

# 実践③—2 高等学校学習指導要領(理科)の趣旨を生かした新たな取組の提案

## —中学校理科と高等学校の化学との効率的な接続について—

### 1 はじめに

子どもたちの「生きる力」をよりいっそう育むことを目指した学習指導要領が、いよいよ平成25年度より全面実施となった。学習指導要領解説理科編では「第1章総説 第1節改訂の趣旨 2改訂の趣旨」に「理数教育の充実」が示されており、新しい理科教育に対する社会の期待に、大きなやりがいと身の引き締まる思いを感じる。一方で「科目履修の柔軟性の向上」や「はどめ規定」の原則削除によって、何をどこまで教えるべきかを判断する学校の裁量が急激に拡大したことに対する戸惑いも感じずにはいられない。教える内容に充実が求められる一方で教える授業時数は限られており、「詰め込み教育」への逆戻りを心配する声もある。

高等学校学習指導要領解説理科編における「化学基礎」の内容の構成とその取扱いには、「中学校理科との関連を考慮しながら、化学の基本的な概念の形成を図るとともに、化学的に探究する方法の習得を通して、科学的な思考力、判断力及び表現力を育成すること」とある。そして、今回の改訂では、高等学校理科から中学校理科へ移行した内容も多く見られる。私たち高等学校理科教員が、新しい中学校理科をもっと研究中高の接続を効率的に行えば、前述の心配を少しでも解消できるのではないかと考える。

### 2 研究の目的

本研究では、化学分野を中心に、学習指導要領で高等学校理科から中学校理科へ移行した内容について、それらが中学校でどのように扱われ、どの程度定着しているかを調査し、中学校理科との効率的な接続を重視した授業の提案を行う。

### 3 研究の方法

#### (1) 中学校学習指導要領の調査

中学校学習指導要領や中学校学習指導要領解説理科編を調査し、高等学校理科から移行された内容(中学校理科に追加された内容)を整理する。

#### (2) 中学校理科教科書の調査

高等学校理科から移行された内容が中学校の教科書でどのように記述されているかを調査する。教科書による扱いの違いや発展的内容の扱い方も調査する。

#### (3) 中学校理科の定着度の調査

平成25年度の高等学校1年生を対象に、中学校理科に移行した内容等について、実際の授業でどのように扱われ、どの程度理解できたかをアンケート調査する。発展的内容や実験の扱いも調査する。

#### (4) 新教育課程における中学校理科との効率的な接続を重視した授業の提案

上記の結果を踏まえ、中学校理科との効率的な接続を重視した授業の在り方を提案する。

## 4 研究の内容

### (1) 中学校学習指導要領の調査

今回の改訂で、中学校学習指導要領解説理科編(p12)にある通り、理科の授業時数が第1学年で105時間、第2学年で140時間、第3学年で140時間、合計385時間に増えた(図1)。これにより、週あたりの授業時数に換算すると、第1学年では週3時間、第2学年と第3学年では週4時間であり、これまでより理科の学習にかかる時間は多くなっている(図2)。平成20年度における理科の標準時間数は290時間であり、増加率でみると理科は全教科中最大である(図3)。

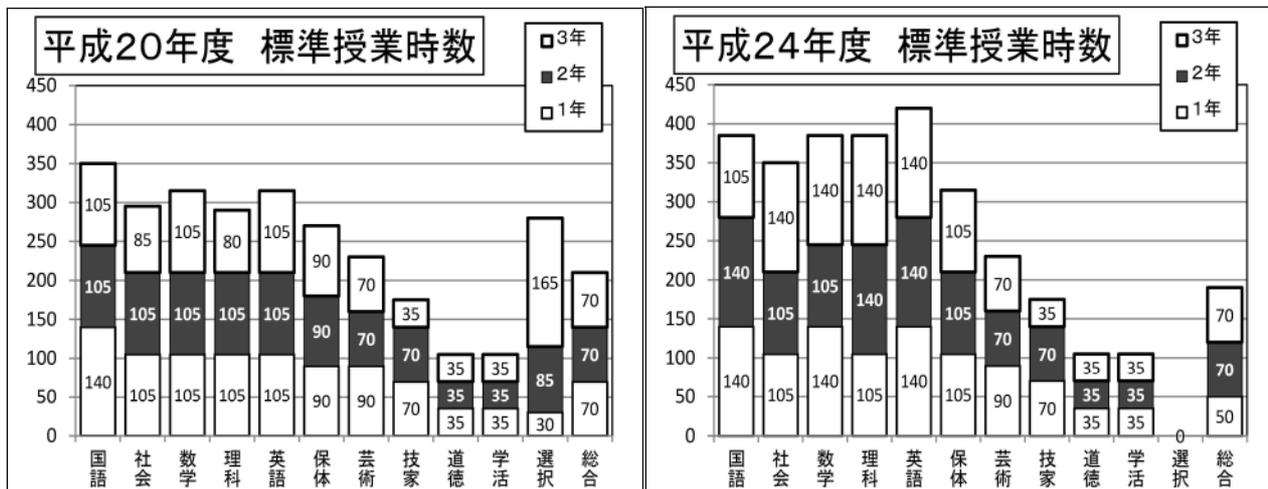


図1 平成20年度と平成24年度の中学校における各教科の標準授業時数のまとめ

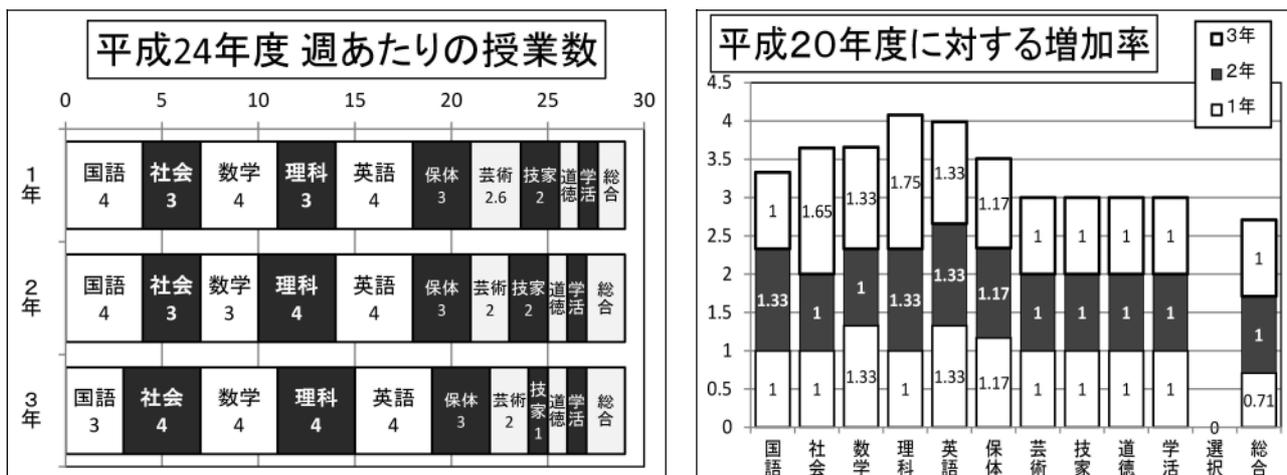


図2 中学校における各教科の週あたりの授業時数

図3 中学校における各教科の授業時数の増加率

また、今回の学習指導要領では、小・中・高を通じた理科の内容の構造化が図られており、小学校、中学校、及び高等学校理科の「基礎」を付した科目について、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」を柱として内容が構成されている。新中学校学習指導要領解説理科編(p11)にある「今回の改訂で追加した主な内容」(高等学校理科から移行した内容)を4分野別、取り扱う学年別に整理した表を次に示す。今回の改訂では、「～は扱わないこと」や「～程度にとどめること」などの「はどめ規定」が原則削除された。その代わりに、学習指導要領解説理科編の「内容の取り扱い」の中の「扱う」と「触れる」という語句によって、取扱う軽重を判断できるようになっている。これを、次ページの表の「程度」欄に示す。なお、学習指導要領解説理科編の中に「扱う」とも「触れる」とも書かれていない場合は、「-」とした。

ア 「エネルギー」分野の追加内容（高等学校の物理から中学校理科へ移行した内容）

学年	内容	程度	備考（）内に中学校学習指導要領解説理科編のページを示す。
1	力とばねの伸び	扱う	(p30)力は大きさと向き。(p32)誤差処理やグラフ化等の測定の基礎。
1	重さと質量の違い	触れる	(p31)力の単位はN。(p32)1Nは100gに働く重力。(p32)作用点。
1	水圧	触れる	(p33)水圧は水の重さにより生じている。(p31)浮力にも触れる。
2	電力量	扱う	(p42)電力の単位はW。(p43)電力量は電力と時間の積で単位J。
2	熱量	触れる	(p43)熱量の単位はJ。(p43)日常使われている単位にも触れる。
2	電子	扱う	(p43)電流が電子の流れであることを扱う。
2	直流と交流の違い	扱う	(p45)オシロスコープや発光ダイオードなどを用いて違いを理解させる。
3	力の合成と分解	—	(p53)合力や分力の規則性を理解。(p53)作用反作用にも触れる。
3	仕事、仕事率	—	(p56)仕事の原理、力学的エネルギーの保存、摩擦にも触れる。

イ 「粒子」分野の追加内容（高等学校の化学から中学校理科へ移行した内容）

学年	内容	程度	備考（）内に中学校学習指導要領解説理科編のページを示す。
1	プラスチック	触れる	(p35)PEやPETなど。(p34)金属と非金属、無機物と有機物も扱う。
2	周期表	触れる	(p47)周期表を用いて多くの種類が存在することに触れる。
3	水溶液の電気伝導性	—	(p59)(溶質を)電解質と非電解質に分類できることを理解する。
3	イオン	—	(p58)電気分解実験の考察からイオンの存在や形成を知る。
3	原子の成り立ち	扱う	(p59)原子核は「扱う」、陽子と中性子は「触れる」。
3	化学変化と電池	扱う	(p59)電池の電極反応は「扱う」、代表的な実用電池は「触れる」。

ウ 「生命」分野の追加内容（高等学校の生物から中学校理科へ移行した内容）

学年	内容	程度	備考（）内に中学校学習指導要領解説理科編のページを示す。
1	種子をつくらない植物	—	(p79)コケ植物やシダ植物が胞子を作ることに触れる。
2	無脊椎動物の仲間	扱う	(p90,91)昆虫類や甲殻類、貝やイカ、タコ、アルテミアなど。
2	生物の変遷と進化	触れる	(p93)始祖鳥も。生命の歴史の長さを認識し尊重する態度を養う。
3	遺伝の規則性と遺伝子	扱う	(p101)子の形質は両親と同じとは限らない(優性の法則)、分離の法則
3	DNA	触れる	(p101)遺伝子の本体がDNA。遺伝子は不変ではなく変化する。

エ 「地球」分野の追加内容（高等学校の地学から中学校理科へ移行した内容）

学年	内容	程度	備考（）内に中学校学習指導要領解説理科編のページを示す。
2	日本の天気の特徴	扱う	(p97)日本周辺の気団の特徴。(p98)気団の活動と台風の進路。
2	大気の動きと海洋の影響	触れる	(p97)地球を取り巻く大気の動き。地球の大きさや大気の厚さ。
3	月の運動と見え方	触れる	(p105,106)月の公転、太陽との位置関係による形。日食や月食も。
3	銀河系の存在	触れる	(p107)恒星が集団をなし、銀河系を構成している。

オ 複数の分野にわたる追加内容

学年	内容	程度	備考（）内に中学校学習指導要領解説理科編のページを示す。
3	熱の伝わり方	扱う	(p65)伝導や対流、放射があることを理解させる。
3	エネルギーの変換	扱う	(p64)エネルギー総量保存。変換時にエネルギーの一部は目的外に変換。
3	放射線	触れる	(p65)発電の仕組みと特徴。放射線は自然界に存在。放射線利用。
3	地球温暖化、外来種	触れる	(p111)人間の活動や自然環境の変化が自然界のつり合いに影響。

自然環境の保全と科学技術の利用は、第1分野と第2分野で併せて一括で扱う。

## (2) 中学校理科の定着度の調査

### ア 総合教育センター実施の「教科指導の充実に関する調査」について

平成25年7月に愛知県総合教育センターが協力校9校に依頼して実施された「教科指導の充実に関する研究(理科a)『高等学校部会』にかかわる調査」で、次のようなアンケート結果が得られた。

#### 生徒アンケートの結果

問5 中学校では、理科の授業は好きでしたか。

①[好き]37.2% , ②[どちらかといえば好き]37.2% , . . .

問6 中学校では、理科の授業の内容は理解できましたか。

①[理解できた]46.3% , ②[どちらかといえば理解できた]40.5% , . . .

#### 理科教員アンケートの結果

問15 学習指導要領が変わってから、生徒が中学校の理科の授業でどこまでの内容を学習しているか把握していますか。

①[把握している]3.4% , ②[どちらかといえば把握している]52.5%

多くの生徒が、中学校での理科が好きで内容も理解できたと答えている一方、中学校理科の内容を把握していると答えた高等学校理科教員は約半数にとどまっていることが分かる。

### イ 本校生徒に対する「中学校理科に関するアンケート」について

高等学校理科から中学校理科へ移行した内容について詳細に調査するため、平成25年6月に本校の1年生約100名(普通科約60名,調理国際科約40名)に対し、中学校理科に追加(高等学校理科から移行)された化学分野の内容について、次のアンケートを実施した。

#### 問1 「水溶液の電気分解」について

塩化銅水溶液に十分な電圧をかけると、電気分解が起こって、電流が流れた。陰極には赤い物質が付着した。この物質を乳棒でこすると金属光沢が見られた。この物質は銅である。また、陽極からは気体が発生した。陽極付近の水溶液は赤インクを脱色したので、この気体は塩素だと分かる。以上のことから、塩化銅は銅と塩素に電気分解したと分かる。この化学変化は、次のように表せる。 $CuCl_2 \rightarrow Cu + Cl_2$  この電気分解でも、電源装置の+極と-極をつなぎ替えると、電極で起こる化学変化の様子は逆になった。(3年教科書より)

(1) 上記の内容を中学の授業で学習しましたか。

①学習した, ②たぶん学習した, ③たぶん学習しなかった, ④学習しなかった, ⑤分からない  
69.6%      22.6%                  3.5%                  0%                  4.3%

(2) (1)で①②と答えた人へ) 授業で理解できましたか。

①理解できた, ②だいたい理解できた, ③あまり理解できなかった, ④理解できなかった  
13.9%                  41.7%                  27.8%                  10.4%

#### 問2 「原子の構造」について

『原子の中心には+の電気を持った原子核が1個あり、そのまわりを-の電気をもった電子がいくつか回っている。原子核は原子に比べ大変小さい。原子核には、+の電気をもつ陽子と、電気を持たない中性子がいくつかずつまっている。原子核が+の電気をもつのは、陽子があるためである。原子の種類は原子核中の陽子の数で決まる。たとえば、陽子を1個もつ原子は水素原子で、陽子が6個の原子は炭素原子である。2年で学習した周期表は、原子を陽子の数の順に並べた表である。陽子と電子がもつ電気の量は同じで、電気の+, -の符号が反対である。原子の中では、陽子の数と電子の数が等しいため、原子全体では電気をもたない。電子

の質量は、陽子や中性子に比べてたいへん小さい。(3年教科書より)

(1) 上記の内容を中学の授業で学習しましたか。

①学習した, ②たぶん学習した, ③たぶん学習しなかった, ④学習しなかった, ⑤分からない  
53.0%      25.2%      7.8%      2.6%      11.3%

(2) ((1)で①②と答えた人へ) 授業で理解できましたか。

①理解できた, ②だいたい理解できた, ③あまり理解できなかった, ④理解できなかった  
11.3%      32.2%      29.6%      7.8%

### 問3 「イオンの表し方とイオン式」について

水素イオンやナトリウムイオンは、水素原子やナトリウム原子が電子を1個失ってできる1価の陽イオンである。塩化物イオンは塩素原子が電子を1個受け取ってできる1価の陰イオンである。カルシウムイオンや銅イオンはカルシウム原子や銅原子が電子を2個失ってできる2価の陽イオンである。水酸化ナトリウムを水に溶かすと、ナトリウムイオンと水酸化物イオンに電離する。水酸化物イオンは、酸素原子と水素原子からなる原子の集団が、全体として電子を1個受け取ってできる1価の陰イオンである。(3年教科書より)

イオン式  $H^+$   $Na^+$   $Ca^{2+}$   $NH_4^+$   $Cu^{2+}$   $Cl^-$   $OH^-$   $S^{2-}$   $CO_3^{2-}$   $SO_4^{2-}$

(1) 上記の内容を中学の授業で学習しましたか。

①学習した, ②たぶん学習した, ③たぶん学習しなかった, ④学習しなかった, ⑤分からない  
78.3%      14.8%      4.3%      0%      2.6%

(2) ((1)で①②と答えた人へ) 授業で理解できましたか。

①理解できた, ②だいたい理解できた, ③あまり理解できなかった, ④理解できなかった  
16.5%      36.5%      30.4%      12.2%

### 問4 「電池で起こる化学変化」について

電池の金属板上では、どのような化学変化が起こっているのだろうか。2年で学習したように、電子の動く向きは電流の動く向きとは逆だった。つまり、電池の-極では電子を出す化学変化が起こっていて、+極では電子を受け取る化学変化が起こっていることになる。電池の場合、-極では亜鉛原子が亜鉛イオンになって電子を放出する。また、+極では水素イオンが2個結びついて水素の分子となり、気体として発生する。(3年教科書より) -極:  $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$  +極:  $2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$

(1) 上記の内容を中学の授業で学習しましたか。

①学習した, ②たぶん学習した, ③たぶん学習しなかった, ④学習しなかった, ⑤分からない  
58.3%      28.7%      5.2%      0.9%      7.0%

(2) ((1)で①②と答えた人へ) 授業で理解できましたか。

①理解できた, ②だいたい理解できた, ③あまり理解できなかった, ④理解できなかった  
1.7%      33.0%      40.9%      13.0%

### 問5 中学校理科全般について

(1) 教科書の内容以外の「発展」は、授業で学習しましたか。

①教科書の内容程度に学習しことが多かった 22.6%  
②授業の中で読んで終わったことが多かった 44.3%  
③学習しないことが多かった 26.1%  
④その他 4.3%

- (2) 教科書に載っている「実験」を実施しましたか。
- |              |       |
|--------------|-------|
| ①ほとんど実施した    | 44.3% |
| ②半分くらい実施した   | 42.6% |
| ③一部しか実施していない | 7.8%  |
| ④分からない       | 4.3%  |
- (3) 実験はどの程度実施しましたか。(3年間の大体の平均で教えてください)
- |          |           |            |        |
|----------|-----------|------------|--------|
| ①毎週1回は実施 | ②半月に1回くらい | ③一か月に1回くらい | ④分からない |
| 37.4%    | 28.7%     | 18.3%      | 13.0%  |

アンケートの結果、次のようなことが分かった。

- ① 愛知県総合教育センター実施の「教科指導の充実に関する調査」では、約85%の生徒が、中学校の理科の内容を「理解できた」または「やや理解できた」と答えている。この調査の回答のうち本校生徒の分のみを集計したところ、「理解」と「やや理解」の合計は約65%であった。一方、移行内容に焦点を当てて行った、本校生徒に対する「中学校理科に関するアンケート」では、分野によっては「理解」と「やや理解」が約35%程度という結果となった。これらの結果から、個々の生徒で程度に差はあるものの、3年間の中学校理科全般の理解度は良好であるが、分野によっては理解できていない生徒も多く、それは今回の改訂で高等学校から移行された内容において顕著であると言える。なお本校の場合は、「イオン」のように平成10年告示の学習指導要領で削除されたが、その前の平成元年告示の学習指導要領には含まれていたため、今回復活したといえる内容では、アンケートでの理解度も比較的高かったが、今まで中学校で扱われたことがない「電池」では、理解度が他に比べて低かった。
- ② 7割近くの生徒が、授業の中で「発展」に触れたことを覚えており、予想外に多かった。なお、ある出版社の教科書の第3学年の化学分野で扱われている発展項目は次の通りである。

- |              |   |
|--------------|---|
| 同位体とその利用     | 同位体は中性子数が異なることと、同位体を利用した年代測定。   |
| 電解質の固体の電気伝導性 | イオン結晶は、融解して液体となれば電気伝導性をもつ。  |
| 粒子の発見の歴史     | 陽子、中性子、電子の発見の歴史と、素粒子の存在を簡単に紹介。  |
| 原子の電子配置      | $1\text{H} \sim 18\text{Ar}$ の電子殻を用いた電子配置と、イオンの希ガス型電子配置。  |
| イオン化傾向       | イオン化傾向( $\text{Na} > \text{Mg} > \text{Al} > \text{Zn} > \text{Fe} > \text{Cu} > \text{Ag}$ )で電池で+-極が決まること。 |
| 電気分解とイオン     | 水の電解反応を、高等学校レベルで説明。 $e^-$ と言う記号も使用。   |
| アンモニア水のアルカリ性 | $\text{H}^+$ と $\text{OH}^-$ の濃度と液性の強弱の関係。アンモニア水中の電離。   |

- (3) 新学習指導要領における高等学校化学と中学校理科との効率的な接続を重視した授業の提案  
本研究のまとめとして、「化学基礎」の標準的な学習順に、高等学校化学と中学校理科との効率的な接続を重視した授業を提案する。

#### ア 授業の新しい単元に入るときに、以前学習したことを想起させる。

小・中・高の内容のつながりを教員が意識して指導していきたい。以前に学習したことがどれだけ身についているか、生徒に問いかけて想起させるだけでも有効であろう。本研究の最後に、小学校・中学校理科と高等学校化学の「粒子」を柱とした内容の構成を示す。小・中で学習した内容を分かりやすくまとめたものとして、岩手県立総合教育センターの「小中での学習事項をまとめたサポート資

料」，青森県総合教育センター研究紀要なども便利である。

#### イ 「原子番号」「元素」は中学校では使用されていないので、正確な定義を指導する。

原子の構造はどの教科書でも分かりやすく説明しており、原子の大きさについてもさまざまな工夫が見られる。しかし、意外なことにどの教科書も「原子番号」という用語を使用していない。そして「元素」という用語も、本文中では「原子の種類」としてある。今後、化学基礎で頻出する用語であるだけに、正確な定義を高等学校で指導する必要がある。

#### ウ 周期表は記載されているだけなので、基礎基本から丁寧な指導が必要である。

周期表は、価電子を学習する前の「単に記号を並べた表」程度にしか記載されていない。上下に並んだ元素同士で性質が似ることも、わずかに触れられている程度である。巻頭または巻末に原子番号100番くらいまでの元素記号と原子量が入った詳しい周期表が載っている教科書もあるが、かえって着目させたい内容が埋もれてしまっているようにも感じた。周期表は中学2年生での学習である、化学基礎で扱うまでのブランクの期間もあるため（「化学基礎」の履修が2年生の高等学校も多い）、高等学校で周期表を教える際は、最も基本的な内容までさかのぼって丁寧に扱うべきである。

#### エ イオンの名称と化学式およびその書き方は、「復習する」という感覚でよい。

$H^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $NH_4^+$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Cl^-$ 、 $OH^-$ 、 $S^{2-}$ 、 $CO_3^{2-}$ 、 $SO_4^{2-}$ などのイオン式は名称とイオン式が本文中で扱われ、原子から電子が出入りすることによるイオンの形成過程や価数の書き方も説明されていた。これらの代表的なイオンは「復習する」という感覚でよいと思われる。しかし、陽イオンと陰イオンから組成式を書く内容は、本文に書かれている教科書と全く書かれていない教科書があり、大きな違いが見られた。指導者によって扱いに違いが生じることも危惧されるので、組成式についても高等学校で基本的な内容から指導したい。

#### オ 酸塩基と中和では、定量的内容は基本から指導する。

酸塩基は、中学校化学分野の集大成として、とても丁寧に記載してある。酸や塩基の性質は高等学校では「復習する」という感覚でよいと思われる。中学校理科ではアルカリという用語を使っている点は注意が必要である。pHも身の回りの物質が示す値や指示薬の変色の様子と併せ、分かりやすく説明してある。中和反応も、2価の酸や塩基を用いた反応式まで本文中に記載がある。過不足なく中和する条件も、粒子モデルを使って丁寧に説明してある。高等学校理科では、新たに学習した物質質量を使って、中学校理科で学習した粒子モデルによる概念を具体化していく指導が効果的である。

#### カ 酸化と還元は丁寧に学習してきているが、「化学基礎」とのブランクに注意が必要。

酸化と還元は中学2年生で、適切と思われる内容を丁寧に学習する。比較的多くの実験が、併せて紹介されている。しかし、中学3年生では本文にほとんど出てこないのも、高等学校の化学基礎で学習するには、ブランクを意識して指導する必要がある。なお、酸化還元は全て「酸素原子を得るか失うか」で述べられており、水素原子との関連付けはされていない。

#### キ 電池の学習は、高等学校で「なぜそうなるか」を丁寧に教えていきたい。

電池は、比較的多くのページを割いて丁寧に説明されているが、イオン化傾向との関連付けがされていないこと、酸化還元との関連付けがされていないこと、ボルタ電池しか説明されていないことなどに気が付く。鉛蓄電池や乾電池、燃料電池は、触れているが仕組みは説明されていない。ダニエル電池は記載されていない。電極は、+極や-極としてあり、正極、負極という用語は使われていない。どの教科書も電子を表す記号に○の中にマイナスを書いた記号を用いており、 $e^-$ という記号も使わ

れていない。また、電極の組み合わせを変えると起電力が変化することは学習している。高等学校化学基礎で扱う場合には、中学で教わった「知識」をブランクを踏まえて確認しながら、「なぜそうなるか」を丁寧に教えていきたい。

#### ク 電気分解の学習はとても断片的。高等学校では基本から丁寧な指導が必要。

電気分解は、どの教科書でもイオンの存在に気付かせるための「導入」として電池より先に扱われている。陽極、陰極という語は使われているが、起こる化学反応を系統的に述べている教科書はなかった。e<sup>-</sup>という記号を使っている教科書はなかった。高等学校の化学基礎で電気分解を扱う際は、長いブランクも空いていることになるので、基本から丁寧な指導をする必要がある。

## 5 今後の課題

今回は化学分野について中学校との効率的な接続を研究したが、今後、物理・生物・地学分野についても同様の調査・研究を行っていきたい。また、今回のように資料を調査するだけでなく、中学校の理科担当の先生方から生の声を集め、中高の連携を深めることができるようにしたい。

## 参考文献等

- 『高等学校学習指導要領解説理科編』（2009 文部科学省）
- 『中学校学習指導要領解説理科編』（2008 文部科学省）
- 『中央教育審議会答申「幼稚園，小学校，中学校，高等学校及び特別支援学校の学習指導要領の改善について」』（2008）
- 『小学校生活，理科・中学校理科 現行・新学習指導要領新旧対照表』大日本図書（2008）  
[http://www.dainippon-tosho.co.jp/jh\\_school/rika/archive/pdf/guidance\\_plan/onscience.pdf](http://www.dainippon-tosho.co.jp/jh_school/rika/archive/pdf/guidance_plan/onscience.pdf)
- 『小・中学校での学習事項をまとめたサポート資料』齊藤耕子（2012）  
[http://www1.iwate-ed.jp/tantou/kagaku/3233\\_rikakiso\\_support%20data/Support%20data.pdf](http://www1.iwate-ed.jp/tantou/kagaku/3233_rikakiso_support%20data/Support%20data.pdf)
- 『ニューサポート高校「理科」vol114(2010年秋号)特集「中学校で何を学んでいるか」』（2010 東京書籍（株）編集部）<http://ten.tokyo-shoseki.co.jp/downloadfr1/htm/hrd84390.htm>
- 『粒子の概念を深める安価で効果的な演示実験の工夫について』馬渡孝（2013 青森県総合教育センター研究紀要）