

2024年10月時点

事業戦略ビジョン

実施プロジェクト名：革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工技術及び品質評価技術の開発
実施者名：鹿島建設株式会社、代表名：代表取締役社長 天野 裕正

共同実施者 鹿島建設株式会社（幹事企業）
デンカ株式会社
株式会社竹中工務店

目次

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

1. 事業戦略・事業計画

- (1) 産業構造変化に対する認識
- (2) 市場のセグメント・ターゲット
- (3) 提供価値・ビジネスモデル
- (4) 経営資源・ポジショニング
- (5) 事業計画の全体像
- (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画
- (7) 資金計画

2. 研究開発計画

- (1) 研究開発目標
- (2) 研究開発内容
- (3) 実施スケジュール
- (4) 研究開発体制
- (5) 技術的優位性

3. イノベーション推進体制（経営のコミットメントを示すマネジメントシート）

- (1) 組織内の事業推進体制
- (2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与
- (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ
- (4) マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

4. その他

- (1) 想定されるリスク要因と対処方針
- (2) 提案者情報

本事業における研究開発（2021～2030年度）

セメント低減型コンクリート技術

+ 地産地消を
考慮した組合せ

CO₂固定型コンクリート技術

CO₂材料活用型コンクリート技術



研究開発項目1-①

大型PCa構造物への
適用技術

現場打設コンクリートへの
適用技術（地盤改良含む）



研究開発項目1-②

CO₂排出削減・固定量
（環境価値）の見える化

万博等での実証
技術基準化に向けたデータ収集



研究開発項目2

野心的な研究開発目標への挑戦（CO₂排出削減・固定量最大化、用途拡大、従来品同等コスト）



関係省庁等と連携の下、開発技術の普及に向けた環境整備（技術基準化、各種優遇策等）

コンソーシアム外の企業を含めた幅広い技術導入の体制構築（普及推進組織等を通じた技術提供）



CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの社会実装・普及拡大へ

0. コンソーシアム内における各主体の役割分担

【研究開発の内容】

- 1-① CO₂排出削減・固定量を最大化できる使用材料の選定に関する研究開発
 - (1) 各種Ca源を利用したCO₂固定型混和材の開発
 - (2) CO₂固定骨材・粉末等の製造技術開発
 - (3) 低CO₂排出型セメントと各種CO₂固定技術の組合せによる、コンクリート技術開発
- 1-② CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの革新的固定試験及び製造システムに関する技術開発
 - (1) 大型プレキャストコンクリートの革新的CO₂固定技術および適用技術の開発
 - (2) 対象構造物に応じた現場打設コンクリートの革新的CO₂固定・適用技術開発
 - (3) 事業性評価および海外展開を含めた社会実装検討
- 2 CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの品質管理・固定量評価手法に関する技術開発
 - (1) CO₂固定量の評価手法の開発
 - (2) CO₂固定量の品質管理・モニタリングシステム開発
 - (3) フィールド検証等によるコンクリートの品質とCO₂削減・固定量の評価

【社会実装に向けた取組内容】

- 発注者等への技術PR
- 発注者・学会と連携した技術基準化への取組
- 普及拡大を後押しする施策に関する関係省庁との検討
- コンソーシアム以外を含めた幅広い技術実装の仕組みづくり
- CO₂削減・固定効果による環境価値の「見える化」
- CO₂有効活用（CCU）の促進

鹿島（幹事会社）	デンカ 共同研究開発	竹中工務店
<ul style="list-style-type: none"> ・ (2)(3) の分担部を担当 	<ul style="list-style-type: none"> ・ (1) および(3)の分担部を担当 	<ul style="list-style-type: none"> ・ (2)(3)の分担部を担当
<ul style="list-style-type: none"> ・ (1)(2)(3)の分担部を担当 	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンソーシアムによる全体会議等にて協議に参加 	<ul style="list-style-type: none"> ・ (1)(2)(3)の分担部を担当
<ul style="list-style-type: none"> ・ (2)(3) を担当 	<ul style="list-style-type: none"> ・ (1)を担当 	<ul style="list-style-type: none"> ・ コンソーシアムによる全体会議等にて協議に参加
社会実装に向けた取組		
<ul style="list-style-type: none"> ・ 万博や国際展示会等への出展 ・ 実績データの取得・発表 ・ 関連省庁との意見交換等 ・ 普及推進組織の立ち上げ ・ クレジット化等に関する検討 ・ CO₂排出事業者との意見交換等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 万博や国際展示会等への対応に連動したCO₂固定型混和材の試験供給実施 ・ 実績データの取得・発表 ・ クレジット化等に関する検討 ・ ステイクホルダー（ユーザー、学協会、ほか）との意見交換等 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 万博への適用や展示会への出展 ・ 研究成果の国内外への公表 ・ 関連省庁との意見交換等 ・ 普及推進組織の立ち上げ ・ クレジット化等に関する検討 ・ CO₂分離回収技術保有者およびCO₂排出事業者との意見交換等

インフラ・建物・街をつくりながらCO₂を削減・固定～建設活動を通じてカーボンニュートラル社会へ貢献～

0. コンソーシアムの参加企業

本研究開発事業では、総合建設業であり、多数の環境配慮型コンクリート技術の開発・適用実績を有する鹿島、竹中工務店と、コンクリート用特殊混和材の開発・製品化において優れた技術と実績を有するデンカが主要な企業となり、建設サプライチェーンを構成する43社と大学等の11研究機関からなるコンソーシアムを構成し、最終的にCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートを広く一般に普及させることを目標とする

幹事会社【3社】



参加企業【43企業、11研究機関】

分野	参加企業
ゼネコン(7社)	鹿島建設, 竹中工務店, 鹿島道路, 竹中土木, 鉄建建設, 東急建設, 不動テトラ
セメント・混和材メーカー(6社)	デンカ, 太平洋セメント, トクヤマ, 日鉄高炉セメント, 日鉄セメント, 大和紡績
混和剤メーカー(4社)	花王, 竹本油脂, フローリック, シーカ・ジャパン
プラント関連メーカー(3社)	北川鉄工所, セイア, 日工
生コンメーカー(3社)	磯上商事, 三和石産, 長岡生コンクリート
プレキャスト・CCU材料関連メーカー(18社)	川岸工業, コトブキ技研工業, ジオスター, ケイミューシポレックス, スパンクリートコーポレーション, タイガーチヨダ, ダイワ, 高橋カーテンウォール工業, タカムラ建設, 鶴見コンクリート, 日本コンクリート, 日本コンクリート工業, 日本メサライト工業, ノザワ, ホクエツ, ランデス, 中国高圧コンクリート工業
商社(1社)	三菱商事
計測・システムメーカー(1社)	島津製作所
大学・研究機関等(10大学, 1機関)	金沢工業大学, 九州大学, 芝浦工業大学, 島根大学, 東京大学, 東北大学, 東京理科大学, 東洋大学, 早稲田大学, 東海大学, 産業技術総合研究所

インフラ・建物・街をつくりながらCO₂を削減・固定~建設活動を通じてカーボンニュートラル社会へ貢献~

1. 事業戦略・事業計画

鹿島建設(株)

1. 事業戦略・事業計画 / (1) 産業構造変化に対する認識

カーボンニュートラルへの社会的ニーズを背景に、環境配慮型コンクリートの市場規模が拡大

カーボンニュートラルを踏まえたマクロトレンド認識

(社会面)

- 投資家・顧客・国民のカーボンニュートラルへの関心・期待が拡大。社会・自然環境との関係が深い建設産業では従来以上に積極的な対応が必要。
- 施工機械等のCO₂排出量削減に加え、**CO₂削減・固定建材等、特に環境配慮型コンクリートのニーズが拡大。**

(経済面)

- 経済活動を継続しながらカーボンニュートラルを実現できる**カーボンリサイクル技術**の利用が拡大。早期に社会実装可能な技術として、**環境配慮型コンクリートの市場が15~40兆円/年規模*1に成長(2030年、全世界)。**

*1 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2020)

(政策面)

- 「国土交通グリーンチャレンジ」等をはじめ、**CO₂削減・固定建材等の公共調達における利用拡大、技術基準化等**に向けた施策が加速。
- CO₂の排出削減や排出権取引等のルール整備が進展。各企業の削減目標達成に向け、**CO₂の引取り・固定ニーズ(有償含む)**が発生。

(技術面)

- 環境配慮型コンクリートに関する国内外での研究開発が活発化するなか、**CO₂排出削減・固定量の最大化、用途拡大、コスト低減等が課題。**
- CO₂分離回収(DAC; Direct Air Capture)、サプライチェーン管理(ブロックチェーン)等、スタートアップ発の革新的技術が急速に発展。

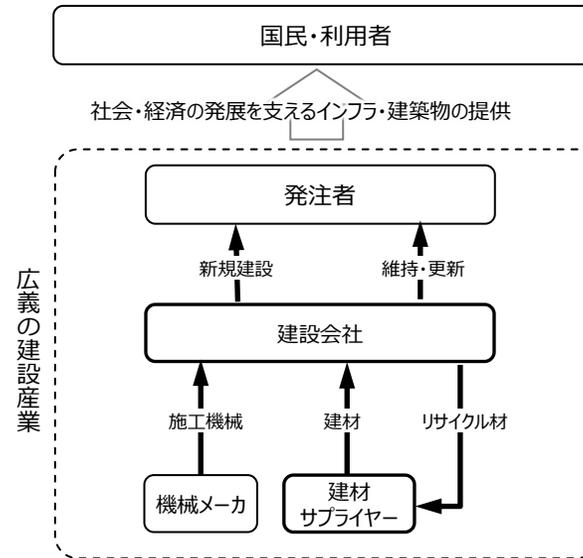
● 市場機会:

- 環境配慮型コンクリート市場が成長するなか、従来品と同等コストで**CO₂削減・固定量を最大化できるコンクリートを開発し、シェア拡大。**工事受注増にも寄与。
- 官庁等の発注者による利用促進に向けた動きに呼応し、中小を含めた**全国の幅広い企業で技術実装できる体制を構築。**技術使用料等を収益源化。

● 社会・顧客・国民等に与えるインパクト:

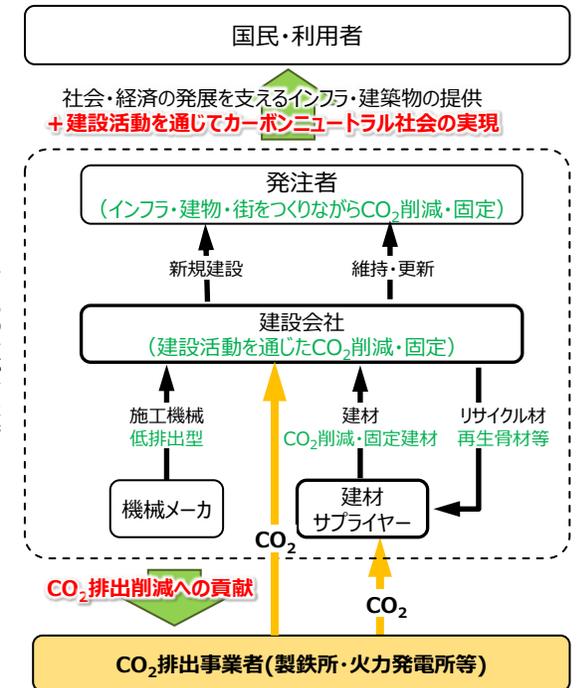
- 建設活動に伴うCO₂排出量削減並びに他産業で発生するCO₂の固定・有効利用**を行うコンクリートの開発・実装で、建設活動を通じてカーボンニュートラル社会へ貢献。

既存の産業アーキテクチャ



広義の建設産業

カーボンニュートラル社会における産業アーキテクチャ



広義の建設産業

● 当該変化に対する事業ビジョン:

**インフラ・建物・街をつくりながらCO₂を削減・固定
~建設活動を通じてカーボンニュートラル社会へ貢献~**

1. 事業戦略・事業計画 / (2) 市場のセグメント・ターゲット

CO₂排出削減・固定量最大化を強みに、成長する環境配慮型コンクリート市場でシェア拡大

市場概要（セグメント分析）

- コンクリート市場のセグメント
 - ① 通常コンクリート
 - ② 環境配慮型コンクリート
 - ・一般的な環境配慮型コンクリート(セメント低減型コンクリート等)
 - ・CO₂排出削減・固定量最大化コンクリート(開発技術)
- 「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」に基づく政府を挙げた施策推進、並びに各発注者の環境配慮への積極的な取組姿勢を背景に、国内で**環境配慮型コンクリートへの転換が着実に進む**と想定。
 - 1) 2030年頃 国内コンクリート出荷量のうち
 - 環境配慮型が占める割合：小～中
 - 2) 2050年頃 国内コンクリート出荷量のうち
 - 環境配慮型が占める割合：大
- 海外市場でも、北米・アジア等で環境配慮型コンクリートの需要が拡大。
政府を挙げた施策推進や各発注者の積極的利用などにより環境配慮型コンクリート市場の成長を想定

ターゲットの概要（目標とするシェア・時期）

国内市場

- CO₂排出削減・固定量の最大化 (削減・固定量310～350kg/m³、うち固定量120～200kg/m³)、有筋構造物・現場施工等への用途拡大、従来品と同等コストを目標とする研究開発を行い、2030年以降に事業化。
- 官庁・学会等との連携・支援の下、技術基準化等の普及活動を展開。自社やコンソーシアム企業はもとより、コンソーシアム外の企業にも技術提供することで、幅広い実装を進めるとともにCO₂削減・固定総量を確保。
- 政府の研究開発・社会実装計画に示された目標普及率（世界シェア 2030年0.1%、2050年4%）も踏まえ、開発技術のシェアを想定し、野心的な取組みを展開。

海外市場

- 国内における事業化実績を踏まえ、2050年カーボンニュートラル社会を見据えて、有望市場国における技術実証並びに市場参画を図る。
- 先行して、既存技術（CO₂-SUICOM等）も適宜活用し、海外のニーズ探索・チャネル構築にも取り組む。

需要家	主なプレイヤー	課題	想定ニーズ
国内公共工事発注者 (主に土木)	中央官庁、地方自治体、 高速道路会社等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 着実なインフラ整備・維持管理とCO₂排出量削減の両立 ・ 中小を含む建設産業の持続的発展 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 費用対効果の高い環境配慮型コンクリートの利用 ・ 同技術の標準化・普及拡大
国内民間工事発注者 (主に建築)	デベロッパー、製造業、物 流、鉄道、電力、ガス等	<ul style="list-style-type: none"> ・ 不動産開発・自社施設建設におけるCO₂排出量の削減 ・ CO₂削減による企業価値の向上 	<ul style="list-style-type: none"> ・ CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの利用 ・ 同技術利用によるCO₂排出削減・固定効果の見える化
海外発注者 (公共・民間)	国内とほぼ同様	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国内需要家と同様 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国内需要家と同様
CO ₂ 排出事業者	電力、製鉄、セメント等	<ul style="list-style-type: none"> ・ カーボンニュートラルへの対応 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 削減困難なCO₂のコンクリートでの受入れ・固定 (有償含む)

1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル

カーボンニュートラル社会の実現に向け、様々な主体と連携し、幅広い社会実装を推進

社会・顧客に対する提供価値

ビジネスモデルの概要

インフラ・建物・街をつくりながらCO₂を削減・固定

- CO₂排出削減・固定量最大化コンクリート（削減・固定量310～350kg/m³、うち固定量120～200kg/m³が可能）を開発し、従来品と同等コストで提供。
- 政府及び各発注者で着実に高まるCO₂排出削減ニーズを捉え、自社はもとより、コンソーシアム以外の企業も含めた技術実装を図り、インフラ・建物・街をつくりながら、カーボンニュートラル社会の実現に貢献する。

① CO₂受入固定に応じた**固定料収益**

② **技術使用料**による収益

③ 排出削減に応じた**環境価値**を提供

■ 産業アーキテクチャ

- ① CO₂を他産業から受入れ、CO₂排出削減・有効利用に貢献
- ② 普及推進組織を立ち上げ、コンソーシアム以外の企業*にも開発技術を提供

■ 特徴

- 【独自性・新規性】 インフラ・建物・街をつくりながら、同時にCO₂を固定し、CO₂排出事業者の排出量削減にも貢献する(③)。
- 【有効性】 地域特性（調達可能な材料等）に応じてCO₂排出削減・固定量を最大化する技術を開発。国内外で幅広く適用し、CO₂削減・固定総量を確保。
- 【実現可能性】 研究会（普及推進組織）を立ち上げ、ライセンス管理、並びにコンソーシアム以外の企業による技術導入支援を行う体制とし、社会実装推進。国内経済・サプライチェーンへの波及効果も創出。
- 【継続性】 環境価値認定機関(第三者機関)と連携し、CO₂固定・削減効果(環境価値)を認定することで、発注者やCO₂排出事業者による取組の見える化を支援。

■ 研究開発

- CO₂排出削減・固定量の最大化 (研究開発項目1-① 参照)
- 鉄筋コンクリート・現場施工を含めた用途拡大 (研究開発項目1-② 参照)
- 一般企業も利用可能な生産システムの確立 (研究開発項目1-② 参照)
- CO₂排出削減・固定量の見える化 (研究開発項目2 参照)

1. 事業戦略・事業計画 / (3) 提供価値・ビジネスモデル (標準化の取組等)

標準化を活用し、コンクリートへのCO₂固定量等を指定した発注ルール形成を推進

海外の標準化や規制の動向

(海外の標準化動向)

- コンクリートのサステナビリティに係る環境製品宣言に向けたルールとしてEN16757:2017、EPD (Environmental Product Declaration) が制定
- 欧州委は、2022年2月、「2022年欧州標準化のための事業計画」中で優先分野一つに「気候変動に適応したインフラとその資材としての低炭素セメント」を選定したと公表
- 米国では2021年12月よりCO₂固定量評価に関わる業界規格制定に向けた作業が進行中 (ASTM WK80282)
- 2023年12月、日本よりCO₂固定量評価手法のISO/PWI 21282を提案

(規制動向)

- 性能規定型の規格体系、公共調達への対応

標準化の取組方針 (標準化以外の場合、その手段あるいは方法を記載)

- 日本コンクリート工学会 (JCI) にて検討が進められている、コンクリートへのCO₂固定量に関する分析手法の規格化 (JIS化⇒ISO化) の早期実現に向けて、データを蓄積する。また、標準化技術開発を進める採択事業3者間連携を通じたCO₂固定量評価方法の海外標準化 (2026年度目標) を踏まえて、戦略的に技術開発を進める。
- コンクリートへのCO₂固定量を認証する方法論策定に積極的に関与し、開発技術が正当に評価されるルール作りを取組んでいく。

知財、その他規制等に関する取組方針・内容

- コンクリートへのCO₂固定量を管理・モニタリングする手法を開発し、同手法をノウハウ・知財化することで、他国への展開を有利に進める。
- コンクリートへのCO₂固定量や建設物のカーボンフットプリントを指定した発注ルールの形成に向けた取組みを進める。

⇒対象市場を検討しつつ、環境配慮型コンクリート自体の標準化～市場獲得に向けた戦略について検討を進める

標準化の取組内容 (全事業期間通じて)

国際標準化

(標準化によるイノベーション基盤の構築)

- 日本コンクリート工学会 (JCI) にて検討が進められている、コンクリートへのCO₂固定量に関する分析手法の規格化 (JIS化⇒ISO化) への対応に、他コンソ企業とも連携して積極的に取り組む
- 採択事業3者間の連携を通じてCO₂固定用評価方法のISO制定 (2026年度目標) を目指す。

民間認証

(業界コンセンサス形成による新たな基準の策定)

- CCS+ initiativeに参画し、ボランタリークレジット認証のための方法論策定におけるコンクリートへのCO₂固定に関する技術情報提供および方法論ドラフトへの意見提出等を実施。
- Green x Digital コンソーシアムに参画し、CO₂データ連携基盤ルール構築への情報提供、意見交換を実施。

1. 事業戦略・事業計画 / (4) 経営資源・ポジショニング

カーボンネガティブコンクリートの開発実績を活かし、さらなる付加価値向上・普及拡大に挑戦

自社の強み、弱み (経営資源)

ターゲットに対する提供価値

1. インフラ・建物・街をつくりながらカーボンネガティブへ貢献 (発注者)
2. CO₂受入れ・有効利用による排出削減への貢献 (CO₂排出事業者)
 - ・特殊混和材・CCU骨材等の開発・組合せにより、CO₂排出削減・固定量を最大化 (削減・固定量310~350kg/m³、うち固定量120~200kg/m³)
 - ・各地域における材料の特性 (材料の状態・組成) 等を考慮したコンクリート配合・生産方法等の確立
 - ・CO₂排出削減・固定量の見える化とコンクリートの長期的な品質評価



自社の強み

- ・製造過程でのカーボンネガティブを世界に先駆けて実現するコンクリート技術を開発した実績 (ノウハウ、研究体制)
- ・CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートを様々な構造物に適用するために必要な構造物設計・施工等の技術力

自社の弱み及び対応

- ・特殊混和材・CCU骨材等の個別材料、PCaコンクリート製品の製造、CO₂排出削減・固定量の見える化に関する技術的知見が不十分
→各分野で高い知見を有する企業とコンソーシアムを組成し、我が国の技術を結集した革新的な研究開発を推進
- ・開発技術の普及に向けた市場環境整備に直接関与することは困難
→技術基準・発注仕様等への適用、各種優遇策の導入等に向け、関連省庁・学会等と連携して検討
→道路事業者の技術基準策定への情報提供
- ・自社で利用可能なコンクリート数量だけでは十分な社会実装が困難
→普及推進組織等を通じた様々な企業への技術提供を検討
- ・開発技術の海外展開に向けた販売網等を保有していない
→コンソーシアム内の総合商社等と協力し、有望市場国におけるパートナー企業探索、チャネル構築を図る
→欧米のパートナー企業候補の情報収集を継続

競合との比較

	技術	顧客基盤	サプライチェーン	その他経営資源
自社	(現在) ・現時点では 無筋PCaを対象 (養生槽内でCO ₂ をコンクリートに固定) ・コンクリート生産での カーボンネガティブ を世界で初めて実現 ↓	(現在) ・国内10数か所での適用実績 ・開発メンバー企業の 自社案件 ・受注案件が主体 ↓	(現在) ・専用の生産設備がなく、全国あるいは大量の製品供給は困難 ・少量生産のため コスト高 ↓	(現在) ・自社で研究施設 (技術研究所) を保有 ・コンクリート・環境関連の 専門技術者 を確保 ↓
	(将来) ・生コン及び有筋構造物への 適用範囲拡大 ・各種のCO ₂ 吸収技術を組み合わせ、 CO₂排出削減・固定量をさらに拡大	(将来) ・環境重視の機運の高まりで、 顧客層の拡大 を期待 ・本事業への参画も契機に、国交省等との連携を強化 ・有望市場国に適した技術を開発し、 海外へも展開	(将来) ・生コン・PCaメーカーとの協業により、 全国での供給が可能 な生産技術を確立 ・CO ₂ サプライヤー (排出事業者) との協力関係構築	(将来) ・コンソーシアム各社の 技術力を結集 ・オープンイノベーションも取り入れ、さらなる技術探索 ・将来を担う若手研究者の育成への寄与
競合米S社	・現時点では PCaを対象 (養生槽でCO ₂ をコンクリートに固定) ・コンクリート生産での CO₂排出削減量は最大70%	・舗装・ブロック関連のPCa製品を商用化し展開 ・米政府 (交通省、エネルギー省、環境保護庁等) と研究開発で連携	・ 北米と欧州に生産設備 を保有 ・CO ₂ サプライヤーとの協力関係あり	・資金調達額 約3億ドル ・従業員 約60名 ・特許登録数 150件以上 ・セメント大手との共同開発
競合加C社	・ 生コン・PCaを対象 (練り混ぜ時にCO ₂ を注入して固定) ・コンクリート生産での CO₂排出削減量は5%未満 (当社試算)	・北米にて20カ所以上のプロジェクトで使用実績 ・低炭素コンクリート義務化の法整備もあり、注目拡大 ・環境を重視するIT大手企業等が出資	・ 北米等において約300の生コン工場 と契約し、生産体制確立 ・CO ₂ サプライヤーとの協力関係あり	・従業員 約80名

競合はいずれも単一技術をベースとしており、カーボンネガティブは未達成 (将来、開発技術との連携によりさらなる高度化の可能性を考慮)

1. 事業戦略・事業計画 / (5) 事業計画の全体像

10年間の研究開発の後、2031年度頃の事業化着手、2039年度頃の投資回収を想定

投資計画

- 本事業終了後も自社費用による研究開発・設備投資を継続しつつ、2031年頃の事業化を目指す。
- 差別化技術として適用を始め、最終的にはCO₂固定処理費と技術使用料による収益で、2039年頃に投資回収の見込み。

	研究開発 → 2021~30年度	事業化 ▼ 31年度	32年度	33年度	34年度	...	38年度	39年度	2039年度 まで合計
収益				収益 約23.4億円 (累計)					約23.4億円
研究開発費 設備投資	約3.7億円 (自己負担額) -			研究開発費 約4.5億円 (累計) 設備投資 約13.5億円 (累計)					約21.7 億円
取組の段階	研究開発 事業化準備	事業化着手	普及推進	→				投資回収	-
CO ₂ 削減効果 開発技術全体	-	150~500万t/年							約3,000万t

* 政府を挙げた施策推進や各発注者の積極的利用などにより環境配慮型コンクリート市場が成長するとの想定に基づく試算

1. 事業戦略・事業計画 / (6) 研究開発・設備投資・マーケティング計画

CO₂排出削減・固定量の最大化・見える化、用途拡大、技術基準化等の普及促進策を展開

研究開発・実証

設備投資

マーケティング

取組方針

CO₂排出削減・固定量最大化

- CO₂固定型混和材・CCU骨材・微粉等の開発、低CO₂排出型セメントを含めた複合利用により、CO₂排出削減・固定量を最大化

国内外の地域特性を考慮した多様な技術構成

- 地域で得られる材料に応じたコンクリート配合等（コスト及びLCCO₂の低減）
- 大型・有筋を含むPCa製品、現場施工の鉄筋コンクリート構造への用途拡大

CO₂削減・固定量の見える化

- 材料～製造～施工の建設工事一連のCO₂モニタリングシステムを開発
- スタートアップ等とも協力し、様々な関係者のCO₂削減・固定量をモニターできる仕組みを検討

建材サプライヤーのニーズを踏まえた研究開発

- 主要PCaメーカー複数社が参画するコンソーシアムを形成
- PCa製造プロセスを考慮した設備・製造法（CO₂養生等）を開発

施工性を考慮したCO₂現場養生設備の開発

- 主要ゼネコン複数社が参画するコンソーシアムを形成
- 現場の施工性・安全性等を考慮した設備・施工法（CO₂養生等）を開発

供給体制構築に向けた注力エリアの設定

- 国内地域別のコンクリート需要を予測し、供給パートナー、供給設備の導入を含む体制構築の注力エリアを設定

技術基準化等による普及拡大

- コンクリートの基本性能（強度、耐久性等）並びにCO₂削減・固定性能を定量評価
- 万博等での実証を通じた国内外の発注者へのPR、並びに実績データの取得・発表 **JCI等の学会活動に積極参画**
- 発注者・学会等と連携し、技術基準化を推進
- 関連省庁等と連携し、各種優遇策（例：補助金等）を検討

中小を含む様々な企業で技術実装可能な体制の確立

- 研究会（普及推進組織）を立ち上げ、ユーザー企業の技術導入を支援（運用マニュアル提供等）
- 海外有望市場国における事業展開の検討

CO₂削減・固定による環境価値の活用促進

- 第三者機関とも連携し、CO₂固定により生まれる環境価値をクレジット等の枠組を利用して定量化（付加価値の見える化）

進捗状況



国際競争上の優位性

CO₂排出削減・固定量最大化

- CO₂排出削減・固定量の最大化により、他の環境配慮型コンクリート技術と差別化

国内外の地域特性を考慮した多様な技術構成

- 海外を含む各地のニーズ（生コン・PCa製品、地産地消の材料選定等）への対応による幅広い技術実装

CO₂削減・固定量の見える化

- CO₂排出削減・固定量最大化の優位性を明示

建材サプライヤーのニーズを踏まえた研究開発

- 各PCaメーカーが過大な設備投資を行わず、低コストで導入可能な技術として展開

施工性を考慮したCO₂現場養生設備の開発

- 各ゼネコンが安全かつ低コストで利用可能な技術として展開

技術基準化等による普及拡大

- 技術基準化により、地方自治体等を含めた様々な発注者による利用を促進

中小を含む様々な企業で技術実装可能な体制の確立

- コンソーシアム以外の企業を含め、幅広い技術実装
- 技術使用料を回収し、普及推進に向けた持続的な活動を確保

CO₂削減・固定による環境価値の活用促進

- 環境価値の定量化により、排出量削減への対応が求められるCO₂排出事業者による利用を促進

国の支援に加え、2030年度までに3.7億円規模の自己負担を予定

資金調達方針

	2021 年度	...	2030 年度	...
事業全体の資金需要	約97.0億円 (累計)			本事業期間の終了後も、開発成果の社会実装に向けて 研究開発投資4.5億円程度、設備投資13.5億円程度 を行う予定
うち研究開発投資	約97.0億円 (累計)			
国費負担※ (委託又は補助)	約93.3億円 (累計)			
自己負担	約 3.7億円 (累計)			

※インセンティブが全額支払われた場合

※コンソーシアム（鹿島，デンカ，竹中工務店）
共通の内容

2. 研究開発計画

研究開発の全容に関するご説明【提案の背景】

環境配慮型コンクリートは、大きく3つの技術に分類される

① セメント低減型コンクリート（たとえばECM, CemR3など）

セメント製造時に多量のCO₂が排出されることを鑑み、セメントの一部または全部を、産業副産物である高炉スラグ微粉末やフライアッシュ、再生セメント等に置き換えることで、計算上のCO₂排出量を低減したコンクリート

② CO₂固定型コンクリート（たとえばCO₂-SUICOMなど）

CO₂と反応する材料を配合して、CO₂を接触させる『炭酸化養生』を行うことで、実際にコンクリート中にCaCO₃としてCO₂を固定化することができるコンクリート

③ CCU材料活用型コンクリート（たとえばエコタンカル、CO₂固定材料など）

廃コンクリート等の廃棄物由来のCa分にあらかじめCO₂を反応させて、CaCO₃の粉末や骨材を製造し、それらを材料として練り混ぜることでCO₂を固定化したコンクリート

CCU : *Carbon Capture and Utilization*

研究開発の全容に関するご説明【提案の方向性】

① + ② + ③の技術を融合・高度化・低コスト化することで、CO₂削減・固定量310~350kg/m³、うちCO₂固定量120~200kg/m³となるコンクリートを開発

① セメント低減型 コンクリート技術

ECM
竹中・鹿島ら



セメント



高炉スラグ
(鉄鋼副産物)



石膏
(発電時の副産物)



再生セメント CemR3
鹿島ら

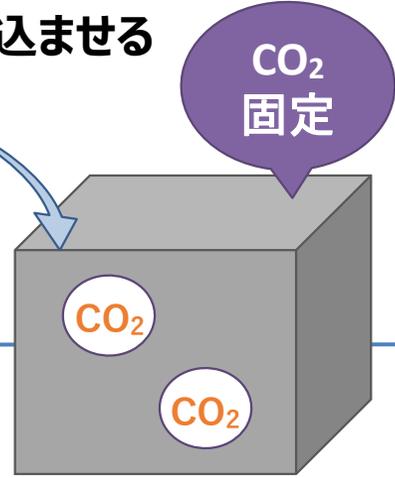
② CO₂固定型コンクリート技術

CO₂-SUICOM
鹿島・デンカ・中国電力・ランデス



CO₂と反応して硬化
する特殊な粉体

炭酸化養生で
CO₂を吸い込ませる



① + ② + ③

**更なる
カーボンネガティブが
可能に!**

③ CCU材料活用型コンクリート技術

CCU微粉
炭酸カルシウム



+

CCU骨材



コンクリートへCCU材料を
大量に混ぜる技術

エコタンカル
日本コンクリート工業・鹿島

CCU材料
竹中工務店

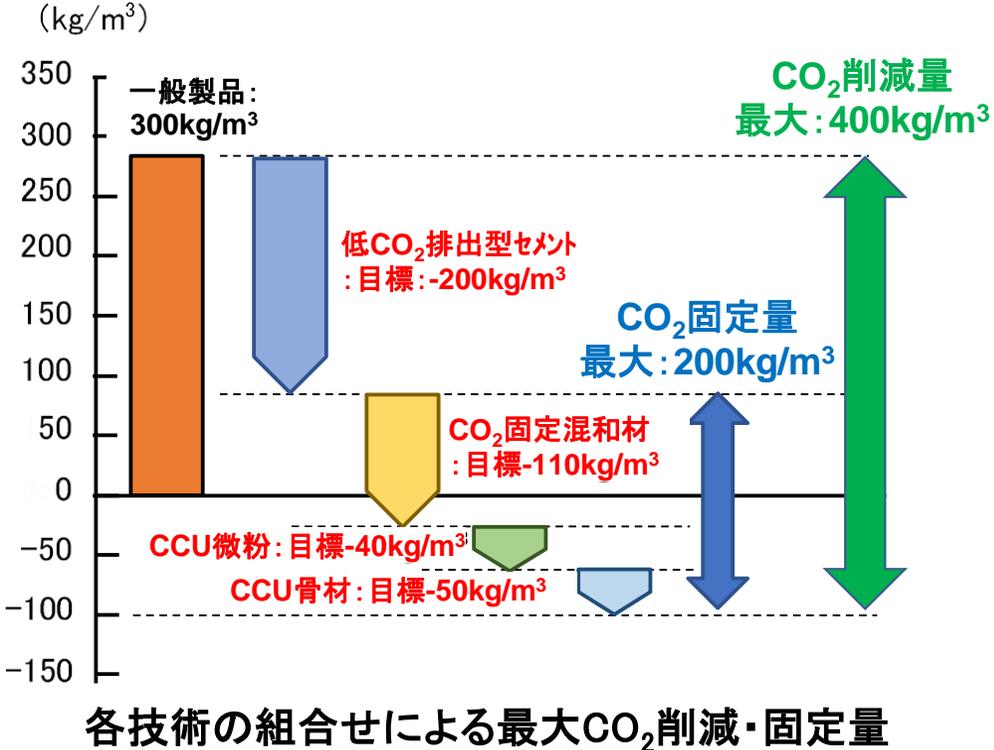
研究開発の全容に関するご説明（各項目の実施概要）

【研究開発項目1-①】

CO₂排出削減・固定量を最大化できる使用材料の選定に関する研究開発

- (1) 各種Ca源を利用したCO₂固定型混和材の開発（普及展開に向けた大量製造技術の確立を含む）
- (2) CCU骨材・微粉等の製造技術開発（普及展開に向けた大量製造技術の確立を含む）
- (3) 低CO₂排出型セメントと各種CO₂固定技術の組合せによる革新的カーボンネガティブコンクリートの開発
 👉 地域性・材料特性を考慮しつつ、CO₂排出量最小となる配合・材料設計手法の確立

	水	セメント・混和材	細骨材	粗骨材
一般				
本研究		 CO ₂ 固定型混和材	 CCU骨材（改質再生材）	
		 低CO ₂ 排出型セメント	 CCU微粉	 CCU骨材（副産物造粒）



研究開発の全容に関するご説明（各項目の実施概要）

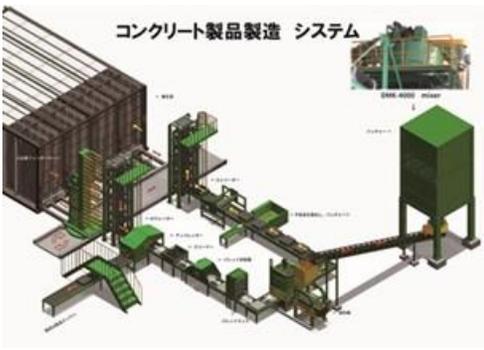
【研究開発項目1-②】

CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの革新的排出削減・固定試験及び製造システムに関する技術開発

(1)大型プレキャストコンクリートの革新的CO₂排出削減・固定技術および適用技術の開発



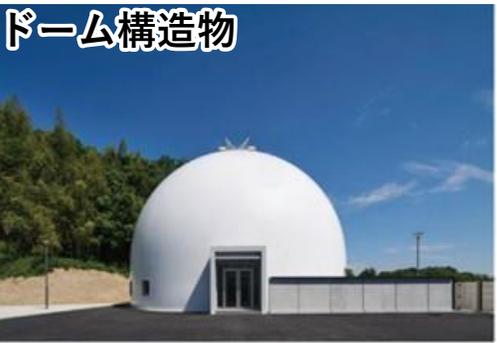
CO₂排出量を評価でき、エネルギー最小となるコンクリート製造プラントの試験構築と実証



各PCa製品に応じたコンクリートの製造～養生(CO₂排出削減・固定)プロセス開発と、製品としての品質性能評価



(2)対象構造物に応じた現場打設コンクリートの革新的CO₂排出削減・固定・適用技術開発



構造物に適したCO₂排出削減・固定方法の開発, および製造性・施工性の実証

(3)事業性評価及び海外展開を含めた社会実装検討

研究開発の全容に関するご説明（各項目の実施概要）

【研究開発項目2】

CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの品質管理・固定量評価手法に関する技術開発

- (1) CO₂固定量の評価手法の開発
- (2) CO₂固定量の品質管理・モニタリングシステム開発
- (3) フィールド検証等によるコンクリートの品質とCO₂削減・固定量の評価

(1) 各種CO₂分析機器を用いたCO₂固定量評価・分析手法の最適化と検証

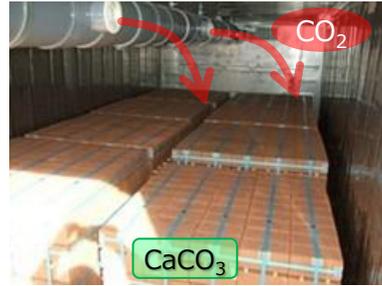


TOC(全有機体炭素計)

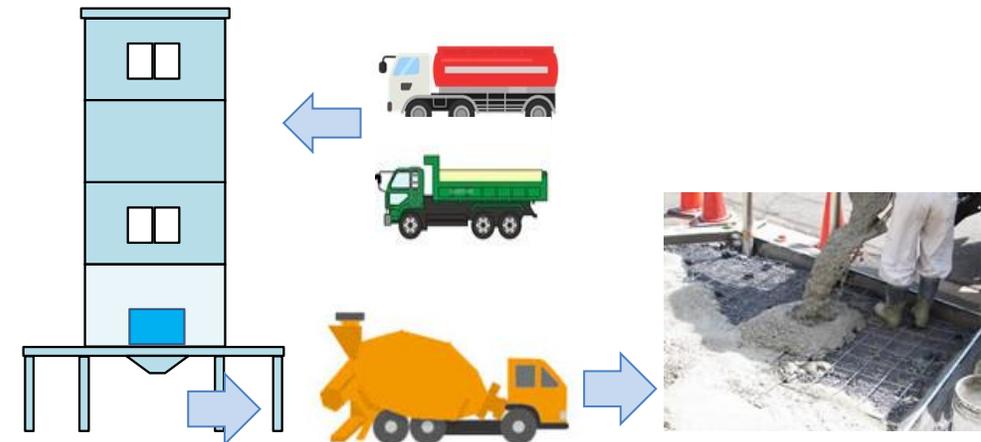


無機炭素分析

(2)-1. コンクリートへのCO₂固定による槽内CO₂消費モニタリングシステムの開発と検証



(2)-2. 材料～製造～施工の一連の建设工程を踏まえたLCCO₂評価システムの開発と検証



(3) 開発したコンクリートのフィールド暴露によるコンクリートの耐久性等の評価とCO₂削減・固定量の評価及び検証



2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

カーボンニュートラル～ネガティブ化というアウトプット目標を達成するためにKPIを設定

1-①(1).各種Ca源等を活用したCO₂固定型混和材の開発

研究開発項目

1-① CO₂排出削減・固定量を最大化できる
使用材料の選定に関する研究開発
(1).各種Ca源等を活用したCO₂固定型混和材の開発

アウトプット目標

※コストは一般的なコンクリート製造時との比較将来、CO₂排出コストが見込まれることも含む

- ・CO₂排出量削減・固定量の最大化：CO₂削減量310～350kg/m³
(うち固定量120～200kg/m³)
- ・既存製品と同等のコストを実現するCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの製造システムの確立※

研究開発内容

1 化学工場内で発生する未利用Ca等廃棄物を利用したCO₂固定型混和材の開発

2 未利用Ca等廃棄物を活用したCO₂固定型混和材の開発

3 既存セメントプラント活用技術の開発

KPI

・副生消石灰に含まれる不純物の影響を考慮した配合・焼成条件の見極めによるCO₂固定型混和材の製法確立（量産化含む）
（年産250t以上体制の確立）

・副生消石灰以外の地域性に対応できる未利用Ca等廃棄物の選定（1種以上）
・未利用Caを活用したCO₂固定型混和材の組成設計の確立（1種以上）
・LCCO₂削減+資源循環を両立させたCO₂固定型混和材の開発と知的財産権化（発明10件以上）

・地域性に対応できるセメントメーカーの既存セメントプラントでの製造技術の確立（設備改造、生産能力、立地等）（試製1回以上）

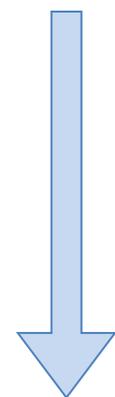
KPI設定の考え方

・二酸化炭素固定量を最大限に活用するには、CO₂固定型混和材を製造することが必要

・幅広い社会実装、地域における調達状況を考慮した未利用Ca等廃棄物の最大利用
・社会実装を見据えた材料設計
・海外でのライセンスビジネスを想定した知的財産権の確保

・幅広い社会実装を考慮した生産体制の構築
・既存製品（=コンクリート）と同等以下のコスト実現に向けたコスト低減

少量
高品質



大量
汎用性 20

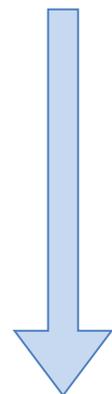
2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1-①(1).各種Ca源等を活用したCO₂固定型混和材の開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1	化学工場内で発生する未利用Ca等廃棄物を利用したCO ₂ 固定型混和材の開発	副生消石灰に含まれる不純物の影響を考慮した配合・焼成条件の見極めによるCO ₂ 固定型混和材の製法確立 (年産250t以上体制の確立)	他製品プラントを活用した年産250t以上体制の確立 (TRL8:実機での初期的商用稼働)	<ul style="list-style-type: none"> 化学工場内で発生する未利用Ca等廃棄物の有効活用 - CO₂排出原単位 CO₂固定型混和材生成のメカニズム体系的整理 他製品プラントを活用した製造実証 <ul style="list-style-type: none"> - 原料品質の影響評価 - コスト (CAPEX/OPEX)、事業採算性評価 	品質担保しつつ、コンクリートでのCO ₂ 削減量 -50kg/m ³ -コン以上への寄与 (100%)
2	未利用Ca等廃棄物を活用したCO ₂ 固定型混和材の開発	<ul style="list-style-type: none"> 副生消石灰以外の未利用Ca等廃棄物の選定 (1種以上) 未利用Caを活用したCO₂固定型混和材の確立 (1種以上) CO₂固定型混和材の開発と知的財産権化 (10件以上) 	技術コンセプトの構築段階 (TRL3:試験環境下での初期プロトタイプ実証)	<ul style="list-style-type: none"> 未利用Ca等廃棄物の選定 <ul style="list-style-type: none"> - 地域に応じたLCCO₂観点からの合理的な調達 - 原料の持続的な調達可能性 既存セメントプラントの設備構成に合わせたCO₂固定型混和材の開発 原料品質が混和材に与える影響評価 エネルギー由来CO₂の削減検討 <ul style="list-style-type: none"> - 廃棄物のエネルギー-利用検討 - CO₂フリー燃料の検討 	品質担保しつつ、CO ₂ 削減量 -110kg/m ³ -コンへの寄与、製造手法・指針 (100%)
3	既存セメントプラント活用技術の開発	地域性に応じたセメントメーカーのキルンでの製造技術の確立(設備改造、生産能力、立地等) (試製1回以上)	技術コンセプトの構築段階 (TRL3:試験環境下での初期プロトタイプ実証)	<ul style="list-style-type: none"> 効率的なCO₂固定型混和材の製造手法の開発 <ul style="list-style-type: none"> - キルン焼成時のエネルギー由来CO₂削減 - CO₂排出原単位 CO₂固定型混和材のレトロフィット製造に必要な要素技術(設備)の調査・選定 <ul style="list-style-type: none"> - コスト (CAPEX/OPEX)、事業採算性評価 - ラボスケール品に対する妥当性検証 	・既存セメント工場でのCO ₂ 固定型混和材の製造実証 (50%)

少量
高品質



大量
汎用性

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
1 化学工場内で発生する未利用Ca等廃棄物を利用したCO ₂ 固定型混和材の開発	CO ₂ 固定型混和材の製造条件を整理し、生成メカニズムとの関係を明らかにする。	・代表的な不純物混入によって、焼成物の鉱物組成へ与える影響を評価。 ・候補原料を対象に代表的な不純物の変動を分析調査。	○ (理由) ・一部の不純物は、製品の鉱物組成へ影響与えるものの、CO ₂ 固定量は影響しない可能性。
2 未利用Ca等廃棄物を利活用したCO ₂ 固定型混和材の開発	未利用Ca源等を原料として有望であるものを選別する。	・未利用Ca源等を一部原料とするCO ₂ 固定型混和材を小試試作・評価した。 ・一次調査より現時点で法規制、品質安定性、及び収集し易さ等を評価し、候補原料を選定。候補原料の組成やCO ₂ 固定化時の強度発現性等について評価着手。	○ (理由) ・未利用廃棄物の一次調査を受け、発生源元とコンタクトを開始。 ・サンプルを入手のうえCO ₂ 固定能等を評価中。
3 既存セメントプラント活用技術の開発	レトロフィット製造に必要な要素技術 (設備) の調査、及び設備仕様の決定に向けて必要なデータ収集を進める。	・内燃式小型キルンの詳細仕様を定めた。 ・実機セメントプラント内でのH ₂ 混焼テストに向けて、法令対応に基づく試験計画を策定した。	△ (理由) ・仕様を定め、設備投資を進めているが、材料不足等による工事遅れが予想

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

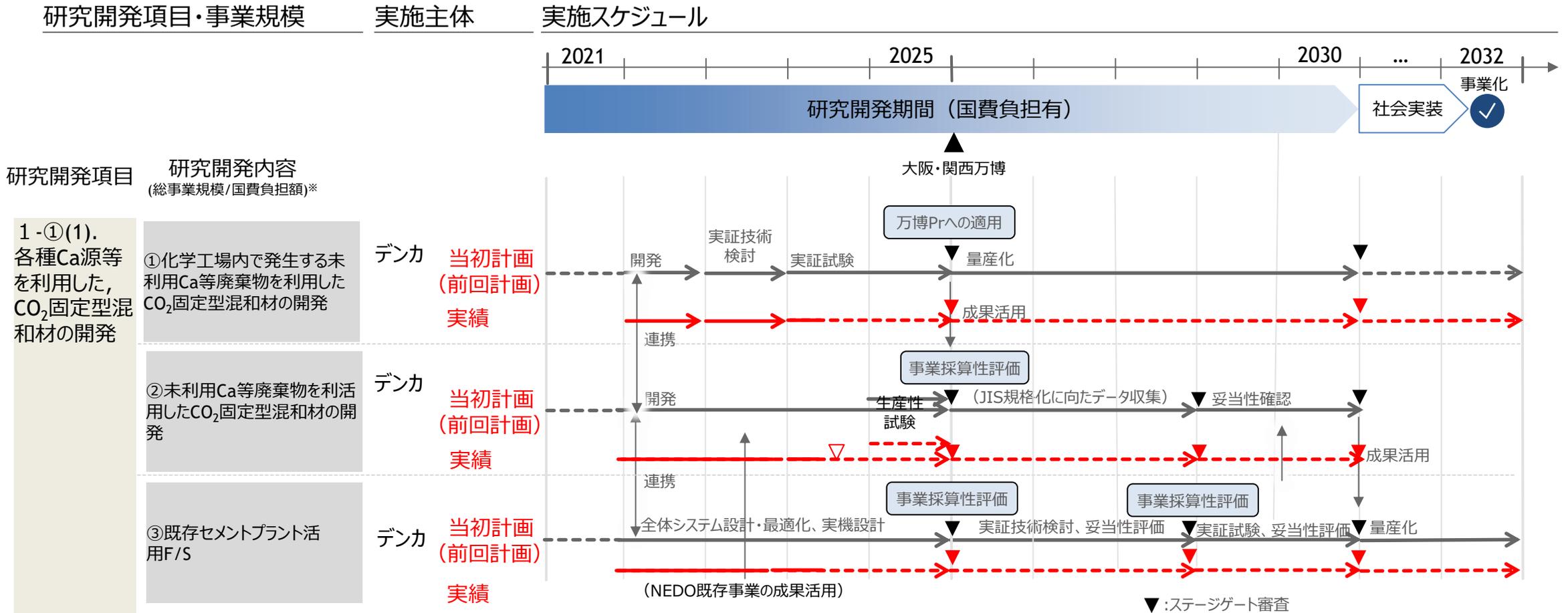
個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 化学工場内で発生する未利用Ca等廃棄物を利用したCO ₂ 固定型混和材の開発	CO ₂ 固定型混和材の製造条件を整理し、生成メカニズムとの関係を明らかにする。	<ul style="list-style-type: none">原料一つとなるSiO₂源から混入する不純物の影響把握。工業的に目標組成となるように制御するための因子把握。不純物がCO₂固定型混和材を用いたコンクリートの耐久性に与える影響。	○ (理由) 工業原料ベースでのSiO源探索、及び組成安定化の検討、耐久性試験の実施
2 未利用Ca等廃棄物を利活用したCO ₂ 固定型混和材の開発	未利用Ca源等を原料として有望であるものを選別する。	<ul style="list-style-type: none">Ca源となる未利用廃棄物は多様な物質が含まれるため、製品原料としての適正が不明。未利用廃棄物の品質管理や組成変動が不透明で、工業スケールにおける適正が不明。	○ (理由) セメントスラッジは、入手サンプルより組成変動の検査や①の知見を基にした原料としての適性を評価予定。
3 既存セメントプラント活用技術の開発	レトロフィット製造に必要な要素技術(設備)の調査、及び設備仕様の決定に向けて必要なデータ収集を進める。	<ul style="list-style-type: none">結果の妥当性検証。	○ (理由) 小試の追加試験やシミュレーションソフト活用。 ・実機設備での試験を予定。

2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

1-①(1). 各種Ca源等を活用したCO₂固定型混和材の開発



2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

カーボンニュートラル～ネガティブ化というアウトプット目標を達成するためにKPIを設定

1-①(2). CCU骨材・微粉等の製造技術開発

研究開発項目

- 1-① CO₂排出削減・固定量を最大化できる使用材料の選定に関する研究開発
- (2) CCU骨材・微粉等の製造技術開発

アウトプット目標

※コストは一般的なコンクリート製造時との比較将来、CO₂排出コストが見込まれることも含む

- ・CO₂排出量削減・固定量の最大化：CO₂削減量310～350kg/m³（うち固定量120～200kg/m³）
- ・既存製品と同等のコストを実現するCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの製造システムの確立※

研究開発内容

1 Ca含有副産物等を利用したCCU骨材の製造技術開発

KPI

コンクリート用骨材としての品質を満足しつつ、カーボンニュートラルを達成できるCCU骨材の製造技術を2026年までに確立

KPI設定の考え方

CCU骨材の製造にはCO₂固定、造粒から成型の複数の工程が必要であり、CO₂固定と製造時のエネルギー抑制がカーボンリサイクルの観点で重要

2 LCCO₂を最小化できるCCU微粉の大量製造技術開発

残コン・戻りコン等の未利用資源を活用したカーボンニュートラルCCU微粉の大量製造技術を確立
・2026年まで残コン等からの製造技術を確立
・2030年までに異業種の未利用資源かの製造技術を確立

未利用資源として存在する残コン・戻りコン、化学工場廃水および廃海水は、Caのみならず様々な元素や材料が含有されており、コンクリートに悪影響の無い炭酸塩を最小エネルギーで大量に製造する技術を確立することが重要

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

カーボンニュートラル～ネガティブ化というアウトプット目標を達成するためにKPIを設定

1-①(2). CCU骨材・微粉等の製造技術開発

研究開発項目

- 1-① CO₂排出削減・固定量を最大化できる使用材料に関する研究開発
- (2) CCU骨材・微粉等の製造技術開発

アウトプット目標

※コストは一般的なコンクリート製造時との比較将来、CO₂排出コストが見込まれることも含む

- ・CO₂排出量削減・固定量の最大化：CO₂削減量310～350kg/m³（うち固定量120～200kg/m³）
- ・既存製品と同等のコストを実現するCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの製造システムの確立※

研究開発内容

3 CO₂固定微粉の製造技術の開発

4 CO₂固定した改質再生骨材の製造技術の開発

5 CO₂固定微粉・改質再生骨材のLCA、事業化の検討

KPI

- ・実機製造技術の確立/実証設備の構築
- ・CO₂固定量 原料微粉質量比で目標値確保

- ・実機製造技術の確立、実証設備の構築
- ・CO₂固定量 原料に対する質量比で目標値確保（細骨材）

- ・解体コンクリートの全量利用を前提としたLCA評価の構築
- ・事業性評価手法の構築

KPI設定の考え方

- ・CO₂固定微粉を供給できる体制を構築する必要
- ・解体コンクリート中から効率的にカルシウム源を多く含む微粉を回収し固定化

- ・CO₂固定改質再生骨材（細骨材、粗骨材）を供給できる体制を構築する必要
- ・解体コンクリートから効率的に骨材を回収し残存カルシウムにCO₂を効率的に固定する方法が必要

CO₂排出地、CO₂固定地、固定方式を考慮して、資源である解体コンクリートを全量利用する際のLCA評価が必要

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1-①(2). CCU骨材・微粉等の製造技術開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
<p>1 Ca含有副産物等を利用したCCU骨材の製造技術開発</p>	<p>コンクリート用骨材としての品質を満足しつつ、カーボンニュートラルを達成できるCCU骨材の製造技術を2026年までに確立</p>	<p>材料選定を含めた技術コンセプトをラボレベルで検証している段階 (TRL3)</p>	<p>コンクリート用骨材レベルでの製造・使用に係る大規模実証 (TRL6)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 造粒時の材料・環境(温度圧力等)の最適化 <ul style="list-style-type: none"> 方式① ディスクベレッタ法 方式② パン型造粒法 方式③ ボールミル法 CO₂の固定化方法の最適化 <ul style="list-style-type: none"> 方式① 常圧炭酸化法 方式② バキューム炭酸化法方式 方式③ 初期材齢炭酸化法 	<p>軽量骨材としての品質は実現可能、一般構造物レベルまでの適用がチャレンジング (80%)</p>
<p>2 LCCO₂を最小化できるCCU微粉の大量製造技術開発</p>	<p>残コン・戻りコン等の未利用資源を活用したカーボンニュートラルCCU微粉の大量製造技術を確立 ・2026年まで残コン等からの製造技術を確立 ・2030年までに異業種の未利用資源からの製造技術を確立</p>	<p>一部の未利用資源でラボレベルでのCCU微粉製造を検証した段階 (TRL3~4)</p>	<p>各種未利用Caを用いた商用前大規模実証 (TRL7)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 実証試験機を用いた大量製造の検証 未利用資源の在姿に応じた最適なCCU微粉の製造方法の選定手法開発 各種周辺産業との連携 (工場排熱, 工場排ガス等) による省エネルギー型のCCU微粉製造方法の開発 	<p>コンクリートスラッジから炭酸カルシウム粉を少量製造する技術は確立済。それ以外の未利用資源への適用がチャレンジング (90%)</p>

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1-①(2). CCU骨材・微粉等の製造技術開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
3	CO ₂ 固定微粉の製造・利用技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・製造技術構築 ・評価方法確立 ・CO₂固定量 	ラボレベル (TRL 3) ⇔ 目標CO ₂ 固定量を実証機で実現 (TRL 6-7)	<ul style="list-style-type: none"> ・セメント系廃材からの微粉回収技術の開発 ・CO₂固定微粉に適したCO₂固定量の評価手法の確立 	100%
4	CO ₂ 固定改質再生骨材の製造・利用技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・製造技術構築 ・評価法確立 ・CO₂固定量 	ラボレベル (TRL 3) ⇔ 目標CO ₂ 固定量を実証機で実現 (TRL 6-7)	<ul style="list-style-type: none"> ・セメント系廃材からの骨材成分回収技術の開発 ・CO₂固定改質再生骨材に適したCO₂固定量の評価手法の確立 	100%
5	CO ₂ 固定微粉・改質再生骨材のLCA、事業化の検討	<ul style="list-style-type: none"> ・解体コンクリートの全量利用を前提としたLCA評価の構築 ・事業性評価手法の構築 	机上検討、基礎データ取得中 (TRL 3) ⇔ 処理サイト立地・処理法・経済性評価ツール構築 (TRL 6-7)	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂固定処理時のCO₂負荷、コストの把握 ・LCAを考慮した処理工場設置計画の検討 ・CCU材料の販売価格の調査 	ツール 80% 評価手法構築 100%

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
1 Ca含有副産物等を利用したCCU骨材の製造技術開発	CN・CCU人工骨材について2024年度中を目安に実験室レベルで骨材のプロトタイプを開発, さらに製造技術の要素技術を2026年度までに確立	①CO ₂ 吸収骨材の試作と骨材性能評価 ②CO ₂ 吸収骨材の炭酸化方法の検討 ③CCU骨材試作品を使ったコンクリート評価	① ○ (計画通り) ② ○ (計画通り) ③ ○ (計画通り)
2 LCCO ₂ を最小化できるCCU微粉の大量製造技術開発	残コン・戻りコン等の未利用資源を活用したカーボンニュートラルCCU微粉について, 2024年度中に大量製造のパイロット設備の導入	①スラッジ固形分からCCU材料を製造するための実験計画の立案と施設・装置の基本設計を実施 ②CCU材料の実験計画の立案と一部実施	① ○ (計画通り) ② ○ (計画通り)

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
3 CO ₂ 固定微粉の製造・利用技術の開発	・湿式、乾式の各装置規模において製造条件の最適化の検討	・湿式CO ₂ 固定装置プロトタイプ装置を湿式再生骨材プラントの処理フローの中に構築 ・乾式：テスト機で運転条件の最適化を検討し、量産化に適したテスト機2の設計、製作を完了、製造試験を実施中	○ (計画どおり)
4 CO ₂ 固定改質再生骨材の製造・利用技術の開発	・湿式、乾式の各装置規模において製造条件の最適化の検討	・同上 ・乾式、湿式の処理条件が製品品質に及ぼす影響についてメカニズムを検討し論文発表	○ (計画どおり)
5 CO ₂ 固定微粉・改質再生骨材のLCA、事業化の検討	・CCU材料のLCA概算 ・事業形態の素案提示	・これまでに得られた成果からLCAおよび事業条件の再整理、CCU材料のビジネスモデルを検討	○ (計画どおり)

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 Ca含有副産物等を利用したCCU骨材の製造技術開発	CN・CCU人工骨材について2024年度中を目安に実験室レベルで骨材のプロトタイプを開発, さらに製造技術の要素技術を2026年度までに確立	試作した人工骨材CO ₂ 吸収固定量の定量的把握とコンクリート材料としての適用性評価 事業性を考慮した廃棄物等人工骨材原材料の選定 CCU骨材製造のための炭酸化養生設備のスケールアップの具体化 CO ₂ 吸収固定の高速化、吸収固定量の増大	○ 熱分析試験を実施結果をみて, 使用材料, 骨材造粒方法, 養生方法適宜見直す
2 LCCO ₂ を最小化できるCCU微粉の大量製造技術開発	残コン・戻りコン等の未利用資源を活用したカーボンニュートラルCCU微粉について, 2024年度中に大量製造のパイロット設備の導入	試作したCCU材料のCO ₂ 固定量の定量把握とコンクリート材料としての適用性評価	○ CO ₂ 固定量, 排出量およびコンクリート材料試験の結果を鑑み, 使用材料, 製造方法などを変更して検討

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
3 CO ₂ 固定微粉の製造・利用技術の開発	・湿式、乾式の各装置規模において製造条件の最適化の検討	・プロトタイプ装置を湿式再生骨材プラントの処理フローの中に構築 ・乾式：テスト機2の検討を踏まえ、次ステップ装置の仕様検討	○
4 CO ₂ 固定改質再生骨材の製造・利用技術の開発	・湿式、乾式の各装置規模において製造条件の最適化の検討	・同上 ・乾式、湿式の処理条件が製品品質に及ぼす影響についてメカニズムを検討し論文発表	○
5 CO ₂ 固定微粉・改質再生骨材のLCA、事業化の検討	・CCU材料のLCA概算 ・事業形態の素案提示	・スケールアップした装置や処理プラント全体を想定したLCA関連データの検討、未取得情報の収集 ・CO ₂ 調達方法の検討	○ (LCA) 本年度のCCU材料製造の実験データから推定可能 △ (事業化) CO ₂ の調達方法

2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

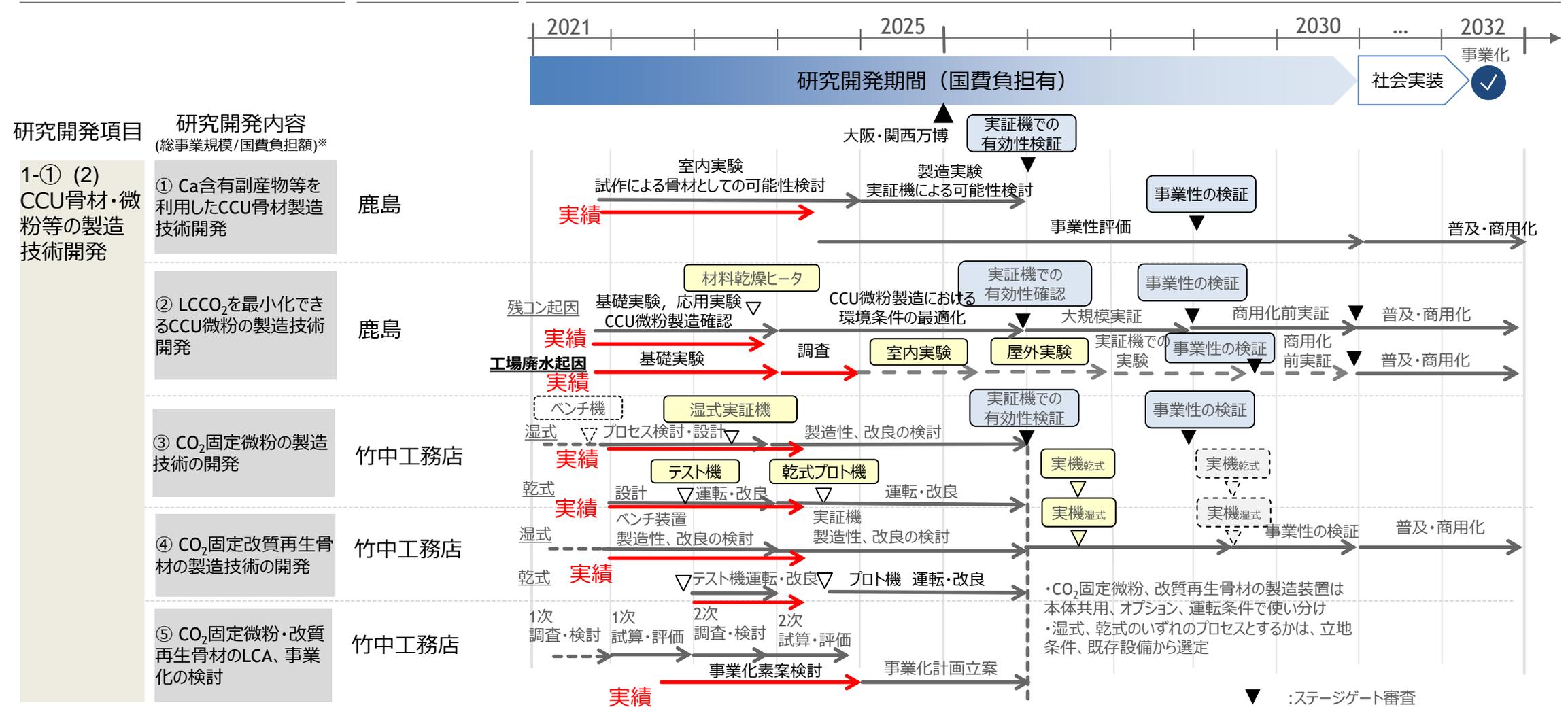
複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

1-①(2). CCU骨材・微粉等の製造技術開発

研究開発項目・事業規模

実施主体

実施スケジュール



2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

カーボンニュートラル～ネガティブ化というアウトプット目標を達成するためにKPIを設定

1-①(3).低CO₂排出型セメントと各種CO₂固定技術の組合せによる革新的カーボンネガティブコンクリートの開発

研究開発項目

- 1-① CO₂排出削減・固定量を最大化できる
使用材料に関する研究開発
- (3)低CO₂排出型セメントと各種CO₂固定技術の組合せによる革新的カーボンネガティブコンクリートの開発

アウトプット目標

※コストは一般的なコンクリート製造時との比較将来、CO₂排出コストが見込まれることも含む

- ・CO₂排出量削減・固定量の最大化：CO₂削減量310～350kg/m³
(うち固定量120～200kg/m³)
- ・既存製品と同等のコストを実現するCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの製造システムの確立※

研究開発内容

① CCU材料を使用したコンクリートの利用技術の開発

KPI

- ・CCU材料の特徴を活かした利用法の構築
- ・目標CO₂固定量の実現

KPI設定の考え方

- ・各々のCCU材料の特徴を活かした活用法を確立
- ・CCU材料複合利用でCO₂固定量アップ（現実的かつ有効量）

② CO₂浸透経路確保によるコンクリート中への効率的CO₂固定法の開発

- ・CO₂固定の促進工法の確立
- ・CO₂固定速度向上

CO₂固定促進法の確立、養生期間の短縮によるコスト減

③ 各種混和剤・触媒利用によるコンクリート中への効率的CO₂固定法の開発

- ・CO₂固定の促進工法の確立
- ・CO₂固定速度向上

CO₂固定促進法の確立、養生期間の短縮によるコスト減

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

カーボンニュートラル～ネガティブ化というアウトプット目標を達成するためにKPIを設定

1-①(3).低CO₂排出型セメントと各種CO₂固定技術の組合せによる革新的カーボンネガティブコンクリートの開発

研究開発項目

- 1-① CO₂排出削減・固定量を最大化できる使用材料に関する研究開発
- (3)低CO₂排出型セメントと各種CO₂固定技術の組合せによる革新的カーボンネガティブコンクリートの開発

アウトプット目標

※コストは一般的なコンクリート製造時との比較将来、CO₂排出コストが見込まれることも含む

- ・CO₂排出量削減・固定量の最大化：CO₂削減量310～350kg/m³（うち固定量120～200kg/m³）
- ・既存製品と同等のコストを実現するCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの製造システムの確立※

研究開発内容

4 要素技術複合型によるCO₂削減量・固定量最大化の研究

5 水和反応と炭酸化反応の同時進行メカニズム解明と反応最適化

KPI

- ・CO₂排出削減および固定量（CCU材料・CON固定）350kg-CO₂/m³
- ・実機製造技術の確立

- ・炭酸化反応メカニズムの解明
- ・炭酸化反応のシミュレーションモデル構築、および機械的特性や耐久性の予測化

KPI設定の考え方

- ・CO₂排出削減・固定量の最大化とコストアップを最小化したカーボンニュートラル～ネガティブコンクリートを実現
- ・要素技術の複合化でCO₂排出量・固定化を最大化

- ・メカニズムを解明することで、最大限のCO₂固定条件、反応速度、炭酸化条件を把握

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1-①(3).低CO₂排出型セメントと各種CO₂固定技術の組合せによる革新的カーボンネガティブコンクリートの開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1	CCU材料*を使用 コンクリートの特性 (利用技術)	<ul style="list-style-type: none"> CCU材料の 利用法確立 目標CO₂固定量 の実現 	ラボで有効利 用法の研究中 (TRL 3) ↔ 利用法確立、 固定量実現 (TRL 6-7)	<ul style="list-style-type: none"> CO₂固定微粉の高付加価値利用コンクリートの開 発 CO₂固定改質骨材の利用技術の開発 上記CCU材料のCO₂固定量の評価法の確立 	100%
2	CO ₂ 浸透経路確 保によるコンクリート 中への効率的CO ₂ 固定法の開発	<ul style="list-style-type: none"> CO₂固定促進 工法の確立 CO₂固定速度向 上 	ラボで効果確 認、最適化の 研究中 (TRL 3) ↔ 促進養生工 法の確立 (TRL 6-7)	<ul style="list-style-type: none"> CO₂ガス侵入経路を設けたCO₂固定促進工法の 開発 CO₂ガス侵入経路を設けた条件での効果的な CO₂養生条件の把握 	100%
3	各種混和剤・触媒 利用によるコンク リート中への効率的 CO ₂ 固定法の開発	<ul style="list-style-type: none"> CO₂固定の促進 工法の確立 CO₂固定速度向 上 CCU材料の課題 を解決する混和剤 の開発 	技術コンセプト をラボレベルで 検証している 段階 (TRL3) ↔ CCU材料の種 類や添加量に 応じた混和剤 の提案 目標CO ₂ 固定 量を実証機で 実現 (TRL 6-7)	<ul style="list-style-type: none"> CO₂固定促進触媒の探索と、適用性評価並び にコスト評価 強度発現調整剤、超遅延剤の適用によるCO₂ 固定のタイミングとCO₂固定促進の効果検証 	CO ₂ 固定促進材料 技術の実現 (100%)

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1-①(3).低CO₂排出型セメントと各種CO₂固定技術の組合せによる革新的カーボンネガティブコンクリートの開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
<p>4 要素技術複合型によるCO₂削減量・固定量最大化の研究</p>	<ul style="list-style-type: none"> CO₂排出削減・固定量 350kg-CO₂/m³ 実施製造技術確立 	机上検討 (TRL 3)	プロジェクト適用複数 (TRL 6-7)	<ul style="list-style-type: none"> CO₂排出削減・固定量増大コンクリートの基礎物性の把握、長期耐久性の確認 地域性、立地を考慮したカーボンネガティブコンクリートの調合設計手法の構築 	90%
<p>5 水和反応と炭酸化反応の同時進行メカニズム解明と反応最適化</p>	<ul style="list-style-type: none"> 炭酸化反応メカニズムの解明 炭酸化反応のシミュレーションモデル構築、および機械的特性や耐久性の予測化 	CO ₂ 固定型混和材の炭酸化機構が一部解明 (TRL1: 基本原理・現象の解明)	CO ₂ 固定型混和材の開発への反映 (TRL4: 試験環境下での初期プロトタイプ実証)	<ul style="list-style-type: none"> CO₂固定型混和材の水和・炭酸化反応機構の究明 <ul style="list-style-type: none"> -CO₂固定型混和材のみの炭酸化機構解明 -CO₂固定型混和材と他セメント系材料を組み合わせ時の炭酸化機構解明 (モルタル時、コンクリート時) 体積変化と微細構造変化 CO₂固定型混和材+強制炭酸化時のマルチスケールシミュレーション 	炭酸化反応のシミュレーションモデル構築、および機械的特性や耐久性の予測化 (80%)

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容

1 CCU材料*を使用
コンクリートの特性
(利用技術)

直近のマイルストーン

- ・解体コンクリートの種類が、CCU材料を使用したコンクリートの特性に及ぼす影響の把握
- ・湿式ベンチ装置製造
CCU材料の適用性確認

これまでの(前回からの) 開発進捗

- ・CCU材料を用いた調合設計の考え方を整理
- ・乾式製造と湿式製造でモルタル・コンクリート試験の実施し、大差ないことを確認

進捗度

○
2023年時点成果について基本特性を把握し、万博工事に適用

2 CO₂浸透経路確保によるコンクリート中への効率的CO₂固定法の開発

- ・CO₂浸透に有利な繊維形状の把握のための繊維レベルの評価方法に構築と目標値設定
- ・浸透速度向上

- ・繊維の各種条件、表面処理剤の検討を継続実施中

○
無混入に対し向上をいくつかの条件で達成

3 各種混和剤・触媒利用によるコンクリート中への効率的CO₂固定法の開発

- ・CO₂固定量を増加可能な混和剤・触媒の探索
- ・CCU材料の一つであるエコタンカルのフレッシュ性や品質を安定・改善させる混和剤の開発

- ・CO₂固定に効果的な初期強度改善剤や炭酸化養生を促進しつつ耐久性の向上にも効果的な塗布剤、混和剤に関する探索・実験を実施中
- ・エコタンカルのスランプロスを改善する経時保持剤を開発、JIS認証取得に向けた各種物性取得を実施中。

○
・混和剤、触媒の候補材料の試験を実施
・初期強度改善剤、経時保持剤はプロトタイプをコンソーシアム内で提供開始

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
4 要素技術複合型によるCO ₂ 削減量・固定量最大化の研究	・CO ₂ 固定型コンクリートの基礎物性（フレッシュ、力学、耐久性）の把握	・高炉スラグ活用（CO ₂ 削減）、CCU材料の利用（CO ₂ 固定）、CO ₂ 吸収混和材+炭酸化養生（CO ₂ 吸収）の3要素技術を複合化したプロトタイプを実機レベルで検討	○ 2023年時点の成果を対象に基本特性を把握し、万博工事に適用
5 水和反応と炭酸化反応の同時進行メカニズム解明と反応最適化	メカニズム解明に向けた定量的アプローチ	・これまで得られた知見を基にCO ₂ 固定型混和材の改良タイプを設計し、万博向けILブロックへ適用。 ・モデル式に粒子径パラメータを反映できるように見直しを実施。パラメータの同定に向けた供試体の作製、促進炭酸化試験を実施中。	○ 各種セメント・コンクリートに対応した改良タイプの検討、及びシミュレーション化に向けたモデル式の見直しを推進中

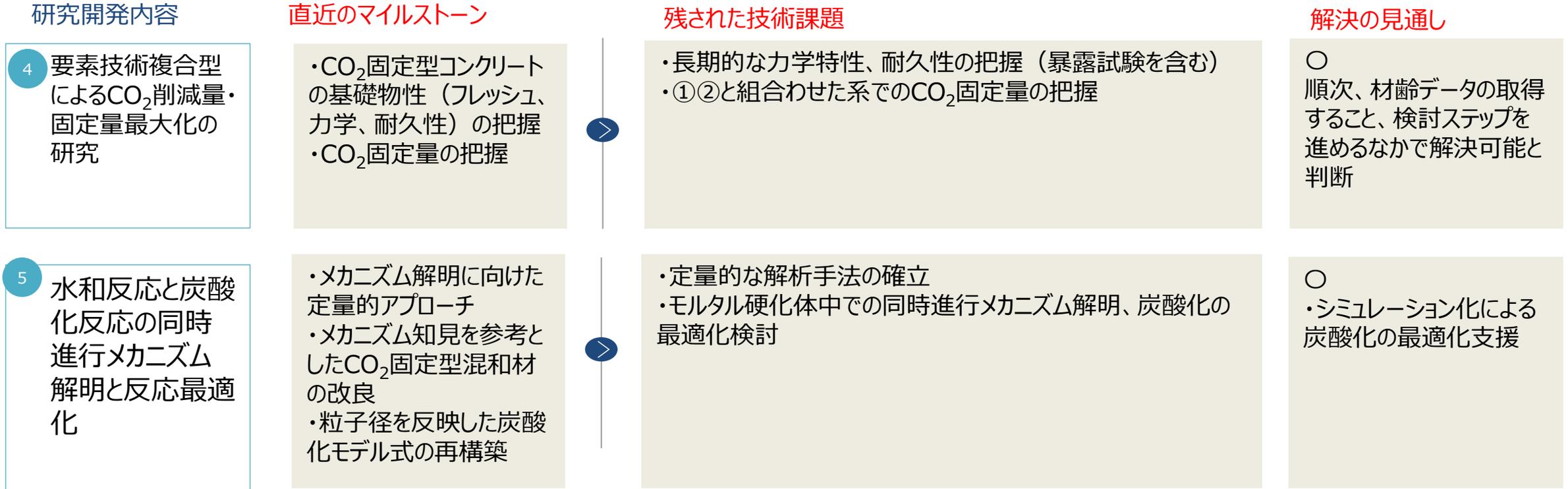
2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 CCU材料*を使用 コンクリートの特性 (利用技術)	<ul style="list-style-type: none">・解体コンクリートの種類が、CCU材料を使用したコンクリートの特性に及ぼす影響の把握・湿式ベンチ装置製造 CCU材料の適用性確認	<ul style="list-style-type: none">・CCU材料の製造方式（湿式・乾式）と利用法を想定した製品荷姿の検討・プロトタイプ装置製造されたCCU材料とこれを使用したコンクリートの品質変動の把握	<ul style="list-style-type: none">○ 装置の開発ステップに応じて開発チームが連携することで解決可能
2 CO ₂ 浸透経路確保によるコンクリート中への効率的CO ₂ 固定法の開発	<ul style="list-style-type: none">・CO₂浸透に有利な繊維形状の把握のための繊維レベルの評価方法に構築と目標値設定・浸透速度向上	<ul style="list-style-type: none">・さらなるCO₂浸透の促進策の検討・繊維使用時のコンクリートの流動性確保	<ul style="list-style-type: none">○ 粗骨材を含む系でのCO₂固定量の評価法を項目2と連携して解決可能
3 各種混和剤・触媒利用によるコンクリート中への効率的CO ₂ 固定法の開発	<ul style="list-style-type: none">・CO₂固定量を増加可能な混和剤・触媒の探索	<ul style="list-style-type: none">・混和剤，触媒についてコストを勘案し，使用量を決定する必要がある。・触媒の利用にあたり，CO₂固定量を増加させるために気泡剤等を検討．必要強度を担保しつつ炭酸化促進を図るという両軸での検討が必要。	<ul style="list-style-type: none">○<ul style="list-style-type: none">・探索，候補材料の実験を継続的に実施・プロトタイプの改良，調整

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

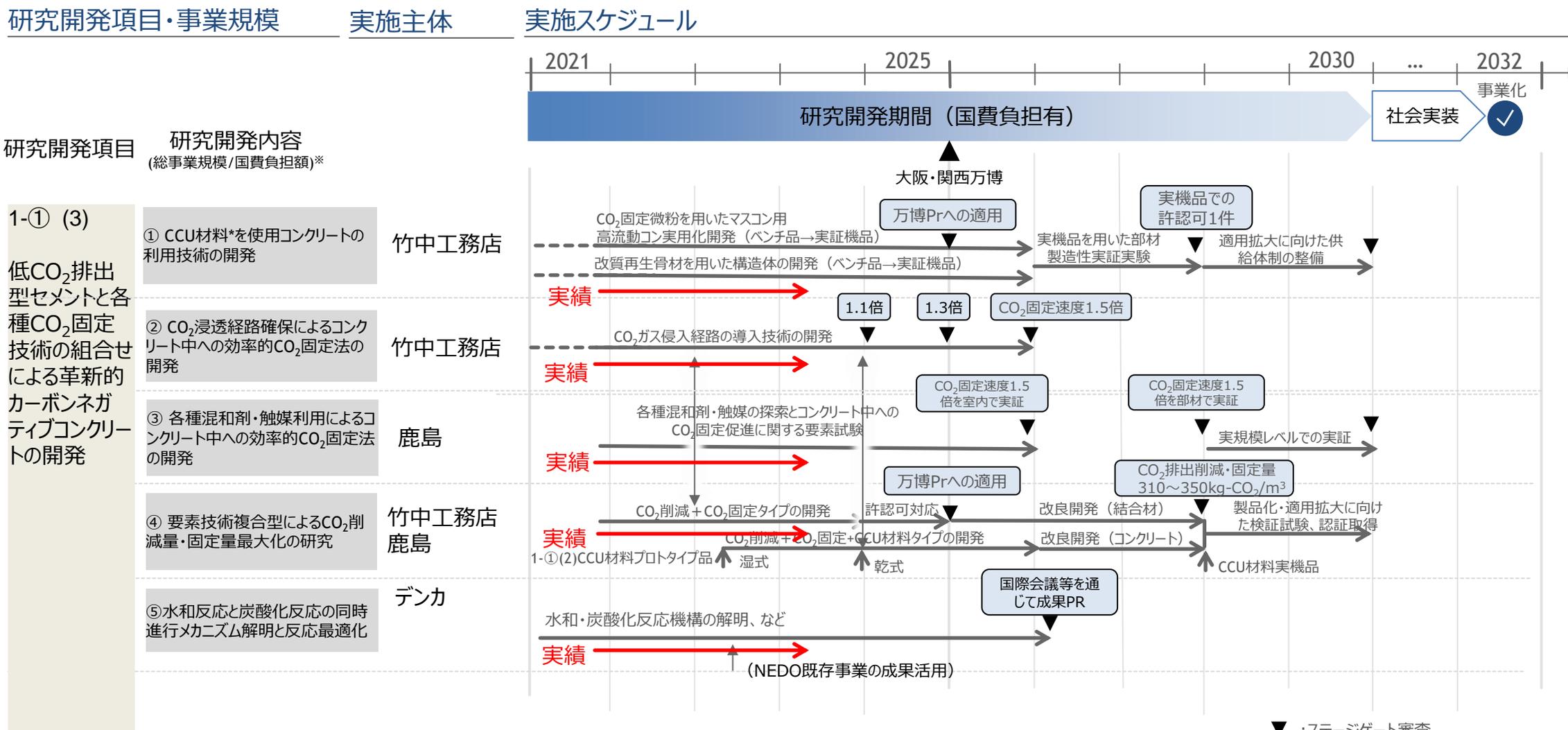
個別の研究開発における技術課題と解決の見通し



2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

1-①(3).低CO₂排出型セメントと各種CO₂固定技術の組合せによる革新的カーボンネガティブコンクリートの開発



▼ :ステージゲート審査

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

カーボンニュートラル～ネガティブ化というアウトプット目標を達成するためにKPIを設定

1-②(1).大型プレキャストコンクリートの革新的CO₂排出削減・固定技術および適用技術の開発

研究開発項目

1-② CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの革新的排出削減・固定試験及び製造システムに関する技術開発
(1)大型プレキャストコンクリートの革新的CO₂排出削減・固定技術および適用技術の開発

アウトプット目標

※コストは一般的なコンクリート製造時との比較将来、CO₂排出コストが見込まれることも含む

- ・CO₂排出量削減・固定量の最大化：CO₂削減量310～350kg/m³（うち固定量120～200kg/m³）
- ・既存製品と同等のコストを実現するCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの製造システムの確立※

研究開発内容

1 コンクリート製造設備のCO₂排出最小化のための技術開発

2 土木・建築系各種PCaコンクリート製品・建材への革新的CO₂排出削減・固定技術の開発

3 プレキャストコンクリート部材（無筋/有筋）の構造利用法の開発と耐火性能評価

KPI

プレキャストコンクリート製造時のCO₂排出量を最小化できるコンクリート練混ぜ、打込み、養生設備の開発

製造時CO₂排出量を考慮した各種カーボンニュートラルプレキャストコンクリート又は建材の製造技術の確立。

- ・カーボンネガティブコンクリートを用いた無筋/有筋の建築用プレキャスト製品の利用法を複数構築
- ・同コンクリートの耐火性能の検証

KPI設定の考え方

- ・コンクリート製品の設備運転におけるCO₂排出削減のみならず、プレキャストコンクリートの打込みサイクル、養生時間など、製造サイクル向上によるCO₂削減が重要
- ・同検討によるコスト低減の実現

プレキャストコンクリート又は建材は製品ごとに最適な材料、打込み方法、サイクル、養生方法・時間が存在するため、1-①で実施する材料技術に加えて、製造技術の製品ごとの最適化が重要。また、実証試験などを通じて課題を抽出し、解決していくことが重要

- ・炭酸化養生した無筋プレキャスト製品を構造部材として利用可能
- ・炭酸化養生が効率的に可能な薄部材を主対象に、有筋の構造部材として利用可能

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1-②(1).大型プレキャストコンクリートの革新的CO₂排出削減・固定技術および適用技術の開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1	コンクリート製造設備のCO ₂ 排出最小化のための技術開発	机上レベルでの試算実施 (TRL 3)	考案設備の導入による製造性実証 (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> 製造性確認のための試験設備構築によるCO₂排出量検証 製造サイクルを向上できる打込み設備, 養生設備の設計と検証 	CO ₂ 排出量を最小化できる設備の確立 (100%)
2	土木・建築系各種PCaコンクリート製品・建材への革新的CO ₂ 排出削減・固定技術の開発	実験室での要素技術試験。実機での製造実証 (TRL 4-5)	各種プレキャストコンクリート製品又は建材の製造性実証 (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> プレキャストコンクリート製品・建材メーカーとの共同実施によるカーボンニュートラルコンクリート製造方法の検討と検証実験 製品の形状・要求性能に応じたCO₂固定方法の検討と検証実験 	製造技術の確立は実現可能。コスト低減, 製造加味したカーボンニュートラル化はチャレンジング (80%)
3	PCaコンクリート部材の構造・耐火性能評価	机上検討 (TRL 3-4)	無筋・有筋について構造物に適用 (TRL 6-7)	<ul style="list-style-type: none"> 無筋のプレキャストブロックを新築建物に利用可能とする新しい架構法、設計法の開発 有筋のプレキャスト薄部材 (床・壁) を対象に、構造性能、耐火性能を評価し、耐食性が可能な範囲での利用方法を開発 所用の耐火時間に応じた性能検証、耐火設計法の確立 	100% (ただし、無筋Pcaの新築建物への利用は法的制約の解消が必要)

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容

直近のマイルストーン

これまでの (前回からの) 開発進捗

進捗度

1 コンクリート製造設備のCO₂排出最小化のための技術開発

・コンクリート製造時のCO₂排出量を削減するための方策の提示

・実際のコンクリート製造設備を有するプラントにて、コンクリート製造時の消費電力量調査を実施。消費電力量の削減に向けて、ミキサ以外の消費電力も重要であることを把握
・材料投入順序によって製造時の電力消費が異なることを確認
・兵庫県加西市に試験用バッチャープラントの運転開始

◎
コンクリート製造設備における電力消費に伴うCO₂排出量の削減方策を提示できた

2 土木・建築系各種PCaコンクリート製品・建材への革新的CO₂排出削減・固定技術の開発

・CO₂削減・固定量を最大化できる製造方法の提示と品質評価を実施
・建築PCa系は実機及びラボ試験による性能確認
・建材系はCO₂固定による強度向上効果の把握

・CO₂削減・固定量を最大化できる製造方法を選定
・耐久性試験に着手
・CO₂固定量を最大化できる製造方法を検討中
・建築PCa系および建材系共に、ラボレベルにおける強度調査を行い、調合と養生条件の方向性を概ね把握

○
・各製品の要求性能に対して、耐久性試験を開始
・建材系の一部共同実施先では万博向けブロックの基本調合提案

3 PCaコンクリート部材の構造・耐火性能評価

・薄型部材の組み合わせ利用時の構造性能評価

薄部材による組合せ梁等の構造性能を把握

○ (予定通り)

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

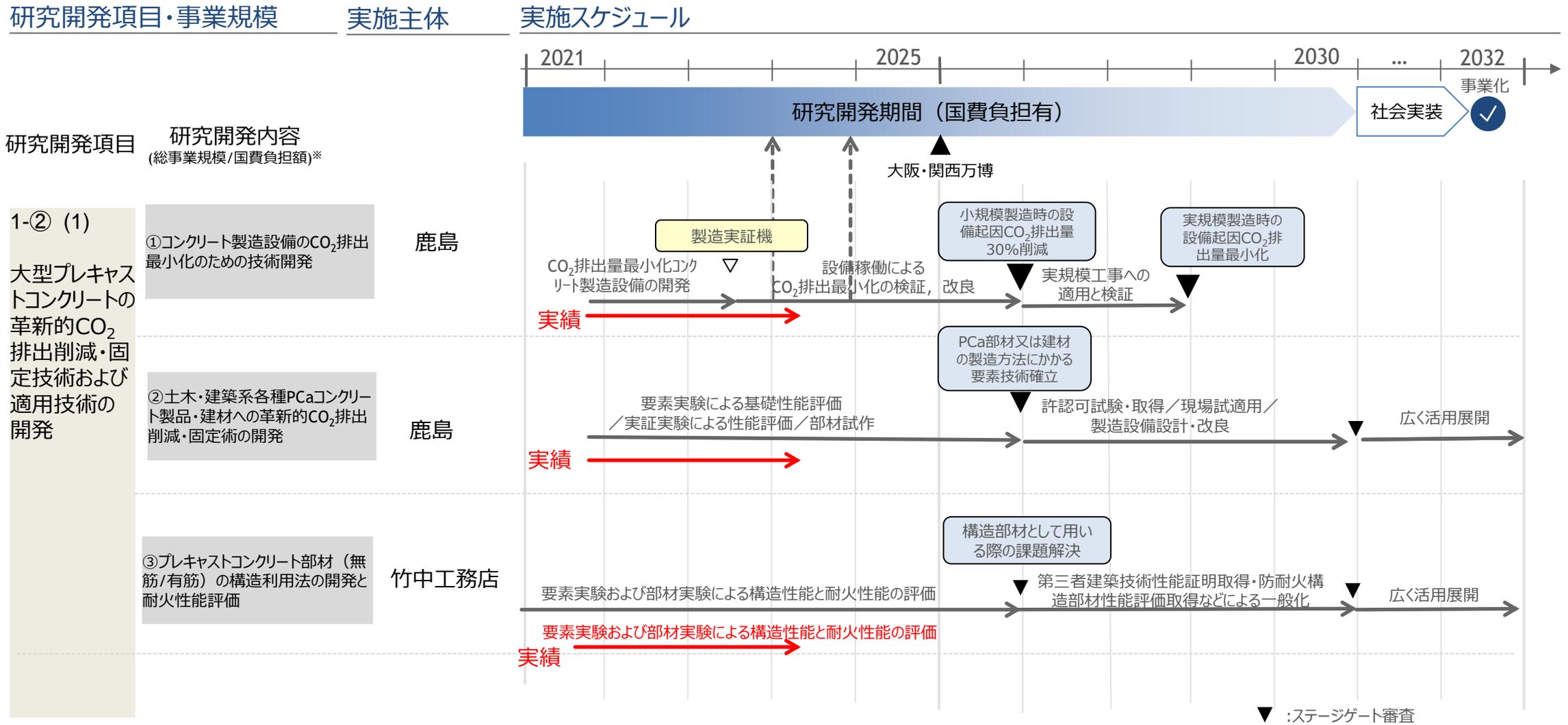
個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 コンクリート製造設備のCO ₂ 排出最小化のための技術開発	<ul style="list-style-type: none">・コンクリート製造時のCO₂排出量を削減するための方策の提示	コンクリート製造時の消費電力に伴うCO ₂ 排出に関しては、プラントの仕様によっても差が大きいことから、それぞれのプラントに適したCO ₂ 削減方策があると予測される。コンクリートの炭酸化養生時の電力消費、ならびに同抑制策についての検討には未着手。	○ 調査対象を広げる等により検討を進めているため、解決可能と考える。 2024年6月より炭酸化養生の電力計測開始。
2 土木・建築系各種PCaコンクリート製品・建材への革新的CO ₂ 排出削減・固定技術の開発	<ul style="list-style-type: none">・CO₂削減・固定を最大化した製造方法の提示・品質を満足できる製造方法の案の提示・建築PCa系は実機及びラボ試験による性能確認・建材系はCO₂固定による強度向上効果の把握	<ul style="list-style-type: none">・各製品の要求品質（強度・耐久性など）を確保しつつ、引き続きCO₂固定量を最大化できる配合および養生方法の検討・大型部材へのCO₂固定方法・実機による製造確認と耐久性の実証・建築PCa系では、脱型時強度の検討、エコノミイ型配合の検討・建材系ではγC₂SのALC養生時の硬化速度評価、太陽光パネル廃棄ガラス骨材利用によるブロックのASRのリスク評価	○ ・最適な配合比率、養生条件の検討を進めつつ耐久性を確保していることを確認する ・促進硬化剤による強度確保 ・γC ₂ Sの利用による効果次第では、材料変更も想定 ・炭酸化ブロックはASRがないことを試験で確認
3 PCaコンクリート部材の構造・耐火性能評価	<ul style="list-style-type: none">・薄型部材の組み合わせ利用時の構造性能評価	今のところなし	—

2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

1-②(1).大型プレキャストコンクリートの革新的CO₂排出削減・固定技術および適用技術の開発



2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

カーボンニュートラル～ネガティブ化というアウトプット目標を達成するためにKPIを設定

1-②(2).対象構造物に応じた現場打設コンクリートの革新的CO₂排出削減・固定・適用技術開発

研究開発項目

1-② CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの革新的排出削減・固定試験及び製造システムに関する技術開発
(2)対象構造物に応じた現場打設コンクリートの革新的CO₂排出削減・固定・適用技術開発

アウトプット目標

※コストは一般的なコンクリート製造時との比較将来、CO₂排出コストが見込まれることも含む

- ・CO₂排出量削減・固定量の最大化：CO₂削減量310～350kg/m³（うち固定量120～200kg/m³）
- ・既存製品と同等のコストを実現するCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの製造システムの確立※

研究開発内容

KPI

KPI設定の考え方

1 現場打設コンクリート構造物の革新的CO₂排出削減・固定技術の開発と実証

施工時のCO₂排出量を最小化できる現場打設コンクリートへのCO₂排出削減・固定技術の確立。

施工時に発生するCO₂排出量を最小化させつつ、CO₂を現場で固定させるうえで、プレキャストとの効率的な組合せ、現場養生、設計手法などの技術確立が重要。実証試験などを通じて課題を抽出し、解決していくことが重要

2 現場打設コンクリートの構造利用法および耐火性能評価法の開発

・有筋/現場打ち建築構造部材の技術成立性を確認
・構造設計・耐火設計手法の構築

・社会実装には、現場打ち部材のCO₂固定量と基本構造性能を踏まえた構造性能、耐火性能の把握と設計手法の構築が必要
・現場打部材ならではの構工法考案が必要

3 CO₂排出削減・固定量最大化技術の地盤改良体分野への利用拡大技術の開発

・地盤分野への適用性を確認
・カーボンネガティブの実現

・コンクリートの各要素技術の地盤分野への有効性の評価が必要
・要素技術(高炉スラグ高含有セメント、CO₂固定型混和材、CCU材料)を複合化し、CO₂排出量・固定量最大化

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1-②(2).対象構造物に応じた現場打設コンクリートの革新的CO₂排出削減・固定・適用技術開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1	各種現場打設コンクリート構造物への革新的CO ₂ 排出削減・固定技術の開発と実証	施工時のCO ₂ 排出量を最小化できる現場打設コンクリートへのCO ₂ 排出削減・固定技術の確立。	現場打設コンクリートを用いた各種構造物への実証 (TRL7)	<ul style="list-style-type: none"> 現場炭酸化手法に関する検討 施工時CO₂排出量低減手法の検討と実証 現場炭酸化に適した構造物施工法の開発・実証 設計からのアプローチによるCO₂排出削減策の検討と実証 CCU材料、高炉スラグ微粉末などの技術も組み合わせたCO₂排出量の削減・固定技術の開発・実証 	現場でCO ₂ 排出量やコストを抑えつつ、CO ₂ を固定するための手法はチャレンジング (70%)
2	現場打設コンクリートの構造利用法および耐火性能評価法の開発	<ul style="list-style-type: none"> 有筋/現場打ち建築部材の技術成立性確認 構造・耐火設計手法構築 	プロジェクト適用 (TRL 6-7)	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋付着、せん断特性等の基礎性能の把握 断面内強度分布が生じた構造部材の性能評価法の開発 一般強度～高強度領域での利用技術の開発 繊維補強技術との融合の研究 実大クラス載荷加熱試験による耐火時間の検証 	実構造物への適用 (100%)
3	CO ₂ 排出削減・固定量最大化技術の地盤改良体分野への利用拡大技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 地盤分野分野への適用性を確認 地盤改良のカーボンネガティブの実現 	現地施工検証完了 (TRL 6-7)	<ul style="list-style-type: none"> 地盤改良体に適した高炉スラグ高含有セメントの構成検討 高炉スラグ高含有セメント、CCU材料およびCO₂固定型混和材を複合的に利用した地盤改良体の基本特性の把握 地盤改良体へのCO₂浸透経路確保のための繊維入り地盤改良体の基本特性の把握 上記材料を用いた地盤改良体の品質および施工性を確保するための添加剤の検討 実機レベルでの地盤改良体の施工技術・施工機械の検討、CO₂の供給技術の検討 	実構造物の地盤改良への適用 (100%)

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容

1 各種現場打設コンクリート構造物への革新的CO₂排出削減・固定技術の開発と実証

直近のマイルストーン

- ・対象構造物の選定
- ・構造物に応じたCO₂固定設備の構成案の策定
- ・室内要素実験と小規模なCO₂排出削減・固定試験の実施

これまでの(前回からの)開発進捗

- ・対象構造物である柱・壁部材、トンネル覆工、消波ブロック、舗装コンクリート、PC梁部材のCO₂固定設備の設計・製作に着手
- ・消波ブロックの現場実証試験を実施
- ・ドーム構造物を対象とした実規模CO₂固定試験を実施。

進捗度

○
・各構造物ともに小型炭酸化要素試験および中型要素試験を継続。
・ドームは試適用先でのCO₂固定試験を実施中

2 現場打設コンクリートの構造利用法および耐火性能評価法の開発

柱・梁での基本性状、基礎特性(鉄筋付着、クリープ、火災時爆裂)のテストピース試験での評価

- ・基礎特性のテストピース試験を実施し、爆裂が生じないことを確認
- ・部材レベルの検証のため、梁・柱試験体を製作

○ (予定通り)

3 CO₂排出削減・固定量最大化技術の地盤改良体分野への利用拡大技術の開発

- ・CCU材料、CO₂固定型混和材を利用した地盤改良体の基本特性の把握
- ・地盤改良の解体、利用法の検討

- ・高炉スラグ微粉末とCO₂吸収混和材γ-C₂Sを使用した地盤改良体の強度特性の検討
- ・地盤改良体を解体後、解砕+CO₂固定化を効率的に可能な装置・方法を検討
- ・地盤改良利用時の六価クロムの溶出量削減対策のアイデアを抽出し効果を検証するとともに、新しい評価法の検討

○ (予定通り)

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

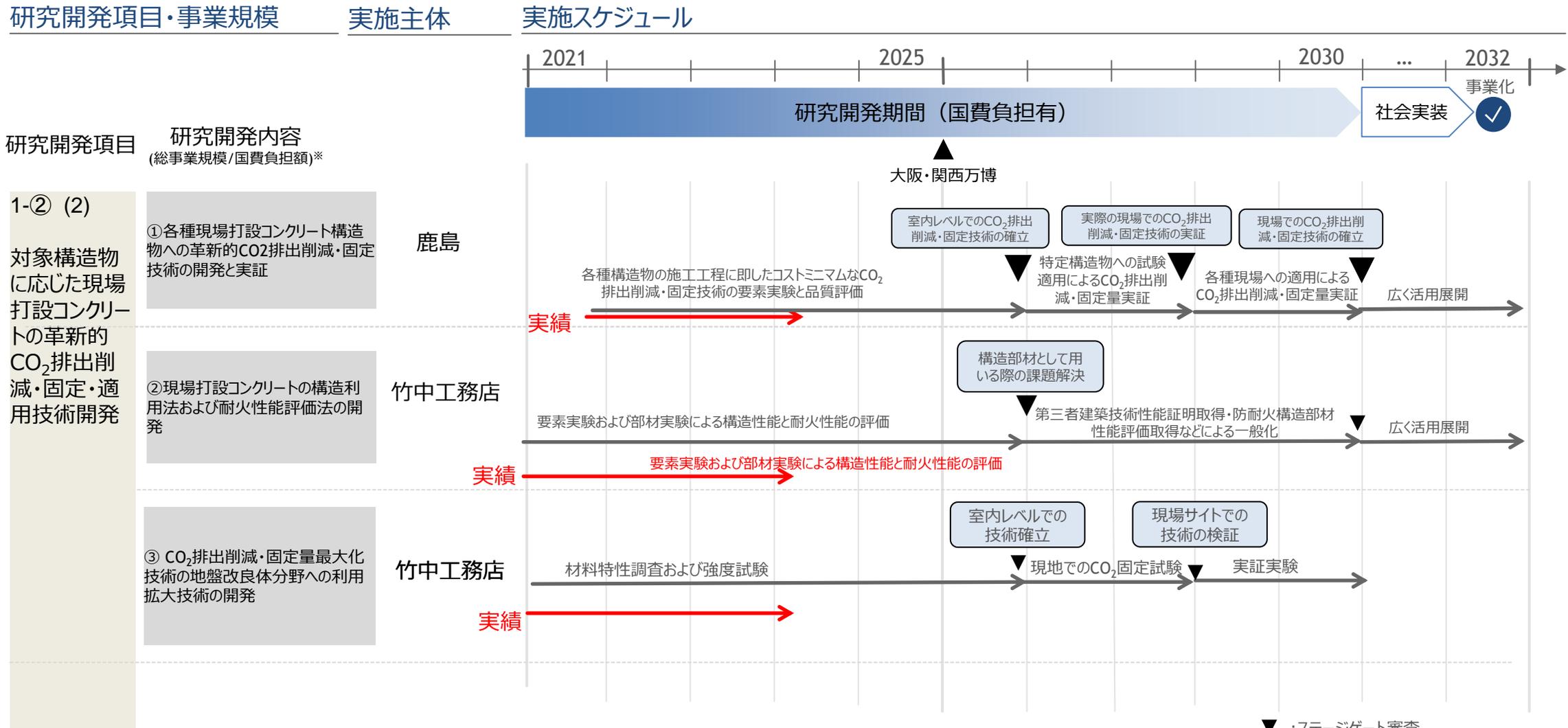
個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 各種現場打設コンクリート構造物への革新的CO ₂ 排出削減・固定技術の開発と実証	<ul style="list-style-type: none">対象構造物の選定構造物に応じたCO₂固定設備の構成案の策定室内要素実験と小規模なCO₂排出削減・固定試験の実施	<ul style="list-style-type: none">施工現場で取り回し可能なCO₂固定装置の設計と製作大断面を有するコンクリート部材へのCO₂固定方法とカーボンネガティブ化およびコストダウン市中の生コンプラントで対応可能な革新的CO₂削減・固定コンクリートの配合検討現場施工における炭酸化養生時の安全確保	<ul style="list-style-type: none">炭酸化条件とCO₂固定評価による設備構成設定セメント代替材、CCU材料の併用躯体内部の炭酸化による安全確保
2 現場打設コンクリートの構造利用法および耐火性能評価法の開発	柱・梁での基本性状、基礎特性（鉄筋付着、クリープ、火災時爆裂）のテストピース試験での評価	今のところなし	<ul style="list-style-type: none">○ 構造性能に炭酸化養生の影響は小さいため、将来フィードバック可能
3 CO ₂ 排出削減・固定量最大化技術の地盤改良体分野への利用拡大技術の開発	<ul style="list-style-type: none">CCU材料、CO₂固定型混和材を利用した地盤改良体の基本特性の把握地盤改良の解体、利用法の検討	<ul style="list-style-type: none">γ-C₂Sを混入した地盤改良体は、炭酸化養生で乾燥に伴う強度低下がみられたため、材料組成の最適化を検討地盤改良体の解砕 + CO₂固定化を効率的に可能な装置の開発六価クロム溶出削減対策のブラッシュアップ	<ul style="list-style-type: none">○ 材料組成と養生条件の最適化で改善する候補装置の改良開発で対応可能評価手法も含めて検討することで対応可能

2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

1-②(2).対象構造物に応じた現場打設コンクリートの革新的CO₂排出削減・固定・適用技術開発



▼ :ステージゲート審査

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

カーボンニュートラル～ネガティブ化というアウトプット目標を達成するためにKPIを設定

1-②(3).事業性評価および海外展開を含めた社会実装検討

研究開発項目

1-② CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの革新的固定試験及び製造システムに関する技術開発
(3)事業性評価および海外展開を含めた社会実装検討

アウトプット目標

※コストは一般的なコンクリート製造時との比較将来、CO₂排出コストが見込まれることも含む

- ・CO₂排出量削減・固定量の最大化：CO₂削減量310～350kg/m³（うち固定量120～200kg/m³）
- ・既存製品と同等のコストを実現するCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの製造システムの確立※

研究開発内容

1 事業性評価, 海外展開検討

2 実証建屋試験による事業性評価の検証

KPI

カーボンネガティブコンクリートのトータル建設コストの評価

実構造物への開発材料の適用性、カーボンネガティブ化の効果が確認できている

KPI設定の考え方

コンクリート単価のみならず、プレキャスト化による生産性の向上、CO₂排出コストを踏まえた、コンクリート構造物の構築工事全体としてのコスト評価が必要

- ・開発成果を総合して建築物に適用できることの検証が必要
- ・CO₂削減・固定量を把握し、カーボンネガティブ化の達成、CO₂固定化の事業としての成立性の検証が必要

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

1-②(3).事業性評価および海外展開を含めた社会実装検討

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1 事業性評価, 海外展開検討	カーボンネガティブ コンクリートのトータル建設コストの評価	机上検討 (TRL 3)	プロジェクト適用 (TRL 7-8)	<ul style="list-style-type: none"> 研究成果を総合的に検討した設計、施工計画の立案とコスト評価 CO₂削減・固定量の評価と検証の実施 	プロジェクト適用、 想定通りの効果が確認できる (100%)
2 実証建屋試験による事業性評価検証	実構造物への適用性、CO ₂ 入排出削減・固定効果を確認	机上検討 (TRL 3)	プロジェクト適用 (TRL 7-8)	<ul style="list-style-type: none"> 研究成果を総合的に検討したコンクリート、地盤改良の施工体制の構築 研究成果を総合的に検討した設計、施工計画の立案と実施（地上プレキャスト、地下現場打ち、地盤改良） CO₂削減・固定量の評価と検証の実施 	プロジェクト適用、 想定通りの効果が確認できる (100%)

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容	直近のマイルストーン	これまでの (前回からの) 開発進捗	進捗度
1 事業性評価, 海外展開検討	2026年度末 実証の必要性の可否判断	これまでの (前回からの) 開発進捗 ビジネスモデルの検討を受け、以下の検討を実施。 ・事業・技術戦略検討 (ビジネスモデルの整理) ・知財・ライセンス戦略の策定 (オープンクローズ戦略) ・普及展開に向けた有望施策の打ち込み ・CO ₂ 調達先の検討 ・技術マニュアルによるパートナー探索	◎ (理由) 計画通り検討を継続中。
2 実証建屋試験による事業性評価検証	なし	なし	—

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

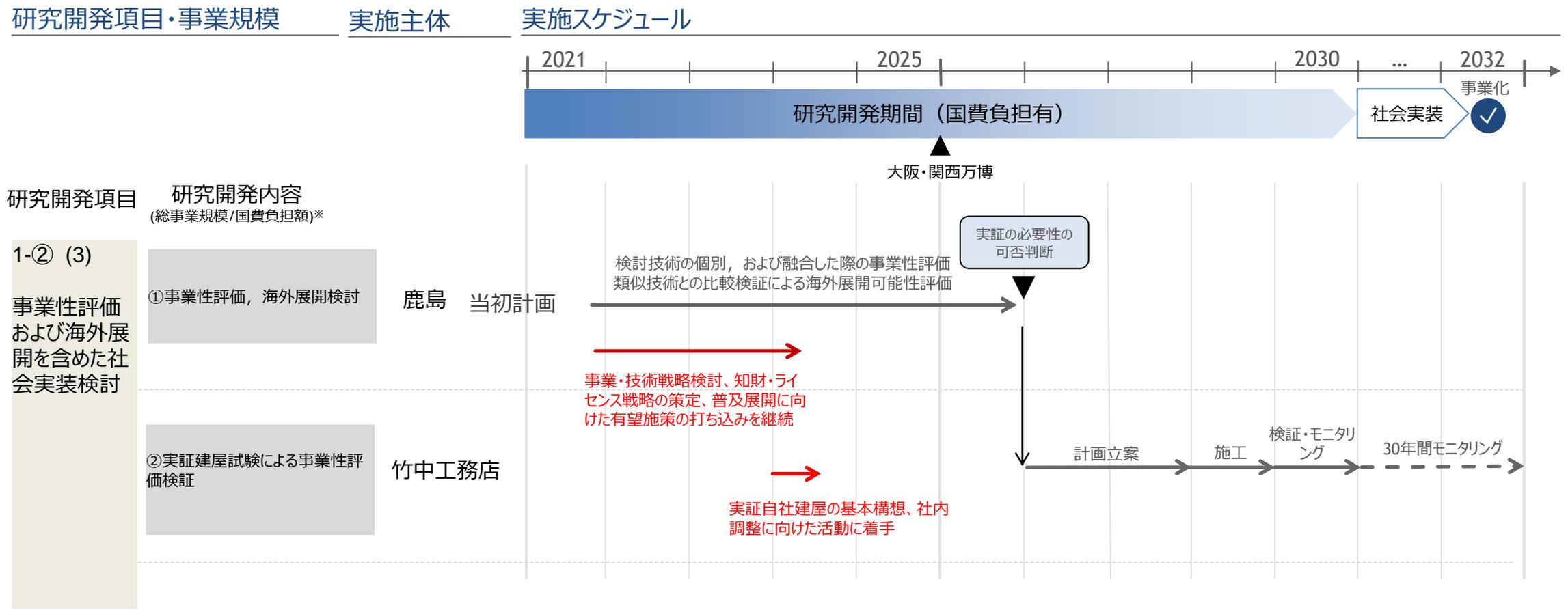
個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容	直近のマイルストーン	残された技術課題	解決の見通し
1 事業性評価, 海外展開検討	2026年度末 実証の必要性の可否判断	・今後、開発される各種のCO ₂ 削減・固定技術ならびにそれらを組み合わせた革新的カーボンネガティブコンクリートについて、その事業性を評価する。	◎ (理由) 今後の技術開発・実証を通じ、材料費・施工費などの具体的なデータを収集する。
2 実証建屋試験による事業性評価検証	なし	なし	—

2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

1-②(3).事業性評価および海外展開を含めた社会実装検討



▼ :ステージゲート審査

2. 研究開発計画 / (1) 研究開発目標

CO₂固定量の評価技術確立というアウトプット目標を達成するためにKPIを設定

2. CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの品質管理・固定量評価手法に関する技術開発

研究開発項目

2. CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの品質管理・固定量評価手法に関する技術開発

アウトプット目標

- ・2030年までに、公的規準の礎となるCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートのCO₂固定量の標準的な評価方法を確立
- ・同コンクリートの品質管理・モニタリング手法を構築

研究開発内容

1 CO₂固定量の評価手法開発

2 CO₂固定量の品質管理・モニタリングシステムの開発

3 フィールド検証等による、CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの品質評価

KPI

CO₂固定量に関する精度の高い評価手法の確立（提案1件以上）

炭酸化養生時のCO₂固定に関するモニタリング手法の確立と、コンクリート施工にかかるトータルCO₂の見える化

一般的な鉄筋コンクリートと同等の性能を長期的に有することを確認

KPI設定の考え方

CO₂固定量を精度良く、かつ実用性の高い方法を確立し、マニュアルへ落とし込む

コンクリートへのCO₂固定量を精度良く、かつ実用性の高い形で品質管理しつつ、モニタリング手法と、建設工事全体のCO₂排出量を踏まえてトータルでのLCCO₂を評価できるシステムが必要

CO₂を固定させることでコンクリートの組織がこれまでのコンクリートに比べて変化するため、長期的な耐久性に対する評価が重要

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容

各KPIの目標達成に必要な解決方法を提案

2. CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの品質管理・固定量評価手法に関する技術開発

	KPI	現状	達成レベル	解決方法	実現可能性 (成功確率)
1	CO ₂ 固定量の評価手法開発	CO ₂ 固定量に関する精度の高い評価手法の確立 (提案1件以上)	CO ₂ 固定量に関する評価方法の標準化 (TRL9)	<ul style="list-style-type: none"> 既存の様々なCO₂固定量の評価手法を用いた、コンクリートのCO₂固定量に関する体系的なデータの取得 簡易なCO₂固定量評価手法の開発 学会 (JCI, 土木学会, 建築学会) との連携による評価手法の標準化 	CO ₂ 固定量に関する評価手法の標準化 (100%)
2	CO ₂ 固定量の品質管理・モニタリングシステムの開発	炭酸化養生時のCO ₂ 固定に関するモニタリング手法の確立と、コンクリート施工にかかるトータルCO ₂ の見える化	大規模生産レベルでの検証 (TRL7~9)	<ul style="list-style-type: none"> 炭酸化養生時のCO₂収支 (封入量と固定量のマテリアルバランス) を評価できる計測機器と評価方法の開発 材料~製造~運搬~施工を含めたコンクリート施工全体のCO₂収支モニタリングシステムの開発 	CO ₂ 排出・固定量をシステムとして見える化する (100%)
3	フィールド検証等によるCO ₂ 排出削減・固定量最大化コンクリートの品質評価	一般的な鉄筋コンクリートと同等の性能を長期的に有することを確認	大規模生産レベル, 長期暴露での検証 (TRL7~9)	<ul style="list-style-type: none"> 建設工事でのモデル適用と現地暴露によるコンクリートの耐久性評価 促進劣化試験によるCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの耐久性評価 コンクリート中の鉄筋腐食の抑制方法の評価 	一般的な鉄筋コンクリートと同等の性能を確認できる (100%)

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (これまでの取組)

各KPIの目標達成に向けた個別の研究開発の進捗度

研究開発内容

1 CO₂固定量の評価
手法開発

直近のマイルストーン

- ・それぞれの機器分析の課題の整理
- ・簡易評価手法の開発

これまでの (前回からの) 開発進捗

- ・各共同実施先が保有する分析機器より、標準サンプルを多少に繰り返し精度も含めた分析評価を実施した。
- ・CO₂固定量評価に繋がる可能性のある海外規格を対象に調査を実施し、学協会を通じたISO提言に向けた課題点を抽出。

進捗度

○
酸分解と熱分解の手法を比較すると配合によって両者の結果に差が出る場合がある。今後詳細を検討する。

2 CO₂固定量の品質
管理・モニタリングシ
ステムの開発

コンクリートの炭酸化によ
るCO₂固定領域の判定
方法の探索

- ・コンクリートのCO₂固定領域の評価方法について文献調査等を実施。同評価方法のひとつとして、炭酸化に伴う電気特性の変化に関する検討を開始。
- ・コンクリート表面からのCO₂固定量の分布について、中性化深さよりも内部までCO₂がかなり固定されていることを確認。一方で、養生条件によってこの深度が大きく変わることを確認。

○
技術探索に加えて、初期的な要素試験を開始

3 フィールド検証等によるCO₂排出削減・固定量最大化
コンクリートの品質
評価

- ・長期耐久性評価のための暴露試験実施
- ・コンクリートの表層耐久性の検討着手
- ・鉄筋腐食試験体の作製・測定

- ・長期耐久性評価のためのフィールドを東北大学内に確保
今回から研究計画にもとづき着手開始
- ・万博での長期暴露試験に向けてブロック製造開始
- ・実躯体に近い配合での鉄筋腐食試験体を作製し、金工大にて電気化学測定を実施
- ・コンクリートの炭酸化後の表層品質 (透気性、透湿性、仕上材の有無) 確認試験を東京理科大にて開始。

○
相対湿度40,60%RHでは内部鉄筋の腐食は進まない可能性があることを確認した。

2. 研究開発計画 / (2) 研究開発内容 (今後の取組)

個別の研究開発における技術課題と解決の見通し

研究開発内容

直近のマイルストーン

残された技術課題

解決の見通し

1 CO₂固定量の評価
手法開発

・それぞれの機器分析の
課題の整理
・簡易評価手法の開発

・骨材に石灰石（天然物）が使用された場合のCO₂固定量の
判別方法。
・CO₂評価に係る海外規格の採用実態が不明。また、海外
規格に見られた適格性試験や精度データの記載に対する対
応。

○
・CO₂固定型コンクリート技
術を優先検討しつつ、適用
技術の拡大を目指す。
・海外規格の実態に係る
情報収集を検討する。

2 CO₂固定量の品質
管理・モニタリングシ
ステムの開発

コンクリートの炭酸化によ
るCO₂固定領域の判定
方法の探索

コンクリートの中性化深さとCO₂固定領域との関係が不明

○
様々なコンクリートにおけ
る中性化深さとCO₂固定
領域との関係に係るデー
タ取得と評価を実施する。

3 フィールド検証等によ
るCO₂排出削
減・固定量最大化
コンクリートの品質
評価

・長期耐久性評価のため
の暴露試験実施
・コンクリートの表層耐久
性の検討着手
・鉄筋腐食試験体の作
製・測定

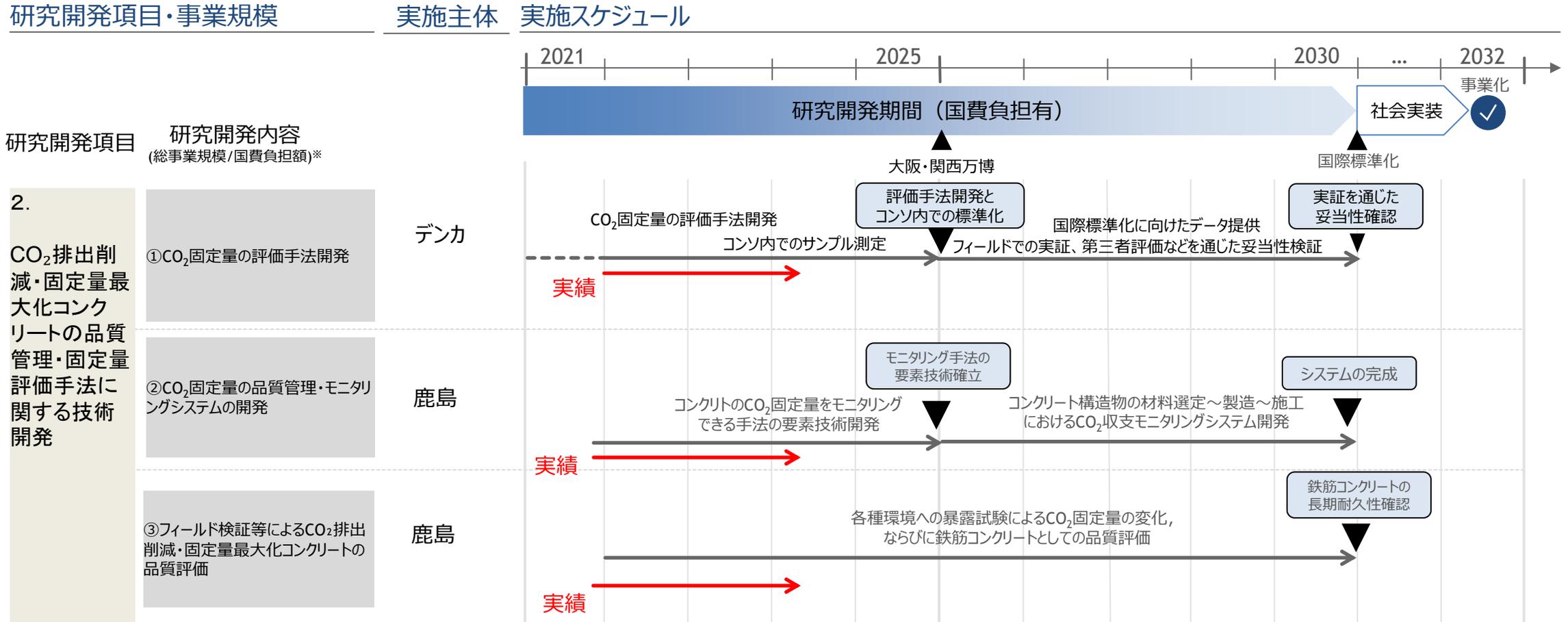
・コンクリートの炭酸化による表層の空隙構造・水和物組成の
変化が不明確
・炭酸化したコンクリート中鉄筋の防食技術が未確立

○
・炭酸化したコンクリートの
表層部における空隙構
造・水和物組成に関する
詳細分析を実施する。
・仕上材や防錆鉄筋を用
いた防食技術の確立。

2. 研究開発計画 / (3) 実施スケジュール

複数の研究開発を効率的に連携させるためのスケジュールを計画

2. CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの品質管理・固定量評価手法に関する技術開発



▼ :ステージゲート審査

2. 研究開発計画 / (4) 研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

	幹事会社	共同実施先
研究開発項目1-①(1)	デンカ (①, ②, ③を担当)	トクヤマ
研究開発項目1-①(2)	鹿島建設 (①, ②担当)	日本メサライト工業, 日本コンクリート工業, 中国高圧コンクリート工業 (CCU材料開発) 東北大学 (品質評価)
	竹中工務店 (③, ④, ⑤を担当)	コトブキ技研 (CCU材料開発), 島根大学, 芝浦工業大学 (品質評価)
研究開発項目1-①(3)	鹿島建設 (③, ④を担当)	フローリック, シーカ・ジャパン, 花王, 太平洋セメント (材料開発) 三和石産, 磯上商事, 長岡生コンクリート (実証検討, 評価) 東北大学, 東洋大学 (品質評価), 三菱商事 (材料情報収集)
	竹中工務店 (①, ②, ④を担当)	大和紡績, 日鉄セメント, 日鉄高炉セメント, 竹本油脂 (材料開発) ダイワ, スパンクリートコーポレーション (構造体利用評価) 芝浦工業大学, 島根大学 (反応メカニズム解明・評価)
	デンカ (⑤を担当)	東京大学, 島根大学, 早稲田大学 (反応メカニズム解明・評価)

2. 研究開発計画 / (4) 研究開発体制

各主体の特長を生かせる研究開発実施体制と役割分担を構築

	幹事会社	共同実施先
研究開発項目1-②(1)	鹿島建設 (①, ②を担当)	ランデス, ホクエツ, 日本コンクリート工業, 日本コンクリート, ジオスター, 鶴見コンクリート (土木プレキャスト製品開発), 東洋大学 高橋カーテンウォール工業, ノザワ, ケイミューシポレックス, タカムラ建設, 川岸工業, タイガーチヨダ (建築プレキャスト製品, 建材開発) セイア, 日工, 北川鉄工所 (コンクリート製造設備開発)
	竹中工務店 (③を担当)	(ダイワ, スパンクリートコーポレーション; 構造体利用のための部材製作)
研究開発項目1-②(2)	鹿島建設 (①を担当)	鉄建建設, 東急建設, 不動テトラ, 鹿島道路, 東洋大学
	竹中工務店 (②, ③を担当)	竹中土木, 竹本油脂, 日鉄高炉セメント, 九州大学 (地盤改良材・工法開発)
研究開発項目1-②(3)	鹿島建設 (①を担当)	三菱商事 (海外展開)
	竹中工務店 (②を担当)	(ダイワ, スパンクリートコーポレーション; 構造体利用のための部材製作)
研究開発項目2	デンカ (①を担当)	東北大学, 産業技術総合研究所, 早稲田大学, 島津製作所 (分析評価)
	鹿島建設 (②, ③を担当)	東北大学, 東洋大学, 金沢工業大学, 東京理科大学, 東海大学 (品質評価)

研究開発における連携方法

- 分科会を組織し, 定期的に進捗確認会議等を通じて, それぞれの担当の進捗状況を把握しつつ, それぞれの専門領域の観点からアドバイスを行う。

2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等（主なものを記載）	競合他社に対する優位性・リスク
1-① CO ₂ 排出削減・固定量を最大化できる使用材料に関する研究開発	(1)各種Ca源を利用した、CO ₂ 固定型混和材の開発	<ul style="list-style-type: none"> 工業原料を用いたγ-2CaO・SiO₂の製造とその二酸化炭素排出量の評価（デンカ：セメント・コンクリート論文集2009） 特許第4267446 セメント混和材、セメント組成物、及びそれを用いた中性化抑制方法（デンカ：CO₂固定型混和材、PCT出願済） 環境と経済の両側面を考慮したセメントおよびコンクリートの評価（トクヤマ：日本建築学会構造系論文集、2021） 低温焼成型クリンカーの実機キルン焼成試験結果および試製セメントの物性（トクヤマ：セメント・コンクリート論文集、2015） 	〈優位性〉 <ul style="list-style-type: none"> 他のセメント鉱物系CO₂固型材料に対する単位量当たりのCO₂固定量 CO₂固定型混和材に関する知識、ノウハウの保有 〈リスク〉 <ul style="list-style-type: none"> Ca, Mg廃棄物のサステナビリティ性 新興国での基礎研究の台頭、知的財産化
	(2) CCU骨材・微粉等の製造技術開発	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートスラッジを利用したCO₂リサイクルと副生成物の完全利活用について（日本コンクリート工業：コンクリートテクノ、2020） セメント系廃材を活用したCO₂固定プロセス及び副産物の建設分野への利用技術の研究（竹中工務店：2020-2021年 NEDO） 炭酸化による低品質再生骨材の改質技術の提案と改質再生骨材がコンクリートに与える影響（芝浦工業大学：コンクリート工学論文集2019） 	〈優位性〉 <ul style="list-style-type: none"> 常温・常圧での低コスト・低CO₂排出なCCU微粉製造技術の保有（日本コンクリート工業） セメント系廃材の100%利用を実現するCCU材料製造プロセスの技術・アイデアを保有（竹中工務店） 〈リスク〉 <ul style="list-style-type: none"> 一般的なコンクリート用骨材に代替するためのCCU骨材の高密度化に対する技術的なハードル
	(3)低CO ₂ 排出セメントと各種CO ₂ 固定技術の組合せによるコンクリート技術開発	<ul style="list-style-type: none"> 高炉スラグ微粉末を高含有した結合材を用いたコンクリートの収縮ひび割れ抵抗性の向上に関する実験検討（竹中工務店：JCI年次論文2016） 特許5892696 高炉セメントを用いたコンクリート組成物及びコンクリート硬化体（竹中工務店、鹿島建設 他：ECMに関する特許） CO₂排出量ゼロ以下の環境配慮型コンクリート「CO₂-SUICOM®」の開発（鹿島、デンカ：鹿島建設技術研究所年報2013） 特許5504000 コンクリート混練物並びにCO₂吸収プレキャストコンクリートおよびその製造方法（鹿島：CO₂-SUICOMの材料構成に関する特許） コンクリートの微細構造モデルと物質平衡・移動解析システム（DuCOM）の開発（東京大学） 	〈優位性〉 <ul style="list-style-type: none"> 各種CO₂排出削減技術およびCO₂固定技術を保有 反応機構、メカニズムに関する多くの大学有識者との連携 〈リスク〉 <ul style="list-style-type: none"> 既存の知的財産に関する国際展開の不十分さ

2. 研究開発計画／(5) 技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等（主なものを記載）	競合他社に対する優位性・リスク
<p>1-②</p> <p>CO₂排出削減・固定量最大化 コンクリートの革新的固定試験及び製造システムに関する技術開発</p>	<p>(1)大型プレキャストコンクリートの革新的CO₂排出削減・固定技術および適用技術の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> 特許5557882 炭酸化養生設備、炭酸化コンクリート製造方法および炭酸ガス固定化方法（鹿島，デンカ：排気ガスを用いた炭酸化養生の方法，PCT出願済） 特許5557882 炭酸化養生設備及び炭酸化養生用CO₂含有ガスの供給方法（鹿島，デンカ：省エネタイプの炭酸化養生設備，PCT出願済） 特許4829017 二酸化炭素固定化構造部材（竹中工務店：構造部材への長期的なCO₂固定化方法） CO₂-SUICOMの炭酸化養生の実績（ランデス，日本コンクリート） 	<p>〈優位性〉</p> <ul style="list-style-type: none"> プレキャストコンクリートに大量のCO₂を固定した実績 CO₂固定時の環境制御に係る多大なノウハウ <p>〈リスク〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 既存の知的財産に関する国際展開の不十分さ 大型部材への迅速なCO₂固定手法
	<p>(2)対象構造物に応じた現場打設コンクリートの革新的CO₂排出削減・固定・適用技術開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> コンクリートの現場炭酸化養生技術に関する研究（鹿島：コンクリート工学年次論文集，2020） 特許5732368 透水性コンクリート舗装のエフロレンス抑制工法（鹿島，鹿島道路：ポーラスコンクリート舗装を対象とした現場での炭酸化養生によるCO₂固定方法） 特許6204128 コンクリート構造物の炭酸化養生方法（鹿島：貯水タンクを対象とした炭酸化養生によるCO₂固定方法） 	<p>〈優位性〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 現場打設コンクリートを対象とした炭酸化養生に関する知的財産と実施実績（グローバル視点でも他社に実績なし） <p>〈リスク〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 技術の確立と知的財産化の国際的な競争 大型部材への迅速なCO₂固定手法
	<p>(3)事業性評価および海外展開を含めた社会実装検討</p>	<ul style="list-style-type: none"> タイのセメント産業におけるCO₂回収・固定による大規模温室効果ガス削減事業及び普及促進に関するJCMプロジェクトの実現可能性を，二国間クレジット取得等インフラ整備調査事業として平成28年度に実施（日本コンクリート工業） 国際的なネットワークを駆使した世界各国のCCU関連事業に関する情報収集と，GCCAをはじめとした世界の主要団体におけるCCU関連のワーキングに参画（三菱商事） 	<p>〈優位性〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 各種技術の海外展開時におけるノウハウを所有 <p>〈リスク〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 技術の確立と知的財産化の国際的な競争 豊富な資金提供による海外類似技術の早期展開

2. 研究開発計画 / (5) 技術的優位性

国際的な競争の中においても技術等における優位性を保有

研究開発項目	研究開発内容	活用可能な技術等	競合他社に対する優位性・リスク
<p>2</p> <p>CO₂排出削減・固定量最大化 コンクリートの品質管理・固定量評価手法に関する技術開発</p>	<p>(1) CO₂固定量の評価手法の開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> 炭酸化したセメント系材料におけるCO₂固定量の評価手法および物性変化に関する研究（鹿島，デンカ：土木学会論文集，2021，熱分析と無機炭素分析によるCO₂固定量の違いに言及） 炭酸化を受けたセメント系材料中のCO₂含有率評価に向けた分析方法の検討（デンカ：セメント技術大会講演要旨集，2021） レーザー誘起ブレイクダウン分光分析法による高純度金属中の微量軽元素分析の可能性（産総研，LIBSワークショップ，2017） 熱拡散率測定用の認定基準物質としての石英ガラスの開発（産総研，INTERNATIONAL JOURNAL OF THERMAL SCIENCES，2011） 	<p>〈優位性〉</p> <ul style="list-style-type: none"> CO₂-SUICOMの製造と品質評価を通じて，CO₂固定量の定量的な評価における課題を熟知 分析手法の国際標準化に長けた機関の参画 <p>〈リスク〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 外国先行による国際標準化
	<p>(2) CO₂固定量の品質管理・モニタリングシステム開発</p>	<ul style="list-style-type: none"> 炭酸化養生を行ったコンクリートのCO₂収支ならびに品質評価（鹿島，デンカ：コンクリート工学年次論文集，2012，炭酸化養生時に供給するCO₂濃度が封入口と出口で異なることを用いてCO₂収支が算定可能なことについて言及） CO₂-SUICOMの炭酸化養生時におけるCO₂収支の計測実績（ランダス，日本コンクリート） 	<p>〈優位性〉</p> <ul style="list-style-type: none"> プレキャストコンクリートに大量のCO₂を固定し，その際のCO₂収支を計測した実績 <p>〈リスク〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 技術の確立と知的財産化の国際的な競争
	<p>(3) フィールド検証等によるコンクリートの品質とCO₂削減・固定量の評価</p>	<ul style="list-style-type: none"> 供用から9年経過した炭酸化コンクリートのCO₂固定量評価に関する一考察（鹿島，デンカ，ランダス：土木学会年次学術講演会，2020，供用から9年経過したCO₂-SUICOMが製造時と同等のCO₂を固定し続けていることを評価） 養生と気象条件に着目したコンクリート品質の評価（東北大，日本全国の各環境条件にコンクリートを一斉に暴露して統一的に品質を評価した実績） 	<p>〈優位性〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 各種技術の海外展開時におけるノウハウを所有 コンクリート工学に関する多大な知識を有する，複数の大学有識者との連携 <p>〈リスク〉</p> <ul style="list-style-type: none"> 100年以上の長期的なコンクリート品質の保証が困難

3. イノベーション推進体制

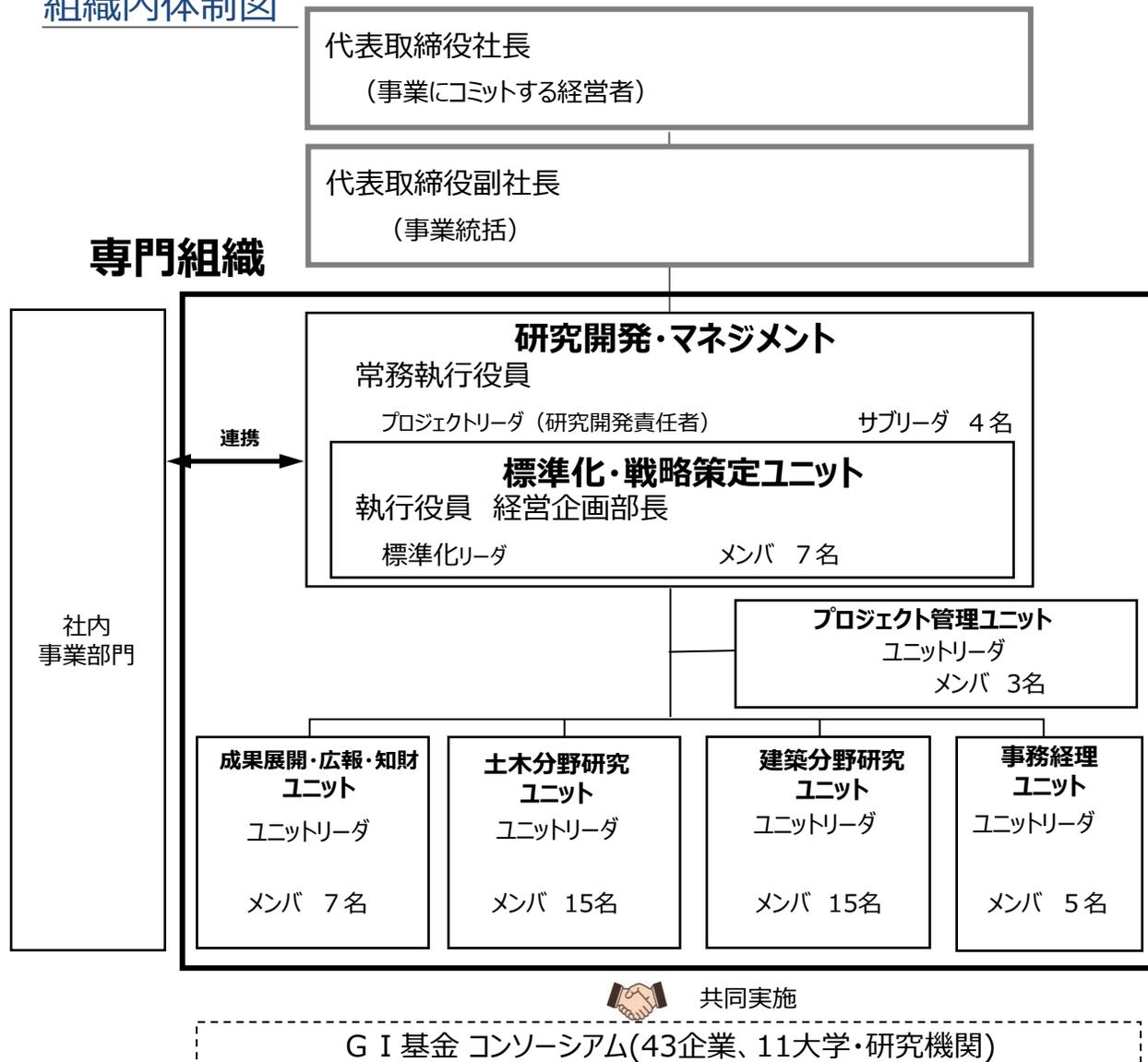
(経営のコミットメントを示すマネジメントシート)

鹿島建設(株)

3. イノベーション推進体制／（1）組織内の事業推進体制

経営者のコミットメントの下、専門部署に複数ユニットを設置

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：プロジェクトリーダー
常務執行役員 土木管理本部副本部長：全体統括
- サブリーダー
運営管理、土木分野、建築分野、事業化の各分野にサブリーダーを配置
- ユニット構成
標準化・戦略策定ユニット：市場獲得、標準化等のビジネス戦略策定を担当
プロジェクト管理ユニット：コンソーシアム全体の管理を担当
土木分野研究ユニット：研究開発項目のうち土木分野を担当
建築分野研究ユニット：研究開発項目のうち建築分野を担当
成果展開・広報・知財ユニット：戦略的な広報計画、知財戦略を担当
事務経理ユニット：プロジェクトの適切な経理処理を担当

組織の推進体制

- 運営会議：全コンソーシアムメンバーが参集し、計画、進捗状況、成果確認、事業戦略を実施（年3回）
- 定例幹事会：幹事会社3社による各種情報の共有（毎月）
- 分野別分科会：コンソーシアム各社を専門分野により分科会に振り分け各社の情報共有を活性化し、効果的な開発を推進
現在8分科会にて構成（随時開催）

3. イノベーション推進体制／(2) マネジメントチェック項目① 経営者等の事業への関与

CO₂を用いたコンクリート等の研究開発に対する経営者等による関与の方針

経営者等による具体的な施策・活動方針

- 経営者のリーダーシップ
 - 2050年カーボンニュートラルの実現に向けた当社グループの取組について、**全社戦略に位置付け**（次頁）、社内外に示している。本事業における研究開発もその一環と位置づけ、経営層のリーダーシップの下で取り組んで行く。
 - 本事業における活動状況・研究開発成果について、様々な機会を活用して経営層からもメッセージを発信し、積極的なアピールを図る。
→コンソーシアムキックオフ会議に事業にコミットする経営者（代表取締役社長 天野裕正）が出席するとともにその状況をWebページにて発表
- 事業のモニタリング・管理
 - 本研究開発プロジェクトの**統括リーダー（研究開発責任者）に当社幹部（役員クラス）を充てることで、経営層が直接関与する体制**とする。また、代表者（代表取締役社長）はもとより、土木・建築各事業部門の副社長等が同統括リーダーから定期的に報告を受け、研究開発の推進に向けた確実な指示・支援を行う。
 - 研究開発のKPI達成状況（2. に記載）を的確に管理するとともに、特に官庁工事におけるコンクリートの発注仕様や技術基準への反映等、市場環境の整備状況を注視しつつ、早期の社会実装を目指して取り組んでいく。

事業の継続性確保の取組

- 本研究開発について、全社戦略等（次頁）における位置づけを明確にし、**組織的な取組を継続**できる体制とする。
- 担当する経営者や技術者が事業期間中に交代となる場合には、本事業に取り組む意義等を含め、後任への着実な引継ぎを実施する。

3. イノベーション推進体制／(3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

CO₂を用いたコンクリート等の研究開発を経営戦略の中核に位置づけ、広く情報発信

全社経営方針における位置づけと推進体制

- カーボンニュートラルに向けた全社戦略
 - 当社グループはSDGsを踏まえたマテリアリティ（重要課題）の一つとして、「脱炭素社会移行への積極的な貢献」を掲げ、以下を推進している。
 - ◆ 工事中のCO₂排出量の削減
 - ◆ 省エネ技術・環境配慮型材料の開発
 - ◆ 再生可能エネルギー発電施設の建設及び開発・運営
 - ◆ グリーンビルディングの開発 など
 - 「鹿島環境ビジョン2050plus」（2024年5月改定）では、持続可能な社会を「脱炭素」「資源循環」「自然再興」が相互に関連しあっていることも認識したうえで、2050年までに当社グループが達成すべき目標や行動計画を構築している。このうち「脱炭素」は、当社グループのGHG排出（スコープ1, 2, 3）の2050年カーボンニュートラルの実現を目標としている。
 - 現行の中期経営計画（2024～2026）では、「技術立社として新たな価値を創る」として環境エネルギーを含めた新領域でのビジネス推進を掲げている。また、「サステナビリティ」として上記「鹿島環境ビジョン2050plus」の推進を掲げている。
 - 以上については取締役会で決議・フォローを行っている。また、特に気候変動をはじめとする環境関連の重要な方針・施策については、**社長を含む経営層をメンバとする「サステナビリティ委員会」**（年2回程度開催）で審議し、取締役会等に報告している。

- 全社戦略における本事業の位置づけ
 - 本事業は環境配慮型材料の研究開発・社会実装を通じてカーボンニュートラル社会実現の貢献を図るものであり、左記の**全社戦略に即した取組と位置づけ**られる。
- 研究技術開発の推進体制
 - 全社の研究技術開発に関する方針、重要テーマ、並びに予算計画等については、**社長を含む経営層をメンバとする「研究技術開発戦略会議」**（年2回開催）で審議し、適宜取締役会等に報告している。
 - 本事業における研究開発は全社戦略に即した重要なテーマであり、採択された場合、同会議において、経営層参画の下、当社の研究開発計画への反映、進捗状況に関するモニタリング、事業環境の変化に応じた見直し等を行っていく。

研究技術開発推進体制（鹿島統合報告書2024より）



3. イノベーション推進体制 / (3) マネジメントチェック項目② 経営戦略における事業の位置づけ

CO₂を用いたコンクリート等の研究開発を経営戦略の中核に位置づけ、広く情報発信

ステークホルダーに対する情報開示

● 情報開示の方法

- 本事業における研究開発は当社の全社戦略（前頁）に即した取組であり、この進捗状況については、**統合報告書・決算説明会資料等の各種IR資料や当社Webページ等において積極的に情報を開示する。**
- 当社は2019年12月にTCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース）への賛同を表明し、統合報告書、当社Webページにて、同提言に沿った気候変動関連の情報開示を行っていくこととしている。そのなかで、炭素税・排出枠規制によるリスクへの対応策の一つとして「**低炭素建材の開発、導入促進**」に取り組むことを公表している。
- 採択された場合、主要なイベントやマイルストーン毎（例：コンソーシアムの結成、万博での実証等）に、**タイムリーなプレスリリース**も検討する。
→研究開発受託、チーム立上げ、キックオフ会議などをプレスリリース

● ステークホルダーへの説明

- 各種IR資料やWebページ、プレスリリース等の情報開示を通じて、顧客・サプライヤー・投資家、報道関係者等の様々なステークホルダーからの問い合わせ増加が想定される。IR担当部署・広報担当部署も含めた密な情報共有を図り、**各相手先への的確なコミュニケーション**を図る。
→開発技術のロゴ・Webページの制作

TCFDに沿った気候変動関連の情報開示（鹿島統合報告書2024より）

+ : P/Lへの正の影響
- : P/Lへの負の影響

分類	リスク・機会の項目	2030年度P/Lへのインパクト		対応策	
		1.5°Cシナリオ	4°Cシナリオ		
移行リスク	政策			① 施工中CO ₂ 排出量削減活動の推進 ② 低炭素建材の開発、導入促進 ③ 再生可能エネルギー電力の確保	
		炭素税によるコスト増加	---		
		増税による建設市場縮小	-		
移行リスク	市場			① エネルギーミックスを踏まえた注力分野選択 ② 再生可能エネルギー施設的设计・施工技術開発 ③ ZEBの事業性・快適性の追求	
		CO ₂ 排出枠による事業の制限	-		
		エネルギーミックス変化(化石燃料減少)	-		
物理リスク	慢性			① 省人化施工技術の開発 ② 独自の知見を加えたハザードマップの整備・活用 ③ 国土強靱化、建物・構造物強靱化に資する工事の施工	
	急性				
		再生可能エネルギー関連需要増加	++		++
		ZEB市場拡大	++	+	
		気温上昇による労働条件への影響	-	--	
		防災・減災、国土強靱化	++	++	
		災害危険エリアからの移転		-+	

3. イノベーション推進体制／（4）マネジメントチェック項目③ 事業推進体制の確保

機動的に経営資源を投入し、着実に社会実装まで繋げられる組織体制を整備

経営資源の投入方針

- 実施体制の柔軟性の確保
 - 研究開発プロジェクトチームは技術研究所に設置し、**所内関係グループと密な協力体制**を取るとともに、本社（土木管理本部・建築管理本部等）とも連携し、必要に応じて**全社からのリソース投入**を行う。
 - 社内だけでなく、コンソーシアム各社との連携、その他の外注先の活用等、**外部リソースの積極的な活用**を図り、事業の進捗状況等に応じた柔軟な体制を確保する。
 - 2025年大阪関西万博で適用しており、その結果を2026年度以降に行う製造性・施工性等に関する研究開発に反映し、社会実装を見据えた柔軟かつ合理的な取組みを推進していく。
- 万博での開発技術適用として、ドーム型の施設を建設**
- 人材・設備・資金の投入方針
 - コンクリートの専門技術者（技術研究所等）を中心に、環境分野や事業企画のメンバーを含め、**全体で50名超（兼務含む）の人員を研究開発プロジェクトチームに配置**予定。
 - ラボレベルの研究開発は当社及び再委託先の既存の研究施設等を活用して実施する予定。大阪関西万博向けの試作品製造には、新設プラントの設置（または既存設備の改造）を計画している。
 - 国費負担以外では計5.0億円の資金を投じる計画であり、自己負担分については全社の研究投資額（過去5年平均160億円/年）からの充当を予定している。
- 自社研究開発の重要テーマ（トップダウン/ダントツ）に位置付け取組みを強化**

専門部署の設置

- 専門部署の設置
 - 本研究開発の**専門部署（プロジェクトチーム）を設置**した上、**統括リーダー（研究開発責任者）には当社常務執行役員**を充て、経営層の直接関与の下、機動的な活動を推進する。
 - 専門部署を2022年4月1日に立上げ、プレスリリース**
 - CO₂を用いたコンクリートに関する技術基準や発注者（官庁工事、民間工事）の動向を注視し、本研究開発（品質評価方法等）にも反映する。また、コンソーシアム内の総合商社等とも協力し、海外展開に向けた情報収集に注力する。
- 若手人材の育成
 - 研究成果については学会発表等を積極的に行い、当該分野の**研究活動の活性化に寄与**する。また、コンソーシアムに参加する各大学と協議し、**若手研究者との協働**も検討する。
 - **コンクリート分野・環境分野に関心・知識を有する人材の採用強化**に向け、世界に先駆けてCO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの研究開発に取り組んでいることをリクルート活動等で学生に紹介する。
 - 2021年10月1日付で設置した「イノベーション推進室」で収集する最新の技術情報も本事業に取り込み、**国内外スタートアップ等の若手や外国人も交えたオープンな研究活動**の展開を目指す。

4. その他

鹿島建設(株)

4. その他 / (1) 想定されるリスク要因と対処方針

リスクに対して十分な対策を講じるが、市場環境等の整備状況を踏まえて事業化を判断

研究開発（技術）におけるリスクと対応

- 政策や社会情勢の変化により、検討に使用する産業副産物の発生量や組成が変わるリスク
（例：製鉄のゼロエミ化に伴う高炉スラグ微粉末の組成変化、石炭火力発電所の廃止に伴う石炭灰の減産・ゼロ化など）
→ 政策動向を注視しつつ、副産物排出事業者へのヒアリングを継続的に実施
- 本開発のキープレイヤーであり、中小企業が多い共同実施先のプレキャストメーカーが、各社の根幹事業における経営逼迫等の理由で研究開発の継続が困難となるリスク
→ 複数のプレキャストメーカーと検討を行いつつ常に情報を共有することで、研究の持続性を維持

社会実装（経済社会）におけるリスクと対応

- 環境配慮型コンクリートの需要に関するリスク
工事発注者の環境配慮ニーズ（規制対応を含む）が十分高まらない。
→ 官庁・民間工事における環境配慮建材の利用動向に関するモニタリングを実施
- 技術基準に関するリスク
CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの技術基準化が進まない。
→ 本事業における実証結果等を踏まえ、発注者・学識者への技術説明を実施
- CO₂有効活用(CCU)としての事業性に関するリスク
CO₂排出抑制へのインセンティブが高まらず、排出事業者からの環境価値対価（CO₂回収・固定費）が十分確保できない。
→ CO₂排出事業者へのヒアリングを継続的に実施

その他（自然災害等）のリスクと対応

- 自然災害等のリスク
大規模な地震や豪雨災害等の発生により、研究・実証施設における被害が発生する。
→ 平時から当社BCP計画に沿った活動を徹底。



- 事業中止の判断基準：
 - ✓ 環境配慮型コンクリートの市場拡大が本事業での想定から大きく下回る場合
 - ✓ 排出事業者からのCO₂回収・固定（CCU）の市場拡大が本事業での想定から大きく下回る場合