

土壤微生物発電 クリーンエネルギーPART 4

～大地の力を信じて電気を生み出す～

千葉県立椿森中学校 3年

佐々木 良介

【千葉県児童生徒・教職員科学作品展

千葉市長賞】

1 研究の動機

これまで「太陽光」「風力」「水素燃料電池」発電の研究を行ってきたが、実用面では、高額な設備や設置による環境負荷に課題があったため、それらを解決し、より自然環境と調和できる「土壤微生物発電」に着目した。本研究では、入手性の高い材料及び単純な構成で発電セルを自作し、発電効果を高める条件を探求する。

2 研究の内容

(1) 初期実験

発電セル（図1）の土壤量を1000mLに固定し、①水分量②ステンレス金網電極の粗さ③電極間距離をそれぞれ変化させ、起電力を測定する（図2）。

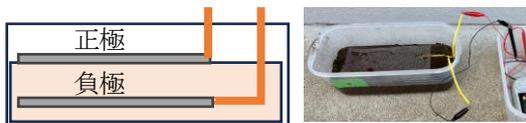


図1 発電セル構成

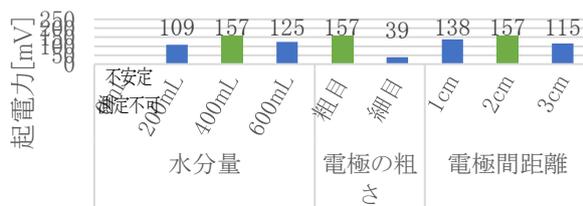


図2 初期実験における起電力変化

(2) 電極構造の違いによる発電性能比較実験

初期実験の最適条件を基に、負極では微生物（発電菌）の収集と定着の強化、正極では効果的な酸素の収集が、それぞれ期待できる電極を作製し、起電力変化の観察と内部抵抗の測定により発電性能を比較する（表1及び図3）。

表1 電極構造（発電セル）と発電性能

セル名	電極構造	最大起電力	内部抵抗
1号機	初期実験の最適条件	320mV	1,954Ω
2号機	正極・負極の焼き入れ	419mV	962Ω
3号機	負極のみ3枚	138mV	—
4号機	負極のみ焼き入れ	410mV	1,064Ω

5号機	正極へ活性炭45mL追加 負極へ活性炭90mL追加	80mV	—
6号機	負極のみ活性炭45mL追加	測定不可	—
7号機	正極のみ活性炭45mL追加	431mV	476Ω

（注）最大起電力が初期実験の最大起電力（157mV）より低い場合は内部抵抗を測定しない。



図3 発電セルごとの起電力変化

3 研究のまとめ

(1) 初期実験

水分量や電極間距離が過多過少だと酸化還元反応が減り、起電力が低下するため、適した条件設定が必要であった。また、金網電極の粗さが細かすぎると泥（土壌）が浸透せず、電極との接触が減るため、適度に粗いものが望ましい。

(2) 電極構造の違いによる発電性能比較実験

多くの発電セルは10日以内に最大起電力となったが、1号機は38日目に達し、微生物の働きで徐々に上昇した可能性がある。内部抵抗は、最大起電力が高いほど低くなる傾向があった。電極を火であぶった2、4号機は表面積が増え、酸化還元反応が活発化し、比較的高い性能を示した。負極に活性炭を加えた5、6号機では、活性炭中の酸素が微生物の働きを妨げ、さらに負極側で酸化還元反応が同時に起き、起電力が大幅に低下した。7号機は、正極のみに活性炭を加えることで、還元反応が強化され、最も高い起電力を得た。7号機を複製し、LEDなどの電子デバイスを接続すると、安定して動作した。土壤微生物発電は、微弱ながら持続可能なクリーンエネルギーとして高い可能性を持つ。

4 指導と助言

小学校6年生から4年間にわたり継続して研究した再生可能エネルギーによる発電の集大成である。土壤微生物発電の基礎研究の成果は、日本のエネルギー問題解決の可能性を秘めた研究であり、今後の更なる研究に期待したい。

（指導教員 岡 佑太郎）

イーストの力を最大限に生かすにはⅡ
～さらなるふわふわなパンを求めて～

千葉市立菅田中学校 2年
宇賀 友音

【千葉県児童生徒・教職員科学作品展優秀賞】

1 研究の動機

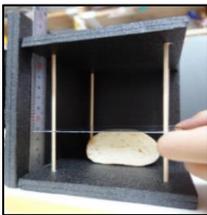
趣味のパン作りの際、砂糖の分量により発酵不足や過発酵が起きる点に疑問をもった。昨年の研究では、パン生地の発酵時間と発酵温度を変えた結果、イーストの最適発酵条件は、温度30℃・発酵時間90分と明らかにした。今年はさらにふわふわなパンを求め、砂糖の量と発酵時間の条件設定を細かくし、イーストの効果を最大限に発揮する条件を調査した。

2 研究の方法と内容

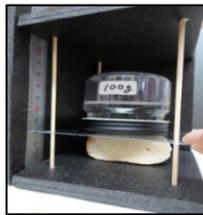
(1) 評価方法の定義と実験方法

【パンの柔らかさを評価する装置の作成】

半分に切ったパンを中央に置き、おもりをのせる前(A)、のせた時(B)、のせた後(C)の高さを測定する。おもり(100g)は30秒間のせる。



【おもりをのせる前(A)・後(C)の高さ】



【おもりをのせている時(B)の高さ】

【柔らかさの評価方法】

おもりをのせている時のパンがつぶれた割合=

$$\frac{\text{おもりをのせる前の高さ(A)} - \text{おもりをのせている時の高さ(B)}}{\text{おもりをのせる前の高さ(A)}} \times 100$$

この数値が大きいほど、パンがつぶれている。

【つぶれたパンがどれくらい戻ったかの割合】

$$\frac{\text{おもりをのせた後の高さ(C)}}{\text{おもりをのせる前の高さ(A)}} \times 100$$

100に近いほど、パンが元の高さに戻ったことを示し、パンの弾力が推測可能である。

【評価方法】

- ① 0分後、一次発酵後、二次発酵後、焼いた後の生地を観察する。
- ② パンの最大の高さと横幅を測定する。
- ③ パンの最大の横幅の位置の断面を観察し、クリアファイルに縦横1cmのマス目を書いたものを断面にのせ写真撮影し、面積を求める。
- ④ パンの自作測定装置を用い、おもりをのせる前後の高さの変化を測定する。

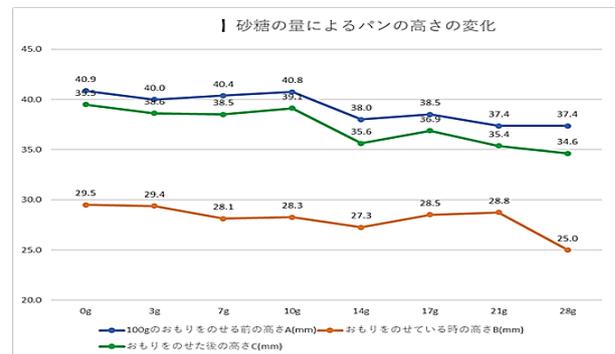
【パンの作成手順】

- ① ホームベーカリーで8分間生地を練る。

- ② 生地を25gずつ分けて丸めてラップし、30℃で45分置く。(一次発酵)
- ③ 一次発酵後、ガス抜きをして丸め直す。
- ④ 30℃で45分置く。(二次発酵)
- ⑤ 二次発酵後、電子レンジのオープン機能190℃で9分焼く。

(2) 砂糖の量による発酵の影響

パン生地の砂糖の量0g、3g、7g、10g、14g、17g、21g、28gの8通りを調べた。砂糖が多いほど発酵が進むため生地が柔らかく、焼くと高さが低く、断面積も小さい。砂糖が多すぎても少なすぎてもうまく発酵が進まない。砂糖7gでは気泡が生地全体にできるため断面積が大きくなり、柔らかさも弾力もあるパンができた。



(3) 一次発酵と二次発酵の時間による影響

合計発酵時間90分とし、一次発酵と二次発酵の時間の組み合わせを9通り調べた。一次発酵と二次発酵の時間の割合により、生地の柔らかさ・パンの大きさ・形・気泡・質感・においに変化した。

	一次発酵	二次発酵	
(1)	10分	80分	
(2)	20分	70分	
(3)	30分	60分	
(4)	40分	50分	
(5)	45分	45分	
(6)	50分	40分	
(7)	60分	30分	
(8)	70分	20分	
(9)	80分	10分	

【発酵時間の組み合わせ】

【パンの焼き上がりと断面】

3 研究のまとめ

イーストの発酵は砂糖の量が多いほど発酵が進むが、多すぎても少なすぎてもうまく進まない。一次発酵と二次発酵のどちらも30分以上確保すると発酵が進む。本研究では、砂糖7g、一次発酵45分+二次発酵45分が最も柔らかく弾力あるふわふわなパンとなった。

4 指導と助言

発酵条件の設定を細かくすることと客観的かつ正確なデータ測定の必要性を助言した。自作の測定器具で定量的に測定し、丁寧な実験からふわふわなパンの条件を明らかにした点が素晴らしい。(指導教員 佐藤 未絵)

ラップの実験Part 3 脂はラップを弱くするのか？

脂 VS 水 VS エチレン

千葉市立稲毛国際中等教育学校 3年

宮川 あさひ

【千葉県児童生徒・教職員科学作品展優秀賞】

1 研究の動機

切った果物の器にかけた塩ビラップが、ピリッとさけることが多いことに気づき2年間研究を進めた。その結果、エチレンとリモネンが塩ビラップを弱くすることがあると分かった。今回は、クッキーを焼く前に、生地を包んで冷蔵庫で休ませている時のラップも破れやすいと感じていたので、脂や水分がラップにどう影響するのかを研究してみることにした。

2 研究の内容

(1) 下記条件を設定して、冷蔵・冷凍庫で24時間

または36時間保管した塩ビラップに、重りをつるして強度を調べた。

- ① バターを塗った塩ビラップ
- ② サラダ油を塗った塩ビラップ
- ③ ラードを塗った塩ビラップ
- ④ 器に熱湯を入れてからすぐに塩ビラップをして水滴を玉状にたくさんつけた塩ビラップ
- ⑤ クッキーの生地を薄くのばしてから塩ビラップで包んだもの

(2) 対照実験として、下記のラップにも重りをつるして強度を調べた。

- ① そのままの塩ビラップ
- ② バナナの実を直巻きにして冷蔵庫で24時間、36時間保管した塩ビラップ
- ③ ポリエチレンのラップにバターを塗って冷蔵庫で24時間、冷凍庫で24時間保管したもの



3 研究のまとめ

(1) 本年度は下記の4つのことが分かった。

- ① エチレンは塩ビラップを裂けやすくする。塩ビラップは酸素透過性が低い。
- ② 脂は塩ビラップを弱くすることがあるが、粘りをなくして変質させるほどではない。
- ③ 脂はポリエチレンラップを裂けやすくしない。ポリエチレンラップは脂を塗っても伸びて裂けない。ポリエチレンラップは酸素透過性が高いのでエチレンの影響を受けにくい。
- ④ 脂やエチレンと水分が合わさると、塩ビラップはより弱くなる。
 - ・ 水滴をたくさんつけた塩ビラップは、冷蔵保管36時間になると破れることが多い。熟れた桃や梨の塩ビラップも、水滴が多くついたラップの方が破れやすい。
 - ・ クッキー生地の塩ビラップは、切り目のない方向にも手で引き裂けたが、粘り気はある。脂だけではラップは変わらなくても、脂と水分が合わさると裂けやすくなる。

(2) 塩ビラップの構造と酵素の影響について

- ① 塩化ビニリデンは、塩素と水素と炭素でできているのでエチレンと親和性が高い。身近な物にも、分子が影響する場合がある。
- ② バナナの実の塩ビラップは、粘り気も少なく裂けやすく変質している。これまでの研究で桃や梨のラップも裂けやすかったが、バナナのラップよりもずっと粘り気があった。青果物の鮮度を保つためにエチレンを水と二酸化炭素に分解するシートを開発したメーカーさんや、エチレンガスを吸着透過させる石を練り込んだ袋を開発したメーカーさんからお話を聞いた。また、自然分解するプラスチックに酵素を活用していることをテレビ番組で知った。バナナのラップにはエチレンだけではなく酵素が影響している可能性もある。

4 指導と助言

3年間続けてきた実験をまとめきれないように、今まで行ってきたことをやりきってほしい。

(指導教員 三浦 淳)

バイオエタノール製造の最適条件の探究 ～廃棄野菜のアップサイクルを目指して～

千葉市立都賀中学校 3年

科学技術部

【千葉県児童生徒・教職員科学作品展佳作】

【千葉市総合展覧会科学部門教育長賞】

1 研究の動機

昨今、気候変動などにより、廃棄されている農作物をバイオエタノールにし、新たなエネルギー源として活用できるのではないかと考え、研究を行った。

2 研究の内容

(1) 実験方法

砂糖 10g、酵母の量 0.4g、温度 40℃を基準に実験ごとにそれぞれ条件を変える。水 40ml に砂糖、酵母を加えて混ぜ、0～7日間かけインキュベーターに置いて、発酵させる。精製したバイオエタノールのアルコール濃度と糖度を測定し、アルコール濃度が高くなる最適条件を調べた。

① 温度を変えたときのアルコール濃度の変化

温度を 0, 30, 40, 50℃に変え、実験を行った。

② 砂糖の量を変えたときのアルコール濃度の変化

砂糖の量を 5, 10, 15, 20g に変え、実験を行った。

③ - 1 酵母の量を変えたときのアルコール濃度の変化

酵母の量を 0.4, 0.8, 1.2g に変え、実験を行った。

③ - 2 酵母の量を変え、短時間で計測したときのアルコール濃度の変化

③ - 1 で、酵母 0.8g と 1.2g のアルコール濃度

に変化がなかったため、酵母の量が多いほど濃度が高くなるのかわからなかった。より短時間でのアルコール濃度の上昇の仕方の違いについて比較をした。

※上記の実験から、アルコール濃度が最も高くなる条件がわかった。それをもとに砂糖の代わりに複数種類の野菜、果物、菌類(キノコ)を用いて、バイオエタノールの製造を行った。(野菜: 15g、酵母: 0.8g、温度: 40℃)

④ 野菜の種類と加工方法を変えたときの糖度・アルコール濃度の変化

リンゴ、ジャガイモ、コメを用いて、それぞれ通常の状態(生とする)、焼き、茹で、乾燥、腐敗の 5 パターンで実験を行った。

⑤ 野菜の種類と乾燥の有無による糖度・アルコール濃度の変化

根菜 3 種、葉菜 3 種、果菜 7 種、菌類 2 種の合計 15 種類の生と乾燥させた野菜からバイオエタノールを製造し、糖度、アルコール濃度の比較をした。

3 研究のまとめ

- ・温度を 40℃前後にすること。砂糖の量は多ければ多いほどよいというわけではなく、その最適量には上限が存在すること。酵母の量が多いほどよいということ。これら 3 つの傾向が実験結果からわかった。3 つの傾向を満たして、バイオエタノールを製造することがアルコール濃度が高くなる最適条件だった。(本実験では、水: 砂糖: 酵母=40ml: 15g: 0.8g)
- ・野菜を用いて製造するときは、炭水化物や食物繊維を多く含む、果物と菌類を使用するとよい。野菜を乾燥させることによって、成分が濃縮され、高濃度のバイオエタノールを製造することができる。

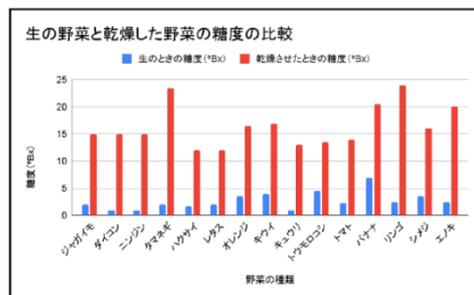


図1 生の野菜と乾燥した野菜の糖度の比較

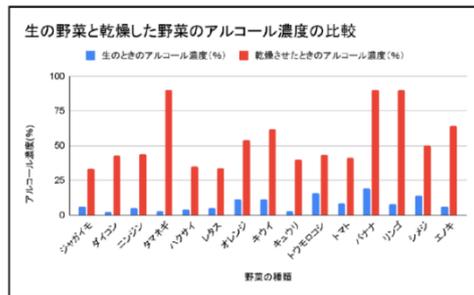


図2 生の野菜と乾燥した野菜のアルコール濃度の比較

4 指導と助言

社会が抱える問題から課題を設定し、膨大なデータから仮説を検証することができた。また、強い熱意をもって1年半にわたり継続的に研究に取り組んだ。(指導教員 林 健彦)