

B-39 電気化学的方法による藻類異常増殖の抑制に関する基礎研究

谷村 嘉恵

群馬工業高等専門学校環境都市工学科 (〒371-8530 群馬県前橋市烏羽町580番地)

* E-mail: tanimura@cvt.gunma-ct.ac.jp

1. はじめに

公園の池、観賞用人工池、またはアクアリウムのような小規模の水域においては、水の流れは穏やかで時には静水に近い状態になる。このような水域における生態系は不完全であるため、生息している魚類や鳥類などに給餌することが多い。食べ残した餌や糞などは、水中に溜まり水の汚濁を引き起こしている。このような水域においては、気温の高い季節になると藻類が異常に増殖することによって酸欠状態に落ち、魚類の死滅をもたらすばかりではなく、異臭を発することなどによって、景観および親水機能に悪影響をもたらす。

筆者は、数年前から電気化学的方法を用いた異常発生した藻類を直接に除去する方法¹⁾について研究して来た。水中の藻類は負の電荷を持っている²⁾ため、電場に置かれた微細藻類が電気泳動などの力で陽極側に集められる³⁾。ところが、公園の池やアクアリウムなどのような水域では、水質をきれいに保ち、藻類の異常発生を未然に防ぐことも重要である。従って、本研究では、水道水(脱塩素)を入れたクリーンな状態にあるアクアリウムに藻類増殖抑制装置を設置して通電することによって藻類の発生・増殖への抑制効果および水質保持効果について検討を行った。

2. 実験装置及び実験方法

2.1 実験装置

図 1 に、藻類増殖抑制装置の横断面図を示す。この装置は、魚が迷い込まない程度の大きさの均等な穴のあるプラスチック製の電極ケースに、陽極とした白金メッキしたチタンメッシュ板4枚と陰極としたステンレスメッシュ板5枚を交互に 1.0cm の間隔で配置するものであった。電極の寸法は、陰・陽電極とも 13.5×10.5cm であった。

図 2 に、藻類増殖抑制装置を設置したアクアリウム(以下では水槽 A という)、藻類増殖抑制装置を設置しなかったアクアリウム(以下では水槽 B という)を示す。アクアリウムの水槽は、縦 30.0×横 45.0×高さ 29.5cm の市販のガラス製水槽(有効容積 45L)を使用した。水槽 A の場合では、藻類増殖抑制装置を水槽内に設置して直流安定化電源に接続した。水槽 B の場合では、実験の長期化による金魚に不利な酸欠状態を避けるためにエアポンプを取り付けた。なお、両水槽ともフィルター付きの循環ポンプを取り付けなかった。

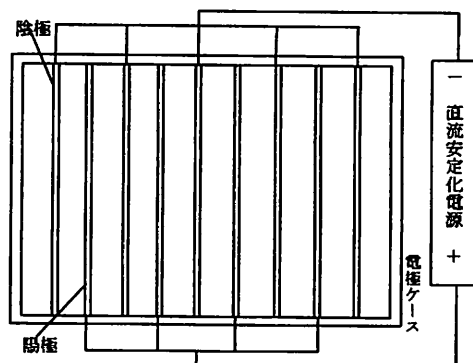


図 1 藻類増殖抑制装置の断面図

2.2 実験方法

供試水としては一日汲み置きした脱塩素の水道水を用いた。実験は、供試水を入れ、それぞれ金魚を 4 匹放した水槽 A と水槽 B を光照射強度 20,000Lux, 光照射時間 14 時間・暗時間 10 時間、室内気温 28℃に設定したグロスキャビネット庫内に設置し、印加電圧 10V, 印加電流値 3A の条件下で行った。また、全実験期間中両水槽内の水を変えことなく、清掃もせずに、一日一回蒸発で減った分の水だけを供試水で補充した。なお、金魚に一日一回市販の餌を 0.1 g 投

入した。

実験期間中定期的に水槽 A および水槽 B 内の pH, 溶存酸素, 濁度を測定した。また, 実験終了時に水槽 A および水槽 B 内の水に対して COD_{Mn} , BOD, 懸濁物質, Chla 濃度, 透視度, アンモニア性窒素, 硝酸性窒素, 大腸菌群数を測定した。

2.3 水質の分析

pH, 溶存酸素, 透視度はそれぞれ pH 計, 溶存酸素計, 透視度計を用いて測定した。濁度は分光光度計を用いて吸光度を測定し, 検量線を用いて算出した。 COD_{Mn} は 100°C における過マンガン酸カリウムによる COD 法, BOD は 5 日培養法, 懸濁物質は GF/B ろ紙を用いた乾燥重量法, アンモニア性窒素はインドフェノール青法, 硝酸性窒素は, 紫外線吸光度法, 大腸菌群数はデスオキシコール酸塩培地法を用いて測定した。また, Chla は, 90% のアセトンで抽出し, 吸光度法を用いて測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 溶存酸素の経時変化

図3に, 水槽Aと水槽Bにおける溶存酸素濃度の経時変化を示す。水槽Aにおいては, 藻類増殖抑制装置に通電すると電極の表面から無数の気泡が発生した。発生した気泡は水の電気分解によって生成された酸素と水素からなっており, とても細かくて水槽全域に広がっていた。微細気泡に包まれている酸素は水に接する面積は大きいので水中に溶けやすくなる。水槽Aにおける溶存酸素濃度は, 全実験期間中 $7.5 \sim 10.4 \text{ mg-O}_2/\text{l}$ であり, 過飽和状態になっていた。

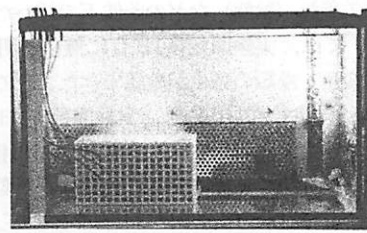
一方, 水槽Bにおける溶存酸素は水槽Aの場合より低く, 実験開始後約1200hrを経過した時点では, $4.7 \text{ mg-O}_2/\text{l}$ まで下がった。これは, 水槽Bにおける微生物による有機物の分解や金魚などの生物の呼吸によって酸素が消費されたからである。

3.2 pHの経時変化

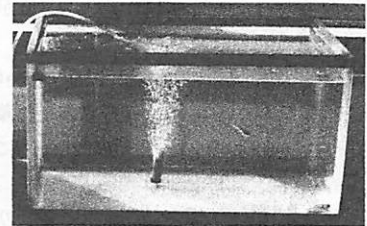
図4に, 藻類増殖抑制装置を設置した水槽 A および藻類増殖抑制装置を設置しなかった水槽 B における pH の経時変化を示す。藻類増殖抑制装置を設置しなかった水槽 B では, pH は, 比較的高く, 約 $7.63 \sim 8.49$ であった。一方, 水槽 A では, pH は, 比較的低く, 約 $8.38 \sim 8.96$ であった。

3.3 濁度の経時変化

図5に, 水槽Aおよび水槽Bにおける濁度の経時変化を



水槽 A



水槽 B

図2 藻類増殖抑制実験に用いたアクアリウム

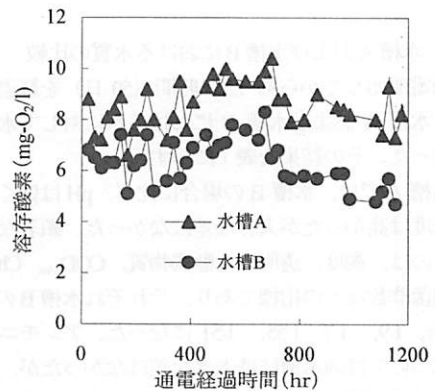


図3 溶存酸素濃度の経時変化

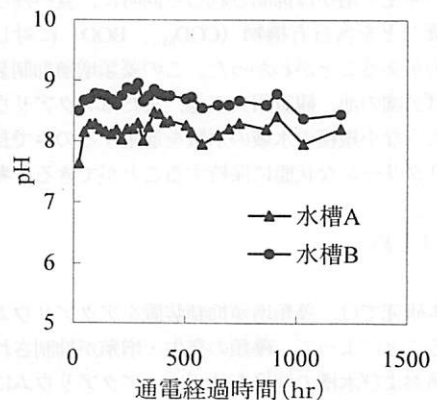


図4 pHの経時変化

示す。本実験は, 藻類の発生・増殖に最適な光照射, 水

温および栄養源（給餌）などの条件下で行ったため、水槽Bにおいては、実験開始後3日目に無色透明な水道水が薄緑に変色し藻類の発生が確認できた。その後、濁度は速いスピードで増加し続き、実験開始後7日目頃までには40度を超えた。7日目から、濁度の増加速度が減少したが、43日目前後までに濁度は70度付近で変動していた。また、43日目から光照射時間を14時間から24時間に延長したため、水の交換および清掃をせずに、藻類増殖抑制装置を設置しなかった水槽Bでは、濁度が急激に増え、150度を超えた。

一方、水槽Aにおいては、実験を開始してから43日目までの間、水槽内の水が無色、透明であり、藻類の発生は観察されなく、濁度が12~5.7度で比較的に低いレベルに保っていた。43日目から日光照射時間を24時間に延長したため、水槽内の水はやや緑色に変わり、濁度も増加したが、10.8度に止まった。これは、藻類抑制装置は藻類の発生および増殖に対する抑制効果を発揮したことを示唆している。

3.4 水槽Aおよび水槽Bにおける水質の比較

通電開始してから約1200時間（50日）を経過した時点、水槽Aおよび水槽Bにおける水に対して水質分析を行った。その結果を表1に示す。

水槽Aでは、水槽Bの場合に比べ、pHは低く、電気伝導度は高かったが大きな差はなかった。顕著な差が現れたのは、濁度、透明度、懸濁物質、COD_{Mn}、Chl.a濃度、大腸菌群数などの指標であり、それぞれ水槽Bの約1/24、16倍、1/9、1/7、1/55、1/51になった。アンモニア性窒素については両水槽には大きな差はなかったが、水槽Aにおける硝酸性窒素は水槽Bに比べ大きかった。

以上のことから、藻類増殖抑制装置を設置することによって、アクアリウムのような小規模の水域における藻類の発生・増殖は抑制されると同時に、食べ残された餌や糞などを含む有機物（COD_{Mn}、BOD）に対しても分解力があることがわかった。この藻類増殖抑制装置を使えば公園の池、観賞用人工池、またはアクアリウムなどのような小規模の水域の水質を通電するのみで長期にわたりクリーンな状態に保持できると考える。

4. まとめ

本研究では、藻類増殖抑制装置をアクアリウムに設置することによって、藻類の発生・増殖が抑制され、水の交換および水槽の清掃をせずに、アクアリウムにおける水を約2ヶ月間きれいに保つことができた。濁度に基づいて算出した藻類発生・増殖への抑制率は約95%と高かった。

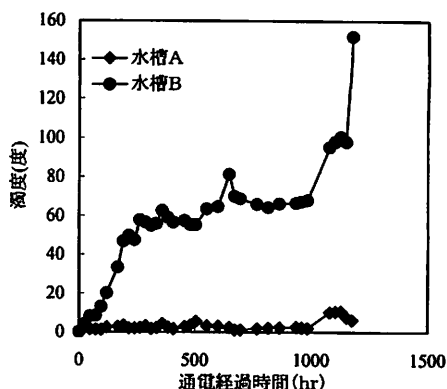


図5 濁度の経時変化

表1 水槽Aと水槽Bにおける水質の比較

測定項目	水槽A	水槽B
pH	8.03	8.41
電気伝導度 (mS/m)	40.3	38.1
濁度(度)	6.42	151.89
透視度 (cm)	100以上	6.2
溶存酸素 (mg/l)	8.2	4.7
懸濁物質(mg/l)	16.0	144.0
COD _{Mn} (mg/l)未ろ過水	16.29	109.28
COD _{Mn} (mg/l)ろ過水	10.91	23.44
BOD (mg/l) 未ろ過水	5.47	61.62
BOD (mg/l) ろ過水	2.15	5.00
アンモニア性窒素(mg/l)	0.14	0.16
硝酸性窒素(mg/l)	0.23	0.11
Chl.a(mg/l)	0.008	0.439
大腸菌群数 (個/ml)	2	102

また、この方法の最大な特徴としては、不溶解性電極を使用し、電気のみで操作できるため、アクアリウムにおける水質および生態系に対する有害物質の残存はないことである。

参考文献

- 1) 谷村嘉恵, 黒田正和: 電気化学的方法を利用した藻類直接除去, 水環境学会誌, Vol.25, No.1, 53-56, 2002.
- 2) 北原文雄, 古澤邦夫: 最新コロイド化学, 223-234, 講談社, 1990.
- 3) 谷村嘉恵, 黒田正和: 電気化学的方法を利用した藻類除去法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, 2002.