

理科総合の課題とカリキュラム開発

角屋 重樹 池田 秀雄 柏原 林造
山田 雅明 畦 浩二 呉屋 博
丸本 浩 白神 聖也 平賀 博之
山下 雅文

I. はじめに

現代は、環境問題やエネルギー問題、食糧問題など、科学技術の発展によって改善されると考えられる問題が山積みしている。また、20世紀後半に発展したバイオテクノロジーは医学や食品分野のみならず、多岐にわたって我々の生活にかかわってきている。このような中で教育においては、基礎学力の低下や理科離れが進み、理科教育を含めた教育の一層の再検討が求められている。

平成11年(1999年)に告示された新しい教育課程においては、「生きる力」をはぐくむことを目標として、総合的な学習の時間が設けられた。また、各教科の内容や必修科目に変更が加えられた。高等学校理科では、従来の「総合理科」に代わって「基礎理科」、「理科総合A」、「理科総合B」という新しい科目が設置され、これらのうち1科目以上と「物理I」、「化学I」、「生物I」、「地学I」を合わせた科目から2科目を必修とするように改められた。

広島大学附属福山高等学校(以下本校という)では、1994年度から2001年度までの8年間にわたって、「総合理科」を実践した。「総合理科」は、高校1年次に必修として生徒全員が履修した。本報では、本校で実践した「総合理科」の成果と課題についてまとめ、新教育課程で実施される「理科総合A」と「理科総合B」の課題を考察していく。

II. 本校の「総合理科」のねらいと取り組み

1. 「総合理科」のねらい

本校では、1994年度からの現行カリキュラムの実施にあたり、生徒の自然認識、科学技術の社会的意義、科学史・科学哲学研究からの科学論再考、基礎教育の保障と進路・適性に応じた教育の保障について検討した結果として「総合理科」を採用することに決定し

た¹⁾。また、「理科I」の反省に立ち、「総合理科」では、内容をエネルギー概念に沿って単元の内容を構成し、自然科学を総合的に学習することができるように配慮した。

2. 「総合理科」の内容²⁾

本校で実践している「総合理科」を構成する大きな方針は次の5つである。

- ①「科学の成り立ち」の項目をもうけて、科学が学問として発達し体系づけられてきた歴史について学習する。
- ②「科学の方法と理論の実際」の項目では、それぞれの法則や理論が発見されるまでに至った「科学史」を可能な限り盛り込み、科学に対して親しみやすくなるように工夫する。
- ③「エネルギー」を教授内容の中心軸にすえ、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」の4領域を相互に関連づけて総合的に学習する。
- ④「人間と科学」の項目では、科学技術や自然環境と人間との関わりを学習し、科学に対する広い視野がもてるようにする。
- ⑤実験・観察のみならず課題研究や探求活動を重視し、自然に対する科学的な思考力の育成を図る。

以上の5つの方針に沿って、本校の「総合理科」の内容を絞り込んだ。本校の「総合理科」の内容が表1に示してある。これは、本校の教官が製作した教材であり、授業で8年間使用した。2年に1回、内容の細部を検討し改訂を行った。

3. 実施上の成果～生徒アンケートから～

1996年11月に本校の高校1年生、2年生、3年生合計578名に「総合理科」および科目選択についてアンケートを行った。そのいくつかの結果を次に示す。ま

Shigeki Kadoya, Hideo Ikeda, Rinzo Kashihara, Masaaki Yamada, Kouji Une, Hiroshi Goya, Hiroshi Marumoto, Masaya Shiraga, Hiroyuki Hiraga, and Masafumi Yamashita: Prospects and Curriculum Developments for "Comprehensive Science"

表1 本校の総合理科の内容

第1編	科学の成り立ち
第2編	科学の方法と理論の実際
	〈A〉物質変化と生命活動
第1章	物質の成り立ち…物質のすがた, 物質をつくるもの, 物質の重さと個数
第2章	化学反応とエネルギー…化学反応式, 化学反応とエネルギー
第3章	生命活動とエネルギー…生物体内の化学反応と酵素, 呼吸における代謝とエネルギー代謝, 同化における代謝とエネルギー代謝
第4章	課題研究〈A〉
	〈B〉運動とエネルギー
第1章	運動とエネルギー…運動の表し方, 力と運動, 力学的エネルギー保存の法則, エネルギーの利用
第2章	地球とエネルギー…地震とその災害, 天文学の起こり, 大気圏の科学
第3章	課題研究〈B〉
第3編	人間と科学—科学の再考—
第1章	科学の本性
第2章	科学, 技術, 社会

た, 高校3年生162名に対して2000年12月に行ったアンケート結果が比較として右側に示してある。

問1 「総合理科」を履修して理科が好きになりましたか。

	1996年	2000年
○たいへん好きになった	4%	2%
○好きになった	22%	20%
○変わらない	54%	51%
○嫌いになった	17%	6%
○たいへん嫌いになった	3%	18%

問2 問1でその番号を選んだ理由は何ですか。

①「たいへん好きになった」と答えた者の理由(複数選択可, %の少ないものは省略)

○物理・化学・生物・地学のすべての分野が入っていたから	60%
○内容がいいから	24%
○科学の本質や科学史についての内容が入っていたから	12%
○実験・観察が多かったから	12%
○先生が良かったから	12%

②「好きになった」と答えた者の理由

○物理・化学・生物・地学のすべての分野が入っていたから	51%
○実験・観察が多かったから	39%
○科学の本質や科学史について内容が入っていたから	20%

問3 「総合理科」を履修することが, 高校2年からの理科の科目の選択を決める際に役に立ちましたか。

○たいへん役にたった	25%	22%
○役にたった	40%	31%
○どちらでもない	21%	16%
○役にたたなかった	7%	14%
○全く役にたたなかった	7%	12%

問4 高校の理科において必修科目を1つ設けるとすると次のどれがよいですか。

○総合理科	32%	28%
○物理	12%	8%
○化学	34%	39%
○生物	16%	13%
○地学	6%	8%

問5 高校での理科の科目選択の時期は, 次のいつが望ましいですか。

○高校入学時	21%	27%
○高1終了時	69%	60%
○高2終了時	10%	9%

生徒アンケートの結果から, 「総合理科」の履修によって理科が好きになった理由は, 「物理」・「化学」・「生物」・「地学」の4領域が入っていることをあげた者が多く, 生徒も少なくとも高校の初段階では幅広い理科教育を期待していることがわかった。また, 本校の「総合理科」の偏りのない学習内容や実験・観察の

多さ、さらには科学史・科学の本質に触れることが生徒の興味をひきつけていることがわかる。本校の「総合理科」により高等学校における基礎的な理科教育がある程度達成できたものと考えられる。

高校1年における「総合理科」の履修が高校2年からの理科の選択に役にたったとする生徒が多く、また理科の科目選択の適切な時期として高校1年終了時をあげる生徒がたいへん多かったことから、高校における理科の科目選択の観点からも、高校1年で「総合理科」を必修とする現行の本校の理科カリキュラムや「総合理科」の内容に一定の評価が与えられるものと考えられる。

これらのことは、新教育課程においてもそれぞれの分野の選択科目とは別に自然科学の基礎的な学習機会が必要であることを示唆している。しかしながら、高校2年からの2年間で理科の卒業必修単位を修得するとともに大学入試に必要な科目の履修を終えなければならないことを考えると、「総合理科」を高校1年で必修とすることの難点もある。また、生徒が「総合理科」を嫌いになった理由から考えると、教科書やその内容に検討課題を残している³⁾⁴⁾。

4. 「総合理科」実施の評価と課題⁵⁾

「総合理科」の取り組みにおいてまず評価できることは、課題研究を重視し、問題－仮説－計画－実験－結果－解釈から報告書の作成など、様々な学習活動を通して、時間をかけて、問題解決能力とその過程で根拠に基づく推考や論理的な思考力を養う取り組みが実践できたことである。しかも、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」の自然科学の4領域を相互に関連づけて横断的・総合的な学習が実践できたことである。また、環境やエネルギー、科学技術と生活との関わりなど、総合的なものの見方を養う取り組みが実践できたことも評価したい。

「総合理科」の授業を実施してきたことの評価と課題については、生徒の意識調査の結果をふまえて、以下のようにまとめることができる。

- ①「総合理科」を実施することで、生徒の理科に対する興味・関心を高めることはある程度達成できた。
- ②「総合理科」に含まれている、「物理」、「化学」、「生物」、「地学」の各科目の内容や基本的な学習により、生徒にとっては理科の科目選択をするための最適な判断材料を提供することができた。
- ③科学史やエネルギーを軸とした「総合理科」の構成によって、自然科学を学ぶときの指針となり、自然科学を学ぶ際の基礎的な部分を構築すること

ができた生徒もいることがわかった。

④「総合理科」を高校1年時に取り入れた場合、科目選択の時期は、「総合理科」が終了した時点（高校1年末）が最適であると考えている生徒が多かった。

⑤高校2年で生徒が選択する予定の科目（「物理I B」、「化学I B」、「生物I B」、「地学I B」）の内容の一部を「総合理科」で扱う際に、問題演習や補助教材を増やすと、結果として、「総合理科」を学ぶことを負担に感じる生徒が増加した。これは、大学入試の受験科目としての理科の授業の在り方と、「総合理科」の理念との矛盾を意味している。この点は今後解決していかなくてはならない重要な課題である。

①～④のような成果もあったが、⑤のような課題も浮き彫りとなった。しかし、総合的に判断すると、これまでの本校での「総合理科」の実施によって“自然科学に求められる基礎的な教育”および“進路や適性に応じた教育”がともにある程度実践できたものと考えている。このことは、次の教育過程においても各領域の選択科目とは別に、自然科学の基礎的な学習機会が必要であることを、生徒もまた示してくれたものと受けとめることができる。

Ⅲ. 新学習指導要領の考察

1. 目標の変遷を中心にみる「理科総合」の課題

「理科I」、「総合理科」、「理科総合」が設置された各高等学校学習指導要領における「理科の目標」が表2に示してある。同時に、各科目の目標は以下に示した通りである。

「理科I」の目標

自然界に見られる物体の運動、物質の変化、進化及び平衡について観察、実験などを行い、原理・法則を理解させるとともに、自然と人間生活との関係を認識させる。

「総合理科」の目標

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、人間と自然との関わりについて認識させる。

「理科総合A」の目標

自然の事物・現象に関する観察、実験などを通し

表2 高等学校学習指導要領⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾における「理科の目標」の変遷

告示日	理科の目標	キーワード
昭和54年5月 (1979年)	観察、実験などを通して、自然を探究する能力と態度を育てるとともに、自然の事象・現象について基本的な科学概念の理解を深め、科学的な自然観を育てる。	○自然を探究する能力と態度の育成 ○基本的な科学的概念の理解 ○科学的な自然観の育成
平成元年3月 (1989年)	自然に対する関心を高め、観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。	○観察、実験などを行う ○科学的に探究する能力と態度の育成 ○科学的な自然観の育成
平成11年3月 (1999年)	自然に対する関心や探究心を高め、観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。	○探究心を高める ○科学的に探究する能力と態度の育成 ○科学的な自然観の育成

て、エネルギーと物質の成り立ちを中心に、自然の事物・現象について理解させるとともに、人間と自然とのかかわりについて考察させ、自然に対する総合的な見方や考え方を養う。

「理科総合B」の目標

自然の事物・現象に関する観察、実験などを通して、生物とそれを取り巻く環境を中心に、自然の事物・現象について理解させるとともに、人間と自然とのかかわりについて考察させ、自然に対する総合的な見方や考え方を養う。

「理科I」は1982年度より実施された教育課程において、国民的教養として必要な必修科目として新設された。「理科I」は自然の事物現象をいろいろな立場から探究させ、自然科学に関するいくつかの基本的概念と基礎的な事項についての理解を図るとともに、科学の方法を習得させ自然を総合的に見たり考えたりする能力や態度を養い、自然環境についての認識と理解を得るために設けられた。「理科I」は、それまで「物理」、「化学」、「生物」、「地学」の4科目すべてを必修としていた教育課程から、各科目の基礎・基本となる分野を集める形で編成された新科目であった。「理科I」の目標は、理科の教科目標を受けて、自然科学に関する基礎的・基本的な概念形成、自然の総合的な見方・考え方の育成、自然環境についての理解を通して偏りのない自然観を育てることにあった。

「総合理科」では、従前の「理科I」が「物理」、「化学」、「生物」、「地学」の内容の寄せ集めになり、断片的であるとの反省の上になつて、「総合理科」は多様な科目からの「選択」を重視する方針で策定され

た学習指導要領で誕生した新科目であった。また、この新科目が誕生した背景には、多様化した生徒の実態があり、生徒の特性等に応じられる科目選択が一層増加した。「総合理科」では、中学校で学習した理科の内容を基礎にして、自然科学の基本的な方法や考え方を身につけることをねらいとしていた。従って、自然科学のある分野を特に学習するものでもなく、自然界に見られる一般的な法則性や系統性を、探究の過程を通して会得させる構成をとっていた。しかしながら、「総合理科」では方法、態度を強調し、科学概念の形成は目標としては示されなかった。

今回の改訂に当たっては、理科の目標の中に、探究的な学習をより一層重視する観点から、従前の理科の目標にはなかった、「探究心を高め」ということばが入り、理科における「生きる力」の育成が強調されている。「理科総合」の基本的な考え方の中に、「観察・実験を重視し、問題解決的な学習や体験的な学習を積極的に推進していくことが求められ(中略)…、さらにそうした中で科学的なものの見方や考え方などの科学的素養を身につけていくのである」と科学的素養(リテラシー)の育成が含まれ、そのために「理科教育における系統性を損なわないことを配慮しつつ」、ゆとりある教育課程が編成できるようにしてある。

2. 内容の変遷を中心にみる「理科総合」の課題

「理科I」、「総合理科」、「理科総合」の各内容については、表3にまとめた通りである。

【理科総合A】

①物理領域

「理科総合A」の内容は、四大項目から構成されている。物理領域の内容は、他の領域と同様に、ゆとり

表3 理科I・総合理科・理科総合の内容の変遷（高等学校学習指導要領より⁶⁾⁷⁾⁸⁾）

理科1（昭和54年5月告示）	総合理科（平成元年3月告示）	理科総合（平成11年3月告示）
(1) 力とエネルギー ア 力と運動 イ 落体の運動 ウ 仕事と熱 エ エネルギーの変換と保存	(1) 自然の探求 ア 自然の認識 イ 観察、実験の計画と実施 ウ 観察、実験の整理とまとめ	理科総合A (1) 自然の探求 ア 自然の見方 イ 探求の仕方
(2) 物質の構成と変化 ア 物質の構成単位 イ 物質の成分元素 ウ 物質質量 エ 化学変化とその量的関係	(2) 自然界とその変化 ア 多様性と共通性 イ 変化・平衡・相互作用 ウ エネルギーとその変換	(2) 資源・エネルギーと人間関係 ア 資源の開発と利用 イ いろいろなエネルギー
(3) 進化 ア 細胞とその分裂 イ 生殖と発生 ウ 遺伝と変異 エ 生物の進化	(3) 人間と自然 ア 資源・エネルギーとその利用 イ 自然環境とその保全 ウ 科学技術の進歩と人間生活	(3) 物質と人間生活 ア 物質の構成単位 イ 物質の利用
(4) 自然界の平衡 ア 地球の運動 イ 地球の熱収支 ウ 生態系と物質循環	(4) 課題研究 ア 特定の事象に関する観察、実験 イ 自然環境についての調査 ウ 科学の歴史における実験例の研究	(4) 科学時術の進歩と人間生活
(5) 人間と自然 ア 資源 イ 太陽エネルギー・原子の利用力 ウ 自然環境の保全		理科総合B (1) 自然の探求 ア 自然の見方 イ 探求の仕方 (2) 生命と地球の移り変わり ア 地球の移り変わり イ 生物の移り変わり (3) 多様な生物と自然のつりあい ア 地球の姿と大気 イ 生物と環境 (4) 人間の活動と地球環境の変化

ある教育課程を生み出すために中学校から高等学校へ移行された内容がある。例えば、「仕事と仕事率」，「電力量」，「水の加熱と熱量」，「比熱」，「水圧」，「浮力」，「力とばねののび」，「質量とおもさの違い」，「力の合成と分解」，「直流と交流」，「真空放電」である。これらは、高校まで進学することを前提とした内容の移行であり、科学リテラシーとしてどこまで必要かは未だ不明確と感じる。しかし、系統性を生かした形で「理科総合A」も考慮され、概念形成や理解を目標にすることで、内容をつくりやすい側面がある。ただし、「理科総合A」では、まず、(ア)の「資源の開発と利用」で身近な現象を学び、(イ)でそのしくみや原理を扱うようになっている。例えば、エネルギーの例では、中学校も含めてまだ、「仕事と仕事率」，「電力量」，「水の加熱と熱量」について知識がないままに、発電やエネルギー及びその利用について扱うことになり、系統性という面では課題が残る。

②化学領域

「理科I」の化学領域では「物質の構成単位」，「物質の成分元素」，「物質質量」，「化学変化とその量的関係」など化学の基礎的な内容が取り上げられた。「理科I」は教養科目という側面から、広く浅く知識を取り上げることとなり、全体での一つの統一された筋立てが見えにくいという問題があった。また、内容が表面的なもので終わり、面白みの少ないものとなってしまった。結果として、「理科I」の目標の中で、基礎的、基本的科学概念の形成は達成されたが、実験、観察の技法や科学の方法の習得は十分とはいえなかった。

「総合理科」の化学領域として、「周期表と元素の性質」，「酸と塩基や緩衝溶液」，「化学変化とエネルギー」が取り上げられている。これらの内容の扱いは化学I Bの「物質の構成」「物質の変化」や「化学II」の「化学平衡」の内容と比較すると総合的ではあるが表面的な内容にとどまっており、自然の事物・現象に

ついでに深く結びつくとは思えないものもあった。

「理科総合A」の化学領域では物質の構成と変化（物質の構成単位、物質の変化）が取り入れられているが、イオンなど中学校から高校へ移行された内容も含んでいる。「総合理科」で不十分であった「自然界とその変化」の内容を「理科総合A」と「理科総合B」に二分し、「物理I B」,「化学I B」,「生物I B」,「地学I B」の内容に「化学I A」の内容をからめて膨らませている。

【理科総合B】

①生物領域

「理科総合B」の内容は四大項目から構成されている。地球と生物との関係を有機的な関係としてとらえ、生物・地学領域からの学習が展開できるようになっている。今日的な環境問題を、地球規模的な視点で考えるうえで大切である。項目(4)は、項目(1)~(3)までの学習を踏まえたうえで、生徒の興味・関心に応じて、人間と環境とのかかわり、地球環境を保全することの重要性を学ぶ課題研究となっており、生徒の「探究心」を深める取り組みが求められる。

「理科総合B」の生物領域で学習する内容のうち、「遺伝」と「生態系」は、内容の深さには違いがあるが、以前の「理科I」と「総合理科」にも含まれていた。これらの科学概念のうち「遺伝」は生物を特徴づける現象であり、一方、「生態系」は、生物と環境を有機的に関連づけて自然を学習するうえでその意義は大きいと考えられる。これら以外に、「総合理科」と「理科総合B」に共通した内容としては、「多様性」の概念がある。「遺伝」は生物に共通な生命現象であるが、その結果生じた生物は、多様性に満ちた産物である。このことを学習することは、科学的な自然観を育成するうえで重要といえる。

②地学領域

項目(1)は「総合理科」からの流れを受け、科学的な見方・考え方を示している。項目(2)は内容を明示しなかった「総合理科」とは対照的に、科目の系統性を内容の中に位置づけることが意識されているように感じられる。具体的には(ア)は天文、(イ)は地質に関する内容、項目(3)の(イ)は気象に関する内容であり、「天文」・「地質」・「気象」の3つの内容を網羅した形となっている。しかし「理科I」に比べると学問の系統性を生徒に意識させることのできる内容に絞った印象であり、科学的な概念形成の過程や知識・理解の段階的な進行を行うことが容易な内容になっていると感じる。ただし、

各内容相互の関連はつながりを欠く感があるが、本来全く別の道を行ってきた「天文学」と「地球科学」が一つの科目として成立している「地学」としては、やむを得ないのかもしれない。項目(3)の(ア)は、旧学習指導要領の「地学I A」の流れを汲む内容であり、「地学I A」を付した科目がねらった生活に密着した内容を扱っている。項目(4)も項目(1)と同様、「総合理科」の手法を受け継ぎ、探究活動に取り組みせる内容である。

IV. まとめ

「理科I」は「物理」,「化学」,「生物」,「地学」の各領域の内容を網羅的に取り扱った。それに対し「総合理科」は内容を示さず研究の手法や考え方を扱うという点で、「理科I」とは対極する位置づけであったと考えられる。「理科総合」は学問としての系統的な学びと科学的な手法の学びを、「理科I」と「総合理科」の中立的な位置づけで成立してきたと読みとれる。この方向性には賛同できる。本校で8年間実践した「総合理科」は「エネルギー」を中心軸にすえて「物理」,「化学」,「生物」,「地学」の四領域を統合した内容であった。この内容は、「理科総合」の内容を先取りしたものであった。つまり、「理科総合A」は、エネルギー概念で人間と自然とのかかわりを総合的に捉える科目と考えることができる。一方、「理科総合B」は、生物領域と地学領域を有機的に関連づけて自然を総合的に捉える科目と考えることができる。これらは、本校の「総合理科」が目指して実践してきた方向性と同一である。

しかしながら、自然科学に関する学問を、これまで発展してきた人類の文化を継承するという視点から考えるならば、「理科総合A」または「理科総合B」といった選択とするのではなく、この2つを統合した形で、「物理」,「化学」,「生物」,「地学」の4つの領域の内容を必修科目の中で扱うことが理想ではないかと考える。

引用文献

- 1) 長澤 武ほか8名, 当校における新教育課程「総合理科」の構想, 広島大学附属福山中・高等学校中等教育研究紀要第34巻, 1994年, pp.53-60.
- 2) 長澤 武ほか8名, 総合理科の実践的研究, 広島大学附属福山中・高等学校中等教育研究紀要第35巻, 1995年, pp.81-87.
- 3) 白神聖也, 総合理科と理科の選択制, 広島大学附属福山中・高等学校中等教育研究紀要第39巻, 1999年, pp.21-24.
- 4) 角屋重樹ほか10名, 高校理科における環境学習の

- 試みと自ら学ぶ力を育てる取り組みの研究, 学部・附属学校共同研究機構研究紀要第29号, 2000年, pp. 111-117.
- 5) 長澤 武ほか8名, 生徒の知的好奇心や探求心を高める総合理科の実践, 広島大学附属福山中・高等学校中等教育研究紀要第38巻, 1998年, pp. 61-70.
- 6) 文部省, 高等学校学習指導要領, 1979年. 大蔵省出版局.
- 7) 文部省, 高等学校学習指導要領, 1989年. 大蔵省出版局.
- 8) 文部省, 高等学校学習指導要領, 1999年. 大蔵省出版局.