

# 発酵食品を用いた微生物発電に関する基礎研究

広島県立西条農業高等学校 農業機械科

瀧奥 康汰、能島 直生、濱本 青空、藤原 康成

南 天真、山田 惇心、和田 龍汰、渡部 温生

## 1 はじめに

西条農業高校では、SS 課題研究での取組として、『スペース・アグリカルチャー＝宇宙農業』を掲げ、研究を行っている。将来を見据え、宇宙空間や他の惑星における農業の可能性を探る研究であるが、農作物の管理には安定供給可能な電源が必要不可欠である。身近な物を使った発電方法はいくつかあるが、私たちはヨーグルトや納豆といった身近な発酵食品を使用した“微生物発電”に着目した。

“微生物発電”とは、土壌や水中に含まれる有機物を微生物が酸化分解した際に放出される電子を電流として利用する発電方法である。水田の粘土層に生息する微生物を用いた“田んぼ発電”の研究はすでに行われている。

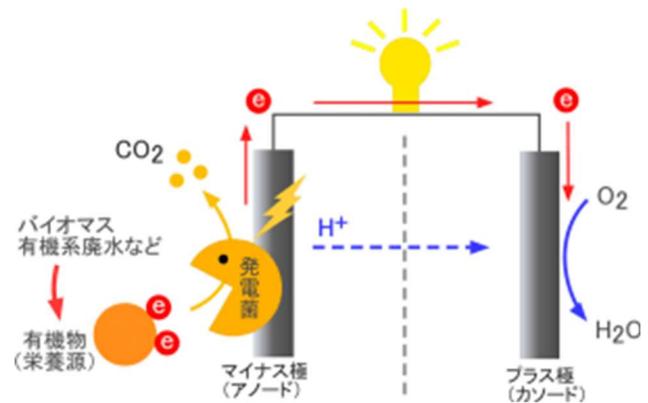


図 1 微生物発電の概略図（リケラボ HP より）

## 2 目的

ヨーグルトや納豆等の身近な発酵食品に含まれる微生物の発電能力（起電力）について、電圧ロガーを用いて測定・記録することで、直流電源としての可能性を考察する。



図 2 身近にある発酵食品（ヨーグルトと納豆）

## 3 実験装置の製作

- (1) 電極は炭素棒（直径 10mm、長さ 100mm）を用いる。炭素棒に鉄製のスプリングを巻き付け、接合点とする。プラス極に 2 本、マイナス極に 2 本、合計 4 本用意する。
- (2) マイナス極はタッパーの底面に配置する。微生物との接触面積を増やすために、

炭素棒を2本並列に接続する。

(3) プラス極はタッパーの上側（蓋）に取り付ける。酸素との反応を考慮して、炭素棒は垂直に配置する。



図3 マイナス側電極（左） プラス側電極（右）

#### 4 実験

##### 【実験手順】

(1) タッパー底部にヨーグルト等の発酵食品を入れ、マイナス電極2本を沈める。

タッパー上部に精製水を入れる。精製水の水面にプラス電極が少し浸かる位置で電極を固定する。



図4 納豆を測定中の実験装置

(2) 定期的に電圧を測定するために、ロガーの測定間隔を30分にセットする。

(3) 起電力は3日間（72時間）連続して測定する。ただし、温度変化をできるだけ少なくするために、鉄筋コンクリート製の校舎の一階にある、引き戸付き戸棚に置いておく。※戸棚内の気温は22℃から26℃

(4) 実験終了後、測定データを電圧ロガーからパソコンに移動させる。

##### 【実験1】

上記実験をプレーンヨーグルト・納豆・オリゴ糖2g入り  
プレーンヨーグルト・オリゴ糖8g入りプレーンヨーグル



図5 ヨーグルトを入れる作業（左） 精製水を入れる作業（右）

ト・納豆入りプレーンヨーグルトの5種類で実施する。

また、水田の泥（本校の農場にある水田）・精製水の2種類で実施し、測定結果（発生起電力）をそれぞれで比較する。

※1種類につき、3～5回程度測定し、平均的かつ安定したデータを抽出する。

## 【実験 2】

昇圧回路を用いて電圧を昇圧させ、実際に LED が電灯するかテストする。発生電圧ができるだけ高くなる時間帯を選び測定する。

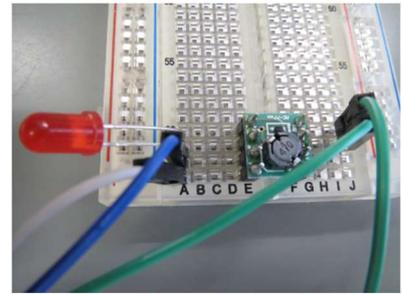


図 6 電圧昇圧装置と LED

## 5 結果

### 【実験 1】

プレーンヨーグルト・納豆・オリゴ糖 2g 入りプレーンヨーグルト・オリゴ糖 8g 入りプレーンヨーグルト・納豆入りプレーンヨーグルトをそれぞれ 72 時間連続して測定し、起電力をグラフにした。

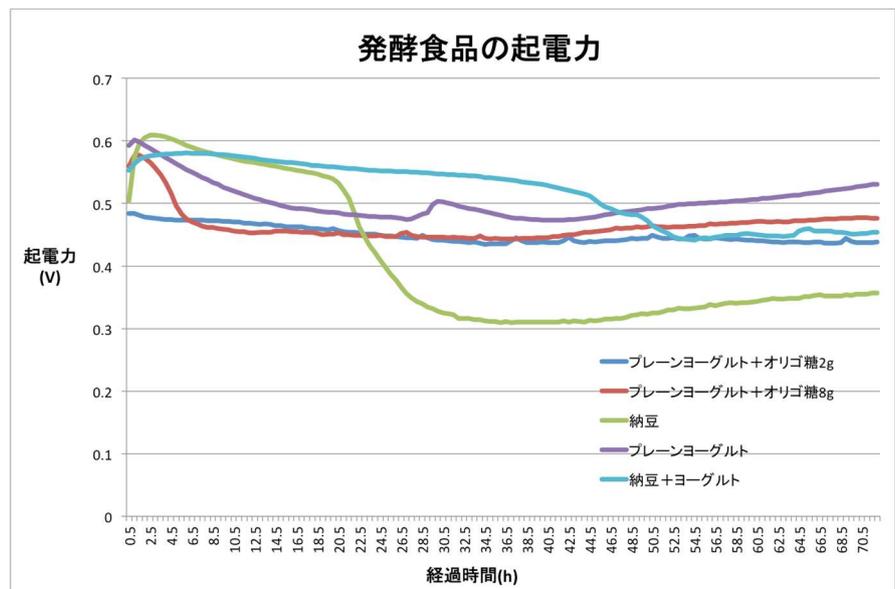


図 7 発酵食品の起電力

- ・納豆は、測定開始 3 時間～20 時間までの間で高い起電力を示した。
- ・プレーンヨーグルトは、上下動があるものの比較的安定した起電力を示した。
- ・プレーンヨーグルトにオリゴ糖を加えたが、プレーンヨーグルト単体を超える起電力は示さなかった。

・納豆入りプレーンヨーグルトは、測定開始 3 時間～40 時間までの間で高い起電力を示した。

次に水田の泥・精製水を 72 時間連続で測定し、起電力をグラフにした。

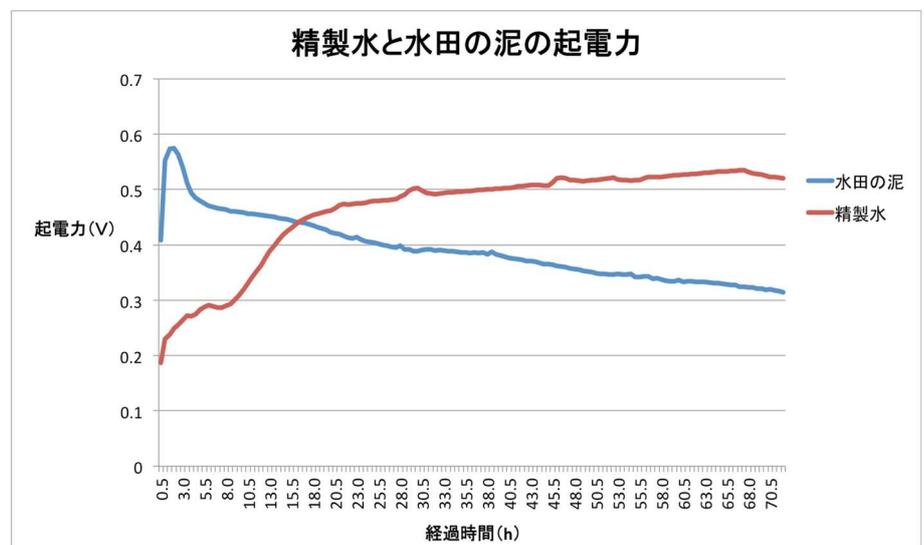


図 8 精製水と水田の泥の起電力

- ・発酵食品は、0.45V程の起電力を72時間にわたって維持、場合によっては上昇させたが、水田の泥の起電力は継続して低下した。
- ・精製水の起電力は時間と共に概ね上昇を示した。

## 【実験2】

昇圧回路を用いて電圧を昇圧させ、実際にLEDが電灯するかを試みたが、点灯しなかった。回路に接続すると発生起電力は急激に低下（ドロップ）した。

## 6 考察

- ・納豆の納豆菌とプレーンヨーグルトのビフィズス菌は、互いの発酵を阻害すること無く共存し、発酵(発電)が行われていると考えられる。
- ・水田の泥と精製水との比較により、水田の泥は嫌気性であるが、発電菌に相当する細菌は殆ど生息していないと思われる。
- ・精製水の起電力上昇は、電極部に僅かに残留していた発電菌もしくは雑菌の繁殖によるものと、炭素電極に巻き付けた金属製コイルの酸化現象によるものと思われる。(図9)

- ・水田の泥や発酵食品は嫌気性を保っており、精製水以外では、金属製コイルの酸化現象はおおむね発生しないと考えられる。
- ・発生電圧が最大で0.6V程度を示したため、昇圧回路を用いてLEDの点灯を試みたが、点灯しなかった。発生電流はとても微弱である。



図9 スプリングに発生した錆(72時間後)

- ・オリゴ糖入りプレーンヨーグルトについては、オリゴ糖によってビフィズス菌が活発になると一般に言われているので、起電力の上昇を期待していたが、プレーンヨーグルト単体よりも数値が低かった。粉末のオリゴ糖をヨーグルトに混ぜ込む(=嫌気性細菌が空気に触れてしまう)工程に原因があると考えたが、空気に触れさせず混ぜ込む作業はできないので、不明である。また、オリゴ糖によって、精製水の導電性が若干低下している可能性も考え、絶縁抵抗計やデジタルテスターでの測定を試みたが、測定値のバラツキが多く、実証には至らなかった。

## まとめ

○納豆の納豆菌とプレーンヨーグルトのビフィズス菌は、共に発電能力を有しており、この2つを組み合わせることで、40時間程度であれば安定した直流電源となり得る可能性がある。しかし、発生電流はごく微少であり、LED照明の電源や、モーター駆動の動力源としては期待できない。

○発酵食品を製造するにあたり、色や味、食感等についての品質管理は厳しくなされているが、起電力についての検査や品質管理は行われておらず、購入した際の個体差が大きい原因と思われる。一方、プレーンヨーグルトにせよ、納豆にせよ、全く起電力が生じない個体は無かったことから、この先食品メーカーが“発電菌”に着目し、積極的に研究開発を行うことで、発酵食品による発電が実現する可能性はある。

## 7 実験を終えて

- ・ 予備実験として、最初にプレーンヨーグルトを測定したが、起電力があることにとても驚いた。ヨーグルトの中にイオンがあり、それに反応しているだけかと思ったが、精製水・水田の泥との比較や、ヨーグルトでも途中から起電力が上昇していることが分かり、発酵作用（腐敗も含めて）が起電力に影響を与えていることが明白になった。
- ・ クリーンルームが無い場合、どうしても雑菌が混入し、測定が長時間に及ぶと表面やプラス電極周りにカビが発生した。腐敗が進み、途中で実験を中断したことも何度かあった（納豆は腐敗しやすかった）。48時間以上経過すると、発酵臭がきつくなり、発酵しているのか、腐敗しているのか判断に困った。
- ・ タッパーの底部にマイナス電極があるため、精製水よりも比重が重い物しか測定できない。プレーンヨーグルトは発酵が進んでも底に留まったが、納豆の発酵が進むにつれ浮き上がって浮遊し分散してしまうことがあった。園芸で使用するプラスチック製の網を使って浮き上がらないよう対策をした。
- ・ キムチ等の他の発酵食品や、様々なメーカーの各種ヨーグルト、装置を並列接続した実験等も試みたかったが、臭いや購入費用の点から断念した。