

非白金触媒アニオン交換型微生物燃料電池の下水処理場原位置評価

名古屋工業大学（学）○杉岡真璃，（正）吉田奈央子
玉野総合コンサルタント（法）迫田光弘，源田吉則
日本工営（法）松原弘和，飯田和輝

1. はじめに

下水道において，省エネルギー化ならびに下水資源・エネルギーの有効利用が求められている．下水道技術ビジョンロードマップ重点課題において，下水資源を活用したエネルギー生産技術の1つとして微生物燃料電池（以下MFC）が平成29年以降掲げられている．本研究では，安価で長期耐久性が期待できる非白金触媒アニオン交換型MFCの下水適用効果について評価する．本研究で用いるアニオン交換型MFCは円筒形状であり（図-1），（1）カソードで酸素の還元反応が生じ，（2）カソードで生じたOH⁻がセパレータを通じて移動し，（3）汚水に面するアノードで微生物による汚水中の有機物の酸化分解反応が起こる．これまでアニオン交換膜はMFCのセパレータとしてほとんど用いられておらず，下水処理への導入効果も不明である．本研究では，第一に下水処理場で電力生産が可能か，第二にMFCの有機物除去効果および導入効果について評価する．

2. 実験方法

2.1 非白金触媒アニオン交換型MFCの製作

本実験では内側が空洞の円筒形MFC（φ4.4 cm×33 cm）を1ユニットとして製作した（図-1）．塩化ビニル管を加工した支持体に活性炭担持カーボクロス，アニオン交換膜（ASE，アストム，東京），返送汚泥に浸した黒鉛フェルトを巻き固定した（図-2b）．縦方向に3ユニットを連結したものを3列1セットとして発泡スチロール製の浮体に固定した（図-2a）．

2.2 最初沈殿池流入/流出水路における電力生産の評価

処理場におけるMFCの電力生産を評価するため，最初沈殿池への流入水路と流出水路に図-2aのMFCを水路中に流れる汚水面に浮体より上部が浮かぶように固定した（図-2c）．外部抵抗として120Ωまたは27Ωを接続し，MFCの上・中・下部において生産される電圧をデータロガーで1時間毎に記録した．

2.3 連続運転MFCにおける有機物除去の評価

MFCによる有機物除去効果を評価するため，2.2で用いたMFCを引き上げ，図-3(d)に示すケモスタットリアクター内に再設置し，表-1に示す条件で運転した．対照系としてMFCを設置しないリアクター(e)を併せて運転し比較した．電流生産は2.2と同様に記録し，SBOD，SCOD_{Cr}，3R12HのみBOD，COD_{Cr}も測定した．

3. 結果と考察

3.1 最初沈殿池流入/流出水路における電力生産の評価

水路中のMFCの電力生産が安定するまで120Ωの抵抗に接続し，その後27Ωに接続して測定した（図-4）．最初沈殿池流入水路では上部・中部は平均約5.0 Wh/m³-MFC体積，下部では平均約4.2 Wh/m³-MFC体積であった（図-4a）．最初沈殿池流出水路では上部，中部，下部で各平均6.2，5.5，4.0 Wh/m³-MFC体積であった（図-4b）．いずれも下部で電力が低下した原因としてMFCエアカソード内部への浸水およびエアカソード室の空気滞留による酸素不足が考えられ，止水およびエアカソード内の空気循環の改善が必要である．また，電力生産は最初沈殿池の流入/流出で変わらないことが示された．

3.2 ケモスタット培養時のMFC全体の電流生産

抵抗27Ω接続時，平均約0.68 W/m³-リアクター体積の電力生産が観察され，抵抗3Ω接続時では平均約0.22 W/m³-リアクター体積であった．一方，電流に着目すると，抵抗3Ω接続時に平均約5.2 A/m³-リアクター体積で，抵抗27Ω接続時には3.6 A/m³-リアクター体積であった．これより，電力は抵抗27Ω接続時，電流では3Ω接続時により生産され，滞留時間は電力/電流生産に影響しないことが示された．

キーワード 微生物燃料電池，循環型社会，下水処理，有機物除去

連絡先 〒466-0006 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-732-2111

3.3 ケモスタット培養時の MFC の有機物除去の評価

有機物除去率は電流生産が多く滞留時間の長い3Ω接続、滞留時間12時間時に最大値54%のCOD_{Cr}除去率を示した。これよりクーロン効率では27Ω接続時で最大21%、3Ω接続時で最大15%であった(図-5)。さらに発電効率は、電力生産の多い27Ω接続、滞留時間12時間時に最大となり0.13kWh/kg-CODを示し(図-5)、メタンガス発電の発電効率の約1/11程度であった。

4. 結論

非白金触媒アニオン交換型MFCを下水流路に設置し電力生産を試みた結果、流入前後で変化はなく平均約5.0Wh/m³-MFC体積の出力が観察された。連続運転評価の結果、3Ω接続時で有機物除去効果(COD_{Cr}除去率54%)および電流生産(平均5.2A/m³-リアクター体積)において高い値を示した。一方で、電力生産は27Ω接続時に比べて低く発電効率は0.02kWh/kg-CODを示した。これより、実際の処理場にMFCを導入した場合、曝気量の削減とMFCによる電力生産により最大で曝気による電力消費量の約74%が削減されると試算された(図-6)。本MFCを下水処理に適用する場合、最初沈殿池前後で電力生産が変わらないことから、最初沈殿池において有機物を除去した後に、低い外部抵抗で有機物除去を促進し電流を回収した後、昇圧して利用することが望ましい。

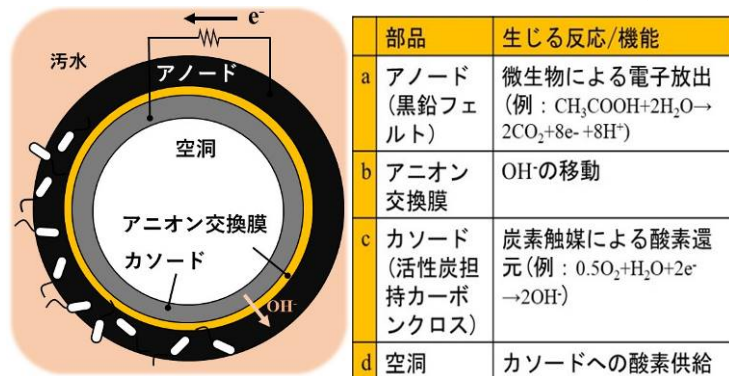


図-1 非白金触媒アニオン交換型 MFC の構成と機能

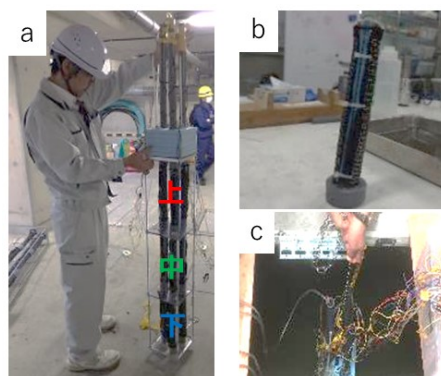


図-2 実験に用いた MFC 全体像(a)、MFC ユニット (b)、最初沈殿池流入水路へ設置した様子(c)



図-3 ケモスタットリアクターへの MFC 設置の様子

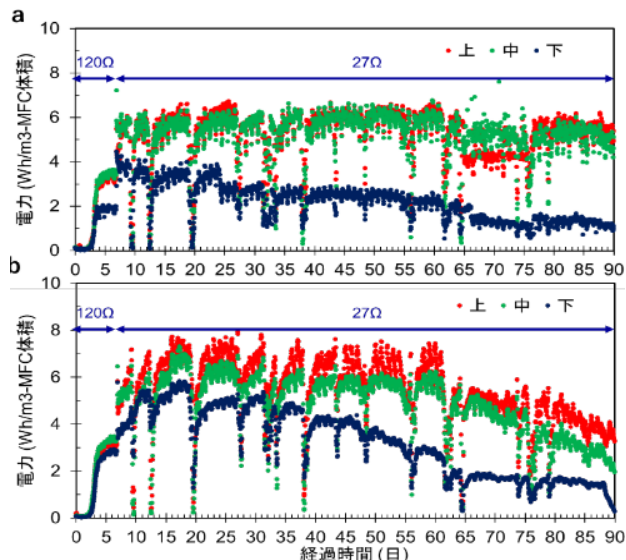


図-4 最初沈殿池流入(a)/流出水路(b)における電力推移

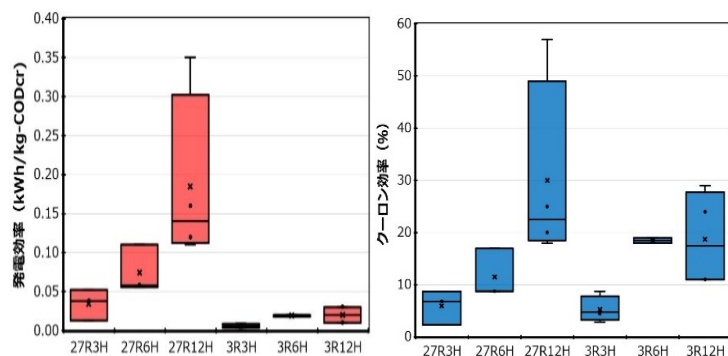


図-5 各運転条件における発電効率およびクーロン効率



図-6 MFC による電力消費削減