

氏 名	NGUYEN TU UYEN		
授与した学位	博 士		
専攻分野の名称	環境学		
学位授与番号	博甲第	7 3 9 3	号
学位授与の日付	2 0 2 5 年 9 月 2 5 日		
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Improving sediment microbial fuel cells for water quality control in shrimp pond drainages in Central Vietnam (ベトナム中部エビ養殖池排水路における水質保全のための底質微生物燃料電池の改良)		
論文審査委員	教授 宗村 広昭	教授 森 也寸志	教授 前田 守弘
学位論文内容の要旨			
<p>Excess phosphorus (P) and nitrogen (N) from uneaten feed and waste in aquaculture ponds tend to accumulate in bottom sediment and may be released into the overlying water under anaerobic conditions, leading to eutrophication and harming aquatic organisms. This nutrient release varies with sediment characteristics influenced by aquaculture practices, where intensive systems typically exhibit higher organic matter and sulfur contents in sediment than extensive systems. Sediment microbial fuel cells (SMFCs) have emerged as a low-cost technology that modifies redox conditions in sediments to suppress P and N release while generating electricity. However, the effects of SMFCs on P and N release from sediments with different organic matter content remain unclear. Biochar (BC) or zero-valent iron (Fe<sup>0</sup>) amended into SMFCs was shown to enhance electricity generation because of its high conductivity and redox reversibility. In addition, Fe<sup>0</sup>-treated BC (FeBC) was reported to reduce P and N release due to its high adsorption capacities and enhanced denitrification. However, the effect of BC or FeBC in combination with SMFCs on suppressing P and N release has not been fully explored. Accordingly, the objectives of this dissertation are:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. to determine the effects of SMFCs on P and N release from aquaculture drainage sediments with different organic matter content (<b>Chapter 3</b>),</li> <li>2. to analyze the effects of BC-amended SMFCs on P and N release from aquaculture drainage sediments (<b>Chapter 4</b>), and</li> <li>3. to determine the effects of FeBC-amended SMFCs on P and N release from intensive aquaculture drainage sediment (<b>Chapter 5</b>).</li> </ol> <p><b>Chapter 1</b> introduced the environmental problem of P and N release from aquaculture drainage sediments and presented SMFCs as a potential solution. <b>Chapter 2</b> reviewed shrimp farming practices in Central Vietnam and their influence on sediment nutrient dynamics, focusing on internal P and N release under anaerobic conditions. It reviewed mitigation strategies to reduce P and N release, including SMFCs, BC, Fe-treated BC, and their combination, highlighting their mechanisms, effectiveness, and limitations. <b>Chapter 3</b> showed that SMFCs reduced P release while increasing ammonium-nitrogen (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N) release due to enhanced N mineralization in organic-rich sediments. On the other hand, in the sediment with low organic matter content, SMFCs did not affect P and N release. <b>Chapter 4</b> found that BC addition masked the effect of SMFCs on suppressing P release because of high P derived from BC and organic matter decomposition. Application of BC enhanced N mineralization in the sediment. <b>Chapter 5</b> indicated that P release in 2% FeBC was lower than in other treatments, particularly under SMFC conditions. In contrast, 0.5% FeBC showed higher P release than other treatments. Both FeBC rates stimulated denitrification. Overall, 2% FeBC combined with SMFCs reduced both P and N release. <b>Chapter 6</b> provided general discussions and conclusions. Our results suggest that SMFC can serve as an effective measure to reduce P and N release from shrimp pond drainage sediment in Central Vietnam.</p>			

## 論文審査結果の要旨

ベトナム中部ではエビ養殖が盛んであり、付近の排水路底質には飼料残渣や排泄物由来のリン（P）や窒素（N）が豊富に含まれている。底質が嫌気状態になると鉄（Fe）が還元され、鉄結合態として存在するPが直上水中に溶出することで富栄養化が生じる。底質微生物燃料電池（SMFC）は底質の有機物分解で生じた電子を酸素が豊富な上層水に外部電気回路を介して伝達する新たな発電システムである。本研究では、エビ養殖池の排水路にSMFCを適用することによって底質の酸化還元電位を高く維持し、P溶出を抑制することを考えた。集約的管理のエビ養殖池の底質は粗放的管理と比較して有機物や栄養塩濃度が高いため、SMFCの機能が両者で大きく異なると予想される。バイオ炭（BC）やゼロ価鉄処理バイオ炭（FeBC）は導電性と溶存物質の吸着能が高いことが知られているが、SMFCと組み合わせた場合の効果は調べられていない。そこで本論文では、ベトナムエビ養殖池排水路から採取した底質を用いて実験室規模の試験（高さ15～30 cm、内径4.5 cmのカラム）を実施し、栄養塩溶出削減効果を調べた。具体的には次の課題を設けた。

- 1) 有機物含有量の異なる底質におけるSMFCの栄養塩溶出抑制効果の解明
- 2) BC添加SMFCによる底質からの栄養塩溶出抑制効果の解明
- 3) FeBC添加SMFCによる底質からの栄養塩溶出抑制効果の解明

1) では、集約的養殖池の底質からのP溶出をSMFCによって低減できることがわかったが、有機物分解が進むためアンモニウム態窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）の溶出が増加した。一方、粗放的養殖池の底質ではSMFCの効果は認められなかった。2) では、P濃度が高いヤシ殻BCを底質に混和すると、BCからのP放出と底質有機物分解促進により、PおよびN溶出が増大した。また、SMFCの効果は認められなかった。3) では、2%FeBC（ヤシ殻）添加によってP溶出が低減された。SMFCの効果については、35日以降にP溶出を低下させることが明確となった。また、0.5%および2%FeBC施用において、60日以降に直上水の硝酸態窒素濃度が低下した。

以上のことから、SMFCに加えて、FeBCをエビ養殖池排水路底質に添加することによって、栄養塩溶出を削減できることがわかった。これらは、ベトナムエビ養殖池周辺の水環境改善技術のひとつとして改良SMFCの有効性を示唆したものである。よって、本論文は学術的に高く評価でき、博士（環境学）の学位に値するものと認められる。