



令和3年度質の高いエネルギーインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業  
(脱炭素移行政策誘導型インフラ輸出支援に向けた水素等の技術動向調査)  
調査報告書(公表版)

経済産業省 製造産業局 通商室  
(委託事業者: デロイト トーマツ コンサルティング 合同会社)

2022年3月15日

# 目次

項目	ページ
<b>1. 調査背景</b>	
1.1. 調査概要	4
1.2. 日本の現状と課題	6
<b>2. 日本における水素需要予測</b>	
2.1. 調査対象セクターの選定	8
2.2. 鉄鋼セクター	11
2.3. 化学工業セクター	15
2.4. 発電セクター	19
2.5. 需要予測の全体像	23
<b>3. 諸外国における水素供給予測</b>	
3.1. 2030年の供給予測	25
3.2. 2050年の供給予測	26

項目	ページ
<b>4. 日本への供給可能性とインフラ課題</b>	
4.1. 水素供給に向けたインフラ課題抽出	28
4.2. 水素供給インフラ課題の全体像	34
4.3. 水素供給の関連技術展望	35
<b>5. 水素関連企業の技術動向</b>	
5.1. 調査方針	39
5.2. 国内事例調査	40
5.3. 海外事例調査	47
5.4. 比較分析	57
<b>6. 提言と示唆</b>	
6.1. 本調査のまとめ	62
6.2. 水素供給・インフラ海外展開への示唆	63

- 本報告書に記載している情報は、公開情報とともに、本調査の分析に利用する承諾を得たうえで、ヒアリング等で第三者から提供を頂いたデータも含まれています。これらの情報自体の妥当性・正確性については、デロイト トーマツ コンサルティング合同会社（以下、「弊社」）では責任を負いません。また、内容の採否や使用方法については、経済産業省（以下、「貴省」）自らの責任で判断を行うものとします。
- 本報告書における分析手法は、貴省が認めたものではなく、多様なものがありうる中での一つを採用したに過ぎず、その正確性や実現可能性に関して、弊社がいかなる保証を与えるものではありません。

# 1. 調査背景

# 本調査は、水素・アンモニアに係る国内の需要分析、関連技術動向を整理を行いつつ、インフラ海外展開及び安定調達につなげるため情報収集を行うものである。

## 本調査の概要

### 調査背景

- 日本政府は、2050年のカーボンニュートラルの実現に向け、水素等の新たな技術の実現・普及にも産官学を挙げて取り組むこととしており、また、こうした排出削減技術の開発・実証にあたって、国内のみならず海外とも連携していくこととしている。
- 水素及びアンモニアは、脱炭素技術のインフラ海外輸出において重要な役割を果たすことが期待される反面、世界中の多くの企業が、製造・輸送等に向けた技術開発等に取り組んでおり、今後、企業間の競争と連携が進んでいくことが想定される。
- 我が国企業でも、海外において、現地企業と協力のうえ製造したグリーン水素を、日本へ輸入する事業の検討を始める等、自らの技術力を活かした企業間連携が顕在化しつつある。
- つまり、国内外の技術動向を把握するとともに、日本の技術的優位性や今後取り組むべき点を整理・分析することは、当該分野のインフラ海外展開実現のために必要不可欠である。
- また、国内需要の拡大を踏まえつつ、質の高いインフラ輸出を実現させるためには、我が国における水素及びアンモニアの需要動向を把握することも肝要となる。

### 調査内容

- 本調査は、水素及びアンモニアの技術動向を整理・分析するとともに、我が国製造業等における需要を正確に把握することをもって、インフラ輸出を実現しつつ、我が国製造業が安価な水素及びアンモニアを必要十分量かつ安定的に確保するための基礎情報収集を行うものである。
- 本調査では、文献、インターネット、データベース等による情報収集調査（デスクトップ調査）に加え、国内外の関連企業へのヒアリングを実施している。

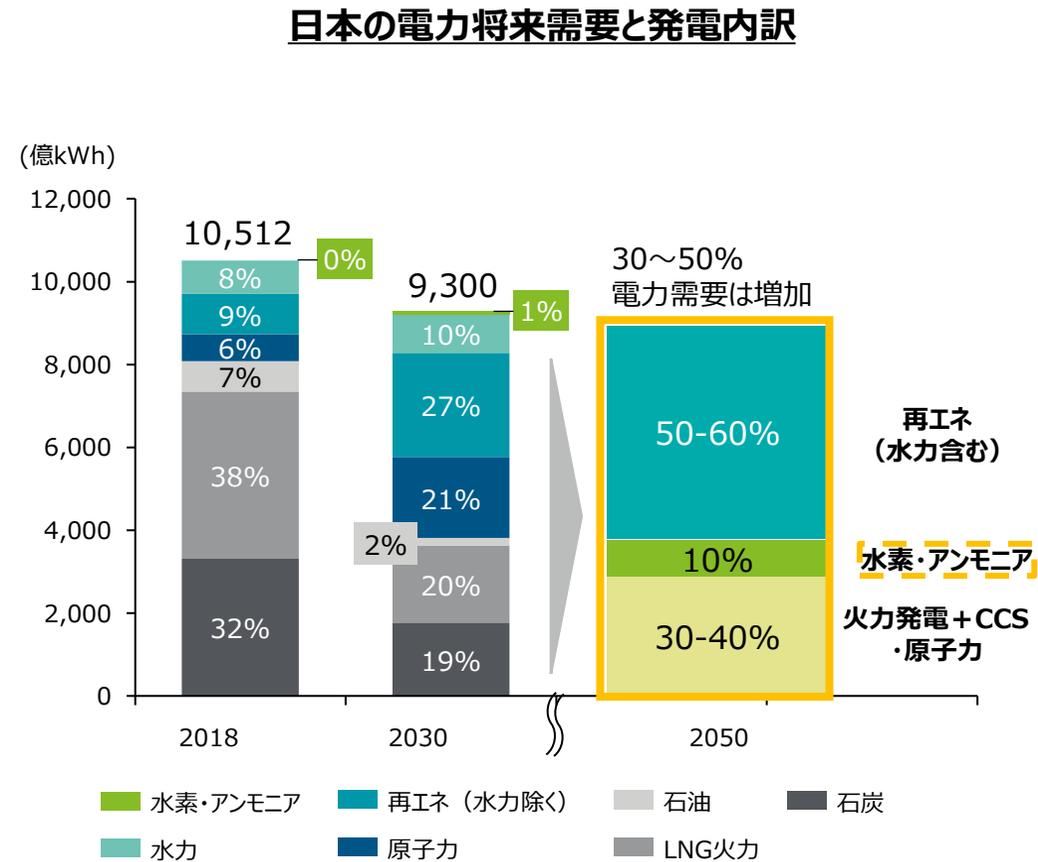
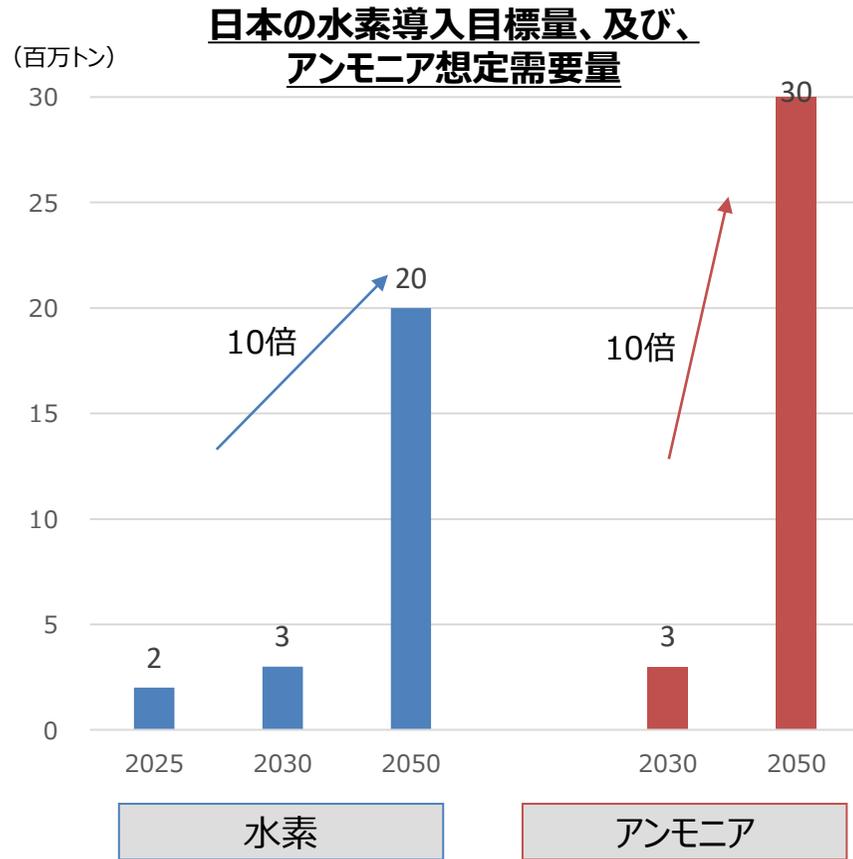
# 本調査では、日本の製造業における水素利用に向けた供給可能性を調査した上で、水素関連インフラの海外展開に関して検討を行った。

## 本書の全体候

本書の構成	主な調査論点	
<p>2章</p> <p>日本における水素需要予測</p>	<p>どの程度の需要が日本で見込まれ、どの程度海外調達が必要か</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>製造業の中では、鉄鋼と化学工業で需要ポテンシャルが高く、2050年には1,000万トン超、製造業以外では、発電での需要が大きく600万トン前後の規模と見込まれる。</li> <li>日本は資源が乏しいため、需要のほとんどを海外から調達する必要がある。</li> </ul>
<p>3章</p> <p>諸外国における水素供給予測</p>	<p>諸外国の水素供給力はどの程度か その供給力は（カーボンニュートラル達成に向けた）需要を満たすことができるのか</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>欧州、中東、豪州、北米を中心に、2030年に全体の供給量は3,265万トン程度となる見込みである。</li> <li>上記の供給量はカーボンニュートラルを達成するのに必要な需要量には満たず、世界的にさらなる水素供給能力の強化に向けた投資が求められる。</li> </ul>
<p>4章</p> <p>日本における供給可能性とインフラ課題</p>	<p>海外での水素製造から国内で供給するまでに、どのような（技術）課題があるか</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素供給の課題は多岐に渡り、①製造では再生可能エネルギー（以下、「再エネ」）資源の確保や二酸化炭素回収・貯留（CCS）の環境評価制度・技術の確立、②輸送・貯蔵では設備の大型化とオペレーションも含めた社会実装、③サプライチェーン全体では産業・地域毎のニーズを汲み取った上での各需要家に向けた供給体制最適化、の3点が主である。</li> </ul>
<p>5章</p> <p>水素関連企業の技術動向</p>	<p>日本企業、海外企業それぞれどのような特徴があり、日本企業が強みのある領域はどこか</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>海外企業はグリーン水素製造に注力し、水素を陸上輸送で行うケースが多い一方、日本企業は海外で製造した水素を（長距離）海上輸送する。</li> <li>したがって、日本企業は水素の海上輸送を世界に先んじて取り組んでおり、海上輸送技術に強みがある。</li> </ul>
<p>6章</p> <p>提言と示唆</p>	<p>我が国の強みを活かして、今後どのようにインフラの海外展開を進めていくべきか</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>まずは、水素供給の課題を解決し、需要創出とともに海上輸送チェーンを先行して構築し、そのモデルをインフラパッケージとして確立する。</li> <li>その上で、アジア諸国向けにパッケージ展開できる可能性がある。さらには、アジアにおける輸送ハブとしての機能を構築することにも取り組んでいく。</li> </ul>

# 日本における水素・アンモニアの需要は急速に増加する見込みである。特に発電分野では、大幅な需要拡大が予見されている。

## 日本の将来予測



## 2. 日本における水素需要予測

# 既存の各種公開資料によると、2050年時点で約1,200-2,000万トンの水素需要が予測されている。

## 国内の水素需要予測シナリオ整理

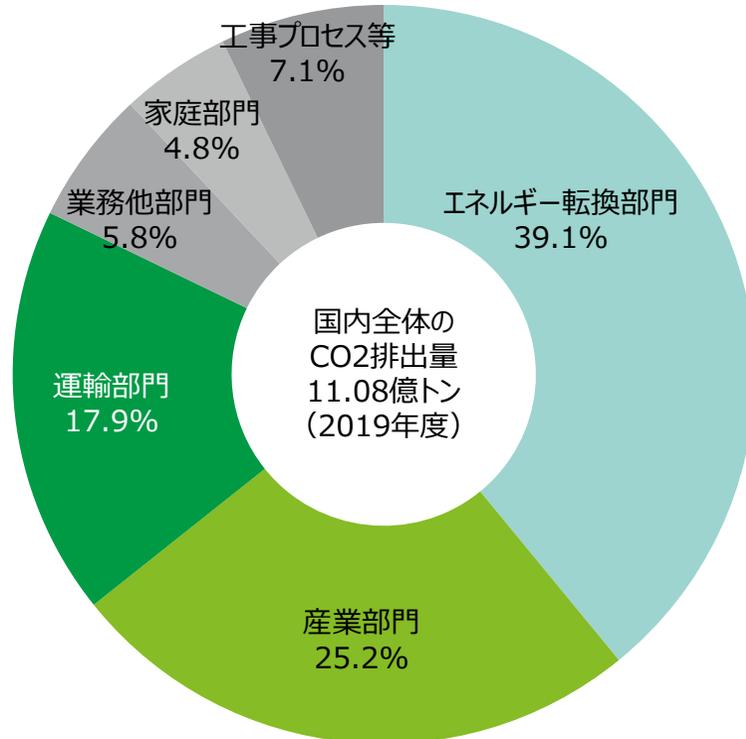
グリーン成長戦略・今後の水素政策（経済産業省）			エネルギー・環境技術のポテンシャル・実用化評価検討会（経済産業省、文部科学省）		
水素需要部門	水素需要（2050）	需要予測の前提条件	水素需要（2050）	需要予測の前提条件	
発電	500～1,000万トン	<ul style="list-style-type: none"> <li>2050年総発電量の10%を水素発電により代替（1,300-1,500kWh分）</li> </ul>	500万トン	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電容量15GW</li> </ul>	
産業	製鉄	700万トン	<ul style="list-style-type: none"> <li>銑鉄全量を水素還元製鉄により製造（約8,000万トン）</li> </ul>	700万トン	<ul style="list-style-type: none"> <li>銑鉄全量を水素還元製鉄により製造（約8,000万トン）</li> </ul>
	化学	N/A	—	理論上最大7,900万トン	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素を用いた化学反応による二酸化炭素回収・利用（CCU）を国内で最大ポテンシャルまで実施</li> </ul>
輸送	乗用車	N/A	—	70万トン	<ul style="list-style-type: none"> <li>FCV800万台導入</li> </ul>
	トラック	600万トン	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在開発されている車格と同格のトラックを全てFC化（約200万台）</li> </ul>	N/A	—
合計	約2,000万トン	<ul style="list-style-type: none"> <li>2050年の水素供給量の目標値</li> </ul>	約1,270万トン ※化学除く	<ul style="list-style-type: none"> <li>化学以外の上記需要合計</li> </ul>	

出所：経済産業省（2020）2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン戦略、資源エネルギー庁（2021）今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理（案）、経済産業省・文部科学省（2019）エネルギー・環境技術のポテンシャル・実用化評価検討会

# CO2排出量を占める割合が多い3部門（エネルギー、産業、運輸）に絞り、水素代替可能性を調査した。

## 選定の考え方（1/2）

部門別のCO2排出量（2019年度）

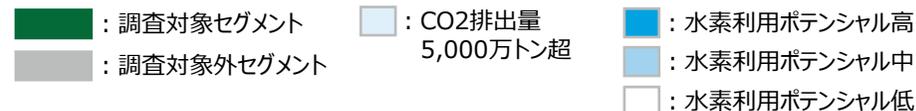


### 水素代替可能性のある領域

- エネルギー転換部門、産業部門、運輸部  
もで国内のCO2排出量の約8割を占めて  
いる
- 上記部門において水素代替可能性が高く  
見込まれる

# 本調査では、国内の水素需要予測について、鉄鋼・化学工業・発電の3セクターで実施した。

## 選定の考え方 (2/2)



	部門	産業セクター	2019年CO2排出量 (各部門に占める比率)	水素利用ポテンシャル (2050年)	
				評価	利用先動向 ※前提数値は既存の各種公開資料から引用
製造業を含む 産業部門で 2セクターを選定	産業部門	鉄鋼	15,500万トン (40.4%)	高	➤ 全ての銑鉄工程 (約8,000万トン) を水素還元 + 熱源利用
		化学工業	7,400万トン (19.3%)	高	➤ エチレンでMTOの原料として水素利用 + 熱源利用
		窯業・土石製品	2,900万トン (7.6%)	中	➤ 熱源として水素利用
		パルプ・紙・紙加工	2,100万トン (5.5%)	中	➤ 熱源として水素利用
		食品飲料	2,000万トン (5.2%)	中	➤ 熱源として水素利用
		その他製造業	2,100万トン (5.5%)	中	➤ 大きな利用先は特に見当たらない
		非製造業	2,400万トン (6.3%)	中	➤ 大きな利用先は特に見当たらない
他にCO2排出量 の多い部門から 1セクターを選定	エネルギー 転換部門	発電	39,600万トン (91.5%)	高	➤ 電源の10%を水素発電 (1,300-1,500kWh分)
	運輸部門	乗用車	9,500万トン (46.1%)	中	➤ 大型車のみでFCVへシフト (乗用車約800万台分)
		トラック	7,600万トン (36.9%)	高	➤ 全てのトラック (約200万台) がFCトラックへ代替を想定
		航空	1,050万トン (5.1%)	中	➤ 代替燃料としてはSAFが主で、一部水素を混合利用
		船舶	1,020万トン (5.0%)	高	➤ 外航船を中心にFC船・水素エンジン船を利用
		鉄道	790万トン (3.8%)	中	➤ 一部でFC鉄道を利用
		バス・タクシー・二輪車	690万トン (3.3%)	中	➤ バスではFCバスを利用

出所：環境省 (2021) 2019年度 (令和元年度) の温室効果ガス排出量 (確報値)、経済産業省 (2020) 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン戦略、資源エネルギー庁 (2021) 今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理 (案)、経済産業省・文部科学省 (2019) エネルギー・環境技術のポテンシャル・実用化評価検討会、を基に作成

# 鉄鋼セクターでは、製鉄工程の還元プロセスと炉の熱源として水素の利用可能性がある。

## 鉄鋼での水素利用シーン

		製鉄プロセス		
		製鉄工程	製鋼工程	下工程（圧延等）
現行プロセス	製造プロセス	<b>高炉で鉄鉱石を還元させて銑鉄を生産</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>コークスやCOガスで鉄鉱石を還元して、銑鉄を生産する</li> <li>還元反応：<math>\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2</math></li> </ul>	<b>転炉で溶鋼・鋼片を生産</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>溶銑を転炉等で精錬して不純物や炭素を除去した溶鋼を鑄造して鋼片に加工する</li> </ul>	<b>圧延加工品等を生産</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>加熱炉で鋼片を加熱した上で、圧延加工等の加工処理を行う</li> </ul>
	CO <sub>2</sub> 発生箇所	<b>還元反応でCO<sub>2</sub>が大量に発生</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>銑鉄を生産する際に、還元反応によってCO<sub>2</sub>が大量に発生する</li> <li>高炉の熱を発生させるため、石炭・石油等を用いており、CO<sub>2</sub>が発生している</li> </ul>	<b>炉の加熱でCO<sub>2</sub>発生</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>転炉に利用する熱を発生させるために、石炭・石油等を用いておりCO<sub>2</sub>が発生している</li> </ul>	<b>炉の加熱でCO<sub>2</sub>発生</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>加熱炉に利用する熱を発生させるために、石炭・石油等を用いておりCO<sub>2</sub>が発生している</li> </ul>
水素利用シーン		<b>水素還元製鉄での利用（熱源も水素利用）</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>還元剤として水素を利用する水素還元製鉄にすることでCO<sub>2</sub>の発生を抑制できる</li> </ul>	<b>転炉・加熱炉等のエネルギー源として水素利用</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>熱源を石油・石炭等の代わりに、水素を利用することでCO<sub>2</sub>の発生を抑制できる</li> </ul>	

# 水素還元製鉄は、製鉄プロセスのCO2排出大幅削減に寄与しうるが、技術の実用化・普及に向けた課題がある。

## 水素還元製鉄の概要と開発状況

### 水素還元製鉄の概要

#### 鉄鉱石の還元反応

##### 既存技術：コークス利用

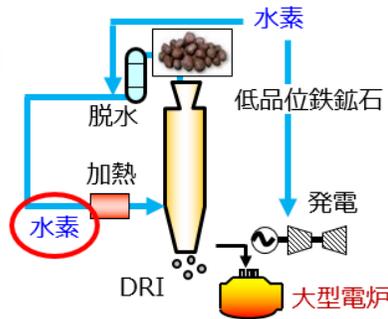
- 反応： $2\text{FeO}_3 + 3\text{C} \rightarrow 4\text{Fe} + 3\text{CO}_2 + \text{熱}$   
⇒ **発熱反応**

##### 革新技术：水素利用

- 反応： $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2 + \text{熱} \rightarrow 2\text{Fe} + 3\text{H}_2\text{O}$   
⇒ **吸熱反応（1600℃溶銑昇熱+吸熱反応補完）**

#### 直接水素還元製鉄（水素DRI）

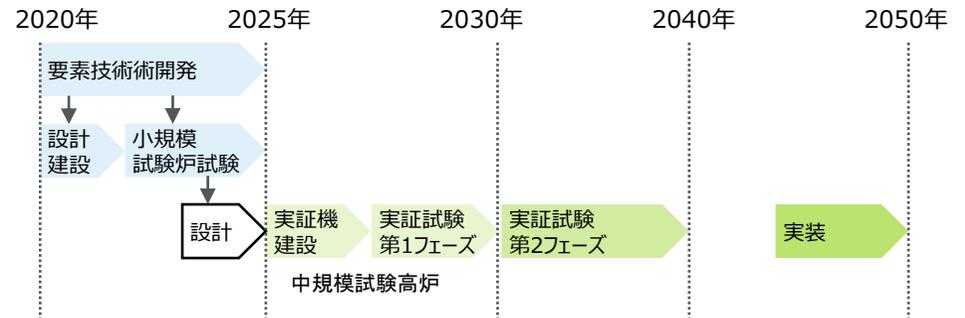
- 直接還元法とは、鉄鉱石を固体のまま還元し、そのあとで電炉に移して溶解する方法
- コークスを使わず、水素のみで還元を行うため、CO2の発生を大幅に抑制できる
- 水素DRIとは異なる技術として、高炉を改良して、還元剤の一部を水素にする技術も開発されている（COURSE50）



### 水素還元製鉄の開発状況・課題

#### 水素還元製鉄の開発状況

- **直接水素還元製鉄は、現時点では技術が未確立で、2040年代半ばに社会実装**すべく取り組みを進めている



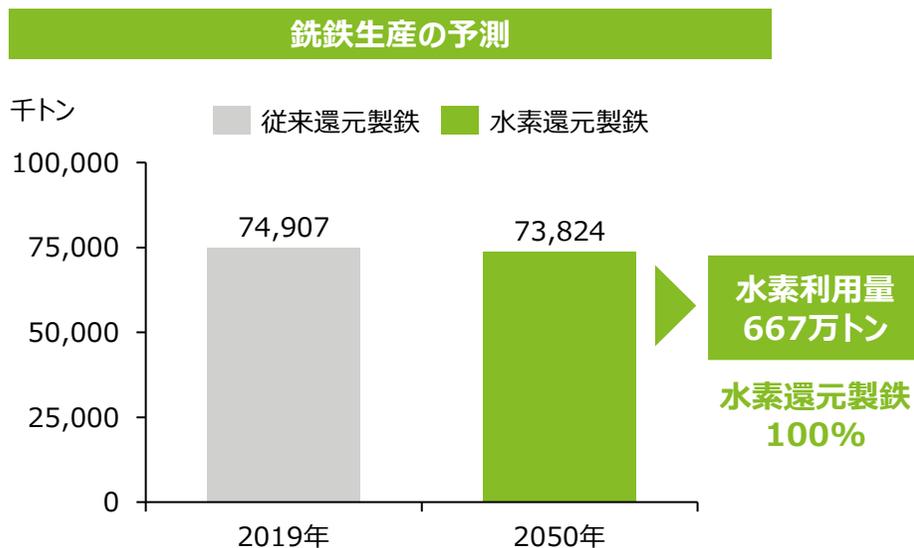
#### 直接水素還元製鉄の主な課題

- 水素還元は、吸熱反応であるので、反応炉に熱を供給する技術の確立が必要がある
- 鉄鉱石の還元と溶解を同時に行うことができないため、エネルギー効率が低い
- 技術課題とは別であるが、コークス利用製鉄と同価格で提供するには、8円/Nm<sup>3</sup>の水素を調達する必要があり、コスト的なハードルが非常に高い

# 国内で生産される銑鉄を全て水素還元製鉄にした場合、2050年の製鉄プロセスにおける水素需要は、約773万トンになると予測される。

## 水素需要予測（2050年）

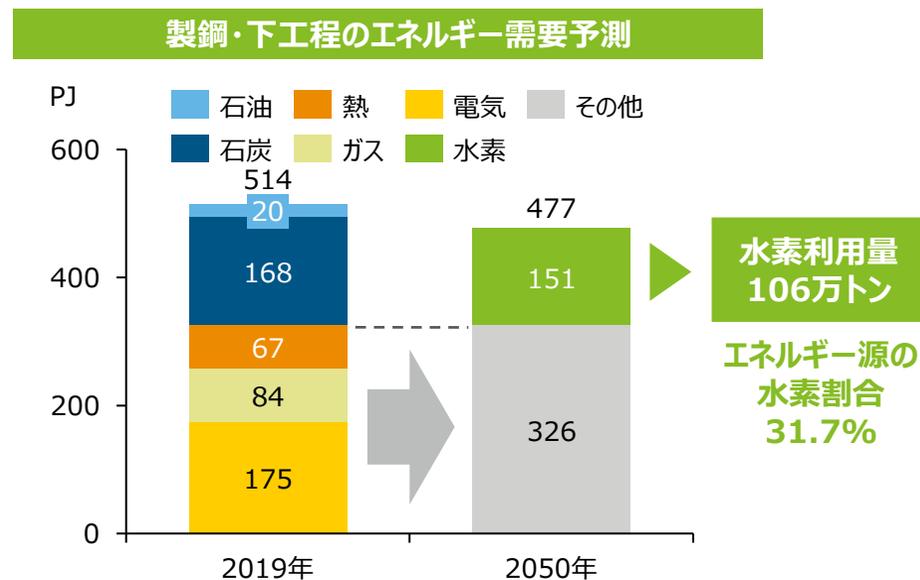
### 銑鉄工程・還元プロセスの水素需要



#### 水素需要予測の算出プロセス・前提

- 2050年に全ての銑鉄工程が水素還元製鉄になる想定
- 水素需要 = 銑鉄生産量 × 原単位当たりの水素利用量
- 水素利用量 = 還元剤 + 1600℃溶銑昇熱 + 吸熱反応補完

### 製鋼・下工程の水素需要



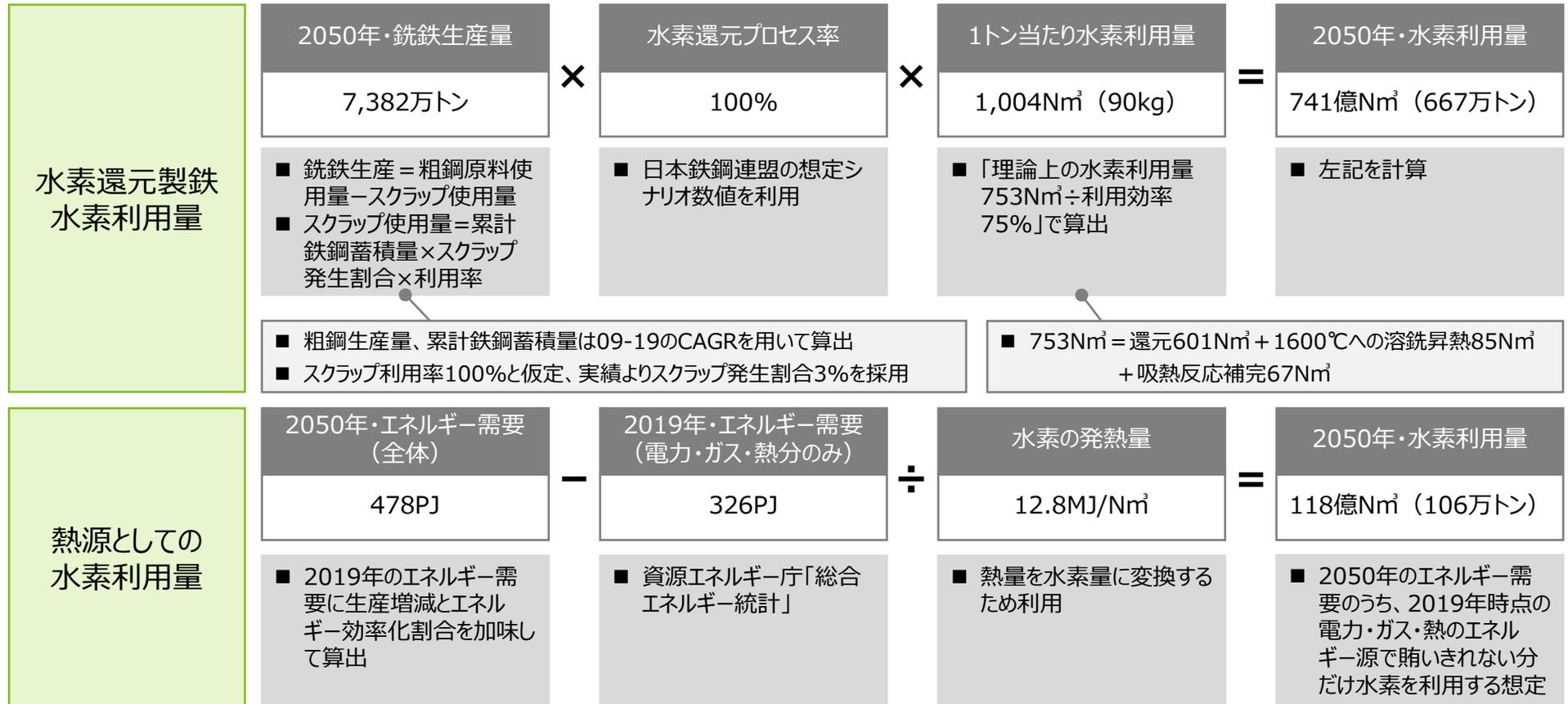
#### 水素需要予測の算出プロセス・前提

- エネルギー効率化を考慮し2050年のエネルギー需要を算出
- 2019年のエネルギーミックスで電力・ガス・熱で賄い切れていない分を2050年に水素化する想定

銑鉄工程と製鋼・下工程両方の需要を合計すると、鉄鋼セクターにおける2050年の水素需要は773万トンと予測される

# 鉄鋼セクターにおける水素需要予測は、下記の前提・プロセスに基づいて算出を行った。

## 水素需要試算前提・プロセス

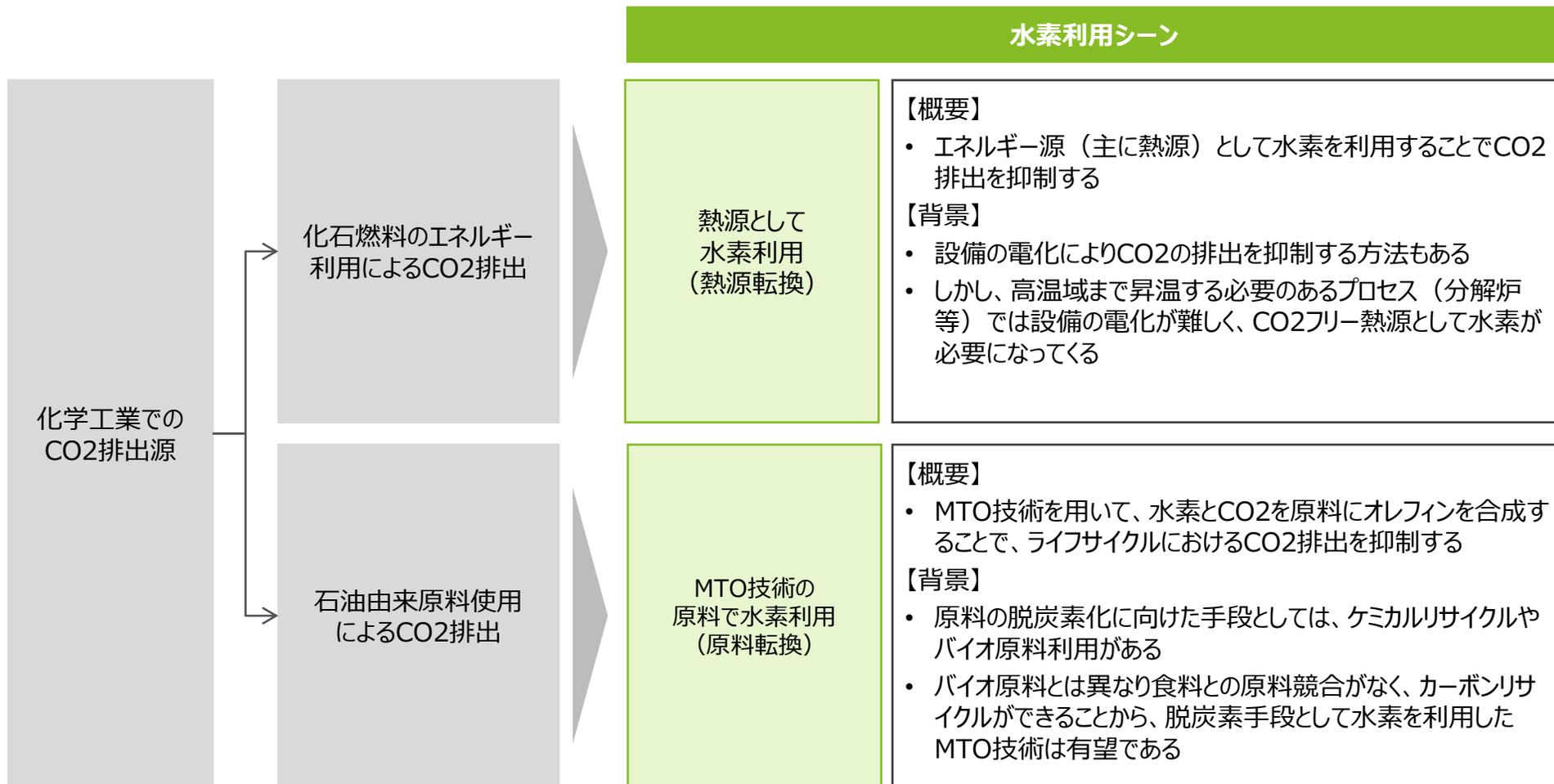


### 鉄鋼セクターにおける 需要変動要因

- 2050年に国内で製造する全銑鉄に水素還元プロセス適用は難しく、プロセス適用率の低下が想定される
- 国内で水素還元プロセスに新規投資を行うことが見込みにくく、当該プロセスが海外移転する可能性がある

# 化学工業では、エチレン製造（MTO法）とエネルギー源として水素の利用可能性がある。

## 化学工業での水素利用シーン



出所：経済産業省（2021）グリーンイノベーション基金事業「CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画、経済産業省・文部科学省（2019）エネルギー・環境技術のポテンシャル・実用化評価検討会、を基に作成

# MTO法を使用したエチレン合成は、化学工業部門のCO2排出削減に寄与しうるが、技術の実用化・普及に向けては複数のハードルが存在する。

## MTO技術の概要と開発状況

### MTO（Methanol to Olefin）法の概要

#### エチレンの製法

##### 既存技術：ナフサ分解によるエチレン生産

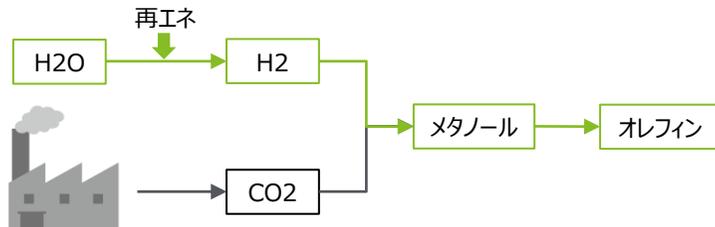
- 反応：ナフサ→エチレン、プロピレン、BTX、etc  
⇒ 熱分解（約850℃）

##### 革新技術：MTO法を用いたエチレン合成

- 反応： $3\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 1/2\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$   
⇒メタノールからエチレンを合成

#### MTO法を用いたエチレン合成

- グリーン水素およびCO2からメタノールを製造し、そのメタノールからオレフィン系炭化水素を合成する方法
- 石油由来原料を使用しないため、CO2排出削減に貢献



出所：経済産業省（2021）「CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画、資源エネルギー庁（2021）今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理（案）、経済産業省（2021）カーボンサイクル関連プロジェクト（化学品分野）の研究開発・社会実装の方向性、を基に作成

### 日本におけるMTO法の開発状況・課題

#### MTO法の開発状況

- MTO技術を用いたエチレンの**商用化は、2030年以降を想定**している。



#### MTO法の主な課題

- 反応生成物の選択性の向上（エチレン、プロピレンが混合した状態で得られるので、蒸留分離する際に大量のエネルギーを消費）
- 触媒耐久性の向上（1,000h→10,000h）

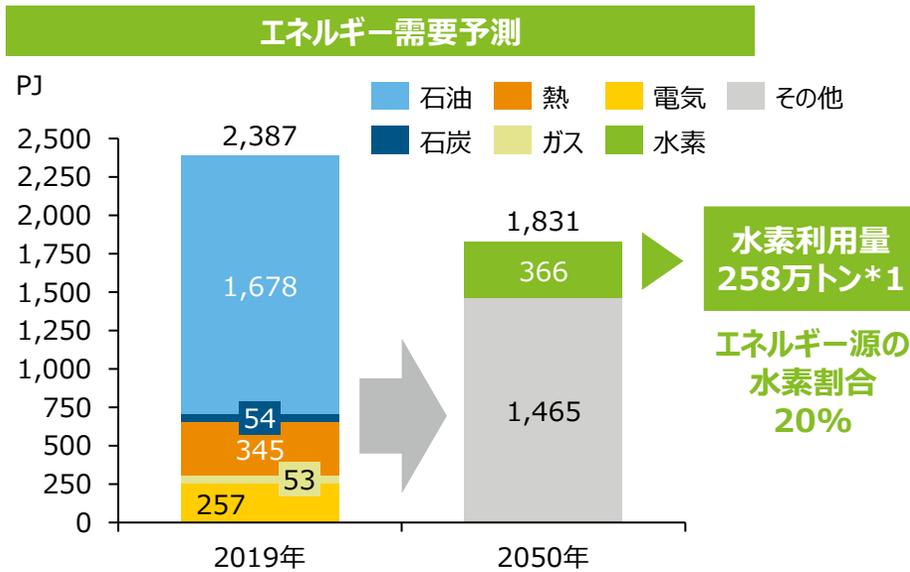
#### 水素 + CO2 → エチレンを実現するにあたり、MTO技術に加え下記技術の確立が必要

- グリーン水素製造技術
- CO2分離回収技術
- 水素、CO2からメタノールを製造する技術

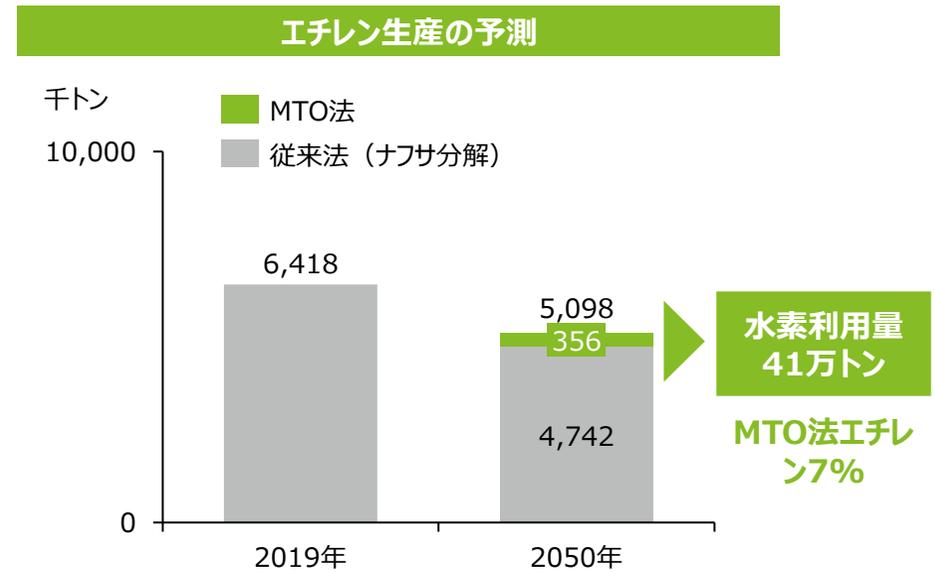
# エチレン原料とエネルギー用途の一部に水素を活用した場合、2050年の化学工業部門における水素需要は、約299万トンになると予測される。

## 水素需要予測（2050年）

### エネルギー用途における水素需要



### MTO法エチレンの水素需要



#### 水素需要予測の算出プロセス・前提

- エネルギー効率化を考慮し、2050年のエネルギー需要を算出
- 2050年のエネルギーミックスの20%が水素化されると仮定

#### 水素需要予測の算出プロセス・前提

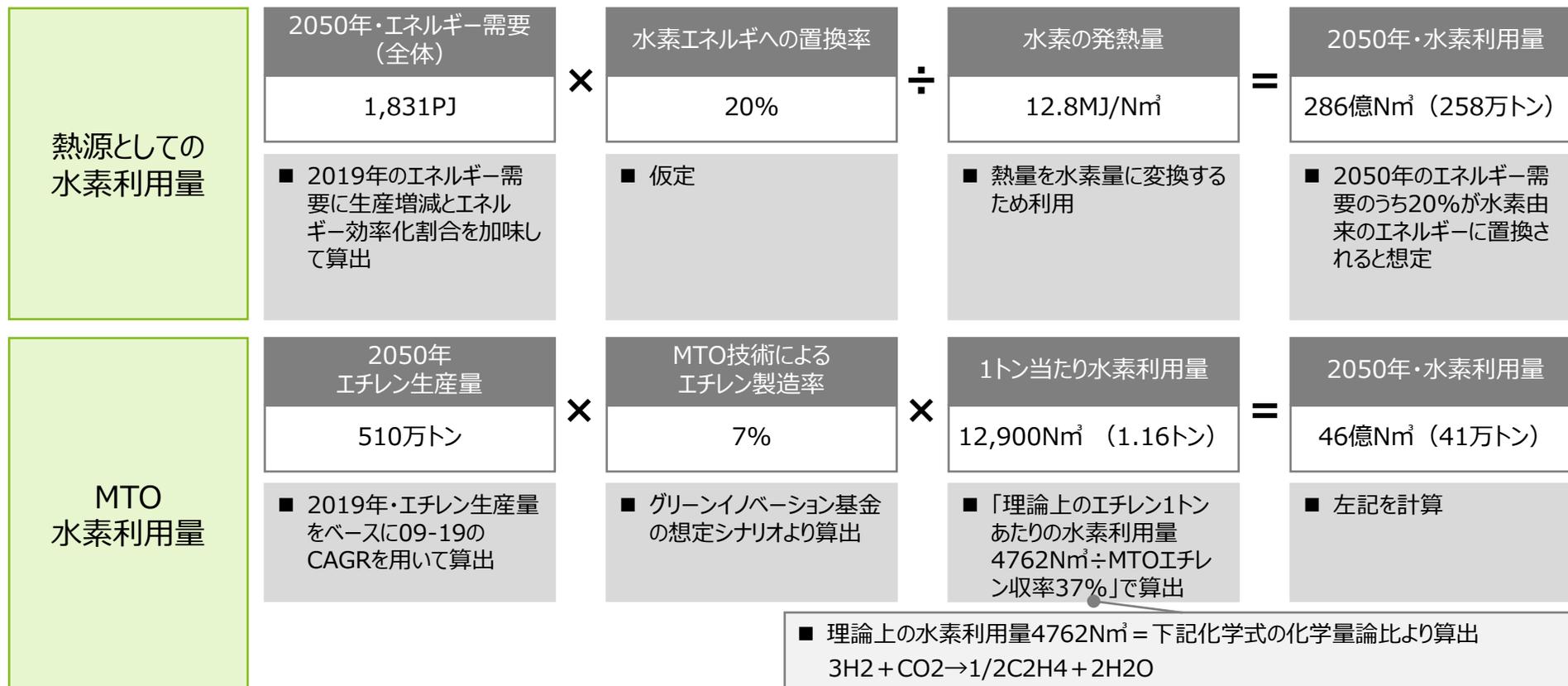
- MTO法によるメタノール生産量220万トン、エチレン収率は37%と想定 (SAPO-34) してMTO法エチレン生産比率を算出

エチレン製造用とエネルギー用途の需要を合計すると、化学工業部門における2050年の水素需要は299万トンと予測される

\*1：本調査における化学工業の水素需要予測は化学品への転換を対象としたのに対して、p.8の化学における水素需要は化学品に加え燃料への転換も含め、かつ全ての原料・燃料源が水素に置き換わった場合を想定  
出所：経済産業省（2021）生産動態統計、資源エネルギー庁（2021）今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理（案）、資源エネルギー庁（2021）総合エネルギー統計、を基に作成

# 化学工業部門における水素需要予測は、下記の前提・プロセスに基づいて算出を行った。

## 水素需要試算前提・プロセス



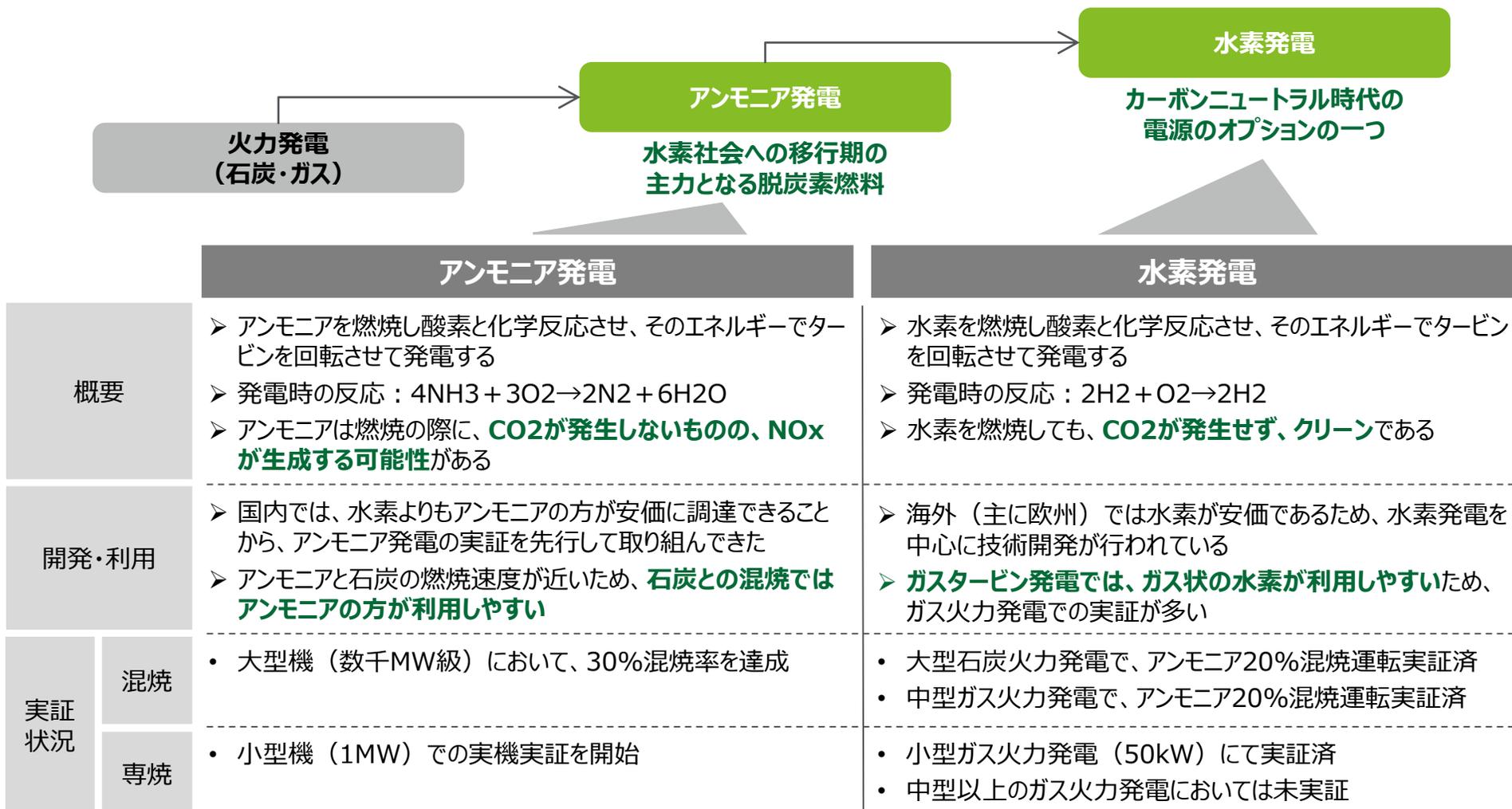
### 化学工業セクターにおける 需要変動要因

- MTO法によるエチレンは、バイオ原料由来のエチレンと競合する可能性があり、バイオ原料の採用動向を注視する必要がある
- MTO触媒のエチレン収率が向上した場合、水素需要は低下する可能性がある

出所：経済産業省（2021）生産動態統計、資源エネルギー庁（2021）今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理（案）、資源エネルギー庁（2021）総合エネルギー統計、経済産業省（2021）グリーンイノベーション基金事業「CO<sub>2</sub>等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画、を基に作成

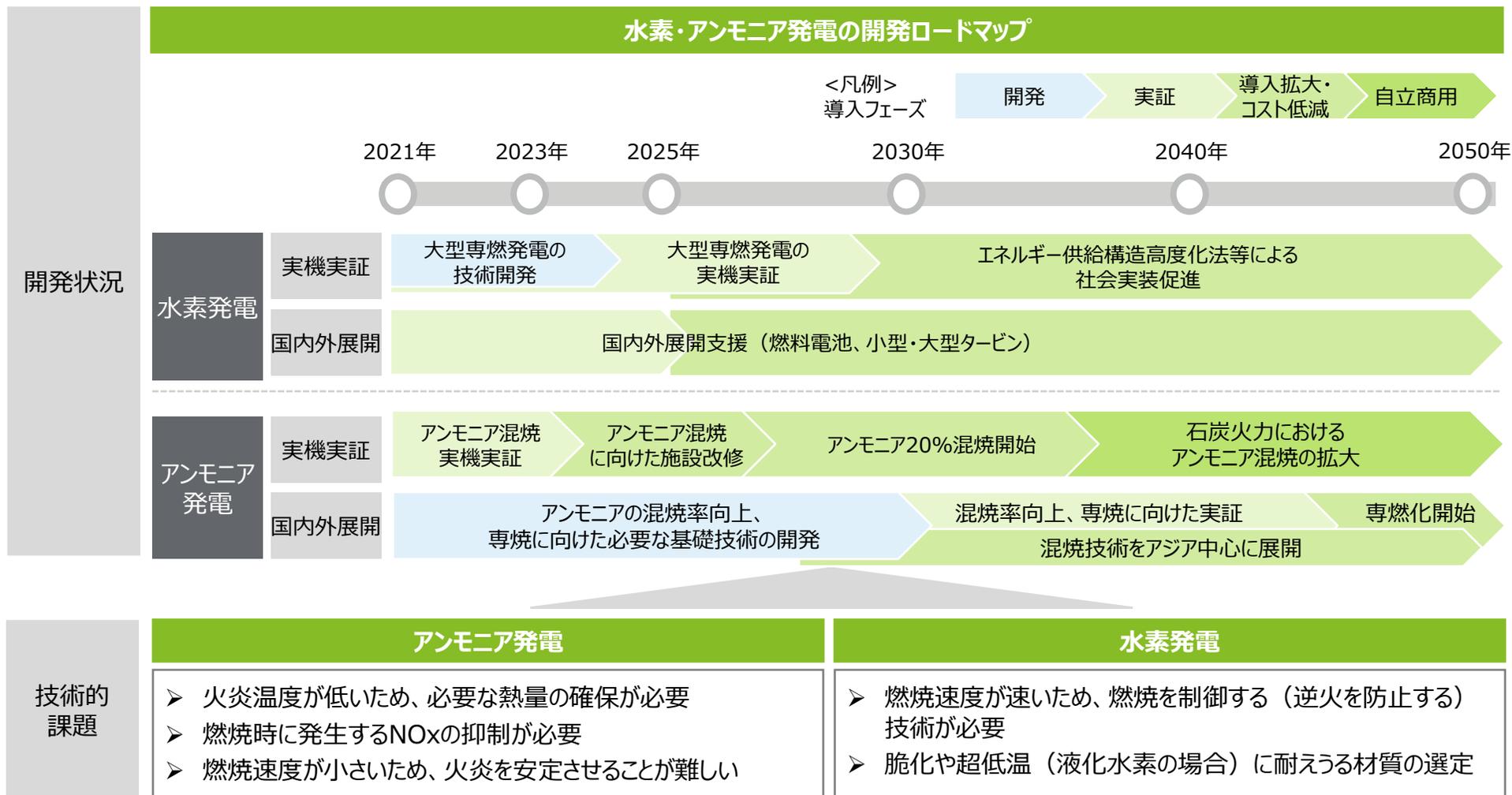
# カーボンニュートラル電源として水素・アンモニア発電が有望視されており、アンモニア発電が、その移行期の脱炭素燃料として注目されている。

## 水素・アンモニア発電の概要



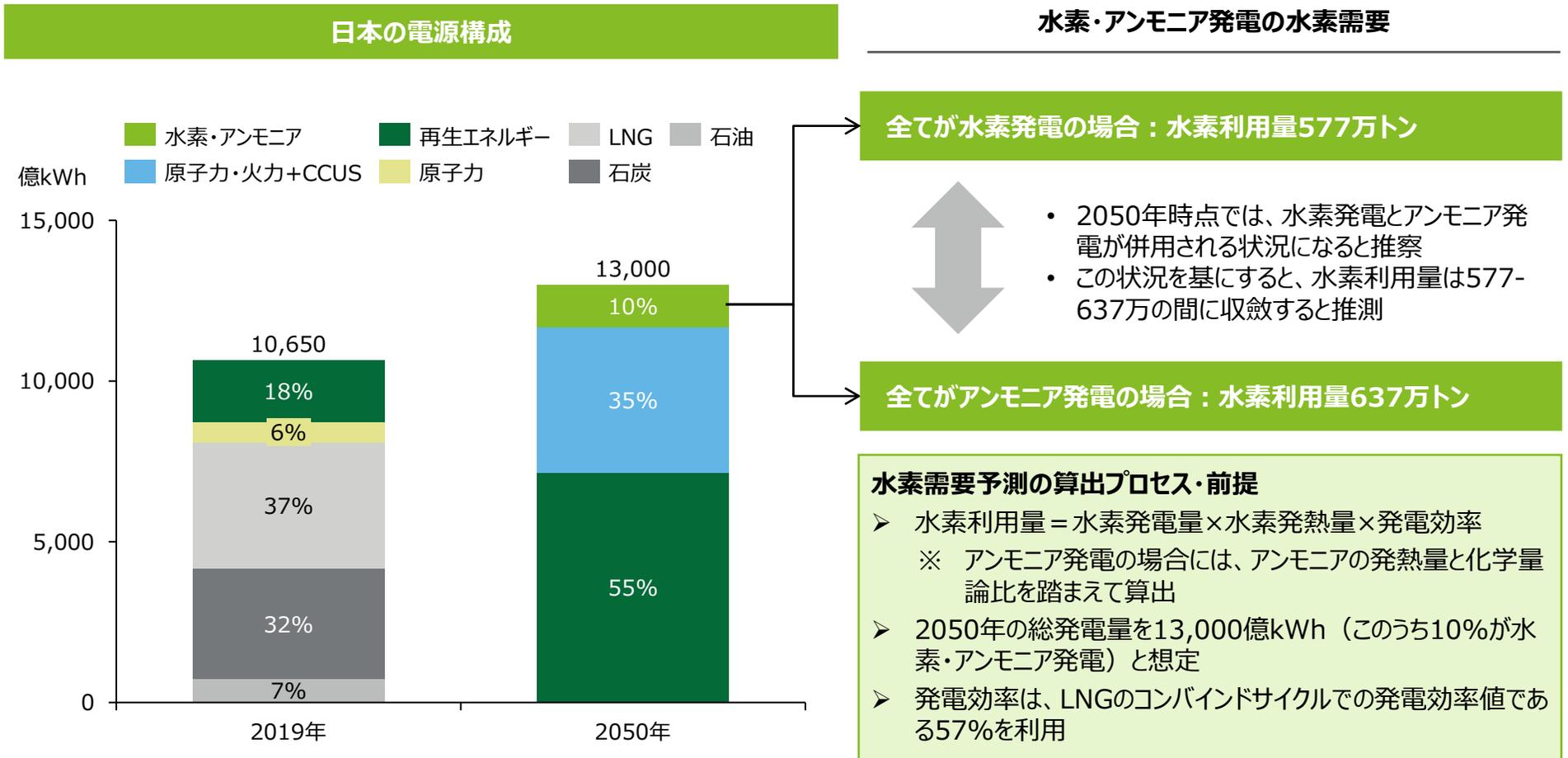
# 発電部門のCO2排出削減に向け、水素・アンモニア発電の実用化開発が行われている。

## 水素・アンモニア発電の課題・開発状況



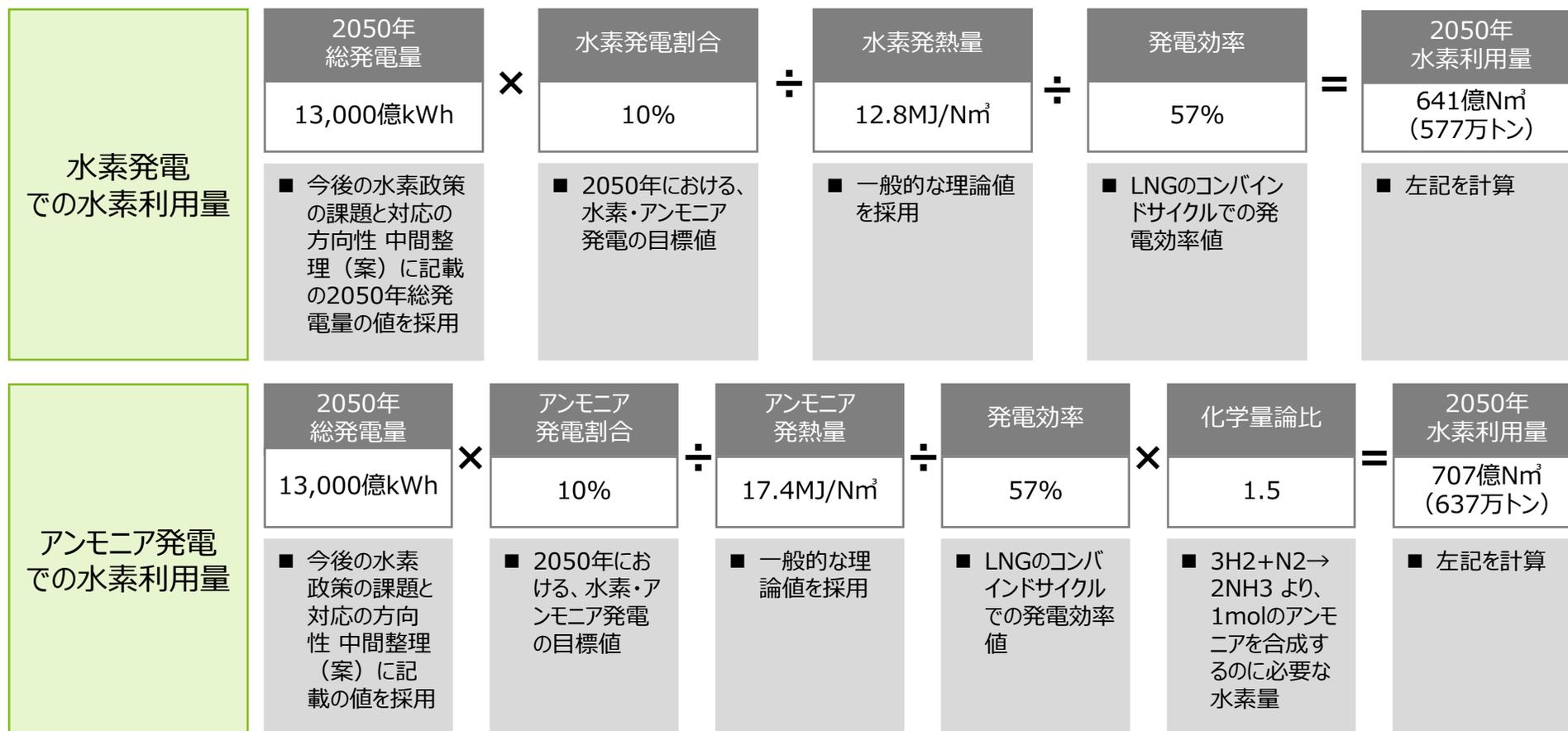
# 水素・アンモニア発電に水素を活用した場合、2050年の発電セクターにおける水素需要は577-637万トンになると予測される。

## 水素需要予測（2050年）



# 発電セクターにおける水素需要予測は、下記の前提・プロセスに基づいて算出を行った。

## 水素需要試算前提・プロセス



### 発電セクターにおける 需要変動要因

- 水素・アンモニア発電における発電効率の向上度合いによって、水素需要量は大きく変動する

# 鉄鋼・化学工業・発電の主要3セクターだけで、2050年には国内での水素需要が1,600万トン超になると予測される。

## 2050年の国内水素需要予測

調査対象セクター	2050年需要予測	各セクターにおける需要変動要因
鉄鋼	773万トン	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 2050年に国内で製造する全銑鉄に水素還元プロセス適用は難しく、プロセス適用率の低下が想定される</li> <li>➤ 国内で水素還元プロセスに新規投資を行うことが見込みにくく、当該プロセスが海外移転する可能性がある</li> </ul>
化学工業	299万トン	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ MTO法によるエチレンは、バイオ原料由来のエチレンと競合する可能性があり、バイオ原料の採用動向を注視する必要がある</li> <li>➤ MTO触媒のエチレン収率が向上した場合、水素需要は低下する可能性がある</li> </ul>
発電	577～637万トン	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 水素・アンモニア発電における発電効率の向上度合いによって、水素需要量は大きく変動しうる</li> </ul>
合計	1,600万トン超	

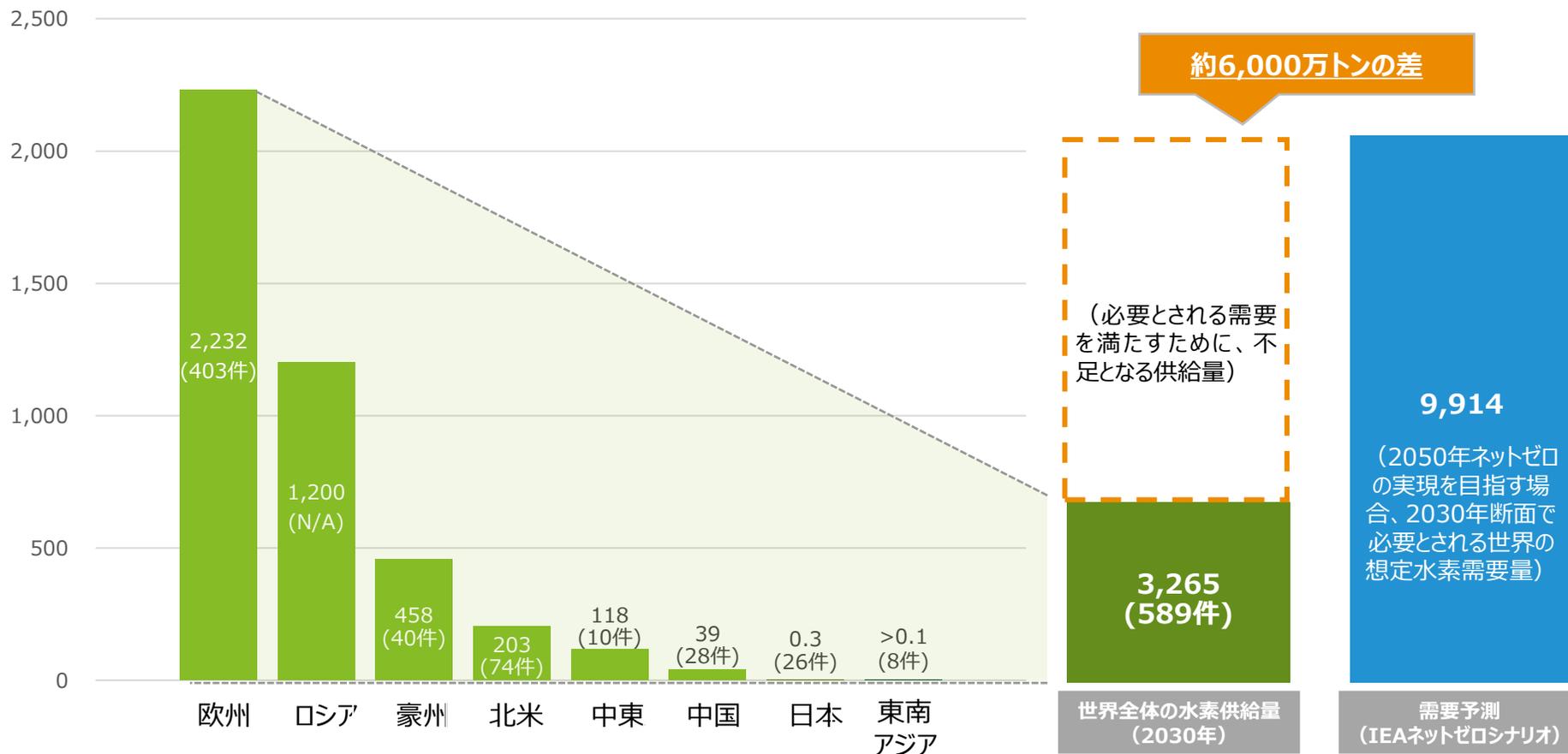
出所：経済産業省（2021）生産動態統計、資源エネルギー庁（2021）今後の水素政策の課題と対応の方向性 中間整理（案）、資源エネルギー庁（2021）総合エネルギー統計、経済産業省（2021）グリーンイノベーション基金事業「CO2等を用いたプラスチック原料製造技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画、を基に作成

### **3. 諸外国における水素供給予測**

IEAによると、2030年における水素・アンモニアの世界全体の供給量は3,265万トンになる。しかし、ネットゼロ実現のためには、供給量は追いついていない。

### 2030年の水素・アンモニア供給予測

単位：万トン  
(計画中プロジェクト件数)

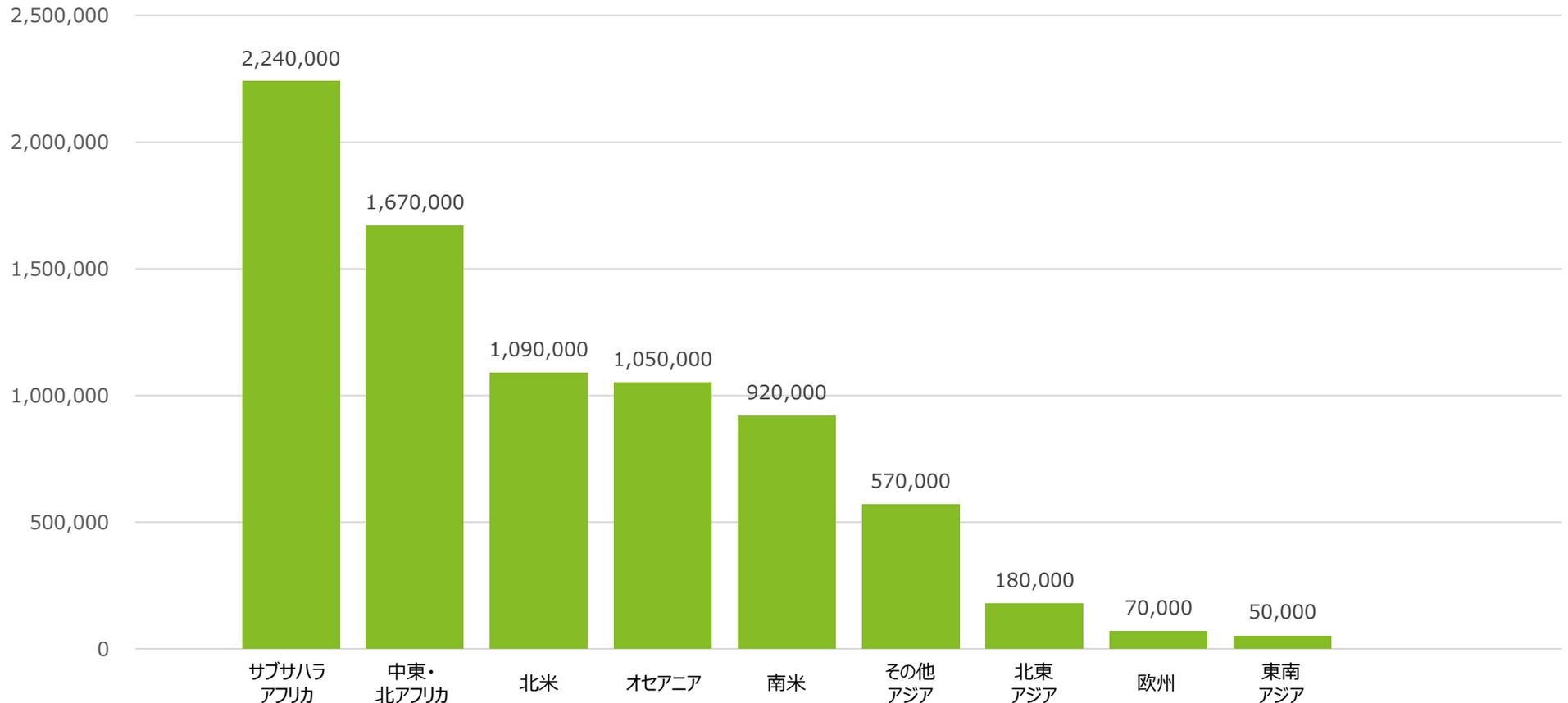


出所：資源エネルギー庁（2022）令和2年度LNGバリューチェーンの脱炭素化等に向けたインド太平洋イニシアティブ形成事業（包括的資源外交展開に向けた脱炭素化取組動向、二国間連携枠組等に関する調査等）を基に作成

## 国際再生可能エネルギー機関（IRENA）の予測によると、2050年にはアフリカや中東を中心に、低価格なグリーン水素が大量に製造されるポテンシャルがある。

### 2050年のグリーン水素供給ポテンシャル\*1

単位：万トン



\*1：2050年までに～1.5米ドル/kgにて製造されるグリーン水素のポテンシャル

出所：資源エネルギー庁（2022）令和2年度LNGバリューチェーンの脱炭素化等に向けたインド太平洋イニシアティブ形成事業（包括的資源外交展開に向けた脱炭素化取組動向、二国間連携枠組等に関する調査等）を基に作成

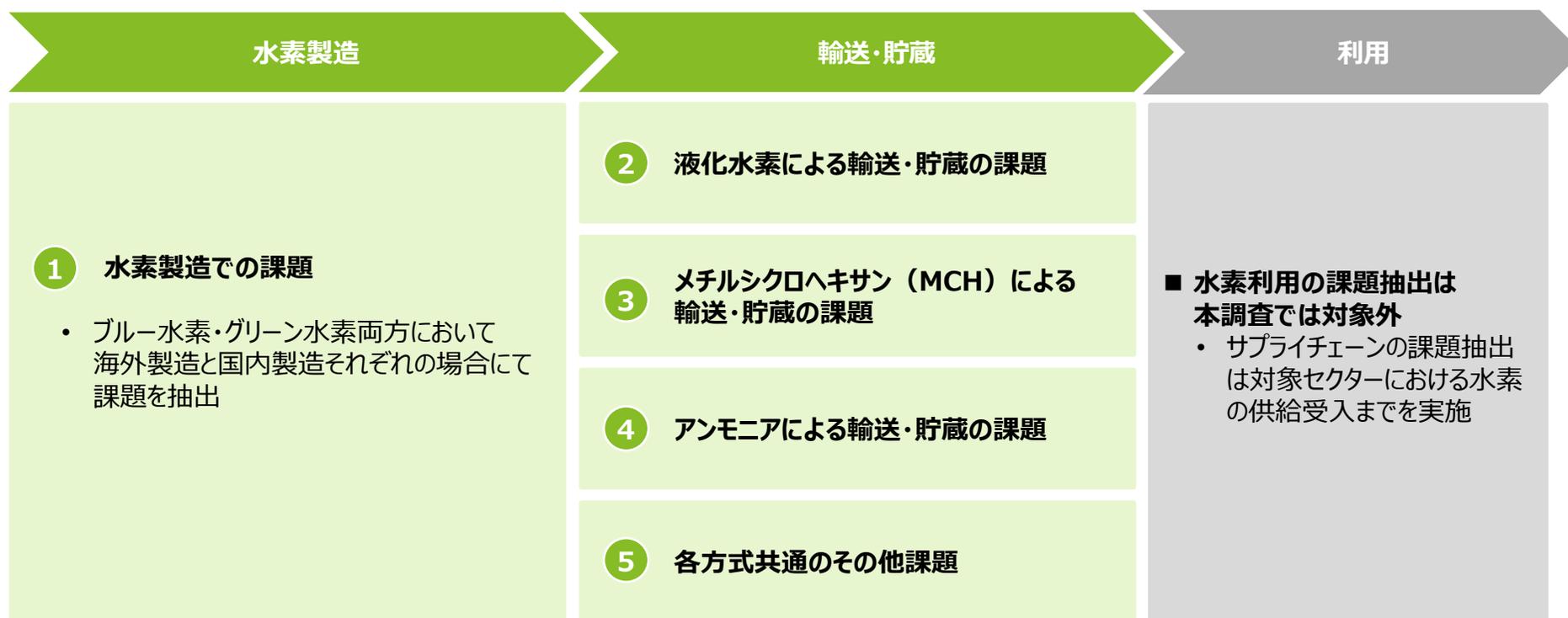
## 4. 日本への供給可能性とインフラ課題

# 水素サプライチェーンをベースに、製造業を中心とした我が国への供給課題を抽出した。

## 水素供給課題抽出の方針・アプローチ

### 水素供給の 課題抽出方針

- 水素サプライチェーンにおける製造から輸送・貯蔵までの供給課題を抽出  
(特に輸送・貯蔵に関しては輸送・貯蔵方式ごとに課題を把握すべく、方式別に課題を抽出)



# 水素製造の主な課題は、グリーン水素では安価な再エネ資源の大量確保、ブルー水素ではCCSに関する環境評価制度・技術の確立である。

## 1 水素製造の課題

太字：重要課題

		ブルー水素	グリーン水素
課題	海外製造	A) CCSによるCO2の貯蔵効果に関する評価制度の確立 <b>政治</b> B) CO2貯蔵技術・モニタリング手法の確立 <b>技術</b>	E) 安価な再エネを大量確保に向けた土地の確保 <b>社会</b> F) 水素製造コスト削減のため、水電解装置の大型化・電解効率の向上に向けた開発が必要 <b>技術</b>
	国内製造	C) CCSサイトの確保、加えて安全性の担保や地域住民の理解醸成 <b>社会</b> D) 水素製造プロセスで発生したCO2を貯蔵するためのCO2運搬インフラの整備 <b>政治</b>	G) 海外に比べ再エネ供給ポテンシャルが低い（日照率、風況等）、低価格で再エネ電力を調達することが困難 <b>経済</b> H) 水素製造に対する投資を加速させるため、インセンティブ制度や手続き簡略化の検討が必要 <b>政治</b>
		国内製造では、海外製造での課題に加えて上記の課題がある	

### 課題A・課題Bの 補足説明

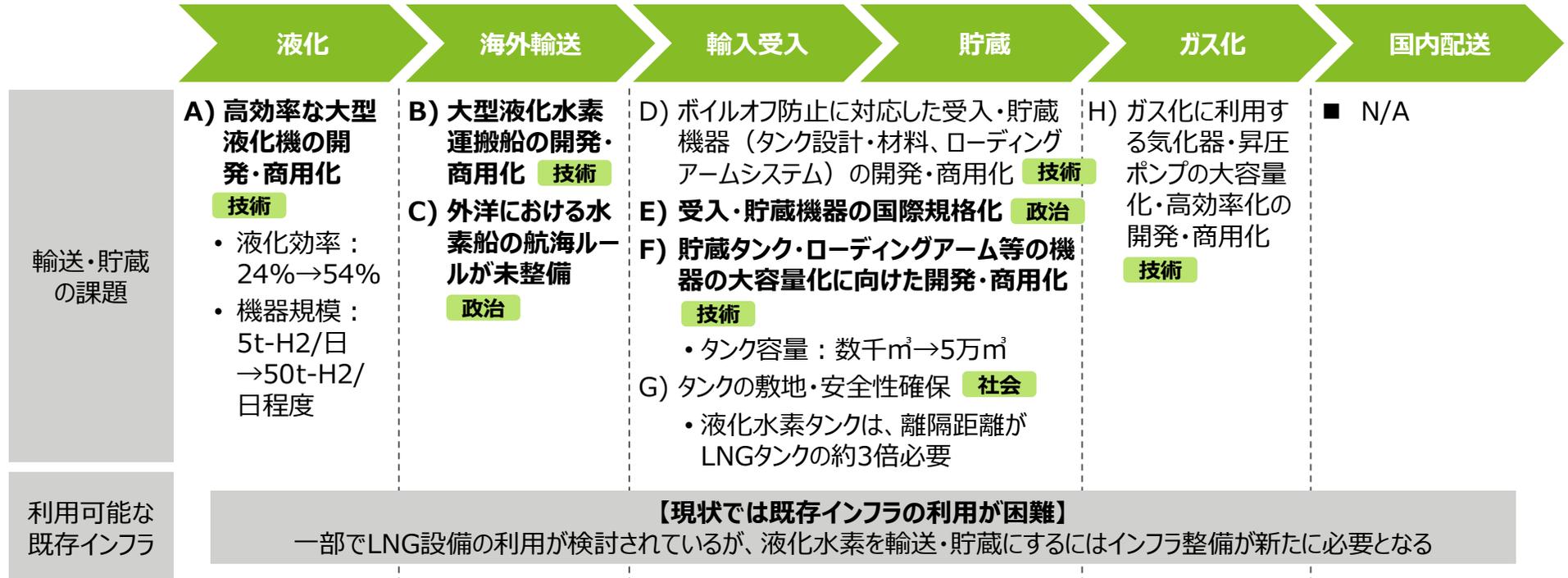
#### ブルー水素に関わるCCSの環境評価制度・技術

- CO2を貯蔵・モニタリングする技術・手法が未確立だけでなく、そもそも**ブルー水素の定義自体（CO2の回収率・回収量、CO2のライフサイクルアセスメント手法等）も定まっていない**状況にある
- そうした中、ブルー水素はCO2の排出そのものを削減できないことから、**欧州はトランジション技術として位置づけている**
- CO2回収技術の確立に加え、ブルー水素の定義・制度等が定まらない限り、プラントが座礁資産になるリスクがあり、企業は投資判断・資金調達が難しくなるため、ブルー水素に関わる制度・ルールの整備に関して**世界的にも関心が高まっている**

# 液化水素輸送は、サプライチェーンが未確立であるため、効率的な輸送・貯蔵の確立に向けた課題が主であり、今後インフラ整備に向けた投資が必要になってくる。

## 2 液化水素による輸送・貯蔵の課題

太字：重要課題



### 課題A～Fの 補足説明

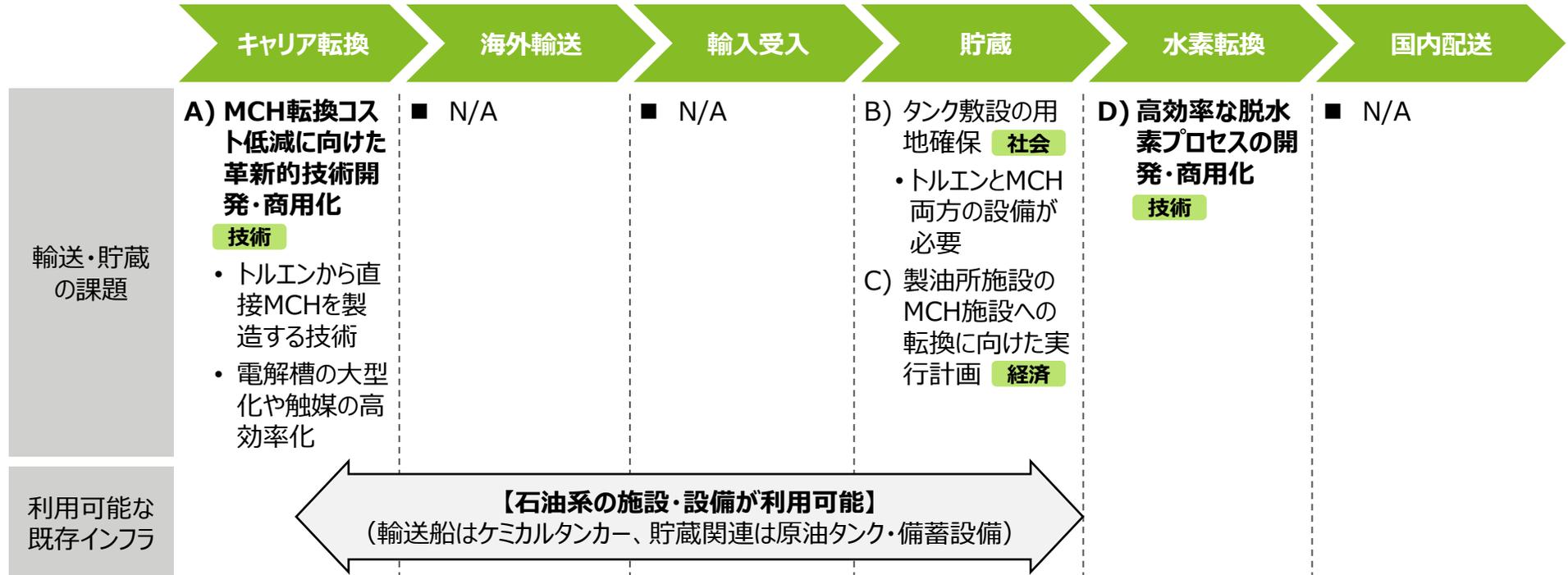
#### 液化水素の輸送・貯蔵コスト低減

- 液化水素は、現状では高コストであるが、コスト低減ポテンシャルが高く、コスト削減を実現するには**設備の大型化と大量生産に向けた国際規格化**を推し進めることが重要になってくる
- 液化水素は、ローカルな単位で利用されてきたため、地域によって使用される設備・機器が異なっている。**同じ規格で機器・部品を大量生産することによってはじめてコスト低減に寄与するため、国際規格化が必要**になってくる

# MCH輸送は、サプライチェーンにおける主要技術が既に確立されているため、キャリア・水素転換の技術開発と既存インフラ活用の実行性に課題が集中している。

## 3 MCHによる輸送・貯蔵の課題

太字：重要課題



### 課題A・課題Dの補足説明

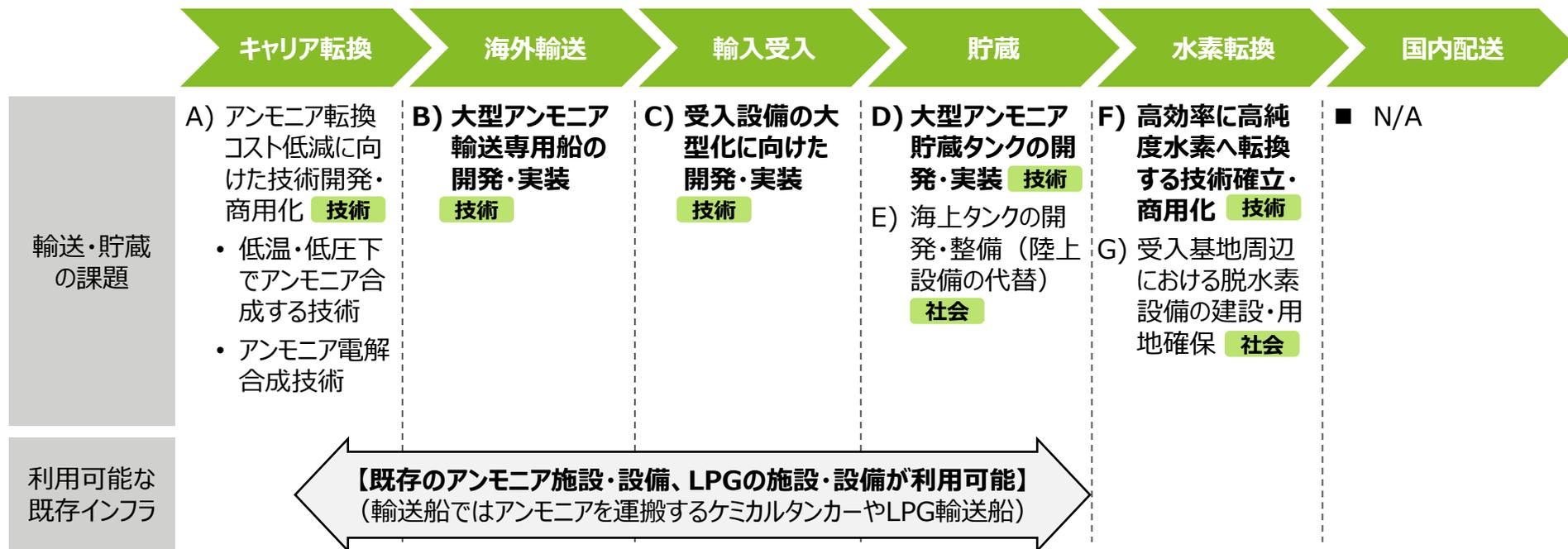
#### 水素化・脱水素化プロセスでの技術開発

- MCHは、**水素化するプロセスでのコストが占める割合が高い**ことから、その課題を解決するための革新的な技術開発（トルエンから直接MCH製造をする技術の開発、電解槽の大型化や触媒の高効率化に向けた開発等）が積極的に行われている
- 一方で、MCHから**脱水素化するプロセスで、大量にエネルギーを消費**する点も課題として認識されている。エネルギーの乏しさを補完するために輸入しているにもかかわらず、水素転換する際にエネルギーを大量に消費してしまうためである

# アンモニア輸送は、サプライチェーンが成熟しているためエネルギーキャリアとして需要の大幅拡大に伴う、大量輸送や水素転換に関する課題が主である。

## 4 アンモニアによる輸送・貯蔵の課題

太字：重要課題



### 課題B～Dの補足説明

#### 大型アンモニア設備の開発・実装

- アンモニアの大量輸送に向けて、対応できる**大型の輸送・貯蔵設備を開発**する必要がある
- アンモニア設備を急速に建設する必要が出てきた際に、**アンモニア設備の建設に対応できるリソース（ノウハウを有する企業・人材）が不足する懸念**がある

### 課題Fの補足説明

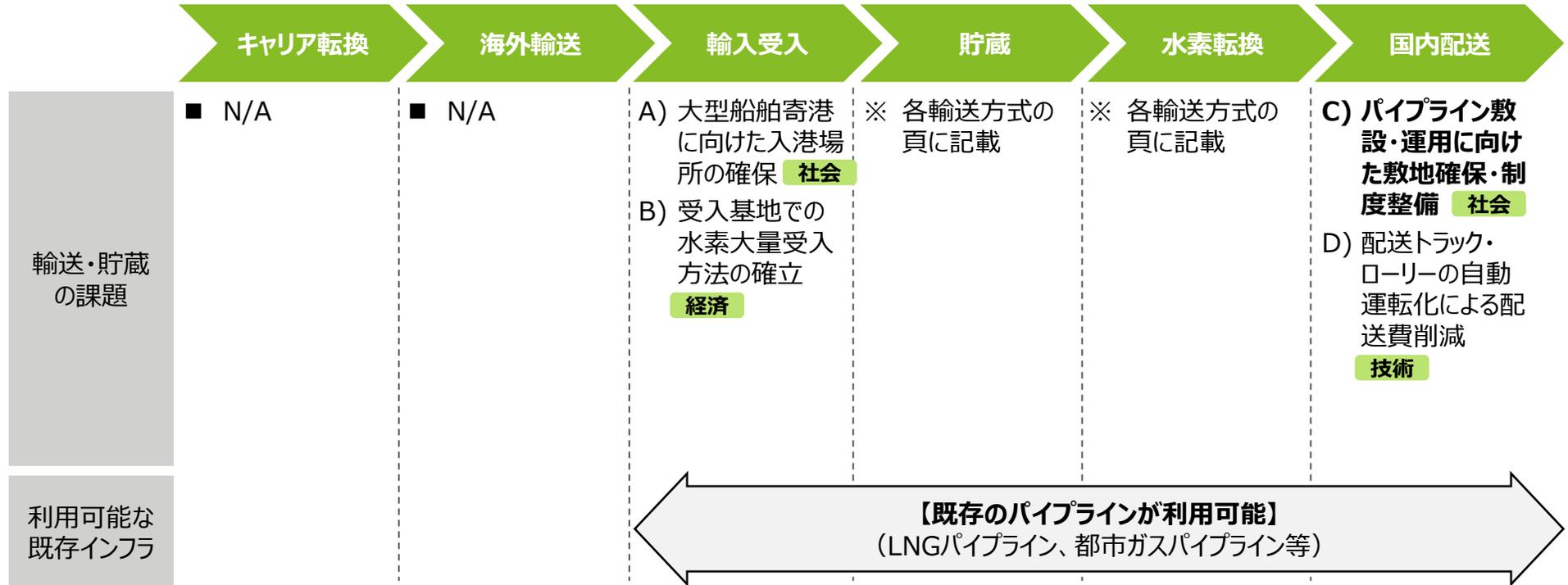
#### 水素転換技術の開発状況

- アンモニアから水素への転換では、既存の非金属触媒が利用できるため、**実用化が可能**な開発状況にある
- しかし、現状の技術では、水素転換する際の**エネルギーロスが非常に大きい**ため、その点を克服することが求められている

# 水素の国内配送では、パイプラインによる配送が不可欠であるが、水素パイプラインの敷設・運用に向けた敷地確保・制度整備が大きな課題の一つである。

## 5 各方式共通のその他課題

太字：重要課題

b>

### 課題Cの補足説明

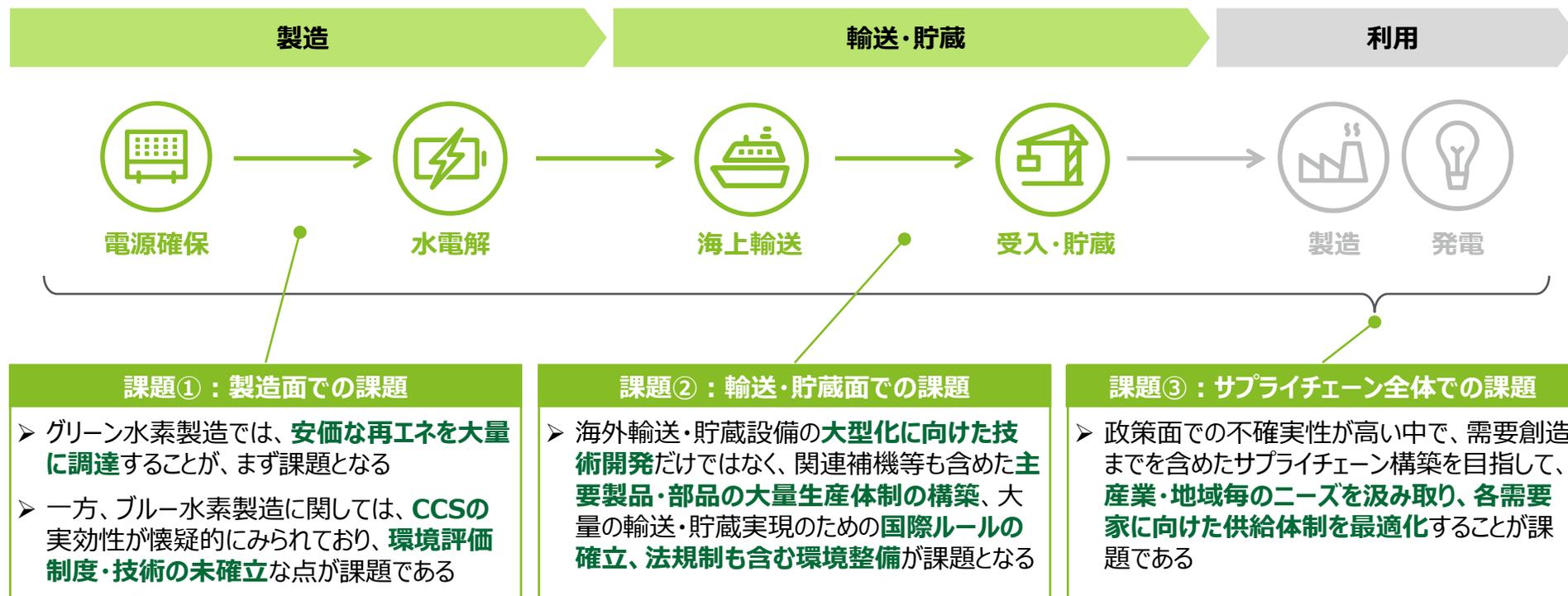
#### 既存パイプラインの存在による影響

- 周辺地域で既にLNGパイプラインや都市ガスパイプラインが存在する場合、**既存パイプラインを水素向けに利用できる可能性**がある。しかし、水素市場の黎明期ではLNGや都市ガス向けに利用されているため、**転用できないケース**が多くみられる
- このような状況では、水素パイプラインの新設が不可欠だが、従来エネルギーのパイプラインが既にあるため、**既存パイプラインを避けて建設する必要があり、パイプライン新設のコストを余計に要してしまう**こともある

出所：経済産業省（2020）2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン戦略、資源エネルギー庁（2021）今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理（案）、資源エネルギー庁（2021）水素関連プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性、等の各種公開資料を基に作成

# 水素供給に向けた課題は、製造、輸送・貯蔵、サプライチェーン全体の課題に分けられる。

## 水素供給のに向けた課題の全体像



### 既存インフラ利用の意義

- 水素供給に既存インフラを利用することで、**より低コストで大量の水素供給を実現できる可能性があるが、利用可能な敷地の状況や防安全対策の必要性等によっては、最終的にコスト低減に結びつかないケースもありえる**
- 既存インフラは産業用途等のように限られた規模の供給しかできない状況にあるため、将来的にはケタ違いの水素需要が予測され、**大量の水素供給に向けたインフラの新設が不可避**となる。しかも、水素需要を背景としてインフラ投資を行うのであれば、インフラを新設しても**投資回収を行える可能性が十分に見込みうる**

出所：経済産業省（2020）2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン戦略、資源エネルギー庁（2021）今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理（案）、資源エネルギー庁（2021）水素関連プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性、等の各種公開資料を基に作成

# アルカリ型とPEM型が、水電解装置として幅広く利用されており、高温水蒸気電解装置は、研究開発段階で本格的な商用化に向けて大型化技術の確立が肝要である。

## グリーン水素製造技術の比較

		アルカリ型水電解	固体高分子（PEM）型水電解	高温水蒸気電解
概要		<ul style="list-style-type: none"> <li>強アルカリ水溶液に直接電流を流して水素と酸素を発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>触媒を持つ固体高分子膜に純水を通し、触媒にて水素と酸素に分解</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>固体酸化物形電解セルで、高温水蒸気（700～1000℃）を電気分解</li> </ul>
スペック	生産量	～3,880Nm <sup>3</sup> /h	～5,000Nm <sup>3</sup> /h	～750Nm <sup>3</sup> /h
	水素純度(*1)	99.5～99.9998%	99.9～99.9999%	N/A（研究段階が主）
	電流密度(*1)	0.2～0.6A/cm <sup>2</sup>	1.0～2.0A/cm <sup>2</sup>	N/A（研究段階が主）
	水素製造原単位(*1)	50～78kWh/kg	50～83kWh/kg	～46.6kWh/kg
特徴・メリット		<ul style="list-style-type: none"> <li>水電解方式の中で最も成熟した技術</li> <li><b>大型化が比較的容易</b></li> <li>材料コストが低い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電力の負荷変動範囲が広く、<b>再エネ電力量の発生・変化に柔軟に対応可能</b></li> <li>製造される水素の純度が極めて高い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水の電気分解より<b>高いエネルギー効率で、水素製造が可能</b></li> </ul>
デメリット・制約		<ul style="list-style-type: none"> <li><b>電流密度が低い</b></li> <li>電力変動に対する追従性やオーバーロード（過負荷）への耐久性が低い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>プラチナを使用するため<b>装置が高コスト</b>（欧州では2030年までにプラチナ使用4mg/1Wを設ける予定）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在<b>研究開発段階</b>であり、実用化には至っていない</li> </ul>
想定利用先（国・地域、シーン）		<ul style="list-style-type: none"> <li><b>大規模な水素製造プロジェクト</b>を中心に採用（特に欧州では、その傾向が顕著）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>再エネ余剰電力による水素製造プロジェクト</b>を中心に採用</li> <li>大規模な水素プロジェクトでも採用増</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>電力と熱を同時に利用できる<b>原子力発電、地熱発電、火力発電</b>等での利用が想定</li> </ul>
今後の開発方針		<ul style="list-style-type: none"> <li><b>装置コストの低減や長寿命化</b>（アルカリ型：過負荷への耐久性向上、PEM型：電解膜のプラチナ使用量削減・プラチナ代替膜の開発、等）</li> <li>部品交換・修理の<b>タイミング最適化によるメンテナンスコストの低減</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>実用化に向けた<b>装置の大型化技術の確立</b></li> </ul>

出所：(\*1) CSIRO (2016) Cost Assessment of Hydrogen Production from PV and Electrolysis、水素・燃料電池戦略協議会 CO2 フリー水素ワーキンググループ (2017) CO2 フリー水素ワーキンググループ報告書、ヒアリング結果を基に作成

# 水素海上輸送技術の普及に向けた取組には各輸送方式で差があり、現時点ではアンモニア輸送が最も利用しやすい（但し、燃料利用に向けては新たなインフラ構築が必要）。

## 海上輸送・貯蔵技術の比較

		液化水素	MCH	アンモニア
概要		<ul style="list-style-type: none"> <li>水素を液化にして輸送する方法であり、水素を利用する際には気化させるだけで利用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>トルエンを水素化し、MCH（メチルシクロヘキサン）として輸送。触媒を用いて脱水素化し、水素を回収して利用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ハーバーボッシュ法により水素と窒素からアンモニアを合成して、液化アンモニアとして輸送し、水素転換して利用</li> </ul>
スペック (*1)	常圧水素比 体積	約1/800	約1/500	約1/1300
	液体条件	-253℃、常圧	常温常圧	-33℃、常圧
	毒性	毒性なし	トルエンに毒性有り	毒性、腐食性有り
	直接利用の 可否	可（化学特性変化なし）	現状不可	可（石炭火力混焼等）
特徴		<ul style="list-style-type: none"> <li>液化時に水素純度が高まるため、<b>精製プロセスを経ずに高純度利用が可能</b></li> <li>エネルギー効率化のポテンシャル高</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>長期間に渡る水素の安定貯蔵が可能</b>（国家のエネルギー備蓄に適する）</li> <li>MCH自体は毒性がないため扱い易い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>体積当たりの水素密度大</li> <li>現時点における<b>輸送コストは最も安価</b>で(*2)、2030年も同様と推察</li> </ul>
主な課題		<ul style="list-style-type: none"> <li>液化装置の大型化と高効率化</li> <li>極低温での大型海上輸送技術の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素化プロセスのコスト低減と脱水素プロセスにおけるエネルギー消費量の削減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>各種輸送設備の大型化</li> <li>水素転換技術（特にエネルギー効率）</li> </ul>
サプライチェーンの 成熟度・確立度		<ul style="list-style-type: none"> <li>国際大陸間の長距離輸送に関する実証を開始しており、<b>商用化に向けて取り組み中</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>国際実証が完了しており、<b>商用化できる段階まで到達</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既に一定量のアンモニアは肥料用途等にて取引されており、<b>確立済み</b>（ただし、大量輸送に向けた課題あり）</li> </ul>
利用可能な 既存インフラ		<ul style="list-style-type: none"> <li>現時点では<b>既存インフラ利用は困難</b>（ただし、LNG関連施設の液化水素施設への転換に関する議論あり）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>石油・ガソリン用のインフラ（ケミカルタンカー、原油タンク・備蓄設備石油タンク等）が<b>利用可能</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存のアンモニア設備、およびLPGインフラ（ケミカルタンカー、LPG輸送船、LPG貯蔵施設、等）が<b>利用可能</b></li> </ul>

出所：(\*1)経済産業省 資源エネルギー省（2021）今後の水素政策の課題と対応の方向性中間整理（案）、(\*2)エネルギー総合工学研究所（2018）メタネーションによる合成メタンの経済性評価の調査報告書～国内配送～ 第1.1版、水素・燃料電池戦略協議会 CO2 フリー水素ワーキンググループ（2017）CO2 フリー水素ワーキンググループ報告書、ヒアリング結果を基に作成

2030年では発電用途向けのアンモニア輸送が先行するとみられる。2050年に向けては、液化水素・MCH輸送も普及し、状況に応じて使い分けられるようになると想定される。

海上輸送・貯蔵技術の将来展望



## 5. 水素関連企業の技術動向

# 国内外の水素関連技術を有する主要企業を抽出し、各社の特徴・強みを深堀りした。

## 水素関連企業の調査方針

### 日系企業

### 海外企業

#### ① 目的

- 日本国内の水素関連技術を保有する主要企業、また各社の強みとする技術を把握

- 日本国外にて大型製造や大量輸送に係る技術を先進的に行う主要企業、また、各社の強みとする技術を把握

#### ② 抽出基準

- (グリーンイノベーション基金等を活用し、) 積極的に社会実装を推進している大手企業
- 水素の代表的イニシアチブ (Hydrogen council等) に参画し社会実装を推進している企業

- 積極的に海外で実証を進める大手企業
- 水素の代表的イニシアチブ (Hydrogen council等) に参画し社会実装を推進している企業
- 日本企業との共同事業・実証実験を進めている企業

#### ③ 事例調査

- 主なプレイヤー概要の取りまとめ
- 調査深堀企業の選定・概況
- 企業調査 (6社)

- 主なプレイヤー概要の取りまとめ
- 調査深堀企業の選定・概況
- 企業調査 (7社)

#### ④ 比較分析

- 深堀り企業調査の結果から、国内外企業の展開状況を比較分析
- 展開状況の比較分析を基に日本企業の有望領域を抽出し、さらには国・地域ごとの市場・競争環境を整理して日本企業がインフラ展開すべき国・地域を明確化

# ヒアリングを13社に実施し、水素関連技術を有する主要企業6社の事例調査を行った。

## 国内のヒアリング・事例調査先リスト (1/2)

		企業名等	事業概況・選定理由	ヒアリング実施	事例調査実施
製造	1.	A社	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内最大級のPEM型水電解装置を保有しており、グリーンイノベーション基金の採択事業（山梨県での大規模なPower-to-Gas（P2G）システム実証）を実施</li> </ul>	○	○
	2.	B社	<ul style="list-style-type: none"> <li>水電解装置の中でも、次世代水電解装置SOEC（固体酸化物型水電解）を開発・事業化推進</li> </ul>	○	
輸送・貯蔵	3.	C社	<ul style="list-style-type: none"> <li>液化水素に関する輸送・貯蔵技術を幅広く保有し、グリーンイノベーション基金の採択事業に参画しており、世界初の液化水素運搬船の開発も実施</li> </ul>	○	○*1
	4.	D社	<ul style="list-style-type: none"> <li>産業ガス会社として液化水素技術に強みとしており、液化・輸送・揚地に関する知見を保有</li> </ul>	○	○
	5.	E社	<ul style="list-style-type: none"> <li>MCHに利用する触媒の開発に成功し、MCHをキャリアとして大量の水素国際輸送に関する実証を実施</li> </ul>	○	○
	6.	F社	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブルー及びグリーン水素製造からアンモニア製造・輸送まで幅広くプラント建設を中心に取り組みを実施中</li> </ul>	○	○
	7.	G社	<ul style="list-style-type: none"> <li>アンモニア製造プラントでは日本国内トップの実績を有しており、ブルーアンモニア製造プラント建設・輸送に関する国際プロジェクトに参画</li> </ul>	○	○
	8.	H社	<ul style="list-style-type: none"> <li>日豪間のアンモニア製造・輸送FSを実施</li> </ul>	○	
	9.	I社	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内におけるCO2フリー水素供給に向けたインフラ・システムについて検討</li> </ul>	○	

\*1: 本公表用報告書には、未掲載

## ヒアリングを13社に実施し、水素関連技術を有する主要企業6社の事例調査を行った。

### 国内のヒアリング・事例調査先リスト (2/2)

	企業名等	事業概況・選定理由	ヒアリング実施	事例調査実施
その他	10. J社	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内外の水素製造・輸送事業に多数参画</li> </ul>	○	
	11. K社	<ul style="list-style-type: none"> <li>日豪間のアンモニア製造・輸送等の多数事業参画</li> </ul>	○	
	12. L市	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素の社会実装に向け、自治体として早期から積極的に取り組みを実施</li> <li>水素サプライチェーン構築に関する実証に参画</li> </ul>	○	
	13. 水素関連協議会	<ul style="list-style-type: none"> <li>関西地域における水素の大規模実装に向け、積極的な取り組みを実施</li> </ul>	○	

# A社は、大規模な水素製造装置を開発しており、メタネーションやアンモニアのような川下展開や海外展開にも積極的に取り組んでいる。

## A社：水素関連技術動向

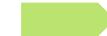
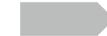
：自社で展開している事業範囲

：自社では展開していない事業範囲

<p><b>事業概要</b></p>	<p><b>企業概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 現在の主力事業は環境・プラント事業</li> <li>➤ 環境装置、工場設備・産業機械、発電設備等を製造している日本の機械・プラントメーカー</li> <li>➤ 現在の主力事業の1つである環境事業では、持続可能な社会の実現のために、温室効果ガスの削減等への取り組みを実施</li> </ul> <p><b>事業内容</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ ごみ焼却発電施設、海水淡水化プラント、上下水・汚泥再生処理プラント、船用エンジン、プレス、プロセス機器、精密機械、橋梁、水門、防災関連機器の設計・製作等</li> </ul>	<p>水素関連の主取組状況</p>	<p><b>1 再エネ電力等を活用した水素製造プロジェクト</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 太陽光発電電力を用いてPEM型水電解槽により、グリーン水素を製造</li> <li>➤ 当該P2Gシステムは2021年6月より試運転を行っており、2025年までの5年間で装置の大型化・モジュール化に向けた設備設計や各種試験を実施</li> <li>➤ 地方自治体、他エネルギー企業と共同で参画し、グリーンイノベーション基金事業に選出</li> </ul> <p><b>2 ラオスにおけるグリーンアンモニア製造・供給事業実現に向けた高圧 PEM 型電解装置の実証研究</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 未利用の再エネからグリーン水素を製造し、日本の脱炭素政策に合うグリーンアンモニアへと転換</li> </ul>
<p>水素関連の事業内容</p>	<p><b>水素関連の事業範囲</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background-color: #90EE90; padding: 5px; border-radius: 10px;">製造</div> <div style="background-color: #D3D3D3; padding: 5px; border-radius: 10px;">輸送・貯蔵</div> <div style="background-color: #D3D3D3; padding: 5px; border-radius: 10px;">利用</div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ PEM型・アルカリ型電解装置の販売および開発             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1974年のサンシャイン計画から一貫して水素発生装置の開発に従事</li> <li>・ 2021年2月現在、納入実績は国内外計300件</li> <li>・ <b>国内最大規模200Nm<sup>3</sup>/hの水素を製造可能</b></li> </ul> </li> <li>➤ 水素・CO<sub>2</sub>からのメタネーション装置開発</li> <li>➤ 二酸化炭素回収・利用・貯留（CCUS）事業への取組</li> </ul> <p><b>水素関連の主な技術開発動向</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 水電解装置に加え、洋上風力発電、グリーン水素を用いたメタネーション装置等の実用化に向けた開発を実施</li> </ul>	<p>水素関連の事業戦略</p>	<p><b>3 水素・CO<sub>2</sub>からのメタネーション実証プラント建設</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 水素とCO<sub>2</sub>から純度97%以上（最高純度99.6%）のメタンを12.5Nm<sup>3</sup>/hで生産可能</li> <li>➤ 1995年に国内大学と共同で世界で初めてメタネーション反応を実証し、研究開発を継続して実施</li> </ul> <p><b>水素事業の将来展望</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>水素製造だけではなく、メタネーション、アンモニア、合成ガスまで一貫して実施</b>できるように事業開発を実施</li> </ul> <p><b>海外進出戦略</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>中国や東南アジア等のアジアだけではなく、欧州子会社と連携して欧州、北米、豪州</b>にも事業展開を推進</li> </ul>

# D社は、水素の国内トップサプライヤーであり、2023年に液化水素9,000万m<sup>3</sup>の販売を目標としている。

## D社：水素関連技術動向

：自社で展開している事業範囲  
：自社では展開していない事業範囲

**事業概要**

**企業概要**

- 産業・家庭用ガス専門商社であり、LPG分野で日本の市場占有率1位の総合エネルギー企業
- 水素の国内トップサプライヤーで国内シェアは約4割（圧縮水素と液化水素のシェアは国内最大）

**事業内容**

- 国産宇宙ロケットへの液体水素供給や、大規模な水素製造プラントの立ち上げ

**水素関連の事業範囲**

製造 → 輸送・貯蔵 → 利用

- CO2フリー水素のグローバルサプライチェーンの構築
- グリーン水素の製造
- 産業用アンモニアの販売
- 液化水素製造プラントの建設
- 液化水素、圧縮水素の輸送・貯蔵技術の開発
- 水素ステーションの整備

**水素関連の主な技術開発動向**

2021年 → 2050年

社会全体	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モビリティ(FCV・FCバス等)への水素供給</li> <li>・電力セクターや産業セクターへの水素利活用の促進</li> <li>・廃プラスチック事業からの水素や炭化水素の利活用</li> <li>・畜産事業からのバイオガスの利活用（水素、バイオLPガス等）</li> </ul>
岩谷産業	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般家庭への水素供給</li> <li>・LPガスの低炭素化(水素・アンモニアの混焼等)</li> </ul>

**水素関連の主取組状況**

- 1 大規模水素サプライチェーン構築実証**
  - 2030年以降、年間20万トン以上の液化水素を製造し、日本へ輸送する計画（グリーンイノベーション基金活用）
- 2 海外CO2フリー水素の確保に向けた豪州褐炭由来水素サプライチェーン実証**
  - 豪州に大量にある安価な褐炭から水素を製造して、日本へ輸出、液化水素の運搬船と荷役基地の実証実験
- 3 福島新エネ社会構想による国内CO2フリー水素の確保**
  - 1万kW級の再エネ由来水素の製造が可能な「福島水素エネルギー研究フィールド」を建設
  - NEDO、他エネルギー企業等と共同実証
- 4 水素需要創出に向けた取り組み**
  - 水素発電用途への水素供給に向けた取り組み
  - 大阪-関西万博間で水素燃料電池船を運航
  - 水素ステーション事業の拡大（2023年までに水素ステーションを83か所まで拡大）
  - 日本水素ステーションネットワークへの参画

**水素事業の将来展望** → **2023年9,000万m<sup>3</sup>販売**

- **2023年における液化水素販売量数：9,000万m<sup>3</sup>**
- 水素エネルギー社会の推進に2021～2023年の間で**600億円を投資**

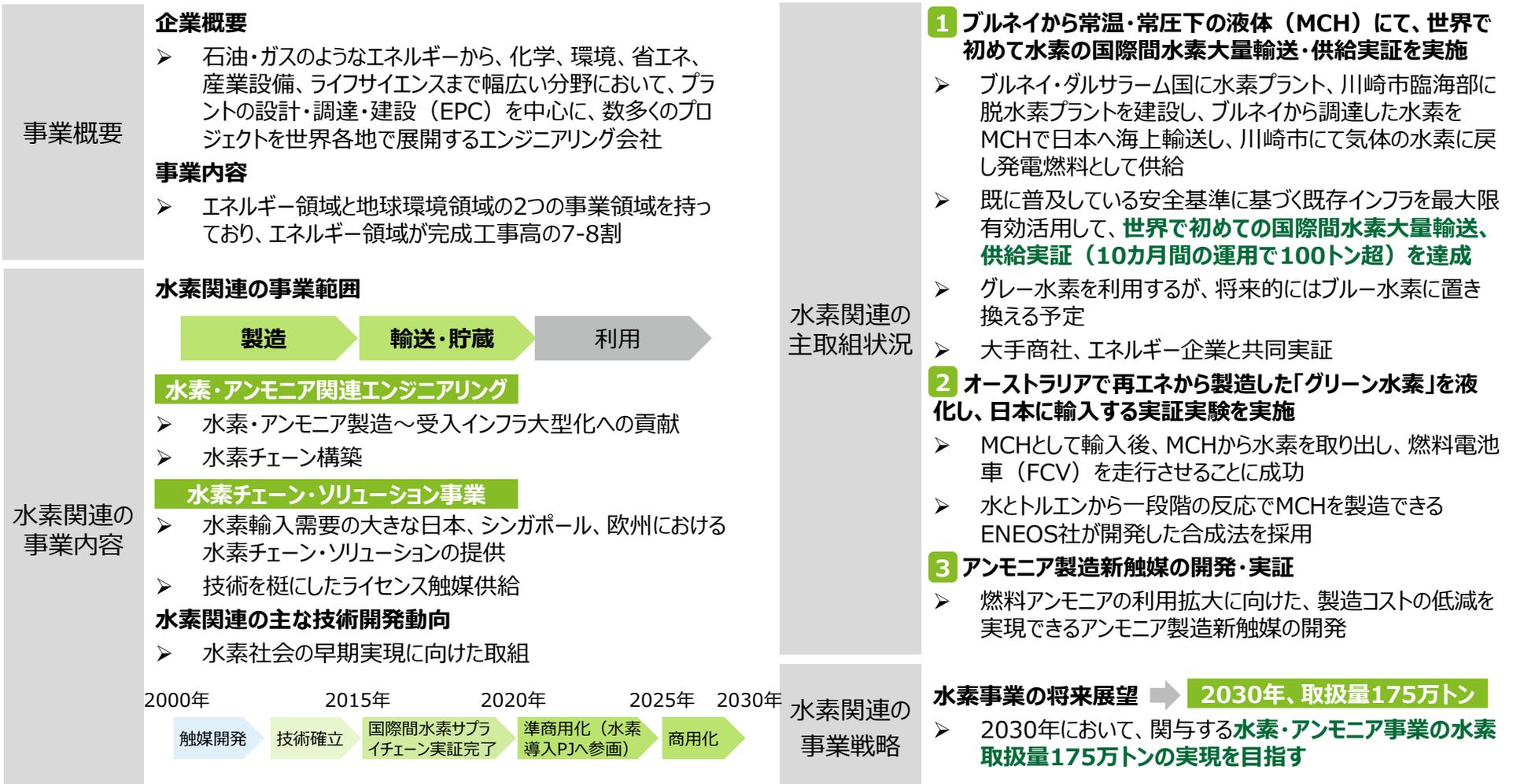
**水素関連の事業戦略**

# E社は、水素運搬キャリアであるMCH導入を軸に、2030年には水素・アンモニアの取扱量175万トンの実現を目指している。

## E社：水素関連技術動向

：自社で展開している事業範囲

：自社では展開していない事業範囲



# F社は、アンモニアを中心に水素・アンモニア関連で技術開発・事業展開を行っており、2030年にはブルー水素・アンモニアで売上500億円を目指している。

## F社：水素関連技術動向

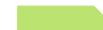
：自社で展開している事業範囲

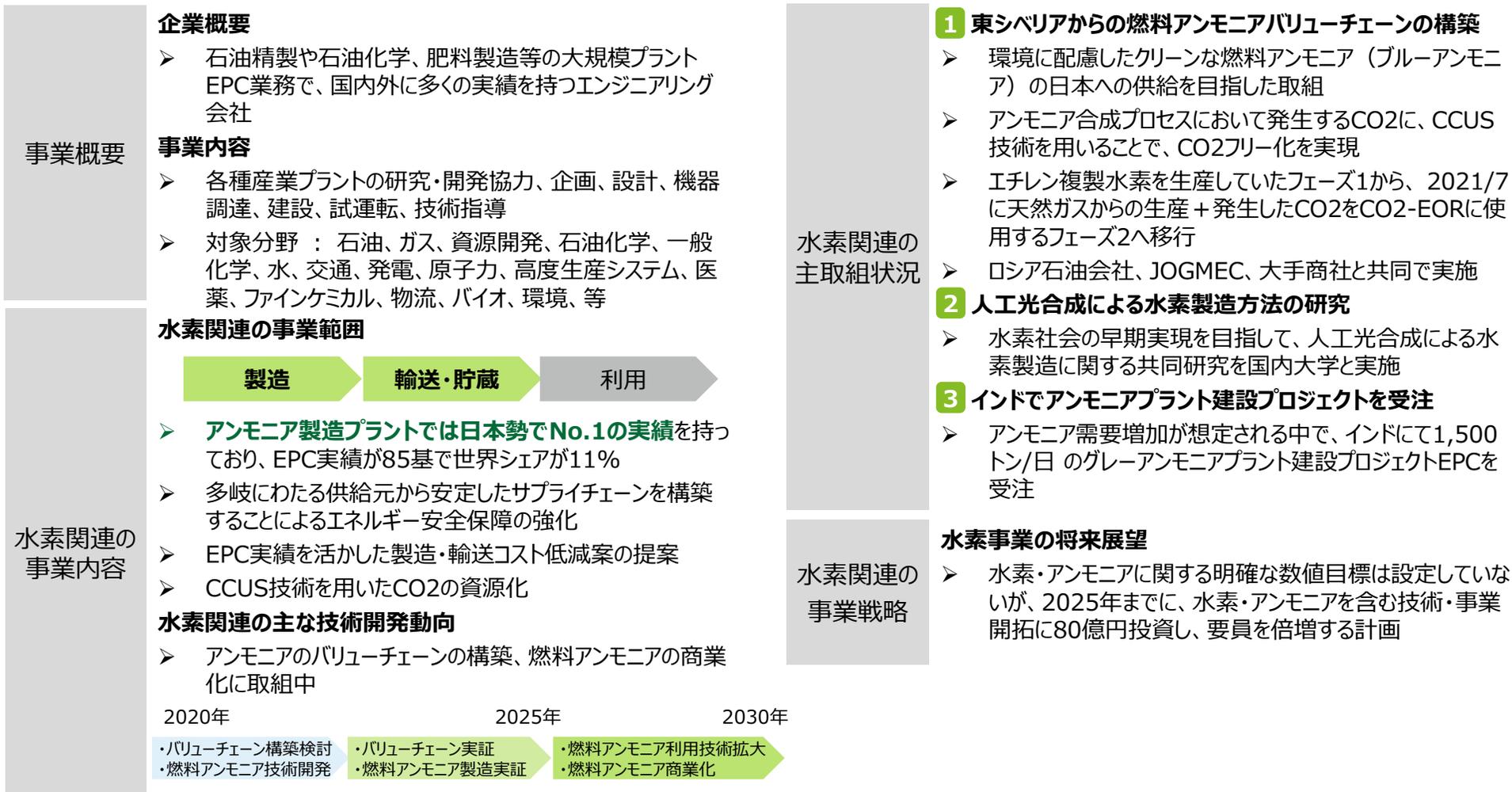
：自社では展開していない事業範囲

<p>事業概要</p>	<p><b>企業概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>総合エンジニアリング事業と機能材製造事業の2つの事業セグメントを持ち、80か国にて20,000件以上のプロジェクトを遂行</li> </ul> <p><b>事業内容</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>総合エンジニアリング事業：EPCサービスの提供を通じて、事業活動を支える各種プラント・設備を実現</li> <li>機能材製造事業：触媒、ファインケミカル、ファインセラミクスにおける各分野の顧客に対して多様な製品を提供</li> </ul>	<p>水素関連の主取組状況</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li><b>グリーンアンモニアのバリューチェーン実証で世界初成功</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>再エネ（太陽光）電力を用いた水電解による水素製造、および低温低圧でのグリーンアンモニアの合成と発電（47kW）に世界で初めて成功</li> </ul> </li> <li><b>サウジアラビアで世界初ブルーアンモニア製造・輸送に向けた実証試験参画</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>ブルーアンモニアをサウジアラビアから日本に向けて供給するネットワークの構築に向けて実証を支援</li> </ul> </li> <li><b>大規模水素製造システム活用によるグリーンケミカルプラント実証事業開始</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>変動する再エネ由来の水素を原料としたプロセスにおいて、ケミカルプラントの運転最適化を実現するシステムの開発・実証</li> <li>グリーンイノベーション基金事業に参画</li> </ul> </li> </ol>
<p>水素関連の事業内容</p>	<p><b>水素関連の事業範囲</b></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="background-color: #90EE90; padding: 5px; border-radius: 10px;">製造</div> <div style="background-color: #90EE90; padding: 5px; border-radius: 10px;">輸送・貯蔵</div> <div style="background-color: #D3D3D3; padding: 5px; border-radius: 10px;">利用</div> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>長期経営ビジョンにてグリーン、ブルー水素・アンモニアへの取り組みを宣言し、製造から輸送・貯蔵（受入基地・脱水素技術まで含む）のサプライチェーン構築に幅広く関与</li> <li>今後普及が期待されている<b>3つの主要な水素キャリア（液体水素、アンモニア、有機ハイドライド）で関連技術を保有</b></li> </ul> <p><b>水素関連の主な技術開発動向</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>主要水素キャリアの中でも、水素密度が高く、すでに大規模なサプライチェーンが確立しているアンモニアに大きな強みあり</li> <li><b>グリーンアンモニアプラントの設備構成を最適化するソフトウェアを開発</b>し、アンモニア製造コストの低減に貢献</li> </ul>	<p>水素関連の事業戦略</p>	<p><b>水素事業の将来展望</b>  <b>2030年、売上500億円</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>2030年にブルー水素・燃料アンモニアの売上500億円</b>を目指しており、<b>2040年に向けてグリーン水素・アンモニア燃料</b>に取り組んでいる</li> </ul> <p><b>海外進出戦略</b>  <b>アンモニア海外展開</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>積極的な技術開発を通じて、<b>水素キャリアおよび燃料としてのアンモニアの普及を推進</b>する。他企業や研究機関と連携し、国内外のアンモニア製造案件の開拓</li> </ul>

# G社は、水素・アンモニア関連で技術開発・事業展開を進めるため、積極的に投資を行う方針を示している。

## G社：水素関連技術動向

 : 自社で展開している事業範囲

 : 自社では展開していない事業範囲


# ヒアリングを8社に実施し、水素関連技術を有する主要企業7社の事例調査を行った。

## 海外のヒアリング・事例調査先リスト

	企業名等	事業概況・選定理由	ヒアリング実施	事例調査実施
製造	1. M社 (ノルウェー)	<ul style="list-style-type: none"> <li>生産能力・装置規模・販売台数・売上高ともに世界最大規模のメーカー</li> <li>水素製造技術から水素ステーション製造までのサプライチェーン全体を網羅</li> </ul>	○	○
	2. N社 (英国)	<ul style="list-style-type: none"> <li>世界最大の電解槽工場を運営している世界でもトップクラスのメーカー</li> </ul>	○	○
	3. O社 (ノルウェー)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブルー水素・グリーン水素ともに大規模なプロジェクトに参画</li> <li>水素協議会のステアリングメンバーで、40件以上のCCS研究プロジェクト参画</li> </ul>		○
輸送・ 貯蔵	4. P社 (英国・オランダ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>川崎重工と協業して、水素の大規模海上輸送に取り組み中</li> <li>LNG・アンモニア輸送の技術を保有</li> </ul>	○	○
	5. Q社 (ドイツ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>ガス輸入企業で、ガスの貯蔵タンクや輸送管等の輸送インフラ技術を保有し、グリーン水素のサプライチェーン構築プロジェクトに取り組み中</li> </ul>		○
	6. R社 (フランス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素製造から輸送まで一貫して取り組み実施</li> <li>海運用液化水素燃料のサプライチェーン構築プロジェクトはEquinor等と協業</li> </ul>	○	○
	7. S社 (英国)	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素製造から輸送まで一貫して取り組み実施</li> <li>液化水素・アンモニア、圧縮水素の貯蔵・輸送技術を保有</li> </ul>	○	○
その他	8. 水素イニシアティブ	<ul style="list-style-type: none"> <li>世界的企業が参加するグローバルな水素イニシアチブで、水素サプライチェーン構築に関し、俯瞰的な意見を得るためヒアリング実施</li> </ul>	○	
	9. 調査会社 (シンクタンク) (オランダ)	<ul style="list-style-type: none"> <li>欧州の水素プロジェクトに関与し、欧州を中心とした水素に関する知見を有しているため、ヒアリング実施</li> </ul>	○	
	10. 調査会社 (シンクタンク) (シンガポール)	<ul style="list-style-type: none"> <li>アジアの水素プロジェクトに関与し、アジア地域を中心とした水素に関する知見を有しているため、ヒアリング実施</li> </ul>	○	

# M社は、アルカリ型・PEM型両方に対応した水電解装置の最大手企業で、大規模プロジェクトへの対応に向けて生産能力を積極的に拡大している。

## M社：水素関連技術動向

：自社で展開している事業範囲

：自社では展開していない事業範囲

<p>事業概要</p>	<p><b>企業概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 再エネから水素を製造、貯蔵、供給するための最適なソリューションを提供するグローバルな水素専門企業</li> <li>➢ 80か国以上で3,500台以上の水電解装置を、13か国で110台以上の水素ステーションを納入</li> </ul> <p><b>事業内容</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 水素事業において、水素製造技術から水素ステーションまでのバリューチェーン全体をカバー</li> <li>➢ 産業界のグリーン水素への移行や化石燃料自動車から燃料電池自動車への移行をサポート</li> </ul>	<p>水素関連の主取組状況</p>	<p><b>1 国内大手商社との水素分野における戦略的業務協力</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 水素関連ビジネスの案件発掘と推進を実施</li> <li>➢ 将来的には、国際的な水素バリューチェーンの構築を目指して取り組みを開始</li> </ul> <p><b>2 川崎水素ステーション向けに納品</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 国内大手機械製造メーカーは、同社の技術を導入し、日本法規・仕様に適合したディスペンサー一体型の充填パッケージであるHy-Regulusを実証運転</li> </ul> <p><b>3 デンマークの水素ステーション向けに納品</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 欧州の野心的な水素モビリティニシアティブであるFCH JUのプロジェクトに対して水電解装置を納品</li> </ul>
<p>水素関連の事業内容</p>	<p><b>水素関連の事業範囲</b></p> <p></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 電解装置（アルカリ型50-3,800 Nm<sup>3</sup>/h・PEM型0.27-4,000 Nm<sup>3</sup>/h）の<b>生産能力・装置規模・販売台数・売上高ともに世界最大規模</b></li> <li>➢ 年間300台規模の水素ステーション製造プラントを保有</li> <li>➢ 水素協議会にサポーターメンバとして参画</li> </ul> <p><b>水素関連の主な技術開発動向</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <b>大規模製品へのフォーカス</b>、継続的改善、顧客の総保有コストの最小化を含む、技術ロードマップを作成</li> <li>➢ 大規模投資、組織拡大、大規模プロジェクトの実施を通してリーダーシップ地位の維持を企図</li> </ul>	<p>水素関連の事業戦略</p>	<p><b>水素事業の将来展望</b></p> <p>➔ <b>2025年、1.5米ドル/kg 年間生産能力目標2GW</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ グリーン水素製造コスト目標として、<b>2025年に1.5米ドル/kg</b>を掲げる。GW規模への生産大規模化と重要技術要素への投資を通してコスト目標達成を計画</li> <li>➢ <b>年間2GW以上の生産能力達成</b>に向けて、2021年に、ノルウェーにて完全自動化された500MWのテスト生産を実施</li> </ul>

# N社は、欧州を代表する水電解装置メーカーで、産業・電力・モビリティ領域における水素利活用に向けて、生産容量の拡大や他企業とのパートナーシップを進める。

## N社：水素関連技術動向

：自社で展開している事業範囲

：自社では展開していない事業範囲

### 事業概要

#### 企業概要

- 2001年に英国で設立されたエネルギー貯蔵・クリーン燃料会社。PEM型水電解装置のリーディングカンパニーとして、グリーン水素の活用により、産業・電力・モビリティ領域の脱炭素化をサポート

#### 事業内容

- 再生可能な電力と水を用いて、グリーン水素を製造するためのプロトン交換膜技術に基づく水電解装置を設計、製造、統合

#### 水素関連の事業範囲

 製造

 輸送・貯蔵

 利用

- PEM型水電解装置の開発および販売
- 世界最大規模の水電解装置製造工場を保有
- 英国でのグリーン水素ステーション設立に当初から関与

#### 水素関連の主な技術開発動向

- 2021年には**世界初の水電解装置製造工場ギガファクトリー**が完成。現在の年間製造容量は300MWだが、2030年末には1GWに達する見込み
- 英国大手産業ガスグループ企業と戦略的パートナーシップを結び、**大規模システム用の水電解装置製造**にフォーカス

### 水素関連の主取組状況

#### 1 日本における大規模電解装置を利用した水素利用実証

- 大手商社と大手ガス会社と共同で実施
- 自社のメガワット級PEM型水電解装置を日本の法規に準拠するように調整（吐出圧力1MPa未満）して使用

#### ドイツの精製所向け水素製造実証

- オイルメジャー所有の製油所にて10MWの水電解装置で水素製造し、製油所の脱硫精製プロセスに利用
- FCH JU\*1やHorizon 2020\*2等EUが支援

#### 2 英国におけるガス網への水素混合実証

- キール大学の既存ガス網に水素混合（20%）し、大学内施設や居住設備にて使用

#### 3 英国と欧州での水素モビリティ事業

- 2021年には水素ステーション部門は子会社化。英国最大の水素ステーション事業者

#### 水素事業の将来展望 アンモニア事業展開

- 水素製造に関連して、持続可能な食料供給に資する肥料向けグリーンアンモニア製造、再生可能なメタノール製造、船舶燃料向け合成燃料や水素燃料電池船への事業展開が言及

### 水素関連の事業戦略

\*1: Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking。欧州における水素エネルギー技術を支援する官民共同事業  
出所：各社HP、プレスリリース等を基に作成

\*2: EUの研究やイノベーションを支援・促進するための助成プログラム

# 〇社は、ブルー水素・グリーン水素ともに大規模なプロジェクトに参画しており、ブルーとグリーンの両領域で脱炭素化に向けて取り組んでいる。

## 〇社：水素関連技術動向

：自社で展開している事業範囲

：自社では展開していない事業範囲

### 事業概要

#### 企業概要

- ノルウェーに本社を置く、北欧最大のエネルギー企業
- 30カ国以上で事業を展開

#### 事業内容

- 採掘と精製、輸送および供給までバリューチェーン全体をカバー
- 石油、ガス、再エネ、炭素回収、水素事業と幅広くエネルギー事業に関与
- 再エネとCCS技術を活用した水素を供給することで、実質的なゼロエミッション達成を企図

#### 水素関連の事業範囲

製造

輸送・貯蔵

利用

- CCS技術を用いたブルー水素の製造
  - ・ CCSインフラの構築実績あり
  - ・ 20年以上CCS技術の開発に従事し、40件以上のCCS研究プロジェクトに参画
- 再エネ、および水電解装置を用いたグリーン水素の製造
- 液体有機水素キャリア（LOHC）の技術開発
- 水素キャリアとしてのアンモニア輸送技術の開発とアンモニア利用（船舶向け燃料電池等）
- 液化水素燃料船・アンモニア燃料船の開発

### 水素関連の事業内容

### 水素関連の主取組状況

#### 1 世界最大級グリーン水素製造プロジェクト

- 2030年に40万トン、2040年には100万トンのグリーン水素の生産を計画
- オランダ北部のフローニンゲン港沖に建設した洋上風力発電の再エネでグリーン水素を製造し、ヨーロッパ北西部にて使用
- オイルメジャー、ドイツ大手ガス会社、港湾運営会社、ドイツ大手電力会社と協業

#### 2 天然ガスから低炭素水素を製造する共同プロジェクト

- CCSと組み合わせた自動熱改質技術（ATR）を用いて、天然ガスからブルー水素を製造
- 回収されたCO<sub>2</sub>は液体状態で輸送され、ノルウェー領北海の地下へ安全に貯蔵
- フランスの大手エネルギー会社との協業

#### 3 英国最大規模の産業クラスターの脱炭素化プロジェクト

- 二酸化炭素の回収・除去技術を利用して、天然ガスからブルー水素を製造
- グローバルに事業を展開する、脱炭素化関連産業の12企業が参画

# P社は、エネルギーtransition戦略で、水素を重要な事業領域ととらえ、水素製造から利用まで幅広い水素事業をグローバルで展開し、シェア2桁を目指す。

## P社：水素関連技術動向

：自社で展開している事業範囲

：自社では展開していない事業範囲

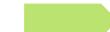
事業概要	<b>企業概要</b> ➢ イギリス・ロンドンに本拠を置き、世界90カ国にて石油・天然ガス等のエネルギー関連事業を展開
	<b>事業内容</b> ➢ 石油事業、ガス事業、石炭事業、化学事業、原子力発電事業、金属事業等様々な事業を保有 ➢ 太陽光発電、風力発電、水素プロジェクト等の新規分野にも積極的に投資

水素関連の事業内容	<b>水素関連の事業範囲</b> 
	➢ 中国、ドイツ、オランダにてグリーン水素を製造 ➢ <b>世界初の液化水素輸送技術を実証</b> ➢ 英国、欧州、カナダ、カリフォルニアにて、大型・小型モビリティ向け水素ステーションの設置や普及に取り組む。中国での水素ステーション設置も予定 ➢ セメント産業における水素活用や、製油所の燃料ガスや石炭をブルー水素へ代替
	<b>水素関連の主な技術開発動向</b> ➢ 発電排ガスからのCO2分離実証を通し、分離コストの25%削減や商業規模の開発に取り組み中

水素関連の 主取組状況	<b>1 豪州から日本への液化水素輸送実証</b> ➢ 日本政府主導のCO2フリー水素サプライチェーン推進機構のメンバーとして、 <b>液化水素の長距離運搬の技術確立と実証</b> を実施 ➢ プロジェクト関連企業は、国内電力会社、エネルギー会社、商社、海運企業等
	<b>2 オランダにて大規模な風力由来水素製造</b> ➢ 2040年までに、北海の洋上風力10GWから水素製造を行う欧州最大規模のプロジェクトを実施
	<b>3 大型トラック向け水素ステーション普及</b> ➢ 今後10年で欧州全体の水素トラックインフラ展開を目指すコンソーシアムにて、自動車会社等と協力
水素関連の 事業戦略	<b>水素事業の将来展望</b>  <b>2030年にマーケットシェア2桁</b> ➢ 2050年のネットゼロエネルギービジネス実現に向け、水素を重要な事業領域と設定 ➢ 具体的には、 <b>2030年にバイオ燃料や水素等の低炭素燃料生産を8倍に拡大</b> し、輸送用燃料における低炭素燃料の売り上げを10%以上に増加することを計画 ➢ また、 <b>2030年までに世界の低炭素水素市場にて二ケタ台のマーケットシェア</b> を目標と設定 ➢ 足元では、産業や大型輸送分野における統合型水素ハブの開発や自社の製油所への水素供給を実施

# Q社は、脱炭素化に向けたプロジェクトを多数実施しており、グリーン水素・アンモニアの一連のバリューチェーン構築に向けて取り組んでいる。

## Q社：水素関連技術動向

：自社で展開している事業範囲

：自社では展開していない事業範囲

<p>事業概要</p>	<p><b>企業概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ドイツに本社を置く、国際的なエネルギー企業</li> <li>➢ 40か国以上に事業を展開</li> <li>➢ 2016年に大手電力E.ONが石炭火力、褐炭火力、ガス火力、水力発電所等の在来型発電ポートフォリオを分離することで設立された企業</li> </ul> <p><b>事業内容</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 天然ガス、LNG、石炭等のエネルギー関連製品において、調達・貯蔵・輸送・供給とサプライチェーンを幅広くカバー</li> </ul>		<p><b>1 オマーンにおけるグリーン水素プロジェクト</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ オマーン・ドイツ間のグリーン水素・アンモニア輸入サプライチェーンの構築</li> <li>➢ 水素キャリアにアンモニアを採用</li> </ul> <p><b>2 英国イミンガム港での脱炭素化プロジェクト</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 英国最大の貨物量を扱うイミンガム港での、水素を活用した港湾での脱炭素モデルの構築中</li> <li>➢ 2025年までにイミンガム港で使用する<b>グリーン水素20MWの製造を含む商用化</b>を企画</li> <li>➢ 欧州のエネルギー企業に加え、日本の大手商社と共同で実証</li> </ul>
<p>水素関連の事業内容</p>	<p><b>水素関連の事業範囲</b></p> <div style="text-align: center;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ <b>グリーン水素の製造から輸送、グリーンアンモニアの製造まで、一連のバリューチェーン構築への取り組み</b></li> <li>➢ P2G技術の研究開発</li> <li>➢ <b>圧縮水素、液化水素、アンモニア、ハイドライドの技術を保有</b></li> </ul>	<p>水素関連の 主取組状況</p>	<p><b>3 ヴィルヘルムスハーフェンでの水素・アンモニア製造</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ヴィルヘルムスハーフェン（ドイツ）に水素製造拠点を設立し、電気分解による水素製造とアンモニアによる水素輸入の両方を計画</li> <li>➢ <b>2030年にドイツ全体の需要予測の約10%に相当する約295,000トン</b>を供給することが可能</li> <li>➢ アンモニアをグリーン・低炭素の水素・窒素に再変換するアンモニアクラッカーを設置</li> <li>➢ <b>電解槽の容量は最大1GW</b></li> </ul>
		<p>水素関連の 事業戦略</p>	<p><b>水素事業の将来展望</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 脱炭素化を目的としたプロジェクトを2022年までに20件以上実施し、<b>12億ユーロを投資する計画</b></li> </ul>

# R社は、水電解装置製造、水素製造、水素ステーション建設等を手掛ける大手ガスエンジニアリング企業で、2030年までに3GWの水電解装置製造を目指す。

## R社：水素関連技術動向

：自社で展開している事業範囲

：自社では展開していない事業範囲

<p>事業概要</p>	<p><b>企業概要</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>医療、化学、電子メーカーを含む様々な産業に産業ガスやサービスを供給する、フランスに本拠を置く多国籍企業</li> <li>75か国以上で事業を展開</li> </ul> <p><b>事業内容</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>大規模産業向けガス、中小規模産業プロセス向けガス、医療用ガス、エレクトロニクス向け化学液体及び装置、世界市場と技術（クリーン輸送、バイオガス、宇宙産業、水素エネルギー等の生産や輸送等のエネルギー転換に関する関連活動）、エンジニアリングと建設を実施</li> </ul>	<p>水素関連の主取組状況</p>	<p><b>1 デンマークにて製造から利用含む実証</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>風力発電と水電解装置による水素製造、貯蔵、水素ステーションや産業セクターへの供給、電力網のバランス機能を含む、バリューチェーン全体を実証</li> <li>FCH JU等EUが支援</li> </ul> <p><b>2 ドイツでのバイオガス水素の水素ステーション供給実証</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>埋立地やバイオマスの嫌気性消化から発生するバイオメタンを精製し、公的水素ステーションへ供給</li> <li>韓国自動車メーカーとパートナーシップを締結</li> </ul> <p><b>3 メインパートナーとしてFC船舶で世界一周航海を目指す実証参画</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2017年からフランスの「エナジー・オブザーバー号」が、再エネや海水から生成した水素を用いて、燃料電池船で航海</li> <li>メインパートナーとしてEnergy Observer社とパートナーシップ締結</li> </ul>
<p>水素関連の事業内容</p>	<p><b>水素関連の事業範囲</b></p> <p style="text-align: center;">  </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>天然ガス由来の水素製造から放出される<b>CO2の回収技術を開発</b>。フランスのジェローム港に設置され、近隣の製油所向けに水素を供給（CO2回収能力10万トン/年）</li> <li><b>再エネ電力と水電解、バイオガス改質によるクリーンな水素製造</b></li> <li>世界で<b>水素ステーション100箇所を設計・建設</b></li> </ul> <p><b>水素関連の主な技術開発動向</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2020年に、低炭素水素とバイオメタンをはじめとしたエネルギートランジションのイノベーション投資に、1億ユーロを投資</li> </ul>	<p>水素関連の事業戦略</p>	<p><b>水素事業の将来展望</b></p> <p> <b>2035年、€80億投資</b> <b>2030年、水電解3GW</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2035年までにCO2排出量-33%、2050年にカーボンニュートラル達成に向けて、<b>2035年までに、低炭素水素バリューチェーンに約80億ユーロを投資</b>する予定</li> <li><b>2030年までに、合計3GWの水電解装置の製造目標と掲示</b></li> </ul>

# S社は、低炭素水素を戦略の要として、液化技術や回収技術等を通して、水電解装置の提供、水素貯蔵・輸送、水素ステーション等の水素事業を行っている。

## S社：水素関連技術動向

：自社で展開している事業範囲

：自社では展開していない事業範囲

### 事業概要

#### 企業概要

- 産業用ガス及びエンジニアリング事業を行う企業グループであり、イギリスに本拠を置く。世界100カ国以上で事業を展開し、特に産業用ガスの分野では世界最大手

#### 事業内容

- 大気ガス（酸素、窒素、アルゴン、希ガス）とプロセスガス（二酸化炭素、ヘリウム、水素、電子ガス、特殊ガス、アセチレン）を提供。また、産業用ガス製造装置の設計、エンジニアリング、製造を行う。様々な業界の顧客にサービスを提供

#### 水素関連の事業範囲

製造

輸送・貯蔵

利用

- 英国エネルギー企業との**合併会社を通じて、PEM型水電解装置と統合型サービスを提供**
- **CCUS技術提供、貯蔵・輸送向けの水素液化システムの建設、水素の地下貯蔵、ガス網を活用した水素供給を実施**
- 世界に**200カ所の水素ステーションの建設実績**を持つ。ガス、液化、オンサイトモデル等様々なニーズに合わせたステーションの計画、設計、建設を実施

#### 水素関連の主な技術開発動向

- 政府資金を活用するためCCUS技術の研究開発アライアンスに参画。水蒸気改質による水素製造に、二酸化炭素回収ステップを入れることで、95%の二酸化炭素回収が可能

### 水素関連の 主取組状況

- 1 スコットランドにて欧州最大規模の水素バスにグリーン水素を供給**
  - 英国国内最大の水素供給ステーション（80トン/年）を通して、欧州最大規模となる二階建て水素バスに水素供給
  - 風力発電とアルカリ型水電解装置からグリーン水素を製造
- 2 貯蔵及び輸送のための液化水素**
  - **保有する水素液化システム能力は1トレインにつき0.25~34トン/日以上**
  - 水素精製、原料ガス圧縮機、貯蔵タンク、充填装置等のシステムコンポーネントも提供
- 3 既存ガス網を使った水素供給**
  - **既存の天然ガスパイプラインや混合ガスからの水素抽出に必要な回収・精製技術を保有**
  - 天然ガスからの水素抽出技術（最大90%の濃度、99.0%以上の純度）を、ドイツにて実スケールで実証

### 水素関連の 事業戦略

#### 水素事業の将来展望

- 水素関連事業から22億米ドルの世界的収益を生み出ししており、**クリーン水素は、自社のクリーンエネルギー戦略の要**
- 水素の製造、処理、貯蔵、流通における長年の経験や資産を活用し、バリューチェーン全体でリーダーシップ発揮を目指す。機会促進のためのパートナーシップ特定・開発を実施

## 【参考】欧州では水素航空機開発と空港インフラ整備を併行しており、水素航空機の導入に向けた積極的な取り組みがみられるが、米国での取り組みは一部に限られている。

### 欧米における水素航空機の開発状況

#### 欧州における次世代航空機の開発方針

##### 大手航空機メーカーAir Busによる航空機開発

###### 次世代航空機の開発方針

- サステナブルな次世代航空機として**水素航空機の開発に注力**

###### 水素航空機の開発

- 2020年に、水素航空機の3種のZEROeコンセプト（ターボクロープ機、ターボファン機、翼胴一体機）を提唱
- **2020年代後半に航空機のプロトタイプを完成させ、2035年までに既存の狭胴機の商業運用を開始**する予定
- 水素燃料利活用を促進するため、機体開発と並行してインフラ系、エアライン各社と協力して、サプライチェーン構築を目指していく

##### その他航空プレイヤーによる水素航空機の関連動向

###### フランスでの水素航空機普及に向けた空港インフラ整備

- AirbusとAir Liquide、VINCI Airportsは、将来における水素航空機の普及に向け、空港ネットワーク構築のために協業
  - ~2023年：リヨン・サンテグジュペリ空港に水素ステーションを配備（バス、トラック、ハンドリング設備等の地上車両に使用）
  - **2023~2030年：航空機への液体水素燃料供給インフラ構築**
  - **2030年～：空港で液化水素製造・大量流通可能なインフラ構築**

欧州では、次世代航空機として水素航空機が有望視されており、航空機開発と空港インフラ整備を併行実施する計画である

#### 米国における次世代航空機の開発方針

##### 大手航空機メーカーBoeingによる航空機開発

###### 次世代航空機の開発方針

- サステナブルな次世代航空機として**開発に注力するのは、電動航空機（ハイブリッド航空機）と持続可能な航空燃料（SAF）航空機**

###### 電動航空機の開発

- 米国ベンチャーの**Zunum Aeroに出資**
- 同社は**2030年までにハイブリッド型、2040年までに電動航空機の実装**を予定

###### SAF航空機の開発

- **2030年までにSAFの混合比率を100%**にした航空機開発を目指す
- 業界全体・規制機関と協力して、SAF混合比率上限引き上げや利用拡大を進めていく

##### その他航空プレイヤーによる水素航空機の関連動向

###### JetBlueによる水素航空機の開発

- 同社はカーボン・クレジット制度を通じて、航空業界のネット・ゼロへの移行を支援することを発表
- 米国の水素航空機開発ベンチャーであるUniversal Hydrogenと提携して、**水素航空機の開発を開始**

米国における次世代航空機の開発は、電動航空機とSAF航空機がメインで、水素航空機の開発に注力している企業は限られる

## 【参考】米国・欧州政府も、航空機産業の脱炭素化において、水素航空機や空港インフラに関する目標や公的支援策を進めている。

### 欧米諸国の航空産業における水素関連支援

国	水素航空機や空港インフラに係る公的支援
米国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ バイデン政権が航空政策分野の公約を掲げる               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 新規SAF開発・航空運航改善に対するインセンティブ制度の導入</li> <li>• グリーンエネルギー研究に10年で4,000億ドル投資する施策の中で、バイオ燃料のコスト低減を目的としたプログラムを開始</li> </ul> </li> <li>▶ <b>ゼロエミッションの空港インフラ導入に対する連邦政府の助成金あり</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 公共利用の空港が、水素含むゼロエミッションの空港車両及びインフラを導入・変更する場合、最大50%の資金提供</li> </ul> </li> </ul>
フランス 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 総額150億ユーロからなる航空産業支援策を発表（2020）               <ul style="list-style-type: none"> <li>• CN航空機の実現目標を2050年から2035年に前倒し、民間航空機の研究開発に3年で15億ユーロ支援する予定 Ex.)エアバス社は次世代機に向けた基礎研究として①30%の燃費向上、②バイオ燃料の推進、③水素技術の活用を掲げる 2035年までに水素航空機の商業化を目指して、乗客200人・3,700km範囲の水素航空機コンセプトの開発を進める</li> </ul> </li> </ul>
ドイツ 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 「国家水素戦略」を採択し、総額90億ユーロの予算を確保（2020）               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 航空機分野における支援として燃料電池システム・水素発電機・水素燃焼エンジン等の開発に対して2020年から2024年で計2,500万ユーロを支援する予定</li> <li>• 国家戦略に関連して、ドイツの航空セクターにて<b>2030年までに、最低20万トンのPower-to-Liquide灯油（グリーン水素ベース含む）の使用</b>を目指す</li> </ul> </li> </ul>
英国 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 「グリーン産業革命のための10ポイント計画」を公表（2020）               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 政府と関連業界は、ゼロエミッションの大西洋横断飛行を実現することを目的としたパートナーシップJet Zero Councilを設立</li> <li>• <b>2030年に就航する可能性のあるゼロエミッション航空機的设计・開発に対して1,500万ポンド投資</b>する予定。2021年12月、中規模の液化水素コンセプト航空機が発表</li> </ul> </li> <li>▶ 英国政府は、SAF製造にて世界的リーダーとなることを目指して、1,500万ポンド規模の初期開発支援であるGreen Fuel, Green Skiesコンペティションを開始（2021）               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 8社がSAF開発資金の支援対象として決定。うち一社は、グリーン水素製造を含むSAF製造のFS資金として34万ポンド獲得</li> </ul> </li> </ul>

# 日本企業が、先行して技術開発・実証に取り組んでいる領域に、海上輸送技術がある。

## 水素関連企業の展開状況比較分析

■ : 取り組みが先行している領域  
□ : それ以外の領域

		日本企業	諸外国企業
製造	グリーン水素	<b>積極的に技術開発を行うも、大型化で出遅れ</b> ▶ 各種装置（アルカリ型、PEM型、高温水蒸気型）から電解膜等の要素技術まで幅広く、水電解装置の開発が活発に行われている	<b>欧州企業が水電解装置の大型化開発先行</b> ▶ 欧州企業は水電解装置の大型化に向けた開発・実証を積極的に行っており、世界的にも先行して取り組みが進められている
	ブルー水素	<b>CCUSの実証も含めた取り組みを積極実施</b> ▶ ブルー水素製造の技術開発・実証を行っており、CCUSに関する実証も積極的に実施して、ブルー水素の実用化に向けて動いている	<b>欧米企業はCCSの実績が豊富</b> ▶ 欧州ではカーボンニュートラル実現に向け、ブルー水素の開発が劣後している*1 ▶ ただし、欧米企業は、CCS技術・事業の実績が豊富である
輸送・貯蔵	陸路輸送	<b>陸路輸送技術に関わる取り組みは限定的</b> ▶ 陸路輸送は、短・中距離輸送（国内配送）が主で、長距離輸送に関する技術開発・実証の取り組みは限られる	<b>欧州企業を中心に陸路輸送に注力</b> ▶ 欧州・北米・豪州では、ガスパイプラインによる長距離陸上輸送が主であり、陸上輸送技術の開発や実証が積極的に行われている
	海上輸送	<b>技術開発・実証を積極実施し、世界でも先行</b> ▶ 日本では大量の水素輸入が必要であるため、海上輸送技術（液化水素、MCH、アンモニア）の開発・実証に注力している	<b>アジア企業を中心に技術開発等の取組あり</b> ▶ 韓国、中国、台湾等のアジア企業では、アンモニア等の輸送技術開発が進行し、石油メジャーのような欧州企業でも取り組みがある

\*1: 化石由来の水素であること、グリーン水素と比べると製造過程にてCO2が排出されることもあり、欧州では、ブルー水素はトランジションには必要だが、中長期では低炭素（グリーン）水素としてみなさない動きがある

# 日本企業は、海上輸送の各方式において、技術競争力のある企業が存在する。

## 海上輸送主要企業の比較分析

主要企業等（3社程度）のポジショニング			
液化水素	<p><b>C社</b> 日本企業</p> <p>リーディングカンパニー ・ 大陸間輸送チェーンの実証主導、それに向け様々な要素技術の開発実施</p>	<p><b>P社</b></p> <p>協業を通じて参画・実施 C社と協業して大陸間輸送チェーンの実証に参画し、自社技術を活用</p>	<p><b>S社</b></p> <p>協業を通じ技術を提供 ・ 大型液化装置を開発・商用化 ・ 他企業との協業により水素サプライチェーン構築に向け自社技術を活用</p>
MCH	<p><b>E社</b> 日本企業</p> <p>リーディングカンパニー ・ 大陸間輸送チェーンの実証主導、キーテクノロジーである触媒技術の開発実施</p>	<p><b>大手エネルギー会社</b> 日本企業</p> <p>協業を通じて参画・実施 ・ E社と協業して大陸間輸送実証に参画、自社の石油インフラ技術を活用</p>	<p><b>他海運企業</b> 日本企業</p> <p>協業を通じて参画・実施 ・ E社と協業して大陸間輸送実証に参画、自社の船舶輸送技術を活用</p>
アンモニア	<p><b>F社</b> 日本企業</p> <p>主な有カプレイヤー ・ エンジニアリング技術に加え周辺技術も併せて開発、国際輸送の実証を主導して実施</p>	<p><b>G社</b> 日本企業</p> <p>主な有カプレイヤー ・ エンジニアリング技術を中心に各種要素技術を開発、国際輸送の実証を主導して実施</p>	<p><b>韓国等のアジア企業</b></p> <p>主な有カプレイヤー ・ 関連するエンジニアリング技術を開発しており、特にコスト競争力に優れる傾向あり</p>

# 海上輸送技術は、日本企業がインフラ海外展開をするのに有望な領域である。

## 日本企業によるインフラ海外展開の有望領域

: 海外より先行・優位  **有望度高**  
 : 海外と同程度  **有望度中**  
 : 海外が先行・優位  **有望度低**

		水素製造		輸送・貯蔵（海上輸送技術）		
		グリーン水素	ブルー水素	液化水素	MCH	アンモニア
各領域の 日本企業 展開状況	取組 状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>海外では10MW級の水素製造が多数あるが、日本企業が参画する<b>国内の水素製造では限定的</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>カナダ・アルバータ州でのプロジェクトのような<b>海外大規模水素製造に参画</b>（16.5万トン/年）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>世界初</b>の液化水素運搬船で日豪の国際航を日本企業が実施（容積：1,250m<sup>3</sup>）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>世界初</b>の水素国際間大量輸送の実証を日本企業が実施（10カ月間で100トン超）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低温低圧でのグリーンアンモニアの合成と発電（47kW）に<b>世界で初めて成功</b></li> </ul>
	ポジシ ョ ニ ン グ	<ul style="list-style-type: none"> <li>欧州・中国企業が大規模装置で先行し、<b>日本企業は装置大型化で出遅れ</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>欧米企業はトランジションとする一方で、<b>日本企業が積極的な取り組みを強化</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本企業が<b>リーディングカンパニー</b>としてのポジション確立に向けて取り組み中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本企業が<b>リーディングカンパニー</b>としてのポジション確立に向けて取り組み中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本企業が<b>有カプレイヤーとして多数存在</b>（主に発電利用を想定）</li> </ul>
インフラ海外展開の 有望度分析		<b>要素技術を中心に海外展開可能性あり</b>	<b>CCUSの取組加速で、海外展開可能性あり</b>	<b>世界で先行して開発・実証、海外展開有望</b>	<b>世界で先行して開発・実証、海外展開有望</b>	<b>製造・輸送の大規模化実現により、海外展開可能性あり</b>
日本企業が競争力を 持ちうるインフラ 要素技術		<ul style="list-style-type: none"> <li>炭化水素系電解質膜</li> <li>光触媒を用いた水素製造技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CCUSを用いたCO<sub>2</sub>の資源化技術</li> <li>CO<sub>2</sub>分離回収技術</li> <li>水蒸気メタン改質（SMR）技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>液化水素運搬船の建造技術</li> <li>液化効率の高い液化装置の開発技術</li> <li>液化水素用の貯蔵タンク設計・建設技術</li> <li>液化水素用のローディングアーム技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>キャリア転換触媒技術</li> <li>小型脱水素化設備・装置技術</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>低温低圧合成技術</li> <li>アンモニア運搬船の建造技術</li> <li>輸出・受入基地（タンク等）の建設技術</li> </ul>

# 日本企業は、アジア諸国に向けて、輸送技術に加えて需要創出も含めたパッケージとしてインフラ展開の可能性はある

## 国・地域ごとの水素市場・競争環境の比較

		日本	アジア	欧州	北米	豪州
市場環境・構造	位置づけ・需給見通	□ 水素の製造ポテンシャルが限られるため、需要に応じた水素を大量に輸入する必要あり		□ 地産地消が主で、一部の余剰分を輸出	□ 一定の需要があり地産地消されるが、輸出が主である（グリーン水素・ブルー水素の両方）	
	想定用途	□ 発電、鉄鋼、化学、FCVが主な用途	□ 発電・FCVが主だが、国の産業構造次第	□ FCV、鉄鋼、化学、肥料が主な用途	□ FCVが先行して主要用途として確立	□ 輸出が主だが、国内では産業向けが主要
	輸送方法	□ 海上長距離輸送（アンモニア、MCH、液化水素等）		□ パイプライン陸上輸送（主に圧縮水素）	□ パイプライン陸上輸送（主に圧縮水素） □ 高圧移動式充填車	
競争環境・ケイパビリティ	制度整備の段階・状況	□ 水素戦略を掲げ、ビジネス展開の意欲強	□ 水素利用の方針・法規制等が未確立	□ 水素戦略を掲げ、ビジネス展開の意欲が強い □ 水素関連の基本制度（補助金制度、ETS等）を整備		
	有望なビジネス領域	□ 海上輸送インフラの建設・実装 □ 水素・アンモニア発電の構築・実装	□ 目立った有望領域はみられないが、海上輸送インフラ技術を韓国等で開発中	□ グリーン水素の包括的地産地消サプライチェーン（FCV、鉄鋼、化学）	□ コスト競争力のある水素製造・輸出 □ モビリティ（主にトラック）利用チェーン	□ コスト競争力のある水素製造・輸出
	水素関連の課題	□ 安価で安定した水素供給元の獲得	□ 水素の需要創出計画や制度の整備 □ 水素供給元の獲得	□ 欧州域内での安定したサプライチェーンの構築	□ 水素輸出先の獲得 □ FC普及に向けたインフラ整備	□ 水素供給量に見合う水素輸出先の獲得

日本企業のインフラ展開	日本の関与余地	■ 輸送から利用までのサプライチェーン構築に関与	■ 輸送に加え需要創出も含めたサプライチェーンに関与可能	■ 優位性のある技術を利用して、サプライチェーンに一部関与	■ 水素供給元にエネルギー資源確保のため関与 ■ 資源確保に関連して、アジア輸出向けのサプライチェーン構築に関与可能
	インフラ展開可能性	■ 水素の輸送から利用まで含めインフラの建設・実装を実施	■ 利用技術も併せ輸送インフラのパッケージ提供可能性あり	■ 輸送等で独自技術を提供できる可能性あり	■ アジア向け輸出関連インフラ提供の可能性あり（※アジアの輸送インフラパッケージに含む）

## 6. 提言と示唆

# 国内では、ブルー水素・アンモニアの輸入(海上輸送)を中心にインフラ構築に向けた技術開発が行われており、大型化や社会実装に向けた取り組みはグローバルでも先行している。

## 調査・分析サマリー

水素需要予測		<ul style="list-style-type: none"> <li>国内の製造業で大きな水素需要が見込まれる部門である鉄鋼部門で773万トン、化学工業部門で299万トンと<b>製造業2部門の合計で2050年には1,000万トン超の規模になる</b></li> <li>製造業以外では、発電部門で577-637万トンと、3部門合計で<b>2050年に1,600万トン超の規模になる</b></li> </ul>
水素供給予測		<ul style="list-style-type: none"> <li>2030年における水素・アンモニアの世界全体の供給量は3,265万トン程度（プロジェクト数：638件）となる見込みで、<b>国・地域としては欧州、中東、豪州、北米が特に多い</b></li> <li>2050年のネットゼロシナリオと比較すると各国の現行政策上の需要量は相対的に少なく、<b>需要創出が必要不可欠</b>である</li> <li>上記4地域・国（欧州、中東、豪州、北米）では、需要以上に大きな供給余力があり、<b>日本を含むアジアへの輸出</b>が想定される。<b>欧州ではグリーン水素を中心に活用され、ブルー水素はアジア地域に輸出される</b>流れとなる可能性が高い</li> </ul>
水素の供給課題	全体	<ul style="list-style-type: none"> <li>日本国内で想定される製造業需要家に向けて、水素・アンモニアを安価に安定供給するためのサプライチェーンを構築し、供給体制を確立するためには、<b>サプライチェーンの垂直・水平双方での複数企業による連携が不可欠</b>となる <ul style="list-style-type: none"> <li>水素・アンモニアの需要創造までを含めたサプライチェーン構築を目指して、政策面での不確実性が高い中で、<b>社会実装に向けた需要創出、大規模需要家となりうる、発電・鉄鋼・化学産業</b>が課題である</li> </ul> </li> </ul>
	製造	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>グリーン水素製造</b>においては、<b>安価な再エネ電源の確保や製造設備の大規模化、ブルー水素製造ではCCSに対する環境評価制度・技術の確立</b>が前提として必要であり、これらの点が導入・社会実装に向けたボトルネックとなっている</li> </ul>
	輸送・貯蔵	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>海外輸送・貯蔵設備の大型化に向けた技術開発</b>だけではなく、関連する補機等も含めた<b>主要製品・部品の大量生産体制の構築</b>、大量の輸送・貯蔵を実現するための<b>安全基準の確立、法規制も含む環境整備</b>が課題となる</li> </ul>
国内・海外企業の関連技術動向		<ul style="list-style-type: none"> <li>水素製造において、海外企業においては水電解装置の大型化が先行して進んでおり、<b>欧州企業を中心に今後更なる大型化（ギガワット・スケール）が進む見通し</b>である <ul style="list-style-type: none"> <li>日本企業はグリーン水素製造に関わる<b>水電解装置の優れた要素技術（炭化水素系電解膜等）を保有</b>しているものの、設備の大型化では後塵を拝している（<b>大型化に向けて、エンジニアリング技術の活用可能性あり</b>）</li> </ul> </li> <li>日本が大量の水素・アンモニアを確保するためには、海外から海上輸送することが不可欠で、水素・アンモニア輸送の中でも<b>海上輸送技術では世界でも先行</b>して技術開発が行われている <ul style="list-style-type: none"> <li>特に、<b>液化水素とMCHは日本企業が独自技術を保有</b>しており、日本企業が先行する技術群である</li> </ul> </li> <li><b>海外企業は、多くの関連企業と提携・協働</b>することで、技術開発やサプライチェーン構築を進める傾向にある</li> </ul>

## 水素インフラは、アジア諸国向けにパッケージ展開しうるだけでなく、アジアにおける輸送ハブとしての機能を構築する余地も存在する。

### 水素・アンモニアのインフラ海外展開に関する示唆

#### <インフラ輸出の展開ステップ>

- 日本国内で短期的な立ち上がりが想定される、発電部門（例：石炭・アンモニア混焼発電）、輸送部門（例：FCV等）を中心に水素・アンモニア利用が実装されれば、水素・アンモニア供給（海外輸入）に関するインフラパッケージとして、東アジア、東南アジア諸国を中心とした近隣諸国へと展開できる
- さらに、製造業向けの用途（例：化学、鉄鋼）においても、日本国内での先行実証を推進することで、**多様な産業需要家や各国のニーズに対応可能なインフラを海外展開**できる可能性がある

#### <展開先として想定される国・地域>

- 水素・アンモニアの**海上輸送（輸入）が必須となる国・地域**として、今後も**石炭火力発電、内燃機関車に対するニーズが存在する、東アジア、ASEAN諸国**がインフラ輸出のターゲットとして有望と見られる。また同時に、**輸出拠点となる北米・豪州等の輸出インフラへの関与も**想定される

#### <展開する商材>

- アジア諸国で増加が予測される**ブルー水素・アンモニア製造インフラの構築、関連技術開発（例：CCUS技術等）に積極的に取り組む**ことで、水素・アンモニア製造技術の周辺国・地域への展開が検討できる
- また、日本と東アジア、東南アジア諸国を連動したサプライチェーンとすることで、**アジア太平洋地域における水素・アンモニアの輸出入ハブとしての機能確立**（特に北米、ロシア、豪州、中東等からの輸入を想定）、**関連インフラ開発をアジア大で実装する余地**もある

