

調査・研究終了報告書

研究分野：環境

調査・研究名	堆積物微生物燃料電池を用いた閉鎖性水域の底質改善に関する研究
研究者名（所属） ※印：研究代表者	○松木昌也、平川周作、植木隆太、岡元冬樹、高橋浩司（水質課）、志水信弘（計測技術課）、石橋融子（環境科学部）
本庁関係部・課	環境部環境保全課
調査・研究期間	令和4年度～6年度（3年間）
調査・研究区分	1. 種類 <input type="checkbox"/> 行政研究 <input checked="" type="checkbox"/> 課題研究 <input type="checkbox"/> 共同研究（共同機関名：） <input type="checkbox"/> 受託研究（委託機関名：） 2. 目的 <input type="checkbox"/> 基礎研究 <input type="checkbox"/> 応用研究 <input checked="" type="checkbox"/> 開発研究
福岡県総合計画	基本方向：誰もが住み慣れたところで働き、長く元気に暮らし、子どもを安心して産み育てることができる 中項目：快適な環境の維持、保全 小項目：自然との共生と快適な生活環境の形成
ワンヘルス実践6つの柱	柱3 「環境保護」
ワンヘルス研究の位置づけ	本研究は、富栄養化水域における栄養塩低減を通じて、人の健康に影響を及ぼす藻類異常繁殖に伴う悪臭や底質からの重金属類の溶出などのリスク低減につながることが期待され、安全に利用できる水環境の維持に資する底質改善技術を開発するという観点から、ワンヘルス研究に位置づけられる。
福岡県環境総合ビジョン（第五次福岡県環境総合基本計画） ※環境関係のみ	柱：健康で快適に暮らせる生活環境の形成（柱6） テーマ：水環境の保全
外部研究資金	(柿原科学技術研究財団) <input checked="" type="checkbox"/> 採択 <input type="checkbox"/> 申請予定 <input type="checkbox"/> 申請中 <input type="checkbox"/> 予定なし
キーワード	①堆積物微生物燃料電池 ②底質改善 ③閉鎖性水域 ④栄養塩
研究内容	
1) 背景、目的及び必要性	
<p>湖沼水質における全窒素・全リンの環境基準達成率は河川や海域に比べて低く、閉鎖性水域の水質改善は重要な環境問題の一つである。底質からの栄養塩溶出に対する有効な対策はあるものの、コストや環境の負荷が大きい。堆積物微生物燃料電池（SMFC）は簡単な操作で発電しながら底質改善を行う技術である。本研究では発電した電力を活用してSMFCの底質改善効果を増強・広範囲化するシステムを探査・開発する。またその効果を定量的に解析する。これによって低コスト・低環境負荷で閉鎖性水域の栄養塩溶出抑制が可能となる。</p>	
2) 概要	
<p>SMFCによる底質改善に関する研究は未だ初期段階で、実用化には効果の増強・拡大が不可欠である。本研究は底質改善と発電両方に着目し、系内の電気エネルギーを利用することで従来のSMFCよりも効果を増強・広範囲化した底質改善技術を開発することを目指す。現在、SMFCの小さい電力を充放電して利用し、直上水の溶存酸素濃度を上昇させるシステムを想定している。研究計画は下記のとおり。</p> <p>①SMFC由来の電力によるポンプの駆動およびシステムの開発→②化学分析による底質改善効果の観測および微生物叢解析による起電力となる電極反応の考察→③スケールアップ試験</p>	
3) 達成度及び得られた成果	
<ul style="list-style-type: none"> ● 外部電源を一切用いず、SMFCから得られる電力のみで自律的に作動する間欠ばっ気システムを開発した。 ● システムの電力変換効率は最大88.4%と、極めて高い効率を記録した。 ● 開発したシステムを、約10Lの模擬的な淡水環境を用いた小スケール試験で適用した。 ● 小スケール試験では、SMFC単独の対照系と比較して、間欠ばっ気を組み合わせた実験系の直上水における溶存酸素濃度が高く（207日目：実験系 4.0 mg/L、対照系 1.6 mg/L）、好気的環境への改善が示された。 ● また、同試験では、実験系において溶存無機窒素濃度が減少（320日目：実験系 / 対照系 = 0.67）し、栄養塩削減効果が示唆された。 ● 底質中の窒素成分の定量分析により、脱窒反応の促進が起きていることも示唆された。 ● 次に、約500Lの模擬淡水環境を用いたスケールアップ試験を実施し、同様に間欠ばっ気システムを適用。 ● スケールアップ試験でも、実験系の溶存無機窒素濃度が対照系に比べて低く（352日目：実験系 / 対照系 = 0.43~0.53）、効果が拡張環境でも維持されることが確認された。 ● 以上より、開発した間欠ばっ気システムは、SMFCの本来有する底質改善効果をさらに高め、淡水環境における過剰な窒素成分の削減に寄与する技術であると期待される。 	

4) 県民の健康の保持又は環境の保全への貢献

過剰な栄養塩類はアオコなど藻類の大量発生（いわゆる「富栄養化」）を引き起こし、水質悪化や生態系への深刻な影響をもたらす可能性がある。地球温暖化の進行によりそのリスクは今後さらに高まると予想される。本研究で開発した栄養塩削減技術が実用化されれば、藻類の異常発生を防止し、水道水源の水質保全や生態系の維持に貢献し、県民の健やかな生活環境の確保に資するものである。

5) 調査・研究結果の独創性、新規性

従来技術である底質の浚渫（しゅんせつ）は、一定の効果を示す一方で、高コストである上に底生生物群集の搅乱や残土処理の課題、効果の持続性に乏しいといった問題を抱えている。それに対し、本研究で活用したSMFCは原位置（現場そのまま）で設置可能な低環境負荷な技術であり、自然環境を大きく改変せずに持続的な窒素削減効果が得られる点で優れている。さらに本研究では、外部電源に依存せず、SMFCが自ら発電した電力を高効率（最大88.4%）で活用し、栄養塩削減効果を強化するというシステムを構築した。

6) 成果の活用状況

本研究の成果に基づいて特許を出願・登録済みであり、現在、民間企業における特許の実用化・技術導入に向けた検討が進行している。

7) 当該調査・研究課題に関する発表等

① 行政に対する情報提供

なし。

② 県民への情報提供

保環研Xにて研究紹介（2024年5月27日）

③ 学会誌掲載、学会発表

学会誌掲載

- M. Matsuki, S. Hirakawa, Development of overlying water aeration system powered by sediment-microbial-fuel-cell for nutrient suppression. *Water science and technology* **2023**, 87, 2553-2563
- M. Matsuki, S. Hirakawa, Migration of various ions based on pH shifts triggered by the application of sediment microbial fuel cells. *Water science and technology* **2024**, 89, 2429-2439

学会発表

- 松木昌也, 平川周作, 堆積物微生物燃料電池を用いた直上水ばっ気システムの検討, 第25回日本水環境学会シンポジウム講演集, 2022, p. 189-190
- 松木昌也, 平川周作, 堆積物微生物燃料電池の電力を用いた直上水ばっ気システムの効果, 第57回日本水環境学会年会講演集, 2023, p. 221
- 松木昌也, 平川周作, 堆積物微生物燃料電池における多種イオンの挙動に関する研究, 第26回日本水環境学会シンポジウム講演集, 2023, p. 78-79
- 松木昌也, 平川周作, 戸田治孝, 微生物燃料電池の電力を高効率で利用する独立型ばっ気システム, 第58回日本水環境学会年会講演集, 2024, p. 235

④ その他

特許登録

- 特許第7478373号, 堆積物微生物燃料電池を用いた底質改善方法及び底質改善装置（2024年4月24日登録）

表彰

- 令和6年度福岡県職員職員表彰研究表彰「堆積物微生物燃料電池を用いた水環境改善に関する研究」

8) 研究経費

令和4-6年度 : ②経常経費(C経費) 【金額：100千円/年, 区分：県費】

令和4年10月-令和6年3月 : ③外部研究費(その他) 【金額：1200 千円, 委託名：公益財団法人柿原科学技術研究財団令和4年度研究助成】

9) 備考

スケールアップ試験において、底質サンプルの採取・運搬・水槽への設置にかなり人手と労力を費やした。またラボスケール試験・スケールアップ試験両方で結果が出るまでに少なくとも半年以上の期間を要する。