

長期的な無酸素化が水中 LED による有機汚濁水域の DO 改善効果に及ぼす影響 Influence of Long-term Anoxic State on Improvement Effect of DO Environment in an Organic Polluted Water Body using an Underwater LED

○鬼木彩香*・原田昌佳**・平松和昭**・田畑俊範**

Ayaka Oniki*, Masayoshi Harada**, Kazuaki Hiramatsu** and Toshinori Tabata**

1. はじめに

ダム貯水池のような水深の深い閉鎖性水域では、寡少な水中光環境を要因とする長期的な無酸素化が大きな問題となる。そこで、水中 LED を光源とする植物プランクトンの光合成を利用した無酸素化解消技術を提案し、その実用化に資するための室内実験を行った。本研究では、嫌气的状態と無光状態が長期間継続する実水域を想定し、栄養塩の溶出や硫化物の発生などの有機汚濁現象が顕著な条件下での DO の環境改善効果について検討した。

2. 実験概要

Fig. 1 のように、実水域でサンプリングした底質と貯留水で満たした円筒水槽を 20℃ の恒温暗所室に静置した。流動パラフィンで大気から酸素供給を遮断することで水槽内を無酸素状態にし、RGB フルカラーの LED 水中灯を用いて約 1 か月間の照射実験を行った。照射条件として、原田ら (2016) の知見を踏まえ、赤色光と青色光の光量子量の比が概ね 1 の混合色光を、点灯・消灯を各 12 時間とする 24 時間周期で照射とした。また、照射光の光強度は、植物プランクトンの光合成の最適光量子量を考慮して約 $85\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ とした。以上の照射条件のもと、実験開始までの遮光期間を約 2 か月 (無酸素期間 50 日間) と約 2 週間 (同 5 日間) の 2 ケースとする比較実験を行った。実験期間中、DO の連続測定と Chl.a, $\text{PO}_4\text{-P}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, 硫化物, 全鉄イオン ($=\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+}$) などの定期測定を行った。

3. DO 環境の改善効果

Fig. 2 の水質の測定結果および目視による付着藻類の観察結果より、遮光期間が DO 環境の改善効果に及ぼす影響について考察した。まず、遮光期間 2 週間の DO の動態は、① LED 照射開始から数日間 (約 5 日間) の貧酸素状態、② 貧酸素化解消後の 24 時間周期の変動を有する増加過程、③ 最大値以降の緩やかな低下・上昇過程で表される。なお、②と③では Chl.a が最大で $8\mu\text{g}/\text{L}$ の低濃度であるにも関わらず DO は高濃度まで増加し、それを維持した。その要因として、貧酸素化解消後に確認された LED 光源面への付着藻類の発生と増殖が挙げられる。

一方、遮光期間 2 か月の DO の経時変化は、① LED 照射開始後の数日間 (約 13 日間) の無酸素状態、② 無酸素化解消後の日周期の変動を伴う増加過程、③ 最大値以降の緩やかな低下過程に区分でき、上述の 3 過程に対応する結果を示した。そこで、①～③の過程ごとに測定結果を詳細に考察することで、遮光期間の長期化による影響を検討した。

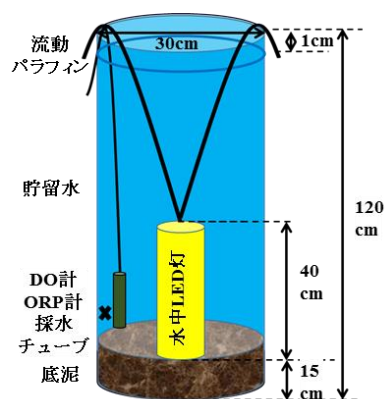


Fig. 1 Schematic of experimental tank

*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 **九州大学大学院農学研究院 / Faculty of Agriculture, Kyushu University

キーワード：無酸素化, 溶存酸素, 植物プランクトン, 光合成, 室内実験

まず、①の LED 照射開始から無酸素化・貧酸素化の解消までの期間について、遮光期間 2 か月では同 2 週間と比較して DO 増加に 1 週間以上の時間を要する。ここで、Chl.a の増加と栄養塩の減少のタイミングに着目すると、DO 生産が照射開始から 8 日経過以降に生じたことが推定される。これは、遮光期間 2 週間の場合と比較して約 3 日遅い結果であり、暗期間の長期化により植物プランクトンの光応答性が鈍化されたためと推察される。また、無酸素期間の長期化に伴う S^{2-} や Fe^{2+} の還元物質の増加が酸素消費量を増大させ、その結果、無酸素化の解消に時間を要したと考えられる。

つぎに、②の DO の増加過程に関して、増加開始から最大値到達までの DO の増加速度を直線回帰で求めたところ、遮光期間 2 か月の値 (1.58mg/L/d) は、同 2 週間の結果 (1.23mg/L/d) と比べて大きい。さらに、DO の最大値は遮光期間 2 か月でより高い濃度を取った。これらは、光合成可能な時点での栄養塩の高濃度によって、光合成速度が高まったとともに、Chl.a が最大で約 $40\mu\text{g/L}$ を取るなど植物プランクトン量も増大したことを反映した結果である。ここで、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の高濃度化は底質からの溶出に由来し、無酸素期間の長期化に起因する。ところで、DO の増加過程時においても付着藻類の発生が確認されたものの、その増殖量は遮光期間 2 週間の場合と比べて明らかに少ないことから、DO 環境の改善効果に植物プランクトンの寄与が高いといえる。しかしながら、遮光期間 2 か月では、DO の最大値以後に、動物プランクトンの捕食による植物プランクトンの急激な減少に加え、付着藻類の少ない発生量が要因となって DO は緩やかに低下した。これより、③の DO 環境の維持という観点からも遮光期間の長さによる相違点を見出せる。

4. おわりに

長期間の遮光状態と無酸素化が水中 LED 照射による DO の改善効果に及ぼす影響を実験的に検討した。その結果、還元物質の増大に起因して無酸素化解消に要する時間が長くなること、底質から溶出した栄養塩の高濃度化に伴って DO の増加速度は高められること、さらに付着藻類の発生量の抑制によって DO の改善効果が低下することが示された。今後の課題として、付着藻類が DO 動態に及ぼす影響の定量的把握が挙げられる。

参考文献 原田昌佳・川野陽介・平松和昭・田畑俊範 (2016) : クロロフィル a の光吸収特性を考慮した水中 LED による有機汚濁水域の DO 環境の改善効果に関する実験的研究, 応用水文, **28**, 1-10.

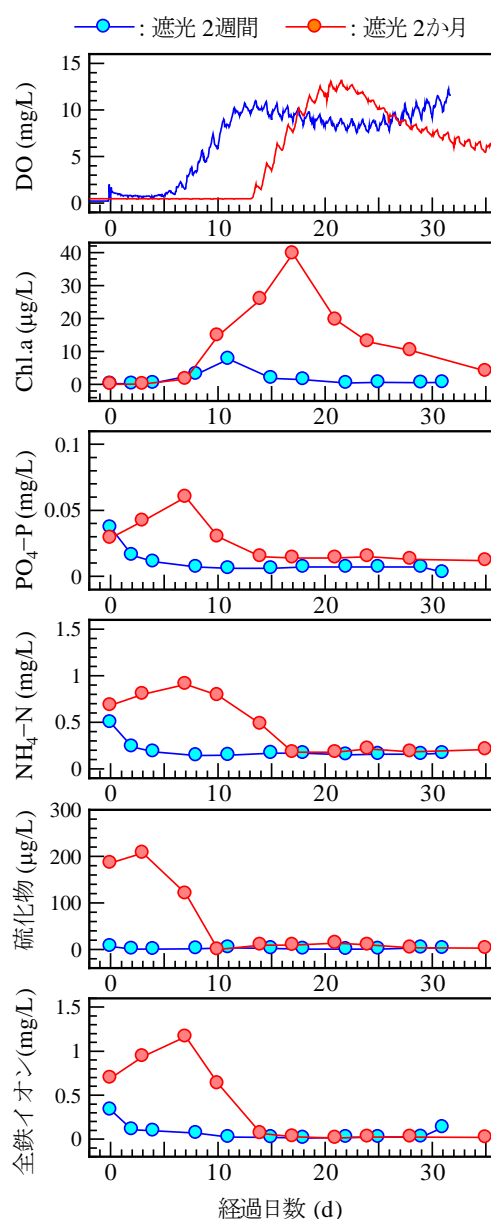


Fig. 2 Continuous observed results of DO and periodical measured results of water qualities