

電極と電解質水溶液の関係

静岡県立清水東高等学校
自然科学部化学班 2年 柴田歩夢 山口碧月

1 研究動機

本研究を始めるにあたって先行研究を調べている時、塩基性の電解質水溶液を使った電池の研究がなかったため酸性・中性・塩基性の三種類の電解質水溶液を使って電圧の変化を調べたいと思ったため研究を行うことにした。

2 実験 1

(1) 目的 電極、電解質水溶液の種類及び電解質水溶液のモル濃度を変化させることによる電圧の変化を調べる。

(2) 方法 ア 電解質水溶液を作製した。

※電解質水溶液の種類：酸性は硫酸、中性は塩化ナトリウム水溶液、塩基性は水酸化ナトリウム水溶液とした。

※電解質水溶液のモル濃度：0.10mol/L、0.50mol/L、1.0mol/Lとした。

イ 電解質水溶液に電極を入れた。

※電極の組み合わせ：亜鉛と銅、アルミニウムと銅とした。

※電極を電解質水溶液につける面積を揃えるために、つける電極の長さを 1.5cm とした。

ウ 電圧を測定した。

※電圧を測定するタイミングを揃えるために、電極を電解質水溶液に入れてから 1 分後の電圧を測定した。

※今回の実験は再現性を高めるために、各電極、電解質水溶液の種類、モル濃度につき最低 5 回実験を行った。

(3) 仮説 電解質水溶液の価数が大きい方が大きい電圧を出すことができる。

電極の標準電極電位の差が大きいほど大きい電圧を出すことができる。

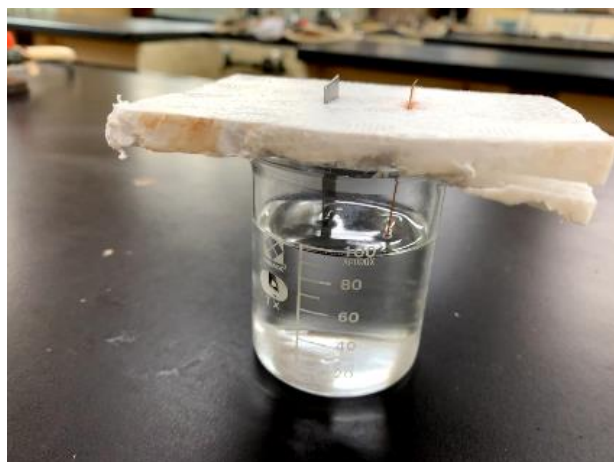
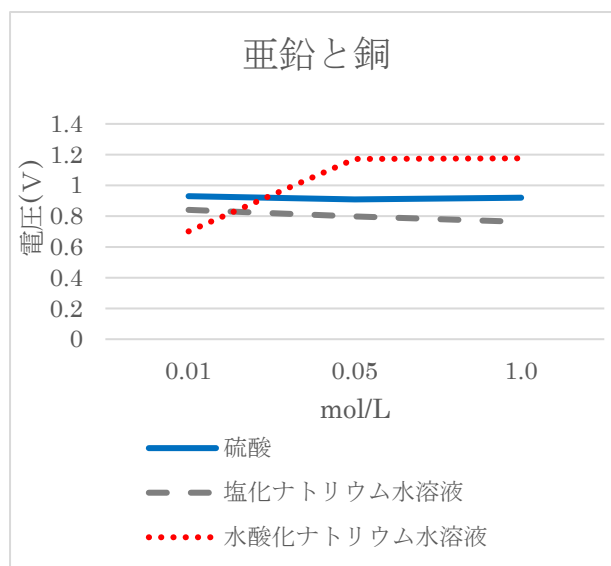
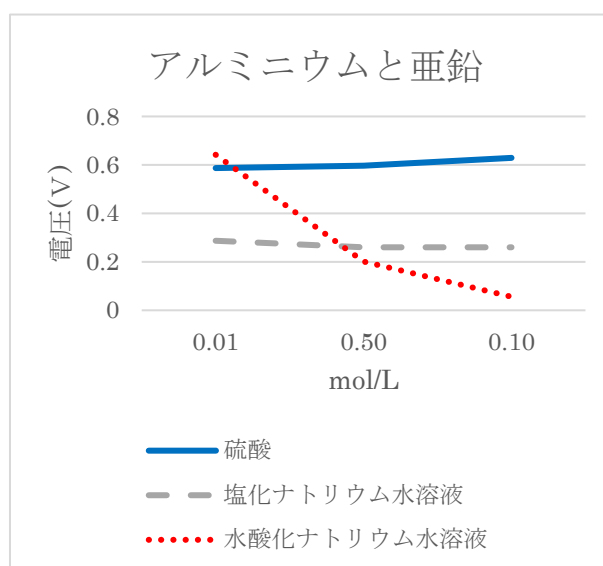


図 1 実験 1 の様子

(4) 結果



グラフ1 亜鉛と銅



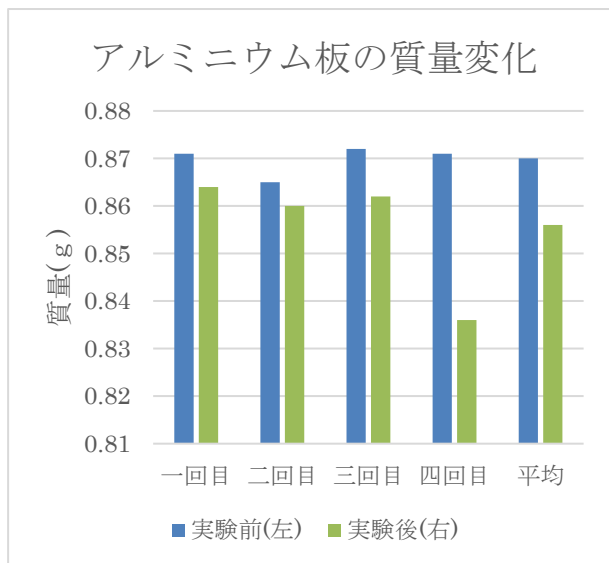
グラフ2 アルミニウムと銅

- (5) 考察 銅と亜鉛を電極として使用した場合、硫酸と塩化ナトリウム水溶液のときはそれぞれのモル濃度において電圧はおおよそ同じ値を示した。しかし、水酸化ナトリウム水溶液のときはモル濃度に比例して電圧は大きくなった。また、アルミニウムと亜鉛を電極として使用した場合、硫酸と塩化ナトリウム水溶液のときはそれぞれのモル濃度において電圧はおおよそ同じ値を示した。しかし、水酸化ナトリウム水溶液のときはモル濃度に反比例して電圧は小さくなった。これは、電極の組み合わせに影響されたと考えた。銅と亜鉛の組合せは非両性金属と両性金属の組合せであるが、アルミニウムと亜鉛の場合は両性金属同士の組合せ出会ったことが原因でこのような結果が生じたと考えた。両性金属とは、酸性の電解質水溶液と塩基性の電解質水溶液の両方に溶ける金属である。アルミニウムと亜鉛を電極として使用したときに、両電極から電子が放出されて、電池の回路が成り立たなくなり、電圧が低くなってしまったと考えた。

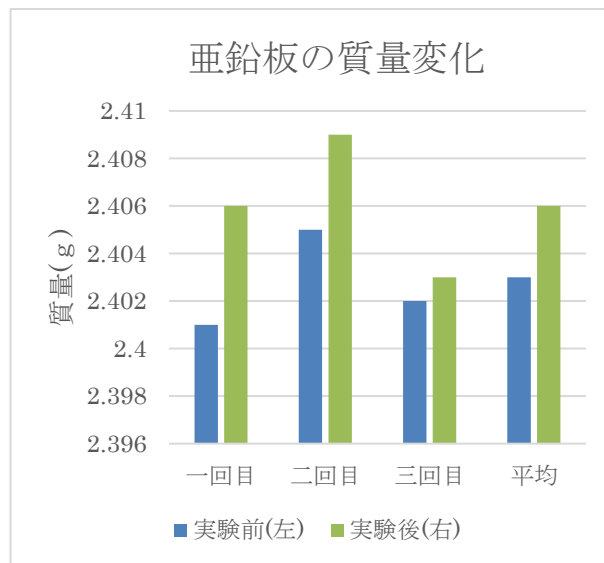
3 実験2

- (1) 目的 両方の電極から電子が放出されていることを確かめる。
- (2) 方法
ア 電極の質量を計測した。
イ 電解質水溶液に電極をつけた。
※電極の組み合わせ：アルミニウムと亜鉛とした。
※電解質水溶液：水酸化ナトリウム水溶液 1.0mol/Lとした。
ウ 再度電極を測定した。
- (3) 仮説 考察1より両性金属同士の組み合わせの時に両方の電極から電子が放出されるため、両方の電極が実験前後で質量が減少している。

(4) 結果



グラフ3 アルミニウム板の質量変化



グラフ4 亜鉛板の質量変化

- (5) 考察 実験の結果より実験1の考察である両性金属同士の組み合わせの時には両方から電子が放出されて、電池としての回路が成り立たず電圧が低くなったということは間違っていたことがわかった。次に電圧が低くなっている原因として標準電極電位はpHやモル濃度により変化しているということを考えた。

標準電極電位はpHやモル濃度によって変化することが文献(1)に記載されていたため、酸性・中性・塩基性の電解質水溶液にそれぞれ別の標準電極電位が存在することになり、これが水酸化ナトリウム水溶液を電解質水溶液にした時に電圧が大きく低下したことに起因していると考えた。また、アルミニウムを過剰なモル濃度の水酸化ナトリウム水溶液に入れるとアルミニウムは錯イオン(テトラヒドロキソアルミン酸イオン)を生成することが文献(2)を調べたところ分かった。以上のことも電圧が大きく低下したことに起因しているのではないかと考えた。

4 全体の考察

まず実験1の結果から、亜鉛と銅の組み合わせは両性金属と非両性金属の組み合わせでありアルミニウムと亜鉛の合わせは両性金属同士の組み合わせであり、これが電圧の変化に大きく影響していると考えた。両性金属は酸性・塩基性の両方に溶けるため水酸化ナトリウム水溶液に浸けた場合、両方の電極から電子が放出されて電池の回路が成り立たなくなり電圧が低くなったと考えた。しかし、実験2の結果からこの考察は間違っていたことが分かった。

次に電圧が下がったこととして考えられる原因として

- (1) 標準電極電位が電解質水溶液の種類やモル濃度によって変化すること
- (2) 過剰なモル濃度の水酸化ナトリウム水溶液にアルミニウムを加えると錯イオン(テトラヒドロキソアルミン酸イオン)が生成されることが上げられた。

(1)の標準電極電位が電解質水溶液の種類やモル濃度によって変化することが文献(1)に記載されていたことから、酸性・中性・塩基性の電解質水溶液にそれぞれ異なった標準電極電位が存在しておりモル濃度が変化することによっても標準電極電位は変化して、水酸化ナトリウム水溶液の時にアルミニウムと亜鉛

の標準電極電位の差が小さくなり、電圧が下がったと考えた。

(2) の過剰なモル濃度の水酸化ナトリウム水溶液にアルミニウムを加えると錯イオン（テトラヒドロキソアルミン酸）が生成されることによって、錯イオンは全体としては陰イオンになっていて、さらに水溶液中にある場合、錯イオンに水分子が2つ配位結合するため錯イオンからアルミニウムイオンに変化することが難しくなり受け取ることが困難になるため電圧が下がってしまったと考えた。今回の実験では亜鉛も過剰なモル濃度の水酸化ナトリウム水溶液に浸けると錯イオンを形成するが、アルミニウムと亜鉛の場合ではアルミニウムは水溶液中では水分子が2つ配位結合するが、亜鉛の場合は水分子が錯イオンに配位結合しないため、アルミニウムの場合に比べ亜鉛単体のイオンになることが簡単で、電圧が上がったと考えた。

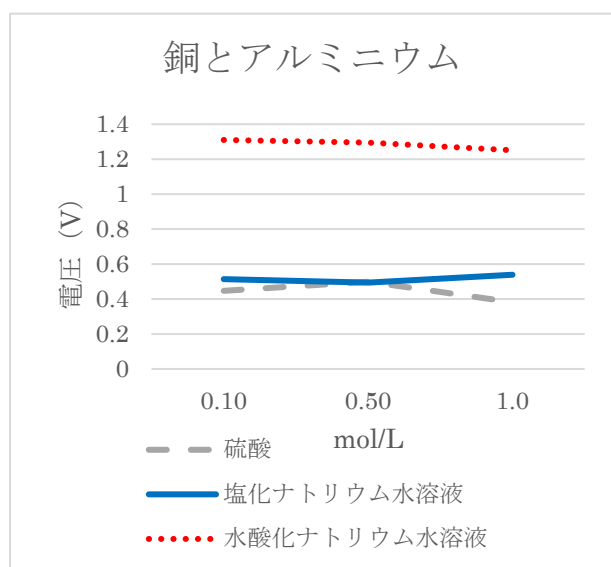
次に追加実験を行った。

5 追加実験

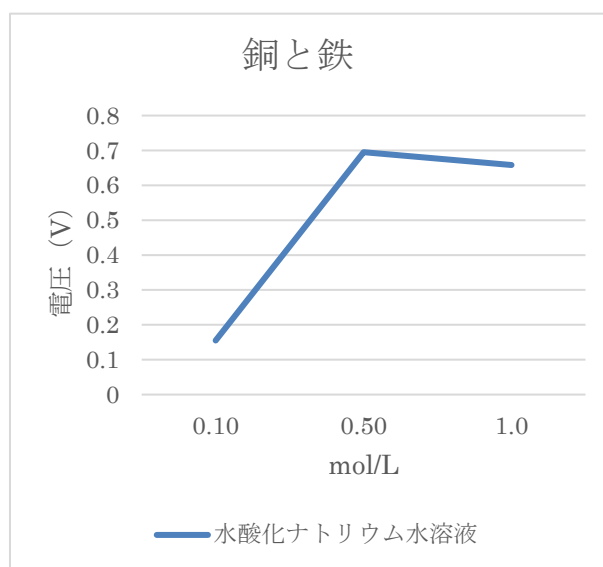
(1) 方法 ア 実験1と同様の方法で行った。

イ 電極の組合わせ：銅とアルミニウム、銅と鉄とした。

(2) 結果



グラフ5 銅とアルミニウム



グラフ6 銅と鉄

銅は非両性金属であり、アルミニウムは両性金属の組合せであり実験1の銅と亜鉛を電極にした時と同じ金属の組合せであり、グラフ1とグラフ3の結果を見比べる同じような結果が得られたことが分かった。

(3) 考察 この結果から非両性金属と両性金属の組合せの場合は水酸化ナトリウム水溶液を電解質水溶液の時に最も大きな電圧が出ることが分かった。次に銅と鉄の組合せを電極にした時の結果である。今回はグラフの変化が大きい水酸化ナトリウム水溶液を電解質水溶液にした時の電圧の変化に注目して実験を行ったため、水酸化ナトリウム水溶液のデータのみ結果に載せた。今回の電極の組合せは今までとは違い、非両性金属同士の組合せで行った。グラフ4を見ると0.10mol/Lから0.50mol/Lにかけては電圧が大きく上がっているのに対して、1.0mol/Lになると電圧が減少していた。これは標準電極電位がモル濃度やpHによって変化したことがこのような電圧の変化を起こしたと考えた。

次に今回の実験で得ることのできたデータを電解質水溶液の種類とモル濃度別で並び替えて表に示し、考察を行った。

最初にモル濃度は変化させず、電解質水溶液の種類を変化させたときの表を下に示した。

電解質水溶液の種類	酸性	中性	塩基性
電圧 (V)	0.919	0.763	1.18

(表 1 : 1.00mol の場合の電圧変化)

電解質水溶液の種類を酸性、中性、塩基性に変化させると電圧が変化したことから電解質水溶液の pH を変化させたときにも同じように電圧が変化すると考えた。このことから電圧の変化を見ると pH の変化が電圧の変化に影響を与えていると考えた。

次に電解質水溶液の種類は変化させず、モル濃度を変化させたときの表を下に示した。

モル濃度 (mol/L)	0.10	0.50	1.0
電圧 (V)	0.70	0.80	1.18

(表 2 : 水酸化ナトリウム水溶液の場合の電圧変化)

上図の結果を見てみると電解質水溶液のモル濃度を変化させることで電圧が変化していることから、電解質水溶液のモル濃度も電圧の変化に影響を与えていると考えた。

以上の二つの追加実験から、電解質水溶液の種類を変化させること、言い換えると電解質水溶液の pH を変化させることと電解質水溶液のモル濃度を変化させることで電圧が変化していることから、全体の考察の

(1) 標準電極電位が電解質水溶液の種類やモル濃度によって変化することということが電圧の変化に影響を与えていると言うことができた。

6 今後の展望

今後の展望として以下の4つがある。

- (1) 全体の考察 (2) 過剰なモル濃度の水酸化ナトリウム水溶液にアルミニウムを加えると錯イオン (テトラヒドロキソアルミン酸イオン) が生成されることが電圧の変化に影響を与えているのかを調べる実験を行う。
- (2) 起電力の大きさだけでなく起電力の継続時間に注目して実験を行う。
- (3) 標準電極電位の差が大きい金属板の組合わせで実験を行う。
- (4) 両性金属を正極にして実験を行う。

7 参考文献

- (1) 化学 改訂版 啓林館 斎藤烈 藤嶋昭編
- (2) 三訂版 フォトサイエンス 化学図録 数研出版