

# アルミニウムと銅イオンの反応に及ぼす因子の研究」原稿

Ver 2.25 カタストロフィーバージョン 1999-03-26T20:16:00

(題目) アルミニウムと銅イオンの反応に及ぼす因子の研究  
都立国分寺高校科学部

## (はじめに)

我々は、イオン化傾向に関する実験中に硫酸銅水溶液にアルミニウムを入れて銅を析出させる実験を行いました。イオン化傾向からは銅が析出してくることが予想されたのですが、実際には変化は見られませんでした。これは、アルミニウム表面が空気中に放置されることにより酸化され、その酸化被膜により保護されているためだと考えました。ところで、この硫酸銅水溶液にアルミニウムを入れた溶液の中に塩化ナトリウムを加えると、気泡を発生しながら激しく反応することを見いだしました。そこで、この現象に関してもっと深く観察し、どのような条件で起こるかなどを調べました。

## (ビデオを用いた反応の説明)

それでは、まずこの反応は写真ではわかりにくいのでビデオを用いて説明したいと思います。ビデオ画面をご覧ください。

この画面で、両方の試験管に入っているのは1.0mol/l 硫酸銅水溶液です。これの向かって右側の試験管には蒸留水を、左側の試験管には塩化ナトリウム水溶液をそれぞれ同量加えます。

加えてしばらくするとこのように、気泡が発生し始めます。

右側の蒸留水を加えた方の試験管では、何も変化が見られません。

また、発生している気体を水上置換法で捕集し、その気体に火をつけるとボンと音を立てて燃焼することから水素であることが確認されました。

## (硫酸銅水溶液に塩化物イオンを加えたときの反応の塩化物イオン濃度による違い)

それでは、まず硫酸銅水溶液に塩化物イオンを加えたときの反応の塩化物イオン濃度による違いについて説明します。ここでは、塩化物イオンの濃度を変化させ、その時の反応の違いについて観察しました。この写真では左から、塩化物イオン濃度 1.0mol/l,  $10^{-1}$ mol/l,  $10^{-4}$ mol/l,  $10^{-5}$ mol/l というように並んでいます。写真では分かりにくいのですが、それぞれ激しさは違うものの気泡を発生しながら銅が析出しました。このことより、塩化物イオンは微量でもこの反応に影響を及ぼしていることが確認されました。また、これと同様の実験を塩化銅水溶液を用いても似たような結果が得られることから、硫酸イオン及びナトリウムイオンの影響は小さいものと思われます。

## 表面処理による反応の違いについて

我々は、硫酸銅水溶液にアルミニウムを入れただけでは銅の析出が起こりにくいのは、アルミニウム表面が酸化され酸化皮膜ができているためだと考えました。このことを確認するため

に、表面を処理し、実験を行ってみました。

実験はこの写真のように装置を組み立て、反応の際に発生する水素ガスを捕集し、一定量10 ml が捕集されるまでの時間を計り、そこから反応の激しさを判断することにしました。

実験で使ったアルミニウム板は、

- ・何も表面処理をしていない状態
- ・紙ヤスリで十分磨いた状態
- ・1.0mol/l 塩酸で60分間処理した状態

の3つです。写真にありますように、処理後の様子は見た目はたいして変わりません。

実験を行ったところ、左表のような結果が得られ、それを元に右のグラフを作りました。グラフから、何も処理をしないときに比べ、何らかの表面処理を施した場合に反応性が向上していることが分かります。

これらのことより、アルミニウム表面は酸化されており反応が起きにくくなっていると考えられます。

### (陽極酸化)

この実験で表面の酸化被膜を取り去ると反応性が上がることが考えられました。そこで、酸化被膜をアルミニウム表面に生成し、反応するかどうかを確認する実験を行いました。アルミニウム表面に酸化膜を生成するために、陽極酸化を行いました。陽極酸化したアルミニウムを硫酸銅水溶液と塩化ナトリウム水溶液を混合した溶液の中に入れ、反応するかを確認しました。その結果、1.0mol/l 硫酸銅水溶液 と 1.0mol/l 塩化ナトリウム水溶液を混合した溶液では反応は観察されませんでした。

このことから、アルミニウム表面が酸化されていると反応が起こりにくいことが確認できました。

### 水素イオン濃度による反応性の違いについて

1.0mol/l 硫酸銅水溶液に 1.0mol/l 塩化ナトリウム水溶液を加えたときのpHを測定し、それと同じpHに調整した酢酸溶液と、塩酸をつくり、それに食塩を加え、アルミニウムを入れたときの反応の違いについて観察しました。

硫酸銅水溶液に塩化ナトリウム水溶液を加えた溶液のpHは3.3でした。これにアルミニウムを入れると、最初にみたビデオのように激しい反応を見せません。

酢酸水溶液に塩化ナトリウムを加え、pHを3.0に調整したもの、および、塩酸に塩化ナトリウムを加えpHを3.0に調整したものではアルミニウムを入れても反応は見られませんでした。

したがって、水素イオン濃度がほぼ同じであるにも関わらず、2, 3では反応が起こらないことから、この反応には塩化物イオンだけでなく、銅イオンの存在も必要であることが分かりました。

### ハロゲン化物イオンによる反応について

ここまでは、硫酸銅水溶液に塩化ナトリウムを加えて反応が起こることについて確認しましたが、そのほかのハロゲン化物イオンでも同様な結果が得られるかどうかを観察しました。用いた試薬は 塩化ナトリウム・臭化ナトリウム・ヨウ化ナトリウムです。

写真では分かりにくい部分もありますが、1.0mol/l 塩化ナトリウムと 1.0mol/l 臭化ナトリウムではほぼ同様の反応を見せました。0.1mol/l の塩化ナトリウムと臭化ナトリウムでも同様の反応が見られます。

0.01mol/l ヨウ化ナトリウムを加えた場合にも若干の反応が見られました。

以上のような実験結果から、臭化物イオン、ヨウ化物イオンのようなハロゲン化物イオンにおいてにたような反応が起こることが確認されました。

#### {(追加) 陽イオンを変えた場合について}

また、陽イオンを変更した実験も行ってみました。実験に用いた陽イオンは、イオン化傾向の列順に 亜鉛・鉄・ニッケル・鉛・銅 それぞれのイオンです。実験方法は、それぞれの陽イオンについて1.0mol/l の水溶液をつくり、それぞれを10ml とり、それに 1.0mol/l 塩化ナトリウム水溶液 10ml を加え反応を見ました。

結果は表のようになりました。

亜鉛・鉄では反応は見られませんでした。ニッケルでは 3.0mol/l、鉛では 0.1mol/l では反応が見られました。銅は先ほども説明しましたように、0.001mol/l でも反応しました。

#### 硝酸を用いた反応の制御について

濃硝酸にアルミニウムを入れると、表面に緻密な酸化被膜ができ不動になることが知られています。そこで、硫酸銅水溶液にアルミニウムを入れ塩化ナトリウムを加えて反応を起こし、一定時間後に硝酸を入れたときにどのような変化が起きるかを観察しました。

実験を進めた結果、表のように 4.9mol/l までは、反応停止までの時間に差がありますが、反応を止めることができると分かりました。それ以下の濃度では反応を弱めることはできますが、止めることはできないことが確認されました。

以上のようなことより、硝酸濃度を調整すればこの反応を制御することが可能だと思われます。

#### (おわりに)

今までに説明したような実験結果より、アルミニウムの表面は硝酸などで処理をしなくても、空気中に放置されているだけで多少酸化され酸化皮膜をつくり、硫酸銅水溶液に入れたときに銅を析出する反応を起こりにくくしているものと考えられます。また、このように酸化されたアルミニウムと硫酸銅水溶液による銅の析出反応において、ハロゲン化物イオンを加えると水素ガスを発生し反応速度が非常に速くなることが分かりました。

しかし、塩化物イオンや臭化物イオンなどのハロゲン化物イオンがどのように作用し硫酸銅水溶液とアルミニウムの反応の速度を速めているのか、なぜ水素が発生するのかなどの反応機構については解明できていません。

これらについては今後の実験課題として研究を続けていきたいと思えます。

(最後のご挨拶)

以上で我々の発表を終わります。ご静聴ありがとうございました。m( )m