

青果物を用いた 電池の研究

**～台所で発電！果物＆野菜電池でな
にができる？～**



台所で発電！果物＆野菜電池でなにができる？



1. 動機

学校の授業で化学電池について学習した際、レモンと金属板で電池をつくれることを知った。レモン以外の果物や野菜を用いた電池や、高い電圧を得るための条件について興味を持ち、今回のテーマを設定した。

2. 目的

どのような条件下で、どのような果物・野菜を使った電池が最も優れているのか調べ、様々な電子機器を動かす。

また、研究を通して果物電池の原理について理解を深める。

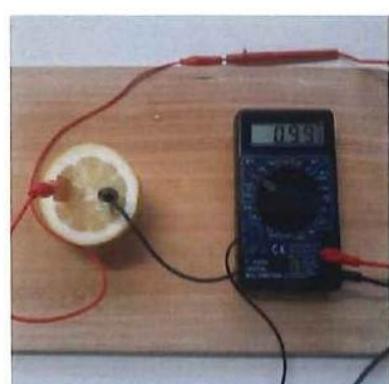
3. 準備物

- ・レモン 　・オレンジ 　・グレープフルーツ 　・バナナ
- ・ニンジン 　・タマネギ 　・ジャガイモ 　・キュウリ 　・トマト
- ・銅板 　・亜鉛板 　・アルミニウム板 　・鉄板 　・オキシドール
- ・デジタルテスター 　・pH 試験紙 　・リード線 　・LED ライト
- ・精製水 　・サンドペーパー 　・料理用温度計

4. 事前実験

★比較対象になる通常のレモン電池の電圧を計測する。

- 条件
- ・レモン(1/2)を使う
 - ・レモンの質量は 63.3 g
 - ・レモンの温度は 7°C
 - ・銅板(+極)と亜鉛版(-極)を組み合わせる
 - ・極板の面積はどちらも 50 mm × 12 mm
 - ・極板間の距離は 4 cm



1. テスターで電圧を測定する。
2. 5分間計測を続け、1分ごとに電圧を記録する。

《結果》

時間(分)	0	1	2	3	4	5
電圧(V)	0.99	0.95	0.95	0.94	0.94	0.92

《考察》

○レモン果汁はクエン酸などが含まれている酸性の水溶液である。そこに2種類の異なる金属を入れたため、ボルタ電池と同じ仕組みで電気を取り出したことが分かる。

→ -極(亜鉛板)では +極(銅板)では



の反応が起きていたと考えられる。そのため、ボルタ電池と同様に、+極で発生する水素(H_2)が銅板の周囲に溜まることで発電力が低下してしまった(分極)。

4. 調べる内容

①果物・野菜(レモン)の条件によって得られる電圧にどのような違いがあるだろうか。

《仮説》

○果物・野菜(レモン)の温度、重さ、大きさを変えた電池

→ 得られる電圧は変わらない。

○果物・野菜(レモン)から搾り取った果汁の電池

→ 内部にある小さい袋や薄皮のようなものがなくなり、イオンの移動がしやすくなることで、得られる電圧が高くなる。

《実験》 フルーツ・野菜の条件を変える

※今回はレモンを用いて実験を行う。

① - 1 大きさ・重さの違うレモンを使う

・レモン(3/4)

・質量は 115.2 g

事前実験と同様にして電圧を測定する。

《結果》

	0分後	1分後	2分後	3分後	4分後	5分後
63.3g	0.99	0.95	0.95	0.94	0.94	0.92
115.2g	0.98	0.97	0.95	0.94	0.94	0.93

① - 2 レモンの温度を変えてみる。

- ・蒸したレモン(50°C)でレモン電池を作り、事前実験と同様にして電圧を測定する。

《結果》

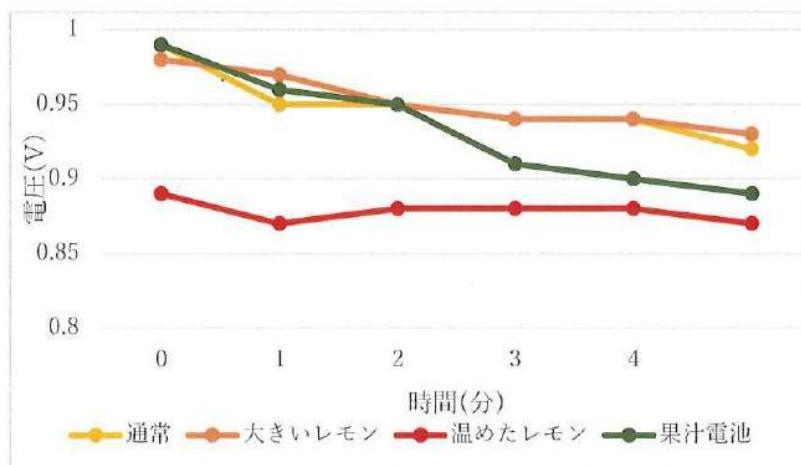
	0分後	1分後	2分後	3分後	4分後	5分後
7°C	0.99	0.95	0.95	0.94	0.94	0.92
50°C	0.89	0.87	0.88	0.88	0.88	0.87

① - 3 しぼりとったレモン果汁で電池をつくる

- ・事前実験で使ったレモンと同じ質量の果汁を絞ってビーカーに入れ、事前実験と同様にして電圧を測定する。

《結果》

	0分後	1分後	2分後	3分後	4分後	5分後
レモン果実	0.99	0.95	0.95	0.94	0.94	0.92
レモン果汁	0.99	0.96	0.95	0.91	0.90	0.89



《考察》

- 大きさや重さは得られる電圧に影響しない。
- レモンの果実電池と果汁電池から得られる電圧に大きな差はない。
→レモンの内部にある小さい袋のようなものや、薄皮がイオンの移動の妨げになるかと考えたが、実際にはセロハンや素焼き板のようになっていて、イオンは比較的自由に動くことができるのだと思われる。
- 温めたレモンは通常よりも低い電圧しか得られなかつた
→温めたことで果汁が蒸発してしまったからではないか。

②フルーツ・野菜の種類によって得られる電圧にどのような違いがあるだろうか。

《仮説》

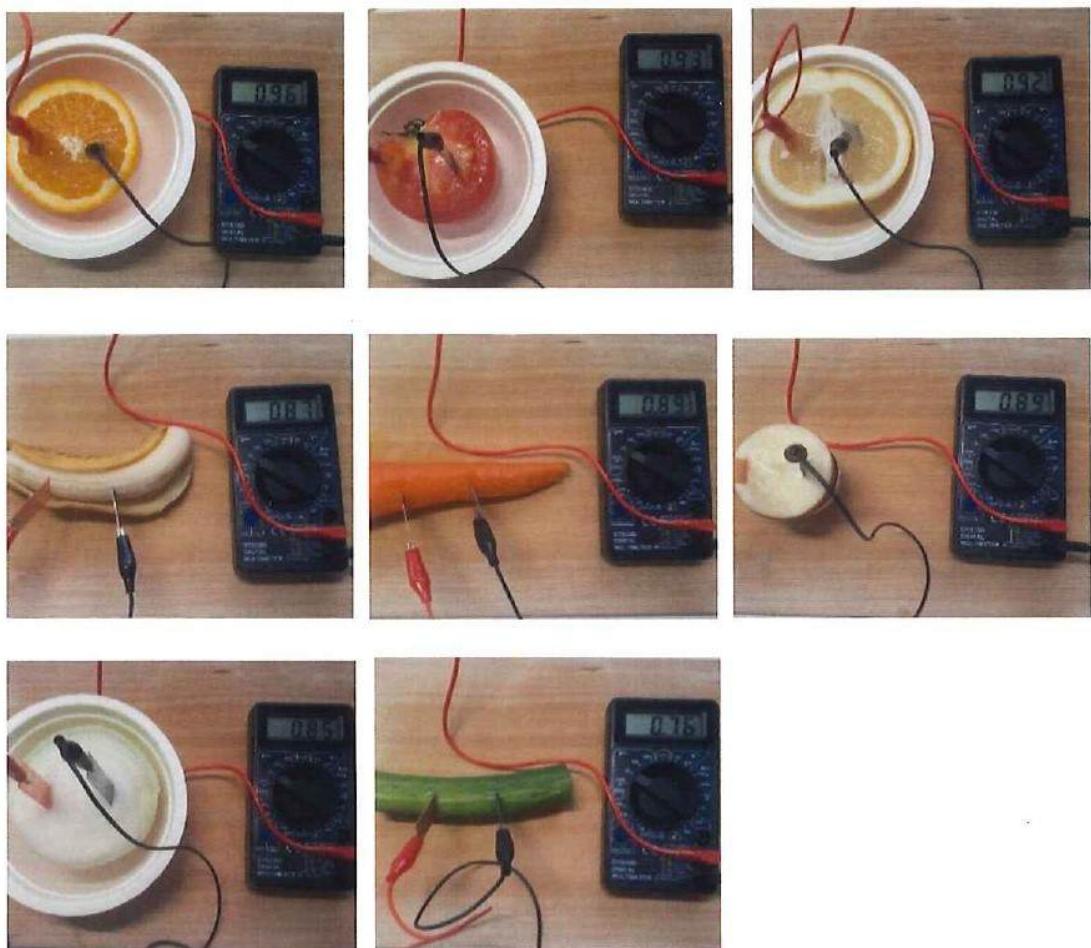
クエン酸や水分を多く含むものや、果汁のpHが7から離れている果物・野菜が高い電圧を得られる。

	クエン酸含有量(g)	水分量(g)	pH
レモン	3.0	85.3	2
オレンジ	0.8	86.8	3
トマト	0.4	94.0	4
グレープフルーツ	1.1	89.0	4
バナナ	0.3	75.4	7
ニンジン	0.1	89.6	6
ジャガイモ	0.3	79.8	6
タマネギ	0.1	90.1	6
キュウリ	0.0	95.4	6

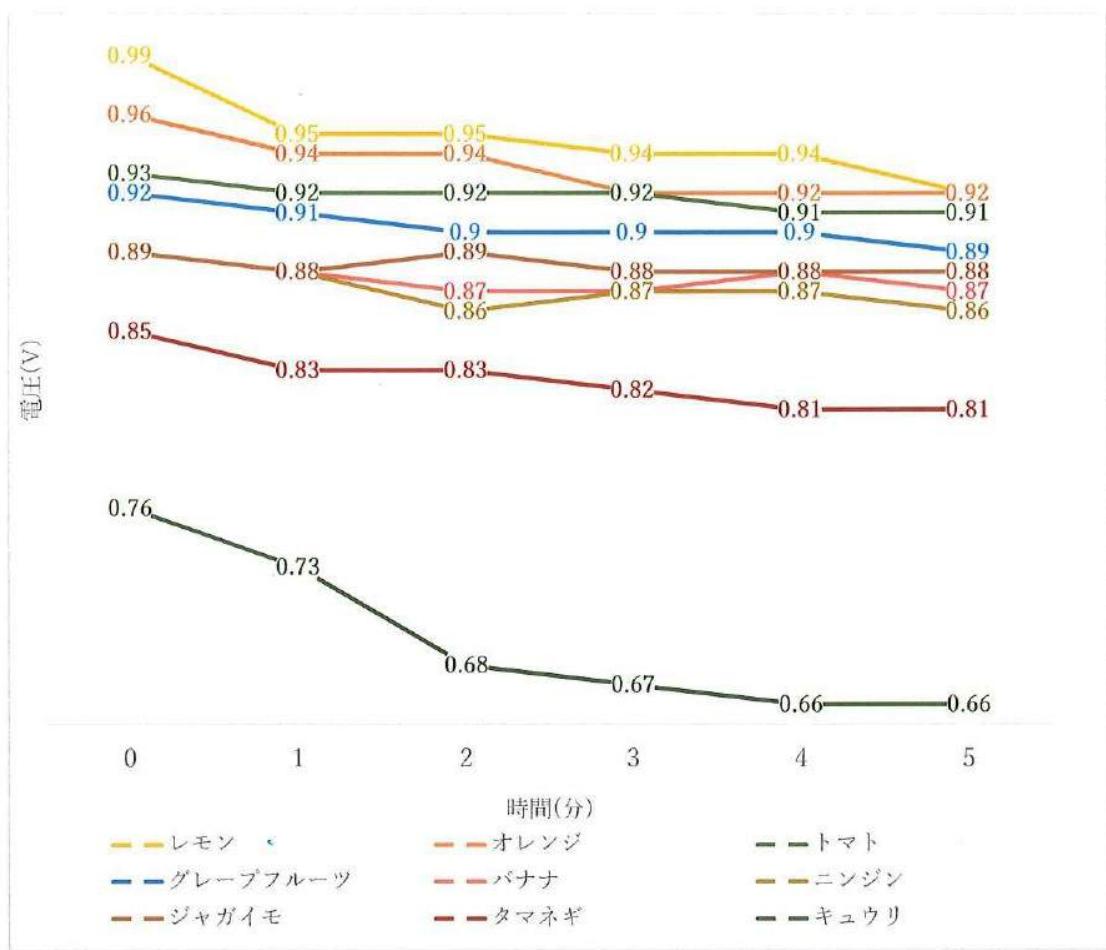
※可食部100gあたり

《実験》 果物や野菜の種類を変えて事前実験と同様にしてそれぞれの電圧を測定する。

《結果》



	0 分後	1 分後	2 分後	3 分後	4 分後	5 分後
レモン	0.96	0.95	0.95	0.94	0.94	0.92
オレンジ	0.96	0.94	0.94	0.92	0.92	0.92
トマト	0.93	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91
グレープフルーツ	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.89
バナナ	0.89	0.88	0.87	0.87	0.88	0.87
ニンジン	0.89	0.88	0.86	0.87	0.87	0.86
ジャガイモ	0.89	0.88	0.89	0.88	0.88	0.88
タマネギ	0.85	0.83	0.83	0.82	0.81	0.81
キュウリ	0.76	0.73	0.68	0.67	0.66	0.66



・果物や野菜の種類によって電池の性能には差があるが、突出して高い電圧が得られたものは無かった。

《考察》

- クエン酸含有量の大きいレモン、オレンジ、グレープフルーツは他の野菜よりも高い電圧を取り出せた。
→クエン酸が電解質であるためだと考えられる。
- 電圧が高い果物・野菜は水分量も多い傾向にあった。
→水分量が多いと、イオンの移動がしやすくなるためだと考えられる。
- pH 2 ~ 4 程度を示した柑橘類やトマトは電圧も高かった。
→強い酸性の水溶液の方が金属板をよく溶かすためだと考えられる。

しかし、クエン酸をまったく含まないキュウリに電流が流れたことや、水分量の少ないニンジン・ジャガイモがタマネギよりも高い電圧を得られたことに疑問を持ち、他の有機酸(酸性を示す有機化合物)含有量について調べてみた。

	クエン酸含有量	リンゴ酸含有量	有機酸計
レモン	3.0	0.1	3.2
オレンジ	0.8	0.1	0.9
トマト	0.4	0.2	0.7
グレープフルーツ	1.1	微量	1.1
バナナ	0.3	0.4	0.7
ニンジン	0.1	0.2	0.3
ジャガイモ	0.3	0	0.7
タマネギ	0.1	0.2	0.3
キュウリ	0	0.3	0.3

※可食部 100 gあたり 単位は g

この表から、キュウリ電池はわずかなりんご酸を電解質にしていたことが分かった。また、ジャガイモにはこの他にりん酸が多く含まれているため、安定した電圧を保つことができていたのだと考えられる。

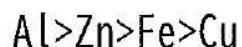
最も優れた果物・野菜電池については議論の余地があると思うが、一番高い電圧を得ることができたレモンや、ほとんど電圧の低下しなかったトマト、ジャガイモは電池にするのに適しているように感じた。

③電池の条件によって得られる電圧にどのような違いがあるだろうか。

《仮説》

- 金属の組み合わせ（銅板、鉄板、亜鉛版、アルミニウム板）
→他の化学電池と同様に、イオンへのなりやすさ（イオン化傾向）の差が大きい組み合わせが高い電圧を得られる。

これらの金属のイオン化傾向を調べてみたところ、



このような関係になることが分かった。よって、

最も高い電圧が得られる組み合わせは

□アルミニウム板（-極）と銅板（+極）

また、

- アルミニウム板(一極)と亜鉛版(+極)、鉄板(一極)と銅板(一極)
 - アルミニウム板(一極)と鉄板(+極)、亜鉛版(一極)と鉄板(+極)
- はそれぞれ同程度の電圧を得られると予想した。

○直列つなぎでレモンの個数を増やした電池

→電圧はレモンの個数に比例するように大きくなる。

○極板間の距離

→得られる電圧は金属の種類・組み合わせや電解質溶液の種類によって決まるため、影響しない。

《実験》 電池の条件を変える

③ - 1 金属の組み合わせを変える。

アルミニウム板、亜鉛板、鉄板、銅板を、イオン化傾向が小さい方を一極として組み合わせ、それぞれ事前実験と同様にして電圧を測定する。

《結果》

	アルミニウム(+極)	亜鉛(+極)	鉄(+極)	銅(+極)
アルミニウム(-極)		(-0.29V)	0.54V	0.81V
亜鉛(-極)	(0.31V)		0.52V	0.95V
鉄(-極)				0.51V
銅(-極)				

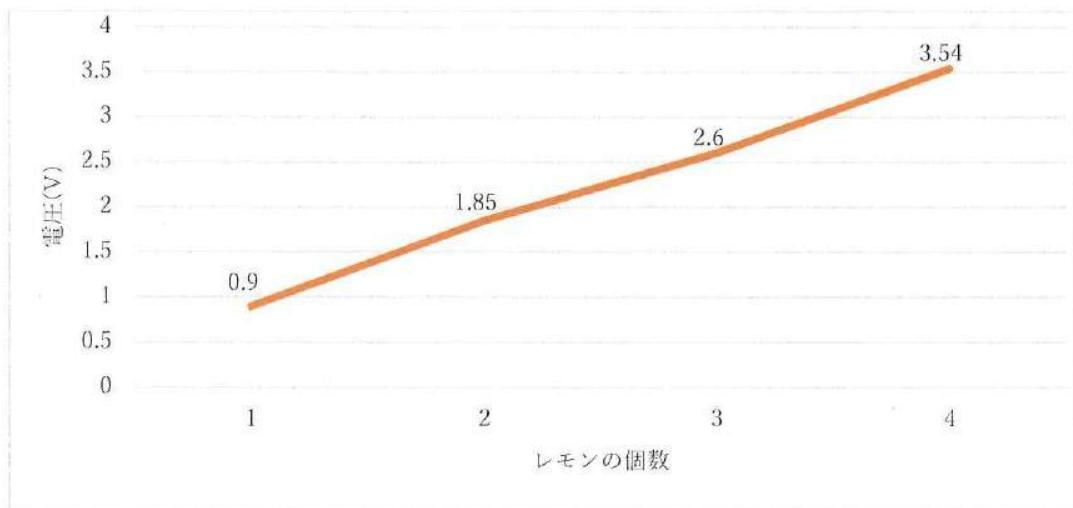
③ - 2 レモン電池を直列につなぎ、レモン電池の個数と得られる電圧の関係を調べる。

1. レモン(1/2)を4つ用意する。

2. レモン電池が1~4個の場合のそれぞれの電圧を測定する。

《結果》

レモン電池の個数	1	2	3	4
電圧(V)	0.9	1.85	2.6	3.54



③ - 3 極板間の距離を変えてみる

・極板間の距離を 1 cmにし、事前実験と同様にして電圧を測定する。

《結果》

	0 分後	1 分後	2 分後	3 分後	4 分後	5 分後
極板間 4 cm	0.99	0.95	0.95	0.94	0.94	0.92
極板間 1 cm	0.97	0.97	0.95	0.94	0.93	0.93

《考察》

○ アルミニウム板と亜鉛板の組み合わせについて

イオン化傾向からすると、アルミニウム板が−極、亜鉛板が+極になるはずだが、実際にはテスターはマイナスの値を示した。極を反対にしたところ、電圧を得ることができた。なぜ極性が逆になってしまったのか、インターネットを用いて理由を調べてみると、どうやらアルミニウムと亜鉛のイオン化傾向に大きな差がないことに問題があることが分かった。

- ①アルミニウム板の表面に手の脂が付着して、アルミニウムが溶け出す妨げとなつた。(アルミニウム板本体にレモン果汁が届かなかつた。)
- ②アルミニウムが形成した酸化アルミニウムの皮膜によってアルミニウムが溶け出す妨げとなつた。(アルミニウム板本体にレモン果汁が届かなかつた。)

このような理由から、アルミニウムよりも亜鉛が先に溶け出す、あるいは電子の移動が多くなることで極性が変わったと考えられる。

今回の実験では金属の表面をサンドペーパーで磨き、中性洗剤で脂を落としていたため、②が原因でこのような結果になったといえるだろう。

また、アルミニウム板(−極)と銅板(+極)の組み合わせよりも、亜鉛板(−極)と銅板(+極)の組み合わせの方が電圧が高くなってしまうのも、酸化アルミニウム皮膜が原因である。

○直列つなぎでレモンの個数を増やすと、レモンの個数に比例して電圧が大きくなる。

→レモンの個数を増やしたため、全体の抵抗が大きくなつたのではないか。

○極板間の距離を縮めても、電圧は変わらなかつた。

→極板間の距離は得られる電圧には影響しないといえる。しかし調べてみると、極板間の距離を縮めて内部抵抗を減らしたり、極板と電解質溶液の触れる面積を大きくして亜鉛板を溶けやすくしたりすることで電流量は大きくなることが分かつた。

④追加実験

《仮説》

○発生した水素(H_2)を無くすことができれば、電圧の低下を防ぐことができる。

○極板をより深く差し込むことで、極板と電解質溶液の触れる面積が大きくなり、電流量も増加する。

○水分が蒸発しない方法で果物・野菜を温めれば電圧は低くならない。

④ - 1 電圧の低下を防ぐ

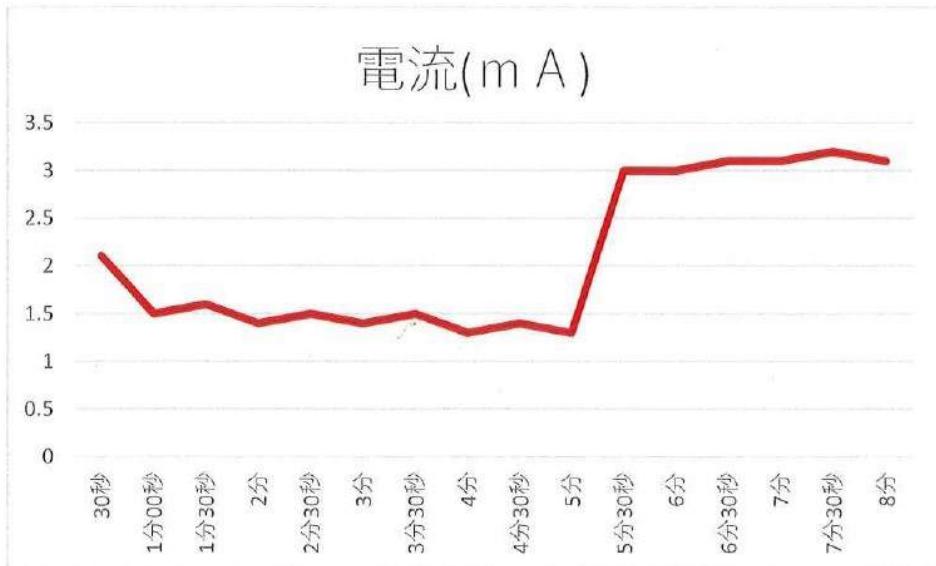
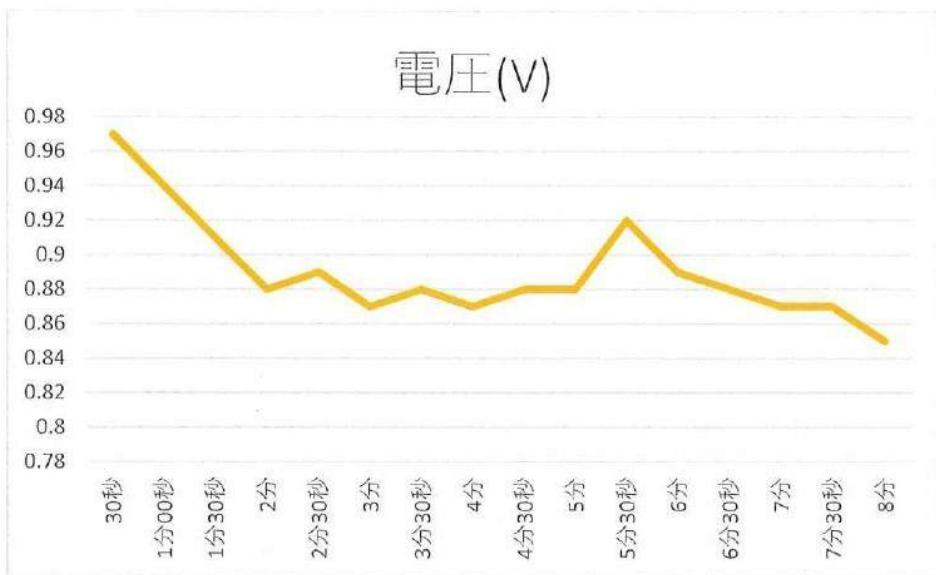
+極で発生した水素(H_2)が銅板の周囲に溜まり、電力が低下してしまうのを防ぐために、発生した水素(H_2)を酸化させる。

1. レモン電池を作り、5分間電圧と電流の計測を続け、30秒ごとに記録する。
2. レモンにオキシドール(3% H_2O_2)を15ml加え、その後3分間計測を続け30秒ごとに電圧を記録する。

《結果》

経過時間	30秒	1分00秒	1分30秒	2分	2分30秒	3分	3分30秒	4分
電圧(V)	0.97	0.94	0.91	0.88	0.89	0.87	0.88	0.87
電流(mA)	2.1	1.5	1.6	1.4	1.5	1.4	1.5	1.3

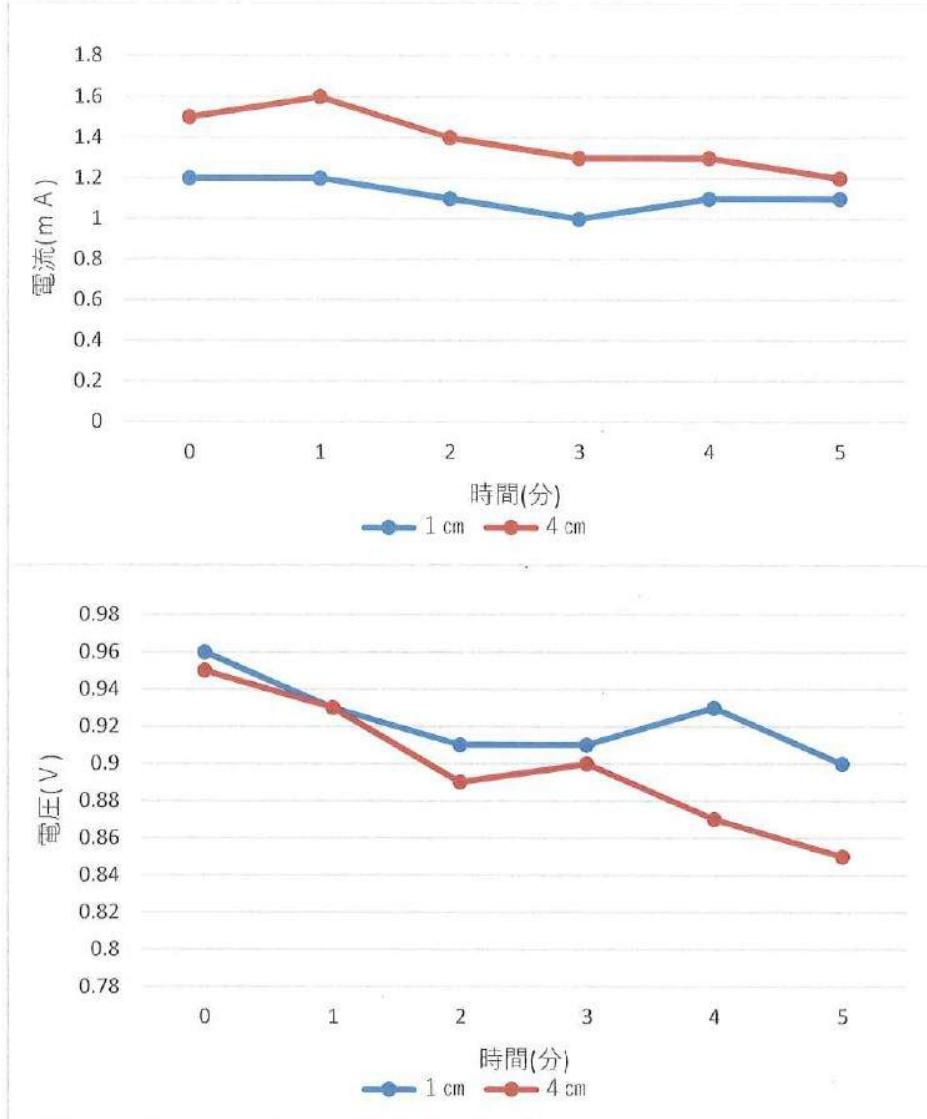
4分30秒	5分	5分30秒	6分	6分30秒	7分	7分30秒	8分
0.88	0.88	0.92	0.89	0.88	0.87	0.87	0.85
1.4	1.3	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.1



④ - 2 極板を差し込む深さを変える

1. 極板をレモンに 1 cm 差し込んだ電池と 4 cm 差し込んだ電池を作る。
2. 5 分間電流と電圧の計測を続け、1 分ごとに記録する。

《結果》



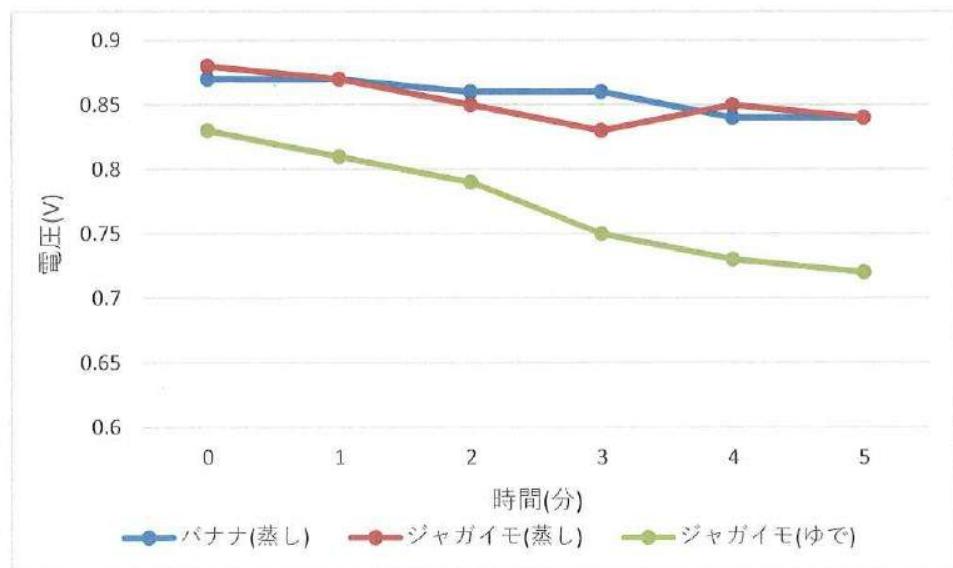
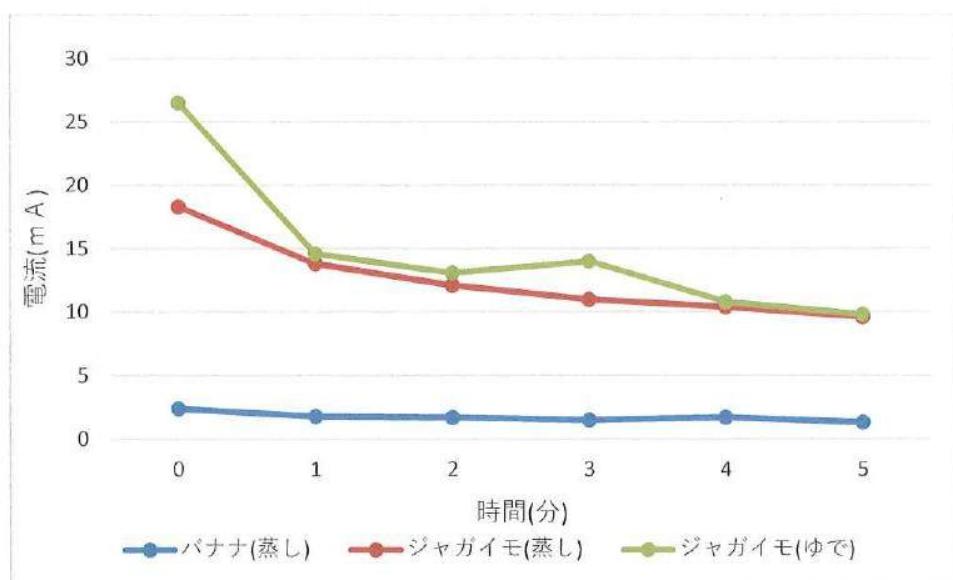
④ - 3 ゆでた青果物で電池を作る

レモンを蒸した際、電圧が他の電池よりも低かったのは、水分が蒸発してしまったことが原因だと考えた。そのため、今回の実験では電池にする青果物をゆでることで、水分の蒸発を防ぐことにした。

有機酸含有量・水分量が近い、バナナとジャガイモで比較をした。

1. 蒸したバナナ、蒸したジャガイモ、ゆでたジャガイモで電池を作る。
2. 5分間電流と電圧を計測し続け、1分ごとに記録する。

《結果》



《考察》

○オキシドールを加えると、電流量は 2 倍以上に回復し、電圧も一時的に大きくなつた。

→オキシドールで発生した水素(H_2)を酸化させることに成功した。しかし、オキシドールを加えてからしばらくすると効果がみられなくなつたので、常に水素(H_2)を酸化できる装置を作ることができれば電池の性能も落ちないのではないか。

○極板を深く差し込むと、電流は大きくなつた。

→電解質溶液と極板の触れる面積が大きくなつたことで、電子の発生量が多くなつたためだと考えた。

○ジャガイモを温めたことで電流量が大きくなつた理由については、ジャガイモを蒸したり、茹でたりすることで内部の組織を分解し、電子がより活発に動くようになったからだと考えた。

○ゆでたジャガイモの電流量が最も大きく、電圧が最も小さい。

→電池の電解質溶液の温度が上ると抵抗は小さくなり、ジャガイモの場合、ゆでることでそのはたらきが大きくなるのではないか。

また、レモンを温めたときに電圧が小さくなつたのは、水分の蒸発以外に、抵抗が小さくなつたことも大きな要因になっていると考えられる。

⑤果物＆野菜電池でいろいろな電子機器を動かしてみよう！

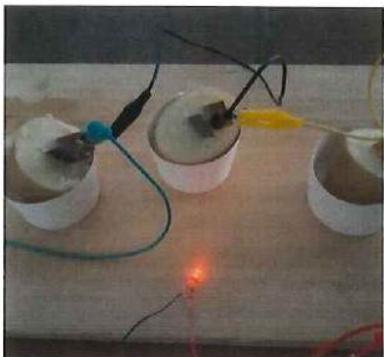
⑤ - 1 LED ライトを点灯する

○必要な電圧…1.5V ○必要な電流…0.1mA

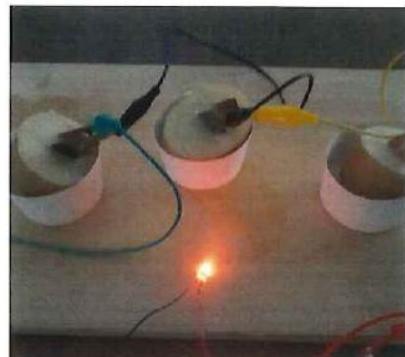
【実験装置】

- ・亜鉛板(−極)と銅板(+極)を用いる。
- ・ジャガイモ(1/2)を 3 個直列につなぐ

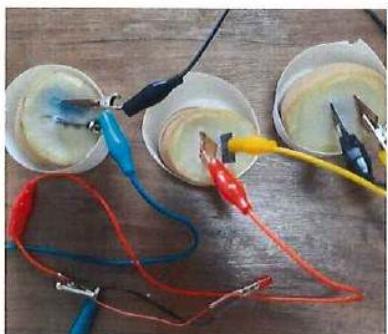
《結果》



(左：オキシドール化合前)



(右：オキシドール化合後)



(72 時間経過後)



(144 時間経過後)

- ジャガイモ 2 個の状態でわずかに明かりが点き、3 個に増やしたらはっきりと光った。
- オキシドールを加えるとしばらくの間強い光を放っていたが、その後光は弱くなっていった。
- 電流は途切れず流れ続け 168 時間連続でライトを点灯させることに成功した。
- 時間の経過とともに + 極付近の青色が濃くなった。

⑤ - 2 電卓を動かす

- 必要な電圧…1.5V
- 必要な電流… $6\mu A$

【実験装置】

- ・アルミニウム板(−極)と銅板(+極)を用いる。
- ・レモン(1/4)を 2 個直列につなぐ

《結果》



- レモン1個の状態では数字がうっすらと表示され、2個に増やしたところではっきりと見えるようになった。
- 操作に問題はなく、数字が点滅することや、消えてしまうことも無かった。

⑤ - 3 デジタル時計を動かす

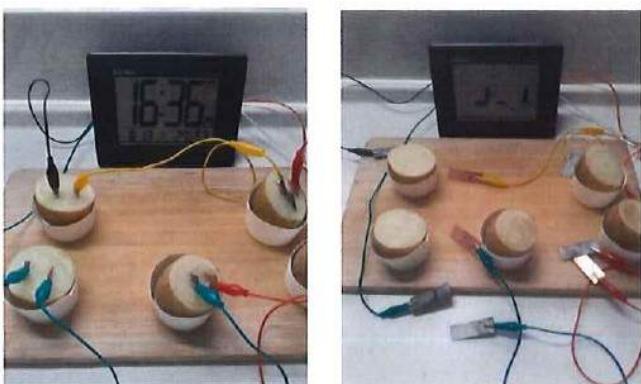
○必要な電圧…3.0V ○必要な電流…0.8mA

【実験装置】

- ・亜鉛板(−極)と銅板(+極)を用いる。
- ・ゆでたジャガイモ(1/2)を4個直列につなぐ

《結果》

- ジャガイモ5個の状態でくっきりと文字が見えるようになった。
- 時刻・日付・室温・曜日など、すべて正確なものを示しており、問題なく作動していた。
- ジャガイモから極板を引き抜くと文字は徐々に薄くなり、一部分だけが残った。その後さらに時間がたつと完全に消えた。



⑤ - 4 その他の電子機器

1～3の他に豆電球・手持ち扇風機を動かすことを試みたが、どちらも失敗という結果に終わった。

《考察》

○電池に繋いでから 168 時間後に LED ライトが消えてしまった。

- ①ジャガイモの水分が蒸発した。
- ②オキシドールが不足して分極が起きた。

→このような要因から、必要な電圧あるいは電流を得られなくなったのではないか。

○電卓やデジタル時計の液晶の文字は果物・野菜の数を増やすほど濃くなった。

→電子機器の液晶の文字は電圧の大きさによって変化する。

○豆電球や手回し扇風機は動かすことができなかつた。

→これらの機器は電流が 200mA 以上必要であるため、果物・野菜電池では到底動かすことはできないだろう。

5. まとめ/考察

例えば、実験⑤で用いた手回し扇風機をまわすのに必要な電圧は 3V である。もちろんアルカリ乾電池 2 本で作動するが、ジャガイモ電池(直列で 5 個)では作動しない。オキシドールを加えたり、極板を深く差し込んだりしても結果は変わらなかつた。同程度の電圧を得ることができるアルカリ乾電池とジャガイモ電池にこのような差が生まれたのはなぜだろうか。

ここで、オームの法則をもとにして原因を考えた。同じ電圧の値を示したとしても、電流と抵抗の内訳が違うことがある。これまでの実験から、今回の研究のテーマである野菜や果物の電池にはわずかな電流しか流れないことが分かっているため、野菜・果物電池に含まれる果汁は極端に内部抵抗が高いのであろう。

6. 感想

この研究を通して、果物・野菜電池の仕組みや、どのような条件下の電池の性能が高いのかについて調べることができた。また、レモンやジャガイモで身近な電子機器を動かすことができたときには、大きな達成感を味わうことができた。

果物・野菜電池は得られる電力も小さく、長時間使用すると腐敗したり乾燥した

りしてしまうため実用は難しいだろうが、単純にみえて非常に奥が深く、化学電池に興味をもつための導入としてとても優れていると思う。

今後はさらに電力を高める方法について調べ、省エネ電子機器だけでなく、携帯電話の充電などにも挑戦してみたい。

参考文献

- [食品成分データベース \(mext.go.jp\)](#)
- [レモン電池 - Wikipedia](#)
- [ボルタ電池 - Wikipedia](#)
- [イオン化傾向 - Wikipedia](#)