

金属のイオンへのなりやすさにちがいがあるか調べる実験について

北区立王子桜中学校

佐久間 直也

1 はじめに

新学習指導要領において、第3学年化学分野「化学変化と電池」において、金属のイオンへのなりやすさを扱うこととなった。その中で、3種の金属のイオンへのなりやすさのちがいを探究する場面を設定することとなっている。この場面において、生徒は次の探究の過程を経ることとなると考える。

- ・課題の把握、実験計画の立案
- ・実験・観察の実施、結果の分析・解釈
- ・探究の過程の振り返り

生徒が実験計画を立案する際、知識や経験の拠り所とするのは、本単元の第1時に実施する授業である。拙者は、硝酸銀水溶液と銅の反応(図1)を取り入れている。その授業では、結果の分析と解釈を次のように行うと考えられる。

【結果】

- ・硝酸銀水溶液が無色から青色になった。
- ・銅線がボロボロになった。
- ・銅線に銀色の金属樹が付着した。

【必要な知識】

- ・銅線は銅原子の集まりである。
- ・銀は銀原子の集まりである。
- ・銅イオンを含む水溶液は青色透明である。

【考察】

- ・銅原子が銅イオンとなった。
- ・銀イオンが銀原子となった。

生徒実験1：硝酸銀と銅の反応

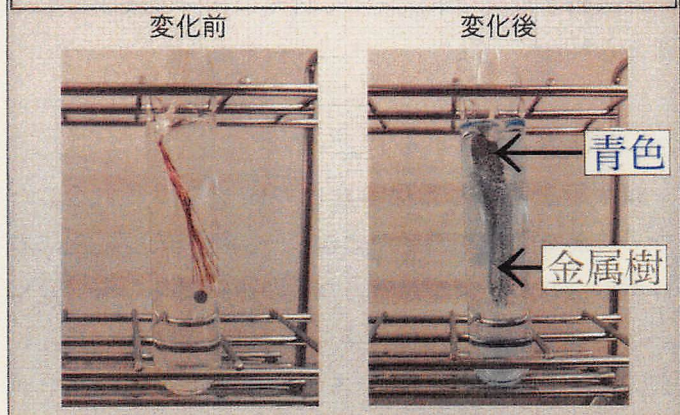


図1 硝酸銀水溶液と銅の反応

3種類の金属を用いて、金属のイオンへのなりやすさのちがいを調べる実験について、拙者はこれまでに扱ったことのある、そして、今後の学習内容を見据えて、亜鉛、銅、マグネシウムを使用している。

生徒は、これらの金属のイオンへのなりやすさについて調べる実験を考える際、次のような反応を期待して、実験計画を立案すると考えられる。

- ・金属原子が金属イオンになる反応
- ・金属イオンが金属原子になる反応

具体的に、銅と亜鉛の反応を例に考えてみる。銅と亜鉛のイオンへのなりやすさのちがいを調べる場合、考えられる実験は次の2通りである。

- ① 硫酸銅水溶液に亜鉛を入れる。
- ② 硫酸亜鉛水溶液に銅を入れる。

実際、②は反応が起こらないため、①で考える。①で、第1時の内容を踏まえて生徒が考えるであろう予想される結論の導き方は次の通りである。

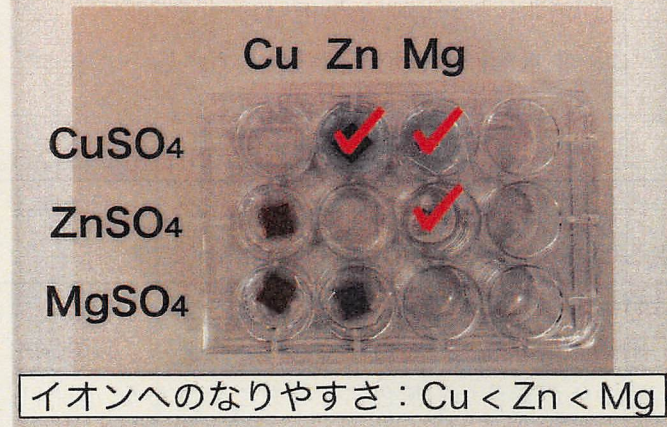
【結果】

- ・硫酸銅水溶液が青色から無色になった。
- ・亜鉛に赤色の金属樹が付着した。
- ・亜鉛が削れた。

【結論】

- ・銅イオンが銅原子になった。
- ・亜鉛原子が亜鉛イオンになった。

Cu, Zn, Mg のイオンへのなりやすさのちがい



イオンへのなりやすさ：Cu < Zn < Mg

図2 イオンへのなりやすさのちがいを調べる

教師は、これらの結果が得られるような実験を準備しておく必要があると考えられる。拙者が以前実践した際、生徒は「何か反応があったから」という、根拠が不明確なまま結論を導き出していたが、これでは科学的な探究とは言えない(図2)。

今回、これらの課題を解決し、上記に掲げた結果がしっかりと得られるような実験の実現のために、教材研究をしたので、報告する。

2 1日反応させた教材を見せる(図3)

今回の実験では、肉眼で短時間でどのような反応が起こっているのか確認することは難しいと考えられる。そこで、予め反応させておいた金属片等を生徒に見せることで、銅の析出等を生徒に観察させることができる。



図3 1日反応させた後の様子

①～③では、次の様子を観察することができる。

① 【硫酸銅水溶液と亜鉛片】

亜鉛の表面に黒色の何かが析出している。
硫酸銅水溶液が青色から無色になっている。

② 【硫酸銅水溶液とマグネシウム片】

水溶液中に赤色の何かが析出している。
硫酸銅水溶液の青色が薄くなっている。

③ 【硫酸亜鉛水溶液とマグネシウム片】

マグネシウムの表面に灰色の何かが析出している。

これらの結果より、生徒は次のようなことを考察できると考える

【結果①に関する考察・結論】

銅イオンが減ったと考えられる。根拠は、硫酸銅水溶液の色が青色から無色になったことである。析出した物質は、銅であると考えられる。根拠は、銅の色は

赤色であることである。今回の反応では、銅イオンが銅原子になったと考えられる。つまり、銅よりも亜鉛の方がイオンになりやすいと言える。

【結果②に関する考察・結論】

銅イオンが減ったと考えられる。根拠は、硫酸銅水溶液の青色が薄くなったことである。析出した物質は銅であると考えられる。根拠は、銅の色は赤色であることである。今回の反応では、銅イオンが銅原子になったと考えられる。つまり、銅よりもマグネシウムの方がイオンになりやすいと言える。

【結果③に関する考察・結論】

析出した物質は亜鉛であると考えられる。根拠は、亜鉛の色は灰色であることである。今回の反応では、亜鉛イオンが亜鉛原子になったと考えられる。つまり、亜鉛よりもマグネシウムの方がイオンになりやすい。

この方法では、金属片が削れていることを確認することができないこと、つまり、金属原子が金属イオンになったことを観察することができないことが最大の欠点である。また、結果を見るのに1日かける必要があるため、事前の教材準備、もしくは次時に結果をみるなど、指導展開を工夫する必要がある。しかし、金属イオンへのなりやすさのちがいを探究するという意味では、一応結論を出すには十分である結果を得ることができると考えられる。今回の課題を解決するためには、次のような改善が求められる。

- ・亜鉛イオンやマグネシウムイオンの存在を確かめる方法を教授する。
- ・金属板を長時間反応させ、削れている様子を肉眼で観察させる。

生徒が実験計画を立案する際、これらの実践をすることで、さらに深い学びへとできる可能性がある。探究の過程の振り返りで、敢えて生徒からこのような疑問を誘発した上で解説することも、指導の展開として考えられなくもない。

3 顕微鏡で観察する①

顕微鏡を使用して化学変化の様子を観察することで、肉眼ではみることのできない、微視的な変化に着目することができる考えた。顕微鏡で40倍で観察した。準備したものは、点眼瓶(2%硫酸銅水溶液、2%硫酸亜鉛水溶液)と、スライドガラス、金属片(亜鉛、マグネシウム)である(図4)。

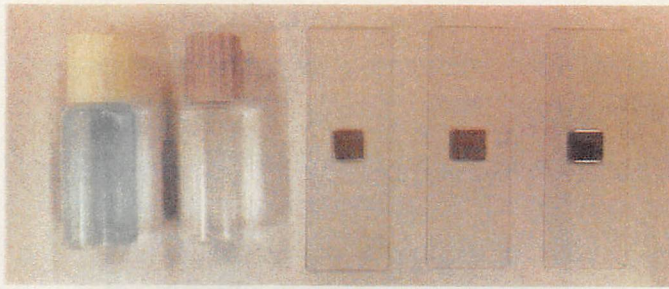


図4 用意するもの

今回、次のような手順で実験を行った。

- ① スライドガラス上に金属片を乗せる。
- ② 金属片の角に、水溶液を3滴ほど垂らす。
- ③ 滴下直後、10分後、30分後の様子を記録する。

以下に、実験の結果を報告する。

【2%硫酸銅水溶液を亜鉛に滴下する】

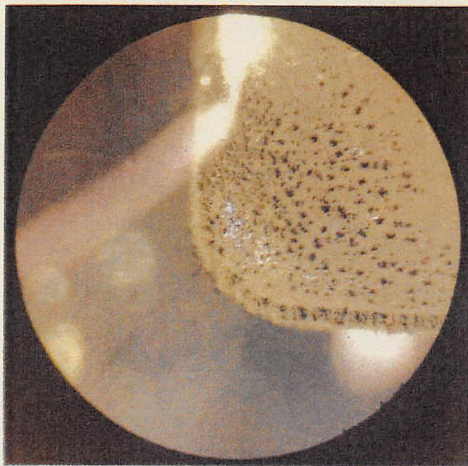


図5 滴下直後の様子

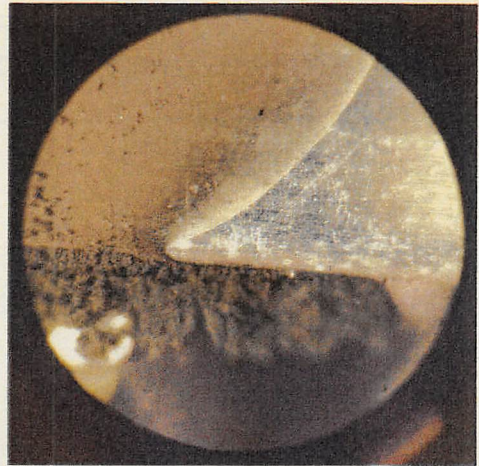


図8 30分後の様子②

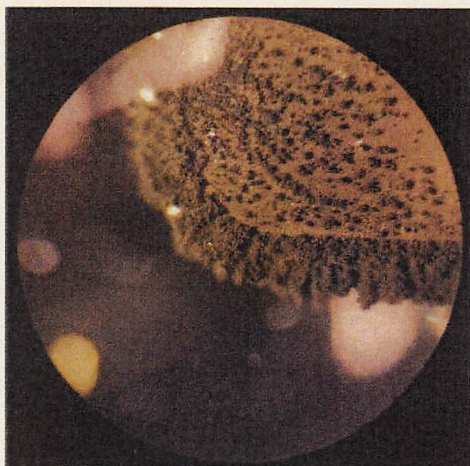


図6 10分後の様子

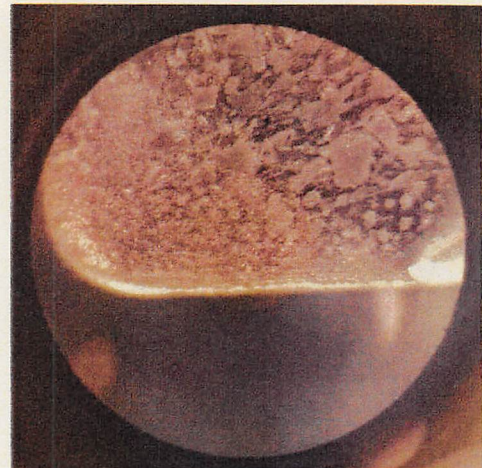


図9 30分後の様子③

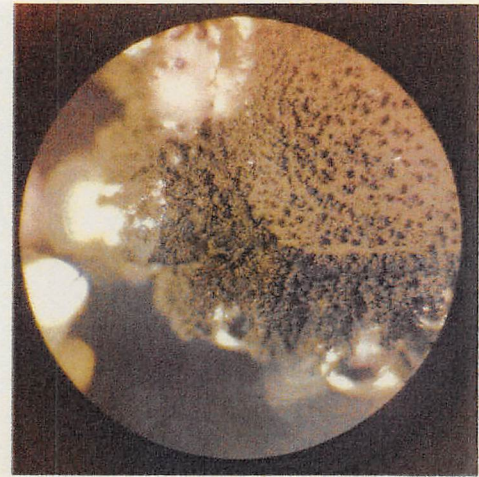


図7 30分後の様子①

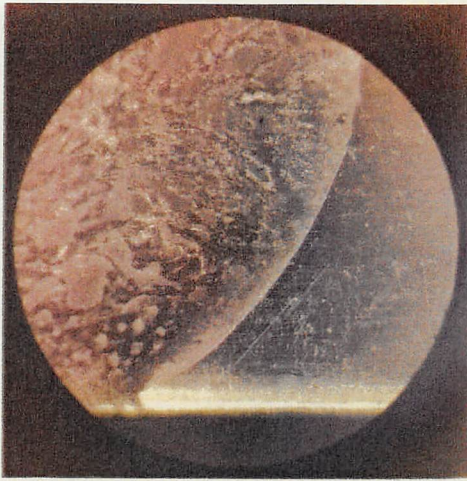


図10 30分後の様子④



図12 10分後の様子①

滴下直後、何かが亜鉛片に付着していることがわかる。10分後には、何か赤色のものが付着していることから、銅ではないかと予想することができる。30分も経つと、銅の金属樹ができていたといえるほど、十分な変化を確認できる。

30分経った亜鉛片に付着した銅を拭き取ると、図9や図10の様子を確認できる。結論を知っている者が見れば、亜鉛が削れたということがわかるが、初学者がこれを見て、亜鉛が削れていると判定できるかはわからない。「亜鉛がボロボロになった」というくらが落とし所だと考えられる。

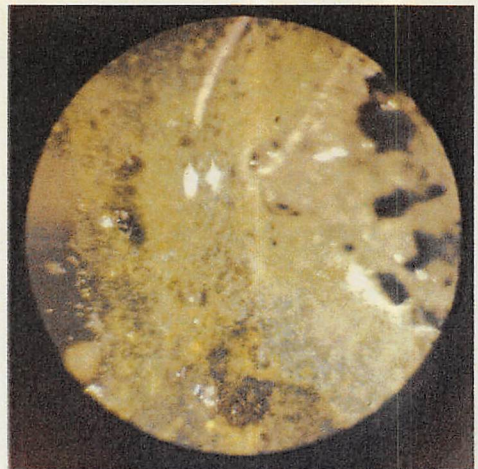


図13 10分後の様子③

【2%硫酸銅水溶液をマグネシウムに滴下する】

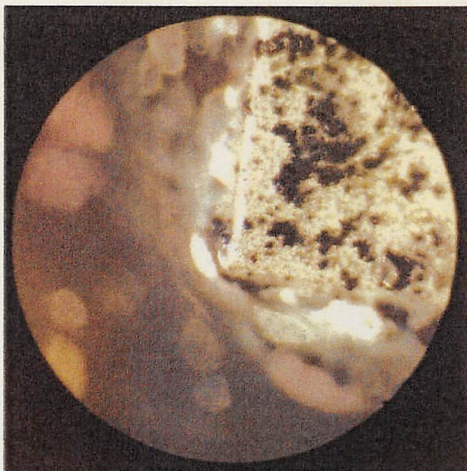


図11 滴下直後の様子



図14 30分後の様子①

【2%硫酸亜鉛水溶液をマグネシウムに滴下する】

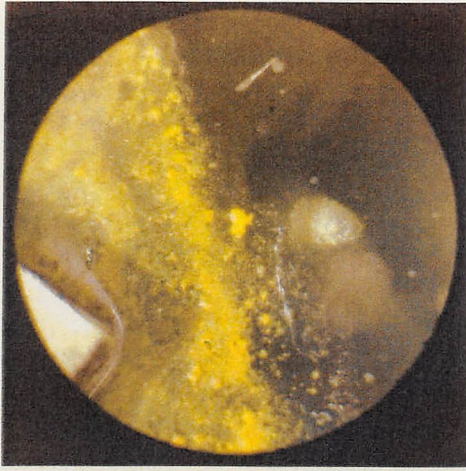


図15 30分後の様子②



図17 滴下直後の様子



図16 30分後の様子③ (100倍)

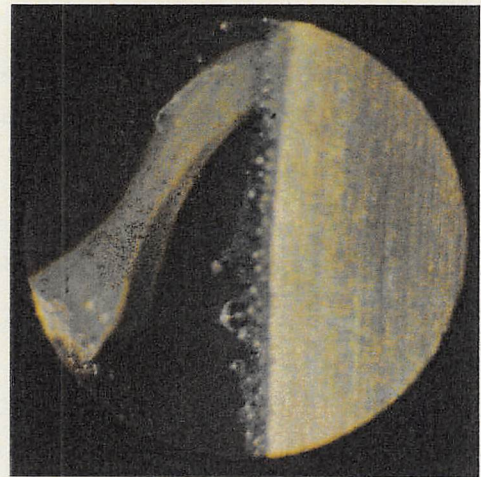


図18 10分後の様子

滴下直後より、激しく発砲している様子が観察できた。その影響により、亜鉛片の時とは異なり金属樹を生成することはできない。しかし、はっきりと黒色の物質が現れたことを確認できる。10分経過すると、金属樹の生成は確認できないが、マグネシウムの周辺に黄褐色の細かい物質を確認することができる。銅が生成されたと予想するのには十分な結果である。30分経過すると、はっきりと銅が生成したと言える結果を確認できる。

金属の削れている様子については、図16の通り、顕微鏡の倍率を100倍まで上げるとそのような結果を観察できる。硫酸銅水溶液と亜鉛片同様、削れたではなく、ボロボロになったが落とし所だと考えられる。

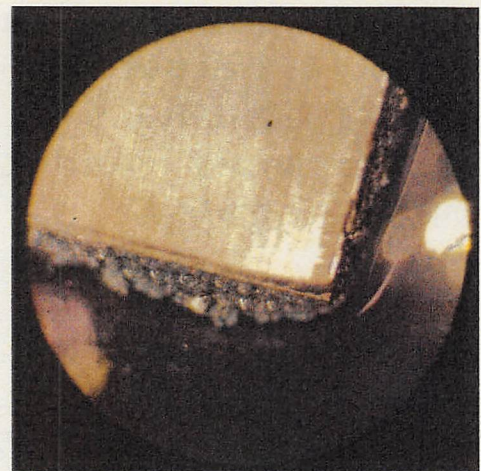


図19 30分後の様子①

【14%硫酸銅水溶液を亜鉛片に滴下する】

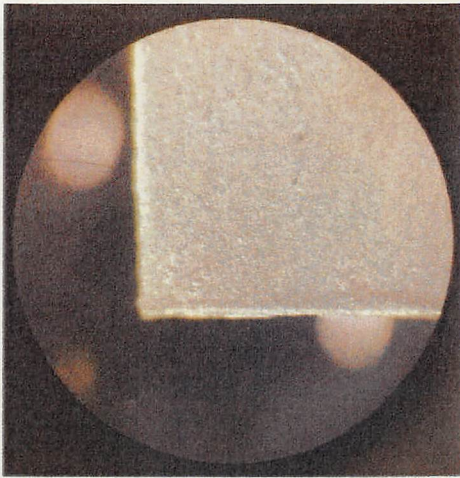


図20 30分後の様子②

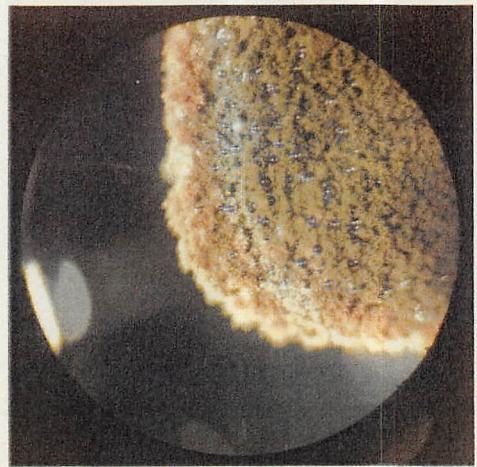


図21 滴下直後の様子

滴下直後より、硫酸銅水溶液とマグネシウムの反応と比べると徐々に発砲している。すぐには、亜鉛が析出している様子を確認することはできない。10分後、僅かに灰色のものが析出している様子を確認できる。亜鉛が析出していると判断できそうである。30分後は、金属樹のようになっている。亜鉛であると判断することができる。

金属が削れている様子については、硫酸銅水溶液と亜鉛片の反応よりもさらに結果が分かりにくい。しかし、結論を知っている者が見ると、マグネシウム片が削れていると判断はできる。

これらの結果より、1日反応させた教材の時と同様、金属イオンが金属原子になることを生徒は確認できるが、金属原子が金属イオンになることをはっきりと確認することを難しいと考えられる。しかし、立案した実験計画に基づき、根拠をもって結論を導くには十分な結果が得られていると考えられる。

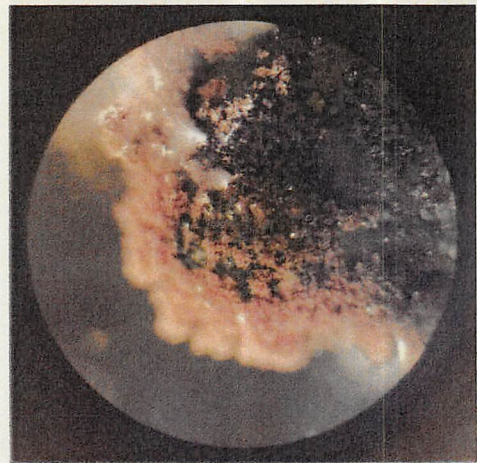


図22 10分後の様子

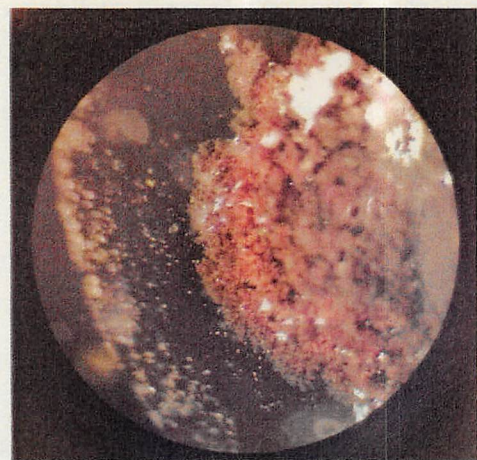


図23 30分後の様子①

4 顕微鏡で観察する②

金属原子が金属イオンになること、つまり、金属片が削れている様子を観察できるよう、次の工夫をした。

- ・反応が早く進むように、水溶液の濃度を高くする。
- ・14%硫酸銅水溶液、7%硫酸亜鉛水溶液とし、ダニエル電池に使用するものと同じ濃度とすることで、準備の手間を軽減する。

以下に、実験の結果を報告する。

【14%硫酸銅水溶液をマグネシウム片に滴下】

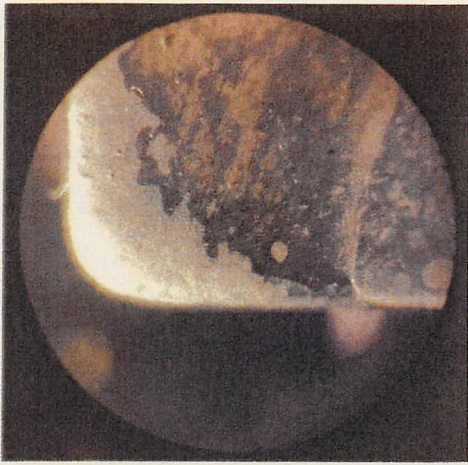


図24 30分後の様子② (40倍)

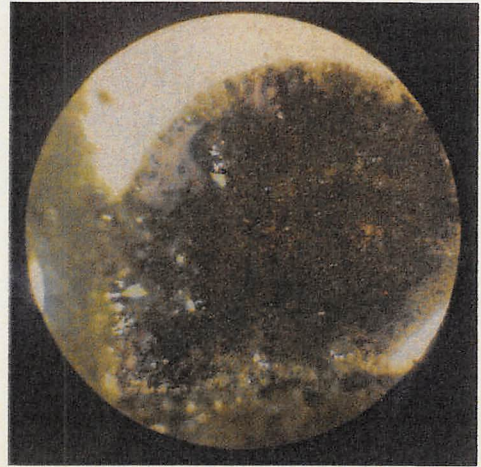


図26 滴下直後の様子

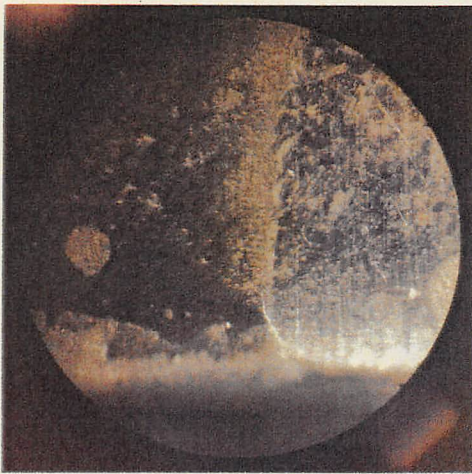


図25 30分後の様子③ (100倍)

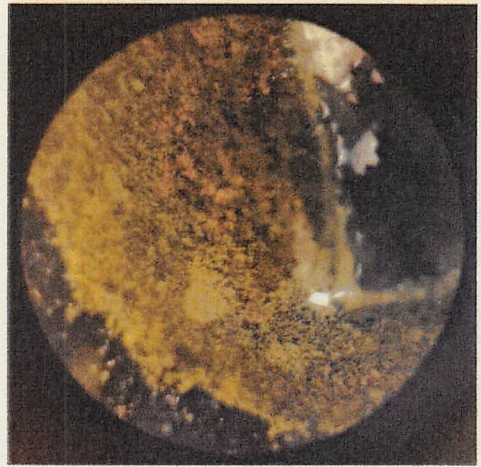


図27 10分後の様子

滴下直後より、はっきりと赤色の物質が析出していることを観察することができる。また、30分経過することで、銅であることに加え、第1時の時と同様に金属樹が生成していることが観察できる。濃度を濃くすることで、はっきりと銅であると結論を出すことができる結果となることがわかった。

亜鉛板が削れていることに関しても、30分経過することで、濃度が薄い時に比べるとより削れている様子を確認することができる。硫酸銅水溶液を滴下したところと、滴下していないところを比較させると、より結果を観察しやすい。

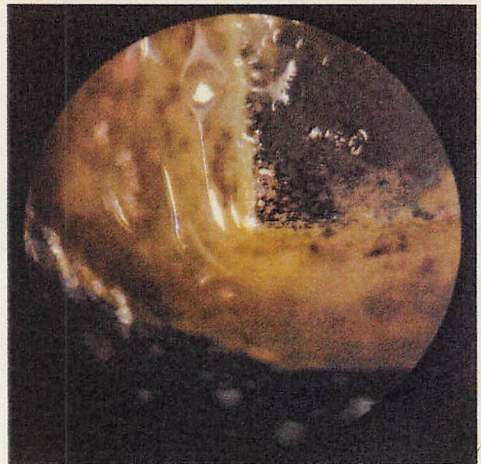


図28 30分後の様子①

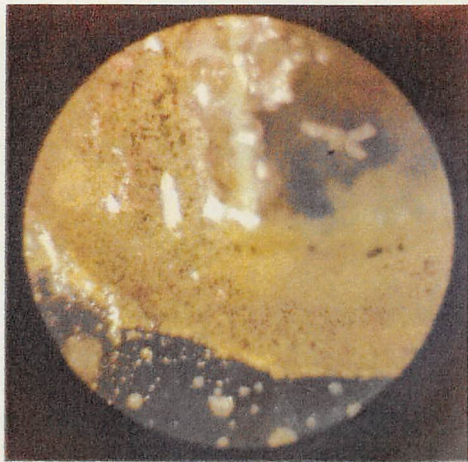


図29 30分後の様子②

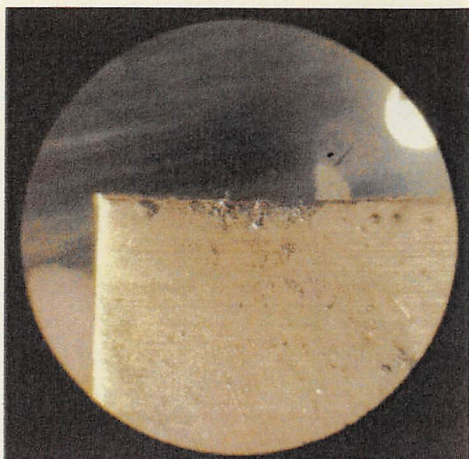


図30 30分後の様子③ (40倍)

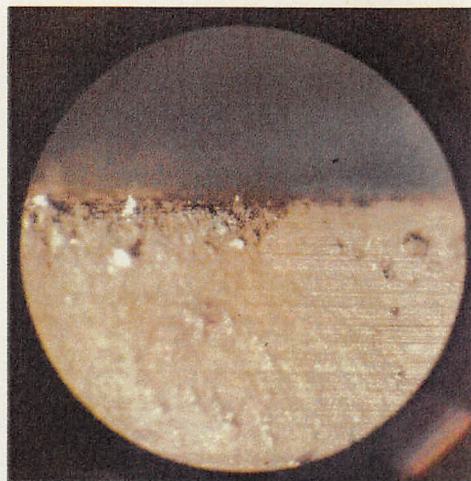


図31 30分後の様子 (100倍)

滴下直後より、激しく発砲した。濃度を濃くしたため、発泡の様子もより激しい。しかし、黒色の物質が析出していることもはっきりと観察できた。発泡する現象は、今回観察したい現象とは全く関係がないため、その現象に着目する生徒が出てくる可能性が高くなる。(濃度が薄くても発泡するため、気にする必要もないかもしれない。) 10分経過すれば、銅特有の金属光沢を観察することができ、結論を導き出すのに十分な結果を得ることができると考えられる。

マグネシウム板が削れていることに関しても、30分経過することで、倍率100倍で濃度が薄い時に比べると削れている様子を確認することができる。硫酸銅水溶液を滴下したところと、滴下していないところを比較させると、より結果を観察しやすい。

【7%硫酸亜鉛水溶液にマグネシウム片を滴下】
7%硫酸亜鉛水溶液がなく、実践できていない。

5 双眼実態顕微鏡で観察する

実際の実験で、スライドガラスを一つ一つつくっても良いが、それ相応の準備が必要になる。セルプレートで実験することで、実験準備・操作の手間が省ける。セルプレートを使用すると、顕微鏡での観察ができなくなってしまう。そこで、双眼実態顕微鏡を使用しても、同様の結果を観察できるか試した。

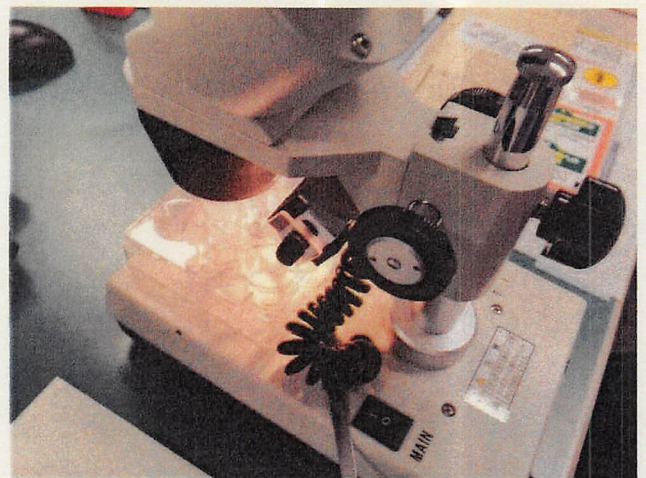


図32 双眼実態顕微鏡とセルプレート

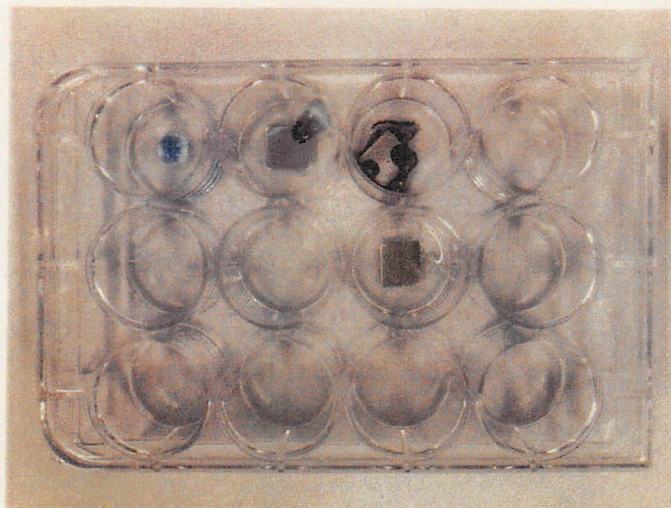


図 3 3 セルプレートで実験している様子

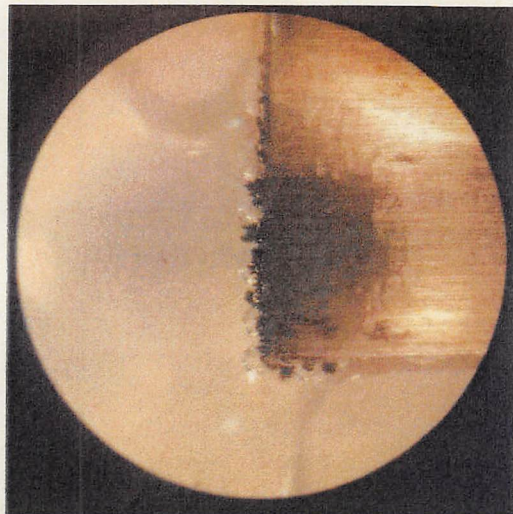


図 3 6 滴下直後の様子
(2%硫酸亜鉛水溶液と Mg 片)

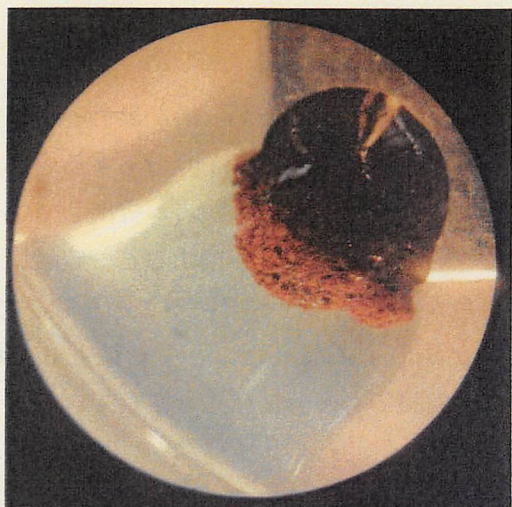


図 3 4 滴下直後の様子
(1.4%硫酸銅水溶液と亜鉛片)

図 3 4 ~ 3 6 より、双眼実体顕微鏡でも十分に結論を導き出すのに必要とする結果を得られることがわかった。

6 肉眼ではダメなのか

顕微鏡で観察すると以下の2点のメリットがあることがわかった。

- ① 金属イオンが金属原子になる。
- ② 金属原子が金属イオンになる。

しかし、本当に顕微鏡でなくてはいけないのだろうか。ここで、肉眼で観察できる現象の変化を以下に示す。

【1.4%硫酸銅水溶液を亜鉛片に滴下】



図 3 5 滴下直後の様子
(1.4%硫酸銅水溶液と Mg 片)

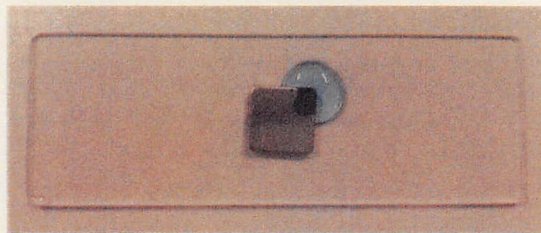


図 3 7 滴下直後

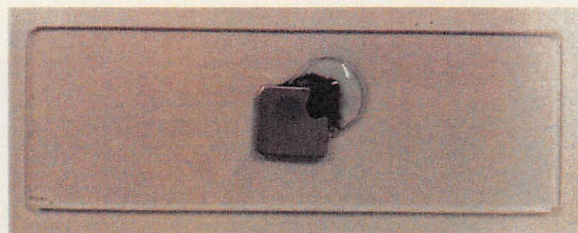


図 3 8 10分後の様子

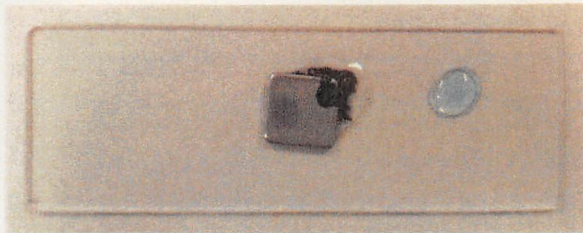


図39 30分後の様子①

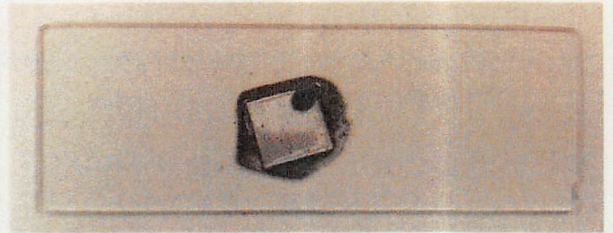


図43 滴下30分後の様子①

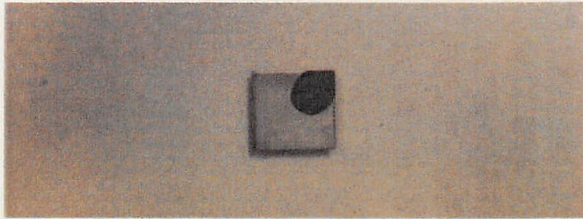


図40 30分後の様子②

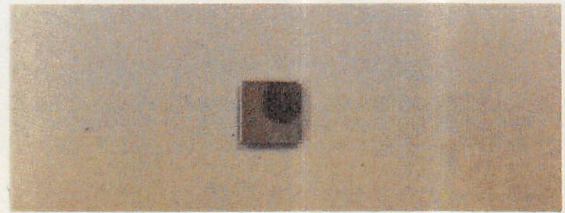


図44 滴下30分後の様子②

肉眼では、滴下直後に亜鉛片が黒く変色することしか観察できない。しかし、10分以降では、赤色の物質が析出している様子を観察することができる。また、30分経過すると、硫酸銅水溶液の色が青色から無色に変色していることも観察できる。銅イオンが銅原子になったことを結論として導き出すのに、肉眼でも十分に観察できることがわかる。

亜鉛片の削れ具合について、肉眼では亜鉛片が削れていると判断することは非常に難しいと思われる。表面に何か変化があったぐらいが落とし所だろうか。

【14%硫酸銅水溶液をマグネシウム片に滴下】

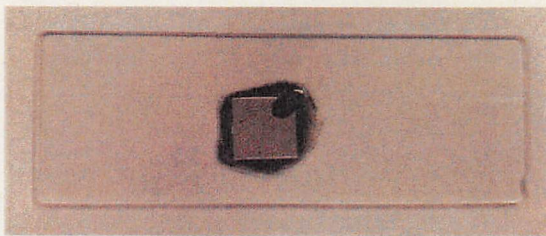


図41 滴下直後

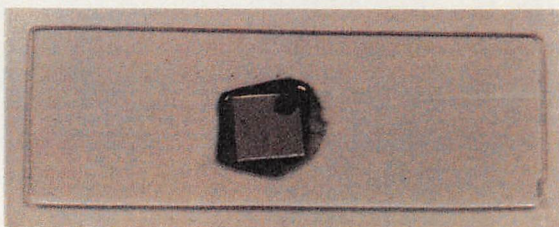


図42 10分後

滴下直後より、滴下直後から何か黒色のものが析出している様子が確認できる。10分もすると、光のあたり具合によっては、赤色の物質が析出していることが確認できる。また、よく観察すると、硫酸銅水溶液の色が青色から無色になっていることも確認できる。銅イオンが銅原子になったことを結論として導き出すために、肉眼でも十分に結果を観察できることがわかる。

亜鉛片の削れ具合について、肉眼では亜鉛片が削れていると判断することは非常に難しいと思われる。表面に何か変化があったぐらいが落とし所だろうか。

【2%硫酸亜鉛水溶液をマグネシウム片に滴下】

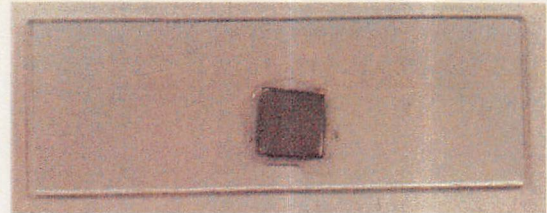


図45 滴下直後の様子

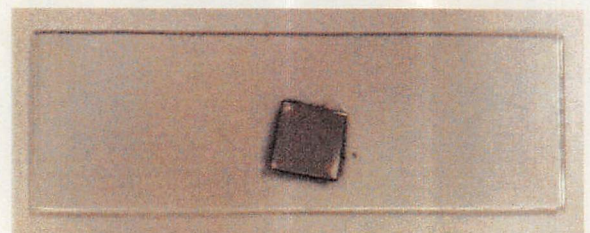


図46 30分後の様子①

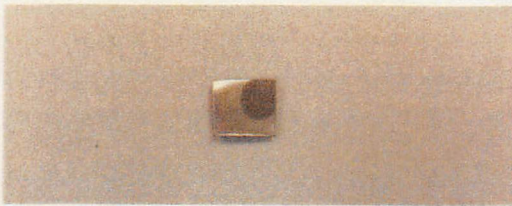


図47 30分後の様子②

滴下直後、マグネシウム片が発泡すると同時に、何か灰色の物質が析出していることが確認できる。30分も経過すると、灰色の金属樹が析出していることが確認できるため、亜鉛イオンが亜鉛原子になったと結論を導き出すために、十分な結果が観察できると言える。

マグネシウム片の削れ具合について、肉眼では亜鉛片が削れていると判断することは非常に難しいと思われる。表面に何か変化があったぐらいが落とし所だろうか。

7 成果と課題

本研究で試した3つの方法は、以下の通りであった。

- ① 1日反応させたものを観察させる方法
- ② 顕微鏡（双眼実体顕微鏡）を使用する方法
- ③ 肉眼で観察する方法

①～③の全ての方法で、金属イオンが金属原子となり、析出している様子を観察できることがわかった。つまり、生徒がどの探究の過程を踏まえても、とりあえずは結論を導き出すことができることが考えられる。探究の過程を振り返る際に、多面的な思考が促され、理解がより深いものになると考えられる。

一方、課題も見られた。いずれの方法においても、金属原子が金属イオンになったと判断できる十分な結果が得られなかったということだ。現段階で言えることは、次の点である。

- ① 顕微鏡で観察した結果、生徒が金属片が削れていると判断することができる。
- ② 顕微鏡で観察した結果、金属片がボロボロになったという事実から、金属原子が金属イオンになったと判断することができる。
- ③ 1日反応させた金属片を予め教師が用意しておき、その結果を共有する。

いずれにせよ、肉眼での授業時間内の観察では、金属片が削れていると判断することは難しそうである。

上記①～③のいずれかの方法で、生徒が金属原子が金属イオンになったことを見いだすことができるか、実践報告が望まれる。

また、金属片ではなく、肉眼で金属が削れている様子を観察できる実験方法が開発されることも望まれる。

8 おわりに

本実験は、生徒が実験計画をした後に行う実験となる。生徒自身が、予想される結果と結論の導き方を考えた上で実験に取り組むことが考えられるため、その現象がしっかりと確認できる実験方法を教員が用意しておきたい。

今回の結果より、金属イオンが金属原子になる事実は、様々な過程から探究することがわかったため、生徒の発想に任せて、実験に取り組ませたい。そうすることで、生徒の探究がより深いものになると考えられる。

最悪、金属原子が金属イオンになったという事実がなくても、金属のイオンへのなりやすさを導くことができる。（金属イオンが金属原子になったということは、電子を放出するもの、つまり金属原子が金属イオンになる必要があることを、生徒は学習済みであるため。）だからこそ、金属原子が金属イオンになったという事実を探究しようとする生徒の姿に期待したい。そうすることで、理解がより深くなると考えられる。

今後、実際に実践をしてみて、生徒がどの程度まで探究しようとするのか、また、これらの結果から生徒は結論を導き出すことが本当にできるのか、報告されることが望まれる。

9 参考文献

- 1) 文部科学省(2018)中学校学習指導要領(平成29年告示)解説理科編
- 2) 後藤顕一ら(2017)「中学校学習指導要領の展開」, 明治図書, pp.162-169
- 3) 宮内卓也「金属イオンへのなりやすさとダニエル電池の製作」化学と教育 2019,67 pp.78-79
- 4) 佐久間直也「金属イオンへのなりやすさを取り入れた単元の構想と実践」2020