

LED 照射法を用いた土着微生物群活性化による水環境修復

温州大 ○井芹 寧・郝 愛民・小林 草平・趙 敏
九州大 渡邊 俊介・久場 隆広・山口大 朝位 孝二
寒地土木研 大石 哲也・佐賀大 原口 智和

1. 背景及び目的

富栄養化が進行した水域では生産者である植物プランクトン等の増殖により、懸濁物質の高濃度化が生じる。これにより、水中の太陽光が減衰し有光層(生産層)が縮小する。同時に増加した有機物の沈降分解作用により、底層の貧酸素化が引き起こされ、オルトリン等の無機イオンが溶出し、さらに富栄養化が促進される。自然界ではこれらの水環境悪化を防ぐ担い手として沈水植物や底層、底泥上の光合成・好気性微生物群が重要な役割をなしている。しかしながら、重要増殖制限要因である光が不十分となると、これらの生物は枯死もしくは休眠するなど活動が停止してしまう。本研究においては、外界からの薬品や外来遺伝子生物の導入を避けること、また、現状の水環境の改変や土木の工事等によるかく乱を最小限にすることを考慮し、従来からその水域に生息、生育し、水質・底質浄化機能を有する土着性の生物群に着目した。光供給のみの静的手法である LED 照射法を用い土着生物群を活性化させることで、汚濁化した水域を本来の自然水環境に修復する技術を開発することを目的とした。本報告では、LED 照射による水環境修復の実証実験の各成果を紹介し、その中で、従来の接触酸化法の欠点を光供給で改善できた新技術である「光透過付着担体 LED 照射接触酸化法」について報告する。

2. LED 照射法による土着生物群活性化の実績

これまでの LED 照射法を用いた土着生物群活性化による水環境改善の実績を図-1 に示す。それらの概要は下記のとおりである。

(1) 土着付着・浮遊藻類活性化による貧酸素化の改善及び栄養塩溶出抑制

実験池及びダム湖の底泥直上にひも状付着担体と LED を設置した。土着の珪藻、緑藻類が増殖し、それらの光合成酸素生産により、貧酸素化の抑止効果が得られた。ダム湖では設置層において最大 300m² の範囲に数 mg/L の DO 上昇が確認された。また、底層が貧酸素化している公園池の底泥を用いた室内実験において、LED 照射による DO 上昇で底泥上面に酸化層が形成され、リンなどの栄養塩の溶出抑制が確認された。

(2) 土着底生・浮遊動物活性化による底質改善及びアオコ制御

アオコ発生公園池や太湖の底泥を用いた室内実験において、LED 照射により DO が過飽和となり、土着エラミズの増殖による有機物採食・底質中の巣穴形成、土着カイミジンコ増殖によるアオコの捕食活動が観察された。

(3) 土着シャジクモ種場活性化による沈水植物帯修復

過去シャジクモが生育していた水域の底質を水槽に設置し、青色 LED を照射したところ、シャジクモを主体とした沈水植物が優占的に発芽・生長した。

(4) リサイクル光透過担体を用いた LED 照射接触酸化法による水生生態系修復

廃棄ガラスのリサイクル発泡多孔質ガラス担体(直径 5~50mm)を内部充填した PVC 円筒管(直径 25cm 長さ 1.8m)の中心軸部に青、赤色防水 LED Line ライトを設置した浄化装置を製作した。出口側の鉛直円筒管(直径 8cm 長さ 1.5m)内に設置した散気管からの空気泡上昇流により、底泥直上水を約 30mL/s 流量で装置内に吸引する。

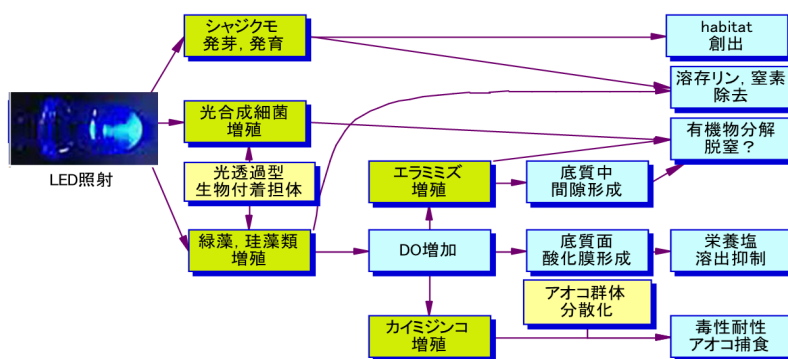


図-1 LED 照射法を用いた土着生物活性化による水環境修復の流れ
緑枠:土着生物, 青枠:改善要素, 黄枠:併用手法

9区画のメソコズム(1.0×2.0×1.8m)をアオコが生じている温州市内公園池に築造し、浄化装置を設置後、未処理(Control, C), LEDなし(WCD, C), LED照射(WCD-LED, L)の三系列各三連で40日間の浄化実験を行った。

従来型接触酸化法(礫間浄化法等)では有機物分解に伴う、リン・窒素栄養塩の放出が問題となる。さらに、有機物が過負荷になると、装置内が嫌気化し好気性浄化微生物の死滅、富栄養化要因のオルトリンや魚毒性のあるアンモニア態窒素の放出に繋がる。一方、LEDと光透過担体を利用した本法では、装置内において酸素を供給し栄養塩を吸収する藻類や有機物分解を促進する光合成細菌が増殖可能となることから、栄養塩の浄化作用が期待できる。実験結果は、実験期間中に大量降雨等の影響があったが、最終的にLED照射系が最も良好な水環境となった(図-2)。特に、多様な珪藻、緑藻さらには動物プランクトンが他の系と比較して増加したことが特徴的であり、アオコを形成する*Microcystis*がコントロールと比較して1/4程度に抑制された(図-4)。珪藻優占種の*Nitzschia*はガラス担体の表面に多く付着しており(図-3)、珪藻類の必須栄養素であるシリカのガラス素材からの供給作用も考えられる。

本装置による水環境修復効果の概要を図-5に取りまとめた。独自のLED光供給と光透過担体併用により、水質改善に加え、従来法にない新たな機能として、有害シアノバクテリアに対し競争者となる土着の珪藻類や緑藻類を装置内で育成し、水域に供給する作用が創出された。アオコ発生水域に対し、水生生態系全体の健全化に導くシステムとして期待できる。

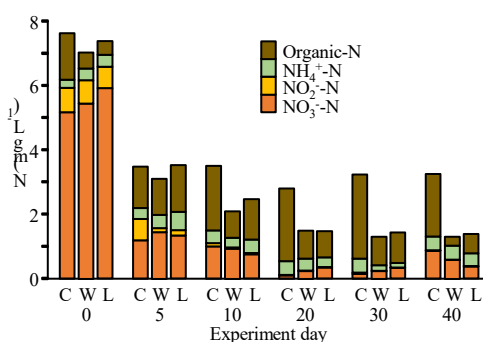


図-2 窒素成分の推移

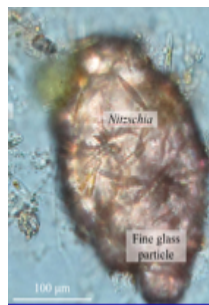


図-3 ガラス担体付着*Nitzschia*

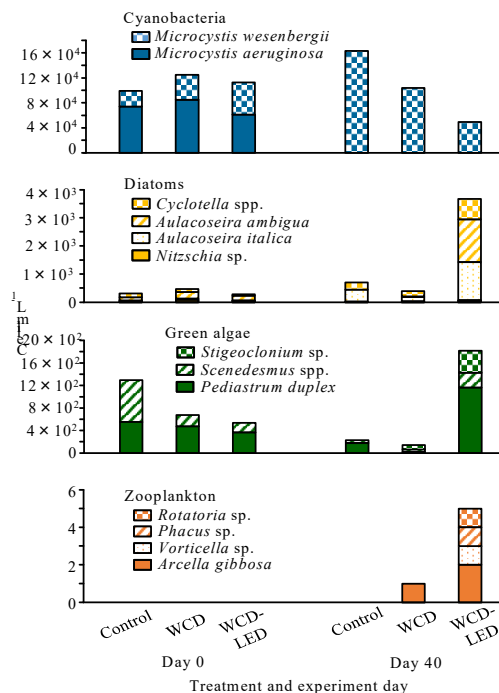


図-4 動植物プランクトンの変化

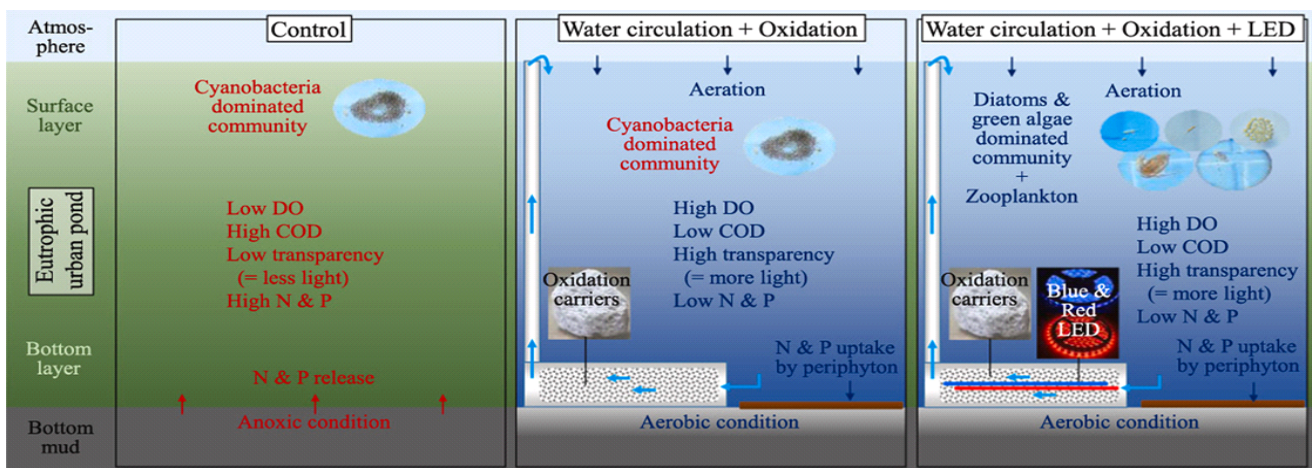


図-5 処理効果取りまとめ図

参考文献

Aimin Hao, Sohei Kobayashi, Ning Yan, Dong Xia, Min Zhao, Yasushi Iseri: Improvement of water quality using a circulation device equipped with oxidation carriers and light emitting diodes in eutrophic pond mesocosms. Journal of Environmental Chemical Engineering, vol. 9(2):1050752021, 2021
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343721000531?via%3Dihub#fig0035>