

J. B. コナントによる動的な科学観の教授を目指した科学教育

—「科学の本質」概念の成立過程に位置付けて—

小林 優子

はじめに

科学が日常生活に深く浸透している今日、科学的リテラシーの育成が目指されている。科学的リテラシーの育成に寄与する科学理解のひとつとして、「科学とは何か」「科学とはどのような営みか」といった、科学それ自体の性質の理解が挙げられる。このような「科学とは何か」といった科学それ自体の性質は、「Nature of Science (以下 NOS とする)」と呼ばれており、「科学の本質」や「科学の性質」と訳される。それが意味する内容は論者によって違いがあるものの、合意が得られているものとしては、マッコーマス (W. McComas) ら (1998) によって西

項目や、カリーリック (F. Abd-El-Khalick) ら (1998) が初等・中等学校の生徒にも理解でき、彼らの日常生活にも関わりの深い科学の本質に関する内容として挙げている7項目などがある⁽¹⁾。例えば、科学的知識は絶対的なものではなく暫定的であること (科学的知識の暫定性) や、科学的知識の創出は人間の創造的な営みであること、科学は科学的コミュニティによる社会的な営みであることなどが挙げられ、科学史や科学哲学における科学の捉え方を反映している。

現在において NOS を理解すれば科学的リテラシーが身につくということとは自明とされている。ドライバー (R. Driver) ら (1996) は、NOS を理解することの意義を科学的リテラシーの機能に即して整理している⁽²⁾。そこでは、以下の5つの意義が挙げられている。それは、

欧諸国の8つの科学教育スタンダードから抽出された14

NOSを理解することによって、日常生活において科学的知識や科学的推論のスキルを用いることができるという功利的意義、科学に関する社会的な問題に対して意思決定を行うことができるという民主主義的意義、科学を現代文化の一つとして尊重することができるという文化的意義、科学コミュニティにおける道徳的責任や規範を理解できるという道徳的意義、その他の科学的知識や概念同士を関連付けて理解することができるという科学学習に対する意義の5つである。このように現在ではNOSを理解することの意義は科学的リテラシーの機能とほとんど同義として捉えられており、自明のものとして扱われている。

しかし、レダーマン (N. Lederman) (2007) が指摘しているように、NOSの理解によってこれらの意義が達成されるのかについて論じた研究はほとんど行われていない⁽³⁾。また、ホドソン (D. Hodson) (2014) によれば、現在NOSの意義に関する議論は科学的リテラシーに関する広い議論の中に取り込まれていったことによって次第に問われなくなっていくが、それ以前には議論が行われていたことが指摘されている⁽⁴⁾。このことからわかるように、現在、科学的リテラシーの育成のためにNOS

の教授が注目されているにもかかわらず、NOSの意義についての検討は不十分である。その原因の一つは、NOSの意義が科学的リテラシーとの関連で検討されるのみであり、そもそもNOSという概念がどのような文脈で、どのような意義を持って成立してきたのが十分に検討されていないことだと考えられる。そこで、本研究では、NOSという概念が生まれた文脈と当初の教育的意義について明らかにすることを目的とする。

NOSという用語が普及する1950年代以前の議論に遡ると、コナント (J. Conant) によって「科学とは何か」を理解することの意義が詳細に語られていた。齊藤(2007)によれば、コナントは科学的リテラシー概念の成立初期に影響を与えた人物の一人として位置付けられている⁽⁵⁾。またコナントは、科学史についても造詣が深く、科学史を用いた教授法である「科学事例史法」を創案した人物としても知られている⁽⁶⁾。このような教授法は、NOSの教授法のひとつとして現在でも用いられており、コナントが主張した科学理解の内容は、現在のNOSの内容と大きく重なる⁽⁷⁾。コナントはNOSという語は用いていないが、彼による議論は現在のNOS概念の成立にあたって重要な役割を果たしていると言える。そこで本研究で

は、コナントによる主張の検討を通じて、NOS概念が成立した背景と当初の意義を明らかにする。

具体的な課題及び方法は、以下の3点である。第一に、コナントが市民に対して科学理解を求めた背景を理解するために、コナントの業績と当時の科学を取り巻く政治や社会の状況を明らかにする。第二に、コナントが科学理解を求めた理由を検討することで、彼が想定していたNOSを理解することの意義を明らかにする。第三に、コナントが求めた科学理解の具体的な内容を明らかにし、彼が市民に対して求めた科学理解の内容と現在のNOSの内容との類似性を確認する。

1 コナントが市民に科学理解を求めた背景

(1) 科学行政官としてのコナントが目指した科学教育

コナントは、有機化学を専門とする科学者として1919年に母校ハーバード大学の助教授となり、1927年に教授になった後には化学部の部長も務めている。1932年には39歳という若さで、ハーバード大学の総長に就任した。また、原子力研究を推進するマンハッタン計画にも関与するなど、アメリカの原子力政策にも深く関わっており、

科学行政官とも呼ばれた。コナントは、ブッシュ(V. Bush)や軍の関係者、副大統領と並んで、全力を挙げて原子爆弾計画を推進していた科学研究開発局(Office of Scientific Research and Development: OSRD)の最高政策グループに属した。そこで彼は副長官を務め、科学者・軍人・実業家と、立場の異なる人たちをまとめて、マンハッタン計画を進めていくことに大きく貢献した⁽⁸⁾。

一方でコナントは、1941年から1946年の間、アメリカの教育政策委員会の委員も務めるなど、教育に対しても強い関心を有していた。コナントの教育への関心は一般教育全体に対して向けられていた。コナントは「自由社会における一般教育の目標に関する委員会」(The Committee on the Objectives of a General Education in a Free Society)を組織し、すべての人々のための教育を議論した⁽⁹⁾。その成果は、教育の専門家と各学問分野の専門家の多様な見解の間で成立した合意の表明として、自身も高く評価している。

コナントは、一般教育だけでなく科学教育の文脈においても注目されている。コナントが中心となり、科学を専門としない学生への科学教育を構想して作成した“Harvard Case History of Experimental Science”という

教材は、科学教育への科学史の導入として注目を集めた。科学史を導入した科学教育プログラムの草案は、1944年に行われたイェール大学での講演（テリ講演：Terry Lecture）のなかで示され、1947年に“On Understanding Science : An Historical Approach”としてまとめられた¹⁰⁾。また同じ年に、ハーバード委員会の依頼を受け、コナントの考えを具体化した一般教育としての科学に関するコースがハーバード大学に位置づけられた。このコースは、当時はコナントが担当したが、のちに、ナッシュ（J. Nash）やクーン（T. Kuhn）らに引き継がれることとなる。1952年には、“On Understanding Science”を大幅に改訂した、“Science and Common Sense”が出版された¹¹⁾。これは、“On Understanding Science”の中で大学の教員向けに書かれた教授法の部分を削除し、一般読者に科学を理解させることに焦点を絞ったもので、市民が科学について理解すべき内容が詳細に示されている。このようにコナントは、科学行政官やハーバード大学学長として、科学者や政治家をはじめとする様々な立場の意見をまとめる経験を通して、科学を専門としない者に必要とされる科学理解について考察していた。

(2) 戦後アメリカにおける科学と政治の接近

コナントが一般教育としての科学教育について主張したのは、第二次世界大戦を受けて変化した社会において、その必要性を感じたからであった。1945年から1957年までは、基礎科学重視の時代であった。そのイデオロギーを支えていたのは、基礎科学の成果として新しい概念や原理が生まれ、それが新製品・新製法の開発につながり、新たな産業が生まれることで、国の経済発展をもたらすという考えであった。当時のアメリカでは第二次世界大戦は原子爆弾により終結したとみなされ、これからは原子力の時代と言われるようになった。また、戦時中のレーダーの研究の成功も讃えられた。このように、第二次世界大戦中の軍事政策の中で科学が成功を収めたことによつて、これらを研究し開発した科学者の意見が尊重される風潮にあった¹²⁾。そのため、戦時中の軍事研究費は基礎科学に回されるとともに、科学者は政府や軍などの政策決定機構の顧問や委員となり地位と発言力を得た。朝鮮戦争や冷戦も、そのような科学者への支援体制の強化を後押しした。冷戦期においては、「軍事政策に専門的立場から助言し、協力することは、『科学者の社会的責任』である」とみなされるまでに至った¹³⁾。こうして、

政府は軍事目的としての科学研究への資金援助を拡大し、科学者の政治的発言力も増していった。

ところが冷戦が深まるにつれ、徐々に政府や軍と科学者の意見の食い違いが目立つようになる。1949年に、ソ連が原爆実験に成功したことを受けて、アメリカはそれに勝る水爆の開発に着手し始めた。だが、戦時中に原爆の開発に携わった物理学者らも、それ以上の破壊をもたらす水爆の開発を推進する者はほとんどいなかった。むしろ科学者の多くは、水爆反対という反体制科学者運動に参加した。その最たるものが、「ラッセル・アインシュタイン宣言」である⁽¹⁴⁾。こうして基礎科学への資金援助は減少し、国防省の研究予算も削減された。その結果、国防省からの資金に依存していた大学の研究プログラムは打ち切りを迫られた⁽¹⁵⁾。

こうした科学界におとずれた危機は、スプートニクショックによって解消される。1957年にソ連が成功させた人工衛星スプートニク1号の打ち上げは、アメリカに大きな衝撃を与えた。ソ連に宇宙開発で先を越されたアメリカは、再び科学者が主張するままに、基礎研究重視の政策を打ち出すようになった。この時期には、「基礎科学は大切なものだから、政治家にはその内容はわからなく

ても、政府は科学者たちの言うところに従うべきだ」や「『基礎科学……』というところ、かならず『振興すべきである』という美辞麗句で飾られ」という風潮が広まった⁽¹⁶⁾。

こうしてみると、戦後から1960年代末までの間、科学と政治は非常に密接な関係であり、科学者の意見は政治に反映されるとともに、軍事政策は科学研究への資金提供に影響を与えていた。このような背景には、科学者の発言や科学の成果がもたらす成功に対する強い期待があった。当時、科学が社会進歩の推進力であるということは疑いようのない事柄として、市民にも政府にも、ほぼ全員一致で認められていた⁽¹⁷⁾。

2. コナントが科学理解を求めた理由

(1) 科学への盲信に対する危機感

政府及び市民による科学に対する強い期待と信頼は、市民が有していた科学観と深く関係する。当時主流だった科学観は、科学にはただ一つの方法があり、それによって生まれた科学的知識や概念は絶対的で不変なものであるとする捉え方であった。このような科学観の下では、科学者の発言や科学的な主張はすべて正しいと信じられ

る傾向にあった。これについてコナントは、絶対的で単
純な科学の方法があることや、科学者はいつでも客観的
な判断をすることができると信じたりすることは、「科学
の偶像的崇拜」につながりうると危惧していた⁽¹⁸⁾。

コナントは、科学を専門としない市民を「素人」
と呼び、「素人」は「科学には何が可能で、何が不可能
か」ということを根本的に知らないと述べている⁽¹⁹⁾。そ
してその結果、「素人」は科学者による主張や議論を理解
することができず「研究計画の討議が進むにつれて、困
惑してくる」。一方で、科学を専門とする者はたとえ研究
分野が異なっても、科学的な問題に対して「特殊な
視点 (special point of view) を持つて対処」することが
できる。それは、研究の経験から「特殊な視点」を学び
とっているからであり、「研究の経験がなければ、一つの
研究計画に関係して、科学者の間にかわされる討議の要
領を捉える事は、ほとんど常に不可能」である。そのた
め、そのような経験のない「素人」は別の方法で「特殊
な視点」を身につける必要があるとコナントは考えた。
コナントがここでいう「特殊な視点」を有している状態
とは、科学を理解している、状態を意味する。それは、
「科学には何が可能で、何が不可能か」といったような

「科学の戦術・戦略 (the tactics and strategy of science)」
についての理解であった。

このように、コナントは科学を盲信することの危険性
を指摘し、科学について理解することの重要性を主張し
た。彼は、「素人」が「科学の戦術・戦略」を理解するこ
とで、科学者の間で交わされる討議の要領を捉えられる
ようになると考えていた。そこで「素人」が「特殊な視
点」を身につける方法としてコナントによって考案され
たのが、科学史上の事例を学習することによって科学の
営みについて理解する「科学事例史法」であった。

このような考えは、コナント自身が「過去10年間に私
は、こうした素人の当惑の例を、幾度も見てきた」と述
べていることからわかるように、コナントが科学行政
官として科学者や科学を専門としない者の意見をまとめ
てきた自身の経験から生まれたものであった。また齊藤
(2007)も指摘しているように、科学者が有している見方
を尊重し、科学を専門としない「素人」に対して教える
という点で、科学者の立場から市民を啓蒙するという立
場であったこともうかがえる。

(2) 科学政策に対する意思決定の必要性

コナントが市民に科学理解を求めた背景には、単に科学者による議論を理解するためだけではなく、もう一步踏み込んだ理由があった。それは、市民が科学者による主張を批判的に捉えて意思決定できるようになることであつた。コナントは、科学を専門としない者に向けて記した著書である“Science and Common Sense”の冒頭で「これから述べることは、科学的諸問題に対する国会の措置に対して、選挙者として、今後益々関心を持たねばならない知識階級の市民諸君に呼びかけたものである」と述べている⁽²⁰⁾。このことからコナントは、科学と政治が関わる問題に対して意思決定をする上で、科学についての理解が必要であると考えていたことがわかる。

例えばコナントは、予算や経費に関する決定の場面を挙げている。彼は「熱心な科学者や医者や研究者が、あれこれの事業に金を出せと、説き立てるとき、一体、そこに道理があるのかどうか、その判断は、科学的素養のないものにも、できるのだろうか？」と逆説的に問いかける⁽²¹⁾。これは、科学研究に対して、科学者の要求通りに莫大な資金が提供されていた当時、その妥当性を問うという点で、非常に鋭い指摘であつた。例えば、科学者

が自身の研究を軍事政策と関連させて有用性を主張することで莫大な資金を得ようとする場合もあれば、水爆の開発のように科学者の倫理観によって研究が行われない場合もある。このように科学の活動には、政治的社会的な影響や科学者の倫理観などが関わる。コナントは、科学と政治や社会が密接に結びついていた時代背景を受けて、科学研究に予算を配分する国家の指導者の立場の者はもちろん、一投票者である市民も、公金で賄われる研究の計画に対して意思決定しなければならぬと考えていた。そして、科学的な主張の背景にある科学者の思考や科学を取り巻く政治的社会的な背景を考慮するために、科学を理解することが必要だと考えた。つまり、コナントが市民に対して科学理解を求めたのは、科学政策に対する意思決定を行う能力を育成するためであつた。そこには、科学と政治が密接に結びついた時代において、市民が科学に過剰な信頼を示すことに対する、コナントの危機意識があつた。

3. コナントが求めた科学理解の内容

(1) 「科学の戦術・戦略」にみられる動的な科学観

コナントが市民に対して求めた科学理解はどのような内容だったのだろうか。それは、コナントの科学観とも深く関係している。コナントの科学観は、彼の著書である『Science and Common Sense』に詳しく述べられている。そこで彼は、科学を「実験と観察の結果から生まれ」、「更に実験と観察とを産むことのできる、互に関連した一連の概念 (concepts) と概念体系 (conceptual schemes) である」と定義している⁽²³⁾。つまりコナントは、科学的概念が新たな実験や観察を生み、それによってまた新たな科学的概念が生まれるという連続性に、科学の価値を見出していった。そして、そのような連続的な変化の中で「概念の妥当性を増大するような活動」が科学であると捉えていた⁽²⁴⁾。

またコナントは、概念や概念体系は「未来への連続性を多分に持つほど上首尾だ」と述べており、それまで信じられてきた概念や概念体系が、より多くの実験や観察を産む新しい概念や概念体系に取って代わられることが

あると捉えていた。つまり、「すべての科学的理論や説明は、極めて暫定的なものだ、という見方が、十分に是認できる」と考えていた⁽²⁴⁾。このような科学的知識の暫定性を認める科学観は、当時信じられていた、科学的知識や概念は絶対的で不変なものであるとする科学観とは大きく異なっていた。

このような科学観を反映したのが「科学の戦術・戦略」である⁽²⁵⁾。彼は、自身の著作である『On Understanding Science』において、「科学の戦術・戦略の重要な原理」として、自身が構想した科学史を用いた科学教育の中で学習されるべきことを、以下のA～Cの項目で示している⁽²⁶⁾。

- A. 新しい概念は実験や観察から生まれ、新たな実験や観察を数多く生む。
- B. 重要な観察は「統制された実験」や観察の結果として生じる。実験の困難さは、見過ごされてはならない。
- C. 新しい技術は、実験の結果として生じ、後の実験へ影響を与える。

これらは、それぞれ4～12の下位項目によって説明されており、どのような科学事例史を用いて説明されるか

も明記されている。

具体的には、Aでは、新しい概念がどのようにして生まれ、認められていくのかといったことが12項目にわたって説明されている。例えば、新たな概念は、体系的な実験や観察によって新しいデータが得られた場合や、既存の概念では説明が困難な事象や矛盾が生じた場合などに生まれる。また、既存の概念に反する事実が見つければ直ちに新しい概念に取って代わられるわけではなく、既存の概念の信頼性が高ければ高いほどその概念は保持されやすい。このようにして生まれた新しい概念は、古い概念よりも多くの事実や説明を含みこむことができるものである。

Bでは、実験や観察について4項目から説明されている。例えば、一つの実験には多くの変数が存在し、重要な変数の区別やコントロールを誤ることは、データの信頼性を失うことになる。また、実験データの誤った解釈は起こりうることであり、そのために新しい概念の創出に混乱をきたす場合もある。

Cでは、技術と科学の関係が5項目にわたって説明されている。例えば、新たな技術は新しい現象を探究することを目的として開発される場合もあれば、偶然の発見

から生まれる場合もある。また、新たな技術の開発によって実験器具や手順が改良され新たな発見につながる。

このように「科学の戦術・戦略」とは、新たな実験や観察の結果として概念や概念体系がどのように変化し、あるいはそれが保持され、新たな実験や観察を生むのかといったことが説明されている。これは、科学的知識や概念は不変であるという考えに対して、科学というものとは動的であり、科学的知識や概念は暫定的であることを主張するものであった。このような科学の性質は、「科学的知識は恒久的なものである一方で、暫定的な性質も持っている」や「科学知識は暫定的なものである」というように、現在主張されているNOSの内容と重なるものであった。

(2) 人間の創造的な営みとしての科学

コナントは、「科学の戦術・戦略」を科学者による発見や苦労の歴史として科学史を通して教えることで、科学的知識の暫定性に加え、科学という活動における人間の創造的な営みや、組織化された社会活動としての科学という見方を伝えようとした。

コナントは、科学者による営みについて以下のように

述べている。⁽⁷⁾「科学」という言葉から連想する活動とは、実験室の研究者がこれから発見すべきものの総和であり、週から週へ、年から年へと絶えず、実現化の道ほどにある彼らの計画、希望、野心である。これこそ、近代科学の精髓である」。つまり、科学者の「計画、希望、野心」こそ「近代科学の精髓」であり、科学とは科学者によって日々営まれていく生き生きとした活動であると捉えていた。

なかでもコナントは、科学者の創造性を高く評価していた。彼は、科学者が仮説を立てるとき、それはしばしば「インスピレーションによる推測」や「直感」、想像力によるすばらしい閃き」というような言葉で、最も良く表される心的過程の結果」であると述べている。⁽⁸⁾コナントはこのような研究者の創造的な活動によって、科学という活動が支えられていると考えていた。また彼は、科学者による成功だけでなく、科学者が試行錯誤する過程にも言及している。彼は「優秀な科学者でも、間違った観察や、誤解を起ささせやすい一般化や、不徹底なまとめ方や、無意識の偏見などの密林を縫って、険しい道と戦わねばならなかった」ことや、「科学者が長年、散々、まごついた挙句、甚だ手近の事柄を、ようやく説明でき

るようになった」ことを思えば、科学の方法を単純化して捉えることは不可能だと考えていた。⁽⁹⁾それゆえ、コナントにとつて科学的方法という単純な方法が存在すると考えることは、「学問の生命力を全く無視するもの」であり、「科学的方法というただ一つの決まったものはない」のであった。⁽¹⁰⁾

科学者の創造性や、科学の方法については、現在合意が得られている NOS の内容にも同様の記述がみられる。例えば、「科学者は創造力がある (Scientists are creative.)」や「科学知識は一部人間の推論や想像力、創造力の生産物である」というように、科学者の創造性や想像力についての記述が含まれている。また、「科学をすすめるための方法の一つではない (つまり、科学的方法という着実で普遍な方法は存在しない)」ことも含まれている。

(3) 組織化された社会活動としての科学

コナントは、科学を個人の科学者による創造的な営みとして捉えていただけでなく、科学者による組織化された社会活動であるという点にも注目していた。これについてコナントは、科学的概念や概念体系の妥当性が高

められる過程を以下のように説明している。「どこかで、新しい成果が挙げたという、うわさを聞いたときに、大抵の科学者が、まず最初に示す反応は、懐疑の反応である。(中略)『発表』という手続きによって、新しい考えや新しい実験上の発見は、全世界の多数の科学者の目に触れることになる。その内に、ことが真に重大だと判れば、この報告は外の科学者によって審判の試験にかけられる。いかに驚くべき発見だといわれるものでも見逃されるということはない。(中略)そして、予想通りの結果が得られない場合には、これもまた気まぐれな報告だとして科学界は最初の報告を葬る。そこで、不信任を被った報告の著者は、自身の誤りを見つけて訂正を発表するか、さもなければ、事件全体が、ただ、忘却に委されて、けりがつく」⁽³¹⁾。つまり、新たな発見が論文などを通して発表されると、科学者集団によって再現実験などの「審判の試験」が行われ、その妥当性が検証される。そして、妥当性が認められなければ、研究過程の不備が修正されるか、認められなままけりがつく。このように、新しい科学的知識や概念は、科学者集団による組織化された社会活動の中で「認められる」ことで成立する。コナン

トは、このような科学者による組織化された社会活動のなかで営まれる動的な過程として科学を捉えていた。このような科学の社会性は、現在も NOS の内容として位置付けられている。ここでは、「新たな知識は明確に、そして公に報告されなければいけない」ことや「科学者は正確な記述が保持されることや、ピアレビュー、再現可能性を必要とする」といった、科学者コミュニティによる規範について述べられている。

さらにコナントは、科学者コミュニティの外部からの社会的な影響についても言及している。科学的活動やそれによって生まれる知識は、できる限り客観的で論理的であることが求められる。しかしその一方で、科学は人間によって営まれる活動であり、社会的な営みでもあると捉えることは、科学的活動やその結果生み出される科学的知識が社会的な影響を避けられないことを意味している。このような意味においてコナントは、「科学の戦術・戦略」で示した科学的知識の暫定性と並んで、「科学と社会の相互作用」についての理解を重要視していた⁽³²⁾。このような視点は、当時コナントが感じていた危機感とも関連しており、「科学は社会の経済状況から生まれるものであり、科学の社会的な機能は社会における支配階級の利益になる」といったことを教えることの必要性も主

張していた。これについて現在のNOSでは、「科学的な着想は社会的・歴史的な環境に影響を受ける」ことや「科学知識は社会的・文化的な文脈の中に置かれていること」などが主張されている。

おわりに

以上をもとに、本論文における課題について整理する。まず第一の課題について、コナントが市民に対して科学理解を求めた当時、第二次世界大戦中の科学の成功を受け、科学と政治は密接に結びついた。そのような時代において、科学に無条件の信頼を寄せる政府や市民の態度に対する危機意識と、科学行政官やハーバード大学学長として様々な立場の意見をまとめていく経験が、市民による科学理解の必要性についてコナントが主張するきっかけとなった。

第二の課題について、コナントが上記のような科学理解を求めたのは、科学を専門としない市民であっても、科学者による議論を理解する必要があると考えたからであった。そこには、科学者が市民を啓蒙するという立場も見られたが、それだけでなく、市民が科学者による主

張を批判的に捉え、科学政策や科学研究への意思決定に関わるようにするという目的があった。つまりコナントは、科学について理解することの意義として、科学者の意見を批判的に捉え、科学政策に対して意思決定できるようになることを想定していた。

第三の課題について、コナントが市民に対して求めた科学理解は、「科学の戦術・戦略」に示されているような科学的知識の暫定性に加え、科学における科学者の創造的な営みや、組織化された社会活動としての科学の捉え方であった。これらは、「科学の戦術・戦略」として記されているのではなく、個々の科学事例史をつなぐ見方として位置付けられていた。これらにみられるような科学の捉え方はクーンの科学観に代表されるように「新しい科学観」と呼ばれ、1960年代半ば以降に広まった科学観である³³⁾。しかしコナントの主張からは、このような科学観の転換が起こるよりも10年ほど前の1952年にはすでに、彼が「新しい科学観」の先駆けとなる科学観を有していたことがうかがえる。

以上から、本論文の結論として以下のようなことを指摘できる。コナントの科学的リテラシー概念への影響力や、コナントが市民に対して求めた科学理解に関する主

張と現在のNOSの内容の重なり、また、コナント以前に現在のNOS概念と一致する科学理解についてこれほどまで詳細な主張がみられないことから、本稿で述べたコナントによる主張をNOS概念の成立の初期に位置づけることができる。コナントが市民に対して科学についての理解を求めた背景には、科学と社会が密接に結びついた時代において、科学が無条件に肯定されている状況への危機感があった。そこには、市民を啓蒙するという科学者の立場も現れているが、市民が科学者による主張を批判的に捉えられるようになることが目指されていた。そして、NOS概念はその成立当初、科学に関わる政治的な問題への意思決定という意義を有していた。これは、現在指摘されている5つの意義のうちのひとつであり、そのほかの意義はその後に加えられたと考えられる。それは、ホドソン(2014)による指摘を参照すれば、科学的リテラシーに関する議論に取り込まれたことで意義が拡大したと考えられる。

今後の課題としては、NOSを理解することの意義がその後どのようにして拡大していったのかを明らかにすることが挙げられる。それにより、NOSを理解することの意義が今日ほとんど問われなくなった背景を明らかにし、

その意義について改めて検討するための理論的な基盤を提供できる。

注

(1) W. McComas & J. Olson (1998). The nature of science in national education standards documents. In W. F. McComas (Ed), The nature of science in science education: Rationales and strategies (pp. 53-70). Dordrecht: Kluwer.

こつ)では、以下の14項目が挙げられている。

- ・ 科学的知識は恒久的なものである一方で、暫定的な性質も持っている
- ・ 科学的知識は、観察や実験的な証拠、合理的な根拠、疑念に対して、非常に、しかし完全にではなく依存している
- ・ 科学をするための方法は一つではない(つまり、科学的方法という着実で普遍的な方法は存在しない)
- ・ 科学は自然現象の説明を試みる
- ・ 科学において法則と理論は異なる役割を果たす。生徒は、いくら新しい証拠が加わったとしても理

論が法則になるわけではないことに気をつけるべきである。

- ・ あらゆる文化のなかにいる人々は科学に貢献する
 - ・ 新たな知識は明確に、そして公に報告されなければいけない
 - ・ 科学者は正確な記述が保持されることや、ピアレビュー、再現可能性を必要とする
 - ・ 観察は理論に影響を受ける（観察の理論負荷性）
 - ・ 科学者は創造力がある
 - ・ 科学の歴史からは、科学の漸進的な側面も、革命的な側面も明らかになる。
 - ・ 科学は社会的かつ文化的な伝統の一部である
 - ・ 科学と技術は互いに影響し合っている
 - ・ 科学的な着想は社会的・歴史的な環境に影響を受ける
- Abdel-Khalick, F. Bell R. L., & Lederman N. G., (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural, *Science Education*, 82(4), pp. 417-436.
- ここでは、以下の7項目が挙げられている。
- ① 科学知識は暫定的なものであること（変化にさらされていること）

- ② 科学知識は経験に基礎を置くこと（観察結果に基づき引き出されてくること）

- ③ 科学知識は主観的なものであること（理論負荷性であること）

- ④ 科学知識は一部人間の推論や想像力、創造力の生産物であること

- ⑤ 科学知識は社会的・文化的な文脈の中に置かれていること

- ⑥ 観察と推論の区別

- ⑦ 科学理論と法則の間の関連性と、それぞれの働き

- ② Driver, R. Leach, J. Millar, R. & Scott P. (1996). Why does understanding of the nature of science matter?, *Young people's images of science*, Open University Press.

- ③ Lederman, N. G. (2007). *Nature of Science: Past, Present, and Future*. *Handbook of Research on Science Education* pp. 831-880.

数少ない実証的研究のうち、NOSの理解と意思決定の関係を明らかにしようとしたベル(R. L. Bell)ら(2003)による研究では、「科学的知識の暫定性」や「観察の理論負荷性」といったNOSの理解が意思決定に

- 影響を与えていたという結果は得られなかった。(Bell, R. L., Lederman, N. G. (2002). *Understandings of the Nature of Science and Decision Making on Science and Technology Based Issues*, *Science Education*, 87(3), pp. 352-377.)
- (4) Hodson, D. (2014). *Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases*. *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, pp. 911-970.
- (5) 齊藤萌木(2007)。「アメリカ合衆国における科学的リテラシー概念の成立過程：「科学教育黄金期」を中心に」。東京大学大学院教育学研究科修士論文（未刊行）
- (6) 鶴岡義彦(1983)。「科学教育における科学事例史法(一)：J. B. ロナンツトによる『科学事例史法』(case history method) 草案の目的」。『日本理科教育学会研究紀要』 24(2), pp. 67-74.
- (7) Rudge D., Cassidy D., Fulford J. & Howe E. (2014). *Changes Observed in Views of Nature of Science during a Historically Based Unit*. *Science & Education*, 23(9), pp. 1879-1909.
- (8) 坂西志保(1961)。「J. B. ロナンツト博士：その人となりと業績」。『文部時報』 1006, pp. 2-5.
- (9) Harvard Committee (1945). *General Education in a Free Society*. Harvard University Press. Cambridge Massachusetts.
- (10) Conant J. B. (1947). *On Understanding Science: An Historical Approach*, Yale University Press.
- (11) Conant J. B. (1952). *Science and Common Sense*, Yale University Press. (J. B. ロナンツト(1952)『常識から科学へ』。白揚社。)
- (12) 中山茂(2006)。「科学技術の国際競争力：アメリカと日本相剋の半世紀」。朝日選書。p. 40.
- (13) 廣重徹(2005)。「科学の社会史(下)：経済成長と科学」。岩波現代文庫。p. 98.
- (14) 中山(2006)『 pp. 41-42. ラッセル・アインシュタイン宣言とは、イギリスの哲学者であるバートランド・ラッセルと、アメリカの物理学者であるアルベルト・アインシュタインが中心となって、核兵器の廃絶と科学技術の平和利用を訴えた宣言文である。
- (15) D. テイクソン著、里深文彦監訳 (1988)。「戦後ア

- メリカと科学政策：科学超大国の政治構造』、p. 162.
 同文館
- (19) 中田(2006)´ pp. 58-59.
- (17) D. トヤマン(1988)´ p. 284.
- (18) Conant J. B. (1952), p. 14. (J. B. トナン(1952), p. 24.)
- (16) Conant J. B. (1947), pp. 2-4. (J. B. トナン(1952), pp. 13-14.)
- (20) Conant J. B. (1947), p. 1. (J. B. トナン(1952), p. 11.)
- (21) Conant J. B. (1947), pp. 1-2. (J. B. トナン(1952), p. 11.)
- (22) Conant J. B. (1952), pp. 25-26. (J. B. トナン(1952), p. 36.)
- (23) Conant J. B. (1952), pp. 32-33. (J. B. トナン(1952), p. 44.)
- (24) Conant J. B. (1952), p. 28. (J. B. トナン(1952), p. 39.)
- (25) Conant J. B. (1947), p. 98.
- (26) Conant J. B. (1947), pp. 101-106.
- (27) Conant J. B. (1952), p. 25. (J. B. トナン(1952), p. 25.)
- (28) Conant J. B. (1952), p. 48. (J. B. トナン(1952), p. 60.)
- (29) Conant J. B. (1952), p. 44. (J. B. トナン(1952), p. 56.)
- (30) Conant J. B. (1952), p. 45. (J. B. トナン(1952), p. 57.)
- (31) Conant J. B. (1952), pp. 15-16. (J. B. トナン(1952), pp. 26-27.)
- (32) Conant J. B. (1947), pp. 106-109.
- (33) 野家啓一(1993)´ 『科学の解釈学』、新潮社、p. 7.
 角屋重樹(1998)´ 『理科学習指導の革新』、東洋館
 pp. 14-52.