移動販売用小型燃料電池自動車 Ecocoon の開発

Development of a Fuel Cell Powered Electric Vehicle Ecocoon for Delivery Services

学○栗木 駿 (信州大・繊維)

学 山田雄亮 (信州大・繊維)

正 小西 哉 (信州大・繊維)

非 秋月正光 (株式会社メルト)

Shun KURIKI, Faculty of Textile Science & Technology, Shinshu University

Yusuke YAMADA, Faculty of Textile Science & Technology, Shinshu University

Hajime KONISHI, Faculty of Textile Science & Technology, Shinshu University

Masamit AKIZUKI, Faculty of Textile Science & Technology, Shinshu University

We have been developing a fuel cell powered electric vehicle, which can be used for delivery service applications. This paper describes design and fabrication of the vehicle.

Key Words: Fuel Cell, Electric vehicle, GFRP,

1. 緒言

化石燃料の使用による環境汚染と、枯渇によるエネルギー不足が懸念されている。これらの問題を解決するため、化石燃料に代わる新エネルギー利用技術の開発が進められている。その一つとして水素エネルギーを利用した燃料電池の開発と、燃料電池を用いた電気自動車の開発が行われている。信州大学ソーラーカープロジェクトでは、燃料電池と太陽電池を搭載したレース用ハイブリッド電気自動車(Cocoon シリーズ)を開発し、レースに出場してきた。

本研究ではこの経験を活かして、より実用的なハイブリッド電気自動車の一例として、イベント会場や路上などでの商品販売用の移動販売車を開発している。車名はEcologyのEcoと繊維学部を象徴する繭のCocoonを融合させて、Ecocoon(エコクーン)と名づけた。Ecocoonの設計と製作について報告する。

2. アッパーカウル

アッパーカウルは、有限会社野崎デザインが設計・開発した、ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)製のEco Taxi(図1)のショッpstailバージョンであるEco Box(図2)を使用した。車体の後ろをカウンタにし、商品の移動販売が可能である。

Fig. 1 Eco Taxi Original Style.

Fig. 2 Eco Box.

3. シャーシの製作

3. 1 アルミフレーム

シャーシの3D-CAD図面を図3に、製作したアルミニウム合金フレームの概観を図4に示す。アルミニウム合金角パイプを用いて、シャーシフレームを製作した。当初はアルミニウム合金L字アングルを用いて、角パイプ同士をボルト留めした。しかし、シャーシ全体を接合するためにはボルトを70本近く必要とするため、ボルトだけで3.5 kgの質量になってしまった。そこで、軽量化のために、リベット継手による接合を試みた。ボルト接合した場合に比べ、3.3 kgの軽量化に成功した。

Fig. 3 3D-CAD plan of Ecocoon.

Fig. 4 Completed chassis of Ecocoon.

3. 2 ステアリング

ステアリング機構の概観を図5に示す。レーシングカートのステアリング機構を参考に設計した。また、ステアリングを前後にスライドさせ、ハンドルを上下に可動させるチルト機構を設け、さまざまな体格のドライバーに合わせることを可能とした。

Fig. 5 Steering machinery.

3. 3 パワー系統電気配線

Ecocoonのパワー系統電気配線を図6と図7に示す。燃料電池(図8) / バッテリー(図9) / モータを並列接続した。燃料電池 (FC) の出力には、電流逆流防止用のダイオードを接続してある。電源 (燃料電池とバッテリー)とモータの間に DC-DC コンバータを接続したことにより、燃料電池から出力される DC 24 V を、モータ駆動に必要な DC 48 V に昇圧した。

Fig. 6 Diagram of Power Electric System of Ecocoon.

Fig. 7 Ecocoon's wiring survey

Fig.8 Fuel Cell Nexa made by EBARA BALLARD.

Fig.9 Battery PXL12072 made by GS.

3. 4 サスペンション

レース用ハイブリッド電気自動車 Cocoon 2005 で使用実績のある、木質合板をアルミニウム合金板で挟んだ板ばね形式のダブルウィッシュボーンサスペンションを採用した。ばね長を短くすることで、板ばねの塑性変形を防いだ。板ばねの外観を図 10 に示す。

Fig. 10 Spring plate.

Ecocoon の外観を図 11 に、車両の仕様を表 1 に示す^[1]。

Fig. 11 Side View of Ecocoon.

Table 1 Specifications of Ecocoon.

車名	Ecocoon (エコクーン)
サイズ	$L 2,500 \text{ mm} \times W 1,100 \text{ mm} \times H 1,700 \text{ mm}$
車両質量	アッパーカウル: 92 kg シャーシ: 108 kg
ホイールベース	1,700 mm
トレッド	820 mm
材質	アッパーカウル: GFRP シャーシ: アルミニウム合金
ステアリング	アッカーマン式
サスペンション	ダブルウィッシュボーン 板ばね
ブレーキ	SHIMANO 製 自転車用油圧ブレーキ
モータ	HONDA 製 DDW-4060
駆動方式	ベルト駆動 変速機なし
最大積載量	100 kg
最小回転半径	4.5 m

4. GFRP 製シャーシの製作

Ecocoon は、前述のアルミニウム合金製シャーシにソーラーカー用ホイールとタイヤを用いている。しかし、このタイヤはレース用であり、接地面積が小さく、安定性に問題がある。そこで、軽自動車用ホイールとタイヤを用いた新型 Ecocoon を設計・製作した。ホイールとタイヤの質量増加により車両質量が 22 kg 増加してしまうため、軽量化に重点を置いた。

Fig.12 GFRP Chassis of Improved Ecocoon.

まず、GFRP 製シャーシを製作して軽量化の検討を行った。製作した GFRP 製シャーシを図 12 に示す。厚さ 50 mm のスタイロフォーム(押出ポリスチレンフォーム)を 4 枚重ねて接着し、厚さ 200 mm のコア材を構成した。このコア材にガラスクロスのエポキシ樹脂で積層して GFRP クラッド材とし、シャーシを製作した。また、

サスペンションを取り付けるためのアルミニウム合金製パッチをシャーシに積層した。この GFRP 製シャーシは、従来のアルミニウム合金製シャーシに比べ 20 kg の軽量化に成功した。

6. サスペンションの製作・取り付け

GFRP 製シャーシ用サスペンションのアップパーアームとロアアームの製作を行った。耐荷重性を重視して製作した。サスペンションの質量は 3.3 kg であった。車体に取り付けたアップパーアームとロアアームを図 13 に示す。軽自動車用車輪を取り付けた GFRP 製シャーシを図 14 に示す。このサスペンションではスプリングとダンパの役割を PET ボトルが果たしている^[2]。

Fig.13 Upper arm and lower arm of Improved Ecocoon

Fig.14 GFRP Chassis of improved Ecocoon installed with regular size wheel and tires.

7. 新型サスペンションの製作

図 13 のサスペンションと GFRP 製シャーシは、ホイールとタイヤ変更による質量増加を相殺できなかった。そこで、軽量のサスペンションを設計・製作することにした。ダブルウィッシュボーン方式サスペンションに替えて、構造が簡単で、アンダーアームにかかる荷重が少ないロッキングアームタイプのサスペンションを製作した。構造が簡単のため部品点数が少なくなり、また、アンダーアームにかかる荷重が少なくなるので、サスペンションの強度を下げて軽量化を図ることができる。図 15 に設計したロッキングアームタイプサスペンションの 3D CAD 図面を示す。

Fig.15 Rocking arm type suspension

ダブルウィッシュボーン式サスペンションでは、バネとダンパを

兼ねる PET ボトルを車外に取り付けていたのに対し、ロッキングアームタイプサスペンションでは車内に取り付けることができる。これまで風雨にさらされていた PET ボトルを保護し、劣化を防ぐことができるようになる。また、PET ボトルをアップパーアームと車体で支持するため、ロアアームには大きな荷重がかからない。支点から PET ボトルおよび車輪までの距離を 1:1.4 とし、車輪の変位に対して少ない PET ボトルの変形で荷重を受けることができるようにした。図 16 に示すテストベンチを製作して、サスペンション機構の動作確認を行った。

Fig.16 Test bench of rocking arm type suspension.

製作したロッキングアームタイプサスペンションは正常に機能し、機構として問題ないことを確認できた。また、サスペンションの質量は 1.8 kg となり、図 13 のダブルウィッシュボーン式サスペンションと比較すると、1.5 kg の軽量化に成功した。

8. 結言

移動販売用小型燃料電池自動車 Ecocoon の開発を行った。当初はアルミフレームシャーシとソーラーカー用ホイールとタイヤを使用した。GFRP 製シャーシと軽自動車用ホイールとタイヤへ変更した。その際に生じた 22 kg の質量増加を新型シャーシの製作を行うことにより 20 kg 相殺することに成功した。さらに、サスペンションの軽量化を行った結果、1.5 kg の軽量化が可能であることがわかった。今後はモノコック型車体の設計・製作、ロッキングアームタイプのサスペンションの実装、燃料電池車としての走行を目指す。

9. 謝辞

Ecocoon の開発にあたり、信州大学生協繊維学部店の協力を得た。

参考文献

- [1] 縄大輔:“燃料電池・太陽電池を搭載した電気自動車の実用化”, 信州大学繊維学部機能機械学科 卒業論文(2006)。
- [2] 松永憲明:“新エネルギー電気自動車用 PET ボトルエアサスペンションの開発”, 信州大学繊維学部機能機械学科 卒業論文(2007)。