

論文・解説

25

RX-8ハイドロジェンREの紹介 Introduction of RX-8 HYDROGEN RE

柏木章宏*¹ 後藤昌志*²
Akihiro Kashiwagi Masashi Goto

要約

RX-8ハイドロジェンREは、国内リース販売用に開発した、世界初のデュアルフューエルシステムの水素ロータリエンジンを搭載した車両である。水素を燃焼させ、水蒸気を排出するクリーンな車両であると同時に、水素インフラが少ない現状での利便性を考慮して、ガソリンでも走ることができるようにした。

本稿では、その開発の狙いと特徴について、水素ロータリエンジンを中心に紹介する。

Summary

RX-8 HYDROGEN Rotary Engine (RE) has been developed for a lease vehicle in the Japanese market. This is the world's first vehicle powered by a hydrogen rotary engine and equipped with a dual fuel system. The RX-8 HYDROGEN RE as a clean emission vehicle, exhausts the water vapor produced by hydrogen combustion. Moreover, it works on gasoline as well for the convenience even under such a current condition that hydrogen stations are not in good service.

This paper introduces the aims and features of this vehicle with a focus on the hydrogen rotary engine.

1. はじめに

エネルギーを発生する段階で、水しか排出しない究極のクリーン性能を持つ水素は、現在多くの分野でその実用化に向けた開発が進められている。長年にわたって、排ガスと二酸化炭素の排出量軽減を追求してきた自動車にとっても、そのクリーン性能は究極の姿といえる。その代表的な車が水素を燃料とする燃料電池車であり、将来のクリーンカーの有力な候補として世界的に注目を集めている。

一方、水素を燃料とした内燃機関は、一般的に燃料電池に比べてエネルギー効率が劣るといわれているが、燃料電池に近いクリーン性能を実現することが可能であり、加えて燃料電池にはない幾つかの優れた特徴を持っている。

本稿では水素内燃機関と、それを搭載した車両を紹介する。

2. 開発の狙い

マツダは長年にわたり、水素ロータリエンジン（以下、

RE）と燃料電池の両方の水素エネルギー技術の研究に取り組んできた（Table 1）。その豊富な経験に基づき開発した“RX-8ハイドロジェンRE”の狙いと、動力源に水素REを選んだ理由を以下に述べる。

燃料電池車は究極のクリーン性能を備えているが、現時点ではコスト、耐久性、利便性といった解決しなければならない多くの課題があり、それらが普及の進まない原因になっている。

一方、水素REは従来の内燃機関の技術や部品を流用できるため、コストが安く、耐久性の課題解決も容易である。

更に、一つのエンジンで水素とガソリンの併用が可能なデュアルフューエルシステムとすることが容易となる。これは、市場に水素ステーションの数が少ないことによる利便性の悪さを解決する有力な手段になる。

加えて、モータ駆動の燃料電池車に対し、慣れ親しんだ内燃機関の走行感覚で走ることができる水素REは、地球に優しく、しかも運転する楽しみ（Zoom-Zoom感覚）は

*1, 2 第3プログラム開発推進室
Program Management Office No.3

そのままに、というマツダブランドが目指す方向とも一致した。

Table 1 Mazda's History of Hydrogen-car Development

1991	Mazda develops its first hydrogen-fuelled rotary-engine car, the HR-X.
1992	Mazda test-operates a fuel-cell golf cart.
1993	Mazda develops its second hydrogen-fuelled rotary-engine car, the HR-X2, and develops an experimental MX-5 roadster powered by a hydrogen rotary engine.
1995	Mazda conducts Japan's first on-road tests of a car powered by a hydrogen rotary engine (a special version of the Capella Cargo).
1997	Mazda develops the Denso FC-EV (an electric car powered by a direct-hydrogen fuel cell).
2001	Mazda develops and conducts Japan's first on-road tests of an electric car powered by a methanol-reforming fuel cell (the Premacy FC-EV).
2003	Mazda unveils the RX-8 Hydrogen RE (an RX-8 with a hydrogen rotary engine).
2004	Mazda conducts the world's first on-road tests of an RX-8 powered by a hydrogen rotary engine with dual-fuel (hydrogen and gasoline) capability.

3. 水素REの特徴

3.1 水素RE



Fig.1 Hydrogen RE

(1) 水素燃焼に適したREの特徴

水素内燃機関 (Fig.1) の実用化においては、水素がエンジン内の高温部に触れることにより発生する、水素の過早着火 (バックファイア) の回避が課題となる。レシプロエンジンでは吸気、圧縮、膨張 (燃焼)、排気をシリンダ内の同じ場所で行うため、燃焼時の熱により点火プラグや排気バルブが高温になり、吸気行程中でバックファイアが起きやすい。一方、REは構造的に吸排気バルブを持たず、かつ吸気と膨張を行う場所が分かれているため、比較的低温の吸気室に水素を吸入することが可能であり、バックファイアの回避が容易である (Fig.2)。

更に、REはレシプロエンジンに比べて混合気の流動が強く、かつ1行程当たりの時間が長いため、水素と空気の十分なミキシングが可能である。

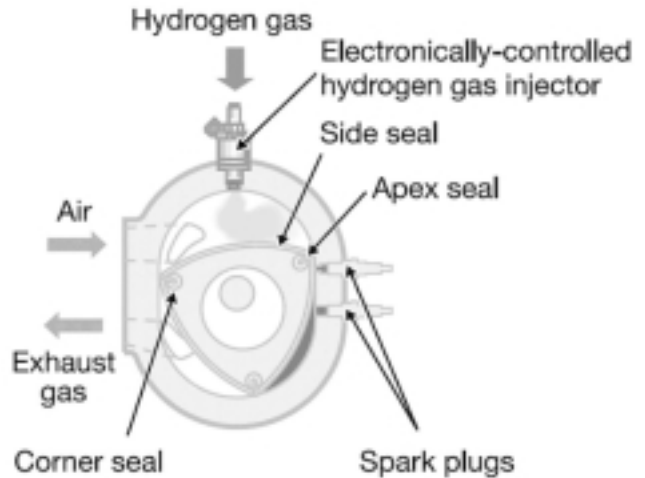


Fig.2 Schematic of Hydrogen RE

(2) 直接噴射と予混合の併用

水素走行での高出力化を狙って、ロータハウジング上方に電子制御式水素ガスインジェクタを設置し、直接噴射方式 (以下、直噴) とした。REは構造上、インジェクタのレイアウト自由度が高く、直噴の採用に適している。

更に、予混合用の水素ガスインジェクタを吸気管部に設け、走行状況に応じて直噴、予混合を併用可能として、最適な水素燃焼を実現した。

なお、ガソリン走行時はベースエンジンと同じガソリンインジェクタから燃料が供給される。

(3) 希薄燃焼とEGRの採用

NO_x低減のため、希薄燃焼とEGRを採用した。主に低負荷域は希薄燃焼により、高負荷域はEGRと三元触媒によりNO_xを低減した。三元触媒はベース車のガソリン用をそのまま使用している。

希薄燃焼とEGRの最適な使い分けにより、出力とエミッション性能の高次元での両立を実現した。NO_x排出量は平成17年基準レベルに対し約90%低減した。

3.2 デュアルフューエルシステム

(1) 狙い

現在、日本における水素ステーションの数は十数ヶ所にとどまっており、当面は急激な増加はないと予想される。このため、水素エネルギー車は常に水素燃料切れの不安を抱えて走行しなければならない、結果として移動範囲は水素ステーションから一定の範囲内に限られてしまう。

しかし、燃料としてガソリンも使用可能となれば、万一水素燃料が切れてもガソリンで走行でき、燃料切れの懸念がなくなる。その結果、水素ステーションの未整備地域への移動も可能となり、水素インフラの過渡期において特に高い利便性を発揮する。

(2) 燃料切り替え

水素走行中に水素燃料がなくなると、自動的にガソリン走行に切り替わるシステムとした。走行中に切り替えが行われても、違和感なく燃料が切り替わる。また、水素燃料が残っている場合でも、運転席右側の燃料切り替えスイッチ (Fig.3) で、任意に水素からガソリンへ切り替え可能とした。

一方、ガソリンから水素への切り替えは、車両停止時のみ可能とした。



Fig.3 Fuel Selection Switch

(3) ドライバインターフェース

水素残量計、使用燃料インジケータ、警告灯などを運転席正面のメータパネル内に集中させ、視認性を高めた (Fig.4)。

走行中は常に水素、ガソリンいずれかの燃料インジケータが点灯し、使用している燃料を表示する。燃料切り替えスイッチは、水素走行時のみ点灯する。

また、燃料切り替えの前後にはチャイムが鳴動し、ドライバーへ知らせる。



Fig.4 Meter

4. RX-8 HYDROGEN REの特徴

4.1 デザインとパッケージング

デザインはRX-8をベースに、ひと目見て水素RE車と認

識でき、かつクリーンなイメージを目指した。

車体基本色は、ホワイトパールマイカとブルーのツートンカラーとし、水素REを表現したデカールとエンブレムを貼付した (Fig.5, 6)。

パッケージングは、ベース車と同じく大人4人の居住空間を確保し、水素タンクを荷室に搭載した (Fig.7)。水素タンク圧力は、現在の国内での水素ステーションの標準的な圧力である35Mpaを選択し、荷室内に2本搭載した。ガソリンタンクは、ベース車のRX-8用のものを流用した。

水素充填口は、燃料電池車に広く使われているものと同タイプのレセプタクルを採用し、ベース車のガソリン給燃料口と左右対称の位置に設けた。



Fig.5 Front Exterior Styling



Fig.6 Rear Exterior Styling

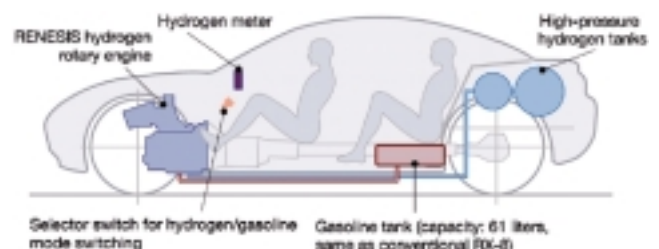


Fig.7 RX-8 HYDROGEN RE Layout

4.2 車両諸元

車両諸元をTable 2に示す。RX-8のスタンダード仕様をベースとし、トランスミッションは市場での使い勝手を考慮して4ATを選択した。

水素走行時における最高出力は80kWで、市街地等での一般走行において十分なレベルを達成した。しかし、ガソリン走行時の最高出力に対しては約50%であり、今後更なる改善を行いたい。

また、航続距離は水素走行時100km (10-15モード)、ガソリンを含めて649km (10-15モード)とした。デュアルフューエルシステムを採用しているため、燃料切れの不安なく走行が可能である。今後は、水素での航続距離の更なる延長にむけて、水素搭載量の拡大やエネルギー効率の改善が課題と考える。

Table 2 Vehicle Specifications

Model	Mazda RX-8 Hydrogen RE	
Body and chassis	Overall length	4,435mm
	Overall width	1,770mm
	Overall height	1,340mm
	Wheelbase	2,700mm
	Seating capacity	4 persons
	Tires (front and rear)	225/55R16
Engine	Type	RENESIS hydrogen rotary engine with dual-fuel system
	Fuels	Hydrogen and gasoline
	Maximum output	Hydrogen mode: 80kW (108PS) Gasoline mode: 154kW (210PS)
	Maximum torque	Hydrogen mode: 140Nm (14.3kgm) Gasoline mode: 222Nm (22.8kgm)
Transmission	4AT	
Driving range (10-15 mode)	Hydrogen mode: 100km Gasoline mode: 549km	

5. おわりに

水素エネルギー車を開発する時、いつも聞かれるのは燃料の水素をどのようにして製造するのが最適か、という問いである。これは昔からの課題だが、残念ながら現在でもその問いに対する明確な答えは見つかっていない。

これ以外にも、水素社会を実現するためには、水素の運搬、貯蔵、管理等多くの分野で解決しなくてはならない課題がある。

水素の利用(消費)段階の製品を開発する者として、現在の水素インフラの状況を考慮し、よりお客様に使いやすい製品を、よりリーズナブルな対価で提供することが、結果的には水素社会の実現に貢献することと信じる。

水素社会の実現を目指し、それぞれの分野で課題解決に取り組まれている多くの水素エネルギー技術研究者とともに、今後もよりよい製品の開発に努力していきたい。

参考文献

- (1) 森本ほか：RX-8ハイドロジェンREの紹介，マツダ技報，No.22，p.132-138 (2004)

著者



柏木章宏



後藤昌志