

RITE Today ^{2026 Vol.21} Annual Report

公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 年次報告書 2026年版 第21号



「RITE未来の森」DAC装置とブルーインパルス

特集

- ◆ 2025年大阪・関西万博「RITE未来の森」出展報告

トピックス

- ◆ RITEバイオものづくりセンター、始動
- ◆ グループシナジーの発揮と研究企画力の向上を目指して
～所内講演会の企画・開催～

RITE Today

2026 Vol.21

Contents

巻頭言

- 2050年カーボンニュートラル達成を目指そう 3
公益財団法人地球環境産業技術研究機構 専務理事 本庄孝志

特集

- 2025年大阪・関西万博「RITE未来の森」出展報告 4

研究活動概説

- 企画調査グループ 人と地球が仲良くするためのイノベーション創出に向けて 8
- システム研究グループ システム研究グループの研究活動報告 16
- バイオ研究グループ サステナブルな社会の実現に向けたバイオものづくり技術の開発 27
- 化学研究グループ CO₂分離・回収、有効利用技術の高度化・実用化への取り組み 38
- CO₂貯留研究グループ CO₂地中貯留の実用化へ向けた技術実証、事業化支援と国際連携 50

トピックス

- RITEバイオものづくりセンター、始動 63
- グループシナジーの発揮と研究企画力の向上を目指して
～所内講演会の企画・開催～ 67

プレスリリース

68

イベント情報

68

発表論文一覧

68

- システム研究グループ
- バイオ研究グループ
- 化学研究グループ
- CO₂貯留研究グループ

その他の活動

68

主な新聞記事

69

特許紹介

71



2050年カーボンニュートラル達成を目指そう

公益財団法人地球環境産業技術研究機構

専務理事 本庄 孝志

RITE が設立されたのは 1990 年 8 月 1 日で、設立 35 年を超えた。この 35 年間で、地球温暖化防止に向けた世界の取り組みは、大きく変動した。今から5年ほど前の 2020 年には、世界中で、2050 年カーボンニュートラルの達成という目標が掲げられ、日本政府もその目標を掲げた。2050 年は、RITE 設立 60 周年で、人間でいえば還暦を迎える年である。地球温暖化防止の研究を地道に続けてきた RITE の研究成果がカーボンニュートラルの達成に貢献できれば、一つの区切りとなると考えられる。

他方で、ここ数年、ウクライナ戦争の勃発、第2期トランプ政権の誕生などにより、国際情勢が混迷する中、地球温暖化防止に向けた世界の取り組みは、混とんとしてきた。昨年の COP(気候変動に関する国際連合枠組条約締約国会合)や IPCC(気候変動に関する政府間パネル)における議論からすると、従来からあった、温暖化対策についての先進国と途上国との対立に加え、先進国間の足並みも揃わなくなっているように見える。また、イラン戦争の勃発により、国際エネルギー情勢は先を見通せない状況になり、化石燃料の見直しの議論も起こっている。

しかしながら、昨今の世界の平均気温の上昇や、世界全体での異常気象の増加などを勘案すると、地球温暖化防止の必要性は、低まるどころか、むしろ高まっていると言えよう。

以上のような状況の下、地球温暖化防止を研究する研究機関として、RITE はその本来の役割を果たしつつ、研究成果を世界に発信することが求められていると考えられる。2025年大阪・関西万博は、その良い機会であると捉え、RITE は、大気からの二酸化炭素の直接回収(Direct Air Capture(DAC))を中心として、二酸化炭素の分離回収・地中貯留(CCS)や、コンクリート材への二酸化炭素の吸収(炭素固定)などのネガティブエミッション技術の展示を中心とした「RITE 未来の森」を出展した。

「RITE 未来の森」の具体的な内容は、このあとの特集の中で詳細に説明するが、大阪・関西万博の会場で、地球温暖化の現状、温暖化対策の必要性、温暖化対策技術の具体的な内容などを、映像を用いたり、実際のプラントを運転したり、実際に CCS で用いるツールを展示するなど、多くの来場者にご紹介し、その理解を得た。RITE としては、このような努力を続け、温暖化防止の研究に加え、カーボンニュートラル達成の必要性を強くアピールし、2050 年カーボンニュートラルの達成に向けて、貢献していきたい。

2025 年大阪・関西万博「RITE 未来の森」出展報告

2025 年大阪・関西万博室メンバー(2026 年 4 月)

室長 中神 保秀
副室長(兼) 出口 哲也
室長代理(兼) 菊池 直樹
室長代理(兼) 梅田 信雄
主任 森 佳代子
室員 春日 真喜

室員(兼) 小田 直樹
室員(兼) 三戸 彩絵子
室員(兼) 倉橋 尚美

RITE は、2025 年大阪・関西万博において「RITE 未来の森」を出展し、DAC(Direct Air Capture)を中心としたネガティブエミッション技術の実証と社会への発信を行った。本出展では、CO₂の回収・利用・貯留に至る一連のバリューチェーンを実環境で示すとともに、来場者にわかりやすく解説し、理解促進を図った。本稿では、その概要と成果について報告する。

1. はじめに:万博出展の意義

2025 年大阪・関西万博は、「いのち輝く未来社会のデザイン」をテーマに、持続可能な社会の実現に向けた先端技術や社会システムを世界に向けて発信する国際博覧会として、2025 年 4 月 13 日から 10 月 13 日まで 184 日間にわたり開催された。153 の国と地域、8 つの国際機関が参加し、来場者数は 2,500 万人を超える大規模な国際イベントであった。

RITE は、本万博において未来社会ショーケース事業・グリーン万博に協賛し、「RITE 未来の森」を出展した。1990 年の設立以来、RITE は気候変動問題の解決に向けた技術開発を推進してきたが、本出展は、その研究成果を広く社会に発信し、対話を深める重要な機会であった。

カーボンニュートラルの実現には、省エネルギーや再生可能エネルギーなど非化石エネルギーの導入といった排出削減策に加え、すでに大気中に存在する CO₂を回収・除去・貯留・有効利用するネガティブエミッション技術の社会実装が不可欠である。特に、削減が困難な産業プロセスや輸送分野が残る中でカーボンニュートラルを実現するためには、ネガティブエミッション技術の果たす役割は極めて大きい。一方、これらの技術は一般社会での認知度が低く、理解促進が課題となっていた。

RITE 未来の森では、DAC(Direct Air Capture:

大気中 CO₂直接回収)を中心とした DAC-CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)の実証・展示を通じ、これらの先端技術を来場者にわかりやすく伝え、理解を促した。



図1 RITE 未来の森全景

2. RITE 未来の森のコンセプトと展示構成

2.1. 基本コンセプト

RITE 未来の森は、「自然界の森が果たしてきた炭素吸収・循環の役割を、科学技術によって再現する」というコンセプトのもと構成された。自然の森林が光合成によって CO₂を吸収し炭素を固定するように、DAC や CCUS 技術が人工の森として機能し、大気中の CO₂を回収・利用・貯留する。こうした自然界との対比により、専門的な技術内容を直感的に理解できる展示設計とした。

2.2. 三つの柱

展示の技術的な柱は以下の三点である。

第一に、NEDO ムーンショット型研究開発事業の一環として、RITE 化学研究グループが行った DAC 装置の実証試験である。DAC 装置を実際に稼働させ、大気中から直接 CO₂を回収する様子を来場者に公開した。同事業に参画する名古屋大学・九州大学の DAC 装置も併せて公開し、各機関の技術を一堂で紹介した。ネガティブエミッション技術が実在し、実用段階に近づいていることを実機稼働によって示した点は、本展示の最大の特徴である。



図2 DAC 装置

第二に、RITE が長年研究を進めてきた CCS 技術の紹介である。CCS 技術は、回収した CO₂を地下深部の地層に安全に貯留する技術である。本展示では、社会受容性の向上を重視し、分かりやすい技術解説や体験型展示により、貯留の仕組みと安全性を直感的に理解できるよう努めた。

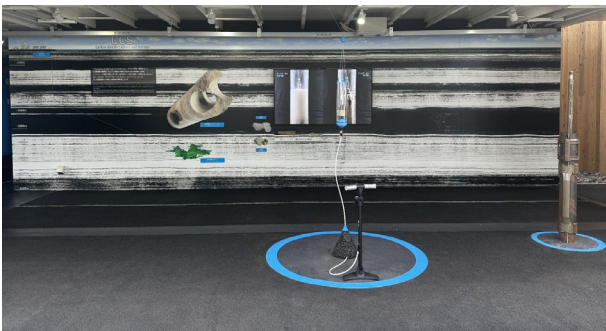


図3 CCS 展示コーナー

第三に、CO₂の鉱物固定・有効利用技術である。前田道路による CO₂をアスファルト舗装材として利用する技

術をはじめ、CO₂の有効利用技術に関する各種取り組みを紹介した。これにより、CO₂を単に処理すべき廃棄物ではなく、有用な資源として位置づける視点を提示した。

2.3. バーチャル万博への参加

会場への来場が難しい方に向けて、バーチャル万博にも参加し、RITE 未来の森の内容や技術情報をオンラインで発信した。これにより、会場来場者以外にも広く情報提供を行い、より多くの方への普及啓発につなげた。

3. DAC 回収 CO₂の利用と社会実証:万博会場を舞台とした実証実験

3.1. 実証の全体像

RITE 未来の森の大きな特徴の一つは、DAC で回収した CO₂を万博会場内外で実際に利用し、回収から利用・貯留までの一連のバリューチェーンを実証した点にある。これは展示にとどまらず、実社会における技術の連携と運用可能性を検証する社会実証であった。

3.2. 会場内での利用

回収した CO₂は、隣接する大阪ガスのメタネーションプラントに供給され、水素と反応させて合成メタン(e-メタン)が製造された。この e-メタンは会場の迎賓館の厨房や熱供給設備で利用され、カーボンニュートラルなエネルギー源として機能した。これは DAC-CO₂を用いたメタネーションの国内初の実用実証試験である。

また、隣接するエア・ウォーターのプラントにも供給され、ドライアイスが製造されて会場内の演出用や冷却用などに活用された。

3.3. 会場外への展開

さらに一部の CO₂は会場外へ輸送され、多様な用途で活用された。三菱ガス化学へは CO₂地中貯留の実証試験用およびメタノール製造の原料として輸送された。メタノールは化学品製造の基礎原料であり、持続可能な化学産業への転換において重要な役割を担う。

加えて、福寿園のハウス栽培茶園において、植物の成長促進に CO₂を活用した。これは農業分野における DAC-CO₂の有効活用の可能性を示すものである。

4. 展示空間と見学ツアー

4.1. ガイダンスホールの設計思想

来場者が最初に訪れるガイダンスホールは CLT(直交集成板)折版構造を用いた木造建築で構成され、持続可能な建築技術を体現する存在となった。この建物は、構造設計の革新性と環境配慮が評価され、国際的に評価の高い iF DESIGN AWARD 2026 や 2025 年ウッドデザイン賞を受賞している。建築そのものが持続可能性の象徴となっている。



図4 ガイダンスホール

4.2. ガイダンス映像

ホール内では、ゴーグルを用いずに立体視が可能な最新の映像技術を活用し、約 12 分間の映像コンテンツを上映した。この映像は、産業革命以降の地球の炭素循環の変化と地球温暖化の進行、そしてその解決策としてのネガティブエミッション技術の役割をわかりやすく描いたガイダンス映像であり、来場者が見学前に全体像を把握できるよう構成した。続く見学ツアーをより深く体験するための導入となった。



図5 ガイダンス映像

4.3. アテンダントによる解説付き見学ツアー

見学ツアーは、完全予約制とし、1 回あたり 20 名・約 60 分、1 日 7 回で実施し、アテンダントによる解説を通じて来場者の理解促進を図った。ツアーでは、ガイダンスホールでの映像視聴後、2F の DAC 実機、1F 展示スペースでの CCS 体験展示、CO₂ 利用技術の紹介という流れで構成され、来場者が段階的に理解を深められる内容とした。

ツアー終了時には多くの回で自然と拍手が起こり、来場者が技術への理解と共感を深めていることを実感した。



図6 見学ツアー風景

5. 来場者実績と評価

5.1. 来場者

来場者数は 18,610 名であった。来場者の属性は多岐にわたり、一般の方から学生、企業関係者、政府機関関係者まで幅広い層が訪れた。国内外の大臣級を含む

多数のVIPの視察も行われ、政策決定者への技術紹介の機会にもなった。

5.2. 来場者アンケート結果

来場者アンケートでは、96%が見学ツアーに満足または大変満足と回答し、同じく96%がCCUSの知識・理解が深まったと回答した。

5.3. メディア掲載実績

TV15件、新聞78件、雑誌・WEBメディア27件の合計120件のメディア掲載があった。また、SNSでも多くの投稿があった。これにより、DACを中心としたネガティブエミッション技術とRITEの認知度向上につながった。



図7 NHK WORLD JAPAN「INPACTS Climates Change the World」放映

6. EXPO イノベーションアワード受賞と今後の展開

6.1. EXPO イノベーションアワード受賞

RITE 未来の森グループ(RITE、前田道路、名古屋大学、九州大学)は、最先端技術の実証試験と一般来場者への理解促進・啓発活動が高く評価され、EXPO イノベーションアワード「分野横断的啓発賞」を受賞した。本受賞は、RITEの研究成果と普及啓発活動が国際的な場で認められたものであり、今後の活動への大きな弾みとなった。

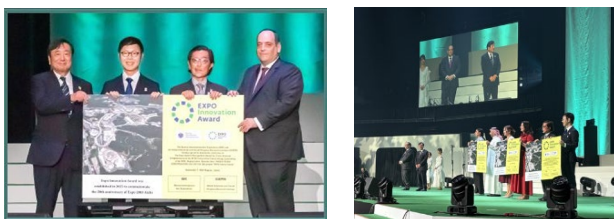


図8 EXPO イノベーションアワード受賞式

6.2. レガシーの継承と今後の活動

ガイダンスホールは万博終了後、RITE本部へ移設され、万博出展のレガシーを共有・継承する場として活用する予定である。さらに、RITEの学びと成長を支える場としての可能性も追求していく計画である。



図9 移設イメージ図

7. おわりに

本出展は、ネガティブエミッション技術の社会的理解促進において重要な成果を得たものである。18,610名の来場者への技術紹介、96%の高い満足度、120件のメディア掲載を通じて、技術の実用化に向けた取り組みを広く発信することができた。

今後は、DACの低コスト化、CCSの社会実装、カーボンリサイクルの展開を推進し、ネガティブエミッション技術をはじめとする温暖化対策技術の普及・実用化を加速していく。RITEは引き続き、気候変動問題の解決に向けた技術開発とその社会実装を推進し、持続可能な社会の実現に貢献していく。

謝辞

本出展は、企画段階からご尽力いただいたコンソーシアム参加企業、RITE 未来の森グループである前田道路・名古屋大学・九州大学、およびNEDO、三菱重工グループ、大阪ガス、エア・ウォーター、三菱ガス化学をはじめとする多数の企業・機関のご協力により実現したものである。関係各位に厚く御礼申し上げます。

企画調査グループ

グループメンバー(2026年4月)

グループリーダー・主席研究員	閑念 磨聡	研究管理チームリーダー	高橋 嶺宏
サブリーダー・主席研究員	野村 眞	調査役	倉中 聡
サブリーダー	井出 達朗	主任研究員	小林 由美
サブリーダー・主席研究員	小田 直樹	主任研究員	安本 夏子
副主席研究員	青木 好範	主任研究員(兼)	三好 孝之
副主席研究員	清水 淳一	主幹	眞継 由佳
副主席研究員	楠瀬 勤一郎	主幹・研究員	柏 俊輔
副主席研究員	東井 隆行	主任	辰巳 奈美
副主席研究員	谷 徳孝	職員	久保 道代
副主席研究員(兼)	出口 哲也	職員	永田 瑞生

人と地球が仲良くするためのイノベーション創出に向けて

1. はじめに

2025年は40℃となった日数が過去最多の9日となるなど記録的な猛暑となり、コメの価格高騰も暑さが一因とも言われるなど、地球温暖化に否が応でも思いをはせる一年となった。

こうした中、当機構が取り組む地球温暖化対策技術への期待と実用化の要請は日まじに強くなっている。

人(の活動)と地球の関係は人間関係に似ていて、どちらかが無理をすると長続きしない。人と地球が折り合えるような素地を研究開発で広げていくことができると考えており、RITEもその一翼を担っている(図1)。

要すれば、RITEはカーボンニュートラルという時代の潮流を踏まえつつ、人と地球が未永く仲良くできることを念頭に縷々地球温暖化に係る研究開発を行っている。

こうした認識の下、企画調査グループは、1)国内外の政策や技術動向を把握しつつ、RITEが持つ研究ポテンシャルを活かした新規技術開発課題の探索と提案・実施、2)IPCC(気候変動に関する政府間パネル)に関する政府支援やISO(国際標準機関)等国际機関との連携、3)RITE技術の普及啓発や将来世代の人材育成、4)産業連携による技術の実用化といった役割を持ち、研究グループとともに、地球環境と経済の両立を目指した政策支援や技術開発、イノベーション創出について積極的に取り組みを進めている¹⁾。

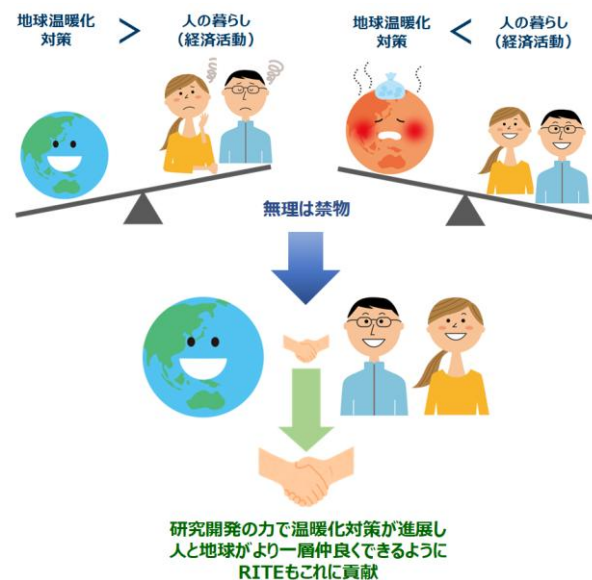


図1 研究開発で人と地球が仲良くできるように (イメージ図)

また、昨年4月から10月まで開催された2025大阪・関西万博を好機と捉え、ネガティブエミッション技術を紹介する「RITE 未来の森」を出展し、2万人弱の来訪をいただくなど、おかげさまでご好評をいただいたところである。

ここでは、まずはカーボンニュートラルに向けた我が国の2025年度の動向について概観したうえで、当グループが行っている具体的な研究開発について触れることとしたい。

1.1 2025 年度の我が国の地球温暖化対策を取り巻く動向

2025 年度は、米国のパリ協定離脱や世界情勢の緊迫化などがあったものの、我が国の地球温暖化対策に向けてスキーム面・具体の事業面双方で弾みのついた年度だったといえよう。

具体的には、5 月に改正 GX 推進法制定が成立し、GX に向けた制度面の整備についてのスケジュールリングが明らかになった。また、CCS 関連でも、CCS 事業法整備に伴う制度面・事業支援面での進捗に併せて、苫小牧の試掘許可があり、九十九里の特区指定がなされるなど、具体の事業化フェーズへの移行がなされている。

また、世界に目を転ずれば、11 月に開催された COP30 では、「ムチラオ決定」と呼ばれる政策パッケージが取りまとめられ、IPCC においては新たなフェーズである AR7 がスタートしている。

ここでは、COP30 と改正 GX 推進法について説明し、CCS 事業法の本格施行や IPCC 関連については、2. 以降で詳述することとしたい。

1.2. COP30

昨年 11 月にブラジル・ベレンで開催され、緩和や資金など幅広い分野を含むカバー決定として、「グローバル・ムチラオ*決定（※ポルトガル語で共同の意）」が採択された。主な内容は以下のとおり。

○緩和(温室効果ガスの排出削減):

1.5 度目標達成に向けた緩和の取組加速と更なる野心向上、及び NDC(削減目標)の未提出国に対して早期提出を呼びかけ。

○気候資金:

COP29 で合意した NCQG(新規合同数値目標)の下、適応資金 3 倍への努力目標。2 年間の作業計画を開始。

○気候変動に関する一方的な貿易制限的措置:

締約国や WTO 等の関係機関が参加する対話を開催。
○適応(気候変動の被害の回避・軽減)分野の進捗指標(GGA)については、指標リストは採択するも、継続検討となった。

1.3. 改正 GX 推進法

改正 GX 推進法は、脱炭素成長型経済構造への円滑な移行を推進するための法律であり、2025 年 5 月に成立、2026 年 4 月から施行された。本法に盛り込まれた主な取組は以下のとおり。

○ CO₂ 排出量取引制度(GX-ETS)の義務化

2026 年 4 月から、年間 10 万トン以上の CO₂ を排出する大規模事業者は排出量取引制度への参加が義務付け。これにより、企業間で排出枠の売買が可能となり、排出量削減のインセンティブが強化。

○化石燃料賦課金の導入

2028 年度から、石油や石炭、天然ガスなどの化石燃料消費に応じた賦課金が課され、社会全体で CO₂ 排出コストを分担する仕組みが整備。

○再生資源利用の義務化

プラスチックや金属など特定製品において、再生材(リサイクル素材)の使用が義務付けられ、資源の有効活用と循環型経済の推進が進展。

これと呼応して、経済産業省産業構造審議会排出量取引小委員会の下に製造業ベンチマーク WG と発電ベンチマークWGが設置されるなど、制度設計の動きが加速している。

2. 調査研究活動

2.1. はじめに

2050 年カーボンニュートラルに向けて、今後、脱炭素化が難しい分野における GX を実現することが課題であり、この分野における化石燃料・原料の利用後の脱炭素化を進める手段として、CO₂ を回収して地下に貯留する CCS の導入が不可欠である。

そのため、2030 年までに民間事業者が CCS 事業を開始するための事業環境を整備(GX 推進戦略 2023 年 7 月閣議決定)することになり、CCS 事業法²⁾が公布された。また、総合資源エネルギー調査会 カーボンマネジメント小委員会³⁾(以下、CM 小委)で、政府支援の在り方についての議論がスタートした。ここでは、これまでの日本における CCS の取り組みとともに当グループの調査研究活動の一貫として実施した国内における CCS

事業への支援措置等に関する調査結果を紹介する。

2.2. 日本における CCS の取り組み

これまで、貯留適地調査による 160 億トンの貯留ポテンシャルの確認、CCS バリューチェーン(CO₂ 分離回収、輸送、貯留)における技術開発・実証などにより、国内外で CCS を実施するための制度整備や、CCS バリューチェーン全体でのビジネスモデル検討が開始できる段階まで取り組みが進捗している。今後 2026 年頃の事業者による投資決定とタイミングをあわせて、事業者の円滑な参入・操業を可能とする支援制度の在り方について検討が進められており、2030 年台初頭からの CCS 事業の開始を目指している。

(1) CCS 事業法²⁾

CCS 事業法が 2024 年 5 月に公布され、8 月 5 日には探査の方法、申請手続等、探査が許可制となった。

その後、2024 年 11 月 18 日には特定区域(試掘)の指定、試掘の許可制、試掘実施計画の認可制など試掘に関する制度が施行された。さらに 2026 年 5 月までに特定区域(貯留事業)の指定、貯留事業の許可制、貯留事業実施計画の認可制、JOGMEC への移管並びに導管輸送事業の届出制などの制度が施行される予定である。

2025 年 2 月には苫小牧市沖が特定区域の第一号として指定を受けた⁴⁾。事業者の公募、知事協議、公衆縦覧等を経て、2025 年 9 月 17 日、石油資源開発(株)に対して、試掘の許可が与えられた⁵⁾。11 月 4 日には試掘調査がスタートし、2026 年 7 月に 2 本目の試掘を行う予定である。

また、特定区域の第二号案件として千葉県九十九里沖が、2025 年 9 月 17 日に指定され⁶⁾、2026 年 4 月 17 日、首都圏 CCS(株)に対して、試掘の許可が与えられた⁷⁾。

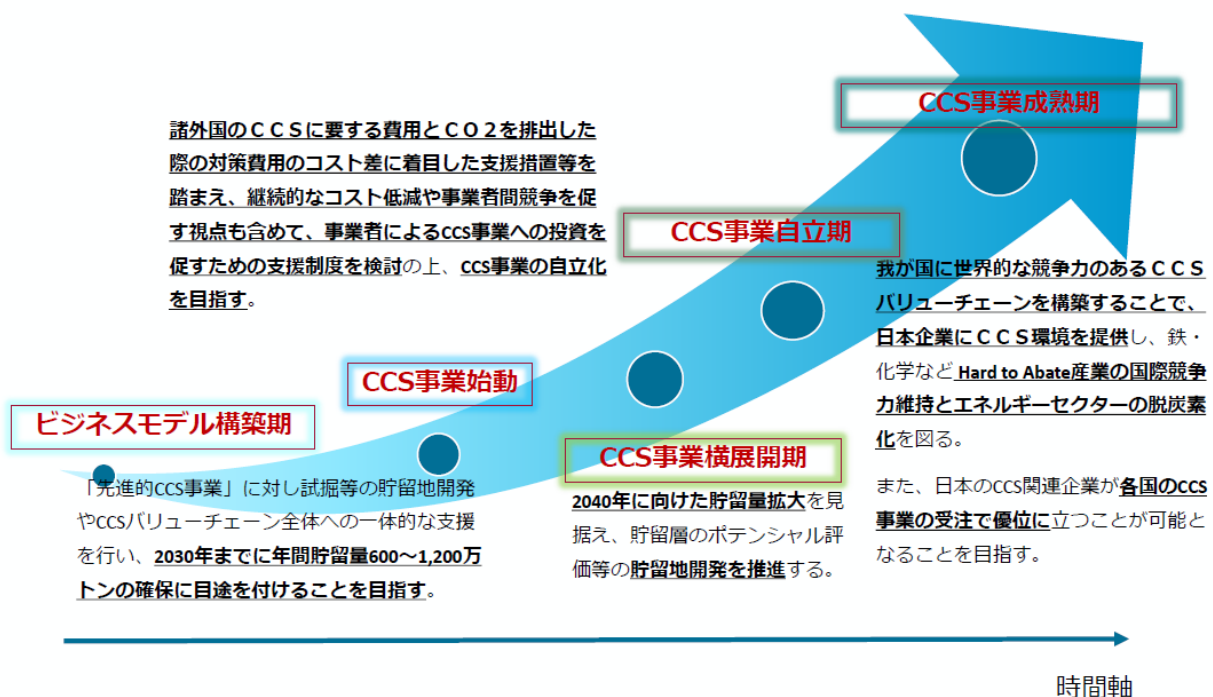


図 2 CCS 推進のイメージ

出典: 第 8 回カーボンマネージメント小委員会(2024 年 12 月 18 日) 参考資料 今後の CCS 事業推進のイメージ

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/carbon_management/pdf/008_03_00.pdf

(2) CCS の事業化支援⁸⁾

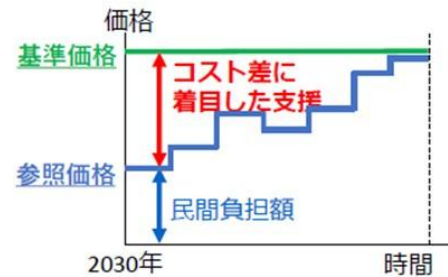
CCS 長期ロードマップ⁹⁾では、先進的 CCS 事業に対し試掘等の貯留地開発や CCS バリューチェーン全体への一体的な支援を行い、2030年までに年間貯留量 600～1200 万トンの確保に目途を付けることを目指している。第 7 次エネルギー基本計画¹⁰⁾(2025 年 2 月閣議決定)では、諸外国の支援措置等を踏まえ、継続的なコスト低減や事業者間競争を促す視点も含めて、事業者による CCS 事業への投資を促すための支援措置を検討していくこととされている。

2024 年 9 月より CM 小委(第 5 回)にて検討を開始し、12 月にたたき台を示した。その後、2025 年 2 月に設置した CCS 事業の支援措置に関するワーキンググループ(WG)において制度の詳細設計の検討を進めてきた。

2025 年 7 月、パイプライン案件の CCS 事業の支援措置の在り方についての検討が深まったことから、中間整理がまとめられた。なお、今後船舶輸送案件についても中間整理が実施され、両者を取りまとめて、最終整理がなされる予定である。

中間整理では、CCS 事業の自立化に必要な条件として、CCS コストが排出者が負担する CO₂ 対策コストを下回ることが必須としている。CCS コストが、技術・市場成熟やスケールメリットなどによって下がることにより、将来的には CO₂ 対策コストと逆転して自立化が見込まれる。そのため、具体的には、このコスト差に着目して、基準価格を CO₂ トンあたりの①分離回収コスト(分離回収に係る CAPEX 及び OPEX) + ②輸送貯留料金(輸送貯留に係る CAPEX 及び OPEX)とし、参照価格を炭素価格とした上で、基準価格と参照価格のコスト差に着目した支援を、支援期間を通じ、CO₂ 量に応じて実施する方向で、今後検討が進められることになった。

$$\text{コスト差} = \text{基準価格} - \text{参照価格}$$



<基準価格>

国内外の技術動向を踏まえ適正性を審査する「分離回収コスト」に、オークションで決定する「輸送貯留料金」を加えた価格

<参照価格>

毎年度、前年度のカーボンプライシングに関する制度における炭素価格を参照

図 3 コスト差に着目した支援イメージ

出典：総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会 カーボンマネジメント小委員会 CCS 事業の支援措置に関するワーキンググループ(第 5 回資料 4.2 ページ)

2.3. CCS のカーボンフットプリントに関する調査

CCS を実施した場合の CO₂ 排出削減価値を明確化することは重要であり、2026 年3月より、温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度(SHK 制度)における算定方法検討会¹¹⁾でも、CCS の扱いについての議論がスタートした。ここでは、国内における CCS 事業への支援措置等に関する調査の一環として実施した、CCS のカーボンフットプリントによる CCS の取扱いについて紹介する。

(1) カーボンフットプリント(CFP)

CFP¹²⁾は製品・サービスについて、原材料の調達から製造、流通、使用、廃棄に至るライフサイクル全体において発生する温室効果ガス(CO₂)の単位排出量を算定・合算・表示する企業独自の取組であり、脱炭素・低炭素製品(グリーン製品)が選択されるような市場を創り出していく基盤の1つである。一般的に CFP は、自社の活動に由来する温室効果ガス排出量を対象とし、自社の削減努力を定量的に評価することを目的とする指標であるため、CFP の算定範囲外で産出された排出削減を、クレジット購入によって代替的にオフセットすることは、通常認められていない。

(2) カーボンフットプリントによる CCS の取扱い

CCS に関しては製品ライフサイクルの内、製造段階で発生する CO₂ を回収し、地中に貯留することによって、CO₂ 排出量を削減することから、当該製品の CFP 算定において CO₂ 削減分が控除されると想定される。

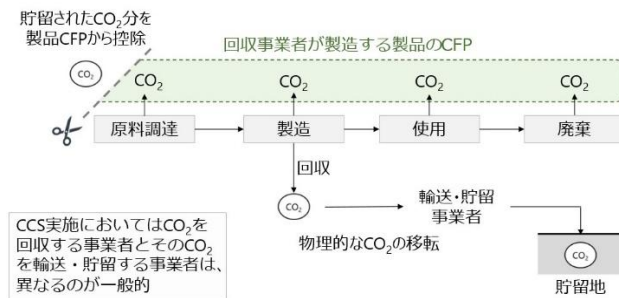


図4 CCSとCFPの関係

CFP 算定における CO₂ 削減量の取扱いに関して、国内外関連規定を調査、整理した。

① CCS による CO₂ 削減量の帰属先

IPCC インベントリガイドラインや日本国温室効果ガスインベントリ報告書によると、回収された CO₂ は恒久的な貯留が確認された時点で、発生源分野(化石燃料から CO₂ に転換した分野)の排出量から控除される。すなわち CO₂ 回収事業者に、CCS による CO₂ 削減量は帰属する。

② 製品 CFP に関連する諸規定と属性主張

国際標準化機構 ISO14067 や EU 炭素国境調整メカニズム(CBAM)、国内自動車工業会 CFP ガイドラインなどでは、CCS による CO₂ 削減量は製品 CFP に含めてよいとされている。その際、製品に CO₂ 削減量を付属させるために削減量証書を発行し、属性主張を行うことは可能とされている。この属性主張は、製品のライフサイクル内で発生した CO₂ 削減量を同一境界内で配分・帰属する行為であって、ライフサイクル外で達成された CO₂ 削減を購入・移転することによって排出を相殺するオフセットとは性質が異なるものである。

③ SHK 制度における整理の必要性

現行の SHK 制度でも CO₂ 回収量を控除することは可能であるが、CCS 事業の自立化に向けて事業の予見可能性を確保することが求められている。今般、SHK 制

度における算定方法検討会において、CCS による CO₂ 排出削減価値を早期に明確化するために、CCS のカウントルールの検討がスタートした。

3. イノベーション創出のための国際連携

3.1. IPCC(気候変動に関する政府間パネル)

IPCC は、人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988 年に国連環境計画(UNEP)と世界気象機関(WMO)により設立された。ここでは、地球温暖化に関する科学的知見を収集・評価し、温暖化予測(第 1 作業部会)、影響と適応(第 2 作業部会)、緩和策(第 3 作業部会)からなる報告書の作成を行っている。

IPCC では世界の科学者による論文や観測データ等に基づき、各国から推薦されて選ばれた専門家が報告書の取りまとめを行っており、科学的分析に加え、社会経済への影響、気候変動を抑制する対策など多角的な評価・検討が行われている。また、この成果は、各国の政策にも科学的根拠を与えるため、ここからの報告書は国際交渉にも高い影響力を持つと考えられている。

RITE では、緩和策(第 3 作業部会)の国内支援事務局を担い、研究開発・調査と政策を結びつける役割を担っている(図 5)。IPCC では、2023 年 7 月から第 7 次評価サイクル(AR7)の活動が開始し、気候変動と都市に関する特別報告書、短寿命気候強制力因子(SLCF)に関する方法論報告書および各作業部会報告書の執筆を行っている。また、二酸化炭素除去(CDR)技術・炭素回収利用及び貯留(CCUS)に関する方法論報告書についても 2025 年 10 月の総会でアウトラインが承認され、2026 年 1 月に執筆者が選出され、執筆を行っている。RITE はここでも、情報収集・分析・報告・助言等を通じて支援を行っている。

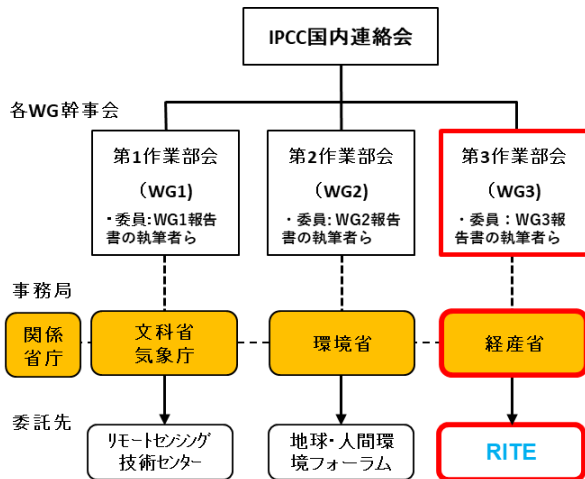


図5 IPCC国内連絡会とRITE

3.2. ISO(国際標準機関)

ISOは、176のメンバー国で構成される組織であり、国家間に共通な標準規格を提供し、世界貿易を促進している。ISOの標準を使用することで、安全・信頼性が高く、質の高い製品・サービスの提供が可能である。

すでに諸外国では、多くの実証試験、商業規模でのCCS事業も実施され、国際連携が進められるとともに、関連技術の国際標準化の枠組みが求められている。CCSの国際標準化によって、安全と環境面で、国際的に合意された知見に沿っていることが保証されるため、安全で適切なCCSの普及に貢献することが可能である。

RITEは、ISO/TC265(CO₂の回収、輸送、貯留)の国内審議団体であるとともにWG1(回収)の事務局を担当しており、CCS分野における設計、建設、操業、環境計画とマネジメント、リスクマネジメント、定量化、モニタリングと検証の国際標準化に関し積極的に活動している(図6)。

2026年3月末時点で、ISO/TC265からCCS分野に係る規格類は17件発行されているとともに、9件の文書が開発中である。これらに加えて新たなテーマの提案も出され検討が始まっている等TC265全体の活動が活発化している。出版後5年が経過した規格の改訂も進んでいて、貯留全般を扱うISO27914の改訂版が3月末に出版された。この規格は、改定内容全体及び新規導入の貯留に関するCO₂定量化に関して実運用に支障がないか国内関連企業の協力を得て詳細な検討を行

ったものであり、今後貯留の国内ルール整備に向けた議論に活用される。

※本活動は、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)の委託業務の一環として実施している。

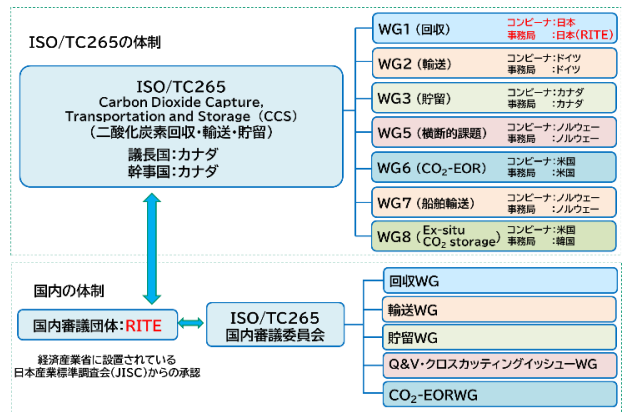


図6 ISO/TC265の各ワーキングと国内体制

4. 普及啓発・人材育成と知財戦略、産学連携の推進

4.1. 普及啓発・人材育成

RITEでは次代の研究者育成のため、さまざまな普及啓発と人材育成活動を実施している。ここでは、小中高校生と大学/大学院生に分けて説明する。

<小中高校生>

地球温暖化問題に関する次世代への教育が重要であり、RITEでは小中高生を対象に研究所施設を用いた校外学習の受け入れや学校を訪問して授業を行う出前授業を進めている。2025年度は7校128名の生徒に対してRITEが取り組む研究の中からCCS技術を取り上げ、地球温暖化メカニズムを知識として説明し、主要温暖化ガスであるCO₂を地中に貯留しても粘土層(遮蔽層)によって漏洩の可能性が低いこと、さらに考察と意見交換を通じて理解を深めるといった学習サイクルに基づく活動を実施している(図7)。

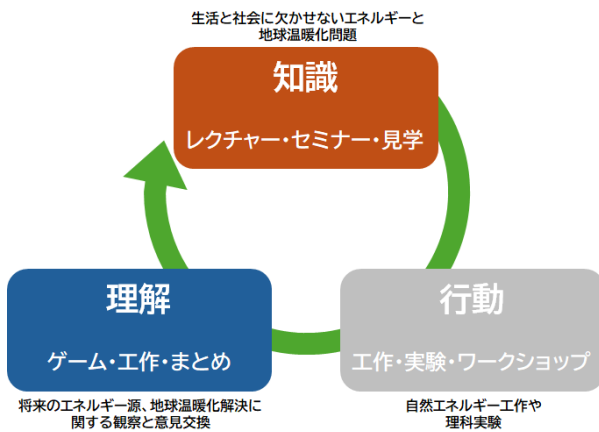


図 7 RITE における小中高生に対する普及啓発

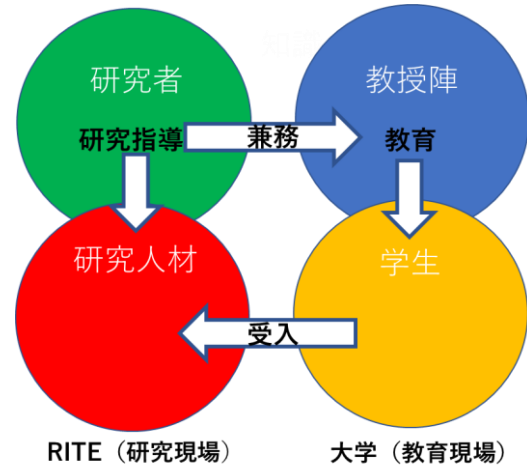


図 8 RITE における大学・大学院生に対する人材育成

<大学・大学院生>

次代の研究や技術を支える人材育成の一環として大学・大学院との教育連携を進め、RITE 研究者の教授等への兼務を行うとともに、大学院生を中心とした若手人材の研究現場への受け入れを行い、大学における教育と研究所における研究指導を展開している(図 8)。例えば、奈良先端科学技術大学院大学バイオサイエンス領域の大学連携研究室を RITE に設置し、単なる技術開発だけでなく、グローバルな生産・消費システムの理解の上に、植物を原料とし、バイオマスを有効に利用した再生可能資源による循環型および低炭素の社会実現を目指した研究と教育を進めている。また、奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学領域との連携研究室も設置し、CO₂ 分離回収技術の研究と教育についても進めている。

また、研究者のみならず、いわゆる文系学生についても地球温暖化対策に係るリテラシー涵養が重要と考え、関西大学1・2年生文系学部生を対象として、地球温暖化対策全般と RITE の取組について講義を実施している。

このように、理系・文系双方の学生に対するマルチなアプローチを通じて研究開発の将来を担う、また親近感をもつような人材育成に寄与することとしている。

4.2. 知財と産業連携

RITE は、研究開発等で得られた研究成果について、特許、ノウハウ等の知的財産権を戦略的かつ効率的に取得・管理し、さらに積極的な活用を行うことにより、公益目的である、地球環境の保全に資する産業技術の進歩向上を図ることとしている。

このような研究成果の知財化は、企業等との産業連携機会を産み、共同研究および共同出願により、さらなる知財を生み出すという好循環により、社会貢献することができる。RITE では、こういった知的財産権の持つ多様な機能に着目し、市場や他の研究開発動向なども踏まえつつ、戦略的に知財活動を推進している。

こうした知財戦略推進の一環として、RITE 幹部を委員とし、広報・産業連携チームを事務局とした「特許等審議委員会」を内部に設置し、研究グループからの申請により、発明の認定、国内および外国への特許出願、および審査請求、特許権維持等といった知財の取得・管理、ならびにライセンス契約の承認等といった知財戦略を、主な議事内容として運営を行っている。

2026 年 3 月末時点で、RITE が単独または共同で出願人となっているものの内、出願・審査中の特許は、国内出願が 22 件、外国出願が 15 件であり、登録された権利を維持している特許は、国内権利 59 件(うち企業にライセンス中 3 件)、外国権利 33 件(同、2 件)である。

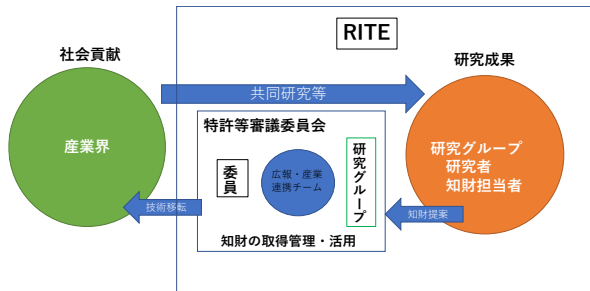


図 9 知財戦略と産業連携の推進

5. おわりに

RITE は設立以来、抜本的な CO₂ 削減を実現するための革新的エネルギー・環境技術の研究開発を推進するとともに、地球温暖化対策シナリオを作成して政策提言につなげてきた。

ここで概観した内外動向等を踏まえ、RITE 一体となって時代に即応した研究開発を引き続き推進し、イノベーションとして結実させ、「人と地球が仲良く」できるような取り組むこととしたい。

この際、研究開発の実用化にあたっては社会受容性の涵養が必要である。種々の広報ツールなどに意を払い、わかりやすく納得感のある説明を心がけ、様々なレイヤーに対する地球温暖化への認知・理解の更なる促進を図ることとしたい。

参考文献

- 1) RITE, “RITE の役割: 地球環境と経済の両立を目指して”, <https://www.rite.or.jp/about/>
- 2) 経済産業省 政策について, 資源・燃料, CCS 政策について, CCS 事業法関係について, https://www.enecho.meti.go.jp/category/resources_and_fuel/carbondioxidecaptureandstorage/CCS_business.html
- 3) 経済産業省 審議会・研究会, カーボンマネジメント小委員会, https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/carbon_management/index.html
- 4) 経済産業省 ニュースリリース, <https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250221001/20250221001.html>
- 5) 経済産業省 ニュースリリース, <https://www.meti.go.jp/press/2025/09/20250917003/20250917003.html>
- 6) 経済産業省 ニュースリリース, <https://www.meti.go.jp/press/2025/09/20250917002/20250917002.html>
- 7) 経済産業省 ニュースリリース, <https://www.meti.go.jp/press/2026/04/20260415001/20260415001.html>
- 8) 経済産業省 審議会・研究会, CCS 事業の支援措置に関するワーキンググループ, https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/carbon_management/ccs_wg/index.html
- 9) 経済産業省 審議会・研究会, CCS 長期ロードマップ検討会, https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ccs_choki_roadmap/index.html
- 10) 第 7 次エネルギー基本計画, https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/
- 11) 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における算定方法検討会, <https://policies.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/study.html>
- 12) 経済産業省 第 10 回 カーボンマネジメント小委員会資料 3, https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/carbon_management/pdf/10.03.00.pdf

システム研究グループ

グループメンバー(2026年4月)

グループリーダー・主席研究員	秋元 圭吾	主任研究員	原田 洋
サブリーダー・副主席研究員	永田 敬博	主任研究員	中野 優子
主席研究員	小田 直樹 (企画調査グループ業務)	主任研究員	大西 尚子
副主席研究員	藤崎 亘	主任研究員	橋本 照子
主任研究員	和田 謙一	研究員	樹田 仁次
主任研究員	長島 美由紀	研究員	安藤 輝尚
主任研究員	本間 隆嗣	職員	山本 清美
主任研究員	佐野 史典	職員	斎藤 美三子
主任研究員	林 礼美	職員	工藤 幸子
主任研究員	伏見 温子	職員	南村 良子

システム研究グループの研究活動報告

システム研究グループは、システム的な思考、システム的な分析を通して、地球温暖化やエネルギー対応に関する有用なる情報提供を国内外に行ってきた。

日本政府は、第7次エネルギー基本計画¹⁾、地球温暖化対策計画²⁾、GX2040ビジョン³⁾を策定し、2025年2月に閣議決定した。地球温暖化対策計画では、2035年および2040年のNDC(Nationally Determined Contribution)としての温室効果ガス排出削減目標を、それぞれ、2013年度比で60%削減、73%削減とすることとし、2月18日に日本のNDCとしてUNFCCC事務局に提出された。世界においては、2025年11月のCOP30に前後して、多くの国が2035年や2040年の排出削減目標を策定したNDC3.0を提出した。システム研究グループでは、2024年度、第7次エネルギー基本計画策定にあたりシナリオ分析を行ったが、今年度はシナリオを更に拡張した分析を実施した。また、最新のNDCsの排出削減目標の状況について整理しつつ、複数の指標を用いて排出削減目標の排出削減努力に関する分析・評価を行った。本報告では、これらのシナリオ分析、評価について解説する。

1. 第7次エネルギー基本計画エネルギー需給シナリオの感度解析

日本政府は、2025年2月に、地球温暖化対策計画の改定を行い、2035年および40年のNDCとしての温室効果ガス排出削減目標を、それぞれ、2013年度比で60%削減、73%削減とすることとし、2月18日に日本のNDCとしてUNFCCC事務局に提出も行った。これら目標は、既に提出済みの2030年46%削減から2050年実質ゼロ排出(100%削減)に至る直線的な削減にあたるものである。既往の削減目標は維持し、気候変動への対応を進めながら、他方で、複雑化してきている国際情勢にも対応するパスが選定されたものと考えられる。更に第7次エネルギー基本計画のエネルギー需給見通しでは経済的リスクへの対応として、排出量が上振れするシナリオの提示もなされた。他方、世界排出量は引き続き上昇していることに加え、国際情勢は一層混沌としてきている。ロシア・ウクライナ戦争は長期化し、また、2026年2月には米国・イスラエルがイランを攻撃し、中東情勢は緊迫している。米国トランプ政権は、2026年1月にパリ協定から正式に脱退したが、これに留まらず、2026年1月には国連気候変動枠組条約自体からの脱退を宣言した。また、2月には、各種排出削減政策の法的な根拠とされてきた、温室効果ガスの「危険性認定」の取り消しも行った。

世界の温暖化対策は、まだら模様感を増してきている。グローバルでカーボンニュートラルの達成を目指すうえ

では、各国の掲げる野心や政策強度の違いの増幅は、対策の困難さを増大させる。気候変動対策は喫緊の課題である。しかしながら、排出削減対策の国際的な協調ができない状況では、国内で排出削減の強度を上げようとしても、それは、温暖化対策が進むよりも、生産活動量の低下、産業の海外リークageによって排出削減が実現していくことになりかねない。この場合、国内排出量は減っても、世界排出量は減らないことになる。

RITE は、2024 年度にシナリオ分析を行い、それは第 7 次エネルギー基本計画のエネルギー需給見通しの主要な参照とされた^{4),5)}。その中では、リスク対応シナリオとして「排出上振れリスクシナリオ」(政府シナリオ名は「技術進展シナリオ」)も採用された。しかし、このような国際情勢の中、より広範なシナリオ分析を行っておくことの重要性は増している。そこで、第 7 次エネルギー基本計画策定向けに提示した「排出上振れリスクシナリオ」を更に拡張した分析を実施した。

1.1. 分析方法

第 7 次エネルギー基本計画向けの分析と同様に、基本的に DNE21+モデル^{6),7),8)}を用いて分析を行った。図 1 に分析の流れを示す。

DNE21+モデルは、部分均衡のエネルギー需給分析モデルであり、エネルギー多消費産業(粗鋼など)の各生産量や運輸サービス需要等は外生的に想定される。しかし、エネルギー多消費産業の海外移転が進んできていると観測され、また、今後の CO₂ 排出削減において、CO₂ 排出削減強度の国際間の違いによって誘因される、海外との相対価格変化によって、エネルギー多消費産業の生産活動量自体が変化(日本で低下)する可能性も高い。そのため、CO₂ 排出削減強度の国際的な違いによって誘発される可能性がある、エネルギー多消費産業の生産量低減効果も織り込んだ分析を行った。この分析においては、基本的に世界エネルギー経済モデル DEARS^{9),10)}を用いた。他方、とりわけ先進国を中心に、価格弾性が高まってきている可能性があることから、昨年度の分析になるが、「低成長シナリオ」については、より高い長期価格弾性値を想定した分析も実施した。生産量低下の推計結果を基に、DNE21+の前提条件を更新し、再度

DNE21+で計算を実施した。

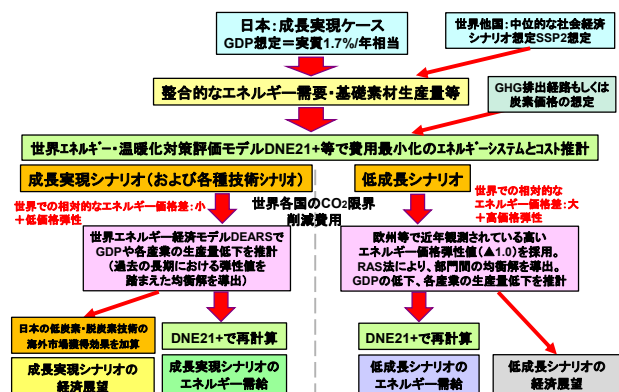


図1 シナリオ分析の流れ

1.2. シナリオ想定

表 1 に示す 7 シナリオについて分析を行った。

「成長実現シナリオ」は、広範かつ大きく技術進展が実現するシナリオである。他方、一部のみ技術進展がうまくいくシナリオが、「再エネ」、「水素系燃料」、「CCS」の各シナリオである。これらシナリオは、いずれも 2030 年 46%減から 2050 年カーボンニュートラル(CN)へと線形で排出削減を行い、2040 年 73%減を想定している。2035 年 60%減、2040 年 73%減(いずれも 2013 年比)は、2025 年 2 月に日本の NDC として UNFCCC 事務局に提出がなされた目標である。

「低成長シナリオ」は、すべての技術が現状の延長線上のような進展に留まるシナリオである。後述の分析結果で理解できるように、この「低成長シナリオ」時の日本の経済影響は甚大であり、海外との相対的なエネルギー価格の上昇によって、エネルギー多消費産業が国際競争上、劣後し、生産量の大きな低下が見込まれる。政府の GX 政策は、環境と経済の好循環を目指すものであり、GHG 排出量が大幅に低減できても、経済が大きく棄損する世界は避けなければならない。しかも、このとき、国内の排出量は低減しても、エネルギー多消費産業は海外でその分、活動量が増加し、世界全体の排出量は低減しない可能性が高い。

なお、「低成長シナリオ」でも、現状の延長線のような技術進展は見込んでおり、ドイツの足下での経済悪化状

況からしても、発現するリスクが十分に高いシナリオでもある。そのため、革新的に技術進展がしなかった場合に、国内の GHG 排出量目標を厳格に実現せず、相対的なエネルギー価格差を広げ過ぎないように対応する、リスク対応戦略として「排出上振れリスクシナリオ」も提示した。このシナリオでは、1.5°Cシナリオ相当の炭素価格水準を想定し、日本の排出量についてはモデルの経済計算に基づいて算定される。結果としては、「排出上振れリスクシナリオ」では、2040年73%減、2050年61%減、2050年79%減となっている。

昨今の気候変動対策がまだら模倣化している中、一層、相対的なエネルギー価格差が広がりやすい状況にある。そのため2025年度は、「排出上振れリスクシナリオ」よりも更に炭素価格水準が低い「排出上振れリスク大シナリオ」と「誓約政策実行シナリオ」を想定し分析した。詳細については後述するが、前者は国際エネルギー機関(IEA)の Net Zero by 2050 (NZE)シナリオで想定されている炭素価格、後者は同じく IEA の Stated Policies Scenario (STEPS)で想定されている炭素価格を採用して分析した。

以上のシナリオについて、図2では分析した各シナリオをマッピングして表示した。

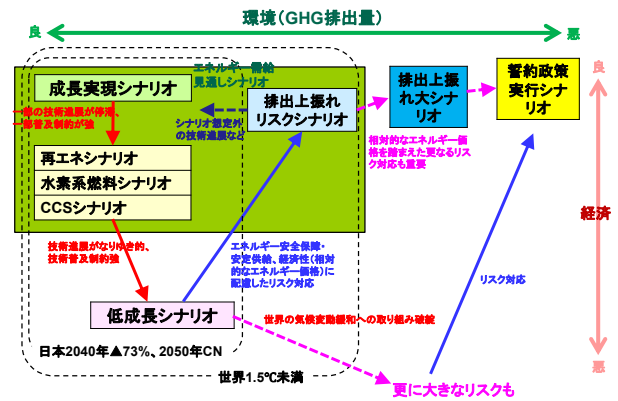


図2 シナリオ分析の流れ

1.3. 技術シナリオ想定・モデル前提条件

各シナリオにおける個別の技術想定等については、第7次エネルギー基本計画向けのシナリオ分析と同様、表2のとおりとした。モデルの前提条件やシナリオ想定の詳細については、文献4)、11)を参照されたい。

なお、先述したが、「低成長シナリオ」以外では、エネルギー多消費産業の生産量の低減については、原則、世界エネルギー経済モデル DEARS 使って推計し、DNE21+モデルにフィードバックを行って計算した。他方、「低成長シナリオ」では、長期価格弾性値を▲1.0と高い弾性値を想定して分析した。

表2 シナリオ想定:各種技術展望等

表1 シナリオ想定:定性的記述

排出削減シナリオ	シナリオ名	政府シナリオ名	シナリオ概要
排出削減シナリオ 2030年▲46%+ 2040年▲73%+ 2050年CN (世界1.5℃未満)	成長実現シナリオ	革新技術拡大	排出削減対策が順調に展開し技術進展する。国際的な排出削減目標も達成し、日本の国際的な相対的なエネルギー価格差が適度に収まる。日本の温暖化対策技術が海外にも広く普及し、経済と環境の好循環を実現し得る。
	再エネシナリオ	再エネ拡大	再エネの社会共生制約小・コスト低減加速
	水素系燃料シナリオ	水素・新燃料活用	合成メタン(e-methane)・合成燃料(e-fuels)・アンモニアを含め、水素系エネルギーのコスト低減加速
	CCSシナリオ	CCS活用	CCO貯留の社会障壁小。経済合理的な範囲で効率的に普及
炭素価格シナリオ 技術進展等の不確実性下でのリスク対応の経済と環境の好循環シナリオ (政策目標としては、2040年▲73%+2050年CNだが、政策実施としては排出削減費用をターゲットとし、技術・社会情勢の平準化により、結果としての排出量は変化)	排出上振れリスクシナリオ	技術進展	技術進展は「成長実現シナリオ」相当が実現できず、再エネ・CCS・CDR、水素系は小規模・原子力等の技術進展・普及が抑制的。そのため、海外との相対的なエネルギー価格差が広がることから、経済と環境の好循環維持のため、炭素価格政策水準も抑制的となる社会像。炭素価格の想定はNIEA NZE2050(高位)
	排出上振れ大シナリオ	---	同上。炭素価格の想定はNIEA NZE(低位)
	誓約政策実行シナリオ	---	同上。炭素価格の想定は、誓約済み政策の実現を想定したIEA STEPS (Stated Policies Scenario)相当

シナリオ	現在のGHG排出削減率	原子力	再エネ	CCS/CDR	水素/フロン	合成燃料	EV/その他IT需要	自動車	鉄鋼	鉄鋼・化学・生産等の生産量の生産量削減による生産量低下
所得増進、人口・GDPの急激な増加等	【上振れ(2050年)】 【下振れ(2050年)】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】	【中位】
成長実現シナリオ	高位	高位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	小
再エネシナリオ	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	小
水素系燃料シナリオ	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	小
CCSシナリオ	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	小
低成長シナリオ	低位	低位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	大
炭素価格シナリオ	炭素価格	中位	高位	中位	中位	中位	中位	中位	中位	小

※ 2030年は炭素価格シナリオでは炭素価格を想定。その他シナリオでは▲46%を想定。また、電源構成比率は第6次エネルギー基本計画のエネルギーミックスで制約。ただし、誓約政策実行シナリオは、2030年エネルギーミックス制約は想定せず、原子力比率上限を15%とした制約のみを考慮

1.4. シナリオ分析結果

(1) 世界排出量・気温上昇

本項では、想定したシナリオについてのモデル分析結果を掲載する。

まず、表 3 に、分析したシナリオの 2040 年の世界排出量の排出削減率、世界での正味ゼロ CO₂ 排出の実現時期、気温上昇について整理した。政府エネルギー基本計画に採用されたシナリオである「成長実現シナリオ」を含む 2040 年▲73%のシナリオや「排出上振れリスクシナリオ」は、気温上昇ピークが 1.7℃となっており、気温オーバーシュートの 1.5℃シナリオではあるが、国連グテレス事務総長が気温オーバーシュートは不可避と述べるなどの現状認識と合致している。

「排出上振れ大シナリオ」では 2100 年気温は 2.4℃、「誓約政策実行シナリオ」では 3.2℃である。両シナリオともに 2100 年までに世界排出量は正味ゼロにはならない。UNEP の現状政策継続での気温推計 2.6℃(1.9～3.6℃の幅)に近い水準である。

表 3 各シナリオと世界排出量、気温上昇との関係性

	2040年GHG 排出削減率 (2019年比)	CO ₂ 排出量の 正味ゼロ 排出実現時期	気温上昇		
			ピーク	2100年	
IPCC C1:1.5℃ オーバーシュート無もしくは小	69 [58-90] %	2050-55年	1.6℃ [1.4-1.6]	1.3℃ [1.1-1.5]	
IPCC C2:1.5℃ オーバーシュート有	55 [40-71] %	2055-60年	1.7℃ [1.5-1.8]	1.4℃ [1.2-1.5]	
分析 シナ リオ	2040年▲73%+2050年 CN	62 % (はね起CO ₂ : 71- 72%)	2050-55年	1.7℃	1.4℃
	炭素価格シナリオ (排出上振れシナリオ)	52 % (はね起CO ₂ : 54%)	2050-55年	1.7℃	1.5℃
	炭素価格シナリオ (排出上振れ大シナリオ)	24 % (はね起CO ₂ : 8%)	—	2.4℃	2.4℃
	誓約政策実行シナリオ	1 % (はね起CO ₂ : ▲28%)	—	3.2℃	3.2℃

(2) コスト・経済影響関連

CO₂ 限界削減費用を表 4 に、電力限界費用について表 5 に示す。

CO₂ 限界削減費用を見ると、「成長実現シナリオ」であっても、2040 年▲73%、2050 年 CN を実現するにはかなり高い費用が必要になると分析される。実現のためには、本分析で想定できなかったような更なるイノベーションも必要とも考えられる。

「低成長シナリオ」では、CO₂ 限界削減費用や電力費用のより一層の増大が推計される。また、日本と他国との比較では、相対価格としても電力価格差が広がることが確認できる。なお、ここでは、世界全体で 1.5℃未満を

実現することを前提とした分析を行ったが、実際には、世界は斑模様であり、国によってはベースラインに近い対策しかない可能性もある。この場合、「低成長シナリオ」の電力価格と他国の電力価格は、より一層広がる可能性もあるので、ある程度、柔軟な排出削減対応も見据えることは重要である。

そのような状況に対応するシナリオが、「排出上振れリスクシナリオ」であるが、「排出上振れリスクシナリオ」では、先に記載のように、1.5℃シナリオ相当の炭素価格推計を世界全体に想定したため、CO₂ 限界削減費用(炭素価格)は世界一律となっており、「成長実現シナリオ」よりも若干低めの価格となっている。「排出上振れシナリオ」では、技術進展が現状のペースに留まると想定したが、排出制約ではなく、一定の炭素価格での想定をしたため、エネルギーコスト、電力コストは、「成長実現シナリオ」レベルに留まる結果となっている。電力価格の他国との比較でみると、いずれのシナリオでも排出削減への対応のため、現状よりは価格上昇は避けられないが、海外との相対的な価格差はあまり広がらない結果となっている。

「排出上振れ大シナリオ」、「誓約政策実行シナリオ」は、IEA シナリオの炭素価格を参照しているが、日本の炭素価格は 2040 年でそれぞれ 116、41 USD/tCO₂(モデル前提条件設定の為替想定 1USD=110 円では、12,800 円/tCO₂、4500 円/tCO₂)である。なお、GX-ETS の炭素価格の上下限値は、2026 年時点で 1,700～4,300 円/tCO₂(+実質価格で 3%/年の上昇)とされたが、「排出上振れ大シナリオ」、「誓約政策実行シナリオ」の想定炭素価格は、これと近い水準と考えられる。2040 年の電力限界費用では、「排出上振れ大シナリオ」で 2020 年比でほぼ横ばい、「誓約政策実行シナリオ」では再エネのコスト低下などにより、微減と推計される。

表4 CO₂限界削減費用

		排出削減シナリオ(2040年▲73%)					炭素価格シナリオ		
		成長実現シナリオ	再エネシナリオ	水素系燃料シナリオ	CCSシナリオ	低成長シナリオ	排出上振れシナリオ	排出上振れ大シナリオ	暫的政策実行シナリオ
日本	2040	301	369	467	396	538	257	116	41
	2050	578	716	742	892	951	500	141	50
米連	2040	294	350	409	362	410	257	116	0
	2050	262	348	454	350	467	500	141	0
英国	2040	294	350	419	369	428	257	116	84
	2050	317	387	558	452	579	500	141	89
EU	2040	298	350	409	362	410	257	116	84
	2050	413	516	648	541	664	500	141	89
その他	2040	294	350	409	362	410	257	20~116	0~84
	2050	262	348	454	350	467	500	31~141	0~89

単位: USD/tCO₂ (2000年価格)

表5 2040年の電力限界費用

	2020年	ベースライン	排出削減シナリオ(2040年▲73%)					炭素価格シナリオ		
			成長実現シナリオ	再エネシナリオ	水素系燃料シナリオ	CCSシナリオ	低成長シナリオ	排出上振れシナリオ	排出上振れ大シナリオ	現状政策継続
日本	166	127	212	224	251	242	311	213	168	141
米連	40	38	98	118	125	116	126	127	86	43
英国	114	135	180	195	223	203	222	201	168	158
ドイツ	114	119	175	191	202	198	204	194	158	148
フランス	114	133	171	165	172	173	173	174	170	160
韓国	103	103	174	173	194	195	194	184	145	123
中国	61	66	143	152	213	192	213	173	103	71
インド	105	121	187	190	236	239	237	223	165	121

単位: USD/MWh (2000年価格)

注) 発電場での限界費用。ただし、系統統合費用は含む。2020年値はすべてモデルでの推計値

「成長実現シナリオ」、「低成長シナリオ」、「排出上振れリスクシナリオ」について、世界エネルギー経済モデル DEARS で推計した生産量、GDP の低下の推計を表6に示す。また、海外市場獲得効果も含めた場合の経済成長率見通しも記載している。

「成長実現シナリオ」では、急速な技術進展を見込んでいるが、それでも、2040年▲73%、2050年CNという厳しい排出削減目標の想定のため、GDPでは2040年▲4.1%、2050年▲5.6%が見込まれた。鉄鋼では2040年▲3.9%、2050年▲11%である(たとえば、2050年では潜在的な粗鋼生産量は9000万トン/年と見込んだが、▲11%によって8000万トン/年に)。ただし、世界が1.5℃目標に向けて取り組む場合には、海外市場の獲得効果も期待され、推計には大きな不確実性が存在するものの、5%/yrポイント程度の上昇が見込まれた。そのため、潜在的な経済成長の見通し程度(2040年では若干の増)を実現し得るシナリオとなっている(2023~40年の経済成長率は人口低減効

果を織り込んで1.5%/年の推計)。

「低成長シナリオ」では、技術進展が漸進的であることから、日本は相対的に安価な脱炭素エネルギーへのアクセスが海外に比べて一層乏しい状況となり、結果、海外との相対的なエネルギー価格差が広がり、海外への産業移転が大きくなる可能性が示されている。鉄鋼、化学産業では、ベースラインに比べ40%程度の極めて大きな生産量の低下が推計される。また、自動車産業(輸送機械)でも、同様の水準の生産量低下が推計される。GDP全体でも、13~14%程度とかなり大きな低下となる。技術進展がそれほど進まない中で、2050年CNに向けて直線的に排出削減を進めれば、「低成長シナリオ」の分析結果が示すような世界は十分起き得ると考えられる。

「排出上振れリスクシナリオ」では、技術進展が「成長実現シナリオ」のように急速に進まず、「低成長シナリオ」と同程度の想定であり、このシナリオにおいては、排出量が上振れするものの、経済影響としては、「成長実現シナリオ」と大差のないものと推計された。経済活動の大きな落ち込み、また、炭素制約による産業の海外移転を避けるべきであり、そのようなリスクに対応し得るシナリオとなっている。

「排出上振れ大シナリオ」では、炭素価格が小さいため、経済への負の影響が他シナリオよりも相当小さく抑制できる。他方、海外での排出削減が進まないことから、日本の温暖化対策技術の海外市場獲得効果も他シナリオよりも小さく、結果、海外市場獲得効果も含めた経済影響は、「排出上振れリスクシナリオ」や「成長実現シナリオ」と同程度と推計された。

表 6 生産量・GDP の低下・成長実現・低成長・排出上振れシナリオ

ベースラインからの低減率	成長実現シナリオ (DEARS)		低成長シナリオ (価格弾性: ▲10, 所得弾性: 1.0 + 仮定)		排出上振れシナリオ (DEARS)		排出上振れ大シナリオ (DEARS)	
	2040	2050	2040	2050	2040	2050	2040	2050
鉄鋼	-3.9%	-11.0%	-41%	-46%	-3.6%	-11.0%	-2.8%	-2.1%
(生産量 [億トン/年])	(0.86)	(0.80)	(0.53)	(0.49)	(0.86)	(0.80)	(0.87)	(0.88)
化学	-3.7%	-11.2%	-35%	-40%	-3.3%	-10.7%	-2.1%	-1.7%
産業土石(セメント含)	-2.1%	-2.7%	-30%	-34%	-1.7%	-3.8%	-0.9%	-0.6%
非鉄金属	-1.4%	-2.7%	-35%	-39%	-1.2%	-5.0%	-0.8%	-0.2%
紙パ	-3.5%	-6.3%	-33%	-37%	-3.1%	-7.2%	-1.5%	-1.7%
輸送機械	-4.1%	-6.9%	-42%	-47%	-4.7%	-8.2%	-1.6%	-2.0%
GDP (CO2削減技術の海外市場獲得効果含まず)	-4.1%	-5.6%	-13%	-14%	-3.6%	-5.9%	-1.8%	-2.1%
GDP, GNI (海外市場獲得効果含む)	内閣府「成長実現ケース」の一人当たりGDP成長率を若干上回る水準(海外市場獲得効果: +0.4~+0.4程度)		上記とほぼ同等(海外市場獲得効果は期待できません)		内閣府「成長実現ケース」の一人当たりGDP成長率とほぼ同等の水準(海外市場獲得効果: +0.4程度)		内閣府「成長実現ケース」の一人当たりGDP成長率とほぼ同等の水準(海外市場獲得効果: +1.4程度)	
経済成長率: 2023年からの年成長率 ※人口成長率減少が含まれる	+1.5%/年	+1.2%/年	+0.6%/年	+0.7%/年	+1.4%/年	+1.2%/年	+1.4%/年	+1.2%/年

(3) 日本の排出量

図 3 に日本の部門別 GHG 排出量を示す。先に記載済みであるが、「排出上振れリスクシナリオ」では、2040 年▲61%、2050 年▲79%と推計された。「排出上振れ大シナリオ」では 2040 年▲52%、2050 年▲63%、「誓約政策実行シナリオ」では 2040 年▲41%、2050 年▲45%水準に留まる結果である。

「排出上振れ大シナリオ」、「誓約政策実行シナリオ」では、2050 年においても鉄鋼での水素直接還元製鉄は経済合理的とはならず、高炉転炉法が経済合理的であり、そのため鉄鋼部門からの排出も相当程度残っている。

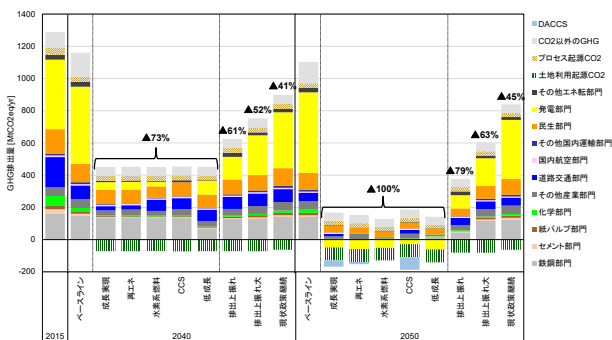


図 3 部門別 GHG 排出量

(4) 日本のエネルギー需給

図 4 に日本の発電電力量を示す。発電電力量は、「低成長シナリオ」を除いていずれのシナリオでも増大が見られる。2040 年▲73%では、非 CO₂ GHG やその他 hard-to-abate の産業部門などが存在するため、発電部門ではほぼゼロ排出が経済的となっている。また、

再エネ、原子力、CCS の組み合わせが経済合理的である。2040 年の再エネ比率は 40~50%程度となっている。「排出上振れリスクシナリオ」では、それよりも少し比率が小さく、35%程度となっている。2050 年では浮体式洋上風力の増大が顕著に見られる。

発電電力量は、本来、IT 需要等で潜在的には増大が見込まれるが、相対的に高いエネルギー価格となれば、産業の海外移転を含め、生産量が低下しながら、エネルギー消費量を抑制することが必要になる。経済性の高い電源投資には長いリードタイムも必要なことが多く、電力需給逼迫をしないためにも、「低成長シナリオ」を実現しない予見性の高いエネルギー・気候変動政策が重要と言える。

「排出上振れシナリオ」では、2050 年までは、LNG 発電(コージェネ、CCS 付き含む)の比率は現状レベル程度が経済合理的な結果となっている。「誓約政策実行シナリオ」では、石炭火力発電の経済合理性が維持され、再生可能エネルギーの経済的ポテンシャルはかなり小さく抑制される。

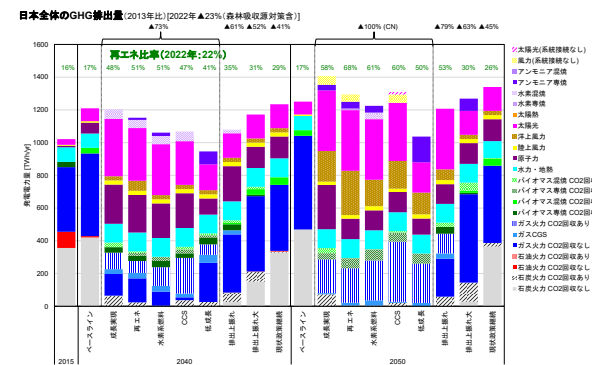


図 4 発電電力量

図 5 に部門別の最終電力消費量を示す。「成長実現シナリオ」では、2040 年 1081、2050 年 1210TWh/年である。「低成長シナリオ」では、高いエネルギー価格によって、需要が相当抑制的になると見られる。「排出上振れ大シナリオ」、「誓約政策実行シナリオ」では、炭素価格水準が低位のため、電化の促進が抑制はされるものの、省電力効果も弱まるため、最終電力消費量は高い水準が推計された。

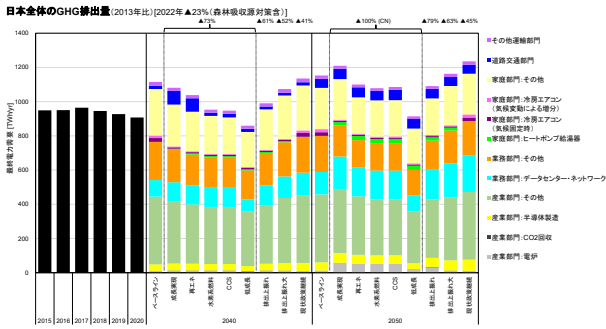


図5 部門別の最終電力消費量

図6に最終エネルギー消費量計を示す。電化率を高めることが経済合理的な対策である。他方、いずれの部門においても、完全な電化は経済合理的ではなく、水素、アンモニア、合成メタン(e-methane)、合成燃料(e-fuels)、バイオ燃料も組み合わせることが経済合理的な対策となっている。

最終エネルギー計では、2040年の電化率は、▲73%シナリオでは38~44%、2050年CN時では54~57%となっている。2040年の最終エネルギー消費量合計は、▲73%シナリオでは2015年比▲26~▲28%、2050年CN時では▲36~▲41%と推計された。

「排出上振れ大シナリオ」、「誓約政策実行シナリオ」では、炭素価格水準が低位のため、最終エネルギー消費量全体でも、比較的高いエネルギー消費量が推計された。

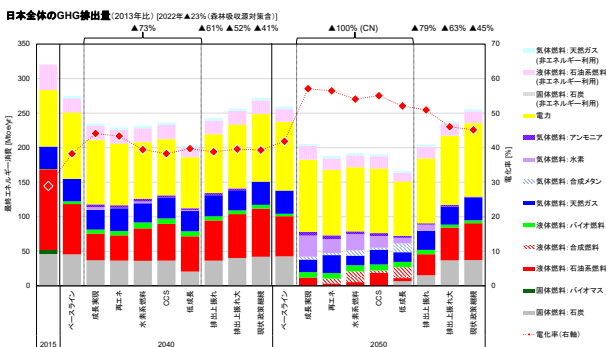


図6 燃料種別の最終エネルギー消費量計

2. 2035年排出削減目標(NDCs)に関する分析・評価

2.1. 世界各国のNDCsの排出削減目標の状況

パリ協定は、多くの国の参加を促すため、いわゆるブレッジ・アンド・レビューの仕組みを採用した。これによって、ほぼすべての国が排出削減に取り組む仕組みができた。パリ協定では、すべての国が自主的に目標と達成方法を決め、それを国別貢献(NDCs)として5年ごとに提出する(第4条2項、第4条9項)。目標見直しにあたっては、従前の目標に比べて前進させるよう求めている(第4条3項)。また、効果的な実施を促すために、透明性を高めた形で、すべての国が共通かつ柔軟な方法でその実施状況を報告しレビューを受けるものとされた(第13条)。パリ協定が実効ある形で排出削減を行っていくためには、レビューをいかに適切に実施できるかが重要になると考えられる。ただし、COP24で決定されたレビューの実施方法においては、各国NDCsの適切さ、不適切さについてはレビュー対象とはならないため、UNFCCCの外での評価が重要と考えられる。

これまで、RITEでは、2015年度にパリ協定の前に提出された2030年約束草案(INDCs: Intended Nationally Determined Contributions)の排出削減目標について、各種指標を用いてその排出削減努力を分析した。更に、2021年度には、11月11日までに国連に提出された2030年NDCsの排出削減目標について同様の分析を行った。そして、2025年11月のCOP30に前後して、多くの国がNDC3.0として2035年(日本等、一部の国・地域は2035年と2040年)の排出削減目標を提出したのを踏まえ、2025年度は、NDC3.0を中心とした排出削減目標の排出削減努力に関する分析・評価を行った。

表7に、2025年12月31日までに国連に提出されたNDC3.0の排出削減目標、および公表されているNDCsやCN宣言の状況を示す(一部の国のみ掲載)。

日本等の先進国は、NDC3.0として2030年の排出削減目標から深掘した排出削減目標が提示されている。また、これまでCO₂原単位目標を掲げていた中国は、対象をGHGとすると同時に、ピーク時よりも▲7%~▲10%とするという総量削減目標を提示している。

表 7 主要国 NDC の排出削減目標

	2030 NDC	2035 NDC	2040 NDC	2050年以降
日本	-46% (2013年比)	-60%	-73%	2050年CN
米国の*	-50%~-52% (2005年比)	-61%~-66%	—	2050年CN
EU27	-55% (1990年比)	-66.25%~-72.5%	-90%	2050年CN
英国	-68% (1990年比)	-81%	—	2050年CN
スイス	-50% (1990年比)	少なくとも-65%	少なくとも-75%	2050年CN
ノルウェー	-55% (1990年比)	-70%~-75%	—	2050年 low emission society
豪州	-43% (2005年比)	-62%~-70%	—	2050年CN
NZ	-50% (2005年比)	-51%~-55%	—	2050年CN (1990年以外)
カナダ	-40%~-45% (2005年比)	-45%~-50%	—	2050年CN
ロシア	-30% (1990年比)	-65%~-67%	—	2060年CN
韓国	-40% (2018年比)	-53%~-61%	—	2050年CN
中国**	GDPあたりCO ₂ 排出量を-65% (2005年比)	GHG排出量ピークより7%~-10% (2030年より前に排出ピークを達成)	—	2060年CN
インド	GDPあたりGHG排出量を-45% (2005年比)	—	—	2070年CN

※1 但し前バイデン政権時に提出された目標。トランプ大統領はパリ協定からの離脱を表明し、米国は2026年1月27日に正式に離脱。
 ※2 DNE21+モデルで算定した2030年ベースライン排出量をピークとして評価した。

2.2. NDCs の排出削減努力の評価

(1) 評価の指標・手法

各国がプレッジした NDCs の排出削減目標は、適切にレビューを行うことが重要である。各国の事情に差異がある中で、各国の事情を踏まえつつ、排出削減努力が平滑化されることが重要である。そのために、適切な指標を選択し、排出削減努力を計測することが必要である。ここでは、過去の検討¹²⁾に基づき、以下で述べるような指標について、評価を行った。

排出削減努力を計測することは、PDCA(Plan-Do-Check-Act)サイクルを確立する上で重要と考えられる。各国の排出削減努力の指標について、文献¹³⁾は Comparability metrics として以下の原則を上げている。

- ・ Comprehensive: 努力を包括的に捉えること
 - ・ Measurable: 計測できることが必要
 - ・ Replicable: 再現性があり、透明性があること
 - ・ Universal: できる限り多くの国に適用可能なこと
- その上で、公平性・衡平性を一意に決める指標は存在しないので、複数の指標を多面的に評価することが必要としている。

本研究における NDCs の排出削減目標の「排出削減努力」の評価では、2015 年時に評価した手法と同様、各国間で能力、排出削減可能性など、差異がある中で適切に「排出削減努力」を評価できるように、表 8 に整理した指標を選択した。なお、ここで述べる手法は、基本的に、

文献¹⁴⁾において、査読論文としても採択されているものである(ただし、そこで例示されていない指標(たとえば一人当たり排出量)についてもここでは採用し評価している。)

表 8 本研究で採用した排出削減努力の評価指標

排出削減努力評価の手法	概要	留意点等
排出量基準年比削減率	1990年比/2005年比/2013年比など 2019年比など最新年基準	ベースラインで排出が増えに近い場合には、単純に削減率の大きさを比較することで、BAU比削減率の代用とできる(BAU推計が不要となるメリット有)。 最新実績からの削減率となるため、今後の削減努力の計測として相対的に良い。
一人あたり排出量	絶対値水準 人口当たりのGHG排出量水準を表すもの	経済活動の大きさや国土の状況等に依拠しやすく、排出削減努力の指標とは言えない面がある。
GDP比排出量(GHG原単位)	絶対値水準 改善率(2019年比など)	経済活動の大きさに合わせたGHG排出量水準を表すもの 排出量基準年比削減率に比べ経済成長率の違いが小さく、削減努力を測りやすい
BAU比削減率	経済成長の違いなどを考慮できる。	GDPが低い国は、高いGDP成長率に伴って原単位改善率が良くなりやすい。
CO ₂ 限界削減費用(炭素価格)	経済成長、過去の省エネ努力、再エネなどの削減ポテンシャル等、各国の諸々の差異を含む指標で、削減努力の計測として妥当性が高い。	過去の省エネ努力(更なる省エネの困難さ)、再エネ等の削減ポテンシャルは無視される。
GDP比削減費用	限界削減費用は、経済力に応じた負担能力が考慮されないが、本指標は負担能力を含めた評価が可能	エネルギー種などによる既往の対策は外枠となる(ただしそれによって省エネが既に実現していれば限界削減費用も高く推計されるため、これも考慮されたものとも考えられる)。 モデル推計となり、推計の不確実性が高い。

以下に NDC の排出削減努力の評価における留意点を何点か列挙しておく。

- ・ 各国の土地利用変化(LULUCF)の排出見通しや、排出削減については不確実性が大きく、その評価が困難であるため、本研究では原則取り扱っていない。
- ・ 基準年比排出削減目標を提出している国については、基準年の排出実績(LULUCF 起源除く)に基づいて評価対象年の排出総量を算定し、評価した。
- ・ GDP 原単位改善目標を提出している国については、RITEにおける将来の GDP 想定に基づいて評価した。
- ・ BAU 比削減目標を提出している国については、BAU の排出量についても NDC に明記されている場合、その値に基づいて評価対象年の排出総量を算定し、評価した。

(2) 各国排出削減努力の分析・評価結果

図 7 に 2013 年比の排出量を示す。また、表 9 は主要国について、1990 年比、2005 年比、2013 年比、2019 年比、2021 年比の排出量を整理している。

2013 年比では、ノルウェーの排出削減率が最も高く、次いで英国、豪州の順となっている。一方、今後経済成

長が大きく見込まれるような国は、基準年比での削減率でみれば不利な形に見える。このように、この指標は、極めて簡便であるものの、排出削減努力を評価するには、とりわけ途上国まで含めて評価すると不相当と考えられる。

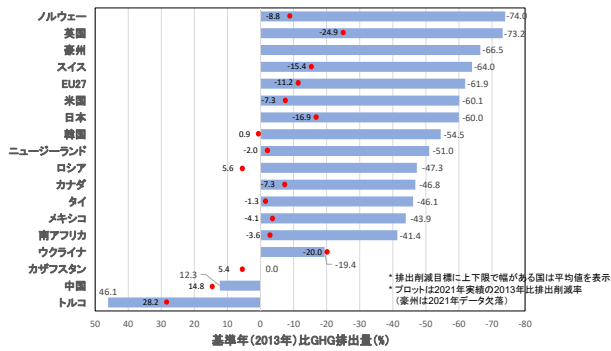


図7 2035年の基準年(2013年)比排出削減率の国際比較

表9 2035年の基準年比削減比率の国際比較(主要国)

	基準年比排出削減率				
	1990年比	2005年比	2013年比	2019年比	2021年比
日本: 2013年比▲60% (2040年: 2013年比▲73%) ¹⁾	▲56% (▲70%)	▲59% (▲73%)	▲62% (▲73%)	▲54% (▲69%)	▲52% (▲66%)
米国: 2005年比▲61%~▲66%	▲55~▲61%	▲61~▲66%	▲57~▲63%	▲56~▲62%	▲54~▲60%
EU27: 1990年比▲66.25%~▲72.5% (2040年: 1990年比▲90%) ¹⁾	▲66.25~▲72.5% (▲90%)	▲64~▲71% (▲89%)	▲58~▲66% (▲88%)	▲54~▲63% (▲87%)	▲53~▲61% (▲86%)
英国: 1990年比▲81%	▲81%	▲78%	▲73%	▲66%	▲64%
スイス: 1990年比▲65% (2040年: 1990年比▲75%) ¹⁾	▲65% (▲75%)	▲66% (▲76%)	▲64% (▲74%)	▲59% (▲70%)	▲57% (▲70%)
ノルウェー: 1990年比▲70%~▲75%	▲70~▲75%	▲72~▲77%	▲72~▲76%	▲70~▲75%	▲69~▲74%
豪州: 2005年比▲62%~▲70%	▲63~▲63%	▲62~▲70%	▲63~▲70%	▲64~▲71%	n/a ²⁾
ニュージーランド: 2005年比▲51%~▲55%	▲38~▲43%	▲51~▲55%	▲49~▲53%	▲50~▲54%	▲48~▲52%
カナダ: 2005年比▲45%~▲50%	▲32~▲38%	▲45~▲50%	▲44~▲49%	▲44~▲49%	▲40~▲45%
ロシア: 1990年比▲65%~▲67%	▲65~▲67%	▲44~▲47%	▲46~▲49%	▲48~▲51%	▲49~▲52%
中国: 輸出ピークから▲7%~▲10% ³⁾	+298~+285%	+85~+79%	+14~+10%	+5~+2%	▲1~▲4%
韓国: 2018年比▲53%~▲61%	+14~+8%	▲38~▲49%	▲50~▲59%	▲51~▲60%	▲51~▲59%

注) ¹⁾ 括弧書きの数値は2040年目標
²⁾ 2021年の実績値は欠落している
³⁾ DNE21+で算定した2030年ベースライン排出量をピークとして評価

図8には、2035年の一人当たりGHG排出量を示す。2035年時点では、英国、スイス、ノルウェーは小さい。一方、トルコ、ウクライナ、中国は、今後も一人当たりGHG排出量の増加が見込まれる水準の目標となっている。

図9は、2035年時点のGDP当たり排出量を示している。スイス、ノルウェー、英国の順でGDP当たり排出量は少ないと推計される。なお、GDP当たり排出量は、第3次産業の比率が高ければ良い数値となる一方、第2次産業の比率が高ければ悪い数値となりやすい、といった具合に産業構造に影響され、これらは排出削減努

力とは無関係に決まっている面があることは理解しておく必要がある。

図10に、2035年のベースライン比排出量を示す。基準年比の排出削減率が高いノルウェーの他、今後の経済発展が見込まれるタイの排出削減率が高いと評価された。

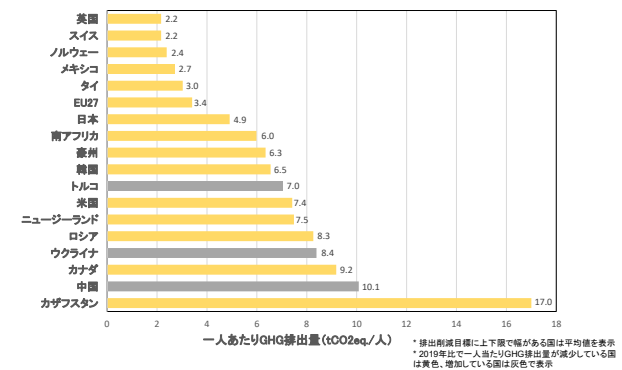


図8 各国の一人当たりGHG排出量(2035年)

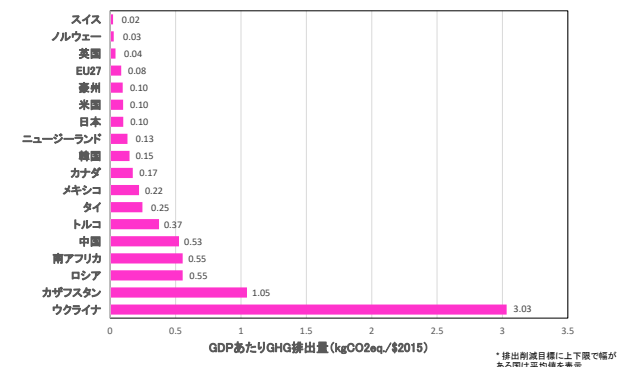


図9 各国のGDP(MER)当たりGHG排出量(2035年)

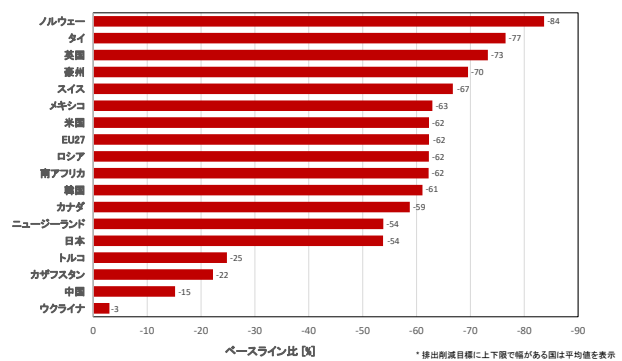


図10 各国のベースライン比GHG排出量(2035年)

図 11 は、2035 年の CO₂ 限界削減費用を示している。タイ、英国、ロシアの CO₂ 限界削減費用が高いと評価された。また、2040 年も排出削減目標を提示している EU27、スイス、日本の 2040 年における CO₂ 限界削減費用は、それぞれ、387、318、368\$/tCO₂ と推計されている。中国については、排出ピークがいつ、どの程度であるかが明記されておらず、ここでは DNE21+ で算定した 2030 年ベースライン排出量をピークとして評価したところ、CO₂ 限界削減費用は 38\$/tCO₂ と評価された。

附属書 I 国以外も含め、提出された排出削減目標の tCO₂ 当たり百～数百ドルに達する国が多くなっている。意欲的な排出削減目標になっていると考えられる一方、その実現可能性については、従来の NDC 以上に疑問符が付くところもある。

図 12 に、2035 年の GDP 当たり排出削減費用を示す。ロシア、タイ、ウクライナの GDP 当たり排出削減費用が高いと評価された。この費用には、各国が排出削減を進めるに伴う石油、ガスの輸出量の低下による正味のコスト増の効果も含んでいるため(例えば、ロシアはベースラインに比べて化石燃料の輸出量が低下することで、GDP 比削減費用が 16% 増と評価されている)、留意が必要である。

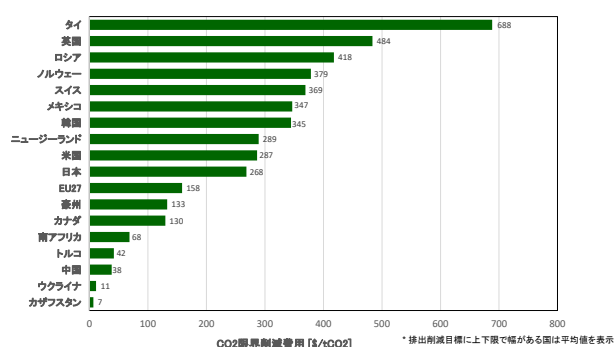


図 11 CO₂ 限界削減費用(2035 年)

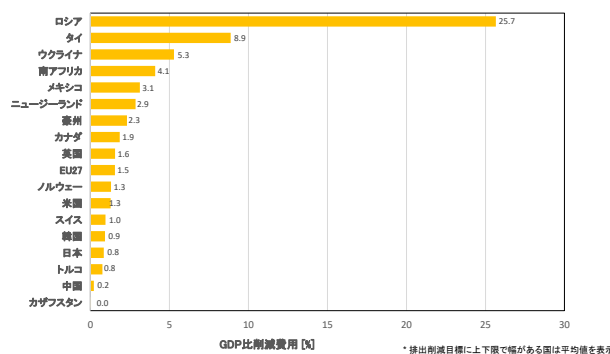


図 12 GDP 当たり排出削減費用(2035 年)

2.3. まとめ

2035 年の各国の NDC の排出削減目標について、排出削減努力の評価を複数の指標を用いて行った。その内、排出削減コストについては、世界エネルギー・温暖化対策評価モデル DNE21+ を用いて行った。

附属書 I 国以外も含め、提出された排出削減目標の CO₂ 限界削減費用は、tCO₂ 当たり百～数百ドルに達する国が多かった。意欲的な排出削減目標になっていると考えられる一方、その実現可能性については従来の NDC 以上に疑問符が付くところもある。なお、先述したが、本評価では、基本的に LULUCF については、不確実性が高く評価対象としなかった。限界削減費用が高い国の中には、LULUCF で排出削減を大きく見込んでいる国もあると考えられるが、その場合でも、実質的な排出削減と乖離した排出削減目標になっている可能性がある。

また、中国については、排出ピークがいつ、どの程度であるかが明記されておらず、ここでは DNE21+ で算定した 2030 年ベースライン排出量をピークとして評価したところ、CO₂ 限界削減費用は 38\$/tCO₂ と評価された。

パリ協定 NDCs はプレッジ・アンド・レビューの仕組みであり、各国間で差異はあるものの、衡平な排出削減努力を志向することが制度の維持、世界全体での排出削減効果のために重要である。米国はパリ協定から離脱した他、排出量が多い国において NDC3.0 を提出していない国もあり、主要国間の排出削減努力は各国間で差異が大きく残っている可能性も示唆される。

参考文献

- 1) 日本政府:「第7次エネルギー基本計画」(2025)
<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218001/20250218001.html>
- 2) 日本政府:「地球温暖化対策計画」(2025)
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/keikaku/250218.html>
- 3) 日本政府:「GX2040ビジョン」(2025)
<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218004/20250218004.html>
- 4) 秋元、佐野、本間、「2050年カーボンニュートラルに向けた我が国のエネルギー需給分析(2024年12月3日提示の分析の更新版)」(2024)
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2024/068/068_008.pdf
- 5) 資源エネルギー庁、「シナリオ分析について」(2024)
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/2024/066/066_005.pdf
- 6) K. Akimoto, M. Nagashima, F. Sano, T. Ando, Gaps between costs and potentials estimated by bottom-up assessments versus integrated assessment models, Energy Strategy Reviews, 55, 101521, 2024.
- 7) K. Akimoto, F. Sano, J. Oda, H. Kanaboshi, Y. Nakano, Climate change mitigation measures for global net-zero emissions and the roles of CO₂ capture and utilization and direct air capture, Energy and Climate Change, 2, 100057, .2021.
- 8) K. Akimoto, F. Sano, T. Homma, J. Oda, M. Nagashima, M. Kii, Estimates of GHG emission reduction potential by country, sector, and cost, Energy Policy, Vol. 38,(7), 3384-3393, 2010.
- 9) T. Homma, K. Akimoto, Analysis of Japan's energy and environment strategy after the Fukushima nuclear plant accident, Energy Policy 62, 1216-1225 (2013)
- 10) 本間 他、現状の気候・エネルギー政策を考慮した、パリ協定国別貢献における国際競争力に関する分析、エネルギー・資源、41-5 (2020)
- 11) RITE システム研究グループ、「DNE21+モデルを含むRITEのシナリオ分析モデルの概要」(2024)
<https://www.rite.or.jp/system/global-warming-ouyou/download-data/DNE21plusmodeloverview.pdf>
- 12) RITE、平成27年度地球温暖化対策技術の分析・評価に関する国際連携事業成果報告書、2016
- 13) J. Aldy, B. Pizer, Comparability of effort in international climate policy. Harvard Project on Climate Agreements Discussion Paper 14-62, 2014
- 14) J. Aldy, B. Pizer, K. Akimoto, Comparing emission mitigation efforts across the countries, Climate Policy, Vol.17, Issue 4, pp. 501-515, 2017

バイオ研究グループ

グループメンバー(2026年4月)

グループリーダー・主席研究員	乾 将行	研究員	Dhira Saraswati Anggramukti
副主席研究員	寺本 陽彦	研究員	岩佐 尚徳
副主席研究員	平賀 和三	研究員	松島 加奈
副主席研究員	宮本 正人	研究員	大沼 広宜
副主席研究員	畚野 信剛	研究員	西田 志穂
副主席研究員	北本 幸子	研究員	厨 祐喜
主任研究員	田中 裕也	研究員	上田 祐輝
主任研究員	須田 雅子	研究員	吉田 裕史
主任研究員	北出 幸広	研究助手	渡邊 淳子
主任研究員	長谷川 智	研究助手	池永 由布子
主任研究員	渡邊 彰	研究助手	水口 祥子
主任研究員	小暮 高久	研究助手	永守 美雪
主任研究員	久保田 健	研究助手	内藤 香枝
主任研究員	大井 潔	研究助手	池田 永子
主任研究員	橋本 龍馬	研究助手	岩島 素巳
主任研究員	猿谷 直紀	研究助手	吉田 佳世
主任研究員	清水 崇史	研究助手	フォークナー 真紀
主任研究員	内田 美枝	研究助手	栢村 里美
主幹	淵上 聡子	研究助手	初谷 良子
研究員	肥後 明佳	研究助手	江頭 梓
研究員	柏木 紀賢	職員	米田 和代
研究員	Dyah Candra Hapsari Subagyo	職員	小泉 真夕
研究員	新宅 みゆき	職員	西 淳子
研究員	黒石川 嵩幸	職員	岡田 亜弥
研究員	田島 直幸	職員	柳田 幸子

持続可能な社会の実現に向けたバイオものづくり技術の開発

1. はじめに

サステナビリティ(持続可能性)とは、「sustain(持続する)」と「ability(能力)」を組み合わせた言葉で、地球や社会のしくみが、将来に渡って機能を保ち、続いていく状態を指す。また、サステナブルな社会を実現するためには、「環境保護」、「社会開発」、「経済発展」という3つの柱が、相互に影響し合いながらバランスよく発展するシステムやプロセスを構築することが重要とされる。

このサステナブルな社会を実現するための一つのアプローチとして、バイオものづくり技術が注目されている。バイオものづくりとは、合成生物学やゲノム編集技術等のバイオテクノロジーと、近年発達するIoTやAI等のデジタル技術を融合させ、より効率的に遺伝子を改変する技術を活用して、微生物や動植物等の細胞から有用な物質を生産する最先端の技術革新である。この技術は、あくまで、自然界の生物学的メカニズムに基礎を置

くが、元来、微生物が自己のために細胞内で生産する物質に加え、ゲノム編集技術により導入した別の微生物が有する物質生産機能や、微生物が有する酵素の機能強化や機能停止させる等の技術を駆使し、最終目標物質を原料から効率的に大量生産させていく、言わば、生物活動を工業的な製造プロセスに応用する新しいアプローチであり、次の特徴と利点を有する。

バイオものづくりは、化学プロセスでの合成が難しい化合物を、微生物酵素による特異性の高いバイオプロセスを用いることにより、副生物の生成を抑えた高収率の合成を行える利点がある。微生物の細胞の中では、機能の異なる酵素が協調的に働くことで多段階の合成反応が進むため、炭素数の多い複雑な構造を有する物質の合成にも強みがある。バイオものづくりは、医薬品や食品等の産業領域で主に活用されてきたが、近年のバイオテクノロジーの急速な進展により、燃料や化学品・繊維

等の素材原料等、多様な産業領域への活用が広がっている。

バイオものづくりは、新しい製品開発や製造プロセスの転換という産業活動におけるイノベーションを推進しつつ、同時に、気候変動や食料不足、資源不足、海洋汚染等の地球規模の社会課題の解決の両立を実現可能であることが最大の利点である。現在の産業活動の中心である化学プロセスによる製造においては、多くの場合、環境負荷の大きい高温高圧での反応を必要とする。一方、バイオものづくりは、常温常圧での反応が可能であるため、化学プロセスと比べて CO₂ 排出量の削減が期待できる。また、バイオものづくりでは、バイオマス等、その成長過程で CO₂ を吸収した植物等の生物由来資源を原料として利用することが可能なため、石油等の化石資源に依存する化学プロセスとは異なり、気候変動に影響を及ぼす新たな CO₂ の排出を大幅に抑制することができる。更に、最先端のバイオものづくりでは、従来、埋め立てあるいは焼却等の環境負荷の大きい処理方法しかなかった化学製品由来の廃棄物や、これらを焼却して発生する CO₂ そのものを資源として産業活動に必要な燃料(バイオ燃料)や、新たな化学品(グリーン化学品)、あるいは、その出発原料として再生することが可能となりつつある。

このように、バイオものづくりは、石油資源から脱却し、環境に負荷をかけない製造方法によりカーボンニュートラルを達成するための技術として、また、海洋汚染等の社会課題を解決し、地球環境を未来に残していくための技術や廃棄物由来の未利用資源等の有効活用によるサーキュラーエコノミーを構築する技術として、更には、これらの技術革新がもたらすブランド力や国際的評価の向上が次世代の産業基盤を担い、投資を呼び込み、未来を支える経済基盤となっていく。これは、正に、サステナブルな社会の実現に不可欠な「環境保護」と「経済発展」をバランスよく発展させるために開発されるべき技術であるといっても過言ではない。RITE では早くからバイオものづくりに着目し、産業利用に向けた基盤整備に向けて、コア技術等の開発に積極的に取り組んできた。

本概説では、まず、RITE が保有するコア技術である

「RITE Bioprocess」^{※1} や「スマートセル創製技術」について説明し、次に、RITE が参画する各種国家プロジェクトにおける技術開発の取組み状況、特に、2025 年 11月に竣工した「RITE バイオものづくりセンター」における“バイオ×デジタル”技術分野における基盤技術開発の状況等について紹介する。最後に、社会実装を目指すための事業化への対応と今後の展望について述べる。

2. RITE のコア技術

2.1. 「RITE Bioprocess」

RITE は、代表的な工業微生物であり、他に類を見ない高い物質生産能力を有するコリネ型細菌の利用価値に着目し、そのコア技術開発に取り組んできた。その過程で、コリネ型細菌は「嫌気的条件下では増殖が抑制される一方、物質生産に必要な代謝機能は維持され、糖類を代謝して有機酸等を効率よく生成する現象を有する」ことを見出し、これをもとに、RITE 独自の技術として、増殖非依存型バイオプロセス「RITE Bioprocess」を確立した。「RITE Bioprocess」はバイオものづくりの社会実装を推進する上で、最も重要なコア技術の一つである(図 1)。以下にその3つの特長について簡単に述べる。

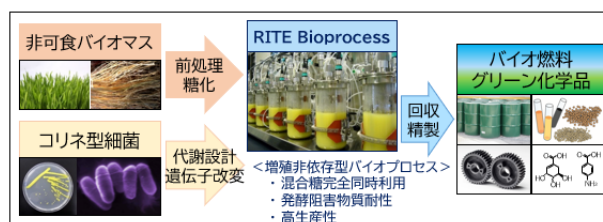


図1 「RITE Bioprocess」を利用した
バイオものづくりの概念

特長① 増殖非依存型バイオプロセス

自然界における発酵生産は、通常、微生物が増殖しながら物質を生産する。しかし、一定の嫌気的条件下や、増殖必須因子を取り除いた好気的条件下では、増殖は停止する一方で、目的とする物質生産が進行する「増殖非依存型バイオプロセス」を見出し、バイオプロセスを確立した(図 2)。「増殖非依存型バイオプロセス」は、従来は微生物の増殖に消費されていた栄養やエネルギーの

全てが、目的物質の生産のみに使用されるため、化学プロセスと同等以上の高い生産性を実現する技術である。

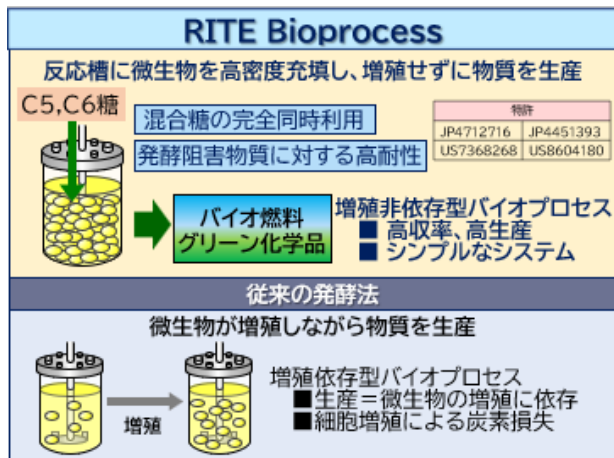


図2 「RITE Bioprocess」の特長①
 (増殖非依存型バイオプロセス)

特長② 発酵阻害物質に対する高耐性

バイオものづくりでは、原料とするバイオマスや廃棄物由来の未利用資源の中に、微生物の増殖を阻害する物質が含まれることが多い。また、微生物に生産させた目的物質そのものが、微生物の増殖を阻害する等、菌体にダメージを与えることも多いことから、発酵生産可能な目的物質の種類が限定されてしまうことがある。一方、「RITE Bioprocess」は、微生物の増殖を伴わない生産システムであるため、様々な発酵阻害物質に対する耐性が高いという特長を有する(図3)。

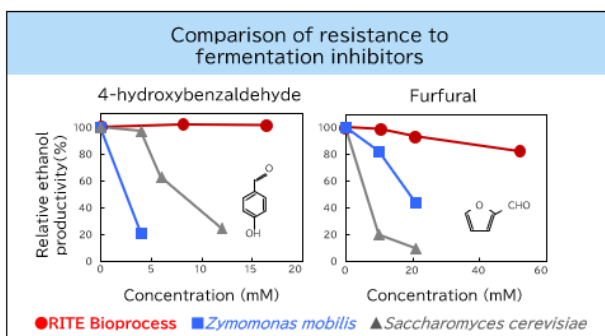


図3 「RITE Bioprocess」の特長②
 (発酵阻害物質に対する高耐性)

従来では活用できなかった原料を用いて、あるいは、発酵生産が困難だった様々な物質を目的物質として、高い発酵生産性を達成することが可能である。

特長③ C5&C6糖類の完全同時利用

バイオものづくりで原料に利用されるバイオマスの多くは、非可食のセルロース系バイオマスである。非可食のセルロース系バイオマスからは、グルコース等のC6糖とキシロースやアラビノース等のC5糖の混合物が得られるが、通常、微生物は物質生産の炭素源としてC6糖を優先的に利用し、C5糖の利用効率は著しく低い。RITEでは、C5糖代謝遺伝子、並びに、C5糖輸送体遺伝子を宿主微生物に新たに導入することにより、C5糖の利用速度をC6糖と同等まで高めるプロセスを確立した(図4)。C5&C6糖類の完全同時利用技術は、非可食のセルロース系バイオマス原料を最大限に利用し、物質生産効率を最大限に高めることができる、バイオものづくりにおいて欠かせないコア技術である。

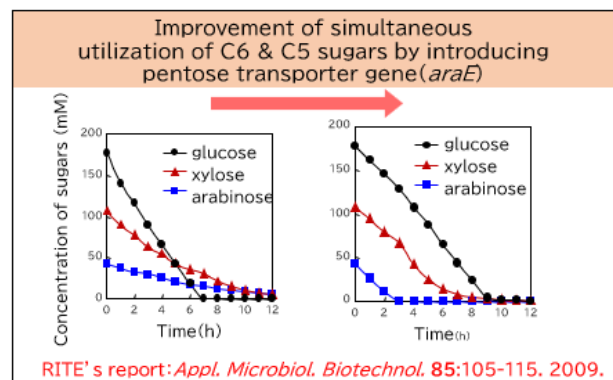


図4 「RITE Bioprocess」の特長③
 (C5&C6糖類の完全同時利用)

2.2. スマートセル創製技術

スマートセルとは、遺伝子改変によって生物細胞の機能や代謝を精密に設計・制御し、物質生産能力を最大限に引き出した細胞である。生物情報を解析して理想的な細胞を設計するデジタル技術群と、それを実際の生産株に実装するバイオテクノロジーを総称して「スマートセル創製技術」と呼び、これによりスマートセルの効率的な育種が可能となる。RITEは、ターゲット化合物を設定した実証研究を通じて、スマートセル創製技術群の開発、及び、その有効性を示すことに成功した(図5)。

今後も技術改良を重ねながら、バイオ燃料やグリーン化学品等の多様な分野への応用を目指す。更に、スマ

ートセル創製技術、及び、それによって創出されたスマートセルを産業応用へと結び付けるため、実用化に伴う課題の解決を目的とした産業用スマートセル創製技術の開発プロジェクトが現在進行している。本プロジェクトの詳細については、3章5節の「産業用スマートセル」で解説する。

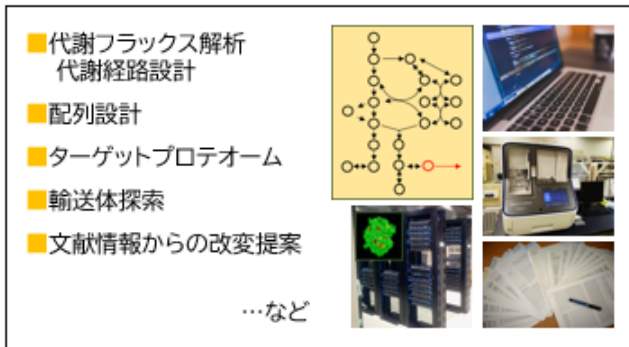


図5 スマートセル創製技術

2.3. 主な生産物質

RITE が高生産を実現した物質の一部を図6に示す。多くの物質で世界最高レベルの生産性を達成している。バイオ燃料では、エタノールやバイオ水素、更にはブタノールや高性能バイオジェット燃料素材がある。グリーン化学品では、L-乳酸、D-乳酸、アミノ酸に加え、芳香族化合物等の高機能化学品へと幅広い展開を図っている。

バイオ燃料	グリーン化学品
<ul style="list-style-type: none"> ■ ガソリン混合・代替 <ul style="list-style-type: none"> ・エタノール* ■ バイオジェット燃料 <ul style="list-style-type: none"> ・イソブタノール* ・n-ブタノール* ・C9~C15 飽和炭化水素 + 芳香族化合物 ■ バイオ水素 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 芳香族化合物 <ul style="list-style-type: none"> ・シキミ酸(インフルエンザ治療薬タミフル原料) ・フェノール*(フェノール樹脂, ポリカーボネート) ・4-ヒドロキシ安息香酸*(ポリマー原料) ・アニリン*(石油外天然資源タイヤ原料) ・4-アミノ安息香酸*(医薬品原料) ・プロトカテク酸*(化粧品原料) ■ 有機酸 <ul style="list-style-type: none"> ・D-乳酸*, L-乳酸*(ステレオコンプレックス型ポリ乳酸) ・コハク酸* ■ アミノ酸 <ul style="list-style-type: none"> ・アラニン(キレート類) ・バリン(次世代飼料用アミノ酸, 医薬品原料) ・トリプトファン(次世代飼料用アミノ酸, 医薬品原料) ■ アルコール <ul style="list-style-type: none"> ・イソプロパノール(プロピレン原料) ・キシリトール(甘味料)

*: ポリマー原料 赤字: 世界的高水準生産達成

図6 「RITE Bioprocess」による主な生産物質

ポリマー等の原料として重要な基幹工業化学品である芳香族化合物は、医薬品、機能性栄養素材、香料、化粧品等の原料にもなる有用な高付加価値の化合物である。芳香族化合物は現在、主には石油、一部は天然の植

物等を原料として製造されているが、化石燃料からの脱依存、及び、環境保全、並びに、生産性確保の観点から、バイオものづくりでの生産に期待が寄せられている。自然界において、微生物の細胞内ではフェニルアラニン、チロシン、トリプトファンといったアミノ酸や、葉酸(ビタミン B9)、補酵素 Q 等、種々の芳香族化合物が生合成されている。これらの化合物は全て、微生物が有するシキミ酸経路と呼ばれる代謝経路から派生する。RITE は、バイオものづくり技術を駆使し、コリネ型細菌の代謝経路を自在にデザインすることで、非可食バイオマスを原料に、インフルエンザ治療薬タミフルの原料であるシキミ酸、機能性ポリマー原料として有望な 4-アミノ安息香酸、ポリマー、医薬品、化粧品、接着剤、香料(バニリン)の原料として有望な芳香族ヒドロキシ酸等の高生産バイオプロセスの確立に成功している。

3. 基盤技術開発(国家プロジェクト)

我が国は、バイオものづくりに対し、「経済成長と資源自律化により持続可能なものづくりを実現し、更に社会課題の解決を同時に追求するイノベーション」と位置づけ、その基盤技術開発を強力に後押ししている。RITE が参画する各種国家プロジェクトと、そこで RITE が開発を担うバイオものづくり技術の概要を図7に示す。

RITE は、NEDO のバイオものづくり革命推進基金事業やグリーンイノベーション基金事業に参画し、未利用資源から有用化学品を産み出すバイオアップサイクリング技術開発「ものづくり(プラットフォーム);3章1節」や CO₂からの高機能接着剤原料のバイオ生産技術開発「ものづくり(CO₂);3章2節」、廃棄繊維の再資源化のためのバイオ技術開発「ものづくり(繊維);3章3節」に取り組んでいる。更に、ムーンショット型プロジェクトとして、非可食バイオマスを原料としたマルチロック型の「海洋生分解プラスチック;3章4節」の開発研究にも挑戦している。また、JST の COI-NEXT(カーボンネガティブの限界に挑戦する炭素耕作拠点)事業に参画し、「バイオ水素;3章6節」に関する研究開発にも取り組む。以下に2026年度に RITE が参画している国家プロジェクトへの取組み状況について述べる。

RITEの 開発技術		バイオものづくり技術				
		機能解析	機能設計	機能発現・制御	菌株育種	生産株改良
バイオ 化学 品	原料/ バイオマス CO ₂ など	3.1 バイオものづくりプラットフォーム 未利用原料から有用化学品を産み出すバイオアップサイクリング技術の開発				
		3.2 バイオものづくり(CO ₂) バイオものづくり技術によるCO ₂ を原料とした高付加価値化学品の製品化				
		3.3 バイオものづくり(繊維) 繊維 to 繊維の資源循環構築の実現に向けた革新的バイオアップサイクル技術の確立				
		3.4 海洋生分解プラスチック 非可食性バイオマスを原料とした海洋分解可能なマルチロック型バイオポリマーの研究開発				
		3.5 産業用スマートセル データ駆動型統合バイオ生産マネジメントシステム(Data-driven iBMS)の研究開発				
バイオ燃料		3.6 バイオ水素 バイオ燃料生産技術の開発				

図 7 参画する国家プロジェクトと RITE が開発を担うバイオものづくり技術の概要

3.1. バイオものづくりプラットフォーム「未利用原料から有用化学品を産み出すバイオアップサイクリング技術の開発」

2023 年度にスタートした NEDO「バイオものづくり革命推進事業 第 1 期」^{※2}

この事業では、多様な原料を利用し、多様な製品を生み出すバイオものづくりのバリューチェーン構築を目指す。RITE はこの事業において高砂香料工業(株)、帝人(株)と共に課題提起を行い、それを解決する研究開発を開始した。

開発技術として、RITE が扱うコリネ型細菌専用の代謝モデルと、それを利用した代謝シミュレーション手法を開発している。培養の詳細なデータを利用することで従来よりも実際の生産状況に近いシミュレーションが可能となっている。また、極めて有用なデータが得られる一方で、良質なデータの取得が難しい技術として、細胞内に存在する低分子代謝物を網羅的に測定・分析するメタボローム解析が挙げられる。この解析手法に改良を加え、RITE のコリネ型細菌に特化し、更に、解析の流れを半自動化することに成功した。これにより精度の高いメタボローム解析ができるようになり、しかも RITE 内でサンプリングから解析までを完結させることが可能となっ

た。

また、昨年度に引き続き、未利用資源の組成や生産物による生産阻害効果(化合物による細胞毒性)に関わる情報等を格納したデータベース構築を進めている。集めたデータを用いて機械学習を行い、増殖や生産に重要な成分を特定させる等の拡張機能を実装した。

これらの育種技術を集約することで RITE の育種競争力を強化し、バイオものづくり産業への参入を希望する企業に対して、物質生産菌株と生産技術の両方を提供する「微生物開発プラットフォーム」としての役割を果たすことを目指す(図8)。そのための拠点としての新研究棟「RITE バイオものづくりセンター」を立ち上げた。Dry(コンピューターメインの情報解析による生産株設計)と Wet(生物学的実験、育種、培養、分析)の両機能を備え、効率的な生産株育種が可能となるよう整備を進めている。更に今後、企業からの一時滞在者が開発に必要な培養データ等を安心して取得できるよう、セキュリティ面の強化を図り、受け入れ体制を整備する予定である。RITE と各企業が「RITE バイオものづくりセンター」を通して、日本の産業競争力の強化と社会課題解決に繋げていくことを目指す。



図8 「微生物開発プラットフォーム」としての拠点

3.2. バイオものづくり(CO₂)「バイオものづくり技術によるCO₂を原料とした高付加価値化学品の製品化」※2

本プロジェクトは、わが国が掲げる「2050年カーボンニュートラル」の目標達成に向け、CO₂を原料とした新しいバイオものづくり製品の開発と社会実装により、カーボンニュートラル実現に貢献するとともに、CO₂の資源化による産業構造の変革を目指す。この中でRITEは、積水化学工業(株)と共同で本事業を2023年度から開始し、実施中である(事業期間:2023~2030年度の8年間の予定)。RITE/積水化学工業(株)が行う本事業の研究開発イメージを図9に示した。CO₂を、積水化学が化学触媒でエネルギー準位が高い(生物が利用しやすい)COに高効率変換し、RITEはCOからCO資化菌等を用いたバイオプロセスによってエポキシ樹脂の原料となるポリマー原料に変換する。得

られたポリマー原料は、積水化学が二量化、エポキシ化を経て耐熱性接着剤を製造する。この高付加価値な耐熱性接着剤は、スマートフォン、航空機、自動車等のエレクトロニクス分野において、耐熱性が求められる部材の特殊な接着に用いられる。使用後は、燃焼してCO₂にして同じスキームで資源循環のサイクルを回すことが可能である。

RITEは、これまでに培ってきたスマートセル技術とバイオ生産技術を活かし、CO資化菌等を用いて、最重要課題である①COからポリマー原料に変換可能な菌株の開発(高活性酵素の探索、酵素の高機能化改変、COから中間体の生産株構築等)と、②ポリマー原料の生産を可能とするバイオ生産プロセスの開発(プロセス設計、培養条件の最適化、連続プロセス開発)等について、主にラボスケールで実施中である。



図9 バイオものづくり技術によるCO₂を原料とした高付加価値化学品の製品化イメージ

3.3. バイオものづくり(繊維)「繊維 to 繊維の資源循環構築の実現に向けた研究開発・実証/複合繊維素材のバイオ分離・バイオ変換を基盤とする革新的バイオアップサイクル技術の確立と高度化」^{※2}

本プロジェクトは、国内の主要な繊維企業 5 社(帝人フロンティア(株)、倉敷紡績(株)、東レ(株)、日清紡テキスタイル(株)、日本毛織(株))と RITE が連携し、バイオ・ケミカル・メカニカル技術を統合することで、これまで廃棄されていた複合繊維素材の衣類について、合成繊維と天然繊維の両面の再資源化に対応した、世界初の「繊維 to 繊維資源循環システム」の構築を目指すもので、2025 年度から取組みを開始した。

衣類はその多くが合成繊維や天然繊維からなる複合素材で構成され、再資源化するためには複合素材の単一素材への分離が必要である。しかし、従来技術では分離過程で一部の素材が損傷されてしまうため、再資源化は限定的であった。この課題の解決を目指し、RITE はメカニカル・ケミカル技術等を活用した前処理技術、酵素や微生物による選択的バイオ分離技術、及び、高付加価値な繊維原料へのバイオ変換技術を開発し、これら技術を組み合わせることで、複合繊維素材から、ポリエステル(PET)のような合成繊維を選択的に分離し、天然繊維(綿、ウール)を単一繊維素材として回収するための技術開発を推進する。また、PET 等の合成繊維は繊維原料となる化学品、天然繊維は再生繊維として再利用する革新的技術の確立を目指す(事業期間:2025年度~2032年度の8年間)。

RITEは、①複合繊維中のPET繊維を温和な条件で選択的に酵素分解することにより、天然繊維の物性を損なうことなく分離することを可能とする高機能な酵素の探索・改良とその生産菌株開発、②PET繊維の分解産物を更に高付加価値な繊維原料となる化学品へ変換することを可能とする菌株の開発、及び、③これら PET の酵素分解、天然繊維の分離・回収、PET 分解物からの高付加価値化学品(繊維原料)生産を可能とする統合バイオプロセスの確立を目指す。

更に今後、各種合成繊維の分解酵素の探索・高機能化とそのデータベース構築、酵素スクリーニングや菌株育種を高速化する自動化ロボティクス技術の導入、繊維分解のプロセス解析や回収繊維の物性評価のための分析技術の確立、ベンチスケール検討のためのバイオプロセス設備の整備等に取り組み、これら技術を集約した衣類資源化プラットフォーム拠点の構築を進める(図 10)。

更に今後、各種合成繊維の分解酵素の探索・高機能化とそのデータベース構築、酵素スクリーニングや菌株育種を高速化する自動化ロボティクス技術の導入、繊維分解のプロセス解析や回収繊維の物性評価のための分析技術の確立、ベンチスケール検討のためのバイオプロセス設備の整備等に取り組み、これら技術を集約した衣類資源化プラットフォーム拠点の構築を進める(図 10)。

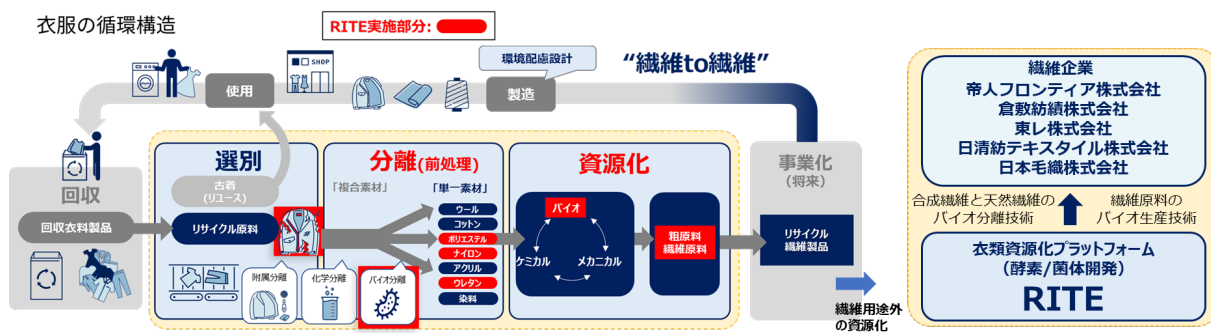


図10 繊維の資源循環システム構築における RITE の役割
(PET 分解、天然繊維分離、PET 分解物の繊維原料へのアップサイクル)

3.4. 海洋生分解プラスチック「非可食性バイオマスを原料とした海洋生分解可能なマルチロック型バイオポリマーの研究開発」^{※2}

本プロジェクトでは、プラスチックに強靭性と分解性

の両立を実現するために、「マルチロック機構」を導入すべく研究開発を行っている(事業期間:2020 年度~2029 年度の10年間)。

マルチロック機構とは、使用時にはプラスチックの特

性である耐久性・強靱性を保って劣化を防ぐが、海洋環境中に誤って拡散した際には、光、熱、酸素、水、酵素、微生物、触媒等の複数の刺激を同時に加えられたときのみにポリマー結合が外れ、分解開始のスイッチが入り、高速なオンデマンド分解が実現可能となる機構である。

本プロジェクトにおいて実用化を目指す製品は、使用時に二次的な微細粉等を発生するタイヤ、農業資材、ゴーストフィッシングの要因となる漁網や釣具であり、いずれも海洋に流出すると回収が難しく、海洋生物や環境への悪影響が懸念されている(図11)。

RITE では、2025年度までに、マルチロック型プラスチックの分解開始のタイミングを人工的に制御可能とする技術の開発(分解酵素を活用した新技術開発への展開)を含めた研究開発を実施した。まず、探索して見出した「耐熱性のプラスチック分解酵素」を生分解性の担体(顆粒)に静電的に結合させた「担持酵素」を調製することで、酵素の耐熱性を飛躍的に向上させることに成功した。次に、これを熱溶融によってプラスチックに練りこんでプレス成型したフィルムを作製して海水にさらした結果、非常に速やかに酵素分解(オンデマンド分解)が生じることをラボレベルで証明した。更に、海洋フィールド試験によって、再現性良く短期間に分解が生じることを確認した(2024年度、2025年度)。今後はプラスチック分解酵素の高機能化や、プラスチックとの混練条件の最適化等を通じて、更に高速なオンデマンド分解を目指すとともに、結合様式が異なる数種のプラスチックを分解可能な酵素の探索と高機能化を進める。また、今後も非可食資源から海洋生分解プラスチック向け原料モノマーのバイオものづくりを進める。

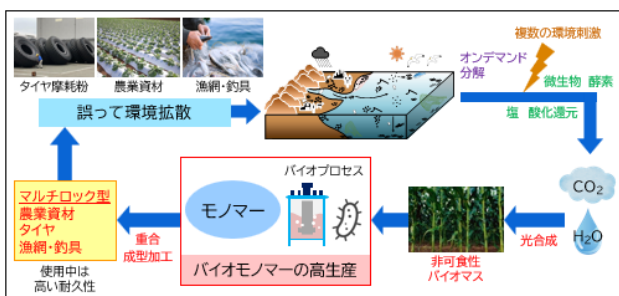


図11 マルチロック型生分解性プラスチックの開発による資源循環の実現イメージ

3.5. 産業用スマートセル「データ駆動型統合バイオ生産マネジメントシステム(Data-driven iBMS)の研究開発」^{*2}

NEDO プロジェクト「カーボンリサイクル実現を加速するバイオ由来製品生産技術の開発」では、実験室レベルで最適化されたスマートセルが工業プロセスでもその能力を発揮できるよう、実用化に伴う課題を解決するための技術開発を実施している。2026年度はプロジェクト最終年度として開発技術の有効性を示した実例や社会実装への明確な道筋提示が求められる。RITE は本プロジェクトのテーマの一つである「データ駆動型統合バイオ生産マネジメントシステム(Data-driven iBMS)の研究開発」に初年度から参画し、バイオものづくり技術の実用化に伴う課題の内、高濃度の生産物による酵素活性低下と大型発酵槽内の不均一性に起因する問題を解決するための新規技術群の開発を進めている(図12)。

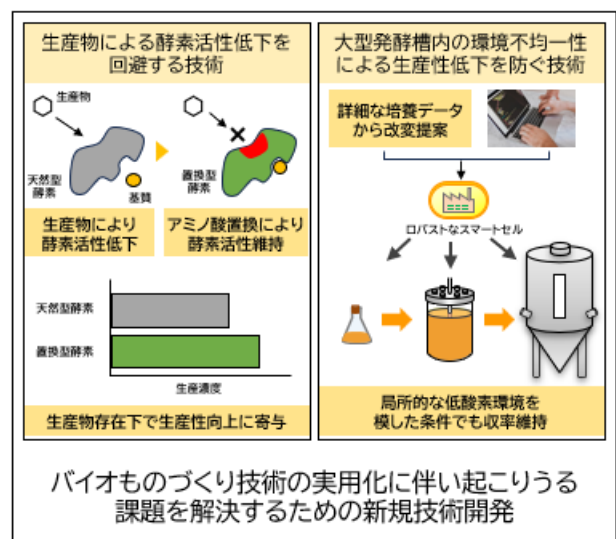


図12 生産時に起こりうる問題の解決技術開発

連携研究機関と共に開発した、酵素のアミノ酸配列を適切に置換することで生産物による酵素活性低下を回避できる技術を利用し、2025年度は生産株を実際に育種し、ジャーファーマンターを用いた検討においてこの技術が生産性向上に寄与することを示唆する結果を得た。一方、スケールアップ時には温度や pH、原料、溶存酸素濃度等が局所的に偏った不均一環境になりやすい。このような環境下でも高い生産性を示すことができ

るロバストな生産株の設計技術開発を連携研究機関と共に目指してきたが、2025年度はロバスト性を付与することが期待できる遺伝子改変提案の検証についても実行した。この提案は RITE が取得した、局所的な溶存酸素濃度低下を再現した条件での詳細な遺伝子発現データ、代謝物データに基づいている。検証株を育種し、ジャーファーメンターで生産性を比較した結果、溶存酸素濃度が一時的に低下した条件でも収率を維持可能な改変を複数見出した。このような、実際の生産時に起こりうる問題の解決技術を開発し、有効性検証を行うことで、炭素循環型社会実現、持続的経済成長に資するバイオものづくり社会の実現を目指す。

3.6. バイオ水素「バイオ燃料生産技術の開発」

RITE は、2023 年度に始まった JST(国立研究開発法人科学技術振興機構) COI-NEXT(共創の場形成支援プログラム)「カーボンネガティブの限界に挑戦する炭素耕作拠点」に参画し、研究開発課題3(炭素耕作による燃料生産技術の開発)の中で、バイオ水素生産技術とバイオ液体燃料生産技術の開発を進めている(図 13)。本拠点ビジョンの達成に向け、光合成による CO₂ 固定量の大幅な増大を目指してバイオマス生産技術の開発を実施する参画機関と連携し、多様なバイオマスから高効率に燃料を生産するためのバイオ変換技術の確立を目指す。究極のクリーンエネルギーとして期待されており、カーボンニュートラル/カーボンネガティブの鍵となる CO₂ フリー水素生産プロセスの開発を中長期的な課題とし、これと共通の基盤技術を利用した液体燃料生産プロセスの開発を短中期的な課題として設定している。

バイオマス燃料生産技術の社会実装には、生産コストの低減が課題である。また、バイオマス原料の成分は多様であり、その組成は原料の種類によって大きく異なるため、画一的な技術で広範な需要を満たすのは難しい。これらの課題を解決するため、本拠点では、多様な熱化学、及び、生物学的変換技術の開発を一体的に進めることで技術融合・技術革新を実現し、経済性・環境性・社会受容性の観点から社会実装の実現性が高いシステムを選抜する。

RITE では、これまでに開発した高速バイオ水素生産プロセスを基盤とし、バイオマス由来糖類からの水素収率の大幅向上に向けた微生物触媒の開発に取り組んでいる。新規高収率水素生産微生物を構築するために導入した水素生成酵素の発現系の改良を進めており、同酵素の発現レベルの最適化により水素生産能が安定的に向上することを示している。また、RITE は、非可食バイオマスに由来する C6&C5 混合糖を高効率にエタノールに変換できるバイオプロセスを確立している。このプロセスに改良を重ね、非可食バイオマス糖化液からのエタノール生産試験で、他生物では消費しにくいキシロースをグルコースと同等以上の速度で消費し、両糖ともに完全に消費できることを示している。この技術で、エネルギー作物や炭素固定量の多いイネ、糖含量の多い微細藻類等から可能な限り全ての糖類を回収、エタノールに変換し、これを化学反応によりジェット燃料に変換する SAF(持続可能な航空燃料) 製造技術の確立を目指す。

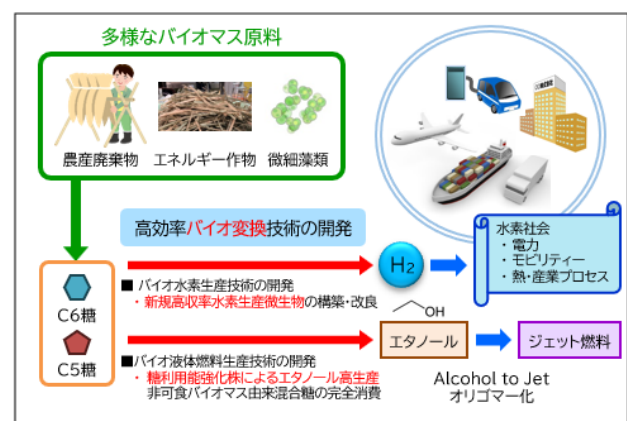


図 13 バイオ燃料生産技術の開発

4. 実用化への取組み

4.1. グリーンケミカルズ(株)(GCC)

(本社・京都研究所・RITE 本社内、静岡拠点:住友ベークライト(株)静岡工場内)

(GCC ホームページは[こちら](#))

2010 年 2 月、RITE は、住友ベークライト(株)と共同で、非可食バイオマスを原料として、バイオプロセスによるフェノール生産、及び、フェノール樹脂製造に関わる基盤技術開発を進めるために、グリーンフェノール・高機

能フェノール樹脂製造技術研究組合(GP 組合)を設立した。2014年5月、同組合をグリーンフェノール開発(株)(GPD)へ改組し、これが技術研究組合の株式会社化第1号となった。2018年4月には、同社の技術はフェノール生産以外にも有用な化合物を並行的に生産可能であるため、グリーンケミカルズ(株)(GCC)へ社名を変更した。2024年には、GCCの商標「グリーンケミカルズ」と「グリーンフェノール」が登録された。

GCCでは、グリーンフェノール生産技術開発で培った量産技術とノウハウを活用し、従来は高生産が難しいと考えられていた芳香族化合物等のグリーン化学品の量産技術を確立している。中でも付加価値の高い液晶ポリマー原料等の用途が有望な4-ヒドロキシ安息香酸(4-HBA)、化粧品・香料(バニリン)原料としての用途が見込まれるプロトカテク酸、抗インフルエンザ薬(タミフル)原料であるシキミ酸といった付加価値の高い化学品について、高い量産技術を有している。いずれの物質についても、その生産株の産業利用を目的とした遺伝子組換え生物等の第二種使用に関して、経済産業大臣の確認(大臣確認)を取得し、グリーン化合物の商品化や、事業化に向けたプロモーション活動を進めている(図14)。

現在、国内外の数多くの企業から引き合いをいただいているため、各ニーズに応じて、生産コストの更なる低減や製品の品質向上等の諸課題に取り組むことにより、バイオものづくりの社会実装を推進していく所存である。

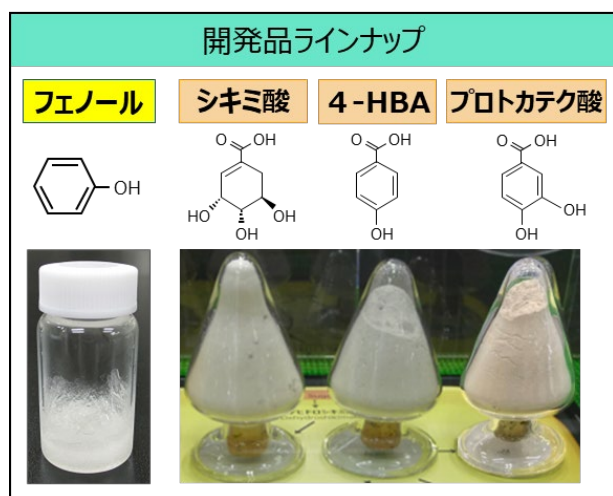


図14 GCCの主な開発品ラインナップ

4.2. Green Earth Institute(株)(GEI)

(本社:東京都新宿区新宿三丁目5番6号 キュープラザ新宿三丁目6階、研究開発拠点:千葉県木更津市かずさアカデミアパーク)

(GEIホームページは[こちら](#))

2011年9月、RITEは、「RITE Bioprocess」を事業化するため、RITE発のベンチャー企業としてGreen Earth Institute(株)を設立した。2021年12月、業績の発展に伴い、同社は東京証券取引所マザーズ市場に上場、2022年4月、市場再編によりグロース市場に移行した。

同社では、NEDOより受託したバイオファウンドリ事業、グリーンイノベーション基金事業、バイオものづくり革命推進事業等、国内外のパートナー企業等との研究開発、及び、事業化を推進させ、「垂直統合型バイオファウンドリ」を展開しようとしている

また、同社は、2025年7月に、木質バイオマスを原料とするバイオエタノール等の製造販売を行う「森空バイオリファイナリー合同会社」を合併で設立し、持続可能な航空燃料(SAF:Sustainable Aviation Fuel)の実現に取り組んでいる。

4.3. 企業との共同研究

本概説で紹介している主な生産物質(2章3節)以外にも、数多くの物質についてバイオものづくりが可能であり、個社のニーズに応じた共同研究を展開中である。2020年10月の日本政府による「2050年カーボンニュートラル」宣言以降、特に、製品の海外展開を図る企業からの問い合わせや引き合いが急増し、共同研究の件数も増加している。「化石資源由来の製品を、できるだけ早期にバイオ由来の生産に転換したい」、「主力製品や主要原料を、中長期的に化石資源由来からバイオ由来に転換したい」、「自社製造により排出される廃棄物を原料として高付加価値バイオ製品を製造できないか」等、企業から寄せられる要望は様々である。RITEはこれまでに培った高度な専門性と豊富な経験に基づき、個社に寄りそうバイオものづくりの提案を行っている。

5. おわりに

RITE では、3章で紹介した国家プロジェクトへの取り組みも活用して、スマートセル創製技術をはじめとするバイオものづくり技術の高度化を、今後も継続して推進していく。2025 年11月に竣工した「RITE バイオものづくりセンター」では(図15)、これまで蓄積した RITE の技術力である「RITE Bioprocess」や「スマートセル創製技術」をベースに、国内の未利用資源を原料とする数多くの知見、難度技術、最先端の研究設備、また、コストパフォーマンスや競争力維持等の観点から個社での取り組みが難しい一定の規模を必要とする生産プロセスの開発技術等を駆使し、製品ごとに最適なバイオものづくり技術開発のサービスが提供可能である。

バイオものづくり産業への参入を望みながらためらう数多くの企業が必要とする物質生産菌株の開発を受託し、生産技術を提供するために、RITE が有するバイオの専門人材、研究設備、技術、情報等を集約した「微生物開発プラットフォーム」として、今後、我が国のスマートセルインダストリーの振興に寄与し、エネルギー分野、化学産業分野等において、バイオものづくりの社会実装が根付く近未来に貢献していきたいと考える。

これまで微生物生産が難しいとされてきた化合物も、RITE の最新技術により高生産を実現する可能性がある。バイオ転換を試みたい化合物をお持ちの企業様、廃棄物資源の高付加価値バイオ展開をご検討中の企業様、あるいは、RITE のバイオものづくりに魅力を感じた企業様は、ぜひ一度、RITE バイオ研究グループにご連絡ください。

「RITE バイオものづくりセンター」の詳細については、本 RITE Today のトピックス記事も併せてご覧ください。

※1 「RITE Bioprocess」は、RITE の登録商標（商標登録第 5796262 号）

※2 この成果は、NEDO(国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)の委託・補助事業の結果得られたものです。



図 15 「RITE バイオものづくりセンター」

化学研究グループ

グループメンバー(2026年6月)

グループリーダー・主席研究員	余語 克則	研究助手	荒木 華子
サブリーダー・主席研究員	水野 雅彦	研究助手	片岡 梢
主席研究員	喜多 英敏	研究助手	杉本 理絵
主席研究員	Firoz Alam Chowdhury	研究助手	米澤 順子
サブリーダー・副主席研究員	菊池 直樹	研究助手	吉野 直美
サブリーダー・副主席研究員	山口 秀樹	研究助手	森 恵子
副主席研究員	林 成年	研究助手	藤原 洋一
主任研究員	後藤 和也	研究助手	手嶋 孝
主任研究員	甲斐 照彦	研究助手	尾方 秀謙
主任研究員	龍治 真	研究助手	鳴瀧 陽三
主任研究員	村岡 利紀	研究助手	保野 篤司
主任研究員	瀬下 雅博	研究助手	浦井 宏美
主任研究員	木下 朋大	研究助手	藤井 暁義
主任研究員	谷山 教幸	研究助手	吉井 隆裕
主任	菰野 恵子	研究助手	浅野 誠
研究員	段 淑紅	研究助手	津田 和彦
研究員	清川 貴康	研究助手	仲嶋 聡
研究員	孟 烈	研究助手	溝渕 司
研究員	鳥越 葵	職員	大西 紀子
研究員	前田 浩彰	職員	奈良 裕子
研究員	加藤 剛	職員	宮地 裕子
研究員	佐藤 公則		

CO₂分離・回収、有効利用技術の高度化・実用化への取り組み

1. はじめに

RITE では CO₂ 分離回収・有効利用に関わる各種技術の早期実用化・産業化を目指した研究開発およびその産業利用に向けた活動を行っている。以下、現在のRITE の取り組みについて述べる。

2. CO₂分離回収・有効利用技術の研究開発

我が国においては2020年10月の「2050年カーボンニュートラル」宣言と、2020年12月に策定(2021年6月詳細策定)された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を受けて、様々な方面から地球温暖化防止のための取り組みが進められている。一昨年2024年5月にはCCS事業法が成立し、CCSロードマップ(二酸化炭素の年間貯留目標 2030年600~1200万トン/年、2050年1億2000万~2億4000万トン/年)の実現へ向けて大きく前進した。同事業法に基づき、先進的CCS事業国内9拠点が採択

されている。

さらに、カーボンニュートラルを実現するためには、大気中のCO₂濃度を低減する技術、すなわちネガティブエミッション技術の導入が不可欠であり、特に大気中からCO₂を直接回収するDirect Air Capture(DAC)が注目されている。2021年7月に改訂された「カーボンリサイクル技術ロードマップ(経済産業省)」では、進展のあった新たな技術分野としてDACが追記された。二酸化炭素の除去(CDR)、回収・利用・貯留(CCUS)においてCO₂を循環的に利用したり削減したりする取り組みであるカーボンマネジメントが本格化しており、海外でDAC大型プロジェクトが進行する中、我が国では2020年度からムーンショット型開発事業において様々なDAC技術研究開発が実施され、その成果の一端が2025年大阪・関西万博に展示された。

RITEでは、2025年大阪関西万博において、RITEが開発した固体吸収材を搭載した日本最大規模のDAC

の実証試験を行い、国内の DAC 技術力を世界に向けて PR した。さらに、実ガス(ボイラ燃焼排ガス)試験が可能な国内初の炭素回収技術評価センター(RCCC:RITE Carbon Capture Center)のお披露目を 2025 年 6 月に開催し、CO₂ 分離素材開発者及びそのユーザーに向けて、センターの意義と外部サンプル受け入れ開始を大々的に PR した。また、化学吸収法、固体吸収法、膜分離法を中心に、世界をリードする研究開発成果の創出、及びその実用化の推進を継続して行っている。

化学吸収法においては、COURSE50(「環境調和型プロセスの技術開発」プロジェクト, NEDO 委託事業)で開発した化学吸収液が実用化されている。今後、先進的 CCS 事業向けに利用拡大が期待される。一方で、新しい「混合溶媒系吸収液」の開発にも取り組んでいる。

固体吸収法では、低温で CO₂ 脱離性能の優れた固体吸収材を使ったシステムのパイロット試験を NEDO 委託事業において民間企業と共同で石炭火力発電所の実燃焼排ガスを使って進めている。CO₂ 濃度が低い天然ガス火力発電所排ガス向けへの展開も進めており、低温再生だけでなく酸化劣化耐性の高い固体吸収材を開発中である。

膜分離法は、これまで高压ガス(二酸化炭素(CO₂)/水素(H₂))源として IGCC(Integrated coal Gasification Combined Cycle:石炭ガス化複合発電)、水素製造プラントを適用先に想定してきたが、2024 年度からは、小型水素製造システム(CO₂ 回収型水素製造装置)の実証試験に向けた新たな NEDO 補助事業を推進中である。

さらに、RITE では CO₂ 有効利用技術として、脱水膜を搭載した膜反応器(メンブレンリアクター)の開発に取り組んでいる。製鉄所から排出する CO₂ を水素と反応させて高効率にメタノールを合成する NEDO 委託事業「CO₂ を用いたメタノール合成における最適システム開発」を民間企業と共同で 2021 年度から実施している。

産業廃棄物等に含まれるカルシウム、マグネシウムを利用して排ガス中に含まれる CO₂ を固定化し、高純度な炭酸カルシウムを製造する取り組みも民間企業と共同で実施してきた。

3. 大気中からの CO₂ 回収技術

「ビヨンド・ゼロ」を可能とする技術を 2050 年までに確立することを目指す「革新的環境イノベーション戦略」のイノベーション・アクションプランを後押しするための制度の一つとして 2020 年度に NEDO「ムーンショット型研究開発制度」がスタートした。

RITE は、この中の目標4「2050 年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」の「(1)温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術の開発」において、金沢大学および三菱重工グループと協力して、大気中からの高効率 CO₂ 分離回収・炭素循環技術の開発に取り組んでいる。(図 1)

大気中から直接 CO₂ を回収する技術は Direct Air Capture(DAC)と呼ばれている。DAC は貯留と組み合わせることでネガティブエミッション技術として期待されており、前述の「(1)温室効果ガスを回収、資源転換、無害化する技術の開発」では、7件のテーマが進行中である。

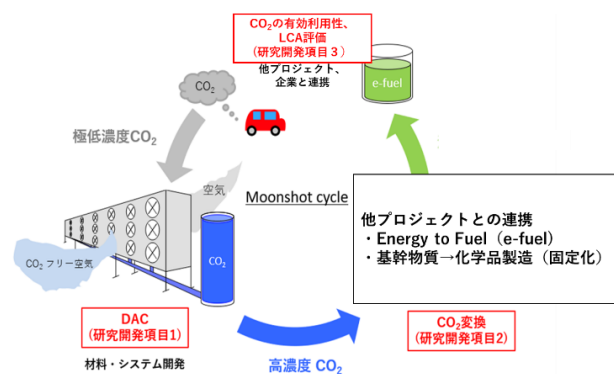


図 1 大気中からの高効率 CO₂ 回収・炭素循環技術の開発

RITE はこれまでの知見を活かし、大気中の CO₂ を効果的に吸収・脱離する新たなアミンを開発するとともに、大量の空気を通過させることができるように固体吸収材をハニカム等の圧力損失の少ない構造体にする技術、吸収した CO₂ を圧力と温度スイングにより低エネルギーで脱離させる技術についても検討を進めている。ラボ試験装置での基礎データの収集、プロセスシミュレーションによるアミン・吸収材構造の改良指針策定と最適運転条件の予測、RITE 敷地内 DAC 実験棟に設置している

DAC システム評価装置での性能検証により、吸収材とシステムの性能向上を図っている。(図2)



図2 DAC 技術開発:シミュレーションとラボ・システム評価の連携

2025 年 4 月～10 月開催の大阪・関西万博会場内カーボンリサイクルファクトリーエリア「RITE 未来の森」では、最大 0.3 t/day のCO₂回収を目標に、三菱重工業株式会社の協力のもと、パイロット実証試験を実施した。(図3)



図3 大阪・関西万博会場に設置したパイロット試験機のDACユニット

パイロット実証試験では温度や湿度、装置の各種パラメータがCO₂の回収量や回収エネルギーに与える影響を明らかにし、スケールアップにおける影響を評価する方法を確立した。回収したCO₂は一旦タンク(図4)に貯蔵し、同じくカーボンリサイクルファクトリー内で実証試験を行っている大阪ガス株式会社とエア・ウォーター株

式会社に提供し、それぞれメタン合成(メタネーション)とドライアイス製造に利用された。



図4 CO₂貯蔵タンク

4 つのタンクのうち左 2 つは回収した純度 95%以上のCO₂を常圧で保存し、右 2 つはCCU 連携用に0.6 MPa 程度に圧縮して保存している。

合成されたメタンは迎賓館の厨房などで利用され、ドライアイスは会場内の様々な場所で活用された。会場内で活用されたメタンやドライアイスはCO₂に戻って空気中に出ていくが、DAC 装置によって再度空気中からCO₂を回収することができ、回収したCO₂を原料に再度メタンやドライアイスが作られる。このようにDACによる大規模な炭素循環(カーボンリサイクル)を日本で初めて実証し、ムーンショット型研究開発制度が描く未来の絵姿を現実のものとして多くの来場者に示した。他にも製造されたドライアイスの一部はRITEが引き取り、株式会社福寿園で茶葉の育成を促進するために活用した他、三菱ガス化学株式会社ではCO₂を会場外に運び出し、地中貯留の可能性検討やメタノール製造に活用するなど、会場外でもカーボンリサイクルの実証が行われた。

4. CO₂分離素材の標準評価共通基盤の構築

2022 年 6 月にRITEは、NEDO 事業「グリーンイノベーション(GI)基金事業/CO₂の分離回収等技術開発プロジェクト/低圧・低濃度CO₂分離回収の低コスト化技術開発・実証/CO₂分離素材の標準評価共通基盤の確立」を国立研究開発法人産業技術総合研究所と連名

で受託し、2025年2月に実際の燃焼排ガス(実ガス)を用いたCO₂分離回収試験を実施することができる炭素回収技術評価センター(RCCC)を開設した。これまでに標準サンプルの評価を進め、CO₂分離素材を公正かつ中立的に評価する外部サンプル評価の受付も開始している。国内で開発が進む新規素材の評価を受け入れる国内唯一のセンターである。

図5にRCCCの全体構成を示す。都市ガス焚きの蒸気ボイラーをCO₂発生源とし、その燃焼排ガスを各種CO₂分離回収技術の試験設備へ供給する。試験設備は、CO₂処理規模が0.1t/d規模の、吸収液、吸着剤(PSA^{*}、TSA^{**})、膜モジュール試験設備、および小規模の膜・吸着剤の評価が可能な分離膜/吸着剤小型試験設備から成る。

*PSA: Pressure Swing Adsorption

**TSA: Temperature Swing Adsorption

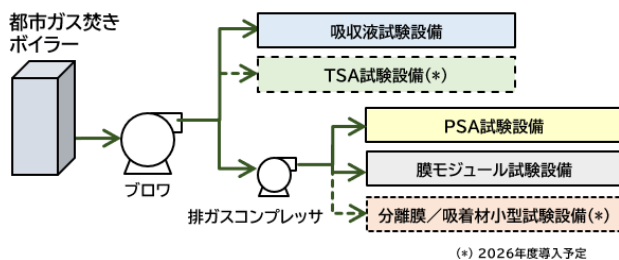


図5 RCCC全体構成

(各分離法に実ガスを供給:約0.1t-CO₂/day相当、分離膜(単膜)試験設備は小規模評価)

表1 試験設備供給ガス(例、PSA測定結果)

	燃焼排ガスのみ	大気希釈(1:1)
CO ₂	9.3%	4.1%
O ₂	4.9%	14.1%
NOx	55.1ppm	25.9ppm

各試験設備に供給する燃焼排ガスは、本事業の対象が「CO₂濃度10%以下の低圧・低濃度排ガス」であることを考慮し、大気混合によりCO₂濃度を制御することができる。表1にPSA試験設備へ供給するガスの分析結果(例)を示す。ボイラーからの燃焼排ガスは、CO₂濃度が約9%であるが、大気を燃焼排ガスに対して1:1の比

で混合することによりCO₂濃度は約4%となる。NGCC(ガス焚きコンバインドサイクル)程度まで低く制御可能である。

2025年度は、標準材(吸収液:MEA30wt%水溶液、吸着材:ゼオライト13X、分離膜:ポリイミド系中空糸モジュール)による試験を実施し、既知の性能をトレースするとともに、網羅的な評価データの収集・蓄積を進めた。また、2024年度までに策定した標準評価法を実運用できる評価法へと進化させた。

外部サンプルの受入れについては、学会、シンポジウム、新聞掲載を通して外部への紹介を積極的に行った結果、国内民間企業から多くの試験問い合わせ、設備の見学の申し込みを受けている。いくつかの企業と実ガス試験の協議を始めているところである。

海外への発信については2025年度IEAGHG主催のPCCC-8会合(Post-Combustion Capture Conference, 仏, 2025年9月)およびITCN(International Test Center Network)に参加し、海外エキスパートにRCCCの進捗状況を紹介するとともに意見交換を実施した。海外機関との良好な連携関係構築がこれまで以上に進んでいる。

RITEは、RCCCの運用を通して、国内のCO₂分離素材開発に関わる企業・機関の活動を支援するとともに、我が国がCO₂分離回収技術において世界のトップランナーであり続けるよう、CO₂分離素材開発の促進に貢献する。

5. 固体吸収法

固体吸収材は、アミンを水などの溶媒に溶かした化学吸収液と異なり、アミンをシリカや活性炭などの多孔質材料に担持したものである(図6)。固体吸収材を用いたプロセスは、溶媒に起因する蒸発熱や顕熱を抑制できることから、CO₂分離・回収エネルギーの低減が期待できる。

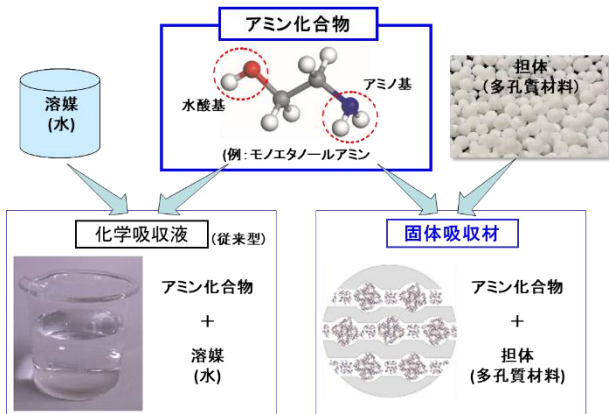


図6 化学吸収液と固体吸収材

1) 石炭火力発電所向け

RITE は 2010 年より主に石炭火力発電所の燃焼排ガスからの CO₂ 分離・回収を対象に、固体吸収材の開発を実施している。基盤研究フェーズ(2010~14 年度)では、60℃の低温排熱が利用可能な革新的な固体吸収材を開発し、実用化研究フェーズ(2015~19 年度)では、川崎重工業株式会社(KHI)をパートナーとして、固体吸収材のスケールアップ合成(>10m³)、ベンチスケール試験(>5t-CO₂/day)、石炭火力発電所での実ガス曝露試験などを実施した。

2020 年からの NEDO 委託事業「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」では、関西電力株式会社の協力を得て、KHI が舞鶴発電所内にパイロットスケール試験設備(40t-CO₂/day 規模)を建設し、2023 年度後半から RITE が供給した固体吸収材を用いた石炭火力発電所の燃焼排ガスからの CO₂ 分離・回収試験を開始した(図7)。



図7 固体吸収法の開発ロードマップ

また、材料劣化機構の解明と劣化防止技術の開発、使用材の再利用技術の開発、長期保管試験による取扱い方法の検討などを進めている。長期保管試験では、材製造から最長 4 年間にわたって倉庫に保管されている材を定期的に確認し、CO₂ 平衡吸着量に変化は無く、性能が低下していないことを確認した(図8)。また、種々の保管形態での保管試験を行い、材の保管方法を確立した。

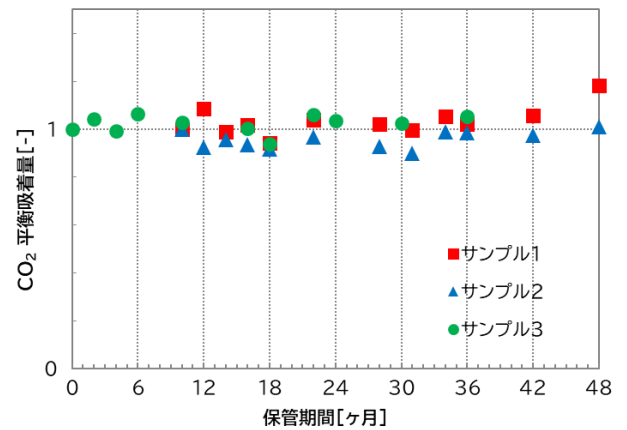


図8 長期保管試験結果

さらに、プロセスシミュレーション技術による効率的な運転条件の検討なども進めており、KHI の移動層システムにおいて高い精度で CO₂ 回収量や分離回収エネルギーを予測可能なシミュレータを開発している(図9)。

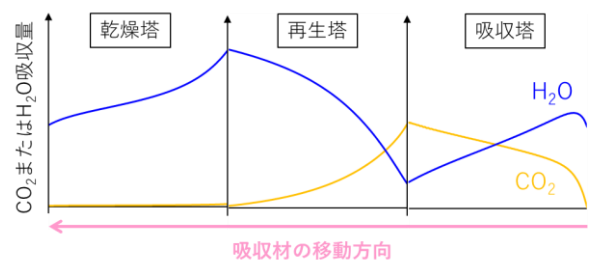


図9 シミュレーションを使った移動層システムの各塔における吸脱着挙動の把握

パイロット試験ではこのシミュレーション技術を活用して最適運転条件の検討を行う予定である。また、シミュレーションは実際には観測が困難な装置内部での吸脱

着挙動を把握するのに役立っており、計算結果は材料開発にも活用されている。

2) 天然ガス火力発電所向け

2022 年より、GI 基金事業/CO₂ の分離回収等技術開発において、千代田化工建設株式会社(幹事会社)、株式会社 JERA と共同で、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への取り組みを開始した。(図 10)

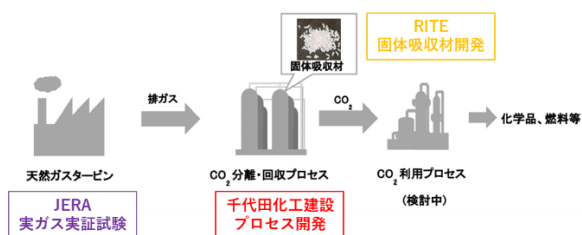


図10 プロジェクトの概要

天然ガス燃焼排ガスに含有する CO₂ 濃度は 4%前後と石炭燃焼排ガス中の CO₂ 濃度(13%前後)と比較して低い一方、酸素濃度は 10%程度と高いため、低い CO₂ 濃度においても、高い CO₂ 吸収性能を示し、酸化に対する高い耐久性を有する固体吸収材が求められる。RITE は過去に培った知見、技術に基づくアミン開発およびそれを担体に担持させた固体吸収材開発を担当している。これまでに僅かな温度変化で CO₂ 吸収量が大きく変化する固体吸収材を新たに開発した。開発した固体吸収材は低温再生が可能な点だけでなく、比較的酸素濃度が高い天然ガス火力発電所排ガスに適用できる非常に優れた酸化劣化耐性を有している点も特徴である。2025年度は開発した吸収材を改良し、吸脱着速度を大幅に向上させることに成功した。(図11)

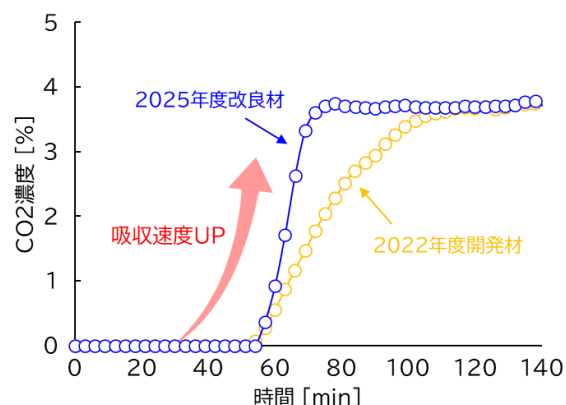


図11 2025年度の改良による大幅な吸収速度の向上

改良前の吸収材を用いて CO₂ の回収率が 70%程度であったプロセスに改良した固体吸収材を適用すると回収率が 90%程度まで向上することが確認された(図 12)。

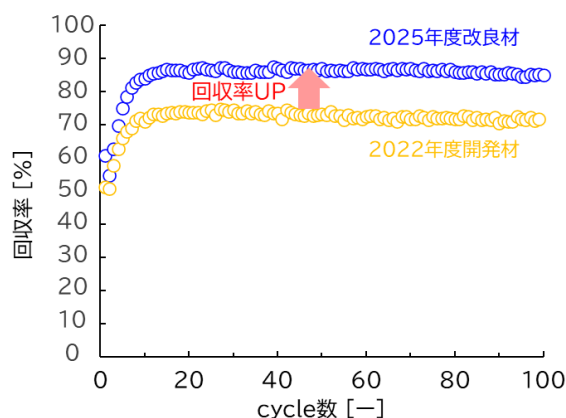


図12 吸収速度向上が回収率に与える影響

また、天然ガス火力発電所排ガスと同等の NO_x や O₂ を含む模擬ガスを用いて長期に渡る連続サイクル試験を実施し、4,500 時間経過後も材料性能がほとんど低下しないことを示した。

本事業で開発している固体吸収材とプロセスの組み合わせは競合技術に対して必要なエネルギー、装置サイズともに優れた競争力があると試算されており、2026 年度に実施するベンチ試験で検証する予定である。

6. 化学吸収法

化学吸収法は、CO₂ を溶解する液体(吸収液)を用い

て CO₂ 混合ガスから高純度 CO₂ を回収する CO₂ 分離回収技術であり、CO₂ 分離回収の分野では技術成熟度が最も高い。RITE は、「低品位廃熱を利用する二酸化炭素分離・回収技術開発 (COCS)」（経済産業省 (METI) 補助事業)、「環境調和型プロセス技術開発 (COURSE50)」（NEDO 委託事業) および「製鉄プロセスにおける水素活用 (GREINS)」（NEDO GI 基金委託事業) において、製鉄プロセスガス (高炉ガス) を対象に、CO₂ 分離・回収のエネルギーおよびコストを低減する高性能な化学吸収液の研究開発を実施してきた。

RITE の研究開発の成果は国内外で非常に高い評価を受けている。COURSE50 において開発した高性能なアミン系化学吸収液は、日鉄エンジニアリング株式会社の商業設備「省エネ型 CO₂ 回収設備 ESCAP®」に採用され、製鉄所熱風炉および石炭火力の燃焼排ガスからの CO₂ 回収において産業利用されている。今後、先進的 CCS 事業等さらなる利用が期待される。

また、GREINS では、さらなるエネルギー消費低減を可能にするブレークスルー技術「混合溶媒系吸収液」(図 13) に挑戦し、現行アミン吸収液をさらに上回る省エネ型新規混合溶媒系吸収液を開発した。開発液は、日本製鉄株式会社東日本製鉄所君津地区での実際の高炉ガスを用いたベンチ試験 (2023 年度～2024 年度) およびパイロット試験 (2025 年度) まで行い、実用化にかなう経済合理性のある吸収液であることを実証できた。開発吸収液と商用技術吸収液 (アミン水溶液) のベンチ試験でのエネルギー原単位比較を図 14 に示す。開発した省エネ型吸収液の普及を通して、さらなる社会のカーボンニュートラルへ貢献していきたい。

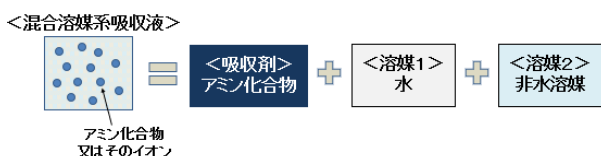


図 13 混合溶媒系吸収液のコンセプト

従来のアミン系化学吸収液で一般的であった溶媒の水の一部を非水溶媒で代替することで、吸収液の比熱や CO₂ との反応熱が低減される。

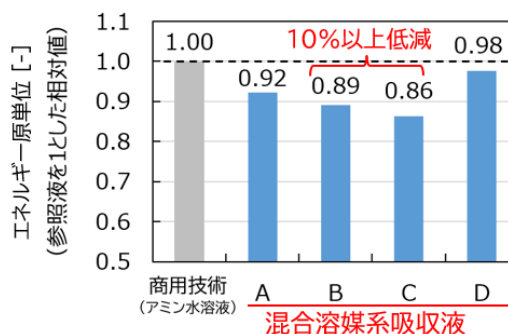


図 14 混合溶媒系吸収液の実ガスベンチ試験結果

RITE の吸収液開発は、国際的にも注目を集めている。2025 年 9 月の国際会議 PCCC-8 において Chowdhury 主席研究員が発表した混合溶媒系吸収液の成果が、IEAGHG がまとめた会議レポートに掲載された。掲載された実験結果を表 2 に示す。

表 2 Water-Lean solvent (混合溶媒系吸収液) の性能

Selected Water-lean Solvent	Absorption ^a /Desorption ^b Rate (g/kg/min.)	CO ₂ Loading ^c @ 40 °C (g/kg)	Cyclic Capacity ^d @ (40-90) °C (g/kg)	CO ₂ Recovery ^e (%)	Heat of Absorption ^f (kJ/mol-CO ₂)	Specific Heat ^g (J/gK)
Water-lean solvent_22	1.35/10.8	125	114	91	63.1	3.1
Water-lean solvent_19	1.40/10.8	124	120	97	64.9	3.0
Water-lean solvent_9	1.32/10.6	123	110	89	66.1	2.9
Aq. MEA_30wt% (Ref.)	2.38/2.38	119	35	29	86.9	3.75

<https://publications.ieaghg.org/technicalreports/2026-TR02%20PCCC-8%20Summary%20Report.pdf>

CCUS の社会実装加速には吸収液の量産化へ向けた大規模化やコスト低減も課題である。溶液再生工程でのエネルギー消費削減やアミンの耐久性向上なども重要となる。長期稼働時の不純物影響評価など長期試験データの技術蓄積も必要である。RITE はこれまで開発した吸収液の社会実装・普及拡大へ向けて、これらの検討支援へも積極的に取り組む。

7. 膜分離法

膜分離法は、圧力差によって分離膜の供給側から透過側へ CO₂ を透過させる分離法である。無機膜と有機膜に分類され、うち有機膜は、促進輸送膜と溶解拡散膜

に分類される。促進輸送膜は、CO₂ を輸送するキャリアを有するので、分子サイズによらず CO₂ を選択的に透過する。

RITE は、住友化学株式会社と次世代型膜モジュール技術研究組合(MGM 組合)を構成し、高压ガスである石炭ガス化複合発電(IGCC)や水素製造装置向けに分子ゲート膜(Molecular Gate Membrane:略称 MGM)と称する促進輸送膜の開発を進めてきた。概念図を図15 に示す。高密度のアミノ基を有するポリアミドアミン dendリマーと架橋型高分子材料から成る分離機能層を有する複合膜であり、透過機構としては、加湿条件で、膜中に取り込まれた CO₂ が膜中のアミノ基とカルバメートや重炭酸イオンを形成し、分子サイズの小さな H₂ の透過を阻害することで、従来の CO₂ 分離膜では難しかった CO₂ と H₂ を効率良く分離できる。また、高压条件への適用のために、ポリビニルアルコール(PVA)系の架橋高分子マトリクスを使用し、十分な耐圧性を有する。

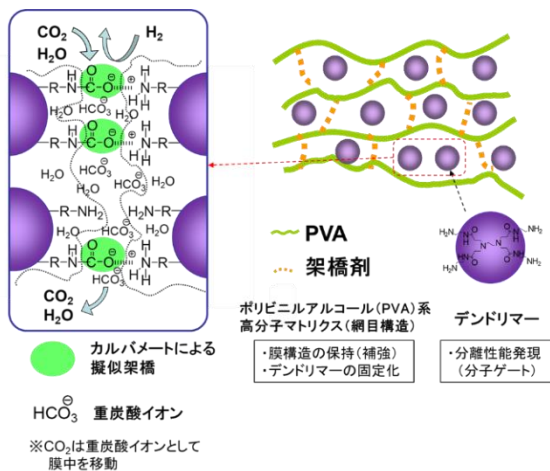


図15 分子ゲート膜の概念図

分子ゲート膜の最大の特長は、図16 に示す通り、世界一の選択性を有することである。その性能はさらに改良され競合膜を大きく引き離しており、高压ガスだけでなく中圧用にも適用できる。

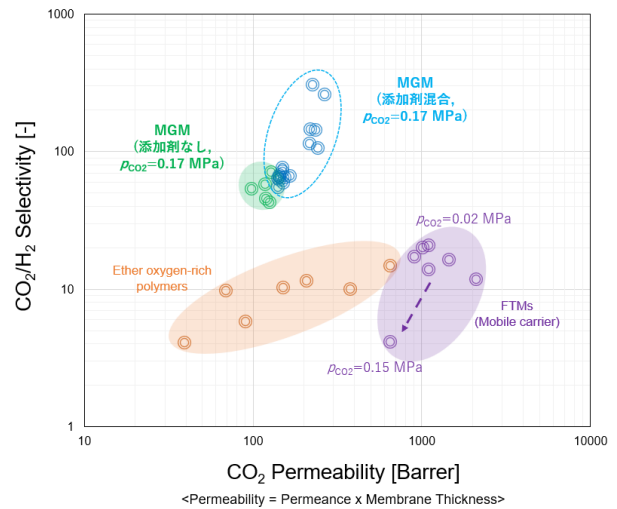


図16 膜材料(単膜)の CO₂/H₂ 分離性能

MGM 膜の試験条件:温度 85℃, 全圧 0.85MPa, 供給ガス組成 CO₂/N₂=20/80.

現在、MGM 組合は、水素製造装置メーカーの三菱化工機株式会社と共同で NEDO 補助事業「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/CO₂ 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/高压用 CO₂ 分離膜の水素製造システムへの適用性検討」において CO₂ 回収型水素製造装置での実証試験に向けた研究開発を進めている。(図17)

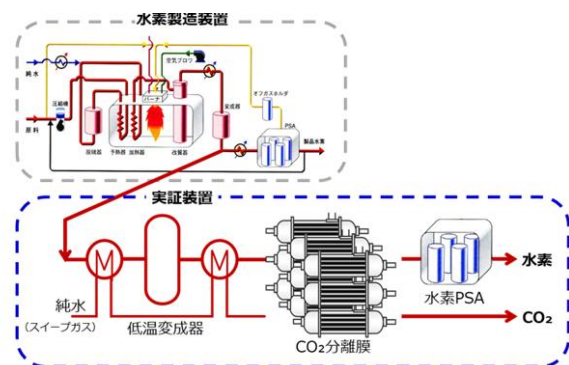


図17 CO₂ 回収型水素製造の実証試験概要

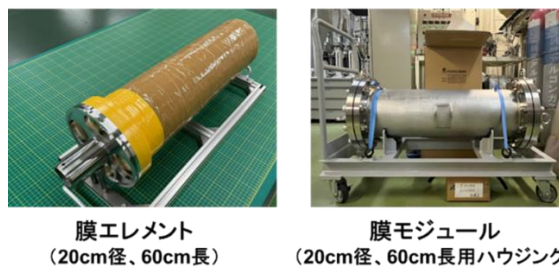
同事業において MGM 組合では、膜製造の実用化に向けた長尺製膜に取り組んでいる。高い分離性能を発現する膜を形成する塗工液の大量調合と、その塗工液を用いた広幅連続製膜の技術確立することができた

(図18)。



図18 CO₂分離膜の広幅ロール巻き

さらに、膜エレメントの開発も実施中であり、エレメント径が従来の4倍、エレメント長さが従来の3倍である20cm径、60cm長の商用サイズ膜エレメントの開発に成功し、商用サイズ膜エレメントの製作技術を確立することができた(図19)。



膜エレメント
(20cm径、60cm長)

膜モジュール
(20cm径、60cm長用ハウジング)

図19 CO₂分離膜、膜エレメント(大面積の膜、支持体および流路材等の部材を一体化したもの)および膜モジュール(膜エレメントと収納容器(ハウジング)を組み合わせたもの)

8. CO₂を原料とするメタノール合成技術の開発

CO₂の水素化反応は反応により水が生成し、その水が触媒の劣化、反応速度の低下の原因となる。また、多くは発熱反応であり、反応により発生した熱を如何に効率的に除去するかも課題の一つである。これらの課題を解決すべく、RITEでは膜反応器による高効率かつ省エネルギー型のCO₂有効利用技術、特にCO₂を原料としたメタノール合成技術の開発を行っている。

RITEではこれまでに、高い水熱安定性と透過分離性能を兼ね備える脱水膜(Si-rich LTA膜)の開発に成功するとともに、その新規脱水膜を適用したラボスケールのメタノール合成膜反応器は従来の触媒充填層型反応

器よりも3倍のCO₂転化率を示すことを実験的に明らかにしてきた。現在は、NEDO委託事業「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/CO₂排出削減・有効利用実用化技術開発/化学品へのCO₂利用技術開発/CO₂を用いたメタノール合成における最適システム開発」にて、開発した脱水膜の長尺化を検討している。これまでの検討にて、比較的高い透過分離性能を有する実用的長さの脱水膜を合成することに成功するとともにメタノール合成の反応温度域で目標値(H₂O透過率: $1 \times 10^{-6} \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$, H₂O/MeOH選択性: >1,050)を達成し、長尺脱水膜合成条件の精査により長さ方向に対する性能分布なく合成できる条件を見出すことができた。

2025年度は実用的長さの脱水膜量産を見据えて、ゼオライト層形成の核となる種結晶の塗布方法をこれまでのラビング法(機械的に種結晶を塗り付ける方法)と並行し、Dip Coating法も検討するため、コーティング条件の精査を行った。Dip Coating法では種結晶を溶液中に分散させたスラリーを用意し、その中に多孔質支持体を浸漬することで表面上に種結晶を塗布する方法である。そのため、分散させる種結晶量(スラリー濃度)が脱水膜の透過分離性能に大きく影響することが予測される。図20は、これまで合成した脱水膜の透過分離性能(H₂O/MeOHの蒸気透過分離性能)とスラリー濃度を変更してコーティングした後、水熱合成により得られた脱水膜の透過分離性能を示している。この結果から、Dip Coating法による種結晶塗布ではスラリー濃度が薄すぎても、濃すぎても十分な透過分離性能は得られず、最適な濃度が存在する可能性が示唆された。また、適正なスラリー濃度にて得られた脱水膜はこれまでのラビング法を用いた場合と同等程度の透過分離性能を示したことから、比較的適したコーティング条件を見出すことができたといえる。

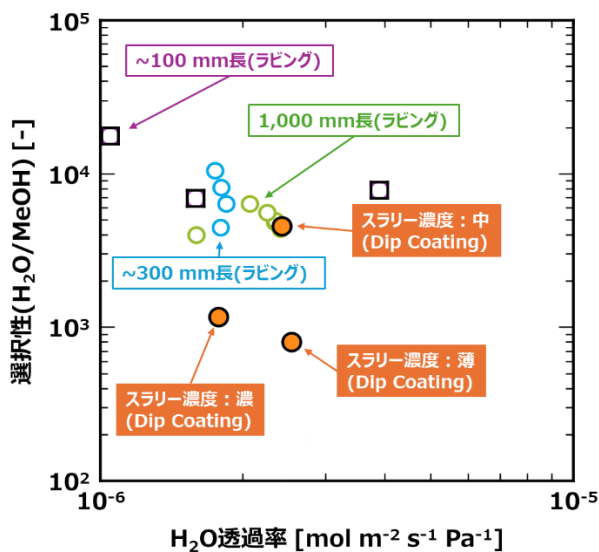


図 20 種結晶塗布方法の変更による性能への影響

今後、開発した実用的長さの脱水膜の実用化を目指し、膜メーカーと連携しながら脱水膜製造条件・方法の検討を行うとともに、その他脱水用途への展開を図る。

9. He 回収を目的とした無機系分離膜の開発

これまでRITEでは水素製造を目的としたシリカ膜の開発を手掛けており、水素キャリアのひとつであるメチルシクロヘキサン(MCH)脱水素をはじめとして様々な反応により生成した水素を選択的に透過させることが可能な各種シリカ膜の製膜に成功している。シリカ膜は、対向拡散 CVD(Chemical Vapor Deposition:化学蒸着)法を用いて製膜しており、多孔質基材の内側に酸素(O₂)を、外側にシリカ源を供給することで、お互いが基材細孔内を拡散していき、出会ったところでシリカが析出する(図 21)。細孔内がシリカで埋まると、埋め切れていない箇所でも優先的に反応が起るため、比較的性能の高いシリカ膜を再現よく製膜することが可能である。

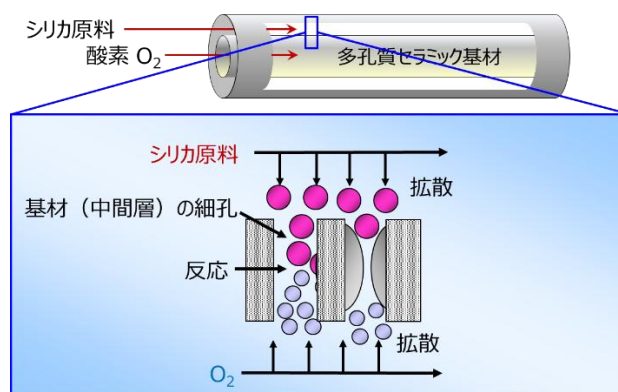


図21 対向拡散 CVD 法によるシリカ膜の製膜イメージ

昨今、世界的なヘリウム危機が問題となっており、如何に確保できるかが重要となっている。また、省エネルギー性を考えると相変化を伴わない膜分離法でヘリウムを回収する方法が良いと考えられる。分子サイズは、ヘリウムが最も小さく、0.26 nm であり、そのほかの小分子のサイズは H₂:0.29 nm, CO₂:0.33 nm, N₂:0.36 nm, CH₄:0.38 nm であることを考えると、これまでRITEにて開発してきた水素分離用のシリカ膜はヘリウム分離に十分適用可能であると考えられる。これまで「NEDO 先導研究プログラム/新産業・革新技術創出に向けた先導研究プログラム/不燃性ガス田における高効率ヘリウム膜分離回収技術の開発」にて一般財団法人ファインセラミックスセンターからの再委託を受け、ヘリウム分離用シリカ膜の長尺化を検討し、比較的に高い性能を有するシリカ膜の製膜に成功しており、計算上では不燃性ガス田からのヘリウム回収を高効率に行える結果が得られ、NEDO 先導研究プログラムは成功裏に終了した。

10. 炭酸塩固定化技術

CO₂ 鉱物化(CO₂ mineralization)は、CO₂ をアルカリ土類金属と反応させ、化学的に安定な炭酸塩として固定化する技術であり、カーボンニュートラル社会の早期実現に向けて、研究開発が国内外で進められている。

RITE は、CO₂ を炭酸塩として固定化する技術において、長年にわたり培ってきた独自プロセスを保有している。2020 年からは、民間企業との共同研究により、鉄

鋼スラグ、廃コンクリート等から湿式でアルカリ土類金属を抽出し、工場等から排出される CO₂ を、安定した化合物である炭酸塩として回収する技術開発、生成した炭酸塩の有効技術の開発(図 22)に取り組んできた。

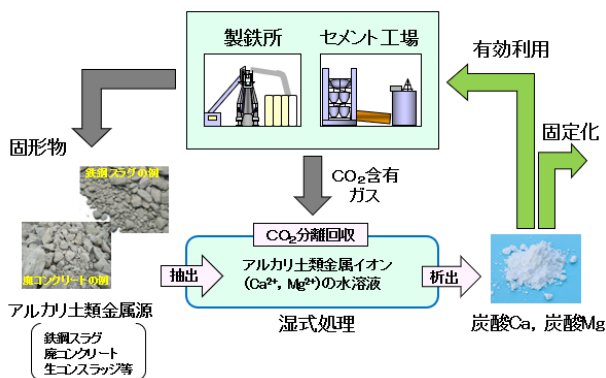


図 22 CO₂ 炭酸塩固定化および有効利用技術

これまでに、反応温度、反応時間等のプロセス最適化に取り組んできており、現在、本プロセスの事業化を目指した検討や固定化した炭酸塩の有効利用の検討を行っている。

11. 実用化・産業化に向けた取り組み

実用化・産業化を促進するための情報交換・連携促進の場として「産業化戦略協議会」を設置し、現在、民間企業計 46 社(2026 年 4 月 6 日時点)と特別会員として、一般社団法人ファインセラミックスセンターが参画している。

2023 年度からは、革新的環境・エネルギー技術に資する CO₂ 分離回収・有効利用技術を確立することを目的に活動内容を広げて以下の事業を推進している。

【全体活動】

- ① 研究会の実施
- ② 会員限定無料セミナーの実施
- ③ 会員向けニーズ・シーズ情報、ホットピックスの発信
- ④ シンポジウムの開催

【個別活動】

- ① 共同研究、国費事業の立案・予算申請および獲得
- ② 研究部門への研究員派遣の受け入れ

③ 技術相談の“優先”受付

④ 会員企業のニーズとシーズのマッチングを仲介

2025 年度は、研究会のスコープを CO₂ の分離回収および有効利用に広げ新たに CO₂ 分離回収・有効利用研究会を発足した。研究会では、RITE の RCCC やイーセップ(株)様の膜分離試験装置の見学、RITE メンバーが海外を中心とした CO₂ 分離回収に関する学会や評価設備の世界機関の会合に参加しその動向の情報提供、さらには、CCU の特に「利用」に着目した実用化・実証動向調査を行いその内容の共有・議論を行った。

会員限定無料セミナーは会場＋オンラインで 3 回開催し、大学、民間企業の研究者から CO₂ 分離回収および有効利用に関する最新の研究開発動向や開発事例の講演を行い、活発な質疑・応答が行われた。

さらに、講演内容に関連する特許・文献調査を行い、RITE 研究員のコメントを記載した「ニーズ・シーズ情報」を 1 回、学会トピックスや RITE メンバーの海外視察を記載した「ホットピックス」を 3 回発信し、会員の技術開発推進と知見向上に寄与した。

2026 年 2 月に開催した「革新的 CO₂ 分離回収・有効利用技術シンポジウム」のポスター発表では、産業化戦略協議会の取り組みに加えて、会員企業からも参加いただいた。

12. おわりに

RITE では、今後も継続して、様々な排出源を対象とする CO₂ 分離・回収技術開発を精力的に推し進めていく。各テーマにおける個々の研究課題に精力的に取り組み、実用化ステージに近いものは、スケールアップ検討や実ガス試験を通して早期の技術確立、社会実装を目指し取り組んでいく。低濃度の CO₂ 排出源にも対応できるような技術開発を進める必要がある。脱炭素化に向けた持続可能開発シナリオで CO₂ 回収の寄与が大きく期待される DACCS などのネガティブエミッション技術にも力を注ぐ。CO₂ 濃度が低くなると、その分処理すべきガス量が増大し、また酸素濃度も高いため、今後はより低コストで劣化耐性の高い材料開発とそれに対応したシステム開発が重要となる。これら技術開発を一層に加速

させ、より省エネルギーで低コストが可能な CO₂ 分離・回収技術を早期に社会実装できるよう取り組んでいく。また、回収した CO₂ の有効利用についても研究開発を推進する。メタノール合成技術、炭酸塩化固定化技術などこれまでRITEで開発してきた技術のさらなる発展に尽力する。

RCCC については、公正・中立な実ガス試験データを取得できるセンターとして運営する。GI 基金事業の期間内から外部サンプルの受入れをスタートし、利用者である国内の CO₂ 分離素材開発者に公正・中立なデータを提供する。また、GI 基金事業終了後のセンター継続運営を目指して、外部サンプル受入れを通じて運営ノウハウの構築を育む。一方で、ITCN や国際学会での発表を通して RCCC で得られる標準評価法のデータを海外へ共有し、RITE が確立する標準評価法の国際的な認知・普及を推進する。

以上の活動を通じて、国内 CO₂ 分離回収・有効利用技術のさらなる発展に貢献できるよう取り組む所存である。

CO₂貯留研究グループ

グループメンバー(2026年4月)

グループリーダー・主席研究員	薛 自求	主任	中西 公美子
サブリーダー・主席研究員	梅田 信雄	主任	西出 朱美
主席研究員	横井 悟	主任	奥道 恵美
主席研究員	中島 崇裕	研究員	三善 孝之
主席研究員(兼)	中神 保秀	研究員	永田 丈也
主席研究員(兼)	野村 眞	研究員	Amer, Rasha
副主席研究員	高須 伸夫	研究員	曹 金栄
副主席研究員	橋本 励	研究員	宮坂 啓
副主席研究員	三戸 彩絵子	研究員	小谷 雅文
主任研究員	利岡 徹馬	研究員	大内 航
主任研究員	朴 赫	研究員	Barry Majeed Hartono
主任研究員	内本 圭亮	研究助手	平井 順子
主任研究員	小牧 博信	研究助手	氷見 悠子
主任研究員	指宿 敦志	研究助手	佐々木 恵
主任研究員	渡辺 雄二	研究助手	村井 麻斗
主任研究員	高野 修	研究助手	中村 あず香
主任研究員	末国 次朗	職員	日高 奈江
主任研究員	麻島 健	職員	奥田 まり
主任研究員	今村 哲己		

CO₂地中貯留の実用化へ向けた技術実証、事業化支援と国際連携

1. はじめに

2024年5月にCCS事業法が公布された。これまでに探査および試掘が施行されており現在、輸送事業および貯留事業の施行に向け政省令の整備が進められている。一方、経済産業省およびエネルギー・金属鉱物資源機構(JOGMEC)が主導する先進的CCS事業において9つのCCSプロジェクトが進行中である。この内、北海道苫小牧沖では既に試掘が開始され、2本の試掘井の掘削と評価の後、2026年度内に最終的な投資判断をおこなう計画とされている。また、千葉県九十九里沖においても試掘に向けた手続きが進められるなど、事業開始に向けた取り組みが進捗している。

RITEはこれまで、これらCCS事業での活用を念頭に実用規模のCO₂地中貯留に資する技術開発を推進してきた。二酸化炭素地中貯留技術研究組合を組織してCCS事業者となる民間企業等と連携し、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)の委託事業として、CCS事業の安全性向上やコスト削減に寄与する技術を幅広く扱っている。

主要なテーマとして、光ファイバーセンシング技術を利用したCO₂圧入・貯留のモニタリングの技術実証、CO₂貯留サイト周辺の断層安全性・健全性の評価手法の開発、CCS事業のバリューチェーンや事業モデルといった事業計画の検討に有用となる「CO₂排出源データベース」や「CCS事業コスト試算ツール」の構築などに取り組んでいる。また上記のほか、CCUS分野の国際機関との連携およびこれを通じた政策や技術の国際的な動向調査をNEDO委託事業として実施している。こうした活動の成果を以下に紹介する。

2. 主な研究課題と成果

2.1. 光ファイバーを用いたマルチセンシング技術の開発と技術実証現場試験

CO₂地中貯留を安全に進めるためには、圧入されたCO₂が貯留層内に留まっていること、および圧入に伴う間隙圧上昇により遮蔽層や坑井に影響を及ぼしていないこと等をモニタリングによって確認することが必要である。このためのモニタリングシステムには、長期に安定

して稼働すること、およびコスト面で優れていることが求められる。これらの要件に適合した技術として、光ファイバー計測が有望である。RITEでは、室内試験および現場試験を通じて同技術の研究開発を進め、国内外のサイトにおいて長期実証試験を実施中である。この測定技術は、CO₂地中貯留の安全性において、事業の開始時から終了時まで長期に亘って役立つことが期待される。

2.1.1. 分布型光ファイバースセンシングの原理

分布型光ファイバー計測は、ファイバー全体をセンサーとして利用できるため、空間的に連続した記録を取得できる技術として、様々な分野で利用が進められている。測定原理の概要を図1に示す。ファイバーの一端からレーザーパルスを送信すると、ファイバー内の様々な地点から後方散乱光が帰ってくる。その入力レーザーパルス発信／散乱光解析を計測器(インテロゲーター)において行い、初期散乱光からの差分をとることにより温度や変形などの状態変化が起きたことを、散乱光の到達時間により反射点位置が特定できるようになっている。また散乱光の波長により、状態変化に伴う散乱の特徴と測定対象が異なる(図1下)。

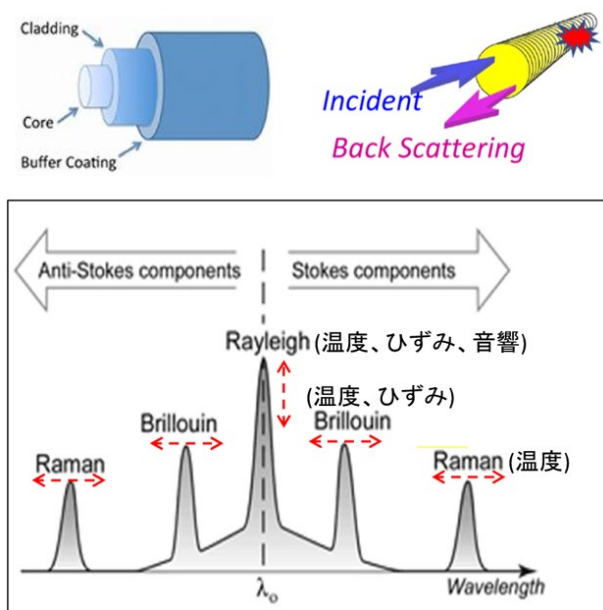


図1 光ファイバー計測の原理

ラマン散乱光は温度計測(DTS: Distributed Temperature Sensing)に、ブリルアン散乱光は温度とひずみ計測(DSS: Distributed Strain Sensing)に用いられる。レイリー散乱光は音響計測(DAS: Distributed Acoustic Sensing)で広く利用されているが、高精度の温度・ひずみ計測にも活用されている。これらの散乱光は別々に計測する必要があるが、複数の光ファイバーを束ねた一本のケーブルを設置することで、温度・ひずみ・音響を光ケーブルに沿って一度に捉えることが可能なマルチセンサーとして利用することができる。また、光ファイバー自体には電気機・機械的な装置はないため地下深部の過酷な環境下でも利用できるうえ、ファイバーは小径のため狭小部での測定が可能である。さらに、経年劣化がほとんどない、電磁波の影響を受けない等、温度計や圧力計をはじめとする在来型監視装置に対し多くの優位性がある。

CO₂地中貯留でのモニタリングにおいては表1のような測定対象と用途が考えられる。圧入井や観測井のケーシング外部に設置された光ファイバーで計測する温度(DTS)とひずみ(DSS)は、貯留層内の圧入区間の特定や入りやすさの度合いの把握、さらに遮蔽層の変形度合いや坑井に沿った方がの流体移動をリアルタイムで計測することが可能である。一方、音響計測(DAS)としての光ファイバーは、弾性波探査における稠密地震計アレイの役割を果たし、操業中の任意のタイミングにおいて地中のCO₂分布のモニタリングに利用される。これらより、光ファイバー計測は、コスト低減にも寄与することが期待される。以下では、RITEが行っている具体的な現場実証結果を示す。

表1 光ファイバースセンシングの適用例

計測要素	モニタリング内容(例)
温度(DTS)	・貯留層へのCO ₂ 圧入区間の把握 ・坑井セメンチングの施工良否 ・パイプライン、圧入井からのCO ₂ 漏洩
ひずみ(DSS)	・貯留層へのCO ₂ 侵入の様相 ・貯留層からのCO ₂ 漏洩 ・CO ₂ 圧入時の遮蔽層の地層変形
音響(DAS)	・貯留層におけるCO ₂ 分布範囲

2.1.2. 米国ノースダコタ州CCSサイト

米国ノースダコタ州CCSプロジェクトは、Gevo North Dakota (旧Red Trail Energy)社によりトウモロコシを原料とするエタノール発酵過程で回収される年間約18万トンのCO₂を、深部約2,000mの塩水性帯水層に貯留を行っている商用プロジェクトである。2022年6月から圧入を開始し、2026年3月末時点で約64万トンのCO₂が貯留されている。また、このサイトの圧入井・観測井は、米国のClass VI井として認定されており、米国の規制下でモニタリングを実施する実証試験となっている。

同プロジェクトでRITEは、坑井とCO₂パイプライン沿いに光ファイバーを設置し(図2)、マルチセンシング技術の実証のため音響(DAS)、温度(DTS)、ひずみ(DSS)の同時測定を継続中である。この計測を続けることにより、国内CCS事業に資するモニタリングシステムの運用における課題や対策等の知見を収集している。以下では、音響計測(DAS)と温度計測(DTS)の観測事例を紹介する。

坑井設置ファイバーを用いた音響計測(DAS)によって、地下のCO₂の広がりを把握することが期待される。特に坑井近傍のCO₂を精度よくモニタリングすることに適しているVSP(Vertical Seismic Profiling)は、様々なCO₂貯留サイトや地熱サイトにおいても利用されている技術である。ノースダコタサイトでは、弾性波発振源についても新しい技術として、常設型の発振装置(Surface Orbital Vibrators:SOVs)を導入した。

SOVsは偏心おもりを回転させることにより地層中に振動を伝える装置である。ノースダコタサイトでは、圧入後から徐々にCO₂が広がっていく様子を把握できるように、4地点にSOVsが設置されている(図2)。SOVsのコントロールシステムは、遠隔操作やプログラミングにより任意の時刻に発振可能となっている。また、音響計測(DAS)で取得するデータもオンサイトPCによる自動処理が可能となっており、研究室とサイト間のデータ転送量も軽減されている。

図3に通常行われる繰り返し弾性波探査と、SOVsを用いたモニタリングの違いの概念図を示す。図中の赤いハッチ部分がモニタリング対象となるCO₂プルームを表す。通常行われる繰り返しの3次元弾性波探査は、コスト

を考慮して、5年ごとに実施される。SOVsのような常時発振源を用いる一番のメリットは、この空白期間のギャップを埋めるように頻回なデータ取得が可能となる点である。SOVsによる短期間での地下のCO₂の広がりの把握を通じて、通常の弾性波探査の回数を低減できる可能性がある。さらにSOVsは、現場オペレータなしでリモートオペレーションによりデータ収集が可能のため、安全にかつ低コストで貯留事業を実施することにつながるモニタリングシステムとなっている。

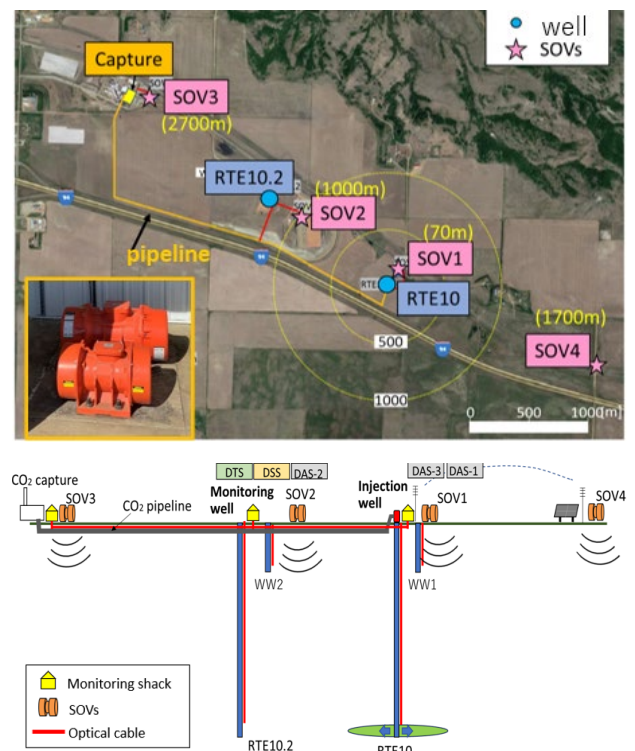


図2 ノースダコタサイトでの光ファイバーモニタリングシステム概要と弾性波発振装置の設置地点

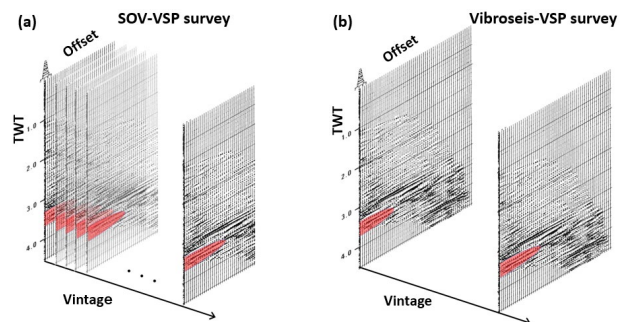


図3 SOV-VSP(a)と通常弾性波(b)モニタリングの比較

SOVs発振・坑井音響計測(DAS)で取得されたデータ解析においては、まず直達波と地層境界面において反射して上方に伝播する波(反射波)に分離する。後者にはモニタリング対象の貯留層の情報を持っている(図4 (a))。次に、地層境界面からの反射波を往復走時(TWT: Two-way Time)と呼ばれる同一深度に変換する。最後に、観測日(圧入量の増加)ごとに並べて表示することにより、CO₂による反射波の影響を確認する。図4(b)は、圧入井から最近接のSOV(約70m)によるモニタリング結果を示している。累積CO₂圧入量が約5千トンを超える時点から、貯留層相当部分およびその下位層において、反射波が変化していることを示している。特に下位層においては、赤色、青色の帯が右下方向に曲がる形を表し、反射波の走時時間が長くなっていることが確認できる。これは、地層中の間隙水がCO₂に置換されたことにより、音波の伝播速度が遅くなったことを示している。この傾向は、岩石物性試験で確認されているGassmannの関係と相補的であるといえる。

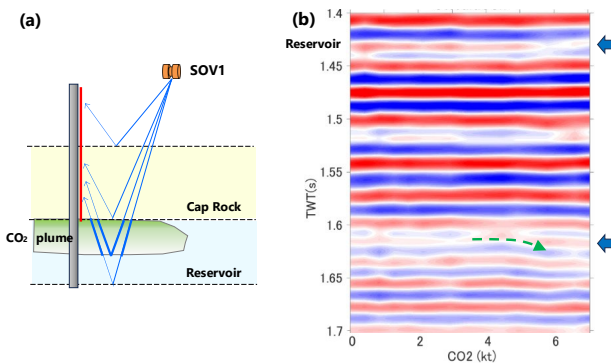


図4 SOVによるCO₂プルームのイメージング例(a)、
圧入開始直後の反射波記録の変化(b)

このようなモニタリングによって確認できた変化に対し、圧入されたCO₂の挙動解析結果との対比を行った。圧入初期であるため、水平多層構造を仮定した。地層の流動特性については、検層データによって得られた孔隙率・浸透率のプロファイルを用い、層厚2m毎のモデルを構築した。また坑井内流も考慮することとし、坑口(モデル上は貯留層トップ深度)に相当する格子へ入力するCO₂量には、実際の圧入レートを用いた。CO₂挙動解析はTOUGH2を用いて実施した。図5に圧入量ごとの断面図

のスナップショットを示す。図の縦軸に深度、横軸に圧入井からの水平距離をとって各位置のCO₂飽和度を示した。縦軸は貯留層に相当する深度1,950m~2,040mの範囲を表示している。この挙動解析結果が示唆することは、厚さが90mある貯留層のうち、上位の約40m(深度1,950m~1,990m)にのみCO₂が貯留されていることである。この圧入区間に関しては、圧入開始の約1年後に実施された中性子検層によっても確認されている。

挙動解析結果とモニタリング結果を合わせて解釈すると、坑井近傍のSOVで確認できた位相遅れは、CO₂プルームの厚さに対応する。なおかつSOVsは頻回な発振が可能であるため、CO₂量が比較的少ない数千トンの圧入時に変化が確認できたことになる。このような圧入開始初期にCO₂存在範囲が確認できることは、貯留層が想定している事業に対し十分な圧入性を確保できているかを評価する上で、重要なデータとなると考えられる。

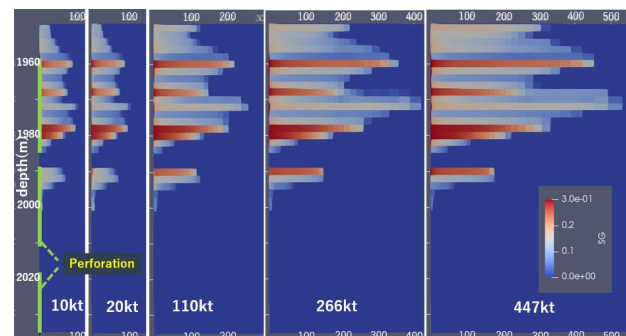


図5 ノースダコタサイトのCO₂挙動予測

最後に、ノースダコタサイトで取得した温度計測(DTS)記録の例を示す。図6はCO₂パイプライン(地中浅部)および圧入井区間の約1年間の温度測定結果を示す。パイプライン区間には長周期の温度の上昇・下降の変化があり、気温の年周変動に伴う変化が確認できる。圧入井の部分では、CO₂圧入前は地温勾配に従い、深度により温度が上昇していることが分かる。圧入時には15℃程度のCO₂が坑内を移動していることに対応する温度低下が確認できるとともに、圧入停止時(図6中の短期間の赤い区間)には徐々に地温に戻るが、圧入再開により再び低下していく様子が確認できる。

この結果のように、温度計測(DTS)によりパイプライ

ンと圧入井全体の温度変動をリアルタイムにモニタリングすることが可能であることが示された。さらに、光ファイバーを併設した坑井やパイプライン沿いに、何らかの障害が発生した場合には、その地点の特定が即時に行えることが期待できる。

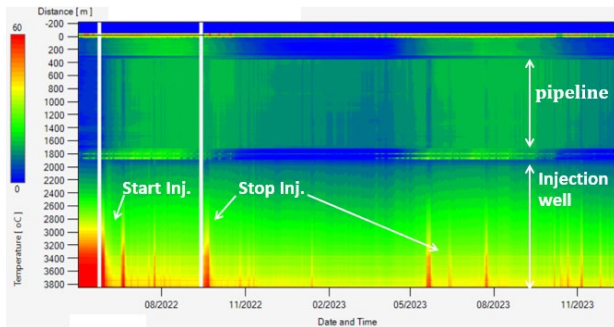


図6 DTSによる圧入モニタリング事例

2.1.3. 豪州サイト

豪州サイトにおいては、流体圧入に対する断層の安定性や断層帯からの漏洩等を評価する技術の開発のため、光ファイバーによるモニタリング技術の現場実証試験を進めている。断層や地層中の亀裂は、国内のCO₂貯留事業を進める際の漏洩リスクとして考慮すべき課題であり、光ファイバーのマルチセンシング技術は、これらをモニタリングする上で有効な手段と考えられる。そこで、光ファイバーによる断層安定性や健全性の評価技術の確立のため、既知の断層が分布する試験サイトを有する豪州研究機関との共同研究を2021年度から立ち上げ、現場試験を行っている。

ビクトリア州南部のOtwayサイトでは、浅部断層からのCO₂漏洩検知試験を進め、同時に光ファイバーによるモニタリングを継続実施している。同サイトは豪州研究機関CO2CRCによって管理されており、坑井深部約100m地点からCO₂を圧入し、断層破砕帯からの漏洩試験が実施された。RITEでは新規掘削した坑井に高性能のひずみ計測(DSS)用ファイバーを設置し、漏洩試験中のひずみ計測を行った。

図7では、深度60m～20mの区間にCO₂漏洩に伴うひずみが生じていない(緑表示)ことから、圧入されたCO₂が光ファイバー設置坑井近傍を通過していないことを示している。国内サイトの計測実績で得られた知見によれ

ば、光ファイバーは周辺約15mの範囲内の微小な圧力変化(流体移動)を捉えられることから、断層破砕帯が漏洩通路となっていないと考えられる。今後は他の研究機関が実施した弾性波探査結果との比較検討を行う予定である。

Strain response at Brumby 3 (CO₂ injector)

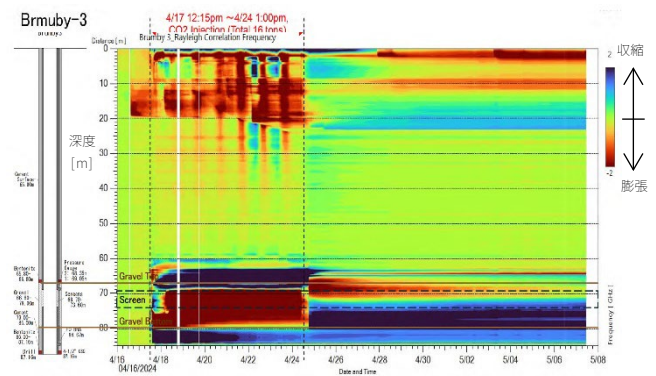


図7 断層破砕帯からのCO₂漏えい試験における光ファイバーひずみ測定結果

西オーストラリア州南西部のPerth南部サイトでは、深部断層を対象とした断層安定性評価のための現場試験を進めている。同サイトは豪州研究機関であるCSIROとの研究協力により管理されている、破砕帯幅が数百mに及ぶ大きい断層を貫く2本の坑井が掘削された(図8)。

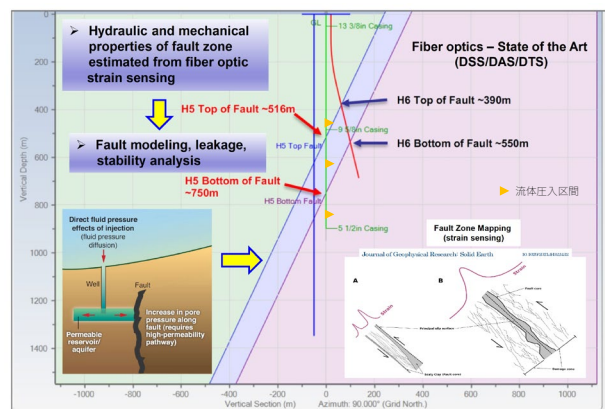


図8 Perth南部サイトにおける断層と新規坑井位置

図8では、薄い紫色の帯が対象の断層であり、既存坑井(青線)のコア試料や検層結果を基に、圧入井(緑線)と断層を交差する流体圧入区間を複数設けた(橙三角)ほか、観測井(赤線)では流体圧入時の光ファイバーひずみ測定が可能となっている。このサイトには4台の地震計

が設置されており、過去4年間の観測では断層活動に伴う地震が認められていない。今後、断層破碎帯への流体圧入では、ひずみ測定と地震観測を同時に連続測定する計画としている。また、破碎帯中を移動する流体の挙動は、光ファイバーひずみ測定によってモニタリングできることから、断層安定性(流体浸入に伴う誘発地震)と断層健全性(破碎帯を通じたCO₂漏洩)の評価技術が確立できると期待されている。

2.2. CCSシナリオジェネレータの開発

～主要CO₂排出源の長期構成変化の分析～

CCS事業の展開を的確に行うには、CO₂排出源と貯留層の適切なマッチングが重要である。RITEはそれを支援するためCO₂排出源データベースの開発を進めてきた。

CCSの開発は長期に及ぶため、CO₂排出源の時系列的な変化を予測する必要がある。CO₂削減のために導入するCCSの長期的な変化の分析等を行う「シナリオジェネレータ」の開発を開始した。

以下にCO₂排出源データベースの開発・活用状況を報告し、また、CCSシナリオジェネレータの開発状況と今後の計画を紹介する。

2.2.1. CO₂排出源データベースの概要

CO₂排出源データベース(以下、排出源DB)の開発は、CO₂排出源と貯留サイトの適切なマッチングを目的に進められている。そのデータ構造、機能概要、活用状況について紹介する。

① 排出源DBのデータ構造

環境省の「温室効果ガス排出量 算定・報告・公表制度」に基づく公開データ(以下、温対法データ)には、およそ1万件の火力発電所や工場のCO₂排出源情報が登録されている。排出源DBはその情報を基礎としながら、CCSによる脱炭素化の検討に適すよう以下のとおり情報加工をおこなっている。

a) 直接CO₂排出量の推計

温対法データにおける各事業所のCO₂排出量には、他者から供給される電力・熱に相当するCO₂が内数として含まれている。CCSは、当該事業所で実際に排出される

直接CO₂排出分を回収・貯留するものであり、電力、熱相当分のCO₂排出量を除外する必要がある。そこで、事業種別に「直接排出係数」を一定の統計処理で求め、温対法上のCO₂排出量に乘じ、各事業所からの直接CO₂排出量を算定し、データベース化している。

b) バイオマス起源CO₂排出源情報の組み込み

温対法データは化石燃料からのCO₂排出を対象とするもので、バイオマス起源のCO₂排出は対象外としている。バイオマス発電所が排出するCO₂を回収・貯留(BECCS^{※1})することによりネガティブエミッション化が図られるため、脱炭素化の推進において重要な要素といえる。

そこで、資源エネルギー庁電力調査統計等の情報を参考にバイオマス燃料からのCO₂排出量を推算し、排出源DBへの組み込みを図っている。

※1 BECCS: Bioenergy with CCS

c) 貯留ポテンシャル情報の反映

RITEが実施した「全国貯留層賦存量調査」の貯留ポテンシャルマップ(RITE, 2006)を排出源DBに反映している。

② 情報マッピング、スクリーニング機能の実現

a) 排出源と貯留層候補のマッピング機能

CO₂排出源と貯留層の適切なマッチングを図るため、その位置関係を視覚的に捉えることが重要である。そこで、①で示したデータをマッピングする機能を実現した。図9はその一例であり、排出源は太平洋沿岸に集中し、貯留サイトは日本海側に多いなど、その特徴を捉えることが容易になる。

b) 情報スクリーニング機能

排出源がマッピングされた地図を表示画面上で自在に動かし、特定箇所をズームアップすることができる。また、ある地域を範囲選択すると、その範囲内の排出源情報を抽出できるため、排出源のクラスタリング検討に利便性が高い。石炭火力発電所や工場など事業種別に排出源を表示することもできる。

化石燃料、バイオマス、両者の合計である総排出量の3パターンでCO₂排出量を表示可能であり、図9では総排出量のマップを拡大表示している。バイオマス表示に切り替えれば(図10)、BECCS化によるCO₂排出量オフセット戦略の検討に利用することも可能となる。

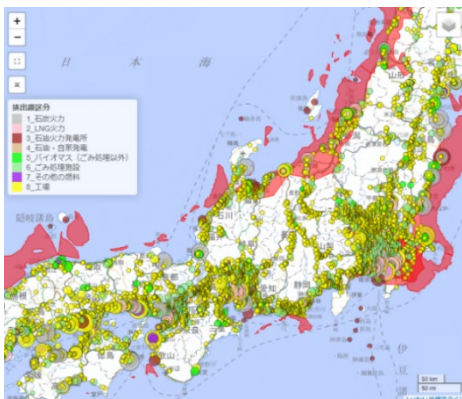


図9 CO₂排出源と貯留ポテンシャルの統合表示例
(色付きの○は排出源、沿岸部の赤色は貯留層の
賦存量調査範囲を示す)



図10 バイオマス起源の排出源情報の表示

ど他の手段の普及度合いやエネルギー需要をはじめ様々な要因によって、CCSへの期待の大きさは変化する。また、CCS事業は開発に要する期間、資金規模ともに長大なため、長期の展望、事業計画を必要とする産業であることは言うまでもない。RITEは長期間を見据えた事業構想を支援するツールとして、排出源DBの機能を拡張した「シナリオジェネレータ」の開発に着手しており、以下に紹介する。まず先に、機能の一つであるシナリオ設定の検討例を示し、その後にシナリオジェネレータの概念を説明する。

① シナリオ設定とCO₂排出源の長期動態推計の事例

a) 分析対象期間の設定

シナリオジェネレータの分析対象期間を、カーボンニュートラル実現を目指すとする2050年までとし、経過点として2030年、2040年の断面のCO₂排出源構成、CCS処理量を推計した。

b) CO₂排出源データの絞り込み

CO₂排出源DBは約1万点の排出源情報を収録しており、全数について長期変化を推測することは多大な労力を強いる。そこで、分析対象を年間CO₂排出量10万t以上の火力発電所、工場に限定した。CO₂排出事業者数を約250に絞りながら、全体の90%超のCO₂排出量を取り扱うため、CO₂排出量や位置の長期動態を効率的に推計することができる。

c) CO₂排出量、CCS処理量の推計

2030年、2040年、2050年の各断面のCO₂排出量とCCS処理量を以下の仮定や推計方法の下に算定した。

- 1) 検討対象とした年間CO₂排出量が10万トン以上のすべての事業所で2050年にはカーボンニュートラル化が実現する。
- 2) 公表されている火力発電所、工場の新設、休廃止情報を反映する。
- 3) 各業種の団体が表明している脱炭素化計画に基づき、CO₂排出量、CCS処理量を推計する。
- 4) その他、時系列情報を推定する公表情報がない場合は、独自の仮定に基づきデータを補完する。

③ CO₂排出源DBのデータの活用状況

2024年11月より試用希望者に本データベースの提供を開始した。<https://www.co2choryu-kumiai.or.jp/research-theme/post-1140/> 参照)

既に100にのぼる企業・機関にご活用いただいております(2026年3月末現在)、これらの方々から改良要望をお聞きして随時、機能更新を図っている。また、次項に紹介する「シナリオジェネレータの開発」に対しても多くの要望・期待が寄せられている。

2.2.2. シナリオジェネレータの開発

2050年に目指すカーボンニュートラルに向けて、産業セクターから事業者、また事業所という様々な階層において脱炭素化の戦略が立案され、具体的な手段が決定され実行に移されていく。CCSはその具体的手段の一つとして選択されるものであり、例えば、電化や水素化な

d) CO₂排出量、CCS処理量の表示

先に説明した仮定および推計方法に基づいて2050年のCO₂排出量、CCS処理量の推計値を図11に表示した。図11上の地図上の水色の丸は、CO₂排出源の位置とCCS向けCO₂回収量を示している(燃料転換等により脱炭素化する排出源をプロットしていない)。また、濃紺色の点は、直近のCO₂排出量が10万t/年未満の排出源である。ここでの検討の対象に含めなかったが、中小規模排出源の脱炭素化対策の検討において、その分布状況の把握は重要と考える。

図11下側のグラフに、CCS向けの業種別CO₂回収量を示した。たとえば、高炉製鉄(黄色の帯)は、2022年度のCO₂排出量が約1.3億トンであるのに対し、2050年に電化、水素還元製鉄化、廃炉等の脱炭素化策を講じた上で残存する年間約0.5億トンの排出を、CCSによって処理することを意味する。

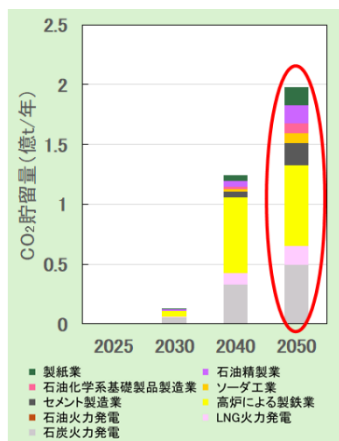
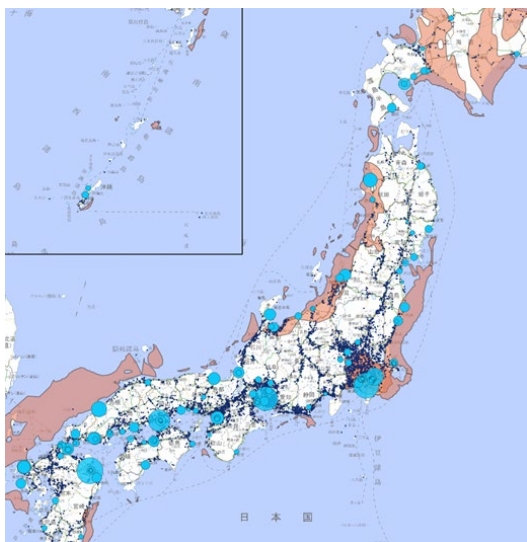


図11 仮シナリオに基づく2050年のCCS処理位置と規模

② シナリオジェネレータの開発計画

上記の検討例のように、2050年断面のCO₂排出源の位置や規模が視覚的に捉えられ、淡赤色で示す貯留層候補と合わせて考えれば、将来のCCSバリューチェーンのあり方を検討し易くなる。

ただ、これは仮に設定した一つのシナリオに基づく検討結果である。実際にはより数多くのシナリオについて、多くの関係者が協議し、他の脱炭素化手段との事業性評価も含め、最適なCCSバリューチェーンを形成していく必要がある。これを支援するのが、CCSシナリオジェネレータであり、その流れを図12に示す。

まず、シナリオセッターにより、CO₂排出源のCCS導入状況や燃料転換の長期見通し、貯留層開発状況、他の脱炭素化技術の進展などを考慮した多様なシナリオを設定する。

次に、CCSモデルクリエイターでは、シナリオ別に分析されたCCSのためのCO₂回収量・位置等に基づき、CO₂輸送方法も含めた最適なCCSバリューチェーンを設定する。

さらに、CCS事業性評価シミュレータにより、CCS構成コストや脱炭素化のための経済的インセンティブを考慮したCCSバリューチェーンの事業性評価を行う。

以上はまだ概念レベルの計画であり、今後、多くの関係者と協議し、シナリオジェネレータの仕様詳細化や開発を進めていきたいと考えている。

CCSの普及展開は、長期にわたり、多くの不確実性を考慮しながら、関係者が分析・協議を重ね計画・実施するものである。このシナリオジェネレータが、それを迅速、的確に支援する意思決定のプラットフォームになれば幸いである。

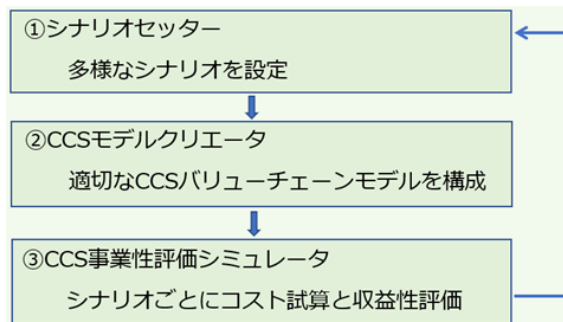


図12 シナリオジェネレータの機能フロー

2.3. 国際動向

RITEはCCSの普及における制度的、技術的な課題の解決に取り組むために、我が国が諸外国と共通して抱えているそれらの課題解決に寄与するため、国際協調の取り組みを行っている。その一環として、CCUS分野の国際機関の会合に参加する等して国際動向を情報収集し、我が国の取組を発信している。また、関係機関への訪問や文献を通じて各国のCCSプロジェクトやCCS事業への政府支援制度を調査し、我が国におけるCCS事業環境整備の議論に役立てている。

ここでは近年、国を跨ぐCO₂輸送(越境輸送)が話題となる欧州をはじめ、北米、豪州の主要国で操業または計画されているプロジェクトの動向を中心に紹介する。

2.3.1. 欧州の動向

欧州では2009年に発効したDirective 2009/31/EC (CCS指令)に基づき加盟国が法整備を進め、CCSを普及促進している。北海に大規模な貯留資源が集中しこれに面する英国、ノルウェー、デンマーク、オランダを中心に貯留プロジェクトが進行する。他国からCO₂を受け入れるもの(越境輸送)や、費用効率の高いハブ&クラスター型の大規模プロジェクトが目立つ。北海以外では小規模ながら地中海や陸域での貯留計画が検討されている。

(1) EU

CO₂越境輸送のためのインフラ整備を推進するため、Connecting Europe Facility for Energy(CEF-E)基金から支援するプロジェクトの候補を2025年12月に発表した(表2)。

また、産業分野によっては技術的難易度が高いプロジェクトを、EU-ETSの収入を原資とするEUイノベーション基金で支援する。2025年11月の発表では、セメント産業、船舶のCO₂回収、脱炭素燃料製造(SAF、エタノール)の他、ギリシャやポーランドにおいてCO₂ハブを構築するプロジェクトが選定されている。

表2 CEF-E基金が支援対象の候補とするプロジェクト

プロジェクト名	排出源の立地	貯留地(集積地)
CO ₂ TransPorts	オランダ、ベルギー	オランダ沖北海等
Aramis	オランダ、ドイツ、フランス、ベルギー	オランダ沖北海
Bifrost	デンマーク、ドイツ、ポーランド	デンマーク沖北海
Callisto	フランス、イタリア	イタリア沖地中海
CCS Baltic Consortium*	ラトビア、リトアニア	(リトアニア・バルト海沿岸)
Delta Rhine Corridor	ドイツのRuhr地域とオランダのRotterdam地域	オランダ沖北海
EU2NSEA	ベルギー、ドイツ、デンマーク、フランス、ラトビア、オランダ、ポーランド、スウェーデンほか	ノルウェー沖北海
Norne	デンマーク、スウェーデン、ベルギー、英	デンマーク陸域、デンマーク沖北海
Prinos-Apollo CO ₂	ギリシャ、ブルガリア、クロアチア、キプロス、イタリア、スロベニア	ギリシャ沖地中海
Pycasso	フランス、スペイン	仏南西部陸域
BaltiCO ₂ Net	デンマーク、ドイツ、ラトビア、ポーランド、スウェーデン	デンマーク陸域
ECO ₂ CEE*	ポーランド、リトアニア	(ポーランド・バルト海沿岸港)
Northern Lights	ベルギー、ドイツ、アイルランド、フランス、スウェーデン他	ノルウェー沖北海
Nautilus CCS	フランス、ドイツ、ノルウェー	(英国海峡沿岸港、北海沿岸港)
Atlas	EU域内	ノルウェー沖北海
Carbon Connect	ベルギー (Zeebrugge)	英国沖北海
German Carbon Transport Grid	ドイツ	北欧州

※CO₂貯留を含まないプロジェクト

(2) 英国

ネットゼロへの移行と雇用や経済成長を重視し、2030年までに年間貯留量2~3千万t/年達成を目標に掲げてCCSを推進している。政府は、2030年までに稼働する4つのクラスターを選定し、2024年秋に約220億ポンドを支援する(対象は2つのクラスター)と発表した。これを受け2024年末から2025年にかけて、両クラスターに含まれる輸送・貯留プロジェクトと回収プロジェクトが次々に最終投資決定(FID)に至った。

政府による支援は、CO₂削減に係るコストと価値の差額を補填するもので、後者にはETS価格が用いられる。輸送・貯留は規制事業として所要コストを政府が審査して決定し、回収プロジェクトに対し輸送・貯留料金を含むコストとETS価格の差額を支払う制度となっている。

① Hynetクラスター 輸送・貯留プロジェクト

- ・事業者: Eni社(イタリア石油ガス会社)
- ・貯留: 海域枯渇ガス田(Eni社)
 - 450万t/年 (フェーズ1)
 - 1,000万t/年 (2030年代)
- ・パイプライン: 184km(内149kmは既設転用)
- ・CO₂純度: 95%以上

② Hynetクラスター 回収プロジェクト

<フェーズ1>

- セメント:80万t/年 (FID済み)
- 廃棄物発電:37万t/年(FID済み)
- 天然ガス火力発電
- 水素製造
- バイオマス発電

<2030年代>

- 石油精製
- 水素製造
- 廃棄物発電 2件
- DAC(空気直接回収)

- ・事業者: Equinor, Shell, TotalEnergies3社のJV
- ・回収: 国内、オランダ、デンマーク、スウェーデン等
- ・貯留: ノルウェー沖北海 塩水帯水層
 - フェーズ1: 150万t/年
 - フェーズ2: 500万t/年 以上
- ・CO₂純度:99.81mol%以上(船舶輸送向け)
- ・資金:フェーズ1:政府のCAPEX、OPEXの直接補助金(約140億ノルウェークローネ(約13億ユーロ))
フェーズ2:EUのCEF-E基金(FEED用に400万ユーロ+建設用に1億3,100万ユーロ)

フェーズ1では中温中圧の液化CO₂輸送船がCCS向けとして世界初の運航となる。7,500m³の輸送船計4隻を就航させ、うち3隻を川崎汽船に運航を委託する。フェーズ2ではさらに12,000m³の輸送船4隻を追加し、2028年後半に納入が開始される。川崎汽船とマレーシア海運企業の連合体と三井商船がそれぞれ2隻を所有、運航する。フェーズ1、2に就航する8隻のうち6隻を中国企業業が、2隻を韓国企業が製造する。



図13 Hynetクラスター

出典) padeswoodccs に加筆、<https://www.mol.co.jp/pr/2026/26013.html>



図14 Northern Lightsプロジェクト(越境含む船舶輸送)

出典) Northern Lights 社向け新造液化CO₂輸送船2隻の長期用船契約を締結に加筆
<https://www.mol.co.jp/pr/2026/26013.html>

(3) ノルウェー

北海に石油ガス資源と塩水帯水層の豊富な貯留資源を持つ。欧州における貯留ハブ化を見通し、国際的プロジェクト(Longship/ Northern Lights)が政府の直接補助金により進展し、2025年8月に操業開始した。

① Northern Lightsプロジェクト

国内セメント工場(独系のHeidelberg Material社)からのCO₂船舶輸送・貯留が2025年に開始された。

(4) オランダ

2019年の気候法は、2030年に49%のCO₂削減目標(2019年比)を定めている。北海のCO₂貯留地を利用して産業分野における排出量の半分程度をCCSで対策する計画としている。政府はSDE++というプログラムによりCO₂削減対策のひとつとしてCCSを支援する。英国と

同じくCO₂削減のコストと価値の差額を支援する方法が採られる。

① Porthosプロジェクト

EU初の輸送・貯留ハブとして2024年に着工し2026年の稼働を目指す。

- ・事業者: Rotterdam港湾公社、EBN社(国営石油ガス会社)、Gasunie(国営ガス導管会社)ほか
- ・貯留: 北海・枯渇ガス田、250万t/年×15年
- ・輸送: パイプライン(陸上:30km、海底:20km(新設))
Aramis輸送・貯留プロジェクトとの共用を想定した最終容量である1千万t/年の設計。
- ・CO₂純度:95%以上
- ・資金: CEF-E基金から1億ユーロを獲得。Rotterdam港湾公社が5,000万ユーロのカーボン・キャプチャー&ストレージ・ボンド(社債)を発行し、第一生命保険がこれに2,600万ユーロを投資。

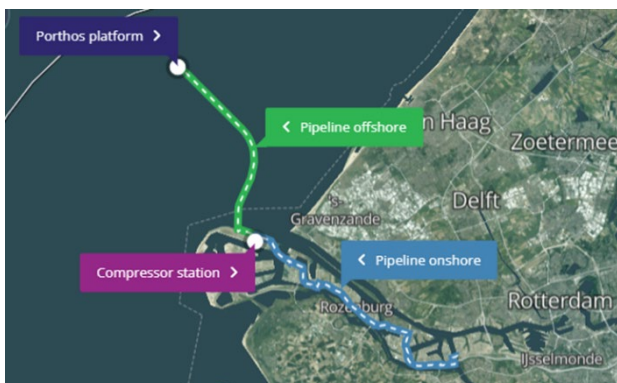


図15 Porthosプロジェクト

出典)Porthos, Project, <https://www.porthosco2.nl/en/project/>

② 回収プロジェクト

- ・事業者: Shell(石油精製)、Exxon Mobil(石油精製)、Air Liquid(水素製造)、Air Product(水素製造)。うちShell社製油所が2026年3月に輸送パイプラインに接続済み。
- ・資金: SDE++

(5) デンマーク

2020年の気候法において、2030年までにGHG排出量を70%削減(1990年比)し、2050年までに炭素中立の実現を目標とし、政府がCCSを支援している。英国、オランダと同じくCO₂削減のコストと価値の差額を支援する方

法が採られる。

海域と陸域の貯留地があり、海外からのCO₂受入れも想定される。2023年に海域、2024および2025年に陸域の探査権が付与されたばかりで、国内の貯留の実績はまだ実証段階。事業としての開始は今後の予定。

第1回公募で、バイオマス発電(BECCS)が選定された。2030年に運開向け第2回公募では2026年1月に2件が最終提案された。2件のうち1件は、セメント工場のCCSと報道されており、国内陸上貯留と思われる。

① バイオマス発電所のCCS(第1回政府支援公募)

バイオマス発電所から回収し、ノルウェーのNorthen Lightプロジェクトに船舶でCO₂輸出予定。(国内の貯留は公募当時、未だ開発が進んでいなかった)

- ・事業者: Ørsted社(再生可能エネルギー開発企業)
- ・回収: 2か所のバイオマス発電所(計43万t/年)
- ・輸送: 1か所は当面トラック、将来パイプライン予定。
- ・資金: 炭素除去クレジット契約をMicrosoftと締結

② Greensand(Future)プロジェクト

GreensandプロジェクトはベルギーからCO₂を受入れ、2023年に世界初の船舶による越境輸送・圧入(沖合)に成功。次段階のGreensand Future(商用)プロジェクトが2024年12月に最終投資決定。

- ・事業者: INEOS Energie(英石油化学会社)
- ・回収: バイオメタン製造(国内)
バイオマス発電(スウェーデン;検討中)
- ・貯留: デンマーク沖北海
- ・輸送: 貯留地に船舶輸送(中温中圧、5,500m³)。輸送船の中で液化CO₂を海水で昇温。
- ・資金: EUイノベーション基金

2.3.2. 北米の動向

化石資源が豊富な地域であり、既に20以上のCCSプロジェクトが稼働し、世界をリードしている。

(1) 米国

米国のCCSプロジェクトの進展は、1970年代から開始されたCO₂-EOR(原油増進回収)向けに整備されてきた4千マイルに及ぶCO₂パイプラインと多数のCO₂-EORサイトの存在によるところが大きい。

CO₂貯留量に対する税額控除を2008年に導入し数次に亘り支援規模を拡大してきた。回収費用が比較的小さいエタノールプラントでの事業化が増加している。

2025年の政権交代によりCCUS分野では、税額控除の規模が維持または拡大された。CO₂1トン当たりの控除額は、CCSでは85ドルで維持、CCUとCO₂-EOR/EGR(石油/ガス増進回収)では60ドルから85ドルに増額された。その一方で、CCUS分野に限らないが、前政権が支援を決定したプロジェクトに対して財務審査をおこなった。投資リターンが期待できないと判断した一部の案件を支援中止したことをエネルギー省が発表しているが、個別のプロジェクトに関わる情報は公表されていない。

① Net-Zero Northプロジェクト

- ・事業者: Gevo社(バイオ燃料製造業。Red Trail EnergyのCCS、エタノール施設を2025年に買収)
- ・回収: エタノール製造(バイオマス起源)、18万トン/年
- ・貯留: 塩水帯水層。RITEが光ファイバーを用いたモニタリングに協力。
- ・資金:
 - ・政府: 税制控除クレジット(45Q)
 - ・民間: 2025年からPuro.earthの認証(ボランティア・クレジット市場)を受けたCO₂除去クレジットを販売。

(2) カナダ

カナダは化石資源大国であり、炭素税等のCO₂排出規制を導入する等、炭素中立に取り組んでいる。大規模CCSプロジェクトは、石油ガス生産が活発なAlberta州、Saskatchewan州で行われている。例えば、Alberta州ではQuestプロジェクトが、連邦および州政府の支援を受けて2015年10月に運転開始し、900万t以上のCO₂を圧入した。さらにCO₂貯留ハブを開発するため、Edmonton近郊の産業中心地域に6つ、その他の地域に19のプロジェクトを候補として選定しており、北米初となるDACとCCSを組み合わせるプロジェクト(DACCS)を2025年に運転開始した。連邦政府および州政府によるプロジェクトの投資減税、州政府の基金による支援のほか、民間との炭素除去クレジット契約やベンチャーキャピタルファンドの資金が提供される。

① Deep Sky Alphaプロジェクト(DAC)、Meadowbrook CO₂貯留ハブ

- ・事業者: Deep Sky社
(カナダの炭素除去プロジェクト開発企業)
- ・回収: DACシステムにより3千t/年を回収中。複数のシステムの導入により規模を拡大する計画(10種類、3万t/年)。
- ・貯留: Meadowbrook CO₂貯留ハブの帯水層。300万t/年を想定。
- ・輸送: トラック輸送(DAC向け分)
- ・資金:
 - ・政府・Alberta州: 72%の投資税額控除:
 - ・60%の連邦CCUS投資税額控除(ITC)
 - ・州からの追加12%の投資税額控除
 - ・州の基金から500万CAD(360万USD)
 - ・民間: Bill Gates氏の基金4,000万USD他。
 - ・炭素除去クレジット契約
(Microsoft、Canada Royal銀行など)

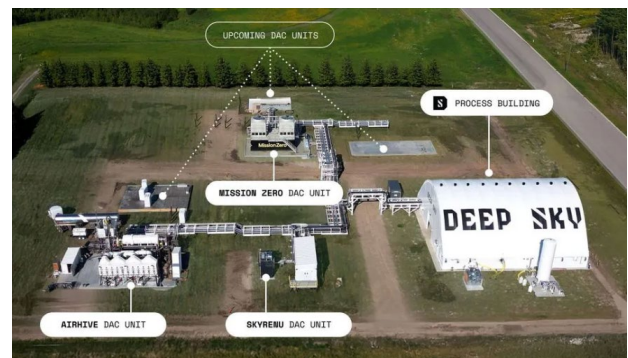


図16 Deep Sky Alphaプロジェクト

出典) Deep Sky Alpha: Now Operational,
<https://www.deepskyclimate.com/alpha>

2.3.3. 豪州の動向

豪州は、LNGや石炭の輸出量が多い資源大国であり、2050年炭素中立、2030年までに43%削減(2005年比)を目指し、石油ガス事業を含む全ての分野において脱炭素を推進している。セーフガード・メカニズムにより10万t-CO₂/年以上の大規模排出者は2050年の炭素中立に貢献する必要があるとして排出量上限が設定され、2030年までの期間には上限値が毎年約5%ずつ削減される。

とりわけ、新設の天然ガス施設をゼロエミッションが義務化されており、CCSの適用が不可避となっている。

ガス精製プロセスにより発生するCO₂を、陸域帯水層に圧入するGorgonと陸域枯渇ガス田に圧入するMoombaが操業中である。また、Victoria州政府自らがCCSハブを構築するCarbonNet、東ティモール領海内の枯渇ガス田に貯留するBayu-Undan、豪州西部のAngelなどのプロジェクトが計画されている。

① Bayu-Undan CCSプロジェクト

年間1千万トンの貯留ポテンシャルとされる枯渇ガス田に開発中のBarossaガス田等のほか、韓国など海外から受け入れるCO₂を圧入する計画。Darwinに設置するLNG基地をCO₂ハブとし、既設のパイプラインを使って海上ガス基地に輸送する。豪州、東ティモールの両国政府間で、越境輸送に係るロンドン議定書に基づく2か国間合意に関して協議を進めている。

- ・事業者: Santos社
- ・回収: 天然ガス処理、韓国(越境輸送)など
- ・貯留: 東ティモール領海内の枯渇ガス田
- ・資金: 現在政府支援なし。排出者にとっては、セーフガード・メカニズムの規制(新規ガス開発はゼロエミッション化が必要)がCCSの動機。

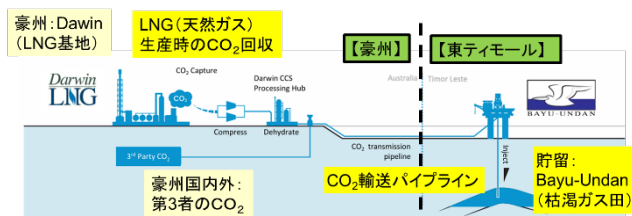


図17 Bayu-Undan CCSプロジェクト

出典)Santos - CCUS projects updates に追記
https://www.env.go.jp/earth/ccs/3rd_speech14.pdf

② CarbonNet プロジェクト

豊富な貯留ポテンシャルをもつVictoria州は、連邦政府から資金提供を受けてCCSハブの構築を計画している。商業規模のCCSハブを確立し、州が目標に掲げる2045年までのネットゼロ達成に貢献することを目的とし、また、直接雇用と投資が地域に有益と考えている。

州内の複数の産業排出源から、沖合貯留層にCO₂をパイプライン輸送するもので現在、FEED(基本設計)まで終了している。日本の政府機関やCCS関連企業も注目し

ており、JOGMECが同州政府とMOUを締結するなど協力体制を築いている。

- ・事業者: Victoria州政府
- ・回収: 水素製造、肥料製造、バイオマス関連等が候補
- ・貯留: 2か所の沖合貯留
 - ・Pelican地点: 600万t/年×30年(塩水帯水層)
 - ・Kookaburra地点: 750万t/年×20年(次段階)
- ・輸送: パイプライン(陸上:80km、海底:20km(新設))(Pelican地点用)
- ・資金:
 - ・1億豪ドル(実現可能性調査用)
(連邦政府:7千万豪ドル、州政府:3千万豪ドル)
 - ・Global CCS Institute (GCCSI): 230万豪ドル
(ビジネスモデル検討用等)

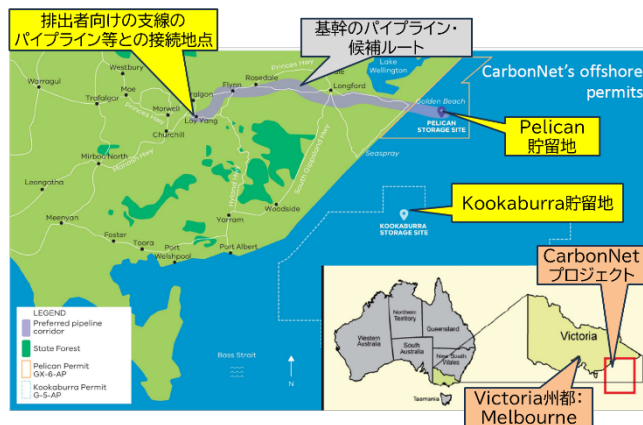


図18 CarbonNet プロジェクト(沖合の貯留地等)

出典)The CarbonNet Project(州政府資料)に追記
https://gccci.beg.utexas.edu/files/gccci/research/goi/2024/2.02_Bailey_VictoriaGov_t_Australia_CarbonNet.pdf
<https://hgeo.energy.gov/archives/csif/sites/default/files/documents/perth2012/Clifford-CarbonNetProject-PIRT-Perth1012.pdf>

RITE バイオものづくりセンター、始動

バイオ研究グループ

グループリーダー・主席研究員 乾 将行
 副主席研究員 畚野 信剛
 主任研究員 久保田 健

1. 設立背景

バイオテクノロジー活用への期待は近年ますます高まっており、世界では数兆円規模の投資が進んでいます。我が国でも「2030年に世界最先端のバイオエコノミー社会を実現」を掲げ、環境課題と経済成長を同時に達成するため、未利用資源を活用したバイオものづくりへの変革が強く求められています。

国の重点施策として進められているバイオものづくり革命推進事業には総額 3,000 億円が投じられ、RITEはこの事業をいち早く受託しました。RITE バイオものづくりセンターはその中核拠点の一つとして、菌株開発プラットフォームを構築し、研究・実証を集中的に進めるために建設されました。



RITE バイオものづくりセンター

総床面積: 1,353 m²

2025年11月竣工

2026年4月より本格稼働

2. 施設紹介

2.1. 実験施設

1. 育種実験室

育種実験室には、遺伝子組換えによる生産株育種を高効率に行うための設備を集約しています。自動育種口

ポット(予定)、核酸自動抽出装置(予定)、自動ウェスタンブロットティング装置、PCR、DNA シーケンサーなど育種に必要な設備一式を備え、短期間での育種を可能とします。



遺伝子解析装置

2. 培養実験室

培養実験室では、1mL~10Lの多様なジャーシステムを備えており生産株の評価や培養プロセス開発を効率的に行うことが可能です。



100mL ジャー

1L ジャー



10L ジャー

糖の自動フィードや増殖挙動のオンライン計測、排ガス測定など各種センシング機能も備えており、詳細なプロセス挙動解析にも対応します。また、RITE 独自の耐性変異株取得法であるミューテーター法を自動化した自動耐性化システムやプラズマによる変異導入装置も備えており、宿主強化を目指した開発にも対応しています。



耐性株自動取得システム

3. 分析室

分析室には、マルチセル分光光度計、全自動前処理装置、HPLC×6、GC、GCMS、自動誘導体化-GCMS、LCMS(シングル、トリプル四重極、Orbitrap)などの多彩な分析機器を備えています。これらを駆使することで目的物質に応じた最適な分析系を構築できます。

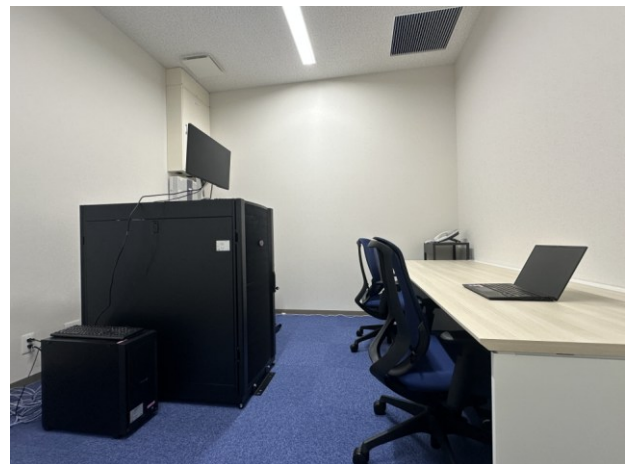
また、GCMS・LCMS を組み合わせた代謝物を網羅的に計測・解析する手法“メタボローム解析”を導入しており、約 1000 種の代謝物質の計測が可能になりました。メタボローム解析には、自動前処理装置や AI 波形処理・解析ソフトウェアを導入しており、前処理からデータ解析まで半自動化されています。メタボローム解析データをコリネ型細菌向けに改変した代謝物マップに投影することで、培養過程の代謝状態を可視化できます。



代謝物計測装置

4. 情報解析室

大規模データの格納から解析までを担う情報解析室です。ストレージ、ファイルサーバー、バックアップ NAS を備え、未利用資源 DB、化合物毒性 DB、耐性変異 DB などを活用した高度な解析が可能です。代謝シミュレーション(FBA 等)や育種支援、培養最適化、代謝設計支援など、研究開発全体を支える計算基盤を提供します。



解析情報室

5. スケールアップ実験室

30L・90L ジャーファーメンターを中心に、膜分離装置、連続遠心分離装置、晶析装置、大型エバポレーターなど培養からターゲット化合物取得まで一貫したプロセス実証が可能な設備を整備予定です。

未利用資源を含む多様な原料や、LCA・TEA 評価に必要な機能も整備し、量産化を見据えた開発が行えます。



5L ジャー + 膜分離装置

6. 精製室

微生物培養で得られた目的物の単離を検討する精製室です。小型膜分離装置、小型晶析装置、真空乾燥機、凍結乾燥機を備え、効率的な分離・濃縮および高純度化と回収操作の検討が可能です。さらに、GC に直結した多連ジャーフェーマンターによる排ガスの自動分析により、培養状態の詳細な把握と精製条件の評価を行えます。



排ガス分析 GC 連結型 8 連 100mL ジャー

7. バイオマス前処理室

バイオマス粉碎機、水熱反応装置、糖化反応装置などを整備し、未利用資源の前処理工程を一通りカバーできる実験室です。大型冷蔵庫を併設し、原料の保管から処理までを効率的に実施できます。多様なバイオマス原料に対し、最適な前処理条件の検討が行えます。



リアクター



粉碎機

2.2. その他施設

本センターには実験室以外に、「事務所」「会議室」があります。

事務所は 2 階にあり、フリーアドレス制を導入しています。会議室は、小会議室と中会議室を連結した大会議室×1、Web 会議室×3 と、同時に大小複数のミーティングに対応可能です。また、実験室は 1 階に 4 室、2 階に 3 室あり、機能ごとに最適化した配置となっています。



事務スペース



Web 会議室



ミーティングスペース



大会議室

研究開発を推進するとともに、次世代を担う人材育成の拠点としての役割も果たしていきます。今後、バイオものづくり革命を牽引する国内有数の研究拠点として、その機能と価値を一層高めてまいります。

バイオものづくりに挑む多くの企業が、我々との共同研究を通じて本センターを広く活用することを、心より期待しています。



RITE バイオものづくりセンター全景

3. まとめと今後の展開

RITE では長年にわたり産業応用を見据えた菌株開発を推進し続けてきました。バイオものづくり革命推進事業の一環として建設された本センターは、次世代バイオ製造技術の確立と社会実装を加速するための最先端拠点です。

本センターは、微生物を活用したバイオプロセス開発からスケールアップ、原料評価、精製、応用研究までを一体的に実施できる総合研究環境を備えています。

センターには、ハイスループット実験設備、デジタル育種・自動化ロボット、発酵・培養評価設備などを集約しています。これにより、研究者が企業と共同し、共創的に研究開発を進めることができる環境を整備しています。また、データ駆動型バイオものづくりを支える情報解析基盤も整備しており、AI・ロボティクス・計測技術を融合した革新的かつ実践的な研究環境を実現しています。

本センターでは、バイオエコノミーの発展に資する新素材開発、環境負荷低減技術、カーボンリサイクル、生産プロセスの高度化など、多様な分野への応用を見据えた

※ この成果は、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)の委託・助成事業の結果得られたものです。

お問い合わせ先: RITE バイオ研究グループ
mmg-lab@rite.or.jp

グループシナジーの発揮と研究企画力の向上を目指して ～所内講演会の企画・開催～

所内講演会企画ワーキンググループメンバー(2026年4月)

システム研究グループ	主任研究員	長島 美由紀
バイオ研究グループ	主任研究員	小暮 高久
化学研究グループ	研究員	清川 貴康
CO ₂ 貯留研究グループ	主任研究員	内本 圭亮
企画調査グループ	研究管理チームリーダー	高橋 嶺宏

1. はじめに

RITE 内の地球環境産業技術研究所(以下「研究所」)では、研究所内の一体感醸成とグループシナジーの発揮、そして、広範な知見に触れる場の提供による研究企画力の向上に向け、下田研究所長が発案した所内講演会を実施しています。

本トピックスでは、昨年度に開催した、計5回の内容についてご報告します。

2. 所内講演会の開催概要

2.1. 第1回－バイオ研究グループの取組紹介－

令和7年4月、バイオ研究グループの取組紹介として、「RITE バイオ研究グループの新たな取組みについて」と「バイオものづくり革命推進事業での取組み」をテーマに講演会を開催しました。

また、講演会終了後、バイオものづくり実験棟とバイオ研究グループ実験室の見学会を実施しました。

2.2. 第2回－化学研究グループの取組紹介－

令和7年6月、化学研究グループの取組紹介として、「炭素回収技術評価センターについて」をテーマに講演会を開催しました。

また、講演会終了後、炭素回収技術評価センター(RCCC;RITE Carbon Capture Center)とDAC(Direct Air Capture)実験棟の見学会を実施しました。

2.3. 第3回－CO₂貯留研究グループの取組紹介－

令和7年9月、CO₂貯留研究グループの取組紹介とし

て、「CO₂貯留研究グループにおける光ファイバー測定技術開発のあゆみ」をテーマに講演会を開催しました。

また、会場には光ファイバーや、それを設置するケーシングの実物を展示しました。

2.4. 第4回－システム研究グループの取組紹介－

令和7年12月、システム研究グループの取組紹介として、「システム研究グループにおける第7次エネルギー基本計画エネルギー需給見通し向けシナリオ分析」をテーマに講演会を開催しました。

また、講演会終了後、ポスターを囲んで講演者との質問セッションを実施しました。

2.5. 第5回－万博レガシーの共有－

令和8年3月、「大阪・関西万博のレガシー」をテーマに下田研究所長(2025年日本国際博覧会協会脱炭素ワーキンググループ委員長)による講演会を開催しました。

また、講演会終了後、RITE が万博に出展した「RITE 未来の森」に携わったメンバーによる座談会形式のセッションを実施しました。

3. おわりに

所内講演会は、研究所内各グループから選出されたメンバーで構成される企画ワーキンググループにより企画・運営されています。講演テーマについては、企画ワーキンググループメンバー間の意見交換を通じて検討します。

今後も、地球環境問題の関連施策などをテーマに所内講演会を実施していきたいと思っております。

リンクをクリックすると RITE ウェブサイトの該当ページが開きます。

[プレスリリース](#)

[イベント情報](#)

発表論文一覧

 [システム研究グループ](#)

 [バイオ研究グループ](#)

 [化学研究グループ](#)

 [CO₂貯留研究グループ](#)

その他の活動

◆環境教育(校外学習の受け入れ)

実施日	対象者	人数
2025年5月13日	奈良県立国際中学校 3年生	17
2025年7月25日	京都府立西舞鶴高等学校 理数探求科 2年生	10
2025年10月9日	島根県立出雲高等学校 理数科・普通科 1年生	38
2025年11月4日	立命館高等学校 Japan Super Science Fair 2025	29
2025年12月5日	精華町立精華西中学校 1年生	6
2025年12月8日	奈良県立奈良北高等学校 普通科理型/数理情報科 2年生	22
2026年3月12日	相楽東部広域連立立笠置中学校 1年生	6

◆環境教育(小学生向けワークショップ)

実施日	イベント名	人数
2025年8月7日 (同日に2回開催)	地球温暖化について学ぼう！工作・実験教室	33

掲載年月日	見出し	掲載紙名
2025.4.1	CO ₂ 吸収 万博会場に「未来の森」 空気中から回収するDAC装置	朝日新聞
2025.4.9	2025EXPO NEDOなど 直接大気捕集、データ収集 万博でCO ₂ →都市ガス	日刊工業新聞
2025.4.10	大阪・関西万博 EXPO2025 13日開幕 日本の技 世界へ発信	京都新聞
2025.4.10	万博 脱炭素の技術競演 環境考える展示や実験	東京読売新聞
2025.4.16	水曜討論 エネルギー基本計画改定 北海道の未来図は 地球環境産業技術研究機構 主席研究員 秋元圭吾	北海道新聞
2025.4.16	回収CO ₂ をその場で都市ガス利用 世界初、DAC技術の実証 NEDOらが大阪万博で	環境新聞
2025.4.24	Future of aerial CO ₂ capture tech on display at Osaka Expo	The Asahi Shimbun
2025.5.20	(こんにちは 夢洲から)「レアパビリオン」描く未来 大阪・関西万博	朝日新聞
2025.5.22	脱炭素技術 万博に集結 大気中に排出されたCO ₂ を直接回収 集まる注目、研究機関競争	岩手日報
2025.5.22	排出CO ₂ 空気から回収 地下に貯留 再使用多岐 万博 新技術競演 コスト課題	愛媛新聞
2025.5.22	NEWS TOPIC 排出CO ₂ 空気から回収 脱炭素新技術 万博で競う	長崎新聞
2025.5.23	排出CO ₂ 空気から回収 脱炭素の新技術 万博で競演 地下に貯留 燃料に再利用も	中国新聞
2025.5.30	Eco 環境 CO ₂ 空気から回収 貯留、再利用 脱炭素へ新技術 万博で競演 「DAC」実用化 課題はコスト低減	東京新聞
2025.6.2	排出CO ₂ 空気から回収 脱炭素 新技術 万博で競う 地下貯留、再利用も選択肢	下野新聞
2025.6.17	万博で回収のCO ₂ 新潟工場でCCUS 三菱ガス化学 RITE	化学工業日報
2025.6.24	排出CO ₂ を空気から回収 脱炭素新技術 万博で競う	中部経済新聞
2025.6.25	RITE、CO ₂ 回収材の試験施設公開 実際の排ガス利用	日本経済新聞 電子版
2025.6.27	CO ₂ 回収技術の評価施設公開 RITE、実際の排ガス利用	NIKKEI GX
2025.6.30	電力の安定供給と脱炭素化へ投資促進が急務 有識者に聞く 原子力と火力の投資促進へ リスクに見合ったリターンの保証を RITE 秋元圭吾氏	産経新聞
2025.7.6	宇宙の居住空間で「必需品」 CO ₂ の除去装置日本、自前開発へ 年度内に性能試験 将来の月探査で活用も	佐賀新聞
2025.7.2	ビヨンド・ゼロへ、万博で連携 三菱ガス化学とRITE	環境新聞オンライン
2025.7.5	宇宙での「命綱」国産化を CO ₂ 除去装置 ISSで試験へ JAXA 省エネと長持ち性能追求	中日新聞
2025.7.7	炭素の分離・回収技術の評価 ボイラー排ガス活用の施設公開 RITE	ガスエネルギー新聞
2025.7.8	宇宙生活の「命綱」国産化 CO ₂ 除去装置 実地試験へ 月周回基地や月面探査で活用	中国新聞
2025.7.9	宇宙生活の「命綱」国産化へ CO ₂ 除去装置 本年度中 ISSで試験 技術力で存在感高める	熊本日日新聞
2025.7.10	CO ₂ 除去装置、ISSで試験へ 宇宙生活の「命綱」国産化 JAXAなど 月基地・探査車に活用	京都新聞
2025.7.11	CO ₂ 回収 技術評価に新施設 研究開発の加速狙う 国内初 京都に完成	大阪読売新聞
2025.7.15	RITE 炭素回収技術評価センター竣工披露 日本企業のCO ₂ 分離素材開発促進の懸け橋に	ガスレビュー
2025.7.16	Hope 希望 CO ₂ 除去装置 宇宙生活の命綱 国産化に技術結集 本年度中 ISSで性能試験へ 月探査 活用を模索	東京新聞
2025.7.25	宇宙生活の「命綱」国産化 日本、CO ₂ 除去装置開発中 月基地、探査車に活用も	四国新聞

掲載年月日	見出し	掲載紙名
2025.7.28	GREEN FORUM CN実現へ日本の切り札なるか!? CO ₂ 回収・地下貯留 第3回事例研究会	日刊工業新聞
2025.7.30	CO ₂ 直接回収 技術開発進む「脱炭素」有力手法	東京読売新聞
2025.8.4	CN実現の必須技術をサポート	ガスエネルギー新聞
2025.8.7	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	中部経済新聞
2025.8.12	CO ₂ 除去装置 目指せ国産化 宇宙生活の「命綱」 米口製より高性能 ISSで実証実験へ	西日本新聞
2025.8.21	「大阪万博産」CO ₂ を都市ガスや化学品に 大気から回収、会場で実証	日本経済新聞 電子版
2025.8.25	For Future 先端技術(179) 地球環境産業技術研究機構 吸着素材 国内で試験	日刊工業新聞
2025.8.26	短信 地球環境産業技術研究機構(RITE)が大阪でシンポ	化学工業日報
2025.9.5	万博で手応え CO ₂ 回収機 「大気から直接」世界に勝てる RITE、実証は着々	日刊工業新聞
2025.9.14	(フロントライン 経済)「邪魔者」扱いの二酸化炭素、足りなくて困っているって？	朝日新聞
2025.9.17	前田道路ら 第1回エキスポ・イノベーション・アワードで分野横断的啓発賞受賞	日刊建設工業新聞
2025.10.1	新潟でDAC由来CO ₂ 受け入れ完了 CCUS実装の第一歩 三菱ガス化学	化学工業日報
2025.10.7	GREEN FORUM フィールドワーク 大阪・関西万博カーボンリサイクルファクトリー 大気からCO ₂ 回収・資源化 見えたきた「カーボンリサイクル」時代	日刊工業新聞
2025.10.15	RITE「未来社会を支える温暖化対策技術シンポジウム in 関西」開催	ガスレビュー
2025.10.28	「繊維 to 繊維」の資源循環へ、帝人や東レなど6者がコンソーシアム設立	MONOist
2025.10.28	繊維大手5社とRITE「繊維to繊維」実現へ	繊維ニュース
2025.10.29	「繊維 to 繊維」資源循環で6者がコンソーシアム	化学工業日報
2025.11.3	経済教室 温暖化対策の行方(上) 国際協調の瓦解 防く努力を 秋元圭吾・地球環境産業技術研究機構主席研究員	日本経済新聞
2025.11.5	「DACなどの新技術に明るい未来」万博おばあちゃん CO ₂ の分離・回収、貯留実証現場を見学	環境新聞
2025.11.30	連載/脱炭素 深掘り「直接空気回収」関心高まる CO ₂ 回収・貯留、燃料に利用	東奥日報
2025.12.10	脱炭素 深掘り(8) 直接空気回収 CO ₂ 回収し貯留、燃料にも 新技術、ノーベル賞で脚光	中部経済新聞
2025.12.19	CO ₂ 回収成果 紹介へ 京都で27年 万博施設解体体始まる＝大阪	大阪読売新聞
2026.1.4	「ワイヤレステレホン」の再来なるか 大阪・関西万博で披露された様々な先進技術	Yahooニュース
2026.1.5	【26年展望】GX-ETS、排出枠の温存回避カギ RITE秋元氏	NIKKEI GX
2026.2.1	RITE「革新的環境技術シンポジウム2025 ～2050年カーボンニュートラルを支えるイノベーション～」開催	ガスレビュー
2026.2.20	二酸化炭素地中貯留技術研究組合 挙動モニタリング 排出源データベース CCS実装へ新技術	化学工業日報
2026.2.27	排出量取引制度の義務化が社会に与える影響 低炭素な「選択」必要 地球環境産業技術研究機構 主席研究員 秋元圭吾	日刊工業新聞
2026.3.25	リコピンの量産法確立 ハリマ化成G、RITE 食品・医薬向け応用	化学工業日報

リンクをクリックすると RITE ウェブサイトの該当ページが開きます。

[特許紹介](#)

- バイオリファイナリー関連分野
- 二酸化炭素分離・回収関連分野
- 無機膜関連分野
- 二酸化炭素圧入関連分野

RITE Today^{2026 Vol.21} Annual Report



公益財団法人 地球環境産業技術研究機構

URL: www.rite.or.jp

Email: pub_rite@rite.or.jp

〒619-0292

京都府木津川市

木津川台9丁目2番地

TEL.0774-75-2300

9-2 Kizugawadai,

Kizugawa-shi, Kyoto

619-0292 JAPAN

TEL.+81-774-75-2300