

高等学校における総合的な理科の学習に向けた授業の検討

— 「理科 I」の学習及び指導内容の分析を通じて —

教科教育高度化分野 (23821414) 木村正希

本研究では、「理科 I」の学習及び指導内容をその設置の経緯を踏まえ検討し、今日の理科授業における実践的示唆を得ることを目的とした。その結果、「理科 I」には現行の学習指導要領で試行可能な内容が含まれていることが明らかになり、それらを踏まえ、総合的な理科の学習に向けた授業構想を「化学基礎」の6つの分野で行った。その実践に関しては今後の課題とした。

[キーワード] 総合的理科, 理科 I, 化学基礎, 理科の見方

1 はじめに

高等学校において必修の総合的理科科目の導入が議論されている(日本学術会議, 2016)。これは、物理、化学、生物、地学を独立して学ぶ分科理科とは異なる理念のもと構想されており、次期学習指導要領ですべての高校生を対象とした必修科目という形で検討されている。しかし、周知のように総合的理科科目は、これまで何度も検討され実践的蓄積があるが、その省察は十分に行われておらず、科目設置を疑問視する声もあった(内村, 1997)。後述するように総合的理科科目は、概して理念主導で進められ、継続的实施に至らなかったことを踏まえれば、その学習や指導面、課題への注目が求められる。

総合的理科科目の中でもとりわけ、必修科目であり「自然の事物・現象の総合的な理解」を目指した「理科 I」(1982)は重要な位置を占めているが、これについても今日的な示唆を得るには至っていない。先行研究として、例えば森本(1981)は、総合的理科科目を俯瞰的にとらえた上で、物質科学や地球科学等の一つの概念を中心としたものや、環境問題などを中心としたカリキュラムが構想されつつあったという点で評価する一方、小林(1981)は科学観・自然観の教育が意図的に行われていない等の問題点を指摘している。さらに鶴岡(2019)は、教師の負担の大きさや各領域の分量配分の難しさなどから、「理科 I」実施の障害を論じている。このように、「理科 I」の可能性と限界性の検討がなされているものの、その学習及び指導面に関しては不明な点が多い。

さらに、次期総合的理科科目をも射程に収めた

研究が行われている。例えば、縣ら(2022)等により次期総合的理科科目に向けたカリキュラムの構想が進められている。しかし、その具体的な授業についてはいまだ模索されている。

2 研究目的・方法

本研究では、「理科 I」の学習及び指導内容をその設置の経緯を踏まえ検討し、今日の理科授業における実践的示唆を得ることを目的とする。

上記の研究目的を達成するために下位目的を三つ設定し、以下の方法を用いて研究を進める。第一に「理科 I」設置の経緯を明らかにするために、政策文書、及び「理科 I」の設置に関する文献を精査する。とりわけ、当該科目導入の議論を先導した山極、石黒の文献を中心に検討することとした。第二に、「理科 I」の学習及び指導内容の特徴を明らかにするために、ページ数が比較的多い実教出版の教科書と指導書を対象とし、化学分野に焦点を当てて分析する。その結果導かれた特徴が今日の授業に取り入れられるものなのかを検討するために、現行の学習指導要領で重視されている「理科の見方」から考察を加えることにした。第三に、以上明らかになった点を踏まえて実践を構想する。本研究では化学分野に着目するため、「化学基礎」を想定した授業実践を述べることにする。

3 結果と考察

(1) 総合的理科科目の変遷と「理科 I」設置の経緯

総合的理科科目は戦前の「一般理科」(1931)にはじまり、その後は改訂のたびに、「基礎理科」(1973)、「理科 I」へと変遷し、今日では「科学と

人間生活」(2012)が実施されている。これらの科目の基底には、「自然を1つのもの」として見ること(井出, 1974), 換言すれば、「自然は縫い目のない織物である」(高野, 1981)という自然把握がある。それらの考えをもとに, 各科目では自然と人間生活との関わりを認識させることが図られている(表1)。

「理科 I」は高等学校への進学率の増加に伴い, 中学校理科教育との一貫性を重視する中で導入された経緯があるため, 中学校の教育内容を発展させた内容であることが求められていた。加えて, 「市民のための啓蒙的な科学教育」(山極, 1982)の実施という考えのもと, 自然と人間生活との関係の認識を促すことが重視されていた。

こうした理念を持つ「理科 I」設置の意義を, 当時全国理科教育センター研究協議会会長であった垣見(1981)は様々な位相から論じている。すなわち, ①中・高の学習内容の関連性の向上, ②中・高の段差の解消, ③専門科目の学習への円滑な接続が可能, ④少ない単位数で広く自然について学習が可能, ⑤学校の実情に応じた柔軟な教授内容・方法の選択が可能という。③, ⑤の意図について「理科 I」の構成にあたり協力者グループの一員であった石黒(1978)によると, 具体的なカリキュラムの構成では, 自然を素朴に観察し記述する

表1 総合的理科学科目の変遷

実施年	科目と設置の経緯	科目の理念
昭和6年 (1931)	一般理科 ・ゼネラルサイエンスの影響	・博物, 物理, 化学の各方面から多面的にかつ平易な教授
昭和48年 (1973)	基礎理科(6)選択 ・高等学校進学率の急激な上昇 ・能力・適性・進路の多様化 ・欧米近代理科の影響	・科学の方法の習得 ・創造的な能力の育成 ・自然を分析的・総合的に考察する能力と態度の育成 ・自然科学と人類の福祉の関わり の認識
昭和57年 (1982)	理科 I (4)必修 ・進学率増加による中学校理科教育との一貫性の重視	・自然界の物体の運動, 物質の変化, 進化及び平衡について, 原理・法則の理解 ・自然と人間生活との関係の認識
平成6年 (1994)	総合理科(4)選択 ・アカデミックな科目への比重の改善 ・位置づけは基礎理科 ・個性・多様性の尊重	・自然に対する総合的な見方や考え方の獲得 ・人間と自然のかかわりについての認識
平成15年 (2003)	理科基礎(2)選択 理科総合A, B(各2) ・IA科目と総合理科を統合したものが理科総合A, B ・科学と人間生活の関わりと科学の方法の重視	基: 科学と人間生活とのかかわり, 自然の探究・解明や科学の発展への興味・関心, 科学的な見方や考え方の育成 A: エネルギーと物質の成り立ちを中心とした自然の理解 B: 生物とそれを取り巻く環境を中心とした自然の理解
平成24年 (2012)	科学と人間生活(2)選択 ・自然科学の複数領域の学習 ・探究学習の重視	・自然と人間生活のかかわりの理解 ・科学的な見方や考え方の育成

方法を学ぶとするか, 現代自然科学の基礎積み上げの第一歩の段階とするかは, 教員や学校の考えにもとづいても構わないとされたようであった。

ところが, 「理科 I」がその内容・実施面で柔軟性を有することによる問題も指摘されていた。例えば, 理系に進む生徒を考慮するならば, 進級後履修する理科の専門科目の準備として「理科 I」を位置づけ, 自然科学の基礎を教授することが重視される。他方, すべての生徒が将来に渡り, 自然科学に触れ続けるための教養科目として「理科 I」を捉えれば, 自然科学と人間の関わりについて時間を割くことになる。科目の柔軟性のため実施された内容にばらつきが想定され, 単元「人間と自然」においては授業時数が学校ごとに大幅に異なっていたことが指摘されている(鶴岡, 2019)。

このような「理科 I」の特徴は現行の基礎科目も有していることが考えられる。現行の学習指導要領において「化学基礎」と「化学」の目標を比較すると, 「化学基礎」のみ日常生活や社会との関連を図ることが明記されており, 純自然科学的な内容だけが求められているわけではないことがわかる。したがって「化学基礎」も専門科目のための準備とすべての市民のための教養という特徴を持っていることが考えられ, 基礎的科目の授業構成については検討の余地があることが考えられる。

(2)「理科 I」の学習内容の特徴

実教出版「理科 I」教科書における化学領域を全体的に検討したところ, 総合的な特徴のある単元として, 第1章「物質とその性質」, 1節「物質の成分」3項「いろいろな物質とその成分元素」に着目した。その流れは三つに大別できる。

一つ目は「地球をつくっている物質」という項目で, ここでは最初に, 地球の乾燥空気, 海水, 地殻の成分元素についてその割合が示されている。地球を構成する物質を説明する上で混合物という用語に触れ, その簡単な説明がなされている。加えて, 地殻には特定の元素が多く含まれているなど成分元素の特徴を地学的視点から説明している。

二つ目は, 「生物体をつくっている物質」という項目で, その代表的な物質としてタンパク質, 脂質, 炭水化物が挙げられ, それぞれについて成分元素の観点から説明されている。上記の物質は化学的に解説され得るものであるが, 教科書には「アミラーゼ・リパーゼ・ペプシンなど, 酵素とよばれる物質もタンパク質の一種」とあり, 生物

的な視点からも説明が加えられている。

最後に三つ目は、「有機化合物と無機化合物」という項目で、有機と無機の違いについてウェーラー(1800~1882, ドイツ)の実験を中心に説明されている。有機と無機の区別について成分元素の視点からの説明では、「有機化合物には成分元素として必ず炭素が含まれている」と述べられている。概して科学史の内容が中心であり、物質の捉え方の歴史の変遷を理解できるようになっていた。

以上「理科Ⅰ」の学習内容では、単元こそ領域ごと分科しているが、それぞれの単元の重要な原理・法則を用いて、自然事象が説明されていた。特に上記の単元では化学の基本事項である原子や分子といった粒子概念の学習内容が含まれていたことから、主に粒子を柱とする領域で働かせる「質的・実体的な視点」が確認できた。そして生物領域からの追加説明が加えられていた点は、「多様性と共通性の視点」を働かせることにもつながる。さらに、地球を構成する元素を起点に学習が始まっており、空気、地殻、海水の組成を考える上で「時間的・空間的な視点」を働かせられるようになっていた。その他には、科学史が用いられ関連の内容に深みを出していた。

(3)「理科Ⅰ」の指導内容の特徴

前項の学習内容と対応するように、指導書の分析を行った結果、「元素の存在」と題された項目で、以下2点の「指導の要点」が明記されていた。それらは「ヒトを構成する各元素は、海洋それとも空气中に多いのか」を考えさせるという点と「地殻と宇宙の元素の比の相違」を考えさせるという点である。一つ目の要点について補足すると、これはヒトの組成と海洋の組成を比較するとおおむね良い相関がみられることから、生命の起源が海洋にあるという通説を利用したものである。二つ目の要点についても補足すると、地球には宇宙に存在しない元素が多く、これらの元素はビッグバンに引き起こされた核融合反応によって生じたという通説を利用したものである。

これらの「指導の要点」によってどのような生徒の姿が目指されていたのだろうか。一つ目の要点では、ドルトンの原子論を踏まえ、ヒトと海洋の成分元素の相関に気づき、ヒトと海洋に関係性を見出そうとしている姿が目指されていたと考える。さらには、なぜ海から生物が生まれたのか、どのように生まれたのかと生徒に新たな疑問を抱かせ

ようとしていたと推察する。

二つ目の要点では、地球と宇宙の元素の比の相違について、宇宙には存在しない元素がどのようにして生じたかを考えようとする姿が目指されていたと考える。ビッグバンによって引き起こされた原子の核融合反応によるものが有力な説とは考えられているが、こちらの要点でも生徒たちにドルトンの原子論を踏まえさせながら、存在しない元素がどのように生じたのか考えさせることをねらっていたと考える。これらの点から、当該分野の指導では、自然についての疑問を生徒に抱かせるような指導があったことが特徴としてあげられる。この生徒の疑問は、坂本ら(2016)が論じている「科学的探究の問いの生成」であることが考えられる。「科学的探究の問い」とは探究の動機となる疑問のことであり、これらの指導は探究活動のきっかけにもなり得るものであると考える。また、指導では、生物と地球の起源について考えさせるだけでなく、物理学に通じる核融合反応を教授するきっかけも生み出している。さらに成分元素については、ヒト、海洋、空気の比較と、地殻と宇宙の比較を行わせていることから、「多様性と共通性の視点」での指導が、生物と地球の起源について考えさせていた点は、「時間的・空間的な視点」にたつことが可能な内容になっていたと推察する。

(4)「化学基礎」における実践の提案

「理科Ⅰ」の学習内容及び指導内容の分析の結果、「人間と自然」のような総合的な単元以外にも、基礎的内容をおさえつつ、領域を横断した自然についての学習が展開され、生徒に疑問を抱かせるような指導があったことが特徴として挙げられる。それらは現行の学習指導要領で重視されている「理科の見方」にも対応し得るものであり、「化学基礎」の説明にもある「化学と日常生活や社会との関わりを考えることができるようにする」ことに対し、大きな示唆を与えるものである。これらの点を踏まえ、「化学基礎」を想定した授業の構想を行った。授業構想は、数研、東書の「化学基礎」の内容構成を参考に作成した。その際に、急速に発展する社会においてこれからの高校理科では、科学技術に関わる社会的問題に一人ひとりの市民が向き合い、問題を解決できるような能力の育成が求められていることを考慮した。

表2における「スマートフォンを構成する元素」

表2 各分野における授業構想

化学基礎の分野	テーマ	現実社会との関連	領域関連性
物質の構成	スマートフォンを構成する元素 (物質とその成分)	レアメタルの活用 ・資源性 ・輸出入	地理：地球の誕生、大気圏
物質の構成粒子	原子力発電における放射線 (原子とその構造)	原子力発電 ・放射線治療	物理：原子、核エネルギー
粒子の結合	PCR法によるコロナ感染の判別 (高分子化合物)	感染症 ・医療進歩	生物：生物の種類、遺伝情報とDNA
物質と化学反応式	光合成と太陽のエネルギー (化学反応式と物質変化)	オゾン層破壊 ・砂漠化	生物：呼吸と光合成 地理：太陽と気象
酸と塩基の反応	付近の川のpH測定 (水素イオン濃度とpH)	水質環境保全 ・地域理解	生物：生態系と生物多様性 地理：水や気象の循環
酸化還元反応	体内のエネルギーの取り出し (酸化還元反応の利用)	生活習慣病 ・エネルギー	生物：代謝、光合成

はレアメタルと他の元素の学習を行いつつ、金属資源の問題を取り上げる。生徒には、レアメタルの名称の由来、ならびに他の元素との違いについて問いを抱かせ、レアメタルと他の元素を「多様性と共通性の視点」で比較しつつ、どこにどの程度埋まっているのかなど「時間的・空間的な視点」にたって考えさせる。さらにスマートフォンに欠かせないレアメタルは途上国で採掘、洗浄されており、それに伴う森林伐採やゴミの排出などの環境破壊が進んでいることを提示する。これらの問題に対して生徒が何を考え、いかに行動するかを検討していきたい。

4 おわりに

「理科 I」の学習及び指導内容を分析した結果、第一に学習内容では、化学の基本的な原理・原則を、「質的・実体的な視点」等の視点から考えさせる内容になっていることが明らかになった。第二に指導内容では、「理科の見方」を活用させ、生徒の視野を元素から自然へと広げ、疑問を抱かせるような指導があることが明らかになった。以上の点は、現行の学習指導要領において試行可能な内容であることを示すものである。そして本稿では、「化学基礎」を想定し、具体的な授業を提案した。今後は詳細を吟味した上で実践を行い、科学技術関連の問題に対して生徒がどのように向き合い、問題解決しようとするかを検討したい。

引用・参考文献

縣秀彦・山崎友紀・今井泉・小森次郎・上野宗孝・海部健三・富田晃彦・長沼祥太郎(2022)「STEAMの理念を取り入れた総合的・基礎的な理科必修科目に関するカリキュラム研究」、『日本科学教育学会年會論文集』, 4巻, 247-250.
石黒浩三(1978)「高等学校学習指導要領の改訂(Ⅱ)ー理科 I, Ⅱが構成される課程についての

一私見」、『科学教育研究』, 2巻, 88-90.
井出耕一郎(1974)「高等学校基礎理科と綜合理科」, 『山梨大学教育学部研究報告』, 25巻, 51-56.
飯利雄一・山極隆編(1982)『理科 I の指導事例』, 大日本図書, pp. 41-74.
垣見祥心編著(1981)『中高の関連を踏まえた「理科 I」指導の構成と展開』, 東洋館出版社, pp. 72-83.
小林学(1981)「理科教育と教育政策行政上の課題」, 吉本市編著『現代理科教育の課題と展望』, 東洋館出版社, pp. 136-147.
楠川洵一・野村裕次郎・大羽滋・奈須紀幸(1998)『新版理科 I 化学・物理編』, 実教出版.
楠川洵一・野村裕次郎・大羽滋・奈須紀幸(1998)『新版理科 I 化学・物理編 指導書』, 実教出版.
森本信也(1981)「中高理科教育カリキュラムにおける科学の一般教育との統合」, 吉本市編著『現代理科教育の課題と展望』, 東洋館出版社, pp. 136-147.
日本学術会議(2016)「これからの高校理科教育のあり方」.
文部科学省(2018)『高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編』, 実教出版.
坂本美紀・山口悦司・村山功・中新沙紀子・山本智一・村津啓太・神山真一・稲垣成哲(2016)「科学的な問いの生成を支援する理科授業」, 『教育心理研究』, 64巻, 105-117.
高野恒雄(1981)「現代における理科教育の課題と人間性」, 吉本市編著『現代理科教育の課題と展望』, 東洋館出版社, pp. 1-9.
鶴岡義彦・大辻永(2019)「高校共通必修科目・理科 I 『人間と自然』に対する履修者と教師による評価」, 鶴岡義彦編著『科学的リテラシーを育成する理科教育の創造』, 大学教育出版, pp. 86-103.
内村浩(1997)「『綜合理科』なんていない!?!-現場からの問題提起-」, 『日本理科教育学会』, 6-7.
Examination of Lessons for Integrated Science Learning in Upper Secondary School : Through the Analysis of the Learning and Teaching Contents of 「Rika I」
Masaki KIMURA