

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02300

研究課題名(和文) 気候・地理的要因による水環境特性に基づく閉鎖性水域の水質改善技術のハイブリット化

研究課題名(英文) Hybrid Environmental Improvements in Closed Water Bodies Considering Hydraulic Characteristics of Water Quality Originated from Climatic and Geographic Factors

研究代表者

原田 昌佳 (Harada, Masayoshi)

九州大学・農学研究院・准教授

研究者番号：80325000

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、気候・地理的要因による閉鎖性水域の水環境特性を考慮に入れて、サブユニット(水質改善技術の開発に資する現地観測)、サブユニット(水環境問題解決のための基礎的技術の開発)、サブユニット(数理モデルによる水質改善効果の解析)、サブユニット(水環境問題解決のための発展的な技術開発)を通じて有機汚濁・富栄養化に対する水環境のリスクヘッジを示した。特に、水中LEDによる無酸素化解消技術、銅イオンの殺菌効果による藻類抑制技術、水面冷却を利用した貧酸素化と藻類増殖の制御技術、遮光フロートによるアオコの抑制技術に着目し、これらの水環境リスクヘッジとしての有効性を環境水理学的に明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の農業農村地域の地域水資源では、有機汚濁・富栄養化による水環境の劣化が進んでいる。特に、アオコの発生や無酸素化によって、水域が有する多面的機能が失われている。本研究で示した、気候・地理的要因による閉鎖性水域の水環境特性を考慮に入れた有機汚濁・富栄養化に対する水環境のリスクヘッジは、水域水環境の保全・修復の観点から、国内外の持続的な農業農村の発展に大きく貢献するものであり、社会的意義は高い。また、水質改善技術の開発と水質観測・水質モデルによる水環境解析の双方向的な融合によって、学術的に高い実用性が担保された水質汚濁に対する水環境リスクヘッジを達成することが可能な点に、学術的意義を見出せる。

研究成果の概要(英文)：This study proposed the risk avoidances for environmental conservation in organically polluted and eutrophic reservoirs, considering the hydraulic characteristics of water quality originated from climatic and geographic factors. It was achieved via four sub-units; the field observations for developing water quality improvements, the basic and applied researches for solutions of water environmental problems, and the evaluations of water quality improving effects by the mathematical modeling. The concrete outcomes were to examine the effectiveness of LED irradiation that could improve the water quality via recovery from anaerobic to aerobic state, to assess methods to control algal growth using the bactericidal properties of copper ions for aquatic environment restoration in a hypertrophic waterbody, and to numerically estimate the ability of artificial water surface cooling to produce improvement in the aquatic environment of an organically polluted reservoir using scenario analyses.

研究分野：環境水理学

キーワード：水環境修復 水環境保全 無酸素化解消技術 藻類抑制技術

1. 研究開始当初の背景

近年の農業農村地域の地域水資源では、有機汚濁・富栄養化による水環境の劣化が進行し、特にアオコの発生(悪臭、水利用の障害など)や無酸素化(水圏生態系の崩壊、有害ガスの発生、栄養塩の溶出、底質のヘドロ化など)によって、水域の多面的機能が失われている。このような水域の水質汚濁の影響は下流域の沿岸浅海域までに及び、深刻な水環境問題を引き起こす。また、東南アジア諸国では、農業・畜産業・内水面漁業の大規模化による環境負荷の影響が極めて大きい。国内外の持続的な農業農村の発展の観点から、水域水環境の保全・修復は重要な課題である。特に、農業農村地域の閉鎖性水域では、アオコの発生や水域の無酸素化の制御が不可欠となる。

現状として、水質改善技術の開発において、水域の水環境劣化の発生要因に関する定量的知見が十分に反映されていない。これが水質改善技術の実水域への導入・普及の支障となり、わが国において健全な水環境の維持管理を達成できない理由の一つである。これまでの水質改善技術の実用化において、水環境問題の発生メカニズムの究明と改善技術の定量的評価との連携が不十分であった点が、本研究課題の核心をなす学術的な問いである。これを克服するためには、『水質改善技術の開発』と『水質観測・水質モデルによる水環境解析』の双方向的な融合によって、学術的に高い実用性が担保された水質汚濁に対する水環境リスクヘッジの達成が求められる。

2. 研究の目的

農業農村地域における地域水資源の水環境保全の重要性を背景に、亜寒帯・温帯・熱帯の各地域の閉鎖性汚濁水域を対象とした水質改善技術の開発を目指した。有機汚濁・富栄養化水域の水環境解析(現地観測や数値計算による水環境動態の評価・予測)によって明らかにされる水環境劣化の発生メカニズムを技術開発にフィードバックすることで、改善効果の即効性・持続性や実用性の向上を図った。具体的には、水中LEDによる無酸素化解消技術、銅イオンの殺菌効果を用いて藻類抑制技術、遮光フロートによるアオコの制御技術、水面冷却・冷水塊沈降を利用した水環境改善技術に着目し、これらの水環境リスクヘッジとしての有効性を環境水理学・環境水質学的に検証した。特に、気候・地理的要因から特徴づけられる水域の水環境特性に応じた改善技術を検討し、無酸素化・アオコ発生対策に貢献しうる水環境の保全・修復手法の確立を目指した。

3. 研究の方法

本研究では、気候・地理的要因による閉鎖性水域の水環境特性を考慮に入れた、有機汚濁・富栄養化に対する水環境のリスクヘッジを提示するために、水質改善技術の開発と水質観測・水質モデルによる水環境解析の双方向的な融合を図った。まず、水質改善技術の開発に資する現地観測を実施し、4つの水域を対象に水質劣化の発生要因を定量的に評価した。亜寒帯地域の富栄養化が進行した親水公園を対象に、水理学的要因や栄養塩分布に着目して、短期的な藍藻類の挙動特性を定量化した。温帯地域の有機汚濁化が顕在化した貯水池を対象に、嫌気条件下にある水質の動態特性の定量化を目指した。また、過栄養状態にある貯水池を対象とした栄養塩や藻類の季節変化の特徴抽出を行った。熱帯地域の汽水性養殖池を対象に、熱塩対流による底層水高温化について、その発生、発達および解消に関わる気象条件と水環境条件を検討した。

次に、水環境問題解決のための基礎的技術の開発と数値モデルによる水質改善効果の解析を実施した。有機汚濁・富栄養化による水環境劣化に対するリスクヘッジとして、水中LEDを利用した無酸素化解消技術、銅イオンの殺菌効果による藻類抑制技術、水面冷却を利用した貧酸素化と藻類増殖の制御技術、遮光フロートによるアオコの抑制技術に着目し、これの有効性を検証するための水質実験および数値計算を行った。LEDによる無酸素化水域の水環境修復技術の開発では、水槽スケールの水質実験を通じて、照射光の光スペクトル特性と関連づけて水質の改善効果を評価した。また、銅イオンの殺菌効果を利用した藻類抑制技術では、過栄養化水域を想定し、ピーカスケールの水質実験を通じて、高栄養塩濃度が銅イオン濃度の藻類の増殖抑制効果に及ぼす影響を検討した。水面冷却を利用した貧酸素化と藻類増殖の制御技術の開発では、実験水槽を用いた水質実験と鉛直次元水理・水質モデルを利用した数値計算よりその効果を検証した。さらに、アオコが長期的に発生する過栄養な貯水池を対象に、藍藻類の時空間的な変動特性を現地観測によって明らかにした上で、水平二次元水理・水質モデルを構築し、遮光フロートによる藍藻類の増殖制限の効果を環境水理学的に検証した。

4. 研究成果

(1) 気象的要因による熱的・機械的擾乱を踏まえた閉鎖性水域の藍藻類の鉛直挙動特性

閉鎖性水域における主要な水質問題であるアオコの発生は藍藻類の過剰繁茂により起こるため、藍藻類の挙動特性を把握することはアオコ抑制を検討するうえで重要である。藍藻類の持つ特徴として浮力調節を持つことが挙げられ、鉛直移動を行うことで、効率的に光や栄養塩類を獲得する。アオコの挙動には水域における気象要因、水理学的要因、生態学的要因が複雑に作用している。本研究では、藍藻類の挙動特性を検討するために、アオコが発生する溜池において現地観測を行うとともに、数値解析モデルを構築し、モデルの妥当性を検討した。

現地観測では日サイクルでの藍藻類の浮上・沈降過程を捉えるため、48時間の連続観測を行った。熱的擾乱と機械的擾乱がそれぞれ卓越した環境下で観測を行い、各環境要因と藍藻類の挙

動との関係を検討した (Fig. 1). 熱的擾乱が卓越した環境下では、下層で強固な水温成層が形成され、水深方向の中心程度までの範囲で日中に成層化、夜間に混合されるという日周の変動を示し、藍藻類分布のピーク水深も同程度の水深まで推移した。機械的擾乱の卓越した環境下の成層化・混合の日周の変動は熱的擾乱の卓越した場合と同様に見られたが、夜間に混合が底層にまで達し水温成層が解消され、藍藻類の分布も一様化した。DO や栄養塩の鉛直分布は水温、藍藻類と高い相関性を有することが示された。

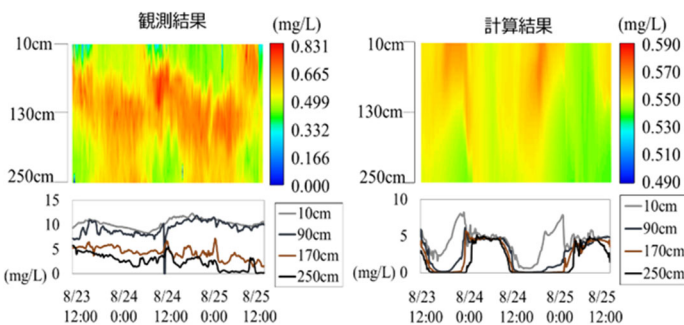


Fig. 1 植物プランクトン(上)と DO(下)の時系列変化

そこで、藍藻類の挙動を組み込んだモデル構築に向けて、低次生態系モデルによる水質予測を行った。流動モデルとして鉛直二次元の $k-\epsilon$ 乱流モデルを採用した。基礎式は連続の式、運動方程式、温度の拡散方程式、乱流エネルギーと散逸率の輸送方程式であり、境界条件には壁法則を採用した。水質モデルでは、植物プランクトン、動物プランクトン、懸濁態有機物、溶存態有機物、リン酸態リン、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素、溶存酸素の 9 つの状態変数を考慮した。計算結果の再現性を検討したところ、水温鉛直分布は、熱的擾乱および機械的擾乱の卓越した各々の場合における日サイクルでの成層化と混合層の発達過程が精度よく再現できた。また、現地結果と比べて DO の上昇に時間差があるほか、計算結果が過小に評価されることがあったものの、日周の変動の傾向を良好に再現できた。以上から、藍藻類の短期挙動と水環境動態が相互的に影響しあう関係であること、また構築した数値モデルにより藍藻類挙動の予測を行うとともに、水質変動を再現しうることが示された。

(2) 熱帯地域の汽水性水域に発生する熱塩対流による水質汚濁に関する現地観測

熱帯地域では雨季・乾季が明確に分化していることから、雨季の降雨による密度流現象を要因とする閉鎖性水域水環境の劣悪化が懸念される。特に、低平地デルタ地域では、汽水域が多く、温度と塩分の 2 つの流体密度支配要因による熱塩対流が発生する可能性がある。熱塩対流は、底層水の高温化を誘発するため、水質汚濁を進行させることが懸念される。本研究では、特に降雨による密度流現象が起こりやすい汽水性養殖池を対象とした現地観測を行い、熱塩対流による高水温化の発生、発達および解消に関わる条件を解明するとともに、熱塩対流に伴う水質汚濁の可能性について検討した。

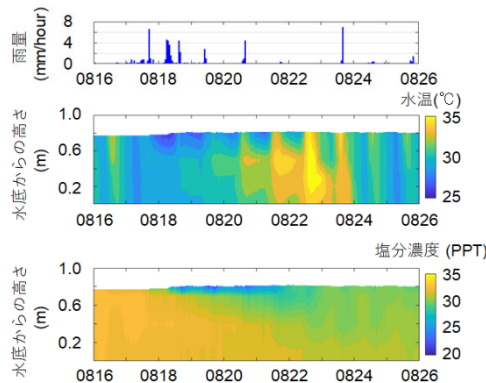


Fig. 2 熱塩対流による底層水蓄熱の観測例 (上: 雨量, 中: 水温, 下: 塩分)

まず、気象、水温および塩分の連続観測結果から、

(Fig. 2) 熱帯汽水域における降雨による水域蓄熱は、①降雨による塩分 3 成層が形成されること、②3 成層化後の塩分濃度勾配層が熱塩対流による断熱効果を有すること、③断熱効果が夜間の放射冷却を抑制すること、以上のプロセスにより、底層水の高温化が進行することを明らかにした。この高水温化は、水面に付加される擾乱が塩分 3 成層を乱すことにより解消に向かうことも明らかにした。次に、現地における水質観測結果から、塩分濃度勾配層の断熱効果は、底層水の放射冷却を抑制することに加え、植物プランクトンを含む懸濁物質の鉛直方向輸送も同時に抑制し、特に水底から水域中央部における pH および DO 濃度の時間変化に影響することを明らかにした。これらの塩分濃度勾配層の断熱効果および懸濁物質の移動抑制効果は、熱塩対流の影響により塩分濃度勾配層が非対流領域になることによる。

以上から、熱帯汽水性水域特有の現象である熱塩対流現象は、対策として塩分 3 成層状態を解消する必要があることから、本研究で提案する水面冷却による水環境修復が有効な水質改善策の一つとして考えられる。

(3) 成層化水域の水面冷却を利用した無酸素化と藻類増殖の抑制効果の定量的評価

有機汚濁により成層化した閉鎖性水域では、深水層での無酸素化と表層での浮遊藻類の大量発生が深刻な問題となる。健全な水域水環境の創出のためには、深水層と表層で発生メカニズムの異なる水質汚濁現象に対応しうる水質改善対策が求められる。本研究では、水面積は小さいが、強固な水温二成層が長期化するような水深の深い貯水池を対象に、水温躍層下の冷水で人為的に水面を冷却し、熱対流に伴う水塊の鉛直混合の促進による無酸素化の早期解消、および表層の水温低下による藻類増殖の抑制を考えた。本研究では、その効果を数値計算によって評価した。

水理-水質モデルによる数値計算の観点から実水域スケールでの効果を検証するために、水面冷却対流による物質輸送の移流効果を考慮に入れた鉛直一次元モデルを構築した。同モデルによるシナリオ分析により、水面冷却による無酸素化の解消効果と藻類増殖の抑制効果を定量

的に評価した。まず、水面冷却対流による移流効果を考慮に入れた水環境解析を可能とする鉛直一次元拡散型水質モデルを構築した。具体的には、水面冷却によって生じる熱対流量の算定式を組み込み、水塊沈降による物質輸送を考慮に入れた水質の鉛直一次元移流・拡散モデルを構築した。秋季以降の水面での強い熱放射に起因する水面冷却対流の影響を受ける水質動態の数値計算に本モデルを適用し、その有効性を検証した。その結果、水深 8m の有機汚濁化貯水池で観測された、春季以降に強固な水温二成層を形成するような水温鉛直分布、長期的な貧酸素化・無酸素化が生じる深水層での DO、秋季に浮遊性藻類が増大するような表層での Chl.a、といった水環境の季節的変化が再現され、モデルの妥当性が確認された。また、本モデルを用いたシナリオ分析により、人為的な水面冷却による水環境の改善効果を評価した。その結果 (Fig. 3)、強い成層度をもった水温成層を抑制できること、夏季以降の藻類の濃度増大を制御できること、深水層の無酸素化期間が顕著に短縮され、特に水底の無酸素化解消が約 1 か月早められること、などの効果が確認された。

以上より、有機汚濁により成層化した閉鎖性水域の健全な水環境の創出に向けて、深水層と表層で発生メカニズムの異なる水質汚濁現象に対応しうる新たな水質改善対策として、人為的な水面を冷却による水環境修復の可能性を示した。また、本研究で構築した鉛直一次元モデルは、有機汚濁化水域の水質改善評価の実施において極めて有効なツールとして活用できる。

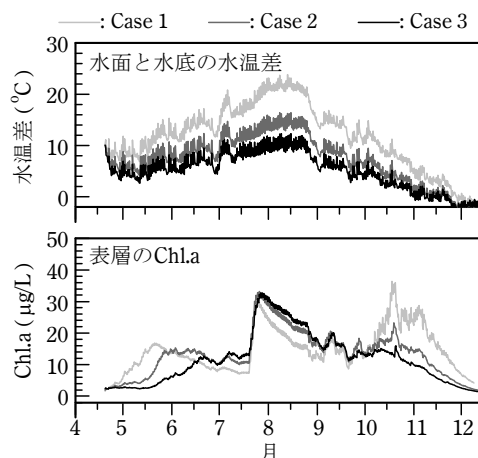


Fig. 3 シナリオ分析結果の一例

(4) 過栄養条件が銅イオンの殺菌効果による藍藻類の増殖制御に及ぼす影響

富栄養化した農業用ため池でのアオコの発生は、利水障害や貧酸素化などの問題を引き起こし、藍藻類の増殖対策が喫緊の課題である。その増殖要因の一つに、汚濁物質との錯体形成による Cu^{2+} の殺菌作用のマスクングが指摘されている。そこで、 Cu^{2+} 添加による藍藻類の増殖制御の可能性を水槽スケールの水質実験より検討した。過栄養化水域を想定し、高栄養塩濃度条件下での Cu^{2+} による藻類抑制効果について、初期の藍藻類濃度の影響に着目して検討した。

DIN, DIP の高濃度条件下で、藍藻類の初期濃度を実験条件とする水質実験を行った。実験開始時と 1 か月経過時に、計算上の濃度が約 $500 \mu\text{g/L}$ となるように Cu^{2+} を添加調整した。水生植物用蛍光灯を用いて、点灯 12h, 消灯 12h の 24 時間周期で光を照射し、2 か月間の Chl.a を主とする水質をモニタリングした。その結果 (Fig. 4)、実験条件に関係なく、 Cu^{2+} の添加後約 2 週間で Chl.a が $1 \mu\text{g/L}$ を下回るほど大幅に減少し、 Cu^{2+} の殺菌効果は藍藻類に対して強い即効性をもち、アオコの消失対策として有効であった。しかし、藍藻類に代わって緑藻類が優占し、Chl.a が著しく増大した。また、2 回目の Cu^{2+} 添加以降も緑藻類の繁殖は維持された。つまり、 Cu^{2+} の殺菌効果は藍藻類に高く、緑藻類に対しては皆無であった。また、 Cu^{2+} 添加が優占種の交代のタイミングを早め、緑藻類の増殖期間が長くなった結果、その濃度増大が際立った。さらに、初期の藍藻類が高濃度であるほど、緑藻類がより顕著に高濃度化し、その原因として、高濃度の藍藻類を由来とする無機態窒素・リンの高濃度化の影響が考えられた。

以上から 栄養塩の高濃度条件においても、 Cu^{2+} の殺菌効果は藍藻類に対して強い即効性を示した。しかし、アオコ発生レベルの状況での Cu^{2+} 添加は、殺菌作用に対する耐性をもつ緑藻類が高濃度の栄養塩によって増殖する点で逆効果であった。従って、 Cu^{2+} を利用した長期的な藻類制御には、流入負荷対策等による栄養塩の低濃度化が必須である。

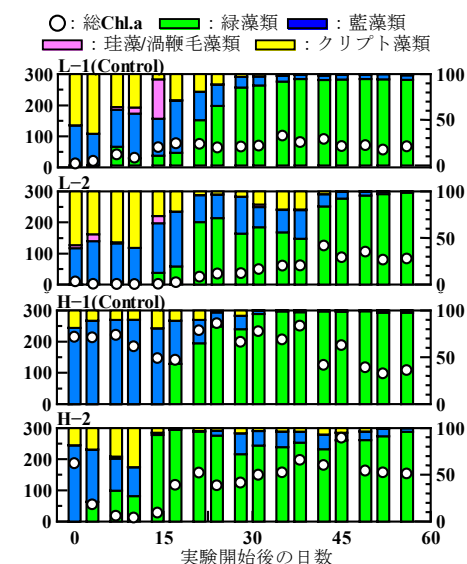


図 4 Cu^{2+} 添加による Chl.a の経日変化

(5) 過栄養化水域の遮光フロートによるアオコ発生の抑制効果に関する環境水理学的解析

多くの農業用貯水池では、栄養塩の流入負荷の増大によってアオコが深刻化し、その機能が著しく低下している。藍藻類は気象環境への高い応答性を持つとともに、吹送流による水の流動の影響を強く受ける。従って、気象的要因に応じた藍藻類の時空間的な動態特性の解明がアオコの効果的な抑制対策の鍵となる。本研究では、水の流動が藍藻類の増殖に与える影響を考慮し、藍藻類の急激な増大を計算可能な水平二次元水理・水質モデルを構築し、アオコが広範囲かつ長期的に発生する過栄養化水域を対象に、遮光フロートによるアオコの防止対策効果を検証した。

水平二次元モデルは、吹送流による流れ場を解析する水理モデルと、物質の移流拡散方程式に

生態系モデルを組込んだ水質モデルで構成される。本研究では、二つの点で生態系モデルを改良した。まず、浮遊性藻類の増殖の制限因子として、水温、栄養塩、光に加えて、流れが速いほど増殖が抑制される浮遊性藻類の特性を加味するため水の流動も考慮した。また、秋季の $15^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ の水温期でのアオコの発生を再現できるような水温の制限関数を修正した。本モデルの妥当性を検証するために、アオコが長期的に発生するような過栄養状態の農業用貯水池の水環境解析に適用した。その結果、数値計算結果は現地観測結果を概ね再現し、本モデルによる藍藻類の時空間的解析は可能と判断できた。また、主風向に対する吹送流の流動パターンに応じて藍藻類の時空間分布が変動し、風速・風向の気象条件が藍藻類の変動特性に強い影響を及ぼした。

富栄養化水域での藻類抑制対策として遮光フロートの設置がある。これは無光による光合成阻害を通じた藻類の増殖制御であるが、水面被覆が吹送流に与える影響は極めて大きく、フロートの設置方法によっては遮光部分以外の領域で流れの増殖制限によるアオコ対策を期待できる。そこで、藍藻類の異常増殖が顕著な北岸・南岸付近に固定型遮光フロートの設置を仮定し、フロート部分の風速と日射量を強制的にゼロとする数値計算を行うことで、フロートのサイズがアオコ対策効果に与える影響を検証した。その結果 (Fig. 5)、そのサイズが大きい場合、風速 1m/s 以下の弱風に対して、比較的速い流れの循環流が生じることによって、遮光部分以外に対しても流れによる増殖制御の効果が発揮され、水域全体でアオコが消失する濃度レベルまで低下した。

以上から、遮光フロートによる藻類抑制効果は、光合成に対する光制限に加えて、流れによる増殖制限の影響に起因することが示された。特に、局所的な遮光フロートの設置に対しても、アオコの抑制効果は水域全体にまで及ぶことが期待された。また、本研究で構築した水平二次元水理・水質モデルは、過栄養化水域での藍藻類の時空間解析に有効な水環境解析ツールとなり得る。

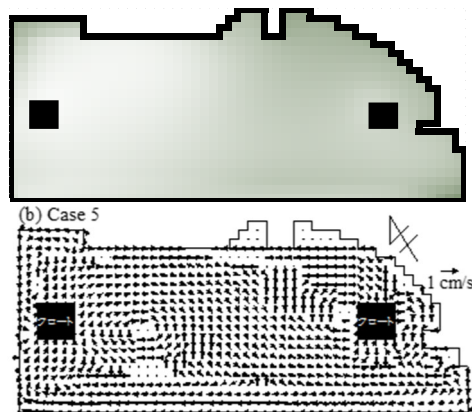


図5 遮光フロート設置のシナリオ結果の一例 (上: Chl.a, 下: 流速ベクトル)

(6) 有機汚濁が進む閉鎖性水域での LED 照射による水環境修復技術の開発

本研究では、寡少な水中光環境下にある有機汚濁水域の水環境修復技術として、水中 LED を利用した水質改善技術に着目した。これは、強い光制限を受けるような深水層において、LED 照射によって浮遊性藻類の光合成による酸素生産を促すことで無酸素化を解消し、好气的状態へ回復させることで水環境修復を目指すものである。本研究では、同技術の実水域レベルでの実用化に向けた基礎的・応用的知見を得ること目的とした水質実験を行った。特に、LED の光スペクトル条件と光強度条件が無酸素化解消効果に及ぼす影響について水質実験により検討した。

まず、光スペクトルが無酸素化の解消効果に及ぼす影響を検討した。RGB フルカラーの LED を光源とする場合、浮遊性藻類の光合成に有効な青色光と赤色光に加えて、緑色光の利用が可能である。そこで、浮遊性藻類の光合成速度に及ぼす RGB 混合色光の影響を評価した。その結果、光合成に有効な赤色・青色波長光に緑色波長光を含む LED を照射することで、酸素生産速度が向上し、無酸素化解消のタイミングが早められるとともに良好な DO 環境の持続性が高められた。特に、弱光条件の場合に色緑波長光の効果はより顕著に確認された。

次に、LED の光強度条件が水質改善効果に及ぼす影響を検討するための水槽スケールでの水質実験を行った。光源への付着性藻類による酸素生産の影響を排除し、浮遊性藻類の光合成のみによる無酸素化の解消効果を検証するため、内側と外側の 2 重構造をもつ円筒水槽を利用するなどの工夫を図った。長期的な無酸素化により極めて強い還元状態の環境水に対して、R: B: G = 1: 1: 1 の光を 24 時間周期で照射した。光合成に最適な有効光量子量を強光条件、その 1/10 程度の光量子量を弱光条件とする二つの実験条件のもとで 2 か月間の水質実験を実施した。その結果 (Fig. 6)、嫌气的状態から好气的状態への回復に要する時間は、強光条件と弱好条件とで 2 週間ほどの差が生じたが、無酸素化解消後の好气的状態は光強度条件に関わらず維持された。特に、弱好条件においても飽和度で 60% の良好な DO 環境が保たれた。また、2 か月間の LED 照射によって、TN と TP は大幅に減少し、その削減量は強光条件と弱好条件とで同程度であった。

以上から、LED 照射による無酸素化の解消とそれに伴う水質改善効果は、RGB の混合色で最も有効であること、またその効果は光源に限定された局所的なものではなく、光合成に最適な光量子量の 1/10 程度の弱光条件でも有効であった。そのため、LED による水環境修復の効果は広範囲に渡って発揮され、環境調和型の水質改善技術として期待できることを示した。

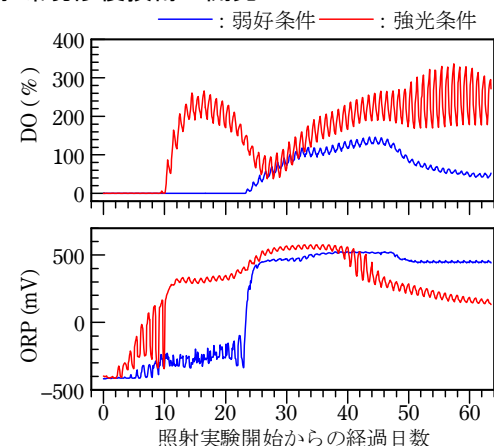


図6 DO と ORP の連続観測結果の一例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 3件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Ta Dang Thuan, Bui Quoc Lap, Le Minh Thanh, Masayoshi Harada, Kazuaki Hiramatsu and Toshinori Tabata	4. 巻 66(1)
2. 論文標題 Eutrophication Status of Lakes in Inner Hanoi and a Case Study of Cu Chinh Lake	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University	6. 最初と最後の頁 97-104
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5109/4363557	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Nguyen Minh KY, Nguyen Tri Quang Hung, Nguyen Cong Manh, Bui Quoc Lap, Huyen Thi Thanh Dang and Akinori Ozaki	4. 巻 65(1)
2. 論文標題 Assessment of Nutrients Removal by Constructed Wetlands Using Reed Grass (<i>Phragmites australis</i> L.) and Vetiver Grass (<i>Vetiveria Zizanioides</i> L.)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University	6. 最初と最後の頁 149-156
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5109/2558907	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 尾崎彰則, Panitan Kaewjantawee, Monton Anongponyoskul, Thinh Van Nguyen, 原田昌佳, 濱上邦彦, 松元賢, 岡安崇史	4. 巻 75(2)
2. 論文標題 熱帯塩水養殖池における水域蓄熱現象に関する現地観測	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1（水工学）	6. 最初と最後の頁 679-684
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/jscejhe.75.2._679	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Akinori Ozaki, Panitan Kaewjantawee, Monton Anongponyoskul, Nguyen Van Thinh, Masaru Matsumoto, Masayoshi Harada and Takashi Okayasu	4. 巻 -
2. 論文標題 Study on salinity stratification inducing heat storage in salinity aquaculture ponds in tropics	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 2019 Annual International Meeting of American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE)	6. 最初と最後の頁 1901005
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.13031/aim.20_1901005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Tran Tuan Thach, Masayoshi Harada, Kazuaki Hiramatsu and Toshinori Tabata	4. 巻 24(1)
2. 論文標題 The Influence of Bottom Sediment Redox State on Water Quality Dynamics under Long-term Anoxic Conditions in an Organically Polluted Reservoir	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Rainwater Catchment Systems	6. 最初と最後の頁 23-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Tran Tuan Thach, Masayoshi Harada, Kazuaki Hiramatsu and Toshinori Tabata	4. 巻 16(4)
2. 論文標題 Experimental Study on the Influence of Dissolved Organic Matter and Redox State of Bottom Sediment on Water Quality Dynamics under Anaerobic Conditions due to Organic Pollution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Paddy and Water Environment	6. 最初と最後の頁 665-686
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10333-018-0659-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Monton Anongponyoskun, Akinori Ozaki, Panitan Kaewjantawee	4. 巻 139
2. 論文標題 Thermal Stratification in Saline Shallow Water Bodies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bulletin of Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University	6. 最初と最後の頁 107-112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 濱上邦彦・水梨子綾音・原田昌佳・尾崎彰則・田畑俊範・平松和昭
2. 発表標題 閉鎖性水域における短期的な藍藻の鉛直移動特性の検討
3. 学会等名 令和2年度第62回農業農村工学会東北支部研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masayoshi Harada, Kosuke Hayami, Kazuaki Hiramatsu and Toshinori Tabata
2. 発表標題 Water Environment Improvement in an Organically Polluted Closed Water Body by Artificial Water Surface Cooling
3. 学会等名 22nd Congress of International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR), Asia Pacific Division (APD) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山本錬・原田昌佳・平松和昭・田畑俊範
2. 発表標題 3層型FFANNを援用した多波長励起蛍光光度計による藻類網別Chl.aの推定
3. 学会等名 令和2年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田昌佳, Tran Tuan Thach, 平松和昭, 田畑俊範
2. 発表標題 有機汚濁水域の長期的な嫌氣的条件下にある底質直上の水質動態
3. 学会等名 令和元年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林拓磨, 原田昌佳, 平松和昭・田畑俊範
2. 発表標題 窒素制限的な過栄養化水域における植物プランクトンの季節変化特性
3. 学会等名 令和元年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川良みさき, 原田昌佳, 平松和昭・田畑俊範
2. 発表標題 富栄養状態における藻類の増殖に対する銅イオンの殺菌効果の実験的研究
3. 学会等名 令和元年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 尾崎彰則, パニタン カイウジャンタウィ, モントン アノンポニヤスクル, 原田昌佳, グエン ヴァン ティン, 松元賢, 岡安崇史, 濱上邦彦
2. 発表標題 熱帯塩水養殖池における下層高水温環境下の水環境特性および熱特性に関する検討
3. 学会等名 令和元年度農業農村工学会大会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 濱上邦彦, 三上悠美
2. 発表標題 アオコが発生する閉鎖性水域における流動・水質モデルの構築
3. 学会等名 農業農村工学会東北支部第61回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田昌佳, 平松和昭・田畑俊範, 速水公佑
2. 発表標題 水面冷却を利用した有機汚濁水域の無酸素化と藻類増殖の抑制効果
3. 学会等名 第27回日本雨水資源化システム学会大会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本錬, 原田昌佳, 平松和昭・田畑俊範
2. 発表標題 富栄養化水域の藻類網別Chl.aの短期予測に向けた階層型FFNNモデルの汎化性能の改良
3. 学会等名 第27回日本雨水資源化システム学会大会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Misaki Kawara, Masayoshi Harada, Kazuaki Hiramatsu and Toshinori Tabata
2. 発表標題 Experimental Suppression of Phytoplankton Growth Employing Bactericidal Effects of Copper Ions under Eutrophic Conditions
3. 学会等名 International Workshop on “ Integrated Land & Water Management and Climate Change in Vietnam and Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuma Kobayashi, Masayoshi Harada, Kazuaki Hiramatsu and Toshinori Tabata
2. 発表標題 Seasonal Changes in Phytoplankton characteristics in a Hyper-eutrophic Water Area under Nitrogen Limitation
3. 学会等名 International Workshop on “ Integrated Land & Water Management and Climate Change in Vietnam and Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kunihiko Hamagami, Satsuki Yamaki, Masayoshi Harada, Akinori Ozaki, Toshinori Tabata & Kazuaki Hiramatsu
2. 発表標題 Relationship between Thermal Stratification and Movement Characteristics of Algae in a Small Reservoir
3. 学会等名 The 38th World Congress of International Association for Hydro Environment Engineering and Research(IAHR) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akinori Ozaki, Panitan Kaewjantawee, Monton Anongponyoskul, Nguyen Van Thinh, Masaru Matsumoto, Masayoshi Harada, Takashi Okayasu
2. 発表標題 Study on salinity stratification inducing heat storage in salinity aquaculture ponds in tropics
3. 学会等名 Annual International Meeting of American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akinori Ozaki, Panitan Kaewjantawee, Monton Anongponyoskul, Nguyen Van Thinh, Takashi Okayasu, Masaru Matsumoto
2. 発表標題 Heat Storage in Salinity Aquaculture Ponds Observed in the Tropics
3. 学会等名 The 8th Civil Engineering Conference in the Asian Region (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masayoshi Harada, Tran Tuan Thach, Kazuaki Hiramatsu, Toshinori Tabata
2. 発表標題 Biochemical Characteristics of Water Quality Dynamics near the Bottom Sediment under Anaerobic State in the Organically Polluted Reservoir
3. 学会等名 21st Congress of the Asia and Pacific Division of the International Association for Hydro-Environment Engineering and Research (IAHR-APD) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川良みさき, 原田昌佳, 平松和昭, 田畑俊範
2. 発表標題 銅イオンの殺菌効果による植物プランクトンの増殖抑制に関する基礎的研究
3. 学会等名 第99回農業農村工学会九州沖縄支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林拓磨, 原田昌佳, 平松和昭, 田畑俊範
2. 発表標題 富栄養化水域の植物プランクトンの季節的变化に影響を与える環境要因の評価
3. 学会等名 第99回農業農村工学会九州沖縄支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 濱上邦彦, 長瀬夢美
2. 発表標題 アオコの発生する閉鎖性水域の短期的水質挙動の解析
3. 学会等名 第60回農業農村工学会東北支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松野由希, 三上悠美, 濱上邦彦
2. 発表標題 ため池における藻類の日周期挙動と水質変動の関係
3. 学会等名 第60回農業農村工学会東北支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akinori Ozaki, Panitan Kaewjantawee, Monton Anongponyoskul, Nguyen Van Thinh, Takashi Okayasu, Masaru Matsumoto
2. 発表標題 Study on the Clarification of Weather Characteristics the Inducing Inversion of the Thermal Stratification in Aquaculture Ponds in Thailand
3. 学会等名 Association for the Sciences of Limnology and Oceanography Summer meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 尾崎 彰則, パニタン カイウジャンタウィ, モントン アノンポニヤスクル, グエン ヴァン ティン, 松元 賢, 岡安 崇史
2. 発表標題 熱帯地域の水産養殖地で観測される下層高水温現象に関する現地観測
3. 学会等名 平成30年度農業農村工学会大会講演
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 尾崎 彰則, Panitan Kaewjantawee, Monton Anongponyoskul, Nguyen Van Thinh, 岡安 崇史, 松元 賢
2. 発表標題 熱帯塩水養殖池に発生する下層高水温現象による水域内蓄熱に関する検討
3. 学会等名 農業農村工学会応用水理研究部会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	平松 和昭 (Hiramatsu Kazuaki) (10199094)	九州大学・農学研究院・教授 (17102)	
研究分担者	濱上 邦彦 (Hamagami Kunihiko) (20571699)	岩手大学・農学部・准教授 (11201)	
研究分担者	尾崎 彰則 (Ozaki Akinori) (40535944)	九州大学・熱帯農学研究センター・助教 (17102)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	田畑 俊範 (Tabata Toshinori) (80764985)	九州大学・農学研究院・助教 (17102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ベトナム	Thuy Loi University			
タイ	Kasetsart University			