

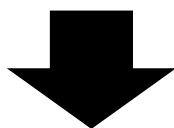
脱炭素コンクリート技術研究協議会 (Sustainable協議会)

— 協議会報告 —

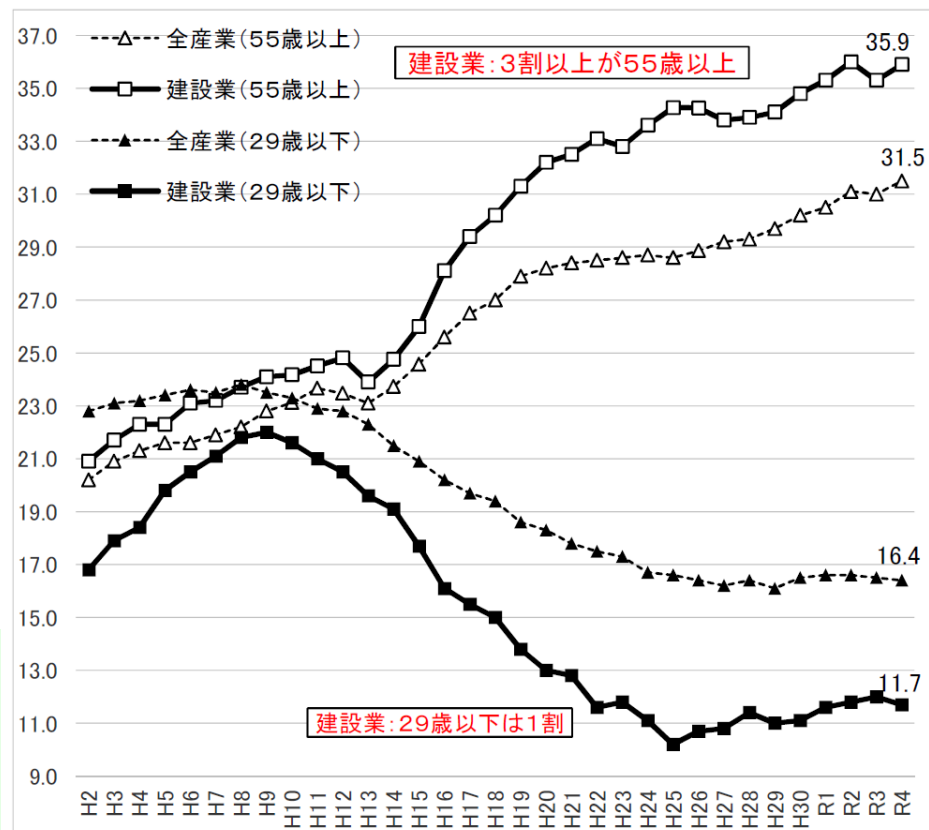
構造物の生産性向上技術研究協議会（P協議会）¹

背景および目的

少子高齢化に進む我が国では、建設業においても次世代を担う技術者や技能者の不足が予見され、建設現場の生産性が課題とされている。



2018年に**構造物の生産性向上に資する技術を検討**するため、「**構造物の生産性向上技術研究協議会**」として活動を始めた。



建設業就業者の高齢化の進行

出典：国土交通省

P協議会のまとめ（2018年度～2020年度）

☞ 事例調査により最新技術の動向を確認し、取りまとめた。

→ IT技術が建設現場へ普及しつつある現状とその問題点を確認

☞ 現状の把握と課題を整理し、課題解決のための要望・提案を行った。

→ 課題解決には、設計思想、発注者と受注者の協力体制、関係法令、経済性、環境など多面的な視点が必要

☞ 協議会メンバーからの話題提供・事例紹介をもとに情報交換・共有を行った。

急激な社会情勢の変化を受け、コンクリート工事におけるSDGsの達成やカーボンニュートラルの実現が重要であるという認識が共有された。

目的

脱炭素社会の実現に向け，脱炭素社会のあるべき姿についての議論，コンクリート工事における脱炭素技術に関する情報収集・整理・分類，脱炭素コンクリート技術の提言・技術提案を行う。

(1) 脱炭素社会のあるべき姿についての議論

(2) 脱炭素技術に関する情報収集・整理・分類

→協議会メンバー，ゼネコン，メーカー，学協会の取り組みを収集・整理・分類，見学会

(3) 脱炭素コンクリート技術の提言・技術提案に向けた検討

→公開実験など

(1) 脱炭素社会のあるべき姿についての議論

☞ 地球温暖化は待ったなしの状況（IPCC）。できるところから手を付けていく必要がある。

→ 人間活動に起因して工業化前と比べると、既に約1°C上昇。現在のペースでCO₂を排出すると、早ければ、2030年頃に1.5°Cに達する。

→ 1.5°Cに気温上昇を抑えるには、CO₂を、2010年比で2030年までに約45%削減、2050年頃に排出実質ゼロにする必要がある。

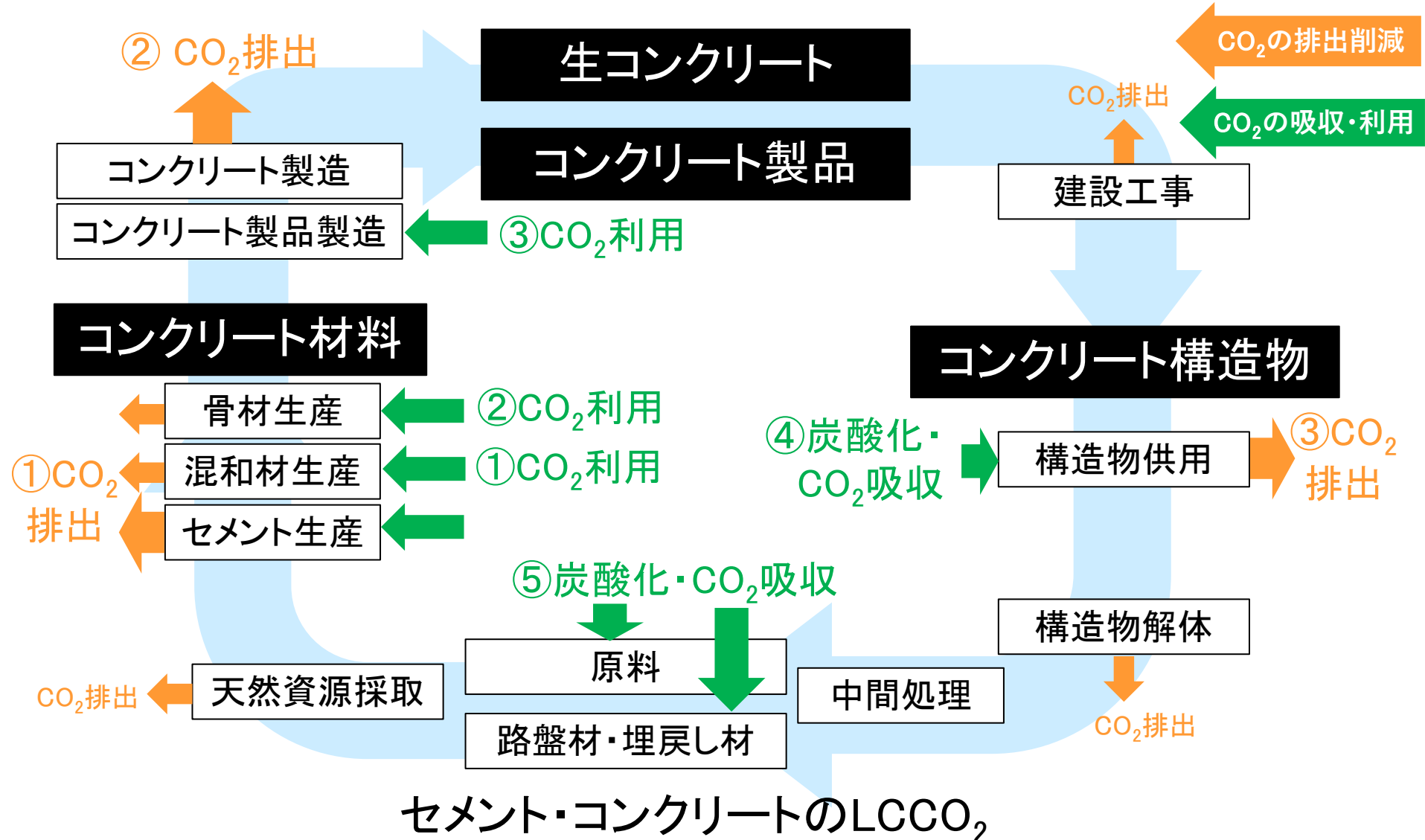
☞ コンクリート構造物は、品質の良いコンクリートを用いて適切に施工し、予防保全により適切に維持管理することが重要である。

☞ 温暖化への対応を経済成長の制約やコストと捉えるのではなく、産業構造や社会経済の変革をもたらす、成長に繋がっていくという視点が重要（グリーン成長戦略）。

1（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年10月、日本は、「2050年カーボンニュートラル」を宣言した。
- 温暖化への対応を、経済成長の制約やコストとする時代は終わり、国際的にも、成長の機会と捉える時代に突入。
 - 従来の発想を転換し、積極的に対策を行うことが、産業構造や社会経済の変革をもたらす、次なる大きな成長に繋がっていく。こうした「経済と環境の好循環」を作っていく産業政策 = グリーン成長戦略。
- 「発想の転換」、「変革」といった言葉を並べるのは簡単だが、実行するのは、並大抵の努力ではできない。
 - 産業界には、これまでのビジネスモデルや戦略を根本的に変えていく必要がある企業が数多く存在。
 - 新しい時代をリードしていくチャンスの中、大胆な投資をし、イノベーションを起こすといった民間企業の前向きな挑戦を、全力で応援 = 政府の役割。
- 国として、可能な限り具体的な見通しを示し、高い目標を掲げて、民間企業が挑戦しやすい環境を作る必要。
 - 産業政策の観点から、成長が期待される分野・産業を見いだすためにも、まずは、2050年カーボンニュートラルを実現するためのエネルギー政策及びエネルギー需給の絵姿を示すことが必要。
 - こうして導き出された成長が期待される産業（14分野）において、高い目標を設定し、あらゆる政策を総動員。

(2) 脱炭素技術に関する情報収集・整理・分類



セメント・コンクリートのLCCO₂

☞ CO₂の排出削減

①セメント生産時

→セメントキルン排ガスからのCO₂分離・回収，回収したCO₂を合成メタンに転換してエネルギーとして再利用（メタネーション），鉱化剤の添加やクリンカ組成の間隙相の増量による焼成温度の低減，ポルトランドセメントに添加する少量混合成分の増量

②コンクリート製造時

→クリーンクリート，サスティンクリート，スラグ固化体，ジオポリマーコンクリート

③構造物供用時

→ポーラスコンクリート

☞ CO₂の吸収・利用

① 混和材製造時

→ カーボンリサイクルコンクリート

② 骨材製造時

→ Blue Planet Systems Corporationの技術, O.C.O. Technologyの技術

③ コンクリート製造時

→ CO₂-SUICOM, カーボンキュア社の技術

④ 構造物供用時

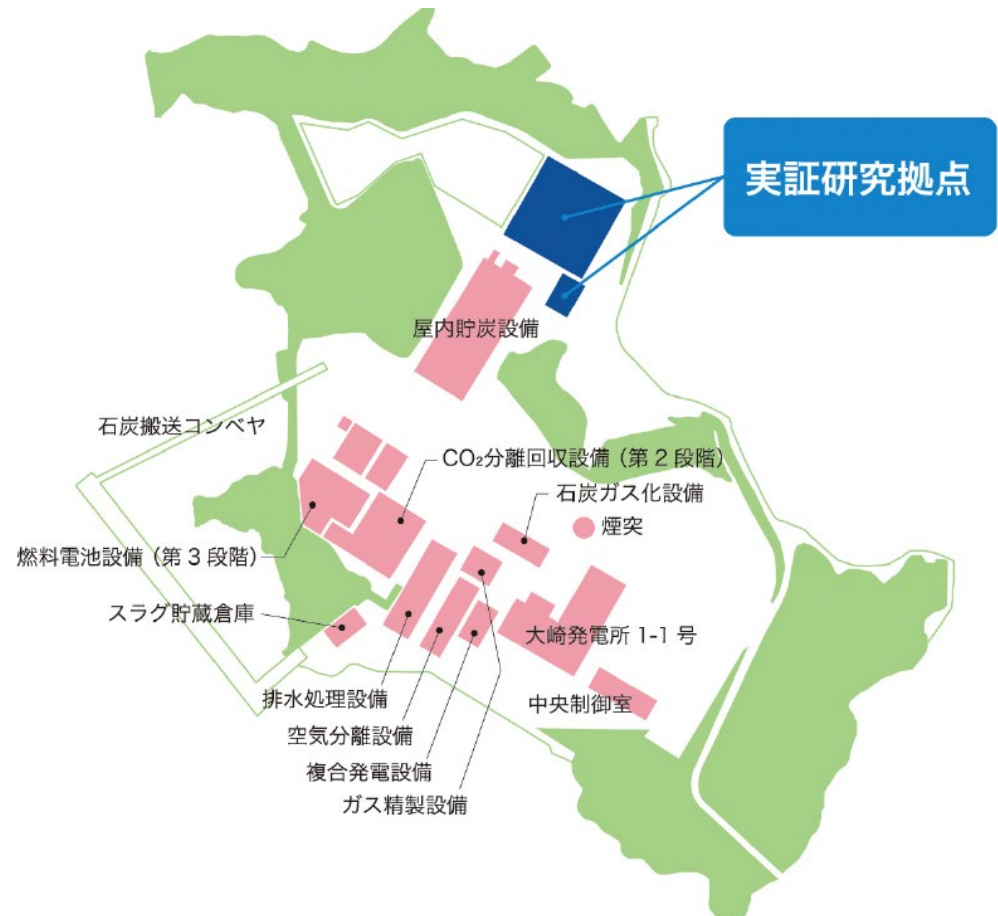
→ コンクリートの中性化（炭酸化）

⑤ コンクリートリサイクル時

→ カルシウムカーボネートコンクリート

👉カーボンリサイクル実証研究拠点の視察

大崎クールジェンから排出される**実ガスCO₂**を使用した、**カーボンリサイクル技術**の複数プロジェクトの実証実験が行われている。



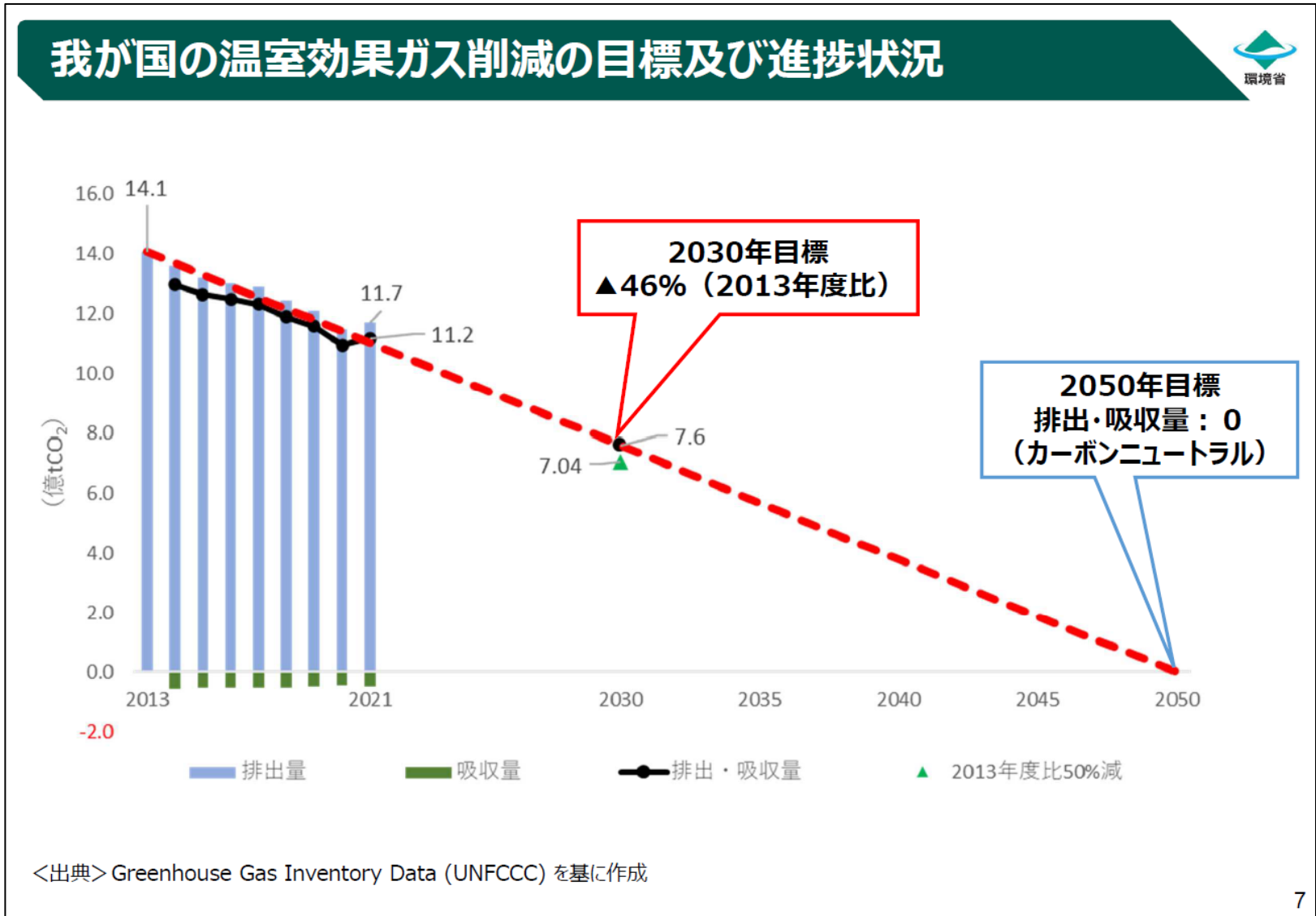
出典:カーボンリサイクル実証研究拠点パンフレット

👉 曾澤高圧コンクリート株式会社の見学会

日本で初めてカーボンキュア・テクノロジーズとライセンス契約を締結した曾澤高圧コンクリート株式会社の鷺川工場を見学。



👉カーボンニュートラルの最近の話題（城國様）



低炭素社会実現に向けたCO₂削減・固定化に関するフローリックの取組み（檜垣様）

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プロジェクト／(1)コンクリート分野

別紙2-1

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

事業の目的・概要

建設活動を通じたカーボンニュートラル社会実現への貢献を図るため、コンクリートにおけるCO₂排出削減・固定量最大化とコスト低減の両立に向けた技術開発を行い、関係機関などの連携・協力の下、国内外での幅広い社会実装を目指す。
 【研究開発項目1】CO₂排出削減・固定量最大化コンクリートの開発（CO₂固定材料、製造システム、大型プレキャスト・現場打設への適用技術 など）
 【研究開発項目2】同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（CO₂固定量の評価手法、品質管理・モニタリングシステム など）

実施体制

※太字：幹事企業

鹿島建設株式会社、**デンカ株式会社**、株式会社竹中工務店
 （共同実施予定先：注1参照）

注1：
 41企業
 ・ゼネコン
 ・セメント・混和材メーカー
 ・生コン工場
 ・CCU材料関連メーカー
 ・混和剤メーカー
 ・プラントメーカー
 ・計測システムメーカー
 ・プレキャスト製造メーカー
 ・商社
 10大学、1研究機関

事業規模等

- 事業規模（1+2）：約287億円
- 支援規模（1+2）*：約256億円
*インセンティブ額を含む。採択テーマの提案総額であり、今後の手続きにより変更の可能性あり
- 補助率など
 - 1（委託）9/10→（補助）2/3→1/2
 （インセンティブ率は10%）
 - 2（委託）9/10（インセンティブ率は10%）

事業期間

2021年度～2030年度（10年間）

事業イメージ

1.革新的カーボンネガティブコンクリートの開発



2.品質・CO₂固定量評価・技術基準化



CO₂排出削減・固定量最大化、用途拡大、従来品同等コストを実現し、幅広い社会実装へ

出典：鹿島建設株式会社、デンカ株式会社、株式会社竹中工務店

(3) 脱炭素コンクリート技術の提言・技術提案に向けた検討

👉 練り混ぜ時にCO₂を添加したコンクリートに関する検討

實兼稔, 砂田栄治, 寺下良行, 坂本英輔, 十河茂幸: 練り混ぜ時にCO₂を添加したコンクリートの実用化に向けた実験, 第22回(2023年)生コン技術大会研究発表論文集, pp.91-96, 2023.4

👉 フライアッシュの使用方法に関する検討

宅和大助, 砂田栄治, 城國省二, 坂本英輔, 十河茂幸: 脱炭素化を目的としたフライアッシュの少量使用による合理的配合に関する一提案, 第23回(2025年)生コン技術大会研究発表論文集, pp.55-60, 2025.4

👉 低炭素型ポーラスコンクリートの開発に関する検討

坂本英輔, 深澤巴菜, 竹田宜典: 低炭素型ポーラスコンクリートの製造方法および基礎特性に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.47, No.1, pp.636-641, 2025

👉 練り混ぜ時にCO₂を添加したコンクリートに関する検討

広島県生コンクリート工業組合では、CO₂混入によるコンクリートの強度増進を確認することを目的として、一連の検証実験を実施されていた。Series3からコラボ企画として公開実験を行った。

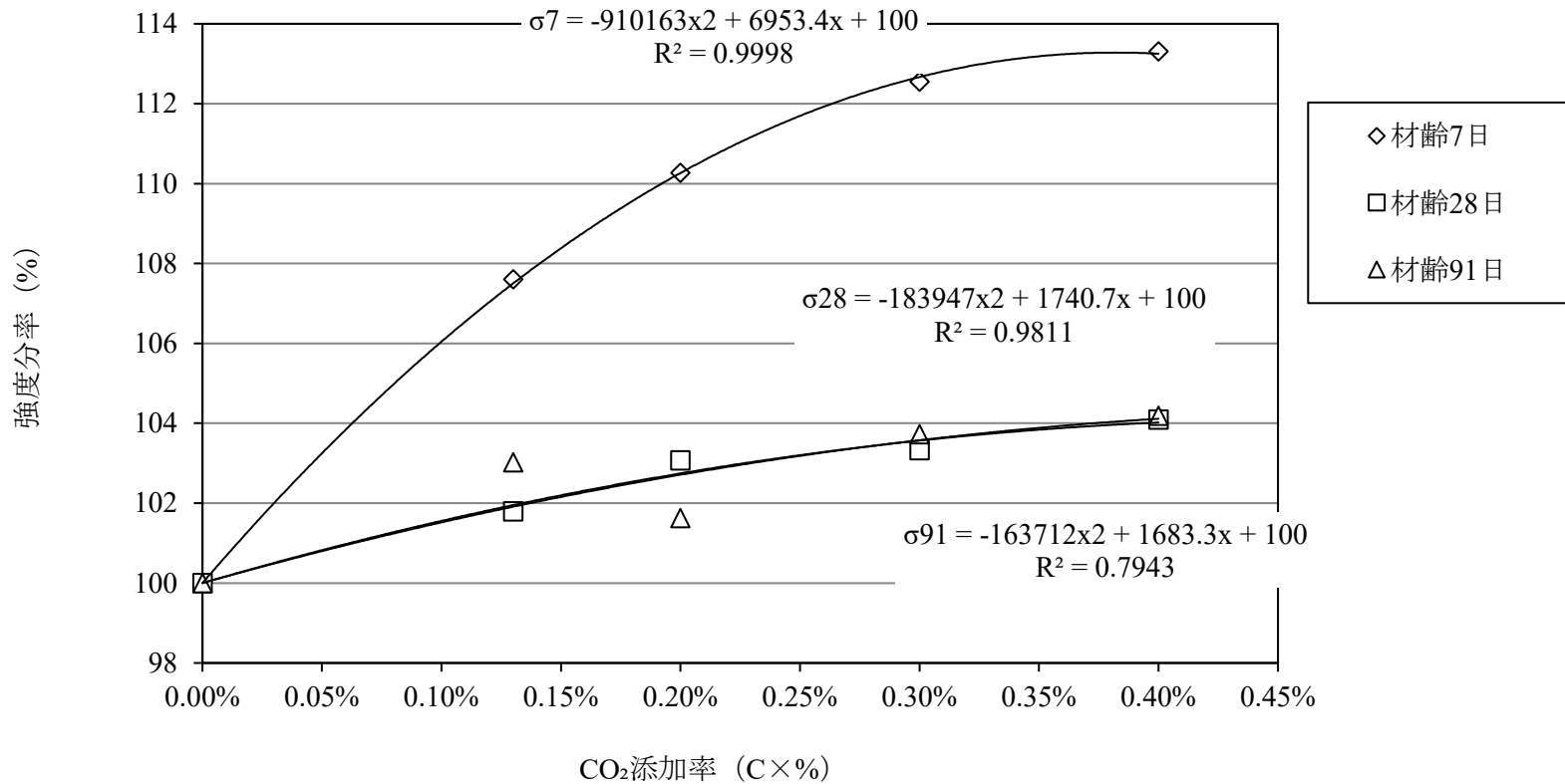


Series3(2022年3月19日)



Series4(2022年7月20日)

Series3では, CO₂の添加率増加に伴う圧縮強度の増加が確認された。



CO₂添加率と強度分率 (Series3)

👉フライアッシュの使用方法に関する検討

広島県生コンクリート工業組合と共同でフライアッシュ（以下、FA）の常時少量使用や合理的な使用方法に関する検討を行った。

石炭火力発電所で発生するからFAをセメントの一部と置換することでCO₂の削減ができる。

【課題】

- ・調達，在庫の処理
- ・保管設備，計量・投入方法などへの対応
- ・フレッシュコンクリートの品質管理が難しくなる

など

配合		水結合材比 (%)	単位量 (kg/m ³)						
No.	記号		高炉セメント	FA	水	S		G	
						石灰	普通	1005	2010
1	Base	55	304	0	167	279	652	321	598
2	A		279	25		277	646		
3	B								
4	C								
5	D								
6	E								
7	B20	243	61	277	642				
8	D20								

8.3%
少量置換

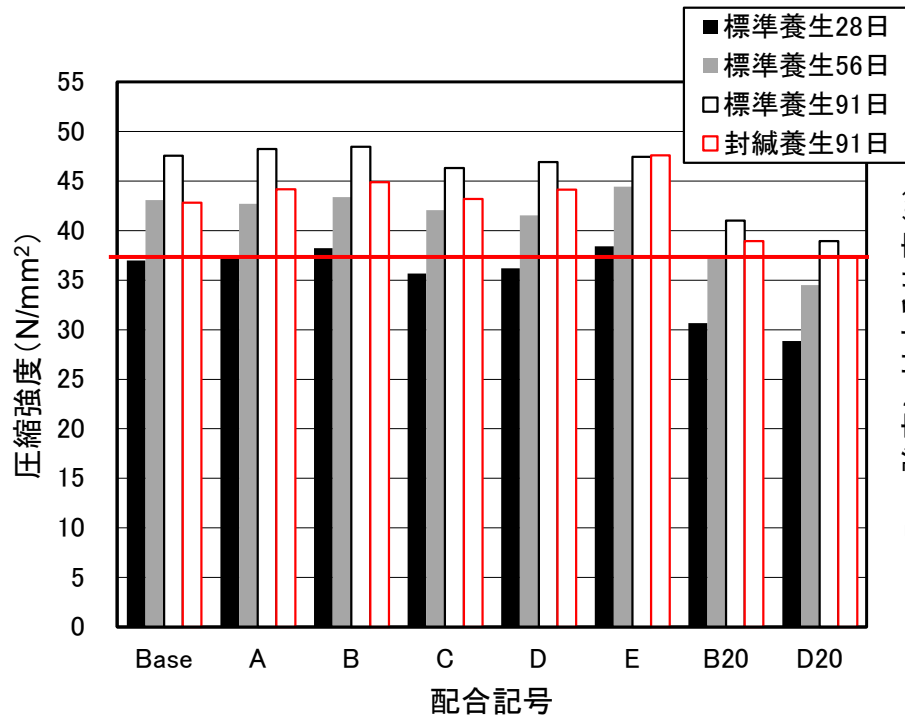
20%
置換

【註】FA:フライアッシュ, S:砕砂, G:粗骨材

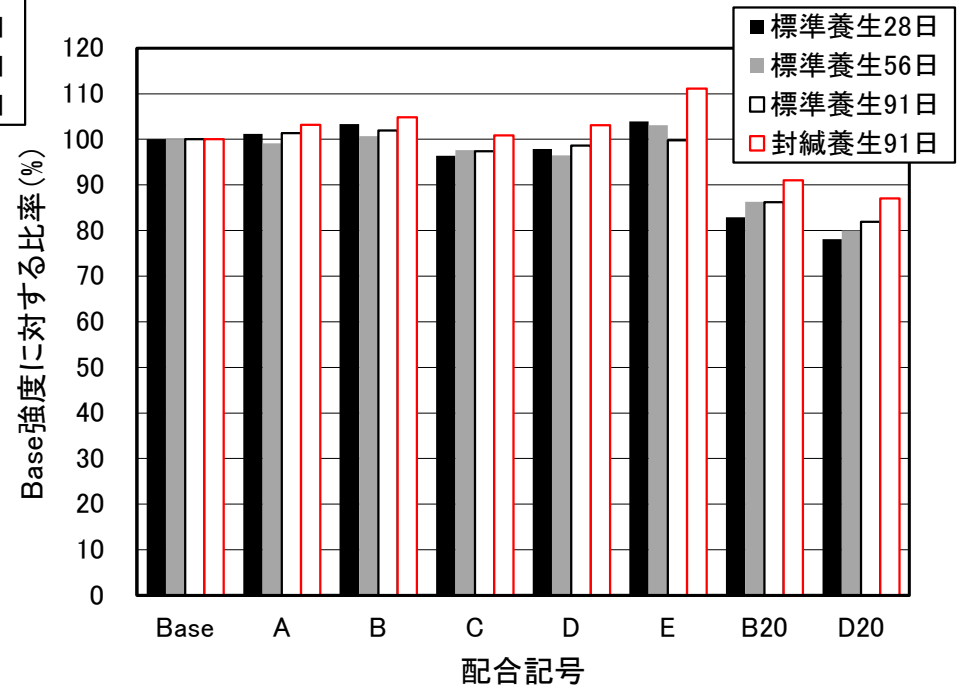
配合No.7は配合No.2~6の中から化学混和剤の修正なしで一番大きなスランプのFAを使用

配合No.8は配合No.2~6の中から化学混和剤の修正なしで一番小さなスランプのFAを使用

- 試験項目は, スランプ, 空気量, コンクリート温度, 圧縮強度 (標準養生材齢28, 56, 91日・封緘養生材齢91日)



圧縮強度



Base強度に対する比率

- ・ A~Eの強度は、材齢56日でBase調合28日を満足する。
- ・ 空気量の違いが圧縮強度に影響し、Base比率を正確に把握できていない可能性がある。

☞ 低炭素型ポーラスコンクリートの開発に関する検討

実施工で使用されるポーラスコンクリートの空隙率は20%前後であるが、**ペーストを高強度化**することで、**通常のコンクリートと同程度の強度を実現**している。そのため、単位容積当たりのセメント使用量が多く、通常のコンクリートに比べてCO₂排出量が多くなる場合がある。



CO₂排出量の少ない材料を使用した**低炭素型POC**を製造し、その基礎特性の把握を試みた。

①ペーストに関する検討

使用材料

材料	種類
セメント	普通ポルトランドセメント, 比表面積: $3,420\text{cm}^2/\text{g}$ 密度: $3.16\text{g}/\text{cm}^3$, CO_2 排出量: $807\text{kg}-\text{CO}_2/\text{t}$
水	上水道水, CO_2 排出量: $0.198\text{kg}-\text{CO}_2/\text{m}^3$
高炉スラグ 微粉末	比表面積: $4,020\text{cm}^2/\text{g}$, 密度: $2.91\text{g}/\text{cm}^3$ CO_2 排出量: $40.21\text{kg}-\text{CO}_2/\text{t}$, 石膏無添加
CCU粉体	軽質炭酸カルシウム, 比表面積: $6,550\text{cm}^2/\text{g}$ 密度: $2.60\text{g}/\text{cm}^3$, CO_2 排出量: $50\text{kg}-\text{CO}_2/\text{t}$, CO_2 固定量: $440\text{kg}-\text{CO}_2/\text{t}$
CaCO_3 (工業製品)	軽質炭酸カルシウム, 比表面積: $8,700\text{cm}^2/\text{g}$ 密度: $2.71\text{g}/\text{cm}^3$
粗骨材 (碎石)	粒径: $5\sim 20\text{mm}$, 表乾密度: $2.70\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率: 0.50% 実積率: 62.0% , CO_2 排出量: $7.09\text{kg}-\text{CO}_2/\text{t}$
化学混和剤	高性能減水剤(ポリカルボン酸系) CO_2 排出量: $225\text{kg}-\text{CO}_2/\text{t}$

②ポーラスコンクリートに関する検討

ポーラスコンクリートの調合表

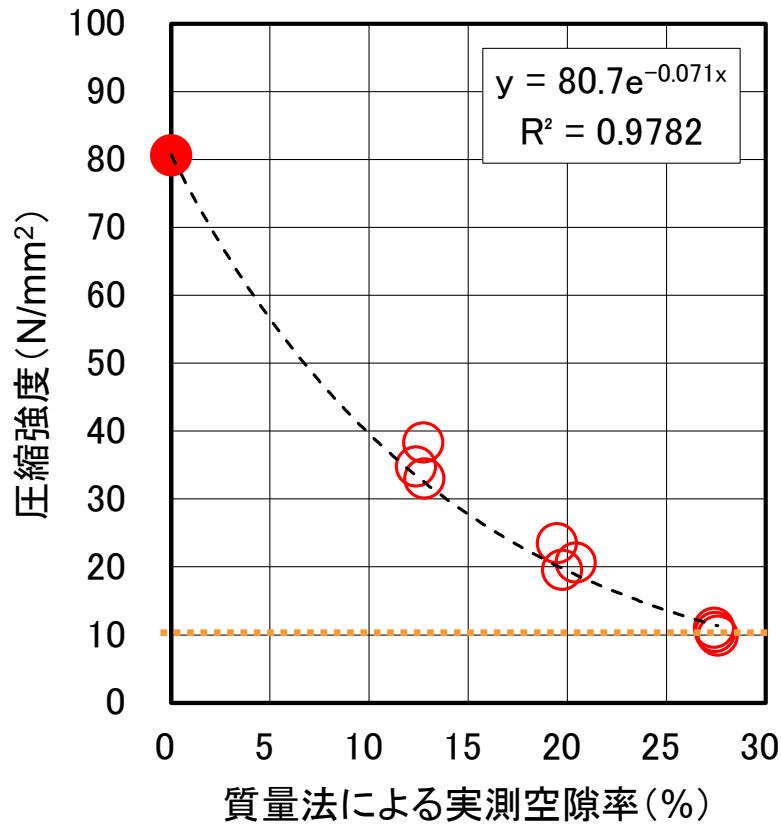
普通POC

→ P: 粉体 (=C+BFS+E)

調合		W/P (%)	設計空隙率 (%)	単体量 (kg/m ³)					SP (P×%)	FL (mm)	CO ₂ 排出量 (kg/m ³)
No.	記号			W	C	BFS	E	G			
1E	C100B0E0	25	12.5	140	560	0	1507	0	161	462	
			20	107	427					356	
			27.5	74	295					249	
6E	C50B50E0		12.5	137	273	273		0	0.11	160	242
			20	104	209	209			0.11	156	188
			27.5	72	144	144			0.11	157	133
8E	C25B25E50		12.5	130	130	130		261	0.74	151	20
			20	100	100	100		199	0.75	154	18
			27.5	69	69	69		137	0.77	151	16
9E	C25B50E25	12.5	133	133	265	133	0.36	152	77		
		20	101	101	203	101	0.39	151	61		
		27.5	70	70	140	70	0.39	159	46		

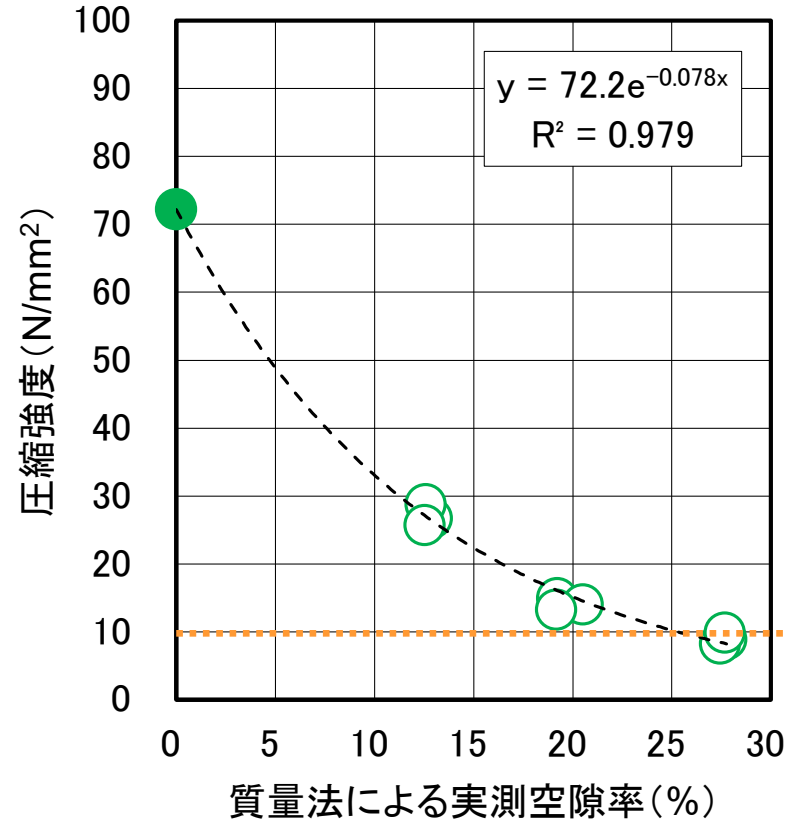
[註] W/P: 水粉体比, P: 粉体 (=C+BFS+E), W: 水, C: セメント, BFS: 高炉スラグ微粉末, E: CCU粉末, G: 粗骨材, SP: 高性能減水剤, FL: フロー値

低炭素型POC



(b) No.6 : C50B50E0

約50%削減



(d) No.9 : C25B50E25

約85%削減

↑ No.1のCO₂排出量との比較 ↑

S協議会のまとめ（2021年度～2025年度）

➡ 脱炭素社会のあるべき姿について議論した。

→ 産業構造や社会経済の変革をもたらし、成長に繋げるという視点が重要

➡ 文献調査や見学会、協議会メンバーからの話題提供を通じて、脱炭素コンクリート技術に関する情報を収集し、それらを整理した。

→ 脱炭素コンクリート技術は多様である一方、実用段階に至っている技術はごくわずかであり、現段階は技術の過渡期

➡ 公開実験を通じて、脱炭素コンクリート技術の検討に資する実験資料を提供した。

→ 練り混ぜ時にCO₂を添加したコンクリートに関する検討、フライアッシュの使用方法に関する検討、低炭素型ポーラスコンクリートの開発に関する検討

脱炭素コンクリート技術を包含した**環境負荷低減技術**（例：高炉セメントC種やCCU粉体などの活用）について議論するため、「**環境負荷低減技術協議会（E協議会）（仮称）**」として活動を開始する。

環境負荷低減技術

脱炭素コンクリート技術

高耐久化・長寿命化技術

低炭素材料・カーボンリサイクル技術

生物共生・自然調和技術

資源循環・リサイクル技術

生産性向上技術