

---

# 科学教育と技術教育のインターフェイス —英米独の比較教育史研究

---

課題番号 10680191

平成10年度～平成12年度科学研究費補助金（基盤研究（C）（1））

研究成果報告

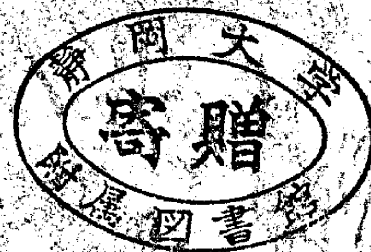
平成13年3月

静岡大学附属図書館



030850451 3

研究代表者 丹沢 哲郎  
(静岡大学教育学部助教授)



## はしがき

近年、西欧諸国においては、“Science for All”あるいは“Scientific Literacy”をキャッチフレーズに、大胆な科学教育改革が進行している。そこでは、指導法の改革のみならず、目標の再定義さえも行われつつあり、21世紀における科学教育がいかにあるべきかが問われている。この科学教育改革の一つの特徴は、科学教育と技術教育のかつてない接近に見られる。テクノロジーが我々の生活の質に決定的な影響を与えつつある現在、それを見据えつつ、科学とは何か、科学の目的とは何かが問われているのである。

そこで、本研究においては、科学教育と技術教育の関係を、英米独という三つの国における歴史的な流れの中で検討することによって、これからの科学教育の未来を展望することを目的とした。具体的な問いとしては、科学教育と技術教育は歴史的に相互に関連性のあるものとして捉えられてきたのかどうか、関連性が見られるとしたらそれはいつの時代にいかなる理由によってか、さらに科学と技術はいかに定義されてきたのか、等々である。

本報告書は、文部省科学研究費（基盤研究(C)(I)）による平成10年度～12年度の3年間にわたる研究成果の報告書である。この間、5度にわたり研究会を開催し、以下の通り3回、外国人研究者によるレビューを受けた。

平成10年12月5日～13日 アメリカ：ノースカロライナ大学およびBSCS

平成12年1月28日～2月7日 ドイツ：キール大学自然科学教育研究所

平成12年6月11日～22日 イギリス：ロンドン大学

これらの大学および研究所においては、我々の研究に対して批判的な意見をいただいただけでなく、日本ではなかなか手に入らない貴重な資料の収集機会ともなった。また多くの研究者たちと交流する中で、研究者としての今後の財産ともなるであろう人間関係を築けたことも幸運であった。

近年、日本の理科教育研究においては、認知科学的な手法を用いた研究が盛んになり、その成果は理科授業のあり方に大きな影響を与えてきた。しかしながら、その一方で、かつて盛んであった外国研究に携わる人々の数は減少の一途をたどり、この問題意識が本研究に取り組むきっかけを我々に提供することになった。本研究の遂行にあたっては、それぞれの国の各時代における社会的状況、政治状況、思想的状況など、極めて広範な内容を取り扱わねばならず、我々の能力を相当超えた部分があったことは間違いない。したがって、本報告書が当初の目的を十分に反映したものとなっていないことを恐れるが、本研究が、今後の日本の理科教育のあり方について検討していく上で、少しでも有益な示唆を提供できることを願っている。関係の方々の忌憚ないご意見、ご批判がいただければ幸いである。

平成13年3月 研究代表者 丹沢哲郎

1. 研究課題 科学教育と技術教育のインターフェイス

2. 課題番号 10680191

3. 研究組織

研究代表者： 丹沢 哲郎 (静岡大学・教育学部・助教授)

研究分担者： 磯崎 哲夫 (広島大学・教育学部・助教授)

研究分担者： 藤井 浩樹 (広島女子大学・生活科学部・講師)

4. 研究経費

平成 10 年度 1, 500 千円

平成 11 年度 700 千円

平成 12 年度 900 千円

計 3, 100 千円

5. 研究発表

(1) 口頭発表

1. 村岡美紀, 丹沢哲郎 BSCS カリキュラムにおける「探究」の捉え方とその指導法の変遷. 日本生物教育学会第 70 回全国大会 (於: 奈良教育大学) 平成 13 年 1 月
2. 磯崎哲夫 今, 改めて「理科」の意味を考える 4. 日本理科教育学会第 50 回全国大会課題研究 (於: 宇都宮大学) 平成 12 年 8 月
3. 藤井浩樹 ドイツ事実教授のカリキュラム研究の現状. 日本理科教育学会第 49 回中国支部大会 (於: 岡山大学) 平成 12 年年 11 月.

(2) 学会誌

1. 磯崎哲夫 19 世紀のイギリスにおける科学教育の論議—「なぜ科学を教えるのか」について—. 理科教育学研究 40 (2), pp.13-26 (1999)

## 目 次

はしがき

イギリスにおける科学教育と技術教育のインターフェイス . . . . (磯崎哲夫) p.1

アメリカにおける科学教育と技術教育のインターフェイス . . . . (丹沢哲郎) p.15

ドイツ中等学校における科学教育と技術教育の歴史的関係

—科学教育の立場から— . . . . . (藤井浩樹) p.35

# イギリスにおける科学教育と技術教育のインターフェイス

広島大学教育学部 磯崎哲夫

## I. はじめに

ロンドン大学のオズボーン (Osborn, J.) とコリンズ (Collins, ) の調査結果報告書<sup>1)</sup> (2000 年) によれば、中等学校の生徒やその保護者達は、科学と技術を区別せずむしろ同一のものとして見なしていることが明らかにされている。しかしながら、そのような関係にもかかわらず、国家によって省令 (order) として設定されたナショナル・カリキュラム (National Curriculum) では、科学 (science) は必修教科として位置づけられたが、技術 (technology) はデザインと技術 (design and technology) や情報技術 (information and communication technology) として科学とは分離されており、必修教科でもない。

なぜ、子ども達や保護者達の実態と懸け離れて、学校教育において科学と技術はこのような関係にあるのであろうか。このような関係は、産業革命に伴う社会変化が学校教育にも影響を及ぼすようになった 19 世紀にまで遡り、科学教育と技術教育の辿ってきた歴史を丁寧に紐解かねば、その意味が理解できないであろう。

本小論では、この歴史的問題に対し、主に二つの視座からアプローチを試みる。まず、国家と (科学技術) 教育との関係についての比較教育史的アプローチである。次に、中等カリキュラムにおける科学教育の位置づけに関するカリキュラムの政治学 (politics of curriculum) 的アプローチである。

## II. 科学教育と技術教育 (technical, technological, technology education) の関係

### 1. 技術教育の定義

#### 1) 19 世紀における技術教育の定義

イギリスにおいて科学が学校教育に導入され始めた 19 世紀半ば頃、科学教育 (science education) に加えて技術教育 (technical education) という言葉が使用されるようになっていた。この科学教育 (science education) と技術教育 (technical education) の区分は必ずしも明確ではなかった。例えば、科学教育振興運動の代表であるハクスレー (Huxley, T. H.) は、「技術教育は、簡単に言えば、よい教育 (good education) である。それは、普通という以上に、物理科学 (physical science) や、ドローイング (drawing)、さらに近代言語により注意が払われたものであり、それについての特別技術的なものは何もない。」<sup>2)</sup> と指摘しているが、この見解に、技術教育が主として理論を教えるなら、それは自由教育 (liberal education) と見なされるという社会的背景を読みとることができる。ダベンポート・ヒル (Davenport-Hill, R.) は、「今日 (註: 1880 年代)、技術教育は明確なる二つの意味を有している。一つは、特別な技芸 (art) と商業 (trade) を教えること (teaching) であり、他の一方は、すべての技芸と商業に関連のある初等科学の教育 (instruction) である。」<sup>3)</sup> と、技術教育の二つの方向性を指摘している。当時の同じような見解は、ミリス (Millis, C. T.)

の次のような表現にも認められる。「技術教育とは、産業に応用が可能な技芸および科学の原理と、特定の産業や雇用に対し、技芸と科学の特定の領域の適用についての教育を提供することである」<sup>4)</sup>

次に、今日の見解を見てみよう。コットグローブ (Cotgrave, S.) は「19 世紀においては、技術教育と科学教育はしばしば同義語として使われており、両者を明確に区別することは困難である」<sup>5)</sup> と、科学教育と技術教育が同じ意味で用いられていたことを指摘している。また、マスグレイブ (Musgrave, P. W.) も同じような見解を示している。すなわち、「19 世紀の技術教育への要請にみられる一つの特徴は、それが原理についてであって実践についてではないことである。…1860-70 年代の技術教育はまさに科学教育を意味していた。」<sup>6)</sup> と。

当時、技術教育は、これ以外にも中等教育と同じ意味に解釈される場合もあった。例えば、中等教育に関する王立委員会 (Royal Commission on Secondary Education) の報告書では、技術教育は中等教育の範囲内で考えられ、中等教育は技術教育という概念なくしては考えられないことが示された<sup>7)</sup>。

ところで技術教育には、'technical education' と 'technological education' の二つの原語がある。アーグルス (Argles, M.) は、約 100 年にわたるイギリスの技術教育を分析し、'technical education' と 'technological education' の両者の違いを明確に区分することは困難であるとしながらも、後者は教授のより高度な形態であり、前者は応用科学の教授や教育のような、より地味な仕事の意味を有している、と指摘している<sup>8)</sup>。

## 2) 今日の技術教育の定義

また、技術教育には 'technology education' の原語もある。この 'technology' についてレイトン (Layton, D.) は、'technology' は、新しい学校教科であり、すべての子どもに対する一般教育としては歴史と伝統が欠けており、'technology' の一分野は職業教育等において教えられていた、指摘している<sup>9)</sup>。むしろ、今日的には、'technical education' よりも 'technological education' や単に 'technology' という用語の方が一般的である。

では、'technological education' や 'technology' (以下、技術教育とする) は、今日的にはどのように定義されているのであろうか。1988 年教育改革法に基づくナショナル・カリキュラム (National Curriculum: NC) において科学の省令の原案を作成した「科学に関する調査委員会 (Science Working Group: SWG)」の最終報告書に示された定義についてみてみよう<sup>10)</sup>。

技術とは、一つの創造的な人間活動である。それは、ものを作り出し、ものを制御し、あるいは十分なるデザインと手立てによって、また、関連する知識や資源を利用することによって、さらに、より良くものが作動できるようにすることによって適切な変革をもたらすのである。

また、ブラック (Black, P.) とハリソン (Harrison, G.) は、技術について、「技術とは、人類の目的を達成するために、物質、エネルギーおよび自然現象といった資源を利用する鍛錬されたプロセスである。」と定義し、これらの定義は必然的に以下のような三つの教育的目標を導き出すとしている<sup>11)</sup>。

- ・技術が人類の目的を達成するための資源であること、そして人類として判断をしなければならぬ諸問題に技術が関連していることについて、子ども達が「認識」できるようにする。
- ・個人の経験を通して、技術的活動を遂行するために子ども達の「実際的能力」を育成する。
- ・子ども達が、技術的活動を行う際に必要とされる知識の源と、知的・身体的スキルを獲得するのを支援する。

少なくとも、ここに見られる技術教育は、明確に科学教育と区別されるものである。レイトンは、技術は応用科学ではないと指摘しており、SWG も科学と技術は非常に密接な関係であることは認めながらも、次のように両者の違いを指摘している<sup>13)</sup>。

科学と技術は密接なつながりを持っているけれども、両者にはその目的による重要な違いがある。科学は、物質界や生物界についての確かな知識を追求することに関心があるのに対し、技術は、人類の要求によって導かれ、人類の要求を満たしたり、それらと関係する問題を解決することを含んでいる。それは、楽観的であるとともに、問題解決に関わるコストと得られる利益にも関係している。

科学は探究主導であり、発見は科学のためである。結論は証拠とデータから導き出され、可能な限り客観的である。それに対して、技術は本質的には（人々の）要求を満たしたり、あるいは問題を解決することである。その最もよい解決法は、しばしば主観的な判断を含み、幅広い範囲の要因を考慮に入れた後で、ようやく見いだされるであろう。

## 2. 19 世紀における技術教育 (technical education) が目指した方向性

先にも示したように、19 世紀における技術教育 (technical education) は、それが技術の背景にある科学的原理の教授として捉えられれば、実践的側面が除外され、科学教育と同義語的であり、それは自由教育と結びついていった。

一方、生産技術と関わる側面が強調されれば、「技術教育は、教育の多様な形態というよりは、むしろ低い形態と考えられていた。それは、中産階級のものではなく、職工にふさわしいものと見なされていた。」<sup>13)</sup>と、ロデリックとステフェンス (Roderick, G & Stephens, M.) が考察しているように、またアシュビー (Ashby, E.) が、「技術教育は、徒弟修行で現場で行われていた」<sup>14)</sup>と指摘しているように、それは訓練化を志向していた。

ではなぜ、技術教育がこのような「教養化」と「訓練化」の二つの方向性を示していたのであろうか。これは、第Ⅱ章や第Ⅲ章で詳述するように、産業改革のインパクト、社会階層や教育的伝統、科学に対する考え方が複雑に絡み合っていたためである。

## 3. 科学教育と技術教育の今日的な関係

レイトンは、19 世紀前半の一般的な身の回りのものについての科学教育が失敗した原因として、科学者の間に一般教育の文脈における、「応用科学 (applied science)」の教授に強い反感があったことを指摘している<sup>15)</sup>。また、マスグレイブは、科学の実際的側面は常に低い地位しか与えられておらず、その結果、純粋科学者は紳士と見なされたけれども、応用

科学者はアマチュアの地位を失い、職業人となっていった、と当時の純粋科学と応用科学の関係を論じている<sup>16)</sup>。このようにイギリスの科学教育の歴史を展望すると、それは基本的にはアカデミックな純粋科学 (pure science) が対象であった。逆にそのような内容であったからこそ、第Ⅲ章で論じるように、科学は中等学校において確たる地位を得ることができた、とも表現できる。

もちろん、このような科学教育に対して何ら疑問がなかったわけではなく、科学の社会的側面や技術教育との関連を重視した教育ムーブメント（いわゆる STS (Science and Technologyn Society) 教育）が 1970 年代以降急速に高まり始めた。この STS 教育は、レイトンによれば、技術が学校教育の内容として存在する 3 つのタイプ（すなわち、独立教科として、クロス・カリキュラムとして、科学の内容として (technology with science)）のうちの一つであり、科学教育と技術教育の融合の一つの形である<sup>17)</sup>。高等教育機関の学生を対象とした 1981 年の "Science in Society" コースや 1983 年の "Science in a Social Context" コースを契機として、"Science and Technology in Society (SATIS)" プロジェクトが開始され、現在までに SATIS 14-16, SATIS 16-19, SATIS 8-14, SATIS Atlas, Science across Europe, SATIS Science with Technology などの教材が次々と開発されており、学外資格試験 (GCSE 試験) においても関連する試験科目が設定されている。

確かに、科学技術社会において人類は技術の恩恵を受けており、その結果として、科学教育に科学の社会的な内容や技術的な内容を取り込むことが近年、科学教育学界において強調されている。しかしながら、第 1 節でも論じたように、それは科学教育と技術教育の完全なる融合を目指したものではないと見なすべきであろう。むしろ、それは、子ども達にある、抽象的な純粋科学的知識と現実社会における生活文脈としての科学的知識の乖離を、いかに埋めるかといった考え方に基づいているように思われる。

### Ⅲ. 国家の科学技術教育への関与

#### 1. 19 世紀におけるイギリスの科学技術教育停滞の原因

産業革命の世界史的先進性にも関わらず、イギリスにおいて科学技術教育がなぜ不十分な発達であったのであろうか。

ゴーウィング (Gowing, M.) は、本質的要因として、概括的に次の 5 つを指摘している。第一に財政的問題、第二に行政的問題、第三に社会階級の問題、第四に教育に対する教会の影響、第五に科学者・技術者よりも植民地統治のための官吏の養成を必要としていた大英帝国としての目的、である<sup>18)</sup>。ここでは、科学技術教育への国家の関与という視座から、これらのうち特に前者三つについて検討してみよう。

財政的問題について、ゴーウィングは、中央政府の役割は国家の教育への関与に対する哲学的態度によって決定づけられていた、と指摘している。すなわち、18 世紀のスミス (Smith, A.) によって最初に提唱されたレッセ・フェールと小さな政府の教義である。これに関し、マスグレイブ、ビショップ (Bishop, A.)<sup>19)</sup>、カードウェル (Cardwell, D. S. L.)<sup>20)</sup> などは、イギリスの教育に対する国家関与の遅れの理由の一つとして、このレッセ・フェールの教義が 19 世紀前半の教育に適用されていたことを指摘している。例えば、ゴー



ウィングは、政府が教育への責任と経費は地方当局に委ねるべきであると考えていたと論じているが、これは科学技術局（Department of Science and Art）の設立趣旨や 1859 年の覚え書き（Minute of 1859）に認めることができる。また、グリーン（Green, A.）は、ヨーロッパ諸国との対比において、イギリスのこのような特徴を次のように考察している。「大陸諸国では、工業化は国家主導の下に起こっていたし、技術がより科学的になっていた後では、加速的な発展を開始していた。科学技術教育は経済成長にとって本質的に必要なものとして、中央から強力に促進されていた。そして、それは、イギリスに追いつきたいと望んでいた国々にとって、必要不可欠なものであると認識されていた。対照的に、イギリスの初期の工業化は国家の直接的な介入なしに起こったが、少なくとも初期の段階では、それはレッセフェールの枠組みの中でうまく展開した。この粗野な工業化のスタートは、技術教育に二つの結果をもたらした。第 1 に、前提条件がわずかなものであり、伝統的な手段で適切に対応できたので、国家の介入は、専門的技能を発達するのには必要ではないと考えられた。徒弟制度の習慣的体験的方法は、適切で極めて実践的であると思われた。事実、政治経済学は、国家介入は全く有害であるだろうと示唆したのである。国家の介入は自由主義の原則を侵し、望ましくない税負担を追加するばかりではなく、市場に干渉し、工場主自身による訓練の提供を怠らせ、企業の秘密を危険に晒すことになるだろうと論じられたのである。」<sup>21)</sup>（波線は筆者による）

1880 年代以降には、科学技術教育の振興を柱とする法案が成立し、国家の役割についての新しいイデオロギーがその頃萌芽したけれども、国家が直接的に技術教育を強力に推進するところまでは至らなかった。グリーンは、「技術教育は固い鋳型に入れられており、その後の立法によって破壊することは困難であった。徒弟制度の拡張として、また雇用者の主導権に依存するものとして、技術教育は断片的でその場しのぎのやり方で発展してきた。技術教育は長年にわたって低い地位に置かれ、作業上の実践という保守的な理念に根差し、理論的な知識を嫌悪するものとなっていた。そして、公的資金による技術教育は、パートタイムを規範とし、制度的には、作業上と正規の教育制度とのあいだで孤立させられていた。」<sup>22)</sup> と、19 世紀前半の教育を支配していた教義が、その後の技術教育の相対的地位を完全に決定づけたと考察している。

次に行政機構の問題については、科学技術局と教育局（Department of Education: 註、初等教育部門を担当）の自由な活動がかえって行政機構の混乱を招き、それが当時の科学技術教育に関する政府の委員会において問題とされしばしば指摘されていた。この行政機構について、少し拡大し教育制度の観点から、フランス、ドイツ、日本との比較に関する指摘を見てみよう。グリーンは、技術教育と国家形成について、「フランスにおける技術教育は、ルイ XIV の時代から絶対主義的国家の保護下で発展していった。それは、国富の増大と国力の威信を論じる重商主義的原理によって強調された、初期国家形成の重要なプロセスの一部であった。」<sup>23)</sup> と、科学技術教育に対する国家の役割を論じている。また、マスグレイブは、工業化に対する国家の対応について、ドイツを例にとり次のように説明している。「1860 年代ドイツは工業化を果たさなければならなかったし、ドイツの歴史的脈絡からして、その一つの方法は 19 世紀の初めに徹底的に再編された教育制度を利用する

ことであった。」<sup>24)</sup> さらに、教育と近代化との関係についてシップマン (Shipman, M.) は、次のような考察を行っている。「日本の学校教育は、計画化された近代化の一部として中央集権化された。それは、経済、行政、軍事と並んで組織的に発展させられた。教育が政府の関心事であったのは、それが近代国家の不可欠な要素と見なされたからである。イギリスにおいては、初期の工業化の単純な技術と急速な経済的、軍事的優位性は教育の力によるものではなかった。学校は、経済力、軍事力の競争とは関係なく、地方やボランティアの主体性によって作られ、国家の関与は、他の領域と同じように教育においても抵抗があった。」<sup>25)</sup>

つまり、フランスやドイツ、日本は近代化や工業化を国家の庇護の下に達成し、科学技術教育を経済成長の不可欠な要素と位置づけ積極的に推進していったのに対し、イギリスの産業革命が学校ではなく、作業場の中の経験的思考によって生み出され、それが著しい成果を収めたことが、「19 世紀に後期になっても、イギリスはまだ教育的には大変未発達な社会である」<sup>26)</sup> と表現されるように、かえって、体系的な教育制度を導入する意欲をそぎ、その後の科学技術教育軽視の社会的風潮の一因になったと考えられる。

社会階級の問題については、科学技術教育に大きく影響していた。例えば、19 世紀の科学技術教育振興運動の代表的な科学者であり政治家であったプレイフェア (Playfair, L.) は、科学振興のための大英協会 (British Association for the Advancement of Science) の会長演説において、次のような趣旨の演説を行っている。すなわち、彼は、上流階級、中産階級の科学に対する認識不足がイギリスの科学の立ち後れを招いたと指摘するとともに、科学は国家の繁栄と切り離せないと主張し、科学技術教育に対して国家が積極的に関与していく必要があることを強調した<sup>27)</sup>。この他にも同じような考え方は、当時の学校教育や科学技術教育に関する政府の報告書においても容易に見いだすことができる。すなわち、支配者階級がその地位を保とうとするには科学についての何らかののことを知らねばならない、であるとか、知的文化の一分野である自由教育から科学教育が欠落していることは由々しき事態であり、上流階級や中産階級の教育から科学を排除することは国家的損失以外の何ものでもない、といった証言である<sup>28)</sup>。一方、大英協会が、小学校 (基礎学校) における科学教育の必要性について示した報告書は、社会階級の問題として注目される。すなわち、科学は他のいかなる学習よりも知的訓練に適していること、科学は価値ある知識であること、といった価値観に加えて、科学教育は、国の工業的進歩を担う労働者階級の技術教育の考え得る最高の準備となる、とする見解を示している<sup>29)</sup>。

いずれにしても、先に示したように、当時の技術教育の目指した方向性は、この社会階級の問題と無関係ではない。

## 2. 今日における国家の科学技術教育への関与

経済学者のメイナード (Maynard, G.) は、バーネット (Barnett, C.) の論文を引用しながら、イギリスの教育制度が他の国々との競争に負けないためにきわめて重要である技能労働者を育てることができなかったこと、その原因は前節で考察したように、産業革命の時期まで遡ること、さらに、この問題を解決する試みであった 1944 年教育法は失敗し、一

般教養の重視と技術教育の軽視は、熟練した工場労働力を育てるという緊急の課題とは関係ないものであったことを指摘し、第一期と第二期のサッチャー（Thatcher, M.）保守党政権がこの教育問題について完全なる対処をしてこなかったことを批判している<sup>30)</sup>。確かにこの指摘は、的を射ているであろう。例えば、グリーンは、「1世紀たって、我々は、なお19世紀の制度的構造に組み込まれた当初の、理論と実践、普通教育と職業訓練の深刻な分離を、いまだに克服できないでいる。そしてまた、我々は、それらの分離を生みだした自発主義の考え方を今でも脱することができないでいるように思われる。」<sup>31)</sup>と指摘している通りである。

しかしながら、サッチャー保守党政権が教育改革に本格的に乗り出したのは第三期である。その後、首相交代や政権交代があったけれども、教育政策（改革）に関する基本的な路線は、サッチャー保守党第三期政権において構想され、導入されたものが基礎となっている。まず、イギリスの教育史上歴史的教育改革と表現することができるナショナル・カリキュラム（National Curriculum: NC）の導入を指摘することができる。サッチャー首相は、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<sup>32)</sup>。

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、必ずしもサッチャー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ベーカー（Baker, K.）は、以下のような考え方を示している<sup>33)</sup>。

科学（理科）が強調されるのには四つの理由がある。まず、世界において科学的技術的変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。三番目は、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、一つには、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

ていることも確かである。しかしながら、技術は必修教科でもなく、また独立教科でもなかったし、科学（理科）の内容においても、技術的内容は取り入れられなかった。ただ、先にも示したように、1988 年の SWG の中間報告書と最終報告書では、科学と技術の関係について詳細に論じられ、技術の内容に関しても論議されていた。しかしながら、1989 年の省令（order）で示されたのは科学のみであり、技術については言及されなかった。

一方、サッチャー保守党政権は、同じ時期、職業資格の見直しを進めていった。1986 年には全国職業資格審議会（National Council for Vocational Qualifications）が設置され、全国職業資格（National Vocational Qualifications: NVQ）が設定された。さらに、1993 年には一般全国職業資格（General National Vocational Qualifications: GNVQ）が導入された。前者が、職場中心の訓練を通して修得したスキルを評価するのに対して、後者は継続教育カレッジ（Youth Training）など、全日制の 16 歳から 18 歳までの生徒が主たる対象である。以下に、NVQ、GNVQ の内容と、それらと普通教育資格（GCSE: General Certificate of Secondary Education と GCE-A level: General Certificate for Education）との対応関係を示した表を掲載する<sup>34)</sup>。

NVQ レベル 1：基礎（Foundation）

NVQ レベル 2：基礎クラフト（Basic Craft）

NVQ レベル 3：テクニシャン・上級クラフト・指導者（Technician/Advanced Craft/Supervisor）

NVQ レベル 4：上級テクニシャン・初級管理職（Higher technician/Junior management）

NVQ レベル 5：専門職、中級管理職（Professional/Middle management）

GNVQ 基礎レベル：1 年間の全日制

GNVQ 中級レベル：基礎レベル終了後、1 年間の全日制

GNVQ 上級レベル：中級レベル終了後、2 年間の全日制

NVQ	GNVQ	GCE-A&GCSE
1	基礎レベル	GCSE 4 教科 評価 D-G
2	中級レベル	GCSE 5 教科 評価 A-C
3	上級レベル	GCE-A 2 教科/AS 4 教科/A 1 教科と AS 2 教科

以上のように、イギリスでは伝統的に教育に対しては、間接的な関与（例えば、補助金の交付やガイドラインの策定など）が基本であったが、サッチャー保守党政権は、NC の導入を示した 1988 年教育改革法、全国的職業資格の見直しといったことに端的に認められるように、国家が直接的に教育に介入するという歴史的政策を施した。しかしながら、行政レベル（サッチャー保守党政権以降今日のブレア労働政権に至るまで）では、科学教育と技術教育の完全なる融合が目指されなかった。

#### IV. 科学教育と技術教育の政治学

##### 1. 学校教科の新しい見方

1960年代から1970年代にかけて台頭してきた「新しい」教育社会学派('new' sociology of education)と呼ばれている人達は、学校教科をどのように捉え直しているのでしょうか。ロウトン(Lawton, D.)は、教育知識について二つの考えがあるとしている<sup>35)</sup>。一方は、ハースト(Hirst, P. H.)に代表される古典的考え方であり、他方はロマンティックといわれる考え方である。前者のカリキュラム観の立場に立つハーストとピーターズ(Peters, R. S.)は、教育の中心的な目的は、心の開発である、という見解を示している。そのような目的は、「知識の形態の明確化」によってもっともよく追求され、学校教科は、論理的に密接に関係がある学問分野を背景としていることになる<sup>36)</sup>。ロウトンは、このカリキュラム観では、学問的見地および学校教科としての知識が強調され、カリキュラムとは所与のものとしての考え方と理解へ、子どもを導く装置と見なされていると指摘している。一方、後者のカリキュラム観は、教育を成人世界への準備としてよりも、むしろ生活にとって不可欠な要素と見なしており、経験、気づき、創造性、つまり、知識の総体(unity of knowledge)が強調される。

「新しい」教育社会学派は、前者の学問的知識を教科の本質とする見方を強く批判し、ヤング(Young, M. F.)の「カリキュラムとは社会的に構成されたもの(curriculum as socially constructed)」<sup>37)</sup>という言説に典型的に言い表されているように、特定のカリキュラムが正当化される歴史的過程には、その背後にある支配者集団(dominant groups)の権力関係が介在することを指摘した。ヤングは、「この国(イギリス)のアカデミックなカリキュラムは、ある種、ある領域の知識が、その他の知識よりも『価値ある』という前提を含んでいる。」<sup>38)</sup>、「今日のイギリスのカリキュラムは、融通の利かない階層化された知識に基づくアカデミックなカリキュラムによって支配されている。もし、教師と子どもが、そのような前提を正当化する組織化された構造の範囲内で社会化されるのなら、教師の地位や報酬は、次の3つのカリキュラム領域と関連づけられるであろう。①形式的に評価される、②『最もできる』子どもを教える、③多様な能力の子ども達の混合するグループを教える。」<sup>39)</sup>と、知識を定義するこのような構造こそ、支配者集団の価値観やイデオロギー的ヘゲモニーが作用している、と主張している。

##### 2. 教科成立・発展モデル

グッドソン(Goodson, I.)は、レイトンの教科の成立・発展モデル(19世紀の科学教育)に関する以下の3つの段階モデルを引用し、カリキュラムの社会的構成について検討している<sup>40)</sup>。

- ①学習者が自分の関心によってその教科に引きつけられ、教師は稀に訓練を受けた専門家であるが、パイオニアとしての宣教師的熱意を持って従事する。そこでの支配基準は、学習者の必要性和興味に関連している。
- ②生徒は、自分自身の問題や関心との関連とともに、その教科の評判やアカデミックな地位の向上によって、まだその学習に引きつけられている。

③教師は、会則等を持つ専門団体を設立する。教科の内容選択は、その領域の専門的学者の判断や実践によって大部分が決定される。生徒は、伝統へ、無抵抗であきらめの状態へ、そして幻滅への前奏曲へと導かれる。

もし、レイトンの考えが正しいのなら、中等カリキュラムにおいて確たる地位を得ている科学教育は、ヤングの指摘する通り、成熟した学問領域としての性格を示さなければならない。この点についてグッドソンは、中等カリキュラムにおける高い地位とは、産業や子どもの生活からいかにかけ離れているか、つまり、その教科の内容がいかに理論的抽象的知識であるか、ということが極めて重要であると指摘している<sup>41)</sup>。また、マクキュロッチ (McCulloch, G.) らは、イギリスにおいて科学教育を唱道するには、技術教育との違いや、その産業的・商業的功利性よりも、その教養的・学究的価値を強調することに注意を払うなければならなかったと指摘している<sup>42)</sup>。さらに、イギリスにおいても、より技術志向の科学カリキュラム（それはより技術的教養を備えた市民の育成を目標としていた）の導入が数多く試みられたが、それらは一般に失敗したとし、その失敗の理由は、アカデミックな地位を維持しようとする教科集団による圧力であると考察している<sup>43)</sup>。

ヤングも同様に、イギリスの中等カリキュラムは、教科の形式的、抽象的側面によって支配されていると主張し、歴史的な視点から 1960 年代の科学カリキュラム開発における学校科学の性格を分析している。彼によれば、理科教師は科学教育の主たる目的を未だに将来の科学者養成と見なしており、その結果、次の 2 つの学校科学が存在していたと指摘している。一方は、科学者共同体 (science community) からの確実性を要求するアカデミック科学であり、他方は、(日常生活との)「関連性」と子どもの直接的な興味という観点の非(反)アカデミック科学である。彼によれば、「関連性」と「知的確実性」は相容れないものであり、この 2 つの科学教育に関する考え方は、2 つのタイプの市民階級を生じさせていることになる。すなわち、科学的教養のある人達と科学的に無教養な人達であり、ヤングは、カリキュラム策定者は、より多くの科学的無教養な労働力を創出したいという社会的統制の動機を有していると批判している<sup>44)</sup>。

### 3. 理科教師と科学教育の関係

科学教育において目的・目標論等を設定する際の教師のイニシアティブを、「教科」が教師におよぼす社会的統制として捉え直してみよう。

グッドソンは、カリキュラムの統制主体の解明において、教科コミュニティ (subject community) と下位集団という概念を用いて「教科」の特徴に注目している。つまり、教科コミュニティは、教師達による教科内における様々な下位集団から形成されており、それらが利害の調停を繰り返してきたと分析している<sup>45)</sup>。また彼は、教科を 3 つのタイプ (アカデミック、実用的、教育的) に分け、アカデミック教科を頂点とするヒエラルキーが存在し、それはより「できる」生徒にとって相応しいものとなっていること、中等学校のカリキュラムで高い地位 (high status) であるのは、産業界や学習者の日常生活世界から切り離された抽象的で理論的な知識を維持すること、であると指摘している<sup>46)</sup>。同じように、ホドソン (Hodson, D.) も、理科教師には教科をアカデミックなものにしてきた点で

大きな責任がある、と指摘している。つまり、教師が科学教育を複雑で抽象的で概念的な図式を操作するものとして取り扱ってきたことへの批判である<sup>47)</sup>。これまで紹介してきたように、レイトンやヤングなども基本的にはグッドソンやホドソンと同じ見解である。

これらのことは、カリキュラムの統制主体として教科コミュニティが存在していることを示唆している。その教科コミュニティに関して、グッドソンは、教科は「教科に関する学会 (subject association)」によって表現されるとし、その学会は、下位集団が自分達の雑多な興味を促進し、カリキュラムの伝統について追求するためのフォーマルな舞台であると位置づけている<sup>48)</sup>。また、レイTONは、ASE (Association for Science Education) の歴史に関する著書の中で、「学会」の機能について次の二つの点について指摘をしている。一つは、地域、国、あるいは国際的レベルにおける学会の社会的活動を通して、会員（多くは理科教師）が、規準 (standards) と関心 (concerns) を共有するコミュニティのアイデンティティの感覚と帰属性を獲得すること、である。もう一方は、専門職 (profession) は、職業を統制するための手段として解釈できること、である<sup>49)</sup>。つまり、学会等を含む教科コミュニティは、特定の教科を存続させるための利害圧力団体であると同時に、専門的知識を背景とした職業的社会化によって、教師を教科団体 (subject groups) の会員（構成員）として組み込む装置として機能している。その意味で、教科コミュニティは、その教科の教師達を統制するシステムである。

もちろん、理科教育関係者とりわけ ASE も、教科内容を純粋科学にし、子どもの生活と遊離させることにより、より教科のアカデミックな地位を維持することに腐心するばかりではなく、前述のような STS 教育に関するプロジェクトを作成し、科学と技術の關係に積極的に関与していることも事実であろう。ただ、科学教育関係者が、技術教育の「教養化」のみを重視し、「訓練化」にまでは踏み込まなかったこともまた事実として認識しなければならない。

## V. おわりに

国家の科学技術教育への直接的関与が否定されていた 19 世紀以降、科学教育が中等カリキュラムに確たる地位を築くために科学者や理科教師がとった施策は、科学教育の自由教育化であり、訓練化を目指していた技術教育との切り離しであった。そのため、イギリスにおける科学技術教育は、理論的な側面は科学者集団からの確実性を要求するアカデミックな純粋科学が主流であり、科学の応用的側面や実践的側面はアカデミックな純粋科学と対峙する形で展開されてきた。今日、国家の科学技術教育の直接的関与の一つの象徴でもある NC においても、科学と技術は切り離された教科として存在している。もちろん、科学教育学界において、科学教育と技術教育の部分的融合を目指す取り組みがなされているのも事実である。

イギリスでは、国家の科学技術教育に対する直接的関与において、理科教師がカリキュラムの被統制者としての地位の脱却を目指しながら、同時に、抽象的・理論的な知識こそがアカデミックなカリキュラムであるとする旧来的な中等カリキュラム観の呪縛からの解放が求められているように思われる。

## 註および文献

- 1) Osborn, J. & Collins, S., *Pupils' & Parents' Views of the School Science Curriculum*, King's College of London, 2000.
- 2) Huxley, T. H., *Collected Essays*: Vol.III, 1893, pp.411-412.
- 3) Danvenport-Hill, R., Technical Education in Board Schools, *The Contemporary Review*, Vol.LIII, 1888, p.672.
- 4) Millis, C.T., *Technical Education: Its Development and Aims*, Edward Arnold, 1925, p.2.
- 5) Cotgrove, S. F., *Technical Education and Social Change*, George Allen and Unwin, 1965, p.35.
- 6) Musgrave, P. W., Constant Factors in the Demand for Technical Education: 1860-1960, *British Journal of Educational Studies*, Vol.14, 1966, p.179.
- 7) Royal Comission on Secondary Education, *Vol.I: Report of the Commissioners*, Her Majesty's Stationery Office(HMSO), 1895, pp.135-156.
- 8) Argles, M., *South Kensington to Robins: An Account of English Technical and Scientific Education since 1851*, Longman, 1964, preface.
- 9) Layton, D., *Technology's Challenge to Science Education*, Open University, 1993, p.14.
- 10) Department of Education and Science, Welsh office, *Science for ages 5 to 16*, HMSO, 1988, p.74.
- 11) Black, P. & Harrison, G., Technological Capability, in Banks, F., ed., *Teaching Technology*, Open University Press, 1994, p.14.
- 12) *op.cit.*, 10), p.7 & p.73.
- 13) Roderick, G.T. W. & Stephens, M. D., *Scientific and Technical Education in Nineteenth Century England*, Newton Abbot, 1972, p.10.
- 14) エリック・アシュビー著, 島田雄次郎訳, 『科学革命と大学』, 中央公論社, 1967, 87 頁.
- 15) Layton, D., *Science for the People*, George Allen & Unwin, 1973, pp.159-160.
- 16) Musgrave, P. W., The Labour Force, in Roderick, G., & Stephens, M., eds., *Where Did We Go Wrong?: Industry Education & Economy of Victorian Britain*, The Falmer Press, 1981, p.151.
- 17) *op.cit.*, 9), Ch.6.
- 18) Gowing, M., Science, Technology and Education: England in 1870, *Oxford Review of Education*, Vol.4, No.1, 1978, pp.3-17.
- 19) Bishop, A. S., *The Rise of a Central Authority for English Education*, Cambridge at the University Press, 1971.
- 20) Cardwell, D. S. L., *The Organisation of Science in England*, Heinemann, 1972(rev. ed.).
- 21) アンディー・グリーン著, 大田直子訳, 『教育・グローバリゼーション・国民国家』, 東京都立大学出版会, 2000, 84-85 頁.
- 22) 同上書, 100-101 頁.
- 23) Green, A., Technical education and state formation in nineteenth- century England and France, *History of Education*, Vol.24, No.2, 1987, pp.130-131.
- 24) Musgrave, P. W., *Technical Change the Labour Force and Education*, Pergamon Press, 1967,



p.258.

- 25) Shipman, M. D., *Education and Modernisation*, Faber and Faber, 1971, p.263.
- 26) Glass, D. V., Education and social change in modern England, in Halsey et al., *Education, Economy and Society*, The Free Press of Glencoe, 1962, p.393.
- 27) *Report of the Forty-Fouth Meeting of the British Association for the Advancement of Science in 1885*, John Murray, 1886, p.7.
- 28) 例えば、磯 哲夫, 「イギリスにおける科学技術教育の制度化 (1851 年-1890 年)」, 『科学教育研究』, Vol.22, No.1, 1998, 26-27 頁にまとめられているので参照願いたい。
- 29) *Nature* Vol.I, 1870, p.149.
- 30) ジェフリー・メイナード著, 新保生二訳, 『サッチャーの経済革命』, 積信堂, 1989, 217-225 頁.
- 31) 前掲書 21), 101 頁.
- 32) *The Times Educational Supplement*, 16th Oct., 1987, p.12.
- 33) Baker, K., Science and the National Curriculum in England and Wales, *Physics Education*, Vo.24, No.3, 1989, pp.117-118.
- 34) Mackimon, D. & Statham, J., *Education in the UK: Facts and Figuers*, Open University Press 1996 (third ed.), pp.158-162.
- 35) Lawton, D., *Social Change, Educational Theory and Curriculum Planning*, University of London Press, 1973, Ch.2.
- 36) Hirst, P. H. & Peters, R. S., *The Logic of Education*, Routledge & Kegan Paul, 1970. Ch.4.
- 37) Young, M. F. D., An Approach of the Study of Curricula as Socially Organized Knowledge, Young, M. F.D., ed., *Knowledge and Control*, 1971, pp.19-46.
- 38) *ibid.*, p.34.
- 39) *ibid.*, p.36.
- 40) Goodson, I.V., *School Subjects and Curriculum Change*, Croom Helm, 1983, pp.7-11.
- 41) *ibid.*, p.202.
- 42) McCulloch, G., Jenkins, E. & Layton, D., *Technical Revolution?: The Politics of School Science & Technology in England & Wales since 1945*, The Falmer Press, p.23.
- 43) *ibid.*, conclusion.
- 44) Young, M. F. D., The schooling of science, in Brown, J. et al eds., *Science in Schools*, Open University Press, 1986, pp.181-197.
- 45) *op.cit.*, 40), pp.7-11.
- 46) *ibid.*, p.33. p.202.
- 47) 小川正賢監訳, 『新しい理科授業学習論』, 東洋館出版社, 2000, 14 頁. (Hodson, D., *Teaching and Learning Science: Towards a personalized approach*, Open University Press, 1998, p.6.)
- 48) *op.cit.*, 40), p.27.
- 49) Layton, D., *Interprters of Science*, John Murray, 1984, Part II, and Part III.

# アメリカにおける科学教育と技術教育のインターフェイス

静岡大学教育学部 丹沢哲郎

## Ⅰ. はじめに

「科学的リテラシーの育成」を科学教育の新しい目標として掲げた、現在進行中のアメリカ科学教育改革の動向を見ると、これまでになかった新しい試みをそこに読みとることができる。それは言うまでもなく、本研究がテーマとして設定した、科学教育と技術教育の深い関わりである。従来の科学教育の枠組みを拡張し、技術教育の特色との対比の中で、科学教育の特色を浮かび上がらせようという意図がここにはある。すなわちそれは、科学教育の概念をより広く捉え、現代科学技術社会に生きる子どもたちに、その準備教育を施そうという意図である。

後述するように、アメリカにおいては、科学教育と技術教育は学校カリキュラムの中では厳然と区別され、社会的ニーズや政治的・経済的ニーズに応える形で、それぞれ独自の発展を遂げてきた。それがいかなる状況を背景に、いかなる理由のもとで、両者の接近に至ったのかが、本稿の論じる中心的なテーマである。

時代的には、19世紀末、具体的には1890年代以降現在までを、ここでは取り扱う。なぜならば、1890年前後というのは、南北戦争終結後30年が経過し、ヨーロッパ諸国に少し遅れてもたらされた産業革命が人々の生活を大きく変え、それまで行われていた教育の目的と機能に疑問が抱かれ始めた時期であるからであり、またそれに伴って、高等学校進学者数が急速に増大した時期であるからである。Hurd (1961)によると、1890年時点における14才から17才の年齢の子どもたちのうち、高等学校在籍者はわずか3.8%にすぎなかったものが、1900年になると8.4%と倍以上の増加率を示すようになったという<sup>1)</sup>。さらに、大学入学資格要件に科学が要求されるようになり、学校教育の中に科学が正式科目として位置づけられ、科学が確固たる地位を占めるようになったのが、この時期であった。

科学教育の歴史を論じるとき、とかく我々は、著名な委員会や政府機関が公表した報告書や社会的に大きな事件にそれに関連づけることが多い。しかしながら、Popkewitz (1987)が指摘するように「学校の内容の歴史は、アメリカの学校の転換と緊張を基礎づける社会的、文化的、政治的、そして経済的関心の交差するところで解釈される」べきであり、「1890年代のカリキュラムの拡張を、専門的な委員会のフォーマルな機能や、大学と高等学校の連携といった学校の管理上の問題に対して位置づけることによってだけ、その歴史を描き出そうとする」<sup>2)</sup>のでは不十分である。本稿においてはこの点に留意しつつ、まず、現在の科学教育と技術教育のインターフェイスの現状を明らかにし、そこから抽出される基本的な視点をもとに、1890年代以降を歴史的に振り返ることとする。

## Ⅱ. 現在のアメリカ科学教育改革における技術教育の位置

Fensham (1992) は、1980年代以降、主に先進諸国を中心に主張されてきた科学教育と

技術教育の結合について以下のように述べている。

「1980 年代、カリキュラムの分野においては、『科学』と『技術』という言葉の非常に新奇な (novel) 結合が見られるようになった。科学教育を社会の技術的な特質と関連づけようという考えは新しいものではなく、1950 年代、60 年代に... 確かに存在した。しかしながら、現在の新奇性は、政治家や社会の先導的立場の人々によって、広範囲にわたって信じられるようになってきている点である」<sup>3)</sup>

従来、“technical education”あるいは“industrial arts”、“craft education”、“general techniques”などと称されていた教科は、1980 年代以降、学校カリキュラムを構成する重要な一つの要素である技術教育 (technology education) として登場することとなった。ではなぜ技術教育であるのか、また科学教育と技術教育の結合形態にはいかなるものがあるのか、以下において検討することとする。

## 1. Boyer の議論

カーネギー財団の援助を受けて行われた、全米にわたる高等学校教育の現状調査結果と、それに基づく勧告からなる“High School”と題する彼の著書は、同じ年に公表された、連邦教育省の諮問機関 The National Commission on Excellence in Education による“A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform”<sup>4)</sup>とともに、その後のアメリカ教育改革を推進する原動力となった重要な報告書である。これらは教育における「卓越性」(excellence) を求めている点で共通しており、その後の改革の基本的な視点を定めることとなった。

さて、この“High School”においては、あらゆる生徒が学ぶべきこととして、まず第一に読み書きの能力が掲げられているが、同時に、必修教科として 10 教科（これを Boyer はコア教科と呼んでいる）が勧告されている。具体的には文学、芸術、外国語、歴史、公民、科学、数学、技術、健康に関する教科である。ここで注目すべきは技術 (technology) が含まれている点である。前述したように、インダストリアーツとか手工科といった教科ではなく、技術と呼ばれる教科を導入する必要性がここで指摘された。ではここで構想されていた技術教育とはいかなるものであったか。この点について彼は以下のように述べている。

「我々は、あらゆる生徒たちが技術を学習することを提言する。人間による道具の使用の歴史、科学と技術がいかにして結合されてきたか、技術が引き起こした倫理的、社会的課題などについて学習すべきである。一学期間にわたる授業の中で、生徒は、電話、自動車、テレビ、あるいはミニコンピュータといった技術進歩の一つを取り上げ、その発展をたどり、それが我々の生活に与えてきた肯定的、否定的な影響を吟味する。(中略) 率直に言うと、我々が訪問した学校のどれ一つとして技術を学習していないことに、我々は失望した。さらに、より残念であったのは、技術をコンピュータと同等視する最近の傾向である。今日、コンピュータをいかに使用するかと、より大きな教育目標にコンピュータがいかに役立つかといったことをほとんど考えることなく、ハードウェアを買い急いでいる」<sup>5)</sup>

ここに見られる技術教育の姿は、「ものづくり」や「道具の使い方」の学習ではなく、「技術とは何か」、あるいは「技術について」の学習である。彼自身も、「必要なことは、最新

のハードウェアの使い方を学ぶことではなく、いつ、またなぜそれを使用すべきかを尋ねることである」<sup>6)</sup>と述べている。さらに彼は、技術のみの学習にとどまらず、「技術および技術と科学との関係について教育する必要がある」<sup>7)</sup>とも述べ、本論がテーマとしている科学教育と技術教育の相互関連づけの必要性を指摘している。しかし残念ながら、その関連性の様式について、彼は具体的なプランを示していない。

## 2. NSF の National Science Board Commission における議論

これまでに述べてきた二つの書物が公表されたのと同じ時期、科学教育においても、その後の改革の方向性を決定づける報告書が NSF より相次いで公表された。これらは、アメリカの数学、科学、技術教育の主要な問題点を指摘し、今後の方向性を提言するために組織された、National Science Board Commission on Precollege Education in Mathematics, Science, and Technology（以下 NSBC と略す）によって行われた作業の成果を公表したものである。全体は三部で構成され、そのタイトルは以下になっている。

- Today's Problems, Tomorrow's Crises<sup>8)</sup>
- A Revised and Intensified Science and Technology Curriculum Grades K-12 Urgently Needed for Our Future<sup>9)</sup>
- Educating Americans for the 21<sup>st</sup> Century: A Plan of Action for Improving Mathematics, Science and Technology Education<sup>10)</sup>

これらのタイトルから推察できるように、従来科学と数学が社会の技術的側面についてのニーズに応えるよう求められてきたが、NSBC はこれらの報告書の中で、代わって新しい三部構成による貢献の可能性を探っている。以下においては、これらの著作物のうち最終報告書となる“Educating Americans for the 21<sup>st</sup> Century”を取り上げ、技術教育の意味するところと、科学との関わりについて検討する。

本書では、21 世紀に求められる教育の基礎として、読み・書き・算だけでなく、コミュニケーションの能力、高次の問題解決のスキル、そして科学的・技術的リテラシーを掲げ、これらをあらゆる生徒に教育することの重要性を指摘している。その根拠として NSBC は以下のように述べている。

「科学と技術は今日の世界における決定的な構成部分である。科学的な発見から成長してきた技術は我々の社会を変えてきたし、また変え続けるであろう。現実の問題解決において科学を利用することは、... 複雑な社会的課題を生じさせてきた。生徒は技術改革、技術の生産性、生活の質への技術の生産物のインパクト、そして技術的影響を含む社会の出来事を批判的に評価するニーズを理解できるよう準備されなければならない」<sup>11)</sup>

このような認識のもと、NSBC は、現在のアメリカの学校教育における技術教育の著しい欠如、具体的にはカリキュラム、教材、教授方法、質の高い教師の欠如を指摘しつつ、技術が K-12 学年のカリキュラムに統合されるよう提言している。しかしながら、技術概念を科学と数学の内容から分離することはできないけれども、技術にとって決定的な概念を分離して取り扱うことの方がメリットが大きいとして、具体的に以下のトピックと技術

概念・スキルを学習するよう勧告している。

トピック：

コミュニケーションと輸送

エネルギー生産とエネルギーの保全、資源の管理

シェルター、住居としての宇宙の利用

食料生産、ヘルスケアサービス、安全性

バイオテクノロジー、核の問題

コンピュータとその利用

技術概念とスキル：

問題を同定して解決し、代替的な解決方法も同定する

理論と実践の間を結合し、モデルを作り検証する

トレードオフとリスク分析について検討し、総合化し、設計をする

フィードバックと安定性の概念を用いる<sup>12)</sup>

以上のように、NSBC は技術教育をカリキュラムの中に新たに位置づけることの必要性を指摘し、さらに、そこで学ぶべき事柄まで踏み込んだ議論を展開している。しかしながら、科学教育と技術教育の具体的な関わり方、あるいはカリキュラム上の両者の関係にまでは言及していない。この時代は、まだ両者の統合されたカリキュラムのあり方は構想されていなかった時代であったと言える。

### 3. AAAS の Project 2061 における議論

周知の通り、AAAS (American Association for the Advancement of Science) が 1986 年より現在まで取り組んでいる科学教育改革のプロジェクト、Project 2061 は、その最初の成果として “Science for All Americans” を 1989 年に公表した。そこでは、科学教育を広く、科学、数学、技術からなる教育と捉え、科学と技術によって形作られた世界に生きるあらゆる市民にとって不可欠な、理解と思考の方法について提言が行われている。これらを身につけた人を、AAAS は科学的リテラシーを身につけた人と定義するが、もちろんそこには、技術的な概念を理解し、技術に固有な思考ができる人も包含されている。

本書では、具体的には第 3 章に「技術の本質」(The Nature of Technology) が設けられ、技術に固有な概念と思考方法（あるいは思考のスキル）が示されている。そこではまず、科学と技術の関係について、両者の相互作用性について言及した後、「技術がより洗練されてくるにつれて、科学に対する技術の結合はより強固なものとなってくる。ある領域においては、... あるものを作る能力と、それを研究する能力とは非常に相互依存的になり、科学と工学 (engineering)<sup>13)</sup> を分離することがほとんど不可能になっている」<sup>14)</sup> という認識を示している。そして、技術の基本的な原理として以下の事項について詳細な説明を加えている。

設計、設計上の経済的、政治的、社会的、生態学的、倫理的制約、個人的・社会的価値を考慮した上での設計の妥協、トレードオフ、モデル、シミュレーション、コントロール、フィードバック、技術のもたらす副次的影響、リスク分析、失敗に対

廻するためのオーバーデザイン (over-design), バックアップシステム<sup>15)</sup>

これらはいわゆる技術に固有な概念, あるいは思考方法であり, 科学教育がこれまで十分に扱ってこなかったものである。しかしながら, NSBC における議論の箇所で例示されていたものと比較してみると, 相当程度が重複しており, あえて指摘するなら, 設計上の諸々の制約, 個人的・社会的価値の影響, シミュレーション, コントロール, 副次的影響などがあげられるにすぎない。

では AAAS は, このような内容をカリキュラム上にいかに実現しようとしているのか, 科学・数学・技術の統合的なカリキュラムを構想しているのか, あるいは個々それぞれの教授の総体として科学カリキュラムを構想しているのか, この点については本書ではまったく触れられていないが, その骨子にあたるものは, 1993 年に “Benchmarks for Science Literacy” として公表されている。しかしながら, 本書に述べられているように, 「ベンチマークはカリキュラムではないし, カリキュラムフレームワークでもない。またカリキュラム設計でもカリキュラムのためのプランでもない」<sup>16)</sup> と述べ, それはカリキュラムを設計するときに教育者が使用する道具であるとしている。つまり Science for All Americans で提言された内容を, いかなる学年で学ぶべきかをよりいっそう具体的に骨子として示しつつも, 本書においてもなお, 科学と技術を統合した新しいカリキュラムの姿は見られない。

このように, AAAS では, 科学教育と技術教育を結合し, 科学教育の取り扱う内容を大幅に拡張し, いわば科学教育の概念規定そのものまでも変更する中で, 新しい科学教育の姿を模索している。これまでに扱ってきた 3 つの議論の中では, そのいずれもが, 製作や道具の使用といった従来の技能的教科の枠組みとは異なる内容を提言していた。包括的にそれらを表現するのであれば, 技術とはいかなる学問であるのか, あるいは技術の本質, 「技術について」の学習をこれらは提言していると言える。では, こういった学習内容を科学の学習といかにして統合していくか, 現在筆者が知る限りでは, この点をカリキュラムフレームワーク, あるいは具体的なカリキュラムとして示しているのは, 1960 年代以降活発にカリキュラム開発を続けてきている BSCS のみである。したがって, 最後に, BSCS における科学教育と技術教育の統合のあり方を以下に検討する。

#### 4. BSCS における議論

BSCS は, 近年急速に技術教育への接近を強め, 科学教育と技術教育の統合カリキュラムをいくつか開発している。その理念的な枠組みを開発するため, BSCS は The NETWORK, Inc. と共同で, The National Center for Improving Science Education を設立した。その成果の一つとして公表された書物の中で, 科学教育と技術教育の関係について以下のように述べている。

「カリキュラムと教授に関する本センターのフレームワークでは, 科学と技術がますます相互依存的になり, 自然的世界と物理的世界の諸側面を相互に強調し合っていることに注意を払っている。(中略) しかしながら, カリキュラムの専門家や教師にとって, カリキュラムと授業計画を書くときに, 科学と技術の間の相違点を明確に理解することは重要である。我々はそれらを以下のように区別している。

- ・科学は、自然界についての説明と観察結果を提出する。
- ・技術は、環境への人間の適応上の問題について解決策を提出する。<sup>17)</sup>

このように科学と技術の相違点を捉えた上で、科学教育と技術教育がカリキュラムの教育目標といかに関わるかを、図 1 を用いて説明している。この図が示す通り、科学と技術の区別をした上で、両者の相互関連性も指摘し、カリキュラムが開発されることとなる。では、さらに具体的には、いかなる手法を用いて両者はカリキュラム上に統合されるのか、本センターはこの点について以下のように述べている。

「本センターの提言したフレームワークは、全体を統合する科学概念、態度、そしてスキルから構成される。その概念とは、生命科学、物理科学、そして技術を含む一まとまりの経験を設計するために、目的と方向性を与えることが意図されている。それによって生徒が最終的にその概念を理解できるようになるであろう」<sup>18)</sup>

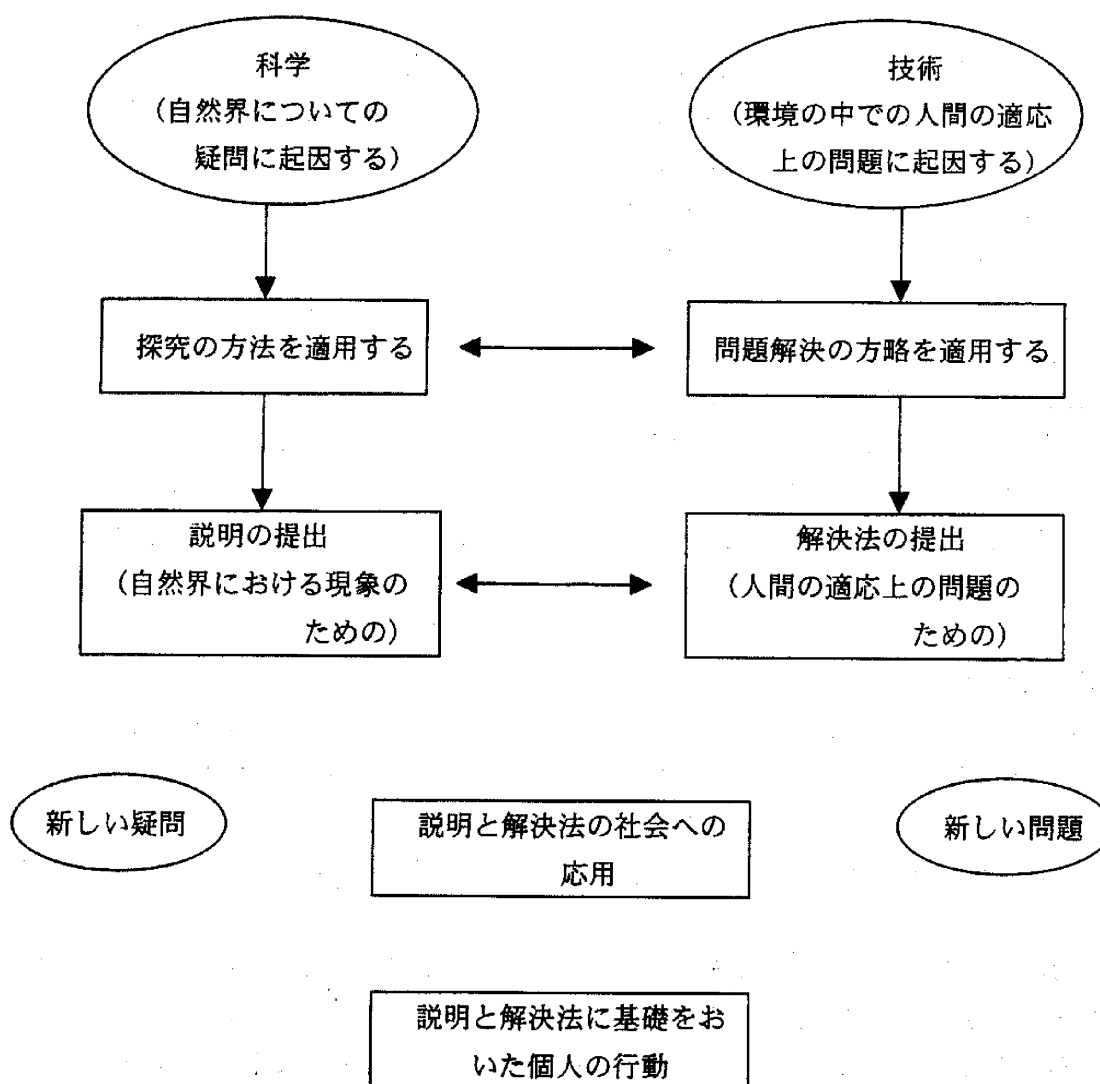


図 1. 科学と技術の関連性と、教育目標へのその結合

引用文中で言うところの統合概念とは、組織化 (organization)、原因と結果、システム、スケール、モデル、変化、構造と機能、不連続および連続的な特質、多様性の9つを指し、態度とは、知識を欲すること、懐疑主義、データへの信頼、曖昧さの受容、説明を変更することを厭わないこと、疑問に答え問題を解決するときの協同的態度、推論の尊重、正直さの8つを指す。さらにスキルは、実験のスキル、科学に固有の知的スキル（仮説の設定、実験の設計、データの収集・提示・分析）、そしてあらゆる学問において必要とされる一般的な思考のスキル（問題解決、量的・論理的・アナロジー的推論）の3種類によって構成されている。

では、さらにこれらの議論を受け、実際に BSCS はいかなるカリキュラムを開発しているか。その答は、初等学校用教科書“Science for Life and Living”<sup>19)</sup>と、ミドルスクール用教科書“Middle School Science and Technology”<sup>20)</sup>に示されている。前者は、科学と技術と健康を統合したカリキュラムの例であり、後者はそのタイトルが示す通り、科学と技術の統合カリキュラムである。いずれも、BSCS においては STS カリキュラムとしての位置づけがなされている。

たとえば後者の例では、科学と技術は、表1に示すような形でカリキュラム上の統合がなされている。ここでレベルAと言うのは、本カリキュラムを構成する3冊の教科書のうち、最初に使用されるものを指している。ここでは「変化のパターン」という統合テーマのもとに、学習内容全体が構成されており、単元1では科学と技術の両方が持つ個人的な次元について、単元2では科学について、単元3では技術について、そして単元4ではSTSについて、「変化のパターン」に関連した内容を学ぶように計画されている。そしてその中で、「科学とは何か」「技術の特色とは何か」さらに「それらは互いに社会とどのように関連しているのか」について理解を深められるよう計画されている。

以上のように、BSCS においては科学教育と技術教育の統合を、統合概念と、さらにはスキル（これは初等学校用カリキュラムで採用されている手法である）を用いて行っている。このような統合の試みは、筆者の知る限り、これまでアメリカの科学カリキュラムには見られなかったアプローチである。

表1. Middle School Science and Technology のスコープとシークエンス

レベルA：変化のパターン				
単元	1	2	3	4
カリキュラム上の強調点	科学と技術の個人的次元	科学的説明の本質	技術を用いた問題解決	社会における科学と技術
焦点として扱われる疑問	私の世界はどのようにして変化するか	地球上の変化のパターンを我々はどのように説明するか	変化のパターンに我々はどのようにして適応するか	パターンを我々はどのようにして変えられるか



以上のように、アメリカにおいては、1980年代の教育改革、さらには科学教育改革の高まりとともに、科学教育と技術教育の急速な接近が見られるようになった。それは、当初は両者の統合の必要性のかけ声と理念の主張にとどまっていた。そこには具体的な統合の形態は見られなかった。しかしながら、その後統合すべき学習内容の具体的な姿が提言され、さらには、実際にカリキュラムの形で統合の事例が提出されるようになってきた。ここ20年ほどの間に、このように科学教育と技術教育のインターフェイスを科学教育が取り入れようと、着実にその歩を進めつつある。

科学と技術のカリキュラム上の統合の方法については、STSカリキュラムを題材に Fensham (1992) が2つの方法を提示している<sup>21)</sup>。一つは、付加的アプローチ (add-on approach) と彼が呼ぶもので、現在ある科学教材をまず取り上げ、それが社会に対して技術の形態を取っていかに影響を与えているかを学習するというアプローチである。もう一つは、社会における応用事例、あるいはトピックを先に取り上げて、そこに含まれる科学的、技術的側面の両方を学ぶという、応用学習アプローチ (study-of-an-application approach) である。このような分類は、筆者 (1996) がやはり STS カリキュラムを分析する中で用いた三つの分類方法、すなわち「社会から科学へ」「科学と社会」「科学から社会へ」<sup>22)</sup> の三つと発想を完全に同じくするものである。さらに小川 (1997) が、「科学理論の応用としての技術」というアプローチと、「科学のプロセスと技術のプロセスを比較論的に取り扱う」<sup>23)</sup> アプローチに分けた発想も、これに極めて近いものであると言えよう。ここに示したようなアプローチは、科学カリキュラムにおける科学と技術のインターフェイスについて、今日の共通の意味を提示しており、そのいずれもが技術に「ついて」の科学知識に関係している。つまり、製作やものづくりといった、テクニックや手工を科学教育に取り入れようというのではなく、したがって、日本にある理科と技術科を一つの教科にしようといった単純な発想ではない。あくまでも「技術を用いた問題解決の特色とは何か」「技術とはいかなる学問か」についての学習をここでは問題にしているのであり、この点は心にとどめておく必要がある。

### III. アメリカにおける科学教育の歴史的展開と技術教育

以上見てきたように、アメリカにおいては、近年科学教育への学習内容としての技術の導入が急速に進んでいる。このような科学教育と技術教育の関係は、歴史的にも過去から見られたものであるのか、それともまったく別々に発展してきたものであるのか、あるいはまた、新しく捉えられた技術が科学教育に付加されてきたものであるのか、以下においてこの点を検討する。

これまで、アメリカの学校教育制度やカリキュラムの歴史に関する、本格的で優れた研究大作が多数発表されており、また理科教育史に関してもいくつか見られる<sup>24)</sup>。しかしながら、前者に関しては特に科学教育に焦点化した箇所は見られず、本稿との関連で言うのであれば、職業教育に関する記述は何力所かに見られる。また後者に関しては、言うまでもなくゼネラルサイエンスに特化した研究であり、技術との関連性については触れられていない。したがって、以下においては、まず今日の意味においての技術の定義をした上で、

科学教育と技術教育の関連性の検討、さらには科学教育の歴史的発展のプロセスを検討する。

## 1. 技術の今日的定義

今日、技術に関する様々な定義がなされているが、Fleming (1989) の定義はそれらを非常に包括的に、しかも簡潔にまとめている<sup>25)</sup>。彼の定義によると、現代技術の特色が社会的技術 (sociotechnology) にあるとし、この社会的技術を四つの要素に分けて考えている。

技能的側面 (技術についての限定された側面)

- 1) ハードウェア
- 2) ノウハウ

組織的側面

- 3) 製造についての社会技術的なシステム

文化的側面

- 4) 使用についての社会技術的なシステム

従来の技術教育の考え方は、ここでの 1) と 2) に該当するものであった。しかしながら、ある製造物に関する知識やその作り方に関する知識に加え、その製造物が社会の中でいかに組織的に作られ、また文化としてそれらの製造物をいかに使用するかについて取り扱っている点に、彼の定義の特色がある。このように広範に技術を定義することによって、たとえば以下のような定義もその意義が明確になってくる。

Fenshama (1992)<sup>26)</sup> は、Layton (1987) の所論をもとに、技術とは行い方 (how to do)、あるいはものの作り方に関する知識であると言う。そして特に、その過程における「設計」に非常に高い価値をおいている。なぜなら技術とは、抽象的で理想化された科学概念間をつなぎ、具体的で複雑な生産物へとつなげる認知的橋渡しであるからであるという。さらに彼は、科学は命題的な知識に関心を持ち、技術は生きて働く知識に関心をもつことを指摘し、理解を求める科学と目的を常に有する技術との相違点を描き出している。したがって技術は常に代替的な解決案の間で価値判断を要求するという。

ここに登場する「設計」や「代替案」「価値判断」といった用語は、本稿の第Ⅱ章 3 で指摘した、AAAS の捉える技術教育の中身にも見られるものであり、また「行い方」という表現は、科学と技術の定義にしばしば用いられる “Science as a way of knowing” “Technology as a way of doing” という表現に対応するものでもある。Fensham によるこのような定義は、技術を広く社会の文脈の中に置いて捉えようとする Fleming の定義を前提にすると、よりよく理解される。

一方、The National Center for Improving Science Education (1990) は、科学と技術の 5 つの原則的な相違点についての指摘しながら、技術を以下のように定義している。

- 1) 科学は自然界についての合理的な説明を作り上げる試みであり、技術は人間の問題に対する合理的な解決方法を提供する試みである。
- 2) 自然界についての科学的な説明は常に仮のものであり、それは進化し続ける。技術的な解決方法は常に不完全であり、未達成のものである。

- 3) 技術は自然の文脈の中で存在する。すなわち、技術は生物学的、物理学的原理に背くことはできない。
- 4) あらゆる技術は副次的影響をもつ。
- 5) 技術は不完全で、未達成であるがゆえ、あらゆる技術は何らかのリスクをもつ。したがって、社会が技術に依存すればするほど、社会がそのリスクを背負い込まねばならない程度は増大する。<sup>27)</sup>

ここにおける技術の定義と特色はまた、社会の中で果たす技術の役割に焦点をあてたものであり、やはり Fleming の技術の捉え方を踏まえた上で解釈すると、理解が容易になる。このように、製造物そのものやそれを製造するための知識に限定せず、社会と技術の関わり方という側面から定義される技術は、言い換えるなら、前述した技術に「ついて」の知識と表現することもできる。この特色を、今日的な意味における技術の特色としてここでは押さえておきたい。

## 2. 19 世紀から 20 世紀にかけてのアメリカ職業教育

アメリカにおいては、独立戦争（American Revolution, 1775～1783）から南北戦争（Civil War, 1861～1865）までの間が、いわゆる産業革命の時代であり、生産も輸送も、社会の構造も生活様式も、植民地時代とは大きく変化した時代である。この時代に世俗的中等学校であるアカデミーが発生、さらに発展し、公立の初等学校も定着してきた。しかしながら、アカデミーは実践的な知識や技術を十分に提供せず、また、公立の初等学校とアカデミーとが発展的につながる関係になっておらず、19 世紀に入って以降、無月謝の公立ハイスクールが急速に発展してくる<sup>28)</sup>。そして 19 世紀末にはアカデミーとハイスクールの立場ははっきりと逆転する。

このような教育の大衆化が進む中で、ようやく職業教育が発展を見せることとなる。19 世紀の間は職業教育はほとんど発展せず、たとえば Stout (1947) による 1860～1865 年と、1896～1900 年の間のハイスクールで開講されていた教科の調査結果を見ても、職業教育、あるいは技術に関わる教科はまったくと言っていいほど開講されていない（後者の時期においては、手工科と製図が一部開講されていた）<sup>29)</sup>。また、1893 年、ハイスクールの教育内容の標準化を全国的なスケールで試みた全米教育協会（National Education Association, NEA）の十人委員会報告<sup>30)</sup>の中でも、職業教育教科についてはまったく触れられていない。しかしながらその後、「熟練労働者と大学進学を希望しない生徒のための高等学校教育を求めるニーズは、1880 年以降、手工科運動（manual training movement）の速度を急速に高める」<sup>31)</sup> こととなった。

こうして、アメリカ国内には職業学校が急速に設立されていくが、「この職業学校運動（vocational school movement）は、1907 年から 1917 年まで続くこととなる。特に連邦政府が制定した職業教育支援のためのスミス・ヒューズ法（Smith-Hughes Act）が 1917 年に制定されるに至ったこの時期の後半には、大きな拡がりを見せることとなる」<sup>32)</sup>。また、活動を通して学ぶことの重要性を主張した、デューイに代表される新教育運動もまた、この運動の発展を支えたという<sup>33)</sup>。しかしながら、「職業教育が盛んになり、新しい教育理論

が伝統的な教育観への挑戦を活発に展開し、さらに多くの大衆がハイ・スクールに進学するようになるという、社会的な変化に伴って、中等教育段階の職業教育は一元化の方向をたどりはじめた。多くのハイ・スクールが、従来の科目に加えて、職業科目を次第に豊富に開講するようになったし、職業学校でも普通教育の軽視することができなくなってきた<sup>34)</sup>。こうしてハイスクールは従来のアカデミックな正確を脱皮して、普通教育とともに職業教育を提供する学校と見られるようになる。ここに、アメリカにおける、普通教育における職業教育科目（技術教育科目）の正当な位置が初めて確立することになるのである。

このように、アメリカにおいては、職業教育教科は一般普通教科とはまったく異なる発展プロセスを経てきた。職業教育はあくまでも、農業、商業、工業といった特定の仕事に関する学校での訓練を意味するのであり、その中身に関しては産業界が大きな影響力を持ってきた。職業教育の中に、前節で述べたように一般普通教育としての技術教育が位置づけられるようになるのはごく最近のことである。「1970年代までに、連邦政府はキャリア教育を促進し、技術訓練（technology training）という概念によって、職業教育概念の最も新しい転換が起こっている」<sup>35)</sup>という。

### 3. 19世紀から20世紀にかけてのアメリカ科学教育

19世紀から20世紀にかけての科学教育の発展は、前節で述べたとおり、職業的な要請とはまったくかけ離れたところで進んできた。その主な理由は、たとえば19世紀中期と後期では、科学の方法、特に帰納的推論が心を陶冶する手段として捉えられたからであり、また20世紀初頭にかけては、科学の方法が、社会問題の解決に応用可能なモデルとして捉えられたからであり、ここには産業界からの影響を見ることはできない。おそらく、産業界や国家的な安全保障のニーズと直結して科学教育が発展するのは、1960年代の科学カリキュラム改革運動の時代までなかった。

このような科学教育の発展プロセスについての歴史的研究は、これまで何人かの科学教育研究者によってなされている。彼らはそれぞれ独自の視点で科学教育の歴史を分析しているが、まず Klopfer and Champagne (1990) は、科学教育の主要な目標の変遷を、専門家育成主義者（professionalist）と理想主義者（visionary）という、二種類の提唱者の対立図式の中で描き出している<sup>36)</sup>。前者は、自然科学や応用科学、あるいは技術に関連した職業を希望する生徒たちに、最良で、かつ可能な限り科学のさらなる学習準備を施そうとする。この目的は、適切な数の有能な科学者と技術者を求める国家と社会の、人的資源に関わるニーズに応えることに役立つ。一方後者は、学校科学の目的が生活のための準備にあると考える立場の人々である。生徒が科学に関連した職業を志向しようがしまいが、科学教育の最も重要な機能は、あらゆる人々に科学的リテラシーを育成することにあるとする。この図式の中で、1940年代までは、一般大衆の科学的リテラシー改善をねらいとした理想主義者の時代、50年代から60年代は、有能な科学者・技術者育成を目標とした専門家育成主義者の時代、さらに1960年代中期からは、個人的・社会的関連性を強調した理想主義者が再び現れる時代と位置づけた。

一方、BSCSのディレクターである Bybee は、近年アメリカの科学教育史について精力

的に文献を発表している。彼の分析の視点は一貫しており、その最初の文献では、1) 物理学的・生物学的システムについての経験上の知識、2) 科学的な研究方法、3) 生徒の個人的発達、という3つの視点をを用いて解釈を行っている<sup>37)</sup>。その結果、19世紀末の初等学校における「初等理科 (elementary science)」を知識重視のモデル、「ネイチャースタディー」を個人的発達重視のモデルと位置づけ、さらに中等学校では基本的に知識モデルが常に支配的であったことを指摘しつつ、20世紀前半の進歩主義時代 (Progressive Era) には方法モデルを支持する動きが強まったことを指摘している。そしてさらに、1960年代のカリキュラム改革運動の時代には、発達目標が衰退し、知識目標は時代に適合したものとなり、方法は知識目標を達成するための手段と位置づけられたと言う。

後に彼は、この3つの視点をより洗練し、時代的にも分析対象を19世紀にまで遡り、分析を行った結果を発表している<sup>38)</sup>。それによると、科学教育の目標を分析する視点には、一つには「何を学ぶべきか」、もう一つには「学ぶべき学習内容が決定される理由は何か」があると言う。それぞれは以下のように分類されている。

「何を学ぶべきか」

- 1) 科学知識の獲得
- 2) 科学のプロセスあるいは方法論の学習
- 3) 科学の応用の理解

「学習内容決定の理由」

- 1) 個人的な発達
- 2) 社会的効率と有効性
- 3) 科学そのものの発展
- 4) 国家の安全保障

そしてこれらの「何」と「なぜ」を結合し、科学教育の目標領域として1) 個人と社会の発達・発展、2) 科学的事実と原理に関する知識、3) 科学的方法とスキル、そしてそれらの応用、の三つを設定し、これをもとに分析を行っている。彼らによると、学校に科学を正式な科目として位置づける努力が精力的になされた「19世紀を通じて、個人の知的発達という目標は、科学的事実や情報の学習という目標と競合していた。科学の方法はまた...重要と考えられていたが、帰納的な思考と観察のスキルの育成は、知的発達的手段として弁明され、他から独立した目標とはならなかった」<sup>39)</sup>という。そして20世紀の初頭になると、科学は学習すべき一つの学問的教科としての地位を確立し、個人の精神的な能力 (mental ability) を開発するものとされた。しかしながら、1920年までに、科学の学習は、安定的、そして順調に機能する社会に貢献する人間を育てるために弁護されるようになった。そこでは、社会福祉 (衛生、技術的応用、性教育) のための知識と、科学的方法、そして科学に関連した職業についての意識が強調され、加えて、科学の基本原理は、その実践の有用性に関わらず、科学カリキュラムの中心部分を形成した。さらに進歩主義時代は、科学教育の目標に関して同意を著しく欠いていた時代であると彼らは言う。しかしながら、科学知識を構造化するための統合テーマの使用と、個人的、社会的応用への執着と、一般的な問題解決のスキルを育成する手段としての科学的方法への強烈な執着が見られた。

彼らの表現を借り、以上の点をまとめると以下になるよう。

「19 世紀中期と後期には、科学の方法、特に帰納的推論は、心を陶冶する一つ的手段として教えられた。言い換えるなら、個人的発達に対する一つ的手段としての方法が強調された。そしてアメリカの産業化と都市化が進んだ 19 世紀の末から 20 世紀の初頭にかけては、科学の方法は社会問題に応用可能な問題解決の一つのモデルと見なされた。この科学の方法の強調は、広く社会への関心に関連して弁明された」<sup>40)</sup>

ところが、このような目標の強調点の変遷にも関わらず、それを支える目標として、科学知識は常に優勢な地位を占めることとなる。

一方、古くは Eliot R. Downing (1925) が、科学「教授」の歴史について、物理学を事例に分かりやすく解説を行っている<sup>41)</sup>。彼によると、物理学の教授の歴史は以下のようにまとめられるという。

#### 記述的な時期 (1850 年代以前)

日常生活への物理学の応用に関する実践的な情報を取り入れようと試みた時期。したがって、この時代の教科書には、道具や機械、エンジン、その他の図が描かれていた。

#### 系統的な組織化の時期 (1850 年代頃)

物理的応用の理解の代わりに、科学の諸原理の感得が、教科書の主要な目標であった時期。道具や機械といった古い図は、実験装置の図で置き換えられた。

#### 実験を示した諸原理の時期 (1880 年代頃)

実験のための特別な装置を使った実験教授法が急速に導入された時期。

#### 大学入学準備の時期 (1890 年代)

教科書の記述がより厳密で、極端に数学的になった時期。正確な測定と、他の操作プロセスに必要なスキルの習得は、それ自身望ましいと捉えられた。

#### 実践的な時期 (1900 年代)

物理学を人間化しようとし、それを実践的な出来事の領域に戻し、そして生徒の日常生活に近いところに戻そうとした時期。

ここには、科学が技術的応用から切り離され、それ自身教授の対象として独立していくプロセス、科学に実験が導入されていくプロセス、そして日常生活の問題解決に役立つものとしての科学の位置づけの変化等が見られる。Downing によると、同じような変化のプロセスは、当時の主要な生物学教科を構成していた動物学や植物学の教授にも見られるという。

このように、アメリカの科学教育の歴史には、相対的にわずかな数の共通の目標しか見られず、それらはきわめて安定しており、またなぜそのような目標に到達しようとするかの理由に関しても安定性が見られる。すなわちそこには、学問としての科学の論理、子どもの発達の論理、そして社会的要請の論理が見られる。しかしながら、科学教育自体、決して技術的、あるいは職業的な内容を取り入れようとせず、むしろ Downing の指摘によれば、科学教育は技術的応用から切り離され、対象としての自然、問題解決の手段としての

科学的方法という枠を越えることはなかったのである。

ここで取り上げた以外にも、近年、筆者の研究関心である生物学カリキュラムの歴史に関しては、やはりいくつかの研究が見られるが<sup>42)</sup>、紙数の関係でここでは割愛する。そこで、本節での議論を受け、最後の第4節においては、科学が学校教科としてその正当な地位を獲得するに至った20世紀初頭に、科学はいかに捉えられ、また科学の学習の意義はいかに捉えられていたのかを、当時の2、3の文献をもとに明らかにする。

#### 4. 20世紀初頭における科学の捉え方と科学を教えることの意義

##### 1) 科学の定義

アメリカ科学教育においては、科学と技術は19世紀より切り離されて考えられてきた。ここでは、デューイの「民主主義と教育」がそのシリーズの一部として出版された、当時非常に影響力を持った“Text-Book Series”の中の一冊、“Principles of Science Teaching” (1917)を取り上げ、この点を検討したい。本書の著者であるTwissは以下のように述べ、科学と技術、あるいは応用科学を区別して捉えていた。

「この時期(19世紀)に科学知識と発明、技術が急速に発展し、それ以前のどの時代よりもこれらが広範に行き渡った... 同じ時期に、蒸気と電気の力によって動く機械の開発と、それに伴う生産や輸送における労働と専門性の分離へ向けての動きを通して、... この科学の発展が大きな、かつ影響力ある変化をもたらした」<sup>43)</sup>

本書の中では、ここにあげた「発明」「技術」ばかりでなく、「熟練工」「純粋科学」「応用科学」などという単語が頻繁に用いられ、社会への科学の諸原理の応用として技術を捉えていた。つまり「応用科学としての技術」である。では科学そのものはいかに捉えられていたのか。同じ著書の中でTwissは以下のように述べている。

「科学の目的は、事実と現象に精通することであり、またそれを適切で示唆的なアイデアに従った分類を通して組織化することである。その分類は、他のものとの関連性がたやすく理解できるような手段によってなされる。科学は、法則とか原理という形を取りつつ、可能な限り単純な様式でこれらの関連性を記述しようと試みる。その結果、このようにして獲得され、システム化された知識は、さらなる知識を得て、それを組織化するために使われるであろう。最後に、科学は科学的方法と倫理的な理想の統合を通して、人間性の発展のために応用できるようなあらゆる方法で、この知識を適用することを目的とする」<sup>44)</sup>

これに続き、科学研究において使用される帰納的、演繹的推論や、仮説の設定から実験のコントロール、さらには仮説検証のプロセス、仮説が理論や法則として確定するための条件などが述べられている。これはまさしく現代的な科学の捉え方を示しており、明確に技術との境界を定めている。引用文中の最後の一文「最後に、科学は...」に見られる「人間性の発展のために... この知識を適用」した結果が、彼によれば技術、あるいは応用科学に他ならない。ただ彼は、あくまでも技術を応用「科学」と捉えており、そういう意味においては技術も科学を構成する一つの分野であるかもしれないが、いずれにせよ、両者は厳密に区別して捉えられていた。このような視点は、明確に科学とは何かを取り扱って

いないにせよ、この時代の他の文献においても暗黙の前提として取り扱われている。しかし Twiss は、科学教授論として捉えたとき「純粋科学と応用科学、抽象と具体、そして理論と実践は、学校の外の現実生活においては分けることができないので、それらは授業においても実験においても分けるべきではないということを、教師が理解することが重要である」<sup>45)</sup>とも述べ、科学教材として技術的生産物を取り上げることの必要性には注意を向けている。この見解は、20 世紀の初頭から始まる新教育運動が主張した、子ども中心主義、生活と科学の関わり、問題解決の一つの方法としての科学といった理念の影響を強く受けているものと推察される。

## 2) 科学を教えることの意義

第 3 節で述べたように、19 世紀中期から後期にかけては、科学の精神的陶冶性が、科学を教えることの大きな柱のひとつであった。この点を Smith and Hall (1902) は最も雄弁に語っている。

「科学を学習する最初の理由は、科学がその機会を提供する観察におけるトレーニングに関係している。共通の表現を用いるために科学が採用する実験方法は、単に感覚のためのみならず、心の訓練を提供する... 科学の学習の第二の理由は、比較と帰納によって観察事実を組織化する能力を訓練するということである... 意識的であれ無意識的であれ、観察がなされ、一般化がそこから行われる。そして人生の成功は、人がこれを正しく行う能力に依存している... 科学の学習が明確に示す可能性の一つは、想像力の練習とコントロールの可能性である。思考に関わる主題と結合して、示されている様々な捉え方を再配置し、それらを新しい形に再び組み合わせ、そして新しい組み合わせを証明する仮説を発明することは、精神の一つの働きである」<sup>46)</sup>

引用文中では、観察の「トレーニング」、心の「訓練」、想像力の「練習」など、人生の成功にとって不可欠な、科学が「鍛えるべき」能力がここには示されている。この見解は、科学で培われた能力が他の学問や日常生活において発揮されることが前提とされた、まさしく形式陶冶の考え方に他ならない。ここで注目すべき点は他にも 2 点ある。一つは、科学において使用される推論のうち、著しく帰納的推論が強調されている点である。前述した Twiss の議論では、科学的方法における演繹的推論の役割も重視され、現代的な科学教授観に近い姿が見られたが、ここにはその主張はまったく見られない。第二は、科学を非常に道具的に捉えている点である。これは科学の陶冶性という視点からすると当然とも考えられるが、「科学は他の学習領域に対して欠くことのできない補足する (complement) 学問であり、単に中等学校だけでなく、教育のあらゆる段階で不可欠である」<sup>47)</sup>とも述べ、この点を明確に指摘している。

一方、新教育運動が勃興する時代を迎えると、科学の価値が、社会における問題解決の手段の中に求められるようになる。たとえば Trafton (1918) は以下のように述べ、この点を明確に指摘している。

「子どもにとって科学が必要であるという根本的な理由は、科学が彼の日常生活において決定的な役割を果たしているからである。科学が我々の生活を支配するとい



う科学の時代を迎え、将来ますます大きな力をもって我々の生活を支配し続けるであろう。子どもが、この科学的な環境の中で自分の役割を効果的に演じることができるようになるためには、学校において科学に関する教育を受けることが必要となる」<sup>48)</sup>

この議論は、現代の科学教育弁明のための議論とまったく軌を一にしており興味深い。ただ現代社会を取り巻く状況は、科学以上に技術が直接的に大きな影響力を持っており、この点に、本稿の主題である科学教育と技術教育のインターフェイスを読み解く鍵があるかもしれない。Tafton の行ったような議論は、その後さらに発展し、新教育運動が絶頂を迎える時期には以下のような形で議論が展開された。

「現在は、教育をより密接に日常生活の出来事に関連づけようというはっきりとした試みが存在する。以前子どもは、大人の作った問題を学習していたが、今日の学校は、可能な限り生活の問題を扱っている。古い教育は古典中心であり、現実生活とはほとんど無縁であった。このような教育が導入され、続いてきたのは、精神陶冶の理論にその基礎がおかれていたからである」<sup>49)</sup>

本書の著者である Slavson and Speer は、感覚知覚の理論、子ども中心の理論、子どもの活動中心の理論を科学教育に積極的に導入することによって、新しい科学教育構築を図ろうとしている。

しかしながらその一方で、科学を教えることそれ自身に価値を認める議論もこの時代にももちろん存在する。たとえば Woodhull (1918) は、科学を教えることの価値を論じる以前に、科学教育において育成さるべき科学的な態度(習慣, habit)について詳細に論じている<sup>50)</sup>。そこでは、関連性を観察する習慣、建設的な想像力、結論を導きだすときの保守的精神と懐疑主義、勤勉で労を惜しまない習慣など、現在 scientific habits of mind としてしばしば議論されることの中身が、ほぼすべてここに網羅されている。彼はこういった心的習慣の育成こそが科学教育にとって重要であることを、あらゆる前提抜きで論じているのである。

以上のように、20 世紀初頭は、精神陶冶性を科学教育の意義に求める時代から、問題解決の手段としての科学、生活と子ども中心の科学に意義を求める時代へと移行した時期であった。しかしながら、科学知識そのものの意義がこれらの時期において無視されたわけではなく、むしろ科学知識を教えるための弁明としてこれらの議論が取り上げられたと考えるべきであろう。というのも、第 3 節で述べたように、科学教育の目標として、すべての時代において知識・理解目標は一貫して優勢な地位を占めてきたからである。アメリカにおける科学教育の歴史自体は古いが、20 世紀の中頃近くになり、ようやく科学の諸教科がカリキュラム上に定着し、他の教科と方を並べて教えられるようになる。つまり一般普通教科としてあらゆる子どもたちによって履修されるようになる。20 世紀初等のアメリカは、その時代に向かう過渡期として、科学を教えることの意義が活発に議論された時代である。

#### IV. おわりに

アメリカの学校において、科学が一般普通教科として定着してまだ 100 年に満たない。

我々の考える以上にその歴史は短い。社会的に科学教育が認知される過程においては、19世紀初頭の技術的生産物を学習することからの別離、精神的陶冶性と問題解決の手段としての科学という捉え方に基づく科学教育の正当性の主張が行われ、ようやく科学を学習すること自体に価値をおく議論が認められるようになってくる。その一方で技術教育は、20世紀に入り、社会の産業発展の影響を受け、独自の発展を遂げてくる。

こういった二つの流れが併存する中で、ここ20年あまりの間に、科学教育と技術教育の統合、あるいは科学教育への技術教育の導入という流れが力を得てくる。これは、社会において技術がより直接的に我々の生活に影響をもつようになったことと無縁ではないし、また、技術教育の新しい捉え方、あるいは職業教育と技術教育の新しい関係性が登場してきたこととも無縁ではない。しかしながら、いまだ科学教育と技術教育の有効な統合モデルは現れておらず、今後の各国のその試みには注目していかなければならない。特にその先進国としてのアメリカの動向を注目することに意義は大きい。

#### 註・引用文献

- 1) Paul D. Hurd (1961) BIOLOGICAL EDUCATION IN AMERICAN SECONDARY SCHOOLS 1890-1960. The American Institute of Biological Sciences, Number 1 of a Bulletin Series
- 2) Thomas S. Popkewitz (1987) The Formation of School Subjects and the Political Context of Schooling. In THE FORMATION OF THE SCHOOL SUBJECTS (Thomas S. Popkewitz ed.) The Falmer Press, New York, p.3
- 3) Peter J. Fensham (1992) Science and Technology. In HANDBOOK OF RESEARCH ON CURRICULUM (P. W. Jackson ed.) Macmillan Publishing Company, New York, p.789
- 4) National Commission on Excellence in Education (1983) A Nation at Risk: The Imperative for Educational Reform. Secretary of Education, United States Department of Education, Washington, D.C.
- 5) Ernest L. Boyer (1983) HIGH SCHOOL: A REPORT ON SECONDARY EDUCATION IN AMERICA. Harper Colophon Books, New York, pp.110-111
- 6) Ibid., p.111
- 7) Ibid., p.111
- 8) NSB (1982) Today's Problems, Tomorrow's Crises. NSF
- 9) NSB (1983) A Revised and Intensified Science and Technology Curriculum Grades K-12 Urgently Needed for Our Future. Recommendations of the Conference on Goals for Science and Technology Education Grades k-12. NSF
- 10) NSB (1993) Educating Americans for the 21<sup>st</sup> Century: A Plan of Action for Improving Mathematics, Science and Technology Education for All American Elementary and Secondary Students So That Their Achievement Is the Best in the World by 1995. NSF
- 11) Ibid., p.44
- 12) Ibid., pp.101-102

- 13) 本書では技術 (technology) を扱う学問領域として工学 (engineering) を定義している。
- 14) James F. Rutherford and Andrew Ahlgren (1989) SCIENCE FOR ALL AMERICANS. Oxford University Press, New York, p.24
- 15) ibid., pp.26-29
- 16) AAAS (1993) BENCHMARKS FOR SCIENCE LITERACY. Oxford University Press, New York, p.xii
- 17) National Center for Improving Science Education (1989) Getting Started in Science: A Blueprint for Elementary School Science Education. The NETWORK, Inc. and BSCS, p.11
- 18) ibid., p.12
- 19) BSCS (1992) SCIENCE FOR LIFE AND LIVING. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa
- 20) BSCS (1994) MIDDLE SCHOOL SCIENCE AND TECHNOLOGY. Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa
- 21) op. cit., 3) p.805
- 22) 拙稿 (1996) STS カリキュラムの分析ツールの開発と適用—BSCS の STS モジュールを題材にして—, 日本科学教育学会 20 周年記念論文集
- 23) 小川正賢 (1997) 理科教育における科学と技術の取り扱いについて, 理科の教育 544
- 24) たとえば以下のものがある。
  - ・倉沢剛 (1985) 米国カリキュラム研究史, 風間書房
  - ・市村尚久 (1987) アメリカ六・三制の成立過程, 早稲田大学出版部
  - ・中野和光 (1989) 米国初等中等教育課程の成立過程の研究, 風間書房
  - ・野上智行 (1994) アメリカ合衆国におけるゼネラルサイエンスの成立過程の研究, 風間書房
- 25) Reg Fleming (1989) Literacy for a Technological Age. Science Education 73(4) pp.391-404
- 26) op. cit., 3) p.822
- 27) The National Center for Improving Science Education (1990) Science and Technology Education for the Middle Years: Frameworks for Curriculum and Instruction. p. 30
- 28) アメリカに初めて設立されたハイスクールは, 1821 年に設立されたボストンの English Classical School である。
- 29) J. E. Stout (1947) The Development of High School Curricula in the North Central States, 1860 to 1918, pp.737-738 (宮地誠哉「アメリカ中等教育史」誠信書房 1966, pp.41-42 より引用)
- 30) National Education Association (1893) Report of the Committee on Secondary School Studies. Government Printing Office, Washington.
- 31) John D. Pulliam (1991) HISTORY OF EDUCATION IN AMERICA. Macmillan publishing Co., New York, p.95
- 32) ibid., p.95
- 33) ibid., p.95

- 34) 宮地誠哉 (1966) 「アメリカ中等教育史」 誠信書房 p.135
- 35) Richard J. Altenbaugh ed. (1999) HISTORICAL DICTIONARY OF AMERICAN EDUCATION. Greenwood Press, Westport, Connecticut, p.376
- 36) Leopold E. Klopfer and Audrey B. Champagne (1990) Ghosts of Crisis Past. Science Education 74(2) pp.133-154
- 37) Rodger W. Bybee (1977) The New Transformation of Science Education. Science Education 61(1) pp.85-97
- 38) Rodger W. Bybee and George E. DeBoer (1994) Research on Goals for the Science Curriculum. In HANDBOOK OF RESEARCH ON SCIENCE TEACHING AND LEARNING (Dorothy L. Gabel ed.) Macmillan publishing Co., New York, pp.357-387
- 39) *ibid.*, p.365
- 40) *ibid.*, p.358
- 41) Eliot R. Downing (1925) TEACHING SCIENCE IN THE SCHOOLS. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois
- 42) たとえば以下のような研究がある.
  - Paul D. Hurd (1961) *op. cit.*, 1)
  - William R. Ogden and Janis L. Jackson (1978) Secondary School Biology Teaching, 1918-1972: Objectives as Stated in Periodical Literature. Science Education 62(3) pp.291-302
  - William V. Mayer (1986) Biology Education in the United States during the Twentieth Century. The Quarterly Review of Biology 61(4) pp.481-507
  - Dorothy B. Rosenthal and Rodger W. Bybee (1987) Emergence of the Biology Curriculum: A Science of Life or a Science of Living? In THE FORMATION OF THE SCHOOL SUBJECTS (Thomas S. Popkewitz ed.) The Falmer Press, New York
- 43) George R. Twiss (1917) A TEXTBOOK IN THE PRINCIPLES OF SCIENCE TEACHING. Macmillan Publishing Co., New York
- 44) *ibid.*, p.6
- 45) *ibid.*, p.5
- 46) Alexander Smith and Edwin H. Hall (1902) THE TEACHING OF CHEMISTRY AND PHYSICS IN THE SECONDARY SCHOOL. Longmans, Green, and Co., New York. pp.8-11
- 47) *ibid.*, p.15
- 48) Gilbert H. Trafton (1918) THE TEACHING OF SCIENCE IN THE ELEMENTARY SCHOOL. Houghton Mifflin Co., Boston, Massachusetts, p.4
- 49) S. R. Slavon and Robert K. Speer (1934) SCIENCE IN THE NEW EDUCATION. Prentice-Hall, Inc., New York, p.4
- 50) John F. Woodhull (1918) THE TEACHING OF SCIENCE. Macmillan Publishing Co., New York

# ドイツ中等学校における科学教育と技術教育の歴史的関係

## ー科学教育の立場からー

広島女子大学生生活科学部 藤井浩樹

### I. はじめに

「科学教育と技術教育のインターフェイスー英米独の比較教育史研究」と題する本研究において、筆者はドイツを担当する。研究の目的に照合すれば、科学教育と技術教育の関係の歴史を、近代から現代にかけて、順に追っていくのが最も適当であるのかもしれない。しかし、それはあまりに膨大な作業を要し、筆者の力量を越えている。そこで本稿では、時代を 19 世紀から 20 世紀初頭、厳密には 1810 年から 1905 年までに限定したい。1810 年は、ドイツ（プロイセン）における公教育制度の整備が着手される年である。1905 年は、メランの提案と称される自然科学教育の一大改革案がドイツ自然科学者医師協会によって提出される年である。したがってこの両年は、近代ドイツの科学教育の発展に、エポックを画することになったのである。

以下では、この間の中等学校における科学教育と技術教育の歴史的関係を、科学教育の立場から検討する。なお、この間の中等学校の形態は、ギムナジウムと実学的な諸学校に大別されるので、それぞれを節立てにして、論じていきたい。

### II. 19 世紀前半期

#### 1. ギムナジウム

対ナポレオン戦争に敗北したプロイセンは、国再建の手だての一つを教育に求め、教育局長フンボルト（W.v.Humboldt）、参事官ジュフェルン（J.W.Süvern）の体制のもとで公教育制度を整備していった。中等教育では、1810 年の「中等教員試補検定試験に関する勅令」によって、大学への進学準備を行う主要なラテン語学校の教員を、国家が選抜することとなった。また 1812 年の「ギムナジウム卒業試験規定」によって、主要なラテン語学校はギムナジウムと改称され、その卒業試験（大学入学資格試験に相当）における必須科目が定められた。さらに 1816 年の「ギムナジウム教則」によって、ギムナジウムの教育課程が公式に定められることとなった。

フンボルトとジュフェルンによる教育政策の指導原理は、新人文主義であった。これは古代ギリシアの思想や精神にもとづいて、人間の全人間性を多面的かつ調和的に発展させようとする精神運動であった。そして学校教育においては、ギリシア人の思考方法を伝える言語、文学を中心に、他の諸科を配した調和的な教育課程が要求された。したがって、この時代、自然科学は決して見過ごされることはなかった。上述の中等教員試補検定試験では、教員に必要な教養の一つとして自然科学の知識が求められていた。またギムナジウム卒業試験規定では、必須科目の中に物理と博物が含まれていた。さらにギムナジウム教則では、自然科学（物理、博物）は、古典語（ギリシア語、ラテン語）、ドイツ語、数学

に準じた、歴史、地理、及び宗教と並ぶ副教科に過ぎず、その授業時数は全体のおよそ6%（通年で週あたり20時間）であったものの、それは一般陶冶を担う教科の一つとして位置づけられていた。しかし、その一方で、教科目としての技術は、試験規定や教則においていっさい取り上げられることはなかった。

ところで、この相違が生じた理由はそれほど単純ではない。ただ、理由の一つとしてまず挙げなければならないのは、W.E.Traebert が述べているように、当時の技術教育は、新人文主義にもとづく一般陶冶の理念からは、かけ離れていたことである<sup>1)</sup>。フンボルトは、「現象や要因から原理、法則、及び関連性を根本的に導き出す」ことは、一般陶冶の理念に沿うと捉えていた。これは自然科学が意図することであった。一方、彼は、「技能が満たされていたとしても、理解されずに終わる成果」を対象とするものは、一般陶冶の理念から外れると捉えていた。これは、まさしく技術に他ならなかった。

新人文主義にもとづく教育政策は、基本的には、1830年代前半まで踏襲されていた。しかし、教会勢力と結合した国家主義・保守主義が台頭するにつれ、新人文主義の教育精神は警戒されるようになっていった。なぜなら、国や教会は、若者が諸科を幅広く学ぶことによって、官治国家や教会に対して批判的に構える自由な発想を持った人間が育つことを危険視したのであった。そのようなことから、1937年の訓令では、ギムナジウムの教育課程は古典語を除く諸科が削減されることとなった。1816年の教則と比較すると、全教科目の総授業時数はおよそ1割減であったのに対して、自然科学は通年で週あたり16時間と2割減であった。この訓令にみられる教科観が、以後、近代ギムナジウムの教育課程の基準となった。

## 2. 実学的学校

実学的な諸学校は、18世紀後半以降、都市の経済市民層の要求から設立されてきた。これらの学校では、商人、技術者、職人などの職業に直接役立つ知識や技能を授けることがねらいとされていた。しかし、このねらいは、経済的な面からみた実用、有用のみが全面に出されることにつながり、下級な生産の場へと墮落していく学校も見られた。

「学校は工場ではなく、陶冶施設であるべきである。……手を動かし、目を開き、そして感じる精神を呼び起こす。これは、利益とは無関係の労働になじむことで養われる。その結果、工業学校は、国家に対して何らかの利益をもたらすことになる。」<sup>2)</sup>

ニーマイヤー（A.H.Niemeyer、当時の著名な神学者・教育学者）の以上の言葉は、実学的学校に対する当時の人々の理解をうまく表現している。一般に、職業準備のための学校といっても、その教育のあり方は多様である。実際的な生産技術の訓練を行うにしても、その技術の基礎となる自然科学の知識や基礎的原理をどの程度授けていくのかが問題となる。この点においては、当時の実学的学校は、その訓練を技能の伝授に終始していたことは否めない。そして、このことが、学校は生産の場であるという認識を生じさせることにつながっていた。

しかしながら、1820年代になると、実学的学校は次第に変化が見られるようになった。ベルリン実業学校をはじめとして、いくつかの学校では、職業準備に必要な技術の伝授に

終始するのではなく、それに必要な一般的な教養をも与えることをめざすようになった。生産技術の訓練を行うにしても、その技術の基礎となる自然科学の知識や基礎的原理を重視するようになったのである。例えば、ベルリン実業学校におけるヴェーラー (F. Wohler、後に有機化学分野の開拓者の一人となる) の実践は、こうした特徴をよくあらわしている<sup>3)</sup>。彼は、化学関係の授業として、「化学」「実際の演習」「化学技術」を開講した。「化学」は化学全般にわたる講義、「実際の演習」は生徒実験であった。そして、「化学技術」は実習で、工場をたずね生産技術の実際に触れることがねらいであった。このように、彼の実践は、単なる技術の訓練ではなく、むしろそれに必要な科学の一般的な知識や方法を確実に身につけさせようとしていたことがわかる。

また、フランクフルトの実科学学校校長であったヴィーケ (Wiecke) は、実科学学校は一般教育を担うべきであるという立場から、次のように述べている。

「技術の要求にさらに対応していく必要はない。学校は職業の準備を行うのではなく、むしろ学業の期間を補うべきである。」<sup>4)</sup>

実学的学校は、その全てがそうであったわけではないが、全体としてみれば、単なる職業準備のため学校から一般教育のための学校へと傾斜を強めていた。技術を扱うにしても、その基礎になる自然科学の内容や方法の習得が大切にされるようになった。しかし、教育当局は財政上の問題から実学的学校を公的に位置づけることはなかった。新人文主義からは程遠い功利的傾向を伴う学校として低く見続けたのであった。

### 3. 時代の教養観

教育制度におけるギムナジウムと実学的学校の位置づけ、そして教育課程における古典語と自然科学、技術の位置づけ、これらは時代の教養観から強い影響を受けている。つぎに、当時の学校教育改革に大きな影響を及ぼしたティールシュ (F.W. Thiersch) とディーステルヴェーク (F.A. Diesterweg) を取り上げ、彼らの教養観について見てみよう。

#### (1) ティールシュ

19世紀前半期、学校法のレベルで自然科学教育を排除しようとする動きは、バイエルンから始まった。1826年、ルードヴィヒ特世の皇帝就任がこの契機となった。古典語に深い理解を示す彼を後ろ盾として、バイエルンの学校委員会は古典語優位を原則に学校教育の再編成に着手した。この委員会の中心人物が、ティールシュであった。

ミュンヘン大学教授であったティールシュは当代の著名な言語学者として知られているが、彼は古典語の偏愛というべき教養観を抱いていた。そして、ギムナジウムの教育については、おおよそ次のような考えを一貫して主張した<sup>5)</sup>。ギムナジウムの課題である一般陶冶を担うのは古典的教養のみであり、数学や自然科学はこれに関係しない。なぜなら、古典的教養のみに、陶冶と情操教育との結びつきが見られるからである。数学や自然科学は単なる物質主義 (Materialism) にもとづいた、実用のための教育であり、なんら情操教育とはかかわらない。それどころか、自然科学は人々の情操の発達や社会秩序にとって危険な学問である。とくに博物学は、「創造の神秘性」を脅かすものである。したがって数学や自然科学は、ギムナジウムの教育内容から排除すべきである。

ティールシュは以上の考えを、彼が起草したバイエルンの「学校教則大綱」(1829 年)において具体化した。大綱によれば、ギムナジウムにおける各教科の授業時数は、通年で週当たり次のようになっている<sup>6)</sup>。

宗教 (9)、ラテン語 (40)、ギリシア語 (12)、

習字 (3)、地理・歴史 (5)、数学 (9)

つまり、自然科学は全く取り上げられなかった。ましてや技術は、入り込む余地などなかったのであった。

## (2) ディーステルヴェーク

しかし、こうした動きに対する批判の声はとみに増すようになっていた。1829 年、ハイデルベルクで開催されたドイツ自然科学者医師協会の集会において、同協会の創設者で自然哲学者であったオーケン (L.Oken) は、ティールシュの言動を厳しく批判した<sup>7)</sup>。民族の繁栄と精神の充足をもたらす自然科学を学校教育から抹殺したことは彼らの思い上がりであること、自然科学の教養をもたない者は何にいったい価値があり、何が必要であるかを決める能力はない、ということを彼は強調した。また、ギーセン大学に化学実験室を興したリービッヒ (J.v.Liebig) は、自然科学軽視の風潮に強い不満を示し、官吏たちが自然科学の教育的意義を理解していないこと、いやもっと正確に言えば、理解しようとしいない態度に問題があると述べた<sup>8)</sup>。オーケンやリービッヒのねらいは、ギムナジウムを時代の要求に見合ったものへと変えていくことにあった。

さらに、母国語 (ドイツ語)、英語、フランス語などのいわゆる現代語の教育を充実させようとする人々もまた、古典語優位の保守的な教育理念や政策を批判した。例えば、フランス文学を研究していたマーガー (K.W.Mager) は、教養あるドイツ人を育成すべき学校であるギムナジウムは、新しい時代に対応した新しい教育を行うべきであるとし、さらにつづけて次のように述べている。

「人文科学がもっぱらラテン語、ギリシア語に占められているのは、愚かなことである。……1840 年の現在、“教養あるドイツ人”は多くのものごとを知らなければならない。それは中世の学問からは無視されている、またティールシュ氏が今もなお知らないものごとである。」<sup>9)</sup>

マーガーのいうところの多くのものごととは、近代語や自然科学を学ぶことによって得られるものであった。

数学と自然科学の教員として働きはじめたディーステルヴェーク (F.A. Diesterweg) は、マーガーやオーケンらの影響を受け、自らの教養観を育んでいった。彼は、「合文化性」という言葉を用いて、時代の文化全体に適合した新しい教育を学校に求めた。彼のいう新しい教育においては、自然科学を欠くことはできなかった。産業化する社会の出現と、それにともなう新しい市民、つまりは「考える市民」の育成の必要性を顧みたとき、自然科学なしの教育課程など考えることはできなかった。そして彼は、自然科学を学校で教えるにあたっては、実用の観点ではなく、直観力、思考力ならびに精神力の育成といった人間形成の観点に立つべきことを主張し、これに適した教授法として、発見的な教授法を追求した<sup>10)</sup>。



以上のことから、19 世紀前半期には、相反する教養観が社会全体を二分し、その対立がギムナジウムの教育課程において顕在化していたことがわかる。その中で、自然科学は現代語とともに、新しい教養として支持されたり、あるいは逆に、その実用的な性格を理由に非難されたりもした。それに対して、技術は、当時の教養観においては、考察の対象ですらなかった。

### Ⅲ. 19 世紀後半期ならびに 20 世紀初頭

#### 1. ギムナジウム

1852 年、プロイセン文部省の参事官となったヴィーゼ (L.Wiese) は、1856 年に「ギムナジウム教則、及び付則卒業試験規定」を發布した。これは、1837 年の訓令を基本的に継承しており、宗教ならびに古典語を教育課程の中心に据えるものであった。この教則において、自然科学 (物理、博物) の授業時数は通年で週当たり 16 時間から 14 時間に減少した。さらに博物は、適切な指導ができる教員がいる場合にのみ教えることとされた。このことからわかるように、教育当局は依然としてキリスト教信仰と人文的教養を重要視する一方で、キリスト教信仰と必ずしもそぐわない自然科学の教育を軽視した。

しかし、1870 年代になると、ギムナジウムの旧態依然とした教育課程に対して、変更が迫られることとなった。これには、1871 年のプロイセンを中心としたドイツ帝国の成立が深くかかわっている。帝国宰相ビスマルクは教会勢力の制圧を図ったが、これはギムナジウムの教育課程にも影響した。1882 年に公布された「全中等学校に関する教則」では、ギムナジウムの教育課程は、従来の古典語偏重から、古典語を中心に諸科を調和的に配置するものへと変更された。自然科学の授業時数は、通年で 14 時間から 18 時間に増加した。しかし、ラテン語の 77 時間、ギリシア語の 40 時間と比較すると、依然として、自然科学の位置づけは低いものであった。また、教科目としての技術は、やはり取り上げられることはなかった。

#### 2. 実学的学校

1850 年代にヴィーゼがとった教育政策は、実学的な諸学校の発展に寄与するものであった。彼は、産業や社会の進展に伴って、近代語や自然科学の教育を必要とする人々 (彼は、農業、商業、工業の経営者や技術者を想定) がいっそう増大しており、実学的な教育の要求をもはや無視できないと考えていた。そして彼は、1859 年に「実科学学校、及び高等市民学校の教授試験規定」を公布し、実学的な諸学校を中等教育制度の中に公式に位置づけた。この規定によれば、実学的な中等学校は職業学校ではなく、大学教育を必ずしも必要としない職業に就く生徒に対して、学問的な基礎を与えるところとすること、また古典語をはじめとする人文的教科を主とするギムナジウムと、近代語と自然科学を主とする実学的な中等学校は、相互に補完し合うものであることが記されている。

当時の実学的な中等学校の一例として、ライプツィヒ実科学学校の教育課程を見てみよう。以下に示した教科編成と授業時数 (通年で週当たり) から、同校は職業学校というよりも、むしろ学問的な基礎を与える一般教育学校であったことがうかがえる<sup>11)</sup>。

宗教 (18)、ドイツ語 (22)、ラテン語 (21)、フランス語 (24)、英語 (11)、  
地理 (12)、歴史 (12)、代数 (9)、幾何 (11)、記載幾何 (6)、算数 (17)、物理 (7)、  
化学 (5)、鉱物 (2)、博物 (8)、

書き方 (8)、図画 (6)、唱歌 (6)、体操 (授業時数の記述なし)

しかし、それにもかかわらず、ギムナジウムには認められていた大学入学資格を与える権限が、依然、実学的な中等学校には原則的に認められなかった。ヴィーゼによるこうした教育政策は、中等学校の複線化を確立した上で、実学的な中等学校はギムナジウムに劣るという見方、自然科学の教養は人文的教養に劣るという見方を改めて印象づけるものであった。そして、1882 年に公布された「全中等学校に関する教則」においても、以上のような傾向はほとんど変わらなかった。

### 3. メランの提案

大学入学資格をめぐるギムナジウムと実学的学校の同格化問題は、1900 年の中等教育問題討議のための学校会議をもって終結した。実学的学校（実科ギムナジウム、高等実科学学校）の卒業者に対しても、ギムナジウムのそれ同様に、大学入学が認められることとなった。そして、これら 3 種の学校の教育課程においては、教育内容、方法の近代化を図る必要性が指摘された。

しかし、以下に示す 1901 年の「プロイセン中等学校教則」からもわかるように、ギムナジウムにおける古典語優位の状況は依然堅持されていた<sup>12)</sup>。

ギムナジウムの教育課程（週あたり通年で）

宗教 (19)、ドイツ語（歴史物語を含む）(26)、ラテン語 (68)、  
ギリシア語 (36)、フランス語 (20)、地理 (17)、歴史 (9)、  
算数と数学 (34)、自然科学 (18)、書き方 (4)、図画 (8)

このような中、自然科学教育を推進しようとする人々は、いっそうの改革運動を展開することとなった。1905 年、ドイツ自然科学者医師協会は、メランで開催された総会において、自然科学教育に関する一大改革案を提示した（通称、メランの提案）。この提案の主旨は、次の 3 つであった。

「主旨 1 委員会は、中等学校においては一面的な言語的・歴史的陶冶だけとか、一面的な数学・自然科学的陶冶だけにならないよう要請する。

主旨 2 委員会は、数学と自然科学を言語と全く同等の価値ある陶冶財として認めると同時に、それを、中等学校固有の一般的陶冶の原理のもとにしっかり位置づける。

主旨 3 委員会は 3 種の中等学校（ギムナジウム、実科ギムナジウム、高等実科学学校）をその必要性から事実上同等であることを明らかにするとともに、その完全な実施を要請する。」<sup>13)</sup>

つまり、この提案では、中等教育が一面的な教育に陥らないようにすること、古典語をはじめとする人文的教科と同等に自然科学を扱うこと、ギムナジウムと実学的学校（実科ギムナジウム、高等実科学学校）が同格であることが改めて確認された。つづいて、同提案

は、物理教育を中心に、その課題と、教授法、教育課程、生徒実験などのあり方について言及しているが、その中に次のような記述が見られる。

「われわれを取りまく自然に関する認識とともに物理の技術的応用を考えなければならぬが、その際、最も重要な技術的設備の効果的利用の基本を理解させ、その使い方を教えるようにしなければならない。」<sup>14)</sup>

このことから、メランの提案では、物理教育における技術的内容の取り扱いが留意されていることがわかる。

#### IV. おわりに

近代ドイツの自然科学教育の歴史は、自然科学の一般教育的価値、人間形成的価値を追求してきた歴史であったといつてよい。自然科学が実際の生活に役立つということは当然としても、そのこと以上に、自然科学が子どもの直観力や科学的思考力、科学的態度などの育成に役立つことが一貫して主張されてきた。そして、この主張は、古典語を中心とした旧来の教養観に対する、新しい時代の教養観の構築と深く関わっていた。

そのような中で、自然科学教育を推進しようとした人々は、自然科学教育と職業準備のための技術教育との間に一線を画す一方で、科学の応用としての技術の内容の重要性を認め、それを自然科学教育の内容に取り入れてきた。しかし、それは、自然科学というものを、より現実的に理解させる方策の一つにすぎなかったのである。自然科学の教育（naturwissenschaftliche Bildung）と技術の教育（technische Bildung）は混同されることはなかった。つまり、自然科学教育の立場からは、科学（Wissenschaft）と技術（Technik）は異なる概念として明確に意識されていたように思われる。

#### 【文献】

- 1) Traebert, W. E., Technik und allgemeinbildende Schulen, Boehm, L. und Schönbeck, C. (Hrsg.), Technik und Bildung, VDI Verlag, 1989, S.156.
- 2) ebenda., S.156.
- 3) Ohmann, O., Friedrich Wöhler und K.F.Klößen in ihrem Verhältnis zu den chemischen Schülerübungen, Zeitschrift für physikalischen und chemischen Unterricht, Jr.26, 1913, S.48-49.
- 4) Schleip, A., Beiträge zur Geschichte des Chemieunterrichts an allgemeinbildenden Schulen von den ersten Anfängen bis zum Beginn des 2. Weltkrieges, Diss.Frankfurt, 1970, S.82.
- 5) Schöler, W., Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts, Walter de Gruyter & Co., 1970, S.113-115.
- 6) ebenda., S.110-111.
- 7) ebenda., S.111.
- 8) a.a.O., 4), S.73.
- 9) a.a.O., 5), S.321.
- 10) ebenda., S.209-211.
- 11) Wagner, Realschule in Leipzig, Pädagogisches Archiv, Jr.10, 1868, S.462.

- 12) 岩崎次男「ドイツ帝国と教育の近代化」、『世界教育史大系 12 ドイツ教育史Ⅱ』講談社、1977年、55頁。
- 13) 秋山幹雄「ドイツ自然科学者医者協会による中等理科教育改革運動(1)ーアビトゥア受験生のための一般教育としての自然科学に関する提案ー」、日本理科教育学会研究紀要第32巻第2号、1991年、12頁。
- Gutzmer, A., Die Tätigkeit der Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, B.G.Teubner, 1908, S.96.
- 14) 同上論文、14頁. ebenda., S.124.