

発電菌の種類の違いによる発電量の違い

森 健琉

要旨

本研究では微生物の種類によって発電量が変わるのか確かめ、発電量の大きい微生物を見つけ、新しいクリーンエネルギーとなる微生物電池の可能性を探ることを目的とした。今回確かめたいのは微生物の種類のみに着目するため、発電機の形態は既存の簡易的なものを使用した。また今回は大腸菌、納豆菌、酵母菌の三種類の菌を用いて実験をおこなった。その結果大腸菌が最も高い電圧を発生させることが確認された。

キーワード：微生物燃料電池 地球温暖化 バイオ燃料 電圧

I. はじめに

近年化石燃料の枯渇や、温室効果ガス排出等の問題を受けて、再生可能エネルギーの需要が高まっている。高岡（1997）によると、現在、微生物燃料電池の最大の課題は、産生できる電力が小さく、自己のシステムを駆動することもできないことである。そのため電子伝達能力の改善、電極触媒の開発、セル構造の改良など、様々な取り組みがなされている。（長津・太刀内・TOUCH・日比野（2014）など）。

本研究では広島大学 工学部（2018）や長崎大学 工学部（2023）などの研究を参考にして、微生物の種類に注目することで、実用化に向けて従来の実験と異なるアプローチで電力量を比較検討する。

II. 手法

実験 1

(1) 材料

- カーボンクロス（3cm×3cm、2枚1セット）
- 腐葉土
- ニッケル線（10cm、15cm 各1本ずつ1セット）、ワニ口（線付きクリップ）
- テスター（電流、電圧が測定できるもの、ホームセンターで購入できる）
- 透明な容器（市販の透明なプラスチック容器（500mL程度）ペットボトルを切っても使えます）

- ビニール袋（小さい穴を無数に開ける）
- ロックタイ（サイズ幅2.5mm、長さ100mm）
- ニッパー
- ネット（カーボンクロスを固定できるも、4枚1セット）
- 大腸菌
- 納豆菌
- 酵母菌
- 滅菌ずみディスポロックボトル

(2) 手順

まず初めに負極と正極を作成する。二枚のカーボンクロスにネットを挟み、ロックタイで四隅を固定する。次にロックタイの切れ端を切り落とし、カーボンクロスのはみ出た部分も適切に整える。その後カーボンにニッケル線を巻き付けてニッケル線が長い方を負極とする。

透明な容器に約200mLの加熱殺菌し各菌を加える。そこに栄養素となるブドウ糖を小さじ五杯入れた土を混ぜる。この際なるべく空気の混入させないことが重要である。次に泥の中にアノード電極を埋め込み、その上をそこに穴の空いたビニール袋で覆う。カソード電極は水道水とともに容器内に配置し、新しい電極は電位が安定しないので、約1～2日程そのままの状態での保存する。容器に水道水（300mL程度）を注ぎ込み、その後容器に電極(Cathode)を固定させる。水道水を注ぐ際は泥が巻き上がらないように注意する。各菌液の作り方は酵母の場合、水100mlに酵母小さじ2

杯、納豆の場合、水 100ml に納豆 20 グラム、目安として納豆 1 バックの半分の量を使用する。大腸菌の場合、冷凍されていた大腸菌を解凍し水 100ml に大腸菌を 16ml 培養したものを使用した。またそれぞれの土に別で 100ml の水に大匙 5 杯のブドウ糖液を加えた。

(3)計測

微生物燃料電池の電圧（カソード電極電位とアノード電極電位の電位差）をテスターとワニ口を用いて、測定する。計測を開始して 1 番初めに出た値を用いることとした

実験 2

(1)材料

- ・粒状活性炭（ヤシガラ活性炭でもいい）
- ・腐葉土または有機分の多い土
- ・ステンレス線（直径 0.3mm 程度の細いワイヤー、長さ 40cm 程度を 2 つ）
- ・鉄線（直径 0.7mm、長さ 35cm 程度、さびていてもいい）
- ・でんぶんのり
- ・食塩
- ・容器（小型のタッパーなど、長さ 10cm、高さ 5cm 程度）
- ・テスター
- ・ペンチまたはニッパー
- ・ワニ口クリップコード（2 つ）
- ・抵抗（10、50、100Ω 程度）
- ・ビニール袋
- ・酵母菌
- ・納豆菌

(2) 手順

まず負極となるステンレス線を丸くまとめる。負極に載せるステンレス線が外に出る部分は容器に穴をあけプラス電極材とショート（接触）しないようにする。次に土をできるだけ空気と触れないようにビニールで密閉して 1 日以上放置する。水分が少なければ、水を加える。その後、活性炭ペーストを作成する。60g の活性炭粉に飽和食塩水 30g（20mL の水に食塩 7g を溶かす）を加え、

でんぶんのり 15g をよく混ぜてペースト状のマイナス電極材を作製する。

容器に 1cm ほど土を敷き、土から水がしみ出るようなら、ティッシュで吸水させる。その上に、ペースト状の活性炭を数ミリ程度置き、（マイナス電極材）。さらに 40cm 程度にまとめたステンレス線と、6cm 程度に切った鉄線 5~6 本に巻き付けたものを載せる。その後、ペースト活性炭をさらに数ミリ追加し、空気が入らないように土を 2cm ほど被せる。

その後、粉体状活性炭を上になく敷く。さらに、粒状の活性炭を 5mm ほど載せる。このときの活性炭は乾いた状態のものを使用し、政局として機能させる。最後に、丸めたステンレス線を正極の上にビニール袋に土を少し入れたものを重りとして配置する。同様の手順で酵母菌の土を使用した燃料電池も作成する。

(3) 計測

実験 1 と同様のため省略

III. 結果

結果の分析

実験 1

- ・無菌状態の時を除いて初めは 20 から 30mV の値から始まってだんだんと上昇していった
- ・数値は違えど、酵母菌と納豆菌は最初上昇していった、8 日目を過ぎたところで減少傾向になったが、二週間を過ぎると変化が見られなかった
- ・計測の際時間が経つにつれて電圧は減少していった

実験 2

- ・時間が経つにつれて電圧は上昇した

実験 1

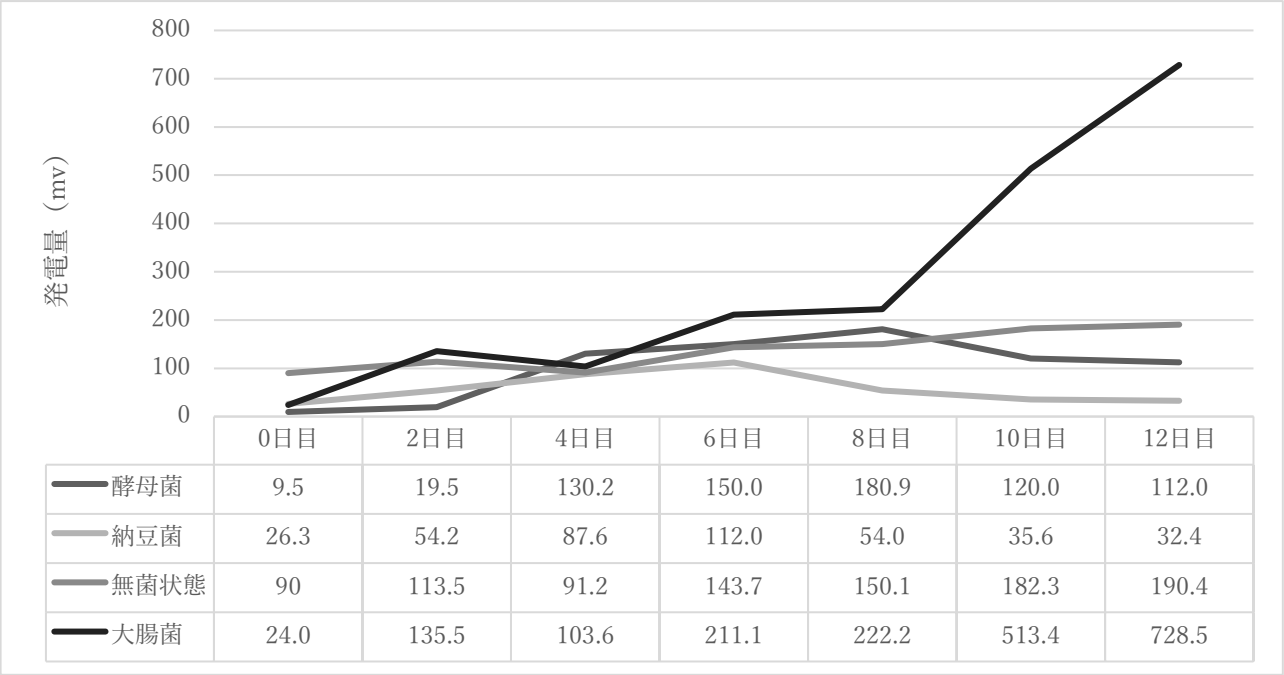


図 1 各発電菌による発電量の変化

実験 2

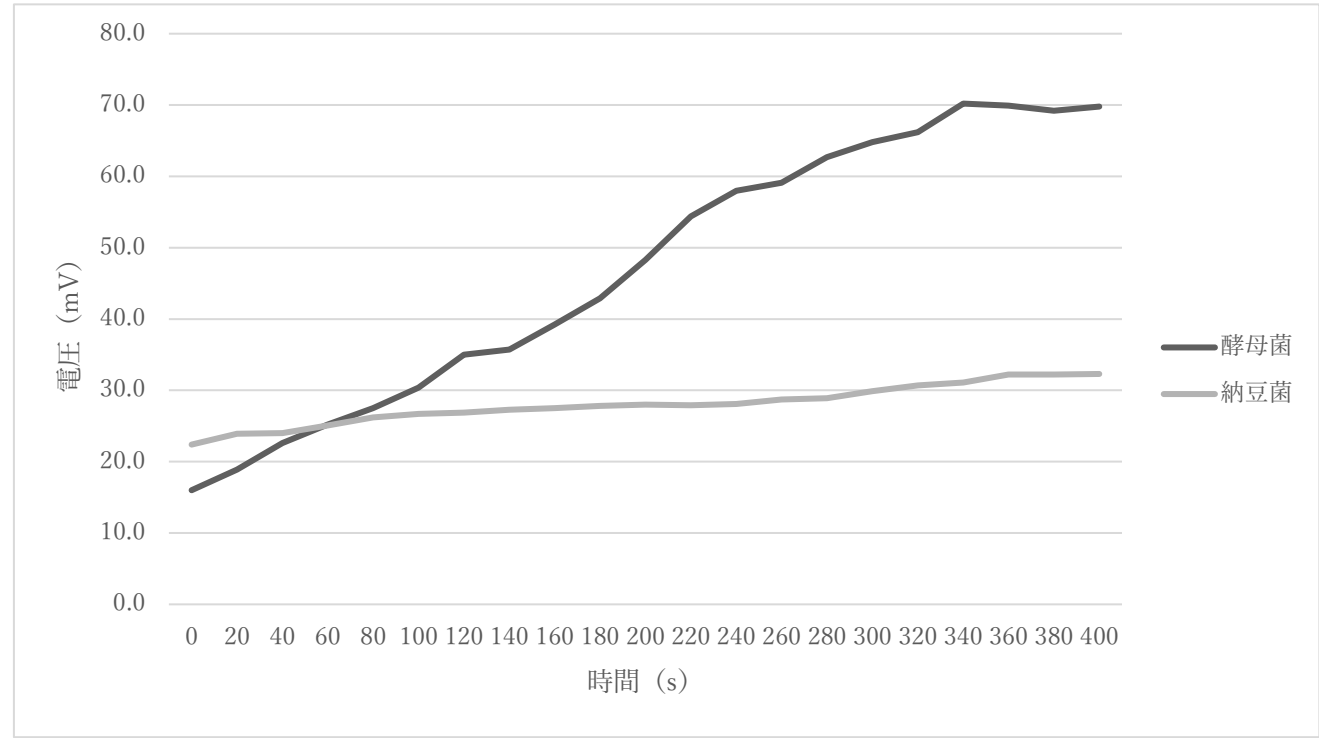


図 2 発電菌別電圧の変化

IV. 考察

三種類の菌で比べた結果、電圧の大きさは大腸菌 > 酵母菌 > 納豆菌の順となった。電圧は電子が過剰の電極から不足している電極へ流れる際に生じる電位差によるものである。

予備実験で行なった時も、酵母菌の方が納豆菌より電圧が 105mV 高かった。これは納豆は低温になると芽胞を作り、約 10 度以下から休眠体制となるため活動が低下する可能性が考えられる。一方、酵母菌の方が低音環境でも活動性が高く、これが電圧の違いに影響を与えたと考えられる。大腸菌については角野猛、小暮八穂子（1978）によると、20℃付近でも 30℃と同程度の活動が維持されることがわかっている。本実験場所の環境が、22℃～21℃であったことを考慮すると、大腸菌が三つの菌の中で最も活発だった可能性が高い。

また、無菌状態の対照実験で予想よりも高い電圧が測定された。この理由として、土の滅菌が足りなかった可能性が考えられる。しかし 150℃滅菌器で 30 分加熱しているため、ほとんどの菌は死滅しているはずである。そこで考えたのは他の菌が土に残っていた熱によって死滅してしまった可能性だ。大腸菌と無菌状態のものは土をオープンから取り出した後から長く時間が経っていたため影響を受けず、取り出してからすぐに実験をおこなった納豆菌と酵母菌は先に述べた二つの状態よりも電圧の大きさは小さい。しかし土と細菌を混ぜた時の土の温度を計測していないため確証は得られない。

計測を始めてから急激に電圧が減少する現象については計測時の揺れによって、土の中の電子が正極のある水の方に移動したため電圧が減少したと考えた。またテスター自体に抵抗があるためオームの法則 ($RI=V$) より抵抗が大きくなると電圧も低下することも要因の一つとして考えられる。

V. 結論

簡易的な発電に最も便利なのは今回実験した中だと大腸菌ということがわかった。特徴として簡易的な土を使う発電では酸素が行き渡ることは難

しいため、嫌気性の微生物が望ましい。

自分の実験の今後の展望としては、微生物が発電するという点において優れている微生物を発見しただけで実際に発生した電気を使ったり、電力量を最大化するところまでは辿り着けなかった。よって大学に行ったらこの実験結果を精査して、より電圧を高めるにはどうしたらいいか考えたい。

謝辞

長山先生本当にありがとうございました

文献

納豆菌 酢酸菌 乳酸菌農林水産省

https://www.maff.go.jp/japanese_hakk

[土壤微生物電池で LED を点灯させよう！！ | おもしろ科学実験 ...mirai-](#)

[kougaku.jphttps://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages](#)

[微生物が燃料を作る微生物燃料電池！ | おもしろ科学実験室 ...mirai-](#)

[kougaku.jphttps://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages](#)

落合英夫（1984）：微生物電池 J-STAGE 33 巻 5 号

角野 猛* 小暮八穂子*（1978）：低温 性大腸菌群 の発育に及ぼす培養温度の影響 Influence of Incubation Temperatures on the Growth of Psychrotrophic Coliforms

長津 義幸, 太刀内 紘平, TOUCH NARONG, 日比野 忠史 （2014）：70 巻（2014）2 号 有機泥を燃料とする微生物燃料電池の性能向上要因の解明

Japan Food Research Laboratories JFRL ニュース Vol.4 No.33（2014）：芽胞形成菌について