

# Dr FuelCell<sup>®</sup> Model Car

モデルカーキット  
用教師ガイド



# 目次

序文 .....	5
<b>2 本教師ガイドについて .....</b>	<b>7</b>
2.1 クラスルーム内での本研究の使用.....	8
2.2 シンボル とサイン .....	9
2.3 本教師ガイド以外の適用資料 .....	10
<b>3 安全一般.....</b>	<b>11</b>
3.1 お客様の安全のために.....	11
3.2 場所の条件.....	12
3.3 出荷および輸送.....	12
3.4 安全手段.....	12
3.5 電磁両立性.....	13
3.6 保証.....	13
<b>4 Dr FuelCellモデルカーを デモする.....</b>	<b>14</b>
4.2 教師の基本.....	14
4.3 研究 - 教師 .....	17
<b>5 太陽電池パネルの方向決め .....</b>	<b>23</b>
5.1 教師の基本.....	23
5.2 研究 - 教師 .....	27
5.3 学生セクション .....	37
<b>6 簡単な電気分解.....</b>	<b>45</b>
6.1 教師の基本.....	45
6.2 研究 - 教師 .....	48
6.3 学生セクション .....	55
<b>7 電気分解の理解.....</b>	<b>61</b>
7.1 教師の基本.....	61
7.2 研究 - 教師 .....	65
7.3 学生セクション .....	78
<b>8 水素パワー！ .....</b>	<b>89</b>
8.1 教師の基本.....	89
8.2 研究 - 教師 .....	93
8.3 学生セクション .....	105
<b>9 運動中の水素パワー .....</b>	<b>115</b>

9.1	教師の基本.....	115
9.2	研究 - 教師 .....	118
9.3	学生セクション .....	129
10	エネルギー効率.....	139
10.1	教師の基本.....	139
10.2	研究 - 教師 .....	144
10.3	学生セクション .....	155
11	ハイブリッドとは? .....	163
11.1	教師の基本.....	163
11.2	研究 - 教師 .....	164
11.3	学生セクション .....	177
12	用語集.....	181

# 序文

本書は学生に燃料電池技術と触れ合わせることを目的としています。燃料電池の基本原理が、遊び心に満ちた方法で調査され、学生がこの新しい技術を調査することを勇気付けています。

燃料電池は水素の化学的エネルギーを利用してクリーンに、効率的に発電します。水素燃料電池は次のような可能性を持っています。

- グリーンハウスガス、空気汚染、および世界的な気候変動を抑制する。
- エネルギー安全性の重要な一部である。
- 水素技術を将来のエネルギー供給源として推進する。

学生にこの重要な技術を教えることによってこの発展する分野で学生達を強化します。

## カリキュラムの側面

この新しい技術でもって沢山のカリキュラムの側面を教えることができます。

- 分子の概念
- 原子の構造
- 化学反応
- エネルギーの各種タイプの変換
- 科学的調査の実行
- 科学的研究の設計および実行
- 地方、国家、および世界的チャレンジにおける科学と技術

我々は学生達が持続可能な将来の我々の燃料電池を作る上で重要な部分を演じることを希望します。

## 8 水素パワー！

この研究では学生達は水素と酸素を結合してどのように電気エネルギーを得るかを探求します。

この研究は以前の研究の続きですが、学生達がそれを実際に実行しておくことは必須ではありません。

### 8.1 教師の基本

#### 8.1.1 目的

**資格** 最大の学習効果を保証するために、学生達は次の事項を知っている必要があります。

- 化合物の分解
- 酸化還元反応
- 電池
- 水素のテスト
- 線形性および外挿

**学習目的** この研究で学生達は次の事項を学習します。

- 水素と酸素の結合から電気を得ること
- エネルギーの変換
- 電流と電圧の積としての電力
- 電気分解のファラデーの第一法則
- 科学的研究の再現性の必要
- 水素は化学的エネルギーとして保管

**見通し** この研究は例えば次のような各種の異なったトピックのための出発点として役立ちます。

- 触媒の概念
- 電子、原子などの概念
- 電力産業
- グリーンハウス効果
- アボガドロ定数

### 8.1.2 タイムテーブル

所要時間は大体の推定値です。

タスク	時間
クラスが始まる前の準備	20 min
研究	90 min
学生達が質問に答えるのに必要な時間	35 min

表 8-1 スケジュール

### 8.1.3 教育方法

方法	適切の度合い
グループワーク	✓✓✓✓
伝統的な教授法	✓
サイレントワーク(学生の質問)	✓✓
宿題(学生の質問)	✓✓✓

表 8-2 教育法 (✓= 不適切 … ✓✓✓✓=非常に適切)

#### 8.1.4 背景

##### 水素で自動車に 電力を供給？

先の研究で使用した電解槽の中に水素源があり、それを保管する方法の1つがガスシリンダの中です。空気は酸素を21%含んでいるので、簡単に空気を使用できますが、我々は酸素源も持っています。ここで我々は水素と酸素を電気に変換して自動車を駆動する電気モータに電力を供給する必要があります。

##### 燃料電池

モデルカーキットの中に水素と酸素を水に変換するデバイスが提供されています。研究 *電気分解の理解* ではこのキットの主要部品である可逆性燃料電池を電解槽として使用しました。しかし、燃料電池の一方に水素を供給し、他方に酸素を供給すれば可逆性燃料電池は電流を生成します。水素は酸素と結合して再び水を生成します。水は我々が出発点で使用した材料です。これを次のように書くことができます。

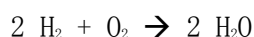
電 + 水 → 水素 + 酸素

水素 + 酸素 → 水 + 電気

これは大気汚染問題に対してはすばらしい解決法です。というのは水素燃料電池電力は水または水蒸気だけを空中に排出し、燃料電池に必要な水素源として水と電気を使用するからです。

宇宙飛行士は既にこの技術を宇宙ステーションで使用しています。太陽電池、電解槽、燃料電池、そして最初に水を供給することによって、宇宙飛行士は有り余る水素の供給のみならず、電気源と酸素源を持っています。水素は電気を生成する燃料として使用されるので、水も生成します。

燃料電池内の反応を思い出します。



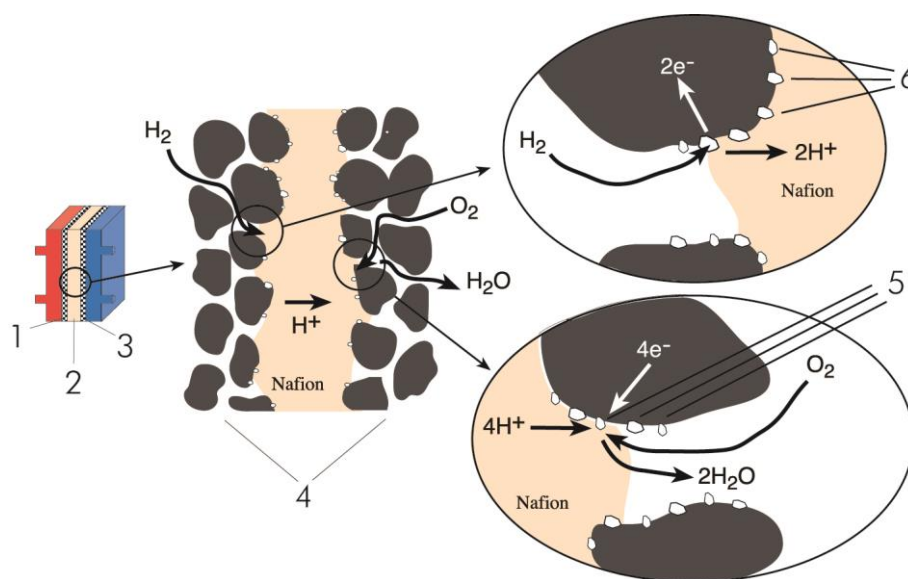


図 8-1 燃料電池の原理

- |                   |                |
|-------------------|----------------|
| 1 陽極              | 4 カーボン層        |
| 2 ポリマー電解質膜（ナフィオン） | 5 プラチナ-イリジウム触媒 |
| 3 陰極              | 6 プラチナ触媒       |

電子の流れは消費負荷で使用できます。

モデルカーで保管されている水素を使用して電気を生成し、モータに動力を供給します。電気モータは非常に速く回転するので、モータ軸の速度を減少するギアを備えており、自動車の後輪に動力を伝達します。

## 電力

電氣的なイベントを説明するときに装置へ、または装置からの電力（ワット）は装置を流れる電流（アンペア）に装置の電圧（ボルト）を乗算して決定されます。電力はプロセスの強さを表示します。次のように書くことができます。

$$I \times V = P \quad (\text{アンペア} \times \text{ボルト} = \text{ワット})$$

## 陽極 / 陰極

電解槽として可逆性燃料電池を使用するとき、極性は次のようになります。負（黒色）＝水素＝陰極、そして正（赤色）＝酸素＝陽極。我々が可逆性燃料電池を燃料電池として使用しているときは極性はほとんど同じなので都合です。水素側（黒色）は負電圧を生成し、酸素側（赤色）は正電圧を生成します。しかしながら、陽極 / 陰極の定義を維持したままで（電子は陽極で失われます）水素側は今度は陽極と呼ばれ、酸素側は陰極と呼ばれます。



## 8.2 研究 - 教師

### 8.2.1 準備

クラスで実践する前に、この研究を自身で試みられることをお勧めします。

### 8.2.2 クラスで

教授法および手元にあるモデルカーキットの数に従って、グループワークまたは伝統的な教授法のいずれかを採用できます。

#### 安全性

- ➔ 常に学生達に安全に研究することを心がけさせ、ご自身も潜在的な危険をよく知っておいてください。
- ➔ 学生達に確実に保護めがねを提供し、教師自身も保護めがねを着用します。



#### 注意

可逆性燃料電池内の過剰圧力！

ガス保管シリンダの反応室から押し上げられた水が入る上室（液溜め）の開口部を蓋すると物体が飛び出て怪我します。

- ➔ ガス保管シリンダの上室（液溜め）の開口部は蓋しないでください。
- ➔ 常に目の保護具を着用してください。



#### 注意

水素の点火！

皮膚のやけどおよび燃料電池の損傷。

- ➔ 裸火がないこと。
- ➔ 喫煙しないこと。
- ➔ 作業場所はよく換気されていること。



### ヒント

学生達はすべての水素が使用される前にモータが停止するか、または逆に水素が無くなった後でもモータが運転継続することを観察するかもしれません。次のように説明できます。

- モータはすべての水素が使用される前に停止します。
  - － これは水で満たされたときにシステムに残った空気による可能性があります。水素側に残っているものは完全に水素ではありません。
- 水素が無くなった後でもモータが運転し続けます。
  - － 保管シリンダに水素は見えませんが水素はまだ膜の周辺に存在する可能性があります。

#### 8.2.2.2 グループワーク

グループワークでは複数のモデルカーキットが必要です。

#### 8.2.2.3 伝統的な教授法

伝統的な教授法ではモデルカーキットは1つだけが必要です。

研究を提供するには次のものがが必要です。

#### 研究

- ✓ ゴーグルまたは保護めがね
- ✓ 太陽電池パネルまたは手動発電機



### ヒント

太陽電池パネルの代替として電気エネルギー源に手動発電機を使用することもできます（取扱説明書参照）。

- ✓ 2本または5本のパッチコード（燃料電池がどれくらいの電力を供給できるかを研究したいときは5本）
- ✓ 可逆性燃料
- ✓ モータ付きの自動車
- ✓ 負荷測定ボックス（燃料電池がどれくらいの電力を供給できるかを研究したいとき）
- ✓ 蒸留水
- ✓ 100～120WのPARランプ、または等価な光源

可逆性燃料電池  
の下室（反応室）に蒸  
留水を充填

- ✓ 木のブロックまたは自動車用の他のサポート
  - ✓ 秒針付きまたはストップウォッチ機能付きの時計
1. 保護めがねを着用。
  2. 平らな面に燃料電池を上下逆さまにして置きます（番号のある面を下）。
  3. ストップを取り外します。

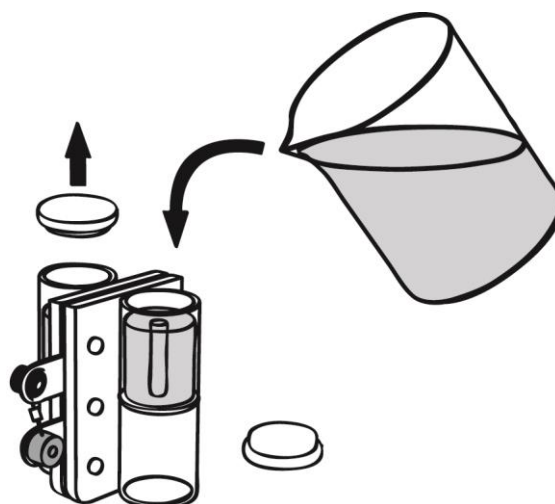


図 8-2 可逆性燃料電池の下室（反応室）に蒸留水を充填



### 注意書き

蒸留水だけを使用してください！

水道水やその他の液体を使用すると可逆性燃料電池の膜を永久に損傷します。

4. 水がシリンダ中央の小さな管の一番上に到達するまで両方の保管シリンの下室（反応室）に蒸留水を注ぎます。
5. 燃料電池を軽く叩いて、水が膜および金属の集電プレートを囲むエリアへ流れ込むようにします。
6. シリンダ内の管へ水があふれ出るまで水を追加します。
7. シリンダにストップを戻します。シリンダ内に空気が入り込んでいないことを確認します。



### ヒント

0.5mLくらいの小さな気泡は問題を生じないので無視できます。

8. 可逆性燃料電池をしばらく使用していなかった場合は20分間そのままにし、最近使用していれば正立させます。

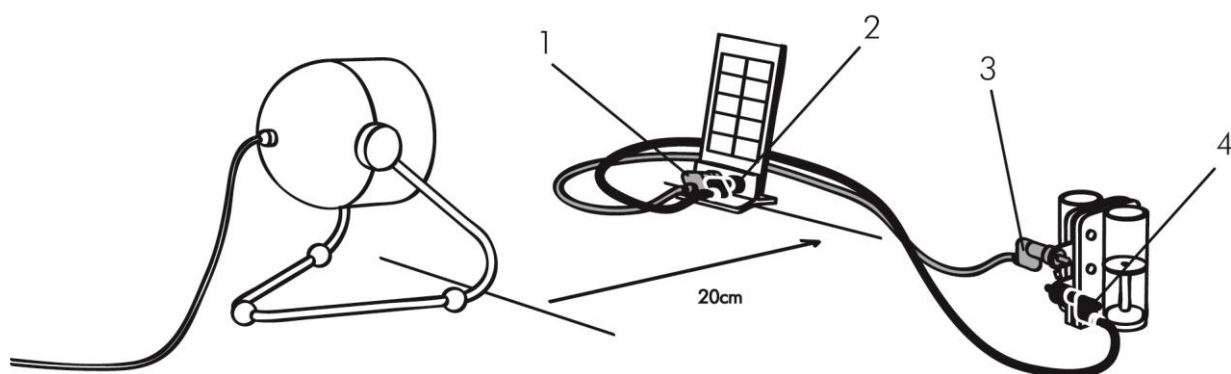


図 8-3 太陽電池パネルと燃料電池を接続

### 水素の生成

9. 赤色のパッチコードのバナナジャックを太陽電池パネルの端子(1)および燃料電池の端子(3)へ差し込みます。



### 注意書き

可逆性燃料電池のショート！

膜にホットスポットができ、膜の劣化を導きます。

➔ 可逆性燃料電池をショートさせないでください。

10. ステップ9を繰り返して黒いパッチコードで(-)の端子(2, 4)も同様に差し込みます。

**注意書き**

太陽電池パネルの過熱！

太陽電池の動作不良または永久損傷。

- ➔ 最大電力が120Wの光源のみを使用します。
- ➔ 光源と太陽電池パネルを20 c m以上離します。
- ➔ 光を集中させないこと。

11. 太陽電池パネルと光源の位置を合わせ、20 c m以上離して設定します。

**注意**

太陽電池パネルおよびランプの表面は熱い！

皮膚のやけど。

- ➔ 太陽電池パネルおよびランプの表面には触れないこと。
- ➔ 太陽電池パネルおよびランプは冷却してから触れること。

12. 光をつけます。

燃料電池は水素を生成し始めます。

13. 水素保管シリンダが12mLより少し余分に満たされたら

- － 光を消します。
- － 可逆性燃料電池からパッチコードを引き抜きます。

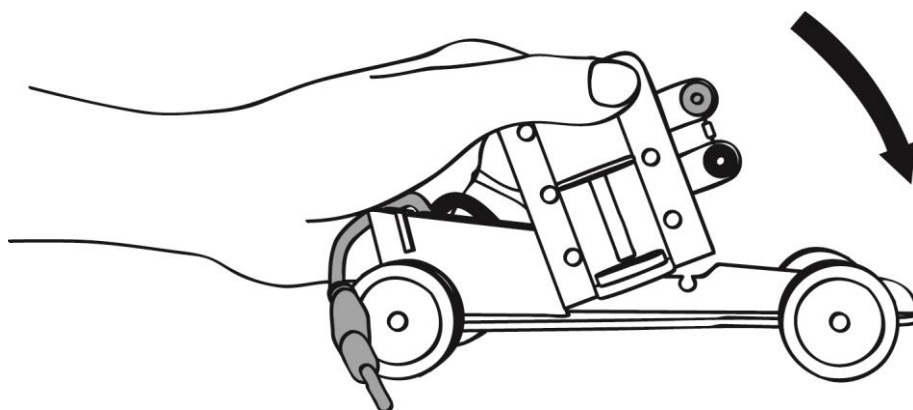


図 8-4 可逆性燃料電池をモデルカーに搭載

#### 自動車の走行

14. 赤色および黒色端子を自動車の前方に向けて、可逆性燃料電池をモデルカーの切欠きの中へ設置し、音がするまで押さえます。

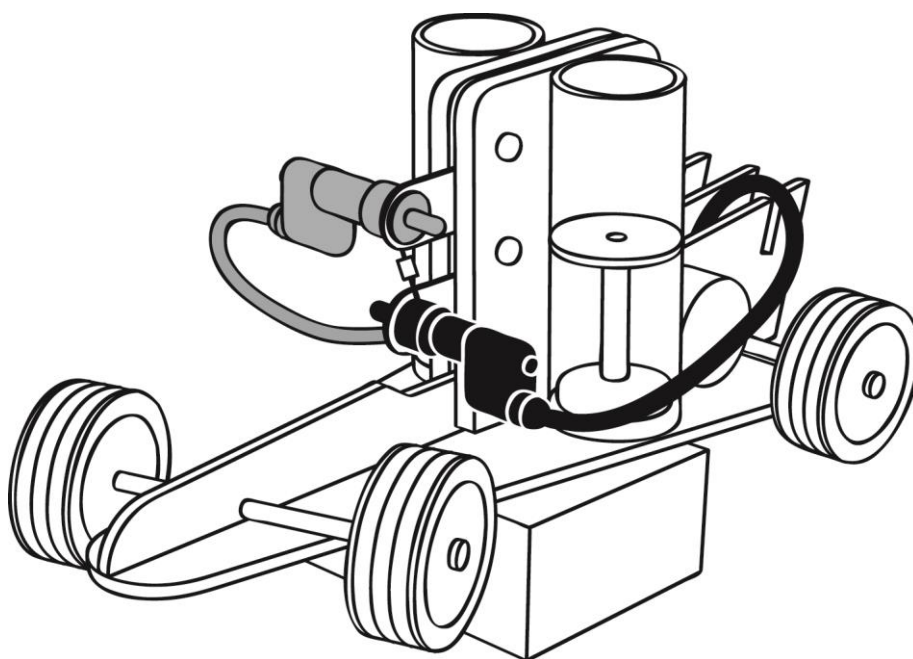


図 8-5 モデルカーをブロックの上に設置

#### 学生の参加

15. 木のブロックを自動車の本体の下に置き、自動車の車輪が自由に回転できるようにします。
16. 赤色 (+) バナナジャックを赤色 (+) 端子と接続し、黒色 (-) のバナナジャックを黒色 (-) 端子と接続します。
17. 学生に水素保管シリンダの中のガスのレベルを観察させ、ガスレベルが正確に12mLに到達したらストップウォッチをスタートさせます（または一番近い秒を記録させます）。
18. 1mL消費するごとに時刻を記録させます。
19. 1人の学生に表（または黒板）に記録を続けさせます。

消費された 水素 [mL]	経過時 間 [s] トライ アル 1	経過時 間 [s] トライ アル 2	経過時 間 [s] トライ アル 3	すべてのトラ イアルの平均 経過時間
0	0	0	0	0
1	60	60	60	60
2	120	110	120	117
3	170	160	170	167
4	220	210	210	213
5	270	260	260	263
6	320	310	300	310
7	370	360	350	360
8	420	410	400	410
9	470	460	450	460
10	520	510	490	507
11	570	550	550	557
12	-	-	-	-
車輪が停止し たとき	580	550	550	560

表 8-3 水素消費の例（値は一例で変化する可能性があります）

20. モータが停止するまで継続します。
21. 燃料電池と自動車の接続を外し、再度水素を生成するために燃料電池を太陽電池パネルに接続します。
22. 光をつけます。
23. 水素生成と自動車による消費を必要なだけ繰り返します（少なくとも1回）。
24. 1人の学生に黒板上にグラフを書かせ、車輪が回転した継続時間と使用された水素の体積を示すグラフを作成させます。

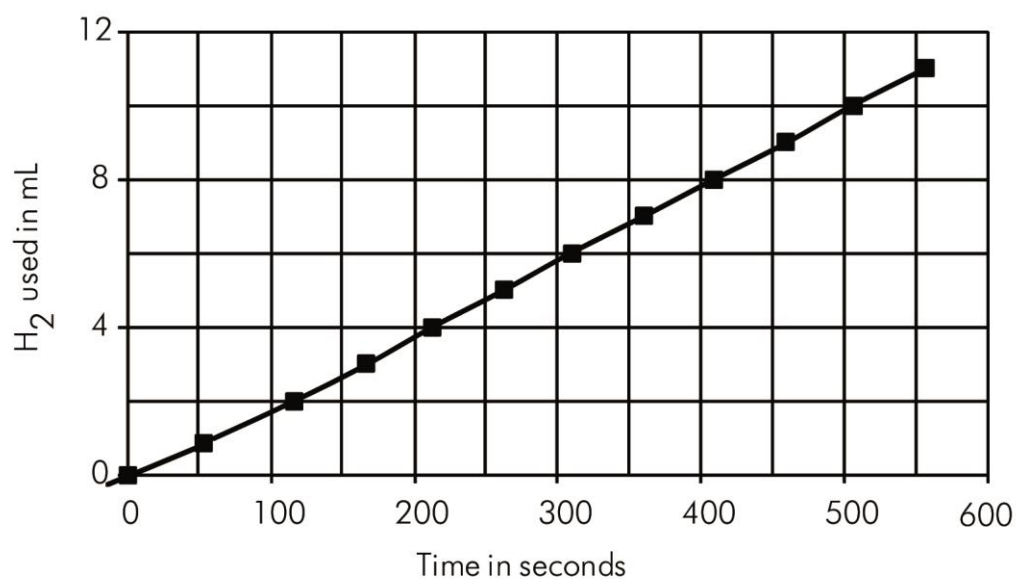


図 8-6 車輪回転時間と水素の体積（値は一例で変化する可能性があります）

燃料電池はどれ  
くらいの電力を供給で  
きるか

時間が残っていなければ、または別の方法で継続したいのであればここで研究を停止できます。1つの燃料電池がどれくらいの電力を供給できるかに関する研究をするには、次へ進みます。

1. 可逆性燃料電池を蒸留水で満たし（必要であれば）、水素を生成します。2-95ページのステップ96~13参照。



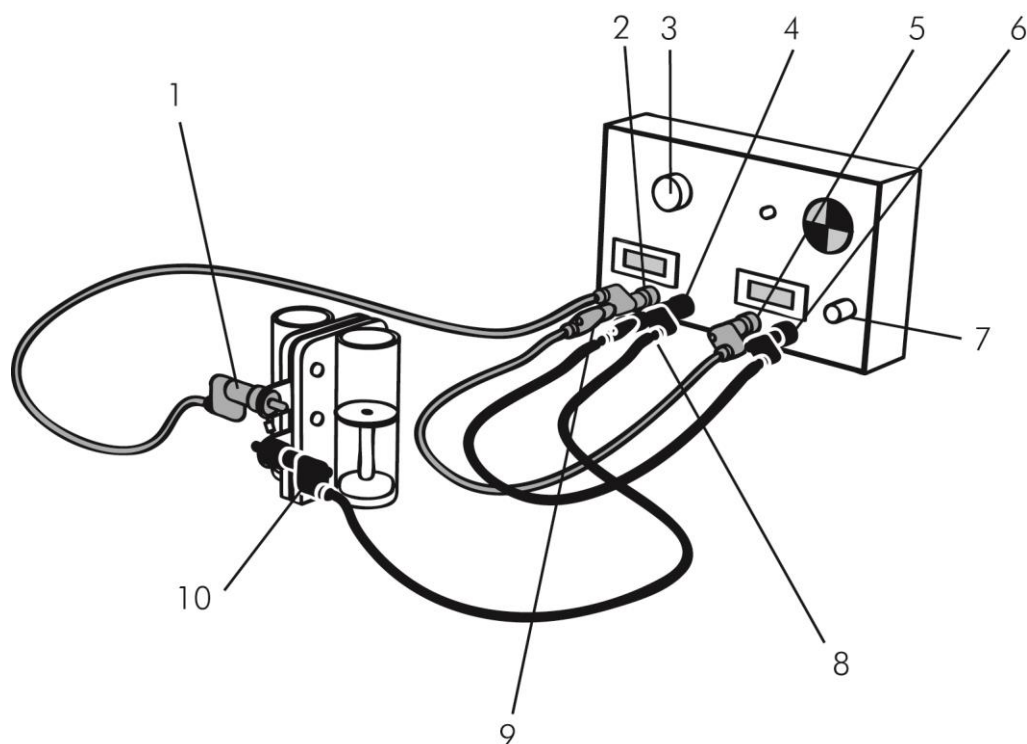


図 8-7 可逆性燃料電池と負荷測定ボックスを接続

2. 負荷ノブ(3)を 開放に設定します。
3. 可逆性燃料電池の赤色(+) 端子(1)を負荷測定ボックスの電流計の赤色(+) 端子(2)に接続します。
4. 可逆性燃料電池の黒色(-) 端子(10)を負荷測定ボックスの電流計の黒色(-) 端子(4)に接続します。
5. 負荷測定ボックスの電流計の赤色(+) 端子(9)を負荷測定ボックスの電圧計の赤色(+) 端子(5)に接続します。
6. 負荷測定ボックスの電流計の黒色(-) 端子(8)を負荷測定ボックスの電圧計の黒色(-) 端子(6)に接続します。
7. オン / オフ ボタン(7)を押します。
8. 負荷 ノブ(3)を 10 Ωに設定します。
9. 数秒間電流および電圧を観察します。

#### 電流および電圧 の測定



#### ヒント

電圧が1.23V（理論的にはこれが水素酸素燃料電池の最高の正電圧）よりも高い値から開始し、それからゆっくりと下がっていくのが見られるでしょう。これは電気分解の後で触媒の上に表面層が残っていることによって起こります。

- 学生の参加 10. 電流および電圧が安定したとき、学生達にそれらの値を表に書かせます（ここでは典型的な値）。

負荷[Ω]	電流 (A)	電圧 (V)	電力(W) (計算値)
10	0.080	0.840	0.067
5	0.145	0.780	0.113
3	0.237	0.750	0.178
1	0.497	0.640	0.318

表 8-4 典型的な燃料電池の出力電力(値は一例で変化する可能性があります)

11. 負荷設定を5 Ω、3 Ω および 1 Ωに変更して各点で学生達に電流および電圧を記録させます。
12. 学生達に燃料電池の電力を計算させます。
13. 負荷測定ボックスの接続を外して電源を消します。
14. 装置を分解し、片付けます。

#### 8.2.2.4 サイレントワーク

学生達がサイレントワークおよびパートナーワークで *質問* - 学生ページの113の質問に答えるように奨励することもできます。これは学生達的能力および教授法によります。

#### 8.2.2.5 宿題

学生達が質問に答えるのに教師の補助が不要であれば、*質問* - 学生ページのセクション113に提供されている質問は宿題としても使用できます。

### 8.2.3 質疑応答

1. ガスの1mLあたりの車輪の回転時間の測定を開始するときに水素ガスシリンダを毎回同じ量で充填することは何故重要ですか。

消費された水素ガスの1mLあたりに対する車輪の回転時間を比較したいときは、毎回水素の同じ量で測定を開始することが重要です。

2. 車輪が回転するにつれて水素保管シリンダのガスレベルはどうなりますか。何故このようなことが起こりますか。

車輪が回転すると電気モータに電力供給するために電気を消費し、この電気は酸素と結合して水を形成し、電気を生成する水素ガスから来るので、水素保管シリンダ中のガスの体積は減少します。

3. 太陽電池パネルで生成された電気を使用して電気モータに電力供給できますか。太陽電池パネルを電気モータに直接接続する代わりに水素燃料で自動車に電力供給する利点は何ですか。

はい、太陽電池パネルで生成された電気を使用して電気モータに電力供給できると思います。太陽電池パネルではなく水素燃料で自動車に電力供給することは太陽電池パネルを動作させるための十分な光が無い暗いところでも自動車を駆動できることを意味します。

4. 水素テストで起こったように燃焼して爆発させずにこのように水素を酸素と結合させる利点は何ですか。

燃焼して爆発させずにこのように水素を酸素と結合させる利点はそれが電気の形でより制御されたエネルギーを生成することです。この電気はオン/オフできて一度に少しずつ使用できます。爆発では多くのエネルギーが熱として放出され、自動車に電力供給するために容易に使用できません。

5. 20mLの水素ガスで車輪はどのくらい長く回転できるか推定しなさい。グラフを参照して回答を外挿しなさい。

[各個人で結果は異なります]

水素10mLで車輪は507秒回転したので20mLの水素では車輪は507秒の2倍（1014秒または17分）回転すると推定します。水素の消費と車輪の回転の関係は直線状です。

6. この研究の最初の質問への回答は何でしたか。保管された水素を使用して電気を生成できますか。説明しなさい。

はい、保管された水素を使用して電気を生成できます。燃料電池が水素を使用し、一方で電気を生成するのを見ました。

7. 抵抗値を10から1Ωに減少すると電流はどのように変化しますか。電圧はどのように変化しますか。。あなたが測定した燃料電池からの最大電力はいくらですか。

[各個人で結果は異なります]

抵抗を減少させると電流は増加しますが電圧は減少します。私が測定した最大電力は1Ωの抵抗で0.318Wでした。

8. あなたが測定した電流と電圧の依存性は電池でも起こる典型的なものです。燃料電池は電池と言えますか。これについて議論してください。

はい、燃料電池は電池といえます。理由はそれが(-)の陽極と(+)の陰極を持つ2つの半分セルに分離され、化学反応で電気を生成するからです。

電池は同様の振舞いをします。それらは無負荷電圧を持ち、電流が増加すると減少します。例えば、NiCd電池の無負荷電圧は1.2Vです。

### 8.3 学生セクション

この研究では水素を燃料として使用できるか否かを調査します。

#### 8.3.1 保管された水素を使用して電気を生成できますか。

##### 安全性

→ 実験するときは保護めがねを着用します。



##### 注意

水素の点火！

皮膚のやけどおよび燃料電池の損傷。

- 裸火がないこと。
- 喫煙しないこと。
- 作業場所はよく換気されていること。



##### 注意

可逆性燃料電池内の過剰圧力！

ガス保管シリンダの反応室から押し上げられた水が入る上室（液溜め）の開口部を蓋すると物体が飛び出て怪我します。

- ガス保管シリンダの上室（液溜め）の開口部を蓋しないでください。
- 常に目の保護具を着用してください。

✓ ゴーグルまたは保護めがね

✓ 太陽電池パネルまたは手動発電機



##### ヒント

太陽電池パネルの代替として教師は電気エネルギー源に手動発電機を使用することを要求するかもしれません（取扱説明書参照）。

- ✓ 2本または4本のパッチコード
- ✓ 可逆性燃料電池
- ✓ モータ付きの自動車
- ✓ 負荷測定ボックス
- ✓ 蒸留水
- ✓ 100～120WのPARランプ、または等価な光源
- ✓ 木のブロックまたは自動車用の他のサポート
- ✓ 秒針付きまたはストップウォッチ機能付きの時計

1. 保護めがねを着用
2. 平らな面に燃料電池を上下逆さまにして置きます（番号のある面を下）。
3. ストップを取り外します。

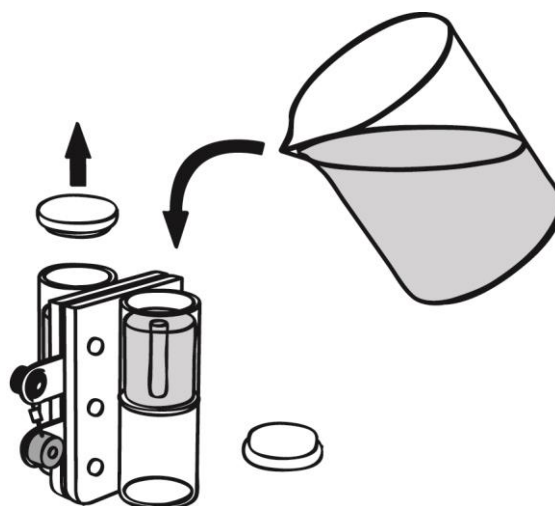


図 8-8 可逆性燃料電池の下室（反応室）に蒸留水を充填



### 注意書き

蒸留水だけを使用してください！

水道水やその他の液体を使用すると可逆性燃料電池の膜を永久に損傷します。

4. 水がシリンダ中央の小さな管の一番上に到達するまで両方の保管シリンダの下室（反応室）に蒸留水を注ぎます。
5. 燃料電池を軽く叩いて、水が膜および金属の集電プレートを囲むエリアへ流れ込むことようにします。

6. シリンダ内の管へ水があふれ出るまで水を追加します。
7. シリンダにストッパを戻します。シリンダ内に空気が入り込んでいないことを確認します。



## ヒント

0.5mLくらいの小さな気泡は問題を生じないので無視できます。

8. 可逆性燃料電池を正立させます。

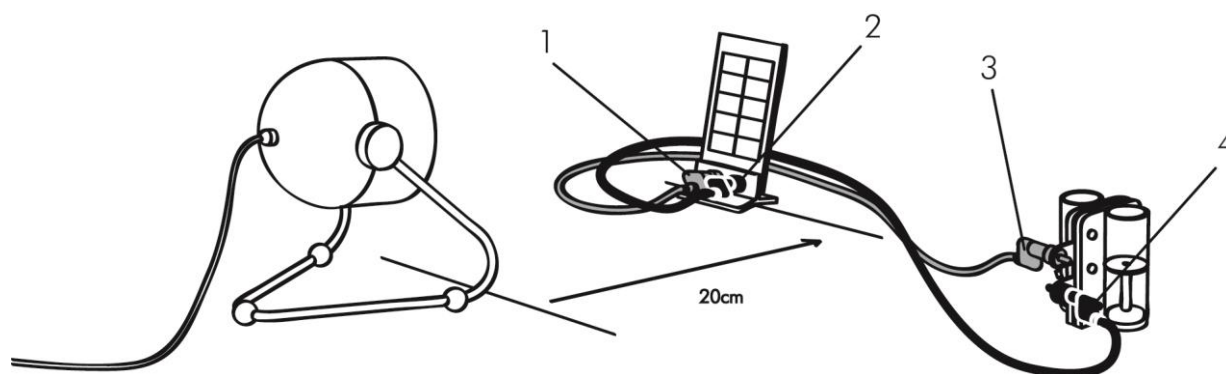


図 8-9 太陽電池パネルと燃料電池を接続

9. 赤色のパッチコードのバナナジャックを太陽電池パネルの端子(1)および燃料電池の端子(3)へ差し込みます。



## 注意書き

可逆性燃料電池のショート！

膜にホットスポットができ、膜の劣化を導きます。

➔ 可逆性燃料電池をショートさせないでください。

10. ステップ9を繰り返して黒いパッチコードで(-)の端子(2, 4)も同様に差し込みます。



### 注意書き

太陽電池パネルの過熱！

太陽電池の動作不良または永久損傷。

- ➔ 最大電力が120Wの光源のみを使用します。
- ➔ 光源と太陽電池パネルを20 c m以上離します。
- ➔ 光を集中させないこと。

11. 太陽電池パネルと光源の位置を合わせ、20 c m以上離して設定します。



### 注意

太陽電池パネルおよびランプの表面は熱い！

皮膚のやけど。

- ➔ 太陽電池パネルおよびランプの表面には触れないこと。
- ➔ 太陽電池パネルおよびランプは冷却してから触れること。

12. 光をつけます。

13. 水素保管シリンダが12mLより少し余分に満たされら

- － 光を消します。
- － 可逆性燃料電池からパッチコードを引き抜きます。

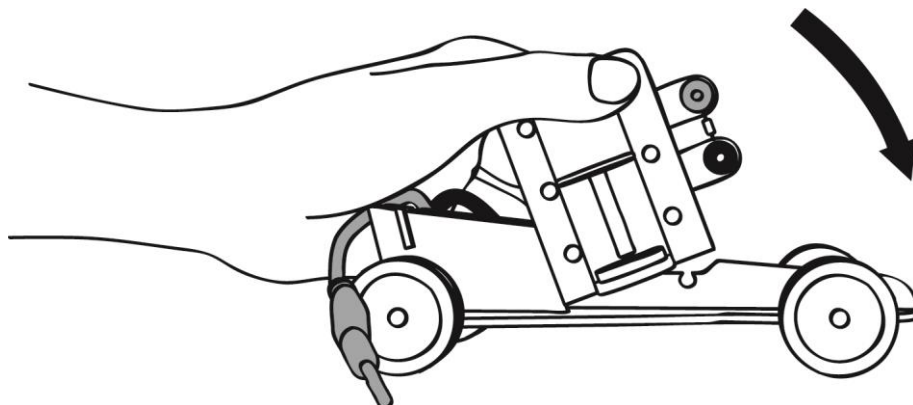


図 8-10 可逆性燃料電池をモデルカーに搭載



14. 赤色および黒色端子を自動車の前方に向けて、可逆性燃料電池をモデルカーの切欠きの中へ設置し、音が出るまで押さえます。

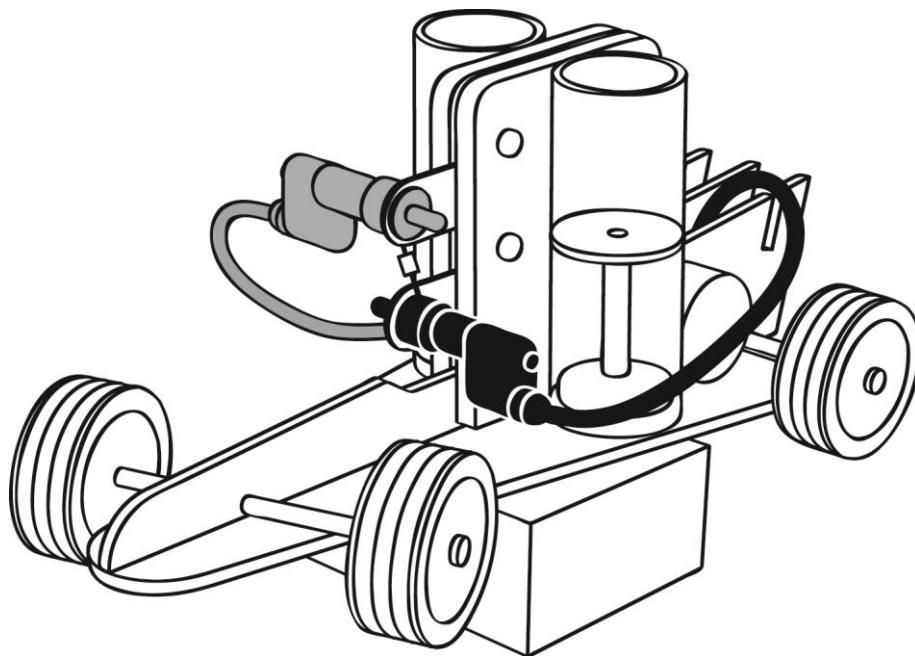


図 8-11 ブロックの上に自動車を置く

15. 木のブロックを自動車の本体の下に置き、自動車の車輪が自由に回転できるようにします。
16. 赤色 (+) バナナジャックを赤色 (+) 端子と接続し、黒色 (-) のバナナジャックを黒色 (-) 端子と接続します。
17. 水素保管シリンダの中のガスのレベルを観察し、ガスレベルが正確に12mLに到達したらストップウォッチをスタートします（または一番近い秒を記録します）。
18. 各1mLが消費されるたびに時刻を記録し、以下の表に記録を記入します。

消費された 水素 [mL]	経過時間 [s] トライ アル 1	経過時間 [s] トライ アル 2	経過時間 [s] トライ アル 3	すべてのトライ アルの平均経過 時間[s]
0				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
車輪が停止し たとき				

表 8-5 水素の体積と自動車が走行した時間

19. モータが停止するまで継続します。
  20. 燃料電池と自動車の接続を外し、燃料電池を太陽電池パネルに接続します。
- 水素を再度生成するには次の手順に従います。
21. 光をつけます。
  22. 水素生成と自動車による消費を必要な数だけ繰り返します（少なくとも1回）。
  23. 以下のチャートの中にグラフを書き、車輪が回転した継続時間と使用された水素の体積を示すグラフを作成します。

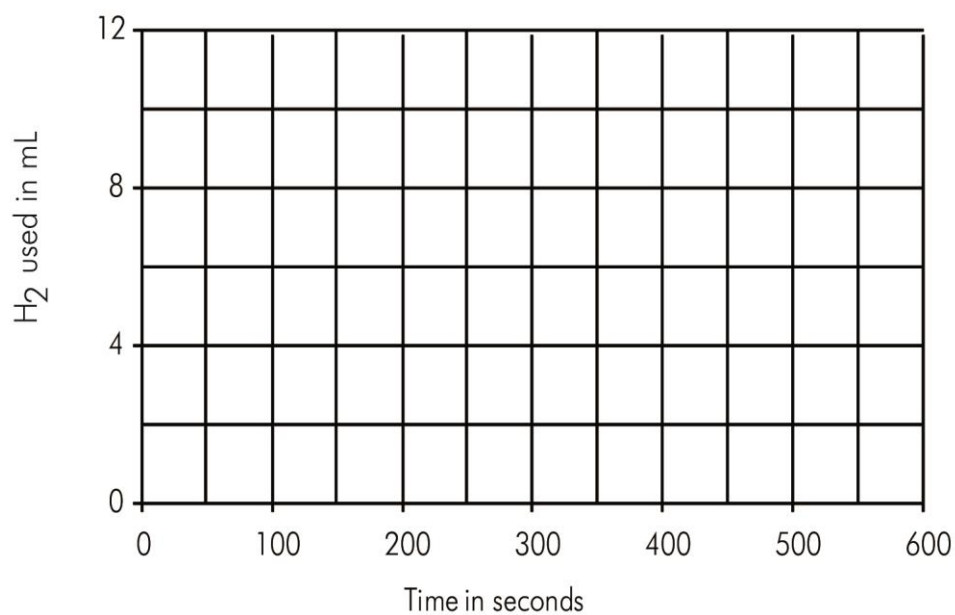


図 8-12 車輪が回転した時間と水素の体積

研究の第一部が終了しました。継続してよいかどうか、教師にたずねます。

**燃料電池はどれ  
くらいの電力を供給で  
きるか**

1. 可逆性燃料電池を蒸留水で満たし（必要であれば）水素を生成します。2～13ページのステップ106～108参照。

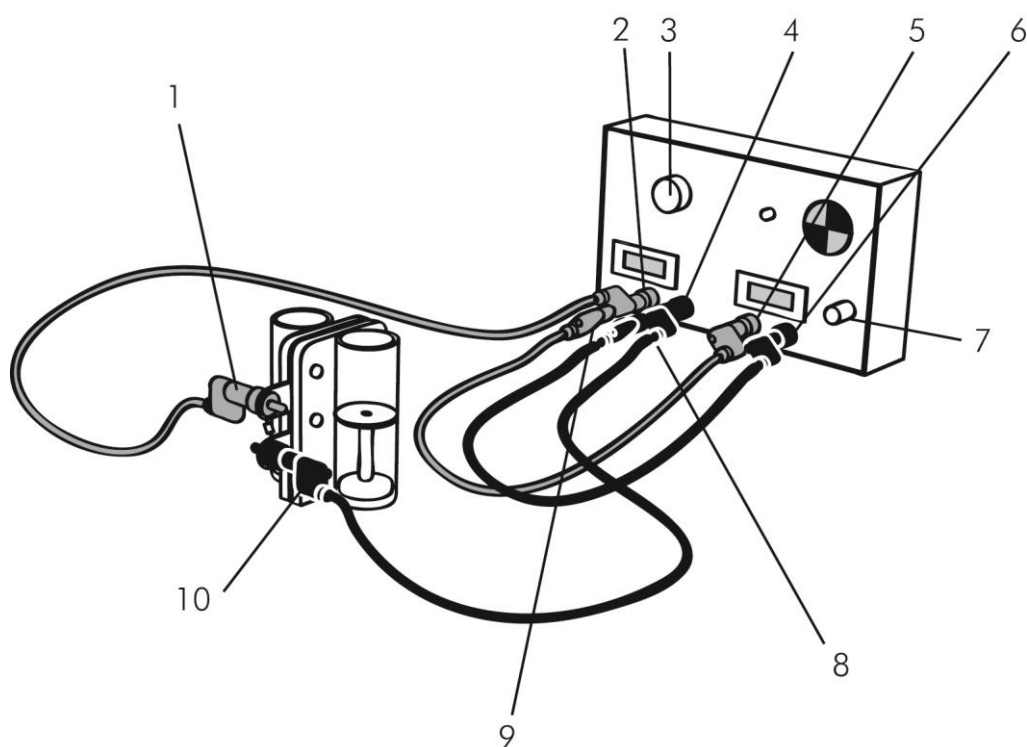


図 8-13 可逆性燃料電池と負荷測定ボックスを接続

3. 負荷ノブ(3)を 開放に設定します。
4. 可逆性燃料電池の赤色 (+) 端子(1)を負荷測定ボックスの電流計の赤色 (+) 端子(2)に接続します。
5. 可逆性燃料電池の黒色 (-) 端子(10)を負荷測定ボックスの電流計の黒色 (-) 端子(4)に接続します。
6. 負荷測定ボックスの電流計の赤色 (+) 端子(9)を負荷測定ボックスの電圧計の赤色 (+) 端子(5)に接続します。
7. 負荷測定ボックスの電流計の黒色 (-) 端子(8)を負荷測定ボックスの電圧計の黒色 (-) 端子(6)に接続します。
8. オン / オフ ボタン(7)を押します。
9. 負荷 ノブ(3)を 10 Ωに設定します。



## ヒント

電圧が1.23V（理論的にはこれが水素酸素燃料電池の最高の正電圧）よりも高い値から開始し、それからゆっくりと下がっていくのが見られるでしょう。これは電気分解の後で触媒上に表面層が残っていることによって起こります。

10. 電流と電圧が安定したように見えたら、それらの値を次の表に書き込みます。

負荷[Ω]	電流 (A)	電圧 (V)	電力[W]
10			
5			
3			
1			

表 8-6 燃料電池の出力電力の測定

11. 負荷設定を5 Ω、3 Ω および 1 Ωに変更して各点で電流および電圧を記録します。
12. 燃料電池の電力を計算します。
13. 負荷測定ボックスの接続を外して電源を消します。
14. 装置を分解し、片付けてから保護めがねを外して注意しながらそれらを返却します。

### 8.3.2 質問 - 学生

質問に答えるために別のシートを使用します。

1. ガスの1mLあたりの車輪の回転時間の測定を開始するときに水素ガスシリンダを毎回同じ量で充填することは何故重要ですか。
2. 車輪が回転するにつれて水素保管シリンダのガスレベルはどうなりますか。何故このようなことが起こりますか。
3. 太陽電池パネルで生成された電気を使用して電気モータに電力供給できますか。太陽電池パネルを電気モータに直接接続する代わりに水素燃料で自動車に電力供給する利点は何ですか。
4. 水素テストで起こったように燃焼して爆発させずにこのように水素を酸素と結合させる利点は何ですか。
5. 20mLの水素ガスで車輪はどのくらい長く回転できるか推定しなさい。グラフを参照して回答を外挿しなさい。

6. この研究の最初の質問への回答は何でしたか。保管された水素を使用して電気を生成できますか。説明しなさい。
7. 抵抗値を10から1Ωに減少すると電流はどのように変化しますか。電圧はどのように変化しますか。あなたが測定した燃料電池からの最大電力はいくらですか。
8. あなたが測定した電流と電圧の依存性は電池でも起こる典型的なものです。燃料電池は電池と言えますか。これについて議論してください。