

# 大型藻類の酸素生産に対する影響を考慮した LED 照射による水質改善効果の検討

## Evaluation on Effects of Water Quality Improvement by LED Irradiation considering Impact of Macroalgae on Oxygen Production

○原田昌佳\*・一安美希\*\*・平松和昭\*・田畑俊範\*

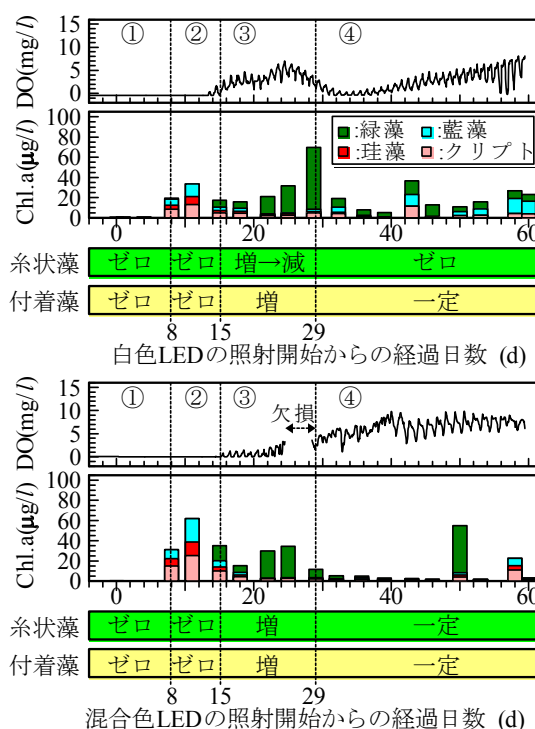
Masayoshi Harada\*, Miki Ichiyasu\*\*, Kazuaki Hiramatsu\* and Toshinori Tabata \*

**1. はじめに** 長期的な無酸素化が生じる有機汚濁水域の水環境修復対策として、LED を光源とする藻類の光合成の活性化を利用した水質改善技術の可能性について室内実験より検討した。

本研究では、植物プランクトンに加えて付着性藻や糸状藻の大型藻類が DO も含めた水質改善効果に与える影響について、照射光の光質・光強度と関連付けて検討することに主眼を置いた。

**2. 実験概要** コンテナボックス (64cm×44cm×38cm) 内に富栄養化水域の底泥 (厚さ約 5cm) と貯留水 (約 80L) を準備し、水面を流動パラフィンで覆った状態で 20℃の恒温暗所室に管理することで、底質近傍の無酸素化を再現した。この無酸素水に対して、点灯・消灯を各 12 時間とする 24 時間周期の LED 照射を約 2 か月間行った。LED 灯設置の影響を受けずに生育する糸状藻と底質表面への付着性藻を対象とするために、水面直上から光を照射した。室内用単色 LED を用いて、白色 LED と赤・青色 LED (以下、混合色 LED) の二つの光質条件による照射実験を光強度の異なる条件のもとで計 2 回行った。混合色 LED では R/B=1 となるように赤・青色の LED を用いた。光質条件に共通して、第 1 回目では光合成に最適な光強度 (約 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ )、第 2 回目ではそれよりも弱い光強度 (約 15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) の条件設定となるように LED を調整した。また、各回ともに対照実験として無光状態の水槽を準備し、三つの水槽を対象に DO の連続観測と Chl.a などの水質の定期観測を行った。また、大型藻類の出現状況を目視にて観察し、実験終了時に付着性藻と糸状藻の Chl.a を測定した。

**3. 最適光強度条件** 第 1 回目照射実験の結果の一部を **Fig. 1** に示す。同図の下段に、藻類の発生量・出現状況を簡潔にまとめた。二つの光質条件に共通して、植物プランクトン、付着性藻、糸状藻の出現状況の観点から、照射期間を区間①～④に分割できたため、各区間で DO の動態特性を考察した。まず、区間① (照射開始後 8 日間) では植物相の存在や DO の変化は確認されなかった。この要因として、実験開始までの無光状態による藻類の光応答性への鈍化が考えられる。また、区間② (実験開始後 8～15 日) では、クリプト藻を主とする植物プランクトンのみが発生したものの DO=0 で推移した。この



**Fig. 1** Observed results of both DO and Chl.a of phytoplankton and occurrence distribution of macroalgae under the condition of optimum light intensity

\*九州大学大学院農学研究院/Faculty of Agriculture, Kyushu University \*\*九州大学大学院生物資源環境科学府/Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

キーワード：有機汚濁，無酸素化，溶存酸素，閉鎖性水域，水質実験

結果は、無酸素期間に増加した還元物質の酸化による DO 消費が光合成による DO 生産を上回ったことを意味する。この区間の Chl.a の平均値は白色 LED で 23.5 $\mu\text{g/l}$ 、混合色 LED で 42.8 $\mu\text{g/l}$  となり、植物プランクトンの増殖量に光質条件による相違点を見出せる。さらに、区間③（実験開始後 15~29 日）では、光質条件に共通して、緑藻類の優占とともに糸状藻と付着性藻が発生し、DO は 5 $\text{mg/l}$  を超えて増加した。白色 LED の DO は 25 日のピーク以降に低下し始め、この要因として、糸状藻の枯死による DO 生産量の減少や POC・動物プランクトンの増加に起因した DO 消費量の増大が挙げられる。一方、混合色 LED では、22 日経過までの期間で貧酸素状態にあり、これは植物プランクトンの増加の影響を受けて糸状藻の増加のタイミングが遅れたことを反映した。22 日経過以降、糸状藻が経時的に増大した結果、DO は LED 点灯時の顕著な DO 生産によって持続的に増加した。この点に光質条件による DO 動態と藻類の出現特性の違いを見出せる。最後に、区間④（実験開始後 29~60 日）の植物相は光質条件によって異なり、DO の動態特性にも違いが見られた。白色では 32 日経過後までの期間で、植物プランクトン・糸状藻の低濃度の影響を受けて DO 生産量が低下し、LED 消灯時では無酸素状態に至ったが、36 日経過以降、植物プランクトンの再増加に伴って DO は約 10 $\text{mg/l}$  まで上昇した。一方、混合色 LED では、植物プランクトン量は少ないものの、糸状藻と付着性藻が安定して繁茂したことで DO は増大し、39 日経過以降、5~10  $\text{mg/l}$  の範囲で定常的に推移した。ところで、実験終了時の付着性藻の Chl.a は光質条件に関係なく約 1200 $\mu\text{g/m}^2$  であった。一方、白色 LED と混合色 LED の糸状藻 Chl.a はそれぞれ 4.2 $\mu\text{g/l}$ 、83.4 $\mu\text{g/l}$  であり、両条件で大きな違いがあった。以上から、持続的な DO 改善効果に対して糸状藻による DO 生産への寄与は高く、その光合成速度は可視光全波長域ではなく赤色・青色の両波長域の光量子量に強く依存することが示された。

**4. 弱光条件** 第 2 回目の照射実験結果を Fig. 2 に示す。白色 LED と混合色 LED とともに、DO は概ねゼロで推移し、無酸素化は解消されなかった。しかし、実験開始後 10~14 日の期間で Chl.a が 10 $\mu\text{g/l}$  を超える植物プランクトンが増殖し、また付着性藻も観察されたことから、光合成による DO 生産を確認できる。また、嫌気的条件下での特徴的な水質動態である  $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$  および硫化物の増加傾向が見られず、鉄還元や硫酸還元が抑制されたことを判断できる。また、ORP は負から正に転じ、DO=0 にも関わらず好気的狀態であった。以上から、弱光条件によって DO 消費を大きく上回るほどの DO 生産がなかったため、DO 増加には至らなかったが、栄養塩の溶出や硫化水素の発生が抑制されたという点で水環境の改善効果を見出せる。ところで、白色・混合色 LED とともに、実験終了時の糸状藻 Chl.a は 1 $\mu\text{g/l}$  以下と極めて低く、また付着性藻 Chl.a は約 2000 $\mu\text{g/m}^2$  と高い結果を得た。このことから、光制限による糸状藻の増殖の抑制が DO 生産量の低下に繋がったと考えられる。

**5. おわりに** LED 照射光の光質・光強度が DO 改善効果に与える影響は、糸状藻の光合成速度に対する光制限因子として現れること、植物プランクトン・付着性藻の増殖が持続的な DO 改善に果たす役割は小さいことが分かった。

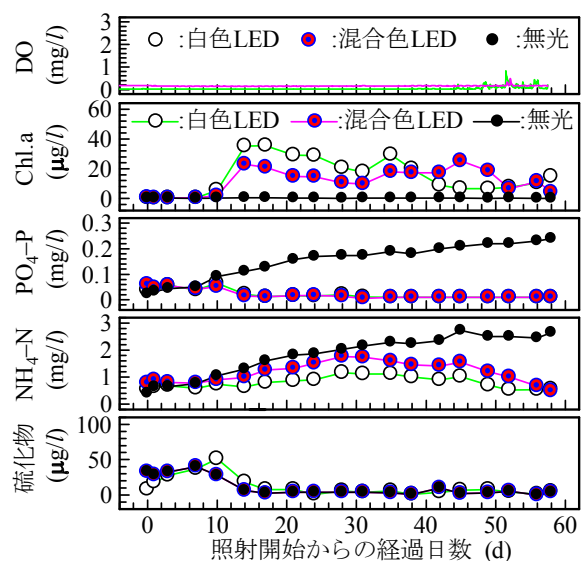


Fig. 2 Results of continuous and periodical water quality observations under the low light condition