

光触媒による藍藻類の増殖抑制に関する研究

岩手大学工学部 学生会員 ○阿部和幸, 小杉剛

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

近年、閉鎖性水域における富栄養化が深刻な問題となっている。富栄養化は藻類の異常増殖を引き起こし、上水道でのろ過障害や異臭味などの利水障害、景観の悪化などの要因となる。本研究では、藍藻類の増殖抑制について、自然エネルギーである太陽光と、人体に無害で化学的・物理的に極めて安定した物質である光触媒 TiO_2 を用いて検討した。

2.実験方法

本研究では、アオコを形成する藻類の代表種である *M.aeruginosa* と *P.mucicola* (国立環境研究所より入手) を試験種とした。*M.aeruginosa* については AAP 培地(溶解性無機態窒素: 4.3mg/l、溶解性 $\text{PO}_4\text{-P}$: 0.2mg/l)、*P.mucicola* には 0.1 倍の CSi 培地(溶解性無機態窒素: 2.7mg/l、溶解性総リン濃度: 0.55mg/l)を用い、 25 ± 1 の恒温室において、ブラックライト(三共電気製、最大波長: 369nm)と蛍光灯を併用した人工太陽光を光源とし、明:暗=12h:12h でそれぞれ前培養を行った。照度は 2200~3300lx、紫外線強度(UV-A)は自然太陽光と同程度となるように $0.7 \sim 0.8\text{mW/cm}^2$ とした。

2.1 粉末状 TiO_2 による *M.aeruginosa* と *P.mucicola* の増殖抑制の検討

ガラス製の反応槽(6l 容)をそれぞれの培地(5l)で満たし、前培養をした *M.aeruginosa* と *P.mucicola* を接種し、粉末状の TiO_2 (MERCK 社製、アナターゼ型)を添加した。表-1 に示す実験条件で、マグネティックスターラーを用いて攪拌を行いながら、それぞれの増殖抑制を検討した。比較対照試料として、光無照射、 TiO_2 無添加、カオリン添加の条件についても検討した。カオリン添加の目的は濁質成分としての TiO_2 による藻類への光遮断の影響を評価するためであり、 TiO_2 100mg/l の濁度(透過光測定法: 波長 660nm での吸光度)相当のカオリン 570mg/l を添加した。分析項目は pH、Chl-a、DOC(溶解性有機物質)、実験初期・終期での溶解性 N,P とし、DOC と溶解性 N,P の分析は、 TiO_2 を除去するために $0.1 \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過したろ液を用いて、河川水質試験方法¹⁾に基づいて行った。なお、初期 pH は *M.aeruginosa* については 8.5、*P.mucicola* では 7 とした。

2.2 粉末状 TiO_2 による *M.aeruginosa* の代謝物の分解の検討

M.aeruginosa を AAP 培地にて静置培養を行い(初期 DOC 濃度: 0.5mg/l)、DOC 濃度が 10mg/l 程度まで増加した後、藻類を除去するために、その培養液を $1.0 \mu\text{m}$ のメンブレンフィルターでろ過をした。そのろ液を表-2 に示す実験条件で、2.1 と同様の方法により検討した。なお、初期 pH は 7 とし、分析項目は DOC とした。

2.3 TiO_2 接触板による *M.aeruginosa* の増殖抑制の検討

AAP 培地(5l)を満たしたステンレス製容器(350mm×450mm×100mm)に前培養した *M.aeruginosa* を接種し、アナターゼ型 TiO_2 を溶射した FRP(以下、接触板とする。300mm×400mm×5mm)を沈め、静置培養を行った。水面から接触板までの距離は約 4cm とし、比較対照試料として、 TiO_2 無照射の接触板についても検討した。分析項目は、2.1 と同様である。

3.実験結果及び考察

3.1 粉末状 TiO_2 による *M.aeruginosa* と *P.mucicola* の増殖抑制の検討

図-1(a)に *M.aeruginosa* についての Chl-a 濃度の経時変化を示す。まず、光無照射では Chl-a 濃度の増加が全くみられず、一方、光照射で TiO_2 無添加の条件では Chl-a 濃度の著しい増加がみられたことから、本実験の培養方法により藻類の増殖が十分可能であると言える。カオリン添加の場合においても Chl-a 濃度の顕著な増加がみられることから、本実験条件では、濁質成分としての TiO_2 の添加による藻類の増殖抑制はないことが分かる。また、カオリン添加の条件では TiO_2 無添加

表-1 実験条件

光条件	TiO_2 (mg/l)	カオリン(mg/l)
無照射		
照射	0	0
		570
	10	0
	50	
	100	

表-2 実験条件

光条件	TiO_2 (mg/l)	光照射
照射	0	有り
無照射	100	無し
光照射		有り

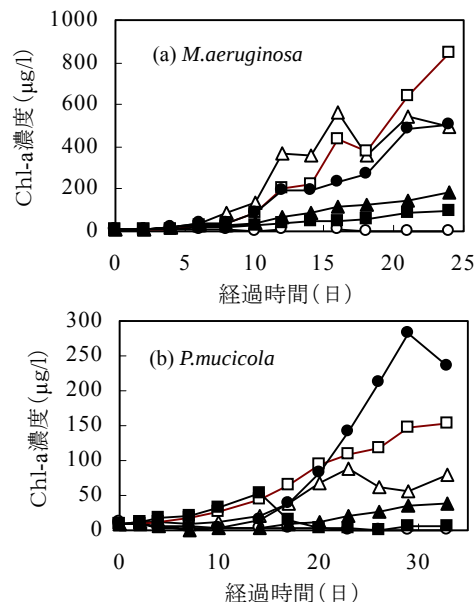


図-1 Chl-a 濃度の経時変化(粉末状)

の条件と比較して Chl-a 濃度の増加がより顕著である。これは、カオリンが藻類の担体の役割を果たし、藻類がより増殖しやすい環境が形成されたためと考えられる。培養 24 日目において TiO_2 の添加量が 0, 10, 50, 100mg/l では、Chl-a 濃度はそれぞれ 500, 500, 185, 100 $\mu\text{g/l}$ であり、 TiO_2 の添加量が 50, 100mg/l では藻類の増殖を抑制できることが分かった。一方、 TiO_2 添加量が 10mg/l と少ない場合では、 TiO_2 無添加の条件と比較して実験中期での Chl-a 濃度の増加速度は遅いが、実験終期では同程度の Chl-a 濃度となった。この原因としては、藻類の増殖量が TiO_2 の光触媒作用を上回ったことが考えられる。

図-1(b)に *P.mucicola* についての Chl-a 濃度の経時変化を示す。*M.aeruginosa* の場合と同様に、Chl-a 濃度は光無照射では増加せず、光照射で光触媒無添加、並びにカオリン添加の条件において増加した。 TiO_2 10mg/l では、実験開始後 20 日目以降に *M.aeruginosa* の同条件と同様に Chl-a 濃度は急激な増加を示した。 TiO_2 50mg/l では、光触媒による *P.mucicola* の増殖抑制の効果が認められた。 TiO_2 100mg/l では、実験開始後 14 日目まで全条件の中で Chl-a 濃度は最も高かった。この原因としては、*P.mucicola* は付着性が強く²⁾、 TiO_2 の光触媒作用よりも担体としての役割が大きく影響したことが考えられる。また、光触媒作用により培地中の有機態リンの $\text{PO}_4\text{-P}$ への分解が促進されており、他の条件よりもリンが *P.mucicola* に摂取されやすい状態にあったことも一因と考えられる。しかしながら、17 日目以降では Chl-a 濃度が低下し、5 $\mu\text{g/l}$ 程度となり、光触媒作用による *P.mucicola* の増殖抑制効果が認められた。

3.2 粉末状 TiO_2 による *M.aeruginosa* の代謝物の分解の検討

図-2 に DOC 濃度の経時変化を示す。光触媒を添加した条件では、光触媒無添加と比較して DOC 濃度の低下がみられた。さらに、光を照射することにより DOC 濃度の低下が促進された。この結果より TiO_2 への溶解性有機物質の吸着により DOC 濃度は低下するものの、 TiO_2 の光触媒作用により藻類の代謝物の分解が促進されることが分かった。

3.3 TiO_2 接触板による *M.aeruginosa* の増殖抑制の検討

図-3 に接触板を用いた Chl-a 濃度の経時変化を示す。 TiO_2 無溶射の接触板では、実験開始 7 日目から Chl-a 濃度は急激に増加し、13 日目には約 250 $\mu\text{g/l}$ となった。一方、 TiO_2 を溶射した接触板では、Chl-a 濃度は常に 40 $\mu\text{g/l}$ 以下であり、顕著な違いがみられ、溶射した TiO_2 が藻類の増殖抑制効果を有する可能性が示された。

図-4 に DOC 濃度の経時変化を示す。 TiO_2 無溶射の接触板では藻類の増加と共に DOC 濃度が増加したが、これは藻類の代謝物の生成によるものと考えられる。 TiO_2 接触板では DOC 濃度が 7 日目まで増加しているが、これはアナターゼ型の TiO_2 を溶射する際には有機物質を用いて TiO_2 を造粒する必要があるためと考えられる。7 日目以降の DOC 濃度の低下は、溶出した溶解性有機物質が光触媒によって分解されたことが考えられる。また、 TiO_2 により藻類の増殖が抑制されたことにより、代謝物の生成も抑制されたことも考えられる。 TiO_2 接触板から有機物質が溶出し、藻類の増殖を阻害する可能性も考えられたので、実験開始 28 日目に TiO_2 接触板を除去したが、その 20 日後には Chl-a 濃度が 150 $\mu\text{g/l}$ 程度まで増加した（図-3）。この結果から、 TiO_2 接触板から溶出した有機物質が藻類増殖を阻害した可能性は低いと言える。よって、本研究に用いた TiO_2 接触板により、藻類の増殖を抑制できることが分かった。

4. おわりに

本研究では、人工太陽光を用いて、粉末状の TiO_2 を添加することにより *M.aeruginosa* と *P.mucicola* の増殖をそれぞれ抑制でき、さらに藻類の代謝物を分解できることが分かった。また、 TiO_2 接触板を用いた場合でも *M.aeruginosa* の増殖を抑制できることが分かった。

今後は、 TiO_2 に接触板を用いた藻類の短時間での増殖抑制を検討する予定である。

<参考文献>

- 1) 河川水質試験方法—試験方法編：建設省河川局監修，技法堂出版，1997
- 2) 日本の水道生物 - 写真と解説 - : (社) 日本水道協会，1993

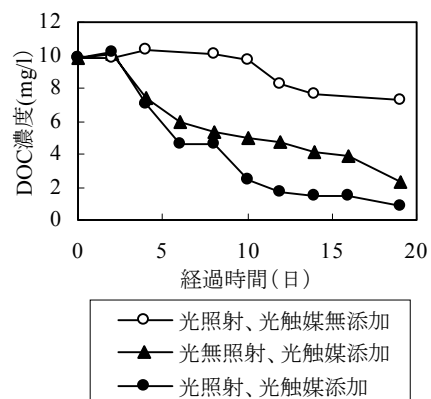


図-2 DOC 濃度の経時変化

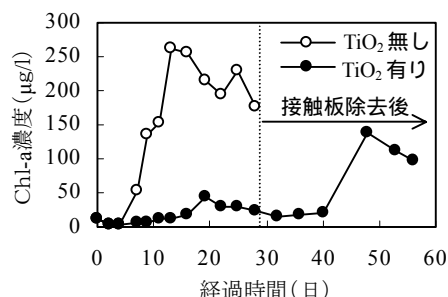


図-3 Chl-a 濃度の経時変化(接触板)

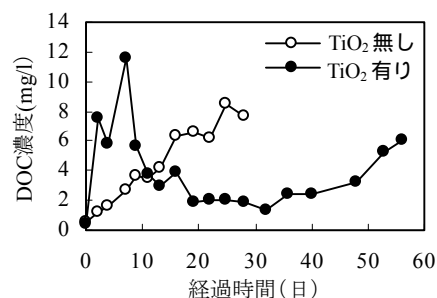


図-4 DOC 濃度の経時変化(接触板)