

## 論文

## 環境教育への STS 的視点の導入

松原 克志

東京工業大学大学院社会工学専攻

## Introduction of the STS Viewpoint to Environmental Education

Katsushi MATSUBARA

Department of Social Engineering, Graduate School of Tokyo Institute of Technology

(受付日 1992年9月7日・受理日 1992年12月18日)

The purpose of this study is to indicate that STS education is one of environmental education and that STS education and empirical education complement each other. For this purpose, firstly the author referred to the relation of environmental problem and STS. Second, the author showed his frame of STS education which consist of science and life, way of science, nature of science and management of science. Third, the author evaluated this frame by comparing the frame with SISCON text and by lecturing in line with the frame. As a result of these processes, the author concluded that the purpose of this study was attained.

Keywords : personal behavior, management of science, nature of science, social decision making, STS

## 1. 研究の背景と目的

昨今の地球環境問題全盛の中、環境教育という語も新聞等マスメディアで用いられるようになった(メディア・インターフェイス編, 1990)が、環境教育とは何か。この根本的な問いに対し明確な解答は得られていない。ただし、環境という用語の持つ多義性に対応し多様な環境教育が存在してもよいという意見に反対する人はいないと思う。しかし、環境教育に対する一般の印象は自然体験を中心とした経験学習と思われているようである。確かに都市化の進んだ現代社会において自然に触れることは重要であろう。このような環境教育で留意しなければならないのは素朴な経験主義に陥り易いことである。そうならないためには経験学習の成果を具体的な認識としての環境問題へと発展させなければならない。1975年のベオグラード憲章では人間と自然、人間と人間との関係を理解し、環境問題の解決を環境教育の目的としている。

つまり自然に対する興味や関心を環境問題の解決と結び付ける必要がある。

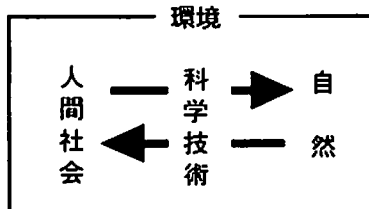


図1 科学技術を視座にいれた環境モデル

筆者はこの人間と自然との関係を考慮した環境教育を議論する場合、科学技術の存在を忘れてはならないと考える[注]。それはベオグラード憲章にもあるように環境教育を環境問題の解決についての教育であると捉え、環境問題は科学技術を介した人間と自然との間の問題であると考えからである。環境教育を実践する上での筆者の環境の捉え方を図1に示した。科学は人間の自然に対する知的好奇心を満足させるものであり、人間は

〔問い合わせ先〕 〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学工学部社会工学科原科研究室

科学的営為によって自然から多くの知見を得てきた。また人間は技術を自然に対して応用することにより自らの生活を向上させてきた。そして科学と技術が融合し、科学技術の体制が確立された現代社会では、科学技術を介して人間と自然とを内含している環境が変化してゆくのである。

筆者の考える環境教育はこれまでの環境教育における経験学習を補完するものである。経験学習は自然に対する興味・関心への導入という点では効果が期待できる。例えば小河原（1990）の報告によれば、自然解説施設の利用者のうち65%が自然への興味は少なく楽しい体験を求めている。確かにこのような人たちに自然に対する興味や関心を抱かせるには経験学習は効果があろう。そしてその興味や関心をさらに満足させる活動は科学的な探求であり、それだけでは探求は環境問題の解決に直接つながるものではない。大島（1991）も自身の自然観察指導を通じて、同様な指摘をしている。原科・前澤（1987）によると児童の環境意識の形成は地域環境の状況に強く依存している。地域環境の整備や改善には地域住民のボランティア活動も重要ではあるが、実際は自治体の政策に強く依存している。つまり環境教育を成功させるためには、地域環境の形成に影響を与える政策や政治も環境教育の課題としなければならない。

筆者は科学的な知的営為の根幹である自然に対する興味や関心をいかに環境問題の社会的、政治的な解決に連結させるかを指導側の環境教育の課題とし、教育実践を行っている。その解決策の一案に筆者は、環境教育における経験学習を補完するものとしてSTS（Science, Technology and Society）を提唱している。環境教育とSTS教育の関連を議論した研究が最近報告されている。鈴木ら（1990）は環境教育とSTS教育との関連を論じた研究を行い、環境教育・STS教育・科学史教育の統合化を試みた。それは動力技術の歴史の変遷を教材化することにより、ベオグラード憲章にある環境教育の目標構造とSTS教育の目標構造を統合化したものである。本研究では鈴木らと同様の見解ではあるが教育実践において科学的なアプローチではなく、科学社会的なアプローチを試

みた。熊野（1991）はアイオワ大学大学院の講義をもとにその関連を論じている。しかし、熊野の論文は教育実践を含むものではなく、その点が本研究と異なる。

本研究の目的はSTSの問題意識が環境問題の解決とどのように関連しているかを示すと共に、筆者のSTS教育の基本的な枠組みを提示し、その枠組みの妥当性の検討することである。この目的のため、筆者の教育実践の枠組みを提示し、その枠組みをSISCON（Science In a Social CONtext）テキストと比較した。さらに筆者の枠組みに沿った授業実践について分析し、考察を加えた。

## 2. STSの台頭

### 2-1 科学技術批判の変化

1960年代から1970年代にかけて公害問題を起因とする科学技術批判が台頭していた。そこでの主張は科学技術の社会性はあまり考慮されずに「科学技術は悪である」というものに近かった。というのも当時の公害は大資本から排出されるものであり、資本家・労働者、強者・弱者、加害者・被害者といった構造が明確であったためである（宇井，1985）。

しかし1973年のオイルショック以後、その声はしだいに衰えていく。オイルショックを克服するため企業はより効率の良い設備を競って導入した。当然、新規設備は先の公害問題の反省から低公害型のものであった。確かに現在でも水俣病などの公害訴訟が続いているのも事実だが、新規設備導入の結果、科学技術的には産業型公害は一時の危機的状況を脱し一応の解決を得た。そして産業型公害に依存した科学悪玉論的な科学技術批判は現実の社会に根付かず、このような科学技術批判が公害解決の動機づけになったとも考えにくい。これらのことは経済発展を国是とし、また経済発展と科学技術とが密接な関係にあることを考慮すれば容易に理解できる。

産業型公害の解決以降、最近の公害問題は産業型公害問題から都市型・生活型環境問題へと質的に変化した。用語としては「公害問題」は「環境問題」へと変化した。例えば、1972年に「公害白

書」は「環境白書」へと変わり、教育現場では1975年に全国小中学校公害対策研究会は環境教育研究会へと名称が変更されている(阿部, 1990)。この理由の一つに「公害」という語はどうしても産業型公害を連想させることが挙げられる。

さらに質的な問題として公害問題に比べて、環境問題はその解決の困難が予想される。先に述べたように公害問題の頃は、善玉・悪玉、強者・弱者、加害者・被害者といった二項対立を示す二元論的議論によってその解決が試みられた。しかし環境問題は単純な二元論によって言及できない。例えば河川の水質汚濁の原因は今やその多くが生活排水である。この場合、上流側に立てば加害者、下流側に立てば被害者となり、自分の立場を一元的に主張できなくなる。環境問題には自分の立場を一元的に主張できないような状況が本質的に含まれている。したがって一元的立場を根拠とする議論は、その解決に何ら有効性を持たない。またこのような状況では規制基準を明確にしにくく、規制を設けても取締ることが実質的にできないので、規制のみによる解決は適当でない。こうしたことを理由として行政が環境教育の必要性を唱え、実践している例もある(斎藤, 1990)。

公害問題と同様に、環境問題が科学技術の発達とその利用に起因していることは明かであろう。逆にこのことに反論するのは不可能とさえ思われる。従って環境問題を議論するとき、科学技術そのもの、および科学技術と社会との関係について言及する必要がある。また今までの議論から、その際必要とされる議論は少なくとも二元論的議論ではない。

## 2-2 社会現象としての科学技術

STSの登場した背景には相対化された科学技術観がある。ここでいう科学技術の相対化とは、科学技術が単独で(絶対的なものとして)存在するのではなく、社会的文脈の中で存在するということである。言い換えれば、科学技術も一つの社会現象であるという考え方といえる。

相対化された科学技術観では、二元論的な科学技術批判はできない。相対的な立場での科学技術

への批判は、その科学技術を受容している社会をも批判することと同義である。従って社会を常に善と仮定したうえで科学技術を悪とする議論は成立しない。例えば環境が開発かという問題を考えてみよう。環境も開発もどちらも社会的要請であり、開発は科学技術(特に近代土木技術)の利用として捉えることができる。この場合、必ずしも環境保護が絶対的な善ではなく、開発も絶対的な悪ではない。従って一方のみを絶対化した議論は建設的ではなく、議論は平行線のままか、物別れになって、どちらにせよ結論は出ず時間の無駄である。また持続可能な開発という概念もこのような考え方から生まれてきたものであろう。

STSは現代社会における科学技術とは何かという問いかけに対し、人文・社会科学の全てを動員して科学技術の社会的側面を理解しようとすることから始まった(中島, 1991)。その目的は科学技術の社会に及ぼす影響や科学技術と社会との相互関係を理解することによって、科学技術の社会的管理を目指すことにある。そしてその特徴は現実との関わりを重視し、啓蒙的要素を持ちながらもイデオロギー的な背景が減じている点である。価値観の多様化とその受容が唱えられる現代社会において、イデオロギー的な要素の減少が有利に働いたため、STSが台頭してきたと考えている。

## 3. 本研究におけるSTS教育の枠組み

### 3-1 枠組みの構成

筆者はSTS教育の実施に当たり、次の4つの項目を中心に据え、授業を展開している。それは科学と生活、科学的思考、科学の本性、科学の管理である。授業展開におけるこれらの関係を図2に示した。授業への導入として科学と生活との関連を述べ、学習の意義を明確化することにより学習への動機づけを行う。次に科学的思考と科学の本性について学習し、科学的に考えることと科学的に正しいこととの違いを学習する。以上の学習を踏まえた上で、科学の管理について学習するものである。

これら4つの項目を筆者が取り上げた理由を述べる。科学と生活が密接に関係していることを認

識しなければSTSの問題意識を理解することは難しいからである。それはまた環境問題とも強い関連がある。問題意識が認識されれば、管理という発想は自然に生じ得る。ところが5章の教育実践でも触れるが意外に科学と生活が強く関連していることは認識されていない。科学を管理するという観点から留意すべきことがある。「科学的」という表現には少なくとも2つの意味を含んでいることである。それは考え方としての「科学的」と科学知識としての「科学的」である。前者が科学的思考、後者が科学の本性に関連する。この両者の違いを認識して議論できるようになることが教育実践の課題でもある。この両者の違いを考慮したうえで科学の管理を議論することが環境問題の糸口になると筆者は考えている。このような考えから筆者は上述の4項目によって枠組みを構成した。

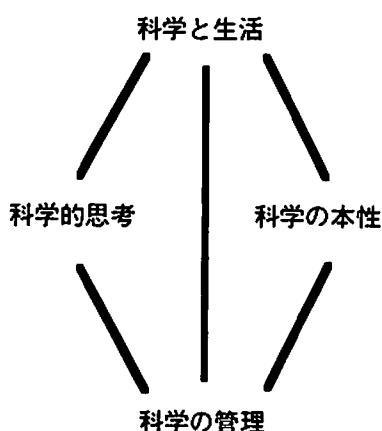


図2 STS教育を構成する項目間の関係

### 3-2 枠組みを構成する4項目の内容

#### 3-2-1 科学と生活

現代社会は科学技術社会といえる。生活のあらゆる場面に科学技術は関与しており、資本制国家体制ならびにその政治経済体制を規定している。その結果、科学技術は生活の向上を実現させた。しかし、その反面さまざまな社会問題を引き起こした。その端的な例が環境問題である。さらに情報技術、生命技術の進歩は大きな社会問題になり

つつある。これからの科学技術時代には科学技術の二面性について個人的な判断を要求されるようになるであろう。

生活が科学技術に依存しているという状況は今後も変わらないであろう。科学と生活の関係で教育実践上重視した点について述べる。まず生活の機械化がある。例えば家事労働は電化製品の普及により機械化された。近代交通の発展は人や物の輸送手段の機械化といえる。そして生活の機械化は工業化社会の発展と同義であることである。この過程に科学技術が関与していることを認識させることが重要なのである。大量生産、大量消費を前提とした工業化社会は環境問題を引き起こした。それは科学技術の成果である生活の機械化と密接に関係がある。環境問題というとオゾン層の破壊、地球温暖化などの現象に着目しがちであり、筆者の主張である科学技術に依存した生活様式の問題に還元されていないように思う。

社会問題（環境問題）が科学技術の発達とその利用に起因していることを認識し、問題解決に当たる必要がある。したがってSTS教育において科学と生活との関係は基本的な問題意識であり、このことが学習の動機として重要な位置を占めていなければ、教育の効果は低いと考えられる。

#### 3-2-2 科学的思考

科学的思考とは帰納的に仮説を立て、仮説から演繹される旨説を検証し、仮説をさらに精緻化していく知的営為であると本研究では考えている。簡単な事例（例えば村上、1986）を示すことにより、科学的思考を講義によって学習者に理解させることは容易である。

筆者は日常の営為やそれを表す旨説も科学的思考の結果として説明できると考えている。言い換えれば思考することは科学的にならざるを得ない。但し、常に意識的な思考に基づいて行動しているわけではないので、思考主体である個人がその科学性を意識していることは少ない。

筆者は教育活動において科学的思考力を養成することを目的とする場合、まず科学的思考について講義し、次に学習者の日常の行動を学習者に説

明させている。例えば、「歩くとはどういうことか」、「なぜ歩くことができるのか」とか「なぜ箸が使えるのか」、「箸を使うとはどういうことか」という質問をするのである。そしてそれぞれの回答に対して科学的思考との比較をさせている。このような学習活動により多くの学習者は科学的思考を理解する。そして科学的思考力も養成できると考えられる。

科学的思考の学習で重要な点は帰納的飛躍による論理の不確実性である。どのような理論でも帰納的飛躍がある以上、絶対的なものはない。そして科学的思考について理解していることが、科学の本性を学習する上で重要である。なぜなら科学的思考の結果、正しいと思われることと科学的に正しいこととは異なるからである。

### 3-2-3 科学の本性

科学の本性は Kuhn 以降の科学論に依拠するものである。Kuhn (1971) は科学をパラダイム論によって説明した。科学のパラダイム論的理解から示唆されることは多い。特に重要な点は職能集団として科学技術者を位置づけていることであろう。

科学的思考の結果とみなし得る日常の営為と科学知識との違いに決定的な差をもたらしているのが科学者集団の存在である。科学者集団が科学的思考に基づき選択したパラダイムが科学あるいは科学知識、科学理論であるので、そこには日常的な科学的思考による営為や知識は含まれないのである。つまり、科学あるいは科学知識と呼ばれているものは、ある特定の科学者集団における合意事項なのである。ある科学者が主張する科学的に正しいこととはその科学者が所属する科学者グループに依存しているのである。科学が政治と同様に集団の合意に依存しているため、その考えは変わることもあれば間違っていることもある。

科学の客観性、中立性などといった古典的な科学観は科学の本性を示すものではない。上述のように科学の本性とは科学知識の体系および科学者の知的営為が特定の科学者集団の価値に依存していることである。古典的な科学観は科学技術の現状を美化し過ぎる傾向がある。古典的な科学観で

は現状の科学技術を説明することはできない。科学の本性を教育に導入することにより、科学技術を相対化することが可能となる。

### 3-2-4 科学の管理

個人レベルにおける環境問題に関連した科学の管理には二つの行動がある。一つは個人の日常生活習慣に依拠するものである。例えば自動車を使わないようにするとか、使い捨て製品の利用を極力避けるといったような行動である。このような行動を各個人が実践することは望ましいことである。しかし、それを強制することやその行動を前提とした管理法は個人の価値観を規制するものであるため、社会的な科学の管理という観点からは余り多くを期待しない方がよい。もう一つは個人が科学の管理に関する社会的意思決定に関与することである。それは個人の価値観を尊重した上で社会的な合意を形成し、政策的に管理することである。そのための個人の行動とは政治参加に他ならない。特に科学技術に関連した立法やその施策について関心を持ち、選挙において意志表示をすべきである。そして社会的な意思決定を尊重し行動することが個人に要求される。

科学と生活との関係からもわかるように科学技術は個人生活に浸透し、体制化されることによって社会の重要な構成要因となっている。科学技術から今までさまざまな利益を受けてきた。ところが利益と共に生じる環境問題などの不利益が無視できなくなっている。このような状況で総合的な科学の管理の必要性は必然なものといえよう。しかし、日本においては国民の政治的判断に基礎をおく科学の政策的な管理はほとんど行われていない。

政治の基本的な役割の一つに税金の配分がある。科学技術という観点から税金は土木建築、医療などの科学技術の利用、科学技術振興のための研究助成、人材育成のための教育に使われているともいえる。科学技術に関連した税金の配分を学習の動機づけにすることにより、科学の管理を導入した。また科学技術に関連した税金の配分を考察することは有効な科学の管理になると筆者は考えて

いる。

今日の環境問題の解決には社会レベルでの行動とそれを担保する社会システムの変更が必要であろう。個人の価値観に依存した個人レベルでの環境改善行動には自ずと限界がある。

環境問題の多くが科学技術と社会の問題として言及できることを前提とすれば、環境問題の解決に当り科学技術の管理が環境教育で扱われてもよい。その時重要なのは科学技術を社会的文脈として捉える視点である。筆者のこれまでの私的な授業実践の結果ではほとんどの学習者がこの視点を持っていない。筆者が教育実践で留意しているのはこの視点である。

個人の価値や意識を社会システムに反映させる手段として政治参加が有効であると筆者は考える。そして科学技術を監視するという観点からの科学技術の管理について学習者に提示した。科学技術の管理における政治参加の重要性に興味を持たせるために税の配分を取り上げたのである。

原子力、生命技術、自動車、農業など社会的に管理する必要性の高い科学技術に関する問題は多数あり、具体的な管理にはそれぞれ個別に対応する必要がある。本論文および本論文内の授業実践では個別の対応の仕方について触れていない。それは本論文の主旨が「科学技術を社会的文脈の中で捉えること」を重視しているからである。この視点を身につけた上で、環境問題の解決をその起因となっている科学技術の社会的管理に求めている。

科学技術の非専門家である市民が科学活動の内部で科学技術を管理することは不可能に近い。しかし社会的に管理することは可能である。そのためには日常、意識されていない科学と生活の関係をまず理解することが必要である。そして科学技術に関連する諸問題を議論するときに科学者が主張する科学的な正しさと論理的な正しさという意味での科学性を区別する必要がある。このことは科学的思考と科学の本性の違いを理解することといえる。開発に伴う環境アセスメントの結果がアセスメントを実施した団体によって異なることがままある。その場合、科学の本性からいえること

はどちらのアセスメントもそれなりに科学的に正しいのである。ただし、そのどちらの正しさを選択するかは市民の自己判断と自己責任によるべきであろう。この態度を認識させることが本研究における教育内容としての科学の管理である。

#### 4. SISCON テキストとの比較による本研究における STS 教育の枠組みの評価

—How can we be sure? を事例として—

この章では3章で述べた筆者のSTS教育の枠組みの妥当性をSTSのテキストと比較分析することにより検討する。比較分析に用いるテキストには歴史的観点からイギリスのSISCONテキストに着目するのが妥当であろう。その理由はSTS教育の体系化の最初の試みがSISCONプロジェクトだからである。

評価はテキストの内容と本研究で示した枠組みとどの様に対応するかを検討し、その差異を分析することにより行った。

##### 4-1 SISCON について

イギリスでは1970年代から大学における科学教育の改革プロジェクトとしてSTS教育が扱われて来た。それは通常の科学教育の範囲外にある科学技術をめぐる諸問題を政治学、経済学、社会学などの諸科学から多角的に捉えることを目的とした教科書開発プロジェクトである(諸橋, 1983)。そしてプロジェクトの結果、大学におけるSTSのテキストが1977年にButterworths社からSISCONテキストとして出版された。当初、大学教育に導入されたSTSであったが、イギリスの教育改革に伴い1987年から、一般中等教育資格試験の科目として採用され、現在に至っている。このことは、イギリスにおいてはSTSが国家的な教育科目として制度化されたものといえよう。SISCONプロジェクト自体は既に終了しているが、現在イギリスではそれに替わるものとして、SATIS (Science And Technology In Society) プロジェクトが推進されている。これは初等、中等教育用のSTS教育の教科書開発プロジェクトである。また筆者の調査したかぎりでは、渡辺

(1978)によって日本にもSISCONは紹介されている。しかしながら、日本ではまだSTSの知名度は低く、教育実践例はあまり多くない。

#### 4-2 How can we be sure? の選択理由

本研究で分析したHow Can We Be Sure?はSISCON in Schoolsというプロジェクトを基礎として作成された八冊のSTSテキストの一つである。これらはイギリスの教育制度の中でsixth-formと呼ばれる大学に進学することを希望する生徒を対象として作成された。その目的は文科系の生徒に科学技術的な問題を受容させ、かつ理科系の生徒には科学技術の社会的側面について説明することであった。

ここではHow can we be sure?の分析により、環境教育に応用可能なSTS教育の目的を抽出する。八冊のSISCONテキストのうち、How can we be sure?を選んだ理由について述べる。序論をみてみよう。その序論には次のように書かれている。

「本書は科学的説明の本性及び、私たちに影響を与える科学的、技術的な事柄に関して私たちがどう決定を下せば良いか、ということに関するものである。最初に、私たちが確実と見なすことのできるものは何か、そして論証の基礎と成り得る普遍的言明とは何かを考えることにする。次に、科学の歴史を検討し、科学理論がどのように発明されてきたかを見る。それには実験、予測、想像、そして対立する理論の間の論争も含まれる。

最後の部分では、科学と技術の影響を巡って科学の専門家間に意見の不一致が見られるような現代の問題について考える。その場合私たちは、重要な社会的問題について自らの意見を表明するにはどうすれば良いかを知る必要があるだろう。」

序論の後半からもわかるように、このテキストの目的は環境問題についても言及しうる。例えば環境問題の問題点は、問題自体が多面的であるため様々な見解が存在することである。また問題を構成する個々の問題には必ずその専門家がある。そして個別の専門的立場から全体としての環境問題を語るのも、しばしば異なった見解が出される

のである。このようなとき、私達は何を根拠に環境問題の解決に当たればいいのか。根拠のない活動は単なる自己満足か徒勞に終わる危険がある。では専門家の意見が異なるとはどういうことなのだろうか。

専門家の見解は科学技術的に出される。また科学技術的だからこそ、私達は専門家の見解を根拠としようとする。ところで、なぜ科学技術的だと根拠にできるのだろうか。そもそも科学技術とか科学技術的とはどういうことか。残念ながら環境教育と同様、現行の教育制度では私達は「科学技術とは」について学習することはほとんどない。

このテキストは上記の観点から始まり、最後に私達がどう振る舞えるのかについて述べていることが序論から理解できる。筆者は環境教育においても、科学の本性をわきまえた上で、科学的合理性を伴った民主的な行動について言及すべきと思う。

#### 4-3 本研究におけるSTS教育の枠組みと

##### How can we be sure? の内容構成

図3に前章で述べたSTS教育の4つの項目とHow can we be sure?の目次構成との対応を示した。

##### 4-3-1 科学と生活の観点

科学と生活に関連する内容はテキストでは1章と6章で触れている。どのような問題点が指摘されているか本文を見てみよう。

「(前略)新しい技術の導入が私たちの生活様式に影響を与えたりして問題が生じたときにはいつも、科学の専門家が呼ばれて意見を求められる。私たちは信頼できるアドバイスを必要とするのである。(中略)このような専門家の意見がいつも全く確実なものであれば良いのだが、残念なことに、専門家の意見がしばしば食い違うことは余りにも明らかなことなのである。」

環境問題としては地球温暖化問題がこの好例といえよう。確実なことは大気中の二酸化炭素濃度が上昇していることと工業化社会が進展し化石燃料の消費が増加していることだけである。両者の

因果関係は必ずしも明かではなく、二酸化炭素濃度と温暖化現象の因果関係も立証されていない。しかし一方ではその因果関係を主張する科学者がいるのである。そのような場合に科学の非専門家（一般市民）に危険が及ぶことがしばしばある。科学と生活に関連した講義ではその根底にある問題意識はテキストに書かれているとおりでである。その意味では科学と生活という項目の抽象的意義

る。重要な点はある前提の可否は帰属する社会によって決められることである。従って社会が異なれば前提が受容されないこともある。本文では宗教の前提、数学の前提、法律を前提とすることの可否を挙げ、このことに具体的に言及している。そして2章で観察から一般化すること、つまり科学的手法と呼ばれる帰納法について述べている。帰納によって得られた理論（すなわち科学的理

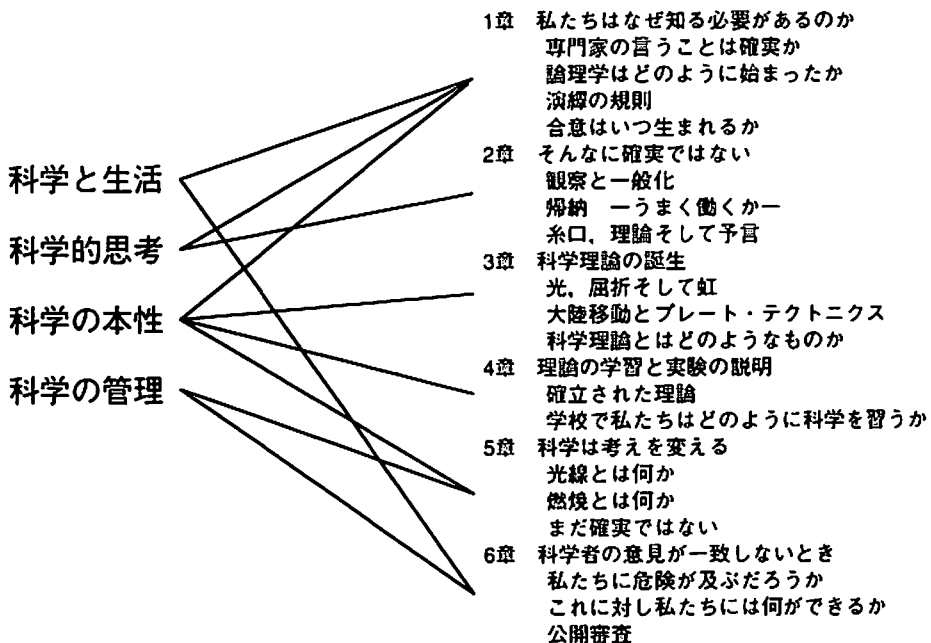


図3 STS教育を構成する項目と How can we be sure? の目次との対応

はこの記述で十分である。しかし、科学技術が日常生活の基盤となっていることを現実的な事例により示す必要があろう。SISCON in Schoolsでは事例に原子力問題、人口問題など日々の生活から離れた大きな問題を取り上げる傾向にある。日常生活に視点をおいた科学と生活との関係を、筆者は産業の発展と家庭の機械化との関連から理解を促している。

4-3-2 科学的思考の観点

テキストでは1章の後半と2章で科学的思考について触れている。まず論理学の基礎である演繹と帰納に堪えうる前提の難しさについて述べてい

論)は決して完全ではないが、その理論を前提とし演繹することが科学には認められており、これが科学的予言である。

筆者は教育実践において科学的あるいは論理的と呼ばれる演繹と帰納を説明した後、日常の言説の思考上の科学性や論理性を議論している。例えば「蛇口をひねれば水が出る」ことをどうして知っているのか。このことを説明しようとする時、この行動は科学的思考を十分含んでいることがわかる。つまり科学的思考という観点から日常の知識も科学的なのである。そして知識の前提を議論すると多くの場合、前提を前提とすることの



難しさを学習者は理解する。前提の受容は科学者集団が科学理論を受容することと類似しており、科学の本性と関連している。

科学の専門家も日常知識と同様、不完全な理論から演繹によって意見を述べるので、意見が異なることがある。不完全な科学理論がなぜ前提となりうるのか。それは議論をしている社会の合意によって決まるのである。閉じた社会での議論は前提に合意して行なわれているので問題はないが、環境問題のように複数の社会間で議論が行なわれる場合、前提が共有されていないことがある。言い換えれば価値観の異なる社会間では前提が異なることがある。このようなとき異なる「科学的意見」が出される。なぜ異なる科学的意見が存在しうるのか。このことはSTSでも重視される科学の本性といえる。

科学で用いる演繹や帰納といった思考法をSTS教育では明示する必要のあることがテキストの分析より理解できる。それは日常の知識と科学知識はどちらも思考上科学的であることを理解し、両者を区別しているもの、すなわち科学の本性へと学習を進めるためといえる。

#### 4-3-3 科学の本性の観点

科学の本性は科学の管理を考える上で非常に重要な項目である。テキストでは1章で合意について触れ、3章から5章にかけて詳細に科学の本性を説明している。テキストの半分以上を科学の本性に割いていることから、その重要性は理解できる。3章では論理学が予測をするために利用できることを光の屈折とプレート・テクトニクスを例に説明し、科学理論の形成過程を検討することにより科学者集団内の合意について説明している。

4章では確立された科学理論の普及を学校の役割と関連させている。学校では理論を徹底的に教えられるので、理論を絶対的に正しい理論として受容するようになることが述べられている。その結果、科学が日常における観察の無意識な尺度になっていることも指摘している。これは観察の理論負荷性を扱ったものである。

5章では、ある時代に受け入れられていた科学

的知識も、決して確実ではなかったことを光線と燃焼とを例に示している。さらにエアゾールによるオゾン層の破壊を挙げ、現代（筆者注、1983年当時）の科学理論も頻繁に考えが変わっていることを述べている。

筆者は科学の本性を授業で展開する場合、テキストのように科学理論の変遷を利用するよりも対立する科学理論を用いている。それは筆者がテキストよりも強い相対主義の立場であることに依拠するものである。そして科学の管理に誘導するため産官学における科学研究費について触れることにしている。この点は筆者とテキストで最も異なるものである。

テキストにはパラダイムという言葉は使用されていないが、テキストの主題は明らかにパラダイム論を基礎とする科学の本性である。パラダイム論は科学者集団の性格を議論したものであるから、仮説形成における帰納的飛躍や前提の不確実性はそこには含まれない。筆者は科学者集団の合意形成過程を科学の本性として扱っているのでテキストよりもパラダイム論にそくしていると評価できる。

#### 4-3-4 科学の管理の観点

科学の管理の観点から最後に6章では民主主義に則った私達の取りうる行動について触れている。そして行動の前提を「私たちが専門家以上によく知ることはとてもできそうにはない」とした上で、専門家の意見が異なる場合の対処を示している。テキストには

「私たちの社会で科学をどのように利用することが望ましいか、についての私たちの意見を表明するあらゆる権利を私たちは持っている。まず私たちは、専門家やそれ以外の人達から議論している双方の意見を聞く必要がある。そうすると、一方の行動方針が他方より優れていると強く感じることがあるだろう。さてそこで何ができるだろうか？」

と書かれている。

そしてさらに社会的に意見を言う方法、三点を例示している。それは「地方選挙と国政選挙で投

票できる」、「地元選出の国会議員に手紙を書くことができる」、「地方政治にもっと関心をもつこと」である。そしてこうした事柄に付随するものとして「候補者の開く会合に出席して、候補者の見解と当選すれば何をするかと直接尋ねること」、「陳情すること」、「地方議員に手紙を書いたり、新聞に投書したりできること」を挙げている。

以上のことを日本にあてはめてみると、テキストに書かれているように「誰が私の言うことなど聞いてくれるだろうか」と思うのが一般的であろう。しかしテキストには、

「これは民主主義のポイントである。誰もが自分の意見を聞いてもらう権利をもつが、決定するのは多数派でなければならない。皆さんと同じように感じている人々が他にも沢山いるかもしれない。」

と書かれている。

筆者は日本でも国民の審判を受けた環境政策や科学技術政策があって良いように思う。制度的には国民の意思を反映しているといえるが、そのような実感を持つ国民は少ない。国民の政治への無関心というのも問題である。政治の重要な目的が税の配分であり、科学技術の振興に直結する産業政策や文教政策に多額の税が使われている。つまり科学技術に対する税の配分に関心を持ち、政治参加することは科学技術を社会的に管理することにつながる。それは環境問題の根本に国民の意思を反映することになる。筆者は科学の管理をこのように考えており、テキストの分析からも十分妥当な考えであると思う。

#### 4-4 価値観教育としての環境教育とSTS

管理するという視点から個人が判断に必要な情報を入手できることも重要である。そのためには情報公開制度のより一層の充実が望まれる。さらに個人が公開された情報に接する努力も期待される。受動的な情報の摂取はそれ自身が価値統制されている場合が多いので、自身の価値観の形成と共に多様な価値を認識する必要がある。STS教育では能動的に情報を獲得することを重視している。

科学の管理として「意見を表明する」ことは環境教育が価値観教育であるということに関連がある。ベオグラード憲章にも記されているように環境教育は教育の成果として環境に配慮した行動を要求している。通常の教育では行動を要求することはほとんど無く、この点に環境教育の特殊性がある。そしてこの場合の行動には環境観とも呼べる価値観に根ざした行動が求められている。それゆえ環境教育が価値観教育とも言われるのである。またここでいう価値観教育とは、一定の価値を持たせるのではなく、多様な価値に気づき、その中から自分の態度や行動を規定する価値を選択することである。知識は受容されるものではなく、構成されるものであるという構成主義の立場に立てば、価値観も構成されるものである(von Glasersfeld, 1991)。構成主義的な教育として、質的質問法による教育が提唱されている(Lythcott, 1990)。質的質問とは所謂「5W1H」的質問のことである。質的質問に答えは与えられていないので、自分の考えを述べなければならない。その意見表明をすることが価値観教育といえよう。またSTSも質的質問を重視する。つまり、テキストの質問も真偽を問うものはほとんどなく、多くは質的質問である。以上のことから、価値観教育という観点からもSTSは環境教育に有効である。

#### 5. 環境教育としてのSTS教育の実践とその分析

筆者はSTSやSISCONを知る以前から、ほぼこれらの基本的な考え方と同様な考えで、機会あるごとにSTS的な環境教育を実践してきた。ここ2, 3年はSTS教育の理論を精緻化し、より体系的に教育実践を行っている。ここでは筆者が行った教育実践を踏まえ、教育実践上の問題点について述べる。筆者は1992年4月から7月にかけて東京工科専門学校自動車マーケティング科における技術マネジメント論の講義の中で本研究の枠組みにそった授業を行った。学級構成は1学級46名であり、学習者は高等学校を卒業した直後の18歳男子が主である。そこでは先に述べたSISCONを参考にし、松原・大辻(1991)、大辻・松原(199

1) の実践に政治参加の問題を考慮した授業を展開した。実際の授業の日程と内容を表1に示した。

表1 授業の日程と内容 (1992年4月から7月にかけて実施)

回数	実施日	内容
1	4月17日	導入, 科学技術時代(科学と生活)
2	4月24日	科学的思考
3	5月01日	多様な研究者とその評価(科学の本性)
4	5月08日	自動車の開発, 製造そして消費(科学と生活)
5	5月15日	オイルショックと排気ガス規制(科学の管理)
6	5月22日	産官学における科学研究費の流れ(科学の管理)
7	5月29日	体制化した科学(科学の本性)
8	6月05日	科学の制度化の歴史(科学の本性)
9	6月19日	生活に浸透した科学(科学の管理)
10	6月26日	KJ法による科学の理解(科学の本性)
11	7月03日	脳死, 臓器移植, 自動車事故(1)
12	7月10日	脳死, 臓器移植, 自動車事故(2)

授業の分析に用いたデータは以下のものを用いた。第1に講義後に必ず提出させた授業に対する感想文である。これは授業に関して自由に記述させ、学習者の授業への反応を知り、授業にフィードバックさせた。第2に12回の授業終了後に行った意識調査である。これは授業者である筆者の実施した授業から得た印象を確認するために行った。この2つを主に分析データに用いたが、授業の様子を確認するため授業を収録したビデオを適宜参考にした。

以下に述べる考察は授業実践における科学と生活, 科学の管理に関するものである。科学的思考, 科学の本性に関しては既報の研究と同様に明確な効果が確認されたのでここでは省略する。

### 5-1 学習者の日常における科学技術意識

授業展開において、当初、最も困惑したのは科学と技術、あるいは科学と工業製品に関連性を明確に見いだしているものがほとんどいないことであった。例えば授業後に必ず提出してもらった授業感想に、第3回目までの授業範囲である科学技術の二面性, 科学的思考, 科学者とその環境までで「技術を管理することと科学は関係があるのか」とか「自動車と科学は関係があるのか」と書かれたものが約1割あった。過去の教育実践から日常生活において科学と技術の関係、あるいは科学と工業製品の関係を自覚化している学習者が少ないことを筆者は認識していた。しかし授業の導入を

含め3回までの授業の後でもこの様な記述をし、授業の意図を把握していないことを明示されたことはなかったのである。

表2 受講以前の科学と技術, 科学と製品の関係についての意識(人, ( )内は%)

	全く関係なし	大体関係なし	ある程度関係あり	強く関係あり	考えたことがない
科学と技術の関係をどう考えていたか	4(9)	8(18)	17(38)	13(29)	3(7)
科学と身の回りの製品の関係をどう考えていたか	4(9)	4(9)	24(53)	12(27)	1(2)

表2に講義全体の終了後に行った学習者達の意識調査の結果を示した。この表から学習者のうち2割から3割は科学が日常生活と関係がないと認識していることが読み取れる。さらに強く関係ありと考えている者は3割に満たない。つまり7割以上の学習者は科学と日常生活の関連を余り認識していないのである。このような状況が一般的なものかどうか不明であるが、大学などで同様の講義を行っているものに状況について尋ねたところ、この結果は妥当なものであるという結論に至った。この結論は筆者の認識を大きく変えるものであった。それは過去の筆者の教育実践が主に理科系の大学生や大学進学を前提としている比較的学力の高い高校生を対象にしていたためであろう。

講義による言語的理解とさらに学習意欲を学習者に求めることの困難をこの時点で感じたのでビデオ教材を用い、これまでの復習を試みた。映像資料の内容は、自動車開発と科学技術者(富士重工業, 1991)、自動車製造と科学技術(東映, 1986)、自動車の二面性(東京放送, 1992)の3つである。自動車開発と科学技術者では様々な分野の科学技術者(科学技術)が自動車開発に関与していることを説明した。自動車製造と科学技術では工場がいかに科学的に管理され、大量生産を可能にし、経済にも競争力をつけているのかを説明した。そしてそのようにして開発、製造された自動車が生活を豊かにすると共にその反面、排気ガス問題などの社会問題を引き起こしていることを説明した。

この視聴覚教材を用いた授業から得られた知見を述べる。学習者が製造業における科学技術者の

存在についてほとんど認識していないことである。筆者は科学技術者とその環境の授業で、大学で科学技術者を養成し、様々な科学技術の分野があり、その分野に対応して科学技術者の様相も異なることを講義している。講義前の調査から学習者の科学技術者像が「白衣を着て眼鏡をかけ、試験管や三角フラスコを扱っている人」であることはわかっていた。そのため授業後に「科学技術者にもいろいろな格好をしていて、いろいろな研究があることがわかった」という感想がでることは予想できた。

しかし、この段階で教師として筆者が認識不足であったことがある。それは学習者が多様な科学技術あるいは科学技術者像を認識できたことと、その科学技術や科学技術者が日常生活に関係しており、さらに大学で専門教育を受けた科学技術者が産業部門に就職し産業科学技術を発展させていることを認識していることとは別であることである。このことを筆者が認識したのは授業後の感想文の多くに「自動車の開発や製造に大学にいるような科学技術者が関係しているとは思わなかった」と書かれていたからである。つまり大学あるいは大学院で科学技術を学び科学技術者になり、養成された大半の科学技術者が企業で製品開発の研究に従事しているとは学習者は認識していなかったのである。筆者の担当している学生達は表2から示唆されるように自動車を科学技術の成果として強く認識しているものは3割に過ぎず、その科学技術の担い手についてはほとんど認識していないといえる。

自動車は現代文明の象徴の一つであろう。そして現代文明の根底にあるのは科学技術である。環境問題、あるいは環境教育を現代文明の問題として捉えるべきという主張がある(鈴木, 1991)。この主張を受け入れた教育をするためには現代文明の表象である工業製品と科学技術の関係を認識していなければならない。この関係を一般的に認識されていると考えていたのが筆者の誤解であった。

このような誤解は現代社会における自動車等の科学技術の成果に対する受容性を科学技術活動の理解と筆者が同義としていたことにある。科学技

術が進歩し文明が発達するほど、科学技術の成果に対する受容性は強いが科学技術活動そのものに対する興味は持たない人々の増加が実証的に指摘されている(小林, 印刷中)。無批判に科学技術を消費してしまう危険性のあるこのような人々を小林は「文明社会の野蛮人」と呼んでいる。冒頭にも述べたように、筆者の環境教育は科学技術のあり方を問うことを根拠としている。この教育観による教育活動が成立するためには教師および学習者が互いに文明社会の野蛮人であってはならないのである。

## 5-2 科学の管理の理解

もう一つビデオ教材を用いた授業から得られた興味ある知見について述べる。自動車の二面性を示す教材としてメキシコシティの排気ガス問題についてのビデオを見せた。ビデオの内容は公害のひどさとともに、テレビ等のマスメディアで毎日取り上げられるほどの社会問題となっていることを示すものである。授業後の感想文のうち、このビデオについて日本との比較として書かれてあるものにはほとんど全て「日本もあんなってはいけない」とか「日本も将来同じ様になってしまうのではないか」とあった。このことはかつて日本でも自動車の排気ガスが社会問題化し、世界一厳しいと言われる排気ガス規制が実施され、現在に至っていることを学習者が知らないことを意味する。学習者のほとんどが1973年生まれであり、この年に排気ガス規制が実施され、オイルショックが起きている。つまり学習者の成長過程は公害が社会的に解決されていく過程と時期を同じにしている。学習者が成長し、社会に対して認識を持つころには公害は社会的には解決していたのである。このことを考慮すれば学習者がかつての排気ガス公害を知らなかったことは理解できる。

公害教育という言葉が教育現場から消失したとはいえ、「公害、光化学スモッグ、排気ガス、オイルショック」という言葉自体は環境教育としてその連関を含め知っておく必要がある。このことを理解させるため当時の新聞から関連記事を選び、学習者に提示した。当時の新聞にはメキシコ

シティと同様、連日、排気ガス規制に関する記事、オイルショックに関する記事が各新聞に掲載されている。これらの記事を示し、排気ガス規制とオイルショック以降の設備投資との相乗効果により当時の公害問題は解決したのだと説明した。新聞記事の発行年と学習者の生誕年が重なるため、学習者には鮮明な印象を与えたようであった。

筆者の STS 教育の立場からは次のことを強調した。それは当時の公害問題の解決過程がきわめて政策的な社会的意思決定であったということである。排気ガス規制も設備投資もどちらも個人的な試みではなく、社会的意思決定なのである。社会的に決定された事柄に対しては個人の嗜好に関わらず個人は従う必要がある。ただし社会的な意思決定には個人の意思が十分に反映されている必要があろう。筆者は民主主義においては社会的意思決定は政治として行われると考える。そして政治参加の基本は選挙における投票なのである。数年後に選挙民になる学習者に対し、このことを今から考えてほしいと述べた。

## 6. 結論と今後の展望

筆者の提唱する STS 教育は環境問題の解決のため、環境教育を科学技術の管理という視点から実践するものである。その枠組みを構成する項目として科学と生活、科学的思考、科学の本性および科学の管理を取り上げた。これら 4 項目の妥当性を示すため、4 項目と SISCOON テキストの How can we be sure? とを比較した。テキストはこの 4 項目に関連した内容から構成されていたが、本研究ではテキストよりも個人生活と科学技術の関係を強調していることが指摘できる。

この枠組みに従った教育実践を通じ、より強調しなければならないことは科学が個人の生活に深く関連していることであった。学習者の 7 割は科学と生活に強い関係があるとは思っていなかった。本研究で科学と生活について個人レベルでの問題意識の喚起を意図したことはこの点で評価できる。科学の管理という視点を教育活動に導入するためには、前提として科学と生活の関係について自覚的に認識する必要がある。科学の管理に必要な知

識として科学的思考および科学の本性を理解することはたやすい。しかし、科学と生活の関係を認識していなければ、それは単なる知識でしかなく、科学の管理という視点は身につかないように思う。

科学技術時代において個人は単なる科学技術の消費者であるだけでなく、科学の管理者でなければならない。個人が科学技術の単なる消費者であるうちは環境問題は解決されない。科学技術が体制化され、社会の重要な位置を占めている以上、その管理は民主的に個人の意志を尊重しつつ、社会的に行うべきであろう。

自然に対する科学的な探求を發展させても、環境問題の解決にはつながらない。自然を対象にした経験学習によって自然に対して興味、関心をいだいた人を環境問題の解決に方向づけるためには STS は充分機能すると思う。なぜなら個人の行動には生活習慣によるものと社会的決定によるものがあり、従来の環境教育は前者を意識したものであり、STS は後者を意識したものであるからだ。環境問題の解決にはどちらの個人の行動も重要であり、その意味において STS は経験学習と補完しあいながら環境教育をより充実したものにできるのではないだろうか。

## 謝辞

本論文の執筆にあたり、東京工業大学工学部社会工学科原科研究室のゼミナールにおいて STS 教育と社会的意思決定との関係に関して有益な助言を戴いた。ゼミナールを主宰され、懇切のご指導を戴いた原科幸彦助教授に心から拝謝する。村山武彦博士ならびに博士課程に在籍する森下英治氏、朝倉暁生氏に対し改めて感謝の意を表する。

## 〔注〕

なお本論文において科学、科学技術、技術という語を明確には区別していない。それは現代的な意味において、科学と技術の現状を考慮すると科学と技術を区別することは余り意味は無いからである(村上, 1986)。そのため筆者は本論文において科学技術を用語として主に用いているが、文脈

によっては科学を使用していることもある。ところで環境問題の多くが科学技術の発達とその利用に起因しているというのが筆者の立場であるが、筆者が本論文で問題としているのはまさに、科学と技術が融合した現代的な意味での科学技術である。

### 引用文献

- 阿部 治 (1990). 環境教育年表. 第3回清里環境教育フォーラム報告書「自然が兄弟」, 140-142.
- 富士重工業 (1991). The Story Behind the SVX. 20分. 富士重工業 (株).
- 原科幸彦, 前澤新 (1987). 小学校児童の環境教育のための基礎的研究—川崎市におけるケーススタディー—. 第22回日本都市計画学会学術研究論文集, 43-48.
- 小林信一 (印刷中). 「文明社会の野蛮人」仮設の検討—科学技術と文化・社会の相関をめぐって—. 研究・技術・計画, 6, 3.
- 熊野善介 (1991). STSアプローチと環境教育—アメリカ合衆国の最近の理科教育の動向その1—. 科学教育研究, 15, 2, 68-74.
- Lythcott, Jean and Duschl, Richard (1990). Qualitative Research : From Methods to Conclusions. Science Education, 74, 4, 445-460.
- 松原克志, 大辻 永 (1992). KJ法を応用した科学の理解. 日本科学教育学会研究会研究報告, 6, 5, 27-28.
- メディア・インターフェイス編 (1990). 地球環境情報1990—新聞記事データベース, 第31章環境教育, 402-406. ダイヤモンド社.
- 諸橋清一 (1983). イギリスの大学教育 SISCON Project について. 科学教育研究, 7, 3, 113-120.
- 村上陽一郎 (1986). 技術とは何か, pp208. NHK ブックス, 日本放送出版協会.
- 中島秀人 (1991). 新しい科学技術論の動向—新分野 STS の成立—. 日本物理学会誌, 46, 5, 403-405.
- 小河原孝生 (1990). 環境教育の目標段階と自然解説施設の展開に関する計画論的考察. 日本環境教育学会創立大会発表要旨集録, 44.
- 大島順子 (1991). 専門学院における環境教育プログラムの実践に関する研究. 日本環境教育学会第2回大会研究発表要旨集, 39-40.
- 大辻 永, 松原克志 (1992). 高等学校における科学社会的 STS 教育の実践—科学技術時代をいきる—. 日本科学教育学会研究会研究報告, 6, 5, 29-34.
- 斉藤久美子 (1990). 練馬区における環境教育啓発事業. 環境教育学会創立大会発表要旨集録, 41.
- Solomon, Joan (1983). How can we be sure?, pp40. Basil Blackwell Publisher.
- 鈴木善次, 原田智代, 玉巻佐和子 (1990). 環境教育と STS 教育との関連性についての諸考察. 大阪教育大学紀要, 39, 1, 85-94.
- 鈴木善次 (1991). 子どもたちに人間の持つ可能性と限界を考えさせる—文明論の視点からの環境教育—. (財) 日本地域開発センター編「子供達に対する環境教育の充実に関する体系的調査報告書」, 178-180.
- 東映 (1986). 自動車生産のしくみと進んだ技術, 20分. 東映 (株).
- 東京放送 (1992). エコ'92 警告:クルマが環境を破壊する. 東京放送.
- 宇井純編 (1985). 技術と産業公害, pp182. 国際連合大学.
- von Glasersfeld, E. (1991). Constructivism in Education. In ; Lewy, Arie (ed.) The International Encyclopedia of Curriculum. Pergamon Press. 32-33.
- 渡辺正雄 (1978). 新しい科学教科書 SISCON について. 物理教育, 25, 1, 25.