

カーボンニュートラルに向けた 経済産業省の水素政策について

2021年6月

経済産業省

資源エネルギー庁

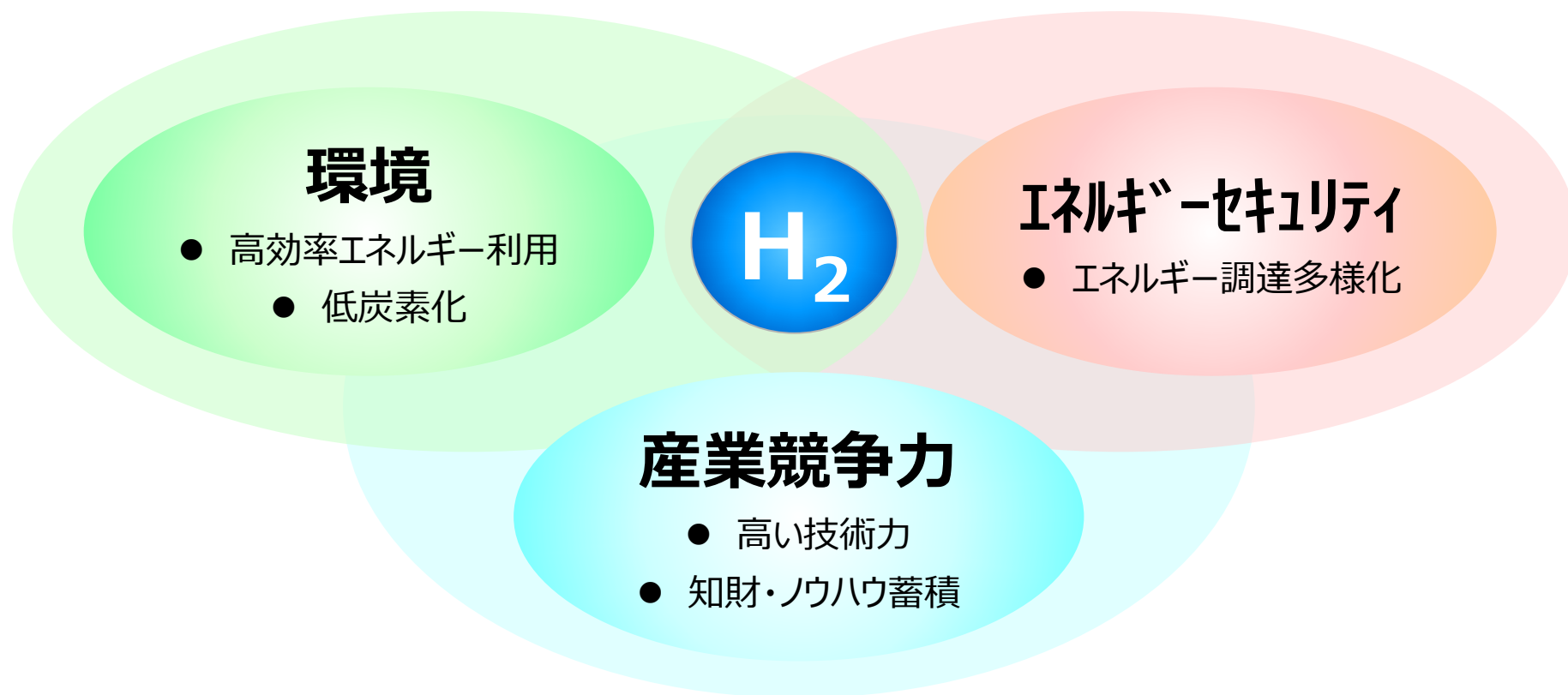
新エネルギーシステム課/水素・燃料電池戦略室

宇賀山 在

水素エネルギー利活用の意義

- 環境とエネルギーセキュリティをともに解決する水素は、日本にとって究極のエネルギーとなり得る。
- 2030年頃までに大規模なグローバルサプライチェーンを構築するとともに、水素製造段階においてもCCSと組み合わせる等によりトータルでCO2フリー化を進め、2050年CO₂80%削減に貢献。
- さらに、日本の燃料電池分野の特許出願件数は世界一位であり、産業競争力強化にも資する。

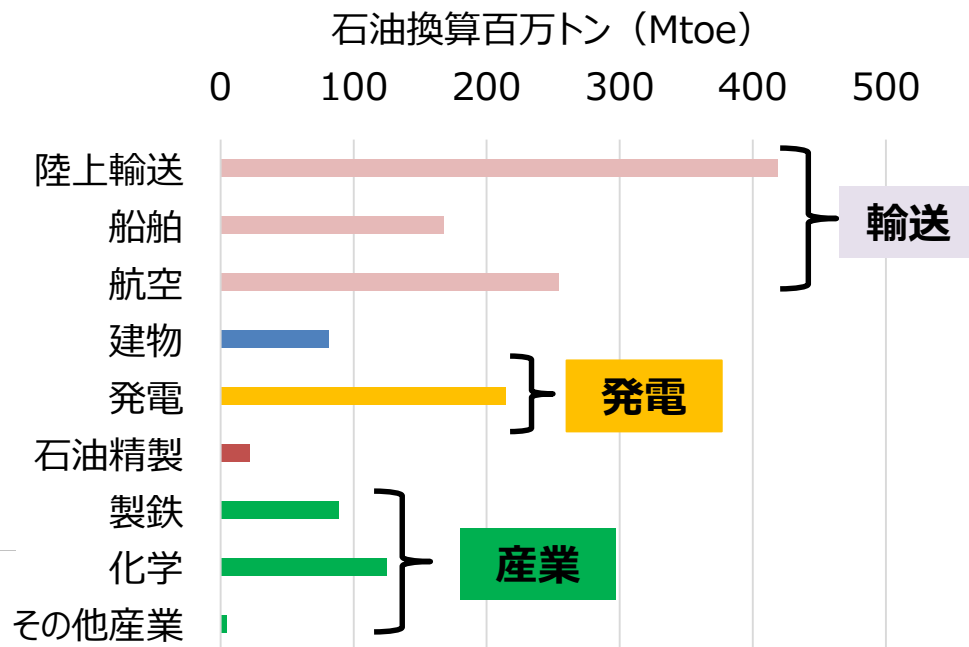
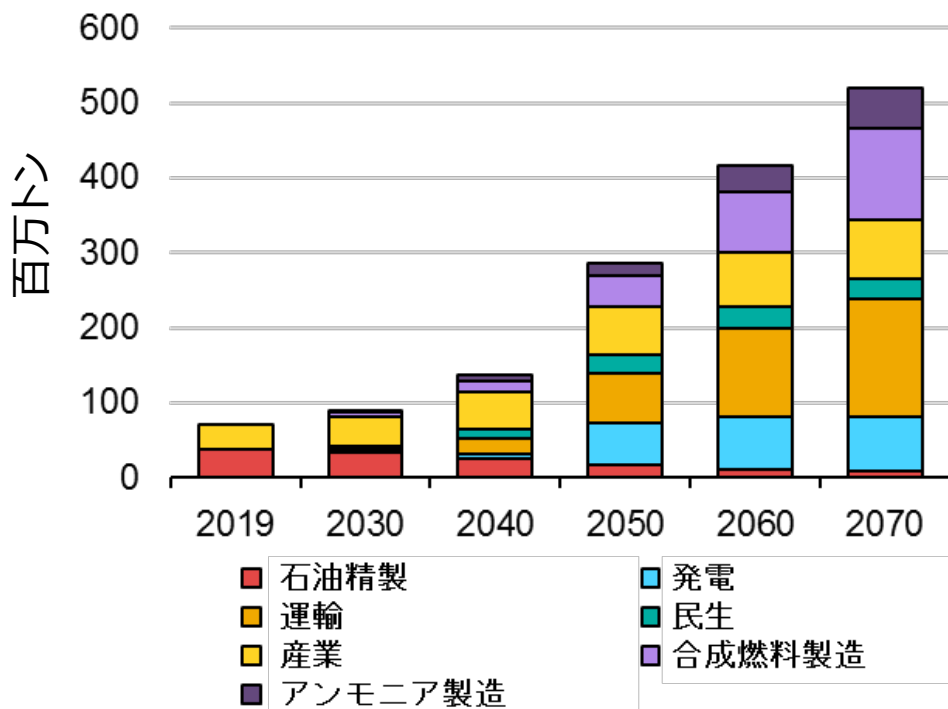
水素エネルギー利活用の3つの視点



パリ協定に整合的なシナリオにおける世界の水素需要予測（需要側）

- IEAはパリ協定を遵守等するシナリオ（SDSシナリオ）においては、2070年にカーボンニュートラルを達成する必要があり、その際の世界の水素需要は約5.2億トン（最終エネルギー消費に占める水素関連シェア:約**13%**）を見込む。
- 特に、電化等による脱炭素化が困難な輸送部門や産業部門に加え、発電部門での水素の大規模実装が重要と考えられている。

IEAによる水素需要の推移と2070年の各部門における水素関連*需要（SDSシナリオ）



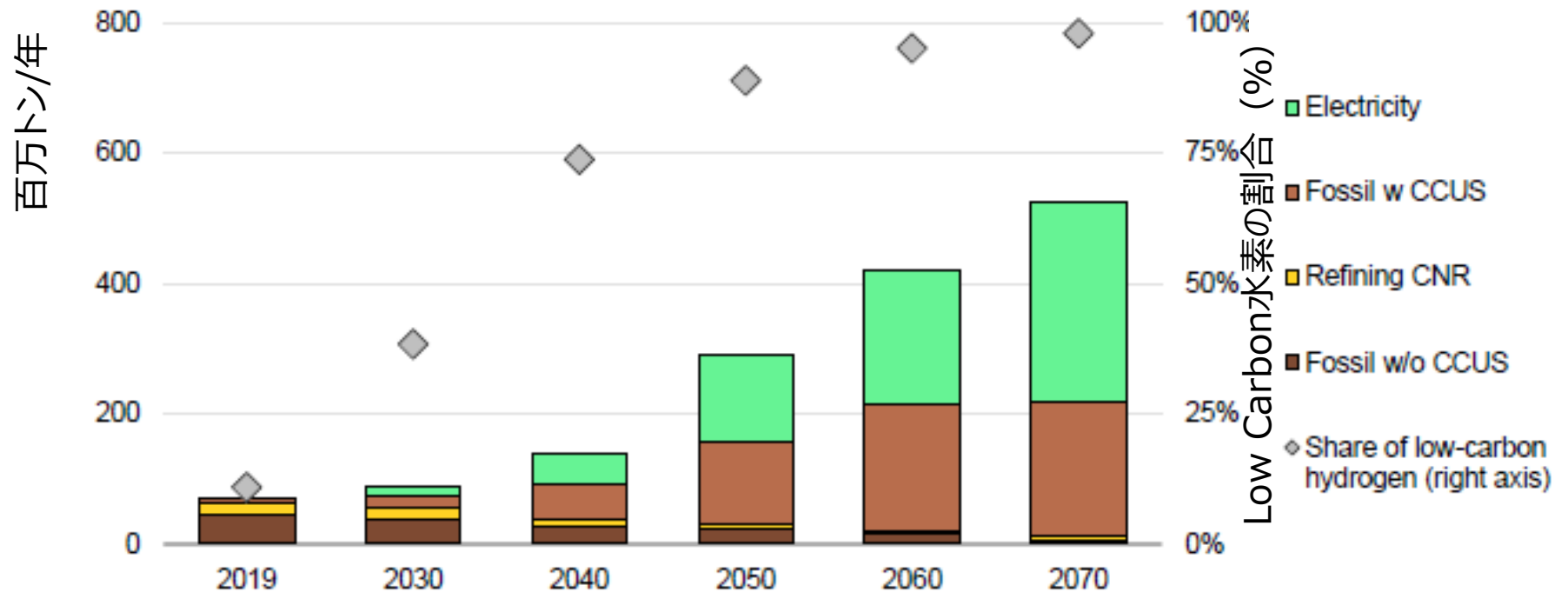
*水素関連：アンモニア、メタネーション等を通じた合成燃料を含む

（出典）IEA, Energy Technologies Perspectives 2020

IEAの世界水素需給予測（供給側）

- IEAのSDSシナリオにおいては、2070年時点では、**再エネ由来水素が約6割、化石燃料由来水素が約4割**となる見込み。2070年時点の水電解装置の総容量は**3300GW**を見込む。
- また、当面（少なくとも今後10年は）は**CCUSを実装しないグレー水素等が供給の大きな割合を占める**ことが予想される。

製造源別の水素製造量の推移（IEAのSDSシナリオ）



IEA 2020. All rights reserved.

Note: CNR = hydrogen as by-product from catalytic naphtha reforming in refineries.

取組の全体像① 水素社会実現に向けた取組

- 再エネ電気、石炭・天然ガスなどあらゆる資源から製造できる。資源の調達先を多様化。
- 燃えるときに排ガスやCO2は出ず、出るのは水だけ。そのため環境にやさしい。
(燃料電池自動車、発電、製鉄等の産業部門など、幅広い分野で利用可能)
- 日本の特許出願件数は世界一であり、技術力で世界をリード。 他方、課題はコスト。

製造

輸送・貯蔵

利用

国内再生可能エネルギー



出典：東芝エネルギーシステムズ（株）

太陽光発電で作った電気を
用いた水素製造の実証

水素ステーションの 整備支援



燃料電池自動車の導入支援



運輸分野

燃料電池の導入支援



民生分野

海外からの水素輸入

豪州の石炭や
ブルネイの天然ガスを用いた
水素製造・
日本への海上輸送の実証



出典：川崎重工業

水素発電の検討



発電分野

産業プロセスでの水素利用・技術開発

製鉄プロセス等における水素利用

産業

取組の全体像② 水素政策の展開について

- 2017年12月に世界初の水素に関する国家戦略を策定し、将来的な水素のコスト目標を設定。
- 2019年3月、ロードマップを改訂し、戦略の実現に向けて目指すべきコスト目標等の深堀を実施。
- 2019年9月、技術開発戦略を策定し、重点的に取り組むべき技術開発3分野10項目を特定。

水素基本戦略

- 2050年を視野に入れたビジョン + 2030年までの行動計画
- 目標：ガソリンやLNGと同程度のコストの実現

(現在: 100円/Nm³ ⇒ 30年: 30円/Nm³ ⇒ 将来: 20円/Nm³)



〈第2回再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議〉

<水素の低コスト化のための3条件>

供給と利用の両面での
取組が必要

【供給側】

【利用側】

- ① **安価な製造** (= 海外褐炭、余剰再エネなどの活用)
- ② 大量に製造・輸送するための**サプライチェーンの構築**
- ③ 大量の利用 (**自動車** ⇒ **発電** / 産業)

供給側の取組

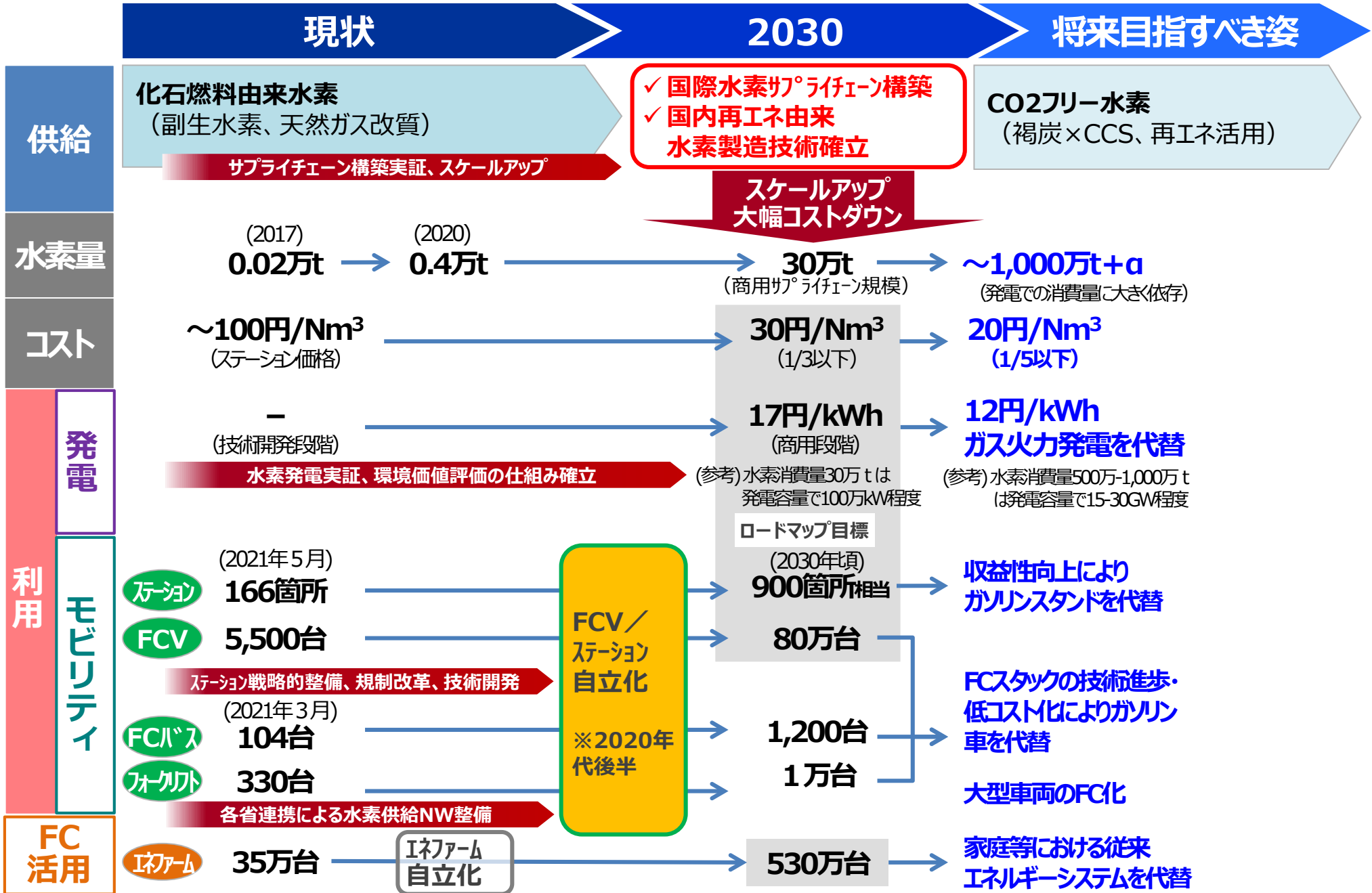
- **安価な原料で水素を大量製造**
- 国際的な**サプライチェーン構築**により**大量輸入**
- 地域の再エネを最大限活用

利用側の取組

- FCV/FCバス/水素ステーションの普及加速
- 水素発電の商用化・**大量消費**

- ➡ **水素・燃料電池戦略ロードマップ策定** (2019年3月) : FCVの価格目標や水電解装置のスペック目標など
目指すべきターゲットを深堀
- ➡ **水素・燃料電池技術開発戦略策定** (2019年9月) : 10分野を特定し技術開発をより一層推進
(R2年度からの新規R&Dを含む)

水素基本戦略における達成目標



水素ステーションの整備状況

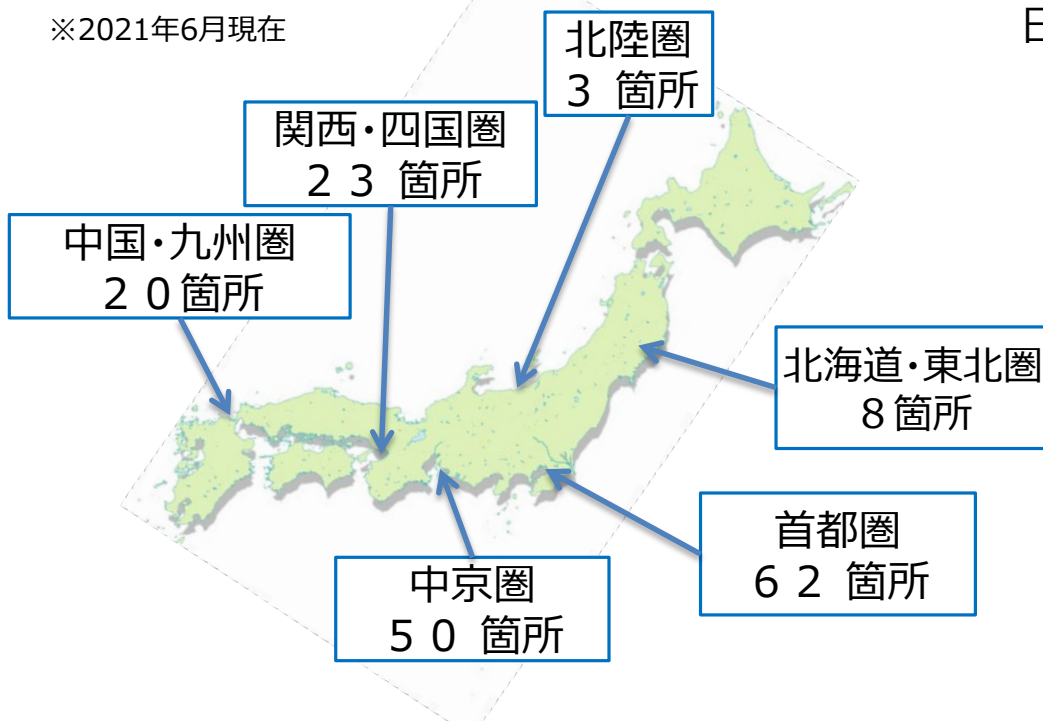
- FCV・水素ステーションの2020年代後半の自立化に向けて、(a) FCVの量産化、及び (b) 安定収益の裏付けのあるステーション整備（自立的なビジネス展開）が必須。そのため、**規制改革、技術開発、ステーションの戦略的整備**を三位一体で推進。

→ 2018年に「JH y M」を設立し、戦略的に水素ステーションを整備。4大都市圏を中心に、**147箇所**が既に営業開始。**ステーションの整備費・運営費**に対し、補助金支援（2/3補助）。

水素ステーションの整備状況

全国：166箇所（開所済：147箇所）

※2021年6月現在



官民一体の推進体制の構築

水素ステーションの戦略的整備に向け、
日本水素ステーションネットワーク合同会社(JH y M)を設立



※現在は更に15社加わって26社

水素ステーションの整備状況

全国：開所 147箇所（他 19箇所整備中）

※R3年6月現在

北海道・東北圏：8箇所

北海道 札幌市
室蘭市
宮城県 仙台市
岩沼市
福島県 福島市
郡山市①①
いわき市

北陸圏：3箇所

新潟県 新潟市
富山県 富山市
福井県 福井市

中京圏 50箇所

岐阜県 土岐市
羽島郡
加茂郡
養老郡
恵那市
高山市
静岡県 静岡市
御殿場市
浜松市①①
愛知県 名古屋市⑧②
北名古屋市
豊橋市①①
岡崎市
刈谷市③
豊田市③
安城市
稲沢市①①
日進市
みよし市
あま市
常滑市
蒲郡市
長久手市
春日井市
丹羽郡
大府市
半田市
一宮市
海部郡
豊川市
大口町

三重県 四日市市①①
津市

中国・九州圏：20箇所

岡山県 岡山市
広島県 東広島市
広島市①①
呉市
山口県 周南市
福岡県 北九州市②
福岡市②①
久留米市
大野城市
古賀市
宮若市
糟屋郡
佐賀県 佐賀市
大分県 大分市
熊本県 熊本市
鹿児島県 鹿児島市

関西・四国圏：23箇所

滋賀県 大津市
京都府 京都市①①
久世郡
大阪府 大阪市②①
枚方市
茨木市②
豊中市
堺市
泉南郡
神戸市
尼崎市
姫路市
和歌山県 和歌山市①①
奈良県 奈良市
徳島県 徳島市②①
香川県 高松市

関東圏：62箇所

茨城県 つくば市①②
栃木県 栃木市
群馬県 高崎市
埼玉県 さいたま市③②
越谷市
所沢市
春日部市
狭山市
戸田市
川口市
千葉県 千葉市③
松戸市
成田市
練馬区
東京都 千代田区
港区②
江東区④
江戸川区
品川区②
大田区②①
杉並区
荒川区
板橋区
世田谷区
中央区
八王子市
多摩市
東久留米市
羽村市
神奈川県 川崎市①①①
横浜市⑤②
相模原市①②
藤沢市
伊勢原市
海老名市
綾瀬市
山梨県 甲府市
長野県 長野市

※赤字は移動式
※下線は整備中

FCV・水素STに関する技術開発及び規制見直しについて

- 今後のFCVの更なる普及拡大及び水素ST事業の自立化に向けては、技術開発や規制改革実施計画等に基づき、安全確保を前提に、引き続き、コスト低減やユーザー利便性向上に向けた規制見直しを推進していく必要がある。
- 具体的には、耐久性の高いホースの開発等の技術開発や、昨年8月に運用開始した遠隔監視による水素ステーション運転の無人化等今後も規制見直しの検討を進めていく。

技術開発の例（機器の低コスト化）

新型圧縮機の開発



圧縮機

140百万円
⇒ **65百万円**
(▲75百万円)

新型タンク（Type 2 容器）の開発



蓄圧器

12.5百万円×4本
⇒ **3.5百万円×4本**
(▲36百万円)

耐久性の高いホースの開発

100回充填で交換



650回充填で交換



6倍のコスパ

遠隔監視による水素ステーション運転の無人化（人件費の低コスト化）



モビリティの普及促進 FCV、FCトラックの展開

- 燃料電池自動車（FCV：Fuel Cell Vehicle）は水素を燃料とし、航続距離や燃料補給時間でガソリン車と同程度の機能を持つ次世代自動車。トヨタは2020年12月に「MIRAI」次期モデルを発売開始。FCVの基幹ユニットとなるFCスタックと高圧水素タンクの生産能力を、これまでの年間3,000台から年間3万台以上へと拡充。
- 世界的にも商用車における燃料電池活用への期待が高まる中、民間企業において、大型燃料電池トラック等の大型水素モビリティについての開発が開始。

燃料電池自動車の市場投入

国内約5,200台、世界では約25,000台の導入が進む

トヨタ自動車



<2014.12.15>

- 燃料電池自動車「MIRAI」を販売開始

<2020.12.9>

- **新型「MIRAI」が発売開始**

本田技研工業



<2016.3>

- 燃料電池自動車「CLARITY FUEL CELL」を販売開始

<2020.6>

- 個人向けリースの取り扱い開始

国内における燃料電池トラックをめぐる動き

主体	内容
トヨタ・日野	● 25t級の燃料電池トラックを開発し、走行実証等を通じて実用化に向けた取り組みを進める。 ● 2022年～実証予定。
ホンダ・いすゞ	● 燃料電池トラックの開発に向けた共同研究契約を締結。
三菱ふそう・トラックバス	● 東京モーターショーにおいて、7.5t級の小型の燃料電池トラックのコンセプトモデルを公開。

【燃料電池トラックイメージ】

※出典：トヨタ自動車HP



FCトラックの位置づけと今後の政策の方向性

- 商用車のFC化は、長い航続距離や、短い充填時間などのFCの長所を生かすことを可能とするため、長距離輸送用途を中心にFCトラックの活用が期待される。
- そのため、今後は商用化に向けた国内外での走行実証を支援するとともに、大型トラックに対応した大容量充填能力を有する水素ステーションの開発及び導入支援を、今後のFCトラックの市場投入の状況に合わせて機動的に行う必要がある。
- また、燃料としてガソリンより安価なディーゼルを代替することが求められ、より低コストな水素供給体制を整備することが重要。

大型トラックの導入実証

- ✓ トヨタは米ロサンゼルス港湾地域において貨物輸送のゼロエミッション化を目指して、Kenworthと共同でFC大型トラックを開発、実証中。



(※) 出典：トヨタ自動車（株）

物流事業者による走行実証

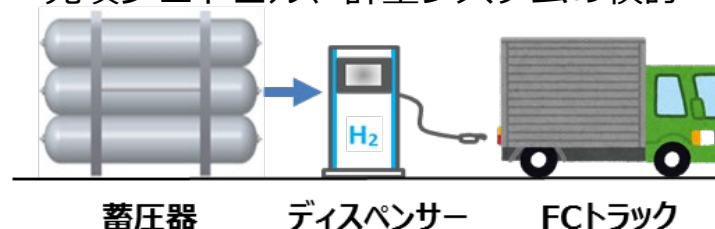
- ✓ 2022年度より羽田クロノゲートと群馬間などで宅配便荷物等の拠点間輸送を行う



(※) 出典：アサヒホールディングス（株）、西濃運輸（株）、NEXT Logistics Japan（株）、ヤマト運輸（株）、トヨタ自動車（株）、日野自動車（株）

FC大型トラック対応水素STの開発

- ✓ 燃料電池トラック用STの設備仕様検討
- ✓ 充填プロトコル、計量システムの検討



＜福島新エネ社会構想（2021年2月改定）抜粋＞

- ・ 経済産業省は、民間事業者と連携し、燃料電池トラック等の大型モビリティ用の水素ステーションの開発を推進する。具体的には、大容量の水素タンクに短時間で効率の良い充填を可能とする技術等を確立すべく、2021年度中に実証設備の建設に着手する。

家庭用燃料電池（エネファーム）の普及・拡大

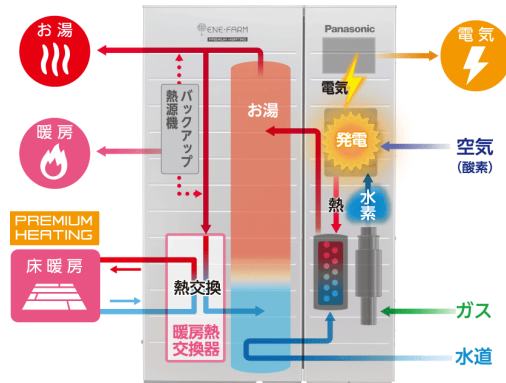
- 家庭用燃料電池（エネファーム）は、2009年に世界に先駆けて我が国で販売が開始。「エネルギー基本計画」、「水素・燃料電池戦略ロードマップ」において2020年頃に自立化を実現した上で、2030年に530万台の普及を目指すこととしている。
- これまでに、35万台以上が普及しており、販売価格も、PEFCの場合、販売開始時の300万円超から、100万円を切る水準まで低下。今後、部品点数の削減などに向けた更なる技術開発を進め、2024年までに80万円以下を目指す。

家庭用燃料電池の仕組み

- 都市ガスやLPGガスから取り出した水素で発電を行い、その際に発生する熱も給湯等に有効活用。
- 燃焼反応ではなく電気化学反応により発電するため高エネルギー効率、省エネルギー性能を実現（発電効率40%、総合エネルギー効率97%）。

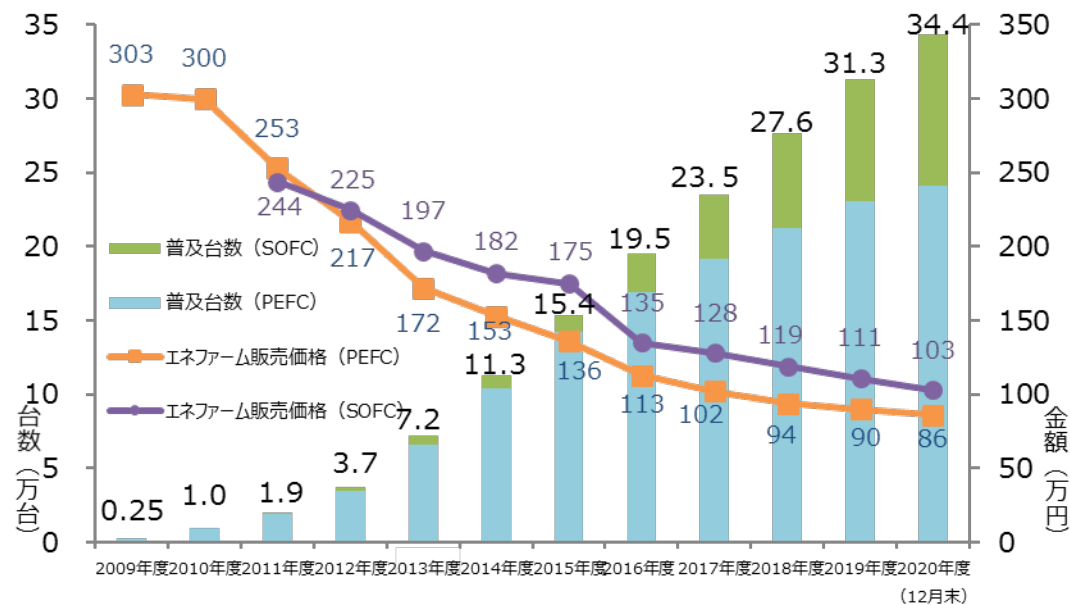


出典：パナソニック（株）



出典：東京ガス（株）

普及台数と販売価格の推移



出典：日本ガス協会、FCAのデータを元に資源エネルギー庁作成

災害時における燃料電池の活用（FCのレジリエンス価値）

- 災害時に停電が起きた場合も、定置用燃料電池から電気・熱を継続して供給可能。過去の災害時にも、定置用燃料電池により自宅への給湯や携帯電話の充電が可能となるなど、生活環境の維持に大きく貢献した。
- 自動車会社各社が、FCVを含め電動車を現地派遣。避難所での携帯充電や灯火確保、空調設備稼働など、乳幼児・高齢者などがある個人宅や老人ホームなどでの給電を実施。

①エネファーム活用事例

<エネファームによる携帯電話の充電、給湯>



■ 台風15号による千葉県内停電時（2019年9月）
・一部ガス事業者では停電エリアに設置されていた自立運転機能付きのエネファーム20台のうち19台が運転継続。
・冷蔵庫や洗濯機、携帯充電、扇風機等を使用できたことに加え、シャワーやお風呂等の給湯利用で活用。

②FCV活用事例



FCVからの給電：介護施設においてエアコンや小型蓄電池の充電に使用。（出典：本田技研工業株式会社）

③電源車の活用



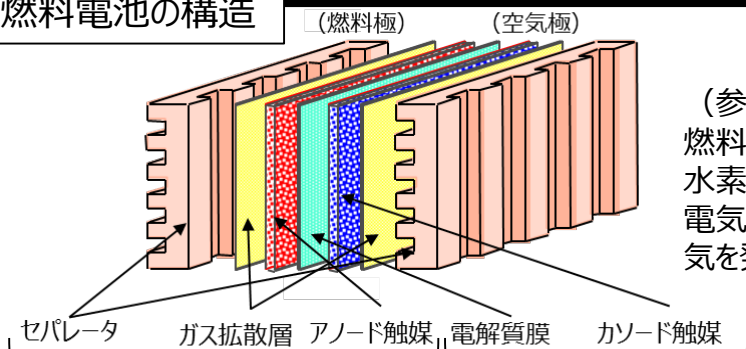
トヨタとホンダが蓄電池のバケツリレーを行う移動式発電・給電システム「Moving e」を2020年9月に発表



デンヨーが環境省補助事業で開発したFC電源車を2020年9月に発表。（出典：トヨタ自動車、デンヨー）

燃料電池の研究開発の方向性

燃料電池の構造



(参考)
燃料電池は燃料である水素と空気中の酸素の電気化学反応により電気を発生させるシステム



移動体用タンク



燃料電池自動車 (FCV)

【従来研究】

電解質膜：耐久・性能向上のため、電解質膜の導電性を改善し、その確認手法(評価・解析) 技術を構築
カソード触媒：白金使用量が多いかつ性能を左右する主要部材

【本事業】

FCVを販売後にその他構成部材（アノード触媒やガス拡散層等）も含め燃料電池システム全体の課題が明確化
新規事業では燃料電池システム全体に対して研究開発を実施

(FCV課題共有フォーラムや水素・燃料電池評価・課題共有ウィークにおいても産業界よりニーズ・課題を共有)

【セパレータ】

課題：高温状態での劣化抑制
解決策：成形性、表面処理技術

【ガス拡散層】

課題：接触抵抗低減
解決策：高ガス透過性・材料物性改良開発

【アノード触媒】

課題：ラジカルの発生低減等
解決策：ラジカル低減触媒・電極

【電解質膜】

課題：劣化抑制・高温化対応
解決策：化学的耐久性向上化技術

【カソード触媒】

課題：貴金属使用量の大幅低減
解決策：触媒活性向上非貴金属触媒

【移動体用タンク】

課題：大幅なコスト低減
解決策：新規材料・製造プロセス技術開発

水素発電に関する技術開発・実証

- 将来の発電分野での水素利用を見据え、①大規模火力発電級（500MW級）②地域における熱電供給のコジェネ発電（1MW級）のそれぞれの分野で水素の混焼率の向上や専焼に向けた取組を実施している。

①大規模火力発電級（500MW級）のR&Dの流れ

既存大規模火力発電所における水素混焼を可能とするための技術開発を実施し、**2018年に水素混焼率20%を達成した。**



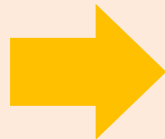
2020年より、水素**専焼**発電の技術開発を実施中。



出典：三菱パワー(株)

②地域における熱電供給のコジェネ発電(1MW級)のR&Dの流れ

水素を天然ガスに0～100%まで自在に混焼可能な技術を開発し、**2018年4月には水素専焼(水素100%)による市街地への熱電供給を世界で初めて達成した。**



2019年より、高効率な水素**専焼**発電の技術開発を実施中。



出典：川崎重工業(株)

③世界の水素発電の主な動き



オランダのマグナム発電所は**2025年頃に世界初となる大型水素専焼発電の商用運転**を計画している。



三菱日立パワーシステムズ（MHPS）は、米国ユタ州において計画される**大型水素発電プロジェクトで、GTを受注。**
同プロジェクトでは、**2025年に水素混焼率30%で運転を開始し、2045年に100%専焼運転を目指す。**

国際水素サプライチェーン構築

日ブルネイ水素SCPJ

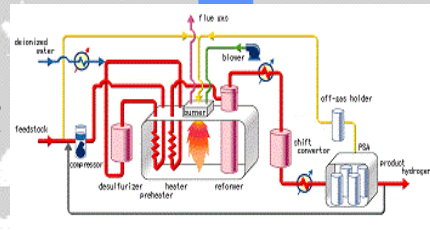
2020～



未利用ガス



水蒸気改質



水素化

(トルエン→メチルシクロヘキサン)



ケミカルタンカー



脱水素

(メチルシクロヘキサン→トルエン)



日豪褐炭水素SCPJ

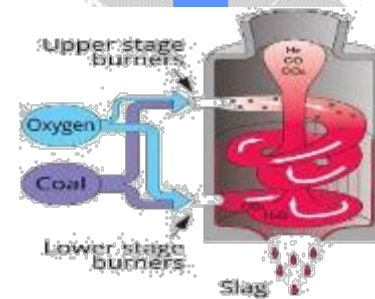
2020～



褐炭+CCS



ガス化
※IGCC技術利用



液化水素運搬船



液水荷役設備



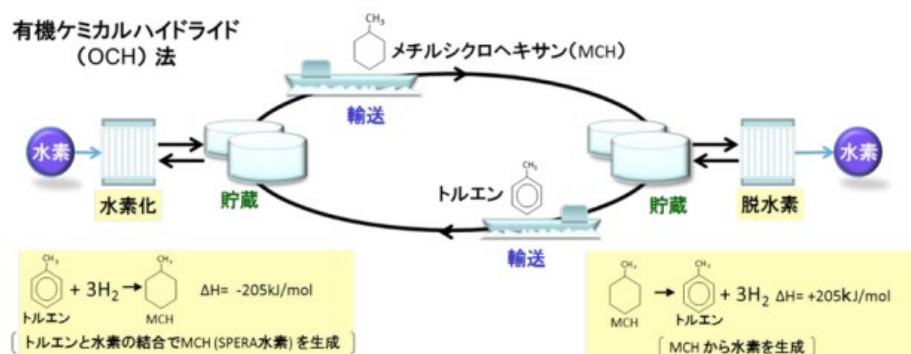
国際水素サプライチェーンの構築：メチルシクロヘキサン（MCH）

- MCHによる国際実証事業を実施中（実施主体：次世代水素エネルギーチェーン技術研究組合^{アヘッド}“AHEAD”）。
- 2019年11月にブルネイの水素化プラントが開所。2020年4月、川崎の脱水素プラントが竣工。実証のための全施設が整い、5月に世界初となる国際サプライチェーンの実証運転が開始。
- また、シンガポールやマレーシアなどにおいてMCHを用いた水素の輸送・貯蔵、利活用の検討が行われている。

竣工した水素化・脱水素プラント



水素化プラントにおいて水素とトルエンを化学反応によりMCHに変換。MCHは海上輸送により日本に送られ、川崎の脱水素プラントにおいて、再び水素とトルエンに変換される。



新たな動き



（シンガポール）2020年3月に三菱商事、千代田化工建設、シンガポールの民間5社（City Gas社、Jurong Port社、PSA Corporation Limited社、Sembcorp Industries 社、Singapore LNG Corporation社）との間で、シンガポール共和国の持続可能な水素経済の実現に向けた相互協力について覚書を締結。



（マレーシア）2020年10月にENEOS、住友商事、SEDC Energy Sdn Bhdとの間で、再生可能エネルギーを活用したCO₂フリー水素サプライチェーン構築に向けた協業検討に関する覚書を締結。

国際サプライチェーンの構築：日豪水素プロジェクトの進捗

- 2019年12月11日に液化水素運搬船「すいそ ふろんていあ」の命名・進水式を開催。
- 2020年には、豪州において褐炭ガス化炉、液化・積荷基地が、神戸において荷役基地が完成。
- 「すいそ ふろんていあ」は、2021年に世界初の液化水素の大規模海上輸送による褐炭水素を日本に輸送する予定。

進水式の様子

2019年12月11日 川崎重工 神戸工場

- ・経産省 中野政務官、在日豪州大使、豪連邦政府 フィンケル主席科学官、工藤 水素社会推進議員連盟事務局長 他が出席
- ・一般参加者を含め約4000人規模の式典



水素サプライチェーン

①水素製造
(褐炭ガス化)
+ CCS



②水素輸送
(液化水素船)



出典: HySTRA

③水素荷揚
(荷役基地)

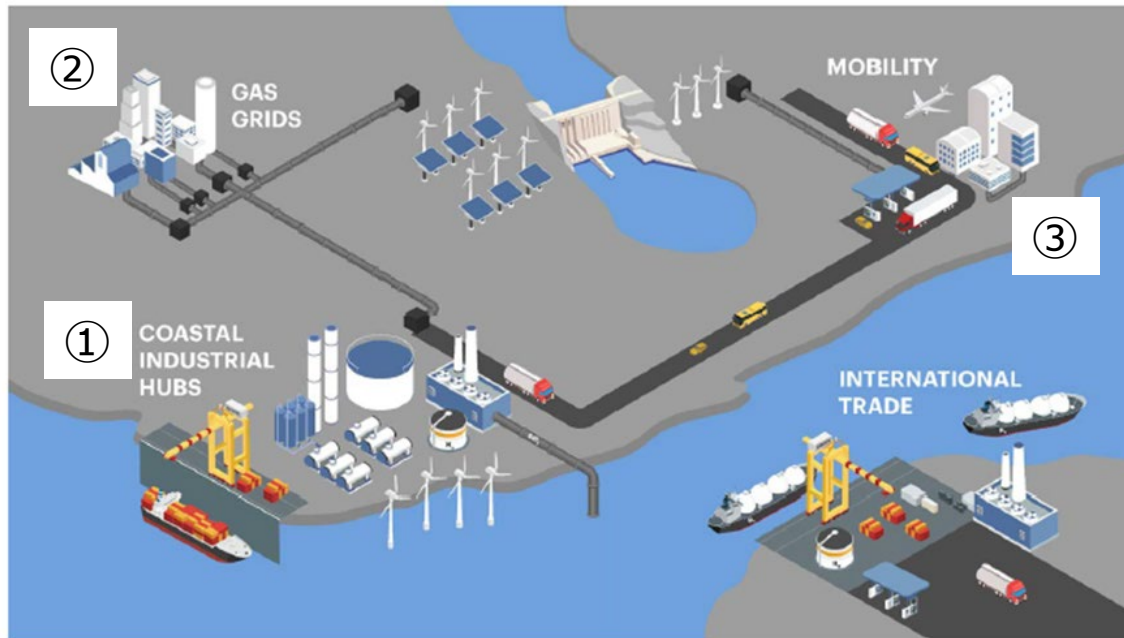


出典: HySTRA

水素利活用のモデル構築に向けた動き

- 各国において水素利活用の地域モデルの構築の検討が進められている。
- 日本においても、福島水素エネルギー研究フィールドを核とした福島県におけるモデル構築や、港湾・コンビナート等を核としたモデル構築など、水素利活用のモデルの構築を行っていく。

IEA水素レポートで提案された水素利活用の機会



- ①沿岸のコンビナートにおいて石油精製、化学品製造、製鉄等の原料や船舶、トラックの燃料として水素を活用。
- ②天然ガスパイプラインのような、既存のインフラを活用した水素輸送。
- ③事業用車両、貨物用車両、乗用車、バス等に水素利用を拡大。

水素利活用に向けた技術開発・実証



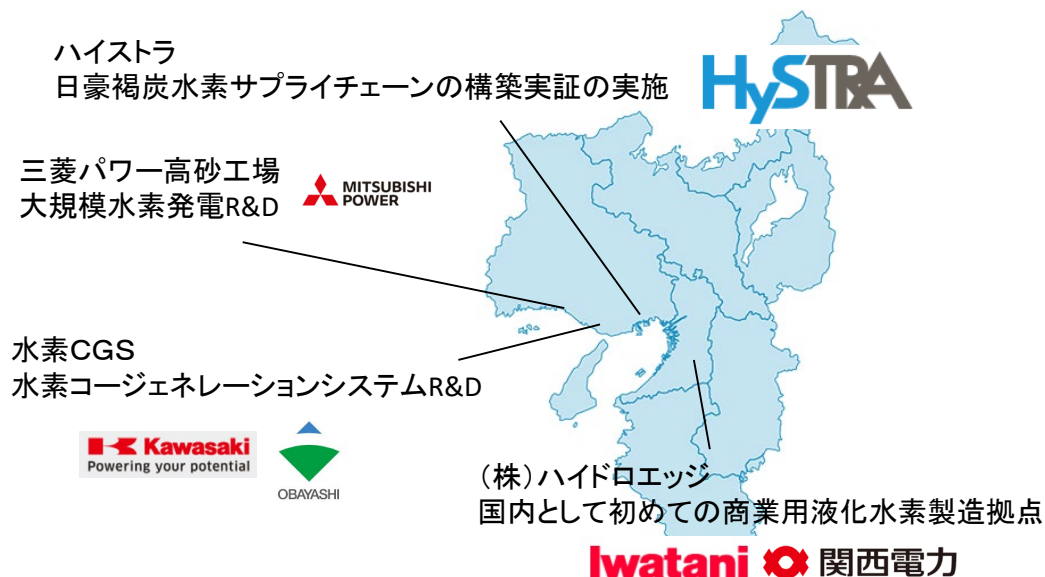
経済産業省及び国土交通省連携事業として、港湾における、水素社会のモデル構築を目指す。

- 荷役機械への水素燃料電池導入等の水素利活用に向けた技術開発・実証
- 港湾における水素利活用可能性の調査等

地域における水素利活用の推進の動き

- ◆ **神戸・関西圏水素利活用協議会**：神戸・関西圏において、従来より水素利活用に取り組んできた民間11社による協議会が2020年9月に設立。
 - メンバー：**岩谷産業**、**川崎重工業**、**丸紅**、ENEOS、関西電力、神戸製鋼、三菱パワー、大林組、川崎汽船、シェル
- ◆ **中京圏水素利用協議会**：中部圏での水素の大規模利用の可能性を検討するために、民間10社による協議会が2020年3月に設立。
 - メンバー：**トヨタ**、**岩谷産業**、ENEOS、中部電力、出光興産、東邦ガス、三井住友銀行、住友商事、日本エア・リキード、三菱ケミカル

神戸・関西圏における水素プロジェクト例



中京圏における水素モデルの構想



- ✓ エネルギー、石油化学、自動車、金融等の様々な業界の民間企業10社が中部圏水素利用協議会を立ち上げ。中部圏での水素の大規模利用の可能性を検討。

福島県における水素社会実現に向けた今後の取組

○世界最大の水素イノベーション拠点の創出

- ◆ 2021年度以降における福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）の最大限の活用
 - 高効率で低コスト、かつ再エネの最大限の導入にも資する水素製造システムの開発を加速
 - 水電解装置の更なる大型化・モジュール化に係る技術開発を推進
- ◆ 国際的な展開を視野に入れた取組の着実な実施
 - 国内外の水電解装置についてシステムとして統一的に性能評価等が可能なプラットフォームの構築を推進
 - 国内外の関係機関との研究成果の共有や共同研究の実施等により、国際教育研究拠点を含むグローバルな水素研究ネットワークの構築を推進

○水素モビリティ等の更なる導入拡大

- ◆ 水素STの更なる展開を推進するとともに、FCV・FCバスに加え、開発が進みつつあるFCトラック等の新たな水素モビリティの導入を推進
- ◆ 2021年度中に、FCトラック等の大型水素モビリティに対応する水素STの開発に係る実証設備の建設に着手

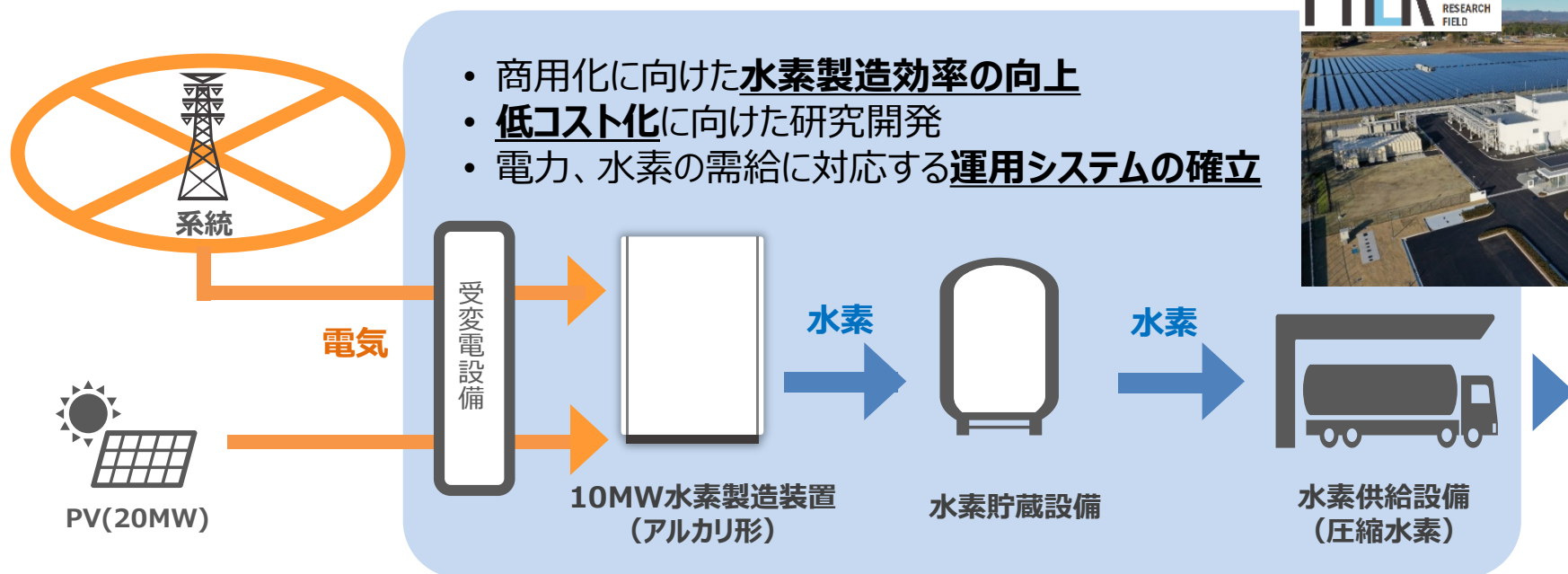
○水素社会実証地域モデルの形成

- ◆ 公共施設・駅などに燃料電池を導入し、これに水素STやFCバスの導入を組み合わせた水素利活用のモデル形成を、2021年度から一層加速
- ◆ 水素・アンモニア等次世代エネルギーの輸入・貯蔵・利活用等を図るカーボンニュートラルポートの形成を推進
- ◆ 工場の熱需要等のゼロエミッション化に向け水素ボイラーや水素ガスコジェネ、FCフォークリフトの導入を推進
- ◆ 福島ロボットテストフィールドと連携したFCドローンの開発・実証を推進
- ◆ 既存の地下の配管等を活用した効率的な水素の供給モデルの確立を推進
- ◆ 東京2020オリパラ大会など、福島県産水素の県外での活用等を通じた情報発信
- ◆ これらのモデル形成や研究開発等を通じ、水素関連産業の育成・集積を目指す

地域の再エネを最大限活用する取組（Power to Gas）

- 再エネの大量導入は調整力確保とともに余剰の活用策が必要。水素利用のポテンシャルは大。
- 特に蓄電池では対応の難しい「季節を超えるような長周期の変動」に対しては、有効。
- 福島県浪江町の「福島水素エネルギー研究フィールド」では、太陽光発電(20MW)で水を電気分解して水素を製造(年間約200トン（系統電力を活用すれば年間900トン可能）)。
- 将来的な水電解技術の商用化の実現に向けて、製造効率の向上、製造コストの低減、運用システムの確立等の技術実証を行う。
- 2020年3月に開所式を開催し、水素の製造・出荷に着手したところ。

福島県浪江町での大規模水素製造実証プロジェクト



水素に係る海外動向

- EUやドイツやオランダ、豪州、ロシア等10か国以上で水素の国家戦略等が策定されるなど、世界中で取組が本格化。英国、ポーランド、チリ、カナダ、南アでも戦略等を検討中。
- 脱炭素化が困難な商用車や産業分野での水素利用や、水素発電の導入、水素輸入に向けたサプライチェーンの検討等の動きが進展。



ドイツ

- 2020年6月に国家水素戦略を策定。
- 国内再エネ水素製造能力の目標を設定（2030年5GW、2040年10GW）。水電解による水素製造設備に対して、再エネ賦課金を免除。
- 中・長期的な大規模水素輸入に向けたサプライチェーン実証プロジェクトを実施予定。
- 国内の水素技術の市場創出に70億ユーロ(8500億円)、国際パートナーシップ構築に20億ユーロ(2400億円)の支援を予定。
- 大型FCトラック向けの水素充填インフラ構築を支援。



米国

- 新車販売の一定割合をZEVとする規制の下、カリフォルニア中心にFCVの導入が進展(9000台)。2024年からは商用車もZEV規制適用開始。
- ユタ州のIPPが大型水素発電プロジェクトを計画。2025年に水素混焼率30%、2045年に100%専焼運転を目指す。（MHPSがガスタービン設備を受注）
- ロサンゼルス港のゼロエミッション化に向けた構想の一環で、大型輸送セクターでの水素利用の検討が進む。
- DOEは大型FCトラックの開発を支援（5年で1億ドル）



EU

- 2020年7月に水素戦略を発表。
- 2030年までに電解水素の製造能力を40GWを目標、2050年までに1800-4700億ユーロ(22-57兆円)必要と試算。
- 暫定的に、低炭素水素（化石+CCUS）も活用。官民連携によるクリーン水素アライアンスを立ち上げ。
- 輸送分野では、商用車での水素利用を重視。



フランス

- 2020年9月に水素戦略を改訂。
- 2030年までに電解装置6.5GWの設置、年間60万トンのグリーン水素生産が目標。
- 2020-2022年に20億ユーロを含む72億ユーロ(8800億円)を2035年までに投資
- 水素生産に使用する電力として、再生可能エネルギーおよび原子力発電由来の電力を想定。
- 産業部門に加え、大型FCトラックの開発が優先項目に。



中国

- 2016年省エネ・新エネ車の技術ロードマップにおいてFCVの普及目標を策定。現在は商用車中心に普及が進む。
- 2020年4月にFCV産業のサプライチェーン構築への助成を発表。水素関連技術確立を目的とし、モデル都市を選定し、FCVや水素ステーションの技術開発・普及に奨励金を与える。

水素分野における戦略等の策定状況について

- 日本は世界で初めての水素基本戦略を2017年12月に策定。近年は、水素を脱炭素化に必要な不可欠なエネルギー源と位置づけ、多くの国・地域が水素関連の取組を強化。日本がこの分野を今後もリードするためには、より一層取組を強化する必要。
- 昨年10月の菅総理のCN宣言を受け、昨年末策定したグリーン成長戦略でも重点分野の一つに位置づけ。需給一体での取組により、導入量の拡大と供給コストの低減を目指す。

国内外の情勢変化等について

2017年12月
水素基本戦略策定

2019～2020年
各国水素戦略策定
及び、経済対策で
水素に注力

2020年10月
菅総理による
2050年CN宣言

2020年12月
グリーン成長戦略策定
(水素の位置付)

2021年～
次期エネ基、水素基本
戦略見直し等を見据
えた検討（継続中）

グリーン成長戦略における量及びコストの目標

□ **年間導入量：発電・産業・運輸などの分野で幅広く利用**

現在（約200万t） → 2030年（最大300万t） → 2050年（2000万t程度）

□ **コスト：長期的には化石燃料と同等程度の実現**

現在（100円/Nm³） → 2030年（30円/Nm³） → 2050年（20円/Nm³以下）

水素・燃料電池戦略協議会の概要と中間整理

- ❑ 趣旨：水素利活用の意義や水素の「製造」、「輸送・貯蔵」、「利用」に関する議論等することを目的として、有識者や関係省庁（国交省、文科省、環境省等）、民間企業をメンバーとし、2015年12月に設立。
- ❑ 直近の動き：菅総理のカーボンニュートラル宣言を受けて、2020年11月に、産業部門（鉄鋼、化学等）や乗用車以外のモビリティ（トラック、船舶等）など幅広い業種を巻き込みメンバーを拡充して議論を実施。
- ❑ 有識者：柏木孝夫（座長、東京工業大学 特命教授）、崎田裕子（ジャーナリスト・環境カウンセラー）、竹内純子（NPO法人 国際環境研究所 理事・主席研究員）
- ❑ 民間企業メンバー：日産、千代田化工、**JERA**、**日本製鉄**、**三井住友銀行**、**日本郵船**、**丸紅**、**東芝エネルギーシステムズ**、**神戸製鋼**、**旭化成**、**三菱ケミカル**、**東レ**、**トヨタ**、**日野**、**川崎重工**、**東京ガス**、**大阪ガス**、**本田技研**、**ENEOS**、**パナソニック**、**日立造船**、**三菱パワー**、**岩谷産業** ※**太字**：新規メンバー

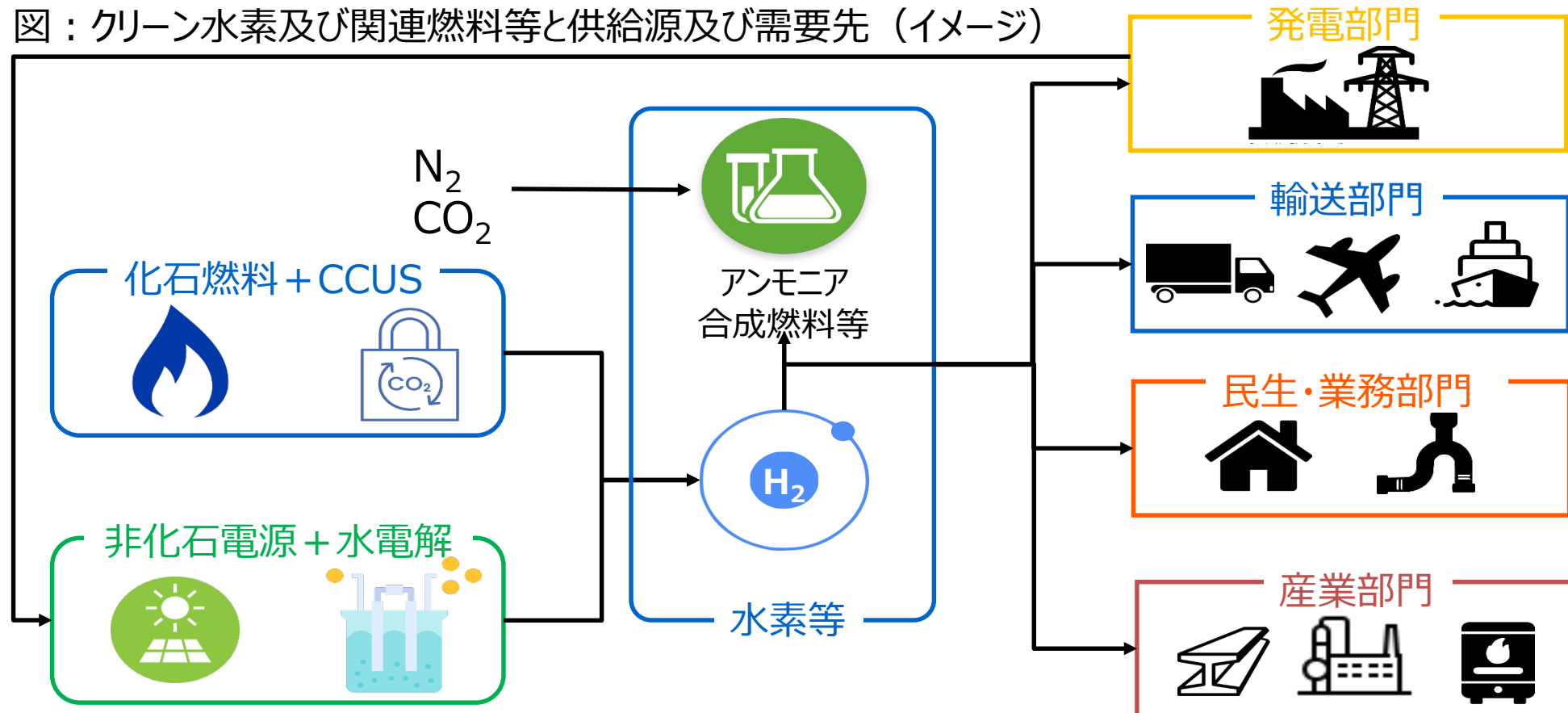
＜中間整理のポイント＞

1. 水素の位置づけ：水素は、電力部門と非電力部門の両方を脱炭素化することを可能とするだけでなく、余剰再エネ等を水素に変換し、貯蔵・利用することや、化石燃料をクリーンな形で有効利用することを可能とするエネルギーキャリア。
2. 供給：今後、エネルギー安全保障も考慮しつつ、海外産の安価な水素を活用と国内水素製造基盤の両立を目指す。また海外市場の拡大も期待されることから、水素運搬船を含む輸送設備、水素製造設備である水電解装置に対する技術開発等を支援し、競争力を強化する。
3. 利用：水素は、輸送分野はトラック等の商用車や船舶等への拡大、発電分野は混焼、専焼による大規模需要創出、産業分野は熱源、原料としての利用など、多様な用途が想定。各分野での水素の社会実装促進や日本企業の競争力強化を技術開発や制度整備を通じて支援。
4. CN基金も用いて、個別の取組を統合した水素社会モデルの構築を支援することを目指す。

カーボンニュートラル時代の水素等の位置づけ①(エネルギー政策的観点)

- 水素は直接的に電力分野の脱炭素化に貢献するだけでなく、余剰電力を水素に変換し、貯蔵・利用することで、再エネ等のゼロエミ電源のポテンシャルを最大限活用することも可能とする。
- 加えて、電化による脱炭素化が困難な産業部門(原料利用、熱需要)等の脱炭素化にも貢献。
- また、化石燃料をクリーンな形で有効活用することも可能する。
- なお、水素から製造されるアンモニアや合成燃料等も、その特性に合わせた活用が見込まれる。

図：グリーン水素及び関連燃料等と供給源及び需要先（イメージ）

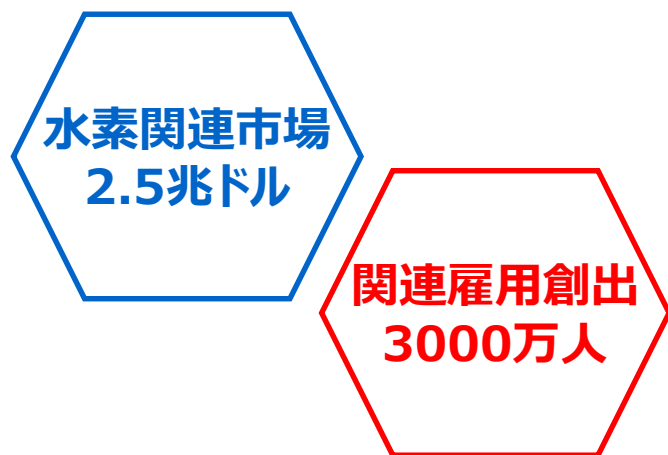


カーボンニュートラル時代の水素等の位置づけ②（産業政策的観点）

- 現在、日本企業は水素分野で優れた技術・製品を有するが、今後、各国がエネルギー転換・脱炭素化を推し進めることになれば、世界的に水素関連製品の市場が拡大する見込み。
- こうした中で、日本の技術・製品を国内外の市場で普及させることは、**我が国の経済成長・雇用維持に繋がつつも、世界の脱炭素化にも貢献**することに繋がる。
- そのため、技術開発や社会実装のための制度整備など、あらゆる政策を総動員し、**日本企業の産業競争力を一層強化**することは、産業政策的な観点から極めて重要。

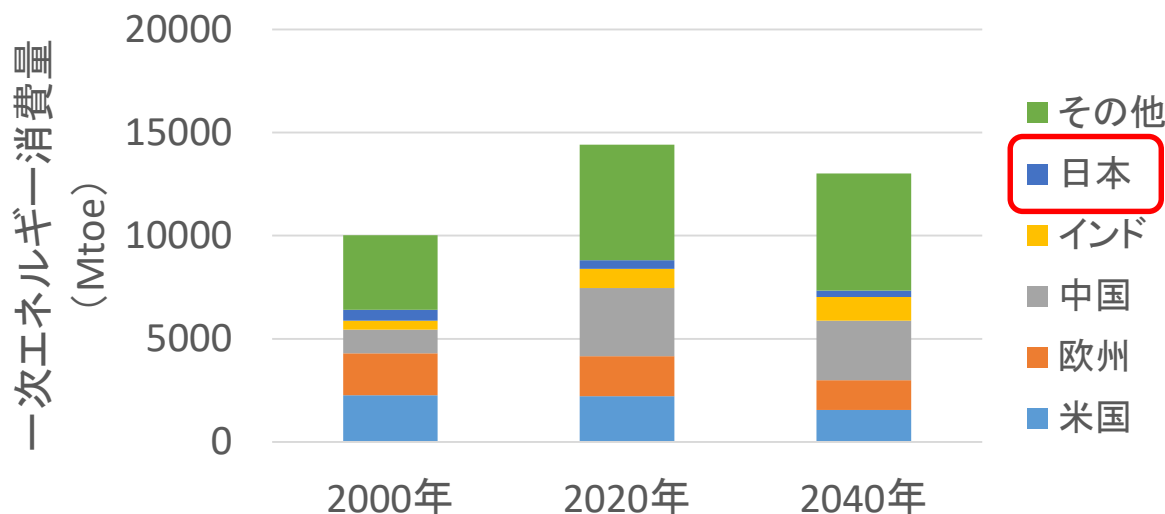
2050年の世界展望

*Hydrogen Councilの試算



日本のエネルギー需要のシェア推移(WE02020 SDS)

日本のシェアは2000年の5.1%から2040年には2.3%まで低下見込み



規模の経済を最大限に生かすためにも、世界市場の取り込みが今後はより重要に

カーボンニュートラルまでの水素需要先拡大の道筋（需要）

- 現在、需要はFCVやFCバスなどの輸送部門と、原油の脱硫用途などの産業部門などに水素の直接利用は限定され、いずれもグレー水素が活用されている。
- 今後は、**FCトラックなどの商用車、水素船**などが順次市場投入され、2030年頃に国際水素サプライチェーンが商用化されるタイミングで、**発電部門（タービン混焼、専焼）**などで地域的に実装されることを見込む。
- また、技術的課題の解決に加え、サプライチェーンの大型化等を通じた水素供給コスト削減、インフラ整備に伴い、鉄鋼や化学、航空等の**脱炭素化が困難な分野(Hard-to-Abate Sector)**でも水素利用が拡大。
- なお、各地に分散する家庭・業務部門も含む熱需要については、**既存ガス管を含む供給インフラの脱炭素化**や、**水電解装置と再エネ導入の更なる進展、純水素燃料電池の導入**等により段階的に脱炭素化。

	短期（～2025年頃）	中期(～2030年頃)	長期（～2050年）
部門・目標量	約200万トン	最大300万トン	2000万トン程度
輸送部門	FCV、FCバスに加え、FCトラック等への拡大	船舶（FC船等）等の市場投入	航空機等への水素等（合成燃料等）の利用
発電部門	定置用燃料電池、小型タービンを中心に地域的に展開	大規模水素発電タービンの商用化（SCと一体）	電力の脱炭素化を支える調整力等として機能
産業部門 （工業用原料）	原油の脱硫工程で利用する水素のグリーン化、製鉄、化学分野の製造プロセス実証等の実施		水素還元製鉄、グリーンケミカル（MTO等）等
産業・業務・家庭部門 の熱需要	水電解装置の導入や、既存ガス管を含む供給インフラの脱炭素化等に伴い化石燃料を代替等する		インフラ整備や水素コスト低減を通じた供給拡大

エネルギー安全保障も考慮した脱炭素時代の水素供給の道筋（供給）

- 水素は多様なエネルギー源から製造可能であるが、日本は国内の資源ポテンシャルが限定的であるため、大規模な社会実装に向けては、**価格競争力のある海外水素の活用が必要**。
- しかしながら、エネルギー安全保障向上の観点から、その調達源の多様化、調達先の多角化を推進するだけでなく、余剰再エネ等を活用した**国内水素製造基盤を有することも重要**。
- 更に、水素の大規模輸入が実現するまでは、**副生水素など、既存の水素供給源を最大限活用**することが必要不可欠。

	短期（～2025年頃）	中期（～2030年頃）	長期（～2050年）
実績・目標量	約200万トン	最大300万トン	2000万トン程度
既存供給源 （副生水素等）	主要な水素供給源として 最大限活用	供給源のグリーン化（CCUSの活用等）	
輸入水素	実証を通じた知見蓄積、 コスト低減	商用ベースの国際水素サプ ライチェーンの構築	調達源多様化・調達先多 角化を通じた規模拡大
新たな国内供給源 （電解水素等）	実証を通じた知見蓄積、コ スト低減	余剰再エネ等を活用した 水電解の立ち上がり	電解水素の規模拡大・ 新たな製造技術の台頭

戦略分野①：水電解装置

- 日本は世界最大級の水電解装置（FH2R）を有するものの、開発は欧州勢が先行。市場も再エネが安い欧州等が先に立ち上がる。
- しかしながら、余剰再エネ等を活用した国内水素製造基盤の確立や、今後立ち上がる海外市場獲得を目指すべく、水電解装置の大型化やモジュール化、優れた要素技術の実装といった技術開発を強力に後押しし、装置コストの一層の削減や耐久性向上等を目指す。

海外市場の規模感（EUの例）



2030年導入目標：40GW
(EU水素戦略より)



FH2R*の電解容量(10MW)
の4000基分

*福島水素エネルギー研究フィールド

FH2Rのシステムデザイン



付属設備も含め、モジュール化を進め、
大型化・大量生産を容易にする必要

戦略分野②：国際水素サプライチェーン

- 今後も資源を海外に頼る日本にとって、海上輸送技術を保有することは、**エネルギー安全保障上重要**。また、将来的な**国際水素市場の立ち上がり**が期待される中、**日本は技術で世界をリード**。建造した水素運搬船（すいそふろんていあ）を活用し、**本年秋頃にも日豪間で世界初の液化水素の海上輸送**を実証予定。
- 供給コストをより一層引き下げるには、**運搬船等の輸送設備の大型化**に関する課題克服が重要。

大型化の必要がある設備と技術的な課題（例：液化水素タンク）

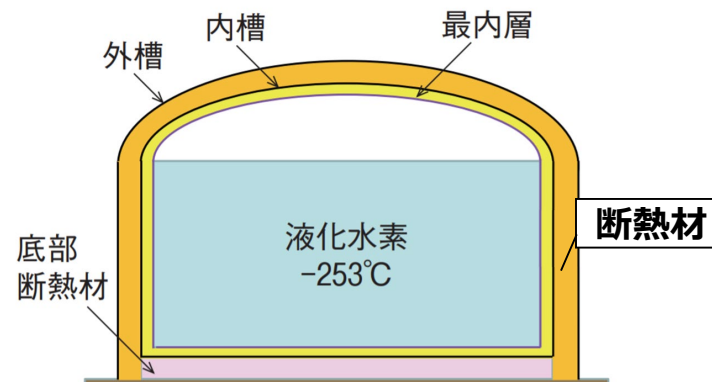
	現行サイズ		商用スケール
水素運搬船搭載タンク	1,250m ³	32倍	4万m³
陸上タンク	2,500m ³	20倍	5万m³

技術開発要素

- ① 真空断熱 + 断熱材の最適組合せの追求
- ② 自重に耐えられる新構造（球型 → 平底円筒型）



大型化



メチルシクロヘキサン(MCH)、アンモニアなどの他の水素キャリアでもサプライチェーン構築を目指す

戦略分野③：輸送部門における水素利用

- 商用化済の乗用車に加えて、トラックをはじめとする商用車や船舶などは、長い走行・航続距離を達成する等の観点から、水素やアンモニア（燃料電池、エンジン）の活用が期待されている。
- モビリティではスペースが限られていることから、小型・高出力な燃料電池、燃焼効率の高いエンジンやスペース効率の高い燃料タンク等の開発や実証等を今後支援するとともに、大規模充填能力を有するインフラ整備も行っていく。

物流事業者によるFCトラック走行実証

- ✓ トヨタ自動車の日野は、開発したFCトラックを活用し、2022年度より羽田クロノゲートと群馬間などで宅配便荷物等の拠点間輸送を実施



走行実証ルート



【水素利用量(大トラ)】

- 乗用車(MIRAI)の約80倍

【普及に向けた課題】

- 安価な水素供給(ディーゼル代替)
- 大型ステーション整備

船舶分野における棲み分け

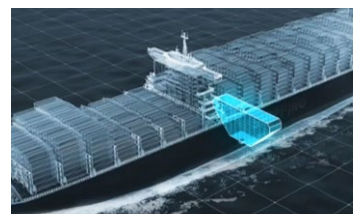


小型・近距離
→ 燃料電池船

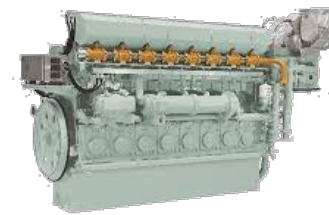


大型・遠距離
→ 水素ガス燃料船

要素技術開発の必要性



スペース効率の高い
革新的な燃料タンク



燃焼効率の高い
水素エンジン

戦略分野④：発電部門における水素利用

- 日本企業は水素発電の分野で技術的に先行。既に、大型タービンで天然ガスより燃えやすい水素を混焼する燃焼器を開発し、現在、高効率な水素専焼を行う燃焼器の開発を実施中。
- この技術的優位性を維持するためにも、実機での実証、及び水素のカーボンフリーの価値を適切に評価することで、水素発電の商用化を達成し、国内の大規模需要を喚起する。
- また、既に日本企業が米国やオランダなどで、大型水素発電の具体的なプロジェクトを受注しており、更なる海外案件受注を目指す。

大型水素発電の開発動向



【燃焼器の開発動向】

- 混焼用は開発完了
- 専焼用は開発中
(2025年完了見込み)

【今後の方針】

- 実機での燃焼性実証
- 水素のカーボンフリーの価値を評価する市場整備

海外での案件受注動向

蘭マグナム

出力：44万kW

運転開始：2025年

備考：当初から専焼発電を志向

米ユタ州

出力：84万kW

運転開始：2025年

備考：当初は混焼で開始、2045年頃に専焼化することを目指す

燃焼速度が速い水素は天然ガス、遅いアンモニアは石炭との混焼が想定されている

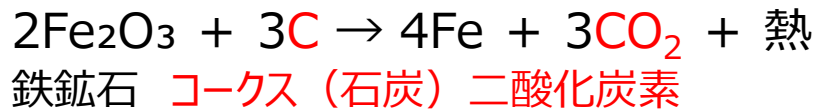
戦略分野⑤：産業部門における水素利用

- 鉄鋼分野の脱炭素化のために、水素を還元剤として利用する水素還元製鉄が検討。
- また、産業プロセスで必要となる高温の熱源としても水素は期待されている。
- 製造プロセスの変更や、水素の燃焼特性に合わせた技術開発等を行う必要。

原料としての水素（例：鉄鋼分野）

【還元剤毎の反応式】

①既存技術：炭素(コークス)の利用(**発熱反応**)



②革新技术：水素の利用（**吸熱反応**）



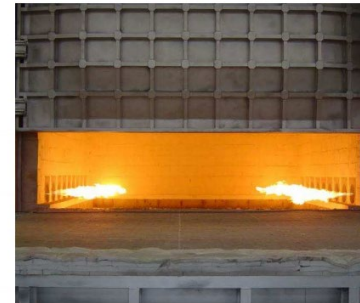
【普及のための課題】

- 熱の補填の仕組み等に関する技術開発
- 大量かつ安価な水素供給の必要性
(700万トン/年、8円/Nm³)

熱源としての水素

【電化が困難な高温熱の例】

- ガラス、アルミ、亜鉛溶解炉
- ガス溶接バーナー
- ナフサクラッカー



【普及のための課題】

- 燃焼速度が速い
 - NO_x 排出量の増加
 - 火炎輻射が弱い
- 機器側の技術開発による対応
or メタネーション等の燃料合成による対応

社会実装モデル創出の意義

- 長期の水素需要に不確実性が伴うなどし、大規模なインフラ投資に踏み出しにくい中でも水素供給を拡大するには、既存インフラを最大限活用しつつ供給拡大が可能で、極力、需要と供給が隣接する地域等をモデルとし、水素利用をまず促していくことが望ましい。
- 蓄えた知見を生かしながら、モデルを横展開し、更に各地でのインフラ整備も戦略的に進めることで、水素の社会実装が効率的に促進することが期待されるため、こうしたモデルの構築を国も積極的に支援していく。

【水素の社会実装モデルのコンセプトとモデル例】



モデル例①:臨海部等での大規模活用

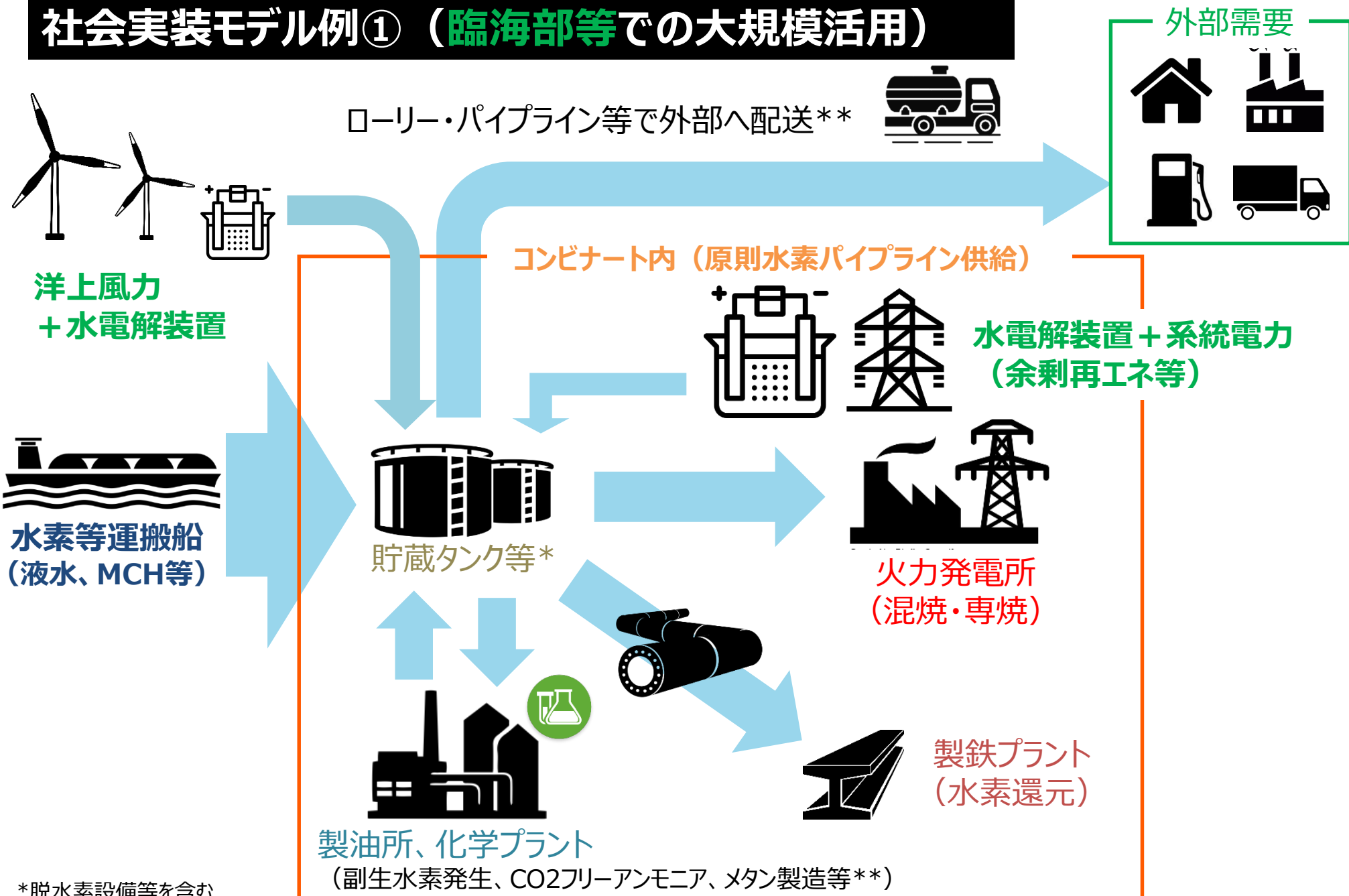
- 輸入水素等の大規模な水素供給を発電や産業部門を含むコンビナートで集中的に利活用

モデル例②:水電解装置等を用いた自家消費、周辺利活用

- 余剰再エネなどを用い、水電解装置で製造した水素等を、工場の熱需要等用に自家消費もしくは近隣で利活用

需要と供給を最小限の追加投資で結びつけ、コスト低減、知見蓄積を効率良く推進

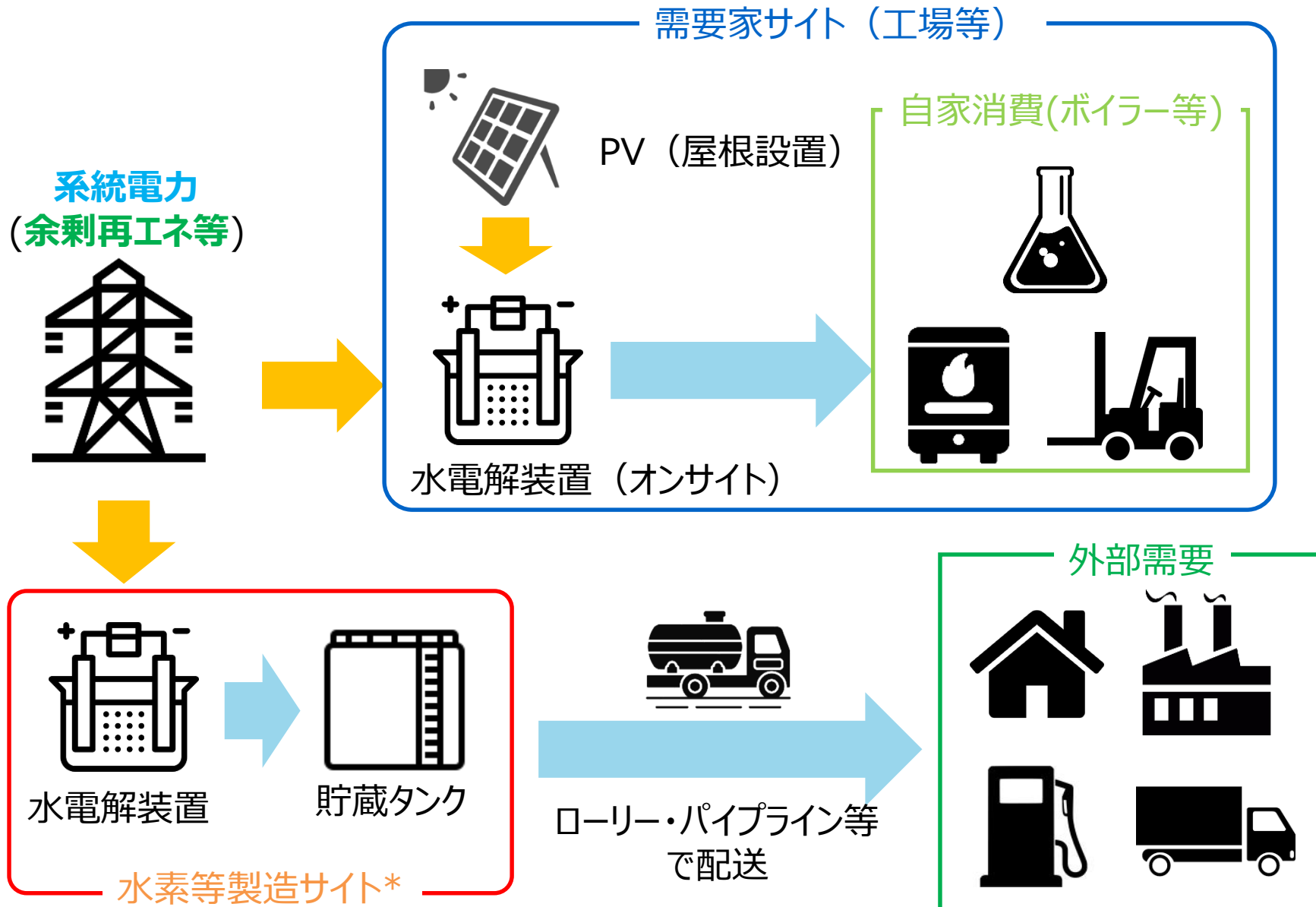
社会実装モデル例①（臨海部等での大規模活用）



*脱水素設備等を含む

**製造されたCO2フリーアンモニア、メタン等が配送される場合有

社会実装モデル例②（水電解装置等を用いた自家消費、周辺利活用）



*アンモニア、メタン等の基礎化学品が水素から製造・配送される場合有

水素供給システム確立

水素利用飛躍的拡大

水素供給チェーンの構築 地域水素社会モデル構築

燃料電池自動車の普及拡大

未利用エネルギーを活用した水素サプライチェーン構築実証事業 47.6億円（141.2億円）

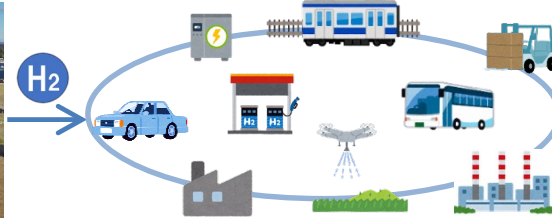
産業活動などの抜本的な脱炭素化に向けた水素社会モデル構築実証事業 73.1億円（新規）

燃料電池自動車の普及促進に向けた水素ステーション整備事業費補助金 110.0億円（120.0億円）

海外の褐炭等の未利用エネルギーから水素を製造し、液化水素の形態で水素を輸送するとともに、水素発電に係る実証を実施。将来の液化水素船の商用化に必要な大型化に向けた技術開発を実施。

再エネ由来水素の製造の技術実証を実施。福島県産再エネ由来水素を利用し、水素社会の先駆けとなるモデル地域を構築する。他地域においても港湾や産業分野における幅広い水素利活用技術開発等を行う。

水素ステーション整備の補助は支援対象エリアを全国に拡大。新規需要創出等に係る活動費用の一部を補助。



クリーンエネルギー自動車導入促進補助金 155.0億円（130.0億円）



水素の製造、輸送・貯蔵技術の開発

燃料電池等の研究開発

水素エネルギー製造・貯蔵・利用等に関する先進的技術開発事業 15.0億円（15.0億円）

水素社会実現に向けた革新的燃料電池技術等の活用のための研究開発事業 66.7億円（52.5億円）

超高压水素技術等を活用した低コスト水素供給インフラ構築に向けた研究開発事業 32.0億円（30.0億円）

低コストで大量の水素製造を実現するCO₂フリーな水素製造技術や、再生可能エネルギーを用いた水の電気分解による水素製造方法の高度化に向けた基盤技術など、CO₂フリー水素供給システム実現に貢献する技術開発を実施。

燃料電池の高性能化、低コスト化に向け、触媒・電解質等に関する基盤技術開発や実用化技術開発、発電効率65%超の燃料電池実現に向けた技術開発を実施。

水素ステーション等の低コスト化に向けた技術開発、大型商用車向けの充填プロトコルの開発、規制改革実施計画等に基づく規制、耐久性・メンテナンス性向上に資する技術開発等を実施。



2050年までのカーボンニュートラル達成に向けた革新的な技術開発に対する継続的な支援（基金、2兆円）

エネルギー分野の変革や製造業等の構造転換を実現するため、電化や電力のグリーン化、**水素**、CO₂固定・再利用等の重点分野における、野心的な研究開発を10年間にわたり支援