

VII-51

光触媒溶射皮膜による藻類の死滅機構に関する基礎的研究

岩手大学工学部 学生会員 ○高橋真司, 佐々木司, 鳴海貴之
岩手大学工学部 正会員 伊藤 歩, 相澤治郎, 海田輝之

1.はじめに

ダム湖や貯水池などの閉鎖性水域におけるアオコの発生により浄水操作でのろ過障害、景観障害、溶存酸素の枯渇による魚介類のへい死などが生じることがある。また、藻類の種類によっては、水道水の異臭味を発生させる物質や毒性を持つ代謝物を産出するものもある。そのため、これまでアオコ発生の原因となる藻類の増殖を抑制する様々な方法が検討されている。硫酸銅の散布や曝気による湖水の循環が代表的な手法であるが、これらは生態系への影響や経済性等の問題を少なからず抱えている。

一方、光触媒は紫外線照射下で酸化力の高い活性酸素を生成し、有機化合物を最終的に水と二酸化炭素まで分解することができる。そのため、光触媒反応を利用した抗菌や脱臭、防汚に関する研究や水処理分野での研究が盛んに行われている¹⁾。しかしながら、光触媒を用いた藻類の増殖抑制に関する研究はほとんど報告されていない。著者らは、実際の湖水に対して太陽光を用いた皮膜状 TiO₂ 光触媒が藻類の増殖抑制に効果があるという知見を得ているが、藻類の不活化や増殖抑制のメカニズムは明らかになっていない。

以上の背景から、本研究では皮膜状光触媒による藍藻類の死滅機構について検討を行った。

2.実験方法

本研究では、アオコを形成する藍藻類の代表種である *Microcystis aeruginosa*（以下、*M. aeruginosa* とする）を試験種とした。前段階として、Gorham 培地で培養した *M. aeruginosa* の培養液を適量採取して遠心分離（10000rpm、10 分）した後、その上澄み液を捨て、藻体の洗浄を行うために 15mg/l NaHCO₃ 溶液を遠沈管に満し、混合後に再度遠心分離を行い、残存する培地成分を可能な限り除去した。洗浄した藻体を 15mg/l NaHCO₃ 溶液で希釈し、これを植種液とした。ステンレス製のバット（32cm×43cm×深さ 11cm）を反応槽とし、水深が約 5cm（約 7.2l）となるように 15mg/l NaHCO₃ 溶液を満した後、上述の植種液を反応槽に添加した。反応槽の一つに光触媒板（アナターゼ型の TiO₂ 造粒物を高速フレーム溶射によって FRP 製のボード表面に吹き付け皮膜を形成させたもの）を沈め、これを板有りの条件とし、反応槽に光触媒板を沈めないものを板無しの条件とした。光源は蛍光灯とブラックライトとし、これらを反応槽の上部から連続照射した。なお、藻類が光触媒板へ沈殿あるいは吸着する恐れがあると予想されたので、反応槽内に光触媒板は存在するがブラックライトを照射せず蛍光灯のみを照射した条件（以下、ブランクとする）についても同様に検討を行った。また、反応槽に不純物ができるだけ混入しないように、紫外線を通す石英ガラスの板（厚さ約 3mm）で反応槽の上部を覆った。実験は恒温室内において、水温を 25℃とし、照度を 2500lx、紫外線（UV-A）強度を 0.5~1.0mW/cm² に設定して行った。なお、ブランクの条件では紫外線強度は 0.01 mW/cm² 未満であった。

分析項目は pH、藻類量の指標である Chl-a 濃度、藻体の構成成分の一つである Mg の溶液中の濃度、藍藻の細胞壁表層を構成するリボ多糖の指標であるエンドトキシン（生化学工業株式会社：エンドスペシー ES-24S セットを使用）とした²⁾。

3.実験の結果と考察

図-1 に pH の経時変化を示す。ブランクの条件は実験開始後 12 時間目に最も高い pH を示した。板無しの条件においても 12 時間目に pH は増加したがブランクの条件に比べて低い値を示した。板有りの条件では実験開始直後より pH が若干の減少を示した。ブランクの条件では他の 2 条件に比べて *M. aeruginosa* が二酸化炭素を消費し、活発に光合成を行っていたと考えられる。板有りの条件では pH の上昇はみられなかったが、これは *M. aeruginosa* が光触媒によって不活化されていたと推察される。板無しとブランクの条件では 12 時間目以降 pH は減少する。これは本実験では明暗培養ではなく光を連続照射しているため、徐々に *M. aeruginosa* が不活化され、空気中の二酸化炭素の溶解速度よりも光合成による二酸化炭素の消費速度が小さくなったためと考えられる。

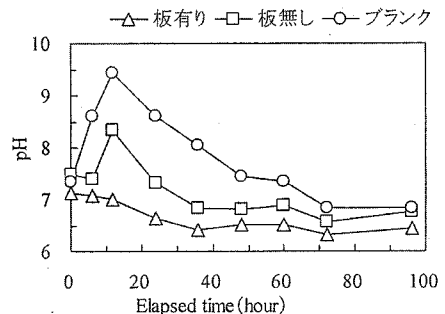


図-1 pH

図-2にChl-a濃度の経時変化を示す。初期値は130~160 $\mu\text{g/l}$ であった。板無しの条件では実験開始からほぼ一定の傾きで緩やかな減少を続けた。板有りとブランクの2条件では実験開始から6時間目にかけて大幅に減少し、その後は緩やかに減少した。この減少は、主に *M. aeruginosa* の光触媒板への吸着や沈殿が起こったためと推察される。ブランクの条件では60時間目からは緩やかに増加した。これは図-1に示したように60時間以降ではpHが上昇しないことから、光触媒板の表面へ吸着した *M. aeruginosa* の一部が剥離したことも一因であると考えられる。板有りの条件ではChl-a濃度が60時間目以降も減少し続けた。この減少は光触媒による *M. aeruginosa* の不活化が起こったためと考えられる。光触媒板有り、無し、そしてブランクの3条件で実験を行ったことで、*M. aeruginosa* は光触媒板へ沈殿、吸着することがわかった。しかしながら、本実験条件では光触媒板上の *M. aeruginosa* による遮光の影響は少なく、光触媒板は *M. aeruginosa* を不活化することが示唆された。

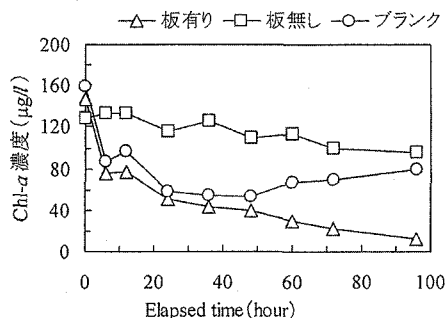


図-2 Chl-a 濃度

図-3にエンドトキシンの経時変化を示す。リポ多糖の指標であるエンドトキシンはグラム陰性菌の外膜内に存在し、菌体が死んで溶菌するときや機械的に破壊されたとき、また菌体が分裂するときなどに遊離し検出される。板無しの条件ではエンドトキシンは96時間目に増加し、ブランクの条件では60時間目に増加したが、その増加の程度は板有りの条件よりも小さかった。一方、板有りの条件ではエンドトキシンは実験開始後60時間目に顕著な増加を示した。この大幅な増加は、光触媒によって *M. aeruginosa* の外膜が破壊され、リポ多糖が溶出してきたためと推察される。

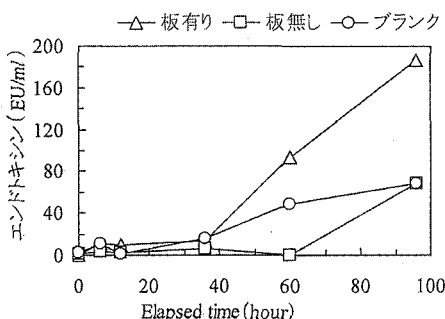


図-3 エンドトキシン

図-4に溶解性Mg濃度の経時変化を示す。板有りの条件では溶解性Mg濃度が実験開始後24時間目に350 $\mu\text{g/l}$ まで増加し、その後も緩やかな増加を示した。板無しの条件では実験開始から60時間目までほぼ一定の傾きで緩やかに増加した。ブランクの条件では一度減少したが時間が経過するにつれて増加する傾向を示した。溶解性Mg濃度の増加は、藻体表面に吸着されているMgの脱着、あるいは藻体内からのMgの溶出によるものと考えられる。したがって、板有りの条件では光触媒による *M. aeruginosa* の細胞壁や細胞質膜の破壊が早い段階から起こると推察される。

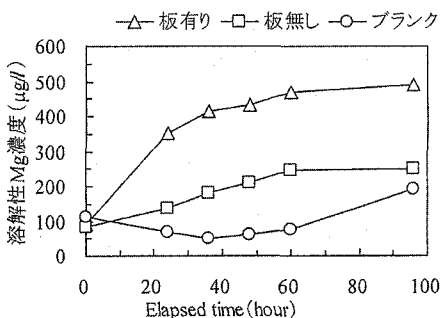


図-4 溶解性 Mg 濃度

4. 結論

本研究により、光触媒は藍藻類の増殖抑制に効果があることが示唆された。そして、その死滅機構は光触媒による酸化作用で藻体の表層に亀裂が生じて内部成分が漏出し、その後徐々に外膜が分解されていく可能性があることが示唆された。今後は実験の条件を増やすことで紫外線の影響も考慮するとともに、さらに顕微鏡を用いた形態学的な観察や他の細胞内成分の分析を行い、光触媒による種々の藍藻類についての死滅機構をさらに検討する予定である。

<参考文献>

- 1) 野坂芳雄 野坂篤子共著：入門 光触媒，東京図書株式会社
- 2) 下西康嗣 永井克也 長谷俊治 本田武司共編：新・生物化学実験の手引き，化学同人株式会社