

燃料電池車を支える高圧水素タンク

内田 安則 *1

The High Pressure Hydrogen Tank which Supports a Fuel Cell-Powered Vehicle

Yasunori Uchida*1

要旨

燃料、環境問題を抱える自動車にとって、燃料電池車は画期的な車両である。水素と酸素を燃料とするシステムにおける、基幹ユニットである高圧水素タンクの動向と開発概要について報告する。

Abstract

Fuel cell vehicles are revolutionary vehicles that do not entail the same fuel and environmental problems as traditional vehicles. I report trends and summary of developments in high pressure hydrogen tanks, a critical unit in systems that use hydrogen and oxygen for fuel.

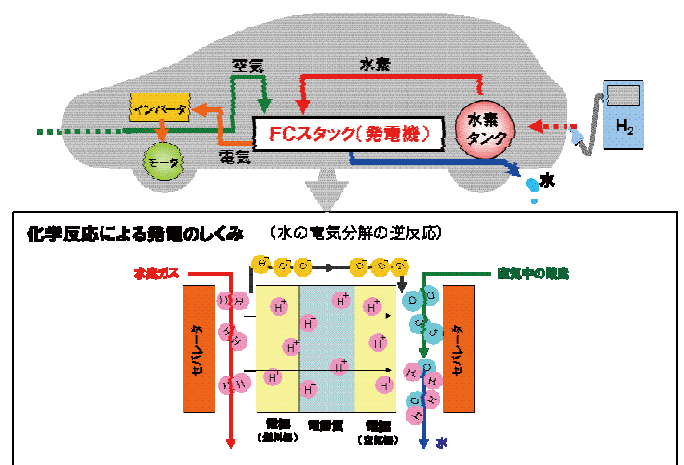
1. はじめに

自動車は我々に様々な利便性を提供し続けながらも、燃料資源、環境問題の負の側面も持ち続けている。HV/PHV/EVなど、電動化技術を高めて、問題の拡大を抑止しているのが現状といえる。

こういった中で2014年末、トヨタ自動車より燃料電池車「ミライ」が世界初の量産車として発売される。燃料電池車（以下FCV）は化石燃料を必要とせず、水素と酸素から発電し走行する究極のエコカーである。自動車の問題解決はもちろん、くるまの概念をも大きく変える車両として期待は大きい。

2. FCVのしくみ

まず、FCVのしくみについて概要を示す（図-1）。



*1 商品開発部 ユニット開発室

FCVは外部から水素と酸素を取り入れ、FCスタックと呼ばれる発電機にて電気を作り出し、電気自動車として走行可能となる。FCスタックの発電は、酸素は外気から取り入れ、水素は水素ステーションなどのインフラから供給され、発電後は水のみが排出される。これは水の電気分解の逆反応を実現したものである。

ここで、ガソリン車、EV、FCVの比較を示す(表-1)。

表-1 車両比較

	EV:電気自動車	FCV:燃料電池車	ガソリン車
車両			
環境性とエネルギー	<ul style="list-style-type: none"> 走行時のCO2排出量"ゼロ" (Well to Wheel 0.94MJ/km) 石油以外の多様なエネルギー源からの製造が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 走行時のCO2排出量"ゼロ" (Well to Wheel 0.99MJ/km) 水素は無尽蔵な資源 電気可換、石油以外のエネルギー利用可能 	<ul style="list-style-type: none"> CO2発生量 130g/km (2.7MJ/km) 石油は有限資源
利便性	<ul style="list-style-type: none"> 充電時間が長い (普通充電: 8h、急速充電: 30min) 航続距離が短い (200km) 	<ul style="list-style-type: none"> 短い燃料充填時間 (3分) ガソリン車同等の航続距離 (600km以上) 	<ul style="list-style-type: none"> 給油時間短 航続距離長い

EVとの決定的な差は、ガソリン車並みの走行持続距離であり、燃料充填時間も3分程度と短いことである。ただし、水素供給に必要なインフラと、水素貯蔵技術に代表される技術の進展が課題となっている。

3. インフラ整備とFCVの進化

FCVの普及に不可欠なのはインフラ整備であることはいうまでもない。2002年に国内自動車各社がモニターを目的とするリース販売を実施し、インフラ開発も進めてきている(表-2)。

今後はFCV普及とインフラ整備を連動させ、2025年には自立的に拡大できるように、国策と連動したシナリオが策定されている(図-2)。

2014年度に国内設置35基とまだまだ少数であるが、着実な計画遂行を望みたい。

表-2 インフラと車両技術

		2005年	2014年
水素インフラ整備	水素ステーション 〔ガソリンスタンド〕 38,000ヶ所	0基 2002年:国内初の水素S開設 2005年:「東・地球水素S」開設	35基 2014年2月:17ヶ所、 2014年中に18ヶ所の 水素S設置計画あり。
	水素価格 ガソリン価格 (80円/L(税別))	120円/Nm3 ※水素ガス1Nm3の貯蔵距離は約10km	80円/Nm3 目処 大型水素供給基地の15建設。
	水素ステーション 建設費	6億円	2億円 目処 水素生産実用化開始。
車両技術	低運転動性	不可(燃料供給の中で使用)	-30℃起動OK
	航続距離	380km	830km
	車両価格	1~2億円	1千万円以下



FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ
出典:燃料電池実用化推進協議会(FCVJ)2010年3月 ※2013年7月継続

図-2 インフラ整備のシナリオ¹⁾

4. FCV高圧水素タンクの動向

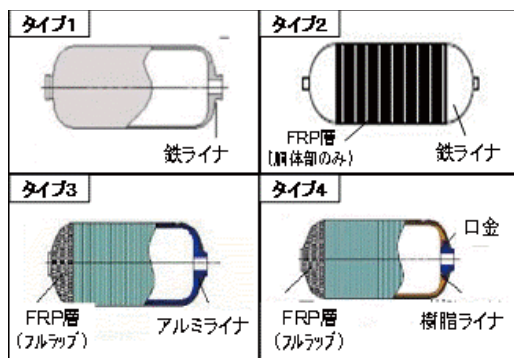
水素貯蔵方式として、これまで様々な技術が検討されてきている(表-3)。

表-3 水素貯蔵技術

	技術	課題	技術検討レベル 概算コスト	研究機関 開発企業
貯蔵	高圧貯蔵 (35~70MPa)	・炭素繊維コスト低減 ・PW加工高コスト化	量産化 40万円/本	リンカーン トヨタ etc
	液化貯蔵 (-253℃)	・ボイルオフによる損失 ・極低温エネルギー消費	実用化 400万円/本	岩谷産業 リンデ etc
	吸蔵合金 ハイブリッドタンク	・容器重量重い ・吸蔵寿命	実証実験レベル	サムテック トヨタ etc
改良	有機ハイドライド	・反応熱多い ・吸蔵器の搭載	実証実験レベル (大規模貯蔵)	千代田化工 建設
	水添加ラジアン	・燃料供給性	研究レベル	ダイハツ

吸蔵，液化技術は車両にとって魅力ある方式であるが，現状では市販できるレベルには至っていない．自動車各社が高圧タンク方式を採用する期間は今後も続くと考えられる．

この高圧タンクにも種類が存在する（図－3）．



図－3 高圧タンクの種類

水素貯蔵に対して世界的な統一規格は制定されていないが，国内においてはタイプ3，4だけが認可の対象となっている．タイプ1，2が適用外となっているのは，耐圧を担う金属の水素脆化が問題となっているためである．当面はタイプ3，4を軸に普及が進むであろうが，安価な金属タンクの動向も注視していきたい．

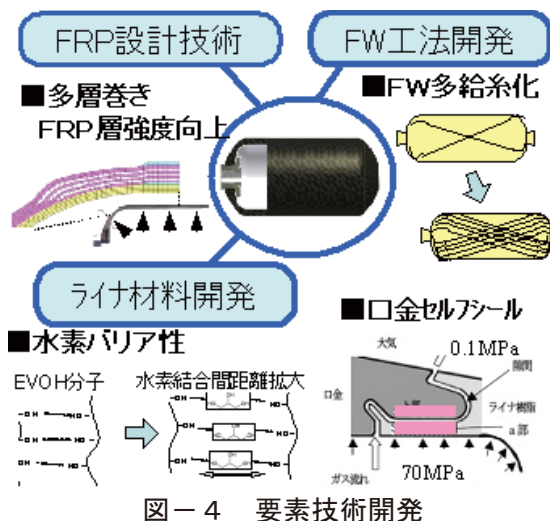
5. 高圧水素タンクの開発

豊田合成における高圧タンク開発は，タイプ4で推進している．車載において軽量化は重要な要素であり，内層部のアルミと樹脂の質量差は大きい．

タイプ4タンクの要素技術として，以下の3つを中心として取り組んでいる（図－4）．

- 1) 内層部（樹脂ライナ）の材料開発
- 2) FRP設計技術
- 3) FRPのFW（フィラメントワインディング）工法開発

今回は工法開発を除き，材料開発，設計技術について報告する．

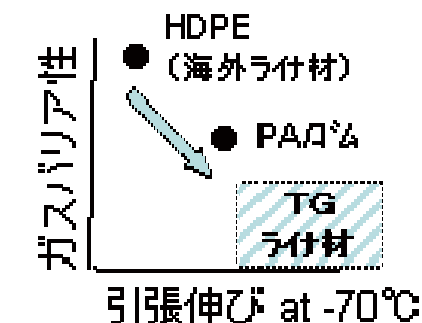


図－4 要素技術開発

5-1. 樹脂ライナの材料開発

樹脂タンクライナに要求されるものとして，水素透過の抑止性能があげられる．周知の通り，水素は最小原子であり，万物をもってしても透過をゼロにすることはできない．金属脆化を回避できる高分子材料で最大の透過抑止（バリア性能）を実現することが開発の目的である．豊田合成はこの取組みにより，樹脂製タンクライナとしては世界トップレベルのバリア性能を確保した樹脂材料を開発した（図－5）．

ガスバリア性に優れるEVOHを起点に，低温時の高圧クリープ耐性と射出成形を可能とする成形性を両立させた．これにより，法規はもちろん，薄肉で軽量のタンクライナを構成することができる．



図－5 開発材料のバリア性能

5-2. FRP設計技術

高圧水素タンクは現在70MPaという高圧で貯蔵されることが主流となっている．この耐圧を担うのが外層を形成するFRP層である．FRPはカーボン繊維とエポキシ樹脂の複合体であり，3種類の巻き方を駆使し多層にて形成される．この巻き方，

巻き数による強度発現を予測する技術によって、最適化を可能とした。巻き方には3種類あり、CAEによって 限界破裂部位を円筒部に設定し、巻き数・巻き方の順番を決定していく（図-6, 7, 8）。このCAE予測と実験結果は整合しており、今後の開発に貢献できるものとなっている（図-9）。

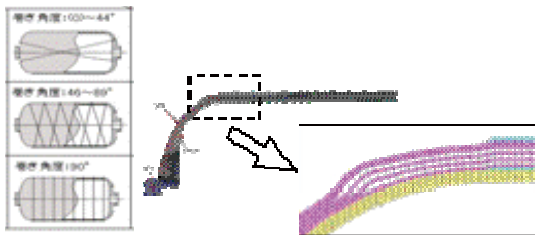


図-6 FRP設計CAE予測

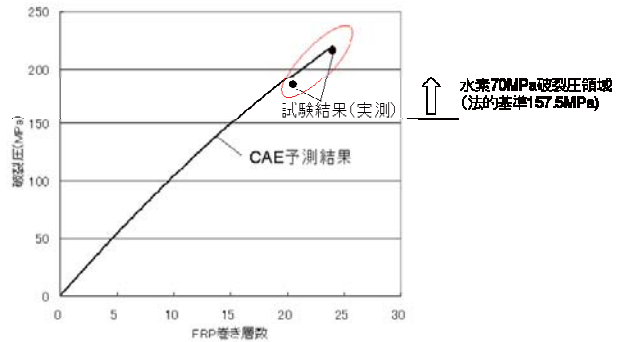


図-9 CAE予測と実験値

6. まとめ

高圧水素タンクの開発はまだスタート地点に過ぎない。高圧タンクに代わる貯蔵技術も進化していくだろう。しかし、将来、FCVが自動車の一翼を担う車両になるのは間違いない。豊田合成が培う水素バリア技術、軽量・高強度なFRP技術を更に高め、高圧タンクを起点に、FCVへ貢献していきたい。

参考文献・資料

- 1) 燃料電池実用化推進協議会 (FCCJ) 2010.3

著者



内田安則

巻き順	巻き	角度(°)	
21	フープ ^{*)}	90	[インプレーン巻き] 軸方向補強
20	インプレーン	22	
19	インプレーン	22	
18	ヘリカル	70	
17	インプレーン	22	
16	ヘリカル	68	[ヘリカル巻き]
15	インプレーン	22	
14	ヘリカル	68	
13	インプレーン	22	
12	ヘリカル	68	
11	フープ	90	[フープ巻き] 周方向補強
10	インプレーン	22	
9	ヘリカル	64	
8	インプレーン	22	
7	ヘリカル	62	
6	インプレーン	22	
5	フープ	90	
4	インプレーン	22	
3	フープ	90	
2	インプレーン	22	
1	フープ	90	

図-7 巻き数・巻き方の設定

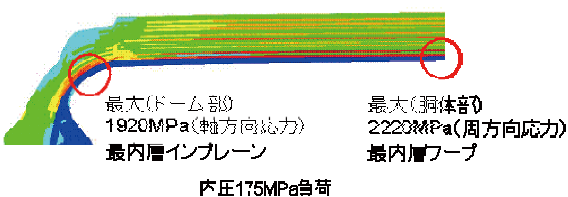


図-8 限界破裂部位の設定