

新学習指導要領 理科における課題の明確化と 学部専門科目の改善に向けての研究

松村雅文・寺尾 徹・磯田 誠・高橋尚志・大浦みゆき・西原 浩・佐々木信行・高木由美子・
高橋智香・末廣喜代一・松本一範・稗田美嘉・石野薫里・北林雅洋・笠 潤平

〒760-8522 高松市幸町1-1 香川大学教育学部

Contents of Natural Science in Revised School Curriculum Guideline and Improvement of Classes of Teachers' Training Course

by

Masafumi MATSUMURA, Toru TERA0, Makoto ISODA, Naoshi TAKAHASHI,
Miyuki OHURA, Hiroshi NISHIHARA, Nobuyuki SASAKI, Yumiko TAKAGI,
Chika TAKAHASHI, Kiyokazu SUEHIRO, Kazunori MATSUMOTO, Mika HIEDA,
Kaori ISHINO, Masahiro KITABAYASHI, and Junpei RYU

Faculty of Education, Kagawa University, 1-1, Saiwai-cho, Takamatsu 760-8522

Abstract

The contents of natural science in Japanese elementary and high schools are changed according to the revision of the school curriculum guideline. In this paper, we study the variation of contents in elementary and junior-high schools by the revision in 2008. We find that the contents increase, and we argue that students can learn science more systematically according to the revision. We confirm that the most of the “new” contents were actually present in the revision of 1989, but they were not included in the revision of 1998. For each content, the school year is specified in the guideline, and the year has changed for some contents. We find that several contents have brand-new subjects that have not been included before, i.e. “animals and plants in the backyard” in elementary, “DNA” and the “Galaxy” in junior-high, and “safe education” (chemistry) in both elementary and junior-high schools. We note that one should take much care to those brand-new subjects before teaching them. We also discuss some aspects of classes of teachers' training course in Kagawa University.

松村雅文・寺尾 徹・磯田 誠・高橋尚志・大浦みゆき・西原 浩・佐々木信行・高木由美子・高橋智香・末廣喜代一・松本一範・穂田美嘉・石野薫里・北林雅洋・笠 潤平

1. はじめに

学習指導要領は、約10年ごとに改訂され、学習内容は変更されている。1998（平成10）年の改訂では、それ以前と比べて内容が約3割削減された。今回（2008（平成20）年3月）の改訂では、削減された内容のかなりの部分が復活し、一方で従来は取り上げられていなかった内容も導入されている。

現在の大学3～4年生は、1998（平成10）年に改訂された学習指導要領のもとで中学の理科を学習した最初の学生である（表1。網かけの部分は、この学習指導要領での教育の実施を示す）。このため学生たちは、新学習指導要領で新たに加わる項目について生徒の立場として授業を受けておらず、学生たちが教壇に立った場合、自らが直接は授業で受けていない事柄を教えなければならないことになる。このことについては、大学の専門の授業で、十分に配慮する必要がある。この問題は、この学年に限られることなく、今後5年間程度は、主に旧・学習指導要領で学習した学生たちが入学してくるため、今後も継続する（表1）。

表1. “ゆとり教育” 実施期間と学生の学年進行

年度	S62生	S63生	H1生	H2生	H3生	H4生	H5生	H6生	H7生	H8生	参考		
2017 (H29)										大4	中：全面实施 小：全面实施		
2016 (H28)									大4	大3			
2015 (H27)								大4	大3	大2			
2014 (H26)							大4	大3	大2	大1			
2013 (H25)						大4	大3	大2	大1	高3			
2012 (H24)					大4	大3	大2	大1	高3	高2			
2011 (H23)				大4	大3	大2	大1	高3	高2	高1			
2010 (H22)			大4	大3	大2	大1	高3	高2	高1	中3			
2009 (H21)		大4	大3	大2	大1	高3	高2	高1	中3	中2		先行実施	
2008 (H20)	大4	大3	大2	大1	高3	高2	高1	中3	中2	中1		改訂（H20年3月）	
2007 (H19)	大3	大2	大1	高3	高2	高1	中3	中2	中1	小6			
2006 (H18)	大2	大1	高3	高2	高1	中3	中2	中1	小6	小5			
2005 (H17)	大1	高3	高2	高1	中3	中2	中1	小6	小5	小4			
2004 (H16)	高3	高2	高1	中3	中2	中1	小6	小5	小4	小3			
2003 (H15)	高2	高1	中3	中2	中1	小6	小5	小4	小3	小2		小中：全面实施	
2002 (H14)	高1	中3	中2	中1	小6	小5	小4	小3	小2	小1			
2001 (H13)	中3	中2	中1	小6	小5	小4	小3	小2	小1				
2000 (H12)	中2	中1	小6	小5	小4	小3	小2	小1					先行実施
1999 (H11)	中1	小6	小5	小4	小3	小2	小1						
1998 (H10)	小6	小5	小4	小3	小2	小1					改訂（H10年12月）		
1997 (H9)	小5	小4	小3	小2	小1								

本学の理科領域における専門授業科目とその内容については、1998（平成10）年度の改組のときに議論された。この時、学部としては「教育実践力を持つ学校教員の養成」が目標とされ、理科においては、（a）自然に関する基本的な概念・知識と、それを自然科学教育の実践に生かす

新学習指導要領 理科における課題の明確化と学部専門科目の改善に向けての研究

方法の習得を目指す、(b)自然科学の基礎を幅広く学習するとともに理科実験の基礎的手法や技術を学ぶ、(c)小・中学校の理科教育で扱われている教材の取り扱い方について学ぶ、(d)卒業研究では、物理学、化学、生物学、地学、理科教育学に関するテーマについて専門的研究を行う、と目標が設定された。これまで我々は、主に(a)に関する研究を行い(文献(1)～(3)、(9))、(c)に関連して教科書検討(文献(4)～(7))や関連したテーマの研究(文献(8)、(10))も行ってきた。しかしながら、教科専門に直接関係する(b)については、十分に検討して来たという状況にはない。

本学の理科領域の2年生の授業、つまり各概論(物理学概論Ⅰ、同Ⅱ、化学概論Ⅰ、同Ⅱ、生物学概論Ⅰ、同Ⅱ、地学概論Ⅰ、同Ⅱ)と各基礎実験(基礎物理学実験、基礎化学実験、基礎生物学実験、基礎地学実験)および3年生の初等理科と理科教育法は、上記の理科の教育目標(b)に直接関係するものである。これらの科目については、1998(平成10)年度の議論では、小学校・中学校で扱う内容の理解のために行うと位置づけられた。一方で、扱う範囲は小・中学校で行う内容に限定されているのではなく、内容理解を進めるために、より広くかつ深い内容をも扱うことも共通に理解されている。このため現在の授業において、学習指導要領の改訂による学習内容の変化にも対応できると考えられる。しかし、上述のような学生たちを取り巻く状況の変化を考えると、再度の内容の検討が必要である。そこで、学習指導要領の改訂により導入された新規項目に関しての内容を学生たちが学習するときに、どのような配慮が必要かを検討した。

2. 改訂された学習指導要領の新規項目について

今回(2008(平成20)年)の学習指導要領の改訂で、小学校理科全体の構成は大きく変わる。現行は「生物とその環境」「物質とエネルギー」「地球と宇宙」の3領域構成だったが、「物質・エネルギー」「生命・地球」の2領域構成となる。中学校との接続を考慮してということだが、中学校理科のいわゆる第1分野の量が増えることとなり、物理、化学、生物、地学といった高等学校の教科区分が、小学校から一貫して続くことになる。

今回の学習指導要領の改訂では、多くの新規項目が挙げられている(表2)。これらの多くは、学習が難しいという理由で1998年の改訂で削減されたが、理科に関する内容を系統的に理解するため重要であるものが含まれる。一方、以下で見ると、内容として全く新たに加わった項目も、“新規項目”として取り上げられている。更に第1分野と第2分野をまたがる項目「自然環境の保全と科学技術の利用」(中学3年)が設定された。以下は、2008年の改訂の新規項目についての概説である：

[物理学分野]

小学3年で導入される「物と重さ」は、物質概念の基礎として大変重要である。その基底に粒子概念があり、物理・化学分野の基礎概念としての重要性を有する。「風やゴムの働き」は、生活の中での実感からの導入と思われる。「風の力」や「ゴムの力」として「力」の概念が使われているが、物理学の基本概念としての「力」は中学の学習内容であり、導入には十分な注意が必要と

松村雅文・寺尾 徹・磯田 誠・高橋尚志・大浦みゆき・西原 浩・佐々木信行・高木由美子・高橋智香・末廣喜代一・松本一範・稗田美嘉・石野薫里・北林雅洋・笠 潤平

表2. 理科における新規項目

分野	項目	学年	
物理	風やゴムの働き： 風の働き，ゴムの働き	小3	
	物と重さ： 形と重さ，体積と重さ	小3	
	てこの規則性： てこの利用（身の回りにあるてこを利用した道具）	小6	
	電気の利用： 発電・蓄電，電気の変換（光，音，熱などへの変換）， 電気による発熱，電気の利用（身の回りにある電気を利用した道具）	小6	
	力と圧力： 力の働き（力とばねの伸び，重さと質量の違いを含む）， 圧力（水圧を含む）	中1	
	運動の規則性： 力のつり合い（力の合成・分解を含む）	中3	
	力学的エネルギー： 仕事とエネルギー（仕事率を含む）	中3	
	エネルギー： 様々なエネルギーとその変換（熱の伝わり方， エネルギー変換の効率を含む），エネルギー資源（放射線を含む）	中3	
化学	物質のすがた（プラスチックを含む）	中1	
	水溶液とイオン： 水溶液の電気伝導性，原子の成り立ちとイオン， 化学変化と電池	中3	
	酸・アルカリとイオン	中3	
生物	身近な自然の観察： 身の回りの生物の様子， 身の回りの生物と環境とのかかわり	小3	
	人の体のつくりと運動： 骨と筋肉，骨と筋肉の働き（関節の働きを含む）	小4	
	動物の誕生： 水中の小さな生物	小5	
	人の体のつくりと働き： 主な臓器の存在（肺，胃，小腸，大腸，肝臓， 腎臓，心臓）	小6	
	植物の養分と水の通り道： 水の通り道	小6	
	生物と環境： 食べ物のよる生物の関係	小6	
	植物の仲間： 種子をつくらぬ植物の仲間	中1	
	動物の仲間： 無脊椎動物の仲間	中2	
	生物の変遷と進化	中2	
	遺伝の規則性と遺伝子（DNAを含む）	中3	
	地学	流水の働き： 川の上流・下流と川原の石	小5
		天気の変化： 雲と天気の変化	小5
月と太陽： 月の位置や形と太陽の位置，月の表面の様子		小6	
日本の気象： 日本の天気の特徴，大気の動きと海洋の影響		中2	
太陽系と恒星： 月の運動と見え方（日食，月食を含む）， 惑星と恒星（銀河系の存在を含む）		中3	
生物・地学	生物と環境： 自然環境の調査と環境保全（地球温暖化，外来種を含む）	中3	
全領域	自然環境の保全と科学技術の利用： 自然環境の保全と科学技術の利用	中3	

思われる。

小学6年の「てこの規則性」は、力の概念を使わずに力学的性質に見られる規則性を学ぶという点で、5年生における「振り子の運動」と同様の意味合いを有する。てこの規則性は、5年生からの移行である。「てこの利用」として身の回りの道具が導入されたが、実感を持つためには当然なされるべき導入である。「電気の利用」も「てこの利用」と同様に、生活の中で利用される道具として、エネルギーの一形態としてエネルギー概念を機軸概念として導入されている。

中学1年の「力と圧力」では、これまで発展的学習として扱われていた「力とばねの伸びの関係」

新学習指導要領 理科における課題の明確化と学部専門科目の改善に向けての研究

や「質量と重さの違い」が新規項目として入れられた。また、「水圧」や「浮力」も、これまで発展的内容であったものが扱われることになったが、基本的な概念をあいまいにしない点や、生活で体験しやすい現象を扱うことになり、好ましいことであろう。

中学3年で扱われる項目は、その多くが新規項目や移行項目である。「力のつり合い」を中1から移行し、3年で新たに入った「力の合成・分解」と共に複数の力を扱うことになる。

同じく中学3年の「力学的エネルギー」として、発展的内容であった「仕事」が導入されている。これも、今回の改訂の目的に沿って当然なされるべき導入と思われる。「仕事率」の導入は、日常での実感・経験との対応から必要とされる。

更に「エネルギー」（中学3年）に関しては、「熱の伝わり方」と「エネルギー変換の効率」が導入される。これらは循環型社会の形成と科学の関連を考える上で、当然扱われるべき項目である。「エネルギー資源」としては、「放射線」が導入されることになっており、核燃料との関連で扱われるようである。しかし、その危険性については言及されない点が危惧される。

新規項目は、科学における規則性の理解と体験する事象との対応を考慮するものとなり、その大部分はこれまで“発展的学習”と扱われてきたものである。また、移行項目は、新規項目との整合性の中で移行されたものであろうが、物理科学的概念の体系的性を重視し、その実例を実感する現象として入れたことにより、好ましい変化がなされたと感じられる。

[化学分野]

中学1年の「物質のすがた（プラスチックを含む）」は2つの項目に分かれており、物理化学的な内容が扱われている。ここの内容である密度、融点、沸点などの性質や、気体の製法などは旧学習指導要領でも扱われていた。プラスチックについては、従来は高校でその成分の違いや特徴及び用途を中心に扱うことに留まっていたが、今回の改訂で、中学校においても、その性質や用途などを扱うことになった。

中校3年の「水溶液とイオン」は、前回の学習指導要領の改訂で削除された部分が復活したものである。旧学習指導要領では、中学1年で水溶液、酸・アルカリ・中和を学習するに留まっていたが、今回の改訂でイオン式が復活した。また、現在高校で学習している内容、すなわち様々な水溶液と電極の組み合わせでの電気分解の実験とその様子（電解液の色の変化、電極での金属の析出や気体の発生）や、イオン化傾向に差のある金属の組み合わせと電解液を用いての電池を作る実験などが、中学校に移行してきた。

中学3年の「酸・アルカリとイオン」では、酸とアルカリの性質を調べる実験を行い、酸とアルカリのそれぞれの特性が水素イオンと水酸化物イオンによること、また中和によって水と塩が生成されることを学習する。つまり、イオンと酸・アルカリの性質を結びつける系統的な学習が可能になり、最も広義のルイス酸・塩基の定義を背景として考える素地が形成されると解釈される。また、旧学習指導要領においては、化学エネルギーが電気エネルギーに変換される学習は事例解説に留まっていたが、イオン式を用いることで、エネルギー学習と化学反応を結びつけ、より本質的に理解できるようになった。

松村雅文・寺尾 徹・磯田 誠・高橋尚志・大浦みゆき・西原 浩・佐々木信行・高木由美子・高橋智香・末廣喜代一・松本一範・穂田美嘉・石野薫里・北林雅洋・笠 潤平

[生物学分野]

小学3年では「身近な自然の観察」が追加された。これまでは3年の理科は、植物やこん虫を育てて、生き物の育ちかたを観察することが、生物学分野の授業の中心だった。「身近な自然の観察」が入ることによって、育てている生き物だけでなく、校庭などの身の回りに見られる生き物に関心を向けさせることが重要視されることになる。

小学4年では「人の体のつくりと運動」が追加された。これは、これまで中学校に学んでいた内容の一部が小学校に下りてきたものである。人の体のつくりのうち、運動と関係する骨と筋肉の働きを学習する。また、人以外の動物についても学習する。

小学5年では、「動物の誕生—水中の小さな生物」が追加された。これは単に水中には小さな生き物（プランクトン）がたくさんいて、魚のえさとなっていることを教えるだけのことのようにあるが、6年の「生物と環境—食べ物による生物の関係」にもつながる内容である。

小学6年では「人の体のつくりと働き—主な臓器の存在」、「植物の養分と水の通り道—水の通り道」、「生物と環境—食べ物による生物の関係」の3つの項目が追加された。いずれも中学校の内容が下りてきた。これまでも、呼吸・消化・循環という働きについては学習してきたが、そのような働きに重要な役割を果たす臓器の存在については、重視されていなかったということだろう。植物の働きとしては光が当たる葉でデンプンができることしか教えられていなかったが、「水の通り道」についても教えるということは蒸散についても教えることとなる。「食べ物による生物の関係」については、これまでも単に人や動物が植物を食べているということについては学習していたが、食物連鎖と関係づけて教えることになる。

中学1年では「植物の仲間—種子をつくらない植物の仲間」が追加された。これまで、植物の仲間として種子植物しか学習していなかったが、種子をつくらない植物として、シダ植物やコケ植物について学習する。また、中学2年では「動物の仲間—無脊椎動物の仲間」が追加された。植物と同じように、動物では脊椎動物しか学習していなかったが、無脊椎動物の仲間として、節足動物と軟体動物について学習する。いずれも、削減された内容が復活したものだが、以前には取り上げられていた藻類についてはふれられていない。

中学2年では更に「生物の変遷と進化」が追加された。内容としては、進化の証拠とされる事柄や具体例を取り上げ、生物にはその生息環境での生活に都合のよい特徴が見られることにも触れることとしている。

中学3年では「遺伝の規則性と遺伝子」が追加された。ほかの追加部分と同じように、削減された内容が復活したものだが、その内容に「DNAを含む」というのが目新しい。

[地学分野]

小学5年に「雲と天気の変化」が導入される。これに伴って、小学5年の内容であった天気の様子に関する内容のうち、気温等の気象要素の直接観測や、水蒸気の様子を観察による天候理解に関する内容が整理されて分離され、小学4年に前倒しとなった。小学5年の段階では、空の雲の様子、気象衛星の画像等の両面から、雲の変化の様子が天気の変化と関係していることを理解させ、気象予報の可能性に関する理解を重視するものとなっている。台風はこの中に位置づけら

新学習指導要領 理科における課題の明確化と学部専門科目の改善に向けての研究

れることとなった。小学4年と5年の二つの機会を活用することによって、直接的観測と経験に基づく天候理解と、体系的・科学的な認識に裏付けられた天候理解の両者を明確に分離している。台風に関する理解も後者の中に位置づくことになり、適切に整理された。

小学5年の「流水の働き」では、「川の上流・下流と河原の石」に関する記述が加わる。「川の上流と下流によって、川原の石の大きさや形に違いがあること」が加わり、川の上流と下流でようすが異なることや、そのことが川原の石のようすにあらわれていることについての内容となっている。川を全体としてとらえるうえで、欠かせない内容だといえる。細かく見ると、平成10年の改訂時のものと異なり、「侵食」とか石や土の「運搬」、「堆積」といった用語が明示されている。実際の教科書等を見る限り、新たに登場した川の上流・下流の様子に関する記述はこれまでも入っていた場合もある。河川の地形学的な機能に関する理解をさせようと思えば、どうしても具体的な川の様子に関する記述が必要となり、河川の様子に関する内容は前提とされてきたものと思われる。従って、実際の授業内容に関しては、大きな変更は必要ないだろう。河川の上流と下流の比較、石の違いに関する理解という観点からのとりまとめを意識的に加えることが大切だと考える。

小学6年の「土地のつくりと変化」では、扱う岩石の例示が、必ずしも限定的なものではなくなった。「扱う岩石は、礫岩、砂岩及び泥岩のみとすること」となっていたのが、「のみ」が削除されたのである。例示されているのが堆積岩だけではあるが、地域の実情や特殊性などに、柔軟に対応し得る余地が生まれたといえる。また、土地の変化の要因として「火山の噴火」または「地震」のどちらかを選択することになっていたのが、どちらも学習するように変更された。選択にしていたこと自体が、あまりにも不自然であったといえよう。

小学6年で「太陽と月」が新たに導入される。この内容は、1989年の学習指導要領では、小学5年で学習する内容であった。1998年の改訂では小学4年で月や星を学習することになったが、太陽の表面などは扱われず、また月については「三日月や満月などの中から二つの月の形を扱う」等、内容は乏しいものであった。この背景には、月の運動を理解するためには、月の公転運動の理解が必要であり、また月の見え方を理解するためには、太陽との位置関係を理解しなければならないため、複雑で難しいとされてきたことがある。今回の改訂では、月の形が変わることを、ボールで説明するモデル実験が紹介されており、具体的な方向性が示されており、好ましいと思われる。しかしながら、実際には学習内容の扱いについての工夫がないと難しくなるため、過去の経験を参考に、慎重に扱うべき項目と考えられる。

中学2年では新たに、「気象とその変化」の内容に「日本の気象」の項が加わった。「気団モデル」・「偏西風帯」・「海陸分布を要因とするモンスーン気候」の3つの視点から、日本の天候について、具体的な現象を通してとらえさせることを狙いとしているものと見られる。これまで「気象とその変化」では、雲や霧の発生原理と、前線の通過に伴う天気変化が含まれていた。しかし、これらには、日本の気候学的特性が十分には反映されていなかった。前線の通過は、中緯度における大気現象の重要な要素であることには間違いはないものの、それだけで日本付近の大気現象を表現することはできない。「日本の気象」はこの面の弱点を補うものとして意義付けられる。

中学3年で扱われる「日食・月食」は、上述の「月の運動と見え方」と密接に関係している。

松村雅文・寺尾 徹・磯田 誠・高橋尚志・大浦みゆき・西原 浩・佐々木信行・高木由美子・高橋智香・末廣喜代一・松本一範・稗田美嘉・石野薫里・北林雅洋・笠 潤平

日食・月食は頻繁には起こらないため、“身近”ではないが、月の運動学的な理解と、月の位相についての理解を基礎にするため、適切な配置と考えられる。小学校での天体の学習は、地球上からの見え方であったが、中学校での天体の学習においては、視点を地球外に移すことが要請されており、同じ学習でも、理解の仕方が区別されている。

中学3年で全く新たに扱われることになった「銀河系」は、指導要領本文には、恒星についての記述の最後に、「その際、恒星が集団をなし銀河系を構成していることにも触れる」と簡単な記述があるのみである。しかしながら、「銀河系」は、現在の宇宙の認識に重要であり、宇宙の始まりなどを考える上で重要なキーワードの一つでもあり、ここで導入されることの意味は大きい。一方、地球から可視光で、銀河系そのものの全貌を観察することは不可能であり、また銀河系の一部として見えている天の川も、輝度が低いため、町中で見ると非常に難しい。学習上においては、何らかの工夫が必要とされると考えられる。

[全分野に関連する新規項目]

中学3年の最後に、第1分野と第2分野に共通する内容として「自然環境の保全と科学技術の利用」が位置づけられた。その際、1998年の学習指導要領ではどちらか選択となっていた内容も、第1分野の「科学技術の発展」および第2分野の「自然の恵みと災害」としてどちらも学習することになった。これまで学習してきたことをふまえて最後に総合的という、その意図は理解できるが、現代社会が直面する重要な課題を扱うわけであるから、その扱い方には慎重さと工夫が必要になる。

3. 個々の項目についての考察

前節での新規項目の内容の確認をもとに、ここでは、主に新規項目の内容の考察を行う。また本学理科領域における授業（各概論、初等理科、理科教育法など）や実験（各基礎実験など）の内容との関連性についても議論する。

3.1. 物理分野について

小学校で新たに導入された2つの重要な新規事項は、3年生での物の形状、体積、重さの概念と6年生での電気の利用である。これらの領域の理解には、初等理科で実施している3分野「もののおもさとてんびん」「光—カメラ作り」「電気回路」の第一と第三のテーマが正に直結した内容の学習を提供している。また、系統的理解のためには前者は物理学概論Ⅰで、後者は物理学概論Ⅱにおいて、概念理解を中心とした講義を行っている。また、前者については、さらに統一的理解を進めるべく発展的な講義が物理学Ⅰで提供されている。更に基礎物理学実験でも、「静力学実験器」により、てんびんが扱われている。

中学校での新規項目である力の概念、仕事の概念などは、上記小学校での力学分野の内容として、様々な講義・実験において取り扱われている。しかし、その他の新規項目のうち、熱量・熱の伝わり方は物理学概論Ⅰで、電力・交流などは、物理学概論Ⅱにおいて概念理解を目的として

新学習指導要領 理科における課題の明確化と学部専門科目の改善に向けての研究

講義されているが、生徒に教える立場としての十分な理解のためには、体系的な理解が欠かせず、現状では十分とはいえない。少なくとも、選択科目として設定されている物理学Ⅰ・同Ⅱ程度の理解が望まれる。

3.2. 化学分野について

中学1年の「物質のすがた」には、「身の回りの物質」と「気体の発生と性質」の項目が含まれる。「身の回りの物質」では、実験器具の操作、及び実験の結果考察の記録の仕方を学習することになっている。これらは初等理科と基礎化学実験で「化学実験のレポートの書き方」として学習する。また、「気体の発生と性質」で扱われる酸素と二酸化炭素の発生実験に関しては、初等理科で実際に活栓付きロートを含む実験装置を用いて発生させ、気体検知管を用いた二酸化炭素の検出を一人につき1本使用して、燃焼前と燃焼後の気体成分の変化について体験している。なお、現行の指導要領では高等学校で履修しているプラスチックの燃焼実験に関しては、現在のところ実験には取り入れていない。

中学3年の「水溶液とイオン」と「酸・アルカリとイオン」の内容に関しては、化学概論Ⅰで「原子の構造」と「化学結合」について、化学概論Ⅱで「酸と塩基の反応」と「酸化還元反応」について扱い、理論的な内容を学習している。また基礎化学実験では、「容量分析の基礎」で定量分析について学習した後に、「中和滴定（酸と塩基の中和反応を利用して酸または塩基を定量する方法）」の実験項目でシュウ酸標準溶液を用いて、水酸化ナトリウム水溶液を正確に標定し、市販の食酢中の酢酸濃度（質量%）を求めるといった実験を実施している。つまり、新規項目の内容は、化学概論Ⅰ、同Ⅱおよび基礎化学実験で、網羅されている。なお、以前は、酸化還元滴定（COD測定を含む）も実施していたが、時間的な制約により現在は実施していない。

今回の指導要領の改訂では、安全教育の重要性が強調された。小学校指導要領解説では、小学6年の「水溶液の性質」で、実験に使用する薬品についての安全教育・試薬の廃棄に関する記載が加えられた。具体的には「これらの水溶液の使用に当たっては、その危険性や扱い方について十分指導するとともに、保護眼鏡を使用するなど安全に配慮するように指導する。（中略）なお、実験に使用する薬品については、事故のないように配慮し管理するとともに、使用した廃液などについても、中和処理を行うなど環境に配慮し適切に処理するように指導する。」とあり、より安全と環境に配慮した記載になった。初等理科や基礎化学実験で保護眼鏡の着用を徹底し、学生の安全確保を図るとともに安全に対する意識を高めるように指導している。実験廃液の処理方法は基礎化学実験にて学習しており、溶媒の回収、廃液や廃棄物の処理、実験室・実験台の整理整頓として、水質汚濁防止法、廃棄物の処理および清掃に関する法律についても触れている。また、中学校でも、薬品の管理や実験のマイクロスケール化の導入を促す記載など、指導要領解説に環境に配慮した記載が数カ所新しく記載された。

安全教育は、理科室における児童生徒の安全を確保するために重要である。本学の基礎化学実験においても、その重要性を認識し、上述のように、試薬の管理などについて学習時間を確保している。しかし、1998年の免許法改正で取得単位数が半減し、教科専門における必修科目の授業時間は削減された。理科以外を専攻している学生にとっては、基礎化学実験などは必修ではな

松村雅文・寺尾 徹・磯田 誠・高橋尚志・大浦みゆき・西原 浩・佐々木信行・高木由美子・高橋智香・末廣喜代一・松本一範・稗田美嘉・石野薫里・北林雅洋・笠 潤平

く、小学校教員になるための専門科目（選択科目）で安全教育を行える時間は、初等理科（化学分野）の3時間しかない。つまり、理科以外の学生に対しては、学習指導要領に含まれる内容をすべて含むことはできていない。基礎化学実験を履修しない学生に対して、どのように学習時間と内容を保障するべきか、検討すべき課題である。

3.3. 生物分野について

小学校理科の生物学分野の大部分は、それまで中学校で学習してきた内容が下りてくるだけだが、新規の項目として3学年で「身近な自然の観察」が入ってきた。それまでも生き物の観察は大きなウエイトを占めていたが、どちらかといえば飼育栽培している生き物を観察するのがメインであった。ただ、昆虫については飼育している昆虫だけでなく、身近に生息する色々な昆虫を観察させていた。それが「身近な自然の観察」が入ることによって、身の回りの野生植物などにも目を向けさせることになる。

身の回りの生き物といっても、どのような生き物が見られるかは、周辺的环境によって異なる。身の回りの生き物を調べることによって、「生物は、色、形、大きさなどの姿が違うこと」「生物は、その周辺的环境とかかわって生きていること」を学習させるためには、小学校の先生は校庭や学校周辺にどのような生き物が生息しているのかについてあらかじめ知っておく必要がある。また、身の回りにいろいろな生き物が発見でき、児童の学習意欲が高まるように、多くの種類の生き物が生息できるような環境を整えておく必要がある。良く掃除されて雑草の1本も生えていないような校庭では、多くの生き物を発見することが望めない。多様な生き物が生息できるような学習環境の整備は、学校全体で取り組む必要があるだろう。

中学校理科の生物学分野では、種子を作らない植物の仲間として、シダ植物やコケ植物が追加され、無脊椎動物の仲間として、節足動物と軟体動物が追加されたが、それでも身近な多くの生物について義務教育段階で学習せずに終わることになる。ワカメやコンブは？シイタケやエノキダケは？カビやバクテリアは？ウニやクラゲは？インフルエンザウイルスは生物なのだろうか？身近な生物についての基礎的な知識を持っていることは、常識の範囲内のことだと思うが、とくにそのようなことは考慮されていない。

多様な生物が地球上に生息する中で、身近な生物ひとつひとつの性質について、どのような特徴があるのかを知ることが、「生物の変遷と進化」という新しい内容を理解するために重要である。動物については、魚類から、両生類、爬虫類、鳥類、哺乳類への進化を、それぞれの特徴を比較することによって考えさせようとしているが、植物の進化については、藻類を入れていないために、せいぜい種子植物は種子で増えるが、シダ植物やコケ植物は孢子で増えるということと比較するくらいである。コケ植物には葉、莖、根の区別も維管束もないことを理解させるとしているが、コケ植物よりは大型の藻類のほうが、わかりやすいと考えられる。

3.4. 地学分野について

[地球の位置づけ・地質の内容について] 小・中学校を通して、内容に系統性を持たせる「柱」となる基本的な概念の一つとして「地球」が位置づけられたわけだが、全体としての地球の特徴

新学習指導要領 理科における課題の明確化と学部専門科目の改善に向けての研究

がとらえられるような構成には、なっていない。「地球の内部」「地球の表面」「地球の周辺」に分けてとらえていくことで終わってしまい、全体としての地球像が明らかになるようには、構成されていないのである。「地球」と対になる基本的な概念として「生命」が位置づけられているのであるから、生命あふれる天体としての地球の特徴（特殊性）がとらえられるような構成を、工夫することも可能であろう（文献（11）参照）。

小学校の岩石の学習では、堆積岩を扱うことになっている。1989年の学習指導要領では、火成岩も2種類程度まで扱うことになっていた。新しい学習指導要領では、火山と地震のどちらか選択ではなく、どちらも学習することになったのであるから、火山を構成する岩石として火成岩を扱うことが、必要になってくるのではないと思われる。

中学校の岩石の学習は、第1分野で原子・分子について学習する前に展開されるため、たとえば火成岩の種類の違いや造岩鉱物の違いをその成分の違いと関連させてとらえることが、不十分なままに終わりやすい。中学3年で「資源」や「環境」のことを扱う際に、原子・分子のレベルから岩石をとらえなおす学習が、可能であるし必要であると思われる（文献（11）参照）。

上記のような授業の工夫・可能性を現実のものにしていくためには、学生たちが全体としての地球像を明確にとらえられるようになっていることが欠かせない。地学概論Ⅰ・Ⅱおよび基礎地学実験の内容構成も、全体としての地球像を明確にとらえられるようにする、という視点から、再検討を加えてみる必要がある。

〔気象学の内容について〕 気象に関する項目については、2節で見てきたように、以下2点のような内容の充実がなされている。すなわち、1) 日本付近の雲の動きから天気の変化を理解する小学5年の内容と、2) 日本付近の天候について、「気団」・「偏西風帯」・「モンスーン」の3つの視点から、具体例を交えて理解する中学2年の内容である。

小学5年の「雲と天気の変化」の記述が増加し、中学2年の日本付記の天候についての内容が追加されたことを考えると、気象衛星の雲画像等から、必要な情報を読み取って生徒に提示する力を養うことが求められると言える。特に「気団」・「偏西風帯」・「モンスーン」といった概念についての深い知識が必要であるが、これは容易ではない。本学の授業においては、地学概論Ⅰで日本の天候に関する講義を、少なくとも新たに1回分行う必要があるだろう。可能なことの1つは、日本付近の天候の捉え方に関する「定番」を、一歩踏み込んでモデル化し、提示することだろう。しかし、例えば「梅雨」一つを取ってみても、「気団」という側面、「偏西風の振る舞い」という側面、「モンスーンの一部」としての側面など、多様な面を含んでいる。適切な教育を現場で行うためには、かなり高度な認識を背景に持っている必要がある。しかし、そのような認識を育てることは1回の講義では不可能であり、より専門的な気象学の知識を獲得するための、地学Ⅱなどの受講が求められることになるだろうが、実際には、全員にそれを望むのは困難である。また、基礎地学実験などのなかでも、衛星画像から雲の動きを通して天気の変化を読み取り、気圧配置から気団の動きを読む目を養ったりする最低限の力や、そうした情報を獲得する力をつけるような内容の充実が求められる。

中学2年の「日本の天気の特徴」の項目の追加により、教師が持つべき理解の量はかなり増加する。上記3つの視点（「気団」・「偏西風帯」・「モンスーン」の視点）を中心に、基本理解の明確化

松村雅文・寺尾 徹・磯田 誠・高橋尚志・大浦みゆき・西原 浩・佐々木信行・高木由美子・高橋智香・末廣喜代一・松本一範・稗田美嘉・石野薫里・北林雅洋・笠 潤平

と、理科教師に対する系統的な学習機会の提供が求められており、大きな変更であると言える。とはいえ、いわゆる「気象歳時記」的な記述にとどまることなく、現代気象学の成果を取り入れ、中学校における気象教育の体系化を図ろうとするひとつの試みとしては、おおむね妥当な方向性を持っていると考えられる。教育現場での豊かな方法論の確立が強く期待される。

〔天文の内容について〕 小学6年の「太陽と月」は、今回の指導要領の改訂で復活した項目である。月の形（位相）の学習方法は、蓄積もなされており、ボールを使ったモデル実験は古くから行われてきたようである（オリジナルは判らなかったが、例えば文献（12）（13）（14）（15）などがある）。今回改訂された学習指導要領にも、ボールを使ったモデル実験が紹介されており、これまでの教育実践が役立っていると思われる。本学の初等理科においても、ボールを使った月の形の変化の学習がなされている。また、太陽と月の動きの学習や、更なる月の形に関する内容理解は、基礎地学実験においてなされている。なお、太陽の表面の物理的な特徴については、地学概論Ⅰにおいて学習している。

中学3年で、新たに扱われることになった「銀河系」は、今日の天文学においては重要な概念であるにもかかわらず、これまでは中学校では扱われてこなかった。銀河系は、18世紀にウィリアム・ハーシェルが星数の調査から観測的に示されたが、星間減光の効果が知られていなかったために、正しいものではなかった。その後、20世紀の初めには、ハッブルによりアンドロメダ座の“星雲”の距離が求められ、我々の銀河系と同等の天体であることが示された。我々の銀河系のような天体（銀河）は、宇宙に多数存在していることが判ってきたのである。1950年代には、オールトたちは銀河系の中の星間雲からの中性水素の21cm輝線を観測し、我々の銀河系は、渦巻き構造をしていることを示した（文献（16））。更に1990年代以降、銀河系のバルジといわれる中心付近の構造が、例えばIRASによる遠赤外線の数データ（文献（17））などを用いて調べられ、棒構造になっていることが明らかにされてきた。つまり、我々の銀河系は、現在では棒渦状銀河と考えられている。更に最近では、すばる望遠鏡などによる宇宙が始まって間もない頃に作られた銀河の発見の報道なども多い。こういった背景もあり、今回の学習指導要領の改訂では、「銀河系」が新規項目に入ったと思われる。しかしながら、中学校の学習指導要領で示されている知識において、この「銀河系」を論理的に説明するのは難問である。生徒たちは、恒星は学習するが、銀河系の認識を深めた可視光以外の放射のことや、星間物質（中性水素など）や星団などのことは学習しない。一つの可能性は、系外銀河の写真から類推することであろうが、系外銀河の学習は中学校の理科では行われず、高校の地学で行われる。

本学の授業において、銀河・銀河系は、地学概論Ⅱと地学Ⅰで扱われている。上記のことを鑑み、2009年度前期の地学Ⅰ（3年対象、選択必修）においては、文献（18）を参考に銀河系の渦巻き構造を作図する学習も行った。肉眼で観察が事実上不可能であるため、大学生にとっても、このような実習は有効であると思われる。ただ、理科領域の学生全員が履修する地学概論Ⅱにおいては、十分な扱いができていない。

3.5. 複数領域に関連する内容について

中学3年の最後に「科学技術の発展」や「自然環境の保全と科学技術の利用」が位置づけられ

新学習指導要領 理科における課題の明確化と学部専門科目の改善に向けての研究

たわけだが、『中学校学習指導要領解説 理科編』（平成20年9月、文部科学省）に示されたとらえ方は、やや一面的といわざるを得ない。新学習指導要領では「科学技術が人間の生活を豊かに便利にしてきたことを認識すること」がねらいとされているが、『解説』では「科学技術の負の側面にも触れながら、それらの解決を図る上で科学技術の発展が重要であることにも気付かせる」となっていて、科学技術の可能性ばかりが一面的に強調されている。例えば『解説』では、「科学技術が著しく発展した産業革命から現代までを中心に取り上げ」、蒸気機関発明の意義やそれによる工業の急速な進歩を理解させることが示されている。しかし、産業革命以降、頻発するようになり深刻化した環境破壊・環境問題といった「科学技術の負の側面」を理解するには、「科学技術の発展」に着目するだけでは不十分なのである。

新学習指導要領の「自然環境の保全と科学技術の利用」においては、「自然環境の保全と科学技術の利用の在り方について科学的に考察」できるようになることもねらいとされているが、オゾン層破壊問題や地球温暖化問題などへの対応の中で確立されてきた「予防原則」の考え方を、理解しておくことが欠かせないと思われる（文献（19）参照）。

これらの点について学部の授業では、初等理科教育法において理科教育の目的論との関連で、ある程度扱っているが、時間数が限られていることもあり、学生自身が深く考察してみる機会というのは、設けられずにいるのが現状である。

4. まとめ

本論文では、2008（平成20）年3月の学習指導要領の改訂による小学校・中学校の理科の学習内容について検討した。内容についての系統性は従来よりも改善され、新規事項の説明にも配慮が見られることが判った。一方で、例えば小学校での「身近な自然の観察」、中学校での「DNA」、「銀河系」、また小中学校の化学分野の「安全教育」など、1998（平成10）年以前の学習指導要領にも取り上げられていない新規項目が含まれることも確認した。また、複数領域に関連する「科学技術の発展」と「自然環境の保全と科学技術の利用」のとらえ方は、科学技術の負の側面の扱いが充分ではない。小学校・中学校でのこれらの項目の授業を行うときには、他の項目以上に配慮が必要であると考えられる。

一方で、本学の理科領域の学生をめぐる新たな状況への対応を念頭におきつつ、専門科目における学習についての検討を行った。理科領域の専門授業科目（物理・化学・生物・地学の各基礎実験および概論）、初等理科、理科教育法の内容について検討し、工夫・改善の必要性について考察した。本学の従来の専門授業科目が、新学習指導要領にも対応した内容を提供していることを確認した。しかしながら免許法に規定される時間的な制約のため、授業時間が必ずしも充分ではない状況があることも判った。学生たちが理科の内容を十分に学習できるためには、内容の検討のみならず、より適切な時間配当が必要である。

謝辞 本研究は、香川大学教育学部の「平成20年度学部研究開発プロジェクト」の支援を受けて行われた。この場を借りて謝意を表す。本稿はその研究報告を兼ねている。

松村雅文・寺尾 徹・磯田 誠・高橋尚志・大浦みゆき・西原 浩・佐々木信行・高木由美子・高橋智香・末廣喜代一・松本一範・穂田美嘉・石野薫里・北林雅洋・笠 潤平

[文献]

- (1) 西原 浩ら、2003、教育実践力を持つ学校教員養成のための実践的指導法およびカリキュラム論の構築研究（1）、香川大学教育実践総合研究 第6号、pp.41-46。
- (2) 西原 浩ら、2003、教育実践力を持つ学校教員養成のための実践的指導法およびカリキュラム論の構築研究（2）、香川大学教育実践総合研究 第6号、pp.47-58。
- (3) 森 征洋ら、2004、「初等理科」（実験）に対する学生の意識調査－香川大学教育学部における場合－、香川大学教育実践総合研究 第8号、pp.135-146。
- (4) 金子之史ら、2004、小学校「理科」3～6年教科書（6社）の比較検討（1）小学校3・4年、香川大学教育実践総合研究 第8号、pp.37-48。
- (5) 金子之史ら、2004、小学校「理科」3～6年教科書（6社）の比較検討（1）小学校5・6年、香川大学教育実践総合研究 第8号、pp.49-61。
- (6) 森 征洋ら、2005、中学校理科教科書の比較検討（その1）－新旧教科書の比較－、香川大学教育実践総合研究 第10号、pp. 87-97。
- (7) 森 征洋ら、2005、中学校理科教科書の比較検討（その2）－新教科書の比較－、香川大学教育実践総合研究 第10号、pp. 99-110。
- (8) 川勝 博、2007、「すべての人々のための科学リテラシー」試案の作成、香川大学教育実践総合研究 第14号、pp. 101-115。
- (9) 高橋尚志ら、2008、学部における実験教材研究を中心とした授業改善のための学部・附属教員による共同的研究、香川大学教育実践総合研究 第16号、pp.35-43。
- (10) 高木由美子、2008、理科領域関連開講の研修事業の充実・発展のための実践的研究、香川大学教育実践総合研究 第16号、pp.45-58。
- (11) 北林雅洋、2005、私の地球観とこれを教えたい―「物質循環」という視点から見た地球―、理科教室 第48巻第2号、pp.14-19。
- (12) 科教協宮城県支部、1975、月のかたちってなあに―6年“月の形”、理科教室、第18巻第208号、p.102。
- (13) 松森靖夫、1996、『太陽・月・星の授業』地人書館。
- (14) 鷹取 健、2000、月の満ち欠けを写す、理科教室、第43巻第208号、pp.68-69。
- (15) 水野孝雄、1996、月の明と暗、『宇宙を見せて』（天文教育普及研究会編）、恒星社、pp.58-59
- (16) Oort, J.H., Kerr, F.T., Weterhout, G., 1958, The Galactic System as a Spiral Nebula, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 118, 379.
- (17) Nakada, Y. et al., 1991, Is the bulge of our Galaxy triaxial?, Nature, 353, pp. 140-141.
- (18) 臼田 - 佐藤功美子 http://www.naoj.org/staff/kumiko/MilkyWay/milkyway_j.html
- (19) 北林雅洋、2008、地球環境問題に関する授業づくりの考え方―「最後に総合的に」ではなく「いろいろな機会に」―、理科教室 第51巻第1号、pp.19-26。