

2025年6月19日

# 再生骨材コンクリートの普及に向けた技術開発と社会実装

株式会社竹中工務店

Confidential

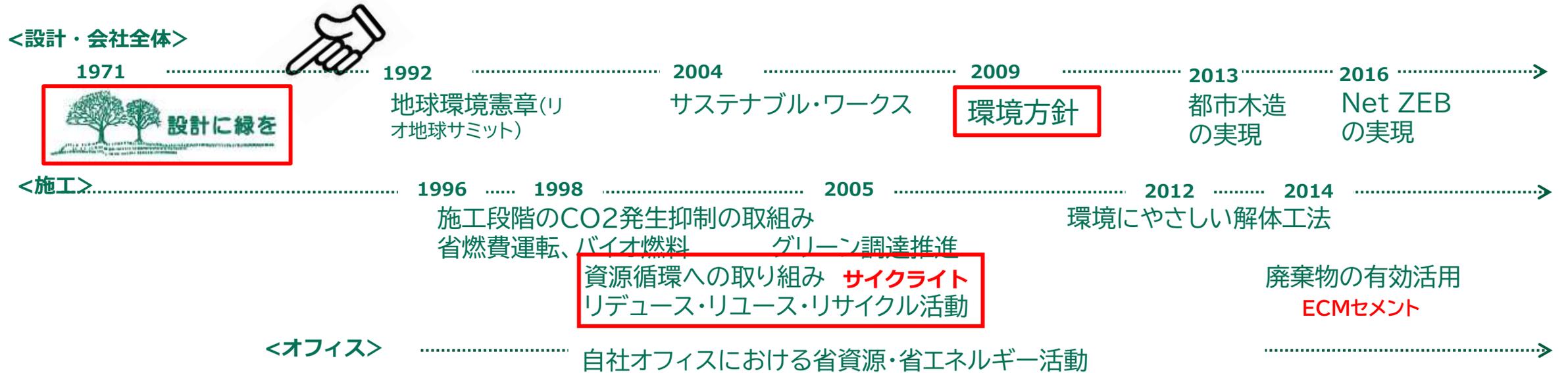
本資料の利用は2025年6月19日開催のACRAC技術講習会参加者に限りです。  
許可なく複製することは禁じます。



## — 講演内容

1. 資源循環や脱炭素に関する竹中工務店の取り組み
2. サーキュラーコンクリート
3. カーボンネガティブコンクリート（再生微粉の活用）
4. おわりに

## — 資源循環や脱炭素に関する竹中工務店の取り組み



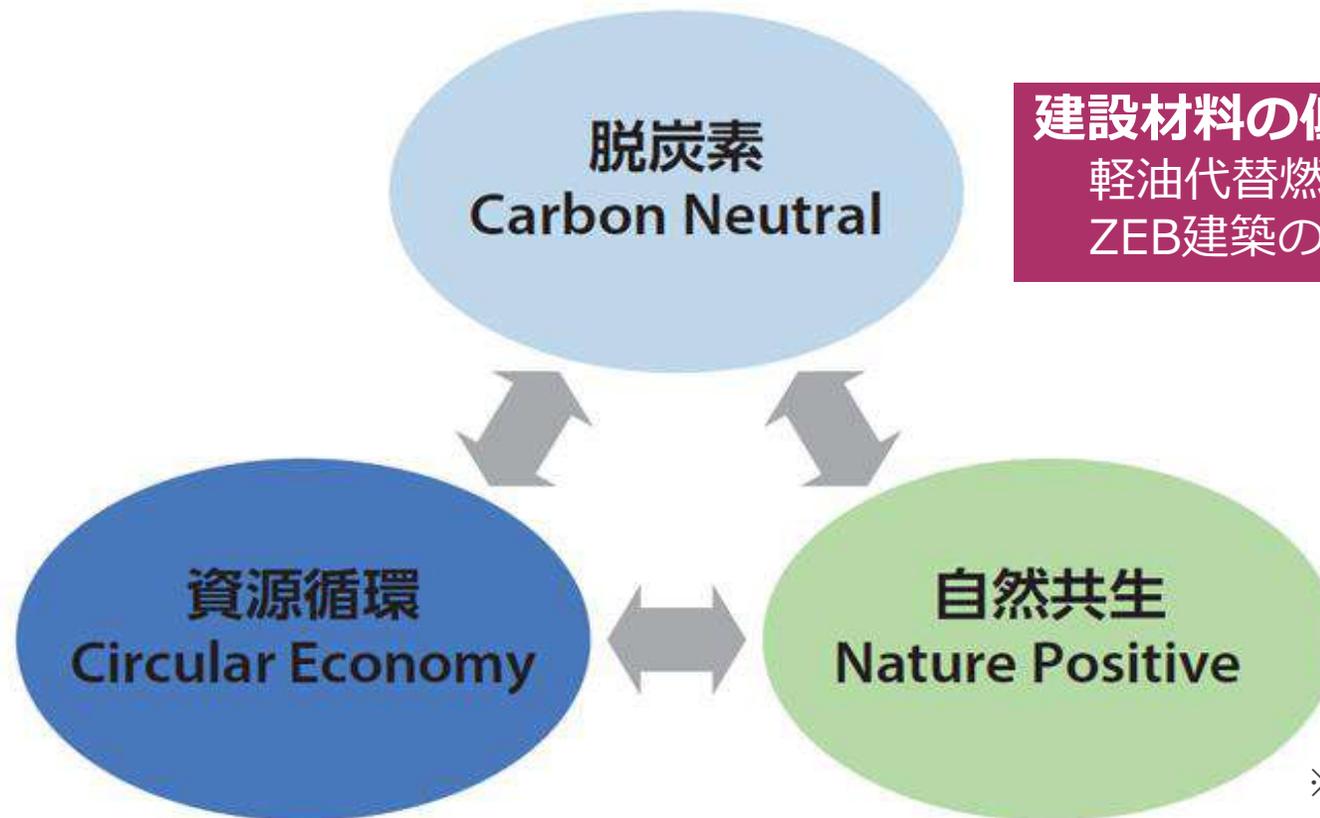
## 環境方針（2009年）

環境と調和する空間創造に努め 社会の持続的発展に貢献する

### ・活動指針

脱炭素社会、資源循環社会、自然共生社会の実現に向けた活動を積極的に推進する

## 資源循環・脱炭素・自然共生の3つの技術を開発し、建設プロジェクトに適用



**建設材料の低炭素化**  
軽油代替燃料、グリーン電力採用  
ZEB建築の推進

※本日の説明では割愛します

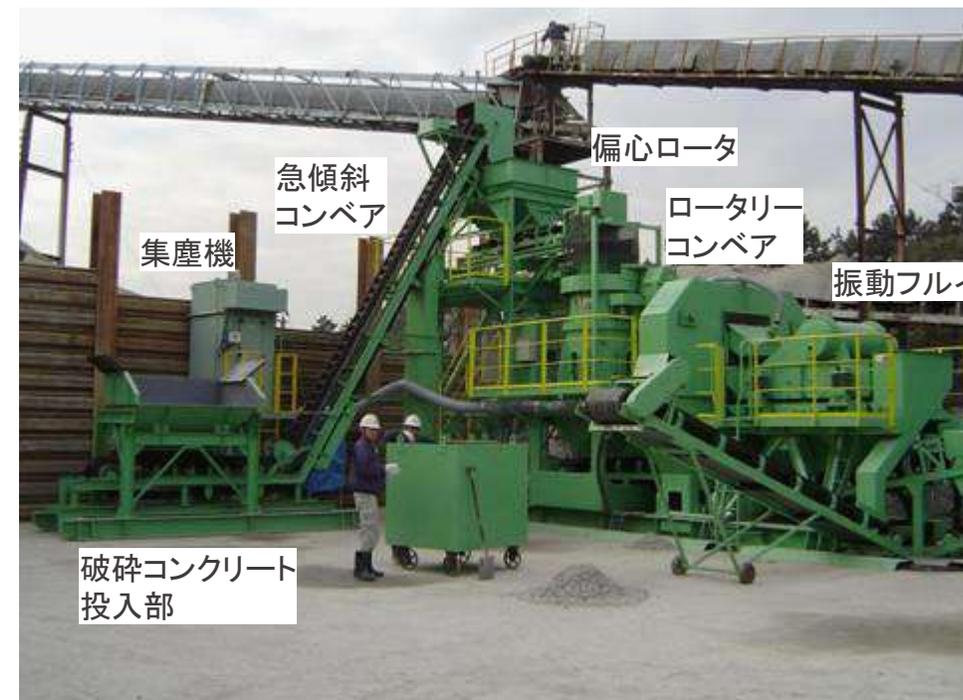
**サーキュラーデザインビルド®**  
建設材料を循環利用  
→サーキュラーエコノミーを実現

**生物多様性向上プロジェクト推進**  
都市にグリーンインフラを採用  
→ネーチャーポジティブを実現



## 2000年前後に再生粗骨材製造技術を開発・適用

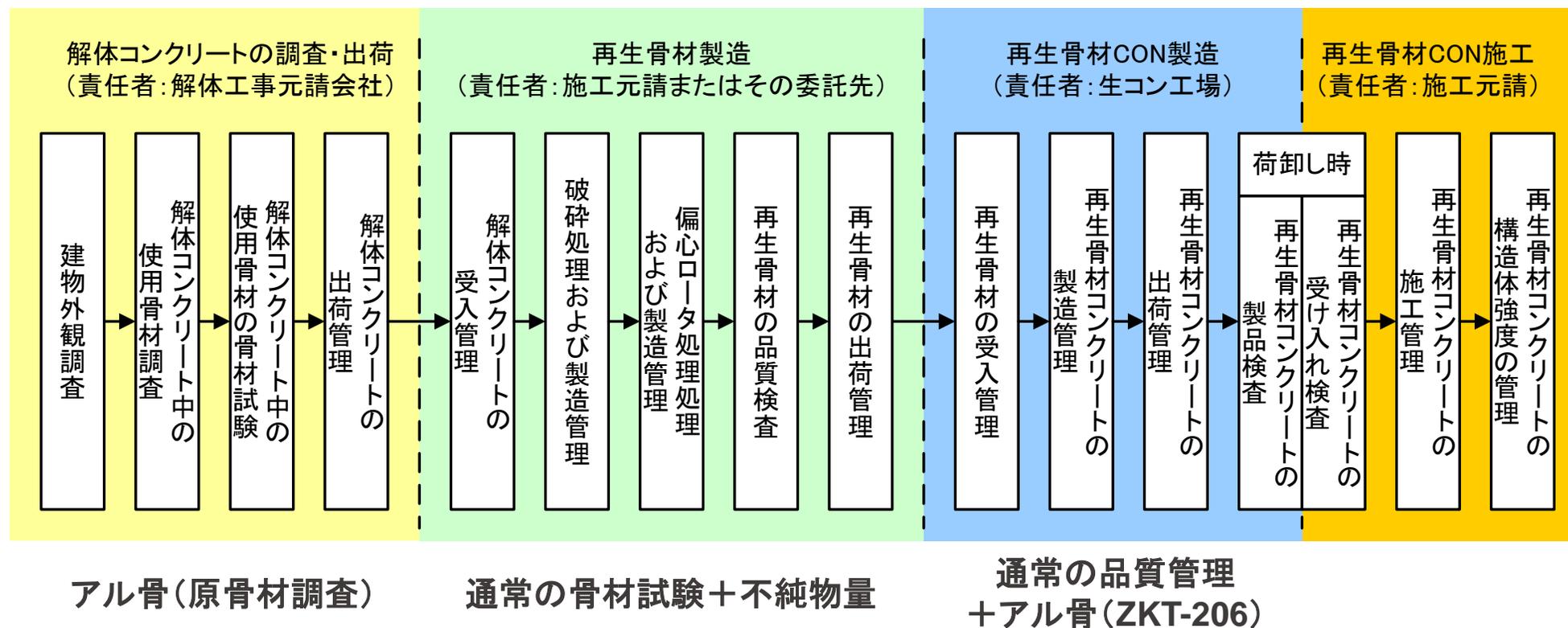
- 「サイクライト」の呼称で技術開発・適用を推進
- 機械すりもみ方式の偏心ロータを採用
- 再資源化工場（中間処理場）に装置を設置して試行
- 製造は再生粗骨材のみ（品質はH相当）
- 再生細骨材の開発を行ったが、当時は再生微粉の用途がなく、実用化は断念
- 事業化は諸事情により見送り

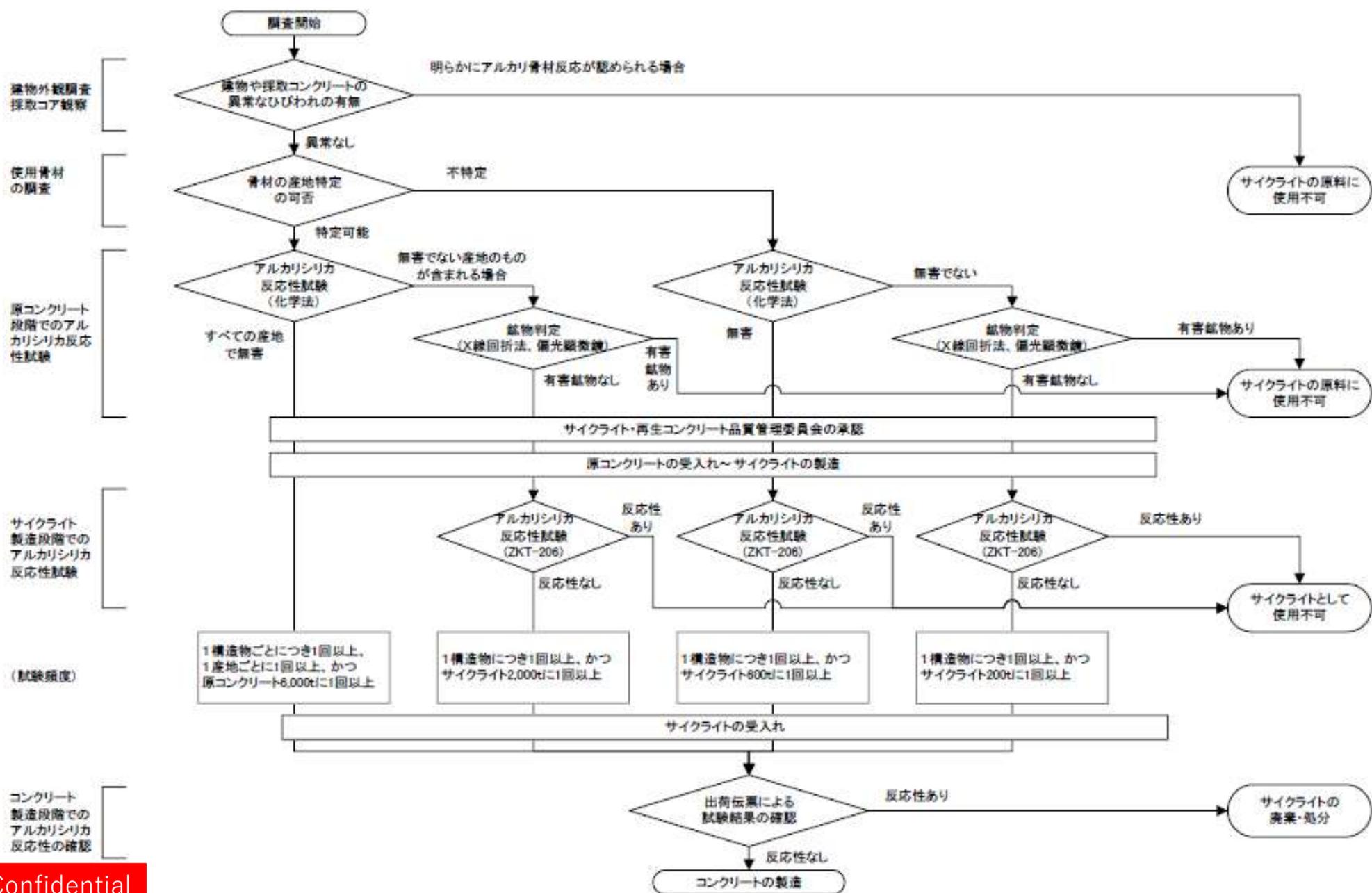


No.	適用時期	建築物名称(建物種別)	再生コン適用部位	打設量(m <sup>3</sup> )
1	1999年	アクロス新大阪(事務所ビル)	RC造床	30
2	2001年	北九州博覧際バードハウスパビリオン(展示施設)	木構造建屋の基礎	60
3	2003年	新千里桜ヶ丘住宅(集合住宅)	杭および基礎	4,160
4	2004年	竹中工務店新社屋(事務所ビル)	屋上、CFT造床	160
5	2005年	新丸の内ビル(事務所ビル)	CFT造の梁、床、壁	3,000

## 技術的課題

- 当時はH相当の品質を狙っていた（機械すりもみでは再生粗骨材のみ実用的）
- アルカリ骨材反応対策として骨材を無害として品質管理しており、手間・コスト面に課題あり
- 製造効率が不足（偏心ロータへのRC40投入速度実測地で20t/h）
- 機械すりもみで再生細骨材を製造したときの残渣（微粉）の用途が未解決





解体・新築工事の両方を受注できるとは限らない

鉱物判定まで行うことはほぼない

鉱物判定まで行うことはほぼない

骨材が無害の判定でもコンクリートで評価

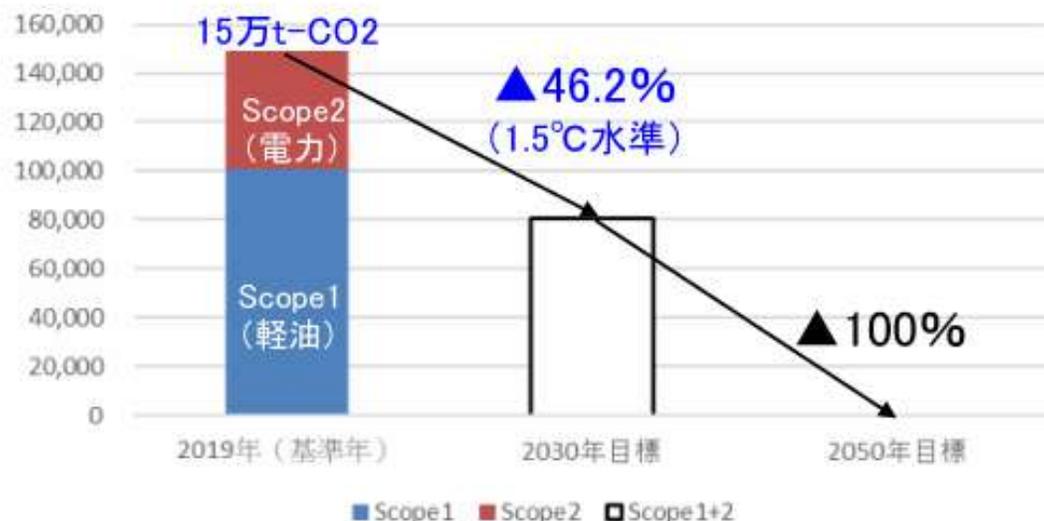
骨材の産地は、大半が不特定で、製造ロットの大きさは600tまたは200t

## ホールライフカーボン「マイナス」建築を標準化

\*お客様、協力会社、資材メーカー

### ■ 自社の責任としてScope 1 & 2 をゼロに

竹中グループGHG排出量・削減目標 (Scope1,2) (t-CO2)



### ■ 関係者\*と協力してScope 3 をゼロに

竹中グループGHG排出量・削減目標 (Scope3) (t-CO2)



### 竹中グループ全体 (連結) の削減目標 (2022年設定)

- ▶ Scope 3 Category 1 (構造躯体材料の低炭素化) 目標: 2030年 16.5%削減  
 電炉鋼 20% (現在) → 40% (2030年) → 80% (2050年)  
 低CO<sub>2</sub>コンクリート 1% (現在) → 7% (2030年) → 100% (2050年)
- ▶ Scope 3 Category 11 (ZEB/ZEHの推進) 目標: 2030年 40%削減  
 設計施工の全プロジェクトを対象

## 建設段階CO<sub>2</sub>の算出 都内某ビル

(延床面積16,000m<sup>2</sup>程度のB2・10Fの新築オフィスビル、上層S造・下層SRC造・RC造)

国内生産・流通+海外生産・流通のバウンダリー

躯体は数量×原単位

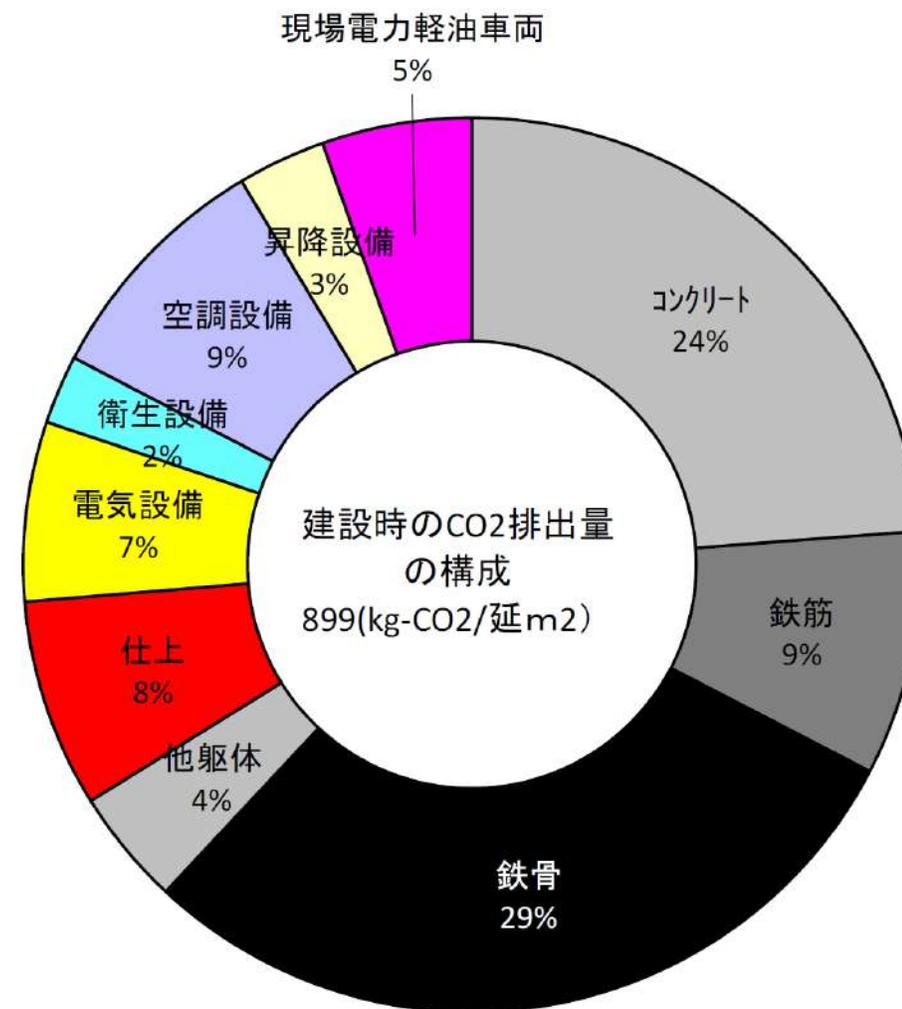
仕上げは数量×原単位

設備は再項目ごとにLCA指針の設備機器原単位にて計算

現場電力軽油車両は竹中工務店実績平均値を入れたもの(電力:事務所、クレーン、高所作業車等、軽油:運搬車両、揚重機、発電機等)

共通費として、設計監理、作業所経費、その他の活動に伴う排出は含まれていない

項目	GHG排出原単位 (2022年10月見直し)	備考
普通コンクリート	312.75 kg-CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	協会学会数値を参照し当社にて算出
鉄骨 (高炉鋼)	222112201pJPN	IDEA
鉄筋	222112202pJPN	IDEA



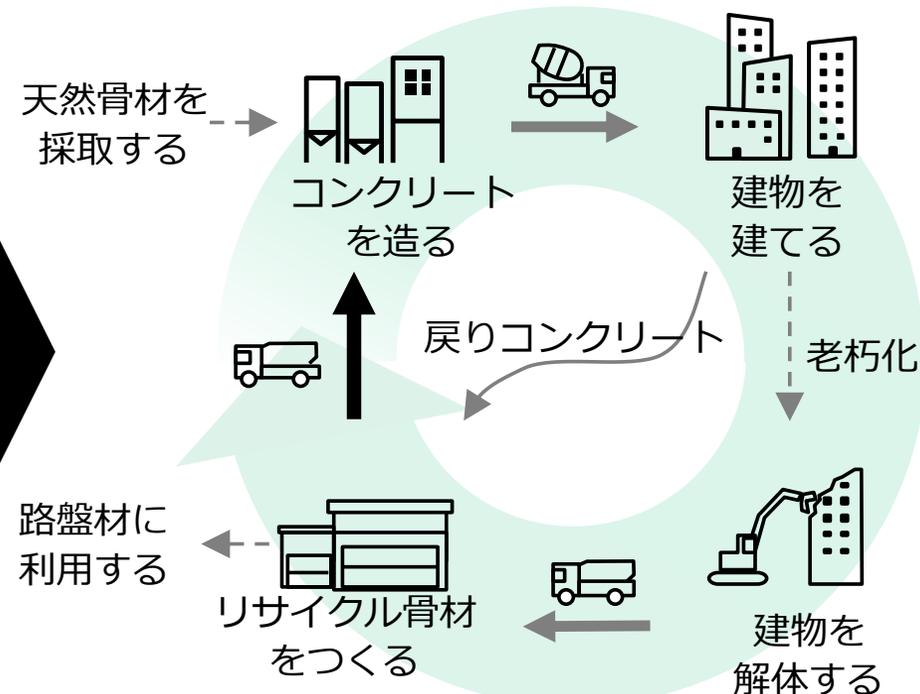
— サーキュラーコンクリート

## 技術開発プロジェクトのねらい

- NEDOの「脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラム」の重点課題推進スキームに採択
- 課題名は「省エネルギー・省CO<sub>2</sub>・省資源型サーキュラーコンクリートの開発」
- 再生コンと戻りコンの両者を資源循環の軸にして社会実装
- 骨時採取や再生砕石利用時の運搬によるCO<sub>2</sub>を削減



天然骨材を大量消費・運搬時CO<sub>2</sub>排出量大



リサイクル骨材を循環利用・運搬時CO<sub>2</sub>排出量小

## 実施体制（採択時）

- ・ サプライチェーンを形成する企業で組織して着手

建設会社



100年をつくる会社



機械メーカー



再資源化工場



三和石産株式会社

生コン工場



普及展開支援



## コンクリート廃材（骨材）の循環利用を社会実装するための課題

### 実施内容

- ① コンクリート廃材から再生骨材を製造する技術・品質基準は整備されているが普及していない
  - 再資源化工場で実用的に製造できる装置がない
  - 品質管理が煩雑（特にアルカリ骨材反応の対策）
  - 再生細骨材製造時に発生する残渣（副産微粉）の用途がない
- ② 戻りコンクリートから回収した骨材を効率化のため集積して利用するための技術・品質基準は未整備
- ③ 再生骨材・集積回収骨材を利用するサプライチェーンも未整備

→ 高効率再生骨材製造装置の開発  
（目標：品質はM以上で製造  
RC40投入時で40t/h）

→ 省エネ・省CO<sub>2</sub>型ECMセメント\*  
の利用

→ 地盤改良分野での用途開発

→ 複数工場から集積した回収骨材の  
品質基準・利用法の策定

→ 本事業では需要の多い首都圏近郊  
で試行 ⇒ 他の地域にも普及展開

\* 高炉C種セメント相当の低炭素セメント

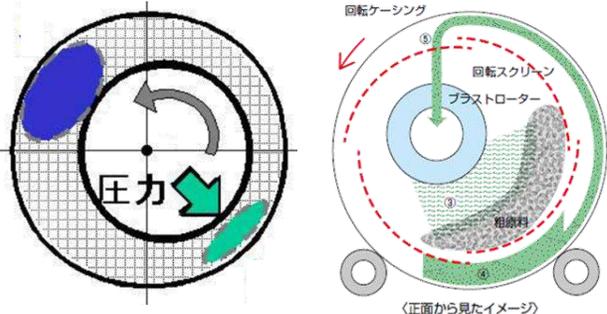
## 開発技術の概要

### 再生骨材製造技術

#### 非加熱で高効率再生骨材製造装置の開発

低エネルギーで骨材に付着したセメント成分を剥離

揺動すりもみ式 ショットブラスト式

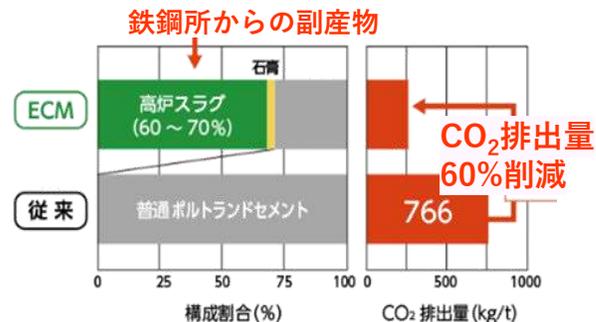


- 省エネで量産可能な新しい高品質装置開発  
⇒天然骨材より廉価を実現

### 再生骨材コンクリート

#### アルカリシリカ反応の無害化手法の構築による製造・検査の簡略化

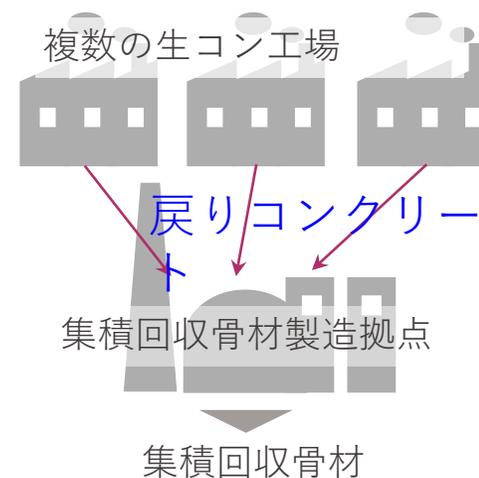
ECMセメント



- 低アルカリ性の省エネ・省CO<sub>2</sub>型ECMセメントを利用したアルカリシリカ反応の無害化技術の確立  
⇒サーキュラーコンクリート品質の検証

### 回収骨材利用技術

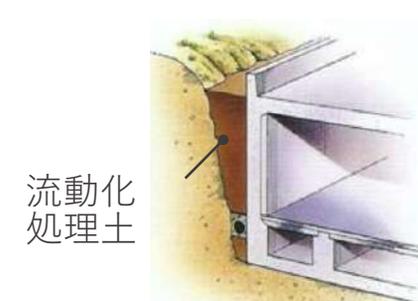
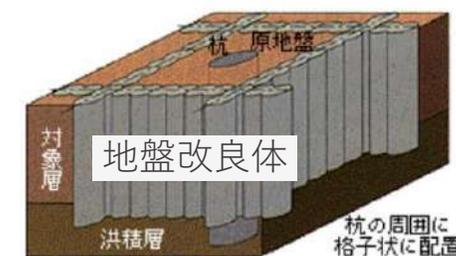
#### 集積骨材の品質基準・利用法を構築



- 集積回収骨材の品質変動の実態把握
- コンクリート品質制御法の構築  
⇒独自の品質基準・利用法

### 再生微粉利用技術

#### 地盤改良体・流動化処理土利用技術を確立



- 微粉の特性を活かした利用方法を開発  
⇒従来未利用の資源を活用

## 試行するサプライチェーン

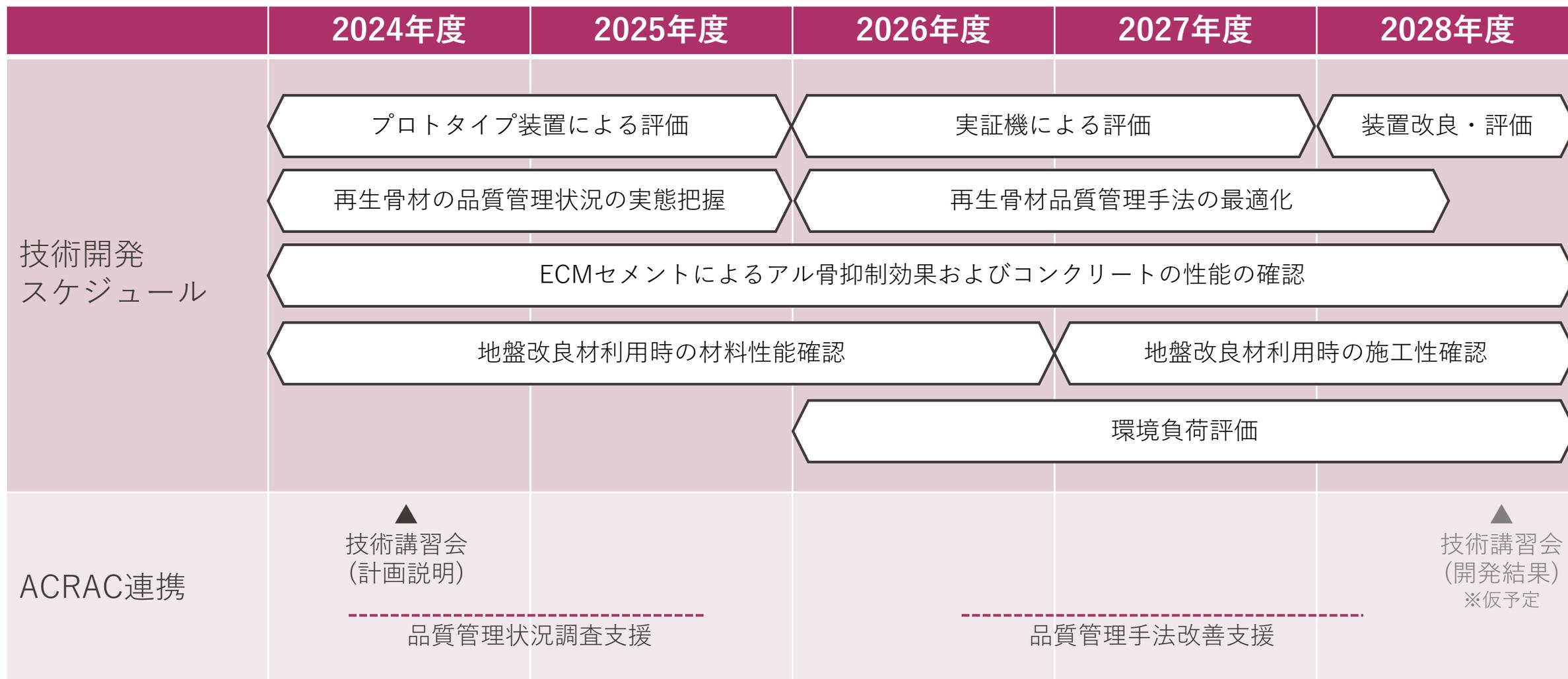


- 再資源化工場提案者
- 再資源化工場連携先候補
- 生コン工場提案者
- 生コン工場連携先候補
- 流動化処理土連携先候補

再生骨材・集積回収骨材を製造(赤)・使用(青)するサプライチェーンを首都圏で試行

※まずは関東圏から！

## 事業全体のスケジュール



— **カーボンネガティブコンクリート（再生微粉の活用）**

## 技術開発プロジェクトのねらい

- NEDOの「グリーンイノベーション基金事業／CO<sub>2</sub>を用いたコンクリート等製造技術開発／CO<sub>2</sub>排出削減・固定量最大化コンクリートの開発」の一部
- 課題名は「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」
- コンクリート材料の低炭素化により、建設分野で日本のCO<sub>2</sub>削減目標に貢献
- **再生微粉を炭酸化したCCU材料をコンクリート用混和剤に利用する技術**を開発し、社会実装

### 本プロジェクト実施内容

#### 項目1.

#### 革新的カーボンネガティブコンクリートの開発

##### 1-① 材料開発

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

CO<sub>2</sub>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



CO<sub>2</sub>固定型混和材    CCU微粉    CCU骨材

##### 1-② 施工方法・利用技術の開発

大型プレキャスト構造物への  
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）



CO<sub>2</sub>養生設備



トンネル覆工への  
CO<sub>2</sub>固定イメージ

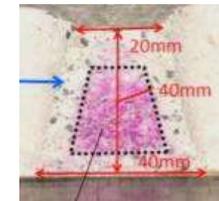
#### 項目2.

#### 品質・CO<sub>2</sub>固定量評価・基準化

##### 2 CO<sub>2</sub>固定量評価、品質管理・モニタリング

CO<sub>2</sub>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



CO<sub>2</sub>固定量評価イメージ



大阪万博への試験適用と  
長期暴露

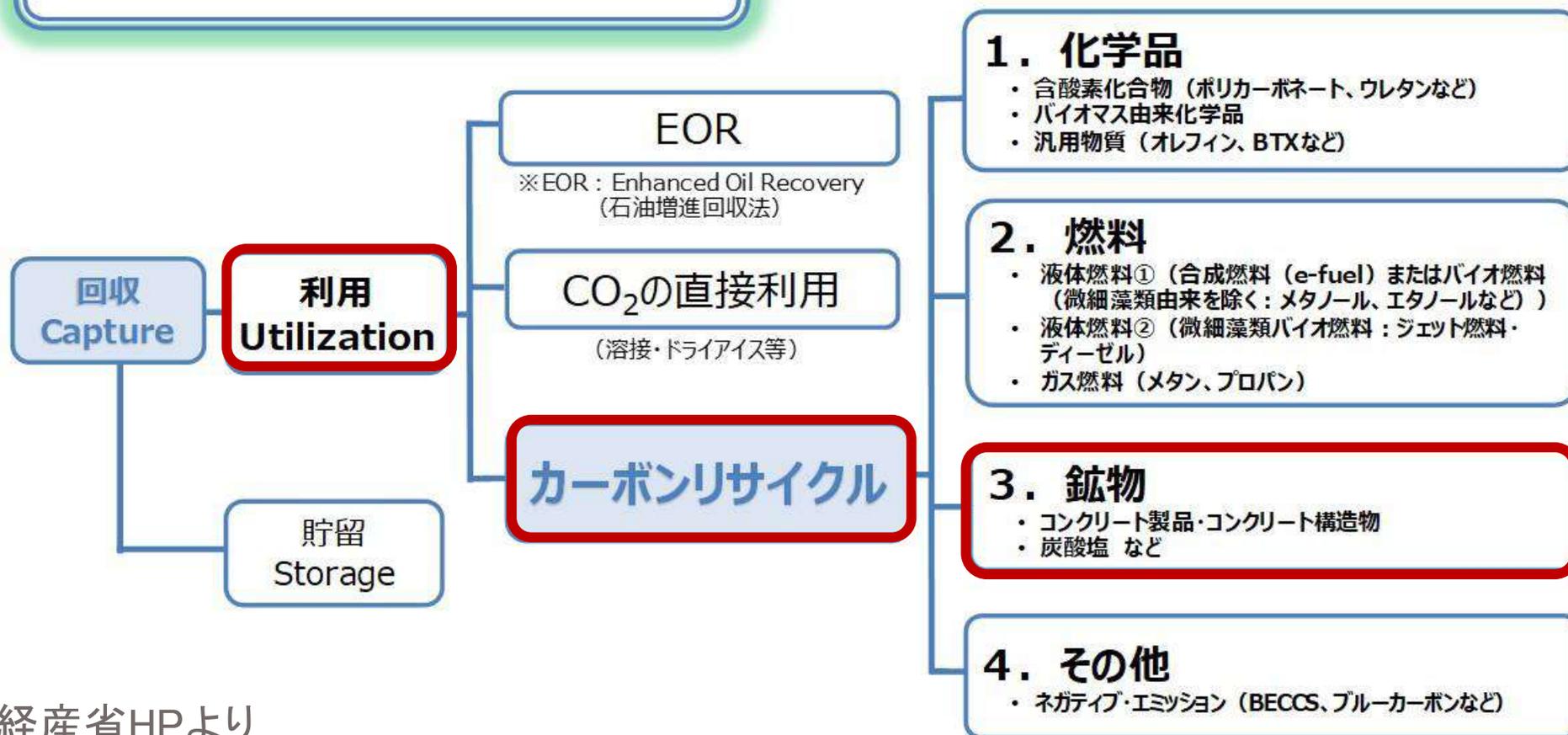
## グリーン成長戦略の14分野



経産省HPより

## CCU材料とは

### CCUS/カーボンリサイクル



- カーボンリサイクル：CO<sub>2</sub>を資源として捉え、これを分離・回収し、鉱物化や人工光合成、メタネーションによる素材や燃料への再利用等とともに、大気中へのCO<sub>2</sub>排出を抑制していく。
- カーボンリサイクルは、CO<sub>2</sub>の利用 (Utilization) について、世界の産学官連携の下で研究開発を進め、非連続的イノベーションを進める取り組み。
- 省エネルギー、再生可能エネルギー、CCSなどとともにカーボンリサイクルは鍵となる取り組みの一つ。

経産省HPより

## 実施体制

幹事会社 3社



参画会社 44企業、11研究機関 (2022/5/30現在)

赤字：幹事会社 青字：竹中共同実施先

分野	参加会社
ゼネコン (8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, ピーエス三菱, 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 (5社)	花王, 竹本油脂, フローリック, ポゾリスソリューションズ
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, 住友金属鉱山シポレックス, タイガーマシン製作所, ダイワ, スパンクリートコーポレーション, 高橋カーテンウォール, タカムラ建設, チヨダマシナリー, 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
商社 (1社)	三菱商事
計測・システムメーカー (2社)	島津製作所, 理研計器
大学・研究機関等 (9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

## 開発中の技術概要

\*Carbon Capture and Utilization

＼ECMコンクリート®がベース／

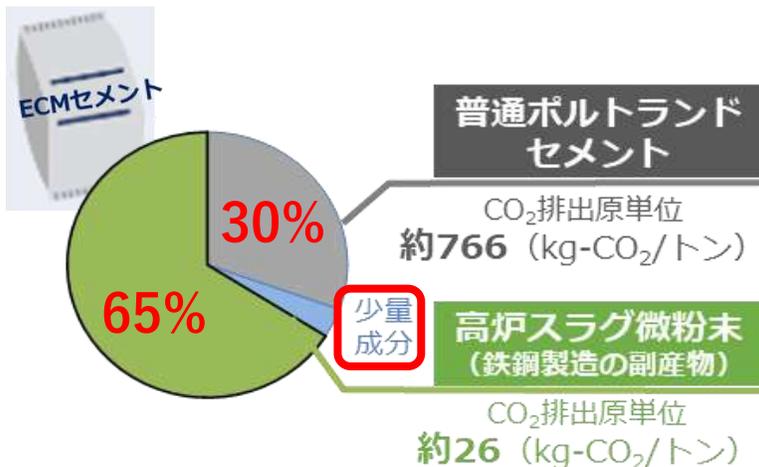
＼CCU\*材料を活用／

＼CO<sub>2</sub>吸収型コンクリート／

① コンクリート製造時のCO<sub>2</sub>を減らす技術

③ CO<sub>2</sub>を吸わせた材料の製造技術と利用技術

② コンクリート構造物にCO<sub>2</sub>を吸わせる技術



省CO<sub>2</sub>型のECMセメントの活用

最大 200kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>削減

CO<sub>2</sub>固定装置 (湿式・乾式)



改質再生骨材・CO<sub>2</sub>固定微粉を資材として活用

最大 90kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>削減(固定)



CO<sub>2</sub>吸収・固化材 yC<sub>2</sub>S



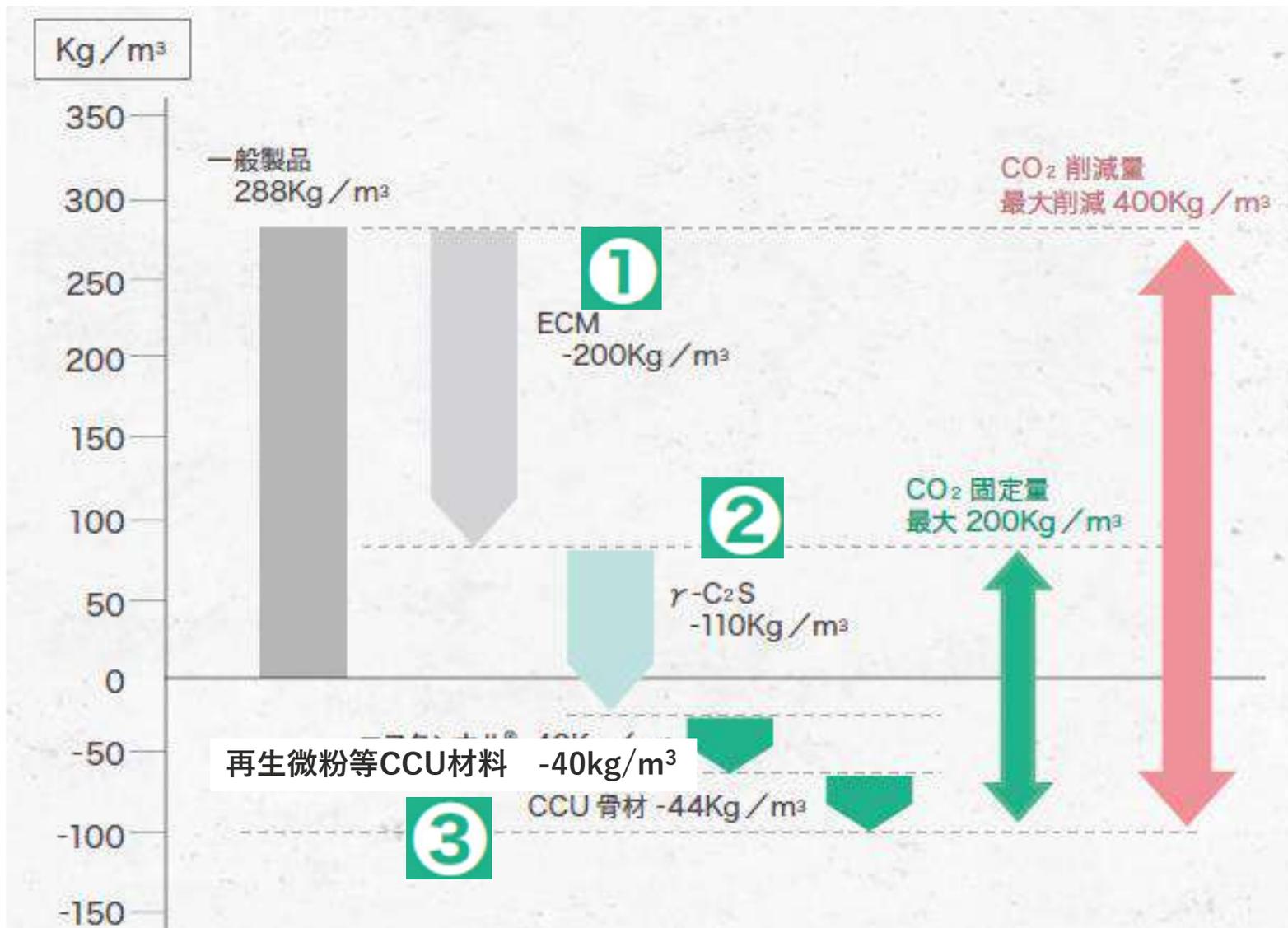
特殊粉体yC<sub>2</sub>Sを混入したコンクリートでCO<sub>2</sub>吸収

最大 110kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>削減(固定)

一般300kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>に対し

合計で最大400kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>削減・固定 ⇒ ネガティブ達成

## CO<sub>2</sub>削減効果の見込み



①

ECMセメントで  
純セメント量を低減

②

CO<sub>2</sub>吸収型コンクリート  
でCO<sub>2</sub>を固定化

③

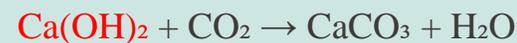
再生微粉にCO<sub>2</sub>を固定化  
したCCU材料でさらに  
CO<sub>2</sub>を削減

## 再生骨材・微粉を原料としたCCU材料の技術開発実施状況



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CO<sub>2</sub>を固定し、新しいCCU材料として再利用

再生骨材、再生微粉とCO<sub>2</sub>との反応例



## ・中間処理場（再資源化工場）のコンクリート塊の調査

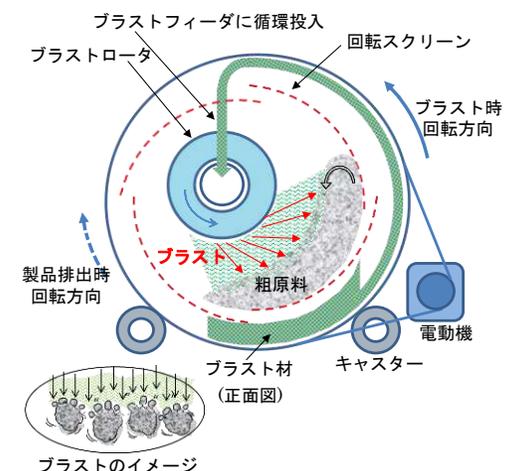


セメント水和物が残存  
→CO<sub>2</sub>固定能力を有することを確認

## ・コンクリート塊の分離条件の検討



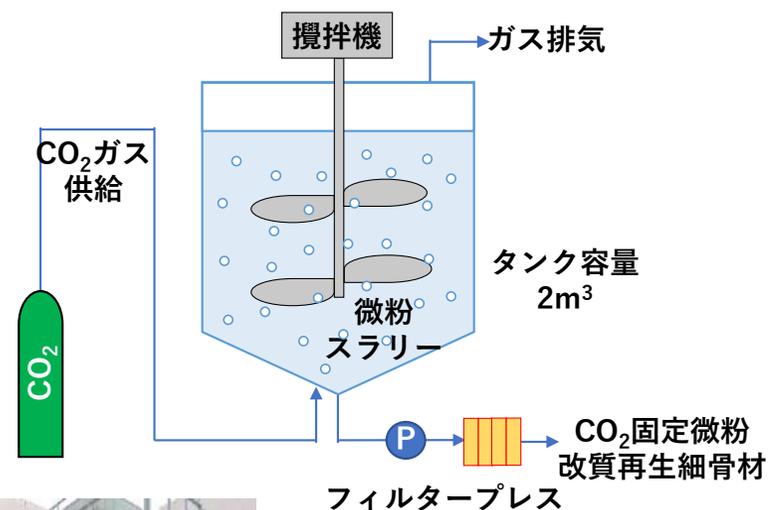
### 装置（自生ブラスト方式）



分離条件と再生骨材品質、  
製造時のCO<sub>2</sub>排出量を把握

## CO<sub>2</sub>固定微粉、改質再生骨材の製造条件の検討状況

【湿式処理】



【乾式処理（テスト機）】

(コトブキ技研工業製作)



CO<sub>2</sub>固定微粉(CP)  
(100kg-CO<sub>2</sub>/ton微粉)



CO<sub>2</sub>固定細骨材(CS)  
(50kg-CO<sub>2</sub>/ton骨材)

CO<sub>2</sub>固定量 > 製造時CO<sub>2</sub>排出量

湿式・乾式において効率的な炭酸化条件の探索



## CCU材料の開発スケジュール

- ・解体コンクリート塊を主原料とした、乾式および湿式によるCCU材料の製造技術を構築
- ・事業化の主体として再資源化工場を想定し、事業収支を試算して事業化を検討

	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度～
技術開発 スケジュール	コンクリート塊のCO <sub>2</sub> 固定能力調査					
	CO <sub>2</sub> 固定反応のメカニズム検討・LCA評価・事業化検討					
	CO <sub>2</sub> 固定(湿式)基礎実験 室内および小規模装置での評価		CO <sub>2</sub> 固定(湿式)実用化実験 再資源化工場での評価		CO <sub>2</sub> 固定(湿式) 実機設計・製作	CO <sub>2</sub> 固定 品質管理 手法確立
	CO <sub>2</sub> 固定(乾式)基礎実験 室内および小規模装置での評価		CO <sub>2</sub> 固定(湿式)実用化実験 パイロット機での評価		CO <sub>2</sub> 固定(乾式) 実機設計・製作・改良	
ACRAC連携				▲ 技術講習会 (進捗状況)		▲ 技術講習会 (開発経過) ※仮予定

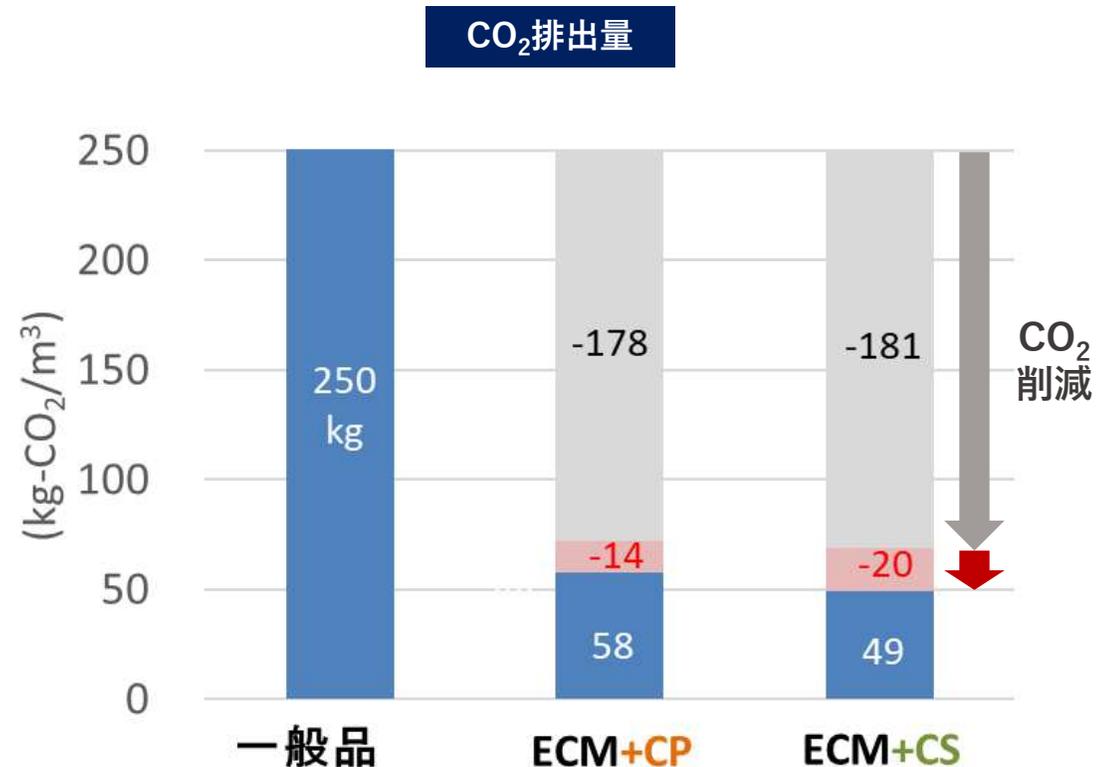
## CCU材料のコンクリートへの適用可能性

- 試験的に再生微粉を湿式および乾式で炭酸化
- 再生骨材を湿式で製造している場合、再生微粉のタンクを改造すれば炭酸ガスの吹込みは容易
- 湿式と乾式で製造したCCU再生微粉の性質には差異がある
- 湿式で製造した再生微粉は、炭酸カルシウム量が多く高密度
- 湿式で製造した再生細骨材は、炭酸カルシウム量や密度は条件によって変化し、炭酸化後に吸水率が増加する傾向
- 乾式での製造は、小型機で効率的に炭酸化するための条件出しを実験中
- コンクリートの配合量は、再生細骨材やCCU再生細骨材は、最大900kg/m<sup>3</sup>程度（細骨材100%置換）、CCU再生微粉は200kg/m<sup>3</sup>程度を想定
- 粒度調整の必要があれば、普通骨材を混合利用
- コンクリートの品質（強度、乾燥収縮、中性化等）は確認中。

## CNコンクリートの試行例（関西万博）



CNコンクリートの製造実験・実適用



最大201kg/m<sup>3</sup>のCO<sub>2</sub>  
を削減・固定

今後、CO<sub>2</sub>排出量の更なる低減を目指す

— おわりに

## コンクリート用再生骨材事業の普及

- 技術開発完了時には、製造効率が改善された処理装置を利用可能になる見込み。
- 多量に発生する副産微粉は、地盤改良用途の材料として利用する道筋ができる。
- さらに副産微粉は、CO<sub>2</sub>固定材料（CCU材料）としてコンクリートにも利用可能になる。
- ACRACの会員企業の方には、今後の経過を見たうえで再生骨材製造事業やCCU材料製造事業への参入を検討願いたい。

ご清聴ありがとうございました