

発表No. B2-10

水素社会構築技術開発事業／地域水素利活用技術開発／  
豊富町未利用天然ガスを活用した地域CO<sub>2</sub>フリー水素  
サプライチェーンの構築

発表者名	西井菜々子(エア・ウォーター株式会社)
団体名	エア・ウォーター株式会社 戸田工業株式会社
発表日	2024年7月19日(金)

連絡先：エア・ウォーター株式会社  
西井菜々子  
E-mail：nishii-nnk@awi.co.jp

# 事業概要

## 1. 期間

開始 : 2023年8月  
終了(予定) : 2026年3月

## 2. 最終目標

- ◆ 豊富町の未利用天然ガスを用いて、メタン直接改質(DMR)法によりCO<sub>2</sub>フリー水素とカーボンナノチューブ(CNT)を併産
- ◆ CNTを高付加価値化することで、水素製造コスト30円/Nm<sup>3</sup>を達成
- ◆ 高压ガス保安法適用範囲外(1MPaG未満)のプロセスとし、有資格者の確保が不要な設備とする
- ◆ CO<sub>2</sub>フリー水素を近隣の食品工場や地域レジリエンス用途として自治体へ供給することで、地域脱炭素化を推進

## 3. 成果・進捗概要

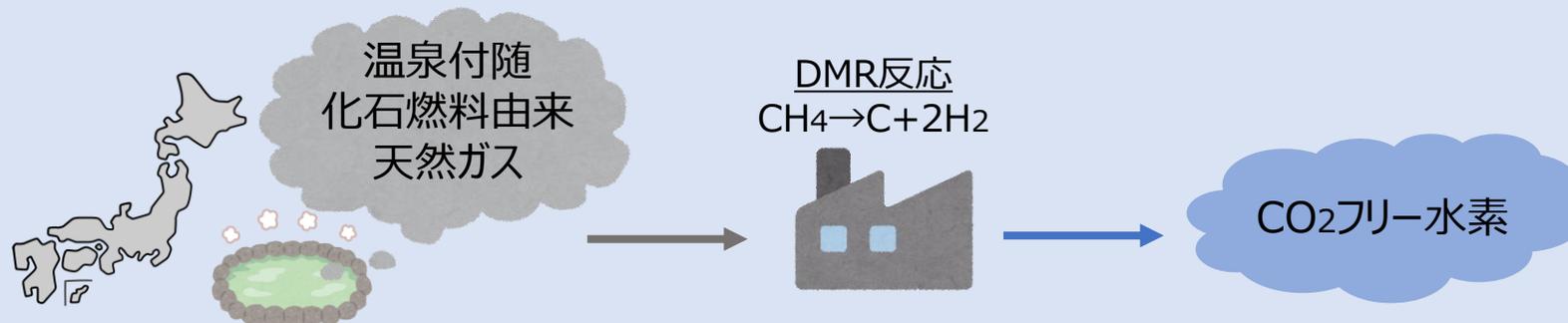
- ◆ DMR反応に適した天然ガスを得るための前処理装置の仕様や処理条件を明確化
- ◆ 水素生成効率が良く低コストな触媒(固溶法を用いたFe-Al複合物)の製造工程を最適化
- ◆ パイロットスケール連続式設備を用いて炉内構造を検討し精製水素濃度の向上・安定化の目処付完了
- ◆ 精製した水素の利用方法を検討し、水素を少量からでも利用可能となる水素・LNG混焼ボイラーとした
- ◆ 最適な水素利用先を調査・調整した結果、実証プラントの近郊に工場があり、さらに「サステナビリティ経営」を推進している雪印メグミルク株式会社の参画が決定
- ◆ CNTは、利用量が年間100t以上かつ受注確度の高い用途として、ガス吸収体の成形助剤としての適用試験を開始

# 1. 事業の位置付け・必要性

- ◆日本は、2020年10月に2050年カーボンニュートラルを目指すことを宣言  
化石燃料から脱却するために、直接的なGHG削減および燃料転換のほか、  
未利用資源を新たなエネルギーとして活用・循環することが必要
- ◆カーボンニュートラルの実現に必要なこと  
①未利用資源の利活用、②カーボンニュートラルエネルギーへの転換、③省エネルギー化

①②を両立する  
本提案

- ◆本事業の目的  
豊富町の未利用温泉付随天然ガスを有効活用し、DMR法により化石由来の天然ガスから直接CO<sub>2</sub>を排出させることなく安価で高純度なカーボンニュートラル水素(99.99%以上)を作り出し、  
近郊企業等へ提供することを主眼とした地域CO<sub>2</sub>フリー水素サプライチェーンを構築すること  
である

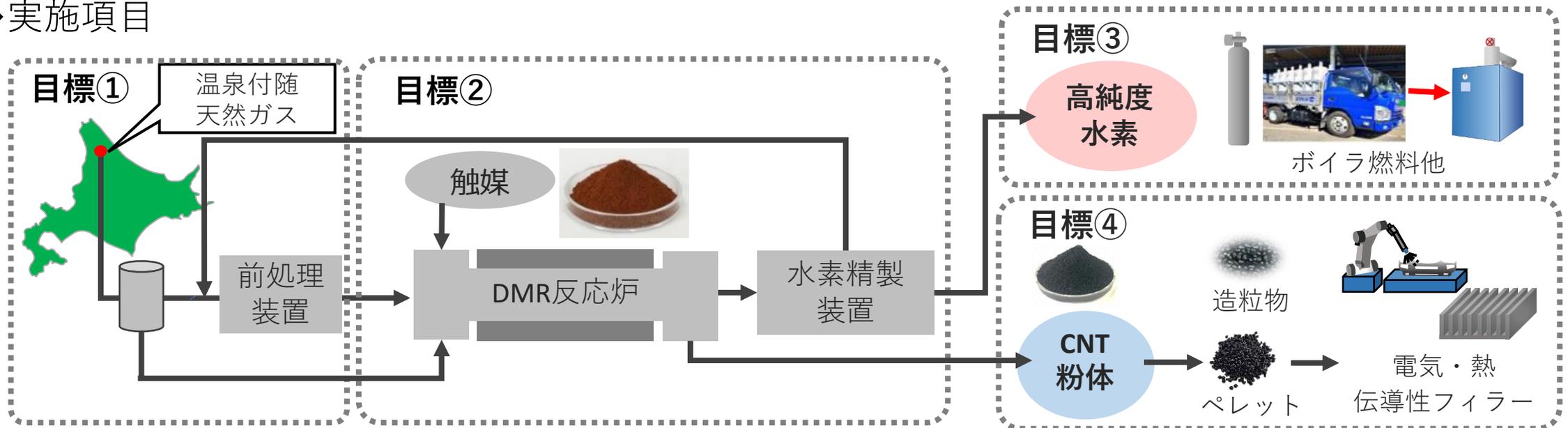


## 2. 研究開発マネジメントについて

### ◆研究開発目標

水素40Nm<sup>3</sup>/h,CNT100t/年の実証プラントを2025年から稼働し、実施項目の検証を行う

### ◆実施項目



<実施項目> DMR法に適した原料天然ガス調製システムの確立

目標①: DMR反応炉出口ガス中水素濃度70%以上かつCNT粉体抵抗 $0.020\Omega \cdot \text{cm}$ (at 1g/cc)以下

<実施項目> DMR法を用いた商用スケールプラントによる水素・CNT製造技術の確立

目標②: 製造コスト…水素30円/Nm<sup>3</sup>以下かつCNT1,000円/kg以下

<実施項目> 地域での水素サプライチェーンの構築(北海道内における水素貯蔵・輸送・供給システムの確立)

目標③: 水素供給実証…100Nm<sup>3</sup>/日

<実施項目> 副生成物CNT粉体の高付加価値化技術の確立と用途開発

目標④: CNT用途・顧客…年間100t以上

## 2. 研究開発マネジメントについて

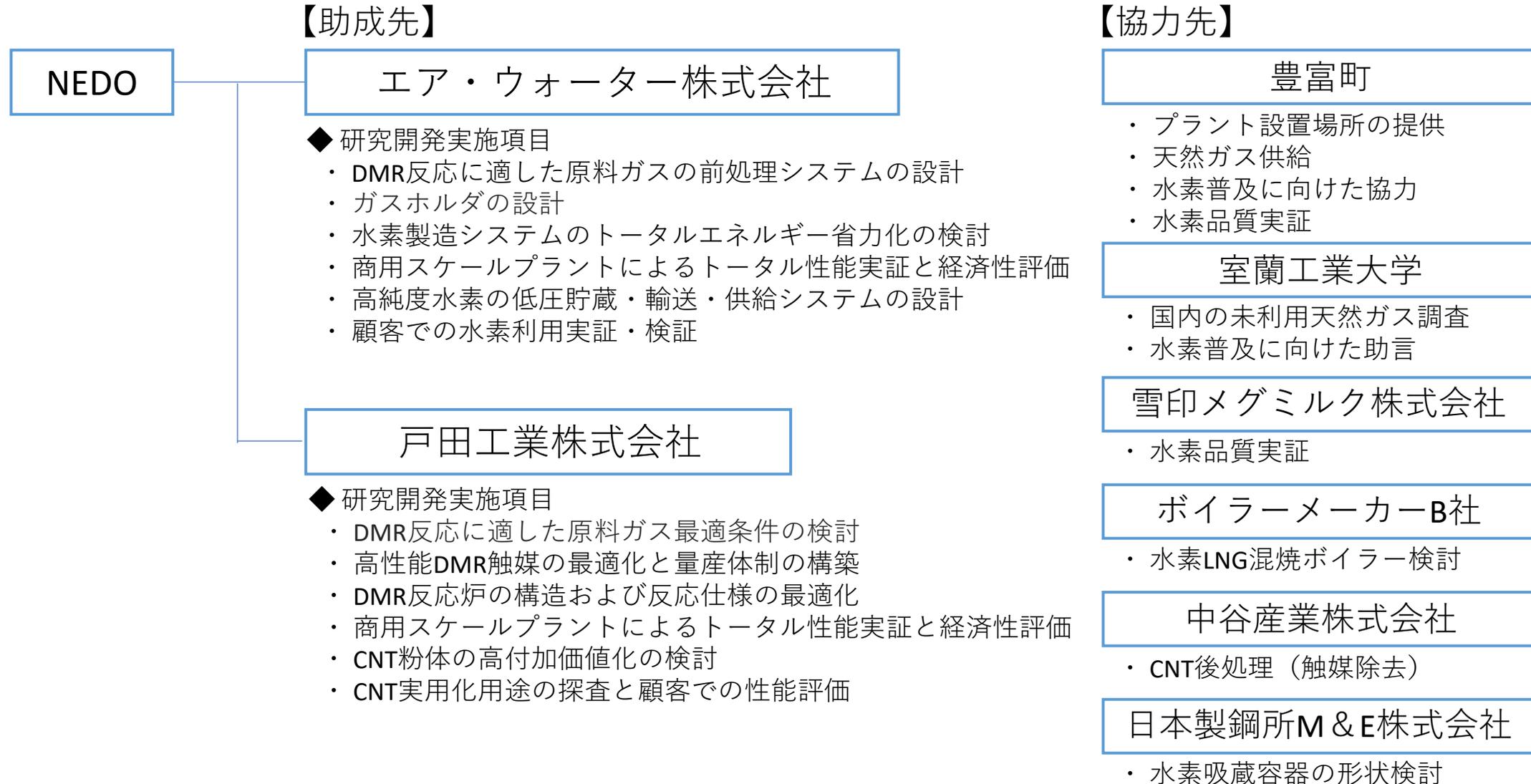
### ◆研究開発のスケジュール



2025年6月頃プラント稼働開始、2025年下期より水素供給開始予定

## 2. 研究開発マネジメントについて

### ◆ 研究開発の実施体制



# 3. 研究開発成果について

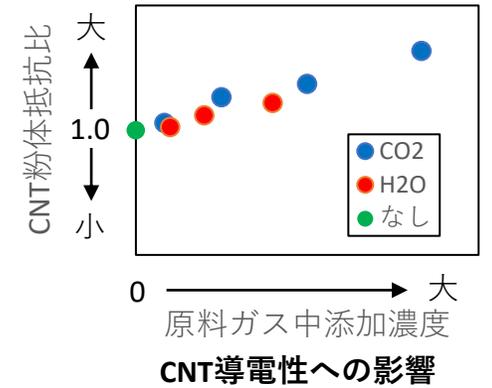
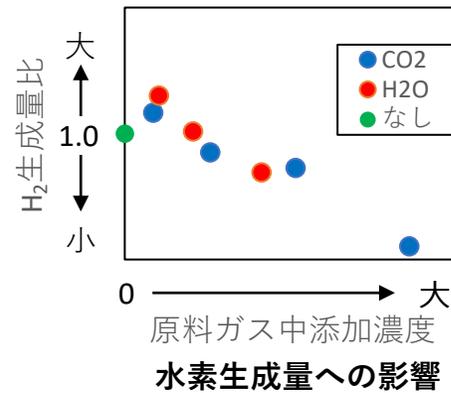
## ◆ 研究開発の進捗状況

<実施項目> DMR法に適した原料天然ガス調製システムの確立

目標①: DMR反応炉出口ガス中水素濃度70%以上かつCNT粉体抵抗 $0.020\Omega \cdot \text{cm}$ (at 1g/cc)以下

## ➤ 原料天然ガスの前処理方法の確立

- 水素生成量・CNT導電性が向上するCO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O濃度を調査  
⇒ターゲット濃度をH<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>ともに0.5%以下とする
- 対象ガスを除去する最適なプロセスを決定



**組成**

CH<sub>4</sub> : 89%  
 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> : 1%  
**CO<sub>2</sub> : 2%**  
**H<sub>2</sub>O : 7%**  
**硫黄分 : 約10ppm**  
 その他 : 1%

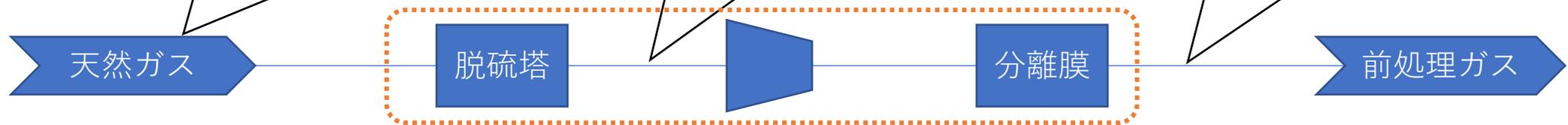
**圧力** 15kPaG  
**温度** 40°C

**組成**

CH<sub>4</sub> : 89%  
 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> : 1%  
**CO<sub>2</sub> : 2%**  
**H<sub>2</sub>O : 7%**  
**硫黄分 : 0ppm**  
 その他 : 1%

**組成**

CH<sub>4</sub> : 89%  
 C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> : 1%  
**CO<sub>2</sub> : 0.5%以下**  
**H<sub>2</sub>O : 0.5%以下**  
**硫黄分 : 0ppm**  
 その他 : 1%



前処理装置

# 3. 研究開発成果について

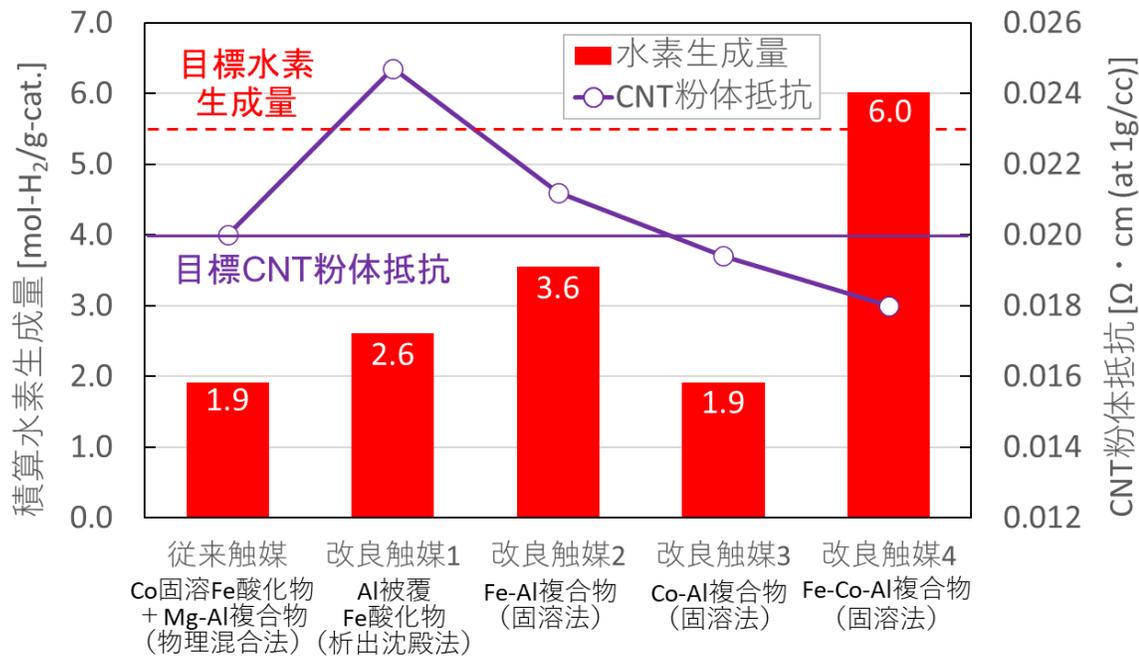
## ◆ 研究開発の進捗状況

<実施項目> DMR法を用いた商用スケールプラントによる水素・CNT製造技術の確立

目標②：製造コスト…水素30円/Nm<sup>3</sup>以下かつCNT1,000円/kg以下

## ➤ 小型バッチ式ロータリーキルンを用いた安価な高活性触媒の設計

各種触媒のDMR 反応時の積算水素生成量とCNT 粉体抵抗比較  
(2021~2022年度NEDO水素利用等先導研究開発事業成果)



<反応条件> 触媒量: 3.0g, 反応温度: 705°C, 反応時間: 4h,  
原料ガス(13A)流量; 2L/min

改良触媒2(Fe-Al複合物)の調製仕様の最適化結果

調製仕様・特性		見直し前	見直し後
湿式合成 条件	反応温度 [°C]	50	90
	Fe/Alモル比 [-]	50/50	60/40
	後処理(熱処理)	なし	あり
BET比表面積 [m <sup>2</sup> /g]		245	68
積算水素生成量* [mol/g-cat.]		2.8	4.6

\* 反応条件；触媒量: 3g, 反応温度: 705°C, 反応時間: 3h, 原料ガス(13A)流量: 2L/min

- 改良触媒2をより均一にFeとAlを分散させることで、シンタリング耐性を高めた低コストな高活性触媒を設計



**触媒活性(積算水素生成量)を約65%向上に成功**

### 3. 研究開発成果について

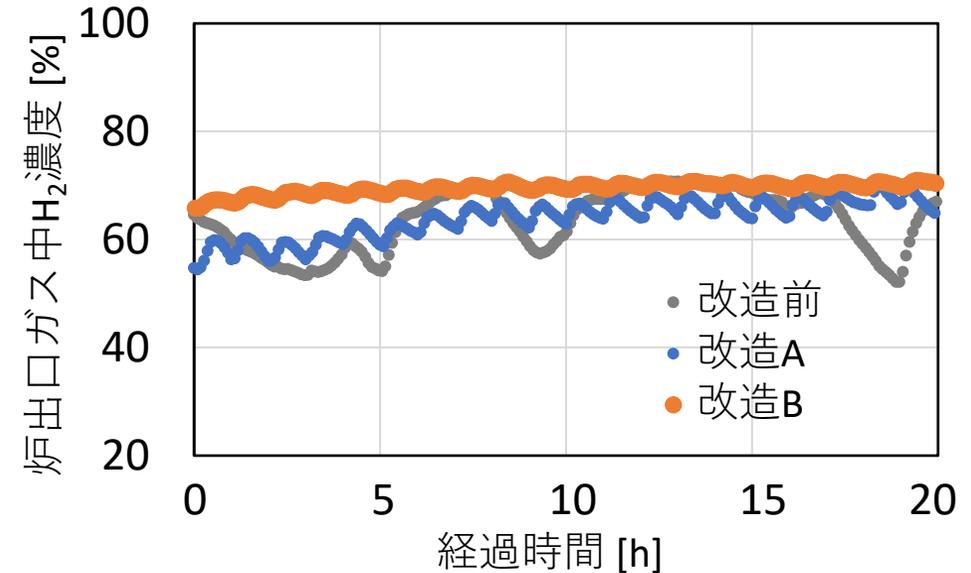
#### ◆ 研究開発の進捗状況

<実施項目> DMR法を用いた商用スケールプラントによる水素・CNT製造技術の確立

目標②：製造コスト…水素30円/Nm<sup>3</sup>以下かつCNT1,000円/kg以下

#### ▶ パイロットスケール連続式ロータリーキルンの炉内構造改造による水素濃度の向上と安定化

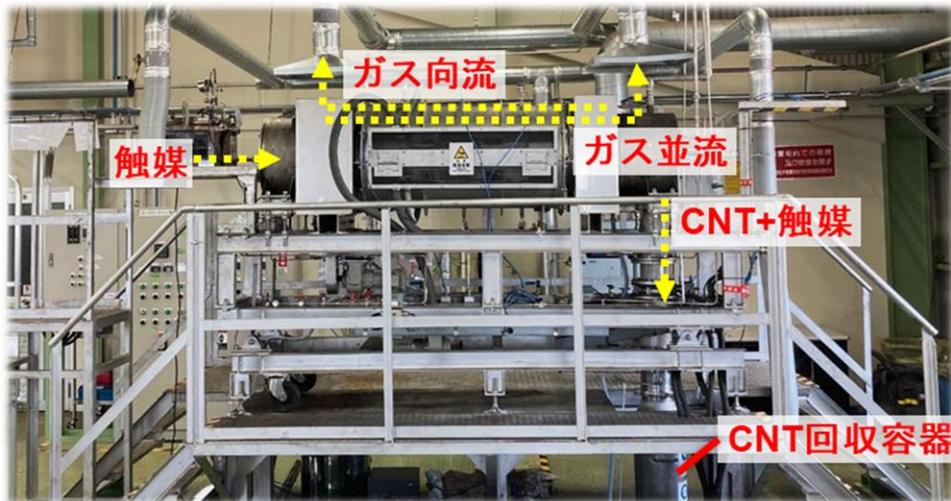
	改造前	改造A	改造B
炉内構造物	①螺旋状ヘリカル+掻き揚げフライト ②熱電対用管	なし	①螺旋状ヘリカル+掻き揚げフライト



<反応条件> 使用触媒: 改良触媒4, 原料ガス: LNG, 反応温度: 730°C,  
原料ガス流向: 向流, 原料ガス/触媒比: 20~24 L/g

- 改造A(炉内構造物を無くす)により水素濃度が安定
- 改造B(ヘリカル・フライトの設置)により、高い水素濃度で安定化する傾向あり

→ヘリカル・フライトの優位性および付着対策の重要性を確認



# 3. 研究開発成果について

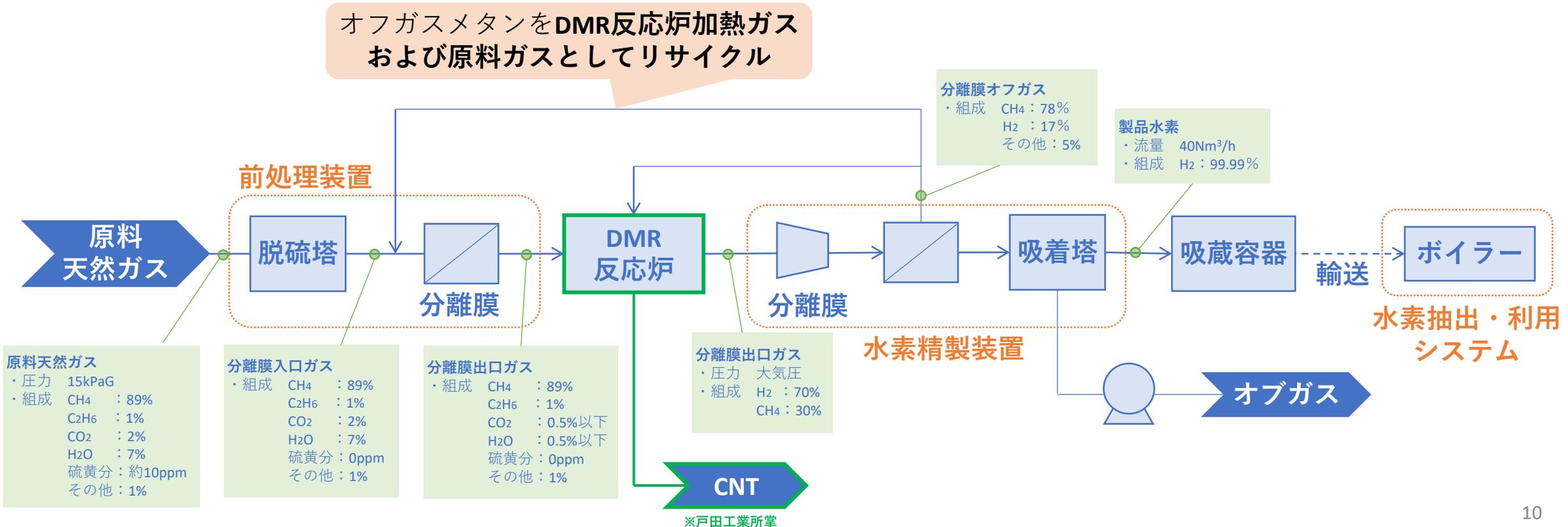
## ◆ 研究開発の進捗状況

<実施項目> DMR法を用いた商用スケールプラントによる水素・CNT製造技術の確立

目標②：製造コスト…水素30円/Nm<sup>3</sup>以下かつCNT1,000円/kg以下

### ➤ 水素精製装置の最適化

- DMR反応炉ガス中の水素を99.99%まで精製するプロセスを決定
- オフガスメタンをリサイクルプロセスを決定



### 3. 研究開発成果について

#### ◆研究開発の進捗状況

<実施項目> 地域での水素サプライチェーンの構築（北海道内における水素貯蔵・輸送・供給システムの確立）

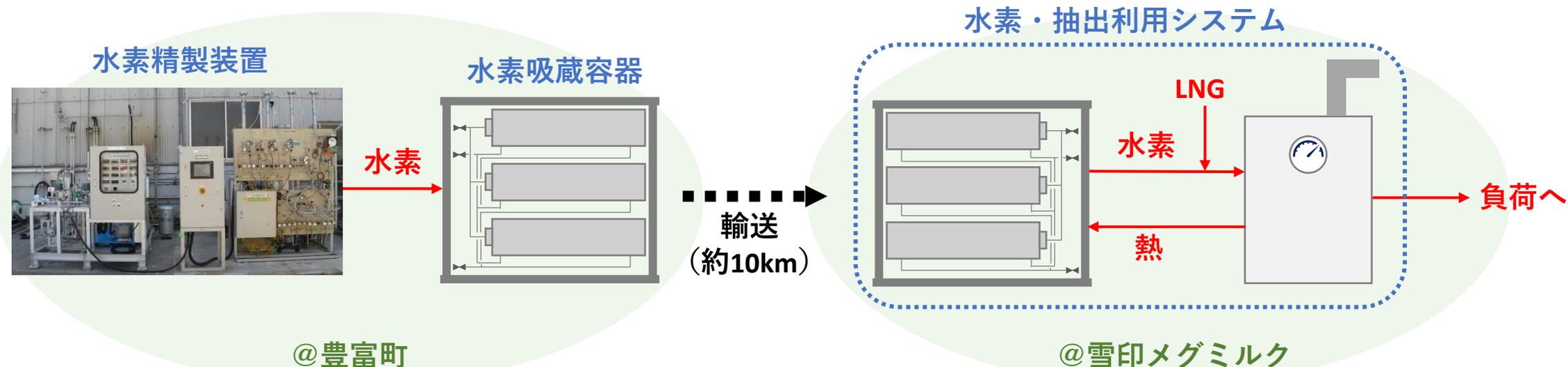
目標③：水素供給実証…100Nm<sup>3</sup>/日

#### ➤ 水素供給先の調査

- 雪印メグミルク株式会社が、協力先としてボイラーを用いた水素品質実証に向けた検討を行うことに決定

#### ➤ 水素利用システムの検討

- 水素利用実証は、水素ボイラーを用いたLNGと水素の混焼とする
- 水素利用システムは、熱交換器のみで水素を抽出可能となるボイラーの熱を利用したシステムとする
- 水素吸蔵容器は、高圧ガス保安法適用範囲外かつ輸送可能となる、水素吸蔵合金を用いた容器とする



### 3. 研究開発成果について

#### ◆ 研究開発の進捗状況

<実施項目> 副生成物CNT粉体の高付加価値化技術の確立と用途開発

目標④：CNT用途・顧客…年間100t以上

#### ➤ CNT用途開発状況

No.	用途	要求品質	受注期待数量 (t/年)	目標上市時期	サンプルワーク状況	受注確度
1	成形助剤 (補強材料)	・ 易分散性 ・ 耐水性・耐熱性 ・ 高強度	50～100	2027年	・ ガス吸収材の成形助剤としてCNT利用を検討中。開発段階で評価良好を確認。 ・ 2024年度に製品化段階へ移行。	◎
2	ゴム充填剤 (補強材料)	・ ゴム親和性 ・ 高強度	100以上	2030年	・ 開発段階で顧客による初期評価中。	△
3	LiB導電助剤 (高導電材料)	・ 高導電性(粉体抵抗 0.020Ω・cm以下) ・ 高純度(Fe10ppm以下)	100以上	2030年	・ 開発段階で顧客による次世代電池評価中。	△
4	導電性樹脂 (高導電材料)	・ 高導電性(粉体抵抗0.020Ω・cm以下) ・ 易分散性	0.5～30	2026年	・ 社内評価で、KB同等以上を確認済。 ・ 開発段階で顧客による初期評価確認済。 ・ 易分散造粒方法の検討中。	○
5	熱伝導材 (高熱伝導性材料)	・ 高導電性(粉体抵抗 0.020Ω・cm以下) ・ 易分散性	0.5～5	2028年	・ 開発段階で初期評価良好を確認。 ・ 更なる性能改善検討を実施し、評価中。	○

● 年間100t以上が見込める用途と顧客の探索を実施中

● 現時点で最も受注確度の高い用途としては成形助剤（補強材料）が挙げられる

水蒸気を含む排ガス中の特定成分を高効率で吸収・脱離可能なガス吸収材粉体に配合・成形することで、耐水性および強度が向上する

# 3. 研究開発成果について

## ◆ 研究開発の成果と意義

- 貴重な未利用国産資源をDMR法によって、CO<sub>2</sub>フリー水素に変換し、持続可能な地域CO<sub>2</sub>フリー水素サプライチェーンを構築する
- 豊富町の発展と脱炭素社会の実現に貢献する
- これまで放散していたメタンを活用することで、地球温暖化抑制に繋がる
- エネルギー政策目標である2030年水素供給コスト30円/Nm<sup>3</sup>、導入量300万t達成の一翼を担う

## ◆ 特許や論文、学会発表、広報等の取り組み

### ▶ 特許出願

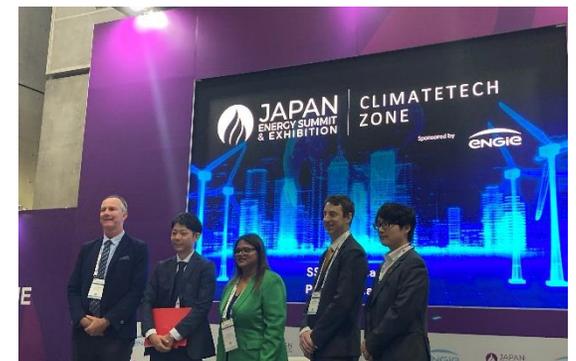
1件出願中

### ▶ 学会発表・雑誌投稿

発表者	所属	タイトル	雑誌名・学会名・イベント名等	発表年月
山根一真	戸田工業(株)	メタン直接改質法による鉄系触媒を用いた高効率水素製造システムの研究開発	PETROTECH (石油学会誌)	2024年4月

### ▶ 公報

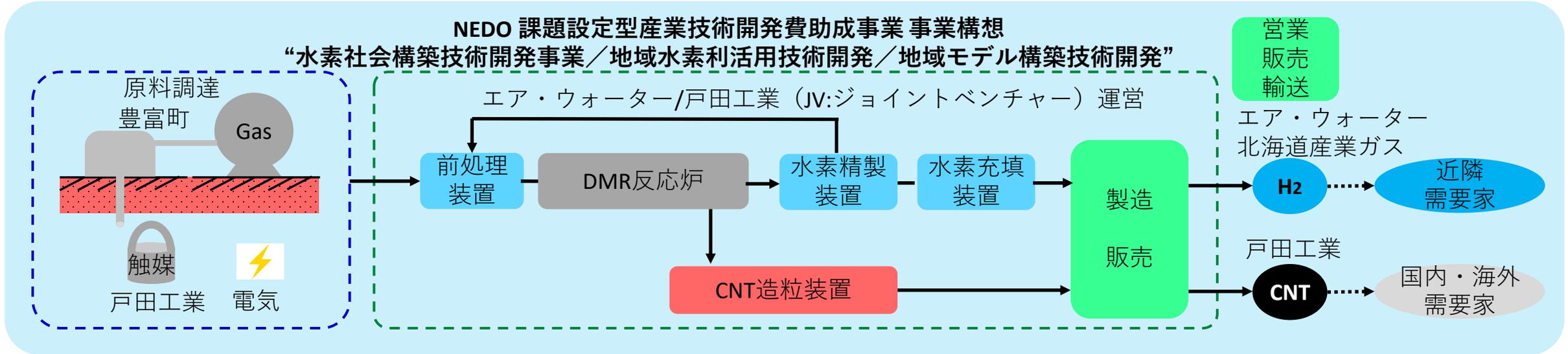
- NEDO水素社会構築技術開発事業採択に関するプレスリリース (2023.8.8, エア・ウォーター, 戸田工業)
- 水素利用実証に関するプレスリリース (2023.12.21, エア・ウォーター, 雪印メグミルク)
- nanotech2024におけるDMR技術の紹介パネル展示 (2024.1.31~2.2, 戸田工業)
- Japan Energy Summit (2024.6.4, エア・ウォーター)



Japan Energy Summitの発表者

## 4. 今後の見通しについて

### ◆ 実用化・事業化のイメージ



### ◆ 実用化・事業化に対する今後の課題と対応方針

- 豊富町周辺地域での需要拡大、および天然ガスが自噴する他の地域(海外含め)への展開可能性の検討
- 水素吸蔵合金の有効性(耐久性、コスト、効率等)の評価
- CNTの用途拡大、販売量確保およびデリバリーコストの検討
- 水素の将来的見通しおよびCNTの販売も含めた採算性の検討

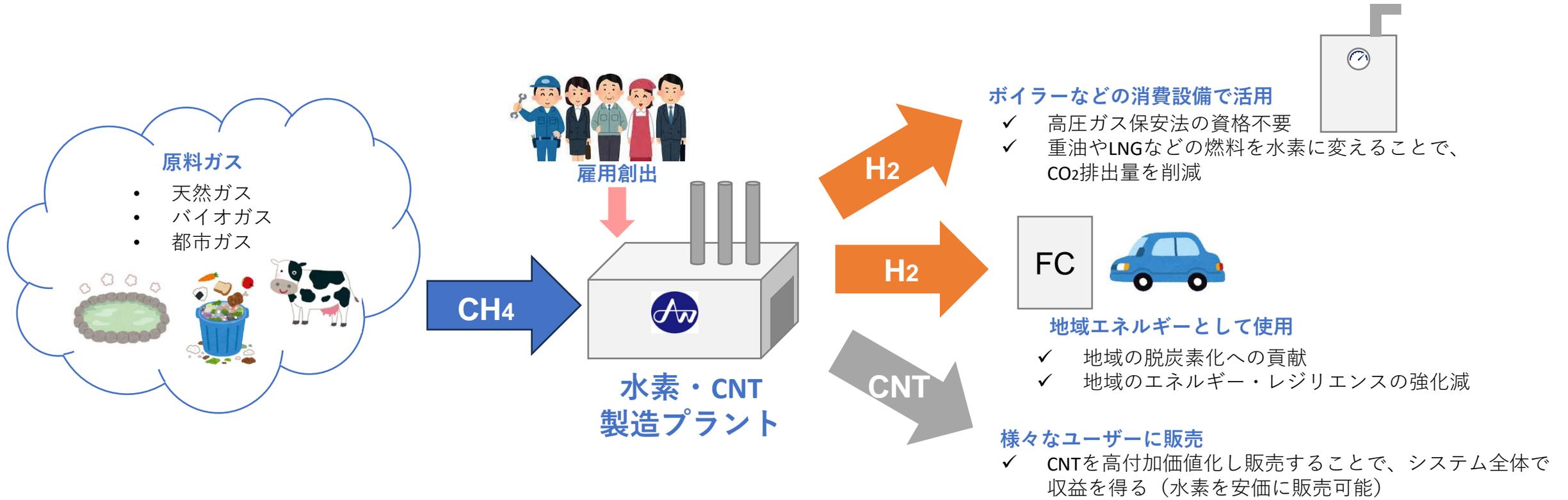
### ◆ 実用化・事業化計画

- 2023～2025年度
- ・ 商用スケール実証プラント（水素2～3万Nm<sup>3</sup>/月、CNT 8～12t/月）の設計・製作および実証検討  
※上記課題の解決および水素・CNTサプライチェーンの構築
- 2026年度～
- ・ 上記実証プラントの商用稼働
  - ・ 商用初号機（生産能力：水素11万Nm<sup>3</sup>/月、CNT 45t/月）の設計・製作の実施

## 4. 今後の見通しについて

### ◆社会的な効果

- 豊富町では、貴重な地域資源である天然ガスの活用に向けて、温泉施設への供給やコージェネレーションシステムの導入などに取り組んできたが、未だ一部の利用に留まっている
- 豊富町の天然ガスは、貴重な観光資源である「豊富温泉」の付随ガスであり、その利活用は環境負荷低減だけでなく、持続可能な観光事業という観点からも求められている



地域CO<sub>2</sub>フリー水素サプライチェーンを構築することで、国産資源の利活用・地域産業の活性化・雇用創出に貢献する