

# 微生物発電

3508 大江修裕 3525 田口豪己 3536 三好駿斗 3623 西尾徹太

## 要旨

私たちは微生物発電の研究をしている。研究の動機は、世界規模でエネルギー問題や地球温暖化が深刻化する中で持続可能な再生可能エネルギーである微生物発電を新たな発電方法として確立したいと思ったからである。微生物発電とは、土壌の中の有機物を微生物が分解したときに発生する電子を電極で回収し発電する方法である。今回は田んぼの泥を利用して発電装置を作成し、基礎研究を中心に実験を進めた。その結果、微生物発電を効率よく行うためには、泥が低温ではなく水酸化鉄コロイドなどの正の電荷をもつ物質を含んだ電池を使用するとよいことが分かった。今後は微生物の分析を進め、また、有機物の量と発電量の関係を明らかにしていきたい。そして、汚水の浄化と発電を同時に行える発電装置の研究を進めていきたい。

## 1. 目的

微生物発電の土壌状態および外的要因の違いによる発電量の変化を調べる。また、令和元年度本校卒業生の課題研究「電流発生菌を利用した電池の作成」及び令和二年度本校卒業生の課題研究「微生物発電」の実験結果などをもとに微生物発電の基礎研究を進めると同時に発電効率を上げる。

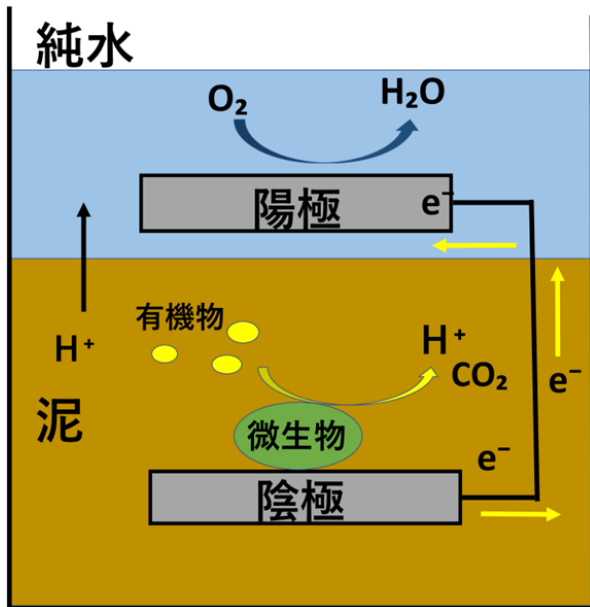


図1 微生物発電の原理

微生物が有機物を分解した際に、発生した電子が陰極で取り込まれ、陽極に送られる。

## 【微生物発電について】

微生物発電は土壌や水中に含まれる有機物を電流生成菌が酸化分解した際に放出される電子を電流として回収する技術である。陰極、陽極、イオン交換膜から構成され、陰極側に汚水を含み、微生物が汚水中の有機物酸化と、放出した電子の陰極への電子伝達反応を行う。陰極で回収された電子は、導線を通じて陽極に渡り、酸素などの還元反応に用いられる。微生物発電はこのような仕組みによって、化石燃料を使用せずに発電を行いながら、並行して汚泥や汚水中の有機物を分解して浄化することができる。

## 2. 仮説

土壌・水中の微生物の量および有機物の量が多いほど発電量は増加する。また、気温は低い時より高い時のほうが微生物の活動量が増加するため発電量も増加する。

## 3. 実験-1

### 【目的】

自分たちで作成した発電装置で実際に発電するのかどうかを調べる。また泥の中に存在する微生物によって発電が起きているのか調べる。

### 【使用した器具・装置・材料】

- ・純水
- ・泥（恵那市内の田んぼ）
- ・珪砂
- ・カーボクロス
- ・針金
- ・ビーカー
- ・ラップ



図2 この実験で使用した泥

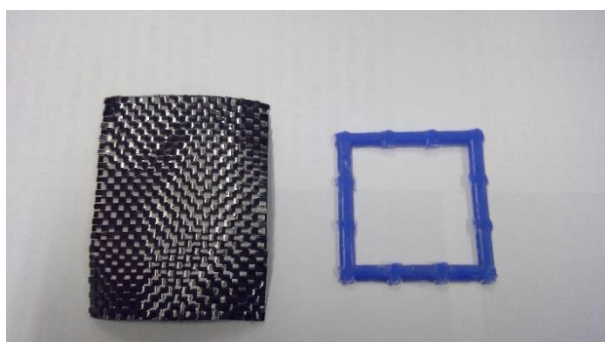


図3 カーボクロスとプラスチックの枠

### 【電極について】

実験にあたり自分たちで電極を作成した。カーボクロスに針金を縫い付け、プラスチックの枠に針金で取り付けました。

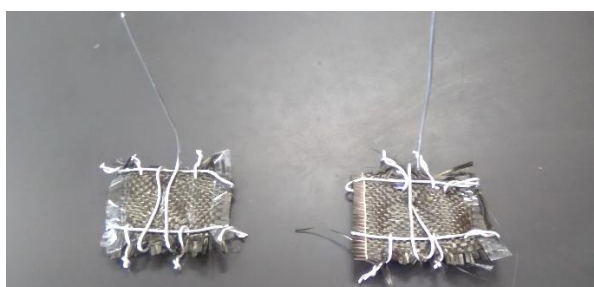


図4 作成した電極1（針金を使用）

### 【手順】

1. 泥の中の微生物によって発電が起きるかどうかわかるために次の実験を行った。
2. 電極1をビーカーの底に1つ入れて上から泥400gを被せ、その上に電極1をもう1つ置いて水300gを注いだ。これを2つ作成した。
3. 泥を珪砂に変えたもの、泥の代わりに水を300g入れた発電装置をそれぞれ1つずつ作成した。
4. 各電池で二日おきに起電力と三分間での変化を3回に分けて計測した。

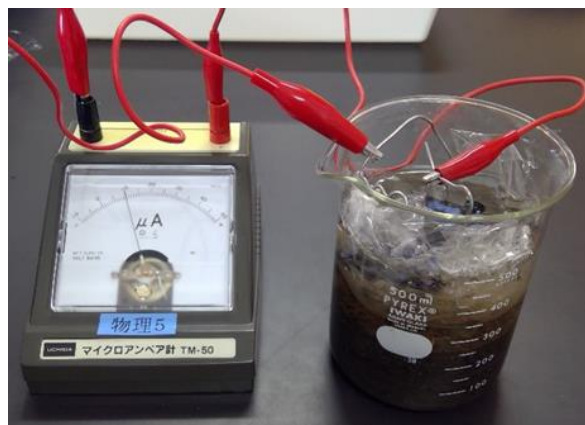


図5 計測の様子

### 4. 結果-1

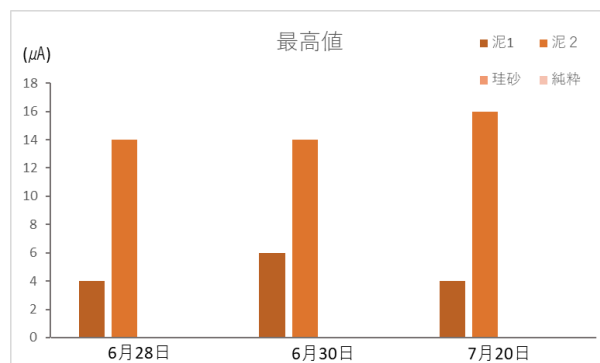


図6 各発電装置での発電量

- ・泥を使用した装置では微量ながらも電流の発生が確認できた。珪砂を土壌とした装置と純水を使用した装置では電流が発生しなかった。

た。

- ・同じ量・田んぼの泥を使用したが生計測結果に  $10\mu\text{A}$  程度の差が生じた。
- ・計測時に電極を揺らすと測定値が大きくなった。
- ・3回目の計測値が最大になった。
- ・pHの計測を計測したところ水、珪砂の発電装置より泥を使用した装置のほうがpHの値が低くなった。

## 5. 実験－2

### 【目的】

実験－1で使用した発電装置内で、水が蒸発した後に電極周辺に、白い菌のコロニーのようなものが確認できたため、実際に微生物であるかを確認する。

### 【方法】

実験－1を行い、約2ヶ月が経った頃、電池の電極の部分に白い塊が見られたため、顕微鏡で観察した。

## 6. 結果－2

- ・600倍で観察したところ小さい、緑色の丸い微生物らしき物を確認できた。

## 7. 実験－3

### 【目的】

実験－2で確認できた微生物によって発電が起きているか調べる。

### 【使用した器具・装置・材料】

- ・インキュベーター
- ・酵母エキス 2.5 g
- ・ペプトン 5.0 g
- ・ブドウ糖 1.0 g
- ・寒天 15 g
- ・ビーカー
- ・ラップ
- ・カーボクロス

- ・ニッケル線
- ・純水 300 g
- ・実験2で用いた白い塊

### 【新しく作成した電極について】

カーボクロスとニッケル線を用いて新たな電極を作成した。ニッケル線は電気抵抗率が比較的低く、また、耐食性が良好で中性塩及びアルカリ性溶液による腐食や酸化に強い。



図7 作成した電極2（ニッケル線を使用）

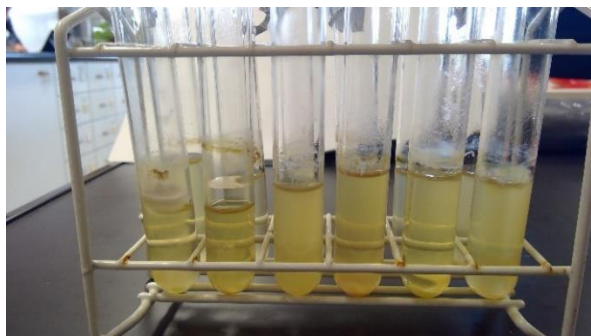


図8 白い塊を液体培養したもの



図9 発電装置（培養液）

### 【手順】

1. 白い塊を採取し、培養液に入れ、インキュベーターを用いて  $30^{\circ}\text{C}$  で液体培養した。
2. 培養液 66 g と水 300 g、電極2を用いて発電装置を作成した。

3. 発電量を計測した。

### 8. 結果-3

培養液のみ電池で発電量が増えた。しかし55日後の計測では、急激な発電量の低下が見られた。

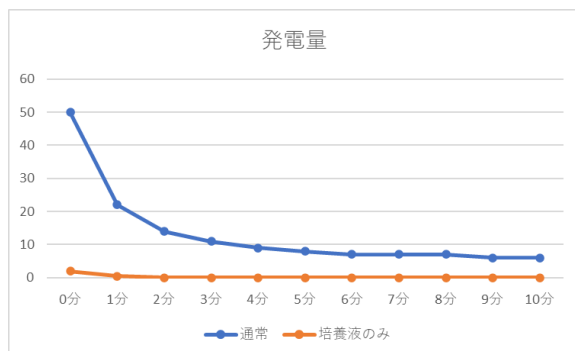


図10 培養液と通常の電池との比較

### 9. 実験-4

#### 【目的】

気温の変化による微生物発電の発電量の変化を調べる。

#### 【使用した器具・装置・材料】

- ・泥 400g
- ・電極 2
- ・純水 300g
- ・インキュベーター
- ・ラップ
- ・温度計

#### 【手順】

1. 電極2を用いて泥を土壌に使用した発電装置を実験-1と同様に作成した。
2. 一つは、教室内(室温15~20℃ほど)に置き、二つ目は30℃に設定したインキュベーターの中に、三つ目は、10℃に設定したインキュベーターの中に置いた。
3. 1週間後に計測を行った。



図11 実験4から使用した発電装置



図12 インキュベーターを用いた発電装置の温度管理の様子

### 10. 結果-4

30℃に設定したものは、水が蒸発してしまい起電力の値は0だった。10℃に設定したものは0.2mAの起電力を計測した。室温で管理したものは0.9mAの起電力を計測した。

### 11. 実験-5

#### 【目的】

電池に水酸化鉄コロイドを入れた場合の発電量の変化を調べる。



### 【使用した器具・装置・材料】

- ・泥 400 g
- ・電極 2
- ・純水 300 g
- ・ラップ

### 【手順】

1. 電池を作成し、起電力を計測した。
2. 水酸化鉄コロイドを 10ml 入れた。
3. 一週間後に起電力を計測し、水酸化鉄コロイドを入れていないものと比較した。
4. さらに一週間後にもう一度計測した。

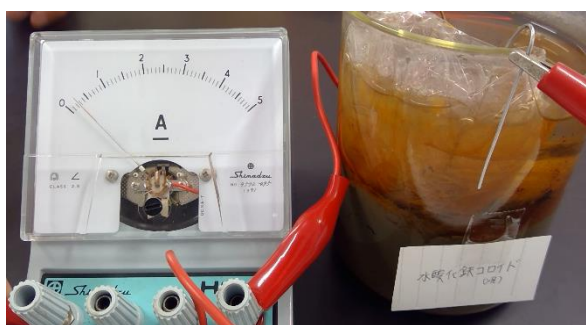
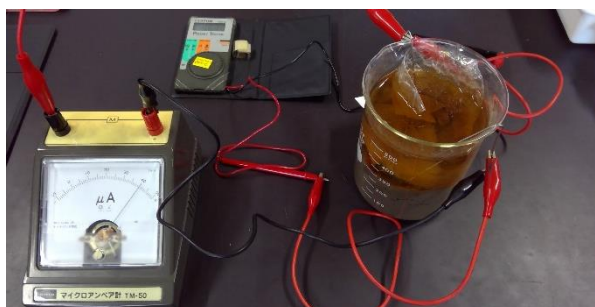


図 13,14 計測の様子

### 【水酸化鉄コロイドについて】

沸騰水に塩化鉄を混ぜて作成した。水酸化鉄コロイドは正の電荷を帯びるため、電池内で電子と電極を仲介する働きを持つと考えられる。

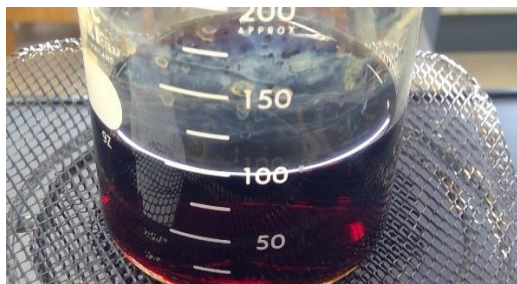


図 15 作成した水酸化鉄コロイド

### 1 2. 結果-5

水酸化鉄コロイドを入れる前の起電力は 1.0mA だったが水酸化鉄コロイドを入れた後では起電力が最大 3.0mA まで増加した。

泥のみのものと比較すると数倍から十数倍の差がある。

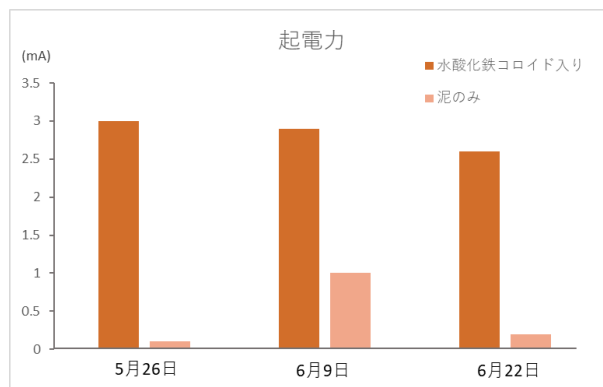


図 16 水酸化鉄コロイド入りとの比較

### 1 3. 考察

- ・実験-1 より珪砂を土壌とした装置と純水を使用した装置では電流が発生しなかったことから泥が発電にかかわっていることが分かった。
- ・実験-1 より泥 1 と泥 2 で発電量が違ったことから同じ場所で採取した泥を使用しても発電量に差があることが分かった。その差は採取した泥を容器から取り出し、装置を作成する際に、電量生成菌が嫌気性であるため、容器の上のほうの泥（空気とより触れていた）と下のほう泥のどちらの泥の割合が高いかで、発電量に差ができたと考えている。
- ・実験-3 より培養液から発電が起こったことから微生物によって発電が起きていると考えられる。
- ・実験-4 から微生物発電は、水がないと電子を電極に渡すことができないため水のない環境では使用することはできないと考えられる。

- ・実験-4 から常温(20℃前後)より 10℃に設定した電池の発電量のほうが減少していたため、発電に最適な温度が存在すると考えられる。
- ・実験-5 で水酸化鉄コロイドを入れた電池では、起電力が増加していることから、プラスの電荷をもつものは発電量を増加させることができると考えられる。
- ・これまでの研究より微生物発電を効率よく行うためには、泥が低温ではなく水酸化鉄コロイドなどの正の電荷をもつ物質を含んだ電池を使用するとよいと考えられる。
- ・水田の『泥』に住む微生物が電気を作る！見えてきた微生物燃料電池の実用化。発電と環境浄化が同時にできる「泥の電池」  
<https://www.rikelab.jp/study/9140>
- ・世界初！ 廃水から「発電+リン回収」。微生物燃料電池が水処理の未来を変える。  
[https://www.gifuu.ac.jp/about/publication/g\\_lec/special/201411.html](https://www.gifuu.ac.jp/about/publication/g_lec/special/201411.html)
- ・「微生物発電」  
恵那高等学校 サイエンスリサーチⅢ（令和2年度）

#### 1 4. 展望

実験-1 では、泥が発電に関わっていることを確認することができた。また、実験-2、実験-3 から、微生物によって発電が起きていることが確認できた。実験-4、実験-5 を行い、発電量を増加させる方法を探ることができた。しかし、電流計が、1  $\mu\text{A}$ ~50  $\mu\text{A}$ までと、1  $\text{mA}$ ~50  $\text{mA}$ まで測れるものしかなく、正確な計測ができなかった。また、データの量も少ないため、泥自体が時間の経過や状態によってどれぐらい発電量に変化があるのかあいまいな部分がある。これらは今後の実験の課題である。今後はより電池の効率化を目指し、また、汚水の浄化と発電を同時に行える発電装置の研究を進めていきたい。

- ・「電流発生菌を利用した電池の作成」  
サイエンスリサーチⅢ(令和2年度)

#### 1 5. 謝辞

この研究にあたりご意見をくださった先生方ありがとうございました。

#### 1 6. 参考文献

- ・国立大学 56 工学系学部ホームページ  
<https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/181012.php>