

「カーボンニュートラル達成に向けた 新たなCO₂分離回収技術開発への取り組み」

2022年12月7日

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)

化学研究グループ

余語 克則



- RITEのこれまでのCO₂分離回収技術開発状況
(分離膜、固体吸収材)
- グリーン成長戦略とグリーンイノベーション基金事業
でのRITEの新たな取り組み
- カーボンニュートラルの達成に向けた海外のDAC
(Direct Air Capture)技術開発の動向とムーンショット
事業でのRITEの取り組み
- まとめ

RITEにおけるCO₂分離回収技術の研究開発

2000

2005

2010

2015

2020

2025

2030

高压ガス
(2.4MPa)

分離膜

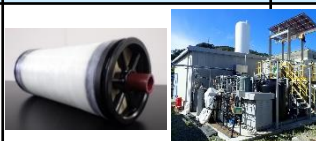
ポリイミド膜
(常圧用)



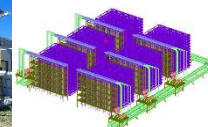
膜材料開発



膜組成・製膜法



エレメント化・実ガス試験



大規模化、システム検討

分子ゲート機能
CO₂分離膜の
技術研究開発

二酸化炭素
分離膜モジュ
ール研究開発
事業

二酸化炭素分離膜
モジュール実用化
研究開発

二酸化炭素
分離膜システム
実用化研究開発

IGCC

用途展開
(水素製造
プラント等)

高炉ガス
(22%-CO₂)

アミン吸収液



1 ton-CO₂/day

COCS

COURSE50



30 ton-CO₂/day

ESCAP®
(室蘭)



ESCAP®
(新居浜)



(熱風炉排ガス)

(石炭火力燃焼排ガス)

Phase I STEP1

Phase I STEP2

Phase II

GI基金

産業利用

高性能化

燃焼排ガ
ス
(13%-CO₂)

固体吸収材



~3 kg-CO₂/day

(ラボ試験@RITE)

二酸化炭素
固体吸収材等
研究開発事業



5 t-CO₂/day

(ベンチスケール試験@KHI)

先進的二酸化
炭素固体吸収材
実用化研究開発



40 ton-CO₂/day

(パイロットスケール試験@発電所)

先進的二酸化
炭素固体吸収材
の石炭燃焼排ガス
適用性研究

大規模化

大気
(400ppm)
固体吸収材

基礎検討開始

ムーンショット型
研究開発事業

パイロット
試験

RITEにおけるCO₂分離・回収技術開発(国プロ)

技術	適用先	CO ₂ 濃度	事業名	体制	期間 (現行Phase)
分離膜	IGCC ブルー水素・ アンモニア製 造	40% (~3MPa)	カーボンリサイクル・次世代火力発電事業/CO ₂ 分離回収技術の研究開発/二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発/高性能CO ₂ 分離膜モジュールを用いたCO ₂ -H ₂ 膜分離システムの研究開発	NEDO事業 ・MGM技術 研究組合	2021~ (2022~名 称変更)
吸収液	高炉ガス	22%	グリーンイノベーション基金事業/製鉄プロセスにおける水素活用プロジェクト/高炉を用いた水素還元技術の開発/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/C-2: CO ₂ の分離・回収技術	NEDO事業 ・日本製鉄 ・RITE	2021~
固体吸 収材	発電所 (石炭火力)	13%	カーボンリサイクル・次世代火力発電事業/CO ₂ 分離回収技術の研究開発/先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究	NEDO事業 ・KHI ・RITE、 ・名古屋大	2020~ (2022~名 称変更)
固体吸 収材	大気	400 ppm	ムーンショット型研究開発事業/地球環境球再生に向けた持続可能な資源循環を実現/大気中からの高効率CO ₂ 分離回収・炭素循環技術の開発	NEDO事業 ・金沢大 ・RITE ・MHIエンジ	2020~
固体吸 収材	天然ガス火 力	3~5%	グリーンイノベーション基金事業/CO ₂ の分離回収等技術開発/低圧・低濃度CO ₂ 分離回収の低コスト化技術開発・実証/天然ガス火力発電排ガスからの大規模CO ₂ 分離回収技術開発・実証/天然ガス燃焼排ガスからの低コストCO ₂ 分離・回収プロセス商用化の実現	NEDO事業 ・千代田化工 建設 ・JERA ・RITE	2022~
吸収液 吸着剤 分離膜	各種燃焼排 ガス	10%以下	グリーンイノベーション基金事業/CO ₂ の分離回収等技術開発/低圧・低濃度CO ₂ 分離回収の低コスト化技術開発・実証/CO ₂ 分離素材の標準評価共通基盤の確立	NEDO事業 ・産総研 ・RITE	2022~

カーボンリサイクル・次世代火力発電事業： 高性能CO₂分離膜モジュールを用いたCO₂-H₂膜分離システムの研究開発

〈概要〉

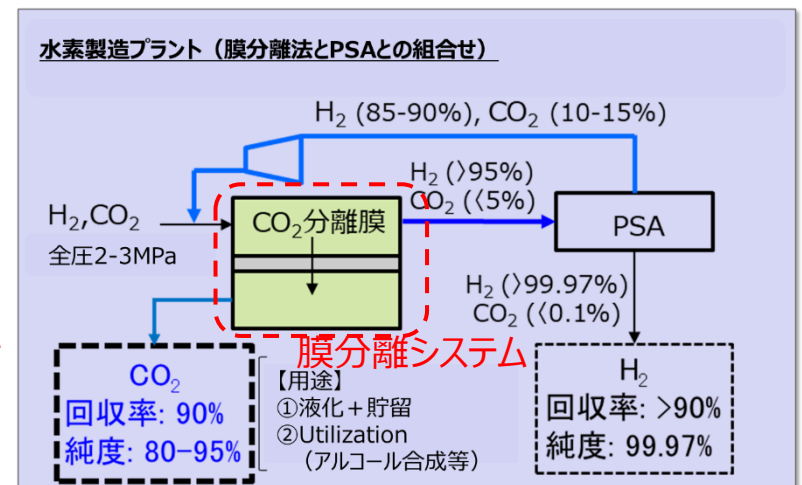
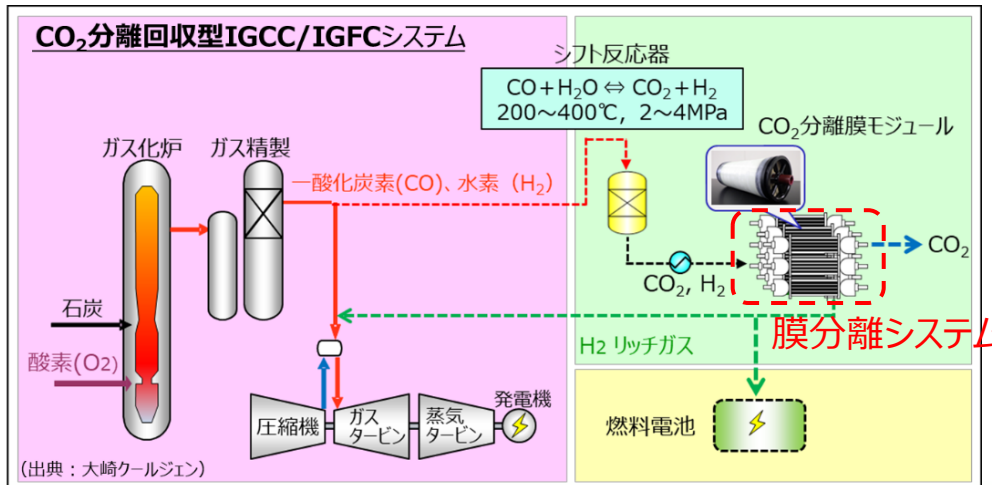
・高圧ガスからCO₂を分離・回収するのに有効な分離膜技術(分子ゲート膜：
高密度のアミノ基を有する dendrimer を用いた高性能CO₂分離膜材料)を用いた、
膜モジュールおよび膜分離システムの実用化研究

〈適用先〉

- ①IGCC (CO₂/H₂分離) 「火力発電、工程ガス、CO₂濃度が10%を超えるガス」
- ②水素製造プラント (CO₂/H₂分離) 「化学産業、工程ガス、CO₂濃度が10%を超えるガス」

〈用途〉

- ①液化+貯留
- ②Utilization (アルコール合成等)

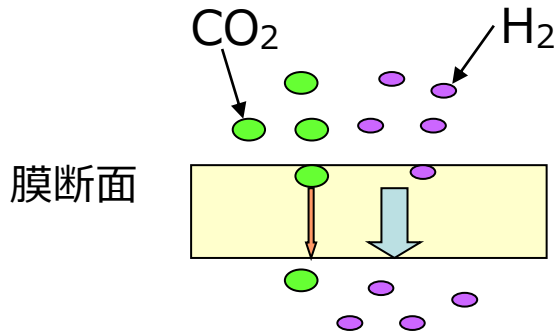


適用先①: CO₂分離回収型IGCCシステム

適用先②: 水素製造プラント

分離膜(分子ゲート膜)について

<従来のCO₂分離膜>



H₂に対するCO₂選択透過性
(分離係数: α)
 $\alpha < 1$ (分子ふるい性膜)
 ~ 10 (溶解選択性膜)

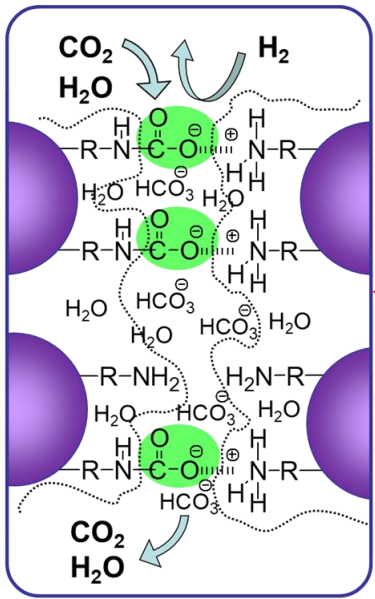
分子サイズ(nm)

H ₂	CO ₂	N ₂	CH ₄
0.29	0.33	0.36	0.38

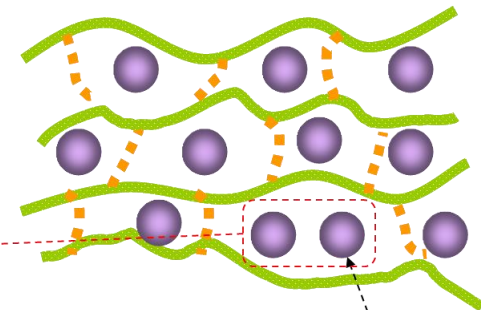
低いCO₂/H₂選択性⇒適用困難

<分子ゲート膜(保有技術)>

H₂の透過を阻害し、CO₂を選択的に透過する機能膜



● カルバメートによる擬似架橋
 HCO₃[⊖] 重炭酸イオン



〜 PVA
 ... 架橋剤

ポリビニルアルコール(PVA)系
高分子マトリクス(網目構造)

デンドリマー

- ・膜構造の保持(補強)
- ・デンドリマーの固定化

※高圧条件での吸水性維持のためカルボキシル基導入

- ・分離性能発現(分子ゲート)

※分離性能向上のため炭酸塩(炭酸セシウム)添加

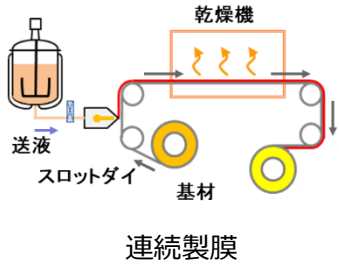
高いCO₂/H₂選択性 + 高い耐圧性
 ⇒ 高圧ガス (IGCC、水素製造) からの分離に
 適している。

分離膜技術の研究開発の流れと事業の範囲

前事業

要素技術開発

- ①膜材料開発
- ②エレメント作製技術開発



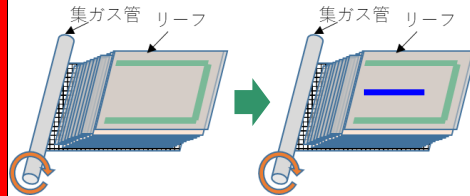
膜エレメント

- 連続製膜技術
- 膜エレメント製作技術
- 膜素材開発

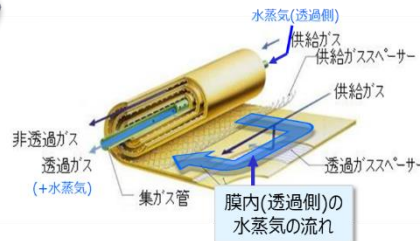
現行事業の範囲

製造技術開発

- ①CO₂分離性能・耐久性向上
- ②スケールアップ



エレメント構造改良

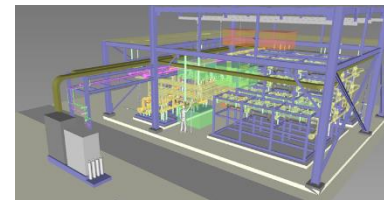


スweep式膜エレメント

- エレメント構造の改良 (スweep式)
- 膜組成最適化



膜モジュール (膜エレメント+収納容器)



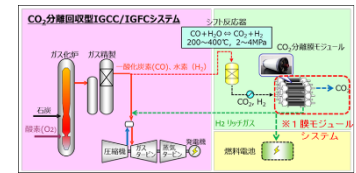
システム検討

- 幅広連続製膜
- 膜モジュール※のスケールアップ
- CO₂排出源および用途に適した膜分離システムの基本設計

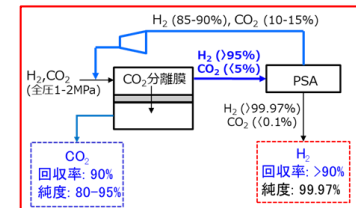
計画中

実証・実用化

- 膜分離システムの実証・実用化



IGCC

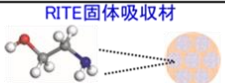
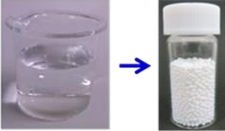





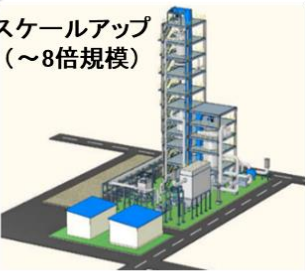


水素製造プラント

- 実機膜モジュール、システムの製造
- 実ガス性能評価、システム検証

カーボンリサイクル・次世代火力発電事業： 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究

【目的】 固体吸収材の性能向上及び大量製造技術、プロセス検討を可能とするCO₂分離・回収各工程のシミュレーション技術等、CO₂固体吸収法に関する基盤技術の開発

	(基盤技術開発)	(実用化研究)	(スケールアップ・実ガス試験)
項目	FY2010～FY2014	FY2015～FY2019	FY2020～FY2024
材料開発	<p>RITE固体吸収材</p>  <p>革新的な省エネ型 CO₂回収を可能に</p>  <p>(～1L)</p>	 <p>アミン合成設備</p>  <p>担体 ベンチ試験用材料搬入</p> <p>(～15m³)</p>	 <p>倉庫保管</p> <p>(100m³～)</p>
システム開発	 <p>RITE固体吸収材</p> <p>(ラボスケール：～3kg/day)</p>	 <p>(ベンチスケール：5t/day)</p>	<p>スケールアップ (～8倍規模)</p>  <p>(パイロットスケール：40 t/day)</p>
内容	固定層基礎試験 基本データ・特許取得	移動層適用検討 効率改善	移動層実ガス試験 (石炭火力発電所)

【これまでの成果と今後の予定】

- ▶ パイロットスケール試験(2023～2024年度)に向け、100m³スケールで固体吸収材の製造を実施
 - ▶ 材料改良検討(特許2件出願)、シミュレーターの精度向上及び効率的な運転プロセスの検討を実施
- ⇒ 今後、パイロットスケール試験用材料の製造を完了し、実用化に向けて製造プロセスの最適化検討を実施

CCUS研究開発・実証関連事業： 先進的二酸化炭素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究

～FY2019（基盤技術開発）

FY2020

FY2021

FY2022

FY2023

FY2024



ベンチスケール試験
(～5 t/day)



改造・効率改善



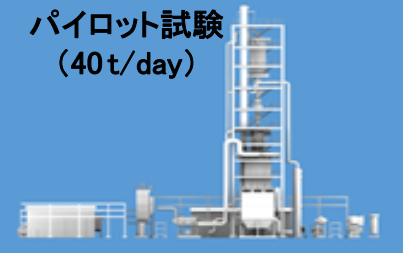
ラボスケール試験
(～3 kg/day)

パイロット試験設備詳細設計

パイロット試験設備製作

★
7月着工

パイロット試験
(40t/day)



実ガス試験・プロセス評価

撤去

材料開発

性能向上のための材料改良

材料の評価・改良

試験用材料提供

製造プロセスの最適化
試験用材料製造

材料製造方法の改良・技術確立
サプライチェーン構築

プロセス開発

シミュレーターの高精度化と最適運転プロセスの検討

シミュレーターの改良

使用環境等に応じた性能予測

グリーンイノベーション基金事業の基本方針(概要)

経済産業省は、基金事業における支援対象、成果を最大化するための仕組み及び実施体制等、**各研究開発分野に共通して適用する事業実施に係る方針を「基本方針」として定める**。事業の進捗を踏まえ、**基本方針の内容は柔軟に見直す**。

1 目的・概要

2050年カーボンニュートラルの実現に向け、**NEDOに2兆円の基金を**造成し、**野心的な目標にコミットする企業等**に対して、**10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援**

2 目標

(プロジェクト単位)
野心的な2030年目標
(性能、コスト等)

基金事業全体で横断的に

・国際競争力
・実用化段階(TRL等)
・民間投資誘発額
等の指標をモニタリング

- CO₂削減効果
- 経済波及効果

3 支援対象

グリーン成長戦略において実行計画を策定している重点分野であり、**政策効果が大きく、社会実装までを見据えて長期間の継続支援が必要な領域に重点化**して支援

- ✓ 従来の研究開発プロジェクトの平均規模(200億円)以上を目安
- ✓ 国による支援が短期間で十分なプロジェクトは対象外
- ✓ 社会実装までを担える、企業等の収益事業を行う者を主な実施主体(中小・ベンチャー企業の参画を促進、大学・研究機関の参画も想定)
- ✓ 国が委託するに足る革新的・基盤的な研究開発要素を含むことが必要

4 成果最大化に向けた仕組み

研究開発の成果を着実に社会実装へ繋げるため、**企業等の経営者に対して、長期的な経営課題として粘り強く取り組むことへのコミットメント**を求める

(企業等の経営者に求める取組)

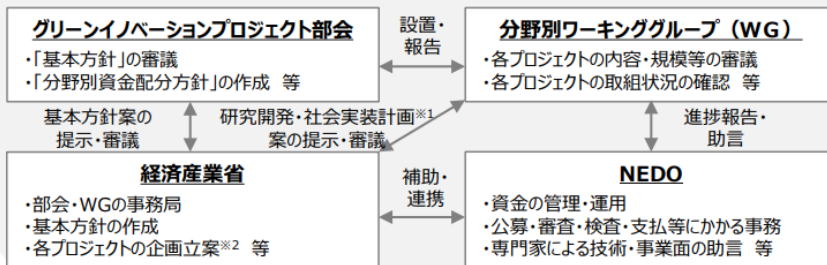
- ・応募時の長期事業戦略ビジョンの提出
- ・経営者によるWGへの出席・説明
- ・取組状況を示すマネジメントシートの提出

(コミットメントを高める仕組みの導入)

- ①取組状況が不十分な場合の事業中止・委託費の一部返還等
- ②目標の達成度に応じて国がより多く負担できる制度(インセンティブ措置)の導入

5 実施体制

外部専門家の知見も取り入れ、関係機関が緊密に連携した、**透明性・実効性の高いガバナンス体制**を構築



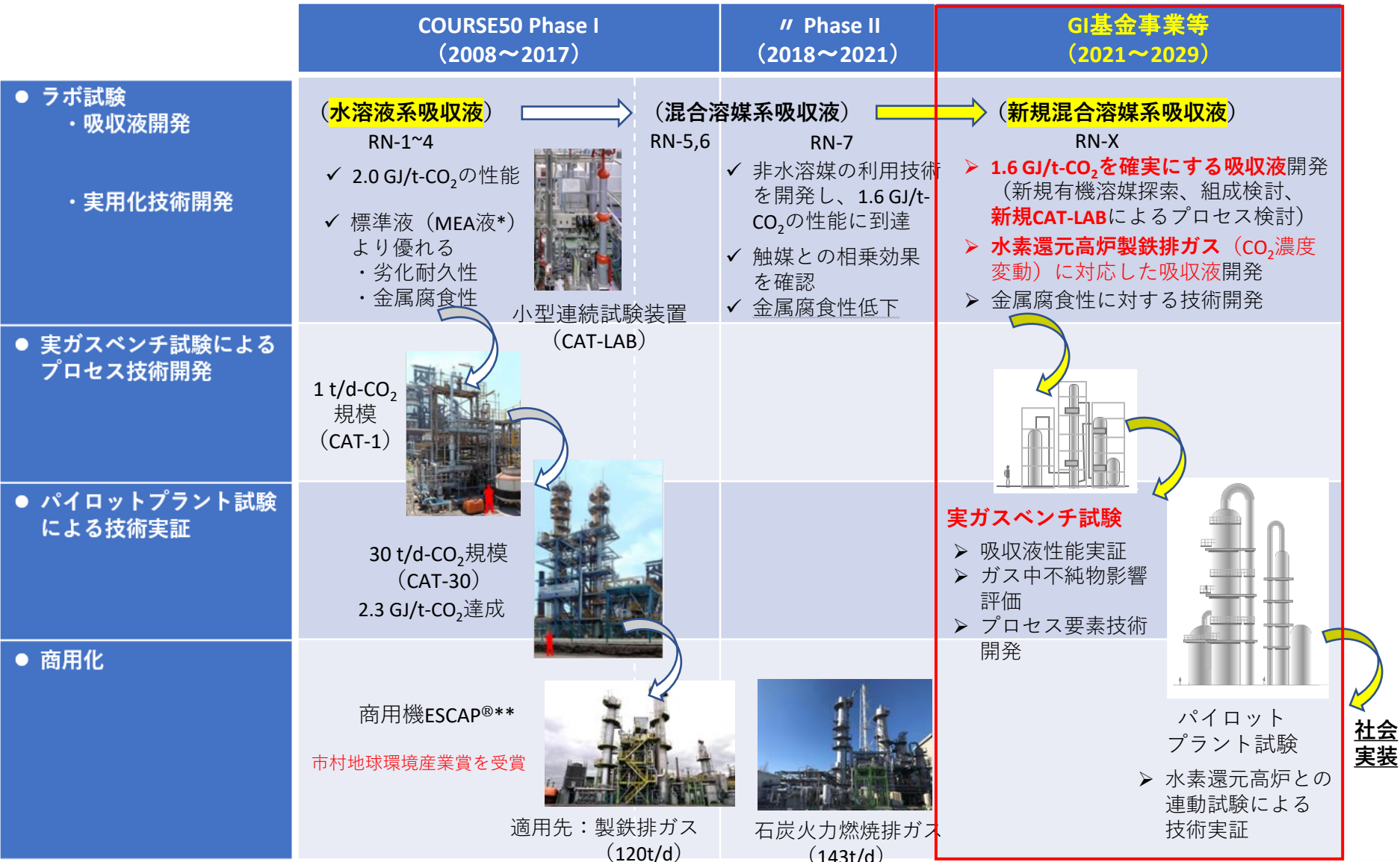
*1 プロジェクトの2030年目標・研究開発項目・対象技術の成熟度 (TRL等) ・予算規模等を記載した計画書 (素案をWGで審議)

*2 関係省庁のプロジェクト担当課室も含む

6 事業の流れ



高性能吸収液の開発



* MEA液：モノエタノールアミン水溶液
** ESCAP®：日鉄エンジニアリング株の省エネ型CO₂回収設備

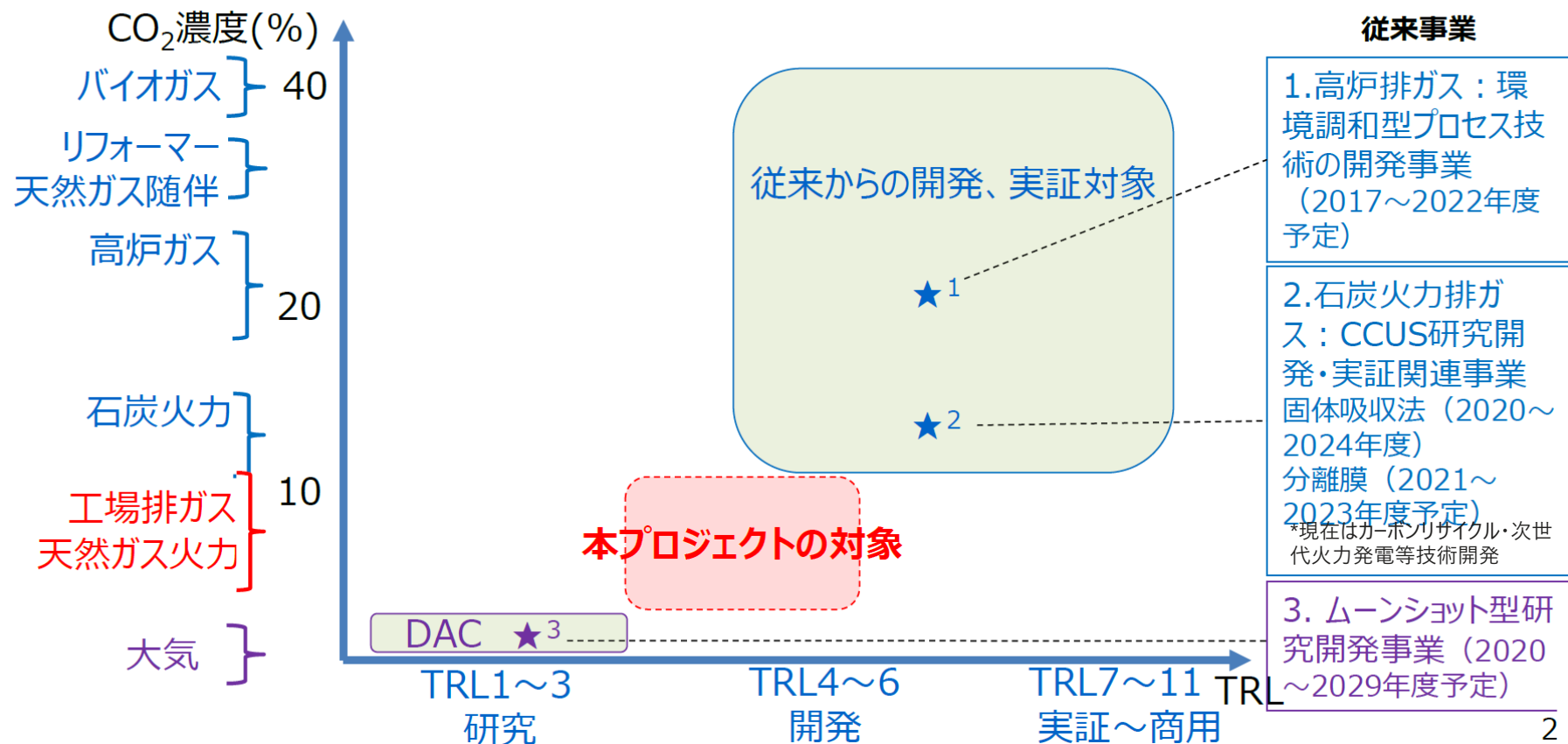
グリーンイノベーション基金事業 ／CO₂の分離回収等技術開発プロジェクト

【研究開発項目】 低圧・低濃度CO₂分離回収の低コスト化技術開発・実証

	採択テーマ	実施者(*幹事企業)	開発内容	適用先
研究開発内容① 天然ガス火力発電排ガスからの大規模CO₂分離回収技術開発・実証				
1.	天然ガス燃焼排ガスからの低コストCO ₂ 分離・回収プロセス商用化の実現	<ul style="list-style-type: none"> 千代田化工建設株式会社* 株式会社 JERA 公益財団法人地球環境産業技術研究機構 	固体吸収材	<ul style="list-style-type: none"> 天然ガス火力発電
研究開発内容② 工場排ガス等からの中小規模CO₂分離回収技術開発・実証				
2.	工場排ガス等からの中小規模CO ₂ 分離回収技術開発・実証	<ul style="list-style-type: none"> 株式会社デンソー 	電界式CO ₂ 回収技術 (電圧印加による吸脱着)	<ul style="list-style-type: none"> 工業炉
3.	革新的分離剤による低濃度CO ₂ 分離システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> 昭和電工株式会社* 日本製鉄株式会社 	柔軟型PCP (多孔性配位高分子, MOF)	<ul style="list-style-type: none"> 鉄鋼 石油化学
4.	分離膜を用いた工場排ガス等からのCO ₂ 分離回収システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> 住友化学株式会社* 株式会社 OYOYO (ウーユー) 	CO ₂ 分離膜	<ul style="list-style-type: none"> 工場排ガス
5.	Na-Fe 系酸化物による革新的CO ₂ 分離回収技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> エア・ウォーター株式会社* 戸田工業株式会社 国立大学法人 埼玉大学 	Na-Fe系酸化物	<ul style="list-style-type: none"> 工場排ガス (ボイラー等)
6.	LNG未利用冷熱を活用したCO ₂ 分離回収技術開発・実証	<ul style="list-style-type: none"> 東邦瓦斯株式会社* 国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 	Cryo-Capture® (化学吸収法と冷熱利用技術)	<ul style="list-style-type: none"> 工場排ガス (ガスエンジン等)
研究開発内容③ CO₂分離素材の標準評価共通基盤の確立				
7.	CO ₂ 分離素材の標準評価共通基盤の確立	<ul style="list-style-type: none"> 国立研究開発法人 産業技術総合研究所* 公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 	CO ₂ 分離素材性能や耐久性の標準評価法	<ul style="list-style-type: none"> 低圧・低濃度CO₂ガス

CO₂分離回収技術開発を行うグリーンイノベーション基金プロジェクトと既存事業との関係性

- 高炉ガス、石炭火力排ガス等の高濃度CO₂排ガスに対しては研究開発が進み、実証(TRL7)～商用(TRL9)のフェーズ。
- 一方で、天然ガス火力、工場排ガス等の～~~10%以下の低濃度排ガス~~に対する低コストなCO₂分離回収技術は開発レベルにあり（TRL4程度）、社会実装に向けては研究開発が必要。



天然ガス燃焼排ガスからの低コストCO₂分離・回収プロセス商用化の実現

事業の目的・概要

- (1) 天然ガス利用のカーボンニュートラル化に向けて、ガスタービン排ガスからの低濃度CO₂分離回収コストの低減を実現できる固体吸収材をコアとする国産技術を開発する。
- (2) 低コストプロセスを構築し、早期の社会実装につなげるため、商用化を念頭に置いたベンチ試験、実ガス実証試験による技術実証を行う。

実施体制

※太字：幹事企業

千代田化工建設株式会社、株式会社JERA、
公益財団法人地球環境産業技術研究機構(RITE)

事業期間

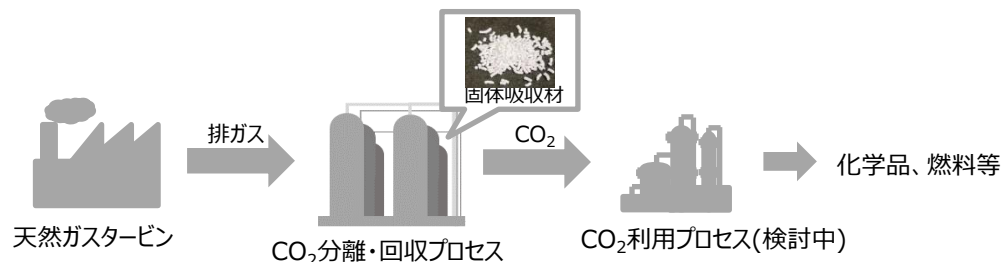
2022年度～2030年度（9年間）

事業規模など

- 事業規模：約100億円
 - 支援規模*：約87億円
- *インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり
補助率など：委託→2/3補助（インセンティブ率は10%）

事業イメージ

吸収材開発 プロセス開発 実ガス実証



天然ガス燃焼排ガスからのCO₂分離・回収プロセスの概念図

2022

2024

2026

2030

吸収材の開発
新規固体吸収材の開発
及びラボ試験

ベンチ試験
性能確認・エンジニアリングデータ取得

実ガス実証試験
全体システム検討、長期運転実証

CO₂分離素材の標準評価共通基盤の確立

事業の目的・概要

- 実ガスを用いた標準評価法の策定**：実ガス試験センターを設置・運営し、各種分離素材の標準評価法の策定を行う。
- 革新的分離素材開発に向けた標準評価法の確立**：新規開発された革新的分離素材（吸収液・吸着剤・分離膜）の中立的かつ横並びの評価を可能とする、標準ガスを用いた標準評価法を開発する。
- 耐久性評価手法の開発**：分離素材ごとの劣化要因を整理し、その特性に基づいた加速劣化試験法を構築する。同試験法により予測される性能と実ガスを用いた耐久性試験結果を比較し、その妥当性を検証する。
- データベースの構築と標準評価法の普及**：上記の評価結果を蓄積・拡充したデータベースを構築し、国際標準化に向けて標準評価法の普及を図る。

実施体制

※太字：幹事企業

国立研究開発法人産業技術総合研究所
公益財団法人地球環境産業技術研究機構（RITE）

事業期間

2022年度～2030年度（9年間）

事業規模など

- 事業規模：約23.5億円
- 支援規模：約23.5億円*
- 補助率など：委託

事業イメージ

CO₂分離素材の標準評価共通基盤

Stage 0

素材・要素技術開発

Stage 1 標準ガスによるスクリーニング
(ラボレベル～10kg-CO₂/day)

b 標準ガスを用いた標準評価法の設計・構築,
標準評価法のデータを活用した簡易シミュレーション技術開発

c 加速劣化試験法の開発

Stage 2 実ガス評価試験と耐久性評価
(～100kg-CO₂/day)

a 実ガスを用いた標準評価法の策定
(実ガス試験センターの設置・運営)

d データベースの構築、標準評価法の普及

b プロセスシミュレーション, **c** 妥当性検討

連携・協力

研究開発内容①,②

Stage 3 実証試験
(～数百t-CO₂/day)

Stage 4 商用化
(数千t-CO₂/day)

パイロット実証

実規模

International Test Center Network (ITCN)

CO₂分離回収技術の研究開発を推進する世界各地の施設のグローバル連合
米国NCCC (National Carbon Capture Center)と
ノルウェー-TCM (Test Centre Mongstad)が共同で2012年に設立
RITE：2017年加入

目的：

CO₂分離回収技術の商業化を加速させる知識・情報の共有

特に、CO₂回収技術を組込んだ発電やプロセスのコスト削減を可能にする次世代技術

活動：

会合を年1回開催

(GHGTやPCCCの会議開催時)

2022.10 仏リヨン

GHGT-16開催に合わせて開催、日本の活動状況を報告



年次総会@京都
(2019)

ITCNの実ガス試験センター：13 Partner

	National Carbon Capture Center (NCCC)	* SaskPower Shand power station	* Energy Environment Research Center (EERC)	Applied Energy Research (Uky-CAER)	Test Centre Mongstad (TCM)	SINTEF	* E.On Wilhelmshaven power plant
国	米国	カナダ	米国	米国	ノルウェー	ノルウェー	ドイツ
運営	Southern Company	SaskPower	North Dakota 大学	Kentucky大学	Gassnova	(独立研究組織)	E.On
設立又はPJ開始	2009	2015	-	2008	2009	2010	2012
排出源	石炭火力／天然ガスボイラー	石炭火力	-	石炭火力	天然ガス火力／石油精製工場	燃焼炉（天然ガス、石炭等）	石炭火力
評価規模 t/d	~ 20	120	-	14 (0.7MW)	300, 55	~ 0.05	70
技術対象	液、固体、膜	液	-	液	液、固体、膜	液、膜	液

	Translational Energy Research Centre (TERC)	Huaneng's Clean Energy Research Institute	KIER Hadong and Boryeong Project	CSIRO Loy Yang & Tarong Test Centers	CSIRO Vales Point Pilot Plant	CO2CRC Otway Research Project	RITE (GI基金事業)
国	英国	中国	韓国	豪州	豪州	豪州	日本
運営	Sheffield大学	中国華能集団	KIER	CSIRO	CSIRO	CO2CRC	RITE
設立又はPJ開始	2019	2010	2013	2005	2012	2019	2022
排出源	燃焼炉（天然ガス、石炭等）	石炭火力	石炭火力	石炭火力	石炭火力	天然ガス分離	天然ガスボイラー
評価規模 t/d	1	360	200 (10MW)	1	1	-	0.1
技術対象	液	液	固体	液	液、固体	(燃焼前技術)	液、固体、膜

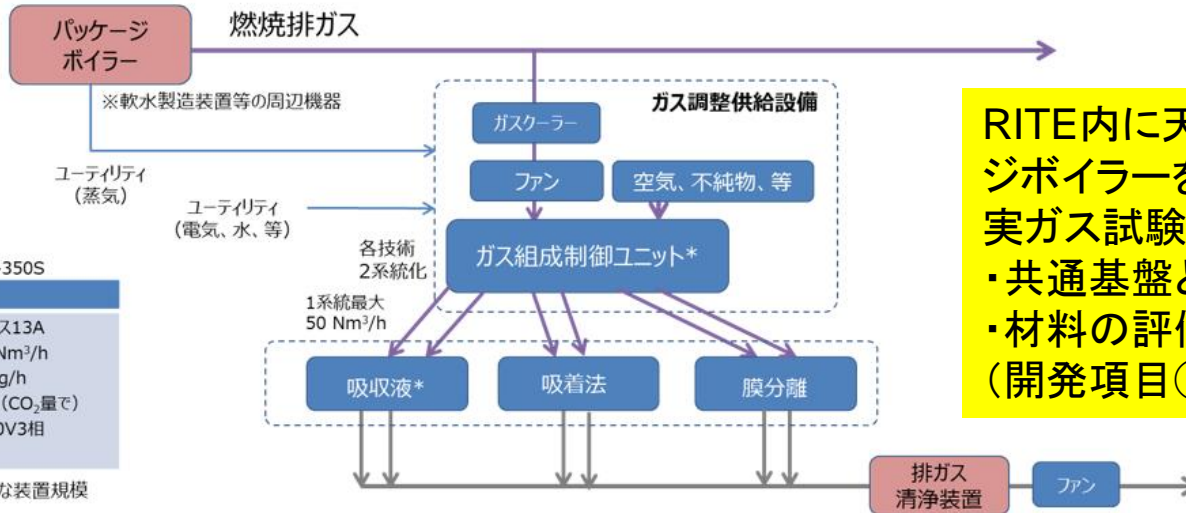
RITE内への実ガス試験センターの設置、運営



(例) 三浦工業、SU-350S

項目	仕様
燃料	都市ガス13A
燃料消費量	20.3 Nm ³ /h
相当蒸気量	350 kg/h
最大排ガス量	1 t/d (CO ₂ 量で)
使用電源	AC200V3相
取扱者資格	不要

✓ 排ガス安定供給に必要な装置規模



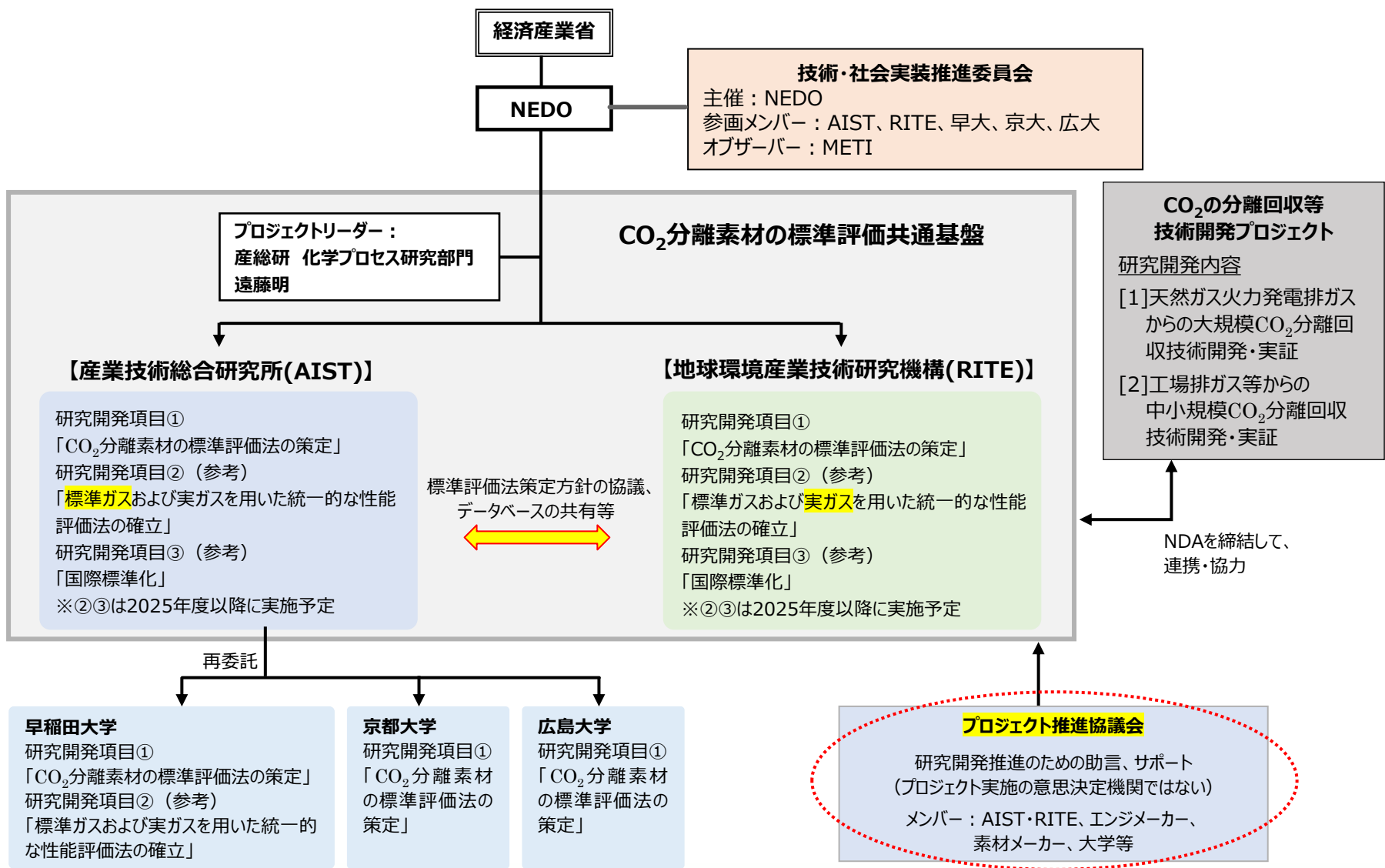
* ガス組成制御ユニット：実ガス試験設備にはそれぞれのCO₂分離回収技術に対して2系統化し、素材評価の効率を高める。

RITE内に天然ガス燃焼パッケージボイラーを設置：
実ガス試験センターとして、
・共通基盤としての標準手法策定
・材料の評価・分析の支援
(開発項目①、②とも連携予定)

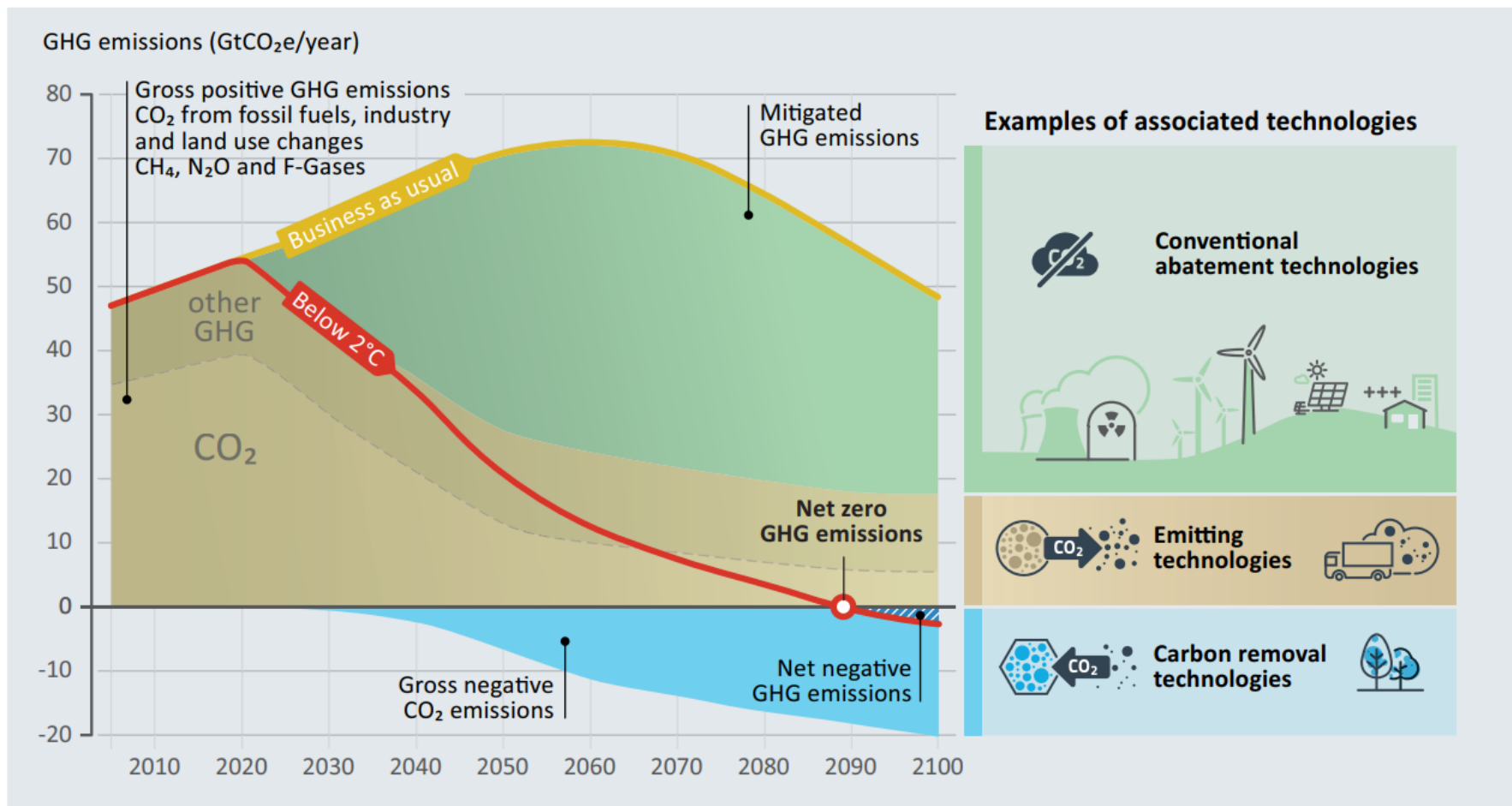
	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度	2028年度	2029年度	2030年度
【研究開発項目1】CO₂分離回収技術の利用拡大技術開発										
① 天然ガス火力発電排ガスからの大規模CO ₂ 分離回収技術開発・実証	性能向上			★	★	★	★	★	★	★
	プロセス開発			★	★	★	★	★	★	★
② 工場排ガス等からの中小規模CO ₂ 分離回収技術開発・実証	性能向上			★	★	★	★	★	★	★
	プロセス開発			★	★	★	★	★	★	★
③ CO ₂ 分離素材の標準評価共通基盤の確立	評価設備設計			★	★	★	★	★	★	★
	統一評価手法確立			★	★	★	★	★	★	★

★：ステージゲート

CO₂分離素材の標準評価共通基盤の確立：体制



The role of carbon dioxide removal in climate change mitigation.



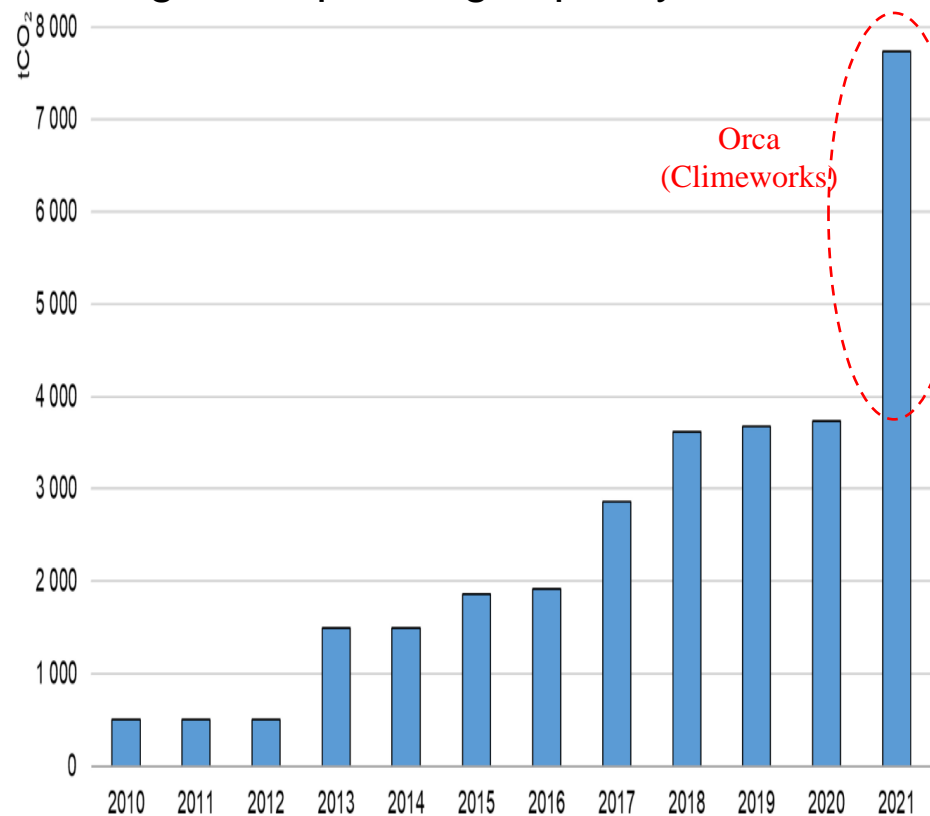
出典: The Emissions Gap Report 2017 UNEP 2017.

2100年で20GtのNegative emission (DACCS*、BECCS**など)が必要:

*Direct Air Capture with Carbon Storage, **Bioenergy with Carbon Capture and Storage

DAC装置の稼働状況

DAC global operating capacity, 2010-2021



IEA. All rights reserved.

DAC plants in operation worldwide

Company	Country	Sector	CO ₂ storage or use	Start-up year	CO ₂ capture capacity (tCO ₂ /year)
Global Thermostat	United States	R&D	Not known	2010	500
Global Thermostat	United States	R&D	Not known	2013	1 000
Climeworks	Germany	Customer R&D	Use	2015	1
Carbon Engineering	Canada	Power-to-X	Use	2015	Up to 365
Climeworks	Switzerland	Power-to-X	Use	2016	50
Climeworks	Switzerland	Greenhouse fertilisation	Use	2017	900
Climeworks	Iceland	CO ₂ removal	Storage	2017	50
Climeworks	Switzerland	Beverage carbonation	Use	2018	600
Climeworks	Switzerland	Power-to-X	Use	2018	3
Climeworks	Italy	Power-to-X	Use	2018	150
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2019	3
Climeworks	Netherlands	Power-to-X	Use	2019	3
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2019	3
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2019	50
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2020	50
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2020	3
Climeworks	Germany	Power-to-X	Use	2020	3

昨年度までに世界で8,000t-CO₂/yのDAC装置が稼働している

海外のDAC企業の大規模化の動き*

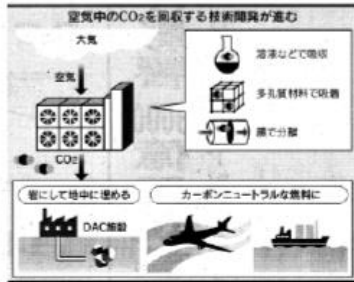
*各企業HP,各種資料よりRITE作成: 昨年度シンポジウム資料をアップデート

企業	実施場所		Project (協力企業)	CO ₂ 回収量	適用先	期間
Carbon Engineering (Canada)	米国	Permian Basin in West Texas	Occidental Petroleum 1PointFive	100万t/y 設計中 (2035年までに70基(最大135基)を計画)	EOR/地中貯留	2022に建設開始、2024年後半開始予定 (世界初の100万t/y DACプラント)
	英国	North-East Scotland	Dreamcatcher Project (Storegga) AtmosFUEL Project (LanzaTech UK、British Airways、Virgin Atlantic)	50~100万t/y 設計中	Acorn CCS プロジェクトとの連携 1億L/yのJet燃料	2021 FS 2022 詳細設計 2026年までに稼働
	カナダ	Squamish, British Columbia	Direct Air Capture Innovation Center (BBA)	不明 (操作,実験用1,250m ² の建物)	DACとAIR TO FUELS プロセスの完全統合	隣接パイロットプラントで2015年からDAC、2017年から燃料変換
Climeworks (Switzerland)	アイスランド	Hellisheiði Geothermal Power Plant	Project Silverstone (Carbfix, ON Power) Project Orca (Carbfix) Mammoth (6月着工)	7万ton圧入済 計画34,000t/y 4,000t/y (現状世界最大) 3.6万t/y	地中 (玄武岩層) 貯留	2012 Pilotスケール開始 2021 9月~Orca稼働1年半~2年後Mammoth稼働予定(2050年までに10億t/y達成)
	ドイツ スウェーデン	Dresden Herøya	Koperniks(Power-to-X) Project (Snnfire, INERATEC)	不明	FT合成 (Norsk e-Fuel)	2023年 1000万L 2026年 1億L 予定
Global Thermostat (USA)	チリ	Magallanes (チリ南のパタゴニア地方)	Haru Oni Project (Porsche, Siemens Energy, Enel Green Power, ENAP, ExxonMobil)	1ユニット当たり2,000t/y×4基~ スケールアップ計画 他4カ所も計画中	eFuel合成 (MTG)	2022 13万L 2024 5500万L 2026 5.5億L のeFuel製造 10月日本法人設立

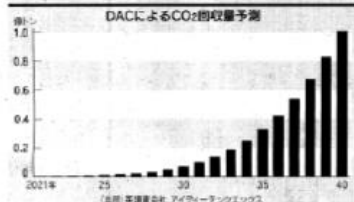
DAC技術開発の急拡大

令和4年9月2日(金) 日本経済新聞 15面

大気からCO₂回収 急拡大



国内外の主な取り組み	
米オキシデンタル・RC	2035年までに年100万トンを超えるプラントを70基建設する計画を発表
スイス・クライムワークス	年4000トン回収する施設を稼働中、年3万5000トンに回収する施設も建設中
1HI	23年までに、装置も実用化
三菱重工	22年4～6月に実証試験を実施
川崎重工	25年にも1日500～1000トンの装置を実用化
三菱カス化社	産家半道の3分の1のエネルギーで回収したCO ₂ を取り出せる装置を開発
シンクメフ(名古屋大)	MOFを使った回収装置を開発中
春日と九州大	CO ₂ を家庭で回収できる装置を開発



【本紙記者取材】大気からCO₂を回収する技術の開発が急激に進んでいる。米オキシデンタル・RCは、2035年までに年100万トンを超えるプラントを70基建設する計画を発表した。スイス・クライムワークスは、年4000トン回収する施設を稼働中、年3万5000トンに回収する施設も建設中だ。1HIは23年までに、装置も実用化を目指す。三菱重工は22年4～6月に実証試験を実施し、川崎重工は25年にも1日500～1000トンの装置を実用化を目指す。三菱カス化社は、産家半道の3分の1のエネルギーで回収したCO₂を取り出せる装置を開発している。シンクメフ(名古屋大)は、MOFを使った回収装置を開発中だ。春日と九州大は、CO₂を家庭で回収できる装置を開発している。

米オキシデンタル、100万トン処理70基

米オキシデンタル・RCは、2035年までに年100万トンを超えるプラントを70基建設する計画を発表した。同社は、2021年に最初のプラントを稼働させた。このプラントは、年間1000トン程度のCO₂を回収する。同社は、この技術を大規模に拡大する計画だ。同社は、2023年に最初の100万トン規模のプラントを稼働させる計画だ。同社は、このプラントを70基建設する計画だ。同社は、このプラントを70基建設する計画だ。

米英が普及へ開発投資 コストの壁長期支援必須

米英が普及へ開発投資 コストの壁長期支援必須。DAC技術の普及には、コスト削減が不可欠だ。米英は、この技術の開発に積極的に投資している。米英は、この技術の開発に積極的に投資している。米英は、この技術の開発に積極的に投資している。米英は、この技術の開発に積極的に投資している。

米英が普及へ開発投資 コストの壁長期支援必須。DAC技術の普及には、コスト削減が不可欠だ。米英は、この技術の開発に積極的に投資している。米英は、この技術の開発に積極的に投資している。米英は、この技術の開発に積極的に投資している。米英は、この技術の開発に積極的に投資している。

CO₂回収量予測

2040年: 1億トン(英調査会社)

2050年: 9.4億トン(中国調査会社)

米国のCCS普及支援策:

- ・国内4か所に拠点設置の方針策定(2022年5月)
5年間で補助金35億ドル(100万t-CO₂/y以上のPJが対象)
- ・インフレ抑制法:
「エネルギー安全保障と気候変動」分野に3,690億ドル

CCS(二酸化炭素回収・貯留)に係る税控除延長

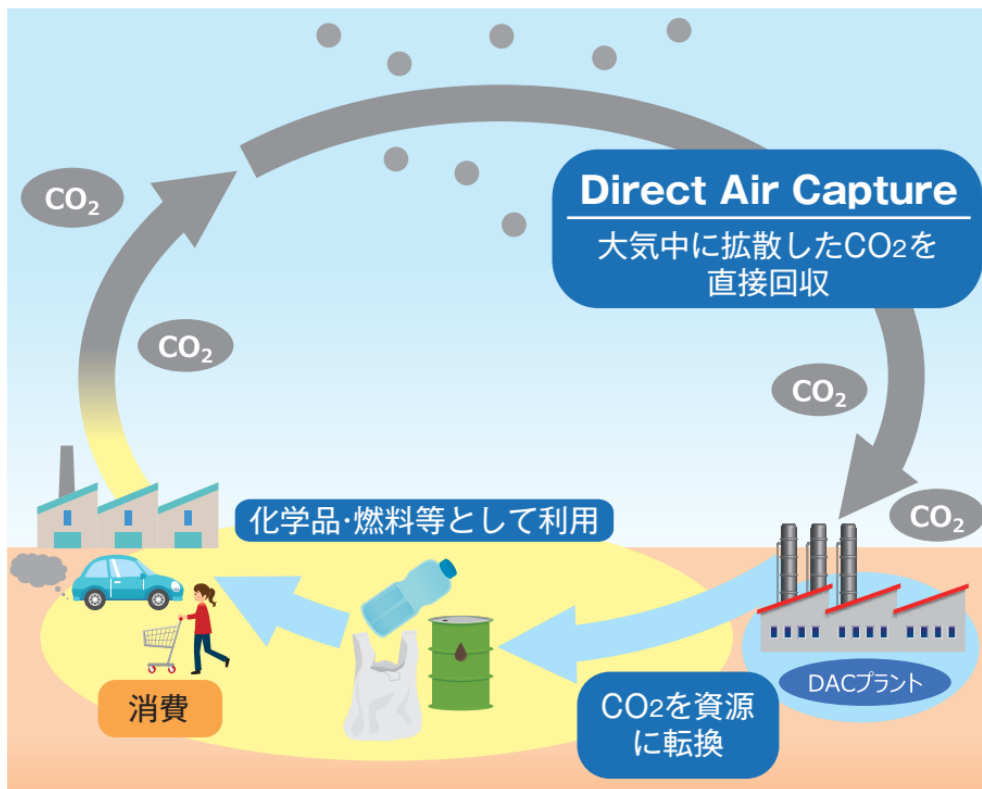
対象	2032年末までに建設開始するプロジェクト 【年間CO ₂ 回収量に係る適用要件の引き下げ】 発電所:18,750t、産業施設:12,500t、DAC*:1,000t * 直接空気回収	
税控除	種類	税控除*1
	CO ₂ 回収・EOR*2	\$60/t
	CO ₂ 回収・隔離	\$85/t
	DACによるCO ₂ 回収・EOR	\$130/t
DACによるCO ₂ 回収・隔離	\$180/t	

*1 雇用条件未充足時は、記載の1/5の水準を適用 *2 原油増進回収法

出典: 米国におけるインフレ抑制法の概要と中間選挙の行方(2022年10月) 三井住友銀行

英国: 2020年
最大1億ポンドの援助プログラム

(1) 温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術の開発



(出典: Focus NEDO No.79)

2020年～8テーマが採択され実施中

研究開発プロジェクト	実施者	DAC方式	Utilization
大気中からの高効率CO ₂ 分離回収・炭素循環技術の開発	金沢大学 (PM: 児玉 昭雄) 地球環境産業技術研究機構(RITE) 三菱重工エンジニアリング株式会社	固体吸収材	FT合成燃料



ムーンショット実施体制

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) ・ PD

指示・協議

PM: 国立大学法人 金沢大学理工研究域機械工学系
教授 児玉 昭雄

【委託先】

【委託先】



金沢大学 (金沢市角間町) :
研究開発項目 1.
「大気中からの高効率 CO₂ 回収技術開発」
1-② 高効率低濃度 CO₂ 回収プロセス開発とシステム評価
研究開発項目 3
「液体炭化水素燃料適用性、LCA 評価」

連携



公益財団法人 地球環境産業技術研究機構
(RITE) (京都府木津川市)
研究開発項目 1.
「大気中からの高効率 CO₂ 回収技術開発」
1-① 低濃度 CO₂ 回収用新規吸収材の開発
1-② 高効率低濃度 CO₂ 回収プロセス開発とシステム評価
研究開発項目 2.
「炭素循環のための CO₂ 変換技術開発」
2-① 高効率 CO₂ 変換技術の開発と最適プロセス検討
研究開発項目 3.
「液体炭化水素燃料適用性、LCA 評価」

【再委託先】

三菱重工エンジニアリング株式会社 (MHIENG) (神奈川県横浜市)
研究開発項目 1.
「大気中からの高効率 CO₂ 回収技術開発」
1-② 高効率低濃度 CO₂ 回収プロセス開発とシステム評価
1-③ スケールアップ試験装置の詳細設計・製造と評価試験

【外部協力企業】

研究開発項目 3.
「液体炭化水素燃料適用性、LCA 評価」
自動車社と連携して2023 年度以降実施予定

外注

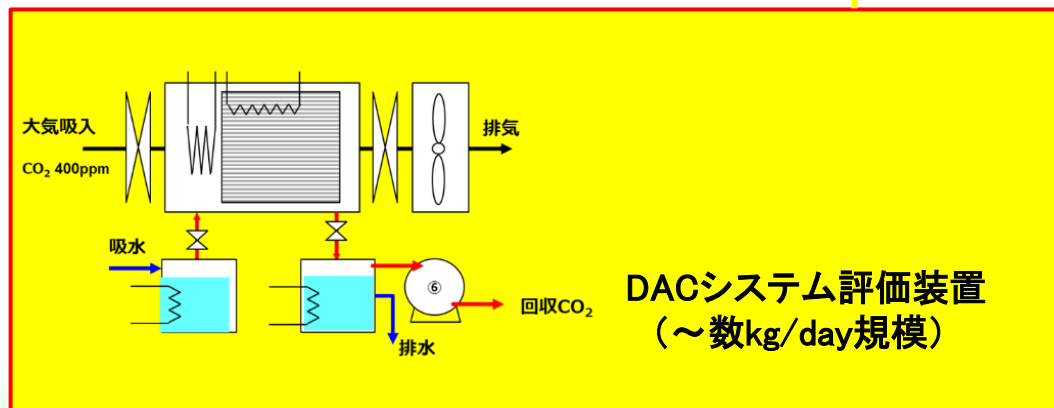
エンジニアリング会社 (2023 年度以降外注予定)
(2-② スケールアップ試験装置の
詳細設計・製造と評価試験 (液体燃料合成))

外注

アミン合成、多孔質担体合成、アミン担持
(各複数社と推進中、サプライチェーン構築)

DAC実験棟 (RITE敷地内設置) で評価試験開始

(2022.9.20 NEDO、MHIエンジ、RITE、3者プレスリリース)



■ 小型試験装置 ~数kg-CO₂/day
・実機サイズの高性能評価

**開発したDAC試験装置を設置
RITE・三菱重工エンジニアリングが連携**

グリーン成長戦略とグリーンイノベーション基金

- ・昨年6月に「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が策定され、本戦略を推進するための政策ツールの一つとして「グリーンイノベーション基金」が設定された。
- ・「グリーンイノベーション基金」では成長が期待できる重点分野において、社会実装を見据えた長期間の継続支援（総額2兆円）を行う。
- ・企業等の経営者に対して、長期的な課題として取り組むことへのコミットメントを求めている。

CO₂分離回収技術開発

- ・RITEでは固体吸収材、膜分離について大規模化・実用化に向けて、材料/製造技術の改良を実施中。新たに採択されたグリーンイノベーション基金において、吸収液のさらなる性能向上による適用性拡大、また、低濃度用のCO₂回収技術開発に着手した。
- ・RITEは新たにCO₂分離回収技術の共通基盤となる実ガス試験センターを設置・運営し、素材メーカーとエンジニアリングメーカー等の開発加速支援も行っていく予定である。（2024年稼働開始予定。）

海外でのDACの大規模化の動き

- ・既に海外の企業ではCarbon Engineering、Climeworks、Global Thermostatが大規模化を進めているが、今後さらに大規模化・連携を加速する動きが目立ってきている。（Global Thermostatは近々日本法人を設立予定。）

日本でも早期大規模化・実証を行い、大規模化に伴う課題点を洗い出しながら、材料とシステムの改良を進めることが、不可欠であろう。

今後の展開：多様な排出源からのCO₂回収： 研究開発＋共通基盤整備（開発支援・評価）

これまで石炭火力、製鉄からのCO₂回収技術の早期実用化を目指した開発を実施。今後、開発した技術をもとに、低濃度のCO₂排出源（天然ガス火力、大気等）を中心に**多様な排出源に対応**できるよう複数の技術開発を進めるとともに、CO₂分離回収技術の**共通基盤となる実ガス試験センターを設置・運営**し、**素材メーカーとエンジニアリングメーカー等の開発加速支援**やCO₂回収技術に関わる**人材育成**（企業からの研究員受入れ、大学連携等）も行っていく予定

適用先	CO ₂ 濃度	酸素濃度	実施状況	材料
天然ガス精製	10～50% (8MPa)	-----	-----	
石炭ガス化 (IGCC、褐炭ガス化)	40%程度 (2.4MPa)	-----	NEDO事業 (次世代火力)	分子ゲート膜 (MGM)
天然ガス改質 (ブルー水素/アンモニア製造)	40%程度 (～3 MPa)	-----	NEDO事業 (次世代火力)	分子ゲート膜 (MGM)
高炉ガス	20～22%	-----	NEDO事業 (GI基金)	吸収液: RN-1～、実用化済 (継続開発中)
セメント工場	18～20%	9%程度	(検討中)	
発電 (石炭火力)	13%	5%程度	NEDO事業 (次世代火力)	固体: RB1～8、RP-1
発電 (天然ガス火力: conventional) 事業所 (燃焼ボイラー)	8～10%	3～10%	NEDO事業 (GI基金) / 民間企業共同研究	各種外部試料評価 既開発材適用性評価
発電 (天然ガス火力: コンバインド)	3～5%	13%程度	NEDO事業 (GI基金)	新規材料探索 (固体)
宇宙空間、室内/閉鎖空間	数千 ppm	19%	JAXA (有人宇宙活動用)、 民間企業共同研究	RITE-1～13 (固体) 他
大気 (DAC)	400 ppm	19%	NEDOムーンショット事業	新規材料開発 (固体)

ご清聴ありがとうございました。

謝辞：

本研究開発は、METI委託事業ならびにNEDO委託事業の一環として実施しました。

DAC (Direct Air Capture) 実験棟の整備にあたっては、SMBC日興証券株式会社及び三井住友DSアセットマネジメント株式会社のイノベティブカーボンニュートラルファンドから頂いた寄付金を使わせていただきました。

Research Institute
of
Innovative Technology for the Earth