

有機系廃棄物の堆肥化と発電の可能性についての研究

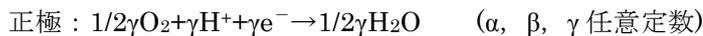
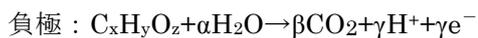
長崎大学大学院 学生会員 ○秋元 一郎太 正会員 大嶺 聖
 長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静 正会員 杉本 知史

1 はじめに

現在、ごみはリサイクルにより減少しているがそれでも多くは焼却処分や埋め立て処分により処理されている。化石燃料の枯渇や地球温暖化などの資源・環境問題を解決するには、化石燃料への依存をできる限り抑えることが重要である。本研究では、有機系廃棄物の堆肥化において微生物の代謝に伴って電気を発生させる微生物電池の特性を明らかにする。微生物電池とは、微生物の有機物分解を利用して、有機物の持つ化学エネルギーを電気エネルギーに直接変換する装置である。本研究において、容易に入手かつ培養ができる光合成細菌を微生物細菌として用いる。すなわち、発電効果を持つ廃棄物の新たな処理、活用法の提案を行い、微生物電池の開発と性能を検討する。

2 微生物電池の原理

微生物は、基質(有機物)を酸化分解する際に発生する電子を電子受容体に供与することでエネルギーを得ている。嫌気条件下では、酸素以外の化合物(硝酸イオン、硫酸イオンなど)が電子受容体になり、それらは酸化還元電位の高いものから順次使われていき、電極での電位差に伴い電圧が生じている。下記の式は各電極における反応式である。



3 微生物電池の性能評価

微生物電池のシステムの評価に最も多く使われる評価パラメーターは、負極の電極表面積当たりの発電力(mW/m²)である。本研究では、電圧の経時変化を測定し、ある時間の電流-電圧直線を描き、最大発電力を求める。

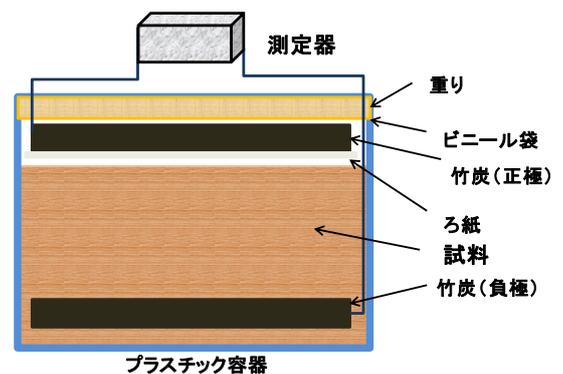


図-1 実験装置

4 実験方法

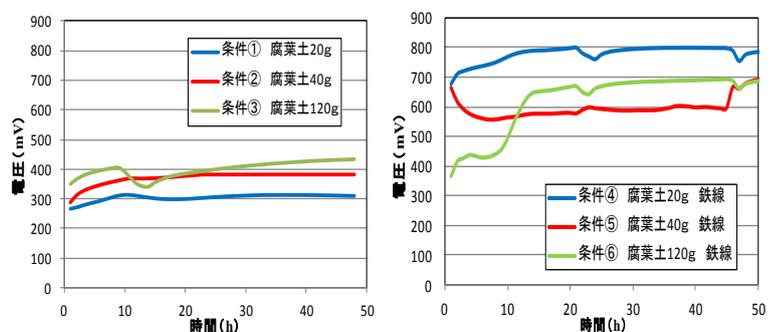
現在一般に研究で用いる微生物電池は、正極側を空気に触れやすい好気条件下におき、負極側を嫌気条件下において発電を行っている。本研究では嫌気発酵状態にした微生物電池を作製し、電圧の経時変化を測定する。図-1に実験装置を示す。プラスチック容器(12×7×5cm)に混合試料を嫌気状態となるよう密に詰める。このときに発生する電圧を定期的に測定器で測定する。

4.1 鉄線を用いた実験と考察

表-1に実験条件を示す。有機系廃棄物の代用として刈り草、嫌気分解を行う微生物群として光合成細菌、微生物の発酵を促すために米ぬか、微生物の生存を維持するために腐葉土を用いて混合した。含水比を60%前後にするために水を加え、恒温槽を30℃に設定し、24時間後に異なる三つの抵抗

表-1 試料配合

	刈り草	光合成細菌	米ぬか	腐葉土	水	鉄線
条件①	20g	100g	10g	20g	0g	なし
条件②	20g	100g	10g	40g	20g	なし
条件③	20g	100g	10g	120g	100g	なし
条件④	20g	100g	10g	20g	0g	あり
条件⑤	20g	100g	10g	40g	20g	あり
条件⑥	20g	100g	10g	120g	100g	あり



(a) 鉄線なし

(b) 鉄線あり

図-2 電圧の経時変化

(10Ω, 100Ω, 1kΩ)で電圧を測定した。図-2の(a), (b)は負極に鉄線を巻いた場合と巻かない場合の電圧の

経時変化を比較したグラフを示す。図-3は条件④、⑤、⑥の24時間後の電流-電圧曲線であり、傾きは内部抵抗、切片は起電力を示している。表-2は図-3から得られた内部抵抗と負極の単位面積当たりの最大発電力であり、今回の負極の単位面積は0.0045m²である。図-2の(a)はどの条件においても24時間後の電圧は300mVから400mVであるのに対し、(b)はどのケースにおいても600mVから800mVと(a)に対して約2倍の電圧を得ている。これは、負極に鉄線を巻いたことにより、測定中に鉄線が溶け、微生物の分解が活発になったのではないかと考えられる。また、図-2(a)、(b)において測定開始から15時間前後までに電圧の変化があり、その後ある程度電圧を維持している。これは、恒温槽に入れることにより微生物が活発に活動しやすい温度に近付き、その後温度一定、含水量一定という嫌気条件で分解が安定して行われたためだと推測される。さらに図-3において、条件⑥は条件④より、電圧は低いものの電流は比較して流れている。このことより、刈り草の量に対して腐葉土の量が多いほど電流が流れやすいことが分かる。その結果表-2より、条件⑥は条件④より起電力は小さいものの内部抵抗も小さく、発電力も大きな値を示した。

4.2 電極間の距離に着目した実験と考察

微生物電池において電圧を測定する際に、電極間の距離の違いによって電圧の大きさが変化するものと推測し、電極間の距離を1cm、3cm、5cmと離れた実験を4.1と同様に行った。表-3に試料配合を示す。図-4に電圧と経時変化、図-5に24時間後の電流-電圧曲線、表-4に内部抵抗と最大発電力を示す。図-4より、電極間の距離が大きいほど電圧が大きいことが分かる。これは負極が深い部分にあるので、空気に触れにくく嫌気条件が保たれ、嫌気微生物が活発に働く状態になったのではないかと考えられる。また図-5と表-4より電極間が大きいほど最大発電力が大きいことがわかった。

5 おわりに

本研究において、負極に鉄線を巻くことにより大きな電圧を得ることを明らかにした。また、腐葉土を加えることにより、電流が流れやすくなり比較的大きな電力を得ることが分かった。さらに、電極間の距離が大きいほど比較的大きな電圧が発生することが分かった。今後実用化につなげていくためには、どの程度のサイズや個数が必要であるかを検討していく必要がある。

[参考文献] 1) 鐘ヶ江隆行, 大嶺聖, 安福規之, 小林泰三: 有機系廃棄物の分解に伴うコンポスト型微生物電池の開発, 第8回環境地盤工学シンポジウム論文集 No.142 pp.185-189 2009

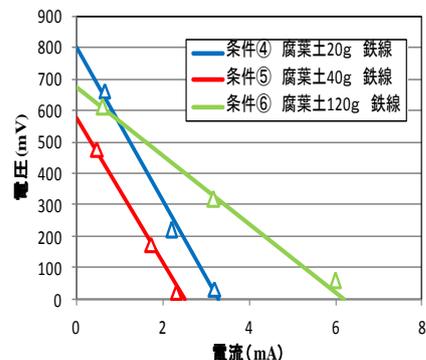


図-3 24時間後の電流-電圧曲線

表-2 内部抵抗と負極の電極表面積当たりの最大発電力

	経過時間	条件		
		④	⑤	⑥
内部抵抗	24h	242.42Ω	229.6Ω	108.23Ω
負極の単位面積当たりの発電力	24h	146.7mW/m ²	79.7mW/m ²	231.1mW/m ²

表-3 試料配合

	刈り草	光合成細菌	米ぬか	腐葉土	水	電極間の距離
条件②-1	20g	100g	10g	40g	20g	1cm
条件②-2						3cm
条件②-3						5cm

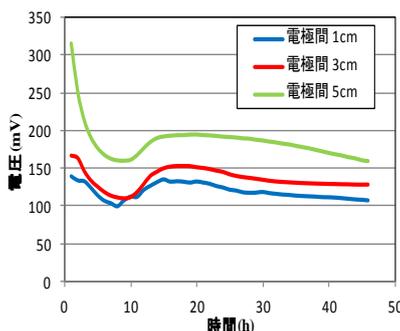


図-4 電圧の経時変化

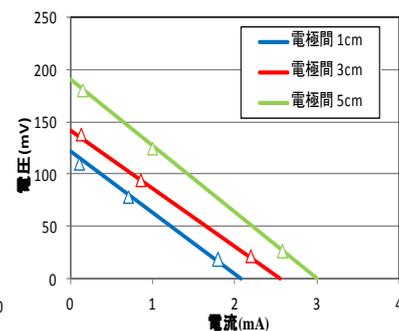


図-5 24時間後の電流-電圧曲線

表-4 内部抵抗と負極の電極表面積当たりの最大発電力

	経過時間	条件		
		②-1	②-2	②-3
内部抵抗	24h	58.76Ω	55.47Ω	63.66Ω
負極の単位面積当たりの発電力	24h	14.1mW/m ²	20.2mW/m ²	31.8mW/m ²