

## 【添付資料—1】カーボンリサイクル（CR）社会実装に向けた会員の進捗事例

### 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)
- 「CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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)
- 「CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>-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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>環境価値化

- 「環境配慮型コンクリート「CO<sub>2</sub>-SUICOM®」のCO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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. CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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

CO<sub>2</sub> 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

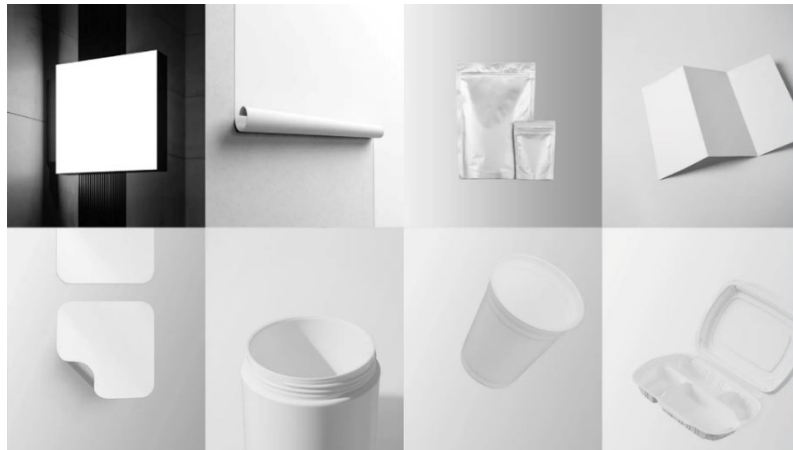
実施会員：株式会社 TBM

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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> を原料として、産業資材から身近な消費財まで、CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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

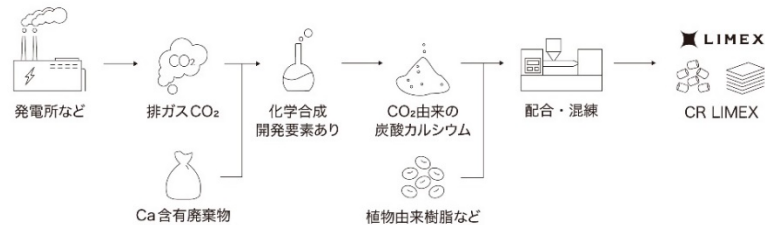


図 1-1-1 CR LIMEX について

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 CO<sub>2</sub> 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汚水処理施設（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 プラントにおける汚水由来有機物（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。

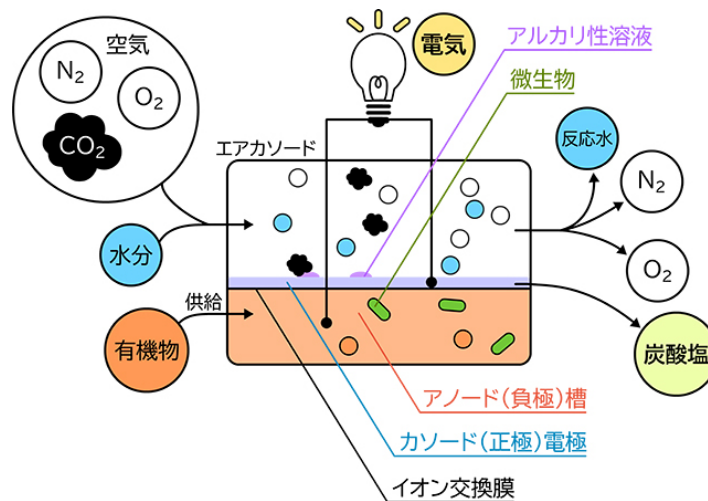


図 1-1-3 微生物燃料電池概念図

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 CO<sub>2</sub> 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、CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> を吸収しながら、H<sub>2</sub> をエネルギー源に有機物を産生する細菌であり、CO<sub>2</sub> 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、CO<sub>2</sub> 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 UCIDI®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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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、CO<sub>2</sub> 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](mailto: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。

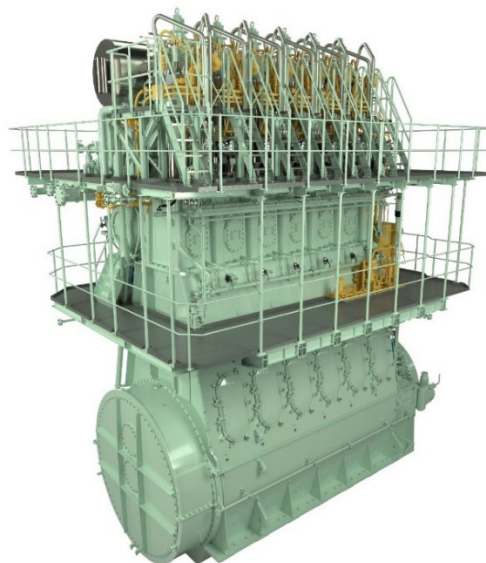


図 1-1-8 メタノール焼き二元燃料エンジン（イメージ）

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、CO<sub>2</sub>と H<sub>2</sub>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 CO<sub>2</sub>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 CO<sub>2</sub>回収技術も保有しており、メタネーションと CO<sub>2</sub>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 CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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。

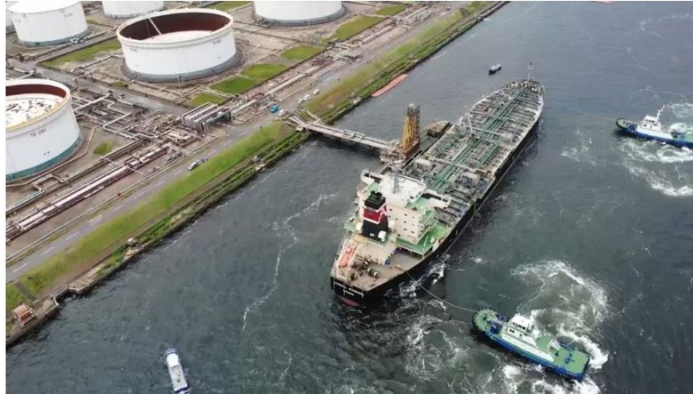


図 1-2-2 ENEOS 鹿島製油所に SAF 輸入船が着棧する様子  
出典：日本航空株式会社、ENEOS 株式会社ニュースリリース

### 【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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> と、コンクリート塊を破碎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<sub>2</sub> 固定化システムの実装化に向けた検証に着手した。本 CO<sub>2</sub> 固定化システムは、1 トンの RC40 に対して 5～15kg 程度の CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> 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<sub>3</sub>) 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 CO<sub>2</sub> 固定化装置  
出典：前田道路株式会社

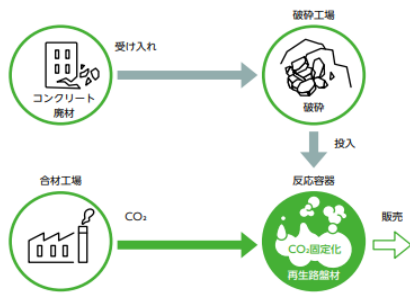


図 1-2-5 Co 廃材と CO<sub>2</sub> の活用イメージ  
出典：前田道路株式会社



図 1-2-6 CO<sub>2</sub> 固定化装置  
出典：住友大阪セメント株式会社

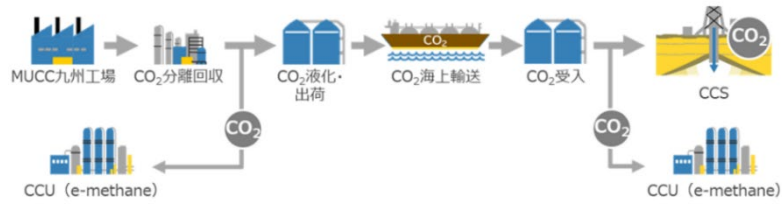
**【会員進捗例】セメント製造プロセスのカーボンニュートラルに向けた排出 CO<sub>2</sub> の CCUS に関する共同検討の開始について**

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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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、CO<sub>2</sub> の分離回収、液化・貯蔵、液化 CO<sub>2</sub> の海上輸送、CO<sub>2</sub> 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CO<sub>2</sub>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。

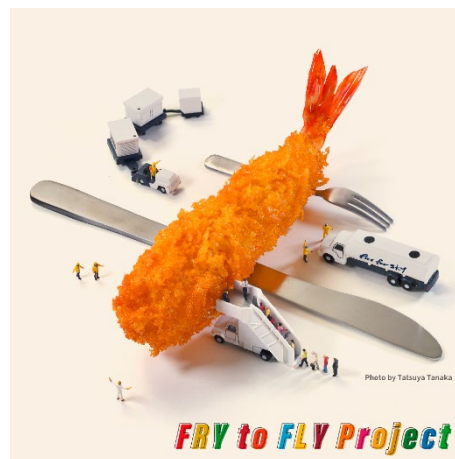


図 1-2-8 日揮ホールディングス株式会社より

### 1-3. CR 製品の CO<sub>2</sub> 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、CO<sub>2</sub> 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「CO<sub>2</sub>-SUICOM®」の CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> を吸収・固定する環境配慮型コンクリート「CO<sub>2</sub>-SUICOM®（シーオーツースイコム）」の CO<sub>2</sub> 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「CO<sub>2</sub>-SUICOM」の CO<sub>2</sub> 固定量として舗装ブロック 55.6m<sup>3</sup>で 3.614t（1m<sup>3</sup>あたりの CO<sub>2</sub> 固定量 65kg）、埋設型枠 27.8m<sup>3</sup>で 4.087t（1m<sup>3</sup>あたりの CO<sub>2</sub> 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、「CO<sub>2</sub>-SUICOM」の市場展開を推進することで CO<sub>2</sub> 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 「CO<sub>2</sub>-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、CO<sub>2</sub>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、CO<sub>2</sub>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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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. CO<sub>2</sub> 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。

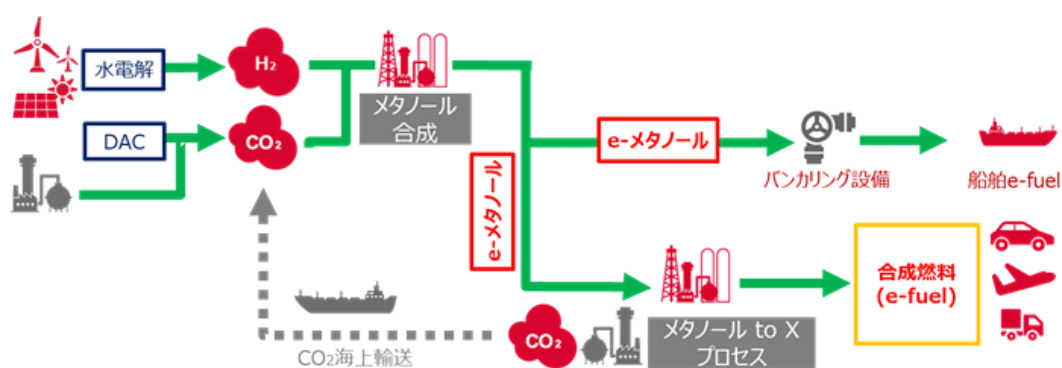


図. 2-1-1 合成燃料/合成メタノールのサプライチェーンイメージ

出典：出光興産株式会社

### 【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、トローリ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 CO<sub>2</sub> 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 2-1-2 実証実験で使用するト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 CO<sub>2</sub>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「CO<sub>2</sub>」）の回収、②豪州への船舶輸送、③豪州における同 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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。

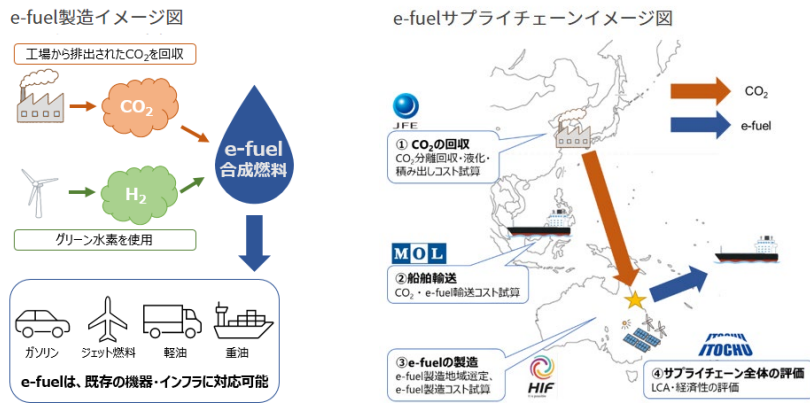


図 2-1-3 e-fuel 製造（左）およびサプライチェーン（右）のイメージ図  
出典：伊藤忠商事株式会社プレスリリース

### 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、CO<sub>2</sub>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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 削減価値のルール設計などを行う。

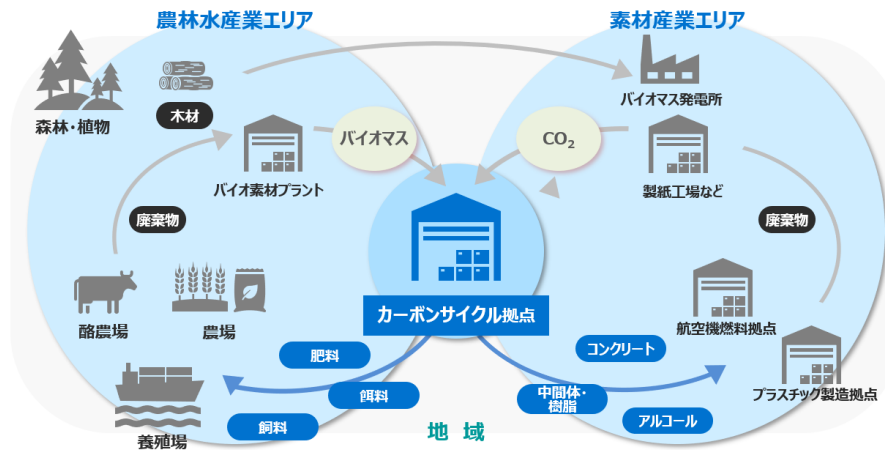


図 3-1-1. CGI コンソーシアムが目指す地産地消のカーボンサイクルモデル

## ■2024 年度の活動

CGI 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・CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 削減価値のルール設計

CO<sub>2</sub>・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、CO<sub>2</sub>・バイオマス由来製品のもたらす CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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 <sub>2</sub> のマネジメントについて検討する
調査内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>●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</li> <li>●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<sub>2</sub> マネジメントの在り方や事業者を検討</li> </ul>
調査期間	2024 年度～2025 年度

#### 4. CO<sub>2</sub> 吸収源に関する事業開発の進展

様々な CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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）とセントラルクイーンズランド大学（以下、CQU）は、地域産出の産業副産物（以下「地産素材」）を多量使用した低炭素素材（コンクリートの代替材料）を開発し社会実装すること、また、その結果期待される素材由来 CO<sub>2</sub> の低減や同素材表面に付着する海藻類によるブルーカーボンにより、地域環境問題解決の一助とするための共同検討を行っている。

Jパワーは、石炭火力発電所からの副産物である石炭灰と銅製錬所からの副産物である銅スラグを主原料としたコンクリート代替素材の「Jブルーコンクリート」を用いて、藻場造成効果を高めるための技術開発に取り組んでいる。日本国内において、Jブルーコンクリートを用いたブロックによる海域実証試験を行っており、2021 年度には、ジャパンプルーエコノミー技術研究組合が発行する「Jブルークレジット」を民間施設では国内第 1 号として取得した。上記の技術をもとに、豪州クイーンズランド州の地産素材を活用した低炭素で生物の共生を促進できる素材開発と海洋ブロックの社会実装を進めていくこと、および、その活用によりコンクリート関連工事から発生する CO<sub>2</sub> を低減し、また、海藻類の付着により固定される CO<sub>2</sub>（ブルーカーボン）を増加させる手法を構築する協働検討を開始した。

これらを 2032 年のブリスベンオリンピックまでに社会実装することで、カーボンニュートラ

ルに向けた各種取組みを世界にアピールすることを目指している。



図 4-1-1 JパワーがJブルークレジットを獲得した藻の育成の取組み (左図)  
CQU での藻の育成の取組み (右図)

出典：電源開発株式会社ニュースリリース

### 【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。

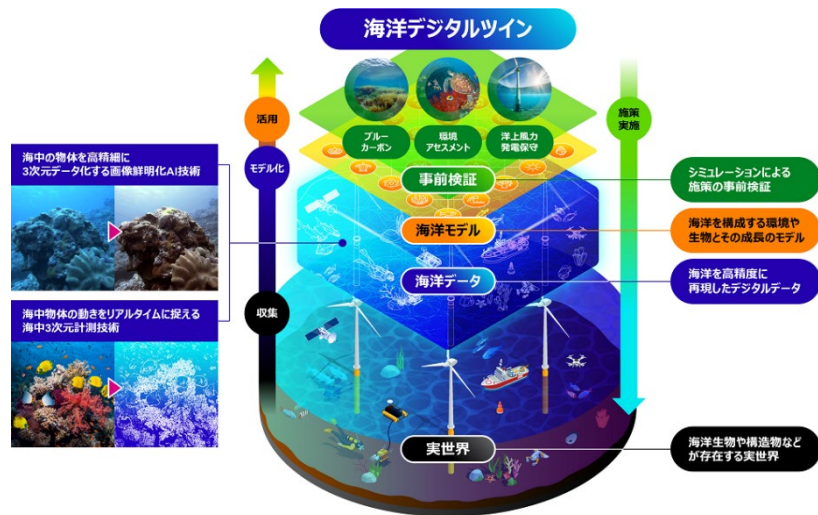


図 4-1.2 SX を実現する海洋デジタルツインの構想  
出典：富士通株式会社

以 上