

下水汚泥のろ過処理に及ぼす微生物燃料電池の影響

日本大学 学生会員 ○前城 淳太
 日本大学 山本 翔
 日本大学 中村 和徳
 日本大学 正会員 中野 和典

1.はじめに

家庭や工場から排出される有機物を含んだ水は、下水処理場で活性汚泥法により浄化され、余剰汚泥に変換される。余剰汚泥は約97%が水分であり、2005年の統計¹⁾によると、体積にして4.2億m³、乾燥重量で220万トンと非常に膨大な量が発生し、これは国内産業廃棄物の19%を占め、その有効利用や効果的な処理方法の開発が求められている。本研究では、微生物燃料電池を用い、余剰汚泥中の有機物の一部を電気エネルギーとして利用すると同時に汚泥の脱水と濃縮を行えるシステムを開発することを目指し、下水汚泥のろ過処理に及ぼす微生物燃料電池の影響を明らかにするための実験を行った。

2.実験方法

本研究で試作した下水汚泥のろ過処理に微生物燃料電池を組み込んだ実験装置の概要を図-1に示す。微生物燃料電池の電極を兼ねたろ材として活性炭を用い、絶縁体にはリサイクルガラスを用いた。活性炭層に炭素棒を差し込み、これを導線した閉回路装置と導線しなかった開回路装置を準備し、比較に用いた。実験装置上部から投入した下水汚泥はろ材によってろ過され、ろ材上部に堆積する汚泥により上部の活性炭層が還元状態となるため、これがアノードとなる。一方、下部の活性炭層は空気層と接しており、酸化状態が維持されるため、カソードとなる。このような実験装置に下水汚泥を投入し、そのろ過速度とろ過水の水質(SS、COD、T-NおよびT-P)を測定した。また、閉回路については電位差をモニタリングし、発電の有無を評価した。

3.実験結果と考察

3.1 下水汚泥のろ過処理に微生物燃料電池を組み込んだ実験装置における発電状況

図-2に示すように、開回路および閉回路装置に5回下水汚泥を投入し、その総量はそれぞれ4.1および3.8lであった。閉回路の電位差のグラフに示すように、下水汚泥を投入した翌日には

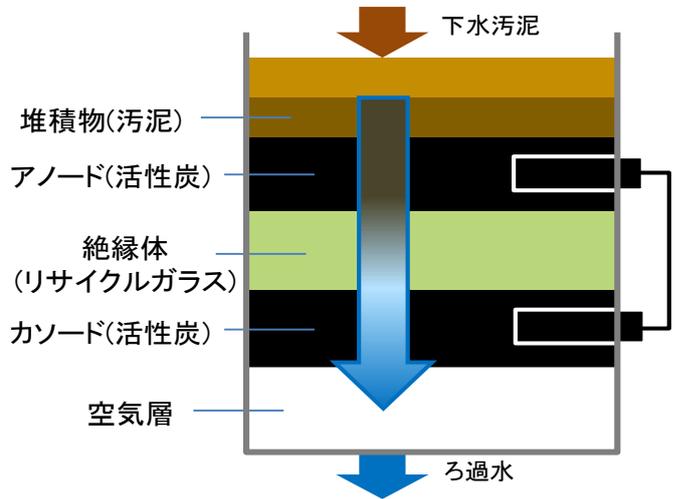


図-1 試作した堆積物燃料電池の概要

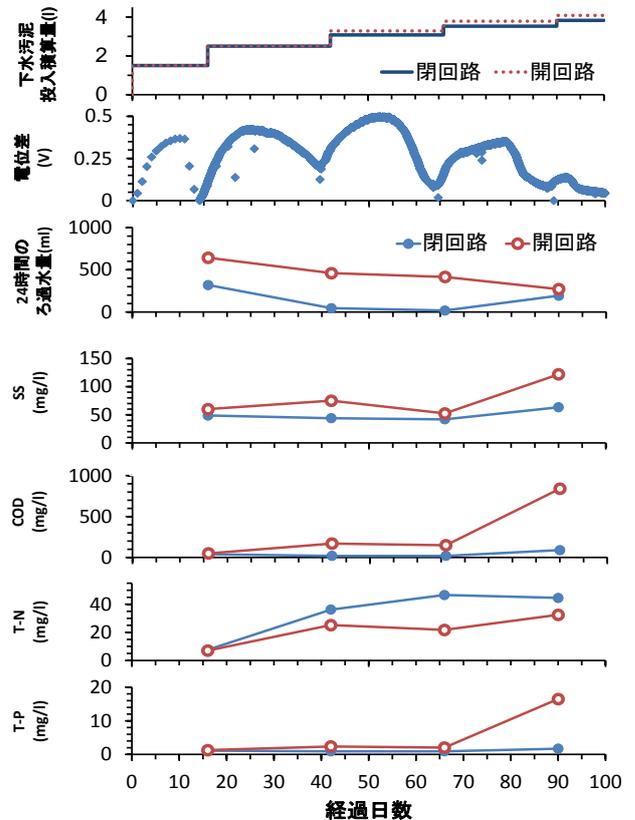


図-2 開回路と閉回路で行った下水汚泥のろ過処理における透水速度とろ過水質の比較

キーワード: 微生物燃料電池、発電、下水汚泥

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定中河原1 日本大学 工学部 土木工学科 環境生態工学研究室

明らかな電位差の増加が観察され、発電を確認することができた。電位差が大きく低下した13日目に2回目の下水汚泥を投入すると再び電位差が増加したことから、電流生産微生物が下水汚泥の有機物を利用して発電を行ったことが示唆された。下水汚泥の投入による電位差の増加は3回目の投入で最大となり、最大値は0.50Vに達した。しかし、4回目の投入以降は電位差があまり増加せず、5回目の投入で観察された電位差は僅かとなり、発電性能は低下した。

3.2 開回路と閉回路で得られた下水汚泥のろ過速度と堆積物の比較

図-2に下水汚泥の投入2～4回目の24時間の透水量を示す。閉回路と開回路のろ過速度は2回目の下水汚泥の投入時点で明らかに異なっており、発電が起きている閉回路の方が透水速度が低かった。そのような両者の明らかな差は4回目の下水汚泥の投入まで見られたが、発電が僅かであった5回目には差が大きく減少した。この結果より、微生物燃料電池による発電が下水汚泥のろ過速度を抑制することが明らかとなった。図-3に示すように、下水汚泥のろ過処理により、ろ材上部には汚泥の堆積物が生じたが、開回路と閉回路の堆積物の外観は明らかに異なっていた。開回路の堆積物が下水汚泥と同様の黒色であったのに対し、閉回路では赤褐色であり、鉄酸化物の存在が示唆された。発電性能が低下した5回目の下水汚泥投入時の堆積物が黒色となったことから、閉回路における堆積物の変色は発電に伴う現象であると考えられた。堆積物が赤褐色であった期間と閉回路で透水速度が著しく低かった期間が一致しており、発電により堆積物が固化し、下水汚泥のろ過速度を抑制したことが推察された。

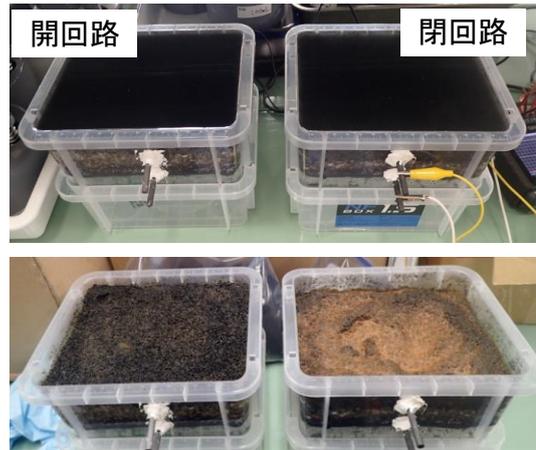


図-3 3回目の下水汚泥投入時(上写真)及び閉回路と開回路で生じた堆積物(下写真)の様子

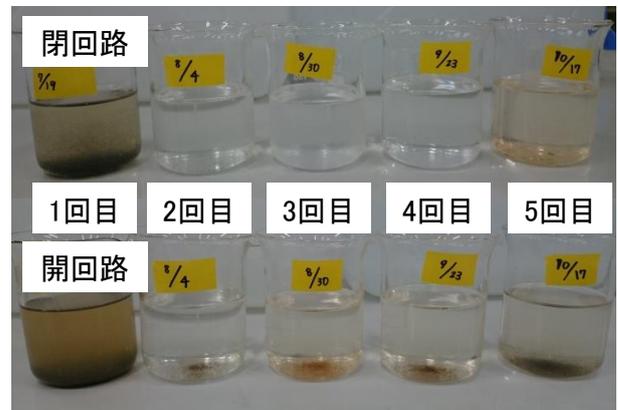


図-4 閉回路と開回路で得られたろ過処理水の様子

3.3 開回路と閉回路で得られたろ過処理水の水質と外観の比較

閉回路および開回路装置で得られたろ過処理水の様子を図-4に示す。1回目の下水汚泥のろ過処理で得られた処理水は閉回路、開回路いずれも懸濁していたが、2回目以降の処理水の透明度は高く、ろ過処理により汚泥が除去されていた。特に閉回路の処理水には静置後も沈殿物が見られず、図-2のSS濃度にも開回路との差が表れている。図-2に示されるように、閉回路の処理水はT-Nを除くすべての水質項目で開回路のろ過処理水よりも低い濃度となった。発電により堆積物が固化した閉回路では透水速度が著しく低かったことから、堆積物自身のろ過作用が強化されたことが推察された。一方、2回目以降の下水汚泥のろ過処理で得られた処理水のT-N濃度は閉回路の方が開回路よりも高く、微生物燃料電池による発電が下水汚泥からの窒素成分の溶出を促進することが明らかとなった。

4 まとめ

本研究では、下水汚泥のろ過処理に及ぼす微生物燃料電池の影響を明らかにした。微生物燃料電池による発電に伴って汚泥堆積物が固化し、下水汚泥のろ過速度を抑制することが明らかになった。発電に伴う固化により堆積物のろ過作用が強化され、ろ過処理水のSS、CODおよびT-P濃度は低下するが、窒素成分の溶出は促進されることが明らかとなった。

謝辞 本研究は、平成28年度日本大学工学部長指定研究(特別研究)により実施されたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1) 柿園俊英(2010):微生物燃料電池(MFC)-水処理汚泥の電力変換, 水と水技術, No.7, pp.94-99.