# 「$CO_2$分離回収・有効利用技術の社会実装に向けたRITEの取り組み」

2025年9月25日（16：00～16：40）

（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

# 本日の内容

①化学吸収液の大規模社会実装に向けての開発状況

- 新規開発混合溶媒系吸収液（RN-7）の評価試験

②固体吸収材の実用化に向けた開発状況（天然ガス火力、DAC、他）

- 天然ガス火力：材料開発フェーズからベンチスケールフェーズへ
- DAC:大阪関西万博でのパイロットスケール試験（日本最大規模のDAC装置）
- 有人宇宙活動：ISSでの軌道上実証（10/21打ち上げ予定）

③高圧用分離膜の実証試験に向けて

水素製造プロセスからの$CO_2$回収実証に向けた準備状況

④炭素回収技術評価センター（RCCC:RITE Carbon Capture Center）

- センター整備状況（6/25お披露目会を実施）

# 化学吸収液：COURSE50成果の実用化および新規実証研究

～日鉄エンジニアリング㈱保有技術“ESCAP®”の技術展開～

## 【RITE開発の吸収液技術の利用】

*※（注意）グラフは排ガスの一般的な$CO_2$濃度を参考にプロットしたもの*

### 廃棄物処理施設（清掃工場）排ガス

GI基金事業「$CO_2$分離・回収を前提としてCN型廃棄物焼却処理全体システムの開発」【②, ③】

### 製鉄所熱風炉排ガス

商業1号機：日本製鉄㈱北日本製鉄所室蘭地区構内【①】

### 石炭火力発電所燃焼排ガス

商業2号機：住友共同電力㈱新居浜西火力発電所構内【①】

### セメント工場排ガス

2022年度NEDO事業「エネルギー消費の効率化に資する我が国技術の国際実証事業」の1テーマ【④】

（参照資料）
【①】https://www.eng.nipponsteel.com/business/environment_and_energy_solution/escap/escap/
【②】https://www.eng.nipponsteel.com/news/detail/2024021502/
【③】https://www.eng.nipponsteel.com/news/detail/20240216/
【④】https://www.rite.or.jp/news/events/240207RITE_sympo_hagiu_ppt_haifu.pdf

# 排出源ごとの$CO_2$分離回収コスト

石炭燃焼排ガス

水素製造プロセス

天然ガス燃焼排ガス

炭素回収プラントのさらなる開発と導入により、石炭火力排出源からの回収コストの一般的な傾向を示すコスト曲線に加え、天然ガス火力排出源および水素製造源についても曲線を導出できるようになっている。

開発の進展とともにコスト低下の傾向

出典: ADVANCEMENTS IN CCS TECHNOLOGIES AND COSTS（GCCSI, 2025）

# 2025 Technology Compendium(GCCSI)に報告された回収技術の再生エネルギー*

*NB: Technologies 1 and 2 are physical solvents that operate in high-pressure environments and so are expected to have relatively lower regeneration energies.*

*<u>Specific Regeneration Energy</u>:
$CO_2$を回収し連続運転再生するために必要なエネルギー量。廃熱回収やその他のエネルギー回収は含まない。
回収装置の上流側前処理や下流側後処理も含まない。

出典)EDITOR'S INSIGHTS STATE OF THE ART: CCS TECHNOLOGIES 2025 AUGUST 2025

# 吸収液の大規模社会実装に向けて

【国内動向】

2024年5月24日
二酸化炭素の貯留事業に関する法律（CCS事業法）公布
ロンドン議定書第6条改正受諾（$CO_2$越境輸送）

～2026年5月23日　貯留事業・導管輸送事業の施行

先進的CCS事業に採択された9地点（R6年6月時点）

https://www.meti.go.jp/press/2024/06/20240628011/20240628011.html

2025年　特定区域の指定
北海道苫小牧市沖（ 2月21日）
千葉県九十九里沖（9月17日）

【必要な取組み】

千トンスケール製造への対応：

FY2026　FID（最終投資判断）
FY2030　CCS事業開始
に向けて、原料調達も含めた吸収液製造に関するリスク検討

吸収液原料製造および吸収液製造を担う化学会社との連携、協力
⇒スケールメリット・連続プロセス化によるコストダウン検討など

新たな吸収液開発

GI基金PJの成果（高性能吸収液）を活用しつつ、ユーザーの要望を開発へフィードバックしてユーザーフレンドリーな吸収液を目指す。
劣化抑制、発泡抑制、吸収液単価低減

# 先進的CCS事業に向けた基本設計の状況

## 日鉄エンジニアリング株式会社が基本設計業務を受注、検討

| 案件名 | 発注者 | 備考 |
|---|---|---|
| **【首都圏CCS事業】** | | |
| 1 $CO_2$分離回収設備検討業務 | 日本製鉄 | |
| 2 海洋設備概念設計業務 | INPEX | |
| 3 昇圧設備Pre-FEED※4業務 | INPEX | |
| 4 パイプライン路線工事FEED業務 | INPEX | * |
| 5 パイプラインステーション工事FEED業務 | INPEX | * |
| **【日本海側東北地方CCS事業】** | | |
| 6 $CO_2$分離回収設備および $CO_2$ 液化・貯蔵・出荷設備検討業務 | 日本製鉄 | |
| **【大洋州CCS事業】** | | |
| 7 $CO_2$分離回収設備検討業務 | 日本製鉄 | |
| 8 パイプラインルート選定および技術検討に係るエンジニアリング業務 | 三菱商事 | * |

*NSPEとして受注

出典：日鉄エンジニアリングプレスリリース（https://www.eng.nipponsteel.com/news/detail/20241125/）

# 高性能吸収液の開発：概要

NEDO事業（GI基金）/日本製鉄㈱と共同実施

| | COURSE50 Phase I（2008～2017） | 〃 Phase II（2018～2021） | GI基金事業等（2021～2029） |
|---|---|---|---|
| ● ラボ試験<br>・吸収液開発<br>・実用化技術開発 | （水溶液系吸収液）<br>RN-1~4<br>✓ 2.0 GJ/t-$CO_2$の性能<br>✓ 標準液（MEA液*）より優れる<br>・劣化耐久性<br>・金属腐食性<br> <br>小型連続試験装置（CAT-LAB） | （混合溶媒系吸収液）<br>RN-5,6<br>RN-7<br>✓ 非水溶媒の利用技術を開発し、1.6 GJ/t-$CO_2$の性能に到達<br>✓ 触媒との相乗効果を確認<br>✓ 金属腐食性低下 | （新規混合溶媒系吸収液）<br>RN-X<br>➢ **1.6 GJ/t-$CO_2$を確実にする吸収液**開発（新規有機溶媒探索、組成検討、**新規CAT-LAB**によるプロセス検討）<br>➢ **水素還元高炉製鉄排ガス**（$CO_2$濃度変動）に対応した吸収液開発<br>➢ 金属腐食性に対する技術開発 |
| ● 実ガスベンチ試験によるプロセス技術開発 | 1 t/d-$CO_2$規模（CAT-1）<br> | | <br>**実ガスベンチ試験**<br>➢ 吸収液性能実証<br>➢ ガス中不純物影響評価<br>➢ プロセス要素技術開発 |
| ● パイロットプラント試験による技術実証 | 30 t/d-$CO_2$規模（CAT-30）<br>2.3 GJ/t-$CO_2$達成<br> | | <br>パイロットプラント試験<br>➢ 水素還元高炉との連動試験による技術実証 |
| ● 商用化 | 商用機ESCAP®**<br>市村地球環境産業賞を受賞<br> <br>適用先：製鉄排ガス（120t/d） | <br>石炭火力燃焼排ガス（143t/d） | **社会実装** |

＊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㈱の省エネ型$CO_2$回収設備

# 実ガスベンチ試験

GI基金事業「製鉄プロセスにおける水素活用／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」の進捗

## RITEが開発した混合溶媒系吸収液のエネルギー消費及び実用性能（劣化耐久性）を検証

期間：　2024年1月～6月
吸収場所：　日本製鉄㈱ 東日本製鉄所君津地区
試験設備：　可搬式小型$CO_2$分離回収試験設備
　“m-ESCAP™”（日鉄エンジニアリング㈱保有）
対象ガス：　高炉ガス（22%$CO_2$）
試験液：　混合溶媒系_4種（A～D）、
　参照液_1種（商用技術：高性能アミン水溶液）

（$CO_2$回収能力：0.2～1.2 t-$CO_2$/日）
https://www.eng.nipponsteel.com/news/2024/20240508.html

8月から
パイロット試験
（30t/day規模）
を実施中

# 化学吸収法(Post-combustion)による$CO_2$分離回収コスト内訳*

*電力単価10円/kWh、スチーム単価2,000円/t、吸収液原液単価600円/kgとして試算
（石炭火力発電所から467 t/h-$CO_2$回収ケース）

**化学吸収液：再生スチームのコストが半分程度 ⇒ 再生エネルギー低減が重要**

出典）平成14年度調査報告書　02004342－0、02004343－0
地球温暖化対策技術に関する調査／二酸化炭素分離・回収技術に関する調査研究

# 標準的なMEAアミン系炭素回収プラントのコスト

$77.26 /ton-$CO_2$（回収率90%、処理能力100万トン/年）

Figure 9 - Total annual costs per unit, inclusive of both capital and variable operating costs. Total Annual Costs (Capital and Operating) per Unit of the Capture Process. 90% Capture - $77.26 US/tonne $CO_2$

Figure 7 - Breakdown of capital costs of a typical 90% capture MEA plant. Assumptions relating to wider scope Capital Expenditures can be found in Appendix A.

Figure 8 - Breakdown of variable operating of a typical 90% capture MEA Plant. Assumptions relating to Fixed Operating Costs such as Maintenance and Operating Labour can be found in Appendix A.

## Capital Costs
吸収塔、水洗装置、送風機

## Operating Costs
液再生（Reboiler）、送風、冷却

| DESIGN PARAMETERS | |
|---|---|
| Cost Location Basis | Gulf Coast, United States |
| Present Value | 2023 US$ costs |
| Construction Years | 3 |
| Discount Rate | 10% |
| Operating Life | 30 years |
| Capacity Factor | 90% |
| $CO_2$ Capture Rate (for standard models) | 90% |

| OPERATING PARAMETERS | |
|---|---|
| Cooling Water Cost | $0.0317/m$^3$ |
| Electricity Cost | $77/MWh |
| Low-Pressure Steam Cost (6.9 bar) | 19.4 US$/tonne |

← 全体:の70%近くがReboilerにかかるエネルギー消費

出典: ADVANCEMENTS IN CCS TECHNOLOGIES AND COSTS（GCCSI, 2025）

# 回収率と回収コスト*

＊（MEA吸収液で13.7mol%の$CO_2$を100万トン/y回収ｹｰｽ）

回収率が高いほどトン$CO_2$あたりのコストは低下
ネットゼロおよびコスト低減に向けて回収率は95%以上が標準になりつつある.
97～98%以上の回収はコスト上昇

Figure 16 - Impact of varying the capture percentage of a capture plant when treating the flue gas of a 1 Mtpa of $CO_2$ from a representative coal power flue gas, costs modelled in Aspen Plus and Aspen Economic Analyser

出典: ADVANCEMENTS IN CCS TECHNOLOGIES AND COSTS（GCCSI, 2025）

# 化学吸収法による高$CO_2$回収率検討（技術動向）

- 標準液MEA30wt%aqのモデル検討では回収率98%程度からエネルギー諸費が上昇。

Figure 7 Reboiler duty as a function of $CO_2$ capture rate for 30% MEA (Flø et al. 2016)

Ref) IEAGHG Technical Report 2019-02 (2019)

# 化学吸収液と固体吸収材

◎水の顕熱、蒸発潜熱が必要
→　非水溶媒系、2相分離系等の開発

＜吸収剤＞
アミン
化合物

＋

＜溶媒1＞水

＜溶媒2＞非水溶媒

固体吸収材：
◎ 比熱の高い水溶媒に替わり低比熱の多孔質材料を担体に用いて再生に必要なエネルギーを低減.
◎ 溶媒の揮発が無いため蒸発潜熱としての熱ロスが無い.
→　再生温度60℃程度の低温再生プロセスの開発（廃熱利用可能）

# 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
## （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）

| 吸収材開発 | プロセス開発 | 実ガス実証 |
|---|---|---|
| RITE Research Institute of Innovative Technology for the Earth | CHIYODA CORPORATION 幹事企業 | jera |

2022 | 2024 | 2026 | 2030

ステージゲート1　ステージゲート2

**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

ステージゲート1を突破：
ベンチ試験フェーズへ

### ① 低温で再生可能な固体吸収材の開発

### ② 加速試験による材料寿命の評価

### ③ 耐久性評価試験を開始

# GROWING LOW PARTIAL PRESSURE APPLICATION

低濃度排出源(天然ガス燃焼)への適用事例が増加

| Project | Start year | Point Sources | Capacity (Ktpa) | Technology Deployed |
|---|---|---|---|---|
| Naortheast Energy Associates, Bellingham(CCU) | 1991 to 2005 | Natural gas CCGT | 120 | Fluor Econamine FG Plus |
| Tata Chemicals Northwich(CCU) | 2022 | Natural gas engine | 40 | Pentair Advanced Amine |
| Glacier Gas Plant (Phase 1 & 2) | 2022(Phase 1)<br>2026(Phase 2) | Natural gas engine and turbine | 160(total) | Entropy iCCS |
| Ravenna Phase 1 | 2024 | Natural gas turbine | 25 | Mitsubishi Heavy Industries KMCDR Process |
| Net Zero Teesside Power | 2028<br>(FID Approved) | Natural gas CCGT | 2000 | Shell Cansolv |

出典)EDITOR' S INSIGHTS STATE OF THE ART: CCS TECHNOLOGIES 2025 AUGUST 2025

# 電力kWhあたりの$CO_2$分離回収コストの低い技術を提供する。

エネルギー源と脱炭素手法別の発電コストへの影響は、石炭火力＋CCS（⑥/⑩）や、その他想定される$NH_3$/$H_2$と比べて、2030年断面では、天然ガス+CCS（②）が最も安価と試算されている。
⇒ 実現のためには、天然ガスタービン排ガスから$CO_2$分離・回収コストの削減が重要。

*直接利用（①/⑤/⑨）は脱炭素技術付属なし。
2030年以降の$NH_3$/$H_2$の技術進展によって優位性が変わる可能性はある。

グラフ出典：2030年を想定した火力発電の脱炭素化技術に対する経済性および環境性の評価，一般財団法人電力中央研究所 第一回カーボンマネジメント小委員会，2023/9

出典：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：事業戦略ビジョン

# 2025大阪関西万博でのDAC試験

## パイロットスケール規模でのDAC→Utilizationの実証中（国内初）

■ グリーン万博カーボンリサイクルファクトリー内で、DACで$CO_2$を回収

①隣接する大阪ガスのメタネーション設備（*1）に送られる。*1:環境省事業（バイオメタネーション、触媒メタネーション）
合成されたeメタンは迎賓館厨房、熱供給設備に供給される。
②エア・ウォーターのドライアイス製造設備にてドライアイス化試験も実施
③三菱ガス化学にメタノール合成用として供給

パイロットスケール試験機イメージ
3つの吸着塔＋回収ユニット（共通）

*DACのパイロットスケール試験はNEDOのムーンショット型研究開発事業として実施

実証プラントエリア全景図

RITE敷地面積　約1200㎡

# 万博実証設備レイアウト

空気中の$CO_2$を吸着する吸着塔は2Fに3基配置。1F部分は$CO_2$回収設備及びUtility設備を配置。

# 万博DAC実証設備写真とプロセスフロー概略図

万博実証機　$CO_2$吸着塔

$CO_2$回収ユニット

$CO_2$吸着塔　$CO_2$貯蔵タンク

# 技術の応用：有人宇宙活動への利用（月周回有人拠点:Gateway）

GatewayではJAXAが$CO_2$回収装置を担当

第62回 宇宙科学技術連合講演会、OS05-3 国際宇宙探査

「将来有人宇宙探査に向けた二酸化炭素除去の軌道上技術実証システム
（JEM Demonstration of Removing Carbon-dioxide System : DRCS）」
・日本が初めて微小重力環境下で運転する$CO_2$除去装置

RITE固体吸収材とJAXAの技術実証装置でGatewayの要求性能を満たす性能を確認
⇒H3ロケット7号機により新型宇宙ステーション補給機1号機（HTV-X1）を国際宇宙ステーション（ISS：International Space Station）で軌道上実証を予定（10月21日打ち上げ予定）

試験結果は、JAXAが開発を進めている「環境制御・生命維持システム（Environmental Control and Life Support System: ECLSS）」技術の向上につなげる。
ECLSSはアルテミス計画で欧州宇宙機関（ESA）が開発を担当する月周回有人拠点「Gateway」の国際居住棟（International Habitation module: I-HAB）に設置される予定。

# 有人宇宙活動用$CO_2$吸着材の開発（月周回有人拠点:Gateway）

RITE Research Institute of Innovative Technology for the Earth

令和７年８月７日（木）中部経済新聞　15面

## 宇宙生活の「命綱」国産化

### $CO_2$除去装置、実地試験へ

### 月基地、探査車に活用も

宇宙で人が暮らすのに必須なのが、呼吸とともに居住空間にたまる二酸化炭素（$CO_2$）の除去装置だ。命綱とも言えるこの装置を今、日本が初めて自前で開発している。2025年度中に国際宇宙ステーション（ＩＳＳ）に運び、性能試験を実施する。米主導の月探査「アルテミス計画」で月の上空に建設する周回基地や、月面探査車で活用できる可能性がある。

$CO_2$吸着材の耐久性を調べる地球環境産業技術研究機構の研究員＝6月、京都府木津川市

ＩＳＳで現在$CO_2$の除去を担っているのは、米国とロシア製の「環境制御・生命維持装置」だ。空気をファンで吸い込み、吸着材を通して$CO_2$を捕集、濃度を下げて循環させる仕組み。$CO_2$は吸着材を加熱して分離し、宇宙空間に捨てている。

宇宙航空研究開発機構（ＪＡＸＡ）有人宇宙技術部門の山崎千秋・主任研究開発員は「除去装置は有人宇宙活動のコアになる技術。自分たちで作りたかった」と開発の動機を語る。

ＩＳＳでの試験のため作ったのは、日本の実験棟「きぼう」の棚に合う箱形の装置。吸着材は、地上より$CO_2$濃度が高いＩＳＳの空気に向く「アミン」という液体をしみこませた粒子状の材料だ。50度程度に温めれば$CO_2$を分離できる。米ロの装置が使う軽石のような材料「ゼオライト」で$CO_2$を分離する際の250度より格段に低く、電力が節約できる。

ゼオライト製の吸着材は繰り返し使うと劣化し、粉状に崩れてしまう。ＩＳＳに複数台ある装置の一部で性能が落ちると、飛行士には呼吸が荒くなる運動を控えてもらうこともあった。これに対し、日本の吸着材は劣化を抑える加工を施してある。ＩＳＳでは3カ月間稼働させ、想定通り動くかどうかを検証する。

活躍の場は、将来の月探査になりそうだ。アルテミス計画で、日本は月周回基地の居住棟開発に参加している。ＪＡＸＡの山崎さんは「自前の技術があれば、設置場所に合わせて大きさや機能が調整しやすい」と話す。

宇宙服を脱いで寝泊まりできる月面探査車でも役立つ可能性がある。装置を共同開発した地球環境産業技術研究機構（京都府）の余語克則主席研究員は「狭い車内で使うには、省エネ性能と耐久性をさらに高める必要がある」と先を見据える。

ただ、トランプ米政権が5月に公表した2026会計年度（25年10月～26年9月）の予算要求は超緊縮の内容で、月周回基地の建設中止が盛り込まれた。予算を握る議会は計画を続ける姿勢だが、先行きには不透明感も漂う。

ＪＡＸＡは他の売り込み先も模索する。老朽化で30年に引退が見込まれるＩＳＳの後継として、米国企業が建設を目指す新ステーションは有力候補だ。山崎さんは「日本の技術を世界に売り込み、存在感を高めていける」と自信を見せた。

ＩＳＳでの性能試験用に開発されたCO₂除去装置＝2023年7月、茨城県つくば市（ＪＡＸＡ提供）

$CO_2$を吸着する液体「アミン」

$CO_2$を吸着する液体「アミン」を染み込ませる粒子状の材料

# 国際宇宙ステーション(ISS):ゼオライトによる$CO_2$吸着除去

ISS(国際宇宙ステーション)ではゼオライトによって$CO_2$を除去している。
下図は米国のCDRA(Carbon Dioxide Removal Assembly)

日本の実験モジュール(きぼう)には$CO_2$除去装置はない
(米、ロの設備を利用、CDRAは故障しやすく、ゼオライトの粉末が装置に悪影響を与えることなどが問題となっている。また水が吸着すると再生に高温が必要。)

→2015年より日本独自の$CO_2$除去技術の研究を開始

粉化したゼオライトが人体や計器に悪影響を与える

W.T. Peters, J.C. Knox, 47th International Conference on Environmental Systems ICES-2017-241, 16-20 July 2017, Charleston, South Carolina

# RITEが保有する膜分離技術

| 膜 | 構造 | 特長 | 主な用途 |
|---|---|---|---|
| 分子ゲート膜<br>（有機膜） | | $CO_2/H_2$混合ガスから$CO_2$を選択的に透過<br>（分子ゲート機能） | ・$CO_2/H_2$分離<br>（IGCC、水素製造用としてMETI事業で開発中） |
| （ピュアシリカ）ゼオライト膜 | | ・結晶の均一細孔<br>・熱的・化学的安定性 | ・$CO_2/CH_4$分離<br>・MCH脱水素<br>・蒸留代替（脱水） |
| 対向拡散CVDシリカ膜 | | ・水素透過速度・選択性が極めて高い<br>・構造設計の自由度が高い | ・MCH脱水素<br>・He回収 |
| 細孔内充填型パラジウム膜 | | ・耐久性向上とコスト低減の可能性<br>・製膜位置の制御が可能 | ・$NH_3$脱水素<br>・天然ガス改質 |

# 分離膜(溶解拡散膜)による$CO_2$回収プロセスの適用性
## 回収率>90%、純度>95%を満たす膜分離性能(一段分離)

*供給側全圧=0.1 MPa,*
*透過側全圧 =~0 kPa(理想条件)*
$CO_2$回収率>90%
供給ガス流量:~0.1 $m^3/min/m^2$

*供給側全圧=0.85 MPa,*
*透過側全圧=10 kPa*
$CO_2$回収率>90%
供給ガス流量: ~0.6 $m^3/min/m^2$

*供給側全圧=3.0 MPa,*
*透過側全圧=10 kPa*
$CO_2$回収率>90%
供給ガス流量: ~4.0 $m^3/min/m^2$

× 常圧で$CO_2$分離

× 中圧で$CO_2$分離

○ 高圧で$CO_2$分離

膜分離は圧力差を駆動力とするため高圧、高$CO_2$分圧が有利

*パーミアンス比
$Q_{CO_2}=10^{-8}$ mol $s^{-1}$ $m^{-2}$ $Pa^{-1}$

# MGM膜によるCO$_2$回収プロセスの適用性
## 回収率99%、純度99%（中圧、2段膜プロセス）

<シミュレーション条件>
供給側: 0.85 MPa
透過側減圧: 35 kPa
ガス透過性@$p$CO$_2$=0.17MPa
透過速度FCO$_2$=7.6x10$^{-5}$ m$^3$ m$^{-2}$ s$^{-1}$
選択性$\alpha$（CO$_2$/H$_2$）=130

**促進輸送膜の2段分離プロセスへの適用により回収率99%、純度99%の可能性あり**

# 分子ゲート膜(MGM)

これまで開発してきた高圧用$CO_2$分離膜の中圧水素製造システムへの適用性検討を2024年度スタートの新事業で実施する。2023年度に開発したMGM膜の実用化をはかる。

**<分子ゲート膜　性能の進展>**

選択性を大幅に向上させることに成功

連続成膜ロール試作

ハウジング、エレメント
(Φ20cm 長さ60㎝)

能力(シミュレーション値)

| $CO_2$分離回収 | 想定値 |
|---|---|
| 回収率 | 90% |
| 1ユニットあたり回収量 | 21t/day |

# カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発
# 「高圧用$CO_2$分離膜の水素製造システムへの適用性検討」

- MGM膜モジュールを三菱化工機が保有する水素製造試験装置へ組み込み、工程ガス（加圧$CO_2$－$H_2$混合ガス）から$CO_2$分離回収する試験を行う。
- 高純度$CO_2$と高純度$H_2$を同時に得る$CO_2$回収型水素製造システムを実証する。

**＜実施期間＞** 2024年4月～2027年3月

**＜実施体制＞**

次世代型膜モジュール技術研究組合

三菱化工機株式会社

| 年度 | 2024年度 | 2025年度 | 2026年度 | |
|---|---|---|---|---|
| 次世代型膜モジュール技術研究組合 | 膜チューニング検討、商用サイズエレメント製作検討<br>エレメント評価、耐久性試験 | | 実証機用エレメント製作 | データ解析・エレメント分析 |
| 三菱化工機 | 実証機基本設計・詳細設計・製作<br>水素PSAラボ試験、$CO_2$中の水素除去試験、$CO_2$利用先検討 | | | 実ガス実証試験 |

# 新事業プロセス（MGM膜 ＋ PSA） Vs 従来型水素製造プロセス

従来型水素製造プロセス
・$CO_2$は回収していない。

新事業プロセス
$CO_2$分離回収型水素製造プロセス
・本プロセスでは高い$CO_2/H_2$分離性能が求められる
↓
・2023年度開発の高選択性MGM膜の適用により、$CO_2$分離回収型プロセスの構築が可能
・PSAコンパクト化も可能

# 実機PLOT PLAN

## POINT

- 敷地面積10m×18m
- 1ハウジングにエレメント（エレメント40本）
- 膜8本×5系統で制御
- 【水素製造設備】 HyGeia-Aと同じサイズ
- 【膜ユニット】 40Ftコンテナサイズ

# 実証機の設置計画

三菱化工機 実証水素ステーション（川崎市川崎区大川町）

実証機建設予定地

水素製造装置
水素製造量：300Nm$^3$/h

水素製造装置の変成ガスを分岐して、実証機に供給します。
実証機の規模は水素製造量40Nm$^3$/hです。

# 炭素回収技術評価センター（実ガス試験センター）

## RCCC: RITE Carbon Capture Center

RITE京都本部に独立したセンター専用建屋を設置、都市ガスを燃焼させた排ガスを用いた試験設備を導入し、各種$CO_2$分離回収素材（化学吸収液、吸着材、分離膜）の評価を実施する。

ユーティリティーヤード（面積： 116 $m^2$）

評価棟

面積：131 $m^2$　高さ：8.4 m

# 設備構成

【試験設備フロー】

| 供給排ガス | |
|---|---|
| 流量 | 247 $Nm^3/h$ |
| 温度 | 75 ℃ |
| 組成 | $CO_2$ 8.8 %<br>$N_2$ 77.0 %<br>$O_2$ 3.9 %<br>$H_2O$ 10.3 %<br>NOx 69 ppm |

2025年3月の測定結果

| 設備 | 製作仕様 |
|---|---|
| 排ガス供給設備 | ● 都市ガスボイラー(蒸気量250kg/h相当)×2基･･･24時間連続供給可能<br>● 各試験設備に対して100kg-$CO_2$/dを供給可能 |
| 排ガス除害設備 | ● 活性炭吸着塔×2基 |
| 吸収液試験設備 | ● 吸収塔(充填層部)： 2mH×0.2mϕ 再生塔(充填層部)： 2mH×0.1mϕ ･･･ 液量約70L<br>● 吸収塔入口温度(ガス／液)： 40℃ 再生圧力／温度： 0.2MPa／120℃ |
| PSA試験設備 | ● 吸着槽： 250A×1800L×3塔 ･･･ 1塔当り充填量約60kg<br>● 温度： 30℃ 圧力： 101~900kPa(吸着) 10kPa(脱着) 露点： -60℃ |
| 膜モジュール試験設備 | ● 膜モジュール： 1m程度 …フレキシブル配管で調整<br>● 温度:30~85℃ 圧力:101～900kPa(供給) 10～101kPa(透過) 露点:-15～80℃ |

# $CO_2$分離回収試験設備

## 評価棟内配置

- 2025年度上期から標準分離素材での試験を実施
  - ✓ モノエタノールアミン水溶液
  - ✓ ゼオライト13X
  - ✓ ポリイミド系ガス分離膜

# まとめ

- RITE化学研究グループでは石炭火力、製鉄からの$CO_2$回収技術の早期実用化・大規模化を目指した開発を実施している。先進的CCS事業での採択を目指しつつ、今後、低濃度の$CO_2$排出源（天然ガス火力、閉鎖空間、大気等）等、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、$CO_2$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

・最近の取組み状況

①新規開発混合溶媒系吸収液（RN-7）のCAT-30パイロットスケール試験

- 良好なベンチスケール試験結果を受け（商用化吸収液より10%程度エネルギー低減）、8月から日本製鉄㈱東日本製鉄所君津地区でパイロットスケール試験を実施中
  ⇒2030年先進的CCS事業での採択を目指し大規模社会実装への準備を進めていく予定

②固体吸収材の実用化に向けた開発状況（石炭火力、天然ガス火力、DAC他）

- 石炭火力：舞鶴発電所でパイロット試験を実施中
- 天然ガス火力：Phase1のｽﾃｰｼﾞ ゲートを突破し、材料開発フェーズからベンチスケールフェーズへ
- DAC:大阪関西万博（4/13～10/13）でのDACパイロットスケール試験を実施中、回収したCO2はメタン、メタノール、ドライアイスに活用中. 日本最大規模のDAC装置、世界に向けて日本のDAC技術をPR
- 有人宇宙活動：地上試験において良好な性能が確認でき、ISSでの軌道上実証へ（10/21打ち上げ予定）

③分離膜（高圧ガス）のモジュール化・実証試験に向けての開発

- 次年度の実水素製造プロセスからの$CO_2$回収実証に向けた準備を進めている。

④炭素回収技術評価センター（RCCC:RITE Carbon Capture Center）を開設

- 吸収液、膜分離、PSA、各装置が稼働（各設備に100kg/day相当の実ガスを供給可能）
  今後、外部サンプル評価の受入れ開始予定

# ご清聴ありがとうございました。

Research Institute
of
Innovative Technology for the Earth