

電極に活性炭を用いた人工湿地 - 微生物燃料電池の構築と発電特性

日本大学 学生会員 ○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

微生物燃料電池とは、嫌気性の電流生産微生物が電子を鉄等の金属に与えることで有機物を分解し、発電する装置である。従来の活性汚泥法では酸素の供給と増殖した微生物の処理に大量のエネルギーを必要としたが、微生物燃料電池は酸素の供給が不要かつ廃水からの発電も可能であり、次世代の排水処理手法として注目されている。一方、人工湿地は高い水質浄化能力を有した半自然的な汚水処理システムである。人工湿地の濾過層に浸透する過程で濾過作用や吸着作用により濾過層内に濃縮された有機物は、濾材に形成されるバイオフィームや微生物により時間をかけて分解される。人工湿地を微生物燃料電池に適用した際、この濾材が電極かつ電流生産微生物の住処となる。本研究では、有機物の吸着性と導電率の双方が高い活性炭を電極に用いることで、そのような人工湿地の特徴を生かした人工湿地 - 微生物燃料電池を構築することを試みると共にその発電特性について検討した。

2. 実験方法

実際の人工湿地を想定して作製したラボスケールの実験装置の概略図及び材料をそれぞれ図-1及び写真-1に示す。腐食の恐れが無い炭素棒を固定した内径7cmの円筒容器の底部に玄武岩を2cm充填し、次いで粒径の大きい玄武岩と負極として用いた活性炭の混合を防止するためのリサイクルガラスを1cm充填し、負極となる活性炭を2cm敷設した。

その上に負極と正極を絶縁し漏電を防ぐための玄武岩3cmとリサイクルガラス1cmを充填し、正極となる活性炭2cmを敷設した。このような6層の濾材で構築した濾過層に抵抗を接続した人工湿地 - 微生物燃料電池を8個製作した。種菌として準備した前年度の実験装置の流出水 50ml と COD 濃度 15mg/L の畜産廃水をそれぞれの人工湿地 - 微生物燃料電池に投入し、1週間静置後、異なる COD 濃度 (15、75、150mg/L) の畜産廃水を投入する実験を開始した。抵抗は最初に 1000Ω を接続し、電圧の上昇により電流生産微生物の増殖が確認された1週間後には 680Ω を接続した。各人工湿地 - 微生物燃料電池の発電性能は、廃水を投入してから48時間の電圧の平均値から算出した出力密度と発電量より評価した。

3. 結果と考察

3.1 電極に活性炭を用いた人工湿地 - 微生物燃料電池における pH と発電性能の関係

電極に活性炭を用いた人工湿地 - 微生物燃料電池に異なる COD 濃度 (15、75、150mg/L) の畜産廃水を

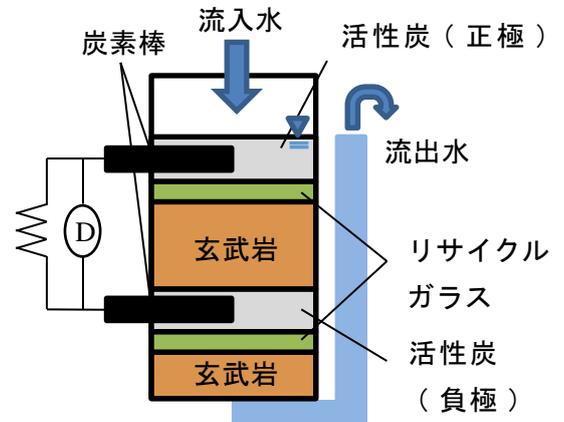


図-1 実験装置の概略図



写真-1 実験装置の構築材料

キーワード 微生物燃料電池, 活性炭, 人工湿地, 排水処理, 水質浄化性能, 発電特性

連絡先 〒 963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地 日本大学工学部 環境生態工学研究室

投入して得られた出力密度を図-2に示す。投入する畜産廃水の pH が無調整であると、投入 COD 濃度を高めても出力密度は増加しなかった。これらの流出水の pH は10.5前後と高い値であった。微生物燃料電池の正極では、有機物の分解に伴って発生する水素イオンが酸素と結合して水となり電子を消費する反応が起きており、水素イオン濃度が発電性能を左右すると考えられる。流出水の pH が10.5と高かったことから水素イオン濃度が低く抑えられていたことが考えられ、pH 無調整の条件では投入 COD 濃度を高めても出力密度が増加しなかったことが推察された。

そこで投入する畜産廃水の pH を 1.5 に調整し、人工湿地 - 微生物燃料電池の流出水が中性となるようにしたところ、図-2に示すように高い出力密度を得られたことから、pH 無調整の畜産廃水で投入 COD 濃度を高めても出力密度が増加しなかったのは、高い pH により水素イオン濃度が抑制されていたためであることを確認できた。pH 上昇の原因は用いた活性炭がアルカリ性であるためであり、そのような活性炭を電極に用いる場合には pH を中性に維持する操作が必要となることが示された。

3.2 投入COD濃度と出力密度の関係

微生物燃料電池では、投入 COD 濃度が高いほど出力密度が高くなると考えられる。しかし、電極に活性炭を用いた人工湿地 - 微生物燃料電池では、図-2に示されるように投入 COD 濃度を 75mg/L 以上に高めても出力密度は高くなり、出力密度の最高値 (14.2mW/m²) は pH を調整した投入 COD 濃度 75mg/L の条件で達成された。流出水の COD を測定したところ、投入 COD 濃度 15mg/L と 75mg/L の条件では流出水の COD 濃度が投入 COD 濃度を上回る結果となり、投入した畜産廃水以外にも COD の供給源が存在していたことが示唆された。電極に用いた活性炭から COD 成分が溶出していたことが考えられ、これを電流生産微生物が消費していたことで、出力密度が投入 COD 濃度に依存しない結果となったことが推察された。

3.3 未洗浄活性炭と洗浄活性炭を用いた人工湿地 - 微生物燃料電池の比較

上記の推察を確認するために、よく洗浄し活性炭由来物質の影響を最小限にした洗浄活性炭と未洗浄活性炭を用いて作製した人工湿地 - 微生物燃料電池に、COD 濃度 15mg/L の畜産廃水を投入して得られた発電性能を表-1に示す。pH を調整した畜産廃水を投入してから48時間の電圧の平均値から算出した出力密度は、未洗浄活性炭及び洗浄活性炭でそれぞれ5.93及び1.43mW/m²となり、未洗浄活性炭の出力密度は洗浄活性炭の 4.1 倍であった。一方、発電量では、未洗浄活性炭の発電量が 31.6C であったのに対し、洗浄活性炭では 15.6C であり、未洗浄活性炭の発電量は洗浄活性炭の 2.0 倍となった。表-1に示されるように pH 無調整の畜産廃水を投入した人工湿地 - 微生物燃料電池でも同様に未洗浄活性炭で高い出力密度と発電量が得られたことより、未洗浄で電極に用いた活性炭から COD 成分が溶出し、これを電流生産微生物が消費したことで、出力密度が投入 COD 濃度に依存しない結果を生み出したことを確認することができた。

4. まとめ

本研究では、有機物の吸着性と導電率の双方が高い活性炭を電極に用いることで、人工湿地の特徴を生かした人工湿地 - 微生物燃料電池を構築することを試みた。その発電特性について検討したところ、アルカリ性の活性炭を電極に用いる場合には pH を中性に維持する操作なしでは出力密度が上昇しないことが明らかとなった。さらに未洗浄で電極に用いた活性炭から COD 成分が溶出し、これを電流生産微生物が消費していたことで、出力密度が投入 COD 濃度に依存しない結果となることを確認した。未洗浄活性炭を用いた人工湿地 - 微生物燃料電池に pH を調整した畜産廃水を投入して得られた出力密度の最高値は 14.2mW/m²であった。

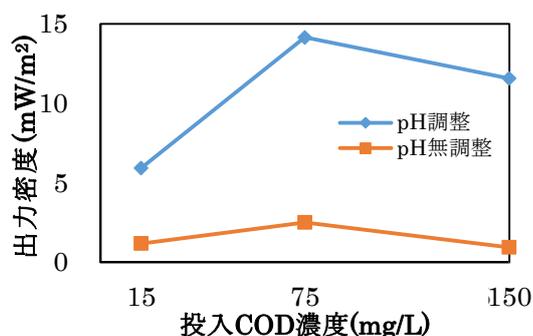


図-2 投入COD濃度と出力密度の関係

表-1 洗浄活性炭と未洗浄活性炭の比較

	pH無調整		pH調整	
	未洗浄	洗浄	未洗浄	洗浄
発電量(C)	14.1	6.96	31.6	15.6
出力密度(mW/m ²)	1.18	0.278	5.93	1.43