

論文内容の要旨

微生物燃料電池を用いた創エネルギー・低環境負荷型排水処理技術に関する研究

氏名 窪田 恵一

微生物燃料電池(Microbial Fuel Cells)は、有機物分解の過程で生じる電子の流れを利用して発電を行うことを特徴とする装置で、新規の創エネルギー・低環境負荷排水処理技術としての資質を有している。既存の創エネルギー排水処理法である嫌気性メタン発酵処理と比較して電気として直接エネルギーを回収可能な事や、溶存メタンの大気放散を抑制し環境負荷の低減が可能な事といった利点を有している。本論文では、微生物燃料電池による排水処理への応用に関する基礎的知見収集を目的として、その排水処理特性や有機物組成による処理・発電性能や菌相への影響、実排水処理に適した装置の開発等に関する結果を示した。

本論文の第三章では、回分式の装置を用いて排水の有機物組成が微生物燃料電池の性能に与える影響を評価した。本章ではそれまで良好な有機物除去性能および発電性能(出力密度、クーロン効率等)を発揮出来る菌相が形成されていた装置において、排水の有機物組成の変更により、アノード槽内の菌相が変化し発電性能が大きく低下することを明らかにした。また排水組成を従来の組成に戻した場合、有機物除去性能は回復した一方で、出力性能は低下したままであった。排水組成変更前に高い割合で存在していた *Geobacter* 等の発電に適した細菌が、変更後ではアノード槽内で優占化せず、発電に適さない菌相が形成された為に発電性能が低下したと考えられた。微生物燃料電池で良好な出力性能、クーロン効率を維持するには発電に適した菌相の安定保持が必要不可欠であり、有機物組成の変化は菌相に大きな影響を与えることが明らかとなった。

第四章では、酸生成の過程で生じる中間代謝脂肪酸群の微生物燃料電池における分解・発電に関する知見収集を目的として酢酸以外の低級脂肪酸(主としてプロピオン酸、n-酪酸)で構成された人工排水の回分処理試験を行い、外部抵抗値の最適化により酢酸とほぼ同等の処理性能を得ることが出来た。プロピオン酸は低外部抵抗接続時、n-酪酸は高外部抵抗接続時に分解速度が高まる傾向にあり、排水の有機物組成に応じて適切な外部抵抗値を選択することによって有機物分解速度の向上を図れる事が示唆された。また、アノード槽内の菌相解析よりプロピオン酸やn-酪酸を資化し発電を行う細菌群は、酢酸を資化し発電を行う細菌群とほぼ一致しており、同種の細菌が分解に寄与していることが示唆された。

第五章では、微生物燃料電池の連続排水処理特性の把握のため廃糖蜜(実排水)を供した排水処理試験を行った。同型の微生物燃料電池二つを直列に組み合わせて排水のワンパス処理運転を行った。1装置あたり HRT 13 hr (全 HRT 26 hr)で処理を行い、全体での平均

COD 除去率は 79.8%、平均クーロン効率は 11.6%であった。また出力密度は、平均で 1st MFC で $0.55 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}$ 、2nd MFC では $0.53 \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}$ を発揮した。また、複数の微生物燃料電池における電気回路的な接続方法(並列接続、直列接続)の違いによる処理性能や出力性能への影響についても検討を行った。どちらの接続方法においても今回の運転条件では COD 除去率やクーロン効率等に顕著な差がみられなかったが、直列接続時では開放電圧の上昇が、並列接続時では電流密度の若干の上昇が観察された。この他、微生物燃料電池の最適な運転条件を検討するため、容積負荷を変更し、処理性能や出力性能等に与える影響を調査した。その結果、容積負荷 $0.5 \text{ gCOD} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下では後段の装置では有機物不足によって出力性能を十分に発揮する事が困難であった。また、容積負荷 $1.0 \text{ gCOD} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ 以上では、出力密度の上昇よりもメタン生成の増加が顕著となることが観察され、容積負荷 $0.75 \sim 1.0 \text{ gCOD} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{day}^{-1}$ が微生物燃料電池の最適な運転範囲であることが示唆された。

第六章では、微生物燃料電池の排水処理への実用的応用に向けてスケールアップに適した排水処理装置の開発を試みた。嫌気性処理法の一つである ABR(Anaerobic Baffled Reactor)法を応用した微生物燃料電池装置を作成し人工排水の連続処理試験を行った。本装置の開放電圧値は 150 mV 程度と低く、アノード槽内の菌相解析では発電に適した細菌である *Geobacter* 等の *Exoelectrogen* がほとんど確認されず、これが処理性能や発電性能が低い原因の一つであると考えられた。また、アノード電極とカソード電極間の設置方法等の微生物燃料電池の装置設計に関する課題が明らかとなった。

以上のように本論文で得られた知見は、有機物組成変動が微生物燃料電池に与える影響や、中間代謝脂肪酸の分解特性を明らかとするとともに、連続排水処理に関する基礎情報を提供した。これらは微生物燃料電池の排水処理への実用的適用に向けた重要な基礎的知見であるといえる。