

日本とアメリカにおける中学校理科教科書（化学分野）の比較

渡瀬 洋平*・島田 秀昭**

【要旨】学習指導要領の改訂に伴い、中学校理科1分野における学習内容は「エネルギー」や「粒子」などの概念を柱とした構成へと変更された。本研究では、従来からイオンなどの粒子概念を取り入れていたアメリカの中学校理科教科書（化学分野）と日本の教科書を比較することで両国の特徴や違いを明らかにし、アメリカの理科教育の中で特に優れている点を見出し、授業づくりや教材作製に活用できるような情報を得ることを目的として実施した。その結果、アメリカの教科書では、日本の教科書と比較して身近な事物や現象と関連させた記述が多く、生体内で起こる化学反応や工業で利用される化学反応、最先端技術で使用される化学反応など、幅広い分野にわたって科学と人間の生活との関わりについて記述されていることがわかった。これらの内容は日本の理科授業においても有効に利用できるものと考えられた。

【キーワード】 中学校, 理科, 化学分野, 教科書, 日米比較

I はじめに

平成20年の学習指導要領改訂に伴い、中学校理科で学習する内容が大幅に変更されることとなった¹⁾。今回の改訂で充実すべき重要事項として、生徒が主体的に疑問を見つけ、自らの課題意識を持って観察、実験を行うなどの「自ら学ぶ意欲」を重視していることが挙げられる¹⁾。また、同時に「調べる能力」を「探究する能力の基礎」とし、科学的に探究する活動をより一層重視することで、高等学校との接続を明確にしている¹⁾。これらの目標を達成するためには、従来の学習内容に加えて、新たに追加、移行された学習内容についても、科学的な事物・現象についての観察、実験を行い、結果を分析して解釈する能力を育てるとともに、科学的な見方や考え方を養うことが重要である。また、科学に関する基本的概念の一層の定着を図り、小学校、中学校、高等学校で学習する内容の一貫性に十分に考慮するとともに、国際的な通用性、内容の系統性の確保などの観

点から教材を見直す必要があると思われる。

アメリカで行われている学校教育は日本の学校教育とは大きく異なる。その背景には教育制度の違いや州ごとに各教育課程を受ける年齢が異なることなどが挙げられる。これらの違いは両国で使用される教科書に色濃く反映されており、日本の中学校理科で扱う教科書が第1分野と第2分野に分かれているのに対し、アメリカでは中学校の段階で教科書が物理・化学・生物・地学と分野別に分けられている。さらにそれぞれの教科書のページ数も日本の教科書より多いものが多く、内容も日本の高等学校で学習するものを含む場合がある。

そこで本研究では、日本とアメリカの中学校で使用される理科教科書（化学分野）の内容を比較することで両国の特徴や違いを明らかにし、アメリカの理科教育の中で特に優れている点を見出し、授業づくりや教材作製に活用できるような情報を得ることを目的として実施した。

II 方法

* 熊本大学大学院教育学研究科

** 熊本大学教育学部

今回教科書は、「新版中学校理科1分野、大日本図

書」²⁾および「Chemical Interactions, McDougal Littell/Houghton Mifflin」³⁾を選択した。「新版中学校理科1分野」は、日本全国の中学校で一般に用いられている教科書であることから、また「Chemical Interactions」は全米の中学校(middle school)で広く用いられている教科書であることから採用した。先ず、日本とアメリカの教科書の体様および全体の構成について比較した。次にアメリカの教科書の各章の内容について日本の教科書と比較した。

III 結果と考察

1. 体様および構成の比較

1) 体様

日本とアメリカの教科書の体様を表1に示す。日本の教科書は、1分野として物理と化学が同じ冊子にまとめられている。表紙はソフトカバー、大きさはB5版サイズであり、上巻および下巻の2冊に分冊されている。上巻のページ数は159ページ(化学分野47ページ)であり、下巻のページ数は137ページ(化学分野91ページ)である。全ページに渡ってカラー印刷となっており、生徒の学習理解を促す図や写真が数多く記載されている。一方、アメリカの理科教科書は、Life Science, Earth Science および Physical Science の3つの分野に分割されており、今回用いた「Chemical Interactions」はその中の Physical Science に該当する化学分野専用の教科書である。表紙はハードカバー、大きさはA4版サイズであり、ページ数は巻末の付録も含めて240ページとなっている。全ページカラー印刷であり、こちらも化学に関する様々なイラストや写真が多く記載されている。

表1 日本とアメリカの教科書体様比較

	日本	アメリカ
書名	大日本図書 新版 中学校理科1分野	McDougal Littell Chemical Interactions
サイズ	B5版(257 mm x 182 mm)	A4版(297 mm x 210 mm)
ページ数 (化学分野)	上巻 159(47) 下巻 137(91)	本文 176 付録 64
表紙	ソフトカバー	ハードカバー
分冊	有(上巻・下巻)	無
印刷	カラー	カラー

以上、日本とアメリカの教科書は共に、カラー印刷の図表および写真などを多用し、生徒が視覚的に情報を捉え易くすることで、生徒の興味・関心を高めるとともに、情報を分析する能力や情報を整理する能力を習得させるような工夫がなされている。相違点としては、アメリカの教科書は、日本の教科書と比較して扱う情報量が多いことが挙げられる。

2) 構成

日本の教科書の目次に記載されている項目を表2に示す。学習内容は新学習指導要領の改訂を受け、従来のものと比較して、生徒の発達段階と小・中・高等学校を通じた内容の構造化を重視したものとなっている。中学2年次において物質の成り立ちを学習することで、様々な事物・現象を原子や分子のモデルと関連付ける見方や考え方を養い、それらの考え方を十分に定着させた上で新たに追加された水溶液の電気伝導性やイオンの学習を粒子モデルと関連付けて理解するような内容となっている。

表2 日本の教科書の構成

1年	2章 物質のすがた 1節 物質の性質 2節 物質の状態変化 3節 水溶液 5節 気体の性質	
2年	4章 化学変化と分子・原子 1節 物質の成り立ち 2節 化学変化と物質の質量 6章 物質と化学変化の利用 1節 酸化と還元 2節 化学変化とエネルギー(熱まで)	
3年	2章 4節 酸性・アルカリ性の水溶液 7章 科学技術と人間の生活 1節 エネルギー資源 2節 科学技術とわたしたちの暮らし	追加内容 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

アメリカの教科書の構成を表3に示す。教科書は大きく分けて5つの章(Chapter)から構成されており、これらについて year 6 から year 8 (日本の小学校6年生から中学校2年生に該当)にかけて学習する。先ず、原子や分子、元素の性質など化学の基本となる粒子概念について学習し、次いで化合物と化学結合、化学反応について学習する。さらに、物質および物質の性質の変化について学習した後、水溶液、有機化学の内容について学習していく。これらの中には周期表や物質の結合、合金の性質や様々な

表3 アメリカの教科書の構成

Y e a r 6	1 Atomic Structure and the Periodic Table 1 Atoms are the smallest form of elements 2 Elements make up the periodic table 3 The periodic table is a map of the elements
	2 Chemical Bonds and Compounds 1 Elements combine to form compounds 2 Chemical bonds hold compounds together 3 Substances' properties depend on their bonds
	3 Chemical Reactions 1 Chemical reactions alter arrangements of atoms 2 The masses of reactants and products are equal 3 Chemical reactions involve energy changes 4 Life and industry depend on chemical reactions
7	4 Solutions 1 A solution is a type of mixture 2 The amount of solute that dissolves can vary 3 Solutions can be acidic, basic, or neutral 4 Metal alloys are solid mixtures
Y e a r 8	5 Carbon in Life and Materials 1 Carbon-based molecules have many structures 2 Carbon-based molecules are life's building blocks 3 Carbon-based molecules are in many materials

有機化合物など、日本の中学校理科では取り扱わない内容も多く含まれている。各章の冒頭には、その章の学習に必要な既習知識や重要単語の復習、実験結果の整理や科学的思考を行う際に活用できるノートの取り方などについて記述されている。また、各章の合間には、その章で学習する内容と関連した様々な事柄についてのコラムが設けられており、化学と物理、生物、地学など他分野との関連性や数学など他教科との関連性について、さらには化学と日常生活における様々な事象との関連性などについても記述されている。さらに、章末には学習した重要単語の復習、生徒自身の言葉を用いた重要概念の復習、グラフの読み取り問題などが記載されている。これらに加えて、アメリカの教科書ではインターネットを活用した学習も推進している。教科書の所々に関連サイトの閲覧を推奨する記述があり、このサイトを開くことで関連したデジタル教材や写真などを閲覧することができるようになっている。

以上、アメリカの教科書では、日本の高等学校の内容も含んだ深い知識、概念の理解を目的とする記述が多く見られた。また、化学と他分野との関連性についても記述してあり、教科間の連携を意識する内容となっている。さらに、各章の冒頭に記載されている既習知識の復習、ノートの取り方に関する記述および章末問題は、実験結果や生徒の思考を整理し、科学的思考力を育成する上で非常に重要であると考えられる。また、インターネットとリンクさせ

た教材活用は、アメリカ教科書の特徴の一つである。

2. 内容の比較

1) 原子の構造と周期表

アメリカの教科書第1章「原子の構造と周期表」について日本の教科書と比較した。両国の「原子の構造と周期表」に関する項目を表4に示す。日本の教科書では、「化学変化と分子・原子」の中の1項目「物質の成り立ち」のみであるのに対し、アメリカの教科書では「原子は元素の最小の形である」、「元素は周期表を構成する」および「周期表は元素の地図である」の3項目で構成されている。ここでは、化学の基本概念となる「原子」および「分子」の定義から始まり、さらに周期表と関連付けた各元素の性質について学習する流れとなっている。

表4 原子の構造と周期表の項目比較

日本	アメリカ
4章 化学変化と分子・原子 1節 物質の成り立ち	1 Atomic Structure and the Periodic Table 1.1 Atoms are the smallest form of elements (原子は元素の最小の形である) 1.2 Elements make up the periodic table (元素は周期表を構成する) 1.3 The periodic table is a map of the elements (周期表は元素の地図である)

次にこれらの各項目の内容について詳細に比較した。「原子」に関する内容の比較を表5に示す。本項目では、日本およびアメリカ共に、物質を構成する粒子の存在、原子・分子の定義、元素の表し方について学習する。日本の教科書では、初めに物質の性質をあらわす最小の単位として「分子」について学習し、これを物質の状態変化や水溶液への溶解などの現象について粒子概念を用いて解説している。次に、物質の最小単位である「原子」について学習したのち、原子記号および化学式について学習する流れとなっている。一方、アメリカの教科書では初めに原子の構造について学習する。内容としては、すべての物質を構成する最小の粒子である原子の定義、構造、原子番号、質量数および同位体について学習する。また、電子の授受による原子のイオン化に関する詳しい記述もあり、その後の学習の基礎となる知識、概念の習得を重視している点が特徴的である。

表5 「原子」に関する内容比較

	日本 物質の成り立ち	アメリカ Atoms are the smallest form of elements
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 分子 化合物 原子 単体 化学式 	<ul style="list-style-type: none"> 陽子 原子番号 中性子 原子質量数 原子核 同位体 電子 イオン
内容	<ul style="list-style-type: none"> 分子、原子の定義 原子の大きさ 物質のつくり 原子記号と化学式について 	<ul style="list-style-type: none"> 原子はどこで発見され、どのようにして命名されたか 原子の構造 イオンはどのようにしてできるか
実験	<ul style="list-style-type: none"> 原子や分子の模型作製 	<ul style="list-style-type: none"> 物質はどこまで小さくできるか(ハサミで紙をできるだけ小さく切る)
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 粒子概念を用いた物質の状態変化の考察 原子説や錬金術の話についてのコラム 	<ul style="list-style-type: none"> 陽子、中性子、電子および同位体についての記述 元素名や元素記号の由来に関する記述 イオン化についての記述

アメリカの教科書「元素は周期表を構成する」の内容を表6に示す。日本の教科書における周期表の取り扱いは極めて簡単であり、巻末に掲載された周期表を用いて元素には多くの種類が存在することが示されているのみである。これに対してアメリカの教科書では、過去の科学者たちが元素のどのような性質に注目し、どのような意図を持って元素を配列し、周期表を作成したかについて記述されており、周期表の原子の配列には深い意味があることを解説している。さらに、元素記号の表し方や、族と周期における元素の並びによってどのような性質を読み取ることができるのかについて詳しく触れてある。

表6 「元素は周期表を構成する」の内容

	Elements make up the periodic tables
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 原子量 周期表 族 周期
内容	<ul style="list-style-type: none"> 周期表はどのようにして作られているか 元素の性質がどのように周期表に示されているか
実験	<ul style="list-style-type: none"> 材質、形、色、大きさなどが異なるボタンの分類
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 周期表に記された元素情報の読み取り方についての記述 族、周期がそれぞれどのように分類され、どのような性質を持つかに関する記述

アメリカの教科書「周期表は元素の地図である」の内容を表7に示す。本項目も日本の教科書にはない内容である。ここでは、金属や非金属、半金属、遷移元素、典型元素、希土類元素、ハロゲン、希ガスなど様々な性質を持った元素の周期表における位

表7 「周期表は元素の地図である」の内容

	The periodic table is a map of the elements
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 反応 放射能 金属 半減期 非金属 半金属
内容	<ul style="list-style-type: none"> 元素はどのようにして金属、非金属、半金属に分類されているか それぞれの族における元素の性質について 放射性元素
実験	<ul style="list-style-type: none"> 放射性元素の壊変のモデル化
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 周期表を用いた、様々な種類の元素団に関する記述 放射性元素と半減期に関する記述

置関係と利用法について学習する。これは、日本の高等学校で履修する「化学基礎」の内容であり、アメリカの教科書の特徴の一つである。

以上の結果から、アメリカ教科書の第1章「原子の構造と周期表」における特徴として、化学の基礎となる知識、概念を定着させることで、その後の学習を円滑に行い、理解を深めるための下地を形成するとともに、これまで生徒たちが気付かなかった身の回りの化学に目を向けさせることで自発的に興味、関心を持たせる構成となっていることが挙げられる。

2) 化学結合と化合物

アメリカ教科書第2章「化学結合と化合物」の項目を表8に示す。本章の内容は日本の中学校理科では取り扱っておらず、アメリカの教科書に特有の内容である。「元素は結合して化合物を形成する」、「化学結合は化合物を保持する」および「物質の性質はそれらの結合によって決まる」の3項目から構成されている。まず、様々な元素が結合することで身の回りにある物質が形成されていることを学習した後、物質の化学結合の種類と性質について学習する流れとなっている。日本では、これらの項目はすべて高等学校で取り扱う内容である。

表8 「化学結合と化合物」の項目

2 Chemical Bonds and Compounds
2.1 Elements combine to form compounds (元素は結合して化合物を形成する)
2.2 Chemical bonds hold compounds together (化学結合は化合物を保持する)
2.3 Substances' properties depend on their bonds (物質の性質はそれらの結合によって決まる)

次に各項目の内容について詳細に分析を行った。「元素は結合して化合物を形成する」の内容を表9に示す。本項目では、同一の元素から形成されている化合物でも、含まれる元素の割合によってその性質は大きく異なることを学習する。その一例として、生徒の身近にある水と過酸化水素水の性質の違いについて記述されている。また、化学式を用いた化合物の表し方についても本項目で学習する。

表9 「元素は結合して化合物を形成する」の内容

Elements combine to form compounds	
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 化学式 下付き文字
内容	<ul style="list-style-type: none"> 化合物はそれらを構成する元素と異なる性質を持つ 化学式は化合物に含まれる元素の割合を示す 同じ原子から異なる化合物を生成することができる
実験	<ul style="list-style-type: none"> 化合物の燃焼による性質の違いを調べる 化合物のモデル作り
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 同じ元素から構成されている化合物を比較することで性質の違いに疑問を持たせる 水と過酸化水素水のように、身近の物質を例に解説している

「化学結合は化合物を保持する」の内容を表10に示す。ここでは、化合物の構造に着目し、イオン結合、共有結合および極性共有結合している化合物のそれぞれの結合の違いを理解させるとともに、化合物の性質が結合の種類と関係することについて記述されている。イオン結合では、前章で学習した原子間の電子の授受によるイオン化の概念を基に、原子の結合の仕方およびイオン化合物の構造について図を用いて解説している。また、イオン結合した化合物の命名法についても詳しく記述されている。共有結合では、電子雲モデルやボール&スティックモデル、空間充填モデルなど様々な図を用いて原子間の

表10 「化学結合は化合物を保持する」の内容

Chemical bonds hold compounds together	
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> イオン結合 共有結合 分子 極性結合
内容	<ul style="list-style-type: none"> 電子はどのように化学結合に関わってくるか 化学結合の種類における違いについて 化学結合がどのように構造に影響するか
実験	<ul style="list-style-type: none"> 結晶作り
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 電子雲の概念を用いて、イオン結合と共有結合における結合の違いと電子の動きを解説している 極性に関する記述

結合について記述されている。さらに、電気陰性度の概念を用いた極性分子の解説も取り入れられており、それぞれの結合によって形成されている化合物の構造および特性について細かく記述されている。

「物質の性質はそれらの結合によって決まる」の内容を表11に示す。本項目では、前項で学習した結合とは異なる特殊な結合として金属結合を取り上げ、電気伝導性や熱伝導性、展性および延性のような金属の性質は、その物質内に存在する自由電子や構造に由来していることを学習する。また、イオン化合物と共有化合物の性質の違いについて詳しく記述されており、それぞれの化合物の融点および沸点、溶液に溶かした際の電気伝導性の違いなどについて解説されている。さらに、体内における神経-筋組織間の電気信号の伝達にイオン化合物が使われることや、イオン化合物を含んだ温泉の独特な臭いなど、身近な事象、現象について記述されている。また、同じ元素から構成された化合物であっても、その構造の違いによって性質が大きく異なることが述べてあり、ダイヤモンド、黒鉛、フラーレンなどを例にとってそれらの構造を示した図や写真を用いて紹介されている。

表11 「物質の性質はそれらの結合によって決まる」の内容

Substances' properties depend on their bonds	
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 金属結合
内容	<ul style="list-style-type: none"> 金属原子はどのようにして他の金属原子と化学結合するのか イオン結合と共有結合はどのように物質の性質に影響するか
実験	<ul style="list-style-type: none"> 電気を通す物質は何か(化学結合の種類の同定)
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 原子、電子といった粒子概念を用いた金属結合の説明 炭素を例とした同素体に関する記述

以上の結果から、アメリカ教科書の第2章「化学結合と化合物」における特徴として、粒子およびイオンの概念を用いて物質の化学的性質について解説してあるとともに、様々な表現法を用いて生徒の科学的思考力、表現力を育成するような内容であることが挙げられる。また、専門用語や化学的事象、現象について学習していく過程において、生徒の身近にある物質を例にとった記述を多く取り入れることで、生徒の興味、関心を持続させる工夫がなされて

いる。

3) 化学反応

アメリカ教科書第3章「化学反応」について日本の教科書と比較した。両国の「化学反応」に関する項目を表12に示す。日本の教科書では、「化学反応」は一つの章としてではなく、「4章 化学変化と分子・原子」、「5章 運動とエネルギー」、「6章 物質と化学変化の利用」および「7章 科学技術と人間の生活」の4つの章の中で扱われている。一方、アメリカの教科書では、「化学反応」は一つの章として独立しており、「化学反応は原子の配列を変える」、「反応物と生成物の質量は等しい」、「化学反応はエネルギー変換を伴う」および「生活や工業は化学反応に依存する」の4つの項目を通して、化学反応に関する基礎知識から化学反応式の書き方、化学反応の種類、日常生活における化学反応の利用などについて学習する流れとなっている。

表12 化学反応の項目比較

日本	アメリカ
4章 化学変化と分子・原子 1節 物質の成り立ち 2節 化学変化と物質の質量	3 Chemical Reactions 3.1 Chemical reactions alter arrangements of atoms (化学反応は原子の配列を変える)
5章 運動とエネルギー 3節 エネルギー	3.2 The masses of reactants and products are equal (反応物と生成物の質量は等しい)
6章 物質と化学変化の利用 2節 化学変化とエネルギー	3.3 Chemical reactions involve energy changes (化学反応はエネルギー変換を伴う)
7章 科学技術と人間の生活 1節 エネルギー資源	3.4 Life and industry depend on chemical reactions (生活や工業は化学反応に依存する)

次に各項目の内容について詳細に比較した。「物質の変化」に関する内容の比較を表13に示す。本項目では「化学反応」をキーワードとして、身近で起こっている化学反応を重点的に学習する。日本の教科書では、化学反応の例として「熱分解」や「電気分解」など物質の化学変化の様子を、生徒自身が実験結果から考察し理解する流れとなっている。一方、アメリカの教科書では化学反応に関係する物質について「反応物」や「生成物」などの単語を用いて明確に区別するとともに、化学反応が起こったことを確認する簡単な方法について記述されている。また、化学反応速度が物質の濃度、表面積、温度などの条件によって変化すること、生体内において酵素が生

表13 「物質の変化」に関する内容比較

	日本 物質の成り立ち	アメリカ Chemical reactions alter arrangements of atoms
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 化学変化(化学反応) 熱分解 電気分解 	<ul style="list-style-type: none"> 化学反応 反応物 生成物 沈殿 触媒
内容	<ul style="list-style-type: none"> 酸化銀の熱分解 炭酸水素ナトリウムの熱分解 水の電気分解 	<ul style="list-style-type: none"> 物理的变化と化学的变化について 化学反応の定性方法について 合成、分解、燃焼反応について 化学反応の速度と触媒について
実験	<ul style="list-style-type: none"> 酸化銀を加熱したときの变化を調べる 水を電気で分解する 	<ul style="list-style-type: none"> どのようにして化学変化を確認できるか 反応の速度は変えられるか
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解および電気分解の説明 	<ul style="list-style-type: none"> 「反応物」と「生成物」という単語の使用 化学反応の様々な定性法に関する記述 反応速度に関わる条件と触媒に関する記述

命活動を維持するための化学反応を触媒していることなどについて述べられている。

「質量保存の法則」に関する内容の比較を表14に示す。本項目では、主に「化学反応式の書き方」および「質量保存の法則」について学習する。日本の教科書では、物質の燃焼、混合、加熱による様々な実験を行い、実験結果を生徒自身が分析、解釈す

表14 「質量保存の法則」に関する内容比較

	日本 化学変化と物質の質量	アメリカ The masses of reactants and products are equal
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 原子記号 化学式 質量保存の法則 化学反応式 	<ul style="list-style-type: none"> 質量保存の法則 係数
内容	<ul style="list-style-type: none"> 原子の記号 化学式 物質が結びつく化学変化を調べよう 化学変化の前後の質量を調べよう 化学変化を化学反応式で表そう 	<ul style="list-style-type: none"> 質量保存則の発見 化学反応式の平衡 化学反応式と質量保存の法則の関係
実験	<ul style="list-style-type: none"> スチールウールの加熱 鉄と硫黄の混合物を加熱 化学変化と質量の変化の関係 銅と酸素が化合するときの質量の変化 	<ul style="list-style-type: none"> 反応物と生成物の質量測定
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 様々な物質の加熱実験を取り入れている 質量保存の法則を実験から導く 物質の反応する比率を実験から求める 	<ul style="list-style-type: none"> 質量保存の法則発見までの歴史 係数と下付き数字の違い 質量保存の法則と反応式の関係

ることで化学的な法則性を見出す構成となっている。また、鉄の酸化や、鉄または銅と硫黄の化合、炭酸水素ナトリウムの熱分解など、生徒がこれまで行ってきた実験に関する化学反応式を学習することで、系統性を持った授業展開を重視している点が特徴的である。アメリカの教科書では、ラボアジエが質量保存の法則を発見するまでの過程について、その実験内容を含めて詳しく解説しており、本法則に関係する化学史を学んだ上で化学反応式の書き方について学習する点が特徴的である。また、メタンの燃焼によるガラスの溶解が工業に使われていることや、質量保存の法則を利用した自動車のエアバックの仕組みなど、生徒の身近に存在する化学反応を例として挙げている点も特徴的である。

「エネルギー」に関する内容の比較を表15に示す。本項目では、「化学反応とエネルギー」をキーワードに様々なエネルギー変換やその過程について学習する。日本の教科書では、発熱反応や吸熱反応などの化学反応による温度変化の実験や、ボルタ電池や果物電池などの化学電池の実験を通して、生徒に化学反応から熱エネルギーや電気エネルギーが取り出せること実感させ、理解させる内容となっている。一方、アメリカの教科書では、日常生活の中で利用されている発熱反応および吸熱反応について、テルミット反応やペンライトの発光などの化学反応に加え、蛍やクラゲが発光する仕組みやホソクビゴミムシの毒液噴射の仕組み、植物の光合成など生物にお

表15 「エネルギー」に関する内容比較

	日本 化学変化とエネルギー	アメリカ Chemical reactions involve energy changes
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 化学エネルギー 化学電池 	<ul style="list-style-type: none"> 結合エネルギー 発熱反応 吸熱反応 光合成
内容	<ul style="list-style-type: none"> 化学変化と熱エネルギーの関係を調べよう 化学変化と電気エネルギーの関係を調べよう 	<ul style="list-style-type: none"> 発熱反応はエネルギーを放出する 吸熱反応はエネルギーを吸収する 発熱反応と吸熱反応は互いに逆反応である
実験	<ul style="list-style-type: none"> いろいろな化学変化による温度変化を調べよう 物質から電気を取り出してみよう 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー移動の確認 発熱反応と吸熱反応
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 様々な電池づくり 	<ul style="list-style-type: none"> 身の回りにあるエネルギー放出・吸収(蛍の発光・光合成) エネルギー資源(化石燃料)について

けるエネルギー変換についても触れている点が特徴的である。

「化学反応と生活」に関する内容の比較を表16に示す。本項目では、化学反応とエネルギー変換が人の生活にどのように関わっているのかについて学習する。日本の教科書では、人の生活には欠かすことができない電気エネルギーを作る方法として、火力発電、原子力発電および水力発電について図や写真を用いて詳しく記述されている。また、化石燃料による環境への影響や原子力発電における安全性の管理についても記述されており、エネルギー利用にはまだまだ多くの問題があることが示されている。さらに、これらの問題の解決策の一例として、再生可能エネルギーやバイオマスなどの新たなエネルギー開発の現状や課題についても触れてある。アメリカの教科書では、日本と比較してより身近な生活との関連を重視している。例えば、生物の呼吸と光合成の関係や生体内の酵素の働き、自動車の触媒コンバーターに使われている技術やマイクロチップの生産方法など、様々な視点から化学反応と人の生活との関係性について記述されている。

表16 「化学反応と生活」に関する内容比較

	日本 科学技術と人間の生活	アメリカ Life and industry depend on chemical reactions
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 火力発電 原子力発電 水力発電 再生可能エネルギー 	<ul style="list-style-type: none"> 呼吸
内容	<ul style="list-style-type: none"> 電気エネルギーを作る方法を調べよう エネルギー利用の問題点を考えよう 	<ul style="list-style-type: none"> 生活は化学反応を必要とする 化学反応は技術に使われる 工業、産業に使われる化学反応
実験		<ul style="list-style-type: none"> 砂糖の燃焼
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 様々な発電法 限りある資源の利用について 	<ul style="list-style-type: none"> 光合成と呼吸 触媒コンバーター 半導体について

以上の結果から、アメリカ教科書の第3章「化学反応」における特徴として、動物の生体内から産業や工業、さらには最先端技術で利用されている化学反応に至るまで、様々な分野で用いられている化学反応について記述することで、化学が人の生活に必要不可欠であることが強調してある点が挙げられる。また、生徒の身近にある事物・現象を例とした解説

が多く記載されており、継続して生徒の化学に対する興味、関心を持続させる工夫がなされていることも特徴的である。一方、日本の教科書における特徴としては、生徒が実験を通して得られた結果を考察し、科学的な法則性を見出すような構成となっていることが挙げられる。これは生徒の科学的思考力や自らの考えを表現する能力を育成するために非常に有効である。また、エネルギーの生産方法やエネルギー資源利用の問題点についても詳しく記述されていることから、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えさせ、持続可能な社会をつくっていくことの重要性について理解させる内容であることも特徴的である。

4) 水溶液

アメリカ教科書第4章「水溶液」について日本の教科書と比較した。両国の「水溶液」に関する項目を表17に示す。日本の教科書では、「水溶液」は「2章 物質のすがた」の中の「3項 水溶液」および「4項 酸性・アルカリ性の水溶液」の2項目として扱われている。一方、アメリカの教科書では、「水溶液」は、一つの章としてまとめられており、「水溶液は混合物の一種である」、「溶ける溶質の量は変化させることができる」、「水溶液は酸性、塩基性または中性になることができる」および「合金は固体の混合物である」の4項目で構成されている。本章では、水溶液の定義、水溶液の性質および水溶液の利用に関する内容に加え、合金について詳しく解説してあるなど、日本とは異なった内容が取り入れられている。

表17 「水溶液」の項目比較

日本	アメリカ
2章 物質のすがた	4 Solutions
3節 水溶液 1 物質が水に溶けるようすを調べよう 2 水に溶けている物質をとり出そう	4.1 A solution is a type of mixture (水溶液は混合物の一種である)
4節 酸性、アルカリ性の水溶液 1 酸性、アルカリ性の水溶液を調べよう 2 酸性の水溶液とアルカリ性の水溶液を混ぜてみよう	4.2 The amount of solute that dissolves can vary (溶ける溶質の量は変化させることができる) 4.3 Solutions can be acidic, basic, or neutral (水溶液は酸性、塩基性または中性になることができる)
	4.4 Metal alloys are solid mixtures (合金は固体の混合物である)

次に各項目の内容について詳細に比較した。「物質の溶解」に関する内容の比較を表18に示す。本項目では、「水溶液」、「溶質」および「溶媒」をキーワードに物質の溶解の基礎となる概念を重点的に学習する。両国において、これらのキーワードを用いて物質が溶解する様子を学習するという点は共通しているが、アメリカの教科書では水溶液と懸濁液の違いや「凝固点降下・沸点上昇」など、溶質を溶かすことによって溶液の性質が変化することについて触れている点が特徴的である。さらに、アメリカの教科書ではイオン化合物と共有化合物の溶解性の違いにも触れてあり、粒子概念を用いた系統的学習となっている点も特徴的である。

表18 「物質の溶解」に関する内容比較

	日本 物質が水に溶けるようすを調べよう	アメリカ A solution is a type of mixture
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液 溶質 溶媒 	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液 溶質 溶媒 懸濁液
内容	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液とは？ 物質はどのように水に溶けるのだろうか 水を汚さないように気をつけよう 溶媒の種類(発展) 	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液は均等に混ざっている 溶媒粒子と溶質粒子の相互作用 水溶液における溶媒の性質変化(凝固点降下、沸点上昇)
実験	<ul style="list-style-type: none"> 硫酸銅の溶ける様子を観察する 	<ul style="list-style-type: none"> 塩と小麦粉の溶け方の違い 水溶液の分離
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液における物質の拡散の様子や時間経過による濃度変化 水に関する環境教育 水以外の溶媒 	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液と懸濁液の違い 物質の結合の種類による溶解の違い 溶質による溶媒の性質変化

「溶解度」に関する内容の比較を表19に示す。本項目では、「溶解度」および「飽和」をキーワードに溶解度と温度の関係や飽和水溶液について学習する。日本の教科書では、漏斗を使って水溶液と固体を分離する方法や、様々な物質の溶解度と温度との関係を示したグラフの読み取りなど、実験技術やデータ解析力の習得に重点を置いた内容となっている。一方、アメリカの教科書では、過飽和酢酸ナトリウム水溶液の結晶析出を例とした「過飽和水溶液の性質」や、潜水病を例とした物質の溶解度と圧力との関係など、日本と比較して発展的な内容を取り扱っていることが特徴的である。さらに、分子の極性の有無によって物質の溶解度に差があることについても触れてあるなど、系統性を重視した内容となっ

表19 「溶解度」に関する内容比較

	日本 水に溶けている物質をとり出そう	アメリカ The amount of solute that dissolves can vary
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 溶解度 飽和水溶液 再結晶 	<ul style="list-style-type: none"> 濃度 希薄 飽和 溶解度
内容	<ul style="list-style-type: none"> 水に溶けている物体をとり出そう 溶解度 再結晶 濃度(発展) 	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液の濃度 飽和水溶液 過飽和水溶液 溶解度とその変化
実験	<ul style="list-style-type: none"> 水溶液から溶けている物質をとり出す 	<ul style="list-style-type: none"> 温度と溶ける気体の関係 温度と溶解度の変化
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ろ過技術を習得 溶解度のグラフの読み方 質量パーセント濃度 	<ul style="list-style-type: none"> 過飽和水溶液 溶解度の変化(温度と圧力) 分子構造から見た溶解度

ている。

「酸性とアルカリ性」に関する内容の比較を表 20 に示す。本項目では、「酸」、「アルカリ」および「中和」をキーワードに酸やアルカリの性質、中和反応について学習する。日本の教科書では、リトマス試験紙や BTB 液など数種の方法を用いて pH を調べる実験を取り入れており、それらの結果から酸性・アルカリ性の性質を見出す内容となっている。一方、アメリカの教科書では、pH を調べる方法は万能 pH 試験紙 1 種類のみであり、日常生活の中の果物や飲み物など身の回りにある物の性質を見出す内

表20 「酸性とアルカリ性」に関する内容比較

	日本 酸性・アルカリ性の水溶液	アメリカ Solutions can be acidic, basic, or neutral
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 酸 アルカリ 中和 塩 	<ul style="list-style-type: none"> 酸 塩基 中性 pH
内容	<ul style="list-style-type: none"> 酸性、アルカリ性の水溶液を調べよう 色の变化で酸性・アルカリ性を調べよう 酸性、アルカリ性の水溶液を混ぜてみよう 	<ul style="list-style-type: none"> 酸と塩基の特徴的性質 酸、塩基の強さ 酸、塩基における中和反応
実験	<ul style="list-style-type: none"> 酸性、アルカリ性の溶液の性質を調べる リトマス試験紙 マグネシウムリボン ムラサキキャベツ液・BTB液 	<ul style="list-style-type: none"> 制酸薬と酸性溶液の混合 pH試験紙を用いた酸・塩基の測定
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 様々な実験内容 環境教育(酸性雨など) 身の回りの物質を使った指示薬作り 	<ul style="list-style-type: none"> イオン概念を用いた酸・塩基の性質 pH 酸、塩基の強さ

容となっている。さらに、アメリカの教科書では日本の新学習指導要領で新たな目標として掲げられているイオン概念の学習について取り扱われており、酸・アルカリの強さが物質の電離度によって変化することに触れてある点も特徴的である。

アメリカの教科書「合金は固体の混合物である」の内容を表 21 に示す。本項目は日本の教科書では取り扱っておらず、アメリカの教科書に特有の内容である。ここでは異なる金属を混合すると元の金属とは性質の異なる合金が生成し、混合する金属の割合を変えるとその合金の性質が大きく変化することについて、建築や医療器具、宇宙工学において使用されている合金を例にとりて解説している。

表21 「合金は固体の混合物である」の内容

	Metal alloys are solid mixtures
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 合金
内容	<ul style="list-style-type: none"> 合金の性質 運搬における合金 医療における合金 宇宙科学における合金
実験	<ul style="list-style-type: none"> 釘を使った純金属と合金の質量測定
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 合金の歴史について述べられている 日常生活で使われている合金について、運送、医療、宇宙科学など多彩な面から多く触れられている 金属を混ぜる割合についても詳しく触れられている

以上の結果から、アメリカ教科書の第 4 章「水溶液」における特徴として、「粒子」や「イオン」の概念を多く取り入れていることが挙げられる。また、これらの概念および発展的学習内容についてカラーイラストや写真を多く取り入れ、科学的な事物・現象を視覚的に捉えることができる工夫がなされていることや、身の回りにある物質に着目し、化学を身近な現象として生徒の興味・関心を高める工夫がなされている点も特徴的である。

5) 生命と物質の中の炭素

アメリカ教科書第 5 章「生命と物質の中の炭素」について日本の教科書と比較した。両国の「生命と物質の中の炭素」に関する項目を表 22 に示す。日本の教科書では、有機化合物は「2 章 1 節 物質の性質」および「6 章 1 節 酸化と還元」の中で少し触れて

表22 「生命と物質の中の炭素」の項目比較

日本	アメリカ
2章 物質のすがた 1節 物質の性質	5 Carbon in life and Materials
6章 物質と化学変化の利用 1節 酸化と還元	5.1 Carbon-based molecules have many structures (炭素分子は多様な構造を持つ)
	5.2 Carbon-based molecules are life's building blocks (炭素分子は生命の建築ブロックである)
	5.3 Carbon-based molecules are in many materials (炭素分子は多くの物質の中に存在する)

ある程度で、中学校理科ではほとんど取り扱われていない。一方、アメリカの教科書では、有機化合物は「生命と物質の中の炭素」として一つの章にまとめられており、「炭素分子は多様な構造を持つ」、
「炭素分子は生命の建築ブロックである」および「炭素分子は多くの物質の中に存在する」の3項目から構成され、炭素を基礎とした様々な分子について学習する。

次に各項目の内容について詳細に比較した。アメリカの教科書「炭素分子は多様な構造を持つ」の内容を表23に示す。本項目に関して日本の教科書で取り扱う内容は僅かであり、有機物と無機物という単語および簡単な定義について学習するのみとなっている。一方、アメリカの教科書では、炭素を含む分子は有機化合物に、炭素を含まない分子は無機化合物に分類されること、また炭素を含む分子であっても無機化合物に分類される場合があることなどについて例を用いて解説されている。さらにここでは、有機化合物の定義に合わせ、有機化合物の様々な構造および異性体についても学習する。例えば、直鎖のみの化合物と側鎖を持つ化合物の沸点の違いや炭素環を持つ芳香族化合物が香料に使用されているこ

表23 「炭素分子は多様な構造を持つ」の内容

	Carbon-based molecules have many structures
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 有機化合物 無機化合物 異性体
内容	<ul style="list-style-type: none"> 生体における炭素の重要性について なぜ炭素は多様な化合物を形成できるのか 炭素分子の多様な構造について
実験	<ul style="list-style-type: none"> 有機化合物の分子模型の作製
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 有機物と無機物の違いに関する記述 炭素鎖、炭素環および異性体についての記述

となど、有機化合物に関する様々な知識が記述されている。

アメリカの教科書「炭素分子は生命の建築ブロックである」の内容を表24に示す。本項目は日本の教科書にはない内容である。ここでは、主に生体内における主要な有機化合物について学習する。炭水化物、脂質、タンパク質、核酸などの生体内における主要な炭素分子について詳しく記述されており、これらの分子がどのような構造を取り、動物や植物の体内でどのような働きをしているのか、人間はどのようにしてこれらの分子を補給しているのかなどについて多くの図や写真を用いて説明している。また、有機化合物が人体のどの部分の形成に関わっているかについての記述や、DNAの塩基配列に関する解説など日本の高校生物の内容も多く含んでいる。

表24 「炭素分子は生命の建築ブロックである」の内容

	Carbon-based molecules are life's building blocks
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> 炭水化物 核酸 脂質 タンパク質 酵素
内容	<ul style="list-style-type: none"> 生体における炭水化物と脂質の機能について タンパク質の構造と機能について 核酸がどのようにしてタンパク質合成の指令を出すのか
実験	<ul style="list-style-type: none"> 食物の燃焼反応 ヨウ素-デンプン反応
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 炭水化物、脂質、タンパク質、核酸のそれぞれの性質や構造、役割に関する詳細な記述

アメリカの教科書「炭素分子は多くの物質の中に存在する」の内容を表25に示す。本項目も日本の教科書にはない内容である。ここでは、主に炭素循環および重合体について学習する。初めに、生活の中で最も身近にある有機化合物として石油の利用について記述されている。原油ができるまでの過程、石油の精製法について学習したのち、精製の過程で分離した様々な物質がそれぞれ多岐にわたる分野で利用されていることについて学習する。さらに、現代社会における有機化合物の代表的な用途として、高分子系有機化合物が取り上げられており、単量体および重合体の利用法について、プラスチック、ノーマックスおよびケブラーを例にとって紹介されている。

表25 「炭素分子は多くの物質の中に存在する」の内容

Carbon-based molecules are in many materials	
重要単語	<ul style="list-style-type: none"> ・炭化水素 ・重合体 ・単量体 ・プラスチック
内容	<ul style="list-style-type: none"> ・炭素系分子は石油からどのようにして得られるか ・炭素系分子の特別な使い方はどのように考案されているか ・物質の性質はどのようにその構造と関係しているか
実験	<ul style="list-style-type: none"> ・ポリマーの合成
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・石油の生成を例とした有機系分子の性質の違いに関する記述 ・身の回りにある重合体に関する多くの例と解説

以上の結果から、アメリカ教科書の第5章「生命と物質の中の炭素」における特徴として、様々な炭素分子の構造および性質について既習事項と関連付けながら理解させる内容となっていることが挙げられる。また、生体内における有機化合物の働きや生活における様々な有機化合物の利用法など、生徒の身近に存在する物質を例とした記述を多く取り入れることで、生徒が有機化合物に親しみをもち、興味、関心を向上させるような構成となっている。

IV おわりに

アメリカの教科書の特徴として、各章の冒頭に概念図の書き方が記載してあること、学習した内容を理科他分野のみならず他教科との関連事項としてまとめたコラムが設けてあること、章末に生徒自身の言葉で重要事項・重要単語について説明する設問を多数用意してあることなどが挙げられる。このような教科書の構成は、生徒に学習内容の系統性を強く

意識させることができると同時に、生徒の科学的な思考力・表現力を育成するために非常に有効であると考えられる。また、アメリカの教科書の特徴として、生徒の身近にある事物・現象を例とした解説が多く記載されていることが挙げられる。その内容も生体内における化学反応から産業や工業、最先端技術で利用されている化学反応に至るまで、幅広い分野から引用されている。日本の教科書の特徴としては、生徒が実験を通して得られた結果を考察し、科学的な法則性を見出すような構成となっていることが挙げられる。これは生徒の科学的思考力や自らの考えを表現する能力を育成するために非常に有効であると考えられる。また、エネルギーの生産方法やエネルギー資源利用の問題点についても詳しく記述されていることから、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えさせ、持続可能な社会をつくっていくことの重要性について理解させる内容となっていることも特徴的である。

今後も日本とアメリカの教科書の比較研究を継続することによってそれぞれの優れた点を見出し、日本の理科教育における授業づくりや教材資料の作成に役立つような情報を得たいと考えている。

参考文献

- 1) 文部科学省. 中学校学習指導要領解説 理科編(平成20年9月), 大日本図書.
- 2) 新版中学校理科1分野, 大日本図書(2009).
- 3) Chemical Interactions, McDougal Littell (2005).