

投稿

高等学校における総合的な理科科目

設置に関する考察

松本直記（慶應義塾高等学校）、縣 秀彦（国立天文台）

1. はじめに

高等学校理科の学習指導要領は、改訂の度に改善が求められ科目名や履修方法については複雑な変遷を経てはいるものの、主に物理・化学・生物・地学という4分野を柱に構成されてきた。一方、各分野の科目履修率には現在においても大きな差があり、すべての分野を高等学校時代に履修する生徒は少数である。高等学校においては、教育課程編成上、3年間の限られた授業時間のなかで各教科・各科目をどのように時間割に組むかは難しい作業であり、学校毎の教育理念のみならず、科目担当教員の有無や生徒・保護者の要望等を配慮し、地学分野の科目を設置しない高等学校も数多く存在している。本研究においては、まずは理科の科目履修の実態について調査した。その上で4分野すべてを修得することなく社会に出ることは、国民の科学リテラ

シー上問題が無いのかを考察する。さらに、高等学校普通科における必修単位数が、多くの教科で4単位程度という学習指導要領の制限の下、旧来の物化生地という分野枠組みで高等学校理科カリキュラムを考えることの限界について指摘する。加えて次期学習指導要領改訂を巡る様々な問題提起や多様な意見を踏まえ、必修科目として総合的な理科科目を新たに学習指導要領に設置する場合の具体的な科目内容例を提案し、実現に向けての課題等を考察する。

2. 理科科目の履修実態について

2.1 高等学校理科の学習指導要領の変遷とその問題点

過去約60年間の高等学校理科における学習指導要領の変遷と、中学校の週の学習時間数（単位）の概要を表1に示す（鳩貝（2014）

表1 高校理科学習指導要領の変遷（鳩貝（2014）に加筆）

告示	施行	科目と単位	履修形態(最低単位)	中学校	キーワード
1955(S30)	1956(S31)	物・化・生・地 各(3)or(5)	2科目選択(6)	4,4,4	系統学習・スパートニクショック
1960(S35)	1963(S38)	物A(3)B(5)・化A(3)B(4) 生(4)・地(2)	普通科4科目(12)・専修科2科目(5)	4,4,4	科学技術の発展・生徒の多様性
1970(S45)	1973(S48)	基礎理科(6) 物・化・生・地 各Ⅰ(3)Ⅱ(3)	基礎理科or物化生地から2科目(6)	4,4,4	高校進学9割超、つめこみ、落ちこぼれ
1978(S53)	1982(S57)	理科Ⅰ(4)・理科Ⅱ(2) 物・化・生・地 各(4)	理科Ⅰ必修(4)	3,3,4	ゆとり教育、学習の精選
1989(H01)	1994(H06)	総合理科(4) 物・化・生・地ⅠA各(2) 物・化・生・地ⅠB各(4) 物・化・生・地Ⅱ各(2)	総合・物・化・生・地の5区分から 2区分2科目以上(4)	3,3,3~4	新学力観、個性、学校5日制
1999(H11)	2003(H15)	理科基礎(2) 理科総合A・B 各(2) 物・化・生・地Ⅰ各(3) 物・化・生・地Ⅱ各(3)	基礎・総合A・B・物・化・生・地Ⅰから 2科目(基礎・総合を1以上)(4)	3,3,2,3	ゆとり、5日制完全実施、厳選、PISAショック
2009(H21)	2012(H24) 理数先行	科学と人間生活(2) 物・化・生・地 基礎 各(2) 物・化・生・地 各(4)	基礎3科目or科人+基礎1(4)	3,4,4	生きる力、脱ゆとり

[1] に加筆)。昭和 52 (1977) 年告示の中学校学習指導要領[2] では、改定検討時には日本における高等学校の進学率が 9 割を超えるとともに、「つめこみ」や「おちこぼれ」が社会問題となっていたため、中学生の学習負担を減らす内容となった。理科は週授業時数が 3 年間で合計 12 時間であったものが 10 時間に減らされた。その結果、義務教育内で国民全員が学んでいた内容の一部が、高等学校に先送りされることになった。これを受け、昭和 53 (1978) 年告示の高等学校学習指導要領改訂では、中学から先送りされた理科の学習内容を、必修の総合的科目「理科 I」で学習することとした。

中学校理科の週あたり授業時間数は、平成 10 (1998) 年告示の学習指導要領で、9 時間を割り込むまで減少したが、「脱ゆとり」を掲げた平成 20 (2008) 年告示の現行学習指導要領で 11 時間まで増加している。

しかしながら、以前は義務教育として国民全員が学んでいた内容が全て中学校に戻ってきたわけではない (例えば、物質の粒子モデルと熱の関係、状態変化と熱のやり取り、物体の加速度概念、無気呼吸、地球の大きさの測定など)。特にエネルギーと物質の三態や現象との関係が内容的には希薄になっている。このことは、中学生が物質を粒子として捉え、その状態や運動を想像して、目の前で起きている現象を理解することを困難にしているのではないかと危惧される。

一方、中学生が義務教育として学んでいた内容が昭和 50 年代に高等学校に先送りされた後、理科 I のような必修科目は平成元 (1989) 年告示の学習指導要領以降無くなってしまった。その結果、物化生地全ての基礎を高校生が学ぶことを学習要領が保障しない状態が今日まで続いている。

2.2 必修科目「理科 I」についての考察

昭和 57 (1982) 年に必修科目として履修が始まった理科 I は、共通一次試験の必修科目ともなったが、初の理科 I 共通一次試験が行われる直前の 1985 年 1 月に、国立大学協会入試改善特別委員会が「高校生への負担軽減」を理由に、翌 1986 年の試験を最後に理科 I は共通一次試験科目としないことを決定した。これ以降、鶴岡ら (1994) [3] に示されているように、多くの学校では、生徒が「理科 I を履修した意識がない」と感じるほど、理科 I 全分野を学習させずに、物化生地科目との読み替え履修を行うことが常態化した。このため、理科 I で高校生が全分野にわたって学べたのは、多くの高等学校では極めて短い期間だったと推察される。当時、多くの高等学校では、理科 I の理念が十分に活かさなかったと考えるべきであろう。そして、次の平成元 (1989) 年告示の学習指導要領では、科目名「総合理科」が設置されたものの必修科目ではなかった。中学校で学んだ理科の内容をまとめながら幅広い範囲を高校時代に触れることのできる理科 I の意義は大きかったと考えられる。理科 I の評価をした物理教育研究会 (1996) [4] には、生徒のみならず高校理科教員の資質を高めたとの報告もあった。田中 (1998) [5]、我妻 (2001) [6] の報告のように、環境が大きく変わる現場の状況を鑑み、理科 I 導入時に事前の準備や予算措置等を十分に施していれば、理科 I の設置によって幅広い分野の学習機会を与え続けられたものと思われる。

2.3 「理科 I」以降の理科各科目履修率

必修の理科総合科目がなくなった結果、各分野の学習状況、履修状況はどうなったのかを示す。文部科学省による「公立高等学校における教育課程の編成・実施状況調査」[7] では、公立高校の抽出調査のみで履修者実数

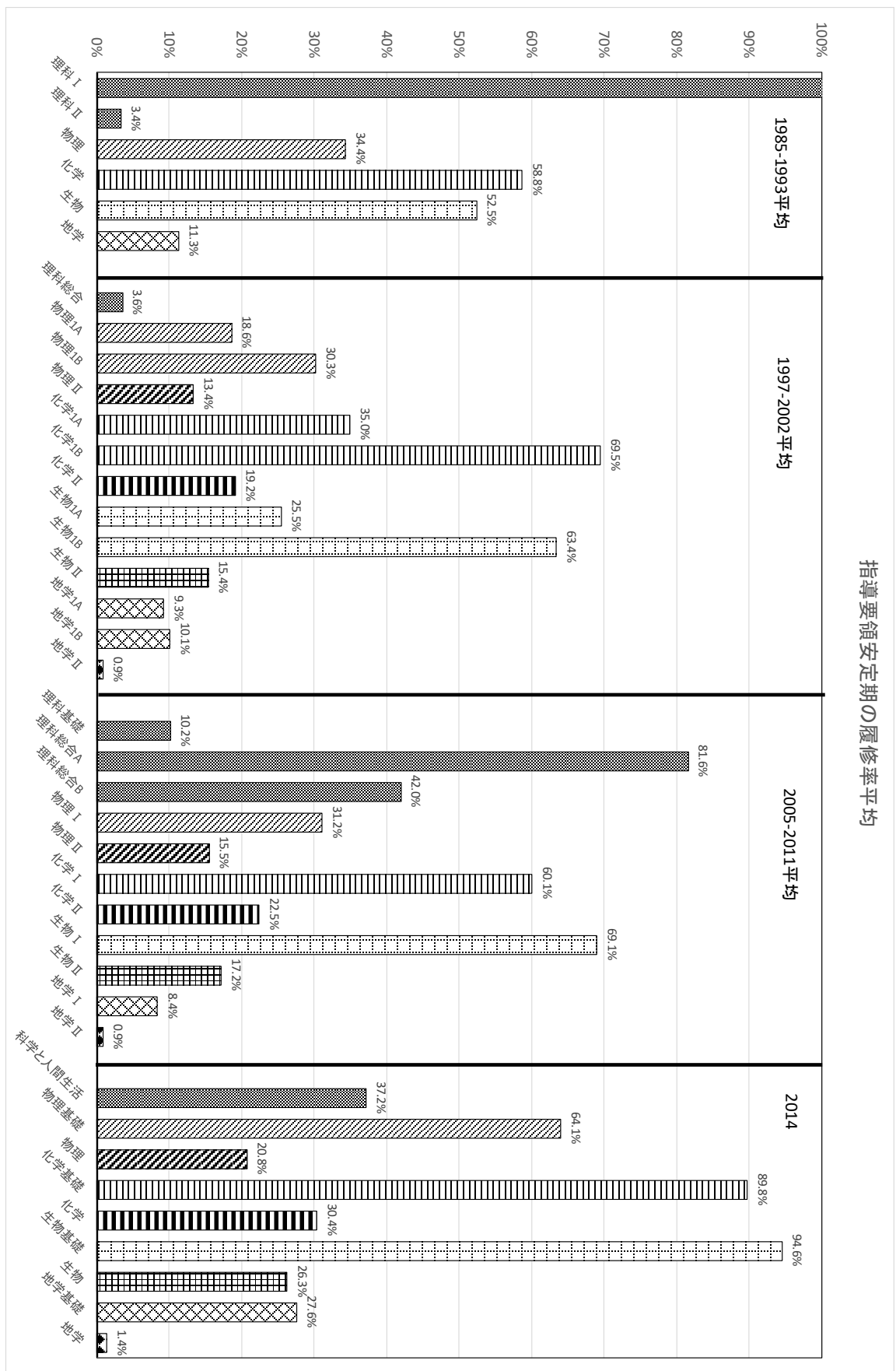


図1 各学習指導要領定期における理科各科目の履修率推算

ではない。そこで、雑誌「内外教育」に掲載されている教科書の採択数を 1983 年～2014 年の 32 年間について調査した。1983 年以前の採択数は記事として見つからなかった。理科 I に関しては、分冊にしたものもあり 4 単位分を 1 冊としてカウントした。高等学校 1 年生の学年人口の推算是、総務省統計局と文部科学省学校基本調査のデータを用いた。学年人口に対する教科書冊数の割合から各科目の履修率を算出した。その結果を図 1 に示す。

各科目のうち、以前は中学校で扱っていたような物化生地の基礎的な内容を含む科目を「基礎科目」と本稿では呼ぶことにする。基礎科目の履修率は、必修だった理科 I の時代は当然 100% だった。履修実態によって解釈の幅はあるものの、それ以降は化学と生物はおよそ 9 割程度、物理が 6 割程度、地学が 3 割程度の生徒がそれぞれの学問内容に触れていた。理科 I 以降は、実質的に化学、生物が必修となり、現行の学習指導要領となって地学の履修者は増加したものの、多くの生徒は地学の内容に触れずに卒業していくことがわかる。

学習時間全体および高等学校カリキュラムの教科毎の必修履修科目の標準単位数等を考慮すると、理科の場合、現在のように各分野を選択科目として履修させるより、高校 1 年生時に必修履修の総合的科目等を設置し、その後各分野の発展的科目を選択させるシステムのほうが、よりバランス良く国民のリテラシーとして不可欠な理科の内容を修得できるのではないかと予想される。また、今日、求められている新たな時代に必要となる国民の資質・能力の育成という観点において、今まで通りの高等学校における物化生地という領域分けて理科教育は充分なのかどうかの考察も重要と思われる。これらの点について次節以降、調査結果の報告と考察を行うものとする。

3. 学習意欲向上にむけて –TIMSS2011 の結果より–

中等教育段階における我が国の理数教育（数学・理科教育）の課題として、数学や理科が好きな生徒、数学や理科の勉強が大切だと考える生徒が他国や他教科と比較して少ないこと、すなわち理数への学習意欲が低いことがしばしば指摘されている。ここでは具体的に TIMSS2011 の調査結果から考察してみたい。

国際的な学力調査 TIMSS2011 が数学・理科の現行学習指導要領施行後 3 年目に実施された。本調査は小 4 と中 2 を対象に行われ、国立教育政策研究所（2012）[8] の報告によると日本の理科の得点は参加国中で小 4 は 4 位（TIMSS2007 に比較して有意的に上昇）、中 2 も 4 位（2007 に対し有意差なし）であった。このように、我が国の義務教育における児童・生徒の平均的な理科の学力は国際的に高い水準にある。

一方、同時に実施された TIMSS2011 のアンケート調査を見ると、小 4 で「理科の勉強は楽しい」という質問に「強くそう思う」「そう思う」と肯定的に答えた日本の児童は 90% に達し、国際平均の 88% を上回ったのに対し、中 2 では 63% に留まり国際平均の 80% を大きく下回った。中 2 のみのアンケート項目「将来、自分が望む仕事につくために、理科でよい成績をとる必要がある」（4 段階）においては、ポジティブ群は 47% で国際平均の 70% より 23 ポイント低いという結果であった。この結果から、小学校 4 年次では理科の学力、興味とも国際的にトップクラスにあるものの、中学校 2 年次では理科の勉強は楽しくなく、将来の仕事に関しても理科は関係ないと感じる生徒が増え、理科を学習する意義を見いだせなくなっている。

今日、中学時代に喪失する理科に対する興味や学習する意義を挽回するにはどうしたら

よいのか。同様の傾向を示す数学も含め、中学校の数学・理科カリキュラムの見直しは必然である。学習指導要領解説では「実社会・実生活との関連を重視する内容を充実する方向で改善」とあるが、学習内容の増加で、じっくりと学習内容と生活とのつながりを感じさせながらの展開は難しいとの現場の声も聞く。高等学校段階においては、物化生地に分かれたスパイラル学習を繰り返すことになる。同様の展開の学習で、受験を除き理科を学ぶ意義を特てるとは考えられない。2 節で提案した高校 1 年生時設置する必修修科目においては、理科を学ぶ興味関心が増すような改善が望まれる。そのためには、実社会や実生活と結びつけた展開とし、中学校で学習した各科目の理解を活かしながら、社会で生活する中での判断力を涵養し、表現できるような市民のための科学リテラシーを育てる科目にすべきと考える。

4. 英国と韓国の理科総合科目について

現代を生きる市民のための科学リテラシーを涵養するための科学教育について、イギリスの事例を紹介する。イギリス政府は 1998 年に科学教育関係者が加わって議論し、義務教育最後の 2 年間である GCSE (General Certificate of Secondary Education) 段階 (日本の中 3、高 1 に相当する) の科学教育における改革案を報告書「2000 年を超えて」 (“Beyond 2000”) としてとりまとめた (Millar *et al.*, 1998) [9]。

その中で GCSE 段階における科学教育の目的は「国民の科学リテラシー」の促進であると明確に示し、専門家養成のための訓練とは切り離すべきと述べている。パイロットカリキュラムとして開発されたカリキュラム「21 世紀サイエンス」 (“21st century science”) で選定された教養項目は、「生体組織と健康」、「科学のおよび物質的振る舞い」、

「エネルギー・電気と放射」、「環境・地球・宇宙」の 4 領域であった。これには日本で言う物化生地すべての領域が含まれている。このように「21 世紀サイエンス」では、実社会や実生活に関連しやすい題材を元に科学を学ぶ構成となっている。この科目では、「科学的に判断し結論づけるためのデータの重要性とその限界」、「相関性と因果関係の関係」、「科学的説明の方法やリスク管理とそのコスト」等についても扱っている。知識だけでなく、科学的なデータの扱いや判断を促す方法も学ぶことで科学リテラシーを持つ国民の養成を図っていると考えられる。

この「21 世紀サイエンス」カリキュラムを実践したある教師によると、「科学を勉強して何の意味があるのか」という生徒からの質問は一掃されたとのこと (笠、2006) [10]。実生活との関連性から興味を持ちつつ学びへと発展させる仕組みがうまくいっていることをうかがわせる。また、2006 年の新カリキュラム以降、AS レベル (Advanced Subsidiary Level : GCSE 段階の後の教育課程、日本の高 2 に相当) で物理、化学、生物の科目履修者が 8~10% 増加、「21 世紀科学」を採用している教育機関に限れば AS レベルの履修者は物理 34%、化学 25%、生物 34% の増加がみられた (笠、2014) [11]。2006 年のカリキュラム改訂により理系進学者が増えた可能性が読み取れる。

このような、科学リテラシー涵養を目的とした中等理科教育は韓国においても行われている。韓国では 1992 年の段階で理科 I のように物化生地の内容を盛り込んだ高等学校の必修科目 4 単位の「共通科学」が設定されてきた。しかし、1998 年改訂の内容 30% 削減を経て、韓国でも「ゆとり」問題が生じ、また科目の細分化によって教師の負担が増えるという問題が生じた。そのため、孔 (2009) [12] によると、高等学校初期段階の理科教育

は、科目主義から脱し、科学の本質を教え生徒が科学の価値と意味と役割を理解し、科学的な思考方法と探究の方法を習得できるような、いわば科学リテラシーの修得を目的とした理科総合科目が提案され、2009年の改訂で「統合的科学」が設置されたという。

イギリスと韓国の事例を挙げたが、両者とも日本では高1にあたる理科中等教育中盤において、実生活や実社会の題材を学びながら科学リテラシーの涵養を図る総合的な理科科目が導入されている。

日本においては、現行学習指導要領では物化生地の2単位基礎科目から3科目履修することが多く、中学校の学習内容を深めながら繰り返すことが多い。専門家育成のための基礎理解定着としては効率的と考えるが、理科を学ぶ意義を理解することや、市民の科学リテラシー涵養という視点では不十分な仕組みである。日本においてもカリキュラム構築においては、従前の専門家育成のための選択科目は設置するものの、それとともに国民のリテラシー涵養を目的とした必修科目を、高1次に置くことが望ましい。実社会においては、科学は複合的に利用されており、単一の科目の内容のみで説明できるものではない。この科目は、何を学ぶか、どのように学ぶかという視点のみならず、何が出来るようになるかを観点として、中学校で学んだ内容と生活を繋げ、学んだ内容が生活や社会の中での判断に寄与するような科目横断的な構成が望ましいと考えた。

5. 総合的な新科目「理科総合（仮称）」の構想とその考察

3節、4節で示したような日本の高等学校理科教育の課題解決の一方策として、理科を学ぶ意義や社会とのつながりを生徒が十分に理解できるような基礎的な内容でかつ主体的な学びを想定した科目横断的な総合科目を新

設し必修とすべきと考えた。そこで、理工系への進学の有無に関わらず、すべての高校生にとって国民のリテラシーとして必要不可欠な理科の内容とは何かを考察した。

この必修科目を最後にその後は学校教育の場で理科を学ぶ機会が無いと想定される生徒にとっては、学んだ事柄を活かして科学的な思考力・判断力・表現力を生きるツールとして使えるようになることが重要と考えられる。また、より科学の学びを深める理工系の生徒には、自分の学びと社会がどうつながるか考えるきっかけになるような学習内容が望ましいであろう。仮にこの新科目名をここでは「理科総合」と呼ぶこととする。

理科総合においてはイギリスや韓国の取り組みを参考に、これまでの物化生地の領域区分を取り払い、自然そのものや実社会や実生活で触れる現象を題材としながら、データの扱いやリスクマネジメントなどの科学の考え方を身につけることが望ましい。

現在の高等学校では科目選択制であるため、他科目を既習ではないとの前提で構成案は展開されており、測定データの取り扱い（各科目共通）のような類似性の高い内容を別科目で重複して学習しているという不効率な状況も存在している。また、例えば気候に関して生物基礎では気候によるバイオームの形成が扱われ、地学基礎では大気大循環を扱い気候の形成が理解できる。科目横断的に構成することで形成から結果まで総合的な理解につながる。さらに各科目で形を変えてエネルギーを扱うが、総合科目であれば一元的に扱うことができる。中学校で学んだ知識を、自分の体験や視点の中で整理して、再認識し理解を深めるためには、他科目の履修状況に左右されない理科総合の内容が望ましい。それは、物理・化学・生物・地学の4分野の基礎的内容の寄せ集めではなく、生活する上で科学的な行動判断の礎となる内容とすべきと考えた。

そのためには、中学校で学んだ基礎的な内容をパーツとして活かし活用することで学習内容を定着するとともに、生活と科学のつながりや、中学まででの既習の学習内容に、理科総合で新たに獲得する知識、技能、概念等を加えることで、それまでに学習した内容同士が横断的につながり、それが生徒自身のその後の人生に活かされるような内容を吟味すべきであろう。

そこで、理科総合で学ぶ内容として、「自己と環境の関連」、「自己そのものの生命としての理解」を核に置いてみることにした。主体的・探究的な学びを中心に、課題解決のために既習の学習内容を結びつけることで、自己を含む物質や環境の理解、自己と社会との繋がりを理解する上での科学的なアプローチの仕方、自分を含む生命の保全と環境の保全への理解等を具体的な学習内容とする。

現学習指導要領の「科学と人間生活」においては、社会と直接結びつく学習内容を主体

的に学べる利点があるものの、4分野のトピックス的な内容から一部を選択して学ぶ構成のため、まんべんなく国民としてのリテラシーを構築するような構成とはなっていない。また、内容が選択制のため、センター試験入試科目に指定されていない。これらの欠点を修正するためにも、理科総合においては全体の構成につながりや單元ごとの流れを持たせることに留意すべきであろう。

ただし、現在の高等学校理科教員の多くが、各分野を自身の専門と捉え、多分野の授業を持つことに抵抗を持つ教員が少なからず存在する現状を考慮すると、上記の「自己と環境の関連」、「自己そのものの生命としての理解」をそのまま構成案に落とし込むことは難しく、暫定的には複数の理科教員が必履修科目「理科総合」を分担して担当することも可能な構成案を用意することが現実的である。暫定案としては領域毎に分割指導可能とし、「我々の周りの原子や環境(宇宙・地球)の形成」、「生

表2 総合的な新理科学科目「理科総合(仮称)」の構成案

章	項	化学	生物	物理	地学
序章 科学と人間生活	探究の仕方、科学リテラシー				
1章 物質の多様性	分子・様々な結合 (クーロン力・無機・有機含む)	電子配列と周期表 物質と化学結合(一部) 科学と人間生活の関わり	細胞とエネルギー(一部)		
2章 物質の反応	化学反応(酸と塩基)	物質と化学反応式 酸と塩基と中和			
3章 生命のしくみ	生物の多様性		生物の多様性と生態系		
	遺伝子とその働き(DNA、タンパク質、遺伝)		遺伝子とその働き		
4章 生命の維持	体内環境と維持 (臓器のはたらき・免疫)		生物の体内環境		
5章 課題研究1 (生命科学)		2つの分野にわたった課題研究			
6章 生活の中の科学	コミュニケーション (電磁波) 様々なエネルギー (原子核・放射線、エネルギーの変換と保存)			光や熱の科学** 光・通信** エネルギーとその利用	
7章 宇宙と物質	宇宙の誕生と宇宙の姿 恒星の誕生と進化 (重力・万有引力)			熱 万有引力*、核融合* 原子と原子核*	宇宙のすがた 恒星の進化* 太陽と恒星
8章 地球と生命	地球環境の形成 (層構造、比較惑星、大気と海洋) 生物の起源と進化 (生物進化・細胞とエネルギー・放射年代)				惑星としての地球(一部) ハビタブルゾーン* 古生物の変遷と地球環境 放射年代*
9章 変動する地球	プレートの運動と火山と地震、津波 地球の熱収支と気候変動 (温室効果、大気と海洋の運動)				活動する地球 大気と海洋の運動 地球環境の科学
10章 課題研究2 (地球環境)				2つの分野にわたった課題研究	
終章 これからの地球	(災害と環境・科学技術と人間)	人間生活の中の科学	生態系のバランスと保全	エネルギーとその利用	日本の自然環境

*: 4単位科目の項目 **: 科学と人間生活の項目

活の科学の理解」、「生命の多様性と維持システム」、「環境の変化と生命を守るための予測」を設定した。ただし、全体の構成は各4分野で区切るのではなく、具体的な題材をもとに領域をまたぐ形で展開するように配置した。理科総合の構成案を表2に示す。

表2の案は、高等学校の教育現場での即時導入を可能とするよう、教員2名以上での分担も可能な案を提示している。具体的には、本案は前半を主に化学・生物、後半を主に物理・地学の内容で構成することで、関連性の深い現学習指導要領の化学基礎と生物基礎の学習内容、物理基礎と地学基礎に関連する学習内容の間で、分割可能な構成案となっている。理科総合の設置によって、多くの国民が理科に興味を持って学習し、その過程で得た知識、判断力を用いて生活や社会が豊かになることを期待したい。

(補足)

次期高等学校理科学習指導要領について次の3学会より、それぞれ中央教育審議会への要望書や提言を取りまとめ発表した。どの要望書・提言においても、総合的な理科必修科目の設置を含む提言内容となった。これらの要望書、提言には本研究の成果が一部活用されている。

○天文教育普及研究会（中央教育審議会宛の要望書）

<http://tenkyo.net/seimei/shidou2015.pdf>

○日本天文学会（中央教育審議会宛の要望書）

<http://www.asj.or.jp/news/150325.pdf>

○日本学術会議（提言「これからの高校理科教育のあり方」）

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-23-t224-1.pdf>

本研究は、JSPS 科研費、JP 25381289、慶應義塾一貫教育校国内長期研修制度の助成を受けたものである。

文 献

- [1] 鳩貝太郎 (2014) : 高等学校学習指導要領理科の変遷, 第19回教科「理科」関連学会協議会シンポジウム「高等学校理科で何を学ばせるか」, 配布資料
- [2] 文部科学省 : 学習指導要領,

<http://www.mext.go.jp/>

- [3] 鶴岡義彦, 大辻 永 (1994) : 理科 I 「人間と自然」に対する履修者と教師による評価: 理科への科学論的内容の導入に関する研究, 千葉大学教育実践研究 1, 53-68
- [4] 物理教育研究会 (1996) : 理科 I はどのように行われたかー高校教師の意見ー, 100
- [5] 田中幸 (1998) : 理科 I の経験を生かして, 物理教育, 46(6), 352
- [6] 我妻則義 (2001) : 21 世紀にはばたく高校の理科教育を考えるー理科 I のこころを生かそうー, 物理教育学会年会物理教育研究大会予稿集(18), 16-17
- [7] 文部科学省 : 公立高等学校における教育課程の編成・実施状況調査, <http://www.mext.go.jp/>
- [8] 国立教育政策研究所 (2012) : IEA 国際数学・理科教育動向調査の 2011 年調査 TIMSS2011, http://www.nier.go.jp/timss/2011/T11_gaiyou.pdf
- [9] Millar, R. & Osborne J. eds. (1998) : Beyond 2000, King's college London, 36
- [10] 笠潤平 (2006) : 科学的リテラシーのためのカリキュラムの開始ーイギリスの GCSE 科学カリキュラム改革ー, 理科教室, (2), 67-73
- [11] 笠潤平 (2014) : 中等科学カリキュラムをめぐる英国の論争と英国物理学会, 大学の物理教育, (20), 89-93
- [12] 孔泳泰 (2009) : 韓国の新しい理科学習指導要領の特徴(I), 晋州教育大学, 科教研報, Vol.24 No.3, <http://www.jsse.jp/jsse/kenkyu/090312.pdf>