

水素社会の実現に向けた取組の加速

平成26年8月18日

資源エネルギー庁

省エネルギー・新エネルギー一部

燃料電池推進室長 戸邊 千広

1-1. 水素エネルギー利活用の意義



- 多岐にわたる分野において、水素の利活用を抜本的に拡大することで、大幅な省エネルギー、エネルギーセキュリティの向上、環境負荷低減に大きく貢献できる可能性がある。
- さらに、「将来の二次エネルギーでは、電気、熱に加え水素が中心的役割を担うことが期待され」ており、「“水素社会”の実現に向けた取組の加速」が必要（「エネルギー基本計画」）。

【水素エネルギー利活用の意義】

①省エネルギー

燃料電池の活用によって高いエネルギー効率が可能

②エネルギーセキュリティ

水素は、副生水素、原油随伴ガス、褐炭といった未利用エネルギーや、再生可能エネルギーを含む多様な一次エネルギー源から様々な方法で製造が可能であり、地政学的リスクの低い地域からの調達や再エネ活用によるエネルギー自給率向上につながる可能性

③環境負荷低減

水素は利用段階でCO₂を排出しない。さらに、水素の製造時にCCS（二酸化炭素回収・貯留技術）を組み合わせ、又は再エネを活用することで、トータルでのCO₂フリー化が可能

④産業振興

日本の燃料電池分野の特許出願件数は世界一位である等、日本が強い競争力を持つ分野

【水素エネルギー利活用の形態】

従来

産業ガスや
特殊用途

産業ガス

ロケット燃料



現在

エネルギー
利用本格化

家庭用燃料電池
(エネファーム)

燃料電池自動車
(FCV)



2009年市販開始

2015年市販予定

将来

多様な
用途

FCフォークリフト

FCバス

水素発電・業務用FC

水素ジェット航空機

FCスクーター

ポータブルFC

FC鉄道車両

FC: 燃料電池

1-2. 燃料電池自動車の意義

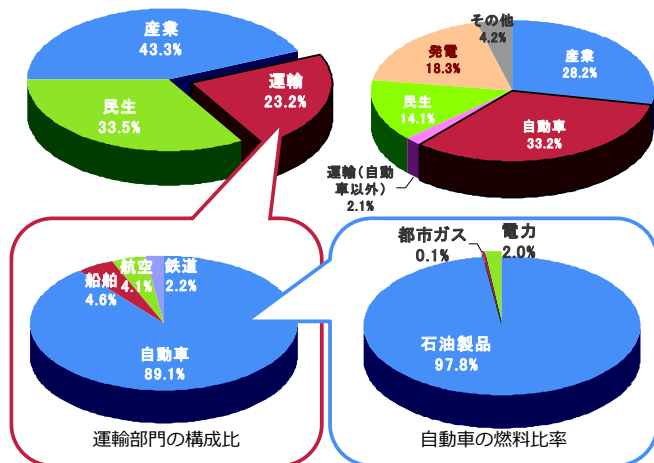
- 輸送部門は、我が国のエネルギー使用量の約2割を占め、そのほぼ全てを石油製品に頼っている。燃料電池自動車の燃料となる水素は、将来的には海外の褐炭や原油随伴ガス等の未利用エネルギーや、国内外の再生可能エネルギーを用いて製造できる可能性がある。
- 燃料電池自動車が仮に600万台（自家用普通乗用車の全保有台数の約1割）普及すると、輸送部門のうち旅客部門における二酸化炭素排出量を約9%削減する効果が見込まれる。

輸送部門のエネルギー消費の現状

出典：総合エネルギー統計より作成

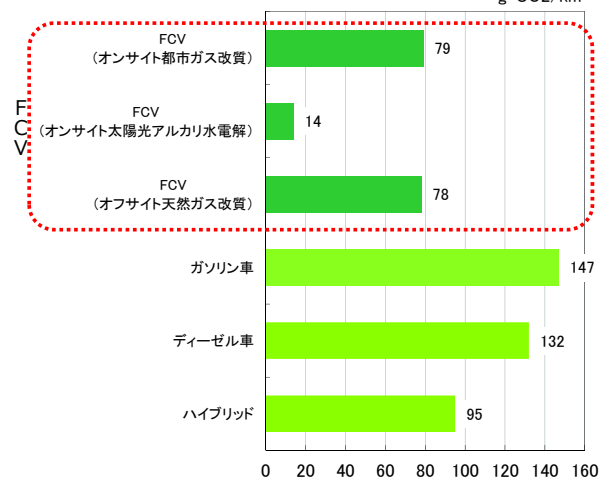
最終エネルギー消費の部門別内訳
(2012年度)

我が国の原油・石油製品供給に対する
自動車部門の消費割合 (2012年度)



Well to Wheel のCO2排出量の比較

CO2排出量 (Well to Wheel JC08モード) g-CO2/km



出典：「総合効率とGHG 排出の分析報告書」(財団法人 日本自動車研究所、平成23年3月)

1-3. 「水素社会」の実現 (エネルギー基本計画)

- 本年4月に策定された「エネルギー基本計画」では、近年の技術革新の進展を踏まえ、「水素をエネルギーとして利用する“水素社会”についての包括的な検討を進めるべき時期に差し掛かっている」とし、「将来の二次エネルギーでは、電気、熱に加え、水素が中心的役割を担うことが期待される」としている。

エネルギー基本計画(水素部分概要) (2014年4月11日閣議決定)

第3章 第8節 3. “水素社会”の実現に向けた取組の加速

(1) 定置用燃料電池(エネファーム等)の普及・拡大

家庭用(エネファーム)は2030年に530万台導入することを目標に、市場自立化に向けた導入支援や技術開発・標準化を通じたコスト低減を促進。

業務・産業用も早期実用化を目指し技術開発や実証を推進。

(2) 燃料電池自動車の導入加速に向けた環境の整備

2015年から商業販売が始まる燃料電池自動車の導入を推進するため、規制見直し等によって水素ステーション100ヶ所整備の目標を達成するとともに、低コスト化のための技術開発等によりステーションの整備を促進。

(3) 水素の本格的な利活用に向けた水素発電等の新たな技術の実現

水素の利用技術の実用化については、水素発電にまで広がっていくことが期待。技術開発を含めて戦略的な取組を今から着実に推進。

(4) 水素の安定的な供給に向けた製造、貯蔵・輸送技術の開発の推進

水素をより安価で大量に調達するため、先端技術等による水素の大量貯蔵・長距離輸送など、水素の製造から貯蔵・輸送に関わる技術開発等を今から着実に推進。

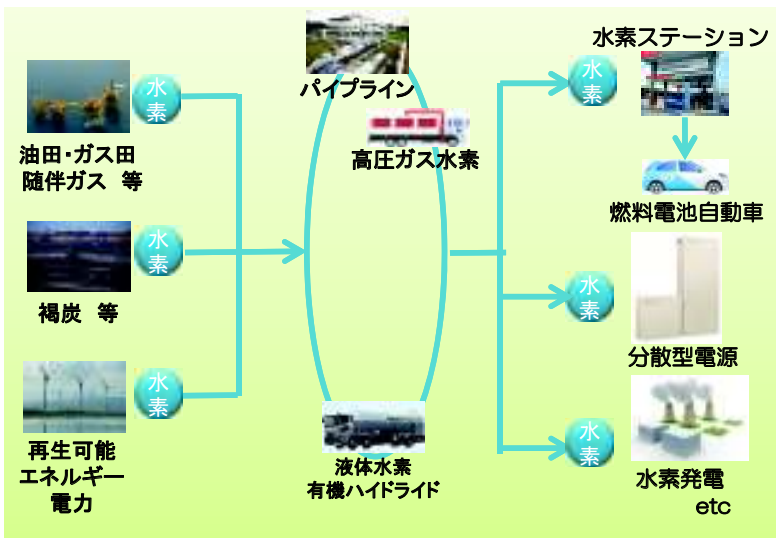
(5) “水素社会”の実現に向けたロードマップの策定

“水素社会”の実現に向けたロードマップを本年春を目途に策定し、その実行を担う産学官による協議会を早期に立ち上げ。

1-4. 水素社会の実現に向けたロードマップの策定と実行

- 水素エネルギー利活用の促進に向けて、需要に見合った水素の安価・安定的な供給のため、水素の「製造」「貯蔵・輸送」「利用」まで一気通貫したサプライチェーン構築が重要。
- 各種の取組を進めるため、経済産業省に産学官からなる「水素・燃料電池戦略協議会」を設置。同協議会での議論を経て、2014年6月にロードマップを策定。(6月24日公表)
- 「日本再興戦略」改訂2014(6月24日閣議決定)において、「ロードマップに基づき必要な措置を着実に進める」こととされた。

水素サプライチェーンのイメージ



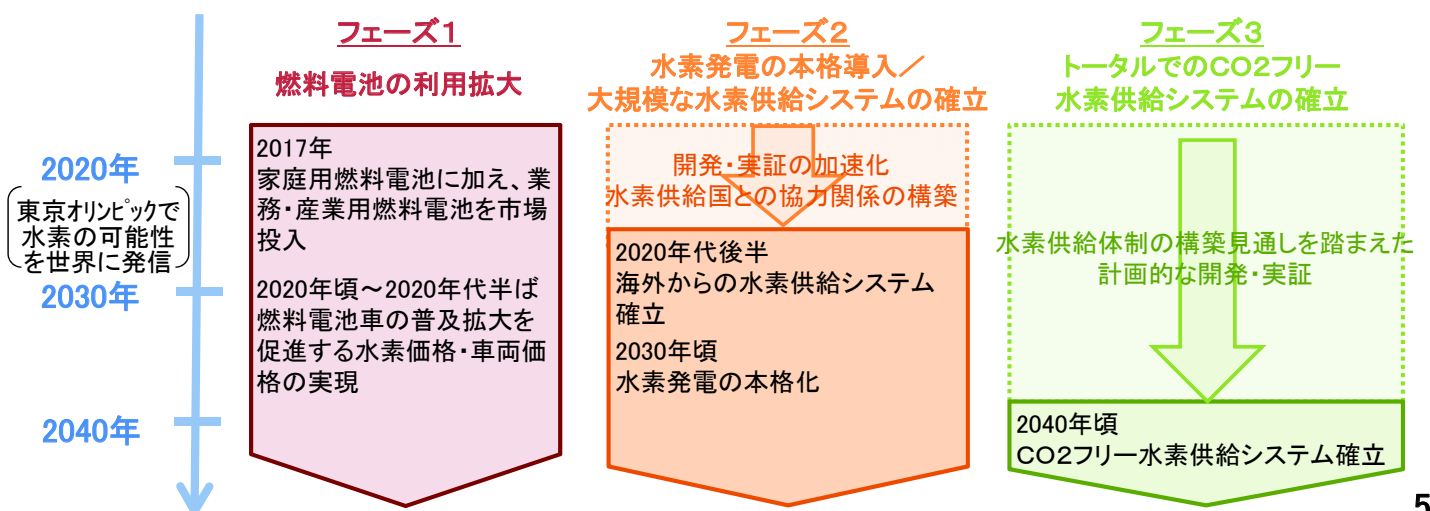
水素・燃料電池戦略協議会(委員)

- | | |
|---------|---------------------------|
| 浅見 孝雄 | 日産自動車(株) 専務執行役員 |
| 有賀 敬記 | 太陽日酸(株) 常務取締役 |
| 伊勢 清貴 | トヨタ自動車(株) 取締役・専務役員 |
| 市江 正彦 | (株)日本政策投資銀行 取締役常務執行役員 |
| 上羽 尚登 | 岩谷産業(株) 取締役副社長 |
| 内田 幸雄 | JX日鉱日石エネルギー(株) 取締役副社長執行役員 |
| 小川 洋 | 福岡県知事 |
| ● 柏木 孝夫 | 東京工業大学 特命教授 |
| 上地 崇夫 | 千代田化工建設(株) 常務執行役員 |
| 亀山 秀雄 | (一社)水素エネルギー協会 会長 |
| 久徳 博文 | 大阪ガス(株) 代表取締役副社長執行役員 |
| 久米 雄二 | 電気事業連合会 専務理事 |
| 倉田 健児 | (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構 副理事長 |
| 小林 裕明 | 東京ガス(株) 常務執行役員 |
| 崎田 裕子 | ジャーナリスト・環境カウンセラー |
| | NPO法人持続可能な社会をつくる元気ネット 理事長 |
| 佐々木 一成 | 九州大学 次世代燃料電池産学連携研究センター長 |
| 高田 廣 | 川崎重工業(株) 代表取締役副社長 |
| 中尾 正文 | 旭化成(株) 取締役上席執行役員 |
| 福尾 幸一 | 本田技研工業(株) 常務執行役員 |
| 前川 治 | (株)東芝 執行役上席常務 |
| 馬淵 洋三郎 | 三菱重工業(株) 執行役員 |
| 吉田 守 | パナソニック(株) 常務取締役 |
| 渡辺 政廣 | 山梨大学 燃料電池ナノ材料研究センター長 |
- (※●:座長、五十音順)

1-5. 水素社会の実現に向けた対応の方向性

- **フェーズ1(水素利用の飛躍的拡大):現在～**
足元で実現しつつある、定置用燃料電池や燃料電池自動車の活用を大きく広げ、我が国が世界に先行する水素・燃料電池分野の世界市場を獲得。
- **フェーズ2(水素発電の本格導入／大規模な水素供給システムの確立):2020年代後半に実現**
水素需要を更に拡大しつつ、水素源を未利用エネルギーに広げ、従来の「電気・熱」に「水素」を加えた新たな二次エネルギー構造を確立。
- **フェーズ3(トータルでのCO2フリー水素供給システムの確立):2040年頃に実現**
水素製造にCCS(二酸化炭素回収・貯留)を組み合わせ、又は再生可能エネルギー由来水素を活用し、トータルでのCO2フリー水素供給システムを確立する。

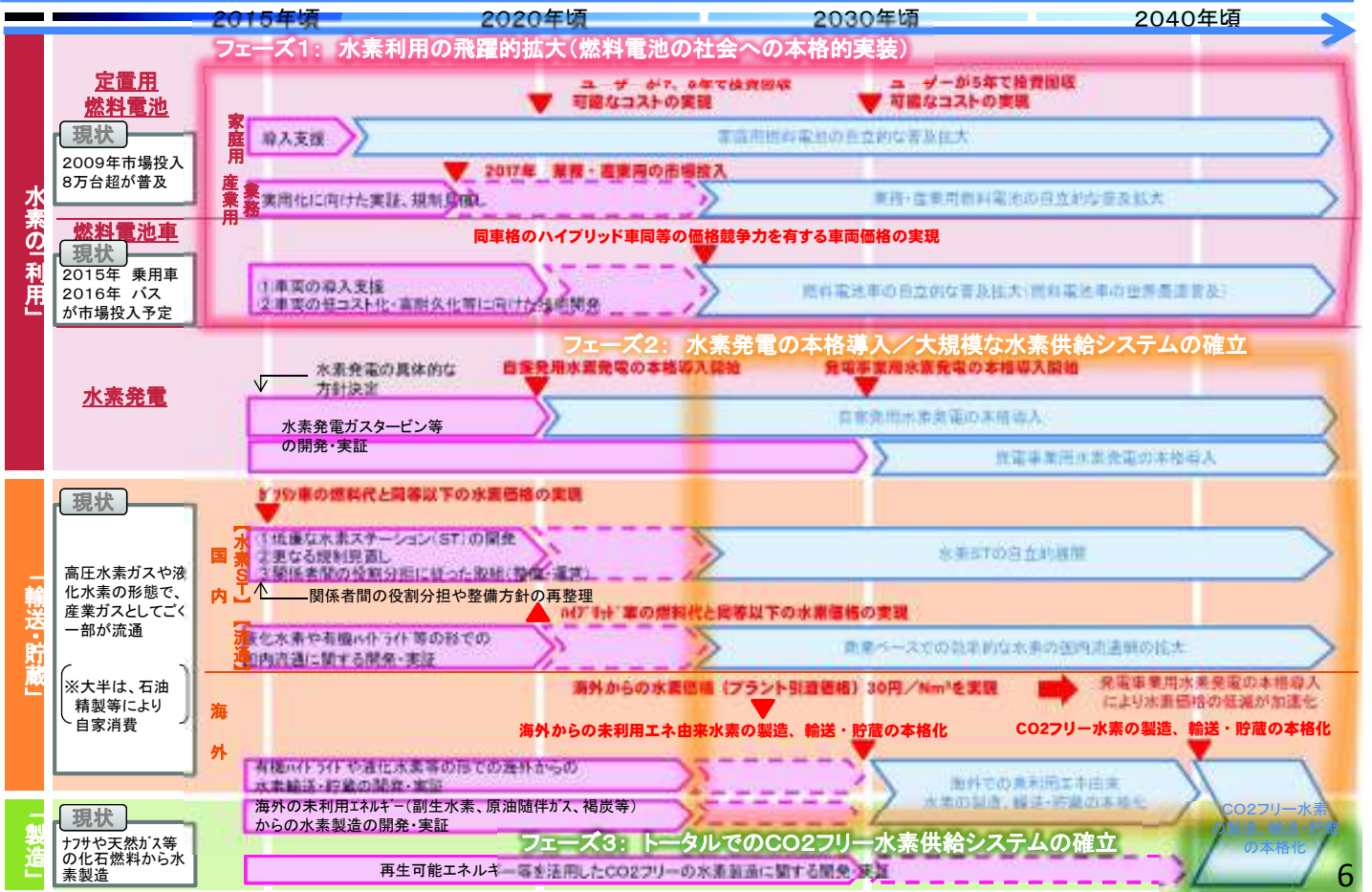
【水素社会の実現に向けた対応の方向性】



1-6.

水素・燃料電池戦略ロードマップ概要

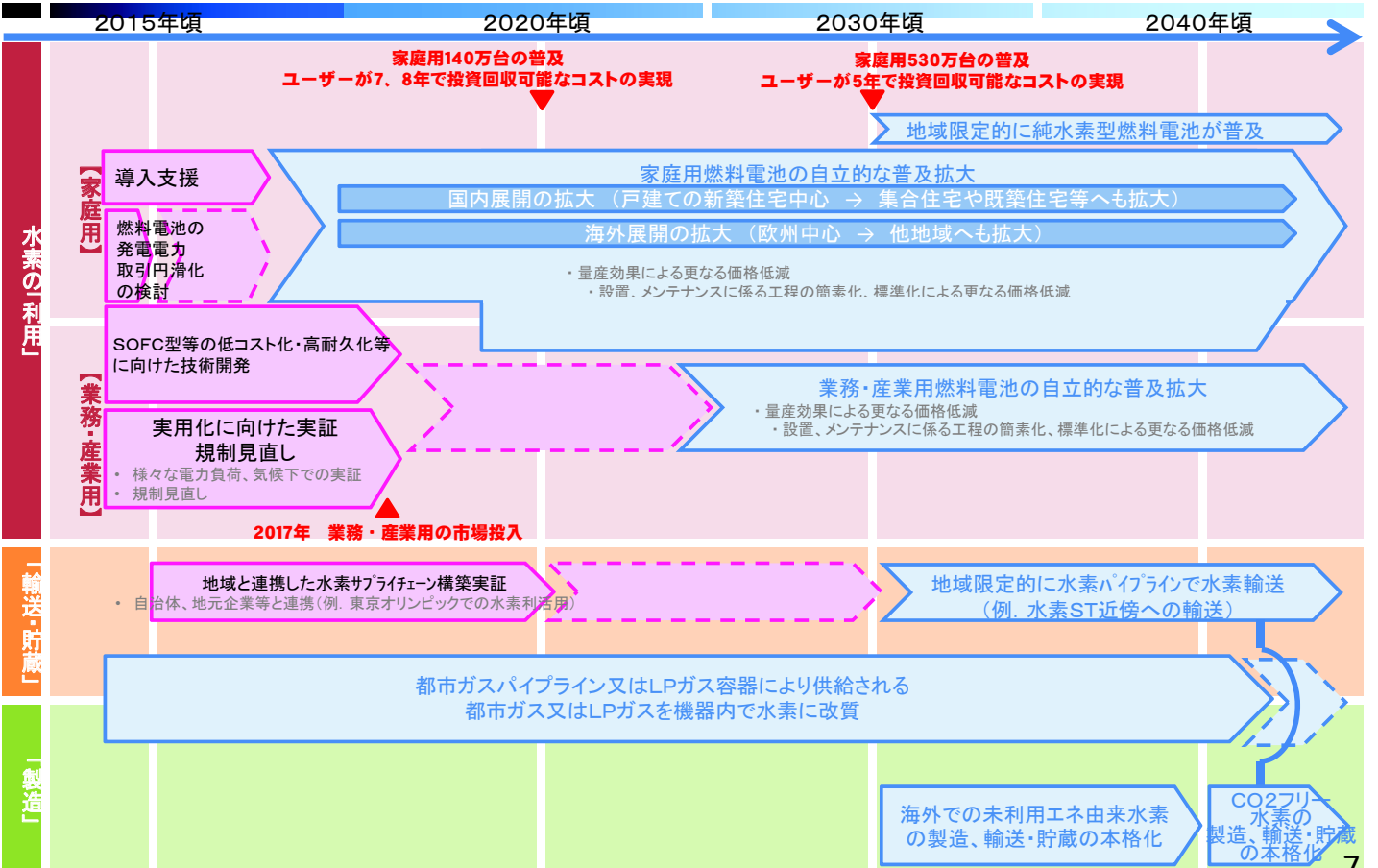
(注)赤の矢印は国が重点的に関与する取組を、青の矢印は民間が中心となって行う取組を指す。



2-1.

水素・燃料電池戦略ロードマップ概要
～定置用燃料電池（分散型コージェネレーション）～

(注)赤の矢印は国が重点的に関与する取組を、青の矢印は民間が中心となって行う取組を指す。



2-2. 家庭用燃料電池(エネファーム)の普及・拡大

- 2009年に世界に先駆けて我が国で販売が開始。量産効果による低コスト化のため導入支援を実施(平成25年度補正:200億円)。今後、2020年に140万台、2030年に530万台の導入を目指す。
- エネファームの販売価格は、2009年の販売開始時には300万円超であったが、現在は150万円程度まで低下。これまでに8.0万台以上が普及(※本年7月末現在)。

【家庭用燃料電池の普及シナリオ】



【普及・拡大に向けた取組】

①初期需要の創出

- 導入初期段階における市場を創出するため、導入費用の一部補助(平成25年度補正:200億円)。

②市場の拡大

- 集合住宅向け小型エネファームの開発(→2014年4月に市場投入)
- 熱需要の多い欧州等を中心とした海外展開の推進(→2014年4月に市場投入)



③燃料電池の低コスト化

- 電極触媒として使用されている白金の使用量を低減させるための技術開発 等

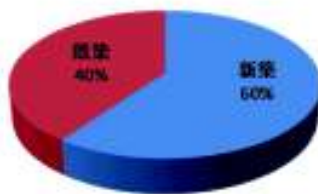
8

2-3. 家庭用燃料電池の対象ユーザーの拡大

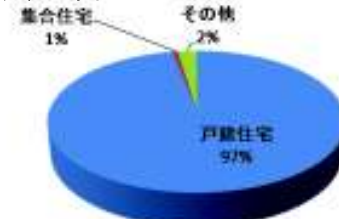
- 現在、家庭用燃料電池が対象としている主なユーザーは、大都市を中心とする都市ガス使用地域における戸建住宅のユーザー
- 戸建住宅と集合住宅の比率は、住居形態として集合住宅が4割を占めるにもかかわらず、集合住宅への設置はほとんど行われていないことから、集合住宅のユーザーへの拡大が重要。

家庭用燃料電池のユーザーの現状

■新築・既築



■戸建・集合



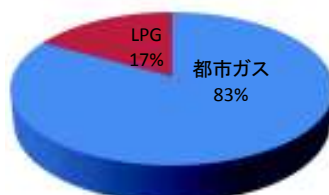
マンション向けエネファーム



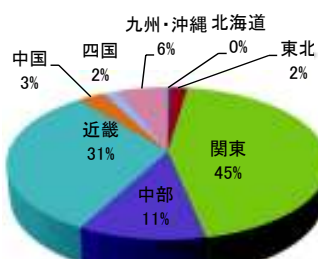
2014年4月に発売されたマンション向けエネファーム

【出典】パナソニック

■エネルギー源



■地域



【出典】民生用燃料電池導入支援補助金交付実績
(注)2009年4月～2013年12月の累積補助金交付台数

9

■ エネファームより容量の大きい業務用・産業用燃料電池については、店舗、病院、ビル、工場などでの利用を目指して、耐久性や信頼性向上等に向けて技術開発を行っているところ。

定置用燃料電池の用途拡大(業務用・産業用)に向けた取組

①基礎研究

- SOFCの加速劣化試験など、耐久性・信頼性の向上に資する長期耐久性予測手法の確立 (※NEDOにおける技術開発支援等)

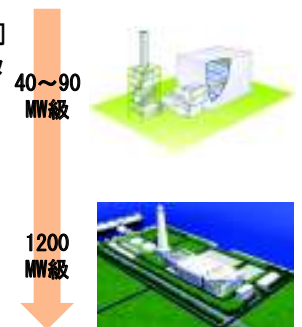
②実用化技術実証

- 小規模な事務所、コンビニ等で利用可能な業務用SOFCの市場投入に向けた実証 (※NEDOにおける技術開発支援等)



③トリプルコンバインドサイクル発電の開発

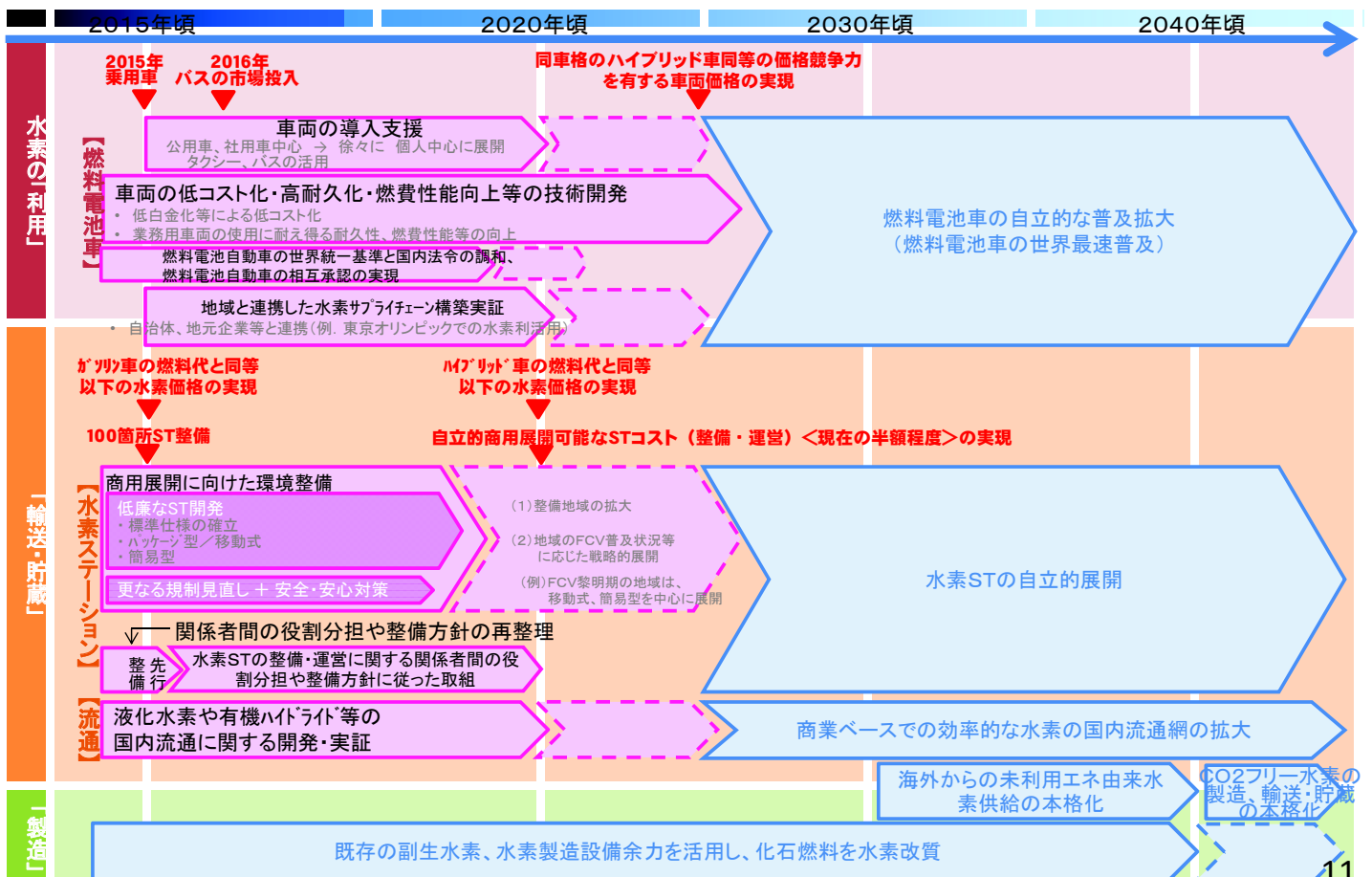
- 火力発電の大幅な効率向上を目指し、既存のガスタービン複合発電システムにSOFCを組み合わせたトリプルコンバインドサイクル発電の実用化のための要素技術開発 (※NEDOにおける技術開発支援等)



3-1.

水素・燃料電池戦略ロードマップ概要
～燃料電池自動車 + 水素ステーション～

(注) 赤の矢印は国が重点的に関与する取組を、青の矢印は民間が中心となって行う取組を指す。



3-2. 燃料電池自動車（FCV）の普及・拡大

- 燃料電池自動車は水素を燃料とする次世代自動車。走行距離や燃料補給時間でガソリン自動車と同程度の機能を持つ。2015年に予定される市場投入に向け、技術開発や規制見直し等により、車体の低コスト化、水素ステーション整備を進めてきた。
- 燃料電池自動車の本格的な導入に向けて、2025年頃に同車格のハイブリッド車同等の価格競争力を有する車両価格を目指す。また、燃料となる水素の価格についても、2020年頃にハイブリッド車の燃料代と同等以下の水素価格を目指す。

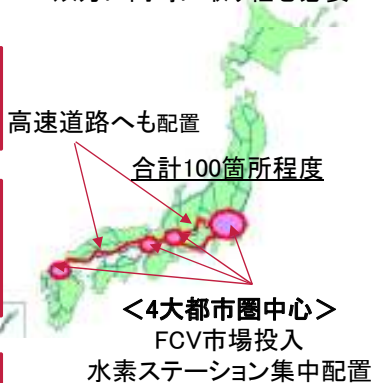
【燃料電池自動車の普及・拡大に向けた取組】



燃料電池自動車
トヨタ自動車：2014年度内の商用販売開始を発表

FCV普及 + 水素ステーション整備
→ 双方に同時に取り組む必要

- ①燃料電池自動車の導入支援
 - ・ 初期需要創出の観点から、燃料電池自動車の量産効果を下支えする導入補助
- ②燃料電池等の技術開発
 - ・ FCVの低コスト化、高耐久化に向けて、燃料電池に関する基盤技術開発、水素タンクに関する技術開発等を促進
- ③海外展開に向けた制度整備
 - ・ 世界統一基準と国内法令の調和や、相互承認を推進



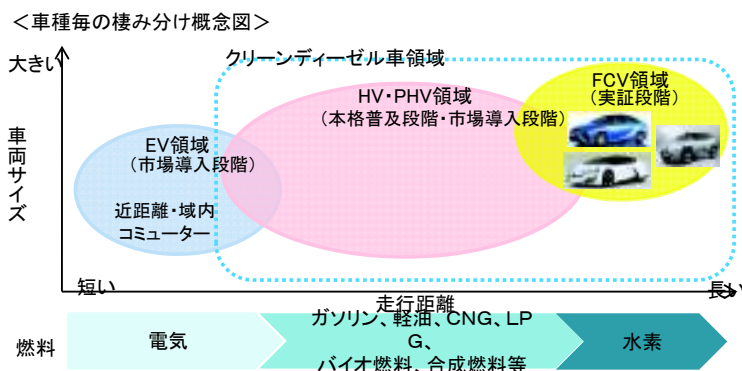
- ①水素ステーションの整備補助
 - ・ FCVの市場投入に先行し、水素ステーションの整備費用の一部を補助(平成26年度：72億円)
- ②低廉な水素ステーションの開発等
 - ・ FCVの普及状況に見合った仕様の確立
 - ・ 圧縮機や蓄圧機等の構成機器の低コスト化に向けた技術開発
 - ・ パッケージ型や移動式ステーションの活用
- ③規制見直し
 - ・ 高圧ガス保安法等の規制について、欧米の規制を参考にしつつ、圧力容器の設計基準、使用可能鋼材の制約等を見直す
 - ・ 「規制改革実施計画」(H25.6)に基づき、24項目について規制見直しを加速化

3-3. 燃料電池自動車（意義等）

- 燃料電池自動車(FCV)は既存のガソリン車と同程度の機能を持ち、実用化水準をほぼ達成。走行中の排出は水のみであり、電気自動車(EV)と比べ航続距離が長く(500km以上)、充填時間が短い(3分充填)。
- 燃料電池自動車から住宅への給電(FCV2H)により、非常時の外部給電機能、電力需給逼迫時のピークカット等に果たす役割も期待されている。
- 燃料電池自動車向けの水素燃料について、生産手段の多様化、調達国の多角化を図ることが出来れば、現状では非常に高い水準にある運輸部門の化石燃料依存度・中東依存度の低減への貢献が期待できる。

燃料電池自動車と電気自動車の比較

非常時の給電機能



北九州市で実施中のスマートコミュニティ実証事業では、60kWhの電力供給(一般家庭で約6日)が可能に。

外部電源供給ポテンシャル(非常時想定)

車種	EV	FCV	FC/バス
燃料満タンでの 体育館給電時間	5時間 (16~24kWh)	1日 (120kWh)	4~5日 (460kWh)

※体育館での電力必要量は約100kWh/日 13

3-4. 燃料電池自動車（国内外の現状）

- 燃料電池自動車（FCV）については、2011年1月、国内の自動車会社とエネルギー事業者13社が、①FCVを2015年に投入すること、②4大都市圏を中心に水素ステーションを整備することについて、共同声明を発表。2015年の市場投入に向けて、日米欧韓で開発競争が激化。車両価格については、引き続き低減に向けた技術開発等を行っていくことが必要。
- 「日本再興戦略」（昨年6月14日閣議決定）において、2015年のFCVの市場投入に向けて4大都市圏を中心に100カ所のステーションを整備し、FCVの世界最速の普及を目標に掲げている。

自動車メーカー各社の連携

※リリース情報より転用

トヨタ・BMW	日産・ダイムラー・フォード	ホンダ・GM	ヒュンダイ
<2013年1月24日発表> ・2020年に向けFCV共同開発合意 ・2015年にFCVを販売（トヨタ単独）	<2013年1月28日発表> ・FCV共同開発に合意 ・2017年に量産型FCVを販売	<2013年7月2日発表> ・2020年に向けFCV共同開発合意 ・2015年にFCVを販売（ホンダ単独）	<2013年2月26日発表> ・2015年までに、1000台のFCVを量産 ・米国で今春から一般リース販売
			

諸外国における水素ステーションの整備計画

欧州	米国	韓国
<ドイツ> 現在稼働中：15カ所 2015年までに50カ所整備する計画（※1） 2017年までに100カ所整備する計画（※2） 2023年までに400カ所整備する計画（※2） ※1：NOW（水素燃料電池実施機構） ※2：H ₂ Mobility（関連企業団体） <欧州> 北欧（デンマーク・ノルウェー・スウェーデン）、イギリス、フランスにて整備計画進行中	<カリフォルニア州> 現在稼働中：9カ所（+19カ所が整備決定） 2015年末までに68カ所整備の必要性を提言（※1） 2024年末までに100カ所を整備する計画（※2） ※1：CaFCP（カリフォルニア燃料電池パートナーシップ） ※2：CEC（カリフォルニア州エネルギー委員会） <連邦政府> カリフォルニア州以外への整備に向けH ₂ USA発足	現在稼働中：13カ所 2015年までに43カ所整備する計画 2020年までに168カ所整備する計画

14

3-5. 水素供給設備整備事業費補助金（2014年度）72.0億円

- 機器仕様の標準化や、設置スペースのコンパクト化等を目指し、2014年度予算において新たにパッケージ型水素ステーションに対する定額補助（上限あり）を新設。
- また、設置スペースが少なく、複数のサイトでの営業が可能となる、移動式水素ステーションに対する定額補助（上限あり）を新設。
- さらに、2013年度と比べ、補助上限額を中規模30百万円、小規模20百万円ずつ引き上げ。

【平成25年度】

水素供給設備の規模	水素供給能力 (Nm ³ /h)	供給方式	補助上限額 (百万円)
中規模	300以上	オンサイト方式	250
		オフサイト方式	190
小規模	100以上 300未満	オンサイト方式	160
		オフサイト方式	130

【平成26年度】

水素供給設備の規模	水素供給能力 (Nm ³ /h)	供給方式	補助率	補助上限額 (百万円)
中規模	300以上	オンサイト方式（パッケージを含むもの）	定額	280
		オンサイト方式（上記に該当しないもの）	1/2	280
		オフサイト方式（パッケージを含むもの）	定額	220
		オフサイト方式（上記に該当しないもの）	1/2	220
		移動式	定額	250
		小規模	100以上 300未満	オンサイト方式（パッケージを含むもの）
オンサイト方式（上記に該当しないもの）	1/2			180
オフサイト方式（パッケージを含むもの）	定額			150
オフサイト方式（上記に該当しないもの）	1/2			150
移動式	定額			180

○ パッケージ型水素ステーションに対する補助 中規模オフサイトの場合 220百万円（定額）

※ パッケージ：標準化された設計・施工による低コスト化を目的として、圧縮機、蓄圧器、冷凍機等の主要設備を1又は2の筐体に内包した設備形態のもの

○ 移動式水素ステーションに対する補助 小規模の場合 180百万円（定額）

移動式：充填性能に直接関わる設備を1の架台に搭載し移動可能なもの
パッケージ：主要設備を1又は2の筐体に内包した設備形態のもの

3-6-1. 安倍総理「成長戦略第2弾スピーチ」

- 2013年5月17日、安倍総理が成長戦略第2弾を発表
- 燃料電池自動車用水素タンク・水素ステーションに係る規制の一挙見直しを表明



スピーチ抜粋

私は、新たなイノベーションに果敢に挑戦する企業を応援します。その突破口は、規制改革です。

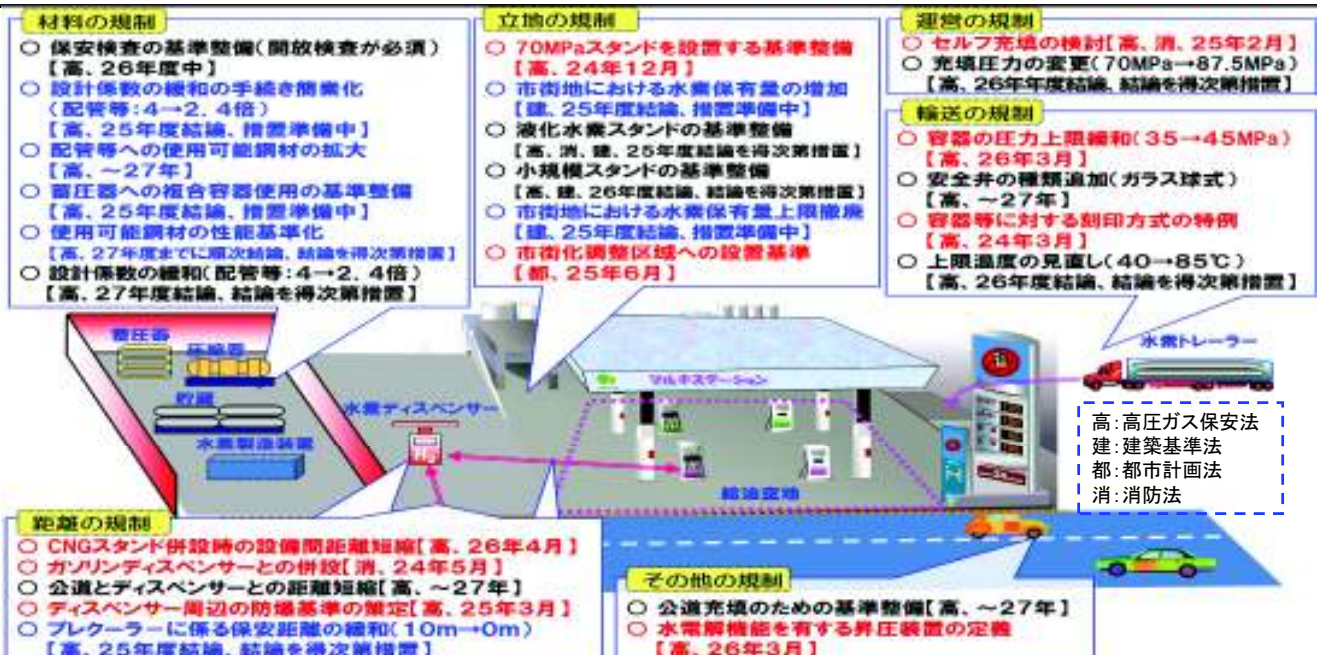
例えば、燃料電池自動車。二酸化炭素を排出しない、環境にやさしい革新的な自動車です。しかし、水素タンクには経産省の規制、国交省の規制。燃料を充てんするための水素スタンドには、経産省の規制の他、消防関係の総務省の規制や、街づくり関係の国交省の規制という、がんじがらめの規制の山です。

一つずつモグラたたきをやっている、実用化にはたどりつきません。これを、今回、一挙に見直します（中略）。

燃料電池自動車も、（中略）、果たして、何年議論されてきたでしょうか。もう議論は十分です。とにかく実行に移します。

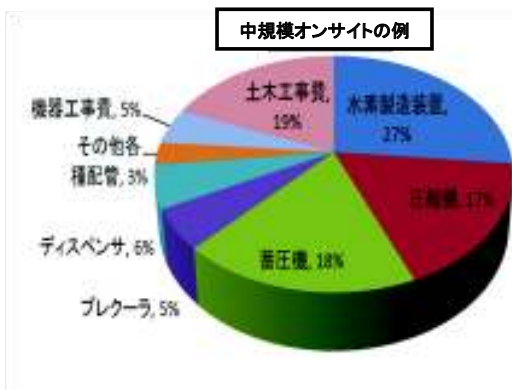
3-6-2. 水素ステーションの整備に係る規制見直し

- 水素ステーションに係る高圧ガス保安法等の規制について、欧米でも安全性が認められている水準まで、圧力容器の設計基準、使用可能鋼材の制約などの規制を見直す必要がある。
- 規制の緩和に向けて、2010年12月、経済産業省は、国土交通省、消防庁とともに規制の再点検が必要な16項目の工程表を公表。
- 規制改革実施計画(2013年6月14日閣議決定)に基づき、追加の8項目についても、検討。



- 供給設備のコストは現時点で5~6億円と高コストが大きな課題となっている。
- 規制緩和、量産効果、技術開発の組合せとパッケージ化(コンテナ内に収納)、機器の標準化等によるコスト低減を期待。
- 優れた技術を持つ中小企業等の水素・燃料電池分野への参入を促すべく、全国でセミナーを開催し、水素ステーションの技術ニーズを公開して技術と意欲のある企業を発掘。
- 参入意欲のある企業と水素ステーションエンジニアリングメーカーとのビジネスマッチングの機会の提供。

水素ステーションのコスト内訳



水素製造装置



水素圧縮機



大型水素容器



プレクール設備



バルブ・弁

3-8. 水素供給インフラ用大型水素容器の試験施設整備事業

- 水素ステーションの整備コスト低減には、炭素繊維を用いた大型の高圧複合容器の開発・導入が有効。
- 水素エネルギー製品研究試験センター(HyTReC)に大型水素容器の試験設備を整備し、導入を促進。
- 高圧複合容器には、国内企業が競争力を有する炭素繊維を大量に使用することから、炭素繊維を中核とした国内産業の育成にも寄与。

施設の概要

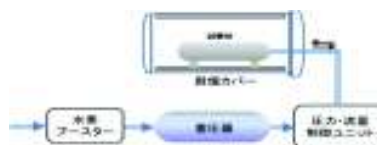
今後主流となることが見込まれる炭素繊維を用いた水素ステーション用大型高圧複合容器について、高圧ガスサイクル試験をはじめとした試験を実施するため、世界最高級の試験設備を建設。



試験の例

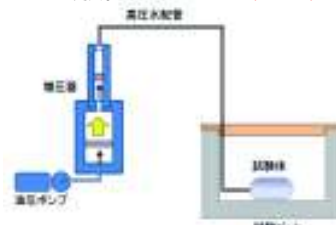
○高圧ガスサイクル試験

1000回の圧力サイクルをかけた上で、容器を切断し、損傷の有無を確認する試験。従来のガス吐出能力の130倍以上(2000m³/時間)の能力。



○高圧液圧試験

実際に使用される圧力の2.25倍を超える水圧で破裂させる試験。500ℓ(5m)級蓄圧器に対応。



<破裂前>



<破裂後>

- トヨタ自動車が燃料電池自動車を2014年度内に700万円程度で販売を開始することを発表。
- 水素ステーションの先行整備は、4大都市圏(首都圏、中京圏、関西圏、北部九州圏)を中心とした地域の41件45箇所に対して補助金を交付決定。このうち、国内商用第1号となる水素ステーションが兵庫県尼崎市にオープン(運営者は岩谷産業)。また、JX日鉱日石エネルギーが水素ステーション事業を専門に行う「(株)ENEOS水素サプライ&サービス」を設立。

【燃料電池自動車市場投入を発表】



- ◆ 6月25日、トヨタ自動車がセダンタイプの燃料電池自動車を、2014年度内に700万円程度の価格で販売開始することを発表。

【国内初の商用水素ステーションがオープン】



- ◆ 7月14日、国内の商用水素ステーション第1号となる「尼崎水素ステーション」(運営者:岩谷産業)が兵庫県尼崎市にオープン。

【安倍総理が燃料電池自動車に試乗】

- ◆ 7月18日、安倍総理が福岡県の実証用水素ステーションを視察。燃料電池自動車にも試乗。
- ◆ 公用車としての全府省庁への導入、車両の購入補助、水素ステーションの整備について意向表明。



3-10-1. 初期需要の創出 (燃料電池バス)

- 燃料電池バス(FCバス)は、走行時の排出が水のみであることに加え、通常の燃料電池自動車に比べ、
 - ① 運行ルートが一定であるため、水素供給インフラの設置場所の選定が比較的容易
 - ② 大量の水素を使用するため、普及初期段階において一定規模の水素需要を創出する上でも有効
 - ③ 災害時の避難所や病院等への電源供給ポテンシャルが高く、防災上も有益
 といった特徴がある。
- 国内においては羽田空港とその周辺都市間などで燃料電池バスの運行実証がなされており、海外においても各国で実証が進められている。

燃料電池バスの利点

燃料電池バスに係る取組

低環境負荷

- ✓ 燃料電池自動車同様に、利用段階ではCO2や大気汚染物質を排出しない。

一定の水素需要の確保

- ✓ 運行ルートが予め決まっているため、水素供給インフラ整備に係る導入ハードルが低い。
- ✓ 加えて、1台当たり通常の燃料電池自動車**70台分**の水素需要を想定できるため、水素ステーション整備とセットで導入することが可能。

災害時対応

- ✓ FCバスからの外部電源供給により、**避難所5日分**の電力供給が可能。

日本

空港と都心部をつなぐFCバス実証を実施



欧州(EU)

CHIC project (Clean Hydrogen in European Cities)
FCバス商業化に向けた実証事業として26台のバスを5都市で運用するプロジェクトを実施。プロジェクト総額は8190万ユーロ。



カナダ(ブリティッシュ・コロンビア州)

州所有の公共バス会社において、1社では世界最大の20台のFCバスを運行。

3-10-2. 初期需要の創出（燃料電池フォークリフト）

- フォークリフトは、日本企業が世界的に強みを持つ分野。
- 近年、環境意識の高まりから、先進国を中心に電動フォークリフトの導入が進展。さらに、北米では、政府の支援措置もあり、燃料電池フォークリフトの市場導入が加速。既に4000台以上が導入。
- 日本国内においては、北九州市で実証が行われているが、市販には至っていない状況。

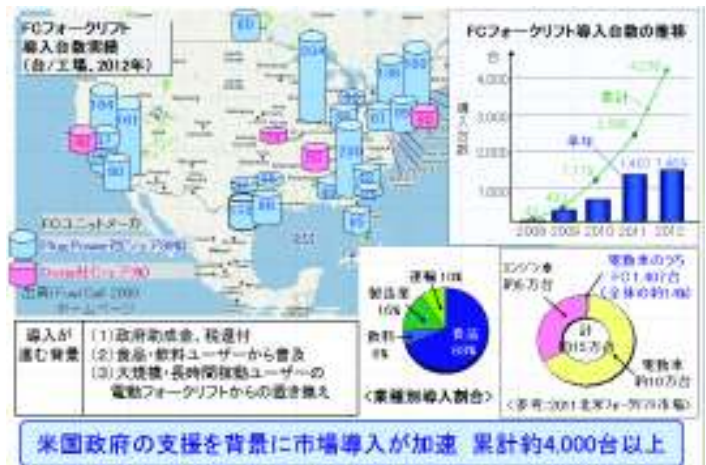
燃料電池フォークリフトの特徴

- ✓ **環境性**: 燃料電池による発電で排出されるのは水のみ。稼働中のCO2排出量はゼロ。
- ✓ **作業効率向上**: 水素充填約3分で連続稼働が可能。
(蓄電池は充電に6-8時間を要する)
- ✓ **省スペース**: 予備バッテリーの購入・保管が不要。
(蓄電池は充電のため予備バッテリーを購入)

米政府による支援施策

- ✓ フォークリフト用燃料電池ユニットの価格の30%もしくは出力kW×3000ドルの安い方の金額を税金から還付。
- ✓ 2006年1月から2007年12月の時限措置であったが、2016年12月まで延長。

北米における燃料電池フォークリフト導入状況



- 普及初期段階においては、設置スペースが比較的少なく、複数のサイトでの営業が可能となる、移動式水素ステーションの活用も必要。また、実証ステーションの商用利用、ディーラーにおける水素充填の一般開放も必要。
- また、こうした設備は、フルスペックのステーションに比べより低コストで整備可能なことから、そうした観点からも活用していく。

①移動式水素ステーションの活用

- ・ 移動式水素ステーションはトレーラー等に必要な設備を積載した水素ステーションであり、①規制が定置式と異なること、②必要最小限の設備にとどめることで、2億円程度(トレーラー別)と低コストを実現。必要な面積も150㎡程度(通常700㎡)と狭い面積で済む。
- ・ ただし、水素供給能力が通常の水素ステーションに比べて乏しいため、ビジネスモデルについては検討が必要。

②実証ステーションの活用

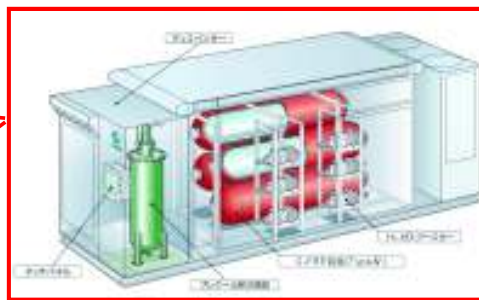
- ・ 実証ステーションは全国で17箇所が稼働。
- ・ ただし、35MPaの設備をどう活用するかは検討が必要。

③ディーラー充填の活用

- ・ 電気自動車については、ディーラーの充電インフラを、自社以外のユーザーを含む一般に対して提供する場所もある。
- ・ ただし、ディーラーでの水素充填に関する課金等の取扱等については検討が必要。

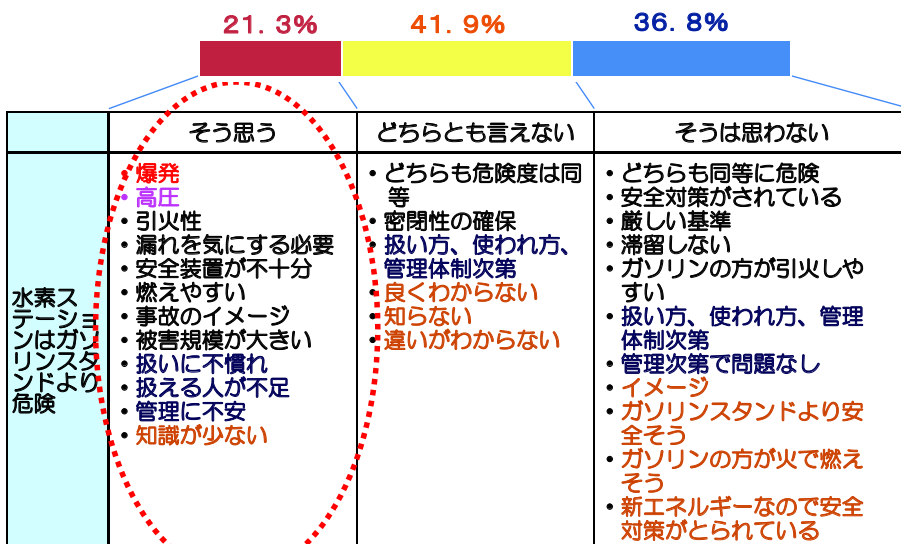


【出典】大陽日酸



- 水素ステーションの整備に当たっては、ガソリンスタンドに比べて危険であるという認識を持つ人もいるため、設置場所の近隣住民からの理解を得ることができないおそれ。
- このため、水素の安全性に関する理解促進のための成果普及活動と、技術面での性能向上を図っていく。

水素ステーションの社会受容性調査と対策



触媒学会、FCDIC、FC懇談会シンポジウム



FC EXPO 2013

■ 水素は上方に拡散しやすく滞留しにくい。この特性を踏まえて、仮に水素が漏れた場合でも早く拡散させることによって濃度を希薄にするとともに、着火しにくいようにすることが重要。

基本的な考え方

水素ステーションにおける安全設備



- ステップ1：漏洩防止**
ガス漏えい検知器により、水素漏れを検知するとともに、検知した場合には設備を自動停止
- ステップ2：滞留防止**
建屋の換気やキャノピーに傾斜をつけるなど、水素が拡散しやすい構造
- ステップ3：着火防止**
静電気防止、引火の火種となる機器の採用、危険物との法定離隔距離の確保による着火の防止
- ステップ4：周囲への影響防止**
高圧ガス設備から敷地境界までの法定離隔距離の確保や、障壁の設置による周囲への影響防止

基本的な考え方

- 水素を漏らさない
- 水素が漏れても漏らさない
- 万一、火災等が起こっても周囲に影響を及ぼさない又は影響を軽減する
- 漏れたら早期に検知し、拡大を防ぐ
- 漏れた水素に火が付かない

管理体制

- 専門知識を有する有資格者による安全管理
- 定期的な点検・検査・設備劣化による事故防止

水素導入設備

- 耐震設計(地震対策)
- 温度検知器による冷却装置(温度上昇防止)
- ガス検知器による自動停止装置
- 火災検知器による緊急放水設備

水素配管設備

- 耐震設計(地震対策)
- ガス検知器と機器異常検知による自動停止装置
- 高気圧用(インターロック機構装備)
- 鋼鉄製のゲーシング

止衝壁

- 耐震設計(地震対策)
- ガス検知器と機器異常検知による自動停止装置
- 換気設備(インターロック機構装備)
- 障壁構造のゲーシング
- 隔壁

ガス検知器

- 耐震設計(地震対策)
- ガス検知器と機器異常検知による自動停止装置
- ガス検知器による自動停止装置
- 緊急遮断弁(圧力制御)
- 安全弁、圧力リリーフ弁
- 火災検知器による消火(放水)設備

漏洩防止

- 耐震設計とフレーム構造(地震対策)
- 温度検知器による冷却装置(温度上昇防止)
- リークビフォーパスト設計による破断事故防止
- ガス検知器による自動停止装置
- 緊急遮断弁(圧力制御)
- 安全弁、圧力リリーフ弁
- 火災検知器による消火(放水)設備

キャノピー

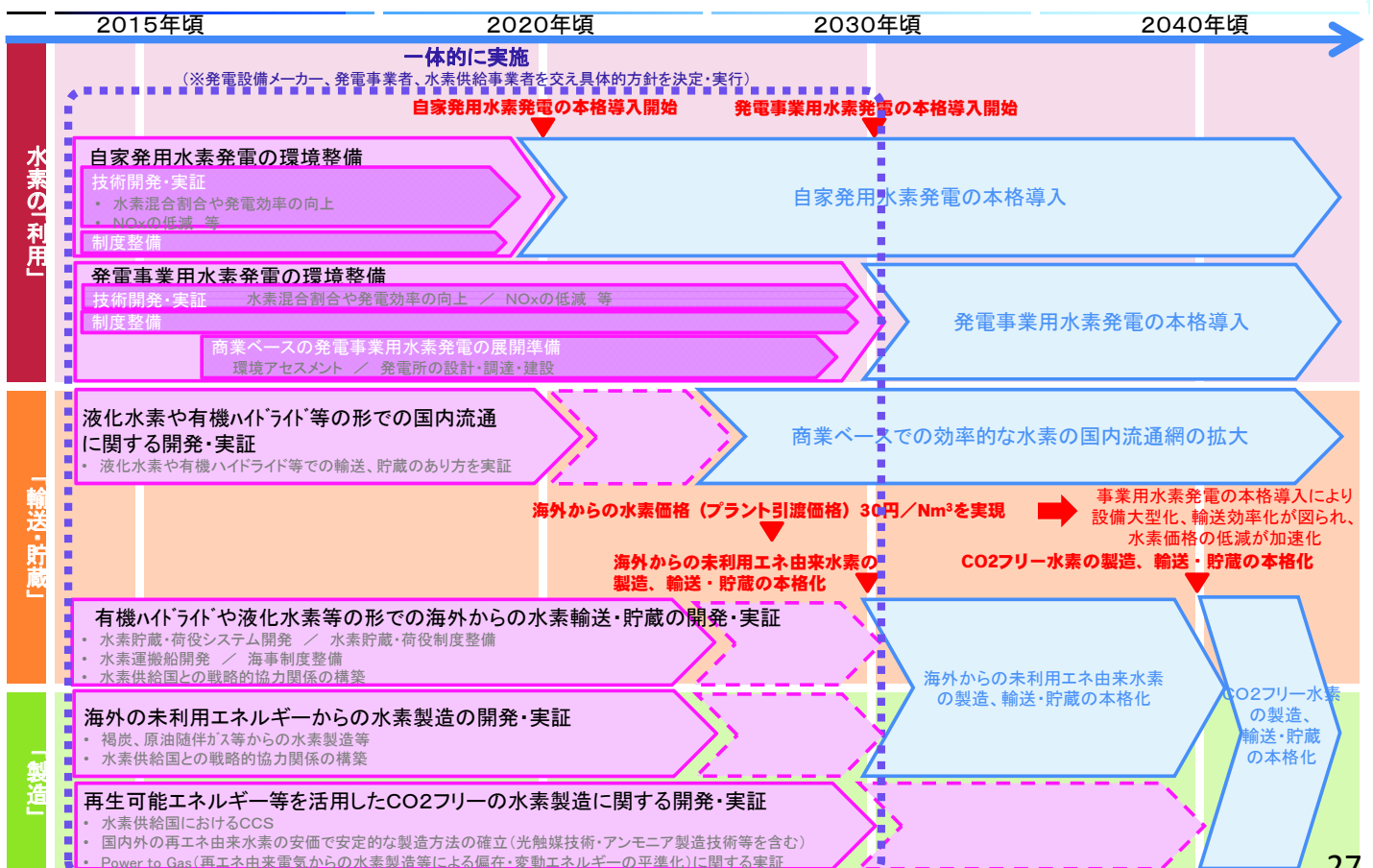
- 耐震設計(地震対策)
- 傾斜による水素の拡散促進
- 静電気防止
- 引火の火種となる機器の採用
- 危険物との法定離隔距離の確保

出典：JX日鉱日石エネルギー(株)作成資料をベースとしてHYSUTで編纂

4-1.

水素・燃料電池戦略ロードマップ概要
～水素発電 + 未利用エネルギー由来水素の活用～

(注) 赤の矢印は国が重点的に関与する取組を、青の矢印は民間が中心となって行う取組を指す。



4-2. 水素利用の拡大（水素発電）

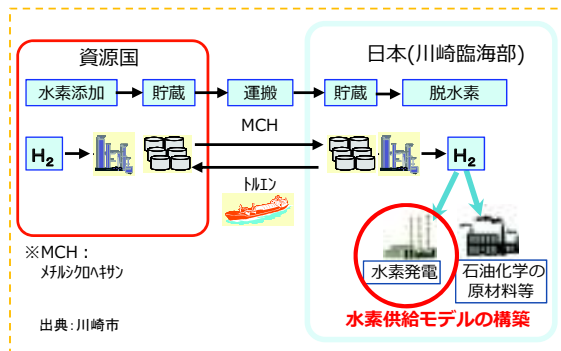
- 水素の直接燃焼により発電を行う水素発電は、水素の製造方法によってはCO₂フリーでの発電が可能。また、水素発電は膨大な水素を利用するため、水素の市場規模が拡大し、水素の低価格化につながることも期待されている。
- 短期的には、火力発電燃料として化石燃料の一部を水素で代替する水素混焼発電を、長期的には、再生可能エネルギーやCCSと組み合わせた水素のみで発電を行う水素専焼発電を行うことで、エネルギー転換部門のCO₂削減が期待できる。
- 技術的には、混焼発電は既存のガスタービン技術でも可能とされており、専焼発電についても海外においては実証実験が行われている。ただし、水素の割合を増やした際の技術的課題や、水素の安定・安価な供給システムの確立など今後解決すべき課題もある。

水素混焼発電

水素専焼発電

国内にはコークス炉ガスなど、水素リッチガスを燃料とするガスタービンの運転実績も多数存在

既存技術でも対応可能



イタリア・Enel社では水素専焼発電（16MW級）の実証運転を実施中。



28

4-3-1. 水素燃焼の技術課題①

- 水素は、天然ガス等の既存の燃料に比べると、①発熱量が低い、②燃焼速度が速い、③断熱火炎温度が高い等の燃焼特性を持つ。
- このため、例えば、火炎温度が高いことで、局所的にホットスポットが生じ、NO_xが発生するため、これを低減することは大きな課題。

水素の燃料特性とガスタービンの技術課題

水素ガスの燃焼特性 (天然ガス=メタンとの比較)	水素ガス燃焼 にあたっての留意点
燃料発熱量が低い (体積当たり1/3以下)	ガス流量を増加させる必要 (ガス配管やノズルの工夫)
燃焼速度が速い (約7倍)	逆火による燃焼機の損傷 (予混合方式の場合)
断熱火炎温度が高い (+10%程度)	局所的なホットスポットの発生 →NO _x の発生を抑える必要

水素ガスの燃焼に向けて
ガスタービンの各種構造の最適化が必要

29

- 既存ガスタービンのうち、多様な燃料種に対応した拡散方式については、水素燃焼の実績も多数存在し、海外では水素専焼の実証も行われている。
- 一方で、より高効率な予混合方式については、実例がなく5%程度しか混焼ができないと言われている。
- 今後は、高効率なドライ型で、水素リッチガスにも対応したガスタービンの開発が必要。

ガスタービンにおける水素燃焼(まとめ)

	既存ガスタービン		新規開発ガスタービン
	拡散方式(水蒸気噴射)	予混合方式(ドライ型※)	ドライ型※
水素混焼	国内においても導入多数	5%程度まで可(実例なし)	一部メーカーで開発
水素専焼	イタリアで実証例あり	×(不可)	未開発

多様な燃料に対応
水素燃焼の実績多数

水・蒸気噴射しないため
効率が低下しない

ドライ型(水・蒸気噴射しない)で
水素リッチガスに対応した
ガスタービンの開発が今後必要

水・蒸気噴射により
効率が低下

多様な燃料種への
対応は困難

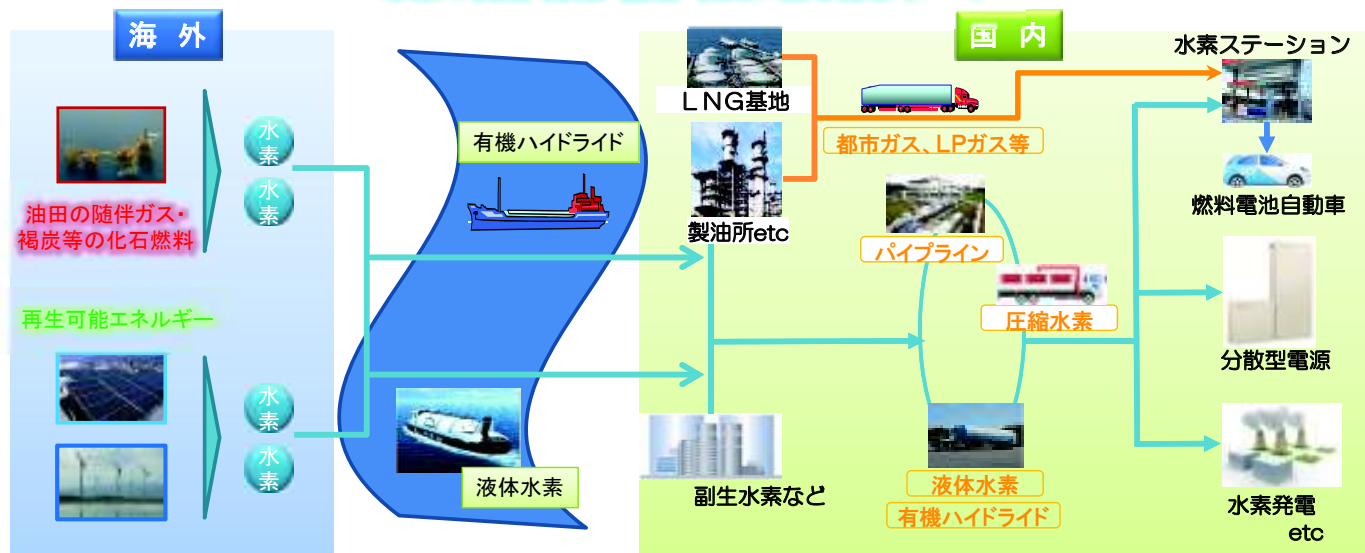
(※)ドライ(DLE: Dry Low Emission)型

水や蒸気の噴射によらず燃焼温度を低く制御することで
NOx排出量を低減したもの

4-4. 水素の貯蔵・輸送

- 大量かつ様々な場所での水素需要に応えるためには、1カ所で大量の水素を集中的に製造するオフサイト方式が主流になると考えられる。このようなオフサイト方式では、製造した水素をどう貯蔵し、輸送するかが課題。
- 貯蔵・輸送が容易になれば、これまで輸送の困難さから本格的に利用されてこなかった褐炭、再生可能エネルギーによって製造される電力等、これまで日本に輸入されてこなかったエネルギーを水素に転換し、エネルギーの貯蔵・輸送を行うことも検討されている。

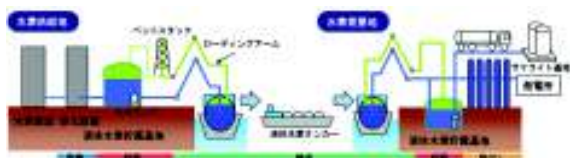
水素の製造・貯蔵・輸送・利用に係る将来イメージ



- 水素の製造、輸送・貯蔵に関する技術の進展によって、これまで活用が困難であった海外の未利用エネルギー（例、褐炭、原油随伴ガス等）を水素の形で有効に活用できる可能性が現実のものとなりつつある。
- こうした技術の開発・実証等を行うことで、2020年代後半に海外からの未利用エネルギーを用いた水素の供給システムの本格導入開始を目指す。また、2030年に大量の水素需要を下支えする発電事業用水素発電の本格導入開始を目指す。水素の需給を一体的に創出することで、水素価格の低減の加速化を狙う。
- さらに、2040年には水素製造にCCS（二酸化炭素回収・貯留）を組み合わせ、又は再生可能エネルギー由来水素を活用し、トータルでのCO₂フリー水素供給システムを確立する。

液化水素による水素輸送

水素を-253℃まで冷却することで液化させ、貯蔵



- 常圧の水素に比べて約800分の1に圧縮可能。
- 液化水素タンカーの貯槽は陸上用貯槽技術が適用可能。輸送船の製造にはLNGタンカーで培った我が国の造船技術が適用可能。

出典：川崎重工業



ガス化・水素製造



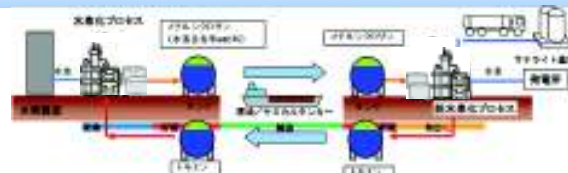
液化・積荷



液化水素輸送船

有機ハイドライドによる水素輸送

トルエンを水素と反応させ、メチルシクロヘキサンとして貯蔵



- 常圧の水素に比べて約500分の1に圧縮可能。
- 常温・常圧での液体輸送が可能で、取扱いが容易。トルエン、メチルシクロヘキサンともにガソリンの成分であり化学用品としての大型貯蔵技術が既に確立。

商業技術
実証プラント



出典：千代田化工建設

ご清聴ありがとうございました