

# オガ炭で燃料電池への道が開けた

荒島 拓馬, 青山 晃大, 岡元 太一, 黒田 竜生, 平松 祐真

指導教員 岡崎 裕

## 要約

現在は、白金触媒を用いた燃料電池が主流だが、将来、白金は不足すると聞き、白金触媒を使わない燃料電池を目指し、備長炭に着目した。備長炭は、内部に空隙が多く、表面積が大きいので、反応速度が速くなる。備長炭を水酸化カリウム水溶液に浸し、電気分解で水素と酸素をそれぞれ備長炭電極に吸着させると、モーターが最大 58 分も回った。備長炭の燃料電池は内部吸着した気体は反応するが、電解液で濡れると外部からは気体を吸収しないという問題があった。先行研究には、このことについての分析と対策は見られない。そこで、筋が通っている竹炭や大きい隙間があるオガ炭を電極にして実験を試みた。オガ炭は気体の中に置くと最大140分モーターを回すなど、竹炭・オガ炭は外部から気体を吸収している事が分かった。竹炭・オガ炭は備長炭の長所を持ちつつ、外部から気体を吸収するので、装置を工夫すれば、実用的な燃料電池として開発できる可能性があることがわかった。

## Abstract

Currently, fuel cells mainly using platinum catalyst, but platinum will become inadequate. So we aim a fuel cell without platinum. We was focused on white charcoal. White charcoal has many internal gap and large surface area, so reaction speed is fast. Fuel cell of white charcoal can turned motor even 58minute. But white charcoal does not absorb the gas from the external. And I tried to do experiment which I used bamboo charcoal with air hole and sawdust charcoal with big air hole. But general bamboo charcoal and sawdust coal imperious to electric current so we couldn't do experiment our survey result from we found their heat 1000degrees for an hour and could conduct electricity. Sawdust enters the gas and it turns a motor while 140minutes. According to we measure the electric current and the voltage every a minutes and 1256times, we found bamboo charcoal and sawdust coal absorb out of gas and they have good point of white charcoal. If we make fancy device, there is potential, we can develop real fuel cell. We began to make trial product, but we will be developing.

**キーワード** 備長炭, 竹炭, オガ炭, 燃料電池, 気体の吸収

**Keywords** white charcoal bamboo charcoal sawdust coal fuel cell absorb of gas

## 1. 序論

今、世界中では、白金触媒を用いた燃料電池による自動車の開発が進んでいる。しかし、世界すべての自動車にこの燃料電池を組み込んでしまうと、白金は枯渇してしまうと聞き、白金触媒を使わない燃料電池を目指して研究をした。

そこで、私たちは、備長炭に着目した。備長炭は、内部に空隙が多く、表面

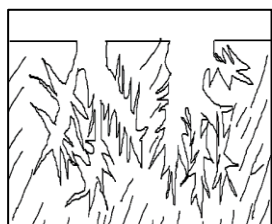


図 1. 備長炭の内部構造

積が大きいので、反応速度がとても速い。

初めの実験として、備長炭を水酸化カリウム水溶液に浸し、電気分解を行うことで、水素と酸素を内部に吸着させた後、モーターをつなぐと 28 分も回った。燃料電池としての力強さを確認することができた。しかし、水素・酸素を外部から与えても反応しなかった。

先行研究では、これでは充電できる電池にはなっても燃料電池と言えるのかという指摘もあったが納得できる分析はなかった。私たちは、備長炭は、電解液に濡

れると外部から気体を吸収できなくなっているためと分析した。

当初、備長炭を粒か粉にして気体の中に入れて反応させることを考えたが電極として電解液に入れて使用できる方法が思いつかなかった。そこで、天然の炭の中で、備長炭の良さを持ちつつ多孔質であり、筋が通っている竹炭とより大きい隙間があるオガ炭に着目した。最大の目的は、外部から水素・酸素を取り込んで発電する燃料電池を目指すことだ。

※オガ炭とは、木を切る時に出るオガくずを固めて焼いたものである。

### 備長炭



### 竹炭



### オガ炭



図2. 炭素電極の表面の顕微鏡写真  
(すべて学校で撮影)

## 2. 研究方法

①電解液は1.0mol/Lの水酸化カリウム水溶液を用い、炭素電極は、0.6mm銅線をつないだ装置をくみ、電気分解を約3Vで10分間行い、両極の炭素電極が水素・酸素を内部に蓄えた状態にする。

※当初の実験では図3のような装置を組んでいたが、銅線が水酸化カリウムにつき、銅線から気体が発生して実験効率が悪く、気体が外部にもれていたため、図4のように、装置を工夫して実験し直した。

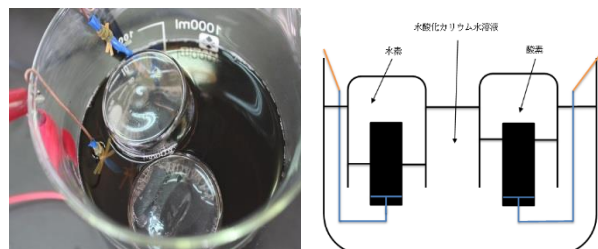


図3. プレ実験時の装置と模式図

(銅線から気体が発生)

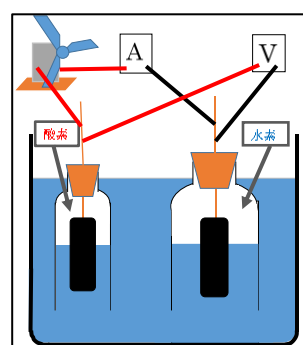


図4. 改良した実験装置

(銅線からの気体の発生を抑制)

②気体なしでは、ゴム栓をはずし、炭素電極を液で満たした状態にする。気体ありでは、ゴム栓をして外部から水素と酸素を注入する。



図5. 実験の様子 (学校で撮影)

③太陽電池用のモーターをつなぎ、モーターが止まるまで1分毎に電圧と電流を測定しながら放電する。気体なし、気体ありそれぞれ3回ずつ、計18回実験を行った。1分毎に電圧・電流の測定をしたため、結果として、合計1256回計測していた。

※市販の竹炭とオガ炭は電流を流さず、最初は実験ができなかった。もうこの実験が出来ないと、諦めかけていたが、備長炭は1000℃以上に熱して作っているので導電性があることが分かり、さまざまな文献を調べた結果、再加熱で導電性が得られる可能性があるのではないかと考えた。



図6. 電気炉と焼いた竹炭とオガ炭（学校で撮影）

そこで、竹炭やオガ炭を、学校にある七宝焼き用の電気炉を借りて、空気を遮断するために缶に入れて、

1000℃で1時間以上加熱すると、実際に導電性を持たせることができた。（備長炭は、元々1000℃以上で加熱しており、十分な導電性があるので、この再加熱の対象から外した。）

**解析方法**

- ①電流(mA)－時間(分)のグラフと、電力(W)－時間(分)のグラフを EXCEL で作成する。
- ②電流のグラフと電力のグラフに、決定係数が  $R^2 \geq 0.9$  になるような近似線を EXCEL 上に求める。
- ③近似線の関係式を、時間(分)で積分し、単位を調整して電気量(C)、電力量(Ws)を求める。

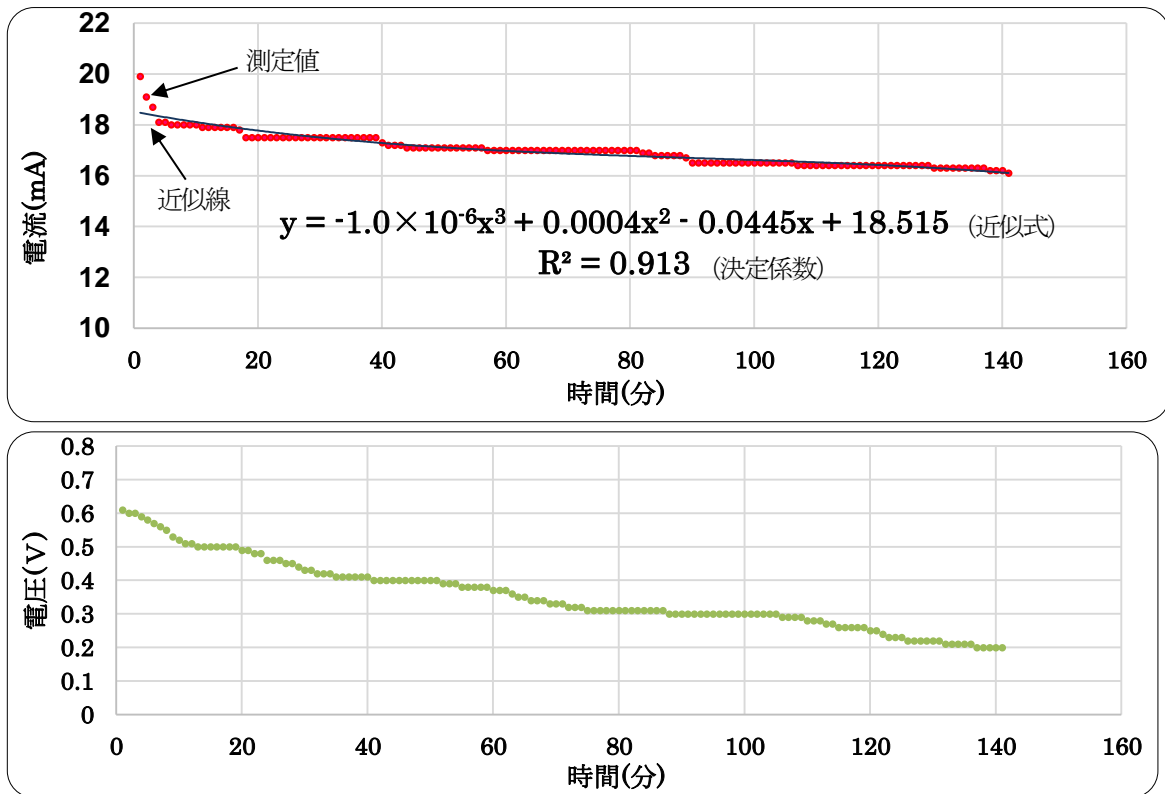
**式1. 積分式のイメージ**

$$\int_0^{140} aX^3 + bX^2 \cdot \cdot dX$$

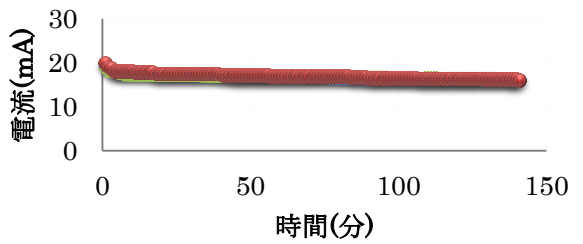
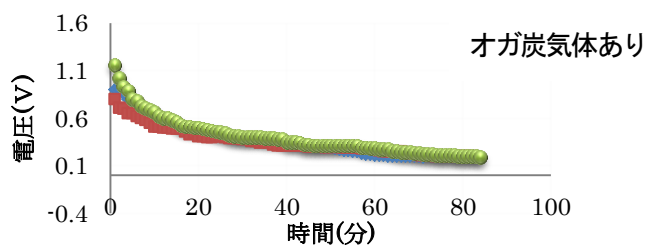
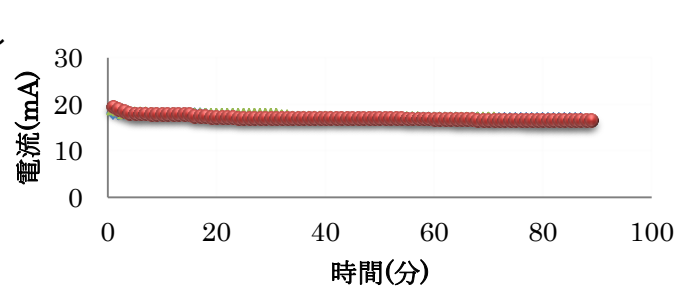
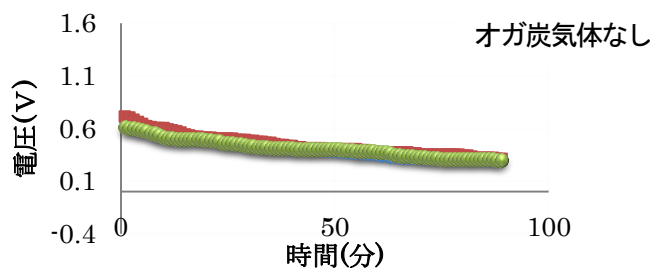
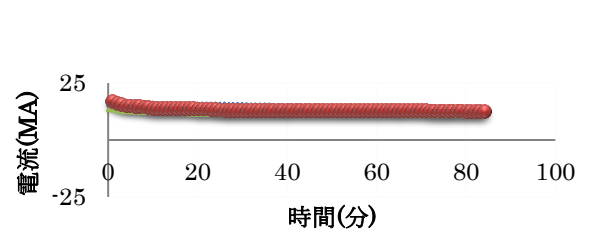
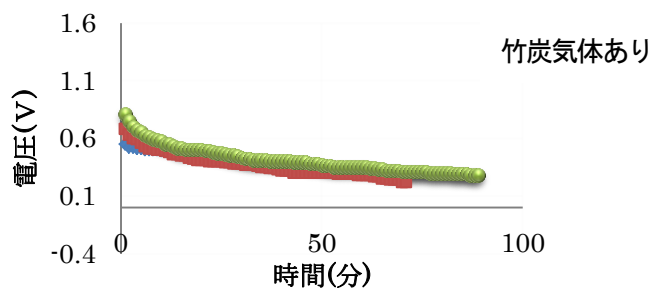
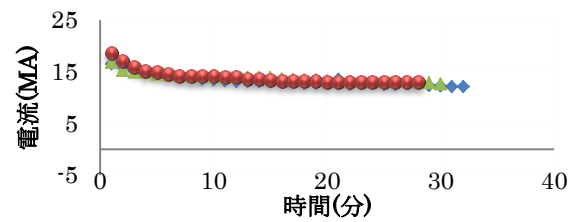
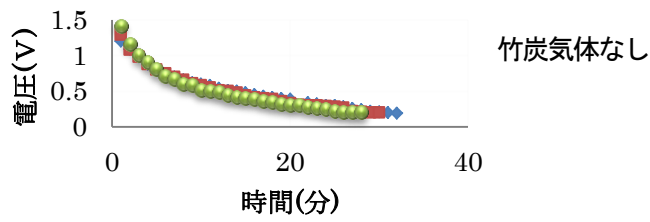
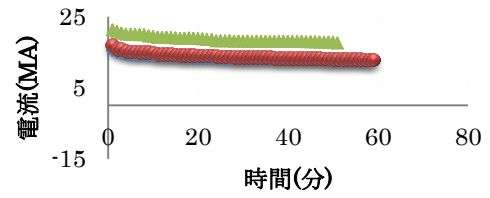
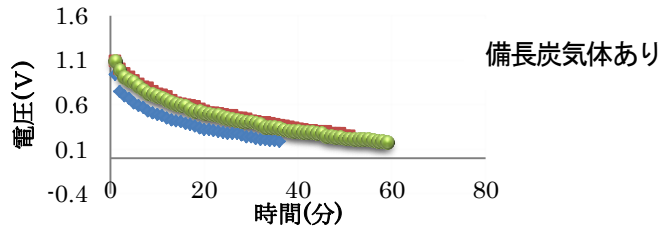
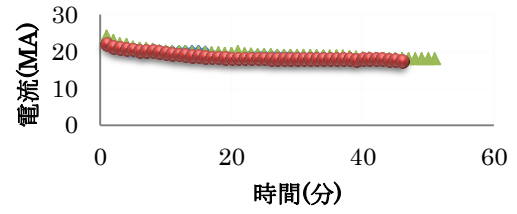
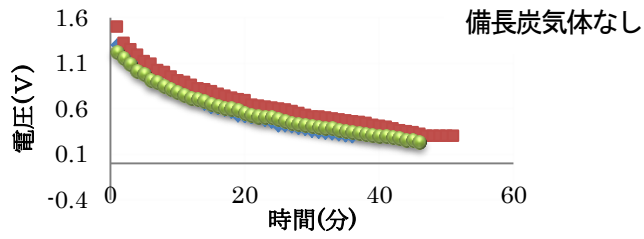
表1. 実験結果

	備長炭(18g)						竹炭(14g)						オガ炭(18g)					
	気体なし			気体あり			気体なし			気体あり			気体なし			気体あり		
回転時間(分)	35	55	45	35	50	58	31	29	27	70	81	83	86	70	109	114	138	140
電気量(C)	38.6	67.1	50.1	28.5	56.0	48.3	39.0	31.1	35.5	64.9	87.1	99.2	58.3	72.1	112	144	221	174
電力量(W・s)	26.3	37.2	30.2	30.2	24.9	29.5	11.9	10.5	12.0	21.2	16.9	28.7	32.6	23.3	26.7	67.6	55.0	65.9

グラフ1. オガ炭気体あり3回目の電流と電圧



グラフ2. 結果のまとめ(左が電圧、右が電流)



## 結果

実験の結果は表1のようになった。値のばらつきがあるので、3回の結果は平均せずにそのまま表示した。

備長炭電極は、気体ありの時も気体なしの時に比べてモーターの回転時間、電気量、電力量ともに値に大幅な変化は見られなかった。備長炭電極は、気体の中に入れてもほとんど影響がないことが確認できた。

竹炭電極は、気体ありの時、気体なしの時に比べてモーターの回転時間は2倍以上になり、電気量、電力量ともに値が大幅に増加した。明らかに気体の中に入れたことが影響し、外部の気体が反応したことを示している。しかし、まだ気体が残っているのに反応が止まったことは課題である。

オガ炭電極は、気体ありの時、気体なしの時に比べてモーターの回転時間は30分以上長く回り、電気量、電力量ともに値が大幅に増加した。明らかに気体の中に入れたことが影響し、外部の気体が反応したことを示している。オガ炭電極が最も長くモーターを回転させ、電気量・電力量ともに最も大きい値を示した。しかし、この場合もまだ気体が残っているのに反応が止まったことは課題である。

実験では電圧は時間の経過とともに大幅に低下していくが、電流は比較的緩やかに低下していった。

## 考察

①竹炭・オガ炭は、気体ありの時、気体なしの時に比べて電気量・回転時間・電力量が大幅に増加したため外部から水素や酸素の気体を吸収して反応したと考えられる。このことから、装置をもっと工夫すれば外部からもっと気体を吸収して実用的な燃料電池として開発できる可能性があることが分かった。

②実験結果では、電圧は時間とともに大きく低下していくが、電流は比較的緩やかに低下していく。普通はオームの法則より電圧が大幅に低下すると電流も大幅に低下するはずだが、そうはなっていない。光電池は、電流が決まってから電圧がきまるが、それと似た原因があるのかも知れないが、現時点ではこの原因を考察中である。

③電池の起電力について考察してみた。標準電極電位に

よる計算では起電力は1.23 Vであるが、今回の実験では、最大1.5 Vが記録された。モーターが回転するとともに電圧は一気に低下し0.6 Vぐらいからじわじわ低下していった。

アルカリ電解質型燃料電池の反応は以下のとおりで



今回の電圧の値の差はネルンストの式(式2)より考えられると思われる。濃度(活量)によって標準電極電位からずれていくと理解したが、詳しい計算方法は私達には分からなかった。

### 式2. ネルンストの式

$$E = E^\circ + \frac{RT}{zF} \ln \frac{a_{\text{Ox}}}{a_{\text{Red}}}$$

E:電圧  $E^\circ$ :標準電極電位 R:気体定数  
T:絶対温度 z:電荷 F:ファラデー定数  
 $a_{\text{Ox}}$ :酸化体の活量  $a_{\text{Red}}$ :還元体の活量

④実用化に向けてオガ炭を使って小型の燃料電池を作ってみた。3Aで10分間電気分解したのち、水素と酸素を外から加えて、約70分間モーターを回転さ

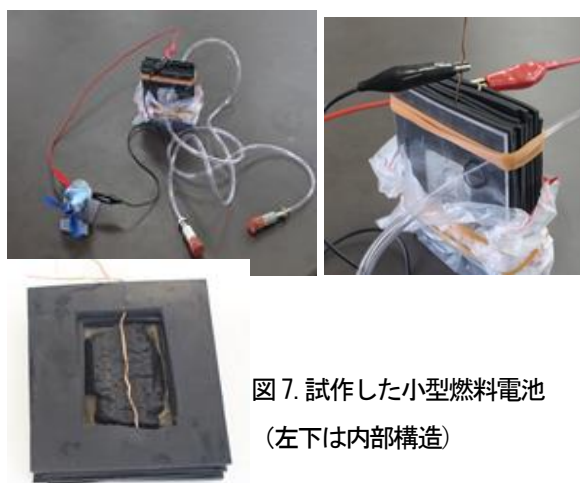


図7. 試作した小型燃料電池  
(左下は内部構造)

せることができた。大きさから言うと良く発電したが、オガ炭をあまり薄くすることができず、面積もあまり大きくできなかったのも、本来の目的である外部から気体を取り込み、気体なくなるまで反応し続けるものにはなっていない。更に工夫が必要だ。

### 3. 結論

- ①竹炭・オガ炭は 1000°C で 1 時間以上加熱することで導電性をもたせることができた。
- ②多くの先行研究がおこなわれている備長炭による燃料電池は、私たちの実験によっても気体を外部から吸収していないことがたしかめられた。しかしモーターを最大 58 分回転させることが出来たので空隙が多いこと（多孔質）による燃料電池の性能を示すことが出来た。
- ③竹炭・オガ炭は気体ありの時、回転時間・電気量・電力量が大幅に増加したため外部から気体を吸収していると考えられる。竹炭・オガ炭は備長炭の長所（多孔質）をもちつつ、外部から気体を吸収しているということで、装置を工夫すれば、実用的な燃料電池として開発できる可能性があることがわかった。

### 4. 謝辞

岡山大学大学院 環境生命科学研究科  
教授 高口豊 先生  
坪井理研 岡山大学名誉教授 坪井貞夫 先生  
以上の先生方からはたくさんの助言をいただきました。  
ありがとうございました。

### 5. 参考文献

日本化学会「化学と教育」62 巻 1 号「多孔性の魅惑の素材、炭」東大名誉教授 谷田貝光克 著