

## 海洋生物環境への光照射の効果

大成建設(株) 正会員○片平智仁, 正会員 帆秋利洋

### 1. はじめに

地球温暖化の原因である二酸化炭素は、1990年代の平均値で約64億トン(炭素換算値)あり、おおよそ32億トンは大気中に残存するが、残りの22億トンが海洋に、10億トンが森林にそれぞれ吸収されているとされている<sup>1)</sup>。大気中の二酸化炭素が海洋に吸収される過程には、溶解ポンプと生物ポンプがある。溶解ポンプは、大気中の二酸化炭素が気液平衡作用により、化学的・物理的に海水表面に溶け込むプロセスを指す。また、生物ポンプは、二酸化炭素が光合成により植物プランクトンに吸収され、その後、増殖した植物プランクトンが食物連鎖により高次の生物に取り込まれ、糞や死骸と共に深海へ運ばれるプロセスを指す。一方、大気中の二酸化炭素増加に伴い、海洋表層の二酸化炭素量も増加して海洋酸性化の問題が生じている。そこで、太陽光の届かない海域において光合成を促進させることは、二酸化炭素を深海へより多く運搬・固定でき、海水表面や大気中の二酸化炭素削減に有効であることが想像できる。

本稿では、光合成活性を高めることによる生物ポンプ機能の向上化を検討するため、LED照射による基礎的特性を把握する室内実験を行った。

### 2. 実験方法

実験には東京湾から採取した底泥と海水を使用した。表1に示す条件に設定した容器(100L容, 海水:底泥=8:2)は温室ハウス内に静置し、室温25°Cに設定した。LEDは光合成に有効であると言われていた青色(波長:460nm)と赤色(波長:620nm)を1本ずつ(各消費電力3W)用い、容器内に固定し24時間照射した。各LEDの水中における光源での光量子束密度は青色で950 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s程度、赤色で390 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s程度であった。条件AとCは遮光シートを用い外部からの光を遮断した。光合成活性の効果を検証するため、植物プランクトンの指標であるクロロフィルa(以下Chl.aと表記)と溶存酸素(以下DOと表記)およびpHの項目について計測を行った。また、プランクトンの増殖に伴う優占種を検証するため、16S rRNA遺伝子を標的としたクローン解析を行った。真核藻類、藍藻類に関して表2に示すプライマーセットを用いPCRを実施した。塩基配列は20クローン数以上の確保を目標に決定した。

表1. 実験条件一覧

条件名	光環境
A	暗条件
B	太陽光のみ
C	LED照射のみ
D	太陽光+LED照射

表2. 使用した真核藻類・藍藻類用プライマーセット

対象生物	プライマー名称	プライマー配列 (5'-3')	参考文献	目的長さ [bps]
真核藻類	Euk1209f	CAG GTC TGT GAT GCC C	Appl. Environ. Microbiol. 2001,	205
	Uni1392r	ACG GGC GGT GTG T(A/G)C	67(7):2942-2951.	
藍藻類 (原核藻類)	Cya106F	CGG ACG GGT GAG TAA CGC GTG A	Appl. Environ. Microbiol. 1997,	700
	CYA781R(a/b)	GAC TAC TGG GGT ATC TAA TCC C(A/T)T T	63(8):3327-3332.	

キーワード 生物ポンプ, 生物環境, 光合成, LED照射

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1 大成建設株式会社 環境本部 環境開発部 03-5381-5206

### 3. 実験結果・考察

#### 3. 1 光合成反応

表3に各条件の結果を示す. 条件Aについては実験終了時(実験開始14日目), 条件B, C, Dについては最大増殖時(実験開始6~9日目)の数値を示す. 条件AではChl.aの増加もなく, DOとpHが低下した. これは, 光合成反応が生じず, 酸素供給が律速となったこと, および特に底泥中に生息する微生物の呼吸により酸素が消費されたためと考えられる. 光合成能力の指標としてChl.aとDOに着目すると, 条件D>B>Cの結果であった. これは, 晴天時におけるハウス内の太陽光の光量子束密度が $2,000 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 程度であったことから, 光量子束密度と関連があると思われる. 条件B, C, DではChl.aの増加に伴いDOとpHが上昇した. 光合成反応によりChl.aとDOは上昇するが, それに伴いpHは, 海水中の二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )や炭酸水素イオン( $\text{HCO}_3^-$ )が消費され水酸化物イオン( $\text{OH}^-$ )を生成するためアルカリ側へ推移した.

図1に条件Aと条件CにおけるDOの経日変化を示す. 条件Aでは徐々にDOが減少し, 貧酸素化が進行している. 一方, 条件CではDOが上昇した. これらの結果より, 太陽光の届かない水中にLED照射することにより, 光合成の促進が可能であることが確認できた.

#### 3. 2 クローン解析による結果

増殖したプランクトンの優占種を把握するため, 条件Bと条件Dの最大増殖時にサンプリングを行い, 真核藻類と藍藻類を対象とした2種のPCRプライマーを用いたクローン解析を行った. その結果, 藍藻類をターゲットとしたクローン解析では, 両試料で藍藻類に該当するクローンは全く検出されなかった. 一方, 真核藻類をターゲットとした解析では, 両試料で16種のクローンが確認された. その内, 10種は真核藻類に該当し, 残りの6種は真核藻類以外のカイアシ類や原生動物等に該当するクローンであった. 条件Dでは, 条件Bより多様性の高い群集構成が観察された. また条件Bのみ, 貝毒の原因物質を生産する種と同一性の高いクローンが検出された.

### 4. まとめ

食物連鎖の一次生産者である植物プランクトンの光合成活性をLED照射にて高め, 生物ポンプ機能の向上化を検討した結果, 以下の知見が得られた.

- ① LED照射により植物プランクトンの光合成が活性化され, Chl.aやDOの上昇が確認された.
- ② クローン解析の結果により, 太陽光にLED照射を加えることにより, 多様性の高い群集構成が形成できる可能性が示された.

以上より, LED照射は, 海洋生物環境を改善する可能性が示唆された. 今後は実環境における検証を実施する計画である.

参考文献 1) IPCC AR4, 2007. Sarmiento and Gruber, 2006. より算出

表3. 各条件の結果

条件名	光環境	測定時期	pH [-]	Chl.a [ $\mu\text{g}/\text{L}$ ]	DO [ $\text{mg}/\text{L}$ ]
-	-	初期値	8.04	1.2	6.2
A	暗条件	14日目	7.34	0.3	1.0
B	太陽光のみ	9日目	8.82	87.0	14.0
C	LED照射のみ	6日目	8.88	55.5	9.6
D	太陽光+LED	8日目	8.98	99.7	15.3

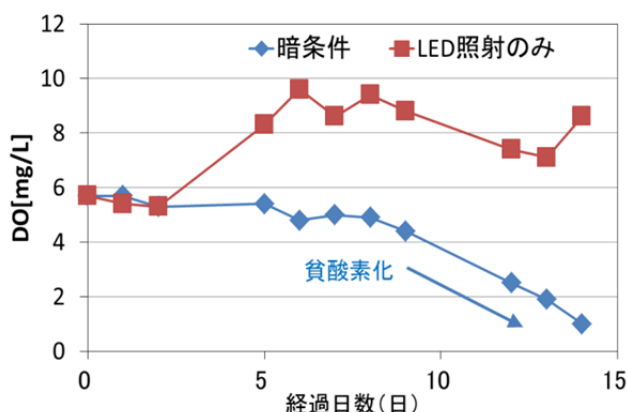


図1. 条件Aと条件CにおけるDOの経日変化