

カーボンニュートラル時代における 水素政策の今後の方向性

2021年10月

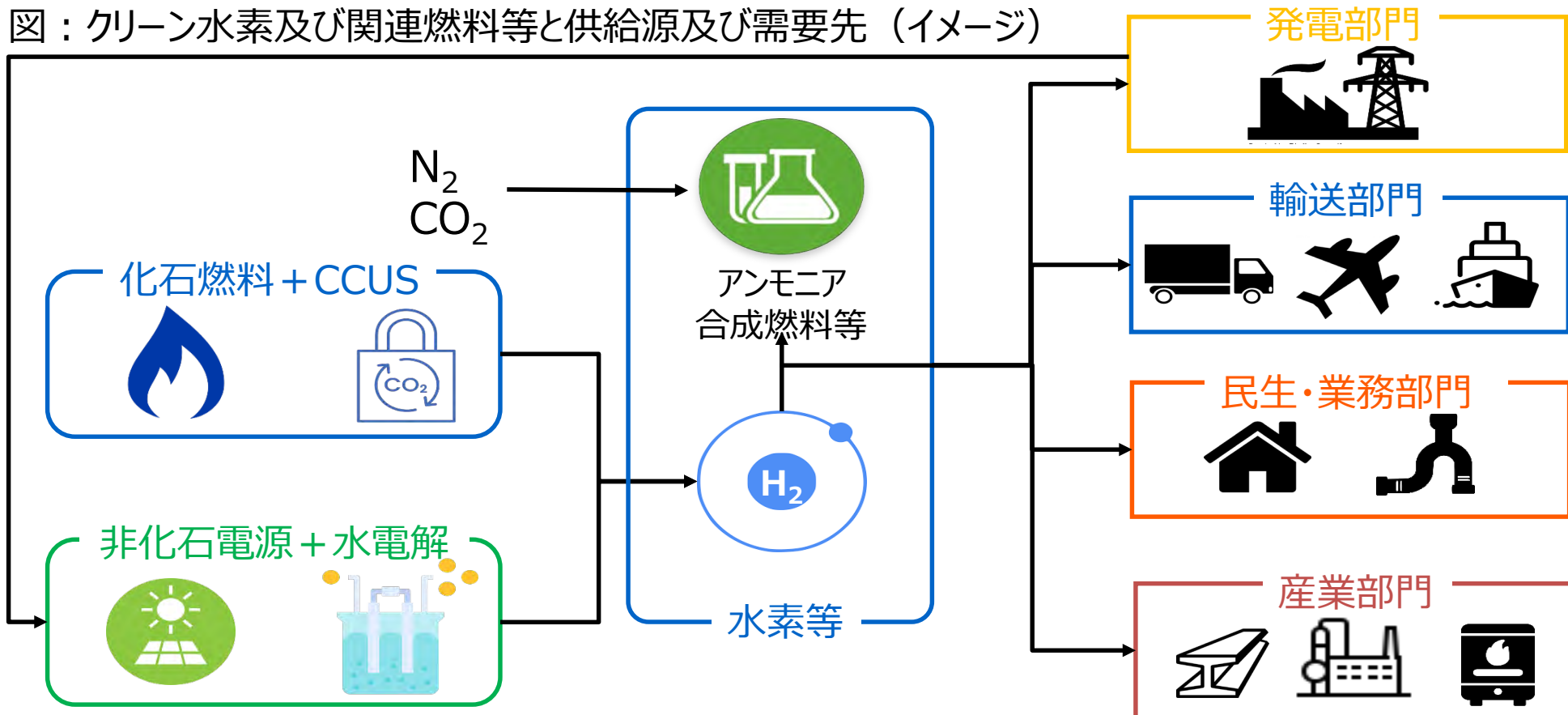
経済産業省 資源エネルギー庁

新エネルギーシステム課/水素・燃料電池戦略室

カーボンニュートラルに必要な不可欠な水素

- 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型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：ク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）



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水準を実現

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

水素の社会実装に向けて克服すべき課題

- 水素の社会実装に向けては、①技術的課題、②インフラ整備、③コストの3つの課題を克服する必要。研究開発が進展し、社会実装が近づくに連れ、②及び③に対処すべき課題がシフト。
- また、分野・地域毎に置かれた状況、課題の大きさが異なるため、現状と理想のギャップを正しく分析した上で、そのギャップを2050年までに埋めるべく、需給一体での取組に加え、課題解決を後押しするための最適な政策の組み合わせを個別に検討する必要がある。

水素独自の特性(例: 燃焼速度)やプロセス変更等により、技術開発が必要

水素及び関連機器と既存燃料・機器等とのコスト差が大きいほど、導入は進展せず

技術的課題



インフラ整備



コスト



課題が克服できた
分野・地域から
順次社会実装進展

供給量が多いほど、また供給先が多様であるほどより大規模なインフラ整備が必要。既存インフラの活用可否も重要



政策措置をタイムリーに講ずることによる課題解決の後押し
(研究開発支援、制度整備、標準化、規制改革、公的金融 等)

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

- 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	供給源のクリーン化（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

カーボンニュートラルまでの水素需要先拡大の道筋

- 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

2030年に向けた政策対応のポイント【水素・アンモニア】

- カーボンニュートラル時代を見据え、水素を新たな資源として位置づけ、社会実装を加速。
- 長期的に安価な水素・アンモニアを安定的かつ大量に供給するため、海外からの安価の水素活用、国内の資源を活用した水素製造基盤を確立。
 - 国際水素サプライチェーン、余剰再エネ等を活用した水電解装置による水素製造の商用化、光触媒・高温ガス炉等の高温熱源を活用した革新的な水素製造技術の開発などに取り組む。
 - 水素の供給コストを、化石燃料と同等程度の水準まで低減させ、供給量の引上げを目指す。
コスト：現在の100円/Nm³→2030年に30円/Nm³、2050年に20円/Nm³以下に低減
供給量：現在の約200万t/年→2030年に最大300万t/年、2050年に2,000万t/年に拡大
- 需要サイド（発電、運輸、産業、民生部門）における水素利用を拡大。
 - 大量の水素需要が見込める発電部門では、2030年までに、ガス火力への30%水素混焼や水素専焼、石炭火力への20%アンモニア混焼の導入・普及を目標に、混焼・専焼の実証の推進や非化石価値の適切な評価をできる環境整備を行う。また、2030年の電源構成において、水素・アンモニア1%を位置づけ。
 - 運輸部門では、FCVや将来的なFCトラックなどの更なる導入拡大に向け、水素ステーションの戦略的整備などに取り組む。
 - 産業部門では、水素還元製鉄などの製造プロセスの大規模転換や水素等の燃焼特性を踏まえたバーナー、大型・高機能ボイラーの技術開発などに取り組む。
 - 民生部門では、純水素燃料電池も含む、定置用燃料電池の更なる導入拡大に向け、コスト低減に向けた技術開発などに取り組む。

水素の面的利用促進のための社会実装モデルの創出

- 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

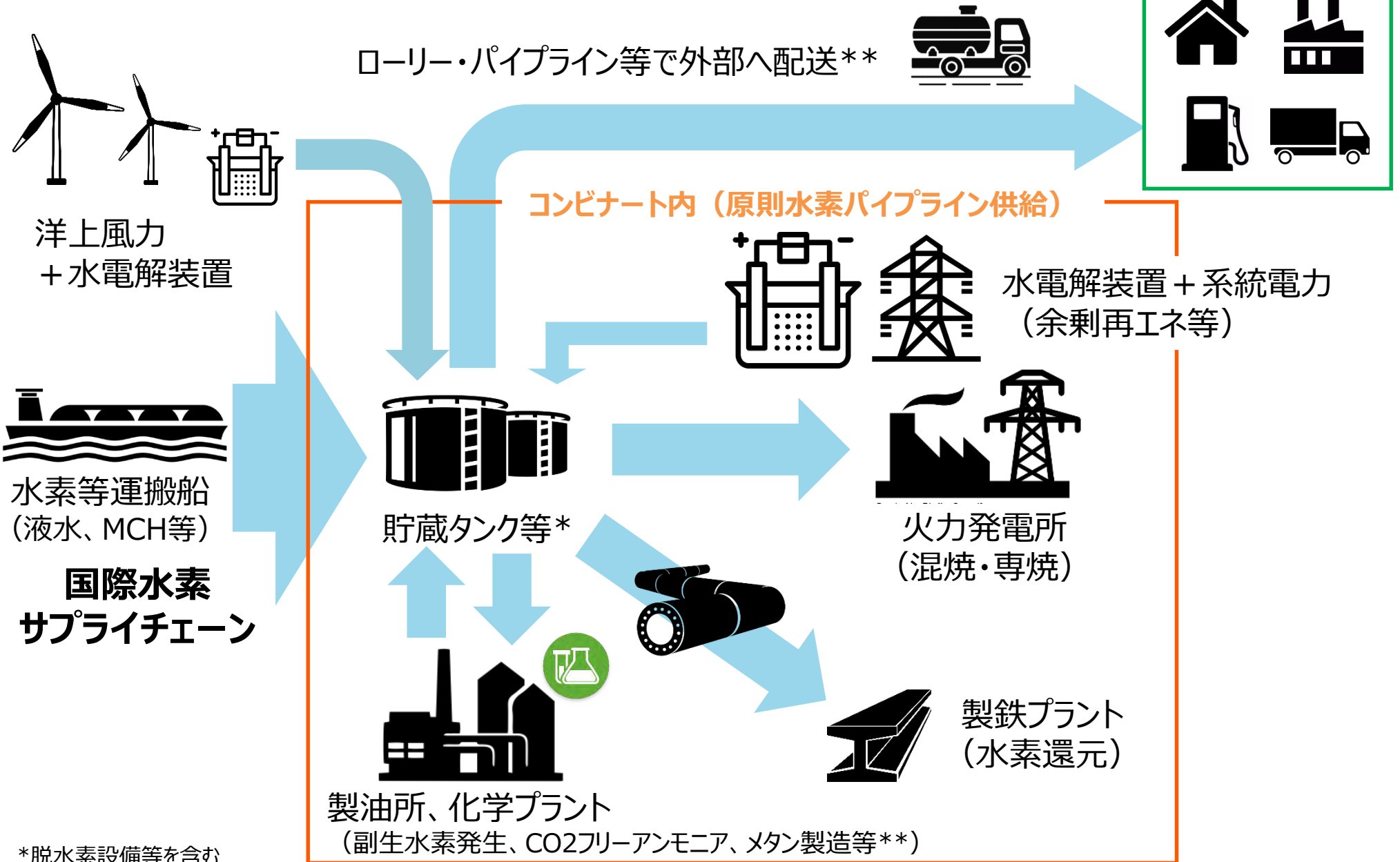
モデル例②:水電解装置等を用いた自家消費、周辺利活用

- 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）

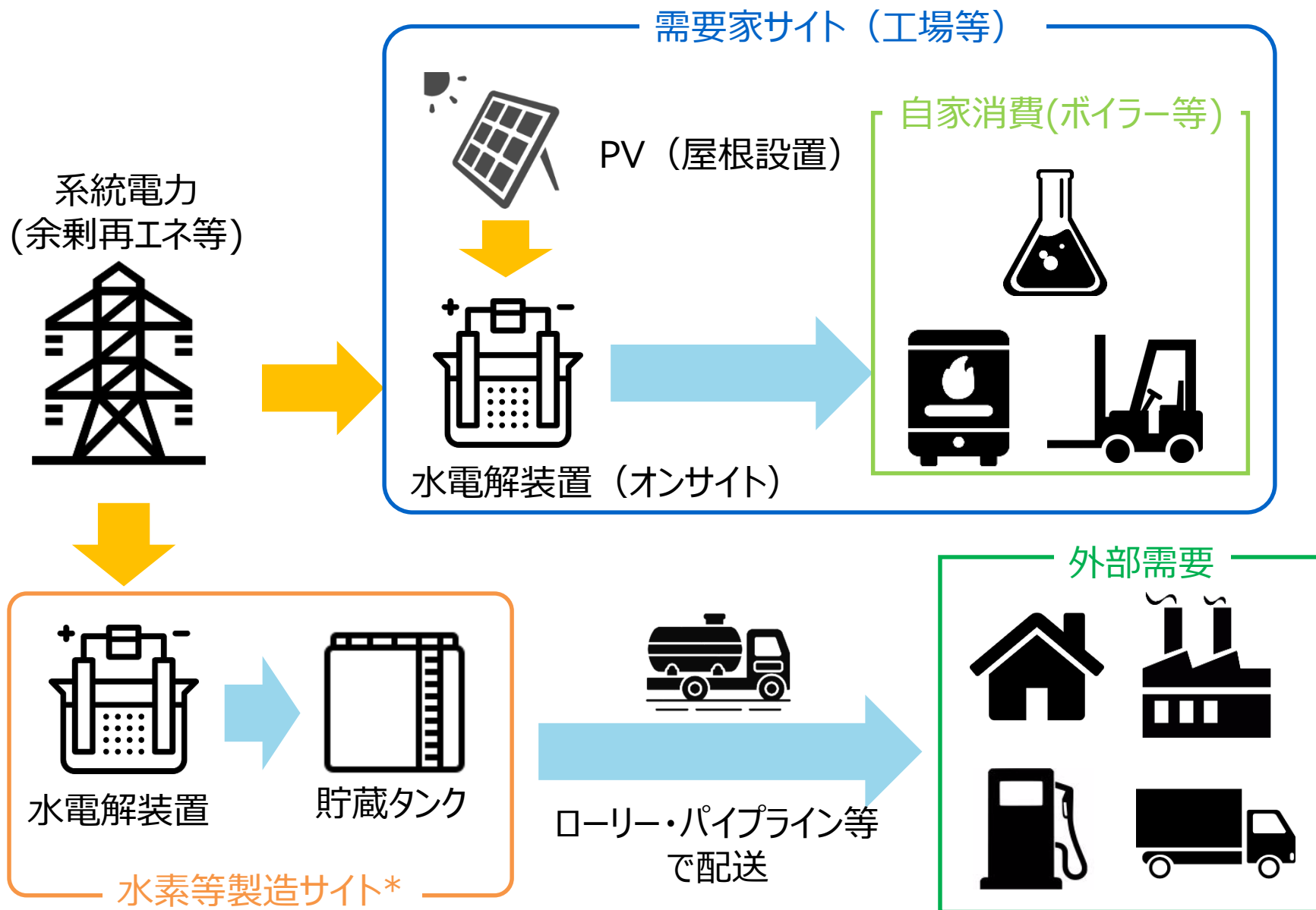
外部需要



*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）

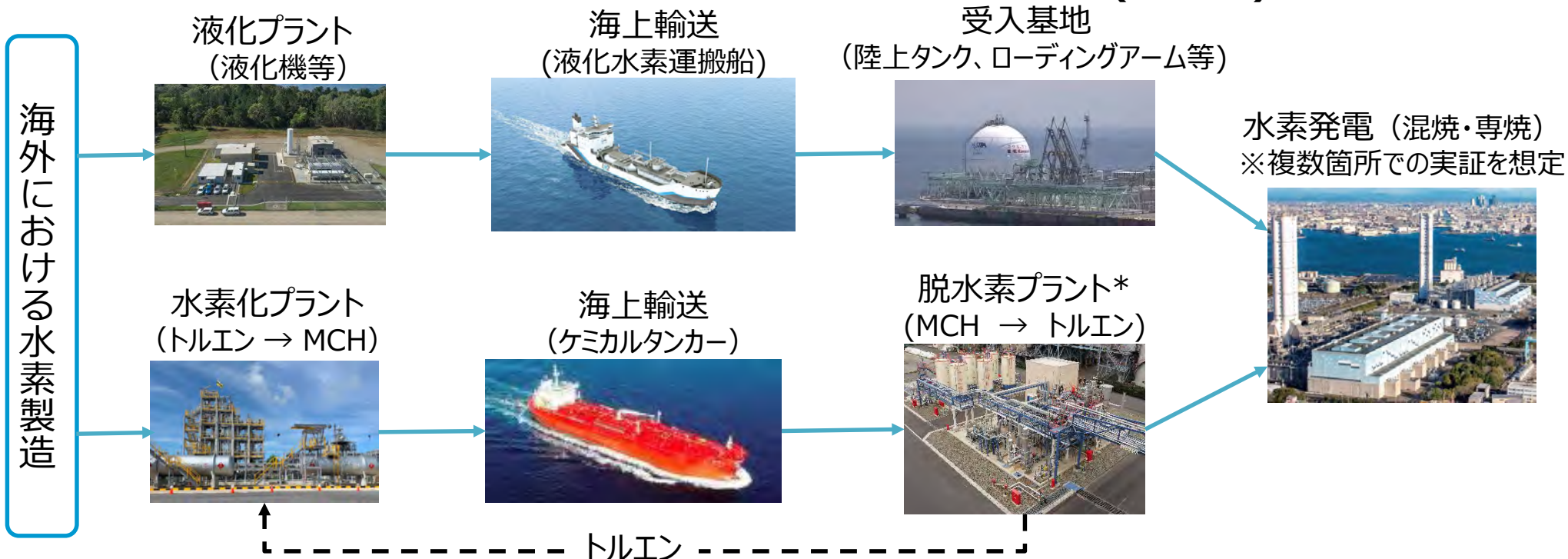


*アンモニア、メタン等の基礎化学品が水素から製造・配送される場合有

大規模水素サプライチェーンの構築（国費負担額：上限3,000億円）

- 水素社会の実現に向け、大規模水素サプライチェーン構築と需要創出を一体的に進めることが必要。
- 将来的な国際水素市場の立ち上がりが期待される中、日本は世界に先駆けて液化水素運搬船を建造するなど、技術で世界をリード。大規模需要の見込める水素発電技術についても我が国が先行。
- そのため、複数の水素キャリア（液化水素、MCH）で①輸送設備の大型化等の技術開発・大規模水素輸送実証を支援することに加え、②水素発電における実機での水素の燃焼安定性に関する実証を一体で進めるなどし、水素の大規模需要の創出と供給コスト低減の好循環の構築を推進し、供給コストを2030年に30円/Nm³、2050年に20円/Nm³以下（化石燃料と同等程度）とすることを旨とする。

液化水素、メチルシクロヘキサン（MCH）の大規模水素サプライチェーン(イメージ)



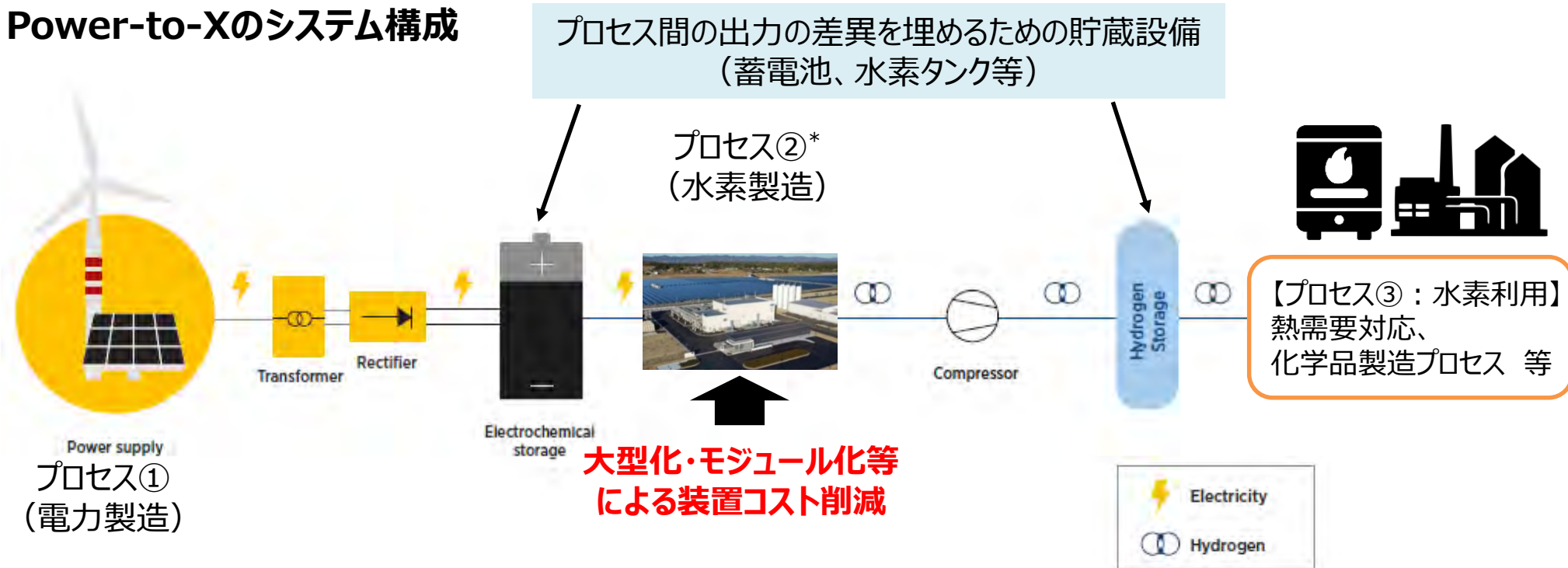
*製油所等、既存設備を最大限活用することを想定

出典：HySTRA、AHEAD、各社HPより資源エネルギー庁作成

再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造（国費負担額：上限700億円）

- 日本は世界最大級の水電解装置を福島に有するものの、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。
- 余剰再エネ等を活用した国内水素製造基盤の確立や、先行する海外の水電解市場獲得を目指すべく、複数のタイプの水電解装置（アルカリ型、PEM型）の大型化やモジュール化、膜等の優れた要素技術の実装、水素利用と一体でのPower-to-Xのシステム実証等を強力に後押しし、装置コストの一層の削減（現在の最大1/6程度）を目指す。

Power-to-Xのシステム構成



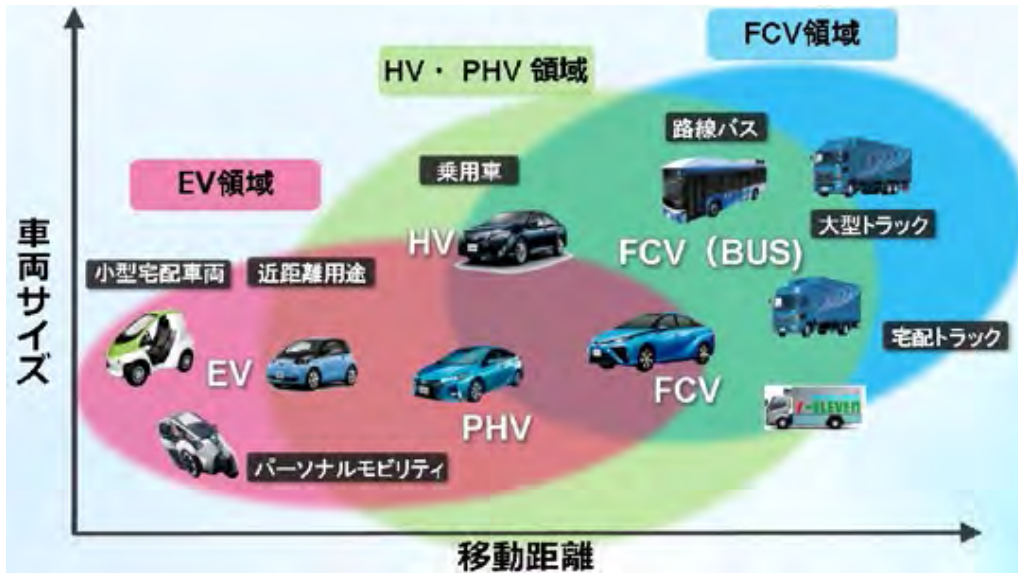
水電解装置の開発と合わせて、ボイラー等の熱関連機器や基礎化学品の製造プロセスとを組み合わせ、再エネ電源等を活用した非電力部門の脱炭素化に関するシステム全体を最適化する実証を行う予定

*写真は福島水素エネルギー研究フィールド（イメージ）

燃料電池の用途とその優位性

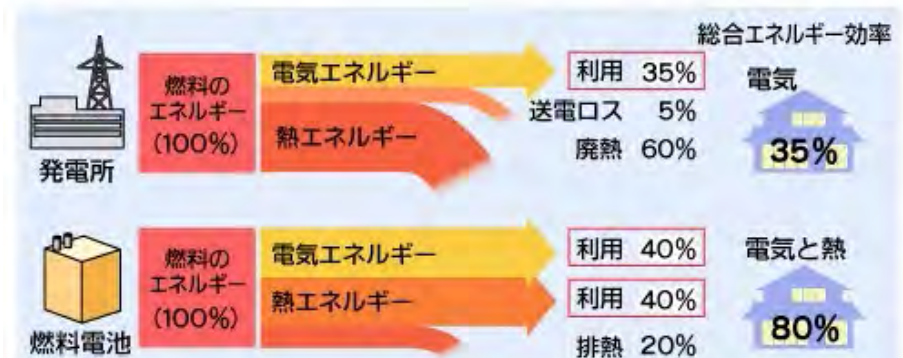
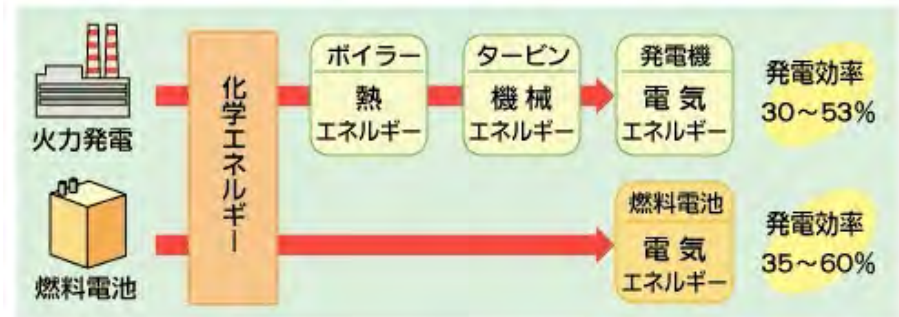
- 燃料電池は主にモビリティと定置用の2つの用途が想定。
- モビリティは水素が電気よりもエネルギー密度が高い特性を生かし、長い走行距離等(※)、短い充填時間などを実現することが可能。 ※高性能なタンクとの組み合わせ等により実現
- 定置用は高い発電効率及び電熱供給が可能であることによる高い総合エネルギー効率の達成、ガス体を燃料とするため、エネルギー源の多角化が図られ、レジリエンス向上にも資する。

電動車の棲み分け (イメージ)



新型MIRAIの性能
航続距離：約850km、燃料充填時間：3分

定置用燃料電池の発電・総合効率



輸送部門における水素利用

- FCVは現状6104台導入。水素STは整備中含め166箇所整備。引き続き**FCVの導入に向けて、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。
- **トラックをはじめとする商用車や船舶**なども、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。

FCV・水素ステーション整備

2020年末発売の新型「MIRAI」



全国：約4600台普及



全国：166箇所（開所：140箇所）

FCトラック

- ✓ 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



【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



小型・近距離
→ 燃料電池船



大型・遠距離
→ 水素ガス燃料船

(参考) 地域特性や状況変化等に合わせた戦略的整備

- FCVの普及やインフラの整備状況、顧客層・導入されうるモビリティ等は地域で差異があるだけでなく、時間経過によって変化する。
- そのため、足下の状況に対応した最適な水素STを選択し、かつその状況変化に合わせてSTを拡充等出来るようにすることは、コスト・リスクを抑えつつも、利便性の向上や顧客層の拡大を行うことを可能とし、早期の水素モビリティの普及拡大・効率的なST事業の自立化に寄与する。
- 係る観点から、事業者には、長期的な自立化等に向けた事業ビジョンの提示を求めつつ、想定されうる状況変化に柔軟に対応出来るような支援を行う。

例：ある地域におけるFCV等の普及段階に応じた、水素ステーションの変遷（イメージ）

黎明期
ST密度小

水素モビリティ需要・水素STの基数

需要拡大期
ST密集化



移動式、小型水素ST*
(対応可能台数：1～2台/h)

中規模水素ST
(ピーク対応可能台数**：5台/h以上)

大規模水素ST
(ピーク対応可能台数**：10台/h以上)

(参考) 水素ステーションの整備状況

全国：開所 155箇所 (他12箇所整備中)

※R3年9月末現在

北海道・東北圏：9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①①
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①①
大府市
半田市
一宮市
海部郡
豊川市
- 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
枚方市
茨木市②
豊中市
堺市
泉南郡
神戸市
尼崎市
姫路市
- 兵庫県 和歌山市①①
奈良県 奈良市
徳島県 徳島市②①
香川県 高松市
- 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①①
- 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
- 東京都 練馬区
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②①
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

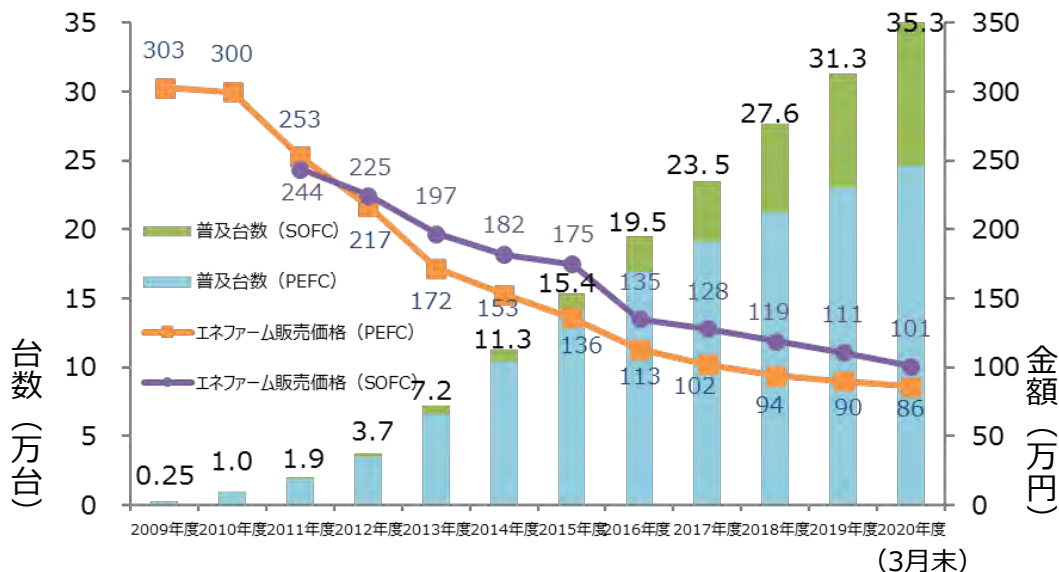
※赤字は移動式
※下線は整備中



定置用燃料電池の普及拡大に向けた今後の方向性

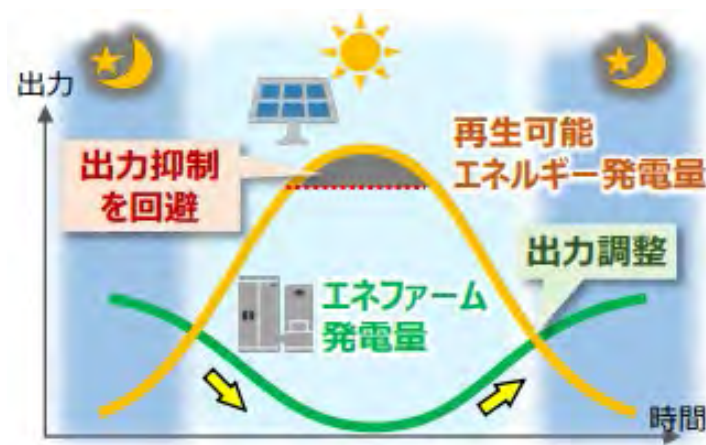
- 都市ガスやLPガスを改質して製造した水素を活用する家庭用燃料電池（エネファーム）は、2009年に世界に先駆けて我が国で販売が開始。これまでに、**40万台以上が普及**しており、販売価格も、PEFCの場合、販売開始時の300万円超から、**100万円を切る水準まで低下**。
- 今後、部品点数の削減などに向けた更なる技術開発を進め、**一層のコスト削減を目指す**だけでなく、電力系統において供給力・調整力として活用する実証等、**燃料電池の持つポテンシャルを最大限活用出来る環境整備**を支援。

普及台数と販売価格の推移



電力市場における燃料電池の活用

再エネ等の発電サイクルに合わせて燃料電池の出力を調整し、系統安定化等にご貢献すべく、VPPアグリゲーター実証事業に、現在約1,500台のエネファームが参加中



今後は純水素燃料電池導入拡大も視野に入れた取組が必要不可欠

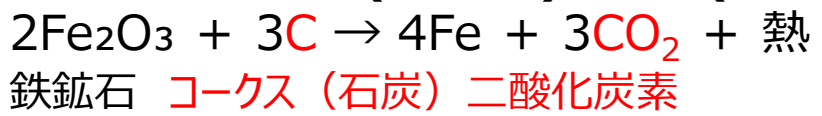
産業部門での原料・燃料利用

- 鉄鋼分野の脱炭素化のために、炭素では無く水素を**還元剤**として利用する水素還元製鉄を技術開発中。
- 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。
- 製造プロセスの転換や、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）



【普及のための課題例】

- 熱の補填の仕組みや高炉内の通気・反応促進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 (※試算))

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
 - 火炎放射が弱い
- 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

御清聴ありがとうございました