

ナフィールド中等科学の意義に関する一検討

－開発当時の教育制度と科学教育論に着目して－

鎌田 祥輝

はじめに

現代の人々は、科学によって答えることのできないトランス・サイエンス¹的問題群に直面しており、そのような問題に対して専門家に任せず意思決定を行うことが求められている。科学教育の文脈では、生徒が民主社会の構成員として主体的に社会に参加・参画できるようになるために、科学教育における知識や考えの関連づけを、物理等の個別科学内にとどめずに、自然科学全体や他教科、さらには現実世界との関連にまで踏み込む必要性が提起されている²。本稿では、そのような科学教育の具体像を探究する。そこで本稿では、1960年代～1970年代の英国³ナフィールド科学教育プロジェクト（Nuffield Foundation Science Teaching Project、以下、NFSTPと記す）で開発された科目のうち、ナフィールド中等科学（Nuffield Secondary Science、以下、「中等科学」と記す）に着目する。

NFSTPは英国において1961年から1962年にかけて設立された、科学教育のカリキュラム開発を目的としたプロジェクトである。NFSTPではグラマースクールの11歳から16歳の生徒を対象にし、中等教育の資格試験であるGCE（General Certificate of Education）Oレベル試験に対応した物理・化学・生物科目の開発を行い、その後中等教育段階の数学科目やOレベル試験を受けない生徒向けの「中等科学」、初等教育段階の科学科目が開発された⁴。日本では、Oレベル試験に対応する『ナフィールド物理』『ナフィールド化学』『ナフィールド生物』が翻訳・出版されている⁵。本稿で着目する「中等科学」は、1965年に開発作業が開始され、その成果として1970年から1972年にかけて出版された書籍群である。

英国における研究を参照すると、「中等科学」は英国科学教育史を語る上では外せない対象とされている⁶ものの概要の記述にとどまり、教材内容まで踏み込んだ検討はなされていない。他方「中等科学」はSTS（Science, Technology and Society）教育の文脈でも取り上げられている。英国におけるSTS教育の発展を歴史的にまとめたハント（Hunt, A.）は、「あまり知られていない『中等科学』が、現在[1994年]学校の科学で見られるようになってきたSTSのいくつかの構成要素の先駆者として」重要であると指摘している⁷。STS教育は「科学が関連する状況についてのリテラシー」⁸の代表と評されており、英国STS教育の先駆者とみなされている「中等科学」は、本稿で探究する科学教育像に接近するものであると考えられる。

ただし、「中等科学」は「学力の低い生徒にはレリバンスの高い科学を、という不幸な関係性を確立してしまった」とハントから批判もされている⁹。ハントはシックスフォームのすべての

生徒を対象とした STS 教育教材の作成に継続的に携わった人物であり、1990 年代の STS 教育論からこのような批判が向けられることは納得できる。しかしながら、「中等科学」が開発・出版された当時の文脈において、どのような意義を持ち得ていたのかは明らかではない。

日本において NFSTP は、アームストロングの発見的教授法の影響をうけつつも、形式陶冶ではなく実質陶冶を重視したと紹介されている¹⁰。また、NFSTP では「将来の科学者だけではなく、将来の市民の育成の観点から”Science for All”が中心目標」とされたことや、先端的知识が取り上げられていたことが指摘されている¹¹。しかしながら、O レベル試験に対応した『ナフィールド物理』では、「Science for All」が謳われたものの、これはパブリックスクールやグラマースクールの生徒を念頭においたもので、大多数を占めるモダンスクールの生徒は念頭におかれていない。この大多数の生徒に対応する教材を作ることを目指したのが「中等科学」であった。「中等科学」は、NFSTP の成果の一つでありながらも、日本ではほとんど知られていない。

このように同じ NFSTP から生まれた教材であっても、従来日本で紹介されてきた O レベル科目と「中等科学」は、その性質を異にする。ナフィールド O レベル化学に着目して NFSTP の革新の背景と実施の様相を研究したウェアリング (Waring, M.) は、NFSTP 内の個々のオーガナイザーにかなりの自由裁量が認められており、すべてのプロジェクトを貫く「ナフィールド・アプローチ」を求めることの不毛さを指摘している¹²。NFSTP の他プロジェクトの目的や内容を詳細に検討することは、NFSTP の意義を多角的に理解するためにも欠かせないだろう。

本稿では、「中等科学」の開発・出版当時の時代的背景と関連付けながら、目標・教材内容分析を行うことで、「中等科学」の意義を明らかにする。これを通して、NFSTP 自体の理解を拡張することが可能になるだろう。第 1 章では、「中等科学」開発の背後にある教育制度的背景と科学教育界における背景を明らかにし、「中等科学」の位置を明確化する。第 2 章では、「中等科学」関連の出版物を取り上げ、「中等科学」の具体像を解明する。最後に、「中等科学」開発当時における「中等科学」の意義を解明する。

1. ナフィールド中等科学の背景

1-1 教育制度的背景

「中等科学」の背景として、1960 年代以降のコンプリヘンシブスクールの増加や義務教育年齢の上昇、そして、1965 年以降の CSE (Certificate of Secondary Education) 試験の導入、スクールカウンシルの設立が挙げられる。

英国では 1944 年のバトラー法以降、イレブンプラステストの成績に基づくグラマー、モダン、テクニカルの三種の学校に子どもを振りわけ三分岐制が一般化し、知能に応じて教育内容が差異化されていた。その後知能検査に対する批判や階級と教育機会の問題を受けて、複線型の学校体系を単線型に変えたものが、コンプリヘンシブスクールであった。コンプリヘンシブスクールは、1955 年以降と 1965 年以降とで、その性質が異なることが指摘されている。すなわち、1965 年までは、グラマースクールを母体にしたものが多く、グラマースクールのカリキュラムを下敷きにして共通化を追究するものであった¹³。このような学校では、GCE O レベル試験に対応する学問的な内容をすべての生徒に与えることが目指された。

1965 年に労働党政府がコンプリヘンシブスクール化の推進を謳った回状 10/65 を公表して以降、コンプリヘンシブスクールの数は急増した。さらに、この時期のコンプリヘンシブスケー

ルの多くはモダンスクールを前身とするものであり、コンプリヘンシブスクールの数の増加と平行してモダンスクールの数は減少している。モダンスクールでは O レベル試験の受験者は少数に限られており、当時のコンプリヘンシブスクールにおいては、O レベル試験にとらわれない多様な科目を提供し、生徒の多様なニーズに応える教育課程が追究された。

さらに、1965 年に開始された CSE は、O レベル試験を受験しない多数の生徒に資格試験の門戸を開いた。CSE にはモード 1～モード 3 の形態があり、各科目について生徒のニーズに合わせて最適なものを教師が選択する。モード 1 は O レベル試験同様、試験委員会や教科委員会が作成したシラバスに基づいて行う外部試験である。モード 1 の対極に位置するモード 3 は、各学校が新たなシラバスを作成し、認可を受けることで試験科目として認められるだけでなく、各学校において試験やワークを行って教師が採点し、試験委員会がモデレーションを行う形態である。CSE の登場により、コンプリヘンシブスクールの提供科目の多様化が加速した¹⁴。

CSE の制度化やカリキュラム開発において大きな役割を果たしたのが、スクールカOUNシル（Schools Council、1964-1984）である。当時の英国では、日本のように国定のカリキュラムがなく、実際に学校で行われている教育の内容に関して国は関与していなかった。この状況に対し、教育省大臣のエクルズ（Eccles, D.）は、クラウザーレポートに関する議論の中で、「カリキュラムという秘密の花園（secret garden of the curriculum）」という表現を用いて、教育に関する議会での議論では、建物や組織の話だけではなく、実際に何を教えているのかを含める必要があると提起した¹⁵。この任務を遂行するため教育省内に、HMI（Her Majesty's Inspector、国家勅任視学官）や省外の適当な専門家を含む小さいグループを組織し、これはカリキュラム研究グループ（Curriculum Study Group）と呼ばれた。そして、カリキュラム研究グループと SSEC¹⁶（中等学校試験評議会、Secondary Schools Examinations Council）が合併し、スクールカOUNシルが 1964 年に設立された。この合併の背景の一つには、SSEC のメンバーの中にモダンスクールを知る者が少なく、CSE の議論に支障があったことが挙げられる。

このような背景がありながらも、スクールカOUNシルは法的拘束力のあるカリキュラムの開発を意図してはいなかった。この方針の背景には、カリキュラム研究グループの事務局長であったモレル（Morrell, D.）の主張がある。すなわち、先にカリキュラムがあって試験がその後続くべきこと、そして各学校がカリキュラムと教授法について責任を持つべきという主張である¹⁷。スクールカOUNシルは、小規模の事務局をもつだけで、開発・研究は教員が多数を占める企画委員会・教科委員会によってなされ、その他研究機関への委託もしくは共同研究の形をとって遂行された¹⁸。現場での実験・検証が重視されるとともに、既存試験に囚われないカリキュラム開発が行われたのである。「中等科学」もスクールカOUNシルのカリキュラム開発プロジェクトの一つであった。スクールカOUNシルが 1965 年に出版したワーキングペーパー No.1（以下、WP No.1 と記す）は、「中等科学」の思想の基盤となるものであった（本稿 2-1 で扱う）。

1-2 科学教育界における背景

次に、英国科学教育界における「中等科学」登場の背景を取り上げよう。NFSTP は、米国の PSSC 物理や BSCS 生物などと同様に教育内容現代化の時代のカリキュラム開発運動として位置づけられている。しかしながら、その性質や動機は米国のカリキュラム開発運動とは異なり、英国独自の科学教育論を背景にしている¹⁹。すなわち、NFSTP は、第二次世界大戦以前から行

われているゼネラルサイエンス運動の批判として登場したと指摘されている²⁰。それでは、NFSTP が批判するゼネラルサイエンスとはどのようなものであったのだろうか。ゼネラルサイエンス運動と NFSTP 設立の議論を検討し、英国科学教育研究における論点を明らかにする。

1-2-1 ゼネラルサイエンスの隆盛と衰退

英国の中等科学教育研究のキーワードとして「Science for All」が挙げられる。このキーワードは、時代によって意味合いは異なるものの、1910 年代以降継続的に俎上に上げられてきた。「Science for All」の主張は、1916 年の APSSM (Association of Public School Science Masters) のパンフレット「Science for All」において、ゼネラルサイエンスを推進する主張とともに登場した。「Science for All」を提唱した APSSM は、パブリックスクールで科学を教えている、もしくはそのような学校における科学の発展に寄与した人のみを会員とし、教科教育協会の中でも唯一男性のみを会員とした協会であった²¹。この前提を考慮すると当時の「Science for All」は「パブリックスクールのすべての生徒のためのゼネラルサイエンス」であった。ゼネラルサイエンスの導入を主張する根拠は、パブリックスクールでは科学のうち物理と化学という一部の科目しか履修しないことに対する問題意識、そして科学教育を通した人間形成の必要性であった²²。

1930 年までには SC (School Certificate) を実施している 8 つの委員会の内 6 つの委員会でゼネラルサイエンスのシラバスと試験が提供された。さらに 1936 年から 1942 年にかけて受験者数が飛躍的に増大し、物理、化学、生物に並ぶ地位を確立した²³。しかしながら、ゼネラルサイエンスは所期の期待とは異なる形で受容された。すなわちゼネラルサイエンスは、「化学と物理のみを意味する [傍線引用者]」と受け取られ、さらにゼネラルサイエンスを物理や化学などの科学科目の導入として中等学校 1～3 年生に用いている学校が主流派であることが明らかにされている²⁴。このような結果になった要因として、APSSM の後継である SMA (Science Master's Association) 自身もゼネラルサイエンスの意義について、多くの科学教育者が納得のいく説明を行うことができなかったという指摘がなされている²⁵。

ゼネラルサイエンスはシックスフォームの学習への準備には不十分であることや、系統性の欠如を理由に批判され、1950 年代には資格試験の受験者の割合は相対的に減少の一途を辿る²⁶。その背景には、シックスフォームに入学する生徒数の増加と、シックスフォームにおいて科学や数学を専攻する男子生徒が 1960 年までに 60%を超えたことが挙げられる。SMA は 1960 年にゼネラルサイエンスに関するレポートの再発行した後、ゼネラルサイエンスについて議論を深めることはなく、その関心は GCE O レベルコースの開発に向かった。この SMA の動向が、NFSTP 設立につながる要因の一つとなる。

1-2-2 ナフィールド科学教育プロジェクト

ナフィールド財団は、単に資金を提供しただけでなくカリキュラム開発に対して積極的な役割を果たしていた。特に NFSTP の立ち上げにおいて重要な役割を果たしたファラー-ブラウン (Farrer-Brown, L.) は NFSTP の方針に強い影響を与えた。ファラー-ブラウンはナフィールド財団設立当初に事務局長を務め、さらに 1944 年から 1964 年まで財団のディレクターを務めた。

ナフィールド財団は、NFSTP 設立以前から科学者や科学教師との接触を行い、科学教育に対する関心を高めていった。その間、ファラー-ブラウンは、SMA のルイス (Lewis, J.) との交流を行っていた²⁷。ルイスは、教室で使用するための良い教材を提供することが良い授業にとつ

て重要であることを指摘していた²⁸。ファラー-ブラウンもその考えを受容し、これが NFSTP のカリキュラム開発の基礎となる。

ファラー-ブラウンはクラウザーレポート²⁹に触れながら、将来科学者になるかどうかに関わらず、すべての生徒にとって科学の適切な知識が必要であることを提言した。そして、そのために最も必要なことは、十分な「コア・サブジェクト」シラバス、すなわち多数の生徒に科学的思想と科学的方法についての洞察を与えることができる O レベル科目を開発することであるとファラー-ブラウンは考えた³⁰。

クラウザーレポートは 15 歳から 18 歳までの教育について検討したもので、中等教育の義務教育年限の延長と義務教育後の定時制教育を提案した点に意義があるものとして知られている。しかし英国においては、クラウザーレポートがシックスフォームのカリキュラムについて詳細に提案している点で衆目を集め、しかもクラウザーレポートの提案の背後には、「シックスフォームを優秀な生徒を対象とする課程である」という前提があると理解できるものであった³¹。このような事情を勘案すれば、シックスフォームに進学する生徒が受講する O レベル科目の開発をファラー-ブラウンが提起したことは当然であろう。1962 年に設立された NFSTP では O レベル科目から開発が進み、教師が用いる教材を作成することに主眼に置くようになった。

1-3 ナフィールド中等科学の位置

以上の背景をもとに、「中等科学」の位置を整理しよう。「中等科学」の開発が始まった 1965 年以降は、モダンスクールを前身としたコンプリヘンシブスクールが増加する時期であった。また CSE の導入によって、従来 O レベル試験を受験しなかった学力層の生徒にも資格試験の門戸が開かれるとともに、各学校が提案する科目が試験科目として認められるようになった。

科学教育界においては、物理・化学・生物を総合して扱うゼネラルサイエンス科目は、その理念とは裏腹に、実質的には物理・化学の初歩的な科目として受容されていた。さらに、ゼネラルサイエンスを提唱した APSSM は、パブリックスクールの生徒を念頭に置いていた。その後ゼネラルサイエンスは批判され、科目別の O レベル科目の受験者数が増加したが、その潮流に合わせて NFSTP では物理、化学、生物の O レベル科目の開発が始まった。従来よりも科目別の O レベル試験を受験する生徒が増加したとはいえ、O レベル科目はパブリックスクールやグラマースクールの生徒を主な対象としており、学力上位層の生徒にのみアプローチする科目であった。一方「中等科学」は、これまで NFSTP が取りこぼしていた、O レベル科目を受験しない学力層の生徒にアプローチする科目であった。

2. ナフィールド中等科学の検討

2-1 ナフィールド中等科学プロジェクトの概要

「中等科学」の開発作業は、スクールカウンスルが出版した WP No.1 を受けて開始された。WP No.1 は、NFSTP のために作成されたもので、「平均的な能力を持つ生徒と平均的な能力を持たない生徒を対象とした科学教育に関するもの」³²である。WP No.1 は「中等科学」プロジェクト開始前に批判や提案を募るために出版された。WP No.1 は、科学教育の現状の分析、「意義」(significance)の概念の説明、提案された 8 つのテーマの概説、試験的に作成されたテーマの内容紹介、開発手続きに関する提案で構成された、30 頁に満たない簡潔な報告書である。

WP No.1 の背景には、ニューサムレポート (1963 年) の見解がある。ニューサムレポート

表1 「中等科学」の教育目標³³

正確な観察、演繹的推論による一般化、概念や一般化から結果を推測する、シンプルな実験デザイン、仮説の形成、言語的流暢さ、リテラシーと基本的な計算能力、自己規律と能動性
--

は、13歳から16歳の生徒の中でも、平均、平均以下の能力を持つ生徒（Newsome Student）の教育について検討したものである。ニューサムレポートでは、中等学校の4、5年目の科学教育が基本的に物理、化学、生物といった学問的な（formal）分類による科目から選択していることを問題視し、生徒の関心や将来の目標に合わせた選択肢を用意する必要があること、そして学校と生活を結びつける必要があることを提起していた³⁴。加えて WP No.1 では、一連の知識と知識の獲得や活用の方法を含んだ、重要な人間の活動として科学を捉える主張に言及し、すべての生徒に対する科学教育の必要性を強調している³⁵。

WP No.1 では、開発の前提として3点を指摘している。まず、単純な読み書き計算に問題がある生徒から、CSE 試験で成功する可能性がある生徒まで、非常に広い学力層を対象とした科学教育を念頭に置くことである。第2に、Newsome Student は、当時の法定年齢（15歳）を超えて学校に留まることは少なかったため、15歳以上の生徒に科学を教えることは少なく、十分な研究が進んでいないことである。第3に、学校ごとに状況は大きく異なることである。このように多様な学力の生徒、しかも研究蓄積が少ない年齢層をも対象とする「中等科学」では、明確なコースを規定せず、個々のニーズを満たす柔軟な科目を開発することが意図された³⁶。

WP No.1 出版後、最終的にイングランド、ウェールズ、北アイルランドの500人以上の教師と1万人以上の生徒の参加を経て、1970年から1972年にかけて、教師用ガイド、器具ガイド、8つのテーマに分かれた教材、CSEに関するガイドが出版された。

「中等科学」はこれまで科学を履修していないもしくは一部の科目のみを履修していた生徒に統合的な科学教育を提供するものである。このよう科学科目を提供する根拠として、成人人口の大多数を占めることになる生徒たちが、科学の問題とその生活への影響について理に適った情報を得ることが重要であり、それによって社会全体が科学についての共通文化を持つことができるからだと指摘されている。さらに日常生活での問題の解決や政治家、広告主、科学者の主張を評価する必要性から、生徒が表1に挙げられたことをできるようになることが目標とされている。表1の目標は、WP No.1 で言及されていた、科学の方法の側面に相当するものと解釈できる。

「中等教育」では、すべての「生徒にとって基本的な」8つのテーマに分かれた教材群が用意されている（表2）。この教材群は、直接生徒に渡して用いることができるようには記述されおらず、教師がこれを参考にしながらカリキュラムを設計し、ワークシートを作成することが想定されている。O レベル科目の『ナフィールド物理』が、「分子」「電流」「力とエネルギー」といった、科学の概念を基軸にコースの概要を説明していることと対比すると、テーマ別に整理されるという「中等科学」の特徴が鮮明になる。

「中等科学」は学問的系統とは異なる論理によって教育内容が選択・配列されている。それは前述したように、ニューサムレポートにおいて物理・化学といった科目区分を否定し、生徒の関心を重視していたからであった。「中等科学」では、内容の選択原理として「意義（significance）」

表2 「中等科学」の8つのテーマ³⁷

テーマ1 生物の相互 依存性	このテーマでは、生徒が相互依存性の特定の側面を理解できるように、また動物や植物の保全の重要性を理解できるように、生物の生育環境や実験室での学習が計画されている。実験室での調査は、フィールドワークで現出した問題から発展する。
テーマ2 生命の 連続性	このテーマは生命の連続性を扱っている。それは世代から世代への短期的なものだけでなく、多くの世代を累積によって進化を示しているように見える長期的なものも含む。結果として、2つの重要な概念、すなわち人間の間の変異（人間の遺伝学）と進化を含む。また、他の人が提示した事実にもとづくデータを評価する機会もある。他のテーマに比べて、間接的なデータをより多く用いる。
テーマ3 人間の 生物学	このテーマでは、生徒たちは自分自身について、また人間一般についての質問をすることによって、そしてこれらの質問に対する科学的回答を求めることによって学習する。身体システム、人間のライフサイクル、健康と衛生、人間による環境のコントロールを扱う。
テーマ4 エネルギー の活用	エネルギー変換について考察することは、科学のあらゆる側面で重要である。このテーマの活動は、他のテーマの Field of Study と多くの関連性を持っている。力や仕事の単位や効率的なエネルギー変換、生活水準との関係、エネルギーのもたらす問題を扱う。
テーマ5 感覚知覚の 拡張	人間が感覚の範囲と感度を拡張するために使用する機器について考察することは、感覚そのものの研究と密接に結びついている。人間の感覚の限界、聴覚・視覚、コミュニケーションのための補助機器を扱う。
テーマ6 運動	このテーマでは、現代世界における運動の概念に包含される幅広い現象の根底にあるいくつかの単純な物理的原理について、生徒にある程度理解させることが意図されている。ニュートンの運動法則の応用を紹介しているが、実験的に「証明」することを意図している訳ではない。生徒たちが実験を通して現象と物理的原理との関係性に気づき、生徒自身の言葉で原理を言えるようになるような実践的なワークをデザインしている。
テーマ7 物質の使用	物質の用途と特性の調査に大きな重点が置かれている。なぜなら、これらの関係は生徒にとって意義と関連性があるからである。人間の特定のニーズに合わせてどのように物質を変化させているかを生徒に気づかせる。金属、燃料、合成素材と天然物質、放射性物質を取り上げる。
テーマ8 地球と宇宙 の中での地 球の位置	まず宇宙に目を向け、宇宙旅行の問題点を学ぶ。そして、地球に戻るワークは、生徒が住んでいる土地の自然に関係している。ロケットや人工衛星、宇宙の性質、天気、地学の原理のいくつかを扱う。英国は地質学的に多様性に富んでいるため、教師が教材のコレクションから自分の生徒に最も適したセクションを選択することを期待している。

という概念が挙げられた。科学を「意義」の観点から教えるということは、生徒の日常生活との連続性を意識することである³⁸。「中等科学」が対象とする生徒は実生活と学校の実験室で起こることとの関連性を認知することが難しいという前提のもと、生徒の興味や経験を考慮に入れて科学と実生活の関係を明示する必要があるとされた。

「意義」は生徒の身近な疑問³⁹を出発点にするものに留まらない。特に「中等科学」で重視する「意義」は、将来生徒が会おうであろう基本的な問題（fundamental issue）である⁴⁰。例として、「エネルギー資源はどのくらいの速さで使い切られてしまうのか」「世界中の人々の十分な食料があるのか」などが挙げられている。これらの基本的な問題は、現在だけでなく20年、30年後を見据えたものであった⁴¹。ただしこのような問題に対する答えを得ることはあくまで長期的な目標であり、科学の法則や考え方の理解なしに時事的な問題を取り上げるのではない。

表2を見ると、テーマやその内容の多くが人間を主語としていることがわかる。科学は抽象世界のものではなく、生徒の生活や社会と関わりあるものとして立ち現れる。「意義」という観点を教師が意識することによって、科学教育において「何を教えるか」「どのように教えるか」

という問いだけでなく「なぜこれを教えているのか」という問いが生起される⁴²。これまでの学問的な科学科目では、資格試験によって内容が規定されていた。独自のコースを教師が作成することを促す「中等科学」では、教育内容に対する教師の意識変革が意図されている。「中等科学」では、すべてのテーマの教材を用いることも、順番通り使うことも想定されていない。教師が各学校の状況に合わせて取捨選択し、時間配分の軽重をつけることで、3年間のコースを設計することが想定されている。最終的なカリキュラムに対する責任は学校にあるという、スクールカウンシルの原則が「中等科学」においても貫かれている。教師用ガイドでは、具体的な3年間のコースの例がその意図とともに12種類提示されている⁴³。その大半は「中等科学」の教材のみで3年間のコースが設計されていたが、特殊な例として、最終学年において「中等科学」以外の教科と合同で、生徒にとって重要だと思われるトピックを取り上げて調査・協議する機会を設けているものがある⁴⁴。このように自由なコース設計を奨励する一方で、生徒の興味を引くような実験のみを切り取って無作為に用いることには明確に反対している。それは、教材が可能な限り、意味のあるパターンを持つ基礎知識の体系のなかで、特定の主要な科学的原理が確立されるように設計されているからである⁴⁵。さらに「大多数の生徒のための科学と少数の生徒のための科学が本質的に異なることを意味するものではなく、アプローチが異なる可能性があることを意味している」⁴⁶という指摘は重要である。つまり「中等科学」は、あくまでも内容としてはOレベルと同じように科学的原理を教えることを意図し、科学に関わる雑学的な知識を生徒に与えようとしているわけではない。それは、本稿 p.6 で引用したように、社会全体が科学についての共通文化を持つために、科学の問題とその生活への影響について理に適った情報を得ることが重要だと考えられたからであった。

なお「中等科学」は、1つの学校でナフィールドのOレベル科目と同時に開設される科目としても想定されている。その証左に、器具ガイドにはOレベル科目と同じクラスサイズを想定した器具数が掲載されており⁴⁷、両科目の互換性が高められている。この想定は後に、生徒にOレベル科目と「中等科学」のどちらを受けさせるべきかという選択の問題を教師にもたらしした。

2-2 CSE モード3への対応

本稿 1-1 で述べたように、Oレベル試験を受験しない生徒を対象とした資格試験であるCSEのモード3では、各学校がコースを作成し、試験委員会に申請することで、試験科目として認められることができた。「中等科学」は各学校の状況に柔軟に対応することを目的として作られた教材集であり、教材や教師用ガイドとは別に、「中等科学」の目的に沿ったCSEモード3シラバスの設計を支援するガイドが出版された。本ガイドでは、「中等科学」とCSEの関係、モード3シラバスの設計、筆記試験の問題のタイプ、学校における評価、具体事例を扱っている。

「中等科学」においてモード3に焦点を合わせる理由として、モード1試験が物理・化学などの科目を基礎にしている点、さらに「中等科学」は伝統的なゼネラルサイエンスのシラバスとも異なるアプローチを採用している点が挙げられている⁴⁸。実際、実験授業を行った学校の教師の多くは、生徒たちをモード3試験に参加させた。その理由として、「中等科学」の本質であった、シラバスの柔軟性と生徒のニーズに合わせた学習を可能にすることが挙げられた。

特に注目すべき点として、2つの指摘を取り上げる。第1に、シラバスを記述する際には、「中等科学」が統合的(integrated)な性質を持ち、生徒が単に伝統的な科学科目の混合物(mixture)

を学ぶわけではないことを明確にすべきという指摘である⁴⁹。この指摘から「中等科学」が、物理や化学の導入科目として受容されたゼネラルサイエンス（本稿 1-2-1）とは異なり、伝統的な科目の境界を取り払うことを意図した科目であると考えられていることがわかる。

第2に、筆記試験や実技試験に留まらず、コース中に教師が行う評価を導入していることである。外部試験である O レベル試験とは異なり、CSE モード3 では1回限りの筆記試験では評価できないコースワークの評価が含まれている。評価の方法として、実験・観察の記録や、数時間の授業を使って完成させるワークシートを証拠として用いる方法、観点を定めて1年間の授業を通して継続的に5段階の評価を行い、その平均点を評定とする方法などが紹介されている⁵⁰。コースワークの評価によって評価できる観点として、実験の計画や問題解決過程における創造性、コミュニケーションスキル、粘り強さや想像力などの態度が例示されている。

2-3 教材分析：テーマ4「エネルギーの活用」

それでは、教材の内容はどのようなになっているのか。「中等科学」の特徴を明確化するために、CSE のガイドにおいて、『中等科学』の統合的な性質を明確化する際に有効である⁵¹と解説されている、テーマ4「エネルギーの活用」のセクション4.11「エネルギー変換」を、そして社会問題の扱い方についてセクション4.41～4.44を通して検討する。

テーマ4全体の目的は、生徒がエネルギーの重要性に気づくことであり、そのために①人間が自然の力を利用・制御することで、私たちの先祖にとって夢物語であったことを成し遂げたことを実感し理解すること、②家庭における快適さがエネルギーの利用可能性に依存していることを理解することを目標としている⁵²。

「4.11 エネルギー変換」は、生徒に「エネルギー変換の多様な経験を与えること」を目標としている⁵³。このセクションは、20の調査（生徒実験）、それぞれの実験に対するワークシートの構成要素の提案、「整理」「ディスカッション・ポイント」で構成されている。20の調査の中には、植物の発芽、手回し発電機、過マンガン酸カリウムとグリセリンの発熱反応といったように、生物・物理・化学の授業で扱うような様々な実験が取り上げられている⁵⁴。これらの調査を通して生徒が表3に挙げた内容を理解できるように、教師は授業を構想する⁵⁵。このように、教材は単に実験の寄せ集めではなく、「エネルギー」という共通のテーマに接続する実験を伝統的な科目の垣根を超えて取り上げ、目標とする理解に生徒が到達することが目指されている。

「4.4 エネルギーをもたらす問題（Problem of bringing energy to bear）」では、燃料を有用な仕事に変換するエンジンの働きについて扱う。生徒はジュールとワットという単位に慣れ、エネルギーをジュールという単位を用いて測定する有効性を理解するとともに、エネルギー変換の効率に関する知識や概念を学ぶ。そして、発達させるべき最も本質的なアイデアが、「天然資源の保全の問題と重要性」である。この側面はある程度道徳的なものであり、厳密には「科学的」でないが、生徒は自身の生活する世界と授業で行うワークとの関連性を意識できるという⁵⁶。

「4.4 エネルギーをもたらす問題」は生徒の身近な世界との関連性を超えて世界的な問題を扱う領域であるが、その大半を演示実験や生徒実験を通じた科学的知識・概念の理解に費やしている。最後の「4.44 燃料の効率的な使用」において、蒸気機関・ガソリンエンジン・太陽光エネルギーを取り上げ、エネルギーの変換効率を扱っているが、社会的・経済的問題を考慮したディスカッションは用意されていない。「整理」「ディスカッション・ポイント」の内容は、太

表3 セクション4.11で生徒に身につけてほしい理解

- ・エネルギーはある形から別の形に変換することができる。
- ・有用な仕事は、エネルギー変換の結果として得られることが多い。
- ・エネルギー変換を行うために多くの装置が生み出されたが、あるものは大量のエネルギーを使い、他方でほとんど変換されるエネルギーの量が少ないものもある。
- ・エネルギーは光、運動、電気など様々な形で存在する。そして「今どこにエネルギーがあるか？」が重要である。
- ・運動を生み出すためにエネルギーを必要とする。エンジン効率については4.4で扱う。

陽光発電や原子力発電について簡単に触れるのみで、効率的に熱エネルギーを利用するための断熱などの措置の重要性に関する指摘が多数を占める⁵⁷。教材の中には、「追加のプロジェクト・ワーク」として、「石炭、ガス、石油、原子力の利用について、長所、短所、特定の目的への応用について検討する」ワークが紹介されている⁵⁸。石炭鉱山の閉鎖の理由や石油・天然ガスの将来を考えることが提案されているが、判断の観点としてエネルギー変換の効率のみが取り上げられており、科学的知識や方法のみによって科学に関わる社会問題について判断すべきという前提が見て取れる。

このような傾向は、2-1で取り上げたように、「中等科学」があくまでも科学の知識や方法を重視し、社会全体が科学についての共通文化を持つことを図っていたことに由来すると考えられる。「中等科学」では、科学に関わる社会問題を考える際に、科学以外の観点を積極的に導入することによって、科学教育として生徒に伝えたい科学を歪めたり、科学の重要性を弱めたりしないように意識されていたと捉えられよう。

2-4 ナフィールド中等科学の利用に関する評価

「中等科学」の影響や使用状況について、後年にいくつかの調査や指摘がなされている。特に重要な指摘として2点を取り上げる。第1に、「中等科学」の利用実態である。学校では「中等科学」自体を用いていなくても、「中等科学」を参考にして多種多様なCSE科目が各学校や学校群によって作成されたことが指摘されている⁵⁹。この指摘を裏付ける資料の一つとして、「中等科学」を使用した学校の割合についての調査結果が挙げられる。1975年から1978年にかけて実施された、中等教育の最後の2年間に焦点を合わせた調査では⁶⁰、NFSTPで作成されたコースについて、それ自体をコースとして行う(Doing)だけでなく、教材の一部を用いる(use)方法で利用したかどうかを尋ねた。その結果、「中等科学」をコースとして行っている学校は6%だが、その教材をほとんどもしくは少し用いた学校は42%であった⁶¹。独自カリキュラムを設計するための資料としての「中等科学」、という意図は一定程度達成されていたと考えられる。

第2に、「中等科学」を履修した生徒の保護者のコメントである。開発段階の「中等科学」に対する評価研究が1969年から1970年にかけてスクールカウンスルによって行われ、1974年に報告書が出版された。この研究では、プロジェクトの初期における学校での状況を検討することが目的とされた。量的分析を行うための選択式の質問だけでなく、教師が直面した保護者の意見を書くことを求める自由記述があり、その回答がすべて報告書に掲載されている⁶²。

報告書には、資格試験を心配する保護者の意見が一部見られるが、概ね好意的で、「自分が学校で受けた科学より余程面白い」という感想や「多くの保護者が器具や情報を提供してくれた」ことが紹介されている。また、女子生徒の科学に対する意欲・興味が向上したことや、女子生

徒がエンジンについて学ぶ機会があることに好意的な意見がある。さらに、『試験を受けない』子どもに使われている時間・労力・予算に関心を持った、「このような授業が行われていると知っていたら、私の子どもがグラマースクールに入学することを心配しなかった」などの保護者の言葉は、「中等科学」が幅広い学力層の生徒に普及し受容されたことを示唆している。

おわりに

「中等科学」は、生徒にとっての「意義」を重視する立場から科目の垣根を超えたテーマに基づいて教材が作成され、各教師が内容と配列を決定することを求めている点で、試験によって教育内容が規定されている O レベル科目とは異なる。しかも、生徒の興味を引きつけるような現代的課題を直接取り上げるのではなく、教育内容の妥当性を問う観点として将来を見据えた社会的課題が導入されている。また、出版されているテキストは、教師がそのまま生徒に配布して用いることができるような教科書やワークシートにはなっていない。このように「中等科学」には、学問の系統によって規定されていた教育内容について各学校の教師が再考する契機を創出した点で意義がある。本稿 2-4 で挙げた資料から「中等科学」が、教師が利用する教材としての機能を果たしているとともに、様々な学力層の生徒に受け入れられていた。

他方、ナフィールドの O レベル科目と「中等科学」を同じ学校で開講することが想定されていることから、ハントの指摘通り、能力の低い生徒にレリバンスの高い科学が教えられ、能力の高い生徒には伝統的な科目別の科学が教えられるという二分化が起こった⁶³。試験システムが原因で上位層の生徒と平均的・平均以下の生徒と科目が分離したことは事実であるが、「中等科学」は、上位層の生徒以外には科学の雑多な知識を与えればよいという区別をせず、あくまでもすべての生徒が科学の原理や本質に触れさせることを可能にした。「中等科学」は生徒にとっての「意義」に関連させながら伝統的な狭い科目を超えた科学に触れさせることで、科学を一部の生徒が身につける抽象的な知識・方法とせず、社会全体が科学や科学に関わる社会問題に対する共通理解を得ることをねらいとしたのである。「中等科学」は、「すべての子ども」のための「科学」という文字通りの Science for All に接近するものであったと理解できるだろう。

最後にハントが指摘した STS 教育との関連について簡単に述べておこう。「中等科学」はエネルギー問題のように科学の関わる社会問題を取り上げている点で、STS の要素を取り入れている。しかし、科学的知識や方法のみによって科学が関わる社会問題について判断すべきという前提を持つ（本稿 2-3）「中等科学」は、科学のみを唯一の信頼すべき権威であるべきと考える科学主義を助長する⁶⁴と批判されうるものである。科学主義は、科学によって答えることのできないトランス・サイエンスの問いを考察するうえで必要な、社会・経済・倫理など様々な観点を排除してしまう。このように「中等科学」は STS 教育の視点からは批判されるものの、科学を抽象世界のものに矮小化せず人間の生活に身近なものとして生徒に提示した点に当時の英国科学教育における意義があった。「中等科学」の教材は、日本の理科教育において、科学の方法のみならず科学の内容についても科目の境界を超えるカリキュラム構成の具体案として示唆を与えるものである。

註

¹ Weinberg, A. M. (1972). Science and trans-science. *Minerva*, 10, pp.209-222.

- ² 鶴岡義彦「理科教育の価値、教育界の動向、そして科学的リテラシー」鶴岡義彦編著『科学的リテラシーを育成する理科教育の創造』大学教育出版、2019年、p.9。
- ³ 本稿における「英国」の教育は、断りが無い限りイングランドとウェールズのものを指す。
- ⁴ Waring, M. (1979). *Social Pressures and Curriculum Innovation*, Methuen, p.3. NFSTP 設立当初の計画にはないが、シックスフォーム向けの物理、化学、生物科目なども開発されている。
- ⁵ 一例として、原島鮮ほか訳『ナフィールド物理 I』講談社、1969年。
- ⁶ 例えば、Turner, S., & Turner, T. (2000). Science Teaching in an Era of Change, In Kent, A. (Ed.). *School Subject Teaching*, Kogan Page, p.62.
- ⁷ Hunt, A. (1994). STS Teaching in Britain. In Solomon, J., & Aikenhead, G. (Eds.), *STS Education: International Perspectives on Reform*, Teachers College Press, p.68.
- ⁸ Roberts, D. A., & Bybee, R. W. (2014). Scientific Literacy, Science Literacy, and Science Education. In Lederman, N. G. and Abell, S. K. (Ed.), *Handbook of Research on Science Education Volume II*, Routledge, p.546.
- ⁹ Hunt, A., *op. cit.* 7, p.69.
- ¹⁰ 進藤公夫「イギリス」教員養成大学・学部教官研究会理科教育部会編『理科教育の研究』東洋館、1969年、p.41。寺川智祐『アームストロングの理科教育論の研究』風間書房、1985年、pp.365-368。
- ¹¹ 磯崎哲夫「理科カリキュラム内容構成論」『理科教育学研究』60(2)、2019年、p.269。
- ¹² Waring, M., *op. cit.* 4, p.13.
- ¹³ 矢野裕俊「コンプリヘンシブ・スクールの発展と教育課程の変容」大阪市立大学文学部教育学研究室『教育学論集』7、1981年、p.21。
- ¹⁴ 同上論文、p.23。
- ¹⁵ Jennings, A. (1985) Out of Secret Garden. In Plaskow, M. (Ed.), *Life and Death of School Council*, Falmer Press, p.15.
- ¹⁶ 中等教育の資格試験の調整機関としての役割を果たすことを任務とし、1917年に当時の教育省 (Board of Education) が設置した。
- ¹⁷ Jennings, A., *op. cit.* 15, pp.18-19.
- ¹⁸ 今野善清「イギリスにおけるカリキュラム研究・開発」『山梨大学教育学部研究報告人文社会科学系』25、1974年、p.131。
- ¹⁹ ウェアリングは、英国・米国双方のカリキュラム開発運動の起点に「スプートニクショック」を位置づける単純化を戒め、NFSTPに関わる様々な相互作用に目を向けて思想史研究を行っている (Waring, M., *op. cit.* 4, pp.4-5)。
- ²⁰ 磯崎哲夫、前掲 11、p.273。
- ²¹ Jenkins, E. (2013). Creating an Association for Science Education. In Jenkins, E. & Wood-Robinson, V. (Eds.), *50 Years of ASE*, ASE, pp.3-4.
- ²² *Ibid.*, p.9.
- ²³ Jenkins, E. (1979). *From Armstrong to Nuffield*, John Murray, p.88.
- ²⁴ *Ibid.* p.79. ゼネラルサイエンス科目のテキストとして出版された本のタイトルは、『ゼネラルサイエンス：物理』のように科目名を冠したものが一般的であったという (p.92)。
- ²⁵ Jenkins, E. (2019). *Science for All*, UCL Institute of Education Press, p.114.
- ²⁶ Jenkins, E., *op. cit.* 23, p.94. 1951年に開始された GCE O レベル試験では、科学科目の受験者総数におけるゼネラルサイエンス受験者数の割合は 1951年に 30.4%であったのに対し、1960年には 12.5%まで減少していた。
- ²⁷ ルイスは、ナフィールド物理に関わった後、ASE の会長 (Chairman) としてパブリックスクール向け STS 教育コースの Science in Society プロジェクトを設立した人物である。
- ²⁸ Waring, M., *op. cit.* 4, p.82.
- ²⁹ Ministry of Education (1959). *15-18*, HMSO, p.277. ここではシックスフォームの文系生徒のニューメラシー (numeracy) について言及している。
 クラウザーレポートでは科学教育について次のようにも述べられている。大多数の学校はそもそも科学や数学のコースを提供しておらず、さらに標準的な科学コースは将来の科学者に対する予備訓練のために設計されている。このように、他分野を専攻する生徒に対して科学が果たす役割について十分注意が払われていないことを危惧し、この問題が今日の学校が

直面している最も緊急な課題の一つであると指摘している。また、①観察・仮説・実験・検証といった「科学的アプローチ」の理解の必要性、②シックスフォームレベルのニューメラシーの獲得にはフィフスフォーム（15, 16 歳）レベルの基礎が必要であること、③もはや学校が輩出する科学の専門家の割合が不十分であることは批判されず、科学者や技術者にならない生徒が、人間の知識の科学的側面を理解して、科学技術が発展していく世界で自分の力を発揮できるようにさせる必要があると指摘している（pp.270-271）。

³⁰ Farrer-Brown, L. (1961). *The Teaching of Science and Mathematics*. In Fuller, K. D. & Malvern, D. D. (2010), *Challenge and change: a history of the Nuffield A-level Physics Project*, Institute of Education, University of Reading, Appendix 2.

³¹ 次橋秀樹「クラウドザーレポートの再評価」『京都大学大学院教育学研究科紀要』63、2017年、pp.275-276。

³² Schools Council (1965). *Science for the Young School Leaver: Working Paper No.1*, HMSO, p.iii.

³³ Misselbrook, H. (1971). *Nuffield Secondary Science Teachers' Guide*, Longman, pp.15-17.

³⁴ Central Advisory Council for Education (1963). *Half Our Future*. HMSO, pp.143-145.

³⁵ Schools Council, *op. cit.* 32, p.1.

³⁶ *Ibid.*

³⁷ Misselbrook, H., *op. cit.* 33 pp.4-10 を元に筆者作成。

³⁸ *Ibid.*, p.17.

³⁹ 例えば、「早く動くと呼吸が速くなるのはなぜか」「金属を腐食させるものは何か」など。

⁴⁰ Misselbrook, H. *op. cit.* 33, p.18.

⁴¹ *Ibid.*, p.18.

⁴² *Ibid.*, p.19.

⁴³ *Ibid.*, pp.31-45.

⁴⁴ *Ibid.*, pp.39-41.

⁴⁵ *Ibid.*, p.3.

⁴⁶ *Ibid.*, p.1.

⁴⁷ *Ibid.*, p.25.

⁴⁸ Misselbrook, H. (Ed.) (1972). *Nuffield Secondary Science Examining at CSE Level*, Longman, p.1.

⁴⁹ *Ibid.*, p.10.

⁵⁰ *Ibid.*, p.33-34, 40-42.

⁵¹ *Ibid.*, p.10.

⁵² Howard, E. (1971). *Nuffield Secondary Science Theme 4 Harnessing Energy*, Longman, p.xi.

⁵³ *Ibid.*, p.3.

⁵⁴ *Ibid.*, pp.4-20.

⁵⁵ *Ibid.*, pp.20-21.

⁵⁶ *Ibid.*, pp.161-162.

⁵⁷ *Ibid.*, pp.182-183.

⁵⁸ *Ibid.*, p.180.

⁵⁹ Hollins, M. (2013). *The ASE and the Secondary Science Curriculum*, In Jenkins, E. & Wood-Robinson, V. (Eds.), *50 Years of ASE*, ASE, p.77.

⁶⁰ Department of Education and Science (1979). *Aspects of Secondary Education in England*, HMSO. 調査に参加した学校のうち主なものは、モダンスクール 97 校、グラマースクール 51 校、コンプリヘンシブスクール 208 校であった（p.7）。

⁶¹ *Ibid.*, p.205.

⁶² Alexander, D. (1974). *Nuffield Secondary Science: an Evaluation*, Macmillan, pp.10-13.

⁶³ スクールカウンシルはこの二分化に対処するため、O レベル試験に対応する統合科学科目であるスクールカウンシル統合科学（SCISP）の開発・出版を行う。

⁶⁴ ジョン・ザイマン著、竹内敬人・中島秀人訳『科学と社会を結ぶ教育とは』産業図書、1988 年、p.45。

（教育方法学・発達科学コース 博士後期課程 1 年生）

（受稿 2020 年 8 月 31 日、改稿 2020 年 11 月 10 日、受理 2020 年 12 月 7 日）

ナフィールド中等科学の意義に関する一検討

—開発当時の教育制度と科学教育論に着目して—

鎌田 祥輝

ナフィールド科学教育プロジェクトで開発されたカリキュラムでは、将来の科学者のみならず将来の市民を育成することを目指していたことや、先端的知識を取り上げていたことが知られている。しかし、これらの指摘の根拠である『ナフィールド物理』等のOレベル試験に対応した科目は、グラマースクールの生徒を主な対象としたものであり、ナフィールド科学教育プロジェクトの一側面しか捉えていない。本稿では、幅広い学力層の生徒を対象としたナフィールド中等科学に着目し、これが開発・出版された当時の教育制度や科学教育界の動向と関連付けながら、ナフィールド中等科学の開発意図や教材内容を検討した。以上の検討を通して、①将来生徒が会おうであろう「基本的な問題」を視点として各学校の教師が教育内容を再考する契機を創出した、②すべての生徒に科学の原理や本質に触れさせることを可能にした、というナフィールド中等科学独自の特徴を明らかにした。

Significance of Nuffield Secondary Science: Focusing on the Educational System and History of Science Education in England

KAMADA Yoshiki

Several studies have documented that the curriculums developed by the Nuffield Foundation Science Teaching Project were courses not only for future scientists but for all students. Also, the curriculums included scientific ideas from modern science research. However, these studies investigated only GCE O-level courses, such as Nuffield Physics, which were taken mainly by grammar school students. The aim of this study was to understand the other aspects of the Nuffield Foundation Science Teaching Project. This thesis seeks to investigate and explain the role of Nuffield Secondary Science when this course was developed and published. Nuffield Secondary Science was the course for students who were unlikely to take O-level science, and was less well known in Japan. This study identified the following characteristics of Nuffield Secondary Science: (1) it created an opportunity for teachers to reconsider the content of their teaching in terms of “fundamental issues” which are likely to be of considerable significance for students; and (2) it made it possible for all students to experience the principles and essence of science.

キーワード：ナフィールド科学教育プロジェクト、ゼネラルサイエンス、STS教育、CSE モード3
Keywords: Nuffield Foundation Science Teaching Project, General Science, STS Education, CSE Mode 3