

## 哺乳類の糞による微生物燃料電池の研究

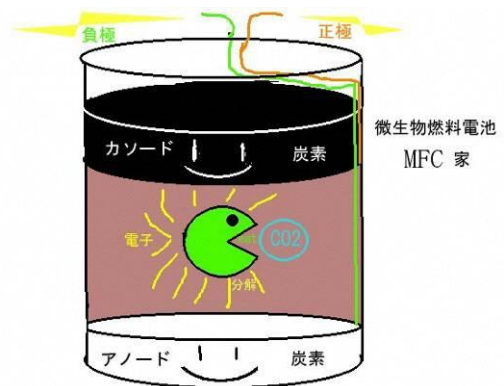
千葉市立都賀中学校  
パソコン部 科学技術班

第2学年 大塚瑠依 久留島大地 嬉野主樹 渡辺泰河 竹内悠仁 時田慶太郎  
第1学年 大野秀明 佐久間太智

### 1 研究の動機

5月に放射線医学総合研究所を訪れた。そこで、糞や泥の中に住んでいる微生物の生命活動によって発電する「微生物燃料電池」というものを知った。これは、現在の火力発電と違い二酸化炭素を新たに発生しない、とてもクリーンな発電方法であることを知った。紹介してもらっている中で「ほかの動物でやってみたらどうなるのだろう」、「菌は培養できるのか」などの疑問が生まれた。

「微生物燃料電池」が大きな電力を発電できるようになれば、身近な物にも使用されて、エネルギー問題や地球温暖化問題の解決につながるだろう。そこで、「微生物燃料電池」を利用して今後の地球の環境問題の対策に貢献したいと考えて、研究を始めた。



[資料1] 微生物燃料電池の仕組み

### 2 研究の内容と方法

微生物燃料電池を研究するにあたってまず、動物の糞が必要となった。そこで動物の糞を求めて千葉市動物公園へ行き、誰もが知っていてなじみのある10種類の動物の糞で微生物燃料電池の作成を計画した。

#### (1) 予備実験

文献調査によるとウシの糞を用いた微生物燃料電池の作成法が示されていた。これは、一般に肥料として昔から流通しているため、手に入れやすいことが理由であると考えられる。そこで、本研究の趣旨である、哺乳類の糞を用いた微生物燃料電池の発電効率の検証を行うにあたり、以降の実験の統一すべき条件を探るためにアジアゾウの糞で微生物電池を作成して、起電力を調べた。

#### (2) 実験1：微生物燃料電池のバイオリズムの検証

微生物燃料電池の測定時、1日の中でどの時間帯でも同じように起電力を得られるのかという疑問を持った、そこで「バイオリズム」という言葉を知り、1日の中で朝・昼・夜の3回測定し起電力の変化を調べることにした。

### (3) 実験2：種の異なる生物の糞を用いた微生物燃料電池の発電効率の検証

予備実験を経て、文献で紹介されているウシの糞以外でも微生物燃料電池を作成できることが確かめられた。そこで、千葉市動物公園にいる動物のうち、なじみが深い種を基準として、さまざまな種の糞を用いて微生物燃料電池を作成することで、材料の違いによる起電力の違いを見いだした。

### (4) 実験3：効率の良い糞と悪い糞を用いた重曹添加による発電効率変化の検証

微生物電池の文献の中に「空気-陰極微生物燃料電池の発電を強化するための外部CO<sub>2</sub>および水供給」という文献があり、「CO<sub>2</sub>と水を供給することで400%の発電量増大を達成し、外部からのプロトン供給は発電量増大に非常に有効であることが示された。」と記されており、二酸化炭素の含まれる重曹、炭酸水を加えてみると発電効率は上がるのか、という疑問が生まれ、予備実験と同様に微生物燃料電池を発電効率が良いゾウと悪かったキリンで作成し、実験3では、重曹を添加し、実験2の微生物燃料電池との発電効率を比較した。

### (5) 実験4：効率の良い糞と悪い糞を用いた炭酸水による発電効率変化の検証

予備実験と同様に微生物燃料電池を作成し、炭酸水を添加し、炭酸水を添加していない微生物燃料電池と比較した。

### (6) 実験5：発電効率の違いの原因となる菌の培養・観察

寒天で培地をつくり、これまでの実験で用いた各動物の糞を培養した。動物種によって異なる菌のコロニーをそれぞれ観察し、発電効率の違いの原因となる菌を発見するために、顕微鏡で観察した。

## 3 研究の成果とまとめ

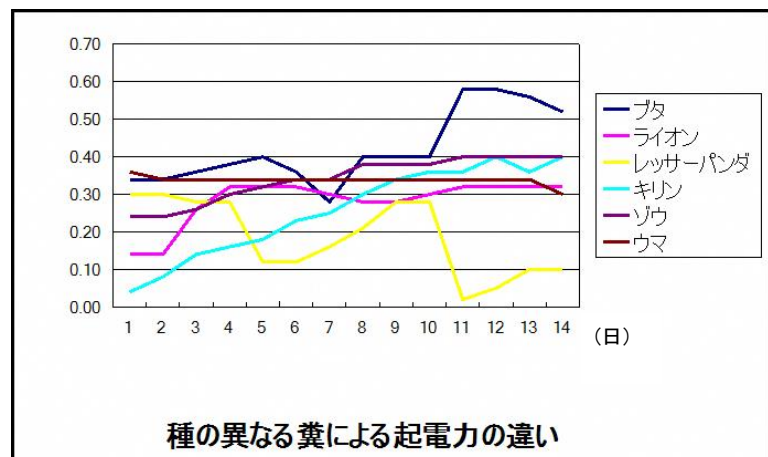
実験1では、ライオンとウマはあまり変化がなかったがウマは3日目の朝から大きく上昇していた。ほかの動物も比べると全ての動物の糞の数値が変化した。7日目の昼までには全ての糞の数値が安定していた。微生物燃料電池のバイオリズムは、1日の中であまり変化しないことが分かった。

実験2では、食性に注目して分析をすると、肉食もしくは雑食の動物の糞を用いた微生物燃料電池は、起電力を示す電圧値の変化が激しく、その上がり方にも違いがあり、安定して電圧を得ることは難しいことが分かった。

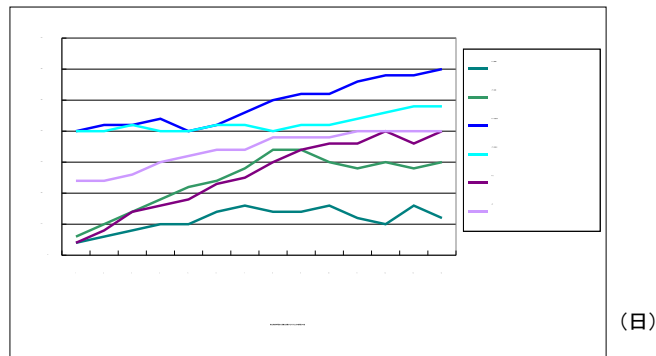
それに対して草食の動物の糞を用いた微生物燃料電池では、細かい上下の変化は繰り返すものの、おおむね継続して起電力は上がっていき、安定した値が得られるようになるまでには作成してからの日数と得られる電圧値の関係は比例のようになった。微生物燃料電池の発電効率の違いは、動物の食性や反芻などの習性と関係があるのではないかと考えた。

実験3では、重曹を用いたキリンの起電力はあまり安定しなかった。

実験4では、炭酸水で飽和させた微生物燃料電池の発電効率が向上した。



【資料2】 実験2の結果のグラフ



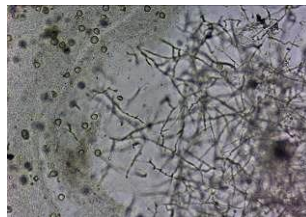
[資料3] 実験3・4の結果のグラフ

実験5では、今回クラドスポリウム・ブドウ球菌・セグメント細菌などを確認したが、発電菌と見られる菌を確認できず発電菌を確認するには寒天培地の温度や量を変え、倍率100万倍以上の顕微鏡で観察することが必要と考えられる。

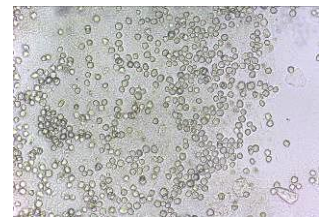
クラドスポリウムなどのカビが確認されたのは、手順⑥・⑦のときにガスバーナーの直下からずれていたため空気中の菌が入ってしまったと思われる。



[資料4] クラドスポリウム



[資料5] ブドウ球菌



[資料6] セグメント細菌

以上の結果から、微生物燃料電池は電子を生み出す *Shewanella* 属と *Geobacter* 属の細菌により発電すること、種の異なる糞によって微生物燃料電池の起電力が変わること、炭酸水を  $\text{CO}_2$  源として加えると起電力は上昇し発電効率の向上につながるなどがわかった。

#### 4 今後の課題

今後の課題は以下のとおりになる。

- ・糞の中に空気が入らないように草などを砕くと起電力に差は出るのか
- ・電極を増やすと電子の回収効率が上がるのか
- ・種の異なる糞を混ぜた電池の起電力はどうなるのか
- ・微生物燃料電池の周りの温度を温めたり冷やしたりすると起電力は変わるのか
- ・微生物燃料電池を今より大きな容器で行えば起電力は増えるのか

そして、効率の良い微生物燃料電池を作成するために、今後全員で分担してそれぞれについて明らかにしていきたい。

#### 5 指導と助言

生体の糞を扱う実験であることから、衛生管理の方法を指導した。条件制御の方法を工夫して対照実験となるように助言した。時間経過で取り出せる電力が減少していくため一次データを活用できるよう、起電力に着目して電池の性能を比較できるとよかった。(指導教諭 石飛 光隆)