

流れが下水微生物燃料電池アノードの電流生産に与える影響評価

名古屋工業大学 (学) 藤井健, (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・下水資源の利活用が求められている。曝気を要さず下水バイオマスを変換可能な処理法の一つとして微生物燃料電池 (Microbial fuel cell: 以下 MFC) が着目されているが、有機物除去および電流生産能は低く技術改善が必要である。MFC において、アノードに担持された微生物が汚水中の有機物を酸化分解した際に放出される電子を電流として回収する。我々は、これまで下水中にアノードを単独で電気培養した場合、攪拌によって流れを発生させることで電流生産が促進されることを示してきた (図-1)¹。本研究では下水中に MFC を設置した場合にアノード単独で電気培養した時と同様に電流生産が促進されるかを試みた。さらに、代表的な 2 つの MFC 形状 (平板型および円筒型) を配置した反応槽における流速分布を計算し、電流生産に与える影響を評価した。

2. 実験方法

2.1 実験に用いた MFC

本研究では、図-2 に示すような円筒型 MFC を用いて実験を行った。円筒型 MFC は平板型 MFC に比べ構造が簡略化でき安価に製作できる優位性がある。本 MFC は中央に空洞を設け円筒型の支持体に活性炭等の炭素粉末を酸素還元触媒として塗布したカーボクロスをかソードとして巻き、さらにアニオン交換膜、黒鉛フェルトを巻き固定した非白金触媒アニオン交換型 MFC である。

2.2 下水流れの制御および電流生産への影響評価

円筒型 MFC のアノード近傍に一樣な流速を発生させる方法について図-3 に示す 4 つの方法で流速制御を試みた。図 3c および d では水中ポンプを用いて槽内の汚水を矢印方向に送液循環することで流れを与えた。さらに、スターラー攪拌下において、静置と流速 (5 cm/s) を与えた 2 条件で円筒 MFC の電流生産を比較した。具体的には、MFC のアノードを作用極とし、アノード近傍に差し込んだ Ag/AgCl 電極を参照電極、カソードを対電極としてリニアスイープボルタンメトリー (以下 LSV) 測定を行い、異なる電圧における電流生産を比較した。

2.3 処理場流路の流速シミュレーション

下水処理場では水頭差を利用した自然流下で汚

水を流している。MFC を処理場に設置する場合、MFC の形状や配置法によって MFC アノード近傍の局所的な流速を大きくできることが考えられる。そこで三次元の流路 (50 cm×50 cm×100 cm) を想定し、平板型もしくは円筒型 MFC を配置し、MFC 近傍の流速を比較した。本研究では図 4 に示す配置で MFC 近傍の平均流速を計算した。MFC 表面流速の算出には COMSOL Multiphysics を用い、条件として計算時のメッシュは四辺形で作成し、乱流設定、流入流速 7 cm/s で行った。

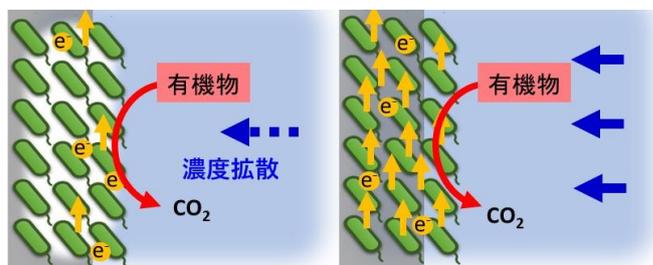


図-1 流れが MFC の電流生産に与える影響

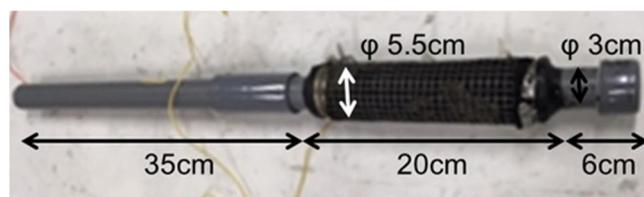


図-2 実験に用いた MFC

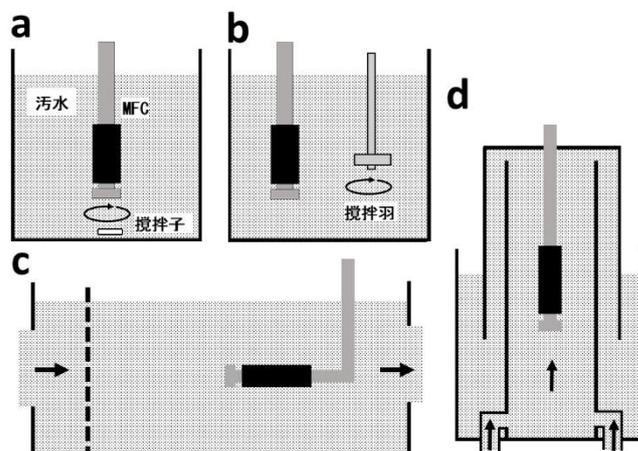


図-3 MFC に与える流れの流速制御方法 (a: スターラー攪拌, b: 羽根攪拌, c: 水平流路, d: 鉛直流路)

3. 実験結果

3.1 下水流れの流速制御

図-3 に示した流速制御方法により MFC に流れを与えた結果, スターラー攪拌では最大で 5 cm/s, 羽攪拌, 水平流路, および鉛直流路では 20 cm/s 程度の最大流速が得られた (表-1). しかし, 羽根攪拌では測定位置におけるばらつきが大きく, ポンプ送液による流路では大気中の酸素の混入が大きく電流生産を阻害することが懸念された. よって, スターラー攪拌条件で MFC に流れを与え, 電流生産への影響を評価することとした.

3.2 流れが MFC アノードの電流生産に与える影響

静置条件ならびにスターラー攪拌により平均 5 cm/s の流速を与えた条件下で MFC アノードの LSV 測定を行った結果を図-5 に示す. 静置条件におけるアノードと比べて, 流速 5.0 cm/s でのアノードの方がおよそ 1.2 倍の電流値を示した. これより, 下水中の流れが MFC のアノード電流を促進することが示された.

3.3 処理場流路の流速シミュレーション

各 MFC 配置における流速分布の計算結果を図 6 に示す. MFC アノード近傍の平均流速は平板 MFC 蛇行配置で 5.7 cm/s, 円筒 MFC 千鳥配置で 2.0 cm/s, 円筒 MFC 蛇行水制配置で 6.7 cm/s であった. この流速を用い, これまでに得た流速毎の電流生産結果に基いて静置条件の電流生産密度を 1 としたときの相対的電流生産を計算した結果を表-2 に示す. 円筒 MFC 千鳥配置は平板 MFC 蛇行配置に比べて電流生産が小さいが蛇行型の平板水制を設置することで電流生産を増加できることが示された.

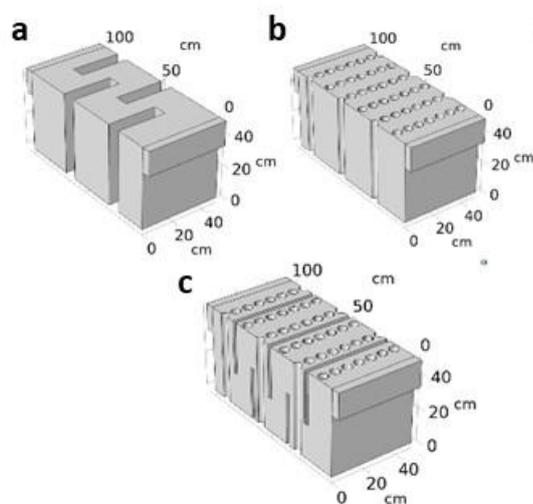


図-4 計算に用いた配置 (a:平板 MFC 蛇行, b:円筒 MFC 千鳥, c:円筒 MFC 蛇行水制)

4. 結論

本研究により, 下水に流れを生じることにより MFC のアノードにおける電流生産を促進できることが示された. 流速分布の計算結果から, 下水処理施設に円筒 MFC を用いる場合, 鉛直方向に流れを促進する水制の設置により電流生産が促進されることが示唆された.

5. 参考文献

- [1] 宮崎耕平, 吉田奈央子 (2018) アノード親水化および流れによる下水からの生物学的電流生産の促進, 土木学会中部支部研究発表会 7-016

表-1 流速制御方法の特徴

	制御可能流速(cm/s)	位置によるばらつき	空気の混入
スターラー攪拌	0-5	小	小
羽根攪拌	0-18	大	小
水平流路	0-20	未測定	大
鉛直流路	0-22	小	中

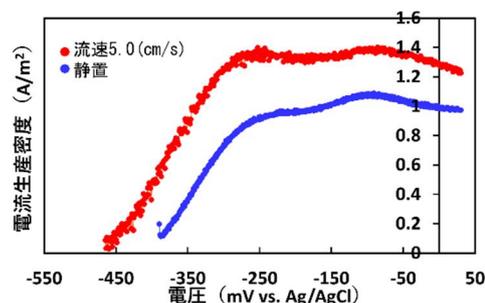


図-5 流速が MFC アノード電流生産に与える影響

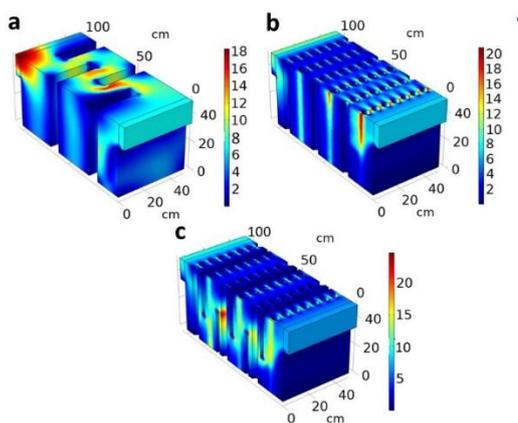


図-6 各配置における流速分布(a:平板 MFC 蛇行, b:円筒 MFC 千鳥, c:円筒 MFC 蛇行水制)

表-2 各配置における電流生産の相対値

静置時の電流生産	1
平板 MFC 蛇行配置	1.98
円筒 MFC 千鳥配置	1.61
円筒 MFC 蛇行水制配置	2.14