

NEDO脱炭素技術分野成果報告会2025 プログラムNo.12

グリーンイノベーション基金事業／CO₂を用いたコンクリート
等製造技術開発

CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの開発
革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工および利用技術の
開発

発表： 2025年7月15日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

坂井 吾郎

*団体名 鹿島建設（株） （株）竹中工務店 デンカ（株）

鹿島道路，竹中土木，鉄建建設，東急建設，不動テトラ太平洋セメント，トクヤマ，日鉄高炉セメント，日鉄セメント，大和紡績花王，竹本油脂，フローリック，シーカ・ジャパン，北川鉄工所，セイア，日工，磯上商事，三和石産，長岡生コンクリート，川岸工業，コトブキ技研工業，ジオスター，ケイミューシボレックス，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，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，三菱商事，島津製作所，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

問い合わせ先 CUCO <https://www.cuco-2030.jp/>

鹿島建設 <https://www.kajima.co.jp/>

事業概要

1. 期間

開始 : 2022年2月
終了（予定） : 2030年3月

2. 最終目標

- ・ **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）を開発**し、従来品と同等コストで提供
- ・ コンソーシアム以外の企業も含め、**技術の社会実装**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

3. 成果・進捗概要

- ・ **CO₂固定型混和材**の開発を進め、反応性の分析、反応モデルによる**製造方法の検討**を継続
- ・ **CCU材料**の製造および利用技術について、湿式および乾式の**炭酸化処理装置の開発**を継続
- ・ CO₂排出量削減・固定化した**建築用プレキャスト部材、地盤改良工法**および**ドーム建築物**を**大阪・関西万博**に試適用

背景・目的

1. 背景

- ・コンクリートの材料であるセメントは、その原料である石灰石の脱炭酸反応でCO₂が排出されるため、建設事業においてはコンクリートの**CO₂削減を実現できる技術の開発が必須**となっている
- ・コンクリートへのCO₂の利用については、**CO₂固定化ポテンシャルが高いこと、生成物が安定**していることなどから、早期の社会実装によるCO₂削減が期待される
- ・廃棄物・副産物等に含まれる**カルシウム（Ca）を抽出・再利用し、CO₂を生成物に取り込む技術**（ $\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$ ）である

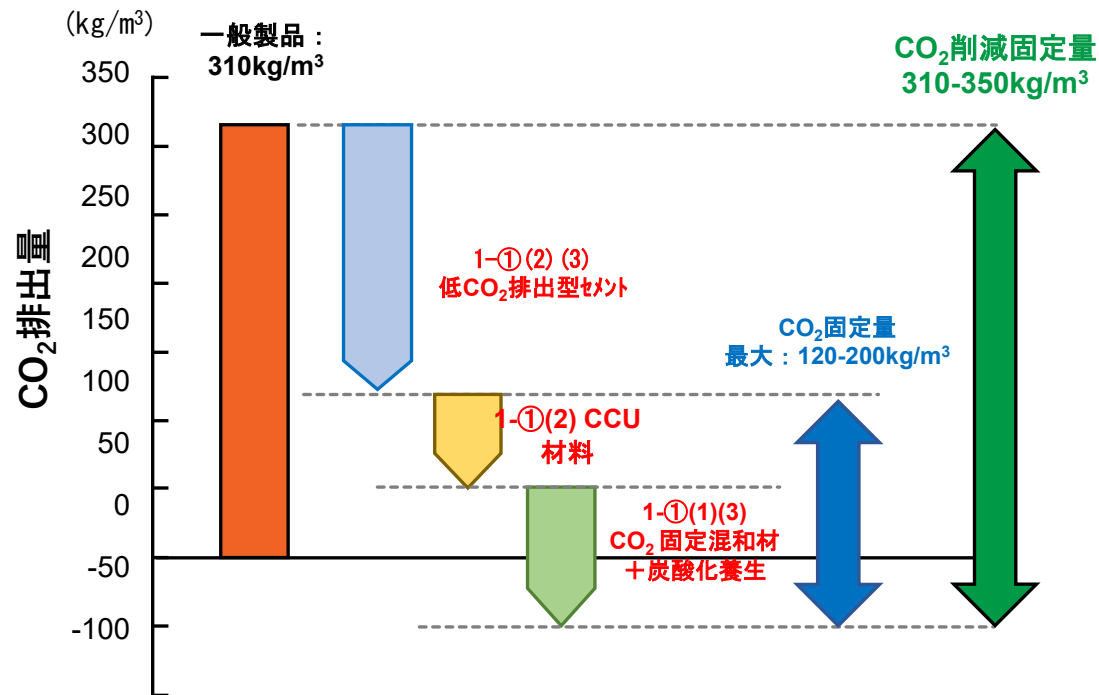
2. 目的

- ・既存技術をベースに、コンクリートの**CO₂排出削減・固定量のさらなる増大と適用対象の拡大**を図るとともに、コスト削減等によりその**利用を促進**する
- ・建設工事における技術の普及展開により、**カーボンニュートラル社会の実現**に貢献する

開発目標・開発項目

開発目標

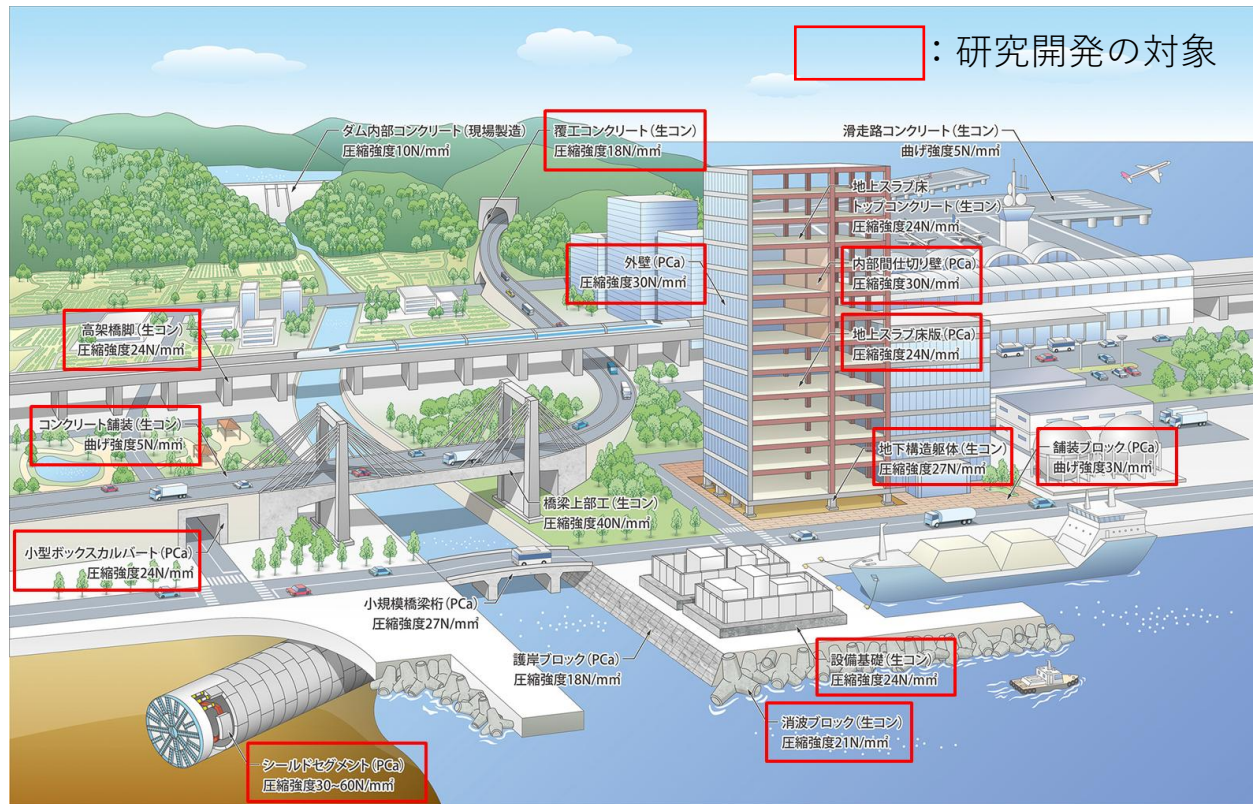
CO₂削減・固定量 310～350kg/m³、うち固定量120～200kg/m³



各技術の組合せによるCO₂削減・固定量

上記の目標数値を多種多様なコンクリート構造物および製品で実現する

開発目標・開発項目



本プロジェクトにおける研究開発の対象構造物および製品

- ・コンクリートは、適用の対象となる構造物によって要求される強度や耐久性が異なる
- ・コンクリートは重く体積が大きいので、材料の調達段階から地産地消が原則

開発目標・開発項目

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

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

CCU材料活用型コンクリート技術



研究開発項目1-①

- (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の開発

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

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

- (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

実施内容

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の開発



開発体制

幹事会社【3社】

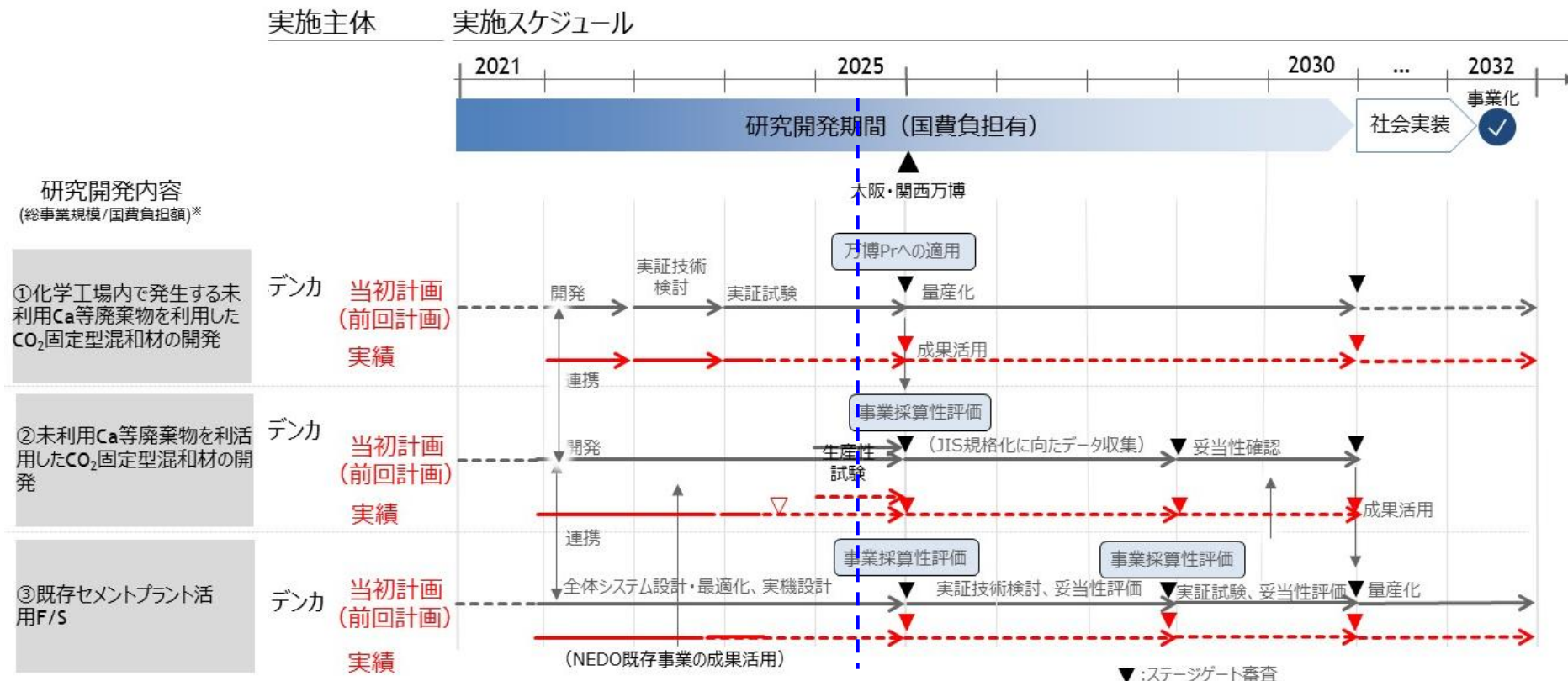


参加企業【43企業、11研究機関】

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，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	三菱商事
計測・システムメーカー	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

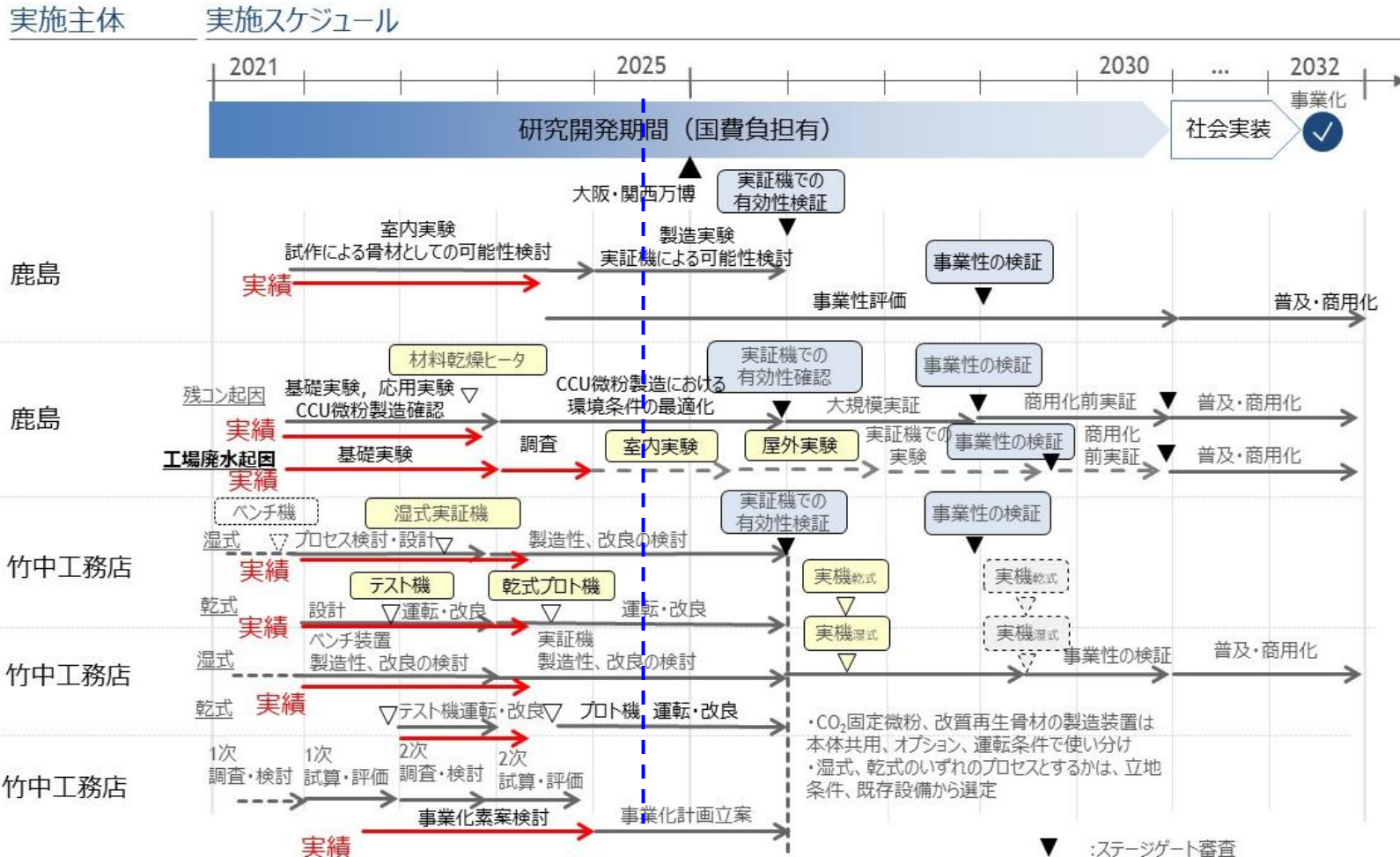
開発スケジュール（1）

1-①(1).各種Ca源等を活用したCO₂固定型混和材の開発



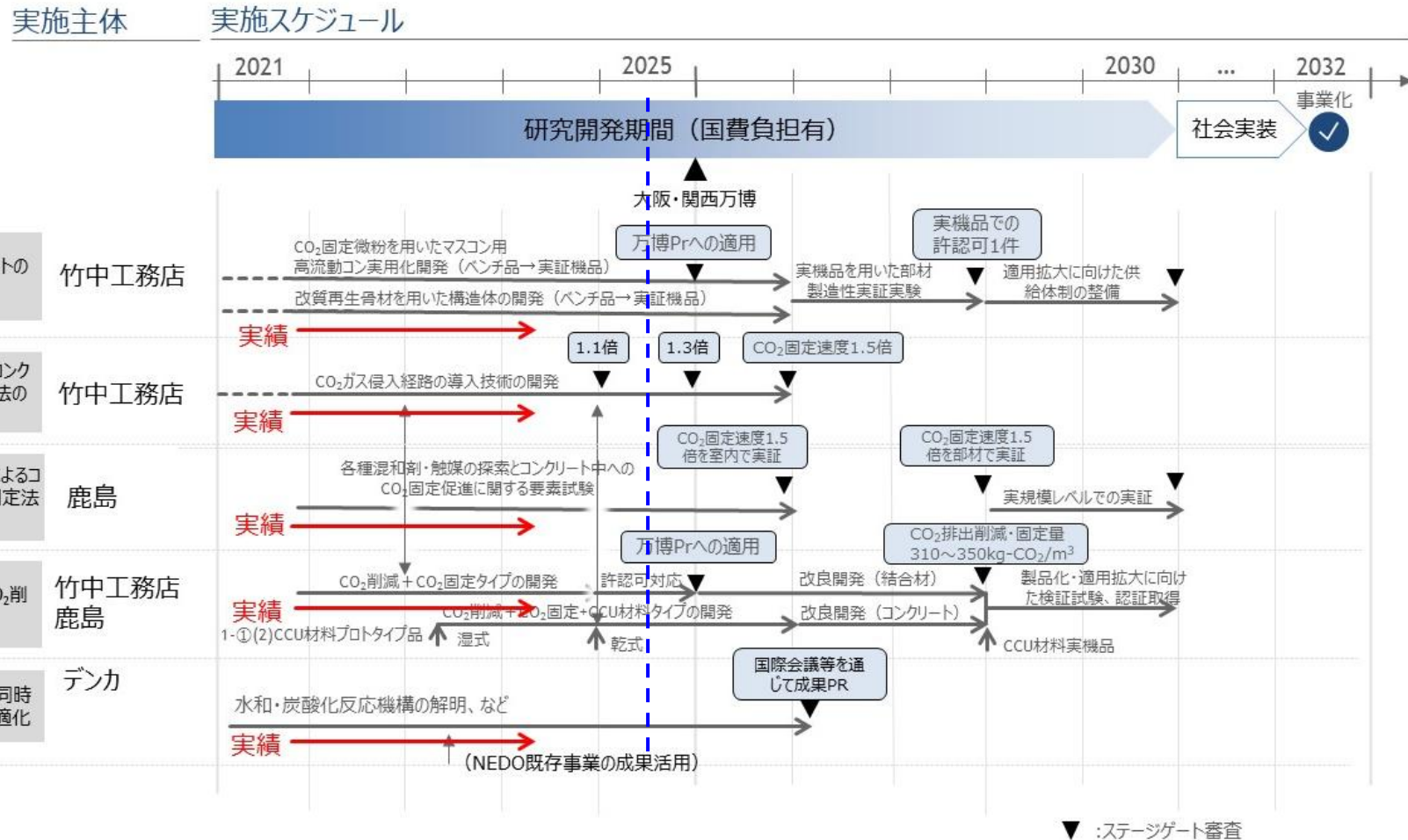
開発スケジュール（2）

1-①(2). CCU骨材・微粉等の製造技術開発



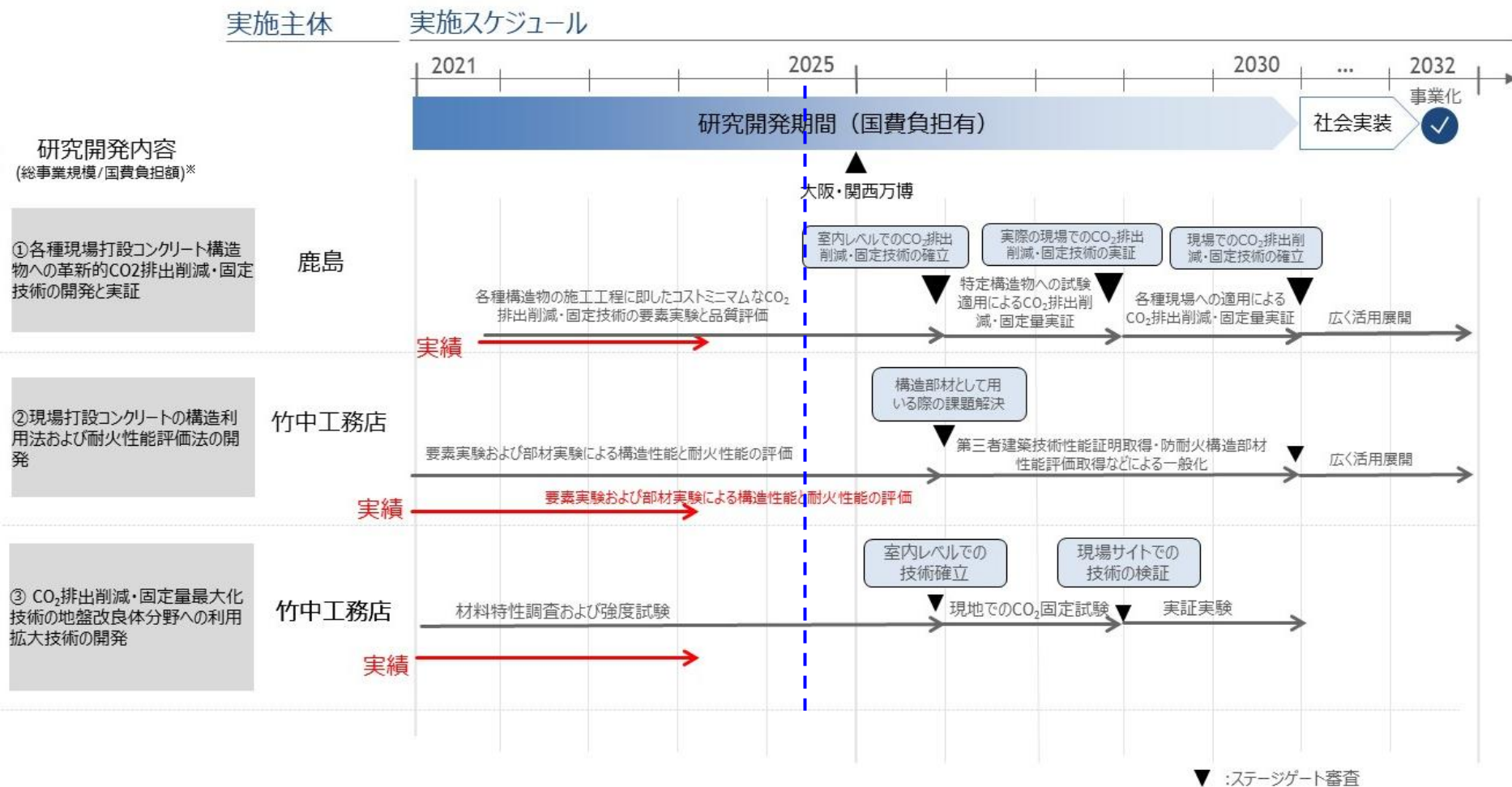
開発スケジュール（3）

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



開発スケジュール（4）

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

◆CO₂固定型混和材

【開発目的】

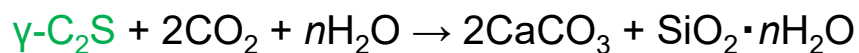
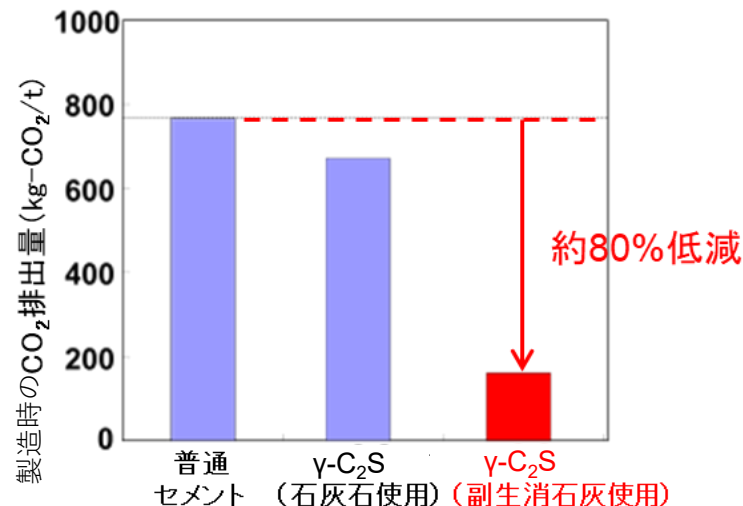
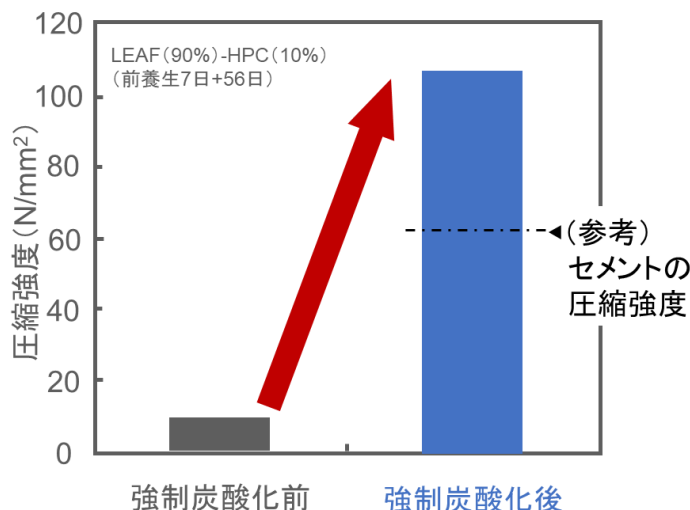
CO₂吸収コンクリートのキーマテリアルであるCO₂固定型混和材(γ-C₂S)の開発を行う

【概要】

- γ型2CaO・SiO₂(γ-C₂S)を主成分とするコンクリート用混和材
⇒セメント(主成分:3CaO・SiO₂)は水と結合し、強度を発現。γ-C₂SはCO₂と結合し、強度を発現
- 理論上のCO₂固定量はCO₂固定型混和材 1,000 kgあたり約500 kg(重量の約半分)
- 副産物として発生する消石灰を原料に使用し、製造時のCO₂排出量が少ない
(副産消石灰製造時のCO₂排出量を0 kg-CO₂/tとみなす)



CO₂固定型
混和材

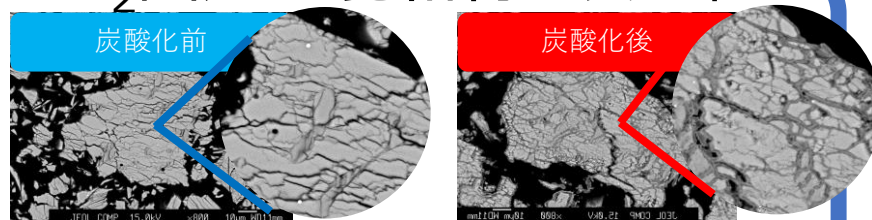
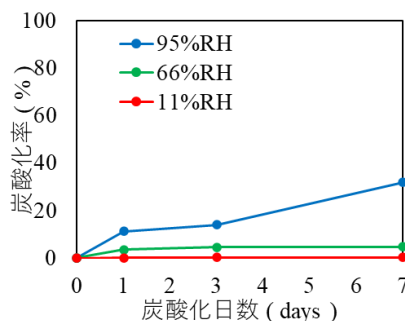


炭酸化反応メカニズムの解明に取り組み中

◆CO₂固定型混和材

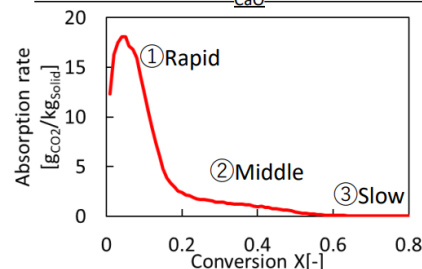
【成果】

反応性の分析、反応モデルによる製造方法の検討を継続

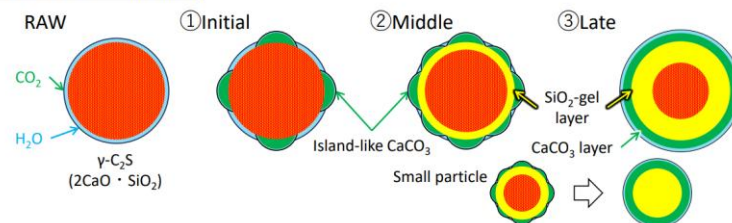
CO₂固定型混和材の反応性炭酸化前後のCO₂固定型混和材のSEM像炭酸化時の湿度と
CO₂固定型混和材の
炭酸化率

- ・CO₂固定型混和材粒子内部に微細なひび割れが存在。水を介し炭酸化が進行し、炭酸塩が粒子内部や粒子間空隙を充填。
- ・湿度、温度、CO₂濃度等がCO₂固定型混和材の反応性に及ぼす影響を調査し、**効率的な炭酸化条件**を探究。

反応モデル

Conversion ratio X_{CaO} vs. Reaction rateCO₂固定型混和材の炭酸化反応速度、各段階における粒子状態の考察

Possible mechanism



- ・CO₂固定型混和材の粒子表面にCaCO₃の殻を形成し、炭酸化が進行。反応の段階によって、Ca²⁺イオンの溶出、固相拡散等が反応律速となる。
- ・実験結果をもとに反応速度係数を算出し、**反応シミュレーションへ展開**を検討。

開発成果

◆CCU材料の製造・利用技術

CCU材料の製造

廃コンクリートから製造した再生骨材・再生微粉に効率的にCO₂を固定し、新しいCCU材料として再利用する技術開発を行っています。



CO₂固定再生微粉
(100kg-CO₂/ton 微粉)



CO₂固定再生細骨材
(50kg-CO₂/ton 骨材)

“湿式”炭酸化処理装置の検討

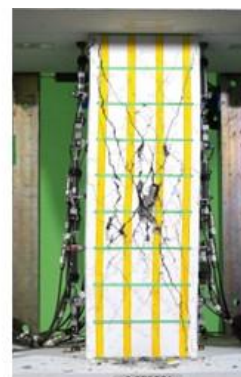


“乾式”炭酸化処理装置の検討

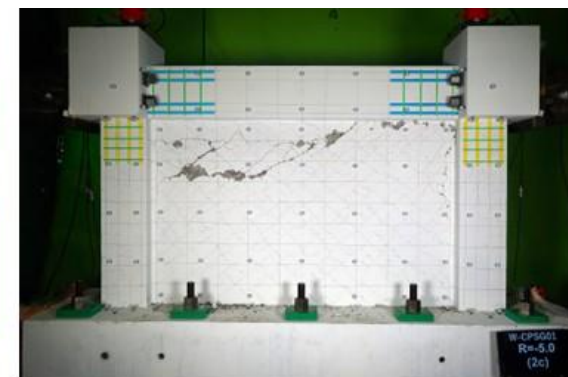


CUCO®コンクリートの性能確認

高炉スラグ微粉末とCCU材料を使用し、炭酸化養生によってCO₂を吸収させたカーボンネガティブコンクリートについて、構造実験や長期耐久性確認のための暴露実験を行っています。



柱部材性能確認



壁部材性能確認



実大試験体の炭酸化養生



耐久性確認のための暴露実験

想いをかたちに 未来へつなぐ



開発成果

◆「CUCO-建築用プレキャスト部材」の適用 TAKENAKA

製造過程でのCO₂排出量を80%削減した「CUCO®-建築用プレキャスト部材」

－2025年開催の大阪・関西万博でイベントホール棟の基礎部材として

4つのプロトタイプを適用－ ①ECM + γ -C₂S（炭酸化養生）

②ECM + CCU（CP）

③ECM + CCU（CS）

④ECM + CCU（CS）+ γ -C₂S（炭酸化養生）



本開発材を適用した大阪・関西万博のイベントホール棟の基礎部材

開発成果

◆「CUCO-CO₂固定地盤改良」の適用



CCU材料（CP）を用いたCO₂排出量を低減する地盤改良工法

「CUCO-CO₂固定地盤改良」を開発

— 2025年開催の大阪・関西万博会場で工事用仮設路面の地盤改良に初適用 —



三菱未来館の完成イメージ（左）と地盤改良の施工状況（右）

出典：https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101721.html

開発成果

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



◆低炭素型ドーム工法

【開発目的】

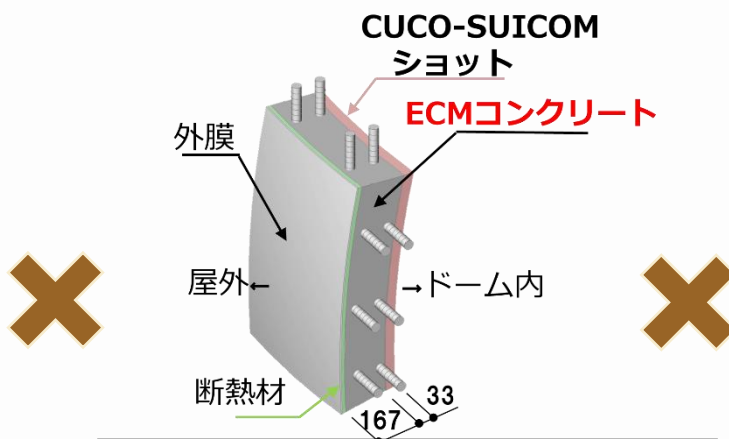
副産物を活用した低炭素コンクリート（ECMコンクリート）およびCO₂吸収コンクリートを吹付施工し、建築物として成立させ、CO₂吸収コンクリートを現場で炭酸化養生する新しい施工技術を開発する。

【技術の概要図】



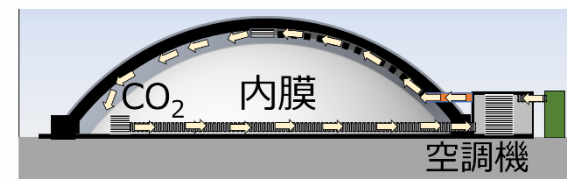
ドーム建築物
施工技術

KTドーム工法



低炭素型コンクリート技術

ECMコンクリート
CUCO-SUICOMショット



炭酸化養生技術

現場炭酸化

◆低炭型ドーム工法

【成果】

- ・2025大阪・関西万博にて、低炭素コンクリート、CO₂吸収コンクリートによる吹付けドームの建設
⇒低炭素型コンクリート（ECM）を用いた吹付け工法に目途



CUCO-SUICOMドーム外観



CUCO-SUICOMドーム吹付施工

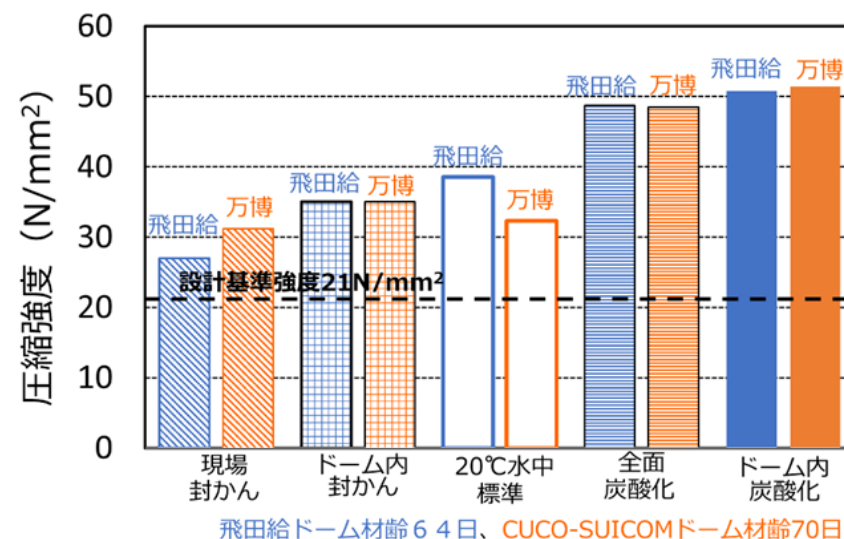
◆低炭型ドーム工法

【成果】

- ・現場炭酸化用養生を実施。炭酸化養生装置の開発
- ・炭酸化養生データ ⇒新規炭酸化養生装置にフィードバック
- ・CO₂吸収コンクリートの強度確認



CUCO-SUICOMドーム炭酸化養生



CUCO-SUICOM強度試験結果

◆低炭型ドーム工法 【今後の予定】



- 万博期間 供用時の調査（25/04/13～10/13）
- 万博終了後 コンクリートコア抜きの実施
ドーム本体解体（2025年内） 予定



CUCO-SUICOMドーム供用中内部



試作ドーム（東京）コア抜き状況

技術的課題と今後の取組み・今後の見通し

1. 技術的課題と今後の取組み

- ・ CO₂固定型混和材の製造において、工業的に目標組成となるように制御するための因子の把握 ⇒ **組成安定化の検討**
- ・ CO₂固定材料（CP：微粉，CS：改質再生骨材）については、プロトタイプ装置を再生骨材プラントの処理フローの中に構築 ⇒ **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
- ・ ドーム以外の現場打設構造物へのCO₂吸収コンクリートの適用 ⇒ CO₂固定方法の検討と**モックアップ等による検証**
- ・ さらなるCO₂固定量の増大 ⇒ **材料開発の推進**と配合の検討

2. 今後の見通し

- ・ **サンプル出荷制度**を利用し、構造部材として民間建築工事に試適用
- ・ 国土交通省が**土木工事の脱炭素アクションプラン**の1つとして発表したCO₂吸収コンクリートの採用に向けたロードマップに沿って、**開発品をサンプル出荷し、試適用**

⇒ これらを通じて**2030年までに技術の確立とコストダウン**を目指す