歳と13歳と9歳の科学の平均点の比較に関するデータが興味ある結果を示している (図1)。

このデータからいえることは、9才の児童のNAEPの最低値は1974年付近であり、13才の生徒が4年後の1978年、そして、17才の生徒がさらに4年後の1982年付近である事である。すなわち、ほぼ同年の学年集団が進学するにつれて、その年代の最低値を塗り替えていったことになる。そして、どの学年も1993年まで上昇し、その後17才については上昇し続け、9才・13才については、成績が安定してきているといえるが、全体として、1970年代のレベルに戻っている(良くなってきた)といえる。

また、94年から95年の8学年の生徒が宿題を行っている時間の平均の長さや、テレビを見ている時間の平均の長さの国際比較の結果が述べられている。

図1 全米教育進歩アセスメントによる9, 13, 17の平均偏差点の推移 1970-1999
(NAEP 1999 TRENDS IN ACADEMIC PROGRESS, p9)



この結果によれば、日本の結果は約2.3時間であり、アメリカとほぼ同じ結果であり、ベルギーやシンガポールに比べるとはるかに少ないのである。

さらに、本報告書(Science and Engineering Indicators, National Science Board, 1998)においてマークしなければならない重要な記述がある。これは表2に示されるデータから述べられる。

表4 進14カ国における成人の科学的な理解力の平均値

| Country (year) | index score | Sample size |
|------------------------|-------------|-------------|
| United States (1997) | 55 | 2,000 |
| United States (1995) | 55 | 2,000 |
| United States (1990) | 54 | 2,033 |
| Denmark (1992) | 55 | 1,000 |
| The Netherlands (1992) | 54 | 1,000 |
| Great Britain (1992) | 53 | 1,000 |
| France (1992) | 52 | 1,000 |
| Germany (1992) | 51 | 2,000 |
| Belgium (1992) | 49 | 1,000 |
| Italy (1992) | 47 | 1,000 |
| Canada (1989) | 46 | 2,000 |
| Spain (1992) | 45 | 1,000 |
| Ireland (1992) | 42 | 1,000 |
| Greece (1992) | 37 | 1,000 |
| Japan (1991) | 36 | 1,457 |
| Portugal (1992) | 33 | 1,000 |

この第7章では、アメリカの成人が他の先進諸国と比較して、ほぼ同じかそれ以上に優れているという論点が示されている。

(1) 大学に世界でもっとも多くの人々が進学している。

- (2) アメリカは文科系でも、かなりの科学が必修になっている。しかし、日本やヨーロッパは文化系の学生はほとんど科学を履修しなくても良い。
- (3) アメリカは科学・技術に関連する教育を受けるいろいろな基盤が、世界でもっとも充実している。

このような分析の結果の記述を確認する事は、今後の我が国のあり方について考察する材料となるといえる。ここで、1996年のアメリカの中学2年生に関するデータから、各州ごとの科学教育のアセスメントがなされたことを基にして、今後の日本の科学教育改革に役に立つ内容についてまとめる (NAEP 1998 SCIENCE, Keiser et.al.)。

- (1) 「あなたの学校で理科が主要教科になっているか。」という質問に対して、全米レベルで43%の学校がそうだと答えた。(NAEP 1996 Science, p17)
- (2) 「あなたの学校が従わなければならない科学カリキュラムが学区または州で作成されていますか。」という質問に対して、全米で94%の学校が存在する事に賛成している。しかし、州によっては、例えば、ミネソタ州では35%が学校独自のカリキュラムを保有している事が明らかになった。(NAEP 1996 Science, p18)
- (3) 「中学2年生の科学の授業は週に何時間ありますか。」という質問では、全米で92%の学校から毎日あるという解答が得られた。週に3回から4回と答えた学校が多かった州は、アラスカ州が23%、ハワイ州が35%、テキサス州が23%等である。(NAEP 1996 Science, p19)
- (4) 「科学の授業に必要な学習材は十分手に入りますか。」に対しては、全米レベルで52%がほぼ充足しているとの結果がでた。11%が十分得られており、37%が不足しているという結果である。(NAEP 1996 Science, p20)
- (5) 「科学の授業に父母のボランティア協力がありますか。」に対しては、全米で11%がいつでも協力があり、46%がしばしば協力が得られているということであった。(NAEP 1996 Science, p22)
- (6) 「実験を行う技能や技術が学習目標となっているか」に対しては、全米レベルで42%の学校が大変強調しており、44%がほどほどの強調をしているということであった。(NAEP 1996 Science, p50)
- (7) 「科学の授業でデータの分析能力をどのくらい強調しているか。」という質問に対しては、全米レベルで24%が大変重要視しており、65%がほどほど重要視しているといった程度であった。(NAEP 1996 Science, p51)
- (8) 「演示実験をどのくらい行っていますか。」に対しては全米レベルでは、10%が毎日、49%が週に1・2度となっている。また39%が月に1・2度となっている。しかし、この教師からの解答と生徒からの解答を比較してみると、大きな開きがあり、28%が週に1・2度となっている。また29%が月に1・2度となっている。つまり、生徒の方が少なめに答えている。(NAEP 1996 Science, p52-53)
- (9) 「(生徒への質問)科学の探究活動をどのくらい自分でデザインし、実行するのか。」に対しては、全米レベルでほとんどやらないが63%、月に1・2度が23%、一週間に1・2度が10%である。(NAEP 1996 Science, p58)

- (10) 「(生徒への質問)科学は日常生活の問題解決に役に立つのか。」という問題に対し、全米レベルで40%が賛成し、35%がどちらかわからず、25%が反対している。(NAEP 1996 Science, p66)
- (11) 「(生徒への質問)科学の学習は暗記が中心であると考えるか。」という問題に対し、全米レベルで33%が賛成し、37%がどちらかわからず、30%が反対している。(NAEP 1996 Science, p67)
- (12)「2年以内に科学または科学教育の単位を大学や大学院でどのぐらい取得したか。」に対しては、全米レベルで41%が3単位以上の単位を取得している。
- (13)「科学教師としての質の向上のため、どのような内容の教師教育を受けたか。」に対しては、全米レベルで12%が科学教育法であり、14%が生命科学をとり、6%が化学をとり、9%が地球科学を受講したという結果であった。(NAEP 1996 Science, p78)
- (14)「科学教師としての質の向上のため、昨年間にどのぐらいの期間の研修を受けたか。」に対しては、全米レベルで57%以上が3日以上研修を受けていたという結果であった。(NAEP 1996 Science, p80)
- (15)「あなたはNSTAなどの専門的な学会のメンバーになっていますか。」という質問に対して、全米レベルで57%がメンバーになっていると答えている。

以上、大まかなまとめであるが、科学教育改革を行っていく上での鍵となる質問が多くなされている。このような観点で我が国と比較した場合、多くの点で示唆に富んだ内容が含まれているといえよう。例えば、週5日制でありながら、ほぼ毎日科学が学ばれている事、父母のボランティアによる科学授業への支援がかなり浸透していること、探究活動を中心にした、実験・観察を実際に行っている事が挙げられる。また、今回の学習指導要領の中で強調されている、みずから、目的意識をもって観察、実験を行うという点に対応するといえる、(9)はアメリカでも1996年代においては必ずしも進んでいないようである。多くの生徒にとって科学が暗記科目であると考えているものも、アメリカでもかなりいるという事実が出た事も興味深い。そして、何よりも現場の科学教師用の現職教育が極めて多くなされていることと約半数の教師が専門的な学会の会員であるという現実が浮き彫りになった。このことは、我が国の教師の所得の平均が多いにもかかわらず、専門的な学会のメンバーになっていないものが多い現実と対比されるべきであろう。

5 米科学教育スタンダード作成経緯

全米科学教育基準作成の経緯については、長洲(1995)、熊野(1995)や熊野(1996)の中で詳しく述べられている。そちらも是非参照していただきたい。

科学教育基準の作成は、1989年の全米州知事連合会(National Governors Association)が全米教育目標の作成に対して賛成が得られたことに始まる。ブッシュ大統領は直ちに全米教育目標研究班(National Education Goals Panel)を召集した。この全米教育標準作成への支持はクリントン大統領にも引き継がれた。多くの基礎科学の学会や科学教育関係の学会、連邦教育局長、NSF(全米科学財団)の事務局長、全米教育目標研究班の代表者のほとんどが同様な意見であった。間もなく、全米科学教育基準を開発のための予算が連邦教

育局ならびに NSF から出され研究開発が始まった。この予算のもとに NRC は NCSESA (National Committee on Science Education Standards and Assessment: 全米科学教育基準ならびにアセスメント委員会)を組織した。

NCSESA は 1992 年の 5 月に最初の会議を開き、内容・教授・アセスメントの 3 つの実行委員会に分かれた。この後の 18 ヶ月間、多くの教師、科学者、科学教育学者、そして科学教育に興味のある方々からの意見を受け付けた。1993 年の年末までに全米科学教育スタンダードの概要の作成が終了し、1994 年の 5 月に批判と検討のため、概要が公共に提出された。さらに、NRC はまだ全米科学教育スタンダードの作成にかかわっていない人々による、5 つの焦点化グループを設置した。多くの討論・改訂を重ねて、1994 年の 12 月に全米科学教育スタンダードの複製が 4 万部作成され、1 万 8 千人の個人と 250 のグループに送られ、さらなる検討・改訂が行なわれ、最終的に 1996 年 1 月に出版がなされた(NRC, 1996)。この全米科学教育スタンダードの最終報告書作成のために 10 億円ほどのプロジェクト費用がかかったとされる。

6 米科学教育スタンダード

(1) 科学教育基準の概要

科学教育スタンダードには 6 つのスタンダードがある。これらは、科学教授スタンダード、科学教師の専門性向上のスタンダード、科学教育アセスメントスタンダード、科学の内容スタンダード、科学教育計画スタンダード、そして、科学教育システムスタンダードである。この科学教育スタンダードから、科学教育改革の方向性や骨組みを明らかにできる。表 5 から表 9 はそれぞれのシステムスタンダードを除く 5 つのスタンダードを解り易くするため、強調しない点と強調する点としてまとめられたものである。日本の学習指導要領に大まかに対比できる科学教育内容スタンダードの内容についてはアペンディックスに別表として示した。

表 5 学教授スタンダードにおける強調点

(NSSES, p52 より)

| 強調しない点 | 強調する点 |
|------------------------------|-----------------------------------|
| ●すべての児童生徒を等しく扱うこと。教室全体に対応する。 | ●個々の児童生徒の興味、能力、経験、要求を理解し対応する。 |
| ●追従しなければならぬカリキュラム | ●選択したり柔軟に改訂可能なカリキュラム |
| ●児童生徒の獲得した情報に焦点化 | ●児童生徒の理解と科学的知識・思考・探究の過程の使用に焦点化 |
| ●講義、教科書、演示を通して科学的知識を提供する。 | ●児童生徒が具体的で発展した科学探究を行な得るように導くこと。 |
| ●獲得した知識について質問し、口頭で答えさせること。 | ●科学的議論やディベートを児童生徒間で行なえる機会を提供すること。 |
| ●単元や章の最後で、事実に関する情報のテストを行なう。 | ●児童生徒の理解について継続してアセスメントを行なう。 |

| | |
|-----------------|--------------------------------------|
| ●教師の責任と威厳を擁護する。 | ●児童生徒とともに、学習することへの責任を共有する。 |
| ●競争を支持する。 | ●協力しあい、責任を分かち合い、尊敬しあう学級コミュニティーを支持する。 |
| ●教師一人で行なう。 | ●科学プログラムの質の向上のため、他の教師とともに働く。 |

表 6 科学教師の専門性向上のスタンダードにおける強調点 (NSSEp72 より)

| 強調しない点 | 強調する点 |
|--------------|---------------------|
| ●科学と教授論との分離。 | ●科学と教授論の統合。 |
| ●理論と実践の分離。 | ●学校という状況での理論と実践の統合。 |
| ●個別の学習。 | ●お互い助けあい協力しあう学習。 |
| ●ちぎれちぎれの単発の | ●長い期間に渡り一貫し |

| | |
|---------------------|-------------------------|
| 授業。 | た計画。 |
| ●大学でのコースとワークショップ。 | ●専門職の質の向上のための色々な活動。 |
| ●外部（学校外）の専門家の意見の重視。 | ●学校内外の専門家の意見を取り入れる。 |
| ●教育者としての指導主事。 | ●支援者、助言者、計画者としての指導主事。 |
| ●技能者としての教師。 | ●知的で思慮深い実践家としての教師。 |
| ●教授論を消費する者としての教師。 | ●教授論を新たに生みだしていく者としての教師。 |
| ●追従する者としての教師。 | ●リーダーとしての教師。 |
| ●教室内での一個人としての教師。 | ●協力し合う専門家集団の一員としての教師。 |
| ●変化の的としての教師。 | ●変化を促進し、かつ変化の源である教師。 |

表7 科学教育アセスメントスタンダードにおける強調点 (NSES, p100 より)

| 強調していない点 | 強調している点 |
|----------------------------|-------------------------------|
| ●簡単に測定できることに関するアセスメント | ●最も価値のあることについてのアセスメント |
| ●一つ一つの知識に関するアセスメント | ●よく構造化された知識に関するアセスメント |
| ●科学的知識に関するアセスメント | ●科学的な理解や科学的な理由づけに関するアセスメント |
| ●生徒が未知のことを学ぶことに関するアセスメント | ●生徒が既知のことを関連させて学ぶことに関するアセスメント |
| ●上達したことだけに関するアセスメント | ●上達したことや学ぶ機会についてのアセスメント |
| ●教師による学期末のアセスメント | ●生徒が自分自身や友人に対して絶え間なく行うアセスメント |
| ●学習評価の専門家だけによる学校外アセスメントの発展 | ●教師が学校外アセスメントの開発に関わること |

表8 科学教育内容スタンダードにおける強調点 (NSES, p113 より)

| 強調していない点 | 強調している点 |
|--------------------------|-----------------------------|
| ●科学の内容を実証したり立証するための実験・観察 | ●科学的疑問を探究したり分析したりするための実験・観察 |
| ●1時間内に限定した科学的探究 | ●複数の時間帯に渡った科学的探究活動 |
| ●文脈とは分離した科 | ●文脈に対応した科学の |

| 学の方法に伴う技術 | 方法に伴う技術 |
|--|--|
| ●観察する技術などの科学方法に伴う個々の技術の強調 | ●複数の科学の方法に伴う技術を同時に使用する事を強調 |
| ●正しい一つの答えを得ること | ●解釈を訂正したり、生み出したりするために証拠を使ったり、作戦を練る |
| ●発見や実験を主とする科学 | ●議論や解釈を主とする科学 |
| ●科学内容についての疑問にたいして解答を与える | ●科学的解釈についての意思の疎通 |
| ●個人やグループで結論の正当性を理解する事無しにデータをまとめたり、分析をしたりする | ●結論の正当性について主張した後で、グループでデータをまとめたり分析したりする |
| ●時間を節約するために、多くの内容を網羅するような代表的ないくつかの探究活動を行う。 | ●科学的理解や能力、探究活動の価値や科学的知識を発展させるために、もっと多くの探究活動を行う |
| ●実験の結果として、探究活動を締めくく | ●実験の結果を科学論争や解釈に応用する |
| ●教材や実験器具を管理する | ●科学的考えや情報を管理する |
| ●個々の児童・生徒の科学的考えが個人に留まり、結論が教師に提出される | ●児童・生徒の科学的考えがクラス内はもちろん、公的な場で公開され相互交流される |

表9 科学教育プログラムスタンダードにおける強調点 (NSES, p224 より)

| 強調しない点 | 強調する点 |
|----------------------------------|---|
| ●異なった学年レベルの科学プログラムを1つ1つ独立して作成する。 | ●科学教育プログラムをK-12の学年を通して、関連、連携させて作成する。 |
| ●カリキュラムや授業方法と関連しない評価方法を使用。 | ●授業方法（教授法）、アセスメント、カリキュラムの相互提携。 |
| ●本代としての現状維持資金の割り当て。 | ●スタンダードにのっとった手作りの探究活動に必要な教材、教具等のための資金の割り当て。 |
| ●教科書と講義にたよるカリキュラム。 | ●野外調査や探究を重んじた実験のような、いろいろな内容を含み、同時にスタンダードで支持されるカリキュラム。 |

| | |
|---------------------------------|--|
| ●日常生活と直接係らない広い領域の事実の寄せ集めカリキュラム。 | ●児童生徒の日常生活に関連した自然事象や、科学と関連した社会的諸問題が含まれるカリキュラム。 |
| ●他の教科から遊離した教科としての科学。 | ●数学や社会のような教科などと科学を結ぶこと。 |
| ●科学が好きなグループに科学を学ぶ機会を与える。 | ●すべての児童生徒に、科学を学ぶ機会、そして、科学に挑戦することを提供する。 |
| ●科学教師の採用は限られた教師選考委員による。 | ●科学教師の採用に、成功した科学教師を選考メンバーに参加させること。 |
| ●教師は孤立状態になっ | ●教師に生涯教育の機会 |

| | |
|-------------|-------------------------------------|
| ている。 | と関係する人々との相互交流の機会を提供し、教師を専門家として待遇する。 |
| ●競争原理を支持する。 | ●学校全体の質の向上のために、チームとして教師間の友好を深める。 |
| ●追従者としての教師。 | ●意思決定者としての教師。 |

これらのスタンダードの基本的立場として構成主義 (Constructivism) や生涯学習論が根底にあるといえる (筆者の論点)。即ち、科学論と認知科学の中で合意できる内容や生涯学習論を踏まえたシステミックな教育改革論が具体的に展開されている。いわゆる単なる専門領域の細分化された科学教育の体系化ではなく、科学を技術との関係でとらえ、広く人間社会との深い関係 (STS) について再認識しようとしたものではないかということである。これまでの科学をより大きな枠組みで捉えようとした努力の跡が見られることである。すなわち、科学と技術と社会の相互関係が科学教育の基本的骨格として受け入れられたのである。さらに、構成主義と STS を「科学」という教科だけで受けとめるのではなく、学校教育全体及び地域のコミュニティの中で積極的に受け止めること (生涯学習の具現化) がなければならないとされている。

全米科学教育スタンダードの登場により、科学・技術リテラシーとしてある程度コンセンサスが得られたが、全米スタンダード化運動の中で、推進している人々の立場が微妙に変化してきている。すなわち、"hire standards" は企業人が質の高い労働力を望んでいることを意味し、"higher standards" は連邦政府や政治家がより高い (国際的に競争力のある) 学力を望んでいることを意味し、"high standards" は教育者たちが構成主義にもとづいた質の高い学習を望んでいるのである。

7 今後の日本の科学教育課程への提言

これまでのアメリカ合衆国が進める科学教育関連の教育改革の推進の分析から、今後の日本の科学教育課程への提言を述べる。

(1) 科学技術リテラシーの見直しとその結果の共通理解の共有

ここで述べる科学技術リテラシーとは、むしろ科学・テクノロジーリテラシーと書いたほうが正確である。本来、科学技術という言葉は日本における「Science & Technology」に対する日本語訳であるとさる。明らかに、日本においては、科学・技術・工学・科学技術間の用語の混同があり、それも、教科書等の中で、明確な科学論、工学論がなされていないことにもその原因があると考えられる。

ここで重要なのは用語の問題よりも、日本が今後も科学や工学の分野で国際的な競争力

を保ちつつ創造的で、活発な研究を生み出し続けることである。そして、21世紀において、大事なことは市民が科学やテクノロジーについて、深く関わらざるおえなくなることである。それは、科学やテクノロジーの発展と市民の生活が大変近くなり、アカウンタビリテイの発達、生涯学習の発達により、科学者や工学者がその研究内容や成果を分かりやすく市民へ公示する義務がしばしば生ずるだけでなく、市民が研究費の決定に参加することになることが生じてくると予想できる。あらゆる職種で科学的、工学的な方法をもとに個々の問題にたいして、意思決定していくことが要求されるようになる。

上述のような状況を踏まえて、科学・技術リテラシーを見直す必要がある。科学者・工学者等自然科学に関わるもの、科学教育に関わるもの、一般市民の代表者が素案作成委員会のメンバーとなり素案を作成する。そして、結果を例えばすべての学術会議に登録している科学関連学会に送り、修正をお願いする。同時に、日本全国の教育委員会等の教育関連の公的組織にも送り、修正をお願いする。これらを総合的に纏めなおすことにより、より広いコンセンサスが得られることになる。場合によっては、公聴会を開くことも重要である。さらに、常に訂正改良できるシステムも構築しておく必要がある。

(2) 「理科」を主要教科として認知し、初等中等教育において、毎日学習すること。

1996年アメリカ合衆国の中学校2年生の全米での平均でほとんど毎日、科学の学習をしているという現実から、総合的な学習の内容も視野に入れながら、今後の学習指導要領の枠組みの中に、科学的なものの見方考え方をしっかり身に付ける時間の確保が必要である。そういう意味で、「理科」という教科名そのものの見直しも必要になるといえることはもちろんのことである。「理科」とは何であったのか、これからの「理科」がどうあるべきかは、前述の科学・技術リテラシーと対応してくる。

(3) 理科教師教育の抜本的改善

科学・技術リテラシーのコンセンサスを作成していく一方で、新しい科学・テクノロジーリテラシーの教育を行う教師教育をする必要がある。もし、アメリカ型のスタンダードのようなものが合意されたならば、理科教師教育の体験的なプログラムを立ち上げる必要が出てくる。各県からリーダーシップの取れる人材育成を、韓国政府が実行しているように、定期的にアメリカ等の海外で体験的研修に参加し、それらのアセスメントをしっかりと行う必要があるのではないだろうか。日本における理科教師教育のありかたを実証的に再構築する必要がある。現職教育のみならず、理科教員養成のあり方についてももう一度再構築する必要がある。特に理科教育・科学教育は臨床的な部分があり、科学的な創造性を高めるための方略や科学的な応用力を高める方略、科学的な学習を促進する状況作りの方略等、日本における理科教育・科学教育の質的な向上のために乗り越えなければならない点が山積みである。このような、教師教育の改善のために、アメリカにおけるアイゼンハワー法のような法律が必要であり、それに基づいて予算が執行されるようにする必要がある。

(4) 理科教育学研究の質的な向上と海外研究者と対等に研究を進められる人材育成

これまでの議論の中には明確に述べられていなかったが、諸外国では科学教育学が益々推進され、国際的な研究開発も益々活発になりつつある(熊野2000)。多くのアジアの国々の第一線の若手の科学教育研究者が欧米に留学し次々に学位を取得し、最先端の科学教育学を身に付け、本国に戻られてからも具体的な研究や実践を行い、国際的な科学教育関連

学会にて公表し続けている。一方、日本の科学教育研究が海外に出され、さらに、引用されて研究が深められることは極めて稀である。その一方で、アジアの他の諸外国の研究が引用されることが着実に増えている。このことは、即急に対処しなければならない。

(5) 生涯学習の視点からの理科教育の見直し

OECDによってまとめられた、「すべての人々のための生涯学習」(1996)では、日本を初めとするOECDの国々の今後の教育における最重要課題としてノンフォーマルな教育が前面に出されている。この中で、特に注意を要する点は今後の教育の改革は、単に既存のフォーマルな教育の改革ではなく、生涯学習社会を骨組みとしたシステミックな教育改革であり、生まれてから死ぬまでの学習社会の構築であるとしたことである。この考えはアメリカの全米科学教育スタンダードのプログラムスタンダードやシステムスタンダードに対応するのである。そういう意味で、21世紀の新しい科学教育の教育課程の枠組み作りは、より組織的なフォーマル科学・技術教育のみならず、ノンフォーマル科学・技術教育をどのように形成するかが、個々の国や地域の課題となるといえるのである。もちろん、その前提条件として以下の事が準備されている必要がある。

特に、ノンフォーマルな科学学習に誰が参加しているのか。誰が参加しないのか。それは、なぜであるか。また、子どもたちのノンフォーマルな科学学習を大人はどのように支援しているのか、または、どのように壁を形成しているのか。さらに、ノンフォーマルな科学学習への参加者は、どのような期待や予想を持ってプログラムを経験するのか。そして、経験の結果、何を学習したと認識しているのか。ノンフォーマルな科学学習を積み重ねることが、個人へどのような影響を及ぼすのか等である。これらの科学教育研究課題は我が国にとっても、あまりしっかりした研究はなされていないといえる。

参考文献

- Brenton Honeyman(1997),Partnerships, Infra-structure and Science Education Reform, Globalization of Science Education, Proceedings, KEDI, 287-300
- Digest of Education Statistics, 1999(1999), Chapter 1, All Level of Education, <http://nces.ed.gov/pubs2000/digest99/chapter1.html>
- Finn, Chester E. Jr. & Petrilli, Michael J. (2000) The State of State Standards 2000, The Thomas B. Fordham Foundation
- 熊野善介(1995), 米国の科学教育改革とその経過, 初等教育資料 634号, 68-71.
- 熊野善介 (1996), 高度情報化社会における科学・技術・社会 (STS) 教育開発に関する実践研究, 平成7年度文部省科学研究費補助金一般研究 (C) 研究成果報告書 (課題番号-06680174, 研究代表者 熊野善介), 1-177-
- 熊野善介 (1997), アメリカにおける科学教育の「新たな現代化」と日本での試みー生物教育を中心としてー, 遺伝, Vol.51, No.3, 31-35.
- 熊野善介(2000), 理科カリキュラムの根本的再検討の必要性について, 理科の教育, Vol.50, No.1, 12-15.
- 長洲南海男 (1995), STS (Science/Technology /Society) における新しい指導方法ー探究学習論から構成主義学習論への転換ー, 筑波大学教育学系教育学系論集 19(2), 111-130.
- National Research Council(1996). National Science Education Standards, National Academy Press.
- National Science Board(1998) Science and Engineering Indicators, NSB 98-1.

Keiser M. K., Nelson J. E., Norris N. A. & Szyszkiewicz S. (1998) NAEP 1996 Science Cross-State Data Compendium for the Grade 8 Assessment, Findings from the National Assessment of Educational Progress for the State Science Assessment, U.S. Department of Education, Office of Educational Research and Improvement, NCES 98-482

文部科学省(2001), 生涯学習政策関係重点事項, 文部科学広報, No.2, p2.

三宅征夫 (2000), 理科カリキュラムの現状と到達度との関連に関する国際比較研究, 課題番号 09480027, 平成 9 年度～平成 11 年度科学研究費補助金基盤研究 B(2)研究成果報告書, 国立教育研究所

OECD(1996), Lifelong Learning for All, Meeting of the Education Committee, 16-17 Jan.

Ornstein A. C. & Hunkins F. P. (1988) Curriculum: Foundations, Principles, and Issues, Prentice Hall, p1-348.

SUMMARY OF THE SCORES, National Report Card - State Standards Across All Subjects, Finn & Petrilli, 2000

USCS: Public Charter School Program (2000) <http://www.uscharterschools.org>, U.S. Department of Education

U.S. Department of Education, Office of Educational Research and Improvement, and National Center for Education Statistics (2000) NAEP 1999 Trends in Academic Progress; Three Decades of Student Performance by J.R. Campbell, C.M. Hombo, and J. Mazzeo, NCES 2000-469.

Appendix (別表 1 : 科学教育の内容基準)

| | 探究としての科学 | | 物理科学 | 生命科学 |
|------|---|---|---|---|
| 5-8 | <ul style="list-style-type: none"> ◆自然科学の調査のための疑問の明確化 ◆自然科学の調査を企画し, 実行する ◆データを集め, 分析し, 解釈するための適切な器具と技術を用いる ◆証拠に基づいた解釈や複数のモデルを組み立てる ◆証拠と解釈の関係について, 批判的かつ論理的に思考する ◆別の解釈や方法を認め, それらについて分析する ◆科学の方法や解釈についてコミュニケーションをはかる | | <ul style="list-style-type: none"> ◆物性の特性 ◆物体の粒子モデル ◆運動と運動の変化 ◆エネルギーの変換 | <ul style="list-style-type: none"> ◆細胞と多細胞生物 ◆遺伝, 生殖, 発育 ◆生物の多様性と適応 ◆生態系と生物 |
| 9-12 | <ul style="list-style-type: none"> ◆科学的な調査に導く疑問と概念を明らかにする ◆自然科学の調査の全行程とコミュニケーションを企画し, 実行する ◆調査を改善するため技術を使用する ◆理論と証拠を用いながら, 科学的解釈と複数のモデルを組み立てたり修正する ◆別の解釈やモデルを認め, それらについて分析する ◆科学的な議論を通して意思の疎通をすると共に, 正当性を主張する ◆歴史上のあるいは現在の科学の探究について分析できる | | <ul style="list-style-type: none"> ◆物性の構造 ◆化学的相互作用 ◆力と運動 ◆エネルギーの保存と伝達 | <ul style="list-style-type: none"> ◆構造と機能の多様性 ◆生命単位としての細胞と多細胞生物の形成 ◆遺伝の原理 ◆生命の進化 ◆物質とエネルギー ◆人口と相互依存 |
| | 地球および宇宙科学 | 科学と技術 (科学技術) | 科学と社会的挑戦 | |
| 5-8 | <ul style="list-style-type: none"> ◆地球システムにおける相互作用と環境 ◆地球の歴史 ◆太陽系の中の地球 | <ul style="list-style-type: none"> ◆技術の企画過程 ◆科学と技術の関係 ◆科学の探究と技術の企画の類似点と相違点 | <ul style="list-style-type: none"> ◆社会における人口, 資源, 環境 ◆天災 ◆技術と社会 ◆リスクと利益 ◆個人的な意思決定 | |

別表1 科学教育の内容基準（続き）

| | | | |
|------|---|---|--|
| 9-12 | <ul style="list-style-type: none"> ◆地球システムにおける物質とエネルギー ◆地球システムの進化 ◆宇宙の中の地球 ◆地球システムの地球化学的過程と循環 | <ul style="list-style-type: none"> ◆技術の本質 ◆技術の企画過程 ◆科学と技術の相互作用 ◆科学と技術の類似点と相違点 | <ul style="list-style-type: none"> ◆人口増加 ◆天然資源 ◆環境の質の低下 ◆天災と人災 ◆共同体としての健康 ◆地球規模の変化 ◆科学、技術と公共政策 |
|------|---|---|--|

| | 科学の歴史と本質 | 科学の概念と方法の統合 |
|------|--|--|
| 5-8 | <ul style="list-style-type: none"> ◆科学の探究 ◆人類の努力としての科学 ◆科学と社会 | <ul style="list-style-type: none"> ◆システム ◆測定 ◆構成 ◆モデル ◆形態と機能 ◆尺度 ◆相互作用 ◆応用（適応） ◆解釈 ◆変化 |
| 9-12 | <ul style="list-style-type: none"> ◆科学の探究 ◆科学知識の本質 ◆科学的解釈 ◆科学史における革命 | 同上 |

「教科等の構成と開発に関する調査研究」
研究成果報告書（7）

理科系教科のカリキュラムの
改善に関する研究
－諸外国の動向－

平成13（2001）年3月

発行者 国立教育政策研究所
住 所 〒153-8681
東京都目黒区下目黒6-5-22
TEL 03-5721-5150（代）
