

二輪車用燃料電池システム開発

Development of a fuel cell system for motorcycles

武智 裕章 小林 健二 高橋 知泰 安達 修平

技術紹介

Abstract

It is reported that total global emissions of CO₂ was 27.1 billion tons in 2005. Meanwhile, total worldwide motorcycle ownership is estimated at approximately 200 million units, and if the average CO₂ emissions per motorcycle are 100g/km and the average annual distance run per motorcycle is 7,500 km, that would result in total annual CO₂ emissions of 150 million tons. This represents 0.55% of the world total for CO₂ emissions. We can expect to see an acceleration in efforts in a variety of directions to prevent global warming and the shift away from fossil fuels as a solution for energy problems of the future. In light of these conditions, Yamaha Motor Co., Ltd. has been developing fuel cell systems that can potentially be applied to a variety of uses. In this report we introduce one example of such application of a fuel cell system for motorcycles.

1 はじめに

世界の二酸化炭素排出量は2005年で271億トンと報告されている。一方、二輪車の世界の保有台数は約2億台と推測され1台のCO₂排出量を100 g / k m, 年間走行距離を7,500 k mとすると、総排出量は約1億5000万トンと推定される。これは、世界全体の排出量の0.55%に相当する。地球温暖化防止や将来のエネルギー問題の面から脱化石燃料の動きが、様々な手段により今後も加速していくものと思われる。そのような状況の中、ヤマハ発動機では、各種用途に展開が考えられる燃料電池システムを開発している。本稿では、その用途の中の1つである二輪車に燃料電池を適用した例を紹介する。

2 ヤマハ発動機における二輪車用燃料電池システム開発

燃料電池には、電解質の材質により、**図1**に示すような種類があり、その特性に応じた使い分けがなされてきている。燃料電池を小型電動二輪車に適用しようとする、極めて限られたスペースや、快適な走りを実現するための重量の制約が大きな課題になる。エンジン形式が用途や車両特性に合わせ、各種存在するように燃料電池も出力により適した方式があると考え、大まかには車両の出力1 kW以下ではメタノールを燃料とする直接メタノール燃料電池(DMFC: Direct Methanol Fuel Cell)が重量面で有利、それ以上の出力では、水素ガスを燃料とするPEFC(Polymer Electrolyte Fuel Cell)が有利と考え、二系統の開発を進めている。

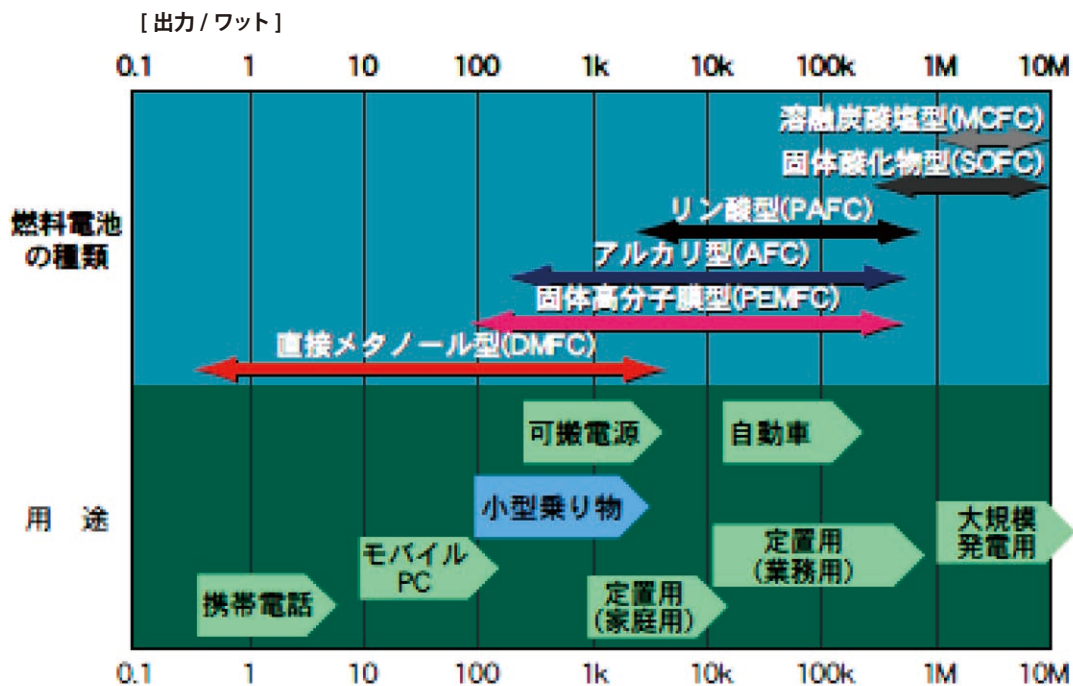


図1 燃料電池の種類と用途

3 DMFCシステム

ヤマハDMFC燃料電池システムの基本的構成は、図2に示したような燃料循環式の直接メタノール型である。燃料の54質量%のメタノール水溶液は、システム内では約1 mol/Lの濃度に希釈され、使用されている。セルスタックに入る燃料中のメタノール濃度は、独自に開発したメタノール濃度センサーにより常時モニターされており、必要に応じて高濃度燃料が補給される。セルスタックから出てくる循環燃料中には、アノード反応によって生じた二酸化炭素ガスが含まれているため、図中のソリューションタンク内で気液分離を行い、気体のみ外部へ放出する構造となっている。燃料循環系の途中にはラジエータを設置し、系内の液体の温度調節を行っている。一方、空気はエアポンプによってセルスタックに送られ、セルスタック内でカソード反応により生成した水は、凝縮器で冷却分離し、いったん水タンクに蓄えられた後、一部はソリューションタンクへ還流することで、系内の水バランスを維持するのに使われている。システムは、始動時の電源ならびに走行時の負荷変動に対応する目的で、二次電池を備えている。(図3)なお、使用目的によっては、メタノール濃度計測システムを持つ場合がある。また、システムの下流にDC/DCコンバータを配することもある。

図4は、DMFCシステム搭載二輪車の例である。ネット定格出力500 WのDMFCと600Whのリチウムイオン電池をもつハイブリッドタイプで、乾燥重量65 kg、航続距離125 km(30 km/h 定地走行値)を実現している。現時点では、ナンバープレートの交付を受け、公道走行を許可されている数少ない燃料電池二輪車のひとつである。図5は車両への燃料電池システム部品レイアウトを示している。

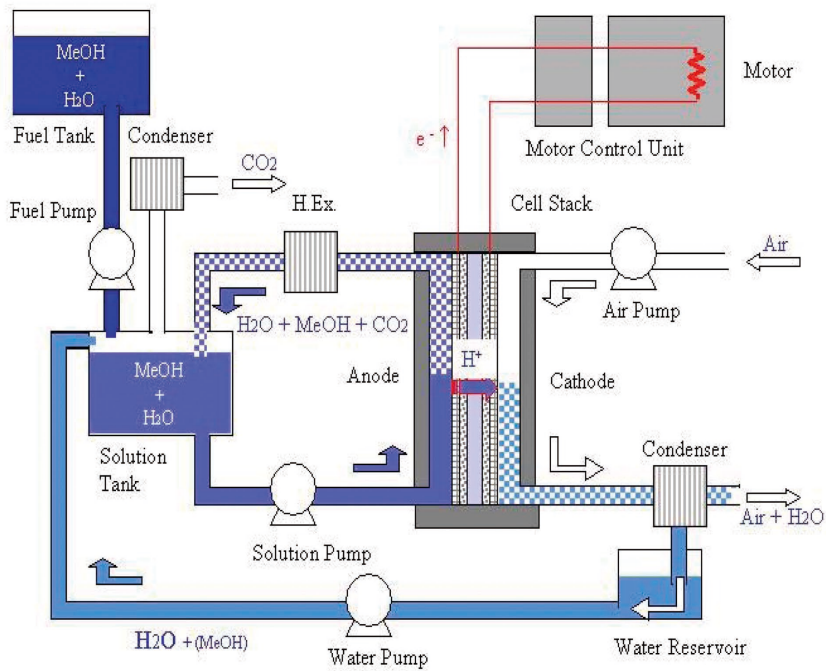


図2 ヤマハ発動機のDMFCシステム

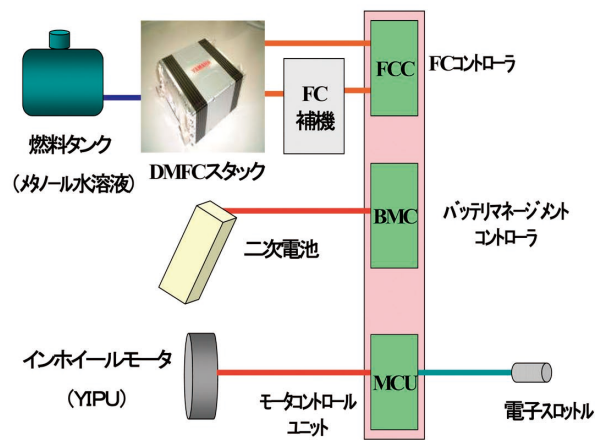


図3 DMFC搭載のパワーシステム



図4 DMFC搭載二輪車 (FC-Dii)

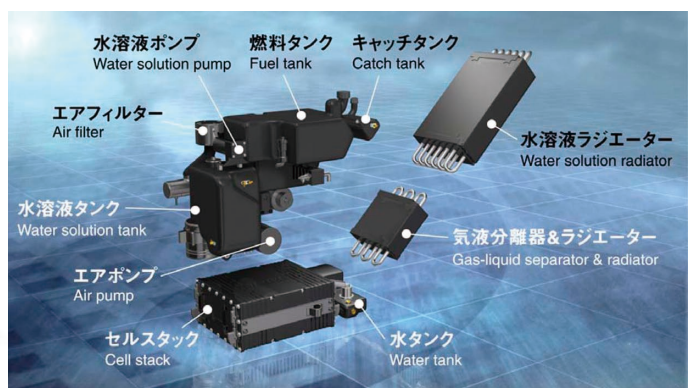


図5 DMFCシステムレイアウト

4 PEFCシステム

ヤマハPEFC燃料電池システムの基本的構成を、**図6**に示す。燃料は35MPaの高圧水素タンクから減圧後セルスタックへ供給され、電気化学反応に使用される。余剰水素は気水分離器にて水分を除去後、水素ポンプにより循環され再使用する。一方、空気はエアブローヤーによってセルスタックに送られ、セルスタック内でカソード反応により生成した水は、加湿器にて回収、及びカソードへ送る空気の湿度調整に使用することで、系内の水バランスを維持するのに使われている。なお、二輪システムとしては、起動時の電源ならびに走行時の負荷変動を吸収する目的で、二次電池を備えている。

図7は、PEFCシステム搭載二輪車の例である。出力1600WのPEFCとリチウムイオン電池をもつ、ハイブリッドタイプである。**図8**は車両への燃料電池システム部品レイアウトを示している。

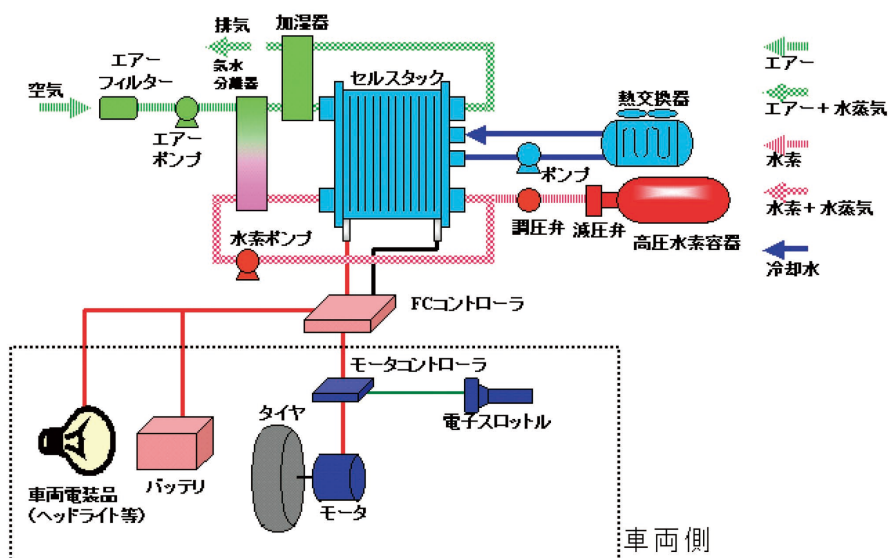


図6 ヤマハ発動機のPEFC搭載2輪車システム



図7 PEFC搭載2輪車 (FC-AQEL)

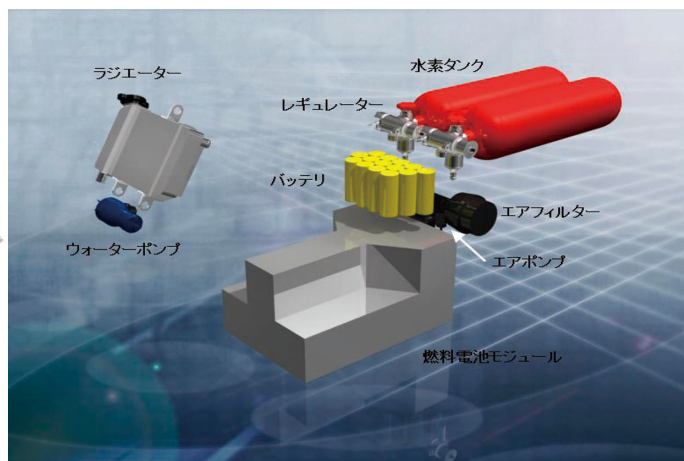


図8 PEFCシステムレイアウト

燃料電池二輪車の開発目的は環境負荷を出来るだけ少なくする事で、車両システムの高効率化による消費エネルギー低減やエネルギー消費全体で見た二酸化炭素排出量がその指標となる。図9は今回開発した水素型燃料電池二輪車(FC-AQEL)と内燃機関の50cc、125cc代表的スクーターのFuel tank to Wheel(燃料タンクから車両走行による消費まで)の1km走行時の消費エネルギー比較である。図10は消費エネルギーと同様の各種二輪車でのWell to Wheel(一次エネルギーの採掘から車両走行による消費まで)の二酸化炭素排出量である。排気量と測定速度が違うため同一基準での比較ではないが、内燃機関と比較すると1/2~1/4程度と非常に少なくなっている。

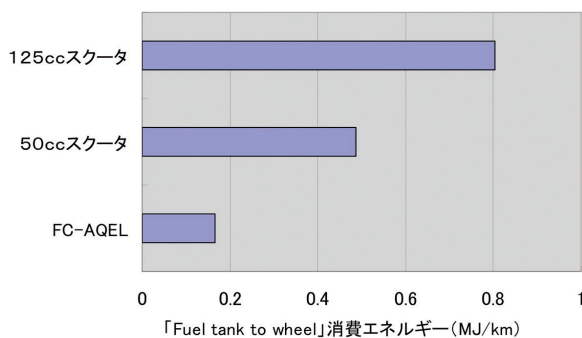


図9 消費エネルギー比較

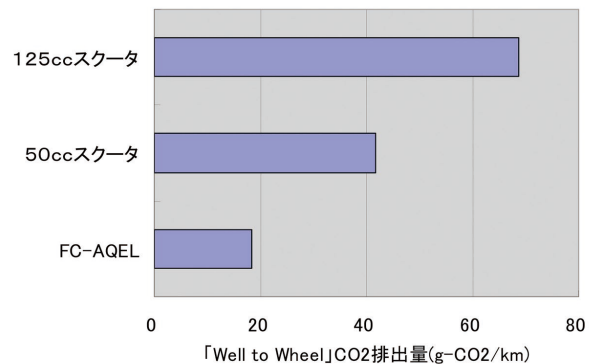


図10 CO2 排出量比較

5 高圧水素容器

FC-AQELの燃料は35Mpaの圧縮水素を使用している。この容器はFC-AQEL用に専用設計したもので1本当りの容積は4.7Lである。車両には2本搭載しバルブの自動切換を行い使用している。主止弁に電磁弁を使用し、車両側コントローラにより開閉指示される。これにより、異常を感知した場合、自動ですばやく容器の主止弁を閉止する。また容器交換を想定しているためアルミニウム合金ライナー・炭素繊維製一般複合容器の技術基準を満たし認証を取得している。

交換作業は工具を必要としない構造とし、交換作業を容易なものとしている。



図11 高圧水素容器

6 今後の課題と対応策

燃料電池を二輪車のエネルギー源として使用する際の課題は多くあるが、4輪のFCVとの最大の違いは、燃料電池システムを搭載できるスペースである。出力が小さくても燃料電池を動かすシステムは基本的には他のものと変わらず、FCスタックやエアブローア、ポンプ等の小型化が要求される。また、二輪車は使用条件が過酷で路面からの衝撃や転倒等のダメージ、更に風雨にさらされること等の環境条件に加え、パワーウェイトレシオが高く、急峻なパワーが要求されるのは燃料電池二輪車も例外ではない。また、4輪FCVと同様に製造コストや燃料供給のインフラも大きな課題である。

以上の課題をまとめると次のようになる。

- 1) 燃料電池システムの小型化
- 2) 信頼性・耐久性の確保
- 3) 製造コストの低減
- 4) 燃料供給網の整備

1)の燃料電池システムの小型化をはかる手段としては、燃料電池スタックの出力密度及び効率の向上すなわち膜・電極接合体(MEA)の改良、特に電極構造の改良による電圧効率の向上、燃料利用率の向上、流路抵抗の低減、がある。さらに、補機類の最適設計、低消費電力化、構成部材の置き換えによるシステム全体の軽量化、二次電池容量の最適バランスの追求があげられる。

2)に関しては、想定されるすべての条件における良好な動作の確保、車両の特性上必要とされる耐振動・耐衝撃・耐候性の保障、長期保管対策、などが必要である。

3)については量産効果により価格を下げるができるが、基本構造・構成材料の見直し、共通部材の使用促進、触媒活性の向上による貴金属触媒の低減が必要である。

4)に関しては、特に水素ステーションの場合、官民で取り組むべき社会的な課題である。

7 まとめ

ヤマハ発動機では、車格に合わせた2種類の燃料電池システムを開発しており、二酸化炭素排出量においてはFC二輪車のICE二輪車に対する優位性が確認できた。実用化するまでにはシステムの小型化、効率向上、コスト低減、燃料インフラの整備等課題はまだ多くあるが、世界の低炭素化社会への移行は間違いなく進むため、今後も各種テストと改良を加え、着実に進化させていく必要がある。

■参考文献

- (1)武智裕章:自動車技術会No04-07シンポジウム 二輪車用燃料電池開発の現状と技術課題(2007)
- (2)安達修平:自動車技術 Vol.60、No.1(2007)
- (3)Shuhei Adachi “Challenges to commercialization of direct methanol fuel cell- powered motorbikes” EVS23

(4)石谷久 JHFC 総合効率検討結果(2005)

(5)環境省 世界と日本の排出量の推移 <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/stop2008/16-17.pdf>

■著者



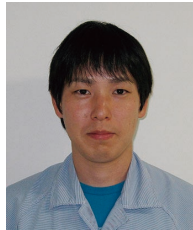
武智 裕章
Hiroaki Takechi

MC事業本部
技術統括部
EV開発部



小林 健二
Kenji Kobayashi

MC事業本部
技術統括部
EV開発部



高橋 知泰
Tomoyasu Takahashi

MC事業本部
技術統括部
EV開発部



安達 修平
Shuhei Adachi

技術本部
研究開発統括部
システム技術研究部