



産業構造審議会 グリーンイノベーションプロジェクト部会
エネルギー構造転換分野ワーキンググループ
CO₂の分離回収等技術開発プロジェクト
ワーキンググループ報告資料

実施プロジェクト名 : Na-Fe系酸化物による革新的CO₂分離回収技術の開発
実施者名 : エア・ウォーター株式会社（幹事会社）
報告者 : 代表取締役社長 松林 良祐

地球の恵みを、社会の望みに。

 **エア・ウォーター株式会社**

共同実施者：戸田工業株式会社
国立大学法人埼玉大学

コンソーシアム内における各主体の役割分担

地球の恵みを、社会の望みに。



エア・ウォーター(株) (代表事業者)

実施する研究開発の内容

- Na-Fe系酸化物を用いたCO₂分離回収プロセスの開発
- 実証機製作、性能評価



社会実装に向けた取組内容

- CO₂回収設備生産体制構築
- 保守整備体制構築
- ボイラメーカーとの協議などを担当

Fine particles for a fine future.



戸田工業(株) (共同提案者)

実施する研究開発の内容

- Na-Fe系酸化物 (CO₂固体吸収材) の開発、性能評価、製造
- 実証サイト提供 (大竹事業所)
- 回収したCO₂から作製した化合物の有用性評価



社会実装に向けた取組内容

- 鉄原材料の安価調達
- 安定した品質のNa-Fe系酸化物の提供
- 使用済み「Na-Fe系酸化物」のリサイクルなどを担当



埼玉大学 (共同提案者)

実施する研究開発の内容

- 室温でのCO₂吸収性能向上のための高性能Na-Fe系酸化物の開発
- Na-Fe系酸化物の低温再生機構、および低エネルギーCO₂回収機構の解明



社会実装に向けた取組内容

- Na-Fe系酸化物が有する化学的安定性 (安全) と経済性 (安価) を損なわない開発などを担当

CO₂分離回収コスト2,000円台/ton-CO₂の早期実現

Na-Fe系酸化物による革新的CO₂分離回収技術の開発

事業の目的・概要

a. Na-Fe系酸化物のCO₂回収性能向上、製造方法確立

Na-Fe系酸化物が、室温でCO₂を吸収し、100℃程度の加温で連続的に吸脱着可能なことを見出した。実用化に向けて、粉体、成形体の更なる性能向上と、製造プロセスの設計、コスト計算を行う。また、低温再生機構の解明を実施し、改良を行う。

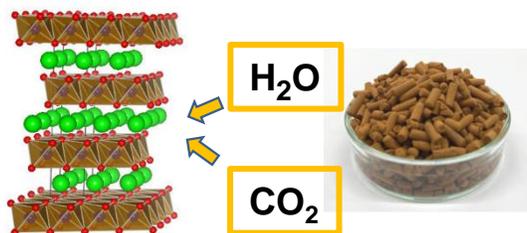
b. Na-Fe系酸化物を用いた排熱利用型CO₂分離回収プロセス開発

CO₂を回収するための熱源として、排ガスの排熱を活用する。排熱で生成した高温のスチームを用いてNa-Fe系酸化物を直接加熱する検討を行う。排ガス給気用ブロワ等で生じる熱も活用し、エネルギー効率の最大化を図る。CO₂源としてまずはボイラをメインターゲットと定め開発を推進する。

開発内容

回収材のCO₂回収性能向上、製造方法確立

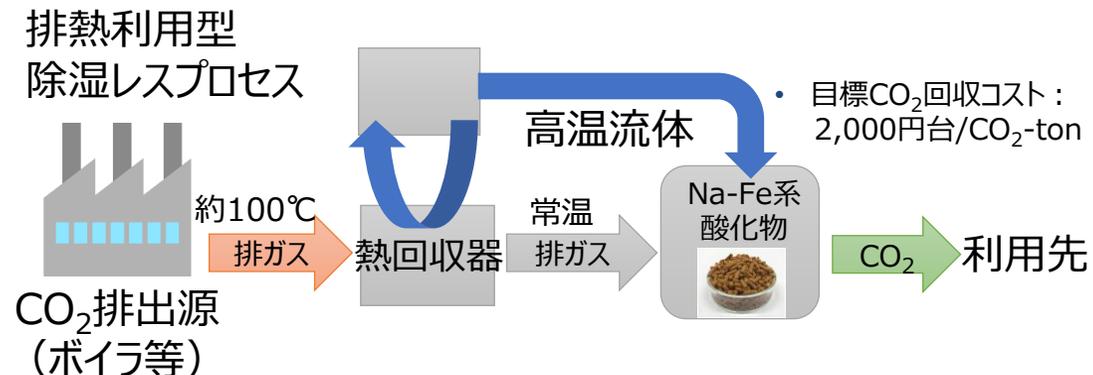
CO₂回収エネルギー低減が可能なセラミック成形体製造技術の確立



- 製造コスト：5,000円/kg以下
- CO₂回収量：10wt%以上
(固体吸収材重量対比)
- CO₂回収エネルギー：1GJ以下
(CO₂ 1t当たり)



排熱利用型CO₂分離回収プロセス開発



社会課題である気候変動への対策を事業機会と捉え、脱炭素事業を成長ドライバーとして位置付け

パーパス：「地球の恵みを、社会の望みに。」

気候変動・スマート社会

人生100年・世界人口の増加

地域と連携する「地球環境」

暮らしに寄り添う「ウェルネス」



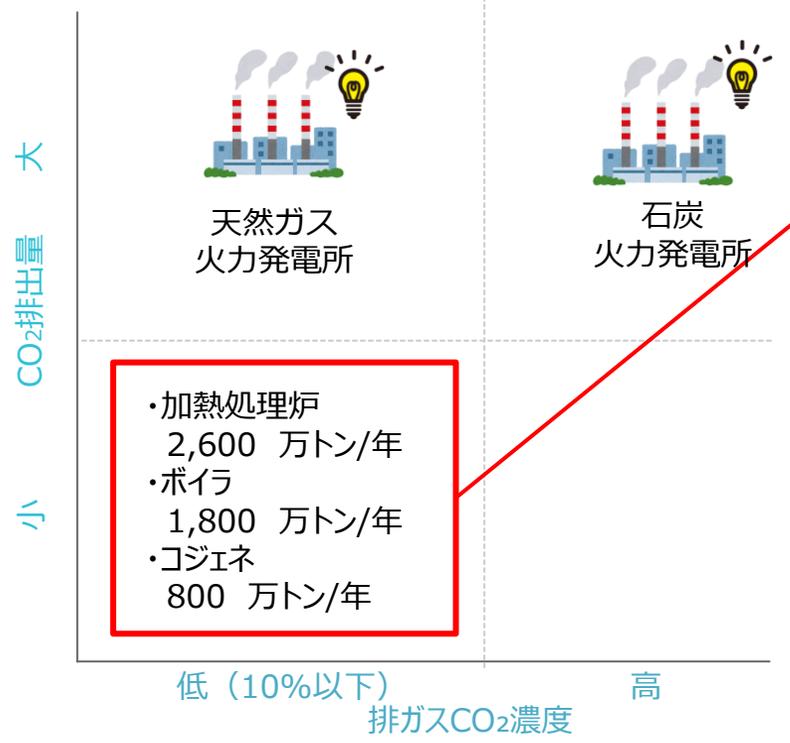
多角化経営で培った各業界への深い知見を活かし、様々な業界の脱炭素化に貢献

ボイラ由来排ガスからのCO₂分離回収をターゲットとして想定

セグメント分析

中小規模・低濃度CO₂排ガスからのCO₂分離回収の
低コスト・省エネルギー技術が未確立であるためそこに注力する

CO₂回収装置市場のセグメンテーション



ターゲットの概要

**低圧・低CO₂濃度排ガスの中で、汎用性が高く、拠点数の多い
(=回収CO₂を地産地消しやすい) ボイラ由来の排ガスを
メインターゲットと定め開発を行う**

市場概要と目標とするシェア・時期

- ボイラ付帯CO₂回収装置200台 (2030年目標)
- CO₂回収装置顧客：各ボイラメーカ (エンドユーザー：ボイラユーザ)

CO ₂ 排出源	排出量 (万トン/年) (2022年現在と同等と仮定)	課題
ボイラ	1,800	<ul style="list-style-type: none"> 小型化 排熱利用

蒸発容量別年間ボイラ出荷数 (2015年) と当社製CO₂回収付帯設備 設置割合

蒸発容量別年間ボイラ出荷数				当社製付帯設備設置割合 (2030年)		
2,000	kg/h以上	2,000	台	10%	200	台
1000~1999	kg/h	1,500	台	-	-	台
500~999	kg/h	2,000	台	-	-	台
				合計	200	台

出典：ボイラの市場動向と技術動向より

まずは2,000kg/h以上の比較的大型のボイラへの展開を進め、
2030年迄に100万ton/年のCO₂を回収する
その後小型ボイラならびにボイラ以外の他のCO₂排出源への適用を目指す

出典：グリーンイノベーション基金事業「CO₂の分離回収等技術開発」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画より

革新的なCO₂分離回収技術を開発し、CO₂回収コストが安価な装置・サービスを提供する事業を創出/拡大

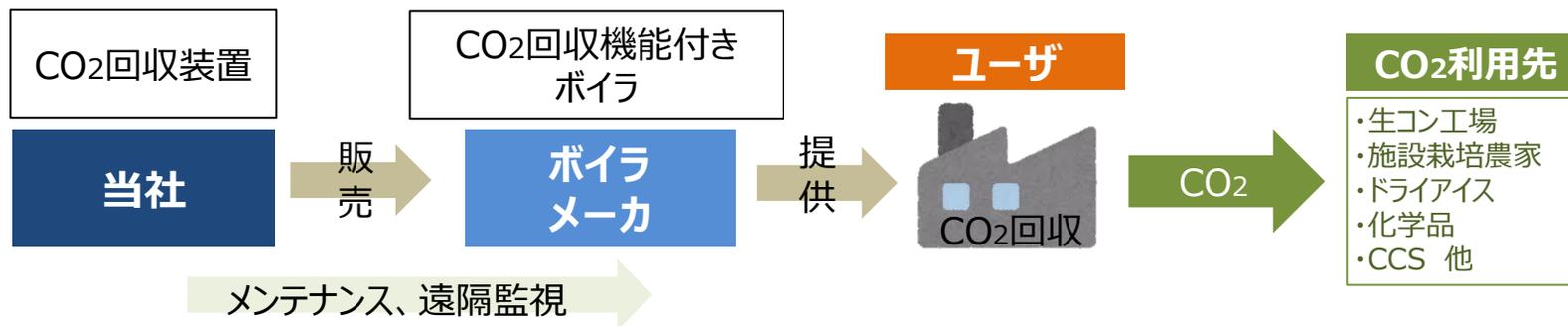
社会・顧客に対する提供価値

➤ 革新的なCO₂分離回収技術

- CO₂分離回収コスト：
2,000円台/t-CO₂以下
- CO₂分離回収能力：
0.5t/day以上
- 回収CO₂の純度：
99mol%以下で任意
- 装置の遠隔監視ならびに
メンテナンスサービスの提供による安定稼働

ビジネスモデルの概要（製品、サービス、価値提供・収益化の方法）と研究開発計画の関係性

本事業で開発するCO₂回収装置をエア・ウォーターで製造し、ボイラメーカーに販売する。
各ボイラメーカーがCO₂回収機能付きボイラとしてボイラユーザーに提供する。
CO₂回収装置のメンテナンスはエア・ウォーターで実施し、遠隔監視で稼働状況を集中管理する。
ボイラの排熱利用方法、CO₂回収効率の向上、設備費の低減が課題であり、本事業で研究開発を推進していく。



実現可能性

- 既存事業において各種ガス回収装置の製造・販売実績あり
- 遠隔監視ならびにメンテナンスについても他のガス関連設備において既に多数実施中

継続性

- 当社は炭酸ガスを含む産業ガス事業を主軸としており、本装置の製造、販売、保守体制を有する

有効性

- ボイラ排ガスが有する100℃程度の排熱をNa-Fe系酸化物の再生熱源として活用することで省エネ化が可能
- 排ガス中の水分がCO₂吸収反応に参与する回収材であり、除湿機構が不要となり、小型化・低コスト化が可能
- ボイラは分散型のCO₂排出源であり、装置の運転管理としては遠隔監視による集中管理が効果的
- 遠隔監視により一元的に集約した運転情報をもとに装置の継続的な改良・改善が可能
- CO₂排出を伴うボイラのオプション品としてCO₂回収装置をユーザーに提案し、普及を加速

独自性

- 戸田工業、埼玉大学が開発する新規CO₂回収材であるNa-Fe系酸化物と、当社開発のプロセスによる独自のCO₂回収装置

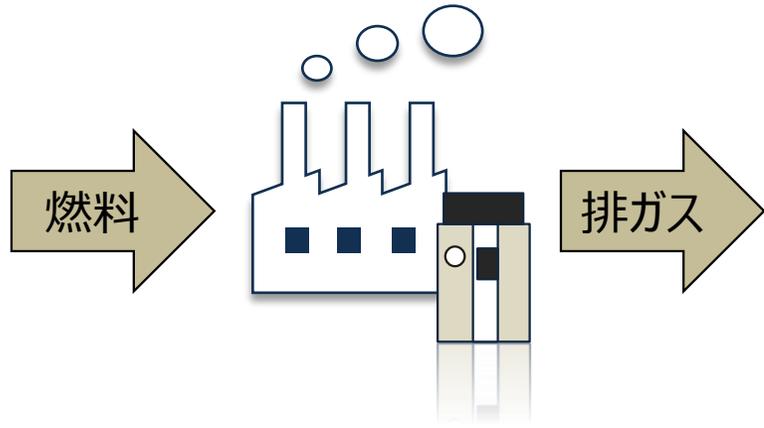
新規性

- CO₂排出を伴うボイラのオプション品としてCO₂回収装置をユーザーに提供するビジネスモデル

当社の炭酸ガス関連事業への活用により、開発技術の早期社会実装を実現

・炭酸ガス関連事業

- 飲料用/工業用液化炭酸ガスやドライアイスの製造販売事業で国内シェア約30%
- 小型CO₂回収装置を商用化しており、CO₂回収装置のマーケティングを先行
- CO₂回収に限定せず、回収したCO₂の輸送・貯蔵・利活用方法まで総合的に提案



CO₂排出



当社の小型CO₂ 回収装置

CO₂回収



輸送・貯蔵

CO₂利活用

CO₂利活用



ハウス栽培



溶接



ドライアイス

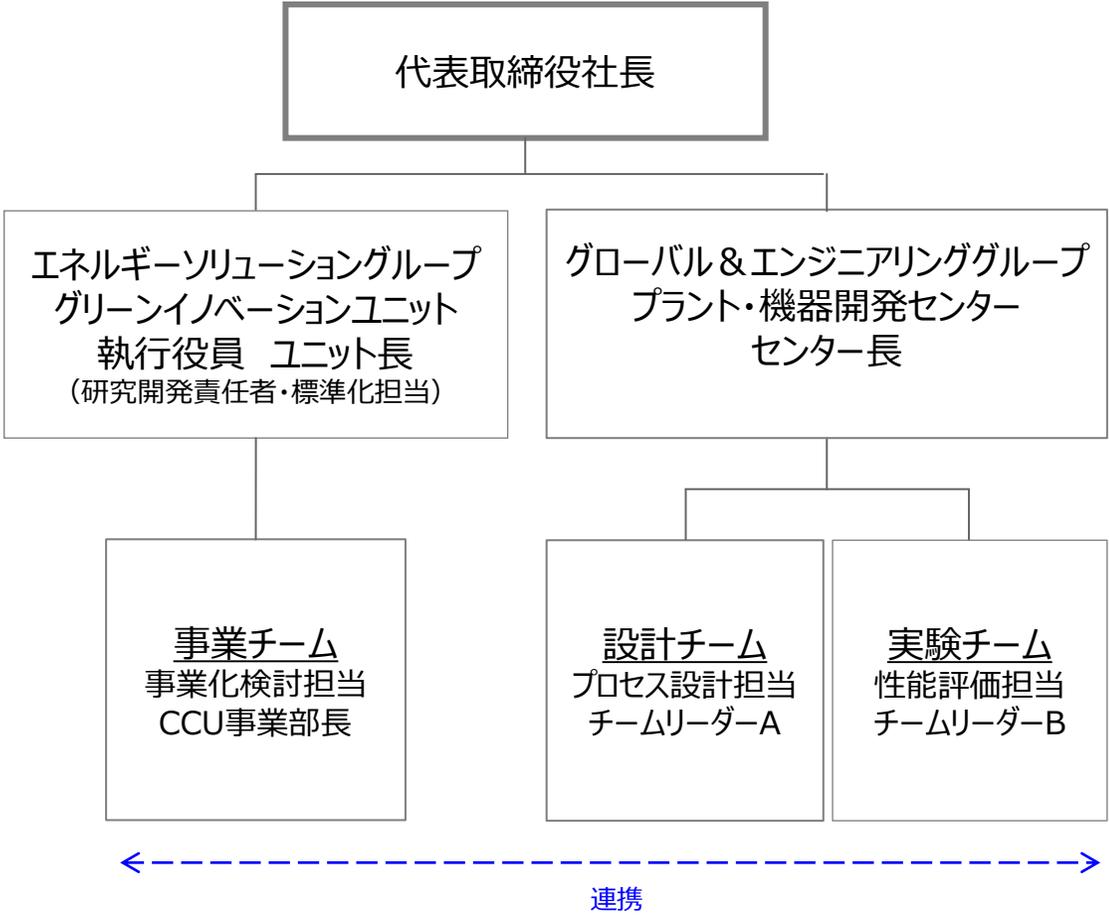


ブラスト洗浄

イノベーション推進体制：組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、複数チームを設置

組織内体制図



組織内の役割分担

研究開発責任者と担当部署

- 研究開発責任者、標準化担当
 - 執行役員：プロジェクトの全体統括
- 開発チーム
 - 設計チーム：プロセス設計を担当
 - 実験チーム：性能評価試験を担当
- 事業チーム：事業化検討を担当

部門間の連携方法

- 毎月、事業推進会議を開催し、各部門での進捗状況の共有ならびに取組み方針の協議を行う。
- 代表取締役社長への進捗報告も毎月実施する。

2025年大阪・関西万博にて、本開発技術を用いたCO₂分離回収の実証を実施

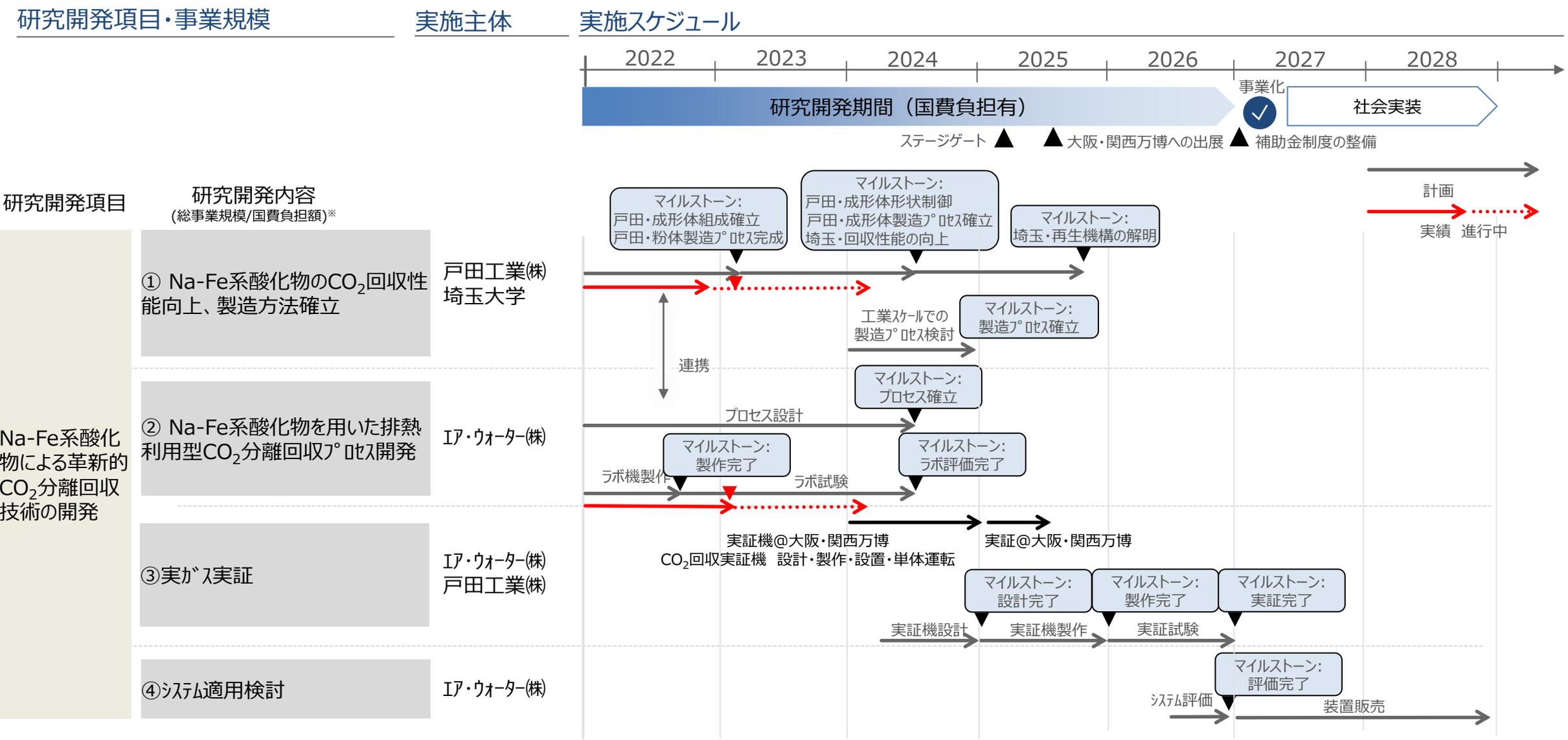


- ①新規CO₂回収材Na-Fe系酸化物を用いた高効率CO₂回収実証
- ②ドライアイスを会場内で利用
- ③高純度CO₂ガスをメタネーション原料に利用



研究開発計画：実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携する計画



標準化を活用し、中小規模CO₂回収装置の社会実装に向けたルール形成を推進

標準化を活用した事業化戦略（標準化戦略）の取組方針・考え方

- ▶ 他社に先行して高効率な中小規模設備を開発する
現状、社会実装されているCO₂回収設備は大規模設備
- ▶ 低級排熱を活用したコスト競争力のあるCO₂回収装置の開発
新規CO₂回収材と排ガスが有する排熱を活用した温度スイング式吸着分離法を採用することで高い競争力を実現
- ▶ CO₂ハンドリング技術の応用
 - 炭酸ガス製造/販売事業を通じて培ったCO₂のハンドリング技術を活かす（ガス、液、固体）

国内外の動向・自社の取組状況

- ▶ 開発済小型CO₂回収装置「ReCO₂ STATION」の課題解決
 - 課題：コストダウン、省エネ化、有資格者の確保
→設計標準化に取組み中
 - 高圧ガス第二種製造設備（ドライアイス150kg/day）
 - 汎用コンテナ収容型 -主要機器とソフトウェアの統一化
 - CO₂濃度10%前後の燃焼排ガスを原料ガスと想定
- ▶ 開発済小型CO₂回収装置を通じたユーザヒアリング
 - 既にReCO₂ STATIONに対し多数の問合せあり
導入における課題や求められる仕様を調査中

本事業期間におけるオープン戦略（標準化等）またはクローズ戦略（知財等）の具体的な取組内容

▶ 標準化戦略

- CO₂排出量規制の導入を目指す
- 高圧ガス保安法の改訂ならびに、新たな規格の追加を目指す
- CO₂分離素材の標準評価共通基盤協議会へ参画し他の企業や団体と協議しながら標準化を推進する

▶ 知財戦略

- 高効率にCO₂を回収するプロセスに関して
国内ならびに海外において特許を出願し、権利を保護する



エア・ウォーター製
小型CO₂回収装置「ReCO₂ STATION」

1. プロジェクト全体（共通）におけるご意見への対応状況

ご指摘事項	対応状況
<p>➤ 工場等の中小規模・分散型の排出源からのCO₂回収については、熱源の脱炭素化が進むと需要が低減する可能性があると考えられるため、トランジション期の先を見据えた将来的な市場への見通しを持った事業のあり方を意識するべき。</p>	<p>➤ 当事業は、2027年度までの計5年間での開発を目指しており、2027年度時点では熱源の脱炭素化は限定的と考えられる。</p> <p>➤ ボイラ排ガスを主ターゲットと掲げており、汎用性が高く、拠点数の多い（=回収CO₂を地産地消しやすい）工場等の中小規模・分散型の排出源からのCO₂回収には一定の市場が見込まれる。</p> <p>➤ 本技術の大型化によりごみ焼却場など継続的に使用されるCO₂排出源への適用が見込まれる。また、トランジション期の先には、大気中からのCO₂回収が求められる。</p> <p>➤ 材料調達性の観点では、ナトリウム等のアルカリ金属と酸化鉄から構成されるため、資源枯渇の懸念がない。</p>

2. 各実施企業等（共通）における意見への対応状況

ご指摘事項	対応状況
<p>➤ 事業化に向けて、回収したCO₂を回収量や回収コスト等も踏まえつつ、どのような分野に活用していくのか。回収から輸送、リサイクルまで念頭に置いた具体的なビジネスモデルを想定しておく必要があるのではないか。その際にCCSマーケットが予想よりも早く立ち上がりつつあることに鑑み、当初設定した計画や事業ポートフォリオを柔軟に見直し、必要に応じてスケジュールを前倒ししながら、早期の社会実装へと繋げていくことが必要。</p>	<p>➤ エア・ウォーターでは、既に炭酸ガス事業を展開しており、液化炭酸ガスならびにドライアイスといった商材や輸送、ハンドリング技術を有する。回収したCO₂は、生コン工場、施設栽培農家、化学品、CCS他への適応が考えられる。グリーンイノベーション基金事業内のCO₂利活用事業との連携をするなど、CCSマーケットへ素早く対応できるよう動向を注視する。</p> <p>➤ 本コンソーシアムでは、5年という極めて短期間での社会実装を目指して開発活動を推し進めている。2025年に大阪・関西万博での実証を実施する。</p>
<p>➤ 化石燃料を取り巻く国際動向や、関連技術の開発動向等によって、将来的なビジネス環境が変化することが予測される中、複数のシナリオを持ちながら、足元の取組を推進していくことが必要。また、取組の中止や縮小に繋がるリスク要因についても、どのようなものがあるか検討を行うべき。</p>	<p>➤ 事業開始後は、中小規模排出源からの燃焼排ガスのCO₂回収を推進していく。その後、CO₂回収規模（大型化）と原料CO₂濃度のラインナップを拡充（低濃度対応）する。</p> <p>➤ 取組の中止や縮小に繋がるリスク要因は、社会情勢の変化や水素/アンモニアなどの脱炭素化燃料が普及しCO₂回収市場が縮小した場合。</p>

2. 各実施企業等（共通）におけるご意見への対応状況

ご指摘事項	対応状況
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 中長期にわたるプロジェクトの推進やその成果の活用を見据えて、若手人材の採用・育成に取り組むとともに、技術動向や市場動向の変化に対応できるよう、グローバル展開を見据えた具体的な体制整備に取り組むことも重要。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 本プロジェクト発足後若手社員をチームリーダーに抜擢し、中長期にわたるプロジェクト推進や知識の伝承を行う体制を整えている。 ➤ 技術動向や市場動向の変化に対応できるようCO₂回収利用商材を取扱う事業部隊や海外事業部隊と連携して事業を推進している。
<ul style="list-style-type: none"> ➤ コスト低減・需要創出に向けて大規模な投資が必要になることも考えられるため、経営者がコミットしながら、プロジェクト終了後の資金調達を見据えた投資家向けの情報開示等を研究開発と並行して検討・実践していくことが必要。特に、投資家からの資金調達を実現するためには、将来的な企業の成長に向けたビジネスモデルや市場獲得戦略を提示し、投資家の信頼や期待を勝ち得る必要があるが、そのために具体的な検討を進めることが重要。 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 2030年に向けた中期計画において、CO₂分離回収事業を始め、カーボンニュートラル事業への構造転換を掲げている。 ➤ 本事業の推進について経営者と定期的な協議の場を設け、常にコミットメントを得ている。 ➤ 本事業は、既存の産業ガス事業の延長線上に位置するため、本領域への経営資源の投入は継続的に進められるものである。 ➤ 新たな資金調達が必要な規模の大規模投資が必要な場面において、当該投資が生み出す事業収益性を投資家に納得いただけるように、CO₂回収に関わる市場動向を常に調査している。

2. 各実施企業等（共通）におけるご意見への対応状況

ご指摘事項	対応状況
<p>➤ 標準化戦略の策定・実践は、事業戦略と技術戦略の統合のための有効な手段であるが、経営者が自ら主導して、標準化戦略を検討・運用する体制を充実させていく必要があると考えられるところ、具体的な取組を検討・実施していただきたい。</p>	<p>➤ CO₂分離素材の標準評価共通基盤協議会へ参画し他の企業や団体と協議している。</p> <p>➤ 適用先拡大のため、異なる原料ガス性状・条件、CO₂利用用途による製品CO₂ガス性状、それぞれの標準化の取組を進めていく方針である。</p>