

各地で広がる水素社会への取り組み

水素を酸素と反応させて発電し、エネルギーとして利用する「水素社会」への動きが広がっている。エネルギー消費段階でCO₂を出さず、貯めたり運んだりできることが、エネルギーとしての水素の利点である。

燃料電池自動車（FCV）や家庭用燃料電池（エネファーム）を事業者が主体となって普及するほか、自治体とも連携し、地域ぐるみで「ミニ」水素社会を実現する取り組みも広がっている。

2019年4月



株式会社 旭リサーチセンター

主席研究員 長谷川 雅史

まとめ

◆運輸部門（FCV）と家庭部門（エネファーム）で水素をエネルギー利用

水素社会とは、水素をエネルギーとして利用する社会、あるいは、日常の生活や産業活動で水素を利活用する社会である。燃料電池（Fuel Cell）は、水素と酸素を反応させて電気エネルギーを取り出す発電装置である。

燃料電池を搭載したFCVは、走行中に排気ガスやCO₂を排出しないクリーンな自動車である。家庭用燃料電池（エネファーム）は、都市ガスを改質して水素を取り出して発電し、そのときに発生する熱でお湯を沸かして給湯するので、省エネルギーになる。

これまでは水素は工業用途、産業分野で利用されてきた。工業用途で製造・利用していた水素を、地域社会のエネルギーとして利用する動きもある。（P. 1～5）

◆水素の利点はクリーンで、貯蔵・運搬が可能で、地球上に大量に存在すること

水素をエネルギーとして利用する段階では、CO₂などの温室効果ガス（GHG）や窒素酸化物などの有害物質は排出されない。水素は二次エネルギーで、再生可能エネルギーで水を電気分解して水素をつくることもでき、貯蔵・運搬もできる。水素は水やほかの元素との化合物のかたちで地球上に大量に存在する。日本は化石燃料の多くを中東に依存するが、水素の利活用はエネルギー供給構造の多様化につながる。（P. 6～9）

◆地域ごとに工業用途の水素、再生可能エネルギー由来の水素の利用を図る取り組み

事業者主体でFCV、エネファームの普及を図るほか、地域ぐるみで水素社会に取り組む動きも広がっている。コンビナートなど製造業が集積した地域では、これまで工業用途で利用していた水素を、地域のエネルギーとして利用しようとしている。風力や太陽光など再生可能エネルギーが豊富な北海道、東北などでは、CO₂フリーのクリーンなエネルギー利用に取り組んでいる。大都市圏では、FCVやエネファームの普及促進、水素ステーションの整備など利用局面に重点を置いている。

今後、各地で「ミニ」水素社会が立ちあがってくるだろう。（P. 10～15）

目 次

1	水素をエネルギーとして利用する水素社会	2
1.1	燃料電池は水素と酸素でエネルギーを発生させる	2
1.2	運輸部門と家庭部門で始まる水素のエネルギー利用	3
1.3	水素は産業分野では年間 150 億 Nm ³ が利用されている	5
2	なぜ、水素をエネルギーとして利用するのか	6
2.1	水素の利点（3-1）：クリーンなエネルギー	6
2.2	水素の利点（3-2）：貯蔵・運搬が可能	7
2.3	水素の利点（3-3）：エネルギー供給構造を多様化できる	8
3	水素社会に向けた各地での取り組みを概観する	10
3.1	地域で広がる水素エネルギー利用の構想・計画	10
3.2	水素を工業用途からエネルギーとしての利用に拡大	11
3.3	再生可能エネルギーからの CO ₂ フリー水素を活用	12
3.4	大都市圏ではエネルギー消費地としての水素利用の促進	14
	おわりに	15
	参考：海外の水素エネルギー利用	16
(1)	欧州では自動車やバスに加え、FC 鉄道の試行が始まる	16
(2)	米国では商用モビリティで FC 利用が進む	17
(3)	中国と韓国も FCV、水素ステーション整備の目標を掲げる	18

はじめに

2020年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会を契機として、日本は、水素社会の構築に向けた環境・エネルギー技術を世界に示そうとしている。

水素社会とは、水素をエネルギーとして利用する社会、あるいは、日常の生活や産業活動で水素を利活用する社会である。東京オリ・パラでは、競技場周辺などに水素ステーションを配置し、水素をエネルギーとする燃料電池バスや燃料電池自動車（FCV）で選手や観客を運び、選手村に水素パイプラインを巡らせる姿がイメージされている。



(資料) 東京都 <http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/topics/h29/topi010.html>

2017年12月に発表された「水素基本戦略」などでは、水素社会は実現に向けて3つの段階を経ると見通されている。フェーズ1は、現在普及途上にあるFCVや定置用燃料電池など、水素のエネルギー利用を大きく広げる段階である。フェーズ2では2030年頃に発電事業に水素を本格導入し、フェーズ3は2040年頃に再生可能エネルギーを活用して水素を製造し、CO₂フリーの水素供給システムを確立する段階とされている。フェーズ1の水素利用拡大については、家庭用燃料電池（エネファーム）やFCV、水素ステーションについて下記目標が掲げられている。

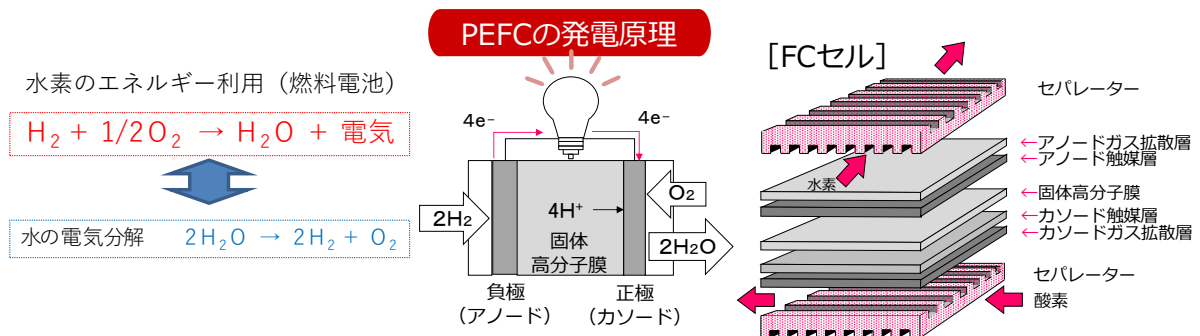
	2016～17年	2020年	2030年
エネファーム (台)	220,000	—	5,300,000
FCV (台)	2,000	40,000	800,000
水素ステーション (カ所)	100	160	900

本レポートのほか、「燃料電池自動車FCV—その普及に向けた取り組みと今後の展望—」「家庭用燃料電池（エネファーム）の現状と展望」とあわせて、水素利用の現状を概観し、目標に向け水素利用が拡大するのか、考えてみたい。

1 水素をエネルギーとして利用する水素社会

1.1 燃料電池は水素と酸素でエネルギーを発生させる

家庭用燃料電池（エネファーム）や燃料電池自動車（FCV）では、燃料電池（Fuel Cell）によって、水素をエネルギーとして利用している。燃料電池は、水素と酸素を反応させて電気エネルギーを取り出す発電装置である。学校の理科の実験などで、水を電気分解すると水素と酸素が得られるが、燃料電池はその逆の反応を利用している。



燃料電池は、電解質層の両側に水素と酸素が通る電極があり、水素は電極表面にある触媒によって水素イオン（H⁺）と電子に分かれる。電子は外部回路を通過して反対側の電極に移動し、その際、電気エネルギーが生まれる。水素イオンは電解質層を通過して反対側の電極に移動し、触媒の働きにより空気中の酸素と反応し、水となる。この反応を起こす構造体がセル（Cell）、セルが積み重ねられたものはFCスタックと呼ばれる。

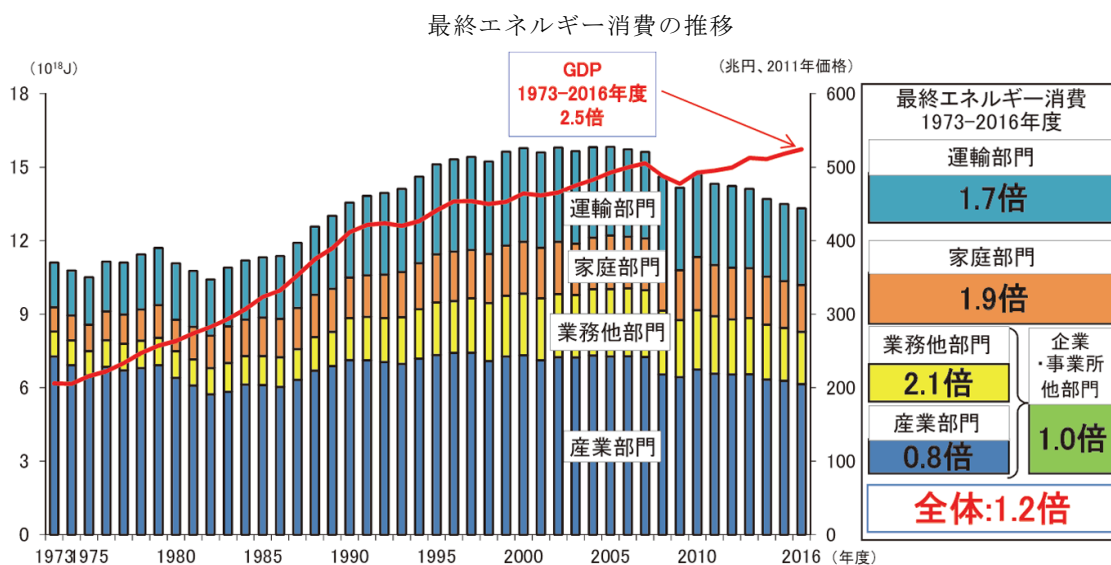
燃料電池は大きく4種類あり、FCVに利用されている燃料電池は固体高分子形燃料電池（PEFC）である。PEFCは動作温度が低く、短時間で温まることが、発進や停止を繰り返す自動車向きとされている。反応を起こす触媒の白金の使用量削減やより安価な材料を触媒とする研究も進められている。エネファームではPEFCのほか、固体酸化物形燃料電池（SOFC）もある。SOFCはより高い温度で動作し、温める時間がかかるものの燃料の利用効率が高く、高温の排熱を熱源として使えるメリットがある。

主な燃料電池の種類

	固体高分子形 (PEFC)	リン酸形 (PAFC)	熔融炭酸塩形 (MCFC)	固体酸化物形 (SOFC)
電解質	イオン交換膜	リン酸	熔融炭酸塩	ジルコニア系セラミックス
動作温度	常温～90℃	150～200℃	650～700℃	750～1000℃

1.2 運輸部門と家庭部門で始まる水素のエネルギー利用

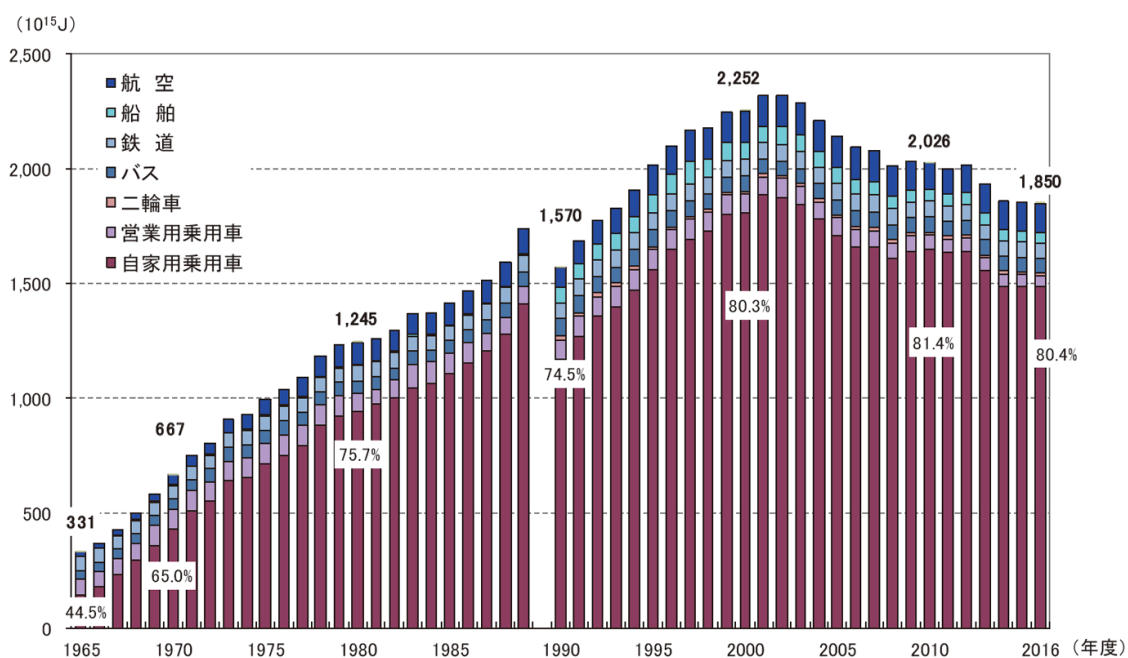
日本のエネルギー利用状況を、2018年11月に発表された総合エネルギー統計速報でみると、2017年度の最終エネルギー消費は2016年度からほぼ横ばいの13,382PJ（ペタジュール）となっている。部門別の構成では、産業が約45%、業務他が約15%、運輸が約25%、家庭が約15%となっている。第一次石油ショックの1973年度から2016年度までのエネルギー消費動向をみると、産業が0.8倍と消費量を減らしたのに対し、運輸は1.7倍、家庭は1.9倍とエネルギー消費が増えている。



運輸部門のエネルギー消費は旅客と貨物に分類され、旅客が全体の約15%、貨物が約10%を占めている。旅客部門のエネルギー源の約75%が乗用車に使われるガソリンである。1970年代以降の乗用車の普及、モータライゼーションの進展が、運輸部門のエネルギー消費を押し上げたことは間違いない。また、エネルギー起源CO₂排出量では運輸部門は約20%を占めている。

運輸部門で水素をエネルギーとして利用するのが、燃料電池を搭載したFCVである。電気自動車（EV）同様、走行中に排気ガスやCO₂を排出しないクリーンな自動車として、日本では、2014年にトヨタがMIRAI、2016年にホンダがCLARITY Fuel Cellを上市している。海外ではドイツ・ダイムラーや韓国・現代自動車もFCVを上市しており、乗用車以外にバス、トラック、フォークリフトなどでも燃料電池の利用が始まっている。

運輸・旅客部門の機関別エネルギー消費の推移



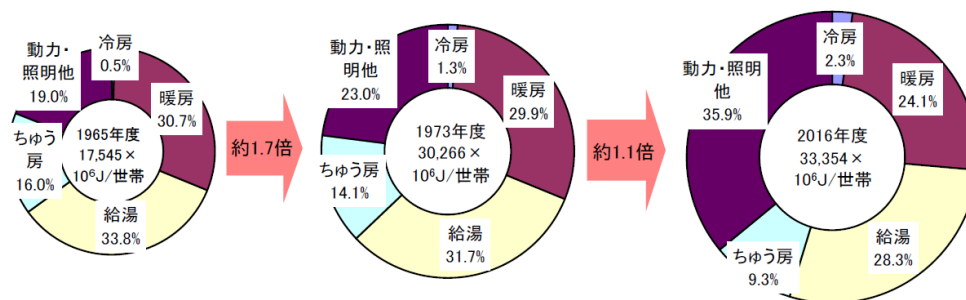
(資料) 資源エネルギー庁「エネルギー白書 2018」

<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2018html/2-1-2.html>

家庭部門のエネルギー消費は、冷房、暖房、給湯、厨房、動力・照明他（家電機器の使用等）の5用途に分類される。家電機器が普及、大型化、多様化し、エアコンが普及するなか、2016年度の家庭部門のエネルギー消費の内訳は動力・照明他が約36%、給湯が約28%、暖房が約24%、厨房が約9%、冷房が約2%となっている。

家庭部門で水素をエネルギーとして利用するのが家庭用燃料電池、エネファームである。エネファームは、都市ガスを改質して水素を取り出して燃料電池で発電し、そのときに発生する熱でお湯を沸かして給湯する。電気と熱のコージェネレーションシステムとして、電気は電気、ガスはガスで別々に消費するより、省エネルギーになる。

世帯当たりのエネルギー消費原単位と用途別エネルギー消費の推移



(資料) 資源エネルギー庁「エネルギー白書 2018」

<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2018html/2-1-2.html>

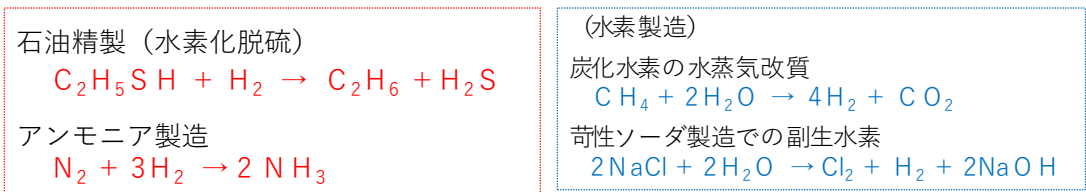
1.3 水素は産業分野では年間 150 億 Nm³ が利用されている

水素社会は水素をエネルギーとして利用するが、これまでは水素は工業用途、産業分野で利用されてきた。

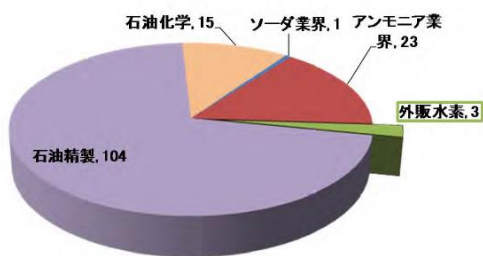
これまで産業分野では、水素は石油コンビナートで原油の硫黄分を取り除く精製工程や、水素に空気中の窒素を固定するアンモニア製造などで利用されてきた。利用される水素の量は年間約 150 億 Nm³ で、約 3/4 は石油精製において利用されている。利用される水素の多くは、コンビナートの製造プロセスなどで生産される。石油精製やナフサ分解・エチレン製造時に水素が発生するほか、食塩分解により苛性ソーダを製造する際にも水素が発生する。また、天然ガスの水蒸気改質によっても水素は発生する。

工業用途の水素はコンビナート内での製造・利用が主で、外部に販売される量は年間約 3 億 Nm³ である。多くは、半導体や光ファイバーなどの還元用として必要とされる高純度の水素として、天然ガスを改質して製造された水素が利用されている。

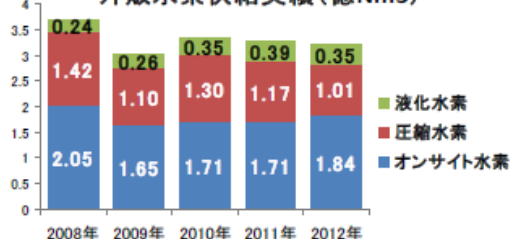
現在、各地で広がる水素社会に向けての取り組みにおいても、従来、工業用途で製造・利用していた水素を、地域社会のエネルギーとして利用しようとする動きもある。



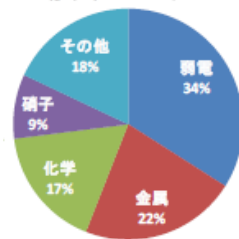
国内における工業用水素利用（単位：億 Nm³/年）



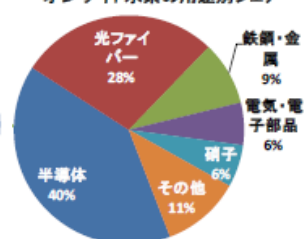
外販水素供給実績 (億Nm³)



圧縮水素の用途別シェア



オンサイト水素の用途別シェア



(資料) 資源エネルギー庁

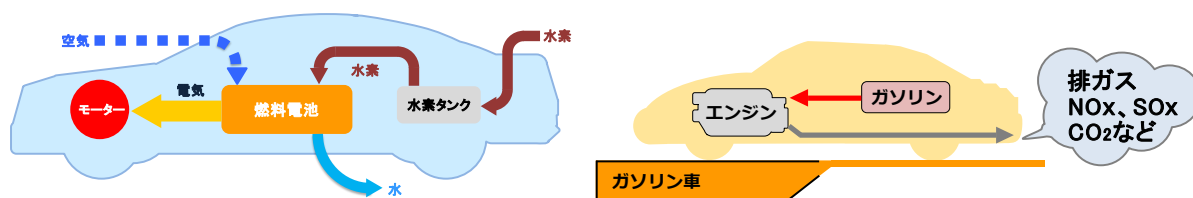
https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy/suiso_nenryodenchi/suiso_nenryodenchi_wg/pdf/005_02_00.pdf

2 なぜ、水素をエネルギーとして利用するのか

2.1 水素の利点（3-1）：クリーンなエネルギー

日本の一次エネルギー国内供給の約 90%は、石油、石炭、天然ガス（LNG）など化石燃料が占めている。化石燃料をエネルギーとして利用すると、CO₂をはじめ温室効果ガス（GHG）が発生する。2016年度の日本の GHG 排出量は 13 億 700 万トンであり、そのうちエネルギー起源が約 86%を占めている。

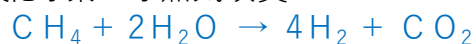
こうしたなか、水素をエネルギーとして電気や熱に変えて利用する段階では、CO₂などの GHG や窒素酸化物などの有害物質は排出されない。水素を酸素と反応させて電気を発生させる燃料電池では、GHG は排出されず、排出されるのは水だけである。



日本は、GHG 排出量削減について、2016 年に国連に提出した「自国が決定する貢献（NDC）」に基づき、2030 年度において、2013 年度比 26%減（2005 年度比 25.4%減）を目標としている。その実現に必要な CO₂ 排出削減量は全体で 3.1 億トンであり、実現に向けては、革新的技術の開発・普及などイノベーションによる解決を最大限に追求するとしている。そのイノベーションの有力な選択肢が水素社会である。

もともと、水素は利用する段階では GHG が発生しないが、水素を製造する過程では GHG が排出されることがある。たとえば、天然ガスを水蒸気改質して水素をつくる場合は、水素とともに CO₂ が発生する。

炭化水素の水蒸気改質



水の電気分解



一方、水を電気分解して水素をつくる場合は、CO₂ は発生しない。ただし、水を電気分解する電力自体が化石燃料由来であれば、発電の段階で CO₂ が発生する。電力自体を CO₂ の発生しない太陽光や風力など再生可能エネルギーにすれば、発電から水素利用までトータルで CO₂ フリーの水素社会となる。

さらに、化石燃料から水素をつくる場合は CO₂ が発生するが、二酸化炭素回収・貯留 (CCS : Carbon dioxide Capture and Storage) と組み合わせれば、これも CO₂ フリーのエネルギー利用が可能となる。

2.2 水素の利点 (3-2) : 貯蔵・運搬が可能

水素は電気と同様、二次エネルギーである。一次エネルギーとは、石油や石炭、天然ガスなど自然界から採取して利用されるエネルギーである。それら一次エネルギーである化石燃料を燃焼させて発電することや、天然ガスを改質したり水を電気分解したりして水素をつくることは、二次エネルギーになる。

二次エネルギーである電気は、大量貯蔵が難しい。たとえば、太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーが拡大するなか、季節や時間帯によって電力供給が過剰になる問題が顕在化している。供給過剰となった電力を蓄電池として貯蔵することも選択肢である。しかし、2018 年秋に九州電力で発生した再生可能エネルギーの出力抑制は、揚水発電の活用や他地域への供給に加え、現在、九州電力が持っている蓄電池 (容量 : 40 万 kWh) を活用しても、電力需給バランスをとることが難しかったため生じた。

供給過剰となった再生可能エネルギーによる電力を、蓄電して貯蔵するほかに、水を電気分解して水素をつくり、その水素を貯蔵することも有力な選択肢となる。

水素は 15~20MPa の圧力で 150~200 分の 1 に圧縮すると高圧の水素ガスとしてシリンダーやボンベで貯蔵・運搬でき、また、水素を -253℃ の超低温で液化すると体積が 1/800 に小さくなり、トレーラー 1 台あたり最大 3.6 万 m³ を貯蔵・運搬できる。

高圧の水素ガスや液化水素のほか、パイプラインによる運搬もある。さらに、水素とトルエンの触媒反応で容積が約 1/500 のメチルシクロヘキサン (MCH) にする有機ハイドライドや、水素と窒素からなるアンモニア、水素を取り込む性質のある金属を使った水素吸蔵合金、水素を産業活動で排出される CO₂ と反応させるメタン化など、水素を貯蔵・運搬する水素キャリアの研究開発が進んでいる。

再生可能エネルギーの導入比率が 35% を超えるドイツでは、北部で風力発電が多く立地する一方、電力需要は南部で多い。送電線を新たに設置することには環境やコスト

の問題が指摘され、余剰となる再生可能エネルギー由来の電気で作るパワー・トゥ・ガス（Power to Gas : P2G）の取り組みが進んでいる。

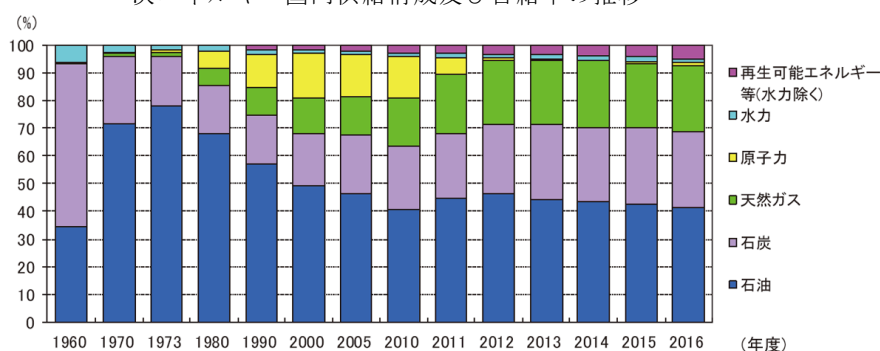
また、2045年までに電力をすべて再生可能エネルギーとする法律が2018年9月に成立した米国カリフォルニア州では、蓄電池の取り組みが盛んである。現時点では、再生可能エネルギーを蓄電するか、水素にするかの帰趨はまだ見えていない。

2.3 水素の利点（3-3）：エネルギー供給構造を多様化できる

水素は、地球上で単体（水素分子=H₂）の状態ではほとんど存在しないが、水やほかの元素との化合物のかたちで地球上に大量に存在する。水は水素と酸素の化合物で、電気分解すれば水素が得られる。石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料は、水素と炭素を主成分とする化合物である。これらの化合物から水素を取り出すことで、水素をエネルギーとして利用することが可能になる。

日本では、1970年代の石油ショックを経て、原油価格の高騰や石油供給断絶の不安を経験して以降、エネルギー供給を安定化させるため、石油依存度を低減させ、原子力、天然ガス、石炭などの導入が推進された。現在、一次エネルギー国内供給に占める石油の割合は約40%、石炭約25%、天然ガス約25%、水力・再生可能エネルギーが約10%となっている。

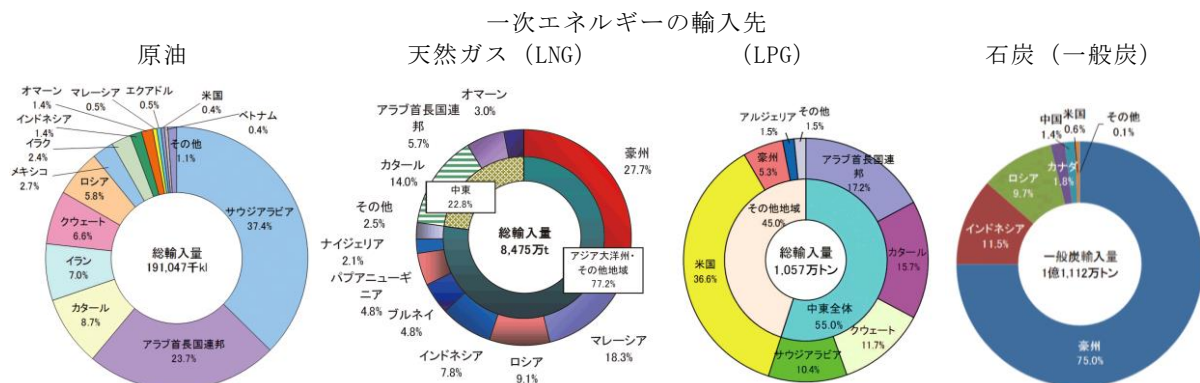
一次エネルギー国内供給構成及び自給率の推移



(資料) 資源エネルギー庁「エネルギー白書2018」
<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2018html/2-1-1.html>

しかし、この間、エネルギーの自給率は大きく低下し、原子力発電が停止した2012年以降は10%を切り、石油ショック時代並みの水準にまで低下している。原油輸入は

サウジアラビアやアラブ首長国連邦等の中東からが 80%以上で、天然ガスも輸入先の約 20%は中東である。



(資料) 資源エネルギー庁「エネルギー白書 2018」

<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2018html/2-1-3.html>

原油や天然ガスの輸入、海上輸送の過程では、地政学的リスクの高いホルムズ海峡や海賊行為が頻発するマラッカ海峡などの要衝（チョークポイント）を通過する。このことも、日本のエネルギー供給が抱える課題と指摘されている。

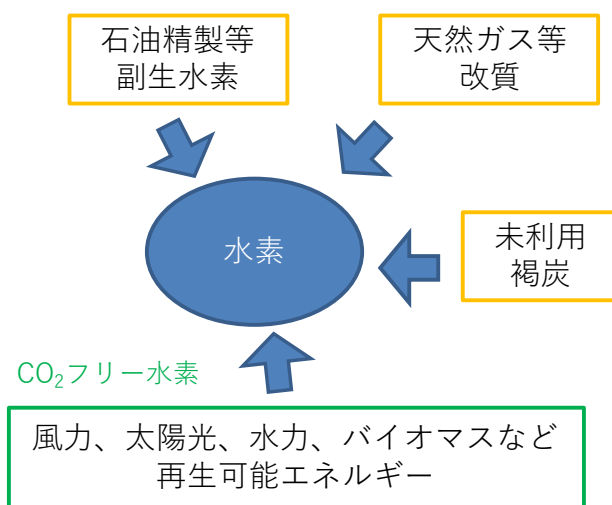
日本国内で太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーが拡大し、再生可能エネルギーによる水電解で水素をつくれれば、エネルギー自給率の向上につながる。また、海外の低コストの未利用化石資源と CCS を組み合わせて水素エネルギー利用を図れば、海外の供給源・調達先は中東への依存度が低下する。現在、オーストラリアにある未利用の褐炭と CCS を組み合わせて、水素として利用するプロジェクトも進行している。



原油 (2013年)	ホルムズ依存度	81%
	マラッカ依存度	83%
天然ガス (2013年)	ホルムズ依存度	25%
	マラッカ依存度	34%

(資料) 資源エネルギー庁

<http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/tyousakouhou/kyouikuhukyu/fukukyouzai/sk/3-3.html>



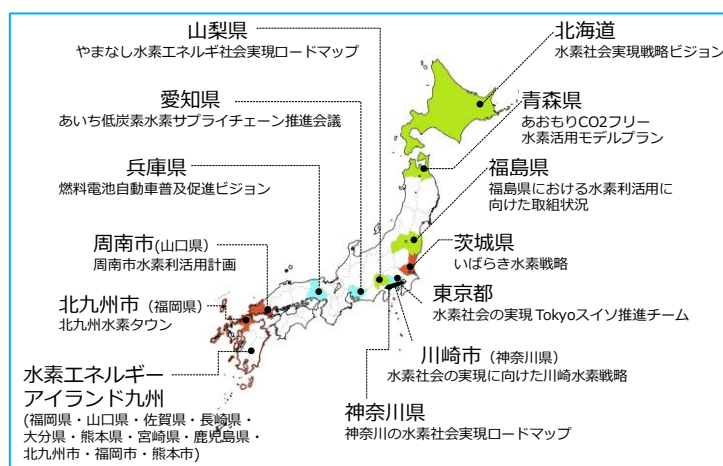
3 水素社会に向けた各地での取り組みを概観する

3.1 地域で広がる水素エネルギー利用の構想・計画

燃料電池自動車（FCV）の普及は、2020年の目標4万台に対して2,839台（2018年10月現在）となっている。水素ステーションでは、2020年の目標160カ所に対して100カ所となっている。一方、家庭用燃料電池（エネファーム）は27万台が普及している（2030年目標530万台）。いずれも事業者が主体となり、普及促進されている。

一方、環境省「地域連携・低炭素水素技術実証事業」では、事業者が地方自治体と連携して行う、水素社会の実現に向けた実証事業が展開されている。トヨタが横浜市と連携して、風力発電でつくられた水素を地域の倉庫、工場内の燃料電池フォークリフトで利用する事業や、エア・ウォーターや東芝が北海道の自治体と組み、再生可能エネルギー由来の水素を地域内施設の定置用燃料電池で利用する事業などがある。

また、地方自治体側でも、茨城県の「いばらき水素戦略」や川崎市の「水素社会の実現に向けた川崎水素戦略」、福岡県の「福岡水素エネルギー戦略会議」など、地域ぐるみで水素のエネルギー利用に取り組む動きが広がっている。



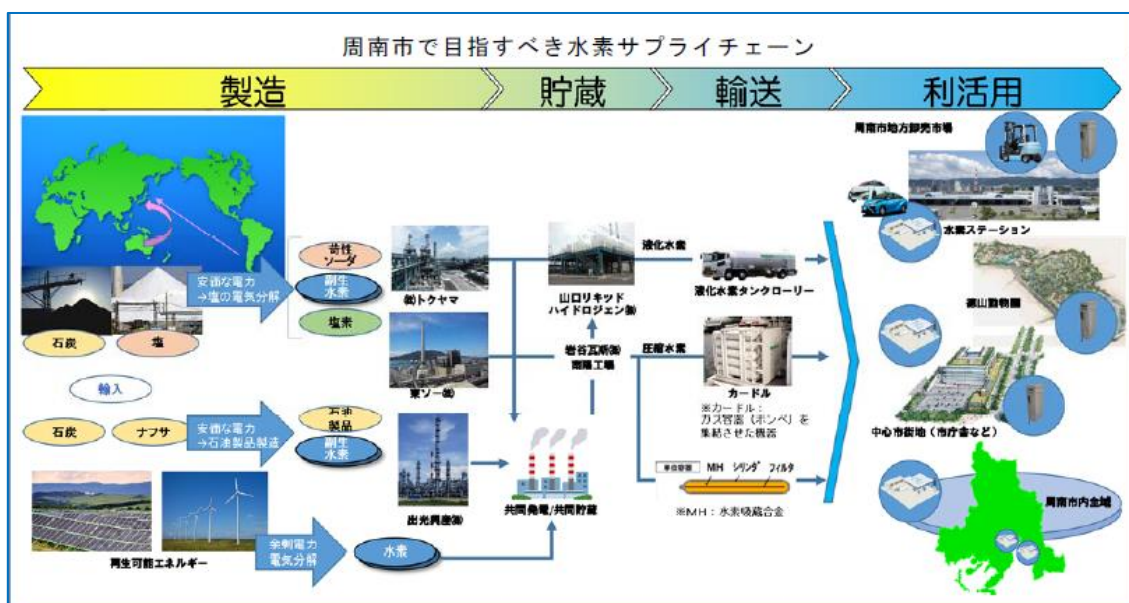
各地の取り組み状況を見ると、

- ① これまで工業用途で水素を利用していた地域でエネルギー利用に取り組む
 - ② 再生可能エネルギーと水素利用をあわせて推進する
 - ③ FCV や水素ステーション、エネファームなどの普及を推進する
- の3つに大別できそうで、主な事例をみてみたい。

3.2 水素を工業用途からエネルギーとしての利用に拡大

コンビナートなど製造業が集積した地域では、これまで工業用途で利用していた水素を、地域のエネルギーとして利用する取り組みが行われている。

山口県周南市ではトクヤマ、東ソーなどの化学工場から大量に水素が副生され、自社工場で燃料や原料として利用されるほか、外販用の圧縮水素や液化水素も製造されている。周南市では水素ステーションを整備して、卸売市場や市場周辺の公共施設や倉庫などで燃料電池フォークリフトを活用したり、定置用燃料電池で発電し、電力として利用しようとしている。また、パイプラインを敷設し、水素を工場地区から動物園のあるエリアや中心市街地に運び、FCV や定置用燃料電池としての活用に取り組んでいる。



(資料) 周南市水素利活用計画 https://www.city.shunan.lg.jp/uploaded/life/11238_15461_misc.pdf

北九州市では、新日鐵住金八幡製鉄所で発生する水素を、パイプラインを敷設して住宅地域の燃料電池まで運び、一般家庭の水素利用につなげる取り組みを行っている。

堺市では、三井化学のアンモニア製造や石油精製・製油所が集積し、全国の工業用水素の1割が消費され、液化水素製造では国内三大拠点の一角を占めるとして、水素社会構築のロードマップを作成している。

このほか、臨海部のコンビナートで全国の約1割に当たる副生水素が発生している大分市、鉄鋼や石油化学産業が集積する鹿島臨海工業地域を抱える茨城県などが、副生水素を利用した水素社会を構想している。

3.3 再生可能エネルギーからのCO₂フリー水素を活用

一方、太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーによって、水を電気分解して水素を発生させ、その水素をエネルギーとして利用すれば、水素製造プロセスでもCO₂は発生せず、CO₂フリーのクリーンなエネルギー利用が実現する。

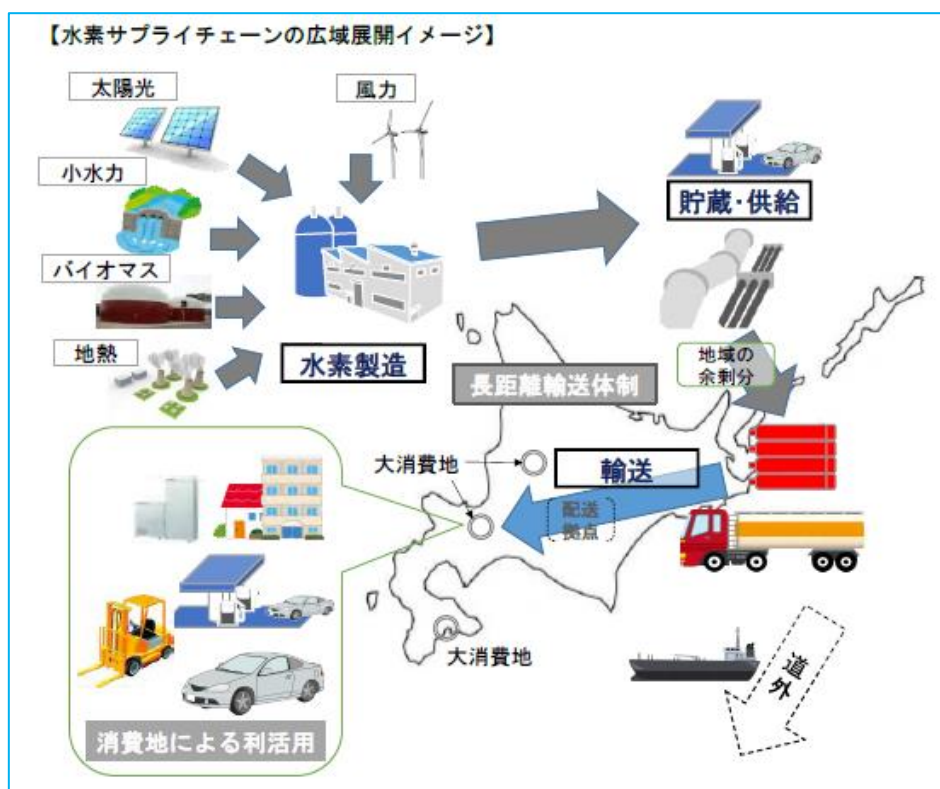
福島県では復興の柱となる「再生可能エネルギー先駆けの地」に向け、福島新エネ社会構想が進められている。構想では、再生可能エネルギーの最大限の導入拡大を図るとともに、再生可能エネルギーから水素を「つくり」、「貯め・運び」、「使う」、未来の新エネルギー社会実現に向けたモデル創出が目指されている。福島沖には世界最大級7,000kWの浮体式洋上風力発電の事業化が目指されているほか、阿武隈、双葉エリアの風力発電からの電気を送る送電線の増強や県内バイオマス資源活用のための実証実験が進んでいる。こうした再生可能エネルギーから、2020年までに世界最大級の1万kW規模で水素をつくる実証実験が始まっており、水素ステーション整備、FCVやFCバス、FCフォークリフトの導入支援策も手厚く用意されている。また、福島でつくられた水素は、五輪開催地の東京まで運ばれ、活用される見込みである。



(資料) 福島新エネ社会構想 http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/fukushima_vision/

北海道では、太陽光、地熱が道東、風力が道北や日本海側に多く賦存するなど、再生可能エネルギーは全国トップクラスのポテンシャルを有しているとして、この優位性

を活かした水素の利用を進めようとしている。鹿追町では、家畜ふん尿由来のバイオガスの改質により得られる水素を、水素ガスボンベにより輸送し、町内の酪農施設や公共施設などに設置した定置用燃料電池に供給している。苫前町では、風力発電を活用して水素を製造し、有機ハイドライドとして貯蔵、輸送し、町内施設に設置した定置用燃料電池に供給している。また、白糠町内の庶路ダムに小水力発電施設を設置して得られる電気により水素を製造し、高压水素トレーラーや水素カードルにより輸送し、地元の酪農施設や温水プールに設置した定置用燃料電池に供給している。



(資料) 北海道における水素社会実現に向けた取組 <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/tot/suiso/hokkaido.htm>

このほか、青森県ではむつ小川原地域が、多くの風力発電が稼働し、大規模のメガソーラーが立地する再生可能エネルギーの集積地となっている。今後の再生可能エネルギー導入拡大で発生が予想される余剰電力を有効活用し、水素社会に対応した先進モデルを構築・展開する「あおもり CO₂フリー水素活用モデルプラン」をまとめている。

現在、日本の再生可能エネルギー導入の先進地域である九州では、工業地域での副生水素活用を目指す大分市が、日本でも有数の大規模な太陽光発電施設が集積しており、再生可能エネルギー由来の CO₂フリー水素の活用にも取り組んでいる。

3.4 大都市圏ではエネルギー消費地としての水素利用の促進

人口が集中する大都市圏では、FCV やエネファームの普及促進、水素ステーションの整備など利用局面に重点を置いた水素社会を構想している。

東京都では、FCV 導入には国の補助額の 1/2 を補助、FC バスには国の補助額を上回る補助を行うほか、水素ステーションには整備費用のほか運営費や土地賃借料にも補助を用意している。2020 年の東京オリンピック・パラリンピックに向けて、FCV は 6,000 台、FC バスは 100 台以上、水素ステーションは FCV が 15 分で到達できるよう 35 ヲ所を整備する。選手村地区にはパイプラインを敷設し、水素ステーションから各街区に水素を移送し、各街区に設置された燃料電池から建物に電気と熱を供給する計画である。2017 年 11 月には約 100 団体で構成する「Tokyo スイソ推進チーム」が発足し、官民一体となった普及啓発活動が展開されている。

神奈川県でも FCV や水素ステーション、家庭用燃料電池（エネファーム）の普及目標を掲げ、FCV 購入や水素ステーション整備のほか燃料電池フォークリフト導入にも補助を用意している。また、太陽光発電でつくった CO₂フリー水素を供給する「神奈川県再エネ水素ステーション」では、FCV ハイヤーの時間貸しも行われている。

埼玉県では「燃料電池自動・水素ステーション普及構想」をまとめ、FCV 導入への補助を用意している。県庁敷地内にスマート水素ステーションを開設し、燃料電池を搭載したトラック（車載式燃料電池）を、各種イベント等の電源車として活用している。

愛知県は、県内市町村や民間企業と「あいち FCV 普及促進協議会」を構成し、FCV の初期需要の創出に不可欠となる水素ステーションの着実な整備に向け、愛知県水素ステーション整備・配置計画を策定している。また、大阪府や兵庫県などでも、FCV の普及や水素ステーションの整備について目標を掲げている。

年	全国	東京	神奈川	埼玉	愛知	大阪	兵庫
FCV 2020	40,000	6,000	5,000	6,000	—	—	3,000
2025	200,000	10,000	20,000~ 100,000	—	200,000	17,000	—
2030	800,000	200,000	—	60,000	—	—	25,000
HyST2020	160	35	25	17	—	14	8
2025	320	80	25~30	—	100	28	—
2030	900	150	—	30	—	—	20

(注) HyST：水素ステーション (資料) 経済産業省「水素基本戦略」(2017.12) ほか

おわりに

水素は CO₂ など温室効果ガスを排出せず、クリーンなエネルギーとして期待されている。東京オリンピック・パラリンピックを契機に、水素関連技術を世界にアピールしようと、政府も力が入っている。2017 年末には「水素基本戦略」を策定し、2018 年 10 月には世界初の水素閣僚会議を開催した。2019 年 3 月には「水素・燃料電池戦略ロードマップ」を改定した。6 月の G20 エネルギー・環境大臣会合でも脱炭素化に向けた水素の役割を強調し、水素社会の実現に向けた機運を盛り上げていこうとしている。

水素社会の実現に向けては前途遼遠である。水素基本戦略で掲げられた目標、たとえば 2030 年に FCV80 万台を達成しても、現在の自家用車普及台数 6,000 万台に対して 1%強に過ぎない。家庭用燃料電池（エネファーム）の 2030 年 530 万台は、現在の世帯数 5,340 万世帯の 10%に相当である。FCV が走り回り、水素でエネルギーが賄われている水素社会のイメージは空想、夢想に近いかもしれない。石油、天然ガス、石炭といった化石燃料、太陽光や風力などの再生可能エネルギー、二次エネルギーとしての電気、それらに加えて水素もエネルギーとして一部に使われる、というのが、現実的な姿ではないだろうか。

ただ、水素のエネルギー利用が占めるシェアが日本全体では数%程度としても、地域によってはエネルギーとして有力な位置を占めるかもしれない。水素は、さまざまな一次エネルギーからつくることができ、運搬・貯蔵も可能な二次エネルギーである。災害等の経験を踏まえ、大規模集中型エネルギーシステムからの脱却、分散型エネルギーの必要性が指摘されており、水素のエネルギー利用はそれに相応しい。

全国で 30 以上の都道府県が水素エネルギーの利用に関して研究会や協議会を設けたり、構想や戦略、計画などを策定している。風力や太陽光など再生可能エネルギーが豊富な北海道、東北、九州や、コンビナートなど水素を工業利用してきた関東、近畿、中国、九州などで、多種多様な取り組みが展開されている。

2020～2030 年は、日本全国が一律、水素社会に向かうというより、日本各地でそれぞれの事情にあった「ミニ」水素社会が立ちあがってくるのではないだろうか。

参考：海外の水素エネルギー利用

(1) 欧州では自動車やバスに加え、FC 鉄道の試行が始まる

欧州ではドイツが水素のエネルギー利用を先導している。2009年に政府とダイムラーやエアリキッドなどの自動車メーカー、エネルギー会社をメンバーとした「H2 Mobility」が発足し、水素ステーションを2019年に100カ所、2023年までに400カ所整備する。ドイツをモデルとして、英国やフランス、デンマークなどでも水素ステーションなどのインフラ整備計画が進められている。

ドイツでは、ダイムラーがメルセデス・ベンツのSUV「GLC」をベースにプラグイン型の燃料電池自動車「GLC F-Cell」を開発している。世界初の充電可能な燃料電池自動車で、水素残量が減っても最大50kmのバッテリー走行が可能で、水素ステーションの少ない現状に対応している。また、2018年9月にはフランスのアルストムの開発したFC鉄道「コラディア・アイリント (Coradia iLint)」が北部ニーダーダクセン州で世界初の商用運転を始めた。連続走行可能距離は800km、最高速度は140km/hで、2021年末までに14両が導入される見込みである。Power to Gasの大規模実証計画が進み、製鉄分野でのCO₂フリー水素利用プロジェクト、工業用途でのCO₂フリー水素利用への取り組みも本格化している。

フランスでは水素のエネルギー利用、燃料電池の活用がモビリティ関連で広がっている。自動車・バスに加え、アルストムによるFC鉄道の開発や無人機、船舶への適用例が発表されている。

英国では、バーミンガム、アバディーン等でのFCバス導入計画の発表が相次ぎ、無人機 (Intelligent Energy社) や配送車へのFC適用事例も出てきた。また、天然ガスネットワークの水素転換を探る大規模な実証プロジェクトが発表されたほか、パナソニックが家庭用燃料電池を販売開始している。

オランダでは、アルストムのFC鉄道が試験走行し、ロッテルダム市ではFC電気バスが2台導入されている。また、大規模な水素発電の実証計画が発表されているほか、Power to Gasプロジェクトの発表も相次いでいる。

(2) 米国では商用モビリティでFC利用が進む

米国では、カリフォルニア州内で一定数以上の自動車を販売するメーカーに対し、販売台数の一定比率をゼロエミッションビークル（ZEV：電気自動車（BEV）及び燃料電池自動車（FCV）が該当）とする規制が導入されており、約3,000台（2017年10月末現在）のFCVが普及している。また、水素ステーションについては、カリフォルニア州では2023年までに約100カ所、ニューヨーク州を中心とする北東部では2025年までに110～120カ所が整備される予定である。

カリフォルニア州の助成を得て設置される水素ステーションは、33%に相当する水素供給量を再生可能エネルギー（風力、太陽光、バイオマス等）由来とすることが定められている。また、カリフォルニア州と東海岸地区の7州で、燃料電池自動車を含めたZEVを合計330万台導入するという覚書もかわされており、これら各州が米国のFCV普及を先導している。

最近では、トヨタが、MIRAIのFCスタック2基と12kWhの駆動用バッテリーを採用したFCトラックで、ロサンゼルス港やロングビーチのターミナルを基点に倉庫へ物資を輸送する大型トラック実証事業「プロジェクト・ポータル」を始めている。Kenworthも、FCシステムで充電し、本来30マイルしかない純電動自動車部分の航続距離の延長を可能としたFCトラックを発表して、ロサンゼルス港、ロングビーチでのプロジェクトZECTを実施している。

また、WalmartとAmazonでは、Plug PowerのFCと水素ステーションを採用したFCフォークリフトが配置された。Walmartでは、すでに6,600台のFCフォークリフトが導入されており、今後もさらに増える見込みである（FCフォークリフトはバッテリーフォークリフトと比べて、充電時間が数時間ではなく数分程度に収まり、実稼働時間が確保でき、充電用のスペースの節約にもつながる）。

(3) 中国と韓国も FCV、水素ステーション整備の目標を掲げる

中国では、2016年10月に中国汽车工程学会から「省エネルギー車・新エネルギー車技術ロードマップ」が発表された。FCVの普及目標は2020年頃に5,000台、2025年頃に5万台、2030年頃には100万台と設定され、水素ステーションの整備は2030年頃に1,000カ所以上とされている。自動車メーカーに対しては、新エネルギー自動車の販売比率を一定以上とするよう義務付ける方針で、国内自動車メーカーによる大学や研究機関等との共同での燃料電池車両の開発・実証事業の実施、海外企業による燃料電池スタック製造工場の建設などが行われている。

2017年には上海市が燃料電池自動車発展計画を発表し、2025年にFCVは乗用車2万台、特殊車両1万台、水素ステーションは50カ所との目標を設定している。2018年には広東省・仏山市が新エネルギー自動車発展計画を発表し、FCV部品の研究開発生産基地を建設するとしている。また、湖北省武漢市や江蘇省蘇州市は水素エネルギー産業の発展計画を策定している。

中国では2022年に北京冬季オリンピックが開催される予定で、会場になる河北省張家口市は2020年までにバスやトラック、タクシーを中心にFCVを1,800台導入し、水素ステーション21カ所を整備する計画である。寒冷地に弱いEVではなく、FCVの活用を図る動きである。2018年10月時点で、宇通製FCバスが25台、福田製が49台運行されている。張家口は国家再生可能エネルギーモデル地区に指定され、風力は4万MW、太陽光は3万MWの資源量とされる。豊富な再生可能エネルギー由来の水素の価格は30元/kg(約500円)と一般的な70元/kg(1,100円、日本並み)の半額以下とされる。

韓国では2019年1月、「水素経済活性化ロードマップ」が発表され、FCV生産台数を現在の累計約2,000台から、2025年にはバスやタクシー、トラックを含めて10万台規模に拡大する。2040年には累計620万台とし、うち330万台は輸出する。現在14カ所の水素ステーションも2022年までに310カ所、2040年に1,200カ所を目標とする。

現代自動車も2019年1月に中長期計画「FCECビジョン」を発表、FCV生産能力を現在の年3,000台から2022年までに4万台、2030年までに50万台に引き上げるとしている。

<本レポートのキーワード>

水素、水素社会、燃料電池、FCV、エネファーム、水素ステーション、エネルギー、再生可能エネルギー

(注) 本レポートは、ARC のホームページ (<https://www.asahi-kasei.co.jp/arc/>) から検索できます。

このレポートの担当

主席研究員 長谷川 雅史

お問い合わせ先 03-6699-3095

E-mail hasegawa.mk@om.asahi-kasei.co.jp