

## 藍藻類の増殖に対する照射光波長の影響

独立行政法人 水資源機構 総合技術推進室 正会員 後藤浩一, 原田加奈子, 酒井健寿  
 埼玉大学大学院 理工学研究科 正会員 古里栄一, 正会員 浅枝隆

### 1. はじめに

富栄養化水域における藍藻類の異常増殖現象は、景観あるいは異臭味物質の発生などの利水障害を引き起こすことから、ダム貯水池等の水環境管理において抑制すべき重要な要素である。曝気循環対策は、藍藻類の増殖抑制手法として古くから国内外を問わず適用され、近年においては我が国でも成功例が報告されている有効な対策手法の一つである。しかしながら、曝気循環対策による藍藻類増殖抑制機構は水理学から植物プランクトンの生理生態学にまで広範にわたるプロセスが関与するために、対策効果メカニズムには不明な点があり、実用上は合理的な設計・計画および管理という面で課題が存在する。藍藻類の増殖特性については多くの研究例があるが、近年提案されている(古里ら 2003a, 古里ら 2003b)、藍藻類のアンテナ色素の吸光特性という要素については国内では殆ど研究例が見られない。本報は、室内培養実験を行い、藍藻類やこれ以外の真核藻類の増殖に対する照射光波長への依存性について検討を行うものである。

### 2. 藍藻類の波長依存性と曝気循環との関係

藍藻類は植物プランクトンの中で唯一の原核生物であり、緑藻類や珪藻類等の真核藻類とは様々な異なった特性を有する。光合成色素においては、アンテナ色素として有している藍藻類固有のフィコピリン蛋白は見た目の「青緑色」の要因だけでなく、光合成反応において用いる波長が、可視光範囲では長波の赤色光(625nm)のみを吸収するという特性がある。これに対して、アンテナ色素としてChl色素を有する真核藻類(緑藻類や珪藻類等)は、青色光を吸収する。ところで、可視光範囲(400~700nm)においては、赤色光は水面付近で速やかに水に吸収される特性があり、短波の青色光や緑色光に比べて表層部にしか存在しないという光学的な特性とがある。一般的に、曝気循環による藍藻類や植物プランクトンの増殖抑制メカニズムの一つとして、光の存在しない深部まで混合することによる光制限効果が(臨界水深)古くから指摘されている(例えばLorenzen *et al.* 1975)が、アンテナ色素の吸光波長と水の光学的性質を考えると、藍藻類の有光層水深は他の真核藻類に比べて浅い可能性が近年指摘されている(古里ら2003a, 古里ら2003b)。しかしながら、こういった観点からの曝気循環による藍藻類増殖抑制に関する研究例は少なく、照射光波長と藍藻類の増殖との関係についても、富栄養化した水域で発生する種類については、我が国では知見が殆ど無いのが現状である。しかしながら、曝気循環対策の数値モデルにおいては、藍藻類増殖メカニズムを表現する必要がある。こういった背景より、照射光波長による光合成への影響について、藍藻類や複数の藻類を用いて実験により検討することとした。

### 3. 実験方法

実験対象種は、利水障害を引き起こすことの多い藍藻類の数種に加え、富栄養化した貯水池で発生することが多く、これらの種との競合関係にあると考えられる緑藻類や珪藻類を対象とした。なお、藍藻類としては、*Microcystis aeruginosa*(NIES-91, NIES-99)を、緑藻類としては *Scenedesmus quadricauda*

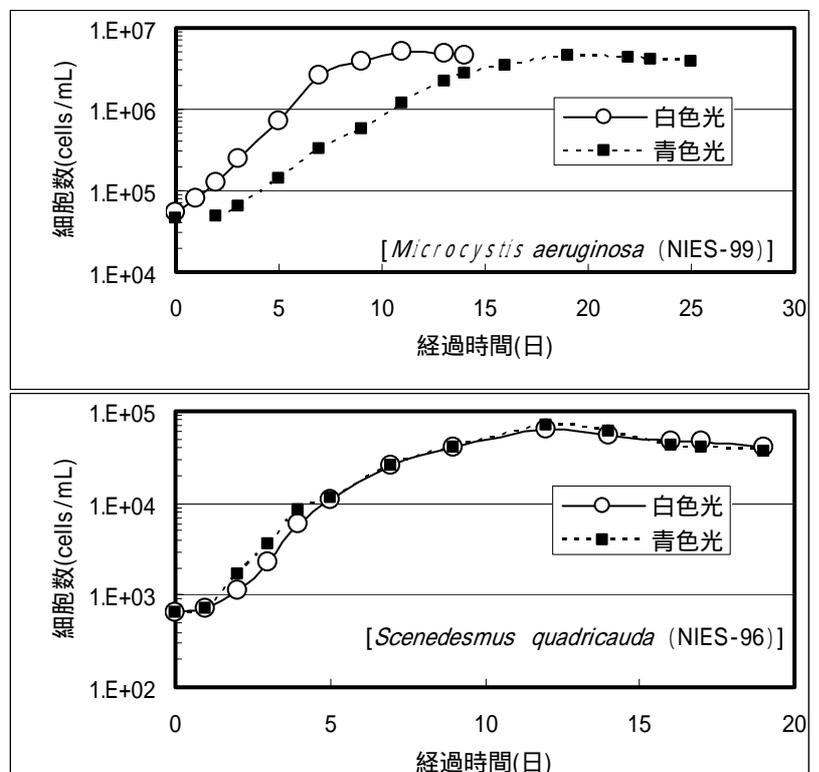


図1 照射光波長による増加状況の違い(上:藍藻類, 下:緑藻類)

表1 実験結果における、最大増殖速度と最大増殖量の比較

植物プランクトン		$\mu \text{ max}(\text{d}^{-1})$		最大増殖量(cells/mL)	
		白色光	青色光	白色光	青色光
藍藻類	<i>Microcystis aeruginosa</i> (NIES-91)	0.68	0.31	3.2E+06	5.2E+06
	<i>Microcystis aeruginosa</i> (NIES-99)	0.55	0.36	5.0E+06	4.5E+06
緑藻類	<i>Scenedesmus quadricauda</i> (NIES-96)	0.77	0.82	5.4E+04	5.9E+04
珪藻類	<i>Cyclotella meneghiniana</i> (NIES-805)	0.88	0.92	2.5E+05	2.3E+05

(NIES-96)、珪藻類としては *Cyclotella meneghiniana* (NIES-805)を用いた。これらは、財団法人地球環境フォーラムでの配布株である。用いた培地は、CT培地を基本とした改変培地を用いてリン濃度をPとして0.04mg/L、窒素濃度をNとして1.6mg/Lに調整した各種の最適培地を用い、水温条件を藍藻類は25、緑藻類と珪藻類は20とした。光条件としては、L:D=14:10とし、光強度は30 [ $\mu \text{ E m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ]とした。照射光は、白色光と青色光とした。

#### 4. 実験結果

図1に培養実験結果として、*Microcystis aeruginosa*(NIES-91)と *Scenedesmusquadricauda*(NIES-96)の細胞数の時系列変化を示す。藍藻類は白色光に比べて青色光照射条件では増加が遅い傾向があるのに対して、緑藻類は、白色光と青色光とで顕著な変化は認められなかった。なお、掲載は省略するが、他の種類についても、藍藻類および真核藻類それぞれで同様な傾向を示した。表1に、示した各植物プランクトンの最大増殖速度( $\mu \text{ max}$ )にも、こういった波長の影響が現れている。これに対して、真核藻類の緑藻類と珪藻類は若干青色光の方が白色光よりも $\mu \text{ max}$ が大きい傾向がある。表1には最大増殖量を示すが、各植物プランクトンにおいて照射光波長の影響は見られない。

#### 5. 考察および課題

実験結果で見られた増殖速度に対する照射光波長の影響は、Wyman & Fay(1986)や Callieri ら(1996)による藍藻類に対する照射光波長の影響を検討した培養実験結果と同様の傾向であった。一般に光合成プロセスは、反応中心の主要な色素として全ての植物プランクトンが有する Chl-a ではなく、アンテナ色素における光量子の捕集から開始する。アンテナ色素は、植物プランクトンの系統分類群毎に異なる。例えば藍藻類はフィコシアニンあるいはフィコエリスリンを、緑藻類は主に Chl-b を、珪藻類は主に Chl-c をアンテナ色素として有する。これらは分子構造に応じた固有の吸光スペクトルを有しており、藍藻類が有するフィコシアニンは赤色波長のみを吸収する。したがって、本報で示した照射光波長に対する増殖速度の応答性は、こういったアンテナ色素の吸光波長特性に由来するものであると考えられる。ただし、フィコシアニンが殆ど吸光しない青色波長でも藍藻類が増殖することについては、主に反応中心色素として有している Chl-a による光量子捕集で獲得したエネルギーにより増殖したと考えられる。

赤色光は水そのものによる吸収が大きいことから、水深の浅い表層部にのみ存在する。したがって、藍藻類は水中光のスペクトルからも表層に安定して浮遊することが必要であると考えられる。これは、曝気循環対策による成層破壊あるいは循環混合によって藍藻類が減少するメカニズムの一つとして考えられることから、例えば水質保全対策効果の解析モデルにおいてもこういったプロセスを組み込むことにより、より実現象に忠実であり正確な解析が可能であると考えられる。ただし、そういった解析の場合には本報で検討した生物学的な要素だけでなく、現地における光学的な特性についても十分な精度で把握する必要がある。

今後は他の藍藻類についても波長依存性について確認するとともに、ダム貯水池における水中光のスペクトルの特性等について明らかにすることにより、貯水池富栄養化対策の計画および管理の合理化を可能とする、解析精度の向上が期待できると考えられる。

#### 【参考文献】

- Lorenzen, M.W. & Mitchell, R.(1975) An evaluation of artificial destratification for control of algal blooms, *J. Am. Water Works Assoc.*, **67**, 373-376.
- 古里栄一, 浅枝隆, 須藤隆一(2003a)アンテナ色素の吸光特性に基づく藍藻類の光学的および水理学的発生条件に関する現地データを用いた考察 アンテナ色素・浮力周波数仮説, *水環境学会誌*, **26**:285-293.
- 古里栄一, 浅枝隆, 須藤隆一(2003b)アンテナ色素の吸光特性に基づく藍藻類の光学的および水理学的発生条件に関する理論的考察 減衰スペクトル特性と混合水深, *水環境学会誌*, **26**: 277-284.
- Wyman, M. & Fay, P.(1986) Underwater light climate and the growth and pigmentation of planktonic blue-green algae (Cyanobacteria) . The influence of light quality, *Proc. R. Soc. Lond.*, **227**, 381-393.
- Callieri, C., Amicucci, E., Bertoni, R. and Vörös, L. (1996) Fluoremetric characterization of two picocyanobacteria strains from different underwater light quality, *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, **81**, 13-23.