

**理科教育における科学史の活用について
我が国における研究の概観と今後の課題**

福井智紀・鶴岡義彦

On the Use of History of Science in Science Education
Review of Research in Japan

FUKUI Tomonori and TSURUOKA Yoshihiko

理科教育における科学史の活用について 我が国における研究の概観と今後の課題

福井智紀^{*1}・鶴岡義彦^{*2}

On the Use of History of Science in Science Education Review of Research in Japan

FUKUI Tomonori^{*1}, TSURUOKA Yoshihiko^{*2}

(Received August 30, 2002)

The purpose of this study is to review of research on the use of history of science in science education. First, we classified the use of history of science into direct-use or indirect-use. Second, we reviewed both of them in terms of the aim of use, the fundamental position, and the way to use. We also took up other research. It was the analysis of science textbooks, fact-finding research on students' knowledge, the introduction of some cases in foreign countries into Japan, and the description in textbooks/glossaries of science education. Finally, we observed on the future direction of studies on the use of history of science.

Key words: science education, history of science, direct-use, indirect-use, the future direction of studies

はじめに

理科教育における科学史の活用に関しては、これまでに様々な議論や実践がなされてきた。そして、近年、この問題に再び焦点が当てられつつある。こうした動きには、新教育課程において、科学史を豊富に取り入れた高校理科基礎が設置されたことも、影響していると思われる。理科基礎については、例えば、内容の取扱いの中に次のような記述が見られる。「・・・進化論が提唱されるに至った過程や論争の考察を通して、地球上に生活する多様な生物が進化の過程を経て現在に至ったことを進化の事例とともに扱うこと」、「・・・惑星の観測や観測資料から得られる惑星の視運動の様子を基に、惑星の軌道を作図するなどの実習を通して、天動説から地動説への宇宙の見方や考え方の転換を扱うこと」(下線筆者、文部省、1999)。そして実際に、教科書検定に合格した計4社の教科書のいずれもが、科学史を豊富に扱っている(なお、教科書における科学史の取扱いについて、筆者らは、2002年9月に日本理科教育学会第52回全国大会において報告を行っている)。

ところで、理科教育における科学史の活用に関する議論は、非常に古くから見出される。例えば、フラ

^{*1} Part-time Instructor of Science Education, Tokyo University of Fisheries, 5-7, Konan 4-chome, Minato-ku, Tokyo 108-8477, Japan. (東京水産大学非常勤講師・理科教育法)

^{*2} Faculty of Education, Chiba University, 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan. (千葉大学教育学部)

ンスの物理学者P.Langevinは、1920年代に「科学史の教育的価値」という講演において、科学史を理科(科学)教育に取り入れる必要があると主張した(Langevin, 1961)。我が国でも、理科教育学会創立(1952年)後に創刊された学会編集誌『理科の教育』を見ると、当時から理科教育における科学史の活用に関する議論・実践が盛んに行われていたことがわかる。さらに、これら1950~60年代の論文等には、なぜ科学史を活用するのかや、理科教育と科学史とがどのように相互関連するのかなど、科学史活用の意義や根拠を正面から論じたものが少なくない。

しかし、「1951~1965年の15年間をふりかえると、その進歩はまことに微々としており、理科教育への科学史の導入は、結局において、失敗したのではないか、という感想を持つにいたっている」(湯浅, 1965)。「わが国の初等・中等教育の理科教育においては、これまで教科書に科学者の名前、断片的な逸話が載っている程度で、本当の意味での科学史の教育的考慮が払われたことはなかった」(市川, 1974)。「実のところ残念ながら授業実践は大変少ないといえると思う」(徳永, 1998)という言葉が端的に示しているように、理科教育における科学史の活用は、一部の教師・研究者らによる独自の実践・研究を除けば、理科教育に深く根付くことは無かったのである。

冒頭に述べたように、理科教育における科学史の活用に関して、近年再び焦点が当てられつつある。例えば、日本科学史学会のシンポジウムでは、これに関わる議論が何度もなされている(「シンポジウム：新学習指導要領と科学史の教材化」『科学史研究』No.38, pp.238-247, 1999などを参照。この他に本誌の過去数号に、これに関わるテーマを取上げたシンポジウムの報告が掲載されている)。また、科研費の補助を受けて科学史を活用した授業案集を開発している研究も見られる(杉山研究代表, 2000)。

だが、これらをはじめとした今後の議論や実践が、かつてのように一時的な流行や個人レベルでの取り組みに終わらないためには、かつての議論や実践を広く眺めて、論点や課題などを明確化することが必要である。新たな議論や実践は、それらを踏まえたものでなければ、かつてと同様の「顛末」を繰り返さないという保証は無いのである。そこで本稿では、理科教育における科学史の活用について、我が国においてこれまでになされてきた研究を広く概観し、重要な論点や課題を抽出して整理しつつ、今後必要とされる研究の方向を示唆することを目的とする。

1. 科学史活用のはじまり

ある学問領域が市民権を獲得したことの1つの指標を、その学問領域の名を冠した学会の創立とすると、自然についての人類の認識の発展を扱う科学史学の確立は、比較的最近のことだと言える。我が国においては、日本科学史学会の創立は1941年のことである。また1969年に初めて、東京大学に科学史・科学基礎論の大学院が置かれた。その後、科学史研究が次第に盛んになるに従って、1950年代から科学史と理科教育との関わりについての議論が、日本科学史学会編集の『科学史研究』(先述の学会誌)などに現れてきた。これらの論文の著者の多くは、科学史研究者であった。つまり、科学史と理科教育との関わりについての議論は、主として科学史研究者から始められ、次第に理科教育研究者がこれに加わるようになったと言える。そして、日本理科教育学会編集の『理科の教育』において、1958、1965、1974、1983年の計4回、「理科教育と科学史」あるいは「理科教育における科学史の活用」という特集が組まれるなど、理科教育における科学史の活用については、これまでに何度も繰り返して論じられてきた。また、具体的なカリキュラム開発や実践の報告なども、多数とは言えないものの現れてきた。ただし、はじめに述べたように、これらが理科教育の世界に深く根付くことは無かったのではあるが。

2. 科学史活用の視点 直接的活用か間接的活用か

これまでになされてきた研究のほとんどは、科学史を生徒に直接に学ばせようとするかどうかという視点によって、次のように大別できる。

1. 科学史の直接的活用 理科教育において科学史を教材として取り入れて、生徒にじかに学ばせる必要を論じたもの、あるいはその立場に基づく実践。
2. 科学史の間接的活用 理科教師が、素養としてあるいは指導上の参考として、科学史を理解する必要を論じたもの、あるいはその立場に基づく実践。

理科教育における科学史の活用を、上記のような観点から明確に区別して論じたものとして、鈴木(1973, 1978)がある。ある議論や実践が、上記のうちのどちらか一方しかその視野に入れていないと言うわけではないが、ほとんどの場合、どちらか一方を科学史活用の本質的な部分として見なしていることが窺える。さらに、いずれか一方しか視野に入れていないものも少なくない。したがって、このような直接的あるいは間接的活用という区分は、以下の整理・考察の便宜上有効であると思われる。

以下では、科学史の直接的活用・間接的活用のそれぞれについて、(1)活用の目的・意図、(2)活用における基本的立場、(3)活用の形態、の3点に着目しつつ、代表的な研究を取り上げることにした。

3. 科学史の直接的活用に関する研究

(1)活用の目的・意図

理科教育における科学史の直接的活用、すなわち科学的な内容を生徒に直接学ばせようとする場合、それはいかなる目的・意図によるのであろうか。科学史の活用が「正しい意味での科学の方法や探究の過程を理解するのに有効である」(鈴木, 1973) あるいは、「そのねらいとするところは“科学とは何か”の理解である」(鈴木, 1978) という言葉から窺えるように、この場合、科学の本質を理解するためには科学史を直接学ぶことが有効もしくは不可欠である、という信念が背景にある。つまり、科学の本質を理解させることを目的・意図した活用である。

ただし、科学の本質を理解させるために科学史を学ばせるという場合、何を科学の本質と捉えるかによって、扱われるべきとされる科学史の内容も異なるものになり得る。より端的に言えば、まず、科学における「研究の方法」「研究の過程」「科学の発展的性格」などを科学の本質と捉える場合がある。これらを生徒に学ばせようとするれば、科学自体の歴史(「内在史」とも呼ばれる)を扱うことが中心になるだろう。科学史自体を学ぶといった場合にまずイメージされるのは、こちらの方かもしれない。これに対して、「科学と社会の関わり」や「科学者の社会的責任」なども科学の本質の一部と捉える(さらにはこれこそを科学の本質的な要素として捉える)場合がある。これらを生徒に学ばせようとするれば、科学とその外部の領域・要因との関わりを含む歴史(「外在史」とも呼ばれる)を学ばせる必要が生じてくるだろう(なお、「内在史」「外在史」の区分については鶴岡・大高, 1983を参照)。後者については、では具体的に何を扱うのかということが、過去の研究においては必ずしも明確ではない。それでも、こうした活用の必要性自体は、繰り返し論じられてきている。例えば市川(1961a)は、科学と人間社会との相互作用について、「勿論社会科でこの問題をとり上げるのは当然であるが、科学技術の内容に詳しい理科の教師が理科の学習においてとりあつかった方が理解し易いものも沢山あり、尚社会との関連において教材をとりあつかうことによって理科の学習が逆に生きて来る場合もある」と述べている。さらに永田(1965)も、科学と技術との相互作用を理解する上での、科学史の有効性を指摘している。細野(1973)も、科学の本質の理解には

科学と社会との関連を考察しなければならず、そのためには科学史的分析が不可欠であろうと述べている。以上から、後者（外在史の活用）を試みる場合には、内容が従来の理科教育を大きく逸脱するものであったり、他の教科ですでに扱われているものであったりすることが予想されるので、社会科や国語等の他教科や総合的学習の時間との連携についての検討が必要となるだろう。

さて、科学の本質を理解させるという目的・意図の他にも、直接的活用の目的・意図として一般的によく見られるものがある。すなわち、生徒が科学を学習するための動機づけとして、あるいはそのトピックに対する興味・関心を喚起するために、科学史を活用するものである。例えば、「科学史的な考慮が理科教育にされれば科学は児童と同じ人間が作ったものであり、ゆっくり進む思想の進化を知り、自然から人間が多くを学んだが、まだまだ問題のたくさん残っていることにきづき、児童は生き生きと学習し理科に対する興味をわきおこすだろう」（市川，1961b）あるいは、「先人が自然科学上の原理・法則などを発見するに至った思考過程を追跡できるような形で史実を記述できるなら、学習者の興味・関心は一層高められることになるであろう。教科書中の『読み物』等はそういうものでありたい」（村上，1983）というような議論がこれにあたる。

以上をまとめると、直接的活用の場合には、科学の本質を理解させるためと、動機付けもしくは興味・関心の喚起という、2点の目的・意図が見出される。

(2)活用における基本的立場

さて、上記の目的・意図によって生徒に科学史を直接学ばせる場合、典型的なものとしては、「科学史家の立場」から科学史を対象化して眺めさせる活用法と、生徒を歴史上の「科学者の立場」に立たせて科学史上の出来事を追体験させる活用法と、この2通りがあるだろう。例えば「科学史家の立場」から科学史を生徒に学ばせるという活用法に関しては、竹内（1968）が次のように述べている。すなわち、「科学史的事実を具体例を並べながら整理し、科学とは何か、科学者はどのような方法をとってきたか、どのような論争や環境から、法則が見つげ出されたかなどを、それらの立役者の発表文やそれに対する批判の手紙などを掲げ、生徒に読ませながら科学的な見方や考え方や原理や法則の正しい理解へ導く方法もある」というような活用法である。一方、金子（1958）は、「ある自然科学者が、科学的な一つの考え方、思索を發展させてある結果に到達したという、そういう考え方のプロセス、これを子どもに再び行わしめるということ」に教育的価値があると見ている。この場合は、生徒を科学者の立場に置き、科学的探究の過程を追体験させることに主眼が置かれていると言える。

(3)活用の形態

以上を踏まえ、それでは科学史を直接活用する場合にはどのような形態がありうるのかを考えてみたい。科学史の直接的な活用の立場を最大限に押し進めれば、科学史を独立の教科として扱うべきではないか、という議論が生じてくるだろう。学習内容の精選が叫ばれる現在とは状況が異なるものの、そうした議論も主張されたことがある（例えば鈴木，1973）。さらに現実には、高等学校において、科学史を学ぶ科目を選択科目として創設した例もある（高橋，1985）。新課程における高校理科基礎もまた、科学史を独立の選択教科として扱うものと見なすことができよう。しかしこれらを除くと、これまでになされてきた研究・実践のほとんどは、既存教科の枠組の中に特定の科学事例史を挿入したり、科学史に基づいて構成しなおした教材を、既存の教材と一部入れ替えるなどの形を取るものであった。そして、それらは次の3つの形態に大別できる。

1. 科学史（「読み物」教材として位置づけられることも多い）を授業の導入あるいはまとめの場面において扱うもの 例としては、以下の半沢（1974）など。

2. 科学史上の実験・観察を授業の中で扱うもの 例としては、化学史上の実験を授業に導入するための指導書の開発（林研究代表，1980）など。
3. 特定の科学事例史（ケース・ヒストリー）を単元の間あるいは単元の替わりに挿入するもの 例としては、「植物における成長の調節」の研究史を活用した指導計画案の作成（細野，1974）など。なお、この形態の場合の多くにも、科学史上の実験・観察が含まれる。

なお、実験・観察については、それを生徒や教師が実際に行うものと、そうしないものがある。

さて、このように授業の一部でのみ科学史を扱う場合には、授業全体との関連が明確にされていないといけなだろう。例えば半沢（1974）は、導入の場面における科学史の活用について考察し、科学史の活用をそのトピックの学習の目標とどう関連付けるかをよく考慮しないと、「科学史と授業目標の間に断層が生じてしまう」と注意を喚起している。導入の場面に限らず、科学史を直接に児童・生徒に学ばせる場合には、その学習内容や方法が、活用の目的・意図に沿ったものかを常に考慮しつつ、全体との関連付けを明確にしておくことが不可欠であろう。半沢の言うように、「お話（科学史）はおもしろいが、理科の勉強はつまらない」（半沢，1974）となっては活用の意味がないのである。

4. 科学史の間接的活用に関する研究

(1)活用の目的・意図

次に、科学史の間接的活用、すなわち教師が素養としてあるいは指導上の参考として科学史を活用する、という場合を取り上げたい。

これについて、鈴木（1973）は、こうした活用を「間接利用と称し、指導する教師が科学の発展過程をよく理解しておき、ある学習を進める場合の手がかりをつかむのに有効であるということである」と述べている。また、竹内（1968）は次のように述べている。すなわち、「指導計画やその手順を考えるには、対象の児童・生徒の関心や見方に基づき、その考え方の流れに沿って論理の飛躍のないように立案するのは当然であるが、このときのヒントが、案外科学史的事実の中から得られる場合が多い。勿論、子どもの思考過程やその発達の順序が、人間の知識の発展過程と一致するものもあれば、違う場合もあるが、いずれにしても、授業過程を組むときや学年の配列、他領域との関連を考えるときの手掛かりとなることがあるということである。つまり、科学史の間接的活用においては、教材研究や教授法研究に役立てるという目的・意図によって、活用がなされるのである。このような活用は、例えば田中（1956）や真船（1970）など、多数見出せる。

(2)活用の基本的立場

上記のような科学史の間接的活用における基本的立場の中には、単に科学史を指導上のヒントや参考にするだけでなく、より積極的に、科学史上の概念の形成・発達過程と児童・生徒の科学概念の形成・発達過程との間に、系統発生と個体発生のような類縁・対応関係を仮定したものも多い。例えば高橋（1987）は、子どもが力概念を形成する際に直面する困難を4点あげて、「以上のべた諸困難は子どもの認識形成の過程であられるばかりでなく、物理学の歴史の中でも多かれ少なかれ経験したことである。つまり、子どもの力概念の発達と、科学史における力概念の発達とは類似しているところが多い。したがって、子どもの力概念の発達に、困難がみられたとき、科学史の上ではそれはどのように解決してきたのかを洗い出すことができるならば、力学教育にそれを役立て、子どもの概念形成をうながす有効な手段とすることができるはずである」と述べている。

一方、このように科学史上の概念の形成・発達過程と児童・生徒の科学概念の発達過程との間の類縁・

対応関係を仮定することに対し、批判的な議論もある。例えば田中(1965)は、「教育方法を考える上で、科学史が貴重な参考になるのは、たとえば原子や化学変化の法則性を子どもに正確に理解させるには、どれだけの要素が組みあわせられるとよいかを、歴史から見出すことができるからである。指導の過程や系統性まで、科学史は教えてくれない」と述べている。蛭谷(1965)も、「ヘッケル流の『系統発生は個体発生をくり返す』式の単純論法で、過大な要求を子どもに押しつけたり、教師の子ども不在の指導がなされてはならないであろう。科学史は知識の何であるかを教えてくれるが、やはり現在の子ども姿の理解は、現在の事実によってしかできないのである」と述べている。ただし、この点に関しては、どのような科学概念を扱うかによっても、議論は異なってくるだろう。実証的データを伴う研究も、今後必要であると思われる。

(3)活用の形態

教師が、素養としてあるいは指導上の参考にするために科学史を活用する場合、具体的にはどのような形態があり得るのだろうか。最も単純なものとしては、教師が授業の前に、次の単元に関連した分野・領域の科学史を知っておこうという場合があるだろう。しかし、単にそのような活用にはとどまらずに、特定の概念に関わる科学史を詳細に分析して、その概念の歴史的な変遷を明らかにした上で、現行の指導過程を批判的に検討した研究もいくつか見出せる。例えば、徳永(1988,1990)は、「教育のための科学史研究」という視点に立って、「てこの規則」「仕事の原理」「力学的エネルギー」についての認識の歴史的変遷や論争を分析するとともに、指導上の示唆や現状の問題点を明らかにした。また、真船(1970)及び真船・望月(1970)は、光合成研究の歴史を分析することによって、光合成教材の欠陥を指摘しようとした。少し長いがその一部を引用したい。「小学校で光合成を学習しはじめるのは、正にIngenhouzの段階で、ガス交換が主となっている。そして、高学年になると、いきなり、Sachsの発見したよう素液法によるでんぶんの検出実験を用い、葉で栄養をつくして〔作って〕いるというおしつけが行なわれる。中学校で行なう光合成の実験も小学校のくりかえしにすぎない。植物は根からすべての養分を吸収していると思っている子どもたちに、de Saussureの段階をぬきにして、Ingenhouzの段階からSachsの段階に飛躍させれば、葉ででんぶんができることを、巧みなよう素液法で証明してみせても、だから、植物は葉で栄養を作っているのだという論理を子どもたちが受け入れないのも当然である」(真船・望月,1970)。さらに彼らは、この問題を改善すべく、de Saussureの実験の教材化まで試みている(よって、この場合を、科学史上の実験・観察を扱った直接的活用の例と見なすこともできる)。

なお、上記の徳永は、科学史の活用について積極的に発言している論者のひとりであるが、我が国でこれまでに見られた研究・実践のうち、今後継承・発展すべきものとして、科学事例史(法)と仮説実験授業をあげている(徳永,1998)。このうち前者は、科学史の直接的活用の部分ですでに言及した。後者の仮説実験授業は、科学史の直接的活用、間接的活用いずれの視点から見た場合においても重要である。仮説実験授業の詳細には本稿では立ち入らないが、徳永の言葉を借りれば、「仮説実験授業は、ケース・ヒストリー〔科学事例史〕のように科学史上の事例を『歴史』として学習内容を構成しようとするものではない。仮説実験授業は具体的な科学史研究からとらえた認識論を科学教育論にそしゃくし直し、その理論を適用して授業の法則性を求めようとするものである」(徳永,1998)。この点では、これを、科学史の間接的活用と捉えることができるだろう。しかし、仮説実験授業においては、「読み物」教材も重視されているし、科学史上の実験・観察が用いられることも多い。この点では、科学史の直接的活用と捉えることもできる。仮説実験授業は、我が国の理科教育に無視できない影響を与えてきたが、それは科学史の活用という視点から見ても同様なのである。

5. 科学史の活用に関するその他の研究

以下、上記で扱いきれなかったが、今後の科学史の活用に示唆を与える重要な研究について、簡潔に取り上げたい。それらは、(1)教科書中の科学史的事項・用語の調査と検討、(2)科学史的知識全般の実態調査、(3)諸外国の科学史活用事例の紹介、(4)理科教育法の教科書や用語集における科学史活用に関する概論、についてである。

(1)教科書中の科学史的事項・用語の調査と検討

これらの研究例は、非常に多数見出せる（例えば池田，1961；佐々木，1961；西條，1981b；人見・亀山，1990；人見，1991；安東，1996，1997）。これらにおいては概して、教科書における科学史的内容の取扱いが、各教科書において非常にまちまちであることが指摘されている。さらに、取扱いが断片的であったり、少なかったり、全くなかったりすることも報告されている（例えば池田，1961）。こうした議論や報告は概して、「科学史的事項」を定義して、それに該当する項目の字数を数え上げた上で、教科書間・内容領域間の差異に言及する。近年では、人見ら（人見・亀山，1990；人見，1991）による中学理科及び高校物理教科書の分析や、安東（1996，1997）による高校物理ⅠB及び物理Ⅱ教科書の分析がある。なお、安東による分析では、教科書における記述の類型を7つ（独立型、要点型、人物型、実験型、本文型、年表型、問題型）提示している。しかし、一般にこうした研究は、資料的価値は高いものの、教科書における科学史的な記述がどのようなものであるべきか、ということに関する議論にはあまり踏み込んでいない。記述の有無や語数を数え上げるなどの数量面の分析的研究を、科学史活用の促進・改善にどのように結び付けていくかが、課題として残されている。

(2)科学史的知識全般の実態調査

釜瀬（1962）、西條（1981a）などがこれにあたる。西條の報告においては、科学史に関する知識の成績と、理科の成績との間には、弱いながらも正の相関関係が見られたという。さらに、高校生の科学史に関する知識は、全体的には乏しいという。ただし、上記(1)や、このような実態調査においては、何を「科学史的事項」あるいは「科学史に関する知識」として見なすのかが問題となるために、恣意性を免れ得ない。例えば西條（1981a）では、生徒がA・B・Cの各群から、「DNAモデル」と「ワトソン、クリック」と「20世紀」という3つを選んで結び付けた時、それを科学史に関する知識の得点としている。しかし、こうした方法によって、生徒の科学史に関する知識を正当に評価できているのかは、必ずしも定かではない。

(3)諸外国の科学史活用事例の紹介

例えば、平沢・細田（1961，1963）は、旧ソビエトの科学教育における科学史の取扱いを報告し、さらに日本と比較している。また、鶴岡・大高（1983）は、アメリカ及び旧西ドイツの科学史を活用したカリキュラム・教科書を紹介している。さらに、米国において前述の「科学史事例史法」がJ.B.Conantによって創案された経緯及び目的を分析したものとして、鶴岡（1983）がある。この「科学事例史法」はL.E.Klopferにより開発されたHOSC（History of Science Cases）等に採用されたのだが、鈴木（1967）はこのHOSCをいち早く我が国に紹介した。HOSCは1976年には、邦訳・出版もされている（渡辺正雄訳，1976）。他にも、科学史を活用したPP（The Project Physics Courses、元HPP）が、邦訳・出版されている（渡辺正雄監修，1977-85）。

(4)理科教育法の教科書・用語集における概論

教員養成課程における理科教育法などの教職科目のための教科書や用語集の中にも、理科教育における

科学史の活用について触れた部分が見出せる。例えば、根本（1985）や高橋（1996）である。これらはいずれも、科学史を活用する意義、方法、事例などについて、簡潔にまとめている。近年では、徳永（1998）が、理科教育用語集の中の「理科教育と科学史」の項目において、わが国における科学史の活用について簡潔にまとめている（なお、すでにその一部を引用した）。

6. まとめと今後の課題

以上、我が国における科学史の活用に関する研究を概観してきた。これらを表1にまとめておく。ただし、上記でHOSCやPPなどに触れたように、近代科学及び科学史学の成立において我が国よりはるかに先んじていた諸外国においても、科学史の活用についての研究は盛んになされてきた。本稿においてこれらを詳細に論じることは不可能であるが、今後の研究に示唆を与えるものとして、Matthews（1994）によって整理された、科学史活用の根拠についてのみ紹介しておきたい。それらは、以下の7点である。

1. 歴史は、科学的概念・方法のより良い理解を促進する。
2. 歴史的アプローチは、個人的思考の発達を、科学的アイデアの発展と結び付ける。
3. 科学史は、本質的に、労力をかけるだけの価値がある（worthwhile）。科学史・文化史における重要なエピソード 科学革命、ダーウィニズム、ペニシリンの発見などは、全ての生徒がよく知っているべきである。
4. 歴史は、科学の本質（nature）の理解のために、不可欠である。
5. 歴史は、科学テキストや科学クラスに一般に見出される、科学至上主義（scientism）や独断主義（dogmatism）を和らげる。
6. 個々の科学者の生涯や時代を調べることによって、歴史は科学の素材を、それを生徒にとってあまり抽象的ではなくむしろ没頭させるものとしつつ、人間的なものにする（humanize）。
7. 歴史は、科学のトピック・学科が、その他の人文学科と結び付くのを容認するだけではなく、相互に結び付くことをも容認する。すなわち、歴史は、人間の業績の集約的・相互依存的な本質を表す。

表1. 主要な論点の整理

直接的活用	目的・意図	<ul style="list-style-type: none"> ・科学の本質あるいは科学とは何かを理解させる。 <ul style="list-style-type: none"> a. 科学の本質を科学内部に限定する（科学の「内在史」を学ばせる） b. 科学の本質に科学と外部との関わりを含む（科学の「外在史」を学ばせる） ・動機付け。もしくは興味・関心を喚起する。
	基本的立場	<ul style="list-style-type: none"> ・児童・生徒に「科学史家の立場」から科学史を対象化して眺めさせる。 ・児童・生徒を歴史上の「科学者の立場」に立たせて科学史上の出来事を追体験させる。
	活用形態	<ul style="list-style-type: none"> ・科学史を扱う新教科を設置する。 ・科学史（読み物）教材を授業の導入やまとめで用いる。 ・科学史上の実験・観察を授業の中で扱う。 ・科学事例史（ケース・ヒストリー）を単元の間にあるいは単元の替わりに挿入する。
間接的活用	目的・意図	<ul style="list-style-type: none"> ・教師の素養として。 ・指導上の参考のため。 ・教材研究や教授法研究に役立てる。
	基本的立場	<ul style="list-style-type: none"> ・科学史上の概念の形成・発達過程と児童・生徒の科学概念の形成・発達過程との間に類縁・対応関係を仮定する。 ・上記に対し否定的な立場もある。
	活用形態	<ul style="list-style-type: none"> ・授業前に単元に関連した分野・領域の科学史を知っておく。 ・現行の指導過程を再検討する。 ・教材や教科書の欠陥を明らかにする。

これらを見ると、これまでに述べてきた我が国における議論や実践と、よく似た論点が多いことがわかる。Mathewsの主張や諸外国における研究・実践の詳細な分析は、今後の課題としたい。しかし、いずれにせよ、我が国における議論や実践は、総体としては非常に幅の広い多様なものであった、と言えるのではないだろうか。

それでは我が国において、今後どのような点が課題となるのであろうか。まず、はじめに述べたように、理科教育における科学史の活用は、一部の教師・研究者らによる独自の実践・研究を除けば、結局理科教育に深く根付くことは無かったのである。本稿で取り上げたような活用の意義・価値を、もしも科学史に認めるのであれば、実際に活用があまり試みられなかったのはなぜだろうか、あるいは、一部でなされた活用が、理科教育に深く根付かなかつたのはなぜだろうか。この理由を、真摯に考える必要がある。理由として例えば、学習指導要領及び教科書において科学史がそれほど積極的に位置付けられてこなかったとか、科学史について深い素養を持った理科教師が少数に過ぎないとか、理科教員養成課程の中で科学史がそれほど重視されていないとか、我が国において科学史学を研究する大学・機関は諸外国に比べて非常に少ないとか、いくつかの理由が直ぐにあげられるだろう。しかし、より根源的な理由は、探究の過程や科学の本質の理解が重要であると語られていたとしても、現実の日々の授業の中では結局、膨大な量の科学概念を効率よく覚えさせることに主眼が置かれているという、我が国の理科教育の現状にあるのではないだろうか。したがって、理科教育における科学史の活用を考えることは、理科教育の目的を問い直し、現状の在り方を改善していこうとする試みにも繋がるのである。

今後は、こうした我が国の現状を踏まえつつも、まずは現行の課程の中でも実施し得る科学史の活用事例を蓄積していくことが必要である。すでに一部の教師・研究者らによる取り組みが見出せるものの、例えば徳永(1998)の言う「教育のための科学史研究」というような視点から見れば、まだまだ多くの研究が必要とされていることは明白であろう。また、新教育課程の高校理科基礎における、科学史の活用の在り方や具体的な授業研究についても、今後の検討が必要である。科学史を活用した場合の効果を実証的データとして示す研究も、活用の意義・価値が広く理解されて実践が盛んになるために必要であろう。

本稿では、個々の研究については僅かしか触れることができなかつたし、この他にも多数の有用な研究が存在する。本稿と、本稿末に示された文献一覧が、今後の研究のための基礎として役立てば幸いである。

附 記

本稿は、鶴岡義彦『理科教育への科学史の導入 人間の営みとしての科学をいかして』(昭和51年度東京教育大学大学院教育学研究科修士論文)の一部をもとに、大幅な加筆・修正を行ったものである。

文 献

- 安東久幸(1996)『『物理 B』にみる物理学史に関する考察』『科学史研究』No.35, pp.277-281
 安東久幸(1997)『『物理』にみる物理学史に関する分析的研究』『科学史研究』No.36, pp.147-156
 池田豊信(1961)『高校理科教育における科学史教材』『科学史研究』No.56, pp.34-36
 市川米太(1961a)『理科教育における科学史』『奈良学芸大学紀要 自然科学』Vol.10, No.1, pp.57-64
 市川米太(1961b)『理科教育における科学史』『理科の教育』Vol.10, No.5, pp.50-51
 市川米太(1974)『探究学習と科学史』『理科の教育』Vol.23, No.8, pp.14-18
 蛭谷米司(1965)『子どもの自然認識と科学史』『理科の教育』Vol.14, No.8, pp.13-15
 金子孫市(1958)『理科教育と科学史(座談会)』での発言『理科の教育』Vol.7, No.8, p.16

- 釜瀬九州男 (1962)「高校理科教育と科学史」『科学史研究』Vol.1, No.3, pp.131-162
- 西條敏美 (1981a)「高校生の科学史に関する知識の実態調査」『日本理科教育学会研究紀要』Vol.21, No.2, pp.1-6
- 西條敏美 (1981b)「高校『理科』教科書に見られる科学史的事項とその取扱い」『日本理科教育学会研究紀要』Vol.23, No.3, pp.73-82
- 佐々木操 (1961)「理科教科書に表われた科学史的事項 昭和37年度使用予定中学校理科教科書の調査」『科学史研究』No.56, p.37
- 杉山滋郎研究代表 (2000)『科学史資料集ならびに科学史を利用した授業案集の開発に関する研究 高校「数学基礎」「理科基礎」科目のために』(web, <http://hps2.sci.hokudai.ac.jp/~kaken/index.html>)
- 鈴木善次 (1967)「アメリカ高校理科教科書における科学史教材の利用について(アゴラ)」『科学史研究』No.83, pp.143-144
- 鈴木善次 (1973)「『理科教育と科学史』再論(アゴラ)」『科学史研究』No.12, pp.44-46
- 鈴木善次 (1978)「科学史と理科教育」日本理科教育学会編『現代理科教育体系 第2巻』pp.52-66, 東洋館出版社
- 高橋哲郎 (1985)『教師のための科学史教育入門』新生出版
- 高橋哲郎 (1987)「子どもの認識の発達と力概念の歴史」『理科の教育』Vol.36, No.2, pp.13-16
- 高橋哲郎 (1996)「第6章 理科の授業と子どもの認識過程 8 科学史と理科教育」『新理科教育法』編集委員会編『新理科教育法』pp.179-183, 東京書籍
- 竹内清 (1968)「科学史と理科教育との相互発展について」『生物学史研究』No.14, pp.28-33
- 田中実 (1965)「科学史的事実と俗説の間 質量保存の法則の成立をめぐる」『理科の教育』Vol.14, No.8, pp.31-33
- 鶴岡義彦 (1983)「科学教育における科学事例史法(1) J.B.コナントによる『科学事例史法』(case history method) 創案の目的」『日本理科教育学会研究紀要』Vol.24, No.2, pp.67-74
- 鶴岡義彦・大高泉 (1983)「海外にみられる科学史活用の実態 アメリカ及び西ドイツの場合」『理科の教育』Vol.32, No.12, pp.35-40
- 徳永好治 (1988)「エネルギー概念の歴史的形成過程と理科教育() てこの規則及び仕事の原理」『日本理科教育学会研究紀要』Vol.28, No.3, pp.19-30
- 徳永好治 (1990)「エネルギー概念の歴史的形成過程と理科教育() 活力論争と力学的エネルギー」『日本理科教育学会研究紀要』Vol.30, No.3, pp.45-56
- 徳永好治 (1998)「理科教育と科学史」日本理科教育学会編『キーワードから探るこれからの理科教育』pp.26-31, 東洋館出版社
- 永田義夫 (1965)「理科学習に利用できる科学史の事例<生物関係>」『理科の教育』Vol.14, No.8, pp.19-21
- 根本和成 (1985)「第 章 科学史と理科教育」『理科教育法研究』pp.129-168, 東洋館出版社
- 林良重研究代表 (1980)『科学の歴史的事例による高校化学指導書の開発』(昭和54年度文部省科学研究費, 特定研究科学教育, 課題番号488048, 試験研究2)
- 半沢健 (1974)「理科学習に利用できる科学史 導入場面における科学史の利用」『理科の教育』Vol.23, No.8, pp.23-26
- 人見久城・亀山弘 (1990)「中学校理科教科書に見られる科学史的事項」『宇都宮大学教育学部紀要』No.40, pp.61-75
- 人見久城 (1991)「高校物理教科書に見られる科学史的事項」『宇都宮大学教育学部紀要』No.41, pp.93-110
- 平沢進・細田岩信 (1961)「ソビエトの科学教育における科学史の扱い方 第1報」『日本理科教育学会研究紀要』No.3, pp.7-12
- 平沢進・細田岩信 (1963)「ソビエトの科学教育における科学史の扱い方 第2報」『日本理科教育学会研究紀要』No.5, pp.25-32
- 細野英夫 (1973)「生物教育についての一考察 歴史的事例の取り入れについて(その1)」『生物教育』Vol.14, No.2, pp.1-3
- 細野英夫 (1974)「生物教育についての一考察 歴史的事例の取り入れについて(その3)」『生物教育』Vol.14, No.9, pp.9-15
- Matthews, M.R. (1994) Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science, p.50, Routledge.
- 真船和夫 (1970)「光合成研究の歴史と光合成の学習」『科学史研究』No.9, pp.6-10
- 真船和夫・望月嘉美 (1970)「光合成研究史よりみた光合成学習の欠陥と改善について」『東京学芸大学紀要(第4部門)』No.22, pp.94-104
- 村上嘉一 (1983)「科学史活用上の問題点とその改善 トリチェリの実験を中心に」『理科の教育』Vol.32, No.12, pp.30-34
- 文部省 (1999)『高等学校学習指導要領』大蔵省印刷局
- 湯浅光朝 (1965)「理科教育における科学史の役割」『理科の教育』Vol.14, No.8, pp.9-12
- Langevin, P. (1961)『世界教育学選集14 科学教育論』(竹内良和・新村猛訳), pp.120-133, 明治図書
- 渡辺正雄訳 (1976)『HOSC生物』・『HOSC化学』・『HOSC物理』いずれも講談社
- 渡辺正雄監修 (1977・85)『プロジェクト物理(全5冊)』コロナ社

理科教育における科学史の活用について 我が国における研究の概観と今後の課題

福井智紀^{*1}・鶴岡義彦^{*2}

(^{*1} 東京水産大学非常勤講師・理科教育法)
(^{*2} 千葉大学教育学部)

理科教育における科学史の活用について、我が国においてこれまでになされてきた研究を、広く概観した。まず、科学史の活用を直接的活用と間接的活用に区分し、それぞれについて、(1)活用の目的・意図、(2)活用における基本的立場、(3)活用の形態、の順に整理・考察を行った。さらに、その他の研究として、教科書の中の科学史的事項・用語の調査と検討、科学史的知識全般の実態調査、諸外国の科学史活用事例の紹介、理科教育法の教科書や用語集における科学史活用に関する概論、を取り上げた。最後に、今後必要とされる研究の方向を示唆した。

キーワード：理科教育、科学史、直接的活用、間接的活用、今後の課題

東京水産大学論集

編集委員

渡邊悦生

松山優治	神田穰太
兼廣春之	胡夫祥
藤田清	田中次郎
佐藤好明	小岩信竹
山中英明	小川廣男
日臺晴子	喜多澤彰

編集幹事

能登正幸	樊春明	吉崎悟朗
北門利英	福岡美香	川下新次郎
林敏史		

Copyright © 2002, Tokyo University of Fisheries, Editorial Committee
本誌掲載文の著作権は東京水産大学研究報告編集委員会に帰属する。

平成15年3月20日 印刷
平成15年3月28日 発行

編集 東京水産大学研究報告編集委員会
委員長 渡邊悦生
〒108-8477 東京都港区港南4-5-7
Tel. 03-5463-0442

発行人 東京水産大学
隆島史夫
〒108-8477 東京都港区港南4-5-7

印刷所 ニッセイエプロ株式会社
代表者 亀田修平
〒105-0004 東京都港区新橋5-20-4