

B-13 光触媒による藻類増殖抑制への光合成作用の影響

お茶の水女子大学人間文化研究科ライフサイエンス専攻

○馬 華

同上

洪 静蘭

同上

大瀧雅寛

1. はじめに

水環境修復が強く要望されている富栄養化湖沼における水質悪化の一因は藍藻類の異常増殖によるものである。そのような湖沼水を水源に利用する浄水場では、藻類が原因となり様々な問題が生じており、藻類の抑制対策が必要となる。浄水場は様々な方法が採用されているが、いずれの方法も欠点がある。近年、光触媒を利用する方法が提案されており、多くの研究から光触媒による殺藻、防藻効果が確認されている。この方法は別の応用法も考えられる。例えば、光照射条件下で光依存性生物を用いて処理するリアクター内への応用である。これは可視光照射に伴い処理とは無関係の藻類が増殖し、リアクター壁面への付着現象がおこり、光透過率低下のため反応効率が悪くなる様な場合がある。この解決法として光触媒を利用したところ、壁面への藻類付着および増殖が著しく抑制された。蛍光灯（以下FL）とUVランプを同時に用いた場合藻類の増殖が抑制されたが、光依存性細菌は光触媒の影響を受けず増殖する現象が観察された。この原因として藻類は光合成作用によって生成した酸素が光触媒作用を促進し、藻類のみに著しい効果が表われたと考えられる。

本研究では、この仮説を詳しく検討して、光触媒による藻類の増殖抑制機構、特に光合成作用により生成する酸素の光触媒作用の促進効果について考察するものである。

2. 実験材料および方法

2. 1 実験装置と材料

実験装置の概略図を Fig.1 に示す。同じ反応条件で異なる光源を利用するため、図のように四つの部分に分けた。四か所の光源は遮光、FL、UV、FL+UV とした。光源としては低圧UVランプ（東芝製殺菌ランプ、20W）と蛍光灯ランプ（日立製、20W）を用いた。Table 1 に照射光の条件を示す。反応容器はガラス棒をガラス板と光触媒コーティングされた石英板ではさんだものを使用した。石英板の光触媒面が容器内の溶液と接触するように蓋をして、溶液を攪拌しながら反応させた。

光触媒はディップコーティング法で石英板上に固定した。使用した光触媒酸化チタン・コーティング剤は日本曹達株式会社製接着層塗布液（NRC-300A）と光触媒層塗布液（NRC-300C）を用いた。まずディップコーティング法を用いて接着層塗布液を引き上げ速度 300mm/min で塗布し、直ちに 110℃で 15 分間乾燥させた。光触媒層塗布液の場合引き上げ速度は 120mm/min、150℃で 15 分間乾燥した。

藍藻は純株 *Chroococcus* sp.(ATCC 27269)を用いた、616 Medium BG-11 培地で初期濃度を 10^6 (cells/ml)付近に設定し、最後に塩酸を用いて pH7.1 に調節した。この藻類溶液を円筒型反応容器に満たし、実験装置にセットして、異なる光源下で二日間反応させた。

2. 2 測定方法

- (1) 吸光スペクトル：分光光度計（日立製、U-100）を用いて藻類の懸濁液及びろ過液の吸光スペクトルを測定した。ろ過液は藻類懸濁液を孔径 0.45 μ m のセルロースアセテート製フィルターでろ過してそのろ液を測定した。
- (2) 藻類細胞濃度：十分攪拌して均一化した藻類懸濁液の少量を取って、カウンティング・チェンバに入れ、生物顕微鏡（OLYMPUS BX51）を用いて、明視野観察法で 200 倍下において細胞数をカウ

トした。

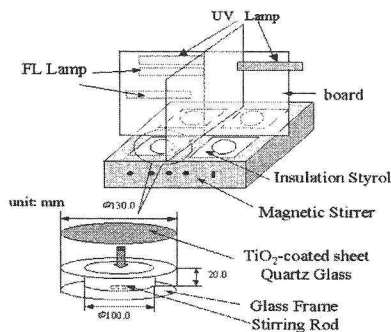


Fig.1 Experimental apparatus

Table 1 Conditions of light source

光源設置	FL照度 (lx)	UV強度 (mW/cm ²)
FL	2550	—
FL + UV	2550	1.17
UV	—	1.19
遮光	—	—

3. 実験結果および考察

Fig.2 に反応前後の藻類懸濁液のスペクトル変化を示す。遮光の場合でのスペクトル変化は見られなかった。FL 照射により藻類が増殖し、濃度が増えるに従って、初期と同じスペクトル形を保ちながら吸光度が増加した。UV と FL+UV の場合では、スペクトル形が変わり、元の形が守られなくなった。Fig.3 に反応後のろ過液のスペクトルを示す。しかしいずれもスペクトル形の変化はほとんど見られなかった。UV と FL+UV の場合において Fig.2 と 3 を比較すると藻類懸濁液のスペクトル形が変わったが、ろ過液は変わっていない。以上の結果から光触媒作用により藻類が損傷され、細胞に何らかの変化が表われたためと考えられる。しかし、顕著な新ピークが現れないので、反応生成物質の判断は難しい。

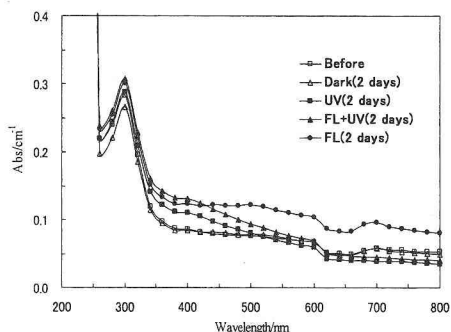


Fig.2 Spectrum of algae solution after two days illuminated by different light sources

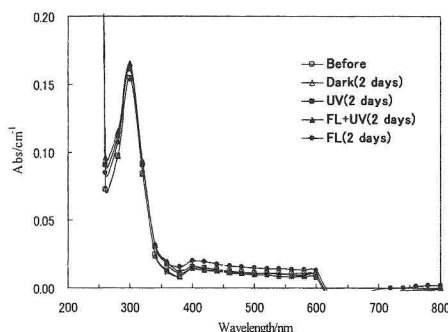


Fig.3 Spectrum of filtered solution after two days illuminated by different light sources

Fig.4 に藻類の濃度変化の結果を示す。遮光に比べて FL の場合では濃度増加が見られた。しかし、UV と FL+UV の場合では藻類の濃度は低くなった。またこの場合では見た目にも溶液の緑色がなくなっており、細胞数の変化以上に細胞内部の変化もあったと考えられる。以上より、UV と FL+UV の条件では光触媒作用によって、藻類が損傷を受けて増殖が抑えられ、かつ細胞数も減少することが確かめられた。

また FL+UV の場合は、UV のみと比べて藻類の濃度低下が大きかった。これは FL 照射により光合成作用が起こり、藻類の周りに酸素が生成したためと考えられる。光触媒反応では溶存酸素が伝導帯から電子を

受け取り、 $O_2^{\cdot -}$ (スーパーオキシド)などの反応活性種が生じる。また酸素が電子受容体として正孔—電子対の再結合を抑え、光触媒反応効率が向上したことも考えられる。つまり酸素が光触媒反応を促進し、藻類への損傷効果が強くなったためと考えられた。

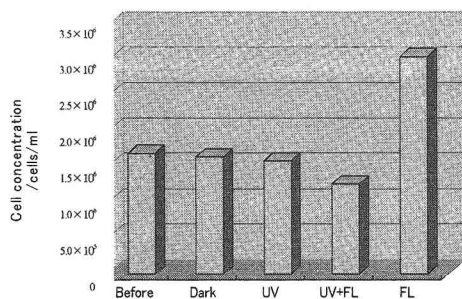


Fig.4 Algae cell concentration after two days illuminated by different light sources

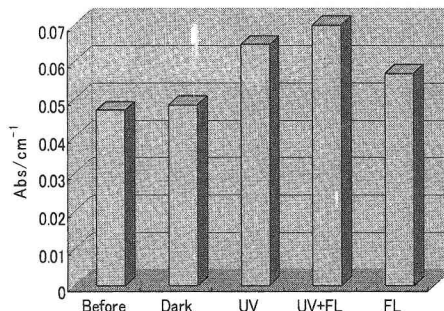


Fig.5 Absorbance of filtered solution after two days illuminated by different light sources

溶液の紫外域吸光度 (260nm) は溶存有機物質濃度を示すと考えられる。Fig.5 に反応後の藻類ろ過液の260nm 吸光度を示す。UV および FL+UV の場合はほかの場合より吸光度増加が大きいことがわかった。そのうち、FL+UV での吸光度が最も高かった。光触媒作用による藻類細胞損傷によって、溶液中に細胞由来有機物質が溶出し、濃度が増加したためと考えられた。以上のことから FL 照射を併用することで藻類に対する光触媒反応が促進されることが示された。

4. まとめ

異なる光源下での光触媒作用による藻類の増殖抑制への影響を調べた。その結果、光触媒作用による藻類の増殖抑制の効果が認められた。また、FL 照射を併用すれば藻類の光合成により生成する酸素によって、光触媒反応が促進され、細胞損傷を促進することが確かめられた。

参考文献

- 1) 佐藤敦久ら上；水道における藻類障害 —安全で良質な水道水を求めて (技報堂出版, 1996)
- 2) 岩本正和；環境触媒ハンドブック (エヌ・ティー・エス, 2001)
- 3) 洪静蘭；膜光触媒導入型リアクターを用いた光合成細菌による染色排水処理の高効率化 (お茶の水女子大学博士論文, 2004)
- 4) 阿部俊彦；薄膜状固定化光触媒による水処理における最適反応条件に関する研究 (東京大学修士論文, 2000)
- 5) ヴォート「基礎生化学」(東京化学同人, 2002)