

一槽型微生物燃料電池の廃水処理への適用と処理特性の評価

長岡技術科学大学 ○(学)窪田 恵一 (正)山口 隆司
 国立環境研究所 Wilasinee Yoochatchaval (正)珠坪 一晃

1.はじめに

微生物燃料電池(Microbial Fuel Cells : MFC)は嫌気微生物を触媒の代わりに利用し、有機物分解の過程で発生する電子を取り出して発電を行う燃料電池の一種である。触媒の代わりに微生物を使用するため多様な有機物を含む廃水からも発電が可能であり、次世代の処理技術として注目されている。また、電気として直接エネルギーを利用可能なことに加え、汚泥の増殖率が嫌気性処理と比較しても低く、余剰汚泥の発生量を抑えられる等といった現行処理法に対する利点が報告されている¹⁾。しかしながら微生物燃料電池の廃水処理への適用には、現行法に匹敵する処理水質、エネルギー回収効率の達成や長期運転による出力特性への低下等といった数多くの課題が残されている。

本研究では微生物燃料電池の廃水処理への適用の可能性を模索するため、曝気動力が不要な一槽型微生物燃料電池(エアカソード微生物燃料電池)による糖含有人工廃水の連続処理を行い、その処理特性の評価を行った。

2.実験方法

Fig. 1 に廃水処理実験に用いた一槽型(エアカソード)型微生物燃料電池の概要図を示す。アノード槽(嫌気槽)の有効液容積は 0.8 L で、アノード電極には Carbon Cloth(寸法 58 × 180 mm)を使用した。隔膜には陽イオン交換膜である Nafion 膜(デュポン社、寸法 55 × 185 mm)を使用し、カソード電極は一側面に白金塗布を施した Carbon Cloth を使用した(1 mg-Pt/cm²、寸法 40 × 165 mm)。アノード電極とカソード電極はそれぞれ金線とクリップ付き導線にて外部抵抗と接続を行った。外部抵抗は運転開始時は 100 Ω、実験開始 9 日目以降は 1,000 Ω、45 日目以降は 75 Ω をそれぞれ接続した。

アノード槽には廃水を連続供給(HRT、25 hr)し、カ

ソードは大気解放にて運転を行った(エアカソード)。アノード槽への廃水供給方法は当初リアクター下部より行っていたが、実験開始 35 日以降はカソード極側のリアクター上部に変更を行った。アノード槽に供給した廃水は COD 濃度 1,000 mgCOD/L (COD 比でスクロース 95%、酵母エキス 5%)とし、無機塩、微量金属類や重炭酸ナトリウムを加えた。運転温度は 20℃とし、電圧をデータロガーにて 30 分間隔で測定した。

実験期間 62-77 日にかけて基質に電解質(50、25 mM リン酸緩衝液、13、1.3 mM KCl)を添加して運転を行い出力特性への影響を評価した。また、146-165 日にかけて廃水の有機物組成をスクロースから(1)酢酸、(2)プロピオン酸にそれぞれ変更(COD 比として(1)酢酸 95%、酵母エキス 5%、(2)プロピオン酸 95%、酵母エキス 5%)して運転を行い、出力、処理性能への影響を評価した。

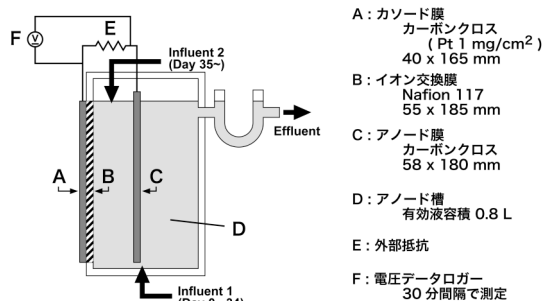


Fig. 1 リアクター概要

3.実験結果

Fig. 2 に廃水の連続処理結果を示す。(A)には流入、流出水 COD 濃度(mgCOD/L)と COD 除去率(%)の経日変化を、(B)には電流密度(mA/m²)と出力密度(mW/m²)の経日変化を、(C)には除去 COD あたりの電気転換率(クーロン効率 (%))、メタン転換率(%)の経日変化を示した。

実験開始直後は最適な外部抵抗値が判断できず、100 Ω を接続し運転を行った。実験開始 9 日目に出力と外部抵抗との関係を調査し、最大出力が得られた

キーワード 嫌気性処理, MFC, Microbial Fuel Cell, 燃料電池

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系

水圏土壌環境制御研究室 TEL 0258-47-1611 (内線 6646)

1,000 Ω で運転を継続した。その結果、実験開始 17-19 日目にそれまで 10 mA/m^2 程度であった電流密度が 38 mA/m^2 程度まで急激に上昇した。それ以降も徐々に出力は上昇し、電流密度 41 mA/m^2 、出力密度 15 mW/m^2 付近で安定的な性能を示した。そこで、実験開始 45 日目に改めて外部抵抗を変化させ出力変化を測定したところ、75 Ω 付近で最大出力を得た。そのため、それ以降は外部抵抗 75 Ω を接続し運転を行った。

75 Ω 接続時の定常性能として電流密度 270 mA/m^2 、出力密度 50 mW/m^2 が得られた。COD 除去率は、現在のところ平均 24%程度で安定している。また、除去 COD に対する電気回収効率(クーロン効率)は 13%程度であった。COD 除去率、クーロン効率ともに低い水準であり、アノード電極の微生物反応等が律速状態にあることが考えられた。また、運転継続によりメタン生成量が増加傾向にあり、運転開始 140 日程度経過した現在では除去 COD に対するメタン転換率は 26%程度である。この原因としてリアクターの内壁等、電極表面以外に微生物が付着、増殖しメタン生成を行っていると考えられた。

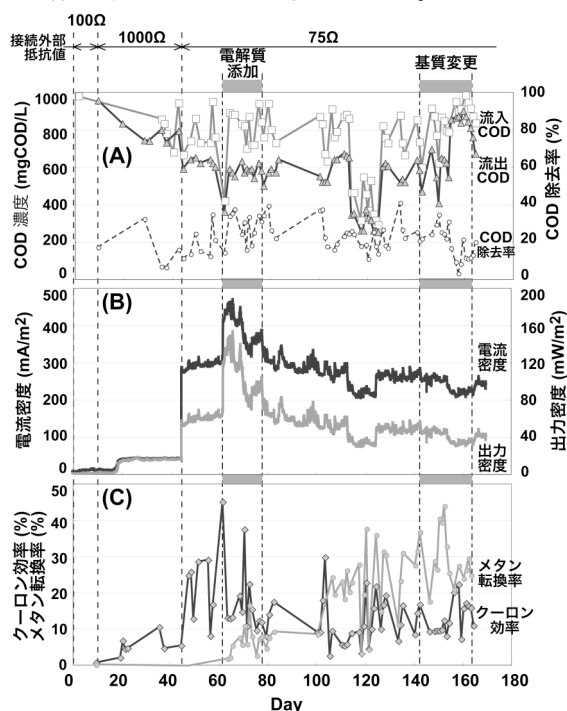


Fig. 2 廃水の連続処理結果

62-77 日目の期間において廃水に電解質(50、25 mM リン酸緩衝液、13、1.3 mM KCl)を添加し、電解質の濃度変化による出力変化の把握を行った。Fig. 3 に各電解質を添加し一定期間運転後に測定した出力-電流特性と電圧-電流特性を示す。通常運転である無添

加時には最大出力密度($P_{\max}$)は 71 mW/m^2 であったが、電解質を添加した全ての系で電流密度と出力密度の上昇が得られた。特にリン酸緩衝液 50 mM 添加時に、通常運転時に比べ 3 倍以上高い最大出力($P_{\max} = 235 \text{ mW/m}^2$)を観測した。この要因として電解質添加によりリアクターの内部抵抗が減少した(通常運転時 65 Ω 、PBS 50 mM 添加時 35 Ω)ためと考えられる。

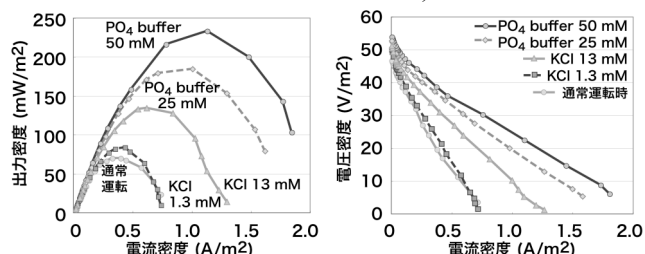


Fig. 3 電解質添加による出力特性変化

146-165 日の期間において廃水の有機物組成の違いによる処理性能変化を評価するため、廃水中の主要有機物をスクロースから(1)酢酸と(2)プロピオン酸にそれぞれ変更し運転を行った。Table. 1 に有機物組成変更による出力及び処理性能の変化を示す。酢酸供給時にはスクロース供給時に比べ COD 除去率は向上したが、メタン生成の割合も増加しクーロン効率は低下した。これに対しプロピオン酸供給時にはスクロース供給時に比べ COD 除去率が大きく低下したがメタンの生成量も少なく、結果としてクーロン効率が上昇した。この様に、廃水の有機物組成に応じて異なる処理特性が得られたため、今後は電極付着微生物の菌叢解析等を行っていく予定である。

Table. 1 有機物組成による性能変化

	COD 除去率 %	クーロン 効率 %	メタン 転換率 %	平均 出力密度 mW/m^2
通常(スクロース)	24.3	13.1	26.3	49.5
(1) 酢酸	27.7	9.6	35.2	44.8
(2) プロピオン酸	10.7	16.7	25.3	33.0

4.まとめ

- (1)糖含有人工廃水の一槽型微生物燃料電池による連続処理において出力密度 50 mW/m^2 (0.58 W/m^3)で COD 除去率 24%、クーロン効率 13%の性能を得た。
- (2)廃水中への電解質の添加は微生物燃料電池の出力特性に大きく影響を与えることが示唆された。
- (3)現在アノード電極の有機物分解、電子伝達能が律速になっていると考えられた。

5.参考文献

- 1) BE Logan, et al.(2006). Microbial fuel cells: methodology and technology : Environ. Sci. Technol Vol.40 , PP5181-5192