

金属イオン電解溶出を用いた水質浄化方法に関する基礎的検討

呉工業高等専門学校 正会員 黒川 岳司
呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○岩田 暁

1. 序論

現在多くの貯水池などで富栄養化が進み、アオコ発生に代表される水質問題が発生している。このような水域に対する新たな水質浄化方法の試みとして、銅イオンの殺藻作用を利用した方法が考えられる。銅を電気分解し、銅イオンを溶出させて殺藻を行ない水面付近の藻の増殖を防ぐものである。水面の藻が減少することで水の透明度が増し、太陽光が水底にも届くようになり植物の光合成が行なわれ、水の貧酸素化を防ぐことができる。この方法は、現在行なわれている薬品や曝気による浄化方法よりコスト面で有利と予想される。

銅イオンの殺菌・殺藻作用は古くから知られており、プールや養殖場などの流量調整が容易なところでは銅イオン発生装置を使用した殺菌などが実用化されている。しかし、銅イオンは高濃度になると生物に悪影響を及ぼすことから流量や成層の消長などの不安定な要素が多い貯水池などでは適用が難しい。

そこで、本研究では濃度管理を確実に行うことができ、貯水池等に適用できる装置の開発のための基礎的研究として、銅板の通電条件と電解量の関係について検討を行なうこととした。

表 1 通電条件

電源で設定した電圧 (V)	電源で設定した電流 (A)	銅板に流れた電流 (A)
0 V	0 A	0 A
10 V	0.02 A	0~0.01A (実験の測定限界は0.01A)
	0.04 A	
	0.06 A	
	0.08 A	
	0.10 A	

2. 実験方法

実験では容量 5ℓの円柱型の容器を蒸留水で満たし銅板を入れて、それらに一回の実験につき 2 時間電流を流し、一定時間ごとに銅イオン濃度を測定した。一回の測定につきサンプルを 50ml 採取して、減少した容量は蒸留水を補充している。

容器内の水は全ての実験において 25℃で一定とし、攪拌機を使用して水質を一様に保った。銅板の寸法は 170×130×5mm で図 2 に示すように 2 枚組で使用し、2 枚を絶縁体で接続した。

電源は直流安定型電源を使用しており、その電流・電圧は表 1 のように設定した。電流の流れは図 2 の矢印のように銅板→水→銅板と通り電源に戻る。そのため電流は水の抵抗を受け、流れる電流は電源の設定より小さいものとなった。

また、時間経過による銅イオン濃度の変化の測定、つまり銅イオンの析出を確認するための実験も行なった。方法は、水中に銅イオンを溶出させた状態で以後 6 時間の銅イオン濃度の変化を測定した。

なお、pHの測定にはpH計（HORIBA B-212）を使用し、銅イオンの測定には分光光度計（HACH DR2800）でポルフィリン法¹⁾をパウダーピロー法で行なった。

3. 結果と考察

3.1 銅イオン濃度の変化

図 2 に銅板を電解し続けた場合の水中の銅イオン濃度の変化を示す。電流 0A の条件でも銅イオンが溶出していることが分かる。このことから、電流を流さなくてもイオン溶出が行なわれると言える。

また、電流の大きさによって銅イオン濃度の変化を比較してみると、概ねイオン溶出量は電流値に比例していると言える。ただし、

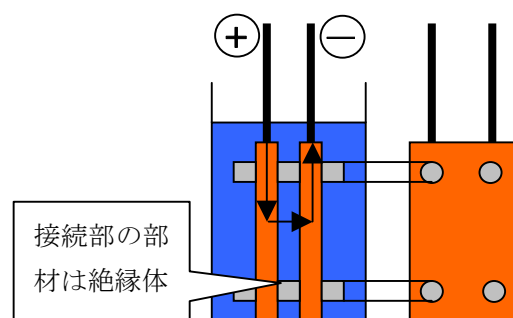


図 1 実験装置の概略

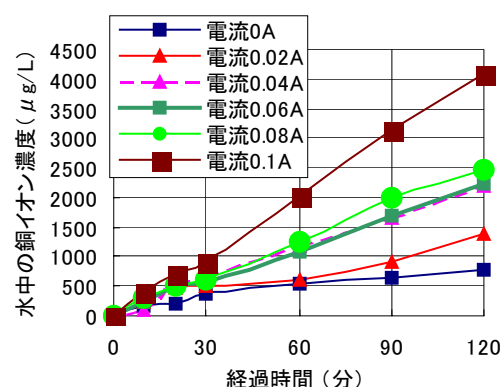


図 2 銅イオン濃度の変化

電流 0.04～0.08A 間では溶出量にあまり変化が見られなかったが、0.1A に増加させると溶出量が増加している。

3.2 溶出速度の経時変化

図3に各電流値による銅イオンの溶出速度の経時変化を示す。今回は、二時間の測定で30分おきに溶出速度を求めた。多少の増減が見られるが銅イオンの溶出速度はほぼ一定と言える。

3.3 銅イオン溶出量の実験値と理論値の比較

図4に実験において、二時間で溶出された銅イオン溶出量とファラデーの電気分解の法則による銅イオン溶出量の理論値の比較図を示す。ファラデー定数を $F=96500\text{C/mol}$ 、反応式を $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$ として、二つの溶出イオン量の理論値を求めた。ひとつは、電源で設定した電流がそのまま流れたものとして計算した理論値、もうひとつは実際に流れた電流（表-1 参照）で求めた理論値である。

今回の実験では実際の溶出量が電源で設定した電流による理論値を大きく下回った。これは、電気分解の電解質として電流の流れない蒸留水を使用したため起きた現象だと思われる。

実験で計測された溶出量が実際に流れた電流による理論値と概ね一致しておりファラデーの電気分解の法則に従うと言える。ただし、ややずれがあるのは、電流の測定が0.01A単位で測定しており、0.01Aより小さい変化を測定できなかったためと考えられる。

3.4 銅イオン溶出による pH の変化

図5に実験中の溶液のpHの変化を示す。実験には蒸留水を用いたので、最初は弱酸性を示しているが、銅イオン溶出につれて少しずつアルカリ性に近づいている。これは、銅イオン溶出によって生じた電子 e^- が、水 H_2O の電気分解によって生じた H^+ と OH^- のうち H^+ が反応して水素 H_2 となり、水溶液中の OH^- の割合が高くなったことが原因だと考えられる。

3.5 銅の析出について

図6に溶液中に銅イオンの経時変化を示す。今回の実験では銅の析出が目視では確認できなかったため、銅イオン濃度の変化よりその有無を確認するために行なった。結果はとくに変化は見られなかった。そのことから、溶出した銅イオンはイオンの状態で保たれ、銅としては析出されず、凝集沈殿または浮遊しないことが考えられる。

4. 結論

- 1) 銅イオンは電流が流れない状態でも、ある程度溶出する。
- 2) 電流は水の抵抗を受けるため設定通りに流れない。
- 3) 銅イオンの溶出速度は、ファラデーの電気分解の定理に従い、電流値に比例する。
- 4) 銅イオン溶出により溶液がアルカリ性に近づく。
- 5) 銅イオンは沈殿または浮遊などの析出はされない。

参考文献

- 1) ishi, koh 共著「分析化学」, 28 (473), 1979

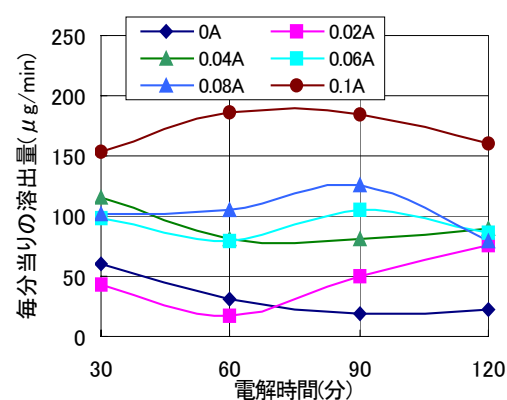


図3 銅イオン溶出速度の経時変化

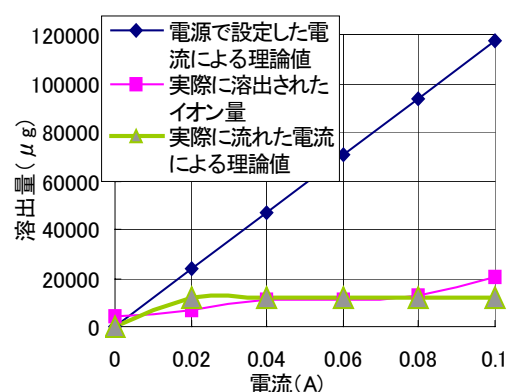


図4 銅イオン溶出量の理論値と実測値

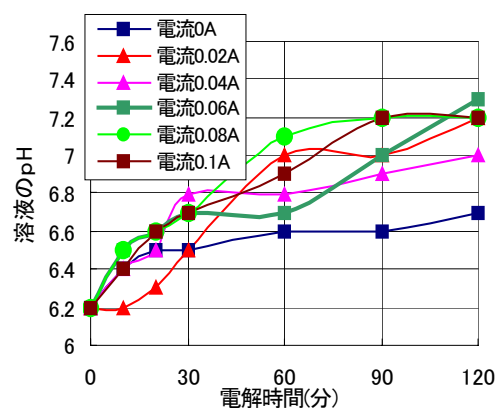


図5 イオン溶出による pH の変化

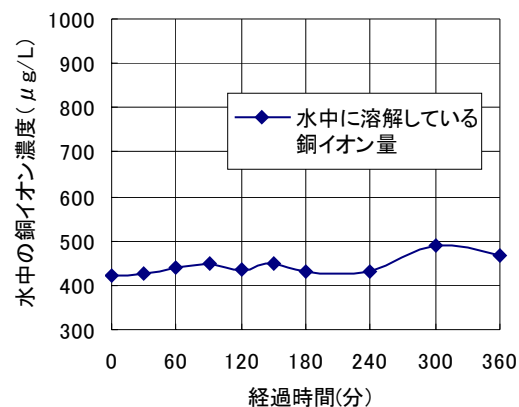


図6 水中の銅イオン量の変化