
理科教育と STS 教育

関 口 昌 秀

1 はじめに一科目としての理科教育と STS 教育

ここで STS というのは科学・技術・社会 (Science, Technology, and Society) のことであり、STS 教育というのは社会との結びつきを強く意識した科学についての教育というほどの意味である。

岡本正志の言葉を借りれば、理科教育ないし科学教育は「科学の内容理解」であり、それに対して STS 教育は「科学の性格理解」である。¹ 科学的事実や法則などを教えることが理科教育の目標であり、それに対して STS 教育では、科学の方法や特徴、社会的役割などを理解することを目標とする。

このように同じ科学を対象としながら、理科教育と STS 教育では、科学についての目標や扱い方がちがう。すると、理科教育と STS 教育は同じ科目なのかという疑問がわいてくる。目標が違うから別な科目だと言えるかという、そう単純にもいかない。科学という同じものが教育内容の対象なのだから、無関係と言って簡単に済ますことはできない。

一般的にいえば、STS はその意味内容が十分に確立したものではなく、「曖昧な概念」だとされている。辞書的な意味では、たとえば次のように説明されている。

「STS は、科学 (Science) ・ 技術 (Technology) ・ 社会 (Society) の頭文字をとったもので、1970 年代から 1980 年代の欧米における新しい科学教育のかたちを模索する動きに起源をおく。国際的にコンセンサスの得られた定義はなく、明確に確立された概念とはいえない面もあるが、云々・・・」²

STS が曖昧である以上、STS 教育も曖昧であることはまぬがれない。しかし、その大きな特徴の 1 つが「学際的」(interdisciplinary) なことにあことは大方首肯されるだろう。³ 学問を学問たらしめるものがディシプリン (discipline) だとすれば、インターディシプリンだということは、まだ学問としてのディシプリンが成立していない状態を指しているとも言える。STS は生成途上の学問なのだ。

同様に、STS 教育の方も 1 つの科目として確立しているとはまだ言えない。そういう点でも、理科教育と STS 教育が別な科目だとするのは早計なことなのかもしれない。

この両者はどのような関係にあるか。そのことについて考えてみたい。

前もって言うておけば、科目としての STS 教育の性格を考えるにあたっては、いわゆる総合学習との関係を考える必要もある。学際性という性格は総合学習にも当てはまる。STS 教育は「科学をめぐる社会問題」を扱うが、総合学習の方は現代的課題という社会問題の総体を扱う。その他の点でも両者は重なる点が多い。

2 STS の登場

STS とは具体的にどのようなものか。中島秀人は STS 登場の歴史を、「新しい科学技術論としての STS」という副題をもつ論文⁴の中で、おおよそ次のように記している。

(1) 英国における SISCON の登場

STS の取り組みに大きな影響を与えたのは、1973 年から英国ではじまった SISCON (Science In a Social CONtext) 「社会的文脈における科学」の運動である。これは、新しい形の大学教科書を開発するプロジェクトで、エディンバラ、リーズ、サセックスなどの 8 大学とニューカッスルほかの 3 つのポリテクニク (工業高専) が参加してはじまった。

その成果は、1977 年より十数冊のセミナー用教科書として刊行された。その中には次のようなタイトルが含まれていた。『科学技術は中立か』『原子爆弾』『現代社会の限界—成長の限界論研究』『技術と生存』『ガリレオとコペルニクスの天文学』『社会と食料—第三世界をめぐって』など。

このタイトルからも伺われるように、SISCON (シスコン) のプロジェクトは、科学技術をめぐる諸問題について、科学史や科学哲学、科学社会学、そして経済学から政治学など、多角的な側面からの分析をくわえ、その事実について教育しようとするものだった。それは、「社会問題を考えることのできる科学者」、「技術革新や環境のアセスメントを専門とするアナリスト」を養成することを目指した。

(2) 後期中等教育向け教科書の開発

その後シスコンは後期中等教育向けの教科書 (SISCON-in-Schools) の開発に乗り出し、1987 年には STS が一般中等教育資格試験 (GCE のちに GCSE, General Certification of Secondary Education) O レベル (16 才で実施) の科目として採用された。

この出来事が世界的に大きな影響を与えた。ただし、中島の評価では、「このような動きが、日本の研究者に STS についてのある偏ったイメージを作り上げた⁵⁾という。STS を「新しい理科教育の流れ」「科学教育の改革運動」と理解することである。この解釈は一面的である。STS とは教育だけでなく、それとともに研究でもある。その側面の理解に及ばなかった。

「STS とは、科学技術の社会的側面についての人文・社会科学的な研究・教育である。」⁶

これが中島による STS についての定義である。

STS の研究的性格、「学問研究としての STS」を取り戻すことが、中島の主張するところである。

(3) 学問研究としての STS

英国では同じ時期に、科学技術と社会をめぐる諸問題を扱う研究機関が登場した。それは STS という名称を名乗ることがなかったから STS として理解されにくかったが、SISCON と同じテーマを研究的に扱っていた。

その研究機関の代表格は、1966 年サセックス大学に設立された「科学政策研究科」(Science Policy Research Unit)、通称 SPRU (スプルー) である。ここでは、各国の科学技術システムやその成果の比較、技術の変化と雇用、巨大科学プロジェクトの評価、軍事技術と軍縮、発展途上国の科学技術政策などの研究が行われてきた。

エディンバラ大学には、SPRU より理論志向の強い研究機関として「科学論研究科」(Science Study Unit) が設立された。ここが、「極めて相対主義的な科学哲学を提唱する」⁷ エディンバラ学派の本拠地である。

英国以外の欧州各国にも同様の研究機関がある。サセックス大学の SPRU と似たものとしては、スウェーデンのルント大学の「研究政策研究所」(Research Policy Institute) がある。デンマークのロスキレ大学の「技術政策と社会発展学科」(Program in Technology Policy and Social Development) は世界各国からこの分野の研究者を集めている。その他、スウェーデンのウプサラ大学、フィンランドのタンペレ大学、ノルウェーのトロントハイム大学、ドイツのビーレフェルト大学など、数多くの大学に、科学技術と人間の問題を扱う学科が創設された。

1982 年には、STS に関心のある研究者をつなぐ機関として、EASST

(イースト、European Association for the Study of Science and Technology) が設立された。本部はオランダのライデン大学、のちトゥエンテ大学に移動。

このように、教育中心の STS 運動とは相対的に独立に、学問研究としての STS も、1960 年代以降興隆した。

(4) 米国における STS

米国では、1969 年にコーネル大学に STS の名を冠したプログラム (Science, Technology and Society Program) がつくられた。同じ年ペンシルバニア大学には同名の学科が設立された。1972 年にはリーハイ大学と MIT (マサチューセッツ工科大学) にも STS 学科が設置された。

ペンシルバニア大学の STS 学科には、大学の STS と高校教育の STS をつなぐナショナル・STS・ネットワークの本部が置かれている。また 1988 年には、大学人、政策担当者、科学者、技術者、博物館スタッフ、宗教者などの相互連絡をはかるために、ナショナル STS が設立された。その運営も同学科が担当している。

このように欧米では 60 年代以降、学問研究としての STS と教育としての STS が登場してきた。

中島はわが国における STS の動向についても述べているが、ひと言でいえば、それは、わが国でもいくつかの大学で科学技術政策の研究機関が設置され、学問研究としての STS がはじめられるようになったということである。

3 STS 教科書 (SISCON-in-Schools) の特徴とその性格

(1) STS 教科書 (SISCON-in-Schools)

STS の教科書 (SISCON-in-Schools)⁸ はシリーズ 8 冊からなり、そのうちの 4 冊に教師用指導書を付して 1993 年わが国で訳出された。⁹

わが国の高校制度に照らして言えば、STS という「教科」枠の中に 8 つの「科目」があると理解するのがよいかもしれない。8 つのうち 2 つが必修とされ、残り 6 つのうち 3 つを選択することになっているからである (教師用指導書参照¹⁰)。わが国の高校には、たとえば数学という「教科」があり、理科という「教科」がある。そして数学という「教科」の中に、「数学 I」「数学 II」とか「数学 A」などの「科目」がある。ふつうこの科目ごとに検定教科書が作成されている。必修はこの科目に対して指定される。そしてほぼ 10 年おきに学習指導要領の改定が行われ、科目名称が多少変化することがしばしばある。私の高校時代には「スーニビー」(数学 II B) という一風変った名称の科目があったことを覚えている。今この科目は存在しない。その後「基礎解析」「代数幾何」と変り、現在では「数学 II」と「数学 B」である。名称の変更は当然内容の変更を伴っている。よってこれらの内容が完全に一致するということはない。

分量の観点からみれば、SISCON-in-Schools の教科書は、8 冊の教科書それぞれが大きな単元をなしていると考えられる。邦訳はその立場をとっている。訳された単元は、第 1、第 2、第 5、第 7 の 4 単元であり、その単元名、テーマは次の通りである。

第 1 単元「社会が産み出すものと社会を変えるもの—科学と技術」

第 2 単元「科学は本当に確実なものだろうか—科学の本性」

第 5 単元「戦争と科学のかかわり—原子爆弾開発と科学者」

第 7 単元「生活の近代化と科学のかかわり—健康・食料・人口」

以上の表題から、科学をめぐるどのような社会問題を扱おうとしているか、

おおよそのところがある。

第1単元は抽象的でわかりづらいが、そこで扱っているのは私たちの生き方である。“Ways of Living”というのが原題である。私たちと自然のかかわりを、占星術まで含めた古代社会の自然観から、工業社会、そして現代と扱い、全体としてはエコロジーに焦点をあてた構成となっている。

STSは、「科学というものが『絶対的な真理』とはみられなくなってきたという見方」(小川正賢)¹¹、そのような科学観に立っているといわれる。第2単元はその特徴をもっともよく示している。ここでは科学史的観点から、ふつう真理とみなされる科学の学説が歴史的に変化してきたことを述べている。そして最後では現代においても専門の科学者同士で意見の不一致が生じる事態とその理由について論じている。

残り2つの単元は表題だけでも、その内容を想像することは不可能でない。細部の構成や主張の方向性まではもちろん分かるはずもないが、そのテーマを取り上げる問題意識については共有できる。

邦訳に付された教師用指導書によると、最初の第1単元と第2単元が必修科目である。¹² これらはともに科学史的である。第1単元の方は、いわゆる科学史という枠には収まりきらないようなきわめて広い意味の自然観・社会観、コスモロジーと呼ぶのが相応しい宇宙観を扱っている。第2単元は、それに対して、狭い意味での科学史、科学法則に関する学説の歴史的変化を取り扱っている。

このような科学史を取り扱っていること、しかもそれが必修であることに、英国におけるSTS教育の1つの特徴があるように思う。

(2) コスモロジー（宇宙観）を扱う

第1単元で扱われている占い（占星術）は今日では非科学的なもの、科学の対極に立つものと思われる。ふつうの科学教育では無視して扱わない。そのようなものを敢えて含めた意図はどこにあるのか。

この単元は現代のエコロジーを主たるテーマとする。占いの基底とも通ずる非科学的要素、人類の理性では知ることのできないもの、それを含めなければ、自分の拠って立つ世界観・宇宙観の形成というものは本当にはありえないのだ。そういうメッセージを私はここから読みとりたい。

エコロジー的世界観が頭の中だけの知識としてでなく、本当に自分の自然観・社会観として成り立つためには、人間にとって不可知という意味での非科学的なものを含むといえよう。エコロジー的自然観の中には自然に対する謙虚さがある。それは古い社会での宇宙観に通ずる。教科書の著者たちが、エコロジー的世界観に占星術を絡めた意図はその辺りにあるのではないか。これは穿った見方かもしれない。著者たちの意図がそこになかったとしても、私はこのテキスト第1単元の最大の意味はそこにあるように思う。このように解釈するとこのテキストがもつ科学教育上の「革命性」がもっとも際立つ。

このように主張することは、伝統的な科学教育からは反発を招くだろう。しかし、そこには科学的側面を非合理的側面と統合しようという意図がある。いわば科学と宗教の統一である。合理的な活動の代表とされている科学も、非合理的な活動の代表格とされる宗教も、どちらもともに一人ひとりの人間が行っているものである。学問としての宗教学と自然科学はほとんど全く交流のない別分野の学問として存在している。しかし、科学技術文明の中に生きる現代人も、日常を暮らしている一市民としては、誰でも感情をもった動物なのだから、自分自身の中の感情的非理性的なものと理性的なものは何らかの形で統合されている。理性対非理性というカテゴリー的区別を意識することなく、現実の中ではふつうそれらを統合して暮らしている。これがふつうの人間の生活であろう。そういう意味で、自分の本物の自然観というものは、感情的なもの・非合理的なものを含んでいると考えなければならない。

そうだとすれば、合理的な科学による自然観だけを切り離して教えればよいということにはならないだろう。もちろん、これが新しい科学教育なのだとされてしまつては、理科教師は困るばかりかもしれない。そのような統

一を目指すのは、理科とは別の科目と考えるべきかもしれない。そのように考えると STS 教育は理科教育とは別の科目ということになる。

しかしやはり、ほんとに別なのかという思いも湧く。理科教育にしても STS 教育にしても同じ自然という対象を扱ったものだからだ。それとも理科の方は合理的科学観に基いた自然認識だけを教えればよく、非合理的なものを含めたのは STS 教育にまかせればよいということになるのだろうか。その統一を念頭において教育するのが STS 教育ということだろうか。そして実際、SISCON-in-Schools の教科書の場合はそうなっているように私には見える。

(3) STS 教育における相対的科学観の位置

ただし、上で「非合理的」と言ったものは、現在の科学的立場からそう言えるのであって、当時生きていた人々にとって「占星術」は非合理的ものではなかった。むしろ当時の最先端の「科学」ともいえる。占星術は古代社会における「合理性」を表現するものでもあった。クーンのパラダイム論の考え方を適用すれば、そのように考えられるだろう。

岡本正志は「STS の背景の科学論」としてクーンのパラダイム論をあげている。¹³ ザイマンは、「STS 教育に関わっている人の大部分は、ロバート・マートン (Robert Merton)、トーマス・クーン (Thomas Kuhn)、カール・ポパー (Karl Popper)、マイケル・ポラニー (Michael Polanyi) などの人々の理論や、彼らが際限なく争っていることを知っている。しかし、この表面の不一致の背後に、科学は社会的モデルで記述されなければならないという基本的な合意が隠されている」¹⁴ と言っている。彼ら 4 人は論争していても、科学とは科学者集団が織りなす社会的存在だと考える点では一致している。岡本が引く板倉聖宣の「科学的認識の社会的性格」¹⁵ という見方も、社会的モデルに属するといつてよいだろう。

先に引用した小川正賢の言葉、「科学というものは『絶対的真理』とはみ

られなくなっているという見方」も、このような文脈の中にある。小川がエディンバラ学派的な極端な相対主義の立場からこの言葉を述べたのか否かは私にはわからない。しかし、STS 教育活動の中では—STS 運動とは別のものと考えて—そのような立場まで含めてよいと思う。

ただし、含めてよいというのは、極端な相対主義の立場で教えてよいという意味ではない。そのような考え方まで含めて、対立論争し合う様々な科学の社会的モデルが提示されるのがよいという意味である。その中のどの立場を選ぶかは生徒がすることであって、教師は立場を押し付けるべきではない。いかなる立場であれ、立場の押し付けは STS 教育の本旨に反するだろう。

相対主義的立場は「間違っている」と岡本は言う。¹⁶ 私も個人的見解としては、相対主義的な科学論は正しくないと思う。しかしこれは、あくまでも私個人の主観的な意見である。教育の場において、教師の個人的意見を生徒に押し付けることをしてはならない。それは STS 教育においても同様である。

ザイマンはこの種の相対主義的な立場について「馬鹿馬鹿しい」と言っている。しかし、そう言った直後に、「教育的見地からすると、学生の科学に対する単純な信頼、技術の方面に進もうという気持ちに挑戦してみるのは悪くないかもしれない」とも述べている。そして最後に、それまで学生が学んできた科学教育—それは基本的に現代の科学を信頼する立場に立つものだが—それと正反対のことである相対主義を「押し付けてはならない」と言っている。¹⁷ ザイマンは「馬鹿馬鹿しい」から STS 教育で扱うのをやめろと言っているわけではない。STS 教育の方法が「押し付けるというやり方」であってはならないと言っているのだ。

価値に関わる教育はすべてこの原則に立つべきである。どんなに教師がよかれと思うものであれ、教師のもつ価値を押し付けるのは避けるべきである。教師は価値中立的になれと言うつもりはない。価値中立的な人間など存在しないだろう。しかし、世の中で科学に関して相対立する見方が存在する以上、

社会における科学を扱う STS 教育においては、むしろ相対立する科学観について生徒にきちんと教えていく必要がある。STS 教育の大きな目的は、「科学技術と社会に関する様々な問題に対して、理解し、分析し、意思決定できるようになること」(岡本正志)¹⁸をめざすのだから、生徒自身に自らの立場選択を委ねておかなければならない。そうしなければ、生徒が社会の中へ出て行ったとき、彼らは社会の荒波に飲まれて、どこかへ流されて行ってしまいうだろう。「意思決定できる」主体を形成しようとするのに、教育場面で「押し付ける」のでは、意思決定能力は形成されないだろう。

意思決定能力は、自ら意思決定する中でしか成長しない。これは言葉として表面的には、たしかに背理である。意思決定という行為をするためにはすでに意思決定能力が存在していなければならないからだ。しかし、小さな意思決定行為を繰り返し実行していく中でしか、意思決定能力は形成されないというのは経験的に見た真実である。

意志とは別だが、認知能力に関して、たとえば「犬」という概念をどのように学ぶかという、それは繰り返し「犬」を見ることによってである。母親が子どもに「犬」とは何かを教えるとき、実際に動物を見せて、「これは犬ですよ」「これは猿ですよ」「これも犬ですよ」と2、3回繰り返せばよい。次にある動物を見せれば、子どもはまちがいをなくそれが犬であるかどうかを言い当てるだろう。このような「範例による方法」(渡辺慧)¹⁹によって、私たちは「犬」という概念—これは社会的文化的なものだが—を学んできた。

子どもは初め犬を認知できないが、終には認知できるようになる。それは認知能力が形成されたということである。どのようなメカニズムで形成されるのか「科学的」に説明することはできないが、ともかく子どもは犬と猿を見分けられるようになる。おそらく潜在的な認知能力が人間の遺伝子の中に潜んでいて、それが犬を見るという視覚刺激を受けることによって、発現していくのだろう。

同様に、意思決定の能力も、意思決定を繰り返す中で発現していくのでは

なかろうか。もちろんメカニズムについては認知能力よりも分からないが、認知能力と同様に人間という種の遺伝子の中には、意志決定能力が潜在的に存在しており、それは意志決定行為という刺激を受けて発現していくものと考えられよう。

(4) 科学理論の社会的性格

「押し付け」ということに関していえば、心理学的には「刷り込み」による学習という考え方もある。「押し付け」による教育は、広い意味では「刷り込み」学習である。

科学的認識は社会的性格をもち、科学的事実は社会的なものである。そして社会というものは社会意識をもつ。そうである以上、自然に対する人間の見方にまったく「刷り込み」がない状況というのはありえない。

中世に生きた人間が天動説を信じて生きていたのは当然であり、それを現代人の立場から批判することはおかしい。STS教育は、科学が単線的に発展するという科学史観ではなく、クーンの歴史的相対主義の見方に立つ。クーンの用語を使えば、その時代にはその時代の「通常科学」がパラダイムとして存在していることを承認するから、科学の歴史性に対しては相対主義的である。

しかし、現代において天動説を主張すれば、現代科学の立場からそれは当然批判されることになる。地上にいる人間から見て、太陽は東から昇り西へ沈んで行くように見える。この現象は、現代科学のパラダイムに基いて地動説的に説明される。現代の通常科学の立場から中世的見方が批判されることになる。

現代社会において「科学的真理」とされていることは、いわば「真理として信頼せよ」という形で、私たちに対して一少なくとも科学者でない私たちに対しては「押し付け」られるのだ。科学的認識が社会的性格をもつということは、社会は私たちに「科学がみとめる真理」を押し付けるということで

もある。科学的に真理と主張される根拠や理由を知るのは専門科学者であって、素人はそれを知ることはできない。

こういう意味で、科学教育において「押し付け」は存在する。それはいつの時代でも存在する。

しかし、この社会において科学についての見方が複数対立して存在するときには、その存在する見方については教える必要があるだろう。その中のどれか1つの科学観に基いて STS 教育が行われるというのは、STS 教育にとっては背理だろう。広い意味で「科学の社会的モデル」に立つのが STS 教育の科学観ではあるが、その中の対立するどれか1つに依拠し、他の科学観を無視して済ますというのは、STS 教育にとっては自殺行為ではないか。教師個人のもつ科学観と違う科学観についても教えることは不可能ではない。むしろそうすることで教師は自分の科学観について自覚的であることを求められるだろう。

(5) 科学の确实さの度合い

第2単元で扱うのはふつうの意味での科学、合理的な考え方としての科学である。アリストテレスの科学も出てくるが、ここではその合理的側面が取り扱われる。どこまで正しく自然現象を説明しているかの問題である。

この単元のメインテーマは、科学理論がどの程度确实なものかということである。問題となるのは、技術的応用をめぐって科学者間で意見の不一致がしばしば生じるという事態である。これを、絶対的真理を扱う演繹命題と帰納を本質的部分に含む科学理論との論理的性格のちがいから説明し、そして科学理論がどの程度の長い時間をかけてその真理性を獲得してきたかについて、具体例を挙げて説明していく。経験科学としての本質を本格的に説明しようとしているわけである。

まず絶対に正しい命題として、アリストテレスの三段論法の説明から入る。

それは現代的にはベン図で表される。この部分はわが国の高校数学に含まれる「論証」の單元の中のテーマと重なる。しかし異なっているのは、三段論法という演繹的命題を帰納法へと展開していくことである。

三段論法で大事なのは、3段あるうち上2段、前提の方である。前提が正しいければ、3段目の結論は必ず正しくなる。現実における適用ではそこがちがう。そして帰納法の適用例を取り上げていく。

まず数学。もちろん、これはつねに正しいわけだが、ここでは数学の等式も現実への適用例として位置づく。次にゲーム。ゲームでは最初にルールを決める。参加者全員がルールに同意してはじめてゲームが成立する。その次に法律や宗教という全員合意とならない例を挙げ、最後に経験科学の例として生物学における分類を挙げる。これは全員が同意する例である。

この並べ方が巧妙である。すでにここで科学が全員同意の上に成立することが示される。分類の例は次への展開の仕掛けでもある。未知の動物カモノハシの発見確認によって、哺乳類の定義が変更された例が述べられる。科学理論が歴史的に変化したわけだ。

科学理論とは誰もがつねに同意する普遍的な前提ではない。個別の事例から物事の原因を推測したものである。したがって科学理論定立のための帰納には困難が伴う。その点について、ここから帰納の難しさの例を挙げていく。この部分がこの単元の科学史的内容の本体中の本体である。

アリストテレスによる雷の原因の説明。帰納法を検討したベーコンの例。しかし彼にもあった誤り。「腐敗の原因は空気中の微生物にある（つまり無から有は生じない）」とするパスツールの努力。

科学の学説が同業科学者の同意を得て科学理論として確立するまでの長い時間を示すものとして。デカルト・ニュートンから200年続いた光の粒子説。当初劣勢にあったホイヘンスによる波動説の19世紀における最終的勝利。ウェゲナーによる大陸移動説の提唱からプレートテクトニクス理論によるその勝利までの40年。

この他、米国における進化論裁判にもふれ、科学理論が満たす条件を説く。実験における観察は科学者の心の中にある思いに左右されることにも1章を割いている。

著者たちの最終的な意図は、私たちが生活の中で直面するプルトニウム再処理施設建設や医薬品・汚染物質などによる被害をめぐって専門家の意見が分かれたとき、どのようなことができるかにある。国政地方両レベルの選挙。地元選出議員への手紙送付。新聞への投書。そして地方政治に関心をもち地区住民集会へ参加し集会（町内会や商店会）として意見表明すること。これらが可能な行動例として挙げられている。そして、「民主主義のポイントは、誰にでも自分の意見を聞いてもらう権利はあるが、決定は多数派が行う点だ」と指摘する。²⁰ ここまでくれば、理科教育ではなく政治教育（市民教育）の範疇である。

科学をめぐる社会問題を扱うのだから、STS教育がこのような形になるのは自然な展開である。この点においてもSTS教育は総合学習としての性格をもっている。

以上、第2単元の内容をやや細かく見てきた。導入と終結部を除けば、この単元の主要な内容は、科学理論の確実性には高低の度合いがあることを伝えることである。現在確実な理論として合意が得られたものもそれまでに多大の時間を要したこと。ある時代に正しいとされた科学理論も次の時代には変更されること。最先端の科学研究では科学者間に意見の一致をみないこと。科学者の意見には個人的思いも作用すること。これらのことを科学の歴史的事実に即して具体的に説明している。これは科学教育ではなく、科学論教育である。しかも決して低いとは言えない内容をこれだけ易しく、かつ水準を下げず真正面から論じている点、その叙述は出色といわなければならない。

この高校生向けテキストはわが国でなら大学生用テキストとしても十分使用可能である。これが16才で受験するOレベルの教材と聞くと、英国にお

ける早期専門化の教育内容レベルの高さにやはり驚かされる。もっとも、単元の最後に訳してある演習問題を見ると A / O レベルとある。²¹ 実際の授業は A レベルに向けた進学準備課程（高校 2・3 年相当）で実施されているのかもしれない。それにしても、低くないレベルの科学論である。

4 市民のための科学と専門家のための科学

(1) STS 教育と市民のための科学、専門家のための科学

「市民のための科学」と「専門家のための科学」という区別を用いると、科学教育はこのどちらを目指しているか。2 つともだという答もあるが、しかし、小学校から中学・高校・大学へと順次その程度を上げていく理科教育の内容は、科学者などの専門家養成を目指したカリキュラムをその基本として作成されていると言わなければならないだろう。

理科教育は、「完全カリキュラムというプラトンの理念」（ザイマン）²² に基いてふつう組み立てられている。たとえば物理学なら、物理学の最前線のために知っておいた方がよいと考えられる全ての事柄を、小学校から大学へと続く理科の教育内容に含めることである。内容の程度と順序は小学校から大学へと続く流れの中で、それほど無理なく、古典力学には代数が必要だなどと、自然と決まると考えられている。

「教科の系統性」と同じとみてよいだろう。数学教育の系統性について遠山啓は、「数学史と現代数学と児童心理学」に基いて構成されると述べたという。²³ 現代数学が研究の最前線で、数学史の歴史的順序が内容レベルの尺度になり、その順序で大学まで並べればよい。児童心理学はこの歴史的順序を並べ替える微調整役というところである。たとえば分数と小数をどちらを先に教えるかなど、歴史的発生は必ずしもレベルの低いものから出現するわけではないからだ。

遠山のこの言葉は、数学という教科に即して「完全カリキュラム」の考え方を分かり易く示している。遠山はその後、この「数学の現代化」のときの発想から「楽しい数学」へと考え方を変えていく。²⁴

科学教育に対する STS 教育登場の 1 つの理由には、「楽しい数学」登場と同様の理由がある。すべての子どもが科学者や技術者を目指すわけではない。完全カリキュラムのピラミッド頂点を目指して登っていくのは比較的少数派の学生であり、多くの学生は別の道を歩むことになる。

しかし、研究者養成を目指す完全カリキュラムを不当というわけにはいかない。だがそこに軋轢があるのもまちがいない。STS 教育は学生が STS のより進んだレベルを目指して学ぶことを期待しない。「大多数の学生が本当に必要とするものを考慮する」とザイマンはいう。²⁵

つまり、伝統的な理科教育が「専門家のための科学」であるのに対し、STS 教育は「市民のための科学」なのである。このようにまず整理できる。

しかしまた STS 教育には、これとは違う側面もある。科学教育の完全カリキュラムを補完し、今日的な形で「完全」にするという発想である。

現代の科学者には、科学技術が社会に及ぼす影響評価の能力や、研究の社会的責任の自覚も求められる。かつての「純粋科学」理念が考えていたような、社会生活と切れた科学研究というイメージはない。STS は「社会問題を考えることのできる科学者」の養成を目指す。

このとき、STS 教育は「専門家のための科学」と位置づくと考えてよい。ただし、位置づけが異なるからといって STS 教育の内容が異なるわけではない。STS 教育は両方に役立つということである。

(2) 科学政策立案のための STS

STS 教育は第 3 の性格をもつ。科学政策立案者養成に向けた科目としての性格である。細かく見れば、これは「専門家のための科学」の「専門家」を

「科学研究者」と「科学政策立案者」に分けたものだ。

ザイマンは、科学論について、それが「広い範囲の行政的仕事に大変向いている」と考えている。²⁶ オックスフォード大学には、古典文化を言語・文学・哲学・政治・歴史のすべての面から学ぶコース「グレート」(greats) や、哲学・政治学・経済学の3科目すべてを満遍なく学習するコース「モダン・グレート」(modern greats) がある。これは、上級公務員の養成に適すると考えられているという。

これをもじって、STS によって「サイエンス・グレート」(science greats) コースをつくる。この考えは「STS 運動の科学哲学の強い理念」(ザイマン) である。²⁷

科学政策立案の中核にいるのは上級公務員だから、この考え方はそれほど奇妙ではない。むしろ高度技術社会という現代においては、今日的だと言うべきかもしれない。

ちなみに、ザイマンは「科学論の教育を通常の科学教育から分離する」ことには反対だとも主張している。²⁸ 科学論教育の使命の1つは、あくまでも「社会問題を考えることのできる科学者」の養成にあるからであろう。おそらくこの趣旨は、科学論は、科学研究者にとっても政策立案者にとっても必要な科目だということだろう。同一科目が複数のコースで必修というのは理解できることである。

英国のザイマンが STS に中心を置いた科目編成をもって、科学政策立案者養成の科目構成を考えているのに対し、わが国の立花隆は、政策立案担当者に科学的リテラシーが必要だとする点は同じだが、その科目構成をリベラル・アーツ的に発想する。

「あと20年もしたら、官界、経済界、政界、学界、言論界のいずれにおいても、指導的立場に立つ文科系エリートたちが、科学技術理解の最も基盤の部分においては、中学生レベルの知識しかない連中になってしまう」。²⁹

このように立花は、わが国における科学技術政策立案者の能力に危惧の念を表明している。

現代は社会全体が高度に知的に組織化され、そして知の全体が絶えず増大していく。知の増大は必然的に知の細分化でもある。したがって、知の細分化に対するカウンター・バランスをとるものとして、「知の総合化」が求められる。それがなければ、「知の世界は、細分化のあげくに解体され、知の全体像が見失われてしまう」。³⁰

この細分化された領域（ディシプリン）と領域（ディシプリン）の間に、インター・ディシプリナリーな新領域がつくられていく動きがある。しかし、立花の見るところ、この学際的な動きは「局所的な補完行為」³¹でしかないという。

知の全体像のためには、ピラミッド構造をなす知識全体の基盤にある広い部分を知る必要がある。「学ぶということはすべて、よりゼネラルな、より基盤的部分からはじめて、だんだん階層構造を上へのぼっていくようにしないとうまくいかない」³²と考えられるからだ。

立花は学際的研究について否定するわけではない。ただ、知の全体像を獲得するには、リベラル・アーツだと考える。簡単にいえば、ピラミッド構造をなす完全カリキュラムを理科だけでなく、文科系科目を含めて、全体にわたって広く一定レベルまで登っていくことである。

ただし立花は、「文系の人に、理系の専門課程の授業が理解できるような深い知識」まで求めてはいない。必要なのは「浅くて広い知識」だとも述べている。³³

すると、要は、基盤的知識をどの程度まで学ぶのか、ということになる。おそらく立花の立場では、科学に対する全体知としては、高校程度必要だということになるのだろう。

(3) STS 教育と科学的リテラシー

市民として必要な科学的リテラシーについても、STS 教育を中心に考える考え方とリベラル・アーツ的に考える考え方とがある。

それぞれの考え方を示す本が最近出された。1 つは『STS 教育読本』(2003 年刊)³⁴である。副題に「21 世紀を生きる地球市民のためのサイエンティフィック・リテラシー」とある。同書は大学生ないし一般向けに作られたと見える。STS 教科書 SISCON-in-Schools との内容的なちがいは、後者の第 1、第 2 単元に相当する科学史的記述がないことである。内容はすべて、環境問題やエネルギー問題などの科学をめぐる社会問題である。例外は STS の意義を述べた岡本正志の巻頭論文「STS とは何か」である。

もう 1 つは、「現代人のための高校理科」シリーズ 4 冊 (2006 年刊)³⁵である。この 4 冊は、わが国で伝統的に「理科」の 4 分野とされている物理・化学・生物・地学からなっている。このシリーズは「現代社会で生きるために必須の科学的素養」としての「科学的リテラシー」を目指していると、「はじめに」で主張している。³⁶

科学的リテラシーとしての STS 教育は、生徒の現在の科学知識を前提として、資源エネルギー問題や環境汚染など社会的 이슈 (論争点) を取り上げる。そしてそれを論じる中で、必要ならその科学知識を教えればよいとする。

その点、完全カリキュラムを前提とするリベラル・アーツ的な考え方とはちがう。このどちらを取るべきかは議論しても結論が出る性質のものではないから、ここではただ、完全カリキュラム的立場でも、現在の社会状況を反映して、地球環境問題などについて自覚的なことを指摘しておきたい。

「現代人のための高校理科」シリーズ「地学」の巻は、その大半 (4 分の 3) を地球科学についての叙述にあて、地球的歴史における温度変化やオゾン・ホール問題について取り扱っている。地球科学は地球環境問題に関する基礎科学である。よって科目自体が STS に近いといってよいだろう。

また、その叙述は「系統性を重視して展開した」³⁷という。そのせいか、整理されて非常に分かり易いという読後感がある。概念を理解していく上で、系統性をもたせることの重要性を改めて感じさせるものである。

注

- 1 岡本正志「STS 教育とは」、左巻健男編著『授業づくりのための理科教育法』、東京書籍、2004 年、184 頁。
- 2 EIC ネット HP [環境用語集 (阿部晶ほか監修)] の「STS 教育」の項。
- 3 John Ziman, *Teaching and Learning about Science and Society*, 1980. ザイマン (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、179 頁以下。
- 4 中島秀人『「科学見直し」の見直し—新しい科学技術論としての STS』、小林傳司・中山伸樹・中島秀人編著『科学とは何だろうか』、木鐸社、1991 年、253-274 頁。
- 5 同上、259 頁。
- 6 同上、268 頁。
- 7 同上、260 頁。
- 8 Joan Solomon ed, *The Science in a Social Context*, 1983.
- 9 小川正賢監修『科学・技術・社会 (STS) を考える—シスコン・イン・スクール』、東洋館出版社、1993 年。
- 10 「教師のための解説：STS 教育とは何か—SISCON-in-Schools 教師用指導書から (抜粋)」、同上、185 頁。
- 11 小川正賢「あとがき」、同上、206 頁。
- 12 「教師のための解説」、同上、185 頁。
- 13 岡本正志「STS とは何か—経過とその意義」、川村康文編著『STS 教育読本—21 世紀を生きる地球市民のためのサイエンティフィック・リテラシー』、かもがわ出版、2003 年、7-26 頁。
- 14 ザイマン、前掲書 (注 3)、86 頁。
- 15 岡本正志「STS とは何か」、20 頁。板倉聖宣の「科学的認識の社会的性格」については、板倉「科学的認識の成立過程」、『科学と方法』、季節社、1969 年、203-213 頁。
- 16 岡本正志「STS とは何か」、19 頁。
- 17 ザイマン、前掲書、199 頁。
- 18 岡本正志「STS とは何か」、23 頁。
- 19 渡辺慧『認識とパターン』、岩波新書、1979 年、29 頁。

- 20 『科学・技術・社会 (STS) を考える』、83 頁。
- 21 同上、88 頁。
- 22 ザイマン、前掲書、211 頁。
- 23 小沢健一「解説」、『遠山啓著作集 数学教育論シリーズ12 数楽への招待Ⅱ』(新装版)、太郎次郎社、1987 年、275 頁。
- 24 私はかつて「楽しい数学」の意義について論じたことがある。拙稿「科学は共通教養たり得るか—中等教育における教育内容と教養概念をめぐる問題」、教育科学研究会・小島昌夫・鈴木聡編『高校教育のアイデンティティー—総合制と学校づくりの課題』、国土社、1996 年、126-144 頁。
- 25 ザイマン、前掲書、213 頁。
- 26 同上、244 頁。
- 27 同上、182 頁。
- 28 同上、260 頁。
- 29 立花隆『脳を鍛える 東大講義 人間の現在①』、新潮社、2000 年、41 頁。
- 30 同上、209 頁。
- 31 同上、209 頁。
- 32 同上、210 頁。
- 33 同上、212-213 頁。
- 34 注 13) 参照。
- 35 山本明利・左巻健男編著『新しい高校物理の教科書』、左巻健男編著『新しい高校化学の教科書』、枋内新・左巻健男編著『新しい高校生物の教科書』、杵島正洋・松本直記・左巻健男編著『新しい高校地学の教科書』、いずれも講談社ブルーバックス、2006 年刊。
- 36 同上、5 頁 (すべての巻)。
- 37 同上、6 頁 (地学の巻)。