

第10回 メタネーション推進官民協議会

e-methaneの社会実装及び技術開発の取り組み

IHI

2023年2月24日

株式会社IHI

本日のご説明内容

- 1. e-methaneは、既存のLNG～都市ガスサプライチェーンを最大限利用する形での社会実装が図られる。**
製造インフラの追加が必要であるが、その形態として、
①海外の再エネの豊富な地域 ②LNG受入基地 ③各CO₂排出源の3ケースが考えられる。
社会実装促進の観点から、IHIは各々の導入形態に合ったソリューションの提案を行っており、実績を積み重ねつつある。
- 2. e-methane合成（メタネーション）のコア技術は、触媒技術と反応器を中心とした反応プロセス技術である。**
このコア技術を日本企業が保有しておくことは、国際競争力維持・発展のため極めて重要である。
- 3. IHIは日本企業として技術をリードすべく、特に**
①メタネーション設備の大規模化
②CO₂排出源におけるオンサイトメタネーションの普及
という観点から、継続的な技術開発と同時に社会実装促進に努めている。

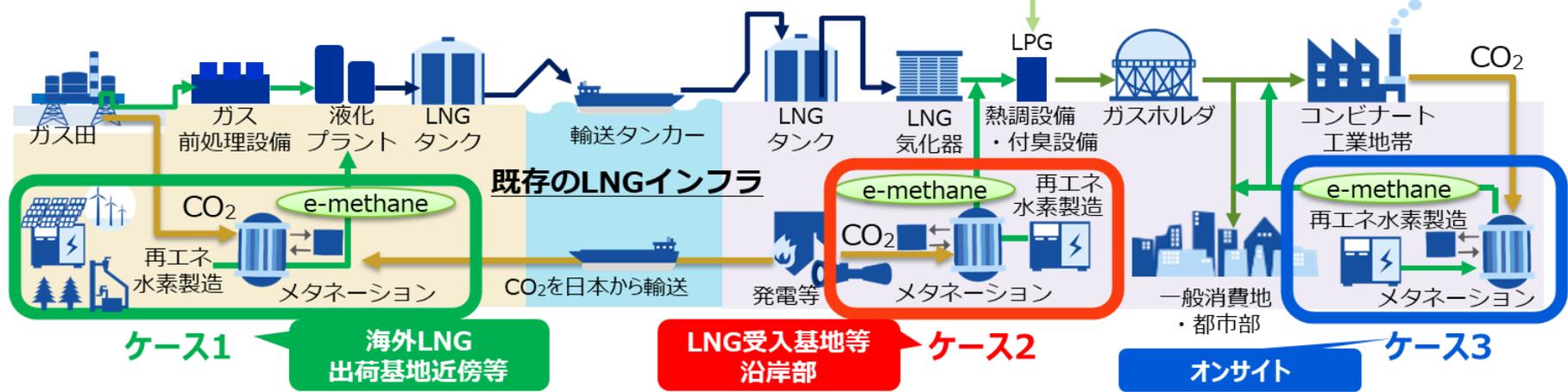
メタネーションの社会実装：LNGサプライチェーンへの導入

メタネーション社会実装の3つの形態

上段：既存のLNG～都市ガスサプライチェーン
下段：e-methane製造プラントの適用形態

安価な再エネの豊富な地域

e-methane利用地域



下記目標に向けたガス事業者様のプロジェクト開発

- ・2030年 都市ガス1%のe-methane導管注入
- ・2050年 都市ガス90%のe-methane導管注入

LNG基地における回収CO₂集荷
⇒ e-methane製造ハブ

CO₂排出源のある事業所における
e-methane製造
⇒ 自家消費/余剰の導管注入

再エネ発電設備，水素製造設備，CO₂回収設備，メタネーション設備等で構成されるプラント

期待されるCO₂削減量
2030年 約 80万トン
2050年 約7,230万トン

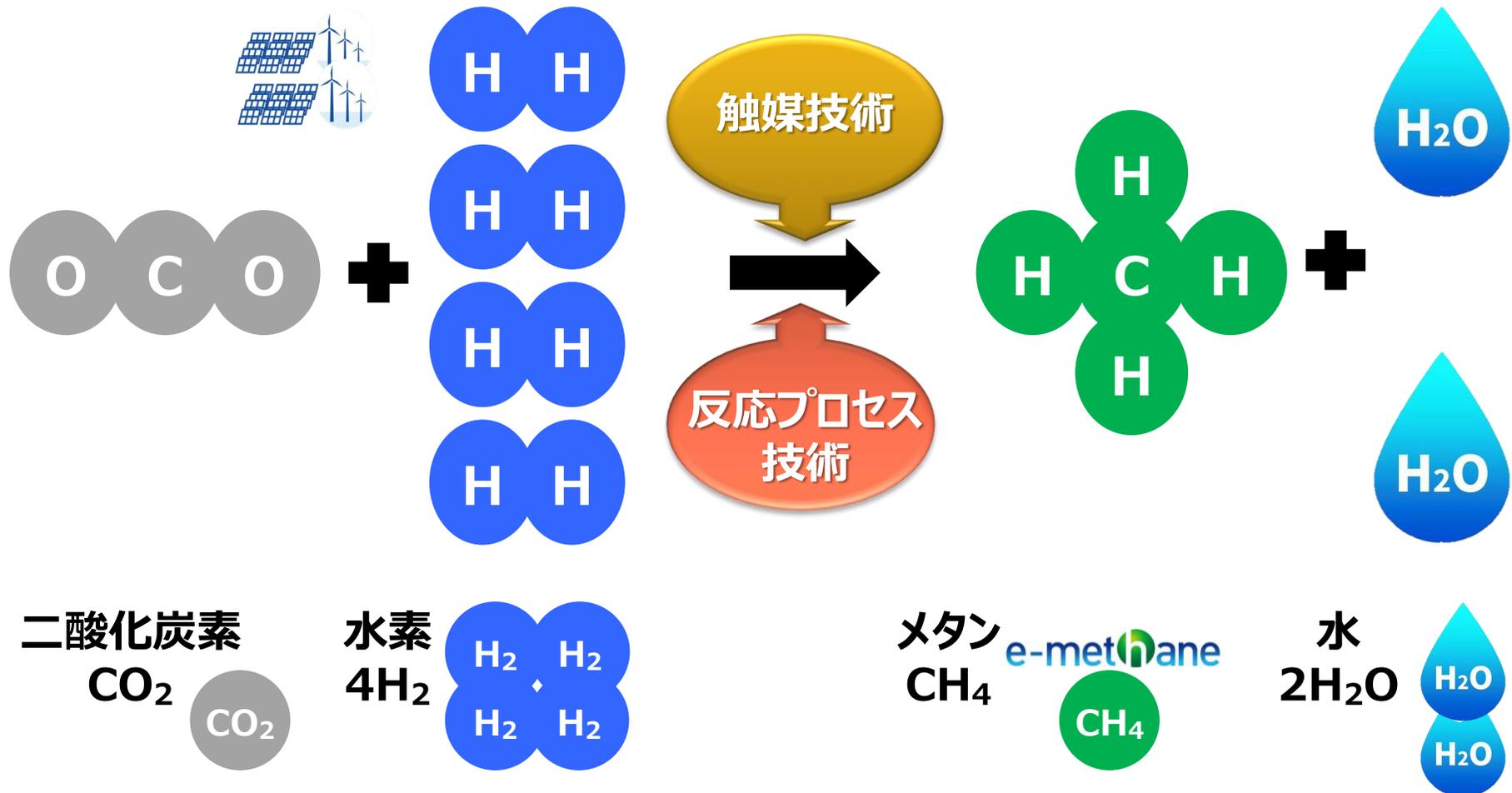
加えて2020年代後半から
ケース2,3での削減量上積み
2019年排出実績 12億1,300万トン

事例)
鉄鋼業界：カーボンサイクル高炉

セメント業界：セメントキルン排出CO₂利用
その他工業炉，焼却炉等排出CO₂利用

メタネーションのコア技術

- ◆ 二酸化炭素と水素を合成してメタンを製造する技術です。
- ◆ 合成メタンはe-methaneと呼びます。(2022/11/22 第9回METIメタネーション推進官民協議会)
- ◆ コア技術は、「触媒」と反応器を中心とする「反応プロセス」です。



e-methaneの社会実装に必要な技術戦略

① 高度なメタネーション技術

- ✓ **長寿命化を意識して開発した触媒**
 - 独特なナノ構造に保護され，硫黄による**被毒・熱による劣化に強い**
 - 耐被毒性能は他社の10倍以上
- ✓ **触媒反応と伝熱性能の一体的なシミュレーションで設計される反応器・反応プロセス**
 - 触媒から反応熱を効率よく取り除くシェル&チューブ型反応器（大型製造実績も豊富）

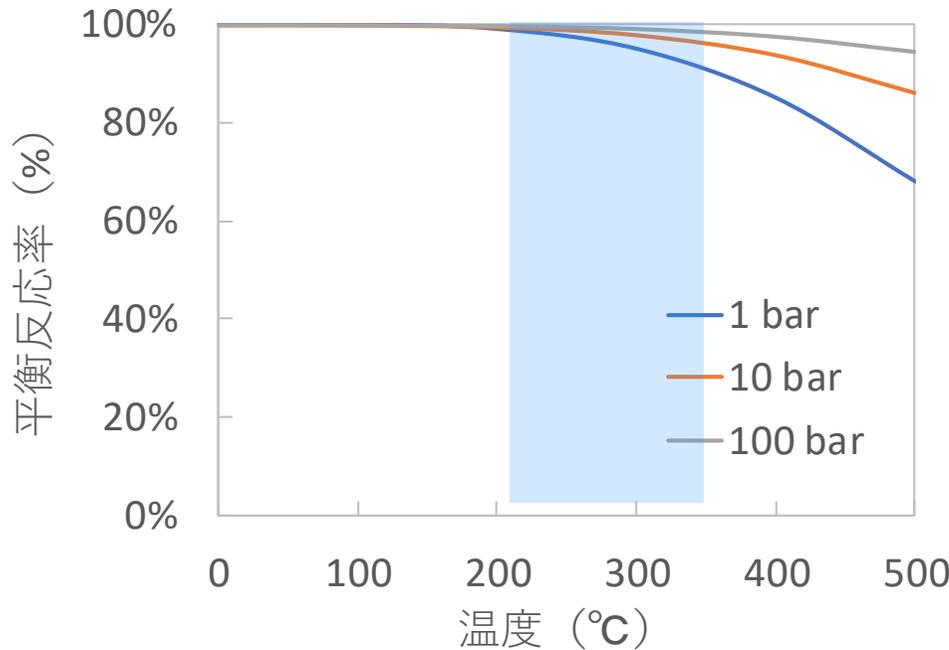
② 継続的な技術開発

- ✓ **メタネーションの大型化・高効率化に資する技術開発投資を推進**
 - **触媒のさらなる長寿命化・高性能化**
 - **反応の高圧化・最適プロセスの開発**
 - 水素製造と一体になった高効率な新技術

③ プロセスエンジニアリング技術を背景としたソリューション提案力

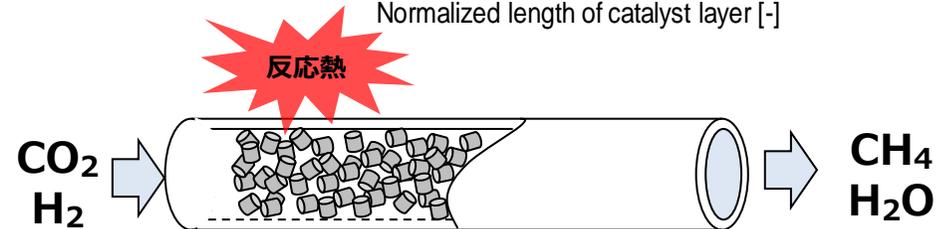
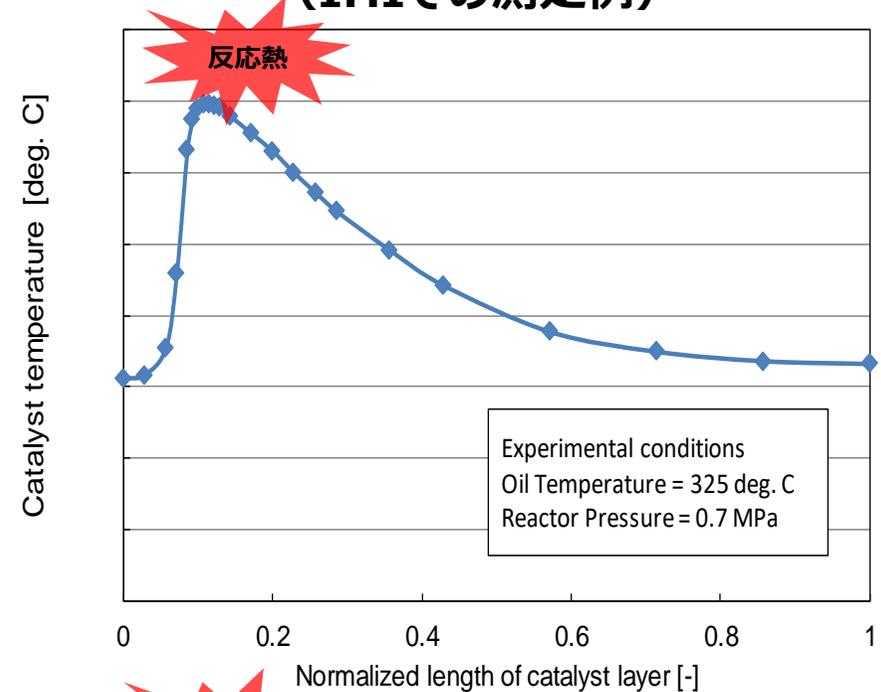
- 各種事業者様の更なるCO₂削減・有効利用には，**プロセスエンジニアリングパートナーが必要**
- ✓ **メタネーション大型化（複数のFS実績，10,000Nm³/h超規模）**
 - ✓ **各種事業者様の設備や供給可能ガスの特性に合わせたプロセス・運転方法の提案**
 - 例）CO₂濃度の変動対応，副生水素の利用，不純物の除去
 - 例）メタネーション排熱のCO₂回収での利用等熱マネジメント
 - 例）不安定な再エネの利用⇒最適な設備構成（蓄エネ・水素製造・メタネーション）提案
 - ✓ **e-methane・CO₂外販に必要な環境価値ソリューション**
(ブロックチェーン・データマネジメント)

CO₂メタネーション平衡反応率



- ✓ 熱力学的には、低温、高圧の方が反応に有利
- ✓ 比較的低压でも、Ni・Ru等を触媒として使用することで250~400°C程度で高い反応率が得られる
- ✓ 実際には多量の反応熱により、反応器内の触媒層温度は、平衡上必要な温度を大幅に上回る

CO₂メタネーション触媒層温度分布 (IHIでの測定例)



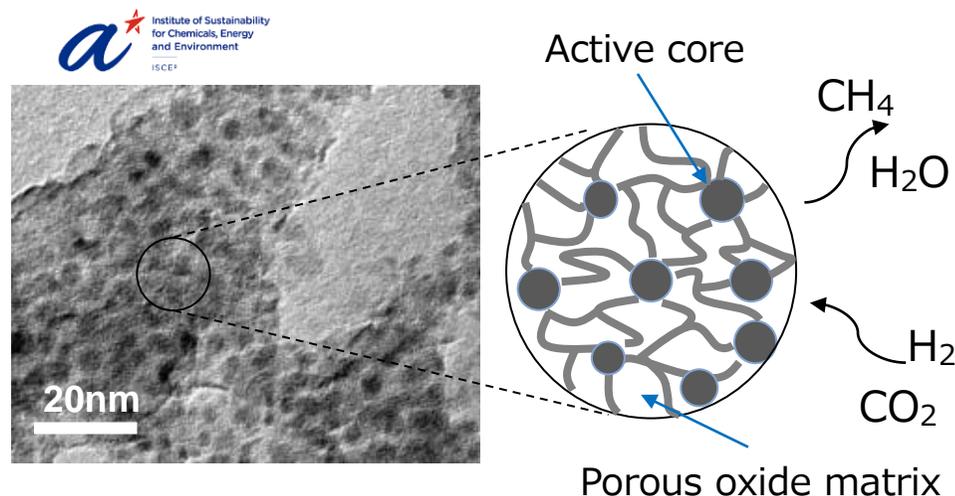
反応熱の適切なハンドリングが極めて重要

- a) 高温となり反応率が低下
- b) シンタリングや炭素析出による触媒劣化

ロバスト性（耐熱性・耐被毒性）が高い

解決方法：コアシェル型IHI触媒

- Niナノ粒子の移動・会合を防止するため、微細なNiナノ粒子を多孔質な酸化物マトリックスで包含したユニークな構造（コア・シェル類似構造）
⇒ **触媒活性とロバスト性の両立**
- **Niナノ粒子（3-4nm）**
触媒活性点として作用
- **酸化物マトリックス**
メソポーラス構造を有し、Niナノ粒子の保護層・ガス拡散層として作用



Methanation Catalyst, US 9,802,872

Kamata et al., Dispersed and high loading Ni catalyst stabilized in porous SiO₂ matrix for substituted natural gas, Catal. Today 299, 193-200 (2018)

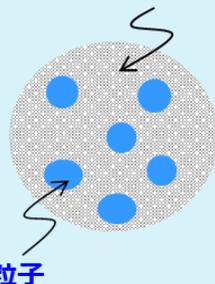
IHI コアシェル型触媒

- Niナノ粒子のコアシェル型 Ni@SiO₂（特許6203375：IHI-ICES共同特許）
- Ni粒子径が小さく、高分散に独立
- Ni粒子間に、多孔質保護層（多孔質マトリックス）が存在するため、粒子同士が接触し難い（下図）
- 許容全硫黄濃度高い

触媒

Ni粒子が多孔質マトリックスに守られている。

耐熱性・耐被毒性に優れる。



一般的な担持型触媒

- 一般的な担持型触媒
- Ni金属粒子径は比較的大きく、担体表面にNi粒子が存在（2次元的）
- 構造上、Niが担体表面を移動し会合し易い（下図）
- 許容全硫黄濃度低い

Ni粒子が担体表面に晒されている。以下原因で、活性が失われやすい。

- 熱によるNi粒子粗大化
- Ni粒子の硫黄被毒

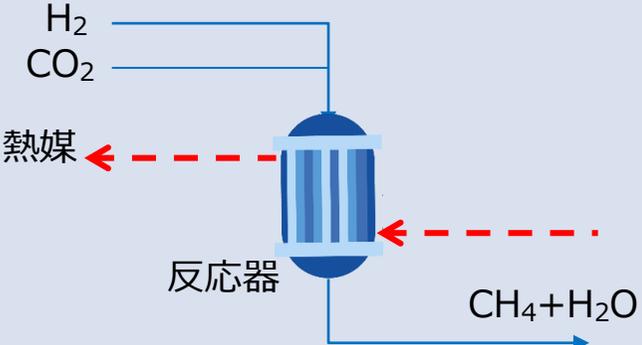
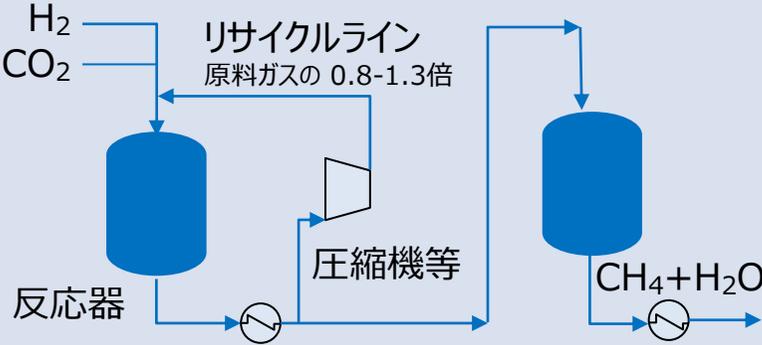


評価



反応プロセス比較：熱交換型反応器の優位性

e-methaneの社会実装 = 製造コスト削減という観点で、日本の技術が世界をリード

反応器形式	IHI = 熱交換型	断熱型(リサイクル)
概念フロー		
	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂メタネーション用途に開発したプロセス。 ・2020年度小型装置による実証完了から、社会実装に向け受注実績を重ねている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・主に海外のプロセスライセンス提案のプロセス ・CO₂メタネーションの実績は少ない
<p>設備が大規模化すると、触媒交換コストが e-methane製造コストに大きな影響を及ぼす。</p>		<p>石炭等の乾留ガス (CO, H₂, CH₄) のメタネーションで実績あり。乾留ガスには反応に寄与しないメタン等を多く含み、反応熱コントロールは比較的容易。</p>
<p>課題 熱交換だけでは触媒の熱劣化を防止できない。触媒交換のコストが大きい。</p> <p>解決策</p> <p>反応プロセスの工夫により、触媒層温度低減の目途がたった。</p> <p>熱劣化に強いIHI製触媒</p>		<p>課題 反応熱コントロールのために、反応後の生成ガスをリサイクルさせる必要がある。リサイクル機器導入や動力消費・メンテナンスのコストが大きい。</p>

メタネーションプロセスのスケールアップ

再掲

加筆

No.1



商用機1号機
(2021.07)

No.2



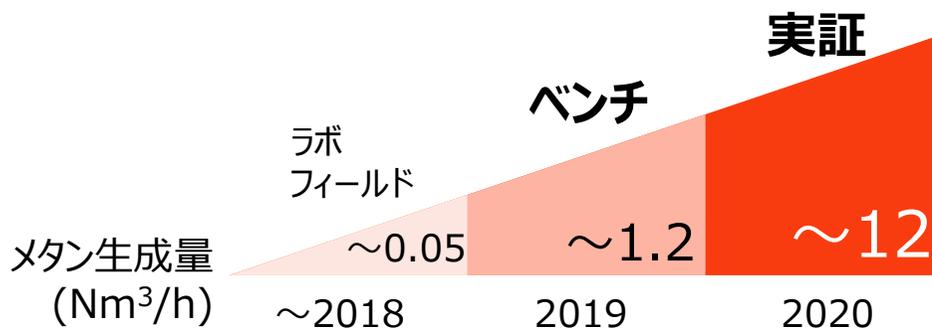
標準機市場投入
(2022.10)

- ① SIGC*
- ② 東邦ガス様
- ③ 太平洋セメント様

No.3




*SIGC: そうまIHIグリーンエネルギーセンター



ケース2

ケース3 (オンサイト)

JFEスチール様
500Nm³/h



~数百Nm³/hr

ケース1

昨年度から
海外向け大型合成
メタンプラント
の検討着手済み

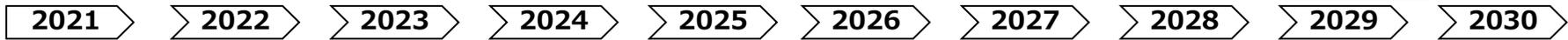
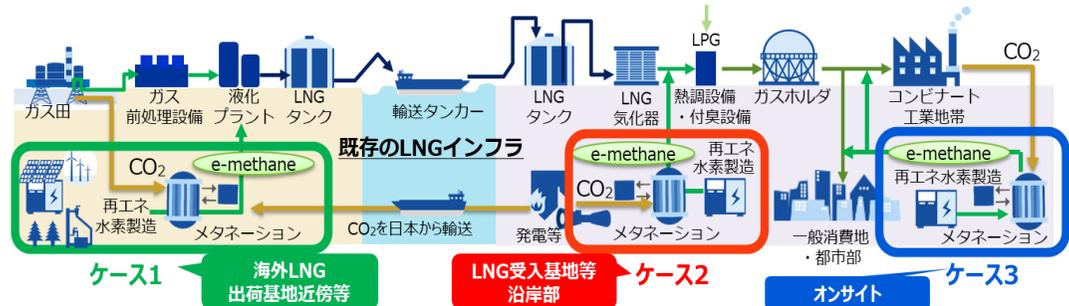
大型化
数万Nm³/hr

2030

No.	メタン合成量	目的	設置場所	備考
1	0.05Nm ³ /h	触媒開発 パラメータ特性把握	シンガポール共同研究先	試験完了
2	1.2Nm ³ /h	スケールアップ 触媒反応器性能確認	IHI横浜事業所	試験完了
3	12.5Nm ³ /h	スケールアップ 触媒反応器性能確認 システム運用特性把握	そうまIHIグリーンエネルギーセンター (SIGC)	試験完了

社会実装に向けたIHIメタネーションロードマップ

日本技術の競争力確保のために
小型・中型設備で社会実装の実績を重ね、
2029年における大型プラント稼働時に
「メタネーション＝日本の技術」ブランド確立。
2030年代の革新的技術の投入により、
日本技術の競争力を確固たるものとする。



社会実装・スケールアップ

実証完了後 製品開発の実施	<p>小型メタネーション装置 導入事例：東邦ガス様 バイオガス由来のCO₂を活用したメタネーション実証試験、太平洋セメント様 セメント製造に適したメタネーション技術開発</p> <p>ケース3：オンサイトメタネーション、e-methane利用促進を図る。 CO₂排出源のあるお客さまの試験導入等のニーズを想定</p>
スケールアップ時 のプロセス検討	<p>中型メタネーション設備 (百～数千Nm³/hクラス) 導入事例：JFEスチール様 カーボンリサイクル高炉向けCCU設備 (500Nm³/h)</p> <p>ケース3：オンサイトメタネーション、ケース2：LNG基地におけるe-methaneハブ において、本格的な社会実装を図る 特に、余剰の副生水素をお持ちのお客さまに対し、有効なソリューションとなりうる</p>
Feasibility Study ⇒ より具体的な検討	<p>海外大型メタネーション設備 (10,000Nm³/h以上) ケース1：海外の再生エネの豊富な地域におけるe-methaneハブ において、e-methane製造輸出拠点構築に貢献する</p>

研究開発

触媒の長寿命化・高機能化

反応プロセスの最適化
プロセスの検討 ⇒ モックアップ試験の実施

触媒の量産化
段階的な触媒製造設備の拡充

継続的な技術開発

GI基金：革新的メタン製造
メタネーションの反応熱有効利用により、エネルギー変換効率を既存技術50% ⇒ 80%に向上させる技術

IHI小型メタネーション装置の販売開始

プレスリリース (2022/10/21) CO₂と水素から燃料をつくる、メタネーション装置の販売開始 ~設計標準化により、短納期かつ高拡張性を実現~
 プレスリリース (2023/01/13) 東邦ガス知多LNG共同基地向けに、メタネーション標準機を初受注 ~バイオガス由来のCO₂を有効活用~

外観イメージ



- ◆ 2022年10月に販売開始
- ◆ 工場や研究所、事業所などにおけるカーボンニュートラル実現に向けた検討にあたり試験運用したいという多数のニーズから製品化
- ◆ 設計標準化により、
①導入コスト抑制②短納期納入
③必要機器のパッケージ化を実現
- ◆ 本装置を複数導入することでメタン製造量拡張が可能

- シンプルなプロセス
- 容易な運転, システム
- 省スペース化に成功

項目	仕様
方式	サバティエ方式
反応器型式	シェル&チューブ
eメタン製造量	12.5 [NM ³ /h]*低負荷運転も可能
エンクロージャ寸法	幅2,250mm×長さ6,100mm ×高さ2,850mm

小規模メタネーション：①バイオガス由来のCO₂を活用したメタネーション実証試験

販売開始後の
受注第1号案件!!

東邦ガス株式会社殿に
2022年10月に販売開始した
小型メタネーション装置を
採用いただきました

2023/01/13 プレスリリース



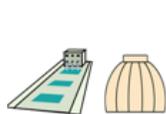
東邦ガス知多LNG共同基地向けに、メタネーション標準機を
初受注 ～バイオガス由来のCO₂を有効活用～

- 2023年01月13日 - プレスリリース

IHIはこのたび、東邦ガスグループより、知多LNG共同基地向けに、二酸化炭素(CO₂)と水素(H₂)から都市ガスの燃料などとして利用できるe-methane(合成メタン、CH₄)を製造するメタネーション装置を受注しました。本メタネーション装置は、2022年10月に販売開始した、設計を標準化したメタネーション装置（以下「標準機」）の初受注となります。

 知多市
CHITA CITY 南部浄化センター

バイオガス
精製設備



精製前の
バイオガス

バイオガス※
実証試験対象外

 東邦ガス 知多LNG共同基地

実証試験メタン製造
5Nm³/h e-methane

CO₂

電力
(冷熱発電等)

水素

水素製造装置

水素製造：20Nm³/h

都市ガス
原料利用

実証試験イメージ

お客さま



https://www.ihico.jp/ihico/all_news/2022/resources_energy_environment/1198144_3473.html

小規模メタネーション：②セメント製造に適したメタネーション技術の開発

太平洋セメント株式会社殿が開発を手掛けるCO₂回収型仮焼炉で回収された高濃度CO₂をメタンに合成するメタネーション設備の開発および実証

- 太平洋セメント株式会社**
- ・ 事業期間は2021年度から2030年度までの最大10年間
 - ・ セメント産業CO₂排出量の約6割を占める原料由来CO₂を全量近く回収するCO₂回収型セメント製造プロセスの開発
 - ・ 石灰石由来の製造プロセスからの排出CO₂をコンパクトかつ効率良い回収を目的とした、独自かつ世界初となるCO₂回収型仮焼炉の開発

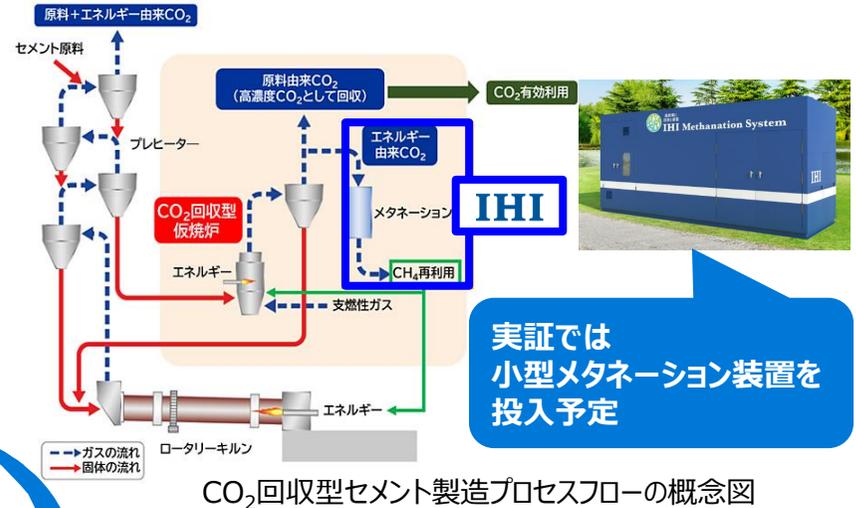
NEDO Green Japan, Green Innovation **IHI 太平洋セメント** **2022/01/28 プレスリリース**

太平洋セメントと共同で、セメント製造に適したメタネーション技術の開発を開始

- 2022年01月28日 - **プレスリリース**

IHIは、太平洋セメント株式会社と共同で、回収されたCO₂をメタンに合成する、セメント製造に適したメタネーション技術の開発を開始します。本開発は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「グリーンイノベーション基金事業（*1）/ CO₂を用いたコンクリート等製造技術開発プロジェクト」の「製造プロセスにおけるCO₂回収技術の設計・実証」（以下、本事業）において、同社が採択されたことによるものです。
https://www.ihico.jp/ihico/all_news/2021/resources_energy_environment/1197644_3345.html

- ①耐熱性／耐被毒性に優れるIHIメタネーション触媒の採用
- ②仮焼炉にて回収された高濃度CO₂有効利用に資するメタネーション技術の開発



実証では
小型メタネーション装置を
投入予定

関連プレスリリース

NEDO Green Japan, Green Innovation **IHI 太平洋セメント** **TOKYO GAS**

セメントCO₂由来の合成メタンの都市ガス導管による供給も見据えたメタネーション事業の実現可能性調査開始
 ～カーボンサイクルの社会実装を目指したセメントセクターとガスセクターの
 カップリング～

2022年3月18日
 太平洋セメント株式会社
 東京ガス株式会社

<https://www.tokyo-gas.co.jp/news/press/20220318-01.html>

セメント業界におけるメタネーション社会実装に向けて、太平洋セメント株式会社殿を中心にIHIと東京ガス殿も連携して対応!!



中規模メタネーション：鉄鋼業界における還元材としてのメタン活用

- ◆ 世界最大級のメタネーション装置（ $500\text{Nm}^3/\text{h}$ ）と CO_2 回収装置（ $24\text{t}/\text{d}$ ）にて構成されるCCU設備としての受注
- ◆ 熱エネルギーマネジメントを適用した最適なプラントシステムの提案

JFEスチール株式会社殿

- ◆ 鉄鋼業界における高炉法での従来技術に比して CO_2 排出量を50%削減する技術実証
- ◆ 東日本製鉄所（千葉地区）にて小規模カーボンリサイクル試験試験高炉（ 150m^3 規模）を建設
- ◆ 還元材をコークスからメタンに置き換え、繰り返し利用を目指す



2022/12/01 プレスリリース

世界最大級の製造能力を持つメタネーション装置を受注

～JFEスチールの試験高炉向けに、排出ガス中の CO_2 を有効活用～

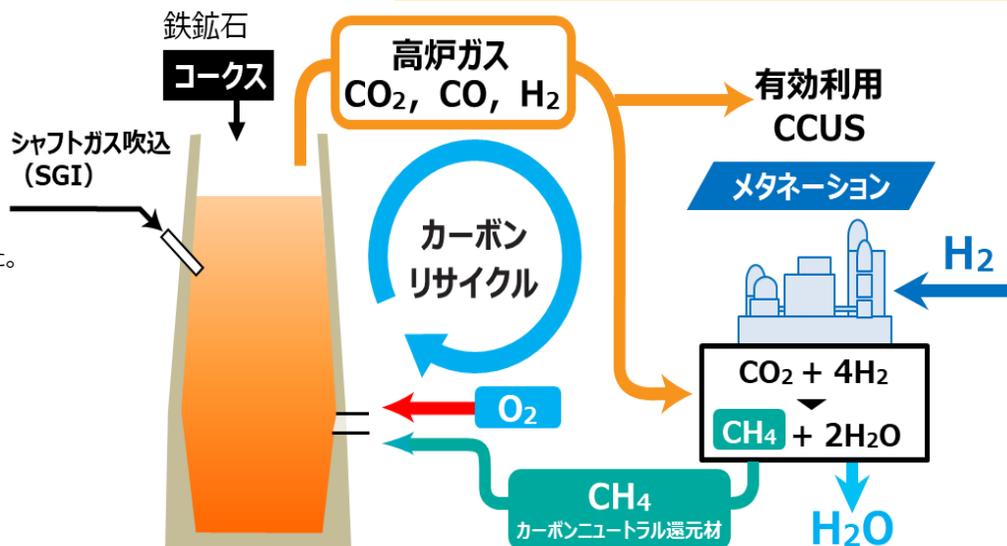
- 2022年02月01日 - プレスリリース

IHIとグループ会社のIHIプラントはこのたび、JFEスチール株式会社より、試験高炉の排出ガスから1日あたり24トンの CO_2 を再利用し、1時間に 500Nm^3 のメタンを製造するメタネーション装置を受注しました。メタネーション装置としては現時点で世界最大級の製造能力を持ち、CCU(*1)設備としての本受注を機にさらなる大型化に取り組みます。

本受注は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「グリーンイノベーション基金事業(*2)/製鉄プロセスにおける水素活用プロジェクト」の「外部水素や高炉排ガスに含まれる CO_2 を活用した低炭素化技術等の開発」（以下「本事業」）において、同社が採択されたことによるものです。

https://www.ihico.jp/ihico/all_news/2022/resources_energy_environment/1198112_3473.html

カーボンリサイクル高炉



e-methaneの社会実装：福島県相馬市コミュニティバスでのe-methane活用

2023/01/24プレスリリース 国内初 メタンバスへ再エネ利用のe-methane（合成メタン）を供給開始

～福島県相馬市運用のコミュニティバスでCO₂フリー水素からのe-methaneを活用～

再エネ利用e-methaneを燃料としたバスの運行

◆ 相馬市が運行するコミュニティバス「おでかけミニバス^{*}」で、e-methaneを燃料とする車両への供給開始

相馬市が自ら移動手段を持たない65歳以上の高齢者の方々の移動手段の確保と中心市街地活性化を目的として2010年から運行

◆ そうまIHIグリーンエネルギーセンターにて

① 太陽光発電により製造したグリーン水素 ② 販売開始した小型メタネーション装置（標準機）を活用して燃料としてのe-methaneを製造

◆ 充填装置はCNG車に使われていたものを再利用（e-methane供給のために、新たな充填装置の開発は不要）



小型メタネーション装置（標準機）



「おでかけミニバス」と充填装置



e-methane充填セレモニーの様子

1. e-methane導入期の既存燃料とのコスト差が社会実装の障害にならないような支援
2. CO₂排出量削減のソリューションとしてe-methaneの製造・自家消費（オンサイトメタネーション）をされる各種事業者様にインセンティブを与えるような支援
3. e-methaneがカーボンニュートラル燃料であることの国内・国際的な認知とそれを裏付けるためのGHGカウントルールの確立

参考資料

カーボンリサイクル技術の構成要素

脱炭素手段としてCO₂回収が求められている業界や、カーボンニュートラルな燃料・原料が求められている業界をターゲットにCCUS技術を提供していきます。

酸素燃焼技術
化学吸収技術



化学吸収

CO₂回収技術

カーボンリサイクル技術



水電解水素製造
バイオマスガス化



水電解



ガス化

水素製造技術



触媒技術
リアクタ設計



IHIの注力ポイント

有価転化 (eメタン・SAF = 航空燃料・オレフィン = 基礎化学品等への変換) 技術

カーボンリサイクルにおける進捗

進捗

産業におけるカーボンニュートラル実現に向けたキー技術として、**メタネーション***を利用したカーボンサイクルの技術開発を加速

合成メタン製造技術開発

- 東京ガス・JAXAと共同で、低温プロセスによる革新的メタン製造技術の開発を開始
(グリーンイノベーション基金事業)

SAFの技術開発

- シンガポールの政府系研究機関と、SAF（持続可能な航空燃料）の合成技術に関して共同研究を開始

一般産業への利用促進

- 小型メタネーション装置の販売を開始し、工場・研究所・事業所などのカーボンニュートラル実現へ向けた試験運用ニーズに対応



シンガポールISCE²との共同研究契約締結
(ISCE²: Institute of Sustainability for Chemicals, Energy and Environment)



12.5Nm³/hの合成メタンを製造する小型メタネーション装置

今後の取り組み

様々な産業用途のお客さまと協業し、**スケールアップ**と**社会実装の加速**を図る。

*メタネーション: CO₂とH₂を触媒で反応させることで、燃料である合成メタンを製造すること

※2022年11月8日 経営概況「プロジェクトChange」の進捗より抜粋

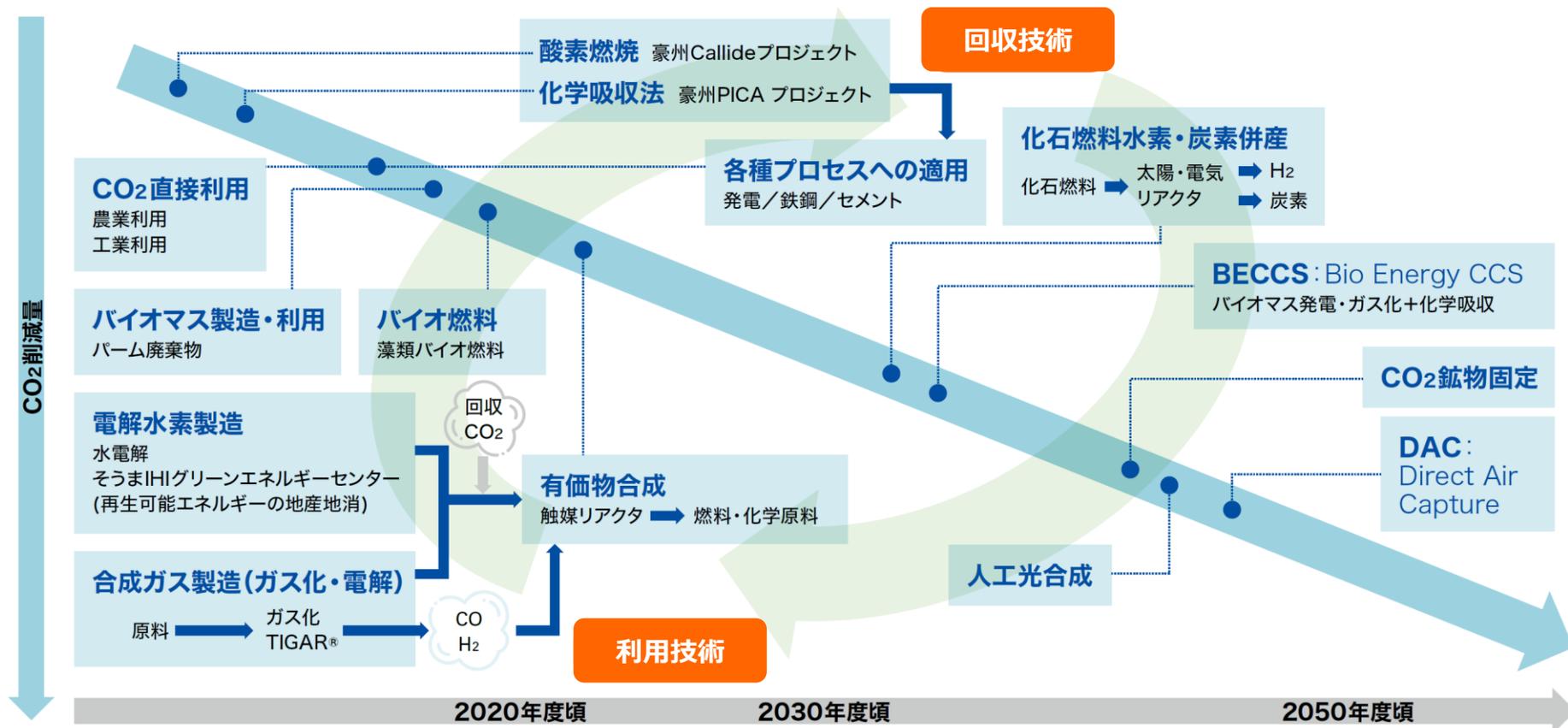
IHIのカーボンリサイクルロードマップ^o

■ 製品・サービスを通じたカーボンニュートラルの実現

トランスフォーメーション

カーボンリサイクル

カーボンリサイクルロードマップ



※IHI統合報告書2022に加筆

大規模メタネーション：インドネシアでのメタネーション事業性検討

- ◆ 既存LNGサプライチェーンのカーボンニュートラル化
- ◆ 将来の大規模化・海外での事業性検討に着手

2022/12/2 プレスリリース

インドネシアにてメタネーションの事業性検討を開始 ～既存のLNGサプライチェーンをカーボンニュートラル化～

- 2023年01月13日 - プレスリリース

IHIはインドネシア国営石油ガス会社PT Pertamina(プルタミナ) (PERSERO) と、同国内においてメタネーションの事業性検討を共同で行う覚書を締結し、このたび検討を開始いたしました。



両社は、インドネシア国内で稼働している既設液化天然ガスプラント付近にてe-methane(合成メタン)を製造し、インドネシア国内での利用・国外への輸出を目的とした、製造から利用までのe-methaneバリューチェーンの構築を検討します。IHIは主に技術的検討および事業性検討を担当し、Pertamina社はプロジェクト候補地の選定を担当します。事業性評価を行った後、2030年の商業化を目指します。

https://www.ihico.jp/ihico/all_news/2022/resources_energy_environment/1198113_3473.html

- インドネシア政府およびPertamina社が掲げる目標
 - ・2030年まで
温暖化ガス排出量30%削減
 - ・2060年まで
温室効果ガス排出量ゼロ
 → CO₂排出量抑止に加え、発生するCO₂の回収・利用が有効
- Pertamina社における様々な企業との脱炭素に向けた取り組みにおいて、IHIが有するメタネーション技術に着目いただき、今回の共同検討開始に至る
- 本件については今年11月13日・14日にインドネシア・バリで開催された20カ国地域ビジネスサミット(B20)のTF ESC(Task Force Energy, Sustainability and Climate)にて、Pertamina社が脱炭素事業の取り組みとして紹介



Nicke Widyawati

President Director and CEO of PT Pertamina (Persero)

環境価値管理プラットフォーム：全体構想

ILIPS*・環境価値管理プラットフォームを活用した新たな価値の創出

* ILIPS: IHI group Lifecycle Partner System

e-methane利用・CO₂削減はその価値が**見える化・定量化**されることで初めて価値を生みます。
データを**ブロックチェーン技術**によって記録することで、**データの信頼性を担保することができます。**
CO₂削減量などがトークン化されデジタル証跡として発行されることで外部市場とデジタルにつながり、取引の自動化が可能になります。

MRV : Measurement, Reporting and Verification
API : Application Programming Interface

1. 機器の稼働データ見える化サービス

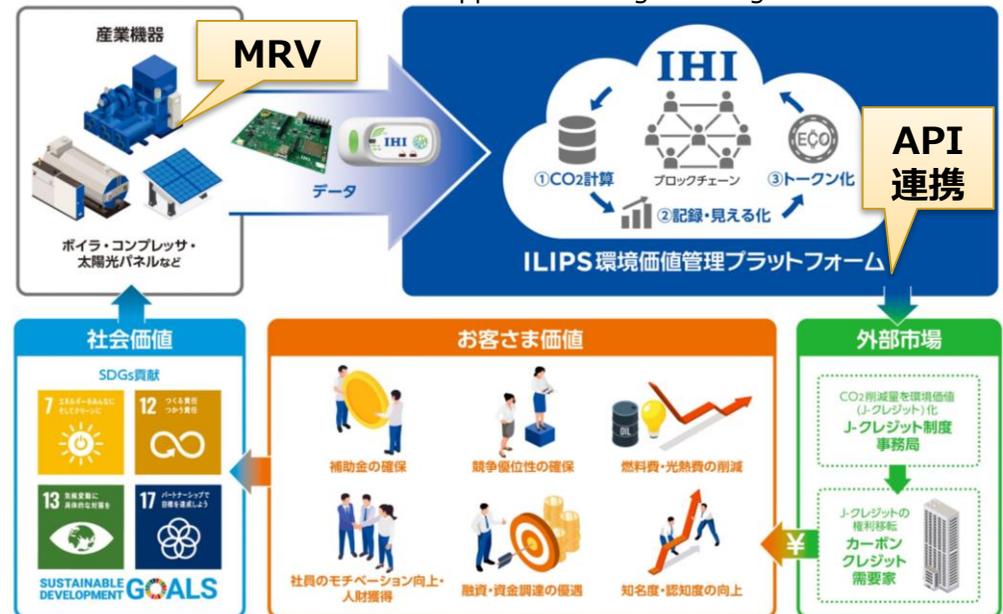
- 稼働データの自動計測・遠隔モニタリング

2. CO₂排出量トレーサビリティサービス

- 機器のCO₂排出量トレーサビリティ管理
- サプライチェーン上流、自治体、金融機関等向けのCO₂排出量/削減量のトレーサビリティレポートの作成

3. カーボンクレジット創出サービス

- 余剰のCO₂削減量を用いた環境価値創出 (J-クレジット等)



関連プレスリリース

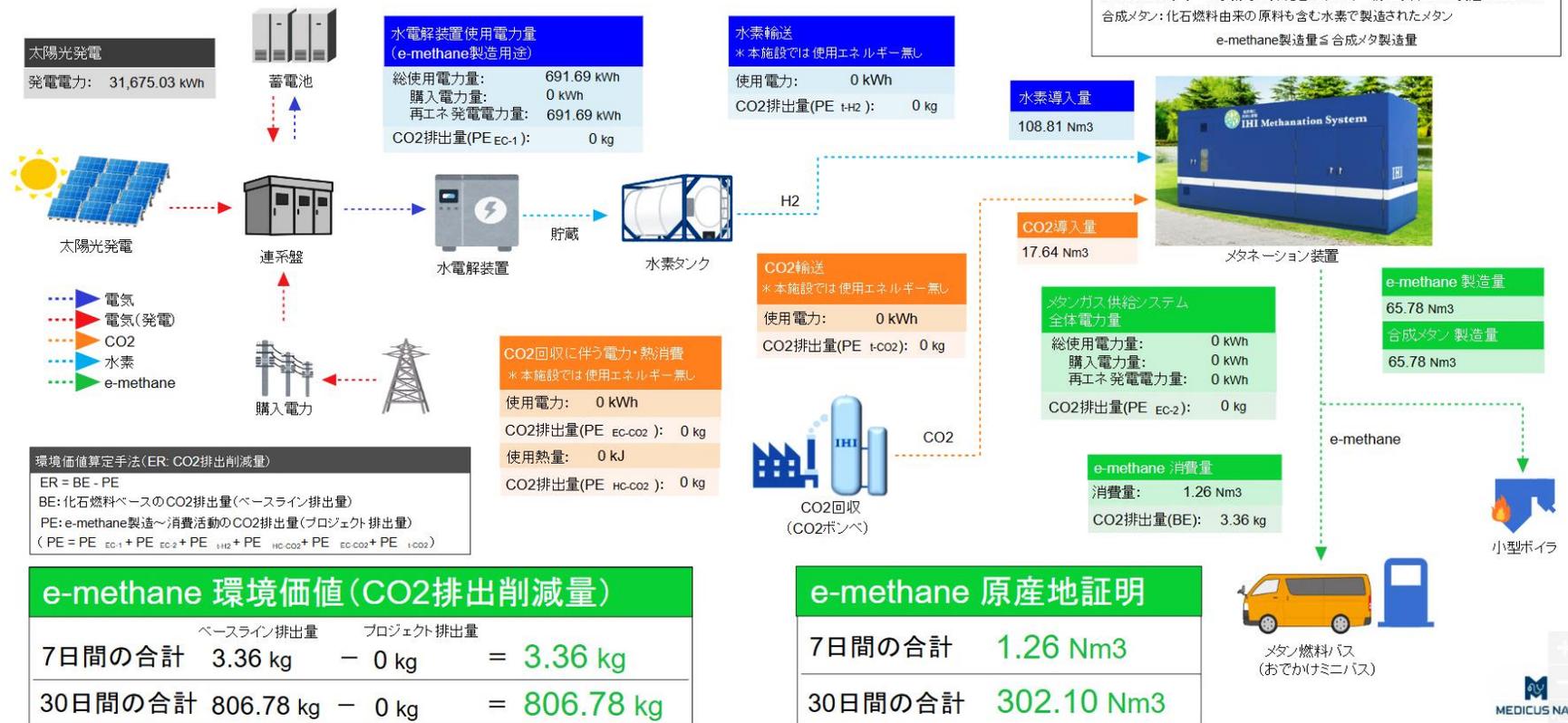
- 2022/02/02 CO₂排出/削減量を管理・環境価値化するデジタルプラットフォームを構築・実装開始
- 2022/04/02 ブロックチェーン技術を活用した新たな環境価値流通プラットフォームの実現に向けた共同事業プロジェクトを開始
- 2022/09/20 恵那市、日本ガイシ、リコー、IHI 脱炭素・経済循環システムの実証事業を開始
- 2022/10/31 アンモニア製造から利用までのCO₂排出量を可視化するプラットフォームの実証を開始

環境価値管理プラットフォーム：環境価値付与・MRVの実証～

1. そうまIHIグリーンエネルギーセンター（SIGC）におけるデモンストレーション
2. 相馬市コミュニティバスへのe-methaneの供給事業にて、環境価値管理プラットフォームを適用
3. e-methaneへの環境価値付与のデモンストレーションを実施中。
4. クリーンであることが証明されたe-methane製造量やCO₂削減量、各プロセスにおけるCO₂発生量を見える化

e-methane 環境価値計測の取組み (MRV)

2023年2月11日(土) 8時11分現在



IHI
Realize your dreams