

アメリカにおける科学的リテラシー論の過去と現在

Conception of Scientific Literacy in the United States: The Past and Present

丹沢 哲郎

TANZAWA Tetsuro

静岡大学教育学部

Shizuoka University

[要約] 本稿では、アメリカにおいて 50 年近くの間議論が展開されてきた科学的リテラシー論の状況を、1960 年代、70 年代、80 年代以降に分けて、その特徴を概観した。その結果、様々な教育的・社会的な状況変化に伴って、意味内容が知識理解レベルから情意的・行動的レベルへと深化・拡張されてきたことが理解された。しかしながら、議論の過程で様々な批判的な立場も提起され、ここでは特に Shamos と Miller の所論を取り上げ、さらには科学的リテラシー論の背後に潜むイデオロギー性にも留意すべきことに言及した。最後に日本における科学的リテラシーの姿を構想するときに留意すべき点を、以上の議論をもとに提案した。

[キーワード] アメリカ, 科学的リテラシー, 歴史, イデオロギー

1. はじめに

1958 年に、科学教育の目標を示す言葉として初めて Hurd¹⁾ によって使用された科学的リテラシーという用語は、科学者・技術者養成のための専門教育として捉える立場へのアンチテーゼとして登場した。つまり、一般普通教育を担う一つの教科としての科学という立場と、専門教育としての科学という二項対立式の図式で考えるなら²⁾、科学的リテラシーという言葉は、明らかに前者の立場に立つものである。そして翌年の 1959 年、Eisenhower 大統領が指名した科学と技術者からなる委員会³⁾ が「社会的、文化的な生活を発展させるために」科学と工学の知識を使用する方法を提言する中で、「多くの国家的な決定事項に、知的で民主的な参加ができるよう」科学を理解する市民が必要であることを表明した。ここでは科学的リテラシーという用語を直接使用してはいないものの、科学的・技術的な側面を持つ社会的な事項に市民が民主的に参加できることを求めているという点で、Hurd の主張と何ら変わるところはない。ただし、アメリカのこの時代は、優秀な科学者・技術者養成を主な目的とした科学カリキュラム改革運動が始まった時期と重なり、国家機関がこのように一方で一般市民の政策参加を求めていることは、非常に興味深い。すなわち、前述の二項対立式に単純化して科学教育の流れを捉えるのではなく、常に両者の考え方が併存していることを押さえつつ、優勢な流れを捉えていく視点が必要であろう。

この時代以降、科学的リテラシーという考え方は、その意味内容を深化・拡張しながら、時代とともに現在につながっている。そこで本稿では、その時代的な変遷をもう一度捉えながら、これからの日本に求められる科学的リテラシーの姿を検討する。

2. アメリカにおける科学的リテラシー論の変遷

1) 1960年代の科学的リテラシー論

1950年代に登場した科学的リテラシーという考え方は、当初「概念形成と理解、そして洞察力といったねらいに関連づけられて」登場したとMaarschik⁴⁾は言う。そして、科学者と市民との間の意思疎通の不十分さと、科学や技術に関連した多くの社会的問題（特に公害問題）の出現、ならびに技術の持つ諸刃性等が顕在化する中、「科学を広い視野に据えて総合的に理解し、しかもその理解を基礎にして当の問題解決に主体的に取り組んでいく市民」（鶴岡，1979）⁵⁾の育成を、科学的リテラシー論者は強く求めていくことになる。

Pellaらの研究^{6), 7)}によると、1964年までに発表された科学的リテラシー関連の文献中に見られる意味内容は、大きく分けて以下の6点あるという。

- (1) 科学と社会の相互関連
- (2) 科学者の研究をコントロールする倫理
- (3) 科学の本質
- (4) 科学における基本概念
- (5) 科学と技術の間の相違点
- (6) 科学と人文の相互関連

これを見ると、この時代の科学的リテラシー論では、理解、すなわち認知的な側面が強調され、科学と技術に関連した社会的問題の解決に向けての態度やスキル、行動など、情意的・応用的な側面は視野におさめられていないことが分かる。つまり、科学教育の目標として知識・理解に関わる部分は拡張されてきたものの、そこでは科学の本質や概念の理解が重視されていた。

2) 1970年代の科学的リテラシー論

科学的リテラシーが、科学教育の目標としてその地位を確立するのは、1970年代に入ってからである。1960年代に積極的に展開されてきた科学カリキュラム改革運動のねらいは、探究学習を核とした優秀な科学者・技術者養成にあり、国の国力を高めることにその主眼があった。そうであるからこそ、連邦政府が積極的にカリキュラム開発や教師教育に力を注いだのである。しかしながら、その目的に対して一定の成果が得られ、また一方で科学・技術に対するネガティブな側面が社会に顕在化する中、このような科学教育を継続していった方がいいのかどうかという批判的な意見が急速に広がっていくこととなる。

このような声を吸収する形で、また専門家養成としての理科の役割に対するアンチテーゼとして、科学的リテラシーの考え方が広がっていく。この動きの大きさと広がりを示す例は、NSTAが1971年7月に、学会の基本声明の中で、70年代の科学教育の目標として科学的リテラシーを明確に位置づけたことに見られ、一般普通教育の目標達成のために科学教育が貢献すべきことを表明した⁸⁾。そこには、科学的リテラシーを身につけた人として11項目が定義されており、科学概念の理解や科学の本質の理解、そして探究を通じた自発的に学ぶ能力育成などと共に、以下の3つの項目が含まれている。

- ・他の人々や環境と相互作用するとき、日常的な意思決定場面で、科学概念とプロセススキル、そして価値を使用する。
- ・人間の福祉を向上させるときの科学と技術の有用性はもちろん、その限界をも認識している。
- ・科学と技術、そして社会的・経済的發展といった社会の他の側面との間の相互関連を理解している

これらの項目に加えて、「科学的証拠と個人の意見を区別する」といったPellaらの定義(2)「科学者の研究をコントロールする倫理」に該当するものもここには見られる(科学的な態度に該当するとも言える)。したがって、これらは前述したPellaらの分類(6)以外すべてに該当すると考えられるが、同時に社会生活における科学と技術の使用にも言及している。つまり、態度やスキル、行動といった領域にまで科学的リテラシーという概念を拡張しようという姿勢がここには見られる。定義のこの拡張についてAgin(1974)¹⁰⁾は、「生徒は、社会的真空の中でなく、ある社会状況の中で、科学的営為の生産物とプロセスについて気づくようにならなければならない」(p.414)と述べ、さらに科学的リテラシーを身につけた人は「相互依存的で、相互に関連した概念や方法、応用、そして社会的影響を持った活動として科学を見る人」(p.414)であると述べている。

その後、高等学校科学の履修者数の減少や、高等学校卒業要件ならびに大学入学資格要件からの科学の削減等が進むにつれ、また前述のように科学に対する否定的な見解が広がるにつれ、さらには科学的なマンパワーが必要な世界状況の変化に伴って、すべての児童・生徒のための科学的リテラシー育成が、科学教育の目標としてますます要求されるようになっていく(O'Hearn, 1976)¹¹⁾。

以上のように、科学的リテラシーの意味内容の拡張の時期として70年代を捉えることができるが、情意的・行動的側面を捉えた論調はまだ弱く、多くの研究者の科学的リテラシー論はなお60年代の捉え方を受け継いでいるものが多かった。

3) 1980年代以降の科学的リテラシー論

前述のように、1970年代に科学教育の危機的状況が指摘される中、1980年代に入ると、全米レベルで科学教育改革を求める多くの報告書類が公表されることとなる。たとえば、以下に示す報告書や書籍は、その後のアメリカ科学教育に大きな影響を与えたものとして、またその後の科学教育のあり方を提言した代表的なものとして指摘することができる。

(1) アメリカ教育省とNSF(1980)

Science and Engineering Education for the 1980s and Beyond¹²⁾

(2) NSTAのProject Synthesis(1981)

What Research Says to the Science Teacher, vol.3¹³⁾

(3) NSFの政策決定機能を担っているNational Science Boardに設置された委員会Commission on Precollege Education in Mathematics, Science, and Technology(1982-1983)

・Today's Problems, Tomorrow's Crises¹⁴⁾

・A Revised and Intensified Science and Technology Curriculum Grades k-12 Urgently Needed for Our Future¹⁵⁾

・Educating Americans for the 21st Century¹⁶⁾

(4) AAAS Project 2061 (1986)

・ Science for All Americans¹⁷⁾

ここにあげた報告書類のすべてにおいて、科学的リテラシーないしは Science for All が科学教育の目標として取り上げられ、また STS テーマへの焦点化と技術の学習が提言されている。そしてその多くにおいては、さらに「科学の主要概念によるカリキュラムの統合」と「少ない概念をより深く」学習することの重要性と、意思決定活動の実践が掲げられている。具体的には、上掲書の (3) NSF からの報告書においては、科学的リテラシーの 4 つの構成要素の一つとして「行為/応用：その影響と評価の能力」が掲げられている。

このように拡張された科学教育の目標、すなわち科学的リテラシーの捉え方は、この時代の文献に非常に多く見ることができ、枚挙にいとまがない。たとえば Ramsey (1993)¹⁸⁾ は、行動的要素としての社会的責任性 (social responsibility) を科学的リテラシーの鍵要素として指摘しているし、Simpson と Anderson (1981)¹⁹⁾ は、科学的リテラシーを身につけた人の定義として 7 点をあげ、その中に以下の項目を含めて考えている。

- ・ 問題解決や意思決定,... の状況の中で、科学のプロセスを使用する。
- ・ 科学と自由社会の基礎をなす態度と価値を保持している。
- ・ 生涯にわたる学習と、より豊かで満足のいく生活につながるような科学に対する興味や関心を有している (p.6)

以上のような、1980 年代以降のアメリカ科学教育における科学的リテラシー論の動向は、1990 年に NSTA から発表された基本声明²⁰⁾ に集約されている。この声明においては、すべての子どもたちに必要な科学教育を提供する手段として S/T/S が捉えられており、その目標が科学的・技術的リテラシーにあるという論理構造になっている。したがって、科学の倫理的側面や負の側面の認識、あるいは民主主義社会に生きる将来の責任ある市民に求められる態度や行動など、機能的な知識やスキルと行動的な側面が強調されている。

このように、1980 年代以降現在まで、科学的リテラシーの捉え方は、科学そのものについての理解から「科学について」の理解へ、また単に理解し探究のスキルを身につけることから、情意的・行動的側面の重視へと、意味内容は拡張されてきた。ところが、こういった議論について、正面からでないにせよ批判的なスタンスをとる研究者たちも多く存在する。そこで次節においては、これらの議論を取り扱うこととする。

3. 現在の科学的リテラシー論に対する批判

1) Shamos による批判

Morris Shamos は、かつて NSTA の会長を務めた物理学者であり、1995 年に「科学的リテラシーの神話」²¹⁾ と題する科学的リテラシー実現の手だてに関する批判的な大著を著した。彼はその中で、科学に関連した社会問題に対して、独立して、しかも合理的に対処できる市民が現実的にはほとんどいないという基本認識を示す。そして、民主主義社会が健全に機能するためには、このような科学的リテラシーを身につけた市民が人口の 20% いれば十分であると主張する。

その根拠は、ある自治体の社会問題を審議する委員会に、市民からランダムに委員が選ばれたとする

とき、少なくとも1名あるいは2名がこのような科学的リテラシーを身につけた市民である確率計算によっている。たとえば、委員会の人数が12名で構成されるとき、市民の20%が科学的リテラシーを身につけていたとすると、そのような人が少なくとも1名入る確率が93%であり、2名入る確率だと73%になるという。これが25名という大規模の委員会になるとその確率は上がり、それぞれ99.6%、97%となる。しかも実際には、こういった委員会に選ばれる市民は、科学的リテラシーを身につけた人の割合がいっそう高いと期待されるため、市民の20%が科学的リテラシーを身につけていれば、高い確率で民主主義社会は維持されるというのが彼の主張である。

現在の科学教育における科学的リテラシー論は、このような社会的な問題だけでなく、市民がふだんの生活の中で遭遇する数々の問題に対しても意思決定ができることを目指しているため、彼の議論が直接今の議論を否定することにはつながらないが、このように現実を踏まえた彼の議論は一考に値するかもしれない。

一方で彼は、このような科学的リテラシーのレベルを「真の」科学的リテラシー（“True” Scientific Literacy）と呼び、このレベルにまで到達するにはいくつかの段階が必要であることを主張している。具体的には以下のような3つの段階を彼は想定している。

(1) 文化的な科学的リテラシー（Cultural Scientific Literacy）

リテラシーの最も単純な形で、何千もの名前、日付、場所、出来事等について知っている段階。これは単なる暗記によってたやすく獲得できるレベル

(2) 機能的な科学的リテラシー（Functional Scientific Literacy）

ある文脈の中で、科学の用語を用いて一貫した会話を言い、読み、書くことができる段階を言う。リテラシーについてのたいていの客観テストは、この種の知識あるいは想起に基づいている。

(3) 「真の」科学的リテラシー（“True” Scientific Literacy）

科学の基礎を形づくっている主要な概念スキーマに気づいており、どのようにしてそこに到達したか、そしてなぜそれらが広く受け入れられているのか、いかにして科学は乱雑な宇宙から序列を形成できたのか、そして、科学における実験の役割に気づいている人を言う。その人はまた、科学研究の要素や適切な問いの重要性、分析的・演繹的推論の重要性、論理的思考プロセスの重要性、そして客観的証拠への依存の重要性を理解している。

こういった段階設定が適切であるかどうかは別にして、ゴールとしての科学的リテラシーに到達するまでの道筋として、いくつかの段階を設定しようという彼の主張は、現実問題として極めて理にかなったものであろう。ただ彼の科学的リテラシーの定義は、段階の(3)に顕著に見られるように極めて科学中心的な捉え方であり、社会との関わりや意思決定といった場面は想定されていない。この点は他の研究者たちからしばしば批判されている。

以上Shamosの段階論を見てきたが、同じような議論は何人かの研究者によっても提案されている。たとえばBSCSのディレクターであるRodger Bybeeは、以下のような段階論を展開している²²⁾。

(1) リテラシーを身につけていない（Illiteracy）

(2) 名前を知っているだけのリテラシー（Nominal Literacy）

(3) 機能的な科学的・技術的リテラシー（Functional Scientific and Technological Literacy）

(4) 概念と方法について身につけているリテラシー（Conceptual and Procedural Literacy）

(5) 多次元的なリテラシー (Multidimensional Literacy)

ここでこれら各段階の意味について詳述する余裕はないが、Shamos の各段階と対比させるとその意味はほぼ理解できる。つまり、Shamos の (1) から (3) が Bybee の (2) から (4) に対応しており、さらに (5) は、科学をさらに哲学的・歴史的・社会的次元から見ることのできる人を指しており、Shamos のように学問的な視点からのみ科学的リテラシーを捉える立場を越えて段階が設定されている。

これら以外にも、古くは 1970 年代初頭から科学的リテラシーの段階論は登場しているが、いずれにおいても、ゴールとしての崇高なリテラシーの姿を提示するにとどまらず、そこに至る道のりを示すことによって、教授場面を想定した議論や実際のカリキュラム開発を行おうとしている。

2) Miller の立場

アメリカの北イリノイ大学の Jon Miller は、これまでアメリカ及びヨーロッパ諸国において、一般市民の科学的リテラシーのレベルを調べ続けてきた研究者として著名であり、いまさらここで紹介する必要のない科学的リテラシー論者である。科学的リテラシーを主張するときの彼の基本的なスタンスは、彼自身 Civic Scientific Literacy と呼んでいる。まずその定義については「現代の産業社会における市民として機能するために必要な、科学と技術に関する理解のレベル」²³⁾ としている。ここで重要なのは、第一に、彼は学校教育における科学的リテラシーではなく、市民が身につけておくべきレベルとしてのリテラシーを想定していること、第二に、彼は市民の態度とか行動を直接扱わず、「理解」のレベルで科学的リテラシーを捉えていることである。後者の点は、これまで本稿が述べてきた科学的リテラシー概念とは大きく異なっているが、このことについては後にその理由は論じる。

さて、続いて彼は、Civic Scientific Literacy には 3 つの次元があると言う。それは以下のものである。

- (1) 新聞や雑誌にある対立する見解を読むのに十分な、科学を構成する基本的な用語の理解
- (2) 科学的探究のプロセスあるいは科学の本質についての理解
- (3) 個人や社会に対して科学と技術が与えるインパクトについての一定レベルの理解

ところが、この第三の次元は「ある国における政策課題の違いによって、科学と技術は異なった形で市民に経験される」(p.124) ので、比較可能な形での測定は困難であることを述べ、上記 2 つの次元からなる Civic Scientific Literacy の測定の必要性を訴えている。

彼はここで、決してレベルとか段階という言葉は使わず、あくまでも「次元」(dimension) を使用する。したがって、ここで彼が言おうとしていることは、(1) から (3) に向かって順にリテラシーのレベルが上がっていくという前述のような段階論でなく、同じ Civic Scientific Literacy を身につけた人の特徴を表現した 3 つの側面なのである。

さらに彼は、別の論文で、「(上記 2 つの次元の) それぞれが、態度と行動に与える影響を調べていく必要がある」²⁴⁾ と述べ、彼は明らかに態度や行動をリテラシーと切り離して論じている。その理由は、1 つには、彼の考える科学的リテラシーが「理想的な、あるいは受容可能なレベルの理解ではなくて、最低限のレベルを意味している」²⁵⁾ からであり、もう 1 つは、彼は国際間での科学的リテラシーのレベル比較を常に意識しているからである。後者に関しては、特にヨーロッパ諸国とアメリカとの比較を積極的に進めており、その中で国際比較に使用できる評価尺度の開発を目指している。そこで、社会のあり方や、科学・技術と社会の関係が異なる国々では、態度と行動が異なるため、あえて科学的リ

テラシーの範疇から除外しているものと考えられる。

以上のように、Miller の捉える科学的リテラシーは、これまで本稿が述べてきた捉え方と大きく異なっていることが分かる。その最大の理由は、国際比較という研究上の関心の違いによるものが大きく、さらにまた、科学的リテラシーを市民が身につけておくべき最低限のレベルのものとして捉えているからである。

3) 科学的リテラシー論の背後にあるイデオロギー

長い間アメリカを中心に論じられてきた科学的リテラシーの内容やその測定、あるいはそれに基づくカリキュラム開発であったが、ChampagneとLovittsは、これらの議論の背景に、国や民族、文化などの違いによる価値観が大きく作用していることを指摘している。²⁶⁾

アメリカ科学教育における科学的リテラシーは、基本的にアメリカ民主主義社会の維持・発展を目的として論じられてきた。前述の Miller による Civic Scientific Literacy という概念はまさにそれに相当する。これまでに引用してきた彼の文献中には「科学と技術に関連した論争課題に参加できるような市民」や、「民主的な政策形成過程の中にある科学・技術政策」、あるいは「民主主義的なプロセスから科学政策を切り離そうという考え方の危険性」などの表現が随所に見られ、彼が民主主義を前提にして科学的リテラシーを論じている姿勢が読みとれる。また、「1980年代以降の科学的リテラシー論」のところで引用した NSTA の 1990 年の基本声明でも「民主主義社会に生きる将来の責任ある市民」に必要とされる資質が論じられており、これもまさにこの立場に立った科学的リテラシー論の展開例である。つまり、この立場は、アメリカ一般普通教育の目標である市民性 (Citizenship) の育成に科学教育が積極的に関与すべきという議論から来ている。

しかしその一方で、同じ民主主義社会の発展を目標としつつも、その基盤となる国家の経済的発展と関連づけて論じている立場も多く見られる。科学的リテラシー育成を掲げたナショナルレポートには、このような立場が多く見られるし、企業人による提言などには、優秀な労働力の獲得を明確に意図した議論が普通に見られる。

さらにまた、AAAS による Project 2061 のように科学者が中心になって作成されたレポートは、科学の世界の概念的な理解を非常に強調している。Miller が Shamos の立場を批判したように、これは科学的・学問的な側面を強調した立場であると言えよう。

このように、アメリカにおける科学的リテラシー論は、どのような立場に立ってそれを論じるかによって、その中身は非常に多様である。したがって、このことを無視して単純な比較をしても不毛であり、誰のための、何のための科学的リテラシーかを、常に意識して読み解いていく必要がある。

4. おわりに

本稿では、アメリカにおける科学的リテラシー論を、歴史的に、あるいは立場の違いによって整理してきた。その結果をもとに、振り返って我が国における科学的リテラシーを論じるときには、以下のような事柄に留意していく必要があるであろう。

- (1) 科学的リテラシーを身につける必要性はどこにあるのか、つまりいかなる目的や意図を持ってそれを国民に身につけさせようというのか。より直接的に表現するなら、誰のために、何のため

に科学的リテラシーを構想するのか。

(2) 科学的リテラシーの範囲を理解レベルでとどめるのか，態度や意識，行動の次元まで拡張するのか。

(3) 科学的リテラシーを最低限のレベルとして考えるのか，それとも 1 つの到達点として理想的な姿を描き出そうとしているのか。

(4) 科学的リテラシーのあるレベルへの到達を目標としたとき，その過程や段階を構想して取り組むのか。

このような事柄について十分に議論をした上で科学的リテラシーの姿を構想しないと，議論は極めて不毛なものとなりかねない。これまで日本でなされてきた科学的リテラシー論では，こういった検討が踏まえられていたのかどうか疑問である。これは今後の課題としたい。

引用文献

- 1) P. D. Hurd (1958) Science Literacy: Its Meaning for American Schools. *Educational Leadership*, 16, pp.13-16
- 2) L. E. Klopfer and A. B. Champagne (1990) Ghosts of Crisis Past. *Science Education*, 74(2), pp.133-154
- 3) President's Science Advisory Committee (1959) Education for the Age of Science. Washington, D. C., The White House
- 4) J. Maarschalk (1988) Scientific Literacy and Informal Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(2), pp.135-146
- 5) 鶴岡義彦 (1979) 'Scientific Literacy' について- 米国科学教育の動向に関する一考察. 筑波大学教育学研究集録, 第2集, pp.159-168
- 6) Pella, et al. (1966a) Scientific Literacy – Its Referents. *The Science Teacher*, 33(5), pp.44
- 7) Pella, et al. (1966b) Referents to Scientific Literacy. *JRST*, 4, pp.199-208
- 8) National Science Teachers Association (1971) NSTA Position Statement on School Science Education for the 70s. *The Science Teacher*, 38(8), pp.46-51
- 9) M. L. Agin (1974) Education for Scientific Literacy: A Conceptual Frame of Reference and Some Applications. *Science Education*, 58(3), pp.403-415
- 10) M. L. Agin (1974) Education for Scientific Literacy: A Conceptual Frame of Reference and Some Applications. *Science Education*, 58(3), pp.403-415
- 11) G T. O'Hearn (1976) Science Literacy and Alternative Futures. *Science Education*, 60(1), pp.103-114
- 12) U.S. Department of Education and National Science Foundation (1980) Science and Engineering Education for the 1980s and Beyond, Washington, D.C.
- 13) N. C. Harms and R. E. Yager (1981) What Research Says to the Science Teacher, vol.3, NSTA, Washington, D.C.
- 14) National Science Board Commission on Precollege Education in Mathematics, Science and Technology (1982) Today's Problems, Tomorrow's Crises. NSF, Washington, D.C.
- 15) National Science Board Commission on Precollege Education in Mathematics, Science and Technology

- (1983a) A Revised and Intensified Science and Technology Curriculum Grades k-12 Urgently Needed for Our Future, NSF, Washington, D.C.
- 16) National Science Board Commission on Precollege Education in Mathematics, Science and Technology (1983b) Educating Americans for the 21st Century, NSF, Washington, D.C.
- 17) J. F. Rutherford and A. Ahlgren (1989) Science for All Americans. Oxford University Press, New York
- 18) J. Ramsey (1993) The Science Education Reform Movement: Implications for Social Responsibility. Science Education, 77(2), pp235-258
- 19) R. D. Simpson and N. D. Anderson (1981) Science, Students, and Schools: A Guide for the Middle and Secondary School Teacher. John Willey & Sons Inc.
- 20) National Science Teachers Association (1990) Science/Technology/Society: A New Effort for Providing Appropriate Science for All. Washington, D.C.
- 21) M. H. Shamos (1995) The Myth of Scientific Literacy. Rutgers University Press, New Brunswick
- 22) R. W. Bybee (1997) Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practice. Heinemann, New Hampshire
- 23) J. D. Miller (1996) Civic Scientific Literacy in the United States. In Scientific Literacy: An International Symposium (W. Graber and C. Bolte eds.) IPN, Kiel
- 24) J. D. Miller (1998) The Measurement of Civic Scientific Literacy. Public Understanding of Science, 7, p.216
- 25) J. D. Miller (1996) Scientific Literacy for Effective Citizenship. In Science/Technology/Society as Reform in Science Education (R. E. Yager ed.) State University of New York Press, p.187
- 26) A. B. Champagne and B. E. Lovitts (1989) Scientific Literacy: A Concept in Search of Definition. In Scientific Literacy (Champagne, et al. eds.) AAAS, Washington, D.C., pp.1-14