

300L スケールの汚水リアクターを用いた微生物燃料電池の下水処理導入効果の評価

名古屋工業大学 学生会員 ○杉岡真璃, 学生会員 山根大輝, 正会員 吉田奈央子
玉野総合コンサルタント 法人会員 迫田光弘, 日本工営 法人会員 飯田和輝

1. はじめに

下水道では、温室効果ガス削減の観点から省エネルギー化ならびに下水資源の有効利用が期待されている。我々は、これまでに特にエネルギー回収技術が存在しなかった汚水からの電流生産技術として微生物燃料電池（以下MFC）に着目し、曝気処理の前に12hのMFC処理を行うことで最大55%の電力削減ができることを16Lスケールの試験器で示してきた。本研究では、1m長のMFCを27本充填した300Lリアクターにスケールアップし、これまでと同様の効果が得られるか評価を試みた。具体的には電流密度、有機物除去効果、ならびに発電効率を決定し、曝気処理前にMFCを導入した場合の消費電力の削減効果について評価した。

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（ $\phi 5\text{ cm} \times 100.7\text{ cm}$ ）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ンクロス、アニオン交換膜（ASE, アストム, 東京）、返送汚泥に浸した黒鉛不織布を巻き固定した。300L反応槽で運転する前に一部のリアクターについては7ユニットを1セットとして2セットを発泡スチロール製の浮体にそれぞれ固定した（図-2a）。

2.2 最初沈殿池流出水路におけるMFCの試運転

試運転として約半数の14本のMFCについて最初沈殿池の流出水路で試運転した。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-2b）。外部抵抗として1, 3, 3.2, 22 Ω を接続し、MFCにより生産される電圧をデータロガーで1時間毎に記録した。さらに接続方法の違いによる電流生産への影響を評価するため、複数本のMFCを用いて運転した。

2.3 300LリアクターにおけるMFCの運転

2.1で製作したMFC27本を（うち14本は2.2で用いたMFC）、図-2cに示す300Lリアクター内に再設置した。外部抵抗として2 Ω , 300Lリアクターに設置した。水学的滞留時間（以下HRT）は9, 12, 18時間として運転し、HRTが電流生産ならびに有機物除去に与える影響を評価した。

3. 結果と考察

3.1 最初沈殿池流出水路におけるMFCの運転

水路へ設置してから11日目頃に出力が安定したため抵抗を3 Ω に変更したところ、 $1.4 \pm 0.78\text{ W/m}^3$ -リアクター体積、 $0.44 \pm 0.086\text{ A/m}^2$ を示した（図-3）。新たに設置したMFCを3本並列接続したMFC3セットを直列接続した場合（以下3P3S）は $0.18 \pm 0.065\text{ W/m}^3$ -リアクター体積、 $0.089 \pm 0.019\text{ A/m}^2$ 、12本を並列接続した場合は、 $0.85 \pm 0.14\text{ W/m}^3$ -リアクター体積、 $0.17 \pm 0.020\text{ A/m}^2$ であった。

3.2 300LリアクターにおけるMFCの運転

電力はHRT=9, 12, 18時間においてそれぞれ、平均約0.51, 0.24, 0.15 W/m^3 -リアクター体積生産され、1HRT間における電力量は平均約4.6, 2.9, 2.7 Wh/m^3 -リアクター体積であった。また電流生産は平均約0.32, 0.22, 0.17 A/m^2 であった。HRTが長くなるほど有機物除去が進むためMFCによる電流または電力生産が低下するが滞留時間の総電力量ではHRT=9hで最も高く、18hでは電流値が低下することで電力量も低下した。運転期間が長くなるとMFCエアカード内部への汚水の漏水が観察され、1ヵ月に1度の頻度で漏水量を測定し電流生産への影響を検証した。結果として運転経過日数が長くなるほど漏水量が大きく電流生産も低い傾向にあった。これよりカソード部への漏水を減らす、または排水する工夫が必要である。

キーワード 微生物燃料電池, 下水処理, スケールアップ, 有機物除去

連絡先 〒466-0006 愛知県名古屋市長和区御器所町 名古屋工業大学 TEL052-732-2111

3.3 300L リアクターにおける有機物除去の評価

一般的な指数近似は $y=ae^{-kx}$ と表されることから、MFC 槽流出時の有機物量の実験値を指数近似すると CODcr は $y=148e^{-0.043x}$, BOD は $y=115e^{-0.061x}$ であった (図-4)。CODcr と比較し、BOD は除去速度が速い傾向にあった。発電効率は HRT が長くなると低下し HRT=9h で最大 0.17 kWh/kg-CODcr, 0.26 kWh/kg-BOD を示した。一方で、CE は HRT=18h で最大値 36% (CODcr) を取るものの、HRT=9h と大差はない。これより、HRT を長くすぎると MFC の発電効率が低下することが示唆された。

4. 結論

1m 長にスケールアップした際の MFC を下水流路に設置し電力生産を試みた結果、平均約 0.6 W/m³-MFC 体積の出力が観察された。300L スケールで MFC を運転した結果、148mg-CODcr/L の汚水を放流水質の 4 mg-CODcr/L まで除去するには HRT=85h が必要と試算された。また曝気処理の前に MFC を 9,12,18h 処理した場合、活性汚泥法のみで処理する場合と比較し (表-1)、MFC を導入することにより最大 55% (HRT=12h) のエネルギーが削減できると試算され、これまでに 16L スケールで観察した結果とおおよそ近いエネルギー削減効果が再現された。



図-1 非白金触媒アニオン交換型 MFC の構成

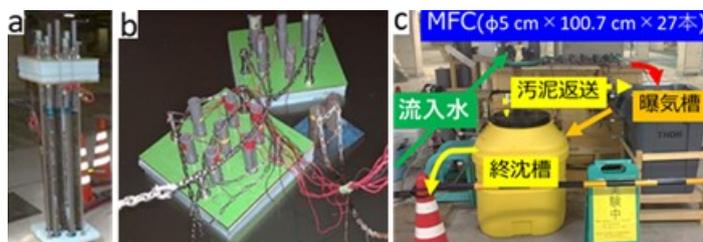


図-2 実験に用いた MFC 全体像(a), 最初沈殿池流出水路(b), 300L リアクター(c)へ設置した様子

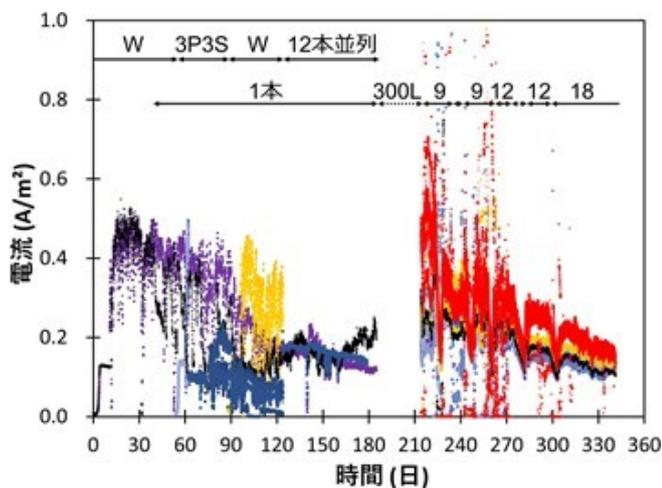


図-3 MFC の電流生産の推移, W は水路, 3P3S は 3 本並列接続 3 セットを直列接続したもの, 9,12,18 は 300L リアクターにおける HRT を表す

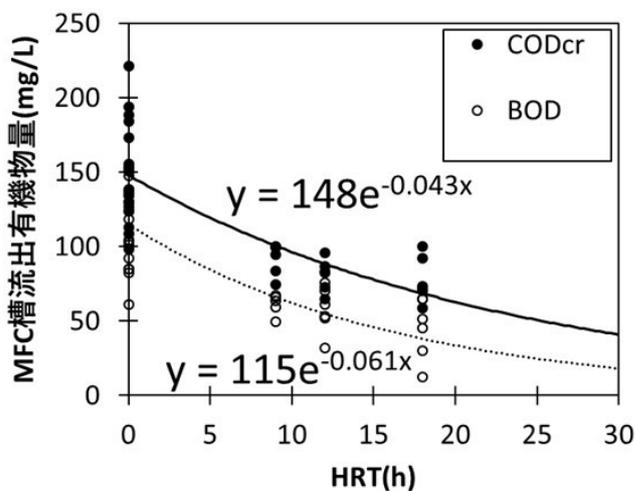


図-4 流出有機物量の予測

表-1 各運転条件における消費電力, 148mg-CODcr/L の下水 1m³を 4.0mg-CODcr/L へ処理する場合

	活性汚泥法		MFC(HRT=9h)		MFC(HRT=12h)		MFC(HRT=18h)	
	CODcr	BOD	CODcr	BOD	CODcr	BOD	CODcr	BOD
曝気による消費電力 (kWh)	0.086	0.068	0.059	0.045	0.045	0.028	0.046	0.029
MFC発電量 (kWh)		0	0	0.0080	0.010	0.0062	0.0053	0.0043
総消費電力 (kWh)	0.086	0.068	0.051	0.036	0.038	0.023	0.042	0.025
消費電力削減量 (kWh)			0.036	0.032	0.048	0.045	0.044	0.043