

微生物燃料電池の電流量が増加する条件について

班員 北口知樹 塩谷美喜 瀬口将哉 中山瑠璃花
担当教諭 釜谷智樹

キーワード：微生物燃料電池、マッドワット、糖、電気泳動

The effect of different types of sugar on the amount of electric current produced was investigated. Three kinds of sugar—glucose, maltose, and cellulose—were added. PCR analysis for *Geobacter* and *Shewanella* was also performed to examine the relationship between bacterial growth, the types of sugar, and the amount of electric current.

1 はじめに

現在再生可能エネルギーとして注目されている技術の一つに、微生物燃料電池がある。微生物燃料電池は、微生物が有機物を分解する際に行う代謝反応を利用して電気エネルギーを直接取り出す装置である。微生物はエネルギーを得るために有機物を酸化し、その過程で電子を放出する。通常、この電子は細胞内で利用されるが、微生物燃料電池では微生物が放出した電子を電極に移動させ、回路を通すことで電流として回収する。现阶段では微生物電池の発電出力は小さく、大規模な発電装置として利用することは難しい。その原因として、微生物から電極への電子移動効率の低さや、電極材料の性能、装置構造の最適化が十分でないことなどが挙げられる。また、発電に関与する微生物の種類によっても性能が大きく左右されることが知られている。本研究では、日常使いできるような微生物燃料電池を作ることを目的とした。

2 〈実験1〉 糖の添加による電流量の違い

先行研究より、糖とタンパク質では糖がより電力を増加させたため、実験1では糖に着目し、糖の種類による電流量の違いを調べることを目的とした。糖として単糖類のグルコース、二糖類のマルトースを用い、異なる種類での電流量の変化を見た。

〈方法〉

本実験ではマッドワットを使用した。マッドワットとは、泥や土壌中の微生物の代謝活動を利用して、有機物に含まれるエネルギーを電

気エネルギーに変換する装置である。三つのマッドワットに御祓川から採集した土300gを加えて、一つ目にはグルコース、二つ目にはマルトースを混ぜた10%水溶液50gをいれた。残り1つには糖を加えていない水50gを入れ、コントロールとした。御祓川から採集した土を利用したのは、先行研究でも使用しており、電流が発生すると分かっていたことに加え、学校に近く、採集しやすいためである。

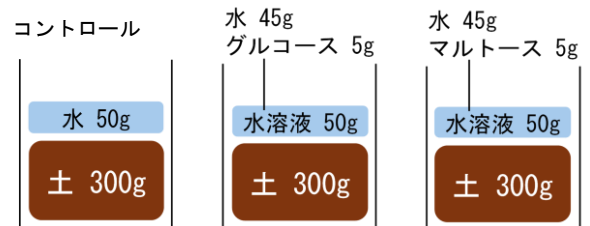


図1 各実験で加えた水溶液

〈結果〉

電流量の平均値はコントロール4.00mA、グルコース3.72mA、マルトース1.89mAとなった(図2)。糖を添加したマッドワットの電流量はコントロールより小さくなった。

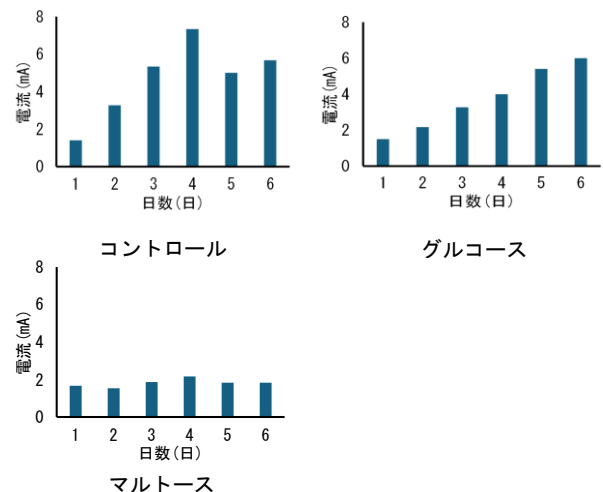


図2 コントロールとグルコース、マルトースを加えたマッドワットの6日間の電流量の変化

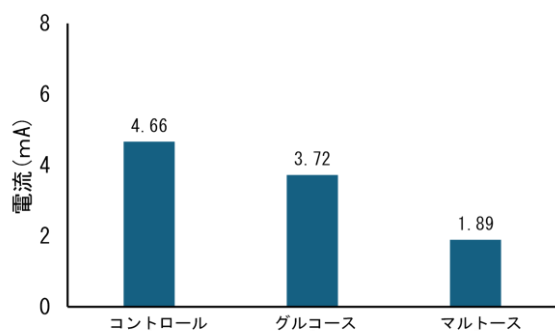


図3 6日間の電流量の平均値

〈考察〉

グルコース、マルトース水溶液を添加したマッドワットの電流量の平均値はコントロールより小さくなった。これはグルコースやマルトースが微生物による分解が容易な糖であり、短期間で糖という資源がなくなったからだと考える。そこで、分解に時間がかかるセルロースを使えば、微生物の代謝がより緩やかになると考えた。また、微生物が活動する環境の糖の濃度は0%に近く、濃度10%は微生物が活動しやすい環境よりも糖の濃度が高かったと考え、次の実験を行った。

〈実験2〉 糖の濃度による電流量の違い

濃度による影響をみるため、水溶液の濃度を10%から1%に変えた。また、グルコース、マルトースよりも分解しにくいと考えられる多糖であるセルロースを加えた場合の電流量も調べた。

〈方法〉

3つのマッドワットに御祓川から採集した土300gを加えて、一つ目にはグルコース、二つ目にはマルトース、三つ目にはセルロースを混ぜた1%水溶液50gをいれた。残り1つには水50gを入れ、コントロールとした。

〈結果〉

6日間の電流量の平均値はコントロール0.65mA、グルコース1.70mA、マルトース2.14mA、セルロース2.25mAとなった(図5)。糖を添加したマッドワットの電流量はどの場合もコントロールより大きくなった。また、セルロース、マルトース、グルコースの順に電流量が大きくなった。

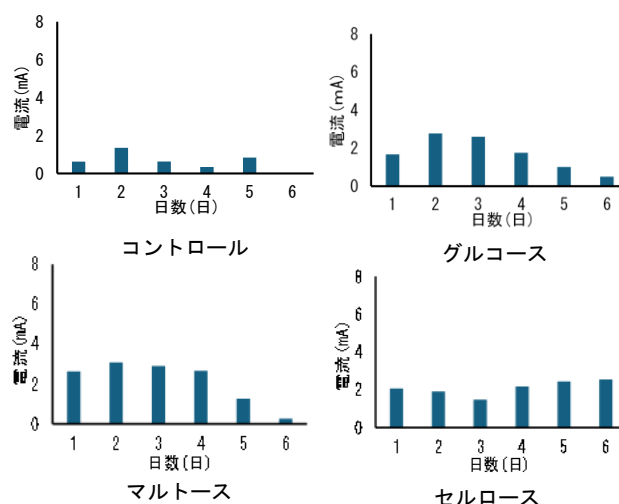


図4 コントロールとグルコース、マルトース、セルロースを加えたマッドワットの6日間の電流量の変化

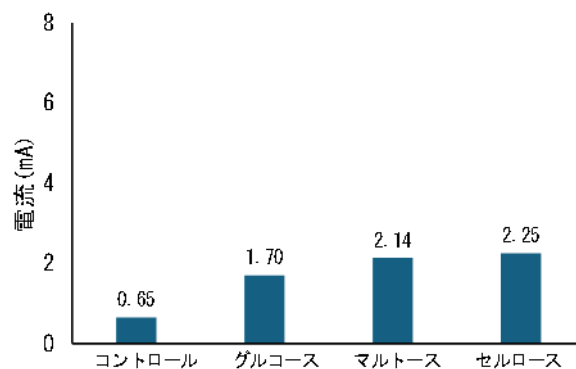


図5 6日間の電流量の平均値

1%水溶液を添加したマッドワットでは、コントロールよりも電流量の平均値が大きくなったことから、糖の添加は微生物の活動を促進し、電流量を増加させると考えられるがまた、適当な濃度が存在すると考えられる。セルロースを添加したマッドワットでは、測定日の後半にかけても電流量が持続していた。これは、セルロースが多糖であり分解に時間がかかるため、微生物が長時間にわたって有機物を利用でき、継続的に電子を放出できたからだと考えられる。これより、分解の速度が異なる糖を用いることで、電流量の変化の仕方にも違いが生じることが示唆された。

〈実験3〉 土壌中に存在する微生物の特定

土壌中に存在する微生物の特定を行った。

〈方法〉

微生物の種類として、電流発生菌であるシュワネラ属、ジオバクター属に注目した。御祓川から採集した土5gを精製水100mLに混ぜ、0.25μ

のフィルターでろ過した。このフィルターから DNA 抽出キット (NucleoSpin Tissue, タカラバイオ社) で DNA を抽出した。この DNA をシュワネラ属 ジオバクター属 に特異的なプライマーを用いて PCR を行い、その後、電気泳動をした。

〈結果〉

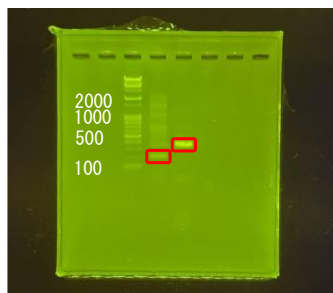


図6 シュワネラ族とジオバクター族のプライマーを用いた電気泳動の結果

シュワネラ属の目的の DNA 断片の長さである 330bpm、ジオバクター属の目的の DNA 断片の長さである 480bpm でバンドが確認できた。これより、今回使った土には、ジオバクター属、シュワネラ属のどちらの微生物も土壌中に存在することが確認できた。

〈実験4〉 電流発生菌と電流量の関係

〈方法〉

3つのマッドワットに御祓川から採集した土 300g を加えて、一つ目にはグルコース、二つ目にはマルトースを混ぜた 10%水溶液 50g を入れた。残り1つには糖を加えていない水 50g を入れ、コントロールとし、これらの4つのマッドワットから計6日間土 5g を採集し、実験3と同様の方法で、ろ過、DNA 抽出、PCR、電気泳動を行った。

〈結果〉

電気泳動で検出したバンドの濃淡をもとに、電流発生菌の量と電流量の関係の有無をみた。バンドの濃淡は数値としてははかることができなかったため、目視で判断した。電流発生菌の量が多いと、バンドが濃く光り電流量が増加する、また、電流発生菌の量が少ないとバンドが薄くなり、電流量が減少すると予想した。しかしながら、バンドの光り方の濃淡と電流量の増減を比較したが関係は

みられなかった (図7)。

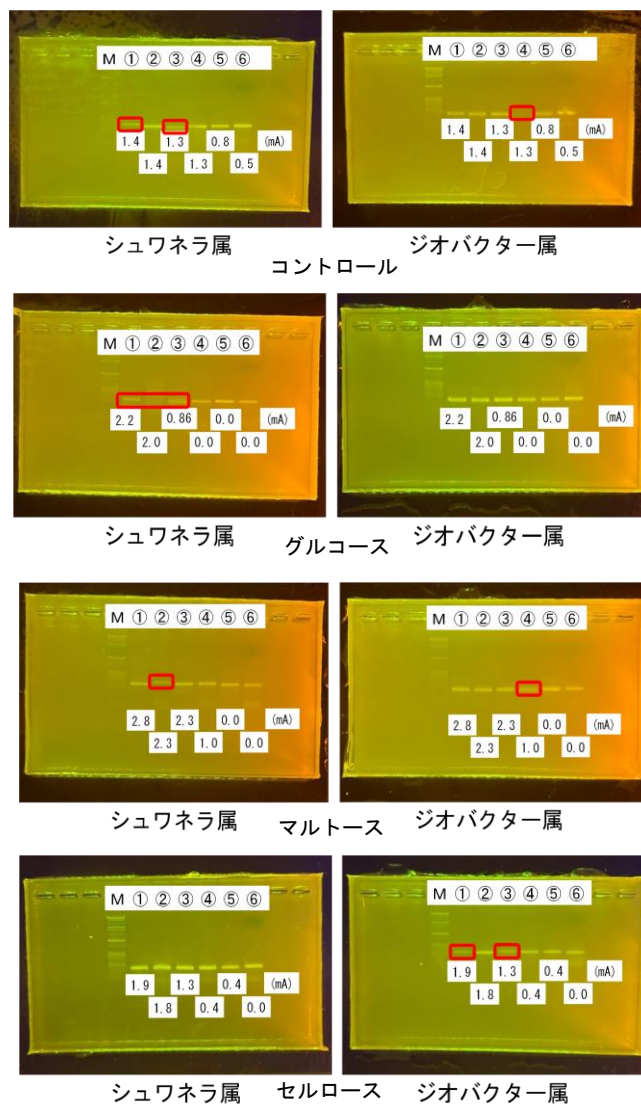


図7 各日ごとの電気泳動の結果と電流量

〈考察〉

薄いと判断したバンドは赤い枠で囲って示した。電流量の増減とバンドの光り方に関係が見られなかった理由として、電流の発生が菌の量ではなく、菌の働きや活動の強さに関係している可能性が考えられる。ジオバクター属やシュワネラ属は電極に付着して電子を電極に伝えることで発電する。そのため、DNA の量が多い、つまり、菌の量が多くても、菌が電極にうまく付着していなかったり、活動が弱かった場合には電流があまり増えない可能性がある。また、同じ菌の種類でも発電する力が違う菌が混ざっていた可能性もある。さらに電気泳動では菌がどれくらいいるかは分かるが、ど

れだけ活動しているかは分からない。今後はリアルタイム PCR を使い、菌の量と電流量の関係を詳しく調べる必要がある。

3 結論

本研究では、微生物燃料電池における糖の種類、濃度、電流発生菌の量による影響について検討した。実験1では、グルコースとマルトースを10%濃度で添加した結果、いずれもコントロールより電流量が低下した。一方、実験2では糖の濃度を1%に変え、多糖であるセルロースを用いて実験を行った。セルロースを用いたマッドワットでは電流量が持続した。実験3,4より、電流量は電流発生菌の量だけでなく、細菌の代謝や電子が電極に伝わる量に左右される可能性があると考えられる。

4 今後の展望

糖の濃度について、電流の発生に最適な糖濃度を明らかにする必要がある。また、セルロース以外の多糖や、分解速度の異なる有機物を用いることで、分解速度と電流量の関係をさらに詳しく調べる必要がある。さらに、電流発生菌の役割を明確にするためには、リアルタイム PCR などを用いて菌量を定量的に測定することが必要である。これにより、菌量と電流量の関係をより正確に評価できると考えられる。

5 参考文献

- ・七尾高等学校平成29年理数科課題研究,電流発生菌による電力の増加について
- ・井上謙吾,微生物燃料電池の発電機構の解明と有機性廃棄物処理への応用に関する生物工学研究,生物工学会誌,2024,vol.102,no.3,p.109-115.
- ・山田果歩,福島寿和,藤野健一,山田勝弘,排水処理用微生物燃料電池の電極開発,日本製鉄技報,2021,vol.417,p.98-102.