

企画調査グループ

グループメンバー(2024年4月)

グループリーダー・首席研究員	柳生 勇	主幹	眞継 由佳
サブリーダー・首席研究員	野村 眞	主任研究員(兼)	山下 裕士
サブリーダー	【欠】	主任研究員	小林 由美
副主席研究員	出口 哲也	主任研究員	安本 夏子
副主席研究員	青木 好範	主任研究員	二階堂 仁之
副主席研究員	清水 淳一	主幹・研究員	松岡 美帆
副主席研究員	楠瀬 勤一郎	主任	辰巳 奈美
研究管理チームリーダー	高橋 嶺宏		久保 道代
調査役	望月 則孝		永田 瑞生
調査役	倉中 聡		

カーボンニュートラル社会の実現に向けた取り組み

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)等国際機関との連携、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⁾。

カーボンニュートラルに向けた我が国の 2023 年度の動向について概観する。

2023 年 2 月に閣議決定された「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律案」(GX 推進法)²⁾が 2023 年 5 月に成立し、GX 推進法に基づき、2023 年 7 月、「脱炭素成長型経済構造意向推進戦略」(GX 推進戦略)が閣議決定された³⁾。また、CCS 事業化に向けた課題に関し、2023 年 9 月、総合エネルギー調査会資源・燃料分科会の下に設置された「カーボンマネジメント小委員会」において議論が開始され、2024 年 1 月、「CCS に係る制度的措置の在り方について」⁴⁾が取りまとめられ、同年 2 月、「二酸化炭素の貯留事業に関する法律案」(CCS 事業法)が閣議決定され⁵⁾、第 213 回通常国会に提出され、成立している。

1.1. GX 推進法

世界規模でグリーン・トランスフォーメーション(GX)実現に向けて投資競争が加速する中で、我が国でも 2050 年カーボンニュートラル等の国際公約と産業競争力強化・経済成長を同時に実現していくためには、今後 10 年間で 150 兆円を超える官民の GX 投資が必要である。その実現に向けて、GX 推進法では、(1)GX 推進戦略の策定・実行、(2)GX 経済移行債の発行、(3)成長志向型カーボンプライシングの導入、(4)GX 推進機構の設立、(5)進捗評価と必要な見直しを法定している。

(1)GX 推進戦略の策定・実行

政府は、GX を総合的かつ計画的に推進するための戦略を策定・実行する。

(2)GX 経済移行債の発行

政府は、GX 推進戦略の実現に向けた先行投資を支援するため、2023 年度から 10 年間、GX 経済移行債を発行し、GX 推進に関する施策を講じていく。

(3)成長志向型カーボンプライシングの導入

炭素排出に値付けをすることで、GX 関連製品・事業の付加価値の向上を図る。2028 年度から、化石燃料の輸入事業者等に対して、輸入等する化石燃料に由来する二酸化炭素の量に応じて、化石燃料賦課金を徴収する。また、2033 年度から、発電事業者に対して、一部有償で二酸化炭素の排出枠(量)を割り当て、その量に応じた

特定事業者負担金を徴収する。

(4)GX 推進機構の設立

経済産業大臣の認可により、GX 推進機構を設立する。GX 推進機構は、民間企業の GX 投資の支援(金融支援(債務保証等))、化石燃料賦課金・特定事業者負担金の徴収、排出量取引制度(特定事業者排出枠の割当て・入札等)を行う。

(5)進捗評価と必要な見直し

GX 投資等の実施状況や二酸化炭素の排出に係る国内外の経済動向等を踏まえ、施策の在り方について検討を加え、その結果に基づいて必要な見直しを講じる。化石燃料賦課金や排出量取引制度に関する詳細の制度設計について、排出枠取引制度の本格的な稼働のための具体的な方策を含めて検討し、この法律の施行後 2 年以内に、必要な法制上の措置を行う。

1.2. GX 推進戦略

2023 年7月、GX 推進法に基づき、GX 推進戦略が閣議決定され、主に以下の 2 点に取り組むことになっている。

(1)エネルギー安定供給の確保に向け、徹底した省エネに加え、再エネや原子力などのエネルギー自給率の向上に資する脱炭素電源への転換など GX に向けた脱炭素の取り組みを進める。

(2)GX の実現に向け、「GX 経済移行債」等を活用した大胆な先行投資支援、カーボンプライシングによる GX 投資先行インセンティブ、新たな金融手法の活用などを含む「成長志向型カーボンプライシング構想」の実現・実行を行う。

1.3. CCS 事業法

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る。こうした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。

我が国としては、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することとして

おり、公共の安全を維持し、海洋環境の保全を図りつつ、その事業環境を整備するために必要な貯留事業等の許可制度等を整備する。

(1)試掘・貯留事業の許可制度の創設、貯留事業に係る事業規制・保安規制の整備

①試掘・貯留事業の許可制度の創設

・経済産業大臣は、貯留層が存在する可能性がある区域を「特定区域」として指定した上で、特定区域において試掘や CO₂ の貯留事業を行う者を募集し、これらを最も適切に行うことができると認める者に対して、許可を与える。

・上記の許可を受けた者に、試掘権(貯留層に該当するかどうかを確認するために地層を掘削する権利)や貯留権(貯留層に CO₂ を貯留する権利)を設定する。CO₂ の安定的な貯留を確保するための、試掘権・貯留権は「みなし物権」とする。

・鉱業法に基づく採掘権者は、上記の特定区域以外の区域(鉱区)でも、経済産業大臣の許可を受けて、試掘や貯留事業を行うことを可能とする。

・従来、海域における CO₂ の貯留については、海洋汚染防止法の規定に基づき、環境大臣の許可が必要であったが、CCS 事業法では、許可手続きを一本化し、経済産業大臣は、あらかじめ環境大臣に協議をしてその同意を得たうえで許可することとなった。これに伴い、海防法に基づく海底下貯留にかかる環境大臣の許可制度は廃止されることとなる。

②貯留事業者に対する規制

・試掘や貯留事業の具体的な「実施計画」は、経済産業大臣の認可制とする。

・貯留した CO₂ の漏えいの有無等を確認するため、貯留層の温度・圧力等のモニタリング義務を課す。

・CO₂ の圧入停止後に行うモニタリング業務等に必要な資金を確保するため、引当金の積み立て等を義務付ける。

・貯留した CO₂ の挙動が安定しているなどの要件を満たす場合には、モニタリング等の貯留事業場の管理業務を JOGMEC((独法)エネルギー・金属鉱物資源機構)に移管することを可能とする。また、移管後の JOGMEC

の業務に必要な資金を確保するため、貯留事業者に対して、拠出金の納付を義務付ける。

- ・正当な理由なく、CO₂ 排出者からの貯留依頼を拒むことや、特定の CO₂ 排出者を差別的に取扱うこと等を禁止するとともに、料金等の届出義務を課す。
- ・技術基準適合義務、工事計画届出、保安規定の策定等の保安規制を課す。
- ・試掘や貯留事業に起因する賠償責任は、被害者救済の観点から、事業者の故意・過失によらない賠償責任(無過失責任)とする。

(2)CO₂ の導管輸送事業に係る事業規制・保安規制の

整備

①導管輸送事業の届出制度の創設

- ・CO₂ を貯留層に貯留することを目的として、CO₂ を導管で輸送する者は、経済産業大臣に届け出なければならないものとする。

②導管輸送事業者に対する規制

- ・正当な理由がなく、CO₂ 排出者からの輸送依頼を拒むことや、特定の CO₂ 排出者を差別的に取扱うこと等を禁止するとともに、料金等の届出義務を課す。
- ・技術基準適合義務、工事計画届出、保安規定の策定等の保安規制を課す。

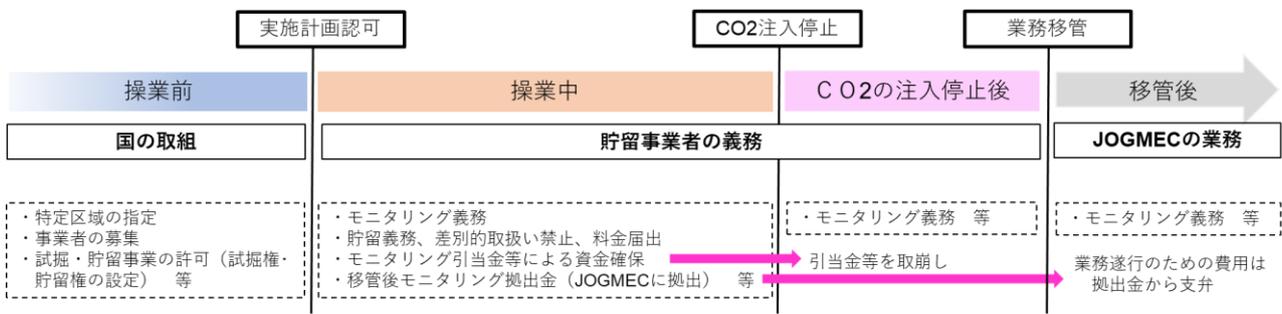


図1 貯留事業に関するフロー

2. 調査研究活動

令和5年度において、経済産業省委託調査事業「燃料安定供給対策調査等事業(2050年カーボンニュートラルに向けたCCSの事業環境整備やCCS行動計画等に関する調査)(以下、本年度調査事業)」を受託し、『CCS長期ロードマップ検討会 最終とりまとめ』⁶⁾にある「CCS行動計画」検討のため、「コスト目標/技術開発指針」に関連する調査を実施した。ここでは、コスト目標を達成するための技術開発方針(=コスト低減策)を検討するためCCSのコスト構造調査を実施したことから、その概要を紹介する。

表1 「CCS 行動計画」の策定に向けた検討方針⁶⁾

検討項目	検討方針
年間貯留量目標	<u>各産業の意見を積み上げて2050年時点で達成すべき年間貯留量の目標を精緻化し、省エネルギーや電化、水素化等による脱炭素化の取組の進捗を踏まえ、更なる精緻化をしていく。</u>
コスト目標/技術開発指針	CCSコスト目標を必要に応じて見直した上で当該目標を達成するための技術開発指針を作成し、コスト低減の進捗を踏まえ、精緻化していく。
適地調査計画	既存データのある地域でのCO ₂ の貯留に適した地層の所在の推定を更に進めつつ、 <u>今後は、沿岸地域の地質構造調査についても検討を進める。また地質構造調査における断層によるリスクの評価方法についても検討を進める。</u>

2.1. CCSコスト構造の把握

2.1.1. 試算イメージ

図2に試算イメージを示す。比較的成本データが揃っている石炭火力発電所(以下、石炭火力)及び天然ガスコンバインドサイクル発電所(以下、天然ガス火力)を排出源とし、輸送はパイプライン輸送と液化CO₂船舶輸送、貯留は陸域からの圧入と海域(着底、浮体)での圧入とした。

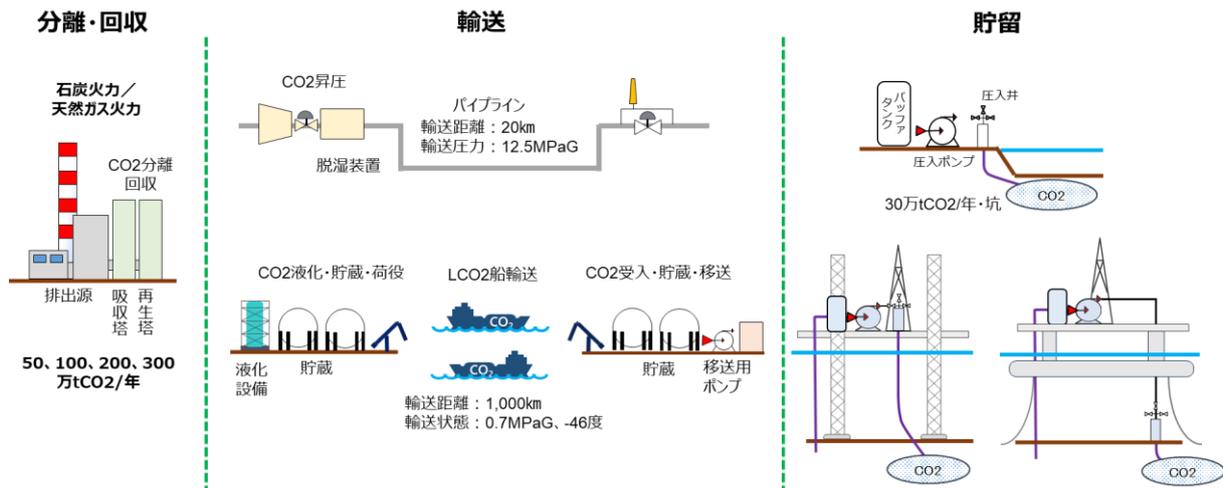


図 2 試算イメージ(分離・回収/輸送/貯留の組み合わせ)

2.1.2. 試算の留意点と主な前提条件

今回の試算は、公開データ等を基に RITE が任意に設定した前提条件の下、主に CO₂ 量を変数として試算したものであり、具体的な地点や設備等を想定した上での

積算ではない。また分離回収、輸送、貯留のいずれにおいても、土地の制約、土地代、予備費、補償費等は一切考慮していない点、留意が必要である。

表 2 CCS コスト試算の主な前提条件

項目	内容
プロジェクト期間	操業期間 (20 年) / 廃坑後管理 (20 年)
試算年、為替等	コストベース：2023 年 為替レート：139 円/US\$ (2023 年上半年期平均値) ⁷⁾ 割引率 5% 外部電気代：20 円/kWh 石炭価格 26,000 円/t (2023 年 9 月) ⁸⁾ LNG 価格 88,000 円/t (2023 年 9 月) ⁸⁾
想定排出源	石炭火力 (CO ₂ 濃度 12%~13%程度) 天然ガス火力 (CO ₂ 濃度 3%~4%程度) 設備利用率 70%
年間 CO ₂ 回収量	50、100、200、300 万 tCO ₂ /年
CO ₂ 分離回収設備	CO ₂ 回収率 90% 化学吸収法 (アミン) ※共通設備、既存設備の改修費用は含まず
パイプライン輸送設備	CO ₂ 輸送圧力 12.5MPaG ※昇圧機動力 (2 段圧縮にて試算)
液化輸送設備	液化設備 (直接冷却式) ※0.7MPaG、-46°C 貯蔵・出荷設備 (陸上) ※栈橋は対象外 受入・貯蔵設備 (陸上) ※栈橋は対象外 圧入設備への移送用昇圧設備
CO ₂ 輸送船	基準値 -46°C (上限 -43°C、下限 -50°C) 設計圧力 1.0MPaG ※船型は 5 万 t 型までとした。
その他	既存設備の改造、予備費、一般管理費、雑費含まず

2.2. 試算結果の概要

2.2.1. 分離回収コスト(図 3、4)

石炭火力、天然ガス火力のいずれも CO₂ 回収量の増加に伴い設備費の割合が小さくなる。スケールメリットについては、石炭火力発電の方が天然ガス火力より効果大きい。また、石炭火力では、いずれの回収量の場合も設備費の割合が高く、次いで、吸収液・工水等、再生

エネルギーとなっている。一方、天然ガス火力では、設備費の割合が高いのは回収量が 50 万トン、100 万トンの場合で、それ以外では再生エネルギーが高くなっている。また同じ CO₂ 回収量とした場合、石炭火力よりも排ガス流量が多くなるためブロワ・ポンプ動力の占める割合も高くなる。

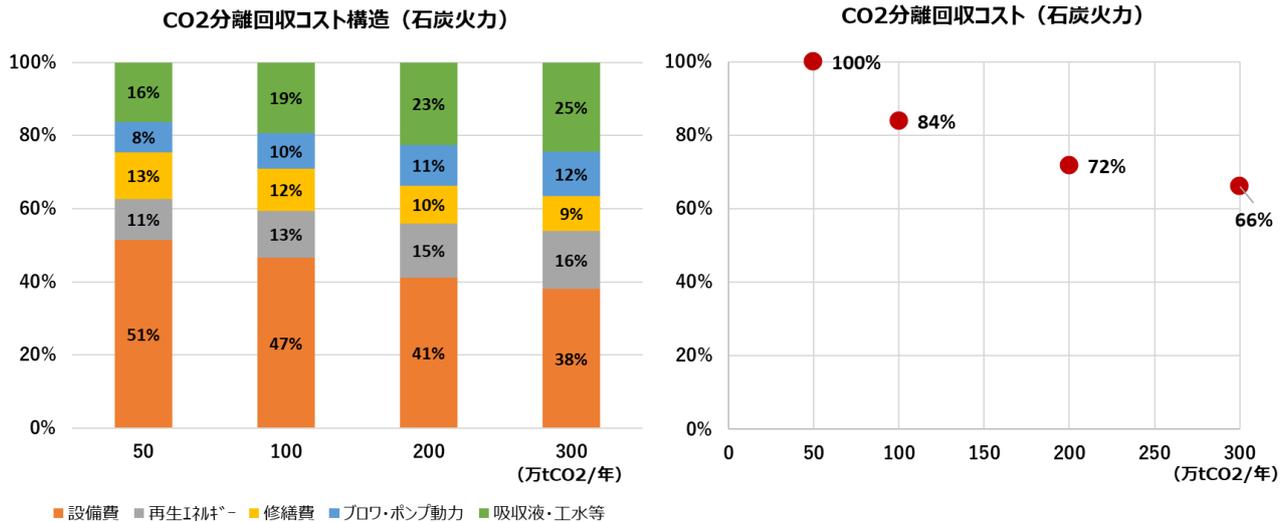


図 3 分離回収(コスト構造)※石炭火力

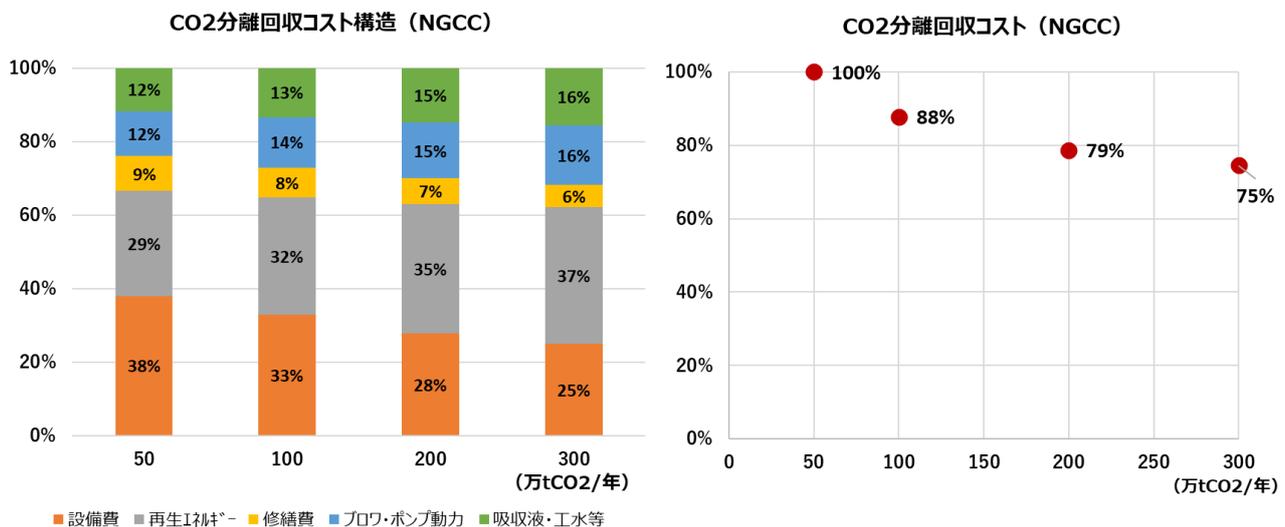


図 4 分離回収(コスト構造)※天然ガス火力

2.2.2. 輸送コスト(図 5、6)

パイプライン輸送及び液化 CO₂ 船舶輸送ともに CO₂ 輸送量の拡大に伴い設備費の割合が小さくなる。輸送規模の拡大によるスケールメリットについては、パイプライン輸送及び液化 CO₂ 船舶輸送ともほぼ同様の結果となっている。

パイプライン輸送では、いずれの輸送量の場合も昇圧

電気代(昇圧動力)の割合が高く、300 万トンの場合には 7 割程度を占める。

液化 CO₂ 船舶輸送では、いずれの輸送量の場合も液化電気代の占める割合が高い。今回の前提条件では外部電気代を 20 円/kWh としたこと、それぞれのエネルギーコストが高くなっている。

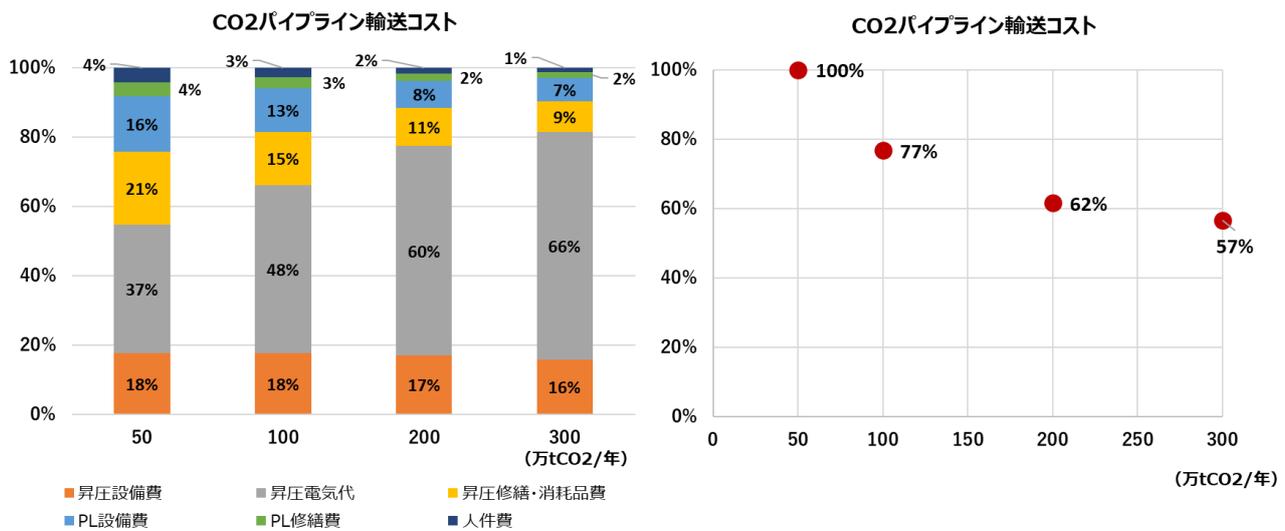


図 5 パイプライン輸送(コスト構造)

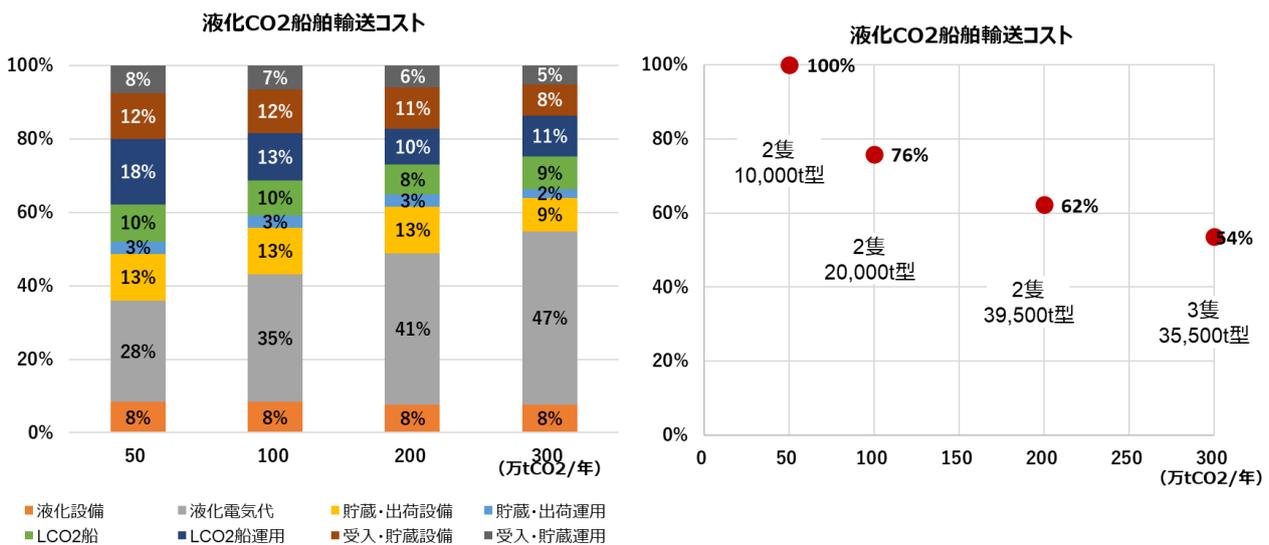


図 6 液化 CO₂ 船舶輸送(コスト構造)

2.2.3. 貯留・モニタリングコスト(図 7、8、9)

陸域、海域(着底)、海域(浮体)のいずれも掘削費の割合が高い。

陸域では掘削費に次いで、圧入中モニタリングコストの割合が高くなっているが、海域(着底・浮体)の場合は、それぞれ着底基地、浮体基地に係る費用の割合が高く

なる。

なお、海域(着底)では3番目は圧入中モニタリングコストとなるが、海域(浮体)では海底設備に係る費用となる。相対的に分離回収、輸送より設備費(CAPEX)の割合が高くなっている。

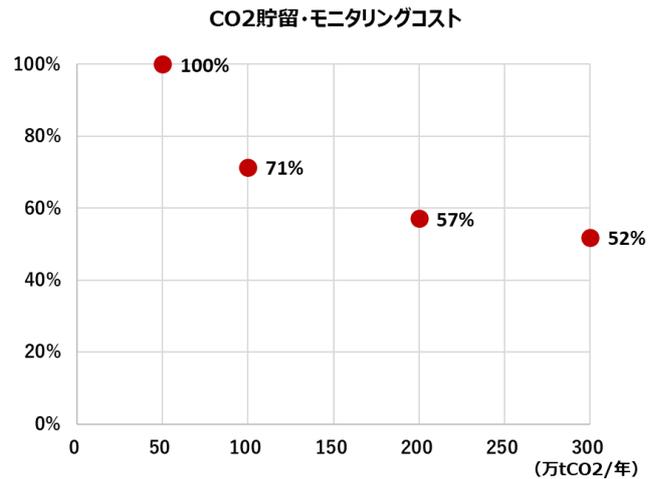
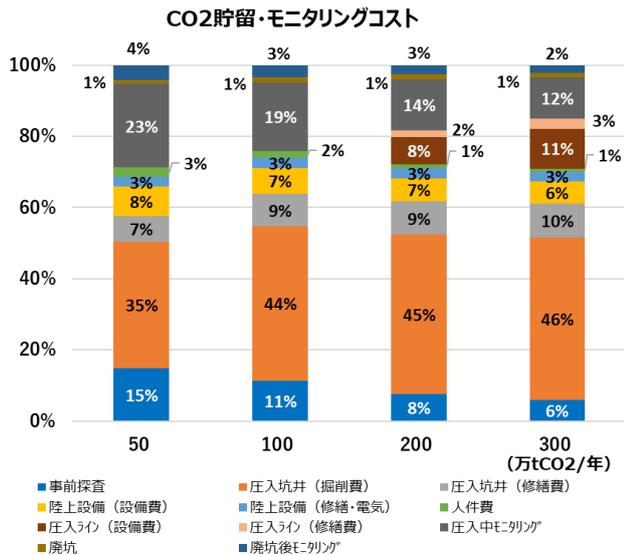


図 7 貯留・モニタリング(コスト構造)※陸域

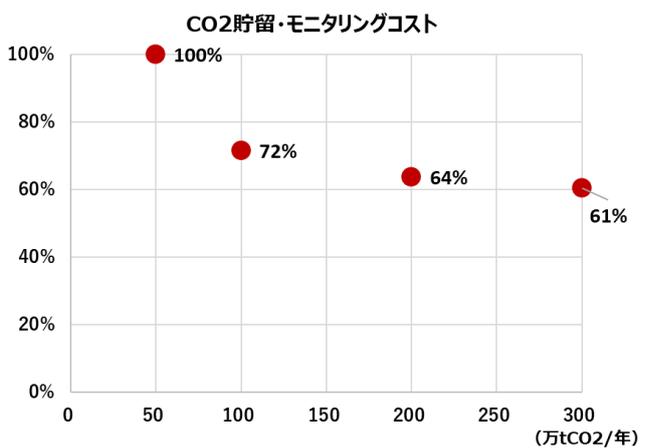
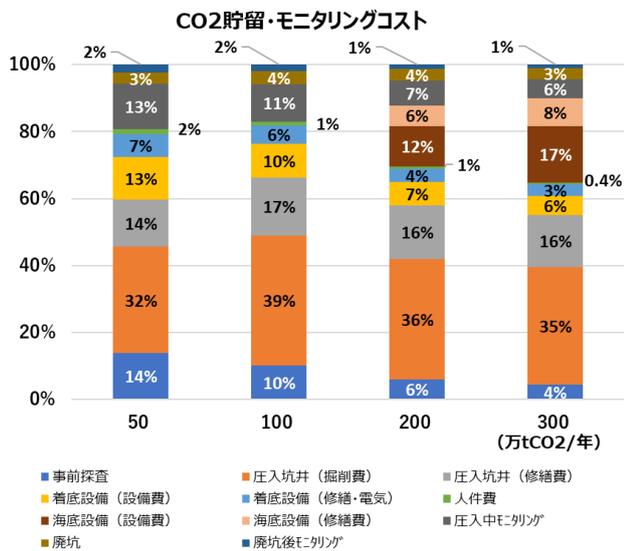


図 8 貯留・モニタリング(コスト構造)※海域(着底)

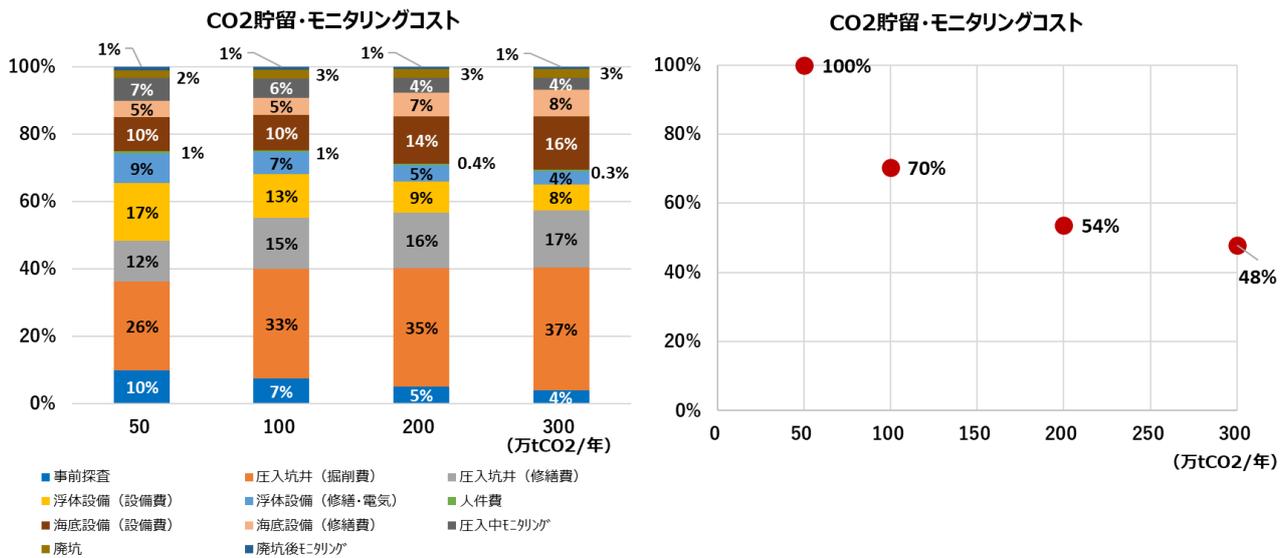


図 9 貯留・モニタリング(コスト構造)※海域(浮体)

2.3. まとめ

国内における CCS において、分離回収、輸送では、OPEX(電気代や燃料代等)が比較的高いことから省エネルギータイプの機器開発、廃熱利用等の技術開発が有効と考えられる。一方、貯留では CAPEX(掘削費、プラットフォーム、海底設備等)の割合が比較的高いことから、これらに関するコスト低減策を検討することが重要と考えられる。なお、今回は分離回収・輸送・貯留の一貫体制でのプロジェクトを想定し CCS コストを試算しているが、将来に向け億トン規模に CCS を拡大していく場合、個々の技術開発と合わせて、CCS 事業全体での最適化の検討がコスト低減には重要となる。

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 10)。IPCC では、2023 年 7 月に第 7 次評価サイクル(AR7)の新体制が立ち上がり、各作業部会報告書に加えて、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、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を作成することを決定して、活動が開始している。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。

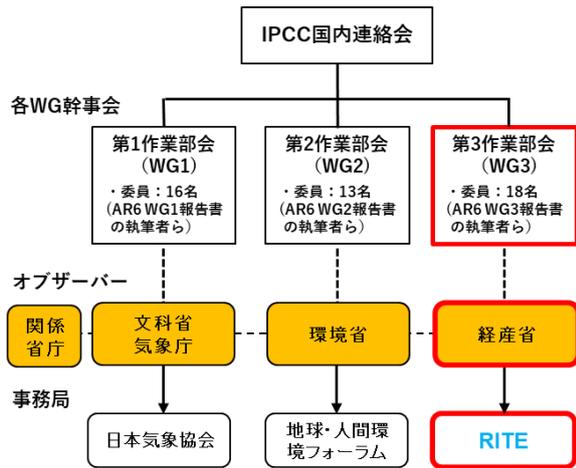


図 10 IPCC 国内連絡会と RITE

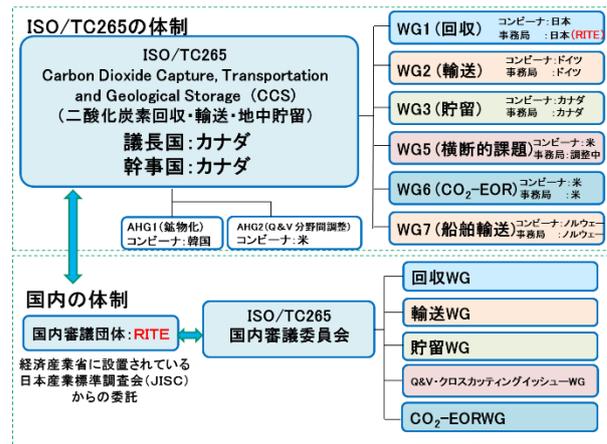


図 11 ISO/TC265 の各ワーキングと国内体制

3.2. ISO(国際標準機関)

ISO は、170 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、商業規模での二酸化炭素回収・貯留(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 11)。

2024 年 3 月末時点で、ISO/TC265 から CCS 分野に係る規格類は 13 件発行されているとともに、8 件の文書が開発中である。新規分野についても検討を開始しており TC265 全体の活動が活発化している。特に、排出源から CO₂ 圧入域までの輸送手段として注目されている CO₂ 船舶輸送の技術報告書は、2022 年に開発がスタートし各国の意見を取り込みながら開発が行われ、現在最終段階まで進んでいる。

4. 人材育成と知財戦略、産学連携の推進

4.1. 人材育成

RITEでは次代の研究者育成のため、さまざまな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／大学院生に分けて人材育成活動を説明する。

<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を進めている。2023 年度は 6 校から 133 名の生徒を受け入れ、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 12)。

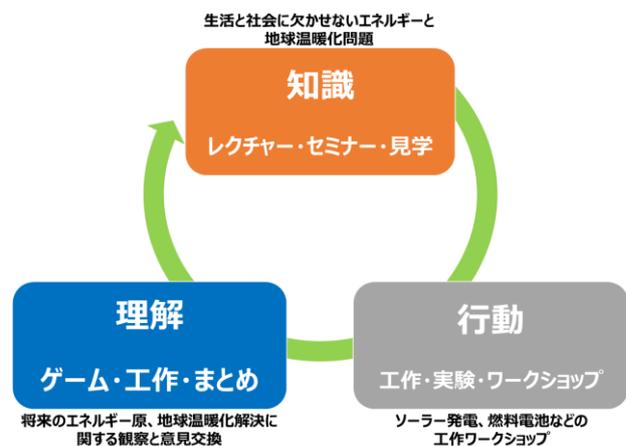


図 12 RITE における人材育成(小中高生)

<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 13)。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社会実現を目指した研究と教育を進めている。また、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を進めている。

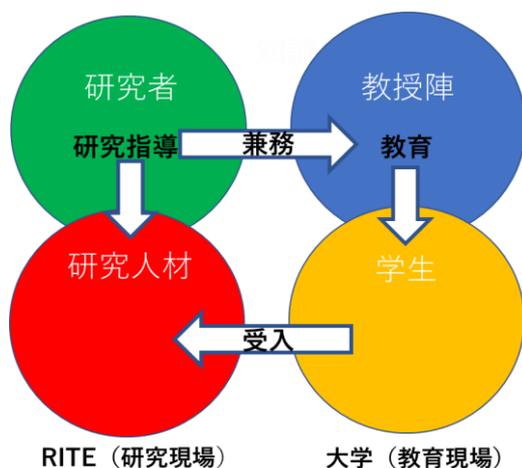


図 13 RITE における人材育成(大学・大学院生)

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。

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。

2024 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 16 件、外国出願が 18 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 71 件(うち企業にライセンス中 7 件)、外国権利 49 件(同、7 件)である。

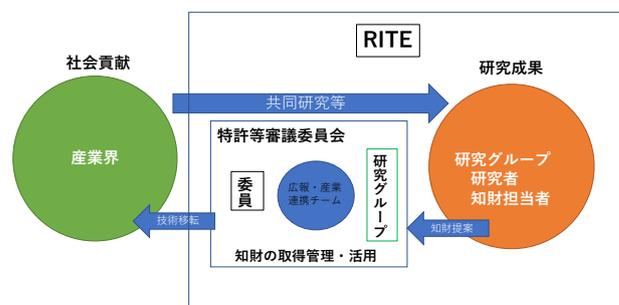


図 14 知財戦略と産業連携の推進

5. おわりに

2050 年カーボンニュートラルの実現に向け、GX 経済移行債の発行が開始され、GX 推進に関する施策が開始されるとともに、CCS 事業法が成立し、2030 年頃からの CCS 事業を開始する事業環境整備が進展したところである。しかしながら、カーボンニュートラルを実現することは、並大抵の努力では不可能であり、RITE としても、革新的環境技術の社会実装を見据えて積極的に推進・貢献していくことが求められている。CCS などの新技術を実用化していくには国民の理解増進を進めることが非常に重要であるため、RITE として、DACCS (Direct Air Capture and Storage: 大気中の CO₂ 直接回収・貯留) 技術を 2025 年大阪・関西万博に出展する機会を活用して、カーボンニュートラルの必要性や CCS の重要性などについて、国民の理解が進むように積極的に努力していきたいと考えている。

企画調査グループとして、国内外の政策や技術動向の情報収集に積極的に努めていくとともに、研究グループとともに、2050年カーボンニュートラル実現を目指し、技術開発、広報活動及び産学連携活動を積極的に推進していく。そして、RITEが一丸となって、革新的環境技術の社会実装が進展していくことにより、RITEの使命である「地球環境と経済の両立」の達成に貢献していくことができると考えている。

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) 脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律(GX推進法)
(<https://www.meti.go.jp/press/2022/02/20230210004/20230210004.html>)
- 3) 脱炭素成長型経済構造移行推進戦略(GX推進戦略)
(令和5年7月28日閣議決定)
(<https://www.meti.go.jp/press/2023/07/20230728002/20230728002.html>)
- 4) 中間とりまとめ「CCSに係る制度的措置の在り方について」
(https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/shigen_nenryo/carbon_management/pdf/20240129_1.pdf)
- 5) 二酸化炭素の貯留事業に関する法律案(令和6年2月13日閣議決定)
(<https://www.meti.go.jp/press/2023/02/20240213002/20240213002.html>)
- 6) 資源エネルギー庁 CCS長期ロードマップ検討会 最終とりまとめ(令和5年3月)
(https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/ccs_choki_roadmap/pdf/20230310_1.pdf)
- 7) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社, 外国為替相場情報, 1990年以降の為替相場, 2024年2月確認
(<https://www.murc-kawasesouba.jp/fx/past3month.php>)
- 8) 財務省貿易統計, 輸出入額の推移(主要商品別), 世界月別(輸入), 2024年2月確認
(<https://www.customs.go.jp/toukei/suii/html/time.htm>)