

LED を用いた水質浄化法に関する基礎的研究

山口大学大学院 学生会員 ○赤松洋介
山口大学工学部 正会員 河元信幸

山口大学大学院 正会員 朝位孝二
大津市役所 非会員 吉田貴博
西日本開発研(株) 正会員 井芹寧

1. 緒論

近年、ダム湖や湖沼などの閉鎖性水域において、流域から流入するリンや窒素などの栄養塩による水域の富栄養化が問題となっている。水域の富栄養化は、湖底の有機汚濁、底層水の貧酸素化などを招き、それによる藻類や水底生物の大量死につながり、淡水赤潮やアオコの発生原因となっている。貧酸素水塊の対策としては、曝気、浚渫、覆砂などが挙げられる。これらの方法は、適用が困難であることや、環境的、コスト的な問題が挙げられる。

湖底には藻類の増殖に必要な栄養塩が存在しているが、光が供給されないため藻類などの光合成が行われない。そこで、発光ダイオード（以下 LED）を用いて、光を水底の無光条件層に照射して藻類の光合成活動を高めれば、水底の貧酸素化を抑制することができ、水質の改善、水質汚濁進行を軽減できることが期待される。本研究では LED を用いた水質浄化法の基礎的研究を室内実験により検討するものである。

2. 実験方法

実験には 900mL のビーカーを用い、図-1 に示すように、山口県宇部市にある常盤湖より採取してきた底泥と湖水をビーカー内には投入した。実験は、無光条件、青色、赤色、白色の 4 条件で行い、再現性を確認するため、それぞれ 3 個のサンプルで実験を行った。LED の条件は表-1 に示す。

図-1 に示すように、ビーカーの上部から差し込んだ試験管内部に LED を底泥から 12cm の位置に固定し 24 時間明条件で照射を行った。ビーカーは光が入り込まないようにアルミ泊で包んだ。インキュベーター内で、20℃の一定温度条件で培養し、光源以外の条件を一定に保ち 40 日間培養を行った。培養前後のビーカー内の溶存酸素量を測定した。また、培養後の水質分析を行った。水質検査項目は、全窒素、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、全リン、リン酸態リン、有機体炭素、酸化還元電位の 8 項目測定した。

表-1 LED 条件

	青色LED	赤色LED	白色LED
光度 (mcd)	10000	8000	8400
順方向電圧 (V)	3.2-3.4	2.0-2.2	3.4
消費電力 (mA)	20	20	20
指向角度 (degree)	30	30	30
主波長 (nm)	470	630	
照度 (lx)	92.5	185	33.6

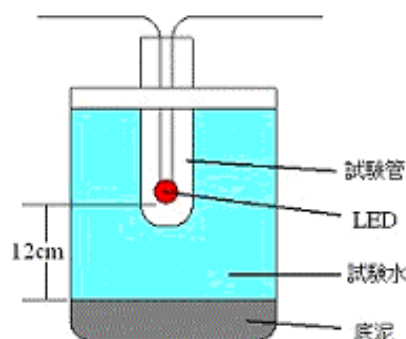


図-1 培養ビーカーの概要

3. 実験結果

図-2 に培養前後の溶存酸素量(DO)測定結果を示す。ヒストグラムのうち左側が培養前で右側が培養後である。培養後の DO は無光条件で 0.35 mg/L(3.77%)で、LED 照射した条件では 0.29mg/L(3.13 %)～0.42 mg/L(4.49%)の範囲であった。

図-3 に窒素成分の関係を示す。全窒素量は無光条件が 7.8mg/L に対し、LED 系は 6.8 mg/L～7.0 mg/L の範囲でわずかながら LED 照射系の方が減少している。青色の減少が大きく、次いで赤色と白色となる。全ての条件下において、アンモニア性窒素(NH₄-N)の占める割合が高く、8 割～9 割を占めている。それに比べて亜硝酸性窒素(NO₂-N)の割合は低い。これは不安定で変化しやすい物質であるためと考えられる。また、窒素成分に関しては LED 照射系において、無光条件と比較して硝酸性窒素(NO₃-N)の割合が大きくなっている。これは、水中の微生物・藻類が光合成により放

LED

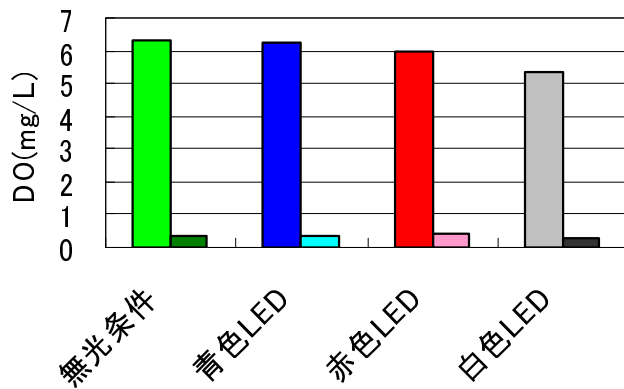


図-2 培養前後の溶存酸素濃度(mg/L)

出した酸素とアンモニア性窒素とが反応し、アンモニア性窒素→酸化→亜硝酸性窒素→酸化→硝酸性窒素という、変化が起きたと考えられる。特に、青色の硝酸性窒素は 1.3mg/L で、無光条件の 0.11mg/L の 10 倍以上の値を示しており、水質改善効果が認められた。

図-4 は全リン (T-P) に占めるリン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) の量を示したものである。全リンは無光条件が 0.71 mg/L に対し、LED 系は 0.20 mg/L ~ 0.46 mg/L の範囲となり、LED 照射によるリン成分減少効果がみられた。特に赤色の減少効果が大きく無光条件の 3 分の 1 以下の値となっており、次いで青色、白色という結果が得られた。リン酸態リンは無光条件が 0.53 mg/L に対し、LED 系は 0.05 mg/L ~ 0.30 mg/L となっており、LED 照射による減少が大きく、赤色においては無光条件の 1/10 程度となっている。青色でも半分以下の値になるなど、LED 照射による大幅な浄化効果がみられた。また、紙面の都合上で図は割愛したが有機体炭素 (TOC) は、無光条件が 4.23mg/L に対し、LED 系は 3.87 mg/L ~ 3.93 mg/L となっており、LED 照射による減少がみられた。中でも青色と赤色が同値となり減少していた。

酸化還元電位 (ORP) は、一般に ORP は +410mV ~ 430mV の範囲で各系間での大きな変化は認められなかった。数値が +400mV 以上と好機的な状態であった。DO が低く貧酸素状態にも関わらず、好気的な状態という結果が出たのは、水質検査時に空気が混入し、このような結果が出たのではないかと考えられる。

4. 結論と今後の課題

本研究で行った実験条件では、LED 照射すること

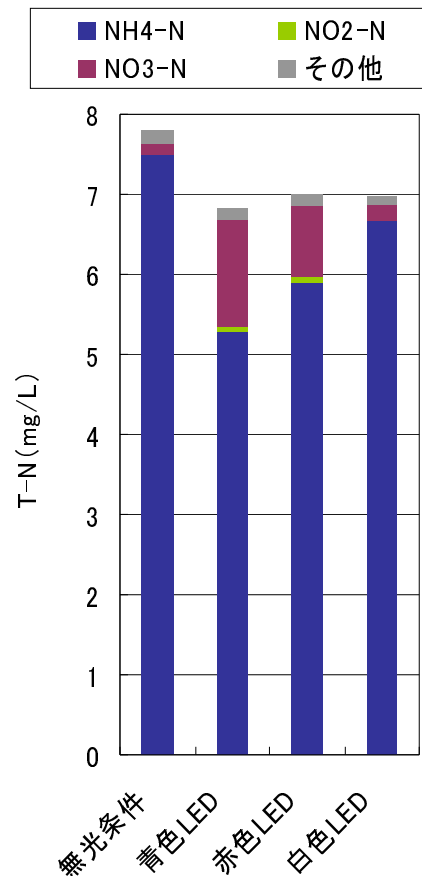


図-3 窒素成分の関係

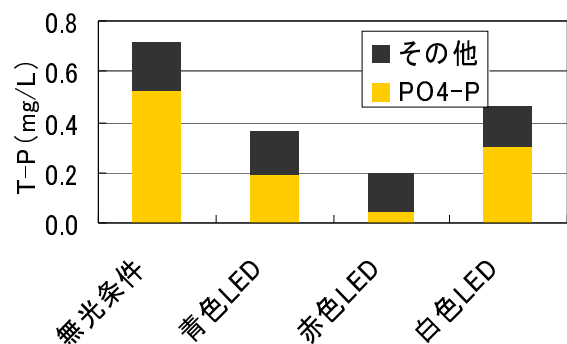


図-4 リン成分の関係 (mg/L)

での水質改善の傾向が確認された。特に青色が窒素の酸化促進に効果があり、また、赤色がリンの浄化効果があると考えられる。

培養時間が短かったことや培養の時間経過による変化などが把握できなかったことが今後の課題である。輝度、照度による水質変化の比較、また泥の成分分析や繁殖藻類の種の同定も必要であり、今後の課題とし検討していく必要がある。