

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11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

目次

- 1. エネルギーを取り巻く状況**
- 2. 水素エネルギー政策の方向性**

目次

1. エネルギーを取り巻く状況
2. 水素エネルギー政策の方向性

エネルギーシステムとは

一次エネルギー
それ自身がエネルギーを持つ天然資源

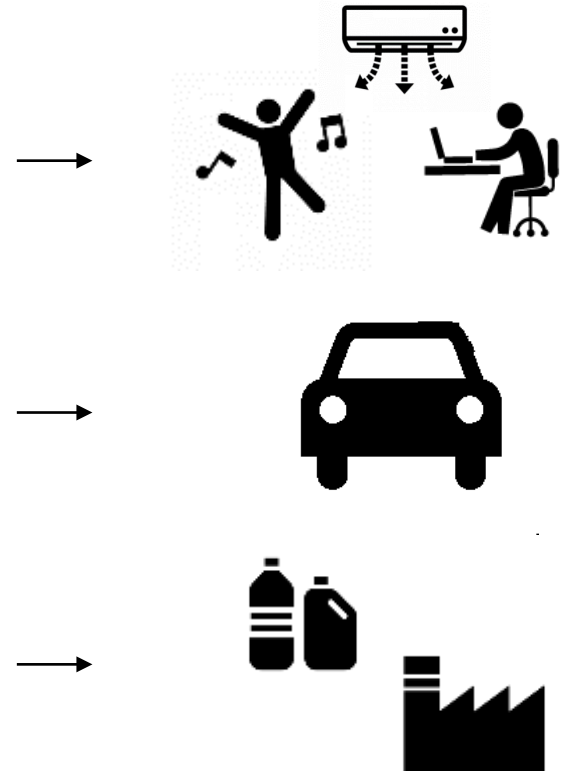
二次エネルギー
人が使いやすいように加工したエネルギー

工場や車、家庭でエネルギーを消費



46%

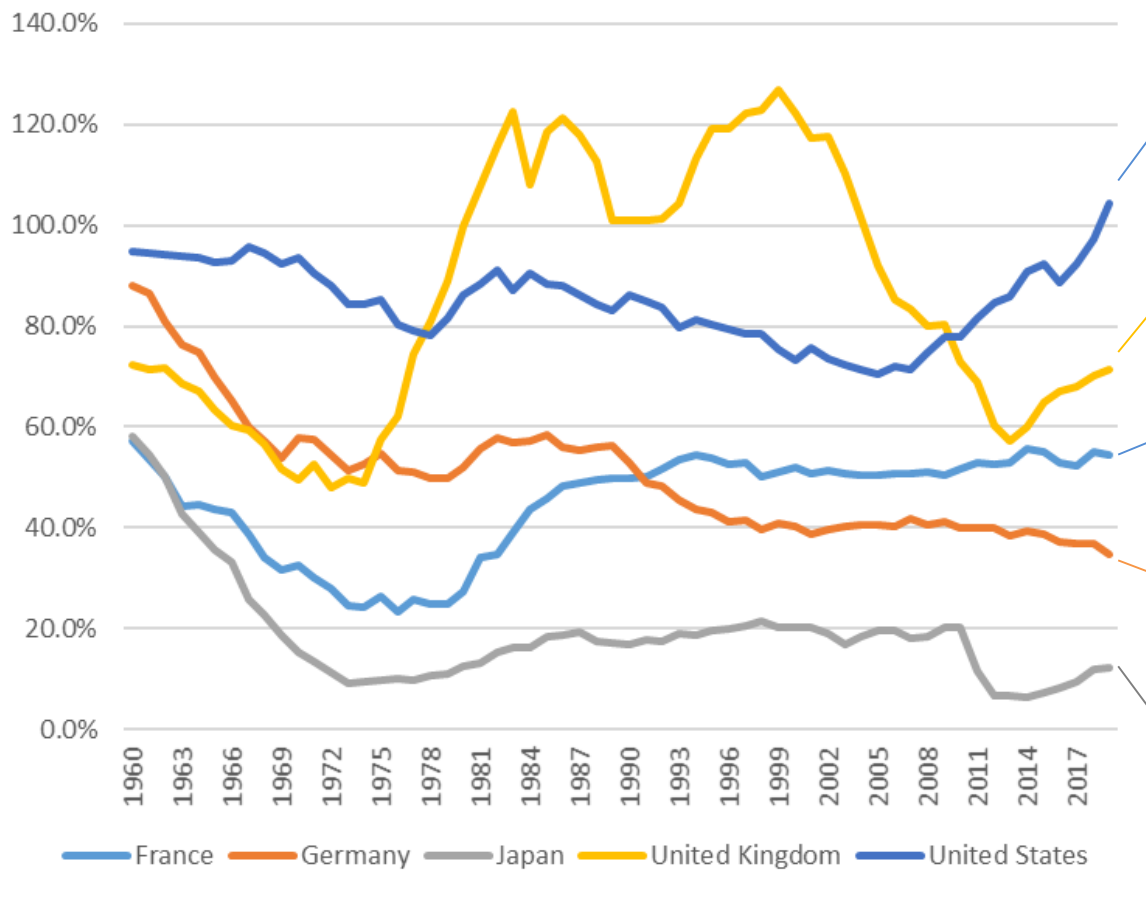
54%



日本のエネルギー自給率

各国の特徴

諸外国の一次エネルギー自給率推移



【アメリカ】

✓ シェールガス、シェールオイル生産でほぼ全てのガス・石油需要を自給

【イギリス】

✓ 北海油田の石油や風力発電・原子力の拡大により高い自給率

【フランス】

✓ 電源構成に占める原子力発電の割合は高いものの、その他の資源は輸入に依存

【ドイツ】

✓ 高い再エネ普及、石炭の国内生産、原子力発電の利用から一定の自給率

【日本】

✓ 化石資源をほぼ全て海外に依存、再エネの利用は拡大するものの、原子力発電の利用が進まず、極めて低い自給率

グリーン成長が世界で新機軸に。日本もカーボンニュートラルを宣言

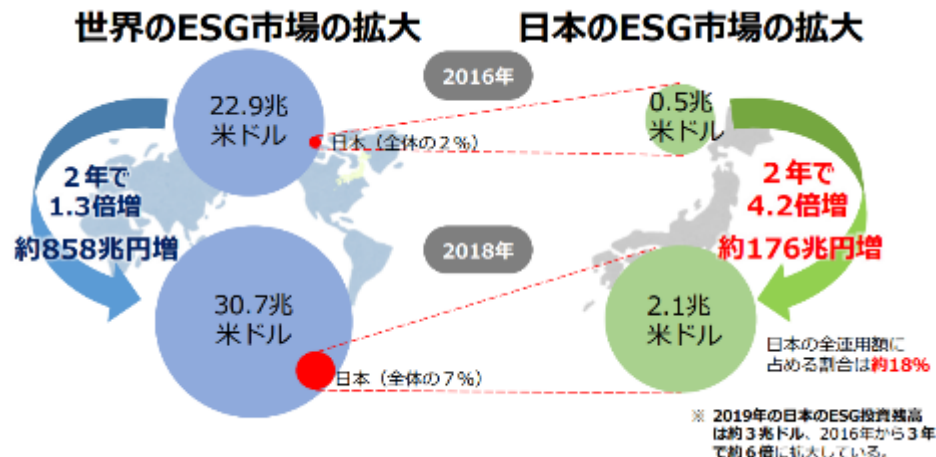
2050年までのカーボンニュートラルを表明した国

124カ国・1地域

※全世界のCO2排出量に占める割合は37.7%（2017年実績）



ESG投資の拡大



日本も2050年までのカーボンニュートラルの実現を目指す旨、宣言



(出典) 第203回国会 首相官邸HPより

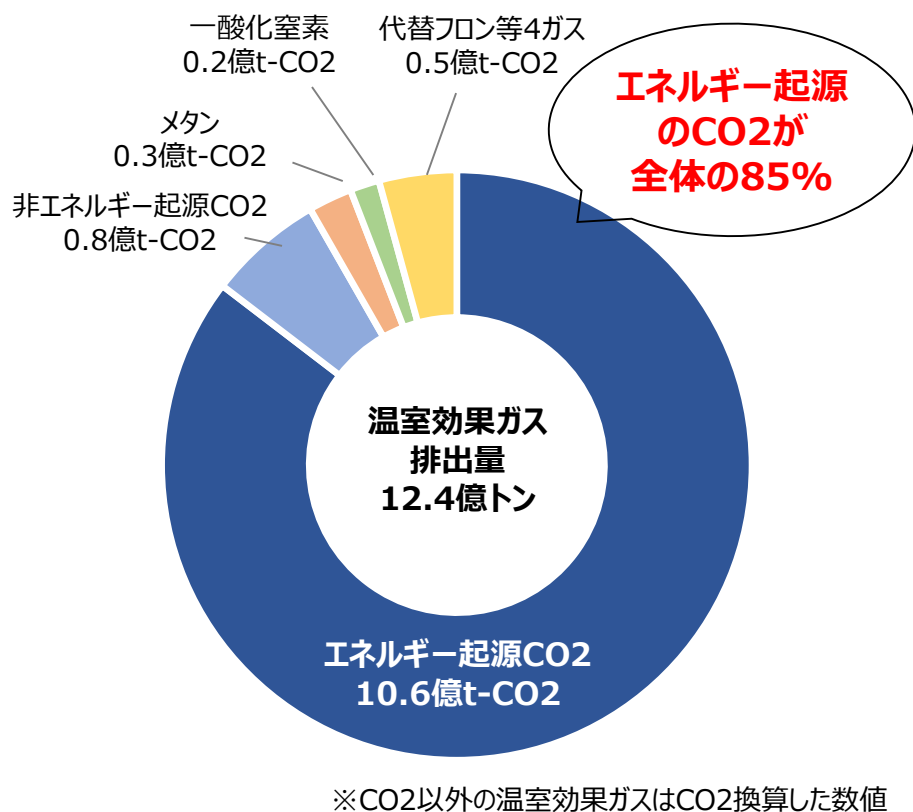
菅政権では、成長戦略の柱に経済と環境の好循環を掲げて、グリーン社会の実現に最大限注力してまいります。

我が国は、2050年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち「2050年カーボンニュートラル」、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします。

もはや、温暖化への対応は経済成長の制約ではありません。積極的に温暖化対策を行うことが、産業構造や経済社会の変革をもたらし、大きな成長につながるという発想の転換が必要です。

日本の温室効果ガス排出量の8割がエネルギー起源

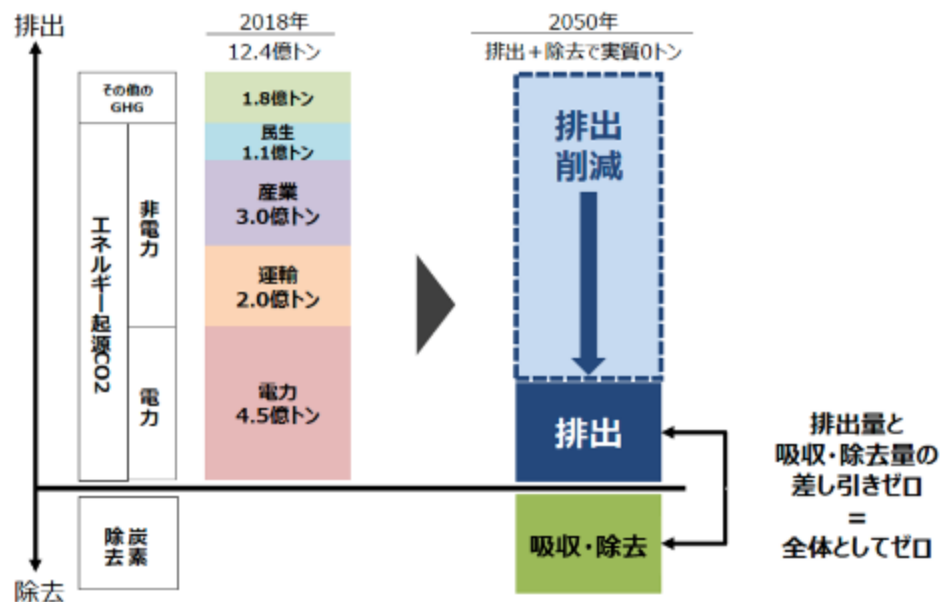
日本の温室効果ガス排出量（2018年）



2050年カーボンニュートラルへの転換イメージ

全体としてカーボンニュートラルを実現するには、

- ① 電力部門では、非化石電源の拡大、
- ② 非電力部門（燃料利用等）では、脱炭素化された電力による電化、水素化、メタネーション、合成燃料等を通じた脱炭素化を進める必要があるが、国民負担を抑制しつつ、エネルギー需要サイドの受容性を高める取組も必要。

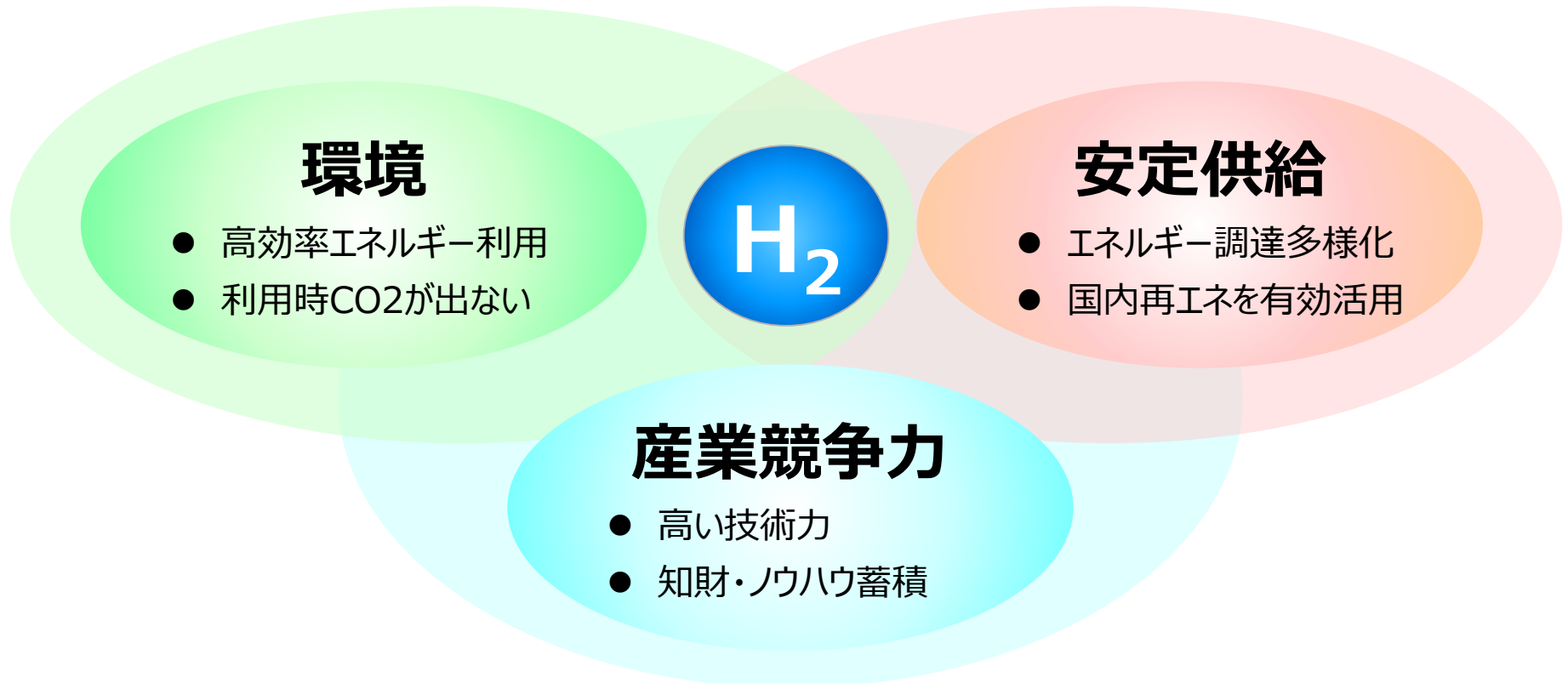


目次

1. エネルギーを取り巻く状況
- 2. 水素エネルギー政策の方向性**

水素をエネルギーとして利活用する3つの意義

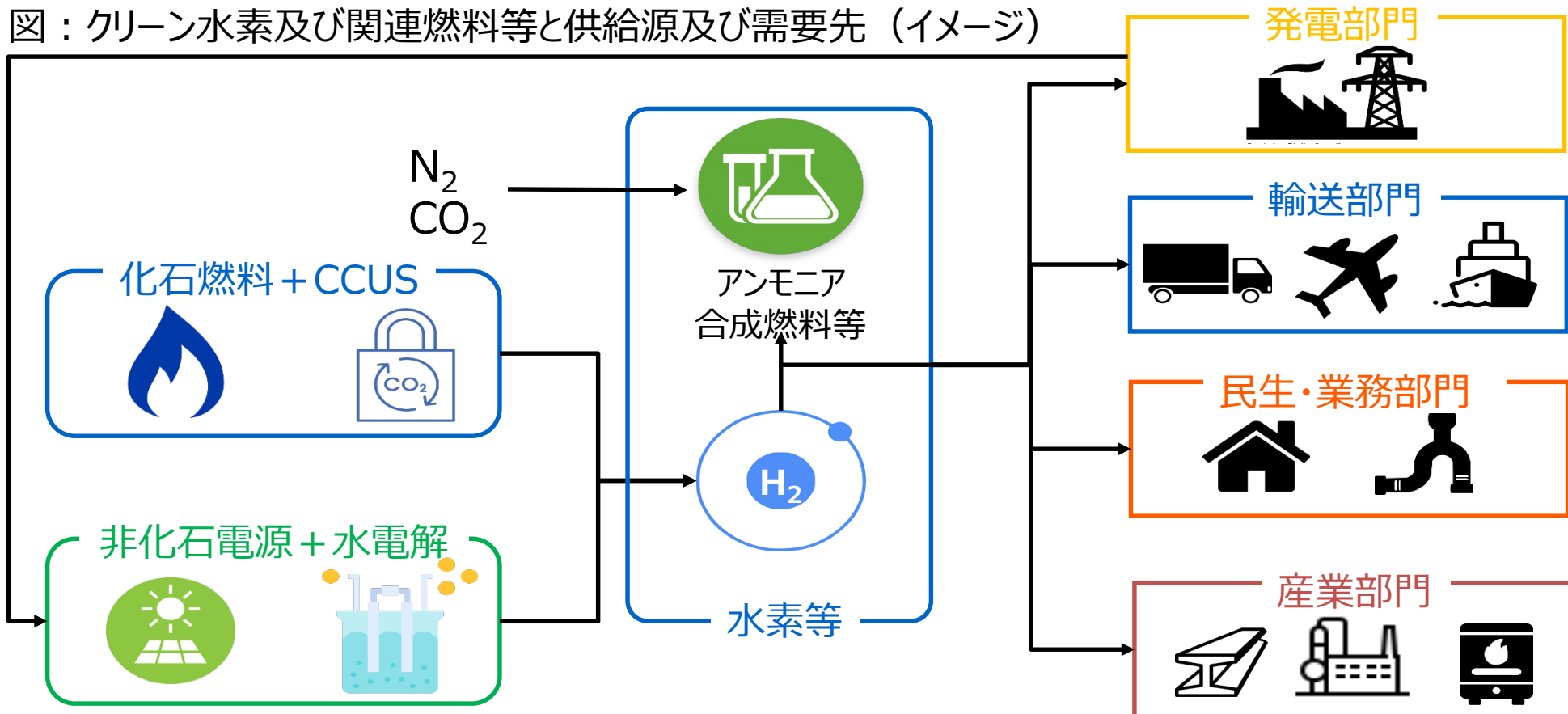
- 利用時にCO2を排出しないので環境に優しい。(出るのは水だけ)
- 再エネ電気、石炭・天然ガスなどあらゆる物質から製造することが可能でエネルギーセキュリティに寄与。
- 加えて、日本の燃料電池分野の特許出願件数は世界一位であり、産業競争力強化にも資する。



水素エネルギーの意義① 脱炭素化に貢献

- 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。

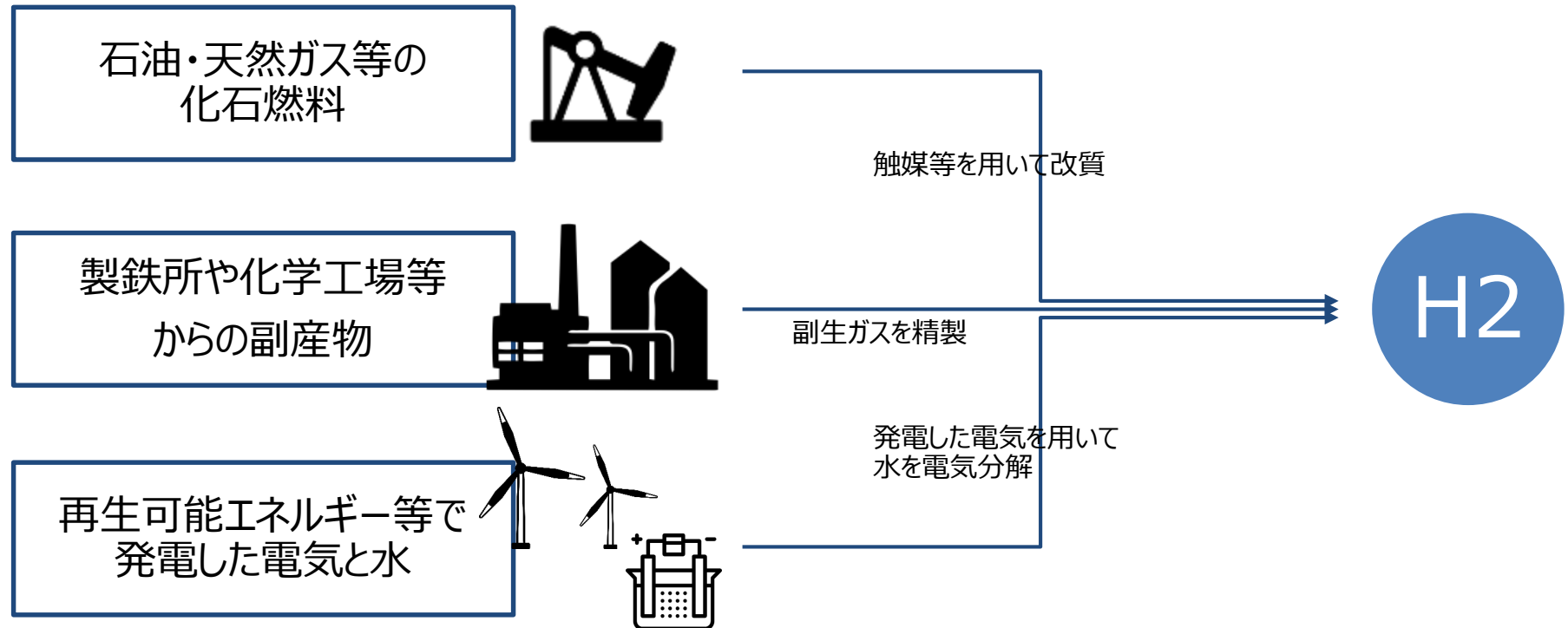
図：クリーン水素及び関連燃料等と供給源及び需要先（イメージ）



水素エネルギーの意義② エネルギーの安定供給に貢献

- 水素は、多様な資源から製造できるため、国内での製造や、海外からの資源の調達先の多様化を通じ、日本のエネルギー供給・調達リスクの低減に資するエネルギー。

水素の多様な製造方法



(参考) 再エネ由来の水素も輸入することで、資源調達先を多様化

- 日本は再エネ含む資源賦存量が国内需要に比べ小さく、長期的にも海外水素を輸入することになる見込み。
- 水素は再エネからも製造できるので、従来の資源国だけでなく、**再エネ資源国との資源外交も不可欠に。**

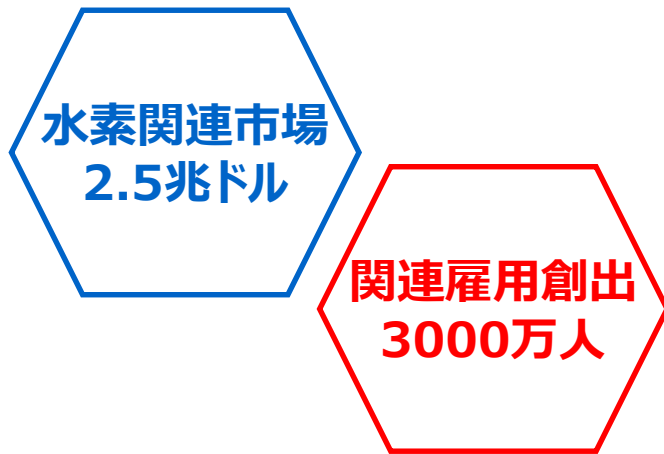


水素エネルギーの意義③ 日本の産業競争力に貢献

- 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。

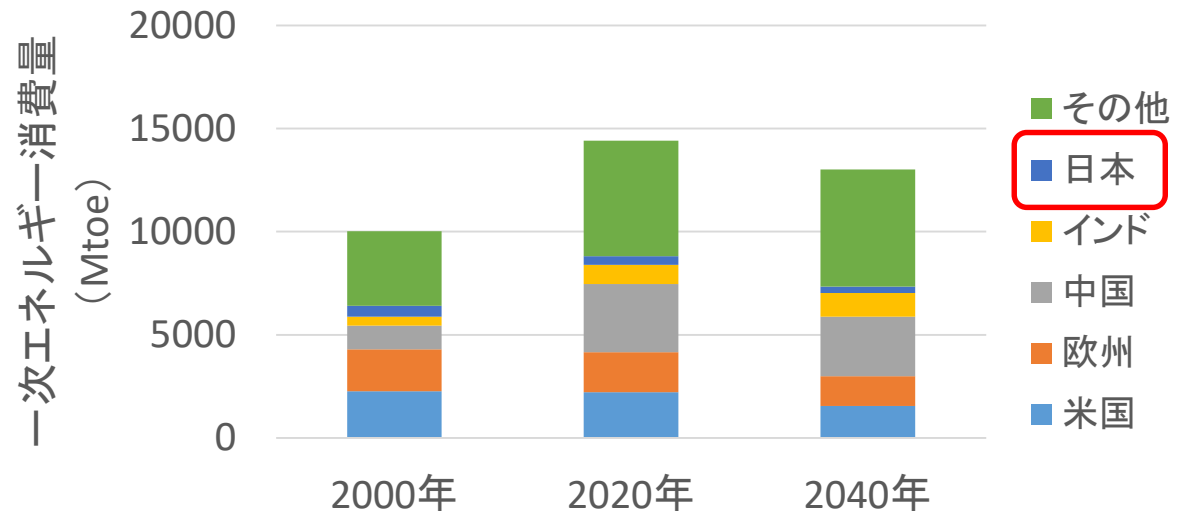
2050年の世界展望

*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



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～
第6次エネ基策定、
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)

グリーン成長戦略（令和3年6月18日策定）

2050年に向けて成長が期待される、14の重点分野を選定。

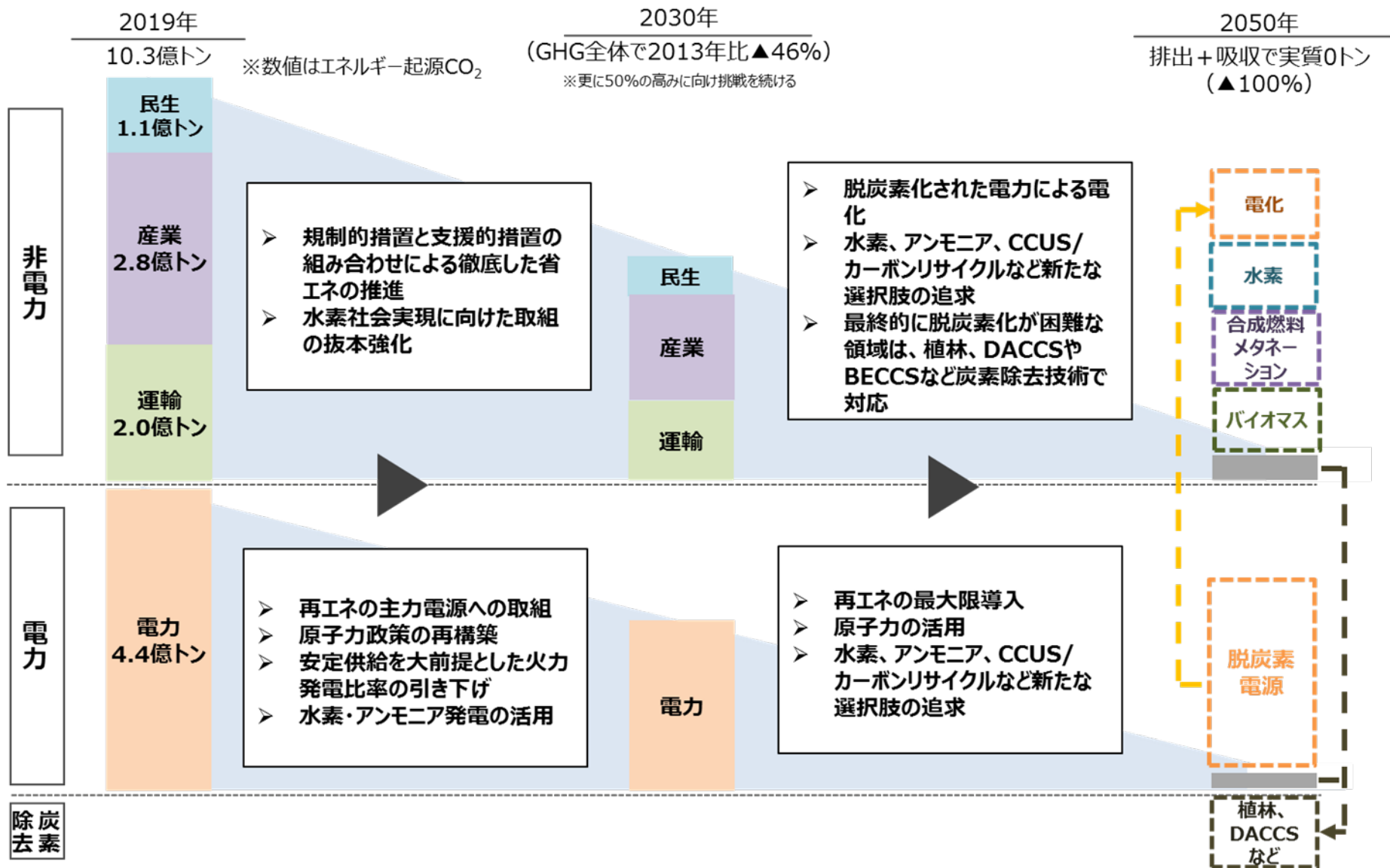
・高い目標を掲げ、技術のフェーズに応じて、実行計画を着実に実施し、国際競争力を強化。・2050年の経済効果は約290兆円、雇用効果は約1,800万人と試算。

 洋上風力・太陽光・地熱 ・2040年、3,000~4,500万kWの案件形成【洋上風力】 ・2030年、次世代型で14円/kWhを視野【太陽光】 1	 水素・燃料アンモニア ・2050年、2,000万吨程度の導入【水素】 ・東南アジアの5,000億円市場【燃料アンモニア】 2	 次世代熱エネルギー ・2050年、既存インフラに合成メタンを90%注入 3	 原子力 ・2030年、高温ガス炉のカーボンフリー水素製造技術を確立 4	 自動車・蓄電池 ・2035年、乗用車の新車販売で電動車100% 5	 半導体・情報通信 ・2040年、半導体・情報通信産業のカーボンニュートラル化 6	 船舶 ・2028年よりも前倒してゼロエミッション船の商業運航実現 7
 物流・人流・土木インフラ ・2050年、カーボンニュートラルポートによる港湾や、建設施工等における脱炭素化を実現 8	 食料・農林水産業 ・2050年、農林水産業における化石燃料起源のCO ₂ ゼロエミッション化を実現 9	 航空機 ・2030年以降、電池などのコア技術を、段階的に技術搭載 10	 カーボンサイクル・マテリアル ・2050年、人工光合成プラを既製品並み【CR】 ・ゼロカーボンスチールを実現【マテリアル】 11	 住宅・建築物・次世代電力マネジメント ・2030年、新築住宅・建築物の平均でZEH・ZEB【住宅・建築物】 12	 資源循環関連 ・2030年、バイオマスプラスチックを約200万吨導入 13	 ライフスタイル関連 ・2050年、カーボンニュートラル、かつレジリエントで快適な暮らし 14

政策を総動員し、イノベーションに向けた、企業の前向きな挑戦を全力で後押し。

1 予算 ・グリーンイノベーション基金（2兆円の基金） ・経営者のコミットを求める仕掛け ・特に重要なプロジェクトに対する重点的投資	2 税制 ・カーボンニュートラル投資促進税制（最大10%の税額控除・50%の特別償却）	3 金融 ・多排出産業向け分野別ロードマップ ・TCFD等に基づく開示の質と量の充実 ・グリーン国際金融センターの実現	4 規制改革・標準化 ・新技術に対応する規制改革 ・市場形成を見据えた標準化 ・成長に資するカーボンプライシング
5 国際連携 ・日米・日EUとの技術協力 ・アジア・エネルギー・トランジション・イニシアティブ ・東京ビヨンド・ゼロ・ウィーク	6 大学における取組の推進等 ・大学等における人材育成 ・カーボンニュートラルに関する分析手法や統計	7 2025年日本国際博覧会 ・革新的イノベーション技術の実証の場（未来社会の実験場）	8 若手ワーキンググループ ・2050年時点での現役世代からの提言

2050年カーボンニュートラルの実現



(エネルギー基本計画) 2050年カーボンニュートラル実現に向けた課題と対応のポイント

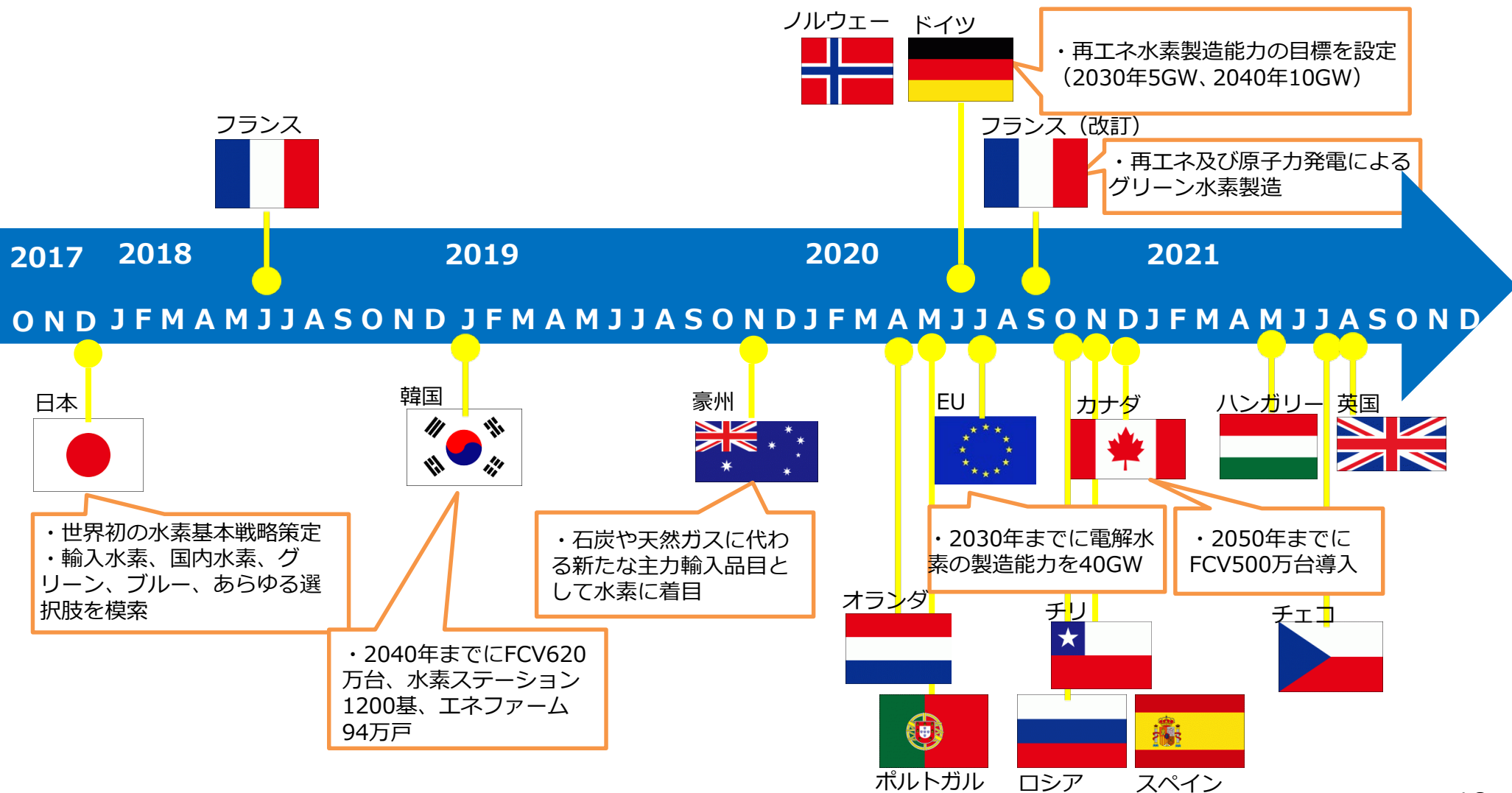
- 2050年に向けては、温室効果ガス排出の8割以上を占めるエネルギー分野の取組が重要。
 - ものづくり産業がGDPの2割を占める産業構造や自然条件を踏まえても、その実現は容易なものではなく、実現へのハードルを越えるためにも、産業界、消費者、政府など国民各層が総力を挙げた取組が必要。
- 電力部門は、再エネや原子力などの実用段階にある脱炭素電源を活用し着実に脱炭素化を進めるとともに、水素・アンモニア発電やCCUS/カーボンリサイクルによる炭素貯蔵・再利用を前提とした火力発電などのイノベーションを追求。
- 非電力部門は、脱炭素化された電力による電化を進める。電化が困難な部門（高温の熱需要等）では、水素や合成メタン、合成燃料の活用などにより脱炭素化。特に産業部門においては、水素還元製鉄や人工光合成などのイノベーションが不可欠。
 - 脱炭素イノベーションを日本の産業界競争力強化につなげるためにも、「グリーンイノベーション基金」などを活用し、総力を挙げて取り組む。
 - 最終的に、CO₂の排出が避けられない分野は、DACCSやBECCS、森林吸収源などにより対応。
- 2050年カーボンニュートラルを目指す上でも、安全の確保を大前提に、安定的で安価なエネルギーの供給確保は重要。この前提に立ち、2050年カーボンニュートラルを実現するために、再エネについては、主力電源として最優先の原則のもとで最大限の導入に取り組み、水素・CCUSについては、社会実装を進めるとともに、原子力については、国民からの信頼確保に努め、安全性の確保を大前提に、必要な規模を持続的に活用していく。
- こうした取組など、安価で安定したエネルギー供給によって国際競争力の維持や国民負担の抑制を図りつつ2050年カーボンニュートラルを実現できるよう、あらゆる選択肢を追求する。

(エネルギー基本計画) 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付け、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、海外からの安価な水素活用、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が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%を位置付け。
 - 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。

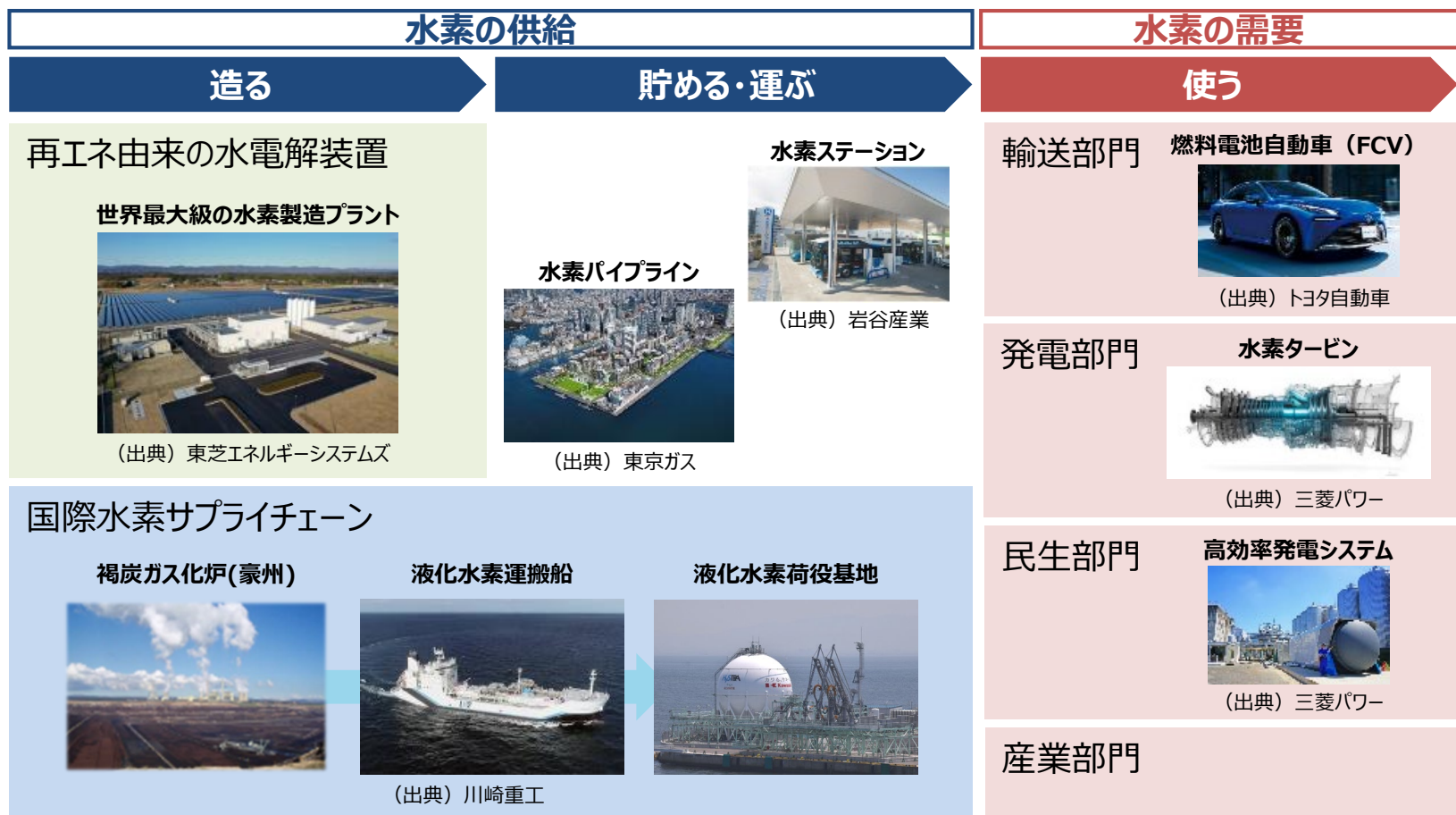
(参考) 水素に係る海外動向

- EUやドイツやオランダ、豪州など多くの国で、2020年以降、急速に水素の国家戦略が策定されるなど、世界中で取組が本格化。



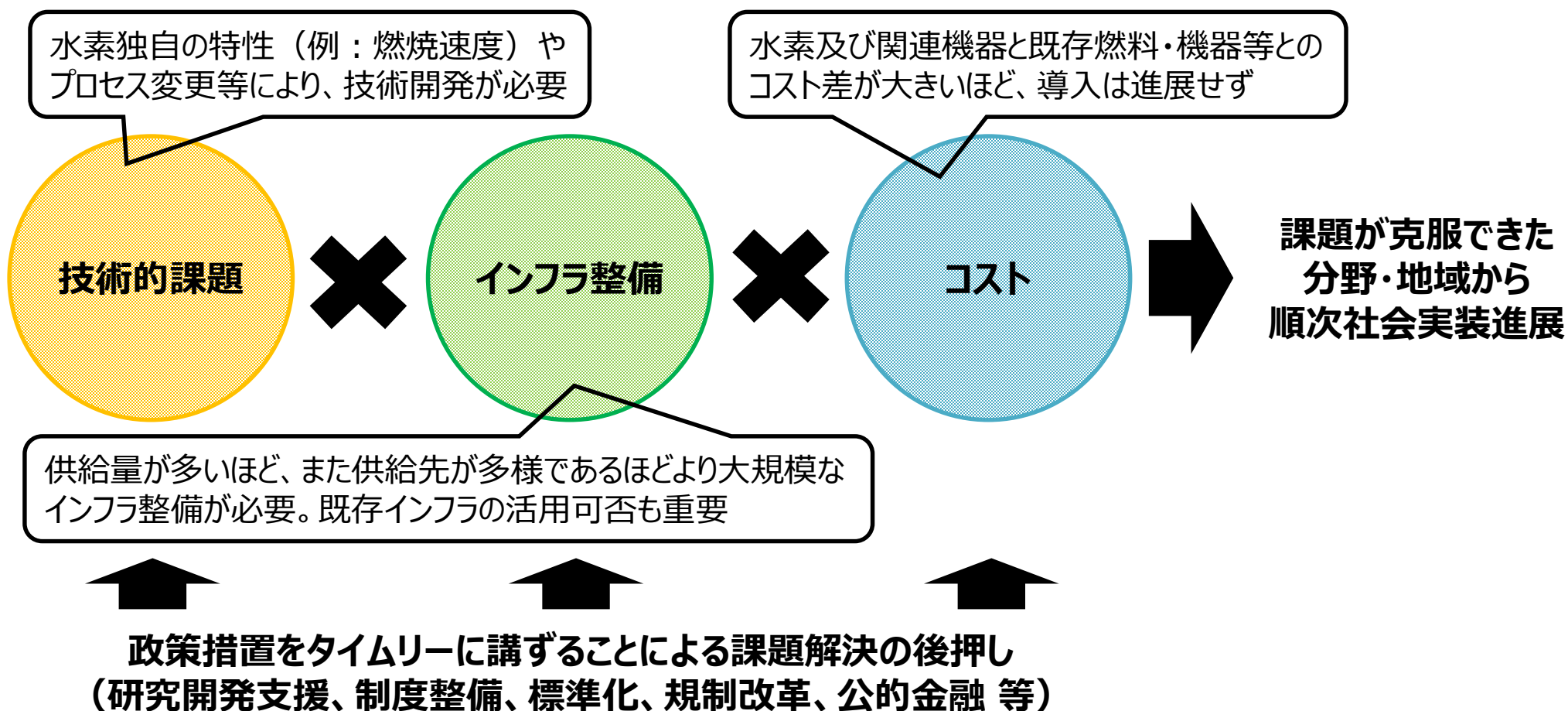
水素エネルギーを活用した社会「水素社会」

- 水素を製造し、貯蔵し、運搬し、エネルギーとして利用する社会の構築を目指す。



水素の社会実装を進める上で、重要な3つの視座

- 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していく。



エネルギー安全保障も考慮した、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、**価格競争力のある海外から輸入した水素の活用が必要**。
- 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

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、いずれも化石燃料由来の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、**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、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**でも水素利用が拡大。
- なお、家庭・業務部門は、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	水電解装置や純水素燃料電池の導入や、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		インフラ整備や水素コスト低減を通じた供給拡大

視点①：社会実装モデルの数とモデル間連携の重要性

- 社会実装モデルについては、水素の全国展開を念頭に、①製造から輸送・貯蔵、利用に至るまでの全体最適化に係る知見の蓄積や、②解決すべき課題を包括的に抽出するのに必要十分な数を構築することが、費用対効果を最大化する観点からは重要。
- そのためには、国等の公的機関が支援する場合は、積極的にその重複を排除するだけでなく、適切な情報発信を通じて、モデル間で自発的に棲み分けがなされるようにしていくべきではないか。

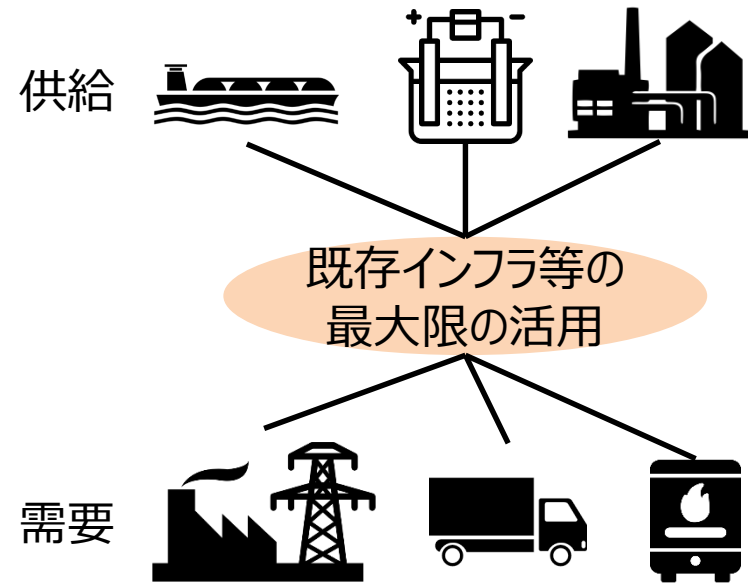
モデルにおける各段階の組み合わせ（複数選択可）



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**

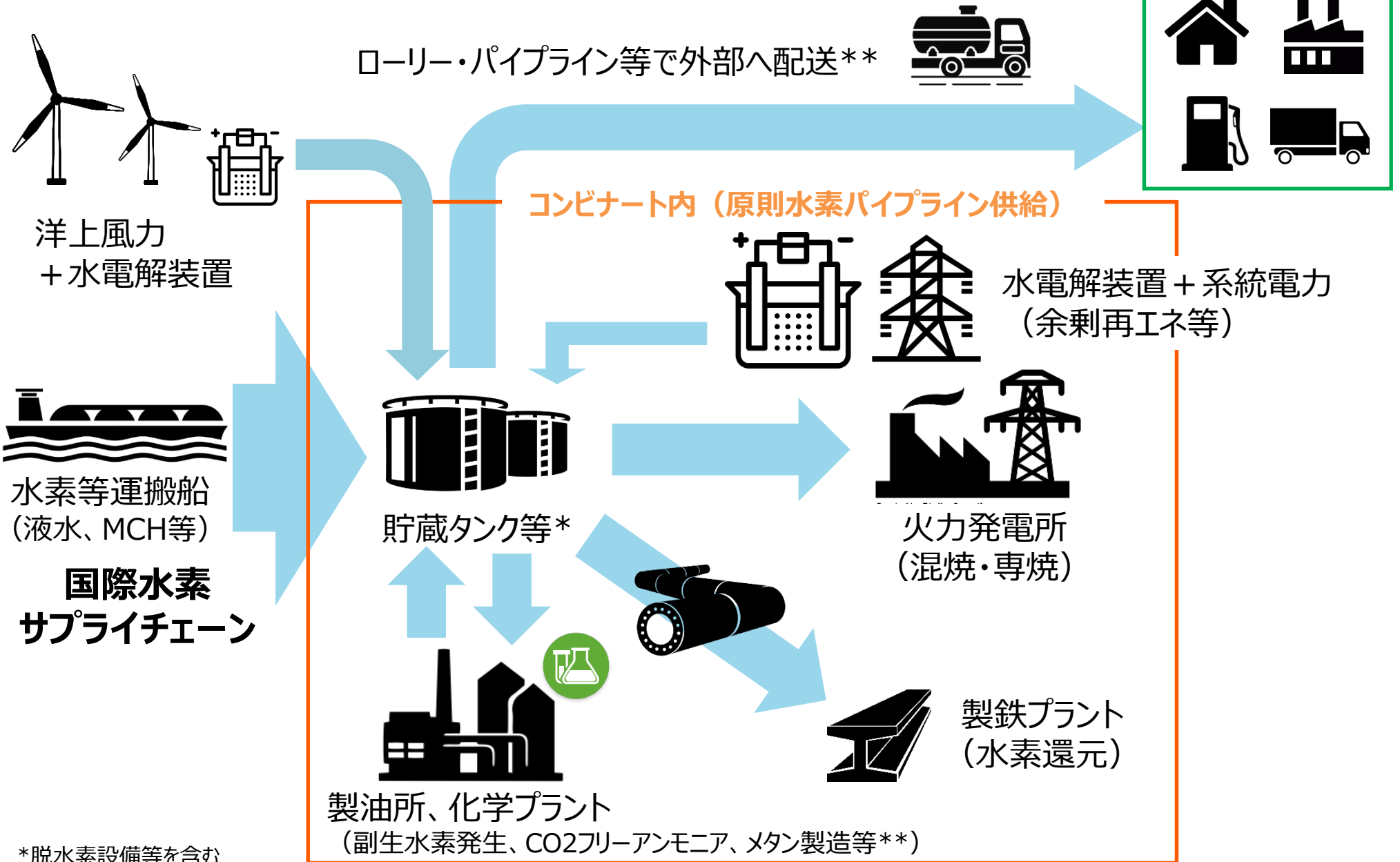
モデル例②:水電解装置等を用いた自家消費、周辺利活用

- 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）

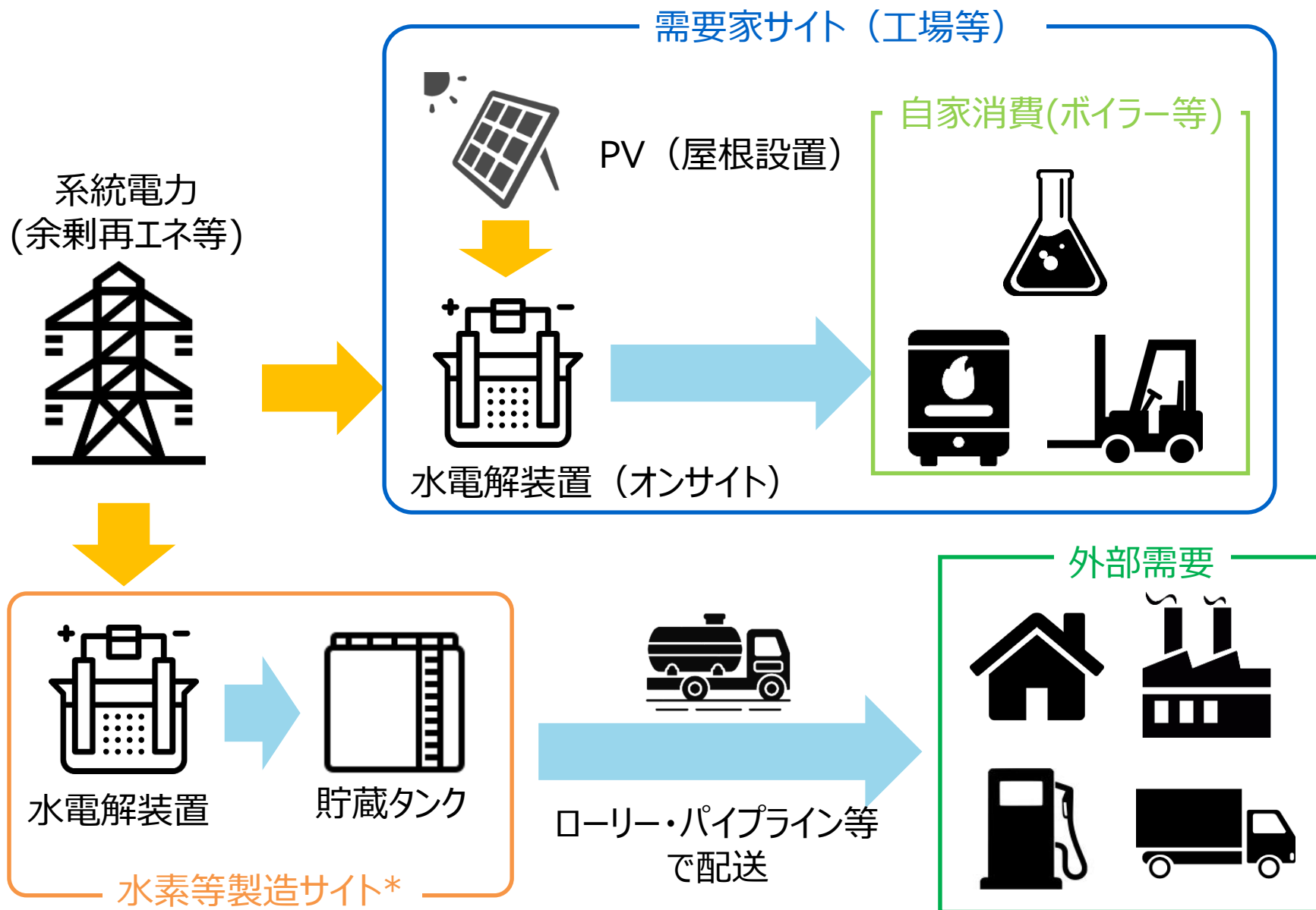
外部需要



*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）



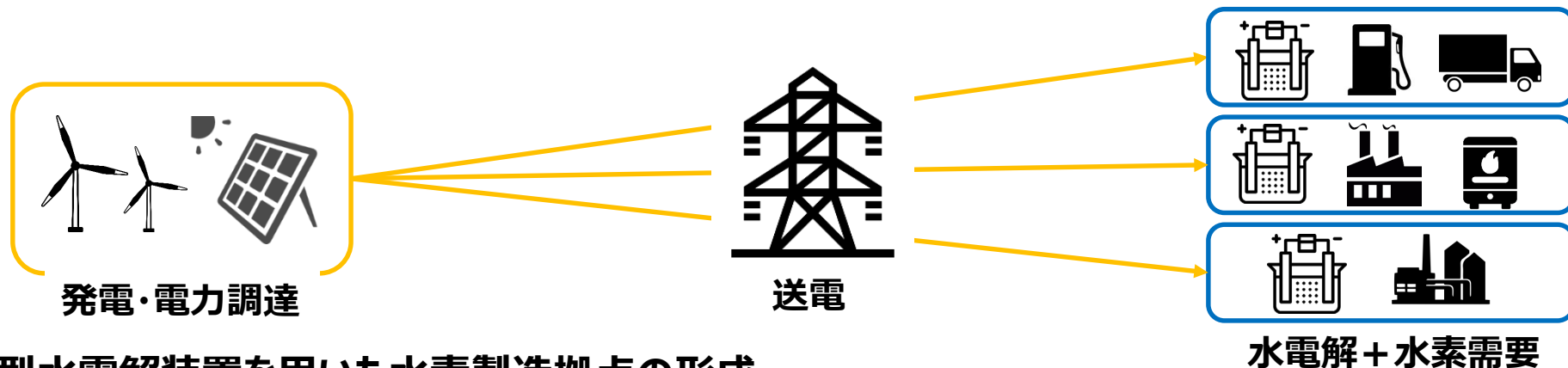
*アンモニア、メタン等の基礎化学品が水素から製造・配送される場合有

水素サプライチェーン構築の際の検討の視座②（例:水電解設置場所）

- 水電解装置を設置する場所により、削減出来るコストが変わってくるため、需要地の特性や既存系統の敷設状況等に応じて、最適な設置場所等を模索する必要がある。

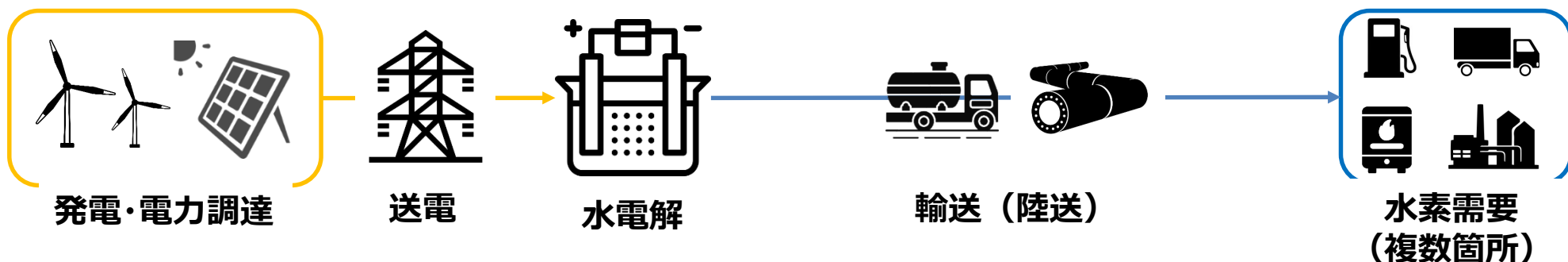
①水電解装置を各需要地に設置

- メリット：既存インフラである系統の最大限活用により、水素輸送コスト不要
- デメリット：個別需要先に水電解装置を設置する結果、水素製造時に、規模の経済を生かせず



②大型水電解装置を用いた水素製造拠点の形成

- メリット：装置の大型化、電源の大規模調達により、規模の経済を利用した製造コストの低減が期待
- デメリット：個別需要先に輸送出来る供給網の確立が必要(需要地が分散している場合、輸送コストが高くなる恐れ)



水電解装置に関する国内外の動向

- 我が国は世界最大級の水電解装置を福島に有するなど、**世界最先端の研究開発**を実施。
- しかしながら、欧州などは高い導入目標を掲げるなど、再エネと両輪で水電解装置の早期導入に前向きな姿勢。今後の再エネコストの下落に伴い、グリーン水素のコスト競争力が向上すれば、**世界的に大きな市場(約4.4兆円/年)が形成される**ことが見込まれる。
- そのため、先行する**海外市場獲得**や、今後導入される**国内再エネポテンシャルを最大限活用**すべく、**水電解装置の競争力強化や国内市場形成に資する取組を強化**する必要。

福島水素研究フィールド(FH2R)における実証



外観

(出典) 東芝エネルギーシステムズ(株)



10MWの水電解装置

(出典) 旭化成(株)

各国等の導入目標(2030年時点)



40GW

※EU域内・域外の
合計では80GW



6.5GW



5GW



25GW



5GW

**IEA SDS*シナリオにおける2070年時点
での導入容量は約3,300GWの見込み**

*Sustainable Development Scenario

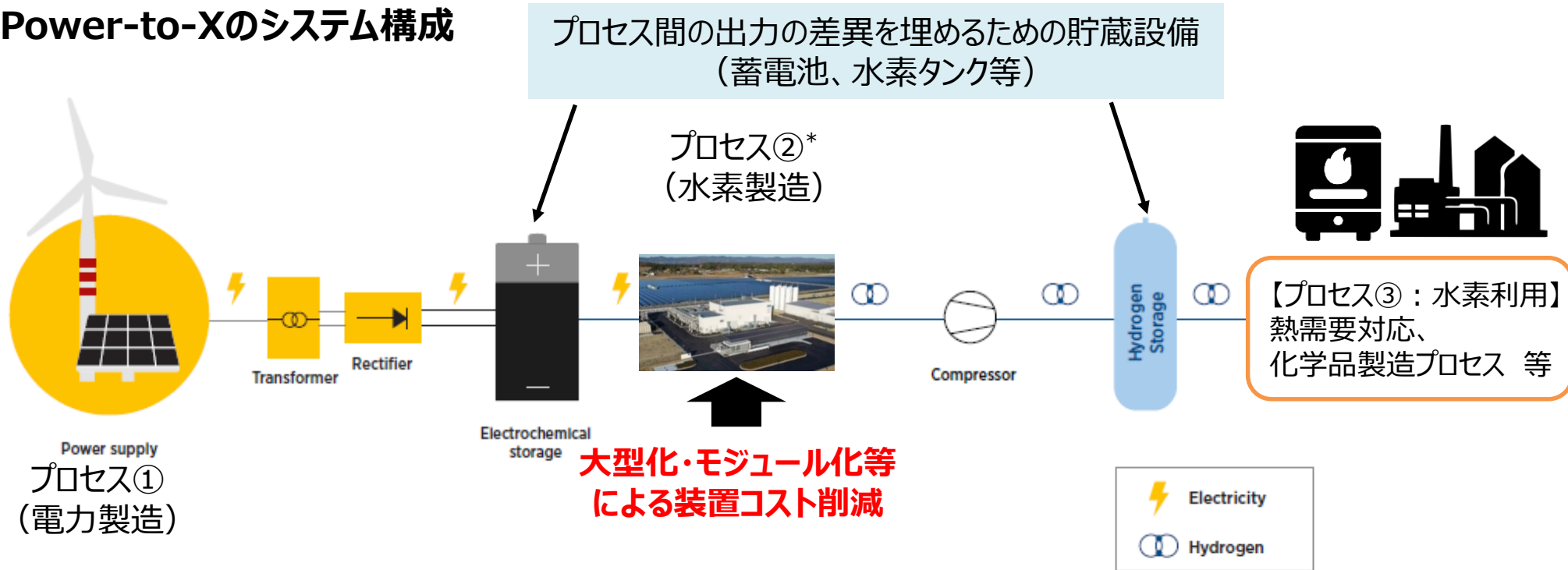
【実証内容】

- 商用化に向けた**水素製造効率の向上**
- **低コスト化**に向けた研究開発
- 電力、水素の需給に対応する**運用システムの確立**

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）

- 日本は世界有数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）

国際水素サプライチェーンの構築①：液化水素

- 液化水素による国際輸送実証を実施中（実施主体：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”）。
- 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。
- 褐炭ガス化炉(豪州)、液化積荷基地（豪州）、荷役基地（神戸）が竣工し、実証運転を開始している。「すいそ ふろんていあ」は、今後、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。

液化水素運搬船 命名・進水式の様子



2019年12月11日 川崎重工 神戸工場
・一般参加者を含め約4000人規模の式典

その他の施設の進捗

① 褐炭ガス化
施設の完成
2020.10



② 豪州液化基地
の完成
2020.6



③ 神戸荷役基地
の完成
2020.6



国際水素サプライチェーンの構築②：メチルシクロヘキサン（MCH）

水素をはこぶ

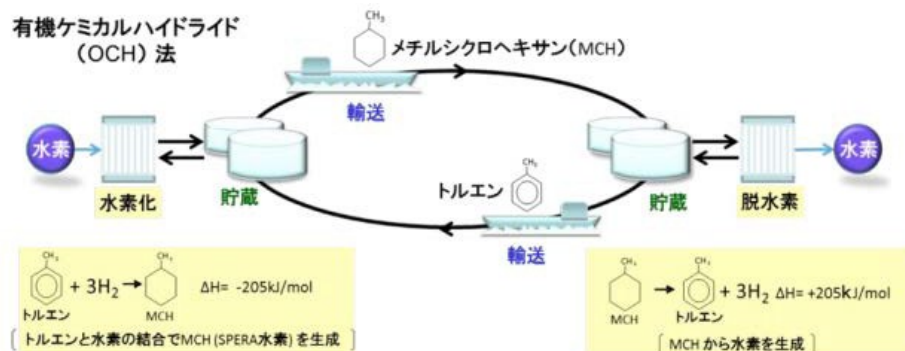
アヘッド

- 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“**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、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。

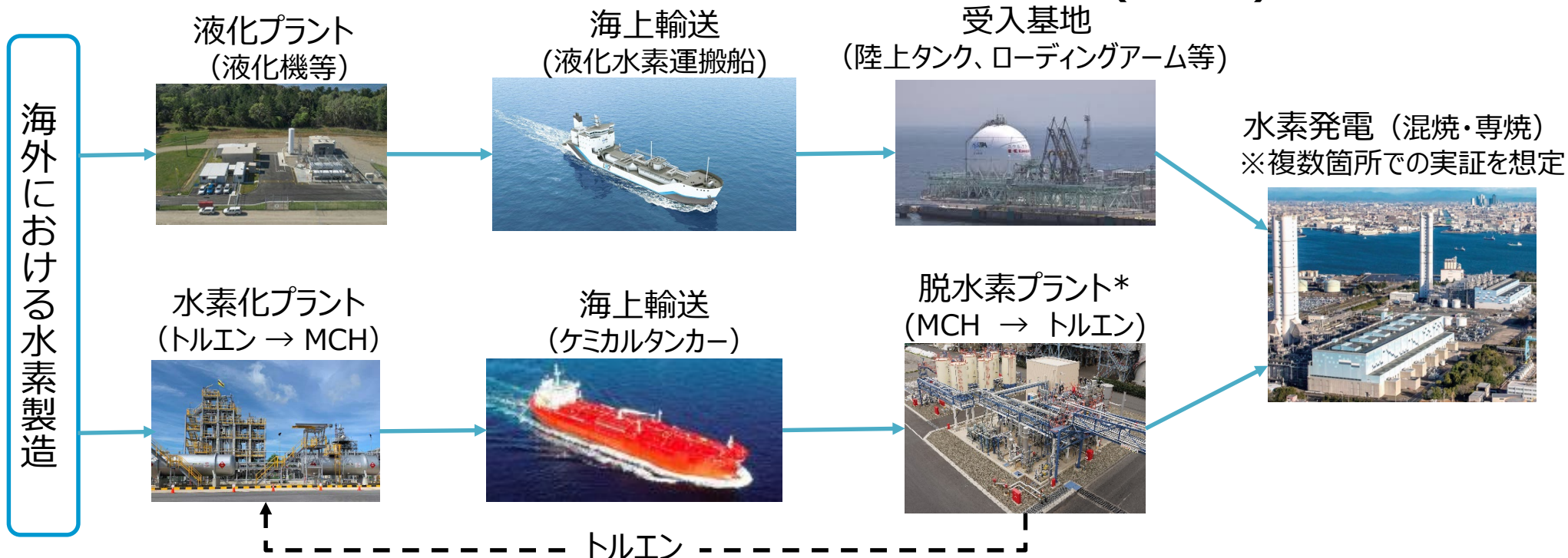


(マレーシア) 2020年10月ENEOS、SEDC Energy Sdn Bhd、住友商事との間で、再生可能エネルギーを活用したCO₂フリー水素サプライチェーン構築に向けた協業検討に関する覚書を締結。

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

発電部門における水素利用

- 大規模火力発電級（500MW級）、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技術開発・実証を実施。
- **技術力で先行している日本は、世界の水素発電実用化に向けた取組に貢献。**

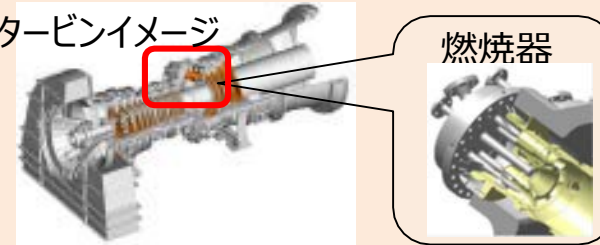
①大規模火力発電級（500MW級）のR&Dの流れ

既存大規模火力発電所における水素混焼のための技術開発を実施。**2018年に水素混焼率20%を達成。**



2020年より、水素**専焼**発電の技術開発を実施中。

ガスタービンイメージ



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。**2018年には水素専焼による市街地への熱電併給を世界で初めて達成。**



2019年より、高効率な水素**専焼**発電の技術開発を実施中。



神戸市のポートアイランドに整備された水素発電施設（水素CGS）

③世界の水素発電の主な動き



三菱重工はオランダのマグナム発電所（天然ガス焚き）を水素焚きに転換するプロジェクトに参画。**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。



三菱重工は、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。

輸送部門における水素利用

- FCVは現状6,104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。

FCV・水素ステーション整備

FCトラック

船舶分野

2020年末発売の新型「MIRAI」



全国：約6,000台普及

全国：166箇所（開所：140箇所）

- ✓ 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



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。

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)

(参考) 水素ステーションのコストについて

- 水素ステーションのコストは、規制改革や技術革新の成果もあり、着実に低下しているが、自立化に向けては、**より一層のコスト削減**を行っていく必要がある。
- 加えて、水素需要に合わせた水素STの整備を行うべく、より安価な**小型の水素ステーション**も今後導入を支援していく方針。

整備費と運営費の推移

整備費

(2013年実績) 4.6億円 ⇒ (2019年実績) 3.3億円 ⇒ (2025年目標) 2.0億円

運営費

(2015年実績) 47百万円 ⇒ (2019年実績) 31百万円 ⇒ (2025年目標) 15百万円

小型水素ステーション (Simple Fuel)



主な特徴

- コストが安い (整備: 1.5億円、運営: 15百万円)
- オンサイトで水素製造が可能 (水電解装置を内蔵)
- パッケージ化されており、設置面積が狭い (車一台分)
- 充填時間が長い (10~15分程度。従来のSTは3分程度)
- 供給能力: 1~2台/時間 (従来のSTは5~6台/時間)

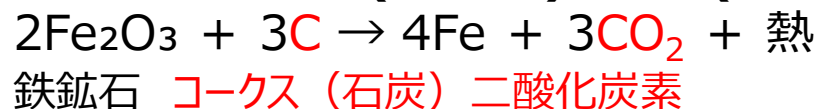
産業部門での原料・燃料利用

- 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



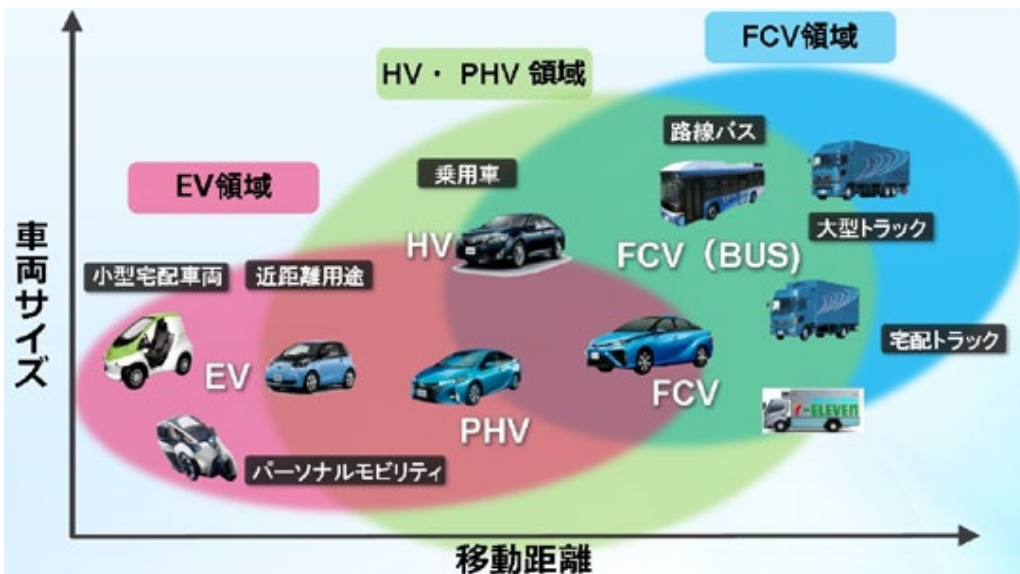
【普及のための課題】

- 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

水素利用のキーテクノロジーである燃料電池

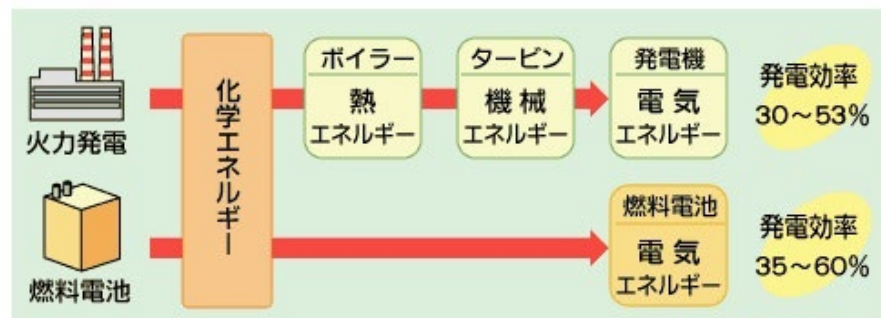
- FCはモビリティ及び民生・業務部門（定置用）における水素を使った脱炭素化を牽引する基幹製品。
- モビリティは水素が電気よりもエネルギー密度が高い特性を生かし、長い走行距離等(※)、短い充填時間などを実現することが可能。 ※高性能なタンクとの組み合わせ等により実現
- 定置用は高い発電効率及び電熱供給が可能であることによる高い総合エネルギー効率の達成、ガス体を燃料とするため、エネルギー源の多角化が図られ、レジリエンス向上にも資する。

電動車間の棲み分け（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



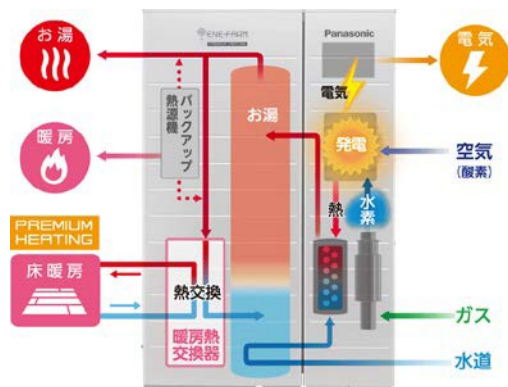
家庭用燃料電池（エネファーム）の普及・拡大

水素をつかう

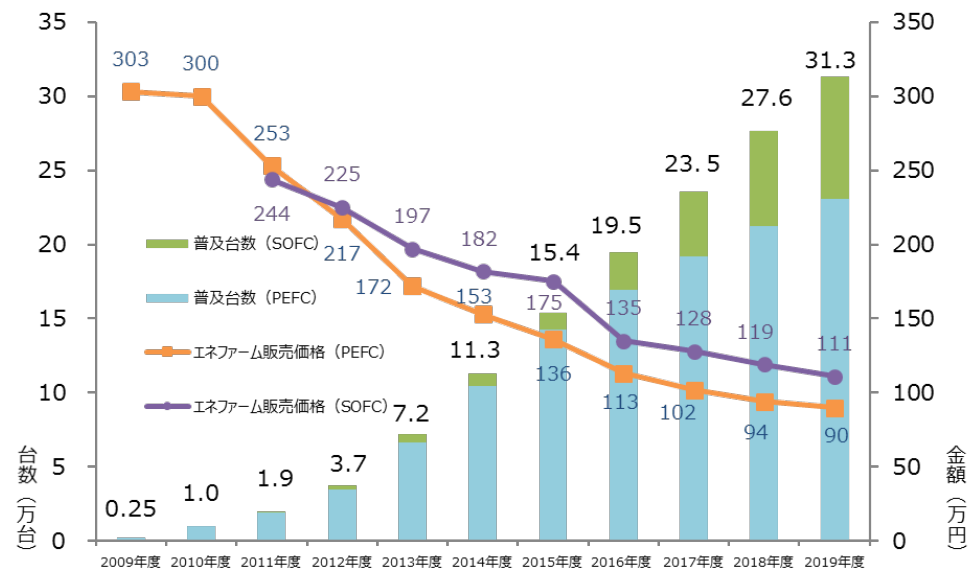
- 家庭用燃料電池（エネファーム）は、2009年に世界に先駆けて我が国で販売が開始。「エネルギー基本計画」、「水素・燃料電池戦略ロードマップ」において**2020年頃に自立化を実現した上で、2030年に530万台の普及を目指す**こととされている。
- これまでに、**30万台以上が普及**しており、販売価格も、PEFCの場合、販売開始時の300万円超から、**100万円を切る水準まで低下**。今後、部品点数の削減による機器コスト低減や規制緩和による施工コスト低減等を進め、**2024年までに80万円以下**を目指す。

家庭用燃料電池の仕組み

- 都市ガスやLP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。
- 燃烧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（PEFCの場合：発電効率40%、**総合エネルギー効率97%**）。



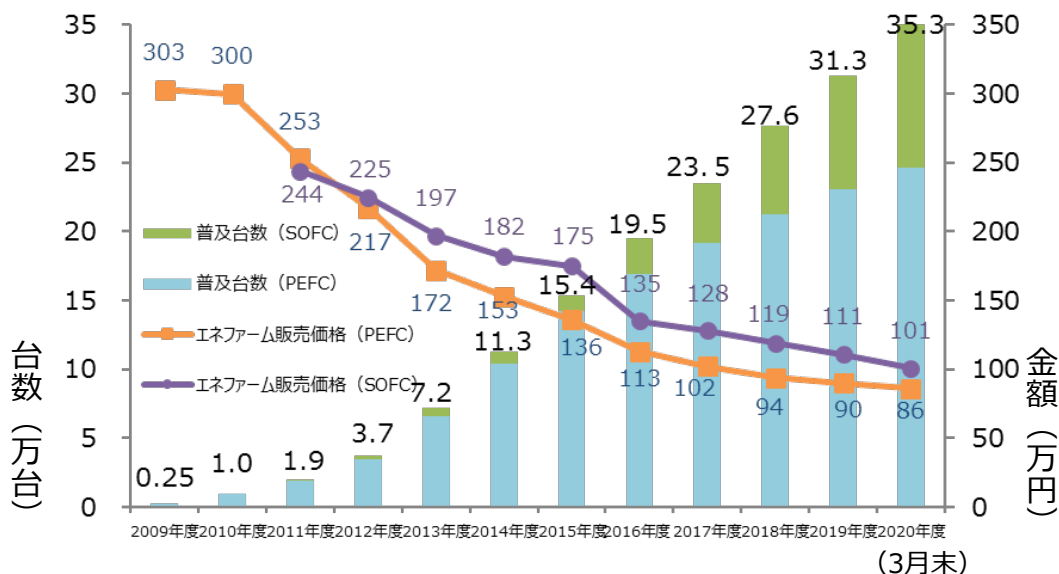
普及台数と販売価格の推移



(参考) 定置用燃料電池の普及拡大に向けた今後の方向性

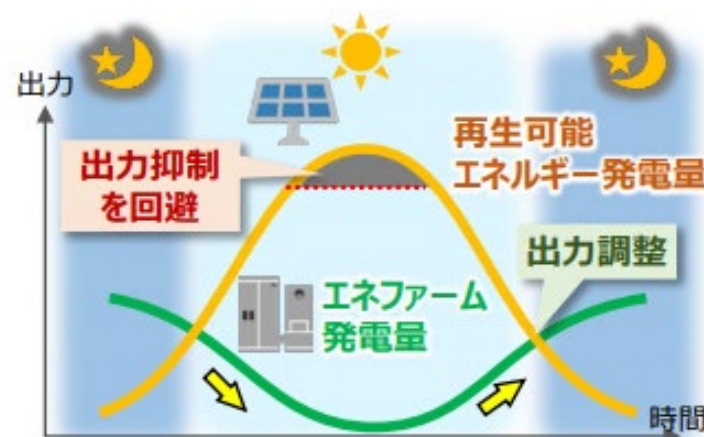
- 都市ガスやLPガスを改質して製造した水素を活用する家庭用燃料電池（エネファーム）は、2009年に世界に先駆けて我が国で販売が開始。これまでに、**30万台以上が普及**しており、販売価格も、PEFCの場合、販売開始時の300万円超から、**100万円を切る水準まで低下**。
- 今後、部品点数の削減などに向けた更なる技術開発を進め、**一層のコスト削減を目指す**だけでなく、電力系統において供給力・調整力として活用する実証等、**燃料電池の持つポテンシャルを最大限活用出来る環境整備**を支援。

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

今後の水素政策の方向性

- 水素社会実現のためには、供給コスト削減と需要創出に一体的に取り組む必要。
- 特に、水素の社会実装に向けては、供給と需要に関する5つの戦略分野において、①技術開発、②導入支援・制度整備、③インフラ整備、④規制改革・国際標準化などの政策ツールを最大限動員する必要がある。

主な政策ツール



技術開発



導入支援・制度
整備



インフラ整備



規制改革・国際
標準化

5つの戦略分野

水電解装置

国際水素サプライチェーン
(水素運搬船等)

輸送部門
(FCV・商用車・船舶等)

大規模水素発電
(混焼、専焼)

産業部門での燃料・原料利用

御清聴ありがとうございました

参考資料

国際サプライチェーン構築 水素・アンモニア発電

水電解 アンモニア製造

モビリティ 産業

◆ 国際サプライチェーン構築実証・水素発電技術開発 35.5億円 (47.5億円)

(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)

- 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。

◆ 水電解装置開発・水素社会モデル構築実証 78.1億円 (73.1億円)

(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)

- 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支援 110.0億 (110.0億円)

(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)

- 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。

◆ FCVの導入促進支援 334.9億円 (155.0億円)

(クリーンエネルギー自動車導入促進補助金)



◆ アンモニア混焼発電技術開発 180.0億円 (161.5億円)

(カーボンリサイクル・次世代火力発電の技術開発事業)

- CO2フリーなアンモニアの火力発電への混焼に関し、燃焼の安定性、排ガスの低NOx化等について実機での実証試験を実施。

◆ 燃料アンモニア製造実証・アンモニア産業利用実証 98.8億円 (51.0億円)

(化石燃料のゼロ・エミッション化に向けた持続可能な代替航空燃料(SAF)・燃料アンモニア生産・利用技術開発事業)

- 燃料アンモニアを工業炉で利用するため、試験炉を設計・製造し、実用化に向けての燃焼時の課題を解決する実証等を実施。また、従来のアンモニア製造より効率的に燃料アンモニアを製造する技術の実証を行う。

◆ 燃料電池・水電解装置の研究開発87.6億 (66.7億)

(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)

- 燃料電池や水電解装置の高性能化、低コスト化に向け、燃料電池部材・機器を共通化・標準化するための解析・評価プラットフォームの構築や実用化技術開発、水電解装置の膜や触媒の要素技術の研究開発等を実施。

2050年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 (GI基金)

◆ 大規模水素サプライチェーン構築 上限3000億円

- 複数の水素キャリアで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、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。

◆ 再エネ由来等の電力を活用した水電解による水素製造 上限700億円

- 複数のタイプの水電解装置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。

◆ 製鉄プロセスにおける水素活用 上限1935億

- グリーンスチール市場の獲得に向けて、水素を活用した高炉水素還元技術や、CO₂の分離・回収・活用技術の開発、水素だけで鉄鉱石を還元する直接還元技術の確立に向けた開発や、電炉で高級鋼を生産するための不純物除去技術の開発を実施。

◆ 燃料アンモニアサプライチェーンの構築 上限668億

- 燃料アンモニアの供給コスト低減を見据えた新たな合成技術開発と、需要の創出・拡大の鍵となる、発電利用における高混焼化・専焼化の技術開発に一体的に取り組み、燃料アンモニアの大規模サプライチェーンの構築を目指す。

◆ 次世代航空機の開発 上限210.8億円

- 水素航空機のコアとなる技術の技術開発を強力に後押しし、競争力強化を目指す。

◆ カーボンリサイクルプラスチック関連 上限1262億

- 化学品製造の脱炭素化に向けて、ナフサ分解炉に適したアンモニア(水素)バーナーや炉の開発、収率の高い廃プラ・廃ゴムケミカルリサイクル技術の開発、人工光合成で発生させた水素を用いた化学品製造技術の開発等を実施。

◆ 次世代船舶の開発 上限350億円

- 複数の燃料(水素・アンモニア・カーボンリサイクルメタン)の船舶のコア技術となるエンジン、燃料タンク・燃料供給システム等の開発・実証を行うとともに、アンモニアバンキング船開発を含む船用アンモニア燃料供給体制の構築を実現する。

産業活動等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

令和4年度概算要求額 **78.1億円**（73.1億円）

資源エネルギー庁
省エネルギー・新エネルギー部
新エネルギーシステム課
水素・燃料電池戦略室

事業の内容

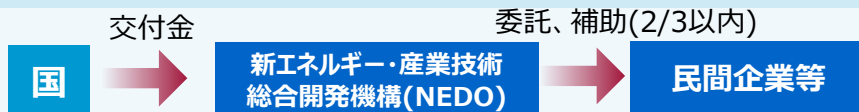
事業目的・概要

- 余剰再エネ等から水素を製造するPower-to-Gas技術は、国内水素製造基盤を確立する上で極めて重要です。
- そのため、水電解装置による水素製造コストの低減を図る観点から、福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）を活用し、稼働率向上と電力価格が安価な時間帯での稼働を両立する、水電解装置の柔軟な運転技術の確立に取り組みます。
- また、水素を日常の生活や産業活動で利活用する「水素社会」の構築に向けては、水素の製造・輸送・貯蔵、水素利まで一気通貫した水素サプライチェーンを構築することが重要です。
- そのため、コンビナートや工場、港湾等において、全国に先んじて様々な①水素製造源、②輸送・貯蔵手段、③水素の利活用先等を組み合わせたモデルを構築し、全国での水素の社会実装に向けて、効率良く水素供給コストを削減し、システムとして知見を蓄積することを目指します。

成果目標

- 本事業は5年間の事業であり、令和4年度は福島県において、Power-to-Gas技術やFH2Rで製造した水素等を活かした水素利活用の実証を実施します。
- また、水素製造、輸送・貯蔵及び利用技術を組み合わせた総合的なエネルギーシステムについて、社会実装のためのモデルを確立します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

①再エネ由来水素製造技術・システム構築実証【委託】

- 福島県浪江町に開所した世界有数の水電解装置を備える「福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）」において、電力需給等に応じて水素の製造・貯蔵を最適化する新たなエネルギーマネジメントシステムの技術実証を実施。



FH2R

出典：東芝エネルギーシステムズ（株）

②水素社会モデル構築実証【補助、委託】

- モビリティ、産業プロセス等の様々な分野において、FH2R等の水素を活用し、水素社会のモデルを構築するための技術実証を実施。



- コンビナートや工場、港湾等において、発電、熱利用、運輸、産業プロセス等で大規模に水素を利活用するための技術実証を実施。

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 令和4年度概算要求額 110.0億円 (110.0億円)

- (1) 資源エネルギー庁
省エネルギー・新エネルギー部
水素・燃料電池戦略室
- (2) 資源エネルギー庁 資源・燃料部
石油流通課 (※)
(※) SS事業者窓口

事業の内容

事業目的・概要

- 水素を燃料とする次世代自動車である燃料電池自動車（FCV）は、国内外の自動車メーカーによって、開発競争が進められ、日本では、平成26年12月に世界に先駆けて量産車の販売が開始されました。
- 本事業では、世界に先駆けたFCVの自立的な普及を目指すため、水素ステーションの整備費用の一部を補助※¹することで、水素ステーションの整備を加速させます。比較的大きな水素需要が見込まれる四大都市圏を中心とした地域や都市間等を繋ぐ地域に加え、未整備地域についても、地方自治体等との連携を進めつつ、小型の水素ステーションなど、戦略的な整備を図ります。さらに、従来の乗用車向けに加え、今後普及が見込まれるFCトラック向けの大規模な水素ステーションや、既設ステーションの拡張等の整備費用の一部へも補助をします。
- また、FCVの普及拡大や新規事業者の水素供給ビジネスへの参入促進を図るため、水素ステーションを活用した普及啓発活動やFCVユーザーの情報の収集・共有等、FCVの需要を喚起するための活動に必要な費用の一部を補助※²します。

※1 1/2～2/3以内（上限有り）
※2 2/3以内（上限有り）

成果目標

- 本事業を通じて、四大都市圏等を中心とした地域において令和7年度までに累計320箇所の水素ステーションの確保を目指します。

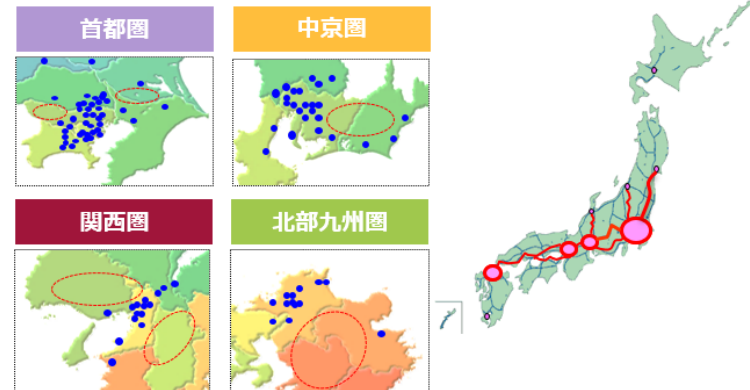
条件（対象者、対象行為、補助率等）



事業イメージ

(1) 四大都市圏等を接続

- 民間企業等の取組とも連携しつつ、四大都市圏等を結ぶ幹線沿いを中心に水素ステーションを整備。



※上記囲み部分は水素ステーション未整備地域のイメージを示す

【水素ステーションの整備状況（整備中含む）計166箇所】	
・関東圏	： 62箇所
・中京圏	： 50箇所
・関西圏	： 23箇所
・九州圏	： 20箇所
・その他	： 11箇所
※令和3年6月末時点（幹線沿等）	

(2) 需要等に応じた異なる仕様のSTを整備

- 将来の自立化を念頭に、供給能力別に水素ステーションの整備を補助。未整備地域へも戦略的に整備。



小規模
水素ステーション



中規模
水素ステーション



大規模
水素ステーション

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 令和4年度予算額 32.0億円（32.0億円）

資源エネルギー庁
省エネルギー・新エネルギー部
水素・燃料電池戦略室

事業の内容

事業目的・概要

- 燃料電池自動車（FCV）の更なる普及拡大を実現すべく、超高压水素技術（大気圧の約千倍の水素を安全かつ安価に製造・貯蔵・輸送するための技術）等に関する普及期を見据えた課題を解決するための研究開発等を進め、規制改革実施計画等に基づく規制整備・見直しを推進しつつ、水素ステーションの整備・運営コストの低減を図ります。また、水素市場の広がりに応じて、水電解装置、水素パイプラインなど対象とする分野を必要に応じて拡大します。

- 大型水素モビリティに対応する水素ステーションについて、適切な設備仕様の検討や、水素の充填・計量に関する研究開発等を実施します。

- 水素ステーション及び燃料電池自動車関連技術の国際標準化に向けた取り組みを推進します。

成果目標

- 平成30年度から令和4年度までの5年間の事業であり、規制見直しや技術開発を通じ、2025年頃に整備費を2億円、運営費を1500万円まで低減するというコスト削減目標達成を目指すとともに、最終的には2020年代後半までに水素ステーション事業が自立化することを目指します。

条件（対象者、対象行為、補助率等）

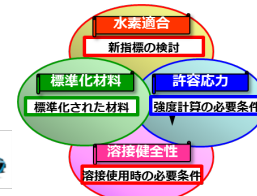


事業イメージ

（1）規制の整備・見直し

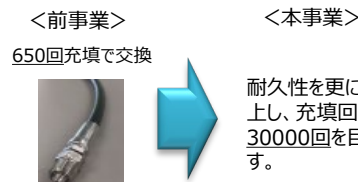
- ✓ 水素ステーションの常用圧力上限の見直しに向けたデータを取得し、技術基準案を作成する。
- ✓ 新たな水素特性判断基準の確立により、汎用材を使用可能にする研究開発。

常用圧力：高压化



（2）コスト低減

- ✓ 大型燃料電池トラック等に対応する水素ステーションの設備仕様、充填・計量システム等に関する研究開発。
- ✓ ホース・シール材料の更なる耐久性向上を目指し、実環境で取得したデータ等を活用した寿命評価法の確立に係る研究開発。



（3）国際展開

- ✓ 我が国の水素ステーション関連技術のISO等における国際標準化に向けて、積極的な情報収集と情報発信を行う。
- ✓ FCVの国際技術基準（GTR）において必要なデータを提示し、日本主導で議論を進める。

- ◆ 水素は、発電・産業・運輸など幅広く活用されるカーボンニュートラルのキーテクノロジー。日本が先行し、欧州・韓国も戦略等を策定し、追従。今後は新たな資源と位置付けて、自動車用途だけでなく、幅広いプレーヤーを巻き込む。
 - ◆ 目標：導入量拡大を通じて、水素発電コストをガス火力以下に低減(水素コスト:20円/Nm³程度以下)。2050年に化石燃料に対して十分な競争力を有する水準を目指す。導入量は2030年に最大300万トン、2050年に2,000万トン程度を目指す。
- ※ うち、クリーン水素(化石燃料+CCUS/カーボンリサイクル、再エネなどから製造された水素)の供給量は2030年の独の再エネ由来水素供給量(約42万トン/年)を超える水準を目指す。

	現状と課題	今後の取組
利用 ①水素発電タービン ②定置用燃料電池 ③FCトラック ④水素還元製鉄	<p>①水素発電タービン:実機での実証がまだ完了しておらず、商用化が課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 日本企業が発電タービンの燃焼技術（燃えやすい水素の燃焼をタービンの中で制御する技術）で世界的に先行。 潜在国内水素需要：約500~1,000万トン/年 <p>②定置用燃料電池：商用化済、純水素燃料電池も含めた普及拡大が鍵</p> <ul style="list-style-type: none"> 世界に先駆けて家庭用燃料電池を商用化するなど世界で技術を先行。水素を直接燃料として使う純水素燃料電池についても、販売が開始。 <p>③FCトラック：実機実証中、商用化が課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 日本企業が企業間連合を組み、世界に先駆けて乗用車を商用化した知見も生かしつつ、開発中。海外企業も開発を加速。 潜在国内水素需要：約600万トン/年 <p>④水素還元製鉄:技術未確立、大量かつ安価な水素の調達が課題</p> <ul style="list-style-type: none"> 欧州の鉄鋼業界も含めて、各国企業が技術開発を実施中。 潜在国内水素需要：約700万トン/年 	<p>①水素発電タービン:先行して市場を立ち上げ、アジア等に輸出</p> <ul style="list-style-type: none"> 世界市場展望：2050年時点で累積容量は最大約3億kW（タービン市場は最大約23兆円） 実機での安定燃焼性の実証を支援し、商用化を加速。 電力会社へのカーボンフリー電力の調達義務化と、取引市場の活用。再エネ、原子力と並んで、カーボンフリー電源としての水素を評価し、水素を活用すればインセンティブを受け取れる電力市場を整備。 <p>②定置用燃料電池：更なる価値の深堀りと生産設備への投資支援により、社会実装を推進</p> <ul style="list-style-type: none"> 世界市場展望：家庭用燃料電池が2050年時点で約150万台/年（約1.1兆円） 更なる発電効率や耐久性の向上、部品点数の削減など、コスト低減につながる研究開発を推進。 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行う。 生産設備投資を税制等で支援することで、大量生産やコスト削減を促す。 <p>③FCトラック：世界と同時に国内市場を立ち上げ、各国にも輸出</p> <ul style="list-style-type: none"> 世界市場展望：2050年時点でストックで最大1,500万台(約300兆円) FCトラックの実証による商用化の加速、電動化の推進を行う一環での導入支援策の検討。 水素ステーション開発・整備支援、規制改革（水素タンクの昇圧）によるコスト削減の検討。 <p>④水素還元製鉄：世界に先駆けて技術を確立</p> <ul style="list-style-type: none"> 世界市場展望（ゼロエミ鉄）：2050年時点で最大約5億トン/年（約40兆円/年） 水素還元製鉄の技術開発支援。 トップランナー制度による導入促進。 国際競争力の観点から、内外一体の産業政策として国境調整措置を検討。

		現状と課題	今後の取組
供給	<p>輸送等</p> <p>⑤液化水素運搬船等</p>	<p>⑤水素運搬船等：技術開発・実証を通じた大型化が課題</p> <ul style="list-style-type: none"> ドイツ等が水素の輸入に関心。今後の国際市場の立ち上がり期待される。 日本は当初から輸入水素の活用を見越し、複数の海上輸送技術・インフラの技術開発・実証を支援。その結果、世界ではじめて液化水素運搬船を建造するなど、世界をリード。 	<p>④水素運搬船等：世界に先駆け商用化し、機器・技術等を輸出</p> <ul style="list-style-type: none"> 世界市場展望（国際水素取引）：2050年時点で約5.5兆円/年（取引量：最大5,500万t/年） 更なる水素コスト低減に資する大型化を 実証や需要創出で支援し、2030年までに商用化（2030年30円/Nm³の供給コスト目標達成）。 革新的水素液化・冷凍技術の開発を推進。 関連機器（液化水素運搬船から受入基地に水素を移すローディングアームなど）の国際標準化。 海外での積出港の整備に対する出資の検討並びに国内港湾における技術基準の見直し等の検討。
	<p>製造</p> <p>⑥水電解装置</p>	<p>⑥水電解装置：欧州企業が大型化技術などで先行</p> <ul style="list-style-type: none"> 日本企業は世界最大級の水電解装置を建設するとともに、要素技術でも世界最高水準の技術を保有。 しかし、更なる大型化を目指すための技術開発では、欧州等、他国企業が先行。 	<p>⑤水電解装置：再エネが安い海外市場に輸出し、その後国内導入</p> <ul style="list-style-type: none"> 国際市場展望：2050年までに毎年平均88GW分（約4.4兆円/年）の導入が最大見込まれる。 大型化や要素技術の製品実装を通じたコスト低減による国際競争力強化。 海外市場への参入障壁を低下させるべく、欧州等と同じ環境下における水電解装置の性能評価を国内で実施（欧州は日本よりも装置内の水素を高圧化）。 一時的な需要拡大(上げデマンドレスポンス)を適切に評価し、余剰再エネなどの安価な電力活用促進。

②水素・燃料アンモニア産業 (水素)の成長戦略「工程表」

- 導入フェーズ：
 1. 開発フェーズ → 2. 実証フェーズ → 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ → 4. 自立商用フェーズ
- 具体化するべき政策手法：
 ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

●地域	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
●利用						★目標(2030年時) コスト:30円/Nm ³ 量:最大300万t		★目標(2050年時) コスト:20円/Nm ³ 以下、 量:2000万t程度
●輸送	自動車、船舶、航空機及び、物流・人流・土木インフラ（鉄道）産業の実行計画を参照							
●発電	大型専焼発電の技術開発 水素発電の実機実証（燃料電池、タービンにおける混焼・専焼）					エネルギー供給構造高度化法等による社会実装促進		
●製鉄	国内外展開支援（燃料電池、小型・大型タービン） COURSE50（水素活用等でCO ₂ ▲30%）の大規模実証					導入支援		脱炭素水準として設定
●化学	水素還元製鉄の技術開発					技術確立		導入支援
●燃料電池	水素等からプラスチック原料を製造する技術の研究開発					大規模実証		導入支援
●燃料電池	革新的燃料電池の技術開発 多用途展開、生産設備の投資支援、導入支援					革新的燃料電池の導入支援		
●輸送等	国際輸送の大型化に向けた技術開発 大規模実証、輸送技術の国際標準化、 港湾において輸入・貯蔵等が可能となるよう技術基準の見直し等					商用化・国際展開支援		
●輸送等	商用車用の大型水素ステーションの開発・実証 水素ステーションへの規制改革等によるコスト削減・導入支援							
●水電解	水電解装置等の大型化等支援・性能評価環境整備 海外展開支援（先行する海外市場の獲得） 余剰再エネ活用のための国内市場環境整備（上げDR等）等を通じた社会実装促進					卒FIT再エネの活用等を通じた普及拡大		
●革新的技術	革新的技術（光触媒、固体酸化物形水電解、高温ガス炉等の高温熱源を用いた水素製造等）の研究開発・実証					導入支援		
●分野横断	福島や発電所等を含む港湾・臨海部、空港等における、水素利活用実証 再エネ等の地域資源を活用した自立分散型エネルギーシステムの実証・移行支援・普及 クリーン水素の定義等の国際標準化に向けた国際連携 資源国との関係強化、需要国の積極的な開拓を通じた国際水素市場の確立					インフラ等の整備に伴う全国への利活用拡大		
●分野横断	洋上風力、カーボンリサイクル・マテリアル及び、ライフスタイル関連産業の実行計画と連携							

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。
- 人件費の軽減に向け、遠隔監視による水素ステーション運転の無人化については、2020年8月に関係省令等の改正を措置済み。
- 今後も、燃料電池自動車に関する事務手続きの合理化や水素ステーション設備の常用圧力の上限値の見直し等、引き続き規制見直しを推進していく。

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)

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

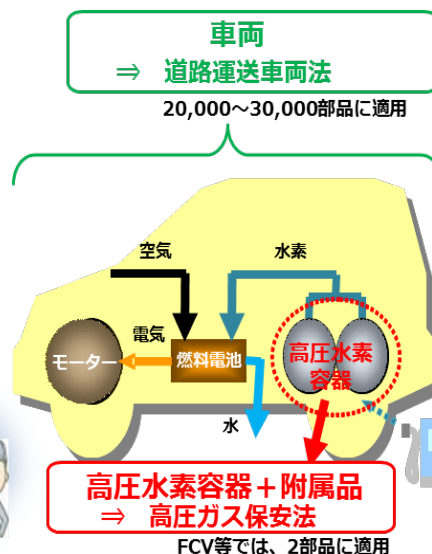


規制見直しの例

遠隔監視による水素ステーション運転無人化（実施済）

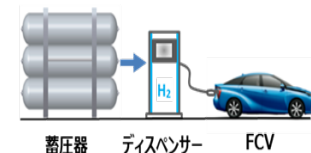


燃料電池自動車等の規制の在り方検討（検討中）



常用圧力の上限値の見直しについて（検討中）

【現状】 常用圧力：8.2 MPa



安全性を確認の上で高圧化

【見直し後】



本数の削減

✓ 蓄圧器の一本当たりの水素貯蔵量が増えることにより、本数の削減（建設費の低減）が可能。

保安監督者

保安監督者

競争的な水素サプライチェーンの構築

- 水素の社会実装は、水素がその需要地に対して、化石燃料を含む他エネルギー源に対してコスト競争力のある形で供給されない限り、自立的には進展しないため、より競争的な水素サプライチェーン(SC)の構築が必要不可欠。
- しかしながら、最適な水素SCは一義的には決まらないため、製造、輸送・貯蔵、利用の各断面の外的要因を考慮した上で、社会実装モデルの構築を通じてシステム全体での徹底的な合理化を行い、水素供給コストを最小化していくことが重要。

水素サプライチェーンを構築時に考慮すべき外的要因

水素需要の大きさと分布

- 各需要地がどの程度離れているか
- 大規模な需要地が存在するか
- 需要はどのように変動するか 等

製造源の競争力

- 再エネ電源、化石燃料 + CCUSコスト
- 域内余剰電力量(卸電力価格に反映)
- 需要エリアまでの距離 等

既存インフラ活用可否

- 系統立地とその空き容量
- 水素パイプラインの敷設状況(コンビナート内) 等



水素供給コストが最小となる最適な水素サプライチェーンの決定

- 水素供給コスト = 水素製造コスト + 水素輸送等コスト(水素化、脱水素化、貯蔵コスト等を含む)
- 供給コスト最小化のための選択肢(例)：水素製造方法、水電解等設置場所、水素キャリア、各設備スペック 等

社会実装モデルの数とモデル間連携の重要性

- 社会実装モデルについては、水素の全国展開を念頭に、①製造から輸送・貯蔵、利用に至るまでの全体最適化に係る知見の蓄積や、②解決すべき課題を包括的に抽出するのに必要十分な数を構築することが、費用対効果を最大化する観点からは重要。
- そのためには、国等の公的機関が支援する場合は、積極的にその重複を排除するだけでなく、適切な情報発信を通じて、モデル間で自発的に棲み分けがなされるようにしていくべきではないか。

モデルにおける各段階の組み合わせ（複数選択可）



(参考) 水素キャリアの選定と今後の支援方針

- 水素キャリアの選定は、水素社会の在り方を決める重要な論点であるが、それぞれ異なる課題を抱えており、**長期的にどれが総じて優位となるか現時点で見極めることは不可能**。
- 加えて、化学的な特性や既存インフラ等の活用可否により、用途等の棲み分けも長期的に行われると考えられるため、**現時点でキャリアを絞り込まず、競争を促しつつも各々の技術的課題克服等を支援**。
- また、キャリアの評価に当たっては、水素化、脱水素かのコストに加えて、輸送（国際輸送）、配送（国内配送）のコストなども加味し、**総合的に評価**することが重要。

キャリア	液化水素	MCH	アンモニア	メタネーション
体積(対常圧水素)	約1/800	約1/500	約1/1300	約1/600
液体となる条件、毒性	-253℃、常圧 毒性無	常温常圧 トルエンは毒性有	-33℃、常圧等 毒性、腐食性有	-162℃、常圧 毒性無
直接利用の可否	N.A.(化学特性変化無)	現状不可	可（石炭火力混焼等）	可（都市ガス代替）
高純度化のための追加設備	不要	必要（脱水素時）		
特性変化等のエネルギーロス	現在:25-35% 将来:18%	現在:35-40% 将来:25%	水素化:7-18% 脱水素:20%以下	現在: -32%
既存インフラ活用、活用可否	国際輸送は不可（要新設）。国内配送は可	可（ケミカルタンカー等）	可（ケミカルタンカー等）	可（LNGタンカー、都市ガス管等）
技術的課題等	大型海上輸送技術（大型液化器、運搬船等）の開発が必要	エネルギーロスの更なる削減が必要	直接利用先拡大のための技術開発、脱水素設備の技術開発が必要	原則、グリーン水素を利用、CO2供給が不可欠

各エリアにおける団体等との連携の在り方

- 水素を広域的に利活用することを目的とし、各地の事業者等が参画する団体の設立等が進展。
- こうした団体等は、各事業者等の情報の非対称性を減らすことで、①より大規模かつ多様な需要創出による供給コストの低減、②全体最適に基づくインフラ整備、③システムとしての課題の抽出など、社会実装モデルの構築・運用をより効率化する役割を果たすことが期待される。
- そのため、今後当該団体等の役割の明確化や機能強化が図られることを前提とし、当面は国が連携してその検討・分析等をサポートすることが重要ではないか。

強固な水素利活用団体等が存在するメリット（一例）

