

理科教育における“Nature of Science” の教授・学習の意義

—「科学的リテラシー」との関連を中心として—

鈴木宏昭

(筑波大学大学院人間総合科学研究科)

1. はじめに

昨年末に、「経済協力開発機構」(OECD)が行った「学習到達度調査」(PISA: Programme for International Student Assessment)^①の結果が公表された。この国際調査の結果は、日本の小・中学生の理科学力が国際比較という点から、低下傾向にあることを明らかにした。具体的には、平均正答率が、過去のほぼ同一の問題による比較から、有意に低下していた。しかし、国際比較という点では、参加国46カ国の中でも第6位であり、依然として日本の小・中学生の理科学力は国際比較的には高い位置を維持している。一方で、「国際教育到達度評価学会」(IEA)が行った「国際数学・理科教育動向調査」(TIMSS: Trend International Mathematics and Science Study)^②の個別の内容領域の正答率に目を向けると、「科学とは何か」についての理解状況を探る1998年のTIMSSの科学観調査の項目^③において、日本の小・中学生の正答率は、以下の表1のように日本の全体的な正答率と比べ、極端に正答率が低いという結果であった。こうした結果は、1995年の調査においても同様の結果を示しており、国際平均の正答率が62%であるのに対して、日本の生徒の正答率は、わずか27%と極めて低いという結果であった。この2回の調査結果から、日本の生徒の正解率

は、1995年から1999年の4年間で改善傾向にあるともいえるが、日本の生徒の正答率は国際平均程度であり、科学的知識などの正答率に比べ低いことが分かる。

表 1. TIMSS の科学観調査の結果

年代	1995 (全体)	1999 (全体)
日本の生徒の正答率	27%	50%
国際平均正答率	62%	48%
国際順位	13位 (3位)	11位 (4位)

こうした、日本の生徒の「科学と何か」を探る科学観調査の結果から明らかになった日本の理科学力の特徴としては、日本の生徒の理科学力が、科学そのもの (in Science) については十分理解されているが、科学について (about Science) の理解が低下しているといえる。つまり、科学をメタ的な視点から考えたりする力が不十分であるということである。このような「科学とは何か」について考える内容は、これまでの理科教育において科学論的内容と呼ばれ、一部の理科カリキュラムの中で取り扱われてきた。例えば、1960年代にアメリカで起こったカリキュラムの現代化運動において開発された PSSC などは、このような内容を導入している⁽⁴⁾。このような内容のもととなっている科学論 (Science Studies) は、主に科学哲学・科学歴史学・科学社会学の3つの学問によって構成された分野であり、「科学とは何か」、「科学が如何にして進歩してきたかの」、「科学とは如何にして成立するか」といった問いについて探究している⁽⁵⁾。この科学論の分野で探究され、導き出された成果一部が、Nature of Science (以後 NoS と略記)⁽⁶⁾ である。

まとめると、TIMSS の科学観調査の結果から、日本の生徒は、科学的知識などの概念的理解については、高い理解度を示している一方で、科学についての理解、科学論的内容についての理解、すなわち、NoS の理解が不十分であることが指摘できる。こうした日本の理科学力の特徴に鑑みると、日本においても NoS の内容を教授することを検討する必要がある

る。日本における NoS 教授の検討には、日本において教授すべき NoS の具体的内容を検討したり、NoS 教授に関わる教材や教育方法を検討したりすることが含まれる。そしてなによりも、日本の理科教育において、NoS を教授すべきかどうかの意義や価値も検討しなければならない。そこで、本稿は、現在すでに NoS を教授している欧米の理科教育の目的論、特に、近年の理科教育の目標とされている「科学的リテラシー」に関する議論を手がかりとして、NoS 教授の意義について整理していくこととする。

2. 研究の目的と方法

NoS 教授の目的論は、これまでの理科教育の目的論において、いかなる位置を占め、いかなる特質をもつものであろうか。本稿ではこの点を解明する。特に本稿では、近年の理科教育学の目的・目標とされる「科学的リテラシー」との NoS 教授の目的を比較し、その特徴を明らかにする。本稿における目的を達成するため、本稿は以下の手続きに従った。まず第一に、近年の理科教育学の目的論の議論、特に「科学的リテラシー」に関する議論を文献調査から整理する。次に、NoS 教授の意義について言及している関連論文の文献調査から、教授・学習の意義・目的を明らかにする。最後に、「科学的リテラシー」における理科教育の目的論に関する議論と NoS 教授の目的論を比較し、NoS 教授の目的論の特質を導出する。

3. 理科教育の目標としての科学的リテラシーの獲得

近年、理科教育の目的として、多くの国で「科学的リテラシー」の獲得を掲げられている。このことは、上述した PISA においても、その測定の規準が「科学的リテラシー」を身につけているかどうかである点のみでも明らかである⁷⁾。

アメリカの科学教育関係の論文では、Hurd が使用した「科学的リテラシー」という言葉がはじめて使用された⁽⁸⁾。Hurd によれば、「科学的リテラシー」論は、近代科学が西欧社会に紹介された16世紀に遡るされ、ベーコンの思想の中にすでに存在しているとされている⁽⁹⁾。また、Bybee (1997) は、ここ50年の科学教育の動向を概観した後、現代における「科学的リテラシー」の枠組みについて言及している⁽¹⁰⁾。そのほか、アメリカでは、「全米科学振興協会」(American Association for the Advancement of Science) が1985年に「プロジェクト2061」を開始し、すべての高校卒業者が科学の基本的素養を身につけているということを実現目標に、教育内容、システムなどの改善に乗り出している⁽¹¹⁾。これまでもにおいても、全米科学振興協会が作成した『すべてのアメリカ人のための科学』(*Science for All Americans*) や、その具体的な内容をも示した『科学的リテラシーのための基準』(*Benchmarks for Scientific literacy*) において、「科学的リテラシー」の獲得が求められている⁽¹²⁾。特に、『科学的リテラシーのための基準』では、科学リテラシーの獲得が、「科学に関する諸問題に対して、適切に対応するために、あるいは適切な意思決定を行うために、すべての人々が科学に対する正しい知識と望ましい科学的態度を身につけることを求めている。そして、具体的に科学の性質に関する内容としては、科学の実証性、論理性、合理性、限界などを理解することと」⁽¹³⁾ と述べられている。また、アメリカの理科教師の学会である「全米科学教師学会」(NSTA: National Science Teachers Association) も「全米科学財団」(NSF) の支援のもと、高校での理科教育改善に向けた活動に乗り出し、財団自身も、マス・メディアや地域の文化活動の中で科学を扱うことに対し財政支援を行うなど、多くの人々が科学的リテラシーを獲得するための活動を始めている⁽¹⁴⁾。

では実際に、全米科学教育スタンダードでは、「科学的リテラシー」をどのように定義しているのだろうか。全米科学教育スタンダードが掲げる未来の理科教育の理想像は、「本スタンダードは、ある行動が「科学的リテラシー」を獲得した社会の理想像にかなうのかどうかを、国家・州・

地方におけるいろいろな人々が判断するための基準を提供している」⁽¹⁵⁾と述べているように、全米科学教育スタンダードは、アメリカ国民に対して科学的リテラシーを身につけることを目的としている。そのスタンダードの中で掲げられている「科学的リテラシー」の定義に関しては、以下のよう
に言及している⁽¹⁶⁾。

科学的リテラシーとは、日常経験についての好奇心から発する問いに対して、答えを見つけたり、決定できることを意味する。そして自然現象を記述し、説明し、予測する能力を意味する。科学的リテラシーには、一般大衆紙の科学記事を理解して読むことができ、その結論の妥当性についての社会的議論に参加できるという意味も伴う。そして科学的リテラシーを身に着けた人は、国家や地域における決定の根底にある科学的課題を同定でき、科学的、技術的情報に裏づけられた立場を表明することができる。

図 1. 全米科学教育スタンダードにおける「科学的リテラシー」

全米科学教育スタンダードは、各州のカリキュラムを作成する際の一つの規準として、近年のアメリカ教育改革の中で、専門機関である、「全米研究審議会」(NRC)によって、生み出された。作成されたスタンダードは、アメリカの理科教育の未来を展望し、その具体的内容として、国民すべてが「科学的リテラシー」を身につけることを目標として位置づけている。

日本においても「科学的リテラシー」に関する議論は行われてきた。例えば、鶴岡が、「科学的な事実、概念や法則といった自然科学の成果の理解のみならず、自然科学という人間の営み全体に関わる現代人すべてに不可欠な素養」と「科学的リテラシー」を定義している⁽¹⁷⁾。また、三宅らは、「科学的リテラシー」を「従来の読み書き能力、科学的概念の理解の基礎的な能力に加えて、問題解決過程のスキルを使用する能力や科学的に判断

する能力（意思決定能力）や科学観や科学的態度の各能力」と定義し、小学校理科のモジュール開発と評価の研究や、「記述、説明、予測、及び制御」などの知的スキルに力点を置いた授業研究などを行っているという⁽¹⁸⁾。また、第3期科学技術基本計画の重要政策の中においても科学的リテラシーの獲得を意味するであろう「国民や社会に認められた科学・技術」を行うことが求められている⁽¹⁹⁾。

こうした日本における科学に対する動きに呼応してか、最近では、日本のための「科学的リテラシー」構築のためのプロジェクトも進行している。このプロジェクトは、「科学の本質、技術・工学の本質、科学・技術・工学と社会の関係」を幼児教育から大学教育にわたって大系化し、学習できるカリキュラムと、システムの構築を行っている⁽²⁰⁾。

このように、PISA といった国際学力調査の評価規準やアメリカと日本における理科教育の動向をみれば明かであるように、「科学的リテラシー」は、近年における世界の理科教育において、獲得が求められているといえる。この他、「科学的リテラシー」の定義に関する言及は論者によって多様である。しかし、それらの主張に共通していることは、科学に関する基礎的・基本的素養としてとらえていることである。

4. 科学的リテラシーの獲得の構成要素としての NoS の理解

世界の理科教育の一つの目標でもある「科学的リテラシー」は、どのような要素によって構成されているのであろうか。「科学的リテラシー」の構成要素については、PISA においても言及されている⁽²¹⁾。PISA における科学的リテラシーの構成要素に関しては、①「科学の方法」、②「科学の概念」、③「設定」という3つの観点から、科学的リテラシーを定義している。①「科学の方法」は、科学的な知識や理解を得るために、証拠やデータを用いたり、解釈したり、獲得したり、考えたりするときの心理的、物理的な行動に関する観点ある。②「科学の概念」は、「我々がすで

に知っていることを新しい経験を通して結びつけ、納得させてくれる考え
方に関する観点である。具体的には、光合成や加速度などの科学用語を理
解することである。そして③「設定」は、しばしば「文脈」や「設定」と
呼ばれるもので、現実世界の状況において能力が発揮されるかどうかを問
う能力に関する観点である。一方、『すべてのアメリカ人のための科学』、
『科学的リテラシーのための基準』や『全米科学教育スタンダード』にお
いても、「科学的リテラシー」を獲得するために、必要不可欠なものとし
てNoSの理解を掲げている。さらに、理科カリキュラムの具体的内容をも
示した「科学的リテラシーのための基準」では、その本の冒頭である第
一章にNoSの内容を規定している。

現在多くの国の理科カリキュラムにおいて、「科学的リテラシー」獲得
の構成要素の一つとしてNoSの理解が組み込まれている⁽²²⁾。このような
「科学的リテラシー」の構成要素についての言及は、1966年にPellaらが
行った研究が始まりとされている。彼らは、第2次大戦後の約20年間の文
献調査をもとにした「科学的リテラシー」に関する文献調査を行い、「科
学的リテラシー」獲得の構成要素としていくつかに分類している⁽²³⁾。その
分類によって導き出されたカテゴリーは、科学を構成する主要な概念であ
る「概念的知識」、科学的探究の方法論的側面としてのNoS、科学そのも
のの価値基準、科学的探究における行動規範としての「科学の倫理」、科
学と哲学、文学、芸術、宗教との関係である「科学と人文」、科学と政治、
経済、産業等の社会の諸側面を論じた「科学と社会」、科学と技術との関
係および差異についての「科学と技術」の6つである。このように、
Pellaは、基本的な科学概念の理解と同様に、NoSの理解を「科学的リテ
ラシー」の構成要素の一つとしたのである。最近では、Hodsonも、理科
教育の目標でもある「科学的リテラシー」の多元性を指摘し、科学的リテ
ラシーを①科学を学ぶ、②科学について学ぶ、③科学を実践する、という
3つの観点から論じている。その結果、Hodsonも「科学的リテラシー」
獲得の一部としてNoSの理解が重要であり、かの主張の②科学について

学ぶという観点の中で、NoS の理解が含まれることを言及している⁽²⁴⁾。

Pella や Hodson、さらには近年の米国の理科カリキュラムの目標と内容に関する記述からも、近年の理科教育の目的・目標論の主張において、「科学的リテラシー」の獲得が NoS の理解と関連していること、さらには、その「科学的リテラシー」獲得の構成要素として NoS の理解が含まれていることは明らかである。そこで、次節以降において、理科教育において NoS を理解することがどのような教育的意義を持つのかを明らかにしていくこととする。

5. 理科教育における NoS 理解の意義

これまで、NoS の内容を理科カリキュラムに導入する意義に関する議論は、欧米を中心に進められてきた。そこでは、理科教育における NoS の理解が、単に、科学そのものの知識の一つとして理解することではなく、科学という営みについての見方や考え方を身につけることとして捉えられてきた。そもそも、科学という営為全体は、科学的理論や法則といった知識の他に、科学の歴史や哲学などからの思想的・歴史的背景の側面、文化人類学的な見地から見る科学を創り出す人間の営為としての側面、科学の社会的要請や抑制といった社会的側面、科学を一つの文化として捉え、鑑賞するといった美や価値に関する文化的側面、などの構成要素を含んだ人間の日々の活動の一つであり、全体は科学の理論や法則といった科学的知識から直接学べるものではないと考えられている。また、理科カリキュラムに NoS の内容を導入する意義は、理科カリキュラムの目的とも深く関連し、論者によって多様である。例えば、Driver らは、理科教育における NoS の内容を理解することの教育的意義を 5 つの観点から整理している⁽²⁵⁾。彼らの主張する NoS を教授・学習する意義を論じる観点としては、①日常生活において科学を理解し、技術的な成果である製品等を取り扱うために NoS の理解が必要であるという功利的 (Utilitarian) な観

点、②社会—科学に関する問題に対して意志決定を行うために NoS の理解が必要であるという民主的 (Democratic) な観点、③現代の文化の一部として科学の価値を玩味 (appreciate) するために NoS の理解が必要であるという文化的な観点、④ NoS の理解が、社会に対する科学者たちの価値感や道徳的関与を表している科学者共同体の規範を理解することに助けるといふ道徳的 (Moral) な観点、⑤ NoS の理解が科学学習を促進するという科学学習 (Science Learning) に関する観点である。彼らは、NoS の理解が、現代社会を生きる市民になるために、科学に関するメディア情報の取り扱い方においてその情報の信憑性や妥当性を学習するために必要であると主張する。また彼らは、NoS の意味内容の中でも、「観察」や「推論」等のそれぞれの探究スキルの相違や、「理論」や「法則」の科学知識の性質の違いなど理解することから、それらのスキルや知識を用いる理科学習を促進することができるというものである。Abd-El-Khalick は、プロセス・スキルと探究活動の利用及び、科学史と科学哲学の利用などを通じて、NoS の理解を高めることができるとしている⁽²⁶⁾。NoS を理解することは、理科授業における観察や実験で必要とされるスキルの獲得に有効であるとの報告がある。さらに、実際、NoS を高めるために開発されている教育プログラムの内容を調べてみると、Leach、Osborne 等において、探究スキルについて理解している生徒は、理解していない生徒に比べ、実験における観察やモデルの生成に関するスキルを適切に獲得していたとの報告もある⁽²⁷⁾。

そこで、それら論者により意義を整理すると大きく3つの視点が導きだされる⁽²⁸⁾。これら3つの視点が提唱され、議論されている。これらは相互に関連してはいるが、強調点が異なる3つの観点である。

(1) 民主的な市民を育成するための NoS の理解

1つ目は、「民主的な市民の育成の観点」である。この観点については、Driver らが、NoS の理解が、生徒の民主的な市民性の育成へとつながる

と主張している⁽²⁹⁾。また、このような主張は、1980年代における STS 教育における意思決定能力を身につけた、市民の育成にも深く関連している。この意義は、生徒が、現在、科学と密接に関連している様々な社会・科学的 (socio-scientific) な問題に対して、適切な処理、意思決定を行うことができるように、NoS を理解する必要があるという根拠にもとづくものである。

現在の社会において、多くの政策決定は、身近なものから、国レベル、世界的レベルにまでいたるまで、常に、科学と深く関連している。そのような政策の中でなされる決定は、科学的知識や科学的根拠などが、その決定を支える要因となることが多い。例えば、エネルギー、遺伝子工学、二酸化炭素の排出に関する政策である。これら社会における政策決定をはじめとする社会・科学的な問題を取り扱う際は、それらの問題に関連した科学的知識を理解することももちろん必要であるが、理解する科学的知識が信頼できるものであるか、妥当なものであるかについて考えることは、科学的知識を理解するより重要となる。そこで、科学的知識の信頼性や妥当性を理解するために、有効な方策が、NoS を理解することという。具体的には、科学的知識がどのような根拠から成立し、そして科学的知識がどのようなプロセスを経て認められ、そして伝播したかを理解することである。このことは、NoS の内容の理解の中でも「科学や科学的知識の成立条件・過程」、さらには、「科学や科学的知識と社会の双方向的影響」の内容に該当する。

近年におけるこのような科学の動向を理解すべきとした動きは、1980年代からヨーロッパを中心とした「科学と社会」の運動が行われてきた。その運動は、現在では、科学と技術をめぐる社会の変化を踏まえて、「STS 教育」(Science, Technology and Society) と呼ばれる新しい分野へとその関心が移っている。「STS 教育」の定義は必ずしも確立されていないが、例えば、中島は、STS 教育を「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」としている⁽³⁰⁾。

90年代に入ると、政府自ら「科学の公衆的理解」活動を積極的に推進するようになった。例えば、「科学の公衆的理解の推進週間」の催しを行っている。これらの動きに対して、Millarらは、学校の理科教育においても「科学の公衆的理解」の一部として、NoSを理解する意義について主張している。その主張とは、社会・科学問題におけるメディアとの関わりに関するものである⁽³¹⁾。例えば、人々は、チェルノブイリ原発事故によって引き起こされた、人々は、生活に関連した特定の問題、たとえば、野菜の安全に関する問題について、安全かどうか明確で、科学的根拠のある情報を望んだ。しかし、科学者たちは、そのときに、放射線濃度に関して、抽象的な情報のみ提供した。Millarらは、チェルノブイリの事故後、英国新聞報道からの情報を得る際、その情報の正当性や妥当性について、市民は、与えられた情報の領域固有性や、不確実さに関する問題を認識しておく必要があることを主張している。つまり、科学者たちから提供された情報すべてが科学的根拠に基づく情報であるとは限らず、またその情報の許容範囲についても知らされていなかったのである。この事例から、科学者からの情報についての信頼性や妥当性についても考える必要性を述べ、そのために、NoSを学習するべきであると主張した。

現在の大きな流れとしては、科学技術と人間・社会との関わりのある方をめぐって、科学技術についての公衆理解増進という方針から、科学技術と社会とのコミュニケーションを図り、さらに科学技術についての意思決定に市民が参加するという方向に推移しており、情報公開、専門家の市民への説明義務アカウンタビリティの重要性が意識されるに至っているという⁽³²⁾。また、科学技術の抱える問題、例えば地球環境問題、生命倫理、国際的な科学技術に関連する摩擦等が注目されている、そのような健全な社会運営のためには、一般市民から政策決定者まで、すべての人々が科学技術に関する社会問題への関心を持つことが不可欠であることが認識され、科学技術の現実へのコミットが重視される方向へと推移している。

こうした、社会における科学の影響について理解し、適切な意思決定が

できる民主的な市民になるための NoS の理解は、科学と社会の影響について、その影響がどのようなものであうかということを理解することよりも、むしろ、影響そのものが存在することを理解することが、第一の目的となる。言い換えれば、科学に関連した社会・科学問題を理解し、解決へむけての意思決定を行うためには、まさに科学そのもの内容に関する知識を必要とするだけでなく、NoS の理解を必要とするのである。現在、社会と科学が密接に関連しあい、そして共に発展している。その中で生活していく我々にとって、科学と社会との関係、特に社会の中で発生する科学に深く関連した問題に対処する際、「科学とは何か」や「科学的とは何か」についての一定の答えを与えてくれる NoS の理解は、大きな役割をはたすことが期待できる。

(2) 科学を文化として捉え、鑑賞するための NoS の理解

次に2つ目は、「科学を文化として鑑賞する (appreciate) 観点」である。この観点は、生徒が、科学を文化の主要な業績の一つとして捉え、科学を美術の絵画や音楽のように、鑑賞したり、科学と社会や文化の双方向の影響に関する内容を理解したりすることが重要であるという主張である。このような主張は、NoS の理解に関する文脈以外でも論じられており、そうした主張は、この観点を支えるものとなる。科学を文化として捉え、鑑賞するために NoS を理解するということは、現代の文化の一つの主要な要素としての科学の価値を認めることである。

これまで、科学を文化として認識することを教授・学習すべきであるという主張は存在している。例えば、吉本は、M.I.T の Brown が、1963年に行った第2回物理教育国際学会議の「文化としての科学」と題する講演において、「最近の急速な、著しい科学の発展は、科学と文化の現象的なかわりあいを生じた。我々物理学者は、しかし科学が文化の一部であることを知っているが、一般には、そのかわりあいと同じ程度に、文化であるということを受け入れられていない」、そして、「科学が人間の考えや

信念に、重要な衝撃を与える概念体系の中のものである」ことを理解させる必要があるとの主張から、理科教育において人間の考えや信念に大きな影響を与える科学を文化として学習することを主張している⁽³³⁾。さらに、Brown は、科学の文化的価値をより明らかにするには基本的な指導法の改善が必要であると考え、教育するうえでの学習活動が、以下のように

- (1) 知識や事実を獲得すること
- (2) この知識を当面した問題に適用すること
- (3) 知識や事実の根元に深く入り込み、その中に内在する関係の基本的理解に到達し、その知識の美学的、哲学的意義に達すること

3つの段階に分けられると指摘し⁽³⁴⁾。そして、これまでは、(1)と(2)の段階までしか行われてこなかったこと、そして、今後は、(3)の段階に強く焦点を合わせなければならないと主張した。つまり、科学的知識や概念の理解のみならず、その科学的知識の背景に潜む社会・文化的要因についても考え、さらには、科学的知識の美学的、哲学的意義をも感じる必要があるということである。こうした科学を文化の一つとして捉え、鑑賞したりするための教育内容として NoS を導入することを、Driver からも主張している。彼らは、科学を文化として生徒に認識させるために、科学や科学史における主要な人物や出来事を用いて、NoS を理解させることが重要であると主張する。そのような主張が、科学の発生や進歩・発展の際の社会的コンテキストを表出させることにもつながることも指摘している⁽³⁵⁾。

(3) 理科学習を促進する NoS の理解

そして3つ目は、「科学学習の促進の観点」である。この観点は、これまでの理科教育においても「プロセス・スキル」や「科学の方法」との関連で主張されてきた。そこでは、NoS を理解することが、科学の方法論的側面を理解する上で重要な役割を果たすと考えられてきた。これまでも、こうした主張をもとに、理科カリキュラムに、特に、探究活動を中心とした理科カリキュラム NoS の内容が導入されてきている。NoS の理解

が、理科学習の促進にどのように影響するかに関しては、これまでの多くの実証的研究が行われている。そして、それらの研究は、理科学習における生徒の認識を調査しているものである。生徒の認識調査から、生徒に NoS の理解に関する認識が、理科学習の促進に対してどのように作用しているかを明らかにしている。例えば、Songer と Linn が、科学概念の学習における生徒認識を調査している⁽³⁶⁾。彼らは、熱力学の学習において、静的な科学観を保持している生徒よりもむしろ、科学知識を変化するものとして、つまり動的な科学観を保持している生徒が、理科学習においてより統合した理解を成し遂げたと報告している。

また、科学的知識のさまざまな形態や価値と同様に、科学的知識の許容範囲や限界について知ることによって、理科学習がどのように促進されたかを調査したのかである。例えば、Matthews は、理科教育における科学哲学の役割について言及している。彼は、理科カリキュラムにおける NoS の哲学的側面、具体的には、「モデル」「法則」「理論」というような語句の歴史的・哲学的意味を理解することの役割に関して言及している⁽³⁷⁾。

彼は、理科学習の中で、生徒が NoS を理解することによって、単にその語句の学問的意味を理解するだけでなく、それら科学的知識の成立過程、思想的背景を理解することができると考えている。そして、彼は、そうした科学的知識の背景を理解することが、生徒の科学学習を促進することへとつながる期待している。例えば、生徒は、原子モデル、ボイルの法則と進化の理論については、理解しているかもしれないが、法則、理論、モデルという科学的用語が何を意味しているかについて、理解していないかもしれない。それらの科学的用語の意味を理解することによって、その用語の活用法、さらには許容範囲などについても理解することができる。

6. 理科教育における NoS 教授の目的論的特質

これまで述べてきたように、欧米では NoS を理科の教育内容の一つと

して導入する意義について主張が盛んである。そしてまた、それらの意義を検証する研究も、理科学習の促進の面などで行われている。NoSを理解することは、つまり、科学の営みを理解することである。そのことは、理科という教科の中で、科学の営みに参加したり、観察したり、時には鑑賞したりする上での必要条件であり、その活動の意味をより確かなものへと変えてくれるはずである。また、近年、科学という営みを第三者的な立場から概観し、確立された知識体系としてみるだけでなく、あるときは、科学は人の創り出す音楽や芸術と同じように文化として、さらに、科学と密接に関連した社会を生きる人として、社会・科学問題に対して対処する際に、意思決定を行う一つの規準として、NoSを理解することが求められてきているのである。このような動向は上記で明らかにしたように、近年の「科学的リテラシー」の獲得の議論とも重なる部分も多く、そのような「科学的リテラシー」が世界の理科教育も目標となっていることを考慮する必要がある。NoSの理解が「科学的リテラシー」獲得の一部であり、なおかつ、「科学的リテラシー」を構成する他の要素の学習を促進したりすることも重要な特徴の一つであろう。もし、現在と同様に世界的な理科教育の目標が「科学的リテラシー」の獲得とするならば、NoSの理解、学校教育におけるNoSの教授・学習は欠かすことのできない必要不可欠な内容の一つとなろう。

こうしたNoSの教授・学習の意義に関する欧米の議論は、NoSの内容が、科学理論や法則などの科学知識を理解することから直接学べるものではなく、また、通常の理科授業から暗黙的に学ぶことでは、十分に理解することができないという前提に基づいている。

とはいえ、本稿での考究は、近年の理科教育の目的論からNoS教授の目的論の不十分さを指摘するためではない。最近の理科教育の目的もまた、本稿における「科学的リテラシー」の獲得も、現代の科学と理科教育を取り巻く状況に制約されているのであって、決してそれが科学教育の目的をとらえる絶対的な基準ではないのである。むしろ、理科教育、特に国

や学校のカリキュラムや教育内容の規定に関わる決定は、政治的闘争の結果であるとさえいわれている。しかし、現在、多くの理科教育者が、NoSの教授・学習の必要性を提唱し、NoSの教授の価値や意義に関する議論が多様に存在し、かつそれらの一部については、実証的検証されていることも考えると、これらこれまでの指摘は無視することもできないものであろう。

NoSの教授の目的論的特質としては、現代の理科教育の目標とされる「科学的リテラシー」の構成要素の多くが含まれていることが特筆されるべき点であるといえよう。つまり、NoSの理解は、「科学的リテラシー」の大部分を担っており、また、NoSの理解は、「科学そのもの」の理解、つまり科学的概念の理解も促進する。このようにして考えてみると、NoS教授は、「科学的リテラシー」を獲得するために必要であり、また現在の理科教育で行われている、通常の理科教育の学習をも促進する効果をもっている。

今後の日本の理科教育を展望する際、具体的には、理科カリキュラムを開発する際、NoSの内容が盛り込まれているかどうかを考える必要があるだろう。実際に、NoSの内容を導入した日本の理科カリキュラムを開発し、実施し、評価をおこなうような実証的な検討については、今後の課題としたい。

【註及び引用文献】

- (1) 国立教育政策研究所：『生きるための知識と技能③ OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2006調査国際結果報告書』、ぎょうせい、2008年。
- (2) 国立教育政策研究所：『TIMSS2003 理科教育の国際比較 国際数学・理科教育動向調査の2003年調査報告書』、ぎょうせい、2005年。
- (3) 国立教育政策研究所：『数学教育・理科教育の国際比較－第3回国際数学・理科教育調査の第2段階調査報告書－』、ぎょうせい、2001年。
- (4) Physical Science Study Committee, 山内恭彦 (訳)：『PSSC 物理』、岩波書店、1962年。
- (5) 例えば、村上陽一郎は、著書『科学論の名著』、中央公論社、1989年。

- (6) 日本の理科教育において、“Nature of Science”の訳語は、統一して使用されているとはいいがたい。現在もその訳語は、論者によって「科学の本質」、「科学の性質」「科学の本性」などと多様に訳されている。本稿は、“Nature of Science”の訳語について詳細に検討することが目的ではないことから、本稿における“Nature of Science”（本文ではNoSと略記）は、あえて訳さず表記することにした。
- (7) 前掲書 (1)
- (8) P.D.Hurd : Science Literacy: Its meaning for American schools, *Educational Leadership*, Vol.16, pp.13-16, 195.
- (9) 熊野善介：「アメリカやPISAでの科学的リテラシーとその日本モデル」、長洲南海男編『新時代を拓く理科教育の展望』、東洋館出版社、2006年、26-38頁。
- (10) 同上書、30頁。
- (11) J.Rutherford, A.Ahlgren : *Science for All Americans*, 1991, Oxford University Press.
- (12) American Association for the Advancement of Science : *Benchmarks for Science Literacy*, Oxford University Press, 1993.
- (13) *Ibid.*, p.104-108.
- (14) National Research Council : *National Science Education Standards*, National Academy Press, 1996. 長洲南海男監訳：『全米科学教育スタンダード』、梓出版社、2000年。
- (15) 本間政雄・高橋誠：『諸外国の教育改革－政界の教育潮流を読む 主要6か国の最新動向』、ぎょうせい、2000年、30-81頁。
- (16) National Research Council., *op.cit.*, pp.91-98.
- (17) 鶴岡義彦：「サイエンスリテラシー」、日本理科教育学界編：『キーワードから探るこれからの理科教育』、東洋館出版社、1998年、40頁。
- (18) 三宅征夫：『科学的リテラシー育成に重点をおいた理科カリキュラムの開発研究』、平成7年度科学研究費報告書、1996年。
- (19) 第3期科学技術基本計画については以下のサイトを参照した。http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/kihon/06032816/001/001/013.htm（最終アクセス：2008年9月24日）
- (20) 前掲書 (9)
- (21) 前掲書 (1)
- (22) W.McComas, J.Olson : The Nature of Science in International Science Education Standards Documents, *The Nature of Science in Science Education Rationale and Strategies*, Kluwer Academic Publishers, 1998, pp.41-52.
- (23) M, Pella, O'Hearn, G.T. and Gale, C.W. : Referebt to Scientific Literacy, *Journal of Research in Science Teaching*, 4 (1), 1966.
- (24) D.Hodson, 小川正賢監 (訳)：「科学リテラシーを考える」、『新しい理科教授学習論』、東洋館出版社、2000年、13頁。
- (25) R.Driver, J.Leach, R.Millar, P.Scot : Why does understanding of the nature of science matter?, *Young people's images of science*, Open University Press, 1996, pp.8-24.

- (26) F.Abd-El-Khalick, N.Lederman : The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.37, No.10, 2000, pp.1057-1095.
- (27) J.Leach : Students' Understanding of the Nature of Science and its Influence on Labwork, D.Psillos & H.Niedderer (eds.) : *Teaching and Learning in the Science Laboratory*, Kluwer Academic Publisher, 2002, pp.31-48. や J.Osborn : Science for Citizenship, M.Monk, J.osborn (eds) ., *Good Practice in Science Teaching*, Open University Press, 2000, pp.225-240.
- (28) 観点の作成には、大高泉 : 「理科教育の目的の分析視点に関する一考察－科学観との関連を中心に－」、『日本理科教育学会研究紀要』 Vol.32, No 2、1991年、35-46頁。や堀哲夫 : 「理科教育の目的に関わる要因とそれらの関係について」、『日本理科教育学会研究紀要』、Vol.33, No. 2、1992年、27-36頁。を参考にした。
- (29) R.Driver, J.Leach, R.Millar, P.Scot., *op.cit.* pp.91-98.
- (30) 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－」、小林傳司ほか : 『科学とは何だろうか』、木鐸社、1991年、258-259頁。
- (31) R.Miller, B.Wynne : Public understanding of science-From contents to processes, *International Journal of Science Education*, Vol.10, No.4, 1988, pp.389-399.
- (32) S. ストックルマイヤー (編)、佐々木勝浩 (訳) : 『サイエンス・コミュニケーション－科学を伝える人の理論と実践』、丸善プラネット、2003年。
- (33) 吉本市 : 『理科教育序説』、培風館、1967年、69-70頁。
- (34) 同上書、70頁。
- (35) R.Driver, J.Leach, R.Millar, P.Scot., *op.cit.* pp.91-98.
- (36) N.Songer, M.Linn. : How do students' views of science influence knowledge integration?, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.28, No.4, 1991, pp.761-784.
- (37) M.Matthews, : The Nature of Science and Science Teaching, *International Handbook of Science Education*, Kluwer Academic Publishers, 1998, pp.981-999.