

NaCl溶液-Cu電極濃淡電池での起電力発生の原因

岡山県立倉敷天城高等学校理数科2年 大野さくら 小西悠斗 篠原俊輔 秦悠己 丸山静香

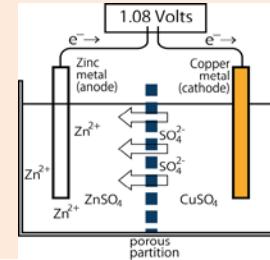
はじめに

先行研究*1でNaCl溶液-Cu電極濃淡電池で起電力発生！

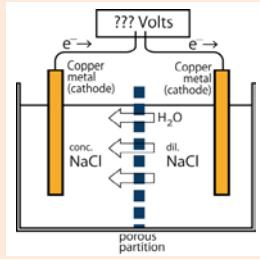
しかし...なぜ起電力が発生するのが説明できない

この電池の起電力発生の原因を解明するため、電極の金属の影響、陽イオンと陰イオンの移動速度の違い、塩の種類、水溶液中の溶存酸素に着目した仮説を立て実験を行った。

ダニエル電池模式図



濃淡電池模式図

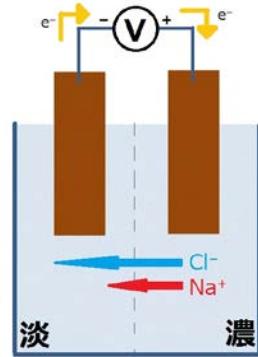


仮説

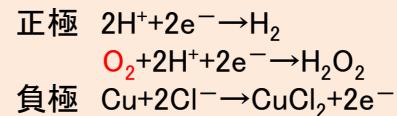
①陰イオンの種類に着目*2*3

イオンの移動速度に着目した実験で陽イオンの種類を変えた場合での起電力のグラフの形が似ていた

↓
陰イオンの種類を変えると起電力が変化するのは？

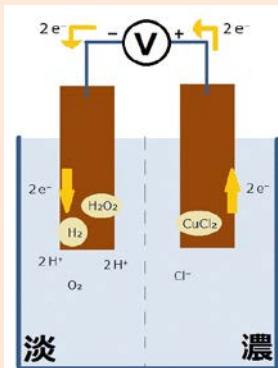


②水溶液中の溶存酸素の影響*4



溶存酸素が減少する？

↓
酸素ボンベで酸素を融解させて実験すると、起電力が大きくなるのでは？



実験方法

実験器具

- ・34401A デジタル・マルチメータ6 1/2桁(KEYSIGHT TECHNOLOGIES)
- ・生化学用ダイアライシスメンブランサイズ36 (和光純薬工業)

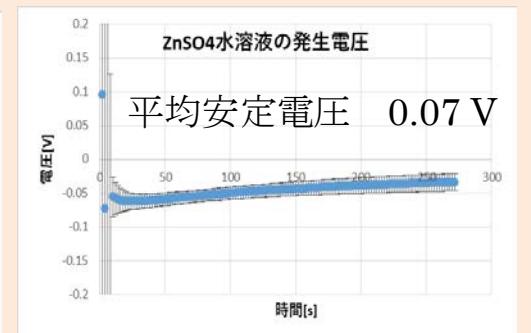
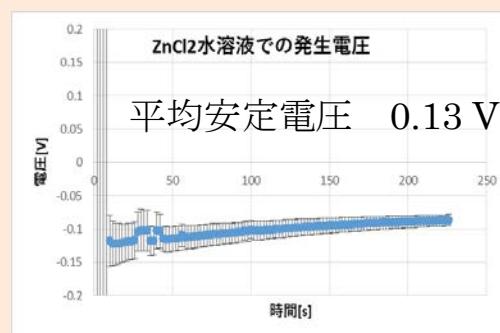
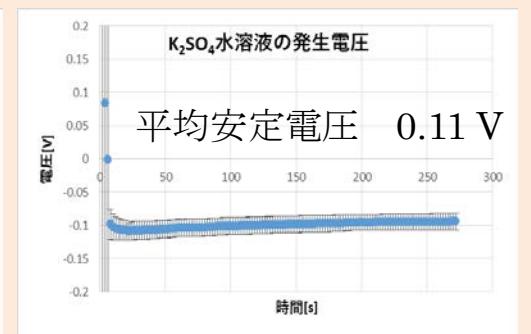
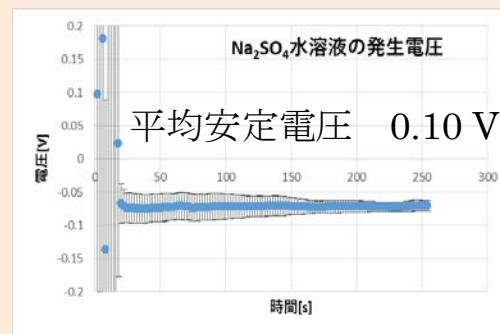
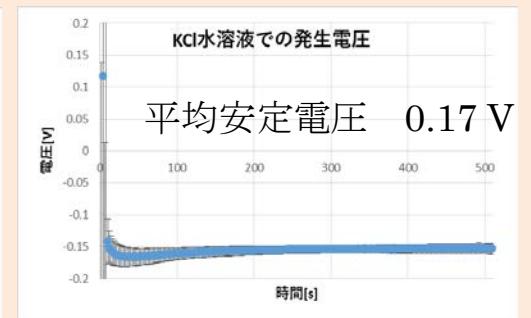
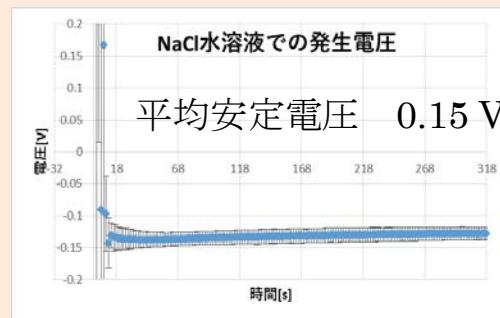


手順

- ①パソコンとマルチメーターを接続し、電圧を2.0秒ごとに自動でパソコンに記録されるよう設定した。
- ②濃淡2種類の溶液を、中央を3.1 cm²(直径2.0 cm)のセロファンで区切られた浸透圧実験器に両端から同時にそれぞれ79 mLずつ入れた。
- ③起電力の記録を開始した後すぐに、マルチメーターのプラス側のCu電極を濃い溶液に、マイナス側のCu電極を薄い溶液に、それぞれ17 cm²(縦4.2 cm横2.0 cm)だけ溶液に浸けた。濃い溶液は0.10 mol/Lに調整し、薄い溶液は1000倍希釈した、 1.0×10^{-4} mol/Lとした。安定電圧は変化量の最も小さい値とした。

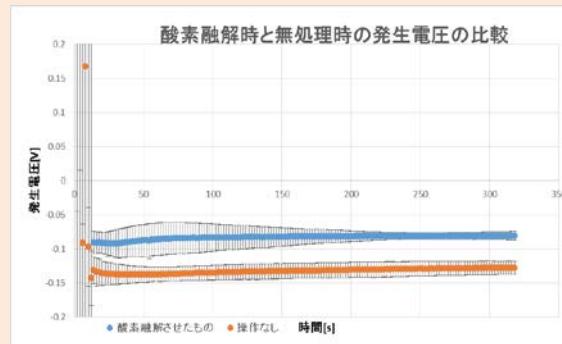
実験① Cu電極 NaCl, KCl, Na₂SO₄, K₂SO₄, ZnCl₂, ZnSO₄ で実験

結果



実験② 酸素溶解NaClaq-Cu電極 で実験

結果



最大値は通常のNaCl aqと比べて低い値であった。

平均安定電圧
操作なし 0.15 V
酸素溶解させたもの 0.11 V

考察

起電力の大きさの順番より、陰イオンがCl⁻の塩が大きくSO₄²⁻の塩が小さい起電力が発生しているため、陰イオンが起電力に影響を与えていると考えられる。

実験②は溶存酸素濃度を大きくしたが起電力が小さくなり仮説と異なった。よって溶存酸素濃度は起電力を低下させる働きをしていると考えられる。

まとめ・今後の展望

起電力の大きさの順
KCl aq > NaCl aq > ZnCl₂ aq > K₂SO₄ aq > Na₂SO₄ aq > ZnSO₄ aq

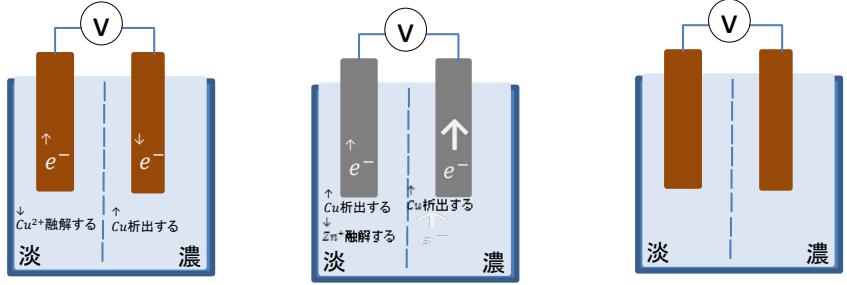
それぞれの陽イオンや陰イオンの種類が起電力発生に関係していると考えられる。また実験2より溶解酸素が起電力発生に阻害要因となると考えられる。今回はイオンの種類が起電力の発生に関係していると考えられたので、今後は陽イオン・陰イオン交換膜などを用い、さらに起電力発生に影響を与えている物質を選択的に絞り込んでいく実験を考えている。

文献・謝辞

- * 1. 大野さくら論文「Difference in concentrations of Electrolyte Solution in Chemical Cells producing Electro Motive Force」第70回日本物理学会Jr.セッション 優秀賞
- * 2. イオン半径
<http://research.kek.jp/people/nakao/lab/info/ionradii.html> (2016.09.24)
- * 3. 理科年表2017 p504 イオンの極限モル伝導率
- * 4. 教育現場からの化学Q&A 編集: 日本化学会 発行: 2002.06

昨年度の日本科学協会サイエンスメンター制度でメンターをして下さった岡山理科大学 富永敏弘先生、高原周一先生には、実験器具の貸し出しと、研究の助言をしていただきました。ここに感謝の意を示します。

イオン化傾向の違いによる電池の反応



Cu電極を用いてCuSO₄水溶液の電池を作成する。
 電極のイオン化傾向が水溶液中の陽イオンよりも強い場合、電極が溶解し、陽イオンが析出する。
 ① 30mmの試験管を切断し、その両側をセロファンで底を
 ② 試験管側に濃い溶液を15ml、200mlビーカー側に薄い溶液100mlを入れる。
 ③ 両側に銅電極を入れ、電極を測定装置に接続する。

イオン化傾向
 電極 < 水溶液中の陽イオン
 Cu²⁺の濃度を揃えようとする反応
 濃い溶液の方が正極、薄い水溶液の方が負極となる。

イオン化傾向
 電極 > 水溶液中の陽イオン
 両水溶液でCuが析出し、Zn²⁺が溶解する。
 濃い水溶液の方が激しく反応が起きますので、濃い水溶液側が正極、薄い水溶液側が負極

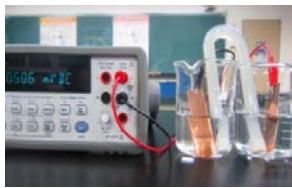
イオン化傾向
 電極 < 水溶液中の陽イオン
 電極の方がイオン化傾向が強いので両水溶液中で起きます。そのため、電圧は発生しない。



濃度が等しくなるまでは電圧が安定して発生した。
 イオン化傾向が、電極 < 水溶液中の陽イオンの場合の接続直後ほどの電圧は発生しなかった。

大藪多可志 勝部昭明 2009年
 海文堂出版 「植物生態電位とイオン」

実験Ⅲ Cu電極 NaClで実験 (塩橋、セロファン)



- ① KClの40ml飽和水溶液に寒天粉末1.2gをU字管に入れて固める。
- ② 両水溶液100mlを両側に銅電極を入れ、U字管を二つのビーカーに渡す。
- ③ 両電極を測定装置に接続する。

- 接続直後に電圧が発生した。
- 塩橋を用いた実験では発生した電圧が全体的に大きくなっていた。

- 塩橋を用いた時
- ① NaClの40ml飽和水溶液に寒天粉末1.2gをU字管に入れて固める。
 - ② 両水溶液100mlを両側に銅電極を入れ、U字管を二つのビーカーに渡す。
 - ③ 両電極を測定装置に接続する。

- セロファンを用いた時
- ① 30mmの試験管を切断したものにセロファンで底をする
 - ② 試験管側に濃い溶液を15ml、200mlビーカー側に薄い溶液100mlを入れる。
 - ③ 両側に銅電極を入れ、電極を測定装置に接続する。



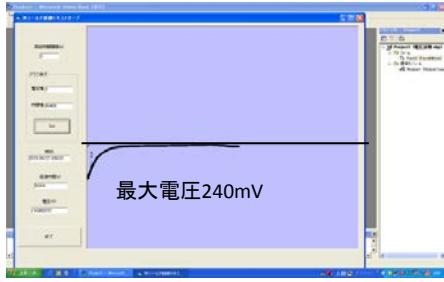
塩橋



セロファン



塩橋



セロファン

用いた水溶液	用いた金属電極
NaCl	Cu
Na ₂ SO ₄	Cu
ZnCl ₂	Cu
ZnSO ₄	Cu

CuSO₄と、KCl、NaClの場合では、グラフの形が違っていたので、別のメカニズムの反応が起きていると考えられる。NaCl塩橋を用いた場合は、セロファンを用いた場合より大きい電圧を示した。しかし濃度に差がないときは、セロファンでも塩橋でも電圧が0に近く、セロファンと塩橋の電圧の差ができなかった。

NaCl、KCl、とCuSO₄でメカニズムが異なることが分かった。今後NaCl、KClで電圧が発生する原因を解明したい。また、セロファンを用いたときと塩橋を用いたときでは、濃度差がないときを除いて起電力が大きく異なり、塩橋の方が起電力の持続時間が長かった。今後この原因を追究したい。まず、浸透圧実験装置を用い、セロファンの場合でも水面が変化しない状況で実験したいと考えている。