

# ゼロカーボン構想が描く北海道のグリーン成長

東京工業大学 特命教授・名誉教授  
柏木 孝夫

1. カーボンニュートラルに対するこれまでの経緯と世界の動向
2. 第6次エネルギー基本計画の概要と水素への期待
3. 岸田政権の日本再興政策の骨子
4. グリーン成長戦略とG I 基金の動向
5. 産業構造の変化と北海道のカーボンマイナスアイランド構想

## 資料

- ・ 講演資料
- ・ 付録1 カーボンニュートラルに時代における水素政策の今後の方向性  
2022年2月 経済産業省 資源エネルギー庁 省エネルギー・新エネルギー部
- ・ 付録2 グリーンイノベーション基金事業の進捗状況について  
2021年11月26日 経済産業省

# 2050年カーボンニュートラル宣言・2030年排出削減目標・グリーンエネルギー戦略

- 菅前総理が、我が国が2050年にカーボンニュートラル（温室効果ガスの排出と吸収でネットゼロを意味する概念）を目指すことを宣言。
- 2021年4月の気候サミットで、菅前総理は、我が国が、2030年度において、温室効果ガスの2013年度からの46%削減を目指すこと、さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けていく決意を表明。
- 岸田総理は、2021年10月、カーボンニュートラルを実現に向け、グリーンエネルギー戦略の策定を表明。

## 2020年10月26日総理所信表明演説（抜粋）

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。

## 2021年4月22日総理スピーチ（抜粋）

地球規模の課題の解決に、我が国としても大きく踏み出します。2050年カーボンニュートラルと整合的で、野心的な目標として、我が国は、2030年度において、温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指します。さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けてまいります。

## 2022年1月17日 岸田総理施政方針演説（抜粋）

2030年度46%削減、2050年カーボンニュートラルの目標実現に向け、単に、エネルギー供給構造の変革だけでなく、産業構造、国民の暮らし、そして地域の在り方全般にわたる、経済社会全体の大変革に取り組みます。

どの様な分野で、いつまでに、どういう仕掛けで、どれくらいの投資を引き出すのか。経済社会変革の道筋を、グリーンエネルギー戦略として取りまとめ、お示しします。

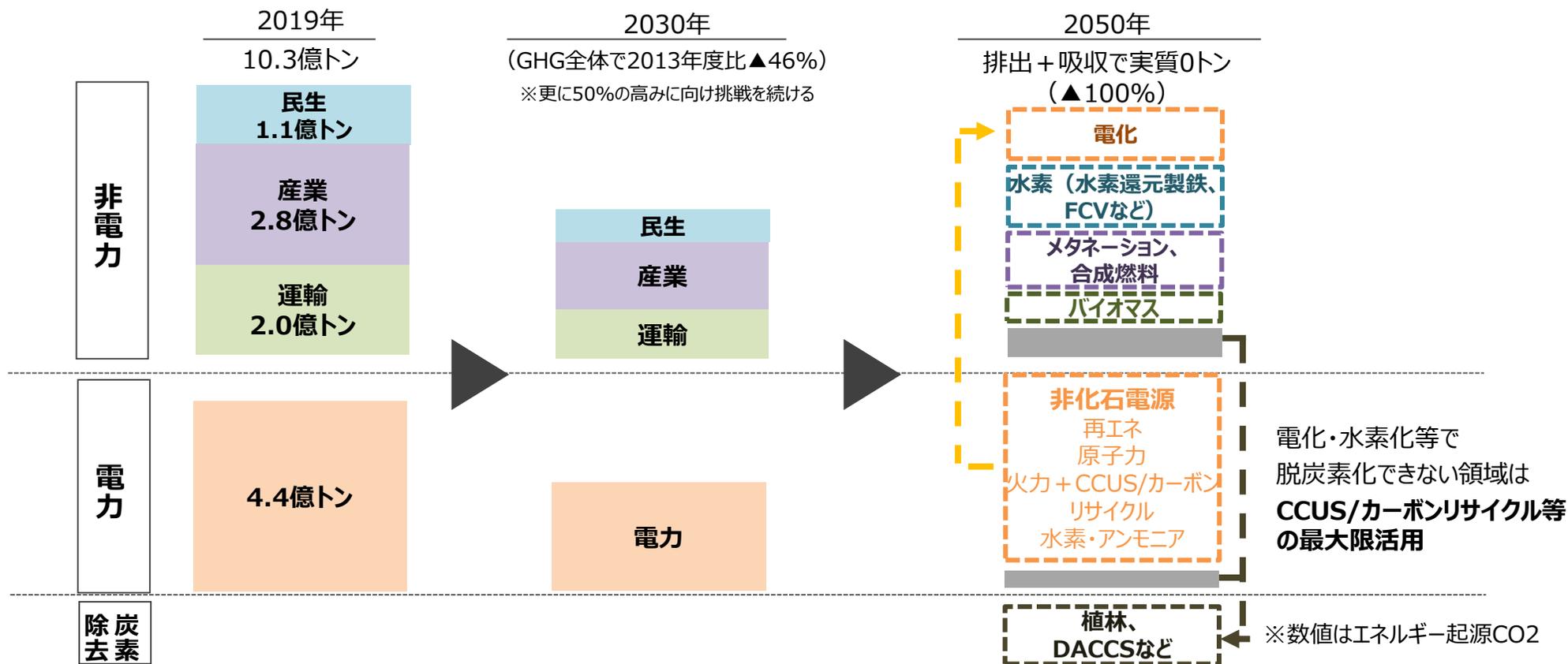
送配電インフラ、蓄電池、再エネはじめ水素・アンモニア、革新原子力、核融合など非炭素電源。需要側や、地域における脱炭素化、ライフスタイルの転換。資金調達の在り方。カーボンプライシング。多くの論点に方向性を見出していきます。

# 2030年に向けた主要国の排出目標

国名	従来目標	気候サミットを踏まえた排出目標
日本	2030年 <b>▲26% (2013年)</b> <2020年3月NDC提出>	<b>▲46% (2013年比)</b> を目指す、さらに <b>50%の高みに挑戦</b> と表明。
米国	2025年 <b>▲26~28% (2005年比)</b> <2016年9月NDC提出>	<b>▲50~52% (2005年比)</b> を表明。 ※上記目標のNDC提出済み
カナダ	2030年 <b>▲30% (2005年比)</b> <2017年5月NDC提出>	<b>▲40~45% (2005年比)</b> を表明
EU	2030年 <b>▲55% (1990年比)</b> <2020年12月NDC提出> ※引き上げ前は▲40% (1990年比)	目標の変更無し
英国	2030年 <b>▲68% (1990年比)</b> <2020年12月NDC提出> ※提出前はEUのNDCとして▲40% (1990年比)	<b>2035年に▲78% (1990年比)</b> を表明。 ※2030年目標の変更はなし。
韓国	2030年 <b>▲24.4% (2017年比)</b> <2020年12月NDC提出>	目標の変更無し。気候サミットにおいて、 <b>今年中のNDC引き上げを表明</b> 。
中国	<b>2030年までにピーク達成、GDP当たりCO2排出▲65%</b> (2005年比) <国連総会(2020年9月)、パリ協定5周年イベント (2020年12月) での表明>	目標の変更無し。 ※気候サミットでは、石炭消費の縮減を表明。

# カーボンニュートラルに向けたエネルギー政策の道筋

- 全部門を通じて、省エネの徹底。
- 次に電力の脱炭素化。そのため、①再エネは、最大限導入、②原子力は可能な限り依存度を低減しつつ安全最優先の再稼働、③水素、アンモニア、CCUS/カーボンリサイクルなど新たな選択肢を追求。
- 産業・民生・運輸（非電力）部門では、電化推進。熱需要には、水素化やCO2回収で脱炭素化を目指す。最終的に脱炭素化が困難な領域では、DACCSやBECCSなど炭素除去技術による対応も求められる。
- カーボンニュートラルへの道筋は、技術革新・社会変化など不確実性の道。目指すべき「ビジョン」と捉える。



# 2030年のエネルギー需給の見通し（第6次エネルギー基本計画）

- 今回の見通しは、2030年度の新たな削減目標を踏まえ、徹底した省エネルギーや非化石エネルギーの拡大を進める上での需給両面における様々な課題の克服を野心的に想定した場合に、どのようなエネルギー需給の見通しとなるかを示すもの。
- 今回の野心的な見通しに向けた施策の実施に当たっては、安定供給に支障が出ることのないよう、施策の強度、実施のタイミングなどは十分考慮する必要。（例えば、非化石電源が十分に導入される前の段階で、直ちに化石電源の抑制策を講じることになれば、電力の安定供給に支障が生じかねない。）

		(2019年 ⇒ 現行目標)	2030年ミックス (野心的な見通し)
<b>省エネ</b>		(1,655万kl ⇒ 5,030万kl)	<b>6,200万kl</b>
最終エネルギー消費（省エネ前）		(35,000万kl ⇒ 37,700万kl)	35,000万kl
<b>電源構成</b>  発電電力量： 10,650億kWh ⇒ 約9,340 億kWh程度	<b>再エネ</b>	(18% ⇒ 22~24%)	<b>36~38%*</b> ※現在取り組んでいる再生可能エネルギーの研究開発の成果の活用・実装が進んだ場合には、38%以上の高みを目指す。
	<b>水素・アンモニア</b>	( 0% ⇒ 0%)	
	<b>原子力</b>	( 6% ⇒ 20~22%)	
	<b>LNG</b>	(37% ⇒ 27%)	
	<b>石炭</b>	(32% ⇒ 26%)	
	<b>石油等</b>	( 7% ⇒ 3%)	
		太陽光 6.7% ⇒ 7.0% 風力 0.7% ⇒ 1.7% 地熱 0.3% ⇒ 1.0~1.1% 水力 7.8% ⇒ 8.8~9.2% バイオマス 2.6% ⇒ 3.7~4.6%	(再エネの内訳) 太陽光 14~16% 風力 5% 地熱 1% 水力 11% バイオマス 5%
<b>( + 非エネルギー起源ガス・吸収源 )</b>			
<b>温室効果ガス削減割合</b>		( 14% ⇒ 26%)	<b>46%</b> 更に50%の高みを目指す

# 2030年に向けた需要サイドの取組のポイント（第6次エネルギー基本計画）

## ● 徹底した省エネの更なる追求

- 産業部門では、エネルギー消費原単位の改善を促すベンチマーク指標や目標値の見直し、「省エネ技術戦略」の改定による省エネ技術開発・導入支援の強化などに取り組む。
- 業務・家庭部門では、2030年度以降に新築される住宅・建築物についてZEH・ZEB基準の水準の省エネ性能の確保を目指し、建築物省エネ法による省エネ基準適合義務化と基準引き上げ、建材・機器トップランナーの引き上げなどに取り組む。
- 運輸部門では、電動車・インフラの導入拡大、電池等の電動車関連技術・サプライチェーンの強化、荷主・輸送事業者が連携した貨物輸送全体の最適化に向け、AI・IoTなどの新技術の導入支援などに取り組む。

## ● 需要サイドにおけるエネルギー転換を後押しするための省エネ法改正を視野に入れた制度的対応の検討

- 化石エネルギーの使用の合理化を目的としている省エネ法について、非化石エネルギーも含むエネルギー全体の使用の合理化や、非化石エネルギーの導入拡大等を促す規制体系への見直しを検討。  
→事業者による非化石エネルギーの導入比率の向上や、供給サイドの変動に合わせたディマンドレスポンス等の需要の最適化を適切に評価する枠組みを構築。

## ● 蓄電池等の分散型エネルギーリソースの有効活用など二次エネルギー構造の高度化

- 蓄電池等の分散型エネルギーリソースを活用したアグリゲーションビジネスを推進するとともに、マイクログリッドの構築によって、地産地消による効率的なエネルギー利用、レジリエンス強化、地域活性化を促進。

# 熱需要の脱炭素化に向けた取組①

		脱炭素技術	克服すべき主な課題（※薄赤色のエリアは技術的なイノベーションが必要なもの）	コストパリティ	
電力部門	発電	再エネ	<ul style="list-style-type: none"> <li>導入拡大に向け、系統制約の克服、コスト低減、周辺環境との調和が課題</li> </ul> <small>*グリーン成長戦略[実行計画]①洋上風力産業②住宅・建築物産業/次世代太陽光産業</small>		
		原子力	<ul style="list-style-type: none"> <li>安全最優先の再稼働、安全性等に優れた炉の追求、継続した信頼回復が課題</li> </ul> <small>*グリーン成長戦略[実行計画]④原子力産業</small>		
		火力+CCUS/ カーボンリサイクル	<ul style="list-style-type: none"> <li>CO2回収技術の確立、回収CO2の用途拡大、CCSの適地開発、コスト低減が課題</li> </ul> <small>*グリーン成長戦略[実行計画]⑥カーボンリサイクル産業</small>		
		水素発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素専焼火力の技術開発、水素インフラの整備が課題</li> </ul> <small>*グリーン成長戦略[実行計画]③水素産業</small>		水素価格 約13円/Nm3
		アンモニア発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンモニア混焼率の向上、アンモニア専焼火力の技術開発が課題</li> </ul> <small>*グリーン成長戦略[実行計画]②燃料アンモニア産業</small>		
産業部門	熱・燃料	電化	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業用ヒートポンプ等電化設備のコスト低減、技術者の確保、より広い温度帯への対応が課題</li> </ul>	水素価格 約40円/Nm3	
		バイオマス活用 (主に紙・板紙業)	<ul style="list-style-type: none"> <li>黒液（パルプ製造工程で発生する廃液）、廃材のボイラ燃料利用の普及拡大に向け、燃料コストの低減が課題</li> </ul>		
		水素化 (メタネーション)	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素のボイラ燃料利用、水素バーナー技術の普及拡大に向け、設備のコスト低減、技術者の確保、水素インフラの整備が課題</li> </ul> <small>*グリーン成長戦略[実行計画]③水素産業</small>		
	アンモニア化	<ul style="list-style-type: none"> <li>火炎温度の高温化のためのアンモニアバーナー等の技術開発が課題</li> </ul> <small>*グリーン成長戦略[実行計画]②燃料アンモニア産業</small>			
	製造プロセス (鉄鋼・セメント・ コンクリート・ 化学品)	鉄： 水素還元製鉄	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素による還元を実現するために、水素による吸熱反応の克服、安価・大量の水素供給が課題</li> </ul> <small>*グリーン成長戦略[実行計画]③水素産業</small>		水素価格 約8円/Nm3
		セメント・ コンクリート： CO2吸収型 コンクリート	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造工程で生じるCO2のセメント原料活用（石灰石代替）の要素技術開発が課題。</li> <li>防錆性能を持つCO2吸収型コンクリート（骨材としてCO2を利用）の開発・用途拡大、スケールアップによるコスト低減。</li> </ul> <small>*グリーン成長戦略[実行計画]⑥カーボンリサイクル産業</small>		
化学品： 人工光合成		<ul style="list-style-type: none"> <li>変換効率を高める光触媒等の研究開発、大規模化によるコスト低減が課題</li> </ul> <small>*グリーン成長戦略[実行計画]⑥カーボンリサイクル産業</small>			

※ 主なエネルギー起源CO2を対象に整理、製造業における工業プロセスのCO2排出も対象  
コストパリティは既存の主要技術を対象に燃料費のパリティ水準を算出

\*水素発電のパリティはLNG価格が10MMBtuの場合、水素還元製鉄は第11回CO2フリー水素WGの資料より抜粋(100kW級の純水素FCで系統電力+ボイラーを置換)

# 熱需要の脱炭素化に向けた取組②

## 脱炭素技術

## 克服すべき主な課題

※薄赤色のエリアは技術的なイノベーションが必要なもの

## コストパリティ

民生部門	熱・燃料	脱炭素技術	克服すべき主な課題	コストパリティ
運輸部門	燃料 (乗用車・トラック・バスなど)	電化	<ul style="list-style-type: none"> <li>エコキュート、IHコンロやオール電化住宅、ZEH、ZEB等を更に普及させるため、設備コスト低減が課題 <small>* グリーン成長戦略「実行計画」②住宅・建築物/次世代型太陽光産業</small></li> </ul>	電力価格 約10~30円/kWh  水素価格 約90円/Nm3
		水素化	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素燃料電池の導入拡大に向けて、設備コスト低減、水素インフラの整備が課題 <small>* グリーン成長戦略「実行計画」③水素産業</small></li> </ul>	
		メタネーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>メタネーション設備の大型化のための技術開発が課題</li> </ul>	
	燃料 (船・航空機・鉄道)	EV	<ul style="list-style-type: none"> <li>導入拡大に向け、車種の拡充、設備コストの低減、充電インフラの整備、充電時間の削減、次世代蓄電池の技術確立が課題 <small>* グリーン成長戦略「実行計画」⑤自動車・蓄電池産業</small></li> </ul>	
		FCV	<ul style="list-style-type: none"> <li>導入拡大に向け、車種の拡充、設備コストの低減、水素インフラの整備が課題 <small>* グリーン成長戦略「実行計画」⑤自動車・蓄電池産業</small></li> </ul>	
		合成燃料 (e-fuel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量生産、コスト削減を実現する燃料製造方法等の技術開発が課題 <small>* グリーン成長戦略「実行計画」⑤自動車・蓄電池産業</small></li> </ul>	
燃料 (船・航空機・鉄道)	バイオジェット燃料/ 合成燃料 (e-fuel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量生産、コスト削減を実現する燃料製造方法等の技術開発が課題 <small>* グリーン成長戦略「実行計画」⑩航空機産業</small></li> </ul>		
	水素化	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料電池船、燃料電池電車の製造技術の確立、インフラ整備が課題 <small>* グリーン成長戦略「実行計画」③水素産業⑦船舶産業⑩航空機産業</small></li> </ul>		
炭素除去	DACCS、BECCS、植林	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料アンモニア</li> <li>DACCS : エネルギー消費量、コスト低減が課題</li> <li>BECCS : バイオマスの量的制約の克服が課題</li> <li>※CCSの適地開発、コスト低減は双方共通の課題 <small>* グリーン成長戦略「実行計画」⑩カーボンサイクル産業</small></li> </ul>		

\*DACCS : Direct Air Carbon Capture and Storage、 BECCS : Bio-energy with Carbon Capture and Storage

\*\*ガソリン自動車との比較。ガソリン価格が142.8円/Lの時を想定 (詳細は第11回CO2フリー水素WGの資料を参照)

# 今後の水素政策のポイントと5つの戦略領域

- 水素の社会実装を加速化するためには、供給と需要に関する5つの戦略分野において、**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**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

①水電解装置

②国際水素サプライチェーン  
(水素運搬船等)

③輸送部門  
(FCV・商用車・船舶等)

④大規模水素発電  
(混焼、専焼)

⑤産業部門での燃料・原料利用

# 今後の水素分野のロードマップ（水素の供給／需要拡大の道筋）

供給サイド	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・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
需要サイド	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

# 水素技術をベースにした多様な脱炭素燃料

- 最適な運搬方法は、運搬距離や量、用途等により左右されるが、主要な特性は以下のとおり。
- MCH・アンモニア・メタネーションはサプライチェーンの大部分で**既存インフラを活用できることが強み**であり、早期のサプライチェーン構築が見込めるが、**消費エネルギーは液化水素が潜在的には最も低くなる**見込みで、高純度化も容易。

	液化水素	有機ハイドライド (MCH)	アンモニア	メタネーション
体積(対常温常圧水素)	約1/800	約1/500	約1/1300	約1/600
状態・毒性	液体(-253℃、常圧) 毒性無	液体(常温常圧) トルエンは毒性有	液体(-33℃、常圧等) 毒性、腐食性有	液体(-162℃、常圧) 毒性無
高純度化*	高純度化が容易 (追加設備不要)	高純度化には追加設備が必要		
特性変化時の消費エネルギー(水素比率)	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 ※将来はデータ無し	現在:-32% ※反応熱の有効利用で引き下げ余地有
技術的成熟度	<ul style="list-style-type: none"> <li>国際運搬用の、大規模液化機、運搬船等は要技術開発</li> <li>液化水素ローリー等の国内運搬設備は現在も利用し成熟</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素化・脱水素プラントは今年度で実証完了</li> <li>国内外運搬には既存インフラ利用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>脱水素設備以外成熟</li> <li>国内外の既存サプライチェーン利用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内外で実証試験が実施</li> <li>国内外の既存サプライチェーン利用可能</li> </ul>

## 岸田総理所信表明演説（第205回国会における所信表明演説）（抄）

- 新しい資本主義を実現していく車の両輪は、成長戦略と分配戦略です。まず、**成長戦略の第1の柱は、科学技術立国の実現**です。学部や修士・博士課程の再編、拡充など科学技術分野の人材育成を促進します。世界最高水準の研究大学を形成するため、**10兆円規模の大学ファンドを年度内に設置**します。デジタル、グリーン、人工知能、量子、バイオ、宇宙など先端科学技術の研究開発に大胆な投資を行います。民間企業が行う未来への投資を全力で応援する税制を実現していきます。
- 第2の柱 デジタル田園都市国家構想
- **第3の柱は、経済安全保障**です。新たに設けた担当大臣の下、戦略物資の確保や技術流出の防止に向けた取組を進め、自律的な経済構造を実現します。強靱なサプライチェーンを構築し、我が国の経済安全保障を推進するための法案を策定します。
- 第4の柱 人生百年時代の不安解消



目指す社会像 = Society 5.0の実現  
(第6期科学技術・イノベーション基本計画)



## 科学技術立国実現に向けた3つの戦略

1 知の基盤強化と人材育成強化

科学技術・イノベーションの源泉創出

2 先端科学技術の戦略的な推進

「勝ち筋」となる技術を育てる

3 イノベーション・エコシステムの形成

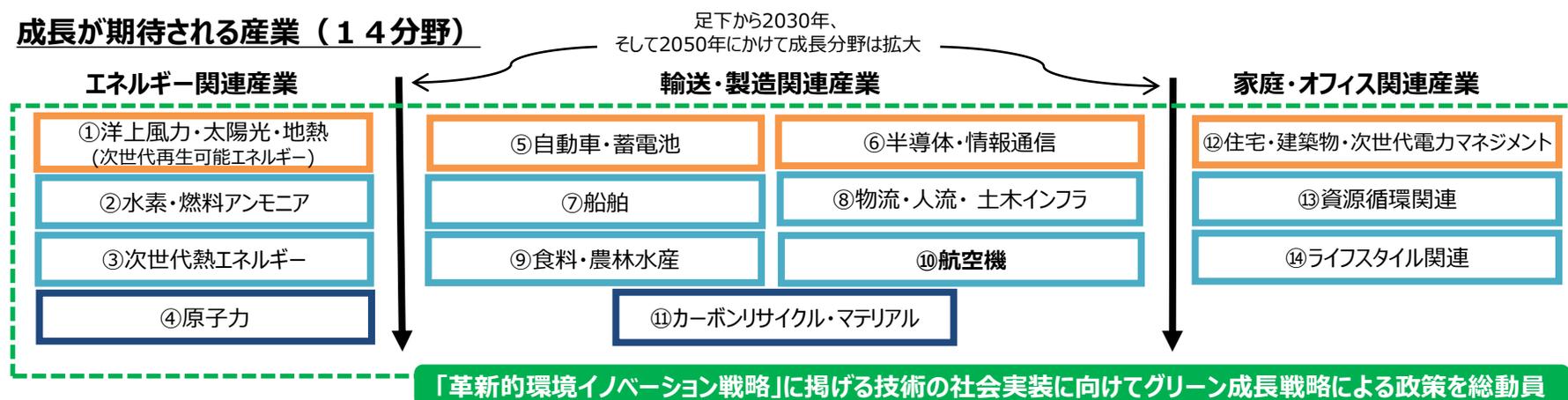
科学技術・イノベーションの恩恵を  
国民や地域に届ける

科学技術・イノベーションによる「成長」と「分配」の好循環の実現  
(新しい資本主義、デジタル田園都市構想)

# 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

- **企業の現預金（240兆円）を投資に向かわせる**ため、意欲的な目標を設定。予算、税、規制・標準化、民間の資金誘導など、**政策ツールを総動員**。グローバル市場や世界のESG投資（3,000兆円）を意識し、**国際連携**を推進。
- 2050年カーボンニュートラルを見据えた**技術開発から足下の設備投資まで**、企業ニーズをカバー。**規制改革、標準化、金融市場を通じた需要創出と民間投資拡大を通じた価格低減**に政策の重点。
  - 予算（高い目標を目指した、**長期にわたる技術の開発・実証**を、10年間で2兆円の**グリーンイノベーション基金**で支援）

## 成長が期待される産業（14分野）



# 産業構造の変化：変わる産業の基盤

DX(デジタル・トランスフォーメーション)

20世紀

21世紀

CN(カーボン・ニュートラル)

石油



(産業のコメと言われた)

鉄鋼



直線型経済

原料 → 生産 → 消費 → 廃棄

(日本の代表産業と言われた自動車)

ガソリン車



データ



半導体



循環型経済



EV(電気自動車)



・産業構造  
・国民生活

が一変

人々に求められる素養も変化

# 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

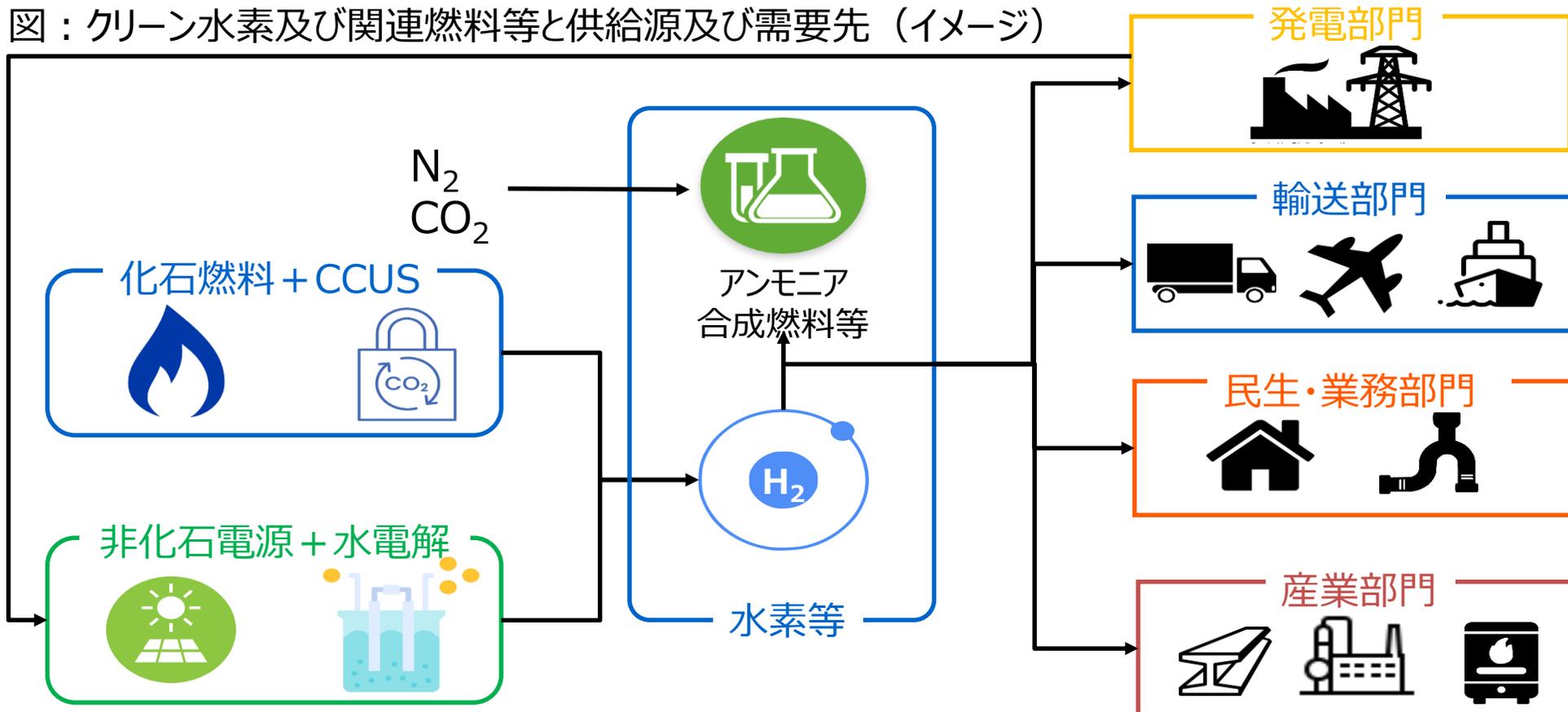
2022年2月

経済産業省 資源エネルギー庁  
省エネルギー・新エネルギー部

# カーボンニュートラルに必要な不可欠な水素

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

図：クリーン水素及び関連燃料等と供給源及び需要先（イメージ）



# 水素分野における戦略等の策定状況について

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

## 国内外の情勢変化等について

2017年12月  
水素基本戦略策定

2019～2020年  
各国水素戦略策定  
及び、経済対策で  
水素に注力

2020年10月  
菅総理による  
2050年CN宣言

2020年12月  
グリーン成長戦略策定  
(水素の位置付)

2021年～  
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/Nm<sup>3</sup>) → 2030年(30円/Nm<sup>3</sup>) → 2050年(20円/Nm<sup>3</sup>以下)

# 今後の水素政策の方向性

- 水素の社会実装を加速化するためには、**日本が強みを発揮できる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。

## 日本が強みを発揮できる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

## 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

# 再エネ由来水素の利活用（水電解装置）

- 水電解装置は、2050年のカーボンニュートラルの実現に向けて、①再エネの**大量導入時に安価な余剰再エネ等を活用（国産再エネ由来水素の確保）**し、②**非電力部門の脱炭素化を進める**ことが重要。
- EUでは、2030年40GWと、各国で積極的な導入姿勢（国内最大の**福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）4,000基分**（※））。
- こうした新市場を日本の電解装置がしっかり確保していくよう、コスト低減を図るべく、グリーンイノベーション基金等で**技術開発・実証**を支援。

（※）水素製造量年間200トン。FCV約2000台に相当。

## 福島水素エネルギー研究フィールド(FH2R)における実証（東芝・旭化成等）

- 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**



外観

（出典）東芝エネルギーシステムズ（株）

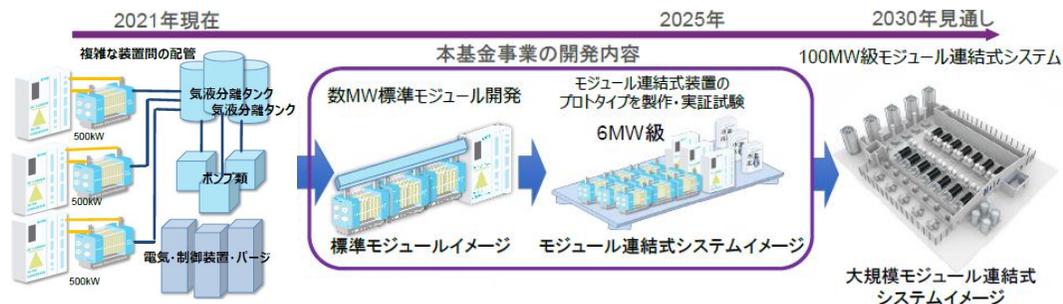


10MWの水電解装置

（出典）旭化成（株）

## GI基金での技術開発例（日立造船、東レ等）

システムコスト削減に必要な**大型化**を、各種機器の**モジュール化**とともに進めることで、**2030年に欧州等と遜色ないコスト水準（6.5万円/kW）**を目指す。

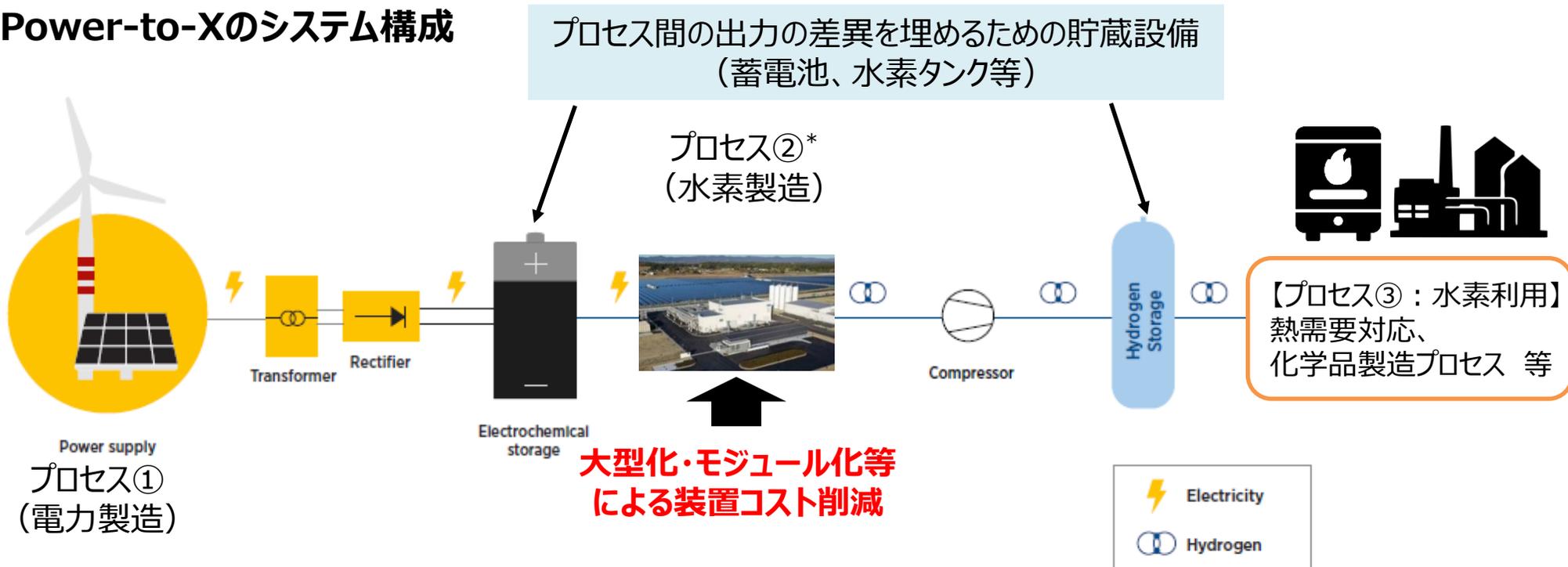


（出典）山梨県企業局等

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

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

## Power-to-Xのシステム構成



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

\*写真は福島水素エネルギー研究フィールド（イメージ）

# 国際水素サプライチェーンの構築①：液化水素

ハイストラ

- 液化水素による国際輸送実証を実施中（実施主体：川崎重工等による技術組合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。
- ①豪州において褐炭から水素を製造、②液化基地で液化水素にし、③日本（神戸）の荷役基地まで輸送する。世界初の液化水素による水素の大規模海上輸送となる予定。
- 今後、GI基金も活用し、陸上タンクや輸送船の大型化や水素発電と組み合わせたサプライチェーンの構築実証を実施。

## 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



出典:HySTRA

②豪州液化基地  
の完成  
2020.6



出典:Hydrogen Engineering Australia

③神戸荷役基地  
の完成  
2020.6



出典:HySTRA

# 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）

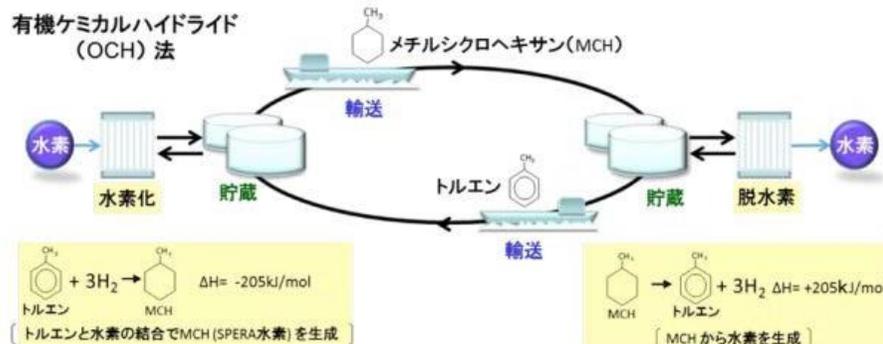
- MCHによる国際輸送実証を実施中（実施主体：千代田化工等による技術組合“<sup>アヘッド</sup>AHEAD”）。
- ①ブルネイにおいて天然ガスから水素を製造、②水素化プラントでMCHに変換し、③日本（川崎）の脱水素プラントで水素に変換。同年5月に世界初となる国際輸送の実証開始。
- 今後、GI基金も活用し、MCHから水素を分離する工程（脱水素工程）で既存製油所設備を活用するための技術開発や、水素発電と組み合わせたサプライチェーンの構築実証を実施。

## 竣工した水素化・脱炭素プラント

水素化プラント（ブルネイ）



脱水素プラント（日本・川崎）



## 各国と日本企業の新たな動き

### 豪州

- 水素源：太陽光、風力（グリーン水素）
- プレイヤー：ENEOS（日）、FMG（豪）
- ※ FMGは豪州の鉄鋼・エネルギー総合会社
- 現状：MOC締結後、FSを実施中

### マレーシア

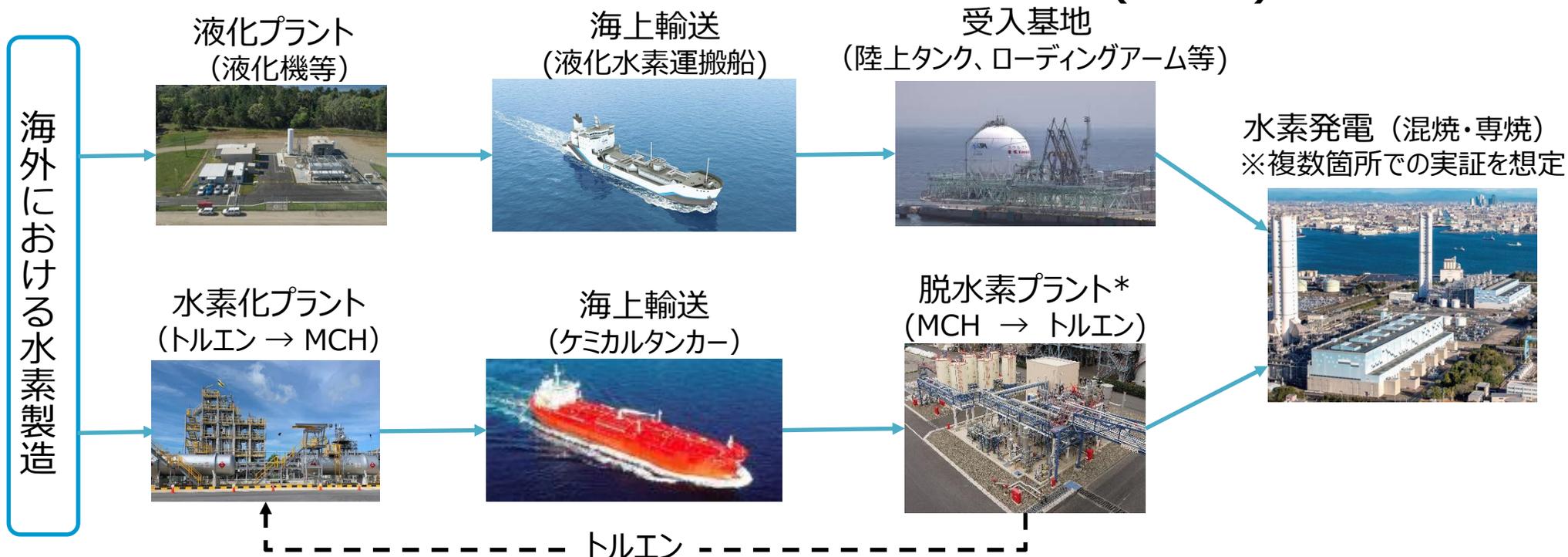
- 水素源：石化工場（副生水素）
- プレイヤー：ENEOS（日）、ペトロナス（マ）
- ※ ペトロナスは国営石油・石油化学会社
- 現状：MOC締結後、FSを実施中

**海外における操業リスクが伴い、  
政府系機関によるリスクマネー供給が必要**

# GI基金：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/Nm<sup>3</sup>、2050年に20円/Nm<sup>3</sup>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

# 輸送部門における水素利用

- FCVは現状6600台導入。水素STは整備中含め169箇所整備。引き続き**FCVの導入に向けて、規制改革、技術開発、ステーションの戦略的整備**を三位一体で推進。
- **トラックをはじめとする商用車や船舶**なども、長い走行・航続距離を達成する等の観点から、**水素やアンモニア（燃料電池、エンジン）の活用が期待**されている。
- モビリティではスペースが限られていることから、**小型・高出力な燃料電池、燃焼効率の高いエンジンやスペース効率の高い燃料タンク等の開発や実証等を今後支援**するとともに、**大規模充填能力を有するインフラ整備**も行っていく。

## FCV・水素ステーション整備

2020年末発売の新型「MIRAI」



全国：約6600台普及



全国：169箇所（開所：155箇所）

## FCトラック

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



### 【水素利用量(大トラ)】

- 乗用車(MIRAI)の約80倍

### 【普及に向けた課題】

- 安価な水素供給（ディーゼル代替）
- 大型ステーション整備

## 船舶分野



小型・近距離  
→ 燃料電池船



大型・遠距離  
→ 水素ガス燃料船

# (参考) 地域特性や状況変化等に合わせた戦略的整備

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

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

黎明期  
ST密度小

水素モビリティ需要・水素STの基数

需要拡大期  
ST密集化



移動式、小型水素ST\*  
(対応可能台数：1～2台/h)

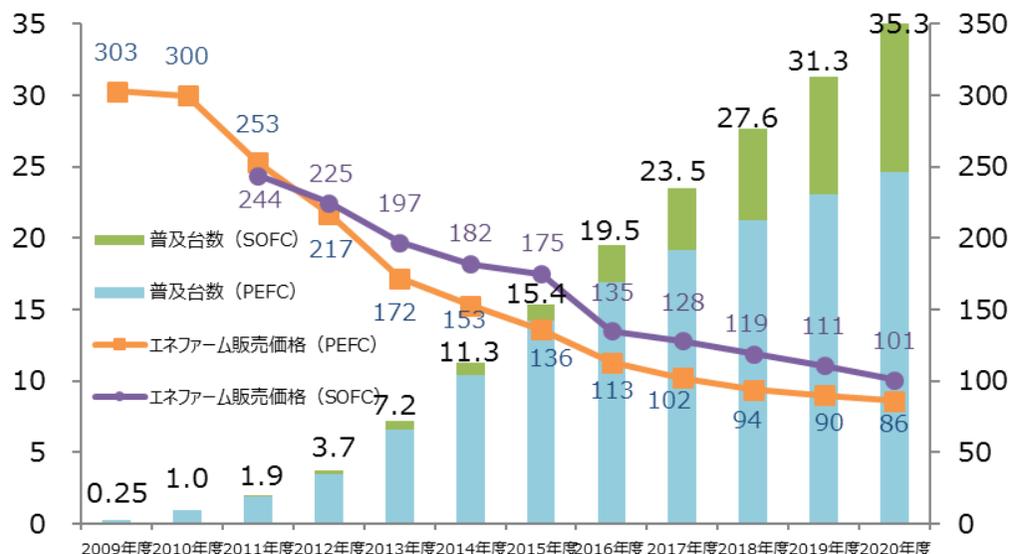
中規模水素ST  
(ピーク対応可能台数\*\*：5台/h以上)

大規模水素ST  
(ピーク対応可能台数\*\*：10台/h以上)

# 発電部門における水素利用①（定置用燃料電池）

- 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**40万台以上が普及**しており、販売価格も、PEFCの場合、販売開始時の300万円超から、**100万円を切る水準まで低下**。
- 今後、部品点数の削減などに向けた更なる技術開発を進め、**一層のコスト削減を目指す**だけでなく、電力系統において供給力・調整力として活用する実証等、**燃料電池の持つポテンシャルを最大限活用出来る環境整備**を支援。

## 普及台数と販売価格の推移



## 家庭用燃料電池の製品

メーカー	パナソニック	アイシン	京セラ
タイプ	PEFC	SOFC	SOFC
外観			
出力	700W	700W	400W
発電効率 (LHV)	40%	55%	47%
総合効率 (LHV)	97%	87%	80%

PEFC（固体高分子形）：廃熱回収効率が高く起動停止が比較的容易  
 SOFC（固体酸化物形）：発電効率が高く小型

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

## 発電部門における水素利用②（大規模水素発電）

- 水素発電の社会実装には、混焼、専焼とも、①天然ガスより燃えやすい水素の特性に対応した燃烧器の開発と、②実際のタービンでの長期安定運転の検証を行う必要がある。
- 小型の水素発電においては、既に専焼においても実機での検証まで終了。他方、大型については、混焼は燃烧器の開発を終了し、専焼は開発中。
- 今後は、GI基金を活用し、残された技術開発を完了することで、国内外での普及を加速する。

国際水素サプライチェーンと一体的にGI基金で実施予定  
(実施者：JERA、関西電力、ENEOS)

### 【水素タービンの技術開発動向】

	混焼(10%)	専焼
大規模タービン(1万kW～) メーカー：三菱重工	①燃烧器開発：完 ②実機運転実証：未完	①燃烧器開発：未完 ②実機運転実証：未完
小規模タービン(～1万kW) メーカー：川崎重工	①燃烧器開発：完 ②実機運転実証：完	

### 【世界の水素発電の主な動き（日本企業の受注）】



#### 蘭マグナム

出力：44万kW

運転開始：2027年

備考：当初から専焼発電を志向



#### 米ユタ州

出力：84万kW

運転開始：2025年

備考：当初は混焼で開始、2045年頃に専焼化することを目指す

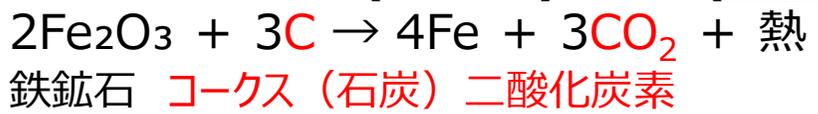
# 産業部門での原料・燃料利用

- 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）



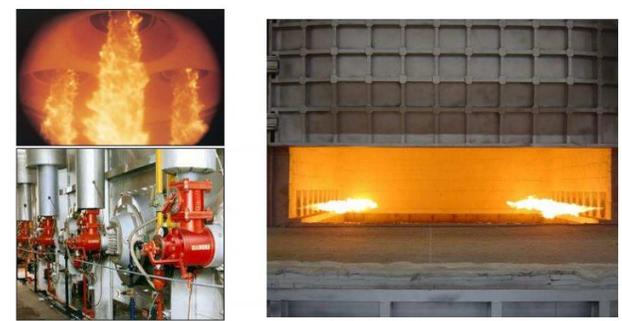
### 【普及のための課題例】

- 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/Nm<sup>3</sup> (※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<sub>x</sub> 排出量の増加
  - 火炎輻射が弱い
- 機器側の技術開発による対応  
or メタネーション等の燃料合成による対応

# カーボンニュートラルまでの水素分野のロードマップ（水素の供給／需要の拡大の道筋）

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

# グリーンイノベーション基金事業の 進捗状況について

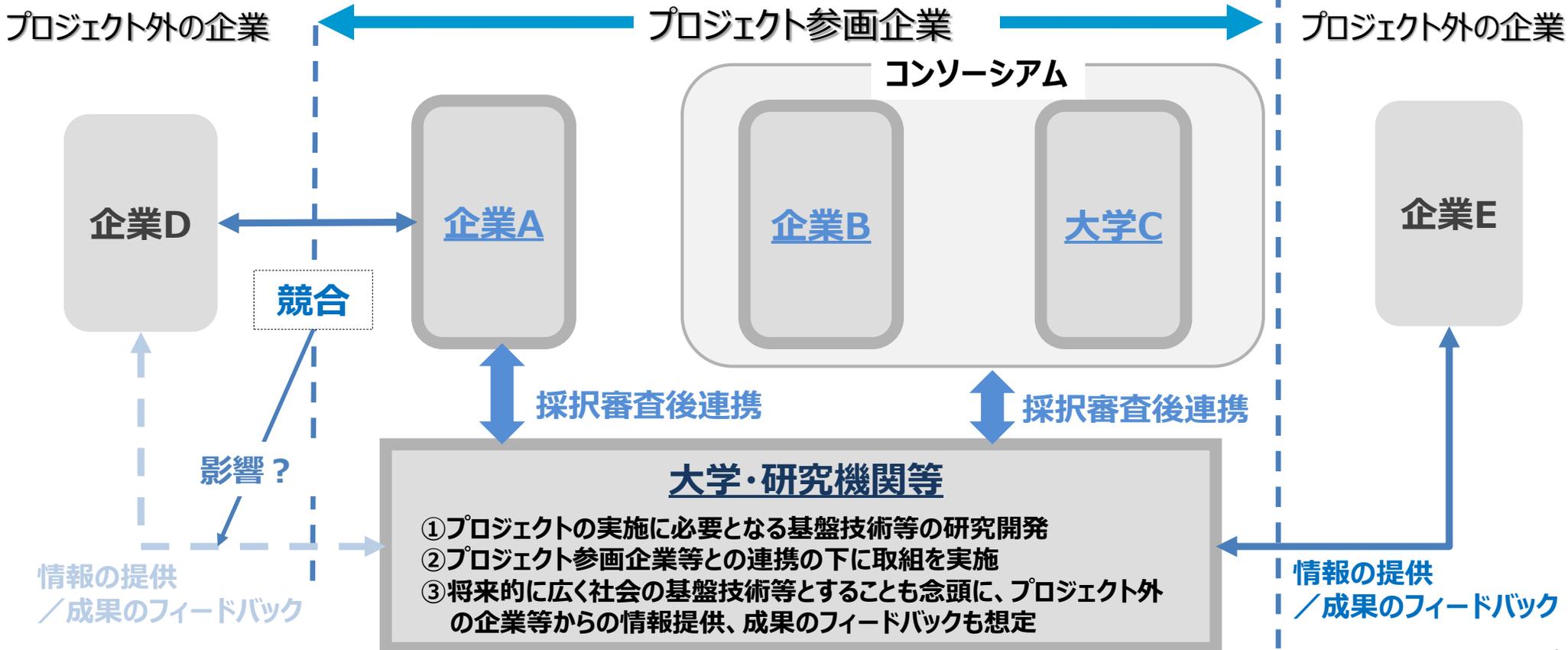
令和3年11月26日

経済産業省

# 1. 基金事業の実施主体に関する整理①

- プロジェクトの実施に必要な基盤技術等の研究開発に、大学や研究機関等が参画する場合は、プロジェクト参画企業等からの再委託又はコンソーシアムの参加者の形態をとるのが原則。
- ただし、大学や研究機関等に上述の形態をとることを求めた場合、プロジェクト外の企業等（例えば企業D）との連携が望ましいケースであっても、情報の流出等をおそれて、連携を忌避してしまう可能性あり。
- このようなケースでは、プロジェクト参画企業等と採択審査後に連携することを要件として、例外的に大学及び研究機関等による単独での応募を認めることと整理。

## 【大学及び研究機関等による単独での応募を認めるケース（例示）】



※NEDOは、太枠・下線の付された主体と契約

# 1. 基金事業の実施主体に関する整理②

＜基本方針 変更箇所 一部抜粋＞

## 3. 支援対象

### (5) 実施主体

研究開発に留まらず、社会実装までを視野に入れた事業であるため、プロジェクトの主たる実施者は、企業等、収益事業の担い手（以下「企業等」という。）とする。企業等への支出が過半を占める必要があるが、社会実装に必要な技術開発を行う、再委託先やコンソーシアムの参加者として、大学、研究機関、技術組合の参画も想定する。ただし、プロジェクトの実施に当たって必要となる共通基盤技術の開発等に限っては、採択後実施企業等と連携することを要件として、大学や研究機関等のみで応募することも可とする。（このように応募する者を以下「単独応募の研究機関等」という。）この場合、当該方式で採択された大学や研究機関等の代表者<sup>8</sup>は、後述のWGにおける実施企業等の経営者との対話の場に出席し取組状況について説明を行うこととし、実施企業等の関連する取組の全てが中止となる場合には、それと連携する大学や研究機関等の取組も中止する。

## 2. T R L 等に応じた官民の役割分担のあり方①

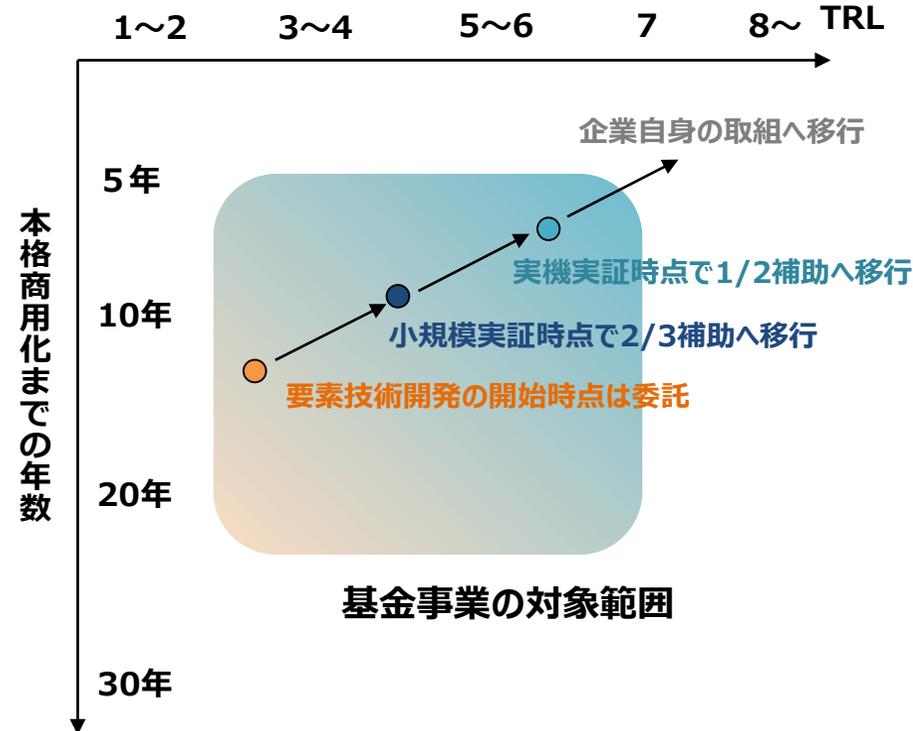
- グリーンイノベーション基金（以下「基金事業」という。）において、プロジェクト実施企業等の経営者のコミットメントを効果的に引き出しつつ、プロジェクトの成果を最大化していくため、以下の考え方に基づき、研究開発項目ごとに、基金による支援の要否、委託事業又は補助事業の棲み分け、補助事業の場合の補助率等を決定する。
- 原則として、TRL4（Technology Readiness Level）※以上を基金事業の主な対象とする。ただし、目標とする研究開発成果が達成された際に、研究開発を行ったプロジェクト実施企業等が自ら、又は研究開発を実施する研究機関と連携するプロジェクト実施企業等が、当該成果を用いて社会実装に取り組むことをコミットする場合は、T R L 3を対象とすることもあり得る。
  - I E AにおけるT R L（別表）に準拠し、有識者のチェックにより妥当性を確認する。
  - ただし書きにあるような研究開発項目を含める場合には、採択審査におけるWG委員による審査で応募者のコミットメントを厳格に確認するとともに、事業としても最小限の金額で開始することとし、ステージゲート等を適切に設定することで、技術面の可能性をしっかりと見極めることとする。
- グリーンイノベーション基金事業の基本方針における、「実施者が非実施者よりも裨益する見込みが大きい研究開発事業は、原則、補助事業にて実施し、委託事業は、①事業化まで10年以上を要する等、事業性が予測できない革新的技術開発、②実施者自身の裨益が小さい協調領域・基盤領域の研究・評価・分析・調査、のいずれかの場合に認められる」が基本的な考え方とする。
- 委託事業又は補助事業（補助率）の判断は、機械的な当てはめではなく、事業の性質（リスク及びリターン）も踏まえつつ、TRL、商用化予定時期、必要なスケール・コスト水準、関連する市場規模等の情報も勘案しながら総合的に判断する。
- 社会実装を目指していくため、プロジェクトの進展に合わせて補助事業へと移行することを基本とし、事業リスク等を踏まえた補助率の逡減により実施者のコミットメントを高める。
- その上で、プロジェクトの進捗や市場・技術の動向を見つつ、プロジェクトごとに設定されたステージゲートのタイミングにおいて、柔軟に補助率を見直していく。

## 2. T R L 等に応じた官民の役割分担のあり方②

### 【 I E Aにおける T R L の定義と仮訳】

TRL 1	<b>Initial idea:</b> basic principles have been defined 基本原理・現象の解明
TRL 2	<b>Application formulated:</b> concept and application of solution have been formulated 原理・現象の定式化
TRL 3	<b>Concept needs validation:</b> solution needs to be prototyped and applied 技術コンセプトの実験的な証明
TRL 4	<b>Early prototype:</b> prototype proven in test conditions 試験環境下での初期プロトタイプ実証
TRL 5	<b>Large prototype:</b> components proven in conditions to be deployed 想定使用環境下での機能別大型プロトタイプ実証
TRL 6	<b>Full prototype at scale:</b> prototype proven at scale in conditions to be deployed 想定使用環境下での統合プロトタイプ実証
TRL 7	<b>Pre-commercial demonstration:</b> solution working in expected conditions 商用前実証によるソリューション検証
TRL 8	<b>First-of-a-kind commercial:</b> commercial demonstration, full-scale deployment in final form 実機での初期的商用稼働
TRL 9	<b>Commercial operation in relevant environment:</b> solution is commercially available, needs evolutionary improvement to stay competitive 実環境下での商用稼働
TRL 10	<b>Integration at scale:</b> solution is commercial but needs further integration efforts 他要素との大規模統合
TRL 11	<b>Proof of stability:</b> predictable growth 安定性の証明

### 【官民役割分担のイメージ（例）】



(出典) I E A の H P (<https://www.iea.org/reports/innovation-gaps>) 及び  
J S T 研究開発戦略センター 海外調査報告書「主要国における橋渡し研究基盤整備の支援」  
(<https://www.jst.go.jp/crds/report/CRDS-FY2015-OR-03.html>) を参照して経済産業省で作成

# 3. グリーンイノベーション基金プロジェクトの進捗状況

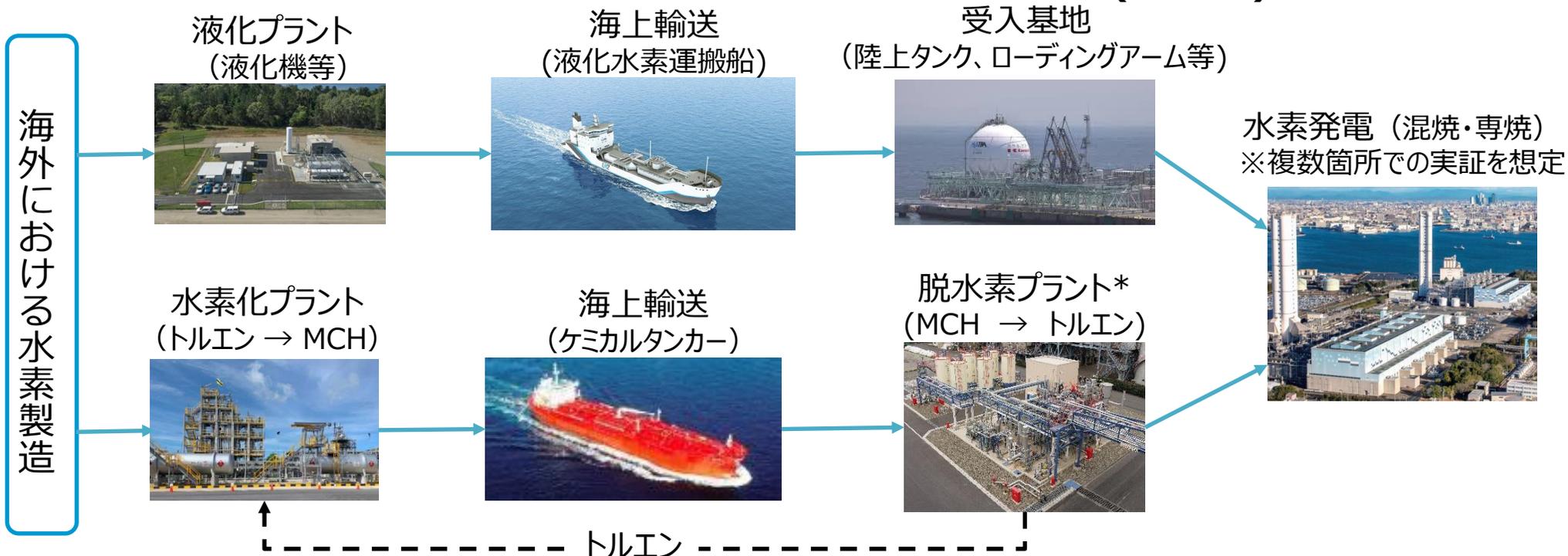
(11/26時点)

分野	プロジェクト名	① WG準備	② WG 1回目	③ WG 2回目	④ 公募	⑤ 採択	予算規模 (億円)
WG1	①洋上風力発電の低コスト化	済	済 (6/23)	済 (8/31)	10/1~11/15	審査中	1,195
	②次世代型太陽電池の開発	済	済 (6/23)	済 (8/31)	10/1~11/15	審査中	498
WG2	③大規模水素サプライチェーンの構築	済	済 (4/15)	済 (4/28)	5/18~7/1	済 (8/26)	3,000
	④再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造	済	済 (4/15)	済 (4/28)	5/18~7/1	済 (8/26)	700
	⑤製鉄プロセスにおける水素活用	済	済 (6/22)	済 (8/24)	9/15~11/11	審査中	1,935
	⑥燃料アンモニアサプライチェーンの構築	済	済 (6/22)	済 (8/24)	9/15~11/11	審査中	688
	⑦CO <sub>2</sub> 等を用いたプラスチック原料製造技術開発	済	済 (7/15)	済 (9/13)	10/15~11/29	未定	1,262
	⑧CO <sub>2</sub> 等を用いた燃料製造技術開発	済	済 (10/21)	調整中	未定	未定	調整中
	⑨CO <sub>2</sub> を用いたコンクリート等製造技術開発	済	済 (7/15)	済 (9/13)	10/15~11/29	未定	567.8
	⑩CO <sub>2</sub> の分離・回収等技術開発	済	済 (9/13)	調整中	未定	未定	調整中
	⑪廃棄物処理のCO <sub>2</sub> の削減技術開発	実施中	未定	未定	未定	未定	調整中
WG3	⑫次世代蓄電池・次世代モータの開発	済	済 (7/30)	済 (10/26)	11/11~1/6	未定	1,510
	⑬電動車等省エネ化のための車載コンピューティング・シミュレーション技術の開発	済	済 (10/26)	調整中	未定	未定	調整中
	⑭スマートモビリティ社会の構築	済	済 (10/26)	調整中	未定	未定	調整中
	⑮次世代デジタルインフラの構築	済	済 (7/30)	済 (10/1)	10/19~12/3	未定	1,410
	⑯次世代航空機の開発	済	済 (5/24)	済 (7/8)	7/19~9/16	済 (11/5)	210.8
	⑰次世代船舶の開発	済	済 (5/24)	済 (7/8)	7/19~9/6	済 (10/26)	350
	⑱食料・農林水産業のCO <sub>2</sub> 削減・吸収技術の開発	実施中	未定	未定	未定	未定	調整中

# 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/Nm<sup>3</sup>、2050年に20円/Nm<sup>3</sup>以下（化石燃料と同等程度）とすることを旨とする。

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



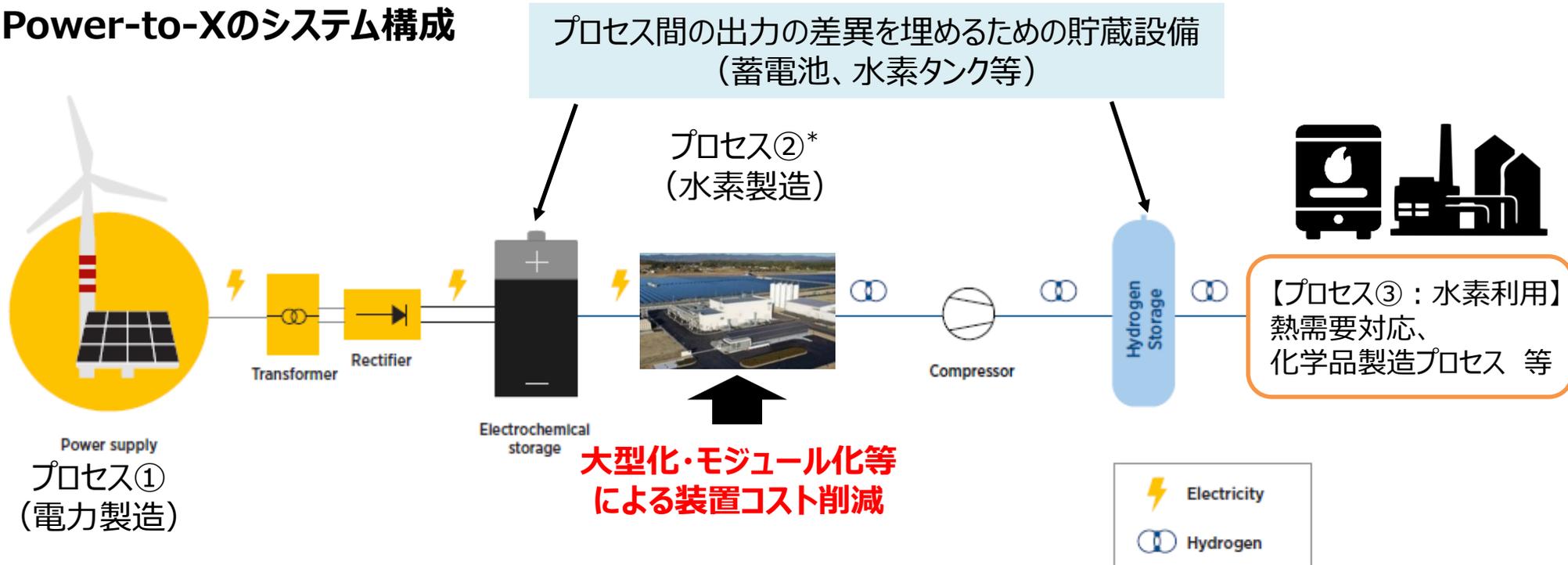
\*製油所等、既存設備を最大限活用することを想定

出典：HySTRA、AHEAD、各社HPより資源エネルギー庁作成

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

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

## Power-to-Xのシステム構成



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

\*写真は福島水素エネルギー研究フィールド（イメージ）

# 次世代航空機の開発（国費負担額：上限210.8億円）

- 航空機分野では、温室効果ガス低減に関する国際的な合意目標が存在。
  - 2020年以降、国際航空における温室効果ガスの総量を増加させない（国際民間航空機関（ICAO））
  - 2050年時点で2005年比半減させる（国際運送協会（IATA））
- カーボンニュートラル社会の実現に向けて、航空機分野においては、SAF(持続可能な航空燃料) と合わせ、機体側としては更なる機体軽量化・エンジン効率化・電動化・水素航空機の開発等を組み合わせた野心的なイノベーションが必要。
- 機体全体の開発は欧米OEMメーカー（ボーイング、エアバス）が主導。我が国としては、既に支援を開始している軽量化や電動化技術に加え、当該基金において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。



欧米OEMメーカーが発表している将来機コンセプト

## 技術課題

### <エンジン燃焼器>

- 水素特有の逆火やNOxの問題の解決が必要。特に航空機は燃焼器入口温度が高くなるため、NOx低減が重要。  
⇒水素燃焼方式・燃焼器材料・冷却技術等の研究開発に取り組む。

### <水素燃料貯蔵タンク>

- 液化水素を必要量搭載する、ジェット燃料の約4倍の体積が必要になる。航空機として機能させるため、飛躍的な軽量化が必要。また、極低温燃料への対応・気密性・安全性も両立させなくてはならない。  
⇒上記を両立するタンク材料の研究開発に取り組む。

### <機体設計構想、機材構造複雑形状への対応>

- 上記のとおりタンクの体積の問題等、水素航空機の成立のためには、機体全体の設計の見直しが必要。
- 左図のように、従来の航空機構造から大きな形状変化が必要となる可能性。そのため、飛躍的な複合材料の強度向上や軽量化が必要。  
⇒主に複合材料・製造技術の研究開発に取り組む。

# 次世代船舶の開発 (国費負担額：上限350億円)

- 我が国造船・海運業の国際競争力の強化及び海上輸送のカーボンニュートラル実現に向け、**次世代船舶（水素・アンモニア・LNG等のガス燃料船）の技術開発**を加速することが必要。
- 将来のゼロエミッション船の燃料としては、**水素・アンモニア・カーボンリサイクルメタンが候補**となるが、**長期的にどれが主要な燃料となるかは**、燃料価格や供給インフラの整備状況等に依存するため、**現時点での見極めは困難**。
- 次世代船舶の開発に係る技術力及び国際競争力獲得のため、それぞれの船舶の**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、アンモニアバンカリング船開発を含む**船用アンモニア燃料供給体制の構築**を実現する。

## 水素・アンモニア燃料エンジン

陸上も含め実用化されていない技術

### 水素：燃えやすすぎる

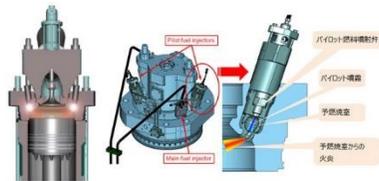
- ・最小着火エネルギーが小さい
- ・最高燃焼速度が大きい

### アンモニア：燃えにくい

- ・難燃性
- ・温室効果の高い $N_2O$ が発生



高度な燃焼制御・燃料噴射技術が必要



LNG燃料噴射技術

出典：IHI原動機

## 燃料タンク・燃料供給システム

	水素	アンモニア
体積	4.5 倍	2.7 倍
沸点	極低温 (-253℃)	低温 (-33℃)
課題	漏洩、脆性	腐食性、毒性

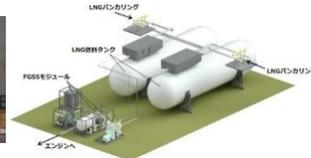
※体積は従来燃料(C重油)との比較



省スペース化、構造最適化、材料最適化が必要



現在のLNG燃料タンク、燃料供給システム



出典：三菱重工

## メタンスリップ対策

- ・LNG燃料船の排気ガスに含まれる未燃メタン低減技術（削減率60%以上）の確立

### 触媒方式

排気ガス中のメタンを触媒で吸着

### エンジン改良方式

燃焼制御でメタン排出抑制  
(効率低下、NOx排出増とトレードオフ)

## 船用アンモニア燃料供給体制

- ・アンモニア燃料船の荷役作業中における円滑な燃料供給に必要なバンカリング船の開発により、アンモニア燃料船普及の加速を期待



LNG/バンカリングの様子 出典：Central LNG

**(参考)**

# 液化水素サプライチェーンの大規模実証、革新的液化技術開発

## 事業の目的・概要

- ① 2030年30円/Nm<sup>3</sup> (船上引き渡しコスト)の水素供給コストを達成するための海上輸送技術の世界に先駆けて確立するべく、既存事業\*等で開発された大型化技術を実装し、液化水素商用サプライチェーン構築のための商用化実証事業 (水素供給量：数万トン/年・チェーン) を行う。 \*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 等
- ② 加えて、将来の更なるコスト低減(2050年20円/Nm<sup>3</sup>以下)を目指し、液化効率を更に高める革新的技術開発にも取り組む。

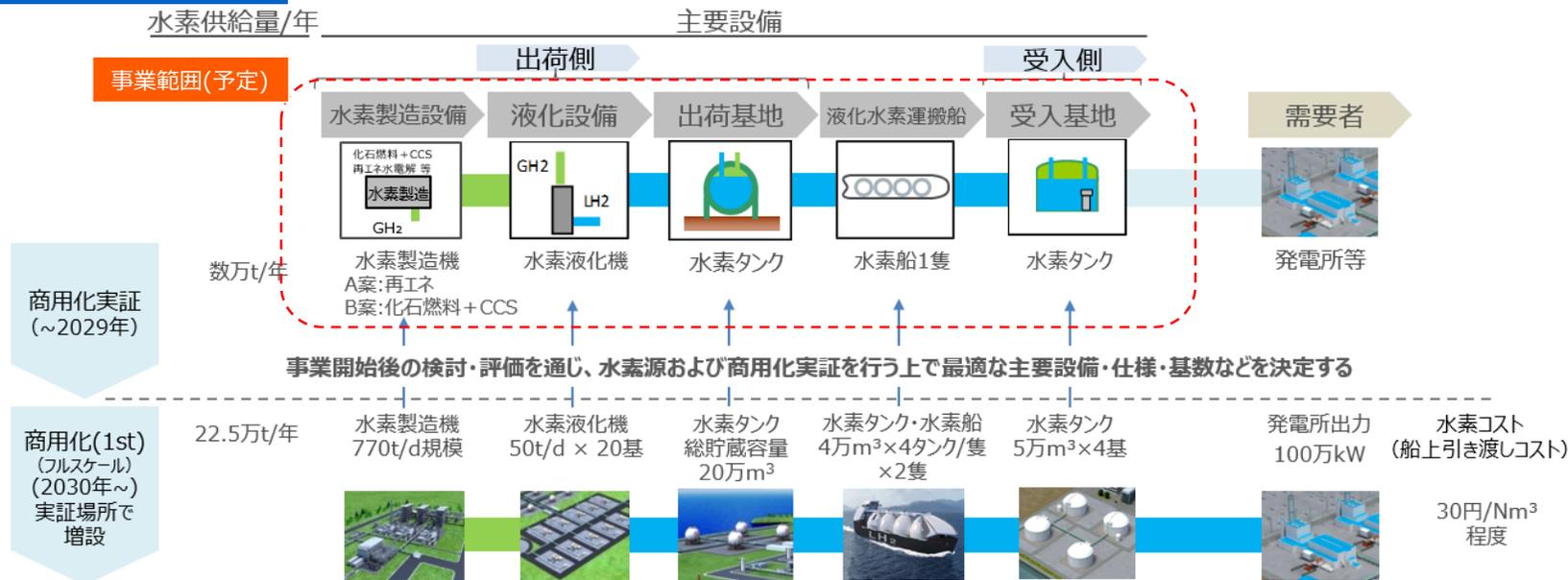
## 実施体制

- ① **日本水素エネルギー株式会社\***、ENEOS株式会社、岩谷産業株式会社 \*現在は川崎重工業の完全出資会社
- ② **川崎重工業株式会社** ※太字：幹事企業

## 事業期間

- ① 2021年度～29年度(9年間)、② 2021年度～30年度(10年間)

## 事業イメージ



# MCHサプライチェーンの大規模実証、直接MCH電解合成技術開発

## 事業の目的・概要

- ① 2030年30円/Nm<sup>3</sup>の水素供給コストを達成すべく、製油所の石油精製設備等を活用した脱水素技術等の確立を図るためにMCH商用サプライチェーン(SC)構築のための商用化実証事業（水素供給量：数万トン/年・チェーン）を行う。また、MCH等の品質を標準化し、技術等をパッケージ化してライセンス供給等することで、国際市場の早期立ち上げを目指す。
- ② 加えて、将来のコスト低減（2050年20円/Nm<sup>3</sup>以下）に資する技術である直接MCH電解合成の技術開発にも取り組む。

## 実施体制

※太字：幹事企業

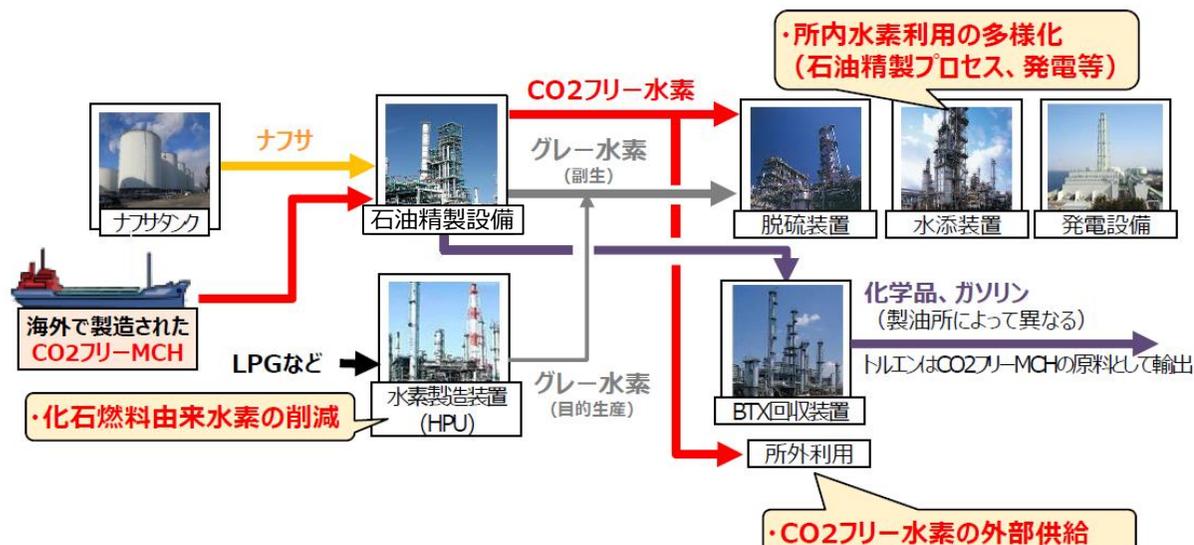
- ① **ENEOS株式会社**、② **ENEOS株式会社**

## 事業期間

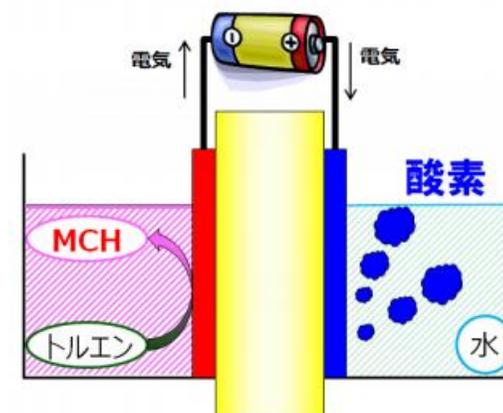
- ①、②2021年度～30年度（10年間）

## 事業イメージ

<製油所既存設備を活用したMCH脱水素>



<直接MCH電解合成技術開発>



プロセスを減らすことで設備コストを大幅低減

# 液化水素関連機器の研究開発を支える材料評価基盤の整備

## 事業の目的・概要

- 液化水素の製造、輸送・貯蔵、利用に関わる機器等の低価格化に資する極低温水素雰囲気での材料の機械特性等を統一的に評価する上で基盤となる設備を整備する。
- 関係企業等の関係機関と連携して金属母材や溶接部材等の機械特性等を評価し、材料のデータベース基盤を構築する。

## 実施体制

※太字: 幹事機関

- **国立研究開発法人物質・材料研究機構**

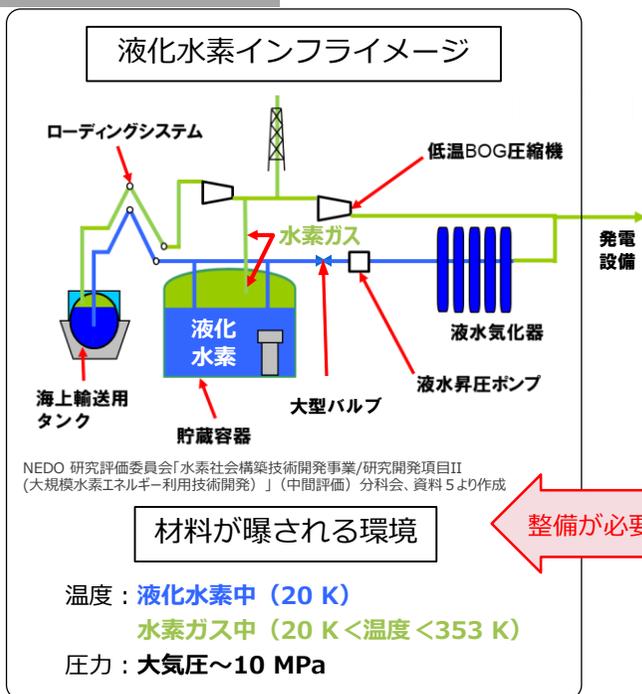
## 事業期間

2021年度～2025年度（5年間）

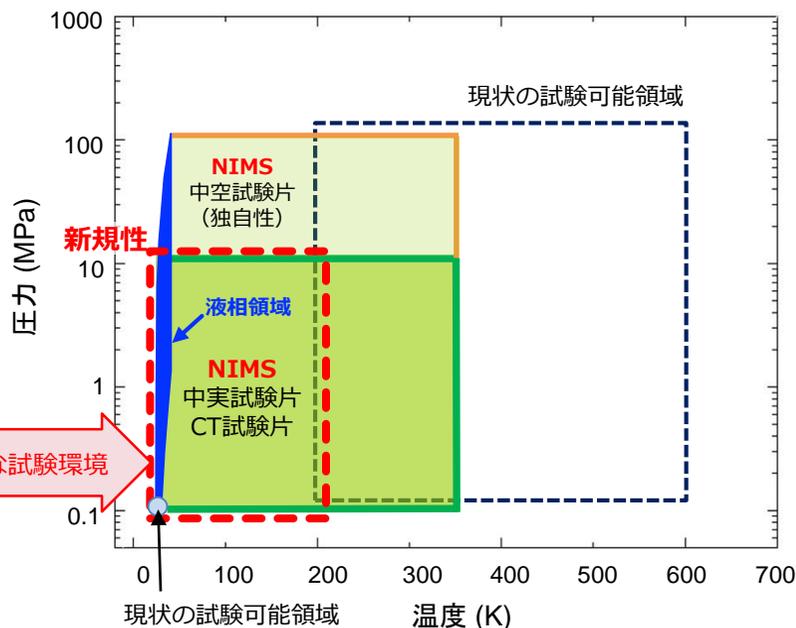
## 事業規模等

- 事業規模: 約30億円
- 支援規模\*: 約30億円  
\*今後ステージゲート等で事業進捗等に合わせ合理化見込み
- 補助率等: 委託

## 事業イメージ



国内の代表的な水素環境下試験設備の温度・圧力環境



整備が必要な試験環境

# 水素発電技術（混焼、専焼）の実機実証

## 事業の目的・概要

- 大規模需要を創出する水素ガスタービン発電技術（混焼（体積混焼比率:30%）、専焼）を2030年までに商用化するべく、複数事業者が既存事業\*等で開発された燃烧器等を実際の発電所に実装し、異なる実証運転を行うことで、燃烧安定性等を検証する。その際、各種国際サプライチェーン実証事業と緊密に連携する。 \*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

## 実施体制（実証内容）

※太字：幹事企業

- ① **株式会社JERA**（大型ガスタービンによる水素混焼）
- ② **関西電力株式会社**（中型ガスタービンによる水素混焼・専焼）
- ③ **ENEOS株式会社**（大型ガスタービンによる水素専焼）

## 事業期間

- ① 2021年度～25年度（5年間）、② 2021年度～26年度（6年間）、③ 2021年度～30年度（10年間）

## 事業規模等

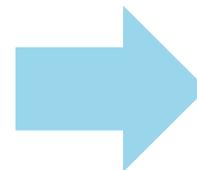
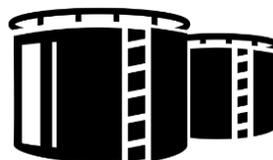
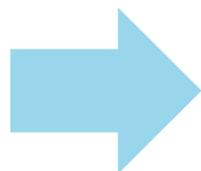
- 事業規模
    - ①：約110億円、②：約160億円、③：約240億円
  - 支援規模\*
    - ①：約70億円、②：約100億円、③：約140億円
- \*インセンティブ額を含む。今後ステージゲート等で事業進捗等に合わせ合理化見込み
- 補助率等
    - ①～③：1/2（インセンティブ率は10%）

## 事業イメージ

相互連携

## 水素発電実機実証

### 国際水素サプライチェーン大規模実証



実装

\*水素ガスタービン  
(イメージ)



火力発電所  
(混焼・専焼)

# 大規模アルカリ型水電解装置の開発、グリーンケミカル実証

## 事業の目的・概要

- 余剰再エネ等を活用した国内水素製造基盤を確立するとともに、先行する海外市場を獲得するために、アルカリ型水電解装置コストを2030年までに5.2万円/kWまで引き下げることを目指す。
- そのためにまず福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）を第一候補地として、既存事業\*等の知見を活用しつつ、水電解装置の大型化・モジュール化等に係る技術開発とともに、アンモニア製造プロセス等と組み合わせ、全体プロセス等を最適化して運転する統合制御システムの開発を行う。 \*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 等
- その後、開発した水電解モジュールを連結させた大型水電解装置（40MW規模）を設置し、マルチモジュール運用を行いつつ、基礎化学品を合成する実証を行う。

## 実施体制

※太字: 幹事企業

- **旭化成株式会社**、日揮ホールディングス株式会社

## 事業期間

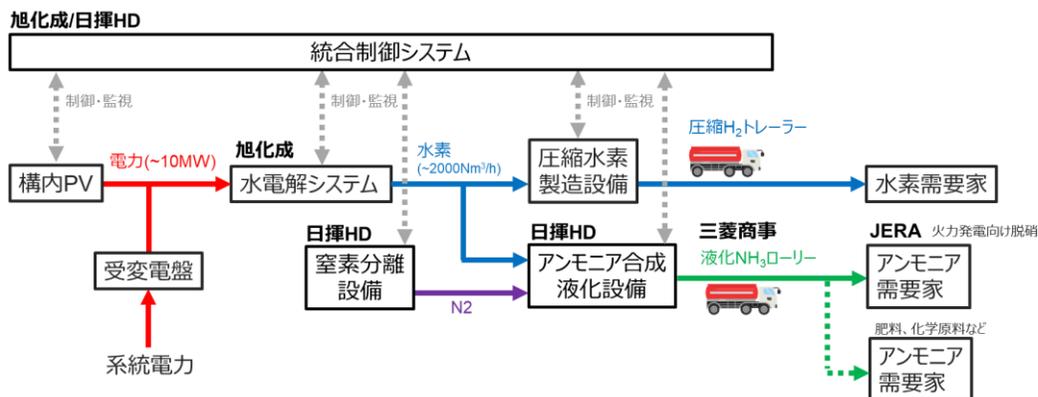
2021年度～2030年度（10年間）

## 事業規模等

- 事業規模: 約750億円
- 支援規模\*: 約540億円  
\*インセンティブ額を含む。今後ステージゲート等で事業進捗等に合わせ合理化見込み
- 補助率等: 2/3 → 1/2（インセンティブ率は10%）

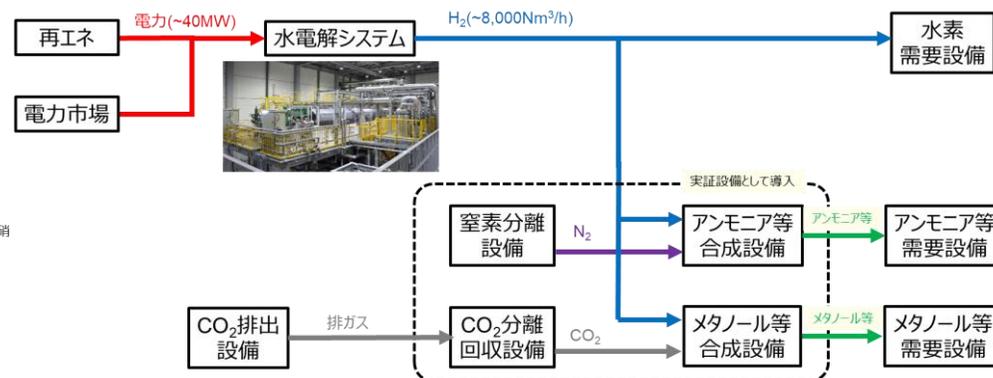
## 事業イメージ

〈フェーズ1〉中規模グリーンアンモニアプラント



出典：旭化成（株）、日揮ホールディングス（株）

〈フェーズ2〉大規模グリーンケミカルプラント



# 大規模PEM型水電解装置の開発、熱需要の脱炭素化実証

## 事業の目的・概要

- 余剰再エネ等を活用した国内水素製造基盤を確立するとともに、先行する海外市場を獲得するために、固体高分子（PEM）型水電解装置コストを2030年までに6.5万円/kWまで引き下げることを目指す。
- そのため、既存事業\*等の知見を活用しつつ、PEM型水電解装置の大型化・モジュール化や、耐久性と電導性に優れた膜の実装、水素ボイラーの燃焼効率向上等に関する技術開発を行う。
- また、16MW級の水電解装置を関連設備とともにモジュール化して、パッケージとして需要家に設置。水素ボイラーを用いて熱の脱炭素化に向けた実証を行う。

## 実施体制

※太字: 幹事企業

- **山梨県企業局**、東京電力ホールディングス株式会社・東京電力エナジーパートナー株式会社、東レ株式会社、日立造船株式会社、シーメンス・エナジー株式会社、三浦工業株式会社、株式会社加地テック

## 事業期間

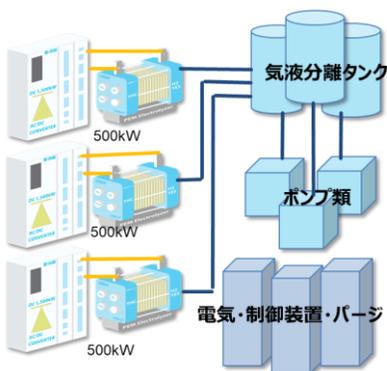
2021年度～2025年度（5年間）

## 事業規模等

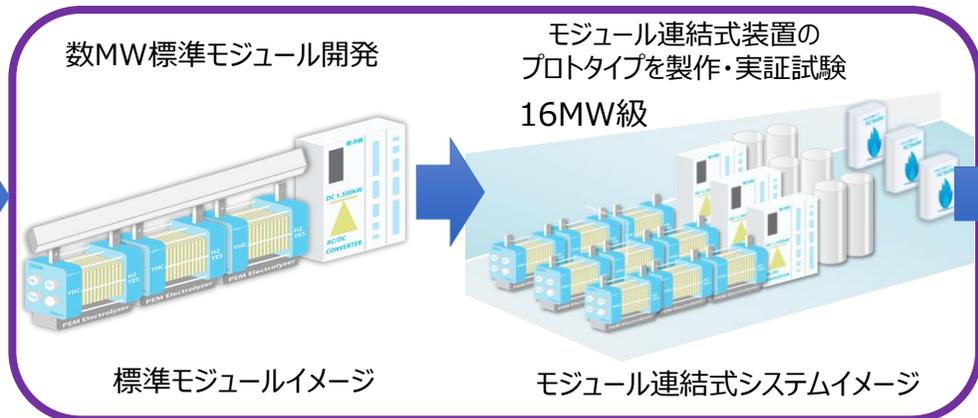
- 事業規模: 約140億円
  - 支援規模\*: 約100億円
- \*インセンティブ額を含む。今後ステージゲート等で事業進捗等に合わせ合理化見込み
- 補助率等: 2/3 → 1/2（インセンティブ率は10%）

## 事業イメージ

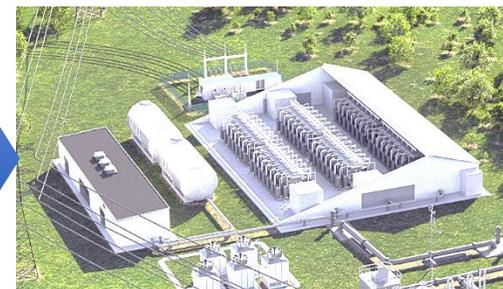
米倉山1.5MW装置



本基金事業の開発内容



100MW級モジュール連結式システム



大規模モジュール連結式システムイメージ

# 水電解装置の性能評価技術の確立

## 事業の目的・概要

- 成長が見込まれる海外市場への進出も見越しつつ、水電解装置の統一的な性能評価を実現することで、開発の方向性を明確化し、日本企業の開発力強化を図るとともに、国内にこうした評価基盤を整備することで、日本企業の新規参入を促す。
- 具体的には、海外機関等とも必要に応じ連携して欧州の運転環境の再現も可能としつつ、①大型水電解スタック（500kW級）の加速劣化試験、②高圧状況下（1MPa以上）における水電解スタック（50kW級）の試験、③海外の再エネ等を模倣した電力条件における大型水電解装置（MW級）の試験を総合した評価手法を確立し、それらの国際標準化も目指す。

## 実施体制

※太字：幹事機関

- 国立研究開発法人産業技術総合研究所

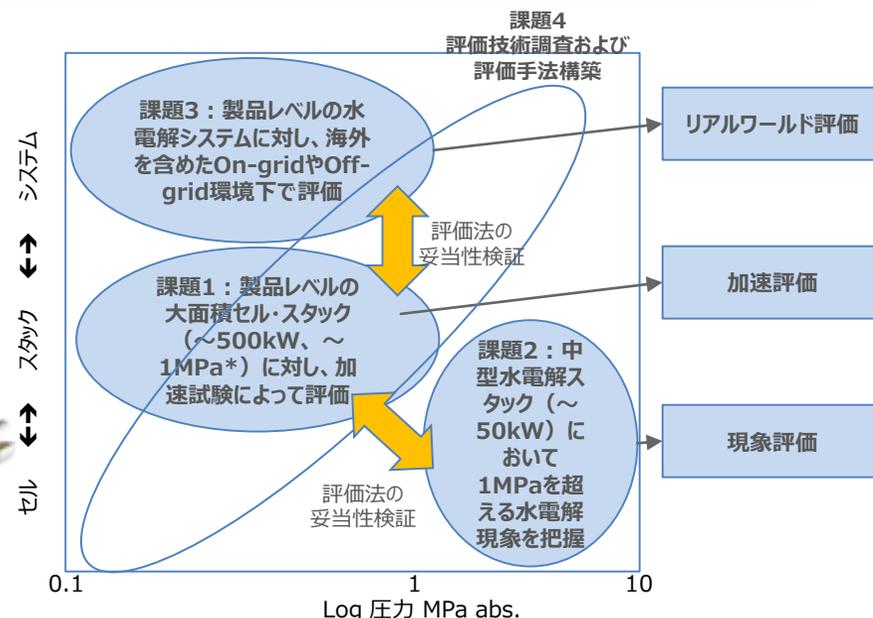
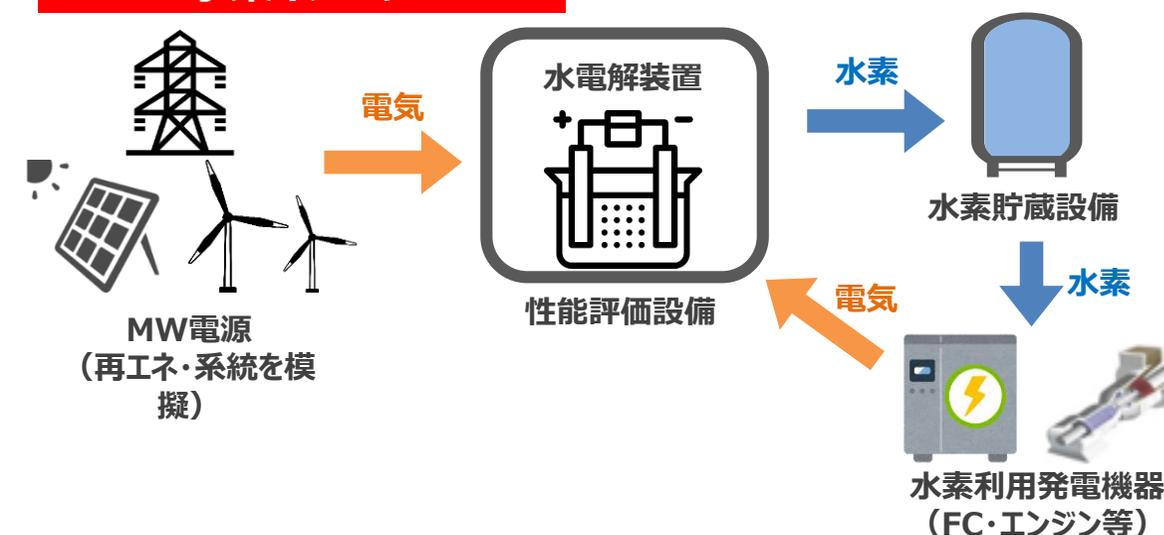
## 事業期間

2021年度～2025年度（5年間）

## 事業規模等

- 事業規模：約30億円
- 支援規模\*：約30億円  
\*今後ステージゲート等で事業進捗等に合わせ合理化見込み
- 補助率等：委託

## 事業イメージ



# 水素航空機向けコア技術開発

## 事業の目的・概要

- ① 地上用水素ガスタービン開発の知見を生かして、気化器・燃料制御システムなどの補機を含めて水素航空機向けエンジンシステムとしての成立性を実証する。さらに、将来予想されるNOx規制値にも対応可能な航空エンジン用水素燃焼器を開発する。
- ② 液化水素燃料貯蔵タンク開発のため、タンク構造軽量化に必要な薄型断熱構造、燃料供給機装構造、タンク支持構造、タンク内の温度・圧力制御システムに係る研究開発を実施する。
- ③ 風洞試験や各種システム試験を活用しながら、2,000～3,000kmの航続性能を有する水素航空機のベース機体TRA (Technical Reference Aircraft) を策定する。

## 実施体制

- ①,②,③ 川崎重工業株式会社

## 事業期間

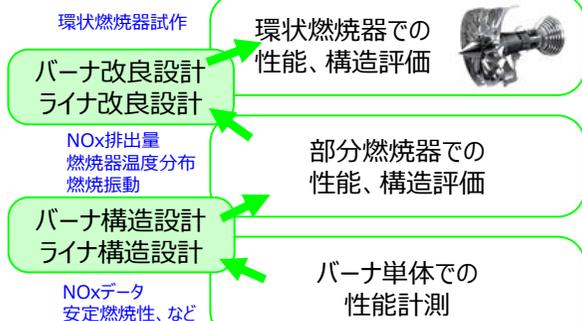
- ①,②,③ 2021年度～30年度 (10年間)

## 事業規模等

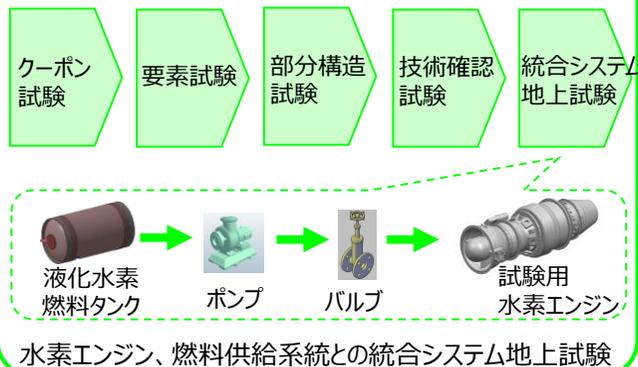
- 事業規模 (①+②+③) : 約180.4億円
  - 支援規模 (①+②+③) : 約175.0億円\*
- \*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートで事業進捗に応じて変更の可能性あり。
- 補助率など
- ①,②,③ : 9/10委託→1/2補助(インセンティブ率10%)

## 事業イメージ

### ①水素航空機向けエンジン燃焼器・システム技術開発



### ②液化水素燃料貯蔵タンク開発



### ③水素航空機機体構造検討



## 実現性のある水素航空機の実体化

# 航空機主要構造部品の複雑形状・飛躍的軽量化開発

## 事業の目的・概要

- ① 航空機主要複合材構造部品の軽量化・生産高レート化・複雑形状化に関する研究として、機体軽量化のための一体化成型技術と設計ひずみの改善、広範囲の機体サイズに対応するため製造プロセスの各サイクルタイム短縮、将来高効率機体に必要な部品の複雑形状化に係る研究開発を実施する。
- ② 金属構造エルロン※に対し30%以上の重量軽減を可能とする熱可塑複合材を適用した大型一体成型エルロンの製作として、大型構造物の溶着技術の確立、3次元複曲面構造の成型技術の確立、外板および波板コアの板厚最適化に伴う高精度製造技術の確立に係る研究開発を実施する。

※エルロン：主翼の後縁外側に取り付けられている補助翼のことです。

## 実施体制

- ① 三菱重工業株式会社
- ② 新明和工業株式会社

## 事業期間

- ① 2021年度～30年度（10年間）
- ② 2021年度～25年度（5年間）

## 事業イメージ

### ①航空機主要複合材構造部品の軽量化・生産高レート化・複雑形状化に関する研究



出典: Airbus  
<https://www.airbus.com/newsroom/press-releases/en/2020/09/airbus-reveals-new-zero-emission>



出典: Boeing  
<https://www.boeing.com/features/2019/01/spreadin-g-our-wings-01-19.page>

- 機体軽量化のための一体化成型技術と設計ひずみの改善  
→設計歪み向上による構造軽量化・生産技術
- 複合材適用拡大の生産高レート化  
→各工程の見直しによるサイクルタイムの短縮

積層 ⇒ 成型 ⇒ 硬化 ⇒ 検査

- 将来高効率機体に必要な部品の複雑形状化  
→曲率半径小形状・ねじり形状の対応

## 事業規模等

- 事業規模（①+②）：約59.7億円
- 支援規模（①+②）：約35.8億円\*

\*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートで事業進捗に応じて変更の可能性あり。

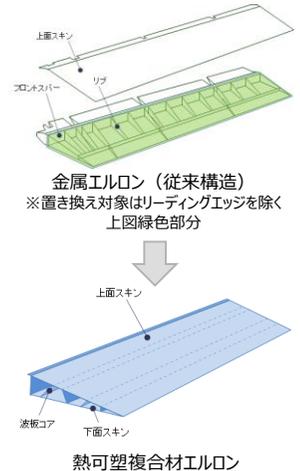
- 補助率など

①②：1/2補助（インセンティブ率は10%）

### ②熱可塑複合材料による軽量構造の開発「エルロン構造の適用」



金属構造から熱可塑複合材使用による重量低減



出典：新明和工業株式会社

# 舶用水素エンジン及びMHFSの開発

MHFS: Marine Hydrogen Fuel System 舶用水素燃料タンク及び燃料供給システム

## 事業の目的・概要

- ① 船舶から排出されるGHGを削減するために、**コンソーシアム3社が出力範囲と用途の異なる舶用水素エンジンを同時並行に開発**する。開発したエンジンにより実船実証運航を行い、機能及び信頼性を確認し、社会実装に繋げる。
- ② **舶用水素燃料タンク及び燃料供給システムを新開発**する。陸上試験を経て、補機用 中高速 4 ストロークエンジン、推進用 低速 2 ストロークエンジンの実証運航に適用し、機能及び信頼性を確認し、社会実装に繋げる。

## 実施体制

※太字: 幹事企業

- ① **川崎重工業株式会社**、ヤンマーパワーテクノロジー株式会社、株式会社ジャパンエンジンコーポレーション
- ② **川崎重工業株式会社**

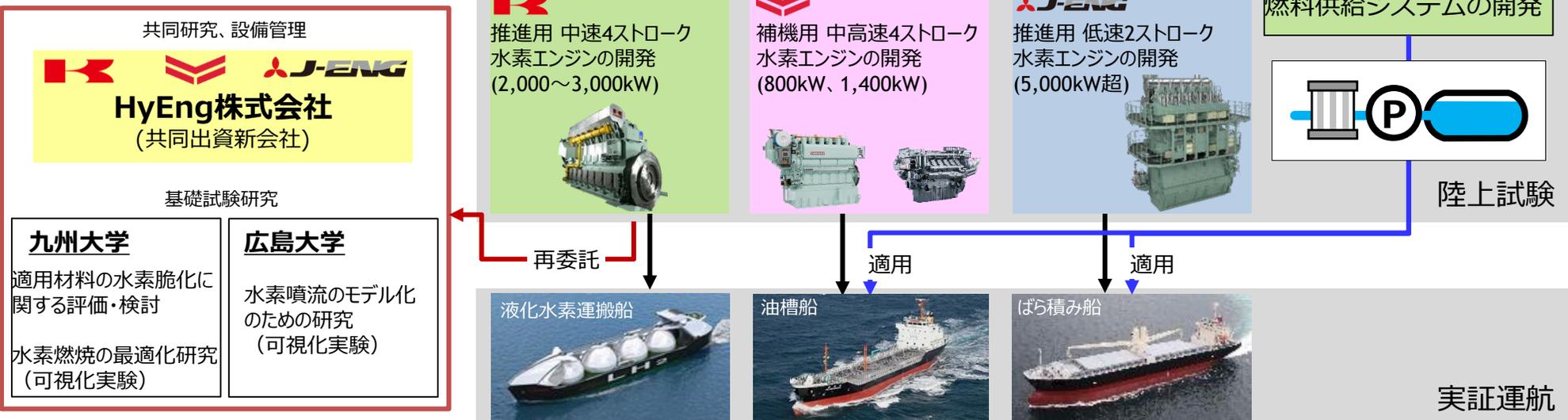
## 事業期間

- ①、② 2021年度～2030年度(10年間)

## 事業規模等

- 事業規模 (① + ②) : 約219億円
- 支援規模 (① + ②) \* : 約210億円  
\*インセンティブ額を含む。今後ステージゲート等で事業進捗等に応じて変更の可能性あり。
- 補助率等  
① : 9/10 → 2/3、② : 9/10 → 2/3 (インセンティブ率は10%)

## 事業イメージ



# アンモニア燃料国産エンジン搭載船舶の開発

## 事業の目的・概要

□ 海上輸送のゼロエミッション化推進・次世代船舶分野における日本海事クラスターの競争力維持・向上を目的として、**アンモニア燃料国産エンジンを搭載するアンモニア燃料船の研究開発**を行う。

### ① アンモニア燃料タグボート（内航船）の開発・運航

**国産4ストローク主機の開発**、安全性・実用性に配慮したアンモニア燃料船の設計、アンモニア燃料船に係る運航・メンテナンス手法等の確立などに取り組み、2024年の竣工を目指す。

### ② アンモニア燃料アンモニア輸送船（外航船）の開発・運航

**国産2ストローク主機および国産4ストローク補機の開発**、外航船の船型主要目の開発とアンモニア燃料・荷役配管システムおよびオペレーションシークエンスの開発、アンモニア毒性に対する船内安全システムの確立、アンモニア燃料船に係る運航・メンテナンス手法等の確立などに取り組み、2026年の竣工を目指す。

## 実施体制

※太字：幹事企業

- ① **日本郵船株式会社**、株式会社IHI原動機
- ② **日本郵船株式会社**、株式会社ジャパンエンジンコーポレーション株式会社IHI原動機、日本シブヤード株式会社  
(一般財団法人日本海事協会 \*NEDO助成先対象外)

## 事業期間

□ 2021～2027年度（7年間）

## 事業規模等

- 事業規模：約123億円
- 支援規模\*：約84億円

\*インセンティブ額を含む。今後ステージゲート等で事業進捗等に応じて変更の可能性あり。

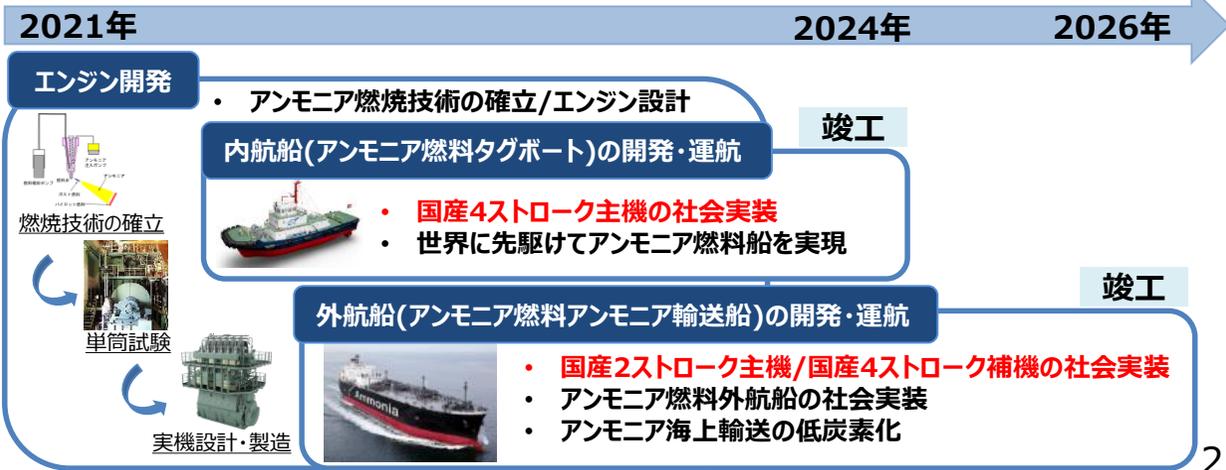
- 補助率等：2/3→1/2（インセンティブ率は10%）

## 事業イメージ

<アンモニア燃料エンジン開発>

①	用途	種類	ボア径 (mm)	出力 (kW)
	主機	4ストローク	280	約1,600
②	用途	種類	ボア径 (mm)	出力 (kW)
	主機	2ストローク	500	約8,000
	補機	4ストローク	200 250	約1,300

<アンモニア燃料船の開発・運航の流れ>



# アンモニア燃料船開発と社会実装の一体型プロジェクト

## 事業の目的・概要

- **2028年までの出来るだけ早期**にアンモニア燃料船を日本主導で社会実装し、日本の海事産業がゼロエミ船分野で長期に渡り優位性を維持出来る形を目指し、他国に先駆けて推進システム・船体開発、及び、保有・運航を行う。
- 早期の社会実装実現の為にアンモニア燃料船の「開発」、「保有・運航」、「燃料生産」、「燃料供給拠点整備」の全域をカバーする「統合型プロジェクト」の一環として本事業を推進する。

## 実施体制

※太字: 幹事企業

**伊藤忠商事株式会社**、  
川崎汽船株式会社、NSユニテッド海運株式会社、  
日本シップヤード株式会社、株式会社三井E&Sマシナリー

## 事業期間

2021年度～2027年度(7年間)

## 事業イメージ

## 事業規模等

- 事業規模：約30億円
- 支援規模\*：約20億円  
\*インセンティブ額を含む。今後ステージゲート等で事業進捗等に応じて変更の可能性あり。
- 補助率等：2/3 → 1/2（インセンティブ率は10%）

## アンモニア燃料船開発・統合型プロジェクト

造船  
(船体開発)



建造契約

海運  
(保有・運航・長期用船)



用船

荷主

燃料供給

燃料供給  
(サプライチェーン構築・拠点整備)

日本  
ITOCHU  
+  
パートナー

シンガポール  
ITOCHU  
+  
パートナー

他地域  
..  
検討中

燃料生産  
(上流権益)

世界各地  
ITOCHU  
+  
生産者

燃料調達

グリーンイノベーション基金事業

# 触媒とエンジン改良によるLNG燃料船からのメタンスリップ削減技術の開発

## 事業の目的・概要

- 海運業界のGHG削減に貢献するために、2026年までにLNG燃料船の**メタンスリップ削減率70%以上を達成**し、重油からLNGへの燃料転換によるGHG削減効果を引き上げる。
- そのためにエンジン実稼働条件下で高いメタンスリップ削減性能を有する触媒の開発とエンジン出口からのメタンスリップ削減および触媒のメタンスリップ削減性能を高める燃焼方式を軸とした新たなエンジンシステムを開発する。
- その後、開発した**触媒とエンジンを組み合わせたメタンスリップ削減技術**を実船搭載し運用手法を確立する。

## 実施体制

※太字: 幹事企業

- **日立造船株式会社**
- ヤンマーパワーテクノロジー株式会社
- 株式会社商船三井

## 事業期間

2021年度～2026年度(6年間)

## 事業規模等

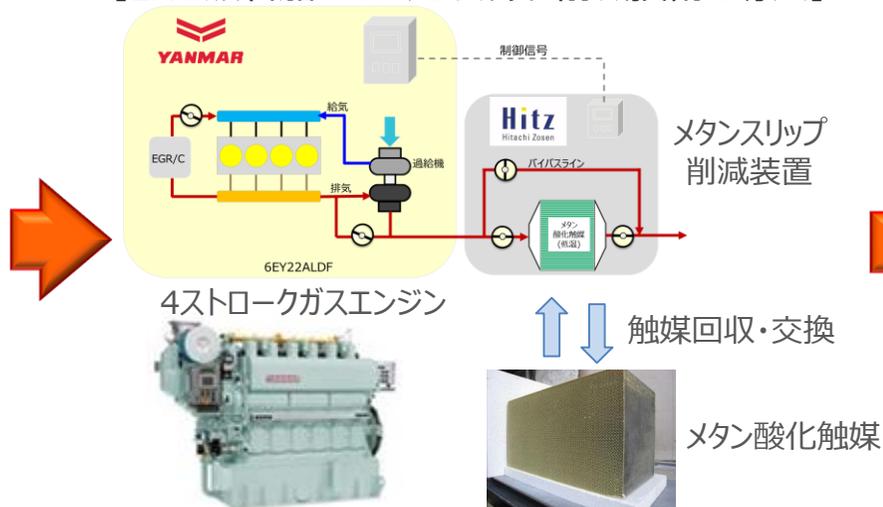
- 事業規模 : 約11億円
- 支援規模\* : 約6億円  
\*インセンティブ額を含む。今後ステージゲート等で事業進捗等に応じて変更の可能性あり。
- 補助率等 : 1/2 → 1/3 (インセンティブ率は10%)

## 事業イメージ

【拡大が予想されるLNG燃料船】



【LNG燃料船へのメタンスリップ削減技術の導入】



【実船実証】



株式会社 名村造船所で建造し商船三井が運航する大型石炭専用船にて実船実証を実施する。