

中学校の教科書における化学反応式の表現についての提案

橋本 典史*

Proposal for the Expression of Chemical Reaction Formulas in Junior High School Textbooks

Norifumi HASHIMOTO

概要

現在の学習指導要領に従って作成された中学校の理科の教科書は、内容が豊富で図や表および写真が多い。化学分野では元素記号と化学反応式が以前よりも多く扱われるようになった。

中学校の教科書に記載されている化学反応式の表現では、実際に起こっている化学反応を明確かつ正確に表現できていないのが現状である。

この論文では、現在使用されている3社(6冊)の中学校の理科の教科書に記載されている化学反応式を、化学反応で分類して、実際に起こっている化学反応を、正確に表現する方法を示していく。この表現方法は海外では取り入れられているが、著者によって表現方法に、ばらつきがあるのが現状である。この論文に示した統一した表現方法に従って化学反応式を作成することで、化学反応式から得られる正確な情報が格段に増える。その結果、生徒が化学反応を習得する過程が容易になる。加えて、生徒は化学反応式が重要であることが理解できる。

Keywords : 中学校の化学, 化学反応式, 新中学校学習指導要領

1. 緒言

私たちの日々の生活を支えているプラスチックや医薬品の製造において、化学反応式が重要であることは自明なことである。原料の化学物質を選択し、適切な反応条件の下で化学反応させる。この時、原料の化学物質の状態は重要である。更に、得られた生成物は混合物の中に存在するため、精製工程が必要になる。生成物の状態も効率的な分離精製には重要な情報である。僅か一行の化学反応式は、化学実験の縮図であると言っても過言ではない。

現在の学習指導要領に従って作成された中学校の理科の教科書は内容が豊富で、図・表・写真が多い^{1),2)}。化学分野では元素記号と化学反応式が以前よりも多く扱われるようになった。しかし、中学校の教科書に記載されている化学反応式の表現では、実際に起こって

いる化学反応を正確に表現できていない。

この論文に示した統一した表現方法に従って、化学反応式を作成することで、化学反応式から得られる正確な情報が格段に増加する。その結果、生徒が化学反応を習得する過程が容易になり、生徒は化学反応式が重要であることが理解できる。

小池淳は以前、高等学校の化学反応式に物質の状態を表記するとよいと報告しているが、酸の電離の矢印記号に誤りがあり、論文にはなっていない³⁾。

この論文作成において、3社(6冊)の中学校の理科の教科書を検討した⁴⁾⁻⁹⁾。これらの化学分野に記載されている化学反応式を化学反応によって分類し、従来の化学反応式と統一した表現方法を併記した化学反応式を比較して、新しい表現方法の利点を示していく。

* 香川高等専門学校 一般教育科

2. 酸化還元でイオンを表記しない化学反応式の比較
 2社の教科書に記述されている酸化還元でイオンを表記しない化学反応式などの記載例を以下に示す。

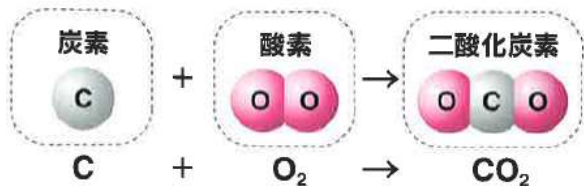


図1 炭素と酸素から二酸化炭素の生成¹⁰⁾

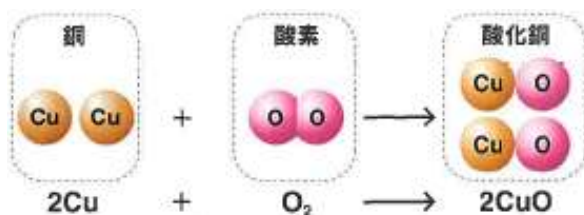


図2 銅と酸素から酸化銅の生成¹¹⁾

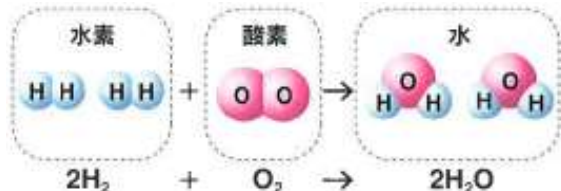


図3 水素と酸素から水の生成¹²⁾



図4 鉄と硫黄から硫化鉄の生成¹³⁾

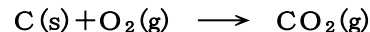
2社の教科書には、化学反応式を組み立てる方法が詳しく説明されている。化学反応式から得られる情報として、反応に関与する物質の分子や原子の数の関係が記載されている。この内容は、高等学校で学習する「物質質量」に繋がっていく。

一般的に、物質には3種類の状態が存在する。水を例に挙げると、**固体**の氷、**液体**の水、**気体**の水蒸気。化学反応に関与する原料の物質や生成した物質が、どのような状態であるかの情報は、化学反応を正確に伝えるためには欠くことのできない重要な内容である。

図1は、黒鉛のような炭素と酸素が反応して、二酸化炭素が生成する反応である。この場合、明らかに炭素は固体、酸素は気体、二酸化炭素は気体である。図1では、これらの物質の状態は何も記載されていない。海外の教科書では、化学反応に関与した物質の状態を示すことは普通のことである。反応に関与する物質の状

態を併記することで、より多くの情報を化学反応式から得ることができるし、伝えることもできる。

図1の化学反応式は、以下のように表される。

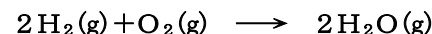
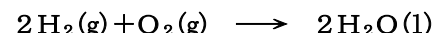


ここで、(s)は**固体**、solidのs。(g)は**気体**、gasのg。加えて、(l)は**液体**、liquidのl。(aq)は**水溶液**、aqは水または、ある物質が溶けた水溶液を表す。

図1と同様に考えて、図2の化学反応式は、以下のようになる。

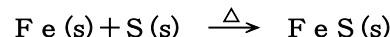


図3の化学反応式だけの記述では曖昧さが生じる。反応容器の中が室温を保持しているのであれば、生成する水は液体であるが、極めて高い温度を保ったままの反応であれば、水是水蒸気になっている。つまり、以下の2つの化学反応式が考えられる。



各物質の状態を併記することで、化学反応の反応条件などの情報を得ることができる。

図4の化学反応では、「加熱」を表す「 Δ 」を化学反応式の矢印の上につけることで、更に情報を併記できる。ただし、この「 Δ 」の併記は必須ではない。



3. 酸化還元でイオンを表記する化学反応式の比較

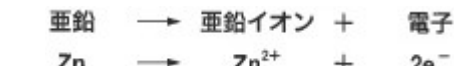
2社の教科書に記述されている酸化還元でイオンを表記する化学反応式などの記載例を以下に示す。



反応式1 ナトリウムイオンの生成¹⁴⁾



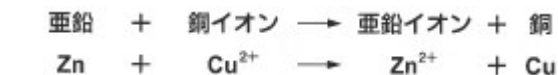
反応式2 塩化物イオンの生成¹⁴⁾



反応式3 亜鉛から亜鉛イオンの生成¹⁵⁾



反応式4 銅イオンから銅の生成¹⁵⁾



反応式5 亜鉛と銅イオンの反応¹⁵⁾

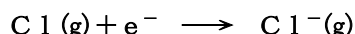
正の電荷をもつ粒子の生成例として、反応式1のナトリウムイオンの生成反応が記載されている。このナトリウム原子およびナトリウムイオンの状態は記載さ

れていない。この反応はイオン化エネルギーの説明をそのまま引用している。この反応式1は以下のように記述するのが正しい。



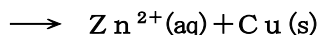
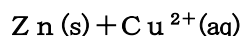
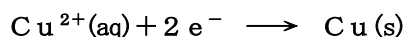
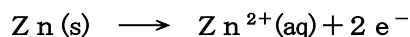
ここで、電子である e^- の状態は併記しない。

負の電荷をもつ粒子の生成例として、反応式2の塩化物イオンの生成反応が記載されている。この塩素原子および塩化物イオンの状態は記載されていない。この反応は電子親和力の説明をそのまま引用している。この反応式2は以下のように記述するのが正しい。



ここでも、電子である e^- の状態は併記しない。

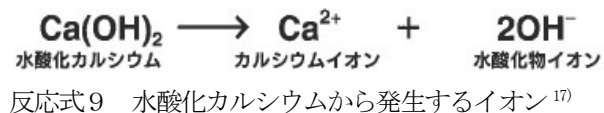
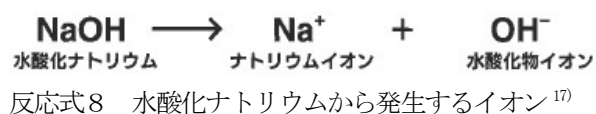
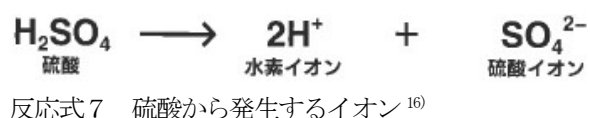
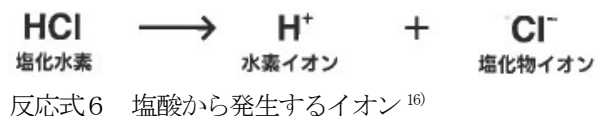
反応式3、反応式4および反応式5は水の中の反応であるので、それぞれ次式になる。



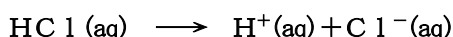
最後の反応式はイオンを含む化学反応式である。各物質の状態を示すことで実際の化学実験が容易に再現できる。

4. 酸と塩基に関連する化学反応式の比較

以下の4つの化学反応式は水溶液中の反応である。

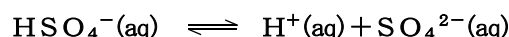
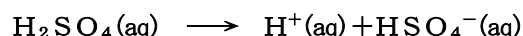


教科書における反応式6の説明は、塩酸から発生するイオンとなっている。反応式6のHClは塩化水素と表記されている。この表記では化学の現象を正確に伝えていない。以下のようにHClの状態を併記することで、塩酸から発生するイオンの表記に関する曖昧さは解消される。



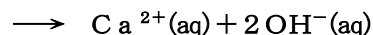
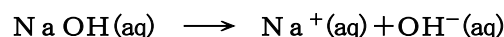
反応式7は表記以外の問題を抱えている。この場合の硫酸は、硫酸水溶液である。硫酸水溶液から発生す

るイオンを正確に表記すると以下ようになる。

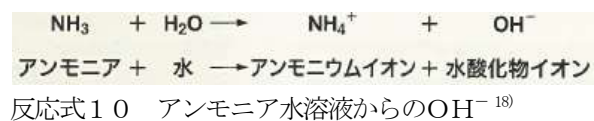


最初の段階の化学反応は完全に右側に進行するため、矢印は「 \longrightarrow 」となっている。一方、次の段階の化学反応は完全には右に進行しないため、矢印は「 \rightleftharpoons 」となっている。反応式7は、次に説明する中和で生じる物質の説明に都合がよいため、一つの式で示している。硫酸水溶液が反応式7のような条件は、硫酸の濃度がかなり低い場合に限られる。

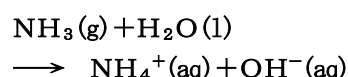
一方、反応式8と反応式9における水酸化ナトリウムと水酸化カルシウムは、いずれも分子ではない物質である。これらの物質の通常の濃度の水溶液では、化学反応は完全に右側に進行する。これら2つの反応式は、以下のように表記することで正確な表記になる。



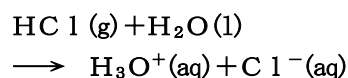
ここで教科書の発展の項目に、アンモニア水溶液が水酸化物イオンを生じるためアルカリ性を示す説明が記載されている。



反応式10に関与する物質の状態を併記した化学反応式は以下ようになる。



一方、気体の塩化水素が水に溶ける反応は以下のようなになる。



ここで、 H_3O^+ と H^+ は同一とみなす。気体の塩化水素や液体の硫酸分子が水に溶けると、 H_3O^+ (H^+) が生成するため酸性を示す。

5. 酸と塩基の中和反応に関連する化学反応式の比較

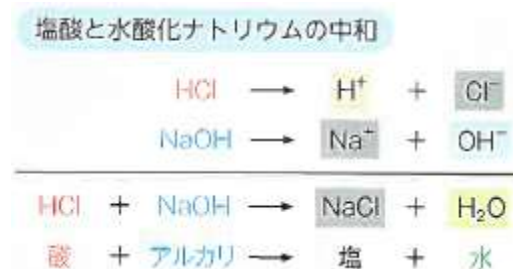


図5 塩酸と水酸化ナトリウムの中和¹⁹⁾

硫酸と水酸化バリウムの中和

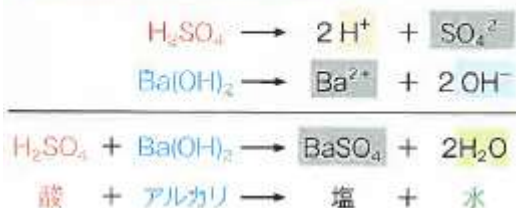


図6 硫酸と水酸化バリウムの中和¹⁹⁾

図5の化学反応式だけから得られる情報では以下の4種類の化学反応が考えられる。①塩酸と水酸化ナトリウム水溶液、②塩酸と固体の水酸化ナトリウム、③塩化水素と水酸化ナトリウム水溶液、④塩化水素と固体の水酸化ナトリウム。教科書において、生徒に伝えたい内容は、以下の反応式である。

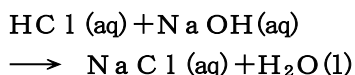
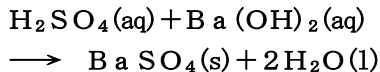


図6の化学反応式だけから得られる情報では以下の4種類の化学反応が考えられる。①硫酸水溶液と水酸化バリウム水溶液、②硫酸水溶液と固体の水酸化バリウム、③液体の硫酸と水酸化バリウム水溶液、④液体の硫酸と固体の水酸化バリウム。教科書において、生徒に伝えたい内容は、以下の反応式である。



上記の2例のように、化学反応式に關与する物質の状態を併記することで、伝えたい化学反応を正確に絞り込むことができる。以上のことから、生徒は、この表現方法の利点を容易に理解できる。

6. 結言

化学反応式において、今回示した化学物質の状態を統一した表現で併記することで、実際の化学反応を、より正確に伝えることができる。その結果、化学反応式から得られる正確な情報が格段に増えることにより、生徒が化学反応を習得する過程が今までよりも容易になる。最終的に、化学反応式は単なる元素の数合わせではなく、多くの実験情報が詰まった素晴らしい表現方法であることを生徒は理解できる。

参考文献

- 1) 文部科学省, 中学校学習指導要領(平成 29 年告示), 2017.
- 2) 文部科学省, 中学校学習指導要領(平成 29 年告示)解説理科編(一部改訂), 2021.
- 3) 小池淳, 高校「化学」教科書に対する二、三の提言, 東北支部地方大会, 化学教育関係研究発表の講演要旨, 478-479, vol. 14, 1966.
- 4) 梶田隆章他, 新しい科学 2, 東京書籍, 10-87, 2022.
- 5) 梶田隆章他, 新しい科学 3, 東京書籍, 7-73, 2022.
- 6) 有馬朗人他, 理科の世界 2, 大日本図書, 6-79, 2022.
- 7) 有馬朗人他, 理科の世界 3, 大日本図書, 164-223, 2022.
- 8) 大矢禎一他, 未来へひろがるサイエンス 2, 啓林館, 140-211, 2022.
- 9) 大矢禎一他, 未来へひろがるサイエンス 3, 啓林館, 104-173, 2022.
- 10) 梶田隆章他, 新しい科学 2, 東京書籍, 42, 2022.
- 11) 梶田隆章他, 新しい科学 2, 東京書籍, 53, 2022.
- 12) 梶田隆章他, 新しい科学 2, 東京書籍, 54, 2022.
- 13) 大矢禎一他, 未来へひろがるサイエンス 2, 啓林館, 178, 2022.
- 14) 梶田隆章他, 新しい科学 3, 東京書籍, 24, 2022.
- 15) 有馬朗人他, 理科の世界 3, 大日本図書, 195, 2022.
- 16) 梶田隆章他, 新しい科学 3, 東京書籍, 36, 2022.
- 17) 梶田隆章他, 新しい科学 3, 東京書籍, 37, 2022.
- 18) 有馬朗人他, 理科の世界 3, 大日本図書, 209, 2022.
- 19) 大矢禎一他, 未来へひろがるサイエンス 3, 啓林館, 157, 2022.