

論文の要旨

題目 沿岸域の底層還元化解消のための微生物燃料電池の開発と応用
(Development and application of microbial fuel cells to relax reduced bottom layer
in coastal areas)

Kim Kyeongmin 広島大学

沿岸域では未処理下水から流入し堆積した有機物を原因として貧酸素化や富栄養化等の環境悪化を引き起こしている。強く還元化された底泥は酸素を猛烈に消費するため貧酸素化が急激に進む。沿岸域で行われる溶存酸素の消費(貧酸素化の原因)は有機物の分解に関する現象であり、微生物の介在する化学反応の結果である。一方で、強く還元化された有機物には、莫大なエネルギーが蓄積されている。微生物燃料電池(SMFC)は底泥に蓄積された莫大なエネルギーを実用的な電力で回収できる技術である。また、底泥からのエネルギー回収は、泥に含まれる還元物質を酸化させることであるため、電力を回収することは同時に浄化することでもある。従って本研究では、微生物燃料電池を沿岸域底質の還元化を解消する技術として提案している。

起電力を高めるための手段として、底泥より高いエネルギー準位を持つ鉄鋼スラッグの活用を検討した。鉄鋼スラッグ SMFC (以下 SS-SMFC) のアノード電位は-440 mV 付近まで低下し、これは鉄鋼スラッグ内鉄(Fe)の酸化還元反応に起因した。その結果、鉄鋼スラッグはセル起電力を 750 mV 増大し、電荷量を 6.2 倍増大させた。また、鉄鋼スラッグは起電力を増大させるだけでなく、過電圧を低減させる材料であることが実験的に確認できた。

SMFC による還元底質の酸化プロセスについて検討した。SS-SMFC は Steel slag もしくは SMFC 単体より H_2S および NH_4^+ の酸化能力が優れていることが確認された。これは高い電力による酸化および鉄鋼スラッグから溶出した Fe^{2+} との沈殿が要因として挙げられた。 H_2S は低層 DO 濃度の制限因子であり、 H_2S を除去することにより間隙水中 DO 濃度および E_h が酸化層水準(それぞれ 6 mg/L, 300 mV)に回復したことが確認できた。

現地でカソードに付着する物質が SMFC に及ぼす影響について検討した。その結果、カソード付着物は SMFC 性能に肯定的な影響(藻類)及び否定的な影響(絶縁体)を及ぼす物質に分類された。藻類付着によるバイオカソードの形成は、設置後カソード電位の上昇から確認でき、昼間に最低電流量が 5 倍上昇した。一方、絶縁体はカソードの内部抵抗を増加させた。浮遊物の多い沿岸域では、絶縁体の影響がより大きく、エアカソードを活用することで電流量が 1.5 倍向上できた。

SMFC を水質変動因子を捉えるセンサーとして検討した。その結果、SMFC の電流量は、酸化還元電位と DO 濃度の影響を同時に受けるパラメータとして活用できる可能性が示唆された。これを用いて、赤潮の発生を電流で捉えることが実験的に確認できた。