

STS 科学教育論に関する一考察

— 科学の社会的側面を中心に —

中山 玄三

A Study on the Educational Theory to Interrelate Science, Technology and Society

— Focus on the Social Aspects of Science —

Genzo NAKAYAMA

(Received September 1, 1998)

During recent decades the interrelationships of science, technology and society have become an area for academic research. These interrelationships have been conceptualized and studied from two perspectives: science policy studies and social studies of science. Each of these approaches has parallels in Science, Technology and Society (S-T-S) education. The parallel to science policy studies is an approach to S-T-S education based on social issues and deals with specific topics or problems in science, technology and society. Another approach parallels the social studies of science and deals with social aspects of science by using the perspectives of other disciplines to study the interactions among science, technology and society. The social aspects of science approach is most often found in the form of goals and objectives for S-T-S education in general, while the social issues approach is very predominant in S-T-S curricula. The implications of two approaches for the on-going discussion in the literature about the domain of S-T-S education and its relationship to science education are explored in this paper.

Key Words: S-T-S education, social aspects of science, social issues

1 はじめに

現代社会においては、科学や技術が人間の日常生活に密接なつながりを持ち、科学がもたらす多くの複雑な社会問題が生じている。このような状況のもとで、すべての人々が、「科学 (Science) - 技術 (Technology) - 社会 (Society)」のかかわりについて理解し、そのうえで、科学の知識を用いることにより、責任ある市民として問題解決のための意思決定に参加できるようになることが、未来へ向けた望ましい科学教育の在り方であるという主張がある。一般教育として、すべての人々に、このような科学的素養を育成することを目標とした STS 科学教育論が、近年、アメリカやイギリスを中心とする先進諸国において興隆している。

アイケンヘッド (Aikenhead, 1980) は、社会および個人にとって適切な科学教育課程とは、将来科学を生み出す科学者となる生徒に対してではなく、科学の成果や所産を利用する一般市民となる生徒に対して適切なものでなければならないと論じている。このような一般教育としての意義と価値は、これまで幅広く一般に認められてきてはいるが、STS 教育は、それが学際的性格をもつがゆえに、むしろ、従来の科学教育に付与された代替的な立場に留まざるをえない傾向にあ

ることを、フェンシャム (Fensham, 1988) は指摘している。

本稿では、まず、学術研究領域および科学教育論としての STS を捉え、科学と社会の関係を中心とする STS 教育方法の現状と問題点を、主に、アメリカにおける文献をもとに探る。次に、科学観および科学教育論を巡る対立論争をもとに、科学教育の社会的適切性という観点から、STS 科学教育で考慮すべき点について考察してみたい。

2 学術研究領域としての STS

学術研究領域としての STS は、中島 (1990) によれば、「科学や技術の社会的側面についての人文・社会科学的研究・教育であり、現代社会で大きな役割を果たす科学技術を、歴史、哲学、社会学、政策学、経済学、法学等々の側面から分析し、その健全な運用について研究・教育するもの」である。ギボンズとガメット (Gibbons & Gummett, 1987) は、STS という学問分野では、科学と社会が常に複雑な相互作用を通してお互いに形成しあってきたということを共通の認識基盤とするものであると指摘している。科学が社会的、経済的あるいは政治的な制度の中で発展してゆくものであるという考え方は、科学的知識の特性をどう考えるのかという新たな科学観に基づくものである。これまでの伝統的科学観では、科学が没価値的な知識や宇宙の真理を生み出す純粋な知的活動であると捉えられ、科学的知識の自律性・中立性が重んじられた。しかし、クーン (Kuhn, 1970) によるパラダイム論を契機に、科学史、科学哲学、科学社会学などの科学の科学、いわゆるメタサイエンスの立場からの諸研究が発展し、新たな現代的科学観が構築されるに至った。このように、伝統的科学観から現代的科学観へと転換してゆく流れの中で、科学-技術-社会の相互関連についての学術研究領域が出現することになった (大洲, 1991)。

3 科学教育論としての STS

科学-技術-社会を結びつける STS 教育は、中島 (1990) によれば、「現代社会における様々な問題の大部分が科学や技術と密接な関連をもつという認識に立ち、そのような観点から科学や技術をみる眼をすべての人々が持つべきであるという問題意識から、科学、技術及び社会の相互関連を教育内容として一般教育に位置づけようとするもの」であると捉えられている。

このような STS 教育思潮は、科学教育の社会的適切性に関する議論から発展したものである。例えば、アメリカでは、1970 年代に、科学と社会のつながりに関する理解を重視した科学教育論が、従来の一部エリートを対象とした科学者の育成を目指し、純粋科学に重きを置く学究中心主義の科学教育論に対する批判の中に顕著に見られる。バイビー (Bybee, 1979) は、学究中心の科学教育では生活に関連した内容があまり取り扱われず、教育の適切性と社会的責任を欠くものであると批判したうえで、複雑な社会問題や環境問題に対処するためには科学教育の幅広い捉え方を必要とすることを指摘した。メステーン (Mesthene, 1970) は、科学や技術に関する知識が応用される方法、並びにそれらが社会環境・自然環境に及ぼす影響に注意を向ける必要性を指摘した。バーニー (Barney, 1977) は、社会環境・自然環境との相互作用によって生じる人間の社会的問題を中心にした科学教育を導入すべきであると主張した。さらに、1980 年代初頭までには、児童・生徒を取り巻く社会が科学や技術を志向する社会へと変化し、科学や技術に関連した社会問題が一層

深刻さの度合いを増し、従来の伝統的科学教育が批判を浴びる中で、科学、技術及び社会の相互関連に関する理解を一層重視した STS 教育思潮が台頭してきた。

STS 教育は、すべての生徒が、科学－技術－社会の相互関連を理解し、現代の社会・技術・政治的文脈において科学的素養のある市民として民主的な意思決定に積極的に参加できるような社会的能力を獲得することを目標とするものである。

4 STS 教育の方法

(1) STS の学術研究と STS 教育の方法

近年、科学、技術と社会の相互作用が学術研究の対象となり、その主要な研究分野として、科学政策研究と科学の社会学的研究がある (Spiegel-Rosing, 1977)。前者の科学政策研究は、資源の管理、エネルギー保存、人口成長、原子力などのトピックを含む課題志向の研究分野であり、後者の科学の社会学的研究は、科学社会学や科学哲学などの他の学問領域から科学に論及する研究分野である。

このような STS の研究分野を、ローゼンタール (Rosenthal, 1989) は、STS 教育の方法に対応付け、STS 教育の領域と科学教育の関係について論じている。科学政策研究に対応する STS 教育のアプローチは、「社会問題 (Social Issues)」を中心とするものであり、科学、技術と社会に関連する特殊なトピックや問題が扱われる。他方、科学の社会学的研究に対応する STS 教育のアプローチは、科学、技術と社会の相互作用を学習するために、他の学問領域を用いるものであり、ハードとギャラガー (In Klopfer, 1968) は、これを「科学の社会的側面 (Social Aspects of Science)」と総称している。ハードとギャラガーは、科学の社会的側面に関連する目標として、①科学の社会的・歴史的発展、②現代科学の精神、③科学の社会的・文化的関係、④科学の社会的責任の 4 つのカテゴリーを示している。科学の社会的側面は、また、オグデンとジャクソン (Ogden & Jackson, 1978) が定義するところの科学の審美的・人文学的、哲学的、社会学的、経済学的、政治学的側面としての「文化的意識目標 (Cultural Awareness Objectives)」に類似するものである。ローゼンタール (Rosenthal, 1989) は、科学の社会的側面として、哲学的側面、社会学的側面、歴史学的側面、政治学的側面、経済学的側面、人文学的側面の 6 つを挙げている (表 1. 参照)。

(2) STS 教育方法の現状と問題点

ペニック (Penick, 1986) は、アメリカにおける最近の STS プログラムを概観し、社会問題中心のアプローチが、STS コースやモジュールに顕著に見られることを報告している。イエーガー (Yager, 1986) も、同様に、アメリカにおける STS 教育プログラムのすべてが、社会問題を中心に組織されているという共通のアプローチを採用していることを指摘している。他方、科学の社会的側面を重視したアプローチは、STS 教育の目的・目標の議論 (Miller, 1984; Lucas, 1981; Zeidler, 1984) において顕著に見られるが、教育課程および教科書においては、明確に強調され、具体化されたものがあまり見られないことを、ローゼンタール (Rosenthal, 1989) は指摘している。

社会問題中心のアプローチと科学の社会的側面を重視するアプローチのそれぞれの長所と短所について、ローゼンタール (Rosenthal, 1989) は次のように論じている。

- ①社会問題中心のアプローチでは、社会問題自体が日々刻々と変化するのに伴い、その社会問題を中心とする STS 教育は常に更新されなければ時代に対応しないものとなりがちである。

それに対して、科学の社会的側面を重視したアプローチは、STS教育のより包括的な一般的枠組みを提供するものである。科学、技術と社会の関係一般について基礎的理解をもつ人は、未来の社会問題により良く対処できることが期待できることから、STS関連の特殊な社会問題を中心とする教育は、このような未来展望からすれば、長期的には適切ではないかもしれない。

- ②科学の社会的側面を重視したアプローチは、科学教育の範囲を逸脱したもの、あるいは科学教育の領域と対立するものかもしれない。社会問題を中心とするアプローチが、従来の科学教育の応用として、その延長線上に位置付けられるのに対して、教育を組織化するための原理としての科学の社会的側面を重視したアプローチは、教育課程の革新的な再編成を必要とするものであるため、現行の科学教育課程とは両立できないものかもしれない。
- ③両者を統合したアプローチでは、STS教育の様々な方法が考案されるが、最も可能なモデルとしては、科学の社会的側面に関する幅広い目的を期待される成果として掲げ、その目標達成のために、教育内容として社会問題を扱うというアプローチが、実際上実施可能な方法として考えられよう。

表 1. 科学の社会的側面 (Rosenthal, 1989)

1 哲学的側面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 科学哲学 (特に、認識論、倫理学) ・ 社会が科学哲学に影響を与える方法 ・ 科学的発見が社会に与える影響 ・ 科学者の社会的責任
2 社会学的側面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 科学の専門家集団の社会学 ・ 科学や技術が社会に与える影響 ・ 社会が科学や技術の発展に与える影響 ・ 社会的問題を解決するための科学や技術の応用の可能性と限界
3 歴史学的側面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 科学や技術の歴史 ・ 科学や技術が歴史の流れに影響を与える方法 ・ 歴史上の出来事が科学や技術の発展に与える影響
4 政治学的側面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 科学や技術、一般大衆、政治と法体系の相互作用 ・ 科学や技術に関する意志決定 ・ 科学や技術の政治的利用と誤用 ・ 科学や技術と国家防衛 ・ 国際政治
5 経済学的側面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経済状況と科学や技術の相互作用 ・ 科学や技術が経済発展に寄与する貢献 ・ 科学や技術に影響を与える経済的要因 ・ 科学や技術と工業 ・ 消費者中心主義 ・ 科学や技術における雇用
6 人文学的側面	<ul style="list-style-type: none"> ・ 科学や技術の審美的、創造的、文化的側面 ・ 科学や技術が文学・芸術に与える影響 ・ 人文学が科学や技術に与える影響

5 STS 教育を巡る論争

(1) 科学観を巡る論争と科学教育論

STS 教育運動は、科学教育の捉え方に新たな立場を求めようとするものである。このような動向の中で、特に、科学の性格 (Nature of Science) に関する捉え方を中心とした論争がこれまで続いている (Good, Kromhout, Lawson & Renner, 1985; Bybee, 1985)。フレミング (Fleming, 1988) は、科学の特性に関する論争が物的世界の特性に関する捉え方の対立から始まったことを指摘し、実証主義的立場 (positive position) と構成主義的立場 (constructivist position) からの捉え方を対比している。実証主義的立場からの捉え方では、感覚や感覚を高める道具によってすべての人々が接近することができる唯一の認識可能な外的世界が存在することを主張する。他方、構成主義的立場からの捉え方では、科学的知識が生産されるのは、単なる実験の成果というよりはむしろ、主として、科学者同士の複雑な社会的相互作用の所産であることを主張する。

前者の実証主義的立場は、いわゆる伝統的科学観に基づく捉え方であり、このような捉え方は、多くの実験中心の科学教育課程の哲学的基盤をなすものである。他方、後者の構成主義的立場は、主に、科学社会学の研究成果からの現代的科学観に基づく捉え方であり、知識の生産における社会的・文化的要因に科学教育の重点を置こうとする STS 教育論の理論的根拠となるものである。このような 2 つの科学観の違いを認識することが、STS 科学教育を論ずるための理論的基礎として重要であるように思われる。

(2) 学究中心科学教育論と学際的科学教育論の対立

STS 教育は、ほとんどの STS 課題が伝統的な自然科学の専門分野を横断する複数の科学の領域を含み、科学の社会的側面が社会学、経済学、政治学などの自然科学以外の社会科学や人文科学の分野を含むという点で、学際性 (multi-disciplinarity) を前提とするものであることは自明である。イエーガー (Yager, 1984) は、科学教育を、科学と社会の相互作用の学習、すなわち社会が科学に及ぼす影響と科学が社会に及ぼす影響について学習する教科であると定義し、STS を全面に出した捉え方を示している。そこでは、科学技術に関連する社会問題を中心に科学教育課程を編成すべきであることが主張されている (Hofstein & Yager, 1982; Yager, 1984)。

これに対して、クロムハウトとグッド (Kromhout & Good, 1983) やグッド、ヘロン、ローソンとレナー (Good, Herron, Lawson & Renner, 1985) は、イエーガーらの STS 科学教育論が、科学の社会的・政治的側面に過度に偏重し、科学的概念や論理的思考力の育成の観点、および科学の方法の神髄である論理的構造を軽視するものであると批判している。彼らは、社会問題を中心に教育課程を編成することが、学問としての科学の構造を損なうものであると警告している。

学究中心科学教育論と学際的科学教育論は、上述したように互いに対立するものではあるが、とりわけ、STS 科学教育を確立するためには、科学の個人的・社会的側面の理解だけに偏重するのではなく、科学的概念の形成、科学の方法の習得や科学的能力・態度の育成など、科学のもつ実質陶冶的側面や形式陶冶的側面と調和を図った科学教育の目的を、一般市民が備えるべき科学的素養という観点から再構成することが重要課題であるように思われる。

6 おわりに

これまでの科学教育では、科学、技術と社会をみる眼があまりに科学や技術に偏重し、社会をその視野から除いた、きわめて一面的な印象を与えることになりがちであるという批判的反省のもとで、科学的知識がいかに生産され、それがいかに応用されるのか、その仕組みを、批判的に社会との関連において、一般市民の立場から明かにしてゆこうとするのがSTS科学教育である。そこでは、従来の伝統的科学観や、学究中心主義の科学教育思潮が問い直されざるをえない。

他方、科学の社会的側面を重視した教育では、自然科学とは異なる社会的立場から科学を捉えるという見方・考え方を必要とするため、従来の科学教育の範疇を逸脱するもの、あるいは、それと対立するものであるという見解が一方で根強く存在している。例えば、グッド、ヘロン、ローソンとレナー（Good, Herron, Lawson & Renner, 1985）は、科学と社会のインターフェイスとしての科学教育論を以下のように批判している。

『物理教育は、原子力エネルギーが社会に与える影響や、社会が原子核物理学に与える影響を学習することではない。化学教育は、化学物質の投下が社会に与える影響や、社会が化学物質を投下する者や化学薬品を合成する化学者に与える影響を学習することでもない。生物教育は、遺伝子組み替え操作が社会に与える影響や、社会が遺伝子工学に与える影響を学習することでもない。もちろん、これらの社会問題が重要ではないとは思わないが、それでもなお、これらの内容は、科学教育の本質的な部分ではない。』

実際、STS科学教育の目的・目標論においては、科学の社会的側面がしばしば強調されるのに対して、その理念を具体化するために開発された教育課程や教科書では、社会問題を中心とする教材が取り扱われているという現状がある。望ましいSTS科学教育の在り方を検討するためには、科学教育課程の社会的適切性を巡る議論を避けては通れない。これまで、STS科学教育の理念や原理に基づく必要性・必然性の議論は、幾度となく繰り返されてきてはいるが、ソロモン（Solomon, 1987）やルッパ（Rubba, 1987）らが指摘する通り、客観的に裏付けられた知識に論拠を求めた議論が比較的少ないように思われる。今後は、STS科学教育の意義と価値を裏付けるような仮説に基づく実証的研究により、その教育の可能性を明らかにしてゆく必要があることを指摘しておきたい。

主要引用参考文献

- Aikenhead, G. S. (1980). *Science in Social Issues: Implications for Teaching*. Science Council of Canada, Ottawa.
- Barney, O. G. (1977). *The Global 2000 Report to the President*. Washington, D.C.:U.S. Government Printing Office.
- Bybee, R. W. (1979). Science Education for an Ecological Society. *The American Biology Teacher*, Vol.41, No.3, pp.154-163.
- Bybee, R. W. (1985). Science Education and STS Theme. A paper presented at the 58th Meeting of the National Association for Researchn in Science Teaching. French Lick Spring, USA.
- Fensham, P. J. (1988). Approaches to the Teaching of STS in Science Education. *International Journal of Science Education*, Vol.10, No.4, pp.346-356.
- Fleming, R. (1988). Undergraduate Science Students' Views on the Relationship between Science, Technology and Society. *International Journal of Science Education*, Vol.10, No.4, pp.449-463.
- Gibbons, M. and Gummett (Eds.) (1987). 里深文彦監訳 『科学・技術・社会をみる眼』現代書館
- Good, R., Kromhout, R., Lawson, A. and Renner, J. (1985). Science Education: Definitions and Implications for

- Research. A paper presented at the 58th Meeting of the National Association for Researchn in Science Teaching. French Lick Spring, USA.
- Good, R., Herron, J. D., Lawson, A. and Renner, J. (1985). The Domain of Science Education. *Science Education*, Vol.69, No.2, pp.139-141.
- Hofstein, A. and Yager, R. (1982). Societal Issues as Organizers for Science Education in the 80s. *School Science and Mathematics*, Vol.82, pp.539-547.
- Khun, T. (1970). 中山茂訳『科学革命の構造』みすず書房
- Klopfer, L. E. (1968). Teaching Physics for the 21st Century: Science and Its Cultural Context. *School Science and Mathematics*, Vol.68, No.5, pp.353-360.
- Kromhout, R. and Good, R. (1983). Beware of Societal Issues as Organizers for Science Education. *School Science and Mathematics*, Vol.83, pp.647-650.
- Lucas, K. B. (1981). Science Curriculum Objectives for the Future. *Science Education*, Vol.65, No.3, pp.317-322.
- Mesthene, G. E. (1970). *Technological Change: Its Impact on Man and Society*. New York: New American Library.
- Miller, R. M. (1984). Science Teaching for the Citizen of the Future. *Science Education*, Vol.68, No.4, pp.403-410.
- 中島秀人 (1990). 「私の STS 観」 *STS Network Japan News Letter*, No.3.
- Ogden, W. R. and Jackson, J. L. (1978). Secondary School Biology Teaching, 1918-1972: Objectives as Stated in Periodical Literature. *Science Education*, Vol.62, No.3, pp.291-302.
- 大洲隆一郎 (1991). 「STS 理科カリキュラムに関する基礎的研究 I - STS 教育運動 についての科学的考察 -」 *日本理科教育学会研究紀要* Vol.31, No.3, pp. 37-47.
- Penick, J. E. (1986). A Brief Look at Some Outstanding Science, Technology, Society Programs. In Bybee, R. Ed. *Science-Technology-Society 1985 NSTA Yearbook*. Washington, D.C.: National Science Teachers Association.
- Rosenthal, D. R. (1989). Two Approaches to Science-Technology-Society (S-T-S) Education. *Science Education*, Vol.73, No.5, pp.581-589.
- Rubba, P. A. (1987). The Current State of Research in Precollege STS Education: A Position Paper. *Bulletin of Science, Technology and Society*, Vol.7, No.1/2. pp.248-252.
- Solomon, J. (1987). Research on Students' Reactions to STS Issues. A paper presented at the Fourth International Symposium on World Trends in Science and Technology Education, Kiel.
- Spiegel-Rosing, I. (1977). The Study of Science, Technology and Society (SSTS): Recent Trends and Future Challenges. In Spiegel-Rosing, I. and de Solla Price, D. (Eds.) *Science, Technology and Society*. Albany, New York: The University of the State of New York The State Education Department.
- Yager, R. E. (1984). Defining the Discipline of Science Education. *Science Education*, Vol.68, No.1, pp.35-37.
- Yager, R. E. (1986). To Start an STS Course in K-12 Settings. *Bulletin of Science, Technology and Society*, Vol.6, No.283, pp.276-281.
- Zeidler, D. L. (1984). Moral Issues and Social Policy in Science Education: Closing Literacy Gap. *Science Education*, Vol.68, No.4, pp.411-419.