

総合理科の実践的研究

——第1編「科学の成り立ち」の指導事例——

長澤 武・柏原 林造・山田 雅明
呉屋 博・山崎 敬人・丸本 浩
白神 聖也・平賀 博之・山下 雅文

1994年4月より新教育課程が始まり、本校では高等学校1年で「総合理科」を開設した。「総合理科」は第1編「科学の成り立ち」、第2編「科学の方法と理論の実際」、第3編「人間と科学—科学の再考」から構成されており、本年度より実践的研究をすすめてきている。本稿では「総合理科」の「第1編 科学の成り立ち」の教材化と指導事例について検討した。

1. はじめに

1994年4月より、新教育課程が始まった。新教育課程は高等学校1年から学年進行で実施される。本校では高等学校1年で「総合理科」（4単位）を必修として開設し、次年度以降ⅠBを付した科目を選択履修するように設定してある。

「総合理科」は新学習指導要領で設けられた新しい科目であり、総合理科を開設するにあたり、本校で開設する「総合理科」の主旨と理念について検討し既に報告した¹⁾。本稿では第1年次の実践報告として、「総合理科」の内容のうち、「第1編 科学の成り立ち」の教材と指導事例を中心に検討した。

2. 本校の教育課程と「総合理科」の目標

(1) 本校の教育課程

本校の理科に関する教育課程は表1のとおりである。生徒は2年次で、物理、化学、生物、地学のⅠBを付した科目の中から2科目を全員が選択履修する。3年次では、2年次と同じ科目を2科目または1科目選択履修する。3年次の科目はⅠBを付した科目とⅡを付した科目がセットになっている。

表1 本校の教育課程（理科）

学 年	科 目 （ 単 位 数 ）	単位数
1	総合理科（4）	4
2	物理ⅠB、化学ⅠB、生物ⅠB、地学ⅠB各(2)より2科目選択	4
3	物理ⅠB+Ⅱ、化学ⅠB+Ⅱ、生物ⅠB+Ⅱ、地学ⅠB+Ⅱ各(2+2)より、2系統(8)または1系統(4)選択。ただし2年次と同じ科目でなければならない。	8 or 4

(2) 「総合理科」の目標

「総合理科」の目標は学習指導要領によれば「自然の事物・現象に関する観察、実験や自然環境

についての調査などを通して、自然に対する総合的な見方や考え方を養うとともに自然の事物・現象についての理解を図り、人間と自然とのかかわりについて認識させる。」と示されている²⁾

本校では、自然科学の基礎的内容を学習するとともに、自然科学の成り立ち、自然科学と社会の関係についても学習し、現代社会の中での科学の意義を多面的に考えさせることを目標とした。

また、物理、化学、生物、地学の全ての分野を生徒は履修することができないので、この4分野からテーマを見出し、自然を総合的に理解させるとともに、2年次以降の選択科目を選ぶ目安を示す意味合いももたせた。

3. 「総合理科」の内容と実施形態

(1) 「総合理科」の内容

「総合理科」の全体構成については既に発表してある³⁾が、表2のように3編から構成される。第2編は化学・生物領域の「〈A〉物質変化と生命活動」と、物理・地学領域の「〈B〉運動とエネルギー」に分かれている。

第1編では自然科学の歴史の一部を学習し、科学についての考察への序論とした。第2編では具体的な自然科学の内容及び基礎知識としてエネルギーを中心テーマに据え、物理、化学、生物、地学の各分野からテーマを選んだ。第3編では第1編、第2編を受けて再度「科学とは何であるか」ということを正面から扱う。

(2) 実施形態

「総合理科」の実施にあたっては4単位を2単位ずつに分け、1クラスを2人の教員で担当した。一方の教員は第1編と第2編の〈A〉、他方が第2編の〈B〉と第3編を同時進行で実施した。

(3) テキストならびに副教材

テキストは、本校教員が自作した。

副教材 「理科学習表」 (第一学習社)

朝永振一郎「物理学とは何だろうか (上)」 (岩波新書)

表2 全体構成

第1編	科学の成り立ち
(1)	科学と科学者
(2)	科学の対象
第2編	科学の方法と理論の実際
〈A〉	物質変化と生命活動
〈B〉	運動とエネルギー
第3編	人間と科学—科学の再考
(1)	科学の本性
(2)	科学、技術、社会
①	科学の成果
②	科学にかかわる問題

4. 「第1編 科学の成り立ち」の目標と内容

(1) 「第1編 科学の成り立ち」の目標

「第1編 科学の成り立ち」では自然科学の成り立ちについて学習する。これは全体への序論にもなる。自然科学の成り立ちの歴史を学習することによって、生徒に自然科学とは何か、という問題意識をもたせると同時に、なぜ、高校1年で「総合理科」を学習するのかということについても、考えさせる。

(2) 「第1編 科学の成り立ち」の構成

第1編の構成は表3のようになる。

表3 第1編の構成

第1編 科学の成り立ち
はじめに
1-1 「科学」と「科学者」
(1) 「科学」の語源
(2) 「科学者」という呼称
1-2 「近代科学」確立以前の自然に関する研究
1-3 現代の科学の対象・分野

(3) 「第1編 科学の成り立ち」の内容

はじめに

「科学」とは何か、「科学的に証明された」「科学の力」などという言葉は何を意味するのか。「科学」「科学者」という言葉に対してどのような印象をもつだろうか、と問題を提示する。また、「科学」がどのようにして確立され、またどのような思考や研究方法などを基礎としているのか学習したり、科学と技術、科学と社会の関係についても学習するという、「総合理科」を通しての目標を提示する。

1-1 「科学」と「科学者」

(1) 「科学」の語源

「科学」というと普通17世紀以降ヨーロッパを中心にして発展してきた「西洋近代科学」を意味する。「科学」という言葉は19世紀後半に日本がヨーロッパから「西洋近代科学」を本格的に受容し始めたとき、“science”の訳語として造られた。“science”はラテン語の“scientia”（知識）に由来する言葉である。しかし、“science”が現在考えられているような意味で使われていたのではなく、知識とか学芸の意味で使用されていたということは1755年のサミュエル・ジョンソンの『英語辞典』などからも明らかである。「科学＝science」が学問の一分野として独立していく過程で、その言葉が単なる知識から自然に対する知識、すなわち自然科学という意味に変化したことがわかる。

(2) 「科学者」という呼称

「科学者」を意味する“scientist”という言葉の歴史にも「科学」と同様、「西洋近代科学」が制度的に学問の一分野として確立していく経過と密接な関連がある。ドルトンやファラデーは自らを“philosopher”と呼んでいたが、「科学」研究に携わる当事者たちから自分たちの活動にふさわしい呼称を要求するようになり、1834年にヒューエルが“scientist”という言葉を作った。しかし、“-ist”と言う語尾に対する反発が強く歓迎されなかった。“scientist”という呼称が通用するようになったのは20世紀になってからである。

1-2 「近代科学」確立以前の自然に関する研究

アリストテレス、レオナルド・ダ・ヴィンチ、ウィリアム・ハーヴェイの三人の業績を紹介し、

彼らの自然に対する理解や研究方法について現代のわれわれの思う科学観と比べることによって、自然に対する考え方や研究方法が次第に近代科学に近いものになっていくことを理解する。

1-3 現代の科学の対象・分野

現在の自然科学が研究対象として扱う分野は非常に広く、またたえず境界領域に新しい探究分野を開拓しているのが現状であるから、そのすべてを網羅するわけにはいかない。大雑把な分類ではあるが物理、化学、生物、地学の4分野が主として扱う分野を示した。

5. 1-1 「科学」と「科学者」の指導事例

(1) 目的

「科学」及び「科学者」という言葉をもとに、科学の歴史の一部を学習する。すなわち、知識一般を表す言葉である“science”が、現在使われている「科学」というせまい意味で用いられるようになっていく過程を学習することで、学問の諸分野の中における「科学」という分野の発展・確立を理解する。また、「科学者=scientist」という言葉の成立と受容の歴史から、自然に対する特別の知識をもった人たちの存在が社会から認められていく過程を理解させる。

(2) 教材

テキスト：「総合理科」1994年度テキスト p.2~3

副教材：「理科学習表」（第一学習社）

(3) 学習活動

- ① 「科学」という言葉をどのような意味で使っているか確認する。「科学」とは何か、「科学的」とはどういうことか、「ギリシア科学」とか「アラビア科学」と「科学」はどのように違うのか考える。
- ② 「科学」「自然科学」「science」という語を国語辞典、英和辞典などで調べる。
- ③ 「科学」ならびに“science”の語源について調べる。
- ④ 「科学者」という呼称を現在どのような形で使用しているか考える。
- ⑤ 「科学者」ならびに“scientist”という言葉の歴史を調べる。

(4) 評価

言葉についての学習から、単に意味や用法の理解だけに留まらず、その言葉のもつ概念や制度の発展経過を理解することができたか。

(5) 指導上の留意点

「総合理科」で具体的に学習する個々の内容は「科学」の成果である。これらの学習と並行してそのような知識を生み出し体系化する知的営為、すなわち「科学」そのものについても考えることが重要であることに気付かせる。

(6) 参考

“scientist”という言葉の誕生の背景を、村上陽一郎は“science”そのものの変貌と捉え次のように記している。「〈science〉という単語は1840年前後には、かつての歴史的な、「知識全般」を指すような、大きく広い用法からずれ始め、知識のなかでも極く特殊で特別な性格を持ったもの、

すなわち、現在われわれが「科学」と呼び、英語で《science》と呼んでいるものに近い内容を備えるようになりつつあった。またそのことは、ヨーロッパにおける「知識」の内容が、伝統的なあの「哲学」から変質を遂げ、そこから新しい「科学」と呼ぶべき特殊な知識が、ようやく姿を現してきていたことをも同時に意味している。それはまた、そうした特殊・特別な「知識」だけを「専門的・職業的」に勉強する人々が出現し始めていること、そしてヒューエルがそのことにいち早く気付いていたことを意味している。」⁴⁾

6. 1-2 「近代科学」確立以前の自然に関する研究の指導事例

(1) 目的

アリストテレス、レオナルド・ダ・ヴィンチ、ウィリアム・ハーヴェイの仕事の一部を学習することによって、自然現象や自然界に存在するものの理解をすすめる仕事について比較したり、現代のわれわれの思っている、科学的知識と照らしあわせ、科学が次第に方法的に合理的なものになってきたことを理解させる。

(2) 教材

テキスト：授業用プリント「総合理科」1994年度テキスト p.4～6

副教材：『理科学習表』（第一学習社）

(3) 学習活動

- ① アリストテレスの主張する「まず現象をつかんで、そのあとで原因を考えよ。理論は個々のものに対する十分な認識の上に立って建てられなくてはならない。なによりも一切の先入観なしに行なわれなければならない」という基本的態度と彼の仕事の一部を読み比べて、どちらがより科学的であるか考える。
- ② レオナルド・ダ・ヴィンチの自然に対する洞察は現代のわれわれから見て正しいか考える。
- ③ レオナルド・ダ・ヴィンチはどのような理由でそのような自然に対する洞察を行なったのか考える。
- ④ ガレノスの血液に関する考え方を理解し、現代の科学的考え方と異なっている部分を指摘する。
- ⑤ ウィリアム・ハーヴェイの血液循環に関する考え方を理解し、推論の方法が間違っていないか考える。

(4) 評価

- ① 3人の業績の要点が正しく理解できたか。
- ② 現代の科学的考え方と比較することができたか。
- ③ 3人の業績や考え方から、科学の発展の跡を理解できたか。

(5) 指導上の留意点

- ① 歴史的な事例を学習するときには、現在の知識からみて正しくないものを例として上げることがある。その内容について初めて学習する生徒は、それらのうちのどの部分が現在でも通用する正しい知識であるか見極めることが難しいということに十分配慮しなければならない。

② 歴史的事実を記憶するのが目的ではなく、あくまでも現代の科学的考え方と比較するための歴史的事実であるということを理解させておく必要がある。

③ 古くから自然を対象にした学問はあったが、方法的に十分に満足できるものではなかった。しかし、それらの遺産を引継ぎながら科学は発展してきたのであって、近代に入って突然生まれたわけではないということを理解させる。

(6) 参考

アリストテレスについては、田村松平編「ギリシアの科学」（中央公論社・世界の名著9）に『自然学』の抄訳と解説がある。

レオナルド・ダ・ヴィンチの著作としては、杉浦民平訳『レオナルド・ダ・ヴィンチの手記』（岩波書店・岩波文庫）がある。訳者による解説の一部を引用する。

- ・「科学論といっても、今日の、近代の、科学を予想してはならぬ。ガリレオやニュートン以前、中世的迷蒙の中に、必ずしも孤立的にはないが、ぬき出て近代的な萌芽をもってあらわれた先駆的な意義をとらえることが必要であろう。」⁵⁾
- ・「だが、レオナルドの科学的ノートはかならずしもわかりやすくはない。なぜなら、第一にレオナルドは中世的な科学思想、ならびに用語をもって語っているからである。たとえば当時の宇宙は、大地を中心としてそのまわりを水—空気—火の順序に取囲んでいる、と考えていた。レオナルドの手記も、水層圏すなわち海と信じていたらしい。この宇宙観を前提としなければ、レオナルドの手記の多くがまったく理解できなくなるだろう。」⁶⁾
- ・「「焰」において、焰が空気（酸素）を必要としていること、燃焼作用についてかなり正確な知識をもっていたことが示される。が同時に「空気」の問題と関連して、風の発生、雲や雨の発生を理論的に追求しようと試みている。」⁷⁾

ウィリアム・ハーヴェイの仕事の意義について村上陽一郎は、①実験的な方法の重用と理論構築の重大さの認識、②定量的方法を論証の形式として採用したこと、③人体や生命体を機械のアナロジーで捉え切るといった態度が鮮明になったこと、の3点をあげ、「近代科学が、人間を始めとする生命体をいかに取り扱うかについてのヒナ型を提供するとともに、その裏では、哲学的な人間観・生命観に関しても新しい地平を切り開いたのである」と述べている⁸⁾

また、次のような指摘もある。

「もちろんハーヴェイによって立てられた循環理論には、一箇所だけ欠陥が残されていた。いうまでもなく、動脈から静脈への移行部分、つまり、われわれのことばで言えば、毛細血管網の部分がそれである。これは、顕微鏡の効果的な利用によってマルピギー(1628-94)の手で発見された⁹⁾」

7. おわりに

本校で実施している「総合理科」の「第1編 科学の成り立ち」の指導事例を中心に述べた。第1編は全体の導入でもある。「総合理科」の学習を通して、一歩下がって自然科学とは何かを考えるためにも、制度としての「科学」を理解することが大切である。と同時に具体的な科学の成果も学習する必要がある。そのためにも第1編を、続く第2編、第3編といかに有機的に構成するかと

いうことは大きな課題である。現在1年目を実施中で、全体を通しての評価や問題点の検討は今後の課題である。

8. 注及び参考文献

- 1) 長澤武他：「本校における新教育課程「総合理科」の構想」、p.53、1994、中等教育研究紀要第34号、広島大学附属福山中・高等学校
- 2) 高橋景一・山極隆・江田稔：「改訂高等学校学習指導要領の展開理科編」、p.41、1990、明治図書
- 3) 前掲書1) p.59
- 4) 村上陽一郎：「科学者とは何か」、p.37、1994、新潮社
- 5) 杉浦明平：「レオナルド・ダ・ヴィンチの手記（下）」解説、p.353、1958、岩波書店
- 6) 前掲書5) p.353
- 7) 前掲書5) p.356
- 8) 村上陽一郎：「西洋近代科学」、p.148、1971、新曜社
- 9) 前掲書8) p.147