

堆積物微生物燃料電池を応用した底層溶存酸素濃度測定に関する基礎的研究

西松建設株式会社 正会員 ○浅井 靖史

群馬大学大学院 非会員 佐藤 郁 正会員 窪田 恵一 正会員 渡邊 智秀

1. はじめに

微生物燃料電池 (Microbial Fuel Cell, 以下 MFC) は、体外に直接電子を伝達可能な発電微生物を利用して有機物分解過程から電気としてエネルギー回収が可能な技術として近年注目されている。その利活用方法については様々な適用先が検討されており、その一例として堆積物微生物燃料電池(Sediment MFC)による底質改善技術がある。具体的には、底質中の有機物分解で生じた電子がアノードを経由して、その直上水中に設置されたカソード上で酸素還元反応により消費されることで、発電を伴った底質改善が促進可能となる技術である。近年、汚染が進む水環境においては底層付近の溶存酸素濃度 (以下 DO) が極端に低くなる貧酸素水塊による底生環境への悪影響が問題となっており、簡便かつ低廉な底層 DO のモニタリング技術の需要が高まりつつある。Sediment MFC の発電性能はアノードまたはカソード反応に依存しており、カソード反応が律速となっている Sediment MFC では、カソード周辺の DO 濃度に応じて発電性能が変化することが予測された。本研究ではこの仮説を元に Sediment MFC を用いた省・創エネルギー型の底層 DO 連続測定技術の基礎的研究を行った。

2. 実験の概要

2. 1 実験装置の概要

Sediment MFC がカソード周辺の底層 DO 濃度に応じて発電量 (電流/電圧値) が変化するのであれば、発電量の変化から任意の水深における底層 DO 濃度を連続計測できる Sediment MFC 式バイオセンサー計測システムを構築することが可能である。そこで、このコンセプトに基づき図 1 に示す実験装置を試作した。安定した Sediment MFC の発電性能維持を目的として水面付近に設置したカソードをカソード A、底層 DO を測定することを目的としたカソードをカソード B とした。発電維持のためにカソード A は底質中に埋設したアノードと電気回路接続を行っている。カソード B はカソード A あるいはアノードと接続する 2 種類の電気回路の接続方法が考えられたため、両接続法について検討を行った。Sediment MFC1 はカソード B とアノードを接続した。DO が少ないカソード B ではアノードとカソード B 間の電位差がアノードとカソード A 間の電位差よりも低くなることを利用して DO の計測を行うことを目的とした。Sediment MFC2 はカソード同士を接続した。DO が飽和しているカソード A と DO が少ないカソード B 間の電位差 (DO が少ないほどカソード B の電位が低下する) により DO の計測を行った。カソード A とアノード間には 1,000 Ω の外部抵抗を接続し、カソード B は電圧計と直列接続し、電流を殆ど流れなくした。

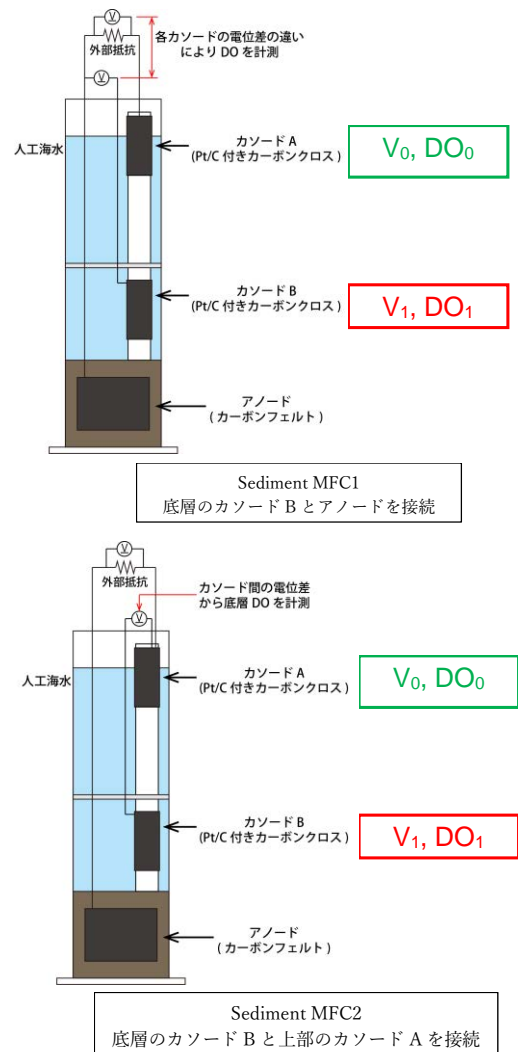


図 1 実験装置概要

キーワード 堆積物微生物燃料電池, 底層溶存酸素, バイオセンサー, 底質改善

連絡先 〒105-6407 東京都港区虎ノ門1丁目17番1号 西松建設株式会社 技術研究所 TEL 03-3502-0247

2. 2 実験手順

実験は下記の流れに沿って行った。

手順1: カソードAとカソードBの近くにDOセンサーをそれぞれ設置する。

手順2: カソードB(底質側アノード)周辺の海水をペリスタリックポンプを用いてDOがゼロの海水に入れ替える。

手順3: 電位差の値が安定するまで静置する。

手順4: 安定後、カソードB周辺の海水を飽和DO海水に徐々に置換することで、カソードB周辺のDOを徐々に上昇させていき、経時的な電位差及びDO濃度を記録する。

3. 実験結果

3. 1 検量線の作成

実験結果より得られた検量線を図2に示した。検量線は、 DO_1/DO_0 および V_1/V_0 を算出し、これらの関係より検量線を算出した。ここに、 DO_1 、 DO_0 、 V_1 、 V_0 、それぞれは下記の通りである。

DO_1 : 底層カソード周辺のDO

DO_0 : 海水面付近カソード周辺のDO(飽和DO)

V_1 : 底層カソード(カソードB)の電圧

V_0 : 海水面カソード(カソードA)の電圧

Sediment MFC1は2次での近似、Sediment MFC2では3次の近似にて高いR2値を得られた。Sediment MFC1では V_1/V_0 の範囲がやや狭い結果が得られた。 V_1 (下部カソードとアノード間)の電位差の変化が、Sediment MFC1では60 mV程度であったのに対し、Sediment MFC2では150 mV程度と差があったことが要因として考えられた。Sediment MFC2では、下部のDOが3.0 mg/L付近で V_1 の電位差の変化量が大きく、その結果3次曲線のような形となった。

3. 2 Sediment MFCによる底層DOの検出

3.1の検量線を用いて算出した DO_1 と実測値の DO_1 の結果を比較したものを図3に示した。誤差±10%以下と比較的高い精度での検出が可能であった。本実験では、検量線および比較用の測定値を同じタイミングで測定を行ったことで比較的高い精度の結果が得られたと考えられた。

4. まとめ

Sediment MFCの発電量と底層DOの関係について検証し、底層/海水面カソードの電位差の比と底層/海水面DOの比には強い相関があることが見出された。以上から、Sediment MFCを応用したDOバイオセンサー計測システムが技術的に可能であることが確認できた。

参考文献 1) 窪田他: 微生物燃料電池技術と底質改善への応用、環境浄化技術、2015.9-10, Vol 15, No.5, pp72-75.

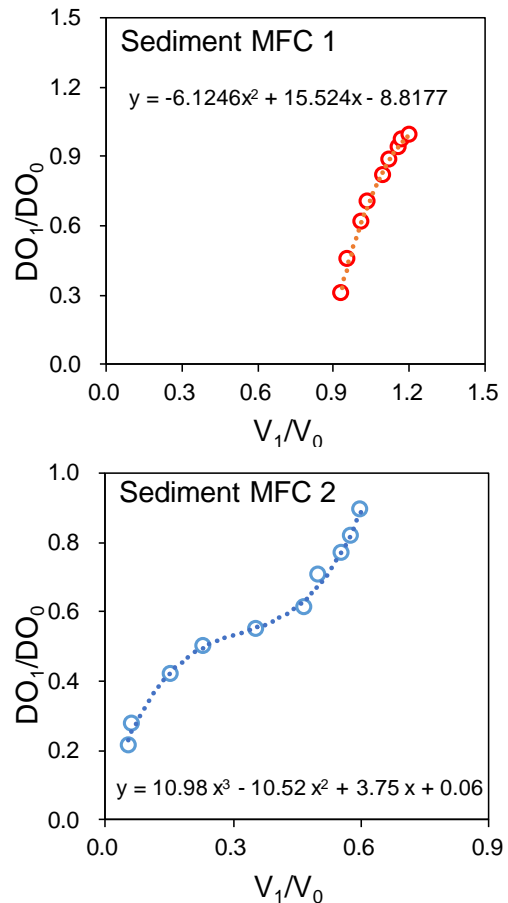


図2 各電極間の電位差とDOから算出した検量線

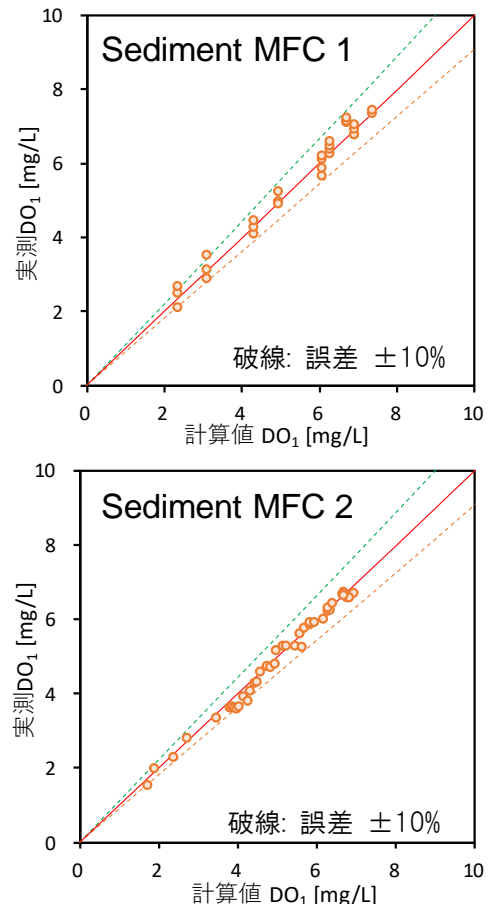


図3 実測 DO_1 と検量線より求めた DO_1 の関係