

中学校理科の電気分解の取り扱いに関する考察

岸岡 真也

群馬大学教育実践研究 別刷

第38号 89～91頁 2021

群馬大学共同教育学部 附属教育実践センター

中学校理科の電気分解の取り扱いに関する考察

岸 岡 真 也

群馬大学共同教育学部理科教育講座

A Study on the Handling of Electrolysis in Junior High School Science

Shinya KISHIOKA

Cooperative Faculty of Education, Science and Technology Education Division

キーワード：水溶液，電気分解，電極，気体，イオン

Keywords : aqueous solution, electrolysis, electrode, gas, ion

(2020年10月30日受理)

1. はじめに

本学大学院で2020年度から開講された講義（理科の教材研究と授業構想）において，現職の中学校理科教員の方から「電気分解と電池に関する単元を不得手とする生徒が，多く教えにくい」といった指摘を受けた。筆者の研究の専門分野は電気化学である。電気化学研究者の間では，長年中学・高等学校における電気化学分野の取り扱いについて問題があると指摘されていた¹。現職の公立学校教員の方々は学習指導要領に基づき，検定教科書を使用して授業を行っているはずであり，学生時代に電気化学の専門教育やトレーニングを受ける機会がなければ，この問題点に気づくことは困難であろう。中学校理科の「電気分解・電池」が分かりにくいということの根底には，その前提として教育現場ではあまり知られていないこれらの問題があるように思われたので，本稿でその一部を指摘したい。

2. 学習指導要領での扱い

中学校理科の内容区分「A物質・エネルギー」では「エネルギー」「粒子」を柱として構成されている。そ

の中でも分子・原子・イオンは極めて重要な概念であるといえる。学習指導要領解説を参照すると電気分解の実験を「イオン」単元の導入素材として扱おうとする意図が強く感じられる²。

例えば，第1分野（6）化学変化とイオン（ア）水溶液とイオン では

ア 原子の成り立ちとイオン

電圧をかけ電流を流す実験を行い，水溶液には電流が流れるものと流れないものがあることを見いだして理解すること。また，電解質水溶液に電圧（下線筆者）をかけ電流を流す実験を行い，電極に物質が生成することからイオンの存在を知るとともに，イオンの生成が原子の成り立ちに関係することを知ること。

とある。ここでの最後の表記はプラスの電荷を持つ陽イオンが陰極で，マイナスの電荷を持つ陰イオンが陽極でそれぞれ反応することを暗に示している。「正負電荷の引き合いで説明すれば生徒がわかってくれる」との声を中高校の教員から頻りに聞くと指摘もある¹。実際には，多くの電気分解において電荷を持つイオンが反対の電荷を持つ電極で反応（電子移動，または酸化還元）することは，電気分解の現象の一部で

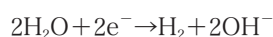
しかない。電荷を持たない中性の物質が電極で酸化還元を受ける例の方が多いといえる。

例えば、陽極で



のように陽イオンである Fe^{2+} が酸化される場合も非常に一般的である。ある物質が陽極で電子を奪われる(酸化される)、もしくは陰極で電子を受け取る(還元される)ということはその物質の持つ電荷に依存するのではなく、あくまでも熱力学的に定義される標準酸化還元電位(E°)の値に依存するのである。つまり標準酸化還元電位が小さい(負で絶対値が大きい)ほど、電子を出しやすい(酸化されやすい)ことになる。それは物質が持つ電荷とは何ら関係がない。例えばリチウムイオン/リチウム(Li^{+}/Li)の標準酸化還元電位は -3.04V であり、あらゆる元素の中で最も小さい(負で絶対値が大きい)。これは金属リチウムが最も電子を出しやすい(酸化されやすい)ことを意味し、原子番号3番で軽い元素であることと合わせて、標準酸化還元電位が大きな物質と組み合わせることで軽くて大きな電圧が得られるリチウムイオン電池電極として有用であることを示している。標準酸化還元電位それ自体は高等学校化学でも学習しないが、その概念はイオン化傾向として中学校理科の教科書にも発展的事項を扱う囲み記事として登場している³⁾。(イオン化傾向、イオン化列の取り扱いの問題についてもすでに指摘がある⁴⁾)

中学校理科の教科書では水酸化ナトリウム水溶液を電気分解する実験が取り扱われている。純粋な水は、そのままでは電流が流れないが、水酸化ナトリウムなどをとくと電気が流れるようになる、との注釈が付されている。この実験の陰極では気体が発生するが、反応しているものの大部分は実は水素イオン H^{+} ではなく水分子そのものである。



水を電気分解した結果、電極の近傍では電気的中性がくずれるため、結果としてイオンが移動することになる。水に電気伝導性(正確にはイオン伝導性)を付加するためだけに希薄とはいえ劇物である水酸化ナトリウムを用いる必然性はない。また、教育実習の研究授業で保護メガネを使用せずに生徒がこの実験を行なっているのを見たこともある。他の実験系を考える場合、食塩水溶液の電気分解では気体の塩素が発生し異

臭が生じるが、硫酸ナトリウム水溶液であれば安全で水に電気が流れるようになる。水を電気分解するには理論的には 1.23V 以上の電圧が必要であり(実際の実験では過電圧(反応速度の小ささ)による抵抗のため 1.7V 程度以上)、上の例で示した学習指導要領解説(斜線部、下線は筆者が付加)は「一定の値以上の電圧」と記さなければ正確とはいえない。小さな電圧の印加では水の電気分解は決して起こらない。ちなみにある中学校理科教科書では水酸化ナトリウム水溶液の電気分解で 6V の電圧を印加しているが、この値も意味不明である³⁾。

水の電気分解は、見かけでは発生する気体が目視できるため簡単な反応に思われるかもしれないが、学問的には水分子内の結合の開裂と再結合を含み、電極材料の表面にも依存する極めて複雑な内圏型反応である。そのような反応系を「イオン」単元の導入素材として扱うためにややごまかしながら教材に用いることは考え直す時期に来ているのではないか。

3. まとめ

中学校理科の電気分解と電池に関する単元を不得手とする生徒が多く、教えるにくいということの以前の問題として、電気分解が「イオン」単元の導入素材として扱うために教材として不正確に取り上げられていることを指摘した。

ここで例示したことを含む問題点は前世紀から指摘されており、一部は修正されているとはいえ2021年から適用される中学校の新学習指導要領でも完全に修正されていない^{1,5)}。電気分解は分かりやすさだけでなく、学問的にも正しい見地から教材として扱われるべきである。その上で原子・分子・イオンの概念をどのように理解しやすく教材化すればいいのか、ということは電気分解とは切り離して教科教育研究者が中心となり教科専門研究者も関わり考えていくべき重要な課題ではないかと思われる。

参考文献

1. 渡辺正 化学と教育 2017, 65 (12) 616.
2. 文部科学省 中学校学習指導要領解説理科編 平成28年2月 p.83.
3. 新編新しい科学3 東京書籍 平成28年 p.30.

4. 渡辺正 化学と教育 1996, 44 (9) 593.

5. 渡辺正 化学と教育 1996, 44 (10) 656.

(きしおか しんや)

