

通電による異常増殖した藻類の除去

谷村 嘉恵*

(2019年1月7日受理)

1. はじめに

藻類は、植物であり、水中の栄養塩類を吸収し、太陽のエネルギーを利用して、大気中の二酸化炭素を有機物にする光合成を行い、自然生態系にとってはエネルギー及び有機物の取り入れ、酸素の生産に欠かせない存在である。一方、河川、湖沼、人工池などのあらゆる水域には藻類が生息していて、特に流れが緩やかで、または、流れのない閉鎖性水域では、藻類の異常増殖が起こりやすい。藻類が異常増殖していると、水域が緑色、茶色、赤色などに着色し、景観が悪くなり、人々に不快感を与えるだけではなく、その水域の水利用にも影響する。

藻類は、その大きさも重量も小さく、ろ過や遠心分離などの固液分離方法で除去することは難しい。異常増殖した藻類を水域から固液分離させて簡単に除去できる方法の検討が必要である。

当研究室では、水に金属電極を設置して電気を流すことによる藻類への影響について研究している。これまでの研究で得られて結果をここに報告する。まず、電気を流した水中における藻類の動きを観察し、そして、回分方式で水槽に水を汲み、電極板を設置して通電することによって藻類を陽極板に付着させるを試みる。最後に、金属電極を設置した水槽に藻類が異常増殖している水を連続に流入させて通電する実験を行い、藻類の除去効率について検討する。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 電気を流した水中における藻類の動き

図1に、電気を流した水中における藻類の動きを観察するための実験装置1を示す。図1に示したように、この実験装置は、血球計算盤、電極として血球計算盤の凹

面部と凸面部の間にある溝に巻き付けた銅線、直流安定化電源からなっている。実験は、凹面部に藻類を含む水を滴下して、カバーガラスを掛け、10mAの電流を印加して顕微鏡で藻類の動きを観察する。

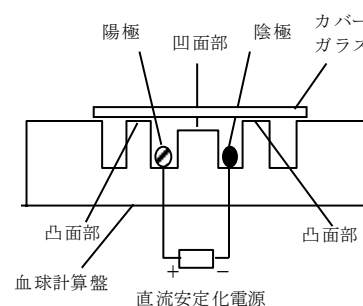


図1 実験装置1

2.2 回分方式で水中の藻類を陽極板に付着させる実験

図2に、回分方式で水中の藻類を陽極板に付着させる実験の実験装置2を示す。図2に示したように、この実験装置は、有効容積1.5Lの水槽、陰・陽電極としたアルミニウム板(150mm×100mm)2枚、直流安定化電源からなっている。実験は、水槽に藻類を含む水を1.0L入れて、

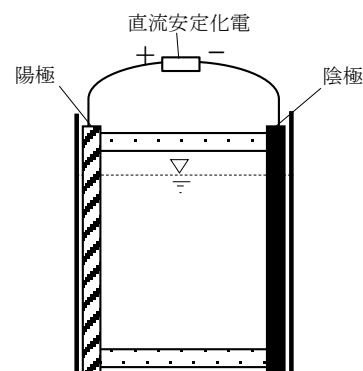


図2 実験装置2

*群馬工業高等専門学校環境都市工学科

印加電流値を種々変えて行い、陽極に付着した藻類の量を測定した。なお、陰・陽電極の間隔を 4.5cm とした。

2.3 連続流方式実験装置による藻類除去実験

図 3 に、連続流方式実験装置を示す。図 3 に示したように、この実験装置は、供試水タンク、流入ポンプ、調整室、電極室、陽極として電極室の中央に設置したアルミニウム板 (110mm×910mm) 1 枚、陰極として電極室の両側面に沿って設置した銅板 (110mm×910mm) 2 枚、放流室、処理水タンク、直流安定化電源からなっている。電極室の有効容積は 10010cm³ で、陰・陽電極間の間隔は 5cm である。実験は、供試水を流入ポンプで調整室を経て電極室に一定の速度で流入させ、処理水をオーバーフロー方式で放流室を経て放流し、印加電流値 150mA、滞留時間 1 時間、2 時間、3 時間の条件下で流入する供試水と流出する処理水の濁度を測定して行った。

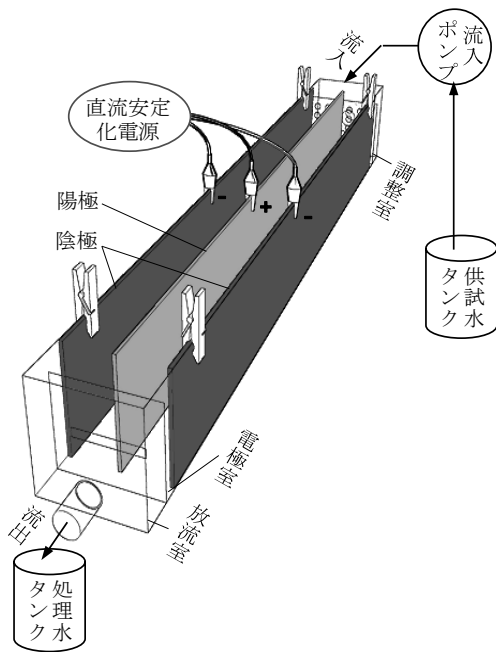


図 3 連続流方式実験装置

3. 実験結果及び考察

3.1 電気を流した水中における藻類の動き

図 4 に、電気を流した水中における藻類の動きを示す。図 4 に示したように、○印をつけた藻類が、通電時間の

経過とともに矢印方向すなわち陽極側に移動していることが分かった。このように電場に置かれた藻類が陽極側に移動する現象については以下のように考える。この実験に陽極として銅線を使用しているため、通電すると陽極の銅線から銅イオンが溶出する。溶出した銅イオンは

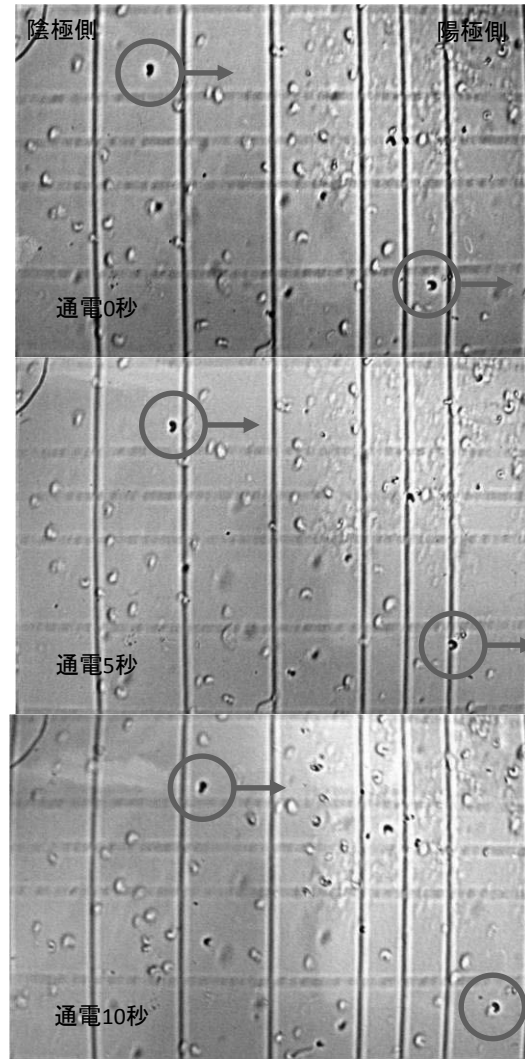


図 4 藻類の移動

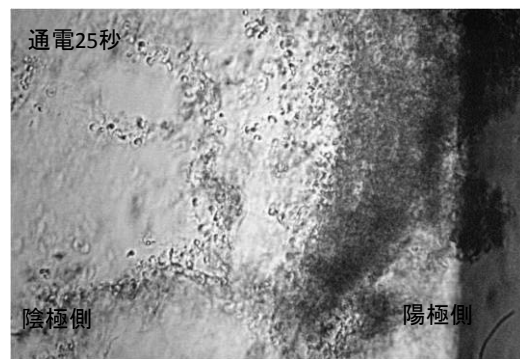


図 5 通電 25 秒後の陽極付近

正の電荷をもっているため、負の電荷をもつ藻類を引き寄せていくことが起きる。

図5は、通電25秒後の陽極付近の写真である。図5に示したように、陽極付近に藻類が固まっていることが分かった。これは、図4に示したように藻類が陽極側に移動し、最終的に血球計算盤の凹面部の陽極付近に溜まってしまうことによるものである。これは、顕微鏡下で観察された現象であり、水槽に設置した陽極板にどのような現象が起きるかは次の実験で確かめる。

3.2 回分方式で水中の藻類を陽極板に付着させる実験

図2に示した回分方式実験装置2に藻類が異常増殖した水を入れて通電すると、通電時間の経過につれ陽極の対面に藻類が付着していく様子が観察で分かった。

図6に、印加電流値160mA、印加電圧34.5Vの条件で、通電時間1.5時間時の陰・陽電極の対面の写真を示す。通電開始後5分経過時、陽極の対面に直径1mm程度大きさの緑色の塊が付着していることが観察された。その後、時間の経過とともに塊が多くなっていて、最終的に陽極の対面一面が覆い尽くされていた。この現象について以下のように考える。本実験で陽極としてアルミニウム板を使用しているため、通電することにより、陽極からアルミニウムイオンが溶出し、陽極付近で引き寄せてきた負の電荷をもつ藻類と凝集ブロックを作って付着する。このように陽極対面に付着した藻類は、凝集ブロックの形になっていて、水に戻ることもなければ、水槽から電極板を引き上げる際に剥がれ落ちることもなかった。この方法を用いれば、固液分離しにくい微細藻類の除去も

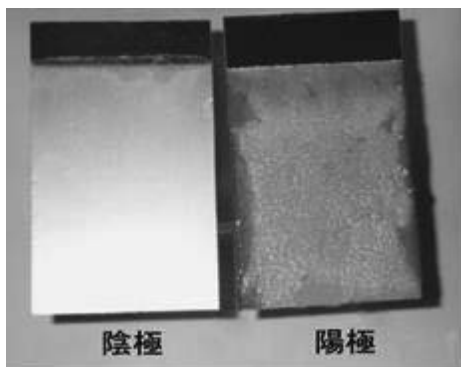


図6 回分方式実験に用いた陰・陽電極の対面

可能となる。一方、陰極のアルミニウム板の対面には藻類の付着は見られなかった。

従って、藻類の凝集ブロックがより多く付着するように、装置や電極の形状などを改善し、陽極の有効面積を増やすことによって、藻類の除去量の増大につながると考えられる。

3.3 連続流方式実験装置による藻類除去

本実験に用いた供試水に藻類が多く含まれていて、水の濁度は90度と高かった。通電開始5分程度で陽極の対面に藻類の付着が確認された。通電開始後15分程度で陽極の対面が付着した藻類に覆い尽くされていた。また、藻類の付着量は流入口側に近いほど多かった。通電時間の経過とともに藻類の付着量は更に増加し、滞留時間1時間の場合では約90分、滞留時間2時間の場合では約160分、滞留時間3時間の場合では約220分までに、藻類の付着量は増えていた。その後、付着した藻類が部分的に剥がれ落ちた。これらの結果から、本実験条件下では、連続流方式実験装置を用いて藻類を付着させて除去することは可能であることがわかった。

図7に、藻類の除去率の経時変化を示す。図7に示したように、いずれの滞留時間においても、通電時間が長くなるにつれ、通電初期における藻類の除去率はほぼ直線的に増加し、その後、藻類除去率の増加は見られなかったが、いずれも高い除去率が維持されていた。これは、

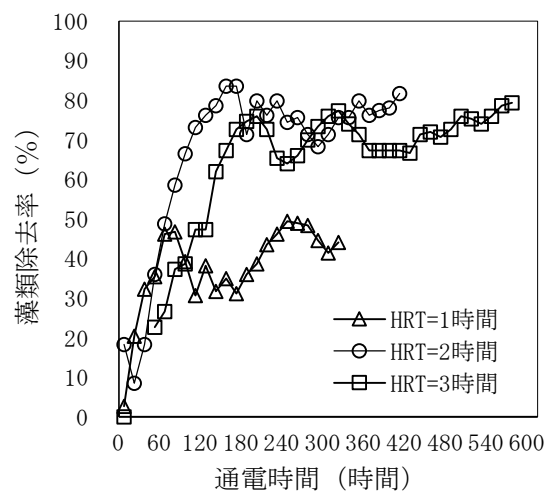


図7 藻類の除去率の経時変化

通電初期の陽極の対面に藻類が付着していない空きスペースが十分にあるため、陽極から溶出したアルミニウムイオンと藻類との凝集及び陽極対面への付着がスムーズに進行できたからであると考えられる。一方、通電時間が長くなるにつれ、藻類の付着により、陽極の対面が覆い尽くされていく、藻類の付着スペースがなくなるだけでなく、アルミニウムイオンの溶出に阻害が起きている可能性があるからであると考えられる。

なお、滞留時間 1 時間の場合では通電開始約 90 分時に、滞留時間 2 時間の場合では通電開始約 160 分時に、滞留時間 3 時間の場合では通電開始約 220 分時に藻類の除去率が低下していた。これは付着した藻類が剥がれ落ちたことによるものであると考えられる。従って、付着した藻類が剥がれ落ちる前に剥ぎ取り出すことによって、藻類を完全に水中から除去することができ、処理水の水质を保持することもできる。

4. まとめ

本研究では、藻類が異常増殖した水中に金属電極板を設置して通電することによって、水中から藻類を取り除く方法について検討した結果、以下のことが分かった。

1) 負電荷をもつ藻類が、電場に置かれると電気泳動によって、陽極側に引き寄せられていく。

2) 陽極側に引き寄せられた藻類は、陽極から溶出する陽イオン特にアルミニウムイオンと結合して凝集フロックを作り陽極の対面に付着する。この凝集フロックはしっかりと陽極板に付着していて、電極板と一緒に水中から引き上げられる。

3) 連続流方式処理装置においても藻類の除去率が高い。定期的に付着した藻類を剥ぎ取り出すことによって、水中から藻類を除去することができる。

5. 参考文献

1) 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.

2) 谷村嘉恵、黒田正和 (2002)、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、第 39 回環境工学研究フォーラム講演集、98-100.

3) 谷村嘉恵、黒田正和 (2004)、電気化学的方法による藻類の連続処理、第 41 回環境工学研究フォーラム講演集、122-124.

Removal of Abnormally Proliferating Algae by an Electrochemical Method

Yoshie TANIMURA

This study investigated a method of removing algae by energizing a metal electrode plate set in water containing abnormally proliferated algae. As algae have negative charge in water, they migrated to the anode by electrophoresis in an electric field. Combining with cations eluting from the anode, especially aluminum ions, the algae formed cohesive floc and then adhered on the anode surface without returning into the water. In the continuous flow apparatus, algae were removed at high removal rate by taking out the algae adhered on anode regularly. It was shown that the electrochemical method can efficiently remove algae from water.