

生物電気科学技術適用による底質内部の鉄形態への影響 Effect on Fe Form in Sediment by Application of Bioelectrochemical Technique

窪田 恵一^{1,*}, 見島 伊織^{2,3}

¹群馬大学 〒372-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1

²埼玉県環境科学国際センター 〒347-0115 埼玉県加須市上種足 914

³埼玉大学 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255

Keiichi KUBOTA^{1,*} and Iori MISHIMA²

¹Gunma University, 1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu, Gunma 376-8515, Japan

²Center for Environmental Science in Saitama, 914 Kamitanadare, Kazo, Saitama, 346-0015, Japan

³Saitama University, 255 Shimo-Okubo, Sakura-ku, Saitama, Saitama 338-8570, Japan

1 はじめに

閉鎖性の高い水域では水交換能が低いため汚濁成分が蓄積しやすく、結果として底質に汚濁物質が過剰供給され、硫化水素の発生や固相から液相へのリンなどの栄養塩類の溶出（再溶出）など様々な問題が生じている。微生物燃料電池（MFC: Microbial Fuel Cells）は、このような底質環境に対する新たな環境浄化技術として注目されている。MFCは、体外に直接電子伝達可能な発電微生物を利用することで、種々の有機物から直接電気としてエネルギーが回収可能である。また、硫化物の再酸化やリンの再溶出抑制など、有機物分解に留まらない底質改善効果が確認されているものの、そのメカニズムやポテンシャルは十分に明らかになっていない。

本研究は、このMFCによる硫化物の再酸化やリンの再溶出抑制メカニズムの解明を目的として、鉄形態の変化に着目した。鉄は底質環境においては硫化物の生成やリンの再溶出に深く関与しており、発電微生物の多くは金属還元能を有することから、MFCによる硫化物の再酸化やリンの再溶出抑制に深く関与しているものと考えられる。本稿では、底質のような嫌気的な雰囲気下にある湿潤試料に対して透過法による XAFS 測定を行うため、試料の前処理方法が XAFS スペクトル結果に及ぼす影響について報告する。

2 実験

汽水域の湖沼より採取した底質を使用し、研究室内にて窒素雰囲気下で培養した底質（AnAS: Anaerobic Sediment）および飽和酸素条件下で培養した底質（AS: Aerobic Sediment）を用意した。いずれの条件も 30℃で約 60 日間培養を行った。これら底質について透過法による XAFS 測定に供するため異なる前処理方法を用いて測定試料の作製を行った。前処理方法は、培養後の底質を嫌気チャンバー内で底質を採取後、嫌気雰囲気下での乾燥（Anaerobic dry）、凍結乾燥（Freeze dry）、大気乾燥（Air dry）、乾燥機を用いた乾燥（Oven dry）の 4 条件により試

料中の水分除去を行った。Anaerobic dry は酸素吸収剤と乾燥剤（塩化マグネシウム）を入れた密閉容器内で数日間乾燥させた。乾燥した試料は、ガスバリア能を有するフィルムバッグに脱気した状態でパッキングし、測定開始まで嫌気バッグ内で酸素に触れないようにして室温にて保管した。

XAFS 測定はフォトンファクトリーの BL-12C で行ない、Fe の K 吸収端を透過法により測定した。測定は Quick Scan 法を用いた。得られた波形データは、Athena を用いて解析を行った。

3 結果および考察

図 1 に各底質の前処理方法の違いによる Fe K 吸収端付近のスペクトルの比較を示した。ピーク形状はいずれの試料、前処理方法でもほぼ同形状であったが、エッジジャンプ後のピークトップ位置に違いがあった。

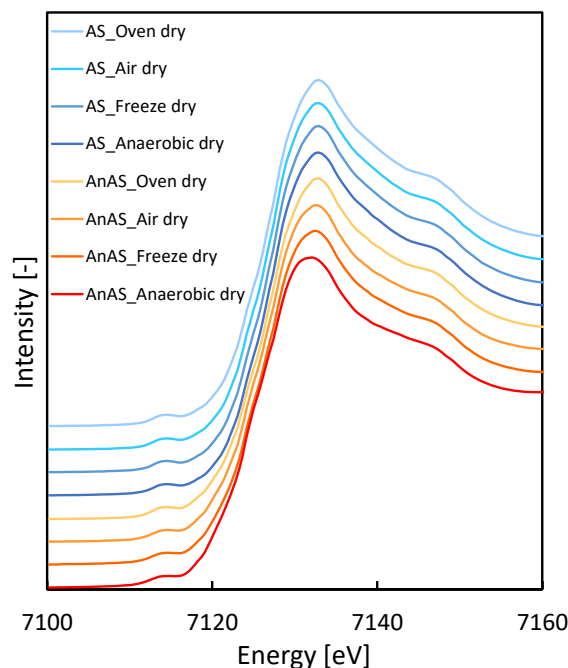


図 1 試料前処理方法の違いによる波形比較

窒素雰囲気下で培養した底質 (AnAS) のピークトップは, Anaerobic dry で最も低エネルギー側に観察され, 次いで Freeze dry と Air dry, そして Oven dry の順に観察された。一方で, 飽和酸素条件下で培養した底質(AS)は, ピークトップの位置はいずれの前処理法でも同位置にあり, その位置は AnAS の Oven dry のものと同じ高エネルギー側にあった。

高エネルギー側にピークトップがあるほど酸化の形態にあるといえる。AS で前処理方法の違いによってピークトップが変化しなかった要因として, 飽和酸素条件下で培養することにより, 底質中の鉄のほとんどが酸化された形態として存在していた可能性が示唆された。一方で AnAS では, 前処理方法の違いによってピークトップの位置が変化しており, 前処理過程において空気中の酸素などによって鉄が酸化されたと考えられた。最も酸素の影響を受けなかったのは Anaerobic dry の条件であった。一方で, 凍結乾燥試料でも酸化の影響を受けていた。Air dry や oven dry では, AS とほぼ同じエネルギーでピークトップとなっており, 前処理過程で Fe のほとんどが酸化された可能性が示唆された。

4 まとめ

嫌気雰囲気下にある底質に対して透過法で測定するための前処理方法の検討を行なった。嫌気雰囲気下で乾燥させた試料を供することで, Fe の形態を良好に保持しながら XAFS 測定が可能であった。

成果

1. 見島伊織, 窪田恵一, 渡邊智秀, XAFS 分析のための鉄含有汚泥の前処理方法の検討, 第 56 回水環境学会年会, 2022.3.16, *online*
2. 佐々木柊人, 中村航大, 見島伊織, 珠坪一晃, 竹村泰幸, 松浦哲久, 渡邊智秀, 窪田恵一, 堆積物微生物燃料電池の適用が底質内の無機塩類に及ぼす影響の検討, 第 57 回水環境学会年会, 2023.3.16, 愛媛[年会優秀発表賞 (クリタ賞) 受賞]

* kubotak@gunma-u.ac.jp