

pH とろ材厚が人工湿地-微生物燃料電池に及ぼす影響

日本大学 学生会員 ○泉井孝太
 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. 研究背景および目的

微生物燃料電池とは、電流生産微生物が還元条件下で有機物を分解する際に放出する電子を金属に渡す現象を利用し、発電する電池である。従来の廃水処理システムでは大量のエネルギーを要するが、逆に微生物燃料電池では燃料に廃水を使用することで発電を行う。一方、廃水処理を行う人工湿地では、ろ床に浸透する過程でろ過作用や吸着作用により捕捉された有機物が、微生物によって分解される。そのため、微生物燃料電池と人工湿地を組み合わせた人工湿地-微生物燃料電池に用いるろ材の選択やろ材の厚さは、発電性能に影響を及ぼすと考えられるが、その影響は不明である。これまでの研究で、人工湿地-微生物燃料電池の絶縁体として使用するろ材の種類により、発電性能に差が生じることが明らかとなっている。鉄を多く含みアルカリ性である銅スラグでは、鉄含量が低く中性であるリサイクルガラスと比較して、微生物の定着に時間を要したが、定着以降は安定した発電性能を示した。本研究では、この差がろ材の有する鉄含量によるものか、pH によるものなのかを明らかにするとともに、ろ材の厚さが発電性能にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを試みた。

2. 実験方法

2.1 人工湿地-微生物燃料電池実験装置の概要

実際の人工湿地を想定して作製したラボスケールの人工湿地-微生物燃料電池の概要図を図-1 に示す。電極は導電性の高いカーボンフェルトを使用し、好気環境が必要なカソードを上部、嫌気環境が必要なアノードを下部とした。絶縁ろ材にはリサイクルガラスを用いた。導線と電極の接続には、腐食の恐れのない炭素棒を使用し、抵抗 $10\text{k}\Omega$ を介してデータロガーに接続して発電性能の変化を測定した。ろ材の流出を防ぐため下層には砂利を敷き詰めた。

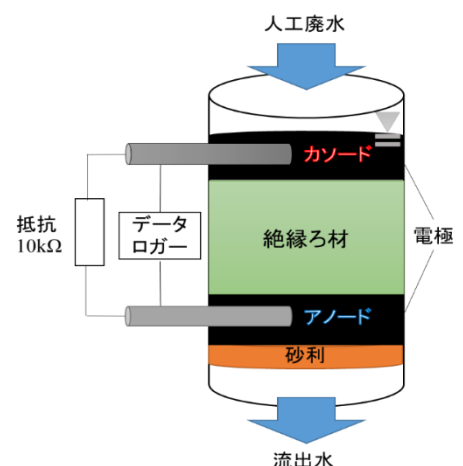


図-1 人工湿地-微生物燃料電池
実験装置の概要図

2.2 pH が発電性能に与える影響

pH の異なる3種類の人工廃水 (pH5,7,9) を準備した。人工廃水は、グルコースとミートペプトンを COD 濃度が 300mg/L となるように混合して作製した。1回目の人工廃水の投入時には、別の人工湿地-微生物燃料電池で馴養した種菌も投入した。2回目以降に投入した人工廃水の COD 濃度は 500mg/L とし、投入3回目以降の人工廃水の pH 条件は pH3,7 及び 11 とした。人工廃水の投入は、発生電圧が 0.1V 以下となった時点で行った。

2.3 ろ材厚の違いが発電性能に与える影響

絶縁ろ材の厚さが異なる3系列の人工湿地-微生物燃料電池実験装置 (ろ材厚 1,4,7cm) を準備した。絶縁ろ材にはリサイクルガラスを使用し、pH7、COD 濃度 500mg/L の人工廃水を投入して発電性能を比較した。人工廃水の投入は、発生電圧が 0.1V 以下となった時点で行った。

キーワード: 微生物燃料電池、pH、人工湿地、電力密度

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

3. 結果と考察

3.1 pH が発電性能に与える影響

異なる pH 条件で得られた電力密度積算値の比較を図-2 に示す。酸性条件では、140 日間に人工廃水を 8 回投入し、電力密度積算値は 14,084mWh/m²となった。人工廃水投入1回当たりの発電効率は 1,761mWh/m²であった。140 日間の中性条件における人工廃水の投入回数は 6 回であり、電力密度積算値は 14,437mWh/m²であった。人工廃水投入1回当たりの発電効率は 2,406mWh/m²となった。アルカリ性条件では人工廃水の投入回数は 8 回

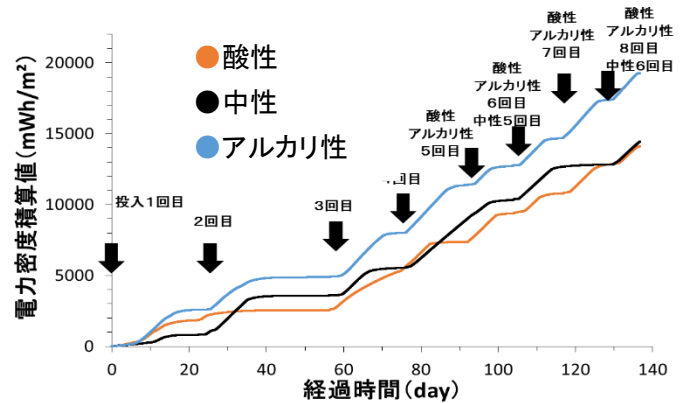


図-2 異なる pH 条件で得られた電力密度積算値

であり、電力密度積算値は 19,262mWh/m²に、発電効率は 2,408mWh/m²であった。電力密度積算値で比較すると、酸性≦中性<アルカリ性となり、アルカリ性条件が発電に適していることが明らかとなった。一方、発電効率で比較すると、酸性<中性≦アルカリ性となり、中性とアルカリ性で差はなかった。微生物燃料電池内のカソードとアノードの pH 差が大きいほど内部抵抗が低くなることが報告されている (Jadhav et.al.2009.) ことから、カソードとアノードの pH 差が大きいアルカリ性条件では、内部抵抗が低くなり、発電に必要なプロトンの移動がスムーズに行われたことが推察される。このように pH 条件が発電特性に影響を与えることが明らかとなったが、pH 条件に関係なく発電は開始されたことから、これまでの研究で見られた電流生産微生物の定着性の差は pH が原因ではないことが示された。

3.2 ろ材厚の違いが発電性能に与える影響

異なるろ材厚で得られた電力密度積算値の比較を図-3 に示す。ろ材厚 1cm の条件では 50 日間に人工廃水を 2 回投入し、電力密度積算値は 1,993mWh/m²であった。人工廃水投入1回当たりの発電効率は 997mWh/m²であった。ろ材厚 4cm の条件では 50 日間に人工廃水を 3 回投入し、電力密度積算値は 6,422mWh/m²、1回当たりの発電効率は 2141mWh/m²となった。ろ材厚 7cm の条件では人工廃水の投入回数は 3 回投入であり、電力密度積算値および発電効率は、それぞれ 7010mWh/m²および 2337mWh/m²であった。電力密度積算値で比較すると、

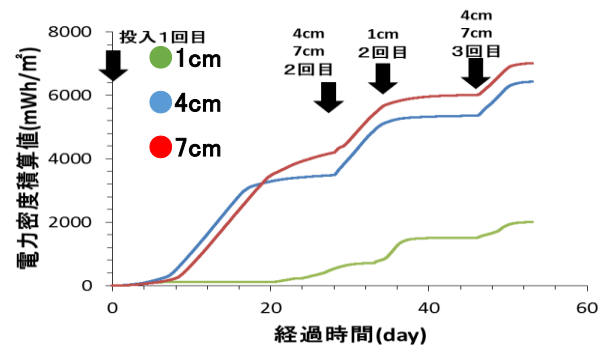


図-3 異なるろ材厚で得られた電力密度積算値

1cm<4cm<7cm であったが、ろ材厚 4cm と 7cm の電力密度積算値の差は 8%に過ぎず、投入回数1回あたりの発電効率で比較しても同様の僅かな差であった。ろ材厚 1cm の条件では、ろ材厚が薄く、アノードが嫌気的環境になりやすく、嫌気環境で生育・増殖する電流生産微生物にとって適した環境ではなかったことが示唆された。ろ材厚が薄いほど人工湿地-微生物燃料電池のスタック化が容易になることから、今後、どこまでろ材厚を薄くしても発電性能が低下しないのかを検討する必要がある。ろ材厚 7cm と 4cm の発電性能の差は小さく、人工湿地-微生物燃料電池をスタック化することを考慮すると、ろ材厚は 4cm の方が有効であるといえる。

4. まとめ

本研究により、人工湿地-微生物燃料電池の絶縁体として使用するろ材の種類により発電性能に差が生じる要因が pH であること及びアルカリ性が発電に適していることが明らかとなった。また、ろ材厚の違いは発電性能に影響を与え、ろ材厚が厚い方が発電性能が高くなることが明らかとなったが、人工湿地-微生物燃料電池のスタック化の観点では最適な厚さ条件は異なることが示された。

謝辞: 本研究は科学研究費補助金(課題番号 15H04069)により実施したものである。ここに記して謝意を表する。