

技術教育の視点から見た英国のSTS教育

—技術を主軸とした教材に着目して—

鎌田 祥輝

はじめに

STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) 教育という用語が日本においても注目されている。STEM 教育は、科学技術分野の人材育成を志向するものだけではなく、すべての生徒に対する市民としてのリテラシーの育成を志向するものも存在する¹。さらに、STEM それぞれを別々の領域や教科として捉えるのではなく、STEM を総合的に捉える動きがある²。

このように教科の統合やすべての生徒を対象とした市民育成が志向される STEM 教育が議論されているが、その統合のあり方や市民育成のためのアプローチは一つの明確な方針があるわけではない。「科学技術」という用語に代表されるように、比較的親和性が高いと思われる科学教育と技術教育でさえ、両者の間での確執は長く続いており、日本においても、英国³においても、理科・科学教育のカリキュラムでは技術的内容は軽視されてきた⁴。日本において、理科教育と技術教育との関係性を考究した研究が一部見られる⁵が、理科教育を主軸に据えた理念的な検討に留まり、教育内容や教材の具体まで踏み込まれていない。本稿では、科学と技術をつないだ教育内容や教材の意義を探究するために、これらの関係性に着目して市民育成を志向した教材開発が行われてきた、STS (Science, Technology and Society) 教育に焦点を合わせる。

STS 教育は、科学・技術・社会の相互関連性を扱う教育を指し、1980 年代から 90 年代にかけて科学教育研究領域の主要なトピックとなった⁶。1960、70 年代の科学教育の現代化への反省から「すべての市民のための科学教育」が欧米でのスローガンとなり、科学技術がかかわる社会問題に対峙するための素養が市民として必要になるという考えが生まれたことから、STS 教育が主張された⁷。STS 教育は、科学教育の研究者が技術や社会に目を向けたという側面があった。STS 教育の意味は一定程度共通性が見られるものの、一意に定まっているわけではない。小川正賢は、「STS を通して科学を教える」アプローチと、「科学と技術と社会の相互作用」そのものを教育内容とする教育運動とに区分している⁸。本稿で探究する、科学と技術をつなぐ教育内容に密接につながる後者の立場が中心であったのが英国の STS 教育であった。

英国の STS 教育の教材は日本に紹介されてきたが、開発プロジェクトの概観や目標の検討が多く、教材の記述まで踏み込んだ研究は少ない⁹。STS 教育における教育内容を検討したものは、主に科学教育の立場から、科学についての理解（科学の本質 (Nature of Science)）に着目した研究が挙げられる¹⁰。英国における STS 教育の歴史を描いているハント (Hunt, A.) やソロモン (Solomon, J.) も、科学教育の立場から、科学の本質の理解の側面などに着目している¹¹。この

ように技術の側面に着目したものはほとんど見られないが、例外的に、科学教育史研究者のレイトン (Layton, D.) は、STS 教育の T (技術) に着目した研究者であった。

レイトンが所属していたリーズ大学の科学教育研究センター (The Centre for Studies in Science Education) において、レイトンは同僚とともに第二次世界大戦後の英国における科学教育と技術教育について社会的・政治的側面を中心に歴史研究を行った。加えてレイトンは、技術とは何かについて研究するとともに、一般教育 (general education) としての技術教育のあり方や、科学教育と技術教育との関係性についても論究している。STS 教育に対しては、技術の視点から STS 教育への批判を展開するとともに、STS 教育の教材開発のアドバイザーも務めた。レイトンは、1980 年前後に開発された 16 歳から 19 歳の生徒が対象のコースである *Science in Society* を念頭に、STS 教育の教材が「技術という言葉を認識しているが、『技術』が『科学』に内包されているかのように用いている」¹²と批判している。また、1980 年代半ばに開発・出版された、14 歳から 16 歳の生徒を対象とした *Science and Technology in Society*¹³ (以下、SATIS) に対しても、「技術についてより探究を進めているように見えない」と総括している。レイトンはその後、16 歳から 19 歳を対象とした SATIS 16-19 の教材のなかでも、1992 年に出版された技術を中心に取り上げる *What is Technology?* (以下、『技術とは何か』) の開発に携わっている¹⁴。『技術とは何か』には、レイトンの STS 教育批判を踏まえた氏の意図が反映されていると考えられる。

本稿では、技術に着目したレイトンの所論に拠りつつ、STS 教育以前の科学教育と技術教育の関係に関する議論、および STS 教育の教材を技術に着目して分析することを通して、STS 教育が技術の教育に果たした役割を明らかにする。第 1 章では、英国の学校教育における技術の位置づけに関する言説の変遷を追う。加えて、レイトンの技術教育論を整理し、学校における従来の科学と技術との関係とは異なるあり方を見出す。第 2 章では、先述した 16 歳から 19 歳を対象とした 2 つの STS 教育プロジェクトの教材を取り上げ、内容の相違点を見出すことで、技術を重視する STS 教育の教材の特徴を明らかにする。これらの歴史的議論と教材の内容分析を通して、技術の側面から STS 教育の教材の意義を考察する。なお、本稿では *technology* の意味を事前に定義せず、原文で用いられている *technology* を技術と訳出して用いる。

1. 学校教育における技術の位置づけ

1-1 科学教育の立場

レイトンらは、科学教育と技術教育の関係性について、さまざまなステイクホルダーの思惑や方針などに着目した歴史研究を行った。まずは科学教育を推進する立場の動向を概観する。

そもそも英国では、学校教育において技術教育のみならず科学教育さえも長らく自明のものではなかった。第二次世界大戦前、科学教育を推進する Association of Public School Science Masters (APSSM) やその後継の Science Master's Association (SMA) は、科学教育による人間形成を根拠に学校カリキュラムに科学教育を浸透させてきた¹⁵。

戦後、ナフィールド財団は技術教育よりも科学教育に多額の資金を提供し、ナフィールド科学教育プロジェクトが始まった。最初に着手されたナフィールド物理のオーガナイザーであるロジャース (Rogers, E.) は、社会において科学者だけでなく技術者も必要とされる事を認めた上で、学校で科学を理解させることが将来の仕事のための価値ある基礎であるとの立場をとり、技術的トレーニングを多分に提供することに反対した¹⁶。ナフィールド物理には実験が取り入

れられ、生徒はダイナモやタービンなどを扱ったものの、実生活や科学の応用へと関連づけるものではなかった¹⁷。あくまでも科学教育における技術的応用は、科学的概念をより理解しやすくし、科学をより興味深く効果的に学ぶための手段でしかなかった。

1970年代には、ナフィールド科学教育プロジェクトにおいて、学際的なアプローチを科学教育に導入しようとするナフィールド中等科学 (Nuffield Secondary Science) の教材が出版された。しかしこれは、学力上位層を対象とした中等教育修了資格試験である GCE-O レベル試験を受験しない学力層の生徒を対象とした科目であり、能力の低い生徒にはレリバンスの高い科学、能力の高い生徒には伝統的な科目別科学という二分化が生じた¹⁸。

1-2 技術教育の立場

技術を一般教育の要素として導入しようとする人々は、多様な根拠・方法でその正当性を主張した。そもそも学問的蓄積のある物理や化学などの科学科目とは違い、学校における技術教育は高等教育を起源とせず、また高等教育の工学系学部が〔中等教育段階の〕一般教育の構成要素として取り入れることを強く求めたわけでもなかった¹⁹。そのため、技術教育には模倣可能な確固たる理論や伝統が存在せず、学校における応用科学や技術についての理論的根拠を構築し、様々な利益団体や教師を納得させる必要があった。しかし、その根拠や意味合いについて、技術教育を推進する人々のなかでも合意が得られず、困難の度合いを強めていった²⁰。対立が顕在化する例として、①技術教育の対象は誰か、②技術の教育的価値と活動内容が挙げられる。

①について、1950年代において、テクニカルスクールの教師協会であった Association of Heads of Secondary Technical Schools (AHSTS) の内部に2つの立場が存在していた。第一に中等技術教育 (technical education) はテクニカルスクールで行うべきで、学問的な目的とは異なる独自性を打ち出す立場、第二に全ての学校へ技術教育を拡大することを求める立場である²¹。1960年代には AHSTS は Association for Technical Education in School (ATES) に名称変更し、協会全体のスタンスとして後者の立場に近づいた。ただし、後者の立場は主にグラマースクールのような能力の高い生徒を念頭に置いていた。他方、1960年代後半に開発が始まったスクールカウンシルの Project Technology では、「すべての子どもたちが、社会に大きな影響を与える技術を理解できるようにし、その結果、より多くの子どもたちが効果的で満足のいく生活を送れるようにすること」²²を目的としたように、能力に関係なくすべての生徒を対象と捉えていた。

②について、ドンカスターテクニカルハイスクールの校長であったゼンパー (Semper, E.) は、技術を教えることの職業的目的ではなく、教育的価値を強調していた。例えば、機械のパフォーマンスや構造、設計と科学的原理を関連づけたり、これらから推論させることで、学びの過程が好奇心を刺激すると考えていた²³。一方、先述の Project Technology は、一貫して技術の力や社会に対する技術の意味合いを子どもたちに気付かせることを目的とし、そのために技術的な設計プロセスに生徒を参画させる機会を多分に提供することが目指されている²⁴。開発された教材の多くには、活動に必要な道具の準備などの詳細な情報が掲載されており、実践的な活動を教師が取り入れるために役立てられるようになっている。少なくとも機械の設計などのプロセスに生徒が取り組むという活動内容の共通点はあるものの、その目的は様々であった。

学校における技術を推進する立場のなかでも様々な立場が存在したが、これらを止揚するような一貫した理論や立場を構築できなかった。学校の科学と技術の改革に対する切迫感、内

部の対立や資金面での支援の減少などの要因から、1970年代初頭には徐々に失われていった²⁵。

1-3 レイトンの技術教育論

レイトンは、1-1、1-2 で取り上げた学校における科学と技術に対する社会的・政治的側面を中心に歴史を踏まえつつ、教育における技術について再考した。

まず、レイトンは多様に解釈される技術という用語の意味について検討した。レイトンは、科学哲学の分野の進展と同様に、技術についてもその本質の探究が進展してきたことを取り上げ、様々な研究を引用しながら整理している²⁶。総括すれば、科学的知識とは無関係に技術が発展した事例を取り上げて、「技術は科学知識の応用」という単純な理解を否定し、科学と技術が相互に複雑に影響し合っていること指摘している。また、パーシー (Pacey, A.) が提起した技術的実践のモデルを取り上げ、技術的実践には、必然的に価値や倫理といった文化的側面と経済や産業の活動といった組織的 (organisational) 側面が含まれていることをつけ加えている²⁷。そして第三世界での開発プロジェクトを取り上げ、科学的、技術的考慮だけでなく、利用者の価値観や経済・生産・保守の制約、環境への影響、政治的な意思といった様々な要素を取り入れた技術観を採用する必要性を提起している²⁸。

次に、レイトンは学校において科学や技術がどのように認識されているのかを概観した。技術や科学の性質についての研究では多様な側面が認識されている一方で、学校における科学や技術となると、そのなかの限られた側面しか注目されていない。科学教育では歴史的に純粹 (pure) 科学・基礎 (fundamental) 科学が教えられている²⁹。他方学校の技術に関しては、頭の中でアイデアをモデル化することと現実にアイデアを形作ることとの相互関係が描かれているものの、パーシーの図式にあるような意思決定の前提にある価値観については語られていないことが指摘されている³⁰。加えて、チームワークやコラボレーションが現実世界の技術では一般的であるにもかかわらず、APU (Assessment of Performance Unit)³¹の図式では個人主義をほのめかしていることを指摘している。

このような学校で取り上げられる側面の違いに加えて、科学すること (doing science) と技術すること (doing technology) の違いを、APUの科学の問題解決モデルとデザインサイクルを比較して論じている。一見すると両者とも目的を持った活動であり、価値判断を伴い、プランニングや評価といった類似の用語が使われていることから、両者は似ているように見える³²。しかし、そのプロセスは完全に一致している訳ではない。レイトンはポランニー (Polanyi, M.) やウィグレスワース (Wigglesworth, V. B.) を引きながら、「評価 (evaluation)」のクライテリアに大きな違いがあることを指摘している³³。すなわち、科学では理論や仮説が事実と一致していれば科学の外にある文脈上の選好は考慮されない。対照的に技術的活動による成果は、多様な外的クライテリアを充足する必要がある。それは、成果物が機能することだけでなく、環境への配慮やコスト、見た目の好み、人間工学的要求、そして市場規模などである。そしてレイトンは、科学と技術のプロセスが対応していると考えるのは誤解を招く恐れがあり、科学することについての専門知識は、技術的能力を保証するわけではないと主張している。

ここまでの検討を踏まえて、レイトンは技術を学校の一般教育カリキュラムに取り入れる方法を、特に科学と技術の関係という視座から次の3通りに分けて提起した。

① 科学や数学のように、独立した教科としての技術

技術を単なる応用科学もしくは狭い職業上の考慮事項と捉える誤解を解き、ユニークな技術的認識や能力を育成するために、技術を独立した教科として一般教育に導入することを主張する立場である。とはいえ、技術的な活動に科学的知識が活用されることは歴史からも見て取れるため、レイトンは科学教育と技術教育との間によりよい関係を結ぶことが重要であると考えた³⁴。そこでレイトンが注目するのが、特定の状況での行動に活用するために科学的知識を脱構成・再構成することである。当時の科学教育研究では、生徒の持つ素朴概念や代替フレームワーク、直感を前提とし、そこから科学的知識が構成される過程が研究対象となっていた。他方、科学的知識は高度に抽象的で、それを現実の問題に活用するには、「抽象度の高い科学を理解した後、抽象度の高いはしごを下りてどこでとまるのかを判断する能力、すなわち特定の技術的な目的にどのレベルが最も適しているかを認識する」³⁵必要があると考えた。レイトンは図1のモデルを提示し、特に後半の過程が従来の科学教育では十分でなかったことを示した。

② 学校カリキュラム全体に技術を横断させる

技術を限られた時間内では十分に実践し理解する事ができない複雑な人間活動であると考え、様々な教科で多様な方法で技術を取り上げることが主張する立場である。このような立場は、学校における文化を変えることを意味するとレイトンは述べている。すなわち、従来学校で重視されていた学問的知識を身につけることはそのままに、知識を生かして、目的に応じて多様なクライテリアを充足する「技術すること」に関わる実践的能力をも育成する場として学校を位置づけることである。技術には科学的知識だけでなく価値の側面が含まれると考えるレイトンは、技術的な道具を効果的に活用する能力、道具の不具合を診断・修理する能力、技術開発の個人的、社会的意味を批判的に評価する能力等が独立に生まれ、これらの能力が総合的に活用されないことを危惧する。レイトンは、学校カリキュラム全体に技術を取り入れるアプローチには、各教科で育まれる個人、倫理、社会、経済、環境といった技術の実践にかかわる観点を、生徒の心と活動のなかで再び結びつけるという課題が残されていると注意を促している³⁶。

③ 技術と科学を結合させる

技術と科学を結合させてカリキュラムに組み込む方法にはいくつかの種類がある。例えば、科学と技術がかかわる社会問題の解決と意思決定活動を行うような STS コースが挙げられるが、科学・技術・社会のどれを中心に内容が決定されているのかによってその具体は異なる。科学と技術を結びつけるという一般命題は共有しているものの、科学教育の側から従来提案されたものは、科学の理解が重要視されている。対照的に、社会問題の解決と意思決定活動を重

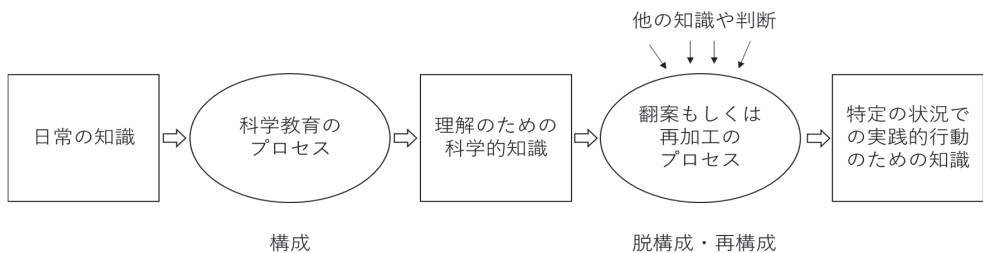


図1 科学的知識の構成と脱構成・再構成³⁷

視する STS 教育であれば、意思決定に対して科学よりも経済的、社会的、倫理的考慮事項が優先される状況があるという事実を生徒が認識すること自体有益だとレイトンは主張している³⁸。

他方、発展途上国の中等教育レベルにおいては、アフリカ諸国のように地域の生活や課題に対応した技術志向の科学シラバス（「科学と農業」、「エネルギー利用における科学」など）が存在することを例示し、このようなシラバスでは、問題解決能力や創造力を養おうとしていることを紹介している³⁹。ただし科学的原理と日常世界との関係を生徒が理解できたとしても、生徒にどの程度実際的な行動を促すことができるのかについては疑問が残るといふ。環境教育の分野でも、個々人に環境問題を解決しようとさせるには知識の教授だけでは不十分であると主張されていることを引きながら、技術的課題に生徒が取り組み成功する経験を繰り返させることによってのみ、行動を促すことが可能になるだろうとレイトンは予測している⁴⁰。

レイトンは、これら3つの方法のうち一つだけに絞るのではなく、すべてを考慮すべきとしている⁴¹。レイトンは、学校のカリキュラムに技術を取り入れる意義と課題を、様々な視点から提起したといえよう。科学と技術を結びつける従来の主張は、科学教育の立場も、技術教育の立場から主張したゼンパーも、ともに科学的概念を身につけることを重視していた。一方、レイトンは技術教育における認識の面では、純粋な科学実験とは異なり技術に対するクライテリアに社会的、倫理的な考慮事項が含まれること、そして価値観が科学よりも優先されることがあることを生徒が認識することを重要視していた。そして、技術教育の実践的な側面では、科学的知識の再構築を含む様々な能力を結びつけ総合的に活用する場が必要だと主張していた。

2. STS 教育の教材の分析

2-1 Science in Society

ナフィールド物理の副オーガナイザーを務めていたルイス (Lewis, J.) は、ナフィールド物理への反省から、16 歳から 19 歳の生徒を対象とした *Science in Society* プロジェクトを 1970 年代に創設した。ルイスはナフィールド物理に対して一つの重要な側面で失敗があったと回想している。それは、O レベルのコースにおいて、物理学の社会的な含意 (implications) をほとんど示すことができなかつたことである。ルイスは、「多くの優秀な生徒が法律や薬学や社会科学を学びたいと思うのは、これらを通して他者を助け、自身の人生を費やして価値あることができると信じているからであり、物理学と社会との関連性や科学が人類の未来に対してどのように強い影響を与えるのかを示すことが不十分であった」⁴²から、その後も科学を学ぼうとしないルイスは考えたのである。このように、ルイスは、科学が関係する職業に就きたいと生徒が考えるようにさせるには、従来の科学教育では不十分であると考えた。

加えて、*Science in Society* の問題意識の一つに、科学と工学 (engineering) に対して人々が抱くイメージへの懸念を指摘している。すなわち、若者の間で科学を原爆や公害、生物兵器のように世の中の悪に結びつけてしまう不幸で強固な反科学のイメージが広がっているという⁴³。科学や工学に対する誤ったイメージを植えつけた責任の一端が、科学教育にあるとルイスは結論づけた。一方ルイスは、「科学について話すことができても実際には科学について知らない世代を作らないためにも、基本的な科学を学ぶ必要がある」⁴⁴とも考えていた。そのため、*Science in Society* は既存の物理、化学、生物の科目の代替ではなく、それらを補完するものとして位置づけられていた。科学的知識については既存の科目で扱い、既存の科目では扱うことができない

い科学・技術・社会の側面を中心に取り上げているのである。Science in Society の目標は、①科学的知識の性質と限界を理解する、②科学的知識の使用が社会と環境に対して利益と弊害をもたらすことを認識する、③地球の資源は有限であると認識する。④すべての関連する制約を考慮に入れた理性的なディスカッションの必要性を理解し、理性的なディスカッションを行う能力を向上させ、さらに、倫理的考慮が意思決定に含まれることを認識する、の4点であった⁴⁵。

本稿はじめににおいて、レイトンは Science in Society に対し、『技術』が『科学』に内包されているかのように用いている」ことを批判したと指摘した。レイトンは具体的に批判した箇所を明示していないが、目標②の注釈には「農業、工業、医療などにおける科学的知識の応用が、生活水準を高め、生活の質を向上することができることを理解する必要がある」⁴⁶とあり、科学的知識の応用とは独立な技術の発展を考慮していないとレイトンが捉えたと推察される。

Science in Society では、教師用ガイドや生徒用の読み物など、多種多様な教材が作成されており、そのすべてを分析することは紙面の関係で不可能である⁴⁷。ここでは技術を中心に扱っている、最終ユニット「Looking to the Future」の「技術」の章⁴⁸を本稿 2-3 で取り上げる。

2-2 SATIS 16-19 のフレームワークユニット『技術とは何か』

SATIS 16-19 は、Association for Science Education (ASE) が 1984 年に開始した SATIS の教材販売の成功を受けて開発された、16 歳から 19 歳の生徒を対象とした教材群である。SATIS は、従来の科学カリキュラムが無味乾燥で過度に学問的内容であったと捉え、レリバンスの欠如を問題視し、科学の社会的・技術的側面を取り入れることで、科学教育を将来の市民や将来の労働者、生徒自身の生活、より広い世界に関連したものにしようと試みた⁴⁹。SATIS の教材は既存の科学教育に挿入できる形で作成されており、主要な科学のトピックと関連していたり、重要な社会的・技術的な科学の応用と課題について探究している⁵⁰。SATIS 16-19 においても SATIS の教材と同様に 5～10 頁ほどの教材が 100 種出版された。

加えて、SATIS 16-19 では SATIS には存在しなかったフレームワークユニット（以下、FU）として、*What is Science?*、*What is Technology?*、*How does Society Decide?* の 3 冊が作成された。この 3 冊は、SATIS の教材のような既存の授業に挿入して用いる使い方とは異なるアプローチを提供するために作成された。FU は、①教師のための背景知識として、②コース設計のガイドとして、③STS の基本テキストとして用いられることが意図されており、後期中等教育段階において 1 年間の履修を想定した中等教育修了資格試験である GCE-AS レベルに対応するものである⁵¹。FU は、「他の方法では発見することが難しい STS の側面の多くを集めた例外的な」⁵²教材であった。ここでは、FU のなかでも技術について扱っている『技術とは何か』を取り上げる。

『技術とは何か』の章立てを表 1 に示している。『技術とは何か』は、＜読み物＞を中心に、＜アクティビティ＞と＜ディスカッション＞、＜発展課題＞、章末の＜要約＞で構成されている。＜アクティビティ＞では SATIS 16-19 の 100 種の教材のなかの活動が紹介されている。例えば教材「ユーロプラグは必要か」の活動、すなわち、様々なプラグとソケットを設計上の違いや互換性の問題を分析し、電気についての科学的知識や経済性、安全性、政治的意味合い、人間工学などの観点を考慮しながら、ヨーロッパで統一的に用いるまったく新しいユーロプラグをデザインし、生徒同士で批評し合う活動が紹介されている。＜ディスカッション＞では、＜読み物＞に関連するディスカッション議題が与えられる。

表1 『技術とは何か』の章立て

<p>1 技術は何を意味するか 手工業としての技術 産業技術 巨大機械としての技術 熟達したプロセスとしての技術 情報技術</p> <p>2 ひらめき、創造力と科学 ラッキーチャンス 発明と特許 科学的知識を用いる 発明の学際化</p> <p>3 産業における技術 研究開発 産業研究所：戦略的な研究</p>	<p>ミッション志向の研究 研究の仕事：意識的な産業</p> <p>4 技術と経済 創業 市場における革新 政府もしくは産業からの資金供給 国家・国際的視点</p> <p>5 技術における文化的相違 文化的優先事項 技術の規模 技術移転 第三世界における西洋産業 適正技術</p>
--	--

『技術とは何か』でまず扱われるのが、技術の意味である。最初に「実践的・産業的分野における系統的な研究」という辞書での定義が示され、この定義からは何もわからないだけでなく我々の使い方ともそぐわないことが示される。ここから、具体例を見ながら技術の意味を探究していく。技術の側面として「手工業」「産業技術」「大きな機械」「ノウハウ」「情報技術」の5つが取り上げられる。多様な技術のイメージを前提として技術の定義を「知識やスキルを創造的に使用して、個人的または社会的な問題を解決するもの」と仮説的に提案している⁵³。

第2章から第4章では、より「技術」に焦点を合わせて、技術の発明、アイデアを守るための特許の意義、科学研究とは異なる産業界の研究開発のプロセス、研究開発と経済の関連などが紹介されている。第2章では様々な発明の事例から、科学と技術との相違点や関係が示される。例えば、科学者も発明者も期待をもって実験・検証することで新たな発見をしていることや、科学者と異なり特許を取得したり発明を保持したりと、研究成果を共有する科学者とは異なる仕組みや行動が見られること、必ずしも事前の科学的知識がなくとも発明や製作は可能だが、科学的知識が技術を促進した事例があることなどである。第3章では、個人や小さいグループではなく産業界における研究開発の特徴が描かれている。第4章では、経済と技術の相互作用が描かれる。テキストでは、ディスカッション課題が多数用意されている。その一例を表2に示した。『技術とは何か』では、科学の研究プロセスや科学者の性質と、技術のプロセスや実業家の性質との相違点を明らかにしたり、科学と技術の相互作用が扱われている。

2-3 比較考察：同一題材の取り上げ方から

『技術とは何か』の第5章では、経済学者シューマッハー（Schumacher, E. F.）の著書『スモールイズビューティフル』⁵⁴が取り上げられているが、本書は Science in Society においても取り上げられていた。二つの教材における同じ著書の取り上げ方を比較することで、『技術とは何か』の特徴を明確にする。

Science in Society では、最終ユニット「Looking to the Future」の教師用ガイドのなかの「技術」の章で言及されている。そのうち「適正技術（appropriate technology）」の節において、シューマッハーに影響を受けた「適正技術運動」を扱っている。教師用ガイドでは、シューマッハーの著書は生徒には少し難しすぎるため、Science in Society の生徒用読み物の1篇として「Appropriate

表2 『技術とは何か』におけるディスカッション課題の例⁵⁵

<p>第1章</p> <ul style="list-style-type: none"> ・以下の技術的デバイスを自分にとって受け入れやすい順に並べましょう。 <p>学校の出席確認装置、電子的な数学のティーチングマシンやテストマシン、スポーツトレーニングを不要にする電動筋肉トレーニングマシン、無気力や憂鬱な気分になったときに自動で小さなショックを与える器械、時間や赤ちゃんの泣き声で制御される、赤ちゃんを揺すり授乳を行うロボット</p> <p>第2章</p> <ul style="list-style-type: none"> ・[読み物で紹介された] グッドイヤーの発明（ゴムの加硫）が後に支えた二つの産業は何か。 ・FAX などの新しい通信手段は、地域企業でどのように使われているか。それは人々が仕事する場所、誰が仕事を管理し意思決定を行うのかをどのように変えたのか調べましょう。 <p>第3章</p> <ul style="list-style-type: none"> ・取り上げた研究トピックについて、下記事項について推測してみましょう。 <p>①そのような研究に資金提供する価値があると考えるのはどのような業界か、②その業界はどのような製品を求めているのか、③科学者と実業家のモチベーションとは。</p>
--

Technology」⁵⁶が執筆されたと説明されている。次にこの生徒用読み物の内容を見ていく。

読み物ではまず、1960年代から産業の無限拡大に対する懸念の声が出てきたことが指摘され、根拠として天然資源がもはや無限ではないことや貧しい社会集団の問題を解決していないことが挙げられる。そしてより大きければ良いという産業発展初期の仮定がもはや通用しないことを指摘し、英国の事例を取り上げてこの仮定の反例を示している。例えば、製パン業界では大規模生産が行われる今でも製品価格は下がらず、輸送コストがかさむこと、短期間しか使えない製品によって資源やエネルギーを浪費していること、大量生産によって労働者の仕事が単純化され仕事のやりがい下がったことなどである。このような現状に対し私たちが行うべきこととして、①小規模な製造業の復活と国中への分散、②資源の不必要な浪費をなくす、③人、土地、原料といった自国の資源をより集中的に利用することで、輸入品への依存度を下げる、の3点が掲げられ、さらに奨励すべき技術として、長寿命の製品生産、修理できる製品、廃棄物の分離と再処理、小規模な食品・飲料の製造、工芸品産業、省エネルギー技術が挙げられている。そして、技術は中立ではなく私たちの価値観に影響を与え文化をもたらすことに言及し、経済的に受け入れられかつ、より価値があり満足感のある仕事を生み出し生活の質を高めるような生産と流通のシステムが求められていると結論づけ、読み物が締めくくられる。教師用ガイドでは、上記の読み物の内容を下敷きにして表3の問題を議論することが提案されている。

他方、『技術とは何か』では、第三世界への技術移転を取り上げるなかでシューマッハーに言及している。まず、英国のなかでも新しい技術と古い技術が共存していること、文化が異なれば技術の選択や優先事項が異なりうることを紹介する。次に『スモールイズビューティフル』をとりあげ、シューマッハーが提起した原則を紹介している。〈読み物〉では、文化や現地の状況によって優先される要素が規定されることを、データや技術移転の事例を通して描いている。例えば、実現可能な中絶が認められているか否か、健康問題のどの要素を政府が優先するのかの違いが挙げられている。次にシューマッハーの考えを取り上げ、西洋の技術と第三世界での技術が異なることとその理由を事例を挙げて説明している。以上の例は文化や社会が技術の選択等に影響を与える事例だが、逆に、技術が社会に影響を与える事例をその後に取り上げている。例えば、緑の革命の良い面と悪い面、メキシコにおけるコーラ飲料の広告が貧しい家庭の食事の栄養価の低下を招いたことである。章末の〈要約〉に表4の内容が列挙されている。

表3 Science in Society の教師用ガイドで提案されているディスカッション議題⁵⁷

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 人間の労働力やスキルが機械に取って変わられることは望ましいことか？ 2. 仕事の満足度の低さをお金で補うことはできるのか？ 3. 技術ベースの組織では、より大きければ大きいほど良いのか？ 4. 大量生産は低コストの製品につながるのか？ 5. 環境汚染はどの程度まで不適正な技術の結果なのか？ 6. 現在よりもはるかに長寿命な製品を生産することの利点と欠点は何か？ 7. そのような長寿命な製品の生産は、我々の生活の質を向上させるのか、それとも低下させるのか？ 8. 大量生産から製品のサービスや修理へと人々を移行させれば、仕事の満足度は向上するのか？ 9. 私たちは皆、ウェールズのコミュニンに移り住むべきなのか？ |
|--|

＜読み物＞の間には内容に関連したディスカッションの問いが紹介されている。例えば、『スモールイズビューティフル』からの引用（「人に魚を与えてもその場限りの助けになるだけだが、釣りを教えれば一生の助けになる。さらに一歩進めて、釣り道具を与えとなれば、[中略] 絶えず道具の補給を受けて相手に依存することになる。ところが、道具の作り方を教えてやれば、もらい手はこれで自活できる上、自信もわき、独立心もでてくる」⁵⁸）を読んだ後、教育、衣服、輸送に対してこのメッセージがどのように当てはまるか議論する課題である。他の例として、「西洋の産業界は、自分たちの利益を犠牲にしてでも発展途上国を助けるべきか」がある。

それでは、Science in Society と『技術とは何か』の内容を比較して相違点を検討する。まず、両者に共通する点として、器械の設計などの技術的プロセスの実践ではなく、読み物やディスカッションを通して、技術が社会に与える影響や、技術の選択や開発の方向性に経済や倫理と言った価値観がどのように反映されるのかを例示し、探究させていることが挙げられる。また文化や集団における価値について考察させるものから、各個人の価値観を表出させるディスカッション課題もあり、個人的な価値観の違いを認識させるとともに、社会における考慮事項を学習させている。

両者で異なる点についてまず指摘できるのが、何について生徒に共通理解をはかっているのかである。前者は、技術の発展が引き起こした課題に対して、技術の発展や無駄なコストの削減によって解決が可能であるという、執筆者の伝えたい課題解決の方向性が表出されていることが読み物から見て取れる。このような課題解決の方向性を伝えようとしている意図は、ディレクターであるルイスが執筆した読み物からもうかがえる⁵⁹。先述の通り、Science in Society には、科学や工学に対する不信感を取り払うことが問題意識の根底にあるため、技術的発展自体は推奨されるべきこととして認識されていると考えられる。後者は、発展途上国への技術移転

表4 『技術とは何か』第5章のまとめ

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・各国のニーズや文化によって技術の優先順位は異なる ・第三世界の小規模で地元の資源とスキルを用いる技術開発は中間技術と呼ばれる。 ・西洋の技術を第三世界に移すことを技術移転という ・資本調達、特許の買い取り、既存の欧米企業との競争など、新しい技術を使った産業を発展途上国の政府がサポートすることは非常に困難である。 ・西洋の技術産業企業が第三世界に進出しても、現地の経済から切り離されて利益を生まないかもしれない。 ・多国籍大企業の子会社は、熟練した労働力、良好な交通、地元の管理や監査の権限があれば、経済的利益をもたらすかもしれない。 ・新旧の知識に基づいた適正技術は、ニーズ、文化、生活の質の面で社会に適合する必要がある。 |
|---|

を扱いながら、技術と社会のさまざまな要因が切り離せない関係にあることを伝えている。最後のまとめでは、配慮すべき側面は描きつつも、特定の解決の方向性が示されているわけではない。また、技術移転が必ずしも双方にとって利益を生まない可能性があることも読み取れる。

本稿 1-3 で指摘したように、レイトンは第三世界の事例を取り上げつつ、「技術は科学知識の応用」という狭い技術観ではなく、文化や経済、産業などの観点を含む技術観を主張していた。取り上げた 2 つの教材は、従来の技術の教育において扱われていなかったとレイトンが指摘する、意思決定の前提にある価値観について取り上げるものであった。他方、その価値観の広さについては両者で異なる。Science in Society では英国の事例を通して、経済や産業の視点を中心に英国の人々の価値観が取り上げられていた。他方、『技術とは何か』では、生徒にとって必ずしも身近とはいえない第三世界の事例を取り上げることで、英国の事例だけでは見えてこないさらに多様なニーズや文化の側面に生徒の意識を向かわせていた。『技術とは何か』の題材選択からは、多様な観点を含むレイトンの技術観がより強く反映されていることが読み取れる。

おわりに

本稿で取り上げた技術を主軸とした STS 教育の教材では、従来科学的知識が目標面でも内容面でも主軸におかれていたものを、技術を主軸とした教材を作ることで、科学以外の価値観が反映される意志決定の過程に意識を向けさせていた。さらに、設計や工作などの技術的プロセスではなく、読み物やディスカッションを通して、科学のプロセスと技術のプロセスを比較させ、技術が社会に与える影響や、技術の選択や開発の方向性に経済や倫理と言った価値観がどのように反映されるのかを例示し、探究させていた。このように、科学を主軸に技術を手段として扱う科学教育や技術的プロセスを実践するだけでは見えない認識、すなわち技術に対する意志決定に価値観が科学的知識と同様に、もしくはそれ以上に重要なクライテリアとして用いられることを生徒に認識させるという点で、STS 教育は従来の教育と異なるものであった。

このような技術の性質に対する認識を取り立てて扱うことは、技術における価値観の側面に目を向かせることを可能にするだけでなく、生徒の理解にも寄与すると予想される。科学教育研究では、科学の本質を生徒に理解させるには科学的実践（実験）を行うことを通してのみでは不十分であり、科学の本質そのものを独立に取り上げることが効果的とされている⁶⁰。技術の性質の理解においても同様の傾向が予想され、一般教育における技術教育の方向性の一つとして、日本で言う「ものづくり」のような実習ではなく、様々な事例を読み物として取り上げ、またディスカッションを行いながら、技術にまつわる論点について、さらには技術と科学・社会との相互関係について生徒に理解させようとする『技術とは何か』の手法は示唆的である。

本稿で検討した STS 教育の教材の活用は、レイトンが主張する学校カリキュラムに技術を取り入れる三つの方法のうち、技術と科学を結合させる③の方法に該当し、多様な価値観が意思決定にかかわることを生徒に示すことに成功している。加えて、『技術とは何か』では、<アクティビティ>を取り入れることで、科学的知識を翻案して現実の問題に活用することや、様々な観点を総合し技術的实践に取り組むという、①、②の方法における論点についても意識されていた。他方、『技術とは何か』は後期中等教育段階の 1 年間の履修を想定した STS 科目の教材の一つであり、科学と技術の長期的なカリキュラムの具体的な在り方は示されていない。レイトンの指摘した 3 つの方法の論点を引き受けつつ、科学教育の目的と内容の再考をも視野に

入れながら、学校における科学と技術の教育の在り方を検討していくことが求められる。

【註】

- 1 松原憲治「資質・能力の育成を目指す教科横断的な学習としての STEM/STEAM 教育と国際的な動向」2019年9月4日教育課程部会資料5-2（2021年8月31日確認）。
[https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/siryo/_icsFiles/afiedfile/2019/09/11/1420968_6_1.pdf]
- 2 松原憲治・高橋将人「資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としての STEM 教育と問い」『科学教育研究』41(2)、2017年、pp.152-153。
- 3 本稿では断りのない限り「英国」はイングランド及びウェールズを指す。
- 4 磯崎哲夫「科学教育と技術教育の関係を再考する」『日本科学教育学会年会論文集』34、2010年、pp.71-72。
- 5 吉田淳「理科教育と技術科教育の関連性の意味」『日本科学教育学会年会論文集』36、2012年、pp.39-40。
- 6 内田隆・鶴岡義彦「日本における STS 教育研究・実践の傾向と課題」『千葉大学教育学部研究紀要』62、2014年、pp.31-49。
- 7 小川正賢『序説 STS 教育』東洋館、1993年、pp.10-11。
- 8 同上書、pp.18-19。
- 9 一例として栗岡は、化学関係の教材を概観し、経済的観点や環境的視点をもてるようになることが意図されていることなどを例示している（栗岡誠司「英国の SATIS プロジェクトにみる化学関係教材」『理科の教育』42(11)、1993年、pp.21-24）。
- 10 例えば、鈴木宏昭「理科教育の“Nature of Science”教授における社会的アプローチの特質」『教材学研究』26、2015年、pp.41-48。
- 11 Hunt, A. (1994). STS Teaching in Britain. In Solomon, J., & Aikenhead, G. (Eds.). *STS Education*, Teachers College Press, pp.68-74. Solomon, J. (1996). STS in Britain: Science in a Social Context. In Yager, R. (Ed.). *Science/Technology/Society as Reform in Science Education*, State University of New York Press, pp.241-248.
- 12 Layton, D. (1988). Revaluating the T in STS. *International Journal of Science Education*, 10(4), p.370.
- 13 概要は栗岡誠司・野上智行「イギリスにおける SATIS プロジェクトの開発理念と指導法の特徴」『日本理科教育学会研究紀要』33(2)、1992年、pp.17-25を参照のこと。
- 14 レイトンが本教材のドラフト版へのアドバイスや協力をしたと記されている（Solomon, J. (1992). *What is Technology?*, The Association for Science Education, p.2）。
- 15 Jenkins, E. (2013). Creating an Association for Science Education. In Jenkins, E. & Wood-Robinson, V. (Eds.), *50 Years of ASE*, Association for Science Education, pp.3-4.
- 16 McCulloch, G., Jenkins, E., & Layton, D. (1985). *Technological Revolution?*, The Falmer Press, p.96.
- 17 *Ibid*, pp.97-98.
- 18 Hunt, A., *op. cit.* 11, p.68.
- 19 Layton, D. (1993). *Technology's Challenge to Science Education*, Open University Press, p.13.
- 20 McCulloch, G., Jenkins, E., & Layton, D., *op. cit.* 16, p.211.
- 21 *Ibid*, pp.49-50.
- 22 Schools Council (1968). *Technology and the Schools*, Her Majesty's Stationery Office, p.2.
- 23 McCulloch, G., Jenkins, E., & Layton, D., *op. cit.* 16, p.52.
- 24 例えば、School Council (1972). *Engine test Beds*, Heinemann Educational Books.
- 25 McCulloch, G., Jenkins, E., & Layton, D., *op. cit.* 16, p.184.
- 26 Layton, D., *op. cit.* 19, pp.23-30.
- 27 *Ibid*, pp.26-27.
- 28 *Ibid*, p.28.
- 29 *Ibid*, p.42.
- 30 *Ibid*, pp.36-37.
- 31 1975年に教育科学省内に設立され、生徒の達成度を評価する方法の開発、および子どもたちのパフォーマンスの全国的な水準の調査が行われた。

- ³² Layton, D., *op. cit.* 19, p.47.
- ³³ *Ibid*, p.48.
- ³⁴ *Ibid*, pp.57-58.
- ³⁵ *Ibid*, p.58.
- ³⁶ *Ibid*, pp.60-62.
- ³⁷ *Ibid*, p.59.
- ³⁸ Layton, D. Revaluing Science Education. In Tomlinson, P., & Quinton, M.(Eds.). *Values Across the Curriculum*, The Falmer Press, p.172.
- ³⁹ Layton, D. *op. cit.* 19, pp.63-64.
- ⁴⁰ *Ibid*, p.64.
- ⁴¹ *Ibid*.
- ⁴² Lewis, J. (1977). A Nuffield View of Physics. *Physics Education*, 12(2), pp.72.
- ⁴³ Lewis, J. (1978). Science in Society. *Physics Education*, 13(6), p.340.
- ⁴⁴ *Ibid*, p.341.
- ⁴⁵ Lewis, J. (1981). *Science in Society Teacher's Guide*, Heinemann Educational Books, p.4.
- ⁴⁶ *Ibid*.
- ⁴⁷ コースの概要については、笠耐「イギリスの Science in Society Project」『物理教育』30(3)、1982年、pp.153-156を参照のこと。
- ⁴⁸ Lewis, J., *op. cit.* 45, pp.237-239.
- ⁴⁹ Holman, J. (1986). *Science and Technology in Society: General Guide for Teachers*, The Association for Science Education, p.13.
- ⁵⁰ *Ibid*, p.18.
- ⁵¹ The Association for Science Education (1992). General Guide. In *SATIS 16-19 UNITS 76-100*, The Association for Science Education, pp.3-4.
- ⁵² *Ibid*, p.3.
- ⁵³ Solomon, J. (1992). *What is Technology?*, The Association for Science Education, pp.6-12.
- ⁵⁴ E・F・シューマッハー著、小島慶三・酒井懋訳『スモールイズビューティフル』講談社、1986年。原著 Schumacher, E. F. (1973). *Small is Beautiful*, Blond & Briggs.
- ⁵⁵ Solomon, J., *op. cit.* 53, pp.6-37をもとに引用者作成。
- ⁵⁶ Davis, J. (1981). Appropriate Technology. In Association for Science Education (Ed.), *Looking to the Future*, Heinemann Educational Books, pp.26-31.
- ⁵⁷ Lewis, J. (1981). *Science in Society Teacher's Guide*, Heinemann Educational Books, p.238.
- ⁵⁸ 和訳は E・F・シューマッハー著、小島慶三・酒井懋訳『スモールイズビューティフル』講談社、1986年、p.258。
- ⁵⁹ 本プロジェクトで最も多くの授業時数を想定したユニット「エネルギー」のうち、生徒用読み物「原子核反応と原子力」の、「将来は？」という原子力発電に関する読み物をルイスが執筆した。火力発電が燃料不足に陥ること、自然エネルギーは十分な発電量でないことを指摘し、将来さらに原子力に頼ることになるだろうと述べ、また燃料の安さを根拠に原子力発電の価値を裏づけている。最後に原子力発電の欠点を取り上げつつも、「原子力発電の利点による世界中のすべての人々の生活水準にもたらされる変化を考慮する必要がある」と締めくくる。このように、論争的な原子力発電に関する問いを取り上げつつも、特定の立場から記述されたものであった (Lewis, J. (1981). *Nuclear Reactions and Nuclear Power*. In Association for Science Education, *Energy*, Heinemann Educational Books, pp.21-22)。
- ⁶⁰ Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2014). Research on Teaching and Learning of Nature of Science. In Lederman, N. G., & Abell, S. K. (Eds.). *Handbook of Research on Science Education Volume 2*, Routledge, pp.614-615.
- (日本学術振興会特別研究員 教育方法学・発達科学コース 博士後期課程2回生)
(受稿 2021年8月31日、改稿 2021年11月9日、受理 2021年12月3日)

技術教育の視点から見た英国の STS 教育

—技術を主軸とした教材に着目して—

鎌田 祥輝

科学、技術、社会の相互関連性を扱う STS 教育は、従来の科学教育への反省から生まれた。そのため、科学教育の視点から教材の意義に関する研究がなされている一方、技術や技術教育の視点からは検討されていない。本稿では技術の側面から STS 教育の教材の意義を考察することを目的とした。まず技術教育と科学教育との関係性を論じた英国のレイトン (Layton, D.) の所論に拠りつつ、学校の一般教育カリキュラムのなかでの技術と科学の位置づけに関する言説を追った。次に、技術を主軸とした STS 教育の教材の内容を検討し、その特徴を明らかにした。検討を通して、STS 教育の教材では科学教育の手段として技術を扱ったり、設計や工作のような技術的プロセスを実践するだけでは認識できない、技術的实践における文化的・社会的側面を生徒が認識することを目指し、そのために生徒の個人的価値観から身近とは言えない他国のニーズや文化までを扱っていたことを明らかにした。

Technology in STS Education in England and Wales: Focusing on STS Educational Materials

KAMADA Yoshiki

STS education, which deals with the interactions between science, technology, and society, was born from reflections on previous science education. Therefore, studies of STS educational materials have been conducted from the perspective of science education research, and it has not been examined from the perspective of technology and technology education. This thesis investigates the significance of STS educational materials from the aspect of technology. The first step in this research was to follow the discourse on the positioning of technology and science in the general education curriculum in schools, relying on David Layton's discussion of the relationship between technology education and science education. The second step is to examine the content of STS educational materials, mainly focused on technology, and clarify their characteristics. This study identified that the STS educational materials aimed to make students aware of the cultural and social aspects of technological practices, which cannot be recognized by science education using technological applications to make scientific concepts more understandable or by practicing technological processes such as design and craft. Furthermore, STS educational materials showed the needs and cultures of other countries that are not familiar to students.

キーワード : STS 教育、技術教育、カリキュラム

Keywords: STS Education, technology education, curriculum