

ボルタの電池の亜鉛の溶解反応の可視化

鈴木浩太郎¹⁾ 林 英子^{*2)}

¹⁾千葉大学教育学部・学部生 ²⁾千葉大学・教育学部

Visualization experiments of the reaction of voltaic cell

SUZUKI Koutarou¹⁾ HAYASHI Hideko^{*2)}

¹⁾Faculty of Education, Chiba University, Student ²⁾Faculty of Education, Chiba University

ボルタの電池の反応は、正極での水素の発生については実感が湧くが、負極での亜鉛の溶解は、亜鉛イオンが無色であることもあり実感が湧きづらい。この電池の亜鉛の溶解反応を、キレート金属指示薬であるキシレノールオレンジを使って可視化した。60分間の映像を12秒間に圧縮して観察すると、亜鉛の自己溶解反応に加えて、電池反応による亜鉛の溶解の促進が観察された。電池の電流が外部回路を流れるのに対応して、電解質溶液内での亜鉛イオンの移動が観察された。

キーワード：ボルタの電池 (voltaic cell) 実験観察教材 (experimental teaching material)
亜鉛の溶解 (dissolution of zinc) 可視化 (visualizing chemistry)

1. はじめに

平成20年の中学校の学習指導要領の改訂では、第一分野の内容に「(6) 化学変化とイオン」が新たに加わり、イオンについての学習が復活した¹⁾。これにともない電池の内容の取り扱いにおいても、電極で起こる反応を中心に扱うことという記述が加えられた。指導要領改訂前から、現在と同様に電極として亜鉛板と銅板、電解質として塩酸や食塩水、果物などを用いたボルタ型の電池が扱われていたが、イオンについての学習を行わないため、電気エネルギーが取りだせると言うことの観察のみが行われていた²⁾。現在は、水素イオンを含む電解質水溶液中でのメカニズムが、「①金属亜鉛が電子を放出して亜鉛イオンになり、②亜鉛から放出された電子は導線を通して銅板の方に向かう、③銅板に移動した電子を水素イオンが受け取って水素原子になる。水素原子が2個結びついて水素分子になる。」との記述とともに模式図として説明されている³⁾。実験の観察を行う場合、正極の銅板上での水素の発生については、肉眼で観察可能なため実感が湧くが、負極での亜鉛の溶解反応については亜鉛イオンが無色であることから、イメージが湧きづらい。

理科の中でも化学分野を教える場合、目に見えない原子や分子やイオン、および、電子について、いかに実感をもって理解出来るように指導するかということが重要と考えられる。亜鉛イオンは無色であるが、キレート滴定用の金属指示薬を用いれば、その色の変化によって存在を示すことができる。本研究では、ボルタの電池における亜鉛の溶解反応を、金属指示薬を用いて可視化する条件の検討を行った。その結果、通常のボルタの電池よりもpHが高く亜鉛の溶解速度の遅い条件において、撮影した写真を時間を縮めて連続再生することで、亜鉛の

溶解を映像化することができた。この映像からボルタの電池の亜鉛の溶解について考察を行った。電解質溶液中における、外部回路の電流に対応するイオンの移動も可視化されたので報告する。

2. 実験

実験の概要は以下の通りである。金属指示薬を加えた電解質溶液中に、銅板と亜鉛板を電極としてセットし、亜鉛の溶解による金属指示薬の呈色を観察した。金属指示薬には市販されているキレート指示薬の中で、もっともpHの低い領域まで亜鉛と呈色するものを探索し、キシレノールオレンジ (以下XOと略記する) を用いることとした。亜鉛の溶解反応について、両電極板間に導通がある場合とない場合で比較を行った。

2.1 XOの使用条件の確認

キレート指示薬はpHと金属イオンとの結合の両方によって色が変化するため、最初にpHを変化させて亜鉛イオンと未反応のXOの色と、亜鉛と呈色した場合の色の確認を行った。5×10⁻²～5×10⁻⁷mol/Lの濃度範囲で、10倍ずつ濃度が異なる6種類の希硫酸を5mLずつ試験管にとり、それぞれの試験管に0.1w/w%のXO水溶液を1滴加え、反応前のXOの色を確認した。さらに0.01mol/Lの硫酸亜鉛水溶液を0.05mLずつ2回加え、反応後の色を確認した。空気による酸化の防止剤として使用したアスコルビン酸 (ビタミンC) および亜硫酸ナトリウムの水溶液にXOを加えた場合の呈色についても確認を行った。

2.2 ボルタ電池における反応の観察

2.1の結果から、MOの呈色可能なpH4以上の電解液として、pH4.4緩衝液⁴⁾(酢酸、酢酸ナトリウムを、それぞれ0.06mol/L, 0.03mol/Lの濃度で含有)、5.0×10⁻⁵

*連絡先著者：林 英子

*Corresponding author :

mol/Lの希硫酸, 1.0mol/Lの塩化ナトリウム水溶液を用いた。これらの電解液200mLに0.1w/w%のXO水溶液を20滴加え観察を行った。銅板の空気酸化により銅イオンが生成するため, 銅イオンによる呈色が見られた電解液においては, アスコルビン酸および亜硫酸ナトリウムを酸化防止剤として添加した。

写真1に観察用に作成した器具を示す。電解質を入れる容器は, 直方体のスチロール製で, 銅板と亜鉛板は木製スペーサーに固定し毎回同じ電極間距離となるようにした。銅板と亜鉛板はナリカ社から購入した電池実験用電極板(サイズ45mm×150mm)を使用直前に磨いて用いた。銅板については, 磨いた後にアスコルビン酸0.2gを溶かした 5.0×10^{-4} mol/Lの希硫酸に20~40分程度浸漬し, 空気酸化により生じる銅イオンを極力除去した。電極板はスペーサーに固定し, 長辺の長さが32.5mmの位置まで電解質溶液に浸漬した。

観察は, 電解液に電極をセットした直後から, デジタルカメラを用いて18秒間隔で60分間のインターバル撮影を行った。撮影した写真からMicrosoft Windows Live Movie Maker を使用して, 0.03秒/1コマで12秒間の動画を作成した。

亜鉛は水溶液中で電池の自己放電に相当する自己溶解を起こす。そのため, ボルタの電池における亜鉛の溶解反応は, 銅板との電気的な導通のない場合(自己溶解のみ)と導通した場合(自己溶解+電池反応)とを撮影し

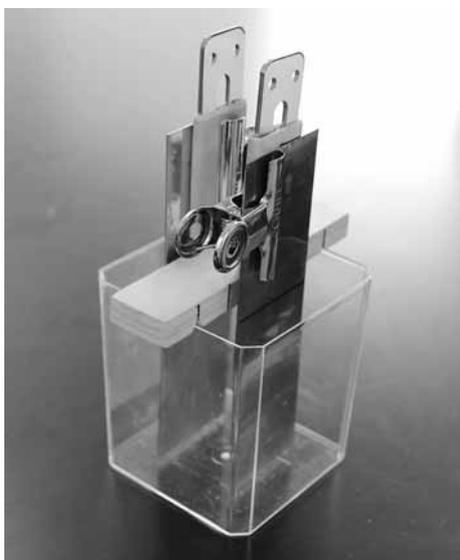


写真1 作成した観察用ボルタの電池

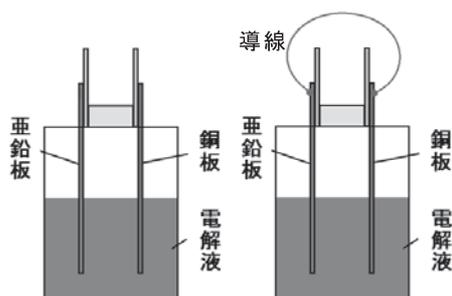


図1 撮影時のボルタの電池の模式図
(a)導通無しの場合 (b)導通有り(短絡)

動画にして比較することで行った。導通の有り無しの場合の模式図を図1に示す。導通の無い場合は, 亜鉛板と銅板は独立であるため, 電気化学的には銅板を溶液に入れる必要は無い。しかし, XOの着色部分が電解質溶液全体に広がるときの条件を同一にするため, 導通しない場合においても銅板を設置した。

亜鉛板と銅板間を導通した場合の短絡電流は, シュリンクス社製ポテンシヨ/ガルバノスタットSDPS-511Cのポテンシヨスタットにおいて電圧を0Vに設定して測定した。

3. 結果

3.1 XOの使用条件の確認

XOは, 亜鉛イオンの存在しない場合は, 全ての濃度の希硫酸で黄色を示した。亜鉛イオンを加えると, 5×10^{-4} mol/Lより高濃度の希硫酸では黄色のまま変化せず 5×10^{-5} mol/Lの希硫酸では赤橙色を呈し, 5×10^{-6} mol/Lより薄い場合は赤紫色を示した。このため, 用いる電解質溶液はpH4以上のものとする事とした。

酸化防止剤として用いたアスコルビン酸水溶液(濃度 6×10^{-3} mol/L)の場合は, pH4以下となり, 亜鉛イオンを加えるとわずかに赤みを帯びたがほぼ黄色のまま変化しなかった。同じ濃度の亜硫酸ナトリウムの場合は, 亜鉛イオンを加える前の段階で, XOのpH6以上における色である赤紫色を呈した。このことから, 酸化防止剤を添加する場合には, アスコルビン酸と亜硫酸ナトリウムをそれぞれ単独で用いるのではなく, 両者を混合して, XOの至適pH範囲内において使用することとした。

3.2 ボルタ電池における反応の観察

18秒間隔の60分間の撮影を12秒間に時間を短縮して観察を行ったところ, 亜鉛板と銅板を導通していない場合と, 導通している場合に, XOの黄色から赤紫色への変色の速さに明らかな違いが観察され, 電池反応に伴う亜鉛の溶解が確認された。映像で観察すると, XOの呈色部分の拡散挙動にも, 導通した場合としていない場合で顕著な違いが見られた。

写真2~5には, 導通していない場合と導通した場合について, 電解液に電極をセット後, 0分, 12分, 24分, 36分, 48分, および, 60分における写真を示した。以下に, 各電解質における結果を記す。

3.2.1 pH4.4緩衝液

(a) 導通無しの場合(写真2(a))

亜鉛板の表面全体からのXOの赤紫色への変色が起こり, 変色した部分は容器の底に沈んだ後に, 亜鉛板の左側では容器壁との間に滞留し, その後, 容器壁に沿って赤紫色の部分が上部に流れ, 渦巻いていることが観察された。亜鉛板の右側では, 亜鉛板と銅板の間で着色部分が上下に渦を巻き, XOの呈色部分は銅板の右側の部分まで全体に薄く広がった。全体的にみると, XOの変色部分の広がりには亜鉛板側に偏っていた。50分ごろから, 亜鉛板に少量の気泡の付着が観察された

(b) 導通有りの場合(写真2(b))

非導通の場合に較べて, 全体に広がる速度が速かった。

ボルタの電池の亜鉛の溶解反応の可視化

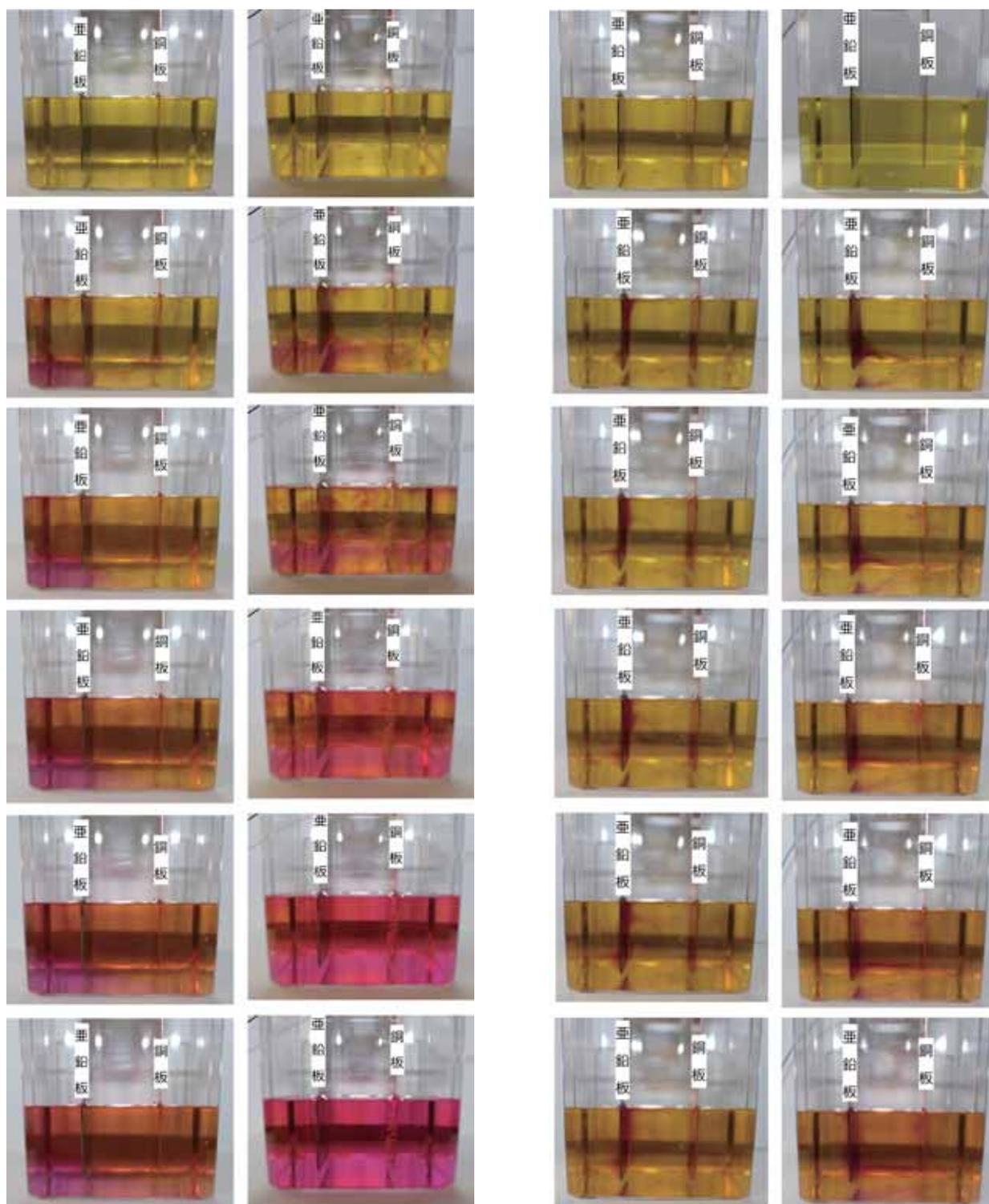


写真2 pH4.4緩衝溶液を電解液としたボルタの電池
(a)導通無し, (b)短絡, 左側の電極が亜鉛板
上から経過時間が0分, 12分, 24分, 36分, 48分, 60分のもの。

写真3 濃度 5×10^{-5} mol/L 希硫酸を電解液としたボルタの電池
(a)導通無し (b)短絡
経過時間等は写真2に同じ。

変色部分の広がり方は, まず亜鉛板表面全体からのXOの変色が起こり, 変色した部分は容器の底に沈んだ後に, 銅板側に引きつけられるように移動した。60分ほどで溶液全体が赤紫色となった。銅板上に気泡の発生が見られた。

3.2.2 5.0×10^{-5} mol/L 希硫酸

(a) 導通無しの場合 (写真3(a))

主に亜鉛板の周りのみが変色し, 電解液全体が一様な色になることはなかった。また, 銅板上にもわずかに銅イオンによると思われる変色が見られた。亜鉛板上にお

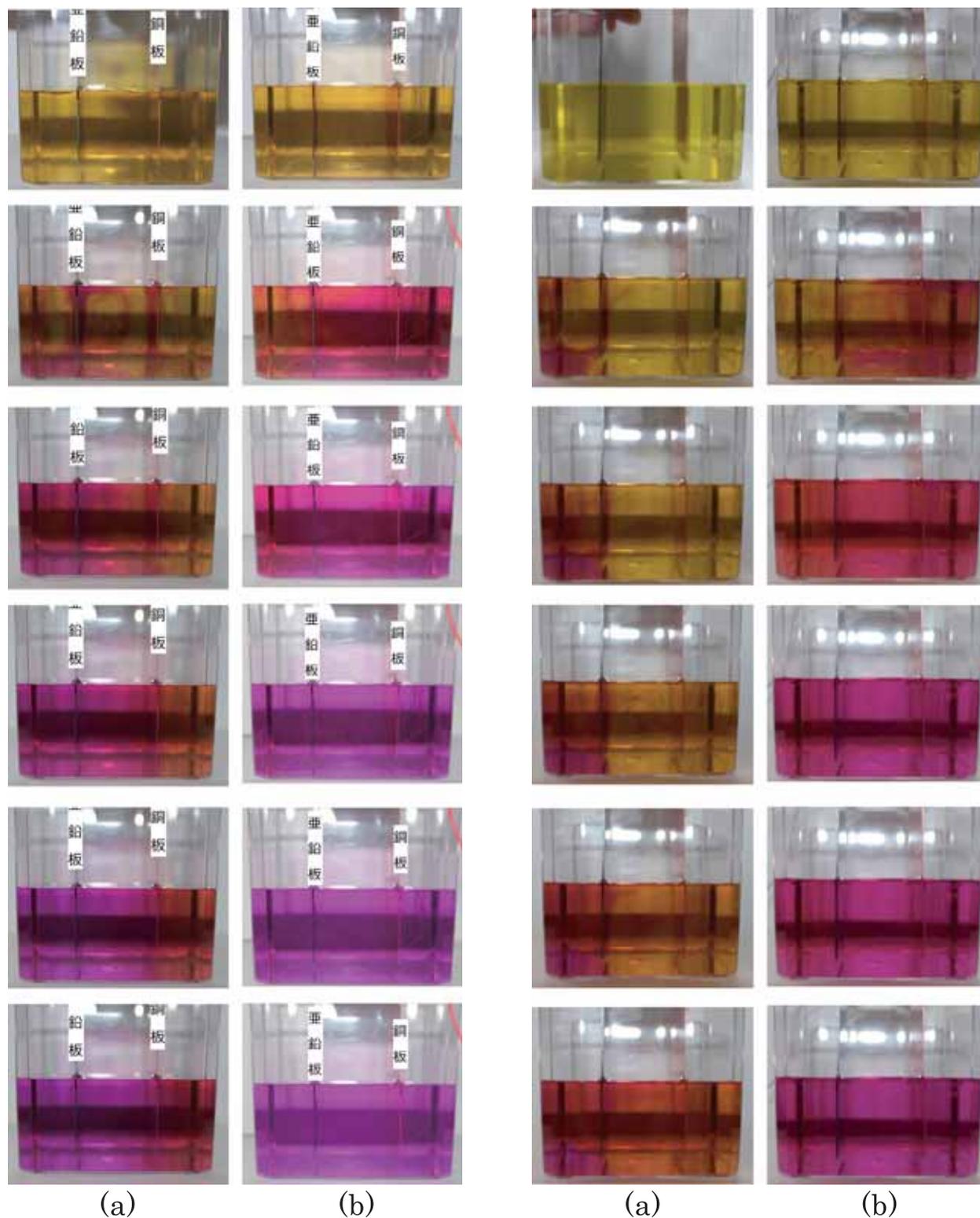


写真4 濃度 1 mol/Lの塩化ナトリウム水溶液を電解液としたボルタの電池
(a)導通無し (b)短絡
経過時間などは写真2に同じ。

写真5 還元剤を添加した塩化ナトリウム水溶液を電解液としたボルタの電池
(a)導通無し (b)短絡
経過時間などは写真2に同じ。

ける気体の発生は見られなかった。

(b) 導通有りの場合 (写真3(b))

導通しない場合と同様に亜鉛板の周りが変化したがる、導通した場合は変色量が大きかった。亜鉛板の周りの変色した部分が、銅板側に引きつけられるように移動した。

60分の時点でも、銅板上に気体の発生は観察されなかった。

3.2.3 1.0mol/L塩化ナトリウム水溶液

導通有り無しともに、上記2つの電荷質溶液に比べて変色が速かった。また、銅板上からの変色も観察された。

(a) 導通無しの場合 (写真4(a))

亜鉛板側から、電解液全体に変色部分が広がった。銅板上からも変色が見られた。亜鉛板上における気体の発生は見られなかった。

(b) 導通有りの場合 (写真4(b))

導通しない場合に比べ変色部分の広がりにはさらに速くなった。銅板からも赤紫色の呈色が見られた。亜鉛板付近の変色した部分は銅板側に引きつけられるように移動し、全体が紫色となった。亜鉛板上、および、銅板上のどちらにも気泡の発生は見られなかった。24分(3枚目)以降では、紫色の発色が青みがかった色調を示していた。

3.2.4 還元剤を含む1.0mol/L塩化ナトリウム水溶液

3.2.3において、導通無し、導通有りの両方ともに、銅板上からの変色が見られたため、還元剤として、アスコルビン酸および亜硫酸ナトリウムをそれぞれ 6×10^{-3} mol/Lの濃度になるように添加したところ、銅板からの呈色は押さえられた。

(a) 導通無しの場合 (写真5(a))

亜鉛板の左側が先に赤紫色になり、亜鉛板と銅板の間にも薄く赤紫色が広がり、全体に拡散していった。亜鉛板上における気体の発生は見られなかった。

(b) 導通有りの場合 (写真5(b))

亜鉛板上からのXOの呈色した部分が、銅板側に引きつけられて流れとなって移動する様子(12分、上から2枚目)が観察された。映像では流れが渦を巻くような形で全体に赤紫色が広がっていた。亜鉛板上、および、銅板上のどちらにも気泡の発生は見られなかった。

3.2.5 ボルタの電池の電流値

図2に各電解質を用いたボルタの電池において、銅板と亜鉛板を導通している場合に外部回路を流れる電流値(短絡電流)の経時変化を示す。30分ほど経過すると電流値はほぼ一定となった、濃度 6×10^{-3} mol/Lのアスコルビン酸および亜硫酸ナトリウムを含む1 mol/L NaCl水溶液とpH4.4緩衝液は同程度の電流値であり、1 mol/L NaCl水溶液、 5.0×10^{-5} mol/Lの希硫酸の順で小さく

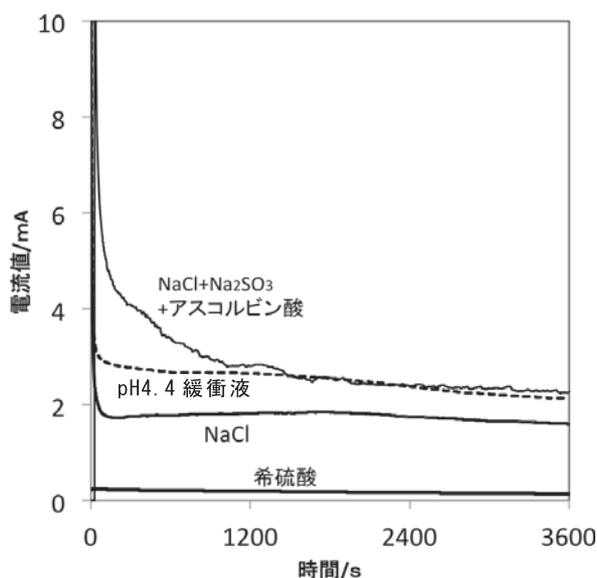


図2 電解質の異なるボルタの電池の電流値の時間変化 (電極面積29.3cm²)

なった。

4. 考 察

4.1 導通の有無による違いについて (電池反応の確認)

動画の観察により、pH4.4緩衝液、 5.0×10^{-5} mol/Lの希硫酸、1.0mol/Lの塩化ナトリウム水溶液、還元剤を加えた1.0mol/Lの塩化ナトリウム水溶液の4種類の電解質溶液において、導通のない場合にも亜鉛の自己溶解反応によるXOの呈色が確認された。また、導通した場合には、どの電解質溶液においても自己溶解に加えて電池としての亜鉛の溶解反応によるXOの呈色を確認出来た。

導通していない場合には、1.0mol/Lの塩化ナトリウム水溶液の場合を除き、XOの変色部分は亜鉛板の回りに滞留していたが、導通している場合にはXOの呈色部分が銅板側に引きつけられるように移動する様子が観察された。導通している場合には、亜鉛の溶解に伴い放出された電子が、外部回路を通して銅板上に移動するため、銅板は負の電荷を持っている。溶液内の電氣的偏りを解消するため、外部回路の電子の移動に対応したXOと結合した亜鉛イオンの移動が視覚的に確認出来た。この現象はイオンとそれを囲む溶液の移動である電気泳動であると考えられる。

水素の発生についてはpH4.4緩衝液においてのみ観察された。非導通の場合には亜鉛板上で亜鉛の自己溶解による水素の気泡が50分付近で観察され、導通した場合には銅板上において60分付近で観察され、亜鉛板上では観察されなくなった。この10分間のずれは、以下のように考えられる。亜鉛の溶解により発生した水素は、今回は50分ほど蓄積されると気泡としてみられるようになった。しかし、導通した場合には、電子の一部が銅板に移動せず、亜鉛板上での水素の発生(自己溶解)に使われたと考えられる。この亜鉛板上での水素の発生は、肉眼で確認するには少なかったが、その分、銅板上での水素の発生量が減り、肉眼で確認出来る量になるまでに時間を要したものと思われる。

4.2 ボルタの電池の短絡電流について

ボルタの電池では、もともと大きな電流が流れないため、短絡電流を測定した。図2に示すように30分ほどで一定になった短絡電流値は、亜鉛の溶解もしくは銅板上で進む還元反応のどちらかが律速反応の定常状態になっているものと考えられる。一般的にボルタの電池は、銅板上からの水素の発生が律速になり、分極が起こっていると言われている。通常の酸を用いたボルタの電池では、亜鉛が自己溶解して激しく水素を発生している状況で行われているため、律速段階は亜鉛の溶解ではなく銅板上での水素の発生にある。このような場合は、銅板を酸化銅にしたり、過酸化水素などを添加し、銅板上での還元反応を水素の発生以外のものに代えることで電流が大きくなる。これに対して、今回の 5.0×10^{-5} mol/Lの希硫酸の電流値が小さい原因は、亜鉛の溶解が速度が小さいためである。硫酸の濃度が低く、緩衝作用もないため亜鉛の溶解反応が起こるとpHが高くなり、さらに溶解速度

が遅くなる。これに加え、電解質濃度が低いと電解質溶液の内部抵抗が大きく電池の分極がおこることも考えられる。 $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ の希硫酸と比べて 1.0 mol/L の塩化ナトリウム水溶液の電流値が大きいことは、電解質濃度が高いため、電池の内部抵抗が小さいことが原因であると考えられる。

一方、 1.0 mol/L の塩化ナトリウム水溶液とpH4.4の緩衝液の短絡電流値を比較すると、pH4.4の緩衝液の方が大きい。pH4.4の緩衝液は、酢酸、酢酸ナトリウムを、それぞれ 0.06 mol/L 、 0.03 mol/L の濃度で含有し、 1.0 mol/L の塩化ナトリウム水溶液と比較すると電解質濃度は10倍程度小さい。一方、 1.0 mol/L の塩化ナトリウム水溶液のpHは空気中の二酸化炭素の飽和した5.6付近であり、pH4.4緩衝液よりも高い。 1.0 mol/L の塩化ナトリウム水溶液の方が電流値が小さいことは、電解質濃度の効果よりも、水素イオン濃度が高い方が、電池として外部回路に電流を多く取り出すことが出来たと考えられる。また、 1.0 mol/L の塩化ナトリウム溶液では、緩衝作用がなく、亜鉛の溶解に伴い、pHが6以上に上昇していることがXOの紫色が青みがかかる色調変化からわかる(写真4(b))。水素の発生から亜鉛の溶解について考えると、pH4.4緩衝液の場合においてのみ、導通していない場合は亜鉛板から、導通している場合は銅板から水素が発生した。水素イオン濃度が緩衝作用でpH4.4に維持されていたことにより、亜鉛の溶解による水素イオンへの電子の受け渡しの反応(非導通時は亜鉛上で、導通時は銅板上で)が維持されていたものと考えられる。 1.0 mol/L 塩化ナトリウム水溶液では、亜鉛は両性金属であるため、低水素イオン濃度の場合は水を還元し、水素を放出する。pH4.4緩衝液においては50分以上経過した後に気泡が確認出来たが、 1.0 mol/L 塩化ナトリウム水溶液では、電流値もpH4.4緩衝液に比べて低く亜鉛の溶解が遅いため、60分では水素の発生を気泡としては確認出来なかったものと思われる。アスコルビン酸と、亜硫酸ナトリウムを同時に添加した 1.0 mol/L 塩化ナトリウム水溶液では、定常状態での電流値はpH4.4緩衝液と同程度であったが、銅板上からも亜鉛板上からも水素ガスの発生は認められなかった。空気酸化された還元剤が電子を受け取るなど、何らかの働きをしているものと考えられるが、現段階では詳細についてはわからない。

4.3 XOの呈色と電解質溶液のpHおよび還元剤の添加について

XOは、1分子中に解離しうるプロトンをもつ6個持っており、 H_6I (Iは指示薬分子を示す)と示される。酸解離定数は $\text{pK}_{\text{a}1}=1.15$ 、 $\text{pK}_{\text{a}2}=2.58$ 、 $\text{pK}_{\text{a}3}=3.23$ 、 $\text{pK}_{\text{a}4}=6.40$ 、 $\text{pK}_{\text{a}5}=10.46$ 、 $\text{pK}_{\text{a}6}=12.58$ 、である。pH6以上では色素自身が金属イオンとの呈色と類似の紫色を呈し、pH6以下でのみキレート指示薬として使用できる⁵⁾。pHが低くなると、金属イオンとプロトンとの結合が競争的になるため、XOは呈色可能なpH6以下において、pHが高い方が指示薬と金属イオンの結合が起りやすく、金属イオンが少量でも発色する。

還元剤を加えていない塩化ナトリウム溶液においては、短絡電流値はpH4.4緩衝液よりも小さかったが、XOの

呈色の度合いは大きかった。還元剤を加えていない塩化ナトリウム水溶液は4つの電解質溶液の中で一番pHが高いため、亜鉛の溶解量は少ないものの、XOの発色ははっきり見えたものと考えられる。XOの発色はpHの影響を受けるため、異なるpHの溶液の場合、呈色の強さは必ずしも亜鉛の溶解量を反映しない。電池としての亜鉛の溶解量については、外部回路にどれだけ多くの電流を取り出せるかによって判断しなくてはならない。

還元剤を加えていない3種の電解質溶液において、銅板上からのXOの発色を比較すると、pH4.4緩衝液、および、 $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ の希硫酸ではほとんど見られなかったのに対して、 1.0 mol/L の塩化ナトリウム水溶液においてははっきり確認された。XOの指示薬として使用できるpHの下限は、結合する金属の種類により異なり、 Zn^{2+} のpH4に対して Cu^{2+} はpH5までである⁵⁾。このため、pHが5以下のpH4.4緩衝液、および、 $5.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ の希硫酸では銅板上からはほとんどXOによる呈色が見られなかったものと考えられる。塩化ナトリウム水溶液中における銅イオンとXOとの呈色は、酸性の還元剤であるアスコルビン酸と塩基性の還元剤である亜硫酸ナトリウムを組み合わせることで、防ぐことができた。

4.4 映像教材としての利用について

今回のボルタの電池では、XOの呈色領域から電解質溶液のpHが4～6の範囲内において亜鉛の溶解が観察可能であった。pH4.4緩衝液では、導通しない場合には、亜鉛の溶解による赤紫色が観察され、50分ほどで亜鉛板上に水素の気泡が付着した。両極板を導通した場合には赤紫色の呈色が増え、60分ほど経ったときに、銅板上に確認出来る量の水素の気泡が生成した。導通した場合にはXOの呈色部分の電気泳動も観察された。変化に時間がかかることから、生徒が行う実験での観察はできないが、ボルタの電池の学習後に映像として、理解を深めるために使用すると効果的である。

通常のボルタの電池では $0.1 \sim 2 \text{ mol/L}$ 程度の塩酸や硫酸が用いられている。これらの塩酸や硫酸に亜鉛板を入れると、激しく水素を発生する。このとき銅板と導線で繋ぐと銅板からも水素が発生するが、亜鉛板上からの水素の発生の勢いはほとんど変化せず、電池としての反応を確認しづらい。教科書で説明されているボルタの電池の模式図では、亜鉛板上での水素の発生については触れられておらず、実際には観察される亜鉛板からの激しい水素の発生については、別に説明が必要である。

今回のpH4.4緩衝液での映像は、導通しない場合には亜鉛板上で水素の発生が観察され、導通した場合には亜鉛板上では観察されなくなり、銅板上からの水素の発生が観察されるようになった。このため、中学校の教科書に掲載されているボルタの電池のメカニズムの説明の図をこの映像を使って説明可能と考えられる。観察の前に、電解質溶液には亜鉛イオンと結合すると黄色から赤紫色に変化する色素を加えた薄い酸を用いていること、酸の濃度が薄い場合は、亜鉛の溶解が遅くなるため60分間を12秒に圧縮して観察していることなどを先に伝える必要がある。

中学校において電解質溶液として用いられている食塩水においても、亜鉛の溶解と亜鉛イオンの電解質溶液中での動きを可視化することができた。pH4.4緩衝液の場合よりも、食塩水でのXOの呈色が良いことは、食塩水の方がpH4.4緩衝液よりも亜鉛を溶解するような誤解を生じる可能性がある。また、中性付近での亜鉛の溶解反応などの中学校では学習していない内容を説明しなくてはならないため、pH4.4緩衝液の場合の映像と食塩水での映像を同時に見せることについては考慮すべきことが多い。

導通した場合の溶液内でのXOの発色部分の電気泳動を観察することは、正極と負極は電解質溶液を介してつながっていないと電池とならないことの理解につながると考えられる。電池として作用しているときには、外部回路の電子の流れに加えて、電解質内部でもイオンの流れが生じていることも本映像では説明することができる。

5. おわりに

ボルタの電池は、以前は高等学校で電池の学習の導入において取り上げられていた。しかし、この電池で起きている現象は複雑で、説明するには問題点があることが指摘され⁶⁾、現在の高校の教科書ではダニエル電池が導入として用いられている。高校ではボルタの電池は歴史的な側面から触れられるのみとなった。反対に、中学校では、従来は電気が取り出せることのみ扱いであった

ボルタの電池が、指導要領改訂に伴い、電極上での反応が説明されることになった。中学校では起電力について扱わないため、高校で扱われていたときに比べて、問題点は少なくなったと考えられる。しかし、実際に観察するボルタの電池では、亜鉛板上で溶解による激しい水素の発生が起こっていることもあり、教科書での電極上での反応の説明図では実際の観察と対応させられない部分がある。本報告で作成したボルタの電池の動画では、亜鉛板から亜鉛イオンが溶け出し、電解質溶液中で亜鉛イオンが移動することを可視化できた。今後は、web上などで作成した動画を公開し、電池反応の理解に役立つことを確かめたい。

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.
- 2) 例えば, 文部科学省検定済教科書, 中学校理科用 新版中学校理科 1分野下, 大日本図書, 平成20年2月発行.
- 3) 例えば, 文部科学省検定済教科書, 中学校理科用 中学校科学3, 学校図書, p. 109, 平成24年2月発行.
- 4) 日本化学会編, 化学便覧 基礎編II, 丸善 (1966).
- 5) 上野景平, キレート滴定法, 南江堂 (1972).
- 6) 坪村 宏, 化学と教育, 46, 632-625 (1998).