(案)

将来における関西圏の 水素サプライチェーン構想

関西広域連合 エネルギー検討会

目 次

1	はじめに1
2	関西圏の特長と水素に関するポテンシャル4
3	2030 年頃の関西圏の水素サプライチェーン · · · · · · · 1 4
4	関西圏の水素サプライチェーン構想実現に向けたロードマップ・・・・・・・ 23
5	今後の課題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4 5
6	水素サプライチェーン構想の実現に向けて・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 49

資料編

- ・製造方法の概要
- 輸送(貯蔵)方法の概要
- 各種アプリケーションの概要
- ・2030 年頃の普及見込みについて
- ・サプライチェーン別の水素単価、二酸化炭素(CO₂)排出削減量の試算
- ・規制見直しの状況

本構想で使用した地図については、国土交通省国土政策局「国土数値情報(行政区域データ、湖沼データ)」を基に関西広域連合で編集・加工しました。

1 はじめに

1-1 水素利活用の意義

化石燃料をはじめとした天然資源に恵まれない我が国は、エネルギーを海外に依存する構造的脆弱性を抱え続けている。加えて、2016年11月のパリ協定の発効を受け、深刻化する地球温暖化問題への対応も求められている。エネルギー安全保障の確保と温室効果ガスの排出削減の課題を同時並行で解決していくため、既存のエネルギー供給構造を変革し、新たなエネルギーシステムへの移行を図る取組みが必要となっている。

水素は、利便性やエネルギー効率が高く、また、利用段階で温室効果ガスの排出がなく、非常時対応にも効果を発揮することが期待されるなど、多くの優れた特徴を有しており、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いる。

水素の利活用のメリットとして、以下が挙げられる。

①地球温暖化対策となる

水素は、利用段階で二酸化炭素(CO_2)を排出しない。製造段階で再生可能エネルギーや二酸化炭素回収・貯留(CCS: Carbon dioxide Capture and Storage)技術を活用することで、トータルでも CO_2 フリーのエネルギー源となり得る。また、天然ガスのように燃料として取り扱うこともでき、水素から高効率に電気・熱を取り出す燃料電池技術と組み合わせることで、電力、運輸のみならず、産業プロセスや熱利用等、様々な領域で低炭素化を可能にする。

②エネルギー安全保障に寄与する

水素は、再生可能エネルギーを含め多種多様なエネルギー源から製造し、貯蔵・運搬することができるため、国内外を問わず、あらゆる場所からの供給が可能である。主要な一次エネルギー源である化石燃料のほぼ全量を輸入に頼る我が国にとって、水素の活用により、特定のエネルギーに依存しない多様な構造に変革し、エネルギー調達・供給の安定化を図ることができると期待される。また、電力貯蔵手段の一つとして、再生可能エネルギーの導入拡大への貢献も期待される。

③災害等非常時の備えになる

水素は、蓄電池と比較して、大規模かつ長期間のエネルギー貯蔵を可能とする。燃料電池は、災害等による停電時においても電力を供給することが可能である。また、燃料電池を搭載した燃料電池自動車 (FCV) は、その機動性を活かし、必要とされる場所に電力を届けることができる。電気自動車に比べて電力供給能力も大きく、災害時における非常用電源としての活用が期待される。

④水素関連産業の振興へ貢献する

エネルギー分野は、成長が見込まれる先端分野であり、特に水素・燃料電池分野に関しては、関連産業のすそ野が広く、国内企業が高い技術力を有している。今後、水素関連分野の市場規模は世界的に拡大が見込まれ、国内の水素燃料関連市場についても、民間調査会社の調査結果では2030年度には2018年度比で56.0倍の4,085億円に拡大するとの予測※がある。水素利活用の拡大に伴い、化石燃料の代替として資本投入を呼び込み、さらなる企業集積や新規参入、事業拡大等が進むことで、産業振興、企業競争力の強化が期待される。

水素は、それ自体を CO_2 フリーの燃料として用いるだけでなく、再生可能エネルギーの余剰電力の貯蔵やこれまで利用できなかった海外の未利用エネルギーの輸送を可能とするエネルギーキャリアとしても利用でき、エネルギー供給の可能性を大きく拡げる、エネルギー安全保障と温暖化対策の切り札として期待される。

[※] 株式会社富士経済:2019年版 水素燃料関連市場の将来展望

1-2 水素を巡る国内外の動向

国においては、2050年を視野に水素社会実現に向けて将来目指すべき姿や目標として官民が 共有すべき方向性・ビジョンであるとともに、その実現に向けた行動計画として2017年12月に 「水素基本戦略」を策定した。また、2018年7月に策定した「第5次エネルギー基本計画」に おいて、再生可能エネルギーの主力電源化とともに、水素を再生可能エネルギーと並ぶ新たな エネルギーの選択肢とすべく、水素社会実現に向けた取組みの抜本強化を挙げている。

また、水素基本戦略に掲げた目標を確実に実現するため、2019年3月には、目指すべきターゲットとして基盤技術のスペック・コスト内訳の目標を設定し、必要な取組みを規定した「水素・燃料電池戦略ロードマップ」を策定、9月には、同ロードマップにおいて分野毎に掲げる目標の達成に向けて具体的な技術開発事項を定める「水素・燃料電池戦略技術開発戦略」を策定した。

国際的には、2019年6月に開催されたG20持続可能な成長のためのエネルギー転換と地球環境に関する関係閣僚会合で水素の重要性を閣僚間で認識し、世界35の国・地域・機関の代表が一堂に会し2019年9月25日に開催された「水素閣僚会議2019」においては、世界的な水素の普及には今後10年の取組みが鍵であるとの認識のもと、各国の水素・燃料電池に関する行動指針「グローバル・アクション・アジェンダ」が議長声明として発表された。

「グローバル・アクション・アジェンダ」では、例えば、今後10年間で水素ステーション10,000 か所、燃料電池システム1,000万台("Ten, Ten, Ten")といった世界目標を共有することの 重要性などが謳われている。

このように、水素については、国内外で取組みを加速する動きが出てきている。

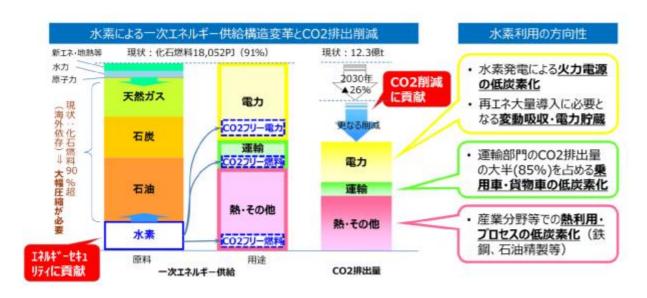


図 1-1 水素エネルギー利用の意義・エネルギー政策上の位置づけ

出典:第10回水素・燃料電池戦略協議会資料 (経済産業省、内閣府、文部科学省、国土交通省、環境省)

1-3 関西圏における水素サプライチェーン構想策定の目的

関西には、水素ステーションや燃料電池、これらの関連機器等を取り扱う企業が多数立地しており、全国に先駆け、水素利活用技術・システムの実証事業も展開されている。また、ものづくりを中心に高度な技術力を有する中堅・中小企業が集積しており、水素分野への参入を通じて、地域経済活性化に寄与することが期待される。加えて、関西には地球温暖化対策をはじめとする環境保全対策に先導的に取り組んできた歴史もある。

こうした関西の強みを活かし、環境負荷の低減やエネルギーセキュリティの向上等に大きく 貢献できる可能性がある水素の利活用の円滑かつ早期の拡大を図ることで、関西に集積する水 素関連産業の伸張によるしごと創生、二酸化炭素の排出が抑制された低炭素なまちづくりを進 め、活力ある環境低負荷型の関西を目指す。

その具体化に向けては、ボトムアップでいろいろな企業のマッチングを促進し、関西圏で地域横断的な広がりをもったシステムを創出することが必要であり、関西広域連合は、その触媒的な役割を果たすことが期待される。

そのため、関西圏における水素の製造や輸入、輸送・貯蔵から利活用までのサプライチェーン構想をここにとりまとめた。構想において、水素利活用の将来の絵姿やロードマップを示すことで、民間事業者や住民、構成府県市等あらゆる関係者が、水素に係る関西の今後の方向性を共有し、構想実現に向け、エネルギーとしての水素の優位性や利用の意義等についての理解促進、水素利活用・水素関連産業参入の気運醸成、先導的な水素プロジェクトの創出につなげていく。

なお、本構想で示す将来の絵姿は、2030年頃を想定している。国がとりまとめた「水素基本戦略」(平成29年12月26日;再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議)及び「水素・燃料電池戦略ロードマップ」(平成31年3月12日;水素・燃料電池戦略協議会)によれば、2030年頃においては、海外からの未利用エネルギー由来の水素の供給システムが本格導入され、安価で安定的に環境負荷の少ない形で製造された水素による発電が商用化されるという水素利活用における大きな進展が見込まれている。本構想作成にあたり、こうした動きを前提とした。

2 関西圏の特長と水素に関するポテンシャル

関西圏は、日本有数の都市圏・工業地域を有する一方、自然豊かな農山漁村、離島など様々な地域で構成されており、それぞれ人口規模や主要産業など社会・経済特性が異なっている。 関西圏の多様な地域特性を活かし、都市部、工業地帯、商業地域、郊外、観光地域など各地域に応じた最適な水素利用を進めることで、様々な側面から水素社会へのアプローチが可能である。

2-1 水素需要のポテンシャル

~人口、産業、都市基盤等の相当規模が集積した日本のもう一つの中心核

①人口・産業の集積

関西圏は、人口・産業が集積する日本有数の大都市圏であり、経済規模は韓国、オランダ に匹敵する。

これは、関西圏において、日常生活や産業活動に伴い多くのエネルギーを必要とすること を意味しており、今後、水素エネルギーの需要創出において大きなポテンシャルを有してい るといえる。

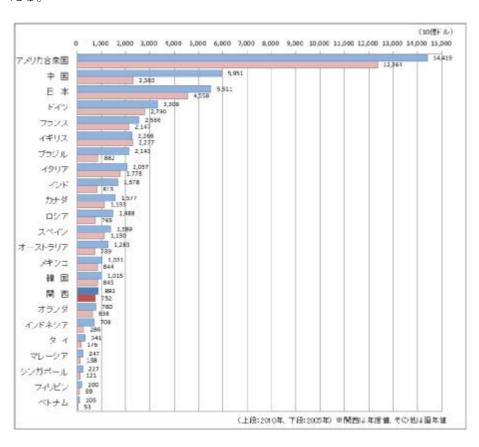


図 2 - 1 主な国の GDP と関西圏の GDP

出典:関西広域連合 HP

②多様で豊富な文化資産と観光資源

関西には、古くから京都や奈良など各地に都が置かれ、長い年月をかけて多様な文化を創造・継承・蓄積してきたことから、世界文化遺産や国宝、重要文化財など多くの歴史・文化資産を有するだけではなく、多様性と厚みを兼ね備えた歴史・文化が根付いている。また、山陰海岸や南紀熊野のジオパークをはじめ自然も豊かである。

関西は、文化資産、観光資源を数多く有し、国内外から多くの観光客の訪問を受け、近年観光客は増加傾向にある。

訪日外国人旅行客の地方別訪問率を図2-3に示す。近畿の訪日外国人訪問率は約4割となっており、鳥取県及び徳島県を合わせた関西は、首都圏に並ぶ国際観光圏となっている。



図2-2 関西圏の観光資産イメージ

観光地は、水素の利活用場所となるとともに、関西での水素に関する取組みをアピールする場としても期待される。

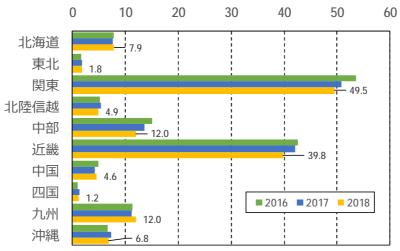


図2-3 地方別訪日外国人訪問率の推移

出典: 訪日外国人消費動向調査を基に関西広域連合作成

また、関西は、2025年の国際博覧会(2025年大阪・関西万博)の開催地となった。

2025年大阪・関西万博は、国連が掲げる持続可能な開発目標(SDGs)が達成される社会をめざし、『いのち輝く未来社会のデザイン』をテーマに、「未来社会の実験場」をコンセプトとしている。立候補申請文書(ビッド・ドシエ)では、万博の舞台を環境技術のショーケースと位置づけ、環境エネルギー分野における先進技術・システムの積極的導入により、環境に優しい会場(ゼロ・エミッション・エキスポ)を目指すとされ、会場内における水素利用やシャトルバスへの燃料電池バスの利用などが挙げられている。2019年12月には、登録申請書が博覧会国際事務局(BIE)に提出されたところである。

2025年大阪・関西万博は、水素社会実現に向けた関西の取組みを国内外に発信する絶好の機会である。

《2025 年大阪・関西万博の概要》

テーマ:いのち輝く未来社会のデザイン

"Designing Future Society for Our Lives"

サブテーマ: Saving Lives (いのちを救う)

Empowering Lives (いのちに力を与える) Connecting Lives (いのちをつなぐ)

コンセプト: - People's Living Lab - 未来社会の実験場

基本事項

①開催場所 : 大阪 夢洲 (ゆめしま) (大阪市臨海部の人工島)

②開催期間 : 2025 年 4 月 13 日~10 月 13 日 (184 日間)

③想定来場者数:約2,800万人





2025 年大阪・関西万博会場イメージ

提供:経済産業省

③大震災経験に伴う高い防災意識

阪神淡路大震災や西日本豪雨など多くの自然災害を経験した関西圏においては、高い防災意識を持って、南海トラフ地震等の大規模広域災害を想定した防災・減災の取組みが進められている。防災面において、非常時に利用できるエネルギー源として、水素の利活用が期待される。

《激甚化する自然災害》

令和元年9月に関東地方を直撃した台風第15号の影響により最大約93万5000軒が停電。停電解消に至るまでの復旧に約16日間を要した。また、同年10月の台風第19号では最大52万軒強が停電した。関西圏においても、今後大規模な被害が生じるおそれがあり、災害への備えが重要となっている。

2-2 水素供給のポテンシャル ~地域における省エネ・再生可能エネルギー導入促進の取組み等

①再生可能エネルギーの導入促進

関西広域連合の構成府県市をはじめとする自治体等においては、2011年3月の東日本大震災を受け、2012年夏には電力需給ひっ迫のおそれから厳しい節電対策を経験し、省エネの推進や再生可能エネルギーの導入促進、エネルギーに関連する技術の開発・普及などの施策に取り組んでいる。

再生可能エネルギー導入のポテンシャルは、余剰電力を用いたCO₂フリー水素製造のポテンシャルを示すものでもある。

圏域内では、太陽光、風力、木質バイオマス、下水汚泥消化ガス等の水素の供給源として の活用が期待される。

太陽光発電では西播磨地域や淡路島北部のポテンシャルが高く、風力発電では淡路島南部や和歌山県、鳥取県のポテンシャルが高い。木質バイオマス発電では、鳥取県東部や兵庫県丹波地方のポテンシャルが高く、汚泥消化設備を設置する下水処理場は、京阪神など都市部において多い。

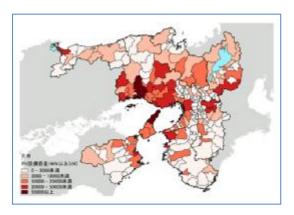


図2-4 太陽光発電(1MW以上)導入状況

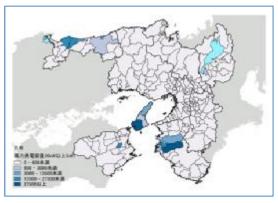


図2-5 風力発電(20kW以上)導入状況

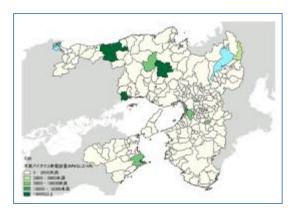


図2-6 木質バイオマス発電(2MW以上) 導入状況



図 2 - 7 汚泥消化設備を設置する下水処理場

出典(図2-4~図2-7):関西圏の水素ポテンシャルマップ(平成31年3月、関西広域連合) ※資源エネルギー庁 固定価格買取制度情報公表用ウェブサイト「市町村別導入容量(平成30年9 月末時点)」のうち、累積新規認定分(稼働中)と移行認定分を合計(図2-4~図2-6) ※平成26年度版下水道統計(公益社団法人日本下水道協会)をもとに関西広域連合調べ(図2-7)

②国際戦略港湾、国際拠点港湾の存在

関西には、国際戦略港湾**に指定された大阪港及び神戸港が存在し、スーパー中枢港湾にも 指定されている。また、国際拠点港湾(国際海上輸送網の拠点となる港湾)に指定された堺 泉北港、姫路港、和歌山下津港も存在する。日本海側にも重要港湾である舞鶴港が立地し、 将来の日本海側の水素荷揚げ拠点としての可能性がある。

今後、海外からの水素輸入が本格化した際に、国内の受入拠点となる港湾が複数存在することは、関西の強みとなる。

※長距離の国際海上コンテナ運送に係る国際海上貨物輸送網の拠点となり、かつ、国内海上貨物輸送網 との結節点として高い機能を備えた港湾で、その国際競争力の強化を重点的に図ることが必要な港湾

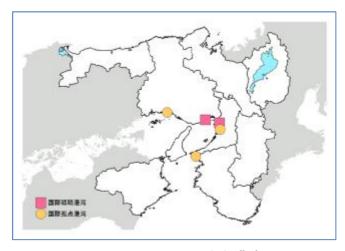


図2-8 関西圏の主な港湾

2-3 水素の取組み推進に関するポテンシャル

①高度な産業集積

関西圏の製造業の出荷額を業種別に見ると、電気機器、一般機械、繊維、化学、金属製品のウエイトが高い。図2-9には、関西圏の製造業事業所数の全国シェア(2017年)を示す。関西には、水素ステーションや燃料電池、これらの関連機器等を取り扱う企業が多数立地している。図中に水素・燃料電池に関連する品目を例示しているが、関西圏の企業は、水素・燃料電池関連の部材・部品の提供に関して、ニーズに対応するポテンシャルを有していると言え、高度な技術力を有する関西の中堅・中小企業の水素分野への参入を通じて、地域経済活性化に寄与することが期待される。

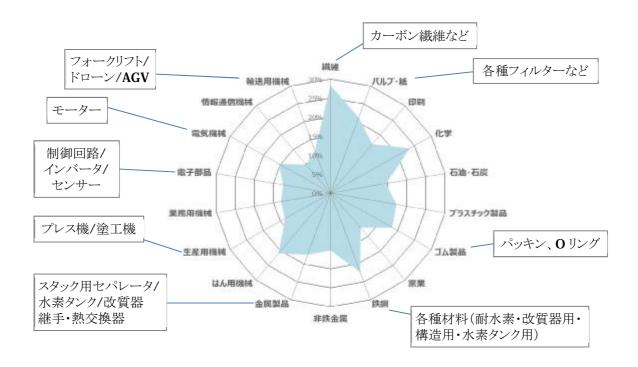


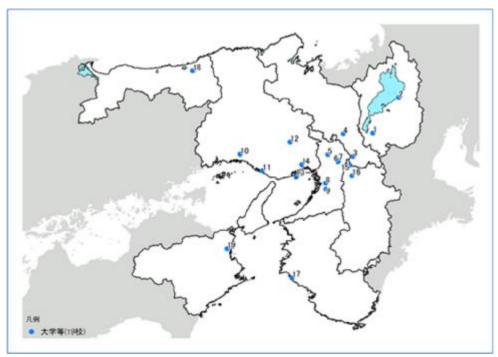
図2-9 関西圏の製造業事業所数の全国シェア (2017年) と 水素・燃料電池関連品目の例示

出典:経済産業省「平成29年工業統計調査」(従業者4人以上)をもとに作成 (注)産業中分類で、新エネルギー産業に関わりの深い業種を選定

②大学、産業支援機関・公設試験研究機関

圏域内では、我が国を代表する環境・エネルギー分野の大学や科学技術振興の拠点が立地 し、また、企業の取組みを支援する産業支援機関や公設試験研究機関なども多数立地してい る。

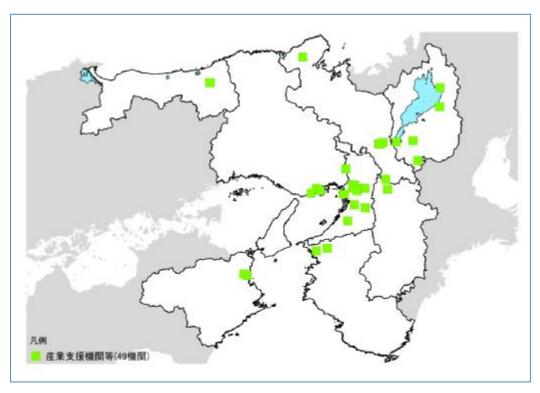
水素関連技術の高度化・低コスト化等を図り、水素の利活用を拡大していく上で、産学官の連携は不可欠であり、こうした大学や産業支援機関等が役割を果たすことが大いに期待される。



番号	大学等	所在地	研究内容	
1	立命館大学	滋賀県草津市	燃料電池ドローンの開発	
-				
2	滋賀県立大学	滋賀県彦根市	高圧水素タンク用材料に向けた樹脂複合材料の開発	
3	同志社大学	京都府京田辺市	水素を利用したパワージェネレーションとエネルッーネットワーク ナノスケールシリカ層での被覆を利用した固体高分子形燃料電池用Ptカソード触媒の高耐久性化 アンモニアを燃料として用いる固体酸化物形燃料電池用高活性アノードの開発	
4	京都大学	京都市西京区	高圧分シクを必要としない固体水素源 アンモニアを直接燃料とした固体酸化物形燃料電池(SOFC)による発電 多孔性材料を用いた高圧水素ガス貯蔵の研究 オンサイト型水素発生システムの研究	
5	大阪大学	大阪府吹田市	太陽光広帯域利用による水から水素を高効率で生成できる光触媒 繊維強化複合材料を用いた水素貯蔵9ンク事業化に向けての技術開発	
6	大阪電気通信大学	大阪府寝屋川市	ヘテロ原子置換型炭素材料の作製とエネルギー分野への応用	
7	大阪府立大学工業高等専門学校	大阪府寝屋川市	PEFCの低コスト化/長寿命化に向けた研究	
8	大阪市立大学	大阪市住吉区	太陽光エネルギーを利用した水素製造・二酸化炭素利用技術 バイオ燃料電池に適した高効率微生物触媒	
9	大阪府立大学	堺市中区	水素社会に向けたエネルギー変換・貯蔵素子の高性能化 光触媒を用いた水分解によるソーラー水素生成反応に関する研究 固体高分子形燃料電池用触媒の開発 超高圧合成法を活用した水電解触媒材料の開発	
10	兵庫県立大学	兵庫県姫路市	次世代水素触媒の研究・開発 水電解による水素発生触媒の開発	
11	明石工業高等専門学校	兵庫県明石市	固体高分子形燃料電池要素材料・水素貯蔵材料の知的設計	
12	関西学院大学	兵庫県三田市	ポリタンクで運べる液体燃料から直接発電する燃料電池	
13	神戸大学	神戸市中央区	海洋再生可能エネルギーと水素エンジニアリングへの展開	
14	甲南大学	神戸市東灘区	水分解光触媒と光電極の研究	
15	奈良先端科学技術大学院大学	奈良県生駒市	水素エネルギー利用を目指した酵素反応メカニズムの解明	
16	奈良工業高等専門学校	奈良県大和郡山市	固体高分子形燃料電池(PEFC)の研究 全固体アルカリ形燃料電池に関する研究	
17	和歌山工業高等専門学校	和歌山県御坊市	リン系イオン液体の特性と伝コトン伝導性電解質としての可能性	
18	公立鳥取環境大学	鳥取県鳥取市	バイオマス(下水汚泥、バイオエタノール等)からの水素製造システム(水素ステーション)開発 燃料電池自動車、電気自動車からの電力供給を含むスマートエネルギーネットワーク構築研究	
19	徳島大学	徳島県徳島市	パラジウム膜型水素製造器の量産化技術	

図2-10 水素に関連する研究を行っている大学等

出典:関西圏の水素ポテンシャルマップ(平成31年3月、関西広域連合)に一部追加



番号	産業支援機関/公設試験研究機関	所在地
1	(公財) 滋賀県産業支援プラザ	滋賀県大津市
2	滋賀県工業技術総合センター	滋賀県栗東市
3	滋賀県工業技術総合センター信楽窯業技術試験場	滋賀県甲賀市
4	滋賀県東北部工業技術センター長浜庁舎	滋賀県長浜市
5	滋賀県東北部工業技術センター彦根庁舎	滋賀県彦根市
6	(公財) 地球環境産業技術研究機構	京都府木津川市
7	京都府織物・機会金属振興センター	京都府京丹後市
8	産業技術総合研究所関西センター	大阪府池田市
9	(地独) 大阪産業技術研究所 和泉センター	大阪府和泉市
10	ものづくりビジネスセンター大阪	大阪府東大阪市
11	(地独) 大阪府立環境農林水産総合研究所	大阪府羽曳野市
12	奈良県産業振興総合センター	奈良県奈良市
13	(公財) 奈良県地域産業振興センター	奈良県奈良市
14	(公財) わかやま産業振興財団	和歌山県和歌山市
15	和歌山県工業技術センター	和歌山県和歌山市
16	(地独) 鳥取県産業技術センター	鳥取県鳥取市
17	(公財) 鳥取県産業振興機構	鳥取県鳥取市
18	(公財) とくしま産業振興機構	徳島県徳島市
19	徳島県商工会議所連合会	徳島県徳島市
20	徳島県中小企業団体中央会	徳島県徳島市
21	徳島ニュービジネス協議会	徳島県徳島市
22	(公財) 京都産業 2 1	京都市下京区
23	京都府中小企業技術センター	京都市下京区
24	(地独) 京都市産業技術研究所	京都市下京区
25	(公財) 京都高度技術研究所(ASTEM)	京都市下京区
26	(公財) 京都工業会	京都市右京区
27	(一社) 京都産業エコ・エネルギー推進機構	京都市右京区
28	京都府商工会連合会	京都市右京区
29	京都府中小企業団体中央会	京都市右京区
30	京都商工会議所	京都市中京区

番号	産業支援機関/公設試験研究機関	所在地
31	(地独) 大阪産業技術研究所 森之宮センター	大阪市城東区
32	大阪産業経済リサーチセンター	大阪市住之江区
33	(一財) 大阪科学技術センター	大阪市西区
34	大阪府産業デザインセンター	大阪市住之江区
35	おおさかスマートエネルギーセンター	大阪市住之江区
36	バッテリー戦略推進センター	大阪市住之江区
37	(一財) 大阪府みどり公社	大阪市中央区
38	大阪産業創造館	大阪市中央区
39	大阪イノベーションハブ	大阪市北区
40	ソフト産業プラザ イメディオ iMedio	大阪市住之江区
41	メビック扇町	大阪市北区
42	大阪デザイン振興プラザ	大阪市住之江区
43	インテックス大阪(見本市会場)	大阪市住之江区
44	大阪市立環境科学研究センター	大阪市天王寺区
45	堺市産業振興センター	堺市北区
46	さかい新事業創造センター	堺市北区
47	神戸市産業振興財団	神戸市中央区
48	兵庫県立工業技術センター	神戸市須磨区
49	新産業創造研究機構(NIRO)	神戸市中央区

図2-11 産業支援機関・公設試験研究機関

出典:関西圏の水素ポテンシャルマップ(平成31年3月、関西広域連合)

③水素関連の実証等の取組み

関西においては、研究開発プロジェクト実証事業など水素関連の様々な取組みが既に展開されている。水素の安定供給、コスト低減に資するサプライチェーンの構築に向けた取組みや、大量の水素需要が見込まれる水素発電に関する技術開発など、水素社会の実現に向けた鍵となるプロジェクトがここ関西で展開されている意義は大きく、他の関連企業等への波及効果も期待される。

このような取組みの成果を活用し、さらに継続・発展させることにより、水素の利活用に係る関心を高め、実証エリア等を中心として水素利活用技術の社会実装が進展するきっかけとし、ひいては、関西が水素社会の構築を牽引していくことにつながるものと期待される。

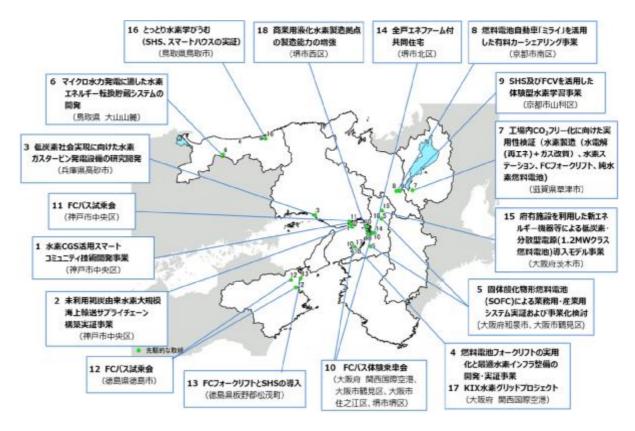


図2-12 関西圏内の水素関連の取組み

出典:関西圏の水素ポテンシャルマップ(平成31年3月、関西広域連合)を 一部加筆 関西圏における水素社会実現を目指して、これら関西圏の特長を活かし広域的な取組みを行うことにより、水素利活用を創出し、それを支える圏域内での水素サプライチェーンを構築していく。

こうした取組みの結果、関西圏の新たな魅力や強みが生まれていくことが期待される。

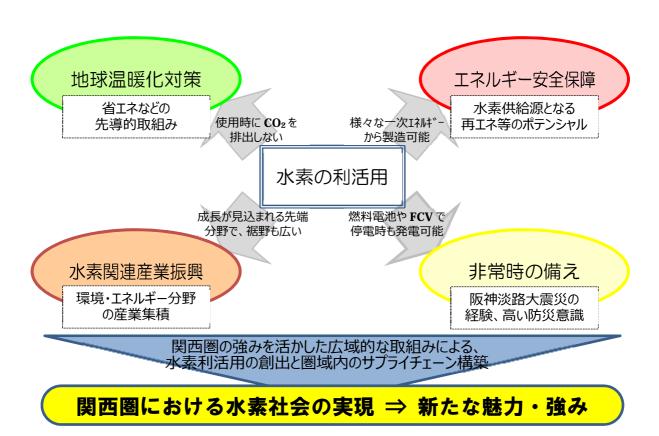


図2-13 関西圏の強みを活かした水素社会への展開

3 2030 年頃の関西圏の水素サプライチェーン

3-1 水素サプライチェーンの検討にあたっての基本的な考え方

現在使用されている水素は、化石燃料等の改質により製造されたものや副生水素を利用し、液化水素あるいは圧縮水素の形で、ローリーなどで輸送されている。利用面では工業用が大半で、一部水素ステーションで燃料電池自動車に供給されている。

今後は、二酸化炭素ゼロエミッションを目指し、CCS 技術と組み合わせた海外の未利用エネルギー由来や国内の再生可能エネルギー由来の水素を CO₂ フリーのエネルギーとして活用していくことが求められる。

水素サプライチェーンの全体イメージを図3-1に示す。サプライチェーンは、「製造・供給」「輸送貯蔵」「利用」の流れになるが、製造方法・輸送方法とも複数ある。また、利用方法も用途によって様々であり、利用場所も異なる。これらをうまく組み合わせ、より効率的なサプライチェーンを構築するとともに、利用量等の変化に応じてサプライチェーン自体も変えていく必要がある。

関西圏の水素サプライチェーンの検討においては、国の水素基本戦略及び水素・燃料電池 戦略ロードマップを踏まえ、2030年頃には、海外からの未利用エネルギー由来の水素の供給 システムが本格導入され、また、安価で安定的に環境負荷の少ない形で製造された水素によ る水素発電が開始されていることを前提とした。

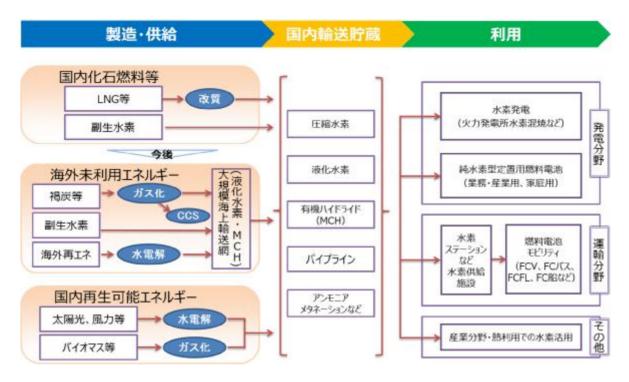


図3-1 水素サプライチェーンイメージ

表3-1 水素キャリアと輸送手段の種類

	種類	概 要
水素キャリア 圧縮水素 ・水素ガスをコンプレッサーにより ・常圧に比べ体積は 1/200		・水素ガスをコンプレッサーにより圧縮したもの ・常圧に比べ体積は 1/200
	液化水素	・水素ガスを-253℃に冷却することで液体状態にしたもの ・気体状態に比べ体積は 1/800
	メチルシクロヘキサン (MCH)	・水素をトルエン等と反応させることで化学的に吸着させたもの ・気体状態に比べ体積は 1/500
	アンモニア (NH ₃)	・水素を含む化合物 ・体積水素密度が大きい(液化水素の 1.5 倍)
	水素吸蔵合金	・金属水素化物として水素を吸収し、可逆的に放出できる合金材料 ・金属水素化物中水素原子密度は、液化水素の密度よりも高い
輸送手段	ローリー トレーラー ・圧縮あるいは液化した水素を容器に入れて運搬	
	パイプライン	・専用配管を通じた輸送。大量の水素を連続的に輸送可能。

3-2 関西圏のポテンシャルを踏まえた水素サプライチェーン

関西圏においては、上述の前提に基づき、海外から輸入される水素や、圏域内で今後さらに普及が見込まれる再生可能エネルギーの余剰電力を活用して製造した水素を用いることが 想定される。

これらの水素を近傍の工業地帯等で利用するほか、関西の人口・産業の集積地のエネルギー需要に対応するため、発電等に利用する。

関西圏には歴史的・自然的観光資源も多く立地しており、観光地のモビリティなどに環境に配慮した CO_2 フリー水素を利用することで観光地の付加価値・イメージ向上にも貢献していく。国内外から注目される 2025 年大阪・関西万博の機会なども捉えて、水素を積極的に活用していく。

こうした関西圏の地域特性を踏まえた水素の利用を想定し、本構想では、次の4つのサプライチェーンを考える。

- I) 海外輸入水素の荷役施設近傍の工業地帯等への水素供給
- Ⅱ)工業団地・物流拠点への水素供給
- Ⅲ) 観光地等への水素供給
- IV) 新規開発エリアへの水素供給

I) 海外輸入水素荷役施設近傍の工業地帯等への水素供給

考え方

- ・海外からの CO2 フリー水素を圏域内港湾の水素基地に荷揚する。
- ・荷役施設近傍の工業エリアに水素を供給する。
- ・エリア内ではパイプラインにより水素を供給する。
- ・エリア内の商用発電所において水素混焼発電に利用する。
- ・エリア内の工場で純水素型定置用燃料電池による自家熱電利用や燃料電池フォークリフト等の動力源として水素を利用する。

導入が想定されるアプリケーション

- 水素発電
- ·純水素型定置用燃料電池(業務·産業用)
- ・燃料電池フォークリフト
- ・燃料電池トラック
- ・燃料電池バス
- 水素ステーション
- ・産業プロセス、熱利用 等

関西圏内で期待されるエリア

・水素混焼の可能性が高いガスタービン発電所が立地するエリア



図3-2 海外輸入水素荷役施設近傍の工業地帯等への水素供給のイメージ

Ⅱ)工業団地・物流拠点への水素供給

考え方

- ・海外からの CO₂ フリー水素を圏域内港湾の水素基地に荷揚する。
- ・水素基地から内陸部の複数の工場が立地する工業団地や多くの貨物を取り扱う物流拠点へ水素を輸送する。近距離~遠距離輸送を想定し、輸送方法はローリーまたは圧縮水素トレーラーとする。
- ・工業団地内の工場での純水素型定置用燃料電池による自家熱電利用や、エリア内の燃料電池フォークリフト (FCFL) や燃料電池トラック (FCトラック) 等の動力源として水素を利用する。

導入が想定されるアプリケーション

- ・純水素型定置用燃料電池(業務・産業用)
- ・燃料電池フォークリフト
- ・燃料電池トラック
- ・燃料電池バス
- 水素ステーション
- ・産業プロセス、熱利用等

関西圏内で期待されるエリア

- 工業団地
- ・物流拠点:貨物取扱空港、中央卸売市場、指定保税地域(港湾)、トラックステーション等



図3-3 工業団地・物流拠点への水素供給のイメージ

Ⅲ)観光地等への水素供給

考え方

- ・海外からの CO₂ フリー水素を圏域内港湾の水素基地に荷揚し、水素基地から観光地や環境保全地域等、地域の環境への配慮が特に必要とされる地域へ輸送する。または、再生可能エネルギーから得た電力での水電解により水素を製造し輸送する。あるいは、再生可能エネルギーから得た電力を託送し、観光地等の付近で水電解により水素を製造する。
- ・いずれの水素供給拠点からも近距離~遠距離輸送を想定し、水素の輸送方法はローリーまたは圧縮水素トレーラーとする。
- ・観光地等では、主要な観光施設における純水素型定置用燃料電池による熱電利用を行うほか、観光地内を走行する燃料電池バス、観光地を発着点とする燃料電池観光バスや燃料電池タクシー等の排ガスや CO₂ を排出しないクリーンなモビリティで観光客を移送する。さらに、観光客の燃料電池自動車 (FCV) 等の動力源として水素を利用する。

導入が想定されるアプリケーション

- · 純水素型定置用燃料電池(業務用)
- ・燃料電池バス
- ・燃料電池自動車(タクシー、レンタカー、自家用車)
- 水素ステーション
- 燃料電池船
- •燃料電池鉄道 等

関西圏内で期待されるエリア

・世界遺産、国立・国定公園 等



図3-4 観光地等への水素供給のイメージ

Ⅳ)新規開発エリアへの水素供給

考え方

- ・新規開発地域に水素タウンを形成する。
- ・海外からの CO_2 フリー水素を圏域内港湾の水素基地に荷揚する。または、再生可能エネルギーから得た電力で水電解により水素を製造する。あるいは、電力を託送し、需要地での水電解により水素を製造する。
- ・いずれの水素供給拠点からも近距離~遠距離輸送を想定し、輸送方法は、ローリーまたは圧縮水素トレーラー輸送とする。また、水素タウン内では水素ステーションを拠点としてパイプラインにより各施設へ水素を供給する。
- ・水素タウン内においては、各施設における純水素型定置用燃料電池による熱電利用や、 燃料電池自動車 (FCV) の動力源として水素を利用する。

導入が想定されるアプリケーション

- ・純水素型定置用燃料電池(家庭用、業務・産業用)
- ・燃料電池バス
- ・燃料電池自動車 (タクシー、レンタカー、自家用車)
- ・燃料電池バイク
- ・水素ステーション 等

関西圏内で期待されるエリア

• 新規開発地域



図3-5 新規開発エリアへの水素供給のイメージ

《参考 水素単価及び二酸化炭素排出量削減効果の試算》

前項で設定した4つのサプライチェーンについて、それぞれモデルケースを設定し、水素単価及び二酸化炭素(CO_2)排出量削減効果を試算した。

試算に当たっての考え方は次のとおりである。

<水素単価>

- ・供給拠点(貯蔵タンク等。プラント引渡しコストや水素製造コストを含む)に係るコスト、輸送に係るコスト、受入施設(タンク、水素ステーション等)に係るコストを見込む。
- ・2030 年頃のプラント引渡しコスト、水素ステーション建設コスト、再生可能エネルギー発電コスト、水電解装置建設コストは、国の水素基本戦略等で設定された目標を使用する。

<二酸化炭素(CO_2)排出量削減効果>

・サプライチェーン毎の各アプリケーションの燃料が CO₂ フリー水素に代替されることを想定して、供給拠点、輸送・貯蔵、利用の各段階で排出される CO₂ 量を試算した。 ※国の水素基本戦略では、水素コスト低減に向けた方策として、海外の安価な未利用エネルギーと CCS (二酸化炭素回収貯蔵) との組み合わせ、または、安価な再生可能エネルギーから水素を調達するアプローチを基本とするとしている。このことから、将来の海外水素については、CO₂ フリー水素になると想定した。

この考え方に基づき試算を行った結果を表3-2に示す(試算における条件設定等について は資料編参照)。

海外からの大量の水素輸入により水素単価は現行と比べ安価になるが、従来のエネルギーコストと比べるとまだ割高な水準である。さらなる技術開発によるコスト低減を期待するとともに、イニシャルコスト分を抑えるために需要拡大が不可欠である。また、環境価値の付加等より水素が選択されるしくみの構築も期待される。

表3-2 水素単価及び二酸化炭素 (CO₂) 排出量削減効果の試算結果

サプライチェーン (水素供給先)	水素単価	CO₂排出量削減効果
I) 海外輸入水素の 荷役施設近傍の工業地帯等 (発電所 工場	(パイプライン輸送) 31 円/ N㎡ ※現在販売単価の約3割	(パイプライン輸送) 640~850 千トン-CO₂/年 ※従来排出量の8~11%相当 ※発電における水素混焼率は 30%で試算
II) 工業団地・物流拠点 工業団地 貨物取扱空港 卸売市場 等	<工業団地> (液化水素・MCH 輸送) 39~42 円/Nm³ ※現在販売単価の約4割 <物流拠点> (圧縮水素輸送) 82~84 円/Nm³ ※現在販売単価の約8割強	<工業団地> (液化水素・MCH 輸送) 16~21 千トン-C0₂/年 ※従来排出量の 75~98%相当 <物流拠点> (圧縮水素輸送) 0.3~0.4 千トン-C0₂/年 ※従来排出量の 65~94%相当
Ⅲ)観光地等 【観光名所 道の駅 等】	<海外輸入水素> (液化水素・MCH 輸送) 51~60 円/Nm³ ※現在販売単価の約6割弱 <再エネ由来水素> (電力託送) 63 円/Nm³ ※現在販売単価の約6割強	<海外輸入水素> (液化水素・MCH輸送) 1.0~1.5 千トン-CO₂/年 ※従来排出量の67~97%相当 <再エネ由来水素> (電力託送) 1.5 千トン-CO₂/年 ※従来排出量の100%相当
IV) 新規開発エリア (ショッピングセンター	<海外輸入水素> (液化水素・MCH 輸送) 50~56 円/Nm³ ※現在販売単価の約5~6割 <再エネ由来水素> (電力託送) 63 円/Nm³ ※現在販売単価の約6割強	<海外輸入水素> (液化水素・MCH輸送) 1.9~2.4 千トン-CO₂/年 ※従来排出量の78~98%相当 <再エネ由来水素> (電力託送) 2.5 千トン-CO₂/年 ※従来排出量の100%相当
参考	現在の水素ステーション販売単価 100円/Nm³	

4 関西圏の水素サプライチェーン構想実現に向けたロードマップ

4-1 関西圏の水素サプライチェーン構想実現に向けた取組展開の考え方

本構想では、2030年頃を想定した関西圏の水素サプライチェーンを示した。

関西圏においては、水素ステーションの設置や燃料電池自動車(FCV)の使用、家庭用燃料電池の普及など、すでに水素利用は始まっているが、従来のエネルギーと比べるとまだ緒に就いたところであり、水素利用の真価が発揮されているとは言い難い。

大阪・関西万博の開催が予定されている 2025 年に向けては、水素利用の真価についての住民・事業者の認知・理解の促進を図り、それに伴う燃料電池自動車の普及などによる水素利用の拡大を進める。併せて、将来の海外からの水素の大量供給を想定し、その水素を有効に活用できるよう、水素の輸送・貯蔵方法や、水素を利用した新たなモビリティの検討や実証を進める。加えて、水素製造に資する再生可能エネルギーの普及や水素関連産業の振興などにより、関西圏が有する水素ポテンシャルのさらなる強化を図ることで、関西圏における水素社会の基盤づくりを進める。

2025 年大阪・関西万博を機に、多くの企業が集まり水素実装に挑戦することで、関西が実証の場となり、万博後、2030 年頃の国際水素サプライチェーン構築による水素輸入を受けた水素の本格導入に向け、従来のアプリケーションのさらなる普及、様々な水素利活用の実装化・普及につなげていく。また、水素発電導入に向けた準備を進める。

現在の水素は、主に産業用途として工場等で副産物として生み出される水素 (副生水素) や、天然ガス・LPG 等の改質により製造される水素が利用されている状況にある。これらは元を辿れば化石燃料に由来するものである。水素の製造・貯蔵・輸送・利活用の全体では、2030 年頃においてもこれら化石燃料由来の水素、あるいは化石燃料との組み合わせによるエネルギー供給が行われていると考えられる。将来(2050 年頃)に向けて、サプライチェーン全体を通じた化石燃料からの代替と水素の $C0_2$ フリー化を進める。

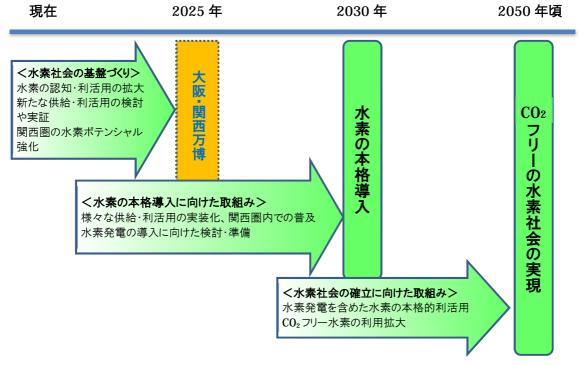


図4-1 水素サプライチェーン構想実現に向けたロードマップ

3で記載した 2030 年頃の水素サプライチェーンの実現には、国の水素・燃料電池戦略ロードマップに基づく取組みの進捗も踏まえながら、想定される水素利活用のアプリケーション(水素ステーション、燃料電池自動車 (FCV) 等のモビリティ、水素発電等)及びそれぞれの水素利活用を支える水素製造・供給に係る取組みを段階的かつ着実に進めていくことが必要である。

以下に水素利活用の拡大及びそれを支える水素製造・供給に係る取組みについてのロードマップを示す。

4-2 水素ステーション

水素の普及における地域の拠点として、水素ステーションは重要である。

水素ステーションの整備及び安定的な運営のためには、初期需要の創出が不可欠であり、燃料電池自動車 (FCV) の普及と併せて考える必要がある。特に、水素ステーションの定期的利用につながる燃料電池バスや燃料電池トラックなどの営業車両の導入は効果的と考えられる。水素ステーションネットワークを構築するため設立された日本水素ステーションネットワーク合同会社 (JHyM) の取組みと連携して空白地域を埋めつつ、FCV の普及初期の地域においては移動式ステーションの活用も想定する。

2030 年頃に普及が見込まれる台数の FCV (次項参照) に対し水素を供給するために必要となる水素ステーションの数は、水素ステーション1 か所あたり約 900 台の FCV をカバーするとして試算すると、関西圏で約 120 か所と想定される。

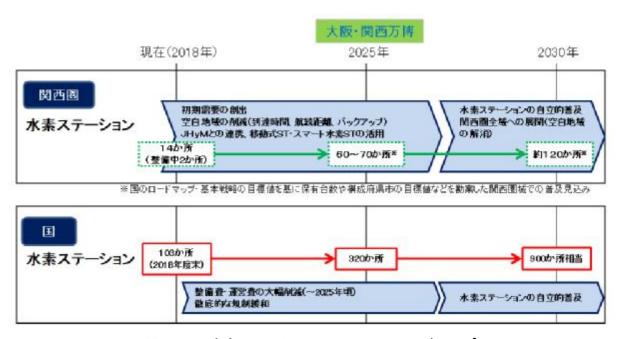


図4-2 水素ステーションについてのロードマップ

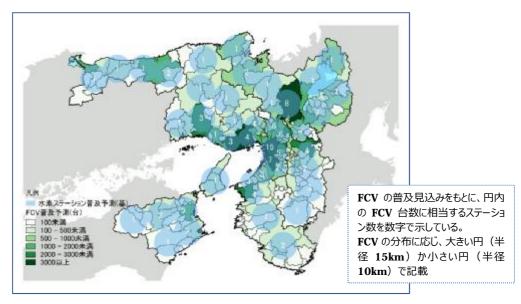


図 4-3 2030 年頃の商用ステーションの整備見込み

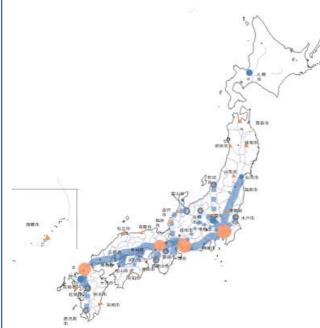
参考:(一社)自動車検査登録情報協会統計、地方運輸局統計等を用いて算出

《日本水素ステーションネットワーク合同会社(JHyM) の取組み》

水素ステーションの整備・運営を行うインフラ事業者、自動車メーカー、金融投資家等が協業を目的として、2018年2月に設立。国の水素・燃料電池戦略ロードマップ(2019年3月改訂)において、「JHyMを中心として、水素ステーションの戦略的配置を進めていく。」と位置づけられ、次の目標が掲げられた。

 $-2018\sim2021$ 年度:四大都市圏を起点に、主要都市等を重点に全国で合計 80 か所整備 $-2022\sim2025$ 年度:整備状況等を踏まえた整備地点を検討し、320 か所を目指す。

これを受け、JHyMでは、2022年3月末までを目途として、合計80基の水素ステーション整備に取り組んでいる。



【地域別取組方針】

- 四大都市圏については、FCVの普及に 応じて、地域的な空白地帯を埋める。
- I 水素 ST ネットワークを点から線へと広げるため、政令指定都市、四大都市圏や政令指定都市を繋ぐ地域への ST 整備を行う。
- それ以外の ST 未整備地域については、 地方自治体等との連携を進め、全都道府 県への ST 整備を実現するよう活動する。

出典:JHyM提供資料

■□事業者に期待される内容□■

関連する産業分野:コンプレッサー、蓄圧タンク、配管、バルブ、ホース、ディスペンサー、 センサー、シール・パッキン、熱交換器、電気計装品などの製造業

必要となる技術等:

- ・遠隔監視による水素ステーション運転の無人化や設備構成等の見直しに向けた リスクアセスメント
- ・汎用金属材料の水素特性等に係るデータ取得
- ・蓄圧器の寿命延長、新たな検査方法の開発
- ・ホース及びシール材のさらなる耐久性向上
- ・新たな充填プロトコルの開発(水素供給温度緩和等)
- ・運用データの解析の結果等に基づく水素ステーションの各機器の仕様や制御方法の 標準化・規格化
- ・圧縮機の高効率化、低コスト化(電気化学式圧縮機、熱化学式圧縮機の開発等)
- ・液化水素ポンプの開発
- ・燃料電池トラック等、新たなアプリケーションに対応した充填、計量技術の開発
- 大容量、計量容器の開発
- ・高容量、高耐久な水素貯蔵材の開発及び生産技術の確立

4-3 燃料電池自動車 (FCV) 等の FC モビリティの普及

燃料電池自動車 (FCV) は、走行時に CO_2 を排出しない次世代のエコカーであり、コスト低減や車種の増加等により、今後の普及拡大が期待されている。また、FCV の外部給電機能は非常用電源として使用可能であり、災害時等に対応したレジリエンス強化にも寄与するものである。こうした災害時の活用を含めた FCV のメリットの啓発、国や自治体の導入支援策の活用により、FCV の普及を進めていく。

国のロードマップの目標値をもとに、関西圏域内の自動車保有台数の一定割合に FCV が導入されるとし、関西広域連合構成府県市の取組みも勘案して試算すると、2030 年頃の普及台数は約11万台に及ぶと想定される。

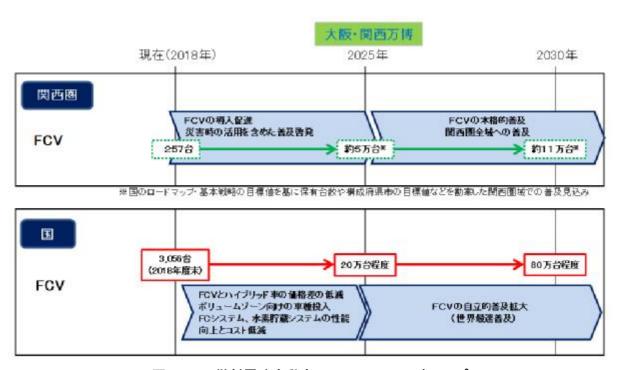


図4-4 燃料電池自動車についてのロードマップ

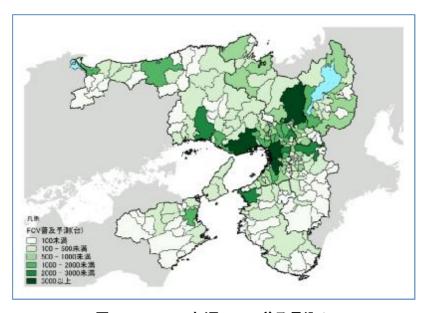


図 4-5 2030 年頃の FCV 普及見込み

参考: (一社)自動車検査登録情報協会統計、地方運輸局統計等を用いて算出

《レンジエクステンダーとしての燃料電池の活用》

自動車の動力源として、燃料電池を直接の動力として用いるのではなく、燃料電池からの電力をバッテリー充電に用いるレンジエクステンダーとして活用する方法もある。バッテリーで駆動する電気自動車(EV)の走行距離を増やすために、電池サイズの制約が比較的少ない大型車両では導入が期待される。

また、フォークリフトやパッカー車など、自走以外に動力を必要とする産業車両において も蓄電池と組み合わせた活用が期待される。

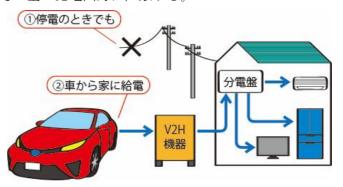
《燃料電池自動車の外部給電機能》

燃料電池自動車では、燃料電池で発電した電力を外部への電源として利用することが可能である。

車両に付属の端子に直流/交流変換の給電器を接続することにより住宅や電気製品に給電できる DC 給電と、移動先でも車室内に設置されたコンセントに家電を直接つないで使える AC 給電がある。

燃料電池自動車1台から供給可能な電力量は約60kWh[※]で、最大9kW[※]の電力供給が可能とされている。 ※給電器の性能により給電可能な能力は異なる。

仮に、燃料自動車 (FCV) 1台で 10kWの電力を給電できるとして、関西圏域に 10 万台の FCV を普及することができれば、停電時には 10kW台 \times 10 万台=100 万 kWの電力を確保することができる。これは発電所およそ 1 基の発電出力に匹敵する。



2018 年 9 月の台風 21 号の影響で停電した地域で、FCV から取り出した電気を洗濯機や給湯器に使用するほか、スマートフォンの充電等に活用された事例(京都市)がある。



家屋などに設置された太陽光発電設備や蓄電池等と合わせて利用することで、災害時の備えをより充実させることができる。

<燃料電池バス、燃料電池フォークリフト>

電気自動車 (EV) に比較して燃料電池自動車 (FCV) の特長を最も活かせるのが燃料電池バス (FC バス) などの大型車両である。

現状、関西圏では、体験試乗会などの一時的な FC バスの運行はあるものの、営業ベースでの導入はされていない。決まった区間を走行する路線バスや高速バス等への FC バスの導入は、水素ステーションの安定的な需要の創出にもつながることから、まずは関西圏での営業路線への導入を目指す。また、2025 年大阪・関西万博では、来場者の輸送手段として、FC バスの活用に向けた調整を進めていく。さらに、空港等のターミナルや関西圏の主要都市、主要観光地間を結ぶ高速バスや観光バスへの FC バス導入を図っていく。

燃料電池フォークリフト (FC フォークリフト) は、現在、関西圏においては関西国際空港や 徳島阿波おどり空港及び一部工場で導入されており、作業環境の改善や作業効率の向上にもつ ながっている。今後は、空港・工場のほか食品倉庫や市場などの物流拠点等において普及が進むよう、導入を促進していく。

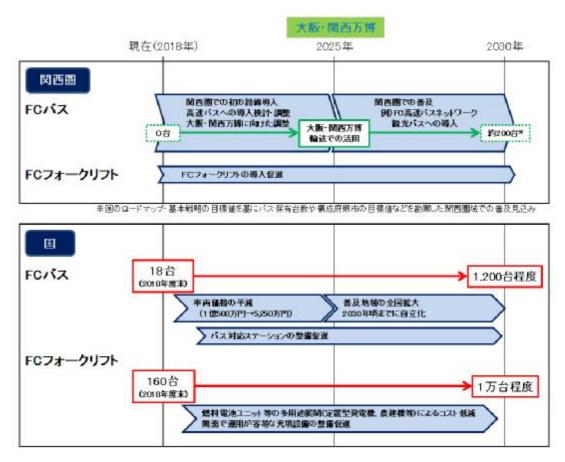


図4-6 燃料電池バス、燃料電池フォークリフトについてのロードマップ

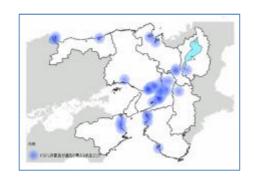


図 4 - 7 燃料電池フォークリフトの 普及が進むと考えられるエリア

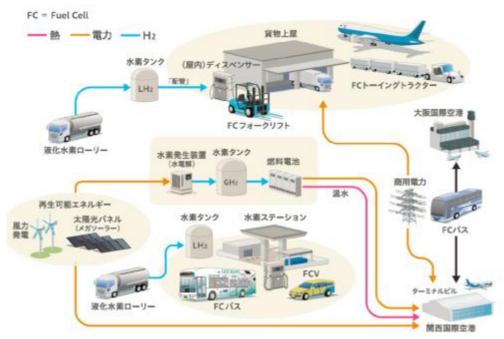
《KIX 水素グリッドプロジェクト》

関西エアポートグループでは、世界最高水準の環境性と安全性を備えた「環境先進空港」をめざし、スマート愛ランド構想を引き継いだ One エコエアポート計画のもと、クリーンエネルギーの活用を進めている。

2014年5月にはスマート愛ランド構想の柱である「KIX水素グリッドプロジェクト」を、国の支援や国際戦略総合特区制度を活用して本格的に始動し、水素エネルギーの利活用を推進している。「KIX水素グリッドプロジェクト」は我が国初となる空港施設への大規模な水素エネルギー導入の実証事業である。

2016 年 1 月には、関西国際空港の 2 期空港島内に、国内の空港で初めて導入された商用水素ステーション (イワタニ水素ステーション関西国際空港) を設置。2019 年 4 月には大阪国際空港 (伊丹空港) に水素ステーション (イワタニ水素ステーション大阪伊丹空港) を設置した。関西エアポートグループでは、業務用車両として、関西国際空港と大阪国際空港で合計 4 台の FCV を使用している。

また、2017 年 4 月に関西国際空港の国際貨物地区において、液化水素タンクや高圧水素 導管を備えた、国内初となる「産業車両用水素インフラ」を整備、燃料電池フォークリフト (FCFL) と水素インフラを用いた国内最大規模となる実証運用を展開している。2019 年度に は新たに 15 台の FCFL を導入して合計 22 台体制とする予定としている。



KIX 水素グリッドプロジェクト (イメージ図)



水素ステーションと FCV (2期空港島内)



産業車両用水素インフラ (国際貨物地区)

出典:関西エアポート(株)環境レポート 2019

くその他のモビリティ(FC トラック、FC 船等)>

FC バスと同様、トラックも FCV の特長が活かせる車両である。

米国で大型 FC トラックの実証が行われているほか、欧州でも今後の導入方針が示されている。国内においては、小型 FC トラックの実証事業が開始され、大型 FC トラックについても検討が進められている。車両の開発・市場投入動向を踏まえ、導入普及を図っていく。

燃料電池船 (FC 船) については、いまだ国内には実証レベルの事例しかなく、2025 年大阪・関西万博の機会を捉え、新たな水素利用のアプリケーションとして、観光船などエネルギー消費が少ない低速船等への導入を検討する。

カートのような燃料電池スモールモビリティについては、FC 船と同じく 2025 年大阪・関西 万博での活用など、観光地などでの導入を検討する。

鉄道については、FC 車両の研究が進められており、非電化区間のディーゼル列車の代替として、将来の導入を視野に入れる。

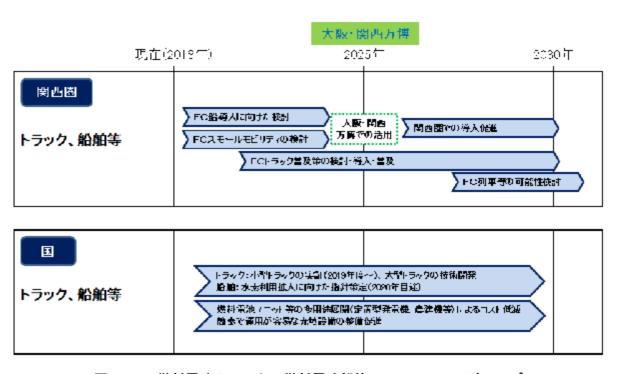


図4-8 燃料電池トラック、燃料電池船等についてのロードマップ

■□事業者に期待される内容□■

関連する産業分野:燃料電池(構成部品である電解質膜、セパレータ、冷却板、触媒など)、 モータ、蓄圧タンク、配管、バルブ、センサー、シール・パッキン、 電気計装品などの製造業

必要となる技術等:

(固体高分子形燃料電池(PEFC)関係)

- ・低白金触媒、非白金触媒及びラジカル低減触媒の開発
- ・電解質膜の高伝導、薄膜化、ガス透過抑制及び高耐久化
- ・ガス拡散層の低抵抗化、ガス拡散性及び排水性の向上
- ・セパレータの高耐久化、低抵抗化、高排水化及び良プレス成形性
- ・シール材のガス・冷媒透過抑制及び生産性向上
- ・高温作動における性能を維持する触媒、担体及び電解質膜等の開発
- ・極限環境下での性能及び耐久性に関する技術開発

(燃料電池全般)

- ・燃料電池構成部材の連続製造プロセスの技術開発
- ・燃料電池を活用したエネルギーマネジメントシステムの開発
- ・性能及び耐久に関する加速劣化試験プロトコル及び劣化モデルの確立
- ・コンパクト、高効率、高信頼性、低コストな革新的燃料電池の技術開発

(補機・タンク等関連システム)

- ・移動体用水素タンクの炭素繊維の使用量低減及び容器製造プロセス効率化等の技術開発
- ・燃料電池システム関連の補機類も含めたシステム最適化、低コスト化のための技術開発
- ・乗用車以外における燃料電池システムの多用途活用に資する技術開発 例)耐水、塩害、動揺・衝撃影響等への対策

4-4 水素発電

水素による発電は、水素の海外からの大量輸入が開始される 2030 年頃には、水素利用の主力として期待される分野である。発電による水素活用のスケールアップは、水素コストの低減においても重要である。

関西圏においては、神戸ポートアイランドで、世界初となる市街地におけるガスタービン水素コージェネレーションシステムでの水素専焼熱電供給の実証が既に行われている。

関西圏には、水素混焼(将来的には水素専焼化)の導入可能性が高い天然ガスを燃料とする ガスタービン発電所が立地しており、これら既存施設において実証の経験を活かすことで、海 外から大量に輸入される水素を、輸入拠点近接地で活用し、効率的な水素発電につなげること が期待される。

商用発電の本格的な導入に向けて、水素から作り出した電気の 2025 年大阪・関西万博での活用について検討する。

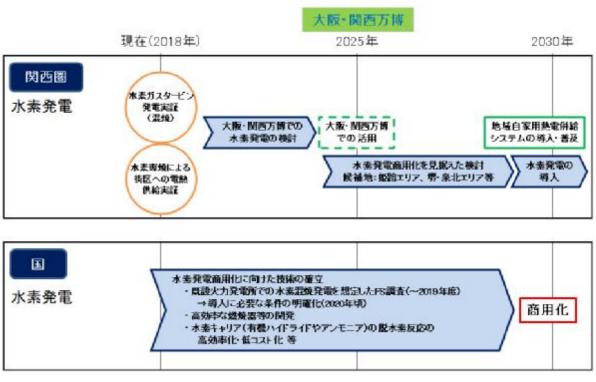


図4-9 水素発電についてのロードマップ



図4-10 大規模ガスタービン発電所が立地するエリア

《水素-天然ガス混焼ガスタービン発電設備研究開発(NEDO 助成事業)》

既存の大規模火力発電所に適用可能な天然ガス・水素混焼ガスタービンの燃焼器 (バーナー) の研究開発やプラント設計技術の開発を行う。

水素は天然ガスなどの他の燃料と比べて燃焼速度が速く、また火炎温度も高いために燃焼時に窒素酸化物(NOx)が発生しやすいなどの特徴を持ち、燃料としての取り扱いが難しく、水素燃焼に対応した設備の開発が必要となる。

中でも、既存の大規模火力発電所に適用可能な天然ガス・ 水素混焼ガスタービンの研究開発が圏域内で進められてい る。

事業主体:三菱日立パワーシステムズ(株)、

三菱重工業(株)



ガスタービン全体図

提供:三菱日立パワー システムズ(株)

《水素 CGS 活用スマートコミュニティ技術開発事業(NEDO 助成事業)》

神戸ポートアイランドにおいて、水素と天然ガスを燃料とする1MW級ガスタービン発電設備の実証プラントを設置し、そこから発生した熱や電気を近隣5施設(中央市民病院、ポートアイランドスポーツセンター、神戸国際展示場、下水処理場、神戸新交通㈱)に供給し、地域コミュニティー内でのエネルギーの最適制御システムの動作を検証する。水素だけを燃料とすること(専焼)も、水素と天然ガスを任意の割合で混ぜ合わせたものを燃料とすること(混焼)もできる。

事業主体:(株)大林組、川崎重工業(株)



実証試験システム

写真:川崎重工業(株)提供

《我が国における水素発電導入可能性に関する調査 (NEDO 委託事業)》

水素と天然ガスとの混焼発電について導入可能性を検討する。既設天然ガス発電所での水 素混焼の実現性及び実現に向けた技術面・規制面などの課題を検討する。

事業主体:関西電力(株)

《CO₂ フリーアンモニア利用ガスタービン複合発電システムの技術開発 (NEDO 助成事業)》

水素のエネルギー利用を大幅に拡大するため、様々な水素キャリアを利用しつつ、水素を燃料とするガスタービン等を用いた発電システムなど新たなエネルギーシステムの技術開発を行う。

事業主体:三菱日立パワーシステムズ(株)

■□事業者に期待される内容□■

【関連する産業分野:水素ガスタービン、燃焼器、ボイラー、配管、バルブ、センサー、 シール・パッキン、電気計装品などの製造業

必要となる技術等

- ・環境性(低 MOx)と水素の燃焼特性への対応、高効率発電を実現する燃焼器の開発
- ・発電設備等の排熱を利用した MCH やアンモニアなどの水素キャリアからの脱水素反応の 高効率化、低コスト化

4-5 定置用燃料電池

定置用燃料電池は、エネルギーの需要側で発電を行うシステムであり、エネルギー源の多様化と分散型電源の利用促進の面からも有効である。定置用燃料電池は、家庭用、業務用、産業用等、それぞれの用途に応じた規模のものが使用されている。

家庭用燃料電池 (エネファーム) は既に関西圏で7.5 万台が導入されており、今後も自立的な普及が見込まれ、家庭部門での CO_2 排出量削減への貢献が期待される。

業務・産業用燃料電池については、家庭用同様、省エネ・省 CO₂ 効果が期待されるとともに、 災害など非常時に、地域における電力確保への貢献も期待されている。これまでコージェネレーションシステムの導入が進まなかった、熱需要が比較的小さな工場やスーパーマーケットな ど、導入メリットが高い潜在的なユーザーへの普及を進めるとともに、停電リスクに備える必 要性が高い公共施設や病院等への導入普及を図る。

現在の家庭用燃料電池は、主に都市ガスを改質して生成した水素を利用する改質型が大部分であるが、直接水素を燃料とする純水素型の開発も進められており、燃料改質器が不要になることで、大幅な低コスト化につながる可能性がある。

水素供給インフラである水素ステーションの普及に伴い、地域での水素供給拠点として活用できれば、2025年以降は純水素型燃料電池の市場拡大が期待される。



図4-11 定置用燃料電池についてのロードマップ

■□事業者に期待される内容□■

関連する産業分野:燃料電池(構成部品である電解質膜、セパレータ、冷却板、触媒など)、 貯蔵タンク、熱交換器、改質器、配管、バルブ、センサー、

シール・パッキン、電気計装品などの製造業

必要となる技術等:

(固体酸化物形燃料電池(SOFC)関連)

- ・発電端効率 65%超 (低位発熱量) のセルスタック及びシステムの開発 (プロトン導電性、モノジェネ化)
- ・セルスタックの耐久時間(13万時間以上)の向上及び起動時間の短縮化
- ・システムの燃料利用率の向上
- ・バイオガスなど燃料多様化に対応可能なセルスタックの開発

(燃料電池共通技術)

- ・燃料電池構成部材の連続製造プロセスの技術開発
- ・燃料電池を活用したエネルギーマネジメントシステムの開発
- ・性能及び耐久に関する加速劣化試験プロトコル及び劣化モデルの確立

(補機・タンク等関連システム)

- ・燃料電池システム関連の補機類も含めたシステム最適化、低コスト化のための技術開発
- ・燃料電池システムの多用途活用に資する技術開発

4-6 産業プロセス

産業分野において水素を CO₂ フリーの燃料として活用することで、電化が困難なエネルギー利用分野の低炭素化を図ることが可能と考えられる。また、現在、製鉄や石油精製など、国内において工業用途で使用される水素は化石燃料から作られていることから、これを CO₂ フリー水素に代替することでも低炭素化が可能と考えられる。

関西圏においては、阪神工業地帯を中心に、化学、鉄鋼、電気機械など製造業が集積しており、2030年以降に CO_2 フリー水素を大量かつ安定的に調達・供給できるようにすることで、その活用が期待される。

《水素環元製鉄の検討》

一般社団法人日本鉄鋼連盟では、2030年以降を見据え、最終的な『ゼロカーボン・スチール』の実現を目指した「長期温暖化対策ビジョン」を策定している。

当面は、技術的にも経済的にも鉄鋼製造法の主流と考えられる高炉法を前提とした低炭素化技術の確立を進めるとして、COURSE50 (CO_2 排出抑制と CO_2 の分離・回収により CO_2 排出量を約 30%削減する技術開発プロジェクト。2030 年頃までの技術確立、2050 年までの実用化・普及を目指している)などの革新的製鉄技術の開発を続けている。

さらに、その開発によって得られる知見を足掛かりとして、最終的には製鉄プロセスからのゼロエミッションを可能とする水素還元製鉄技術の開発に挑戦するとしている。

鉄鋼分野における技	技術開発	2020	2030	2040	2050	2100
COURSE50	所内水素(COG)利用による高炉内の水素還元比率アップ 高炉ガスからのCO2分離	R&D	•	導入		9
Super COURSE50	外部水素利用による高炉によるさらなる水素還元比率アップ (大量の水素供給が可能となる前提)	ステップ	R&D			
水素還元製鉄	石炭を利用しない水素還元製鉄	ステップ	⇒ R	&D	導入	

鉄鋼分野の超革新技術開発に向けたロードマップ

出典:日本鉄鋼連盟 HP

■□事業者に期待される内容□■

関連する産業分野:燃焼器、ボイラー、配管、バルブ、センサー、シール・パッキン、 電気計装品などの製造業

必要となる技術等:

- ・CO₂フリー水素による代替に関する経済性、CO₂削減効果の評価
- ・製鉄プロセスにおける水素活用ポテンシャルの検討 (COURSE50 プロジェクト、水素還元製鉄技術)
- ・水素利活用のライフサイクルアセスメント(LCA)評価
- ・既設パイプライン網への水素注入、利用のポテンシャル検討
- ・石油精製、石油化学等のコンビナート地域における CO₂ フリー水素の利用、融通の検討
- ・電化の困難な高位熱の水素代替技術の開発
- ・水素を燃料として用いるアプリケーションの拡大に資する技術開発

4-7 水素製造・水素供給

水素社会の実現に向けては、需要とのマッチングのもと、安定した水素の供給が不可欠である。特に、水素発電には燃料として大量の水素が必要になる。

関西圏においては、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のプロジェクトとして、海外から輸送される液化水素の荷役・貯蔵技術の実証が進められている。国際海上輸送の拠点となる港湾を有することとともに、圏内で実証が行われていることは関西にとって大きな強みである。関西に海外からの水素輸入の拠点を整備し、近接地で使用可能とすることは、コスト面でも大きなメリットとなる。国際水素サプライチェーン構築による海外からの水素の大量輸入を想定し、関西で得られた実証成果を関西圏におけるサプライチェーンの構築に活用していくことが大事である。

水素のキャリアや輸送手段については、さまざまな方法が考えられる。今後、大量調達・大量利活用により水素の輸送量は劇的に増加することが見込まれることから、それぞれの方法の特徴を踏まえ、用途(水素の純度に影響)や需要量の変化に合わせて、より効率的な輸送方法を検討・選択し、組み合わせていくことが必要となる。

水素が選択されるためには、コストの抑制が不可欠である。液化水素の受入については、現行の液化天然ガス (LNG) 受入と共通技術を有する設備が多く、運用面や維持管理面で優位であり、コスト削減には、こうした既存インフラ・既存技術の活用が期待される。LNG 受入基地やLNG 火力発電所が立地する港湾部の存在は、関西にとって大きなポテンシャルである。

併せて、再生可能エネルギーの貯蔵方法の一つとして再エネ由来水素の導入を促進していく。 このことは、再生可能エネルギー自体の導入拡大にも貢献するものとなる。

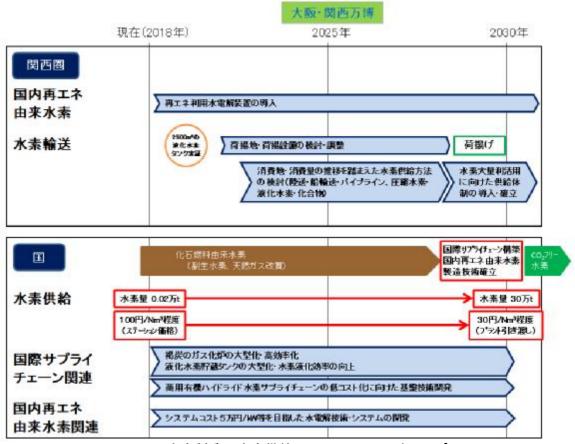


図4-12 水素製造・水素供給についてのロードマップ

《未利用褐炭由来水素大規模海上輸送サプライチェーン構築実証事業 (NEDO 助成事業)》

オーストラリアの未利用エネルギーである褐炭から水素を製造する技術、それを液化し て長距離大量輸送する技術、日本で荷役する技術の実証を行い、水素のサプライチェーンの 構築を目指す。

事業主体:川崎重工業(株)、電源開発(株)、岩谷産業(株)、シェルジャパン(株)、 丸紅(株)、JXTG エネルギー(株)、川崎汽船(株)による「技術研究組合 CO₂フリー水素サプライチェーン推進機構(HySTRA)」

資源国 (豪州)



未利用エネルギー由来水素サプライチェーン

出典:RITE(公益財団法人 地球環境産業技術研究機構)主催 未来社会を支える温暖化対策技術シンポジウム in 関西講演資料



出典:川崎重工業(株)HP

液化水素輸送船イメージ

《液化水素の輸送貯蔵機器大型化および受入基地機器に関する開発(NEDO助成事業)》

水素発電の導入及びその需要に対応するための安定的な供給システムの確立に向け、液 化水素の受入基地に必要な機器の大型化に関する開発を行う。

事業主体:川崎重工業(株)、東京貿易エンジニアリング(株)、 (株)IHI 回転機械エンジニアリング、(株) 荏原製作所



液化水素基地イメージ

出典: HySTRA HP

(注記: HySTRA は NEDO 助成事業である「未 利用褐炭由来水素大規模海上輸送サプラ イチェーン構築実証事業」を実施してお り、上記事業には関わっていません。)

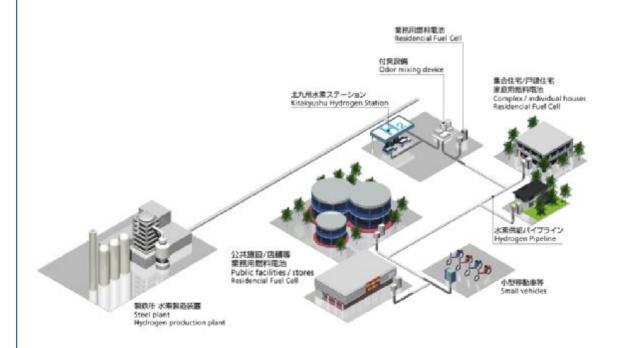
《水素パイプライン実証》

国内には、以下の水素パイプライン敷設事例がある(他に、工場敷地内におけるパイプライン敷設も既に多くの事例が存在する。)

• 山口県周南市 水素タウンモデル事業 (2007年~2010年) パイプライン総延長 300m

・福岡県北九州市 水素タウンプロジェクト (2009 年~2011 年) パイプライン総延長 1.2km

・山口県周南市 地域連携・低炭素技術実証事業(2015年~2020年) パイプライン総延長 200m、150m



水素タウンプロジェクト(福岡県北九州市の事例)

出典:水素供給・利用技術研究組合(HySUT) HP

■□事業者に期待される内容□■

関連する産業分野:水電解装置、液化水素タンク、ローディングアームなどの荷揚げ機器、 パイプライン用大径鋼管、バルブ、液化水素輸送船などの製造業

必要となる技術等:

(大規模水素製造)

- ・褐炭利用のガス化炉等設備の高効率化、低コスト化に向けた技術開発
- ・水電解装置の大型化、高効率化のための技術開発

(輸送・貯蔵技術)

- 水素液化効率の向上
- ・ローディングに対応した低温水素ガス用の圧縮機の開発
- ・ローディングアームの大型化、低コスト化のための技術開発
- ・水素発電に対応した液化水素昇圧ポンプの開発
- ・海上輸送用及び陸上貯留用タンクの大型化に適した断熱システム等の開発
- ・ 極低温域で使用する材料開発及び評価技術の開発(金属材料及び樹脂材料)
- ・水素化/脱水素触媒の性能向上によるトルエンロス量の低減
- ・排熱利用等による脱水素化プロセスの低コスト及び低炭素化
- ・電解合成等の新規触媒開発によるシステムの低コスト化

(水電解技術)

- ーアルカリ形水電解装置・固体高分子膜(PEM) 形水電解装置
 - ・電流密度の制御幅拡大のための技術開発
 - ・エネルギー消費量(kWh/Nm³)の低減
 - ・電解枠の金属使用量の低減等による設備コスト(円/kW)の低減
 - ・メンテナンスコスト (円/(Nm³/h)/年) の低減
 - ・劣化率 (%/1000 時間) の低減
 - ・触媒での金属使用量(mg/W)の低減
 - ・負荷変動時の電極等の構成機器の耐久性向上
- ーアニオン交換膜(AEM) 形水電解装置
 - ・電解質材料、触媒材料等の劣化メカニズム解明と耐久性向上
 - ・セルスタックの高効率化、高耐久化、低コスト化等
- -固体酸化物形電解セル (SOEC)
 - ・セルスタックの耐久性向上
 - ・低コスト化のためのセルスタック製造技術の開発
- 一水電解技術共通基盤
 - ・水電解反応解析及び性能評価等基盤技術の開発
 - ・補機も含めた一体的なシステム最適化のアルゴリズム開発

(非連続な革新技術)

- ・高効率な水電解、人工光合成、水素高純度化透過膜等の新たな水素製造技術に係る研究
- ・革新的高効率水素液化機の開発
- ・長寿命液化水素保持材料の開発
- ・低コストかつ高効率で革新的なエネルギーキャリアやその製造技術の開発
- ・コンパクト、高効率、高信頼性、低コストな革新的燃料電池の技術開発

◎2025年大阪・関西万博における水素利活用イメージ

2025 年大阪・関西万博は、日常の生活や産業活動に利用されている「水素社会」の実現に向けた取組みを発信する絶好の機会であり、国内外からの来場者が水素を身近なものとして感じ、将来の水素社会に期待を膨らませられるよう、水素の可能性を示すものとすることが必要である。

その具体的な示し方については、**2025**年大阪・関西万博の開催まで、関係者でさらに検討・ 工夫を重ねる必要があるが、例えば、以下のようなものが挙げられる。

- 〇会場内のエネルギーに、太陽光等の再生可能エネルギーから製造した水素等の CO_2 フリー水素を使用
- ○万博会場内での FC スローモビリティや水素ドローンの利用





水素ドローン (イメージ)

提供:経済産業省

○会場アクセスへの水素の利用

FC 船: 万博会場 (夢洲) とサテライト会場等の間の海上アクセスや大阪市内河川における観光船として FC 船を運行。



FC バス:万博会場から関西のターミナルや観光地向けに運行





燃料電池バス「SORA」 出典:トヨタ自動車(株)HP

○2025 年大阪・関西万博に合わせた関西各地での水素利用 (観光地での FC スローモビリティ等による遊覧)

5 今後の課題

水素サプライチェーン実現、長期的な水素の大量普及に向けて必要となる技術について、国では、「NEDO 燃料電池・水素技術開発ロードマップ詳細版(燃料電池分野)」(2017 年 12 月; NEDO) や「水素・燃料電池技術開発戦略」(2019 年 9 月; 水素・燃料電池戦略協議会)をとりまとめ、技術開発の推進を図っている。

水素の普及に向けた主な課題は、主要機器の高性能化、高耐久化、低コスト化であり、それに併せた補機類の効率化、低コスト化なども挙げられている。

主な課題を表 5 - 1 に掲げるとともに、本構想では、構想実現に向けたロードマップの各項目に、関連する分野や必要となる技術を掲載した。これらの課題解決に、関西圏域の事業者等関係者が取り組むことにより、新たなビジネスチャンスが生まれ、関西圏外からの進出も含めて、関西圏の水素関連産業の振興につながることが期待される。新しいモノができる時は、ミッシングパーツが生まれ、新たな技術が必要となる。また、エネルギー分野は裾野が広いことから、中小企業にもビジネス参入のチャンスが大いにあるといえる。

また、水素に関するコスト削減においては、規制の見直しも重要であり、国においては、規制改革推進会議において審議を行っている。平成29年6月9日に閣議決定された「規制改革実施計画」では、次世代自動車(燃料電池自動車)関連規制の見直しが重点事項の一つとされ、高圧ガス販売事業者の義務の見直し等37項目が検討項目とされた。水素・燃料電池自動車関連規制に関する検討会において審査が行われ、順次見直しが行われている(検討項目等については資料編参照)。規制改革推進会議で挙げられた項目以外を含め、法制度上の課題について、安全性を考慮しながら、合理的な見直しが行われることが必要である。

表 5-1 水素サプライチェーン実現に向けた主な課題

分類	項目	課題
供給	海外輸入水素	海外からの安定的な CO₂ フリー水素の供給
	再工ネ由来水素 下水汚泥由来水素	水素製造装置の設備利用率・効率の向上、設備費の削減などによる 水素製造コスト低減
輸 送 (貯蔵)	パイプライン	大規模な初期投資 敷設場所の確保
	圧縮水素	一定距離以上の輸送の際、コストで他キャリアに劣後
	液化水素	海上輸送、荷役・貯蔵に関する新規インフラの整備 ボイルオフガス対策
	メチルシクロヘキ サン(MCH)	水素化・脱水素化にかかる設備の技術開発 水素ステーションでの脱水素装置の小型化・低コスト化、技術基準 の整備と必要な安全対策
	吸蔵合金	合金自体の重量が重く、重量あたりの吸蔵量が小さい 脱水素の効率化
需要	共通	事業者・住民の水素利用の意義等に関する認識向上 安全性やリスクに関する理解など社会受容性の向上
	水素発電	既設火力発電設備における水素混焼に関する技術 燃料コストなど発電コストの低廉化
	FCモビリティ 純水素型燃料電池 産業プロセス	技術開発等によるFCモビリティ、純水素型燃料電池等機器の低廉化 従来品と遜色のない燃料代となる水素価格の設定 水素供給インフラの整備
	水素ステーション	技術開発、合理的な規制緩和等による整備コストの低廉化 適切な配置、設置箇所の確保

水素社会の実現、そのための水素サプライチェーン構築には、水素利活用の普及拡大に向けた行政や事業者等の関係者によるそれぞれの取組みが必要である。各主体に期待される取組みを以下に示す。

水素の製造・輸入、輸送、利用までのサプライチェーンは広域となることが想定されることなどから、関西広域連合は、構成府県市との連携・役割分担のもと、情報共有を行うとともに、取組み・プロジェクト等の検討を行う。

表5-2 自治体に期待される主な取組み

項目	内 容
水素利用機器、 関連施設の導入 促進	i 燃料電池自動車、純水素型燃料電池等の水素利用機器の導入支援、BCPの 観点も踏まえた率先導入i 水素ステーション、輸入水素荷揚施設等の水素関連施設の整備支援、誘致i 水素関連施設の整備用地情報の提供i 水素利用機器、関連施設の導入促進に関する国への提案
水素関連技術の 社会実装に向け たプロジェクト の創出	i 関連企業、大学等との連携による実証事業等のプロジェクトの検討、推進 i 関連企業、大学等の実証事業等のプロジェクトに対する支援 i 水素関連の実証事業等のプロジェクト創出に関する国への提案 i 2025年大阪・関西万博を水素社会構築に向けたショーケースとして水素関連プロジェクト等を関連企業等と連携して創出
水素利活用の拡 大に向けた技術 開発の促進	i 産業支援機関、公設試験研究機関等と連携した関連企業の誘致、研究開発 に係る相談対応・支援 i 水素・燃料電池関連の技術開発ニーズに関する事業者間のマッチング支援 i 大学等の技術開発シーズに関する事業者とのマッチング支援 i 水素利活用に向けた技術開発に関する国への提案
住民・事業者の理解促進	i 住民・事業者を対象にした、水素エネルギーの有用性や安全性、燃料電池 自動車などの水素利用機器、水素ステーションの設置場所等に関する情報 提供、見学・体験イベント等の実施 ・ホームページ、リーフレット等の広報媒体を活用した周知 ・イベント等での水素・燃料電池に関する展示、FCVの試乗等 ・水素・燃料電池に関するシンポジウム等の開催 ・その他、住民・事業者の理解促進に向けた取組み i 住民・事業者の理解促進に向けた国への提案
まちづくり検討	i 都市開発など地域のまちづくりにおける水素利活用の視点での検討

表5-3 国に期待される主な取組み

項目	内 容
定置用燃料電池による水素利用	i 家庭用燃料電池の対象ユーザーの拡大 ・2025年大阪・関西万博での活用 i 業務・産業用燃料電池の普及拡大 ・実用化に向けた実証、規制見直し ・SOFC型等の低コスト化・高耐久化等に向けた技術開発 i 純水素型の定置用燃料電池の利活用 ・純水素型定置用燃料電池に関する技術開発・実証
運輸分野における水素の利活用	i 燃料電池システム等の更なるコスト低減 ・FCVの導入支援 ・車両の低コスト化・高耐久化・燃費性能向上等の技術開発 i FCVの海外展開 ・FCVの海外展開 ・FCVの世界統一基準と国内法令の調和や相互承認 i FCVの認知度や理解度の向上 ・水素に係る安全・安心の確保に向けた取組み ・地域と連携した水素サプライチェーン構築実証 ・2025年大阪・関西万博での活用 ・FCV普及促進のための地方公共団体との連携 i 従来のガソリン車等と遜色のない燃料代となる水素価格の設定 ・水素ステーションの整備・運営コストの低減 (FCVの普及状況に見合った水素ステーションの仕様の確立、水素ステーションに関する規制見直し) ・水素ステーションの低稼働率期間への対応 (パッケージ型や移動式水素ステーション等の活用、需要創出活動への支援、FCバスの水素需要の活用) ・水素の安価で効率的な国内流通システムの確立 (液化水素や有機ハイドライド等の国内流通に関する開発・実証) ・ポスト2030年を見据えた世界最先端の基準の整備 (市場化を先取りした基準、新たな技術革新に対応する基準の整備) ・ 関係者間の役割分担及び整備方針の再整理 ・ 地方公共団体との協力体制の構築
水素発電の 本格的導入	i 水素発電ガスタービンに関する制度的・技術的な環境整備 ・自家発電用水素発電ガスタービン等の技術開発・実証 ・発電事業用水素発電ガスタービン等の技術開発・実証 ・発電事業用水素発電だ関する保安規制等の検証 i 海外からの水素供給に関する制度的・技術的な環境整備等 ・海外からの水素供給に関する技術開発・実証等 ・水素供給チェーン自立化に向けた支援
CO ₂ フリー水素供 給システムの確 立	i 水素供給国におけるCCS/CCUS ・CCS/CCUSと組み合わせた水素製造技術開発・実証等 i 再生可能エネルギー由来の水素製造等に関する技術開発・実証等 ・再生可能エネルギー由来水素の導入に関する具体的な検討 ・再生可能エネルギーからの安価・安定・高効率な水電解技術の開発 ・再生可能エネルギー由来水素導入を目指したシステムの開発・実証 ・改革2020プロジェクト等の先進的取組の推進 i その他の中長期的な技術開発 ・将来の水素利活用を見据えた技術開発等

表5-4 民間事業者に期待される主な取組み

項目	内 容	
定置用燃料電池による水素利用	 家庭用燃料電池の経済性向上 ・家庭用燃料電池の低コスト化、新規市場開拓、ユーザー利便性向上等の一体的推進 ・家庭用燃料電池関連部品分野への新規事業者参入を促進する取組み 家庭用燃料電池の対象ユーザーの拡大 ・集合住宅等に対応する家庭用燃料電池のあり方検討 ・排熱の新たな用途の開発 ・販売チャンネルの拡大 ・リサイクルシステムの構築・マニュアルの策定 家庭用燃料電池の海外展開 ・国際標準化の推進 ・海外展開に必要な基盤環境の整備 ・業務・産業用燃料電池の普及拡大 ・SOFC型業務・産業用燃料電池の安全性評価 ・市場立ち上がり期における戦略的導入促進 ・純水素型の定置用燃料電池の利活用 ・純水素型定置用燃料電池に関する技術開発・実証 	
運輸分野における水素の利活用	・純水素型定置用燃料電池に関する技術開発・実証 i FCVの基本性能等の向上、価格低減 i ボリュームゾーン向けのFCV車両の市場投入 i FC産業用車両の導入 i FCVの認知度や理解度の向上 ・マスメディアを活用した広報活動 ・水素ステーションの設置場所に関する情報提供等 i 燃料電池の適用分野の拡大 ・新たな用途の開発 ・燃料電池の耐久性等の性能向上 i 従来のガソリン車等と遜色のない燃料代となる水素価格の設定 ・水素ステーションの低稼働率期間への対応 (次世代エネルギー供給インフラとしての魅力の向上) i 水素の安価で効率的な国内流通システムの確立 (液化水素や有機ハイドライド等の国内流通に関する開発・実証、ポスト 2030年を見据えた世界最先端の規制の整備)	

6 水素サプライチェーン構想の実現に向けて

水素は、その製造方法及び用途が多様であること、また利活用段階ではCO₂を排出しないことから、エネルギーセキュリティの向上や低炭素化の実現に向けて、非常に有望な手段であり、再生可能エネルギーと並ぶ新たなエネルギーの選択肢として期待されている。

一方で、現状の水素供給コストは化石燃料等の従来のエネルギーに比べて高価であるため、日常の生活や産業活動で水素を利活用する水素社会の実現には、安価な水素の調達・供給を実現することが課題となっている。この水素供給コストの低減には、コスト削減に向けた技術開発とともに、水素供給の規模を拡大し効率性を高めることが求められる。また、水素がコストのみによらず選択される、あるいは水素普及の取組みへの投資を呼び込むようなシステム、環境価値等の付加、他の技術との組合せ等についての検討も必要である。

関西広域連合では2030年頃を念頭に、海外から輸入される水素の活用を想定して、水素の製造や輸入、輸送・貯蔵から利活用までの関西圏におけるサプライチェーン構想をとりまとめた。このサプライチェーンにおいては、水素の供給だけが進んでも、需要創出だけが進んでも効果的でなく、両者の取組みをバランスよく進める必要がある。また、それぞれの地域における水素の需要と、必要な水素を届ける供給のマッチングが重要であり、府県における需要創出等に加え、府県を超えた広域での面的なつながりが必須となる。そのため、関西広域連合には、関西圏の水素に関する様々な関係者の連携促進等の役割が求められる。

<連携の促進>

水素サプライチェーン構築の主な担い手は事業者となると考えられるが、それぞれの事業活動としての取組みだけでは到底実現できるものではなく、各事業者や関係者の力を融合させるような取組みが必要である。ものづくり企業とソフトウェア分野の事業者とのマッチングを促し、全体のシステムづくりをすることも重要である。

本構想を作成するにあたり、関西広域連合では、有識者を交え、民間事業者、構成府県市が一堂に会する意見交換会を開催した。意見交換会ではさまざまな意見が出され、関係者が情報を共有するとともに、関西における水素の取組みの方向性を確認する場となった。

本構想の実現に向け、ロードマップに沿って具体的な取組みを進めるためには、事業者と行政、さらには試験研究機関も交え、取組みの進捗状況を確認しながら、さらに連携を深めていくことが不可欠であり、全体あるいはテーマ毎に、関係者が参加して課題解決に向けて話し合うプラットフォームのような場が必要である。

また、関西の構成府県市が、水素社会実現に向けたそれぞれの行政課題の解決のため、地域を超えて面的に連携していくことも必要である。

関西広域連合には、このようなプラットフォームの提供や自治体間の情報交換など、域内の 関係者の連携促進の役割が期待されている。

<水素実装の促進>

水素社会に向けた取組みは緒に就いたばかりである。燃料電池自動車(FCV)や水素ステーションの整備は進んできているが、さらに様々な用途に水素を導入していくことが必要である。

関西においては、空港における水素エネルギー導入や水素海上輸送、水素発電についての実証プロジェクトなど先進的な取組みが既に行われており、その成果を積極的に活用していくことが大事である。

水素の社会実装を進めるためには、水素エネルギーの「見える化」が重要である。2025年には開催が予定されている2025年大阪・関西万博は、「未来社会の実験場」をコンセプトとしており、「見える化」には絶好の機会である。関西には、様々な形態で水素エネルギーの「見える化」を実現できる、都市部、観光地、雪の降る地域、風の強い地域など様々な実証フィールドを提供できる可能性がある。なお、実証を行うにあたっては、国のプロジェクトや自治体の補助、民間資金の活用を検討することが重要である。

また、実証から実装につなげていくためには、水素利活用を想定したまちづくりの視点も重

要になる。

関西広域連合は、水素実装の促進に向けた調整において、その役割を果たすことが期待される。

水素社会実現に向けた取組みは、国連で策定された2030年までの国際目標「持続可能な開発目標(SDGs)」のうち、ゴール7(エネルギーをみんなにそしてクリーンに)、ゴール9(産業と技術革新の基盤を作ろう)、ゴール11(住み続けられるまちづくりを)、ゴール13(気候変動に具体的な対策を)に密接に関連する取組みである。その取組みは、日本のみならず、欧米や中国、韓国でも積極的に進められている。

広域的な連携を進めることにより、関西圏の水素ポテンシャルをさらに高め、そのポテンシャルに基づく関西圏を挙げた取組みにより、こうした世界的潮流に貢献していくことが、関西の地域全体の発展、世界での存在感を高めるうえでも重要である。



資 料 編

- 資料1 製造方法の概要
- 資料2 輸送 (貯蔵) 方法の概要
- 資料3 各種アプリケーションの概要
- 資料 4 2030 年頃の普及見込みについて
- 資料 5 サプライチェーン別の水素単価、二酸化炭素(CO₂)排出削減量の試算
- 資料 6 規制見直しの状況

資料1 製造方法の概要

種類	(1) 化石燃料等改質	(2) 水電解
概要·特徴	I 炭化水素系の燃料を高温(800℃)で水蒸気と 反応させることでCO₂と水素を製造	I アルカリ性の溶液の電気分解や、固体高分子 電解質膜を用いた常温の水の電気分解によ り、水素と酸素を取り出す
環境性	I 水素製造に伴いCO₂が発生 I 下水汚泥由来のメタンを用いる場合はカーボンニュートラル	Ⅰ 水電解に用いる電源の構成によるⅠ 再生可能エネルギーからの水電解はCO₂フリー
安定性	Ⅰ 水素の大規模かつ安定的な供給が可能	■ 水電解に用いる電源の安定性による。再生可能エネルギーを用いる場合には出力が不安定
経済性	■ 従来からの反応プロセスで広く実用化されており、一定の経済性がある。 ■ 新たに設備コストや燃料・電力コストが必要	 理論値で1m³の水素製造に3.6kWhの電力(現実は5~6kWh)が必要であり、電力コストが相当程度安くないと高コストになる。 新たに設備コストが必要
課題	I 発生する水素は95~97%程度の純度のため、 燃料電池や工業用に用いるには、PSA(圧力ス イング吸着法)等による精製が必要	Ⅰ 水素製造の効率向上、大規模化への対応、再 生可能エネルギーの負荷変動への対応など
実用化状況	Ⅰ 実用段階(製油所やアンモニア製造所における水素製造装置に用いられ、工業用の小型製造装置も販売。水素ステーション向けも実用。)	Ⅰ 実用段階(工業用向けに製品販売)Ⅰ 大規模なものは研究開発中

種類	(3) 副生水素		(4) 光触媒	
性 類	① 苛性ソーダ製造	② 鉄鋼	(4) 加州	
概要·特徵	■ 食塩電解により苛性ソーダを 1トン製造する際に、副生物と して水素が280Nm³発生 ■ 苛性ソーダの生産量(平成24 年度は357万トン)から機械的 に計算すると、苛性ソーダ製 造プロセスで発生する副生水 素は約10億Nm³と推定	■ 鉄鋼の製造プロセスのうち、 石炭の乾留(蒸し焼き)によっ てコークスを製造するプロセ スにおいて、水素を50%以上 含むコークス炉ガスが発生 ■ 水素成分比を50%とすると、 コークス炉ガスに含まれる副 生水素は約70億Nm³と推定	■ 太陽光により水から水素を取り出すことができる光触媒を 用いて水素を製造	
環境性	食塩電解に用いられる電源の電源構成による既に副生水素がボイラー等の燃料として用いられている場合には代替燃料の利用によりCO₂が追加的に発生	I コークス炉ガスの多くが所内 のボイラーや直接加熱に利 用されており、コークス炉ガス の水素を外部に供給する場 合は、代替燃料の利用により CO₂が発生	■ 製造段階でのCO₂の排出はない	
安定性	Ⅰ 苛性ソーダの製造量による	■ コークス製造量による	Ⅰ 天候に左右される	
経済性	■ 純度が高く、比較的低コストで活用可 ■ 既に副生水素がボイラー等の燃料として活用されている場合には、代替燃料費コストが追加的に発生	■ 水素濃度を高めるためのコストが追加的に発生 ■ 既に副生水素がボイラー等の燃料として活用されている場合、代替燃料費コストが追加的に発生	I 水素生産プロセスでは太陽 光と水しか使わないため、ラ ンニングコストは安価であるも のの、初期投資や広い設置 面積が必要	
課題	I ガス拡散電極食塩電解技術 (電力使用量を3割削減可) が導入されると副生水素は発 生しなくなる	■ コークス炉ガスは水素濃度が低いため、精製により純度を上げることが必要 ■ 水素還元製鉄により、外販余力が減少する可能性	■ 実用的なプラントには、約 10%の光触媒の変換効率が 必要とされ(現状では約 1%)、太陽光利用率の高い 光触媒材料の開発が必須	
実用化状況	Ⅰ 実用段階	Ⅰ 実用段階	Ⅰ 研究開発段階	

参考資料:資源エネルギー庁燃料電池推進室、「水素の製造、輸送・貯蔵について」、平成26年4月14日

資料2 輸送(貯蔵)方法の概要

種類	(1)パイプライン(水素ガス)	(2)高圧水素ガス(圧縮水素)
概要·特徵	■ 国内での水素の大量輸送手段として、将来的にコスト・環境性の両面から有力となる可能性がある*1	I 常圧の水素ガスをコンプレッサーにより圧縮し、高圧タンクに充填することで輸送・貯蔵する方式。例えば20MPaに圧縮された水素では、常圧に比べて約200分の1の体積にすることが可能*3
利点	 工場敷地内などにおいてはすでに多数の整備 実績あり*2 水素の製造方法次第で安定的な供給が可能*2 精製不要*2 エネルギーロスが少ない*2 	 外販用の水素として普及済み*2 精製不要*2 国内の水素ステーションに供給する場合には、 追加的な圧縮を低減できるため、エネルギー 効率の高い輸送方法となり得る*3
課題	■ 工場敷地内を除くと実績に乏しい*2 ■ 水素を需要地まで輸送することを想定した本格的な整備には、かなりのインフラ投資が必要となり、初期コストが大きくなる*4 ■ 設計、施工、維持管理に係る安全性確保について、検討が必要*4 ■ 現状、住宅や商業施設等の一般需要家に対する水素供給に当たっては、漏えい対策として、供給するガスに付臭することが義務づけ。付臭剤は燃料電池のセルスタックに悪影響を与えるおそれがある*1	■ 他のキャリアと比べると、体積水素密度が低く、 一定の距離以上の輸送を行う場合にはコスト 面で劣る*3
国内輸送の 技術段階	I 実証段階*2	I 商用段階*2

種類	(3)液化水素	(4)メチルシクロヘキサン(MCH)
概要·特徴	 I 水素ガスを-253℃に冷却することで液体状態にして輸送・貯蔵する方式であり、気体状態の水素の約800分の1の体積にすることが可能*3 I 液化水素輸送には、可搬式超低温容器(145~350L)、コンテナ(2~46m³)、ローリー(23m³)が使用されている*4 	 水素をトルエンと反応させることでメチルシクロヘキサンとして化学的に吸着させ、輸送・貯蔵する方式。気体状態の水素を約500分の1の体積にすることが可能*3 ケミカルタンカーやケミカルローリーが利用可能*4 脱水素後のトルエンはMCH出荷基地まで輸送し、水素を付加してMCHとしてリサイクル可能
利点	 Ⅰ 工業用水素輸送方法としてすでに普及*² Ⅰ MCHや圧縮水素に比べ体積水素密度が高く、高効率な輸送が可能*² Ⅰ 高純度のため精製不要*² 	■ 常温常圧で安定的に貯蔵可能*2 ■ 既存の輸送・貯蔵インフラが利用可能*2
課題	 ■ ボイルオフガスの低減*4 ■ 高圧ガス保安法などの法規への対応必要*4 ■ 冷熱の有効活用が重要*4 ■ 海上輸送、荷役・貯蔵に関する新規のインフラ整備が必要となり、技術開発を要する*1 	I MCH化、脱水素化に係る設備が必要であり、技術開発を要する*1 I 脱水素化反応は吸熱反応であるため、400℃程度の熱源の確保が必要*4 I 水素キャリアとしての利用が想定されてこなかったため、各種規制(高圧ガス保安法、消防法、建築基準法など)について対応が必要*4 I 水素ステーションに輸送し、その場で脱水素を行って水素を得るためには、脱水素装置の小型化などが必要*4 I トルエン等除去のため精製が必要*2
国内輸送の 技術段階	 Ⅰ 商用段階*² Ⅰ 海上輸送については実証段階*¹ 	I 実証段階*2

種類	(5)アンモニア	(6)水素吸蔵合金	(7)メタネーション
概要·特徴	I アンモニアは安定な物質であり、水素を脱離できれば水素のキャリアとして利用可能。直接的に脱水素(クラッキング)するには、現状ではルテニウム系触媒を用いて670℃以上の高温が必要*4	■ 可逆的に水素と反応して金 属水素化物を生成する*4	 Ⅰ 水素とCO₂を反応させることでメタンを製造する*¹ Ⅰ 大気に排出されるCO₂を水素のメタン化に活用すれば、カーボンニュートラルになる
利点	■ 他の水素キャリアと比較して、体積水素密度が大きい(液化水素の1.5倍)ため、インフラ整備をより小規模で安価に形成できる*1 ■ 天然ガスから製造されるため比較的安価*1 ■ 既存の商業サプライチェーン(タンカー、ローリー等)を活用可能*1 ■ 水素を取り出す(脱水素)ことなく、発電等に直接利用することが可能*1	■ 金属水素化物中水素原子密度は、液化水素の密度よりも高い値となるため、将来的にはスペースの制約のある車両や定置式エネルギー貯蔵装置への摘要が期待される*4 ■ 圧力が1MPa未満であれば、高圧ガス保安法は適用されない	■ 天然ガス網に注入すれば、 既存のインフラが活用できる *4
課題	■ 可燃性劇物に係る安全性確保*1 ■ 脱水素して利用する場合にはエネルギーが必要	■ 合金自体の重量が重いため、重量あたりの吸蔵量が小さい*4 ■ 水素放出のために加温等の措置が必要で、熱交換器などを組み合わせる必要がある*4 ■ さらなるコスト低減が必要*4	 Ⅰ 水素のメタン化のためには、CO₂が必要であり、低コストで効率の良いCO₂分離技術が求められる Ⅰ CO₂調達コストの低下、メタネーション設備の低コスト化、海外でメタネーションを行う場合のCO₂削減効果の帰属先に係るルールメイキング等が必要*5 Ⅰ 燃焼時にはCO₂が発生
国内輸送の 技術段階	■ 発電への直接利用について 実証段階	I 研究開発段階*2、一部実用 段階(限定的)	I 研究開発段階

■出典一覧

- *1 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議、「水素基本戦略」、平成29年12月26日
- *2 資源エネルギー庁、「第5回 $C0_2$ フリー水素WC事務局提出資料」、平成28年10月25日
- *3 水素・燃料電池戦略協議会 $C0_2$ フリー水素ワーキンググループ、「 $C0_2$ フリー水素ワーキンググループ報告書」、平成29年3月7日
- *4 NEDO、「水素エネルギー白書」、平成27年3月20日
- *5 経済産業省等、「第10回水素・燃料電池戦略協議事務局提出資料 水素社会実現に向けた戦略の方向性」、 平成29年9月22日

資料3 各種アプリケーションの概要

アフ゜リケーション	(4) 北丰黎西	(2) F C モビリティ
の種類	(1) 水素発電 	① FCV
概要・特徴	 ガスタービンまたはボイラーで水素を燃焼させることによって行う発電。*3 発電方式として、天然ガス等の燃料ガスと水素を混合して発電する混焼発電と水素のみで発電する専焼発電が挙げられる。*3 	I 燃料電池自動車(FCV)は、燃料として水素を 積み、車載の燃料電池によって発電し、その 電気を動力としてモーターを回して走る電気自 動車。*2
利点	 Ⅰ 水素発電の導入により恒常的かつ大規模な水素需要が生じるため、水素価格の低下や燃料電池自動車など他の水素利活用分野においても波及効果が期待。*1 Ⅰ 専焼発電は、発電段階で CO₂を排出せず、水素の製造法によっては、CO₂フリーの電源となる。*3 	貢献することが期待できる。 ¹ I 航続距離約 650~700 km、水素の充填時間は 約3分で、ガソリン車並みの走行性を実現。 ¹²
課題	I 水素は天然ガスなどの既存燃料に比べ、発熱量が低い、燃焼速度が速い、火炎温度が高いなどの燃焼特性を持つため、燃焼部材への影響を含め、耐熱性、NOx 低減技術などガスタービンの各種構造の最適化が必要。11	■ 燃料電池の適用分野の拡大*1
国の将来の 想定·目標 (2030 年頃)	■ 導入初期は既設の天然ガス火力での混焼発電を中心に、小規模コージェネレーションシステム等における水素混焼も含め、導入拡大を図る ■ 2030 年頃の商用化(発電コスト 17 円/kWh、水素調達量年間30万t、発電容量1GW程度) ■ アンモニアは直接燃焼が可能なため、2020年頃までに石炭発電所での混焼開始、2030年頃までにガスタービン等への利用拡大を目指す	1 水素ステーションの整備と併せて、四大都市圏を中心に普及1 2030年目標:全国で80万台程度
技術段階	Ⅰ 実証段階	Ⅰ 商用段階(国の導入補助)

アフ゜リケーション	(2) FCモビリティ		
の種類	② 水素ステーション	③ FCバス	
概要・特徴	I FCV等の水素を燃料とする利用モビリティへ水素を供給するスタンド。Ⅰ 水素を、トレーラーなどで水素ステーションまで輸送してくるオフサイト型と、都市ガスやLPGなどを原料として水素ステーション内の水素製造装置で製造するオンサイト型に分けられる。*1	■ 基本的に燃料電池自動車と同じ仕組みであるが、より大きな出力が必要となる。*1	
利点	I FCV等公道を走行するモビリティの普及には、 燃料となる水素を高圧にして自動車に充填する 水素ステーションの整備が不可欠	 Ⅰ 充填時間の短さや航続距離、路線の柔軟性において、BEV バスやトラムに比べ優位性がある*4 Ⅰ 大容量外部電源供給システムを備えており、災害などの停電時には体育館などの避難所や家電の電力として活用できる*3 	
課題	 ■ 現在の水素ステーションの整備費は、一般的なガソリンスタンドと比べると非常に高額。*1 ■ 適切なロケーションに配置することが必要*1 	燃料電池システムのコスト低減とともに、燃料電池自動車のシステムとの共有化によるコスト低減が必要。*1 生涯走行距離が通常の燃料電池自動車より長距離となることから、燃料電池システムの耐久性と信頼性の向上が必須。*3 FC バスが充填可能な水素ステーションの配備	
国の将来の 想定・目標 (2030 年頃)	 I 2020 年代後半までに自立化を目指す I 2030年目標:900基(水素供給能力300Nm³/h・基) 	I 2030 年目標:全国で 1,200 台程度	
技術段階	Ⅰ 商用段階(国の整備・運営補助)	Ⅰ 商用段階(国の導入補助)	

アプリケーション			
の種類	4 FCFL	⑤ FCトラック	⑥ F C 船
概要・特徴	■ 燃料電池で発電した電気を動力源として荷役・走行するフォークリフト。*3	I 燃料電池で発電した電気を動力源として走行するトラック。	■ 燃料電池で発電した電気を動力源として推進する船。
利点	■ 汚染物質を放出しないため、 閉鎖された作業空間の大気 汚染を防ぐことも可能。*1 ■ 鉛蓄電池の交換に比べて、水 素充填は時間が短く、作業時間を節減できる。*1 ■ 燃料電池は水素残量が低下 しても出力が一定。*1	I 航続距離 100km 以上の領域 では電気トラックより優位*4	計音性が高い*4振動がない臭いが発生しない
課題	燃料電池システムなどのさらなるコスト低減従来のディーゼル車などと遜色のない燃料代となる水素価格の設定水素供給インフラのコスト低減	色のない燃料代となる水素価 格の設定	
国の将来の 想定・目標 (2030 年頃)	I 2030 年目標:1万台程度	I 商用トラックの国内保有台数 は 320 万台以上とバス以上の 大きな水素需要を見込める	I 小型船舶の FC 化を進め、実 証試験を行い、費用対効果の 大きいものから普及を目指す
技術段階	■ 商用段階(国の導入補助)	 実証段階 2019 年に、首都圏のコンビニエンスストア配送車両として、FC 小型トラックが導入*5 	I 研究開発段階 国が、内航, 小型船舶に限定 し、「水素燃料電池船の安全 ガイドライン」を取りまとめ*16

アプリケーション (2) F C モビリティ				
の種類	⑦ FCパッカー車	⑧ FCトーイング	9 FCバイク	
概要・特徴	■ 燃料電池で発電した電気を動 ■ 力源として走行するパッカー 車。	燃料電池で発電した電気を動力源として牽引・走行するトーイング。	I 燃料電池で発電した電気を動力源として走行するバイク。	
利点	 ディーゼル車に比べ、走行音 I が抑えられる(夜間収集への 導入も期待される)*7 エネルギー消費が小さい(デ I ィーゼル車比 一般走行 69% 減、ごみ収集走行 80%減)*8 	鉛蓄電池の交換に比べて、水素充填は時間が短く、作業時間を節減できる。 ¹¹ 環境汚染物質を放出しないため、閉鎖された作業空間の大気汚染を防ぐことも可能。 ¹¹	I 電動車に比べて、水素充填時間が短く、航続距離が長い	
課題	Ⅰ 燃料電池システムなどのさら Ⅰ なるコスト低減Ⅰ 従来のディーゼル車などと遜	燃料電池システムなどのさらなるコスト低減 従来のディーゼル車などと遜 色のない燃料代となる水素価 格の設定 水素供給インフラのコスト低減	燃料電池システムなどのさらなる小型化、コスト低減FC バイクに充填可能な水素ステーションの配備	
国の将来の 想定・目標	■ 市場規模や CO₂ 削減ポテン ■ シャルを評価し、低コスト化等 に向けた技術開発見通しを見 極め、特に費用対効果が大き いものを優先して取組み	市場規模や CO ₂ 削減ポテンシャルを評価し、低コスト化等に向けた技術開発見通しを見極め、特に費用対効果が大きいものを優先して取組み	_	
技術段階	Ⅱ 研究開発段階 2015~2017 年度の3年間で 実証実験(周南市)*6	研究開発段階 2016 年の国際総合物流展で 参考出品* ⁹	I 研究開発段階 2017 年から公道走行の実証 実験* ¹⁰	

アプリケーション	(2) FCモビリティ			
の種類	⑩ FC鉄道車両	① FCドローン		
概要・特徴	I 燃料電池で発電した電気を動力源として走行する鉄道車両。	I 燃料電池で発電した電気を動力源として飛行するドローン。		
利点	I 地上電力供給設備の負担軽減、メンテナンスコストの削減*12	■ 電池式に比べ長距離輸送が可能		
課題	【 燃料電池システムなどのさらなるコスト低減【 従来のディーゼル車両などと遜色のない燃料 代となる水素価格の設定【 水素供給インフラのコスト低減	 燃料電池システムなどのさらなるコスト低減、小型化 タンクの軽量化		
国の将来 想定・目標	I 市場規模や CO₂削減ポテンシャルを評価し、低コスト化等に向けた技術開発見通しを見極め、特に費用対効果が大きいものを優先して取組み	_		
技術段階	I 研究開発段階 鉄道総合技術研究所において、鉄道向け燃料 電池の技術検証を行っている*11 2018 年 9 月、ドイツで世界初の燃料電池列車 が運行開始*12	■ 研究開発段階 4時間以上の飛行が可能な FC ドローンも開発 されている(ペイロードは最大 5kg)* ¹³		

アプリケーション	(3)純水素	(4)産業プロセス	
の種類	① 家庭用	② 業務・産業用	• 熱利用
概要・特徴	I 化石燃料からの改質でなく、 水素を直接使う燃料電池(家 庭に電気を供給、場合によっ ては熱も供給)	■ 化石燃料からの改質でなく、 水素を直接使う燃料電池(業 務・産業用に電気を供給、場 合によっては熱も供給)	■ 産業分野の直接燃料利用 に、化石燃料の代替として水 素を利用。
利点	 改質器が不要なため「エネファーム」に比べてコンパクト化・低コスト化が可能であり、高効率で負荷応答性の高い分散型電源となるものと期待。*2 水素をそのまま燃料とするため、CO₂を全く発生させることなく、短時間で発電できる。*3 	ト化・低コスト化が図られる。*3	 ■ 産業分野において CO₂ フリーの燃料として水素を活用することで、電化が困難なエネルギー利用分野の低炭素化を図ることが可能*4 ■ 化石燃料由来水素を CO₂ フリー水素に代替することでも低炭素化が可能*4
課題	■ 水素供給インフラの整備 ■ 既存の市街地に分散して設置することは、水素供給面から工夫が必要 ■ 従来の電力料金などと遜色のない燃料代となる水素価格の設定 ■ 燃料電池システムなどのさらなるコスト低減	ない燃料代となる水素価格の 設定	■ 従来の燃料及び化石燃料由 来水素などと遜色のない CO ₂ フリー水素価格の設定 ■ 鉄鋼分野、石油分野とも CO ₂ フリー水素をプロセスに利用 する可能性はあるが、構造を 大きく変える必要がある*15
国の将来 想定・目標	水素供給網の構築状況等を 見極めつつ、必要な技術開発 を行う	水素供給網の構築状況等を 見極めつつ、必要な技術開発 を行う	Ⅰ 現実的には、経済性のみの観点から水素が化石燃料を代替することは困難であることから、環境価値に係る今後の制度設計も注視しつつ、産業分野における CO₂ フリー水素の活用可能性を検討*4
技術段階	I 実証段階	I 商用段階 700W 、 3.5kW 、 100kW (PEFC)が市場投入* ¹⁴	I 研究開発段階

■出典一覧

- *1 「NEDO 水素エネルギー白書」2015年2月 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構[編]
- *2 「水素エネルギーハンドブック 第4版改」2016年6月 岩谷産業株式会社
- *3 「苫小牧市における水素エネルギー社会構築に向けた可能性調査委託業務 結果報告」平成29年3月株式会社 建設技術研究所
- *4 「水素基本戦略」平成 29 年 12 月 26 日 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議
- *5 株式会社セブン-イレブン・ジャパン、トヨタ自動車株式会社 2018年6月6日プレスリリース
- *6 周南市ホームページ
- *7 「ごみ収集に燃料電池車 全国初、周南市で実験中 「夜間」導入も検討」産経ニュース 2016 年 12 月 8 日
- *8 「燃料電池ゴミ収集車の設計・試作および性能評価に関する研究」早稲田大学 環境・エネルギー研究科 紙屋研究室 小林雅迪
- *9 「燃料電池トーイングトラクターコンセプトが Red Dot デザイン賞を受賞」株式会社 豊田自動織機 2017 年 10 月 20 日ニュースリリース
- *10 「スズキ、型式認定燃料電池二輪車「バーグマン フューエルセル」が公道走行を開始」スズキ株式会社 2017 年 3 月 21 日プレス・インフォメーション
- *11 公益財団法人 鉄道総合技術研究所 ホームページ
- *12 「世界初、燃料電池で走る列車 時速 140 キロ、独で営業」朝日新聞デジタル 2018 年 9 月 18 日
- *13 「MMC、水素燃料ドローン「HyDrone 1800」新バージョンを発表」ドローン専門メディア 2017 年 2 月 27 日ニュース
- *14 東芝エネルギーシステムズ株式会社 ホームページ
- *15 第 11 回 CO_2 フリー水素 WG 事務局提出資料 平成 29 年 12 月 27 日 資源エネルギー庁
- *16 「多様なエネルギー源等を用いた新たな動力システムの開発に関する研究」(国研)海上・港湾・航空技 術研究所、海上技術安全研究所、2018 年 7 月 18 日

資料4 2030年頃の普及見込みについて

1 水素供給関係

①海外輸入水素

国または実証事業等を実施している企業が想定している2030年頃の水素輸入量を、供給拠点からの最大水素供給可能量とした。

根 拠 項目 想定值 22.5万t/年 2030年頃の液化水素輸入量(国全体) 液化水素 (16 万 m³の液化水素 出典:第9回水素・燃料電池戦略協議会「水素導入ポテンシ ャル (~LNG 導入の歴史から考察~)」川崎重工業(株) 運搬船による輸入) 2030年頃の MCH による水素輸入量(国全体) 30.0万t/年 33 億 Nm³/年(30 万 t/年) мсн (10 万 t 級 MCH タンカー 出典:第9回水素・燃料電池戦略協議会「水素シナリオ」 による輸入) 千代田化工建設(株)

表 資4-1 各拠点施設における水素供給可能量の想定

②再生可能エネルギーを活用した水素製造拠点

太陽光発電、風力発電、木質バイオマス発電については圏域内でFIT認定されている容量を参考にシステム容量を設定し、年間発電量及び水素製造可能量を想定した。また、下水汚泥消化ガスの活用については、圏域内で余剰消化ガスが発生している施設において、下水処理の過程で発生する汚泥消化ガスを水蒸気改質し、水素を製造することを想定した。

表 資4-2 各製造拠点施設における水素供給可能量の想定〔1拠点あたり〕

製造施設	想定值	根拠
太陽光発電	システム容量 2,000kW	圏域内で FIT 認定されている容量 1 MW以上の設備の平均値を参 考に想定。 圏域内導入件数:615 件、合計容量:1,347,118kW 出典:資源エネルギー庁固定価格買取制度情報公表用ウェブサイト 「市町村別導入状況(平成 29 年 3 月末時点)」
	水素製造可能量 330 千 Nm³/年 (29t/年)	年間発電電力(1,656MWh/年)の全量を水電解に使用した場合
風力発電	システム容量 8, 000kW	2,000kW×4基 圏域内で FIT 認定されている容量 20kW 以上の設備の平均値を 参考に想定。 圏域内導入件数:27件、合計容量:232,110kW 出典:資源エネルギー庁固定価格買取制度情報公表用ウェブサイト 「市町村別導入状況(平成29年3月末時点)」
	水素製造可能量 5,540 千 Nm³/年 (495t/年)	年間発電電力 (27,720MWh/年) の全量を水電解に使用した場合

表 資4-2 各拠点施設における水素供給可能量の想定〔1拠点あたり〕(つづき)

製造施設	想定值	根拠
木質バイオマス発電	システム容量 8, 500kW	圏域内でFIT認定されている未利用木質発電の容量 2,000kW以上の設備の平均値を参考に想定。 圏域内導入件数: 4件、合計容量: 34,850kW 出典:資源エネルギー庁固定価格買取制度情報公表用ウェブサイト 「市町村別導入状況(平成 29年3月末時点)」
	水素製造可能量 12,660 千 Nm³/年 (1,130t/年)	年間発電電力 (63, 291MMh/年) の全量を水電解に使用した場合
下水汚泥	消化ガス発生量 600 千 N㎡/年	圏域内の余剰消化ガスが発生している下水汚泥消化施設の消化ガス発生量の平均値 30 施設中、余剰ガス量が把握されている 13 施設合計発生量:7,870 千 Nm³/年、平均 605 千 Nm³/年 出典:「平成 26 年度版下水道統計 第71 号」(公社)日本下水道協会
消化ガス	水素製造可能量 875 千 Nm³/年 (74t/年)	発生した余剰消化ガスを水蒸気改質した場合 消化ガス量に対する水素製造率:137.5% 根拠:福岡市の水素リーダープロジェクトの実証事業「下水バイオ ガス原料による水素創エネ技術実証研究」による消化ガス投 入量と水素製造量の体積比率(消化ガス投入量2,400Nm²/日、 水素製造量3,300Nm²/日)

2 水素アプリケーション関係

①燃料電池自動車 (FCV)

水素基本戦略では、モビリティにおける水素利用の中核は、FCV並びに水素ステーションの 普及にあり、これら両輪での推進が必要であるとしている。また、2030年頃の全国における 両者の普及目標を、FCVは80万台、水素ステーションは900箇所相当としている。

水素基本戦略の目標値(2030年80万台)を基に、乗用車保有台数により圏域内に按分した数値や、構成府県市の目標値などを勘案して、2030年の圏域での普及見込みを検討した。 その結果、圏域内では113.7千台の普及が見込まれる。

■普及見込みの考え方

①各構成府県のFCV普及予測台数[台]

- = 構成府県市で定めた目標値
 - 又は
- = 国のFCV普及目標台数[台]*1
 - × 各構成府県の乗用車保有台数[台]*2 / 全国の乗用車保有台数[台]*2

②各構成府県の市町村別FCV普及予測台数(按分値)[台]

- = 各構成府県のFCV普及予測台数[台]
 - ×各構成府県の市町村別乗用車保有台数[台]*3 / 各構成府県の乗用車保有台数[台]*3
- *1…「水素基本戦略」平成29年12月26日 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議
- *2…「市区町村別自動車保有車両数(平成28年3月末)」(一財)自動車検査登録情報協会乗用車(普通+小型)台数
- *3…各府県の統計書、市区町村別自動車保有車両数 乗用車(普通+小型)台数(平成28年3月末)

○水素取扱量の試算

上記で求めた2030年頃の圏域内におけるFCV普及予測台数を用いて、圏域内のFCVによる水素取扱量を試算すると、9.8千t/年となった。

■試算方法

- · 水素取扱量[t/年]
 - = 圏域内のFCV普及予測台数[台]
 - × FCV 1 台あたりの年間水素消費量[kg/年・台] *1 / 1000[kg/t]
 - *1…第3回燃料電池自動車等の普及促進に係る自治体連携会議資料 「燃料電池バス(FCバス)の発展と展望 2016年10月31日 トヨタ自動車(株)」 FCV1台あたりの年間水素消費量: 86kg/年・台

○CO₂排出量削減効果の試算

 CO_2 排出量削減効果は、FCVへの転換はガソリン車からの買い替え、燃料の水素は海外の CO_2 フリー水素を使用すると仮定して試算した。

その結果、圏域内における2030年頃のFCV普及による CO_2 排出量削減効果は、201.9千t- CO_2 /年となった。

■試算方法

- ・CO₂排出量削減効果[t-CO₂/年]
 - = 圏域内のFCV普及予測台数[台]
 - × FCV 1 台あたりの年間走行距離 [km/年・台]*1
 - × 関西圏の乗用・ガソリン車の燃費 [L/km]*2/1000 [L/kL]
 - × ガソリンのCO₂排出係数[t-CO₂/kL]*3
 - *1…第3回燃料電池自動車等の普及促進に係る自治体連携会議資料

「燃料電池バス(FCバス)の発展と展望 2016年10月31日 トヨタ自動車(株)」

FCV 1 台あたりの年間走行距離: 9,000km/年・台

- *2…関西圏の乗用・ガソリン車の燃費[L/km]
 - = 関西圏の乗用車のガソリン消費量[kL/年]×1000[L/kL]

/ 関西圏の乗用・ガソリン車の走行キロ[km/年]

■ガソリン車の燃費

0.085 L/km (関西圏平均)

	乗用・ガソリン車の 走行キロ (千 km)	乗用車のガソリン 消費量 (kL)
滋賀	6,436,666	494,194
京都	7,591,137	624,882
大阪	19,935,523	1,831,300
兵庫	18,729,149	1,578,705
奈良	4,970,952	438,718
和歌山	4,414,102	362,199
鳥取	3,060,843	239,357
徳島	3,913,290	320,036
構成府県合計	69,051,662	5,889,391

出典:「自動車燃料消費量統計年報 平成27年度分」国土交通省

^{*3…}特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令ガソリンの $\mathbf{C0}_2$ 排出係数 2.32 \mathbf{t} - $\mathbf{C0}_2$ /kL

②水素ステーション

圏域内の2030年のFCV普及予測を基に、ステーション事業の自立化に対応するFCV台数から 算出した必要数や、構成府県市の目標値などを勘案して、2030年の圏域での整備見込みを検 討した。

その結果、圏域内では118箇所の水素ステーション整備が見込まれる。

■整備見込みの考え方

- ①水素基本戦略では、水素ステーション事業の自立期には、ステーション1基にFCV900台が対応するとしており、これを踏まえ圏域内の所要数を算出した。なお、構成府県市で目標数を定めている場合は、その数値を所要数とした。
- ②国の水素・燃料電池戦略ロードマップでは、ユーザーが許容できる水素ステーションまでの所要時間は、自動車による走行で10分程度と考えられている。現在、既設サービスステーション (SS) は幹線道路沿い等の交通量が多いなど相応の需要がある箇所を中心に設置されている。そこで水素ステーションは圏域内の幹線道路沿いの大型SSに併設されるものや、SSを代替して整備が進むものと想定した。

圏域内の一般国道沿いに立地する元売3社系列のSSは1,063箇所(下図参照)あり、この分布を参考に、①で得た所要数の割付を行った。

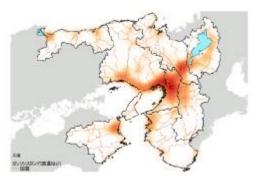


図 圏域内の国道沿いの SS 分布状況

ガソリン販売量のシェアが高く、SS数の多い元売り3社系列のSSは、圏域内の国道沿いに1,063箇所立地

(全域では3,640箇所:2018年1月時点)

③燃料電池バス(FC バス)

水素基本戦略では、2030年までに路線FCバスをはじめとするFCバスについて、1,200台程度の導入を目指すとしている。

水素基本戦略の目標値を基に、バス保有台数により圏域内に按分した数値や、構成府県市の目標値などを勘案して、2030年の圏域での普及見込みを検討した。

その結果、圏域内では207台の普及が見込まれる。

■普及見込みの考え方

- ①各構成府県のFCバス普及予測台数[台]
 - = 構成府県市で定めた目標値

又は

- = 国のFCバス普及目標台数[台]*1
 - × 各構成府県の乗合バス総車両数[台]*2/ 全国の乗合バス総車両数[台]*2

②各構成府県の市町村別FCバス普及予測台数(按分値)[台]

- = 各構成府県のFCバス普及予測台数[台]
 - ×各構成府県の市町村別乗合バス保有台数[台]*3/各構成府県の乗合バス保有台数[台]*3
- *1…「水素基本戦略」平成29年12月26日 再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議
- *2…「都道府県別移動円滑化基準適合車両導入状況(平成27年3月末)」国土交通省の総車両数
- *3…各府県の統計書、市区町村別自動車保有車両数

バス(乗合)台数(平成28年3月末)

○水素取扱量の試算

上記で求めた2030年頃の圏域内におけるFCバス普及予測台数を用いて、圏域内のFCバスによる水素取扱量を試算すると797t/年となった。

■試算方法

- · 水素取扱量[t/年]
 - = 圏域内のFCバス普及予測台数[台]
 - \times FCバス 1 台あたりの年間水素消費量[kg/年・台] *1 / 1000[kg/t]
 - *1…第3回燃料電池自動車等の普及促進に係る自治体連携会議資料「燃料電池バス(FCバス)の発展と展望2016年10月31日トヨタ自動車(株)」 FCバス1台あたりの年間水素消費量:3,850kg/年・台

○CO₂排出量削減効果の試算

 CO_2 排出量削減効果は、FCバスへの転換はエンジン車からの買い替え、燃料の水素は海外の CO_2 フリー水素を使用すると仮定して試算した。

その結果、圏域内における2030年頃のFCバス普及による CO_2 排出量削減効果は、3,836t- CO_2 /年となった。

■試算方法

- ・CO₂排出量削減効果[t-CO₂/年]
 - = 圏域内のFCバス普及予測台数[台]
 - × FCバス 1 台あたりの年間走行距離 [km/年・台]*1
 - × バス走行 1 kmあたりの CO_2 排出量 $[kg-CO_2/km]^{*4}/1000[kg/t]$
 - *1…FCバス1台あたりの年間走行距離[km/年・台]
 - = FCバス1台あたりの年間水素消費量 $[kg/年・台]^{*2} \times FC$ バス燃費 $[km/kg]^{*3}$
 - *2…第3回燃料電池自動車等の普及促進に係る自治体連携会議資料

「燃料電池バス(FCバス)の発展と展望 2016年10月31日 トヨタ自動車(株)」

FCバス1台あたりの年間水素消費量: <u>3,850kg/年・台</u>

*3…第3回燃料電池自動車等の普及促進に係る自治体連携会議資料

「燃料電池バスの普及及び導入支援策について 国土交通省自動車局環境政策課、 環境省水・大気環境局自動環境対策課」

FCバス燃費: 9.1km/kg

*4…「自動車燃費一覧(平成29年3月) 国土交通省」の路線バス・一般バス全車種の平均 バス走行1kmあたりのCO2排出量:0.529kg-CO₂/km

④燃料電池フォークリフト (FC フォークリフト)

水素基本戦略では、2030年度までに1万台程度の導入を目指すとしている。

フォークリフトについては、自動車のような登録制度がないため、圏域内の現在の保有台数等を把握することができず、したがって、国目標を基に按分するなどして将来普及台数を定量的に予測することができなかった。

⑤ガス改質型定置用燃料電池 <エネファーム>

水素・燃料電池戦略ロードマップでは、2030年までに全国で530万台の導入を目標としている。

このロードマップの目標値を基に、世帯数により圏域内に按分した数値や、構成府県市の目標値などを勘案して、2030年の圏域での普及見込みを検討した。

その結果、圏域内では922千台の普及が見込まれる。

■普及見込みの考え方

- ①各構成府県のエネファーム普及予測台数[台]
 - = 構成府県市で定めた目標値

又は

- = 国のエネファーム普及目標台数[台]*1
 - × 各構成府県の将来世帯数[世帯]*2/ 全国の将来世帯数[世帯]*2

②各構成府県の市町村別エネファーム普及予測台数(按分値)[台]

- = 各構成府県のエネファーム普及予測台数[台] × 各市町村の世帯数[世帯]*3 × 各構成府県の将来世帯数比率*4/ 各構成府県の将来世帯数[世帯]*2
- *1…「水素・燃料電池戦略ロードマップ」平成31年3月12日改訂、水素・燃料電池戦略協議会
- *2…「日本の世帯数の将来推計(都道府県別推計)」(2014年4月推計)国立社会保障・人口問題研究所 2030年の世帯数推計値
- *3…平成29年1月1日時点
- *4…各構成府県の将来世帯数(2030年) / 現在世帯数(平成29年1月1日時点)

資料5 サプライチェーン別の水素単価、二酸化炭素(CO₂)排出削減量の試算

1 サプライチェーンコスト及び CO2 排出量試算の考え方

想定した4つのサプライチェーンの想定モデルについて、以下の算定方法に基づき水素単価や CO_2 排出量削減効果を試算した。

①水素単価算定方法

水素単価 [円/Nm³] = 供給拠点単価*1 + 国内輸送単価*2 + 受入施設単価*3

- *1:供給拠点単価[円/Nm²]…供給拠点に係る年間コスト[円/年]/水素供給量[Nm²/年]
 - 1) 海外輸入水素荷揚供給拠点施設(液化水素、MCH) の場合 プラント引渡しコスト(水素基本戦略における 2030 年頃の目標値) を含む(下表参照)。
 - 2) 再生可能エネルギー発電を活用した水素製造拠点の場合 再生可能エネルギー発電施設付近で水電解による水素製造を行う場合は、それに使用する 再生可能エネルギー電力の購入費用を含む。購入費用は将来の再生可能エネルギー発電コ ストを用いる(下表参照)
- *2:国内輸送単価[円/Nm³]…国内輸送に係る年間コスト[円/年]/水素需要量[Nm³/年]
- *3:受入施設単価[円/Nm³]…受入施設に係る年間コスト[円/年]/水素需要量[Nm³/年]
- *4:年間コスト
 - = 固定費 (イニシャルコスト*5/耐用年数、またはイニシャルコスト×年経費率) +変動費 (電気・ガス・燃料等の年間費用) +人件費
- *5: イニシャルコスト…各サプライチェーンで考慮した設備の建設・導入コストの合計。 コストは、国や研究機関、企業等で公表されている情報およびヒアリング情報を基に設定。 水素ステーション等 2030 年頃の目標値があるものについては、その値を用いた(下表参照)。

表 資5-1 算定に使用した将来のコスト目標

X X · · · · · · · · · · · · · · · · · ·				
項目	目標	現況値		
プラント引渡しコスト	30 円/Nm³ *6	参考: ~100 円/Nm³ (ステーション水素価格)		
水素ステーション建設コスト	2 億円* ⁷	4~5 億円(2014 年)*7		
再生可能エネルギーによる水素製造時の 水電解装置建設コスト 電解効率	26 万円/Nm³/h 3.9kWh/Nm³ *8	100 万円/Nm³/h 5. 0kWh/Nm³ *8 (2017 年)		
再生可能エネルギー発電コスト 太陽光 風力	7円/kWh 8~9円/kWh *9	17.7円/kWh 15.8円/kWh *9 (2017年実績)		

- *6:「水素基本戦略」(再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議、平成29年12月26日)
- *7:「水素基本戦略の策定・規制見直しの必要性について」
- *8:「水素社会実現に向けた戦略の方向性」(経済産業省 資源エネルギー庁など、平成29年8月24日)
- *9:「再生可能エネルギーの主力電源化に向けた今後の論点〜第5次エネルギー基本計画の策定を受けて〜」 (資源エネルギー庁、2018年8月29日)

コスト試算で考慮した設備は表 資5-2のとおり。

表 資5-2 コスト試算で考慮した設備

項目		設備
	液化水素	液化水素タンク、気化器
供給拠点	МСН	MCHタンク・トルエンタンク、 脱水素器・PSA (受入施設で脱水素する場合は除外)
	再工ネ水素	水電解装置 (再エネ発電施設付近で水素製造する場合のみ)
国内輸送		パイプライン (圧縮機含む)、ローリー、トレーラー
	液化水素	液化水素タンク、気化器、 水素ステーション (液化水素タンク、気化器を含む)
受入施設	МСН	MCHタンク・トルエンタンク、脱水素器・PSA (供給拠点で脱水素する場合は除外)、水素ステーション
	再工ネ水素	水電解装置 (受入施設付近で水素製造する場合のみ)、 水素ステーション

[※] 各設備設置に有する土地代はコスト試算に見込んでいない。

②CO₂排出量算定方法

2030 年頃にはサプライチェーン毎の各アプリケーションの燃料が CO_2 フリー水素に代替されると想定して、供給拠点、輸送・貯蔵、利用の全体での CO_2 排出量を試算した。

CO₂排出量= (供給拠点、輸送・貯蔵、利用(アプリケーション利用時含む)の各工程での) 年間エネルギー及び燃料使用量 × CO₂排出係数

化石燃料を使用している従来方法における CO_2 排出量においてはアプリケーション利用時の年間エネルギーおよび燃料使用量で試算した。

(備考)

- i MCHの脱水素にかかる熱量はすべて都市ガスで賄うとした。
- i 水素基本戦略では、水素コスト低減に向けた方策として、海外の安価な未利用エネルギーと二酸化炭素回収・貯留 (CCS) との組合せ、または、安価な再生可能エネルギーから水素を大量に調達するアプローチを基本としている。このことから、将来の海外輸入水素については「 CO_2 フリー水素」と仮定して、その水素を用いて日本に海上輸送し、荷揚げ以降を CO_2 排出量の算出対象とした。

表 資 5 - 3 CO₂排出係数

項目	数値	単位	
電力	0.37	kg-CO ₂ /kWh	
都市ガス	51. 22	g-CO ₂ /MJ	
輸入液化天然ガス	2.7	kg-CO ₂ /kg-LNG	
軽油	2, 580	kg-CO ₂ /kL-軽油	
ガソリン 2,320 kg-C0 ₂ /kL-ガソリ		kg-CO₂/kL-ガソリン	
A重油 2,710 kg-CO ₂ /kL-1		kg-CO ₂ /kL-重油	

2 モデルケースによるサプライチェーン毎の試算

想定した4つの需要地について、以下のとおり、水素の供給拠点や輸送方法等を組み合わせたモデルケースを設定し、水素単価や CO_2 排出削減量を試算した。

①荷役施設近傍の工業地帯等への水素供給(サプライチェーン I)

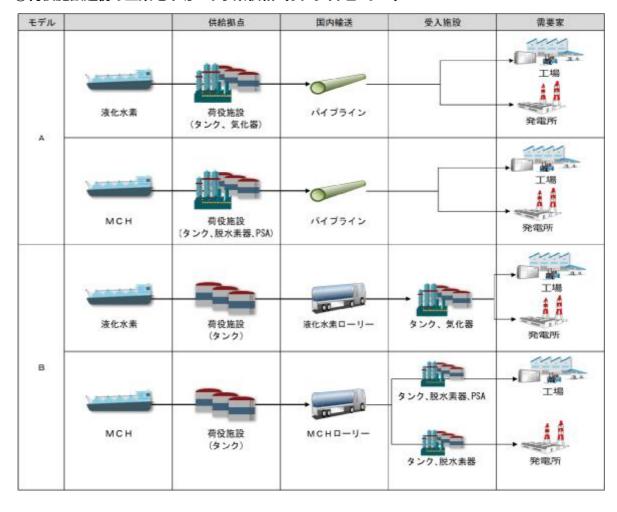


表 資 5 - 4 荷役施設近傍の工業地帯等への水素供給(サプライチェーン I)の検討ケース

	供給拠点/形態	国内輸送	水素消費量	導入アプリケーション
A1	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/液化水 素(基地で気化)	パイプライン	12.4万 t/年	
A2	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/MCH(基 地で脱水素)	<i>N</i> 4 <i>J J</i> 14 <i>J</i>	○商用発電所 1か所 12.2万t/年	○商用発電所 (水素混焼ガス タービン発電機) 発電機出力: 370 万 kW ¹ 水素混焼率: 30% ^{*2}
B1	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/液化水 素 (需要地で気化)	液化水素ローリー	○工場 6か所2,040t/年〔1工場あたり340t/年〕純水素型FC:334t/年	 ○工場〔1工場あたり〕 純水素型 FC: 1 MW³ FCFL: 9台*⁴ 水素充填設備: 1 箇所
B2	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/MCH(需 要地で脱水素)	MCH ローリー	FCFL:6t/年	小水儿条战 州 ,1回川

[※] 輸送距離…10km

表 資 5-5 水素単価及びCO₂削減量の試算結果(サプライチェーン I)

	A 1	A 2	В 1	В 2
	A I	A Z	D I	DΖ
供給拠点	液化水素→気化	MCH→脱水素	液化水素	МСН
輸送	パイプ	パイプライン		MCH ローリー
需要地	_		液化水素→気化	MCH→脱水素
水素単価	31 円/Nm³	31 円/Nm³	35 円/Nm³	34 円/Nm³
CO ₂ 削減量 (削減率)	85万t-CO ₂ /年 (11%)	64万t-CO ₂ /年 (8%)	88万t-CO ₂ /年 (11%)	67万t-CO ₂ /年 (9%)

※従来方法での CO₂排出量:779万t-CO₂/年

^{*1} 姫路エリアと堺・泉北エリアの平均

^{*2} 実証事業の混焼試験実績

^{*3} 堺臨海部のエネルギー事業者以外の工場の自家発電設備の平均3,000kW。その1/3を純水素型FCに更新。

^{*4} フォークリフト18台中、5割に燃料電池フォークリフト (FCFL) を導入

②工業団地・物流拠点への水素供給(サプライチェーンⅡ)

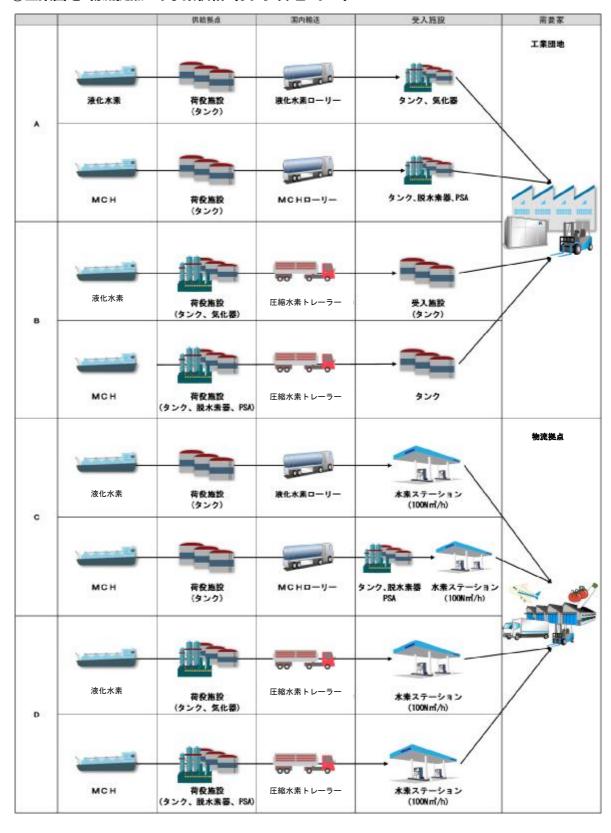


表 資5-6 工業団地・物流拠点への水素供給(サプライチェーンⅡ)の検討ケース

	供給拠点/形態	国内輸送	水素消費量	導入アプリケーション	
A1	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/液化水 素 (需要地で気化)	液化水素ローリー			
A2	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/MCH(需 要地で脱水素)	MCH ローリー	○工業団地 (工場 8か所) 2,720t/年	○工場〔1工場あたり〕 純水素型 FC:1MW ¹	
B1	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/液化水 素(基地で気化)	圧縮水素トレーラー	〔1 工場あたり 340t/年〕 純水素型 FC: 334t/年 FCFL: 6t/年	FCFL: 9 台* ² 水素充填設備: 1 箇所	
B2	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/MCH(基 地で脱水素)				
C1	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/液化水 素 (需要地で気化)	液化水素ローリー			
C2	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/MCH(需 要地で脱水素)	MCH ローリー	○物流拠点 (中央卸売市場) 7 6 t/年	FCFL: 75 台*3 FC トラック: 80 台*4	
D1	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/液化水 素(基地で気化)	圧縮水素トレーラー	FCFL: 47t/年 FC トラック: 29t/年	水素ステーション: 1箇所	
D2	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/MCH(基 地で脱水素)	江州八米ドレーノー			

※ 輸送距離…150km

- *1 堺臨海部のエネルギー事業者以外の工場の自家発電設備の平均3,000kW。その1/3を純水素型FCに更新。
- *2 フォークリフト18台中、5割に燃料電池フォークリフト (FCFL) を導入
- *3 フォークリフト150台中、5割に燃料電池フォークリフト (FCFL) を導入
- *4 4,000台中、2%にFCトラックを導入

表 資 5 - 7 水素単価及びCO₂削減量の試算結果(サプライチェーンⅡ)

【工業団地】

	A 1	A 2	В 1	В 2
供給拠点	液化水素	МСН	液化水素→気化	MCH→脱水素
輸送	液化水素ローリー	MCH ローリー	圧縮水素	トレーラー
需要地	液化水素→気化	MCH→脱水素	_	
水素単価	39 円/Nm³	42 円/Nm³	53 円/Nm³	56 円/Nm³
CO ₂ 削減量 (削減率)	21 千 t-CO ₂ /年 (98%)	16 千 t-CO ₂ /年 (75%)	20 千 t-CO ₂ /年 (90%)	15 千 t-CO ₂ /年 (68%)

※従来方法での CO₂排出量: 22 千 t-CO₂/年

【物流拠点】

	C 1	C 2	D 1	D 2	
供給拠点	液化水素	MCH	液化水素→気化	MCH→脱水素	
輸送	液化水素ローリー	MCH p-1)-	圧縮水素	トレーラー	
需要地	液化水素→気化	MCH→脱水素	MCH→脱水素 —		
水素単価	84 円/Nm³	88 円/Nm³	82 円/Nm³	84 円/Nm³	
CO ₂ 削減量 (削減率)	0.4 千 t-CO ₂ /年 (98%)	0.3千t-CO ₂ /年 (68%)	0.4 千 t-CO ₂ /年 (94%)	0.3千t-CO ₂ /年 (65%)	

※従来方法での CO₂排出量: 0.5 千 t-CO₂/年

③観光地等への水素供給(サプライチェーンⅢ)

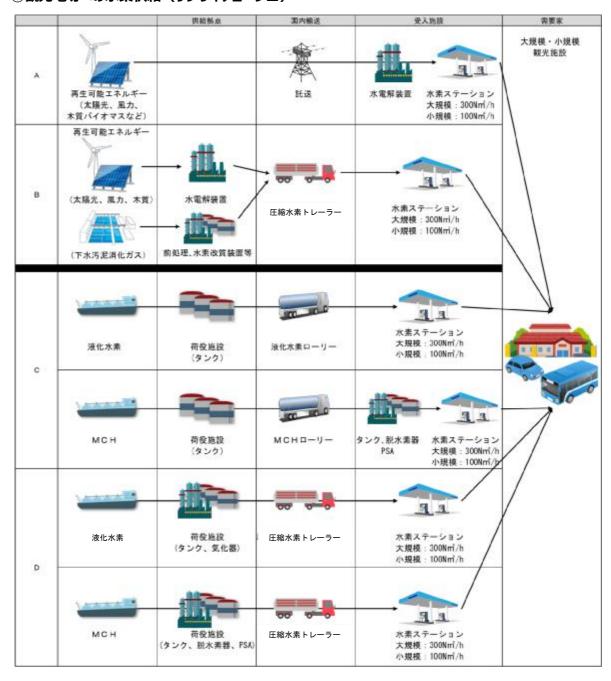


表 資 5-8 観光地等への水素供給(サプライチェーン皿)の検討ケース

	供給拠点/形態	国内輸送	水素消費量	導入アプリケーション
А	再生可能エネルギー を活用した水素製造 拠点一太陽光発電 (需要地で水素製造)	系統電力で託送		
В	○大規模観光エリア 再生可能エネ水素製造 拠点 一太陽光発電 (B1) ○小規模観光施設 再生可能エネ水素製造 再生可能エネ水製造 再生所した水素製造 一を活用した水素製造 一大陽光発電 (B2) 一下水汚泥消化ガス (B3)	圧縮水素トレーラー	 ○大規模観光エリア (観光名所集積エリア) 255t/年 FC 路線バス:157t/年 FC 観光バス:64t/年 FCV タクシー:52t/年 ○小規模観光施設 (道の駅等の単体施設) 11t/年 	 ○大規模観光エリア (観光名所集積エリア) 1 地域 FC 路線バス:32 台*1 FC 観光バス:14 台/年*2 FCV (タクシー) :130 台*3 水素ステーション :1 箇所 ○小規模観光施設 (道の駅等の単体施設) 純水素型定置用 FC :3.5kW×1 基
C1	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/液化水 素(需要地で気化)	液化水素ローリー	純水素型定置用 FC : 0.5t/年 FC 路線バス:8t/年	. 3. 3 kW 1 を FC 路線バス: 3 台*4 FC 観光バス来場数 : 80 台/年*5 FCV 来場数
C2	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/MCH(需 要地で脱水素)	MCH ローリー	FCW・9 1t/年 : 3	: 3,500 台/年 ^{*6} 水素ステーション : 1 箇所
D1	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/液化水 素(基地で気化)	「焼やましょ。こ		
D2	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/MCH(基 地で脱水素)	圧縮水素トレーラー		

※ 輸送距離…150km

- ※ 下水汚泥消化ガスを活用した水素製造 (B3) については、1 拠点での水素製造可能量を水素需要が下回る「小規模観光施設」の場合のみ検討
- *1 エリア内路線バス800台中、4%にFCバスを導入
- *2 観光バス保有台数350台中、4%にFCバス導入
- *3 エリア内法人タクシー6,500台中、2%にFCV導入
- *4 観光ルート巡回バス(1路線)を走行するバス3台すべてにFCバス導入
- *5 年間観光バス来場数2,000台中、4%にFCバス導入
- *6 年間自動車来場数176千台/年中、2%にFCV導入

表 資 5 - 9 水素単価及びCO₂削減量の試算結果(サプライチェーンIII)

【大規模観光施設】

	A	В 1	C 1	C 2	D 1	D 2
供給拠点	再エネ電力 (太陽光)	再エネ電力 (太陽光) →水電解	液化水素	MCH 液化水素 →気化		MCH →脱水素
輸送	託送	圧縮水素 液化水素 hレーラー MCH ローリー		圧縮水素トレーラー		
需要地	電力 →水電解	_	液化水素 →気化	MCH →脱水素	_	
水素単価	63 円/Nm³	72 円/Nm³	51 円/Nm³	60 円/Nm³	65 円/Nm³	69 円/Nm³
CO ₂ 削減量 (削減率)	1.5 千 t-C0 ₂ /年 (100%)	1.4 千 t-C0 ₂ /年 (89%)	1.5 千 t-C0 ₂ /年 (97%)	1.0 千 t-C0 ₂ /年 (67%)	1.3 千 t-C0 ₂ /年 (86%)	0.9 千 t-C0 ₂ /年 (57%)

※従来方法での CO₂排出量:1.5 千 t-CO₂/年

【小規模観光施設】

	A	В 2	В 3	C 1	C 2	D 1	D 2
供給拠点	再エネ電力 (太陽光)	再エネ電力 (太陽光) →水電解	再エネ電力 (下水汚泥) →水電解	液化水素	МСН	液化水素 →気化	MCH →脱水素
輸送	託送	圧縮水	素トレーラー	液化水素 ローリー	МСН п-リー	圧縮水素トレーラー	
需要地	電力 →水電解	-	_	液化水素 →気化	MCH →脱水素	_	
水素単価	253 円/Nm³	406 円/Nm³	581 円/Nm³	380 円/Nm³	337 円/Nm³	303 円/Nm³	309 円/Nm³
CO ₂ 削減量 (削減率)	68t-CO ₂ /年 (100%)	61t-CO ₂ /年 (89%)	61t-CO ₂ /年 (89%)	66t-CO ₂ /年 (97%)	47t-CO ₂ /年 (69%)	59t-CO ₂ /年 (86%)	40t-CO ₂ /年 (58%)

※従来方法での CO₂排出量:68t-CO₂/年

④新規開発エリアへの水素供給(サプライチェーンIV)

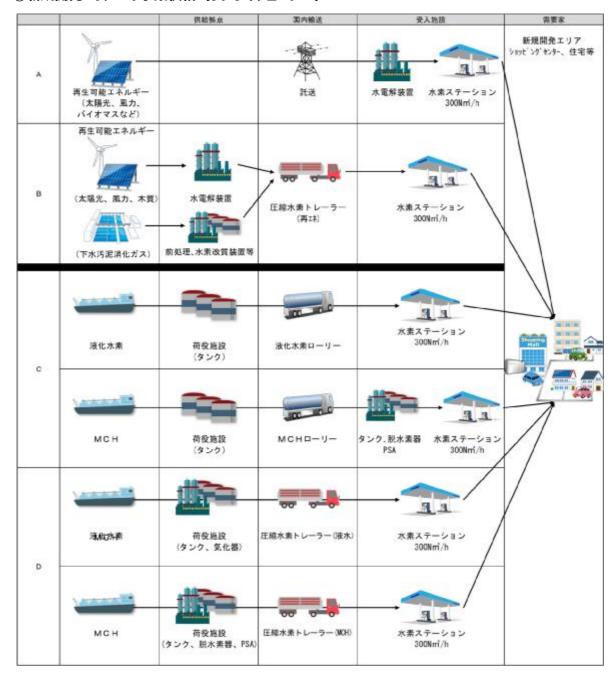


表 資 5-10 新規開発エリアへの水素供給(サプライチェーンⅣ)の検討ケース

	供給拠点/形態	輸送・貯蔵	水素消費量	導入アプリケーション
А	再生可能エネルギー を活用した水素製造 拠点—太陽光発電	系統電力で託送	約 270 t/年 ○ショッピングセンター	○ショッピングセンター 1 か所 施設面積: 16,200 m²*1 純水素型定置用 FC
В	再生可能エネルギー を活用した水素製造 拠点—太陽光発電	圧縮水素トレーラー	180t/年 純水素型定置用 FC : 94t/年 水素ステーション	: 100kW×2 基 水素ステーション : 1箇所 ○病院 1か所
C1	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/液化水 素 (需要地で気化)	液化水素ローリー	: 86t/年 ○病院 純水素型定置用 FC : 67t/年	施設面積: 6,000 ㎡ ^{*2} 純水素型定置用 FC : 100kW×2 基 ○ホテル 1 か所
C2	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/MCH(需 要地で脱水素)	МСН ローリー	○ホテル 純水素型定置用 FC : 17t/年	施設面積: 5,000 ㎡ ^{*3} 純水素型定置用 FC : 50kW×1 基
D1	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/液化水 素(基地で気化)	下烧点 丰 1 1 2 2	○集合住宅純水素型定置用 FC: 4t/年○戸建住宅	○集合住宅 1 棟 (60 戸) 純水素型定置用 FC :700W×30 基* ⁴ 水素充填設備: 1 箇所
D2	海外輸入水素荷揚供 給拠点施設/MCH(基 地で脱水素)	圧縮水素トレーラー	純水素型定置用 FC :4t/年	○戸建住宅 30 戸 純水素型定置用 FC : 700W×30 基

※ 輸送距離…150km

- ※ 下水汚泥消化ガスを活用した水素製造については、1拠点での水素製造可能量を水素需要が上回るため 検討から除外
- *1 圏域内のショッピングセンターの平均
- *2 圏域内で最も多い病院規模(75床程度)
- *3 圏域内のビジネスホテルの平均(108室)
- *4 2戸で1基使用

表 資 5-11 水素単価及びCO₂削減量の試算結果(サプライチェーンIV)

	А	В	C 1	C 2	D 1	D 2
	Λ	Б	CI	0.2	DI	D 2
供給拠点	再エネ電力 (太陽光)	再エネ電力 (太陽光) →水電解	液化水素	мсн	液化水素 →気化	MCH →脱水素
輸送	託送	生		MCH p-1)-	圧縮水素トレーラー	
需要地	電力 →水電解	_ 液化水素 MCH _ →気化 →脱水素		_	_	
水素単価	63 円/Nm³	71 円/Nm³	50 円/Nm³	56 円/Nm³	64 円/Nm³	67 円/Nm³
CO ₂ 削減量 (削減率)	2.5 千 t-CO ₂ /年 (100%)	2.3 千 t-CO ₂ /年 (91%)	2.4 千 t-CO ₂ /年 (98%)	1.9 千 t-CO ₂ /年 (78%)	2.2 千 t-CO ₂ /年 (91%)	1.8 千 t-CO ₂ /年 (72%)

※従来方法での CO₂排出量: 2.5 千 t-CO₂/年

資料 6 規制見直しの状況

表 資 6-1 規制見直し項目 (平成29年規制改革実施計画)

		該当法規※				中规则以中央他们国	H30 年度
	項目	高	労	消	道	実施時期	末の状況
	水素スタンドにおける保安台帳の廃止 の検討	0				H29 年度検討開始、H30 年度に結 論を得次第措置	H30 年度 措置済
	水素スタンドにおける販売主任者の選 任の合理化の検討	0				H29 年度検討開始、H30 年度に結 論を得次第措置	H30 年度 措置済
	保安検査方法の緩和	0				H30 年度までに、業界団体等の保 安検査方法が策定され次第速や かに検討・結論・措置	H30 年度 措置済
	保安監督者に必要な経験要件の合理化	0				H29 年度検討開始、H30 年度に結 論を得次第措置	検討中
	水素スタンドにおける微量漏えいの取 扱いの見直し	0				H29 年度検討開始、H30 年度結論	H30 年度 措置済
	充てん容器等における直射日光を遮る 措置の見直し	0				H29 年度検討開始、H30 年度に結論を得次第速やかに措置	H29 年度 措置済
	充てん容器等が外気温の影響で 40℃ を超えたときの扱いの周知	0				H29 年度措置	H29 年度 措置済
	充てん容器への散水設備の設置を義務 づける基準は無いことの周知	0				H29 年度措置	H29 年度 措置済
水素ステー	貯蔵量が 300 ㎡未満で処理能力が 30 ㎡/日以上の第2種製造事業者である水素スタンドの貯蔵に係る技術基準の見直し	0				H29 年度検討開始、H31 年度上期 結論・措置	検討中
-ション	設計係数 3.5 の設計に係る圧力制限の 撤廃	0				H29 年度検討開始、H30 年度結 論、結論を得次第速やかに措置	H30 年度 措置済
	保安監督者が複数スタンドを兼任した 場合の保安体制	0				H29 年度検討開始	検討中
	水素スタンド設備の遠隔監視による無 人運転の許容	0		0		(高)H29 年度検討開始。 (消)高圧法上の措置がされ次第 速やかに検討開始	検討中
	水素出荷設備に係る保安統括者等の選 任の緩和	0				H29 年度検討開始	検討中
	一般家庭等における水素充てんの可能 化	0				H29 年度検討開始	検討中
	3.5 よりも低い設計係数での保安規制 等の検討	0				H29 年度検討開始	検討中
	水素スタンド設備に係る技術基準の見 直し	0				H31 年度までにリスクアセスメ ントを実施、当該結果を踏まえ 検討・結論	検討中
	水素特性判断基準に係る例示基準の改 正等の検討	0				新たな判断基準が示され次第速 やかに検討	検討中
	防爆機器の国内検定を不要とする仕組 みの活用		0			H29 年度検討開始、H31 年度結 論・措置	検討中

表 資 6-1 (つづき) 規制見直し項目 (平成29年規制改革実施計画)

	項目	該当法規※			中水叶型	H30 年度	
	垻 日	高	労	消	道	実施時期	末の状況
	型式承認等に要する期間短縮	0				H29 年度検討開始、H30 年度結論・措置	H30 年度 措置済
	燃料電池自動車用高圧水素容器の再検 査時の傷の補修についての見直し	0				H29年度検討開始、H30年度結論	H30 年 措置済
	燃料電池自動車用高圧水素容器の標章 方式の緩和	0				H29 年度検討開始、H30 年結論・ 措置	H30 年 措置済
	容器等製造業者登録の更新の見直し	0				H29年度検討開始、H30年度結論	H30 年度 措置済
	水素貯蔵システムの型式の定義の適正 化	0				H29 年度検討開始、H31 年までに 結論	検討中
	充てん可能期間中の容器を搭載してい る燃料電池産業車両用電源ユニットの リユースの許容	0				H29 年度検討開始、H31 年度結論	検討中
F C	水素充てん時の車載容器総括証票等の 確認の不要化等	0			0	H29 年度検討開始	継続フォロー
V	燃料電池自動車用高圧水素容器の品質 管理方法の見直し	0				H29 年度検討開始	H30 年 措置済
	燃料電池自動車用高圧水素容器に係る 特別充てん許可の手続の簡素化	0				H29 年度検討開始	検討中
	車載用高圧水素容器の開発時の認可の 不要化	0				H29 年度検討開始	検討中
	燃料電池自動車に関する事務手続の合 理化	0			0	H29 年度検討開始	検討中
	会社単位での容器等製造業者登録等の 取得	0				H29 年度検討開始	検討中
	燃料電池自動車用高圧水素容器の充て ん可能期間の延長	0				H29 年度検討開始	検討中
	燃料電池自動車販売終了後の補給用タ ンクの供給	0				必要なデータ等が示された場合 には、検討開始	検討中

※該当法規…高:高圧ガス保安法、労:労働基準法、消:消防法、道:道路輸送車両法

その他法制度上の課題は以下のとおりである。

表 資 6-2 その他法制度上の課題

液化水素	・輸送車両が危険物搭載車両とされ、600kg 超を積載する場合は水底トンネルや 5 kmを超えるトンネルは通行できない。(道路法)
MCH及びトルエン	・輸送車両が危険物搭載車両とされ、400 L以上を積載する場合は水底トンネルや 5 kmを超えるトンネルは通行できない。(道路法) ・圧縮工程以降の高圧整備の処理量が 30㎡/日以上の場合、水素ステーション内で脱水素装置と高圧設備との保安距離を 20m以上とする必要があり、水素ステーションの敷地面積が大きくなる要因となる。 (消防法) ・水素ステーションの建築そのものが工業地域と工業専用地域に限定される可能性が高い。(建築基準法)