

金属葉の成長過程

石川県立金沢泉丘高等学校 3年

太田 美乃里 梅田 直希 大森 優輝 西尾 伊織 西田 光佑

1. 要旨・概要

高校の化学Iでイオン化傾向について習う際、しばしば金属樹の生成実験が用いられることがある。そのため、金属樹については一般に広く知られている。一方で、金属樹とよく似たものに「金属葉」というものがあるが、これはあまり知られていない。金属葉は、金属樹と発生する仕組みは似ているものの形態は全く異なる。その名の通り葉っぱのような薄い形をしている。

金属葉は、金属塩水溶液と有機液体の界面に電流を流すことによって作ることができる。最も魅力的なのは、電源装置の電圧、水溶液の濃度、水温など、様々な実験条件を変化させることで、その形態も大きく変わってくるということだ。また非常に簡単に実験を行うことができるため、金属葉の形態についての研究は近年さかんに行われてきた。しかしながら、界面でなぜ金属が析出するのかは未だ明らかとなっていない。

そこで私たちは界面でどのようなことがおきているかを調べるために2つの実験を行った。詳しくは4.研究結果で述べる。以下はその概要である。1つ目は界面と界面下の電流の大きさを測ること、2つ目は金属葉の厚みに何個の亜鉛原子が存在するか調べた。

結果は界面付近の電流のほうが界面下よりも大きくなった。また、金属葉の厚さに含まれる結晶格子の数は 5×10^4 個になった。

この結果からなぜ界面で析出するのかという最終的な目標について界面には有機分子の極性により亜鉛イオンが集まっているからなのではないかと考えた。

2. 研究目的

金属葉はなぜ界面で析出するのかを解明するというのを最終的な研究目的とし、加えて金属葉の特徴について詳しく調べることにする。温度変化や電圧の変化における金属葉の形態の変化は先行研究ですでに確認されていたため、それ以外の点に着目した。界面における分子のふるまいを予測するため、二つの実験を行った。1つ目は界面と界面下の電流の大きさを測ることだ。この実験をすることで水溶液の界面と界面より下の電流の流れやすさに違いがあるのかどうかということがわかる。2つ目は金属葉の形態を知るために面心立方格子として金属葉の厚みに何個の亜鉛原子が存在するか調べた。

3. 研究方法

先行研究から、亜鉛が最も析出しやすいということがわかっていた。この実験では主に亜鉛葉を析出させることにする。

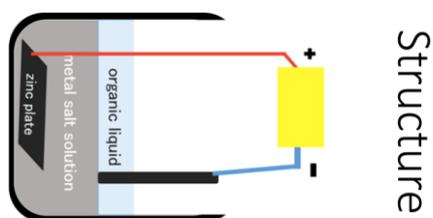
電流を流したときの界面における電流と界面下における電流の違いと、それに伴って析出する亜鉛葉の質量や形態を比較する実験をした。測定した数値をもとに、縦軸に電流の大きさ、横軸に時間をとった平面座標上に点をとってグラフをつくり、電流の推移をみる。

また測定した質量をもとにした体積、計測した面積から金属葉の平均の厚さを測定し金属葉の厚みを構成する結晶格子の平均の数を測定する。

3. 1 実験の準備

まずは亜鉛葉の析出のさせ方を説明する。腰高シャーレを用意し、その中へ2.0mol/Lの硫酸亜鉛水溶液を入れる。さらにそのうえに水と不溶の有機溶媒(本研究では酢酸nブチルを用いることと

した)を流し込む。電源の正極、負極にそれぞれ亜鉛板、炭素棒を導線をつなぎ、亜鉛板はシャーレ内へ液体に浸すように入れ、炭素棒は硫酸亜鉛水溶液と酢酸nブチルの界面に先端が来るようにスタンドなどで固定する。下図はその概略を示したものである。(図1)



3. 2 電流の測定

テスターを二つ用意し、一方の電極の先端は界面に触れるように、他方の電極の先端は界面より目視で 0.5cm ほど下にくるように固定する。それぞれテスター (D=0)、テスター (D=0.5) と呼ぶこととする。各テスターの二つの電極は、電極間の電位差が最大となるように、炭素棒・電極・電極の順で一直線上になるようにする。このときテスター (D=0.5) の電極が直接界面に触れ、界面から電子が供給されることの無いよう、電極の先端以外の部分をすべて薄いゴムで覆う。

また、それぞれのテスターの電極は炭素棒からの距離が一定となる位置に固定する。

準備が整ったところで電源の電圧を 5.0V に調節し、各テスターに表示される電流の値を、120 秒間を通して 10 秒ごとに記録していく。

3. 3 厚さの測定

析出した金属葉を百分の一グラムの単位まで測定できる装置で質量を測定し、比重を用いることで体積を測定する。

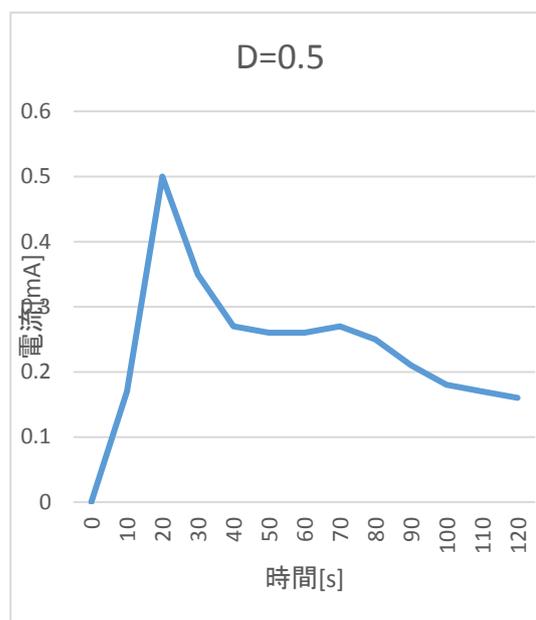
また析出した金属葉の写真を撮り、Imagej を用いることで面積を測定する。

測定した体積、面積から金属葉の平均の厚さを求め、ここから金属葉の厚みにどれだけの結晶格子があるかを求める。

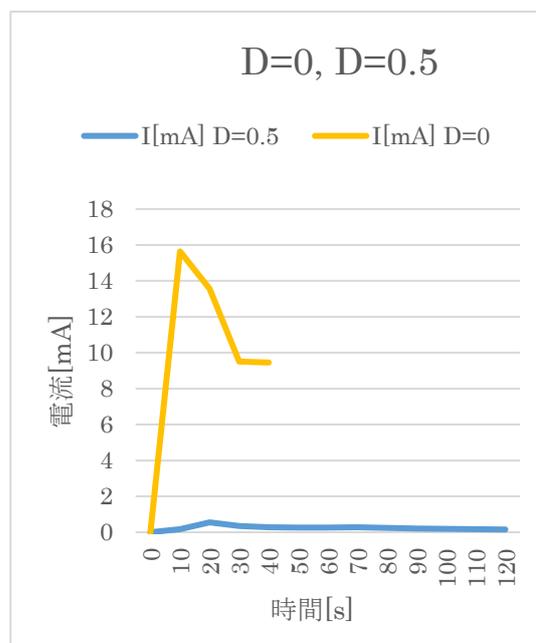
4. 研究結果

4. 1 電流の値

室温 20.5°C の下、電源の電圧一定で 5 回同じ実験を行った。それぞれの実験を通して各時刻における電流の推移はあまりばらつきがみられなかったため、各時刻の電流の値の平均をとった。グラフは以下の図の通りである。ただし、D=0 は界面上の点、D=0.5 は目視での界面からの距離 0.5cm の点を表す。



(グラフ 1)



(グラフ 2)

グラフの通り、明らかに界面付近での電流のほうがそれより下の電流よりも大きい値となった。D=0 と D=0.5 どちらにおいても、一般に電流は時刻 20s あたりで極大となり、その後減少傾向にあった。

D=0 において時刻 40s 以降の値を記録していないのは、成長した亜鉛葉が電極に接触し水溶液中のイオンを介すことなく直接電流が流れたためである。

4. 2 金属葉の質量と形態

実験	1	2	3	4	5
質量(g)	0.05	0.07	0.06	0.05	0.07

(表 1)

質量は 0.05g~0.07g の範囲となり、大きな変化は見られなかった。またこの時の亜鉛葉はすべて以下の写真のような形態をとり、同一条件下における形態の変化は見られなかった。



(写真 1)

4. 3 金属葉の厚さ

実験結果は以下の表にまとめた。

厚さの単位は (10^{-5} m) である。

実験	1	2	3	4	5	6
厚さ	3	1	3	1	2	2

(表 2)

このことから金属葉の平均の厚さの平均は 2×10^{-5} m、金属葉の厚みには 5×10^4 個の結晶格子があるという結果となった。ただ実験結果のばらつきは大きい。

5. 考察

5. 1 電流の値についての考察

電流が界面において極端に大きくなったことは、イオンが界面に密集していることを示しているが、この原因は有機溶媒の分子が極性を持っているために水溶液中の亜鉛イオンを引き付けているからと考えられるのではないだろうか。そもそも界面にのみ金属が析出する理由は明らかとなっていないが、仮に有機分子の極性により亜鉛イオンが界面へと引き付けられているとすれば、界面では亜鉛イオンの濃度が非常に大きくなり、界面とそれより下で大きな濃度差が生じ、界面においてのみ亜鉛が析出することが説明できる。しかし亜鉛イオンの濃度の分布が極端に偏っているという直接的な証拠は得られていない。

5. 2 亜鉛葉の質量と形態についての考察

質量と形態が 5 回の実験を通して大きな変化がないことは、実験の正確性を裏付けているといえよう。我々は過去に何度か同様の実験をしていた際、同一条件下においても亜鉛葉の形態が大きく異なることがしばしばあり、一時期は金属葉の成長が初期状態に鋭敏に依存しているのではと疑っていたが、ここでそれは誤りであったことが明らかとなった。

5. 3 亜鉛葉の厚さの測定結果についての考察

亜鉛葉の厚みを計測する実験において結果のばらつきが大きくなったのは、正確な質量の計測ができなかったことや表面の凹凸を考慮できなかったことなどが考えられる。

6. 結論

金属葉は同一条件において正確な実験をするとは形態が大きく変化することはないことがわかったほか、金属用の厚さをおおまかに測定できた。また、亜鉛が界面のみに析出する理由として、有機分子の極性が関係しているのではないかとと思われる。

課題

金属葉の厚さをくさび形空気層による光の干渉を用いてより正確に測定すること。水溶液中の亜鉛イオンの濃度分布が偏っているという直接的な証拠を得ること。

7. 参考

阪原 久, 金児 紘征, 泰松 斉「酢酸エステル/硫酸亜鉛水溶液界面に伝析した亜鉛葉の形態」
p1059-1064

金児 紘征「金属葉の形態」(1991) p 985-992

8. 謝辞

北陸先端大学 小田和司 様