

電気化学的方法を利用した藻類除去法のメカニズムに関する検討

群馬工業高等専門学校 ○谷村嘉恵

群馬大学工学部 黒田正和

1. はじめに

水道水源とする水域における富栄養化の進行により、水浄化プロセスの障害や上水水質の悪化等の問題が懸念されている。水浄化プロセスに流入する前の源水から藻類を取り除くことは、問題を解決する方法の一つであると考えられる。著者ら^{1,2)}は、電気化学的方法を用い、水中の藻類を陽極の表面に付着させて除去する方法を考案した。本研究では、可溶性のアルミニウムまたは銅電極および不溶性のチタン電極を用い、印加電流値、印加電圧および通電時間を種々変化させて実験を行い、藻類の動きおよび藻類膜の形成に対する電極材の影響、藻類膜の付着状態に対する印加電流値および通電時間の影響について考察し、電気化学的方法を利用した藻類除去法のメカニズムについて検討を行った。

2. 実験装置および方法

2.1 藻類の動きに対する電極材の影響実験

本実験では、血球計算盤の凹面部と凸面部の間にある2溝に、銅線またはチタン線の陰・陽電極を設置した実験装置(a)を用いた。実験は、凹面部に供試水を滴下し、カバーガラスを掛け、印加電圧を0~35Vの間で種々変化させ、藻類の動きおよび移動速度を顕微鏡下で観測して行った。

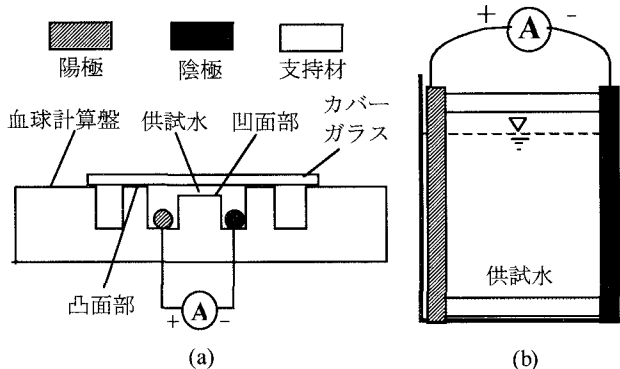


図1 実験装置

2.2 藻類膜の形成および付着状態に対する電極材、印加電流値および通電時間の影響実験

本実験では、有効容積1.5Lの水槽、陰・陽電極および直流安定化電源からなっている実験装置(b)を用いた。電極材としてはアルミニウム板またはチタン板を用い、電極間隔は15mmとし、印加電流値は10, 100および180mAとした。実験は、各々の印加電流値において、所定の通電時間で終了させ、藻類膜の付着量、処理水の濁度および藻類膜中のアルミニウムイオン量を測定して行った。

2.3 供試水および水質分析について

屋外の水槽に自然に発生した藻類が含まれている水を供試水とした。供試水のpHおよびECは、それぞれ7.49, $2.69\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ であり、優占藻類は*Kirchneriella*属と*Ankistrodesmus*属であった。藻類膜の付着量は600℃での強熱減量を測って算出し、濁度は分光光度計法で、アルミニウムイオンはICPを用いて測った。

3. 実験結果および考察

3.1 藻類の動きに対する電極材の影響

図2に、銅線を陰・陽電極とした実験における藻類の動きの一例(印加電圧5V)を示す。通電初期(およそ10秒まで)は、通電時間の経過につれ、図2のa, bおよびcに示したように、藻類は、電気泳動により陽極方向へ移動する。印加電圧を種々変えて藻類の移動速度を測ったところ、印加電圧が高いほど、藻類

の移動速度は速くなり、本実験範囲では平均移動速度は $0.128\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{V}^{-1}$ であった。通電 10 秒前後から、陰極から気泡の発生が見られ (図 2 の d), 藻類の移動速度は速くなった。通電 25 秒後では、藻類は陽極付近に集まり、陰極付近はたくさんの気泡が溜まっていた (図 2 の e)。

一方、チタン線を陰・陽電極とした場合では、通電開始直後から陰・陽両電極で気泡が発生し、発生気泡は電極間を、渦を巻くように流動し、藻類は渦と共に流動して動きは定まらず、陽極方向へ移動する藻類があれば、陰極方向へ移動する藻類もあった。長時間通電すると、藻類は陽極付近に集まる傾向が見られたが、銅線の場合ほど多くなく、陰極付近に藻類は残留していた。

図 3 に、アルミニウム板電極およびチタン板電極を用いた実験における処理水の濁度の変化を示す。アルミニウム板電極を用いた場合では、通電開始直後から陰極で気泡が発生するが、陰・陽両電極間の水中に、小さな藻類の凝集体が形成された。この藻類凝集体は、陽極へ移動しながら大きくなり、陽極表面に到達し付着した。通電時間の経過と共に陽極表面の付着量は増加し、処理水の濁度は減少した。一方、チタン板電極を用いた場合では、通電開始直後から陰極および陽極の双方で気泡が発生し、陽極表面に藻類膜は形成されず、処理水の濁度の減少は少なかった。

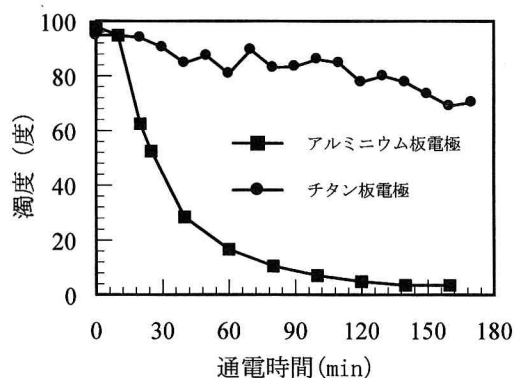


図 3 処理水の濁度の経時変化

上述したことから、電場下では藻類は、負電荷を持っていることより電気泳動で陽極へ移動し、陰極で発生した気泡により促進されると考えられる。可溶性電極を用いれば、負電荷を持つ藻類は、陽極へ泳動で移動するが、溶出された陽イオンと凝集体を造り、粒子径の増大で泳動速度は速くなり、さらに陰極から発生した気泡に推進

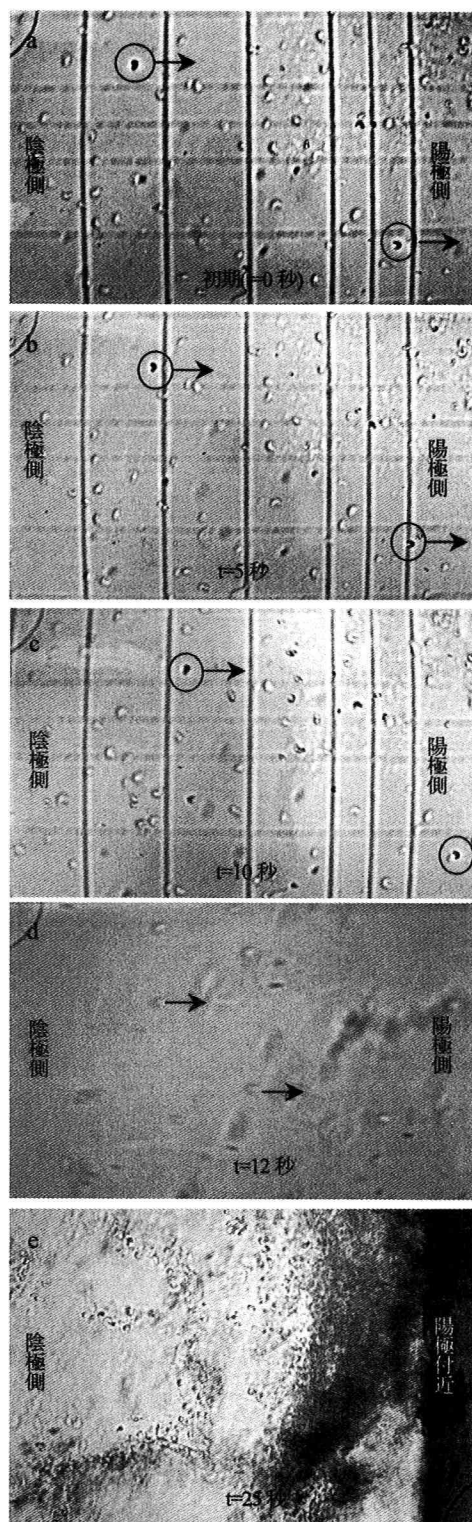


図 2 電場における藻類の動き

され、より速く陽極へ移動し付着する。不溶性電極の場合では、陽イオンの溶出はないため、藻類の凝集体は形成されにくく、さらに陰極および陽極から発生する気泡の流動により、藻類の陽極への移動が阻害され、陽極表面に藻類膜は形成されなかったと考えられる。

3. 2 藻類膜の付着状態に及ぼす印加電流値および通電時間の影響

可溶性のアルミニウム電極を用いた場合、藻類膜の付着状態および藻類膜の付着量と藻類膜中のアルミニウム量との関係をそれぞれ表1および図4に示す。印加電流値が小さい場合（10mA）、通電時間60min程度までは、陽極表面に緑色の藻類の凝集体が点点と付着し、通電時間が長くなるにつれ陽極表面を均一に覆うように藻類膜が形成された。また、印加電流値100mAおよび180mAと大きい場合は、短い通電時間（45min、20min以下）では、藻類膜の付着は良好であった。いずれの印加電流値においては、藻類膜中のアルミニウム量は、藻類膜の付着量が多いほど、多くなり、両者の相関関係は指数で表すことができた。これは、可溶性のアルミニウム電極から電解で溶出した陽イオンが、藻類膜の形成に寄与していることを示唆している。

しかし、印加電流値10mAと小さい場合でも、通電時間540minでは、陽極表面に付着していた藻類膜が、形が整えただままで剥がれ、剥がれた藻類膜は水面に浮いた。また、印加電流値が100mAおよび180mAと高い場合は、通電時間がそれぞれ60minおよび30minで陽極表面に付着していた藻類膜が剥がれ、剥がれた藻類膜は水面に浮いた。なお、電流の印加を継続すると、藻類膜の剥がれた陽極表面に、新たに藻類の付着が始まった。

上述したことから、陽極表面に付着した藻類膜は負に帯電しているが、通電し続けると、溶出した陽イオンの正電荷に中和され、さらに正に帯電してしまい、静電反発力によって電極表面から剥がされてしまったと考えられる。印加電流値が高いほど、陽イオンの溶出量は多いので、藻類膜が負から正に変わるのも早く、藻類膜の剥離は短い時間で起きたと考える。

4. まとめ

本研究では以下の知見が得られた。

電気化学的方法を利用した藻類除去で、可溶性電極を用いることは有効である。負電荷を持つ藻類は、電場に置かれると、電気泳動によって陽極へ移動し、その移動速度は、陰極から発生した気泡により加速される。また、可溶性陽極から電解で溶出した陽イオンは、藻類の凝集体の形成と電気泳動速度の増大、藻類膜の形成、付着および剥離に影響している。

参考文献

- 1) 谷村嘉恵, 黒田正和 (2000) 電気化学的方法による藻類除去に及ぼす諸因子の検討, 第7回シンポジウム「環境用水の汚濁とその浄化」講演集, 49-52.
- 2) 谷村嘉恵, 黒田正和 (2002) 電気化学的方法を利用した藻類直接除去, 水環境学会誌, 25, 53-56.

表1 藻類膜の付着状態

印加電流値 (mA)	通電時間 (min)	藻類膜の付着状況
10	30	点状付着
10	60	点状付着
10	150	膜付着-良好
10	420	膜付着-最も良い
10	540	膜付着-剥離浮上
100	10	膜付着-良好
100	20	膜付着-良好
100	30	膜付着-良好
100	45	膜付着-良好
100	60	膜付着-剥離浮上
180	5	膜付着-良好
180	10	膜付着-良好
180	15	膜付着-良好
180	20	膜付着-良好
180	30	膜付着-剥離浮上

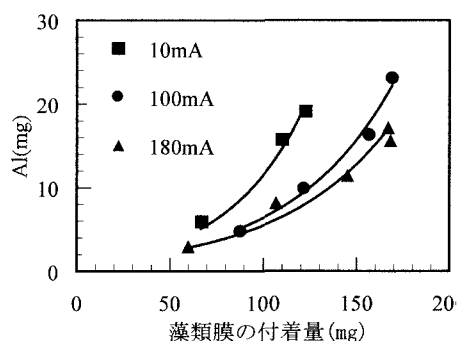


図4 藻類膜の付着量と藻類膜中のアルミニウム量との相関関係