

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026 プログラムNo. B2-2-02

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：2026年7月22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

小島 正朗※

団体名 鹿島建設(株)・デンカ(株)・(株)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, 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, 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/>

事業概要(1)

1. 期間

- ・開始: 2022年2月
- ・修了(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
- ・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

事業概要(2)

3. 成果・進捗概要

- CO₂排出削減・固定量最大化コンクリート
削減・固定量205～360kg/m³、
(うち固定量63～160kg/m³)を実現
ただし、部材の種類による
- コストについてはCO₂のコスト(開発対象外)影響
次第
- 開発成果を大阪関西万博ほか、複数プロジェクト
に試適用して評価

背景

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 CO_2 が排出され、建設事業においては**コンクリートの CO_2 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 CO_2 の利用については、 **CO_2 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 CO_2 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、 **CO_2 を生成物に取り込む技術** ($\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3$) である

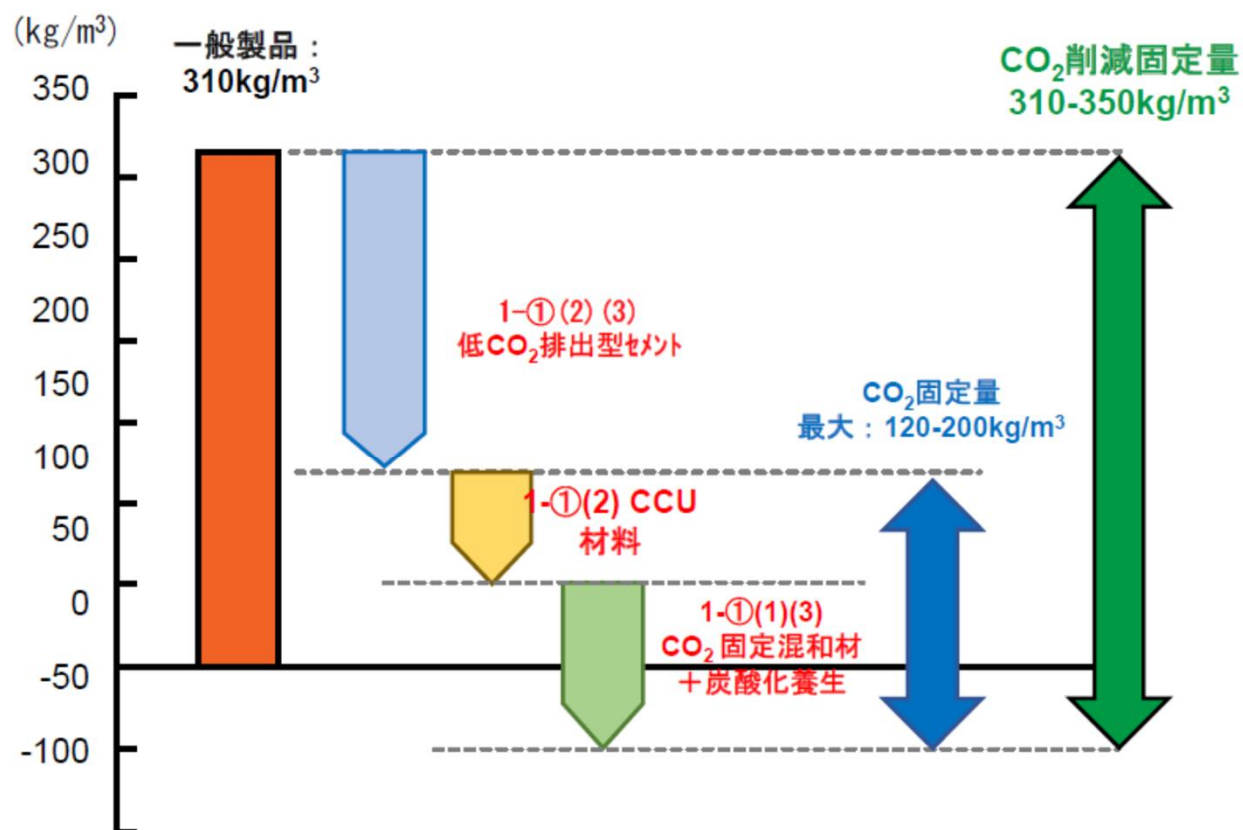
目的

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
- 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

開発目標・開発項目

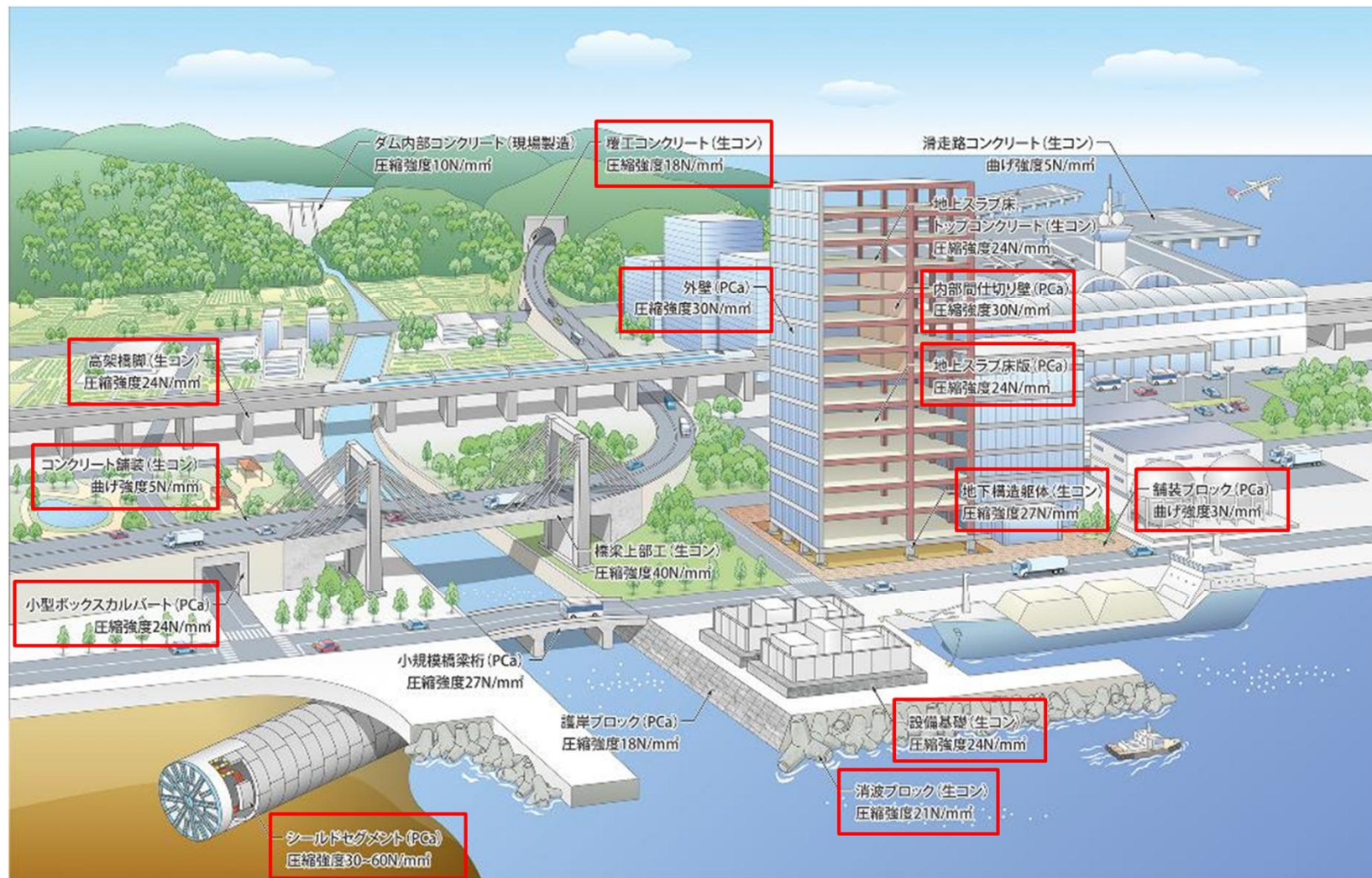
CO₂排出削減・固定量 310~350kg/m³、
うち固定量 120~200kg/m³



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

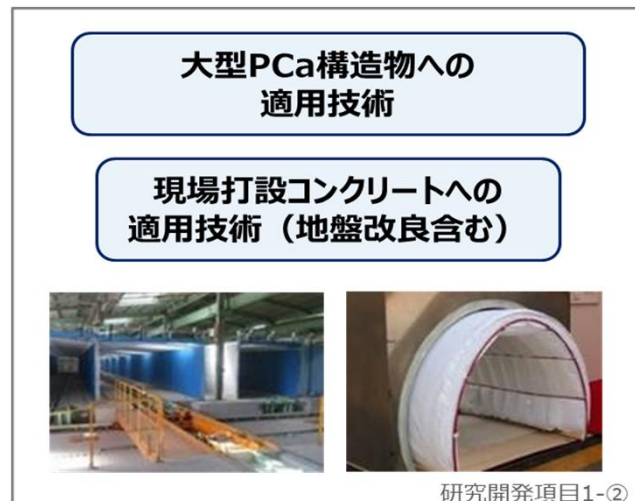
開発項目

1-①CO₂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の開発

1-②CO₂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

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】

100年をつくる会社
 鹿島

世界に誇れる、化学を。

 Denka

想いをかたちに 未来へつなぐ
 TAKENAKA

参加企業【43企業、12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(~2025), 富士ピー・エス(2026~), 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, 中国高压コン クリート工業, 黒姫
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, 宇都宮大学

開発工程

★ステージゲート

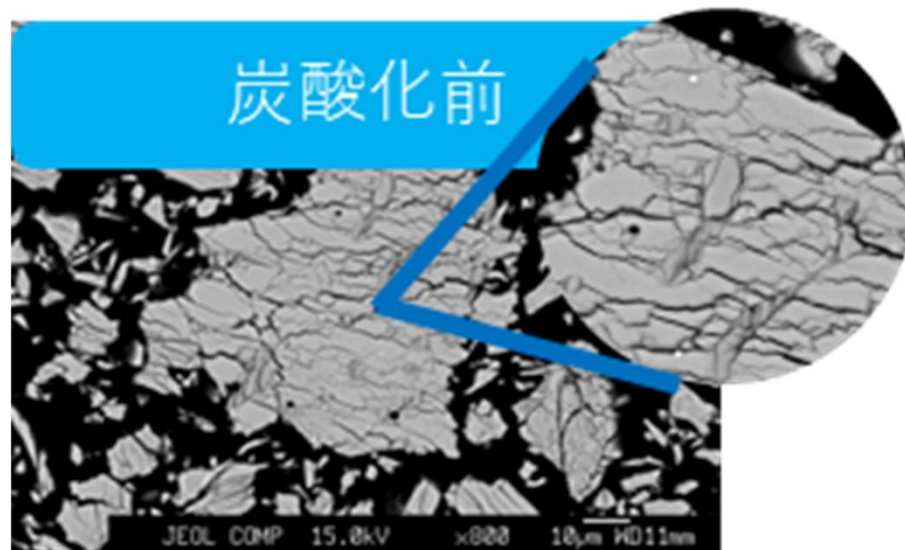
実施項目	内容	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(1). CO ₂ 排出削減・固定量を最大化できる 使用材料 に関する研究開発	①各種Ca源等を利用したCO ₂ 固定型混和材の開発	CO ₂ 固定型混和材の材料設/試調製					★	量産化に関する検討		★	製品の製造実証
	② CCU骨材・微粉等の製造技術開発	CCU材料の製造性検討および品質評価					★	製造試験・検証		★	商用前の実証
	③低CO ₂ 排出型セメントと各種CO ₂ 固定技術の組合せによる革新的カーボンネガティブコンクリート開発	各種要素を組合せたコンクリートの基本性能評価					★	検証・評価		★	商用前の実証
(2). CO ₂ 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 技術開発	①大型プレキャストコンクリートの革新的CO ₂ 排出削減・固定技術および適用技術の開発	各種プレキャストコンクリート製品に応じたCO ₂ 排出削減・固定方法の検討					★	製造試験で実証		★	許認可取得
	②対象構造物に応じた現場打設コンクリートの革新的CO ₂ 排出削減・固定・適用技術開発	対象構造物ごとの現場でのCO ₂ 排出削減・固定方法の検討					★	小規模実証		★	許認可取得
	③事業性評価および海外展開を含めた社会実装検討	材料・製造方法を考慮した事業性評価					★	実証建屋の計画		★	実証建屋建築と検証
CO ₂ 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	①CO ₂ 固定量の評価手法の開発	コンクリートのCO ₂ 固定量を適切に評価できる分析手法の選定					★	国際標準化に向けたデータ取得と評価			
	②CO ₂ 固定量の品質管理・モニタリングシステム開発	コンクリートのCO ₂ 固定量をモニタリングできる手法の要素技術開発					★	コンクリート構造物全体のCO ₂ 収支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CO ₂ 削減・固定量の評価	大阪万博を中心としたフィールドでのコンクリート品質評価					長期暴露によるコンクリートの長期的なCO ₂ 固定能力評価				

開発成果

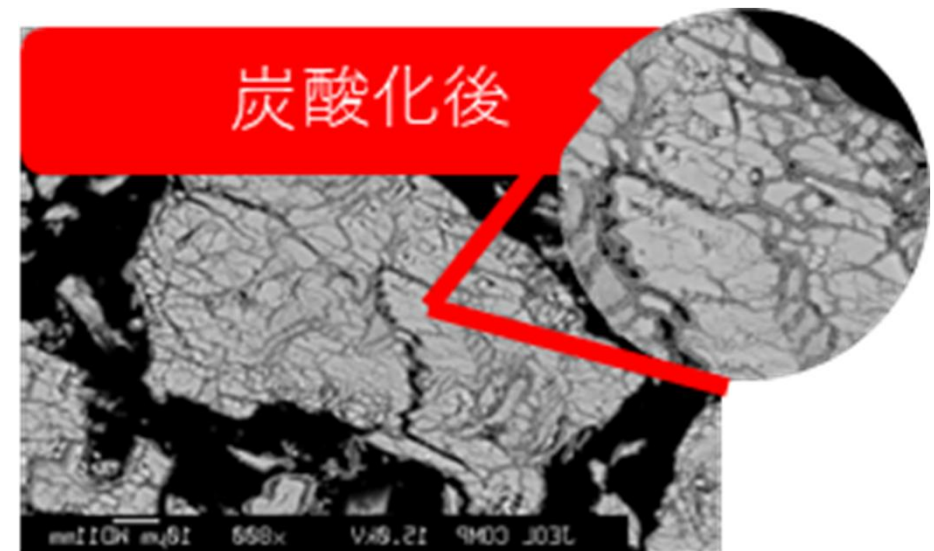
1-①CO₂排出削減・固定量を最大化できる使用材料の選定に関する研究開発

◆CO₂固定型混和材

- ・ **γ 型 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ($\gamma\text{-C}_2\text{S}$)**を主成分本事業のキーマテリアル
- ・セメントは水と反応 $\Leftrightarrow$ **$\gamma\text{-C}_2\text{S}$ はCO₂と反応し硬化**
- ・固定能力: 500kg-CO₂/t
- ・各種条件と反応性、反応モデル検討 $\Rightarrow$ **固定量最大化**
- ・原料: 自社副産物の消石灰 $\Rightarrow$ **原料の多様化**



最初から内部に微細なクラックが存在

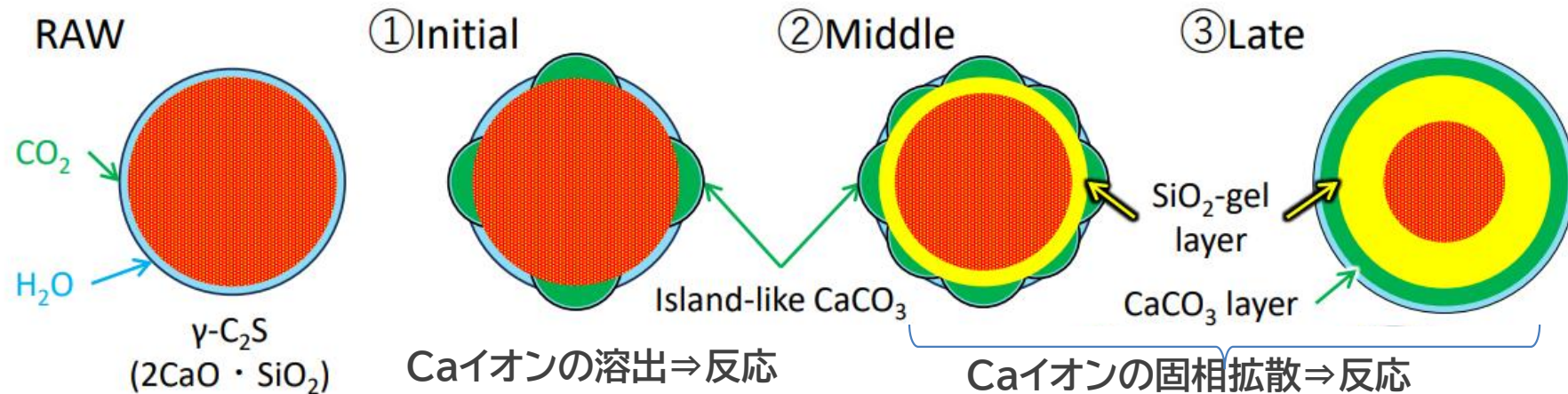


炭酸化により表面・内部に炭酸塩が析出・
充填 $\rightarrow$ CO₂固定、強度発現の増大

開発成果

1-①CO₂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

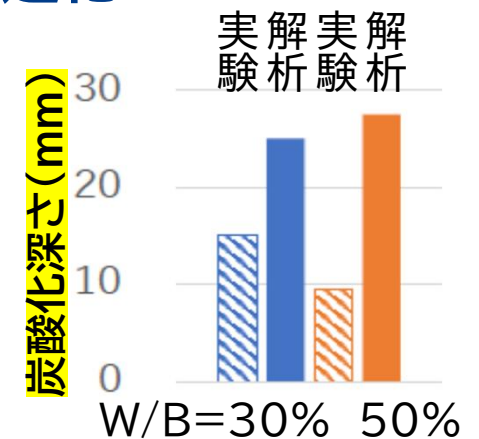
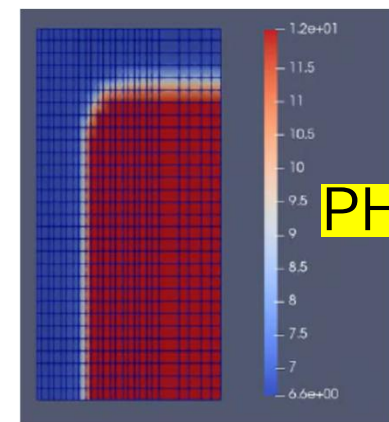
◆ γ -C₂Sの反応モデルの提案



◆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

上記の γ -C₂Sの反応モデルを、
既存のマルチスケール解析システムに導入

- ・空隙水のpH
- ・深さごとのCO₂固定量
- ・セメントの反応率 等 を算出



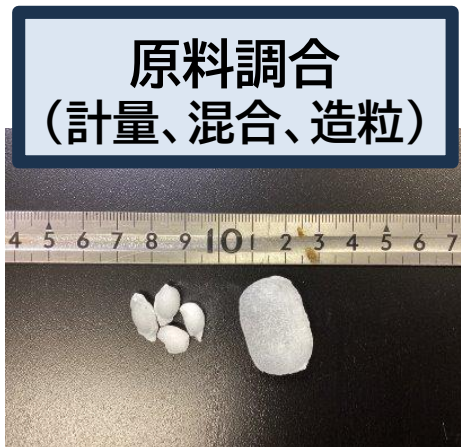
実験値と解析値に相関 ⇒ 精度向上 ⇒ CO₂固定量の最大化

開発成果

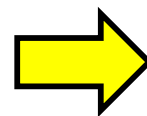
1-①CO₂排出削減・固定量を最大化できる使用材料の選定に関する研究開発 ◆産廃Ca源のCO₂固定型混和材の原料化



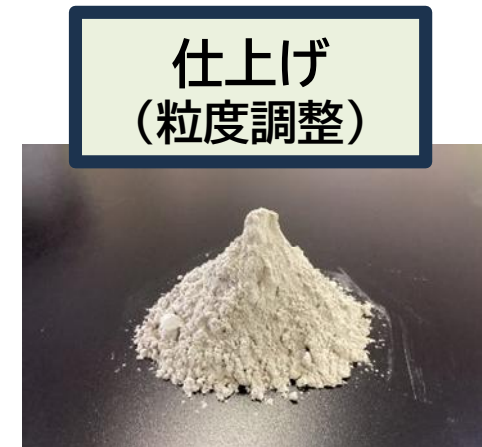
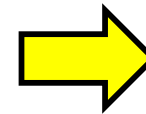
キルン外観
・内径 0.45m
・全長 8m
設備全景



原料調合
(計量、混合、造粒)
産廃Ca源を含む原料
(形状等を検討)



焼成・冷却
クリンカー焼成
(温度、時間等を検討)



仕上げ
(粒度調整)
CO₂固定型混和材
(試作品)

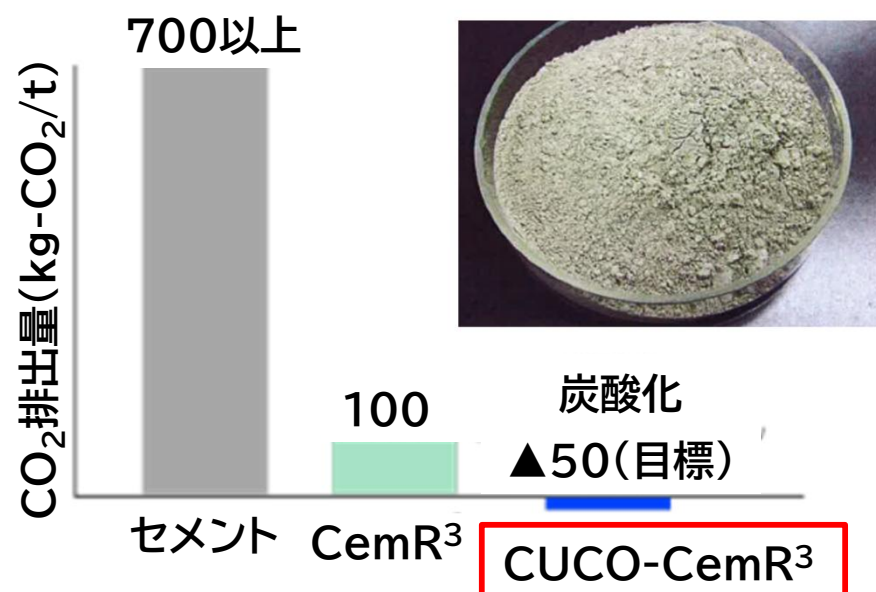
原料の多様性を踏まえた操業条件の最適化を研究中

開発成果

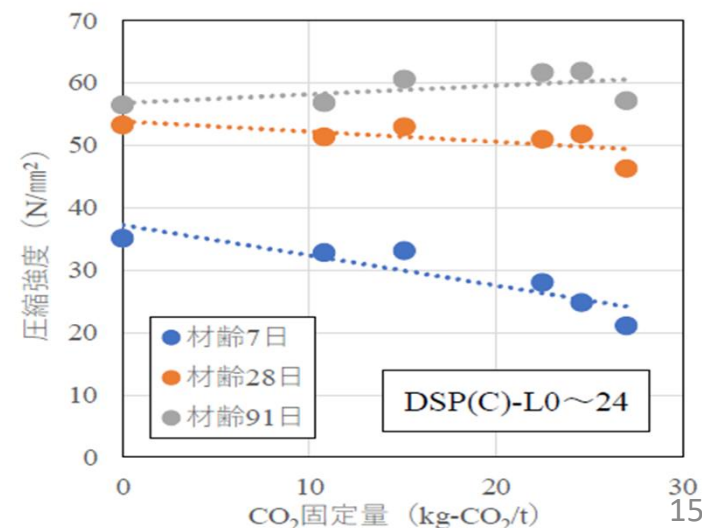
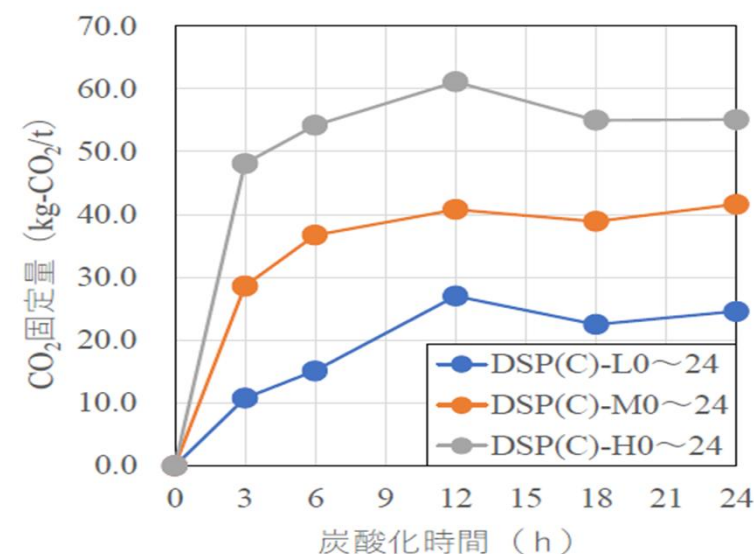
1-①CO₂排出削減・固定量を最大化できる使用材料の選定に関する研究開発

◆戻りコンクリート起源のCO₂固定化結合材(再生セメントCUCO-CemR³)

CUCO-CemR³: 戻りコンクリートから回収する再生セメントCemR³を、炭酸化処理することで既反応分のセメントにCO₂を固定化させる



30～60kg-CO₂/tのCO₂が固定可能
コンクリートの圧縮強度は長期的に影響なし

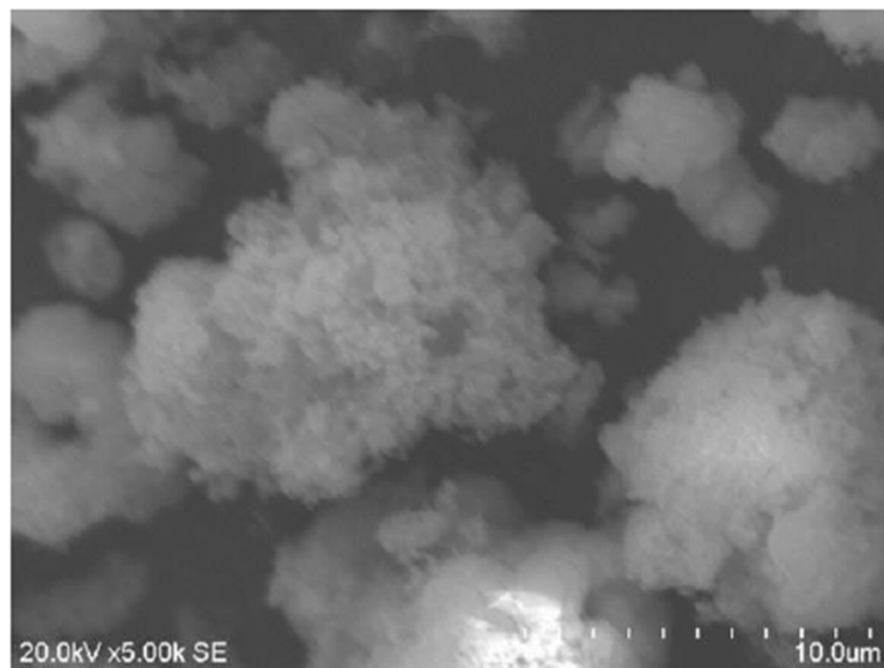


開発成果

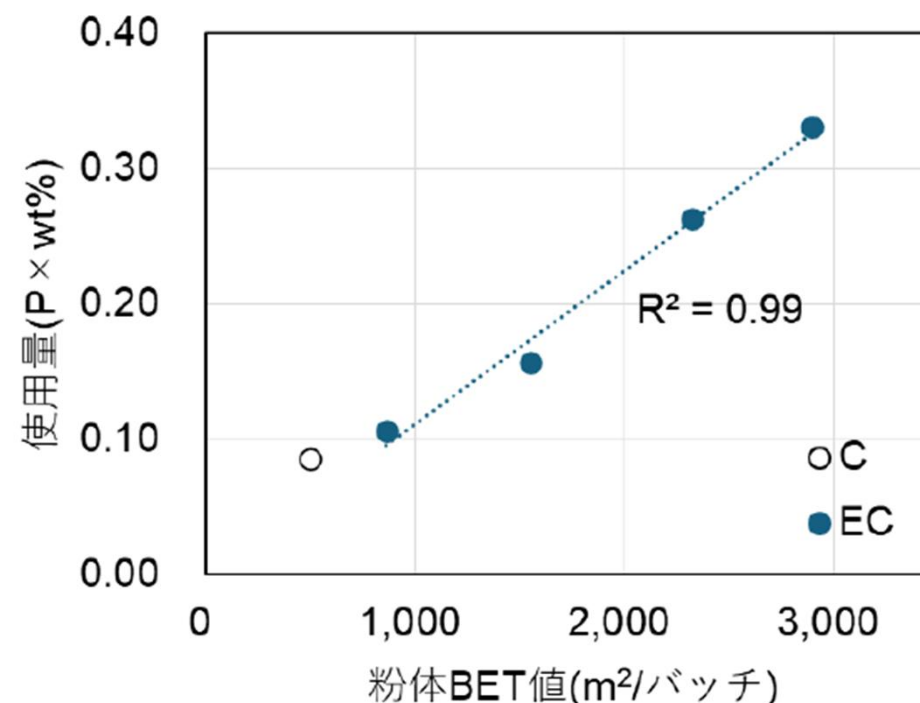
1-①CO₂排出削減・固定量を最大化できる使用材料の選定に関する研究開発

◆生コンスラッジ起源CCUS材料(炭酸カルシウム)活用コンクリート

スラッジ等のカルシウムが溶出した液相に、CO₂を作用させ沈殿回収した炭酸カルシウム(軽質)は比表面積大



軽質炭酸カルシウムのSEM画像
(BET比表面積:7.57m²/g)



モルタルに用いた粉体の全表面積と
混和剤使用量の関係

使用する粉体の全比表面積が大きいほど混和剤使用量は増大する傾向

開発成果

1-②CO₂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

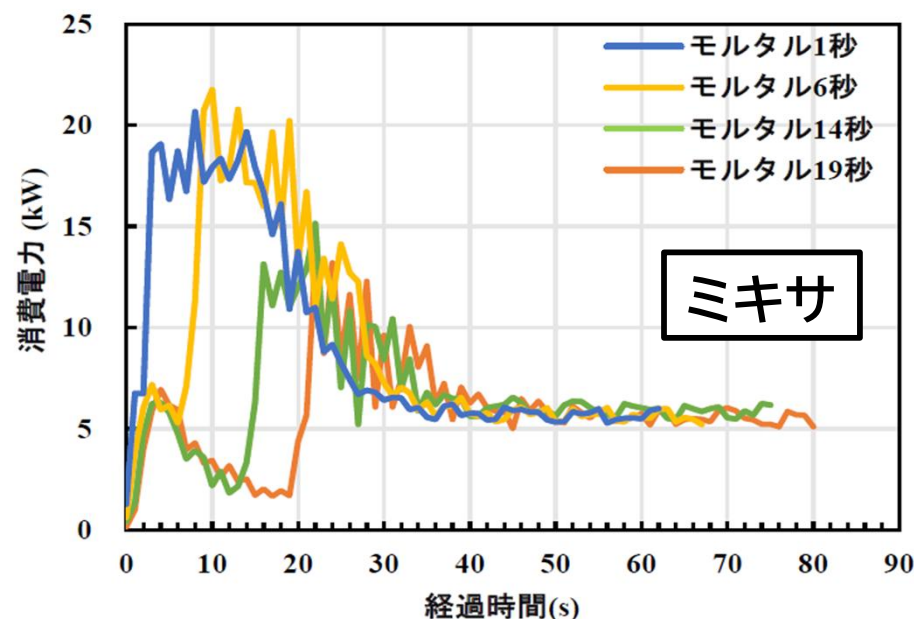
◆コンクリート製造設備のCO₂排出最小化のための技術開発

<目的> コンクリートの製造～養生時の消費電力30%削減(CO₂排出量30%削減)

実態把握: エアコンプレッサ(材料運搬や機械制御)が消費電力の大部分を占める



コンプレッサの運転制御の最適化
⇒消費電力40%削減



粗骨材の投入タイミング最適化
⇒消費電力55%削減

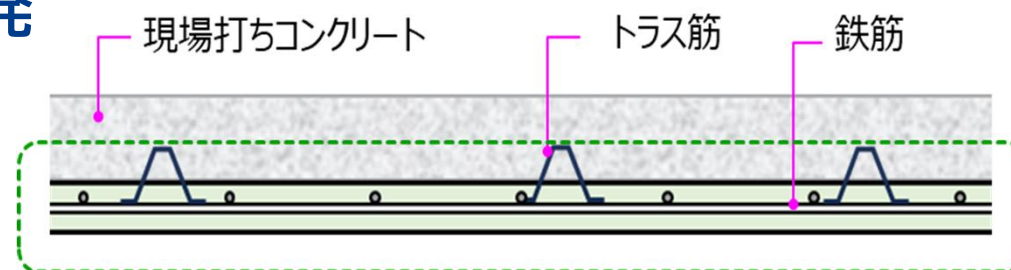
目標の消費電力30%削減を上回る削減率を実証

開発成果

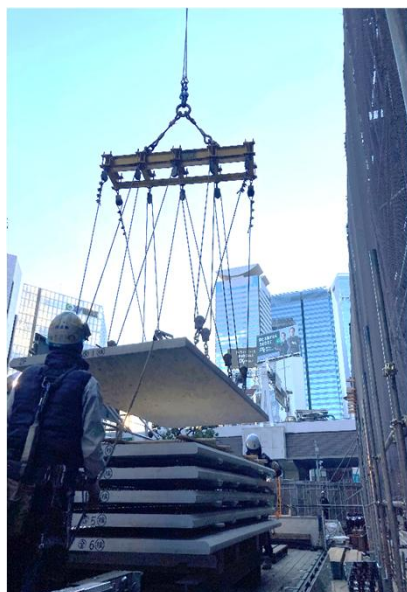
1-②CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの革新的固定試験及び製造システムに関する技術開発

◆建築用ハーフプレキャスト床板の開発

低炭素コンクリート技術と
CO₂を吸収・固定するコンクリート
「CO₂-SUICOM」の技術を組み合わせ



CUCO-SUICOMハーフPCa床版



現場搬入状況



設置完了



現場打ちコンクリート
施工完了

第三者機関の技術証明を取得。一般建築物の構造部材に適用

開発成果

1-②CO₂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

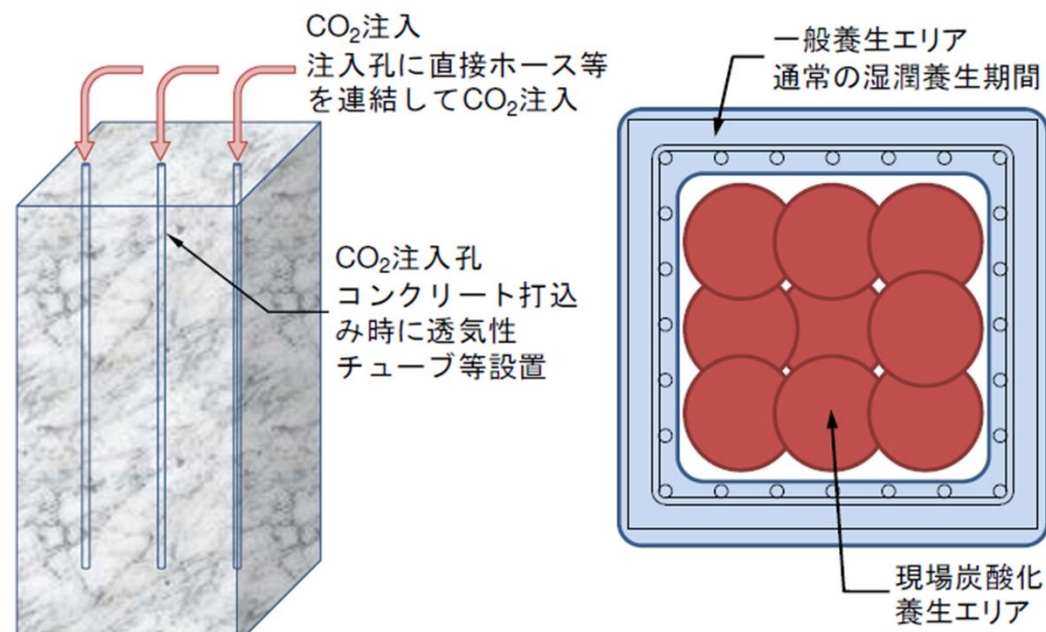
◆現場打ち・現場炭酸化養生による新工法の開発

▶CUCO-SUICOMショットクリート

▶トンネル覆工の炭酸化工法

.....

▶パイプを用いた内部からの炭酸化方法の例



20-N-7



20-N-8

有望な現場炭酸化養生による工法を確認 ⇒ モックアップ試験で検証

開発成果

プロジェクトへの試適用(2025年度)

◆大阪・関西万博 CUCO製品の適用

▶ 地先境界ブロック



▶ 舗装ブロック

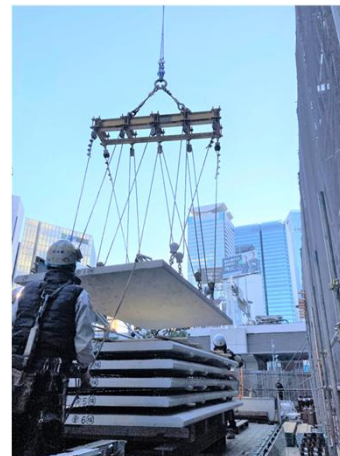


⇒2027年国際園芸博に再利用

▶SUICOMドーム

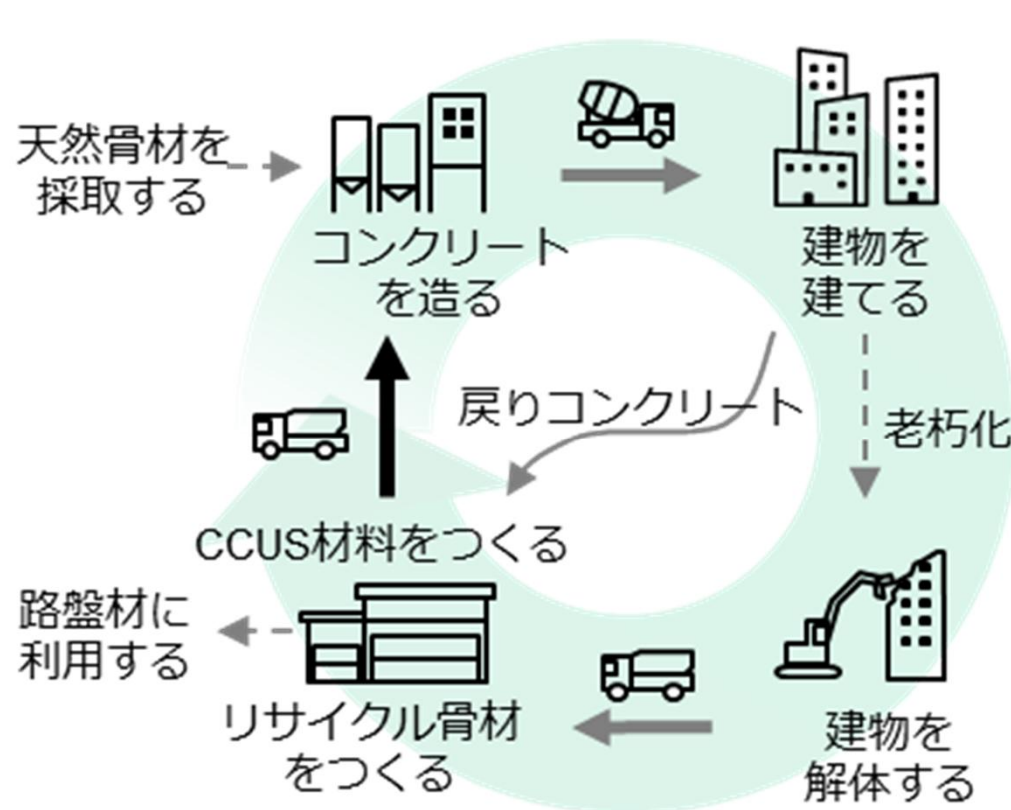


◆CUCO-大型張りブロック ◆ CUCO-SUICOMハーフPCa床版

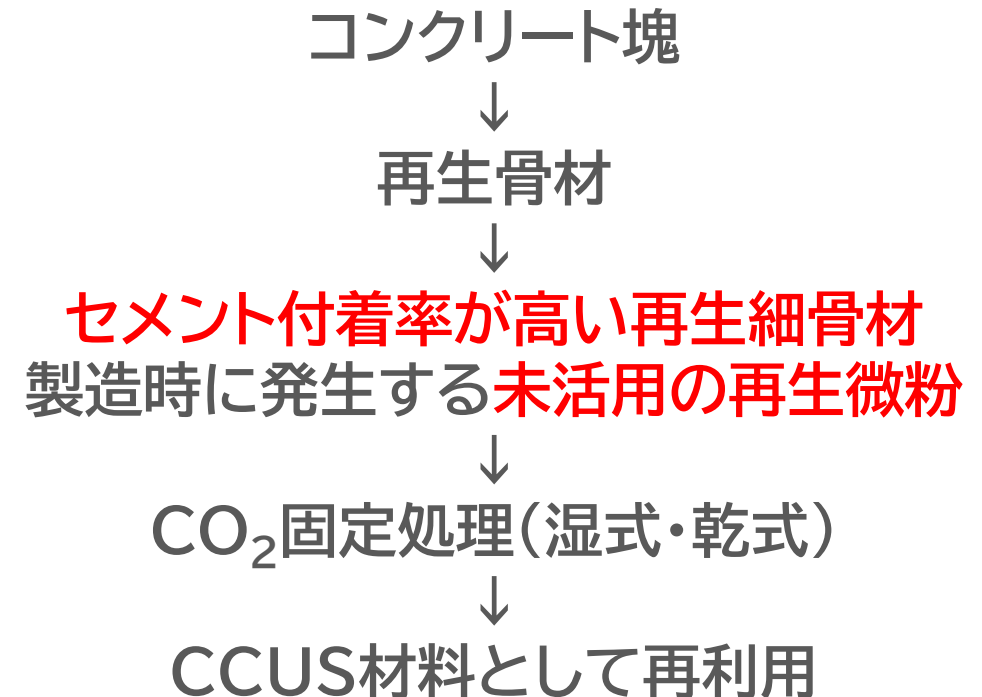


開発成果

1-①(2)解体コンクリート塊のCCU材料化・資源循環利用技術



コンクリート塊(年間3700万トン)の
循環利用→CCUS材料として活用



CO₂固定微粉(CP)



CO₂固定再生細骨材(CS)

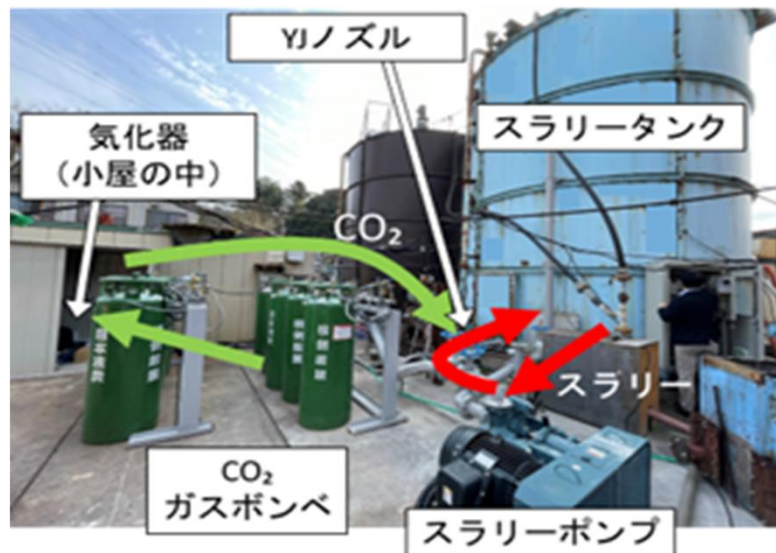
コンクリートの資源循環と脱炭素を両立させる

1-①(2)解体コンクリート塊のCCU材料化・資源循環利用技術

◆CCUS材料製造技術の開発

■湿式

プロトタイプ装置を構築済・**検証中**



- ・処理能力 CP:1.3 t/h、CS:10 t/h
- ・CO₂固定量* CP:150-170、CS:30-50kg-CO₂/t
- ・CO₂利用率80%(ロス20%)

■乾式

プロトタイプ(連続式)**動作確認完了・試験中**



- ・処理能力 CP:4t/h、CS:4t/h
- ・CO₂固定量* 確認中 (バッチ式テスト機 CP:100kg-CO₂/t、CS:50kg-CO₂/t)
- ・CO₂利用率 確認中

*炭酸カルシウム含有量から算出した含有量(石灰岩を使用していないものの測定)

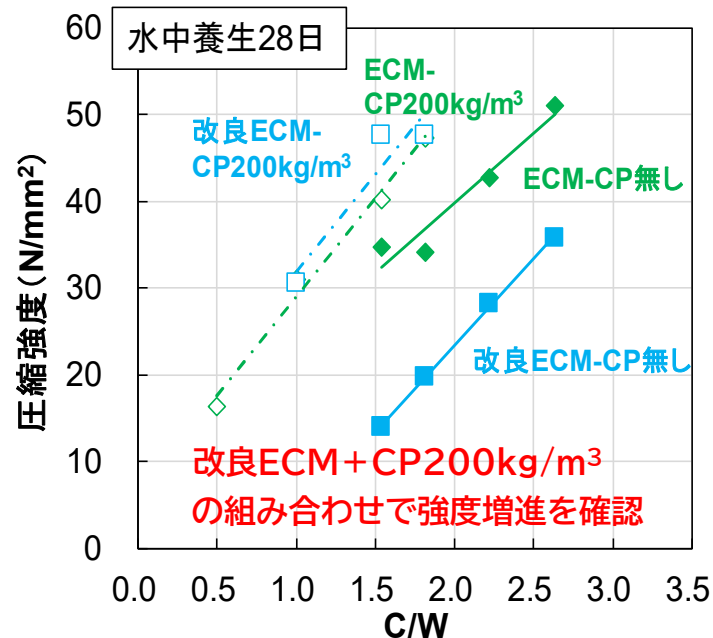
CCUS材料製造装置プロトタイプで製造性・品質を検証中

開発成果

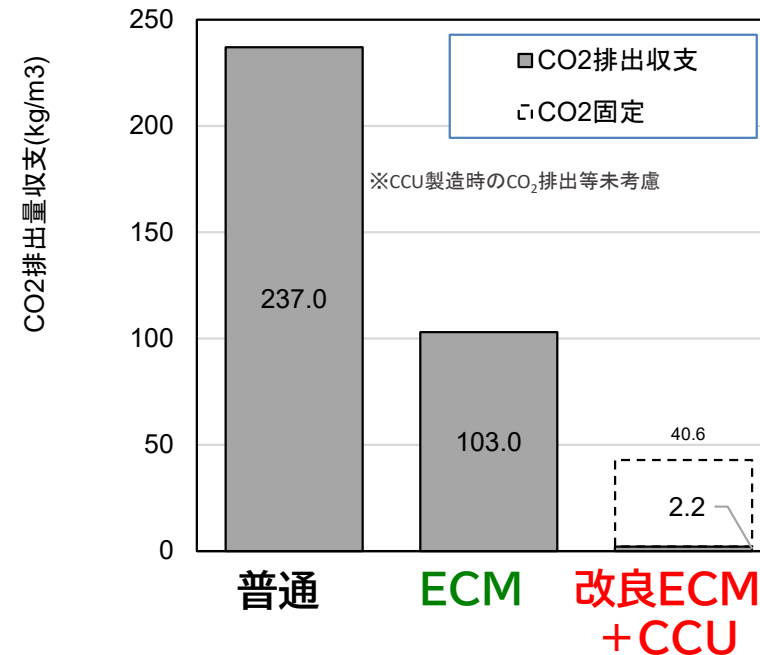
1-①(2)解体コンクリート塊のCCU材料化・資源循環利用技術

◆CCUS材料の利用技術の開発(コンクリート)

基本性状:圧縮強度



CO₂評価



- 改良ECM使用で80%削減 ⇒ ▲240kg-CO₂/m³
 - CCU微粉(CP) 200kg/m³使用 ⇒ ▲20kg-CO₂/m³
 - CCU骨材(CS) 800kg/m³使用 ⇒ ▲40kg-CO₂/m³
- 合計 ▲300kg-CO₂/m³

2026年度に乾式プロトタイプ製造品で検証

1-①(4)要素技術複合化 カーボンネガティブクリート技術

◆低炭素型・改良ECMセメント+CCUS材料+CO₂吸収コン

基本性状+耐久性(暴露)

【一般環境】



・測定項目：
外観変化, コア強度, 中性化深さ,
CO₂固定量, 透気・透水係数他

【特殊環境】

海洋環境
(神奈川県)



火山性ガス・土壌
(九州霧島)



凍害環境
(北海道室蘭)



促進試験、暴露初期値を測定⇒経年10年まで暴露試験で検証

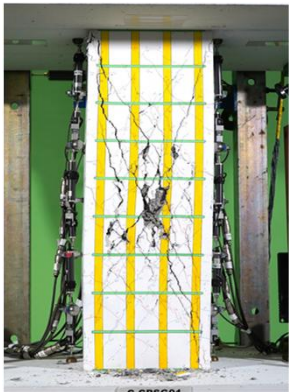
1-②(2)現場打ちコンクリートへの構造利用法および耐火性能 評価法の開発

◆部材としての構造性能の検証

■構造(地震など)性能確認実験

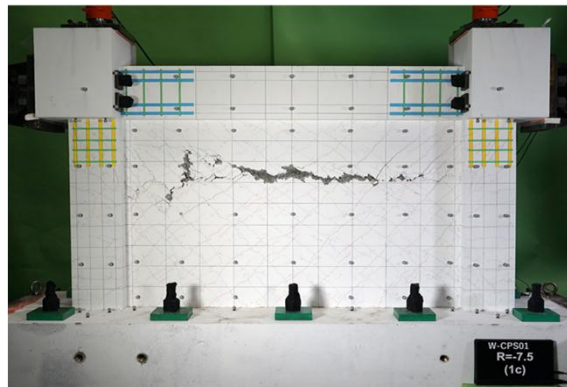
柱, 梁, 壁の構造実験実施
⇒耐震性に最も重要なせん断性能
は概ね同等を確認

*2023年度～



柱・梁部材耐震性

*2023,24年度



壁せん断

■耐火性能確認実験

材料レベルの要素試験(爆裂判定)
実大サイズで火災時の柱軸支持性能を検証
⇒3時間耐火性能があることを実証

*2025年度



耐火実験炉(柱)

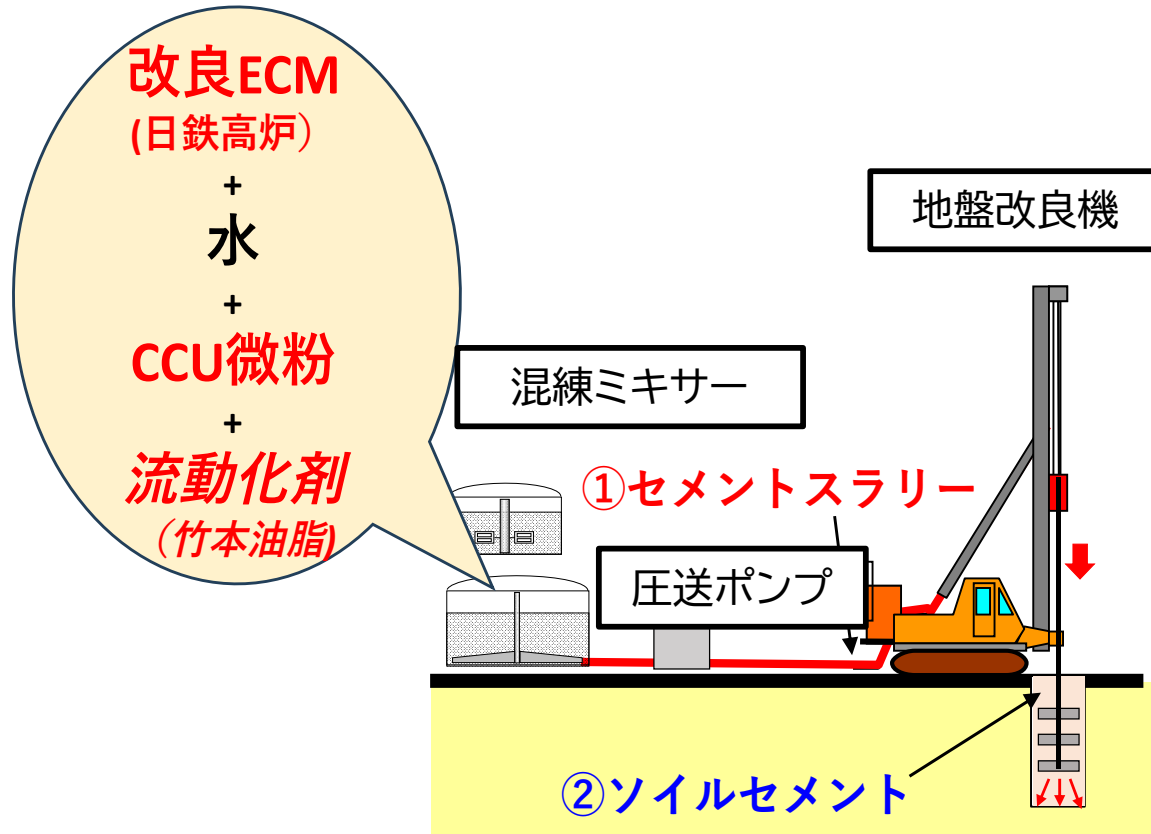


柱耐火実験

構造性能(耐震性・耐火性)は、概ね同等であることを確認

開発成果

1-②(2)地盤改良分野への利用技術の拡大

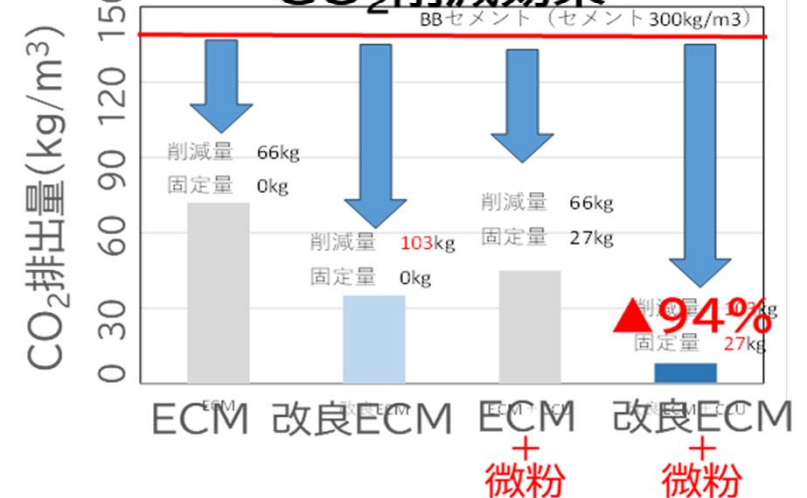


施工方法の概要

地盤改良体の強度



CO₂削減効果



CCU微粉 + 改良ECM (高炉スラグ高含有セメント) + 流動化剤
の組合せで、強度の倍増とCO₂の大幅削減の可能性を確認

開発成果

プロジェクトへの試適用(2025年度)

◆CUCO-耐震補強用 PCaブロック



CO₂排出削減・固定量
削減率**120%**
(**360kg-CO₂/m³** 相当)

◆CUCO-CO₂固定地盤改良(3件)

CCUS微粉を用いた
地盤改良体



CO₂排出削減・固定量
削減率**94%**
(**270kg-CO₂/m³** 相当)

CCUS細骨材を用いた
サンドコンパクション
パイル



CO₂排出削減・固定量
削減率**600%**²⁷

技術的課題と今後の取組み

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、生産量アップの方策と新規のCa源による製造について、スケールアップして検証
- ・CO₂吸収型コンクリートの現場打設構造物への適用に関し、高架橋や覆工トンネルを想定したスケールアップ試験の実施と施工上の課題抽出
- ・CO₂固定材料(CP:微粉, CS:改質再生骨材)のプロトタイプ装置を用いた製造・品質管理技術の確立
- ・各種の分離回収CO₂の適用性についての検証

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

END

ご清聴ありがとうございました