

人工湿地 - 微生物燃料電池に適したろ材のスクリーニング

日本大学 学生会員 ○黒須 悠太
 マンパワーグループ(株) 佐々木百合
 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微生物の代謝を利用する生物発電装置である。好気的な微生物は、有機物を分解してエネルギーを獲得する際に電子を酸素に与える。これに対し電気発生微生物は、電子を酸素ではなく鉄等の金属に与えて有機物の分解を行っており、微生物燃料電池ではこのような微生物の働きにより電子を陰極に与えることで発電している。微生物燃料電池には水圏堆積物や水田の有機物を利用した例があり、排水の有機物が利用できる人工湿地でも微生物燃料電池は実現出来ると考えられる。また、電気発生微生物が金属を利用することから、鉄等の金属が含まれる資材が人工湿地 - 微生物燃料電池 (CW-MFC)のろ材として有効であると考えられるが、その効果を検討した報告例はない。そこで本研究では特に金属含有資材に着目し、水質浄化と発電の両方の視点でCW-MFCのろ材としての金属含有資材の有効性を検証した。

2. 実験方法

人工湿地を想定してろ材を充填したCW-MFC実験装置の概要を図-1に示す。実験装置は、ろ材の漏出を防止するための砂利層、電極として用いた活性炭素及びろ材で構成されている。電気発生微生物が存在していることを確認済みの牛ふん懸濁液 200ml を種菌としてCW-MFC実験装置に投入するとともに、乳牛畜舎排水 500ml を投入して実験装置内の水面が実験装置表層の陽極以下になるようにし、発電実験を開始した。1～2週間毎に乳牛畜舎排水 500ml を添加し、流出水を採取する操作を 146 日間継続した。80日目までは2～3日に一度のデジタルマルチメーターによる発電量の測定時以外は抵抗や配線を接続しない開回路とし、81日目からは 100 Ω の抵抗とデータロガーを常時接続した閉回路として発電量を30分ごとに自動測定した。本実験で比較に用いた5種類のろ材とそれらの特徴を写真-1に示す。

3. 実験結果と考察

3.1 発電量の比較

実験開始から80日目までの開回路では、表-1に示すように特に発電量が高かったのは転炉スラグと玄武岩を用いたCW-MFCであった。しかし、発電量の最高値はそれぞれ 23.4 及び 19.5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ に過ぎず非常に低い値であった。そこで81日目より抵抗と配線を常時接続した閉回路に転換したところ、図-2に示すように開回路に比べ桁違いの発電量が得られた。したがって、開回路では電気発生微生物の活性が抑制されていたことが考えられた。閉回路への転換時に発電量が最も高かったの

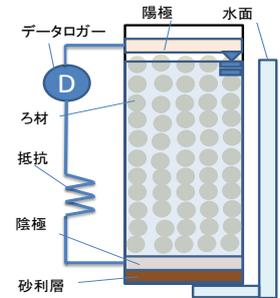


図-1 実験装置概要



ゼオライト: ケイ素やアルミニウムを主成分として石炭を主成分としており砂鉄も含まれている
川砂: 砂鉄も含まれている



リサイクルガラス: クロム、ニッケル、コバルト等の金属を約1%含む色ガラスが主体である
玄武岩: 約15%が鉄であり、他にもマグネシウム、チタンといった金属を含んでいる



転炉スラグ: 約25%が鉄であり、他にケイ酸カルシウムを含んでいる

写真-1 本実験で比較に用いた5種類のろ材とその特徴

表-1 開回路期間における発電性能の比較

	最高値	平均値
ゼオライト	8.35	2.29
川砂	0.41	0.06
リサイクルガラス	4.44	0.35
玄武岩	19.5	2.08
転炉スラグ	23.4	4.82

($\mu\text{W}/\text{m}^2$)

キーワード 人工湿地、微生物燃料電池、発電、玄武岩、転炉スラグ、リサイクルガラス

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

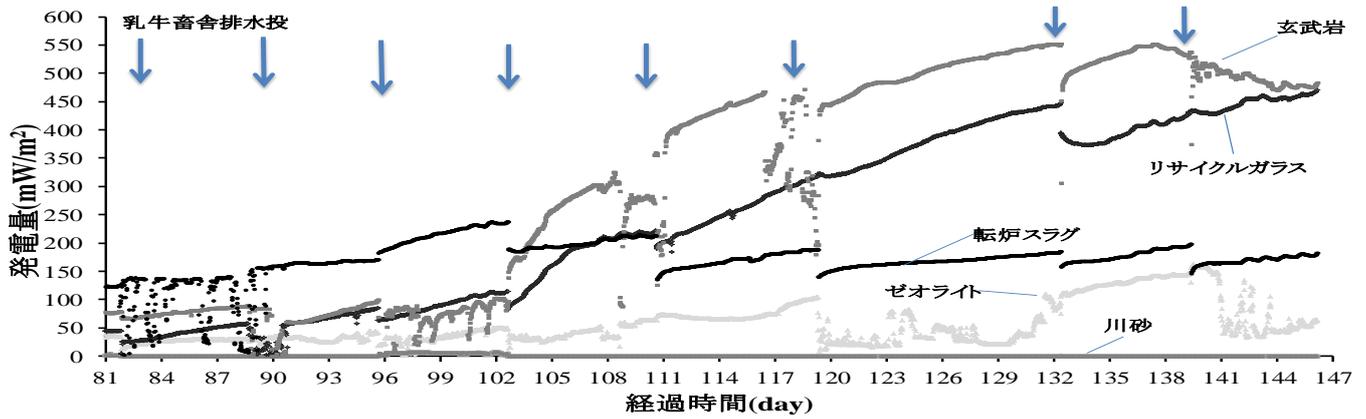


図-2 閉回路での発電量の推移

は転炉スラグを用いたCW-MFCであった。その後の発電量は、全てのCW-MFCで経過時間に伴い増加したが、実験開始から100日以降では特に玄武岩とリサイクルガラスを用いたCW-MFCの発電量の増加が顕著となり、147日目に発電量が最も高かったのは玄武岩を用いたCW-MFCであった。発電量が高かったCW-MFCに用いたろ材である玄武岩、転炉スラグ及びリサイクルガラスはどれも金属含有資材であり、この結果から、鉄等の金属が含まれる資材がCW-MFCのろ材として有効であることが確認出来た。

3.2 水質浄化性能の比較

各ろ材を用いたCW-MFCの水質浄化性能の比較を図-3に示す。COD_{Cr}に着目するとゼオライト、川砂及びリサイクルガラスを用いたCW-MFCの平均除去率は88%以上であり、特にゼオライトを用いたCW-MFCの平均除去率は97%と高い結果となった。しかし、玄武岩及び転炉スラグを用いたCW-MFCの平均除去率は80%前後と相対的に低い結果となった。これらのろ材は共に粒径が大きくなる過作用が働きにくかったことが原因と考えられた。T-Nの平均除去率は、ゼオライト、川砂及び玄武岩を用いたCW-MFCでは全て91%以上の高い結果となったのに対し、リサイクルガラス及び転炉スラグを用いたCW-MFCでは76%以下と相対的に低い結果となった。粒径の小さいリサイクルガラスの除去率が低かったことから、T-Nの除去機構は粒径に関係のない吸着が主であることが考えられ、玄武岩が窒素成分の吸着に優れていることが示唆された。一方、T-Pの平均除去率はゼオライト、川砂及び転炉スラグを用いたCW-MFCで全て91%以上の高い結果となったのに対し、リサイクルガラス及び玄武岩を用いたCW-MFCの平均除去率は63%以下と相対的に低い結果となった。T-Nと同様に粒径の小さいリサイクルガラスの除去率が低いことから、T-Pの除去機構も吸着が主であると考えられ、転炉スラグがリン成分の吸着に優れていることが示唆された。以上の結果から、金属含有資材の中で特に玄武岩と転炉スラグを細粒径にし、この二つを組み合わせることでCOD、T-N、T-Pの除去性能と発電性能の両立が可能となると考えられた。

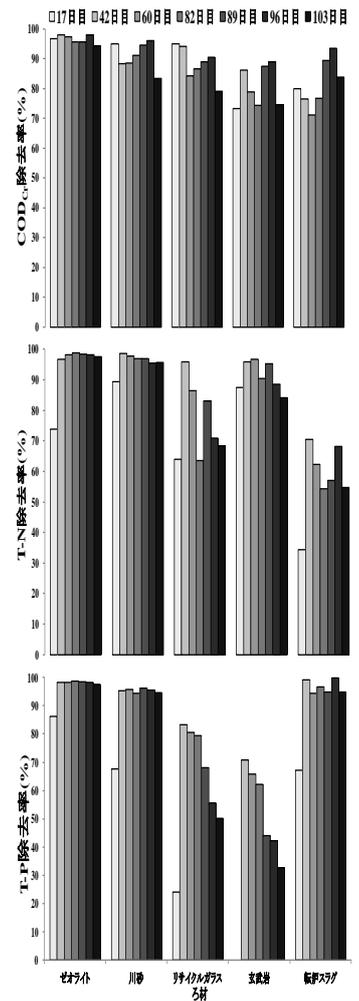


図-3 各ろ材の水質浄化性能の比較

4. まとめ

本研究により、玄武岩、転炉スラグ、リサイクルガラス等の金属を含んだろ材をCW-MFCに用いることで高い発電量が得られることが明らかになった。さらに玄武岩が窒素成分の吸着に優れ、転炉スラグがリン成分の吸着に優れていたことから、発電性能の高い玄武岩と転炉スラグを細粒径にして組み合わせることで水質浄化性能と発電性能の両立が期待できる。

謝辞 本研究は平成26年度私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の成果の一部である。記して謝意を表す。