

「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／  
⑧CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発」

事業原簿

【公開版】

|     |                                      |
|-----|--------------------------------------|
| 担当部 | 国立研究開発法人<br>新エネルギー・産業技術総合開発機構<br>環境部 |
|-----|--------------------------------------|

—目次—

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| 概要                                | 概要 1～5 |
| プロジェクト用語集                         | 用語 1～2 |
| 1. 事業の位置づけ・必要性について                | 1 - 1  |
| 1. 1 事業の背景・目的・位置づけ                | 1 - 1  |
| 1. 2 NEDO が関与する必要性・制度への適合性        | 1 - 6  |
| 1. 2. 1 NEDO が関与することの意義           | 1 - 6  |
| 1. 2. 2 実施の効果（費用対効果）              | 1 - 7  |
| 2. 研究開発マネジメント                     | 2 - 1  |
| 2. 1. 事業の目標                       | 2 - 1  |
| 2. 2. 事業の計画内容                     | 2 - 3  |
| 2. 2. 1. 研究開発の内容                  | 2 - 3  |
| 2. 2. 2. 研究開発の実施体制                | 2 - 20 |
| 2. 2. 3. 研究開発の運営管理                | 2 - 24 |
| 2. 2. 4. 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性 | 2 - 25 |
| 2. 3. 情勢変化への対応                    | 2 - 29 |
| 3. 研究開発成果について                     | 3 - 1  |
| 3. 1. 研究開発全体の成果                   | 3 - 1  |
| 3. 2. 個別テーマの成果                    | 3 - 1  |
| 4. 成果の実用化に向けた取組および見通し             | 4 - 1  |
| 4. 1. 本プロジェクトにおける「実用化」の考え方        | 4 - 1  |
| 4. 2. 実用化に向けた戦略                   | 4 - 1  |
| 4. 3. 実用化に向けた具体的取組                | 4 - 4  |
| 4. 4. 波及効果                        | 4 - 6  |

（添付資料）

- ・添付資料 1 プロジェクト基本計画
- ・添付資料 2 特許論文等リスト



## 概 要

|                        |   |          |            |        |        |        |        |        |
|------------------------|---|----------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                        |   | 最終更新日    | 2022年6月23日 |        |        |        |        |        |
| プロジェクト名                | カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／⑧CO <sub>2</sub> 有効利用拠点における技術開発  | プロジェクト番号 | P16002     |        |        |        |        |        |
| 担当推進部/<br>PMまたは担当者     | 環境部 PM 吉田 准一（2022年6月現在）<br>環境部 PM 戸島 正剛（2020年10月～2022年5月）<br>環境部 PM 高橋 洋一（2020年7月～2020年9月）  |          |            |        |        |        |        |        |
| 0. 事業の概要               | CO <sub>2</sub> 排出削減による気候変動対策は世界的課題であり、特に火力発電等からのCO <sub>2</sub> 排出量が多く、分離・回収したCO <sub>2</sub> を多様な炭素化合物の製品として有効利用する技術（カーボンリサイクル）によるCO <sub>2</sub> 排出削減の必要性が高まっている。そのためには新しい社会システムの創出を目指していく必要があるが、各国の産学官と連携しつつ世界全体を視野に入れたイノベーションを図ることも重要であり、その取り組みの一つとして実証研究拠点の整備を行う。CO <sub>2</sub> の分離回収が行われている場所における重点的なカーボンリサイクル技術開発と、その技術の早期の実用化に向けた検討を進める。まずは、既にCO <sub>2</sub> が得られる広島県大崎上島を企業や大学等による研究も行える実証研究の拠点として整備する。そしてCO <sub>2</sub> 有効利用に係る要素技術開発や実証試験を行い、実施済の要素技術開発等についてCO <sub>2</sub> 有効利用技術の経済性、CO <sub>2</sub> 削減効果等を評価する。さらに実用化を推進し、実証・商用化等を経て将来のカーボンリサイクル技術の社会実装につなげていく。 |          |            |        |        |        |        |        |
| 1. 事業の位置<br>付け・必要性について | 我が国においてはカーボンリサイクルに関して、経済産業省が策定した「カーボンリサイクル技術ロードマップ」（2019年6月策定、2021年7月改訂）では、化学品や燃料（液体や気体燃料）、鉱物（コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物など）などの分野を中心に、カーボンリサイクル技術を活用した製品の、コスト低減や用途拡大に向けた技術開発を進める方向性が示された。また、2019年第1回カーボンリサイクル産学官国際会議において、菅原経済産業大臣（当時）より、我が国の取り組みとしての「カーボンリサイクル3Cイニシアティブ（3C:Caravan、Center of Research、Collaboration）」が示され、実証研究拠点の整備（Center of Research）としてCO <sub>2</sub> の分離回収が行われている広島県大崎上島を企業や大学等による研究も行える実証研究の拠点として整備し、燃料、化学品、炭酸塩などのカーボンリサイクル技術開発と、その技術の早期の実用化に向けた制度整備検討を進めることが明記された。  |          |            |        |        |        |        |        |
| 2. 研究開発マネジメントについて      |   |          |            |        |        |        |        |        |
| 事業の目標                  | カーボンリサイクル技術ロードマップ（2021年7月改訂版）に記載されている技術の中で、CO <sub>2</sub> を原料とした化学品、燃料、鉱物化などに関する技術を対象とし、CO <sub>2</sub> 有効利用に係る要素技術開発を行い、実現可能性を検討し、拠点候補地で行うべき事業を選定する。また、複数の企業や大学等が要素技術開発および実証試験等を行うための拠点化に向けた検討および整備を行う。さらに整備された実証研究拠点でCO <sub>2</sub> 有効利用に適応可能な技術開発を行い、各事業のCO <sub>2</sub> 有効利用技術の経済性、CO <sub>2</sub> 削減効果等を評価する。  |          |            |        |        |        |        |        |
| 事業の計画内容                | 主な実施事項  | 2020fy   | 2021fy     | 2022fy | 2023fy | 2024fy | 2025fy | 2026fy |
|                        | (A-1) 大崎上島における研究拠点整備・設備保守   | →        |            |        |        |        |        |        |
|                        | (A-2) 基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施  | →        |            |        |        |        |        |        |
|                        | (B-1) CO <sub>2</sub> 有効利用コンクリートの研究開発   | →        |            |        |        |        |        |        |
|                        | (B-2) カーボンリサイクルを志向した化成品選  | →        |            |        |        |        |        |        |

|  |  |        |        |        |         |         |        |         |
|--|--|--------|--------|--------|---------|---------|--------|---------|
|  | 択合成技術の研究開発   |        |        |        |         |         |        |         |
|  | ( B-3 ) Gas-to-Lipids バイオプロセスの開発                     |        |        |        |         |         |        |         |
|  | (C-1) ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中 CO <sub>2</sub> からの基幹物質製造 |        |        |        |         |         |        |         |
|  | (C-2) 大気圧プラズマを利用する新規 CO <sub>2</sub> 分解・還元プロセスの研究開発  |        |        |        |         |         |        |         |
|  | (C-3) CO <sub>2</sub> の高効率利用が可能な藻類バイオマス生産と利用技術の開発    |        |        |        |         |         |        |         |
|  | (C-4) CO <sub>2</sub> を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成             |        |        |        |         |         |        |         |
|  | (C-5) カーボンリサイクル LPG 製造技術とプロセスの研究開発                   |        |        |        |         |         |        |         |
|  | (C-6) 微細藻類による CO <sub>2</sub> 固定化と有用化学品生産に関する研究開発    |        |        |        |         |         |        |         |
| 事業費推移<br><br>(会計・勘定別に NEDO が負担した実績額 (評価実施年度については 予算額) を記載)<br>(単位:百万円)<br>(委託)・<br>(助成)・<br>(共同研究)<br>のうち使用しない行は削除 | 会計・勘定  | 2020fy | 2021fy | 2022fy | 2023fy  | 2024fy  | 2025fy | 総額      |
|  | 一般会計   |        |        |        |         |         |        |         |
|  | 特別会計 (需給)  | 501    | 2,758  | 2,899  | (1,392) | (1,147) | -      | (8,697) |
|  | 開発成果促進財源   |        |        |        |         |         |        |         |
|  | 総 NEDO 負担額   | 501    | 2,758  | 2,899  | (1,392) | (1,147) | -      | (8,697) |
|  | (A-1) 大崎上島における研究拠点整備・設備保守                            | 11     | 1,484  | 168    | (130)   | (130)   | -      | (1,924) |
|  | (A-2) 基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施                         | 15     | 314    | 238    | (59)    | (55)    | -      | (680)   |
|  | (B-1) CO <sub>2</sub> 有効利用コンクリートの研究開発                | 182    | 200    | 245    |         | -       | -      | 626     |

|      |  |   |     |       |       |       |   |         |
|------|--|---|-----|-------|-------|-------|---|---------|
|      | (B-2) カーボンリサイクルを志向した化成品選択合成技術の研究開発                                   | 195   | 299 | 1,145 | 282   | 396   | - | (2,317) |
|      | ( B-3 ) Gas-to-Lipids バイオプロセスの開発                                     | 44  | 454 | 74    | (78)  | -     | - | (651)   |
|      | (C-1) ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中 CO <sub>2</sub> からの基幹物質製造                 | -   | -   | 163   | (175) | (162) | - | (499)   |
|      | (C-2) 大気圧プラズマを利用する新規 CO <sub>2</sub> 分解・還元プロセスの研究開発                  | -   | -   | 174   | (145) | (112) | - | (430)   |
|      | (C-3) CO <sub>2</sub> の高効率利用が可能な藻類バイオマス生産と利用技術の開発                    | -   | -   | 53    | (52)  | (52)  | - | (157)   |
|      | (C-4) CO <sub>2</sub> を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成                             | -   | -   | 128   | (244) | (62)  | - | (435)   |
|      | (C-5) カーボンリサイクル LPG 製造技術とプロセスの研究開発                                   | -   | -   | 326   | (86)  | (87)  | - | (499)   |
|      | (C-6) 微細藻類による CO <sub>2</sub> 固定化と有用化学品生産に関する研究開発                    | -   | -   | 179   | (140) | (90)  | - | (409)   |
| 開発体制 | 経産省担当原課  | 資源エネルギー庁資源・燃料部石炭課   |     |       |       |       |   |         |
|      | プロジェクトリーダー   | 設定なし  |     |       |       |       |   |         |
|      | プロジェクトマネージャー   | 環境部 吉田 准一 (2022年6月現在)<br>環境部 戸島 正剛 (2020年10月~2022年5月)<br>環境部 高橋 洋一 (2020年7月~2020年9月)  |     |       |       |       |   |         |
|      | 委託先<br>(助成事業の場合「助成先」とするなど適宜変更)<br>(組合が委託先に含まれる場合は、その参加企業数及び参加企業名も記載) | (A-1) 大崎上島における研究拠点整備・設備保守<br>大崎クールジェン株式会社<br>(A-2) 基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施<br>一般財団法人石炭フロンティア機構<br>(B-1) CO <sub>2</sub> 有効利用コンクリートの研究開発<br>中国電力株式会社、鹿島建設株式会社 (共同実施：<br>学校法人金沢工業大学、学校法人東洋大学)、三菱商事株式会社<br>(B-2) カーボンリサイクルを志向した化成品選択合成技術の研究開発<br>川崎重工業株式会社 (再委託：三井化学株式会社、 |     |       |       |       |   |         |

|            |   |   |
|------------|---|---|
|            |   | <p>国立研究開発法人産業技術総合研究所)、国立大学法人大阪大学</p> <p>(B-3) Gas-to-Lipids バイオプロセスの開発<br/>国立大学法人広島大学 (共同実施: 長瀬産業株式会社)、<br/>中国電力株式会社</p> <p>(C-1) ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中 CO<sub>2</sub> からの基幹物質製造<br/>学校法人慶應義塾、学校法人東京理科大学、<br/>一般財団法人石炭フロンティア機構</p> <p>(C-2) 大気圧プラズマを利用する新規 CO<sub>2</sub> 分解・還元プロセスの研究開発<br/>国立大学法人東海国立大学機構、川田工業株式会社</p> <p>(C-3) CO<sub>2</sub> の高効率利用が可能な藻類バイオマス生産と利用技術の開発<br/>日本製鉄株式会社 (再委託: 株式会社ちとせ研究所、<br/>国立大学法人京都大学)</p> <p>(C-4) CO<sub>2</sub> を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成<br/>国立大学法人東北大学</p> <p>(C-5) カーボンサイクル LPG 製造技術とプロセスの研究開発<br/>ENEOS グローブ株式会社、日本製鉄株式会社、<br/>国立大学法人富山大学</p> <p>(C-6) 微細藻類による CO<sub>2</sub> 固定化と有用化学品生産に関する研究開発<br/>株式会社アルガルバイオ (再委託: 学校法人関西学院、<br/>国立研究開発法人産業技術総合研究所)、関西電力株式会社</p> |
| 情勢変化への対応   | <p>2021 年 4 月に菅総理大臣は、2030 年に向けた温室効果ガスの削減目標について、2013 年度に比べて 46% 削減することを目指し、さらに 50% の高みに向けて挑戦を続けていくことを表明した。</p> <p>2021 年 7 月に経済産業省により「カーボンサイクル技術ロードマップ」が改訂された。カーボンサイクルに係る技術は、将来有望な選択肢の一つであり、そのイノベーションを加速化していくことが重要とされ、DAC や CO<sub>2</sub> 輸送等の取り組みも追加され、また、カーボンサイクル製品 (汎用品) の普及開始時期を 2040 年頃に前倒しすること等が示された。</p> <p>2021 年 11 月に「COP26」が開催され、低排出エネルギーシステムへの移行に向けての技術の開発・実装・普及及び政策の採用を加速させることとなった。また、パリ協定第 6 条に基づく市場メカニズムの実施指針が合意された。事業開始以降、このような情勢変化があり、本事業の重要性が一層高まっていることから以下の対応を追加した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カーボンサイクル実証研究拠点としての機能を一層拡大することを目指し、「実証研究エリア」に新たな研究開発テーマを追加する (2022 年度)。</li> <li>・研究・実証案件の継続・拡大を視野に、2025 年度以降のカーボンサイクル実証研究拠点の運営・管理等についての検討を開始する。</li> </ul> |   |
| 中間評価結果への対応 |   |   |
| 評価に関する事項   | 事前評価  |   |
|            | 中間評価  | 2022 年度、2025 年度 (予定)  |
|            | 事後評価  | 2026 年度 (予定)  |

|                          |   |   |
|--------------------------|---|---|
| 3. 研究開発成果について            | <p>(A) CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業</p> <p>基礎研究棟、共用棟等の設計を行い、建設工事に着手した。また、CO<sub>2</sub>供給設備、用水設備、排水設備、海水取水設備、受配電設備等の機器製作及び設置工事を実施した。</p> <p>(B) 研究拠点におけるCO<sub>2</sub>有効利用技術開発・実証事業</p> <p>CO<sub>2</sub>有効利用技術について要素技術開発を行うとともに、研究拠点で実施する実用化研究のための準備を行った。</p> <p>(C) CO<sub>2</sub>有効利用拠点における要素技術開発</p> <p>複数の企業や大学等がCO<sub>2</sub>有効利用技術に係る要素技術開発を実施するための検討を行い、研究拠点で行うべき事業を選定した。</p> |   |
|                          | 投稿論文  | 20件   |
|                          | 特許  | 出願：3件<br>登録：1件<br>(その他商標登録：1件)  |
|                          | その他の外部発表<br>(プレス発表等)  | 研究発表・講演：30件<br>新聞・雑誌等への掲載：26件   |
| 4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて | <p>実用化は、『プロジェクトで整備された実証研究拠点が、CO<sub>2</sub>有効利用に適応可能な技術開発に利用され、その結果が実証等に至ること』をいう。</p> <p>研究開発に必要な土地整備やユーティリティ供給等については、研究開発が効率よく円滑に進むよう一括管理して実施することで、カーボンサイクル技術開発を実証研究拠点で重点的に行っていく。</p> <p>カーボンサイクル技術ロードマップにおいて、フェーズ1の2030年度頃からの普及を目指して取り組まれるべき研究開発を促進させる。ラボレベルからベンチレベルへのスケールアップなどを着実にやって基本技術を確立し、2030年頃に実証により製品製造技術を実用化させ、将来の事業化見通しを得る。</p>   |   |
| 5. 基本計画に関する事項            | 作成時期  | 2016年1月 制定  |
|                          | 変更履歴  | 2016年4月、9月、2017年2月、5月、6月、2018年2月、7月、9月、2019年1月、7月、2020年2月、3月、7月、9月、10月、2021年1月、5月、6月、7月、2022年3月 改訂（研究開発の実施体制、具体的研究内容、達成目標、研究開発スケジュール表等の追加、修正） |



## プロジェクト用語集

| 名称  | 略号     | 意味   |
|---|--------|--|
| Benzene, Toluene, Xylene                              | BTX    | ベンゼン・トルエン・キシレンの総称  |
| Bioenergy with Carbon Capture and Storage             | BECCS  | CCS にバイオエネルギー利用を組み合わせることで二酸化炭素を回収する技術                                |
| Blue Carbon   | -      | 海洋生態系に隔離・貯留される炭素   |
| Capital Expenditure                                   | CAPEX  | 資本的支出：設備投資のための支出   |
| Carbon Capture Utilization                            | CCU    | 二酸化炭素回収・利用   |
| Carbon Capture Storage                                | CCS    | 二酸化炭素回収・貯留   |
| Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage       | CCUS   | 二酸化炭素回収・利用・貯留  |
| Conference of the Parties                             | COP    | 「気候変動枠組条約」の加盟国による締約国会議   |
| Carbon Recycle  | CR     | 二酸化炭素を炭素資源としてとらえ、これを回収し、多様な化合物として再利用すること。                            |
| Direct Air Capture                                    | DAC    | 大気中から二酸化炭素を回収する技術・プロセス   |
| Dimethyl Ether  | DME    | ジメチルエーテル：C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O                             |
| Electrofuels  | e-fuel | 再生可能資源からの電気エネルギーを液体燃料や気体燃料に化学結合により蓄えることで作られるカーボンニュートラルの代替燃料          |
| Enhanced Oil Recovery                                 | EOR    | 石油増産回収：地中の原油の回収率を向上する技術  |
| Engineering, Procurement, Construction                | EPC    | 設計・調達・建設   |
| Feasibility Study                                     | FS     | ビジネス・プロジェクト等の実現可能性の事前調査  |
| Fischer-Tropsch                                       | FT     | フィッシャー・トロプシュ（反応）：一酸化炭素と水素から触媒反応で炭化水素を合成する反応。                         |
| Formic Acid   | -      | ギ酸：CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub>                                    |
| Interlocking Block                                    | -      | インターロッキングブロック：ブロック相互の噛み合わせ効果が得られる舗装ブロック                              |
| International Energy Agency                           | IEA    | 国際エネルギー機関  |
| Integrated coal Gasification Combined cycle           | IGCC   | 石炭ガス化複合発電  |
| Integrated coal Gasification Fuel Cell Combined cycle | IGFC   | 石炭ガス化燃料電池複合発電  |
| Life Cycle Assessment                                 | LCA    | ライフサイクルアセスメント：製品の製造、輸送、販売、使用、廃棄、再利用までの各段階の環境負荷を調査解析し、総合的な環境負荷を低減する検討 |
| Lipids  | -      | 脂質   |
| Liquefied Petroleum Gas                               | LPG    | 液化石油ガス   |
| Methanol  | MeOH   | メタノール：C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O                                |

| 名称                              | 略号   | 意味  |
|---------------------------------|------|---|
| Methanol to Gasoline            | MTG  | 天然ガスと蒸気からメタノールを製造し、ゼオライト触媒を用いてガソリンを合成するプロセス       |
| Methylcyclohexane               | MCH  | メチルシクロヘキサン： $C_6H_{11}CH_3$                       |
| Negative Emissions Technologies | NET  | ネガティブエミッション技術：大気中の二酸化炭素などの温室効果ガスの濃度を減少させることができる技術 |
| Operation Expenditure           | OPEX | 運用費：設備の保守運用を含めた事業費                                |
| Para-Xylene                     | PX   | 芳香族化合物：パラキシレン                                     |
| Sustainable Aviation Fuel       | SAF  | 持続可能な航空燃料：ジェット機で使用される高度な航空バイオ燃料種別の名称              |

## 1. 事業の位置づけ・必要性について

### 1.1 事業の背景・目的・位置づけ

#### 事業の背景

世界の資源エネルギー・環境を取り巻く情勢は、大きな変化を迎えており、パリ協定の発効などにより、脱炭素化へのモメンタムが一層高まっている。一方、世界のエネルギー需要は、経済成長著しいアジアや途上国で特に強く、エネルギーセキュリティ、さらには貧困問題やエネルギーアクセス不足を踏まえれば、今後も化石燃料に依存せざるを得ない状況は継続している。環境と成長の好循環を実施するためには、CO<sub>2</sub>排出削減に加え、CO<sub>2</sub>を有効利用していくアプローチを世界全体で進めていく必要がある。

このCO<sub>2</sub>を有効利用する技術として、分離・回収されたCO<sub>2</sub>を多様な炭素化合物の製品として利用する技術(カーボンリサイクル技術)が提案されており、CO<sub>2</sub>排出削減を達成していくためには、省エネや再エネの導入だけではなく、このカーボンリサイクル技術を含む複数の手段の組み合わせが重要となる。

#### 政策的位置づけ

##### ●カーボンリサイクル3Cイニシアティブ(2019年9月)

2019年第1回カーボンリサイクル産学官国際会議において、菅原経済産業大臣(当時)より、我が国の取り組みとしての「カーボンリサイクル3Cイニシアティブ」を発表した。

3C: Caravan、Center of Research、Collaboration

##### (1)相互交流の推進<Caravan>

海外の研究者等が来日する機会を捉え、日本国内の研究拠点を訪問してもらうことで情報交換が促進されることを目指す。

##### (2)実証研究拠点の整備<Center of Research>

CO<sub>2</sub>の分離回収が行われている広島県大崎上島を企業や大学等による研究も行える実証研究の拠点として整備し、燃料、化学品、炭酸塩などのカーボンリサイクル技術開発と、その技術の早期の実用化に向けた制度整備検討を進める。

##### (3)国際共同研究の推進<Collaboration>

キャラバンの実施による普及活動や、研究拠点での情報交換などを通じ、お互いの強みと弱みを補完できる国際共同研究の実施を追求する。優れた技術を有しているか、カーボンリサイクルに取り組む意欲を有しているか、必要な資源が安価かつ安定的に得られるかなどを考慮しながら、パートナーとなりうる国との対話を強化する。

##### ●パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略(2019年6月)

CO<sub>2</sub>を資源として捉え、これを分離・回収し、多様な炭素化合物として再利用するカーボンリサイクルに係る技術は、将来有望な選択肢の一つであり、そのイノベーションを加速化していく。

##### ●革新的環境イノベーション戦略(2020年1月)

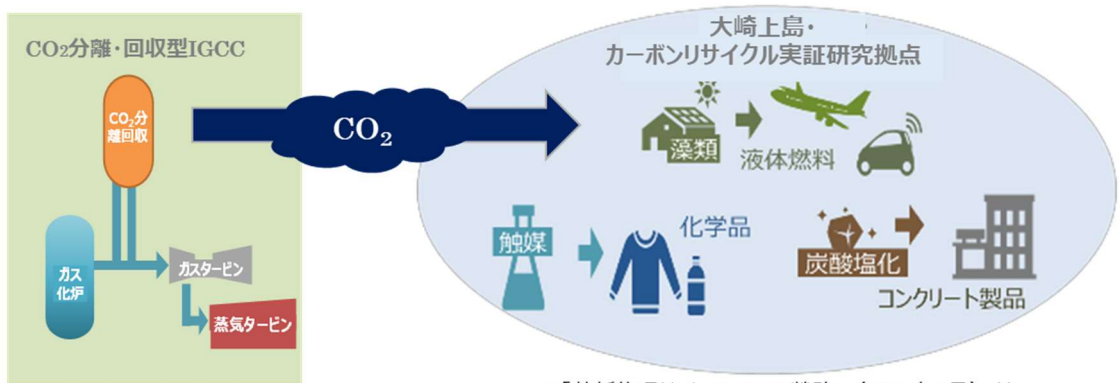
アクセラレーションプランでは、カーボンリサイクル実証研究拠点の新設として、広島県大崎上島町を、CO<sub>2</sub>を資源として有効利用するカーボンリサイクル研究のための実証環境を整備し、様々なカーボンリサイクル技術の「ショーケース」として、万博などの機会も活用しつつ、世界中にアピールする。

##### ●カーボンリサイクル技術ロードマップ(2021年7月改訂)

CO<sub>2</sub>を資源として捉え、これを分離・回収し、多様な炭素化合物として再利用し、大気中へのCO<sub>2</sub>排出を抑制するカーボンリサイクル技術は、省エネルギー、再生可能エネルギー、CCSなどとともに鍵となる取り組みの一つであり、非連続的イノベーションを進めていく。

**事業の目的**

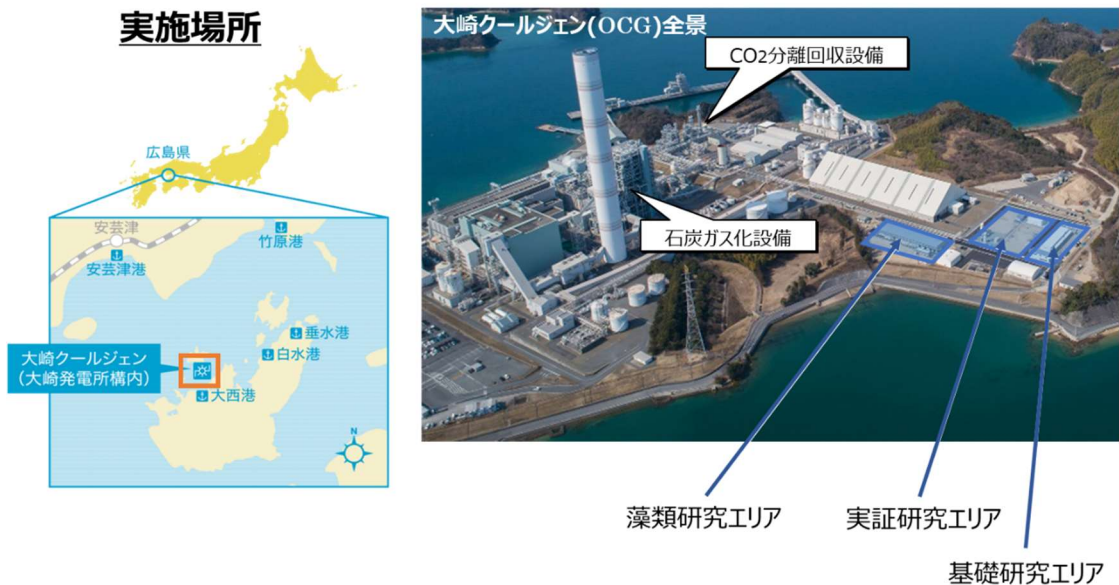
このような背景を踏まえ、カーボンリサイクル技術の開発を効率的に進めるためには、CO<sub>2</sub>の分離回収が行われている場所において、カーボンリサイクル技術開発を重点的に進める必要がある。具体的には、火力発電由来のCO<sub>2</sub>が分離回収されている広島県大崎上島にカーボンリサイクル実証研究拠点を整備し、そこで集約的にカーボンリサイクル技術の研究開発を行うことを目的とする。



※「革新的環境イノベーション戦略」(2020年1月)より

「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業(大崎クールジェン)」

図 1.1-1 カーボンリサイクル実証研究拠点①



※「藻類研究エリア」は今回の中間評価の対象外

図 1.1-2 カーボンリサイクル実証研究拠点②

## 事業開始後の政策等の動向変化

- 2021年4月に菅総理大臣は、2030年に向けた温室効果ガスの削減目標について、2013年度に比べて46%削減することを目指し、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けていくことを表明した。
- 2021年7月に経済産業省により「カーボンリサイクル技術ロードマップ」が改訂された。カーボンリサイクルに係る技術は、将来有望な選択肢の一つであり、そのイノベーションを加速化していくことが重要とされ、DACやCO<sub>2</sub>輸送等の取り組みも追加され、また、カーボンリサイクル製品(汎用品)の普及開始時期を2040年頃に前倒しすること等が示された。
- 2021年11月に「COP26」が開催され、低排出エネルギーシステムへの移行に向けての技術の開発・実装・普及及び政策の採用を加速させることとなった。また、パリ協定第6条に基づく市場メカニズムの実施指針が合意された。
- 2021年12月に経済産業省により、「グリーンイノベーション基金事業の基本方針」が策定され2050年カーボンニュートラルの実現に向け、NEDOに2兆円の基金を造成し、野心的な目標にコミットする企業等に対して、10年間、研究開発・実証から社会実装までを継続して支援することとなった。

## 国内の状況

2016年6月に官民協議会で策定した「次世代火力発電に係るロードマップ」においてはCO<sub>2</sub>排出量削減のため、2030年度以降を見据えた取り組みに係る技術に関する方針として、CO<sub>2</sub>有効利用技術は火力発電からのCO<sub>2</sub>排出を再利用することで、実質的なCO<sub>2</sub>排出量をゼロに近づける切り札となり得るもののひとつとされており、長期的な視点で戦略的に技術開発を進めることが適当とされている。

また、2019年6月に経済産業省が策定した「カーボンリサイクル技術ロードマップ」においては、CO<sub>2</sub>排出量削減の鍵となる取り組みとして、省エネルギー、再生可能エネルギー、CCS、カーボンリサイクルが挙げられており。このうち、CO<sub>2</sub>を資源として捉えて利用するカーボンリサイクルについては、そのイノベーションを加速化していくことが重要とされている。

我が国のCO<sub>2</sub>大規模排出源としては、火力発電のほか、鉄鋼業における製鉄プロセス(高炉法)が挙げられ、これら大規模排出源からのCO<sub>2</sub>を削減すべく、CCSとともにカーボンリサイクル技術の開発を実施している。

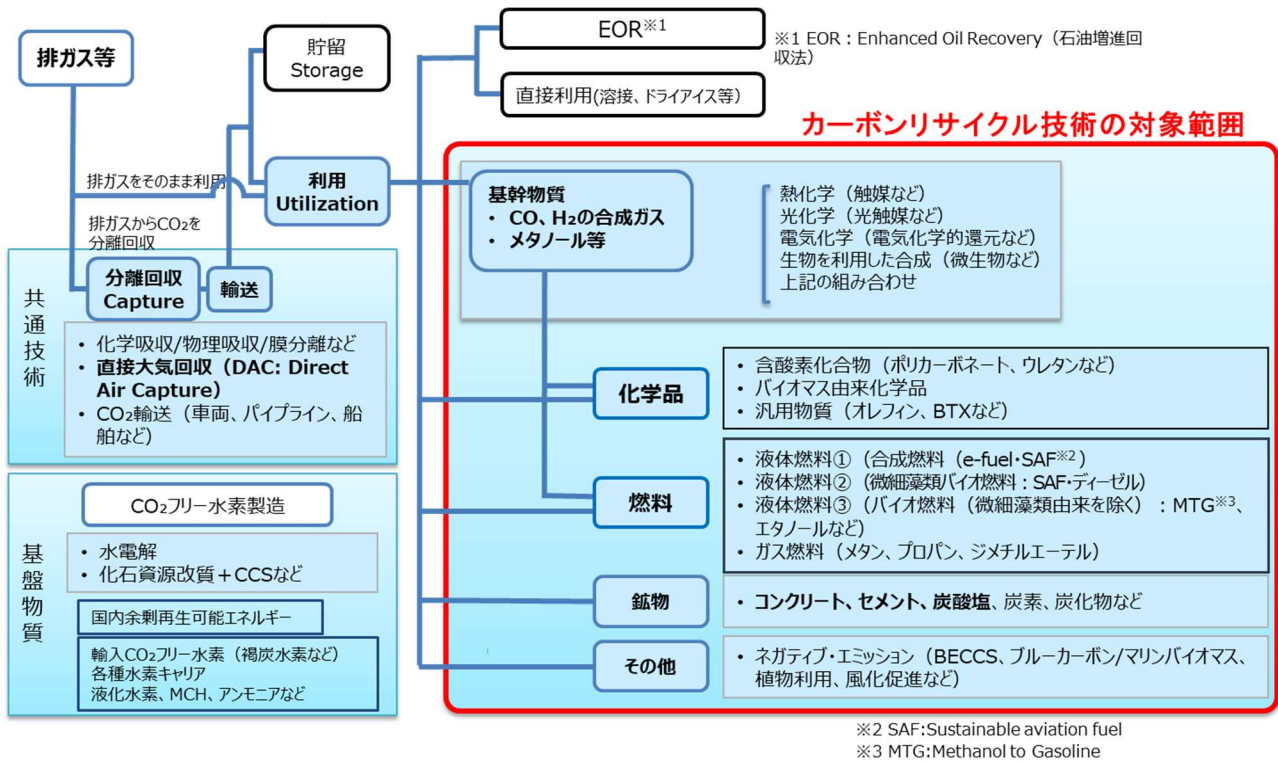


図 1.1-3 カーボンリサイクル技術ロードマップ

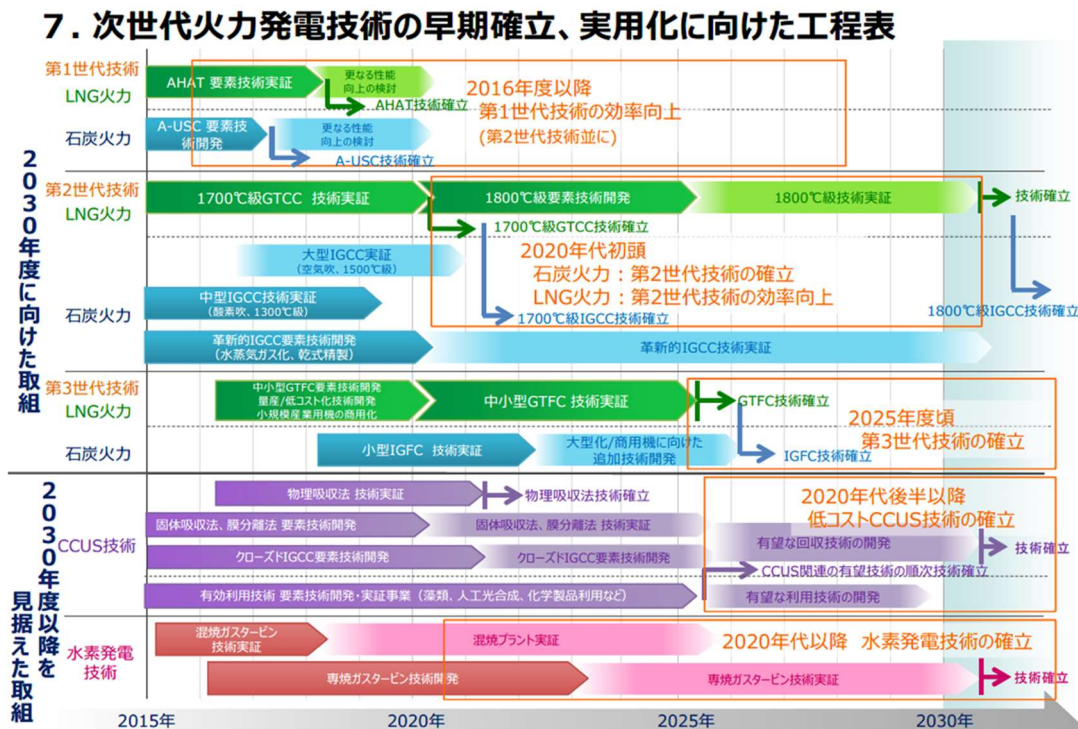


図 1.1-4 カーボンリサイクル技術の実用化工程表

出典：経済産業省 次世代火力発電の早期実現に向けた協議会「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」

## 世界の取り組み状況

2015年にパリで開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)において採択された「パリ協定」が発効され、世界的に一層のCO<sub>2</sub>の排出削減が必要とされている。このような流れの中、既に米国等ではCCS無しでは石炭火力発電所の新設が事実上不可能なレベルの規制を設けるなど、CO<sub>2</sub>排出に対する規制強化の動きがある。また、引き続き開催されたCOP26においては我が国から提案している2国間取引制度に関する議論が進んでおり、制度整備が整いつつあるなど、本格的な導入に向けた準備が進んでいる。

これらに対し、化学品、燃料、鉱物(セメント・コンクリート)では一部で商用化が進みつつある。また、国内外では多様な製品・技術を対象とした開発・実証が活発化しており、早期の商品化と市場構築に向け競争状態となっている。ここではコスト低減と用途拡大が課題となっている。

国内では、化学、セメント、エネルギー、エンジニアリング等多様な分野の企業が参画しており、得意分野を補完した体制の構築が測られている。また欧州・米国でも、国家プロジェクトやスタートアップによる開発・実証が活発化している。

### 化学品

| 国 | 企業・組織名                             | 製品・生成物            | 開発段階         |
|---|------------------------------------|-------------------|--------------|
| 日 | 旭化成                                | ポリカーボネート          | 商用化          |
| 米 | Newlight Technologies<br>(スタートアップ) | ポリマー<br>(生体触媒を活用) | 商用化          |
| 日 | 日本製鉄<br>千代田化工                      | パラキシレン            | 基礎<br>(NEDO) |
| 日 | 東工大                                | アクリル酸             | 基礎<br>(JST)  |
| 日 | 東ソー・産総研                            | ウレタン原料            | 基礎<br>(NEDO) |
| 独 | BASF (化学メーカー)                      | アクリル酸             | 基礎           |
| 日 | 三菱ケミカル・東大等<br>(人工光合成プロジェクト)        | メタノール/オレフィン       | 基礎<br>(NEDO) |

図 1.1-5 国内外の主なプロジェクト①

### 燃料

| 国 | 企業・組織名                 | 製品・生成物           | 開発段階         |
|---|------------------------|------------------|--------------|
| 米 | Lanzatech<br>(スタートアップ) | エタノール            | 実証           |
| 米 | Opus12<br>(スタートアップ)    | メタン、エタン、エタノール    | 実証           |
| 日 | INPEX<br>日立造船          | メタン              | 実証<br>(NEDO) |
| 日 | ユーグレナ                  | ジェット燃料(微細燃料)     | 実証           |
| 独 | Audi (自動車メーカー)         | メタン、合成燃料(e-fuel) | 実証           |
| 日 | IHI                    | ジェット燃料(微細藻類)     | 基礎<br>(NEDO) |
| 日 | JPEC、成蹊大他              | 合成燃料(e-fuel)     | 基礎<br>(NEDO) |

### 鉱物

| 国 | 企業・組織名                          | 製品・生成物                   | 開発段階                   |
|---|---------------------------------|--------------------------|------------------------|
| 日 | 中国電力、鹿島建設 等                     | CO <sub>2</sub> 吸収コンクリート | 商用化                    |
| 英 | O.C.O Technology<br>(スタートアップ)   | 軽量骨材                     | 商用化                    |
| 米 | Solidia Technology<br>(スタートアップ) | CO <sub>2</sub> 吸収コンクリート | 商用化                    |
| 米 | Blue Planet<br>(スタートアップ)        | 軽量骨材                     | 商用化                    |
| 加 | Carbon Cure<br>(スタートアップ)        | セメント原料                   | 商用化                    |
| 日 | 宇部興産、日揮、出光、<br>東北大学             | セメント原料                   | 実証<br>(NEDO)           |
| 日 | 太平洋セメント、東京大学、<br>早稲田大学          | セメント原料                   | 基礎～実証<br>(NEDO)        |
| 仏 | LafargeHolcim 等<br>(セメントメーカー)   | セメント原料                   | 基礎～実証<br>(FastCarb PJ) |

図 1.1-6 国内外の主なプロジェクト②

## 1.2 NEDO が関与する必要性・制度への適合性

### 1.2.1 NEDO が関与することの意義

世界的に CO<sub>2</sub> 排出削減に関する取り組みが加速している状況において、第 5 次エネルギー基本計画（2018 年 7 月）、パリ協定に基づく長期戦略としての成長戦略（2019 年 7 月）でも温室効果ガス削減技術として、CCS・CCU／カーボンリサイクル技術は重要な技術として位置付けられている。

CCU／カーボンリサイクル技術としての CO<sub>2</sub> 排出削減・有効利用の実用化、および共通基盤技術の開発は、下記の 3 点の観点から NEDO が関与し、NEDO がもつこれまでの知識、実績を活かして推進すべき事業としている。

- 社会的必要性: 大、国家的課題(気候変動対策)に貢献する技術
- 研究開発の難易度: 高、実用化に至るまでのリードタイムが長い
- 投資規模: 大＝開発リスク: 大

また CO<sub>2</sub> 排出源や製品の用途等が異なる様々なテーマについて、あるいは、様々な用途に適用される共通基盤技術開発について、NEDO は、産学官の技術力・研究力を最適に組み合わせることで研究開発を推進でき、他の調査事業とも連携させ、カーボンリサイクル技術の社会実装に至るまで、一貫した総合的なマネジメントを行うことが可能である。

これに関し、温室効果ガス排出量の大部分を占める CO<sub>2</sub> について、排出削減、貯蔵・固定化、再利用を全て考慮する炭素循環という観点から、社会システム全体で持続可能な社会を目指すことが重要である。

そこで、NEDO では、気候変動問題の解決に向けた技術開発の在り方や目指すべき方向性などをまとめた「持続可能な社会の実現に向けた技術開発総合指針 2020(NEDO 総合指針)」を策定した。

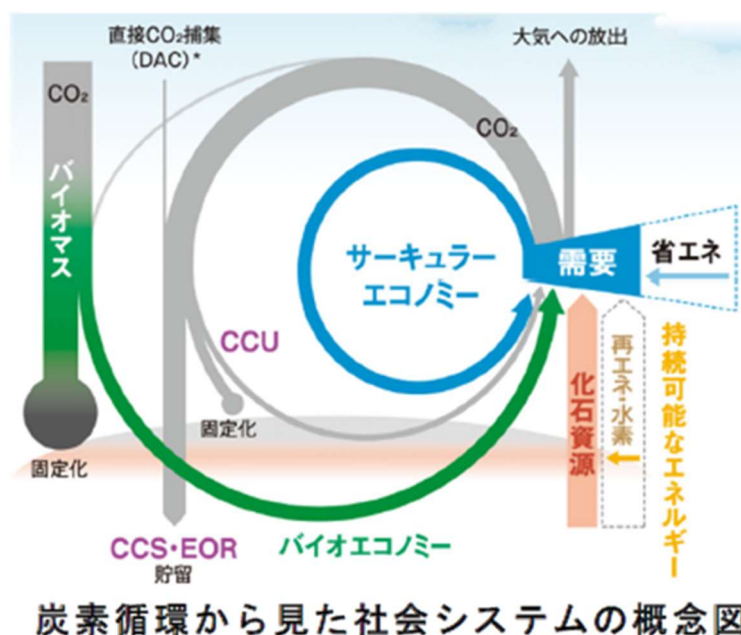


図 1.2.1-1 持続可能な社会の実現に向けた技術開発総合指針 2020(2020 年 2 月)



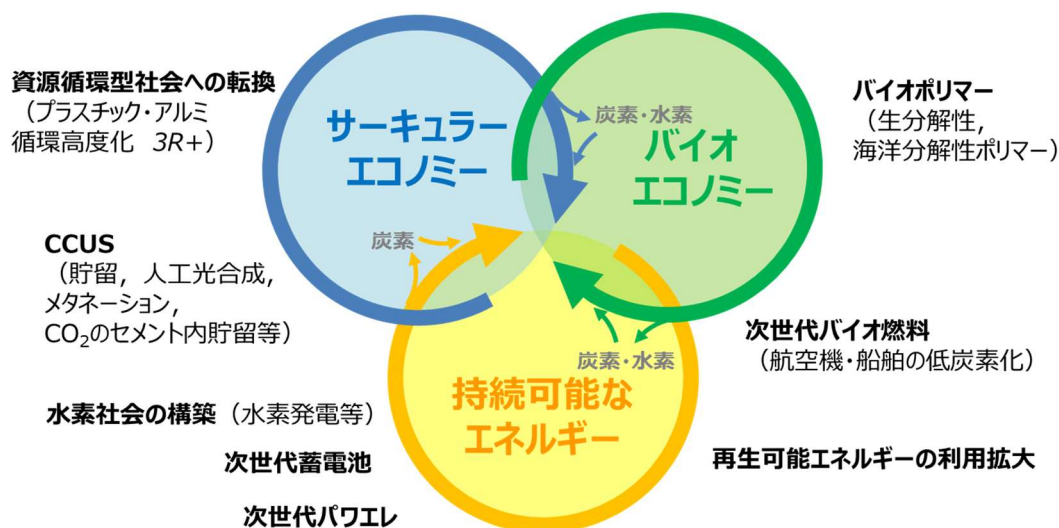


図 1.2.1-2 持続可能な社会の実現に向けた技術開発総合指針 2020(2020年2月)

### 1.2.2 実施の効果（費用対効果）

本事業で対象としているカーボンリサイクル技術を部分的に2030年ごろより適用開始し、2040年頃より本格適用を想定した場合、2050年度で約7300億円/年に達すると試算されている。

|     |                                   |
|-----|-----------------------------------|
| 化学品 | 約70億円/年(2030予測)、約1800億円/年(2050予測) |
| 鉱物  | 約0億円/年(2030予測)、約5500億円/年(2050予測)  |

また、本プロジェクトの実施によるCO<sub>2</sub>削減への寄与は、2050年では約1270万トン-CO<sub>2</sub>/年を予測しており、大きな削減効果が期待できる。

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| 化学品 | 約480トン/年(2030予測)、約870万トン/年(2050予測) |
| 鉱物  | 約0トン/年(2030予測)、約400万トン/年(2050予測)   |

## 2. 研究開発マネジメント

### 2.1 事業の目標

本事業の中間目標及び最終目標は以下の通りである。

#### ●中間目標(2022年度)

複数の企業や大学等が要素技術開発および実証試験等を行うための拠点化に向けた検討および整備を行う。また、CO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発を行い、実現可能性を検討し、拠点候補地で行うべき事業を選定する。

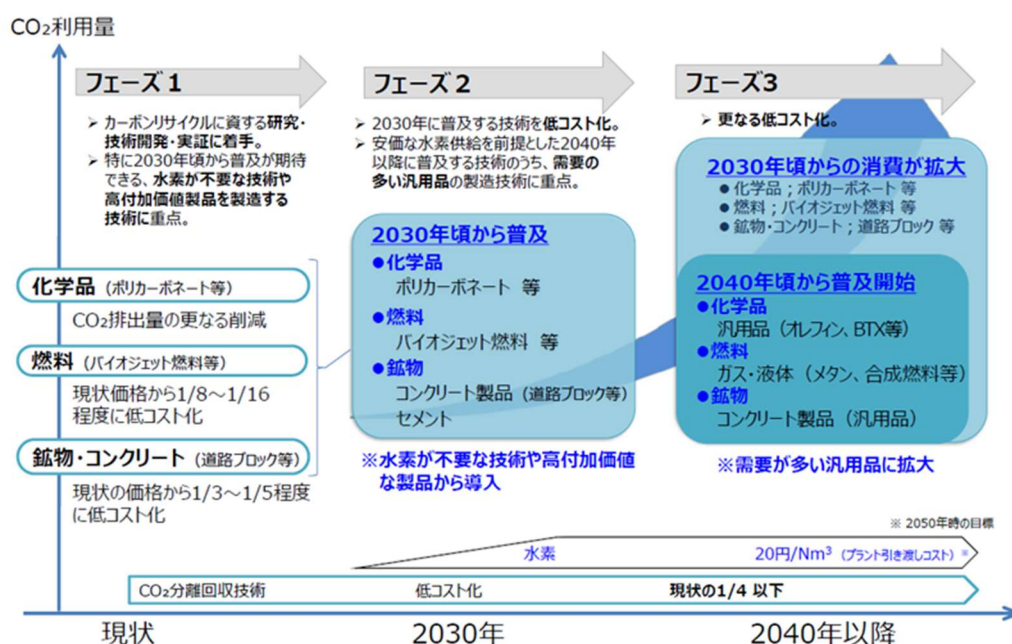
#### ●中間目標(2025年度)

当該拠点化に向けた追加整備を必要に応じて行う。また、CO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発や実証試験を行い、実施済の要素技術開発等についてCO<sub>2</sub>有効利用技術の経済性、CO<sub>2</sub>削減効果等を評価する。

#### ●最終目標(2026年度)

CO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発や実証試験を行い、2026年度まで実施した要素技術開発等についてCO<sub>2</sub>有効利用技術の経済性、CO<sub>2</sub>削減効果等を評価する。

この目標は下図に示す我が国のカーボンリサイクル技術ロードマップにおいて、フェーズ1の中で2030年度頃からの普及を目指して取り組まれるべき研究開発の促進に直接貢献するものであり、目標として妥当なものである。



出典:「カーボンリサイクル技術ロードマップ令和元年6月(令和3年7月改

訂)経済産業省 協力府省 内閣府 文部科学省 環境省」P2より

図 2.1-1 カーボンリサイクルを拡大していく絵姿

※赤字・赤枠が今回評価対象事業・期間

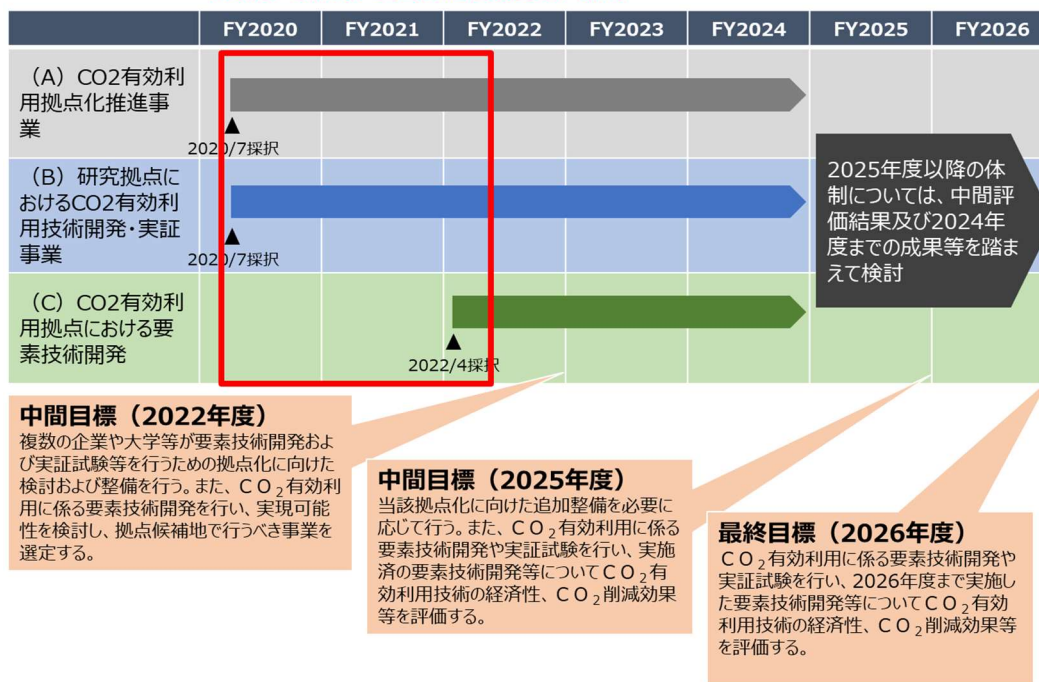


図 2.1-2 各研究開発項目の位置づけ

CO<sub>2</sub>排出削減による気候変動対策は世界的課題であり、特に火力発電等からのCO<sub>2</sub>排出量が多く、分離・回収したCO<sub>2</sub>を多様な炭素化合物の製品として有効利用する技術(カーボンリサイクル)によるCO<sub>2</sub>排出削減の必要性が高まっている。

そのためには新しい社会システムの創出を目指していく必要があるが、各国の産学官と連携しつつ世界全体を視野に入れたイノベーションを図ることも重要であり、その取り組みの一つとして実証研究拠点の整備を行う。CO<sub>2</sub>の分離回収が行われている場所における重点的なカーボンリサイクル技術開発と、その技術の早期の実用化に向けた検討を進める。まずは、既にCO<sub>2</sub>が得られる広島県大崎上島を企業や大学等による研究も行える実証研究の拠点として整備する。

そしてCO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発や実証試験を行い、実施済の要素技術開発等についてCO<sub>2</sub>有効利用技術の経済性、CO<sub>2</sub>削減効果等を評価する。さらに実用化を推進し、実証・商用化等を経て将来のカーボンリサイクル技術の社会実装につなげていく。

各研究開発項目毎の目標については、以下「2.2 研究開発の内容」に記載する。

## 2.2 事業の計画内容

実施中のテーマを以下に示す。

表 2.2-1 テーマリスト

| (A) CO <sub>2</sub> 有効利用拠点化推進事業                     | 契約先                 | 事業期間          |
|---|---------------------|---------------|
| (A-1) 大崎上島における研究拠点整備・設備保守                           | 大崎クールジェン            | '20.07~'25.02 |
| (A-2) 基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施                        | JCOAL               | '20.07~'25.02 |
| (B) 研究拠点におけるCO <sub>2</sub> 有効利用技術開発・実証事業           | 契約先                 | 事業期間          |
| (B-1) CO <sub>2</sub> 有効利用コンクリートの研究開発               | 中国電力、鹿島建設、三菱商事      | '20.07~'23.03 |
| (B-2) カーボンサイクルを志向した化成品選択合成技術の研究開発                   | 川崎重工、大阪大学           | '20.07~'25.02 |
| (B-3) Gas-to-Lipidsバイオプロセスの開発                       | 広島大学、中国電力           | '20.07~'24.02 |
| (C) CO <sub>2</sub> 有効利用拠点における要素技術開発                | 契約先                 | 事業期間          |
| (C-1) ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中CO <sub>2</sub> からの基幹物質製造 | 慶応大学、東京理科大学、JCOAL   | '22.04~'25.03 |
| (C-2) 大気圧プラズマを利用する新規CO <sub>2</sub> 分解・還元プロセスの研究開発  | 岐阜大学、川田工業           | '22.04~'25.03 |
| (C-3) CO <sub>2</sub> の高効率利用が可能な藻類バイオマス生産と利用技術の開発   | 日本製鉄                | '22.04~'25.03 |
| (C-4) CO <sub>2</sub> を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成            | 東北大学                | '22.04~'25.03 |
| (C-5) カーボンサイクルLPG製造技術とプロセスの研究開発                     | ENEOSグループ、日本製鉄、富山大学 | '22.04~'25.03 |
| (C-6) 微細藻類によるCO <sub>2</sub> 固定化と有用化学品生産に関する研究開発    | アルガルバイオ、関西電力        | '22.04~'25.03 |

### 2.2.1 研究開発の内容

#### 2.2.1.1 (A) CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業

##### 2.2.1.1.1 (A-1) 大崎上島における研究拠点整備・設備保守

###### 研究開発計画

大崎クールジェン(株)(以下、OCG という)は、広島県大崎上島の中国電力(株)大崎火力発電所構内において、NEDO「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」(以下、「OCG プロジェクト」という)を実施している。OCG プロジェクトは、第1段階として166MW級の酸素吹IGCC設備を設置し、2016年から2018年にかけて実証試験を実施した。また、第2段階として、IGCC設備にCO<sub>2</sub>分離・回収設備を組合せ、石炭ガス化炉で発生した石炭ガス化ガスからCO<sub>2</sub>を分離・回収する「CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証」を2019年度から2022年度にかけて実施している。さらに、第3段階としてCO<sub>2</sub>分離回収設備の後段に燃料電池設備を設置し、2022年に「CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証」を実施している。

本事業においては、OCGプロジェクト第3段階の工事期間に並行して研究開発拠点化の整備に伴う既設改造を含む一連の整備工事を実施するとともに、CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCから発生するCO<sub>2</sub>を安定的に供給し、カーボンリサイクル研究開発を行う事業者(以下、「CR事業者」という)が実施するCO<sub>2</sub>有効利用技術の確立、実用化に協力する。

###### 実施項目①「CO<sub>2</sub>有効利用拠点化整備」

中国電力(株)大崎発電所構内において、CO<sub>2</sub>有効利用技術の確立、実用化に向けた研究開発・実証事業を行うためのカーボンリサイクル実証研究拠点(以下、「CR事業エリア」という)を新たに設置し、研究を行う事業者の要求に対し最適となるよう、土地の整地およびユーティリティの整備等を実施する。また、整備した拠点のユーティリティ等がCR事業者にとって適正か検証する。具体的

には、各 CR 事業者が要求する研究用地およびユーティリティ(CO<sub>2</sub>、所内用水等)供給設備の最適化検討を行うとともに、CR 事業エリアにおいて整地工事、上水・排水設備工事、海水取水設備工事、CO<sub>2</sub>供給設備工事(CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹 IGCC からの CO<sub>2</sub>供給配管やプラント停止時の CO<sub>2</sub>バックアップ供給設備)、その他必要な工事を実施する。(2020-2022 年度)

#### 実施項目②「CO<sub>2</sub>有効利用技術研究拠点のユーティリティ設備保守」

整備した研究拠点において CR 事業者に対し、CO<sub>2</sub>分離・回収設備で回収した CO<sub>2</sub>を供給するとともに、発電所設備から用水等のユーティリティを事業者の要求に応じて適正に供給するための運用・管理を行う。また、整備したユーティリティ供給設備に係る保守・管理を実施する。更に、ユーティリティ供給や保守・管理が CR 事業者にとって適正か検証する。また、「基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施」の事業者に対し、安全管理などプラント運営に必要な情報を共有する。(2022 年度)

表 2.2.1.1.1-1 に研究拠点化整備に必要な NEDO 当初要求仕様の要約を示す。なお、仕様については整備した拠点で実施する研究開発内容に応じて適時見直しを行う。

表 2.2.1.1.1-1 NEDO 当初要求仕様要約

| 項目  | 仕様   |
|---|--|
| ①整地工事   | CR 事業エリア面積 12,500m <sup>2</sup> 、舗装無し(一部舗装)、雨水用側溝含む(2エリア分:約 10,000m <sup>2</sup> 、2,500m <sup>2</sup> )  |
| ②CO <sub>2</sub> 供給設備<br>(IGCC 運転時)           | CO <sub>2</sub> 供給量: 20t/d (CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹 IGCC からの CO <sub>2</sub> 供給)<br>配管工事(大崎クールジェン設備より拠点エリアまで)<br>バッファタンク(元圧<1MPa)、昇圧ポンプ等 CO <sub>2</sub> 搬送に必要な機器一式<br>CO <sub>2</sub> 供給ステーション(50Nm <sup>3</sup> /h×20ヶ所)<br>※IGCC が緊急停止の場合も基礎研究や先導研究に支障を来さないように対策を講じる。 |
| ③CO <sub>2</sub> バックアップ<br>供給設備<br>(IGCC 停止時) | CO <sub>2</sub> 供給量: 20t/d<br>液化炭酸受払い設備:液化炭酸タンク、気化器、蒸発器等 CO <sub>2</sub> 搬送に必要な機器一式<br>バッファタンクまでの配管繋ぎ込み<br>※CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹 IGCC 停止時に基礎研究や先導研究に CO <sub>2</sub> を供給する設備  |
| ④用水工事   | 使用量 200t/d   |
| ⑤排水工事   | 排水量 200t/d 共同溝を設置(海域排出)<br>生活排水処理設備:50 人分<br>共用トイレを含む生活排水設備(浄化槽)   |
| ⑥海水取得工事                                       | 取得量 50t/d  |
| ⑦その他  | 必要な設備  |

表 2.2.1.1.1-2 に OCG プロジェクト及び CR 拠点化整備・保守の概略工程を示すと共に、図 2.2.1.1.1-1 に CO<sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹 IGCC からの CO<sub>2</sub> 取り出し箇所、図 2.2.1.1.1-2 にカーボンリサイクル(CR)拠点エリアを示す。

表 2.2.1.1.1-2 OCG プロジェクト及び CR 拠点化整備・保守の概略工程

| 年度                          | 2012                                 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017     | 2018 | 2019 | 2020  | 2021 | 2022     |      |
|-----------------------------|--------------------------------------|------|------|------|------|----------|------|------|-------|------|----------|------|
| 石炭ガス化<br>酸素吹IGCC<br>実証事業    | 第1段階<br>酸素吹IGCC実証                    |      |      |      |      | 設計・製作・据付 |      | 実証試験 |       |      |          |      |
|                             | 第2段階<br>CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGCC実証 |      |      |      |      | 設計・製作・据付 |      | 実証試験 | 製作・据付 | 実証試験 |          |      |
|                             | 第3段階<br>CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGCC実証 |      |      |      |      | 設計・製作・据付 |      | 実証試験 |       |      |          |      |
| CO <sub>2</sub> 有効利用拠点化推進事業 |                                      |      |      |      |      |          |      |      |       |      | 設計・製作・据付 | 実証試験 |

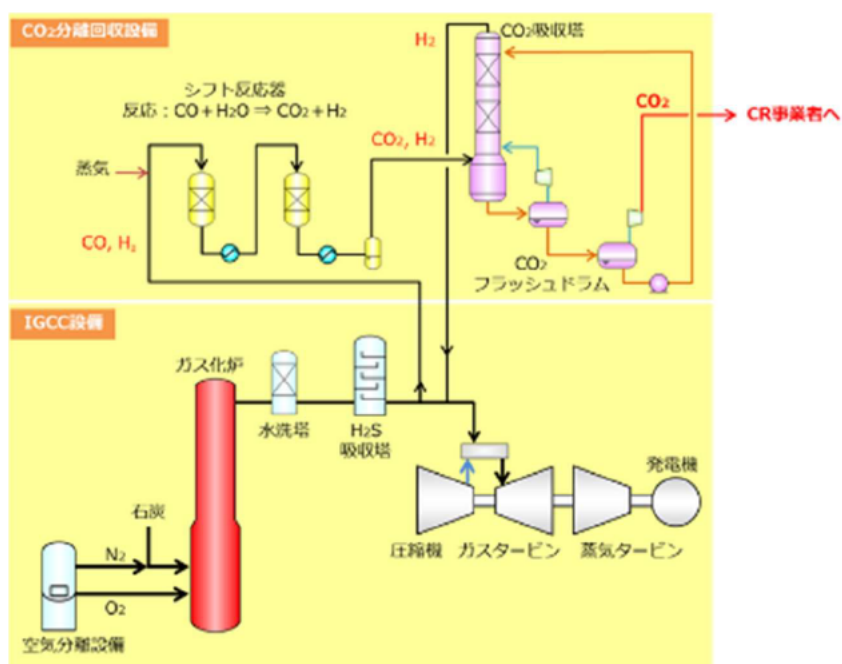


図 2.2.1.1.1-1 CR 研究拠点整備への CO<sub>2</sub> 取り出し箇所

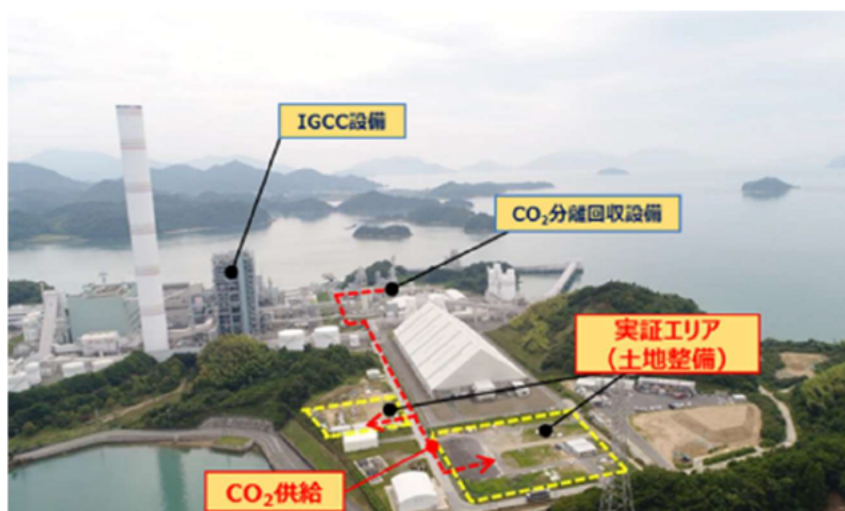


図 2.2.1.1.1-2 CR 事業エリア

**資産配分**

本事業は、NEDO 委託事業として 2020 年度から開始しており、2022 年度までの期間を予定している。2020 年度から実証試験設備の設計および建設を行い、2022 年度 6 月から CO<sub>2</sub> 供給を開始する予定である。工程及び事業費の年度展開を表 2.2.1.1.1-3 に示す。

表 2.2.1.1.1-3 実証事業の工程および事業費計画

|  |     | 2020年度     |           |           |           | 2021年度        |           |           |           | 2022年度      |           |           |           | 合計            |
|--|-----|------------|-----------|-----------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|---------------|
|  |     | 第1<br>四半期  | 第2<br>四半期 | 第3<br>四半期 | 第4<br>四半期 | 第1<br>四半期     | 第2<br>四半期 | 第3<br>四半期 | 第4<br>四半期 | 第1<br>四半期   | 第2<br>四半期 | 第3<br>四半期 | 第4<br>四半期 |               |
| 計画   | 事業費 | 10,802,000 |           |           |           | 1,441,957,000 |           |           |           | 210,661,000 |           |           |           | 1,663,420,000 |
|  | 委託費 | 10,802,000 |           |           |           | 1,441,957,000 |           |           |           | 210,661,000 |           |           |           | 1,663,420,000 |
| 現状   | 事業費 | 10,802,000 |           |           |           | 1,441,957,000 |           |           |           | 210,661,000 |           |           |           | 1,663,420,000 |
|  | 委託費 | 10,802,000 |           |           |           | 1,441,957,000 |           |           |           | 210,661,000 |           |           |           | 1,663,420,000 |
| <b>実施項目①</b><br>CO <sub>2</sub> 有効利用拠点化整備              |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| ①-1 整地工事   |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| ①-2 CO <sub>2</sub> 供給設備                               |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| ①-3 CO <sub>2</sub> バックアップ供給設備                         |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| ①-4 用水工事   |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| ①-5 排水工事   |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| (i) 排水設備   |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| (ii) 生活排水設備  |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| ①-6 海水取水設備   |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| ①-7 その他工事  |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| ①-8 拠点整備の検証  |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| <b>実施項目②</b><br>CO <sub>2</sub> 有効利用技術研究拠点のユーティリティ設備保守 |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| ②-1 ユーティリティ設備運用・管理・保守                                  |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |
| ②-2 ユーティリティ設備運用・管理の適正検証                                |     |            |           |           |           |               |           |           |           |             |           |           |           |               |

赤枠部: 計画値

## 2.2.1.1.2 (A-2) 基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施

### 研究開発の内容

本事業では、一般財団法人石炭フロンティア機構(以下、JCOAL と記載する)が、CO<sub>2</sub> 有効利用技術の研究拠点化において、基礎研究・先導研究用プレハブ(以下、研究用プレハブと記載する)を最適化検討を行った上で整備する(2020-2022 年度)。さらに、研究拠点整備後に実施される研究開発に対し、共用エリア管理、事業者間調整、対外活動、関連調査、研究成果のとりまとめなどの研究支援を実施するため、研究支援方法の最適化検討を行う(2020-2022 年度)。なお、大崎クールジェン(株)(以下、OCG と記載する)は、本事業と並行して、研究拠点化において、ユーティリティの最適化検討、レイアウト検討、設計、土地整備(道路含む)、土木、製作(ユーティリティ供給設備含む)、建設工事、および試運転(2020-2021 年度)、並びに、拠点整備後に実施される研究開発に対してユーティリティ(CO<sub>2</sub>、上水等)の供給、整備した設備の運用、管理、および保守を行う(2022 年度)ことになっており、連携して実施する。図 2.2.1.1.2-1 に事業全体の構造を示す。

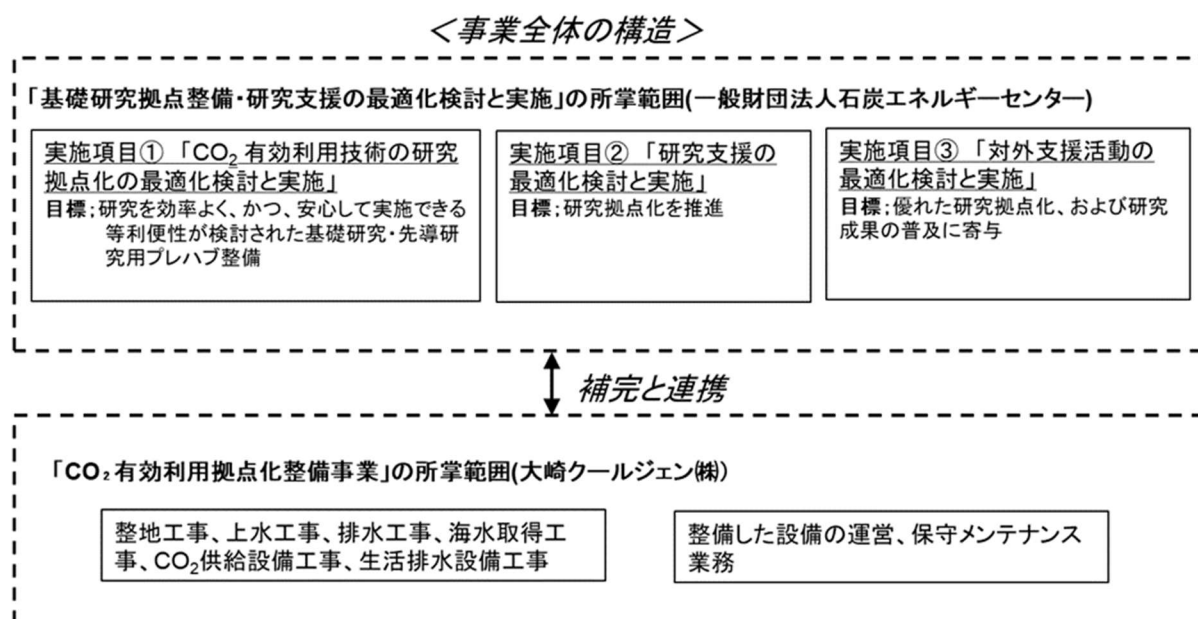


図 2.2.1.1.2-1 事業全体の構造

本事業では 3 つの研究開発を計画しており、各項目の概要は以下の通りである。表 2.2.1.1.2-1 には事業の予算を、表 2.2.1.1.2-2 には実施スケジュールを示す。

さらに、採択条件である、「基礎拠点整備の実施において、施工・安全・防災・環境などの専門家を含めるよう体制を整備し、管理計画を策定すること。」に対応して体制を強化して実施する。また、安全管理などプラント運営に必要な情報について、CO<sub>2</sub> 有効利用拠点整備事業者である OCG と共有し、適時指導を仰ぐ。また、これらの管理計画を策定して実行するとともに、研究拠点利用マニュアルに反映させていく。

表 2.2.1.1.2-1 事業予算

|              | 2020 年度 | 2021 年度 | 2022 年度 | 2023 年度 | 2024 年度 | 合計  |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| 事業費<br>(百万円) | 15      | 332     | 256     |         |         | 603 |

### 実施項目① 「CO<sub>2</sub> 有効利用技術の研究拠点化の最適化検討と実施」

CO<sub>2</sub> が得られる広島県大崎上島の中国電力(株)大崎発電所敷地内に、複数の企業や大学等が基礎研究・先導研究、および実証研究を効率よく、かつ、施工・安全・防災・環境等の専門家を含めた体制が整備



された、研究プレハブ設置を中心にカーボンリサイクル技術開発を重点的に行うために必要な拠点整備を、CO<sub>2</sub>有効利用拠点整備事業者である大崎クールジェン(OCG)と連携して行う。

#### 実施項目②「研究支援の最適化検討と実施」

研究拠点の整備後、研究者支援の運営業務を行い、基礎研究・先導研究、および実証研究活動の総合的な評価向上に貢献することで、研究拠点化を推進していく。そのため、主にソフト面の最適化研究開発を行っていく。そこで、研究拠点整備後に基礎研究・先導研究、あるいは実証研究を実施する研究拠点利用者に対し、共用エリア管理、実施者間調整(IGCC 停止時の CO<sub>2</sub> 調達含む)などの研究支援について最適化検討を行った上で実施する。また、研究拠点利用者向けに施工・安全・防災・環境などの管理体制を、CO<sub>2</sub>有効拠点整備事業者である大崎クールジェン(OCG)と連携して整備するとともに、管理計画を含む利用マニュアルを整備する。

#### 実施項目③「対外支援活動の最適化検討と実施」

本事業で国内に整備した研究拠点の研究支援を行ったり、研究成果等を周知したり、必要な調査活動を行うことで、より優れた研究拠点化、および研究成果の普及に寄与していく。対外活動支援では研究支援に必要な関係機関との調整、広報、および NEDO が企画するイベント等を支援する。また、研究拠点推進に必要な調査を実施する。更に、研究開発の成果を集約し、成果報告会を開催するなど、研究成果の普及活動を行う。なお、広報活動や成果のとりまとめ等は研究拠点利用者と連携して実施する。

表 2.2.1.1.2-2 実施スケジュール

| 事業項目  | 2020 年度 |      |       |      | 2021 年度 |      |       |      | 2022 年度 |      |       |      |
|---|---------|------|-------|------|---------|------|-------|------|---------|------|-------|------|
|   | I 期     | II 期 | III 期 | IV 期 | I 期     | II 期 | III 期 | IV 期 | I 期     | II 期 | III 期 | IV 期 |
| <b>実施項目①「CO<sub>2</sub> 有効利用技術の研究拠点化の最適化検討と実施」</b><br>(1) 研究拠点エリア全体の基礎検討実施<br>(2) 研究用プレハブ仕様と工事計画策定<br>(3) 研究用プレハブの建設と保守メンテ                  |         |      |       |      |         |      |       |      |         |      |       |      |
| <b>実施項目②「研究支援の最適化検討と実施」</b><br>(1) 現地駐在<br>(2) 研究者支援<br>(3) 共用エリアの管理<br>(4) 研究拠点利用者間の調整・液体 CO <sub>2</sub> 調達<br>(5) 利用マニュアルの整備・充実          |         |      |       |      |         |      |       |      |         |      |       |      |
| <b>実施項目③「対外支援活動の最適化検討と実施」</b><br>(1) 最適化検討・効率的実施方法開発<br>(2) 対外支援活動(広報活動)<br>・研究成果の受発信<br>・NEDO が企画するイベント等への協力<br>・WEB サイトの整備<br>・パネル、動画等の作成 |         |      |       |      |         |      |       |      |         |      |       |      |

表 2.2.1.1.2-2 実施スケジュール

| 事業項目  | 2023 年度 |      |       |      | 2024 年度 |      |       |      |
|---|---------|------|-------|------|---------|------|-------|------|
|   | I 期     | II 期 | III 期 | IV 期 | I 期     | II 期 | III 期 | IV 期 |
| <b>実施項目①「CO<sub>2</sub> 有効利用技術の研究拠点化の最適化検討と実施」</b><br>(1) 研究拠点エリア全体の基礎検討実施<br>(2) 研究用プレハブ仕様と工事計画策定<br>(3) 研究用プレハブの建設と保守メンテ                  |         |      |       |      |         |      |       |      |
| <b>実施項目②「研究支援の最適化検討と実施」</b><br>(1) 現地駐在<br>(2) 研究者支援<br>(3) 共用エリアの管理<br>(4) 研究拠点利用者間の調整・液体 CO <sub>2</sub> 調達<br>(5) 利用マニュアルの整備・充実          |         |      |       |      |         |      |       |      |
| <b>実施項目③「対外支援活動の最適化検討と実施」</b><br>(1) 最適化検討・効率的実施方法開発<br>(2) 対外支援活動(広報活動)<br>・研究成果の受発信<br>・NEDO が企画するイベント等への協力<br>・WEB サイトの整備<br>・パネル、動画等の作成 |         |      |       |      |         |      |       |      |

## 2.2.1.2 (B) 研究拠点における CO<sub>2</sub> 有効利用技術開発・実証事業

### 2.2.1.2.1 (B-1) CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートの研究開発

#### 研究開発の内容

実施内容は、大別すると、①CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートの用途拡大のための技術開発、②普及拡大時に想定される技術課題への取組、③事業性評価の3つである。

表 2.2.1.2.1-1 研究項目と実施内容

| 研究項目                                     | 実施内容  |
|--|---|
| ①CO <sub>2</sub> 有効利用コンクリートの用途拡大のための技術開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>現場打設コンクリートの炭酸化技術の開発</li> <li>鉄筋コンクリートに適用した場合の品質確保技術開発</li> <li>大崎研究拠点における屋外大型試験</li> </ul>                       |
| ②普及拡大時に想定される技術課題への取組                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub> 吸収材料の性能調査および供給量調査</li> <li>様々な排出源からの CO<sub>2</sub> ガスの適用性評価</li> </ul>                           |
| ③事業性評価                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートの事業性評価</li> <li>CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートの普及シナリオ作成</li> <li>その他市場調査、国等の制度調査等</li> </ul> |

研究開発スケジュールは図 2.2.1.2.1-1 のとおり計画しており、年度予算の推移は、2020 年度 182 百万円、2021 年度 200 百万円、2022 年度 244 百万円の総額 626 百万円である。



図 2.2.1.2.1-1 研究開発スケジュール

### 2.2.1.2.2 (B-2) カーボンリサイクルを志向した化成品選択合成技術の研究開発

#### 研究開発の内容

##### ・メタノール合成

CO<sub>2</sub> の水素化によるメタノール合成触媒の開発は、1990 年から 1999 年の間に地球環境産業技術研究所(以後 RITE と略す)にて実施された。CO<sub>2</sub> の水素化によるメタノール合成反応(CO<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub> → CH<sub>3</sub>OH + H<sub>2</sub>O)において生成する副生水が触媒の劣化を加速する為、触媒の耐水制御、触媒の粉化抑制による長寿命化が必要である。RITE にて実施された研究開発により、合成ガスからのメタノール合成触媒である Cu-ZnO 系に ZrO<sub>2</sub> を添加する事により高活性、長寿命の触媒の開発に成功した。2008 年には、三井化学が同社大阪工場にて Cu-ZnO-ZrO<sub>2</sub> 系触媒を用いて社内検証を行い、メタノール合成に関し基礎技術を保有している。

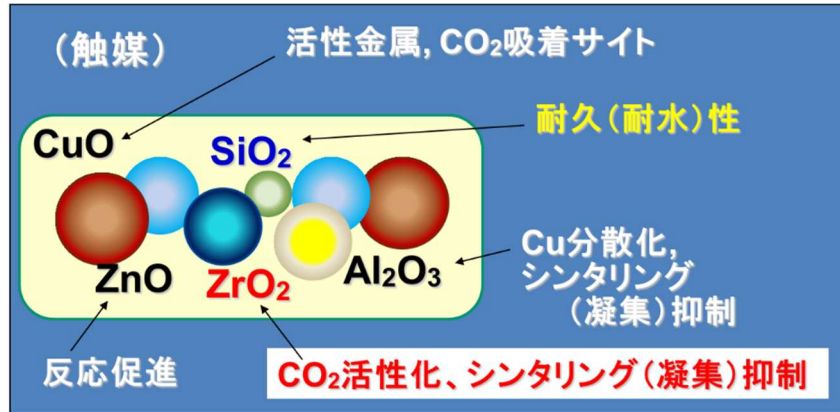


図 2.2.1.2.2-1 メタノール合成触媒の構成と特徴

上記検証の結果、触媒の実用化を目指す為には触媒の低コスト化が必要であることが判明している。

本検討では、保有しているメタノール合成触媒技術を基に、触媒組成の最適化により、高価な  $ZrO_2$  使用量を低減することで、課題である触媒コストの低減を図る。

#### ・パラキシレン合成

かねてよりパラキシレンを合成する触媒に関する研究は行われており、パラキシレンの分子径と同程度の細孔径を持つゼオライト(ZSM-5)触媒を用いることが検討されていた。ゼオライト触媒を用いることによりパラキシレンを平衡組成よりも高選択率で合成することはできるものの、触媒表面で異性化が起きてしまい十分なパラ選択性を得られていなかった。そこで、大阪大学は、パラキシレンを選択的に合成できる触媒として、コアシェルゼオライトを提案している。コアシェルゼオライト触媒は、芳香族化反応が起きるコア部のゼオライト(ZSM-5)を、同じ構造を持つが活性点を持たないゼオライト(シリカライト-1)で被覆することにより、ゼオライトの持つ構造選択性を最大限発揮させることで、選択的にパラキシレンを合成することが可能である。パラキシレンの選択合成が可能となれば、複雑な分離・精製プロセスの負荷を省略できるため、カーボンリサイクル技術の実用化に向け、大きく前進することが出来る。

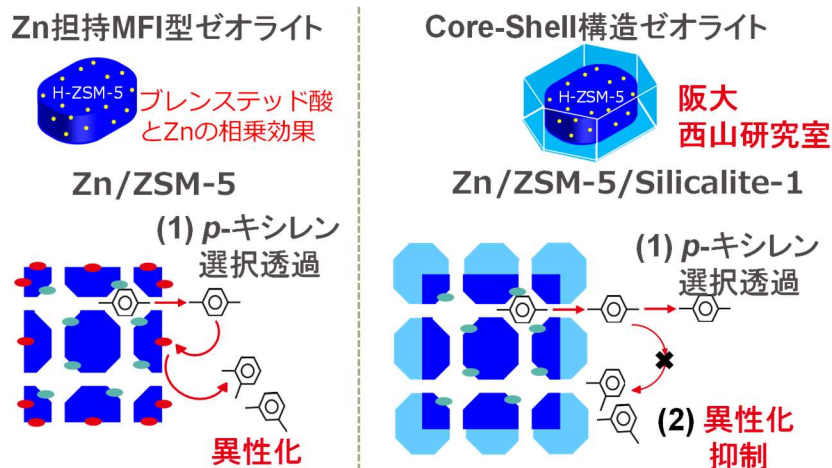


図 2.2.1.2.2-2 コアシェルゼオライト触媒とパラキシレン合成反応機構

また、統合プロセス検討の一環として、水素製造の低コスト化についても調査(基礎研究)を実施する。以下に調査(基礎研究)を実施する技術の特徴を記載する。

・水素製造

メタノール合成のための低コストな水素製造の調査として、水電解と光触媒を融合させた Hybrid 水電解システムについての基礎研究を実施する。Hybrid 水電解システムは金属イオンのレドックス媒体を用い、光触媒による酸素の生成／レドックス金属イオンの還元と、電解槽での水素の生成／レドックス金属イオンの酸化の、二段階の反応を組み合わせ水電解する方法である。

光触媒や水の電気分解による水素製造と比較し以下の特徴を有しており、製造コストを大きく低減できる可能性がある技術である。

・酸素は電解槽ではなく光触媒反応槽で生成し、水素は電解槽のカソードで生成するため、爆鳴気が発生せず安全性が高く、水素の補修が非常に単純。

・光触媒に貴金属が不要。

・太陽エネルギーは金属イオンのレドックス媒体の還元体の水溶液中に一旦蓄えられることにより、電解水溶液の電解時に印加する電解電圧の低電圧化による低消費電力化が可能である。更に、太陽エネルギーを数日から数ヶ月単位で蓄積できるので水素需要供給や電力余剰状況に合わせてタイムシフト調整が可能。

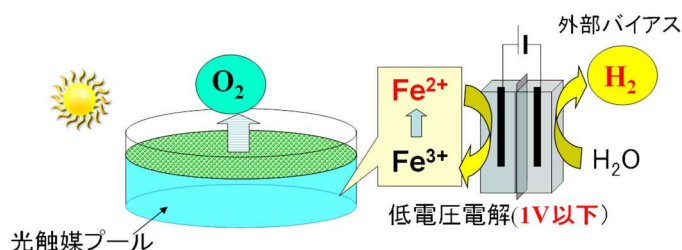


図 2.2.1.2.2-3 水電解と光触媒を融合させた Hybrid 水電解システムの概略図

なお、表 2.2.1.2.2-1 に年度毎の予算を示す。2022 年度の予算が大きいのは、メタノールベンチ試験装置を据付ける予定のためである。

表 2.2.1.2.2-1 年度毎の予算(単位:百万円)

| 2020 年度 | 2021 年度 | 2022 年度 | 合計    |
|---------|---------|---------|-------|
| 195     | 299     | 1,145   | 1,639 |

また、2020 年度から 2022 年度の実施計画を表 2.2.1.2.2-2 に示す。

表 2.2.1.2.2-2 実施計画

| 研究開発項目  | 2020 年度       |               |               |               | 2021 年度       |               |               |               | 2022 年度       |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|   | 第1<br>四半<br>期 | 第2<br>四半<br>期 | 第3<br>四半<br>期 | 第4<br>四半<br>期 | 第1<br>四半<br>期 | 第2<br>四半<br>期 | 第3<br>四半<br>期 | 第4<br>四半<br>期 | 第1<br>四半<br>期 | 第2<br>四半<br>期 | 第3<br>四半<br>期 | 第4<br>四半<br>期 |
| <p>① CO<sub>2</sub> からのメタノール合成プロセスの開発</p> <p>①-1 メタノール合成触媒の性能向上 (三井化学)</p> <p>①-2 化成品化を志向したプロセス検討 (川崎重工業)</p>   |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| <p>② メタノールからのパラキシレン合成プロセスの開発</p> <p>②-1 パラキシレン選択合成触媒の開発 (大阪大学、川崎重工業)</p> <p>②-2 パラキシレン選択合成プロセスの開発 (川崎重工業、大阪大学)</p>  |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| <p>③ ベンチスケール試験・統合プロセスの検討</p> <p>③-1 メタノール合成_ベンチスケール試験 (川崎重工業、三井化学)</p> <p>③-2 パラキシレン合成_ベンチスケール試験 (川崎重工業)</p> <p>③-3 統合プロセスの検討 (川崎重工業)</p> <p>③-4 Hybrid 水電解システム用光触媒の調査(基礎研究) (産業総合研究所)</p> <p>③-5 光触媒 Hybrid 水電解システムの調査(基礎研究) (川崎重工業)</p> |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
| <p>④ CO<sub>2</sub> 有効利用技術に関する技術/事業調査 (川崎重工業)</p>   |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |

### 2.2.1.2.3 (B-3) Gas-to-Lipids バイオプロセスの開発

#### 研究開発の内容

##### 研究開発項目① CO<sub>2</sub>を再資源化する高効率水素駆動型酢酸発酵技術の確立

40 L 容量のガスリフト式バイオリアクターを用いて *Acetobacterium* 属株におけるベンチスケール実証試験を実施することにより、CO<sub>2</sub>を再資源化する高効率水素駆動型酢酸発酵技術を確立する。CO<sub>2</sub>利用効率90%以上、酢酸生産効率100g/L/dを達成するための課題解決策を検証し、CO<sub>2</sub>を再資源化する高効率水素駆動型酢酸発酵技術を確立する。また、ベンチスケール実証試験の予備検討のため、ラボ試験として小規模試験を実施する。

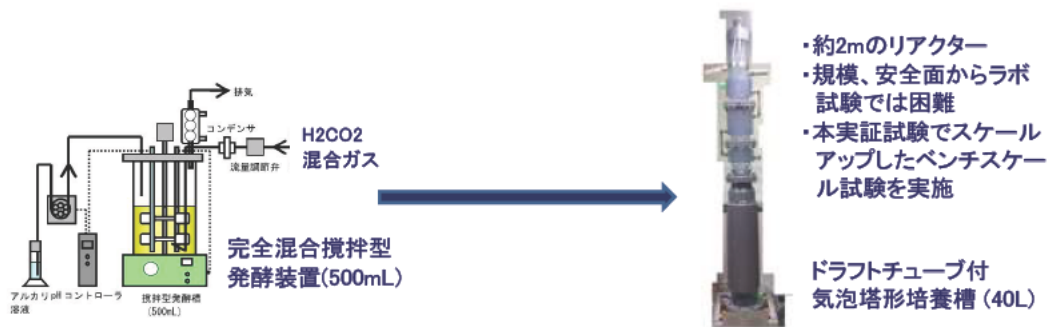


図 2.2.1.2.3-1 酢酸発酵システムのスケールアップと高効率化

##### 研究開発項目② 酢酸を原料とする油脂発酵技術の確立

酢酸原料では前例のない数 10 L レベルのバイオリアクターで *Aurantiochytrium* 属株における発酵実証試験を実施することにより、酢酸を原料とする油脂発酵技術を確立する。酢酸 100 g/L から油脂 30 g/L 以上（菌体内油脂含量 50%以上、総カロテノイド 1 g/L 以上）の収量を実現するための各種培養条件の最適化及び課題検証を行う。また、ベンチスケール実証試験の予備検討のため、ラボ試験として小規模試験を実施する。

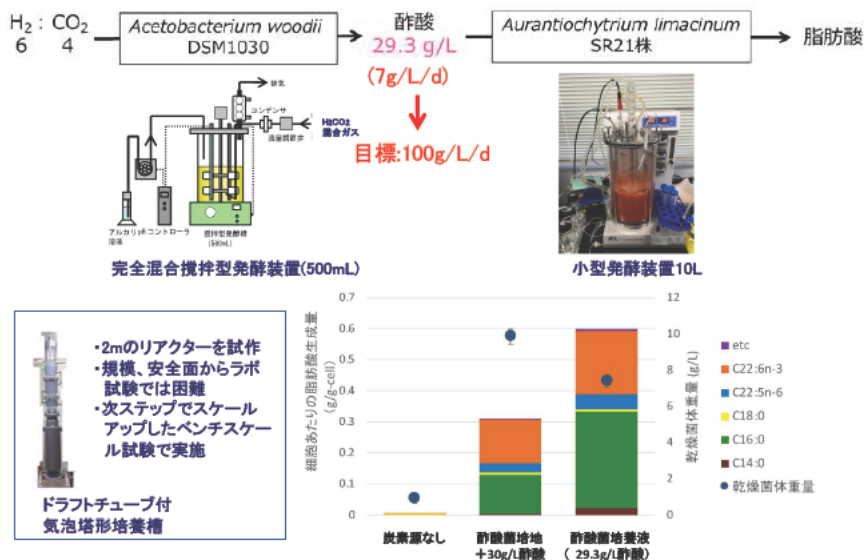


図 2.2.1.2.3-2 発酵酢酸を原料とした脂肪酸生産



### 研究開発項目③ 一貫製造プロセスの構築と検証

大崎クールジェンの排ガスを原料とした酢酸及び油脂発酵試験を実施するシステムの詳細設計及び設備の建設を行い、嫌氣的酢酸発酵の培養液をそのまま好氣的油脂発酵へ投入可能な効率的物質変換システムである一貫製造プロセスとして実地検討することにより、効率改善への指標を明示しつつ、具体的な改善点を検証する。

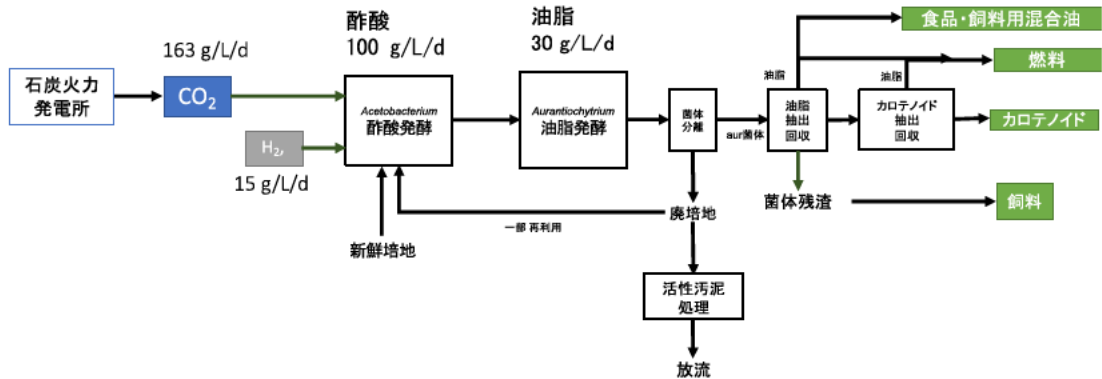


図 2. 2. 1. 2. 3-3 プロセスフロー（燃料油、食品・飼料用混合油・カロテノイド併産）

### 研究開発項目④ 商用化を見据えたシステム評価

化学品原料・高付加価値品製造の技術動向の調査および当該バイオプロセスを構成する要素技術について特許調査を行い、技術競争力について分析・整理する。また、一貫製造プロセスから、LCA 手法により CO<sub>2</sub> 排出量削減への貢献量を評価するとともに、将来的な市場規模・競争力の検討および経済性を評価し、本プロセスの最適システムを提示する。以上の評価結果から事業化に向けた計画を作成する。

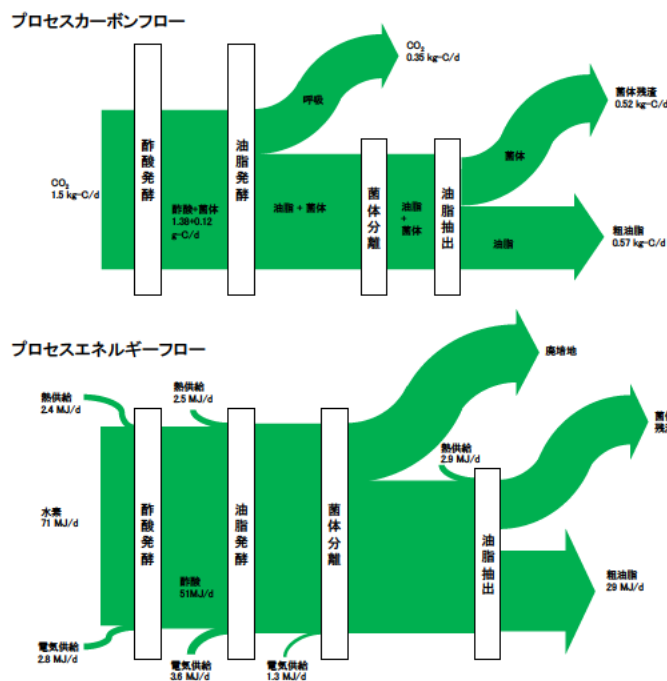


図2. 2. 1. 2. 3-4 プロセスカーボン・エネルギーフロー  
（今回の事業規模、目標達成した場合での試算）

表 2.2.1.2.3-1 研究開発予算推移(単位:百万円、税込)

| 研究開発項目                                    | 2020<br>年度 | 2021<br>年度 | 2022<br>年度 | 合計  |
|---|------------|------------|------------|-----|
| ①CO <sub>2</sub> を再資源化する高効率水素駆動型酢酸発酵技術の確立 | 5          | 43         | 4          | 52  |
| ②酢酸を原料とする油脂発酵技術の確立                        | 5          | 43         | 5          | 53  |
| ③一貫製造プロセスの構築と検証                           | 28         | 339        | 44         | 411 |
| ④商用化を見据えたシステム評価                           | 5          | 29         | 22         | 56  |
| 合 計                                       | 44         | 454        | 74         | 572 |

表 2.2.1.2.3-2 研究開発実施計画

| 事業項目   | 2020年度    |           |           |           | 2021年度    |           |           |           | 2022年度    |           |           |           | (参考情報)<br>(2023年度) |           |           |           |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-----------|-----------|-----------|
|  | 第1<br>四半期 | 第2<br>四半期 | 第3<br>四半期 | 第4<br>四半期 | 第1<br>四半期 | 第2<br>四半期 | 第3<br>四半期 | 第4<br>四半期 | 第1<br>四半期 | 第2<br>四半期 | 第3<br>四半期 | 第4<br>四半期 | 第1<br>四半期          | 第2<br>四半期 | 第3<br>四半期 | 第4<br>四半期 |
| <b>①CO<sub>2</sub>を再資源化する高効率水素駆動型酢酸発酵技術の確立</b><br>(1) 商用CO <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> ガスを用いた酢酸発酵基盤技術の確立<br>(1-1) CO <sub>2</sub> からの酢酸発酵技術に関する文献情報の収集整理<br>(1-2) CO <sub>2</sub> からの酢酸生産試験基本プロトコルの策定<br>(1-3) 低コスト酢酸生産に資する技術分析およびプロセス開発<br>(2) 実排CO <sub>2</sub> ガスを用いた酢酸発酵技術の確立<br>(2-1) 酢酸発酵実証施設の建設および試運転<br>(2-2) 実排ガスを用いた酢酸発酵本試験 |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                    |           |           |           |
| <b>②酢酸を原料とする油脂発酵技術の確立</b><br>(1) 合成培地を用いたベンチスケール油脂発酵条件の検討<br>(2) 発酵酢酸を用いた油脂発酵技術の確立<br>(2-1) ホモ酢酸菌培養液を用いたラボスケール培養条件の検討<br>(2-2) ベンチスケールリアクターの試運転<br>(2-3) ベンチスケールリアクターでの至適油脂発酵条件の決定   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                    |           |           |           |
| <b>③一貫製造プロセスの構築と検証</b><br>(1) システム詳細設計及び建設<br>(1-1) システムの詳細設計、設備仕様の策定<br>(1-2) システムの建設<br>(2) 運転・改良及びデータ解析・検証<br>(2-1) 一貫製造プロセスの試運転<br>(2-2) 実試験およびデータ解析<br>(2-3) 問題点の抽出、改善策の提示および検証、至適条件の決定<br>(3) プロセス装置の耐久性検証   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                    |           |           |           |
| <b>④商用化を見据えたシステム評価</b><br>(1) CO <sub>2</sub> 削減量の評価<br>(2) 化学品・高付加価値品製造の技術動向・市場動向調査<br>(3) 発酵油脂からの高付加価値品・化学品製造プロセスの検討<br>(3-1) 高付加価値品製造プロセスの検討<br>(3-2) 化学品製造プロセスの検討<br>(4) バイオプロセスの最適システムの検討<br>(5) 実用化に向けた共同実施企業の選定   |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |                    |           |           |           |

### 2.2.1.3 (C) CO<sub>2</sub>有効利用拠点における要素技術開発

#### 2.2.1.3.1 (C-1) ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中 CO<sub>2</sub>からの基幹物質製造

ダイヤモンド電極を用いて、石炭火力等の排ガス中 CO<sub>2</sub>を電解還元し、基幹物質としてのギ酸を製造するシステム構築を行う。これまで個別であったシステムを統合し、連続的にギ酸生成を行うことができるベンチスケールシステムを構築、実現可能性を検証する。また、水素エネルギー源と化学原料の両面から、新規市場開拓に向けた可能性を検討する。

#### 2.2.1.3.2 (C-2) 大気圧プラズマを利用する新規 CO<sub>2</sub> 分解・還元プロセスの研究開発

新規 CO<sub>2</sub> 分解・還元プロセスの構築を目的として、大気圧プラズマを利用して CO<sub>2</sub>を分解する反応器、未反応 CO<sub>2</sub>を炭酸塩に転換する反応器、大気圧プラズマを利用して CO を尿素に転換する反応器で構成されるプロセスの最適化とスケールアップに関する研究開発を行う。

#### 2.2.1.3.3 (C-3) CO<sub>2</sub>の高効率利用が可能な藻類バイオマス生産と利用技術の開発

CO<sub>2</sub>から有機物を合成し、製鉄の還元剤や熱源としての用途開発や栄養補助食品、化粧品他の多用途開発を図る。本事業では、有望な藻類の選定とともに、製鉄所の未利用低温排熱を利用し、藻類を効率的に育成するための最適な担持体の初期の試設計、試作を行う(固相表面培養)。

#### 2.2.1.3.4 (C-4) CO<sub>2</sub>を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成

炭化物合成に関わる研究開発として、CO<sub>2</sub>を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成の実用化・事業化を最終目標に、そのコア技術確立のためのベンチスケール試験を行い、プロセスの最適化とコスト評価を行う。

#### 2.2.1.3.5 (C-5) カーボンリサイクル LPG 製造技術とプロセスの研究開発

CO<sub>2</sub>と H<sub>2</sub>を原料とし、FT 合成法を用いて LP ガスを製造する合成触媒技術および製造工程を研究開発するとともに、社会実装モデルの検討を実施する。

#### 2.2.1.3.6 (C-6) 微細藻類による CO<sub>2</sub>固定化と有用化学品生産に関する研究開発

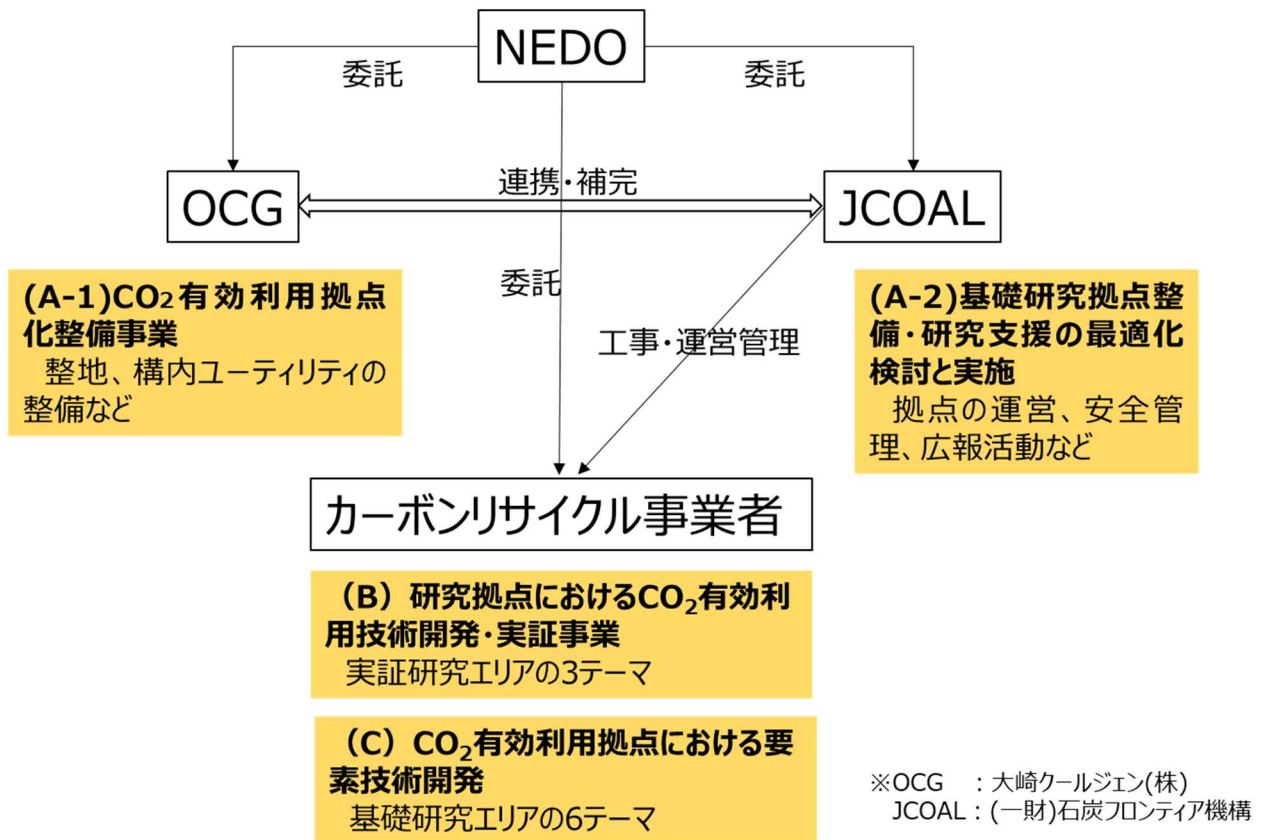
CO<sub>2</sub>を資源として、増殖速度が速く、高い生産効率が期待できる海産珪藻フェオダクチラムの大量培養技術と、培養した微細藻類から抽出される付加価値の高い機能性化学品の利用技術を開発する。

表 2.2.1-1 各事業の研究開発予算

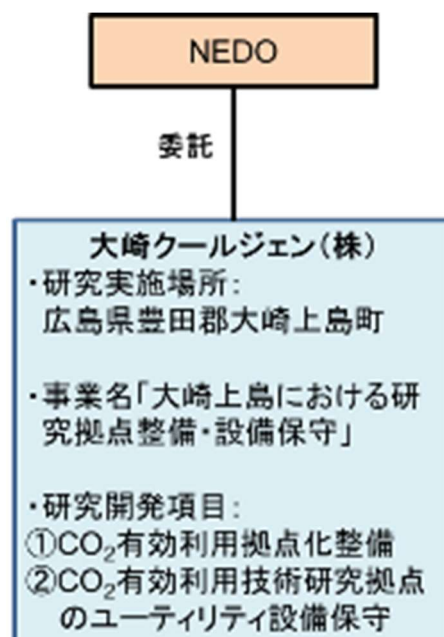
評価対象年度 (単位：億円)

| 研究開発項目                                    | 2020 | 2021 | 2022 | 合計   |
|---|------|------|------|------|
| (A) CO <sub>2</sub> 有効利用拠点化推進事業           | 0.3  | 18.0 | 4.1  | 22.3 |
| (B) 研究拠点におけるCO <sub>2</sub> 有効利用技術開発・実証事業 | 4.8  | 9.6  | 14.7 | 29.1 |
| (C) CO <sub>2</sub> 有効利用拠点における要素技術開発      | —    | —    | 10.2 | 10.2 |
| 合計  | 5.0  | 27.6 | 29.0 | 61.6 |

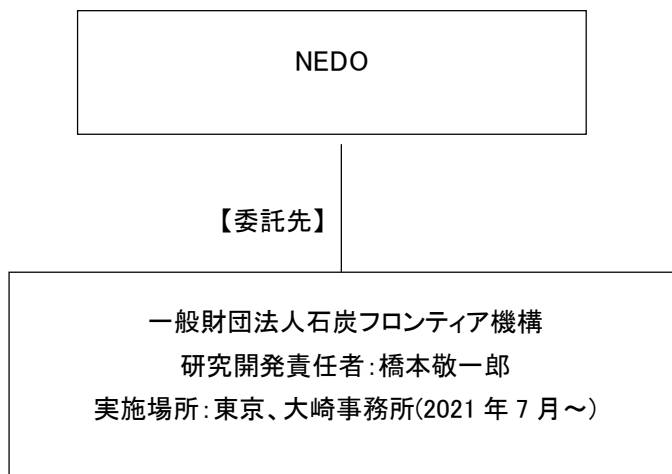
## 2.2.2 研究開発の実施体制



### (A) CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業 (A-1) 大崎上島における研究拠点整備・設備保守

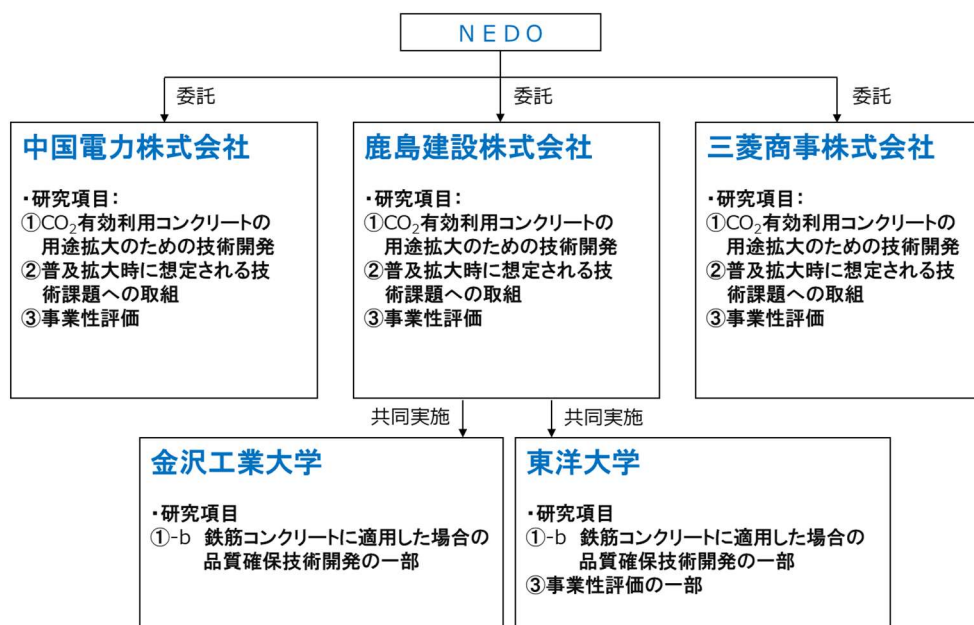


## (A-2) 基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施

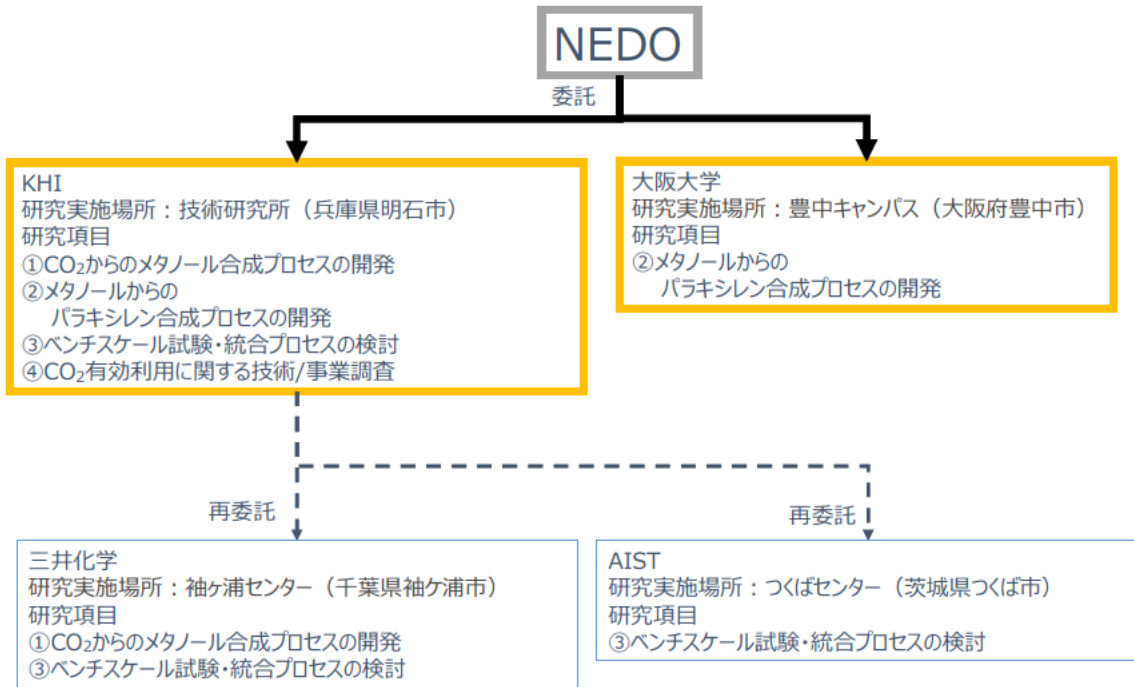


## (B) 研究拠点における CO<sub>2</sub> 有効利用技術開発・実証事業

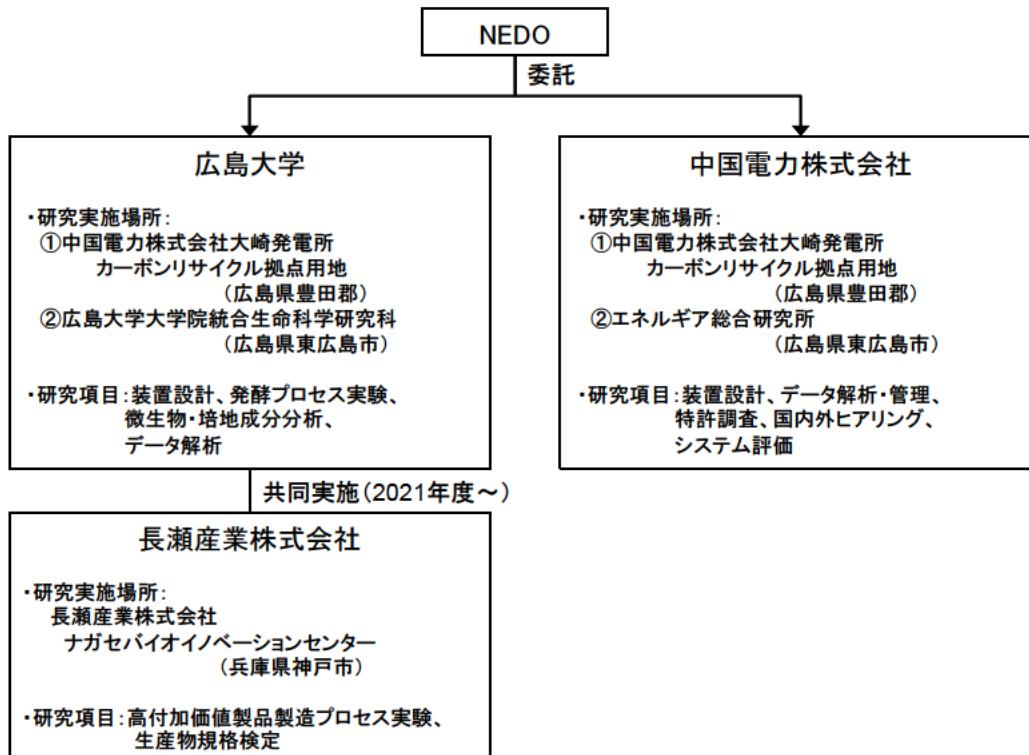
### (B-1) CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートの研究開発



(B-2) カーボンリサイクルを志向した化成品選択合成技術の研究開発



(B-3) Gas-to-Lipids バイオプロセスの開発



(C) CO<sub>2</sub>有効利用拠点における要素技術開発

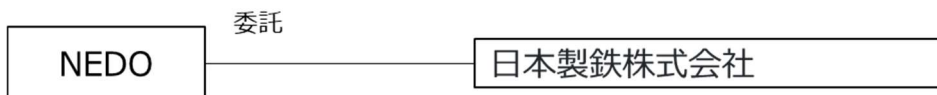
(C-1) ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中 CO<sub>2</sub>からの基幹物質製造



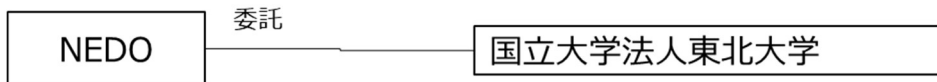
(C-2) 大気圧プラズマを利用する新規 CO<sub>2</sub>分解・還元プロセスの研究開発



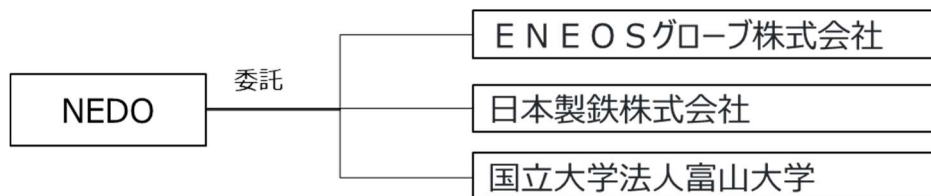
(C-3) CO<sub>2</sub>の高効率利用が可能な藻類バイオマス生産と利用技術の開発



(C-4) CO<sub>2</sub>を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成



(C-5) カーボンリサイクル LPG 製造技術とプロセスの研究開発



(C-6) 微細藻類による CO<sub>2</sub>固定化と有用化学品生産に関する研究開発





### 2.2.3 研究開発の運営管理

NEDO は、研究開発全体の管理及び執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適切に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

#### 進捗把握・管理

PM は、研究開発実施者と密接に連携し、研究開発の進捗状況を把握するとともに、事業がスムーズに進捗するよう適切にマネジメントを行う。

研究拠点の管理者である JCOAL が中心となり、カーボンリサイクル事業者に対して現地キックオフ会議を開催し、以降は電子メールによる連絡調整を実施する。特に、研究拠点内の全体調整費不可欠な工事スケジュールと設備諸元については適宜更新をしながら管理していく。

また、カーボンリサイクル事業者の工事開始後は安全対策協議会を月 1 回程度開催し、研究拠点内の安全確保に取り組む。工事終了後は、事業運営委員会を月 1 回程度開催して、研究拠点内の適切な研究管理を実施する。

さらに、研究拠点における活動指針となる利用マニュアルを整備していく。運営管理を適切に実施していくために、全カーボンリサイクル事業者と秘密保持契約を締結して、必要な情報を入手できる体制を整える。

#### 外部有識者による指導

PM は、外部有識者で構成する技術検討委員会を定期的を開催し、事業の進捗や計画、目標達成の見通しなどにつき指導・助言を受けることで、より効果的な事業推進に努める。

具体的な開催事例は以下の通り。

- ・カーボンリサイクル化学品① 2021 年 3 月 24 日
- ・カーボンリサイクル炭酸塩① 2021 年 4 月 21 日
- ・カーボンリサイクル炭酸塩② 2021 年 12 月 20 日
- ・カーボンリサイクル化学品② 2022 年 4 月 11 日

## 2.2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

### ①成果の普及

得られた事業成果については、各種勉強会・セミナーや実施者による講演会、シンポジウム、学会発表等での積極的な成果の発信を行い、成果の普及に努めた。

※2022年6月現在  
※投稿済み・発表前の論文等を含む

|            | 2020<br>年度 | 2021<br>年度 | 2022<br>年度 | 計  |
|------------|------------|------------|------------|----|
| 論文         | 1          | 5          | 14         | 20 |
| 研究発表・講演    | 4          | 23         | 3          | 30 |
| 新聞・雑誌等への掲載 | 16         | 10         | 0          | 26 |

#### (A-1) 大崎上島における研究拠点整備・設備保守

##### 研究発表・講演(2件)

- ・竹村 亮介 大崎クールジェンプロジェクトにおける CO<sub>2</sub>分離・回収実証試験及び CO<sub>2</sub>有効利用に向けた取組について CCR 研究会 2021年7月度講演会 2021/7/15
- ・細越 俊哉 脱炭素社会に向けたクリーンコールテクノロジーの役割 第28回日環協・環境セミナー全国大会 2021/10/8

##### 新聞・雑誌等への掲載(13件)

- ・電気新聞 2020/8/6
  - ・共同通信、山陰中央新報社 web、お好みワイドひろしま(NHK)、テレビ派(広島テレビ) 2020/9/3
  - ・読売新聞、電気新聞 2020/9/4
  - ・山陰経済ウィークリー 2020/9/23
  - ・広島ホームテレビ UP 2021/3/22
  - ・産経新聞 2021/6/20
  - ・ガリレオ X(BSフジ) 2021/8/22
  - ・産経新聞 2021/9/13
  - ・中国新聞 2021/12/11
- など

#### (A-2) 基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施

##### 論文(1件)

- ・田中 恒佑 カーボンリサイクルに係る JCOAL の取組 JCOALジャーナル Vol.46 2021/6

##### 研究発表・講演(2件)

- ・橋本 敬一郎 技術連携戦略センターの事業報告、CO<sub>2</sub>利用基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施状況 令和2年度 JCOAL 事業報告会 2021/3/29
- ・橋本 敬一郎 技術連携戦略センターの事業報告、CO<sub>2</sub>利用基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施状況 令和3年度 JCOAL 事業報告会 2022/2/1

#### 新聞・雑誌等への掲載(4件)

- ・VOICE NO.3 瀬戸内の島で進む「脱炭素社会」への取組み 2022/2/10
- ・JCOALマガジン VOL:第 261 号 事業報告:カーボンリサイクル実証研究拠点整備の着工祈願祭 2021/4/28
- ・JCOALマガジン VOL:第 268 号 安全祈願祭の実施～基礎研究・先導研究拠点の研究用プレハブ建設工事～ 2021/11/30
- ・広報大崎上島 8 月号(大崎上島町会誌) 大崎上島におけるカーボンリサイクル実証研究拠点の紹介 2021/8

#### **(B-1) CO<sub>2</sub>有効利用コンクリートの研究開発**

「論文投稿」12 件

「研究発表・講演」1 件 石炭灰有効利用シンポジウム 2021 講演 2021/12/9

#### **(B-2) カーボンリサイクルを志向した化成品選択合成技術の研究開発**

「論文投稿」1 件、「研究発表・講演」3 件

#### **(B-3) Gas-to-Lipids バイオプロセスの開発**

「論文投稿」5 件、「学会講演」21 件、「プレス発表」9 件

#### 特記事項

- ・Global Bioeconomy Summit 2020 で本事業が紹介された。  
「Development of Gas-to-Lipids Bioprocess」(2020 年 11 月)
- ・第 73 回日本生物工学会大会トピックスに選定された。  
「CO<sub>2</sub>を再資源化する Gas-to-Lipids バイオプロセスの開発」  
奥田 源己、渡邊 研志、中瀬 玄德、廣谷 蘭、石垣元務、中島田 豊、  
松浦 将吏、松山 恵介、秋 庸裕(2021 年 10 月)

## その他

日米政府及び関係機関による CCUS・カーボンリサイクル分野の意見交換の場である U.S. - Japan CCUS/Carbon Recycling Working Group Meeting において、本事業の取組を紹介した。



## ②知的財産権の帰属

- 知財として確保する方が有利な技術については積極的に特許として出願する。
- ノウハウとして保有する方が有利な技術は出願しない。
- 競合技術の出願状況を定期的に調査し、対策を検討する。
- 「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第 25 条(委託の成果に係る知的 財産権の帰属)の規程等に基づき、原則として、事業成果に関わる知的財産権は全て委託先に帰属させる。

### 出願特許の状況

※2022年6月現在

|                  | 2020 | 2021 | 2022 | 計 |
|------------------|------|------|------|---|
| 特許出願<br>(うち外国出願) | 0    | 3    | 0    | 3 |
| 特許登録<br>(うち外国出願) | 0    | 1    | 0    | 1 |

その他商標登録1件

【(B-1)CO<sub>2</sub>有効利用コンクリートの研究開発の例】

➤ オープン/クローズ戦略の考え方

|     | 非競争域                                       | 競争域  |
|-----|--|--|
| 公開  | コンクリートの<br>・ 性能<br>・ 設計<br>⇒論文投稿等により標準化を推進 | ・ 養生方法<br>・ 品質管理<br>(炭酸化量測定方法など)<br>⇒積極的に権利化 |
| 非公開 | —  | 実用化後の施工者・<br>メーカーのノウハウ<br>⇒ノウハウとして秘匿         |

➤ 戦略的な特許取得、標準化



＜特許化戦略＞

知財及びデータの取り扱いについての合意書を締結

- ・ 発明等の成果の届出、帰属及び権利化等方針の決定手続き
- ・ 研究開発データの利用許諾等について規定

知財運営委員会の設置

- ・ メンバーは、中国電力、鹿島建設、三菱商事、東洋大学、金沢工業大学で構成
- ・ PJにおける発明等、知的財産権、および研究開発データの取扱について審議・認定
- ・ PJ期間中、必要の都度、開催

③知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトは、「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

- NEDO では、『日本版バイドール条項(産業技術力強化法第 19 条)』を適用し、当該研究開発に係る知的財産権は、NEDO に譲り渡すことなく、委託先に帰属する。
- 実施者の知的財産の取り扱いについては、約款にて規定し、知的財産権の出願、申請等の手続きを行った場合は、NEDO に報告すること。
- プロジェクト内での共同実施者には実施を許諾する。

また、発明委員会を開催し、下記の運用を実施する。

- 実施者より、発明等を創作した旨の報告がなされたときは、報告日の翌日から 30 日以内に発明委員会を開催する。

- 発明の技術的評価、本研究開発に関わることの認定、出願要否に関することについて審議・認定する。
- プロジェクト実施期間中、必要に応じ、任意に開催する。

## 2.3 情勢変化への対応

| 情勢変化   | 対応方針  |
|--|---|
| <p>2021年4月に菅総理大臣は、2030年に向けた温室効果ガスの削減目標について、2013年度に比べて46%削減することを目指し、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けていくことを表明した。</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>● カーボンリサイクル実証研究拠点としての機能を一層拡大することを目指し、「実証研究エリア」に新たな研究開発テーマを追加する(2022年度)。</li> <li>● 研究・実証案件の継続・拡大を視野に、2025年度以降のカーボンリサイクル実証研究拠点の運営・管理等についての検討を開始する。</li> </ul> |
| <p>2021年7月に経済産業省により「カーボンリサイクル技術ロードマップ」が改訂された。カーボンリサイクルに係る技術は、将来有望な選択肢の一つであり、そのイノベーションを加速化していくことが重要とされ、DACやCO<sub>2</sub>輸送等の取り組みも追加され、また、カーボンリサイクル製品(汎用品)の普及開始時期を2040年頃に前倒しすること等が示された。</p> |   |
| <p>2021年11月に「COP26」が開催され、低排出エネルギーシステムへの移行に向けての技術の開発・実装・普及及び政策の採用を加速させることとなった。また、パリ協定第6条に基づく市場メカニズムの実施指針が合意された。</p>   |   |

### 3. 研究開発成果について

#### 3.1 研究開発全体の成果

##### (A) CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業

CO<sub>2</sub>供給設備、用水設備、排水設備、海水取水設備、受配電設備等、研究拠点化におけるユーティリティの最適化検討やレイアウト検討にもとづき、土地整備や機器設置等を実施した。また、基礎研究棟、共用棟等については最適化検討を行った上で整備し、研究拠点で実施される研究開発に対し、共用エリア管理、事業者間調整、対外活動、関連調査、研究成果のとりまとめなどの研究支援を実施するため、研究支援方法の最適化検討を実施した。

##### (B) 研究拠点におけるCO<sub>2</sub>有効利用技術開発・実証事業

CO<sub>2</sub>有効利用技術について要素技術開発を行うとともに、研究拠点で実施する実用化研究のための準備を行った。

##### (C) CO<sub>2</sub>有効利用拠点における要素技術開発

複数の企業や大学等がCO<sub>2</sub>有効利用技術に係る要素技術開発を実施するための検討を行い、研究拠点で行うべき事業を選定した。

表 3.1-1

| テーマ  | 達成状況（中間目標）   | 成果の意義                                    |
|--|--|--|
| <b>(A) CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業</b>           | 拠点の整備、拠点化の推進を計画通りに実施した。  | △ (B) (C) の事業者が計画通り現地での研究開発を開始できることとなった。 |
| <b>(B) 研究拠点におけるCO<sub>2</sub>有効利用技術開発・実証事業</b> | CO <sub>2</sub> 有効利用技術について各事業者により要素技術開発を行うとともに、研究拠点で実施する実用化研究のための準備を行った。 | △ 実用化研究の実施期間内の目標達成や評価完了に寄与した。            |
| <b>(C) CO<sub>2</sub>有効利用拠点における要素技術開発</b>      | 基礎研究棟に入居可能な最大数である6チームの事業者を採択した。  | △ 研究開発拠点機能の拡充や一層の活性化につながった。              |

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間)、×未達

#### 3.2 個別テーマの成果

##### 3.2.1 (A) CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業

###### 3.2.1.1 (A-1) 大崎上島における研究拠点整備・設備保守

##### 事業全体の成果

CO<sub>2</sub>有効利用技術の確立、実用化に向けた研究開発・実証事業を行う研究開発拠点の設置および運用・管理・保守を目的として、以下の項目について、実施した。

- ・実施項目①「CO<sub>2</sub>有効利用拠点化整備」
- ・実施項目②「CO<sub>2</sub>有効利用技術研究拠点のユーティリティ設備保守」

また、事業初年度(2020年度)に設定した中間目標に対する成果や達成度を表 3.2.1.1-1 に示す。

表 3.2.1.1-1 中間目標および達成度

| 研究開発項目              | 目標   | 成果  | 達成度 | 今後の課題と解決方針        |
|---------------------|--|---|-----|-------------------|
| 大崎上島における研究拠点整備・設備保守 | 各試験設備の要求を満足するユーティリティ（CO <sub>2</sub> 、所内用水等）供給設備を設置する。 | CR事業者の研究内容の調査を行って、NEDO当初要求仕様から最適化した仕様で整備した。 | ○   | 2022年6月より計画通り運用開始 |

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み(中間)、×未達

### 研究開発項目毎の成果

#### 実施項目①「CO<sub>2</sub>有効利用拠点化整備」[2020年度～2022年度]

中国電力(株)大崎発電所構内において、CO<sub>2</sub>有効利用技術の確立、実用化に向けた研究開発・実証事業を行う研究開発拠点を新たに設置するため、CR事業者の要求に対し最適なエリア・区画の割り当ておよびユーティリティ供給設備等の整備を計画、実施した。

CR事業者に必要な敷地面積やユーティリティ供給量などを調査した結果を表 3.2.1.1-2 に示す。最適化検討した結果として、CR事業者へ割り当てたエリア・区画を図 3.2.1.1-1、ユーティリティ供給設備等の仕様変更結果を表 3.2.1.1-3 に示す。

表 3.2.1.1-2 CR事業者 調査結果

| 項目  | 確認内容                         | JCOAL        | 広島大学<br>中国電力 | 中国電力<br>鹿島建設<br>三菱商事 | 川崎重工<br>大阪大学 | (一社)日本微細<br>藻類技術協会<br>(以下,IMAT) |
|---|------------------------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|---------------------------------|
|   |                              | エリア①<br>区画 1 | エリア①<br>区画 2 | エリア①<br>区画 3         | エリア①<br>区画 5 | エリア②                            |
| ①整地工事                                     | 必要面積                         | 25m ×<br>85m | 22m ×<br>20m | 20m ×<br>16m         | 22m × 50m    | 55m × 77m ※1                    |
| ②CO <sub>2</sub> 供給設備<br>(IGCC 運転時)       | CO <sub>2</sub> 消費<br>量[t/d] | 1.0          | 0.006        | 0.5                  | 0.1          | 0.172                           |
| ③CO <sub>2</sub> バックアップ供給設備<br>(IGCC 停止時) |                              |              |              |                      |              |                                 |
| ④用水工事                                     | 所内用水<br>消費量<br>[t/d]         | 10           | 0.5          | 50                   | 70           | 48                              |
| ⑤排水工事                                     | 事業排水<br>量[t/d]               | 10           | 0.3          | 20                   | -            | 48                              |
|   | 入構者数<br>[人]                  | 82 ※2        | 13           | 10                   | 15           | 20 ※1                           |
| ⑥海水取得工事                                   | 使用量<br>[t/d]                 | 0.5          | -            | -                    | -            | 1.2                             |
| ⑦その他                                      | 消費電力<br>[kW]                 | 500          | 80           | 30                   | 250          | 590                             |

※1 CR事業者にて整備実施

※2 JCOAL32人+見学者30人+追加CR事業者(区画4)20人



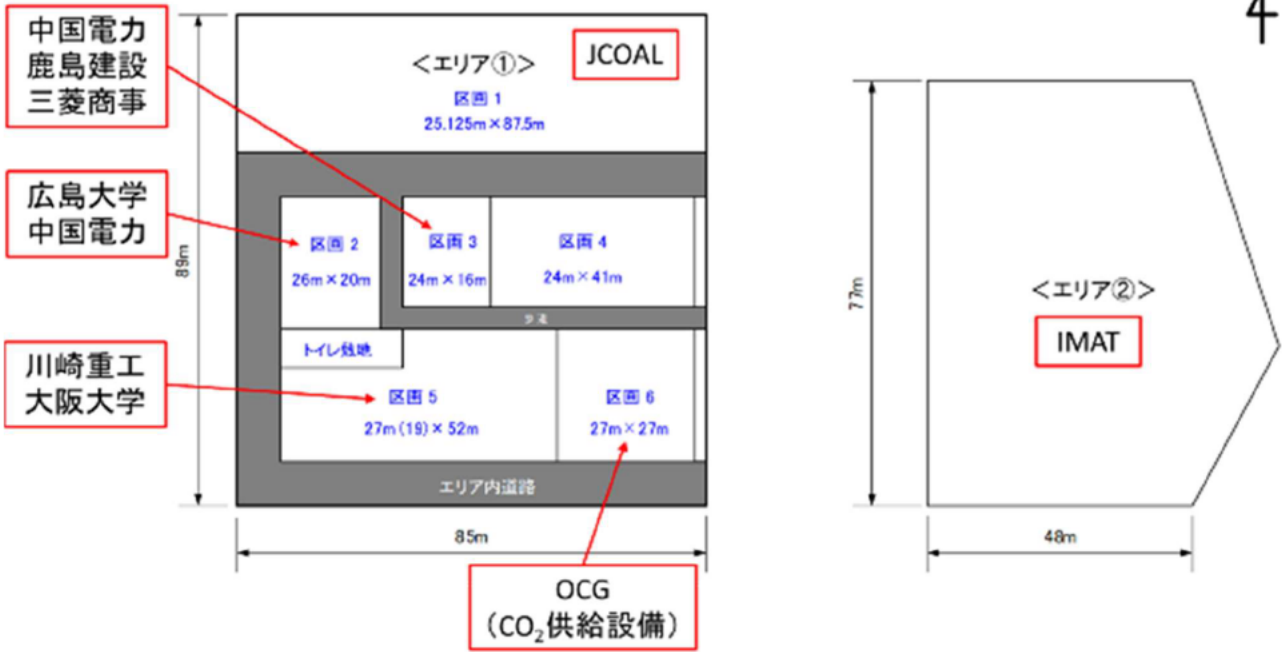


図 3.2.1.1-1 CR 事業者割り当てエリア・区画

表 3.2.1.1-3 最適化検討前後の仕様

| 項目                                     | 変更点                 | 仕様  |  |
|--|---------------------|---|--|
|  |                     | 変更前   | 変更後  |
| ①整地工事                                  | CR 事業エリア面積          | 12,500m <sup>2</sup> (エリア①,②分:約 10,000m <sup>2</sup> ,2,500m <sup>2</sup> ) | 10,000m <sup>2</sup> (エリア①分:約 10,000m <sup>2</sup> )<br>【参考】エリア②分:4,800m <sup>2</sup><br>※ |
| ②CO <sub>2</sub> 供給設備 (IGCC 運転時)       | CO <sub>2</sub> 供給量 | 20t/d   | 10t/d  |
| ③CO <sub>2</sub> バックアップ供給設備 (IGCC 停止時) | CO <sub>2</sub> 供給量 | 20t/d   | 10t/d  |
| ④用水工事                                  |                     | 変更なし  |  |
| ⑤排水工事                                  | 生活排水処理設備 使用者人数      | 50 人分   | 120 人分   |
| ⑥海水取得工事                                | 取得量                 | 50t/d   | 10t/d  |
| ⑦その他                                   |                     | 変更なし  |  |

※ CR 事業者にて整備実施

### ①-1 整地工事[2020 年度～2022 年度]

中国電力(株)大崎発電所構内に CR 事業エリアを新たに設置し、土地の整地および土木工事を計画した。

CR 事業エリア(面積約 14,800m<sup>2</sup>)として、エリア①(基礎研究、実証試験:面積約 10,000m<sup>2</sup>)およびエリア②(実証試験:面積約 4,800m<sup>2</sup>)の 2 か所に分けて設けることとした。

なお、エリア①は本事業で整備するが、エリア②については本事業とは別の事業にて整備を行う。(図 3.2.1.1-2, 3 参照)

また、CR 事業は中国電力(株)大崎発電所にて実施するが、発電事業とは異なる事業であることから別事業として発電所と CR 事業エリアを区分するものとした。

#### [設置状況]

・エリア①内に、CR 事業者、および JCOAL の要求を踏まえた区画整備を行うと共に、CO<sub>2</sub> バックアップ供給設備等を設置するための共用区画を整備した。

・エリア①の周囲にフェンス(高さ:2m程度)を設けた。(同一構内の中国電力(株)、大崎クールジェン(株)との安全管理エリア区分けに必要)

・エリア①内に、車輛通行用のエリア内道路(アスファルト舗装)および道路側溝を設けた。(図 3.2.1.1-4 参照)

・同一構内の中国電力(株)、大崎クールジェン(株)との安全管理、事業区別のため CR 事業者が CR 事業エリアに直接出入りできるよう、大崎発電所に設置されている既存の北門および構内道路を改修し、CR エリアへの専用ゲートやフェンス、受付所、車輛(建設用重機等)の搬入用のアクセス道路等を設置する計画とした。(ガードパイプ設置、北側構内道路施工は 2022 年 4 月完了見込み、それ以外については整備完了。)

・エリア①、②に接続する既設の構内道路について、車輛の通行に支障がないようアスファルト道路に改修する計画とした。(北側構内道路施工は 2022 年 4 月完了見込み、それ以外については整備完了。)また、歩行者等がエリア①とエリア②間を徒歩で安全に移動できるよう歩道や雨水側溝、共用資材置き場を整備した。(図 3.2.1.1-5 参照)

工事進捗状況、設置状況について、図 3.2.1.1-6, 7 に示す。



図 3.2.1.1-2 CR 事業エリア整備地

注記)エリア②については、整地工事は本事業の対象外

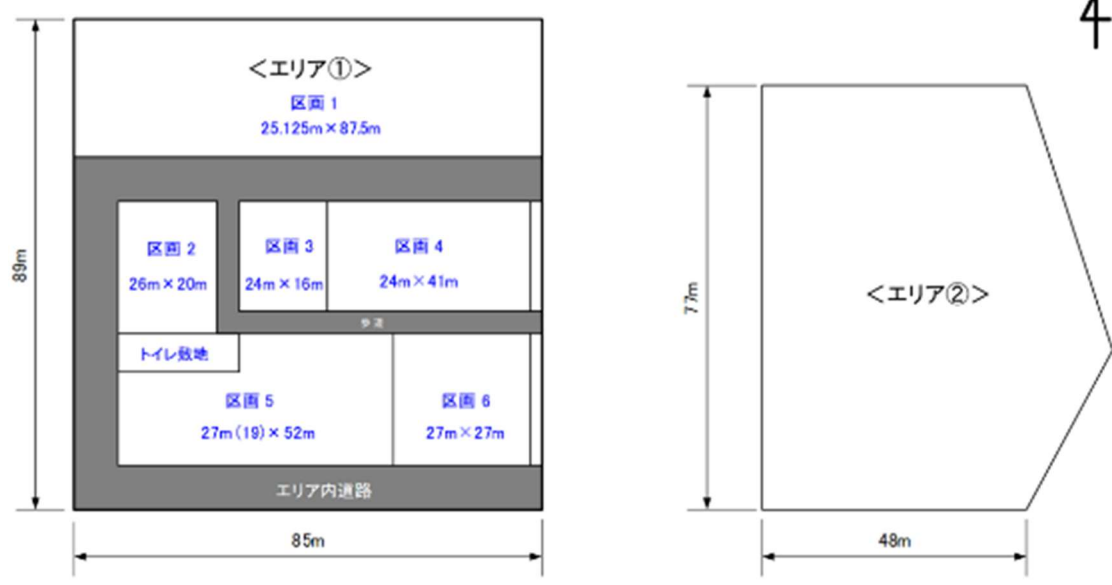


図 3.2.1.1-3 CR 事業エリア 区画

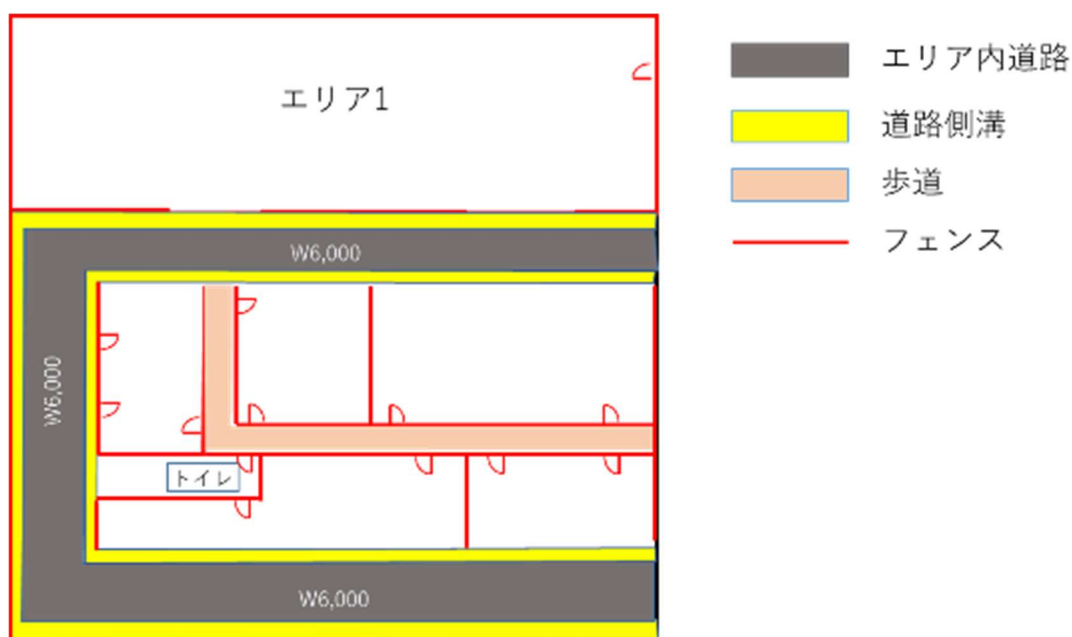


図 3.2.1.1-4 CR 事業エリア①内道路、道路側溝、フェンス計画

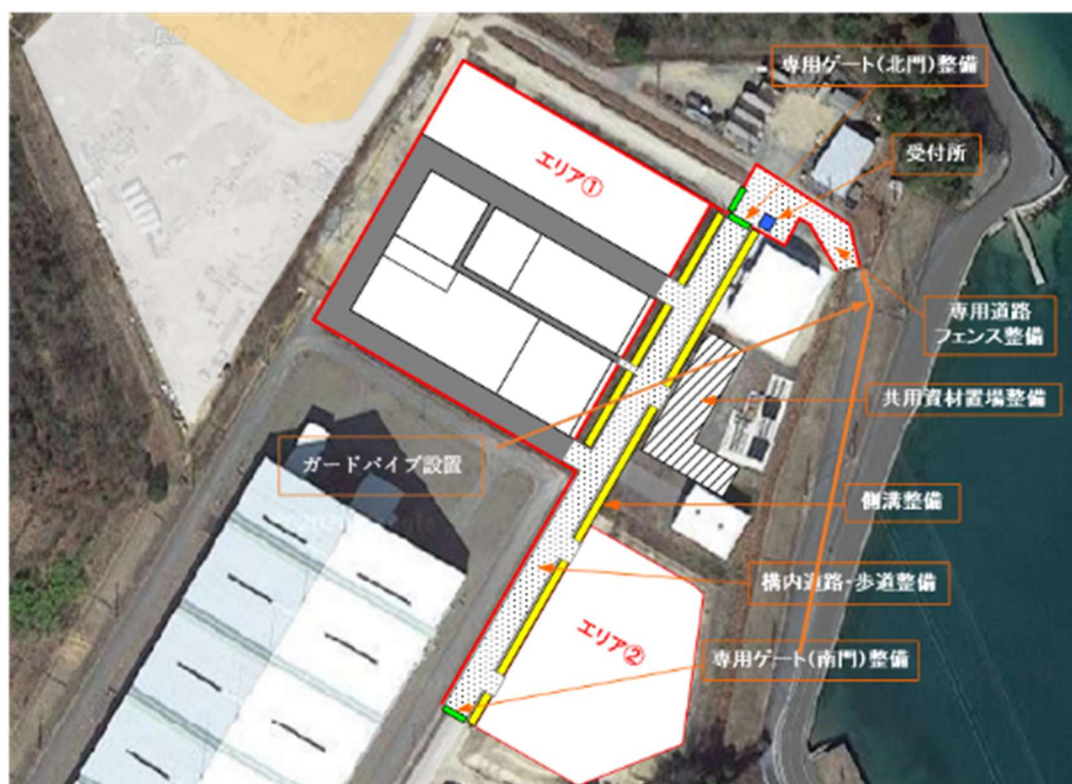


図 3.2.1.1-5 CR 事業エリア周辺の整備計画

①-2 CO<sub>2</sub> 供給設備 (IGCC 運転時) [2020 年度～2022 年度]

OCG プロジェクトで設置している CO<sub>2</sub> 分離・回収設備は、石炭ガス化ガス中の CO をシフト反応器で CO<sub>2</sub> に転換して CO<sub>2</sub> 濃度を高め、物理吸収法を用いた CO<sub>2</sub> 吸収塔で回収率約 90% の条件で CO<sub>2</sub> を分離・回収する設計となっている。本設備は約 9,000Nm<sup>3</sup>/h の CO<sub>2</sub> を取り出すことができ、CR 事業で必要となる CO<sub>2</sub> を供給するための十分な能力を有している。

CR 事業者が実施する研究開発・実証事業で用いる CO<sub>2</sub> は、CR 事業者向けに CO<sub>2</sub> 分離・回収設備から一部分岐し導管を用いて供給する計画とした。

[設置状況]

- ・CO<sub>2</sub>供給量は、CR事業者への研究計画内容の調査結果に基づき日量最大 10ton(約 200Nm<sup>3</sup>/h)として計画した。
  - ・CO<sub>2</sub>分離・回収設備で得られるCO<sub>2</sub>は大気圧程度の圧力であるため、CO<sub>2</sub>ガス圧縮機を設けて0.8MPa程度まで昇圧し、CR事業者へ供給できる仕様とした。(表 3.2.1.1-4 参照)
- なお、CO<sub>2</sub>ガス圧縮機については、CO<sub>2</sub>分離・回収設備が非常停止した場合、自動で停止する回路を設けるものとした。
- ・IGCC 設備およびCO<sub>2</sub>分離・回収設備の緊急停止や負荷変動、CO<sub>2</sub>消費量の急増、ガス圧縮機の脈動防止等を目的として、十分な容量(50m<sup>3</sup>)のバッファタンクを設けるものとした。(表 3.2.1.1-5 参照)
  - ・CO<sub>2</sub>供給配管は、OCG プロジェクトのCO<sub>2</sub>分離・回収設備内のCO<sub>2</sub>系統から分岐するものとし、CR事業エリアまで敷設した。
- なお、CO<sub>2</sub>供給配管敷設ルートにおいて、配管ラックが未設置の箇所については、新規に配管ラックを設置した。(図 3.2.1.1-6 参照)
- ・エリア①内の配管については、歩行者等の安全を配慮し浸透側溝を用いた埋設配管とした。(図 3.2.1.1-7 参照)

表 3.2.1.1-4 CR事業者向けCO<sub>2</sub>供給計画

|                           |                                |                           |
|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| CO <sub>2</sub> 供給・分離回収設備 | CO <sub>2</sub> 回収方式           | CO シフト+物理吸収法              |
|                           | CO <sub>2</sub> 発生量            | 約 9,000Nm <sup>3</sup> /h |
| CO <sub>2</sub> 供給量       | 200Nm <sup>3</sup> /h (日量 10t) |                           |
| CO <sub>2</sub> 供給圧力      | 0.8MPa(G)                      |                           |
| CO <sub>2</sub> 純度        | 98.85 vol%                     |                           |

表 3.2.1.1-5 CO<sub>2</sub>供給設備仕様(IGCC 運転時)

|                         | 数量 | 主な仕様                |
|-------------------------|----|---------------------|
| CO <sub>2</sub> バッファタンク | 1基 | 容量 50m <sup>3</sup> |
| CO <sub>2</sub> ガス圧縮機   | 1台 | 0.8MPa(G)           |

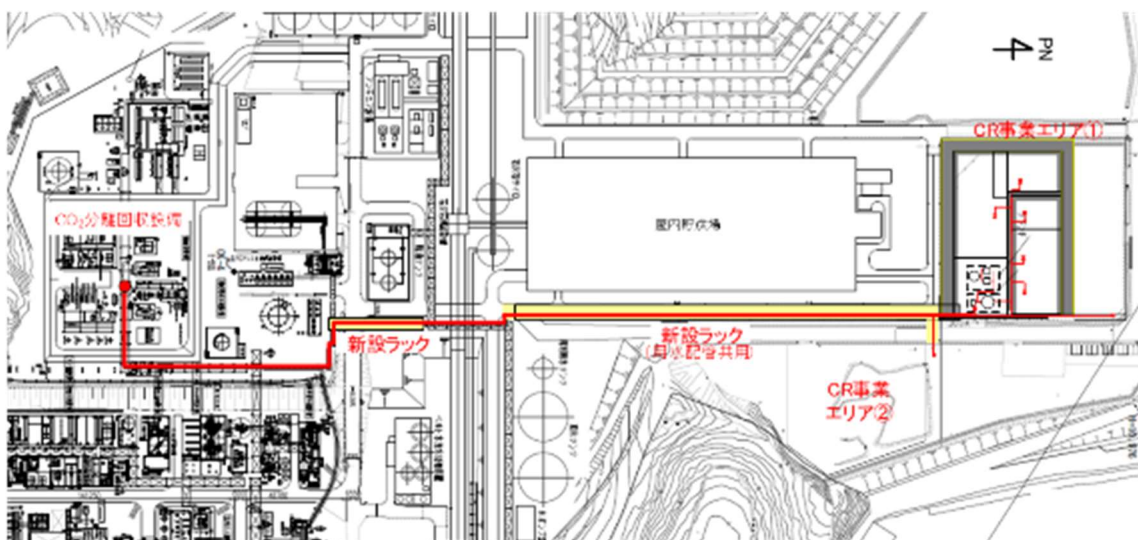


図 3.2.1.1-6 CO<sub>2</sub>供給配管ルート図

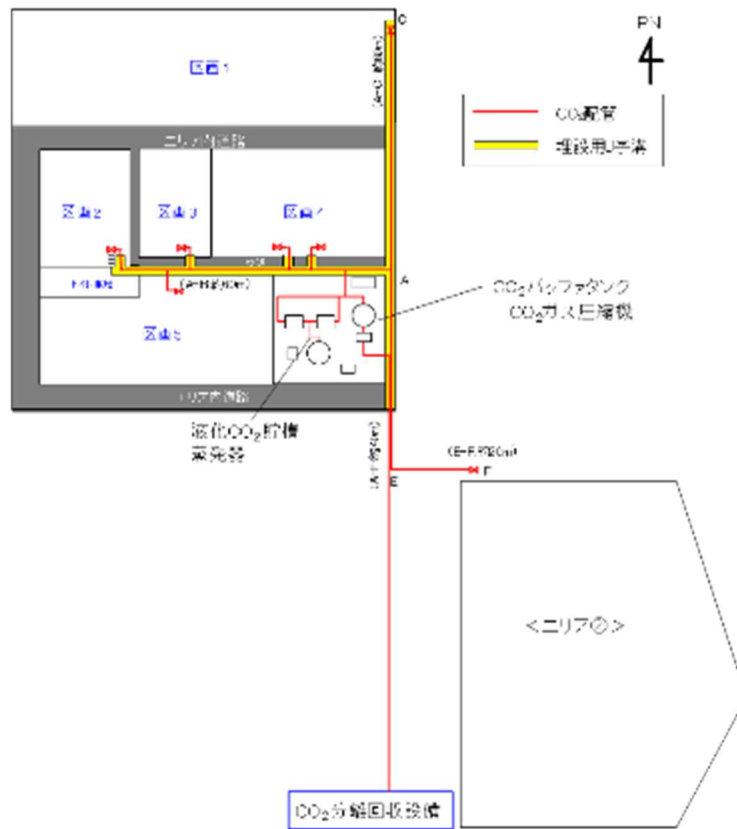


図 3.2.1.1-7 CR 事業エリア内の CO<sub>2</sub> 供給配管、CO<sub>2</sub> 供給設備レイアウト



図 3.2.1.1-8 ①-2 CO<sub>2</sub> 供給設備

①-3 CO<sub>2</sub> バックアップ供給設備(IGCC 停止時)[2020 年度～2022 年度]

IGCC 設備および CO<sub>2</sub> 分離・回収設備は実証設備であり、定期点検やメンテナンス等に伴う長期停止を行うことが懸念される。これに備え、CR 事業者へ CO<sub>2</sub> 供給を継続するためのバックアップ供給設備を設置する計画とした。

[設置状況]

- ・本設備は、液化 CO<sub>2</sub> 貯槽、蒸発器で構成し、CO<sub>2</sub> バッファタンクをバイパスして CO<sub>2</sub> を供給できる仕様として計画した。
- ・液化 CO<sub>2</sub> 貯槽は、実証サイトが離島である立地条件を考慮し、10ton/日の流量で 3 日程度の供給が可能となる十分な容量で計画するものとし、40kL 級の貯槽を設置した。
- ・CO<sub>2</sub> 蒸発器については、長時間連続運転すると大気中の水分が蒸発器に着氷し、熱交換能力が低下するため、定期的に解氷する必要がある。その対策として、蒸発器を 2 系統設置し、タイマーにより定期的に運転号機を切替ることで連続供給可能となるようにした。(表 3.2.1.1-6、図 3.2.1.1-9 参照)

表 3.2.1.1-6 CO<sub>2</sub> バックアップ供給設備仕様(IGCC 停止時)

| 項目                    | 数量   | 主な仕様          |
|-----------------------|------|---------------|
| 液化 CO <sub>2</sub> 貯槽 | 1 基  | 容量 40kL       |
| 蒸発器                   | 2 系統 | 出口圧 0.8MPa(G) |

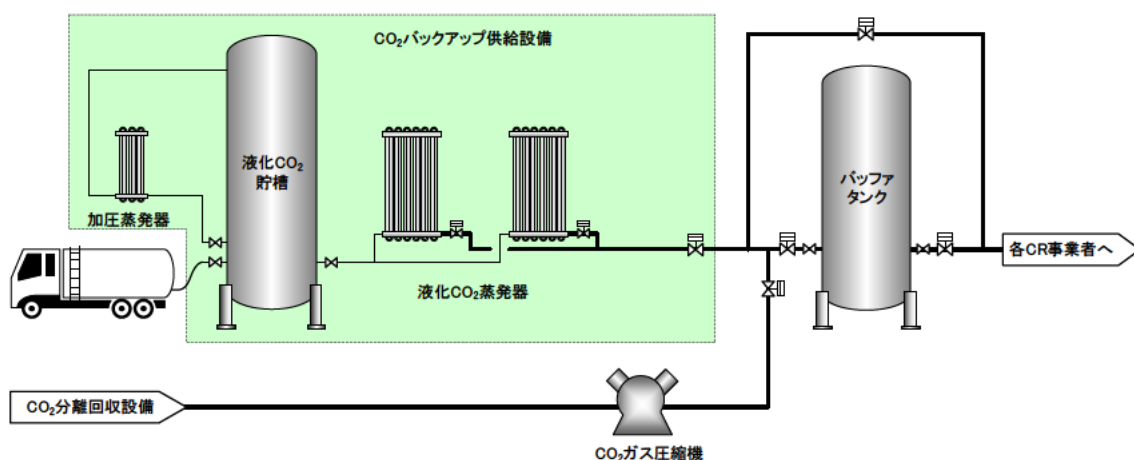


図 3.2.1.1-9 CO<sub>2</sub> 供給設備概略系統図

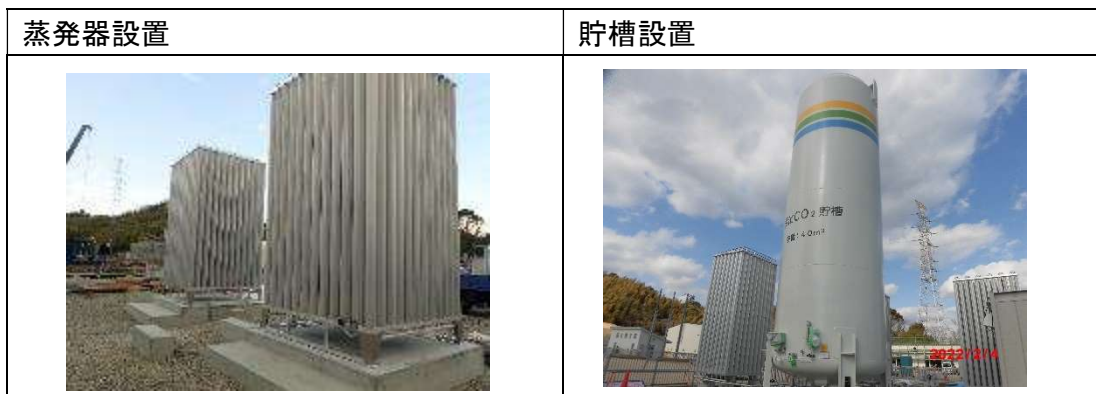


図 3.2.1.1-10 ①-3 CO<sub>2</sub>バックアップ供給設備

#### ①-4 用水工事[2020 年度～2021 年度]

各 CR 事業者の研究および拠点管理で必要となる共用設備で使用する所内用水、上水(水道水)を供給するため、配管を敷設した。

また、配管を敷設するために必要となる配管ラック等を設置した。

##### [設置状況]

- ・各用水配管は、中国電力(株)大崎発電所の分岐点から CR 事業エリアまで敷設した。
- ・エリア①内の配管については、歩行者等の安全を配慮し浸透側溝を用いた埋設配管とした。
- ・各区画の取り合い点には遮断弁を設け、使用量を把握するための流量計を設置した。また、供給圧力を監視するために圧力計を設けた。

##### (所内用水)

- ・CR 事業者が研究開発に使用する用水については、大崎発電所の所内用水系統から供給する計画とした。
- ・所内用水は、CR 事業者への研究計画内容調査結果に基づき供給量 200ton/日で計画した。

##### (上水)

- ・CR 事業者が利用する上水(水道水)は、大崎発電所の上水系統から供給する計画とした。
- ・上水は、CR 事業者への研究計画内容調査結果に基づき CR 事業者 120 人程度を想定し、供給量 4ton/日で計画した。

#### ①-5 排水工事[2020 年度～2021 年度]

##### (i)排水設備

各 CR 事業者においてから排出される事業排水を集水し、海域へ排出するための排水設備を整備した。なお、各 CR 事業者が研究開発に伴い排出する事業排水については、研究の種類に応じて様々な性状となることが予測されるが、各 CR 事業者の責任において排水可能な水質まで処理するものとし、基準を満たした事業排水のみ受け入れるものとした。

##### [設置状況]

- ・CR 事業者への研究計画内容調査結果に基づき、日最大 200ton を想定して排水設備を設計した。
- ・各 CR 事業者の処理排水を受け入れるための集合枡を設置した。
- ・集合枡には、レベル計および出口遮断弁、排水管を設置した。
- ・排水管は、CR 事業エリアから発電所構内西側の海域へ排水するルートで設置した。



(ii)生活排水設備

CR 事業エリアに、拠点の運営管理上必要となる生活排水設備及び共用トイレを設けた。生活排水は合併浄化槽にて処理し、既設排水系統を介して海域へ排水できるよう整備した。

[設置状況]

- ・各 CR 事業者から排出される生活排水を受け入れるための原水槽および排水を処理するための合併浄化槽を設置した。
- ・CR 事業エリアには共用トイレを設置し、合併処理浄化槽で浄化処理を行う仕様とした。
- ・合併処理浄化槽の容量については、CR 事業者への研究計画内容調査結果に基づき、CR 事業者 120 人程度を想定し、JIS 浄化槽処理対人数算定基準に基づき  $120 \text{ 人} \times 0.3$  (工場・研究所での係数) = 40 人槽として設置した。(表 3.2.1.1-7 参照)

表 3.2.1.1-7 生活排水設備仕様

| 項目  | 数量 | 主な仕様                 |
|-----|----|----------------------|
| 浄化槽 | 1  | 合併浄化槽(40 人槽)         |
| 原水槽 | 1  | 容量 約 1m <sup>3</sup> |

①-6 海水取水設備[2020 年度～2021 年度]

研究開発において、海水を用いる CR 事業者向けに海水を取水するための海水取水設備を設置した。

[設置状況]

- ・海水取水設備は、中国電力(株)大崎発電所内の放水槽に設置した。
- ・CR 事業者への研究計画内容調査結果に基づき、日量最大 10ton を想定し、海水取水ポンプを設計した。
- ・海水取水ポンプの電源は OCG の電源系統から供給するものとし、専用の電力量計を設置した。
- ・ポンプ操作のため現地に操作盤を設置した。

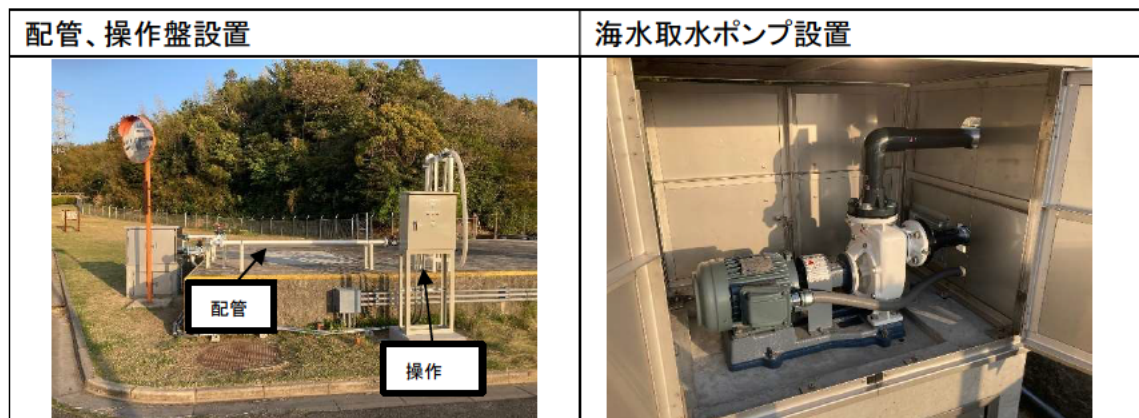


図 3.2.1.1-11 ①-6 海水取水設備 設置状況

①-7 その他工事(共用電源設備)[2020 年度～2021 年度]

CR 拠点運営・管理に必要となる共用設備向けに、電源を供給するための共用電源設備を設置し、各設備に電気を供給した。

電源は商用電源から高圧系統および低圧系統を引き込むものとし、受配電盤を共同設備エリア内に設置した。また、受電に必要となる引込電柱をエリア①内に設置した。

[設置状況]

・電源種別

高圧系統(6.6kV)系 3φ 3W 210V ~動力用 他

低圧系統(200V系) 1φ 3W 210/105V ~動力用、コンセント 他

・主な電源用途

CR 事業エリア照明設備

CO<sub>2</sub>バックアップ供給設備(制御電源等)

CO<sub>2</sub>ガス圧縮機(動力)

CO<sub>2</sub>ガス圧縮機用冷却装置(動力)

共用トイレ用

合併浄化槽用

・電線についてはユーティリティ配管と合わせて埋設電線とした。

|  |   |
|--|---|
| <p>高圧引込</p>      | <p>低圧引込</p>      |
| <p>受変電設備設置</p>  | <p>低圧電灯盤設置</p>  |
| <p>分電盤設置</p>   | <p>外灯設置</p>   |

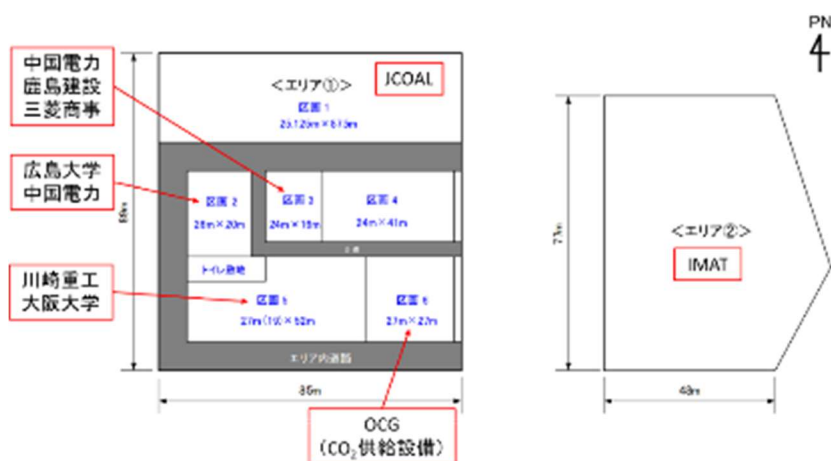


図 3.2.1.1-12 ①-7 その他(共用電源設備)

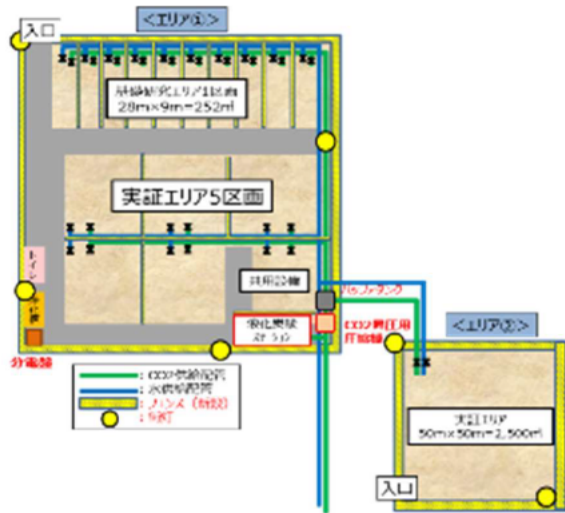
①-8 拠点整備の検証 [2021 年度]

CR 事業者にとって研究開発実証事業を適正に実施できるように、各 CR 事業者に研究計画の調査を行い、敷地面積、エリア・区画割り当てやユーティリティ供給設備等の仕様について、最適化を図った。(調査結果は表 3.2.1.1-2、ユーティリティ供給設備等の仕様変更結果は表 3.2.1.1-3 参照)

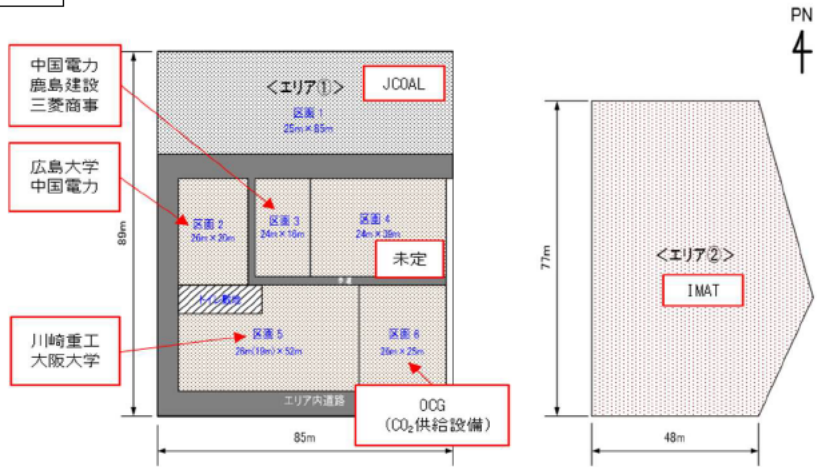
- ・CR 事業エリア内区画については、CR 事業者に必要な敷地面積を調査し、各 CR 事業者に必要な範囲での区画、割り当てを行った。(CR 事業エリア・区画の最適化検討結果を図 3.2.1.1-13 に示す。)
- ・CR 事業者が未定である区画 4 について、可能な限り敷地を確保し、2 つの事業者が入る場合に備え、CO<sub>2</sub> 供給配管を分割して供給できるよう配管設計を行った。
- ・CO<sub>2</sub> 供給配管以外のユーティリティ供給(用水等)についても、2 つの CR 事業者が入る場合に備え、供給配管を分割して供給できるよう配管設計を行った。
- ・CO<sub>2</sub> 供給設備の設置にあたっては、CR 事業者にて必要な CO<sub>2</sub> 供給量を調査し、CO<sub>2</sub> を十分な量を供給できる仕様で設計を行ったが、今後新規に入る CR 事業者が計画仕様以上の CO<sub>2</sub> 供給を要求した場合に備えて、増設可能な敷地の確保、配管の取り回しを行った。



当初計画



最新計画



PN  
4

図 3.2.1.1-13 CR 事業エリア・区画の最適化検討結果

実施項目②「CO<sub>2</sub>有効利用技術研究拠点のユーティリティ設備保守」[2022年度]

整備した研究拠点において、CR事業者へ、CO<sub>2</sub>分離・回収設備で回収したCO<sub>2</sub>を供給するとともに、発電所設備から用水等のユーティリティを供給するための運用・管理を行っていく。また、整備したユーティリティ設備に係る保守・管理を実施する。ユーティリティ供給や保全等がCR事業者にとって適正か検証していく。

②-1 ユーティリティ設備運用・管理・保守[2022年度]

(運用管理)

- ・研究拠点にて実施する研究開発・実証試験に対し、ユーティリティ(CO<sub>2</sub>、上水等)を安定供給するため、共用設備についてパトロール他の運用管理を行う。
- ・OCG中央制御室において、CO<sub>2</sub>分離・回収設備の運転監視に合わせてCR事業者へのCO<sub>2</sub>供給状況を監視する。
- ・CR事業者へ供給するCO<sub>2</sub>について、適宜、組成分析や微量成分分析を行い、必要に応じてCR事業者へ情報を提供する。
- ・CR事業者の研究開発・実証事業において、OCGから供給したCO<sub>2</sub>に起因する異常が発生した場合、原料CO<sub>2</sub>ガス組成や微量成分等に関する調査を実施し、CR事業者の原因究明に協力する。
- ・定期的に事業排水、生活排水に関する水質分析を実施し、CR事業からの排水が適切に管理されていることを確認する。
- ・日常パトロールを含む運用管理については、外部委託として実施する。

(保守管理)

- ・整備したユーティリティ供給設備の日常保守、点検周期に応じた定期点検、高圧ガス保安法等法に基づく点検など、ユーティリティ設備の保守管理を行う。
- ・整備した設備に不具合が生じた場合、補修など保守対応を行う。
- ・CR事業者の研究内容の変更によりユーティリティ使用量が増加し、ユーティリティ設備の増設・改造等が必要となった場合、関係個所と協議の上、設備の改造見直しを行う。
- ・JCOALに対し、安全管理などプラント運営に必要な情報を共有し、必要に応じて調整・協力する。

表 3.2.1.1-8 ユーティリティ設備点検内容

| 項目            | 対象機器  | 点検内容   |
|---------------|---|--|
| 日常保守          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・CR原料CO<sub>2</sub>ガス圧縮機ユニット、海水取水ポンプ他機械設備</li> <li>・低圧動力盤他電気設備</li> <li>・CRCO<sub>2</sub>供給設備現場制御盤他制御装置</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・不具合発生時の修理</li> <li>・日常巡視点検、パトロール</li> <li>・電動機SPM測定</li> </ul> |
| 定期点検          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・CR原料CO<sub>2</sub>ガス圧縮機用チラー</li> <li>・低圧動力盤他</li> <li>・CR原料CO<sub>2</sub>ガス圧縮機他</li> </ul>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>・圧縮機用チラー点検</li> <li>・盤点検</li> <li>・振動測定</li> </ul>              |
| 高圧ガス保安法に基づく点検 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・液化炭酸ガス貯槽、蒸発器</li> <li>・弁、配管、計器類(&gt;1MPa)</li> <li>・その他関連周辺設備(照明、囲い、防消火設備)</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・定期自主検査(年1回)</li> <li>・保安検査(3年1回)</li> </ul>                    |

②-2 ユーティリティ設備運用・管理の適正検証[2022年度]

CR事業者へのユーティリティ供給、設備運用・保全が適正か検証を実施していく。

## 成果の普及

### 対外発表

国内における講演・発表を行い、積極的に本事業の情報発信を実施している。表 3.2.1.1-9 にその実績を示す。なお、個別の件名について、講演発表実績等を表 3.2.1.1-10, 11 に示す。

表 3.2.1.1-9 プロジェクト情報発信実績

| 年度    | 2020 | 2021 | 合計 |
|-------|------|------|----|
| 講演・発表 | 0    | 2    | 2  |
| 新聞等   | 9    | 4    | 13 |

表 3.2.1.1-10 国内講演・発表実績

| 番号 | 発表者   | タイトル  | 会議名                 | 発表年月      |
|----|-------|---|---------------------|-----------|
| 1  | 竹村 亮介 | 大崎クールジェンプロジェクトにおけるCO <sub>2</sub> 分離・回収実証試験及びCO <sub>2</sub> 有効利用に向けた取組について | CCR 研究会 2021年7月度講演会 | 2021/7/15 |
| 2  | 細越 俊哉 | 脱炭素社会に向けたクリーンコールテクノロジーの役割   | 第28回日環協・環境セミナー全国大会  | 2021/10/8 |

表 3.2.1.1-11 その他外部発表実績

| 番号 | 掲載内容   | 掲載媒体   | 発表年月      |
|----|--|--|-----------|
| 1  | カーボンリサイクル確立へ大崎上島で技術実証 NEDO5件採択                             | 電気新聞   | 2020/8/6  |
| 2  | 梶山経産相の大崎クールジェン視察、大崎クールジェンプロジェクトとカーボンリサイクル実証拠点についての紹介       | 共同通信、山陰中央新報社 web、お好みワイドひろしま(NHK)、テレビ派(広島テレビ) | 2020/9/3  |
| 3  | 「CO <sub>2</sub> の再利用」研究広がる化学品コンクリート製造                     | 読売新聞、電気新聞                                    | 2020/9/4  |
| 4  | 脱炭素社会へ技術革新の胎動 カーボンリサイクル 中電が広島を拠点に推進                        | 山陰経済ウィークリー                                   | 2020/9/23 |
| 5  | 大崎クールジェンプロジェクトとカーボンリサイクル実証拠点についての紹介                        | 広島ホームテレビ 5UP                                 | 2021/3/22 |
| 6  | カーボンニュートラル実現の取り組みとして、大崎クールジェンプロジェクトの紹介、カーボンリサイクル実証拠点の開始の紹介 | 産経新聞   | 2021/6/20 |
| 7  | CO <sub>2</sub> 排出削減 脱炭素社会に向けたイノベーション                      | ガリレオ X(BS フジ)                                | 2021/8/22 |
| 8  | 石炭が探るカーボンニュート  | 産経新聞   | 2021/9/13 |

|   |  |      |            |
|---|--|------|------------|
|   | ラルへの道 トリプル複合発電、アンモニア混焼、CCS、CO <sub>2</sub> 再利用…イノベーションの最前線 |      |            |
| 9 | 石炭火力発電の効率化目指す 大崎クールジェン水素でCO <sub>2</sub> 削減 試験最終段階へ        | 中国新聞 | 2021/12/11 |

### 一般向け情報発信

プロジェクトの進捗にあわせて、見学対応、ホームページやプロジェクトガイド(広報誌)を通じたプロジェクトの情報発信を実施。国内における講演・発表を行い、積極的に本事業の情報発信を実施している。

### 【見学者対応実績】

2022年4月中旬までの実績:687名(内訳を図3.2.1.1-14に示す)

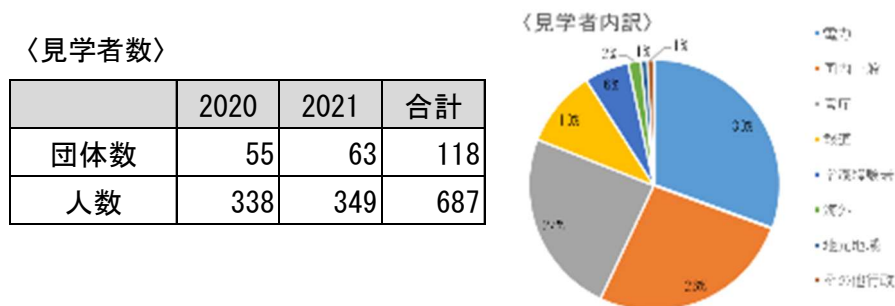


図 3.2.1.1-14 見学対応実績

### 3.2.1.2 (A-2) 基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施 事業全体の成果

#### 研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義

研究開発の中間目標と2022年4月時点の達成状況、達成見通し、および成果の意義については、表3.2.1.2-1に示すとおりである。

表3.2.1.2-1 研究開発中間目標と達成度及び研究開発成果の意義

| 研究開発目標  | 達成状況(2022年4月時点)と成果の意義   |
|---|---|
| <p>[中間目標(2022年度末)]<br/>複数の企業や大学等が要素技術開発および実証試験等を行うための拠点化に向けた検討および整備を行うこと。</p> | <p>【中間】<br/>           &lt;達成度&gt;<br/>           △(2023年3月達成予定)<br/>           &lt;見通し&gt;<br/>           研究開発項目①、②、および③をPDCAサイクルの中で連携させて着実に成果を積み上げており、全ての項目で順調に進捗していることから、中間目標は高い確度で達成できる見通しである。<br/>           &lt;成果の意義&gt;<br/>           カーボンリサイクル技術の研究開発を促進するための拠点が整備され、安全に研究設備の建設、運用が行える条件が整うことで、カーボンリサイクル技術ロードマップの実現に向けた準備が整う。</p> |

これまでに得られた個別課題の成果は第3.2章に示すとおりであるが、個別中間目標の達成に向けた2022年4月時点の成果と達成状況は表3.2.1.2-2に示すとおりである。



表3.2.1.2-2 個別研究開発項目の中間目標達成状況

| 研究開発項目  | 目標(中間)                               | 成果   | 達成度                        | 今後の課題と解決方針  |
|---|--------------------------------------|--|----------------------------|---|
| <p>実施項目①「CO<sub>2</sub>有効利用技術の研究拠点化の最適化検討と実施」</p> <p>(1) 研究拠点エリア全体の基礎検討実施</p> <p>(2) 研究用プレハブ仕様と工事計画策定</p> <p>(3) 研究用プレハブの建設と保守メンテ</p> | <p>基礎研究・先導研究エリア内の研究拠点の整備を完了すること。</p> | <p>(1) 研究拠点全体の基本レイアウト、および基礎・先導拠点内の詳細レイアウトを決定した。</p> <p>(2) 研究用プレハブの仕様と工事計画を決定した。</p> <p>(3) 研究用プレハブの建設を着工し、完成後、消防検査と建築完了検査に合格した。</p> | <p>△<br/>(2023年3月達成予定)</p> | <p>(3)6月から、運用に入るが、安全で使いやすい施設運営を目指す。必要に応じて保守メンテを適切に実施する。</p> |

| 研究開発項目   | 目標(中間)   | 成果   | 達成度                        | 今後の課題と解決方針  |
|--|--|--|----------------------------|---|
| <p>実施項目②<br/>「研究支援の最適化検討と実施」<br/>(1)現地駐在<br/>(2)研究者支援<br/>(3)共用エリアの管理<br/>(4)研究拠点利用者間の調整・液体CO<sub>2</sub>調達<br/>(5)利用マニュアルの整備・充実</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究者支援業務について、主に運営面の最適化を行い、実践していること。</li> <li>・研究拠点利用者の研究活動支援業務、研究拠点利用者間の調整、および基礎研究・先導研究の共用エリアの管理業務を適切に実施していること。</li> <li>・研究拠点の利用マニュアルの改訂が適切に行われていること。</li> </ul> | <p>(1)2021年7月に大崎事務所を開設してCR事業者支援を拠点内で対応できるようにした。CR事業者の建設工事を安全遂行させるため、利用マニュアル(工事編)を2021年1月に発行した。2021年10月から毎月安全対策協議会を実施した。元方事業者による毎週の安全協議会にもオブザーバーとして2021年7月から出席して、支援活動改善に反映した。</p> <p>(2)2022年1月から試運転を開始するCR事業者向けに利用マニュアル(運用編)の暫定版を1月15日に前倒して発行して研究支援活動を開始して便宜を図った。</p> <p>(3)共用エリアの建設工事の安全管理を実施した。</p> <p>(4)事業運営委員会の設置を検討した。液体CO<sub>2</sub>のメーカー選定、契約を行った。</p> <p>(5)4月1日に利用マニュアル(運用編)を正式に発効した。</p> | <p>△<br/>(2023年3月達成予定)</p> | <p>(2)(3)(4)2022年6月から正式に共用エリアの管理を開始して、CR事業者が研究を安全に遂行できるように適切に対応していく。<br/>(5)研究拠点の管理とCR事業者支援を通じて利用マニュアルの改訂を速やかに実施していく。</p> |

| 研究開発項目   | 目標(中間)   | 成果  | 達成度                        | 今後の課題と解決方針  |
|--|--|---|----------------------------|---|
| <p>実施項目③<br/>「対外支援活動の最適化検討と実施」<br/>(1)最適化検討・効率的実施方法開発<br/>(2)対外支援活動(広報活動)<br/>・研究成果の受発信<br/>・NEDO が企画するイベント等への協力<br/>・WEB サイトの整備<br/>・パネル、動画等の作成</p> | <p>・対外支援活動が、費用対効果が全体最適となる実施方法に基づき実施していること。<br/>・研究成果のタイムリーな発信を行い、かつ、受信者からの反応を研究支援に活用していること。<br/>・研究開発の成果を集約し、NEDO が企画するイベント等に協力していること。<br/>・調査結果が研究支援業務に反映されていること。</p> | <p>(1) 研究拠点の紹介動画、完成予想CG、パンフレット、パネル、およびWEBサイトの5点の製作を同時進行しながら連携して実施したことにより、全てのコンテンツを最新の情報に基づき構築でき、かつ、情報の共有化によって合理的な製作工数で実施できた。<br/>(2) VIPの研究拠点視察に協力した。研究拠点視察研究拠点の概要について発信できる機会を捉えて実施した。論文1件、対外発表2件、新聞・雑誌等へ4件の発信を行った。</p> | <p>△<br/>(2023年3月達成予定)</p> | <p>(1) CR事業者の増加や建設が終了して研究に入るCR事業者が増えたり、新規に拠点に入るCR事業者に対応して、研究拠点を紹介する情報を適宜更新していく。<br/>(2) 研究拠点の2022年6月の竣工以降多くの来訪者が予想されるので適切に対応してPRに務める。</p> |

## 成果の最終目標の達成可能性

本研究開発の最終目標と2022年4月時点の達成状況、達成見通し、および成果の意義は表3.2.1.2-3に示すとおりであり、現時点で、達成できる見通しである。

表 3.2.1.2-3 研究開発最終目標と達成度及び研究開発成果の意義

| 研究開発目標  | 達成状況(2022年3月時点)と成果の意義  |
|---|--|
| [最終目標(2024年度末)]<br>「複数の企業や大学等が2030年のCO <sub>2</sub> 有効利用技術の技術確立、実用化に向けた研究開発・実証事業を広島県大崎上島の研究拠点を活用して高い評価を得ている」ように最適な運営を行い、研究拠点化を推進する。 | <b>【最終】</b><br><達成度><br>△(2025年3月達成予定)<br><見通し><br>研究開発項目①、②、および③をPDCAサイクルの中で連携させて着実に成果を積み上げており、全て順調に進捗していることから、最終目標は達成できる見通しである。<br><br><成果の意義><br>カーボンリサイクル技術の研究開発を促進するための拠点から社会実装に帰する多くの成果が出ているという高い評価を受けていることで、カーボンリサイクル技術ロードマップの実現に向けた期待に応えている。 |

これまでに得られた個別課題の成果は次章に示すとおりであるが、個別最終目標の達成に向けた状況は表3.2.1.2-4に示すとおりである。

表3.2.1.2-4 個別研究開発項目の最終目標達成状況

| 研究開発項目  | 現状  | 最終目標(2025年3月)   | 達成見通し   |
|---|---|---|---|
| <p>実施項目①「CO<sub>2</sub>有効利用技術の研究拠点化の最適化検討と実施」</p> <p>(1) 研究拠点エリア全体の基礎検討実施</p> <p>(2) 研究用プレハブ仕様と工事計画策定</p> <p>(3) 研究用プレハブの建設と保守メンテ</p>               | <p>実施項目①の(1)と(2)を完了し、(3)の研究用プレハブの建設までを完了。</p>   | <p>基礎研究・先導研究エリア内の研究拠点の保守メンテナンスを完遂すること。</p>  | <p>研究成果①、②、および③をPDCAサイクルの中で連携させて着実に成果を積み上げる方法を継続して行うことにより、新たな課題が出現しても大きな開発の障害になる前に対策を打つ体制を構築しており、最終目標は達成できる見通し。</p> |
| <p>実施項目②「研究支援の最適化検討と実施」</p> <p>(1) 現地駐在</p> <p>(2) 研究者支援</p> <p>(3) 共用エリアの管理</p> <p>(4) 研究拠点利用者間の調整・液体CO<sub>2</sub>調達</p> <p>(5) 利用マニュアルの整備・充実</p> | <p>実施項目②の(1)を)を完了し、(2)(3)(4)については建設工事と試験の暫定実施を行うCR事業者支援対応は完了した。2022年6月の研究拠点の竣工後より対応していく体制を整えた。(5)については利用マニュアル初版を発行済み。</p> | <p>支援業務を完遂していること、研究者支援業務について、主に運営面の最適化を行い、実践し、PDCAサイクルを回して改良していること、研究拠点利用者の研究活動支援業務、研究拠点利用者間の調整、および基礎研究・先導研究の共用エリアの管理業務を完遂していること、研究拠点での最適な研究実施方法を含む利用マニュアルが整備されていること。</p> | <p>同上</p>   |

| 研究開発項目   | 現状   | 最終目標(2025年3月)          | 達成見通し |
|--|--|------------------------|-------|
| 実施項目③「対外支援活動の最適化検討と実施」<br>(1) 最適化検討・効率的実施方法開発<br>(2) 対外支援活動(広報活動)<br>・研究成果の受発信<br>・NEDO が企画するイベント等への協力<br>・WEB サイトの整備<br>・パネル、動画等の作成 | 実施項目③の(1)については、研究成果の効果的な発信方法について検討を行い(2)において、拠点紹介に掛かるWEB サイト、パネル、動画、パンフレットを最適な製作方法を検討の上製作して、広報活動を推進している。 | 研究拠点事業が国内外から認知されていること。 | 同上    |

### 成果の普及

投稿論文 1 件、対外発表 2 件、新聞・雑誌等への掲載 4 件となっている。さらに、研究拠点が竣工した後の見学者ルートを図 3.2.1.2-1 のとおり検討する等、成果の普及に取り組んでいる。

### 【論文】

| 番号 | 発表者   | 所属    | タイトル                   | 会誌名                          | 発表年月   |
|----|-------|-------|------------------------|------------------------------|--------|
| 1  | 田中 恒佑 | JCOAL | カーボンリサイクルに係る JCOAL の取組 | J C O A L<br>ジャーナル<br>Vol.46 | 2021/6 |

### 【外部発表】

#### (a)学会発表・講演

| 番号 | 発表者   | 所属    | タイトル   | 会議名                  | 発表年月      |
|----|-------|-------|--|----------------------|-----------|
| 1  | 橋本敬一郎 | JCOAL | 技術連携戦略センターの事業報告、CO <sub>2</sub> 利用基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施状況 | 令和2年度<br>JCOAL 事業報告会 | 2021/3/29 |
| 2  | 橋本敬一郎 | JCOAL | 技術連携戦略センターの事業報告、CO <sub>2</sub> 利用基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施状況 | 令和3年度<br>JCOAL 事業報告会 | 2022/2/1  |

#### (b)新聞・雑誌等への掲載

| 番号 | 【公開日付】          | 【媒体】                   | 【タイトル】                       |
|----|-----------------|------------------------|------------------------------|
| 1  | 2022 年 2 月 10 日 | VOICE NO.3             | 瀬戸内の島で進む「脱炭素社会」への取組み         |
| 2  | 2021 年 4 月 28 日 | JCOALマガジン、VOL: 第 261 号 | 事業報告:カーボンリサイクル実証研究拠点整備の着工祈願祭 |

|   |             |                            |   |
|---|-------------|----------------------------|---|
| 3 | 2021年11月30日 | JCOALマガジン<br>VOL:第268号     | 安全祈願祭の実施～基礎研究・<br>先導研究拠点の研究用プレハブ<br>建設工事～ |
| 4 | 2021年8月     | 広報大崎上島8月<br>号(大崎上島町会<br>誌) | 大崎上島におけるカーボンリサイ<br>クル実証研究拠点の紹介            |

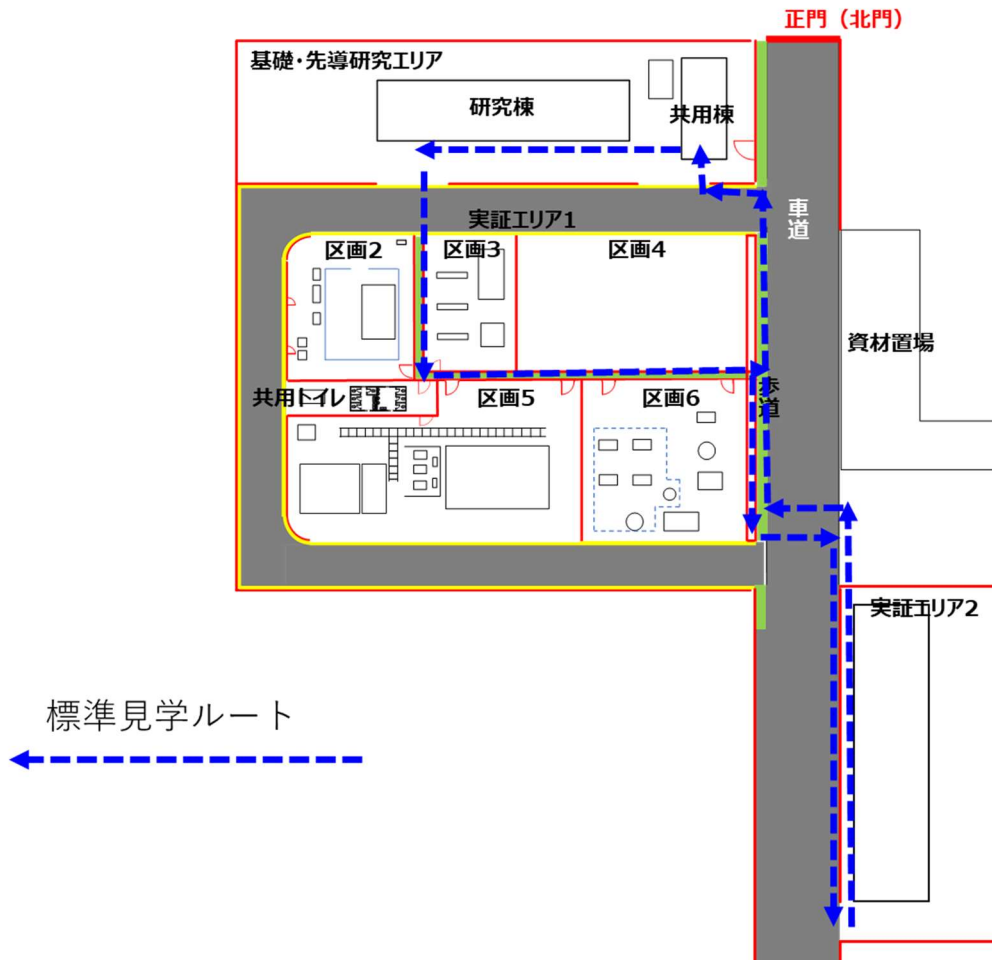


図 3.2.1.2-1 研究拠点の標準見学ルート

## 研究開発項目毎の成果

### 実施項目①「CO<sub>2</sub> 有効利用技術の研究拠点化の最適化検討と実施」

#### 研究拠点エリア全体の基礎検討実施

研究拠点エリア全体(実証エリア+基礎研究・先導研究エリア)のレイアウト検討を OCG と調整を図りながら実施した。続いて、基礎研究・先導研究エリアの CO<sub>2</sub> 及び各ユーティリティの配管ルート、研究棟及び共用棟の配置を固めた。さらに、基礎先導拠点の外溝部仕様、主要施設、建物内に設置する設備の検討を行った。

研究拠点エリア全体の整備予定箇所の航空写真を図 3.2.1.2-2 研究拠点の全体レイアウトの下地に示す。図中に示すように、JCOAL が担当する基礎研究・先導研究拠点は左上の縦 90.75m×横 87.5m のエリア内に、実証研究拠点エリアと分けけて整備してきた。なお、詳細な配置については関係者と協議して決定してきた。OCG の研究拠点全体のレイアウト決定に協力した。インフラ整備担当の OCG と CR 事業者との間に入って調整を行った。図 3.2.1.2-2 に研究拠点の全体レイアウトを示す。

図3.2.1.2-2 研究拠点の全体レイアウト

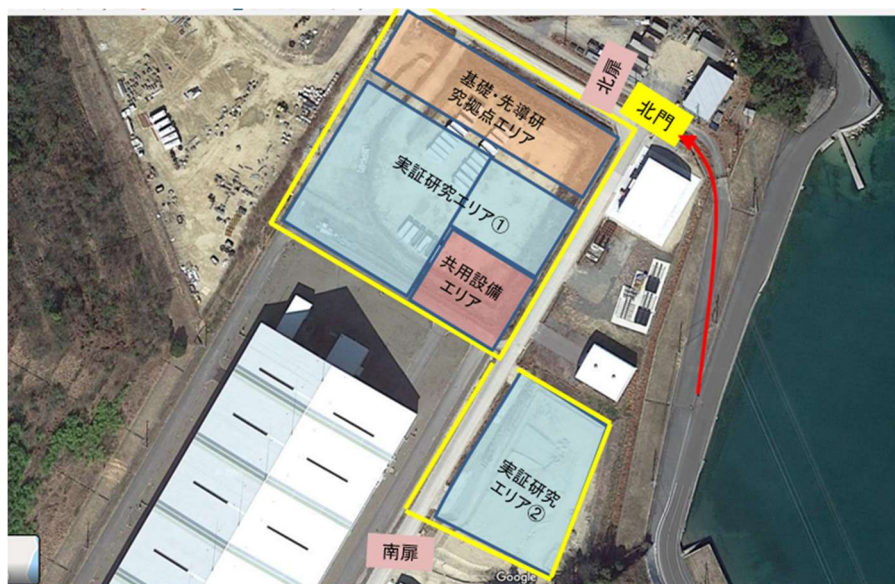


図3.2.1.2-3は全体レイアウトの中に、実証エリア1内のCR事業者の区画、共用トイレと資材置き場の位置とサイズを示したものである。さらに、基礎研究・先導研究エリア内の研究棟、共用棟の大きな配置を検討した。



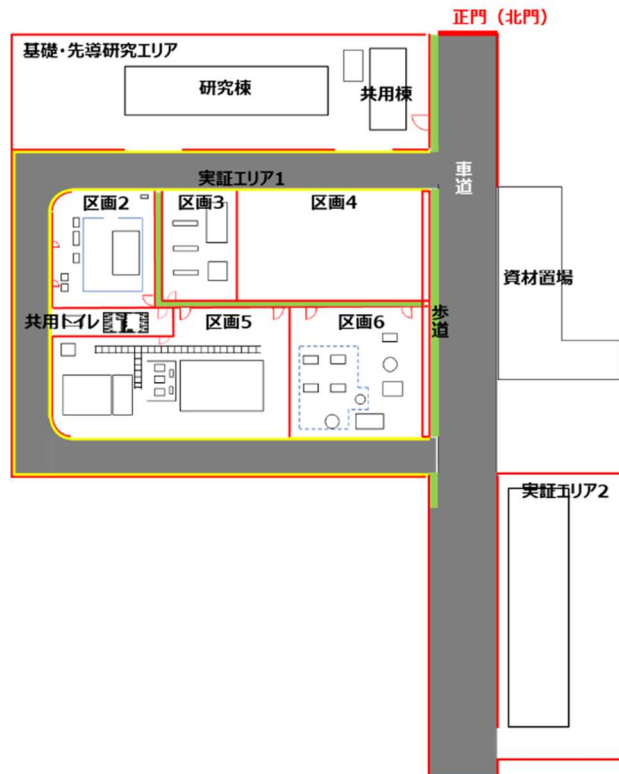


図3.2.1.2-3 全体レイアウト(区画等の情報追加)

基礎研究・先導研究拠点整備に係る要求仕様を表3.2.1.2-5に示す。主としてJCOALはゼネコンと協力してハード面の最適化検討を行い、この要求仕様を満たしつつ、詳細設計仕様についてはNEDOと協議しながら固めた。

表3.2.1.2-5 基礎研究・先導研究拠点整備に係る要求仕様一覧

| 項目   | 要求仕様一覧   |
|------|--|
| 場所   | 広島県豊田郡大崎上島町中野6208番地1 中国電力株式会社大崎発電所内  |
| 研究室  | 7室程度(基礎研究を行うために十分な広さを備えた汎用的な研究室)   |
| 共用設備 | 分析室、会議室、書類保管庫、洗面所を備えた建屋  |
| 什器   | 机、椅子、書棚、プロジェクター、スクリーンなど必要な備品   |
| 備考   | 基礎研究・先導研究拠点建築面積は1,000m <sup>2</sup> 程度とする<br>これらの詳細な仕様については工事着手前にNEDOと協議する |

表 3.2.1.2-5 の要求仕様を満たし、かつ、研究拠点の見学者ルートも考慮して、研究拠点実証エリア1の北側に基礎拠点・先導拠点エリアとして2,187.55m<sup>2</sup>(25m×87.5m)の矩形地を確保して、研究棟と共用棟からなる研究用プレハブを設置し、建屋内に試験装置を設置するための6つの研究室、研究に必要な共通装置、備品、配管、ユーティリティシステム、および搬入用スペース等を設置する計画である。現時点で検討している仕様を表 3.2.1.2-6 に示す。なお、研究用プレハブ設置のた

めの工事範囲や完成後の運用範囲については図面等で明確にしていた。また、詳細な仕様については消防、ゼネコン、NEDO と協議して決定した。

### 研究用プレハブ仕様と工事計画策定

研究用プレハブ仕様と工事計画策定をゼネコンの協力を得て実施した。表 3.2.1.2-6 に決定した主要な仕様を示す。本実施項目の年度ごとの実施内容は以下の通りとする。

(1) 研究用プレハブを 2022 年度 6 月頃迄の建設を目指すため、2020-2021 年度は詳細仕様、および工事計画を策定する。詳細仕様検討に当たっては、利便性を高めるため、バックヤードを含めた適切な広さ、利便性、および強化された床基礎で屋内実験装置のサイズや重量の制限を緩和したり、緊急避難経路の充実、および共用施設の充実(会議室、分析室等)等を検討していく。十分な安全性を確保した上で、研究拠点利用者へのヒヤリングなどを実施して研究環境への要望を可能な範囲で考慮していく。(2020-2022 年度)

表3.2.1.2-6 基礎研究・先導研究拠点の仕様

| 整備設備 | 仕様  |
|------|---|
| 研究棟  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究室数: 6室</li> <li>・サイズ: 室内部: 縦10m × 長さ44m × 高さ4.0m(440m<sup>2</sup>)(注記*1)<br/>           室外部: 縦4m × 長さ44m × 高さ3.5m(176m<sup>2</sup>)<br/>           合計面積: 616m<sup>2</sup></li> <li>研究室数、サイズ、外観、内装については関係者と協議の上、決定した。(注記*2)</li> <li>・本体建築方式: 準耐火構造のプレハブ鉄骨造<br/>           (付帯工事): 基礎工事(200mm以上の厚みを確保)、耐火構造仕切壁設置、自動火災通報装置、防爆型換気装置、照明、出入口、シャッター、防火設備、避雷針)</li> <li>・完成時期: 2022年4月末</li> </ul> |
| 共用棟  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・管理区(2階建): 141.1m<sup>2</sup> × 2階 合計面積 282.2m<sup>2</sup>(注記*3)<br/>           : 搬出入等スペース 200m<sup>2</sup></li> <li>サイズ、外観、内装についてはNEDOと協議の上、決定した。</li> <li>・本体建築方式: プレハブ鉄骨造<br/>           (内訳): 分析室、会議室、書庫、データ室、男・女及び車椅子対応洗面所、備品倉庫、小会議室(注記*4)</li> <li>・完成時期: 2022年4月末</li> </ul>  |
| 外構部  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・研究棟と共用棟周辺は、インターロッキングブロック舗装、コンクリート舗装、アスファルト舗装、および砂利転圧舗装を行い、西側空地は未舗装とした。</li> <li>・研究棟正面のコンクリート基礎部には、研究室出入口とシャッター前部にインターロッキングブロック舗装を施工した。</li> <li>・高圧受電装置の目隠し壁にインターロッキングブロック施工を行っ</li> </ul>   |

| 整備設備               | 仕様  |
|--------------------|---|
|                    | た。<br>インターロッキングブロック施工に当たっては形状と色をNEDOと協議の上、決定した。   |
| CO <sub>2</sub> 配管 | 基礎研究・先導研究拠点エリア内の取り合い点までOCGが敷設し、以降の研究室近傍までをJCOALが敷設する。CO <sub>2</sub> メーターを取り付けてデータ室で管理する。(注記*5) |
| 生活排水管              | 基礎研究・先導研究拠点エリア内の境界にOCGが設置する柵に接続した。  |
| 雨仕舞い               | 基礎研究・先導研究拠点エリア内の境界にOCGが設置する外溝等に接続した。  |
| 処理済み排水             | 各CR事業者が基礎研究・先導研究拠点エリア内の境界にOCGが設置する柵に接続した。   |
| プロセスガス放出           | 各研究拠点利用者が研究用プレハブに放出管を設けて安全に大気拡散させることとした。  |
| 上水                 | 基礎研究・先導研究拠点エリア内の取り合い点までOCGが敷設し、以降の研究室近傍までを敷設する。量水器を取り付けて管理する。                                   |
| 所内用水               | 基礎研究・先導研究拠点エリア内の取り合い点までOCGが敷設し、以降の研究室近傍までを敷設する。量水器を取り付けて管理する。                                   |
| 海水                 | 海水を使用するCR事業者がOCGが敷設する海水取水装置まで取りに行くこととした。  |
| 電気                 | 基礎研究・先導研究拠点エリア内に必要な全電力を一括高圧受電し、管理区分内、および研究棟各研究室の主電源と共通施設(照明、換気扇、保安装置など)までをJCOALが配電する。(注記*6)     |

注記\*1:表3.2.1.2-6の仕様に基づき検討した研究棟の概略イメージの正面側と背面側についてそれぞれ図3.2.1.2-4と図3.2.1.2-5に示す。



図3.2.1.2-4 研究棟のイメージ(正面側)



図3.2.1.2-5 研究棟のイメージ(背面側)

注記\*2: 危険物や可燃性高圧ガスの取扱いも可能にする一方で、無窓、かつ、密閉性の高い部屋となるため、換気と照度が十分行える仕様にした。さらに、防火設備、通信設備、セキュリティ装置を設置して安全確保を行えるようにした。

注記\*3: 表3.2.1.2-6の仕様に基づき検討した共用棟のイメージを図3.2.1.2-6に示す。



図3.2.1.2-6 共用棟のイメージ

注記\*4: 共用棟内に、データ室(14m<sup>2</sup>程度)、分析室(54m<sup>2</sup>程度)、会議室(83m<sup>2</sup>程度)、書庫(階段下設置、5m<sup>2</sup>程度)、洗面所(男、女、バリアフリー、23m<sup>2</sup>程度)、備品倉庫(10m<sup>2</sup>)、小会議室(13m<sup>2</sup>、10m<sup>2</sup>、9m<sup>2</sup>)、および内部階段を設けることにした。いずれも室内内観は最も廉価なクロスや床材による仕上げとする。空調は共用棟各部屋に設置する。なお、分析室の計画に当たってはCR事業者や大学の研究者らからの意見を聴取して計画に反映した。

注記\*5: 基礎研究・先導研究拠点境界の本管、研究室6か所の枝管、および実証エリア内各CR事業者の設備最大6か所の流量を連続計測し、温度、圧力補正をした標準流量で共用棟データ室のPCに表示して一括監視できるように施工する。なお、実証エリアからの信号受信は無線通信方式を選定し、受信するデータも流量に加えて温度と圧力の3種類とした。

注記\*6: JCOALが中国電力から一括で高圧受電し、各研究室に対して50kWまでの電気を配電できる仕様とした。

### 研究用プレハブの建設と保守メンテ

前項のとおり、詳細仕様決定後、建設業者選定を行った。続いて、研究用プレハブの建設工事スケジュールを元請会社と調整して決定した。

2021年11月から予定通り工事を開始して、基礎工事、建屋工事と順調に進み、2022年3月には、受電や電話回線の接続を行い、2022年4月4日に消防検査を受検、4月5日に建築完了検査を受検していずれも合格した。この間、詳細な装置仕様や色合い等を決定した。2022年3月に2021年度中間検収を実施した。さらに完成後の保守メンテ業務計画の検討を開始した。



図 3.2.1.2-7 基礎先導拠点の竣工状況(2022年3月29日)



図 3.2.1.2-8 共用棟の竣工状況(2022年3月28日)



図 3.2.1.2-9 共用棟の竣工状況(2022年3月29日)



図 3.2.1.2-10 共用棟の竣工状況(2022年4月12日)



図 3.2.1.2-11 研究棟の竣工状況(正面側)(2022年3月29日)



図 3.2.1.2-12 研究棟の竣工状況(背面側)(2022年3月29日)



図 3.2.1.2-13 研究棟の竣工状況(背面側拡大)(2022年3月23日)



図 3.2.1.2-14 基礎研究・先導研究拠点外構部の竣工状況(共用棟と研究棟間のインターロッキングブロック)(2022年3月23日)



図 3.2.1.2-15 研究棟前面の外溝部(犬走)の竣工状況(2022年3月23日)





図 3.2.1.2-16 基礎研究・先導研究拠点のキュービクル(主電気設備)の竣工状況(2022年4月12日)



図 3.2.1.2-17 研究棟の研究室内部(正面から奥方向)の竣工状況(2022年4月12日)



図 3.2.1.2-18 研究棟の研究室内部(奥から正面方向)の竣工状況(2022年4月12日)



図 3.2.1.2-19 共用棟の大会議室内部(入口から奥方向)の竣工状況(2022年4月12日)



図 3.2.1.2-20 共用棟の小会議室内部(入口から奥方向)の竣工状況(2022年4月12日)



図 3.2.1.2-21 共用棟のデータ室内部(奥から入口方向)の竣工状況(2022年4月12日)

## 実施項目②「研究支援の最適化検討と実施」

### 現地駐在

研究支援業務を充実させるため、2021年7月より、研究拠点内に大崎事務所を開設して、職員を1名常駐させてきた。常駐職員は、研究用プレハブ建設工事期間中の工事内容や進捗の確認、CR事業者から集約した拠点全体のユーティリティ利用計画策定とユーティリティ供給・使用量の監視、拠点利用者間調整、OCGとの擦り合わせ、拠点施設運営に係る県や地元対応、および拠点化に係る来訪者や外部問い合わせ対応などを実施することにした。2022年4月からは2名体制とした。なお、常駐職員のうち1名は設備建設の経験が電力会社OBを採用した。2021年度は研究用プレハブ建設や拠点を利用する研究者の試験設備建設に関して多くの助言や指導を行ってきた。

### 研究者支援

CR事業者とは2020年8月31日の初回打合せ以降、面談、電話、メール等を通して支援を行ってきた。

CR事業者が自社で研究開発を進めながら研究拠点に設置する設備検討を進める段で、設備諸元と工事スケジュールを集約して研究拠点に適切に収まるように配置や区画サイズを検討して、OCGと連携して、CR事業者に了解を取っていった。研究設備の設計に対しては基本設計条件書を提供して作業をサポートした。

工事に入る段階では、利用マニュアル(工事編)を発行して、建設工事をサポートした。さらに、利用マニュアル(利用編)を前倒して発行するなどして、研究活動に入るCR事業者をサポートした。

上記のサポートにおいては、JCOAL大崎事務所を窓口として拠点内で発生した懸案に速やかに対応してきた。一方で、採択条件にある、「基礎拠点整備の実施において、施工・安全・防災・環境などの専門家を含めるよう体制を整備し、管理計画を策定すること。」に対応して専門家を研究拠点に適宜派遣する等サポートを実施してきた。

また、建設工事中の研究拠点内の安全管理体制を決定した。

このうち、2021年10月から安全対策協議会を開始して、2022年3月まで毎月(計6回)開催してきた。運営ルールの委細は安全対策協議会規程として発行した。安全対策協議会の目的や内容等の概要は以下の通りとした。

- (ア) 目的： 工事中のCR事業者が2者以上になった場合は安全対策協議会を開催して、研究拠点における工事の安全、かつ、適切な運用を実現する。
- (イ) 協議内容： 工事スケジュール調整、安全、衛生、その他懸案事項
- (ウ) 開催頻度： 1か月～3か月に1回。
- (エ) 開催時間： 1～2時間程度。
- (オ) 開催場所： 拠点内の会議室
- (カ) 会長： JCOALから選出、副会長：OCGから選出、会長代行をJCOALから選出する。
- (キ) 事務局： JCOAL
- (ク) 委員： 研究拠点内の各CR事業者は正副各1名を設定すること。原則最低1名出席とする。

研究拠点内の建設工事において災害が発生した際の連絡体制を定め、CR 事業者に周知した。さらに、CR 事業者の研究活動を支援するために、2022 年 6 月より研究拠点内の運用開始した CR 事業者による調整・協議の場として、事業運営委員会を開設することを決定した。工事中の CR 事業者は運用と工事の調整が発生することが想定されるので、参加してもらうことにした。委細は事業運営委員会規程によるが、目的や内容等の概要は以下の通りとした。

- (ア) 目的: 研究拠点の安全、かつ、適切な運用を実現する。
- (イ) 協議内容: スケジュール調整、安全、衛生、工事との調整、その他懸案事項
- (ウ) 開催頻度: 1 か月～3か月に1回。
- (エ) 開催時間: 1～2 時間程度。
- (オ) 開催場所: 共用棟大会議室
- (カ) 会長: JCOAL から選出、会長代行をJCOALから選出。
- (キ) 事務局: JCOAL
- (ク) 委員: 研究拠点内の各 CR 事業者は正副各1名を設定すること。原則最低1名出席とする。

#### 共用エリアの管理

共用エリアの管理では、整備した研究拠点や基礎研究・先導研究共用設備における設備(消耗品含む)のうち、運用が始まった箇所の維持管理を行ってきた。主な対象部は基礎研究・先導拠点エリアの外溝部に加えて、共用棟の分析室、会議室、トイレ、データ室、備品倉庫、および書庫・倉庫、ならびに、実証リアの北門、共用トイレ、浄化槽、資材置場、道路、および歩道等になる。

一方、CO<sub>2</sub> 供給に関して、供給源となるIGCC及び CO<sub>2</sub> 供給設備を運用する OCG とは綿密な擦り合わせを実施してきた。6 月からの CR 事業者の CO<sub>2</sub> 供給体制を整えた。また、研究拠点利用者へ調査結果を元に、CO<sub>2</sub> モニタリングシステム仕様を決定して、設置工事を開始した。

#### 研究拠点利用者間の調整・液体 CO<sub>2</sub> 調達

研究拠点利用者間の調整では、CR 事業者が実験で使用する上水、所内用水、CO<sub>2</sub> それぞれの使用計画を定期的に提出してもらう仕組みを検討し、利用マニュアルに具体的な方法を記載した。これらの情報は OCG と共有する仕組みを構築した。

さらに、管理に必要な排水量についても提出してもらうようにした。

IGCC の計画外停止時のバックアップ用 CO<sub>2</sub> 供給のための、液体 CO<sub>2</sub> 調達業務を行い、2022 年度前半の供給メーカーを決定した。また、大崎駐在員に CO<sub>2</sub> を液炭ローリーから供給設備に充填する際に必要な立会資格を取得させた。これにより、IGCC 停止時の試験用 CO<sub>2</sub> 不足による不便を発生させない体制を構築した。

#### 利用マニュアルの整備・充実

研究拠点利用マニュアルを以下の通り予定通り作成して発行した。適宜、改定を実施した。

| 名称           | 発行日        |
|--------------|------------|
| 利用マニュアル(工事編) | 2021 年 1 月 |

利用マニュアル(運用編)暫定版  
 利用マニュアル(運用編)  
 基本設計条件書

2022年1月  
 2022年4月  
 2020年11月

利用マニュアルは使いやすくするため、工事編と運用編に分けた。工事編は研究拠点で研究設備の建設工事を行う際の遵守事項を中心に記述している。特に、大崎上島で工事を実施する際の留意事項を詳しく記載した。運用編は、設備の完成後に研究を行う際の遵守事項を中心に記載している。なお、これら利用マニュアルの作成に当たっては、採択条件である、「基礎拠点整備の実施において、施工・安全・防災・環境などの専門家を含めるよう体制を整備し、管理計画を策定すること。」を順守すべく、専門家の見解を十分に反映した内容としている。図 3.2.1.2-22 と図 3.2.1.2-23 にマニュアル工事編(3版)と運用編(初版)の最新版の表紙と目次をそれぞれ示す。

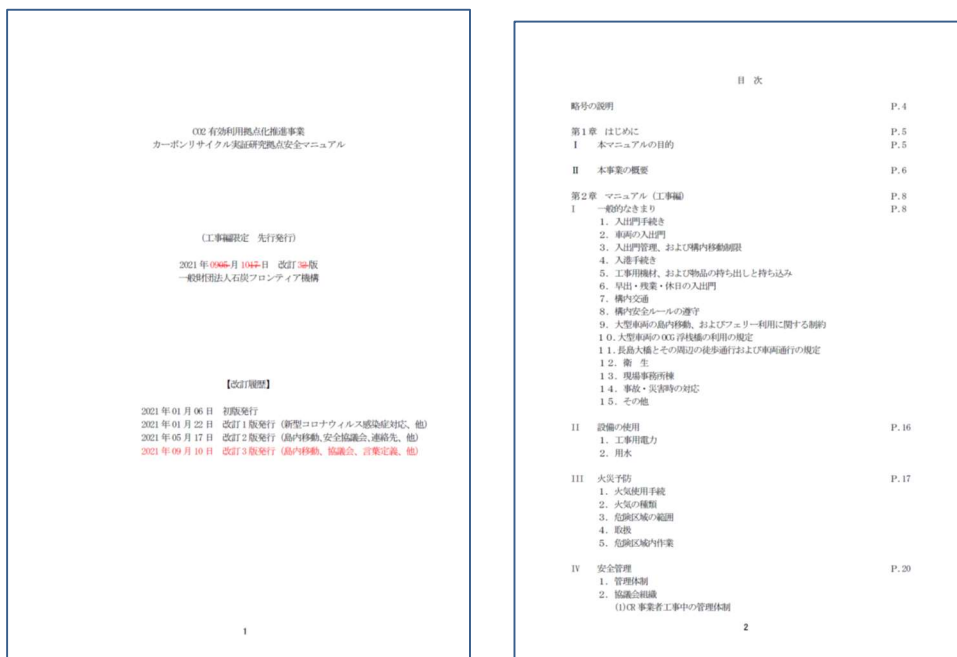


図 3.2.1.2-22 利用マニュアル(工事編)(3版)の表紙と目次

|   |   |
|---|---|
| <p>CO2 有効利用研究拠点化推進事業<br/>カーボンリサイクル実証研究拠点</p> <p>利用マニュアル(運用編)</p> <p>2022年4月1日</p> <p>一般財団法人石炭フロンティア機構</p> | <p>目次</p> <p>略号、および略称の説明 P.1</p> <p>第1章 はじめに P.2</p> <p>I. 利用マニュアル(運用編)の目的 P.2</p> <p>1. 利用マニュアル(運用編)の特徴</p> <p>2. 利用マニュアル(運用編)暫定版の取扱いについて</p> <p>3. 基本設計条件書との相互利用について</p> <p>4. ご注意とお願い</p> <p>II. 研究拠点の概要 P.3</p> <p>1. 研究拠点の特徴</p> <p>(1) 研究拠点の必要性</p> <p>(2) 研究拠点場所</p> <p>(3) XCOALの業務時間</p> <p>(4) 安全・運営管理</p> <p>第2章 内容 P.6</p> <p>I. 一般的なきまり P.6</p> <p>1. 建設工事後(改造を含む)の運用関係の提出物</p> <p>1.1 運用開始前の提出物</p> <p>(1) 緊急連絡体制</p> <p>(2) 試験体制と研究員名簿</p> <p>(3) 危険な試験に関する事前告知</p> <p>(4) 図面類</p> <p>(5) 提出書類チェックリスト</p> <p>1.2 運用開始後の定期的な提出物</p> <p>(1) 試験名</p> <p>(2) 試験項目とその工程</p> <p>(3) ユーティリティの月間使用計画</p> <p>(4) 排水のうち、生活排水量、事業系排水量</p> <p>(5) 実験を担当する研究員者と勤務体制</p> <p>(6) 特記事項</p> <p>1.3 運用開始後の工事(改造や修理)の対応</p> |
|---|---|

図 3.2.1.2-23 利用マニュアル(運用編)(初版)の表紙と目次

基本設計条件書は、研究拠点に設置する設備の設計に必要な基本条件を記載したものであり、気象条件、環境規制値、ユーティリティ条件、および安全対策について最低限守るべき内容を記載したものである。図 3.2.1.2-24 に基本設計条件の最新版(改訂4版)の表紙と目次をそれぞれ示す。

| <p>関係者限</p> <p>カーボンリサイクル実証研究拠点における基本設計条件</p> <p>2021年6月11日改訂4A版(p24のみ変更)<br/>2021年2月19日改訂4版</p> <p>本書は、NEDO『カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO2有効利用拠点における技術開発』において、カーボンリサイクル実証研究拠点に設置する研究用施設的设计に必要な基本条件を提供するものです。よって、当該業務に關係のない第三者に無断で開示しないで下さい。</p> <p>一般財団法人石炭エネルギーセンター</p> <p>1</p> | <p>関係者限</p> <p>目次</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: right;">頁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1. 法規</td><td style="text-align: right;">4</td></tr> <tr><td>2. 敷地情報</td><td style="text-align: right;">4</td></tr> <tr><td>3. 気象条件</td><td style="text-align: right;">5</td></tr> <tr><td>4. 規制値</td><td style="text-align: right;">6</td></tr> <tr><td>5. 電気</td><td style="text-align: right;">2.3</td></tr> <tr><td>6. ユーティリティ</td><td style="text-align: right;">2.3</td></tr> <tr><td>7. 廃棄物</td><td style="text-align: right;">2.6</td></tr> <tr><td>8. 安全衛生対策</td><td style="text-align: right;">2.6</td></tr> <tr><td>9. CO2モニタリング対応</td><td style="text-align: right;">2.6</td></tr> <tr><td>10. その他</td><td style="text-align: right;">2.7</td></tr> <tr><td>11. QA対応表</td><td style="text-align: right;">2.9</td></tr> </tbody> </table> <p>別添資料1 「カーボンリサイクル実証研究拠点整備計画」</p> <p>3</p> |  | 頁 | 1. 法規 | 4 | 2. 敷地情報 | 4 | 3. 気象条件 | 5 | 4. 規制値 | 6 | 5. 電気 | 2.3 | 6. ユーティリティ | 2.3 | 7. 廃棄物 | 2.6 | 8. 安全衛生対策 | 2.6 | 9. CO2モニタリング対応 | 2.6 | 10. その他 | 2.7 | 11. QA対応表 | 2.9 |
|---|---|--|---|-------|---|---------|---|---------|---|--------|---|-------|-----|------------|-----|--------|-----|-----------|-----|----------------|-----|---------|-----|-----------|-----|
|   | 頁   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |
| 1. 法規   | 4   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |
| 2. 敷地情報   | 4   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |
| 3. 気象条件   | 5   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |
| 4. 規制値  | 6   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |
| 5. 電気   | 2.3   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |
| 6. ユーティリティ  | 2.3   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |
| 7. 廃棄物  | 2.6   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |
| 8. 安全衛生対策   | 2.6   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |
| 9. CO2モニタリング対応  | 2.6   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |
| 10. その他   | 2.7   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |
| 11. QA対応表   | 2.9   |  |   |       |   |         |   |         |   |        |   |       |     |            |     |        |     |           |     |                |     |         |     |           |     |

図 3.2.1.2-24 基本設計条件の最新版(改訂4版)の表紙と目次

## 実施項目③「対外支援活動の最適化検討と実施」

### 最適化検討・効率的実施方法開発

対外支援活動では研究支援に必要な関係機関との調整、広報、および NEDO が企画するイベント等への協力を行ったが、着手する前に、掛かる費用等に対する関係者の評価等の効果が全体最適となるように実施方法の検討を実施した。また、拠点の先進地域である諸外国から情報を収集した。2020 年度は、対外支援活動の全体最適となる実施方法の検討に着手し、2021 年度は、継続して、対外支援活動の実施方法の検討を行った。

### 対外支援活動(広報活動)

対外支援活動の広報活動として、NEDO の指示に従い研究成果のタイムリーな発信を行ってきた。対外支援活動(広報活動)の成果は、前項「成果の普及」に示した通りである。今後の受信者からの反応の研究支援への活用を図るため、開設した WEB の活用を検討した。さらに、マスクミヤや成果報告会などを効率良く組み合わせることも検討した。

広報の一環で研究拠点の活動紹介を和英併記にて WEB サイト上で行えるように整備して公開した。図 3.2.1.2-25～図 3.2.1.2-28 に WEB 画面の一部を示す。



図 3.2.1.2-25 研究拠点紹介 WEB 画面その1



図 3.2.1.2-26 研究拠点紹介 WEB 画面その2





図 3.2.1.2-27 研究拠点紹介 WEB 画面その3



図 3.2.1.2-28 研究拠点紹介 WEB 画面その4

さらに、研究拠点エリア全体の完成予想図を検討し、和英併記のパネル、および動画を作成した。完成予想図の作成に当たっては、工事進行中のため進捗状況等を踏まえ、CR事業者から設備の図面を取り寄せるなどして、出来る限り現実に近い完成予想図作成を行った。また、完成予想図はパネルやパンフレット等に活用した。



図 3.2.1.2-29 完成予想図その1



図 3.2.1.2-30 完成予想図その2



図 3.2.1.2-31 完成予想図その3

図 3.2.1.2-32～図 3.2.1.2-33 に作成したパネルを示す。

**カーボンリサイクル実証研究拠点の整備・運用  
および実証研究に関する取り組みについて**

高気研管内高野内野の真ん中に浮かぶ、武蔵野・大船上島に  
2019年に経済産業省から発表された「カーボンリサイクル3Cイニシアティブ」に基づき、  
カーボンニュートラル・脱炭素社会の実現を志す、複数の企業や大学などの産学拠点を整備。  
カーボンリサイクルの商業技術開発や実証研究を、ひとつの場所で集中的・一体的に実施することにより、  
産学分野のイノベーション・実用化を加速させることを目指します。  
また、商業技術開発や実証研究の内容や成果を紹介することで、日本の最先端技術を世界に向けてアピールします。

**研究開発拠点イメージ**  
高気研管内高野内野の真ん中に浮かぶ、武蔵野・大船上島に  
2019年に経済産業省から発表された「カーボンリサイクル3Cイニシアティブ」に基づき、  
カーボンニュートラル・脱炭素社会の実現を志す、複数の企業や大学などの産学拠点を整備。  
カーボンリサイクルの商業技術開発や実証研究を、ひとつの場所で集中的・一体的に実施することにより、  
産学分野のイノベーション・実用化を加速させることを目指します。  
また、商業技術開発や実証研究の内容や成果を紹介することで、日本の最先端技術を世界に向けてアピールします。

**研究エリア・機能について**  
高気研管内高野内野の真ん中に浮かぶ、武蔵野・大船上島に  
2019年に経済産業省から発表された「カーボンリサイクル3Cイニシアティブ」に基づき、  
カーボンニュートラル・脱炭素社会の実現を志す、複数の企業や大学などの産学拠点を整備。  
カーボンリサイクルの商業技術開発や実証研究を、ひとつの場所で集中的・一体的に実施することにより、  
産学分野のイノベーション・実用化を加速させることを目指します。  
また、商業技術開発や実証研究の内容や成果を紹介することで、日本の最先端技術を世界に向けてアピールします。

**研究テーマ**  
CO<sub>2</sub>有効利用コンクリートの研究開発  
カーボンリサイクルを応用した  
気化反応による炭素資源の有効活用  
Gas-to-Liquids バイオプロセスの開発  
環境調和型 SAF の製造に必要 CO<sub>2</sub>利用技術の  
実用化に関する研究開発の推進及び技術の活用

図 3.2.1.2-32 パネル(日本語版)

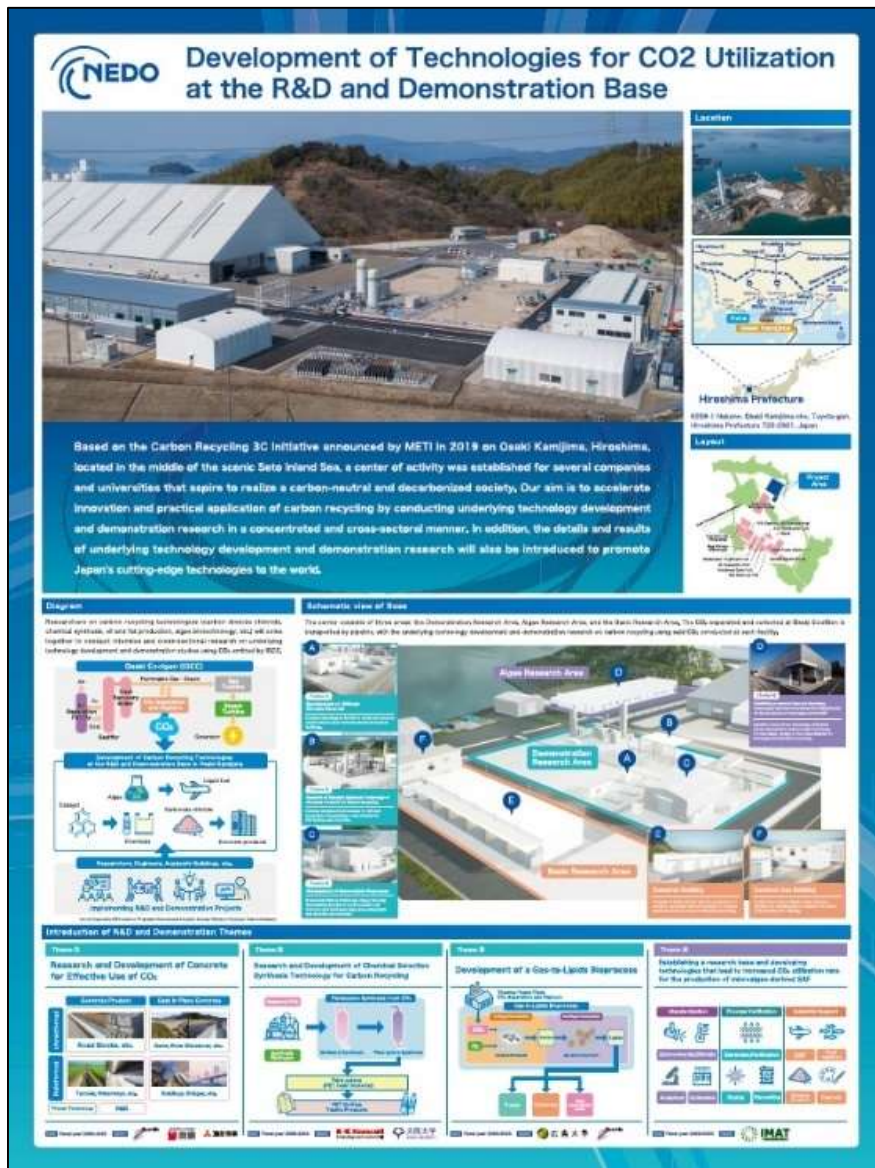


図 3.2.1.2-33 パネル(英語版)

完成予想図からこれに係る拠点化エリアのCG(アニメーション)を作成し、WEB サイトや動画へ組み込んで活用した。

また、拠点紹介パンフレットを作成した。パンフレットは対外支援活動に活用される。

図 3.2.1.2-34～図 3.2.1.2-37 に作成したパンフレットの一部を示す。



図 3.2.1.2-34 パンフレットその1



図 3.2.1.2-35 パンフレットその2



図 3.2.1.2-36 パンフレットその3



図 3.2.1.2-37 パンフレットその4

今後、効率的な研究成果の発信、反響の活用法について検討に着手する。

### 3.2.2 (B) 研究拠点における CO<sub>2</sub> 有効利用技術開発・実証事業

#### 3.2.2.1 (B-1) CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートの研究開発

##### 事業全体の成果

CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートを様々な製品・構造物に適用できるようにすることを目的として、下記の実施項目を実施した。

- ・現場打設コンクリートの炭酸化技術開発(研究開発項目①)
- ・鉄筋コンクリートに適用した場合の品質確保技術の開発(研究開発項目①)

併せて、CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートの普及拡大時の課題解決およびコスト課題抽出を目的として、下記の実施項目を実施した。

- ・様々な CO<sub>2</sub> 吸収材料および様々な排出源の CO<sub>2</sub> ガスの適用性の検討(研究開発項目②)
- ・事業性評価および普及シナリオの作成(研究開発項目③)

##### 研究開発項目毎の成果

| 研究開発項目                                   | 目標   | 成果  | 達成度          | 今後の課題と解決方針   |
|--|--|---|--------------|--|
| ①CO <sub>2</sub> 有効利用コンクリートの用途拡大のための技術開発 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・大型の現場打設コンクリートの炭酸化目標量を達成。</li> <li>・鉄筋代替材の CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートへの適用方法を確立する</li> <li>・部分的に炭酸化した鉄筋コンクリートの設計方法を提案する。</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・供試体サイズでは、炭酸化目標量を達成。</li> <li>・鋼材系および非鋼材系補強材を適用した場合の性能を評価した。</li> <li>・部分炭酸化コンクリートの設計確立に必要な諸元を整理し、室内試験を実施した。</li> </ul>  | △<br>(達成見込み) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・拠点で屋外大型試験を実施中。</li> <li>・力学特性および耐久性能を評価する。</li> <li>・かぶり厚さ炭酸化程度が鋼材腐食に及ぼす影響を評価</li> </ul> |
| ②普及拡大時に想定される技術課題への取組                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・吸収材料を利用した場合の CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートの用途に応じた適用方法を確立する</li> <li>・各種排出源からの CO<sub>2</sub> を用いたコンクリートの性能(強度、耐久性、施工性)を評価し、CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートに適用可能な CO<sub>2</sub> ガスの特性評価方法を確立する。</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・室内試験により新たな材料候補の CO<sub>2</sub> 吸収性能およびその材料を用いた場合のコンクリート性能(強度、耐久性、施工性)を評価した。</li> <li>・各種排出源からの模擬 CO<sub>2</sub> ガスを用いたコンクリートの炭酸化速度および性能を把握し、SO<sub>x</sub>・NO<sub>x</sub> が CO<sub>2</sub> 吸収能力およびコンクリート性能に及ぼす影響を評価した。</li> </ul> | △<br>(達成見込み) | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートの用途に応じた適用方法を確立する。</li> <li>・適用可能な CO<sub>2</sub> ガスの特性評価方法を確立する。</li> </ul>        |
| ③事業性評価                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートの事業性評価を行い、2050年までの普及シナリオを作成する。</li> </ul>   | <p>室内試験の結果から製造原価を概算評価した。さらに、普及シナリオとして、2050年までの tCO<sub>2</sub> あたりのコストと CO<sub>2</sub> 削減価値を比較し、鉄筋プレキャストおよび現場打設コンとも封緘養生式による部分炭酸化方式に普及の</p>  | △<br>(達成見込み) | <p>原価を評価する際に必要な緒元等が現状では室内試験の結果からの推定値であるため、大崎拠点の屋外大型試験において必要事項を計測し精度を向上する。</p>  |

|  |  |                  |  |  |
|--|--|------------------|--|--|
|  |  | 可能性があることを明らかにした。 |  |  |
|--|--|------------------|--|--|

### 3.2.2.2 (B-2) カーボンリサイクルを志向した化成品選択合成技術の研究開発事業全体の成果

CO<sub>2</sub>からパラキシレンを製造するために排出されるCO<sub>2</sub>と、利用されるCO<sub>2</sub>の収支を試算した。

#### 研究開発項目毎の成果

##### 1. CO<sub>2</sub>からのメタノール合成プロセスの開発

表 3.2.2.2-1 目標、成果と達成度

| 研究開発項目                              | 目標   | 成果  | 達成度              |
|-------------------------------------|--|---|------------------|
| ① CO <sub>2</sub> からのメタノール合成プロセスの開発 | 触媒性能向上、活性の維持を確認すると共に、50L/d 規模で新規触媒による省エネルギー型メタノール合成装置の設計を行う。<br>開発触媒においては、従来の Cu-ZnO-ZrO <sub>2</sub> 系触媒と同等の触媒活性を示し、触媒原材料費半減の目途を得ることを目標とする。 | 50L/d 規模のメタノール合成装置の設計を実施中である。<br>また、Non-ZrO <sub>2</sub> 系触媒で従来触媒と同等の触媒活性を確認し、触媒原材料費半減の目途を得た。 | △<br>(23年2月達成予定) |

#### 1.1 Non-ZrO<sub>2</sub>メタノール合成触媒の基本組成の設計

三井化学は RITE 触媒 (Cu-ZnO-ZrO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub> 系) の工業的触媒製造法及び実証試験結果を有している。課題は、RITE 触媒中には 25%程度 ZrO<sub>2</sub> (役割: CO<sub>2</sub> 活性化とシタリングの抑制) を含有しており、ZrO<sub>2</sub> は全体の原料費コストの 70%程度を占め高価になっている。RITE 触媒 (ベンチマーク) での知見及び三井化学のノウハウを活用し、Non-ZrO<sub>2</sub> 系の高活性・長寿命及び低コスト化を目指したベースとなる開発触媒の基本組成を設定した。



図 3.2.2.2-1 ベンチマーク触媒と Non-ZrO<sub>2</sub> 系触媒

#### 1.2 データマイニング手法(MI)を活用した触媒組成の探索検討

高活性触媒開発を目指し、自社の過去検討データや他社先行特許などを元にデータマイニング法(MI)解析を実施した。解析の結果、活性成分の CuO と反応促進 ZnO の最適組成比を見出した。

今後は、開発触媒の基本組成をベースにして、MI にて得られた解析結果を活用しながら、組成及び添加物の条件を振った触媒試作を実施する。試作した触媒は、小型高圧反応評価装置を用いて、評価を実施する計画である。

得られた結果は、更に MI の入力データとして投入しブラッシュアップを行い、更なる触媒の高性能化を狙っていく。

### 1.3 外部委託先における試作触媒の評価

三井化学にて過去委託実績のある外部委託先を活用して、試作した Non-ZrO<sub>2</sub> 触媒の活性試験評価を実施した。CO<sub>2</sub>と水素からメタノール合成する反応( CO<sub>2</sub> + 3H<sub>2</sub> ⇒ CH<sub>3</sub>OH + H<sub>2</sub>O)において、副生成物として H<sub>2</sub>O が生成する。触媒上でメタノール合成反応を行う際に、この副生した H<sub>2</sub>O が触媒の活性成分である Cu のシンタリングを引き起こし、触媒の劣化に繋がる事は知られており、触媒を開発する上で活性成分の Cu の高分散化や触媒の耐水性向上が課題となる。試作した Non-ZrO<sub>2</sub> 系の触媒は ZrO<sub>2</sub> が無いものの、その分、活性成分の Cu が多いため、RITE 触媒と同等の活性を維持していた。1000 時間経過時において RITE 触媒よりも高活性を維持できることを確認できた。

### 1.4 メタノール合成触媒の小型高圧反応評価装置の導入(@三井化学)

メタノール合成反応は、低温・高圧条件において反応平衡が進みやすい事が判っており、高圧の反応評価装置の設計を行い、三井化学 袖ヶ浦研究センター内に設置した。

### 1.5 触媒の量産化プロセスの検討

三井化学にて作成した触媒調製レシピを用いて、外部委託先にて工業触媒の製造レシピの検討を実施した。2,500L の中型釜スケールでの触媒製造レシピを完成した。

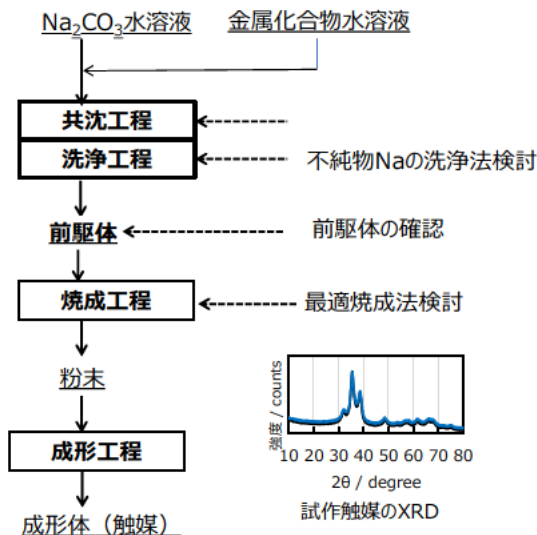


図 3.2.2.2-2 メタノール合成触媒調整フロー図

#### 1.5.2 触媒製造における不純物除去法の検討

メタノール合成触媒製造にアルカリ材として用いる Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> から派生する Na 残存物は触媒性能に悪影響を与える事が判っており、可能な限り除去する必要がある。2,500L の中型釜で沈殿ケーキを工業的に



利用可能な装置を用いて残存している Na を除去する検討を実施した。RITE 触媒製造時と同レベルの残存 Na 量まで低減する手法を確立した。

### 1.5.3 触媒製造における触媒焼成条件の検討

触媒の焼成条件の最適化についても検討した。乾燥した沈殿ケーキを焼成炉で焼成して、目的の結晶構造にする大事な工程である。焼成温度が高く、時間が長すぎると触媒の比表面積が低下し活性が低下する傾向にある。XRD などを用いて触媒の結晶構造を分析し最適条件を見出した。

## 1.6 化成品化を志向したプロセス検討

### 1.6.1 マテリアルバランスシートの作成

実証設備の設計に向け上記開発触媒に関する反応データに加え、過去検討時のプロセスデータも参照し、マテリアルバランスを作成した。作成したマテリアルバランスシートは設備設計の基本図書として利用する。

### 1.6.2 反応器検討

メタノール合成反応においては、圧力損失の低減と熱の制御性について折り合いをつけ反応器を設計することが求められる。

1.6.1 で作成したマテリアルバランスシートを基にヒートランスも含めた反応器形状の検討を行い、3種の反応器を備えた設備とすることとした。

## 2 メタノールからのパラキシレン合成プロセスの開発

表 3.2.2.2-2 目標、成果と達成度

| 研究開発項目                   | 目標  | 成果  | 達成度              |
|--------------------------|---|---|------------------|
| ②メタノールからのパラキシレン合成プロセスの開発 | 高効率パラキシレン選択合成触媒の開発を行うとともに、スケールアップ時にパラ選択性、選択率を維持しうる触媒プロセスの開発を行う。 | パラ選択性を維持できるシェル合成のスケールアップ製法を確立。プロセス条件の最適化を検討中。 | △<br>(23年3月達成予定) |

### 2.1 パラキシレン選択合成触媒の開発

#### 2.1.1 シェル層ゼオライトの開発

##### 2.1.1.1 シェル層ゼオライトの開発

ゼオライト触媒を用いることによりパラキシレンを平衡組成よりも選択率高く合成することはできるものの、触媒表面で異性化が起きてしまい十分なパラ選択性を得られていなかった。十分なパラ選択率を得るための手法のひとつとして、コアゼオライトの周りに不活性な層を形成させ、コアシェル化する手法がこれまでに開発されている。特に、シェル層へはコアゼオライトと同様、パラキシレンを選択的に透過できるシリカライト-1 で被覆することでゼオライトの持つ構造選択性を最大限発揮させることができる(図 3.2.2.2-3)。しかしながら、従来の手法では塩基性

の強い水酸化テトラプロピルアンモニウム (TPAOH) を使用していたため、図 3.2.2.2-4 に示すような過剰なシリカライトが生成することや、完全に被覆するためには 2 回のコーティングが必要であった。そこで、本研究では、過剰な核発生を抑制する手法を開発した。

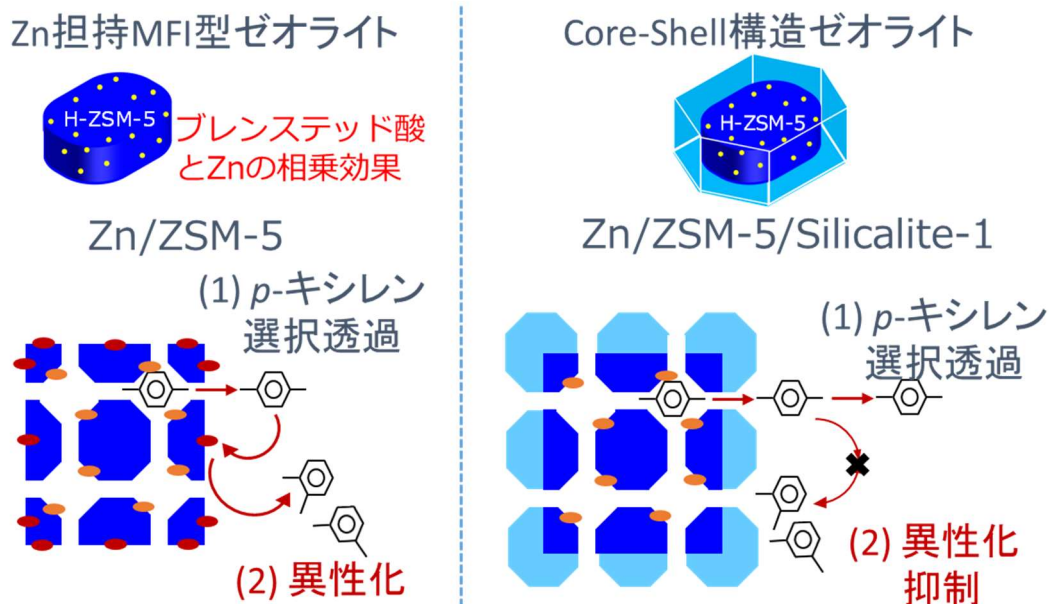


図 3.2.2.2-3 コアシェルゼオライト触媒とパラキシレン合成反応機構

本手法では、より塩基性が弱い水酸化テトラエチルアンモニウム (TEAOH) を使用して合成を実施した。合成したコアシェル触媒はコーティング後の質量増加が抑えられた。SEM で確認したところ、図 3.2.2.2-5 の通りコアゼオライトと形状・サイズとも変化がなく、Si/Al 比もコアゼオライトと同等であった。このことから、結晶表面の不活性化は達成されており、SEM で確認できない程薄いシリカライト層が形成されていると考えられる。

合成した触媒を用いキシレン合成試験を実施したところ、図 3.2.2.2.-15 に示す通り従来のコアシェル触媒同等の高いパラ選択率を示し、かつキシレン収率が向上することを確認した。

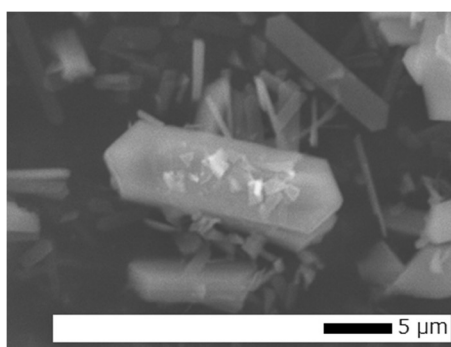


図 3.2.2.2-4 従来触媒の粒子

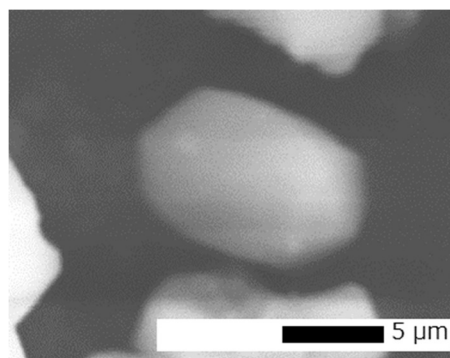


図 3.2.2.2-5 新規コアシェル触媒の粒子

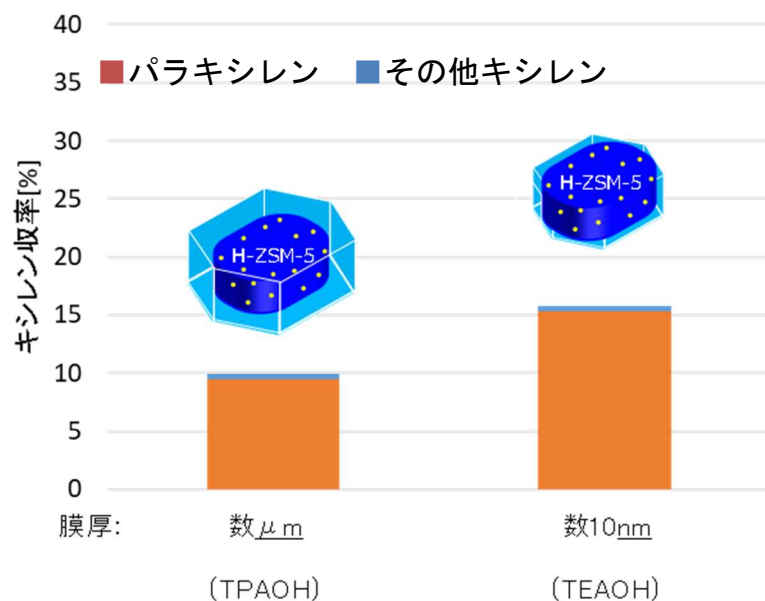


図 3.2.2.2-6 シェル層改良触媒の反応試験結果

### 2.1.1.2 シェル層ゼオライトのスケールアップ

2023 年度以後のベンチスケール試験のためには、数 kg 程度の触媒量が必要となるが、2.1.1.1 で開発したコアシェル触媒については、これまでにスケールアップ合成をした実績がない。このことから、開発した触媒のスケールアップ製法を確立することが必要である。

本検討においては、中規模設備での水熱合成による触媒合成が可能である業者に委託し、触媒のスケールアップを実施した。

スケールアップ検討の際に、触媒の合成時間、攪拌強度などの各種合成条件による影響を把握し、最適化した合成条件でのスケールアップ試験を実施した。図 3.2.2.2-7 に示す通り、スケールアップ合成触媒は、ラボスケール合成触媒と同等のキシレン収率、パラ選択率を示すことが確認された。

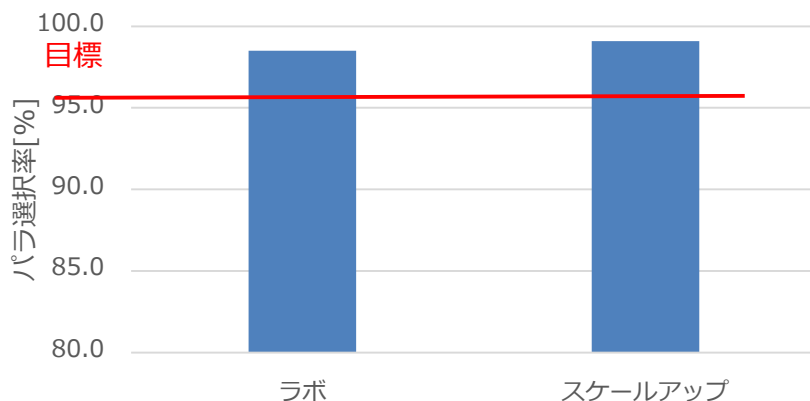


図 3.2.2.2-7 スケールアップ触媒とラボスケール合成触媒のパラ選択率の比較

## 2.2 パラキシレン選択合成プロセスの開発

### 2.2.1 プロセス最適化の検討

メタノールを原料としたパラキシレン合成の反応条件を最適化することを目的として、反応温度、メタノール濃度、W/F をパラメータとした試験を実施した。

### 2.2.3 不純物の影響の検討

CO<sub>2</sub>を原料として合成したメタノール中には、不純物が含まれる。CO<sub>2</sub>から合成したメタノールの分離プロセスにおいて、原料メタノール中に含まれる不純物がどの程度まで許容できるかを確認するため、メタノールに含まれる不純物量による影響についての検討を実施した。

## 3. ベンチスケール試験・統合プロセスの検討

表 3.2.2.2-3 目標、成果と達成度

| 研究開発項目               | 目標  | 成果  | 達成度              |
|----------------------|---|---|------------------|
| ③ベンチスケール試験・統合プロセスの検討 | ベンチスケール試験の準備として、<br>・CO <sub>2</sub> からメタノール合成プロセスは、50L/d 規模のベンチスケール試験装置について、基本設計から据付完了までは達成する。<br>・パラキシレン合成プロセスは、0.5L/d 規模でベンチスケール試験装置の基本設計までは達成する。<br>・水素製造の低コスト化調査は、Hybrid 水電解システムの小型試験装置で原理検証のための基礎実験を実施し、理論電解電圧以下での水電解の可能性を確認する。<br>・統合プロセスとして、経済性、CO <sub>2</sub> 削減効果等を中間評価する。 | ・基本設計完了、<br>高圧ガス申請<br>・基本設計完了<br>・光触媒 Hybrid 水電解小型システムで基礎実験を実施、水の理論電解電圧以下での水素生成を確認した。<br>・各プロセス流体同士での熱交換により、外部入熱量がゼロにできることを確認 | △<br>(23年3月達成予定) |

### 3.1 メタノール合成 ベンチスケール試験

カーボンリサイクル実証拠点に設置を計画しているベンチスケール試験設備では実プロセス同様、リサイクル機構を設け、詳細な触媒性能の確認を行うことを目的とする。

#### 3.1.1 設備設置計画

ベンチスケール試験設備はカーボンリサイクル実証拠点内区画 No. 5 に設置する。

区画内には試験棟に加え、制御用の事務棟、電気室、分析室、熱媒棟、カードル庫を設ける。

#### 3.1.2 ベンチスケール試験設備 設計

前述したフロー図、マテリアルバランスシートに従い、設備設計を実施した。

### 3.2 パラキシレン合成 ベンチスケール試験（担当：川崎重工業）

2.2でパラキシレン合成プロセスに関する基本的な検討については実施しているが、統合プロセスの検討を実施するために、より詳細なプロセスデータの取得を目的として、パラキシレン合成ベンチスケール試験を実施する。このベンチスケール試験に向けて、サイト条件および、サイトからの要求を確認し、基本計画及び基本設計を実施し、表3.2.2.2-4に示す各種設計図書を作成した。

表 3.2.2.2-4 パラキシレン合成 ベンチスケール試験設備 図面目録(抜粋)

|                   |
|-------------------|
| 図面目録              |
| 採番基準書             |
| 体制表               |
| 基本設計条件書           |
| 配管材料基準書           |
| 塗装基準書             |
| 保温基準書             |
| 安全指針／防爆エリア区分図     |
| PFD               |
| P&ID シンボルリスト      |
| P&ID プロセス／ユーティリティ |
| ラインインデックス         |
| 機器／電動機リスト         |
| 分析計リスト            |
| 計器リスト             |
| 手動弁／自動弁リスト        |
| ユーティリティリスト        |
| 運転制御方案／シーケンスブロック図 |
| 機器データシート／計画図      |
| 安全弁吹き出し容量決定根拠     |
| 単線結線図             |
| 安全弁吹き出し容量決定根拠     |

### 3.3 統合プロセスの検討

プロセス最適化を目的として、メタノール合成、パラキシレン合成部分のプロセスを統合し、熱の相互利用の検討を実施した。メタノール、パラキシレンの要求される純度が決定していないため、蒸留塔を除く熱交換器 (Heater、Cooler) を対象とした。プロセスの製品流量はスケールアップ時のものを想定し、反応率等は2.2.1で得られた値を用いた。加熱側と冷却側のプロセス流体を組み合わせることで Heater、Cooler のユーティリティである Steam、Cooling water 量の低減を図った。

### 3.4 Hybrid 水電解システム用光触媒の調査 (基礎研究)

#### 3.4.1 光触媒反応効率向上のための要素技術開発

##### 3.4.1.1 ドーピングによる $WO_3$ の長波長応答化

これまでモデル材料として用いられてきた Cs 処理  $WO_3$  ( $Cs-WO_3$ ) の性能は不十分であり、大幅な性能向上実現のための要素技術開発が重要となる。 $WO_3$  半導体の欠点の1つとして、450 nm 程度

までしか応答できない点がある。光触媒の応答波長領域の拡大のための手法の1つに、Rhなどの異種元素ドーピングがあげられる。一般的に、異種元素ドーピングには1000°C以上の高温が必要とされるが、WO<sub>3</sub>を高温で熱処理すると性能が大幅に低下するという難点がある。そこで今年度では、WO<sub>3</sub>の性能向上に効果的なCsと応答波長領域の拡大に有効なRhを同時に用いる共ドーピングについて検討した。

未ドーピング、Csドーピング、Rhドーピング、Cs, Rh共ドーピングWO<sub>3</sub>の酸素生成反応の経時変化を図3.2.2.2-8に示す。いずれも、WO<sub>3</sub>にCsを5 mol%, Rhを0.5 mol%の割合で仕込み、空气中1000°C5時間の焼成することで得られた。酸素生成反応では、4 mmol L<sup>-1</sup> Fe(ClO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>水溶液を過塩素酸でpH2.1に調節した反応溶液に、粉末を0.4 g懸濁させ、照射波長を500 nm以上の光に制御したXeランプ光を照射した。生成された酸素の定量は、ガスクロマトグラフで行われた。その結果、Rhのみドーピングしたものは、ほとんど活性を示さなかった。一方で、Cs, Rh共ドーピングしたものだけが、有意な差で継続して酸素を生成した。したがって、WO<sub>3</sub>の長波長応答化には、CsとRhの両方が必要であるといえる。また、図3.2.2.2-34に示すように、Cs, Rh共ドーピングWO<sub>3</sub>の酸素生成活性の波長依存性を調査した。ここでは、照射波長を変えて酸素生成活性を測定することで、Cs, Rh共ドーピングWO<sub>3</sub>の応答可能な波長範囲を調べている。その結果、Cs, Rh共ドーピングWO<sub>3</sub>は、600 nmまで応答し、未ドーピングのものより約150 nmほど長波長応答化（レッドシフト）することに成功した。今後は、合成条件の検討や助触媒担持の効果などを調査し、Cs, Rh共ドーピングWO<sub>3</sub>の高性能化に取り組む予定である。

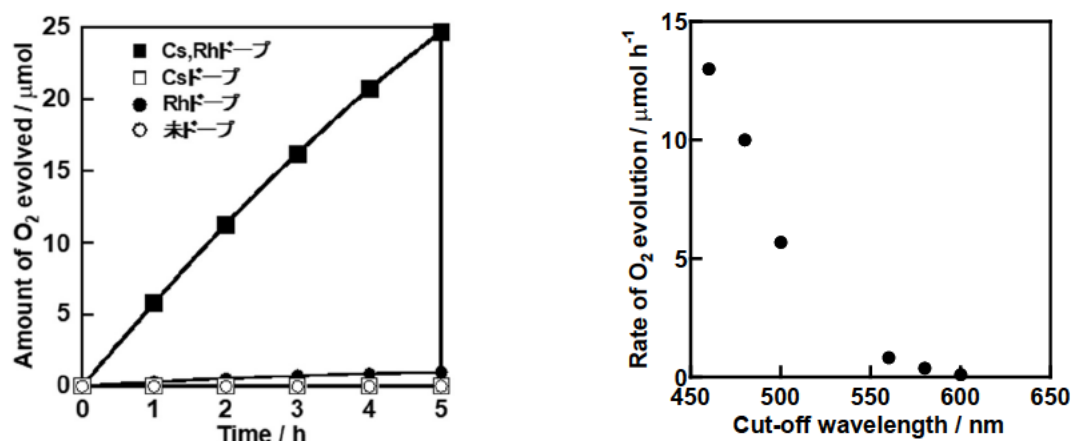


図3.2.2.2-8(左図)未ドーピング、Csドーピング、Rhドーピング、Cs, Rh共ドーピングWO<sub>3</sub>の500 nm以上の光照射下での酸素生成反応

図3.2.2.2-8(右図)Cs, Rh共ドーピングWO<sub>3</sub>の酸素生成活性の波長依存性

### 3.4.2 光触媒膜の長期安定性試験

#### 3.4.2.1 光触媒膜の長期安定性試験

本研究において基板に固定化された光触媒膜の長期安定性の検討は非常に重要である。寿命が長いほど交換頻度が少なくなり、コスト削減につながる。昨年度は酸性の反応条件でも安定な粘着剤を開発した。今年度は実際の光触媒反応の酸化還元サイクルを想定しながら、1000時間を超えるような長期安定性試験および劣化の要因解明を行った。50mm×50mmサイズのアクリル板上面に粘着剤を塗布し、大気下で水分を飛ばした後、光触媒粉末(Cs-WO<sub>3</sub>)を上部より均一に押しつけ

た。接着しなかった光触媒粉末は除去した。反応水溶液には 90 mM の過塩素酸鉄 (III) (以後  $\text{Fe}^{3+}$  と表記) および 1000 mM の過塩素酸を共存させた水溶液 (100 mL) を用いた。疑似太陽光 (1SUN) を連続的に照射し、適宜サンプリングした溶液中の  $\text{Fe}^{2+}$  量成量をフェナントロリン法により定量した。その結果、図 3. 2. 2. 2-9 のように光触媒膜の活性は 1500 時間程度安定 (400 日の実環境反応に相当) であることを確認した。これだけ安定な可視光応答性光触媒膜の耐久性は世界最高と言える。しかし、1600 時間を超えると徐々に活性が低下したように見える。この劣化原因を検討すると、ほぼ光触媒膜の部分剥離要因で説明でき、光触媒の粉末自体は非常に安定であると考えられる。今後は粘着剤を更に改良したり、基板を凹凸にして膜の安定性を数倍に延ばす検討や、新規光触媒での成膜化と安定化の検討を行う。

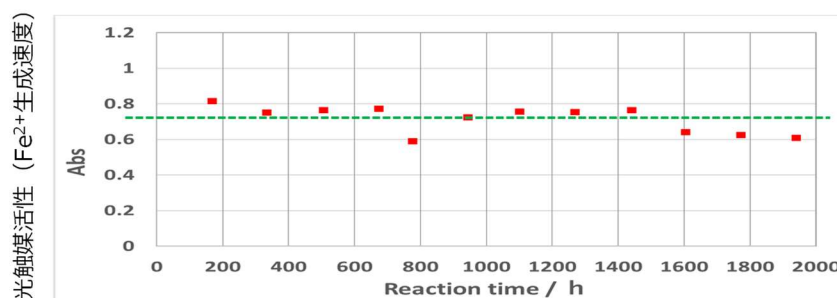


図 3. 2. 2. 2-9 Cs-WO<sub>3</sub> (標準) 光触媒膜の連続光照射の加速寿命試験。可視光応答性光触媒として 1500h 以上 (400 日相当) の安定性は世界最高

#### 3. 4. 2. 2 光触媒膜の大面积塗布および電解との組み合わせ試験

粘着剤を用いた光触媒膜の塗布法は大面积化に有利である。大きめの反応セル (~343cm<sup>2</sup>) に対して均一に Cs-WO<sub>3</sub> を成膜作成することができた。電解反応に関して、水素発生用 Pt 触媒のカーボンフェルト電極への簡便で再現性のある担持方法を検討し、その最適化を行った。光触媒膜反応器と電解をフロー型で組み合わせて、ガス発生の電流効率 ( $\text{H}_2$  および  $\text{O}_2$  の Faraday 効率) がほぼ 100%であることを確認した。ガス漏れや副反応がほとんど無いことが分かった。フロー型反応装置の屋外実験を行い、日射照度に  $\text{Fe}^{2+}$  生成量や電流値が相関していることを確認した。

#### 3. 5 光触媒 Hybrid 水電解システムの調査 (担当: 川崎重工業)

光触媒 Hybrid 水電解システムの基礎研究として、光触媒反応と水電解反応を組み合わせたラボレベルの小型システムを設計・作製した。

4. CO<sub>2</sub>有効利用技術に関する技術／事業調査（担当：川崎重工業）

表 3.2.2.2-5 目標、成果と達成度

| 研究開発項目                             | 目標                                   | 成果  | 達成度                |
|------------------------------------|--------------------------------------|---|--------------------|
| ④CO <sub>2</sub> 有効利用技術に関する技術／事業調査 | 国内外のカーボンリサイクル適地を探索し、早期事業化候補地の目途をつける。 | CCS やその他カーボンリサイクル技術等の競合技術との比較評価を実施し、市場規模、ニーズ、開発ステージ（実用化時期）、経済性、持続性、CO <sub>2</sub> 削減効果などの観点から評価した結果、水素を還元剤として利用し、発熱反応によるプロセスで特定物質を生成する触媒反応技術が有望であることが分かった。また、触媒開発では主に収率、原料の転換率、選択率の改善が取り組み対象になっていることが分かった。<br>政策動向、需要動向等を調査し、CO <sub>2</sub> 排出量、カーボンリサイクル関連政策、CCUS 技術の進展度、水素ポテンシャル等からカーボンリサイクル適地をスクリーニングした結果、中国、中南米、中東、アフリカ、豪州などが候補地となることが分かった。 | △<br>（2023年2月達成予定） |

まず、CCU 技術・プロセスの早期事業化のため、競合となる CO<sub>2</sub>分離・回収・貯留(CCS)技術や CO<sub>2</sub>有効利用技術、その他カーボンリサイクル技術との比較評価を実施し、カーボンリサイクル適地の条件を精査することを目的に、調査を実施した。

CCS 技術、市場については、各種 CO<sub>2</sub>分離・回収技術(化学吸収、物理吸収、固体吸収、物理吸着、膜分離等)について、技術名称/概要/開発者をリストアップし、市場規模の将来予測(国内/世界)、ターゲットとする CO<sub>2</sub>排出源/地域/貯留先、回収コスト(円/t-CO<sub>2</sub>)、技術ロードマップ、実用化時期と市場拡大のポイント等を検討した。

CCU 技術、市場については、オレフィン、BTX、アルコール、カルボン酸、ポリカーボネート原料、ポリウレタン原料などの化成品製造技術、その他有望なカーボンリサイクル技術(CO<sub>2</sub>由来燃料など)について、技術名称/概要/開発者、市場規模の将来予測(国内/世界)、ターゲットとする CO<sub>2</sub>排出源/地域、原料調達コスト(円/t-CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>など)、技術ロードマップについて検討した。

これらの調査結果を基に、各種カーボンリサイクル技術の比較評価を市場規模、ニーズ、開発ステージ（実用化時期）、経済性、持続性、CO<sub>2</sub>削減効果などの観点から評価した結果、水素を還元剤として利用し、発熱反応によるプロセスで特定物質を生成する触媒反応技術が有望であることが分かった。また、カーボンリサイクル適地については、CO<sub>2</sub>排出量、カーボンリサイクル関連政策、CCUS 技術の進展度等を基に検討した結果、中国等、アジアが有望地域のひとつとなることが分かった。

上記に引き続き、競合技術との比較評価のため、CO<sub>2</sub>からメタノールを経由してパラキシレンを製造するプロセスと競合する技術について、直近 20 年間の特許・論文から関連する情報を収集した。その結果、CO<sub>2</sub>からメタノールを製造することに関係するテーマが半分以上を占め、技術内容としては「触媒」関連が主流であることが確かめられた。開発課題としては「収率向上」が



最も多く(約 40%)、次が選択性(約 30%)となっていた。選択性に関しては、大阪大学が開発中の触媒のようにコアシェル構造を検討しているものも認められたが、その中にパラキシレン製造に関わるものは見られなかった。

更に、国内外の副生水素余剰量や再生可能エネルギーのポテンシャルおよび CCS のポテンシャルについて調査を行い潜在的なカーボンリサイクル適地を調査するため、メタノール及びパラキシレンに関する F/S 及び経済性調査を実施した。

F/S 及び経済性調査では、各国の CO<sub>2</sub> 削減関連の統計情報等、公開情報の収集・分析、CO<sub>2</sub> 削減関連の補助金、助成金等の最新動向の調査、工場副生水素、再生可能エネルギー等の動向、CO<sub>2</sub> の排出源の有無等 CO<sub>2</sub> 確保、及び CCS ポテンシャルについての調査を行い、水素等の原料物質、メタノール、パラキシレンについて、公開情報等により CAPEX、OPEX を算出し、メタノール、パラキシレンの製造コスト(円/t)を試算した。また、原料物質(CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>)、メタノール、パラキシレン(CO<sub>2</sub>由来)の技術開発動向を調査し、参入企業へのヒアリング、公開情報等により、各参入企業の事業方針、事業展開状況に関する調査を行った。その上で、各国におけるメタノール、パラキシレンの市場規模、需給見通しの調査を行い、製造コスト変動要因(水素価格等)を整理し、メタノール、パラキシレンの製造コストとの相関関係を整理し、得られた情報を基に、2030 年頃にカーボンリサイクル事業化が可能と思われる候補地のスクリーニングを行った。その結果、中国に加え、中南米、中東、アフリカ、豪州などが候補地となることが分かった。

今後、事業化候補地のスクリーニング結果を基に、カーボンリサイクル事業化適地を更に絞り込み、早期事業化候補地の目途を付ける。

### 3.2.2.3 (B-3) Gas-to-Lipids バイオプロセスの開発

#### 事業全体の成果

##### 研究開発項目① CO<sub>2</sub>を再資源化する高効率水素駆動型酢酸発酵技術の確立

- (1) 商用 CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> ガスを用いた酢酸発酵基盤技術の確立
  - (1-1) CO<sub>2</sub>からの酢酸発酵技術に関する文献情報の収集整理
    - ・ 酢酸発酵装置の設計および培養条件を見いだすために必要な文献の収集
    - ・ 聞き取り調査や予備試験による発酵設備の概要策定
  - (1-2) CO<sub>2</sub>からの酢酸生産試験基本プロトコルの策定
    - ・ ラボスケール酢酸発酵装置の構築
    - ・ 培地成分、操作手順、酢酸回収方法や間欠運転などの各種操作条件の決定
- (2) 実排 CO<sub>2</sub> ガスを用いた酢酸発酵技術の確立
  - (2-1) 酢酸発酵実証施設の建設および試運転
    - ・ 安全確保や分離膜の選定などを含む酢酸発酵装置の詳細設計と建設

##### 研究開発項目② 酢酸を原料とする油脂発酵技術の確立

- (1) 合成培地を用いたベンチスケール油脂発酵条件の検討
  - (1-1) 油脂発酵に関する文献情報の整理収集
    - ・ 各種油糧微生物を用いた油脂生産実験に関する文献情報の精査と知見整理
  - (1-2) ラボスケールのバイオリアクターでの標品酢酸を用いた培養条件の検討
    - ・ 細胞増殖と油脂蓄積からなる連続発酵系での栄養源の添加条件の検討
  - (1-3) 連続培養における培養条件の検討
    - ・ 濁度を指標とした連続培養を模した試験の実施
    - ・ カロテノイド生産誘導条件の決定
- (2) 発酵酢酸を用いた油脂発酵技術の確立
  - (2-1) ホモ酢酸菌培養液を用いたラボスケールでの培養条件の検討
    - ・ 酢酸発酵液を用いた回分培養における菌体増殖と脂質生産の検討
  - (2-2) ベンチスケールリアクターの試運転
    - ・ 研究拠点リアクターや油脂抽出・分析装置等の操作手順の確認
    - ・ 発酵プロセスのオペレーションシーケンスの作成

##### 研究開発項目③ 一貫製造プロセスの構築と検証

- (1) システム詳細設計及び建設
  - (1-1) システムの詳細設計、設備仕様の策定
    - ・ 酢酸および油脂発酵設備の詳細設計、基礎工事、各種ユーティリティの仕様策定
  - (1-2) システムの建設
    - ・ 地盤整備、テント・プレハブ設置、電気・水道配管整備、発酵設備導入
- (2) 運転・改良及びデータ解析・検証
  - (2-1) 一貫製造プロセスの試運転
    - ・ インフラ設備の状況確認、一貫プロセスの模擬稼働と測定・制御系の確認

#### 研究開発項目④ 商用化を見据えたシステム評価

- (2) 化学品・高付加価値品製造の技術動向及び市場動向調査
  - ・本プロセスで生産を目指す化学品・高付加価値品の国内外の市場動向調査
- (3) 発酵油脂からの高付加価値品・化学品製造プロセスの検討
  - (3-1) 高付加価値品製造プロセスの検討
    - ・アスタキサンチンの精製プロセスの検討と用途開発
- (5) 実用化に向けた共同実施企業の選定
  - ・製品化と販路開拓を担当する共同実施企業の研究体制への組み入れ

表 3.2.2.3-1 目標達成状況一覧表 (2022 年 3 月時点)

| 研究開発項目                                       | 2020-21 年度目標                                    | 進捗<br>評価 | 課題と対応策                                       |
|--|---|----------|--|
| ①CO <sub>2</sub> を再資源化する高効率水素駆動型酢酸発酵技術の確立    |   |          |  |
| (1-1) CO <sub>2</sub> からの酢酸発酵技術に関する文献情報の収集整理 | ・CO <sub>2</sub> を原料とする酢酸発酵に関する情報収集と実証施設設計資料の提供 | ○        | ・設備改良に向けた情報収集を継続する。                          |
| (1-2) CO <sub>2</sub> からの酢酸生産試験基本プロトコルの策定    | ・ラボ試験による基本プロトコルの策定                              | ○        | ・基本プロトコルを随時見直し、必要に応じて改善を図る。                  |
| (2-1) 酢酸発酵実証施設の建設および試運転                      | ・微生物非接種での操作確認<br>・商用ガスを用いた性能確認                  | △        | ・OCGからの上水・用水供給の都合により操作・性能確認遅れ、3月末までに完了予定     |
| ②酢酸を原料とする油脂発酵技術の確立                           |   |          |  |
| (1-1) 油脂発酵に関する文献情報の整理収集                      | ・油糧微生物の発酵生産に関する文献等情報の収集、整理                      | ○        | ・情報収集は随時、継続的に行う。                             |
| (1-2) ラボスケールのバイオリアクターでの標品酢酸を用いた培養条件の検討       | ・ラボ試験による基本的培養条件の決定                              | ○        | ・発酵パラメーターの改善に向けた詳細条件の探索を継続する。                |
| (1-3) 合成培地を用いたベンチスケール油脂発酵条件の検討               | ・合成培地での増殖槽と油脂蓄積槽のC/N比、pH、滞留時間の至適化               | △        | ・増殖槽は条件をほぼ決定したので、脂質蓄積槽における最適なC/N比や滞留時間を決定する。 |
| (2-1) ホモ酢酸菌培養液を用いたラボスケール培養条件の検討              | ・培地成分測定系の確立<br>・酢酸発酵液を用いた油脂発酵条件の確立              | △        | ・回分培養での決定条件を連続培養系へ反映させる。                     |
| (2-2) ベンチスケールリアクターの試運転                       | ・微生物非接種での操作確認<br>・分析装置の操作確認                     | △        | ・リアクターの設置確認が完了次第、試運転を実施する。                   |
| ③一貫製造プロセスの構築と検証                              |   |          |  |
| (1-1) システムの詳細設計、設備仕様の策定                      | ・建屋、水道等設備、排水処理等の建設関係と発酵槽や装置等の培養設備の仕様策定          | ○        | ・運転開始後も必要に応じて改良を重ねる。                         |

|                              |   |   |   |
|------------------------------|---|---|---|
| (1-2) システムの建設                | ・培養装置や分析設備の建設、設置  | ○ | ・運転開始後も必要に応じて改良を重ねる。                      |
| (2-1) 一貫製造プロセスの試運転           | ・システム全体の模擬稼働による発酵槽や測定器、インフラ設備の状況確認                                  | △ | ・給排水共用開始時期の遅れにより運転遅延、3月末までに完了予定           |
| ④商用化を見据えたシステム評価              |   |   |   |
| (2) 化学品・高付加価値品製造の技術動向・市場動向調査 | ・調査対象製品について国内外の市場規模・価格等の整理  | ○ | ・調査結果を元に、④(4) バイオプロセスの最適システムの検討を進める。      |
| (3-1) 高付加価値品製造プロセスの検討        | ・通気攪拌速度決定法の検討<br>・カロテノイドの成分分析、食品等規格基準の調査<br>(・規格基準適合性の確認、改善策の立案と検証) | △ | ・食品用途への安全性担保のため、原料分析を進めるとともに、他の用途展開も模索する。 |
| (5) 実用化に向けた共同研究企業の選定         | ・製品化及び販路開拓担当企業の組み入れ   | ○ |   |

※進捗評価／○：予定通り、△：挽回可能な課題あり

## 2. 研究開発項目毎の成果

### 研究開発項目① CO<sub>2</sub>を再資源化する高効率水素駆動型酢酸発酵技術の確立

#### (1) 商用 CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> ガスを用いた酢酸発酵基盤技術の確立

##### (1-1) CO<sub>2</sub>からの酢酸発酵技術に関する文献情報の収集整理

本研究開発において、高効率水素駆動型酢酸発酵装置の実証目標値として酢酸生産速度 100g/L/d、90%以上の CO<sub>2</sub> 利用効率としている。さらに、油脂発酵における最適酢酸濃度 30g/L の研究成果も合わせ、上記目標を達成し得る酢酸発酵装置の設計および培養条件を見いだすために必要とされる文献の収集を行った。

*Acetobacterium* を用いた H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> からの高速酢酸発酵に関わる論文として、森田と河田は、独自に単離した *Acetobacterium* sp. BR-466 株を用い、通気攪拌型発酵槽と菌体-培地を分離し発酵槽内に菌体を保持、高密度化する菌体分離膜モジュールを組み合わせることで、発酵槽内菌体濃度 4.8g/L、酢酸生産速度 70g/L/d を達成している。ここで、ガス移動容量係数  $k_La$  は 450 h<sup>-1</sup> であった。さらに、水素分圧を 270kPa まで加圧することにより 149g/L/d の酢酸発酵速度を得ている (T. Morinaga, N. Kawada (1990) J. Biotechnol. 14, 187-194)。我々が用いている *A. woodii* DSM 株を用いた類似の方式による酢酸生産も報告されており、通気攪拌型発酵槽と膜モジュールによる菌体の発酵槽内保持、および加圧条件下で 148g/L/d の酢酸生産速度を得ている (C. Kantzow, et al. (2015) J. Biotechnol. 212, 11-18)。森田と河田は、アルギン酸ビーズに菌体を保持する菌体固定型発酵も試みたが、酢酸生産速度は 3.5~4.5g/L/d に留まったという (T. Morinaga, N. Kawada (1990) J. Biotechnol. 14, 187-194)。

これらの文献情報に基づき、実証事業において製作する酢酸発酵プロセスを、膜分離装置による菌体保持機構を有する発酵装置とし、莫大な排 CO<sub>2</sub> に対応できるように発酵槽の大型化を想定し、機械的な攪拌機構を持たず、微生物タンパク質の大規模発酵の実績を有する気泡塔タイプの発酵槽を用いることとし、酢酸生成速度 100g/L/d を達成できる高  $k_La$  気泡塔として、福田らが開発したドラフトチューブ付き気泡塔を基本として (永井史郎ら (1985) 微生物培養工学、共立出版)、適宜改良を加えることとした。また、本研究はカーボンリサイクルを主目的とし、90%以上の CO<sub>2</sub> 利用効率を達成すること、さらに気泡塔型発酵槽において高  $k_La$  を達成するために必要とされる高いガス通気速度を確保するために、原料ガスの発酵槽への循環機構を導入した。これにともない、酢酸生成に最適な H<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> 分圧に管理するために、各種センサー類、マスフローコントローラー、そして圧力制御機構を導入した。さらに、関連業者との打ち合わせ、および性能確保のためのさらなる文献調査、大型気泡塔発酵装置の製作実績のあるエンジニアリングメーカーなどへの聞き取り調査、そして構成機器類の仕様策定に必要な予備試験を行い、酢酸発酵設備の概要を策定した。策定した酢酸発酵設備の酢酸発酵の装置設計指針を表 3.2.2.3-2 に示す。

表 3.2.2.3-2 酢酸生産菌性能および酢酸発酵設備の設計指針

| <i>A. woodii</i> 発酵性能 |                                  |   |
|-----------------------|----------------------------------|---|
| 酢酸転換効率                | 0.92 mol/mol (H <sub>2</sub> 基準) | JST OPERA 研究成果より                          |
| 酢酸比生産速度               | 18.9 g/g-dcw/日                   | JST OPERA 研究成果より<br>平均速度 (10.4 - 23.5g/L) |
| 菌体収率                  | 0.87 g-dcw/mol-H <sub>2</sub>    | JST OPERA 研究成果より                          |
| 発酵槽形式および性能指針          |                                  |   |

|                        |  |  |
|------------------------|--|--|
| 発酵槽形式                  | ドラフトチューブ付き<br>気泡塔  | 発酵液容積（設計値）37.5 L、福<br>田ら（永井史郎ら（1985）微生物<br>培養工学. 共立出版）   |
| 目標ガス循環速度               | ガス循環により～<br>200L/min（～400m/h）<br>for $k_La$ : ～2,000 h <sup>-1</sup> | $k_La = 0.223 V_s^{1.83}$ （400m/h ≤ $V_s$ ≤<br>900m/h）、 $V_s$ : 通気線速度（永井<br>史郎ら（1985）微生物培養工学.<br>共立出版） |
| 目標 H <sub>2</sub> 供給速度 | 3.9 L/min 以上（気液<br>移動基準）   | CO <sub>2</sub> より難溶解性のため H <sub>2</sub> 供給を<br>基準とした装置設計とした。  |
| 目標保持菌体濃度               | 5.3 g-dcw/L 以上   | 膜分離装置による槽内菌体保持   |
| 目標培地供給速度               | 115 L/日以上  | 30g/L 酢酸濃度基準として目標酢<br>酸生産速度を達成する培地供給速<br>度   |
| その他培養条件                |  |  |
| pH                     | 7.0-7.5  | JST OPERA 研究成果より   |
| 発酵温度                   | 30 °C  | Acetobacterium   |

### (1-2) CO<sub>2</sub>からの酢酸生産試験基本プロトコールの策定

CO<sub>2</sub>からの酢酸生産試験基本プロトコールを策定するために、研究室に酢酸発酵装置を構築し（図 3.2.2.3-1）、各種操作条件を決定した。概要を以下に示す。



図 3.2.2.3-1 ラボ酢酸発酵装置

#### 【実証施設 酢酸発酵培地】

目標達成を可能とするために、文献情報（C. Kantzow, et al. (2015) J. Biotechnol. 212, 11-18）および培地成分の増殖および酢酸生成に及ぼす検討を行い、実証施設における酢酸発酵培地組成を下記の通り決定した。今後、研究室での研究成果に基づき、より安価な培地の検討を引き続き行う。

#### 【微生物培養液からの有機酸回収方法の検討】

酢酸などの有機酸を回収する方法としては、例えば溶媒抽出による方法がこれまで代表的な技術としてあった。しかし溶媒抽出は pH を大きく変化させる必要がある上に有機溶媒を多量に用いるため、回収後の溶液は再利用が困難であり廃水が増え、処理コストが高くなるといった不利な点があった。微生物を用いた発酵生産では有機酸の培地中への蓄積によって細胞の活性が低下し、

発酵生産の速度低下や生産停止が発生する。このように有機酸は物質生産などにおいて負の効果がある一方で、化成品などの原料として用いることができる資源であり、有効利用が望まれる。そこで、有機酸を微生物培養液などから吸着するとともに、吸着した有機酸は工業原料として用いるため、NaCl 溶液などの温和な条件により脱着可能、かつ有機酸回収後の培養液は栄養源の添加などにより再度培地として利用するなどして有効利用することが可能な有機酸吸着剤の開発を行い、有望な吸着剤の開発に成功した。

#### 【間欠発酵運転の酢酸生産活性への影響】

実証施設における酢酸連続生産において夜間の稼働停止を前提とした運用可能性を想定し、原料ガス ( $H_2/CO_2$ ) の間欠停止時の酢酸生産性能を検討した。図 3.2.2.3-1 に示した酢酸発酵装置を用い、開始時菌体濃度 1.2 g/L として、昼間 8 時間、ガス供給速度  $CO_2 = 0.1$  L/min,  $H_2 = 0.2$  L/min、攪拌速度 700 rpm にて酢酸生産し、夜間はガス供給を停止し攪拌のみ継続した。また、ガス供給停止時に菌体-培地分離中空系モジュールを用いて培養液の一部を新鮮培地に交換することで酢酸濃度を低レベルに保った。本試験を 5 日間繰り返し、6 日目は攪拌も停止した。実験結果を図 3.2.2.3-2 に示す。

ガス供給を停止しても菌体は保持され、再開すれば速やかに酢酸生産を開始した。夜間運転停止も可能であることを示唆している。しかし、6 日目に攪拌も停止すると菌体量は急激に低下したことからガス供給停止中は培養槽に残った残存原料ガスを代謝し細胞維持を行っていたと考えられる。従って、夜間の稼働停止を前提として運用する場合、原料ガス停止時の細胞維持程度の基質供給法を検討する必要がある。

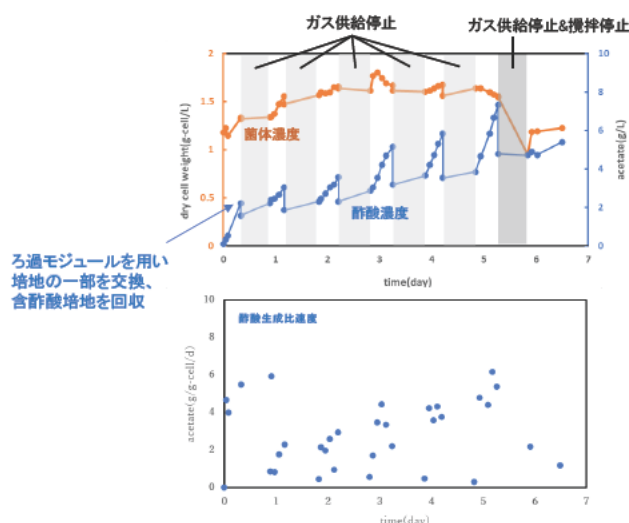


図 3.2.2.3-2 間欠発酵運転時の酢酸生産活性への影響

## (2) 実排 $CO_2$ ガスを用いた酢酸発酵技術の確立

### (2-1) 酢酸発酵実証施設の建設および試運転

ラボ試験および文献調査に基づき設計した酢酸発酵プロセス (図 3.2.2.3-1) を基礎として、実証施設に建設する酢酸発酵装置を設計、建設した。以下に実証施設における設計ポイントを概説する。

#### 【 $H_2$ 、 $CO$ 含有 $CO_2$ 使用に関わる安全確保】

酢酸発酵準備および運転時、爆発ガスである  $H_2$ 、OCG 排ガスに含有される有毒な  $CO$ 、そして窒息の危険性を有する  $CO_2$  および  $N_2$  を用いることから、一般高圧ガス保安規則に準拠した大型水素チャンバー（シリンダーキャビネット）（PRETECH 製）に水素発酵槽を格納することとした（図 3.2.2.3-3）。さらに、 $O_2$ 、 $H_2$ 、 $CO$  モニターによるチャンバー内環境常時監視、および異常濃度検出時のガス供給強制停止機能を組み入れるなど、安全対策を施した（図 3.2.2.3-4）。



図 3.2.2.3-3 水素チャンバー



図 3.2.2.3-4  $O_2$ 、 $H_2$ 、 $CO$  モニターによるチャンバー内環境常時監視、および強制停止機能

#### 【酢酸発酵槽の詳細設計】

実証事業において製作する酢酸発酵槽は、莫大な排  $CO_2$  に対応できるように発酵槽の大型化を想定し、機械的な攪拌機構を持たず、微生物タンパク質の大規模発酵の実績を有する気泡塔タイプの発酵槽を用いることとし、酢酸生成速度  $100g/L/d$  を達成できる高  $k_La$  気泡塔として、福田らが開発したドラフトチューブ付き気泡塔を基本とし、酢酸発酵槽を設計、製作した（図 3.2.2.3-5）。そのままの構造では、いくつかの問題が発生した。一つに、高ガス循環速度においてガスホールドアップが大きく培養時の実容量が大きく低下し発酵槽の不必要な大型化が懸念された。そこで、発酵槽内に設置された気泡分散板の形状を変更することで、ガスホールドアップを低下させた。さらに、ポーラススパージャーにより微細気泡を発酵槽内底部から通気した際に、高いガス循環速度におけるスパージャーでの圧力損失を下げるために、通気面積の広い 5 連ポーラススパージャーを用いることとした。



図 3.2.2.3-5 酢酸発酵ドラフトチューブ付き気泡塔



### 【分離膜の選定】

酢酸発酵菌 *A. woodii* 菌体と酢酸を含む培養液を分離、菌体を発酵槽内に還流することで酢酸発酵の高速化を図ることを目的とした分離膜モジュールを選定した。

上記の通り、プロセスを構成する装置・設備を検討、詳細仕様を決定した後、ガス供給系や排水系などの付帯設備の詳細設計、およびガス・培地供給工程、菌体-培地分離工程の制御シーケンスなど、酢酸発酵装置全体の詳細設計を行った。本詳細設計に従い、酢酸発酵装置を建設した。

### 【酢酸発酵装置の試運転】

拠点施設建設後、酢酸発酵実証施設を建設し、試運転による運転確認を行った。

## 研究開発項目② 酢酸を原料とする油脂発酵技術の確立

### (1) 合成培地を用いたベンチスケール油脂発酵条件の検討

#### (1-1) 油脂発酵に関する文献情報の整理収集

酢酸を炭素源とした *Aurantiochytrium*

属及び近縁属による油脂発酵に関連する報告として、Shafiq らは *Schizochytrium limacinum* SR21 株を用いて、培養槽内の酢酸が消費されることで生じる pH 上昇に応じて酢酸および窒素源を含む培地を流加する培養を行い、144 時間で細胞収量 144 g/L、脂肪酸含量 53.5% を達成している (図 3.2-6; Shafiq *et al.* 2020, Appl. Biochem. Biotechnol., 192, 1163-1175)。そこで、同グループによって報告されている培地組成および培養方法を基本として、本研究開発で使用する

*Aurantiochytrium* 属株および培養条件に最適な組成を検討することとした。また、同報告においては脂肪酸生産の誘導方法に関する詳細な記述は無いが、培養 36 時間以降に培地中の窒素源濃度が低下していることから、窒素源を含む培地の流加量を調節して、48 時間以降には低濃度で維持して脂質生産を誘導していることが推測された (図 3.2.2.3-6)。窒素飢餓による油脂蓄積の誘導に関して、Heggeset らは、脂肪酸合成に重要なアセチル CoA カルボキシラーゼおよび脂肪酸合成酵素の遺伝子発現が窒素飢餓条件下の *Aurantiochytrium* sp. T66 株で増強され、実際に脂質生産が誘導されることを報告している (Heggeset *et al.*, 2019, Sci Rep, 9, 19470)。また、Guo らは十分な窒素源を含む条件と窒素飢餓条件にそれぞれ設定した培養槽を連結した連続培養系を構築し、DHA 生産性が流加培養 (0.723 g/L-h) と比較して 3.9 倍の 2.810 g/L-h に向上したことを報告している (Guo *et al.*, 2018, Bioresour. Technol., 269, 32-39)。その他にもリン飢餓条件 (Ren *et al.*, 2013, Bioprocess. Biosyst. Eng., 36, 1177-1183)、酸素供給の制限 (Qu *et al.*, 2011, Lett. Appl. Microbiol., 52, 22-27) や低温条件 (Hu *et al.*, 2020,

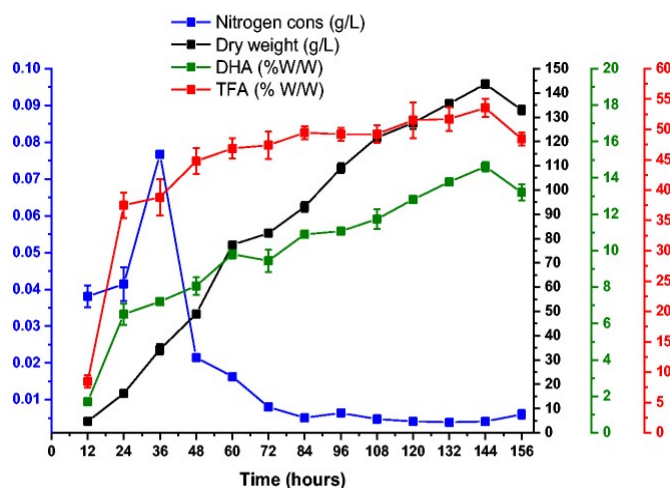


図 3.2.2.3-6 酢酸流加培養 (Shafiq *et al.*)

Biotechnol. Biofuels., 13, 172) などの条件が脂質生産を誘導したり、脂質合成に関与する遺伝子の発現を増強することが報告されているが、いずれも細胞増殖に適さない条件であるため、細胞を十分に増殖させた後に上記のようなストレス環境に暴露して脂質生産を誘導する条件の検討が適切と考えられた。

#### (1-2) ラボスケールのバイオリアクターでの標品酢酸を用いた培養条件の検討

ラビリンチュラ類 *Aurantiochytrium* 属により酢酸 100 g/L から油脂 30 g/L 以上（菌体内油脂含量 50%以上、総カロテノイド 1 g/L 以上）の収量を実現するための各種培養条件の最適化及び課題検証を行った。実施計画で提案した細胞増殖と油脂蓄積にそれぞれ最適な条件で定常状態を維持した培養槽を連結する連続発酵系のうち、今年度は細胞増殖を誘導する培養槽における酢酸、窒素源およびその他の栄養源の添加条件を 3 L バイオリアクターを用いたベンチスケール培養で検討した。

アスタキサンチンを主とするカロテノイドおよび高度不飽和脂肪酸を生産する *Aurantiochytrium* sp. RH-7A-7 株を標品酢酸を炭素源として流加培養した。100%標品酢酸は培養槽内の pH を 7.3 に維持するように自動流加し、窒素源およびその他の栄養源を含む流加培地は 12 時間毎に 21 mL 流加した。攪拌翼のせん断応力による細胞へのダメージを考慮し、攪拌速度を溶存酸素濃度 (DO) が 1.0 ppm 以上に維持されるように 150-300 rpm で制御した。流加培養を実施した結果、期待した水準の結果が得られたが、改善を要する点も明確となった。

#### (1-3) 連続培養における培養条件の検討

菌体増殖のフェーズと油脂蓄積のフェーズを同一培養槽で切り替えるのは難しいため、前年度までに、細胞増殖と油脂蓄積をそれぞれ独立した発酵槽で誘導する培養系を設計した。この培養系について C/N 比、pH および滞留時間等の至適化について検討した。

#### 合成培地組成の検討

培養試験に用いた合成培地は、既報 (Shafiq *et al.*, 2020) の培地組成を元に、カロテノイドおよび高度不飽和脂肪酸を生産する *Aurantiochytrium* sp. RH-7A-7 株を培養するためにより適切かつ、ベンチスケールの試験における取り扱いに適した組成を目指して検討を重ねた。RH-7A-7 株の増殖に悪影響を及ぼさない範囲で組成の簡素化に取り組み、より取扱いし易く実用的な培地組成に改変することができた。

さらに、炭素源である酢酸と窒素源として使用しているコーンステープリカー (CSL) について、増殖により適切な濃度を検討して、試験で用いる合成培地の組成を決定した。

#### 連続培養試験

ベンチスケールリアクターで想定している濁度を指標とした連続培養を模した試験を、3 L バイオリアクターを用いて行った。RH-7A-7 株を培養開始から 43 時間まで流加培養を行って増殖させた後、43 時間以降は OD590 が設定値を超過した時点で培養液の排出と新鮮培地の投入を繰り返す連続培養を行った。連続培養期間の菌体乾燥重量は一定濃度を維持することが可能であり、対酢酸菌体収率は向上した。連続培養期間の酢酸と CSL の消費量の比を元に、連続培養時の培地の炭素源と窒素源の比を決定した。

## カロテノイド生産誘導

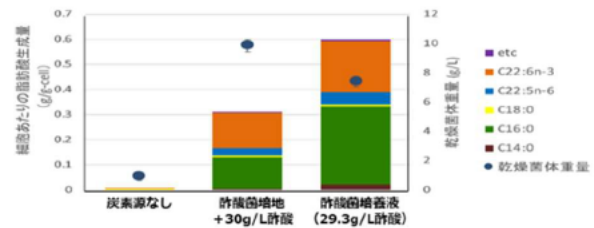
油脂蓄積フェーズにおけるカロテノイド生産条件についても検討した。酢酸を主体とした合成培地を用いて、培養温度 28°C で 48 時間増殖させた RH-7A-7 株の細胞を別途用意した油脂発酵槽を模した培養槽に移して 96 時間まで培養を継続し、生産誘導させることに成功した。

### (2) 発酵酢酸を用いた油脂発酵技術の確立

#### (2-1) ホモ酢酸菌培養液を用いたラボスケールでの培養条件の検討

これまで、*Aurantiochytrium limacinum* SR21 株について、酢酸発酵液を用いた回分培養では、菌体重量の約 60%の脂肪酸が生産できている (図 3.2.2.3-7-1)。RH-7A-7 株においても同様に、酢酸発酵液を用いた回分培養における菌体の増殖と脂質の生産について検討した。ホモ酢酸菌発酵液から菌体を除去した上清を一度オートクレーブ滅菌し、その後 pH と塩分を調整した後、再度ろ過滅菌して試験培地として用いた。この培養上清に SR21 株および RH-7A-7 株をそれぞれ植菌して、回分培養を行った。その結果、RH-7A-7 株においても増殖が確認できた (図 3.2.2.3-7-2)。また、脂質生産も確認できており、SR21 株と同様に発酵酢酸から脂質を得ることが可能であることを明らかにした。なお、酢酸発酵液を用いた連続培養は拠点設備にて行う予定であり、回分培養で得たデータを元に重点的に取り組む。

#### 1 酢酸発酵液を用いた油脂発酵例1



#### 2 酢酸発酵液を用いた油脂発酵例2

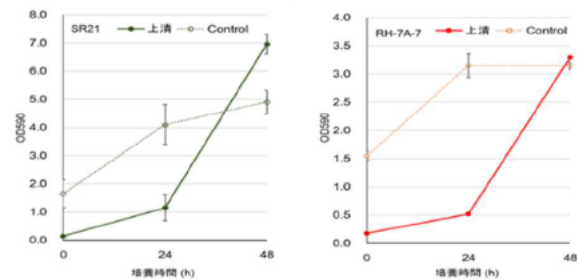


図 3.2.2.3-7 酢酸発酵液を用いた *Aurantiochytrium* 属の培養

#### (2-2) ベンチスケールリアクターの試運転

研究拠点においてリアクターの基本的な操作手順の確立ならびに油脂抽出装置や分析装置の操作手順を確認した。また、発酵プロセスのオペレーションシーケンスを作成した。拠点に設置されたベンチスケールリアクターを植菌なしの水のみで擬似的にオペレーションを行い、シーケンス通りの動作が自動で行われることを確認した。現在、装置取り扱いの習熟をさらに進めている (図 3.2.2.3-8)。拠点に整備された分析装置類については、直ちに使用可能な状態に整えた。



図 3.2.2.3-8 油脂発酵リアクターおよび試運転の様子

### 研究開発項目③ 一貫製造プロセスの構築と検証

#### (1) システム詳細設計及び建設

##### (1-1) システムの詳細設計、設備仕様の策定

①②における  $\text{CO}_2/\text{H}_2$  からの酢酸発酵設備、酢酸からの油脂発酵設備設計に係わる文献検索および聞き取り調査に基づき、発酵プロセス設計・製作に多くのノウハウを有するエンジニアリング会社に依頼し、一貫製造プロセスの詳細設計を実施・完了した。さらに、カーボンリサイクル実証研究拠点における基本設計条件に従い、基礎工事、建屋テント、電気・ガス・水道・排水など基幹施設仕様に関する基本設計を行った後、専門事業者による詳細設計を完了した。

##### (1-2) システムの建設

詳細設計図、および JCOAL からの要求仕様に基づき、地盤整備後、テント建屋の建設（図 3.2.2.3-9）とテント内プレハブ研究室の設置（図 3.2.2.3-10）、電気設備、原料ガス、用水・上水配管、そして排水系配管など建設した。施設整備後に、 $\text{H}_2/\text{CO}_2$  からの油脂製造一貫プロセスに関わる発酵設備群を製作、分析設備を導入した。



図 3.2.2.3-9 実証施設建物外観



図 3.2.2.3-10 テント内プレハブ研究室

プレハブ内も含む一貫製造プロセスの全体図を図 3.2-11、および一貫製造プロセス全体を図 3.2.2.3-12、3.2.2.3-13 に示す。

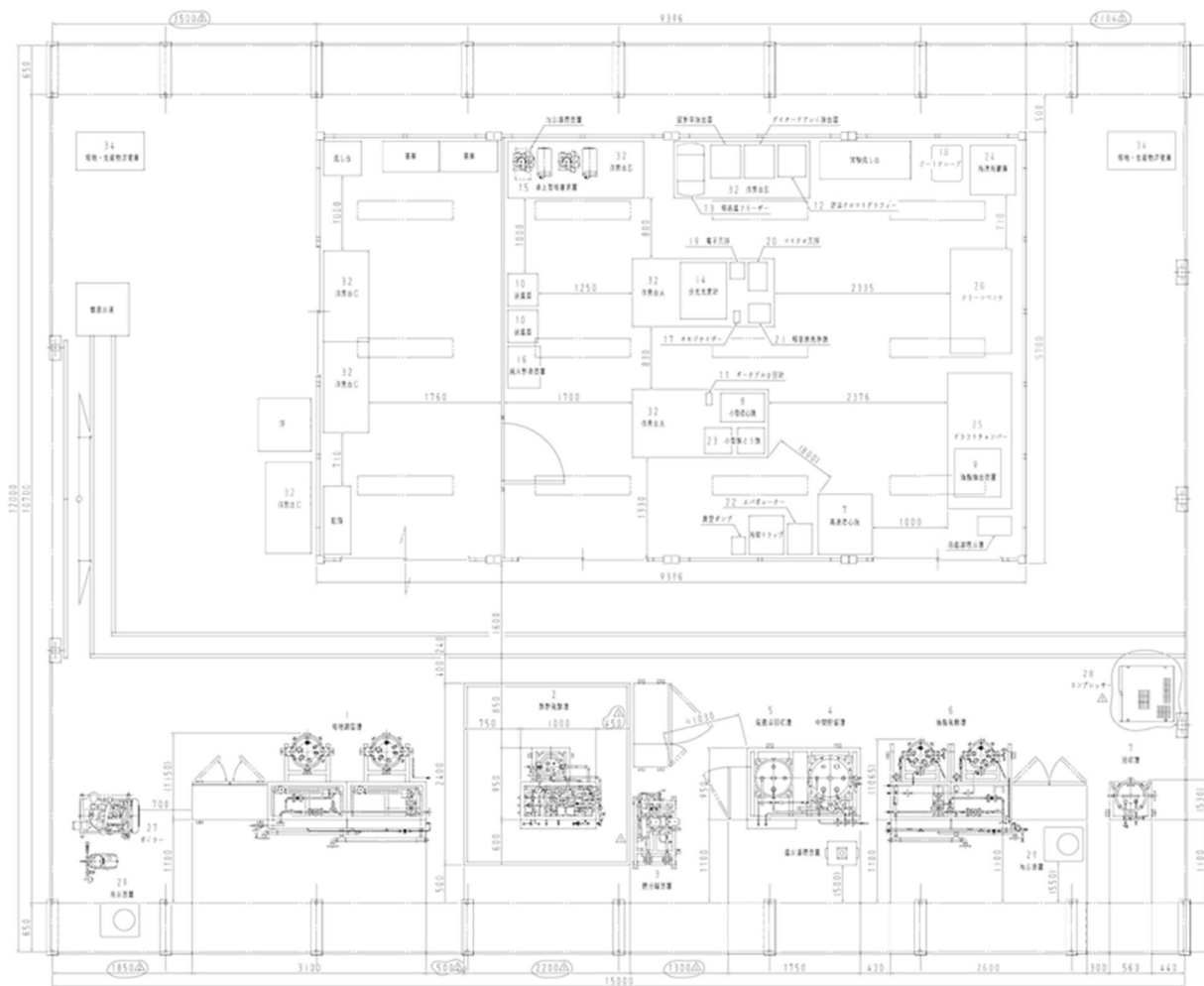


図 3.2.2.3-11 Gas-to-Lipids 一貫製造プロセスおよび実験室レイアウト



図 3.2.2.3-12 Gas-to-Lipids 一貫製造プロセス 手前から培地調製槽、 $H_2$  チャンバー (内部に酢酸発酵槽設置)



図 3.2.2.3-13 Gas-to-Lipids 一貫製造プロセス 手前から2連油脂発酵槽、酢酸貯留槽、廃液槽

プレハブ内に発酵状況の監視モニターが設置された研究者・作業員用居室と、培地調製、生産物の保存、分析に関わる設備・機器類を設置した実験室 (図 3.2.2.3-14) を設け、油脂製造一貫プロセスに関わる直接的・間接的業務を行う。

## (2) 運転・改良及びデータ解析・検証

### (2-1) 一貫製造プロセスの試運転

施設・設備導入終了後、インフラ設備の整備状況を確認した。次いで、給排水の開始を待ち、一貫製造プロセス全体を模擬稼働し、発酵槽、測定器、そして発酵制御系の確認、試運転を実施した（図 3. 2. 2. 3-15）。



図 3. 2. 2. 3-14 施設内実験室設備



図 3. 2. 2. 3-15 一貫製造プロセス全体の確認および試運転

## 研究開発項目④ 商用化を見据えたシステム評価

### (2) 化学品・高付加価値品製造の技術動向及び市場動向調査

CO<sub>2</sub> から微生物を用いて化学品原料・高付加価値品を製造する技術について、国内外の調査を行った。

米国国立生物科学情報センターの PubMed で文献の調査を行い、カロテノイド、不飽和脂肪酸、飽和脂肪酸、燃料の 4 種類何れかを生産する文献を検索した。検索した文献 93 件の内、発酵を利用する文献は 7 件で、他は全て光合成を利用するものであった。発酵を利用した 7 件も、全て燃料の生産に関するものであった。

並行して事業者や研究機関の HP 等で調査を行った所、LanzaTech（米国）が 2018 年 5 月に世界で初めてとなる商用の排ガス（製鉄所の排ガス）エタノール製造プラントを、中国の河北省で運転開始している。LanzaTech は ANA に対しエタノールを元にした SAF（持続可能な航空燃料）供給を計画している他、化粧品原料、プラスチック容器、高付加価値脂肪酸の製造などの開発を進めており、競合相手となる可能性がある。

また、Gas-to-Lipids バイオプロセスを構成する要素技術について国内外の特許調査を行った結果、CO<sub>2</sub> と H<sub>2</sub> から酢酸発酵と油脂発酵とにより油脂生産を行うものは出願中を含めて 5 件であった。この内、日本に出願されているものは、Gas-to-Lipids バイオプロセスのベースとなっている 1 件のみである。

油糧微生物で酢酸から油脂発酵する技術の出願は 11 件であった。この 11 件の生産物質として記載されているものにカロテノイドはなく、不飽和脂肪酸 4 件、飽和脂肪酸 2 件および燃料 2 件であった。

Gas-to-Lipids バイオプロセスで生産を目指す化学品・高付加価値品について、国内外の市場動向調査を行った。

### A. 高付加価値品

オーランチオキトリウムから製造が見込まれる高付加価値品計 12 種類について、市場動向調査を行った。その結果、市場規模及び卸売単価から有望な高付加価値品は、表 3.2.2.3-3 の通りであった。

高付加価値品については市場予測が困難なため、過去 10 年間の推移を調査した。価格的に最も有望なアスタキサンチンの推移は図 3.2-16 の通りで、量的には多くは無いものの、世界的規模で成長を続けている。

表 3.2.2.3-3 高付加価値品の市場規模・価格と用途

|                | 市場規模<br>【百万円】<br>上段：日本<br>下段：世界 | 卸売単価例<br>【千円/kg】   | 主な効用           | 主な用途          |
|----------------|---------------------------------|--------------------|----------------|---------------|
| アスタキサンチン       | 4,070<br>66,850                 | 180~280<br>(10%含有) | 抗酸化作用、目の疲労低減   | 化粧品、健康食品、飼料用等 |
| DHA / EPA, DPA | 30,600<br>151,920               | 2~4<br>(22%含有)     | 血中中性脂肪低下、記憶力向上 | 化粧品、健康食品、医薬品等 |

(富士経済調べ：2020年実績)

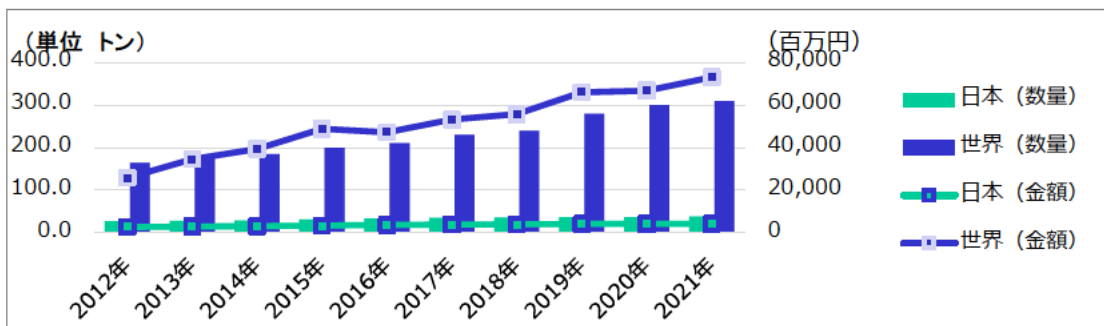


図 3.2.2.3-16 アスタキサンチンの市場規模・価格（富士経済調べ：2021年は見込み）

### B. 化学品原料

化学品原料であるナフサに関しては、世界的に化石燃料由来のものからバイオナフサ（原料として植物等の再生可能な有機資源を使用）への代替が検討されている。2050年の安価な水素を前提として、2050年でも化学品原料として多くの需要を見込めるバイオナフサの生産を目指す。

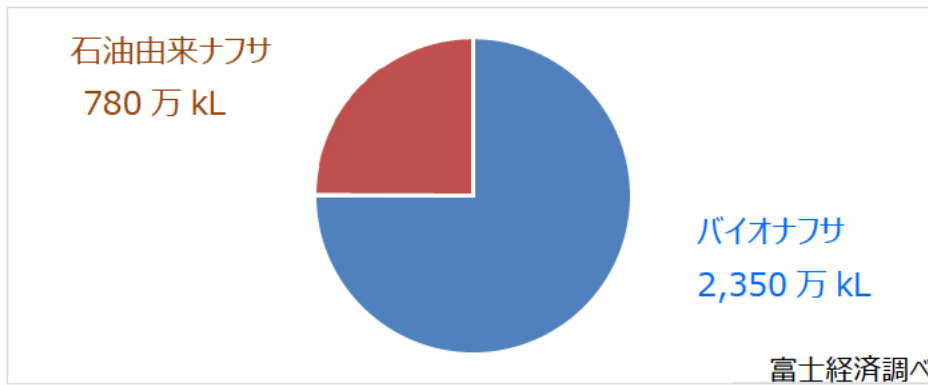


図 3.2.2.3-17 バイオナフサの市場規模予想 (日本 2050 年予想値)

### (3) 発酵油脂からの高付加価値品・化学品製造プロセスの検討

#### (3-1) 高付加価値品製造プロセスの検討

*Aurantiochytrium* sp. RH-7A-7 株の生成する脂質の内、単位重量当たりの付加価値が最も高いのはアスタキサンチンである。アスタキサンチンはヘマトコッカス藻由来品が既存添加物リストに載っており、高度精製すれば本株由来品を添加物登録するのは比較的容易であると推測できる。そこでまず、*Aurantiochytrium* sp. RH-7A-7 株乾燥菌体からアスタキサンチンを単離する検討を行った。その結果、<sup>1</sup>H NMR スペクトル比較から、微量であったアスタキサンチンが高選択的に濃縮できた事が確認できた。

アスタキサンチンの単離検討については順調に推移しているが、*n*-ヘキサン洗浄で除去した画分には脂肪酸成分として DHA を主成分とする脂質が含まれており量が多い事からもその有効利用は考慮に値する。この画分は複雑な混合物であり高度精製には適さないので、混合物のまま利用するのが効率的である。この場合アスタキサンチンを分離せずに、抽出油を粗精製して利用する事も考えられる。*Aurantiochytrium* 抽出油は機能性食品として流通しており、適切な方法で生産すれば比較的容易に食品利用できる事が期待できる。

上記アスタキサンチンの単離検討で菌体からの抽出にクロロホルム/メタノール混合溶媒を用いたが、これらの溶媒は食品製造には使用できない。そこで使用可能なアセトン、エタノールについて検討を行い、いずれも抽出力はクロロホルム/メタノールよりやや劣るものの十分代替可能である事が確認できた。一方酢酸発酵液をそのまま *Aurantiochytrium* sp. RH-7A-7 株の培地として用いる当初構想では、酢酸発酵に用いた *Acetobacterium* 属が安全性の担保されていない添加物に該当する。今年度より吸着膜による酢酸の精製検討を始めたが、精製された酢酸の安全性担保を行う為に原料の分析を開始した。

更に、粗精製油については飼料用途も有望である。飼料として用いる場合、食品用途で問題となる生産過程での *Acetobacterium* 属利用には制限がなくなる。*Aurantiochytrium* 乾燥菌体は養殖魚介類の飼料として使用されており、本株でも抽出工程も省略して乾燥菌体をそのまま利用できる可能性が高い。

#### (5) 実用化に向けた共同実施企業の選定

本事業において開発するプロセスを実用化するために、生産した高付加価値品の製品化と販路開拓を担当できる企業を選定して、研究体制に組み入れた。



### 3.2.3 (C) CO<sub>2</sub> 有効利用拠点における要素技術開発

#### 3.2.3.1 (C-1) ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中 CO<sub>2</sub> からの基幹物質製造事業概要(2022年4月事業開始)

●次世代電極材料であるダイヤモンド電極を利用し、石炭火力排ガス中 CO<sub>2</sub> から連続的にギ酸生成を行うシステムを創製する。



図 3.2.3.1-1 ダイヤモンド電極を用いた石炭火力排ガス中 CO<sub>2</sub> からの基幹物質製造

#### 【実施内容】

これまで「共通基盤技術開発」により行ってきた個々の要素技術を統合し、大崎上島「カーボンリサイクル実証研究拠点」にて石炭ガス化複合発電プラントにより供給される排ガス中の CO<sub>2</sub> を用い、連続的にギ酸生成を行うことのできるベンチスケールの統合システムを構築し、実現可能性を検証する。

#### 3.2.3.2 (C-2) 大気圧プラズマを利用する新規 CO<sub>2</sub> 分解・還元プロセスの研究開発事業概要(2022年4月事業開始)

●CO<sub>2</sub> 分解, 炭酸塩生成, 尿素生成反応器で構成する CO<sub>2</sub> 分解・還元プロセスの開発

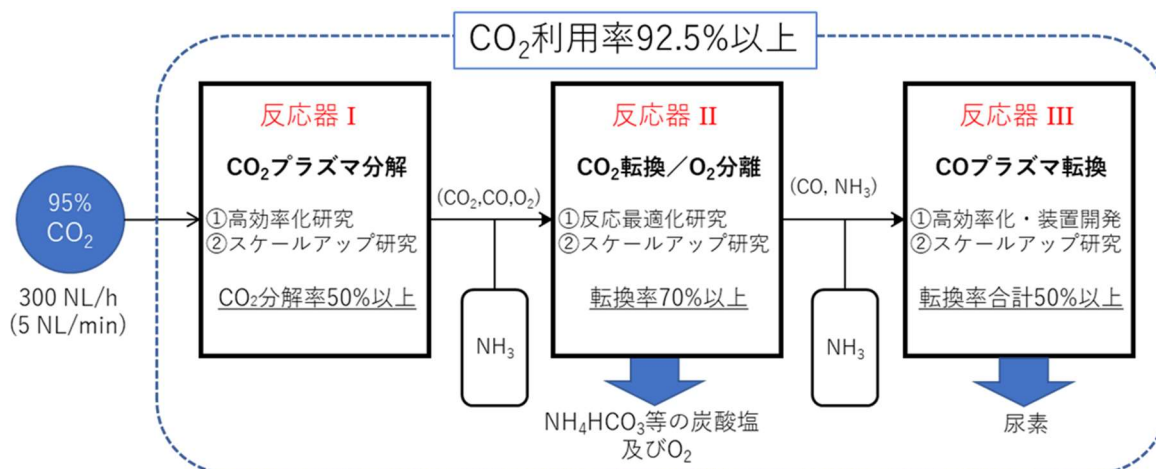


図 3.2.3.2-1 大気圧プラズマを利用する新規 CO<sub>2</sub> 分解・還元プロセスの研究開発

【実施内容】

本研究では、3つの反応器から成る新規 CO<sub>2</sub> 分解・還元プロセスを開発する。CO<sub>2</sub> を用い、連続的にギ酸生成を行うことのできるベンチスケールの統合システムを構築し、実現可能性を検証する。

3.2.3.3 (C-3) CO<sub>2</sub> の高効率利用が可能な藻類バイオマス生産と利用技術の開発  
事業概要(2022年4月事業開始)

●カーボンリサイクル技術としての藻類バイオマスの実用化に向け、生産と利用の両面で研究を行う。

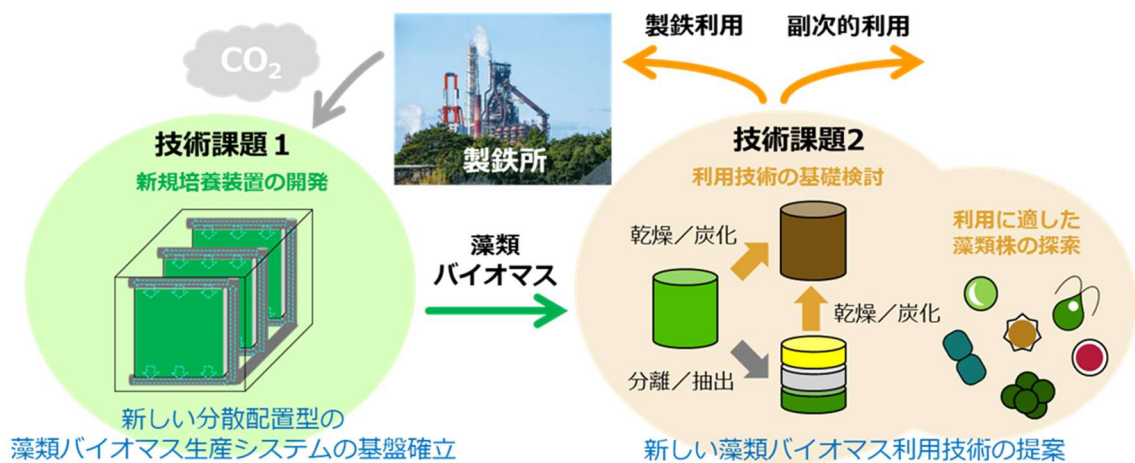


図 3.2.3.3-1 CO<sub>2</sub> の高効率利用が可能な藻類バイオマス生産と利用技術の開発

【実施内容】

CO<sub>2</sub> 集中排出源からの CO<sub>2</sub> を活用して、藻類バイオマスを効率的に生産するための技術開発と、生産したバイオマスを製鉄プロセスを含む多角的用途に適用するための技術開発を行う。

### 3.2.3.4 (C-4) CO<sub>2</sub>を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成の研究開発 事業概要(2022年4月事業開始)

●CO<sub>2</sub>を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成プロセスを確立し、事業性評価を行う。

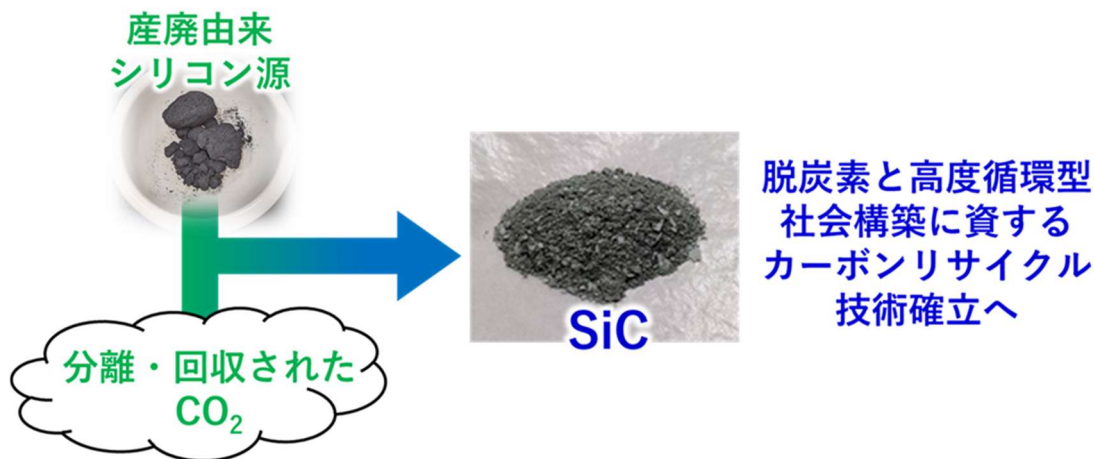


図 3.2.3.4-1 CO<sub>2</sub>を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成の研究開発

#### 【実施内容】

CO<sub>2</sub>を炭素源とした産廃由来炭化ケイ素合成の実用化・事業化を最終目標に、そのコア技術確立のためのベンチスケール試験を行い、プロセスの最適化とコスト評価を行う。

### 3.2.3.5 (C-5) カーボンリサイクル LP ガス製造技術とプロセスの研究開発 事業概要(2022年4月事業開始)

●カーボンリサイクル LP ガス合成のための FT 合成触媒やプロセス等基盤技術開発を実施。

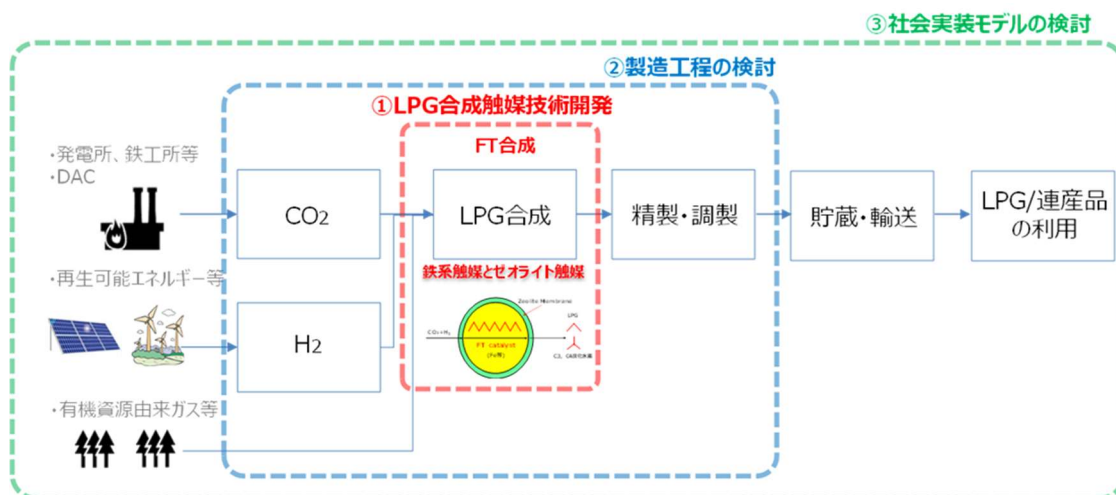


図 3.2.3.5-1 カーボンリサイクル LP ガス製造技術とプロセスの研究開発

【実施内容】

FT 合成を用いたカーボンリサイクル LP ガス合成に係る触媒技術やプロセス、製造技術開発に取り組むとともに、CO<sub>2</sub>、CO および H<sub>2</sub> 等の原料の調達から FT 合成により生じる連産品の利用も含めた社会実装モデルの検討を行う。

3.2.3.6 (C-6) 微細藻類による CO<sub>2</sub> 固定化と有用化学品生産に関する研究開発事業概要(2022 年 4 月事業開始)

●工場等から発生する CO<sub>2</sub> の活用を目指し、微細藻類の育種と大量培養技術の確立と、天然資源に頼らない機能性化学品やバイオプラスチック等の利用技術を開発する。

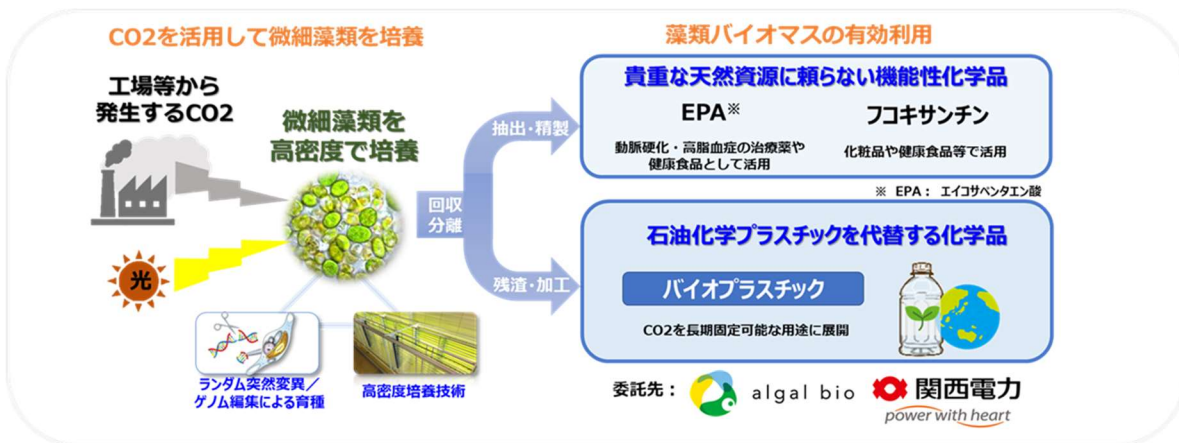


図 3.2.3.6-1 微細藻類による CO<sub>2</sub> 固定化と有用化学品生産に関する研究開発

【実施内容】

微細藻類(海産珪藻等)を用いて技術開発を行い、カーボンリサイクル技術の社会実装を目指す。

## 4. 成果の実用化に向けた取組及び見通しについて

### 4.1 本プロジェクトにおける「実用化」の考え方

実用化は、『プロジェクトで整備された実証研究拠点が、CO<sub>2</sub>有効利用に適応可能な技術開発に利用され、その結果が実証等に至ること』をいう。

### 4.2 実用化に向けた戦略

#### (A) CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業

拠点の整備を完了させ、研究開発設備の導入を進めていく(写真は2022年5月時点)。



【A-1】CO<sub>2</sub>供給設備



【B-1】CO<sub>2</sub>有効利用コンクリート



【B-2】化成品選択合成



【B-3】Gas to Lipids

図 4.2-1 カーボンリサイクル実証研究拠点化の推進

#### (B) 研究拠点における CO<sub>2</sub>有効利用技術開発・実証事業

##### (B-1) CO<sub>2</sub>有効利用コンクリートの研究開発

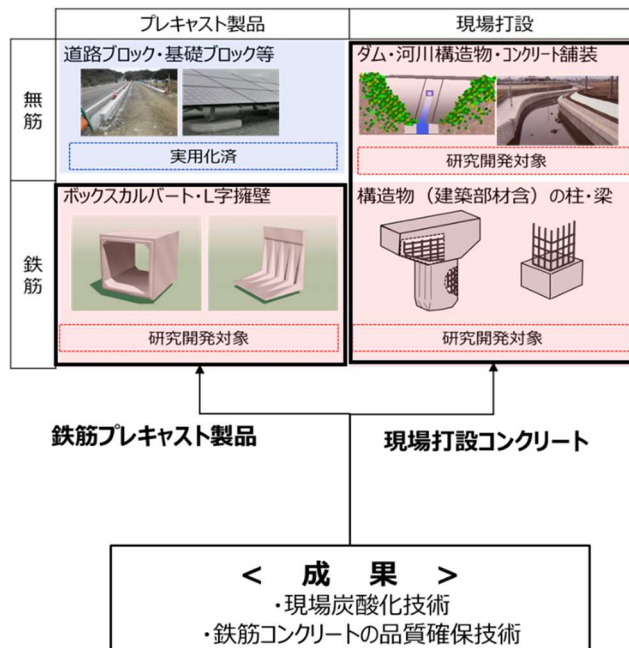


図 4.2-2 CO<sub>2</sub>有効利用コンクリートの実用化戦略

●現場打設コンクリート

- ①現場打設コンクリートの炭酸化技術の実構造物規模への適用性を確認(本事業)
- ②実用化検討(炭酸化養生システムの詳細設計・製造、適用対象構造物の検討、適用現場の選定等)
- ③実際の構造物への適用(実用化)

●鉄筋プレキャスト製品

- ①鉄筋コンクリートへ適用した場合の品質確保ができることを確認(本事業)
- ②現場炭酸化技術を応用することによる製造システムの開発
- ③試作品の性能試験
- ④実際の構造物への適用(実用化)

●事業化に向けた環境整備

- ①土木学会コンクリート標準示方書・指針等の整備
- ②JIS化
- ③CO<sub>2</sub>削減(吸収量含む)のクレジット化

(B-2)カーボンリサイクルを志向した化成品選択合成技術の研究開発

2040年以降



- ①H<sub>2</sub>価格が十分に低下する場合 
  - ・CO<sub>2</sub>を原料としたメタノールからキシレンを製造する事業を展開
  - ・CCS、H<sub>2</sub>技術、CCUの技術を統合したシステムを確立
- ②H<sub>2</sub>価格が十分に低下しない場合 
  - ・天然ガス由来のメタノールからキシレンを製造する事業確立を目指す(H<sub>2</sub>が不要となる)
  - ・将来的にH<sub>2</sub>価格が低減した時点でCCUにシフト

図 4.2-3 化成品選択合成技術の実用化戦略

(B-3) Gas-to-Lipids バイオプロセスの開発

- 2022 年度の一貫製造プロセスでの試験で得られた結果から、ライフサイクルアセスメント(LCA)手法により CO<sub>2</sub> 排出量削減への貢献量を、2023 年度に評価するよう計画。
- 本プロジェクトでは菌体残渣等の副産物が発生するため、これらの有効利用により、全体としての CO<sub>2</sub> 排出量削減を目指す。

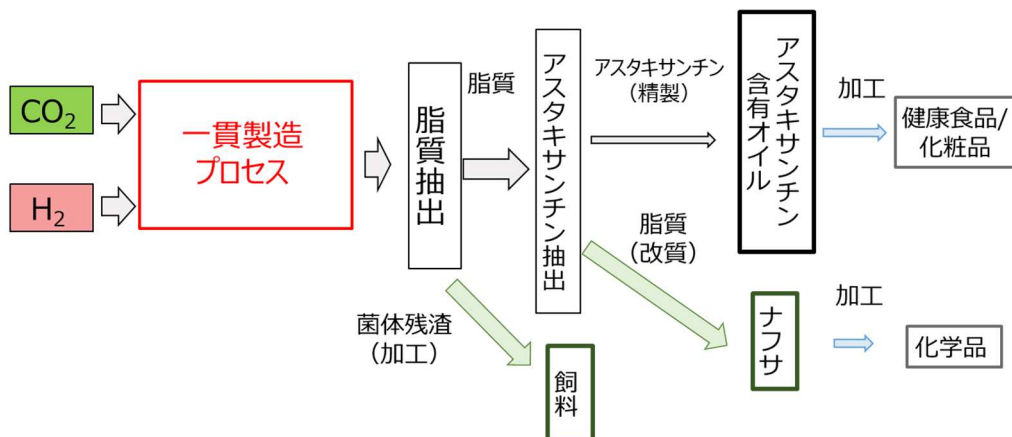
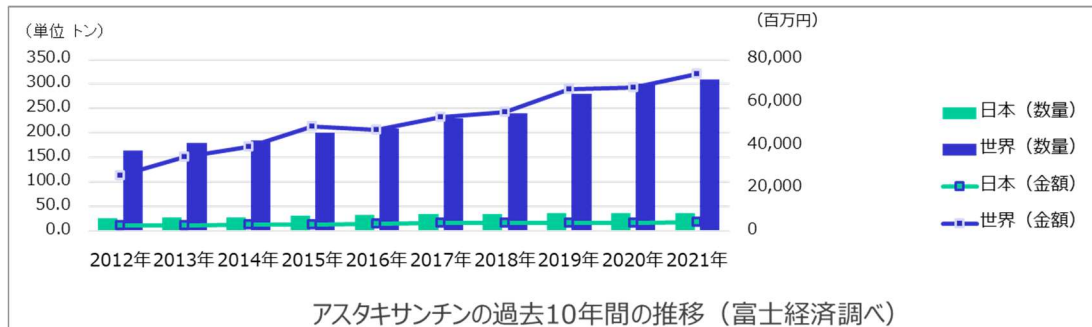


図 4.2-4 Gas-to-Lipids バイオプロセス開発における実用化戦略(1)

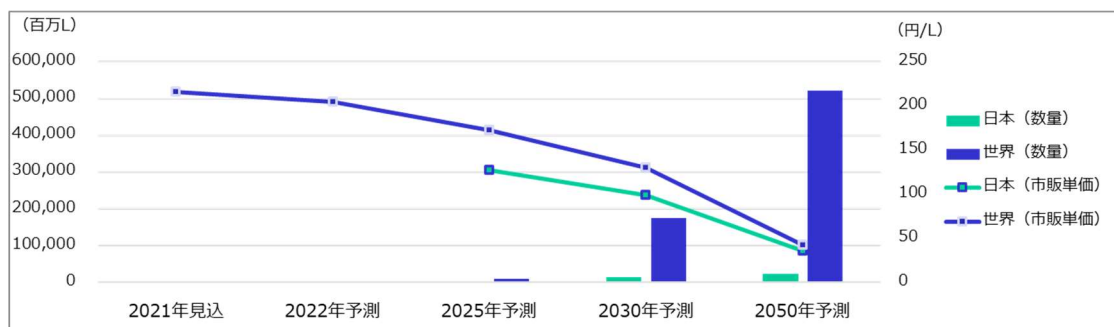
- 2030年代は、単価の高い高付加価値品の製造を目指す。
- 市場動向調査の結果、高付加価値品の内で最も卸売単価の高いアスタキサンチンは、健康食品や化粧品その他、飼料の原料として世界的にも成長を続けている。



アスタキサンチンは、抗酸化作用、目の疲労感軽減などが報告されており、健康食品や化粧品に用いられている他、養殖魚（サケ等）の体色改善や鶏卵黄の色付けなどの分野でも広く使用されている。

図 4.2-5 Gas-to-Lipids バイオプロセス開発における実用化戦略(2)

- CO<sub>2</sub>処理量増大のため、2050年代の安価な水素 20 円/m<sup>3</sup>を前提に、化学品の材料となるナフサ等の製造を目指す。
- ナフサに関しては、原料として植物等の再生可能な有機資源を使用するいわゆるバイオナフサへの代替が期待されている。2050年には、日本で 2,350 万 kL ものバイオナフサの市場規模が期待されている。
- 現在、様々なバイオナフサの製造方法が研究されているが、その一つとして位置付ける。



バイオナフサの2050年までの市場予測（富士経済調べ）

図 4.2-6 Gas-to-Lipids バイオプロセス開発における実用化戦略(3)

### 4.3 実用化に向けた具体的取組

#### (B-1)CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートの研究開発

- ・これまでの室内試験の結果から、現場打設コンクリートの炭酸化養生方法は CO<sub>2</sub> 吸収量の目標量は達成できる見通しである。2022 年度の拠点における屋外大型試験により実規模で実証する予定。海外の競合製品と比較して、CO<sub>2</sub> 削減量などに優位性がある。
- ・鉄筋コンクリートに適用した場合の品質確保として、代替鉄筋の適用、部分炭酸化の設計手法は予定通り進捗している。一部で更に検討が必要な課題はあるが、実用化困難な難易度の課題ではなく、技術的には従来のコンクリートと同等の性能を確保できると考えられる。
- ・室内試験の結果から、鉄筋プレキャスト・現場打設コンクリートの製造原価を概算評価し、2050 年までの tCO<sub>2</sub> あたりのコストと CO<sub>2</sub> 削減価値を比較したところ、将来的に一部の方式に事業化が期待できることがわかった。
- ・実用化に向けては、本事業の成果に加え、炭酸化養生方法・装置・設計手法の更なる検討が必要である。将来の事業化に向けては、CO<sub>2</sub> 削減量のクレジット化や設計手法の標準化が必要である。

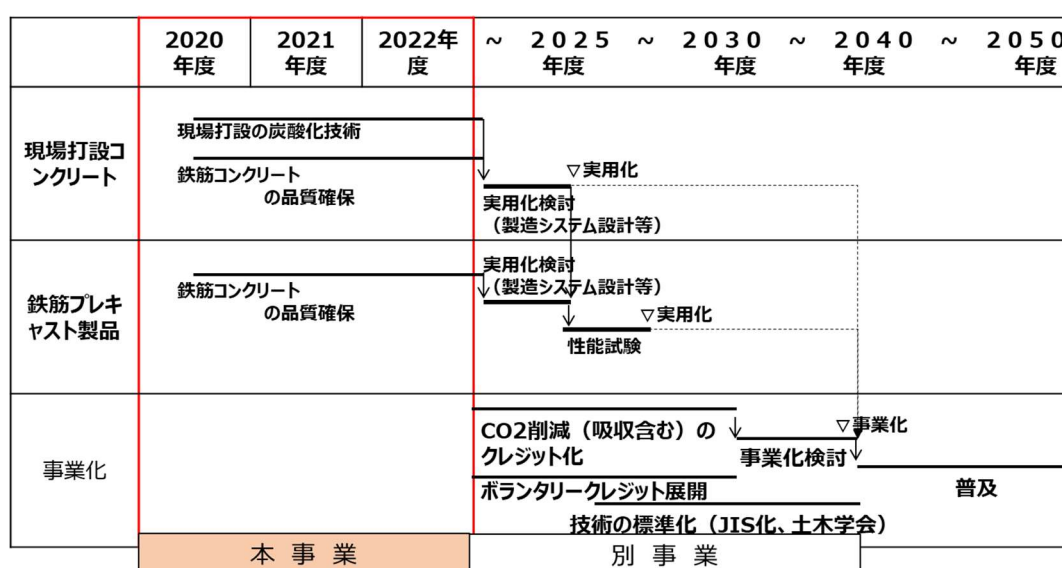


図 4.3-1 CO<sub>2</sub> 有効利用コンクリートの実用化へ向けた具体的取組

#### (B-2)カーボンリサイクルを志向した化成品選択合成技術の研究開発

COP21 から加速した地球温暖化対策としての CO<sub>2</sub> 排出量抑制の動きは、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によって、更に加速するものと考えられる。

川崎重工業では、カーボンニュートラルに向け、水素製造、輸送、貯蔵、利用、トータルでの商用化に向け、技術開発を行っており、当該技術は本プロジェクトで用いられる H<sub>2</sub> 供給にも資する取り組みである。

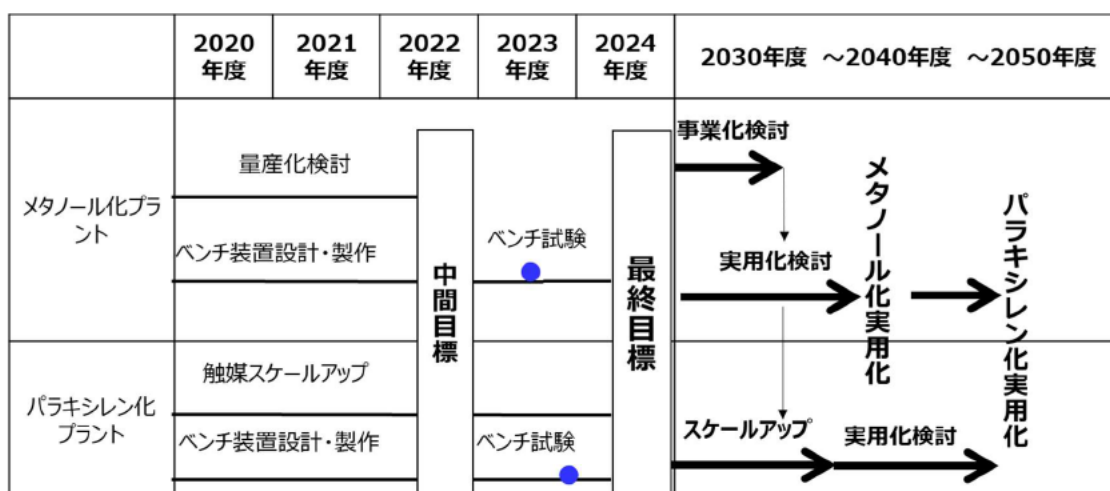
なお、本プロジェクトでは、実用化の定義を「当該事業で開発した CO<sub>2</sub> からメタノールを経由してパラキシレンを製造する技術(触媒、プロセス、化成品等)が市場に出ることが可能となった状態にまで至った段階をいう。」としている。すなわち、技術面では、CO<sub>2</sub> 削減が本格化し、H<sub>2</sub> 価格が低下する時期までに触媒の量産化、プロセスの最適化等が完了することが必要である。

そのためには、今回の事業を通じ、触媒、プロセス等の基礎的な技術を確立すると共に、スケールアップに向けた課題抽出を実施する。

一方、技術が市場に出るためには、まず、CO<sub>2</sub> 有効利用に必要な H<sub>2</sub> を十分に安価な価格に入手可能な地域、CO<sub>2</sub> 排出量が多く、有効利用以外に排出量削減が難しい地域等、適地での実用化が先行するものと考えられ、適地調査についても並行して実施する。



上記を踏まえ、2040～2050 年頃の実用化を見据えた技術開発を行う。



●：基本技術確立

図 4.3-2 化成品選択合成技術の実用化へ向けた具体的取組

### (B-3) Gas-to-Lipids バイオプロセスの開発

本プロセスで製造される脂質について、少量製造から開始し、ノウハウの蓄積により、製造施設をスケールアップしながら、大量製造を目指していく。

まず、2030 年代を目途に、高付加価値品の製造を目指す。具体的には、市場動向調査結果より、少量でも卸売単価の高いアスタキサンチン含有オイルを製造し、健康食品／化粧品の原料として卸売する。将来的には、2050 年代を目途として、化学品などの原料の製造を目指す。具体的には、カーボンニュートラルの流れから石油代替として今後必要とされるであろうバイオナフサなどを製造し、化学品原料として卸売する。

2023 年度に計画している最適システムの検討で、実用化に向けた検討を行う。

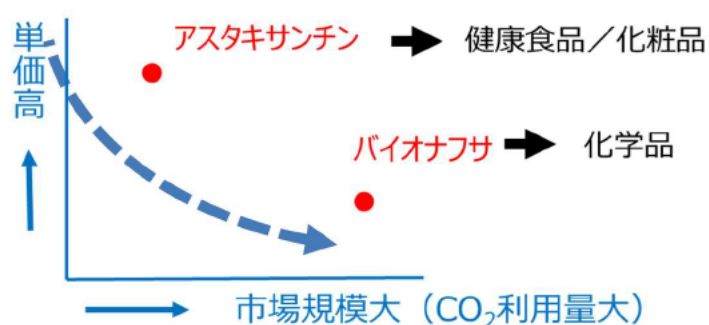


図 4.3-3 高付加価値品及び化学品原料のイメージ



図 4.3-4 実用化までのマイルストーン

#### 4.4 波及効果

##### ○技術・社会的効果

- 拠点の設置及びそこでの集中的な研究開発について国内外へ情報発信することで、日本のカーボンリサイクル分野への取組に関する強いPR効果が期待できる。
- 海外の研究者等による拠点への訪問を通じたカーボンリサイクル技術の普及促進が期待できる。
- カーボンリサイクル技術開発の重点的な実施により社会実装を加速し、2050年のカーボンニュートラル化に貢献することが期待できる。

##### ○経済的効果

- 世界的に脱炭素化が進む中で日本発カーボンリサイクル技術の社会実装を促進することにより、国際的なシェアの確保が期待できる。

##### ○人材育成効果

- 拠点での集中的な研究開発および人材交流を通じ、企業や研究機関におけるカーボンリサイクル分野の研究者・技術者を育成する効果が期待できる。

P16002

P16003

P10016

P92003

## 「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発」基本計画

環境部

### 1. 研究開発の目的・目標・内容

#### (1) 研究開発の目的

##### ①政策的な重要性

2015年7月に決定された長期エネルギー需給見通しにおいては、3E+S（安全性、安定供給、経済効率性、環境適合）を同時達成しつつ、バランスの取れた電源構成を実現していくこととしており、火力発電分野においては、石炭火力発電及びLNG火力発電の高効率化を図り、環境負荷の低減と両立しながら、有効活用を推進することとしている。火力発電の高効率化は、再生可能エネルギーの最大限の導入促進、安全性の確認された原子力発電の活用と合わせ、温室効果ガス削減目標積み上げの基礎となった対策・施策として位置づけられている。これを踏まえ、2016年6月に官民協議会で策定した「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」においては、火力発電の高効率化、CO<sub>2</sub>削減を実現するため、次世代の火力発電技術の早期確立を目指すこととしている。また、2021年10月に策定された「第6次エネルギー基本計画」においては、火力発電は再生可能エネルギーの変動性を補う調整力・供給力として柔軟な運転（幅広い負荷変動への対応）が求められることから、負荷変動対応や機動性に優れた火力技術開発等の取組を推進することとしている。

2050年に向けて化石燃料の利用に伴うCO<sub>2</sub>の排出を大幅に削減していくためには、あらゆる技術的な選択肢を追求していく必要があることから、CO<sub>2</sub>を炭素資源（カーボン）と捉え、これを回収し、多様な炭素化合物として再利用するカーボンリサイクルを推進することとしており、2021年6月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」では、カーボンニュートラル社会を実現するための重要分野の1つにカーボンリサイクル技術が位置づけられた。また、「カーボンリサイクル技術ロードマップ」（2019年6月策定、2021年7月改訂）において、カーボンリサイクル技術の確立、普及を目指していくこととしている。

2020年3月に策定された「新国際資源戦略」では、CO<sub>2</sub>排出削減に向け、液体アンモニアの混焼を含めて着実に技術開発等を進めることが必要とされている。

石炭利用に伴って発生するCO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、ばいじん等への対応や、石炭灰及びスラグの有効利用方策を確立することが大きな課題である。そのため、今後とも石炭を活用し、エネルギー需給安定化に貢献していくためにも、より高度なクリーンコールテクノロジーの開発が必要である。

##### ②我が国の状況

我が国の火力発電の熱効率の世界最高水準を保っている。世界で初めて超々臨界圧火力発電（USC）を商用化し、さらには高効率な空気吹石炭ガス化複合発電（IGCC）が既

に実用化段階であり、酸素吹IGCCにおいても実証フェーズにある。また、効率向上に大きく寄与するガスタービンにおいて、1600℃級という高温化を世界に先駆けて実現する等、熾烈な国際競争の中においても、我が国の高効率火力発電システムは、トップレベルを維持しており、世界をリードしている。しかしながら、燃料資源を他国に大きく依存する我が国にとっては、限られた資源の有効利用を図ることは至上命題であり、今後とも、更なる効率化を図っていく必要がある。また、中長期的な視点では、大幅なCO<sub>2</sub>削減を実現しうるCO<sub>2</sub>の回収・貯留・利用（CCUS）やCO<sub>2</sub>フリー燃料の利用技術の開発・推進も重要なテーマであり、国内でのCCS（二酸化炭素の回収・貯留）大規模実証事業や貯留ポテンシャル調査等に加え、CO<sub>2</sub>を炭素資源と捉え、これを回収し、多様な炭素化合物として再利用するカーボンリサイクルを推進する取組や石炭火力発電におけるアンモニア混焼試験が進められている。

また、我が国においては、石炭の排ガスに関して、世界的に見ても非常に厳しい環境基準（環境保全協定値）が定められ、その基準が遵守されている。そのような背景から、脱硫、脱硝、ばいじん処理技術等、高度な環境保全技術が過去から培われており、日本の強みが発揮できる分野のひとつである。一方、石炭利用に伴い排出する石炭灰については、主にセメントの原料として、これまでは有効利用されてきたが、近年セメント生産量は減少傾向にあり、セメント原料に代わる石炭灰の利用方法の確立が喫緊の課題である。

### ③世界の取組状況

気候変動対策のため、2021年11月時点では世界の150ヶ国以上で年限付きのカーボンニュートラル目標が掲げられており、各国でCO<sub>2</sub>排出量を大幅に削減するための基礎研究から技術開発、実証研究等の様々な取組が行われている。

火力発電のCO<sub>2</sub>排出の削減に向けた高効率化、ゼロエミッション火力発電、再エネ導入時の負荷変動対応に向けた開発等が海外でも進められている。また、火力発電とCCUSの組み合わせによるカーボンニュートラルにも注力する方向であり、火力発電や各種産業等の排ガスからのCO<sub>2</sub>を分離・回収する技術として、高性能の材料等を用いて省エネルギー・低コストを目指す化学吸収法や物理吸着法、膜分離法等の研究開発と実証等が世界各地で進められている。さらに、回収したCO<sub>2</sub>を様々な物質に変換させて有効利用する技術についても、先進的な取組が行われており、CO<sub>2</sub>と水素から基礎化学品や機能性化学品、液体燃料や気体燃料を合成する技術、コンクリート等にCO<sub>2</sub>を効率的に固定化させる技術の開発や実証等が進められている。

### ④本事業のねらい

長期エネルギー需給見通しの実現に向けて、火力発電の高効率化に関しては、石炭火力の発電効率を大幅に引き上げる石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）の実証事業をはじめ、石炭火力、LNG火力の双方につき、新たな火力発電技術の開発等を実施する。また、火力発電から発生するCO<sub>2</sub>排出量をゼロに近づける切り札となる技術として、CO<sub>2</sub>フリー燃料の利用及び火力発電所等から発生する大量のCO<sub>2</sub>を効率的に分離・回収・有効利用するための技術開発等を実施する。これまでの火力発電に係る技術開発は、個別の技術ごとに進められていたが、石炭火力、LNG火力は共通する要素技術が多く、火力発電全体の技術開発を加速するためには、個別技術開発を統合し、包括的かつ一体的に推進することが有効である。そこで、次世代火力発電技術に係る事業を本事業において統合し、関連

事業を一元管理し、一体的に進めることで、開発成果を共有しつつ、技術開発に係るリソースを最適化する。これにより、次世代火力発電技術の開発を加速し、早期の技術確立及び実用化を狙う。また、LCA的な観点も含めたCO<sub>2</sub>の利用に係るカーボンリサイクル技術開発を一元的に進めることで、火力発電プロセスの更なる効率化を図るとともに、CO<sub>2</sub>排出削減に向けた取り組みの効率化を図る。

石炭の効率的利用、環境対応等を目的として、石炭利用の環境対策に関する調査・技術開発を実施する。これらの取組により、石炭の安定調達性が増し、石炭を安価で安定的に使用することが可能となり、我が国におけるエネルギーセキュリティの向上に資する。

## (2) 研究開発の目標

### ①アウトプット目標

本事業を通じて、発電効率の大幅な向上技術、調整力確保に寄与する負荷変動対応発電技術、CO<sub>2</sub>分離・回収後においても高効率を維持する技術、CO<sub>2</sub>フリー燃料の利用技術、低コストなCO<sub>2</sub>分離・回収技術及びCO<sub>2</sub>有効利用技術(カーボンリサイクル等)により、CO<sub>2</sub>排出の削減に寄与する革新的なカーボンリサイクル技術及び次世代火力発電技術の見通しを得る。また、石炭灰の有効利用率を100%まで向上させるなど、石炭の有効利用技術を確立する。

研究開発項目ごとの目標については、別紙にて定める。

### ②アウトカム目標

本事業の開発成果により、2030年頃にLNG火力においては、将来のガスタービン燃料電池複合発電(GTFC)商用機として送電端効率63%(高位発熱量基準)を達成し、さらには、IGFC商用機へと繋げることで、石炭火力として送電端効率55%(高位発熱量基準)を達成する。また、世界の火力発電市場は、今後、2040年にかけて石炭火力では約520兆円、LNG火力では約270兆円で、累計790兆円の規模が見込まれる。年平均では約30兆円であり、このうちのシェア1割、約3兆円の次世代火力技術の市場を獲得する。また、2040年頃に燃料としての年間アンモニア利用量1,000万トンを達成し、アンモニア35,000円/tを想定した場合において、3,500億円相当の燃料アンモニア市場を創出する。CCUSの実現に向け、CO<sub>2</sub>分離・回収コスト1,000円台/t-CO<sub>2</sub>という大幅な低減を達成する。また、CO<sub>2</sub>有効利用の一例として、CO<sub>2</sub>由来のメタンで天然ガスパイプラインの許容圧力変動幅の1割を活用して負荷変動対応に供する場合として、1,300億円相当の天然ガス代替を獲得する。また、負荷変動対応技術を確立することで、電力市場整備の一つとして進められてきた調整力公募市場(短期間での電力需給調整能力(ΔkW 価値)を取引する市場公募)での電力供給機会の更なる創出に寄与し、電力市場の活発化に貢献する。

また、カーボンリサイクルの観点からは、2030年頃に短期的に実現可能な技術(ポリカーボネートなどの化学品、バイオジェットなどの液体燃料、道路ブロックなどのコンクリート製品など)を既存のエネルギー・製品と同等のコスト実現を目指すとともに、2040年以降に実現をめざした需要の多い汎用品(オレフィンやBTXなどの化学品、ガス、液体などの燃料、汎用コンクリート製品など)へ拡大する。

### ③アウトカム目標達成に向けての取組

市場ニーズを見極めつつ、各技術開発プロセスの進捗管理を行い、開発優先度の調整、開発スケジュールの最適化、技術開発の相互連携を図り、中長期の火力発電技術開発の全体プロセスの最適化・効率化を図る。そして、技術開発のプロセスにおけるコスト低減の取組と信頼性の確保により、商用機導入を早期に拡大する。

### (3) 研究開発の内容

火力発電の効率化及びCO<sub>2</sub>フリー燃料の利用、CO<sub>2</sub>分離・回収・有効利用等に関する調査、開発及び実証、石炭灰や溶融スラグの有効利用及び削減に関する調査及び技術開発並びに排煙処理技術等の環境対策に関する調査等を実施する。実施に当たっては、各事業の性質に合わせ、委託事業又は助成事業（NEDO負担1/3、2/3、1/2）により実施するとともに、必要に応じてステージゲート審査を用いる。

なお、個別研究開発項目の研究開発内容の詳細については、別紙にて記載する。

#### 研究開発項目① 石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業 [助成事業]

- 1) 酸素吹IGCC実証 (1/3助成)
- 2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証 (1/3, 2/3助成)
- 3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証 (1/2助成)
- 4) 信頼性向上、低コスト化 (1/3助成)
- 5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発 (1/2助成)

#### 研究開発項目② 高効率ガスタービン技術実証事業 [助成事業]

- 1) 1700℃級ガスタービン  
(2016～2018年度: 2/3助成、2019～2020年度: 1/2助成)
- 2) 高湿分空気利用ガスタービン (AHAT) (2/3助成)

#### 研究開発項目③ 先進超々臨界圧火力発電技術開発 [助成事業 (2/3助成)]

#### 研究開発項目④ 次世代火力発電基盤技術開発 [委託事業]

- 1) 次世代ガス化システム技術開発
- 2) 燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術要素研究
- 3) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発
- 4) 燃料電池石炭ガス適用性研究
- 5) CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発
- 6) 石炭火力の負荷変動対応技術開発
- 7) CO<sub>2</sub>有効利用技術開発
- 8) CO<sub>2</sub>分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発
- 9) 機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究

#### 研究開発項目⑤ CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発 [委託事業]

#### 研究開発項目⑥ カーボンリサイクル・次世代火力推進事業 [委託事業]

#### 研究開発項目⑦ 次世代技術の早期実用化に向けた信頼性向上技術開発 [助成事業 (1/2助成)]

#### 研究開発項目⑧ CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発 [委託・助成事業]

- 1) CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業 [委託・助成事業]
- 2) 研究拠点におけるCO<sub>2</sub>有効利用技術開発・実証事業 [委託・助成事業]

研究開発項目⑨ CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発 [委託・助成事業]

- 1) 化学品へのCO<sub>2</sub>利用技術開発 [委託・助成事業]
- 2) 液体燃料へのCO<sub>2</sub>利用技術開発 [委託・助成事業]
- 3) コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへのCO<sub>2</sub>利用技術開発 [委託・助成事業]
- 4) 気体燃料へのCO<sub>2</sub>利用技術開発 [委託・助成事業]

研究開発項目⑩ 石炭利用環境対策事業 [委託・助成事業]

- 1) 石炭利用環境対策推進事業 [委託事業]
- 2) 石炭利用技術開発 [助成事業 (2/3助成)]

研究開発項目⑪ アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業 [委託・助成事業]

- 1) 要素研究 [委託事業]
- 2) 実証研究 [助成事業 (1/2助成)]

※1)の実施者を公募した後の、1)から2)への移行の可否は、外部有識者で構成される委員会の審査(ステージゲート審査)を経て決定する。

研究開発項目⑫ CO<sub>2</sub>分離・回収技術の研究開発 [委託事業]

(2021年度までは「CCUS研究開発・実証関連事業」において実施)

- 1) 先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発
- 2) 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
- 3) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発
- 4) 二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発

研究開発項目⑬ 火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業 [委託・助成事業]

- 1) 機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の技術開発・実証研究 [委託・助成事業]
- 2) 石炭火力の負荷変動対応技術開発・実証研究 [委託・助成事業]

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

本事業は、NEDOが単独又は複数の企業、大学等の研究機関(原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別の研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分はこの限りではない。)から、原則公募によって実施者を選定し実施する。ただし、移管事業に関してはこの限りではない。

NEDOは、プロジェクトの進行全体の企画・管理やプロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させるため、必要に応じてプロジェクトマネージャー(以下「PM」という。)を任命する。また、各実施者の研究開発ポテンシャルを最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、必要に応じて研究開発責任者(プロジェクトリーダー、以下「PL」という。)を指名する。

なお、研究開発項目ごとのPM、PLは以下のとおり。また、研究開発項目④2)、3)、4)は、推進にあたって、燃料電池に関する情報共有と開発戦略の整合性を図るため、プロジェクトチーム(PT)にNEDO新エネルギー部を加える。

研究開発項目① 石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業

PM:NEDO 戸島正剛、PL:大崎クールジェン株式会社 木田一哉

研究開発項目② 高効率ガスタービン技術実証事業

1) 1700℃級ガスタービン

PM: NEDO 園山希、PL: 三菱重工業株式会社 石坂浩一

2) 高温分空気利用ガスタービン (AHAT)

PM: NEDO 山中康朗、PL: 三菱日立パワーシステムズ株式会社 吉田正平

研究開発項目③ 先進超々臨界圧実用化要素火力発電技術開発

PM: NEDO 足立啓、PL: 一般社団法人高効率発電システム研究所 福田雅文

研究開発項目④ 次世代火力発電基盤技術開発

1) 次世代ガス化システム技術開発

PM: NEDO 中田博之、PL: 一般財団法人電力中央研究所 牧野尚夫

2) 燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ要素研究

PM: NEDO 春山博司、PL: 電源開発株式会社 早川宏

3) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発

PM: NEDO 福原敦、PL: 三菱日立パワーシステムズ株式会社 北川雄一郎

4) 燃料電池石炭ガス適用性研究

PM: NEDO 福原敦、PL: 電源開発株式会社 大畑博資

5) CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発

PM: NEDO 中田博之、PL: 一般財団法人石炭エネルギーセンター 原田道昭

6) 石炭火力の負荷変動対応技術開発

PM: NEDO 野原正寛、PL: 契約毎に設置

7) CO<sub>2</sub>有効利用技術開発

PM: NEDO 天野五輪磨、PL: 国立研究開発法人産業技術総合研究所 坂西欣也

8) CO<sub>2</sub>分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発

PM: NEDO 森匠磨

9) 機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究

PM: NEDO 新郷正志、PL: 一般財団法人電力中央研究所 渡辺 和徳

研究開発項目⑤ CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発

PM: NEDO 青戸冬樹、PL: 一般財団法人電力中央研究所 牧野尚夫

研究開発項目⑦ 次世代技術の早期実用化に向けた信頼性向上技術開発

PM: NEDO 西里友志、PL: 一般社団法人高効率発電システム研究所 福田雅文

研究開発項目⑧ CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発

PM: NEDO 戸島正剛

研究開発項目⑨ CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発

PM: NEDO 荒川純

研究開発項目⑩ 石炭利用環境対策事業

PM: NEDO 菅本比呂志

研究開発項目⑪ アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業

PM: NEDO 園山希

研究開発項目⑫ CO<sub>2</sub>分離・回収技術の研究開発

PM: 選定中

研究開発項目⑬ 火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業

PM: 選定中



## (2) 研究開発の運営管理

NEDOは、研究開発全体の管理及び執行に責任を負い、研究開発の進捗のほか、外部環境の変化等を適切に把握し、必要な措置を講じるものとする。運営管理は、効率的かつ効果的な方法を取り入れることとし、次に掲げる事項を実施する。

### ①進捗把握・管理

PMは、PLや研究開発実施者と密接に連携し、研究開発の進捗状況を把握する。また、外部有識者で構成する技術検討委員会を組織し、定期的に技術的評価を受け、目標達成の見通しを常に把握することに努める。

### ②技術分野における動向の把握・分析

PMは、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策の分析及び検討を行う。

## 3. 研究開発の実施期間

本事業の実施期間は、2016年度から2026年度までの11年間とする。なお、研究開発項目①及び②は2012年度から2015年度、研究開発項目③は2008年度から2015年度まで経済産業省により実施したが、2016年度からNEDOが実施している。研究開発項目⑫は2018年度から2021年度まで「CCUS研究開発・実証関連事業」により実施したが、2022年度より本事業で実施する。

## 4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、事業の意義及び目標達成度や成果に係る技術的意義及び将来の産業への波及効果等について、評価を実施する。研究開発項目①～⑤、⑦～⑨、⑪については、技術評価実施規程に基づき、プロジェクト評価を行い、⑩については事業評価を行う。

評価の時期については、研究開発項目①は、中間評価を2017年度、2020年度及び2023年度に、前倒し事後評価を2025年度に実施する。研究開発項目②は、中間評価を2018年度、事後評価を2021年度に実施する。研究開発項目④1)は、研究開発項目⑤と統合の上、評価を行う。研究開発項目④2)は、事後評価を2019年度に実施する。研究開発項目④3)、4)は、中間評価を2019年度に、事後評価を2022年度に実施する。研究開発項目④5)は中間評価を2017年度に実施し、研究開発項目④6)は、中間評価を2020年度に、事後評価を2023年度に実施し、研究開発項目④7)は前倒し事後評価を2021年度に実施し、研究開発項目④8)は中間評価を2022年度に、事後評価を2025年度に実施し、研究開発項目④9)は前倒し事後評価を2021年度に実施する。研究開発項目⑤は、中間評価を2017年度、前倒し事後評価を2020年度に実施する。研究開発項目⑥は、調査事業については内容に応じて研究開発項目①から⑤、⑦～⑪の中間評価、事後評価の際に合わせて評価を実施し、共通基盤技術開発については研究開発項目⑨の中間評価、事後評価の際に合わせて評価を実施、先導研究については内容に応じて研究開発項目⑨、⑪の中間評価、事後評価の際に合わせて評価を実施する。研究開発項目⑦は、中間評価を2019年度、事後評価を2022年度に実施する。研究開発項目⑧および研究開発項目⑨1)、2)、3)は、中間評価を2022年度及び2025年度、事後評価を2027年度に実施する。研究開発項目⑨4)は中間評価を2023年度、前倒し事後評価を2026年度

に実施する。研究開発項目⑩は、中間評価を2019年度、2022年度、前倒し事後評価を2025年度に実施する。研究開発項目⑪は、事後評価を2025年度に実施する。研究開発項目⑫は、中間評価を2022年度、事後評価を2025年度に実施する。研究開発項目⑬は、中間評価を2024年度、前倒し事後評価を2026年度に実施する。

## 5. その他の重要事項

### (1) 委託事業成果の取扱い

#### ①成果の普及

得られた事業成果については、NEDO、実施者とも普及に努める。

#### ②標準化等との連携

得られた事業成果については、標準化等との連携を図り、我が国の優れたカーボンリサイクル・次世代火力発電等技術を普及させるために、標準化への提案等を積極的に行う。

#### ③知的財産権の帰属

事業成果に関わる知的財産権については、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、全て委託先に帰属させることとする。

なお、海外動向や国際展開を見据えた知財管理を行うとともに、海外における知財の確保を積極的に推進する。

#### ④知財マネジメントに係る運用

本プロジェクトのうち、研究開発項目④次世代火力発電基盤技術開発及び研究開発項目⑥カーボンリサイクル・次世代火力推進事業、研究開発項目⑧CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発、研究開発項目⑨CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発、研究開発項目⑩石炭利用環境対策事業及び研究開発項目⑪アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業、研究開発項目⑫CO<sub>2</sub>分離・回収技術の研究開発、研究開発項目⑬火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業は、「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」を適用する。

#### ⑤データマネジメントに係る運用

本プロジェクトのうち、研究開発項目④次世代火力発電基盤技術開発8)、研究開発項目⑥カーボンリサイクル・次世代火力推進事業、研究開発項目⑧CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発、研究開発項目⑨CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発、研究開発項目⑩石炭利用環境対策事業及び研究開発項目⑪アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業、研究開発項目⑫CO<sub>2</sub>分離・回収技術の研究開発、研究開発項目⑬火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業のうち2018年度以降に公募を行う事業は、「NEDOプロジェクトにおけるデータマネジメント基本方針」を適用する。

(2) 基本計画の変更

PMは、当該事業の進捗状況及びその評価結果、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、研究開発費の確保状況等、事業内外の情勢変化を総合的に勘案し、必要に応じて目標達成に向けた改善策を検討し、達成目標、実施期間、実施体制等、基本計画を見直す等の対応を行う。

(3) 根拠法

本事業は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第一号ハ、第三号及び第六号イに基づき実施する。

(4) 委託先等以外の第三者の土地に設置した資産の処分方法

研究開発項目⑧においては委託先等以外の第三者の土地に拠点整備インフラを設置する予定である。第三者の土地に設置した資産であっても、委託先は、委託事業終了後、有償により、NEDOに帰属する資産をNEDOから譲り受けることとなっている（約款第20条の2①）。ただし、以下の要件を満たすものに限り、委託事業内における当該資産の解体撤去を実施できる。

・事業目的達成後に、取得資産を設置した第三者の敷地等の速やかな原状回復を必要とし、かつ、その時点で利活用できない資産（機能が著しく低下している、移設するとその機能を失う等、物理的に使用できない資産）である場合

(5) その他

最新の技術動向や政策上の必要性に鑑み、必要に応じた研究開発項目の追加や見直しを行うことがある。本事業の実施を通じて、イノベーションの担い手として重要な若手研究員及び女性研究員の育成や中堅・中小・ベンチャー企業等を支援することとする。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 2016年1月、基本計画制定。

(2) 2016年4月、3. 研究開発の実施方式（1）研究開発実施体制 研究開発項目③、④ 1）と2）、⑤のPMの変更。

5. 評価に関する事項、研究開発項目④ 5）中間評価、事後評価の年度を1年後ろ倒し。別紙 研究開発項目④ 5）の3. 達成目標、中間目標年度と最終目標年度を1年後ろ倒し。研究開発スケジュールは研究期間を1年延長し、中間評価と事後評価を1年後ろ倒し。

(3) 2016年9月、5. 評価に関する事項、研究開発項目④ 5）中間評価、事後評価の年度を1年後ろ倒ししたが、当初計画通りに戻す。

別紙 研究開発項目④ 5）の3. 達成目標、中間目標年度と最終目標年度を1年後ろ倒ししたが、当初計画通りに戻す。

研究開発スケジュールは研究期間を1年延長し、中間評価と事後評価を1年後ろ倒ししたが、当初計画通りに戻す。

(4) 2017年2月

1. 研究開発の目的・目標・内容の（2）研究開発の目標並びに（3）研究開発の内容に、研究開発項目④次世代火力発電基盤技術開発6）石炭火力の競争力強化技術開発、7）C

O<sub>2</sub>有効利用技術開発及び研究開発項目⑦次世代技術の早期実用化に向けた信頼性向上技術開発の内容を追加した。

3. 研究開発の実施方式のPM及びPLを追記・修正した。

5. 評価に関する事項の④及び⑥の実施時期を修正し、並びに④1)、5)の前倒しの区分を明確化し、④6)、7)、⑦を追加した。

6. その他の重要事項の(1)委託事業成果の取扱い③知的財産権の帰属に知財マネジメント適用プロジェクト名を追記した。

(5) 2017年5月

3. 研究開発の実施体制(1)研究開発実施体制 研究開発項目②の1)と2)及び④の6)のPMの変更。

(6) 2017年6月

研究開発項目④の1) 3. 達成目標に中間目標を設定し、2017年度に中間評価を実施する。

(7) 2018年2月

1. 研究開発の目的・目標・内容の(3)研究開発の内容のうち、研究開発項目①の2)、3)の助成率を変更した。また、研究開発項目④次世代火力発電基盤技術開発8)流動床ガス化燃焼を応用した石炭利用技術開発、9)機動性に優れる広付加帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究の内容を追加した。また、研究開発項目④次世代火力基盤技術開発1)次世代ガス化システム技術開発を、研究開発項目⑤に統合し、研究開発項目⑤の名称を変更した。

3. 研究開発の実施方式のPM及びPLを追記・修正した。

5. 評価に関する事項の④1)、6)、8)、9)の評価時期を追記・修正した。

6. その他の重要事項の(1)委託事業成果の取扱い③知的財産権の帰属に注釈を追記した。

(8) 2018年7月

3. 研究開発の実施方式(1)研究開発実施体制 研究開発項目④2)、8)のPMの変更、及び、研究開発項目④5)のPLの変更、研究開発項目④6)のPLの記載変更。別紙 研究開発項目⑥ 1. 研究開発の必要性、2. 具体的研究内容にかかる記載を一部変更した(バイオマスに係る記載の追記)。

(9) 2018年9月

3. 研究開発の実施方式において、研究開発項目①及び研究開発項目④7)、9)のPLの変更、4. 研究開発の実施期間の変更、5. 評価に関する事項の研究開発項目①の中間評価時期及び事後評価時期の変更、研究開発項目④2)の評価時期変更、研究開発項目④5)の事後評価を削除。6. その他の重要事項のデータマネジメントに係る運用に研究開発項目①3)を追記。また、別紙 研究開発項目①について、期間の延長および、2)CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証の最終目標を詳細な記載に変更。別紙 研究開発項目④9)について、目標値を補足。研究開発スケジュール表の修正。

(10) 2019年1月

1. 研究開発の目的・目標・内容の(3)研究開発の内容において、研究開発項目②1)の助成率の変更。5. 評価に係る事項において、研究開発項目⑦の中間評価の追加及び事後評価時期の変更、研究開発項目④8)の前倒し事後評価時期の変更。別紙 研究開発項目④8)の実施期間の変更。別紙 研究開発項目④9)の最終目標を詳細な記載に変更。別紙 研究開発項目⑥の2. 具体的研究内容に燃料多様化に係る記載を追記。別紙 研究開発項目⑦

の実施期間の変更及び中間目標の策定、最終目標年度の変更。研究開発スケジュール表の修正。

(11) 2019年7月

和暦から西暦へ表記修正。3. 研究開発の実施方式において、研究開発項目④6)、7)、9)、⑤及び⑦のPMの変更。5. 評価に関する事項において、研究開発項目④3)、4)の中間評価の追加及び研究開発項目④2)、3)、4)の事後評価時期の変更。別紙 研究開発項目④3)、4)について、実施期間の延長、中間目標の策定及び最終目標の修正。研究開発項目⑥の文言修正。研究開発スケジュール表の修正。その他誤記修正。

(12) 2020年2月

改訂： 基本計画の名称変更、基本計画「クリーンコール技術開発」の統合による記載内容の移管、1. 研究開発の目的・目標・内容(1)(2)において内容の追加、1. 研究開発の目的・目標・内容(3) 研究開発の内容及び2. 研究開発の実施方式(1) 研究開発の実施体制において名称変更と項目の追加、3. 研究開発の実施期間において期間変更及び追加、4. 評価に関する事項において評価時期の変更及び追加、5(1)④知財マネジメントに係る運用⑤データマネジメントに係る運用において対象研究開発項目の追加、研究開発項目④3) 4)において中間評価結果反映のため最終目標を追記。研究開発項目⑧⑨の追加、研究開発項目⑩の移管。

(13) 2020年3月

5. その他重要事項(4) 委託先等以外の第三者の土地に設置した資産の処分方法、(5) その他において追記。

(14) 2020年7月

2. 研究開発の実施方式 (1) 研究開発の実施体制 研究開発項目②2) ④3)、4)、8) ⑧、⑨のPMと研究開発項目④8)の名称を変更。別紙 研究開発項目④8) 1. 研究開発の必要性、2. 具体的研究内容、3. 達成目標の記載から噴流床ガス化技術に係る記載を追加 別紙 研究開発項目⑤ 2. 具体的研究内容の記載から噴流床ガス化技術(ポリジェネレーション)に係る記載を削除。研究開発スケジュール表の修正。その他誤記修正。

(15) 2020年9月

2. 研究開発の実施方式(1) 研究開発の実施体制 研究開発項目①、④6)、⑧のPMを変更、④4)のPLを変更、⑧と⑨のPLに関する記載を削除。

(16) 2020年10月

2. 研究開発の実施方式(1) 研究開発の実施体制 研究開発項目①、⑧のPMを変更。

(17) 2021年1月

1. 研究開発の目的・目標・内容(1)(2)において内容の追加、1. 研究開発の目的・目標・内容(3) 研究開発の内容及び2. 研究開発の実施方式(1) 研究開発の実施体制において項目の追加、3. 研究開発の実施期間において期間変更、4. 評価に関する事項において評価時期の変更及び追加、5(1)④知財マネジメントに係る運用⑤データマネジメントに係る運用において対象研究開発項目の追加、研究開発項目①2)の内容拡充、研究開発項目①4) 5)、⑨4)の追加。研究開発項目⑩の追加。

(18) 2021年5月、2. 研究開発の実施方式(1) 研究開発実施体制 研究開発項目④3)、4)、6)、7)及び8)、研究開発項目⑦、研究開発項目⑩のPMの変更。

(19) 2021年6月

1. 研究開発の目的・目標・内容（3）研究開発項目⑨3）における項目名の変更。別紙研究開発項目⑨3）の項目名の変更および内容の拡充。

（20）2021年7月

5. その他の重要事項（1）委託事業成果の取扱い④知財マネジメントに係る運用及び⑤データマネジメントに係る運用における対象研究開発項目の変更。

（21）2022年3月

1. 研究開発の目的・目標・内容（1）（2）において内容の追加、1. 研究開発の目的・目標・内容（3）研究開発の内容及び2. 研究開発の実施方式（1）研究開発の実施体制において項目の追加、3. 研究開発の実施期間において期間変更及び記載の追加、4. 評価に関する事項において評価時期の変更及び追加、5（1）④知財マネジメントに係る運用、⑤データマネジメントに係る運用において対象研究開発項目の追加。別紙において、研究開発項目⑦、研究開発項目⑧、研究開発項目⑨、研究開発項目⑩において期間変更及び研究開発項目⑫、研究開発項目⑬の追加。

## 研究開発項目① 「石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業」

## 1. 研究開発の必要性

石炭は、他の化石燃料と比べ、可採年数が約110年と長く、かつ世界各国に幅広く分布する等、供給安定性が高く、経済性に優れることから、エネルギー自給率が極めて低い我が国にとって重要な一次エネルギー源であり、発電の分野においても石炭火力発電は発電電力量の約3割を占める重要な電源の一つである。

一方で、石炭は他の化石燃料と比べ、燃焼時の単位発電量当たりのCO<sub>2</sub>排出量が多く、地球環境面での制約要因が多いという課題を抱えており、石炭火力発電についてもさらなるCO<sub>2</sub>排出量の抑制が求められている。

したがって、石炭火力発電の高効率化及びCO<sub>2</sub>排出量削減の観点から本事業を実施する必要性がある。

2014年4月に閣議決定されたエネルギー基本計画においても、石炭火力発電は、「安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源」と評価されている一方、「温室効果ガスの排出量が多いという課題がある」と指摘され、その課題を解決すべく、次世代高効率石炭火力発電技術として、石炭ガス化複合発電（IGCC）の開発・実用化を進めるとともに、2020年頃の二酸化炭素回収貯留（CCS）の実用化を目指した研究開発を行うことが盛り込まれている。

その後、エネルギー基本計画を踏まえ、2014年12月にまとめられた「エネルギー関係技術開発ロードマップ」において、「高効率石炭火力発電」、「二酸化炭素回収・貯留技術」が国際展開も見据えた形で整理されている。

2021年10月「第6次エネルギー基本計画」において、石炭火力は、再生可能エネルギーを最大限導入する中で、調整電源としての役割が期待されるが、電源構成における比率は、安定供給の確保を大前提に低減させる一方で、脱炭素化を見据えつつ、次世代の高効率石炭火力発電技術であるIGCCや石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）などの技術開発等を推進することが盛り込まれている。

以上のとおり、石炭火力発電におけるCO<sub>2</sub>排出量の課題を克服していくことが一層重要となっており、石炭火力発電の高効率化及びCO<sub>2</sub>排出量削減を目指す本事業の必要性は大きい。

## 2. 具体的研究内容

本事業では、石炭火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>を大幅に削減させるべく、究極の高効率石炭火力発電技術であるIGFCとCO<sub>2</sub>分離・回収を組み合わせた実証試験を行い、革新的低炭素石炭火力発電の実現を目指す。

## 1) 酸素吹IGCC実証（1/3助成）

IGFCの基幹技術である酸素吹IGCCの実証試験設備により、性能（発電効率、環境性能）、運用性（起動停止時間、負荷変化率等）、経済性及び信頼性に係る実証を行う。

2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証（1/3、2/3助成）

酸素吹IGCC実証試験設備とCO<sub>2</sub>分離・回収設備を組み合わせ、CO<sub>2</sub>分離・回収型石炭火力システムとしての性能、運用性、信頼性及び経済性に係る実証を行う。また、CO<sub>2</sub>分離・回収装置を追設した場合のIGCC運用性について実証を行う。更に、CO<sub>2</sub>分離・回収と組み

合わせたCO<sub>2</sub>液化プロセスを構築する。加えて、IGCCの負荷変動に対応したCO<sub>2</sub>分離・回収装置とIGCC設備の運用性について実証を行う。

3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証(1/2助成)

CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCCシステムと燃料電池を組み合わせ、石炭ガス化ガスの燃料電池への利用可能性を確認し、最適なCO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCシステムの実証を行う。

4) 信頼性向上、低コスト化(1/3助成)

酸素吹IGCCシステムの早期商用化を実現すべく、設備信頼性の向上及び経済性の改善に係る実証を行う。

5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発(1/2助成)

CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCシステム及びIGFCシステムのCO<sub>2</sub>分離・回収設備の負荷変動に対応すべく、CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービンの環境性能、安定性、信頼性に係る要素技術開発を実施する。

### 3. 達成目標

#### [実施期間]

- 1) 酸素吹IGCC実証：2012年度～2018年度(うち2012年度～2015年度は経済産業省において実施)
- 2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証：2016年度～2022年度
- 3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証：2018年度～2022年度
- 4) 信頼性向上、低コスト化：2021年度～2022年度
- 5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発：2021年度～2025年度

#### [中間目標(2017年度)]

1) 酸素吹IGCC実証

(a) 発電効率：40.5%程度(送電端効率、高位発熱量基準)を達成する。

商用機の1/2～1/3倍の規模で、1300℃級ガスタービンを採用する実証試験設備により送電端効率(高位発熱量基準)40.5%を達成すれば、1500℃級ガスタービンを採用する商用機(石炭処理量2,000～3,000t/d)で送電端効率約46%を達成する見通しが得られる。

(b) 環境性能：「SO<sub>x</sub><8ppm」、「NO<sub>x</sub><5ppm」、「ばいじん<3mg/Nm<sup>3</sup>」を達成する(O<sub>2</sub>=16%)。

我が国における最新の微粉炭火力は世界的に見ても最高水準の環境諸元を達成しており、酸素吹IGCCを導入する場合には同等の環境諸元を達成することが求められる。

2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証

CO<sub>2</sub>分離・回収設備の詳細設計を完了する。

#### [中間目標(2020年度)]



## 1) 酸素吹 I G C C 実証

- (a) プラント制御性運用性：事業用火力発電設備として必要な運転特性及び制御性を確認する。

我が国における微粉炭火力はベースからミドル電源として運用されており、酸素吹 I G C C 商用機を導入する場合にも同等の制御性、運用性を確保する。

- (b) 設備信頼性：商用機において年間利用率 70% 以上の見通しを得る。

我が国における微粉炭火力は年間利用率 70% 以上で運用されており、酸素吹 I G C C 商用機を導入する場合にも同等の設備信頼性を確保する。

- (c) 多炭種適用性：灰融点の異なる数種類の炭種で適合性を確認する。

酸素吹 I G C C 商用機には、微粉炭火力に適合し難い灰融点の低い亜瀝青炭から、微粉炭火力に適合する比較的灰融点の高い瀝青炭までの適用炭種の広さが求められる。商用化に向け、実用化時期や日本への供給可能性も考慮に入れつつ、性能と経済性を評価する。

- (d) 経済性：商用機において発電原価が微粉炭火力と同等以下となる見通しを得る。

国内外において酸素吹 I G C C 商用機の普及を促進するためには、発電原価を微粉炭火力と同等以下とすることが求められる。また、海外普及を目的としたマイルストーンを検討する。

## 2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹 I G C C 実証

- (a) 基本性能（発電効率）：新設商用機において、CO<sub>2</sub>を 90% 回収しつつ、発電効率 40%（送電端効率、高位発熱量基準）程度の見通しを得る。

CO<sub>2</sub>回収時のエネルギーロスによる発電効率の低下という課題に対し、CO<sub>2</sub>を 90% 回収（全量ガス処理）しながらも、現状の微粉炭火力と同等レベルの発電効率 40% 程度の見通しを得る。これを実現するために、実証機プラントにおいて、CO<sub>2</sub>分離回収にかかるエネルギー原単位「0.90 GJ/t-CO<sub>2</sub>（電気エネルギー換算）」を発電効率に係る性能として確認する。

- (b) 基本性能（回収効率・純度）：CO<sub>2</sub>分離・回収装置における「CO<sub>2</sub>回収効率 > 90%」、  
「回収 CO<sub>2</sub> 純度 > 99%」を達成する。

革新的低炭素型石炭火力の実現のために CO<sub>2</sub>分離・回収装置単体における回収効率は 90% 以上を目標とする。CO<sub>2</sub>地中貯留から求められる可能性がある CO<sub>2</sub>純度について、湿式物理吸収法を使って定常運転時、体積百分率 99% 以上を目標とする。

- (c) プラント運用性・信頼性：CO<sub>2</sub>分離・回収型 I G C C システムの運用手法を確立し、信頼性を検証する。

商用機において、CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹 I G C C システムを構築するには、プラントの起動停止や、発電所特有の負荷変動等に対し、I G C C 本体に追従した CO<sub>2</sub>分離・回収装置の運用手法を確立し、信頼性を検証する。また、生成ガスの全量を CO<sub>2</sub>分離した場合の I G C C 運転との相互影響やガスタービン性能についても検証する。

- (d) 経済性：商用機における CO<sub>2</sub>分離・回収の費用原単位を評価する。

CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCCを普及させるに当たっては、費用原単位評価が必要であり、CO<sub>2</sub>分離・回収装置建設時期や発電所敷地等の制約に応じた評価を実施する。また、実用化・事業化に向けたマイルストーンを検討する。

(e) IGCCプラント運用性：

CO<sub>2</sub>分離・回収装置を追設した場合のIGCC運転への影響を確認し、運用性を検証する。

3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証

CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証設備の詳細設計を完了する。また、機器製作に着手する。

[最終目標（2022年度）]

2) CO<sub>2</sub>分離・回収型酸素吹IGCC実証

CO<sub>2</sub>液化プロセス開発：CO<sub>2</sub>分離・回収型IGCCとCO<sub>2</sub>液化を組み合わせた場合の最適プロセスを構築する。

CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応IGCC運用性向上：IGCCの負荷変動に伴うCO<sub>2</sub>分離・回収設備の追従性を確認し、運用性を検証する。

3) CO<sub>2</sub>分離・回収型IGFC実証

500MW級の商業機に適用した場合に、CO<sub>2</sub>回収率90%の条件で、47%程度の発電効率（送電端効率、高位発熱量基準）達成の見通しを得る。

4) 信頼性向上、低コスト化

信頼性向上により5,000時間以上の長期運転の達成、また経済性向上により早期商用化の見通しを得る。

[中間目標（2023年度）]

5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

水素濃度の変動に対応した燃焼試験を開始する。

[最終目標（2025年度）]

5) CO<sub>2</sub>分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発

CO<sub>2</sub>分離・回収の負荷変動に伴う、経時的な水素濃度変化に対応したガスタービン燃焼技術を確立する。

## 研究開発項目② 「高効率ガスタービン技術実証事業」

### [実施期間]

1700℃級ガスタービン：2012年度～2020年度（うち2012年度～2015年度は経済産業省において実施）

高温分空気利用ガスタービン（AHAT）：2012年度～2017年度（うち2012年度～2015年度は経済産業省において実施）

### 1. 研究開発の必要性

2008年3月に閣議決定された「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」において、天然ガスタービンの高効率化が環境負荷低減の実現のための重要な技術開発であると位置づけられている。また、2011年8月に制定された「第4期科学技術基本計画」においては、安定的なエネルギー供給と低炭素化の実現のため火力発電の高効率化に資する技術開発は重点的な取組として位置づけられている。

欧米は巨額の研究開発費を投じており、厳しい国際競争の中で我が国の優位性を維持するため、また電力産業の保守高度化とリプレース需要にあった大容量機の高効率化を目指し、コンバインド効率向上、CO<sub>2</sub>排出量削減を達成するため、1700℃級に必要な革新的技術開発に取り組み、早期に実用化する事が必要である。

また、高温分空気利用ガスタービン（AHAT）は、ガスタービンサイクルを改良したシステムであり、比較的早期に実用化が期待できる高効率発電システムで、電力産業の短中期的ニーズに対応する中小容量機（10万kW程度）の高効率化（45%（高位発熱量基準）→51%（高位発熱量基準）以上）を目的とした日本オリジナルの技術であり、世界初となるAHATの実用化は急務である。

これらの政策を実現するために、発電規模に応じた発電熱効率の一層の向上が必要であり、ガスタービン高温部品の技術向上と発電サイクルの工夫が必要不可欠である。また、環境負荷の少ない発電システムを開発することは、電力の安定的かつ低廉な供給を確保する上で極めて重要な対策である。

さらに、石炭ガス化複合発電（IGCC）や石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）における更なる効率向上には、将来的に1700℃級ガスタービンやAHATシステムの導入が不可欠である。

### 2. 具体的研究内容

#### 1) 1700℃級ガスタービン

1700℃級ガスタービンにおける性能向上、信頼性向上に関する要素技術開発を実施する。例として、製造技術・検査技術の開発、超高温高負荷タービンの信頼性向上、過酷環境下でのデータ取得のための特殊計測技術開発等を実施する。また、1700℃級での実証運転時における特殊計測の実施、試運転データの評価・分析を行い、商用化の検討を実施する。

#### 2) AHAT

AHATシステムについては、ユーザーニーズとしてミドル運用以上（年間50回以上の起動・停止）における長期信頼性が求められていることから、既存40MW級総合試験装置の改造による実証機製作、実証試験による長期信頼性評価を実施する。また、実証機試験結果を用いて商用機化の検討を実施する。

### 3. 達成目標

#### 1) 1700℃級ガスタービン

[中間目標(2018年度)]

1700℃級ガスタービンの性能向上、信頼性向上に関する要素技術開発により、商用機に適用できる見通しを得た上で、設計・製作の仕様を決定する。

[最終目標(2020年度)]

1700℃級ガスタービンの実証試験データの取得、及び評価を実施し、送電端効率57%達成(高位発熱量基準)の見通しを得る。

#### 2) AHAT

[最終目標(2017年度)]

実証機を用いた試験により、長期信頼性の実証として以下を達成する。

- ・ミドル運用(年間50回以上の起動・停止)の2倍である年間100回以上の起動・停止での実証試験を実施し、等価運転時間 10,000時間以上を確保する。  
(等価運転時間とは、起動・停止等の機械装置の寿命を考慮し、同等の連続運転時間とみなせる運転時間)

### 研究開発項目③ 「先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発」

[実施期間] 2008年度～2016年度（うち2008年度～2015年度は経済産業省において実施）

#### 1. 研究開発の必要性

従来型石炭火力発電の中で最高効率である超々臨界圧火力発電（USC）は蒸気温度の最高温度は630℃程度が限界と言われてきた。しかしながら、近年の材料技術の進歩により700℃以上の蒸気温度を達成できる先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発（A-USC）の実現可能性が見えてきた。

本事業では2020年以降に増大する経年石炭火力のリプレース及び熱効率向上需要に対応するため、高い発電効率を実現できるA-USCの開発を行う。

#### 2. 研究開発の具体的内容

##### （1）システム設計、設計技術

基本設計、配置最適化、経済性の試算

##### （2）ボイラ要素技術

700℃級候補材料について、耐久試験により、10万時間の長期信頼性を確保する

##### （3）タービン要素技術

大型鋼塊の製造性を確認するとともに10万時間の長期信頼性を確保する

##### （4）高温弁要素技術

実缶試験・回転試験に組み込み、信頼性を確認する

##### （5）実缶試験・回転試験

実缶試験、回転試験により、ボイラ要素及びタービン要素の信頼性の実証を行う。

#### 3. 達成目標

[最終目標（2016年度）]

蒸気温度を700℃へ高めるための要素技術開発を実施し、2020年以降において商用プラントでの送電端熱効率46%（高位発熱量基準）達成の技術的見通しを得る。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 1) 次世代ガス化システム技術開発

[実施期間] 2015年度～2018年度（うち2015年度はNEDOゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクトにて実施）

#### 1. 研究開発の必要性

エネルギー基本計画（2014年4月閣議決定）においては、石炭火力発電は重要なベースロード電源として位置づけられているが、温室効果ガスの大気中への排出をさらに抑えるため、石炭ガス化複合発電（IGCC）等の次世代高効率石炭火力発電技術等の開発及び実用化を推進することとされている。中長期的には、さらなる高効率化に向けて、現在開発中のIGCCを効率でしのぐ次世代高効率石炭火力発電技術等の開発を実施する必要がある。

#### 2. 具体的研究内容

次世代高効率石炭ガス化発電システムについて、冷ガス効率及び送電端効率の向上並びに実用化に向けた技術開発を実施する。

酸素吹石炭ガス化においては、ガス化炉にガス化剤として酸素を供給して石炭を部分燃焼させ、石炭を熱分解しているが、投入された石炭が一部燃焼して消費されること、酸素製造装置等の所内動力の増加により送電端効率が低下することが効率向上のための課題となっている。

そこで、熱分解の一部を、ガスタービン排熱を利用して作る水蒸気を用いた石炭ガス化反応に置き換えることにより、冷ガス効率の向上を図るとともに、酸素供給量の低減を図り、送電端効率の向上を目指す。

これまでのシミュレーションによる検討結果では、①噴流床型IGCCガス化炉への高温の水蒸気の注入による冷ガス効率及び送電端効率の向上、②エネルギー効率の高い酸素製造技術を組み込んだIGCCシステムの構築による更なる送電端効率の向上、の可能性があると分かった。そこで、これらの可能性を検証及び評価するため、以下の項目を実施する。

##### (1) 水蒸気添加による冷ガス効率向上効果の検証

噴流床型ガス化炉への高温の水蒸気の注入による冷ガス効率の向上について、小型ガス化炉での検証を行う。

##### (2) エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性評価

エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性を評価する。

##### (3) IGCCシステム検討

エネルギー効率の高い酸素製造装置を組み込んだIGCCの最適化システム試設計及び経済性検討を行う。

冷ガス効率の向上及び試設計を踏まえて、送電端効率を精査する。

#### 3. 達成目標

[中間目標（2017年度）]

既存のIGCC（1500℃級GTで送電端効率46～48%）を凌ぐ高効率石炭ガス化発電システムの見通しを得るため、小型ガス化炉による水蒸気添加ガス化試験方法を確立する。

[最終目標（2018年度）]

既存のIGCC（1500℃級GTで送電端効率46～48%）を凌駕する高効率石炭ガス化発電システムの見通しを得る。

2018年度以降については研究開発項目⑤CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCC技術開発と統合して、新名称 研究開発項目⑤CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発とする。

#### 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

##### 2) 燃料電池向け石炭ガスクリーンナップ技術要素研究

[実施期間] 2015年度～2017年度（うち2015年度はNEDOゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクトにて実施）

#### 1. 研究開発の必要性

石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）は石炭をガス化させ、燃料電池、ガスタービン、蒸気タービンの3種の発電形態を組み合わせ、トリプル複合発電を行うもので、究極の高効率発電技術として、実現が望まれている。

クールアースエネルギー革新技术開発ロードマップにおいても2025年頃の高効率石炭火力発電技術として55%の送電端効率を目指すIGFCが位置づけられている。

IGFCにおいては、燃料である石炭ガス化ガスに多種類の微量成分が含まれており、この微量成分の一部が燃料電池の劣化を招き、長期信頼性を損なう可能性があることが懸念されている。

そのため、IGFCの実現に向けては、石炭ガス化ガス中の微量成分の燃料電池への影響を把握するとともに、燃料電池の被毒成分に対するガス精製技術を確立することが必要である。

#### 2. 具体的研究内容

燃料電池用ガス精製技術と燃料電池を組み合わせ、石炭ガス化ガスの模擬ガス試験により燃料電池の被毒耐性を確認する。また、特定された被毒成分に対して、成分を許容レベルまで除去するガス精製技術を検討し、模擬ガスによる性能評価を行う。

#### 3. 達成目標

[最終目標（2017年度）]

- ・模擬ガス試験により燃料電池の被毒耐性を評価する。
- ・模擬ガス試験により燃料電池用ガス精製技術性能を評価し、ガス精製技術を確立する。



## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 3) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発

[実施期間] 2016年度～2021年度

#### 1. 研究開発の必要性

2015年7月に経済産業省における「次世代火力発電の早期実現に向けた協議会」により策定された「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」において、ガスタービン燃料電池複合発電(GTFC)については、小型GTFC(1,000kW級)の商用化、量産化を進め、SOFCのコスト低減を図り、中小型GTFC(10万kW級)の実証事業を経て、発電効率63%程度、CO<sub>2</sub>排出原単位:280g-CO<sub>2</sub>/kWh程度を達成し、2025年頃に技術を確立することが示されている。また、量産後は従来機並の発電単価を実現することとされている。

さらには、同ロードマップにおいて、IGFCの技術を確立するためには、GTFCの開発成果を活用していくことが示されており、次世代火力発電技術の早期確立に向けて、本事業の必要性は高い。

#### 2. 具体的研究内容

小型GTFC(1,000kW級)の商用化及び量産化を進め、SOFCのコスト低減を図る。さらに、中小型GTFC(10万kW)の要素技術を開発し、中小型GTFCの技術実証に活用する。

#### 3. 達成目標

[中間目標(2019年度)]

中小型GTFC(10万kW)の要素技術を開発する。

- ・高圧SOFCモジュールを開発する。
- ・ガスタービンとの関係技術を確立する(燃焼器、燃料/空気差圧制御系、排燃料・排空気・空気抽気)。

[最終目標(2021年度)]

中小型GTFC(10万kW)の要素技術を確立する。

- ・燃料電池の高性能化による中小型GTFCシステムの最適化を行う。
- ・小型GTFC(出力1,000kW級)において、57%LHV(低位発熱量基準)の発電効率(送電端)の見通しを得る。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 4) 燃料電池石炭ガス適用性研究

[実施期間] 2016年度～2021年度

#### 1. 研究開発の必要性

石炭ガス化燃料電池複合発電（IGFC）は、石炭をガス化し、燃料電池、ガスタービン、蒸気タービンの3種類の発電形態を組み合わせてトリプル複合発電を行うもので、究極の高効率石炭火力発電技術として、その実現が望まれている。

「次世代火力発電に係る技術ロードマップ」において、IGFCの開発方針として、2025年度頃技術確立、発電効率55%及び量産後従来機並の発電単価の実現を目指すことが示された。

IGFCを構成する高温型燃料電池については、現在、天然ガスを燃料とした燃料電池の開発が進んでいるが、石炭ガスを燃料とした場合の適用性についての検証及びシステムの検討を行う必要がある。

燃料を石炭ガスとした場合に、燃料電池の劣化を引き起こすガス中被毒成分濃度の確認と被毒成分の除去技術についての研究は、すでに着手されている。

IGFCを構成する燃料電池モジュールについて、石炭ガスを燃料とした場合の運用性や性能を把握する必要があることから、実燃料電池モジュールを用いた石炭ガス燃料の適用性試験を行い、その結果を踏まえて、IGFCの技術確立に必要な実証機に係るシステム検討を行う必要がある。

#### 2. 具体的研究内容

##### (1) IGFCシステムの検討

国内外における高温型燃料電池及びIGFCの技術開発動向をレビューすることにより、最新情報を入手し、IGFCの実用化に向けた課題の整理を行う。商用機システムとして、CO<sub>2</sub>分離・回収を行わないIGFCとCO<sub>2</sub>分離・回収型IGFCについて、ケーススタディを行い、送電端効率とコストの試算を行う。IGFCの実用化に向けた課題、商用化システムの検討結果及び(2)の成果を踏まえて、IGFC実証システムについて検討を行い、実証機の容量を決定のうえ、試設計を行う。

##### (2) 燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究

石炭ガス燃料の適用性試験に供する高温型燃料電池モジュールについては、天然ガス燃料で既に実用化されている燃料電池モジュールとする。本試験に係る設計、製作、据付け等を行い、まず、天然ガスを燃料とした試運転を行う。次いで、天然ガスをH<sub>2</sub>リッチガスに改質した燃料を用い、燃料電池モジュールの運用性、性能等を把握するとともに、天然ガス燃料の場合との比較から課題を抽出する。さらに、石炭ガス化の実ガスを燃料として、燃料電池の被毒成分をガス精製によりクリーンアップしたうえで燃料電池モジュールに供給し、その運用性、性能等を把握するとともに、石炭ガス適用時の課題を抽出する。さらに、これまで実績のない石炭ガスによる運転を行うことから、燃料電池セル及びモジュール内部構造への影響を把握するため、装置の解体調査を行い、石炭ガス適用時の課題を抽出する。

#### 3. 達成目標

(1) I G F Cシステムの検討

[最終目標 (2019年度) ]

I G F C実証機の容量を決定し、実証機の試設計を完了する。

(2) 燃料電池モジュールの石炭ガス適用性研究

[中間目標 (2019年度) ]

H<sub>2</sub>リッチガスを燃料とした場合の燃料電池モジュールの基本性能を確認するとともに、発電性能を最適化するための運用性を確立する。また、石炭ガスを燃料とした場合の燃料電池モジュールの基本性能を確認する。

[最終目標 (2021年度) ]

石炭ガスを燃料とした場合の燃料電池モジュールの運用性と性能を把握し、課題を抽出する。また、石炭ガス適用時の燃料電池出力変化率を天然ガスと同等の1%/min程度とする石炭ガス化炉連係システムを構築する。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 5) CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術開発

[実施期間] 2015年度～2017年度（うち2015年度はNEDOゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクトにて実施）

#### 1. 研究開発の必要性

エネルギー基本計画（2014年4月閣議決定）においては、石炭火力発電は重要なベースロード電源として位置づけられているが、温室効果ガスの大気中への排出をさらに抑えるため、環境負荷の一層の低減に配慮した石炭火力発電の導入を進めることとされている。

現在、石炭の燃焼排ガス又は石炭ガス化プラントの石炭ガス化ガスからのCO<sub>2</sub>の分離・回収技術の開発が進められているが、CO<sub>2</sub>分離・回収工程において多くのエネルギー損失が発生することが課題となっている。これを解決するため、エネルギー損失のない高効率でありながら、CO<sub>2</sub>の分離・回収が可能な化学燃焼石炭利用技術について、実用化に向けた開発を実施する。

#### 2. 具体的研究内容

従来、石炭の燃焼時の排気ガス又は石炭ガス化プラントの石炭ガス化ガスからのCO<sub>2</sub>分離・回収に当たっては、この過程における多くのエネルギー損失が課題となっているが、CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭利用技術においては、酸素キャリアとなる金属を媒体とする石炭の燃焼反応と金属の酸化反応を二つの反応器で別個に発生させることにより、CO<sub>2</sub>の分離・回収装置及び空気分離装置が不要となり、エネルギー損失のないCO<sub>2</sub>の分離・回収が可能である。

さらに、CO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭火力発電は、流動床燃焼技術を用いることから多様な燃料（低品位炭、バイオマス等）が活用でき、IGCCやA-USCが大規模プラントであるのに対して、中小規模プラント（10～50万kW）におけるCO<sub>2</sub>の分離・回収に適しているといった特長がある。

しかしながら、実用化に向けては、酸素キャリアのコスト抑制及び反応塔の小型化に向けた酸素キャリアの反応性の向上という課題がある。

そこで、有望な酸素キャリアの評価と選定並びにプラント構築を目的として、以下の項目を実施する。

##### (1) 酸素キャリアの評価と選定

酸素キャリアの反応性、耐久性及び流動性等について要素試験にて評価を行い、コストを踏まえて選定する。

##### (2) プラント試設計及び経済性検討

酸素キャリアの反応性からプロセス解析を行うとともに酸素キャリアの流動や循環を検討し、プラント試設計を行う。この結果をもとに経済性検討を行う。

##### (3) ベンチ試験装置によるプロセス検証

酸素キャリアの反応性、耐久性及び流動性等並びに流動や循環を含むプラントの成立性を検証するため、ベンチ試験装置を製作し、試験・評価を行う。

#### 3. 達成目標

[中間目標（2017年度）]

分離・回収コスト1,000円台/t-CO<sub>2</sub>を見通せるキャリアを選定する。

[最終目標（2020年度）]

分離・回収コスト1,000円台/t-CO<sub>2</sub>を見通せるCO<sub>2</sub>分離型化学燃焼石炭火力発電システムを提示する。

2017年度の間評価で、中間目標は達成したものの「データ解釈の精密化と実用的な設計提案の立案についてより深く検討する」ことが求められたことから、研究開発体制を見直す必要があると考えた。従って2017年度で本研究を中止し、研究開発の内容を見直し、ラボ試験を行いデータを蓄積し精度向上を図ると共に、実用的な設計立案に向け、実機設計技術の確立を目指した要素研究を「研究開発項目④8）流動床ガス化燃焼技術を応用した石炭利用技術開発」で実施する。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 6) 石炭火力の負荷変動対応技術開発

[実施期間] 2017年度～2022年度

#### 1. 研究開発の必要性

日本の石炭火力発電所は、長年の技術開発の成果により、高い発電効率や排出ガス対策で、世界的に最高レベルの技術を有している。しかしながら、日本の技術を採用したプラント価格は、他の国のプラントに比べて高価であるため、国際市場に於いて必ずしも高い競争力を有しておらず、海外での導入事例も限られているのが現状である。日本の石炭火力発電所が受注に至った地域では、厳しい技術要件が定められており、日本の高効率発電技術が入札時に評価されている一方、他国性の石炭火力発電所を導入した諸外国のユーザーの多くが、稼働率の低下をはじめとしたオペレーション上の様々な課題を抱えている。

また、2019年7月に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」において、石炭は「現状において安定供給性や経済性に優れた重要なベースロード電源の燃料として評価されているが、再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、適切に出力調整を行う必要性が高まると見込まれる」とされている。さらに、2021年10月に閣議決定された「第6次エネルギー基本計画」において、今後、石炭火力は、電源構成における比率は、安定供給の確保を大前提に低減とされている一方で、「再生可能エネルギーを最大限導入する中で、調整電源としての役割が期待される」とされている。

今後とりわけ自然変動電源（太陽光・風力）の導入が拡大する中で、電力の需給バランスを維持し周波数を安定化するために、火力発電等による調整力の一層の確保と信頼性・運用性の向上が求められている。

そこで本事業では、石炭火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性を向上させるための先進的な技術開発を実施する。そのことにより、日本の石炭火力発電プラントの競争力向上にも寄与する。

#### 2. 具体的研究内容

負荷変動対応に伴う事故リスクと保守コスト低減に必要な故障予知・寿命予測等の保守技術および石炭火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性を向上させるための先進的な技術開発を実施する。

#### 3. 達成目標

[中間目標（2020年度）]

長期保守契約（L T S A）等に寄与できる各種モニタリング・センシング・解析等の要素技術を確立する。

[最終目標（2022年度）]

負荷変動対応に伴う事故リスクと保守コスト低減に必要な故障予知・寿命予測等の保守技術および石炭火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性を向上させるための先進的な技術の見通しを得る。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 7) CO<sub>2</sub>有効利用技術開発

[実施期間] 2017年度～2021年度

#### 1. 研究開発の必要性

供給安定性及び経済性に優れた天然資源である石炭を利用した火力発電は、将来的にも、国内の発電供給量の26%を担う重要な電源である。

しかし、これら石炭火力発電ではCO<sub>2</sub>排出量が比較的多く、将来的にCO<sub>2</sub>分離回収有効利用: Carbon Capture and Utilization (CCU) が検討されている。現時点ではCO<sub>2</sub>の大規模処理が困難であるものの、有価物の製造等により利益を創出する可能性がある。

2030年度以降を見据え、将来の有望なCCU技術の確立を目指して、我が国の優れたCCT (Clean Coal Technology) 等に、更なる産業競争力を賦与する事が可能なCCU技術について、実用化に向けた開発を実施する。

#### 2. 具体的研究内容

短～中期において大規模且つ高濃度のCO<sub>2</sub> (99%以上)を、エネルギーとして工業的に活用可能な技術開発を実施する。一例として、メタネーション技術については石炭火力発電所等から回収した高濃度CO<sub>2</sub>の適用性を評価する。

#### 3. 達成目標

[最終目標 (2021年度) ]

事業終了時に本事業として実施するCO<sub>2</sub>有効利用技術の適用性を確認する。一例としては、将来的に天然ガス代替では0.9円～1.4円/MJ (LHV)を見通す経済性を評価する。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 8) CO<sub>2</sub>分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発

[実施期間] 2020年度～2024年度

#### 1. 研究開発の必要性

エネルギー基本計画において、石炭火力は、安定供給性と経済性に優れたエネルギー源として評価されているものの、温室効果ガスの排出量が多いという問題があるため、脱炭素化を見据えた高効率化が望まれている。

石炭火力からのCO<sub>2</sub>排出抑制技術としては、CO<sub>2</sub>の分離・回収技術があるが、エネルギー損失が大きいことから、発電システムとしてCO<sub>2</sub>を分離・回収できるガス化技術を適用した技術が有望視されている。また、この技術は、バイオマスや炭素系廃棄物等を燃料として発電することによるCO<sub>2</sub>排出削減や有価な生産物（水素や化学品等）の製造に応用できる技術として期待されている。

本事業ではガス化技術を適用して、燃料を多様化するとともに、有価な生産物を併産することで、CO<sub>2</sub>分離・回収コストの低減を目指したCO<sub>2</sub>分離・回収型ポリジェネレーションシステムを構築する火力発電設備設計技術の確立に向けた技術開発を実施する。

#### 2. 具体的研究内容

CO<sub>2</sub>分離・回収型ポリジェネレーションシステムを構築可能な技術として、流動床ガス化燃焼技術と噴流床ガス化技術がある。

##### (1) 流動床ガス化燃焼技術の適用

流動床ガス化燃焼技術は、流動床技術をベースとして、空気燃焼塔、揮発分（可燃性ガス）反応塔、石炭反応塔（ガス化）で構成され、流動材（酸素キャリア）を媒介として空気燃焼塔で流動材を酸化し、酸化された流動材を揮発分反応塔、石炭反応塔に供給し、酸化された流動材の酸素を用いて石炭をガス化し、発生した可燃性ガスを燃焼させるシステムで、窒素が揮発分反応塔や石炭反応塔に同伴されないことから、石炭は燃焼後、CO<sub>2</sub>、水蒸気、ばいじんとなる。煤塵を集塵機で捕集し、ガス温度を下げることで水蒸気を凝縮するとCO<sub>2</sub>ガスのみが分離回収できる。

本技術は中小規模（100MW級）の発電プラントにも適用でき、多様な燃料（低品位炭、バイオマス等）に活用できる。また、水素反応器を追加することにより、水素併産が期待できる。また、別置きCO<sub>2</sub>分離・回収装置や空気分離装置が不要であることから、エネルギー損失がないCO<sub>2</sub>分離・回収および水素製造が可能となる。

具体的研究内容としては、水素併産に最適な流動材の選定およびシステム開発、プラント構成の最適化を実施し、流動床ガス化燃焼を適用した火力発電設備設計技術確立のための研究開発を実施する。例えば、流動材を利用した水素製造技術の最適化、バイオマス燃焼の適用性、長期運転における課題検討などを実施する。

##### (2) 噴流床ガス化技術の適用

酸素吹き石炭ガス化においては、ガス化炉にガス化剤として酸素を供給して石炭を部分燃焼させ、石炭を熱分解しているが、投入された石炭が一部燃焼して消費されること、酸素製造装置等の所内動力の増加により送電端効率が低下することから、熱分解の一部をガスタービン排熱



等を利用して作る水蒸気を用いた石炭ガス化反応に置き換えることにより、冷ガス効率の向上を図るとともに酸素供給量の低減を図り、送電端効率の向上が可能となる。このような $O_2/C$   
 $O_2/H_2O$ 吹き噴流床ガス化技術をベースとし、燃料として石炭だけでなく炭素系廃棄物等を利用することで $CO_2$ 排出量を削減し、化学品を併産することで $CO_2$ 分離・回収コストの低減が期待できる。

具体的研究内容としては、炭素系廃棄物燃焼の適用性検証、ガス化ガスからの化学合成技術の選定、システム構成の最適化を実施し、噴流床ガス化技術を適用した火力発電設備設計技術確立のための研究開発を実施する。

### 3. 達成目標

[中間目標（2022年度）]

$CO_2$ 分離・回収型ポリジェネレーションシステムの実証設備設計に必要な要素技術の確立に目途をつける。

[最終目標（2024年度）]

$CO_2$ 分離・回収型ポリジェネレーションシステムにより分離・回収コスト1,000円台/t- $CO_2$ を見通せる火力発電設備の設計技術確立および経済性を評価する。

## 研究開発項目④ 「次世代火力発電基盤技術開発」

### 9) 機動性に優れた広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究

[実施期間] 2018年度～2021年度

#### 1. 研究開発の必要性

我が国では、2050年に温室効果ガス80%削減の目標が掲げられており、その達成に向けた手段の一つとして、再生可能エネルギー電源（以下、再エネ電源）の増加が見込まれている。2015年7月に公表された、長期エネルギー需給見通しにおいて示された2030年度の電源構成比では、太陽光発電が7%の発電電力量を占めることになる。太陽光発電の利用率を平均の13%とすると、約6400万kWの設備容量を必要とし、これは国内事業用の全発電設備容量の1/4程度に相当する。一方で、普及の拡大が予測される太陽光発電や風力発電の出力は天候に大きく影響を受けるため、電力の安定供給を考えた場合、系統安定化が必要不可欠である。

火力機は、大量に導入される再エネ電源に対応して、需給調整や周波数調整など重要な役割を果たしている。例えば、太陽光発電の日中に生じる急激な天候変動等による大幅な出力変動に対応するには、ガスタービン複合発電（以下、GTCC）を用いることが有望な手段の一つであるが、現状の性能では起動時間が長い、出力変化速度が遅い、最低出力が高い等の課題がある。

そこで本研究開発では、再生可能エネルギー電源の大量導入時の電力安定供給とCO<sub>2</sub>排出量削減の両立を狙い、既存の火力発電設備へのレトロフィットやリプレース向けに定格時の効率を維持したうえで、機動力と再エネ出力不調時のバックアップ電源の両機能を具備した、機動性に優れた広負荷帯高効率GTCCを開発するため、中核機器であるガスタービン（以下、GT）の負荷変動対応に係る要素技術を開発し、実機に組み込める目処を得ることを目的にする。

#### 2. 具体的研究内容

急速起動・出力変動時のGTCCの安定運転の実現に向け、GTの数値解析技術、材料技術、燃焼技術、制御技術、冷却・シール技術などの要素技術開発を行う。具体的には、試験設備を用いて、燃焼器の急速起動・燃焼負荷変動・ターンダウン等の試験、軽量化したタービンロータの設計と翼の試作、クリアランスや冷却・シール空気の能動制御機構の設計等を行い、実証に進める目処を得る。

並行して、発電事業者にとって重要となる設備信頼性の確保に向けて、合理的な設備保守技術の開発研究に取り組むとともに、実機レトロフィットによる機器実証の準備を行う。

表 先行研究で設定されたGTCCとしての目標性能

|              | 起動時間<br>(ホットスタート) | 出力変化速度 | 1/2負荷における定格からの<br>効率低下(相対値) | 最低出力(一軸式) |
|--------------|-------------------|--------|-----------------------------|-----------|
| 開発目標         | 10分               | 20%/分  | 10%                         | 10%       |
| (参考)<br>現状性能 | 60分               | 5%/分   | 15%                         | 45%程度     |

### 3. 達成目標

[最終目標（2021年度）]

- 先行研究で設定した目標性能（上表）を実現する目処を得るために、実規模の燃焼器を設計・試作し、単缶実圧燃焼試験により、無負荷から定格まで5分で到達すること、最低負荷条件においても安定燃焼が可能であることを確認する。
- 急速起動、出力変化速度向上、最低負荷引き下げ、部分負荷時の効率低下抑制を含む、GTCCシステムとしての運転制御技術とGT後流（HRSG－蒸気タービン側）の成立性・性能評価、急速起動に寄与する動翼・ロータの軽量化については、実プラントの設計に反映できる目処を得る。
- 合理的な設備運用保守を行うために、従来の考え方からの違いを整理する。
- 対象GTCCと他の調整力電源（揚水発電、蓄電池など）の経済性を比較評価し、事業として成立するための課題を整理する。
- 既存設備のレトロフィットによる実証研究計画を立案し、実証試験の仕様を明らかにする。

## 研究開発項目⑤ 「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」

[実施期間] 2015年度～2020年度（うち2015年度はNEDOゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクトにて実施）

### 1. 研究開発の必要性

エネルギー基本計画（2014年4月閣議決定）においては、石炭火力発電は重要なベースロード電源として位置づけられているが、温室効果ガスの大気中への排出をさらに抑えるため、石炭ガス化複合発電（IGCC）等の次世代高効率石炭火力発電技術等の開発及び実用化を推進することとされている。石炭は他の化石燃料と比べ利用時の二酸化炭素排出量が大きく、地球環境問題での制約要因が多いという課題を抱えており、石炭火力発電についても更なる二酸化炭素排出量の抑制が求められている。今後CO<sub>2</sub>排出量抑制のためには、さらなる高効率化に向けて、現在開発中のIGCCを効率でしのぐ次世代高効率石炭火力発電技術等の開発に加え、CCSによる低炭素化を図っていく必要がある。

しかしながら、CCSは多大な付加的なエネルギーが必要であり、効率の低下や発電コストの上昇を招く。そのためエネルギー資源を海外に依存する我が国では、資源の有効利用と発電コストの抑制のため、このエネルギーロスを可能な限り低減する必要がある。

### 2. 具体的研究内容

本技術開発においてはCO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCCの開発、水蒸気を添加した次世代ガス化システム及び両技術の相乗効果確認を実施する。とりわけ相乗効果については、既存のIGCCへ両要素技術の適用性についても効果を検証する。クローズドIGCCシステムは、排ガスCO<sub>2</sub>を一部系統内にリサイクルすることにより、CO<sub>2</sub>回収型石炭ガス化発電システムの効率を大幅に向上することのできる、世界でも例のない次世代IGCCシステムである。本システムは高効率に加え、CO<sub>2</sub>の100%回収が可能であるため、CO<sub>2</sub>を排出しないゼロエミッション石炭火力の実現が期待できる。また、次世代ガス化システムは、冷ガス効率及び送電端効率の向上並びに実用化に向けた技術開発に向けて、酸素吹石炭ガス化においては、ガス化炉にガス化剤として酸素を供給して石炭を部分燃焼させ、石炭を熱分解しているが、投入された石炭が一部燃焼して消費されること、酸素製造装置等の所内動力の増加により送電端効率が低下することが効率向上のための課題となっていることから、熱分解の一部を、ガスタービン排熱を利用して作る水蒸気を用いた石炭ガス化反応に置き換えることにより、冷ガス効率の向上を図るとともに、酸素供給量の低減を図り、送電端効率の向上を目指す。CO<sub>2</sub>回収型クローズドIGCCの実現に向けては、2008年度から2014年度まで実施した「CO<sub>2</sub>回収型次世代IGCC技術開発」において、石炭投入量3t/dの小型ガス化炉を活用し、送電端効率42%（高位発熱量基準）以上を達成可能とする基盤技術を開発してきた。

本事業では、この基盤技術開発の成果を活用し、実機により近い大型のサイズのガス化炉において検証を行い、システム実現に向け、基盤技術をより確実な技術として発展させるとともに、他のCO<sub>2</sub>分離・回収技術と比較した本システムの経済的優位性を確認することを狙いとする。

具体的には、石炭投入量50t/d規模のガス化炉を用いた、O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>ガス化技術の実証や乾式ガス精製システムの実証といった高効率発電を可能とする各要素技術を開発する。また、セミクローズドGTについては、燃焼試験とCFD解析を通し、実スケールの燃焼器の特性評価を行う。

次世代ガス化システムのこれまでのシミュレーションによる検討結果では、①噴流床型 I G C C ガス化炉への高温の水蒸気の注入による冷ガス効率及び送電端効率の向上、②エネルギー効率の高い酸素製造技術を組み込んだ I G C C システムの構築による更なる送電端効率の向上、の可能性があると分かった。そこで、これらの可能性を検証及び評価するため、以下の項目を実施する。

(1) 水蒸気添加による冷ガス効率向上効果の検証

噴流床型ガス化炉への高温の水蒸気の注入による冷ガス効率の向上について、小型ガス化炉での検証を行う。

(2) エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性評価

エネルギー効率の高い酸素製造装置の適用性を評価する。

(3) I G C C システム検討

エネルギー効率の高い酸素製造装置を組み込んだ I G C C の最適化システム試設計及び経済性検討を行う。

冷ガス効率の向上及び試設計を踏まえて、送電端効率を精査する。

また、両技術の相乗効果確認及び既存の I G C C へ適用した場合の効果を検証する。

### 3. 達成目標

[中間目標 (2017年度)]

CO<sub>2</sub>回収型クローズド I G C C については、送電端効率42% (高位発熱量基準) を見通すための要素技術確立の目途を得る。

次世代ガス化システムについては、既存の I G C C (1500℃級GTで送電端効率46~48%) を凌ぐ高効率石炭ガス化発電システムの見通しを得るため、小型ガス化炉による水蒸気添加ガス化試験方法を確立する。

[最終目標 (2020年度)]

CO<sub>2</sub>回収型クローズド I G C C については、2019年度までに送電端効率42% (高位発熱量基準) を見通すための要素技術を確立する。

次世代ガス化システムについては、2018年度までに既存の I G C C (1500℃級GTで送電端効率46~48%) を凌駕する高効率石炭ガス化発電システムの見通しを得る。

両技術の相乗効果として、2020年度までにCO<sub>2</sub>回収型クローズド I G C C の目標効率から更に0.5ポイント程度の向上の見通しを得る。

## 研究開発項目⑥ 「カーボンリサイクル・次世代火力推進事業」

[実施期間] 2016年度～2024年度

### 1. 研究開発の必要性

長期エネルギー需給見通しにおける基本方針は、3E+S（安全性、安定供給、経済効率性、環境適合）を同時達成しつつ、バランスの取れた電源構成を実現することである。2030年以降、中長期的に火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>を一層削減するには、次世代技術の普及による更なる高効率化や再生可能エネルギーの利用拡大、並びにカーボンリサイクルの推進が重要である。これらの推進を実現するには中長期的な研究開発も重要であるため、革新的技術の先導研究や調査が必要となる。

### 2. 具体的研究内容

最新の技術動向や社会情勢、社会ニーズに合わせ、国内外の火力発電技術分野およびカーボンリサイクルにおける最新技術の普及可能性、技術開発動向、産業間連携等の調査や、新規技術開発シーズ発掘のための調査を実施する。また、IEA/CCC (Clean Coal Centre)、IEA/FBC (Fluidized Bed Combustion)、等に参画し、技術情報交換・各種技術情報収集を行うとともに、国内関係者への情報提供を行う。また、今後の国際市場における日本の火力発電所受注に向けて、高い競争力を発揮できる戦略及びビジネスモデルを構築する。さらに、低コスト高効率次世代火力発電システム実現に向けた検討や次世代火力発電における燃料多様化（バイオマス、アンモニア等）のための調査および先導研究を進める。また、カーボンリサイクルにおいては、要素技術検討のための共通基盤技術開発（CO<sub>2</sub>還元、炭酸塩化等）を進める。

### 3. 達成目標

[最終目標（2024年度）]

火力発電技術分野において、CO<sub>2</sub>排出量低減、環境負荷低減及び国際競争力の強化を図るために必要となる基礎的情報や、最新情報の収集・解析及び将来における次世代火力の技術開発や導入可能性について、関連技術の適応性、課題等の調査を行う。また、海外との協力を通して、我が国の優れたCCTの導入に向けた取組を行う。カーボンリサイクル分野において、先導研究や調査の成果を俯瞰して、関連技術の経済性や導入可能性、CO<sub>2</sub>削減効果に関する基礎的情報や課題を整理する。

## 研究開発項目⑦ 「次世代技術の早期実用化に向けた信頼性向上技術開発」

[実施期間] 2017年度～2022年度

### 1. 研究開発の必要性

従来型石炭火力発電の中で最高効率である超々臨界圧火力発電（USC）は蒸気温度の最高温度は630℃程度が限界と言われてきた。700℃以上の高温蒸気へ適用されるボイラ・タービン適用材料開発については、長期高温環境下での使用を想定したクリープ試験を実施する等、更なる信頼性の向上が必要である。本事業では2020年以降に増大する経年石炭火力のリプレース及び熱効率向上需要に対応するため、高温材料信頼性向上及び保守技術開発を行う。

### 2. 研究開発の具体的内容

#### (1) 高温材料信頼性向上試験

信頼性向上のため、クリープ疲労試験、異種材料溶接部健全性評価、材料データベースの拡充、表面処理技術開発等を実施する。

#### (2) 保守技術開発

タービンロータ超音波探傷試験（UT検査）等の精度向上、高効率化、適用箇所の拡大を目的とした非破壊検査技術開発を実施する。

### 3. 達成目標

[中間目標（2019年度）]

長時間クリープ疲労試験、材料データベースの拡充については、各種データの取得を行い、2021年度末までの試験計画を策定する。

表面処理技術開発等の高温材料信頼性向上及びタービンロータ超音波探傷試験（UT検査）精度向上等の保守技術については、技術確立の見通しを得る。

[最終目標（2022年度）]

事業終了時において送電端熱効率46%（高位発熱量基準）達成可能な商用プラントへ適用する長時間クリープ疲労試験、材料データベースの拡充、表面処理技術開発等の高温材料信頼性向上及びタービンロータ超音波探傷試験（UT検査）精度向上等の保守技術を確立する。

### 4. その他重要事項

本事業については、他の事業との連携を図りながら、ユーザー及び外部有識者等の意見を適切に反映し、着実な運営を図る。情報発信及び知財化についても、技術の流出防止と適宜知財化を適切に助成先へ指導する。

## 研究開発項目⑧「CO<sub>2</sub>有効利用拠点における技術開発」 [委託・助成事業]

[実施期間] 2020年度～2026年度

### 1. 研究開発の必要性

供給安定性及び経済性に優れた天然資源である石炭を利用した火力発電は、将来的にも、国内の発電供給量の26%を担う重要な電源であるが、これら石炭火力発電ではCO<sub>2</sub>排出量が比較的多い課題がある。このような石炭火力を中心とした産業部門から生成するCO<sub>2</sub>を削減するため、経済産業省において策定された「カーボンリサイクル技術ロードマップ」（2019年6月策定、2021年7月改訂）において、CO<sub>2</sub>を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化や人工光合成、メタネーションによる素材や燃料への利用等とともに、大気中へのCO<sub>2</sub>排出を抑制していく方針が示された。

2019年9月に開催されたカーボンリサイクル産学官国際会議において、経済産業省より、カーボンリサイクル3Cイニシアティブ、すなわち、3つのCのアクションとして、①相互交流の推進（"C"aravan）、②実証研究拠点の整備（"C"enter of Research）、③国際共同研究の推進（"C"ollaboration）に取り組むことが示された。

カーボンリサイクル技術の開発を効率的に進めるためには、CO<sub>2</sub>の分離・回収が行われている場所において、カーボンリサイクル技術開発を重点的に進める必要がある。

### 2. 具体的研究内容

#### 1) CO<sub>2</sub>有効利用拠点化推進事業

CO<sub>2</sub>が得られる広島県大崎上島を研究拠点に、複数の企業や大学等が要素技術開発および実証試験等を行うための拠点化に向けた検討および整備を行い、拠点の運営業務、要素技術開発および実証試験の総括的な評価等を行う。

#### 2) 研究拠点におけるCO<sub>2</sub>有効利用技術開発・実証事業

2030年の実用化に向け広島県大崎上島の研究拠点において、CO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発および実証試験を実施する。

### 3. 達成目標

[中間目標（2022年）]

複数の企業や大学等が要素技術開発および実証試験等を行うための拠点化に向けた検討および整備を行う。また、CO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発を行い、実現可能性を検討し、拠点候補地で行うべき事業を選定する。

[中間目標（2025年）]

当該拠点化に向けた追加整備を必要に応じて行う。また、CO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発や実証試験を行い、実施済の要素技術開発等についてCO<sub>2</sub>有効利用技術の経済性、CO<sub>2</sub>削減効果等を評価する。

[最終目標（2026年度）]

CO<sub>2</sub>有効利用に係る要素技術開発や実証試験を行い、2026年度まで実施した要素技術開発等についてCO<sub>2</sub>有効利用技術の経済性、CO<sub>2</sub>削減効果等を評価する。



## 研究開発項目⑨ 「CO<sub>2</sub>排出削減・有効利用実用化技術開発」 [委託・助成事業]

### 1) 化学品へのCO<sub>2</sub>利用技術開発

[実施期間] 2020年度～2026年度

#### 1. 研究開発の必要性

火力発電や各種工場で排出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を資源として捉え、回収し、有効利用するカーボンリサイクル技術の開発は、気候変動対策の一つとして重要なものと考えられている。経済産業省が策定した「カーボンリサイクル技術ロードマップ」(2019年6月策定、2021年7月改訂)では、化学品や燃料(液体や気体燃料)、鉱物(コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物など)などの分野を中心に、カーボンリサイクル技術を活用した製品の、コスト低減や用途拡大に向けた技術開発を進める方向性が示された。また、2021年6月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においてカーボンリサイクル技術は、カーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーに位置づけられた。

化学品へのCO<sub>2</sub>利用技術については、既存の化石燃料由来化学品に代替可能でありCO<sub>2</sub>削減・CO<sub>2</sub>固定化に繋がること、高付加価値品製造に利用可能であること、新規技術導入による効率向上やコスト低減の可能性があること等から、カーボンリサイクル技術として実現への期待は大きい。一方で、現状では基礎研究レベルに留まる研究も多く、今後重点的に技術開発に取り組むべき分野である。

#### 2. 具体的研究内容

CO<sub>2</sub>を原料とした化学品の合成において、CO<sub>2</sub>と水素あるいは合成ガスから一段で直接オレフィンを合成する技術や、CO<sub>2</sub>と水素あるいは合成ガスからBTX(ベンゼン・トルエン・キシレン)等を製造する技術の開発、CO<sub>2</sub>分離回収技術とメタノール合成技術とを一体化させたシステムの技術の開発等が必要である。これらについて高効率な製造技術の開発や、全体システムの最適化を行い、適用条件の明確化や事業性の検討を行う。

#### 3. 達成目標

[中間目標(2022年)]

CO<sub>2</sub>を原料とした化学品合成の各技術について、要素技術開発および全体システムの構築を行う。

[中間目標(2025年度)]

CO<sub>2</sub>を原料とした化学品合成の各技術について技術開発もしくは実証研究を実施し、全体システムを最適化するとともに、プロセス全体のCO<sub>2</sub>削減効果および経済性評価を実施する。

[最終目標(2026年度)]

CO<sub>2</sub>の排出源や製品の用途等に応じた適用技術の成果の整理を行い、化学品に関するカーボンリサイクル技術の実用化の見通しを得る。

## 2) 液体燃料へのCO<sub>2</sub>利用技術開発

[実施期間] 2020年度～2026年度

### 1. 研究開発の必要性

火力発電や各種工場で排出される二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を資源として捉え、回収し、有効利用するカーボンリサイクル技術の開発は、気候変動対策の一つとして重要なものと考えられている。経済産業省が策定した「カーボンリサイクル技術ロードマップ」（2019年6月策定、2021年7月改訂）では、化学品や燃料（液体や気体燃料）、鉱物（コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物など）などの分野を中心に、カーボンリサイクル技術を活用した製品の、コスト低減や用途拡大に向けた技術開発を進める方向性が示された。また、2021年6月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においてカーボンリサイクル技術は、カーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーに位置づけられた。

CO<sub>2</sub>由来の液体燃料については、既存の石油サプライチェーンを活用でき液体燃料の低炭素化を促進する技術であることから、カーボンリサイクル技術としての実現への期待は大きい。一方で、現状では生産効率やコストなどの面で課題が大きいことから、普及に向けて技術開発に取り組む必要がある。

### 2. 具体的研究内容

CO<sub>2</sub>を原料とした既存の液体化石燃料（ガソリン、軽油等）の代替品となり得る液体燃料（微細藻類由来のバイオ燃料を除く）製造に関するFT合成やその他合成反応など製造プロセスの改善などを通じ、CO<sub>2</sub>を有効利用しつつ、その排出削減を目指す技術開発を行う。

### 3. 達成目標

[中間目標（2022年）]

CO<sub>2</sub>を原料とした液体燃料合成の各技術について、要素技術開発および全体システムの構築を行う。

[中間目標（2025年度）]

CO<sub>2</sub>を原料とした液体燃料合成の各技術について技術開発もしくは実証研究を実施し、全体システムを最適化するとともに、プロセス全体のCO<sub>2</sub>削減効果および経済性評価を実施する。

[最終目標（2026年度）]

CO<sub>2</sub>の排出源や製品の用途等に応じた適用技術の成果の整理を行い、液体燃料に関するカーボンリサイクル技術の実用化の見通しを得る。

### 3) コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへのCO<sub>2</sub>利用技術開発

[実施期間] 2020年度～2026年度

#### 1. 研究開発の必要性

火力発電や各種工場で排出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を資源として捉え、回収し、有効利用するカーボンリサイクル技術の開発は、気候変動対策の一つとして重要なものと考えられている。経済産業省が策定した「カーボンリサイクル技術ロードマップ」(2019年6月策定、2021年7月改訂)では、化学品や燃料(液体や気体燃料)、鉱物(コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物など)などの分野を中心に、カーボンリサイクル技術を活用した製品の、コスト低減や用途拡大に向けた技術開発を進める方向性が示された。また、2021年6月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においてカーボンリサイクル技術は、カーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーに位置づけられた。

コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへのCO<sub>2</sub>利用については、CO<sub>2</sub>固定化ポテンシャルが高いこと、生成物が安定していること、土壌改質などへの適用も見込めることなどから、カーボンリサイクル技術としての実現への期待は大きく、早期の社会実装が望まれる分野である。

#### 2. 具体的研究内容

鉄鋼スラグ、廃コンクリート、石炭灰等の産業副産物、廃鉱物、海水(かん水)等からの有効成分(CaやMgの化合物)の分離や微粉化等の前処理の省エネ化、湿式プロセスにおける省エネ化、安価な骨材や混和材等の開発および炭素・炭化物の生成技術などの要素技術を開発する。また、CO<sub>2</sub>発生源から製造・供給までの一貫システム構築・プロセスの最適化、用途拡大と経済性の検討を行い事業性について検討する。

#### 3. 達成目標

[中間目標(2022年)]

コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへの各CO<sub>2</sub>利用技術について、要素技術開発および全体システムの構築を行う。

[中間目標(2025年度)]

コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などへの各CO<sub>2</sub>利用技術について技術開発もしくは実証研究を実施し、全体システムを最適化するとともに、プロセス全体のCO<sub>2</sub>削減効果および経済性評価を実施する。

[最終目標(2026年度)]

CO<sub>2</sub>の排出源や製品の用途等に応じた適用技術の成果の整理を行い、コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物などに関するカーボンリサイクル技術の実用化の見通しを得る。

#### 4) 気体燃料へのCO<sub>2</sub>利用技術開発

[実施期間] 2021年度～2026年度

##### 1. 研究開発の必要性

火力発電や各種工場で排出される二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)を資源として捉え、回収し、有効利用するカーボンリサイクル技術の開発は、気候変動対策の一つとして重要なものと考えられている。経済産業省が策定した「カーボンリサイクル技術ロードマップ」(2019年6月策定、2021年7月改訂)では、化学品や燃料(液体や気体燃料)、鉱物(コンクリート、セメント、炭酸塩、炭素、炭化物など)などの分野を中心に、カーボンリサイクル技術を活用した製品の、コスト低減や用途拡大に向けた技術開発を進める方向性が示された。また、2021年6月に策定された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」においてカーボンリサイクル技術は、カーボンニュートラル社会を実現するためのキーテクノロジーに位置づけられた。

気体燃料へのCO<sub>2</sub>利用技術については、既存の化石燃料を代替可能であり既存燃料市場へ適応した場合、大規模なCO<sub>2</sub>削減を実現する可能性を持つことや、既存のインフラを活用可能な点から技術確立後のCO<sub>2</sub>削減効果の波及のしやすさが大きく期待される等、カーボンリサイクル技術として実現への期待は大きい。一方で、現状では基礎研究レベルに留まる研究も多く、今後重点的に技術開発に取り組むべき分野である。

##### 2. 具体的研究内容

CO<sub>2</sub>を原料とした気体燃料製造技術においては、触媒長寿命化や活性マネージメント、熱マネージメント、スケールアップ検討、電解技術等を活用した基盤技術等の開発が必要である。これらについて高効率な製造技術の開発や全体システムの最適化、またそれらを通じた低コスト化検討等を行う。

##### 3. 達成目標

[中間目標(2023年)]

CO<sub>2</sub>を原料とした気体燃料製造の各技術について、要素技術開発および全体システムの構築を行う。

[最終目標(2026年度)]

CO<sub>2</sub>の排出源や製品の用途等に応じた適用技術の成果の整理を行い、気体燃料に関するカーボンリサイクル技術の実用化の見通しを得る。

## 研究開発項目⑩ 「石炭利用環境対策事業」

[実施期間] 2016年度～2025年度

### 1. 研究開発の必要性

石炭は、経済性、供給安定性に優れた重要なエネルギー資源であり、「第6次エネルギー基本計画」においては、再生可能エネルギーを最大限導入する中で、調整電源としての役割が期待されている。一方、石炭利用に伴い発生するCO<sub>2</sub>、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub>、ばいじん等への対策や、石炭灰やスラグの有効利用方策を確立することが喫緊の課題である。

### 2. 具体的研究内容

石炭利用に伴い発生する環境影響の低減等に貢献する技術の開発を行う。

#### 1) 石炭利用環境対策推進事業

石炭利用時に必要な環境対策に関わる調査を実施する。また、今後のCCT開発を効率的に支援するコールバンクの拡充及び石炭等の発熱性に係る調査・技術開発を行う。

石炭灰の発生量や有効利用に関する実態調査等を行う。具体的には、国内石炭灰排出量・利用量を把握するとともに、海外の石炭灰利用技術及び利用状況等を調査する。また、石炭等の燃焼灰利用及び削減に係る技術開発を行う。

さらに、石炭ガス化溶融スラグ有効利用技術を開発し、工業製品として規格化することにより、スラグ製品として新しい販路を開拓し、石炭等の燃焼灰有効利用の用途を広げる。

#### 2) 石炭利用技術開発

石炭等の燃焼灰の利用用途拡大に関する技術開発を行う。

セメントを使用しないフライアッシュコンクリート製造技術の開発を実施する。加えて、低品位フライアッシュの硬化体原材料としての適用範囲を把握し、有望視される用途（土木分野、建築分野、環境分野等）に適した硬化体製造技術を確立する。

石炭ガス化溶融スラグを利用したコンクリート構造物を製造し、強度、組成、耐久性などに関する評価試験を実施し、信頼性・性能の確認を行う。また、コンクリートを使用する際のガイドラインとなる設計・施行指針を作成する。

### 3. 達成目標

[中間目標（2019年度）]

#### 1) 石炭利用環境対策推進事業

石炭利用環境対策に関わる調査、コールバンクの拡充及び石炭等の発熱性を把握することにより、石炭の有効利用技術の確立に向けた知見を得る。

石炭等の燃焼灰の有効利用、及び削減に寄与する技術の確立に向けた知見を得る。

また、新たな石炭ガス化溶融スラグ有効利用技術を開発し、工業製品としての規格化の見通しを得る。

石炭の有効利用に資する国内石炭灰排出量・利用量等の共通基盤データをとりまとめる。

#### 2) 石炭利用技術開発

石炭等の燃焼灰の利用拡大技術として、セメントを使用しないフライアッシュコンクリート製造技術を確立し、製品化に向けた用途を提案する。

[中間目標（2022年度）]

1) 石炭利用環境対策推進事業

石炭等の発熱性を把握すると共に、石炭管理の指針に資する知見を得る。石炭等の燃焼灰の有効利用、削減及び用途拡大に寄与する技術の確立に向けた知見を得る。

2) 石炭利用技術開発

石炭等の燃焼灰の利用拡大技術として、セメントを使用しないコンクリート製造技術を確立、製品性能の見通しを得る。また、石炭ガス化溶融スラグを使用したコンクリートの信頼性・性能を示し、また設計・施工指針を作成するための知見を得る。

[最終目標（2025年度）]

1) 石炭利用環境対策推進事業

石炭利用環境対策に関わる調査、コールバンクの拡充及び石炭等の発熱性を把握することにより、石炭の有効利用技術確立の見通しを得る。

石炭等の燃焼灰の有効利用、及び削減及び用途拡大に寄与する技術確立の見通しを得る。

また、新たな石炭ガス化溶融スラグ有効利用技術を開発し、工業製品としての規格化の見通しを得る。

石炭の有効利用に資する国内石炭灰排出量・利用量等の共通基盤データを取りまとめる。

2) 石炭利用技術開発

石炭等の燃焼灰の利用拡大技術として、セメントを使用しないフライアッシュコンクリート製造技術を確立し、製品化に向けた用途を提案する。加えて、石炭ガス化溶融スラグを使用したコンクリートの信頼性・性能を示し、設計・施行指針を作成する見通しを得る。

研究開発項目⑪「アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業」〔委託・助成事業〕

[実施期間] 2021年度～2024年度

### 1. 研究開発の必要性

2018年7月「第5次エネルギー基本計画」では、石炭は、経済性、供給安定性に優れた重要なエネルギー資源であり、重要なベースロード電源と位置付けられている。また、既存のインフラを有効利用した脱炭素化のための技術開発として、アンモニアを燃料として直接利用する技術開発が挙げられている。また、2021年10月「第6次エネルギー基本計画」では、アンモニアを燃料とした発電は燃焼時にCO<sub>2</sub>を排出せず、カーボンニュートラル実現に向けた電源の脱炭素化を進める上で有力な選択肢の一つと位置付けられている。

2020年3月に策定された「新国際資源戦略」では、CO<sub>2</sub>排出削減に向け、液体アンモニアの混焼を含めて着実に技術開発等を進めることが必要とされている。

CO<sub>2</sub>フリーアンモニアは、水素を輸送・貯蔵できるエネルギーキャリアとして、火力発電の燃料として直接利用が可能であり、燃焼時にはCO<sub>2</sub>を排出しない燃料として、温室効果ガスの排出量削減に大きな利点がある。

火力発電等におけるアンモニアの燃料としての利用は、2030年以降、中長期的に火力発電から排出されるCO<sub>2</sub>を一層削減し、アンモニアをはじめとする水素エネルギーの社会実装に繋がる技術開発である。

### 2. 具体的研究内容

火力発電等におけるアンモニアの燃料としての利用技術を実証すべく、設備費、運転費並びにアンモニアの製造・輸送コストを考慮した経済性検討、実証試験に必要な技術検討などを実施する。

1) 要素研究〔委託事業〕

2) 実証研究〔助成事業（1／2助成）〕

※1)の実施者を公募した後の、1)から2)への移行の可否は、外部有識者で構成される委員会の審査（ステージゲート審査）を経て決定する。

### 3. 達成目標

[中間目標（2023年）]

火力発電等におけるアンモニアの燃料としての利用技術の見通しを得る。

[最終目標（2024年度）]

火力発電等におけるアンモニアの燃料としての利用技術を確立する。

研究開発項目⑫ CO<sub>2</sub>分離・回収技術の研究開発 [委託事業]

[実施期間] 2018年度～2024年度

(2021年度までは「CCUS研究開発・実証関連事業」において実施)

### 1. 研究開発の必要性

2020年1月に策定された「革新的環境イノベーション戦略」においては、CO<sub>2</sub>分離・回収コストの低減が技術課題として記載されており、新たな研究開発・実証として、固体吸収材や分離膜を用いた分離回収技術が挙げられている。

また、2021年7月に経済産業省が改定した「カーボンリサイクル技術ロードマップ」では、CO<sub>2</sub>の分離・回収は共通技術として重要な位置づけとされている。

本事業では、石炭火力発電所等で発生するガスからCO<sub>2</sub>を分離・回収するのに有効な技術として、固体吸収法および膜分離法について研究開発を行う。

### 2. 具体的研究内容

#### (1) 先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発【2019年度終了】

CO<sub>2</sub>の分離・回収技術の一つである化学吸収法のうち、高効率な回収が可能な「アミンを固体に担持した固体吸収材」について、燃焼排ガスを対象としたプラン1ト試験設備を用いた実用化研究を行う。

#### (2) 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

石炭火力発電所の燃焼排ガスに最適化された、固体吸収材移動層システムの研究開発を行う。

固体吸収材移動層システムのCO<sub>2</sub>分離・回収試験を実施するために、移動層パイロットスケール試験設備(40t-CO<sub>2</sub>/d規模)について、設計・建設・運転等を行う。また、固体吸収材の性能向上を図るとともに、固体吸収材の大量製造技術、移動層システムにおけるCO<sub>2</sub>分離・回収等の各工程にかかるプロセスシミュレーション技術等、CO<sub>2</sub>固体吸収法に関わる基盤技術開発を行い、石炭火力発電所からの実燃焼排ガスを用いて、固体吸収法による石炭燃焼排ガスへの適用性を研究する。

#### (3) 二酸化炭素分離膜モジュール実用化研究開発

石炭ガス化複合発電等で発生する比較的高い圧力を有するガスからCO<sub>2</sub>を分離・回収するのに有効な分離膜技術について、実ガスを用いた実用化研究を行う。

#### (4) 二酸化炭素分離膜システム実用化研究開発

火力発電所等で発生するガスからCO<sub>2</sub>を分離・回収するのに有効な膜分離技術について、実ガスに適用可能な分離膜モジュールおよび分離膜システムの実用化研究を行う。

また、CO<sub>2</sub>分離・回収プロセスとCO<sub>2</sub>利用プロセスの統合を考慮した膜分離技術の研究開発を行う。

### 3. 達成目標

#### (1) 先進的二酸化炭素固体吸収材実用化研究開発

[最終目標] 2019年度

CO<sub>2</sub>分離・回収エネルギーを1.5GJ/t-CO<sub>2</sub>を達成する固体吸収材・システムを開発する。



(2) 先進的二氧化碳素固体吸収材の石炭燃焼排ガス適用性研究

[中間目標] 2022年度

移動層パイロットスケール試験設備すべての機器の据付、受電を完了し、石炭火力発電所煙道から移動層パイロットスケール試験設備へ実燃焼排ガスを導入し、CO<sub>2</sub>を分離し回収出来ることを確認する。

固体吸収材のスケールアップ製造技術開発を行い、パイロット試験開始に必要な固体吸収材の供給を完了する。また、移動層シミュレーションによる実ガス試験での最適運転条件を提示する。

[最終目標] 2024年度

火力発電所などの燃焼排ガスなどからCO<sub>2</sub>を分離・回収する固体吸収法について、実燃焼排ガスからのCO<sub>2</sub>分離・回収連続運転を実施し、パイロットスケール設備においてCO<sub>2</sub>分離・回収エネルギー1.5GJ/t-CO<sub>2</sub>の目途を得る。

(3) 二氧化碳素分離膜モジュール実用化研究開発【2021年度終了】

[最終目標] 2021年度

石炭ガス化複合発電等で発生する比較的高い圧力を有するガスからのCO<sub>2</sub>分離・回収エネルギーについて、実用化段階(数百万t-CO<sub>2</sub>/年規模を想定)で回収エネルギー0.5GJ/t-CO<sub>2</sub>以下を達成する分離膜技術を開発する。

(4) 二氧化碳素分離膜システム実用化研究開発

[中間目標] 2022年度

実用化段階で想定される条件下でCO<sub>2</sub>分離・回収に用いることができる分離膜材料の設計方針の見通しを得て、評価設備による性能検証を開始する。

[最終目標] 2023年度

火力発電等で発生するガスからのCO<sub>2</sub>の分離・回収において、CO<sub>2</sub>の利用プロセスに適する分離膜材料を適用した分離膜システムを開発し、比較的高い圧力を有するガスからのCO<sub>2</sub>の分離・回収においては実用化段階でCO<sub>2</sub>分離・回収エネルギーが0.5GJ/t-CO<sub>2</sub>以下を達成できる技術を開発する。

研究開発項目⑬「火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業」〔委託・助成事業〕

1) 機動性に優れた広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の技術開発・実証研究〔委託・助成事業〕

[実施期間] 2022年度～2026年度

### 1. 研究開発の必要性

2021年10月に策定された「第6次エネルギー基本計画」では、再生可能エネルギーを大量導入するには、調整力の確保等の電力システムの柔軟性の向上が必要であるとされており、火力発電の今後の在り方についても、安定供給を大前提に設備容量の確保が挙げられている。

火力発電の運用性向上を目指すため、調整力電源の安定性維持に貢献する機動性に優れたガスタービン複合発電（GTCC）に適用する技術について、既存設備への適用を対象とした社会実装に取り組むことが重要である。

### 2. 具体的研究内容

急速起動・出力変動時のGTCCの安定運転の実現に向け、発電事業者が抱える現状ガスタービンの課題に対し、本事業の要素研究にて確立した燃焼技術、制御技術、数値解析技術等を中心とした要素研究の成果を、発電事業者の設備投資コストをできるだけ抑えた形で実用化する検討を実施し、最低負荷の引き下げや出力変化速度改善の検証等を行う。

1) 要素研究〔委託事業〕

2) 実証研究〔助成事業（1／2助成）〕

※1)の実施者を公募した後の、1)から2)への移行の可否は、外部有識者で構成される委員会の審査（ステージゲート審査）を経て決定する。

### 3. 達成目標

[中間目標（2024年度）]

機動性に優れた広負荷帯高効率ガスタービン複合発電について、電力事業者の方針や対象機器の要求仕様等に応じた設備仕様等をまとめる。

[最終目標（2026年度）]

機動性に優れた広負荷帯高効率ガスタービン複合発電について、実証設備での目標性能達成の目途を得る。

研究開発項目⑬「火力発電負荷変動対応技術開発・実証事業」〔委託・助成事業〕

2) 石炭火力の負荷変動対応技術開発・実証研究〔委託・助成事業〕

[実施期間] 2023年度～2026年度

### 1. 研究開発の必要性

2021年10月に策定された「第6次エネルギー基本計画」において、火力発電は、再生可能エネルギーの瞬時的・継続的な発電電力量の低下にも対応可能な供給力を持つ形で設備容量を確保することを求められており、とりわけ自然変動電源（太陽光・風力等）の導入が今後拡大する中で、電力の需給バランスを維持し周波数を安定化するために、火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性の向上が必要となる。

### 2. 具体的研究内容

火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性を向上させるために、機動性に優れた広負荷帯高効率発電用ボイラに関する技術開発・実証研究を実施する。

1) 要素研究〔委託事業〕

2) 実証研究〔助成事業（1／2助成）〕

※1)の実施者を公募した後の、1)から2)への移行の可否は、外部有識者で構成される委員会の審査（ステージゲート審査）を経て決定する。

### 3. 達成目標

[最終目標（2026年度）]

負荷変動対応に伴う事故リスクと保守コスト低減に必要な故障予知・寿命予測等の保守技術および火力発電による調整力の一層の確保と信頼性・運用性を向上させるための先進的な技術の社会実装に向けた見通しを得る。

研究開発スケジュール

| 年度(西暦)  | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16              | 17 | 18 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |  |
|---|---|---|----|----|----|----|----|----|-----------------|----|----|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| <b>研究開発項目①</b><br>石炭ガス化燃料電池複合発電実証事業<br>1) 酸素吹IGCC実証(1/3助成)<br>2) CO <sub>2</sub> 分離・回収型酸素吹IGCC実証(2/3、1/3助成)<br>3) CO <sub>2</sub> 分離・回収型IGFC実証(1/2助成)<br>4) 信頼性向上、低コスト化(1/3助成)<br>5) CO <sub>2</sub> 分離・回収負荷変動対応ガスタービン要素技術開発(1/2助成) |   |   |    |    |    |    |    |    | 第1<br>酸素吹IGCC実証 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|   |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>研究開発項目②</b><br>高効率ガスタービン技術実証事業<br>1) 1700℃級ガスタービン(1/2助成)<br>2) 高温分空気利用ガスタービン(AHAT)(2/3助成)  |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|   |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>研究開発項目③</b><br>先進超々臨界圧実用化要素火力発電技術開発(2/3助成)   |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>研究開発項目④</b><br>次世代火力発電基盤技術開発   |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 1) 次世代ガス化システム技術開発(委託)   |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 2) 燃料電池向け石炭ガスクリーナップ技術要素研究(委託)   |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 3) ガスタービン燃料電池複合発電技術開発(委託)   |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 4) 燃料電池石炭ガス適用性研究(委託)  |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 5) CO <sub>2</sub> 分離型化学燃焼石炭利用技術開発(委託)  |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 6) 石炭火力の負荷変動対応技術開発(委託)  |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 7) CO <sub>2</sub> 有効利用技術開発(委託)   |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 8) CO <sub>2</sub> 分離・回収型ポリジェネレーションシステム技術開発(委託)   |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 9) 機動性に優れた広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の要素研究(委託)  |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>研究開発項目⑤</b><br>CO <sub>2</sub> 回収型次世代IGCC技術開発(委託)  |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>研究開発項目⑥</b><br>カーボンサイクル・次世代火力推進事業(委託)  |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>研究開発項目⑦</b><br>次世代技術の早期実用化に向けた信頼性向上技術開発(1/2助成)   |   |   |    |    |    |    |    |    |                 |    |    |      |      |      |      |      |      |      |      |  |

| 年度(西暦)   | 1982 | ~ | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022   | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|--|------|---|----|----|----|----|----|------|------|------|--|------|------|------|------|
| 研究開発項目⑧<br>CO <sub>2</sub> 有効利用拠点における技術開発(委託・助成)         |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | ◇  |      |      | ◇    |      |
|  |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | CO <sub>2</sub> 有効利用拠点化推進事業                            |      |      |      |      |
|  |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | 研究拠点におけるCO <sub>2</sub> 有効利用技術開発・実証事業                  |      |      |      |      |
| 研究開発項目⑨<br>CO <sub>2</sub> 排出削減・有効利用実用化技術開発(委託・助成)       |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | ◇  |      |      | ◇    |      |
| 1) 化学品へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発(委託・助成)                    |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | 化学品へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発                            |      |      |      |      |
| 2) 液体燃料へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発(委託・助成)                   |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | ◇  |      |      | ◇    |      |
|  |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | 液体燃料へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発                           |      |      |      |      |
| 3) 炭酸塩、コンクリート製品・コンクリート構造物へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発(委託・助成) |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | ◇  |      |      | ◇    |      |
|  |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | 炭酸塩、コンクリート製品・コンクリート構造物へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発         |      |      |      |      |
| 4) 気体燃料へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発(委託・助成)                   |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      |  | ◇    |      |      | ◇    |
|  |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | 気体燃料へのCO <sub>2</sub> 利用技術開発                           |      |      |      |      |
| 研究開発項目⑩<br>石炭利用環境対策事業(委託・助成)                             |      |   |    |    |    |    |    | ◇    |      |      | ◇  |      |      | ◇    |      |
| 1) 石炭利用環境対策推進事業(委託)                                      |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | ※2 石炭発熱性調査・先導研究、スラグの規格化、石炭灰発生量及び有効利用実態調査、石炭灰利用・削減技術開発等 |      |      |      |      |
| 2) 石炭利用技術開発(2/3補助)                                       |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      |  |      |      |      |      |
|  |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | セメント不使用フライアッシュ製造技術開発                                   |      |      |      |      |
|  |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      |  |      |      |      |      |
|  |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | ※1 石炭ガス化溶融スラグのコンクリート実規模性能試験                            |      |      |      |      |
| 研究開発項目⑪<br>アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業(委託・補助)                 |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      |  |      |      |      | ◇    |
|  |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | アンモニア混焼火力発電技術研究開発・実証事業                                 |      |      |      |      |
| 研究開発項目⑫<br>CO <sub>2</sub> 分離・回収技術の研究開発(※3)              |      |   |    |    |    |    |    |      | ◇    |      | ◇  |      |      |      | ◇    |
| 1) 先進的CO <sub>2</sub> 分離膜モジュール実用化研究開発                    |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | ※1 先進的CO <sub>2</sub> 分離膜モジュール実用化研究開発                  |      |      |      |      |
| 2) 先進的CO <sub>2</sub> 分離膜モジュール実用化研究開発                    |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | 先進的CO <sub>2</sub> 分離膜モジュール実用化研究開発                     |      |      |      |      |
| 3) CO <sub>2</sub> 分離膜システム実用化研究開発                        |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | ※1 CO <sub>2</sub> 分離膜システム実用化研究開発                      |      |      |      |      |
| 4) CO <sub>2</sub> 分離膜システム実用化研究開発                        |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | CO <sub>2</sub> 分離膜システム実用化研究開発                         |      |      |      |      |

※1 経済産業省にて実施

※2 NEDOゼロエミッション石炭火力技術開発プロジェクトにて実施

※3 2021年度までは「CCUS 研究開発・実証関連事業」において実施

| 年度(西暦)  | 1982 | ~ | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022                                   | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
|---|------|---|----|----|----|----|----|------|------|------|--|------|------|------|------|
| 研究開発項目⑬<br>火力発電負荷変動対応技術開発・<br>実証事業            |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      |  |      | ◇    |      | ◆    |
| 1) 機動性に優れる広負荷帯<br>高効率ガスタービン複合発電<br>の技術開発・実証研究 |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | 機動性に優れる広負荷帯高効率ガスタービン複合発電の<br>技術開発・実証研究 |      |      |      |      |
| 2) 石炭火力の負荷変動対応<br>技術開発・実証研究                   |      |   |    |    |    |    |    |      |      |      | 石炭火力の負荷変動対応技術開発・実証研究                   |      |      |      |      |

## ●論文

| 発表者                               | 所属           | タイトル  | 発表誌名   | ページ番号 | 発表年月    |
|-----------------------------------|--------------|---|--|-------|---------|
| 田中 恒佑                             | JCOAL        | カーボンリサイクルに係る<br>JCOAL の取組   | JCOAL ジャーナル Vol.46   | P.22  | 2021年6月 |
| 水野健、関健吾、<br>取違剛、渡邊賢三              | 鹿島建設株式会<br>社 | CO <sub>2</sub> を主成分とする排気<br>ガスの温度・湿度および微<br>量成分がコンクリートの炭酸<br>化養生に及ぼす影響 | コンクリート工学<br>年次論文集V<br>ol. 44 (<br>コンクリート工学<br>年次大会20<br>22 (千葉)<br>) | —     | 2022年7月 |
| 関健吾、取違剛、<br>向俊成、田口翔也              | 鹿島建設株式会<br>社 | CO <sub>2</sub> ガスを用いた養生に<br>おける気相・固相中のCO<br><sub>2</sub> 収支            | コンクリート工学<br>年次論文集V<br>ol. 44 (<br>コンクリート工学<br>年次大会20<br>22 (千葉)<br>) | —     | 2022年7月 |
| 向俊成、関健吾、<br>取違剛、渡邊 賢<br>三         | 鹿島建設株式会<br>社 | 消石灰を用いたセメント系<br>材料のCO <sub>2</sub> 吸収挙動に<br>関する基礎的検討                    | コンクリート工学<br>年次論文集V<br>ol. 44 (<br>コンクリート工学<br>年次大会20<br>22 (千葉)<br>) | —     | 2022年7月 |
| 横川勇輝、横関康<br>祐、取違剛、関健<br>吾         | 学校法人東洋大<br>学 | 炭酸化ペースト中の固定炭<br>素量分布に関する研究  | 第76回セメン<br>ト技術大会   | —     | 2022年5月 |
| 山川剛、中嶋翔平<br>、関健吾、取違剛、<br>水野健      | 鹿島建設株式会<br>社 | ナノバブルCO <sub>2</sub> 溶解水を<br>用いたコンクリートのCO <sub>2</sub><br>固定に関する一考察     | 土木学会第7<br>7回年次学術<br>講演会  | —     | 2022年9月 |
| 海老剛行、関健吾<br>、取違剛、向俊成、<br>田口翔也、小林聖 | 鹿島建設株式会<br>社 | 強制炭酸化がコンクリートの<br>曲げ耐力に及ぼす影響   | 土木学会第7<br>7回年次学術<br>講演会  | —     | 2022年9月 |
| 尾口佳丈、関健吾<br>、取違剛、向俊成、<br>田口翔也     | 鹿島建設株式会<br>社 | 材齢初期に炭酸化の影響<br>を受けたモルタルにおける圧<br>縮強度および静弾性係数<br>の分布                      | 土木学会第7<br>7回年次学術<br>講演会  | —     | 2022年9月 |

|  |  |  |  |                         |            |
|--|--|--|--|-------------------------|------------|
| 菅谷那津子、関健吾、取違剛、向俊成、田口翔也   | 鹿島建設株式会社   | 模擬排気ガス中に含まれるSO <sub>2</sub> がモルタル硬化体の炭酸化反応および力学特性に及ぼす影響  | 土木学会第77回年次学術講演会                          | —                       | 2022年9月    |
| 小林聖、藤岡彩永佳、中嶋翔平、関健吾、取違剛（鹿島建設）、保倉篤、宮里心一（金沢工業大学）                                      | 鹿島建設株式会社   | 炭酸化したコンクリートと鉄筋の付着に関する一考察   | 土木学会第77回年次学術講演会                          | —                       | 2022年9月    |
| 保倉篤、宮里心一（金沢工業大学）、小林聖、関健吾、取違剛（鹿島建設）   | 学校法人金沢工業大学   | 炭酸化養生と温度変動の有無がコンクリートとFRP補強筋の付着強度に及ぼす影響   | 土木学会第77回年次学術講演会                          | —                       | 2022年9月    |
| 関健吾、取違剛、田口翔也、小林聖、藤岡彩永佳、向俊成   | 鹿島建設株式会社   | 炭酸化養生におけるCO <sub>2</sub> 濃度が炭酸カルシウム生成量に及ぼす影響   | 土木学会第77回年次学術講演会                          | —                       | 2022年9月    |
| 石橋靖亨、吉田祐麻、関健吾、田口翔也、取違剛   | 鹿島建設株式会社   | 炭酸化養生を行ったコンクリートの熱膨張係数に関する考察  | 土木学会第77回年次学術講演会                          | —                       | 2022年9月    |
| 田口翔也、向俊成、取違剛、関健吾   | 鹿島建設株式会社   | 製鋼スラグの炭酸化コンクリートへの適用性に関する検討（タイトル変更の可能性あり）   | 土木学会第77回年次学術講演会                          | —                       | 2022年9月    |
| 渡邊 健太<br>三石 雄悟<br>佐山 和弘  | 産業技術総合研究所  | Cs,Rh-codoped WO <sub>3</sub> with a core-shell structure responsive up to 600 nm as an O <sub>2</sub> -evolving photocatalyst for Z-schematic water splitting | Sustainable Energy & Fuels               | DOI: 10.1039/D2SE00687A | 2022年6月17日 |
| 渡邊研志<br>秋 庸裕   | 広島大学   | オーランチオキトリウム属を活用したバイオリファイナリーによる有用脂質生産   | 生物工学会誌                                   | 472-476                 | 2020年9月    |
| Kenshi Watana be<br>Perez Charose<br>Tomoki Kitahori<br>Kousuke Hata<br>Masato Aoi | Hiroshima Univ.<br>Nagase Co. Ltd<br>. Idemitsu Kosan Co. Ltd. | Improvement of fatty acid productivity of thraustochytrid,   | Journal of Bioscience and Bioengineering | 373-380                 | 2021年4月    |



|   |                      |  |                   |                |          |
|---|----------------------|--|-------------------|----------------|----------|
| Hirokazu Takahashi<br>Tetsushi Sakuma<br>Yoshiko Okamura<br>Yutaka Nakashimada<br>Keisuke Matsuyama<br>Shinzo Mayuzumi<br>Tsunehiro Aki |                      | <i>Aurantiochytrium</i> sp. by genome editing  |                   |                |          |
| 奥田 源己<br>渡邊 研志<br>中瀬 玄德<br>廣谷 蘭<br>石垣元務<br>中島田 豊<br>松浦 将吏<br>松山 恵介<br>秋 庸裕  | 広島大学<br>中国電力<br>長瀬産業 | CO <sub>2</sub> を再資源化するGas-to-Lipidsバイオプロセスの開発   | 第73回日本生物工学会トピックス集 | 48             | 2021年10月 |
| 渡邊 研志<br>秋 庸裕   | 広島大学                 | オーランチオキトリウムによるバイオリアファイナリーと有用脂質生産   | バイオエネルギー再燃        | 118-122        | 2021年11月 |
| Junya Kato<br>Takehiko Gotoh<br>Yutaka<br>Nakashimada   | Hiroshima Univ.      | Removal of acetic acid from bacterial culture media by adsorption onto a two-component composite polymer gel | Gels              | 154 (11 pages) | 2022年3月  |

●学会発表・講演

| 発表者    | 所属       | タイトル  | 学会名・イベント名等         | 発表年月       |
|--------|----------|---|--------------------|------------|
| 竹村 亮介  | 大崎クールジェン | 大崎クールジェンプロジェクトにおけるCO <sub>2</sub> 分離・回収実証試験及びCO <sub>2</sub> 有効利用に向けた取組について | CCR研究会 2021年7月度講演会 | 2021年7月15日 |
| 細越 俊哉  | 大崎クールジェン | 脱炭素社会に向けたクリーンコールテクノロジーの役割   | 第28回日環協・環境セミナー全国大会 | 2021年10月8日 |
| 橋本 敬一郎 | JCOAL    | 技術連携戦略センターの事業報告、CO <sub>2</sub> 利用基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施状況                  | 令和2年度JCOAL事業報告会    | 2021年3月29日 |

|                                   |           |  |  |            |
|-----------------------------------|-----------|--|--|------------|
| 橋本 敬一郎                            | JCOAL     | 技術連携戦略センターの事業報告、CO <sub>2</sub> 利用基礎研究拠点整備・研究支援の最適化検討と実施状況   | 令和3年度JCOAL事業報告会  | 2022年2月1日  |
| 河内 友一                             | 中国電力株式会社  | 石炭灰を有効利用できるカーボンリサイクル技術 (CO <sub>2</sub> -SUICOM, CO <sub>2</sub> -Tricom) の紹介  | 石炭灰有効利用シンポジウム2021  | 2021年12月   |
| 渡邊 健太<br>三石 雄悟<br>佐山 和弘           | 産業技術総合研究所 | Cs,Rh共ドーピングによるWO <sub>3</sub> 酸素生成光触媒の長波長応答化   | 日本化学会第102春季年会  | 2022年3月23日 |
| 北村春菜, 李新鈺, 鷺見知香, 三宅浩史, 内田幸明, 西山憲和 | 大阪大学      | シリカライト被覆ZSM-5コアシェル触媒のシェル合成における有機構造規定剤の影響   | 石油学会第62回年会   | 2022年5月30日 |
| 渡邊 健太<br>三石 雄悟<br>佐山 和弘           | 産業技術総合研究所 | Rh and Cs-codoped WO <sub>3</sub> responding up to 600 nm as an O <sub>2</sub> -evolving photocatalyst for Z-schematic water splitting | The 9th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT9) | 2022年7月25日 |
| 渡邊 健太<br>三石 雄悟<br>佐山 和弘           | 産業技術総合研究所 | 600 nmまで応答するCs,Rh共ドーピングWO <sub>3</sub> 酸素生成光触媒の開発  | 第130回触媒討論会   | 2022年9月26日 |
| 中島田 豊                             | 広島大学      | 合成ガス発酵によるカーボンリサイクル型化学品製造技術   | 第87回広島大学バイオマスイブニングセミナー(第71回hu-aceセミナー)   | 2020年9月    |
| 中島田 豊                             | 広島大学      | 炭素循環型高温合成ガス発酵技術の開発   | グリーンプロセスインキュベーションコンソーシアム(GIC) 2020年度第68回研修セミナー                                 | 2020年12月   |
| 中島田 豊                             | 広島大学      | カーボンリサイクルに資する微生物発酵技術   | 第16回バイオマス科学会議  | 2021年1月    |
| 秋 庸裕                              | 広島大学      | 海洋油糧微生物オーランチオキトリウムゲノム編集育種～油脂改質とバイオリアファイナリー   | JBA“未来へのバイオ技術”勉強会：バイオ素材百花繚乱15～脂質と超小胞体のマジック                                     | 2021年3月    |
| 中島田 豊                             | 広島大学      | 環境と経済をバイオで繋ぐグリーンイノベーション  | 生物工学会 (NEDO共催)・第8回 SBJシンポジウム“カーボンリサイクル実現に                                      | 2021年5月    |

|  |  |  |   |          |
|--|--|--|---|----------|
|  |  |  | 向けたバイオ生産技術開発<br>”   |          |
| Kenshi Watana<br>be<br>Perez Charose<br>Tomoki Kitahori<br>Kousuke Hata<br>Masato Aoi<br>Hirokazu Takah<br>ashi<br>Tetsushi Sakum<br>a<br>Yoshiko Okamu<br>ra<br>Yutaka Nakashi<br>mada<br>Keisuke Matsuy<br>ama<br>Shinzo Mayuzu<br>mi<br>Tsunehiro Aki | Hiroshima Univ.<br>Nagase Co. Ltd<br>.<br>Idemitsu Kosan<br>Co. Ltd. | Improvement of lipid<br>productivity of<br><i>Aurantiochytrium</i> sp. by<br>genome editing.                           | 2021 AOCS Annual<br>Meeting & Expo                          | 2021年5月  |
| 新本 佳子<br>長谷川 真輝渡邊<br>研志<br>秋 庸裕  | 広島大学   | <i>Aurantiochytrium</i> 属のゲ<br>ノム育種による脂質生産性の<br>向上   | 日本農芸化学会中四国<br>支部第59回講演会                                     | 2021年6月  |
| Tsunehiro Aki  | Hiroshima Univ.  | Genomic breeding of<br>oleaginous marine<br>protist,<br><i>Aurantiochytrium</i> sp.,<br>for biorefinery<br>processing. | Lecture for students<br>of the University of<br>Santo Tomas | 2021年8月  |
| 中島田 豊  | 広島大学   | カーボン・エネルギーリサイクル<br>を指向するガス発酵技術   | 一般社団法人先端バイオ<br>工学推進機構<br>「化学・素材・燃料分科会<br>」第8回会合 講演会         | 2021年8月  |
| 中島田 豊  | 広島大学   | バイオプロセスを活用したCO <sub>2</sub><br>資源化技術   | 日本化学会関東支部講<br>演会「カーボンニュートラル社<br>会実現に向けた化学技術<br>の最新動向」       | 2021年9月  |
| 奥田 源己<br>渡邊 研志<br>中瀬 玄德<br>廣谷 蘭<br>石垣元務<br>中島田 豊<br>松浦 将吏<br>松山 恵介<br>秋 庸裕   | 広島大学<br>中国電力<br>長瀬産業   | CO <sub>2</sub> を再資源化するGas-to-<br>Lipidsバイオプロセスの開発   | 第73回日本生物工学会大<br>会   | 2021年10月 |
| 渡邊 研志<br>Perez Charose<br>北堀 智希  | 広島大学<br>長瀬産業   | ゲノム編集によるオーランチオキト<br>リウム属の脂肪酸生産性の向上   | 第73回日本生物工学会大<br>会   | 2021年10月 |

|  |                                  |  |  |          |
|--|----------------------------------|--|--|----------|
| 畑 浩介<br>青井 真人<br>高橋 宏和<br>佐久間 哲史<br>岡村 好子<br>中島田 豊<br>松山 恵介<br>秋 庸裕  |                                  |  |  |          |
| 渡辺 直己<br>加藤 節<br>青井 議輝<br>加藤 淳也<br>秋 庸裕<br>中島田 豊<br>松浦 将吏<br>沢田 健  | 広島大学<br><br><br><br><br><br>中国電力 | 酢酸生産菌を用いた<br>H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> からの低コスト酢酸<br>生産の実現に向けた培地組<br>成の検討 | 第73回 日本生物工学会大<br>会                           | 2021年10月 |
| 中島田 豊  | 広島大学                             | 遺伝子組み換えホモ酢酸菌<br>を用いた合成ガス発酵による<br>化成品製造   | 第34回 日本微生物生態<br>学会シンポジウム「微生物<br>生態学を社会実装する!」 | 2021年11月 |
| 奥田 源己<br>渡邊 研志<br>中瀬 玄德<br>廣谷 蘭<br>石垣 元務<br>中島田 豊<br>松浦 将吏<br>松山 恵介<br>秋 庸裕                                    | 広島大学<br>中国電力<br>長瀬産業             | Gas-to-Lipids バイオプロセ<br>スにおける脂質生産条件の<br>検討                                     | 第6回ラビリンチュラシポジ<br>ウム                          | 2021年12月 |
| 新本 佳子<br>長谷川 真輝<br>渡邊 研志<br>秋 庸裕   | 広島大学                             | <i>Aurantiochytrium</i> 属のゲ<br>ノム育種による脂質生産性の<br>向上                             | 第6回ラビリンチュラシポジ<br>ウム                          | 2021年12月 |
| 渡邊 研志<br>Perez Charose<br>北堀 智希<br>畑 浩介<br>青井 真人<br>高橋 宏和<br>佐久間 哲史<br>岡村 好子<br>中島田 豊<br>山本 卓<br>松山 恵介<br>秋 庸裕 | 広島大学<br>長瀬産業                     | ゲノム編集によるオーランチオキ<br>トリウム属の脂肪酸生産性の向上   | 第6回ラビリンチュラシポジ<br>ウム                          | 2021年12月 |
| 奥田 源己<br>渡邊 研志<br>中瀬 玄德<br>廣谷 蘭<br>石垣 元務<br>中島田 豊<br>松浦 将吏<br>松山 恵介<br>秋 庸裕                                    | 広島大学<br>中国電力<br>長瀬産業             | Gas-to-Lipidsバイオプロセ<br>スにおける脂質生産条件の<br>検討                                      | 2021年度第3回脂質駆<br>動学術産業創生研究部<br>会講演会           | 2021年12月 |

|                                  |      |  |                            |          |
|----------------------------------|------|--|----------------------------|----------|
| 新本 佳子<br>長谷川 真輝<br>渡邊 研志<br>秋 庸裕 | 広島大学 | <i>Aurantiochytrium</i> 属のゲノム育種による脂質生産性の向上 | 2021年度第3回脂質駆動学術産業創生研究部会講演会 | 2021年12月 |
| 吉田 和広                            | 中国電力 | 大崎拠点におけるカーボンリサイクル研究の概要                     | 石炭・炭素資源有効利用研究会 第4回研究会      | 2021年12月 |
| 中島田 豊                            | 広島大学 | カーボンリサイクルに資するバイオプロセス                       | 2021年度 発酵と代謝研究会講演会         | 2022年3月  |

### ●新聞・雑誌等への掲載

| 掲載日         | 掲載媒体                      | タイトル・掲載内容   |
|-------------|---------------------------|---|
| 2020年8月6日   | 電気新聞                      | カーボンリサイクル確立へ大崎上島で技術実証 NEDO5件採択  |
| 2020年9月3日   | 共同通信                      | 梶山経産相の大崎クールジェン視察、大崎クールジェンプロジェクトとカーボンリサイクル実証拠点についての紹介                    |
| 2020年9月3日   | 山陰中央新報社 web               | 梶山経産相の大崎クールジェン視察、大崎クールジェンプロジェクトとカーボンリサイクル実証拠点についての紹介                    |
| 2020年9月3日   | お好みワイドひろしま (NHK)          | 梶山経産相の大崎クールジェン視察、大崎クールジェンプロジェクトとカーボンリサイクル実証拠点についての紹介                    |
| 2020年9月3日   | テレビ派 (広島テレビ)              | 梶山経産相の大崎クールジェン視察、大崎クールジェンプロジェクトとカーボンリサイクル実証拠点についての紹介                    |
| 2020年9月4日   | 読売新聞                      | 「CO <sub>2</sub> の再利用」研究広がる化学品コンクリート製造                                  |
| 2020年9月4日   | 電気新聞                      | 梶山経産相 大崎クールジェンを視察 技術確立向け支援  |
| 2020年9月23日  | 山陰経済ウィークリー                | 脱炭素社会へ技術革新の胎動 カーボンリサイクル 中電が広島を拠点に推進                                     |
| 2021年3月22日  | 広島ホームテレビ 5UP              | 大崎クールジェンプロジェクトとカーボンリサイクル実証拠点についての紹介                                     |
| 2021年4月28日  | J C O A L マガジン VOL: 第261号 | 事業報告: カーボンリサイクル実証研究拠点整備の着工祈願祭   |
| 2021年6月20日  | 産経新聞                      | 地球温暖化に欠かせぬ火力発電 大崎クールジェンプロジェクト イノベーションで CO <sub>2</sub> 実質ゼロに貢献          |
| 2021年8月22日  | ガリレオ X (BSフジ)             | CO <sub>2</sub> 排出削減 脱炭素社会に向けたイノベーション                                   |
| 2021年8月     | 広報大崎上島 8月号 (大崎上島町会誌)      | 大崎上島におけるカーボンリサイクル実証研究拠点の紹介  |
| 2021年9月13日  | 産経新聞                      | 石炭が探るカーボンニュートラルへの道 トリプル複合発電、アンモニア混焼、CCS、CO <sub>2</sub> 再利用…イノベーションの最前線 |
| 2021年11月30日 | J C O A L マガジン VOL: 第268号 | 安全祈願祭の実施～基礎研究・先導研究拠点の研究用プレハブ建設工事～                                       |
| 2021年12月11日 | 中国新聞                      | 石炭火力発電の効率化を目指す取り組み状況の紹介およびカーボンリサイクル実証拠点の紹介                              |
| 2022年2月10日  | VOICE NO.3                | 瀬戸内の島で進む「脱炭素社会」への取り組み   |
| 2020年11月    | 中国電力株式会社 エネルギーレポート        | Gas-to-Lipids バイオプロセスの開発  |

|          |                                    |   |
|----------|------------------------------------|---|
| 2020年11月 | 電気評論 2020年11月号                     | 温暖化対策に向けた研究・開発の取り組み ～カーボンリサイクルとヒートアイランド対策技術の開発～ |
| 2020年11月 | 広島大学 エネルギー超高度利用研究拠点 ニュースレター Vol.46 | 研究拠点の動き   |
| 2020年11月 | Global Bioeconomy Summit 2020      | Development of Gas-to-Lipids Bioprocess         |
| 2020年12月 | 電気新聞 テクノロジー&トレンド                   | CO2 から高付加価値脂質を生産                                |
| 2021年2月  | エネルギーフォーラム 2021年2月号                | 進む革新的低炭素石炭火力の技術開発 カーボンリサイクル実証研究拠点化も             |
| 2021年3月  | エネルギーグループ 知的財産報告書 2021年            | カーボンリサイクル技術の早期実用化に向けた取り組み                       |
| 2021年4月  | 電気新聞                               | 電気新聞特別テーマ「みどりの月間」                               |
| 2022年3月  | 電気新聞                               | 電気新聞ブランケット版【新聞と同サイズ：本紙への折込み】                    |

#### ●特許等

| 出願者   | 出願番号          | 国内/外国/PCT | 出願日        | 名称  | 発明者  |
|---|---------------|-----------|------------|---|--|
| 国立大学法人広島大学                                      | 特願2022-008185 | 国内        | 2022年1月21日 | 有機酸の回収方法  | 中島田 豊<br>加藤 淳也<br>後藤 健彦  |
| 国立大学法人広島大学<br>出光興産株式会社<br>中国電力株式会社              | 特願2017-250129 | 国内<br>PCT | 2022年3月1日  | 脂質の生産方法   | 秋 庸裕<br>渡邊研志<br>中島田豊<br>松村幸彦<br>岡村好子<br>田島誉久<br>廣谷 蘭<br>石垣元務<br>黛 新造<br>吉田和広<br>沢田 健<br>角田祐介 |
| (参考) 商標登録<br>中国電力株式会社<br>国立大学法人広島大学<br>長瀬産業株式会社 | 商願2022-29350  | 国内        | 2022年3月15日 |  | -  |