経済産業省

今後の水素政策の課題と対応の方向性
中間整理（案）

2021年3月22日

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

はじめに

- 昨年11月から、次期エネルギー基本政策の議論を見据え、水素・燃料電池戦略協議会（以下、協議会）における議論を開始。
- 国内外の情勢変化や新たな取組の追求、既存の取組の深掘りの必要性も踏まえつつ、①水素利用先の多様化・クリーン化、②国際水素サプライチェーンの構築の加速化、③水電解装置の更なるコスト低減・電力システムへの統合、革新的な水素製造技術への投資、④資源外交・インフラ輸出等の一体的な推進という、**４つの検討項目を中心に、議論**をしてきた。
- そうした議論も踏まえ、昨年末に**グリーン成長戦略の14の重点産業の中に水素産業を位置づけ**、2050年CNに向けた高い目標（水素供給量:2030年に最大300万トン/年、2050年に約2000万トン程度等）の設定に加えて、目標達成に向けた具体的な取組について盛り込んだ。
- その後、本協議会においてヒアリング等を進め、追加で御意見をいただくなどしているところ、本日はそうした御意見も踏まえつつ、**エネルギー基本計画や水素基本戦略の見直しを見据えて、これまでの議論を一度整理する**こととしたい。

【協議会等における議論等の流れ】

本日の議題

第18回　協議会
2050年CNに向けた議論開始

第19回　協議会
※書面開催
グリーン成長戦略実行計画議論

第20-24回 協議会
ヒアリングの実施

第25回　協議会
中間整理案の提示

議論継続し、その進捗を取り込み

（参考）2050年ＣＮを目標とした際の検討項目

- 成長戦略として2050年ＣＮを目指すには、**その実現を目指すための課題と対応を検証する中で、水素が果たすべき役割を明確化し、やるべきことを抽出**しつつ、**需要と供給の両面から一体的に取組を促進する**ことが重要。こうした考えに基づき、例えば、以下のような項目を今後深掘りする。

＜項目①：水素利用先の多様化・クリーン化（需要）＞

- CNの達成に当たっては現在の水素基本戦略で水素実装に向けた道筋が明確でない**産業部門（製鉄、化学等）、一部輸送部門（商用車、船舶、航空等）**におけるCO2フリー水素等の利用促進や、**石油精製（脱硫用）等の既存分野**で利用される水素のクリーン化に向けた方策を検討することも重要。
- しかし、各分野により**実装の困難性（技術的課題、必要需要量、コスト等）**異なるため、関係者で**各分野での課題や、社会全体でどのように水素が実装されていくかの絵姿の共通認識**を持つことが重要ではないか。

＜項目②：国際水素サプライチェーンの構築の加速化（製造・輸送）＞

- ＣＮ達成に向け、より多くの水素が必要になる前提に立つと、海外から水素を大量に輸入するための**国際水素サプライチェーンを構築する**ことは喫緊の課題。
- そのため、2030年頃の商用化を確実に達成するために、**その構築を加速化**すべきではないか。

＜項目③：水電解装置の更なるコスト低減・電力システムへの統合、革新的な水素製造技術への投資（製造）＞

- 水電解装置は、**余剰再エネを最大限活用しようとする海外で先行して市場が立ち上がりつつある**。そのため、先行する市場への輸出も見据えつつ、**同装置の大型化等による更なるコスト低減や、電力市場に統合するための環境整備**を通じて、**国内でも導入を促していくべきではないか**。
- また、産業部門では安価で安定的なCO2フリー水素が大量に必要となるが、**現行戦略目標より低コストに水素を安定的かつ大量に供給するポテンシャルを持つ革新的技術にも継続的に投資**すべきではないか。

＜項目④：資源外交・インフラ輸出等の一体的な推進（分野横断）＞

- 各国も脱炭素化のために水素を必要とする中で、再エネ資源も含めた水素権益等を確保するなど、**「資源国」との関係強化**が必要ではないか。
- その際、需要国も含めて日本が**先行する技術・製品を海外展開**することで、**安定・柔軟・透明な水素国際市場の形成にも貢献**することができるため、エネルギー安全保障向上の観点も踏まえ、**資源外交とも連動してインフラ輸出を支援**すべきではないか。

水素産業

（令和２年１２月２５日第6回成長戦略会議配布資料より）

◆ 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、追随。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。

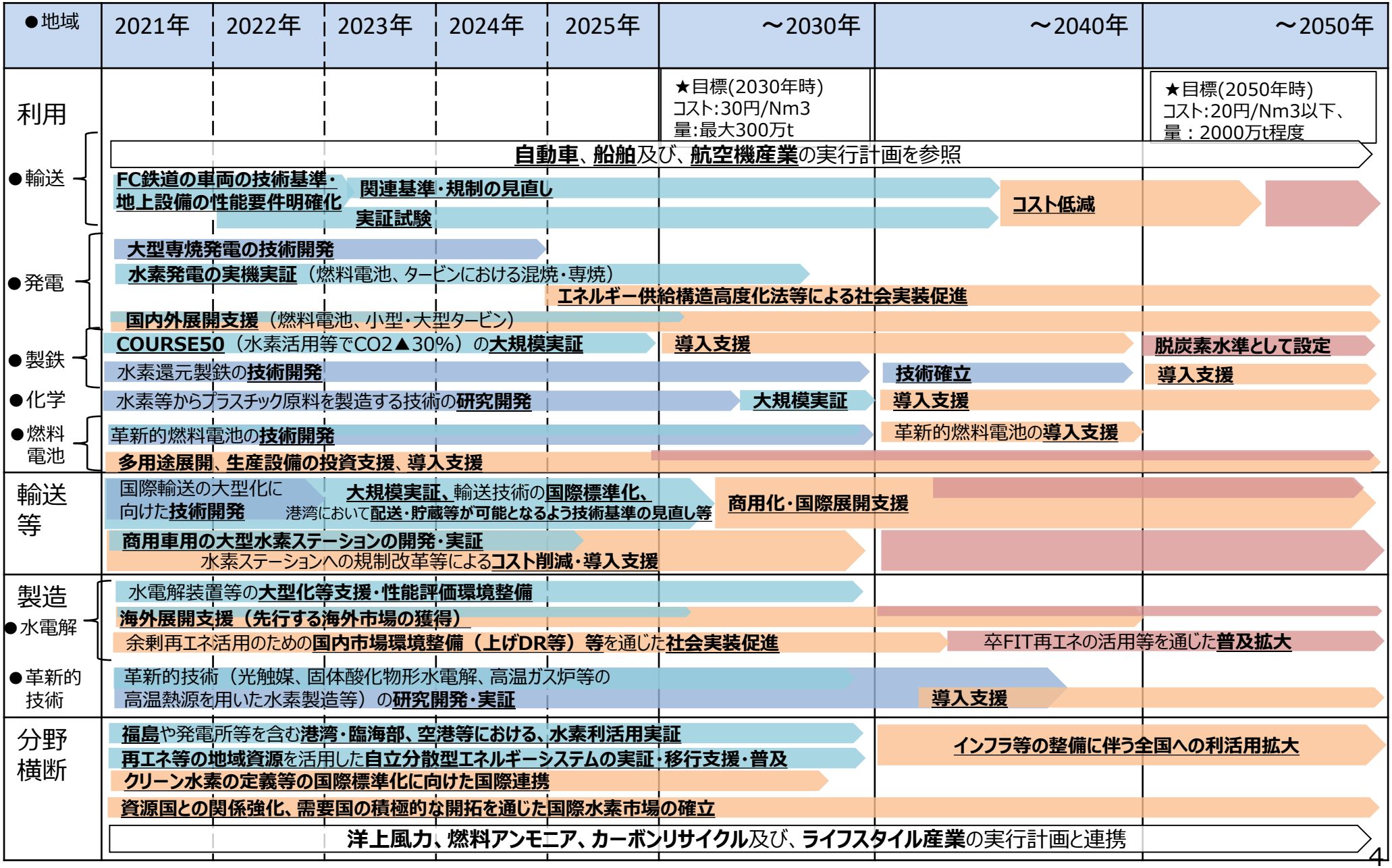
◆ 目標：導入量拡大を通じて、水素発電コストをガス火力以下に低減(水素コスト:20円/Nm3程度以下)。2050年に化石燃料に対して十分な競争力を有する水準を目指す。導入量は2030年に最大300万トン、2050年に2,000万トン程度を目指す。

※ うち、クリーン水素(化石燃料＋CCUS、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 ②FCトラック ③水素還元製鉄		**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** ・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 **②FCトラック：実機実証中。商用化が課題** ・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 **③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** ・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	**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** ・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 **②FC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** ・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 **③水素還元製鉄：世界に先駆けて技術を確立** ・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
供給	輸送等 ④液化水素運搬船等	**④水素運搬船等：技術開発・実証を通じた大型化が課題** ・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が期待される。 ・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。	**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** ・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） ・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
	製造 ⑤水電解装置	**⑤水電解装置：欧州企業が大型化技術などで先行** ・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。	**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** ・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(上げディマンドレスポンス)を適切に評価し、余剰再エネなどの**安価な電力活用促進**

水素産業の成長戦略「工程表」

（令和２年１２月２５日第6回成長戦略会議配布資料より）



本中間整理案の構成等について

- 長期的なエネルギーシステムの絵姿は、技術革新や、国内外の情勢変化などの要素により決定するため、**2050年時点の水素の具体的な導入量やコストなどは現時点では一つに定まらない**。
- しかしながら、エネルギー政策、産業政策的な観点から①**CN時代の水素の位置づけや、**②**2050年をゴールとし、その目標達成に向けた水素の社会実装に向けた道筋をビジョンとして明確にする**ことは、今後の個別分野における取組の方向性を検討する上で非常に重要。
- その上で、需要・供給両面における**各個別分野の現状と課題の分析、今後の取組の方向性について検討**を行い、**各分野での取組をどのように統合しながら、社会実装を進めて行くのか**についての整理を行う。
- なお、本整理の中身は今後の**次期エネルギー政策の議論の進捗等を踏まえつつ、随時アップデート**することとする。

【中間整理案の構成】

項目１
CN時代の水素の位置づけと社会実装への道筋

項目２
個別分野での現状分析と今後の取組の方向性

項目３
各取組の相乗効果を期待した統合的アプローチの在り方

目次

１．カーボンニュートラル時代の水素の位置づけと社会実装への道筋

２．個別分野での現状分析と今後の取組の方向性
- 供給側（水電解装置等、水素キャリア、国際協力・資源外交）
- 需要側（FC、モビリティ、大型発電、産業利用、熱利用）

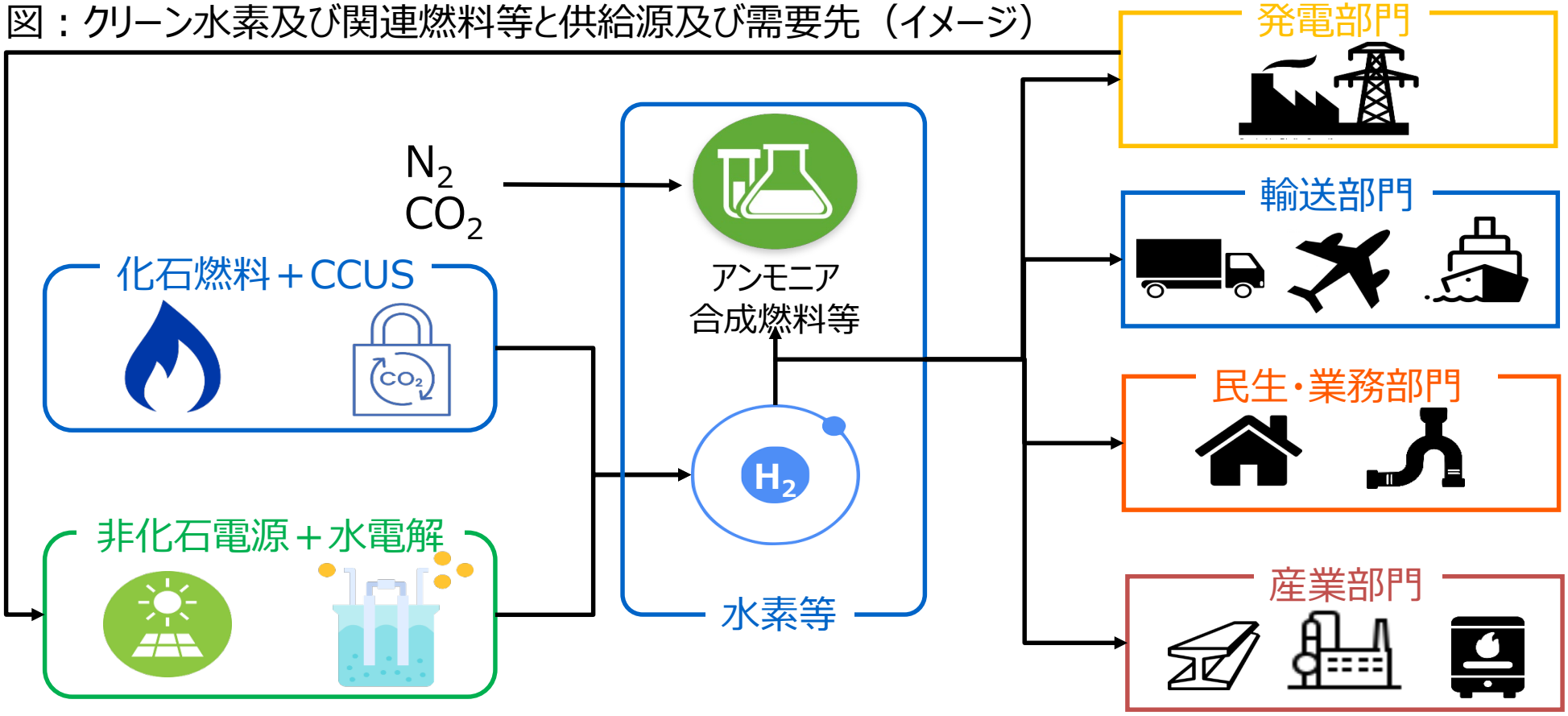
３．各取組の相乗効果を期待した統合的アプローチの在り方

４．まとめ

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)

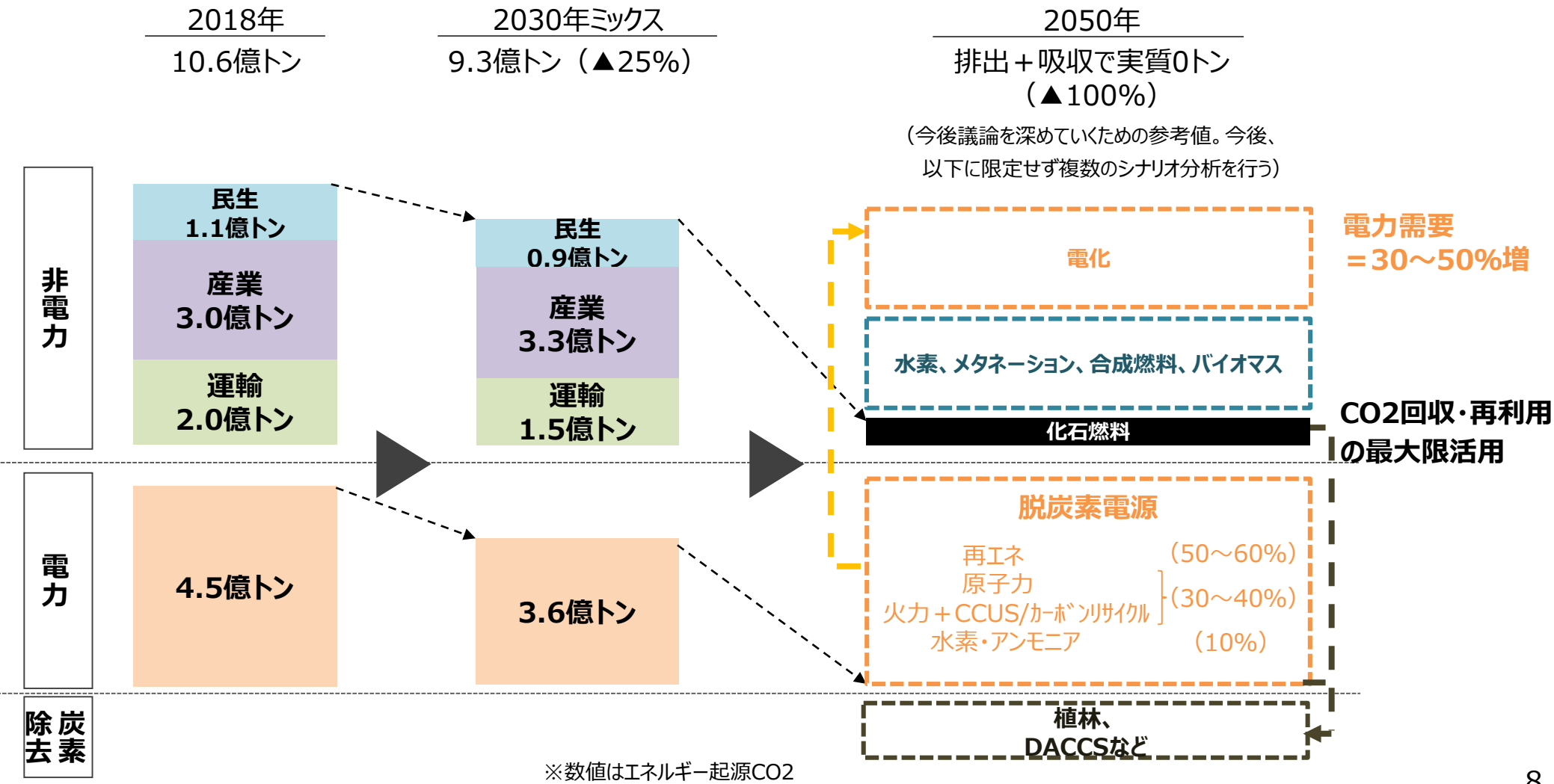
- 水素は**直接的に電力分野の脱炭素化に貢献**するだけでなく、余剰電力を水素に変換し、貯蔵・利用することで、**再エネ等のゼロエミ電源のポテンシャルを最大限活用する**ことも可能とする。
- 加えて、電化による脱炭素化が困難な**産業部門(原料利用、熱需要)等の脱炭素化**にも貢献。
- また、**化石燃料をクリーンな形で有効活用**することも可能する。
- なお、水素から製造されるアンモニアや合成燃料等も、**その特性に合わせた活用が見込まれる**。

図：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）



（参考）2050年カーボンニュートラルの実現（イメージ）

- 水素は電力・非電力の双方の脱炭素化に貢献。また、**一部国内ゼロエミ電源を使って水素を製造**し、非電力部門の脱炭素化を行う**セクターカップリングも推進**。



※数値はエネルギー起源CO2

カーボンニュートラル時代の水素輸入国

- 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。そのため、エネルギー安全保障上の観点から、資源外交が引き続き不可欠。

（出典）Hydrogen Strategy for Canada

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・雇用維持に繋げつつも、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

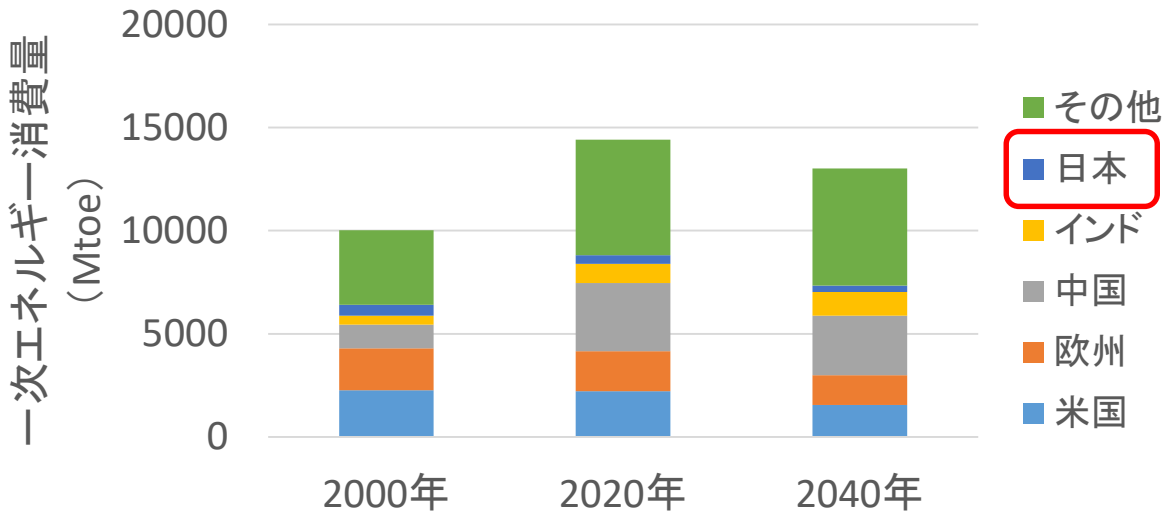
*Hydrogen Councilの試算

水素関連市場
2.5兆ドル

関連雇用創出
3000万人

日本のエネルギー需要のシェア推移(WEO2020 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



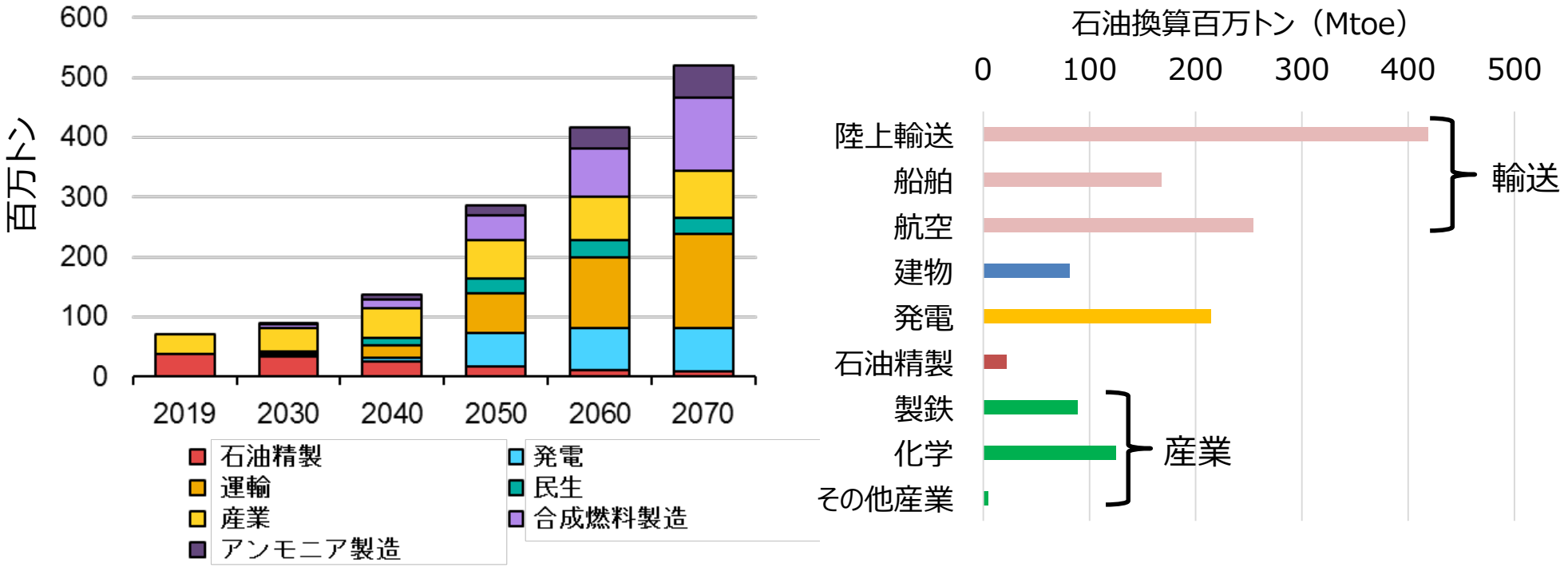
規模の経済を最大限に生かすためにも、世界市場の取り込みが今後はより重要に

（出典）Hydrogen Council, IEA World Energy Outlook 2020 (Sustainable Development Scenario)

IEAの世界水素需給予測（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）



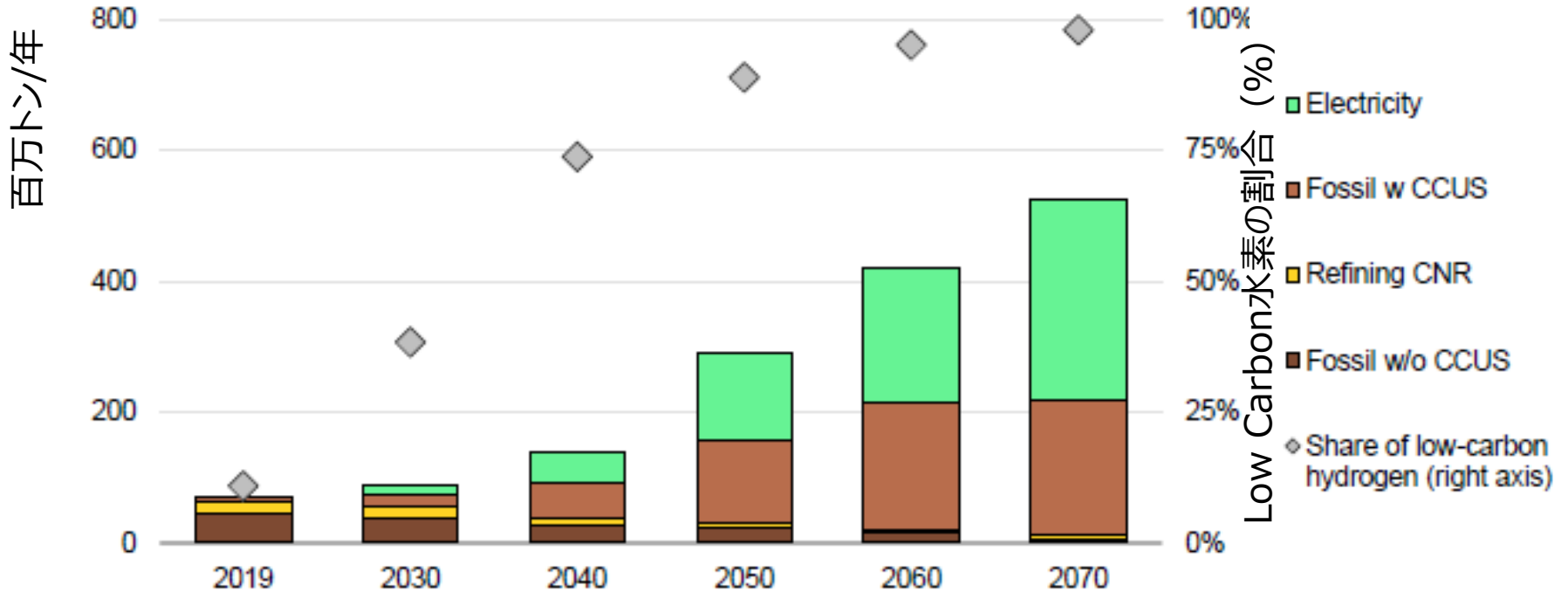
*水素関連：アンモニア、メタネーション等を通じた合成燃料を含む

（出典）IEA, Energy Technologies Perspectives 2020

IEAの世界水素需給予測（供給側）

- IEAのSDSシナリオの予測では、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.

（出典）Energy Technology Perspectives 2020

（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**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。
- 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。
- 連立与党が2020年6月3日に採択した経済対策において、国内の水素技術の市場創出に70億ユーロ、国際パートナーシップ構築に20億ユーロの助成を予定。
- **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（8000台超）**。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。

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**を目指す。
- 暫定的に、低炭素水素（化石＋CCUS）も活用。水素の製造、輸送・貯蔵、利用に向けて取り組む。
- 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を目標として設定。
- グリーン水素の生産に使用する電力としては、**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。
- 産業の脱炭素化に加え、**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。水素関連技術の競争力確立を目的とし、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。

日本とEUの水素戦略の主要項目比較（一覧）

	日本（2017年12月策定）	欧州（2020年7月策定）
導入目的、クリーン水素定義	**【エネルギー安保、競争力強化、CO2削減に向けた戦略】** • **供給源・調達先の多様化**による供給リスク低減、電力、輸送等あらゆる分野の低炭素化 • **化石燃料＋CCS、再エネ水素**を平等に取扱い	**【2050CN達成に向けた戦略】** • **2050年CN達成**のため、電化が困難な分野の脱炭素化の手段 • 最終的には**再エネ水素のみをクリーン水素**と定義
主な数値目標（特段記載無い場合は2030年時）	**【各分野の取組に基づき幅広い分野で設定】** • **供給コスト**: 30円/Nm3、長期的には20円/Nm3 • 需要:**乗用車**(80万台)、**商用車**(バス:1,200台、フォークリフト:1万台）、**発電**(約1GW、約30万t)	**【再エネ水素中心】** • **再エネ水素製造能力**:40GW×2(域内＋域外) • **再エネ水素生産量**:1,000万t以上(域内のみ) • 2050年時点の長期目標、水素発電に言及無し。
３つの発展フェーズ	**【個々の技術開発・実証プロジェクトに沿ったシナリオ】** **フェーズ１(2017年~)：** **定置用燃料電池やFCVの普及**による水素利用拡大 **フェーズ２（2020年代後半）：** **水素発電**の導入、**大規模供給システム**の確立 **フェーズ３(2040年頃)：** トータルでの**CO2フリー水素供給システム**の確立	**【2050年CNに向けたシナリオ】** **フェーズ1（2020-2024年）：** ➢ **石油精製・化学産業等**の既存需要のクリーン化 ➢ 一部**商用車（バス等）の需要**開拓 **フェーズ2(2025-2030年):** ➢ **製鉄等の産業、トラック等の輸送部門**への拡大 **フェーズ３(2030-2050年）：** ➢ **再エネ水素**への完全移行、**航空、船舶、産業**等での実装完了
普及に向けた支援と体制	• **補助金中心**で制度上のインセンティブなし • **幅広く水素利用分野をカバーする業界団体は現状無い（今後設立予定）**	• **制度・規制**による需要創出・大規模投資促進 • **需要・供給両面で投資を促す業界団体立上げ済**
水素輸送・供給インフラ	**【海上輸送に力点。水素ST整備も注力】** • 2020年度までに液化水素、MCH**サプライチェーンの基盤技術構築。30年頃の商用化** • **合同出資会社による水素STの戦略的整備**	**【パイプライン輸送に力点】** • **既存ガス管の転用計画を策定**予定 • 域外の重点地域として、東欧、アフリカに言及するも海上輸送の方法については言及無し
資源外交	• 特段記載無し	• **資源国との関係維持のツール**として活用

（参考）ドイツの国家水素戦略の基本的な考え方

- ドイツの国家水素戦略では、①世界的に水素の社会実装を進めるための**国内市場の重要性**が強調され、②**独産業を強化し、国際市場獲得を目指す**という産業政策的な観点も策定の目標・意義として示された。
- 国際協力については、経済、外交、経済開発の政策としても使うことが鮮明に打ち出され、**経済対策の中で20億€を国際関係構築のために使用**することを決定。

国内外市場の関係（イメージ）

水素関連製品・技術（水電解装置等）の輸出

国外での水素技術の展開を促進

水素（再エネ由来水素等）の輸入

製造：再エネ＋水電解装置（2030年までに5GW）
利用：商用車、船舶、航空等の輸送部門（燃料利用）
鉄鋼、化学等の産業部門（原料利用）
※ 社会実装のための制度整備と併せて措置（詳細今後検討）

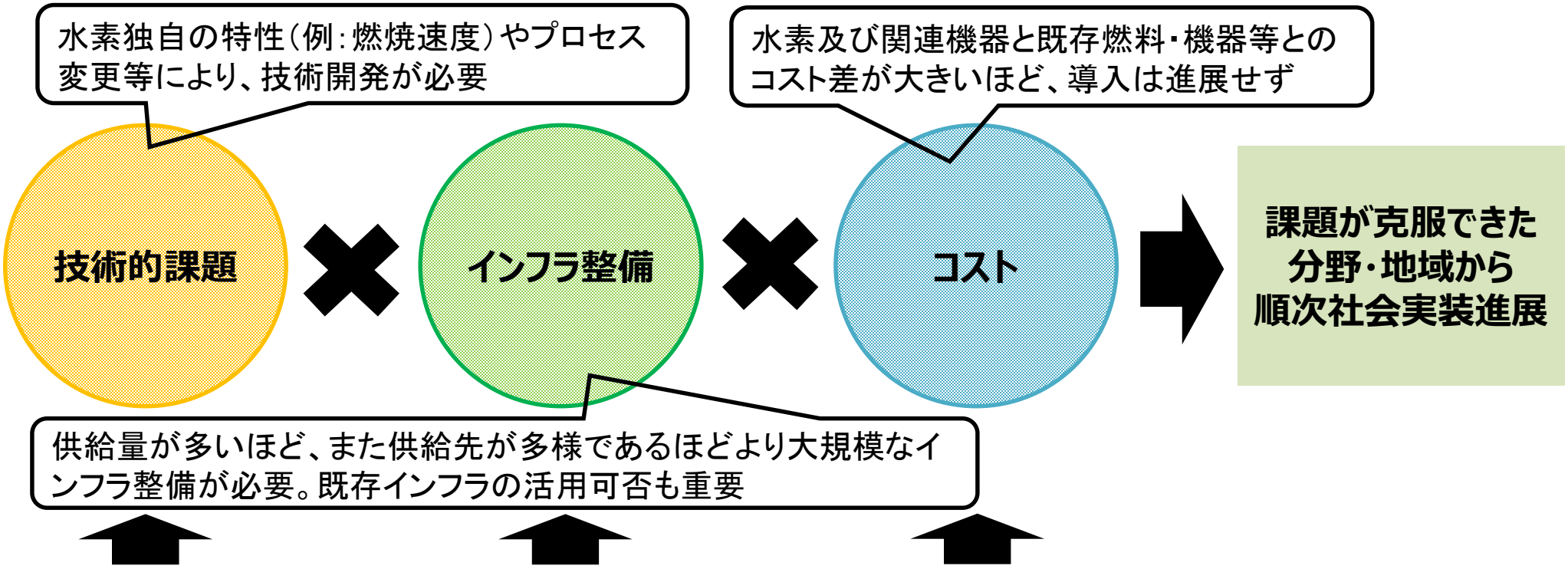
（出典）BMWi, The national Hydrogen Strategy

国際協力例（モロッコとのパートナーシップ）

ドイツ連邦政府とモロッコ王国政府は、アフリカにおける最初のグリーン水素製造プラントの建設（100MW級）に向けた協定に署名（2020年6月、ベルリン）。

水素の社会実装に向けた検討の視座

- 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**。
- 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。



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

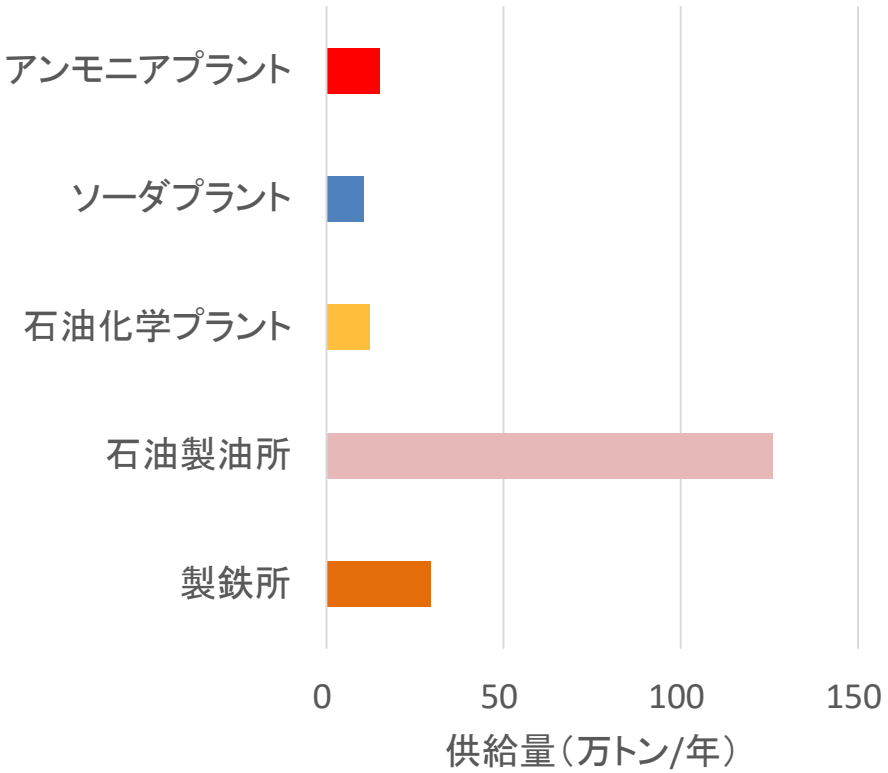
- 水素は多様なエネルギー源から製造可能であるが、日本は国内の資源ポテンシャルが限定的であるため、大規模な社会実装に向けては、**価格競争力のある海外水素の活用が必要**。
- しかしながら、エネルギー安全保障向上の観点から、その調達源の多様化、調達先の多角化を推進するだけでなく、余剰再エネ等を活用した**国内水素製造基盤を有することも重要**。
- 更に、水素の大規模輸入が実現するまでは、**副生水素など、既存の水素供給源を最大限活用**することが必要不可欠。

	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・準商用化等を通じた知見蓄積、コスト低減	商用ベースの大規模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

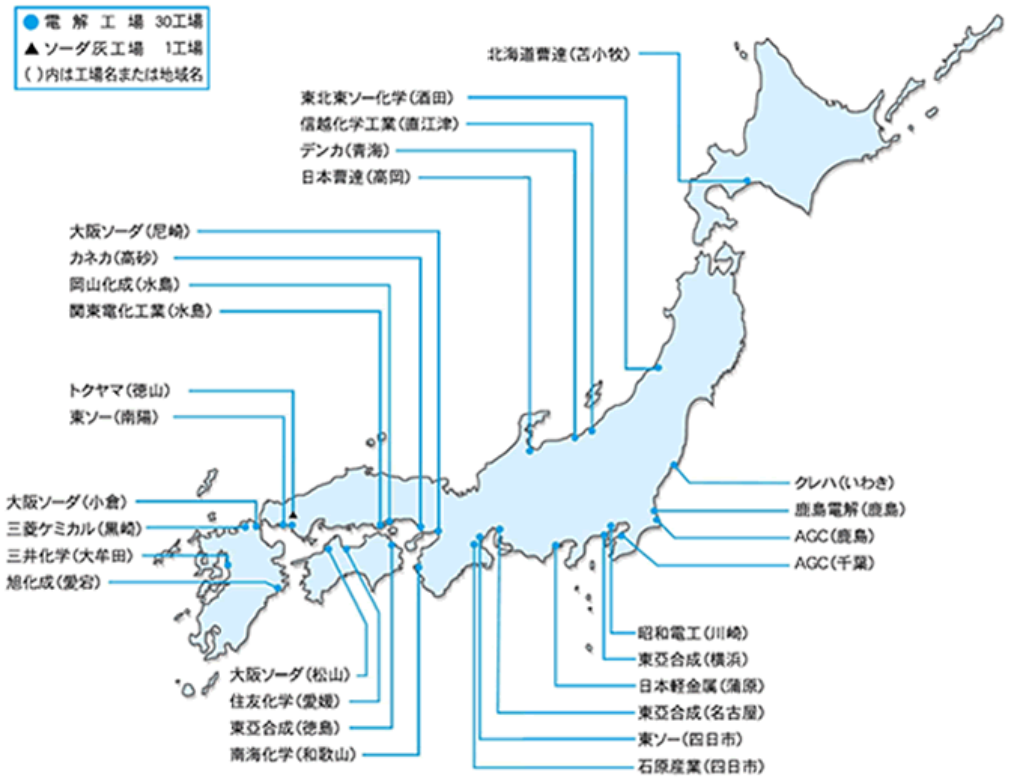
（参考）国内副生水素等の供給量及び供給拠点

- 国内では副生水素等が石油製油所等で**約193.2万トン/年製造等されていると推計**される。
- その大部分は同一サイトで、原油の脱硫やアンモニア合成、熱源等として供給・活用されているが、貴重な国内水素供給源として、供給余力も含めて、**最大限活用されることが重要**。

水素製造拠点とその供給量



水素供給拠点の例：ソーダ工場の分布（除沖縄）



（出典）日本ソーダ工業会、NEDO（副生水素供給ポテンシャルに関する調査）

カーボンニュートラルまでの水素需要先拡大の道筋

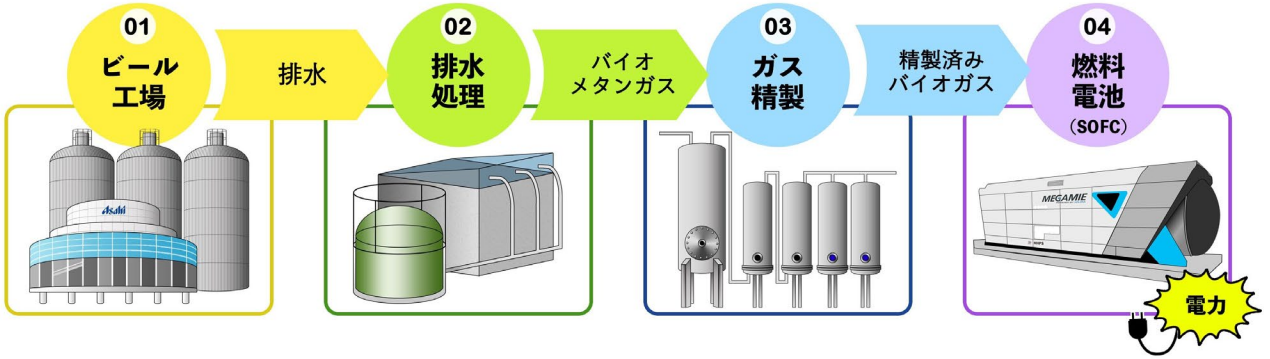
- 現在、需要はFCVやFCバスなどの輸送部門と、原油の脱硫用途などの産業部門などに水素の直接利用は限定され、いずれもグレー水素が活用されている。
- 今後は、**FCトラックなどの商用車、水素燃料船**などが順次市場投入され、2030年頃までに大規模国際水素サプライチェーンが商用化されるタイミングで、**発電部門（タービン混焼、専焼）**などで地域的に実装されることを見込む。
- また、技術的課題の解決に加え、サプライチェーンの大型化等を通じた水素供給コスト削減、インフラ整備に伴い、鉄鋼や化学、航空等の**脱炭素化が困難な分野(Hard-to-Abate Sector)でも水素利用が拡大**。
- 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	水素燃料船等の市場投入	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クリーン化、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

（参考)Hydrogen Readyの考え方（例：民生用･業務用燃料電池）

- 現在商用化されている民生用･業務用燃料電池の一部は、**水素やバイオガス、都市ガス等の複数のガスを同時に燃料として利用可能**。
- そのため、水素がいつ供給されても対応可能な、所謂、Hydrogen Readyな状態であり、**将来のインフラ整備の状況などの不確実性に対応し、長期的な受入可能需要量を増やす**ためにも、**Hydrogen Readyの状態に移行することを促す環境整備**も重要。

【例：三菱パワー MEGAMIEについて】
○ 概要：SOFC（固体酸化物形燃料電池）の高効率発電システム
○ 出力:250kW級、1MW級
○ 発電効率：53%（総合効率:73%※）　※熱電併給時
○ 燃料：燃料ガスとして、天然ガス、バイオガス、水素、プロパン、ブタン等の多種多様な燃料の利用可能
○ 利用例：アサヒビール社において、ビール工場排水処理で発生する未利用副生ガス（主成分:メタン）を用いて、発電を実施（下写真)



出典：三菱パワー社ＨＰより資源エネルギー庁作成

目次

１．カーボンニュートラル時代の水素の位置づけと社会実装への道筋

２．個別分野での現状分析と今後の取組の方向性
- 供給側（水電解装置等、水素キャリア、資源外交等）
- 需要側（FC、モビリティ、大型発電、産業利用、熱利用）

３．各取組の相乗効果を期待した統合的アプローチの在り方

４．まとめ

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**海外市場獲得を見据えつつ**、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

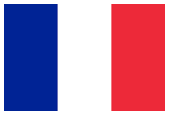
（出典）旭化成（株）

- 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**

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

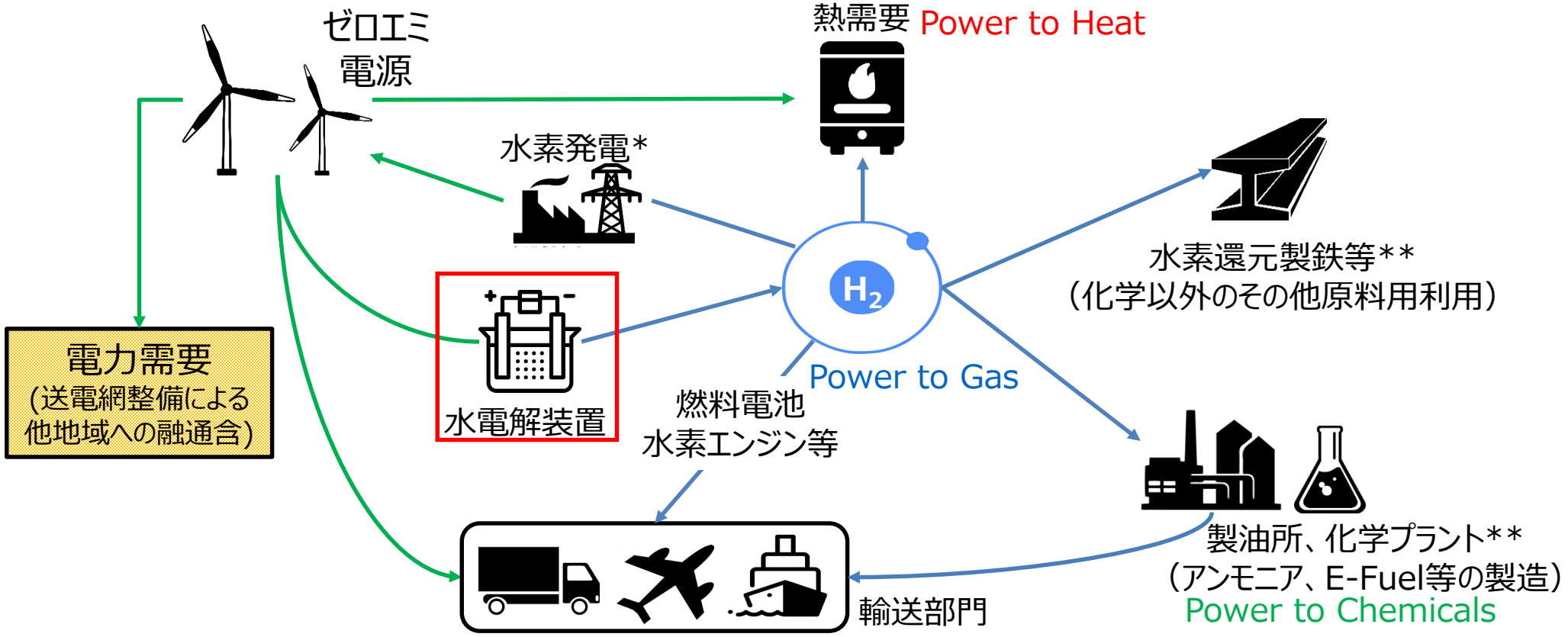
IEA SDS*シナリオにおける2070年時点での導入容量は約3,300GWの見込み

*Sustainable Development Scenario

再エネポテンシャルの最大限の利活用を可能とする水電解装置

- 水電解装置は供給余力が発生した際、水素製造により需要を機動的に創出させ、**再エネを含むゼロエミ電源の出力抑制を回避することを可能**とする。
- そのため、電力需要が十分無く、送電線の整備が十分でない地域においても、**再エネ等を余すことなく活用し、非電力部門も含む脱炭素化の推進（セクターカップリング）**も可能とする。

【直接電化とセクターカップリングによるゼロエミ電気の需要拡大等（イメージ）】



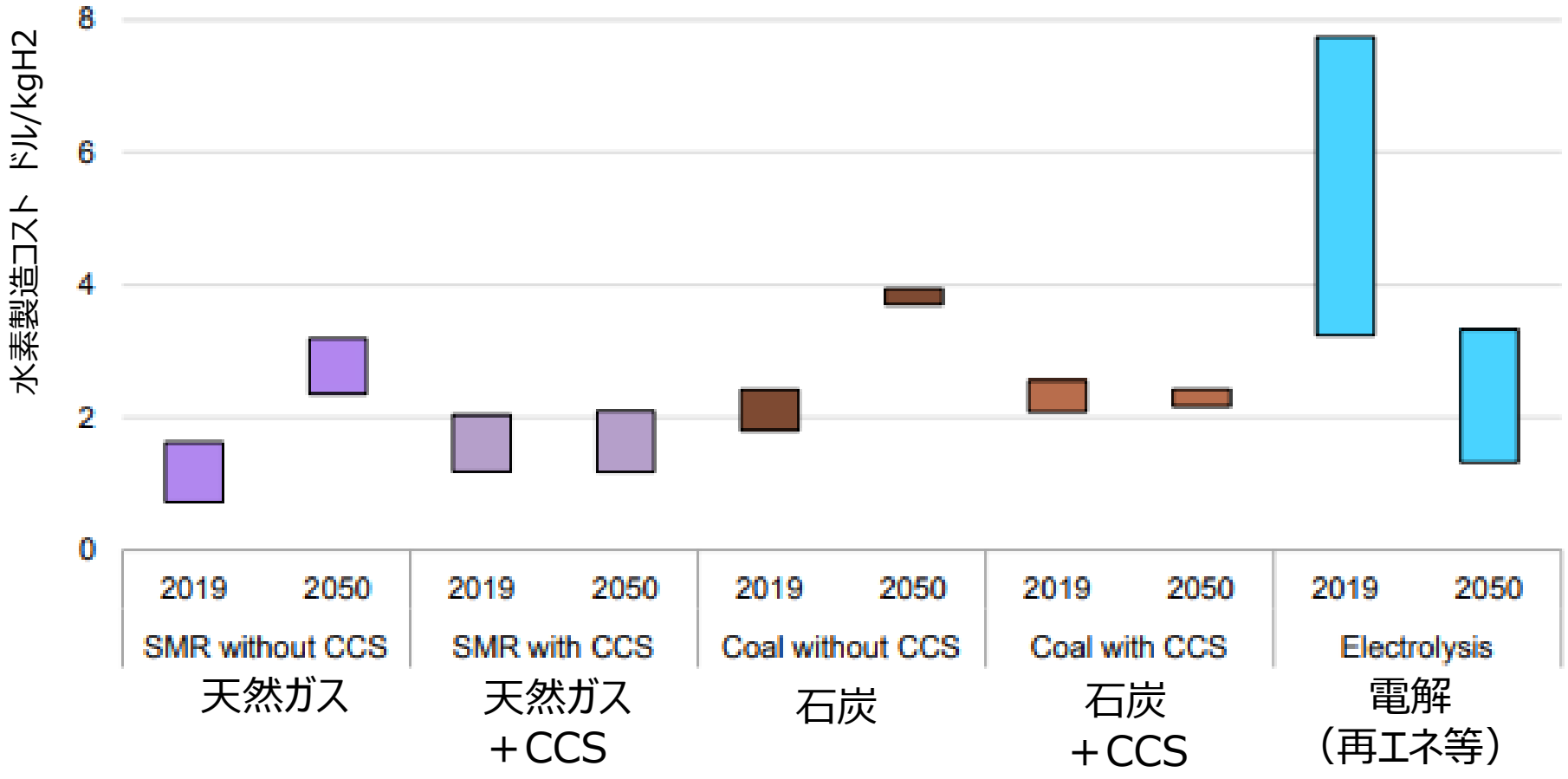
*水素等を長期で貯蔵し、季節性の調整力等として利用、**産業用途等で活用する場合は、供給量を安定的かつ十分確保する必要がある点には留意。

（出典）シーメンス等より資源エネルギー庁作成

（参考）世界の水素製造コストに関するIEA予測

- 再エネ電源がコスト競争力を有するにつれ、2050年には一部地域において化石燃料＋CCUSで製造されるCO2フリー水素に対して、電解(再エネ等由来)水素がコスト競争力を有する見込み。

エネルギー源別の水素製造コスト比較（2019年 vs 2050年）



（出典）IEA, Energy Technology Perspectives 2020

（参考）洋上風力と水素製造の組み合わせ

- 欧州では、再エネの中では稼働率の比較的高い、**洋上風力と両輪での導入が検討**。洋上風力のエネルギーを系統の代わりに、**水素で運搬することも検討**されている。

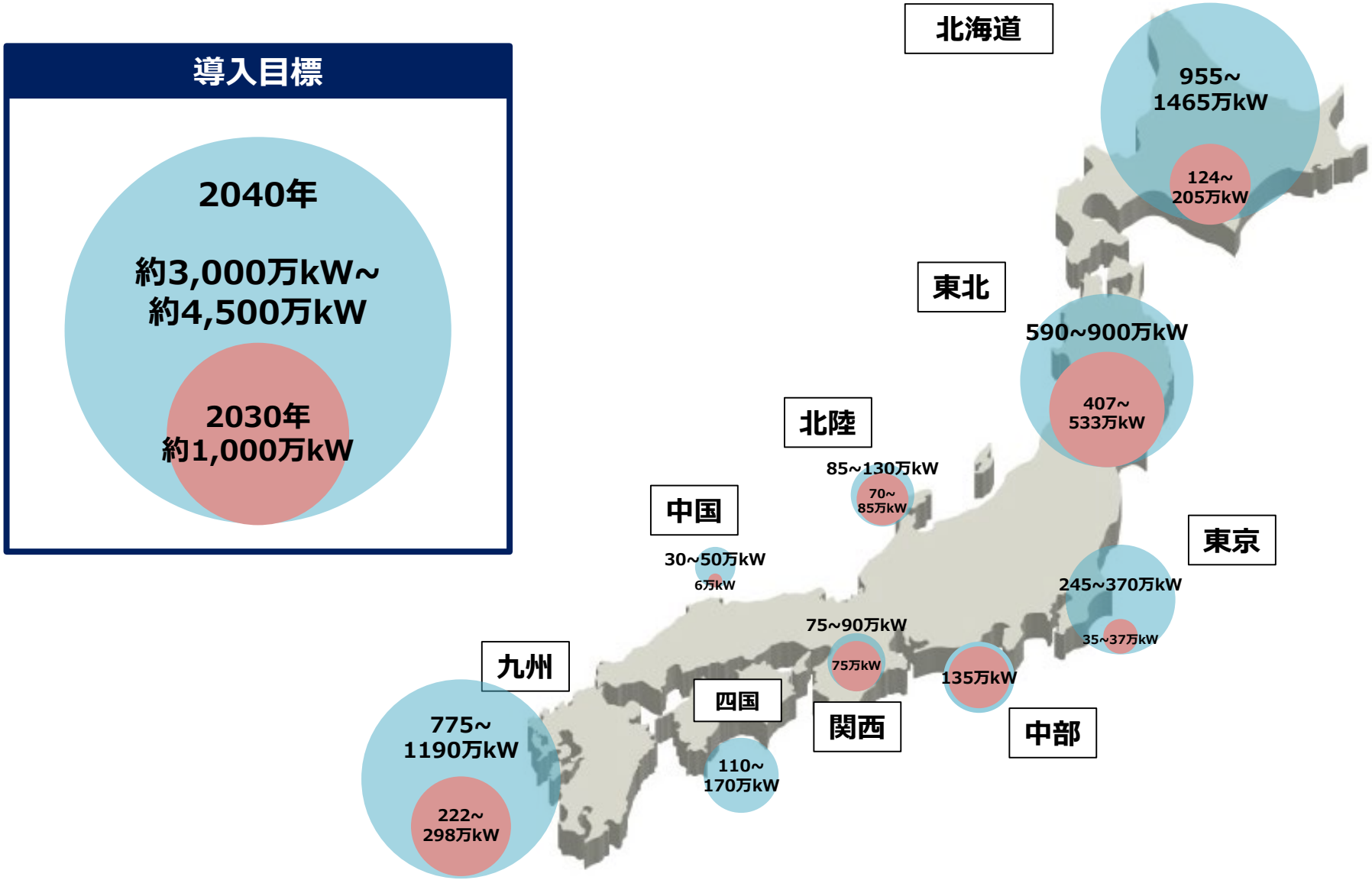
【AquaVentusプロジェクトの概要】
- 外洋で展開された洋上風力から水素を製造し、パイプラインで独ヘルゴランド島を経由して独本土に輸送
- 2035年までに10GWの水電解装置を設置し、約100万トンのグリーン水素を製造することを見込む
- 参加企業は独RWE、シーメンス、MHIヴェスタス、Shell、Vattenfallなど

外洋での水素製造（イメージ）

洋上風力と水電解装置の配置（イメージ）

（出典）RWE社、AquaVentus

【参考】我が国における洋上風力のエリア別の導入イメージ



※2030年については、環境アセス手続中（2020年10月末時点・一部環境アセス手続きが完了した計画を含む）の案件を元に作成。
※2040年については、NEDO「着床式洋上ウィンドファーム開発支援事業（洋上風力発電の発電コストに関する検討）報告書」における、LCOE（均等化発電原価）や、専門家によるレビュー、事業者の環境アセス状況等を考慮し、協議会として作成。なお、本マップの作成にあたっては、浮体式のポテンシャルは考慮していない。

（参考）水電解装置の種類と主な特徴（アルカリ形・PEM形）

- 現在実用化されているのはアルカリ形とPEM形の２種類。前者は高効率で低コスト、大型化が容易という特徴があり、後者は小型化しやすく、負荷追従性が高いため、調整力として活用が期待。

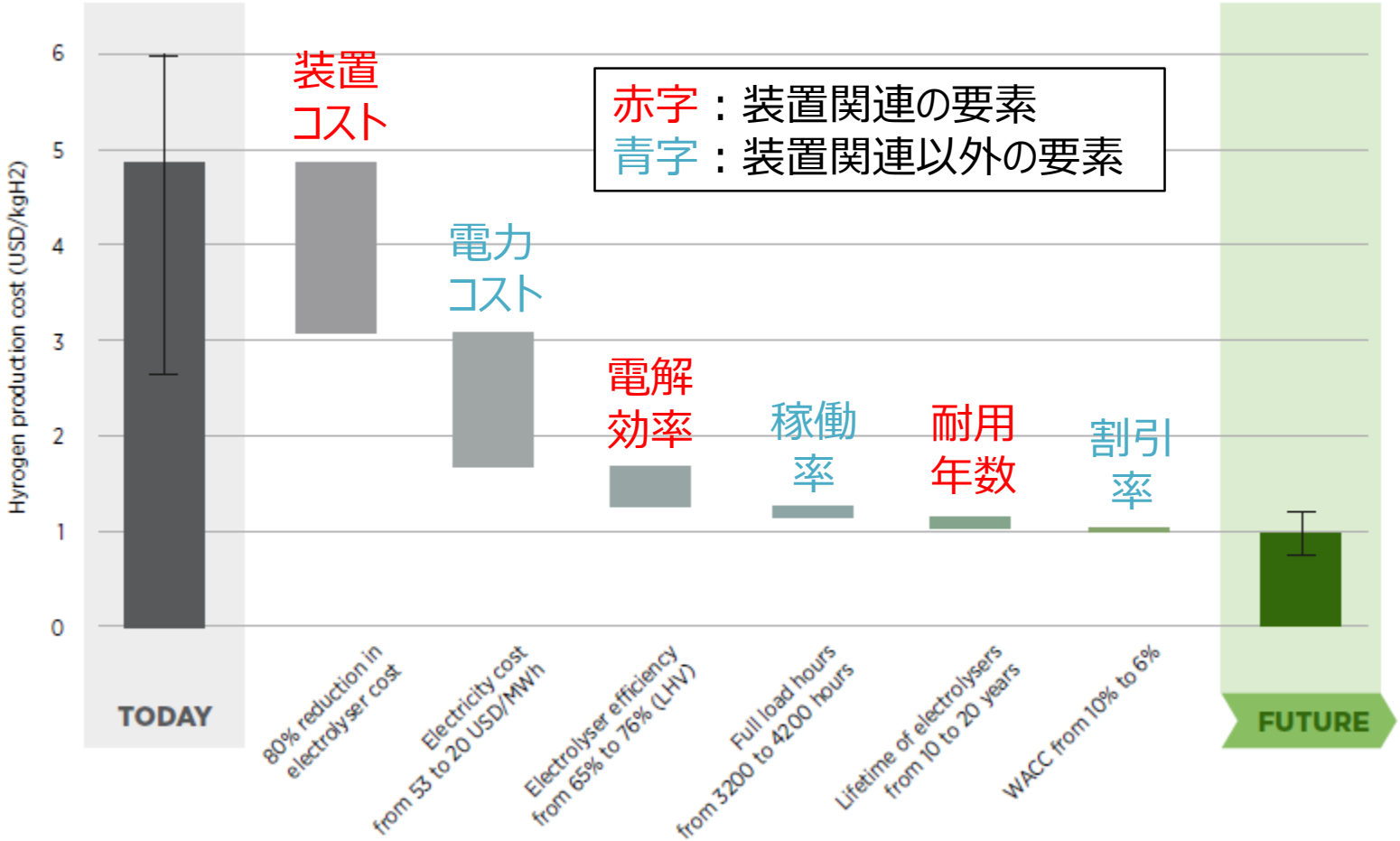
	アルカリ形	PEM形
主要製造企業	旭化成、Hydrogenics（加）、Thyssenkrupp(独)、Nel(ノルウェー)	日立造船、東レ（電解膜・MEA）、ITM Power（英）、Hydrogenics（加）、Siemens Energy（独）、Nel(ノルウェー)
NEDO実証の規模（参画企業）	10MW@福島(東芝エネルギーシステムズ、東北電力、東北電力ネットワーク、岩谷産業、旭化成)	2.3MW@山梨（山梨県企業局、東レ、東京電力ホールディングス、東光高岳）
電解効率（LHV, %）	63-70	56-60
資本コスト（USD/kW）	500-1400	1100-1800（使用する貴金属が高価）
製品寿命（時間）	60000-90000	30000-90000
電流密度(A/cm2)	-0.6	-2（セルスタックの小型化に寄与）
圧力（bar）	1-30	30-80（追加圧縮コスト低減可）
負荷追従性（調整力としての活用）	負荷変動範囲が狭い	負荷変動範囲が広い

（出典）The Future of Hydrogen, IEA等より資源エネルギー庁作成

電解水素の製造コスト削減に向けた方向性（総論）

- 電解水素の製造コストを低減するためには、電解装置コストや電力コストの低減、電解効率や稼働率、耐久性の向上等を実現する必要がある。

【例：再エネ由来水素の製造コスト削減のための手段とその規模感（イメージ）】



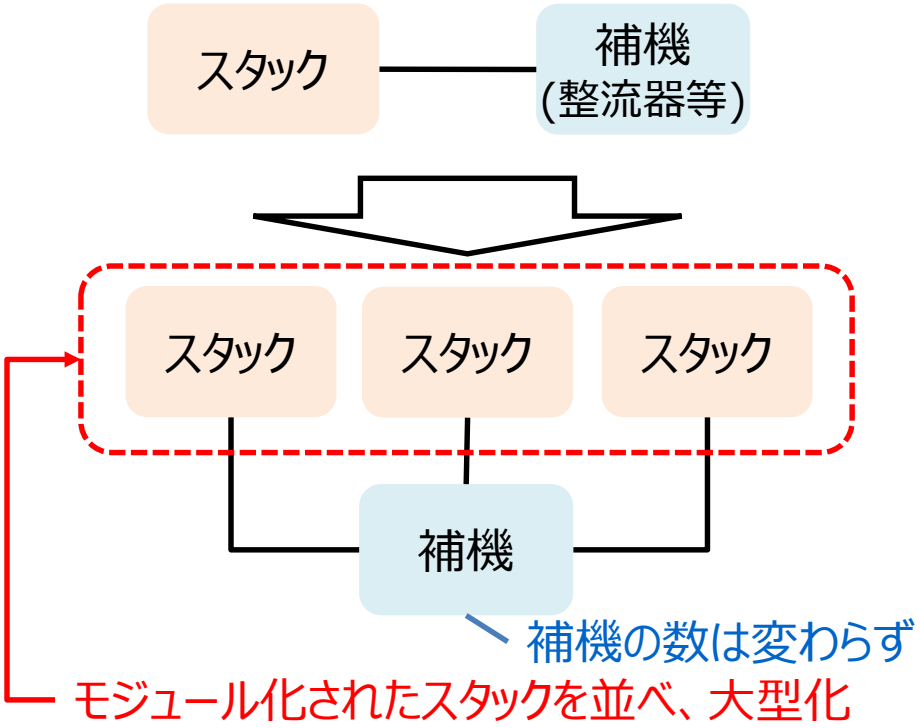
Note: 'Today' captures best and average conditions. 'Average' signifies an investment of USD 770/kilowatt (kW), efficiencyof 65% (lower heating value – LHV), an electricity price of USD 53/MWh, full load hours of 3200 (onshore wind), and a weighted average cost of capital (WACC) of 10% (relatively high risk). 'Best' signifies investment of USD 130/kW, efficiency of 76% (LHV), electricity price of USD 20/MWh, full load hours of 4200 (onshore wind), and a WACC of 6% (similar to renewable electricity today).

（出典）IRENA, Green Hydrogen Cost Reduction

電解水素の製造コスト削減に向けた取組①（大型化・モジュール化）

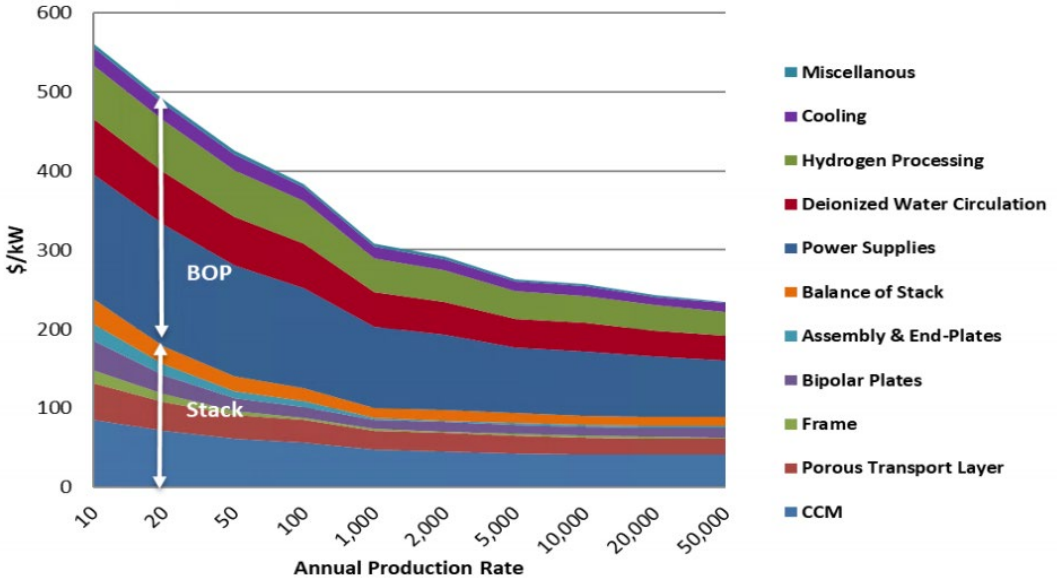
- 先行する欧州等のプレイヤーは、**複数のモジュール化されたスタックを並べ大型化するとともに、システムに必要な補機（整流器等）の数を増やさない**ことで、①組み立て工程の簡素化や、②単位容量当たりに必要な設備量の減少を通じて、**装置コストを削減**。
- 更に長期的には大量生産を通じ、更なる装置コストの低減が見込まれるため、量産効果を高める観点からも、今後の需要増大も見越し、**日本の水電解装置メーカーの大型化・モジュール化の取組を支援し、コスト競争力を一層強化する**ことが重要。

装置の大型化・モジュール化（イメージ）



PEM型電解装置の生産量とシステムコストの関係

※１MWのシステムのコストを仮定、BOP：補機、2015年USD換算



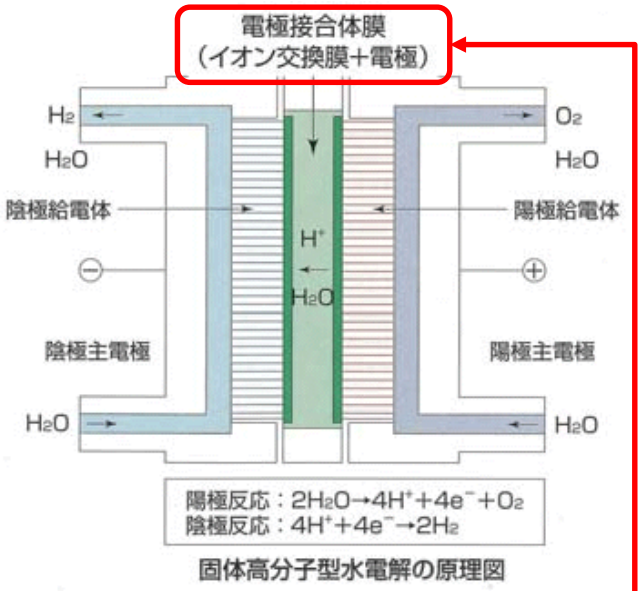
機器毎に量産効果の程度が異なる

（出典）NREL, Manufacturing Cost Analysis for Proton Exchange Membrane Water Electrolyzers

電解水素の製造コスト削減に向けた取組②(要素技術の開発・実装等)

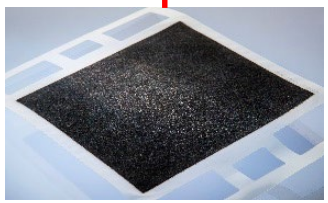
- 膜や触媒などの要素技術の改良は、**電解効率向上等を通じたコスト削減**などにも寄与。
- そのため、日本の部素材メーカー等の要素技術の基礎研究だけでなく、**水電解装置への実装に向けた技術開発から実証等までを評価基盤の整備も含めて支援**していくことが重要。

PEM型の水電解装置の構造



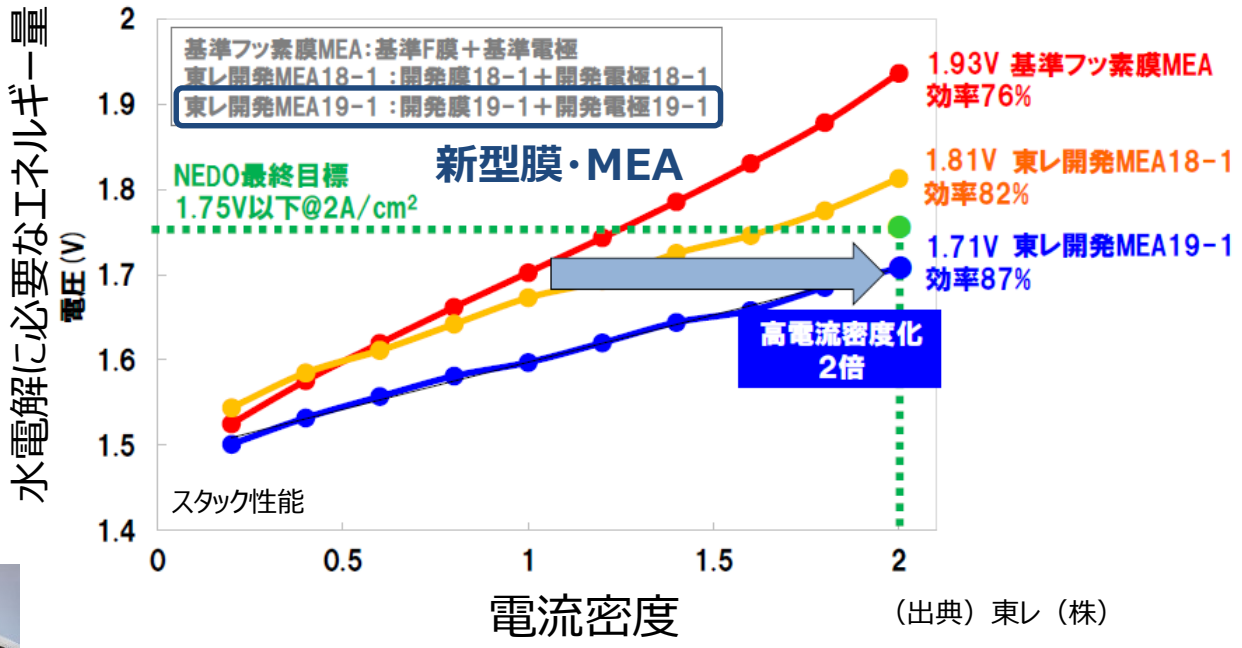
固体高分子型水電解の原理図

（出典）日立造船（株）



（出典）東レ（株）

異なる電解質膜・MEAによる電圧と電流密度の関係



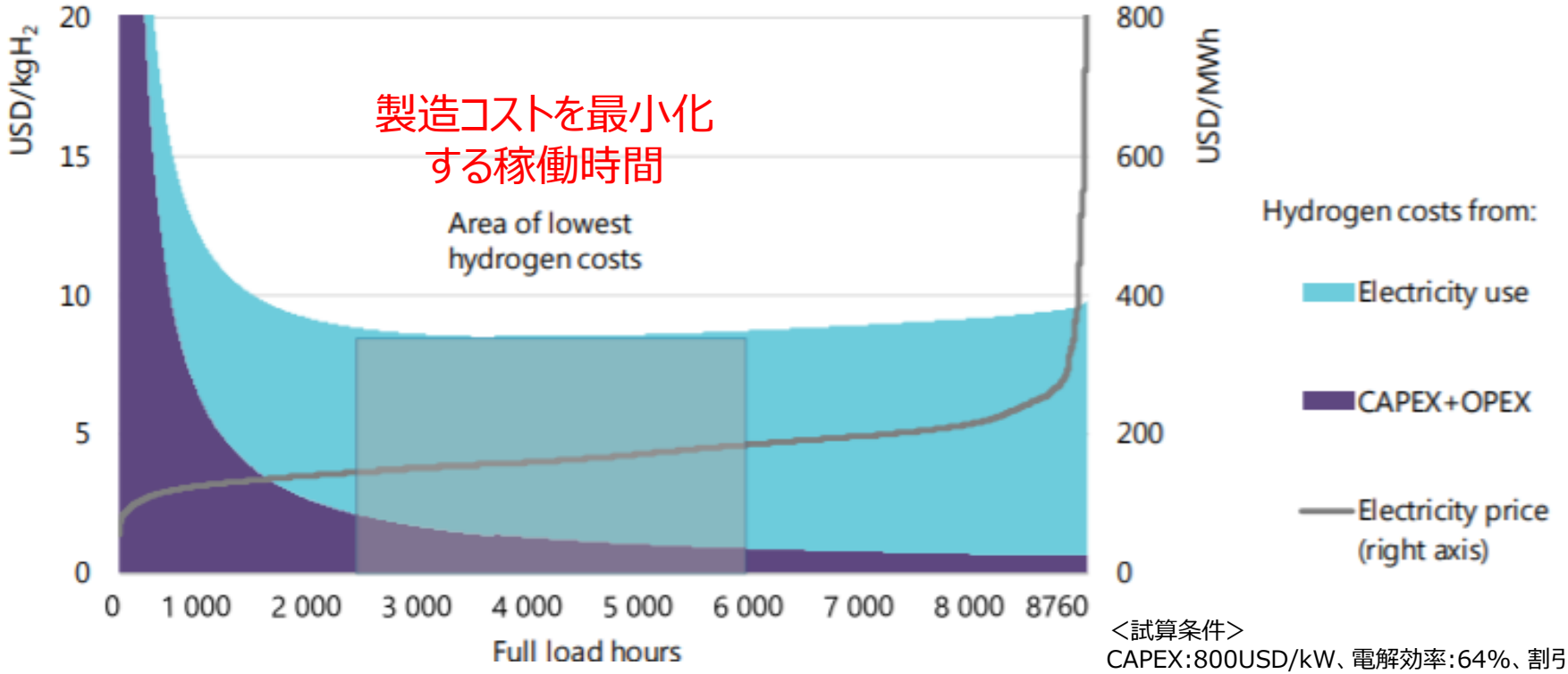
（出典）東レ（株）

電圧が低い程、抵抗が小さく電解効率が高い

電解水素のコスト削減等に向けた取組③（柔軟な運転技術の習得等）

- 水電解装置の稼働率を高めるほど、水素製造量当たりの装置コストは低減するが、運転コストは出来るだけ安価な電力を調達することで低減される。そのため、この**トレードオフを見極めた最適運転を行う**ことで、水素製造コストの最小化を行うことが肝要。
- 加えて、柔軟な運転技術を生かし、系統に調整力等を提供することが出来れば、水電解装置が電力市場からの追加収入を見込むことができ、**水素製造コストの更なる低減にも寄与**する。

電力価格、稼働時間、水素製造コストの関係（左軸：製造コスト、右軸：電力価格）



<試算条件>
CAPEX:800USD/kW、電解効率:64%、割引率：８％

（出典）IEA, The Future of Hydrogen

電解水素のコスト削減等に向けた取組④（安価な電力へのアクセス）

- **電気代は水素製造コストの相当程度のシェアを占める**ため、安価な電力を調達することは水素製造コストの低減を行う上で非常に重要。
- よって、国内水素製造基盤を確立するためには、**水電解装置が系統内の余剰再エネ等の安価な電力へのアクセスを可能とする、上げDR等の制度整備が重要**。
- ただし、水電解に利用する電力コスト低減のために、再エネ賦課金減免等の措置を取るドイツのような国も存在するが、そうした制度上の措置は、**各国の減免制度の趣旨に違いがあること等も踏まえ、負担者と受益者の公平性の観点から慎重な検討が必要**な点には留意。

電力調達先とその特徴について

	自社保有電源	系統電力（卸価格連動小売料金の場合）
調達電力価格構成	• 電源等の発電コスト ※自己託送を用いる場合は託送料金も上乗せ	• 電力卸価格＋託送料金＋FIT賦課金等 ※JEPX等から調達した電気を非化石由来とするには非化石証書の購入が必要
稼働率	• 電源等により決定 ※ 事業用太陽光は直近の調達価格等算定委員会の意見では設備利用率17.2%と想定 ※ 自己託送を用いる場合は送電ロスあり	• 柔軟に変更可能 ※ ただし、稼働率を高めるほど、卸価格が上昇するため調達コストは上昇

（出典）東京電力PG、調達価格等算定委員会、JEPX、GIO等

（参考）再エネの導入拡大に向けたトラッキング制度の検討状況

- 再エネの導入拡大に向けて、再エネ電気の利用を求める需要家が拡大する中、電源種や発電所所在地、発電量等の**属性情報を証明する電源トラッキング制度の整備**は課題。
- このため、2019年から**RE100に活用可能なトラッキング制度措置**（属性情報等の確認システム）の導入を開始。FIT非化石証書については、トラッキング実証を実施中。非FIT非化石証書についても、**今年８月頃をメド**に実証を開始予定。

第4回再エネ規制改革タスクフォース（2021年2月3日）資料7-1より抜粋

＜トラッキング実証の内容＞

FIT非化石証書

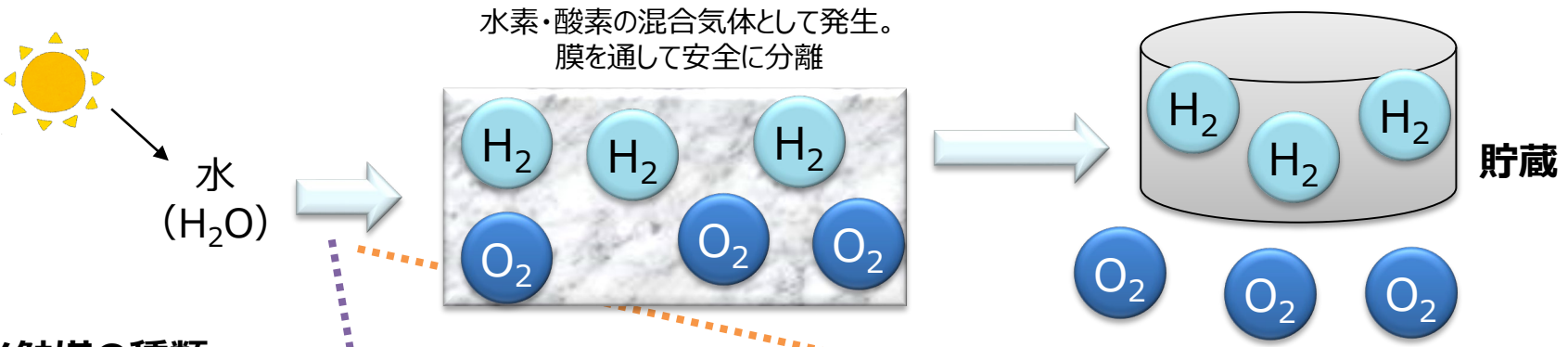
- 期間：2019年2月～
- 取得情報：FIT電源の設備ID、電源種、発電設備名、設置者名、発電所所在地、発電出力、認定日、運転開始日又は予定日。
- 参加企業：発電280者。小売104者。
- トラッキング付与対象証書量：41億kWh（８回分）

非FIT非化石証書

- 期間：2021年8月頃から開始予定
- 取得情報：非FIT電源由来の設備ID、電源種、発電設備名、設置者名、発電所所在地、発電出力、認定日、運転開始日又は予定日。
- 参加企業(想定)：発電約10者。小売約104者。

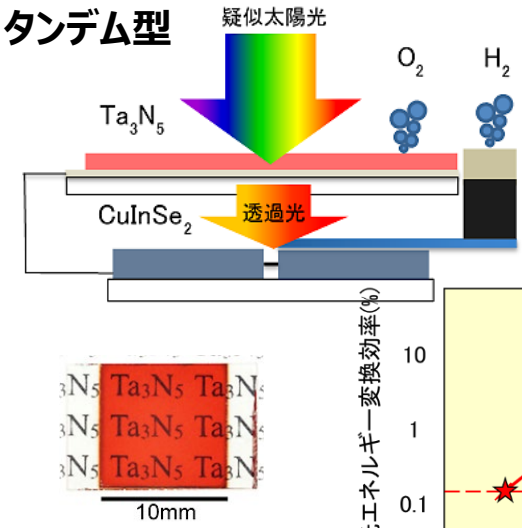
革新的な水素製造技術への投資の必要性（例:光触媒を用いた水素製造）

- 水電解装置以外にも、太陽光エネルギーを用いて水を直接、水素・酸素に分解する触媒を開発中。変換効率を上昇させつつコスト低減化を図り、実用化を目指す。

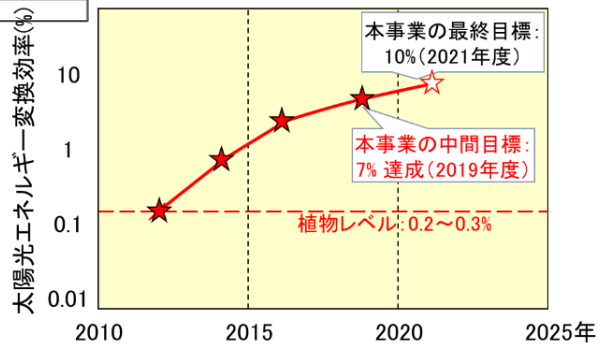


光触媒の種類

タンデム型



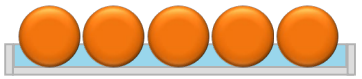
太陽光エネルギー変換効率7%を達成



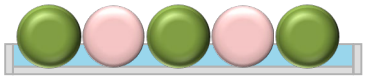
粉末型

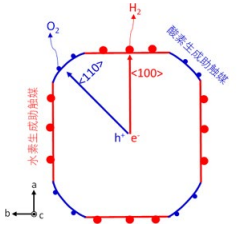
紫外光領域での量子収率100%の光触媒開発に成功

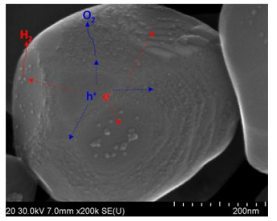
1段・粉末型
（1種類の触媒を塗布）



2段・粉末型
（2種類の触媒を塗布）







紫外光領域で量子収率100%の光触媒が開発され、Natureに掲載。この知見を生かし、太陽光エネルギー変換効率向上を目指す研究開発が進められている。
（NEDO　人工光合成PJ）

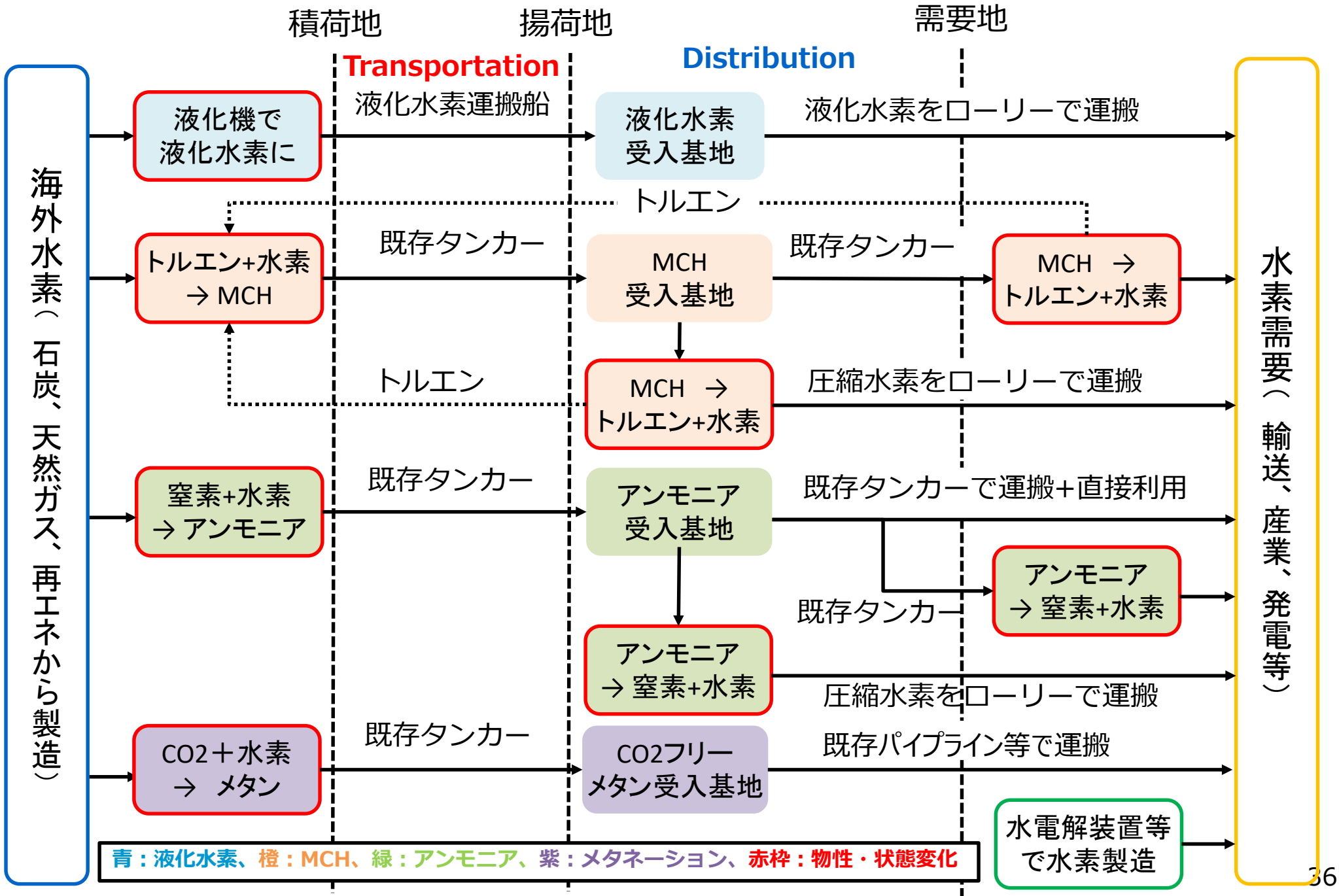
水素キャリアの選定と今後の支援方針

- 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 無毒	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 無毒
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	製造地における競争的な再エネ由来水素、CO2供給が不可欠

出典：IEA, the Future of Hydrogen等に基づき、資源エネルギー庁作成

（参考）国際輸送と国内配送の一体的なインフラ整備の必要性（一例）



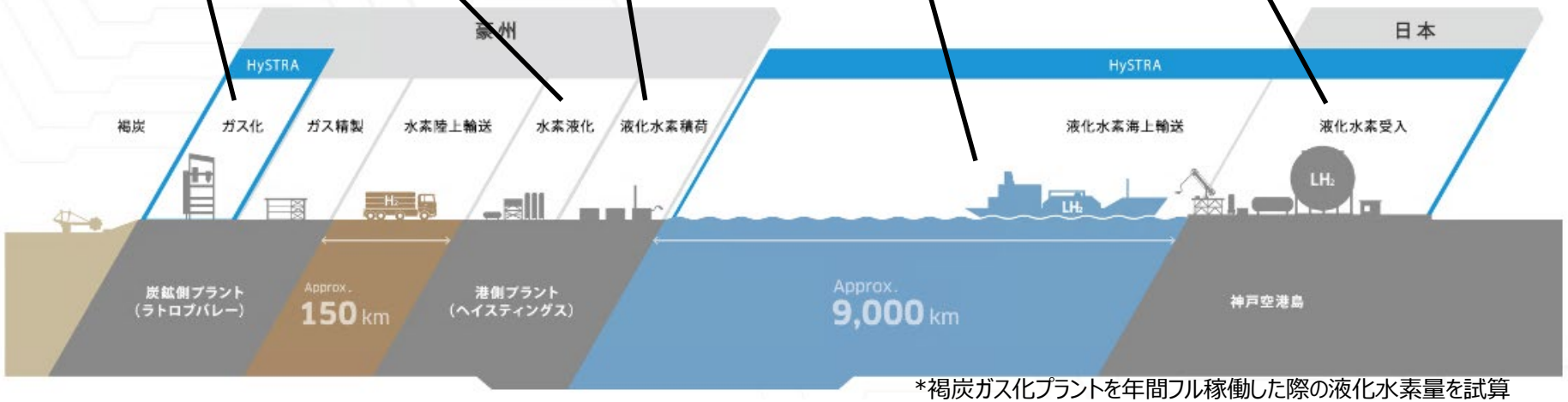
大型化の意義とその際の課題

- 輸入水素のコストを下げるためには、関連機器の大型化を通じ、規模の経済を最大限利用することが必要不可欠であるが、**大型化のためには技術的な課題の克服に加えて、その規模に応じた需要を一体的に創出**する必要。

液化水素サプライチェーンの大型化の例

	水素製造	水素液化	積荷基地	水素運搬船	揚荷基地	年間供給量
機器	製造装置	液化機	タンク	運搬量	タンク	ー
日本の既存技術	0.1t/d	5t/d	2500m3/基	2500m3/隻 (1250m3/基×2基)	2500m3/基	約36t/年*
商用化スケール	770t/d	1000t/d (50t/d×20基)	20万m3 (5万m3/基×4基)	32万m3 ((4万m3/基×4基)/隻×2隻)	20万m3 (5万m3/基×4基)	約22.5 万t/年

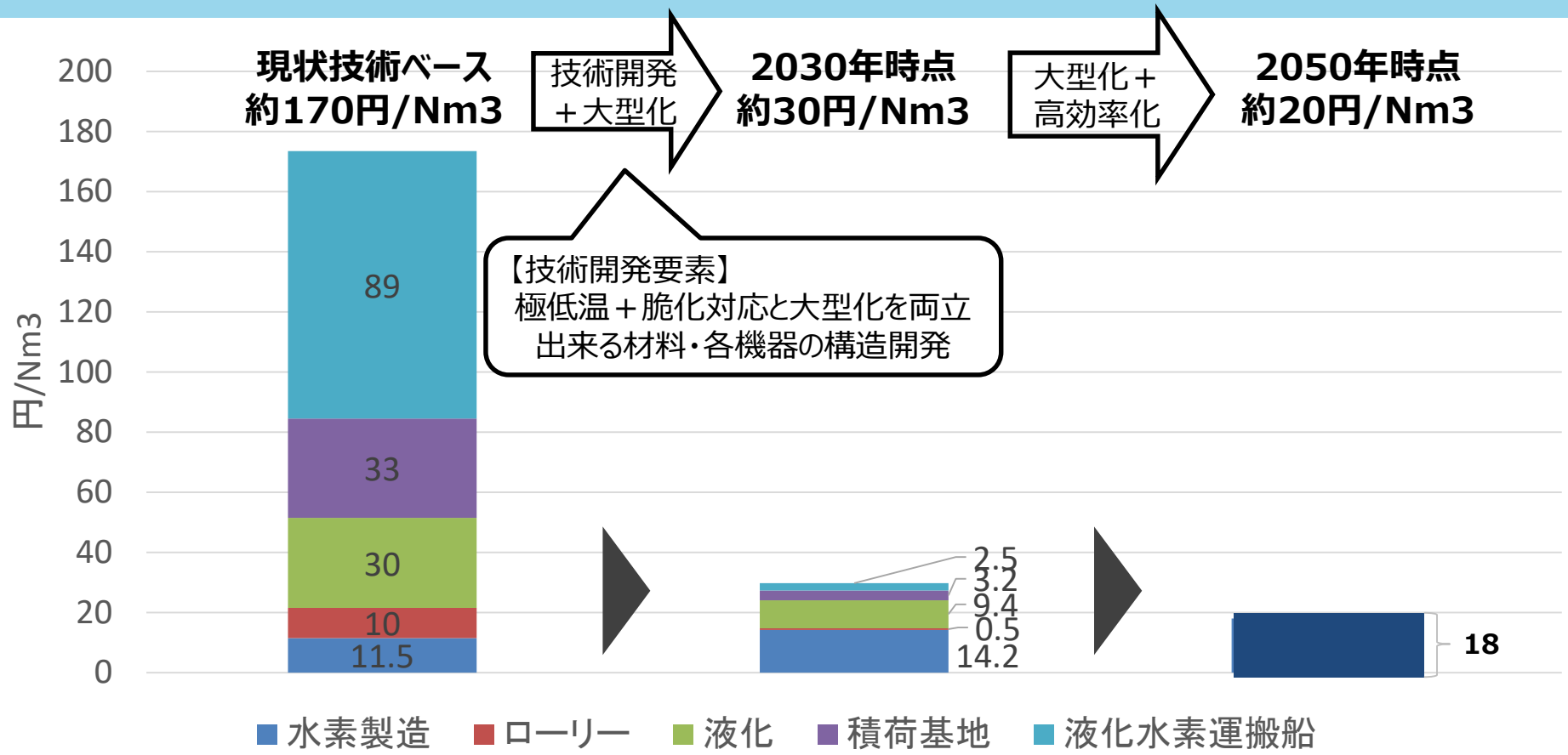
コスト目標
約30円/Nm³



*褐炭ガス化プラントを年間フル稼働した際の液化水素量を試算

液化水素サプライチェーンのコスト低減等の見通し

- 発電で活用するためには、大量かつ安価な水素が必要。そのため、**構成機器の大型化や高効率化により、コストを低減しつつ、供給力を高める**必要がある。
- 過去、LNGにおいても、1970年から40年間で、液化機において、**その容量が10倍となった結果、設備コストが半減した**という歴史がある。
- こうした経験則も踏まえ、液化水素の供給コスト（CIF価格）を試算したところ、以下のとおり。



（出典）事業者へのヒアリングから資源エネルギー庁作成

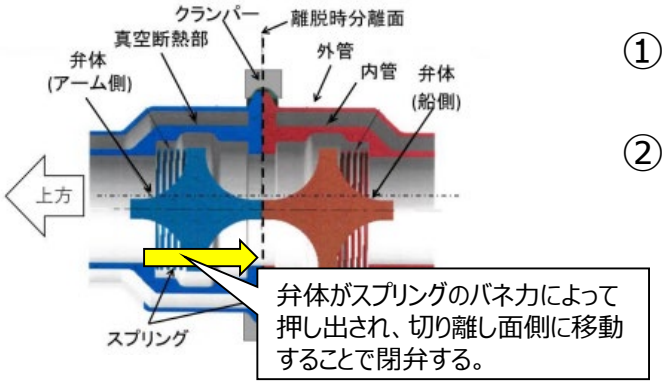
（参考）商用化に伴う技術開発（液化水素の例）

- 材質をステンレス等に制限する過酷な条件（極低温や脆化）に対応しつつ、コスト低減に資する大型化を進めるための技術開発を支援中。

【例①：ローディングアーム（船舶から液化水素を荷揚げする設備）】

パイロットスケール

緊急離脱装置の仕組み



技術開発要素

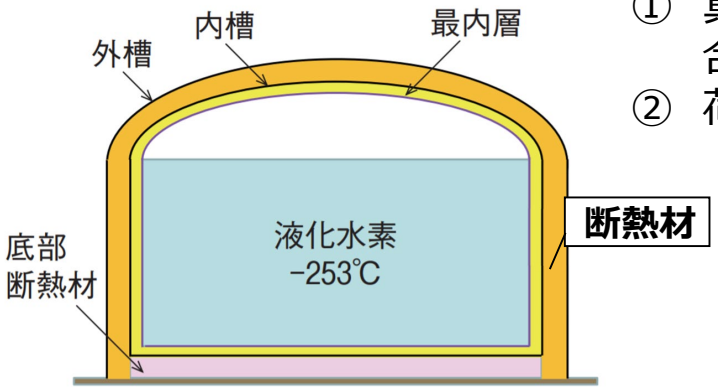
① 極低温に耐えつつも、可動性を確保出来る新構造の開発(構造自体を検討中)
② 大口径化と緊急離脱時の水素放出量の最小化（迅速な閉弁）の両立を可能とする緊急離脱システム*の開発

※突風等によりタンカーの急激な移動等の不測の事態が生じた際、流体をパージすること無く、短時間で安全にタンカーから切り離すシステム

【例②：陸上貯蔵用タンク】

パイロットスケール(2,500m3)

商用スケール（5万m3）

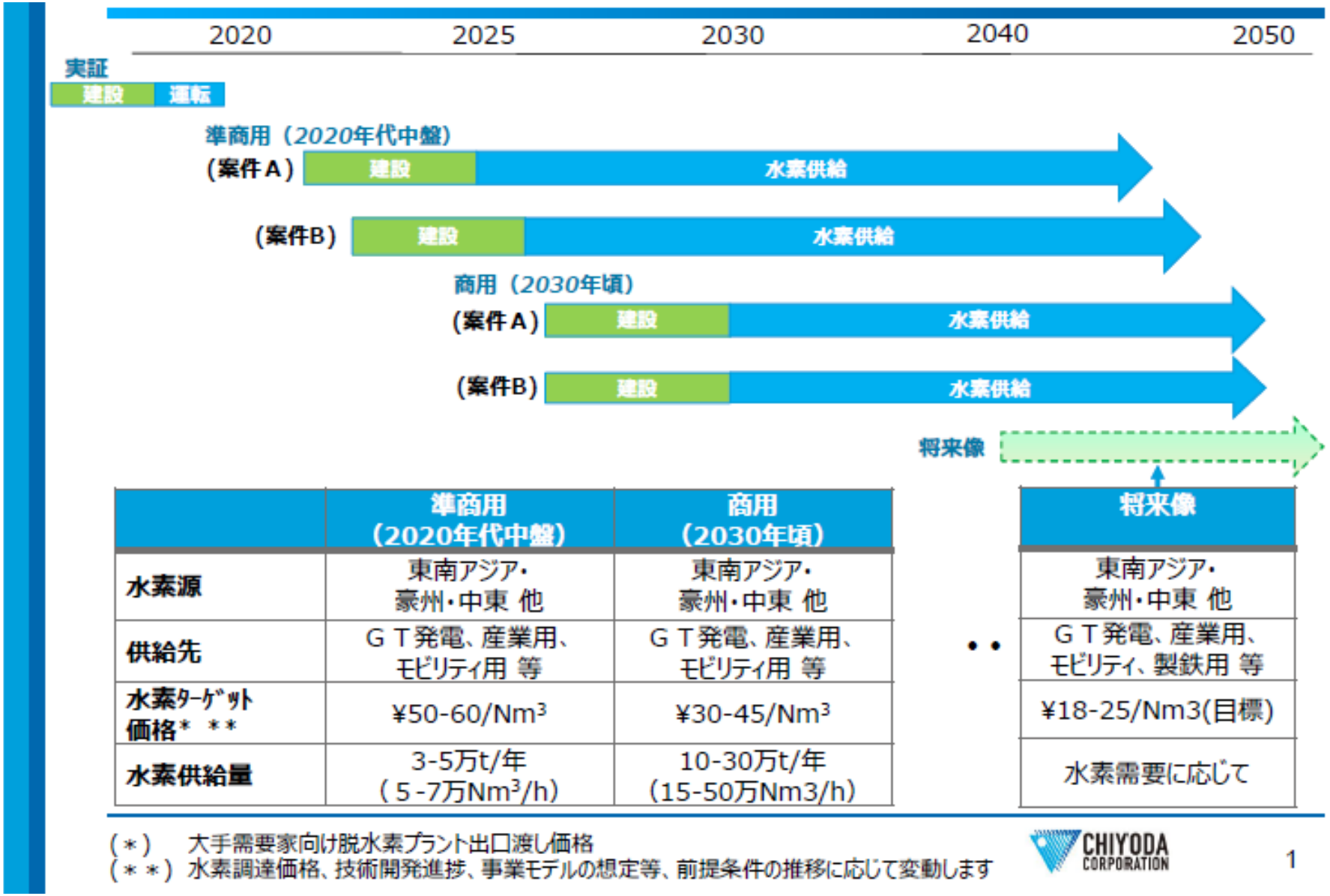


技術開発要素

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

出典：SIP「エネルギーキャリア／液化水素用ローディングシステム開発とルール整備」より作成

MCHサプライチェーンのコスト低減等の見通し



	準商用（2020年代中盤）	商用（2030年頃）	将来像
水素源	東南アジア・豪州・中東 他	東南アジア・豪州・中東 他	東南アジア・豪州・中東 他
供給先	ＧＴ発電、産業用、モビリティ用 等	ＧＴ発電、産業用、モビリティ用 等	ＧＴ発電、産業用、モビリティ、製鉄用 等
水素ﾀｰｹﾞｯﾄ価格＊ ＊＊	¥50-60/Nm³	¥30-45/Nm³	¥18-25/Nm3(目標)
水素供給量	3-5万t/年（5-7万Nm³/h）	10-30万t/年（15-50万Nm3/h）	水素需要に応じて

（＊） 大手需要家向け脱水素プラント出口渡し価格
（＊＊） 水素調達価格、技術開発進捗、事業モデルの想定等、前提条件の推移に応じて変動します

CHIYODA CORPORATION

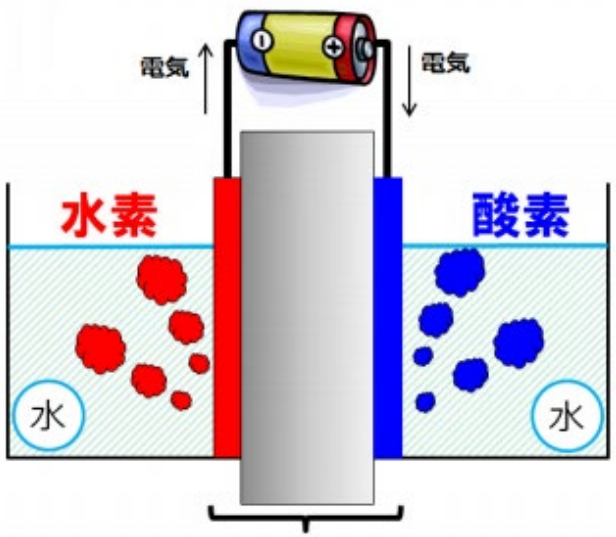
1

（出典）千代田化工建設提供（2021年３月）

（参考）商用化に伴う技術開発（メチルシクロヘキサンの例）

- メチルシクロヘキサン（MCH）サプライチェーン全体の更なるエネルギー効率の向上のためには、既存技術の改良に加え、**革新的技術の確立**が必要。
- 例えば、トルエンと水から直接MCHを合成する技術開発は、水電解による水素製造工程が省略され、水素貯蔵設備及びトルエン水素化設備が不要となるため、**製造設備コストが約50%低減される**ことが期待される。

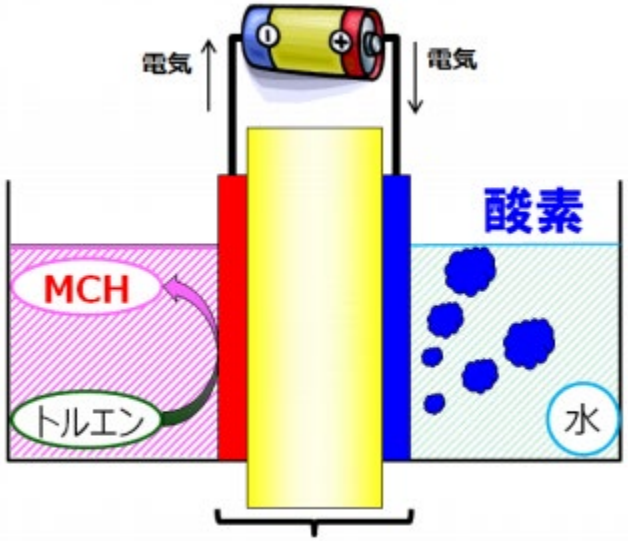
従来プロセス（水電解）



電解セル

・水に電気を与えて水素＋酸素を製造。
・MCH製造のためには、この水素を用いたトルエンの水素化工程が必要。

新規プロセス（MCH電解合成）



特殊な電解セル

・トルエン＋水に電気を与えて、MCH＋水素を製造。
・水素を介さずに、MCHが製造可能。

技術開発要素

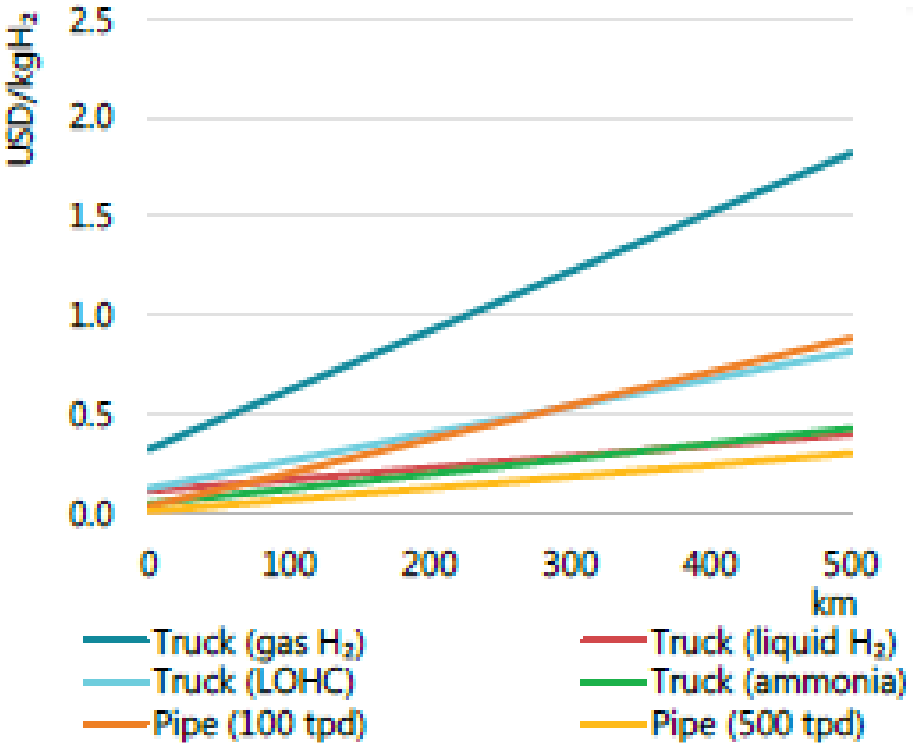
① 大型化に必要な電極の面積拡大と高電流密度を両立する新たな水及びトルエンの流路等の構造開発
② 陰極触媒の開発による更なる高効率化

出典：JXTGエネルギー（当時）、千代田化工建設、東京大学、クイーンズランド工科大学プレスリリース
「「CO2フリー水素」を低コストで製造する世界初の技術検証に成功～水素サプライチェーン構築と水素社会の実現に向けた取り組み～」より作成

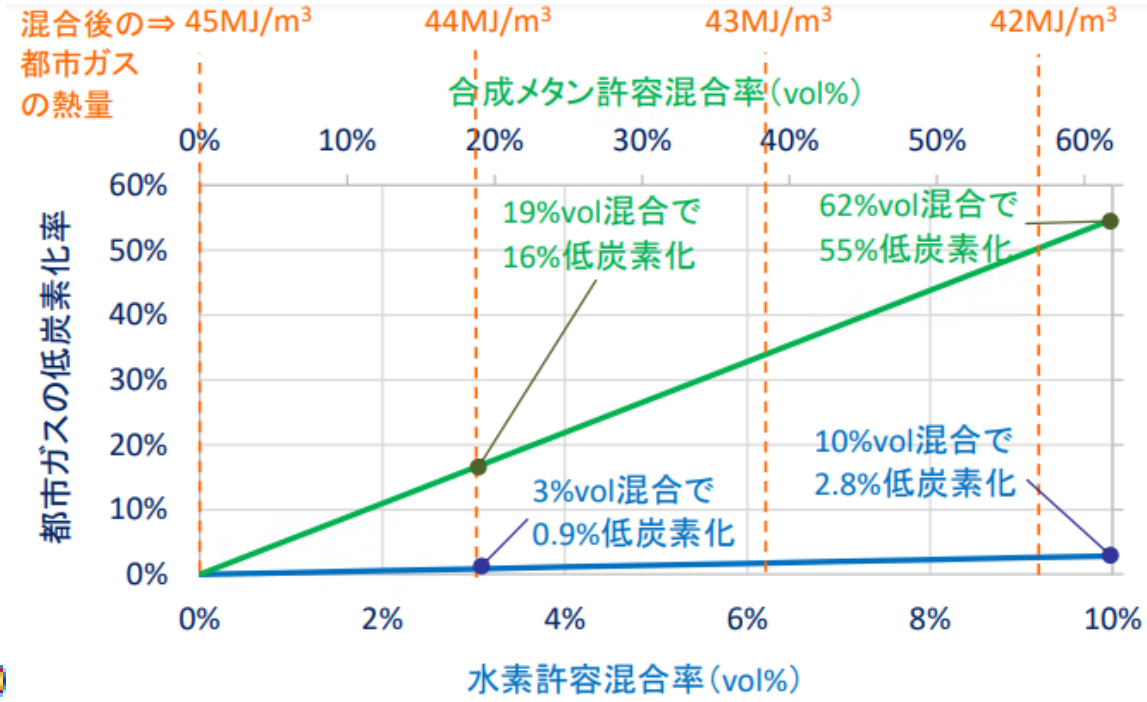
パイプライン（水素専用管、既存都市ガス管）活用の意義

- パイプラインは多大な初期投資を必要とする一方で、ランニングコストは競争力があるため、需要量が増大し、面的に大量配送を行う際には経済合理性がある。
- 既存の都市ガス管への水素混入は、水素需要の拡大などの意義があると考えられるが、**<u>ガスのCO2排出量削減効果が限定的であること、需要機器側への影響などに留意</u>**しつつ、標準熱量の引き下げ検討の議論なども踏まえて、今後も引き続き検討。

配送距離とランニングコストの関係



水素等の混合率、熱量変化、低炭素化率の関係



（出典）IEA, The Future of Hydrogen、第２回2050年に向けたガス事業の在り方研究会（一般財団法人日本エネルギー経済研究所　柴田委員提出資料）

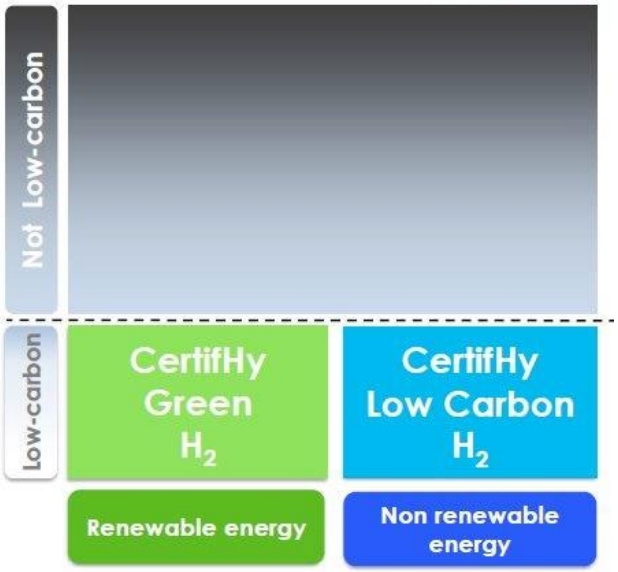
水素の国際市場形成の基盤となる国際標準化の動き（水素の定義）

- CO2フリーや低炭素といった定義付けを国際的に適切に行うことは、水素に包含される環境価値を共通の指標で適切に評価することを可能とし、流動性・透明性を高めることで国際水素市場の形成に寄与することから、**国際的な標準化を図ることは極めて重要**。
- こうした検討は各国、並びに多国間の枠組みで個別に実施されており、現時点では国際的なコンセンサスが得られていない状況であるが、日本の国内制度との整合性を確保するとともに、日本の将来の選択肢を狭めないような標準化を実現すべく、**関係国と連携することが重要**・

CertifHyにおける検討

- 欧州FCH－JUは再エネ由来水素・低炭素水素の定義の決定、及びその価値の証書化と取引スキーム「Gurantee of Origin(GO)」の構築に向けたCertifHyプロジェクトを2015年から実施。
- 低炭素水素は天然ガス由来水素と比して60%CO２が削減されたものと規定しているが、そこから更に再エネ由来水素をグリーン水素と定義。
- 今後は、本実証での成果を域内の制度検討に活用。加えて定義の範囲をWell to TankからWell to Wheelのスコープ拡大する検討を実施予定。

CertifHyにおける各種水素の定義



多国間の枠組みにおける検討（例：IPHE*）

※IPHE(International Partnerships for hydrogen and fuel cells in the economy

- 2020年3月、クリーン水素を定義する前段階として、各種製造方法（石炭＋CCUS、水電解、ガス＋CCUS、バイオマス、副生水素）のCO2の算出方法を検討する5つのTFが設置。政府関係者や専門家等により構成。
- EC、米、豪、仏、独、韓等我が国を含む13か国が有志で参加。今後議論を取りまとめた報告書が発出予定。

（出典）FCHJU等をもとに資源エネルギー庁作成

（参考）副生水素の排出係数についての考え方

- 工業プロセスの中で副産物として発生する水素のCO2排出係数の算出方法については、様々な方法があり、日本国内においても現在複数の案が議論されている。

配分方法の考え方（例：ソーダ電解）

基準とする配分方法		配分係数	考え方の整理
物理的配分	重量配分	1%	• 塩電解プロセスにおける生成物のうち、水素の質量は極めて小さい（１%程度）ことから、水素に対して配分される負荷が極端に小さくなる。
	熱量配分	53%	• 欧州の再生可能エネルギー指令にて採用されている。 • 水素以外の共製品はエネルギーを有しているわけではないことから、水素に対して過剰な負荷配分がなされることになる。
	物質量(モル比)配分	25%	• 化学反応プロセスのI/Oを配分する方法としては、妥当性が高いと思われる。 • CertifHyでも検討の俎上に上がっており、国際的にも通用する可能性はある。 • LCAにおけるこれまでの配分方法の中では採用例がほぼ無い。
経済価値を基準とした配分		11%	• CertifHyで採用されている方法。経済性にて配分されていることから、製造目的を反映した配分と考えられる。 • 製品ごとの経済価値により配分係数が変動してしまう欠点あり。

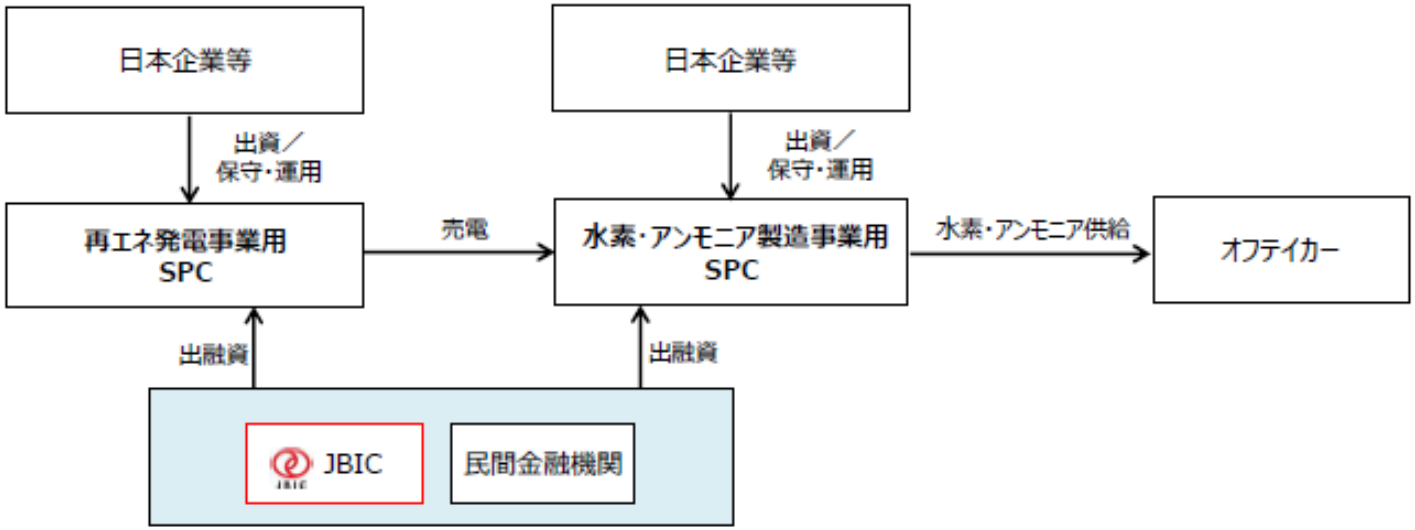
国際的な標準化を実施する場合、国としてそのメリットデメリットを多用な関係者の利害を踏まえて、調整していく必要があり、その際の民間企業等との連携が重要

（出典）NEDO「燃料電池自動車等の環境性能評価に関する調査」を引用し資源エネルギー庁作成

公的機関における海外資源開発に際してのファイナンス供与

- これまでもJBICやNEXI、JOGMECといった公的金融機関が、民間投資を促す観点から、海外資源開発のリスクを一部負担する形で出資や融資を実施。
- 水素やアンモニアといったCN時代の海外資源開発を行うに際しても、こうした**公的機関が具体的にどのような役割を担うことが出来るのか、という点についての検討を行うことが重要**。

【JBICによるグリーン水素・アンモニア製造事業に対するファイナンス（イメージ）】



燃料アンモニア導入官民協議会中間とりまとめ（2021年2月　一部抜粋）

燃料アンモニアの市場形成にあたっては、金融機関等による役割も重要となる。そこで、**JOGMEC においては、石油ガス開発で培った地下技術や施設技術のノウハウを活用した支援策の強化**を進めていく。具体的には、**アンモニア事業実施に当たっての技術的支援や、CO2 削減措置を実施する際の事前調査（CCS 実施の際の貯留層評価など含む）を始め、支援策の強化を幅広く検討**する。

（出典）JBIC

（参考）多様化する「資源国」の定義

- 再エネ水素のコスト下落も見据え、豊富な化石燃料を持つ国とだけでなく、再エネ資源を豊富に持つ国との資源外交も今後重要になる。
- 加えて、世界的な脱炭素化を実現し、日本の製品・技術の輸出を促進するためには、需要国との協力を通じた水素の社会実装促進に向けた取組（外ー外取引含む）も重要。

【国際協力プロジェクトの類型と日本勢の関与方法】

○：NEDO実証、☆：国支援FS、－：民間等の取組

①従来資源国との協力

- 化石燃料由来の水素の製造・輸送の支援

○日豪褐炭プロジェクト（HySTRA）
○日ブルネイプロジェクト（AHEAD）
☆日豪アンモニアサプライチェーンFS（丸紅、JERA）
－日サウジアンモニアサプライチェーンFS（IEEJ）
－ノルウェーにおける水素サプライチェーンFS（Hyperプロジェクト）

②再エネ資源国との協力

- 再エネ由来水素の製造・輸送の支援

☆UAEにおける再エネ水素FS（川重）
－マレーシアサラワク州での余剰水力発電からの水素製造FS（住商、ENEOS）
－NZにおけるグリーンアンモニアプロジェクト（三井物産）
－NZにおける地熱水素製造プロジェクト（大林組）
－米国ユタ州の再エネ水素製造・貯蔵プロジェクト（三菱パワー）

③水素需要国との協力

- 水素化のためのサプライチェーン、インフラ整備

☆ロサンゼルス港における水素利用FS（豊田通商）
－シンガポールでの需要開拓FS(千代田)
－米・蘭・シンガポールにおける水素発電プロジェクト（三菱パワー）
－カリフォルニア水素ST事業への出資（JBIC、三井物産）

水素の外ー外取引の可能性

目次

１．カーボンニュートラル時代の水素の位置づけと社会実装への道筋

２．個別分野での現状分析と今後の取組の方向性
- 供給側（水電解装置等、水素キャリア、資源外交等）
- 需要側（FC、モビリティ、大型発電、工業原料利用、熱利用）

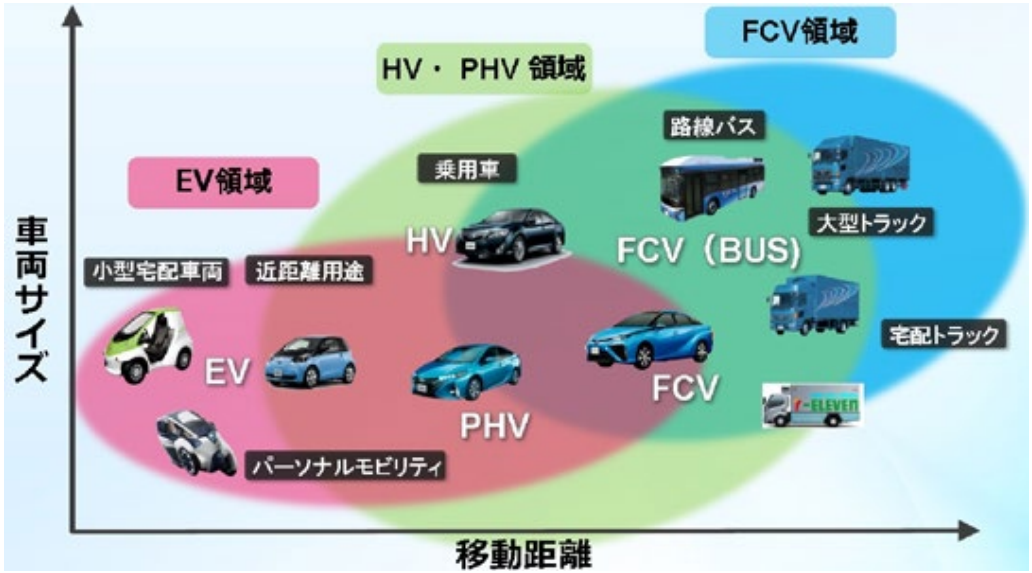
３．各取組の相乗効果を期待した統合的アプローチの在り方

４．まとめ

燃料電池（FC）の位置づけ

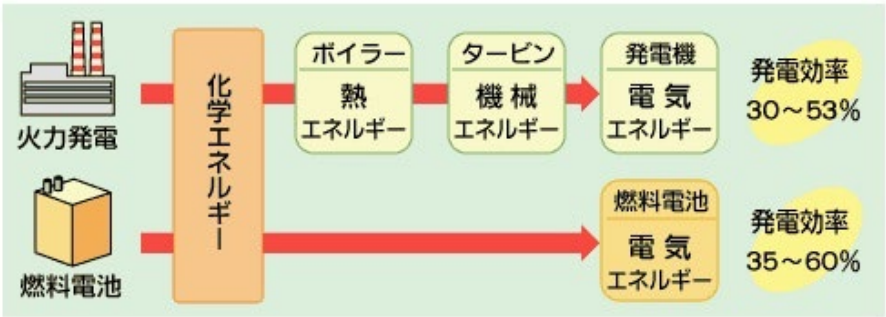
- FCはモビリティ及び民生・業務部門における**水素を使った脱炭素化を牽引する基幹製品**。
- モビリティは水素が電気よりもエネルギー密度が高い特性を生かし、**長い走行距離等(※)、短い充填時間などを実現することが可能**。　※高性能なタンクとの組み合わせ等により実現
- 民生・業務部門における定置用FCは、高い発電効率及び電熱供給が可能であることにより、**高い総合エネルギー効率を達成**するとともに、エネルギー源多角化に伴う**レジリエンス向上**にも貢献。

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：約3分

定置用燃料電池の発電・総合効率



（出典）トヨタ自動車、NEDO

（参考）燃料電池の種類：PEFCとSOFC

- 燃料電池のセルスタックには、固体高分子形（PEFC：Polymer Electrolyte Fuel Cell）と固体酸化物形（SOFC：Solid Oxide Fuel Cell）がある。

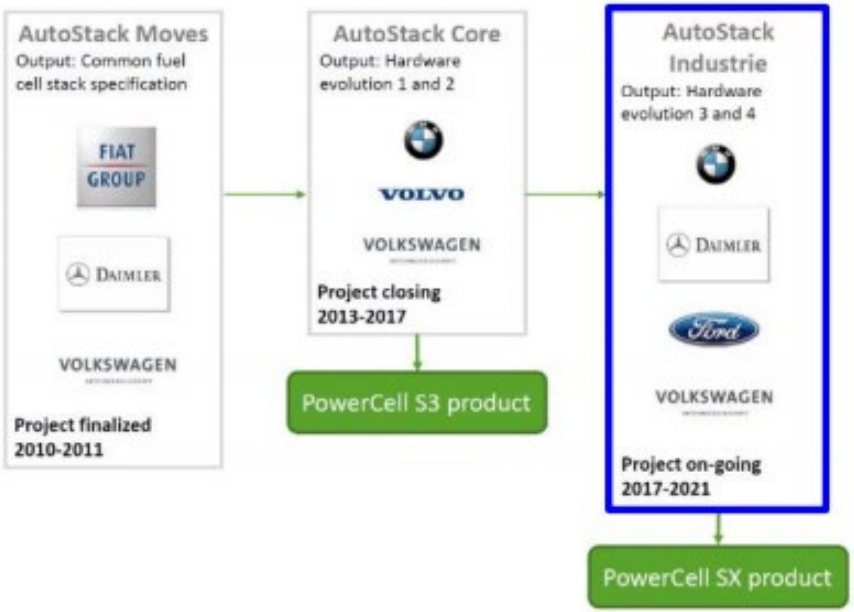
		固体高分子形（PEFC）	固体酸化物形（SOFC）
電解質		固体高分子膜	セラミック
作動温度		70～90℃	700～1000℃
定置式発電効率	ガス改質型	40%	47～55%
	純水素型	50～55%	-
特徴		• 熱需要を含めた総合効率が高い • 低温作動可能で、取扱が容易 • 起動停止が容易	• 高効率発電 • 燃料改質器が簡素、省スペース
現状		• エネファームやFCV、純水素燃料電池として活用	• エネファームや業務・産業用燃料電池のような定置式燃料電池として活用

FC分野における日本の競争優位と海外勢の追い上げ

- 我が国は世界に先駆けてFCVや定置用燃料電池（エネファーム）を商用化し、燃料電池分野の特許数（2010-2019年）で世界一を達成するなど、**世界をリード**。
- しかしながら、各国も燃料電池の市場拡大を見据え、**産業競争力を強化する動き**。
- 我が国の産業基盤を国内に守る観点からも、今後も継続して燃料電池のコスト削減や性能向上等、**競争力強化に資する取組を支援する必要**がある。

【欧州における産業競争力強化の取組（例：AutoStack Industrie)】

- 車載用の燃料電池の性能向上、コスト削減を目指し、自動車メーカー（BMW、ダイムラー、フォード等）、欧州系部素材メーカーと共同でPower Cell(スウェーデン)が標準化された燃料電池システムを開発。当時世界最高レベルの出力密度(3.8kW/L)を達成。

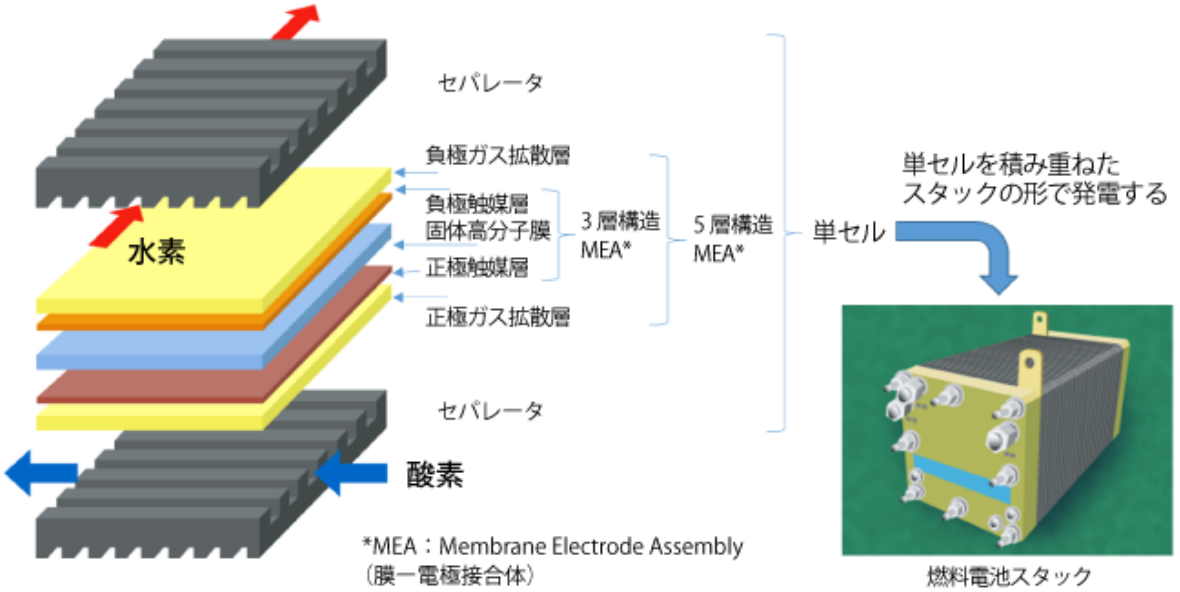


【出典】PowerCell AB : Hydrogen Fuel Cells in Transport Applications(2017)

（参考）燃料電池の仕組みとモビリティ用途における性能指標

- 燃料電池では水素と酸素を化学反応させ、電気と熱を発生させる。
- 水素イオンを通す電解質膜と、反応を活性化させる触媒等で構成されるMEAがその中核であり、製造には高い技術が要求される。また、それらをセパレータで挟んで一つの発電単位であるセルを構成し、そのセルを複数枚積層することでスタックを作る。
- モビリティではスペースが限られることもあり、発電効率を高めるだけでなく、各種部材の耐久性を維持しつつも、体積当たりの出力（出力密度（kW/L））を最大限高めることが求められる。

燃料電池の構造



出力密度を高める方法

①：発電効率を高める
→ 積層するセル数を減らす

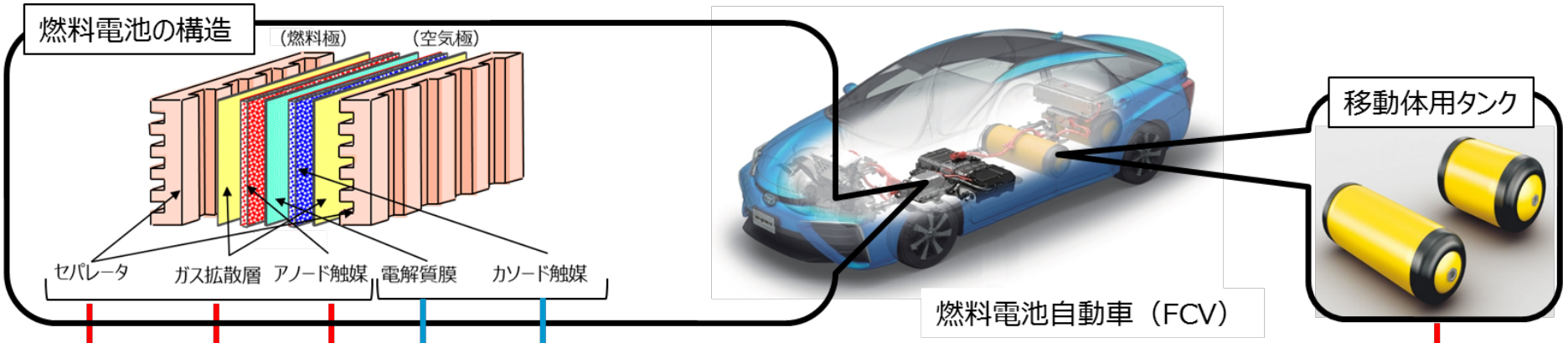
②：各種部材を薄くする
→ セル１枚の厚さを減らす

コスト、耐久性とのトレードオフを加味し、全体最適設計

セルを組み上げてスタックに、スタックと補器を組み合わせて、システムを構成

FCの競争力強化に向けた取組①(要素技術の研究開発強化)

- 本年度から開始したR&D予算では、**先行して市場投入したことで顕在化した課題への解決**等を行うことを目的に、従来研究よりもその対象を広げ、総合的に燃料電池等のコスト削減、性能向上を目指すこととした。
- 来年度も引き続き、課題解決に直結する研究テーマを採択することで、研究開発を支援するとともに、**革新的技術を評価する基盤整備**を行い、有望技術の見極め等を通じた研究開発の更なる効率化を目指す。



【従来研究開発対象】：電解質膜、カソード触媒

【本事業対象】 **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）

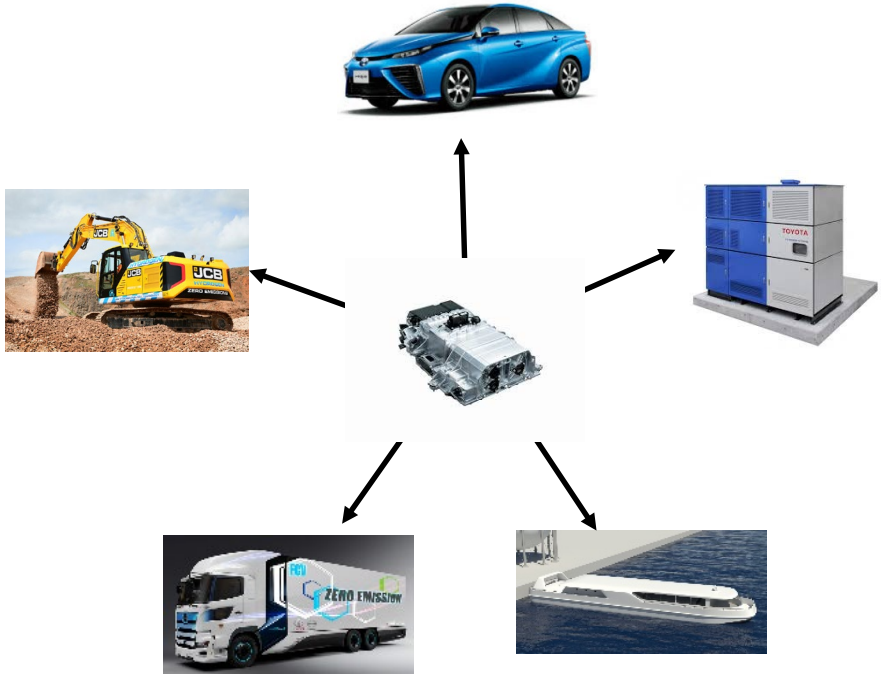
セパレータ	ガス拡散層	アノード触媒	電解質膜	カソード触媒	移動体用タンク

FCの競争力強化に向けた取組②(多用途展開・供給能力強化)

- 本年度より、基礎研究に加えて、**燃料電池の市場拡大を促進すべく、様々な最終製品への実装等を支援**。燃料電池の実装が期待されるHeavy Duty等を中心に今後も支援を実施。
- 更に、生産能力強化のための投資を促すために、産業競争力強化法に新たな計画認定制度を創設。計画認定制度に基づき、**大きな脱炭素化効果を持つ燃料電池等の製品の生産設備、導入に対して、最大10%の税額控除又は50%の特別償却**を新たに措置※する。

※措置対象となる投資額は、500億円まで。控除税額は、DX投資促進税制と合計で法人税額の20%まで。

FCの様々な用途への展開（イメージ）



（出典）NEDO、トヨタ自動車、日本郵船、JCバンフォード社　等

CNに向けた投資促進税制（生産設備向け）

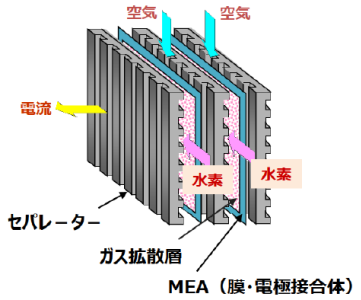
- 温室効果ガス削減効果が大きく、新たな需要の拡大に寄与することが見込まれる製品の生産に専ら使用される設備 ※対象設備は、機械装置。

＜措置内容＞
- 税額控除10%又は特別償却50%

＜適用期限＞
- 令和５年度末まで

＜燃料電池の対象＞
- 発電効率50%以上
- 総合効率97%以上
- 純水素を燃料とすること

のいずれかを満たすもの（最先端の製品に限定）



FCの競争力強化に向けた取組③(FCメーカー等の更なる協力の可能性)

- 燃料電池の効率的な開発促進、産業の裾野を広げるといった目的で、**課題共有フォーラムの開催や評価解析プラットフォームの構築**などを通じ、FCメーカー間での協力が行われてきた。
- 今後は、競争力強化に向けた取組を強化する観点から、**協調領域における標準化などの新たなもの**も含め、燃料電池関係者間の協力関係を深化していく取組を、**国としても積極的に検討し支援**していく。

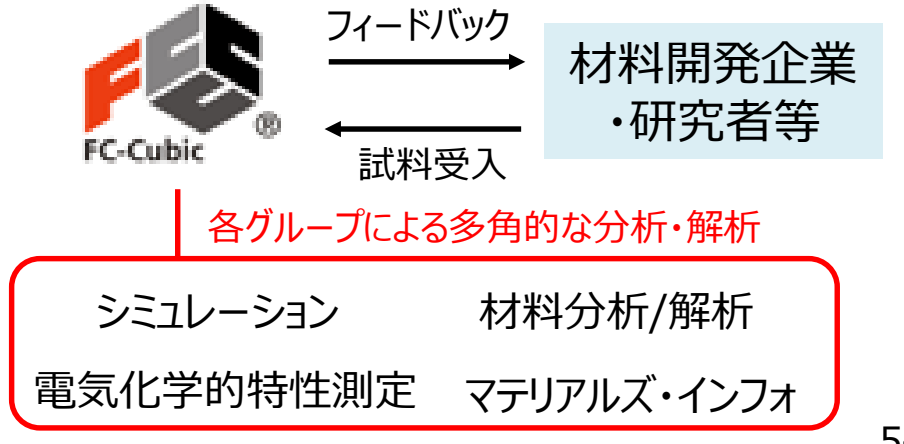
課題共有フォーラム

- 2019年以降、NEDO、FC-Cubicで過去計18回開催。
- 各製品メーカーが商品化後に顕在化した技術課題等を広くアカデミアや部材メーカー等に共同で開示。
- その解決のためのアイディアを求める等し、国として支援する研究開発案件の組成等に繋げる。

フォーラムの様子（2019年）

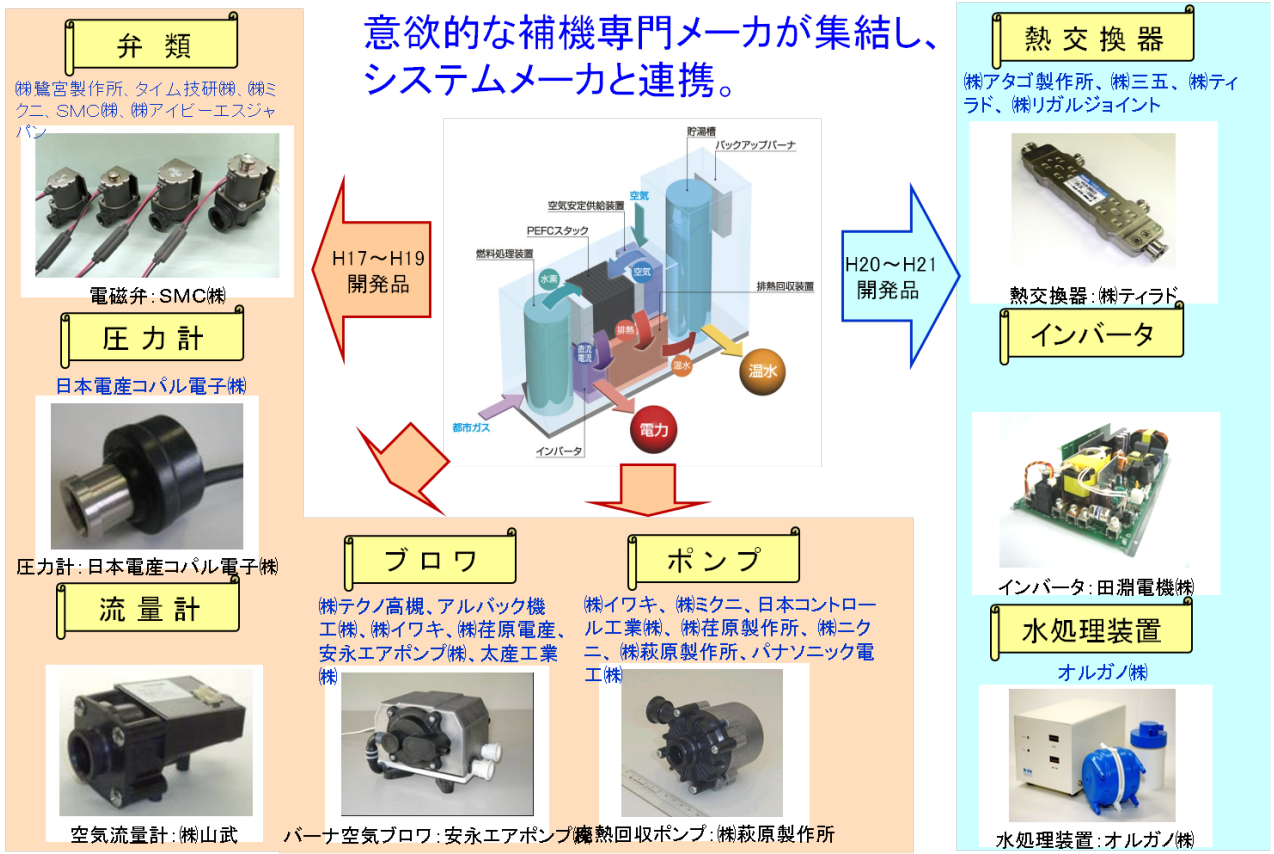
評価解析プラットフォーム（PEFCの例）

- 目的：①新規研究者等の参入、②材料研究データの蓄積を通じた、開発力の強化
- 手法：共通的な指標で材料を評価し、その結果を多様な視点で解釈してフィードバックを実施
- 体制：主要PEFCのメーカー等で構成されたFC-Cubicを核にし、様々なグループが傘下で参画



（参考）エネファーム補機プロジェクト

- NEDO「家庭用燃料電池システムの周辺機器の技術開発」（2005～2009年度）において、各システムメーカが協調して補機の共用化・オープン化を行い、各補機のトップ技術を有する専門メーカ（30社）と連携して技術開発を実施。
- 商用化されたエネファームの回転機、弁、センサーの７割にプロジェクト成果品が採用され、コストダウンと信頼性向上に大きく貢献。



各部品毎のコストダウン効果は以下の通り

	2005年度 ⇨ 2009年度
回転機（ポンプ、ブロア）	14万 → 6万
センサー（圧力計、流量計）	3万 → 1．5万
弁類	12万 → 2万
電力変換装置（インバーター）	5万 → 2万
熱交換器	1万 → 0．4万
水処理装置	5万 → 0．4万
その他（継手など）	12万 → 1．5万

FCV・水素ステーション事業の現状と課題

- FCVは日本が世界に先駆けて商用化し、トヨタは2020年末に燃料電池自動車「MIRAI」の次期モデルが発売開始。現在は**国内で約4600台導入**。
- また、水素ステーションは4大都市圏を中心とし、137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、国等が補助金で支援しているが、各種費用は高止まりしており、2020年代後半の自立化に向けては、**一層のコスト低減が必要不可欠**。

燃料電池自動車の市場投入

国内約4,600台、世界では約25,000台の導入が進む

トヨタ自動車

<2014.12>
- 燃料電池自動車「MIRAI」を販売開始（税込価格723.6万円）

<2020.12>
- 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
（税込価格766万円）

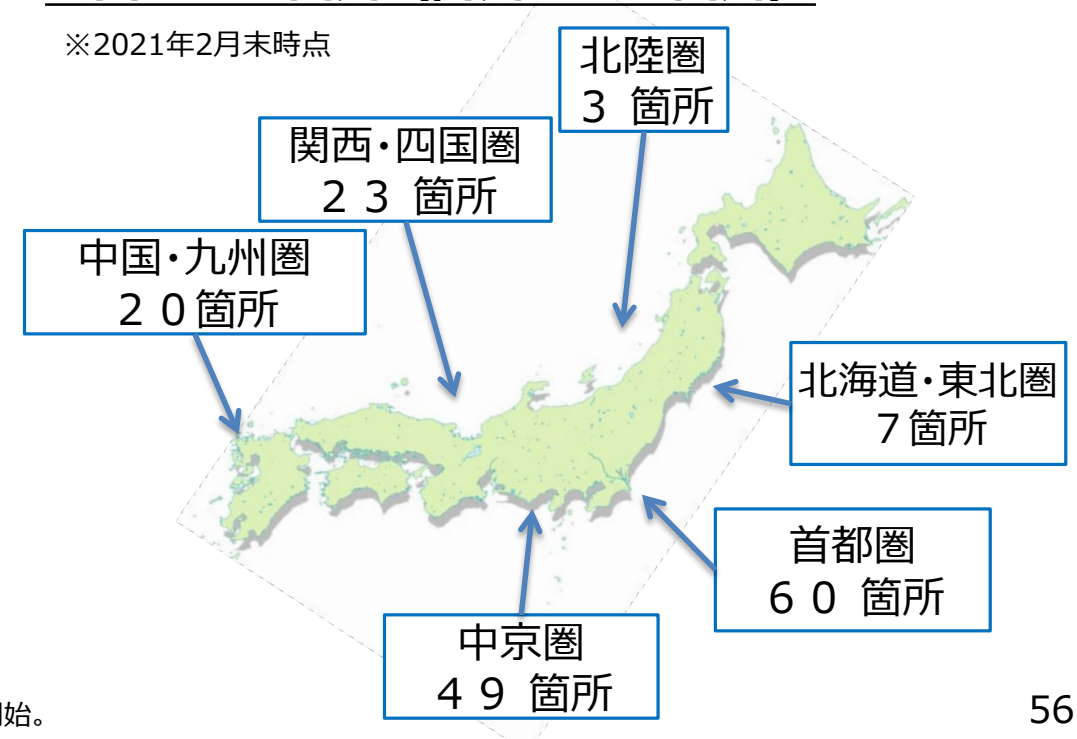
<2020.6>
- 個人向けリースの取り扱い開始

※現代自動車は2018.3にSUV型の燃料電池自動車「NEXO（ネクソ）」を販売開始。

水素ステーションの整備状況

全国：162箇所（開所：137箇所）

※2021年2月末時点



（参考）インフラ事業者と自動車会社の連携

- 2018年にインフラ事業者と自動車会社が連携して「日本水素ステーションネットワーク合同会社（JHyM）」を設立。自治体や地方のSS事業者との調整など、**水素ステーションの戦略的整備に向けた取組を推進**。

日本水素ステーションネットワーク合同会社（JHyM）

１．設立の目的

関連企業による**オールジャパンでの協業**により、**水素ステーションの戦略的整備**と効率的な運営を推進。
（第１回再エネ・水素等関係閣僚会議における総理指示、及び水素基本戦略を踏まえたもの。）

２．事業の概要

- 名称：**日本水素ステーションネットワーク合同会社**（略称：JHyM（ジェイハイム））
- 参画企業：25社【自動車】トヨタ自動車、日産自動車、本田技研工業
  【インフラ】ENEOS、出光興産、岩谷産業、東京ガス、東邦ガス、日本エア・リキード、根本通商、清流パワーエナジー、富山水素エネルギー促進協議会、福岡酸素、丸伊運輸、多摩興運、南国殖産、光南工業、東亞合成
  【金融等】豊田通商、日本政策投資銀行、JA三井リース、損保ジャパン日本興亜、三井住友F＆L、NECキャピタルソリューションズ、未来創生ファンド
- **事業期間を10年間（2018～2027年度）**と想定。

  第Ⅰ期：2018年度～2022年度　※当初より第Ⅰ期を１年延長することを決定
  第Ⅱ期：2023年度～2027年度
  第Ⅰ期の**最初の４年間（2021年度まで）で80箇所**のステーションを整備。

- 金融投資家等のファイナンスを活用し、**インフラ事業者が整備を推進**。
  自動車会社は、国とともに**ステーション運営費支援**。

※現在は更に14社加わって25社

今後の水素ステーション事業の支援の方向性について

- JHyMは、車とインフラ会社の結節点として両者の連携を高めるだけでなく、ステーションの最適配置を通じて、**顧客の利便性の向上とFCVの普及拡大を促す**ための鍵。
- そのため、_商用車の投入等の市場環境変化等にも、 JHyMが柔軟かつ機動的に対応しながら「最適配置」を実現する等し、ステーション事業の自立化に貢献出来るよう、**その情報収集能力等の機能を強化する**。
- また、国もJH y Mと密接に連携しながら、**ステーション最適配置や顧客への提供価値向上に資する取組を積極的に支援する**一方で、ステーションのコスト削減及び長期的な自立化に向けた民間の自助努力をより一層促すべく、**補助金を含む支援の在り方の見直し**を行う。

【例：ステーション補助金見直しのイメージ　※詳細は今後要検討】

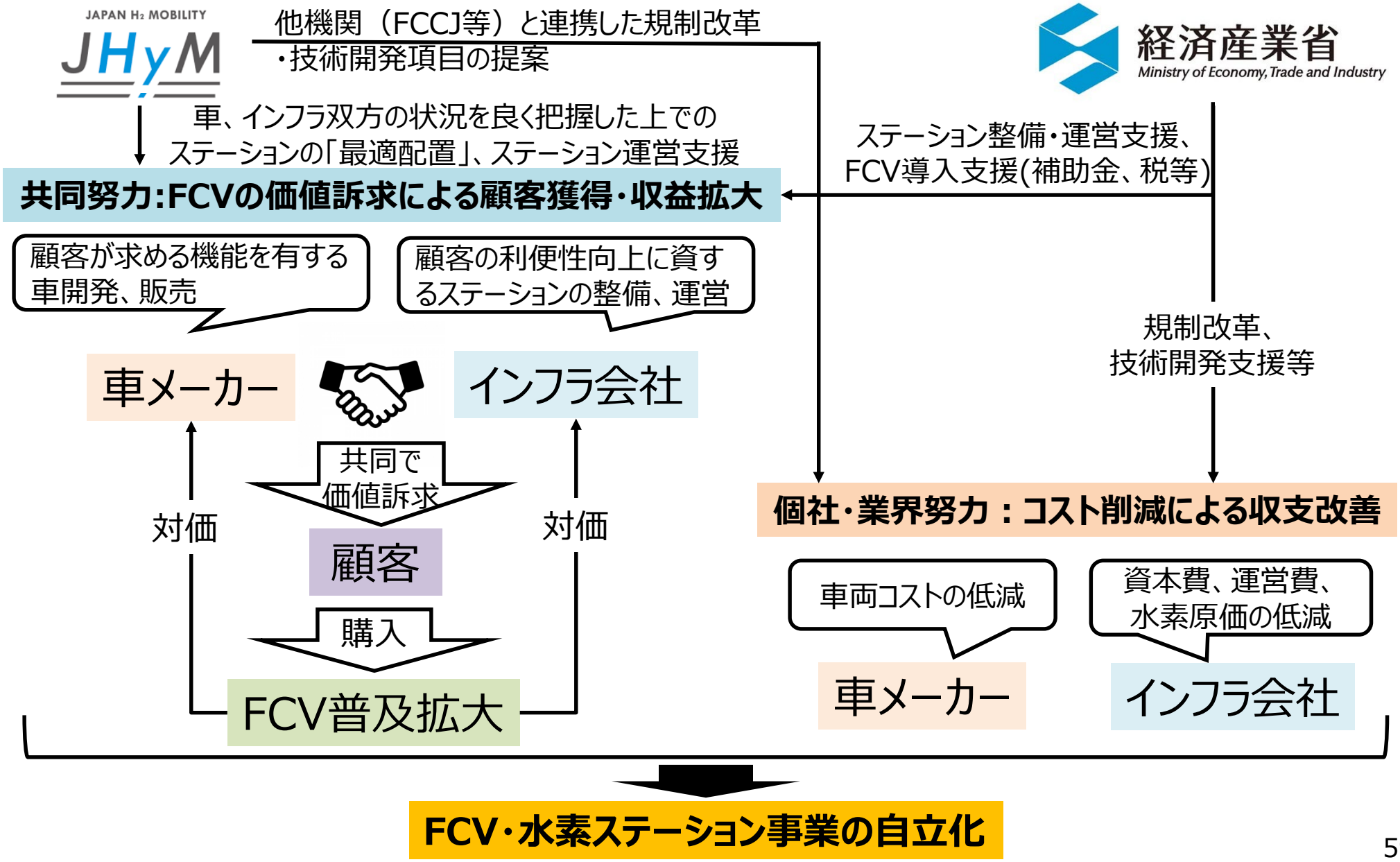
顧客の利便性向上や長期の事業自立化に資するステーション整備・運営手法への誘導

- JHyMの最適配置方針等と補助金の一層の連携
- 整備場所に最適なサイズのステーションの整備促進
- 運搬費用を低減可能な手法（オンサイト、液化水素等）の積極支援
- ステーションの営業日だけでなく、営業時間も補助要件に追加　等

民間のコスト削減努力を促す仕組みの導入

- 運営費の定率補助から定額補助への移行
- 規制改革の早期実装に対するインセンティブ付与
- 仕様標準化や機器の共同調達等のコスト削減に資する自主的取組の評価　等

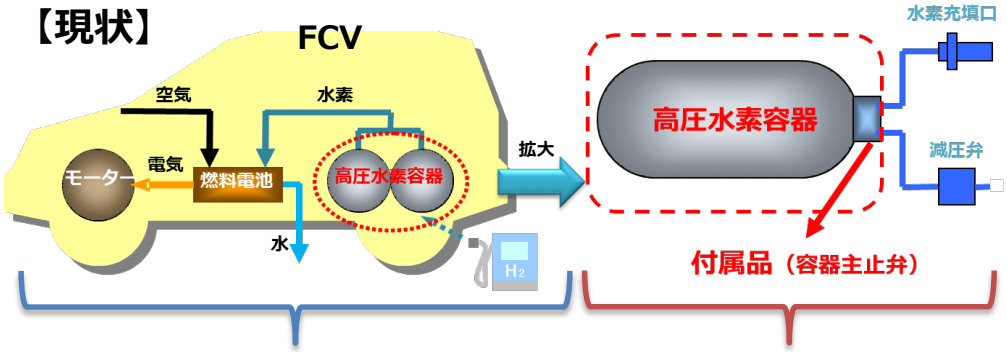
事業自立化に向けた関係者の努力及び各機関の支援（イメージ）



FCV・水素STに関する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、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、**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**等の実現に向けて、検討を進めていく。

燃料電池自動車に関する事務手続きの合理化



車両については…

道路運送車両法（国交省所管）により規制

容器及び付属品については…

高圧ガス保安法（経産省所管）により規制

✓ 事務手続きが、２つの法律それぞれに必要であり、メーカーの負担となっている。
✓ 道路運動車両法により車検、高圧ガス保安法により容器再検査を求められ、ユーザーの負担となっている。

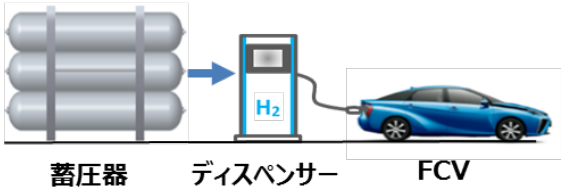
【見直後】

✓ FCVに関する事務手続きを合理化することにより、**産業競争力の強化・ユーザー利便性の向上**を目指す。
✓ 業界は、上記規制を道路運送車両法に一本化することを要望している。

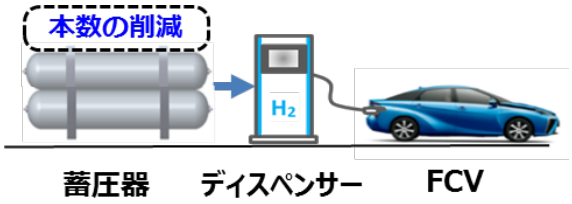
常用圧力上限の見直しについて

【現状】 常用圧力：**８２MPa**

安全性を確認の上で高圧化



【見直後】 常用圧力：**８７.５MPa（例）**



✓ 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。

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、**長い走行距離や、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）

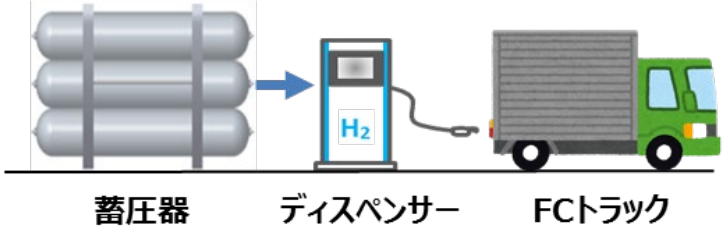
物流事業者による走行実証

✓ 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。

（参考）FCトラックの潜在需要量とパリティコスト

- 仮に現在開発されている車格と同格のトラックを全てFC化した場合、推計水素需要量は約600万トン/年となる。他方、パリティとなる燃料価格は、ディーゼル代替であるため、小型トラックにおいては約50円/Nm3と、ガソリンを使う乗用車より低くなる。

潜在需要量試算

2019年トラック普通車保有台数
- ・積載量6,000kg以上（大型トラック代替可能領域）
  627,855台　…①
- ・積載量1,000～3,999kg（小型トラック代替可能領域）
  1,518,707台　…②
- ・各車格推定水素消費量
  大型トラック　6,880kg/年　…③
  小型トラック　1,346kg/年　…④

- 開発中同車格トラック保有台数：2,146,562台
- 必要水素量：①×③+②×④
  6,363,822,022kg（約600万トン）

パリティコスト試算

（試算条件）
- 軽油価格：120円/L
- 小型ディーゼルトラックの燃費：6km/L
- 小型FCトラックの燃費：28km/kg

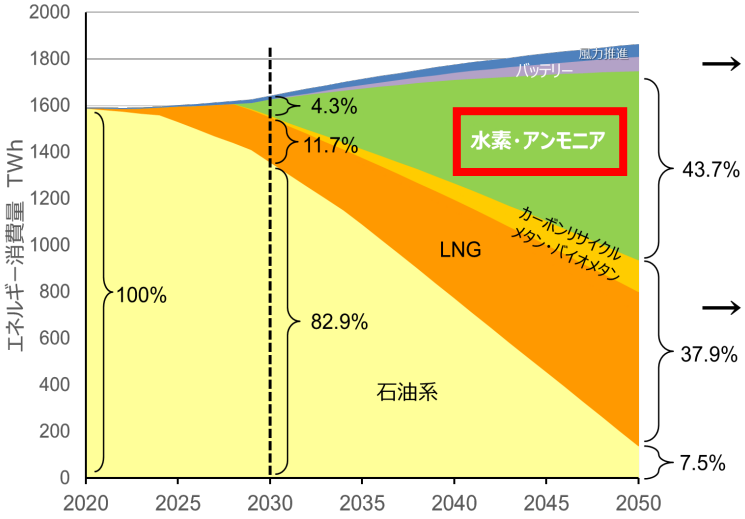
→ **試算結果：560円/kg（＝約50円/Nm3）**

出典：令和2年3月末現在　（一社）自動車検査登録情報協会資料等より資源エネルギー庁試算

船舶の位置づけと今後の政策の方向性

- 国際海運分野の温室効果ガス削減目標は、国際海事機関(IMO)の枠組みの中で、「今世紀中のなるべく早期に、国際海運からのGHG排出ゼロを目指す」という目標が現在設定されている。
- この目標を達成するために舶用燃料の脱炭素化が求められているところ、現在、水素・アンモニアを利用したものとして、**①燃料電池、②水素エンジン、③アンモニアエンジン**について、開発・実用化の取組が活発になりつつある。
- そのため、近距離・小型船向けに**燃料電池システムの開発・普及を推進**するとともに、遠距離・大型船向けに水素・アンモニアの燃焼特性に応じた**燃料エンジン及び付随する燃料タンク、燃料供給システム等の開発・実用化**を推進する。

2050年までの舶用燃料消費量の予測

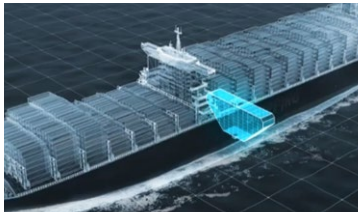


出典：国交省「国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ」（水素・アンモニア拡大シナリオ）より

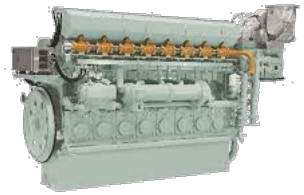
→ 2050年の水素・アンモニア需要量は**2,430万トン**(水素換算)の見込み

→ 船舶からのGHG排出ゼロに向け、**舶用燃料として水素の利用拡大が予測されている**

要素技術の例



スペース効率の高い革新的な燃料タンク



水素エンジン

燃料電池での利用

→ **小型・近距離**向け

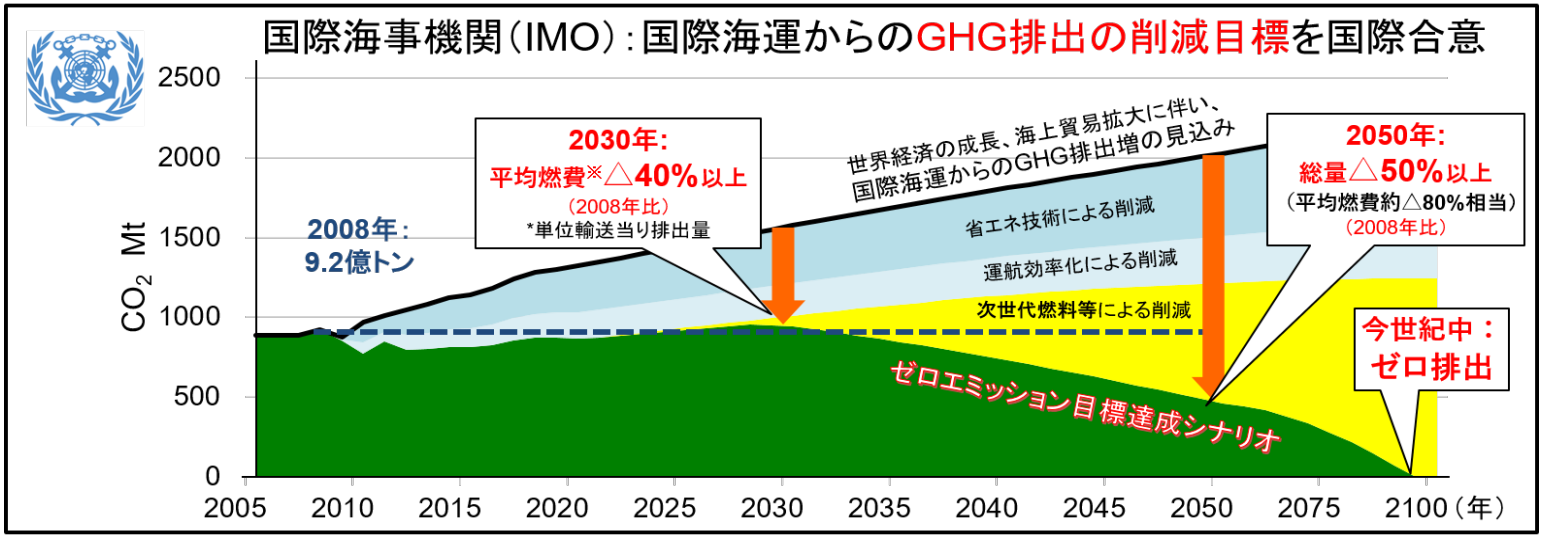
水素燃料電池船

ガス燃料としての利用

→ **大型・遠距離**向け

水素燃料船

（参考）国際枠組の整備の現状、課題、今後の取組



【現状と課題】

○既存船に対するCO_2排出規制の国際枠組みが存在しない。

○ゼロエミ船導入への経済インセンティブがなく、アンモニア・水素燃料船については安全基準が整備されていない。

【今後の取組】

○IMOにおいて、日本主導により、既存船に新造船並みの燃費基準達成を義務付ける（EEXI規制）とともに、燃費実績の格付け制度を導入し、省エネ・省CO_2排出船舶への代替を促進する。

○水素・アンモニア燃料船の安全基準を整備するとともに、経済的手法（燃料油課金等）を通じてゼロエミッション船の導入を加速させる。

国際ルール策定

日本主導で策定

- **新造船の燃費性能規制**：2013年から導入され、規制値は約5年おきに段階的に強化。
- **既存船の燃費性能規制、燃費実績の格付制度**：2020年11月に原則合意。早ければ2023年導入予定。

→ **IMOで合意済**

- **ゼロエミッション船（アンモニア燃料船、水素燃料船等）の導入・普及促進制度**
  - 水素・アンモニア燃料船の安全基準整備
  - 経済的手法（燃料油課金等）による取組の加速

→ **今後審議予定**

（参考）内航船の潜在需要量とパリティコスト

- 水素による利用が見込まれる内航船での需要ポテンシャルは、約110万トンであり、パリティコストは重油（A重油）を全量利用していると仮定すると23 円/Nm^3程度を見込む。

潜在需要量試算（内航船の水素化）

パリティコスト試算（A重油置換）

試算条件：重油を液化水素で熱量ベースで全量置換すると仮定（エネルギー変換効率を考慮せず）

内航船燃料国内総消費量は、35.1 億L

熱量あたり燃料体積（C重油を1として）
液化水素：4.46（参考：アンモニア：2.72）
液化水素の比重：0.0708 kg/L

必要な液化水素量
$(35.1\times10^{8})\times4.46=1.57\times10^{10}$ L
$(1.57\times10^{10})\times(7.08\times10^{-2})=1.11\times10^{9}$ kg
=**約111 万トン**

A重油価格(2018年年間平均)は、71,650円/kL
A重油の比重が、0.85 t/kL

単位発熱量が、
A重油： 39.1 MJ/kg
水 素：120.4 MJ/kg
であるので、

$$\frac{(71{,}650)}{(0.85)(1{,}000)}\times\frac{120.4}{39.1}=260 \text{ 円/kg}$$

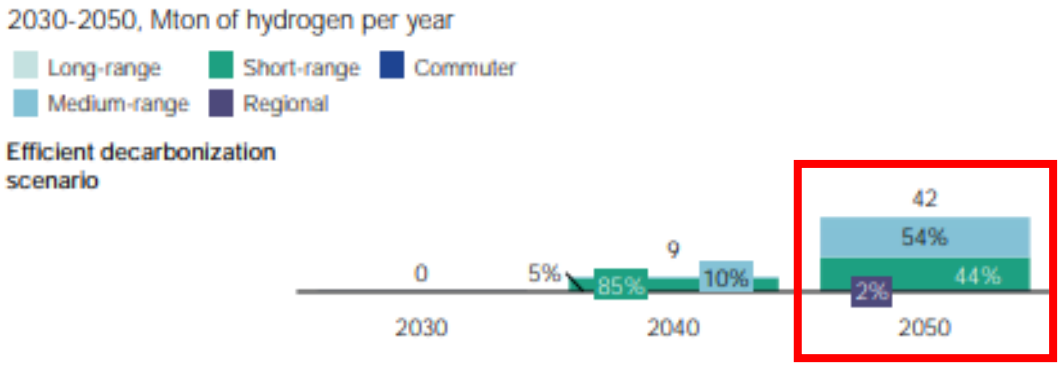
=**23.3 円/Nm^3**

※ なお、現在はC重油が船舶燃料の太宗を占めているものの、今後はSOxの排出規制の厳格化に伴い、より排出量が低減出来るA重油を用いてパリティコストを算出した。

出典：資源エネルギー庁 総合エネルギー統計, 2018年、国土交通省 内航船舶輸送統計調査, 2019年、国土交通省 国際海運のゼロエミッションに向けたロードマップ、新電力ネットHP

航空機産業における水素利活用の予測と課題

- 国際機関（ICAO）により、**国際航空におけるCO2の総排出量を2020年以降増加させない（CNG:Carbon Neutral Growth 2020）**という目標が定められており、当該目標の達成に向け、運航方式の改善、燃料の改善、機体・エンジンの軽量化、電動化技術とともに水素の利活用が期待されている。
- 2050年時点で、40%の航空機が水素航空機となった場合、**必要な水素量は年間4,000万トン程度**になるとの予測も(※)。
- 水素航空機の実現に向けては、**①対応した機体やエンジン等の技術開発（水素燃焼向けエンジン、燃料電池システム等）や②空港周辺のインフラ整備等**が必要。



→2050年時点での水素需要量は約**4,000万トン**の見込み
（EUによる野心的なシナリオ）　※合成燃料は含まない

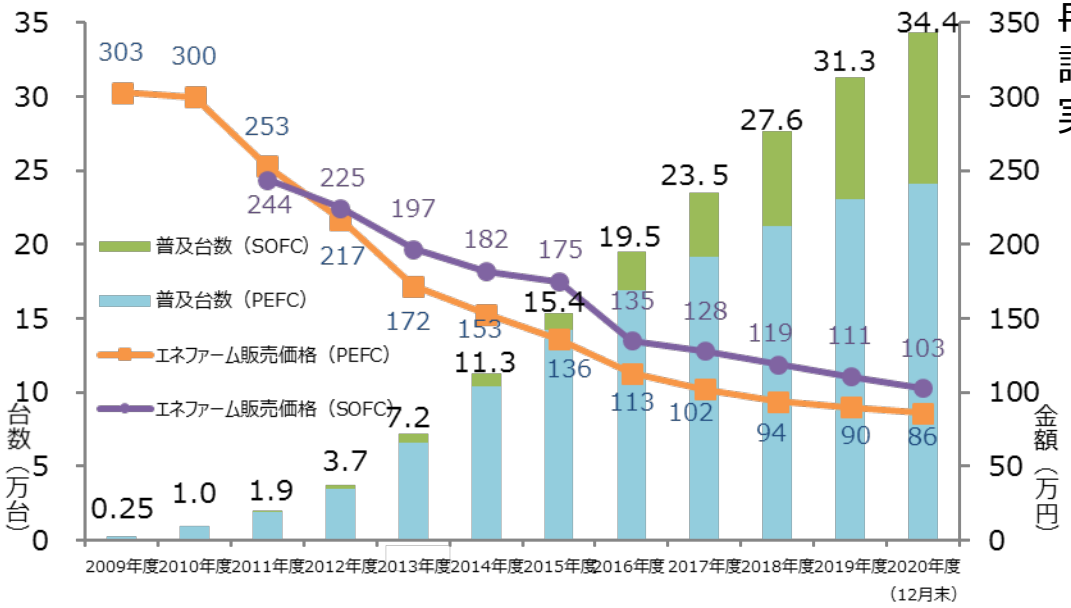
水素航空機の実現イメージ

（※および挿絵）https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/FCH%20Docs/20200720_Hydrogen%20Powered%20Aviation%20report_FINAL%20web.pdf

定置用燃料電池の普及拡大に向けた今後の方向性

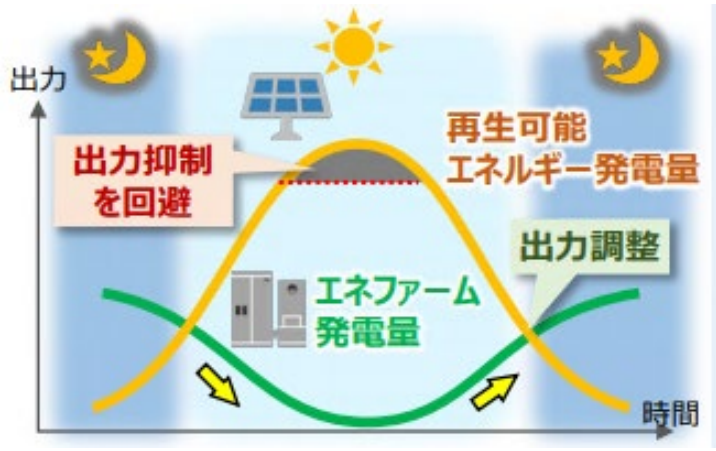
- 都市ガスやLPガスを改質して製造した水素を活用する家庭用燃料電池（エネファーム）は、2009年に世界に先駆けて我が国で販売が開始。これまでに、**30万台以上が普及**しており、販売価格も、PEFCの場合、販売開始時の300万円超から、**100万円を切る水準まで低下**。
- 今後、部品点数の削減などに向けた更なる技術開発を進め、**一層のコスト削減を目指す**だけでなく、電力系統において供給力・調整力として活用する実証等、**燃料電池の持つポテンシャルを最大限活用出来る環境整備**を支援。

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

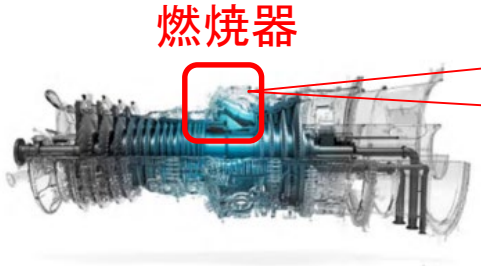


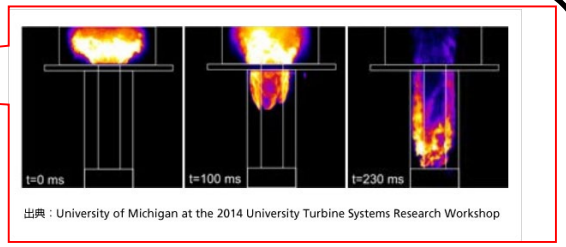
今後は純水素燃料電池導入拡大も視野に入れた取組が必要不可欠

（出典）大阪ガス

発電分野（タービン）の位置づけと今後の方向性

- 水素発電は、**大規模かつ長期的な水素需要を喚起するものであり、2030年時点で大量かつ安価な水素サプライチェーンの構築を牽引する役割**が期待される。
- 現在は混焼、専焼用の燃焼器の開発を実施しているが、今後は燃焼安定性などを実機で検証する実機実証を確実に実施し、**技術的な課題を克服する**必要がある。
- その上で、再エネ同様、**水素のカーボンフリー価値を適切に評価し、その価値の市場取引**を可能とすることで、**発電分野での水素の実装を促す**。





水素発電の実現のためには、逆火対策等水素の燃焼特性への対応と、環境性能及び効率を成立させる燃焼器の開発が必要

出典：三菱パワー

国内ガス火力発電所
（実証・実装）

水素タービン
（技術開発）

商用化加速

既存発電所で技術実証支援

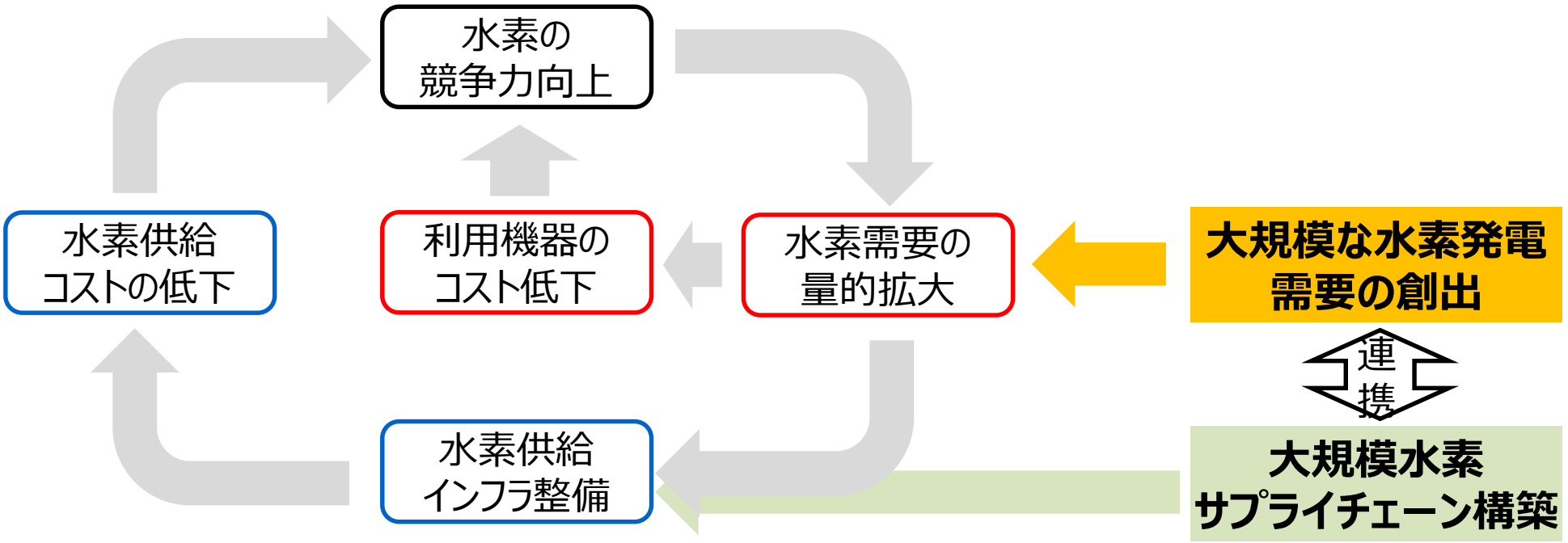
シームレスな支援

実装促進

カーボンフリー価値を取引（市場整備で支援）

大規模発電需要を契機とした水素の社会実装に向けた好循環の創出

- 他エネルギー源に対する水素の競争力を強化し、**水素の社会実装に向けた好循環**を作り出すべく、民間の取組を後押しする各種政策を一体的に講ずることが重要。
- 現在の水素需要は、一部を除き、FCVや燃料電池など小規模なものに留まるが、2030年までに発電で大規模需要を創出することが出来れば、**商用水素サプライチェーンの構築を促進し、好循環創出を通じた自立的な水素普及を促す**ことが可能。
- また、2050年時点で水素発電が電力システムの中で主要な供給力、調整力の一つとしての役割を果たすためには、**2030年前後に水素発電の商用化を果たすことが重要**。



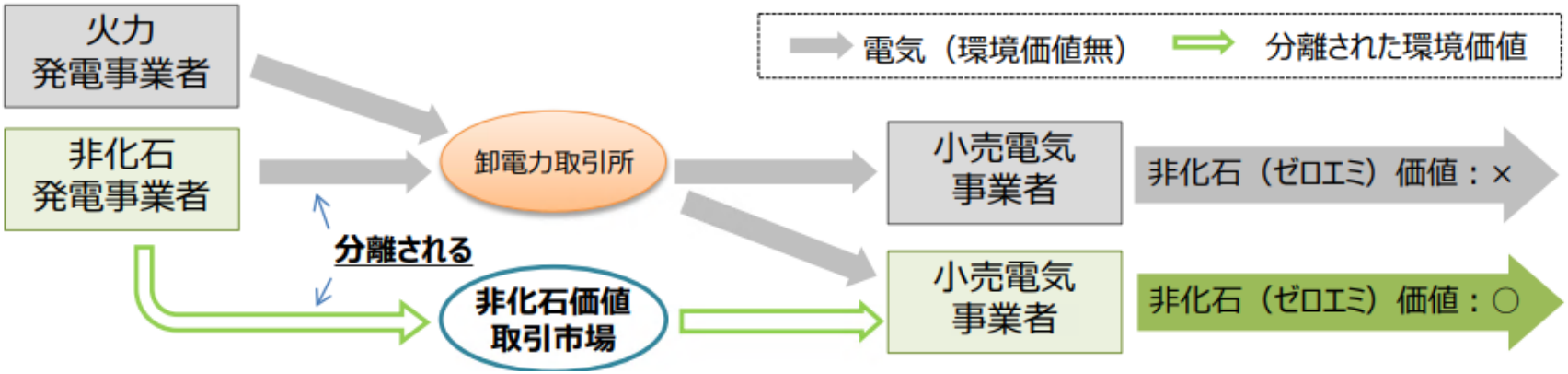
（出典）みずほ銀行産業調査部等の各種資料を基に資源エネルギー庁作成

（参考）発電分野における社会実装に向けた制度整備状況

- 水素・アンモニアの導入・拡大に当たっては、既存燃料等との価格差縮小等が重要であるが、現在はエネルギー供給構造高度化法等において、非化石エネルギー源として定義されていない。
- そのため、今後の制度整備を通じて、法制上、水素等のカーボンフリー価値が適切に評価がされるよう対応していく予定。

【制度整備の例：非化石価値取引市場】

- 概要：小売電気事業者による高度化法の目標達成を促すため、非化石電源（再エネ等）に由来する電気の非化石価値を証書化し取引するための市場。非化石価値は1.3円/kWhで市場取引(2020年第一四半期)。



【グリーン成長戦略（2020.12.25）における記載ぶり（抜粋）】

水素発電タービンについては・・・（中略）・・・。また、再エネや原子力と並んで、**カーボンフリー電源として水素を評価し、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**する。これにより、**発電分野における大規模需要の創出を通じた国内水素市場の本格的な立ち上がりを下支え**する。

（参考）水素発電の潜在需要量とパリティコスト

- 2050年に見込まれる潜在水素需要量は**約578.2万～667.2万トン**であり、技術的な課題として、**実機による実証が必要**。パリティコストは、環境価値を考慮しない場合、**約14.3円/Nm3**と試算される。

潜在需要量試算(電源構成比10%ケース)

2050年 総発電量約1.3兆～1.5兆kWh※1
⇒10%の1,300億~1,500億kWhを水素発電により代替すると仮定 ・・・①
⇒①を熱量換算すると
1,300億~1,500億kWh × 3.6MJ
≒ 4,680億MJ~5,400億MJ・・・②
⇒水素の発熱量：142MJ/kg（HHV）※2
これにより②を水素に換算すると、
② ÷ 142,000MJ/t-H2
≒ 3,296,000~3,803,000t-H2・・・③
⇒発電効率 57%※3 と仮定すると
③ ÷ 57%
≒ 578.2万~667.2万t-H2

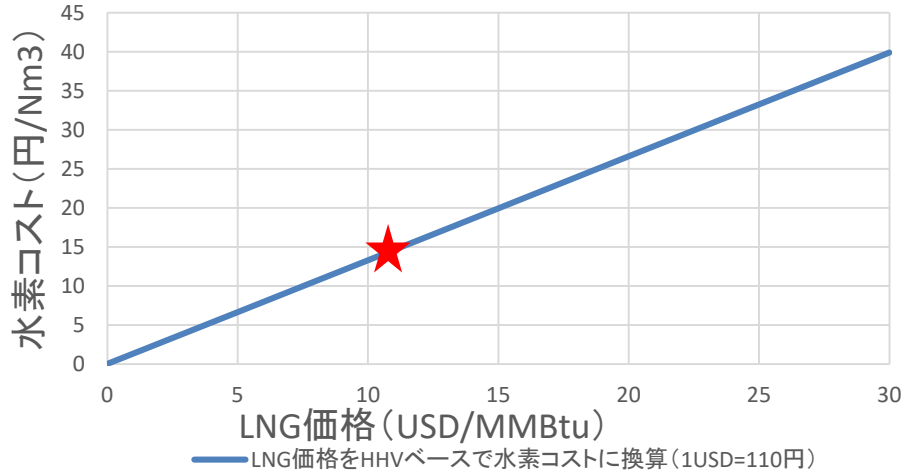
- 水素発電量：1,300億~1,500億kWh
- 必要水素量：**約578.2万~667.2万トン**

※1：「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（2020.12）
※2：JARI「総合効率とGHG排出の分析報告書」（2011.3）

パリティコスト試算

（試算条件）
- 日本LNG輸入価格：61.22千円/トン※4（過去10カ年平均）
- LNG熱量（HHV）：54.70MJ/kg※5
- 水素熱量（HHV）：142MJ/kg※2

→ **試算結果：熱量等価約14.3円/Nm3（約158.9円/kg）**



※3：発電コスト検証ワーキンググループ（2015年5月）,2030年LNG火力想定
※4：財務省貿易統計より、2011年～2020年の平均値を算出
※5：エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数一覧表（2020.1改訂）

水素発電・アンモニア発電　概要

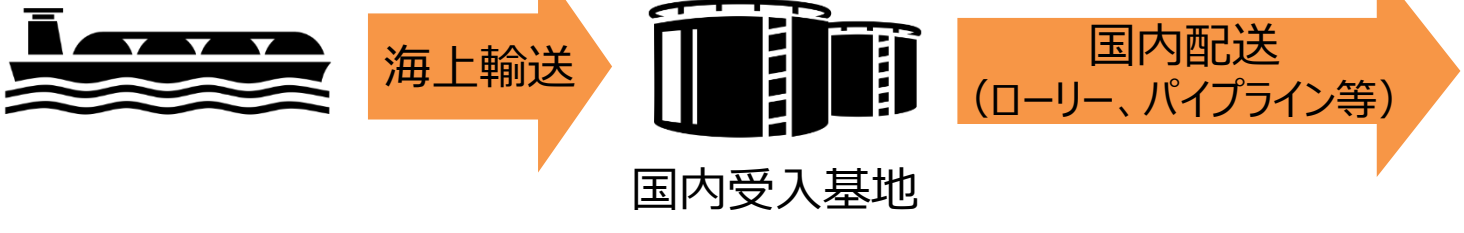
	水素	アンモニア
概要	➢ 燃焼速度が比較的近いガス火力発電に水素を混入。水素の燃焼速度が速いため、その燃焼を制御する技術が必要。 ➢ 上記制御技術を使うことで、ガスタービンの水素専焼化も可能。	➢ 発電用バーナーの中心にある再循環領域（高温・低酸素）にアンモニアを一定速度で投入することで、アンモニアの分解及び還元反応を促進しつつ、アンモニアを燃焼。 ➢ アンモニアは燃焼速度が石炭に近いことから、石炭火力での利用に適している。
現状の取組	➢ 小型器（1MW）での専焼は現在実機で実証を開始し、大型器（数十万kW級）は30%の混焼率を達成するための燃焼器の技術開発が完了。 ➢ コストが下がれば、2050年時点での有望な電源となり得るため、JERAも2030年頃からの混焼開始を目指すことを表明。他電力会社も活用に関心。	➢ NOx発生の抑制が課題であったが、混焼バーナーの開発に成功。現在大容量での混焼試験を実施中、2021年度から2023年度まで、実機を活用した20%混焼の実証を予定。 ➢ こうした取組も踏まえ、JERAが2020年代後半からの火力発電での燃料アンモニアの活用に向けた計画を表明。その他電力会社も活用に関心。
強み	➢ **既存のガスタービン発電設備のタービン部など多くの設備をそのまま利用可能**、アセットを有効活用出来る ➢ 調整力、慣性力機能を具備しており、系統運用安定化に資する	
	➢ 一カ所で大規模な水素需要を創出し、**水素の利活用を更に高めるための国際サプライチェーン構築に大きく貢献**出来る。 ➢ 水素専焼の技術開発に見通し有。	➢ 既に肥料用途を中心にアンモニア市場が存在。**既存の製造・輸送・貯蔵技術を活用したインフラ整備が可能**。 ➢ -33℃（常圧）で液化が可能であるため、**輸送や貯蔵コストの抑制が可能**。
弱み	➢ 液化水素の場合、脆化に加え、極低温という厳しい環境に耐えうる材質を使う必要 ➢ MCHやアンモニアを水素キャリアとして使う場合、脱水素行程でもエネルギーを使う	➢ 混焼率向上、専焼化にあたっては**NOxの抑制技術、発電に必要な熱量を確保するための収熱技術が必要** ➢ 毒性があるため、取り扱いには配慮が必要

水素等を用いた熱需要の脱炭素化の進み方（イメージ）

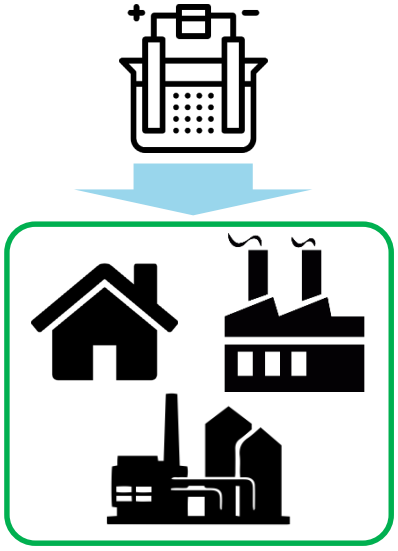
- 高温度帯を中心に、多様な需要家の熱需要を満たすために、ガスは引き続き重要な役割を果たすが、現在は都市ガスやLPG、天然ガスの直接供給など**化石燃料が太宗**を占める。
- 脱炭素化を行うための水素等の供給インフラ整備に際しては、①既存の供給網を含む、ガス管等の脱炭素化、もしくは②水電解装置等によるオンサイトでの水素供給の**２つのアプローチ**がある。

【現在のガス体の供給体制と今後の水素等を用いた脱炭素化のアプローチ】

アプローチ①：既存供給網含む、ガス管等の脱炭素化



アプローチ②：水電解装置等によるオンサイトでの水素供給

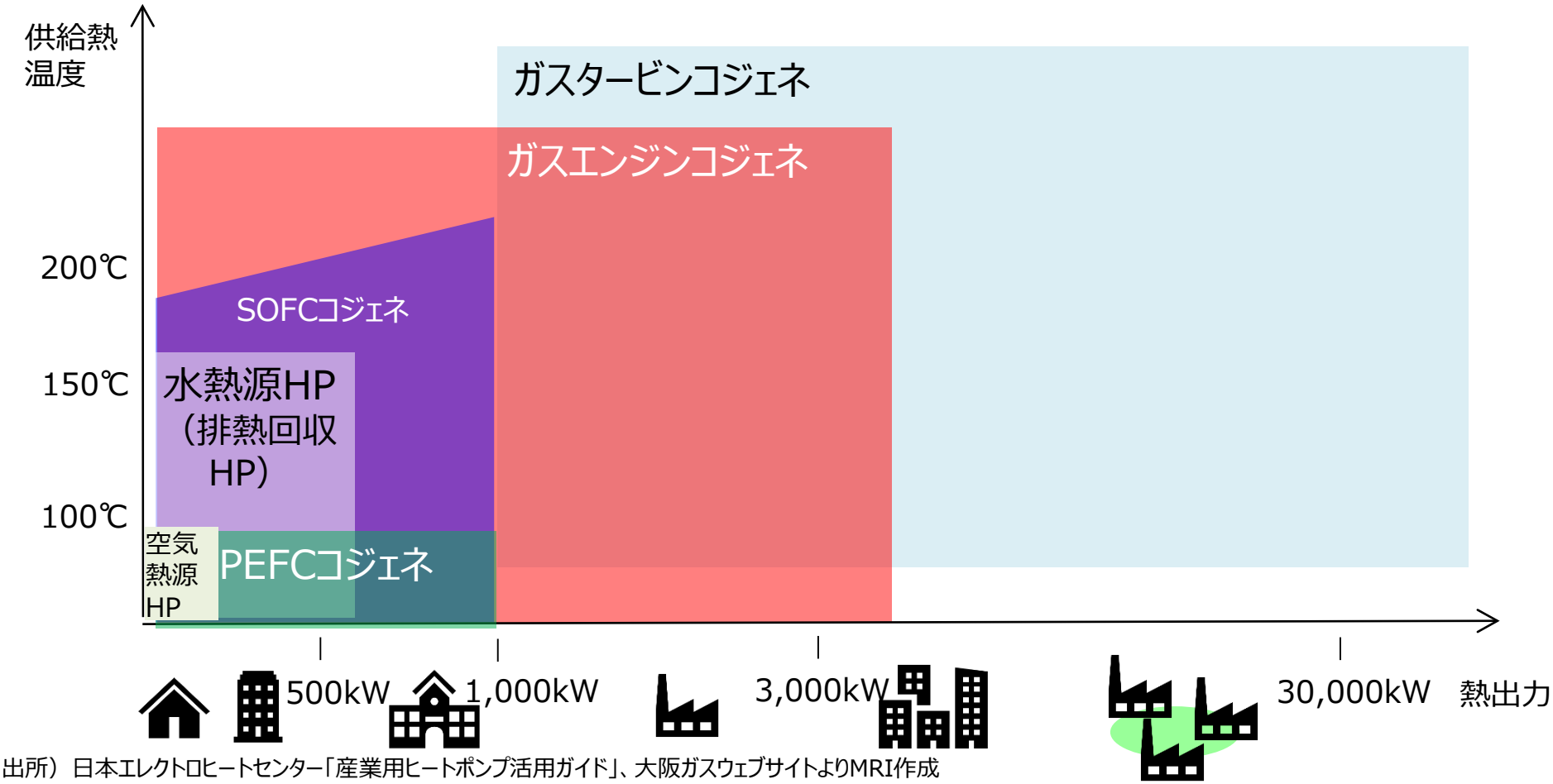


需要家（熱利用）

脱炭素ガスの既存供給網への混入や、水電解装置の設置を通じて、大規模な供給網を必要とせず、かつパリティコストの高い需要家等から徐々に脱炭素化が進展することが見込まれる

（参考）熱源機の温度別・規模別領域整理（温水・蒸気）

- コジェネやヒートポンプ（HP）等の分散型リソースを熱源として、温水・蒸気用の熱を供給する場合があるが、熱源機の対応可能領域を現存する機器等に基づきマッピングしたところ以下のとおり。

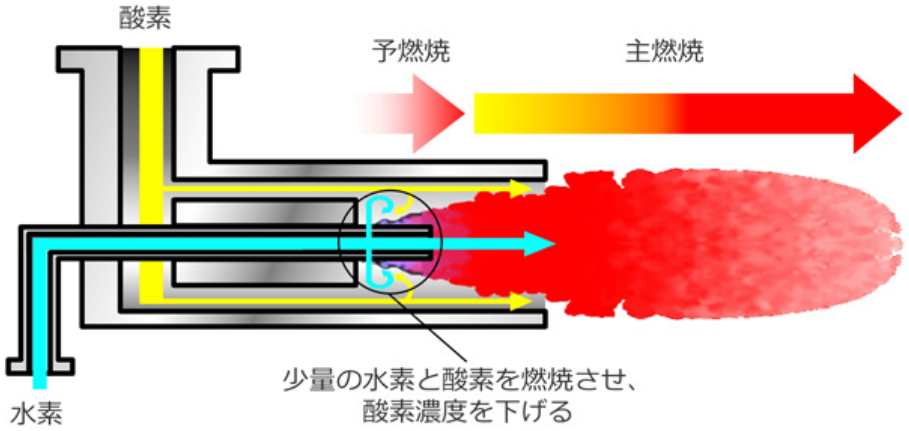


出所）日本エレクトロヒートセンター「産業用ヒートポンプ活用ガイド」、大阪ガスウェブサイトよりMRI作成
https://www.jeh-center.org/asset/00032/HeatPump_Guide/Heatpump%20Guide.pdf
https://ene.osakagas.co.jp/product/cogeneration/gas-cogeneration/lineup.html

需要側機器の開発の必要性

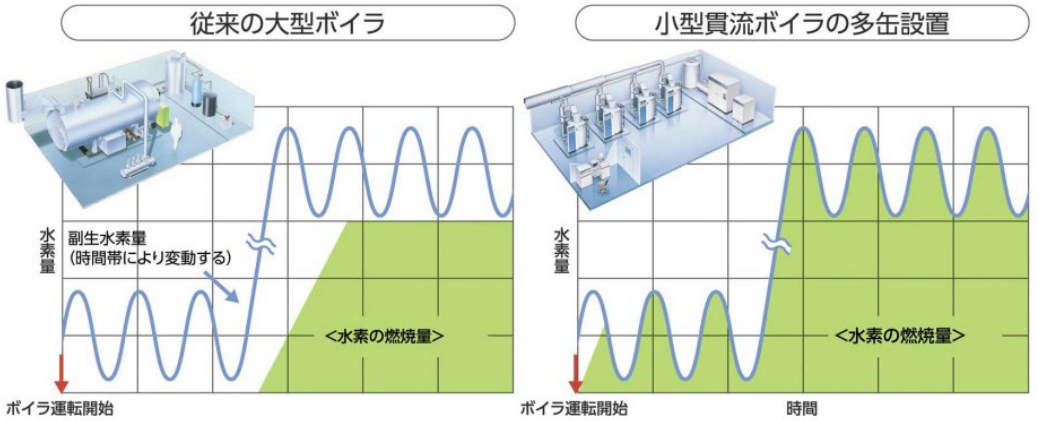
- 水素は天然ガスよりも燃焼速度が速く、燃焼温度が高いが故に急速燃焼によりNOxが発生するといった課題があるため、**需要側機器を水素等の特性等に合わせ開発**を行う必要がある。
- バーナーやボイラー等の熱需要関連機器については、日系企業による開発を通じて上記課題は克服されつつあるが、**産業用の大規模な装置などの水素化には、新たな技術開発を行う**必要。

汎用水素バーナーの事例



- トヨタ自動車は中外炉工業の協力を得て、水素と酸素が完全に混合することを防ぐ構造を持つ汎用バーナーを開発。
- これにより急速燃焼を抑え、燃焼位置を適正に保ちつつ、NOx排出量も低減させることが可能に。

水素焚きボイラーの事例

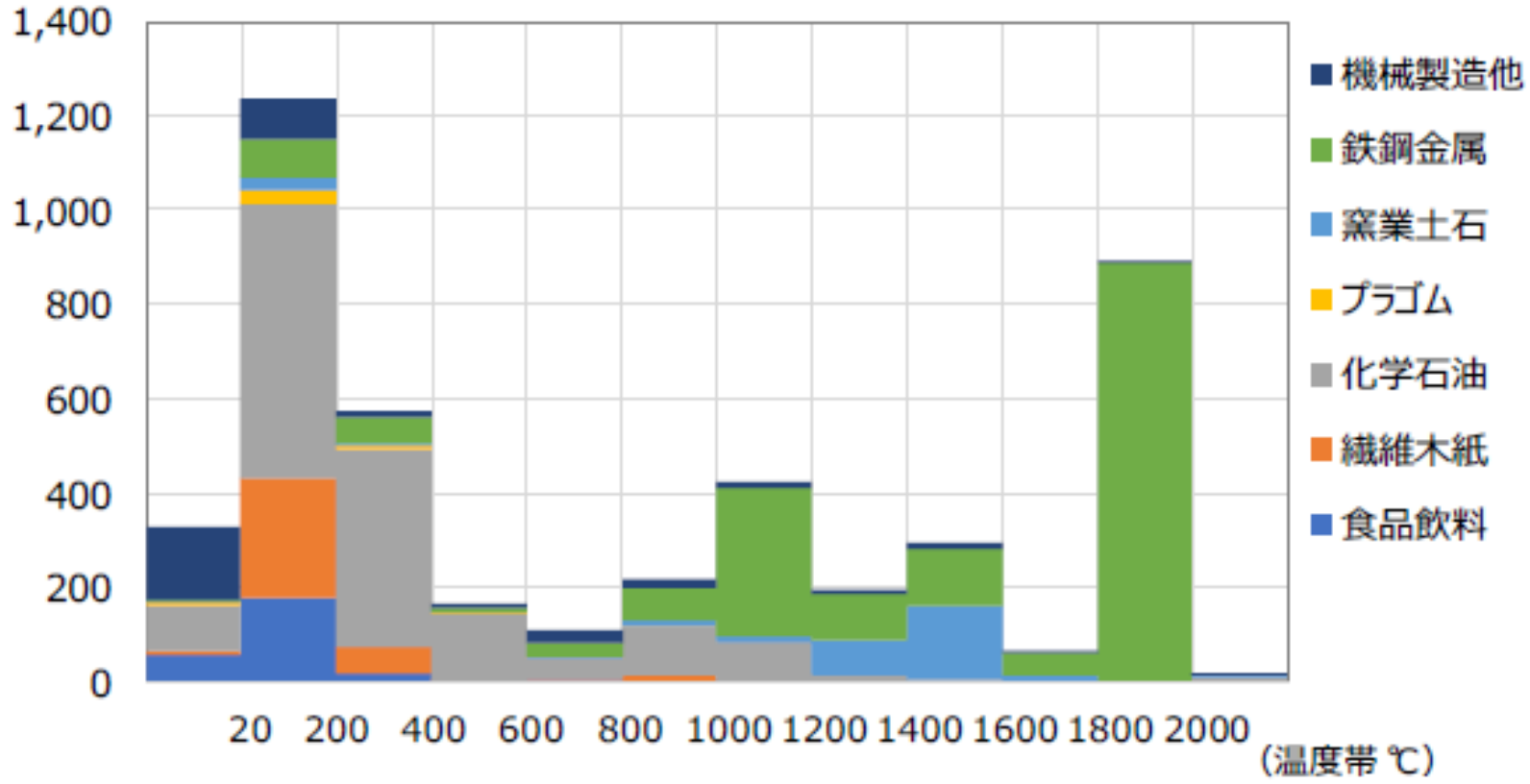


- 三浦工業は水素燃料の貫流ボイラーを開発し、副生水素源の近くに設置することで同水素の有効利用を促進。
- また、出力が不安定な副生水素等を無駄なく燃焼させるための高速連続制御も行う技術開発も実施。

（参考）産業部門の熱需要

- 産業部門の熱需要は低温帯から高温帯まで多岐にわたる。
- 例えば、鉄鋼業のような高温帯が必要な業種における熱需要は、電気では経済的・熱量的にも供給することが難しい。化学分野は幅広い温度帯を活用しているが、石油化学のように高温帯を扱う分野では既存の大型設備で適用できる電化設備は存在しない。

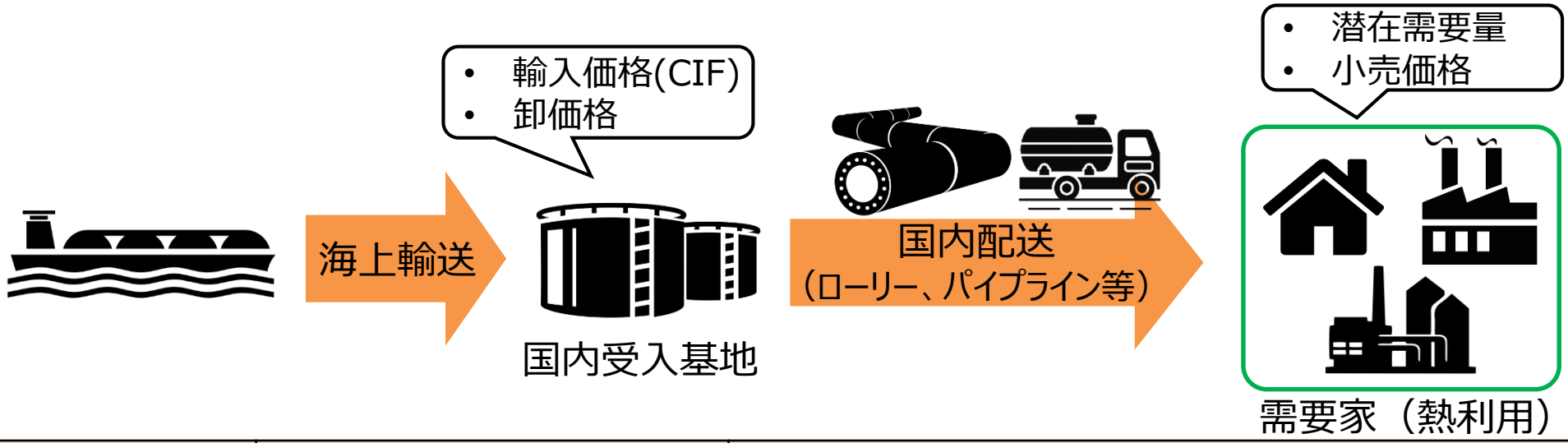
産業部門の業種別・温度帯別の熱需要　イメージ



（出典）資源エネルギー庁「熱の需給及び熱供給機器の特性等に関する調査」（平成30年2月）

（参考）熱分野における水素の潜在需要量とパリティコスト

- 現在の都市ガス、LPG、天然ガス直接利用の需要量をベースに、水素の潜在需要量を、総合エネルギー統計より機械的に計算したところ、合計潜在需要量は約850万トン/年となった。
- また、熱量等価で環境価値を除く、化石燃料との各種価格とのパリティコストも算出した。



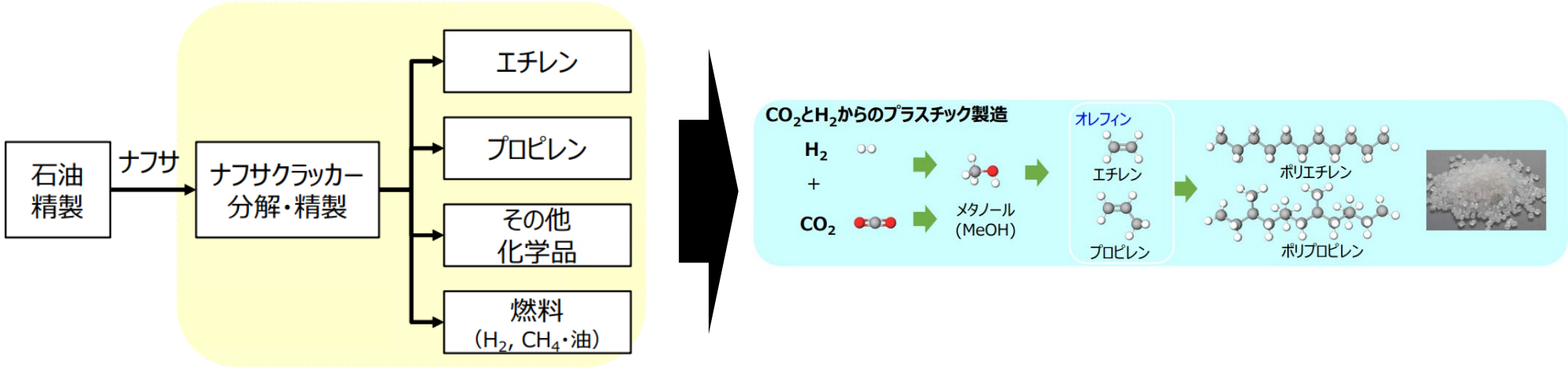
燃料	潜在需要量（万トン/年）	パリティコスト（円/Nm3）
都市ガス	631.3万トン/年	• 家庭用:45.0円/Nm3 • 商業用:23.5円/Nm3 • 工業用:15.1円/Nm3
LPG	185.4万トン/年	• 卸価格：29.4円/Nm3 • 小売価格（家庭、東京）:84.5円/Nm3
LNG	37.3万トン/年	• 輸入価格（CIF）：14.3円/Nm3

出典：総合エネルギー統計、ガス取引報、日本LPガス協会、財務省貿易統計等より資源エネルギー庁作成

化学産業における水素利用の今後の方向性

- 有機化学製品は、原料としての炭素源が不可欠。現状、国内ではナフサを活用した石油化学が主流。また、副生成物としてのオフガス（炭化水素）を熱源としても利用している。
- 石油化学の脱炭素化にむけては、**原料・燃料双方の観点から製造プロセスの転換が必要。**
- **世界的にも技術は未確立**であるが、**段階的な新技術（MTO等）**の導入も含めた検討が必要。
  ※**MTO（Methanol to olefin）**：メタノールからオレフィン（石油化学基礎製品：エチレン、プロピレン等）を製造する手法。メタノールを水素と二酸化炭素から生成する場合、化石燃料を利用しない。
- 将来的な社会実装に向けては、CO_2フリー水素のコスト削減と安定供給、化学品製造の高効率・低コスト製法の開発加速、CO_2フリー化学品の需要創出・価値評価が必要。

既存プロセスでの化学品製造



プロセス転換に向けた技術開発が必要

出典：2021年2月 水素・燃料電池戦略協議会 三菱ケミカル（社）プレゼン資料より図を引用

（参考）オレフィン製造における水素の潜在需要量とパリティコスト

- 代表的な石油化学基礎製品であるエチレン全量を、水素と二酸化炭素由来のオレフィンから製造することを想定すると、膨大な水素需要が見込まれる(**約695万トン**)。また、高分子製品等をオレフィンから製造する技術は未確立。加えて、環境価値を考慮しない場合、安価な水素（約18.5円/Nm3）を必要とする。

潜在需要量試算(エチレン生産全量転換)

＜石油化学製品の製造方法＞
従来：ナフサを分解・精製して製造
MTO（Methanol to Olefine）技術：
水素とCO_2から製造したメタノールからオレフィンを製造

（化学式）

$$3H_2 + CO_2 \rightarrow CH_3OH\text{（メタノール）} + H_2O$$

$$CH_3OH \rightarrow \frac{1}{2}C_2H_4\text{（エチレン）} + H_2O$$

※エチレン収率37%、プロピレン収率53%

- 生産量：エチレン600万トン（同時にプロピレン860万トン）
- 必要水素量：**約772億Nm^3(約695万トン)**

パリティコスト試算

（試算条件）
・オレフィンの販売額からCO_2回収コストを除いて試算
・エチレン価格111.5円/kg, プロピレン価格94円/kg
・膜分離によるCO_2回収コスト1000円/トン
・新規設備製造コスト、プロセスコスト等は含まず

(エチレン,プロピレン販売額 -CO_2回収コスト)÷水素量
＝（6690＋8084-510）億円÷772億Nm3
＝ **18.5円/Nm^3**

出典：2018年12月 エネルギー・環境技術のポテンシャル実用化評価検討会　日本科学協会プレゼンテーション資料より抜粋

水素還元製鉄の仕組みと課題

- **炭素（木炭や石炭）を鉄鉱石の還元に用いる技術は古来より不変の製鉄のあり方。**
  現行の高炉法では、**コークス（石炭）を用いて還元する過程で、不可避的にCO2が発生**。
- カーボンニュートラル実現に向け、鉄鉱石の還元に**炭素ではなく水素を用いる水素還元製鉄**は、**史上初のチャレンジ**。

  ※現在、高炉にてコークスの代わりに一部水素を活用して鉄鉱石を還元することで、**CO_2を10%（加えてCO_2の分離回収で20%）削減するCOURSE50プロジェクトを実施中**。試験高炉で一部実績は出ており、今後水素還元の比率を高める方針。
- **水素による還元反応は熱を吸収（吸熱反応）し、高炉が冷えてしまうため、連続的に還元するのに必要な熱をどう補填するか**（コークスの場合は自ら発熱）、またコークスが減ることで**反応ガスの通気に必要な炉内の隙間をどう作るのかなど、技術面のハードルは非常に高い**。
- 技術が確立できた場合でも、多額の設備導入費用が必要になることに加え、**現在と同等の競争力及び生産量を維持するには安価（約８円/Nm³）かつ大量（約700万トン）の水素供給が不可欠**。

＜鉄鉱石の還元反応＞

①既存技術：炭素（コークス）の利用（発熱反応）

$2Fe_2O_3 + 3C \rightarrow 4Fe + 3CO_2 +$ 熱

鉄鉱石　コークス（石炭）　二酸化炭素

②革新技術：水素の利用（吸熱反応）

$Fe_2O_3 + 3H_2 +$ 熱 $\rightarrow 2Fe + 3H_2O$

鉄鉱石　水素　**（加熱が必要）**　水

・高炉にてコークス（石炭）の代わりに一部水素を活用して鉄鉱石を還元する**革新技術の研究開発（COURSE50）を実施中**

→ **試験高炉では、水素還元により10%以上のCO_2削減を達成**

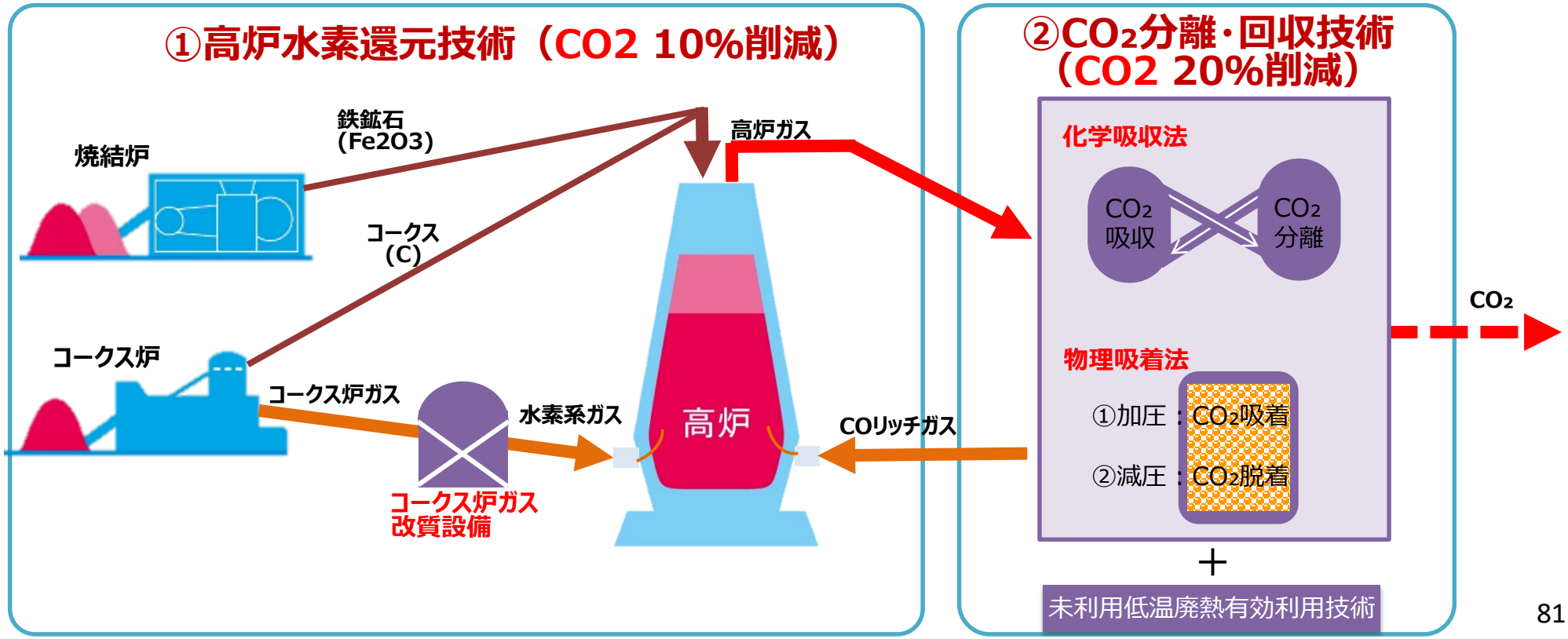
※欧州を拠点とするアルセロール・ミタル社も、一定の前提条件付きで、製造コストは＋50%～80%と試算しつつ、水素還元製鉄等により、2050年までにカーボンニュートラル実現の野心を掲げている。

（参考）COURSE50の概要

第36回総合資源エネルギー調査会 基本政策分科会
（2021年1月27日）資料２より抜粋

- 日本製鉄、JFEスチール、神戸製鋼所等が参加し、**製鉄所から発生するCO₂の約30%を削減可能とする革新的な低炭素製鉄プロセス技術の確立を目指す**。
- 酸化鉄を還元するために用いるコークスの一部代替として、**①水素を活用した鉄鉱石の還元技術**(高炉水素還元技術)、CO₂を多量に含む高炉ガスからCO₂を分離するため、製鉄所内の未利用廃熱を利用した**②CO₂分離・回収技術**の開発を実施中。
- 「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」※１や「革新的環境イノベーション戦略」※２にも位置付けられており、2030年頃までに1号機の実用化、段階的な普及を目指す。

（※1）令和元年6月閣議決定　（※2）令和2年1月統合イノベーション戦略推進会議決定



（参考）水素還元製鉄の潜在重要量とパリティコスト

- 鉄鋼分野は電化による脱炭素化が困難であるが、水素が還元剤として更に利用されることで、同分野の脱炭素化へ貢献することが期待されている。
- しかし、水素還元製鉄は技術的にまだ未確立。加えて、膨大な量の水素を必要とし、環境価値を考慮しない場合、コークスを同じコストで代替するには非常に安価な水素が必要。

潜在需要量試算(100%水素還元製鉄時)

（反応式）

$1/2Fe_2O_3 + 3/2H_2 + 48kJ = Fe + 3/2H_2O$

銑鉄 1トン 製造に必要な水素量
還元：601Nm3 ＋吸熱反応補完：67Nm3＋1600℃までの溶銑昇熱：85Nm3

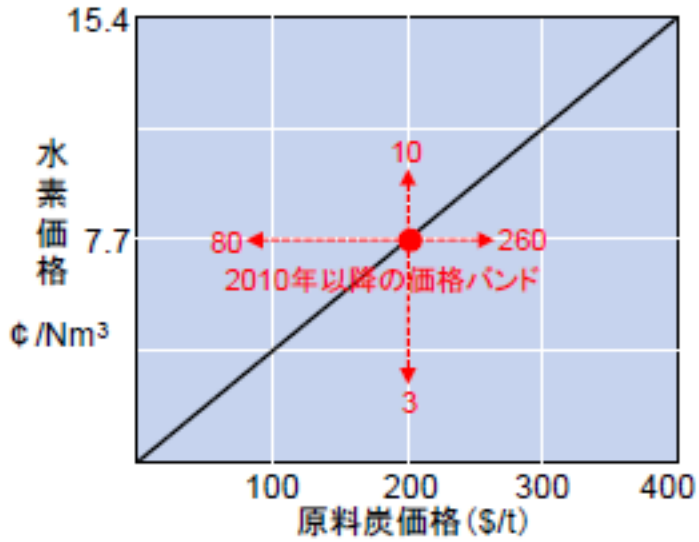
＝ 753Nm3 (理論値) ⇒ 効率 75% と仮定すると**約1000Nm3/トン**

- 日本の銑鉄生産量：8000万トン
- 必要水素量：**約800億Nm3(約700万トン)**

パリティコスト試算（原料炭の置換）

（試算条件）
- 原料炭価格：200$/トン
- 1トンの銑鉄製造時の利用量：0.7トン
- 原料炭の還元機能で消費される分のみ考慮（55%）
- 新規設備コストを含まない

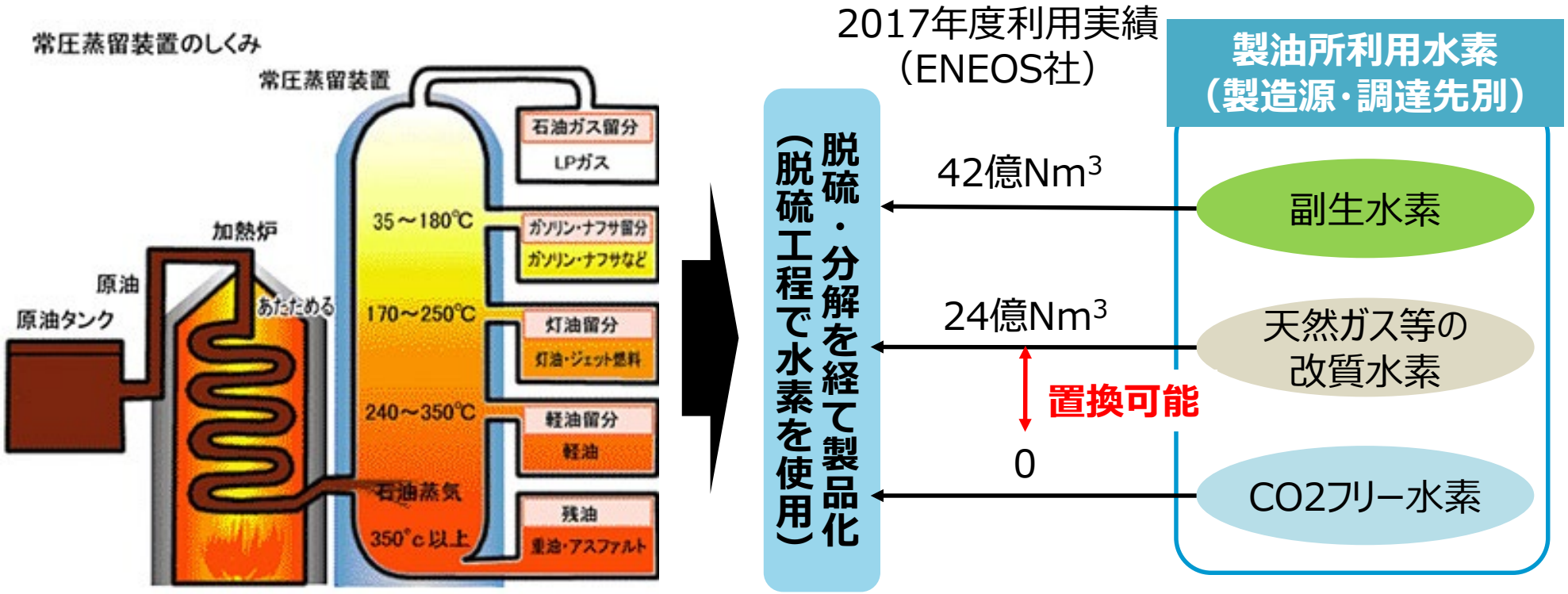
→ **試算結果：7.7￠/Nm3（＝約8円/Nm3)**



出典：2018年12月 エネルギー・環境技術のポテンシャ実用化評価検討会　日本鉄鋼連盟プレゼンテーション資料より抜粋

石油精製における水素利活用の現状と課題

- 石油精製では脱硫工程に水素を大量に活用しており、副生水素で賄いきれないものは、一部天然ガス等を改質して目的生産している。
- CO2フリー水素で置換することで、製油所からの**CO2排出量を1~2割程度削減**することが可能。2030年には、全国で**77億Nm³**のCO2フリー水素への切り替え需要が存在すると見込む。
- ただし、目的生産される水素コストは**20~25円/Nm³**と安価であることがCO2フリー水素普及に向けた課題。



出典：2018年12月 エネルギー・環境技術のポテンシャル実用化評価検討会　JXTGプレゼンテーション資料等より抜粋

目次

１．カーボンニュートラル時代の水素の位置づけと社会実装への道筋

２．個別分野での現状分析と今後の取組の方向性
- 供給側（水電解装置等、水素キャリア、資源外交等）
- 需要側（FC、モビリティ、大型発電、工業原料利用、熱利用）

３．各取組の相乗効果を期待した統合的アプローチの在り方

４．まとめ

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

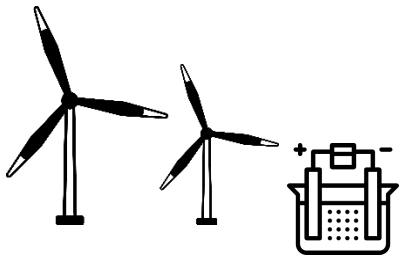
□ 輸入水素等の大規模な水素供給を発電や産業部門を含むコンビナートで集中的に利活用

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

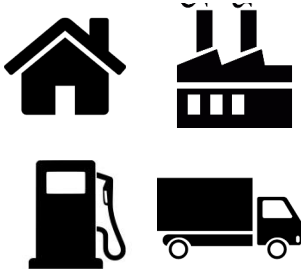
社会実装モデル例①（臨海部等での大規模活用）



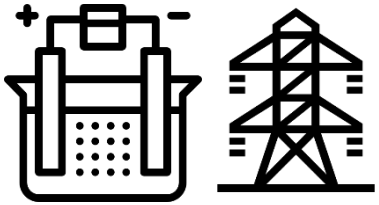
洋上風力
＋水電解装置

ローリー・パイプライン等で外部へ配送**

外部需要

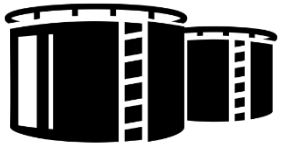


コンビナート内（原則水素パイプライン供給）



水電解装置＋系統電力
（余剰再エネ等）

水素等運搬船
（液水、MCH等）



貯蔵タンク等*

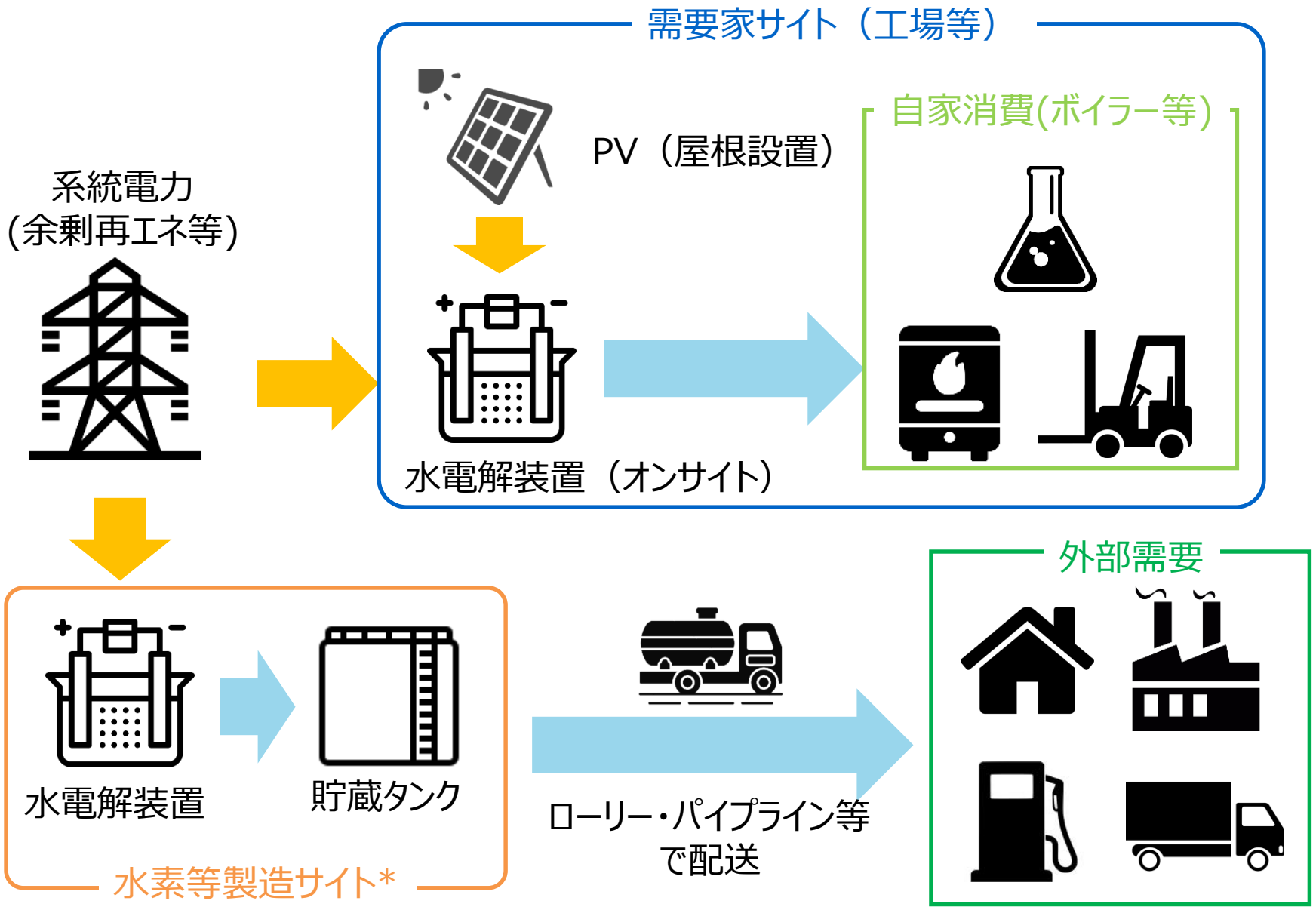
火力発電所
（混焼・専焼）

製油所、化学プラント
（副生水素発生、CO2フリーアンモニア、メタン製造等**）

製鉄プラント
（水素還元）

*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

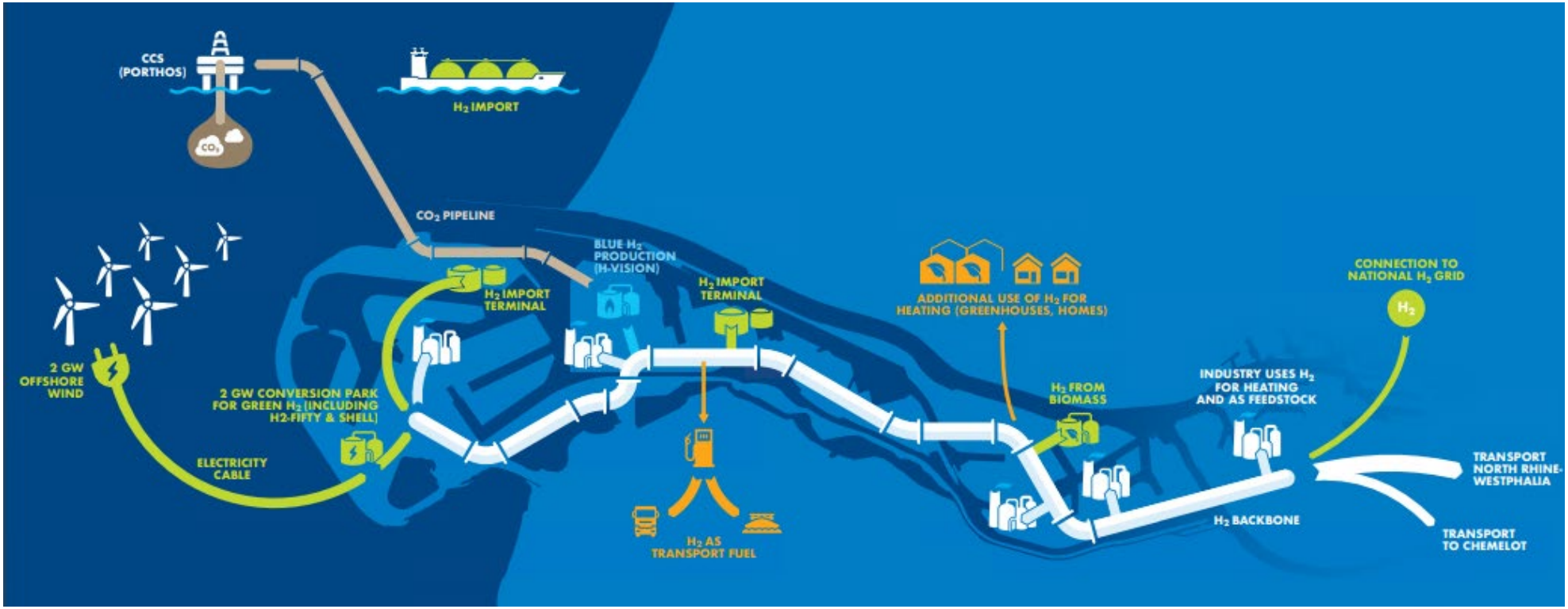
社会実装モデル例②（水電解装置等を用いた自家消費、周辺利活用）



*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

（参考）ロッテルダム港の例

- 現在も世界有数の石油等の搬入港である蘭ロッテルダム港は、脱炭素時代でも水素の輸入を通じて、ドイツ等の欧州各国にエネルギーを供給することを狙う。
- そのためにも、2050年に水素搬入量2000万トンという高い目標を掲げ、早ければ2023年から①様々な水素製造源からの水素製造、②パイプラインによる水素輸送、③輸送・民生・産業等の分野での水素利活用を順次実施予定。　※水素輸入基地の稼働予定時期は2030年



（出典）Hydrogen Economy in Rotterdam Handout

（参考）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

水素に関する規制見直しの今後の展開について

- 規制改革実施計画等に基づき、これまでは、燃料電池自動車・水素ステーションの導入や低コスト化等を目的とした項目を中心に、規制改革を推進してきたところ。
- CNを達成するに当たっては、菅総理が所信表明演説において**「規制改革などの政策を総動員し、グリーン投資の更なる普及を進める」**と述べられているとおり、開発が進められる新たな水素モビリティや水電解装置、海外から輸入される水素の受入基地に関してなど、**水素市場の広がりに併せて対象とする分野を必要に応じて拡大しつつ、安全の確保を前提に、引き続き規制改革を推進していく必要がある**。

水素モビリティ

＜燃料電池トラック＞

※出典：トヨタ自動車、日野自動車

- ✓ トヨタ・日野により、大型FCトラックの開発が進められている。
- ✓ 2022年から、拠点間輸送の実証を開始する予定

＜燃料電池鉄道車両＞

※出典：JR東日本

- ✓ JR東日本により、2021年度から、鶴見線・南武線での実証試験が予定されている。

⇒新たな水素モビリティの導入・普及に向けた規制改革

水電解装置

- ✓ 水を電気分解することにより、水素を製造する装置。
- ✓ 再エネを活用することにより、クリーンな水素を製造可能。

＜福島水素エネルギー研究フィールド＞

※出典：東芝エネルギーシステムズ

- ✓ 福島県浪江町に整備された当該実証施設は、世界最大級となる10MWの水電解装置を備えている。

⇒水電解装置の低コスト化・普及に向けた規制改革

水素の受入基地

＜海外＞

- ✓ 安価な資源を活用して水素製造
- ✓ 液化水素等の水素キャリアに転換

＜海上輸送＞

- ✓ 一度に大量の水素を輸送

＜日本＞

- ✓ **受入基地**において、水素を荷揚。
- ✓ 大型のタンクによる貯蔵。

※出典：HySTRA

⇒大規模な水素受入基地の整備に向けた規制改革

目次

１．カーボンニュートラル時代の水素の位置づけと社会実装への道筋

２．個別分野での現状分析と今後の取組の方向性
- 供給側（水電解装置等、水素キャリア、資源外交等）
- 需要側（FC、モビリティ、大型発電、工業原料利用、熱利用）

３．各取組の相乗効果を期待した統合的アプローチの在り方

４．まとめ

まとめ

- 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。
- また、水素及び関連製品の市場が世界的に拡大し、日本の優れた技術・製品が世界で普及することになると、我が国の経済成長や世界の脱炭素化に貢献することに繋がるため、**我が国企業の産業競争力を強化することは非常に重要**。
- 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**を解決する必要があり、解決できた分野・地域から順次社会実装が進展していくことを踏まえ、**課題解決をタイムリーに後押しする政策的措置が重要**となる。
- 供給側では、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**。その他、国際市場形成の基盤となる**国際標準化に向けた取組**も重要。
- 水素の用途としては、**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**は純水素燃料電池や大規模水素発電による需要創出、**産業分野**は原料利用や熱源としての利用など、**多様なものが想定**。そのため、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**技術開発や需要を喚起する制度整備等**を通じて支援。

まとめ（続き）

- 加えて、個別の取組を組み合わせて**一体的に行うことがその相乗効果を引き出す上で重要**。具体的には、**大規模水素サプライチェーンと大型水素発電**や、**JHｙMを核とした車会社とインフラ会社の協業を通じたFCV普及拡大に向けた取組**など、プロジェクト・プレイヤー間の連携を促進していくことが必要不可欠。
- 最後に、社会実装初期には、長期の水素需要に不確実生が伴い、大規模なインフラ投資に踏みだしにくい側面がある。そのため、①臨海部等での大規模活用や、②水電解装置等を用いた自家消費、周辺利活用など、**既存インフラや隣接した需要と供給を最大限活用した社会実装モデルを創出**し、効率良く知見を蓄え、水素利用量の増大を図ることを目指す。こうした動きを、長期的な全国への水素普及を見据え、**国もグリーンイノベーション基金なども活用して、積極的に支援**していく。