

## 課題情報シート

テーマ名 :	燃料電池エコカーの製作				
担当指導員名 :	松田 勝司	実施年度 :	26 年度		
施設名 :	東北職業能力開発大学校 附属 青森職業能力開発短期大学校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	生産技術科		
課題の区分 :	総合制作実習課題	学生数 :	4 人	時間 :	12 単位 (216h)

### 課題制作・開発のポイント

#### 【開発（制作）のポイント】

これまでは、車体の軽量化などの機械的機構部の改良を行ってきました。今回は、搭載している燃料電池の電気的特性実験から経年劣化状態とエコカー走行時の燃料電池特性を調べるために走行実験用負荷装置の製作を行うことを目的としました。

#### 【訓練（指導）のポイント】

エコカー製作においては、機械関係、電気関係の内容が詰まっており、専門課程における総合制作実習において、他科との連携をとることにより、応用課程と同様なワーキンググループ方式を導入することができます。

### 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 東北職業能力開発大学校附属青森職業能力開発短期大学校  
住所 : 〒037-0002 青森県五所川原市大字飯詰字狐野 171-2  
電話番号 : 0173-37-3201 (代表)  
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/aomori/college.html>

### 課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

# 燃料電池エコカーの製作

## －燃料電池の特性実験とカウル設計－

東北職業能力開発大学校附属青森職業能力開発短期大学校  
生産技術科

### 1. はじめに

私たちは昨年につき秋田県大潟村ソーラースポーツラインにて行われている第20回大会WEM(ワールドエコノムーブ)競技に参加した。

昨年使用したエコ電気自動車を使用することとしたがフレームの劣化があったため、修繕し臨んだ。

### 2. WEM

WEMはエコ電気自動車の走行距離を2時間でどれだけ走行できるか競い合う大会である。

燃料は水素と鉛部門に分かれており、我々は水素を使用した燃料電池部門で参加した。

#### 2-1. 結果報告

競技大会前日の公式練習では、出力低下によりコースの傾斜によって走行が困難なところがあり、平坦なコースも思うように走行できなかった。公式競技でも前日と同じように走行せず、距離は約1.5kmという結果に終わり、燃料電池部門は7台参加中6位であった。



図1 大会写真

### 2-2. マニュアル作成

去年までは、操作方法や燃料電池に関する資料がメモ書き程度でしか残されていなかったためマニュアルを作成することにした。

#### (1) WEM大会マニュアル

大会のコース状況や気候による影響などをまとめ昨年と比較して良い点と悪い点を検討し次年度への課題を整理した。

#### (2) エコ電気自動車の操作マニュアル

エコ電気自動車の各スイッチの機能についてについてまとめた。

#### (3) 水素ボンベ充填マニュアル

水素ボンベ充填前の確認事項や充填時の圧力値、水素量に応じた充填時間等をまとめた。

#### (4) TIG溶接(ティグ)マニュアル

エコ電気自動車の車体をアルミフレームで製作する際にアルミの溶接を行うため、TIG溶接の講習を受けた。そしてTIG溶接の概要、基本操作、ビード置き、パイプ溶接、角パイプ溶接、薄板すみ肉溶接を行い整理した。

### 2-3. 今後の方針

大会結果をふまえて検討した問題点としては燃料電池の劣化や水素ガス漏れなどが推測された。今年度は燃料電池の特性実験、ドライバーからの視認性が悪いことからカウル設計の見直しなど以下について総合制作を進めることにした。

#### (1) 燃料電池の特性実験

#### (2) 燃料電池保護箱の改良・設計製作

#### (3) 燃料電池特性実験のための負荷装置製作

#### (4) カウル設計の見直し

### 3. 走行結果の分析

エコ電気自動車の走行距離が伸びなかった主な原因としては、燃料電池の高分子膜の乾燥・劣化などが挙げられた。よってこれを検証後、改善していくことを今年度の課題とした。

#### 3-1. 燃料電池について

燃料電池とは、化学反応で生じるエネルギーを電気エネルギーに変換する装置である。燃料電池に水素と酸素が入ると、電気と水が生じる。

出力が二酸化炭素などの環境汚染物質を発生することがないので非常に環境に優しいエコなエネルギー源である。水素イオンは電解質を通ることができ、酸素極まで通過した水素イオンが酸素極で酸素と結合することにより、酸素極から水が発生する。燃料極で水素分子から離れた電子が負荷を通過して酸素極に流れることにより、負荷で電気を消費する仕組みとなっている。

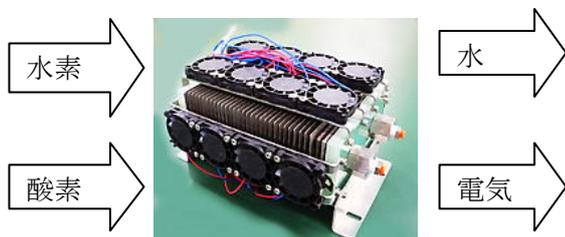
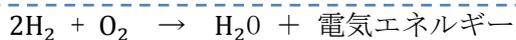


図 2-1 燃料電池の入力と出力

化学式で表すと次のようになる。



今回使用した車体の燃料電池については、外部機関へ持っていき燃料電池の特性実験を行った。

その結果、定格出力 100W 中 3.8W であったため本来の出力をだせなかったことが分かった。

そこで、燃料電池を回復させるために加湿調整を行った。

調整前、調整後の燃料電池特性の測定結果は以下の図に示す。

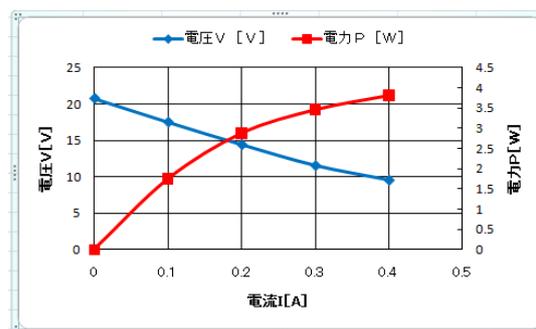


図 2-2 調整前の燃料電池の特性

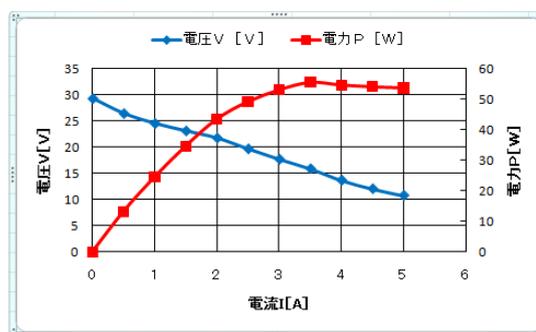


図 2-3 調整後の燃料電池の特性

調整後は、出力 55W まで回復したが、本来の出力まで回復しなかった。

#### 3-2. 燃料電池保護箱の設計・製作

上記の問題点などを改善するために燃料電池保護箱を新たに設計・製作した。

新たな設計では、燃料電池の発電中発生する熱を利用して水素ポンペを温めて、かつ水素を放出してポンペが低温になることを利用して燃料電池が高温になり高分子膜の溶着することを防ぐなどの対応策を検討した。

また燃料電池では、空気と水素ガスの化学反応により燃料電池内部に熱が発生するが、この発生した熱を正帰還させることにより、燃料電池保護箱内部の温度を徐々に上昇させる事ができる。ただしこの場合、新しい空気の取り込みが必要であり、それも同時に行わなければならないため適切な温度管理が行えるように検討した。

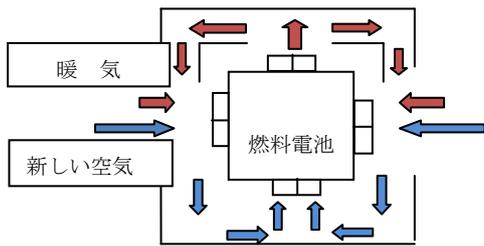


図 3-1 燃料電池の保護箱による  
温度上昇の原理

また、燃料電池の高分子膜は特性として乾燥してしまえば水素のイオン化が低下し化学反応が弱まって発電量が減少する。

1年を通して燃料電池を使用するのは数か月程度である。そのことから冬季の乾燥した空気の中で保存されるため高分子膜が乾燥しきってしまう。競技中も高分子膜を適度な湿度に保つために、燃料電池に流入する水素ガスに水蒸気を混ぜることにより乾燥を改善することができる。それに使用するものはバブリング容器でそれを収納する部分を保護箱内に追加することとした。



図 3-3 バブリング容器



図 3-4 燃料電池保護箱

設計・製作した燃料電池保護箱は、次の3点を改善した。

- (1) 燃料電池の配線を容易にした。
- (2) 燃料電池の着脱を容易にした。
- (3) バブリング容器の収納場所を追加した。

その後、燃料電池保護箱の温度状態の検証実験を行った。

燃料電池保護箱の内部の温度上昇は、伝熱工

学により次の式によって求められる。

保護箱の筐体等価表面積： $Seq_2$ は、  
 $Seq_2 = S_{top} + S_{side} + 1/2 S_{bottom} = 0.434 m^2$

全放熱量  $Q = 1.78 \cdot Seq_2 \cdot \Delta T_m^{1.25}$  より

筐体内部の空気温度上昇： $\Delta T_m^{1.25}$  [K]

$\Delta T_m = 49$  [K]

室内  $20^\circ C$  とすると  $20 + 49 = 69$  ( $^\circ C$ ) となる。

また、電池保護箱の表面温度は、

保護箱の筐体表面積： $Seq_1$  として、

$Seq_1 = 4/3 S_{top} + S_{side} + 2/3 S_{bottom} = 0.479 m^2$

$T$  [K]：筐体表面温度  $T_\infty$  [K] = 室内温度

$\Delta T$ ：温度塊 =  $T - T_\infty$  [K] より

$\Delta T = 25$  [K] の時で室温  $27$  [ $^\circ C$ ] の場合  $T = 325$  [K]

全放熱量  $Q = 1.86 \cdot Seq_1 \cdot \Delta T^{1.25} + \epsilon \sigma S (T^4 - T_\infty^4)$  より

$\Delta T = 25$  [K] 室温 =  $27$  [ $^\circ C$ ]  $Q = 91.3$  [W]

$\Delta T = 30$  [K] 室温 =  $27$  [ $^\circ C$ ]  $Q = 100.9$  [W]

よって  $30$  [K] が見込まれる。

室温  $20^\circ C$  とすると  $30 + 20 = 50$  ( $^\circ C$ )

表面温度は、 $50^\circ C$  が見込まれる。

下記の表1は100W電球を使用して保護箱温度測定実験のデータである。

表 1 筐体の温度上昇特性

時間(分)	筐体表面の温度上昇( $^\circ C$ )				筐体内部の空気の温度上昇( $^\circ C$ )			
	上面	側面	下面	平均	上部	中部	下部	平均
0	26	25.6	26	25.9	29.1	28.2	27.8	28.4
30	41.5	35	49	41.8	58.2	54.6	51	54.6
60	43.3	37.2	53.7	44.7	60.9	58.1	54.5	57.8
90	44	37.7	56.5	46.1	62.2	59.2	56.2	59.2
120	44.4	37.6	57.2	46.4	62.9	60.2	56.8	60.0
実測値	39.84	34.62	48.48	40.98	54.66	52.06	49.26	52.0
理論値				50				69

表 1 より理論値と実測値がほぼ  $10^\circ C$  以内の誤差の中に入っており伝熱工学では理論通りと判断できるので、筐体は温度管理において使用可能と考える。

## 4. 負荷装置の製作

今年度の WEM(ワールドエコノムーブ)で、燃料電池の劣化が原因で走行距離が伸びなかったことから、燃料電池の検証実験が必要となった。そこで、走行時にタイヤへの負荷をかけて燃料電池の電気的特性を実験するための装置が必要となったため、負荷装置を設計・製作することとした。

### 4-1. 負荷装置設計方針

設計するにあたって、車体のモータ駆動時に車輪に負荷をかける設計をすることにした。

しかし、本校にある負荷装置をそのまま車体に使用するには次の課題があった。

- (1) 負荷装置の大きさや構造が車体に合っておらず、車輪に負荷をかけられない。
- (2) WEM のコース上の上り坂を想定した、負荷を変動することができる機構がない。
- (3) 負荷をかける際、車体等の振動に耐えられるような安定性がなければならない。

### 4-2. 基本設計

現在ある負荷装置(図4-1)の重量を支えられることと実験の際に測定器を取り付けやすくするために現在の物を基本としてアルミフレーム骨組構造とした。



図 4-1 現在の負荷装置

今年度は図 4-2 の様な安定してタイヤに負

荷をかけるため 40mm 角アルミフレームを使用して、新たに別の土台部分を製作することとした。また、前輪部分と後輪部分を乗せる装置をそれぞれ切り離した構造にすることで、仮に車体の全長に設計変更があったとしてもある程度まで対応出来るような設計にした。



図 4-2 負荷装置全体

フライホイールの荷重を支えるため、負荷装置を支える梁の部分は許容荷重を踏まえて、各梁に等間隔に柱を二本ずつ加えることでたわみ量を考慮した。

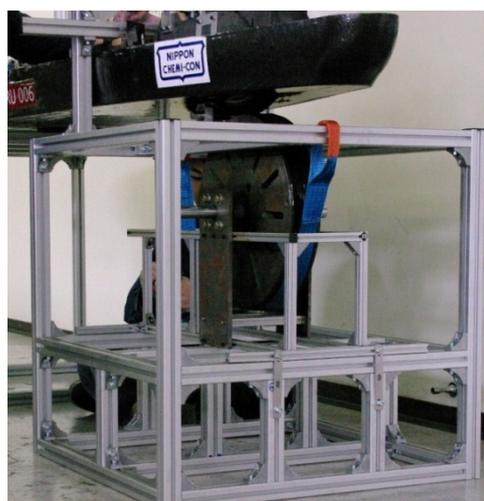


図 4-3 負荷装置の後輪部

負荷をかける部分であるホイールには図 4-4 の様にゴム材質のバンドを巻き、タイヤを接触させて回転させる際に摩擦力が大きくなるよ

う工夫した。



図 4-4 負荷装置のホイール部

負荷調節機能に関しては、ホイールに締めつけの調節が可能となっているタイダウンベルトを使用してベルトの張り具合によってタイヤにかかる負荷を増減させる機構としたテンションベルトを付けた。テンションベルトによってホイールとの摩擦力を変動する仕組みである（図 4-5）。

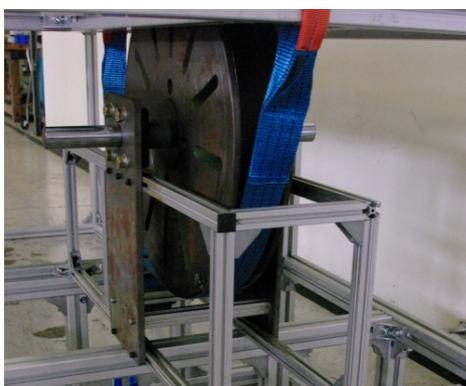


図 4-5 テンションベルト

#### 4-3. 加工・組立

アルミフレームは帯鋸盤で切断し、切断面はフライス盤で端面仕上げをして使用した。

装置使用中に発生する振動については、アンダーカウルをアルミフレームで抑え込み、ボルト・ナットで固定した。

また、装置の後輪固定部分をタイダウンベルトで固定することで、上下方向・車体の進行方向への振動を抑えた。

表 2 負荷装置仕様書

品名	40mm 角アルミフレーム	
高さ	900mm	
装置幅	800mm	
長さ	800mm	
総重量	前輪固定部	18kg
	後輪固定部	110kg
ホイール直径	470mm	
ホイール厚み	80mm	
ホイール重量	72kg	

負荷装置に関しては、課題となっていた装置の安定性や負荷調節機能は追加することができた。

#### 4-4. 負荷調整機構

装置がタイヤにかける負荷値が明確に数値化されているわけではないので、今後負荷調節機能については数値が確認できるように設計を検討する必要がある。

### 5. アッパーカウル設計方針

設計の方針として、従来のカウルより中央部の天井を高くして、居住性と前方の視認性を改善することに重点を置いて、アッパーカウルの設計を行った。

#### 5-1. アッパーカウル基本設計

従来のアッパーカウルでは仰向けの姿勢で搭乗していたが、他チームのアッパーカウル形状を参考にして、長座の姿勢で搭乗できる図 5-2 のようなアッパーカウル形状を設計した。これにより座席の空間に余裕が生まれ、長時間にわたり同じ体勢で運転していても疲労しにくくなるとともに、運転操作への影響も抑えられると考えた。

図 5-1 に従来のアッパーカウル形状を示す。

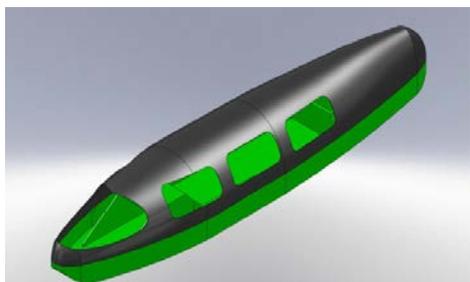


図 5-1 現在のアッパーカウル形状

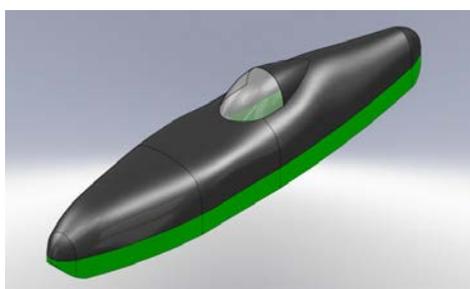


図 5-2 設計したアッパーカウル形状

現在の座部の角度は  $15^\circ$  だが、角度を  $50^\circ$  程度まで起こすことで、前方の視界を広く取ることができる。また燃料電池を設置する足元のスペースが広がるため、燃料電池を直列に配置することも可能になる。

表 3 新規設計アッパーカウルの仕様

全長	2900mm
全高	590mm
全幅	560mm

## 5-2. 製作工程

カウルの製作にあたり、今までと同じく、材質として FRP (炭素繊維) を使用することとした。

そのため過去のカウル製作記録や他校の製作記録を参考にして FRP の積層手順と使用する材料や機材をまとめることとなった。ここに大まかな製作工程を示す。

### (1) ボディ原型の製作

3DCAD で設計したボディ形状をもとに、レーザー加工機を使用してベニヤ板製のあばらと背骨、短冊状にカットしたスチレンボードを製作する。あばらと背骨で骨組みを組み上げて、その上にスチレンボードを貼り付けることでボディの原型をつくる。

### (2) カウルの製作

ボディの原型に対してワックスとポリビニールアルコールで離型処理を施し、ガラスクロス・樹脂・カーボンクロス積層を繰り返すことでカウルを製作する。

## 5-3. 今後の予定

今年は全体的なコンセプトが決まったため、今年度以降は、新しい燃料電池ボックスの規格に合わせたフレームを設計することを目標としたい。

## 5-4. おわりに

今年は、燃料電池の解析や走行実験に使用する負荷装置の製作などをメインに活動した。

その他、操作や製作のマニュアルをまとめ、今年度以降の活動を円滑に行うための基盤づくりに取り組んだ。今後は新しい車体の製作に本格的に取り組む、大会で良い結果を残して欲しいと考えている。

### 参考文献

- 1) 自動車工学 東京電気大学出版局
- 2) MISUMI FA 用メカニカル標準部品
- 3) わかりやすい材料強さ学 オーム社

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 8月 19日

科名：生産技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		燃料電池エコカーの製作	
担当教員		担当学生	
松田 勝司			
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>競技用のエコ電気自動車を題材に、設計、製作及び組立・調整技術等の総合的な実践力を身に付けるとともに、足回り機構の設計を通してメンテナンスを考慮した機構設計技術も身に付けます。</p>			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
<p>電気自動車は様々な種類のものが開発されています。本実習では、単に電気で走るだけでなく、タイヤや空気の抵抗を減らし、車体を軽く作ることで、および再生可能エネルギーを使用できる燃料電池を搭載することで、エネルギーの発展性についての理解を深めます。単に車体を製作するだけでなく、省エネレースに出走させ記録向上を目指すという目標を持たせることで、「モノづくり」の面白さや発展性を理解するとともに、信頼性や安全性に優れた成果物を製作する能力を身につけさせることができます。</p>			
実習テーマの特徴・概要			
<p>今年度は、特に信頼性の向上を目指して電気自動車2台に改良の手を入れます。製作ポイントは、信頼性・安全性の向上、接地性の向上、運転者視界の向上です。いずれもレースでの走行を完遂し、記録へとつなげていくための改良です。運転者のスペースを考慮しながら、接地性と安全性を同時に実現しなければならないため、足回りの設計段階で部品等のレイアウトを十分に考える必要があります。また、完成後は各種性能評価試験を行い、報告書を作成します。</p>			
No	取組目標		
①	信頼性を向上させたエコ電気自動車をポリテクニックビジョンまでに完成させます。		
②	燃料電池駆動・バッテリー駆動の、動力源が異なる2つの車体を製作します。		
③	切削・レーザー加工・積層造形・FRPを複合的に活用し、電気自動車を完成させます		
④	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。		
⑤	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。		
⑥	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整します。		
⑦	報告・連絡・相談を怠らず、作業に遅延を発生させないよう気を付けます。		
⑧	実習の進捗状況や、発生した問題等については、単独、グループの場合にかかわらず、担当教員へ報告します。		
⑨	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		
⑩			