

「Al と Cu²⁺ の反応に及ぼす因子の研究」

東京都立国分寺高校 科学部 A 班 小泉 修 松田 浩 田名網 大輔 藤沢 慎也

はじめに

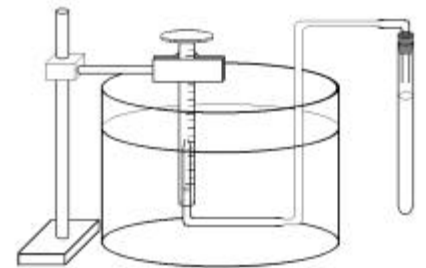
イオン化傾向によると硫酸銅(Ⅱ)水溶液にアルミニウムを入れるとイオン化傾向からは、銅が析出してくることが予想される。しかし、ほとんど変化は見られなかった。これは、アルミニウムの表面が酸化され、酸化被膜により保護されているためだと思われる。しかし、硫酸銅(Ⅱ)水溶液にアルミニウムを入れ、塩化物イオンを加えると、激しく気泡を発生しながら反応をすることを見いだした。この気体を確認したところ、水素であることが分かった。そこで、この現象をもっと深く観察し、どのような条件で起こるのかを調べた。

〔注〕文中に出てくるアルミニウム板は特に断りのない限り 19mm × 19mm × 0.4mm に切断したものをを用いている。

実験 1 . 発生している気体の確認

実験方法：

試験管に 1.0mol/l 硫酸銅(Ⅱ)水溶液 10ml と、アルミニウムをいれる。そして、そこに 1.0mol/l 食塩水を加えると反応が始まるので右図のようにして水上置換で気体を捕集する。



捕集した気体に火をつけるとポーンと音がして燃焼することから、発生している気体は水素であると思われる。

実験 2 . 硫酸銅(Ⅱ)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

実験方法：

1.0mol/l 硫酸銅(Ⅱ)水溶液 10ml とアルミニウム板の表面積(19mm × 19mm × 0.4mm)を一定にし、試験管に入れ、それに塩化物イオン濃度を調整した食塩水 10ml を加えて反応させる。その時の反応の様子を観察する。

実験結果：

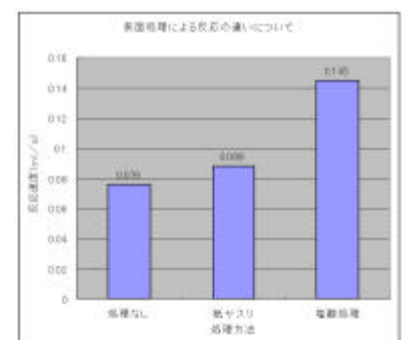
塩化物イオン濃度を各 0.1mol/l, 0.01mol/l, 0.0001mol/l, 0.00001mol/l にして行った。反応の速さに違いはあるが、いずれも反応を示した。

この実験結果から、塩化物イオンは微量でもこの反応に影響を及ぼすことが分かった。塩化銅(Ⅱ)水溶液で実験を行っても同様の反応が見られることから、硫酸イオン及びナトリウムイオンの関連は低いと思われる。

実験 3.表面処理による反応の違いについて

実験方法

この実験の反応では、気体(H₂)が発生する。そこで、この実験では、反応性の違いを一定量気体が発生するまでの時間で判断することにした。気体の捕集は水上置換で行った。実験装置は図のように組み立てた。溶液は 1.0mol/l 硫酸銅(Ⅱ)水溶液 10ml と 1.0mol/l 食塩水 10ml を混合したものを使用した。その中にアルミニウム板を入れ、気体を 10ml 捕集するまでの時間をストップウォッチで計測した。実験はアルミニウム板の表面の状態を変えて行い、以下の 3 種類の状態について各 3 回ずつ計測し、平均して、それから反応の早さを求めた。



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

・実験結果 右グラフ参照

実験 4. 水素イオン濃度による反応性の違いについて

実験方法：

まず、1.0mol/l 硫酸銅()水溶液 10ml と 1.0mol/l 食塩水 10ml を混合し pH を測定する。そして、同じ pH に調整した酢酸水溶液と塩酸を用意し、それぞれにアルミニウム板と食塩を加えたときの反応の違いについて観察する。

	試薬	pH	アルミニウム板を加えたときの反応
1	CuSO ₄ 1.0mol/l 10ml + NaCl 1.0mol/l 10ml	3.3	気泡を発生しながら激しく反応した。
2	酢酸 (pH調整) + NaCl (結晶)	3.0	反応は見られない。
3	塩酸 (pH調整) + NaCl (結晶)	3.0	反応は見られない。 (塩酸は 0.1mol/l より高濃度で反応を示す [16℃])

実験結果：

さらに、3 の溶液に硫酸銅水溶液を加えると気泡を発生しながら反応を始める。

この結果から、塩化物イオンだけではなく、銅イオンの存在も必要であるらしいことが分かった。

実験 5 . ハロゲン化物イオンによる反応について

硫酸銅()水溶液と食塩水を混合したものにアルミニウム板を入れた場合に、気泡を発生しながら反応することは上述した通りである。そこで、塩化物イオンだけでなく、その他のハロゲン化物イオンによる反応についても調べてみた。

実験方法：

食塩水 (1.0mol/l) 10ml、臭化ナトリウム水溶液 (1.0mol/l) 10ml、ヨウ化ナトリウム水溶液 (1.0mol/l) 10ml をそれぞれ、硫酸銅()水溶液 (1.0mol/l) 10ml と混合した溶液をつくり、アルミニウム板を加えて観察する。

加えたハロゲン化物イオン	反応の様子
NaCl (1.0mol/l) 10ml	気泡を発生しながら激しく反応し銅が析出した。
NaCl (0.1mol/l) 10ml	気泡を発生しながら反応し銅が析出した。
NaBr (1.0mol/l) 10ml	気泡を発生しながら激しく反応し銅が析出した。
NaBr (0.1mol/l) 10ml	気泡を発生しながら反応し銅が析出した。
NaI (0.1mol/l) 10ml	沈殿が生じてしまうため反応を観察できない。

臭化物イオンを加えた場合でも、塩化物イオンを加えたときとにたような反応が起きることが確認された。

実験 6 . 硝酸を用いた反応の制御について

アルミニウムは濃硝酸に入れると表面に緻密な酸化被膜ができ不動態をつくり、それ以上反応が進まなくなることが知られている。そこで、これを用いて硫酸銅()水溶液に食塩水とアルミニウム板を加えた時に起こる反応を制御できないかと考えた。

実験方法：

硫酸銅()水溶液 (1.0mol/l) 10ml と食塩水 (1.0mol/l) 10ml を混合したものにアルミニウム板を入れ反応を開始させる。そして、反応開始が開始して 60 秒後に濃度を調整した硝酸 10ml を加えて観察する。

硝酸濃度	反応停止までの時間	反応の様子
6.0 mol/l	20 秒	硝酸を入れると徐々に反応が弱まりやがて止まった。
5.0 mol/l	45 秒	硝酸を加えると徐々に反応が弱まりやがて止まった。
4.9 mol/l	40 秒	硝酸を加えると徐々に反応が弱まりやがて止まった。
4.7 mol/l	-	反応は弱まったように見えたが止まらなかった。
4.5 mol/l	-	反応は弱まったように見えたが止まらなかった。
3.0 mol/l	-	反応は弱まったように見えたが止まらなかった。

この結果より、硝酸濃度を調節することにより反応を制御することが可能と思われる。

(おわりに)

実験 X . の結果からも分かるように、アルミニウム表面は硝酸などで処理をしなくとも多少の酸化皮膜に覆われており、イオン化傾向による反応を起しにくくしていると考えられる。塩化物イオンや臭化物イオンはこの反応の速度を速める役割を果たしているものと考えられる。しかし、塩化物イオンや臭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ない。これについては、今後の研究課題としていきたいと考えている。