

# 有機化合物を燃料とする燃料電池の製作

城南高校 3年 杉浦 光  
谷 俊一郎

## 【概要】

ダイレクトメタノール燃料電池(DMFC)を参考に、主に還元性を持つ有機化合物を燃料としてそれらを電極表面上で直接酸化させることで燃料電池を製作し、より性能のよい燃料・電極材料を調べた。

調査方法としては、実際に各燃料・電極を使用して燃料電池を製作し、それらの電流電圧曲線・電圧電力曲線を比較し、更にリニアスイープボルタンメトリーを用いて燃料の酸化電位を計測し、実験から得られた結果との関連性を調べた。

実験の結果より、今回調査した燃料の中で最も高い起電力を得られたのはグルコースで、同一の燃料で最も高い電流密度を得られた電極は白金めっき電極であった。

実際に簡易な装置で燃料電池を作成し、2個直列に接続した場合グルコースを燃料としてソーラーモーターを回転させることができた。

また、燃料として市販のジュースを使用してみた結果、電流が流れているのが確認できジュースでも燃料電池ができることが分かった。

## 【Abstract】

We made fuel cells using some reductive organic compounds. In these fuel cells, fuel organic compounds are oxidized directly on the electrode surface. The "Direct Oxidation" method refers to the Direct Methanol Fuel Cell (DMFC).

We used variety of fuels and electrodes and got current-voltage curve and voltage-power curve.

We compared on these curves so as to examine what effects on electromotive force and density of the current.

Furthermore we measured oxidation potential using linear sweep voltammetry and compared the performance of the fuel cell.

The fuel which gave the highest electromotive force is glucose and the electrode which got most high density of the current is platinum-plated mesh.

In order to confirm whether it can be used practically, we made two experiments.

First, using glucose as fuel, platinum-plated mesh as electrode, a solar motor can be run when we connected two fuel cells in series.

Second, we used the soft drink which contains lemon juice sold on the market and confirmed little current flows. This result showed us that making fuel cell using juice is possible.

## 【研究の目的】

本研究の目的は有機化合物を用いてより安価で、高性能な燃料電池を製作することである。

## 【仮説】

アスコルビン酸が、水溶液を放置するだけで酸化されて変色しているのがわかるほど反

応が速いため、燃料電池の燃料に適していると思われる。電極材料は多くの酸化反応に触媒作用を持つ白金が適していると思われる。

## 【実験器具・装置・材料】

塩化白金酸・六水和物  $\text{H}_4\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , 塩化パラジウム  $\text{PdCl}_2$ , リン酸二ナトリウム  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , リン酸二水素アンモニウム  $\text{NH}_4\text{H}_2$

HPO<sub>4</sub>, ステンレス製金網(5×4cm<sup>2</sup>), アクリル板(厚さ 2mm), ゴム板, 透析膜, 溶きパテ (GSI クレオス社 Mr.溶きパテ), グルコース C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>, ホルマリン(HCHO35%含有), アスコルビン酸 C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>, ジュース(ハウス食品 レモンウォーター) ビーカー・試験管・オートマチック-ポ-ラリゼーションシステム (北斗電工 HSV-110)・直流電源装置

### 【実験方法】

1. アクリル板を箱状に組み合わせ、透析膜をセパレータとしてこれをゴム版をパッキンとして挟み込む形で燃料電池の本体を製作した(Fig.1)
2. 塩化白金酸・六水和物 0.1g, リン酸二ナトリウム, リン酸二水素アンモニウムを溶液が中性となるように純水に溶解させ、アノードにステンレス線を用い、カソードにステンレス製金網を接続して 2V で1分間めっきしたものを燃料電池の電極として用いた。同様にパラジウムについてもステンレス金網にめっきし、電極とした。また、燃料溶液と接する電極の面積が等しくなるようにプラモデル用の溶きパテを各電極上部 1cm 分に塗布し、その部分を燃料溶液と接触できないように(Fig.2)した。
3. それぞれの試料は 1mol/L KOH 水溶液に溶解させて全て 1mol/L の溶液とし、これを燃料として一回の実験に 30mL 使用した。カソード側にも同量の 1mol/L KOH 水溶液を注入した。
4. 燃料電池を可変抵抗器に接続し、抵抗値を変化させながら実験を繰り返すことで得られた最大電圧から電流電圧曲線と電圧電力曲線を求め、それぞれの燃料で比較した。
5. リニアスイープボルタンメトリーを用いてそれぞれの燃料の酸化電位と酸化電流を調査した。作用極・対極は共に Pt, 支持電解質には KOH を 0.1mol/L, 参照極は銀-塩化銀電極を使用し、測定は窒素雰囲気下で

行った。支持電解質として KOH を用いた理由は今回製作した電池と条件を等しくするためである。

### 【実験結果】

実際にそれぞれの燃料で燃料電池を製作した結果、電流電圧曲線、電圧電力曲線は図のようになった(Fig.3,4)。

それぞれの燃料のリニアスイープボルタモグラムは次のようになった(Fig.5,6)。

電圧電流曲線より、最も高い起電力が得られたのはグルコースで、次いでホルムアルデヒド、アスコルビン酸、ジュースの順となった。グルコースは 0.4V のときに最大出力 5.2 μW/cm<sup>2</sup>, ホルマリンは 0.5V のときに最大出力 4.9 μW/cm<sup>2</sup>, アスコルビン酸は 0.13V のときに最大出力 0.54 μW/cm<sup>2</sup>, ジュースは 0.18 のときに最大出力 0.26 μW/cm<sup>2</sup> となった。電極は白金めっき電極が炭素系電極の 1000 倍以上の高い電流を得ることができた。

### 【まとめと考察】

燃料の中ではグルコースから最も高い電力が得られたが、その原因はグルコースが最も酸化ピーク電位が低いため酸化されやすく、結果として高い電圧が得られるからだと思われる。

アスコルビン酸は水溶液を放置しておくだけで酸化されて変色してしまうほど反応しやすいため、当初は燃料電池の燃料として使用した場合も大きい電力が得られると考えたが、実際はグルコースよりも小さな電力しか得られなかった。

その理由は、アスコルビン酸は酸化電流のピーク値が高いため反応速度は速く、結果として電流値は高いことが分かるものの、ピーク電位も高く、つまり電圧が低いために得られた電力は小さくなったものと思われる。

電圧電力曲線より、特にアスコルビン酸とジュースに関しては最大電力を得られる電圧が低く、実用化に際しては多数のセルを直列に接続するなど何らかの工夫が必要になると思われる。

以上のことから、燃料の中ではグルコースが電

流はやや不足しているものの、その高電圧により比較的大きな電力が得られる。さらに、グルコースはその性能はもちろん、生体への安全性も高く、人体に有害なメタノールに替わる有望なバイオ燃料であると思われる。

電極材料については、実用化されている燃料電池への使用例も多い白金が高い電流を得られるだろうと考えたが、非常に高価な物質であるために、代用となる安価な物質を使用して燃料電池を製作することは出来ないかと考えた。

実際に炭素系電極を使用して燃料電池となるように組み立てたところ、電流が流れているのが確認でき、燃料電池とはなったことが確認できたものの、いずれの電極も最大電圧・電流密度ともに白金には遠く及ばず、小型化が要求される場面において実用化は困難だと思われる。

特に、表面積を大きくするために使用したカーボンフェルトやカーボンペーパーで得られた電流値が炭素棒よりも小さかったことは、炭素系電極で性能に影響を及ぼすのは表面積だけではないということを示していると思われる。

#### 【結論】

実験の結果より、今回調査した燃料の中で最も高い起電力を得られたのはグルコースで 0.4V のときに  $5.2 \mu \text{Wcm}^2$  の出力が得られた。同一の燃料で最も高い電流密度を得られた電極は白金めっき電極であった。

実際に簡易な装置で燃料電池を作成し、2個直列に接続した場合グルコースを燃料としてソーラーモーターを回転させることができた。

また、燃料として市販のジュースを使用してみた結果、電流が流れているのが確認できジュースでも燃料電池ができることが分かった。

#### 【引用文献（参考文献）】

- 1) DEPARTMENT OF INORGANIC TECHNOLOGY Technical Electrochemistry I, Room No. 23 LABORATORY EXPERIMENT No.7 CYCLIC VOLTAMMETRY

[http://www.vscht.cz/kat/download/lab07\\_cyklovoltametrie\\_eng.pdf](http://www.vscht.cz/kat/download/lab07_cyklovoltametrie_eng.pdf)

- 2) ビー・エー・エス株式会社 ボルタンメトリー用電極ハンドブック

<http://www.basj.com/ELH.html>

- 3) NEDO:独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

燃料電池 - 代表的な設置価格および稼動コスト

<http://www.nedo.go.jp/nedata/16fy/12/0012glst.html>

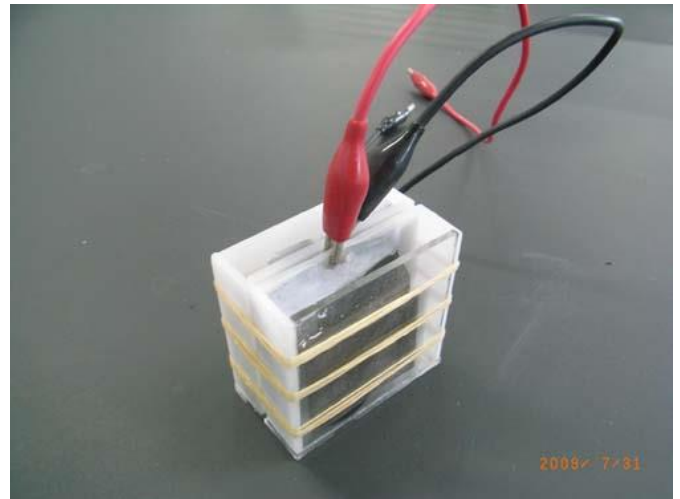


Fig.1実際の燃料電池の外観



Fig.2使用した白金めっき電極の外観

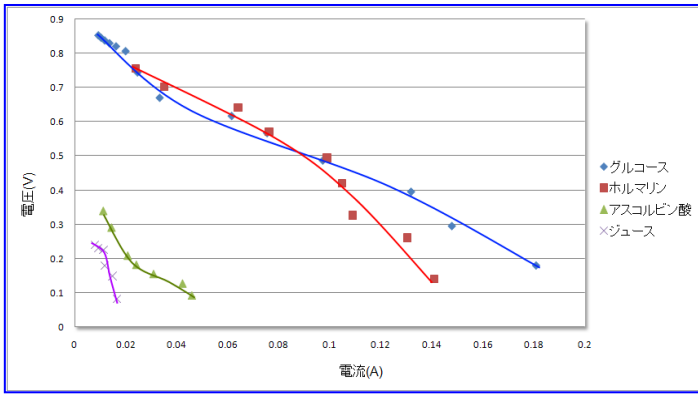


Fig.3 各燃料の電流電圧曲線

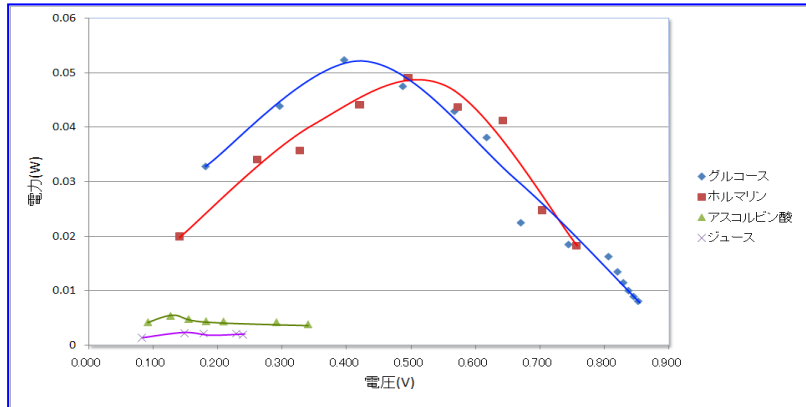


Fig.4 各燃料の電圧電力曲線

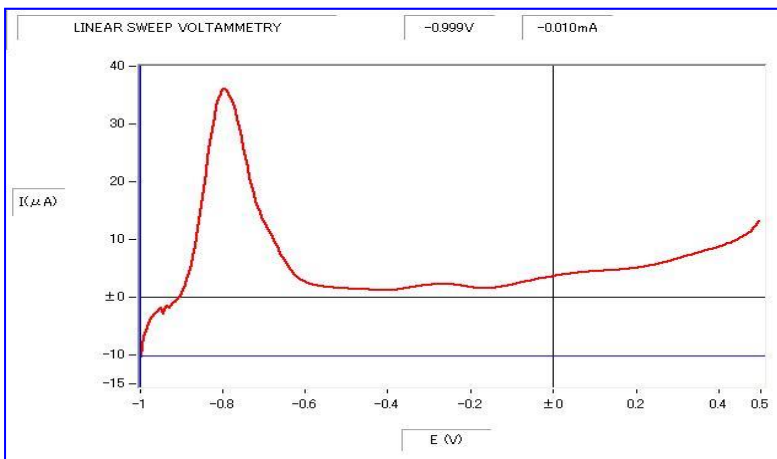


Fig.5 リニアスイープボルタモグラム: グルコース E/V vs. Ag/AgCl

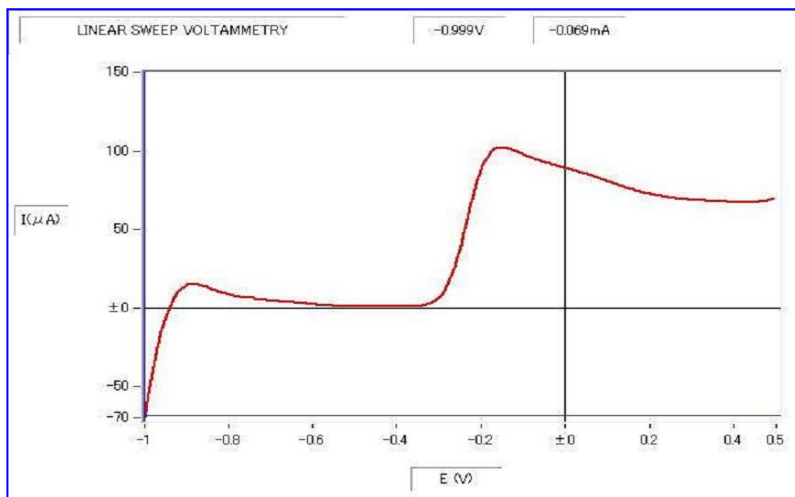


Fig.6 リニアスイープボルタモグラム: アスコルビン酸 E/V vs. Ag/AgCl