

技術解説



Technical Review

燃料電池自動車の導入普及を支える水素ステーション

萩野卓朗*

Hydrogen Refueling Station for Fuel Cell Vehicles

Takuro Hagino

Synopsis

The global warming is an international problem, and, in our country, the CO₂ emission in the transportation section accounts for Japanese overall approximately 20 %, and an action of the reduction is important.

Hydrogen is a clean energy not to exhaust CO₂ at the time of the use. A fuel cell vehicle (FCV) assuming hydrogen as fuel is expected as an ultimate clean car and is the first step for the hydrogen energy society. A hydrogen refueling station, which is consist of various facilities like a compressor, a pressure vessel, a dispenser and so on, is essential infrastructure for FCV. There is the shared plan among the industries that about 100 hydrogen refueling stations will be constructed mainly in the metropolitan areas by 2015, and the mass-production of FCV will start into the market in 2015.

The Demonstrations of hydrogen refueling station have been pushed forward from the early 2000s. Knowledge of Hydrogen production and the safe operation technologies have been accumulated.

The main problem of spreading the hydrogen refueling station is reducing cost of facilities. In addition to the self-act effort by the manufactures, it is necessary to realize the use of low-priced materials by deregulation. The Japan Gas Association contributes to the problem solution mainly on deregulation.

1. はじめに

日本は、京都議定書で2008年～2012年の間に6%（1990年比）の温室効果ガス削減を国際公約し、高効率機器の導入促進、森林吸収、海外からのクレジット購入などにより目標が達成できる見込みである。震災以降、2020年の中期目標（前提条件付で25%削減）の見直しが指示される中、2020年に発効・実施予定のすべての国が参加する法的枠組みに向けて引き続き温室効果ガス削減の取り組みの継続は重要である。ガス業界では、環境にやさしい天然ガスやコージェネレーションの普及拡大などを推進し、日本の排出量の約27%を占める産業部門の省エネ・省CO₂に貢献している。

一方、運輸部門からのCO₂排出量は約20%、自動車

全体では運輸部門の88.1%（日本全体の17.1%）を占め、産業部門の次にCO₂排出量が多いため、削減の取り組みが重要である。水素は、利用時にCO₂を排出しないクリーンエネルギーとして大きく期待されている。究極のクリーンカーである燃料電池自動車（FCV）への水素供給では、水素を圧縮し充填を行う水素ステーションが供給インフラとして不可欠となる。本稿では、燃料電池自動車と水素ステーションを取り巻く情勢、昨今の実証試験の状況、2015年普及開始に向けた課題などについて報告する。

2013年10月25日受付

*一般社団法人 日本ガス協会 技術開発部 (R&D Dept., The Japan Gas Association)

2. 燃料電池自動車の普及に向けた施策

民間各社から成る燃料電池実用化推進協議会（FCCJ）は、2010年3月に「FCVと水素ステーションの普及に向けたシナリオ」を公表（Fig. 1）した。これは、2008年7月4日のプレスリリースをさらに発展させたもので、現在、普及開始までのより具体的な展開シナリオの検討を引き続き進めることを明らかにしている。

また、自動車会社、石油会社、都市ガス会社、産業ガス会社からなる民間13社により2011年1月13日に「燃料電池自動車の国内市場導入と水素供給インフラ整備に関する共同声明」を発表した。これを受けて経済産業省、中部経産局、大阪府、福岡県が同時リリースし取り組み意向表明を行った。この共同声明の趣旨は、①燃料電池自動車を2015年から市場に導入すること、②それに先立ち4大都市圏（首都圏、中京、関西、北部九州）を中心に100箇所程度の水素ステーションを整備するというものである（Fig. 2）。

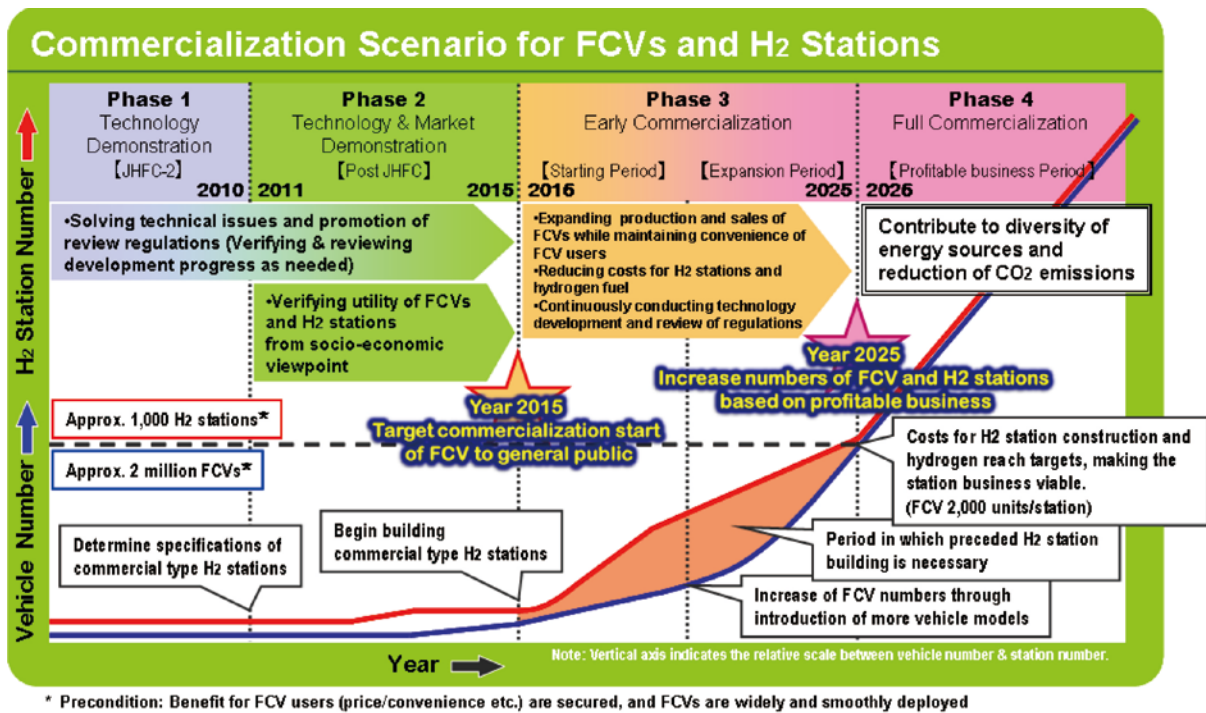
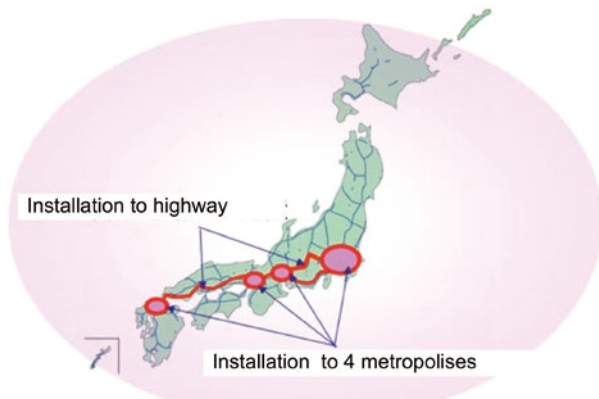


Fig. 1. Scenario of FCV and hydrogen refueling station.



Following 13 Japanese companies jointly announced.

Toyota Motor Corporation, Nissan Motor Co., Ltd., Honda Motor Co., Ltd., JX Nippon Oil & Energy Corporation, Idemitsu Kosan Co., Ltd., Iwatani Corporation, Osaka Gas Co., Ltd., Cosmo Oil Co., Ltd., Saibu Gas Co., Ltd., Showa Shell Sekiyu K.K., Taiyo Nippon Sanso Corporation, Tokyo Gas Co., Ltd., Toho Gas Co., Ltd.

Fig. 2. Joint statement of pre-providing hydrogen refueling stations.

政府においては、燃料電池自動車の市場投入に向けた水素ステーション整備、コスト低減への技術開発、規制見直しのためのデータ収集などに関する以下の事業などが進められている¹⁾。

() 内は平成 25 年度予算。

【水素供給設備整備事業費補助金 (45.9 億円)】

2015 年の燃料電池自動車の市場投入に先立ち、2013 年度から 3 年間で、4 大都市圏を中心に 100 箇所の水素ステーションを関係業界が整備することとしておりその補助を行う。

【地域水素供給インフラ技術・社会実証事業 (7.9 億円)】

2015 年の水素燃料電池自動車の市場投入に先立ち、社会受容性の向上のため水素燃料電池自動車の実証走行を行うとともに、規制見直しや標準化・基準化のためのデータ取得などを行い、水素ステーションの早期のコストダウンを図る。

【水素利用技術研究開発事業 (20 億円)】

将来の水素燃料電池自動車の普及拡大を図るためには、インフラの整備とともに、コスト低減化開発が重要。このため、水素ステーションで用いる配管などの使用鋼材の拡大のための鋼材開発、鋼鉄製ではなく炭素繊維を用いた水素容器の開発などを補助などする。水素燃料電池自動車については、燃料タンクの新たな材料開発などを進める。

また、政府の成長戦略の中でも高い位置付けにある、「戦略市場創造プラン」における「クリーン・経済的なエネルギー需給の実現」の中で、「水素供給インフラ導入支援、燃料電池自動車・水素インフラに係る規制の見直し」が主要施策の一つとなっており、「2015 年の燃料電池自動車の市場投入に向けて、燃料電池自動車や水素インフラに係る規制を見直すとともに、水素ステーションの整備を支援することにより、世界最速の普及を目指す。」とされている。

一方、海外各国でも燃料電池自動車の普及に向けた水素ステーション整備計画が進められている。欧州では、ドイツが 2015 年までに 50 箇所まで整備する計画、北欧各国、イギリス、フランスでも整備計画が進行中である。米国ではカリフォルニア州にて 2015 年までに 68 箇所を整備する計画がある。カリフォルニア州以外への整

備に向け、連邦政府が H₂USA を発足している。韓国では 2015 年までに 43 箇所、2020 年までに 168 箇所整備する計画である。

自治体について、大都市圏では、水素ステーションの土地提供の支援など、2000 年代の早い段階から事業者に対する支援が行われてきた。特に福岡県では、産官学から成る福岡水素エネルギー戦略会議が設立され、九州大学による研究開発など総合的に進められてきた。昨今では、豊田市、さいたま市など市単位での水素ステーションに関する支援も活発化している。

3. 燃料電池自動車の開発状況

2000 年代初めから究極のエコカーとして国際的に開発が本格化し、自動車メーカ各社により性能、信頼性、コストとも大幅な改善を実現、2015 年からの普及開始に向け開発を一段と加速させている。

燃料電池自動車は、高圧水素タンクを搭載しており、70 MPa (または 35 MPa) まで加圧した水素の貯蔵が可能であり、ガソリン車と比較しても遜色ない走行距離を実現している。電気自動車との比較では、航続距離の長さだけでなく、燃料充填の速さなどに関しても優位性がある。このため棲み分けとして、電気自動車は近距離用途、燃料電池自動車は中長距離用途をカバーすることが想定されている。

一方、燃料電池自動車の新たな付加価値の創出を目的として、非常時などにおいて燃料電池自動車から家庭への電力供給 (V2H*) の開発・実証試験などが各社独自に進められている。各社による取組みは以下のとおり。

* V2H : Vehicle to home の略語。電気自動車や燃料電池自動車などの電動車両から、非常時などにおいて家庭内に電力供給するもの。電圧や接続方法など規格化が進んでいる。燃料電池自動車は電気自動車に比べて長時間の電力供給が可能。

【トヨタ自動車】

性能面では -30℃ 環境下での始動や、航続距離が 830 km (10・15 モード) の達成などガソリン車と比べて遜色ないレベルを実現している。2013年1月にBMWと共同開発を開始し、2015年に燃料電池自動車を日米で販売する予定である。また、燃料電池バスの開発実証も行っており、2016年に販売を開始する目標である。一方、V2Hについては、燃料電池自動車に加え、燃料電池バスからの非常時電源供給の実証も予定している。



Fig. 3. Toyota FCV CONCEPT. (Concept car)

【本田技研工業】

2013年7月GMとの共同開発を発表。新型の燃料電池自動車を2015年から日米欧で順次販売する予定。燃料電池自動車からのV2H、太陽光発電の電力による水素製造と加圧充填など周辺技術を開発・実証中。

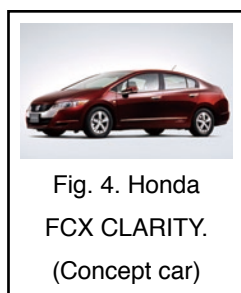


Fig. 4. Honda FCX CLARITY. (Concept car)

【日産自動車】

2013年1月にダイムラーAG、フォードとの共同開発を発表。早ければ2017年に手ごろな価格の量産型の燃料電池自動車を発売予定。



Fig. 5. Nissan TeRRA. (Concept car)

4. 水素ステーションの構成

水素ステーションの供給方式としてオンサイト方式とオフサイト方式の2つの方法がある。ガス業界が主に取り組んでいるのはオンサイト方式であり、現地で都市ガスから水素を製造し供給する方式である。一方、オフサイト方式は、他の場所で製造した水素を移送し、ステーションに搬入する点でオンサイト方式との違いはあるが、圧縮機以降のプロセスは同様である (Fig. 6)。

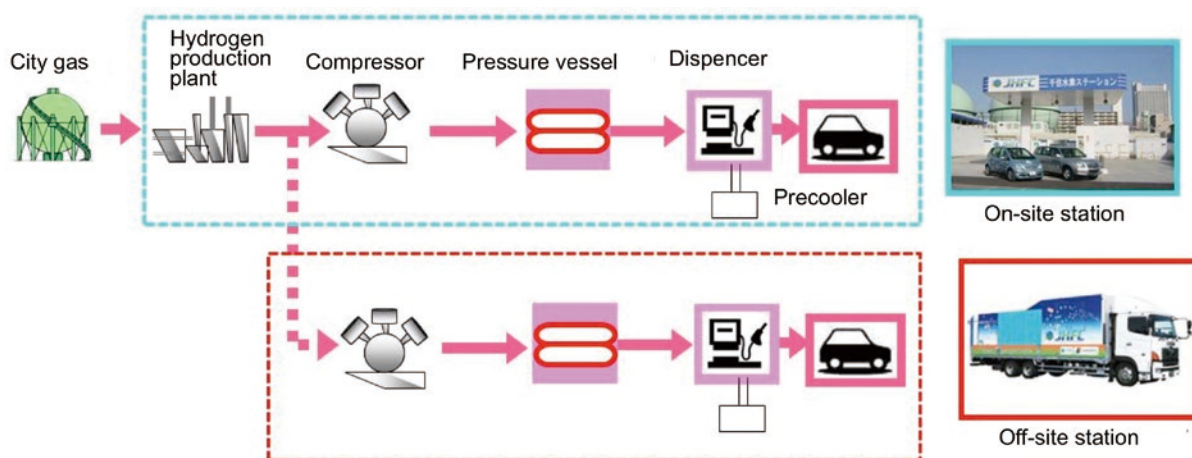


Fig. 6. Method of supplying hydrogen in hydrogen refueling station.

水素ステーションでのプロセスについて、製造 (または搬入) された水素は 1 MPa 未満の低圧水素であり貯蔵設備 (将来的には、コンパクト化のため水素吸蔵合金の採用も考えられる) に貯蔵され、この低圧水素は圧縮機により燃料電池自動車への充填圧力 (70 MPa または 35 MPa) よりも高い圧力 (約 80 MPa または約 40 MPa) で蓄圧器に蓄圧する。次に、蓄圧された水素は、燃料電池自動車の内蔵タンクとの圧力差を駆動力として、ディ

スペンサーを通じて安全に制御・計量しながら充填される (以降 差圧充填方式と呼ぶ)。一方、70 MPa 充填では、高コストな蓄圧器の設置数を削減できるメリットなどから、圧縮機から燃料電池自動車へ直接充填する方式 (以降 直充填方式と呼ぶ) も開発、実用されている。

また、充填圧力が 70 MPa の場合には、水素を効率的かつ安全に充填するための措置として、充填時の水素温度上昇を緩和するために水素を約 -40℃ まで冷却してか

ら車両に充填する技術（以降 プレクール技術と呼ぶ）、国際標準化された充填ルール（以降 充填プロトコルと呼ぶ）に準じて充填する技術、燃料電池自動車タンクにおける温度、圧力などの情報を水素ステーション側でリアルタイムに収集、制御に反映する技術など、35 MPa 充填にはない技術が必要となる。

5. 技術・社会実証研究について

国内の燃料電池自動車と水素ステーションの実証試験は、経済産業省の事業である「水素・燃料電池実証 (Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration: 通称 JHFC)」プロジェクトから本格化した。JHFC は 2002 年度から 2005 年度までの第一期 (JHFC1)、2006 年度から 2010 年度までの第二期 (JHFC2) と実施され³⁾、2011 年度からは JHFC3 として経済産業省と (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (以降 NEDO と呼ぶ) の事業である「地域水素供給インフラ技術・社会実証」に引き継がれている。

この技術・社会実証²⁾ は、自動車メーカーやエネルギー事業者が加盟する水素供給・利用技術研究組合 (以降 HySUT と呼ぶ) を主体として進められている。2015 年の普及開始に向け、実使用に近い条件での燃料電池自動車および水素供給インフラの耐久性、利便性、実用などに関する実証データを取得し、課題の抽出・解決を実施している。

現在、JHFC3 として水素充填実証を行っている全国 17 箇所の実証水素ステーション (HySUT 以外に地方自治体が主として行っている 4 箇所も含む) や関連設備を Fig. 7 に示す。

2015 年の普及開始に向け 100 箇所の水素ステーション整備が予定されているおり、これら先行して整備される水素ステーションのモデル的な位置付けとすべく、2012 年度の NEDO 事業として、それぞれ異なる水素原料と充填方式を有する商用モデル総合実証ステーションを、神奈川県に 1 箇所、愛知県に 2 箇所建設し、2013 年 4~5 月に順次本格運用を開始した。この中で、都市ガス改質のオンサイトステーションである「とよたエコ

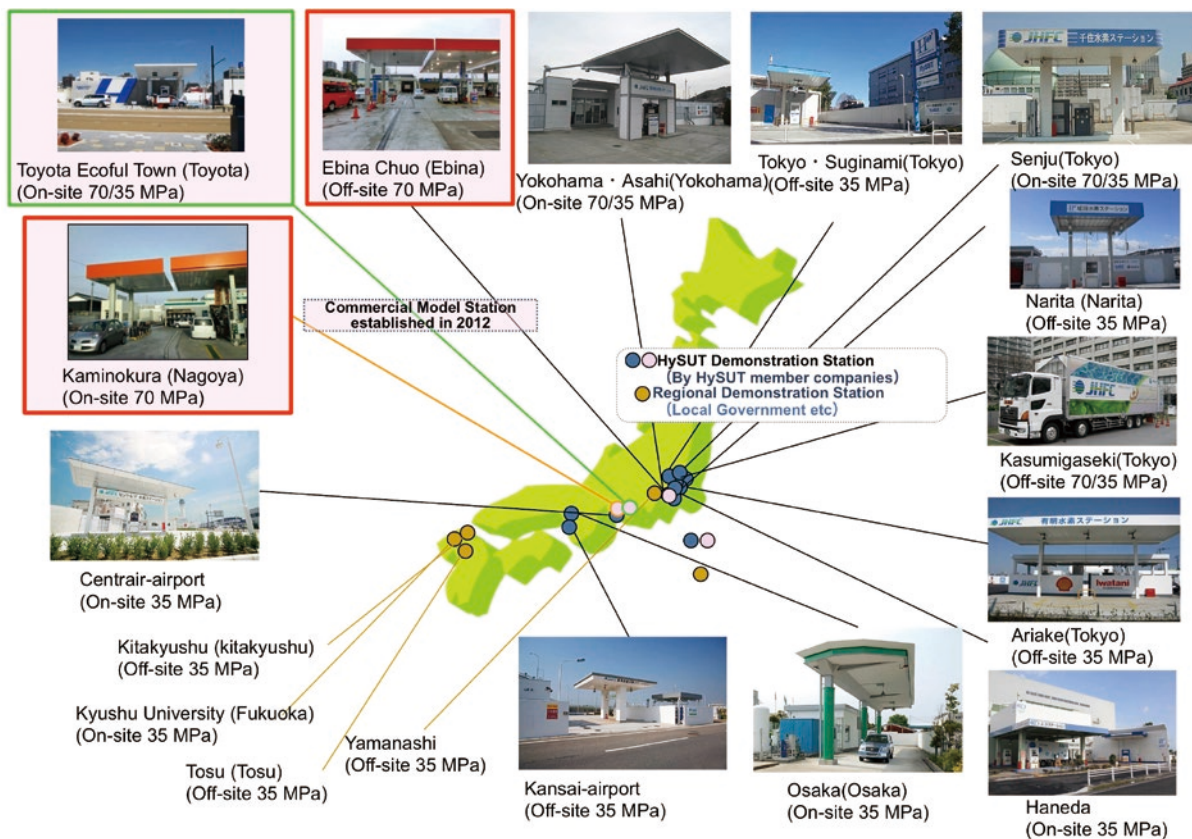


Fig. 7. Demonstration of FCV and hydrogen fueling station.

フルタウン水素ステーション」⁴⁾ (概観は Fig.8) の構成は、以下のとおりである (Fig. 9)。

本水素ステーションは、大流量圧縮機による直充填方式を採用している。水素製造装置で製造された低圧水素は、プレ圧縮機により 40 MPa 程度で蓄圧器に蓄圧される。さらに、この 40 MPa 程度の水素を大流量圧縮機により 70 MPa 程度まで加圧して車両へ充填する。燃料電池自動車だけでなく、燃料電池バスへの大容量充填にも対応していることが大きな特徴である (Table 1)。



Fig. 8. Outlook of Toyota Ecoful Town hydrogen refuelling station.

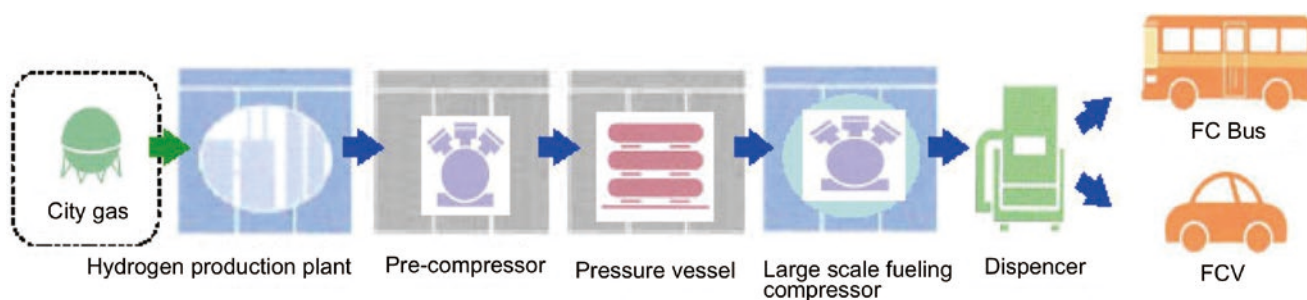


Fig. 9. System structure of hydrogen refueling station.

Table 1. Main items of Toyota Ecoful Town hydrogen refueling station.

Main item	Specifications
Feature	Direct and large scale refueling for FCV and FC Bus
Type	On site
Raw materials of hydrogen	City gas (Natural gas)
Fueling pressure	70/35 MPa
Fueling protocol	JPEC-S0003 * 1)
Class of precooling	-40 °C Class * 2)
Capability of compressor	2000 Nm ³ /h

*1) JPEC-S0003 : 一般財団法人石油エネルギー技術センターが作成した圧縮水素充填技術基準。充填プロトコルに関する国際標準に準拠した国内基準とした利用。

*2) -40 °C プレクール : 充填プロトコルの中で定義されており、冷却レベルとして最上級。水素の温度上昇の抑制効果が高く、より高速な充填が可能となる。

6. 水素ステーションの普及に向けた課題と今後の取組み

(1) 水素ステーションの低コスト化

前述のとおり燃料電池自動車の普及開始に向けては、今後、4大都市圏周辺で水素ステーションの整備が進められる予定である。しかし、国内の水素ステーションは、現在のところ非常に高価であり、コストダウンは喫緊の課題である。経済産業省のまとめ¹⁾では、商用型水素ステーションのコストは、現状約 5.5 億円であり 2015 年度には 3.6 億円まで低下させることを目標としている (Fig. 10)。

低コスト化には、技術開発の推進、規制見直しの推進、機器のパッケージ化 (コンテナに収納)、標準仕様の策定などが考えられる。日本ガス協会は、規制見直しの推進のため、都市ガス各社および外部の関係組織と連携した取組みを行っている。

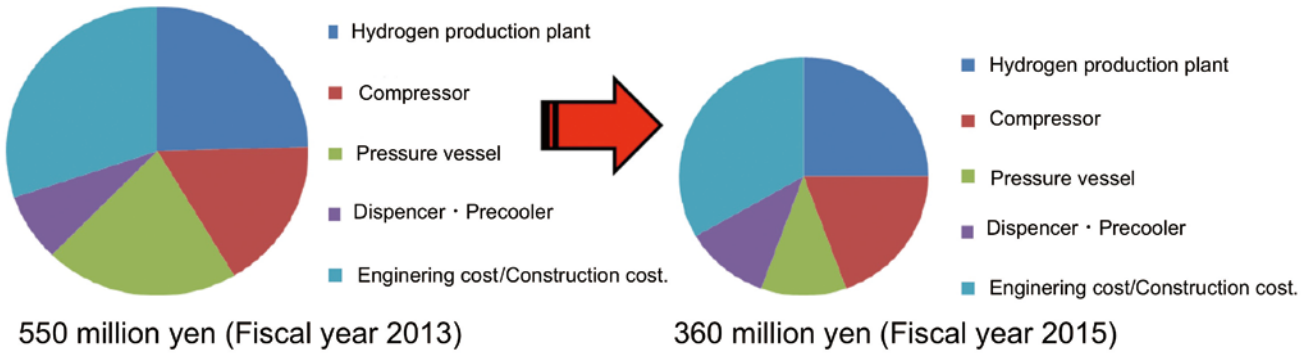


Fig. 10. Target cost of hydrogen refueling station.

(2) 規制の見直し

比較的安価な海外製品を輸入して国内で使用することが考えられるが、国内の法規制にあわせた改造が必要となるため、海外で用いる場合に比べて費用が2～3倍となりメリットが相殺されてしまう。例えば海外では安価な流通材であるクロム・モリブデン鋼の使用が圧縮機で可能であるが、国内では使用できないため、より高価なステンレス鋼が代替材として用いられる場合がある。

上記のような材料の問題など、水素ステーションの整備を進める上で、規制や制度面での制約などにより高コス

ト構造が継続すると事業化に向けては大きな支障となる。

このため、2010年12月に関係省庁より水素インフラに係る主要な規制見直し16項目の工程表が公表され、水素ステーション整備に必要な省令改正などが進められている (Fig. 11)。

さらに、9項目が追加要望され、検討対象とすることが2013年6月に閣議決定されている (Table 2)。

*各規制では、「水素ステーション」を「水素スタンド」としている。

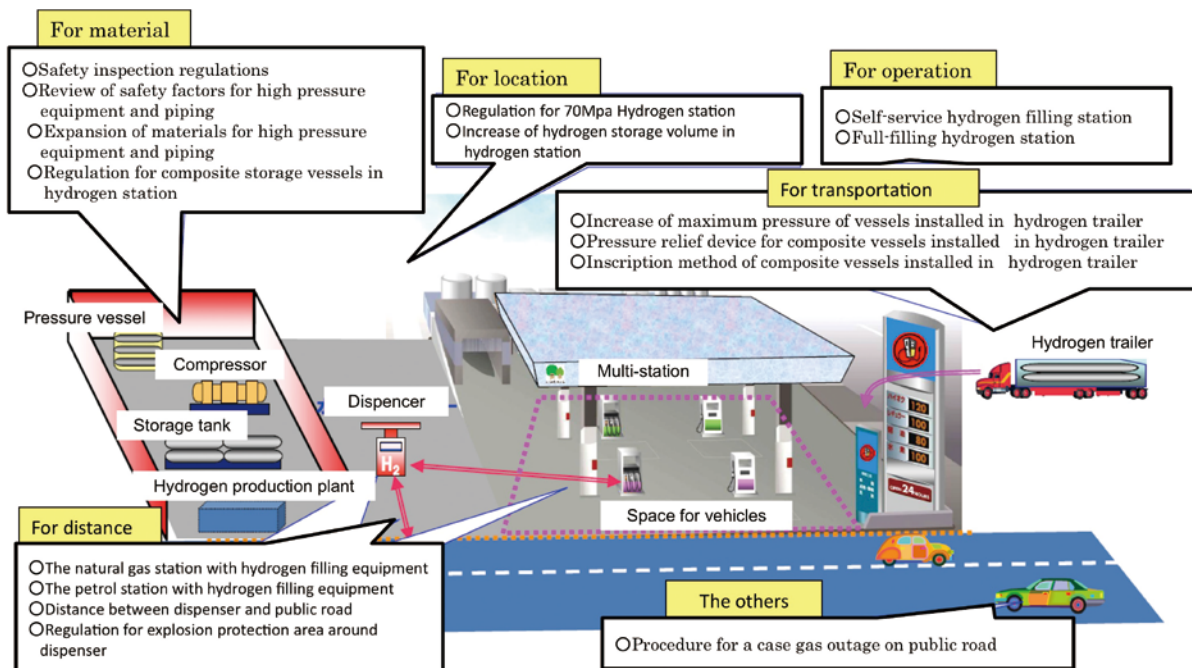


Fig. 11. 16 items in deregulation of station.

Table 2. Additional 9 items in deregulation of hydrogen refueling station.

	Examination matter	Act
1	Regulation for hydrogen refueling station with liquid hydrogen	High pressure gas safety act
		Fire service act
		Building standard act
2	Expansion of materials for high pressure equipment and piping	High pressure gas safety act
3	Regulation for small-scale hydrogen refueling equipment	High pressure gas safety act
		Building standard act
4	Definition of compressor with electrolysis of water	High pressure gas safety act
5	Increase of hydrogen storage volume in hydrogen refueling station	Building standard act
6	Regulation for hydrogen refueling station in urbanization control area	Building standard act
7	Review for maximum temperature of vessels installed in hydrogen trailer	High pressure gas safety act
8	Regulation for 70 MPa hydrogen refueling station	High pressure gas safety act
	① Safety distance of frozen facilities	
	② Usage of composite storage vessels	
9	Procedure simplification for equipment with low design coefficient	High pressure gas safety act

7. 最後に

燃料電池自動車と水素ステーションは、大幅な低炭素化の実現が可能な水素エネルギー社会に向けての大きな一歩であり、また我が国の経済を牽引する成長産業としての期待も大きい。2015年の普及開始は間近であり、燃料電池自動車を支えるインフラとしての水素ステーション整備が今後進められていく。

日本ガス協会は引き続き関係組織と連携して、水素ステーションに関わる規制見直しや、技術開発に必要な機器仕様の共通化などにより、コスト低減など課題対応の一翼を担い、燃料電池自動車と水素ステーションの普及拡大に貢献していく。

(文献)

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁：水素エネルギー社会に向けた取組み(2013)
- 2) 水素供給・利用技術研究組合：水素供給・利用技術研究組合におけるFCV・水素インフラ実証事業の状況(2013)
- 3) 山地憲治：エネルギー資源学会 水素エネルギー社会(2008)
- 4) 東邦ガス：プレスリリース「とよたエコフルタウン(愛知県豊田市)にて、水素ステーションの運用を開始」(2013)