

カーボンリサイクルファンド

プログレスレポート

2024

～カーボンリサイクル社会実装の具体化に向けて～

2024 年 10 月

一般社団法人カーボンリサイクルファンド

目次

1. 骨子

2. カーボンリサイクルをめぐる動向

3. カーボンリサイクルの意義と

カーボンリサイクルファンド（CRF）の役割・進捗

4. カーボンリサイクル社会実装に向けた提言

5. まとめ

添付資料－1. CRF 会員取組事例集

添付資料－2. CRF 会員アンケート結果

添付資料－3. CRF 概要

1. 骨子

■ カーボンリサイクルをめぐる動向

世界

- ・ 2023/11/30-12/13：COP28 開催@アラブ首長国連邦、ドバイ
- ・ 2023/07：ELV（End of Life Vehicle）規則案公表（欧州委員会）
- ・ 2024/04：プラスチック汚染条約を採択する政府間交渉委員会（INC）@カナダ、オタワ
- ・ 2024 年度に関する報告から CSRD（Corporate Sustainability Reporting Directive）が義務化

日本

- ・ 2023/05：GX 推進法成立
- ・ 2023/06：「カーボンリサイクルロードマップ」改定
- ・ 2023/12：産官学パートナーシップであるサーキュラーパートナーズ立上げ
- ・ 2024/05：「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給および利用の促進に関する法律案」（水素社会推進法案）及び「二酸化炭素の貯留事業に関する法律案」（CCS 事業法案）が成立
- ・ 2024/07：GX 推進機構が業務開始

■ カーボンリサイクルファンド（CRF）の役割・進捗

*カーボンリサイクルファンド（CRF）の役割；

地球温暖化問題と世界のエネルギーアクセス改善の同時解決に向けて、広報活動、研究助成活動、政策提言等を通じてカーボンリサイクルに資するイノベーション創出及び社会実装支援を行うことをミッションとして 2019 年 8 月に設立し今年で 6 年目を迎える。

*2023～2024 年 7 月活動進捗抜粋；

・ **研究助成活動**：2024 年度は 104 件の応募から 14 件（スタートアップ 3 件含む）を採択。2020 年から 2024 年度までの 5 年間で総額 4 億 3,000 万円を助成。

・カーボンリサイクル社会実装ワーキング

2022 年度：①広島県竹原市にて実施。

2023 年度：②福岡県大牟田市にて実施。

③山形県酒田市にて開始、現在も継続中。

・ **カーボンリサイクル大学**：2021 年度から会員各社の将来のカーボンリサイクルを担う人材を対象に研修を実施。2023 年度は 19 名が参加。

・一般向け理解普及活動：

- ① カボリサ物語（漫画）：「循環炭素社会」が当たり前になっている 2222 年の高校生カーボトリサ、ニンジャウル（Ninja owl）サスケが 2022 年近傍にタイムワープし、イノベーション創出の取組や関係者の熱意に触れていくストーリー。2023 年度末にはサプライチェーン構築に目を向けた総合商社編、2024 年 7 月には**英語 web サイト用に英訳版をリリース**。
- ② イベント「バスボムを作って二酸化炭素を知ろう」：一般財団法人高度技術社会推進協会（TEPIA）の協力の下、春休み実験教室を開催。

・トップリーダー発信

2023 年 5 月：第 8 回 STI フォーラムにて福田会長（当時）がビデオ登壇しスピーチ。

2023 年 10 月：カーボンリサイクル産学官国際会議にて満岡会長がスピーチ。

2024 年 2 月：スマートエネルギーWeek にて江口幸治副会長（当時）が「循環炭素社会実現に向けたカーボンリサイクル展望と課題」と題してプレゼンテーション。

・CO2 吸収源活動

2023 年 4 月に植林活動として発足。2023 年 6 月には埼玉県にて早成桐の植林イベント開催。2024 年度より CO2 吸収源活動と改称。2023 年度においては 3 回の CO2 吸収源検討会を実施（①グリーンカーボン②ブルーカーボン③バイオ炭）。

・スタートアップとのマッチング機会創出

2024 年 5 月：マッチングイベント「炭素循環で未来を創る！ オープンイノベーションのための異分野交流 2024」を（公財）名古屋産業科学研究所 中部 TLO、東京理科大学 研究推進機構 総合研究院 カーボンバリュー研究拠点との共催で開催。

■ カーボンリサイクル社会実装促進に向けた提言

① イノベーションの促進

国：民間への強力かつ継続的支援を期待。

CRF：2050 年カーボンニュートラルに向けてスタートアップとの連携を含めた産業間連携やオープンイノベーションの最大限活用。

② CO2 バリューチェーンの構築

国：製品・サービスのプレミアム化やインセンティブ付けに係る省庁横断施策の促進を期待。

CRF：社会実装を通じてカーボンリサイクル技術・製品の意義や役割を確立し、CO₂ 価値付けにつながる CO₂ バリューチェーン構築を推進する。CO₂ 供給者と利用者がともに CO₂ 由来製品としての出口戦略を共有していく。

③ 地方創生との連動・グローバル市場への展開

国：CO₂ バリューチェーン事例創出支援の強化を期待。

CRF：地方自治体との連携による地域循環システムの検討。特に農林水産業の活性化を目指す。

④ 人材育成

国：カーボンニュートラル・カーボンリサイクルに関する学校教育での取り込みを期待。

CRF：広報活動等を通じて国民への普及・理解の醸成に努力。

■ まとめ

2024 年 7 月から GX 推進機構が業務を開始するなど 2050 年カーボンニュートラルに向けて着実に進みだしている中、CO₂ を資源として活用していくカーボンリサイクルの重要性が高まっている。日本だけでなく世界のカーボンニュートラル実現に向けて CRF は広報活動・研究助成活動・吸収源活動・社会実装ワーキング等を通じて、産学官連携に引き続き尽力するとともに海外との連携も視野に循環炭素社会の実現に向けて主要な役割を果たしていきたいと考える。

2. カーボンリサイクルをめぐる動向

世界ではロシア・ウクライナ戦争の終結が見えず、2023 年 10 月にはイスラエルがパレスチナ自治区ガザへの侵攻を開始するなど世界情勢は予断を許さない状況が続く、エネルギー資源を特定の国や地域に依存するリスクが再認識される中、気候変動対策・カーボンニュートラル実現への動きは留まることなく、2023 年 11 月 30 日-12 月 13 日には COP28 がアラブ首長国連邦のドバイにて開催され、エネルギーシステムにおいて化石燃料からの移行をこれからの 10 年間で加速させ、2030 年までに世界全体の再生エネルギー発電容量を 3 倍に拡大させること、CO₂排出削減対策の取られていない石炭火力の段階的削減に向けた努力を加速することが合意文書に盛り込まれ、世界全体の進捗を評価するグローバル・ストックテイクやロス&ダメージに対応するための基金設立の決定等がなされた。また、2022 年 3 月に開催された国連環境総会にて決定された 2024 年末までに法的拘束力のあるプラスチック汚染条約を採択する政府間交渉委員会（INC）も 2024 年 4 月にカナダのオタワで 4 回目の開催を迎えた。

欧州では EU 法に基づき大企業・上場企業に対して各社が直面する社会課題・環境問題に対するリスクと各社の事業活動が社会に対してどのように影響を及ぼすかについて定期的な報告を求める CSRD（Corporate Sustainability Reporting Directive）が 2024 年度に関する報告から義務化され、2009 年制定のエコデザイン指令を強化・代替する方向で持続可能な製品のためのエコデザイン規則（ESPR）の改訂検討が進んでいる。これは現行指令のエネルギー製品のみならず EU 市場の全製品（除自動車、食品、飼料、医薬品等）を含み、幅広い持続可能要件を導入するものとなっている。また、他の産業に先駆けて車両に関しても欧州委員会は現行の ELV（End of Life Vehicle）指令を強化・代替する ELV 規則案を 2023 年 7 月に公表した。本案には EU の気候環境目標の達成と域外資源依存低減のため、設計・製造・廃棄面での循環性の高度化やリユース・リサイクルしやすい設計にすることやリサイクル材の最低含有要件などが含まれている。

日本では 2023 年 5 月に GX 推進法（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）が成立し、クリーンエネルギー戦略等カーボンニュートラルに向けた政策の整備・アップデートが進み、企業・自治体・アカデミアにおいて取組の具体化が進展している。

2023 年 6 月に日本政府の「カーボンリサイクルロードマップ」が改定され、カーボンリサイクルは製品等のサプライチェーン全体で CO₂排出を抑制、2050 年カーボンニュートラル社会実現に貢献するキーテクノロジーと位置付けられた。カーボンリサイクル製品（汎用品）の普及開始時期が 2040 年頃に前倒しとなり、カーボンリサイクルによる CO₂循環利用ポテンシャルを 2050 年時点で約 2 億～1 億トンと試算された（日本国内利用されるカーボンリサイクル製品相当）。

カーボンリサイクルを拡大していく絵姿

- 水素の調達環境や技術成熟度等を踏まえつつ、各製品分野における可能な限り早期の技術確立、低コスト化、普及を目指し、技術開発や実証を進める。
※市場投入や海外展開を見据え、CO₂削減効果（環境価値）についてLCA等の観点を含め、意識することが重要。

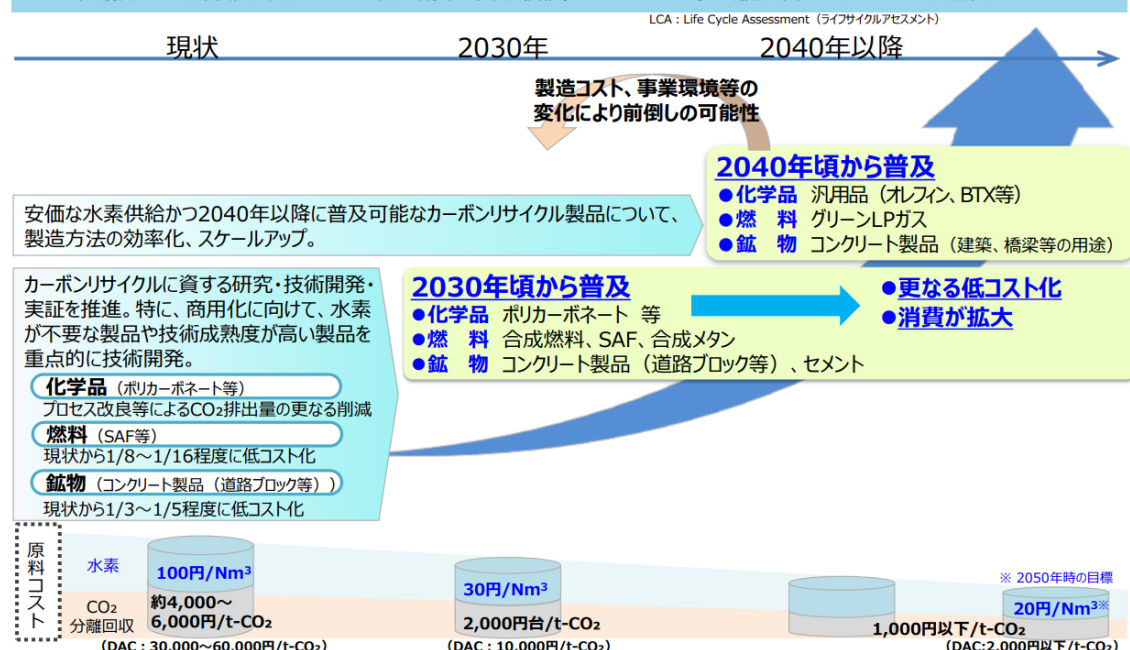


図 1. 経済産業省「カーボンリサイクルを拡大していく絵姿」

出典：経済産業省 Web サイト

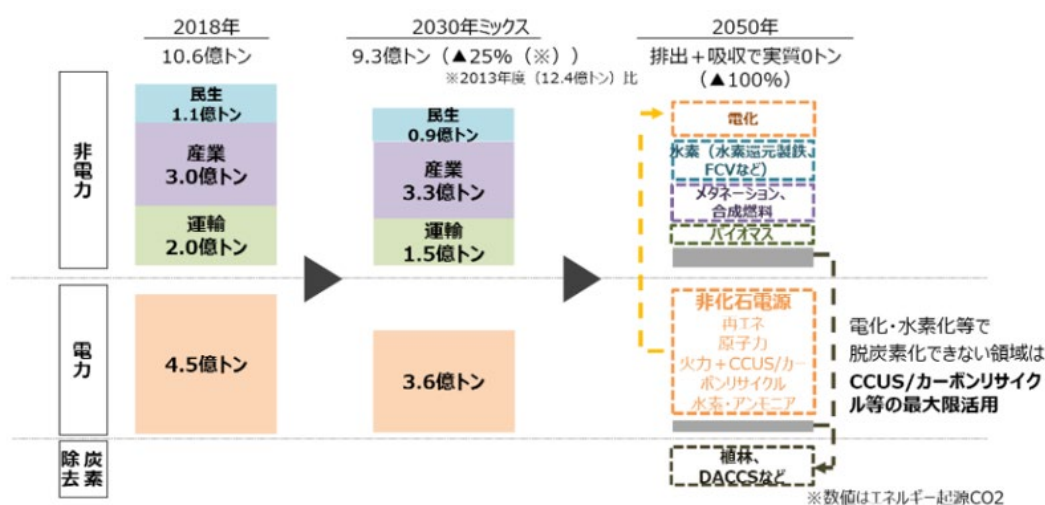


図 2. 経済産業省策定 エネルギー起源 CO₂ 量見込み

出典：経済産業省 Web サイト

また、廃棄物・気候変動問題等の環境制約に加え、資源需要と地政学的なリスクを背景に資源の循環的な利用による付加価値の最大化を図る循環経済の移行が喫緊の課題となっており、経済産業省では2023年3月の策定した総合的な政策パッケージである「成長志向型の資源自立経済戦略」に基づき、12月に産官学のパートナーシップであるサーキュラーパートナーズを立ち上げた。本パートナーシップでは2030年・2050年を見据えた循環経済へのビジョンやロードマップの策定、情報プラットフォームの立上げ、地域循環モデルの構築を目指す取り組みとなっている。

更にGXリーグも 2023 年度から本格的な活動を開始し、2025 年度・2030 年度の排出削減目標の公開や自主的な排出量取引も始まった。2024 年 2 月には GX 経済移行債の初入札が実施され計 1.6 兆円が発行され、10 年間で 20 兆円発行され官民合わせて 150 兆円の脱炭素投資の呼び水になることが期待されている。2023 年 2 月に成立した GX 推進法に基づき民間企業の GX 投資への金融支援、化石燃料賦課金等の徴収、排出量取引制度（排出枠の割当・入札等）を実施する GX 推進機構を設立し 2024 年 7 月から業務を開始した。

2024 年 5 月には「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行のための低炭素水素等の供給および利用の促進に関する法律案」（水素社会推進法案）及び「二酸化炭素の貯留事業に関する法律案」（CCS 事業法案）が閣議決定され、これによりカーボンリサイクルに不可欠な水素の供給拡大に向けた措置、CCS 事業者の事業環境を整備するための各種規制が整備されることとなった。

3. カーボンリサイクルファンドの役割・進捗

CO₂ を含む炭素化合物の多くは本来、生命を含む地球システムの維持に必須な基本物質である。例えば、厳しい宇宙環境から地球環境を守っているのは CO₂ を含む温室効果ガスであり、植物は CO₂ を原料に炭素化合物を合成して自然に供する役割を担い、また、私たち人を含めた生物の体は炭素を骨格にした物質で成り立ち、大気・陸・海を含めた地球全体での炭素循環システムが成立している。

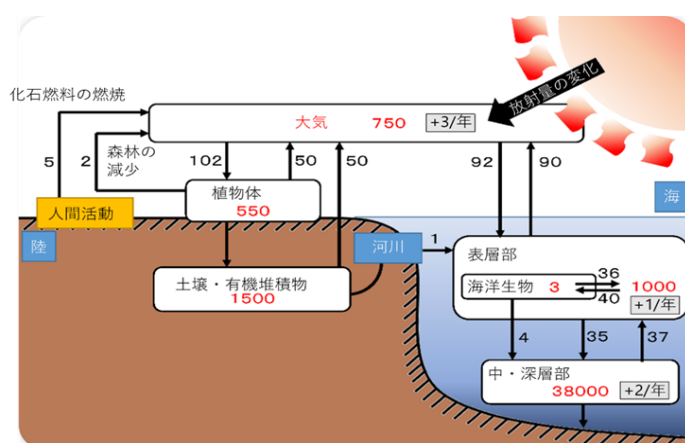


図 3. 地球の炭素循環モデル

出典：国立環境研究所地球環境センター資料等からカーボンリサイクルファンド作成

私たちが志向すべきは、1.5°C 目標の実現及びその先にある真に持続可能な社会経済システムの構築であり、そのためには、CO₂ を厄介者扱いにするのではなく資源として循環・活用するという考え方に立脚した「循環炭素社会」の構築を通じて地球の健康を取り戻し、維持していくと考えている。この包括的概念のもと、社会・経済の活動から派生する CO₂ の把握・回収、再生可能エネルギーの開発・導入やライフスタイル変革を含めた抜本的なエネルギー転換、コンクリートや化学品など社会・経済に不可欠な物質や高付加価値品への転換および農林水産業などの自然の力を借りながら吸収・貯蔵を通じた CO₂ 固定化・資源化や高付加価値品への転換とこれらの市場形成、CCS・水素を含めた CO₂ バリューチェーン全体を見据えた統合的取組の促進が不可欠である。

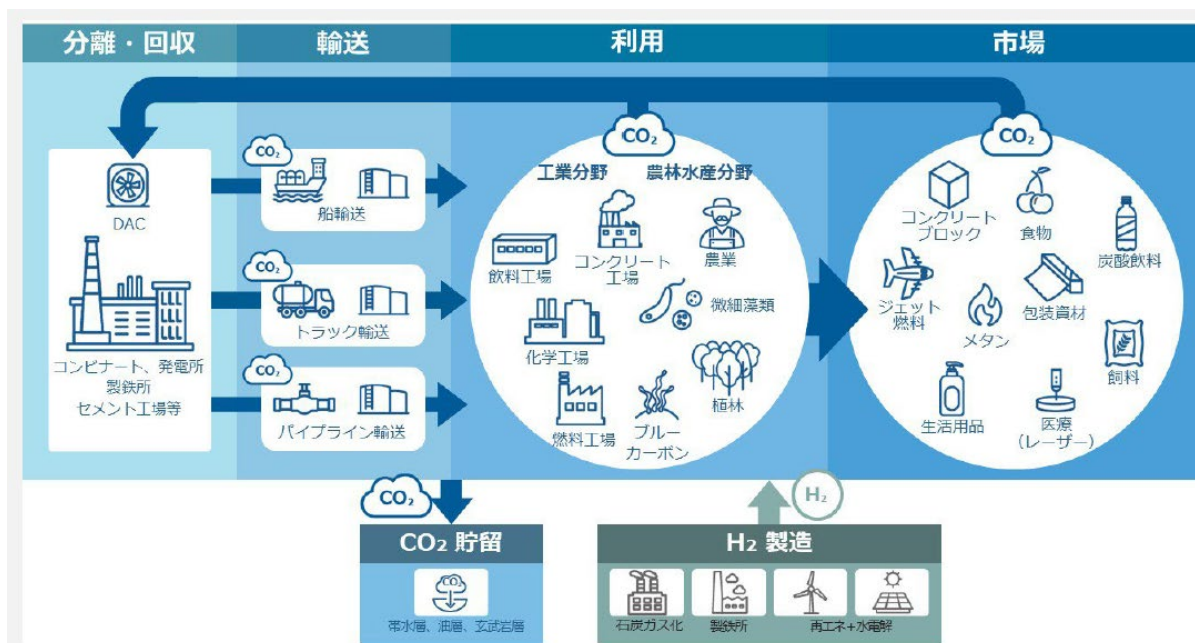


図 4. 循環炭素社会実現に向けた CO₂ バリューチェーン

出典：カーボンリサイクルファンド資料

2019 年 8 月に 15 法人の社員が設立したカーボンリサイクルファンド（CRF）は、地球温暖化問題と世界のエネルギーアクセス改善の同時解決に向けて、広報活動、研究助成活動、政策提言等を通じてカーボンリサイクルに資するイノベーション創出及び社会実装支援を行うことをミッションとしている。カーボンリサイクルをキーワードにカーボンニュートラル、さらには「循環炭素社会（Sustainable Carbon System）」の実現に取り組むステークホルダーが連携するプラットフォームおよび取組の潤滑油であることを CRF の存在意義においている。

設立後 5 年を経て CRF に賛同・参画する会員数は 214（法人会員 143、自治体会員 19、学会会員 28、個人会員 30；2024 年 10 月時点）となり、日本政府が掲げる「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」の肝であるカーボンリサイクル政策を民間ベースで実践する基盤を担っている。

■ 【進捗例：研究助成活動】

CRF は、研究助成活動として、アカデミア・企業・スタートアップのカーボンリサイクルに係る独創性や革新性に優れた研究開発を支援し、次のステップである実証試験や社会実装に向けたサポートを行っている。具体的にはカーボンリサイクルに係る幅広い分野；CO₂ 分離・回収、燃料や化学品への転換、鉱物化、社会科学に関する研究、CO₂ 吸収源に関する研究（土壌、森林、ブルーカーボン、生物利用、農林水産）、水素製造、ジオエンジニアリング、機能性材料、医療分野応用などを対象に、研究者個人又は研究チームに研究助成を行っている。

	概要
助成対象	企業、大学、法人等に属する研究者又は研究者チーム 2022年度からは、 スタートアップ枠 を設置
募集テーマ	社会的課題を解決するため、CO₂（あるいは炭素原子）を資源として利用するCR、関連技術、CRを実現するための社会科学分野等に関する研究 <具体例> ● CO₂分離回収(直接空気回収)・固定化技術(鉱物化等) ● 燃料・化学品へのCO₂転換技術 ● 社会科学やカーボンリサイクル普及に向けた制度設計等の分野 ● 炭素資源(プラスチック等)の循環に係る技術 ● 生物等を活用した技術(細菌・バクテリア・バイオミミク等含む) ● カーボンリサイクルの価値向上に係る技術 ● CO₂吸収源(土壌・森林・植林、ブルカーボン、農林水産等)活用によるネガティブエミッション分野 ● その他(水素製造・アンモニア製造、気候変動対応に資する技術等) 
評価ポイント	独創性・革新性・従来技術に対する優位性、課題設定の仕方 企業との連携などの社会実現可能性等
助成規模・期間	1,000万円程度/件（平均助成額約700万円/件）・2年以内を目標
応募・採択件数	2020～2022年度：延べ165件応募→40件採択 2023年度：一般公募56件⇒15件採択、スタートアップ枠31件→2件採択 2024年度：一般公募78件⇒13件採択、スタートアップ枠26件→1件採択
研究成果の帰属	基本的に研究者に帰属

図 5. カーボンリサイクルファンド研究助成活動概要

出典：カーボンリサイクルファンド資料

2020 年度から 2022 年度までの 3 年間で、延べ 165 件の応募から合計 40 件（スタートアップ 3 件含）、2023 年度は 87 件の応募から 17 件（スタートアップ 3 件含）、2024 年度は 104 件の応募から 17 件（スタートアップ 3 件含）を採択した。2020 から 2024 年度までの 5 年間で総額 4 億 3,000 万円を助成している。

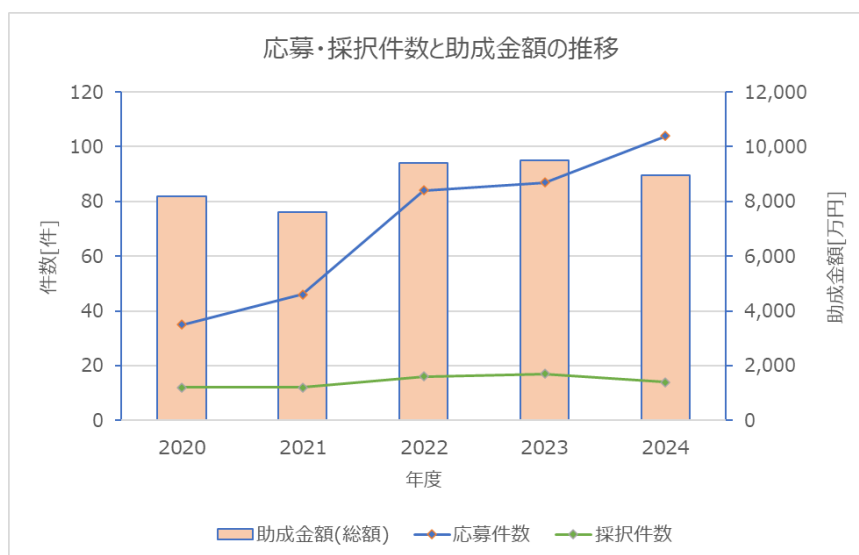


図 6. 研究助成の応募・採択件数と助成金額の推移

出典：カーボンリサイクルファンド資料

2024年度採択テーマ 14件

●：40歳以下の若手研究者 スタートアップ企業 国際共同研究

分野	研究課題名	研究代表者名（所属機関）
CO ₂ 分離回収	ゼオライト圧カスイングによるCO ₂ 高濃度化Direct Air Captureシステムの開発	●伊與木 健太（Planet Savers株式会社）
	大気中CO ₂ の直接回収に向けたイオン液体膜の開発	●金崎 悠 （国立研究開発法人産業技術総合研究所）
CO ₂ 貯留	地下採炭跡地へのCO ₂ 固定化技術に関する研究開発	●竹内 翔平（北海道三笠市）
燃料・化学品への転換	粒径1ナノメートル程度の銅クラスター触媒による常温常圧電解CO ₂ 還元によるメタノール製造	●川脇 徳久（学校法人東京理科大学）
	Closing the carbon cycle by using ammonia energy to produce olefins from CO ₂	●Martin Keller （国立研究開発法人産業技術総合研究所） ケンブリッジ大学との国際共同研究
	内燃機関を利用したCO ₂ の燃料転換技術の開発	野内 忠則（学校法人静岡理工科大学）
社会科学	低炭素化と出生数増加を同時促進するライフスタイル施策	小松 秀徳（一般財団法人電力中央研究所） Saint Mary's 大学他との国際共同研究
炭素資源等の循環	光改質反応による廃プラスチックの資源化	●長川 遥輝（国立大学法人茨城大学）
	【スタートアップ枠】 触媒を用いた廃プラスチックの解重合、有機廃棄物の水素等への分解に関する開発	久保 直嗣（AC Biode株式会社）
CO ₂ 吸収源	砂糖モロコシ、砂糖ソルガム、砂糖アマモによる陸海両輪の砂糖生産	笠原 竜四郎 （国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学）
	次世代海藻養殖場における炭素固定メカニズムの解明と定量化	ニシハラ グレゴリーナオキ（国立大学法人長崎大学）
	炭鉱跡地再緑化のためのバイオ燃料植物栽培法	岡崎 伸（国立大学法人東京農工大学） ボゴール農科大学他との国際共同研究
	持続的炭素循環を実現可能な伐採・植林の判断基準に資する森林DX管理システムの開発	中島 徹（国立大学法人東京大学）
CO ₂ 直接利用（農業分野）	大気中のCO ₂ を活用する次世代施設園芸システムの開発	●丹賀 直美（合同会社アークス）

2023年度採択テーマ 17件

スタートアップ企業 ●：40歳以下の若手研究者

分野	研究課題名	研究代表者名（所属機関）
CO ₂ 分離回収（排気回収）	無欠陥MOF極薄膜が拓くCO ₂ 分離回収の実用化	田中 俊輔（学校法人関西大学）
	革新的分離剤と光触媒による常温・常圧CR技術	田中 秀樹（国立大学法人信州大学）
CO ₂ 分離回収（DAC）	新たなCO ₂ 放出システムによる高効率大気中CO ₂ 回収技術の開発	稲垣 冬彦（学校法人神戸学院 神戸学院大学）
	革新分離膜と光応答性吸収剤によるDACシステムの開発	今堀 龍志（学校法人東京理科大学）
	【スタートアップ支援枠】 ゼオライトを用いた Direct Air Capture システムの開発	●池上 京（Planet Savers株式会社）
燃料への転換	革新的オンデマンドレーザー駆動化学プロセスの開発	●桑原 彬（国立大学法人東海国立大学機構名古屋大学）
化学品への転換	電気化学的CO ₂ 電解還元反応用高効率電極触媒の開発	●伊藤 良一（国立大学法人筑波大学）
	CO ₂ を原料とする革新的ダイレクトメタノール製造のための流動層プラズマリアクターの開発	小林 信介（国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学）
	廃棄シリコンを還元剤とするCO ₂ の選択的化成品転換システムの開発	本倉 健（国立大学法人横浜国立大学）
化学品への転換（生物活用）	電気化学的脱水反応を利用したCO ₂ の有用化学品への変換技術の開発	●竹内 勝彦（国立研究開発法人産業技術総合研究所）
	油脂工業原料の脱炭素物依存：微生物を用いたCO ₂ からの高級アルコール製造技術の開発	●牧野 克宣（株式会社CO2資源化研究所） ※ 西尾 幸祐 より研究代表者変更
社会科学	カーボンニュートラルな農山漁村にむけたレジーム変革：炭素吸収産業の競争力向上のための基礎的考察	鷲津 明由（学校法人早稲田大学）
高付加価値材への転換	二酸化炭素からのカーボンナノチューブ膜の直接コーティング技術の開発	●鈴木 祐太（学校法人同志社 同志社大学）
	CO ₂ を炭素源とするグリーンサステナブル分子変換	森内敏之（公立大学法人大阪 大阪公立大学）
炭素資源利用（バイオマス）	未利用炭素資源を有効利用する電気化学デバイスの開発	●井戸 彬文（一般財団法人電力中央研究所）
	【スタートアップ支援枠】 大気中のCO ₂ 濃縮と高効率エネルギー生産を同時に実現する次世代バイオマス発電技術の開発	●間澤 敦（京都大学イノベーションキャピタル株式会社）
CO ₂ 直接利用	CO ₂ ハイドレート蓄放電システム	小原 伸哉（国立大学法人北海道国立大学機構北見工業大学）

図 6. カーボンリサイクルファンド研究助成活動採択案件一覧

上：2024 年度 下：2023 年度

出典：カーボンリサイクルファンド資料

採択例の中から、NEDO 研究助成やグリーンイノベーション基金等の国プロジェクト助成選定につながる事例が 8 件、民間との共同研究につながる事例が 3 件となった。また、2 件

が 2022 年度より開始された広島県独自の助成制度「HIROSHIMA CARBON CIRCULAR PROJECT」につながったほか、研究成果をもとにスタートアップ企業を設立した事例もある。

分野	採用先	研究課題名	研究代表者名（所属機関）	採択年
CO ₂ 固定化技術	広島県・実証	微生物燃料電池を用いた次世代大気中CO ₂ 固定化技術の研究開発	佐野 大輔（東北大学）	2022
	NEDO・環境省	廃海水と生体アミンを用いた新たなCO ₂ 鉱物化法の開発	安元 剛（北里大学）	2021
燃料への転換技術	JST/OPERA	微細藻由来バイオ燃料実用化のボトルネック解消のための育種	原山 重明（中央大学）	2021
化学品への転換技術	GI基金	超効率的なCO ₂ 利用ポリウレタン原料製造法の開発	竹内 勝彦（産業技術総合研究所）	2021
	民間共同研究等	二酸化炭素からの乳酸およびポリ乳酸合成技術の開発	川波 肇（産業技術総合研究所）	2021
	民間共同研究	IGCC+CCS への新規低温メタノール合成触媒 適応研究	椿 範立（富山大学）	2020
CO ₂ 分離回収に係る技術	JST/未来社会創造事業	低コストCO ₂ フリー水素製造に向けたCO ₂ 吸着剤の開発	犬丸 啓（広島大学）	2021
	広島県 民間共同研究	水をも分離するCO ₂ 吸収・放出剤による高効率DAC技術の開発	稲垣 冬彦（神戸学院大学）	2021, 2022, 2023
社会科学等の研究	環境省	瀬戸内「カーボンリサイクルコンビナート」の実現に向けた研究	市川 貴之（広島大学）	2020
	ERCA/環境研究総合推進費	カーボンニュートラルな農山漁村にむけたレジーム変革：炭素吸収産業の競争力向上のための基礎的考察	鷲津 明由（早稲田大学）	2023
炭素資源の循環	スタートアップ設立	バイオマス、褐炭と金属媒体を用いたCO ₂ の高効率変換	蘆田 隆一（京都大学） 間澤 敦（京都大学イノベーションキャピタル株式会社）	2020, 2023
CO ₂ 吸収源に係る研究	JST/A-STEP トライアウト スタートアップ設立	膜分離による大気CO ₂ 濃縮機能を有する小型施設 園芸システムの開発	藤川 茂紀（九州大学）	2021
	JSPS/科研費	植物によるCO ₂ 吸収を増進する薬剤の開発	高橋 洋平（名古屋大学）	2022

図 7. カーボンリサイクルファンド研究助成の成果例

出典：カーボンリサイクルファンド資料

■ 【進捗例：カーボンリサイクル社会実装ワーキング】

CRF は、CO₂ 排出者と潜在的な CO₂ 需要者を繋ぎ、地域の強みを活かしたカーボンリサイクル社会実験→社会実装の機会を模索するワーキンググループ活動を推進している。2022 年度は広島県竹原市でのワーキングを実施した。広島県及び広島県竹原市に事業所を保有する会員企業だけでなく、地元企業や自治体関係者も参加して「竹原モデル」の構築を議論した。本 WG にて出席した CRF 会員・地元企業がマッチングし、PJ を組成して、広島県カーボンリサイクル関連技術研究開発支援補助金への採択に繋がった例も報告されている。このモデルを他の地域にも展開して同様のワーキングを実施し、カーボンリサイクル技術の社会実装の具体化につなげるため、2023 年度は福岡県大牟田市と山形県酒田市において社会実装ワーキングを開催した。

大牟田市においては、大牟田における CCU 普及可能性についての CRF 会員、地元企業、自治体関係者が出席し、大牟田市で排出されている CO₂ 量（供給ポテンシャル）と周辺自治体を含む地域で利用される燃料などをカーボンリサイクル製品で置き換えたときの CO₂ 量（需要ポテンシャル）を比較した。その他、大牟田市の地域特性などを出席者間で共有・協議し、ワーキングの結論として、どのようなカーボンリサイクル技術が適用できるのかを選定した。

酒田市においては 2023 年 11 月より WG を開始した。第 1 回は地元企業・自治体に対してカーボンリサイクルの理解普及を図ると共に、CRF 会員に対しては酒田市の産業・地域特性

を説明し、相互理解を促した。また第2回はCRFより酒田市のCO₂排出量を基にしたCO₂利用ポテンシャルを紹介し、カーボンリサイクルの具体的なイメージ・アイデアの醸成を図った。本WGにて引き続き検討を進め、より具体的なカーボンリサイクルモデル構築を目指した体制構築を進めていく。

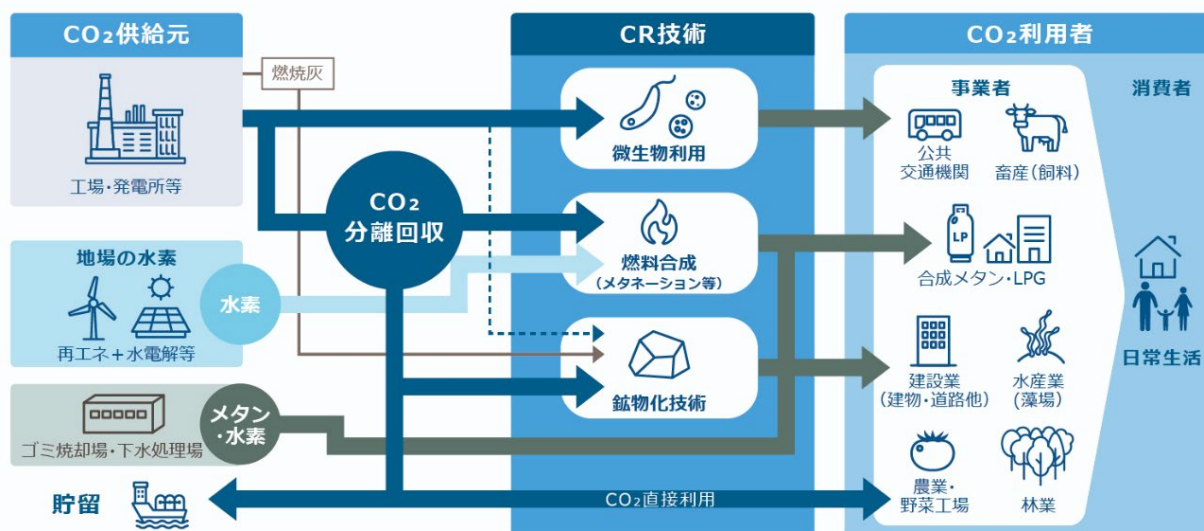


図8. CO₂バリューチェーン構築ワーキング概略

出典：カーボンリサイクルファンド資料



図9 第2回酒田WG・エクスカーションの様子

■ 【進捗例：カーボンリサイクル大学 ～「循環炭素社会」実現を担う若手育成プログラム～】

カーボンニュートラルを志向する研究開発やその事業化は、技術開発のみならず、新技術の社会実装を後押しする人が求められるため、そのためには実務者が社会課題を自分ごと化して自発的に行動しながら周囲を巻き込み、協働の輪を広げていくことが必要である。CRFは、会員各社において将来中核となることを期待される社員を対象に、さまざまな考え・価値観をもつ組織・人と協働してアイデアを実践していく際に重要となるスキルやマインドセットを、有望スタートアップ経営者や同志の仲間と議論を通して身につける「カーボンリサイクル大学」を2021年度から展開している。

第3期となる2023年度は、会員企業等から選定された若手19人が(株)ユーグレナのバイオ燃料製造実証プラントの見学を行い、自らの目と耳でカーボンリサイクルの実際を学んだ。その後、チーム毎に分かれて各チームにベンチャー企業も伴走し、チーム及び自身の熱い「思い」を持って課題を設定し、学んだ周囲を巻き込む力を利用しながら一次情報の取得を重ね、ワークショップの集大成として新たな仲間を得るためのプレゼンを行ってもらった。各チームのテーマは「特定エリアでの炭素循環モデル事業」、「既存インフラを活用した家庭から行う循環モデル検討」、「DACの未踏領域への適応検討」「海を舞台にしたビジネス化」となる。さらに、今期の受講生において、CR大学が修了した後にチームで議論したテーマを基に会社に戻ったあとでビジネスプランを具体化し、カーボンリサイクルファンドが主催するイベントにおいて社外へポスター発表を行った。

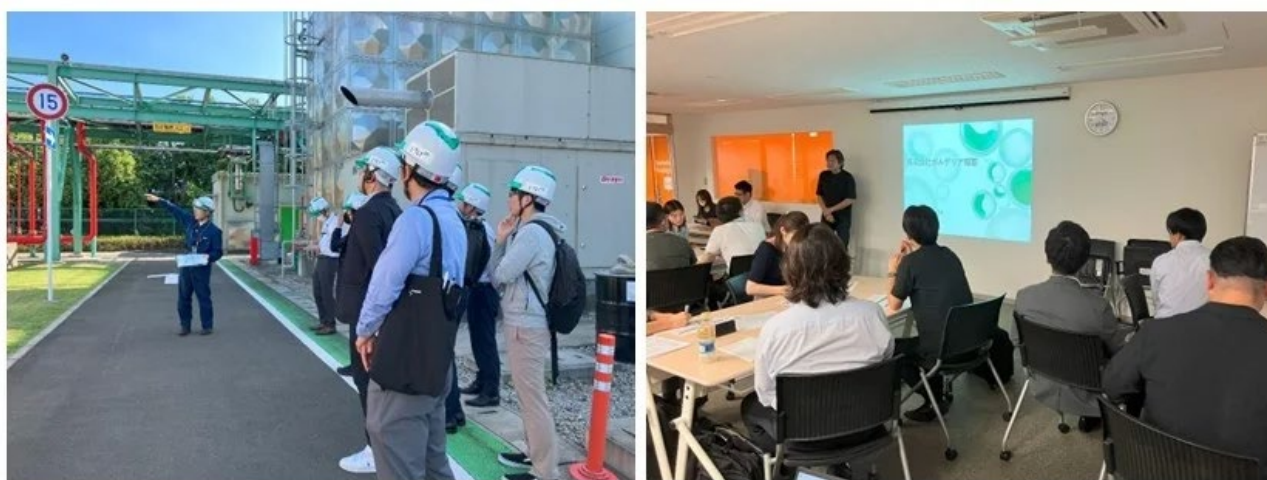


図10 カーボンリサイクル大学第3期の様子（左図：バイオ燃料実証プラント（(株)ユーグレナ）の見学、右図：ベンチャー企業からの講演チームプレゼンテーション）

出典：カーボンリサイクルファンド資料



図1-1 カーボンリサイクル大学第3期の様子（上図：チームプレゼンの様子、下図：修了後集合写真及び修了書授与）

出典：カーボンリサイクルファンド資料

- 【進捗例：一般向け理解普及活動 ①カボリサ物語 ～デジタルコンテンツ～、②TEPIA】
若手世代に訴求する重要性を踏まえ、カーボンリサイクルの事例をワクワク感とともに学ぶことができるデジタルコンテンツ「カボリサ物語」を一般向けに制作、シリーズ化に取り組んでいる。「循環炭素社会」が当たり前になっている 2222 年の高校生カーボとりサ、ニンジャウル（Ninja owl）サスケが 2022 年近傍にタイムワープし、イノベーション創出の取組や関係者の熱意に触れていくストーリー。CRF Web サイトで公開、サスケは CRF のマスコットキャラクターとして PR の場でも活躍している。2023 年度末にはサプライチェーン構築に目を向けた総合商社編、2024 年 7 月には英語 web サイト用に英訳版をリリースした。



図1-2. カボリサ物語コンテンツ例とサスケ
出典：カーボンリサイクルファンド資料

また一般財団法人高度技術社会推進協会（TEPIA）の協力の下、TEPIA 先端技術館にて TEPIA 春休み実験教室としてカーボンリサイクル理解普及を目的としたバスボム制作体験イベントを開催した。本イベントのタイトルは「バスボムを作って二酸化炭素を知ろう」であり、参加した小学生の皆さんには実験を通してバスボムのような身近な製品に二酸化炭素が活用されていることを学んでもらった。



図 1 3. 春休み実験教室「バスボムを作って二酸化炭素を知ろう」の様子
出典：カーボンリサイクルファンド資料

■ 【活動進捗：トップリーダー発信】

国際的な会議や展示会において、トップリーダーが自らカーボンリサイクルの意義を語り、協働を働きかける活動を行っている。2023 年 5 月に国連本部で開催された第 8 回国連 STI フォーラム（STI; Science, Technology, and Innovation）に福田信夫会長（当時）が High-level government respondent としてビデオ登壇し、3 分間のスピーチを行った。気候変動への対処及び資源・エネルギー・食料の持続可能な調達等の課題解決に向けて、地球が本来持っている機能を活かす Sustainable Carbon System を構築する意義を述べたスピーチに対し、カーボンリサイクルは極めて重要な技術であるとモデレーターから示唆があった。また、経済産業省及び NEDO 主催のカーボンリサイクル産学官国際会議（2023 年 10 月）において満岡次郎 CRF 会長がオープニング・セッションでスピーチを行った他、スマートエネルギー Week 2024（2 月）において江口幸治副会長（当時）が「循環炭素社会実現に向けたカーボンリサイクル展望と課題」と題してプレゼンテーションを行い、多くの反響があった。



図 1 4. 講演を行う江口副会長（当時）と壇上に整列した満岡会長（最右端）
出典：カーボンリサイクルファンド資料

■ 【活動進捗：CO₂ 吸収源活動：理解普及、吸収源を包括したサプライチェーン構築】

グリーンカーボンやブルーカーボンをはじめとする CO₂ 吸収源は地球規模の循環炭素社会を築くために重要な役割を果たしている。近年グリーンカーボンやブルーカーボンはカーボンクレジット市場醸成に応じて、重要度が増しているものの、サプライチェーン構築に向けた出口戦略（バイオマス資源・木材の活用先の多様化）や J クレジット・海外ボランタリー等の制度設計が完全には進んでおらず、多くの課題が残されているのが現状である。吸収源活動は上記の背景から 2023 年 4 月に発足した。当初は「植林活動」として運営されていたが、より広く吸収源を取り扱うことを目的に 2024 年度より吸収源活動と名前を変更した。本活動は二つの目的に区分され、それぞれの目的に併せたイベント・検討会を実施している。

一つ目の目的は理解普及の促進であり、CO₂ 吸収源に関して CRF 会員や一般の方々への理解を深めるイベントの開催を企画した。2023 年 6 月には埼玉県東松山市において、5～6 年で成木する早成桐の植林イベントを開催した。本イベントを通して CRF 会員・地域の方々と共に植林を体験し、植林の概要と共に、CO₂ 吸収だけではなくコベネフィット（防災や生物多様性等）に関する理解を深めた。

二つ目の目的は CO₂ 吸収源の市場醸成に向けたルール作りであり、本目的達成に向けて、CO₂ 吸収源検討会を定期開催している。本検討会は吸収源に関するカーボンクレジットの活用やサプライチェーン構築を進めるうえでの課題や展望の共有を目的としており、2023 年度において 3 回開催しており、第一回はグリーンカーボン、第二回はブルーカーボン、第三回はバイオ炭をトピックとして議論を行った。例えば第二回のディスカッションでは①ブルーカーボンは CO₂ 吸収ならびにクレジット創出だけでなく、水産資源の改善や漁業振興・観光資源創出などの多くのコベネフィットを享受できるメリットがある、一方で②今後のブルーカーボンの推進のための大きな課題の一つにクレジット創出の為の CO₂ 吸収量測定効率化が挙げられ、現状の測定はダイバーやドローンを用いるコストが高く、クレジットの創出ができていても収益性が低い事例がある、といった議論がなされた。



■ 【活動進捗：会員間および会員と研究者・スタートアップとのマッチング機会創出】

カーボンニュートラル達成のためには、CO₂の発生源から回収・輸送・利用・貯蔵までのCO₂バリューチェーンの構築が重要であり、業種を超えた連携が不可欠である。また、カーボンリサイクル技術の社会実装のためには、イノベーションを創出する研究者・スタートアップと資金力のある企業とをつなぐことが重要である。CRFでは、会員企業間のマッチング創出の場を提供することを目的として、カーボンリサイクルサロンを定期的に開催し、カーボンリサイクルに係る会員間の情報共有とネットワーキングの促進を図っている。また、研究助成活動に関連して毎年9月に成果報告会を開催し、研究者と会員企業との交流の場も設けている。



図15．成果報告会 講演セッション（左）およびポスターセッション（右）

出典：カーボンリサイクルファンド資料

また、2024年5月には、（公財）名古屋産業科学研究所 中部TLO、東京理科大学 研究推進機構 総合研究院 カーボンバリュー研究拠点と共催での研究者・スタートアップとVC等のアクセラレータとのマッチングイベント「炭素循環で未来を創る！ オープンイノベーションのための異分野交流2024」を開催した。イベントでは20の研究者・スタートアップが出展し、10のアクセラレータ・170名を超える来場者が参加した。今後もイノベーションの社会実装を推進するため、このようなマッチングの場を積極的に提供していく。



図16．マッチングイベント招待講演（左）およびスタートアップ展示（右）

出典：カーボンリサイクルファンド資料

4. カーボンリサイクル社会実装促進に向けた提言

CRF は会員とともに引き続きイノベーションを起こすべくカーボンリサイクルの技術開発及びその社会実装に率先して取り組み、早期の循環炭素社会の実現を目標とする。それには下記の4つが重要であると考えます。

イノベーションの促進

・国においては、産業界の GX の動きを支え、加速化させるための支援上積みを含む施策の充実及び意欲高く率先して取り組む民間への強力かつ継続的支援を期待する。

・CRF 会員においては、2050 年カーボンニュートラルの実現を志向した成長戦略の策定と実行、カーボンリサイクル技術・製品の開発・実証・社会実装の加速及びこれらへ投資の拡大、その実行を支えるべく、スタートアップとの連携を含めた産業間連携やオープンイノベーションの最大限活用、「GX 実現に向けた基本方針」等、国が主導する施策実行支援の活用をしていく。

CO₂バリューチェーンの構築

・国においては、日本の国際競争力の維持・向上につなげるべく CO₂バリューチェーンを活用した製品・サービスのプレミアム化やインセンティブ付けに係る省庁横断施策の促進を期待する。具体的には下記に例示する。

- ① CO₂分離回収・利用に係るデータの取得・蓄積を通じた定量的な評価の促進と LCA を踏まえた CO₂フローの可視化促進、加えて、カーボンリサイクル実装に伴う効果や影響の全体最適化の志向。
- ② 排出権取引・炭素税・炭素価格設定などインパクトの大きい社会構造変革に関する議論の活性化と産業間の公平性を保つ統一的制度の整備・早期実行。インセンティブ付与（45Q のような税制優遇、値差補填等）、投資判断の為の予見性を高める政策（公平な国民負担、サプライチェーン構築）、需要側へのインセンティブ付与（CR マーク等）
- ③ 海洋や植物など CO₂吸収源の評価や国際ルール作りの積極的展開。そのベースとなる小スケールでのボランタリークレジット枠組への支援。

・CRF 会員においては、社会実装を通じてカーボンリサイクル技術・製品をその意義や役割を確立する。カーボンリサイクル技術・製品の理解促進及び普及を図り、CO₂価値付けにつながる CO₂バリューチェーン構築を推進する。そのキーテクノロジーとなる CO₂分離・回収周りの取組充実を図るとともに、CO₂供給者と利用者がともに CO₂由来製品としての出口戦略を共有していく。

地方創生との連動・グローバル市場への展開

・国においては、民間と地域協業による CCS や水素供給を含む CO₂バリューチェーン事例創出支援の強化を期待する。

・CRF 会員においては、地方自治体との連携を通じて地域の強みや特長を活かした地域循環システムの検討をしていく。特に CO₂吸収源に資する産業としての農林水産業の活性化を目指す。例として、早成樹植栽や CO₂利用コンクリートによる魚礁設置など。また、ライセンスビジネスを含めたグローバル市場への展開を模索する。特にアジア各国へのカーボンニュートラル技術導出によってカーボンリサイクルを日本の成長産業として拡大する流れを生み、アジア圏のカーボンニュートラルに貢献していきたい。

人材育成

・国においては、2030-2050 年にカーボンニュートラル及びカーボンリサイクル実践を担う人材の育成のため学校教育での取り込みを期待する。

・CRF も会員と一緒に若手中心の CR 大学や広報活動などを通じてカーボンニュートラル及びカーボンリサイクルが社会に普及するための国民理解の醸成に努力していく。

5. まとめ

2024 年 4 月には今後 10 年間で官民合わせて 150 兆円超の G X 投資を実現するため GX 推進機構が認可され 7 月から業務を開始し、5 月には水素社会推進法案と CCS 事業法案が閣議決定されるなど 2050 年カーボンニュートラルに向けて着実に進みだしている中、CO₂を資源として活用していくカーボンリサイクルの重要性が高まっている。日本だけでなく世界のカーボンニュートラル実現に向けて CRF は広報活動・研究助成活動・吸収源活動・社会実装ワーキング等を通じて、産学官連携に引き続き尽力するとともに海外との連携も視野に循環炭素社会の実現に向けて主要な役割を果たしていきたいと考える。

以 上

1. 国内カーボンリサイクル技術・事業開発

1-1. 技術・研究開発の進展

- 「次世代LIMEXの開発」(株式会社TBM)
- 「DAC-U装置の開発」(株式会社双日イノベーション・テクノロジー研究所)
- 「CO₂を空気中から回収しガラスの原料へ」(株式会社レブセル)
- 「微生物燃料電池を用いた次世代大気中CO₂固定化技術」(新日本空調株式会社)
- 「植物由来の生分解性樹脂コンパウンド「Forzeas」」(三菱ケミカルグループ株式会社)
- 「CO₂を原料としたUCDI®水素菌由来代替タンパク素原料の製造および食品開発」(株式会社CO₂資源化研究所)
- ト株式会社)
- 「メタノール焚き二元燃料エンジン新たに4基採用内定」(株式会社三井E&S)

1-2. バリューチェーン構築に向けた国内連携の加速

- 「大規模なCO₂-メタネーションシステムを用いた導管注入の実用化技術開発」(株式会社INPEX、大阪ガス株式会社)
- 「東邦ガス知多e-メタン製造実証施設向けメタネーション標準機を納入」(株式会社IHI)
- 「日本初、国内自動車運搬船向けに当社のメタノールを燃料供給」(三菱ガス化学株式会社)
- 「JALとENEOSはSAF売買に関する契約を締結」～国内でのSAFサプライチェーン構築を推進～(ENEOSホールディングス株式会社、日本航空株式会社)
- 「アスファルト合材工場の排気ガスに含まれる二酸化炭素と再生路盤材を利用した二酸化炭素固定化システムの実装化に向けた検証」(住友大阪セメント株式会社)
- 「セメント製造プロセスのカーボンニュートラルに向けた排出CO₂のCCUSに関する共同検討の開始について」(UBE三菱セメント株式会社)
- 「廃食用油回収促進キャンペーン「東京 油で空飛ぶ 大作戦～Tokyo Fry to Fly Project～」の展開」(日揮ホールディングス株式会社)
- 「ちとせグループが運営する藻類産業を構築するプロジェクト「MATSURI」が規模拡大」(CHITOSE BIO EVOLUTION PTE. LTD.)

1-3. CR製品のCO₂環境価値化

- 「環境配慮型コンクリート「CO₂-SUICOM®」のCO₂固定量を国が算定」(鹿島建設株式会社)
- 「バイオ炭コンクリートインベントリー算入」(清水建設株式会社)
- 「脱炭素インパクトファイナンス「フォレストライク」の共同開発および取扱開始」(丸紅株式会社)

2. コスト競争力のあるサプライチェーン構築を目指した海外との連携

「商船三井・出光興産・HIFが、CO₂の海上輸送を含む合成燃料(e-fuel)／合成メタノール(e-methanol)のサプライチェーン共同開発に関する MOUを締結」(出光興産株式会社)

「中部国際空港初、作業車両へバイオディーゼル燃料の供給を実施」(豊田通商株式会社)

「グリーン水素を用いたe-fuel(合成燃料)とCO₂船舶輸送のサプライチェーン構築に向けた日豪4社共同事業化調査の覚書締結」(伊藤忠株式会社)

3. カーボンマネジメント事業モデルの検討

「カーボンニュートラルの実現を目指す連携協定を締結～大学×シンクタンクで、課題解決に必要な産官学の好循環を機動的に創出～」(株式会社日本総合研究所)

「カーボンリサイクル実証研究拠点(広島県大崎上島町)の整備、周南・大分でのカーボンリサイクル実証検討」(一般財団法人カーボンフロンティア機構)

4. CO₂吸収源に関する事業開発の進展

「Jブルーコンクリートによるブルーカーボンの創出とCO₂低減」(電源開発株式会社)

「海洋デジタルツイン実現に向け、AIを活用して海中の生物や構造物の3次元形状データを取得する技術を開発」(富士通株式会社)

1. 国内カーボンリサイクル技術・事業開発

2030 年近傍で普及が見込まれる CO₂ の分離回収、燃料転換、鉱物化、化学品転換や、これに続く実用化を目指す CO₂ 吸収・固定、CR 仕組構築等に係る実証や技術開発が、業種横断連携・産学官連携・自治体連携を通じて進んでいる。これらの進展事例を紹介する。

1-1. 技術・研究開発の進展

CO₂ の分離回収、燃料転換、鉱物化、化学品転換等の様々な分野で研究・技術開発が進み、実証～社会実装レベルまで技術習熟度が高くなっている技術が着実に増えてきている。最新の CRF 会員における先進的な取り組みをしている事例を掲載する。

【会員進捗例】カーボンリサイクル技術による低炭素素材「CR LIMEX」を発表

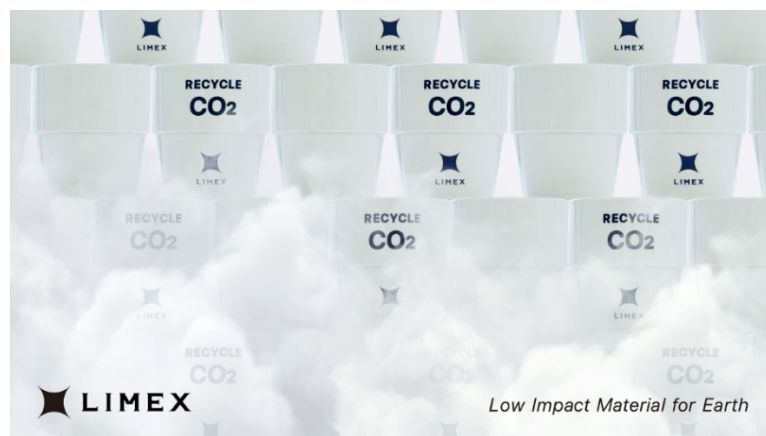
ステージ：実証

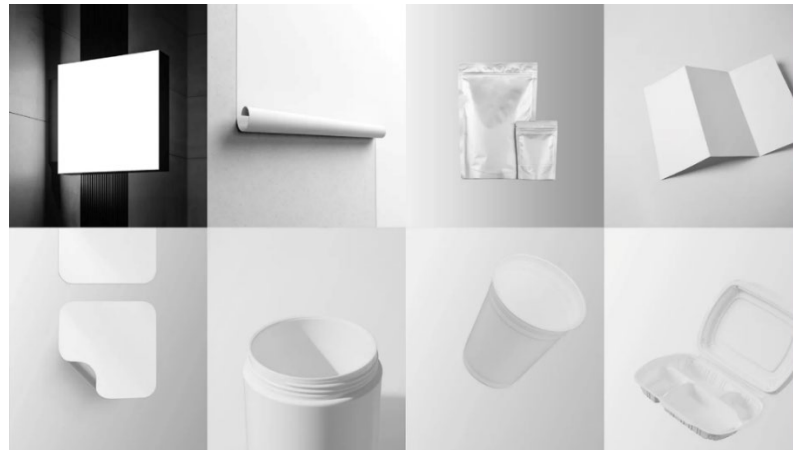
実施会員：株式会社 TBM

株式会社 TBM は、スイス東部のダボスで開催された世界経済フォーラムの年次総会（ダボス会議、2024 年 1 月 15 日～19 日）にて、カーボンリサイクル技術を使用した「CR LIMEX」（特許保有）を発表した。

CR LIMEX（カーボンリサイクルライメックス）とは、石灰石を主原料とする従来の LIMEX で使用されていた鉱物由来の炭酸カルシウムを、排ガス由来の CO₂ と、コンクリートスラッジや鉄鋼スラグなど工場から排出されるカルシウム含有廃棄物から、低環境負荷のプロセスで化学合成した炭酸カルシウムに置き換えることで、カーボンニュートラルへの貢献を推進する低炭素素材である。工場排ガスや大気中の CO₂ を原料として、産業資材から身近な消費財まで、CO₂ を固定した状態で付加価値が高い様々な製品の製造が可能。また、自国で調達した CO₂ を再利用して製品を製造することで、経済安全保障にも寄与でき、大気中への CO₂ の排出を抑える重要な技術の 1 つとして、NEDO の事業で採択されるなど、国内外で注目されている。

今後、今回発表した CR LIMEX の量産を目指すと同時に、副原料である樹脂部分を従来の石油由来のものではなく、リサイクル樹脂や植物由来樹脂を使うことで、さらに環境負荷を低減した素材開発に挑んでいく。





CR LIMEXとは

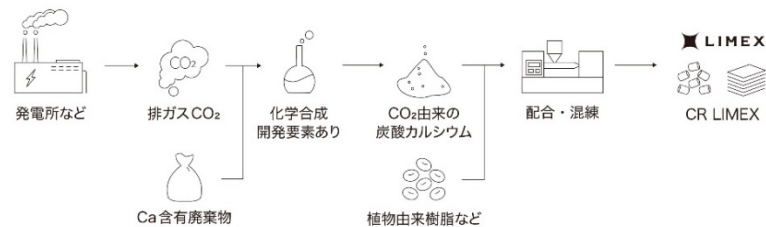


図 1-1-1 CR LIMEX について

出典：株式会社 TBM

【会員進捗例】CO2 を空気中から回収しガラスの原料へ

ステージ：商用

実施会員：株式会社レブセル

株式会社レブセルは、DAC (Direct Air Capture: 直接空気回収) システムとして、空気中から CO2 を回収しガラスの原料に再生する事業を国内外に展開している。

株式会社レブセルは、「空気を科学する」をテーマに、様々な事業展開を行っており、小型の DAC 装置を利用したカーボンリサイクルもその一つだ。DAC や CO2 吸着等は気候変動対策に重要な役割を持つ一方で、まだコストが高く、人々の身近なところでは実施が難しく、回収した後の CO2 活用方法にも課題がある。地中に注入する場合でも、地震が多い日本では実施は簡単ではない。

レブセルが開発した本システムは、空気清浄機等のフィルターにレブセル独自開発の CO2 吸収剤をセットする事で空気中の二酸化炭素と反応させ、二酸化炭素吸着後の吸収剤をガラス工場にてガラスにリサイクルする。製造方法も化学成分も同じものであり、例えば瓶、高級美容品容器、ボトル、グラス、建設資材、イベントにおけるクリスタルのトロフィー、地方お土産等の用途を想定している。またレブセルでは今後の展開としてコンクリート製品や樹脂製品へのカーボンリサイクルも視野に技術開発を進めている。

日本国内において、DAC 機能付き空気清浄機は大手クリーンルームメーカーと、ガラスへの

リサイクルに関しては、大手ガラスメーカーと協業している。また AC Biode 株式会社と協業して国内外における販路の拡大を模索している。AC Biode は、「化学技術により、地球の温暖化ガス削減と海洋プラスチックはじめグローバルなごみ問題解決・リサイクル率向上に貢献する」をミッションに掲げ、交流電池と回路の開発、廃プラ解重合触媒等の開発(Plastalyst: プラスタリスト)、各種吸着剤開発展開等を行っている。

来年開催される大阪関西万博にもレブセルと AC Biode は共同でカーボンリサイクル技術を出展する予定だ。

① レコガラス製品

② レジンコンクリート



図 1-1-2

① 実際に DAC 装置で回収した CO2 を原料に再利用して製作したガラス製品

② 現在開発中のレジンコンクリート/テストピース製作模様

出典：株式会社レブセル

【会員進捗例】二酸化炭素ガス回収・固定化技術の検証試験を開始

ステージ：応用研究・パイロット

実施会員：新日本空調株式会社

新日本空調株式会社（以下「新日本空調」）と、空港施設株式会社（以下「空港施設」）は、空港施設が所有する東京国際空港航空機污水处理施設（以下「羽田 SD プラント」）において、微生物燃料電池（MFC；Microbial Fuel Cells）を利用した二酸化炭素ガス回収・固定化技術の検証試験を実施した。

新日本空調は、2021 年より国立大学法人東北大学大学院工学研究科の佐野大輔教授とともに本技術の実用化研究を進めており、2022 年には一般社団法人カーボンリサイクルファンドからの研究助成も受けている。この研究助成を活用し、羽田 SD プラントにおける污水由来有機物（汚泥）を MFC に供給して連続運転を行い、その運転データを取得する検証試験を実施した。

空港施設は、国土交通省が推進するエコエアポートの趣旨に賛同し、空港、空港周辺において環境への取り組みを推進している。今回、本検証試験での連携を通して最新の技術動向に関する知見を得るとともに羽田 SD プラントでの実用化を模索することで、エコエアポートやカーボンニュートラルの実現に向けた取り組みを加速させていく。

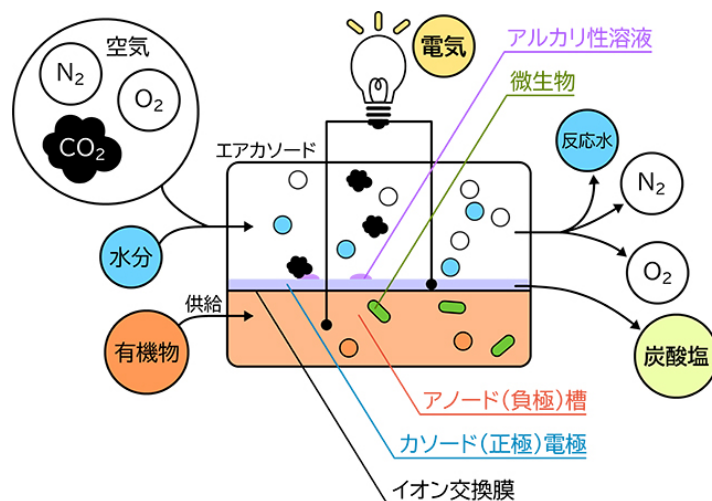


図 1-1-3 微生物燃料電池概念図

出典：新日本空調株式会社プレスリリース

【会員進捗例】植物由来のコンパウンド FORZEAS™を起点とする循環型システム構築

ステージ：商用

実施会員：三菱ケミカルグループ株式会社

三菱ケミカル株式会社は、循環型システムの構築を目指して、植物由来の樹脂やそのコンパウンドを起点に様々な企業・自治体と連携しながら実証実験を展開している。FORZEAS™ /フォゼアスは、同社が開発した生分解性かつ植物原料ベースの BioPBS™を使用したコンパウンドで、化石資源の使用削減や自然界の微生物によって水と二酸化炭素に分解されることでプラスチック廃棄物の削減にもつながる素材である。グレードごとに特徴的な機能を有し、多様な用途が期待されている。

FORZEAS™を使用した育苗ポットは 2022 年から株式会社東海化成より販売されており、土中の生分解性を有しているので畑やプランターにそのまま定植することが可能である。2024 年 4 月に行われた「浜名湖花博 2024」では、花博刻印入り特別仕様 5 色セットが販売された。



図 1-1-4 FORZEAS™を使用した育苗ポット

出典：三菱ケミカルグループ株式会社

また、海洋生分解性グレードがサビキカゴ（撒きエサを海中に撒くために使われる釣具）に初めて釣具に採用、2023 年 8 月より販売されている。本グレードは、厚み 25 μm のフィルムを用いた ISO19679 に基づく海洋生分解度試験において、1 年間で約 90% 分解されることが確認さ

れている。更に本グレードは、ストローにも採用され、ストローとしては初めて、日本バイオプラスチック協会の「海洋生分解性バイオマスプラ」マークを取得した。



図 1-1-5 循環スキーム

出典：三菱ケミカルグループ株式会社

【会員進捗例】「UCDI®水素菌」による CO₂ の資源化事業の状況

ステージ：研究開発

実施会員：株式会社 C02 資源化研究所

株式会社 C02 資源化研究所は 2015 年の設立以来、独自の「UCDI®水素菌」を核に、CO₂を資源化する研究と事業化に向けた取り組みを進めている。

水素菌は CO₂を吸収しながら、H₂をエネルギー源に有機物を産生する細菌であり、CO₂を取り込むため、カーボンニュートラルの実現への貢献が期待されている。C02 資源化研究所が使用する「UCDI®水素菌」は、1976 年東京大学名誉教授の兒玉徹氏が自然界より単離したもので、他の水素菌と比較して増殖能力が圧倒的に高い。1 時間で 1 個の菌体細胞が 2 個に分裂増殖する生成速度は、工業化を実現する上で重要な鍵となる。

現在以下の 4 つの事業分野で、複数の共同研究先企業と共に事業化に向けた取り組みを進めている。プロテイン事業では、昨年末、農林水産省中小企業イノベーション創出推進事業（フェーズ 3 基金）の第 1 回公募に採択され、「UCDI®水素菌」由来の代替タンパク質原料のパイロットスケールでの製造技術を確立し、グローバル市場に参入する準備を加速させている。

化学品事業では、遺伝子組み換え技術により、UCDI®水素菌株で化学品を生産する技術を確立している。バイオジェット燃料の原料となるイソブタノールやエタノール、乳酸、アミノ酸を生成する技術などは、すでに基本特許を取得済みで、その他、出願中の特許も多数ある。

C02 資源化研究所では、地球温暖化をはじめ、脱石油、食糧問題などの解決のため、CO₂資源化の早期実現に向け、研究開発の加速、社会実装の具体化に取り組んでいる。



図 1-1-6 UCDI®水素菌による CO2 の資源化事業

出典：株式会社 CO2 資源化研究所

【会員進捗例】ちとせグループが運営する藻類産業を構築するプロジェクト「MATSURI」が規模拡大

ステージ：実証

実施会員：CHITOSE BIO EVOLUTION PTE. LTD.

ちとせグループは、石油産業に代わる藻類基点の新産業を構築するプロジェクト『MATSURI』にて、光合成を活用した独立栄養方式による藻類の生産を通じたカーボンニュートラル実現を推進している。MATSURI では、パートナー企業と連携して事業開発を行い、燃料をはじめプラスチックや食品、化粧品など人々の生活を支える藻類製品を社会に普及させる取り組みを進めている。

2023 年 3 月には、マレーシア サラワク州にて世界最大規模の 5ha の藻類生産設備『CHITOSE Carbon Capture Central（以下、C4）』（※1）の稼働を開始した。C4 では、700 トン/年の CO₂ を固定しながら 350 トン/年の藻類バイオマス（乾燥重量）を生産することを目標としており、C4 で生産した藻類バイオマスを原料とした化成品や化粧品、燃料、飼料、食品などの幅広い用途開発を進めている。

また、ちとせグループの中核法人である株式会社ちとせ研究所は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構が公募する「グリーンイノベーション基金事業」に「光合成による CO₂ 直接利用を基盤とした日本発グローバル産業構築」のテーマを提案し、総事業費約 580 億円の実施予定先として採択された。本事業テーマで 100ha の生産規模にて経済合理性と環境持続性の双方を見据えた藻類生産技術開発と、CO₂ を直接原料として生産する藻類バイオマスを原料にした幅広い用途開発を実施する。

※1： C4 はちとせグループの中核企業であるちとせ研究所が、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDO）の委託事業として建設した。

MATSURI WEB サイト：<https://matsuri-partners.chitose-bio.com/>

お問合せ：contact-matsuri@chitose-bio.com



図 1-1-7 5ha の藻類生産設備『CHITOSE Carbon Capture Central』

出典：CHITOSE BIO EVOLUTION PTE. LTD.

【会員進捗例：メタノール焼き二元燃料エンジンの生産】

ステージ：商用

実施会員：株式会社三井 E&S

昨今、船舶の推進エネルギー源として、LNG、エタン、メタノール、LPG などが環境面から注目されており、それらを燃料として利用でき且つ従来の重油と共に両方の燃料を併せて利用できる船用エンジンとして、二元燃料エンジンの需要が高まっている。

株式会社三井 E&S は 2015 年に船用として世界初のメタノール焼き二元燃料エンジンを納入して以来、国内造船所からの受注数は累計 17 基となっており、近年では同社ラインナップの中でもより大型となる製品の需要が高まっている。そのような船用大型エンジンの二元燃料化需要の増大に応えるべく、2022 年度より二元燃料エンジンの生産設備の増強を進めており、安定的な供給体制を構築している。

また、メタノールだけでなく、アンモニアや水素といった次世代燃料焼きのエンジンについても、ライセンスと共に開発に取り組んでいる。

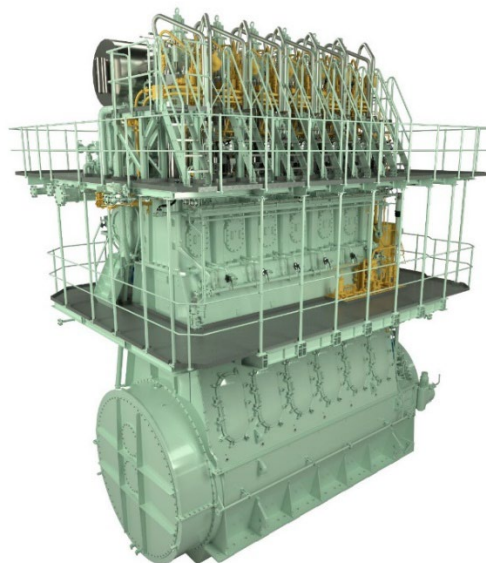


図 1-1-8 メタノール焼き二元燃料エンジン（イメージ）

出典：株式会社三井 E&S

1-2. 国内連携の加速

国内サプライチェーン構築に向けた企業連携プロジェクトが多く始動している。

【会員進捗例】e-メタン製造実証施設向けに、メタネーション標準機を納入

ステージ：実証

実施会員：株式会社 IHI

株式会社 IHI は東邦ガス株式会社知多 e-メタン製造実証施設向けに、CO₂と H₂から都市ガスの原料などとして利用できる e-メタン(合成メタン)を製造する同社の標準機として第 1 号となる「メタネーション標準機」を納入した。製造された e-メタンが都市ガスの原料として利用されるのは国内初となる。



図 1-2-1 実証施設に納入したメタネーション標準機

出典：株式会社 IHI

同施設における実証で得られた成果および都市ガス原料としての利用実績は、今後の製造設備大規模化や低コスト化といった技術課題解決につながり、普及拡大に必要な仕組みづくりへの貢献が期待され、東邦ガスをはじめ都市ガス事業者にとって重要な取り組みとなる。

IHI は、メタネーション設備の大型化や CO₂からプラスチック原料である低級オレフィン製造技術の開発なども進めている。また CO₂回収技術も保有しており、メタネーションと CO₂回収技術を組み合わせた効率的なソリューションを提供することが可能である。

また設備の運転データから算出した CO₂排出／削減量をブロックチェーン技術により記録・見える化し、環境価値に変換して外部市場に流通させるサービスも展開している。これを適用することで、e-メタンの環境価値を定量化・デジタルアセット化し、メタネーションの社会実装を一層促進させる。

IHI は、本施設への装置納入やサービス提供による協力を皮切りとし、メタネーションの大規模社会実装など、カーボンリサイクルに関する多様なソリューションを組み合わせるエンジニアリングサービスの提供によって、2050 年カーボンニュートラルの実現に貢献していく。

【会員進捗例】日本初、バイオメタノール製造開始及び国内自動車運搬船向けにメタノールを燃料供給へ

ステージ：商用

実施会員：三菱ガス化学株式会社

三菱ガス化学株式会社は新潟工場において消化ガスを原料にバイオメタノールを製造するための設備が完成し、国内初のバイオメタノールの製造を開始した。同社は昨年、新潟県が所有する下水道の終末処理場から発生する消化ガスのうち未利用分を有効利用することを目的として新潟県と売買に関する基本協定を締結し、新井郷川浄化センターの未利用消化ガスを原料にメタノールを製造するため、同浄化センターに未利用消化ガスの出荷設備、同社新潟工場に受入設備を設置し、既存パイロット設備を活用したバイオメタノール製造を 2024 年 3 月に開始した。6 月には浄化センターから新潟工場までサプライチェーンを通して ISCC PLUS 認証を取得し、これにより ISCC PLUS 認証品としてバイオメタノールの製造・販売を開始した。また、同社はトヨフジ海運株式会社が新造する、メタノールを主燃料とする国内自動車運搬船 2 隻への燃料供給を通じて、国内でのメタノール燃料船の実用化に向け大きく前進させる。

国際海運市場では、メタノールは重油に代わる環境負荷の低い船舶燃料として大きく注目されており、メタノールを主燃料とした船舶の普及が進んでおり、この普及を目指した活動に力を入れている。このたびトヨフジ海運株式会社が新造を決定したメタノールを主燃料とする国内自動車運搬船 2 隻（2027 年竣工予定）に対しては、同社が燃料メタノールを供給し、グループ会社である国華産業株式会社が既存の国内メタノール輸送船を活用して直接燃料補給（バンカリング）をする計画となっている。これは日本国内におけるメタノール燃料を利用した初の取り組みであり、環境負荷の低い輸送が可能になる。実現に向け、港湾の安全対策や供給体制の整備など、引き続き関係者と協力しながら進めて行く。

三菱ガス化学は、排出 CO₂ や廃プラスチック、バイオマス等からメタノールを製造し、燃料や素材、化学品に供することで炭素循環を実現する環境循環型のプラットフォーム「Carbopath™」を提唱し、産業横断的な提携を進めることで循環型社会の実現に貢献することを目指している。船舶用燃料市場においても、メタノールを燃料として使用できる環境の整備や環境負荷の低いメタノールの供給を通じ、循環型社会の実現に貢献して行く。

【会員進捗例】「JAL と ENEOS は SAF 売買に関する契約を締結しました」～国内での SAF サプライチェーン構築を推進します～

実施会員：ENEOS ホールディングス株式会社、日本航空株式会社

ENEOS 株式会社（以降、ENEOS）と日本航空株式会社（以降、JAL）は、日本における持続可能な航空燃料（Sustainable Aviation Fuel、以下「SAF」）の早期社会実装に向け、SAF の売買に関する契約を締結した。本契約により、ENEOS が国内石油元売として初めて SAF を輸入し、国内外で SAF の調達を進めている JAL へ 供給することが実現する。航空業界では、国際民間航空機関（ICAO）において国際線の航空機による CO₂ 排出量を 2050 年 までに実質ゼロとする目標を掲げ、2024 年以降は国際航空分野における排出量を 2019 年比で 15% 削減することを目指している。航空業界の脱炭素化を加速するためには国産 SAF の普及促進が重要であり、そのための第一歩として両社は国内での SAF サプライチェーン構築を推進する本契約 に合意した。

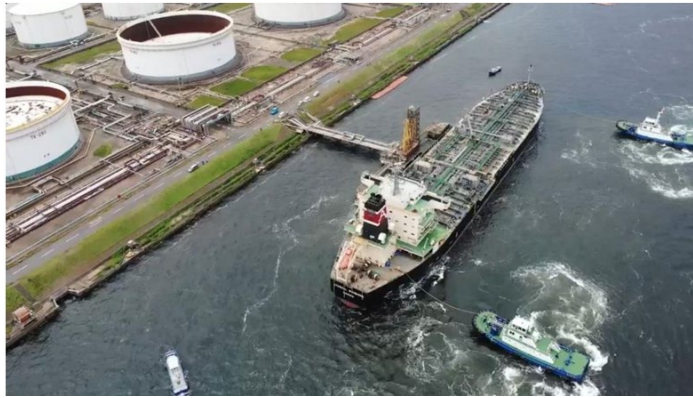


図 1-2-2 ENEOS 鹿島製油所に SAF 輸入船が着岸する様子

出典：日本航空株式会社、ENEOS 株式会社ニュースリリース

【会員進捗例】アスファルト合材工場の排気ガスに含まれる二酸化炭素と再生路盤材を利用した 二酸化炭素固定化システムの実装化に向けた検証

実施会員：住友大阪セメント株式会社

前田道路株式会社（以下 MD）と地球環境産業技術研究機構（以下 RITE）は 2020 年より合材工場由来の CO_2 を固定化するカーボンニュートラル技術についての基礎研究を開始し、2022 年からは住友大阪セメント（以下 SOC）と技術提携し、更なるシステムの高度化を目指して室内検証を行ってきた。3 者は、これまでに培った技術を結集し、MD の合材工場から排出される排気ガス中の CO_2 と、コンクリート塊を破砕して製造する再生路盤材（以下 RC40）や廃棄物として処理されていた生コンクリートスラッジ（以下生コンスラッジ）による炭酸塩化反応を利用した CO_2 固定化システムの実装化に向けた検証に着手した。本 CO_2 固定化システムは、1 トンの RC40 に対して 5～15kg 程度の CO_2 を一時間という極めて短時間で固定化させるカーボンニュートラル技術であり、全国に展開する合材工場への適用を目指している。今後は 3 者による強固な相互協力体制のもと、MD に設置した実験用プラントにより実機設計の最適化を図ることで、2050 年カーボンニュートラルに向けてサプライチェーン全体の温室効果ガス排出削減への取り組みを加速させる。

SOC では、排気ガス中の CO_2 回収・固定化手法として、廃棄物として処理されていた生コンスラッジ中の酸化カルシウム (CaO) を利用し、排気ガス中の CO_2 との炭酸塩化反応を検証している。セメントメーカーとして、これまで培ってきた技術・ノウハウを用い、炭酸塩化反応の最適条件の検証（濃度、固定化手法、反応性、化学性状など）を行い、合材工場向けに最適化された CO_2 固定・再資源化システムの開発を実施している。炭酸塩化反応後のスラッジ (CaCO_3) を再生路盤材の原料に用いることで、更なるカーボンニュートラルを実現し、セメント系廃棄物の減量と合材工場としてのカーボンニュートラルへの取り組みを支援している。



図 1-2-3 実験用プラント全景
出典：前田道路株式会社



図 1-2-4 CO₂ 固定化装置
出典：前田道路株式会社

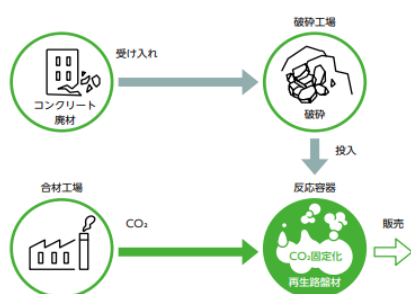


図 1-2-5 Co 廃材と CO₂ の活用イメージ
出典：前田道路株式会社



図 1-2-6 生コンクリートスラッジ
出典：住友大阪セメント株式会社

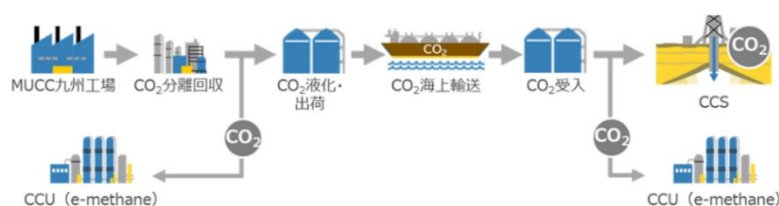
【会員進捗例】セメント製造プロセスのカーボンニュートラルに向けた排出 CO₂ の CCUS に関する共同検討の開始について

実施会員：UBE三菱セメント株式会社

UBE三菱セメント株式会社（以下、MUCC）と大阪ガス株式会社は、セメント製造プロセスのカーボンニュートラルに向けた排出 CO₂ の CCUS（Carbon Capture, Utilization and Storage）に関する共同検討（以下「本検討」）を開始した。

本検討では、国内最大のセメント生産能力を誇るMUCCの九州工場（福岡県京都郡）のセメント焼成用キルンから排出される熱エネルギー由来およびセメント原料由来の CO₂ を回収し地中深くに圧入・貯留（CCS: Carbon Capture and Storage）することや、e-methane（以下「e-メタン」）として再利用（CCU: Carbon Capture and Utilization）することを目的に、CO₂ の分離回収、液化・貯蔵、液化 CO₂ の海上輸送、CO₂ 地下貯留ならび e-メタン製造の一連のバリューチェーンの設計および経済性の評価を共同で行う。

【本事業のイメージ】



MUCC九州工場

図 1-2-7 事業イメージ

出典：UBE三菱セメント(株)、大阪ガス(株)

【会員進捗例】廃食用油回収促進キャンペーンの展開

実施会員：日揮ホールディングス株式会社

日揮ホールディングス株式会社は、日揮ホールディングスは東京都や他企業と連携し、2050年までに世界のCO₂排出実質ゼロに貢献する「ゼロエミッション東京」の実現を目指して、SAF(Sustainable Aviation Fuel)の原料となる廃食用油の回収キャンペーンを展開している。廃食用油はSAFの原料のひとつであり、家庭から排出される廃食用油の回収を促進することで、個人が直接脱炭素に貢献できる機会を創出しながら、意識変革や行動変容につなげることを、このキャンペーンの目的としている。

また、日揮ホールディングスは、自治体や企業が協力し、資源循環による脱炭素化社会の実現を目指すFry to Fly Projectの事務局を務めている。SAFの製造メーカーや利用者側だけでなく、廃食用油を提供する飲食店、自治体などとも連携することで、国内資源を原料とするSAFで航空機が飛ぶ世界を目指しており、2024年9月時点でおおよそ150の企業、自治体、団体が参加している。



図 1-2-8 日揮ホールディングス株式会社より

1-3. CR 製品の CO₂ 環境価値化

商用段階まで技術開発が進んだ一部カーボンリサイクル製品に関して、CO₂ 由来の製造コストによる市場競争力低下の課題を解決すべく、カーボンプライシング・環境価値化を活用した市場醸成を目指している。

【会員進捗例】環境配慮型コンクリート「CO₂-SUICOM®」の CO₂ 固定量を国が算定

実施会員：鹿島建設株式会社

鹿島建設株式会社が他企業と連携し開発した、製造時に CO₂ を吸収・固定する環境配慮型コンクリート「CO₂-SUICOM®（シーオーツースイコム）」の CO₂ 固定量が、3 類型（4 種類）の環境配慮型コンクリートの 1 つとして世界で初めて算定され、国連に報告された。2022 年度における「CO₂-SUICOM」の CO₂ 固定量として舗装ブロック 55.6m³で 3.614t（1m³あたりの CO₂ 固定量 65kg）、埋設型枠 27.8m³で 4.087t（1m³あたりの CO₂ 固定量 147kg）の合計 7.70t が計上された。今後、これらの環境配慮型コンクリートの Jクレジット化の検討が予定されている。

鹿島建設は、「CO₂-SUICOM」の市場展開を推進することで CO₂ 吸収コンクリートの普及を加速させ、2050 年カーボンニュートラル社会の実現に貢献するとしている。



図 1-3-1 「CO₂-SUICOM」の埋設型枠と舗装ブロック

出典：鹿島建設株式会社ウェブサイト

2. コスト競争力のあるサプライチェーン構築を目指した海外との連携

海外企業と連携し、国内にてコスト競争力のある CR 製品の安定供給を目指す。

【会員進捗例】商船三井・出光興産・HIF が、CO₂の海上輸送を含む合成燃料(e-fuel)／合成メタノール(e-methanol)のサプライチェーン共同開発に関する MOU を締結、合成メタノール(e-メタノール)の供給網構築に向けた HIF Global 社への出資及び JOGMEC との HIF Global 社への共同出資体制の構築

ステージ：商用・実証

実施会員：出光興産株式会社

出光興産株式会社（以下「出光興産」）は、株式会社商船三井（以下「商船三井」）、合成燃料／合成メタノールを製造するグローバル企業の HIF Global の子会社である HIF USA LLC および HIF Asia Pacific Pty Limited（以下「HIF グループ」）と、CO₂の海上輸送を含む合成燃料(e-

fuel)/合成メタノール(e-methanol)のサプライチェーンを共同開発することで合意し MOU を締結した。

合成燃料/合成メタノールの実用化へ向けた課題として、合成燃料/合成メタノールの製造および輸送・供給に加え、原料となる CO₂ の安定確保があげられる。今回の共同開発では主に下記 1 から 3 の実現可能性を調査し、原料となる CO₂ の安定確保と輸送を含めた合成燃料/合成メタノールのサプライチェーン構築に取り組む。

1. 日本から海外の HIF グループが手掛ける合成燃料/合成メタノール製造プラントへ CO₂ を海上輸送することの実現可能性を調査する。
2. 海外の製造プラントにて HIF グループが製造した合成燃料/合成メタノールを日本へ輸送するサプライチェーン構築の実現可能性を調査する。
3. CO₂ の輸送と合成メタノールの効率的な海上輸送を検討する。

商船三井・出光興産・HIF グループは、エネルギー・輸送業界の脱炭素化をリードすべく、合成燃料/合成メタノールのサプライチェーン確立にむけて共同で検討を行うと共に、潜在的なビジネスチャンスを協働で開拓する。

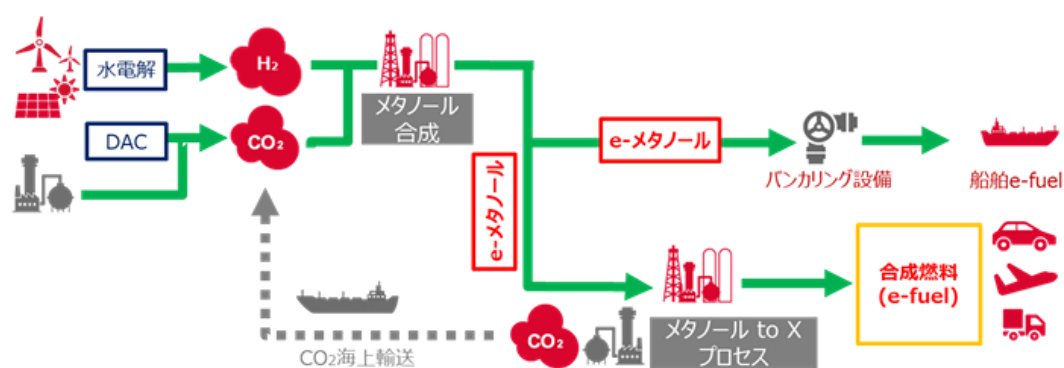


図 2-1-1 合成燃料/合成メタノールのサプライチェーンイメージ

出典：出光興産株式会社

また、出光興産は、HIF Global 社（以下「HIF 社」）に出資し（出資金額 114 百万米ドル）、海外拠点における合成メタノール（e-メタノール）および合成燃料の製造・開発を推進する。出光興産から HIF 社に対して取締役を派遣するとともに、マーケティングやプロジェクト開発分野においても人財を派遣することで、HIF 社が有する e-メタノールや合成燃料の製造プロジェクトに対する開発・マネジメント等の最先端の知見やノウハウを獲得していく。

既存の燃料油事業における供給・販売のネットワークを活用して、e-メタノール事業の市場形成と導入を早期に実行し、2035 年に国内外の拠点において 50 万トン規模を目安に e-メタノールの供給体制を構築することを目指す。

さらに、出光興産は、独立行政法人エネルギー・金属鉱物資源機構（本社：東京都港区、理事長：高原一郎、以下、「JOGMEC」）の出資制度※1 に HIF 社への共同出資を申請し、採択（以下、「本採択」）された。採択により出光興産の出資体制は、HIF 社に対して単独出資から JOGMEC との共同出資体制に変わる。本共同出資体制により、今後政府機関との連携を深め、カーボンニュートラル燃料として有望な e-メタノール等の合成燃料サプライチェーン構築を加速する。本採択を受け、出光興産は JOGMEC と出資基本契約を締結する。JOGMEC は出光興産の米国子会社である Idemitsu Efuels America Corp.（以下、「IEAC」）を通じて、出光興産とともに HIF 社への共同出資（出光興産からは 114 百万米ドル、JOGMEC からは約 36 百万米ドルを出資）を行う。

当社単独での出資

JOGMECと当社の共同出資

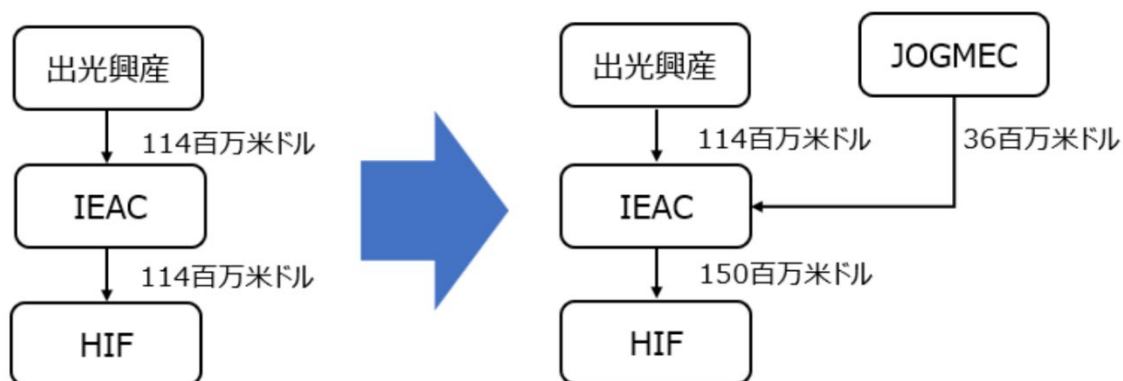


図. 2-1-2 本共同出資における出資ストラクチャー

出典：出光興産株式会社

※1 出資制度：水素の製造及び貯蔵を行うために必要な資金であって、海外事業法人の株式の全部又は一部を取得するために必要な資金を出資する制度。

【会員進捗例：中部国際空港初、作業車両へバイオディーゼル燃料の供給を実施】

ステージ：実証

実施会員：豊田通商株式会社

中部スカイサポート株式会社（以下：CSS）と豊田通商株式会社（以下：豊田通商）は、中部国際空港で初となる、空港内の作業車両へ100%のバイオディーゼル燃料を使用する実証実験を開始した。実証実験では、中部国際空港内で作業車両を運行するCSSと、バイオディーゼル燃料の調達を担う豊田通商が、トイーニングトラクターおよびフォークリフトの計2台に濃度100%のバイオディーゼル燃料を供給する。本年11月30日までの約1年間にわたり、空港の脱炭素化への貢献とともに、エンジンへの影響の検証や今後の継続的な運用に向けた知見を得ることを目的としている。

使用するバイオディーゼル燃料は、豊田通商が株式会社ダイセキ環境ソリューションと連携し、トヨタグループや豊田通商グループ企業の社員食堂をはじめ、中部圏を中心に回収した廃食油を原料の一部として使用しており、中部圏における資源の有効活用と、エネルギーの地産地消にも貢献する。

本実証実験は、豊田通商と中部国際空港株式会社が進める「セントレア・ゼロカーボン2050」の取り組みの一環でもあり、空港内の車両に給油している軽油を濃度100%のバイオ燃料に切り替えることで、1リットルあたり2.62kgのCO₂排出量削減に寄与できる。

今後CSSと豊田通商は空港の脱炭素化に向け、バイオ燃料使用の拡大を視野に、継続的な運用を検討していく。



図 2-1-3 実証実験で使用するトローイングトラクター（左）とフォークリフト（右）

出典：豊田通商株式会社プレスリリース

【会員進捗例：グリーン水素を用いた e-fuel（合成燃料）と CO₂船舶輸送のサプライチェーン構築に向けた日豪 4 社共同事業化調査の覚書締結】

ステージ：実証

実施会員：伊藤忠商事株式会社

伊藤忠商事株式会社、HIF Global の 100%子会社の HIF Asia Pacific Pty Ltd、JFE スチール株式会社、株式会社商船三井の 4 社は、①日本国内での二酸化炭素（以下「CO₂」）の回収、②豪州への船舶輸送、③豪州における同 CO₂ を原料とする合成燃料（以下「e-fuel」）の製造および貯蔵、ならびに④豪州からの e-fuel の輸出を含めたサプライチェーン構築に関する事業化調査を共同で実施することに合意した。

e-fuel は、再生可能エネルギーから製造される水素と CO₂ を合成することで生成される液体燃料であり、原料となる CO₂ は、電化や水素化等だけでは脱炭素化の達成が困難となる産業などから排出される CO₂ を利用する予定としている。e-fuel は輸送や貯蔵の際に、船舶やローリー、貯蔵タンクや給油所など既存のインフラを活用でき、e-fuel 自体も既存の機器を改造・交換することなく、自動車、航空機、船舶の燃料として利用が可能であることから、e-fuel の活用は早期の脱炭素施策として期待されている。

伊藤忠商事・HIF・JFE スチール・商船三井は、国内外におけるネットワークと豪州におけるビジネスで培った知見を活かし、脱炭素社会を見据え、JFE スチールでの活用検討を皮切りに e-fuel サプライチェーンの構築を目指す。

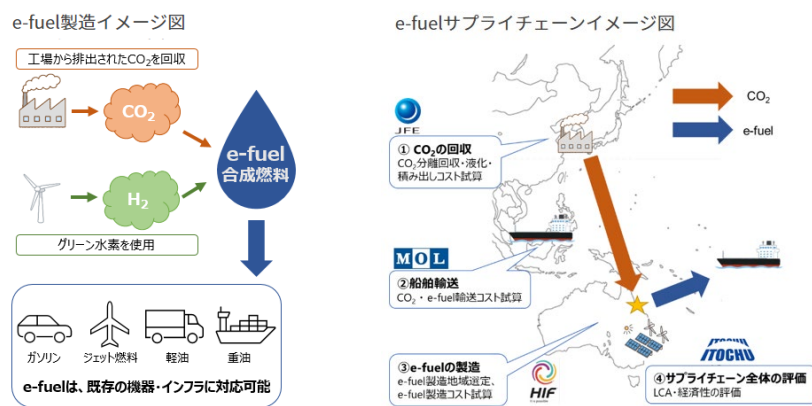


図 2-1-4 e-fuel 製造（左）およびサプライチェーン（右）のイメージ図

出典：伊藤忠商事株式会社プレスリリース

3. カーボンマネジメント事業モデルの検討

産業集積地域において、CO₂の需給、プロセス設計の最適化を図るカーボンマネジメント者を目指す企業が現れている。

【会員進捗例：産官学体制での地産地消型カーボンサイクル素材産業モデル構築】

実施会員：株式会社日本総合研究所

株式会社日本総合研究所は、推進機関である国立大学法人京都大学、京大オリジナル株式会社、複数の民間企業、地方公共団体と共に、産官学体制のカーボンサイクルイノベーションコンソーシアム 2023 を 2023 年 9 月に設立し、山形県酒田・庄内エリア等において、地産地消による「バイオマスおよび CO₂ を炭素源としたカーボンサイクル素材産業モデル」（以下「本モデル」）を構築するための検討を開始した。本モデルでは、農林水産業から生じるバイオマスのほか、バイオマス発電所や製紙工場などから分散して排出される CO₂ を資源として素材をつくり出し、地域内で循環利用する産業エコシステムの構築を目指している。将来的に本モデルを日本各地の農林水産業地帯でも展開させることを目的に、本モデルのプロセスの設計や需要創出に向けた CO₂ 削減価値のルール設計などを行う。

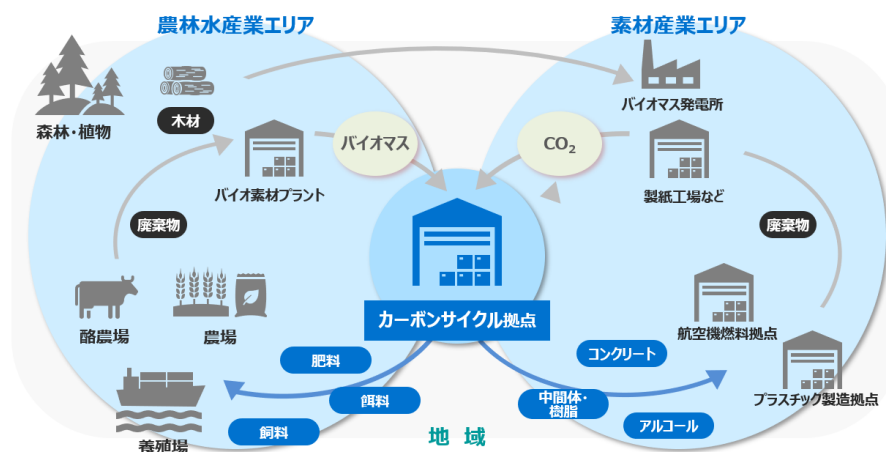


図 3-1-1 CCI コンソーシアムが目指す地産地消のカーボンサイクルモデル

■2024 年度の活動

CCI コンソーシアム 2023 の検討成果を踏まえて、2024 年度は、カーボンサイクルイノベーションコンソーシアム 2024 において、以下の 3 つの活動を行う。

(1) 特定地域におけるカーボンサイクル素材産業の体制構築・事業性検討

開発検討エリアにおいて、産業特性や気候特性に応じたカーボンサイクル素材産業全体のサプライチェーンを設計する。併せて、バイオマス・CO₂ の質・量を担保し、価格設定など炭素循環の制御機能を司るカーボンマネジメント事業を核とした、カーボンサイクル素材産業全体の事業性を検討する。また、地域内の地方公共団体・企業や技術を有する企業・研究者などによる対話の場を設け、地域ニーズの収集および解決方法やプロセスの検討を進める。

(2) CCU 技術およびバイオリファイナリー技術を組み合わせたプロセスの設計

(1) での検討成果および、本コンソーシアムが 2023 年度に作成した「インフラ投資に対して地域全体に生まれる社会価値の指標の定義・設計」および「CCU 技術とバイオリファイナリー技術を組み合わせたプロセス設計図の概観」を踏まえ、産業特性や気候特性に応じた産業集積の在り方や必要な政策的支援を明確化する。また、産業集積の実現に必要なコア技術を特定し、京都大学の研究者と企業との共同研究体制を組成する。

(3) 需要創出に向けた CO₂ 削減価値のルール設計

CO₂・バイオマス由来製品の需要を創出するため、初期需要は公共調達、中長期需要は排出量取引制度に着目して検討を行う。初期需要の創出に向けては、特定の製品を例に挙げ、公共調達で求められる、CO₂・バイオマス由来製品のもたらす CO₂ 削減価値について、具体的な算出方法とサプライチェーン上での配分ルールを、国内外の最新動向を踏まえながら (1) と連動して策定する。さらに、全国規模での公共調達や排出量取引制度への展開を見据えて、関係省庁への政策提言を行う。

■今後の展望

本コンソーシアムでは、本モデルを日本各地の農林水産業地帯に展開させるためのパイロットモデルとして、今回検討するプロセス評価の指標・シミュレーションツール、コア技術、需要創出の仕組みを用いた、開発検討エリアでのカーボンサイクル事業の実装を 2025 年度以降に行う予定である。

また、本コンソーシアムで掲げる、石油依存なき時代に向けた「バイオマスおよび CO₂ を炭素源としたカーボンサイクル素材産業」の必要性や排出権取引への適用などについては、昨年度に引き続き、継続的に周知拡大や政策提言に取り組む。

【会員進捗例】 JCOAL・野村総合研究所・RING、3 者共同で大分コンビナートにおけるカーボンリサイクル事業の実現可能性調査を開始

実施会員：一般財団法人カーボンフロンティア機構

一般財団法人カーボンフロンティア機構（以下、「JCOAL」）、株式会社野村総合研究所（以下、「NRI」）、および石油コンビナート高度統合運営技術研究組合（以下、「RING」）の 3 者は、カーボンニュートラル社会の実現に向けて重要な役割を担うカーボンリサイクル事業の本格的な普及促進に向け、「大分コンビナートにおける産業間連携によるカーボンリサイクル事業の実現可能性調査（以下、「本調査」）」を共同で実施する。本調査は、2024 年 3 月 11 日付で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）が公募結果を公表した「カーボンリサイ

クル・次世代火力推進事業／産業間連携によるカーボンリサイクル技術実装推進事業」の委託先として採択されたものである。

本調査は、NRI の当該分野における将来性のある技術や調査分析手法に関する知見、JCOAL の CO₂ 排出削減技術に関する知見、さらに RING のコンビナート事業に関する知見を活かして、カーボンリサイクル事業の早期社会実装に貢献することを目的としている(表 1)。

表 3-1-1 NEDO 事業である本調査の概要

採択テーマ	大分コンビナートにおける産業間連携によるカーボンリサイクル事業の実現可能性調査
調査の目的	大分コンビナートの特性及び関係企業が掲げる脱炭素方針等を考慮しつつ、地域に適したカーボンリサイクル技術の選択、及び CO ₂ のマネジメントについて検討する
調査内容	●大分コンビナートを構成する石油精製・石油化学関連企業及び鉄鋼・電力・セメント・ガス関連企業等の現状の把握 ●産業間連携によるカーボンリサイクル事業と社会実装に向けた実証事業のシステム構築、概念設計、CO ₂ マネジメントの在り方や事業者を検討
調査期間	2024 年度～2025 年度

4. CO₂ 吸収源に関する事業開発の進展

様々な CO₂ 吸収源に関する事業開発が加速しており、ブルーカーボンにおいても商用化に向けた取組が行われている。

【会員進捗例：J ブルーコンクリートによるブルーカーボンの創出と CO₂ 低減

実施会員：電源開発株式会社

電源開発株式会社（以下、J パワー）では、産業副産物（石炭灰と銅スラグ）を主原料とした、高密度で海藻付着性能を有するコンクリート代替素材「J ブルーコンクリート」の技術開発に取り組んでいます。J ブルーコンクリートの技術開発や北九州市にある当社施設での J ブルーコンクリート利用を通して、2021 年に民間施設で初めて J ブルークレジットを取得しました。現在、J ブルーコンクリートの海藻付着性能をさらに高めるために表面形状を工夫したブロックを用いて実証試験を行い、海藻付着量が飛躍的(最大で約 10 倍)に増加する結果を得ています。

また、J ブルーコンクリートはコンクリート工学に準じた品質試験を行い、標準的なコンクリートと同等であることや環境に対する安全性も確認しています。加えて、産業副産物を多量利用するとともに、セメント使用量を削減しているため、標準的なコンクリートと比較して素材由来 CO₂ 排出量が約 4 割(90kg-CO₂/m³)の低炭素な建設材料です。そのため、J ブルーコンクリートはブルーカーボンと低炭素性(素材由来 CO₂ 排出量)の両面よりカーボンニュートラルに貢献でき、ブルーインフラ(生物共生型港湾構造物)としても有効な建設材料です。

現在、社内利用として 4m³ 級ブロック 1,780 個の使用実績があり、既に実用段階にある材料ですが、今後は社内利用に留まらず、社会実装を目指して更なる低炭素化を進めるとともにコス

トの観点も重要と考え、標準的なコンクリートより低コスト化するための製造方法を継続して検討しています。なお、社会実装に向けて豪州クイーンズランド州の大学と共同検討を行うなど、国内だけでなく海外での展開も目指して取組んでいます。

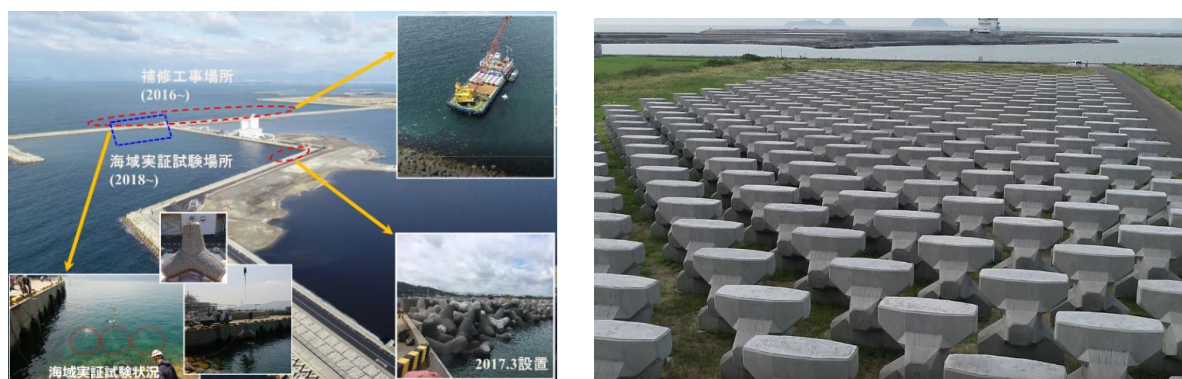


図 4-1-1 J ブルークレジットを取得した取組み

出典：電源開発株式会社提供資料



図 4-1-2 表面形状を工夫した J ブルーコンクリートブロック

出典：電源開発株式会社提供資料

【会員進捗例：海洋デジタルツイン実現に向け、AI を活用して海中の生物や構造物の 3 次元形状データを取得する技術を開発】

実施会員：富士通株式会社

当社は、海洋の状態をデジタル空間に高精度に再現し、海洋を構成する環境の変化や海洋を活用した施策の効果などのシミュレーションによる予測を可能にする海洋デジタルツインの研究開発の一環で、AI を活用し、自律型無人潜水機（AUV: Autonomous Underwater Vehicle）を用いて、海中の生物や構造物の解像度が高い 3 次元形状データを取得する技術を開発しました。本技術は、AI を活用して画像を鮮明化することで、濁った海中でも対象物を識別し形状を計測できる画像鮮明化 AI 技術と、波や潮流の中でも自律型無人潜水機からの安定計測を可能にするリアルタイム計測技術から成ります。本技術により、カーボンニュートラルや生物多様性の保全に向けた海洋調査に際して、対象となる生物や構造物の状況を可視化し、体積などを推定することが可能になりました。これらの技術に関して、国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 海上技術安全研究所（以下、海上技術安全研究所）とともに、沖縄県石垣島近海において実証実験を行い、サンゴ礁の精密な 3 次元形状データを取得することに成功し、技術の有効性を確認しました。

当社は今後、今回確立した技術の測定対象を、ブルーカーボンの吸収量が多い海藻などに拡大することを目指し、2026 年度中に藻場に関する海洋デジタルツインの確立を目指します。これにより、企業・自治体などによる、藻場が吸蔵する炭素の見積りや藻場の保全・造成をする施策、サンゴ礁における生物多様性を保全する施策などの立案を支援し、サステナビリティ・トランスフォーメーション（SX）を推進します。

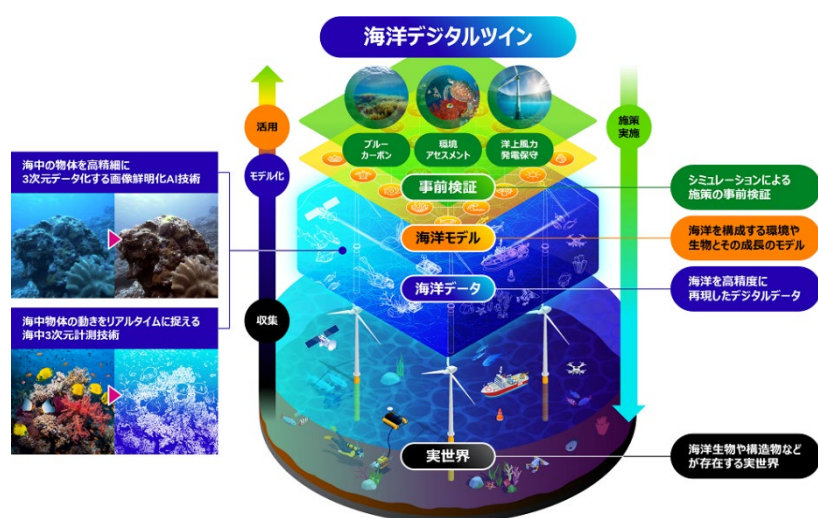


図 4-1.3 SX を実現する海洋デジタルツインの構想

出典：富士通株式会社

以 上

会員アンケート結果取り纏め

アンケート期間：2024 年 3 月 12 日～2024 年 3 月 28 日

アンケート対象：法人会員 132 社、個人会員 28 名、自治体 16 個所、学術 22

回答者数：87 件

- カーボンリサイクルに対する期待について、選択式及び自由回答形式のアンケートを行った。結果概要は図 1 及びコメントのとおり。

① カーボンリサイクルに対する期待

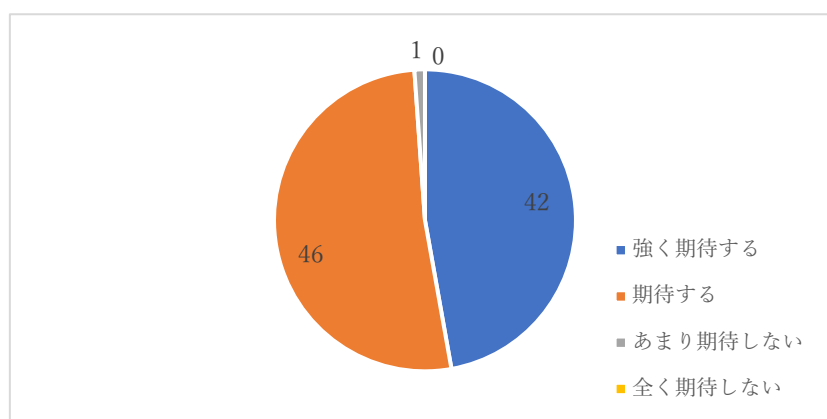


図 1 カーボンリサイクルに対する期待について

【主な理由（強く期待する、期待する）】

- ✓ カーボンニュートラルを達成するための必要な手段
- ✓ 新たなビジネス機会/研究開発テーマとなるため
- ✓ 事業において CO2 排出を伴い、カーボンニュートラル達成のためにはカーボンリサイクル技術導入が必要なため

- カーボンリサイクル領域での役割/立ち位置について選択式のアンケートを行った。結果概要は図 2 のとおり。

② カーボンリサイクル領域の現在の立ち位置とこれから検討する立ち位置

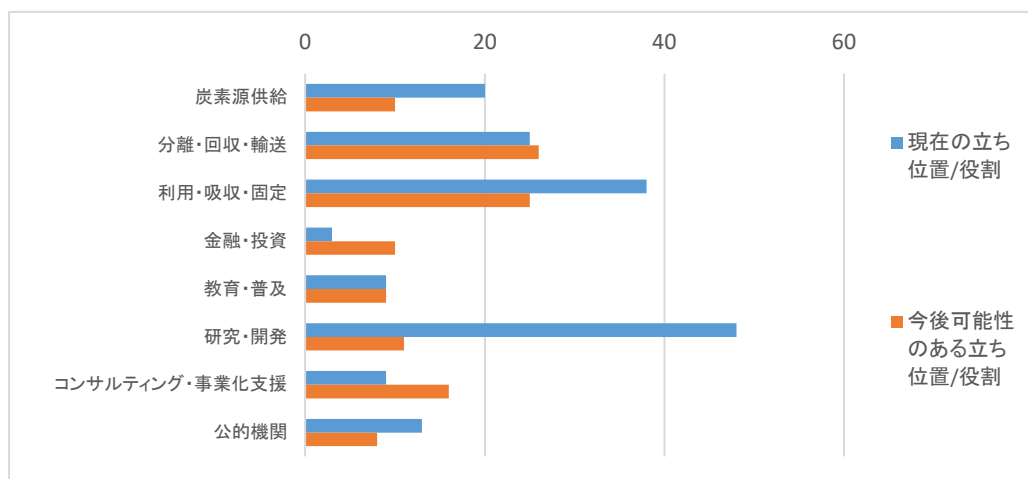


図 2 カーボンリサイクル領域での現在の立ち位置／役割について

3. 会員のカーボンニュートラルに向けた中長期目標/計画の策定状況並びに各団体への目標/計画においてカーボンリサイクルの組み込み状況について選択式のアンケートを行った。結果は、図 3 及び図 4 のとおり。

① カーボンニュートラルに向けた中長期目標/計画の策定状況

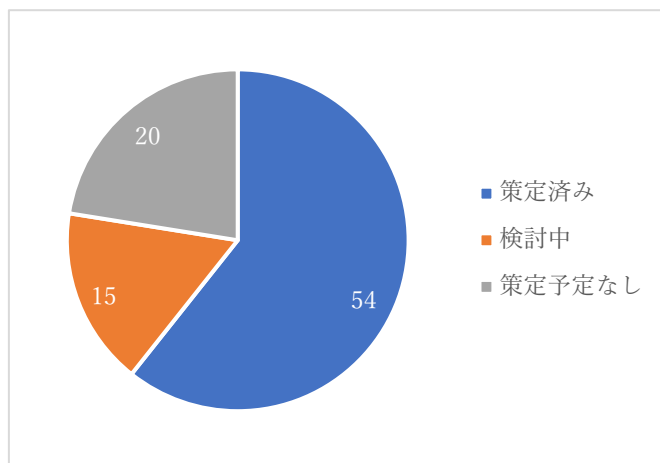


図 3 カーボンニュートラルに向けた中長期目標/計画の策定状況

② 各団体の中長期目標/計画におけるカーボンリサイクルの反映状況

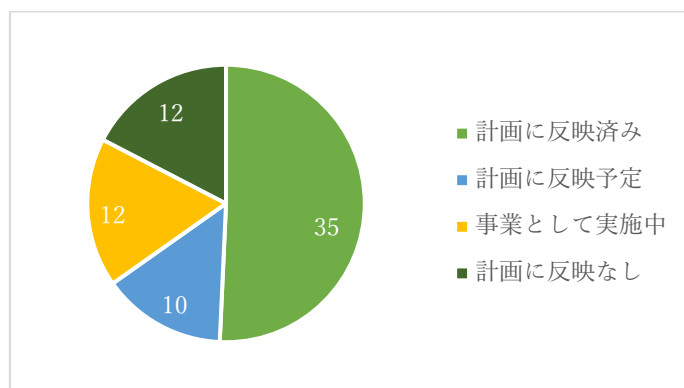


図 4 中長期目標/計画におけるカーボンリサイクルの反映状況

4. カーボンリサイクル/カーボンニュートラルに向けた取組みについて、主なステークホルダーからの要請状況の程度を選択式のアンケートを行った。結果は図 5 のとおり

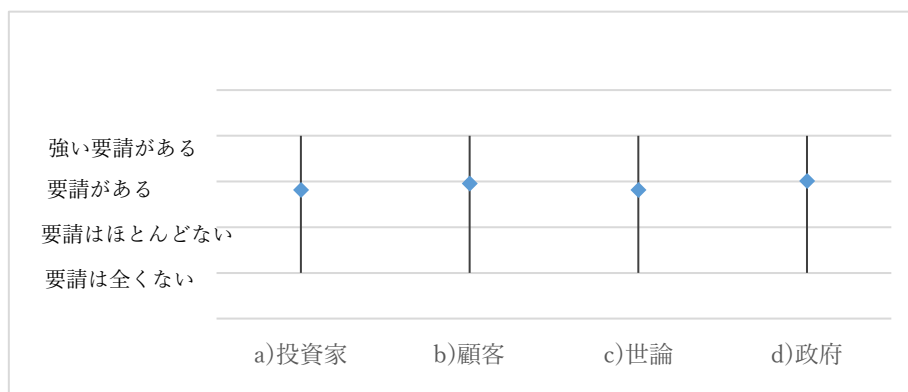


図5 様々なステークホルダーからの CR/CR 取組みの要請状況の程度

5. カーボンリサイクルを促進すると考える政策について複数選択形式（最大 3 つ）のアンケートを行った。結果は図 6 及び主なその理由を示す。

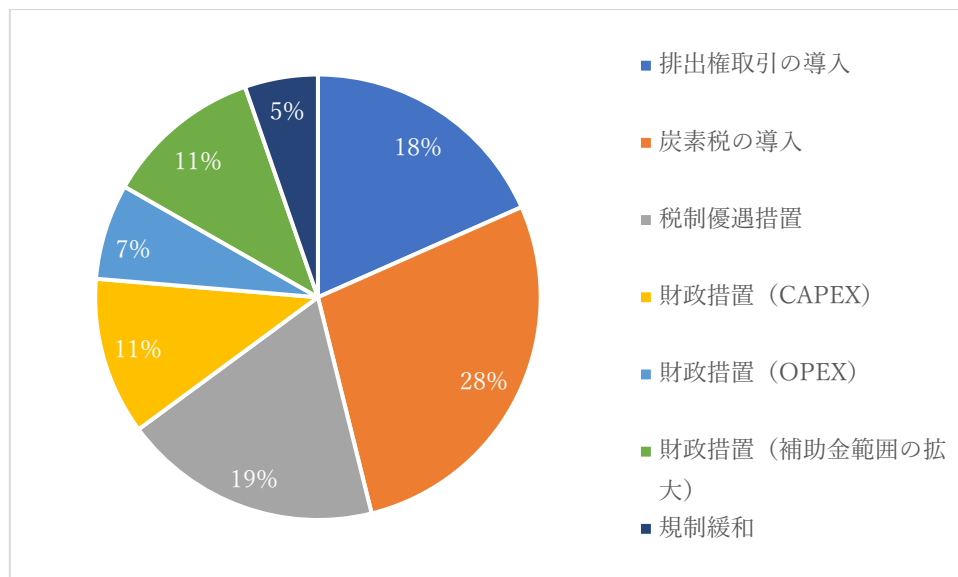


図6 CRを促進する政策について

<主な理由>

- ✓ 排出権取引や炭素税導入により炭素価値を明確にすることで、CR/CN 取組みが加速される
- ✓ CR 製品と既存製品の価格差を埋める財政支援が必要
- ✓ 導入期～普及期まではコスト増を補填する補助金が必要
- ✓ 補助金の導入により企業が取組みを進めるインセンティブが生まれる
- ✓ CN/CR 対応はコスト増となるため、中小企業への支援が必要

6. カーボンリサイクル技術開発の取り組み状況のアンケートを行った。取り組んでいる技術分野、現在の技術レベル並びに社会実装を考える上での技術面及び社会面について、選択式及び自由記述による。結果を図 7 から図 10 及び主なコメントは以下のとおり

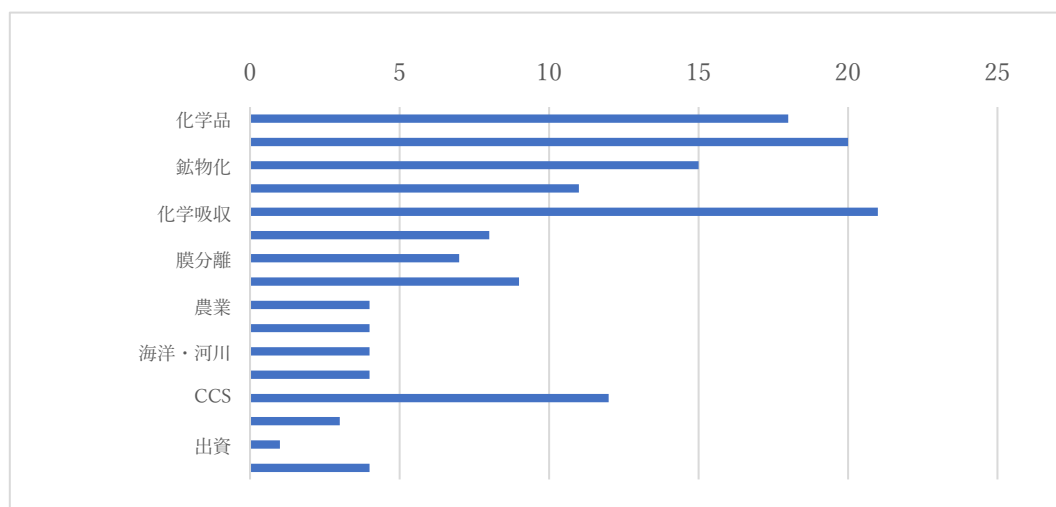


図7 会員企業の CR 取組み技術分野^{注)}

注) 回答した会員全ての取り組みではなく、主な取り組みのみの回答結果となる

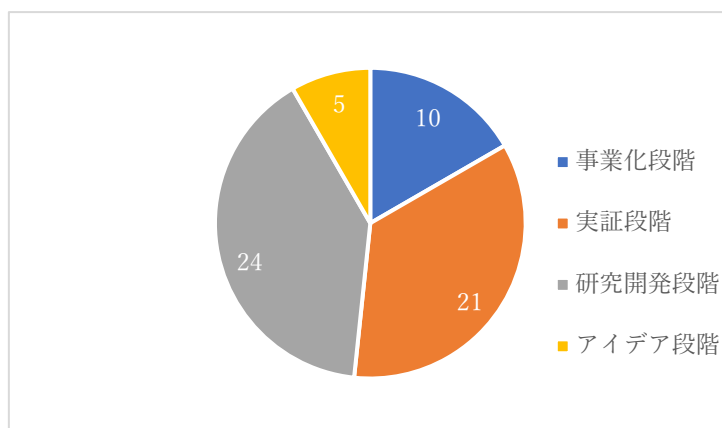


図8 CR 取組み技術の現在のレベル

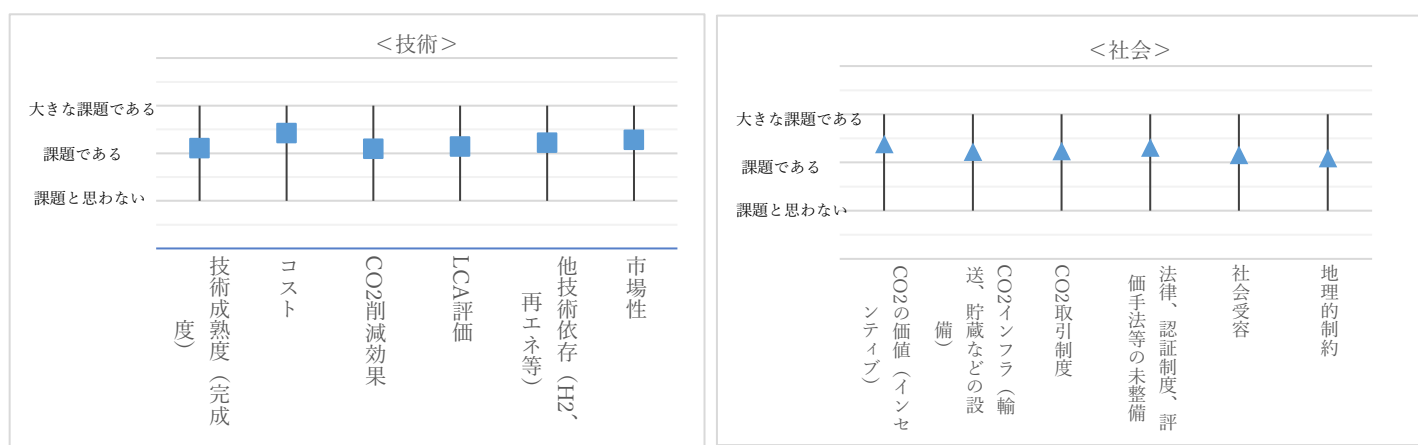


図9,10 CR 技術の社会実装における課題 (図9 技術分野、図10 社会的分野)

＜課題に対する主なコメント＞

- ・ CR 技術の大規模化はまだ未熟なうえに高コストであることが課題
- ・ CO₂ の価値が認められる必要がある
- ・ CO₂ コストを受容する社会認知度の醸成が必要
- ・ LCA 評価手法、国際間協業における二国間 CO₂ 排出カウント制度の整備が必要

7. CR 技術の社会実装における必要な支援について選択形式のアンケートを行った。結果は図11及び図11 以外の内容については記述式で示す。

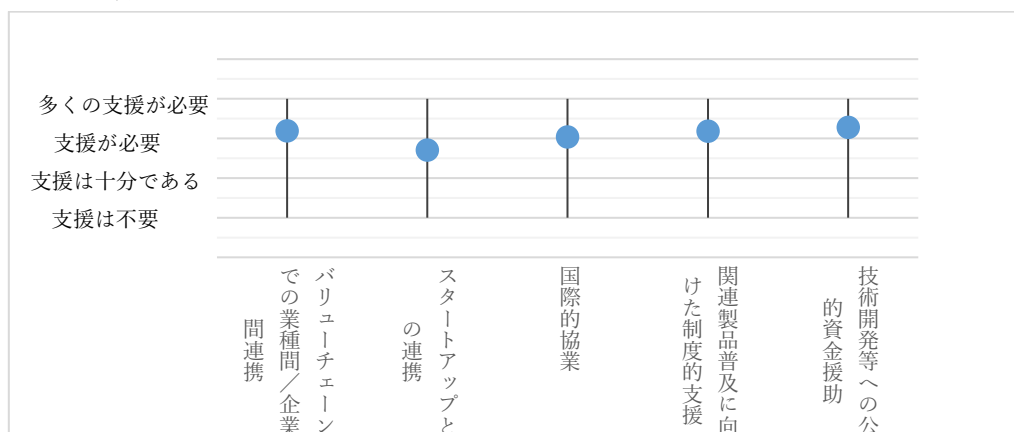


図 11 CR 技術の社会実装における必要な支援

<主な上記以外の支援策>

- ・ 公共調達等による初期需要の創出
- ・ 特許技術に関する国の支援

8. カーボンリサイクル社会実装ワーキングに対する期待について複数選択形式のアンケートを行った。また、検討を希望する自治体についても任意で回答を頂いた。結果を図 12 及び希望している自治体名を示す。

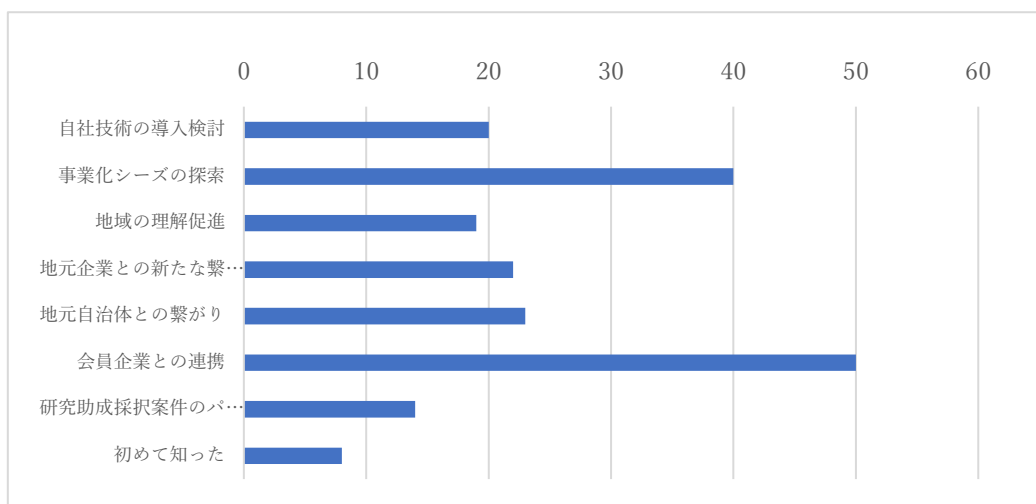


図 12 カーボンリサイクル社会実装ワーキングへの期待（複数回答）

<検討希望の自治体>

- ・ 神戸市
- ・ 静岡県浜松市
- ・ 長崎県
- ・ 秋田県大館市
- ・ 神戸市、加古川市、高砂市

9. カーボンリサイクル分野での国際連携について、海外での取組み実施の有無及びその地域、また海外で取組む理由について選択式のアンケートを行った。結果を図 13～15 に示す。

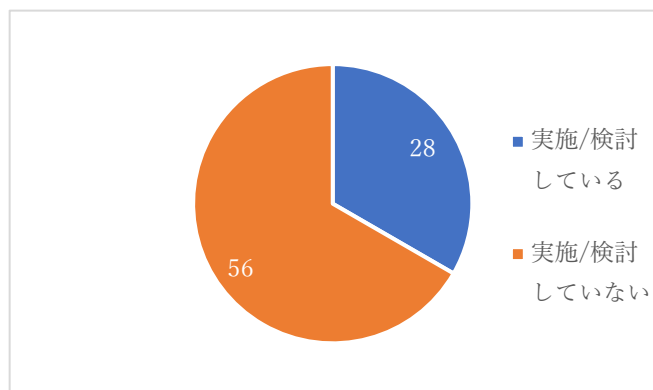


図 13 国際連携の実施/検討の有無

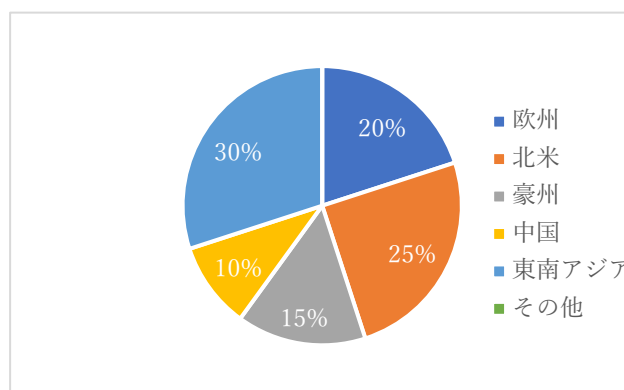


図 14 国際連携の実施/検討のエリア

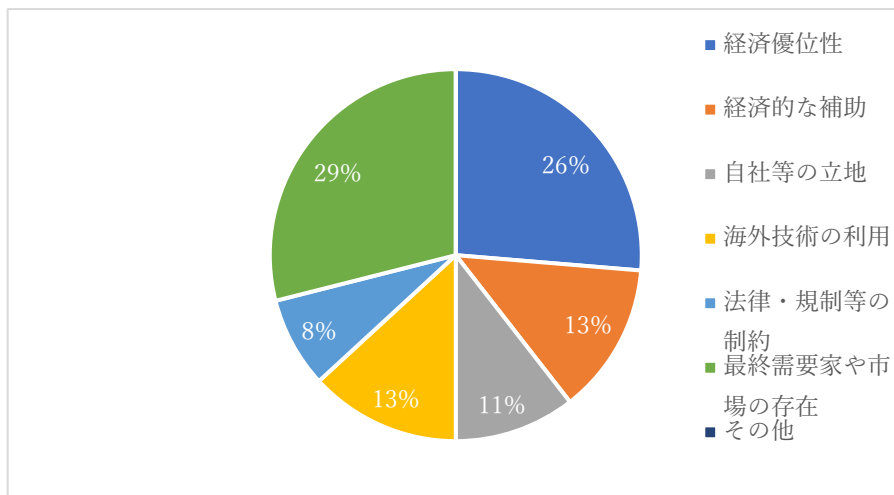


図 15 国際連携を実施/検討の事由

10. CRF ではカーボンリサイクル大学を毎年度開催するなど、人材育成にも力を入れています。人材育成面での意見を自由記述形式のアンケートを行った。主なコメントは以下のとおり。

<主な意見>

- ・カーボンリサイクル大学の人材育成面で良い取り組みであり継続を願う
- ・一方、カーボンリサイクル大学の参加人数は限られており、研修会などの別企画で参加機会を増やしてほしい。
- ・企業人だけでなく、学生（小学校から大学まで様々な）向けも企画して欲しい
- ・カーボンリサイクル大学の参加する効果が見えにくく、参加申込みが出来ない

11. CRF の活動に対して 5 段階評価のアンケートを行うとともに、各活動についても評価を行った。また、CRF への意見等も自由記述でアンケートを行った。結果を図 16 及び主なコメントを示す。

・ CRF 活動の 5 段階評価 3.98 （最大 5）

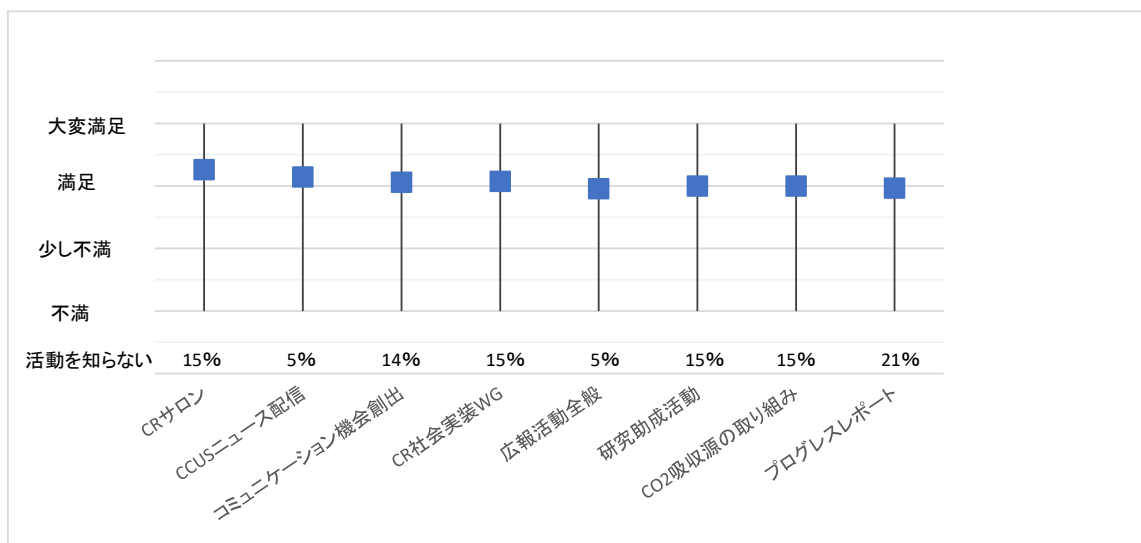


図 16 CRF 各活動に対する評価

<主なコメント>

- ・ e-fuel の実用化や商用化に向けて知見が深まるような情報提供が欲しい
- ・ 随時、講演や事例紹介にて自社活動を PR 頂きたい
- ・ CO2 吸収源、とくにブルーカーボンに関する講演などをお願いしたい
- ・ GX 移行債の知見を深められるようにしたい

以 上

一般社団法人カーボンリサイクルファンド概要

(1) ビジョン

国と連携して、カーボンリサイクルの社会実装及び民間がビジネスとして取り組めるよう支援を行う。

(2) 組織体制

会長 満岡次郎 ((株)IHI 取締役会長)
 副会長 北村雅良 (電源開発(株) 特別顧問)
 副会長 三田紀之 (三菱ケミカルグループ(株)執行役員
 チーフサステナビリティオフィサー)
 専務理事 橋口昌道
 理事 平野敦彦 (出光興産(株) 代表取締役副社長)

(3) 事業内容

- ・ 広報活動 : カーボンリサイクルに係る啓発活動
- ・ 研究助成活動: 研究者等に対するグラント(助成金)を交付
- ・ 吸収源活動 : グリーンカーボン・ブルーカーボンを活用した CR 実践
- ・ カーボンリサイクル推進のための事業支援、政策提言、国内外技術動向調査等

(4) 会員企業一覧 (2024 年 10 月 1 日時点)

～業種を超えた連携によるカーボンリサイクルの推進～			
法人会員 <化学> ・旭化成(株) ・AGC(株) ・キャボットジャパン(株) ・JSR(株) ・積水化学工業(株) ・DIC(株) ・デンカ(株) ・東レ(株) ・戸田工業(株) ・BASFジャパン(株) ・丸善工業(株) ・三井化学(株) ・三菱ケミカルグループ(株) ・ライオン(株) <電力> ・電源開発(株) ・東京電力ホールディングス(株) ・中国電力(株) <精密・エレクトロニクス> ・ウシオ電機(株) ・Orbay(株) ・ユニカミルタ(株) ・GSユササ(株) ・徳島製作所(株) ・古河電気工業(株) <エネルギー> ・出光興産(株) ・伊藤忠エネクス(株) ・ENEOSホールディングス(株) ・山陰炭素工業(株) ・GWソーラー西日本(株) ・住友商事(株) ・石油資源開発(株) ・太陽石油(株)	・東京ガス(株) ・東芝エネルギーシステムズ(株) ・日本コークス工業(株) ・(株)日立製作所 <CO₂利用・再エネ・リサイクル> ・アイストック(株) ・(株)環境システムズ ・(株)CO ₂ 資源化研究所 ・(株)JCCL ・CHTOS BIO EVOLUTION PTE.LTD. ・地熱技術開発(株) ・(株)TBM ・(株)レプセル <鉄・非鉄金属・セメント> ・(株)高圧コンクリート(株) ・(株)神戸製鋼所 ・神島化学工業(株) ・JFEスチール(株) ・住友大阪セメント(株) ・東洋製鋼グループホールディングス(株) ・日本製鉄(株) ・松田産業(株) ・太平洋セメント(株) ・三井金属鉱業(株) ・UBE三井セメント(株) <商社> ・伊藤忠商事(株) ・JFE商事(株) ・住友商事(株) ・西華産業(株) ・双日(株) ・東京産産(株) ・東京貿易ホールディングス(株) ・豊田通商(株) ・三井物産(株)	・三菱商事(株) <車工業> ・(株)IHI ・川崎重工業(株) ・住友重機械工業(株) ・三菱重工業(株) <エンジニアリング・機械・インフラ> ・アルゴス(株) ・(株)荏原製作所 ・(株)クボタ ・JFEエンジニアリング(株) ・千代田化工建設(株) ・東洋エンジニアリング(株) ・日揮ホールディングス(株) ・日鉄エンジニアリング(株) ・日本ガイシ(株) ・(株)日立パワーソリューションズ ・(株)アノバ ・(株)三井E&S ・(株)三井三池製作所 ・横河電機(株) <印刷・映像・翻訳> ・大日本印刷(株) ・TOPPAN (株) ・(株)サンフレア <自動車・自動車部品> ・愛三工業(株) ・豊田合成(株) ・日産自動車(株) ・日本特殊陶業(株) ・矢崎総業(株) <航空・交通・輸送> ・(株)シャムコ ・瀬野汽船(株) ・日本航空(株)	<土木・建設・不動産> ・(株)FKGコーポレーション ・(株)大林組 ・大森建設(株) ・鹿島建設(株) ・(株)鹿谷組 ・清水建設(株) ・新日本空調(株) ・大成建設(株) ・太平電業(株) ・(株)竹中工務店 ・東亜建設工業(株) ・(株)東京久米 ・Dome Gold Mines Ltd. ・(株)日立プラントサービス ・ヒューリック(株) ・(株)福地開発研究所 ・(株)フューチャー・エステート ・(株)ヘルテックス・ソリューション ・(株)豊正 ・前田建設工業(株) ・三井不動産(株) ・若菜建設(株) <金融関連> ・(株)大和証券グループ本社 ・東京海上日動火災保険(株) ・日本生命保険(株) ・(株)富国生命保険(株) ・(株)みずほフィナンシャルグループ ・(株)三菱UFJ銀行 <食品・飲料> ・アサヒグループホールディングス(株) <小売> ・資生堂 (ブランド価値開発研究所) <IT・分析・評価> ・(株)KDDI総合研究所 ・スタジオスピー ・(株)電通総研 ・日本電信電話(株) ・富士通(株) ・ボストン・コンサルティング・グループ(株) ・みずほリサーチ&テクノロジーズ(株) <その他・関連団体等> ・(一財)カーボンフロンティア機構 ・(一社)コンビナート連携推進機構 ・JX金属戦略技術(株) ・(株)日立イノベーション・テクノロジー研究所 ・(一財)電力中央研究所 ・(公財)名古屋産業科学研究所 ・(一財)日本エネルギー経済研究所 ・(株)日本総合研究所 ・(一財)カーボンフロンティア機構 ・(一社)さが環境バイオマス協議会 ・産業技術総合研究所 (東北センター) ・学校法人東京理科大学 ・国立大学法人長崎大学 ・<個人入会> ・会員数 21