

題目 水中 LED 照射による光合成促進及び生態系への影響

大分工業高等専門学校 都市・環境工学科 (学)玉井荘一郎, 小谷華加, (正)帆秋利洋

1. 目的

国連地球サミットでは、進行が続いている地球温暖化への対策として、緩和策と適応策の導入を推奨している。我々は、緩和策の一手法として、地球表面積の七割を占める海洋での二酸化炭素の吸収に注目している。本手法は、太陽光が届かない水域に LED を照射して光合成領域を拡大し、大気中二酸化炭素の水中での吸収を促進させる手法である¹⁾。本手法では植物プランクトンの増殖により、大気中二酸化炭素の減少および食物連鎖による漁獲量の向上が期待される。しかしながら、LED による生態系へ与える影響は不明である。そこで本研究では魚や藻類を対象として LED が生物に及ぼす影響について検証した。

2. 実験条件および方法

青色 LED 照射による植物プランクトンの生育促進およびメダカに与える影響について、それぞれ確認するために2つの実験を行った。

実験① LED 照射による植物プランクトンの増殖特性

本実験では栄養塩および光量子束密度と光合成の関係について検証した。

LED は光合成に作用する青色と赤色の波長を使用するのが一般的である。本実験では水中での波長の減衰が少なく有用な植物プランクトンの生育を促進させる¹⁾青色(波長 450~495nm)を使用した。実験は表-1 の条件について室内で実施し、ガラス製の水槽(ジェックス製: 315×185×244mm)に、池水(校内で採取)、栄養塩(リン酸二水素カリウムを 10mg-P/L, 硝酸カリウムを 10mg-N/L 添加)を入れ、水槽底に LED ライト(完全防水型, 3W, 青色マリンテック社製 MDW-12)を設置した。

実験② LED 照射によるメダカの成長への影響

本実験では青色 LED および照射時間がメダカに与える影響について検証した。

表-2 の条件で水槽にメダカ 10 匹と pH 緩衝剤(MOPS, 15.0g/L)およびリン酸二水素カリウムを 2mg-P/L 添加

した。また、太陽光を必要としない条件(a)以外の水槽は、ポリ製容器(伸和製, 726×1065×303mm)に水浴させ温度を 25℃に制御した。条件(a)の水槽は太陽光を遮らないように机上に直接設置して、空調設備により温度を 25℃に制御した。

表-1 実験① 実験条件

	栄養塩	光条件
(a)	○	太陽光+LED24h
(b)	×	太陽光+LED24h
(c)	○	太陽光
(d)	○	LED12h
(e)	○	LED24h
(f)	○	完全遮光

表-2 実験② 実験条件

	栄養塩	光条件
(a)	○	太陽光
(b)	○	LED24h
(c)	○	LED12h
(d)	○	完全遮光

分析方法は以下の方法で実施した

- 1 クロロフィルセンサー(笠原理化工業 CHL-30)により水中のクロロフィル-a を測定し、植物プランクトンの増殖速度を計測。
- 2 DO(Xylem Analytics YSI5100)を測定し、LED の光合成促進効果を把握。
- 3 イオンクロマトグラフィー(日本ダイオネクス株式会社 ICS-1000)で栄養塩の消費速度を分析。
- 4 ICP-AES(島津製作所 ICPS-8100)により全リンの消費速度を分析。

この他に、光の強度として光量子束密度(株式会社ゼネコム MQ-200), pH(山形東亜 DKK 株式会社 IM-32P)と温度を計測した。

3. 結果・考察

実験① LED 照射による植物プランクトンの増殖特性
各条件のクロロフィル-a を比較すると、植物プランクトンの増殖は光量子束密度に影響を受ける傾向があ

ることがわかった。(図-1, 図-2) しかし, 8 日目まで, クロロフィル-*a* 量は, LED24h>太陽光となっている。一般的に光合成に有効な光量子束密度は 50~180 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ と言われている²⁾。そこでこれは, 太陽光の光量子束密度が高すぎる事による光阻害が起きたと考えられた。

また栄養塩の添加により植物プランクトンの生育促進が確認された。その結果, DO の上昇, pH の増加が見られた。本結果より, pH の上昇はメダカの生育に影響を及ぼす恐れがあるため, pH 緩衝剤(MOPS)を導入し, pH 上昇を制御して実験②を行うこととした。

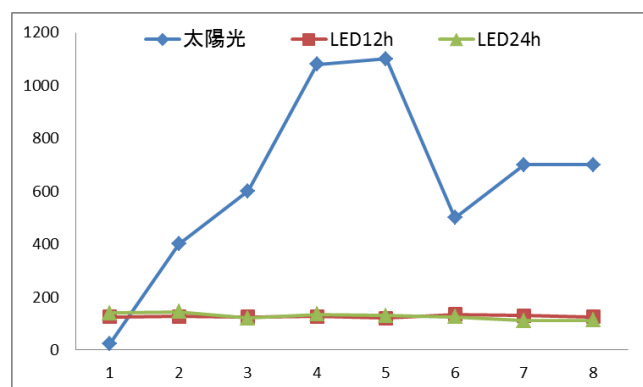


図-1 光量子束密度の推移

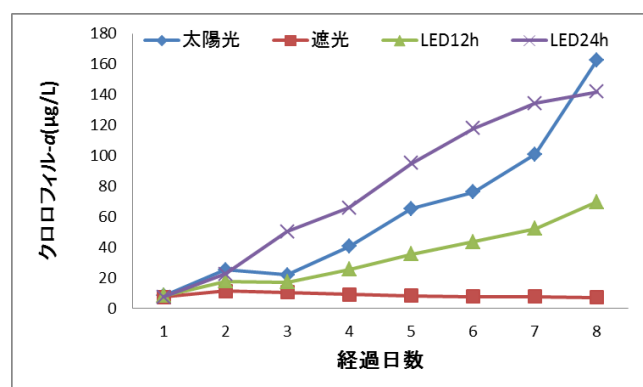


図-2 クロロフィル-a の推移

実験② LED 照射によるメダカの成長への影響

実験開始より 14 日目におけるメダカの生存率を表-4 に示す。

表-4 より, 12 時間照射と 24 時間照射で生存率が異なるが, これは閉鎖空間で長時間, 光に当たり続けるストレスなどにより生存率に違いが出たのではないかと考えられる。また本結果から青色 LED 照射によるメダカへの影響は小さいものと思われた。

また, 条件(a)の太陽光での生存率が最も低い, これは実験期間中に曇天が続いたため, 日射不足により

光量子束密度が低くなり(図-2)光合成が抑制されたからだと考えられた。

表-3 メダカの生存率

	光条件	実験終了後のメダカ生存率
(a)	太陽光	60%
(b)	LED24h	80%
(c)	LED12h	100%
(d)	完全遮光	90%

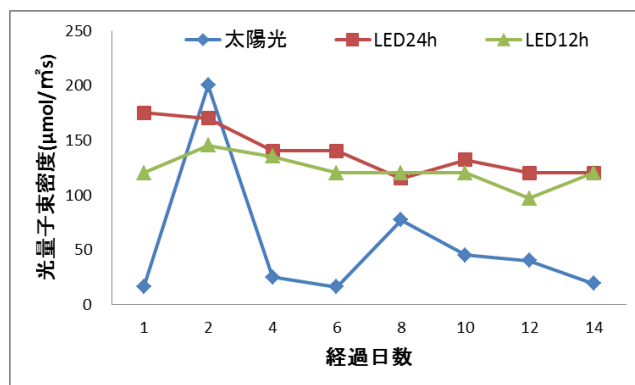


図-3 光量子束密度の推移

4. 総括

青色 LED の水中照射は植物プランクトンを成長促進させ, 生物への影響はほとんどないことを確認することができた。

今後の検討課題としては, さまざまな種類の生物への影響調査が必要である。また, 12~24 時間照射の範囲で生物への影響が小さい照射時間, かつ持続的に植物プランクトンを生育促進させるための条件についての研究が挙げられる。さらに, LED からの距離と光量子束密度の減衰特性を調査し, 最適な LED の照射条件を求めることにより, 様々な水域での適用が可能になると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 片平智仁, 帆秋利洋: 海洋生物環境への光照射の効果, 土木学会第 70 回年次学術講演会, VII-028, pp.55-56, 2015.
- 2) 湊太郎, 佐藤義夫, 横山由香, 大石友彦: LED を用いた光照射による底層における酸素発生に関する研究, 沿岸域学会誌, Vol.27, No.1, pp.17-27, 2014