

# 科学リテラシー形成に関する基礎的研究

— 科学リテラシーを巡る科学教育論を中心として —

中山 玄 三

## Basic Research on the Development of Scientific Literacy

— Educational Thought Related to the Scientific Literacy —

Genzo NAKAYAMA

(Received May 23, 1994)

Today, once again, significant attention is directed toward the question, "What is scientific literacy?" The historical evolution of its meanings can be found, closely related to the aims on which prevailing educational thought put emphasis, in the United States. Five major meanings of scientific literacy in history are, (1) to be learned, (2) familiarity with and understanding of science, (3) scientific concepts and process of science, (4) understanding of the relationship between science and society, and (5) understanding of the interaction among Science, Technology and Society (S-T-S).

In recent debate on scientific literacy, two overstated positions are seen; one emphasizes discipline-centered science for the smallest proportion of the population and the other to multi-disciplinary science for all citizens in general education. Recent efforts in defining S-T-S literacy suggested by the report, "Science for All Americans" (AAAS, 1990), can be seen as the concept reconstruction of scientific literacy as representing a balance among a variety of otherwise competing goals of science education.

Development of scientific literacy is not a new goal. To attain such a goal of science education in the present context, other than as a slogan, the multiplicity of meanings attached to it needs to be recognized. In addition, each meaning needs to be examined in terms which clarify the attendant value position and educational thought. The multidimensional nature of scientific literacy requires the fundamental notion of a "balanced" science curriculum.

**Key words :** Scientific Literacy, Philosophy of Science Education

### はじめに

今日の科学技術の進歩と経済の発展は社会の各方面に大きな変化をもたらしている。このような変化へ対応するため、学校教育においては、国民として必要とされる基礎的・基本的な教育内容とは何か、国民的教養とは何かということを見直す必要性が認められつつある。科学教育においても、同様に、すべての国民に必要とされる科学的な基礎教養、すなわち、「科学リテラシー (Scientific Literacy)」とは何かということが再考されてきている。

エイギン (Agin, 1974) は、多くの人々が科学リテラシーの意味を適切に定義しないままにその用語を使用していることを批判し、多くの定義を包括的に捉えるための基準となる枠組みの必要性を指摘している。また、クラグリー・スモルスカ (Krugly-Smolka, 1990) は、科学リテラシーの定義のしかたが様々であり、それらの多くは科学リテラシーを備えた人が示す行動のリストから成る操作的定義であるが、必ずしもすべてを網羅するものではないことを指摘している。

さらに、ベイカーとピバーン (Baker & Piburn, 1991) は、新しい科学教育課程の計画には、科学的リテラシーとは何かという明確な概念規定を必要とする旨を指摘している。そもそも、科学的リテラシーは、古くより議論されてきているものであるが、時代、社会的背景、文化などの違いにより、また、科学教育思潮が依拠する原理の違いにより、様々な定義がなされてきている。

そこで、本稿においては、主としてアメリカを中心とする文献をもとに、まず、科学的リテラシーの定義の典型的類型を捉え、科学的リテラシーの意味の変遷を科学教育の歴史から概観することにより、科学的リテラシーとは何かという概念規定の問題に迫る。さらに、アメリカにおける1980年代以降の科学的リテラシーを巡る最近の議論を取り上げ、それに関わる科学教育論の特質について論じてみたい。

## I 科学的リテラシーの定義の類型

「科学的リテラシー」という用語は、科学とは何か、また、一般市民にとって科学は何を意味するのかという根拠に基づき、これまで様々な概念構成のもとで用いられてきている。そもそも、リテラシーは、一般に、「学識・教養があること」とミニマム・エッセンシャルズとしての「読むことと書くこと」を意味する。

### (1) リテラシー一般からの科学的リテラシーの定義

科学的リテラシーの定義として、リテラシー一般と関連付けた定義がある。科学的リテラシーの最も単純な意味は、科学および技術に関する用語の理解であり、これは、ヒルチ (Hirsch, 1987) が定義する文化的リテラシーの構成要素のひとつである。最近では、キャノンとジンクス (Cannon & Jinks, 1992) が、文化的リテラシーという観点から一般的な科学的リテラシーの内容を定義し、科学教育の内容として、①物理科学 (物理・化学) と数学、②地球科学、③生物科学、④医学、⑤科学技術の5つの領域を示している。

また、3Rsを中心とした言語による説明能力と数的処理能力として、科学的リテラシーを捉える定義がある。例えば、シャーン (Shahn, 1988) は、「科学的リテラシーを備えた人は、未知の現象を言語の枠組みに関連付け、標準的な言語を用いて説明できる能力を必要とする。さらに、特定の分野では、比例や統計の初歩的原理に基づく基礎的な数量的処理能力を必要とする」と捉えている。

さらに、日常生活における機能性を重視した機能的リテラシーとして定義される科学的リテラシーは、自分や家族の世話をしたり、コミュニティの意思決定に参加する目的で、新聞・雑誌やテレビ、職場での科学的情報を理解し、分析し、応用できるような知識・理解を意味する。例えば、レイチャード (Reichard, 1985) は、「科学的リテラシーを備えた人は、客観的で、オープンマインド、探究心旺盛である。新聞やテレビなどのメディアを通じた科学に関連する情報を解釈するための知識と探究能力を持つ」と捉えている。科学的リテラシーを獲得する目的は、科学に関わる生活上の問題を理解し、その解決のために適切な方略を見出すことである。

### (2) 科学教育の目標としての科学的リテラシーの定義

科学的リテラシーは、伝統的に、科学的概念形成、科学の過程の理解、科学の特性についての洞察などの科学教育の目標と関連付けられてきた。また、科学的リテラシーとして、市民のための科学的アイデアを含めた定義がある。さらに、科学的リテラシーを構成するものとして、科学と社会のつながりに関する内容を含めた定義がある。例えば、倫理と科学の特性、科学に関する

概念的知識、科学と技術や科学と人文学のつながりなどがその構成要素として含まれる。

これらの科学的リテラシーの構成要素を包括的に捉えようとする試みがなされている。ガルシア (Garcia, 1985) は、科学的リテラシーの記載的定義を分析し、その構成要素として次の4つのカテゴリーを示した。

- ①科学の基礎的知識
- ②科学の探究的特性
- ③科学の思考過程
- ④科学・技術・社会の相互関連

また、シャンペーンとクロッパー (Champagne & Klopfer, 1982) は、科学的リテラシーの構成要素として次の5つを挙げた。

- ①科学の重要な事実、概念、原理、理論に関する知識
- ②日常生活場面への科学的知識の応用
- ③科学的探究の過程を用いる能力
- ④科学の特性、科学—技術—社会の関連についての一般的な考え方の理解
- ⑤科学に関する学識のある態度と興味

最近では、AAAS (1990) が、『すべてのアメリカ人のための科学』の中で、科学的リテラシーを次の6つの構成要素から成るものとして定義している。

- ①創造的思考力・合理的思考力
- ②倫理的・道徳的判断のための価値観と態度
- ③環境と地球社会との相互依存関係についての理解
- ④全体論的思考力 (Holistic Thinking)
- ⑤問題解決のための科学的概念、事実ならびに原理の応用
- ⑥科学的機器の操作と情報伝達

## II 科学的リテラシーの意味の変遷

### (1) 学識・教養 (1880年代～)

科学的リテラシーの概念が生れたのは、特定の専門的学問領域と文化一般との関係が議論されるようになったことによる。1880年代、ハックスリー (Huxley, 1898) が自然科学と技術との関連を強調したとき、科学的リテラシーは学識として捉えられた。そこでは、科学的リテラシーが教養があることを意味するならば、伝統的文学・芸術の分野において基礎的知識を有する個人を教養を備えていないと捉えることは不合理であると考えられたからであるとスノー (Snow, 1959) は説明している。

### (2) 科学についての理解 (1930年代～)

科学的リテラシーを備えた市民の育成に関する議論は、1890年代初頭にはあまり強調されなくなったが、1930年代に再びその議論が持ち上がった。デューイ (Dewey, 1934) は学校外の一般大衆のための教育として科学を位置付ける理論的立場を示した。それ以後、科学的リテラシーを備えた市民の育成の必要性が再び教育界で説かれるようになった。当時は、科学的態度、科学の過程についての理解が科学的リテラシーの中心であった。

### (3) 科学的概念と科学の方法 (1960年代～)

有能な市民の育成のための一般教育に関する議論は新しいものではないが、アメリカで科学的リテラシーという用語がしばしば用いられるようになったのは、特に、科学教育による有能な人材の育成が強調された1950年代後半から1960年代であるとエイギン (Agin, 1974) は指摘している。この時代の科学教育は、基本的に、教科の学習は学問の論理的構造に基づくべきであるという考え方に依拠するものであった。合理的な科学的思考の基礎として、現代自然科学の概念と科学の方法としての認知能力が強調された。例えば、SCISの開発者であるカープラスとシアー

(Karplus & Thier, 1967) は、科学的リテラシーを科学的概念の機能的な理解として捉えた。また、レナーとスタッフォード (Renner & Stafford, 1979) は、科学的内容を科学の過程と関連付ける能力として捉えた。

### (4) 科学と社会のかかわりの理解 (1970年代～)

1960年代、科学と社会のかかわりに関する理解を含む科学的リテラシーの捉え方も一方ではあった。例えば、NSTA (1964) は、「科学的リテラシーを備えた人は、科学の社会的役割を知り、科学が存在する社会的背景を正しく認識し、概念の発明と探究の方法を知っている。また、科学と社会の相互関連、科学者をコントロールする倫理、科学の基本的概念や科学と人文学との相互関連を含む科学の特性を理解する」と定義した。また、ゲートウッド (Gatewood, 1968) は、「科学技術志向の社会では、すべての児童・生徒に、科学の方法、科学の所産、科学の特性、科学の社会に及ぼす影響についての幅広い科学教育を与えるべきである」と指摘した。

1970年代には、科学と社会のかかわりに関する理解が一層強調されるようになり、科学的リテラシーの概念を拡張すべきであるという主張が打ち出された。例えば、バイビー (Bybee, 1979a) は、学究中心 (Discipline-Centered) の科学教育では生活に関連した内容が取り扱われず、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なら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があることを指摘した。さらに、バーニィ (Barney, 1977) やスペスとエドムント (Speth & Edmund, 1981) 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。そこでは、科学的リテラシーは、科学・技術・社会に関する問題解決を意味するものとして捉えられた。

### (5) 科学—技術—社会の関連の理解 (1980年代～)

1980年代以降、科学—技術—社会のつながりという科学の社会的側面が一層強調され、STSリテラシーという概念が提唱される一方で、いくつかの批判も見られ、今日に至っている。アメリカでは、ハームスとイエーガーによる研究 (Harms & Yager, 1981) と NSTA 声明 (1982) を契機に STS 科学教育が盛んに議論されるようになったとレボウィッチとハドソン (Hlebowitsh & Hudson, 1991) は指摘している。STS 科学教育論の中心的な特徴は、科学的知識と科学の過程を社会的問題に応用することである。

AAAS (1990) による STS 科学教育運動である “Project 2061” は、『すべてのアメリカ人のための科学』に示された理念を具体化しようとする代表的なものである。そこでは、個人が、主要な科学的理論の深い概念理解と科学の方法を獲得し、科学的な態度を獲得するとともに、科学的知識を自己および社会のために活用する態度を獲得することの重要性が強調されている。

アメリカにおける1980年代以降の科学教育改革では、12年間の学校教育を修了するまでに、すべての生徒に科学的リテラシーを獲得させるという目標が掲げられている。このような最近の改

革の試みが成功するかどうかについて、ライゼン (Raizen, 1991) は、そのひとつの障壁として、科学的リテラシーとは何かという統一見解がないことを指摘している。シャモス (Shamos, 1988) は、定義される科学的リテラシーが科学教育の適切な目標かどうかについて合意が形成されていないことを指摘している。また、シャンペーン、ロビッツとキャリンガー (Champagne, Lovitts & Calingerm, 1989) は、教師、教育行政官、学術研究に携わる科学者、産業労働者、大学生などの異なる集団で、科学的リテラシーの意味についてその概念の捉え方が様々であることを報告している。

このように、科学的リテラシーの概念が明確に定義されないままに、異なる根拠に基づき、様々な立場で、科学教育改革に関する主張がこれまでなされてきている。

### III 科学的リテラシーを巡る科学教育論

#### (1) 学究中心の科学的リテラシーの捉え方に対する批判

科学と社会のかかわりに関する理解を科学的リテラシーとして捉えようとする動向は、特に、学究中心の科学教育論に対する批判の中に顕著に見られる。学究中心の科学教育では、民主社会において必要とされる科学的リテラシーをすべての若者に獲得させるという教育目標を十分に達成されえないという批判がある。例えば、ハード (Hurd, 1984) は、「学究中心の科学教育は、科学的イリテラシー (Scientific Illiteracy)、すなわち、科学・技術に関連する個人的・社会的問題を認識できず、正しく解釈できない生徒を生み出すものである」と批判した。また、ダッシュ (Duschl, 1988) は、中等教育段階の科学教育が、専門的な科学的知識を無批判で教える結果として、科学に関するイデオロギーを軽視し、自然科学の専門分野を横断する科学的精神や幅広い科学的教養を軽視するものであると批判した。

このような流れの一貫として、科学的知識や科学の方法を社会的問題の解決と意思決定に役立てることを重視した科学的リテラシーの捉え方がある。ジェームス、シュミットとコンリー (James, Schmidt & Conley, 1974) は、人々に科学的内容を伝達することのみならず、科学の過程を社会的問題に応用することができるような有能な市民の育成をめざすべきであると主張した。また、バーマンとラッシュ (Barman & Rusch, 1978)、スタール (Stahl, 1979)、バイビー (Bybee, 1979b) らは、科学・技術に基づく意思決定が社会に重要な影響をもたらすことを共通に指摘した。イオジ、チュウとマウル (Iozzi, Cheu & Maul, 1979)、シャンペーンとクロッパー (Champagne & Klopfer, 1982) は、科学的リテラシーを備えた市民を、責任のある意思決定者、有能な問題解決者、未来を予測し判断のできる人として捉えた。

最近では、科学—技術—社会の相互関連についての理解を重視した STS リテラシーの主張がある。ホフステインとイエーガー (Hofstein & Yager, 1982) は、科学と社会のインターフェースとしての科学教育論を提唱した。彼らは、1960年代の学究中心の科学教育と対比しつつ、「最近の社会的関心事は、科学的啓蒙 (Scientific Enlightenment) のための科学教育である。重要な科学的知識は、社会的問題を解決するために役立つような適切な知識である。(中略) 科学教育の目標を、科学、技術と社会の相互関連から設定すべきである。」と主張した。さらに、ホフステインとイエーガー (1982) は、科学教育課程の内容を社会的問題を中心に組織すべきであるという立場を主張した。このことが、最近の STS リテラシーを巡る議論の契機となった。

## (2) 科学の社会的側面に偏重した科学的リテラシーの捉え方に対する批判

ホフステインとイエーガー (Hofstein & Yager, 1982), イエーガー (Yager, 1984) らが主張する科学と社会のインターフェイスとしての科学教育論に対して、グッド、ヘロン、ローソンとレナー (Good, Herron, Lawson & Renner, 1985) は、科学教育の社会的・政治的側面を過度に強調し、心理学的側面を軽視するものであると批判した。彼らによれば、「科学教育における中心的関心事は、子どもの科学の学習を手助けするために、科学者および一般人がいかに科学を学ぶのかについてより良い理解を得ることである。科学教育研究の主要な関心事は、社会・政治志向の科学者でない人々によって捉えられる科学ではなく、科学者が捉える科学を人間が学習することを促すことである。すなわち、人間がいかに思考し、学習するのかということを理解することが重要である。」と論じた。レナー (Renner, 1982) は、「科学教育の目標は、学校に就学する生徒に対する科学の教育である」と指摘した上で、科学教育でも、また、どの教科の教育でも、論理的思考力 (Reasoning) の育成が重要な目標であると主張した。

また、クロムハウトとグッド (Kromhout & Good, 1983) は、社会的問題を中心に科学教育課程を組織すべきであるという主張に対して反論した。彼らは、「基礎的な科学の学習の一貫として、動機づけのために社会に関連した問題を取り上げること」には異論を示していないが、社会的問題を中心に教育課程の内容を構成することが、科学の構造を欠き、科学の基礎を養う教育課程にはならないと批判した。文化としての科学・技術の基礎を理解することが市民にとって必要であることを根拠として、科学の方法と科学の統一的な理解が重要であると主張した。

さらに、科学の方法としての認知能力が、学習課題のみならず、一般的な場面での問題解決に転移可能であるということを前提とし、高次の認知能力の獲得とその応用を目標とし、多様な科学・技術に関連する文脈において学習の機会を積極的に提供しようとする立場がある。例えば、パディラ (Padilla, 1990) は、プロセス・スキルの重要性について、①生活の場への一般化が可能なこと、②科学の特性および真の科学者の活動を反映すること、③論理的思考力の発達を促すことの3つの根拠を挙げた。

## (3) バランスを重視した科学的リテラシーの捉え方

このような対立する議論の中で、バイビー (Bybee, 1987) は、科学の社会的側面が過去 20 年間軽視されてきたことを指摘し、科学教育の目標論を再考すべきであることを認めつつ、その一方で、論理的思考力などの合理的思考力の育成も軽視してはならず、これら2つの目標は互いに反駁するものではないと論じている。彼は、これらの議論が、個人の思考力の育成か科学と社会の関連かのどちらか一方に論拠を置くもので、科学教育の本来の特性についての認識に欠けるものであると批判している。バイビー (1987) は、個人と社会の両者を鑑みた一般教育という立場から、科学教育の目標として、①科学・技術に関する知識、②科学・技術における探究の過程、③科学・技術・社会のつながりに関する考え方と価値観の3つを挙げ、これらを科学・技術的リテラシーの概念フレームワークとして定義した。

最近の科学的リテラシーを巡る議論の背景には、一部エリートを対象とした科学者・人材の育成を目指し、純粋科学 (Pure Science) に重きを置く学究中心主義の科学教育論と、一般大衆を含むすべての人々を対象とする科学的基礎教養の育成 (Science for All) を目指す学際的な科学教育論の対立が根底に潜んでいるものと解される。シャモス (Shamos, 1988) は、科学的リテラシーを、科学者を志望する生徒に必要とされる知識のレベルに相当するものとして捉え、すべての若者に科学的リテラシーを獲得させようとする科学教育の目標は達成不可能であると論じている。

一方、このようなシャモス (1988) による科学的リテラシーの捉え方に対して、レボウィッチ

とハドソン (Hlebowitsh & Hudson, 1991) は、科学的知識を学究中心のレベルに限定し、社会改善や社会の発展に資する科学的思考力の役割を無視するものであると批判している。フェンシャム (Fensham, 1985) は、科学的リテラシーの育成を、高等教育への準備や一部エリートを対象とする専門教育としてではなく、すべての人に共通する学習を重視した一般教育として位置付けている。彼は、社会における科学の役割という点から科学を捉え、すべての人に共通する教育課程における科学教育の役割を再考する必要性を論じている。

AAAS (1990) による『すべてのアメリカ人のための科学』の理念に代表されるように、最近の STS リテラシーの包括的な概念の再構成は、現代および未来社会のすべての構成員に必要なとされる基礎的教養という観点から、これまでの科学教育の目標論における様々な議論をもとに、それらの間のバランスを図ろうとする動向として捉えることができる。

### おわりに

今日、アメリカでは、すべての人々のための STS リテラシーを目標として、新たな国家的規模での科学教育改革運動が展開されている。翻って、わが国においては、理工系離れが深刻な社会問題として昨今取りざたされ、科学教育全体の再考を余儀なくされつつある。国民的教養としてすべての人々に必要とされる科学的な基礎教養、言い換えるならば、科学的リテラシーの育成は、日米両国共通の今日的課題として受けとめられる。そして、その目標は、一般教育としての万人のための科学教育を実現することによって達成可能であると思われる。

ここでの「科学的リテラシー」は、科学教育の歴史上、新たな理念ではなく、古来議論されてきている問題である。このような理念を実際に具体化しようとする試みにおいては、まず、科学的リテラシーそれ自体がもつ意味とその根拠となる立場や価値観を明確にする必要がある。背景となる科学教育の理念を吟味することなく、教育目標として科学的リテラシーの育成を掲げることは、目標の妥当性を不明確にするだけでなく、その目標達成は期待できないものとなる。科学的リテラシーの多元性の問題は、科学教育課程のバランスを巡る本質的な課題として捉えることができる。

### 主要引用参考文献

- Agin, M. L. (1974). Education for Scientific Literacy: A Conceptual Frame of Reference and Some Application. *Science Education*, Vol. 58, pp. 403-415.
- American Association for the Advancement of Science. (1990). *Science for All Americans*. Washington, DC.
- Baker, D. and Piburn, M. (1991). Process Skills Acquisition, Cognitive Growth, and Attitude Change of Ninth Grade Students in a Scientific Literacy Course. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 28, pp. 423-436.
- Barman, C. and Rusch, J. (1978). Bioethics: A Rationale and a Model. *The American Biology Teacher*, Vol. 40, pp. 85-90.
- Barney, O. G. (1977). *The Global 2000 Report to the President*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- Bybee, R. W. (1979a). Science Education for An Ecological Society. *The American Biology Teacher*, Vol.

- 41.
- Bybee, R. W. (1979b). Science Education Policies for an Ecological Society: Aims and Goals. *Science Education*, Vol. 63, pp. 245-255.
- Bybee, R. W. (1987). Science Education and the Science-Technology-Society (S-T-S) Theme. *Science Education*, Vol. 71, pp. 667-683.
- Cannon, J. R. and Jinks, J. (1992). A Cultural Literacy Approach to Assessing General Scientific Literacy. *School Science and Mathematics*, Vol. 92, pp. 196-200.
- Champagne, A. B. and Klopfer, L. E. (1982). Actions in a Time of Crisis. *Science Education*, Vol. 66, pp. 503-514.
- Champagne, A. B., Lovitts, B. E. and Calinger, B. J. (Eds.) (1989). *Scientific Literacy: This Year in School Science 1989*. American Association for the Advancement of Science, Washington, DC.
- Dewey, J. (1934). The Supreme Intellectual Obligation. *Science Education*, Vol. 18, pp. 1-4.
- Duschl, R. A. (1988). Abandoning the Scientific Legacy of Science Education. *Science Education*, Vol. 72, pp. 51-62.
- Fensham, P. J. (1985). Science for All: A Reflective Essay. *Journal of Curriculum Studies*, Vol. 17 (Oct.-Dec.), pp. 415-435.
- Garcia, T. D. (1985). *An Analysis of Earth Science Textbooks for Presentation of Aspects of Scientific Literacy*. Unpublished Dissertation, University of Houston.
- Gatewood, C. (1968). The Science Curriculum Viewed Nationally. *The Science Teacher*, Vol. 35, p. 20.
- Good, R., Herron, J. D., Lawson, A. and Renner, J. (1985). The Domain of Science Education. *Science Education*, Vol. 69, pp. 139-141.
- Harms, N. C. and Yager, R. E. (1981). *What Research Says to the Science Teacher* (Vol. 3, No. 471-114776). Washington, DC: National Science Teachers Association.
- Hlebowitsh, P. S. and Hudson, S. E. (1991). Science Education and the Reawakening of the General Education Ideal. *Science Education*, Vol. 75, pp. 563-576.
- Hirsch, E. D., Jr. (1987). *Cultural Literacy: What Every American Needs to Know*. Houghton Mifflin, Boston.
- Hofstein, A. and Yagar, R. (1982). Societal Issues as Organizers for Science Education in the 80s. *School Science and Mathematics*, Vol. 82, pp. 539-547.
- Hurd, P. D. (1984). Science Education: The Search for a New Vision. *Educational Leadership*, Vol. 41, pp. 20-22.
- Huxley, T. (1898). Science and Culture. In *Collected Essays*. Appleton, New York.
- Iozzi, L., Cheu, J. and Maul, J. (1979). Socio-Scientific Reasoning: A Model for Science Curricula. Paper presented at NARST, Atlanta, Georgia 1979. *Abstracts of Presented Papers, NARST*. Ohio State University: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education.
- James, M., Schmidt, E. and Conley, I. (1974). Social Issues Serve as Unifying Theme. *The American Biology Teacher*, Vol. 36, pp. 346-348.
- Karplus, R. and Thier, H. D. (1967). *A New Look at Elementary School Science: Science Curriculum Improvement Study*. Rand McNally & Company, Chicago.
- Kromhout, R. and Good, R. (1983). Beware of Societal Issues as Organizers for Science Education. *School Science and Mathematics*, Vol. 83, pp. 647-650.
- Krugly-Smolka, E. T. (1990). Scientific Literacy in Developed and Developing Countries. *International Journal of Science Education*, Vol. 12, pp. 473-480.
- Mesthene, G. E. (1970). *Technological Change: Its Impact on Man and Society*. New York: New American Library.
- National Science Teachers Association (1964). *Theory into Action*. Washington, DC. pp. 8-9.
- National Science Teachers Association (1982). *Science, Technology, Society --- Science Education for the 1980s: An NSTA Position Statement*. Washington, DC.
- Padilla, M. J. (1990). Science Activities, Process Skills, and Thinking. In Glynn, S., Yeany, R. and Britton, B. (Eds.). *The Psychology of Learning Science*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, New Jersey.



- Raizen, S. A. (1991). The Reform of Science Education in the U.S.A. *Studies in Science Education*, Vol. 19, pp. 1-41.
- Reichard, D. E. (1985). Politics and Scientific Literacy. *Education*, Vol. 106, pp. 108-111.
- Renner J. W. and Stafford, D. G. (1979). *Teaching Science in the Elementary School*. New York : Harper and Row.
- Renner J. W. (1982). The Power of Purpose. *Science Education*, Vol. 66, pp. 709-716.
- Shahn, E. (1988). On Science Literacy. *Educational Philosophy and Theory*, Vol. 20, pp. 42-51.
- Shamos, M. H. (1988). The Lesson Every Child Need not Learn. *The Sciences*, Vol. 28, pp. 14-20.
- Snow, C. P. (1959). *The Two Cultures and the Scientific Revolution*. New York : Cambridge University Press.
- Speth, G. and Edmund, M. (1981). *Global Future : Time to Act*. Washington, DC : U.S. Government Printing Office.
- Stahl, R. (1979). Working with Values and Moral Issues in Content-Centered Science Classrooms. *Science Education*, Vol. 63, pp. 183-194.
- Yager, R. (1984). Defining the Discipline of Science Education. *Science Education*, Vol. 68, pp. 35-37.