

ジョセフ・シュワブの科学的探究論に関する検討

——その前史に着目して——

大貫 守

1. はじめに

1960年代以降、日本の理科教育で問題解決や探究的な学習が1つの中心的なテーマとなってきた。後者の背景には、米国のカリキュラム改革運動がある。この運動で開発された PSSC や CBA などのアルファベット・カリキュラムでは、科学的探究 (scientific inquiry) を介して、学問の構造などと呼称される学問の中心に位置する概念を獲得していくことが企図されていた。

当時開発されたカリキュラムの中でも、米国の科学教育で探究的な学習を推進する引き金の1つとなったのが、BSCS (Biological Science Curriculum Study) の取り組みであった。BSCS は、科学者であり、教育哲学者でもあったシュワブ (Schwab, J. J.) の理念を摂取し、探究としての科学 (Science as Enquiry) を1つのテーマとして組み入れたカリキュラムを開発した。シュワブは、『科学の教授 (*The Teaching of Science*)』(1962=1970)において、教室は「探究についての探究 (enquiry to enquiry)」に従事する場、つまり探究について学ぶ場となるべきであると主張しており、そこで提案された彼の科学的探究の理論は、米国の科学教育で科学的探究を強調する際の1つの理論的な支柱となってきた。

それ以後も、米国ではスタンダード等において一貫して科学的探究が強調され、探究的な学習が科学教育の中心的なテーマとなってきた。しかし、先行研究が示すように探究的な学習を巡っては、その明確な定義や合意が十分に得られていない (Anderson, 2002, p.3; NRC, 2011, p.30)。また、科学教育で探究的な学習は成立時にどんな目的をもった営みとして捉えられ、どんな課題を内包していたのかということも整理されていない。そこで本稿では、米国の科学的探究論の中心人物であるシュワブの探究学習の理論を検討することを通して、基礎研究としてこの問いについて考察する。

シュワブの探究学習の理論は、日本でも既に多くの研究が蓄積されている。例えば、小川博久や佐藤学は、カリキュラム改革運動における学問中心カリキュラム (discipline centered curriculum) の展開、特に BSCS とシュワブの関わりに言及するとともに、シュワブの学問の構造の内実について言及している (小川、1966、1969、1972; 佐藤、1997)。また、田中耕治は、ブルナー (Bruner, J.S.) とシュワブの構造論の違いに言及し、デューイ (Dewey, J.) とシュワブの間の探究論の連続性と非連続性を指摘している (田中、1980)。この他、渡部隆や石崎友規は、シュワブの探究論を紹介し、石崎は氏の探究論に内包されているディスカッションの側面に着目することでその社会的次元について言及している (渡部、1977; 石崎、2013、2017)。

これらの研究が示すとおり、シュワブの科学的探究論は、デューイからの影響を受けている。しかしながら、先行研究では、それ以前から脈々と流れる米国の科学教育における探究的な学習に関する歴史的な文脈が看過されている点が問題点として指摘できる。デューイやシュワブの探究論は、科学教育における旧来の探究的な学習のどのような点を乗り越えるものであったのだろうか。この問いを踏まえない限り、科学教育の文脈で探究を取り入れることで提起した彼らの目標や教授方法の独自性を十分に把握することはできないだろう。そこで本稿では、先行研究に依拠しつつ、米国の科学教育における探究的な学習に関して、その目的や方法の変遷を歴史的に概観し、それを踏まえ、シュワブの科学的探究論の意義と課題について検討する。

2. デューイによる思考の方法の提案

(1) 実験室の活動における科学の方法の提起

米国の科学教育で、個々の子どもによる実験活動を

初めて取り入れたのは、1880 年のハイスクールの物理学の授業であった（野上、1994、p.60）。植物学など個別科学の教授において、知識の体系としての科学を教師が伝達することが常であった当時の米国では、学習者中心の実験活動を行うことは極めて異例であった。

1886 年には、エリオット（Eliot, C. W.）が学長を務めるハーバード大学が入学要件として 40 項目の実験例のリスト（ハーバード・リスト）を提示して、高等教育の側から下級学校に向けて実験室の活動（laboratory）を取り入れることを求めた（Rudolph, 2005, p.349）。同大学の取り組みは、ハイスクールにおいて実験室の設置を推進し、実験を中心とした自然科学の学習を求める強制力となった（野上、1994、pp.61-62）。加えて、エリオットが議長を務める「中等学校教育に関する十人委員会（committee of Ten on Secondary School Studies）」では、これを土台に中等学校で講義と実験を組み合わせる授業を実施することや大学入学試験として筆記テストと実験テストとハイスクールにおける実験ノートの提出を求めることが提案された（Rudolph, 2005, p.350; 野上、1994、p.71）。

このように実験室の活動が指導方法として掲げられてきたのはなぜか。その一つの要因として、19 世紀中頃に、イギリスからスペンサー（Spencer, H.）やハクスリー（Huxley, T. H.）などにより、エネルギー保存則やダーウィンの進化論など科学の成功が伝えられ、その功績の背景にある科学的思考の長所や力が賞賛されたことがある。これに加え、十人委員会のメンバーであったエリオットやハリス（Harris, W.T.）らが思考力の育成を重視していたことや、同時期に生じた産業革命などの社会的背景ももちろん無関係ではないだろう。

この科学的思考の育成に向けて、科学者などにより大学の教養教育（liberal education）で科学の精神や方法を訓練することや、科学の方法を教授の軸として高等教育を再編成することが叫ばれた（Rudolph, 2005, p.346; Newcomb, 1884, pp.435-436）。特に、科学的思考

表 1. 十人委員会による物理学実験（NEA, 1893, p. 125）

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. 木・鉄・石などのいくつかの固体の体積、重さ、密度を発見する。2. 一定の長さの導線の重さを知ることから、一卷の純導線の重さをもとに、一卷の導線の長さを計算する。3. 水または水銀を入れた時と入れていない時の瓶の重さを測ることで、瓶の最大容積を発見する。 |
|---|

力として帰納的推論の習得が目的とされ、次世代のエリート教育として、実験室の活動を通して科学の方法を用いることでこの目的を達成することが企図された。

具体的には、十人委員会が提示する実験室の活動のリストで示された活動を遂行することで、生徒がこの帰納法を習得できるように科学的な原理や法則などを発見する実験を提示している。例えば生徒は、固体の重さや体積を正確に繰り返し測定し、データを収集し、実験ノートに記録し、それらのデータから物質の固有の性質としての密度を発見し、それを活用して導線の長さや瓶の容積を測定する実験に取り組む（表 1）。この他、おもりを用いて実験・観察をし、データから棒状の物体の重心を発見するなど実際に具体的な操作の中で帰納的に推論する活動に生徒は従事する。

ハーバード大学のデューイング（Dewey, A.S.）が「事実が教えられる方法の外的な表現である実験室の方法と結論に到達する方法の内的な表現である帰納法が、現代の科学の教授の方法において不可分に結び付けられている」（1908, pp.741-742）というように、帰納法は生徒が担う具体的な実験室の活動へと翻案され、密接に結びついていた。つまり、米国の科学教育で教師が教授法として実験室の活動を用いることは、科学者の行動だけでなく、その活動に埋め込まれた帰納的推論の方法をも生徒に教えることを企図したものであった。

（2）実験室の活動に対する批判

しかしながら、20 世紀初頭には、ハイスクールの生徒数の増加やそれに伴う教育の大衆化を背景として実験室の活動への批判がなされるようになる。具体的には、大学への準備教育としての専門的な科学の教授が多く生徒には不適切なものとされ、実践的で社会や生活に根差した内容の教授が叫ばれるようになる。また、この実験室の活動の多くは、生徒が定められた活動することに解消され、明示的に帰納法に関する授業がなされず、科学的な思考の習得には至らないことが指摘された。更に、生徒数の増加を背景に、実験室から物理的に帰納的な活動が取り除かれ、従来の教科書による授業に逆行していった（Rudolph, 2005, p.354）。

特に、実験室の活動を批判的に摂取しつつも、科学教育における新たな探究の論理を提案したのが、デューイであった。デューイは、1909 年にアメリカ科学振

興協会 (American Association for the Advancement of Science) の演説で、従来の科学教育や実験室の活動に次のような疑念を投げかけた。まず、従来の科学教育について、デューイは既存の科学教育では、生徒の思考の方法や心構え、精神的な習慣の変容がなされず、むしろ定まった内容を生徒に蓄積するように科学が教えられていることを糾弾した (Dewey, 1910a, p.122)。

他方で、実験室の活動を取り入れている教師であっても、その活動を通して、子どもたちに個人の意見やドグマの領域から、知識の領域へと移っていくための意識的な手段 (instrumentality) を獲得させていないことをデューイは批判した。つまり、実験室の活動が、天啓を得る儀式の方法を学ぶように、疑う余地がない方法 (mode) の習得を子どもに強いることで、結果として探究の方法もまるで教科書から資料を得るように、子どもが疑えないような最終的なものとして獲得されることを危惧したのである (Dewey, 1910a, p.125)。

もちろん、デューイ自身も実験室での演習に含まれる儀式的な側面が不必要といっているのではない。デューイが述べるように「それらは、科学的方法の不可欠の部分ではあるけれども、当然のこととして、科学的方法を構成するものではない」 (Dewey, 1916=1975, p.46) のである。むしろ、デューイが批判したのは、演習の名の下に儀式化された活動を行うことで、実験室の活動とそこで扱われる素材が、学校の外と隔絶したものになる可能性があり、それにより、日常的活動の内容を科学的知識の形式に変形するような知識制作のプロセスから切り離されたり、単なる器用さやスキルの獲得に矮小化されたりすることであった。あくまで、実験室の活動は校庭や作業場などの日常生活に従事することから生ずる問題をよりよく解決するための追加的手段に過ぎず、それ自体が最終目的ではないのである (Dewey, 1916=1975, pp.46-47)。

(3) デューイによる思考の方法の提起

ではデューイにとって、実験はどのような意味を持つのだろうか。『学校と社会 (The School and Society)』 (1915=1957) で、デューイは料理の仕事 (occupation) に従事する子どもが、そこで行われる実験の意義を教師に問う場面を挙げつつ、その意味を語る。まず、子どもは、料理にあたり、なぜ料理本の料理法に従うの

ではなく、熱が卵の自身に与える影響などを調べる実験を行うのか教師に尋ねる。教師は、逆にその料理本にある料理法はどのようにまとめられたのか、尋ね返す。彼らはそれに答える中で、料理本に従うだけでは、自分たちがなぜ料理本に書かれた手段をとらねばならないのかという理由を理解しないということを理解し、実験に取り組む (Dewey, 1915=1957, p.55)。デューイは、このような活動で、子どもが種々の事実等を認識することで、自らの衝動を実現し、その認識を通じて自分の衝動を規制するようになるという (Dewey, 1915=1957, p.57)。まさに、生活における日常的な素材を出発点に、科学的知識という表題に値する信念を構成し、現実へ返していく中で、自ら探究を進められる認識と結びついた思考の方法を身につけさせようとしている。

科学的方法的側面への支持は、デューイのスペンサーへの批判からも読み取れる。彼は、スペンサーが既成の形式で科学的知識を伝達されることを批判し、科学的知識も、あくまで科学研究の道具であり、日常経験との実り豊かな接触の中で使用されることで、初めてその意味が知られるものであると主張し、日常生活から離れたドグマの単なる伝達のみを科学を否定した (Dewey, 1916=1975, p.46)。この点において、まさに「方法としての科学は教科内容としての科学に先立つ」 (Dewey, 1910, p.125) のである。

では、ここでの方法とは具体的に何を指すのか。デューイは、ハクスリーやパースの理論などを基盤に『思考の方法 (How We Think)』 (1910b) で5つの様相からなる、一般的な思考方法の枠組みとして反省的思考 (reflective thinking) を提起した。デューイは、実験室の活動に含まれた知的プロセスの部分を取り出し、思考の方法として提起したのである (Rudolph, 2005, p.365)。

さらに、デューイは『論理学—探究の理論 (Logic: The Theory of Inquiry)』 (1938=1968) で、思考は探究と同義であると断りつつも、探究は知性的な思考という人間の内的なプロセスに留まるものでなく、不確かな状況で個人が観察と観念作用と環境との相互行為を通じて知的に判断し、外部世界との再統一を果たし、十分に確定された状況に至ることで問題を解決し、保証つきの言明可能性を得る過程として探究を論じている (Dewey, 1938, p.108; 藤井、2010, p.259)。ここでは、実験室の方法にあった帰納法と同様に、知識を生み出

す思考の方法を強調するものとして反省的思考や探究の方法が提起されており、両者の共通点が見られる。

特にデューイは、日常的な場面における探究と科学的探究の違いについて、それぞれ扱う問題とそこで扱うテーマに違いがあるが故にその強調点の違いがあるものの、その基本的な論理形式には関係ないと述べる（Dewey, 1938, pp.116-117）。そこでは、趣味が上手いくことなどの日常的な場面や他の教科において（in any subject）確実性をもって経験を導くための思考の方法と、科学的専門性の高い探究活動における思考の方法とを、一元的・連続的に位置づけようとしている（藤井、2010, p.256; Rudolph, 2005, p.367; Rudolph, 2002, p.69）。日常生活から離れた科学に固有の題材を扱う実験室の活動との比較で言えば、デューイの探究の方法は、現実の状況としての常識を出発点に、日常経験が科学的知識となっていく過程を経由し、現実に戻るというプロセスと密接な関わりを持ったものであった。

このデューイの探究の方法は、定式化された5段階からなる科学の方法として学校現場に流布した。ここで急いで断ておくと、このデューイの探究の方法は、探究の過程に固定的な段階（step）を明らかにするものではなかった。確かに、デューイは『思考の方法』で、反省的思考には「5つの論理的に明瞭な段階」が存在すると述べていた。しかし、1933年に出版された改訂版では、この5つは段階ではなく様相であると記述されているように固定的な段階として捉えることを否定している（Dewey, 1933）。この5つの様相は、あくまで探究を確実性の高いものにするために反省的に点検するための観点に過ぎない（藤井、2010, p.275）。

しかしながら、『思考の方法』が教員養成において学習活動における思考指導の原理を教えるために用いられたことや、米国ヘルバルト主義が跋扈する中で、この探究の方法が五段階教授法と擦りあわされて解釈され、定式化された（藤井、2010, p.226）。加えて、同書で描かれた反省的思考が科学教師に向けた教授方法の教科書の科学の方法の議論において、従来科学の方法とされてきた帰納法の権威ともいえるミル（Mill, J.S.）やベーコン（Bacon, F.）に代わって取り上げられた（Rudolph, 2005, p.370）。その結果、この反省的思考が定式化された科学の方法として流布した。

このように、デューイの探究の方法としての思考の

方法は、実際に置いては歪曲された形で理解されつつも、実験室の活動で企図していたような知識を生み出す思考力の教授という理念は共有しつつ、日常生活と科学を連続的に位置づけ、より一般的かつ定式化されない形で描くことで、従来のドグマの伝達とは異なる探究を通した科学教育のあり方を描いてきた。

3. 「探究としての科学の教授」の提起

（1）シュワブによる科学的探究論の提案

このデューイの探究の方法に導かれつつ、科学教育で独自の探究論を提起したのが、シカゴ大学のシュワブであった。シュワブは、BSCS において「探究としての科学の教授」を掲げ、指導へと具体化していた。

このシュワブの「探究としての科学の教授」には、二つの意味が含まれている（Schwab, 1962=1970, p.65; 石崎, 2017, p.187）。1つは、実際に探究することで科学を教授することであり、もう1つは科学を探究の過程として捉え、探究の性質を教授することである。特に、シュワブはデューイと同じく結論の形で子どもに奴隸的に科学的な知識が教授されるドグマとしての科学を批判し、市民のための科学として、科学教育で科学的探究の性質や探究の背後にある思考の方法を教授することに注力してきた（Schwab, 1962=1970, p.12）。

では、シュワブはどのように科学的探究を捉えていたのだろうか。甲状腺ホルモンの働きを探究する例をもとに考えてみよう。生理学者は、まず全体の中で部分が果たす役割を探索する全体論的原理（holistic principle）に基づいて組織された生理学の体系から生み出された構造と機能の相補性という枠組み（「甲状腺の機能は何か」という問い）に立脚して、甲状腺の働きを探索する。その枠組みから必要となる甲状腺に関するデータが特定され、研究方法が策定される（例えば、甲状腺を取り除いて、健康な動物と欠損動物を比較するなど）。そこで得られたデータは、この枠組みにより解釈され、最終的に先の枠組みに対応した構文で示される科学的知識（「甲状腺の機能は調節と恒常性の維持である」）を得る。加えて、ここで生成された1つの事実は、次の探究へと原理や問い（困惑）などを生み出す（Schwab, 1960, pp.193-195; 小川、1966, p.79）。

このようなシュワブの科学的探究論の中心にあるのが、この学問固有の概念的な構造が生み出す、探究

を導く原理である。先の生理学の例では、構造の機能の相補性といったものが探究の原理にあたり、各学間 (discipline) の内容的側面に関する構造である名辞的構造 (substantive structure) を基礎として生み出される。

この名辞的構造が探究の原理として作用することで、科学者に問題が認識され、その結果、科学者がデータの適切性 (relevance) や望まれるデータの種類、遂行されるべき実験や得られたデータの意味やその解釈の在り方を決定できる (Schwab, 1964a, p.38)。例えば、先の生理学の例では、「器官 X の機能は何か」という枠組みのもとで、器官の機能の調査において用いられる実験の型 (対照実験の方法) が想起され、データが収集され、結果、原理により解釈された事実を生み出し、名辞的構造の内実をより豊かなものにする。

科学で用いられる名辞的構造と探究の原理は、学問だけでなく、学問内でも異なるものもあり、それ故多様性に富み、無秩序な状況にある。精神分析を例に考えてみれば、フロイトとサリバンでは、探究の問いやデータの種類や解釈の方法が異なるだろう。

この無秩序な状態に秩序を与えるためにシュワブは、表 2 の 5 種類の構造の形態に関するシーム (scheme) を提示している (Schwab, 1960, p.186)。この 5 つのシームは、シュワブが科学論文の分析によって導出したものである。例えば、生理学で用いられていた全体論的原理や、化学的な純物質を単体や元素、原子・分子に還元して考える 19 世紀の化学分野の名辞的構造を規定していたのは、還元の原理であろう。これらが名辞的構造を規定し、結果、探究の原理を生み出す。

この原理と探究の関係について、一旦、科学的探究のためにある原理が選択されると、対象に関して原理に基づく解釈された事実が生じ、知識が拡大していく。それにより、対象について原理に応じた知的体系が構築される。シュワブは、このような特定の原理に立脚して、比較的短期間の間に生じる探究のモードを、安定的探究 (stable enquiry) と呼んだ。

しかしながら、安定的探究の背後にある所与の一組

- 表 2. 名辞的構造の形態 (Schwab, 1960)
- | |
|--------------------------------------|
| ①還元の原理 (reductive principles) |
| ②合理的原理 (rational principles) |
| ③全体論的原理 (holistic principles) |
| ④反原理的原理 (anti-principles principles) |
| ⑤原始的原理 (primitive principles) |

の原理では、もはや効果的に問題を限定できない時がやってくる。例えば、先の生理学の例において、異なった環境下では異なった機能をもっているように思われる器官が見出されることがある。そこでは、背後にある原理そのものが問われ、より首尾一貫し、包括的なものを求めて探究がなされ、新しい概念が発明される。このような長期にわたって行われる探究のモードを、流動的探究 (fluid enquiry) と呼んだ。

シュワブは、この名辞的構造を伴って生じる 2 つの探究のモードを、名辞的構造に並ぶもう 1 つの学問の構造として構文的構造 (syntactical structure) と名付けている。特に当時の科学教育が現在の知識の限界を見出したり、未解決な問題や領域についてめったに調べたりしない現状を批判したシュワブは、そのような科学教育に欠落している科学の流動的探究の側面を教えることで、科学的知識があたかも疑う余地がなく、文字通りの、取り消しできない真理 (結論の修辞学) としてではなく、むしろ不断に再編成し、修正されるものとして捉えられるように、その改訂的性格を教えることを企図していた (Schwab, 1962=1970, p.27)。

シーゲル (Siegel, H.) やウェストベリー (Westbury, I.) らが指摘しているように、このシュワブの科学の捉え方は、科学社会学者のマートン (Marton, R.) や科学哲学者のクーン (Kuhn, T.S.) と極めて親和性の高いものである (Siegel, 1978; Westbury & Wilkof, 1978)。特に、シュワブの安定的探究と流動的探究の概念が、クーンの提起するパラダイム (paradigm) を原理に探究を行う通常科学の営みと新たなパラダイムが模索される科学革命期の営みと類似していることは明白であろう。

加えて、クーンのパラダイム論は、それを受け入れる科学者集団と密接に結びついている。この科学者集団は、同じパラダイムを受け入れ、その理論的な教説を不可侵であるとする科学者から構成され、そこで、世界観や方法論が共有され通常科学が進められる。

他方で、シュワブが用いている名辞的構造と構文的構造の前提にあるディシプリンという概念は、特定の学問を探究する師と弟子の関係、すなわち、学問的探究のディスコースを共有する共同体を意味している (佐藤、1996、p.88)。先述のようにシュワブの探究の原理は、まさにこの各学間で共有された固有のレトリックやディスコースを伴うものである。安定的探究で

は、それを中心に探究すべき問いやデータの種類、探究の型が想起され、新たな解釈が生み出される。加えて、デューイが探究において生じた結果を共同体による討議へと付して承認するプロセスが必要であると捉えたように、シュワブ自身も、科学的営みにおける共同体での議論の重要性を強調している（石崎、2013）。このように、シュワブとクーンは、「科学者共同体の営みとしての科学」という認識を共有し、実践的な営みとして科学を捉えていた（ラウズ、1987=2000）。

では、シュワブは具体的にどのような授業方法を構想していたのだろうか。シュワブは、（1）探究の見本として教材に原著論文を利用すること、（2）ある科学者から見た問題とその科学者が考えた研究プランを述べ、そこで収集されたデータや解釈を示すことで探究の過程を1つの物語として語る「探究のナラティブ（narrative of enquiry）」、そして（3）探究の思考実験としての「探究への招待（invitation to enquiry）」を挙げている。これらは、科学者の探究の実際やその多様性、探究の背後にある探究の原理を示すことができる一方で、データの解釈の仕方やその適切性、未解決の課題などについて疑問を投げかけ、討議することもできる。これらにより、教室は探究への探究の場になる。

この探究への探究とは具体的にどのような行為を指すのだろうか。（3）の探究への招待を例に具体的に見てみよう。探究への招待は、資料1の形で進められる。ここでは、細胞の核の役割について、実際のデータをもとに分析する中で、データとは何か、どのようにして活用されるのか、ということや（下線部①）、結論が1つの解釈であり、協同的な活動の中で欠点を補いつつ、科学が発展してきたこと（下線部②）を学ぶ。

特に、ここで結果や事実は、原理によって解釈されたものとしてみなされる。そのような捉え方は、デューイの弟子にあたり、シュワブの同僚となるマッケオン（McKeon, R.）が重視した解釈学の影響が読み取れ、そこには解釈学としての科学の萌芽がみられる。

この他、この探究への招待では、具体的な探究の原理にも言及がなされる。更に、実際の授業でも探究の原理に基づく多様な解釈について教室で議論する時間を設けることで、自らの見方が、あくまで一つの方向からの解釈であることや、最も批判に耐えうる解釈を提示することで知識を洗練する機会を提供し、科学的

資料1.「探究への招待」の実際（下線部は引用者） （BSCS, 1965, pp. 54-56 を筆者が一部訳出）

演習2（題目：細胞の核　ねらい：変異を含むデータの解釈）

〔引用者注―理論値でなく、実際の実験値をデータで示しつつ〕
教師：このデータから、核の重要性についての明確な判断を下すことを求められたら、みなさんはどう答えますか。このデータには、〔演習1で〕みなさんの下した判断について不安をいだかせるよう何かがありますか。

教師：この研究を行った生物学者が、次の結論を下したとします。
「この実験は、満足なものと判断され、30日めに完了した。実験によって得られたデータは、細胞の生命維持に、ふつうのばあい核が必要であることを示している。」

①この結論にはデータに示された事実以上のものが含まれていることがわかります。

（データとは、記録された事実であって、われわれがそれから問題の解決を引き出すものである）

なぜならば、このデータには、無核の細胞片で3日間生きていたものがある一方、有核の細胞片でも、1日め、2日め、10日めと、日がたつにつれてかなり多数が死んでいったことが示されているからです。もし、実験が60日以上も続けられたならば、有核の細胞片で死ぬものももっと多数になったかもしれません。それでは、この生物学者の見解をどのように弁護したらよいでしょうか。一般的にいえることは、ただ1回の実験で、科学的な見解を1点の疑いもないように証明できることはめったにないということです。いつでも少しは疑問が残るもので続いて行う実験により、それをつずつ取り除くように努めるのです。

要するに、②科学者がじぶんのえたデータから「結論」をみちびきだすというのは、少し誤解をまねくいい方です。なぜならば、科学者の総括は、研究の終わりを意味する「結論であることはまれであって、むしろ、研究のはじまり、または、継続を意味します。したがって、科学者は、自分のえたデータを「解釈する」といった方が本当に近いのです。科学者は、他の科学者がじぶんの解釈を検討し、欠点を除き、拡張してくれることを期待します。科学とは、社会的な、そして協同的な仕事であるからです。」

探究の社会的な性質を理解させることなど、明示的・非明示的に科学的探究の本質を理解させたり、思考力を育成したりすることを企図していた。

（2）デューイとシュワブの探究論の相違

先述のように、シュワブの探究論については、デューイの影響によるものであることが既に指摘されている。シュワブは、マッケオンを介して、デューイの教えに精通するようになる。ここでは、各々の探究論について、探究が行われる領域とその内実を比較することで、シュワブの探究論の意義と課題を考えてみたい。

まず領域について、デューイが探究の方法を特定の領域固有のものとし、むしろ一般的な思考の様式として捉えていたのに対し、シュワブの探究の方法は、学問の名辞的構造に立脚した探究の原理の存在を前提として、恒久的に真理を追究する方法として捉えていた。シュワブにとっては、「探究としての科学の取り扱い」、科学の内容から切り離された科学的方法の説明

や科学そのものについての説明によってなしとげられるものではない」(Schwab, 1962=1970, p.99) のであり、探究は内容的側面としての名辞的構造と探究の様式を示す構文的構造が相即不離のものであるからこそ、多様な形で進行するものであるとしている。

シュワブ (1978) が「無知であることは探究を生み出さない」(p.243) と探究について記していることは、その証左であろう。科学者は、探究をする際に自身の研究テーマの特徴となる概念を借りたり、開発したりする。それにより、データの適切性や、必要なデータの種類を決定する。シュワブが述べているように「私達が使用する方法は、私達がそれを通して実際に達成したい目的に影響を与え、調整をする」(p.242) ものであり、目的となる解決すべき問いを認識する際に名辞的構造が関与している以上、探究に先立って探究の性格を規定する知識の存在を排するデューイが提起するような一般的な思考の方法ではありえないのである。

これを踏まえて、シュワブは実際の探究の過程をどのように描いていたのだろうか。シュワブは、デューイの思想に共鳴しつつも、探究が段階的に生じるという歪曲された考えが跋扈していることに警鐘を鳴らしていた (Schwab, 1962=1970, p.98)。それは伝統的な教科書に示されたデューイ派の考えを基盤とした 5 段階からなる科学の方法を批判し、7 つの様相からなる安定的探究の様相 (表 3) を示していることから窺える。

ここにおいて、シュワブは一連の段階を経るような固定された探究の方法を描くというよりも、多くの探究に当てはまる様相を記述するに留めている。その本質は、探究で用いられる原理は各学問に固有のものであり、そこから導き出される問いや必要となるデータの種類の、適切性が異なり、その結果、学問に応じて探究の様相も多彩なものであることを前提としている。

このように科学を神のテキストの読解としてではなく、解釈学的な営みとして描くことで、科学の内容的側面と方法的側面を相即不離のものとし、科学的探究の様相を描いてきた。特に、実際の教育方法として、思考実験や原著論文の使用などを通して、解釈をめぐる討論の過程や共同体で共有されている原理などに言及し、その文化的実践の内実を明らかにし、教授を目指す点には、デューイにはない先駆性があった。

しかし、デューイとの対比で言えば、シュワブの探

表 4. シュワブの安定的探究の様相 (Schwab, 1964b)

- | |
|--|
| 1) 指標となる現象 (index phenomena) と探究の原理 (名辞的構造) を併置することによる問題の形成 (認識) |
| 2) 問題に可能性のある解決策を示唆するであろうデータの追究 |
| 3) これらの可能性のある解決策を含む問題の再形成 |
| 4) 問題の解決に必要なデータの決定 |
| 5) 望ましいデータを引き出すような実験の計画 |
| 6) 実験の遂行と望ましいデータの蓄積 |
| 7) 調査者によって保持されている既知知識と一緒に、手引きとなる名辞的構造を用いることによるデータの解釈 |

究論について次のような課題も指摘できる。それは、実験室の活動について生活者としての子どもが不在であり、生活と科学が非連続である点をデューイが指摘したように、探究の領域を科学に限定し、科学自身を独自の自己展開の系とみるシュワブの立場も、科学の生活的実践の基盤や子どもの現実の興味や関心を軽視することに繋がりがかねないという点である。この点に関連して、デューイが提起した日常生活から科学へ至る科学的認識の発展の契機や学習者の興味を考慮に入れ損なっている点も指摘できる。確かに、科学的探究の背景に名辞的構造があるとしても、探究的な学習の文脈自体を現実の科学の文脈に限定する必要があるのかということについては再考の余地があるだろう。

加えて、探究について学問固有性を追求することで、科学の方法の一般的な側面が軽視されうる可能性を孕んでいることも指摘されている (Osborne, 2014)。つまり、対照実験の手続きが必ずしも生物学に固有のものではないのと同様に、科学に共通する手続きが存在することを子どもが認識し損なう可能性があるだろう。

4. おわりに

本稿では、米国の科学的探究論の変遷について、その成立過程を歴史的に検討した。シュワブの科学的探究論は、実験室の活動から目指されてきた科学的探究を介した思考の方法の指導という理念を継承していた。加えて、デューイの思想を引き継ぎ、ドグマとしての知の伝達を認めず、科学的探究を通して、究極的な真理に向けて改訂されるものとして知を描いてきた。

特に、シュワブは科学の営みの論理的な側面からだけでなく、科学者の実践に立ち入り、その分析に基づいて自身の探究論を提起してきた。具体的には、実験室の活動のように儀式化された実験を忌避しただけでなく、その後、新科学哲学の研究が明らかにするよう

に解釈学としての科学を描き、パラダイムとしての探

究の原理や研究者の解釈をめぐる討論の過程に着目して文化的実践の内実を明らかにしたことがあるだろう。それを踏まえて、彼は、目的に応じて学問固有の枠組みのもとで知識や探究の手続きを駆使して進むものとして探究を描き、指導に具現化してきた。科学教育における科学的探究とは、手続きだけでなく、まさに知識とそこで育まれる思考力に裏打ちされた営みだった。

最後に、科学教育で探究的な学習を構想する上で考慮すべき課題を指摘しておきたい。まず、科学的探究に関する生活と科学の問題である。シュワブが描いたように、科学的探究は、探究者のもつ知識構造に依拠している。しかし、学校教育で探究を担う子どもたちは生活を基盤としており、そこから切離した形で探究的な学習を構想することは、彼らの興味や関心の軽視にも繋がる。これを踏まえれば、生活と科学を結合する探究的な学習のあり方を検討していく必要がある。

加えて、探究に関する学問の固有性と共通性の問題もある。科学的探究が、各学問の名辭的構造に依拠しているとしても、科学に共通する探究の手続きも存在することは事実である。科学的探究の内実を描く上で、この学問の共通性と固有性を踏まえ、どのように両者を接合していくのか、構想する必要があるだろう。

(引用文献一覧)

- Anderson, R.D. (2002) "Reforming Science Teaching", *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), pp.1-12.
- BSCS (1965) *Biology Teachers' Handbook*, NY: John Wiley and Sons, Inc.
- Dewey, J. (1910) "Science as Subject-Matter and as Method", *Science*, 31(787), pp.121-127.
- (1915) *The School and Society* (revised edition), IL: The University of Chicago Press. 尚、宮原誠一訳『学校と社会』(岩波書店、1957年) 参照。
- (1916) *Democracy and Education*, NY: Macmillan company. 尚、松野安男訳『民主主義と教育』(岩波書店、1975年) 参照。
- (1933) *How We Think* (revised edition), MA: D.C. Health and Company.
- (1938) *Logic: The Theory of Inquiry*, NY: Holt. Rinehart and Winston. 尚、魚津郁夫訳『パース・ジェームズ・デューイ』(中央公論社、1968年) 参照。
- Dewing, A.S. (1908) "Science Teaching in Schools", *School Science and Mathematics*, 8(9), pp.740-744.
- 藤井千春(2010)『ジョン・デューイの経験主義哲学における思考論』早稲田大学出版。
- 石崎友基(2013)「探究学習における『ディスカッション』の意義」『理科教育学研究』53(3), pp.419-427.
- (2017)「J.J.シュワブの探究観と探究学習論」大高泉『理科教育基礎論研究』協同出版、pp.181-194.
- NEA (1893) *Report of the Committee on Secondary School Studies*, Washington: Government Printing Office.
- Newcomb, S. (1884) "What is a Liberal Education?", *Science*, NS-3(62), pp.435-426
- 野上智行(1994)『アメリカ合衆国におけるゼネラルサイエンスの成立過程の研究』風間書房。
- NRC (2011) *A Framework for K-12 Science Education*, Washington, D.C; The National Academy Press, 2007.
- 小川博久(1966)「アメリカの生物教育の改造」『教育方法学研究』1、pp.66-86.
- (1969)「Discipline の構造について」『教育方法学研究』3、pp.60-79.
- (1972)「アメリカにおけるカリキュラム改造とその理論的背景」『北海道教育大学紀要』23(1)、pp.14-27.
- Osborne, J. (2014) *Scientific Practices and Inquiry in the Science Classroom*, Lederman, N.G., & Abell, S.K. (Eds.). *Handbook of Research on Science Education*, NY: Routledge, pp.579-599.
- Rudolph, J.L. (2002) "Portraying Epistemology", *Science Education*, 87(1), pp.64-79.
- (2005) "Epistemology for Masses", *History of Education Quarterly*, 45(3), pp.341-376.
- Rouse, J. (1987) *Knowledge and Power*, NY: Cornell University Press. 尚、成定薫他訳『知識と権力』(法政大学出版、2000年) 参照。
- 佐藤学(1997)『カリキュラム批評』世織書房。
- Schwab, J.J. (1960) "What do scientists do?", *Behavioral Science*, 5, pp.1-27.
- (1964a) "Problems, Topic and Issues", Elam, S. (ed) *Education and the structure of knowledge*, IL: Rand McNally, pp.4-43.
- (1964b) "The Structure of The Natural Science", Ford, G.W., & Pugno, L. (eds) *The structure of knowledge and the curriculum*, IL: Rand McNally, pp.31-49.
- (1978) "Education and the Structure of the Discipline", Westbury, I., & Wilkof, N.J., *Science, Curriculum and Liberal Education*, IL; The University of Chicago Press, pp.229-272.
- Schwab, J.J., & Brandwein, P.F. (1962) *Teaching Science as an Enquiry*, MA: Harvard University Press. 佐藤三郎訳『探究としての学習』(明治図書、1970年) 参照。
- Siegel, H. (1978) "Kuhn and Schwab on Science Texts and the Goals of Science Education", *Educational Theory*, 28(4), pp.302-309.
- 田中耕治(1980)「カリキュラム改造運動における『構造』概念について」『京都大学教育学部紀要』26、pp.222-232.
- 渡部隆(1977)「J.J.シュワブの『探究』について」『教育学研究集録』17、pp.63-69.
- Westbury, I., & Wilkof, N.J. (1978) "Introduction", *Science, Curriculum and Liberal Education*, IL; The University of Chicago Press, pp.1-42.
- (愛知県立大学教育福祉学部教育発達学科・講師)

受理 2018年5月15日