

NEDO脱炭素技術分野成果報告会2025

プログラムNo.10

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品質管理・固定量評価手法に関
する技術開発/
CARBONPOOLコンクリートのLCCO₂・LCA・
LCC総合評価設計システムの構築

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

発表者名 山本 武志

*電力中央研究所・東京大学・東京都立大学・国立環境研究所・明星大学

問い合わせ先 電力中央研究所 E-mail:t-yama@criepi.denken.or.jp TEL:070-6568-9740

背景・目的

LCCO₂のみならず、コンクリート構造物の持続可能な整備に必要な合理的な設計概念の確立を目指して

広く社会実装できるCO₂固定型コンクリート
(Carbon Pool Concrete) の実現 と社会実装

社会実装シナリオの提示

LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築

フィールド
実証

要素技術
の開発

LCCO₂
評価手法
の開発

品質評価・
品質管理
手法の開発

LCA
(資源循環)
評価手法
の開発

LCC
評価手法
の開発

固定化技術
の海外普及

国際展開

評価手法や
設計・施工指針類
の国際標準化

CO₂固定量
評価手法の
JIS化とISO化

品質評価・
品質管理手法の
設計・施工指針類
への反映

本研究開発に関連する学会等の動きと効果的に連携

- ・日本コンクリート工学会CO₂固定量評価試験JIS化検討委員会
- ・品質試験等のJIS調査部会・原案作成委員会
- ・ISO/TC71/SC8コンクリート構造物の環境マネジメント委員会
- ・土木学会コンクリート委員会カーボンニュートラル技術活用研究委員会など

開発目標・開発項目

研究開発項目

2. LCCO₂・LCA・LCC統合 評価設計システムの構築

研究開発内容

- ① CO₂固定量評価手法の開発
- ② 品質評価・品質管理手法の開発
- ③ LCA（材料資源）評価手法の開発
- ④ LCC評価手法の開発
- ⑤ LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムおよび社会実装シナリオの検討

開発目標

「広く社会実装できるCO₂固定型コンクリートの実現」に必要なCO₂固定量・品質評価技術の開発とLCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムの構築

成果の反映先

CO₂固定量評価手法の学会規準策定（JISおよびISO原案へ反映）
※コンソーシアム横断研究

コンソーシアム研究開発項目 1 のCP材料・コンクリート製造手法の合理化
土木学会・日本建築学会が策定する設計・施工指針類への反映

CO₂固定型コンクリートのCO₂削減効果の適切な評価方法の確立

CO₂固定型コンクリートのコスト面、特にLCCでの優位性の明示

- ・統合評価設計システムの構築
- ・社会実装シナリオの提示
- ・カーボンクレジットの公平性を担保するグローバルな評価基準の提案

実施内容

研究開発内容

1 CO₂固定量 評価手法の開 発

直近のマイルストーン

従来評価手法の適用
限界の把握



これまでの開発進捗

- ・TG、湿式分析の大容量化による固定量評価を継続実施。
- ・日本コンクリート工学会内の委員会を介して他コンソーシアムと連携し、JIS原案を作成し、規格協会に提出した。作成したISO原案を基にWG設置が正式決定。

2 品質評価・ 品質管理手法 の開発

CO₂固定骨材・混和
材の品質評価手法の
提案



- ・CPコンクリート用骨材（原材料、非炭酸化）を使ったコンクリートの諸物性データを継続取得（補足-5、6）。CPコンクリート（舗装用ポーラスコンクリート）を開発項目1から入手し、摩耗試験を開始した。

3 LCA(材料 資源)評価手法 の開発

BAUシナリオの設定と
試行的評価



- ・開発項目1と協力し、CO₂発生源を合理的に選定、A地域内でモデル的にLCAと併せてLCCを机上検討することを計画

4 LCC 評価 手法の開発

道路舗装のLCC評価
に必要な関連情報の
整理



- ・同上

5 LCCO₂, LCA, LCC統合評価設 計システムおよび 社会実装シナリオ の検討

CPコンクリートを対象と
した多目的最適解導
出手法の適用と改良



- ・統合評価では従来品と比較したCPコンクリートの耐久性（寿命）が大きく影響するため、耐久性評価のための試験計画を具体化し、促進評価試験は開始した。

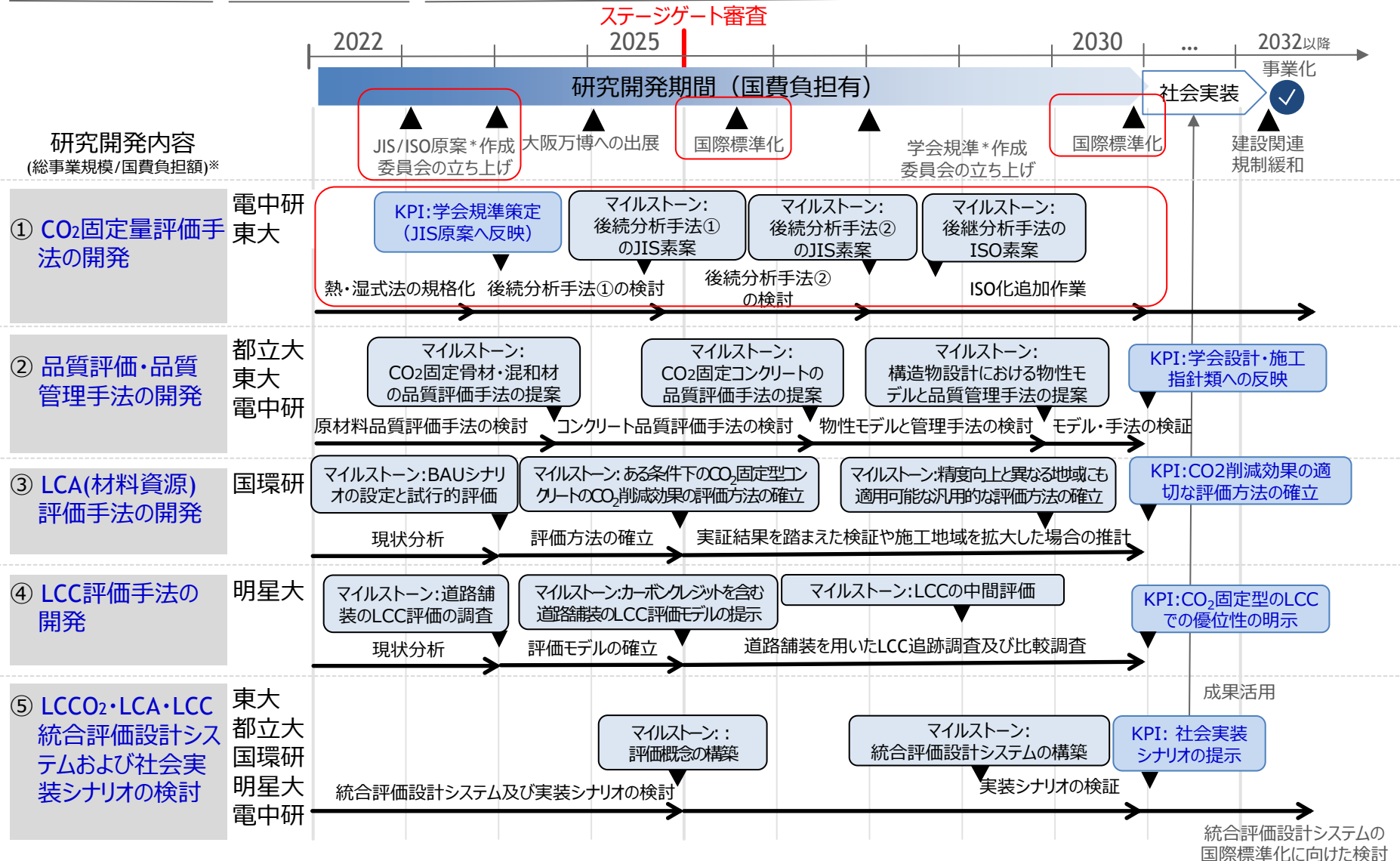
研究工程

研究開発項目

実施主体

実施スケジュール

* : CO₂固定量評価試験方法に関して



主要な成果1)

① CO₂固定量評価手法の開発

1) 酸分解/熱分解-赤外線吸収法 (TOC計) の測定精度検

表 TOC計の分析手法の違いが定量結果に及ぼす影響

	酸分解型	熱分解型
長所	無機炭素のみが測定可(有機炭素は酸で分解しないため)	過小評価になり難い(全ての無機炭素が熱分解によりガス化されるため)
短所	過小評価となる場合がある(サンプルの溶け残りがある場合、全ての無機炭素を測定できない可能性があるため)	過大評価になる可能性有 (有機物が含まれるサンプルの場合、有機炭素を無機炭素として検出する可能性があるため)

2) JIS原案作成作業およびISO提案

<JIS化>

日本コンクリート工学会

CO₂固定量評価試験JIS化検討委員会

コンクリート、コンクリート構成材料に固定した二酸化炭素量の定量方法(湿式法、熱分析法)を対象としたJIS原案作成に係る共通試験への参画、各種データ取得

<ISO化>

日本コンクリート工学会

ISO-TC71/SC8対応委員会

2024年度ISO総会に参加、状況報告(2024年11月19~22日、JISCとして参加)

NP ballot, approved : 2024年12月25日

Project leader : Takeshi Yamamoto

1st WG: 2025年2月12日、ソウル(web併用)

主要な成果2)

① CO₂固定量評価手法の開発 ＜分析精度を向上させる手法＞

- ・サンプル量を増加し(目標:1.5Kg)サンプリングのバラツキを低減させるために試験装置を組み合わせ、適用性に関して検討を行う計画となっている。
- ・湿式分析法に関してもサンプル量を増やし(1g→20g)測定を実施した。通常の試料量の場合に比べて繰返し精度が高まることを確認した。

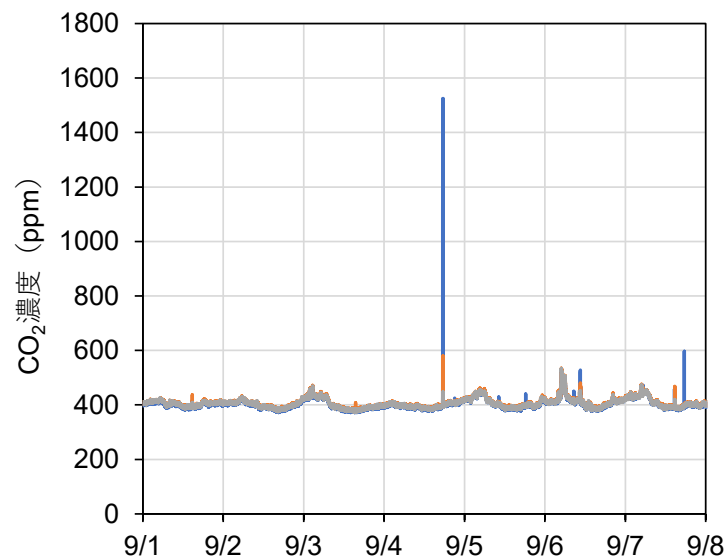


主要な成果3)

① CO₂固定量評価手法の開発 ＜舗装用CPコンクリート-施工現場でのモニタリング＞



- 我孫子地区に環境モニタリング機材の試作機を設置した。
- 車止めから1m程度離れた地点に、CO₂濃度計を設置し、入出庫時にCO₂濃度が上昇することを確認した。
- 他の計測機器(温湿度計、日射計、雨量計等)も問題なく動作している。



主要な成果5)

② 品質評価・品質管理手法の開発

＜舗装用「Carbonated Sludge Powder (CSP)使用コンクリート」の品質評価試験＞

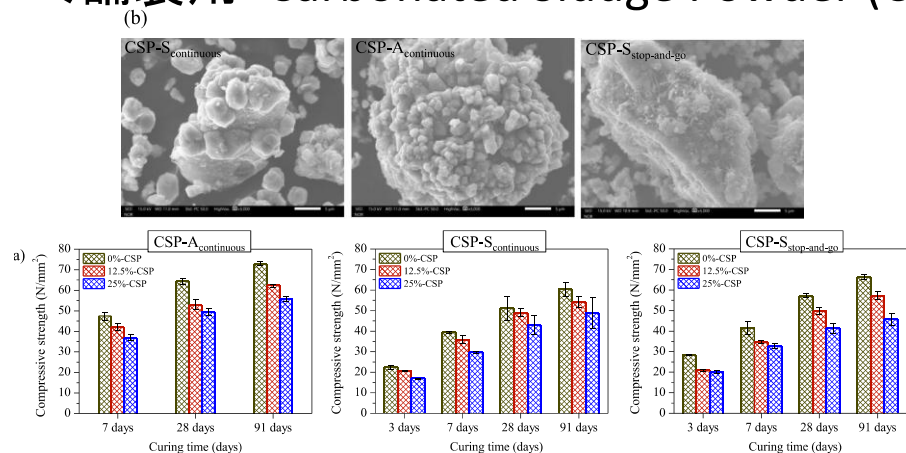


図1 製造方法が異なるCSPの形態とモルタルの強度

Lett Wai Nwe他: Evaluation of CO₂ supply method on CaCO₃ formation in sludge water and effects of carbonated sludge powder on mortar strength, Case Studies in Construction Materials 22 (2025) e04586

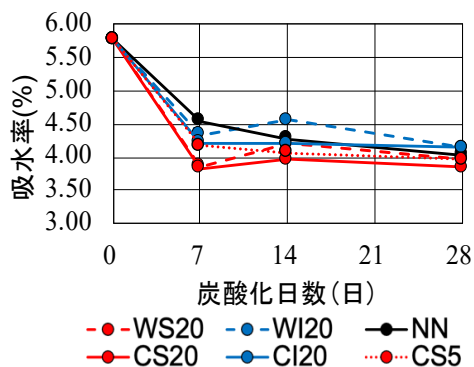
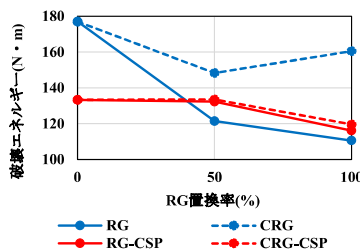
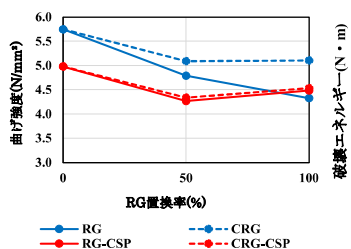
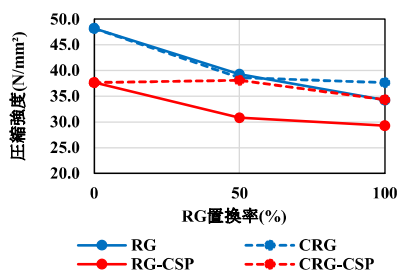


図2 粒状化再生粗骨材の炭酸化による吸水率の変化



・CO₂の液相中での存在形態に基づき, CO₂消費量面で最適なCSP生成方法と, この方法で作製したCSPを用いたモルタルの強度について検討した。(図1)

・粒状化再生粗骨材を対象に, 適切な炭酸化条件に関する基礎検討を実施した。(図2)

・炭酸化した粒状化再生粗骨材とCSPを用いた舗装用コンクリートの力学特性を検討した。(図3)

図3 2種類のCCU材料を用いた舗装用コンクリートの力学特性

主要な成果6)

② 品質評価・品質管理手法の開発 ＜建築用「ハーフプレキャスト部材」の品質評価試験＞

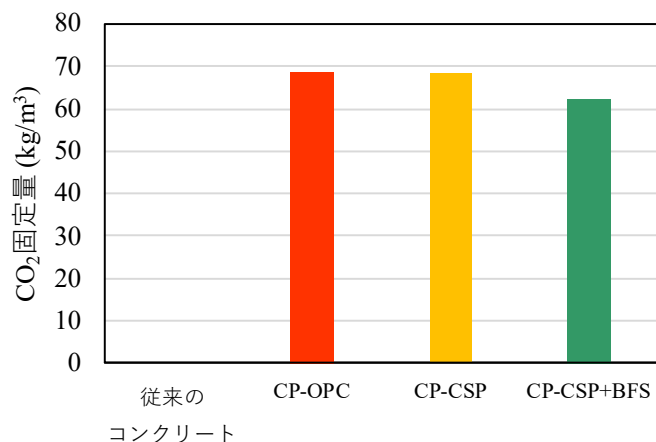
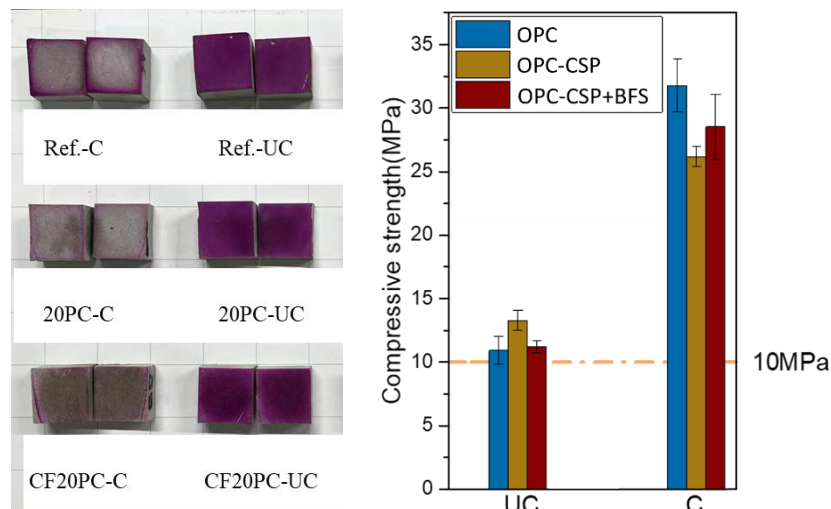


図 炭酸化養生によるCO₂固定量(コンクリート体積当たり)



○炭酸化養生の検討

- ・通常の水和反応ではなく、高濃度CO₂環境下での炭酸化反応によって強度を発現させる炭酸化養生を実施し、CO₂固定量と圧縮強度を測定した。
- ・今回の調合では、炭酸化養生によってコンクリート体積当たり62.3~68.6 (kg/m³)のCO₂を固定できることを明らかにした(左図)。
- ・圧縮強度は30 (MPa)前後であり実用レベルと考えられる(左下図)。

○FTIRによるコンクリート構造物の供用中のCO₂固定量の非破壊検査方法の開発

- ・昨年度は上記の目標を達成する初期段階として単純化した試料を測定し、本測定方法によって炭酸カルシウムが定量可能であることを示した。
- ・本年度以降は測定対象と測定条件を徐々に実環境に近づけ、現場への適用性を高める。

主要な成果7)

② 品質評価・品質管理手法の開発 ＜土木用「最大・中間型CPコンクリート」の品質評価試験＞

【最大・中間型CPコンクリート…コンクリート構成材料中に固定したCO₂量が70kg/m³程度とした配合のコンクリート。これに養生・供用中のCO₂固定を合算して140～160kg-CO₂/m³を目指したもの】

表 配合例

水 (kg)	セメント (kg)	高炉スラグ (kg)	スラッジ 粉末 (kg)	細骨材 (kg)	炭酸化 再生細骨材 (kg)	粗骨材 (kg)	炭酸化 再生粗骨材 (kg)
175	76	178	64	397	346	0	842

評価項目

力学特性：圧縮試験，割裂引張試験

耐久性：自己/乾燥収縮，中性化速度，凍結融解抵抗性，水分/塩分浸透速度，鉄筋腐食抵抗性、暴露試験

メカニズム解明：構造解析，化学分析など

主要な成果8)

② 品質評価・品質管理手法の開発 ＜土木用「最大・中間型CPコンクリート」の品質評価試験＞

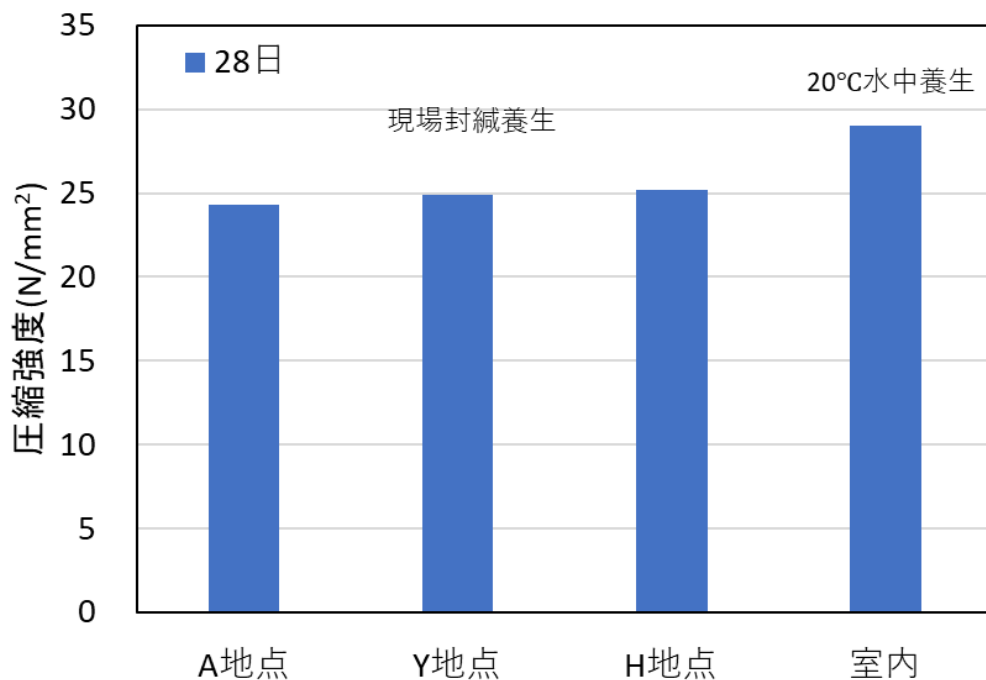


図 圧縮強度試験の結果

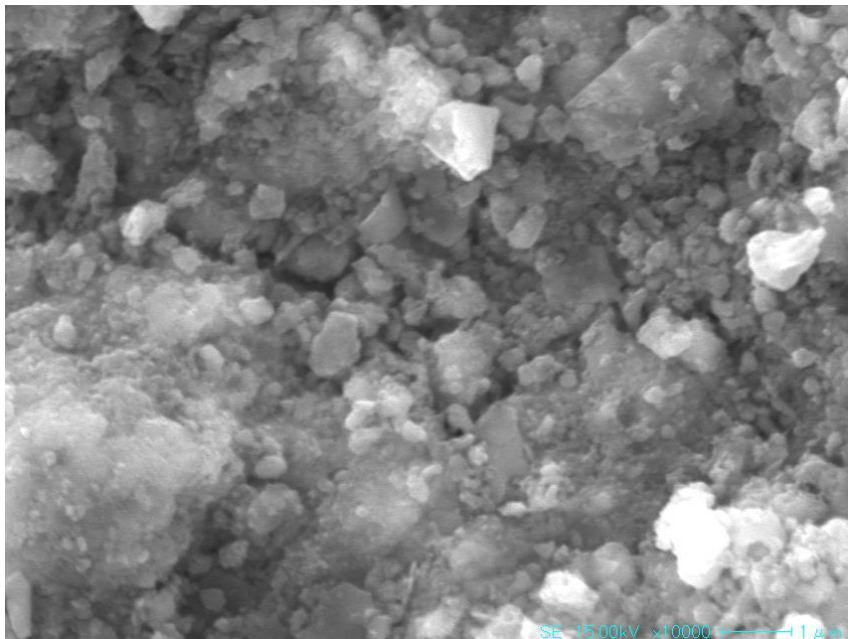
現場封緘養生の為、屋内/屋外の違いは考慮しない。
室内試験（20℃水中養生）と比較すると強度が低い結果が得られた。
これは、冬季に暴露試験を開始したことで外気温が低くセメントの水和反応の進展が比較的緩慢になったことに起因するものと考えられる。
今後は各地点での気象データをもとにした外気温の補正值による比較等も検討していく。

主要な成果9)

② 品質評価・品質管理手法の開発

＜品質管理手法の開発 「炭酸化処理したコンクリートの性状評価」＞

強制炭酸化槽(CO_2 5%濃度)で CO_2 を固定したコンクリート片をSEM観察

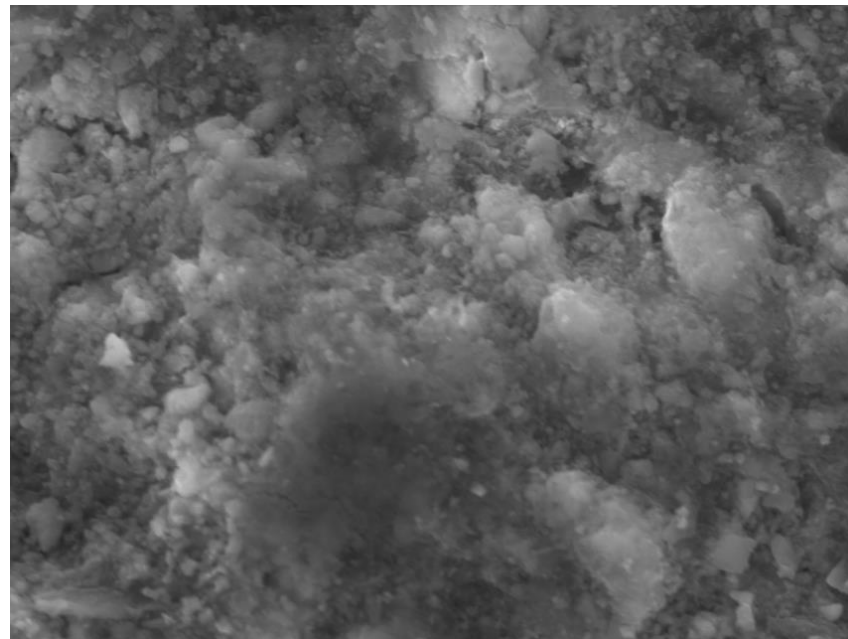


試料表面から1cm程度の深さ

: 炭酸カルシウムの結晶が顕在化、

深さ5cmよりも多孔化

→強度の源となるセメント水和物C-S-Hが分解



試料表面から5cm程度の深さ

: 深さ1cmよりは多孔化影響は少ないが、未炭酸化時よりは多孔化

主要な成果10)

③, ④ LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムおよび社会実装 シナリオの検討 ＜LCA、LCCの要素項目の検討＞

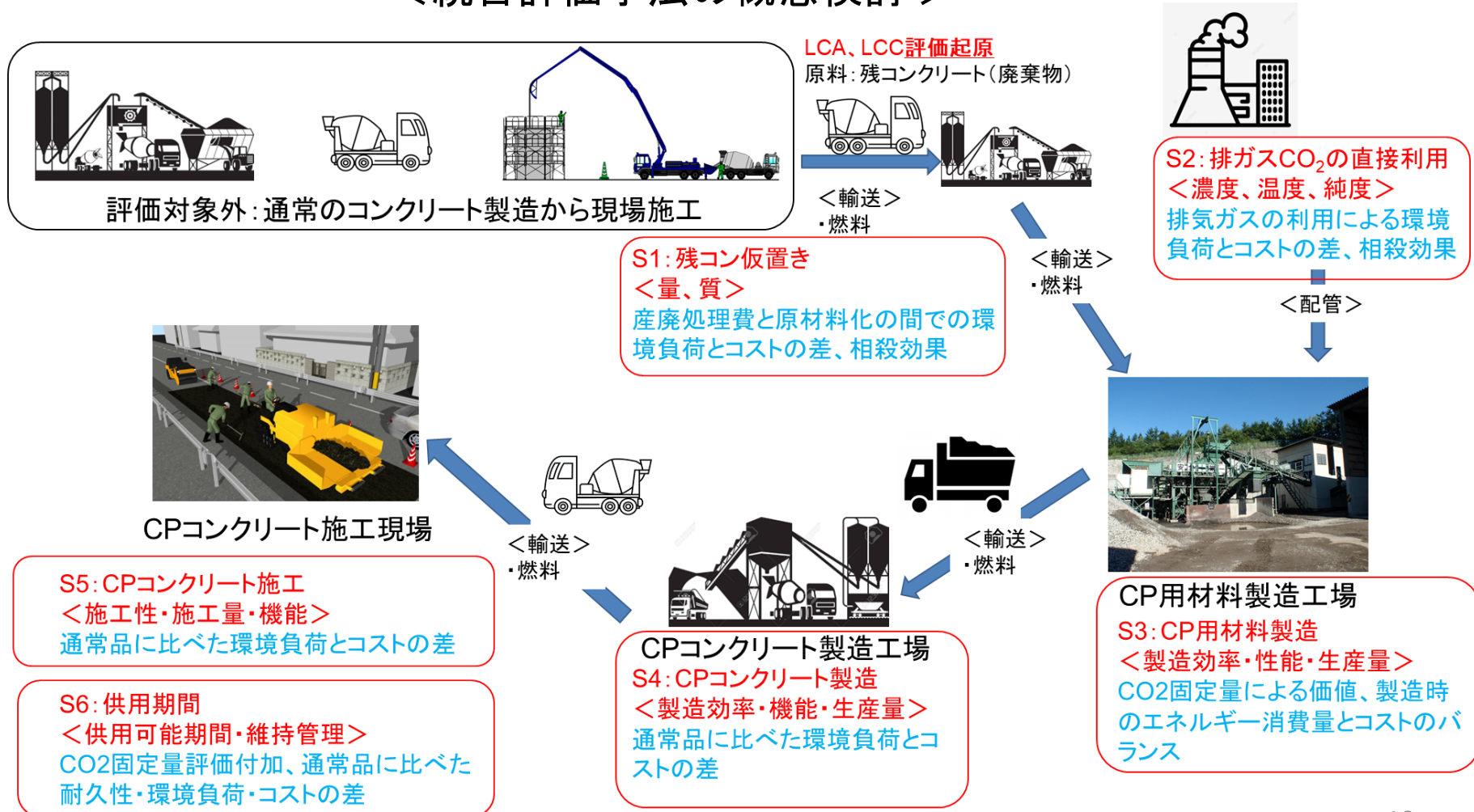
- ・CP材料、CPコンクリートを製造、利用することで従来材料、コンクリートで発生した環境負荷、コストのうち相殺できる項目を抽出する。カーボンクレジットによるコスト相殺効果も織り込む。

- ・CP材料製造～CPコンクリート製造の各段階におけるCO₂の収支、コストと各工程間の移動距離をパラメータとして机上検討する。⇒開発項目1のA地域内での実施体制をモデルケースとする。

- ・従来品と比較した舗装コンクリートの寿命評価が大きく影響するため、都立大で実施する促進耐久性評価試験と併せてB社が実施する実走耐久性評価試験(C県内の試験場)を計画した。

主要な成果11)

⑤ LCCO₂・LCA・LCC統合評価設計システムおよび社会実装
シナリオの検討
＜統合評価手法の概念検討＞



今後の展開

①CO₂固定量評価手法の開発

- ・有機物の有無および天然由来の炭酸塩の有無の影響を抑制できる測定手法、試料調整方法の開発に取り組む。少量のCO₂固定量に対する高感度な定量手法の開発に取り組む。
- ・供用中のCO₂固定量の推定方法の検討を継続する。

②品質管理手法の開発

- ・実規模に近い状態で舗装用・建築用・土木用CPコンクリートの品質評価、品質制御方法、適用範囲の明示に関わる開発を進める。

③環境影響評価(LCA)手法の開発

- ・開発項目1のチームと連携してモデル地域を対象として一連のサプライチェーン内での環境影響因子の収支評価を行う。

④ライフサイクルコスト(LCC)評価手法の開発

- ・開発項目1のチームと連携してモデル地域を対象として一連のサプライチェーン内でのコスト、金銭的価値の収支評価を行う。

⑤LCCO₂・LCA・LCC総合評価設計システムの構築

- ・開発項目1のチームと連携してモデル地域を対象として各段階における環境負荷、コストの一元評価手法の概念を提示する。