

# カーボンニュートラル実現に向けた 技術動向（水素等、CCUS）について

令和8年4月

関東経済産業局 資源エネルギー環境部

カーボンニュートラル推進課

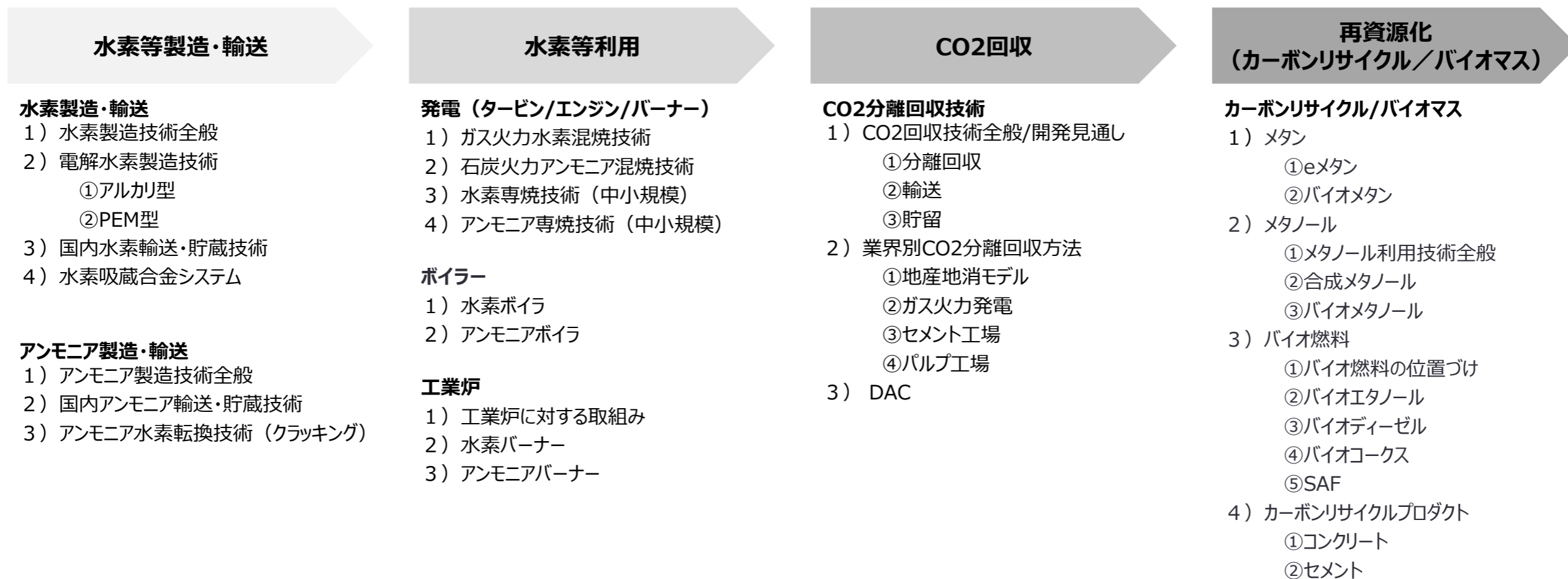
# はじめに

- 気候変動問題という人類共通の課題に対し、カーボンニュートラルの達成や産業競争力を高めようとする動きが強まっている。こうした動きは、経済安全保障上の要請も加わり加速度的に強まっている。
- また、企業にとってのカーボンニュートラルは、「環境対応」にとどまらず、中長期の競争力や事業継続性を左右する経営・投資課題となっている。
- 今後、徹底した省エネルギーの重要性は不変であるが、更なる排出削減対策を進めていく上では、需要サイドの取組として、電化や非化石転換が占める割合も今まで以上に大きくなると考えられる。
- 特に電化が困難であるなど、カーボンニュートラル化が難しい（Hard to Abate）分野においては、天然ガスなどへの燃料転換に加え、**水素等（水素、アンモニア、合成燃料、合成メタン）やCCUS（二酸化炭素回収・有効利用・貯留）等を活用した対策**を進めていく必要がある。
- 一方で、水素等やCCUS関連への投資は、戦略的かつ慎重な判断が求められ、また、技術の成熟度、供給の確実性、コスト見通し、既存設備との適合性など多くの不確実性が伴っている。
- 本資料では、**企業がカーボンニュートラル化に向けた設備投資や技術選択を検討する際の参考となることを目的として、水素等およびCCUSに関する技術動向を体系的に整理**した。
- カーボンニュートラル実現に向けて、使える技術は全て活用するとの方針の下、**あらゆる選択肢を追求していく必要がある中、本資料が自社の熱源・設備特性を踏まえた将来オプションの整理、投資判断に向けた技術的な前提条件の理解、社内外の関係者との共通認識形成等に活用され、カーボンニュートラルの取組を具体的に前進させる一助**となることを期待。

# Hard to Abate分野におけるカーボンニュートラル実現に向けた注目技術

- Hard to Abate分野のカーボンニュートラル化に向けて、水素等次世代エネルギーやCCUSなど必要となる技術を下記のよう抽出し、個別技術の技術開発・商用化動向の調査を実施

## 【水素等次世代エネルギー・CCUSに関連する技術】



# 目次

## ● 水素製造・輸送 ----- P.4

- 1) 水素製造技術全般
- 2) 電解水素製造技術
- 3) 国内水素輸送・貯蔵技術
- 4) 水素吸蔵合金システム

## ● アンモニア製造・輸送 ----- P.12

- 1) アンモニア製造技術全般
- 2) 国内アンモニア輸送・貯蔵技術
- 3) アンモニア水素転換技術（クラッキング）

## ● 水素・アンモニア利用 ----- P.15

- 1) 発電（タービン/エンジン/バーナー）
- 2) ボイラー
- 3) 工業炉

## ● CO2分離回収技術 ----- P.37

- 1) CO2回収技術全般/開発見通し
- 2) 業界別CO2分離回収方法
- 3) DAC

## ● カーボンリサイクル／バイオマス ----- P.45

- 1) メタン
- 2) メタノール
- 3) バイオ燃料
- 4) カーボンリサイクルプロダクト

# 1) 水素製造技術全般 / 開発見通し

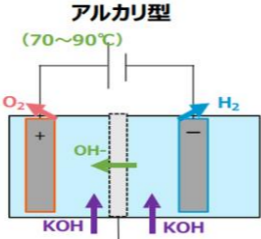
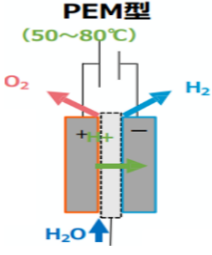
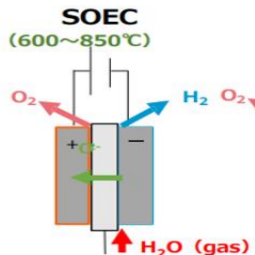
水素種別と主な水素製造方法

分類	水素種別		水素の主な製造方法 製造種別	反応式	商用化
	概要				
副生水素	副生水素 (H <sub>2</sub> ) は、苛性ソーダ (NaOH)、塩素ガス (Cl <sub>2</sub> ) を製造する時に、副次的に生産される水素		苛性ソーダ生産プロセス	$2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + \text{Cl}_2 + \text{H}_2$	生産プロセスにおいて副生的に生産
	製鉄プロセスにおいて派生する高炉ガス等に含まれる水素を抽出・分離		高炉・コークス製造プロセス	高炉ガス、コークス炉ガスからPSA（圧力変動吸着分離法）等を用いて水素を分離	
	石油精製時に水素を副次的に製造		石油精製製造プロセス	製造プロセスから派生するオフガスをPSA（圧力変動吸着分離法）等を用いて水素を分離	
	化学反応工程（ナフサクラッキング、スチームリフォーム）で水素を副次的に製造		エチレン製造プロセス		
グレー水素 (SMR等)	化石燃料である天然ガス（主成分であるメタン）などの炭化水素を水蒸気と反応させ、水素とCO <sub>2</sub> を製造する方法（天然ガスから水素を取り出す工業的な製造方法）		ガス水蒸気改質 (SMR)	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$	商用化済みの確立された技術
ブルー水素 (SMR+CCUS)	ガス水蒸気改質 (SMR) の製造工程で排出されたCO <sub>2</sub> を、CCS/CCUS技術で回収し貯留することにより、製造工程のCO <sub>2</sub> 排出を抑え、グリーン水素として提供		ガス水蒸気改質 (SMR) + CCUS	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ （排出されるCO <sub>2</sub> をCCUS）	SMR技術は商用化済み CCUSは一部商用化されているプロジェクトもあるがコスト高が課題
グリーン水素 (水電解+再エネ)	水の電気分解により製造された水素 再生可能エネルギー電力を活用した場合、CO <sub>2</sub> 排出量がゼロとなるグリーン水素として提供		水の電気分解	$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$	SMR技術は商用化済み CCUSは一部商用化されているプロジェクトもあるがコスト高が課題
パープル水素 (水電解+原子力)	水の電気分解により製造された水素 再生可能エネルギー電力を活用した場合、CO <sub>2</sub> 排出量がゼロとなるグリーン水素として提供				

## 2) 電解水素製造技術

- 電気水素製造技術に関しては、アルカリ電解は大規模システムにおいて費用対効果が高く、主流となっている。PEMは電力変動に対する耐久性と非腐食性に優れており、SOECは現在開発段階にある

### 主な電気水素製造技術

		アルカリ	PEM	SOEC
技術概要		 <p>アルカリ型 (70~90℃)</p>	 <p>PEM型 (50~80℃)</p>	 <p>SOEC (600~850℃)</p>
特徴	開発ステージ（2024年時点）	商用化（8プラント）	商用化（116プラント）	Pre商用化段階（4プラント）
	システム費用（US\$/kW）	500~1400	1100~1800	2800~5600
	電力効率（%）	70~90	50~80	70~90
	レスポンス時間	Long	short	Very long
	スタック寿命（千時間）	60~100	50~90	20~90
技術的な強み		初期費用が低く、寿命が長く、重要な原材料が不要	コンパクトで、負荷変化に柔軟に対応し、高いH2出力圧力を実現	比較的高い効率と不純物に対する耐性を備えている
技術課題		応答時間が長くないため、H2出力圧力が制限	高価な触媒材料と純水の投入が必要	コストが高く、コールドスタートに時間がかかり、柔軟性（応答時間）が限定的

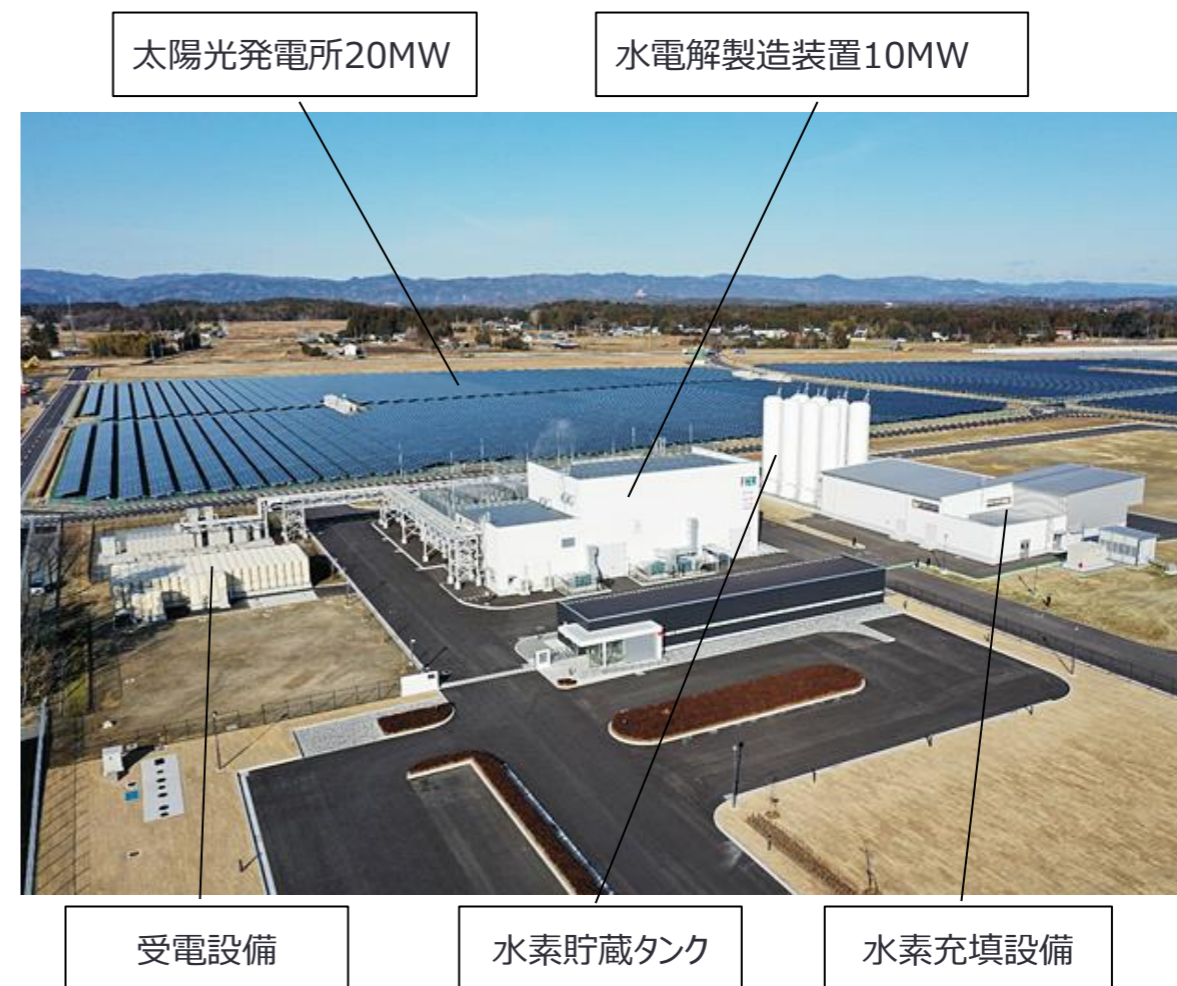
## 2) 電解水素製造技術

### ① アルカリ型水電解装置 | 福島水素エネルギー研究フィールド (FH2R)

#### プロジェクト概要

事業概要	NEDOによる技術開発事業
事業名称	水素社会構築技術開発事業／水素エネルギーシステム技術開発／再エネ利用水素システムの事業モデル構築と大規模実証に係る技術開発
運転開始	2020年3月
主要設備	太陽光発電所 20MW アルカリ型水電解製造装置 10MW 水素パイプライン 圧縮水素タンク 水素充填設備 -ローリー -燃料電池用カートリッジ
水素生産	毎時1,200Nm <sup>3</sup> （定格運転時） （108Kg/h）
技術実証（配送方法）	水素ステーション（輸送用トレーラー） 燃料電池（カートリッジ輸送）

#### 主要設備配置



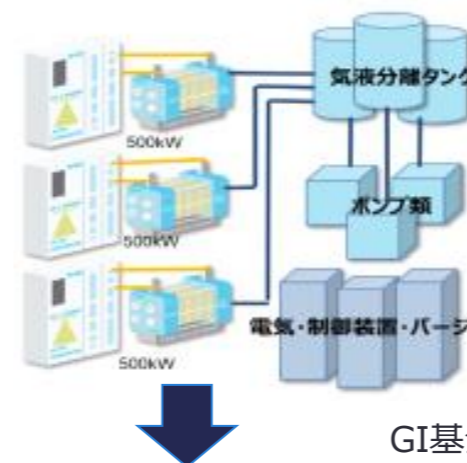
## 2) 電解水素製造技術

### ② PEM型水電解装置 | やまなし hidroジェンカンパニー (山梨県50%、東電25%、東レ25%)

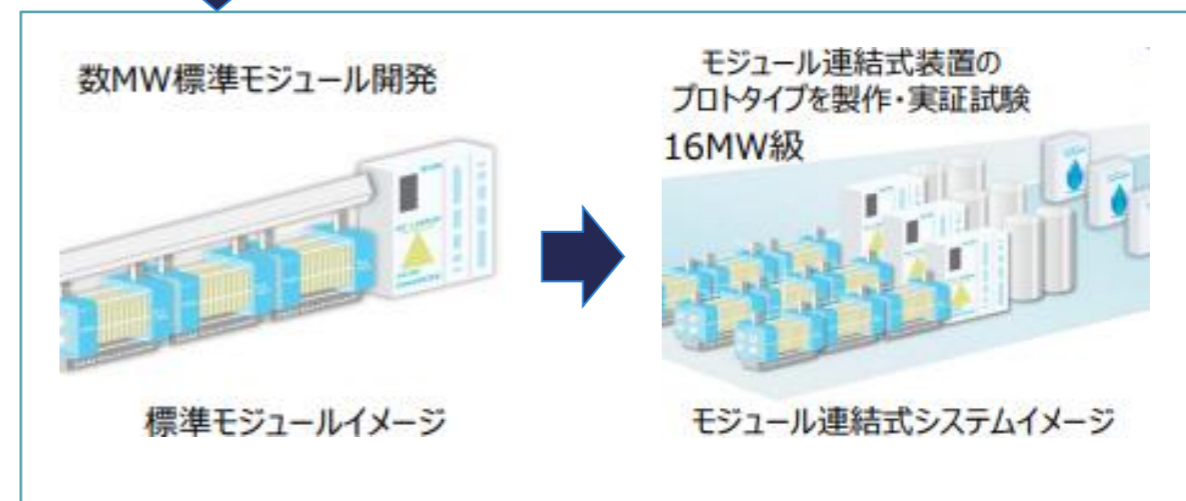
#### プロジェクト概要

事業概要	カーボンニュートラル実現へ向けた大規模P2Gシステムによるエネルギー需要転換・利用技術開発（GI基金事業）
事業概要	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が目標に大型化・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。水素ボイラを用いて熱の脱炭素化に向けた実証を行う。
事業規模	約140億円
事業期間	2021年度～2025年度
生産量	年間2,200t（16MW完成時の水素製造能力）
実施体制	山梨県企業局、東京電力HD、東レ株式会社、日立造船、シーメンス・エナジー、三浦工業、加地テック

#### 主要設備と開発内容



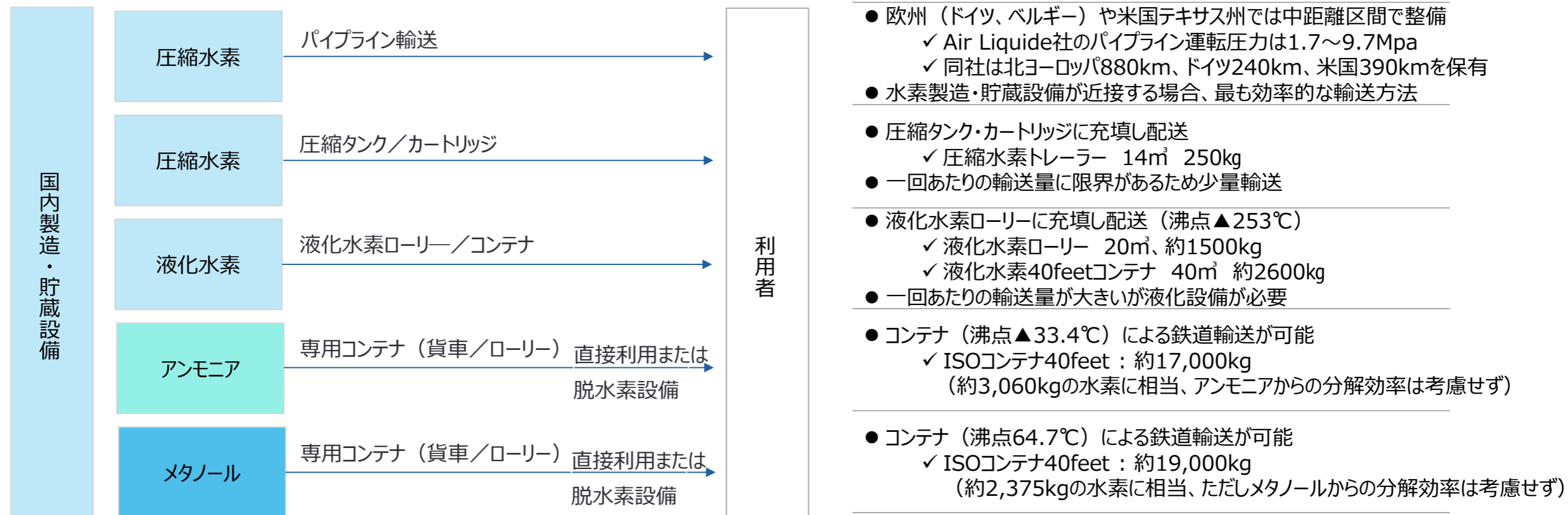
GI基金を活用した開発内容



### 3) 国内水素等輸送・貯蔵技術 水素等の輸送について

- 水素に関しては国内輸送網の整備が課題。水素製造・貯蔵設備が近接する場合はパイプライン輸送が最も効率的。液化水素輸送は液化設備が必要となる
- 他方、アンモニアやメタノールなど輸送キャリアとした場合、液化水素と比較し、輸送費負担は軽減

#### 水素等輸送技術の特徴



出所) EYSC

### 3) 国内水素等輸送・貯蔵技術 貨車による水素輸送展開イメージ（独・DBカーゴ社）

ドイツにおける内陸部における水素輸送展開イメージ

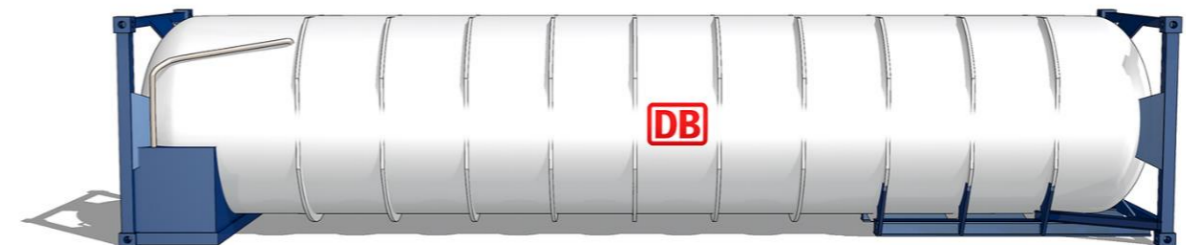


出所) DBカーゴ社 (<https://www.dbcargo.com/rail-de-de/wasserstoff>) よりEY作成

水素コンテナの開発

DBカーゴ社は革新的な水素コンテナの開発にも携わっており、純水素のロジスティクスをテストしている。このソリューションは、水素充填ステーションなどの分散型顧客やユーザーに純粋な水素を小規模に配布するために開発された。ガス状水素は、特殊な多元素ガス容器(MEGC)で高圧下で輸送できる。たとえば、DB Cargoは DB Regioの水素列車の納入も手配しており、現在さまざまな路線で実運転が行われている。極低温液化水素の輸送は、気体水素の輸送と同じくらい複雑。極低温(約-253°C)のため、ここでは専用の容器が必要。

純水素輸送用の特殊容器イメージ



### 3) 国内水素等輸送・貯蔵技術

## 国内での鉄道輸送用液化水素タンクコンテナのポテンシャル推定値の算出結果（川崎重工）

国内での鉄道輸送用液化水素タンクコンテナのポテンシャル推定値の算出結果

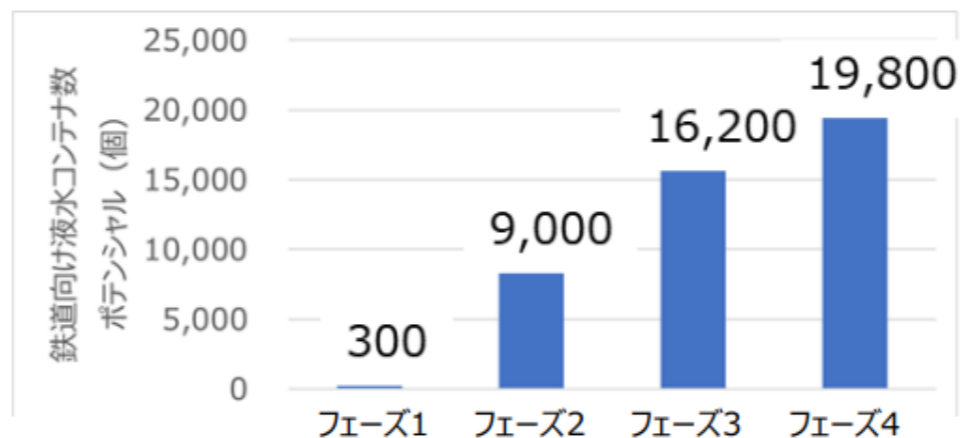
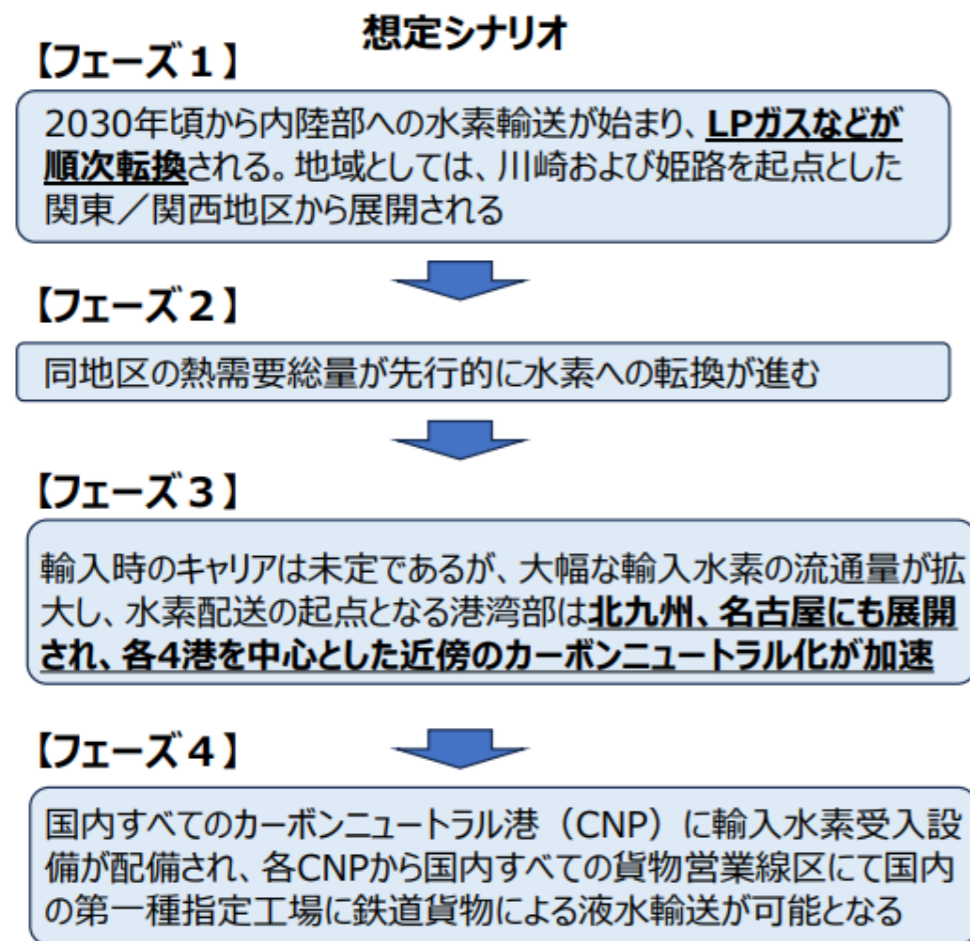


図8 熱需要に基づく鉄道輸送用液化水素タンクコンテナのポテンシャル数

既存の熱需要をベースとして、CNPの拡大に伴う水素転換地域の展開を想定した市場規模予測を実施。

その結果、全国にCNPが整備される頃には、鉄道輸送による内陸部での需要ポテンシャルは、約20,000台が必要となると推定される。

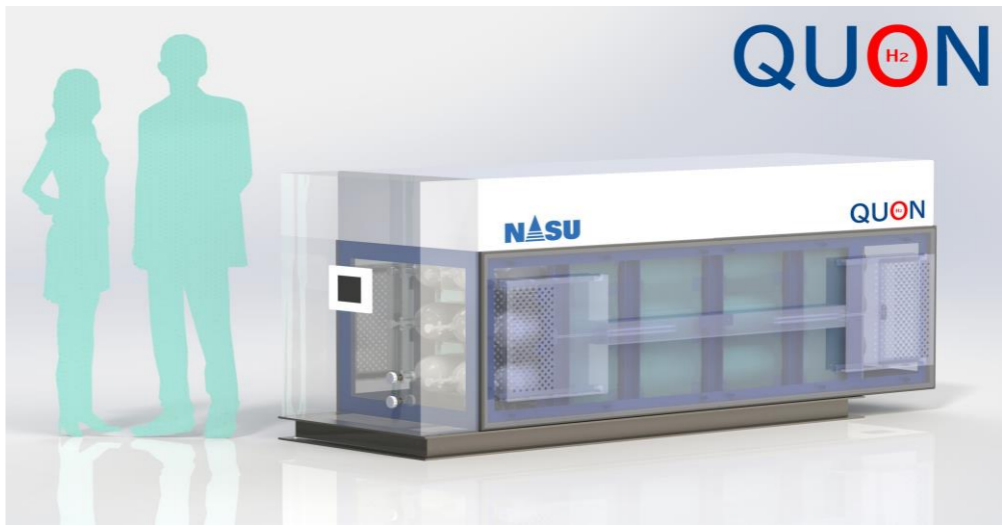
## 4) 国内水素等輸送・貯蔵 水素吸蔵合金システム（那須電機鉄工）

概要	独自のナノ化鉄チタン水素吸蔵合金を開発した那須電機鉄工は、10気圧以下でも水素を貯蔵可能で高圧保安法の適応外で水素の貯蔵できる空温式水素吸蔵合金システム（MH-QUON）を商用展開中
----	---

技術的特徴	
製品	MHタンク(配送用、定置用)、室温式MH-QUONシステム、小型・軽量新型タンク
規模	タンクの並列化で数百Nm <sup>3</sup> へ拡張可能
安全装備	低圧(1MPa未満の放出) 非可燃拳動(高圧容器ではないため、専門資格が不要)
運転特性	吸蔵時・放出時の補助熱需要を低減、 水素を充填する製造・供給側で水素圧縮が不要
導入事例	イベント関係(音楽フェス、環境イベントでの定置用導入) 商業施設へ展開予定

空温式MH-QUONシステム

水素貯蔵量	72Nm <sup>3</sup>
システムサイズ（外形寸法）	900×1100×2500mm

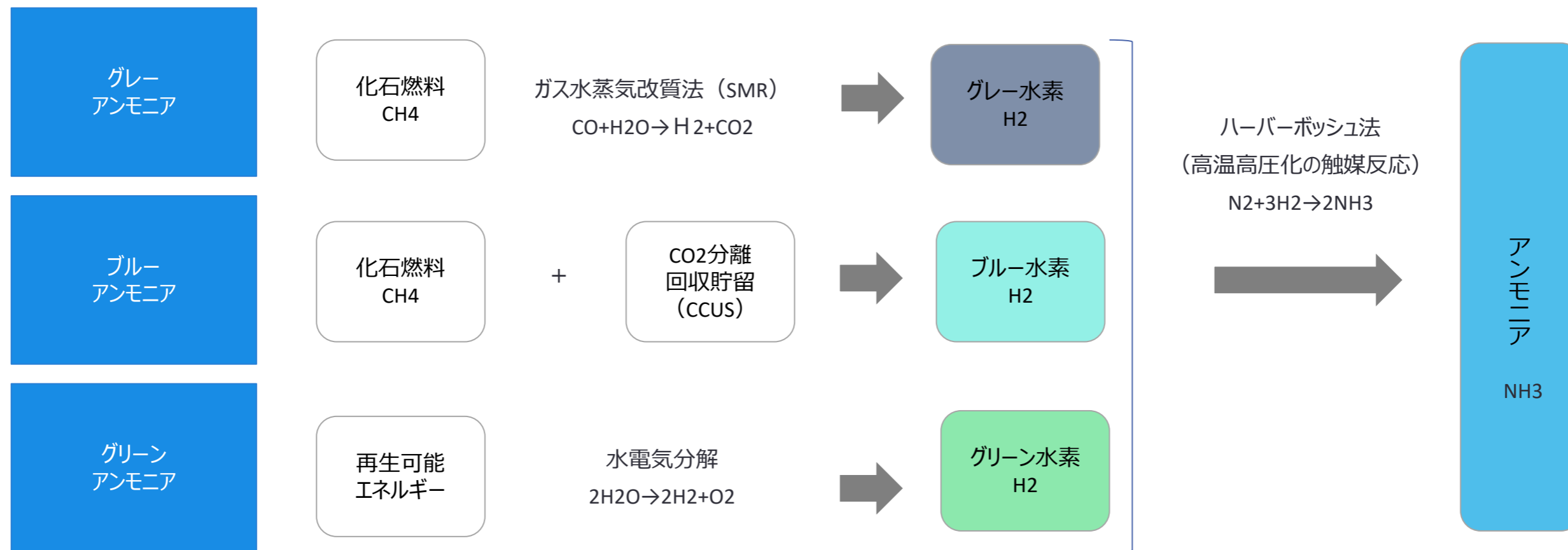


出所：那須電機鉄工

# 1) アンモニア製造技術全般

- 燃料アンモニアの製造方法は、高温高压化で窒素と水素を触媒反応させるハーバーボッシュ法が主流
- 材料となる水素の種類によって、製造されたアンモニアのCO2集約度が異なるため、異なる呼称がつけられている

## 燃料アンモニア製造技術



## 2) 国内アンモニア輸送・貯蔵技術（コンテナ輸送）

- 沿岸部で輸入・製造されたアンモニアは、ISOコンテナあるいは専門コンテナで鉄道・ローリ輸送にて内陸部に配送される

### 専用コンテナによる鉄道輸送

日産化学 川崎貨物駅



出所) 日産化学、出光興産HPにより引用

### 専用コンテナによる鉄道輸送

出光興産 四日市製油所に搬入されたブルーアンモニアのISOタンクコンテナ



### 3) アンモニア水素転換技術（クラッキング）

#### アンモニアを高温・触媒反応により分解し水素を取り出す技術

##### 技術概要

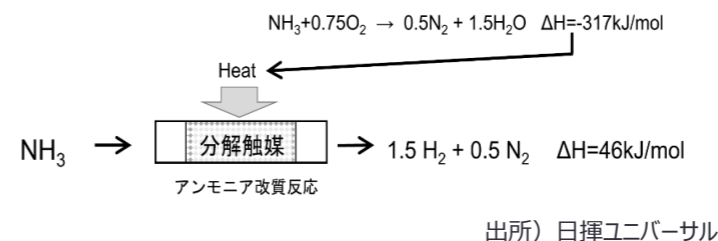
概要・用途	水素の輸送手段として、製造されたアンモニアを輸送・貯蔵し、使用地でアンモニアを高温で分解し、水素と窒素を生成する技術
技術パラメーター	運転温度:500-900℃、エネルギー効率:50-75% 変換率:95%以上
技術特性	水素密度が高く、常温・常圧で貯蔵・輸送が可能
技術課題	運転温度が高いためエネルギーコストが大きく、小型装置はコスト的に非効率。ATR式アンモニア分解技術は、触媒寿命等の性能向上、量産技術の確立などの触媒開発に加え、プロセスの検証などを行い、2030年ごろの商用化を目指す
水素製造規模	商用化されているアンモニアクラッキングによる水素生産は数kg/h～数百kg/hがメイン
利用イメージ	臨海部企業との連携によるアンモニアクラッキング拠点の構築（工業団地、物流拠点、自治体との連携）

##### アンモニアクラッキング工程

###### 技術特性

液体アンモニアを気化させ適切な温度にまで加熱した後に、触媒により分解反応を進行させ生成した混合ガスから水素を分離・精製する技術（NH3合成技術の逆反応）  
触媒反応の活性維持と反応条件の最適化が重要になるため、触媒やクラッキング装置の開発がすすめられている

###### アンモニアクラッキング反応式



###### 主な技術保有企業

- 分解技術**
- JERA、日本触媒、千代田化工
  - 三菱重工、日本触媒
  - 日揮ユニバーサル
- クラッキング装置**
- 東洋エンジニアリング・日本精線、中部電力・中部電力ミライズ
- 大規模アンモニア分解による水素製造技術開発**
- 日揮ホールディングス/アモジー

##### 今後の見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
商用プラント (東洋エンジニアリング)	▲ 商用化プラント (1200t・日)									
小型クラッキング装置 (東洋エンジ・中部電力等)	▲ 実証					▲ 商用化				
ATR式NH3分解技術 (日本触媒)	触媒寿命等の性能向上、量産技術の確立、プロセス検証					2030年頃の商用化目標				

出所) 日揮ユニバーサル (<https://www.n-u.co.jp/ip/products/carbonfree/nh3cracking/>)、日揮ホールディングスよりEY作成

# 1) 発電（大型ガスタービン）

## ① ガス火力水素混焼技術

### 技術概要

<b>技術概要/特徴</b>	天然ガスタービンをベースに、水素を一定割合で混焼する技術。混焼比率に応じてCO2排出量の削減が可能となり、高効率・大規模電源の脱炭素化に資する「移行技術」として注目されている
<b>取組状況</b>	-三菱重工は米国ジョージア州発電所において、水素50%混焼に成功し、GT出力約283MWを実現。また、2030年まで100%水素燃焼に対応する計画している。 -GE Vernovaは既に複数の国際案件で水素混焼ガスタービンを導入。実績として5~20%混焼を実現済。100%水素燃焼対応機の開発も進行
<b>課題</b>	燃焼器改良と低NOx技術が不可欠 供給・配管設備の安全設計が必須 水素コストや安定供給インフラ整備
<b>設備規模</b>	数十MW級：産業用・地域熱供給向け、実証中心 数百MW級：大規模火力発電所向け、商用化段階
<b>利用イメージ</b>	既存火力発電所の改修による低コストな脱炭素化電力系統の主要電源として、再エネ変動を補完する調整力を提供

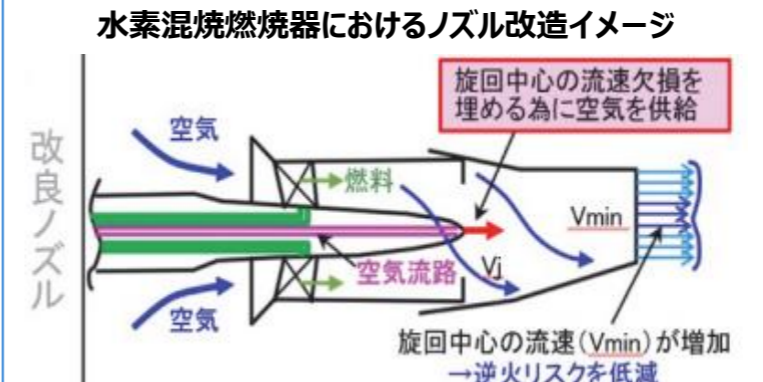
出所) 三菱重工、GE Vernovaが公表した数値を参考にEY作成

### ガス火力水素混焼技術と主な製造メーカー

**技術特性**

水素混焼比率の向上によりCO2削減効果が拡大する一方、NOx生成抑制のためには燃焼制御や排ガス処理技術が不可欠であり、高効率発電を維持しつつ低炭素化を実現する移行型ソリューションとして位置づけられる

**水素混焼燃焼器におけるノズル改造イメージ**



出所：三菱重工技報 Vol.62 No.3 (2025)

**主な製造メーカー**

三菱重工  
GE Vernova  
Siemens Energy  
など

### 技術開発・商用化見通し

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
三菱重工	30%混焼運開 50%混焼実証済		高混合率燃焼の商用化展開				
GE Vernova	最大50%混焼 商用提供		高混合率混焼の適用範囲拡大				

# 1) 発電（大型ガスタービン）

## ① ガス火力水素混焼技術 | 大型ガスタービン(M501GAC)の水素50%混焼実証（三菱重工）

実証概要	三菱重工が開発した大型ガスタービン「M501GAC」は、既存火力の設備改造で水素混焼に対応可能となり、2022年には米国ジョージア州において出力283MW級の大タービンで水素50%混焼に成功した(ガスタービン6台のうち1台で実証)。効率維持とCO2削減を実証、大規模火力発電の脱炭素化に向けた先行事例となっている
------	--

水素50%混焼実証	
燃焼条件	天然ガス+水素50%混焼
出力・規模感	ガスタービン出力 約283MW級
効率・性能	従来の天然ガス発電と同等の運転効率を維持、燃焼安定性も確保
環境効果	CO2排出を従来比で約20%以上削減 (混焼率50%時点)
運転特性	安定燃焼を維持し、起動・応答特性も天然ガス単独時と同等レベル
導入方法	ガスタービンを蒸気冷却方式からJ型燃焼技術を搭載した空気冷却方式へ換装（20%から50%混焼への対応）

マクドノウ・アトキンソン発電所



出所：ジョージア・パワー

出所) 三菱重工HP (<https://power.mhi.com/regions/amer/success-stories/mcdonough#:~:text=Located%20less%20than%20ten%20miles%20from%20downtown%20Atlanta%2C,expanded%20to%20power%20up%20to%201.7%20million%20homes.>) より引用

# 1) 発電（大型ガスタービン）

## ① ガス火力水素混焼技術 | 大型ガスタービン(M501JAC)の水素30%混焼実証／商用化（三菱重工）

実証概要	三菱重工は、ガスタービンの開発・製造拠点を置く高砂製作所に水素製造から発電までにわたる技術を一貫して検証できる「高砂水素パーク」を構築。米国ユタ州では世界最大のグリーン水素の製造・貯蔵施設となる水素ハブ(Advanced Clean Energy Storage)に対して供給する840MW 級水素焚きガスタービン・コンバインドサイクル(「M501JAC」)発電所へグリーン水素を供給するプロジェクトが2026年に商業運転予定
------	---

### 水素30%混焼実証／商用化

燃焼条件	天然ガス+水素30%混焼
出力・規模感	GTCC 約566MW(高砂水素パーク実証) GTCC 約840MW(米国Advanced Clean Energy Storage)
効率・性能	大型ガスタービンにおける混焼実運用条件下(効率64%)で 性能維持・安全性確認、低NOX保持
環境効果	米国Advanced Clean Energy Storageでは10%以上の 排出削減見込み
運転特性	安定燃焼を維持、起動時間を短縮、部分負荷運転性の向上
特徴	実証は製造→貯蔵→利用を同一拠点で検証 米国Advanced Clean Energy Storageは岩塩層空洞 (約1.5km)に水素を貯蔵

### 高砂水素パークの概要



# 1) 発電（タービン）

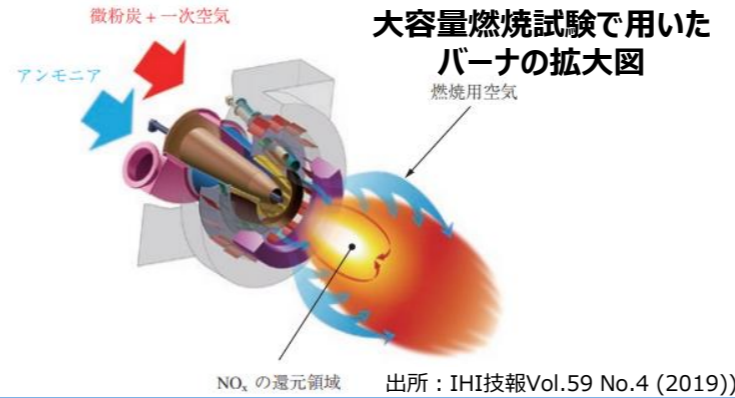
## ② 石炭火力アンモニア混焼技術

### 技術概要

技術概要/特徴	石炭とアンモニアを同時に燃焼させる燃焼方式を採用することで、既存火力設備を活用しつつ脱炭素化を実現。アンモニアの燃焼により、NOxの発生が懸念されるが、適切な燃焼技術により抑制可能
取組状況	<ul style="list-style-type: none"> <li>-JERAは碧南火力発電所で100万kW級の実証試験を実施。アンモニア20%混焼を目標に、IHIと連携してバーナーや付帯設備の開発を推進中</li> <li>-IHIは液体アンモニア直接供給方式を採用し、2段燃焼方式のバーナーを開発し、小規模混焼試験で燃焼性能とNOx抑制効果を確認</li> <li>-三菱重工は旋回燃焼方式及び対向燃焼方式の石炭焚ボイラに対応するアンモニア混焼・専焼バーナーを開発、2028年度までにボイラ型式の異なる実機2ユニットにおいて50%以上のアンモニア混焼を検証する計画</li> </ul>
課題	NOxの発生抑制、未燃アンモニアの排出抑制 既存石炭ボイラ改造に伴う設備投資と運用負荷 高混焼や100%アンモニア燃焼に向けた技術の確立
設備規模	数百kW級～数百MW級まで対応可能 実証例：100万kW級ボイラでのアンモニア20%混焼
利用イメージ	既存石炭火力発電所にアンモニア混焼用バーナー導入 石炭とアンモニアを併用して発電 将来的にはゼロエミッション火力発電の一步として活用

出所) JERA、IHI、三菱重工が公表した数値を参考にEY作成

### 石炭火力アンモニア混焼技術と主な製造メーカー

<p><b>技術特性</b></p> <p>石炭火力アンモニア混焼技術は、CO2排出を低減しつつ既存設備での運用が可能な技術。アンモニアはCO2を出さないものの燃焼速度が遅く、NOx生成の抑制や燃焼制御が課題となる。また、既存ボイラへの適用には設備改造や安定供給体制の確立が必要。将来的には高混焼や専焼化によるCO2ゼロ発電が期待される。</p>  <p>出所：IHI技報Vol.59 No.4 (2019))</p>	<p><b>主な製造メーカー</b></p> <p>JERA 三菱重工 IHI など</p>
---	--

### 技術開発及び商用化見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
技術開発・商用化見通し	混焼試験運転 100万kW/20%		高混焼試験			商用化目標(混焼)				

# 1) 発電（タービン）

## ②石炭火力アンモニア混焼技術 | 碧南火力発電所4号機でアンモニア20%混焼の実証（IHI・JERA共同）

<p>実証概要</p>	<p>IHIは、JERAと共同で碧南火力発電所4号機にて石炭燃料の20%をアンモニアに転換する実証試験を、NEDOの支援のもと2024年度に実施し、安定燃焼と低NOx排出を確認、CO2削減効果を確認し、発電所への安定供給が可能となり、脱炭素化の社会実装に向けた基盤となっている</p>
-------------	--

### アンモニア20%混焼実証結果

<p>燃焼条件</p>	<p>石炭 + アンモニア20%混焼</p>
<p>出力・規模感</p>	<p>約1,000MW級（石炭火力発電所4号機）</p>
<p>効率・性能</p>	<p>ボイラの火炉収熱特性は石炭専焼時とアンモニア燃焼時で大きな差異なし、燃焼安定性も確認</p>
<p>環境効果</p>	<p>CO2排出量およびSOx排出量は約20%削減を確認し、NOx排出量はアンモニアへの燃料転換前と同等</p>
<p>運転特性</p>	<p>安定燃焼を維持しつつ、起動。応答特性も石炭単独時と同等レベルを確認</p>
<p>導入方法</p>	<p>既存石炭バーナーへアンモニアノズルを追設し、燃焼器や付帯設備も改造</p>

碧南実証試験ユニット4号機



出所：JERA

# 1) 発電（アンモニア・石炭混焼ボイラ）

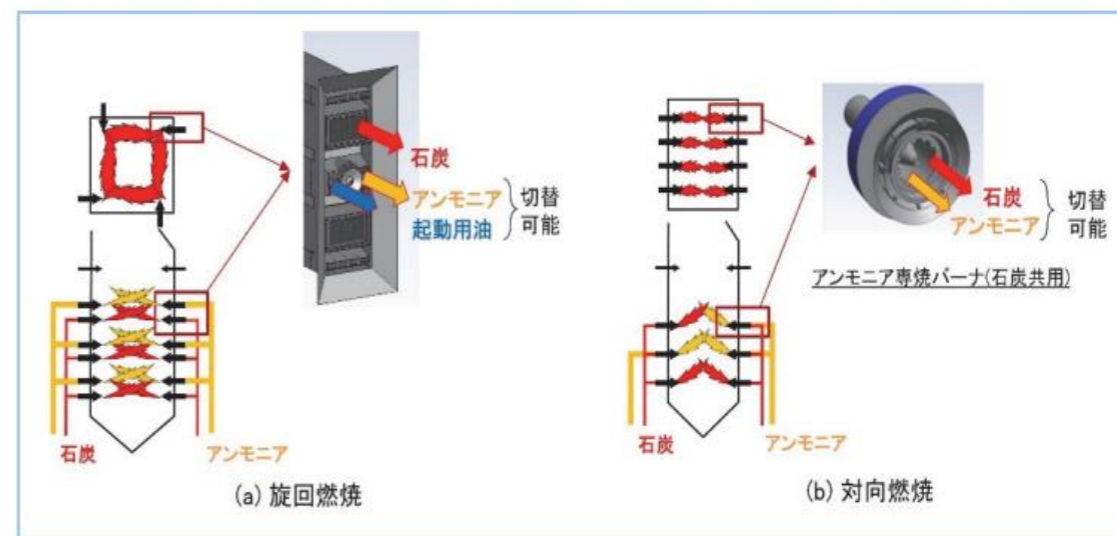
## ②アンモニア専焼バーナー技術を活用した50%以上の燃料転換技術開発

実証概要	三菱重工業は、旋回燃焼と対向燃焼の両燃焼方式の石炭焚きボイラにおいてアンモニアへの50%以上の燃料転換を可能とする技術開発を進めている。長崎カーボンニュートラルパーク内の燃焼試験設備におけるアンモニア専焼バーナーを用いた専焼試験及び石炭とのアンモニア 50%以上の燃焼試験にて、いずれの燃焼方式においても安定燃焼を確認している。
------	--

### アンモニア専焼実証結果

燃焼条件	アンモニア専焼及び石炭との高混焼試験を実施、燃焼方式は旋回燃焼及び対向燃焼の2種類
出力・規模感	燃料消費量0.5t/hおよび4t/hの試験炉での実証
効率・性能	アンモニア専焼及び高混焼において安定した燃焼を維持しつつ、NOx排出を抑制
環境効果	アンモニアは燃焼時にCO2排出量はゼロ、NOx排出は石炭専焼と同等、N2Oは0.4ppm未満で良好な燃焼性能
運転特性	安定した着火・保炎を実現し、未燃アンモニアの抑制とNOxの低減を達成
導入方法	既存の石炭ボイラのバーナー部を、石炭とアンモニアを切替可能なバーナーに置き換え、ボイラでのアンモニア混焼を実現。専焼試験及び石炭とのアンモニア 50%以上の燃焼試験実施済

各燃焼方式でのアンモニア 50%燃焼バーナーパターン例とアンモニア専焼バーナー



アンモニア燃焼試験設備  
(4t/h燃焼試験炉)

出所：三菱重工

出所) NEDO (<https://www.nedo.go.jp/content/800018011.pdf>)、三菱重工 (<https://www.mhi.com/jp/technology/review/sites/g/files/jwhtju2326/files/tr/pdf/613/613050.pdf>)

# 1) 発電（ガスタービン）

## ③ 水素専焼技術（中小規模）

### 技術概要

<b>技術概要/特徴</b>	水素を燃料として燃焼させ、ガスタービンで発電や熱供給を行う技術。燃焼温度が高く、燃焼速度は速いが、NOx生成リスクが大きいいため、燃焼制御技術が重要
<b>取組状況</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-三菱重工が水素専焼バーナーの開発および燃焼試験により、安定燃焼とNOx抑制に成功、2024年より中小型ガスタービンの水素専焼の実機実証に取り組んでいる</li> <li>-川崎重工が水素混焼及び専焼タービンの実証試験を実施、燃焼特性と材料耐久性を確認し、2023年に水素専焼ガスタービンコージェネシステムの販売を開始</li> <li>-東京ガスはサンレー冷熱(株)と、日本初となる水素専焼のガスタービンコージェネレーションシステム用追焚きバーナーを共同開発</li> </ul>
<b>課題</b>	高NOx排出の抑制 水素燃料の供給・貯蔵・安全管理 既存ガスタービンの改造適用性 材料の耐熱・耐水素脆化性能
<b>設備規模</b>	10～100MWクラス：商用規模 1～20MW：実証機規模
<b>利用イメージ</b>	大規模火力発電の水素転換や、地域熱供給と組み合わせることで産業用分散発電に活用される。温水や蒸気の供給と同時に発電を行うことで、工場や地域への効率的なエネルギー供給が可能となる

出所) 川崎重工、三菱重工、東京ガスが公表した数値を参考にEY作成

### 水素専焼技術と主な製造メーカー

**技術特性**

水素専焼タービンでは燃焼速度が速く高温燃焼となるため、燃焼安定性や高温燃焼に伴うNOx抑制が課題であり、燃焼制御や耐水素脆化材料の適用に加え、燃料供給・安全管理が不可欠である。  
一方、MW級以上の大規模電源として発電所や工場の主力電源でCO2フリー発電を実現できるポテンシャルを有する。

**主な製造メーカー**

三菱重工  
川崎重工  
東京ガス  
など

**ガスタービンコージェネ概要図**

出所：東京ガス

### 日本企業の技術開発の状況・見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
川崎重工	1.8MW級水素専焼ガスタービンコージェネシステム販売開始（2023年）									
三菱重工	実証 → 中小型専焼タービン商用化 → 大型									

## 1) 発電（ガスタービン）

### ③水素専焼技術（中小規模） | 水素燃焼対応1.8MW級ガスタービンコージェネレーションシステム(PUC17MMX)

商用概要	川崎重工は、世界初のドライ方式水素燃焼対応し、マイクロミックス燃焼と追い焚き燃焼を組合わせた燃焼器により水噴射なしで低NOXを実現する1.8MW級のガスコージェネレーションシステムを商用化している
------	--

#### 水素100%専焼実証結果

燃焼条件	水素100%専焼、および水素 + 天然ガス混焼に対応 混焼率は任意設定が可能
出力・規模感	水素100%専焼時の出力 1.786MW
発電出力	水素100%専焼：約1,786kW 水素50%混焼時：約1,744kW
環境効果	CO2排出量は専焼時ゼロ、NOX排出量は70ppm以下
運転特性	無負荷～定格まで安定運転、急速負荷変動にも追従可能。 長時間耐久性も確認
導入方法	水素専焼対応タービンの新設、既存機の改修として燃焼器 交換、燃焼供給系改造、制御システム更新など対応

#### ドライ低NOx水素専焼ガスタービンの実証試験プラント



出所：NEDO

# 1) 発電（エンジン）

## ③水素専焼技術（中小規模）

### 技術概要

技術概要/特徴	水素を直接内燃機関で燃焼させ、発電や機械動力に利用する技術。タービンに比べ低速・中小規模に適する。燃焼安定性やノッキング制御が課題
取組状況	三菱重工・川崎重工を中心に、数百kW～数MW級の水素専焼エンジン実証機開発を進行 -川崎重工が発電出力5MW以上の大型ガスエンジンにおいて、水素のみを燃料としてCO2を発生せずに安定した燃焼を実現できる技術を開発 -三菱重工が相模原工場内の500kWクラス水素専焼エンジン発電セット※1実証設備において、水素100%燃料を用いた運転での定格出力(435kW/1,500回転)を達成
課題	燃焼速度が速く着火安定性が課題 NOx抑制のための希薄燃焼や排ガス処理が必要 水素貯蔵・供給安全管理 高出力化・耐久性向上
設備規模	0.5～5MWクラス：商用規模 100kW～1MW：実証機規模
利用イメージ	工場やビルの小～中規模分散発電に適しており、コージェネレーションによる廃熱利用や再生可能電力の変動吸収用バックアップ電源としても活用される。これにより、需要に応じた柔軟な電力・熱供給が可能となる

### 水素専焼技術と主な製造メーカー

**技術特性**

水素専焼エンジンでは、燃焼速度が遅く着火安定性の確保が課題となる。希薄燃焼や排ガス処理によるNOx抑制技術、部分負荷時の燃焼安定性向上、燃料供給・安全管理の技術が不可欠である。  
一方、小～中規模の分散発電やコージェネ、再エネ変動吸収用途においてCO2フリー運転の実現が可能である。

**主な製造メーカー**

三菱重工  
川崎重工  
など

出所：三菱重工技報 Vol.62 No.2 (2024)

### 日本企業の技術開発見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
技術開発見通し	実証初期		中規模実証段階			商用化準備		本格稼働		

出所) 川崎重工、三菱重工 (<https://www.mhi.com/technology/review/sites/g/files/jwhjtju2326/files/tr/pdf/622/622090.pdf>) が公表した数値を参考にEY作成

# 1) 発電（エンジン）

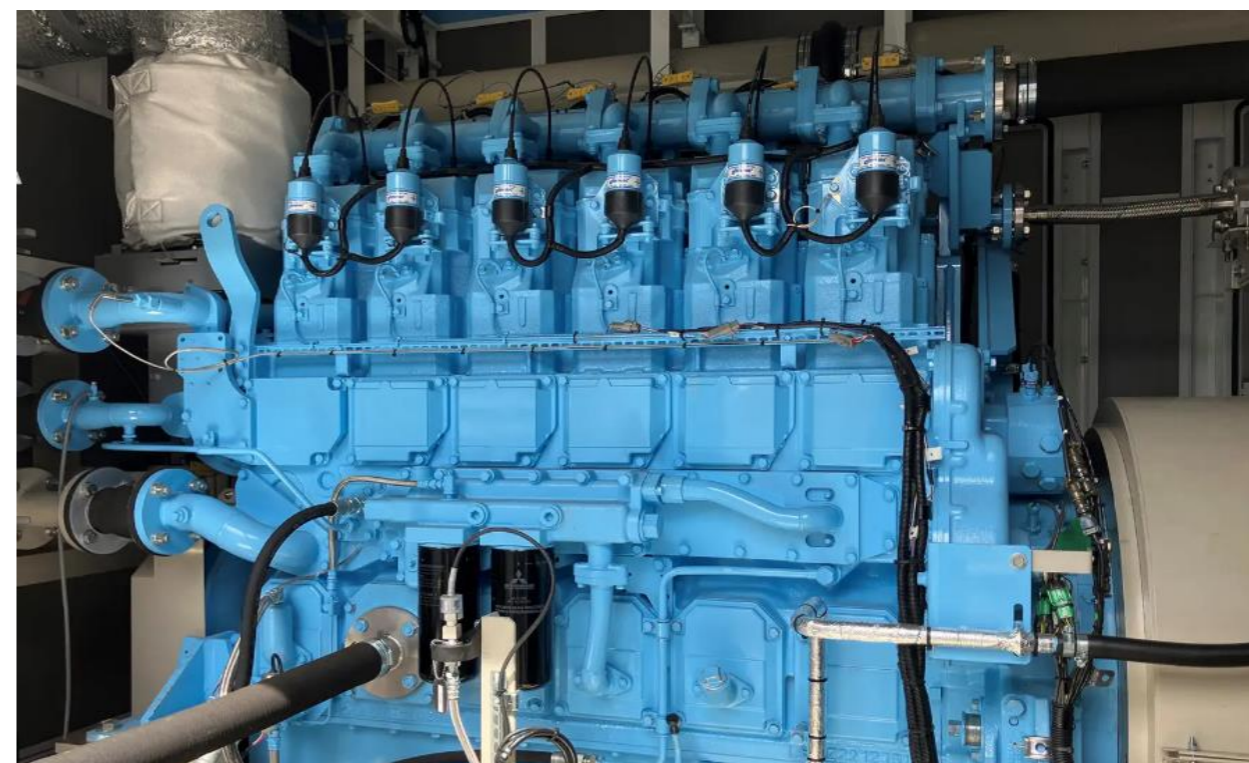
## ③水素専焼技術（中小規模） | 6気筒500kWクラスの水素専焼エンジンの水素100%専焼実証（三菱重工）

実証概要	MHIは相模原工場内の500kW水素専焼エンジン発電設備で、水素100%燃料を用いた運転を実施し、定格出力435kW（1,500rpm）を達成。世界でも先行する分散型水素エンジン発電の有効性を示した
------	---

### 水素100%専焼実証結果

燃焼条件	水素100%専焼、水素の高速燃焼特性に対応した燃焼抑制技術を導入
出力・規模感	定格出力 約435kW（1,500回転）
効率・性能	天然ガスエンジン発電セットと同等の安定性能を維持しつつ、高効率かつ安定的な負荷追従性能を確認
環境効果	CO2排出量はゼロ、NOX排出量は燃焼制御技術により規制値を十分下回る水準を実現
運転特性	定格出力まで安定した連続運転を確認、短時間でも起動・停止や負荷変動への対応力も検証
導入方法	水素専焼エンジン発電セットをそのまま製品化に向け対応中

6気筒500kWクラス水素専焼エンジン(試験機)



出所：三菱重工

出所) 三菱重工

<https://www.mhi.com/jp/news/25031201.html>

<https://www.mhi.com/jp/news/24052902.html>

# 1) 発電（ガスタービン）


## ④アンモニア専焼技術（中小規模）

### 技術概要

<p><b>技術概要/特徴</b></p>	<p>アンモニアを主燃料とするタービン燃焼技術。既存の天然ガス利用設備をベースに燃焼器や制御システムを改良し、CO2排出ゼロを実現。蒸気と電力の併給設備においても脱炭素化が可能</p>
<p><b>取組状況</b></p>	<p>IHIは火力発電用ボイラ向けアンモニア混焼／専焼の開発に成功しているほか、ガスタービンにおいて液体アンモニア100%専焼技術の開発に成功、未燃アンモニア及びN2Oを大幅に低減している</p>
<p><b>課題</b></p>	<p>アンモニアは内陸部への輸送コストが割高となるため、導入による投資対効果は慎重に検討する必要がある。また、アンモニアは安全性への懸念が根強く、利活用の各フェーズの安全対策を推進する必要がある</p>
<p><b>設備規模</b></p>	<p>～数MW級：中規模工場や地域熱電併給設備向け（26年度より商用化）</p>
<p><b>利用イメージ</b></p>	<p>蒸気の脱炭素化が課題となっている自動車メーカー、食品業界、半導体業界に適合性が高い。地域熱電併給や産業用主要電源としても利用可能</p>

出所) IHI、NEDOが公表した数値を参考にEY作成

### アンモニア専焼技術と主な製造メーカー

<p><b>技術特性</b></p> <p>タービン燃焼器では燃焼安定性の確保が課題となる。高温燃焼に伴うNOx生成を抑制する燃焼制御技術や、未燃アンモニア・N2O排出の低減が不可欠である。一方で、ガスタービンはMW級以上の大規模電源として適用可能で、発電所や工場の主力電源におけるCO2フリー発電の実現ポテンシャルを有する</p>  <p>出所：IHI</p>	<p><b>主な製造メーカー</b></p> <p>IHI 三菱重工</p>
---	--

### 技術開発・商用化見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
IHI	専焼実証(長期耐久試験など)					商用化				

# 1) 発電（GTCCシステム）

## ④アンモニア専焼燃焼（中小規模） | アンモニア直接燃焼GTCCシステムの開発（三菱重工）

開発概要	三菱重工は中小型ガスタービンであるH-25(41MW級)でアンモニアを100%直接燃焼するGTCCシステムの開発に取り組んでいる。アンモニアの燃焼安定性の更なる向上、商用プラント運転条件下での信頼性検証を実施している。大型機へのスケールアップに関しては市場動向を見て判断予定
------	---

### 実証・開発進展の内容

燃焼器	H-25ガスタービン(41MW級)を対象に低NOX燃焼器の設計・開発・試験を実施
脱硝システム	アンモニア燃焼で大量に発生するNOXに対応するために高効率脱硝装置を開発
運転特性	NOX抑制、安定燃焼性、未反応アンモニアの排出防止(NH3スリップ低減)
今後の展開	市場動向を見て、大型GTCCへの展開は判断予定

H-25形ガスタービン



出所：三菱重工

出所) 三菱重工

<https://www.mhi.com/jp/technology/review/sites/g/files/jwhtju2326/files/tr/pdf/603/603030.pdf>

<https://power.mhi.com/jp/news/20210301.html>

<https://www.mhi.com/jp/technology/review/pdf/623/623020.pdf>

# 1) 発電（エンジン）

## ④アンモニア燃焼技術（中小規模）

### 技術概要

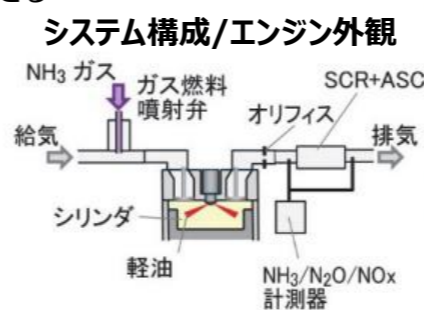
<p><b>技術概要/特徴</b></p>	<p>既存のLNGデュアルフューエルエンジンをベースに、アンモニアを主燃料とする内燃機関</p>
<p><b>取組状況</b></p>	<p>船用向けのエンジンに続き、陸用の発電用への転用を取り組む。陸用向けに安全性の確認を実証すべく、納入仕様と同じシステムを作り上げ、検証する。また、陸用のメンテナンス時の対応手法の確立、教育も行う予定</p>
<p><b>課題</b></p>	<p>更に安全、安心を確実にする為、漏れ、耐久性（腐食等）、点検解放時を考慮し、システム、アンモニアの処理方法、除害設備の検証を進める。これらを、実試験設備で確認し、作り上げる</p>
<p><b>設備規模</b></p>	<p>船用の主機、補機市場に加え、陸用の電力・離島発電、更に産業用のコジェネ事業者、脱炭素を目的に、電気売り事業としての発電事業者が主市場になる予想。加え、電力増加となるデータセンターの脱炭素電源としても有力である</p>
<p><b>利用イメージ</b></p>	<p>既存のレシプロエンジン市場の脱炭素燃料転換。</p>

### アンモニア燃焼技術と主な製造メーカー

**技術特性**

アンモニアは燃焼速度が遅く発熱量が低いため、着火安定性の確保が重要で、且つ、燃料由来のNOx生成を抑制する技術が不可欠である。一方で、炭素を含まない燃料でありCO2を排出せず、ガスエンジンや中小規模ボイラでの導入により工場や地域熱供給向けのカーボンフリー熱源として活用できる

**システム構成/エンジン外観**



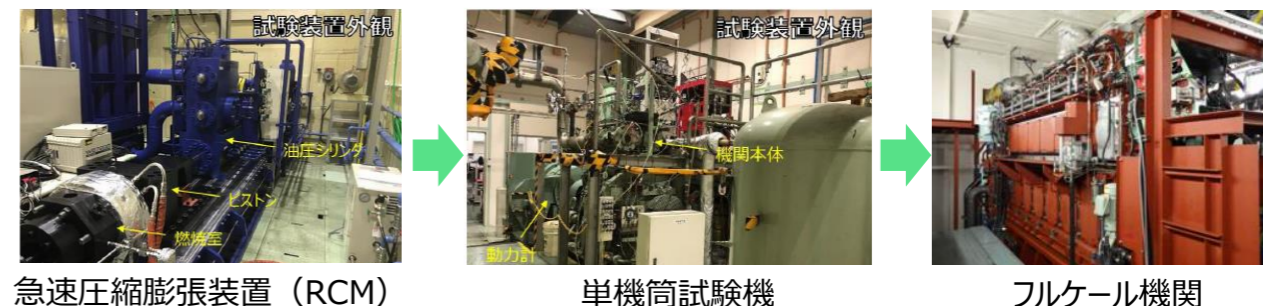
出所：三菱重工技報 Vol.62 No.2 (2025)

**主な製造メーカー**

アンモニアレシプロエンジンを開発・製造するメーカー

IHI  
三菱重工  
など

IHIは、アンモニア燃焼の基礎研究・検証（RCM）からスタートし、単機筒試験機で、アンモニア燃焼制御を確立し、その結果をフルスケール機関に反映した。レシプロエンジンの燃焼技術を具現化。



<https://www.mhi.com/jp/technology/review/sites/g/files/jwhtju2326/files/tr/pdf/622/622110.pdf>  
[https://www.ihico.jp/technology/techinfo/contents\\_no/1201478\\_13491.html](https://www.ihico.jp/technology/techinfo/contents_no/1201478_13491.html)

## 1) 発電（エンジン）

### ④アンモニア燃烧技術（中小規模） | 船舶用4ストローク アンモニアエンジンの実証（IHI）

#### 実証概要

IHIは、船舶用4ストローク アンモニアエンジン「6L28ADF」を、タグボート「魁」に搭載し運航を実現。独自の噴射タイミング制御、空燃比制御で、安定した燃焼燃焼御実現すると共に、触媒の特性も検証し、NOx・N<sub>2</sub>O排出抑制を実現した。

#### 船舶アンモニア実証結果

##### 燃焼条件

100%のアンモニアガスを空気と混合し燃焼室に供給する。着火源として微量の軽油を使用し、アンモニアの低着火性を克服

##### 出力・規模感

船舶用4ストロークエンジン「6L28ADF」をタグボートに搭載、船舶の曳航業務に必要な出力を確保（1618kW/台）

##### 効率・性能

アンモニア燃焼でも安定した連続運転を維持。負荷変動にも追従し、船舶運用に必要な信頼性を確保

##### 環境効果

CO<sub>2</sub>排出ゼロ、NOx・N<sub>2</sub>O生成も燃焼制御と触媒により抑制した。

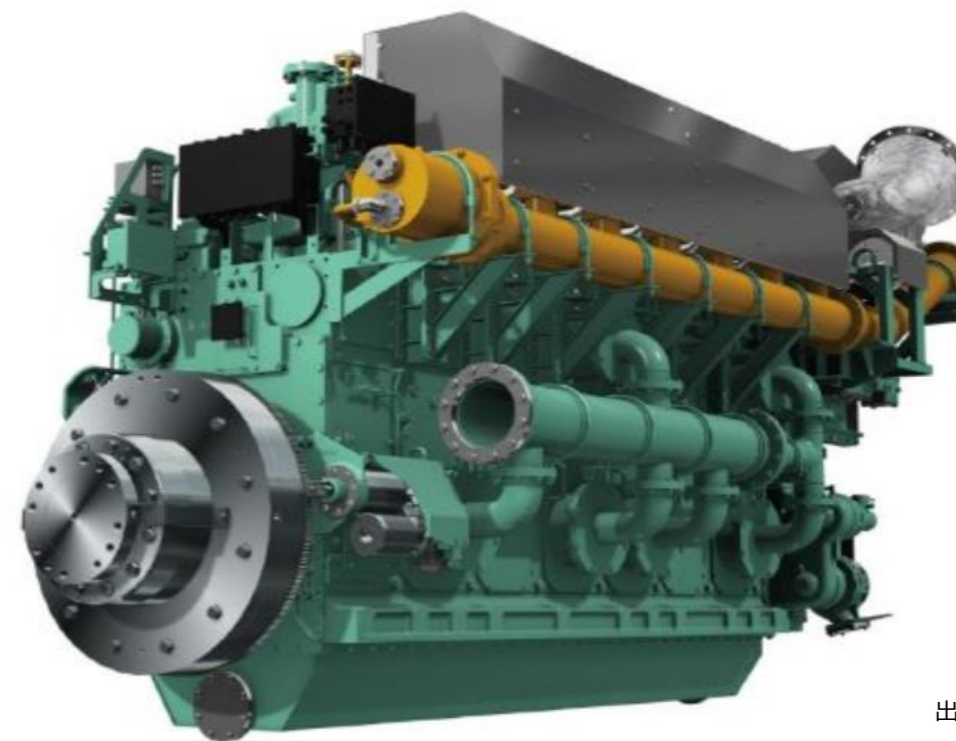
##### 運転特性

アンモニア燃料運転への切替（アイドル）から定格運転まで安定運転

##### 導入方法

既存のLNGのデュアルフューエルエンジンに対して圧縮比の増加、吸排気系の最適化、燃料ガス系統の最適化などの改造

#### アンモニア燃料エンジン「6L28ADF」



出所：IHI

出所) IHI

[https://www.ihl.co.jp/technology/techinfo/contents\\_no/1201478\\_13491.html](https://www.ihl.co.jp/technology/techinfo/contents_no/1201478_13491.html)

## 2) ボイラ

### ① 水素ボイラ

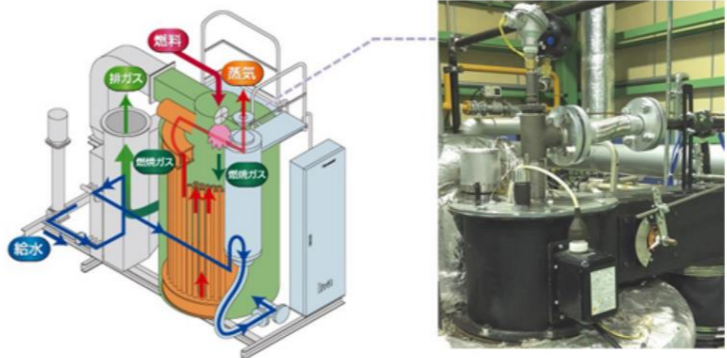
#### 技術概要

<p><b>技術概要/特徴</b></p>	<p>燃料として水素(副生水素、再エネ由来水素)を使用して蒸気や温水を生成するボイラ。従来の石油や都市ガスなどの化石燃料を使ったボイラと異なり、燃焼時にCO2を排出しない水素は燃焼しても水しか生成しないため、CO2を排出しない。グリーン水素(再生可能エネルギー由来)を使えば、完全なカーボンフリー熱源となる</p>
<p><b>取組状況</b></p>	<p>主流は高効率な工場での熱や殺菌需要などに対応した小型専焼貫流ボイラとなっており、三浦工業では2017年より販売を拡大している。川重冷熱工業も販売を展開している</p>
<p><b>課題</b></p>	<p>水素は燃えやすい燃料であり、断熱火災温度が高いためNOxが発生しやすく対策が必要(低NOx対応のバーナー)。また、万一の水素ガス漏洩時に備えて屋外設置を標準としているケースが多い</p>
<p><b>設備規模</b></p>	<p>蒸気量～3トン/h：工場、地域熱供給 蒸気量3トン/h以上：発電</p>
<p><b>利用イメージ</b></p>	<p>水素の供給状況に合わせて既存ボイラとのハイブリッド利用が多い。欧米にステークホルダーを持つ企業、調達基準にESG/SDGsを重視する取引先を持つ企業(製薬業界、食料品業界、自動車産業)の活用が考えられる</p>

#### 水素ボイラ技術と主な製造メーカー

**技術特性**

水素は燃焼時に水を多く生成するため、燃えてすぐその水の蒸気にエネルギーを奪われる。排ガス中の水蒸気を再度凝縮させるまで熱回収を高めなければ、エネルギー利用率が低くなるため、凝縮する水に対応した熱回収システムが必要



出所：川重冷熱工業

**主な製造メーカー**

(国内)  
三浦工業  
川重冷熱工業  
平川製作所  
日本サーモエナー  
など

(海外)  
Worcester Bosch(英)  
Cummins(米)  
Plug Power(米)  
Sinohytec(中国)  
Meijin Energy(中国)  
など

#### 日本企業の商用化見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
三浦工業など(産業用)	三浦工業/貫流型専焼ボイラ販売拡大									
川重冷熱工業など	専焼・混焼・ハイブリッドボイラ販売拡大									

出所) 設備規模は、三浦工業、IHI、川崎重工が公表した数値を参考にEY作成

## 2) ボイラ

### ①水素ボイラ | 水素専焼対応の小型貫流式水素ボイラ（三浦工業）

<p>概要</p>	<p>三浦工業は2017年に水素燃料の貫流式蒸気ボイラを製品化し燃焼時にCO2を排出しないボイラを実用化している。水素燃料に適した専用設計により高効率なボイラ（従来比で7ポイントの効率向上）を実現、既設ボイラとの併用により水素が潤沢にある場合には水素メインで都市ガスをバックアップ、水素供給量が少なくなれば都市ガスボイラをメインに変える等の運用が可能となる。</p>
<p>技術的特徴</p>	<p>水素ボイラ製品(水素専焼小型貫流蒸気ボイラAN-2000BS)</p>
<p>燃料対応</p>	<p>水素専焼</p>
<p>製品</p>	<p>AN-2000BS（その他製品AI-2500、AN-250）</p>
<p>規模</p>	<p>蒸気量2,000 kg/h、効率105%、熱出力1,254kW</p>
<p>安全装備</p>	<p>逆火防止／窒素パージ／低NOxバーナーの採用</p>
<p>運転特性</p>	<p>安定燃焼を維持し、起動・応答特性も天然ガス単独時と同等レベル</p>
<p>導入事例</p>	<p>サントリー天然水南アルプス白州工場向け蒸気供給                  キリンビール千歳工場向け麦芽煮沸蒸気供給                  住友ゴム白河工場向けタイヤ製造の高温高圧蒸気供給                  日東電工東北工場向け医薬製造のCO2排出ゼロ工場での活用</p>



出所：三浦工業

出所) 三浦工業 (<https://www.miuraz.co.jp/product/boiler/steam/hydrogen/an.html>)

## 2) ボイラ

### ②アンモニアボイラ

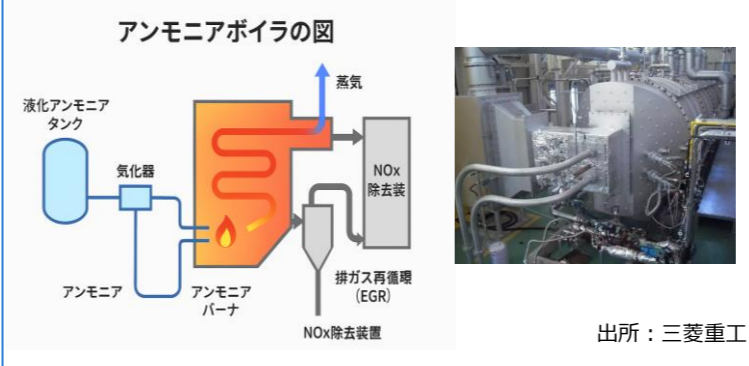
#### 技術概要

<p><b>技術概要/特徴</b></p>	<p>燃料として常温・常圧で液化可能なアンモニア利用するボイラであり蒸気供給の設備として、従来の石炭や天然ガスの代替燃料となる。アンモニアは燃焼時にCO2を排出しないため、脱炭素エネルギーとして注目されている。既存のインフラ(タンク、パイプライン、船舶など)もアンモニア向けの活用・転用することができるため、水素に比べて取り扱いが容易</p>
<p><b>取組状況</b></p>	<p>三浦工業は、中部電力と都市ガスに混焼する小型貫流ボイラを共同開発中であり、最適燃焼方法の確立に取組み製品開発を目指している</p>
<p><b>課題</b></p>	<p>発電用ボイラと異なり、小型貫流ボイラは燃焼スペースが限られているため、完全燃焼とNOx低減を両立させるための燃焼技術開発が必要となる</p>
<p><b>設備規模</b></p>	<p>蒸気量～20トン/h：地域熱供給、中小工場など 蒸気量20トン/h以上：発電所、製鉄所、化学など</p>
<p><b>利用イメージ</b></p>	<p>化学原料の取り扱いに熟知している産業(製鉄、化学)、及び発電所での専焼・混焼による発電及び熱供給</p>

#### アンモニアボイラ技術と主な製造メーカー

**技術特性**

アンモニアは燃え難く完全燃焼が難しいが、不完全燃焼の場合、排気に未燃アンモニアや中間生成物のN<sub>2</sub>Oが含まれ、臭気や温室効果ガスの問題を引き起こす。完全燃焼を目指して燃焼温度を上げると、今度はNOxが大量に発生し環境面での制約となる



出所：三菱重工

**主な製造メーカー**

国内  
三浦工業  
IHI  
三菱重工業  
東京ガス  
中部電力  
など

海外  
Babcock & Wilcox Beijing  
Steinmüller Engineering  
など

#### 日本企業の商用化見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
三浦工業	小型貫流ボイラの開発（早期の商品化を目指す）									

出所) 設備規模は、三浦工業、IHI、三菱重工が公表した数値を参考にEY作成

### 3) 工業炉

#### ① 工業炉に対する取組み

工業炉CN化に対する技術開発方針	工業炉は、製造サプライチェーンの川上から川下までの幅広い熱プロセスに用いられ、鋳造、鍛造、ダイカスト、熱処理、粉末冶金をはじめとする素形材産業を中心とした金属部品加工に不可欠な生産設備。カーボンニュートラルに対応した工業炉の実現には、多種多様な形状の炉、使用方法に対応し、長期間・安定的な運転を可能とする脱炭素技術の確立とコスト低減・高効率化が必要
------------------	--

グリーンイノベーション基金(GI基金)を通じた技術開発

工業炉に対するグリーンイノベーション基金(GI基金)を通じた製造業の脱炭素化に向けた「熱プロセスの脱炭素化」プロジェクト(2023年度から2031年度、支援額計304億円)でアンモニアおよび水素を燃料とする燃焼炉などについて研究や実証が進められている。

領域	研究・実証内容	目標時期
共通基盤技術	シミュレーション、デジタルツイン、燃焼制御の開発、被加熱物への影響解明など	2031年度まで
アンモニア燃焼炉	50%混焼、専焼	2031年度まで
水素燃焼炉	50%混焼、専焼	2031年度まで
電気炉効率化	受電容量30%以上削減 省エネ15%以上工場	2028年度まで

主な工業炉の種類（熱源別）

#### 1. 燃焼炉（燃焼加熱）

- ・天然ガス、LPG、重油、石炭等を燃焼させた熱を利用
- ・圧延、鋳造、鍛造、熱処理など幅広い用途

鉄鋼加熱炉



中外炉工業HP

#### 2. 電気炉（電気加熱）

##### <抵抗加熱>

- ・抵抗体に通電した際の電気抵抗による発熱を利用
- ・圧延、鍛造、真空熱処理等の用途

真空加熱炉



モリ工業HP

##### <誘導加熱>

- ・電磁誘導を利用して加熱
- ・鋼材表面の急速加熱等の用途

高周波焼き入れ



INDUCTOTHERM-GROUP JAPAN HP

##### <アーク加熱等>

- ・アーク放電の熱を利用等
- ・製鋼、カーバイド製造、合金鉄製造等の用途



アーク炉

東京鉄鋼HP

### 3) 工業炉

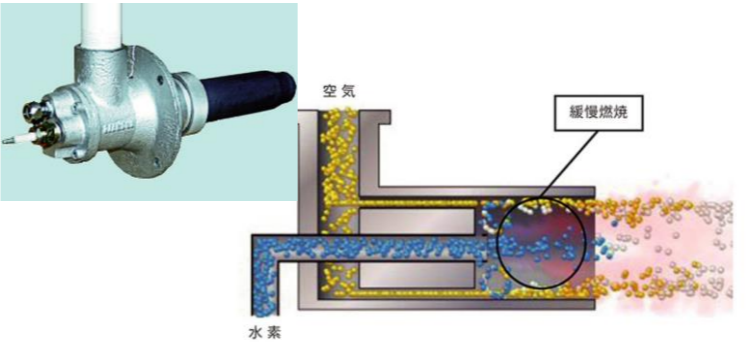
#### ②水素バーナー

##### 技術概要

<p><b>技術概要/特徴</b></p>	<p>水素を燃焼炉において、噴射し燃焼させて加熱するために工業炉などで利用するバーナー。食品や化学 possible の加熱・殺菌・乾燥での小規模用途のほか、燃焼炉においては鉄鋼、自動車、電気、電子等の産業分野で圧延、鋳造、鍛造、熱処理など幅広い用途があり天然ガス代替にも繋がる</p>
<p><b>取組状況</b></p>	<p>-中外炉工業はトヨタと共同開発した「汎用水素バーナー」をトヨタ本社工場の鋳造ラインに導入済。 -東京ガスや東邦ガスも製品化済</p>
<p><b>技術課題</b></p>	<p>長期間運転による耐火材や蓄熱体等への影響を勘案した最適な工業炉の設計・改造技術を確立することが必要。敷地等の制約がある企業への導入にあたっては電気炉の受電設備容量を下げる技術開発も重要</p>
<p><b>設備規模</b></p>	<p>300kW～1MW:乾燥炉、実験炉、小規模加熱炉 1MW～3MW:加熱炉、焼結炉など 3MW:連続焼鈍炉、工業炉</p>
<p><b>利用イメージ</b></p>	<p>高温・均一加熱が必要な製造ライン(製鉄、ガラス・セラミックス)の鍛造、溶融炉や焼成炉での活用が向いている</p>

出所) 設備規模は、中外炉、東京ガス、海外企業が公表した数値を参考にEY作成

##### 水素バーナー技術と主な製造メーカー

<p><b>技術特性</b></p> <p>水素の燃焼温度は最大約2000℃以上と非常に高く、高温が必要な工業炉に向いている（金属やガラスの加熱など）</p> <p>*中外炉工業が開発したWRBG-H2型水素バーナーは、22～75 kWの燃焼容量</p>  <p>出所：中外炉工業</p>	<p><b>主な製造メーカー</b></p> <p>国内 中外炉工業 (トヨタと共同開発) 中部電力 東京ガス 東邦ガスエナジーエンジニアリング 岩谷産業 など</p> <p>海外 Bloom Energy(米) Bosch(独) Bekaert Combustion Technology(蘭) など</p>
--	---

##### 商用化見通し



### 3) 工業炉

#### 【参考】②GI基金を活用した水素燃焼炉の技術開発

概要	水素を燃料とする燃焼炉の開発に向けて、下記の企業がコンソーシアムにより基盤技術を確立することを目指す。2025年度までの研究開発を踏まえて、2025年度から2028年度までユーザー工場での中小型での実証研究を経て、2029年度以降に大型での実証研究に移行し、製品化の予定
----	---

技術開発の概要	
目標	2031年度まで天然ガスと水素の50%混焼炉を確立 100%水素専焼炉をTRL6(実証レベル)で確立
対象分野	鉄鋼プロセス炉、熱処理炉、アルミ溶解炉など
参加企業	三建産業、中外炉工業、ロザイ工業、カタラー
ユーザー業種	鉄鋼・金属加工関連企業
総事業費	約71.15億円

技術開発における参画各社の役割／特徴	
三建産業	脱炭素工業炉メーカーとしての競争力強化を目指す、中規模・実機実証に向けた技術開発を推進
中外炉工業	実体実演炉による燃焼挙動の検証を実施、水素・アンモニア燃焼技術の実証設備を備えた「熱技術創造センター」を設立
ロザイ工業	耐火物・断熱材の専門メーカーとして、アルミニウム用工業炉の脱炭素化に注力、水素・アンモニア燃焼炉、ハイブリッド炉(燃焼+電気)の開発
カタラー	保有の触媒技術を活用し、工業炉に設置できるコンパクトなアンモニア改質装置の開発

出所) 経済産業省

[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green\\_innovation/industrial\\_restructuring/pdf/026\\_07\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/industrial_restructuring/pdf/026_07_00.pdf)

[https://www.sanken-](https://www.sanken-sangyo.co.jp/2023/09/27/%e3%82%b0%e3%83%aa%e3%83%bc%e3%83%b3%e3%82%a4%e3%83%8e%e3%83%99%e3%83%bc%e3%82%b7%e3%83%a7%e3%83%b3%e5%9f%ba%e9%87%91%e4%ba%8b%e6%a5%ad%e3%81%b8%e3%81%ae%e5%8f%82%e5%8a%a0%e3%81%ab%e3%81%a4%e3%81%84/)

[sangyo.co.jp/2023/09/27/%e3%82%b0%e3%83%aa%e3%83%bc%e3%83%b3%e3%82%a4%e3%83%8e%e3%83%99%e3%83%bc%e3%82%b7%e3%83%a7%e3%83%b3%e5%9f%ba%e9%87%91%e4%ba%8b%e6%a5%ad%e3%81%b8%e3%81%ae%e5%8f%82%e5%8a%a0%e3%81%ab%e3%81%a4%e3%81%84/](https://www.sanken-sangyo.co.jp/2023/09/27/%e3%82%b0%e3%83%aa%e3%83%bc%e3%83%b3%e3%82%a4%e3%83%8e%e3%83%99%e3%83%bc%e3%82%b7%e3%83%a7%e3%83%b3%e5%9f%ba%e9%87%91%e4%ba%8b%e6%a5%ad%e3%81%b8%e3%81%ae%e5%8f%82%e5%8a%a0%e3%81%ab%e3%81%a4%e3%81%84/)

<https://www.rozai.co.jp/business/index.html>

[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green\\_innovation/energy\\_structure/pdf/018\\_09\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/018_09_00.pdf)

### 3) 工業炉

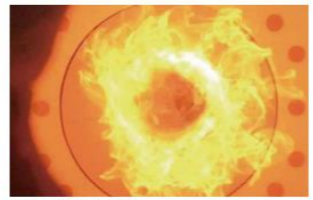
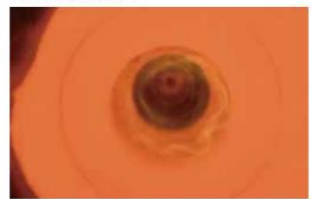
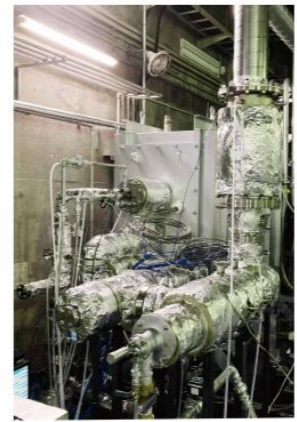
#### ③アンモニアバーナー

##### 技術概要

<p><b>技術概要/特徴</b></p>	<p>アンモニアを燃焼炉において、噴射し燃焼させて加熱するために工業炉で利用するバーナー。アンモニアは炭素を含まないため、燃焼してもCO2を排出しない。鉄鋼加熱炉、鍛造炉、アルミ溶解炉、石油化学加熱炉、汎用熱処理炉、火力発電ボイラ(石炭との混焼・専焼)で活用される</p>
<p><b>取組状況</b></p>	<p>-中外炉はGI基金で採択された「製造分野の熱プロセスの脱炭素化」に対して製鉄業界など向け加熱炉や溶解炉のバーナー技術の実証試験に参加している -三菱重工は、アンモニア専焼バーナーの開発を進めており、50%以上の燃料転換を可能とする技術確立に取り組んでいる</p>
<p><b>技術課題</b></p>	<p>燃焼時にNOXが発生しやすく、排出抑制技術が必要。未燃アンモニアや亜酸化窒素の発生処理も必要</p>
<p><b>設備規模</b></p>	<p>100～500kW：工業炉(鉄鋼・アルミ・化学)、熱処理、加熱、乾燥 1MW～：発電用ボイラ、焼却炉</p>
<p><b>利用イメージ</b></p>	<p>石炭火力の混焼・専焼発電、製造ライン(製鉄、化学、ガラス)の鍛造、熔融炉や焼成炉での活用</p>

出所) 設備規模は、中外炉、IHI、海外企業が公表した数値を参考にEY作成

##### アンモニアバーナー技術と主な製造メーカー

<p><b>技術特性</b></p> <p>燃焼制御により工業炉で必要な高温加熱（1000℃以上）が可能。燃焼速度が遅い(メタンの約1/5)ため着火性は低い</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1512 558 1824 758">  <p>都市ガス専焼火炎</p> </div> <div data-bbox="1512 782 1824 981">  <p>アンモニア専焼火炎</p> </div> <div data-bbox="1824 558 2121 981">  <p>試験設備 (NEDO採択事業)</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">出所：中外炉工業</p>	<p><b>主な製造メーカー</b></p> <p>国内 中外炉工業 IHI 三菱重工</p> <p>海外 CF Industries(米) Yara(ノルウェー) BASF(独) SABIC(サウジアラビア) OCI Nitrogen(蘭)</p>
---	---

##### 日本企業の製品化見通し



### 3) 工業炉

#### 【参考】③GI基金を活用したアンモニア燃焼炉の技術開発

概要	アンモニアを燃料とする燃焼炉の開発に向けて、下記の企業がコンソーシアムにより基盤技術を確立することを目指す。2025年度までの研究開発を踏まえて、2026年度から2028年度までユーザー工場での中小型での実証研究を経て、2029年以降に大型での実証研究に移行し、製品化を行う予定
----	---

#### 技術開発の概要

目標	2021年度まで天然ガスとアンモニアの50%混焼炉を確立 100%アンモニア専焼炉をTRL6(実証レベル)で確立
対象分野	鉄鋼加熱炉、鍛造炉、アルミ溶解炉、小型ラジアントバーナー
参加企業	中外炉工業、三建産業、ロザイ工業、東京ガス、カタラー
ユーザー業種	鉄鋼・金属加工関連企業
総事業費	約205.66億円

#### 技術開発における参画各社の役割／特徴

<b>中外炉工業</b>	アンモニアを燃料とする鉄鋼加熱炉、プロセス炉の開発・実証を主導
<b>三建産業</b>	アンモニアを燃料とする鉄鋼鍛造炉の開発・実証を主導
<b>ロザイ工業</b>	アンモニアを燃料とするアルミ溶解炉の開発・実証を主導
<b>東京ガス</b>	ラジアントチューブバーナを用いた小型燃焼炉の開発・実証を主導
<b>カタラー</b>	排ガス浄化触媒の技術を活かし、アンモニア燃焼時のNOx低減技術を開発、環境負荷の最小化に向けた触媒応用に注力

# 1) CO2分離回収技術全般／開発見通し

## ①分離回収

### 技術概要

<b>技術概要/特徴</b>	鉄、化学、セメント、石油精製等のカーボンニュートラル化が難しい分野(Hard to Abate)や発電所等で発生したCO2を大気中に放出せずに処理するための技術であるCCS(Carbon Capture and Storage)およびCCUS(Carbon Capture, Utilization and Storage)のプロセスで発電所や工場などから排出されるCO2を分離回収する事業
<b>取組状況</b>	CO2分離回収技術はすでに化学吸収法や物理吸収法などで技術的な検証が進んでおり、東芝、川崎重工、三菱重要では小型設備の商用化が始まっている
<b>技術課題</b>	主流な分離回収技術である化学吸収法(アミン法)や膜分離法はエネルギー消費が大きく、コストが高い
<b>導入コスト(目標)</b>	2023年時点の分離回収コスト(化学吸収法)は4,000円台/CO2トンであるが、2030年から2050年にかけて4分の1以下(1,000円/CO2トン)とする目標が経済産業省のCCS長期ロードマップで示されている

### CO2分離回収の種類

技術分類	技術概要 (回収規模の目安)	主な技術保有 企業 (日本)	主な技術保有 企業 (海外)	導入事例	適合業界例
化学吸収法	アミンなどの吸収液でCO2を化学的に吸収(数百~数千t-CO2/日)	三菱重工、千代田化工、東芝	Shell, Aker Carbon Capture、Carbon Clean	米国Petra Nova (石炭火力)	火力発電、製鉄、セメント、化学工業
物理吸収法	高压ガスを液体に物理的に溶解(数千t-CO2/日)	日揮グローバル東洋エンジニアリング	Linde、UOP、BASF	大崎クールジエン(IGCC実証)	水素製造、天然ガス処理、合成燃料製造
膜分離法	特殊膜でCO2を選択的に透過(数十~数百t-CO2/日)	富士フィルム、住友化学	Air Liquide、MTR	JFEエンジニアリング「GX Marble」実証	小規模発電、都市ガス供給、バイオガス処理
個体吸着法	固体吸着材にCO2を吸着(数十t-CO2/日)	川崎重工、RITE	Svante、Climeworks	舞鶴発電所でのパイロット試験(40t-CO2/d)	DAC、研究施設分散型設備
低温分離法	CO2を冷却し液化・固化(数十~数百t-CO2/日)	ユニオン昭和	ExxonMobil、Union Showa	高純度CO2製造(食品・医薬品用途)	医薬品、食品、電子材料

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
見通し	小型商用化の進展(東芝、川崎重工、三菱重工)、スケールアップ構想化						コスト低減の進行(目標1,000円/CO2トン以下へ向けての技術開発)			

出所) コストは経済産業省のデータ。回収規模は国内外技術保有企業の公表数値を参考にEY作成

# 1) CO2回収技術全般／開発見通し

## ②輸送

### 技術概要

<b>技術概要/特徴</b>	CO2輸送技術は、分離回収されたCO2を貯留地や利用先へ安全かつ効率的に運ぶための技術。パイプライン輸送、液化CO2船舶輸送(LCO2)、トラック・鉄道輸送に分類できる
<b>取組状況</b>	海外ではパイプラインでの輸送、船舶輸送も行われている。日本ではNEDOや環境省が主導する実証段階中
<b>技術課題</b>	CO2排出源が集中するコンビナート地域は都市近郊にあり安全性評価が課題。また越境した輸送においてはグローバル基準への適合が必要となる
<b>導入コスト(目標)</b>	NEDOが主導する液化CO2船舶輸送技術の研究開発・実証事業(えくすくうる)では、液化CO2の一貫輸送システム(出荷・船舶輸送・受け入れ)を構築し、安全性と低コスト化の両立を目指し、液化条件最適化や設備設計工夫により、従来比で約7割のコスト削減を目標としている

出所) 経済産業省、NEDO、各社HPよりEY作成

### CO2輸送技術の種類

輸送方式	技術概要 (輸送規模の目安)	主な技術保有 企業(日本)	主な技術保有 企業(海外)	導入事例	適合業界	プロジェクト事例
パイプライン輸送	高圧で圧縮したCO2を地上・地下のパイプラインで長距離輸送(数百万t-CO2/年)	JFEエンジニアリング、日揮グローバル、千代田化工建設	Kinder Morgan、TC Energy、Equinor	Alberta Carbon Trunk Line	火力発電、製鉄、セメント、化学工業	Quest(カナダ)：年間108万tのCO2を回収し、65kmのパイプラインで貯留
液化CO2船舶輸送(LCO2)	CO2を低温・低圧で液化し、専用船で海上輸送(数千～数万t-CO2/航海)	日本郵船、商船三井、三菱重工川崎重工	Equinor、Northern Lights	Northern Lights	越境CCS、海洋圧入、国際炭素取引	えくすくうる：NEDO主導で世界初の液化CO2輸送船を開発。舞鶴～苫小牧間で実証中
トラック・鉄道輸送	液化CO2をタンクローリーや鉄道で輸送(数～数十t-CO2/日)	IHI、昭和電工、ENEOS	Air Products、Linde、Chart Industries	国内食品・医薬品工場間の輸送	食品、医薬品、分散型施設、研究用途	環境省CCS実証事業：タンクローリーによるCO2輸送シナリオを複数検討。港湾条件に応じたモデル構築

### 国内におけるCO2輸送基盤整備の見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
パイプライン輸送	FEED		EPC			運用～拡大				
液化CO2船舶輸送	船舶開発・実証～ルールづくり						運用～拡大			
トラック・鉄道輸送	内陸部輸送モデル検討						インフラ条件により運用			

# 1) CO2回収技術全般／開発見通し

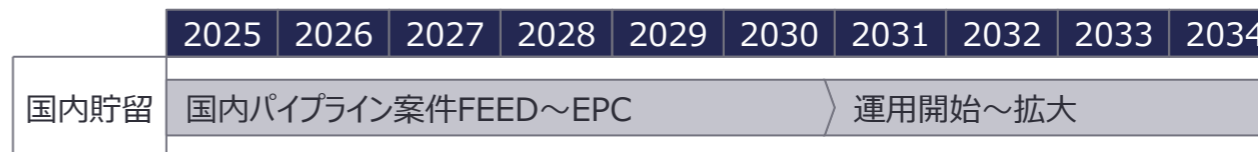
## ③貯留

### 技術概要

<b>技術概要/特徴</b>	回収・輸送されたCO2を地下深部に安全かつ長期的に閉じ込めるための技術。貯留方式としては、帯水層貯留、枯渇油・ガス田貯留、炭層貯留、鉱物化固定(固体化)が挙げられる。日本政府は、2030年までに年間600～1,200万トンの貯留能力確保、2050年には年間1.2～2.4億トン(日本のCO2排出量の10～20%相当)の貯留を目指している
<b>取組状況</b>	日本ではまだ商用規模のCO2貯留事業は稼働していないが、2030年までに先進的CCSプロジェクトを通じて年間貯留量を600～1,200万トンに高めることを目指し、2050年には年間1.2～2.4億トンの貯留を目標としている。海外では米国と北海周辺国を中心に30件以上の商用プロジェクトが稼働している
<b>技術課題</b>	地質適性の評価(地震リスクなど)、漏洩リスクと長期安定性、圧入技術の制御が一般的に指摘される。また、法制度(貯留権、補償など)や社会受容性(地下貯留に対する住民の不安や反対)
<b>導入コスト(目標)</b>	経済産業省のCCSロードマップで2050年時点の貯留コストは2023年比で8割以下に引き下げる目標としている

### CO2貯留方式の種類

貯留方式	技術概要 (貯留規模目安)	主な技術 保有企業 (日本)	主な技術 保有企業 (海外)	導入事例	適合業 界	プロジェクト事例
帯水層貯留	地下深部の塩水を含む多孔質岩層にCO2を圧入。世界で最も普及。貯留容量が大きく、地質的安定性が高い(数十万～数百万t-CO2/年)	日本CCS調査、RITE、INPEX	Equinor、Chevron、Shell	Sleipner、Gorgon	発電、製鉄、化学、LNG	苫小牧CCS実証試験(日本)：2016～2019年に約30万tを圧入
枯渇油・ガス田貯留	採掘済みの油田・ガス田にCO2を圧入。既存インフラが活用可能(数百万t-CO2/年)	ENEOS、INPEX	Occidental、Petrobras	Weyburn、Santos Basin	石油・ガス、EOR	Weyburn EORプロジェクト(カナダ)：年間300万t以上を貯留
炭層貯留	石炭層にCO2を吸着させて貯留。メタン回収と併用可能だが技術的課題が多い(数万～数十万t-CO2/年)	石油資源開発	CONSOL Energy、CSIRO	中国・陝西省での実証試験	石炭採掘、メタン回収	JAPEX実証(日本)：炭層メタン回収と併用した貯留試験
鉱物化固定	CO2を鉱物と反応させて炭酸塩として固定。永続的固定が可能だが、反応速度とコストが課題(数千～数万t-CO2/年)	九州大学、金沢大学	Carbfix、Blue Planet	Carbfix	セメント、建材、研究用途	Carbfixプロジェクト(アイスランド)：CO2を玄武岩と反応させて固体化



出所) 経済産業省、各社HPよりEY作成

## 2) 業界別のCO2分離回収の方法

### ①地産地消 | CO2を液化CO2/ドライアイスとして供給する「ReCO2 STATION」の商用化（エア・ウォーター）

#### 商用概要

エア・ウォーターは、小型装置であるReCO2 STATIONで、低濃度（約10%）の燃焼排ガスからCO2を回収・精製し、液化CO2やドライアイスとして地域に供給する地産地消モデルを展開している

#### 商用の内容

場所 大阪・関西万博(2025)会場、長野県松本市地球の恵みファーム、北海道釧路市

規模 約400kg/日  
万博実証では0.3t/日を回収

技術方式 固体吸着材を使う物理吸着により低濃度CO2を高効率に回収し、地産地消で利用

事業開始 2022年4月（事業実証）

#### ReCO2 STATION（液化回収／液化ユニット）

CO2回収  
ユニット



CO2液化  
ユニット



出所：エア・ウォーター

## 2) 業界別のCO2分離回収の方法

### ② ガス火力発電 | 国内外のプロジェクト事例

プロジェクト名	国	燃料種別	CO2回収量	技術	技術メーカー	運転・計画状況	補足
Sleipner	ノルウェー	ガス火力+天然ガス 処理副産ガス	約100万t/年	北海海底へ地中貯留 (Saline Aquifer)	Aker Solutions	1996年	天然ガス処理での分離が主体だが、発電由来も含む
Ladbroke Grove/ Moomba CCS	オーストラリア	ガス火力+ガス処理	約150万t/年 (計画)	地中貯留(Saline Aquifer)	Santos/三菱重工 Industries	計画中	ガス田からのCO2を地下貯留、拡張予定
Net Zero Teesside Power(NZT Power)	英国	ガス火力(CCGT)	約200万t/年 (計画)	地中貯留(北海油田枯 渇層)	BP/Equinor/三菱重 工	2020年代後半稼 働予定	860MW CCGT+CCS、 2020年代後半稼働予定
Peterhead CCS Project	英国	ガス火力(CCGT)	約150万t/年 (計画)	EOR(Enhanced Oil Recovery)+地中貯 留	SSE Thermal/Equinor	計画中	北海油田へ貯留予定
Tuzla CCGT CCS Pilot	トルコ	ガス火力(CCGT)	数千t/年規模 (パイロット)	研究用貯留または産業 利用	未公表	小規模パイロット、詳 細不明	-
大分ガス火力 実証検 討	日本	LNG 火力(CCGT)	未公表	未定(地下貯留または 産業利用を検討)	出光興産/九州電力/ 三菱重工	概念設計段階	出光興産・九州電力らによる 検討
姫路第二発電所 (関西電力)	日本	LNG 火力(CCGT)	約5t/日 (約1,800t/年)	産業利用(ドライアイスや 化学原料用途を想定)	関西電力/三菱重工	2025年	パイロットプラント、2025年5 月より実証開始

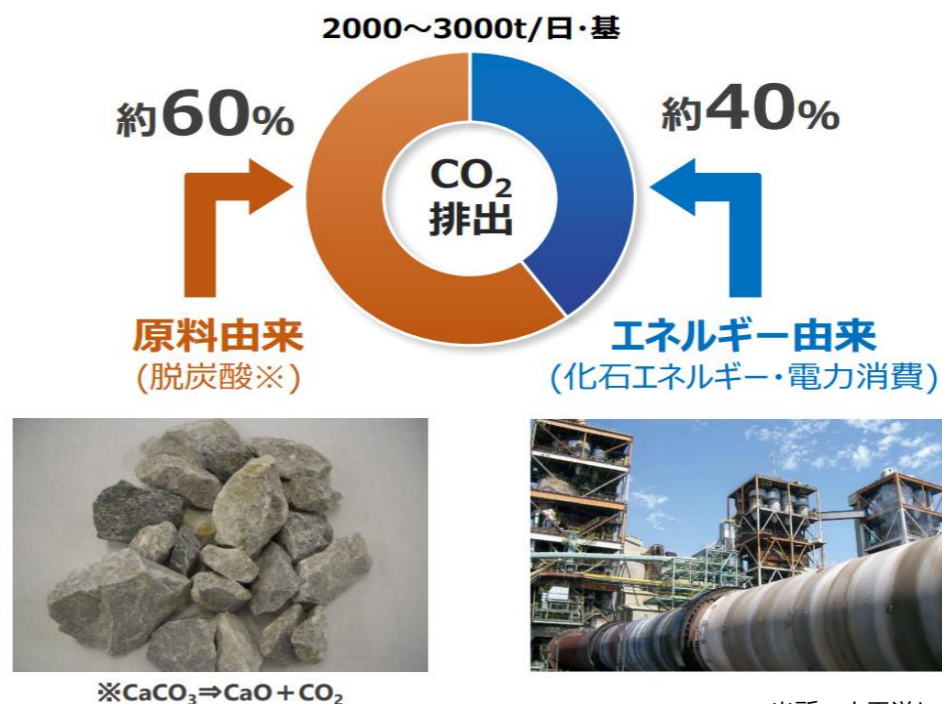
出所) IEA、各社公開資料よりEYSC作成

## 2) 業界別のCO2分離回収の方法

### ③セメント工場 | 低コストの分離回収を目指した実証（太平洋セメント）

<p>実証概要</p>	<p>太平洋セメントは、セメント原料である石灰石(CaCO<sub>3</sub>)の焼成工程で発生する原料由来のCO<sub>2</sub>を効率的に回収することを目的として、独自で開発した「C2SPキルン®」技術によりコンパクトで低コストな設備設計を行っている</p>
<p>実証の内容</p>	<p>CO2分離回収量・構成比</p>
<p>場所</p>	<p>山口県山陽小野田市(太平洋マテリアル株式会社 小野田工場内)</p>
<p>CO2回収能力</p>	<p>約2.4トン/日(将来の実機として数百トン/日規模を目指す)</p>
<p>主要設備 技術方式</p>	<p>C2SPキルン®(Carbon Capture Suspension Preheater Kiln)、原料由来CO<sub>2</sub>を仮焼炉で高濃度(80vol%以上)で直接回収、従来のNSPキルンの熱効率を維持しつつ、CO<sub>2</sub>分離機能を統合</p>
<p>事業スケジュール</p>	<p>2024年4月3日に実証試験を正式に開始、2026～2030年度にかけて商用化を目指す</p>

CO2分離回収量・構成比



出所：太平洋セメント

出所) 太平洋セメント、経済産業省

<https://www.taiheiyo-cement.co.jp/news/news/pdf/240403.pdf>

[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green\\_innovation/energy\\_structure/pdf/025\\_07\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/energy_structure/pdf/025_07_00.pdf)

## 2) 業界別のCO2分離回収の方法

### ④ パルプ工場 | 黒液由来のCO2を分離回収する実証（北越コーポレーション）

#### 実証概要

北越コーポレーションは、製紙工程で使う蒸気や電力を供給するソーダ回収ボイラから発生する黒液由来のCO2を分離回収する実証試験を実施しており、データ分析・評価を行い、将来的にはスケールアップとネガティブエミッションに繋げる方針

#### 実証の内容

#### 場所

北越コーポレーション 新潟工場  
年間CO2排出504,223トン(2022年度)

#### 設備内容

三菱重工 小型CO2回収装置「CO2MPACT™モバイル  
(0.3トン/日の回収能力)」

#### 対象排ガス

ソーダ回収ボイラから排出される黒液由来のカーボンニュートラルCO2

#### 技術方式

化学吸収法(アミン系吸収液を使用)

#### 事業開始

2024年11月

#### 三菱重工製CO2MPACT™モバイル



出所：三菱重工

出所) 北越ホールディングス、三菱重工

[https://www.hokuetsucorp.com/pdf/20241129\\_release01.pdf](https://www.hokuetsucorp.com/pdf/20241129_release01.pdf)

<https://www.mhi.com/jp/news/24112901.html>

### 3) DAC

#### 技術概要

<b>技術概要/特徴</b>	大気中に存在する低濃度の二酸化炭素を直接分離・回収する技術。回収したCO2は地中貯留(CCS)や、合成燃料・化学品原料として利用(CCU)
<b>取組状況</b>	-東芝エネルギーシステムズや三菱重工は既存技術を応用したDACの研究を推進中。 -スイスClimeworksはアイスランドで世界最大級(年4,000トン)の「Orca」プロジェクトを2021年稼働に稼働。 -カナダCarbon Engineeringはが米テキサスで年100万トン規模のDACプラントを建設中
<b>課題</b>	コスト高、吸収材・吸着材の寿命、CO2パイプラインや船舶インフラ整備
<b>設備規模</b>	国内では三菱重工がRITEと万博での小規模実証として通年運転・耐久評価を実施中。海外では数千トン/年以上のプラントの稼働実績があり、北米では100トン/年のプラントが建設中
<b>導入コスト</b>	国際的に1トン当たり\$400~1,000と想定される。100万トン/年規模達成時点で\$150-600ほど、2050年では\$100前後が今後のコスト目標・見通しとして示されている例が多い
<b>利用イメージ</b>	- CO2の地中貯留(CCS)によるカーボン除去 - 合成燃料(e-fuel)やメタノール製造への活用 - 食品・飲料用のCO2供給源

出所) IRENA、Lux Research、各社HPよりEY作成

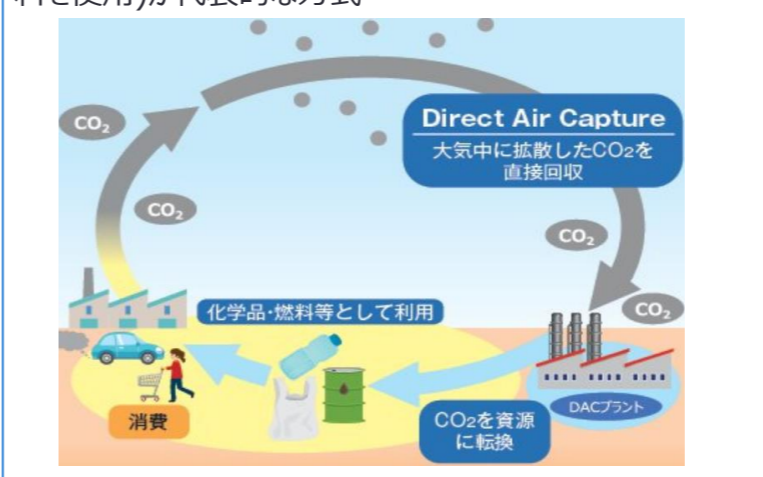
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/negative\\_emission/dac\\_wg/pdf/005\\_02\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/negative_emission/dac_wg/pdf/005_02_00.pdf)

[https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\\_101839.html](https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101839.html)

#### DAC技術の種類と主な技術メーカー

**技術特性**

化学吸収法(液体溶媒を使用)や固体吸着法(多孔質材料を使用)が代表的な方式



出所) NEDO

**主な技術開発企業**

(国内)  
東芝エネルギーシステムズ  
三菱重工  
川崎重工  
日本ガイシ  
Carbon Xtract  
Planet Savers  
など

(海外)  
Climeworks  
Carbon Engineering  
Global Thermostat  
Deep Sky  
など

#### 国内外の技術開発及び商用化見通し

技術特性	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
技術開発見通し	海外の数千トン規模の分離回収事業の稼働、国内での研究・実証の進展						海外での百万トン規模のプラントの稼働			

# 1) メタン

## ① eメタン | eメタン製造（ドイツHy2Genプロジェクト）

プロジェクト概要	欧州には35のeメタン稼働中プラント(生産能力2,800GWh超)があり、そのうち33拠点は再生可能エネルギー由来。そのうちドイツが14施設を占め世界をリードしている。ドイツHy2Genのe-メタンプラントは6MW規模の電力により、年間1,000トンを経済的に供給している
----------	--

### プロジェクトの詳細

場所	ドイツ・ニーダーザクセン州ヴェルルテ(Werlte)
主要設備	6.3MWの水電解装置、メタネーション設備 (総工費、補助金(有無含む)に関する情報は未公表)
技術方式	再生可能エネルギー由来の電力で水を電気分解 → 水素生成 → CO2と反応 → eメタン製造 → 都市ガス網や輸送用に供給
事業主体	ドイツHy2Gen社(グリーン水素、eメタノール、eアンモニア、eディーゼル、eケロシンなどを手掛けるドイツ企業)
事業開始	2013年旧Kiwi社により稼働開始、2023年Hy2Gen が事業取得

プラント全体像



出所：Hy2Gen

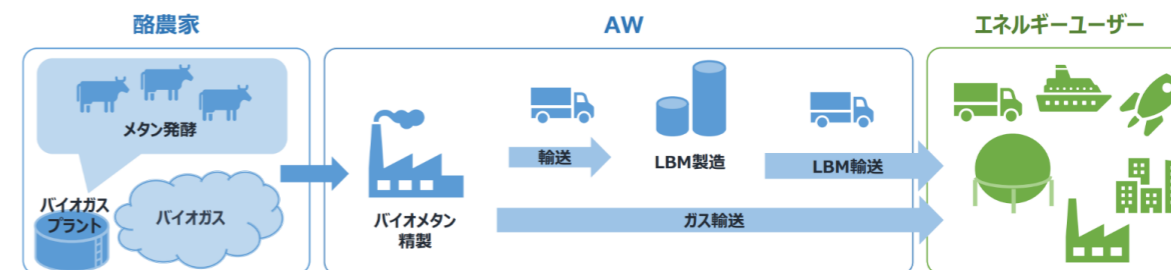
# 1) メタン

## ② バイオメタン | エア・ウォーターの取組み

<p>プロジェクト概要</p>	<p>エア・ウォーターは、北海道・十勝地方で酪農由来の未利用バイオガスを回収・精製し、化石燃料の代替となるバイオメタンを製造し、地域工場などに供給する地域での資源循環型エネルギーサプライチェーンを構築している</p>
-----------------	--

<p>プロジェクトの詳細</p>	
<p>場所</p>	<p>北海道・十勝地方（バイオメタンプラント：帯広市）</p>
<p>原料</p>	<p>家畜ふん尿由来のバイオガス (下水や食品残渣などの消化ガスも利用可能)</p>
<p>製造プロセス</p>	<p>酪農家よりバイオガスを回収→精製プラントでバイオメタンを精製→パイプラインやトラックでバイオメタンを液化プラントへ輸送→液化</p>
<p>供給先/用途</p>	<p>よつ葉乳業十勝主管工場（ボイラ燃料として供給）、 雪印メグミルク大樹工場（ボイラ燃料として供給）、 船舶燃料、都市ガス混合燃料、ロケット燃料など</p>
<p>事業開始</p>	<p>2024年5月</p>

### 地域サプライチェーン



出所：エア・ウォーター

## 2) メタノール

### ①メタノール技術全般

#### 技術概要

技術概要/特徴	メタノール(CH <sub>3</sub> OH)は無色透明の液体で、多用途の化学原料・燃料となる。主に合成ガス(CO + H <sub>2</sub> )から触媒反応で製造。再生可能エネルギーとCO <sub>2</sub> を用いた低炭素メタノール（グリーンメタノール）が注目されている
取組状況	低炭素メタノールは北米、欧州、中国、インドで商業生産されているが、日本は現段階では実証や小規模の利用に留まっている。政府支援と企業の実証進展により、2030年代前半から中盤には商用化に進む見込み
課題	グリーン水素の低コスト化、CO <sub>2</sub> 回収・供給のインフラ整備、触媒の耐久性・効率向上、安全性(毒性・引火性)対策、化石資源由来では依然CO <sub>2</sub> 排出が大きいこと
設備規模	世界的に低炭素メタノールの製造規模は広範囲（数万から数百万トン/年）の商業規模から実証を目的とした数百万トン/年規模までと多様
利用イメージ	化学原料(酢酸、合成樹脂原料)、燃料(船舶燃料、発電燃など)、直接メタノール燃料電池

#### メタノール技術の種類と主な技術メーカー

メタノールの種類			主な技術保有企業
種類	原料	特徴	
グレー・メタノール	天然ガス、石炭、重質油	最も一般的、安価だがCO <sub>2</sub> 排出が多い	(国内) 三菱ガス化学  (海外) Johnson Matthey Topsoe Air Liquide Casale Methanex BASF CRI など
ブルー・メタノール	天然ガス、石炭(CO <sub>2</sub> 回収あり)	化石由来だがCO <sub>2</sub> 排出を削減可能、既存設備活用	
バイオメタノール	木材残渣、農業廃棄物、都市ごみ、バイオガス	カーボンニュートラル扱い、廃棄物処理と燃料生産を両立	
e-メタノール	再エネ由来水素、回収CO <sub>2</sub> (工場・発電所・DAC)	製造・利用でCO <sub>2</sub> 排出を相殺、ゼロエミッション燃料として期待	
再エネ+CO経路併用型	再エネH <sub>2</sub> +バイオマスガス化ガス	原料構成の自由度が高く、効率改善が可能	

#### 実証及び商用化見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
メタノール	商用化済（主に海外生産・輸入）									
eメタノール バイオメタノール	商用化済									

出所) IRENA、Lux Research、各社 各種公表資料によりEY作成

## 2) メタノール

### ② 合成メタノール

#### 技術概要

技術概要/特徴	水素とCO又はCO2を化学反応で合成して作られるメタノール(天然ガスや石炭由来の原料での製造も含まれる)。CN燃料および原料として再エネ電源で製造した水素を原料にしたe-メタノールが注目されている
取組状況	デンマークで再エネとバイオ由来CO2を原料にした世界初の商用規模(年産42,000トン)のe-メタノール工場工場(Kasso e-Methanol)が2025年5月に運転開始 日本では2025年3月より三菱ガス化学が水島工場内で、水島コンビナート内の製鉄プロセスから発生する副生ガスを原料とした実証プラントを建設中
課題	e-メタノールは製造コストの過半が電力コストであり、再エネの価格や稼働率に影響される。またCO2源の持続的な調達も課題
設備規模	化石燃料を原料とした合成メタノールは単一系列で5,000トン/日級が世界では一般的。e-メタノールでの実績として海外に数千～数万トン/年がある
導入コスト	明確な情報はないが、Kassoプロジェクトは年産42,000トンに対してCAPEX約€150百万
利用イメージ	船舶燃料、発電燃料、LPガス(DME)、ガソリン添加、化学原料(プラスチック・ホルマリン等)、水素キャリア、SAF原料

#### e-メタノールの製造と主な技術メーカー

<p><b>技術特性</b></p> <p>化石燃料を使わず再エネ由来の水素と回収したCO2を使うため、燃焼時にCO2を発生しても「循環型」となる。CO2は削減困難な、セメント工場、製鉄所などからの回収が想定される</p> <p>出所：資源エネルギー庁</p>	<p><b>主な技術保有企業</b></p> <p>(国内) 三菱ガス化学 東洋エンジニアリング INPEX 商船三井 出光興産</p> <p>(海外) Johnson Matthey Air Liquide Haldor Topsoe ICODOS</p>
--	---

#### 日本企業の商用化見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
三菱ガス化学	商用化FS中									

出所) Kasso e-Methanolなど各種公表資料より作成  
三菱ガス化学：<https://www.mgc.co.jp/corporate/news/2025/250324.html>

## 2) メタノール

### ③ バイオメタノール

#### 技術概要

<p><b>技術概要/特徴</b></p>	<p>バイオガス、バイオマス、都市ゴミを原料に合成ガス(CO+H2)を経由して触媒反応で製造するメタノール。液体燃料で扱いやすい。化石メタノールと同質であり、燃料/化学原料/水素キャリアとして多用途</p>
<p><b>取組状況</b></p>	<p>三菱ガス化学は新潟工場での下水処理場のバイオガスで2024年に生産開始(規模は未公表)。取組みで供給の規模、安定性、価格などが課題になっており、導入は研究・パイロットレベルに留まる。海外ではオランダBioMCNなどが大規模な商業生産を行っている</p>
<p><b>課題</b></p>	<p>製造コスト高(グレー・メタノールの2倍以上)、原料供給の不安定性</p>
<p><b>設備規模</b></p>	<p>10万トン/年級：世界最大級(オランダBioMCN) 数万トン/年級：カナダEnerkem、フィンランドVeolia 数千トン/年級：三菱ガス化学など</p>
<p><b>利用イメージ</b></p>	<p>船舶燃料、発電燃料、LPガス(DME)、ガソリン添加、化学原料(プラスチック・ホルマリン等)、水素キャリア、SAF原料</p>

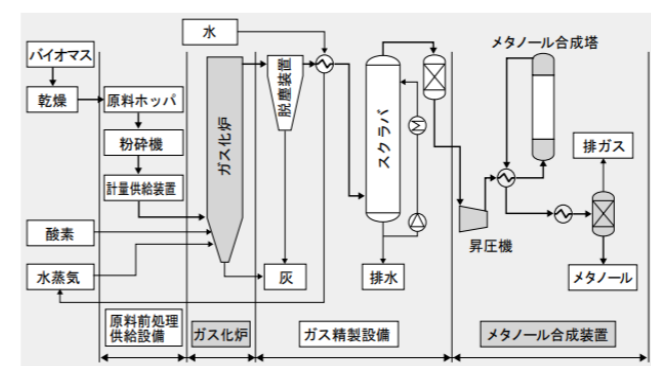
出所) 資源エネルギー庁、三菱ガス化学  
<https://www.mhi.com/jp/technology/review/sites/g/files/jwhtju2326/files/tr/pdf/423/423130.pdf>  
<https://www.mgc.co.jp/corporate/news/files/241023.pdf>

#### バイオメタノールの製造と主な技術メーカー

**製造方法**

バイオガス由来はガス化されているバイオガス中のバイオメタンを、合成ガスに変換しメタノールを製造。固形バイオマス由来は木質バイオマスなど固形資源をガス化炉でガス化しメタノールを製造

(バイオマス由来での製造プロセス)



出所：三菱重工

**主な技術保有企業**

(国内)  
三菱ガス化学  
三菱重工  
出光興産

(海外)  
BioMCN  
Enerkem  
Carbon Recycling-International  
Methanex  
Veolia  
など

#### 日本企業の商用化見通し

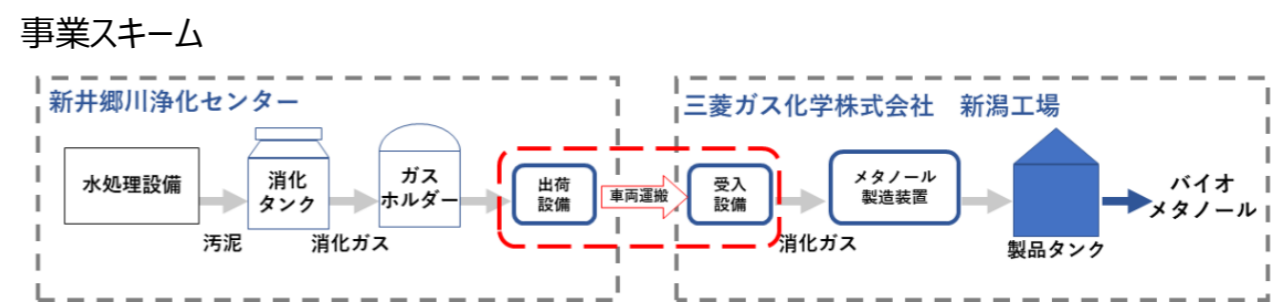
	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
三菱ガス化学	製造中									

## 2) メタノール

### ③ バイオメタノール製造 | 消化ガスからのメタノール製造（三菱ガス化学）

プロジェクト概要	三菱ガス化学新潟工業において、新潟県の下水処理場の未利用消化ガスを原料としたバイオメタン製造を事業化。ISCC PLUS認証を取得し、日本で初の低炭素メタノール供給事業を展開
----------	---

プロジェクトの詳細	
主要設備	新潟工場にガス受入設備、浄化センターに出荷設備 既存設備でメタノール製造を開始
原料	浄化センター発生の消化ガス(メタン・CO2)。未利用部分を回収
契約関係	新潟県と消化ガス売買に関する基本協定を締結
用途	化学品原料、カーボンニュートラル燃料、メタノール誘導品 DMEとして販売
認証	ISCC PLUS 認証を取得済み。バイオメタノールおよび誘導品DMEが認証対象。原料ガスについても新潟県が認証を取得
事業開始	2024年3月



出所) 三菱ガス化学  
<https://www.mgc.co.jp/corporate/news/2024/240620.html>  
<https://www.pref.niigata.lg.jp/site/gesuido/2023060901.html>

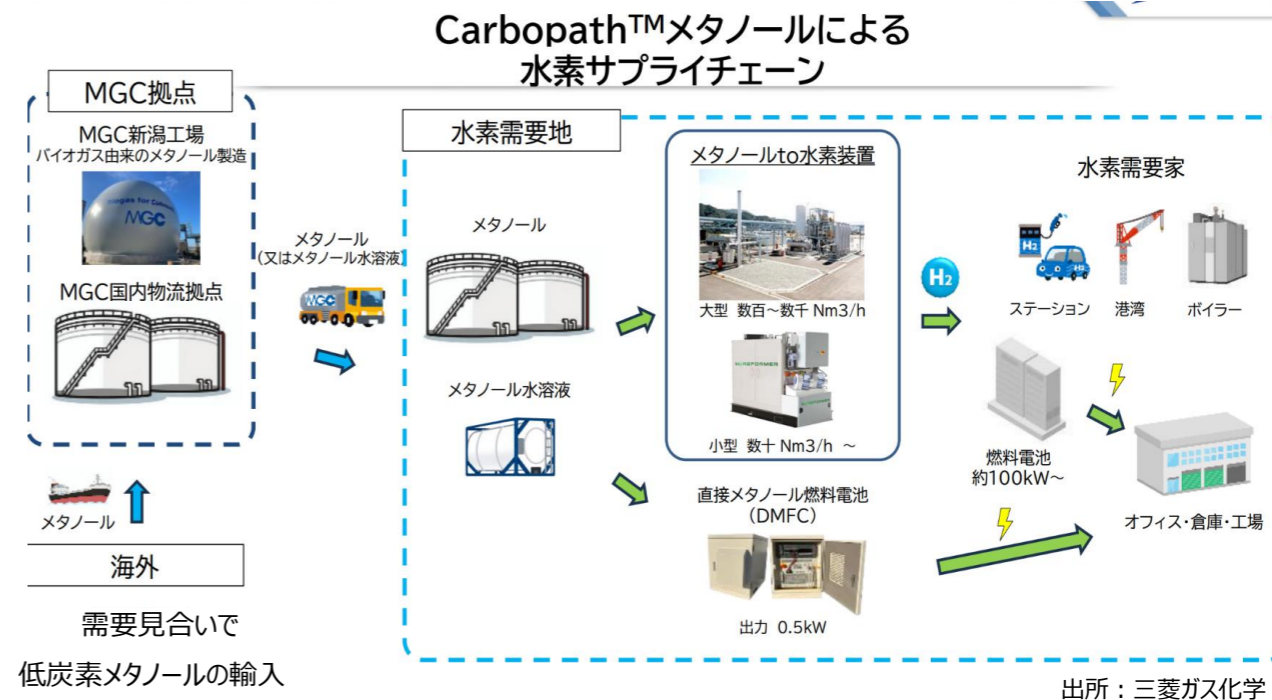
出所：三菱ガス化学

## 2) メタノール

### 水素キャリアとしてのメタノール利用 | 改質水素製造技術（三菱ガス化学）

<p>概要</p>	<p>三菱ガス化学はメタノール触媒に基づくメタノール改質水素製造技術を保有しており、国内外で100件以上の設備導入実績を有し(近年はファインケミカル、ファインセラミックス、エレクトロニクスなど向け高純度水素にも対応)、メタノールを水素キャリアとして活用するサプライチェーン構築に寄与する製品展開を行っている</p>
<p>技術の詳細</p>	
<p>製品</p>	<p>メタノール改質型水素(MH:Methanol to Hydrogen) スペインMethanol Reformerとの連携で新製品を発売予定。 富士電機とは水素の発電利用で連携中</p>
<p>水素供給能力</p>	<p>水素供給能力：50～4000Nm<sup>3</sup>/h</p>
<p>メタノール 輸送手段</p>	<p>タンクローリー、ISOコンテナ、鉄道貨車 子会社を含めた体制でデリバリーまで一貫して対応</p>
<p>メリット 他キャリアとの比較</p>	<p>メタノールは常温常圧での輸送が可能 大規模水素インフラを必要とせず、オンサイトで水素製造が可能 環境循環型メタノールの利用で、CO2排出をオフセット可能</p>
<p>導入実績</p>	<p>1985年より国内外で100件以上</p>

メタノールによる水素サプライチェーン



### 3) バイオ燃料

#### ① バイオ燃料の位置づけ

概要	日本政府は、脱炭素に向けて一つの技術やエネルギー源に依存せず、複数の選択肢を同時に追求する「マルチパス戦略」を推進しているが、第7次エネルギー基本計画やGX実行会議では再エネ・原子力・水素/アンモニア・合成燃料・CCS/CCUSに加えて、バイオ燃料は「即効性ある脱炭素オプション」として重要な位置づけになっている
----	--

運輸部門での事例

分野	特徴・課題	活用予定のバイオ燃料	目標・見通し	課題
航空	長距離飛行・高出力が必要であるため電化は困難	SAF(Sustainable Aviation Fuel)	2030年までに国内航空燃料の10%をSAFへ置換	原料制約、製造コスト、供給インフラ
陸上輸送 (トラック・バス・建設機械)	長期的には電動化・水素化が進む中で、短中期の即効性ある選択肢が必要	FAME(Fatty Acid Methyl Ester、一般的な「バイオディーゼル」) HVO(Hydrotreated Vegetable Oil)	規格・制度整備を進めた上で短中期的な規模拡大(現状、軽油に最大5%混合は規格化済)	HVOコスト高、FAMEの酸化安定性や寒冷地適性、原料供給量
海運	短期的な移行燃料	バイオ燃料のブレンド、合成メタノール、中長期的には水素・アンモニア	バイオ燃料ブレンドでGHG削減、IMO規制対応	燃料コスト、供給拠点整備、LCA評価の確立

出所) 経済産業省資料を基にEY作成

### 3) バイオ燃料

#### ② バイオエタノール

##### 技術概要

<p><b>技術概要/特徴</b></p>	<p>石油代替燃料として、トウモロコシ、サトウキビ、麦、稲わらなどのバイオマスを原料から糖分を抽出し、酵母や細菌による発酵を行い、蒸留・脱水のプロセスを通じて製造する燃料</p>
<p><b>取組状況</b></p>	<p>現在日本では添加剤としてETBE(エチルターシャリーブチルエーテル)の形で間接的にガソリンにバイオエタノールを導入しており、ガソリンに対する混合比率は約1.8%。経済産業省は、2030年まで一部地域での直接混合も含め最大10%の低炭素化ガソリン(E10)の供給開始を目指す。米国ではE10、ブラジルではE27が標準となっている</p>
<p><b>課題</b></p>	<p>多種原料を活用する設備は実証・商用化が進んでいるが、原料は作況価格に影響される</p>
<p><b>設備規模</b></p>	<p>デンプン/糖質(トウモロコシ、サトウキビ等) 数千～数万吨/年 非可食バイオマス(セルロース系)数万吨/年</p>
<p><b>利用イメージ</b></p>	<p>燃料用途(ガソリン代替、発電用など)、化学原料(溶剤、中間体など)、医薬・衛生(消毒用など)、食品(添加物、醸造アルコール)</p>

出所) RITEよりEY作成  
[https://www.rite.or.jp/bio/biofuels/post\\_6.html](https://www.rite.or.jp/bio/biofuels/post_6.html)

##### バイオメタノールの製造と主な技術メーカー

**技術特性**

第1世代：原料の糖化→発酵→蒸留（伝統的な製造方法）  
 第2世代：原料のガス化→発酵/触媒反応

出所：RITE

**主な技術保有企業**

(国内)  
 三菱ケミカル  
 ENEOS  
 日揮  
 IHI  
 東芝エネルギーシステムズ  
 など

(海外)  
 POET  
 Archer Daniels Midland  
 LanzaJet  
 Raizen  
 Petrobras  
 など

##### 日本での導入見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
導入見通し	ETBEで導入進展、E10の導入						E20の導入			

### 3) バイオ燃料

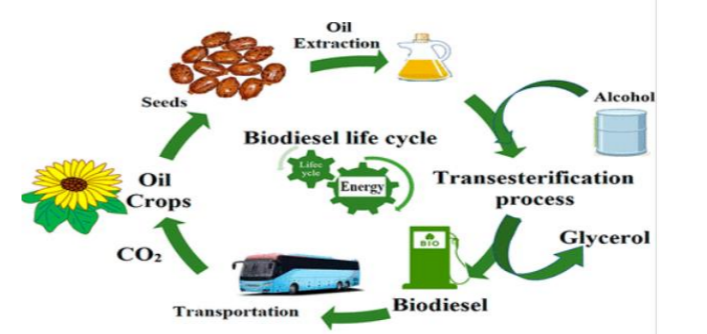
#### ③ バイオディーゼル

##### 技術概要

<p><b>技術概要/特徴</b></p>	<p>植物油(菜種油、大豆油、パーム油など)や廃食用油、動物性油脂を原料とし、トランスエステル化反応によって生成される脂肪酸メチルエステル(FAME)を主成分とする化石燃料由来の代替</p>
<p><b>取組状況</b></p>	<p>日本での商用化は小規模であり、環境省や自治体が廃食用油回収型のB5燃料を公共交通に導入(京都市、大阪市)を推進中。欧州は世界最大の生産・消費地域(ドイツ、フランスなど)でありB7混合燃料が普及。米国ではASTM規格に基づき、B20燃料がトラック・バスで利用されている</p>
<p><b>課題</b></p>	<p>原料の作況価格・需給、生産コストが化石燃料に比べて高い、低温で固化しやすい点があげられる</p>
<p><b>設備規模</b></p>	<p>数千トン/年(自治体レベル、廃食用油回収型) 数万トン/年(地域燃料供給型) 数十万~百万トン/年(欧州・米国)</p>
<p><b>利用イメージ</b></p>	<p>トラック、バス、農業機械、建設機械の燃料、ディーゼル発電機燃料、B5, B20などディーゼルとの混合燃料</p>

出所) ACS Publications、METIよりEY作成  
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.energyfuels.2c03887>  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen\\_nenryo/nenryo\\_seisaku/pdf/018\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/nenryo_seisaku/pdf/018_03_00.pdf)

##### バイオディーゼルの製造と主な技術メーカー

<p><b>技術特性</b></p> <p>成熟した技術であり、主流はアルカリ触媒法                  燃焼時のCO2は植物が吸収した分と相殺され、ライフサイクルでのCO2削減が可能。既存のディーゼルエンジンで使用可能 (B5やB20などの混合燃料)</p>  <p>出所: ACS Publications</p>	<p><b>主な技術保有企業</b></p> <p>(国内)                  由藤商事                  DOWAIシステム                  植田油脂                  電源開発                  ユーグレナ                  住友商事                  など</p> <p>(海外)                  Neste                  Avril Group                  AG Processing                  Pacific Biodiesel                  など</p>
---	--

##### 日本での導入見通し

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
<p>導入見通し</p>	<p>自動車・鉄道・船舶・建設機械への部分導入、実証プロジェクトの進展</p>						<p>商業規模での導入</p>			

### 3) バイオ燃料

#### ④ バイオコークス

##### 技術概要

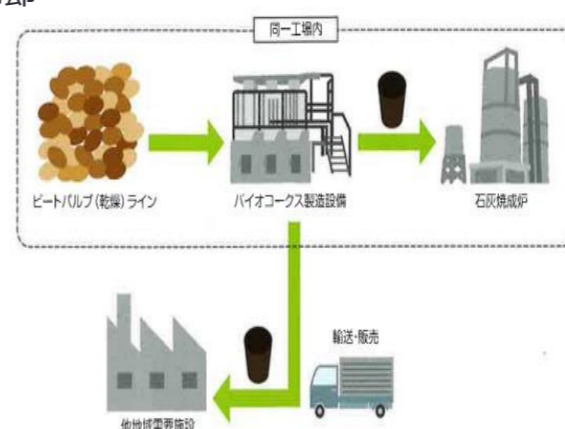
<b>技術概要/特徴</b>	木質や廃棄物由来のバイオマスを圧縮・加熱・冷却し固形燃料として成形した燃料で、石炭コークスの代替燃料
<b>取組状況</b>	-北海道では製糖業のビートパルプ、きのこ栽培の廃菌床、コーヒーかす、茶かすなどを原料として、原料調達から製造・運搬・消費までの経済性についてのモデル事業の構築の試みが行われている -海外ではマレーシアなどで廃材や農業・食品残渣、微細藻などを活用した研究開発が行われている
<b>課題</b>	原料は地域依存が多く、調達量に季節性があり供給制約がある。また、原料毎の発熱量・強度・燃焼特性が異なるため規格化が必要
<b>設備規模</b>	数百トン/年：パイロットプラント(北海道の「そば穀バイオコークス」実証) 数千～1万：地域バイオマスを活用した実証や食品工場などでの導入 数万トン：製鉄所やセメント工場(国内外で商業化事例なし)
<b>利用イメージ</b>	製鉄業：石炭コークス代替 セメント業：ロータリーキルンの熱源燃料 化学産業：高温加熱炉、ガラス炉 食品加工：乾燥炉やボイラの石炭・重油代替

出所) 北海道経済産業局よりEY作成  
[可能性あり！バイオコークス導入～5つのモデルで試算しました～.pdf](#)

##### バイオコークスの製造と主な技術メーカー

**技術特性**

原料粉碎・乾燥→金型充填→高圧加熱圧縮→成形→冷却



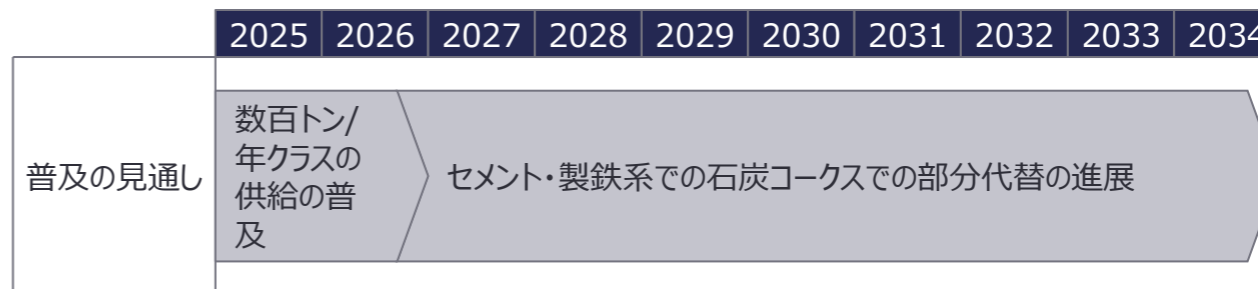
出所：北海道経済産業局

**主な技術保有企業**

(国内)  
DOWAエコシステム  
アイシン高岳  
など

(海外)  
Outokumpu  
BioCoke4FAI  
Cortus Energy  
Karmanterra  
など

##### 日本での普及見通し



### 3) バイオ燃料

#### ⑤ SAF(Sustainable Aviation Fuel)


##### 技術概要

<p><b>技術概要/特徴</b></p>	<p>再生可能資源や廃棄物由来の原料から製造される航空燃料であり、従来の化石燃料由来のジェット燃料と比べてライフサイクル全体でCO2排出を大幅に削減可能な燃料。世界全体の供給量は2023年時点で約60万トン程度にとどまり、航空燃料需要の1%未満</p>
<p><b>取組状況</b></p>	<p>-ANAとJALは国産SAF導入に向け国際線で部分利用を開始。ENEOS、丸紅、日揮などは商業化を目指すプラントを計画。政府は2030年までに国内航空燃料の10%をSAFにする目標を掲げている。-EUは2030年に6%、2050年に70%以上をSAFに置換する義務化を計画。米国は「SAF Grand Challenge」で2030年までに30億ガロン供給を目標</p>
<p><b>課題</b></p>	<p>製造コストは従来ジェット燃料の2~5倍であり、商業規模プラントの建設コスト・投資回収リスクがある</p>
<p><b>設備規模</b></p>	<p>数千~数万トン/年（例：日本の実証プラント）。商業規模：数十万~100万トン/年(Nesteシンガポール工場は100万トン規模)</p>
<p><b>利用イメージ</b></p>	<p>従来のジェット燃料とブレンドして使用されることが一般的。国際線のカーボンニュートラル目標達成において、短中期で最も有効な手段と位置づけられている</p>

##### SAFの製造と主な技術メーカー

**技術特性**

代表的な製造プロセスには、HEFA（植物油や使用済み食用油の水素化）、FT合成（CO+H2からの合成）、アルコールからジェット燃料への変換（ATJ）、糖からの発酵法などがある



出所：コスモ石油

**主な技術保有企業**

(国内)

コスモ石油  
ENEOS  
SAFFAIRE SKY ENERGY  
丸紅  
日揮

(海外)

Neste  
World Energy  
TotalEnergies  
Raven SR

##### SAF導入目標

	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	
日本目標	航空燃料10%導入（2030年目標）										
EU目標	航空燃料6%（2030年義務化）						70%（2050年義務化）				

出所) Cosmo HPよりEY作成

<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001864929.pdf>

[https://www.cosmo-energy.co.jp/ja/company/vision2030/domestic\\_saf.html](https://www.cosmo-energy.co.jp/ja/company/vision2030/domestic_saf.html)

## 4) カーボンリサイクルプロダクト

### ①②セメント・コンクリート | 人工石灰石とカーボンリサイクルセメントの技術開発（住友大阪セメント）

<p>技術開発概要</p>	<p>2050年のカーボンニュートラルを目指す住友大阪セメントは、世界初で開発した「CO2再資源化人工石灰石」や「カーボンリサイクルセメント」でのカーボンリサイクルプロダクトの技術開発を進めている</p>
---------------	--

#### CO2再資源化人工石灰石

廃棄物・副産物中のカルシウム成分(Ca)と、セメント工場や他産業から排出されるCO2を化学反応させ、セメント製造において石灰石を直接代替可能となる炭酸カルシウム(CaCO<sub>3</sub>)である人工石灰石を製造

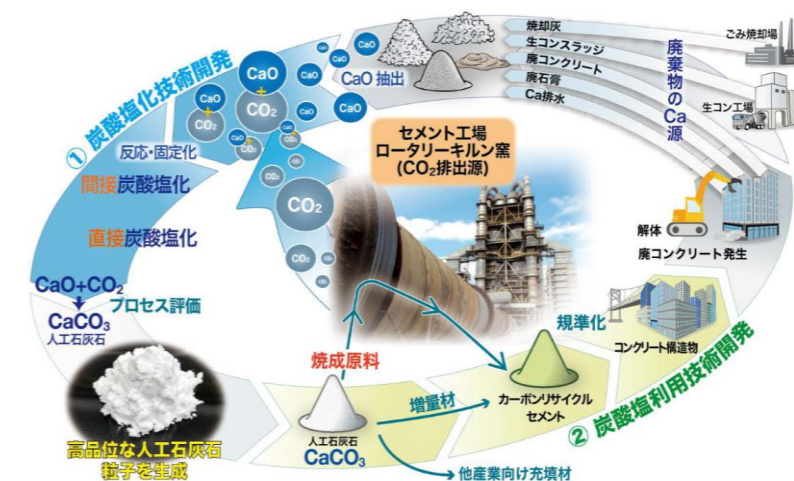
- 大気中や排ガスから回収したCO2を安定的な炭酸カルシウムとして長期固定化
- 廃石膏、都市ごみ焼却灰、下水汚泥焼却灰などを有効利用

#### カーボンリサイクルセメント(CRC)

人工石灰石をセメント原料（焼成原料・増量材原料）に活用して製造される次世代セメント。NEDOのGI基金の支援を受け研究・実用化を進めている

- 天然石灰石焼成由来のCO2を低減
- 人工石灰石利用でプロセス全体のCO2削減
- 従来のポルトランドセメントと同等の性能を実証済み
- 道路舗装、側溝ブロック、建築資材などで利用
- 国交省直轄工事などで試験施工を実施。今後、道路・建築・土木資材への適用を拡大予定

#### 技術開発施策とカーボンリサイクル製品



出所：住友大阪セメント

出所) 住友大阪セメント

<https://soc-lab.jp/expo2025/index.html>

<https://www.sumitomo.gr.jp/expo2025/tech/soc/>

[https://www.soc.co.jp/csr/csr08/carbon\\_newtral\\_vision/](https://www.soc.co.jp/csr/csr08/carbon_newtral_vision/)