

# C<sup>4</sup>S研究開発プロジェクト

**\*C<sup>4</sup>S : Calcium Carbonate Circulation System for Construction  
(建設分野の炭酸カルシウム循環システム)**

PM : 野口貴文 東京大学 教授



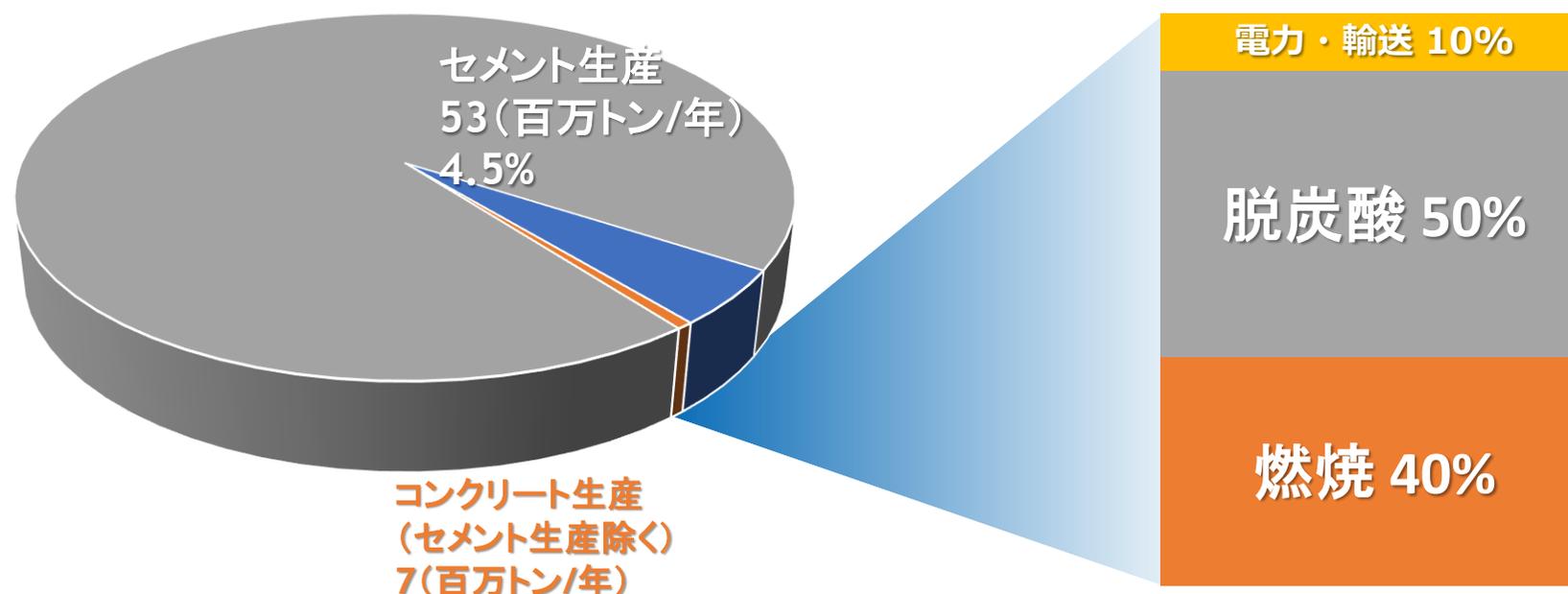
PJ参画機関 : 東京大学、北海道大学  
東京理科大学、工学院大学、宇都宮大学  
清水建設、太平洋セメント、増尾リサイクル

# 建設分野におけるCO<sub>2</sub>とCaの循環



# 建築・コンクリート分野CO<sub>2</sub>排出の現状

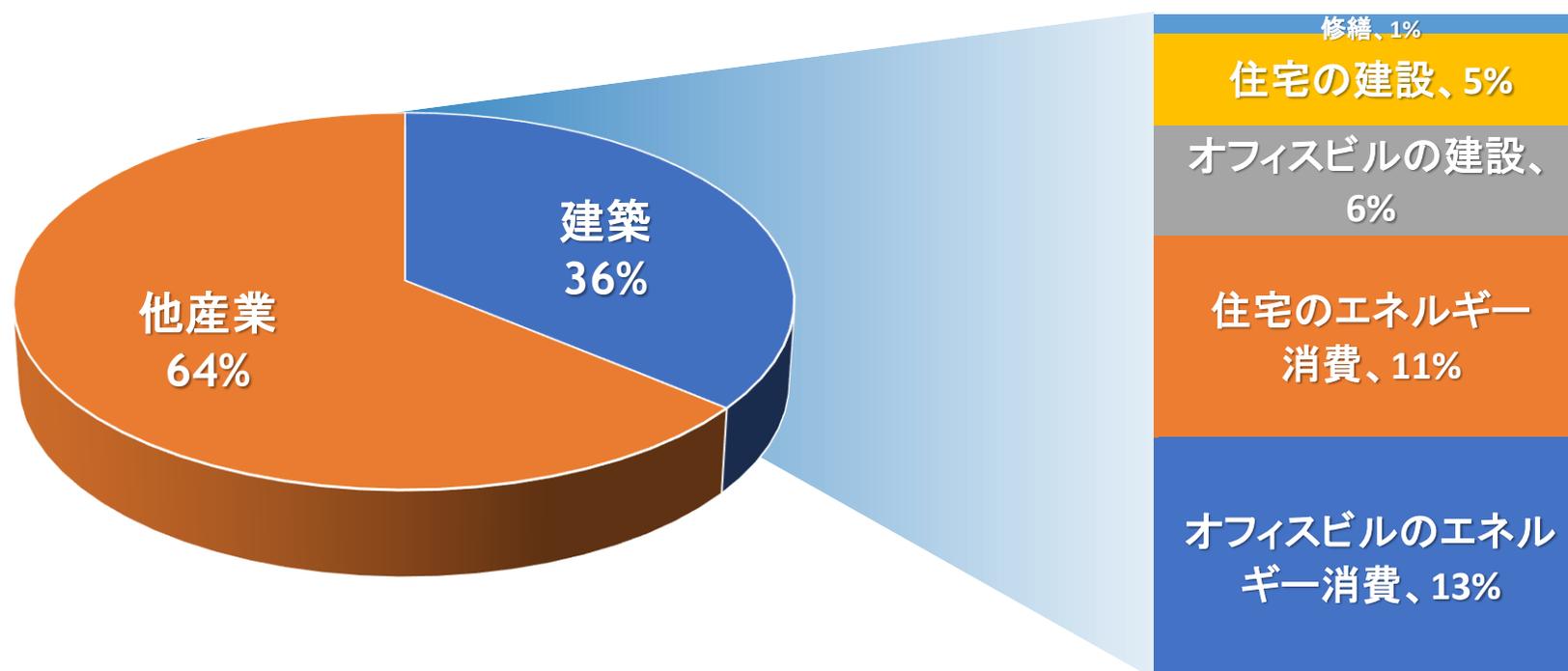
日本の総CO<sub>2</sub>排出量：1,190（百万トン/年）・・・2017年



脱炭酸による  
大気中へのCO<sub>2</sub>排出  
**2,640（万トン/年）**

1996年（ピーク）  
**4,420（万トン/年）**

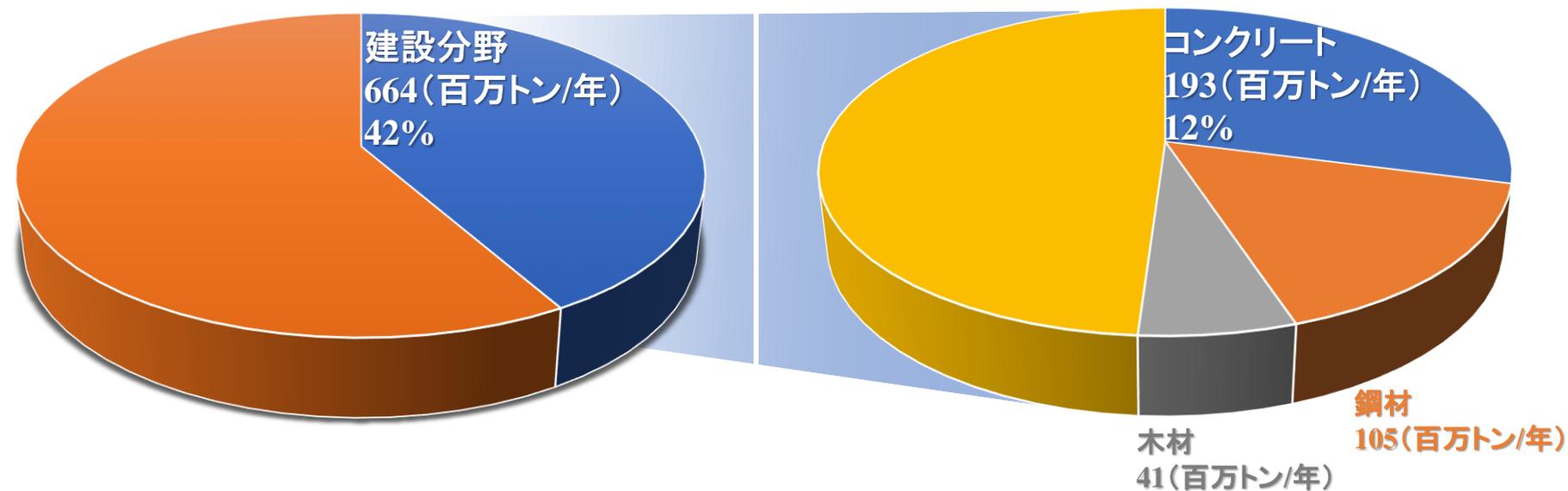
国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ」、日本コンクリート工学会「コンクリートセクターにおける地球温暖化物質・廃棄物の最小化に関する研究委員会報告書」を基に作成



秋山宏、伊香賀俊治、木俣信行「地球環境問題への建築学会の取り組みと展望、建築雑誌、Vol.114、No.1444、1999」を基に作成

# 建設分野への資源投入の現状・将来

日本の総物質投入量：1,590（百万トン/年）・・・2017年

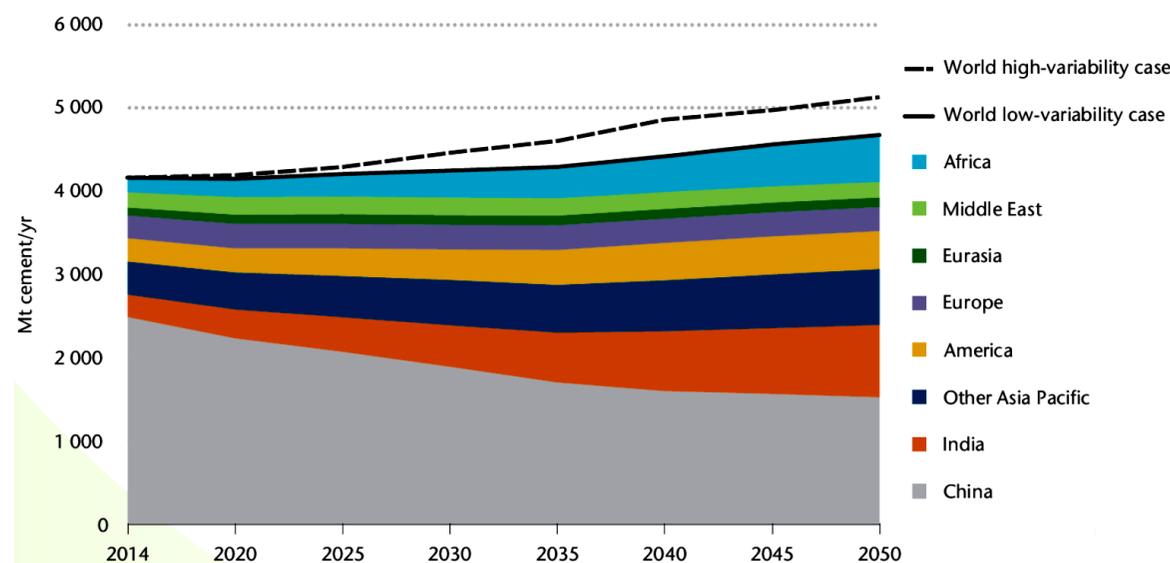
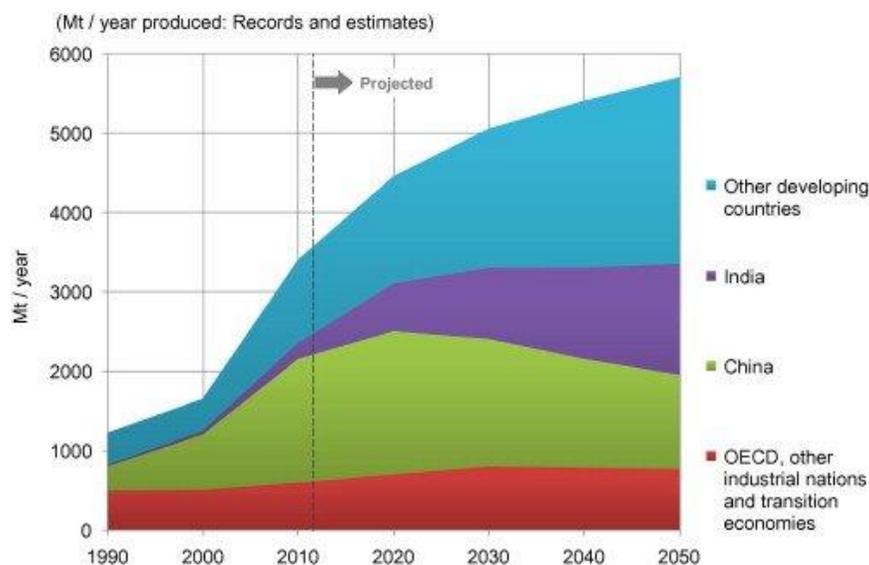


## コンクリートへの物質投入量

1990年（ピーク）  
455（百万トン/年）  
総物質投入量の**19%**

環境省「令和2年版環境・循環型社会・生物多様性白書」、産業環境管理協会「リサイクルデータブック2019」、全国生コンクリート工業組合連合会「過去の出荷実績」、日本鉄鋼連盟「鉄鋼統計要覧」、林野庁「平成30年度森林・林業白書」を基に作成

## 世界全体のセメント生産量の推移・将来予測

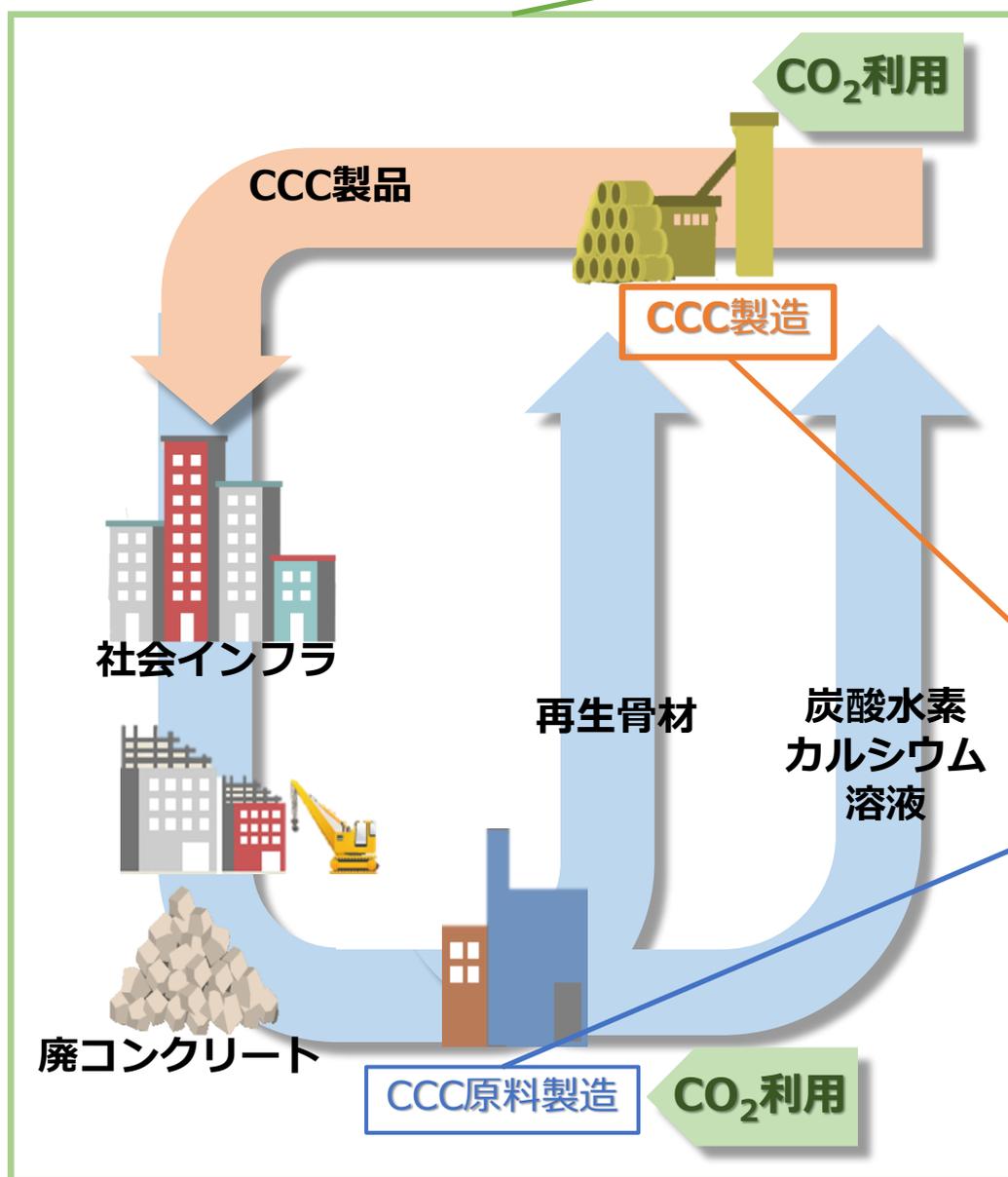


Mohammed S. Imbabi, Collette Carrigan and Sean McKenna: Trends and developments in green cement and concrete technology, International Journal of Sustainable Built Environment, Vol.1, No.2, pp.194-216, 2012

IEA WBCSD CSI: Technology Roadmap, Low-Carbon Transition in the Cement Industry, 2018

# 「C<sup>4</sup>S研究開発プロジェクト」の全体像

CCC : Calcium Carbonate Concrete  
(炭酸カルシウムコンクリート)



## 社会実装 (PJⅢ)

性能評価法・材料設計法・構造設計法の開発  
資源循環シナリオ設計  
法令・規格の制定  
CO<sub>2</sub>排出削減効果分析

東京大学  
工学院大学  
宇都宮大学  
清水建設

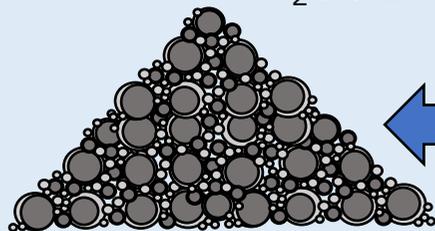
粒子

炭酸水素  
カルシウム溶液

## CCC製造 (PJ I)

## CCC原料製造 (PJ II)

CO<sub>2</sub> 固定・粒度調整



溶液の蒸発など

炭酸水素カルシウム溶液

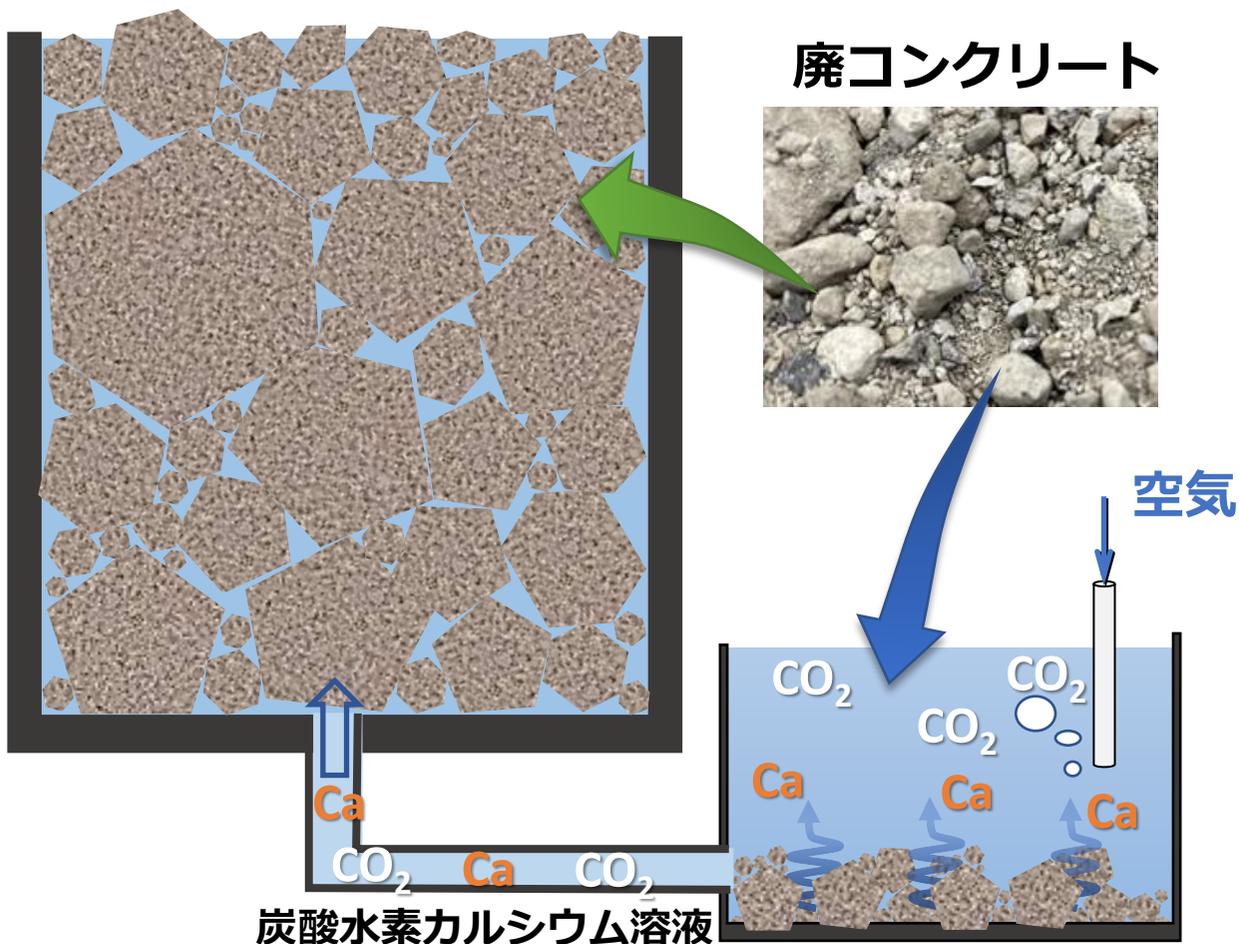
東京大学  
太平洋セメント  
東京理科大学

北海道大学  
増尾リサイクル

# 目標・進捗状況

研究開発項目	現時点の進捗・成果	2022年度末目標 (中間目標)	2024年度末目標 (中間目標)	2029年度末目標 (最終目標)
<b>PJ I</b> CCC反応制御技術・部材製造原理の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>■CCC反応プロセスの基礎原理確認</li> <li>■Φ5×10cmで強度4MPa (φ1×2cmで14MPa、加圧成形で30MPa)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■建築基準法最低強度12MPaをΦ10×20cmの試験体で確保</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■強度12MPaを有する構造部材の製造</li> <li>■構造躯体の施工</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■パイロット実証における従来コンクリートと同等以上の強度確保</li> </ul>
<b>PJ II</b> CCC原材料の製造プロセスの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>■CCC原材料の炭酸化反応の促進手法の確認</li> <li>■パイロットプラントによる製造確認・粒度分布評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■社会実装可能な大気からのCO<sub>2</sub>吸収時間の見通し</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■500kg/時のCCC原材料製造能力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■2トン/時のCCC原材料製造プロセスの開発</li> </ul>
<b>PJ III</b> CCC造建築物の構造設計法・性能評価法の開発およびC <sup>4</sup> Sの社会実装	<ul style="list-style-type: none"> <li>■通常の鉄筋コンクリートとは異なる構造形式の検討</li> <li>■将来の資源循環量の推計</li> <li>■CO<sub>2</sub>排出量・吸収量の計測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■LCA評価において地球温暖化対策への貢献の見通し</li> <li>■国土交通大臣認定制度の制定方策の立案</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■材料設計法の概略の確立</li> <li>■構造部材設計原理の概略の確立</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■2階建て建築物の建設</li> <li>■LCA評価による地球温暖化対策の有効性の確認</li> </ul>
<b>PJ IV</b> CCC製造・施工／3Dプリンティング・圧密技術の開発・実証研究			<ul style="list-style-type: none"> <li>■建築物の構法・工法の確定</li> <li>■施工機器の技術情報収集</li> <li>■試作機的设计・開発への着手</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■パイロット実証における適正な工期・役務量での施工実現の確認</li> </ul>

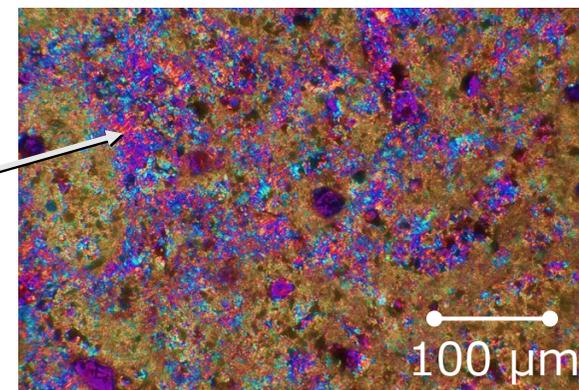
# 炭酸カルシウムコンクリート (CCC) の製造



## 偏光顕微鏡観察

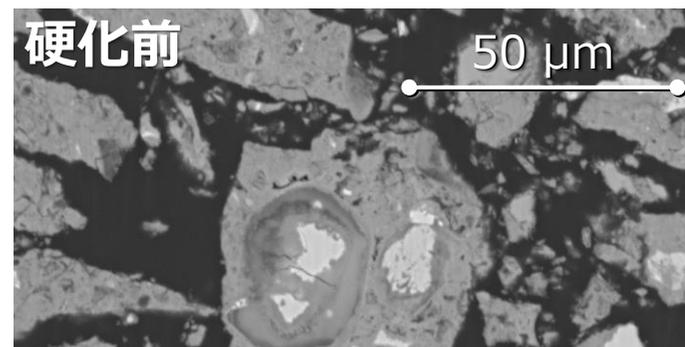
(彩度について可視性を向上させるために加工済み)

炭酸カルシウムの析出箇所



## 硬化前

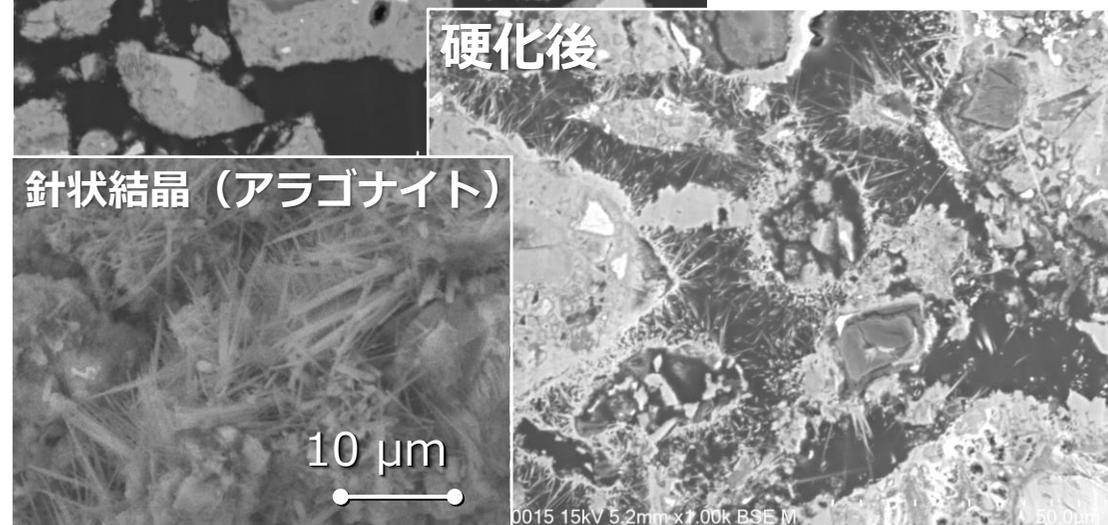
50 μm



## 硬化後

針状結晶 (アラゴナイト)

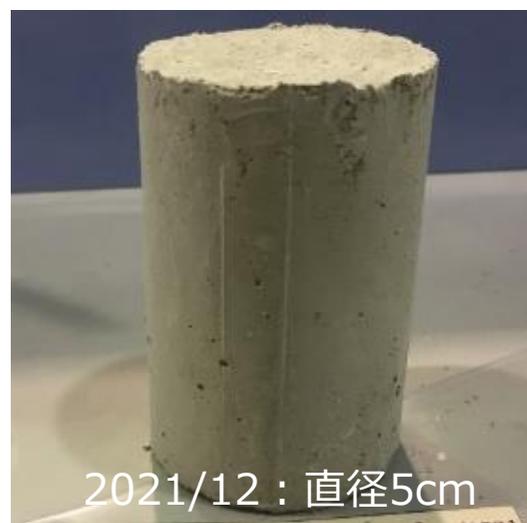
10 μm



2021/4 : 直径1cm

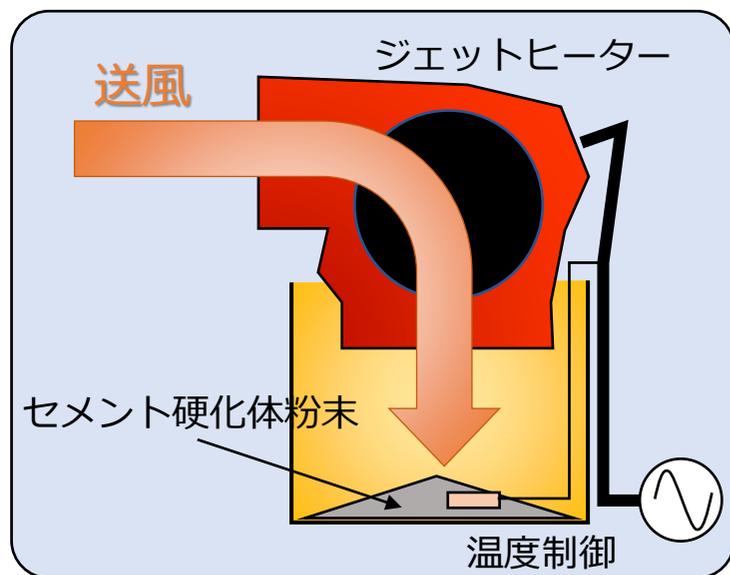


2021/12 : 直径5cm



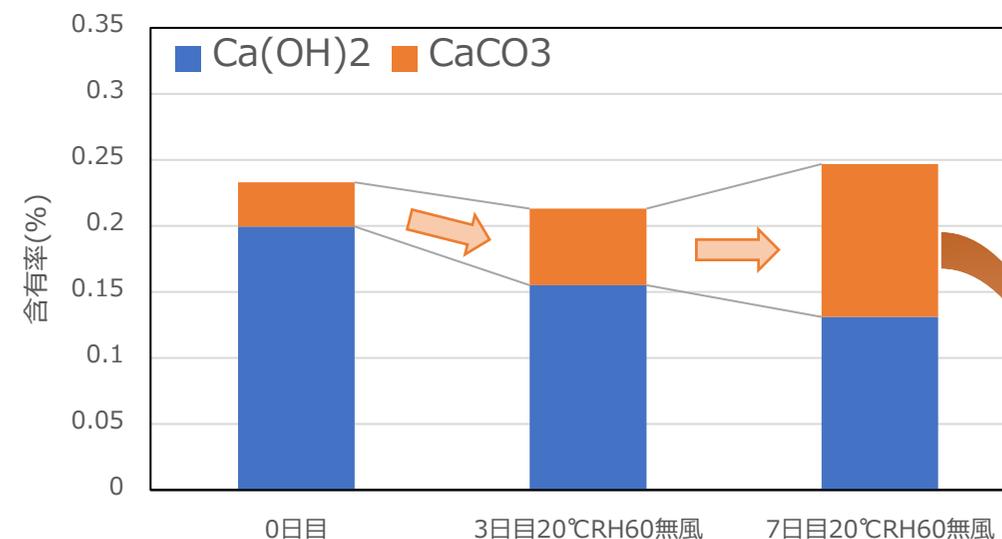
# CCC原料の製造 (DAC)

CCC原料の炭酸化 (CO<sub>2</sub>吸収・固定 = DAC) の促進



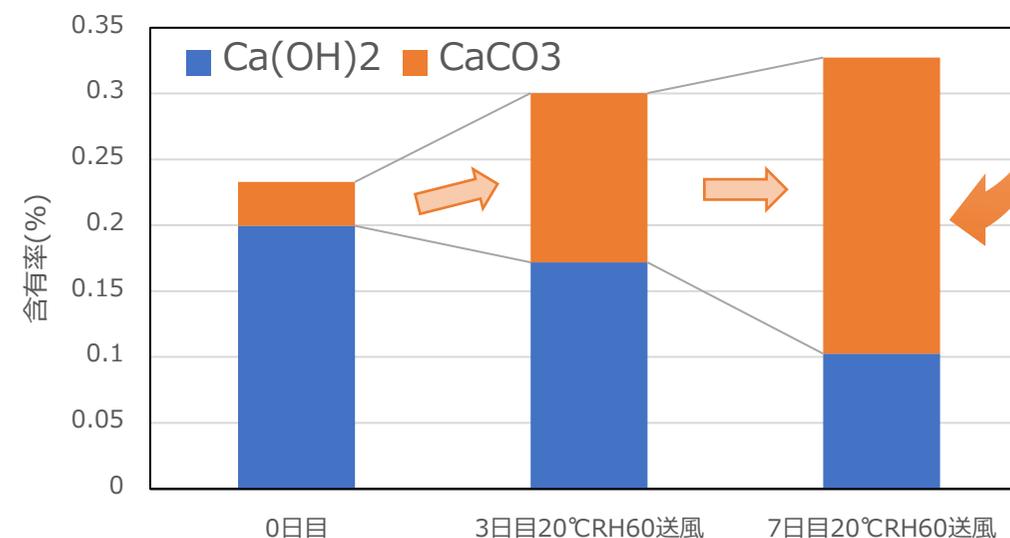
常温送風→コンクリートによるDACの効率化

無風存置によるCO<sub>2</sub>固定量



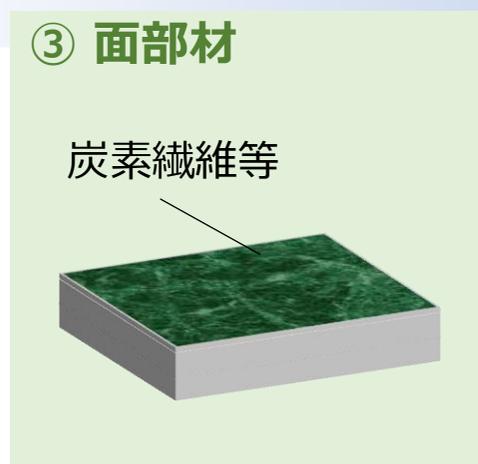
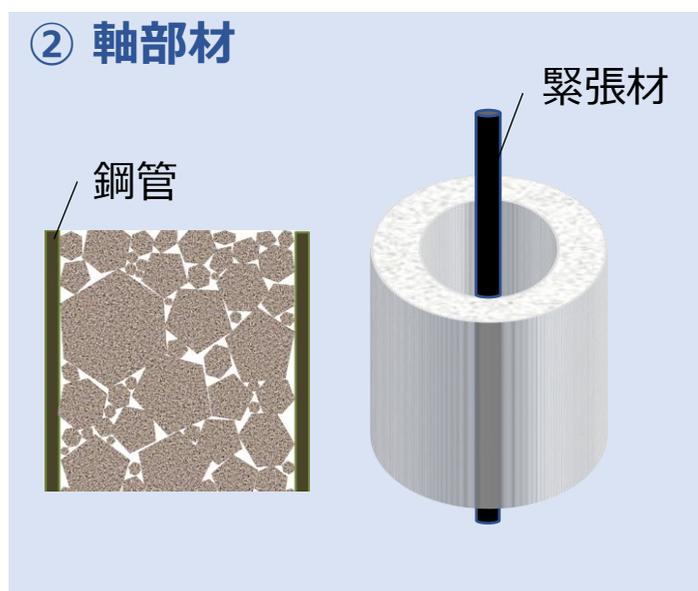
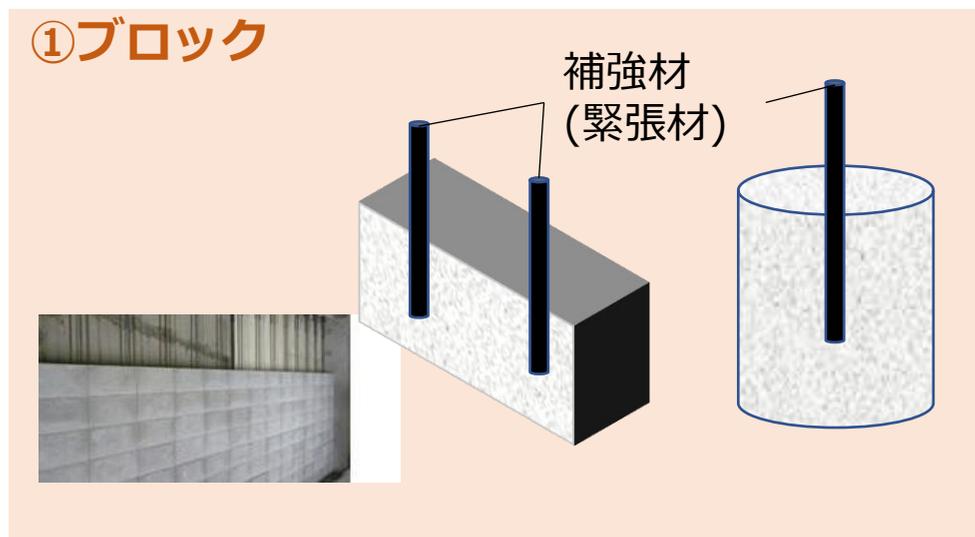
増加

送風によるCO<sub>2</sub>固定量



# CCCの材料設計法・構造設計法

- ① **ブロック** : RM構法、(プレストレス)
- ② **軸部材** : CFT (鋼管充填)、中空部材 (遠心成形、プレストレス)
- ③ **面部材** : モノコック構造 (圧密成形版)



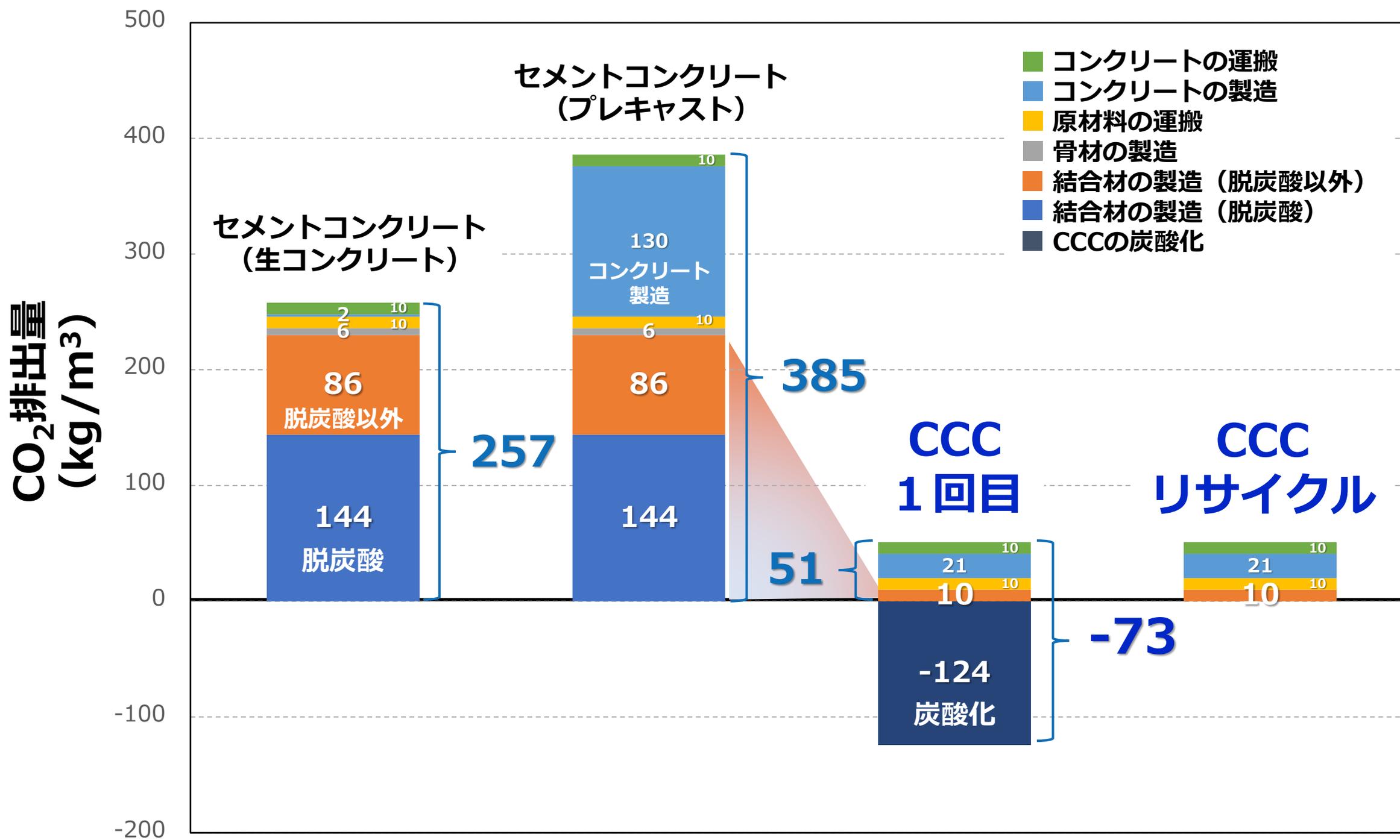
## ◆ 想定構造形式のスタディ

- ユニットの圧着積層方法
- 長期荷重に対する安定性評価
- 地震等の外力に対する安全性評価など

弾性係数  
圧縮強度  
引張強度など

拘束材 (鋼管) の厚さ  
緊張材の径・本数など

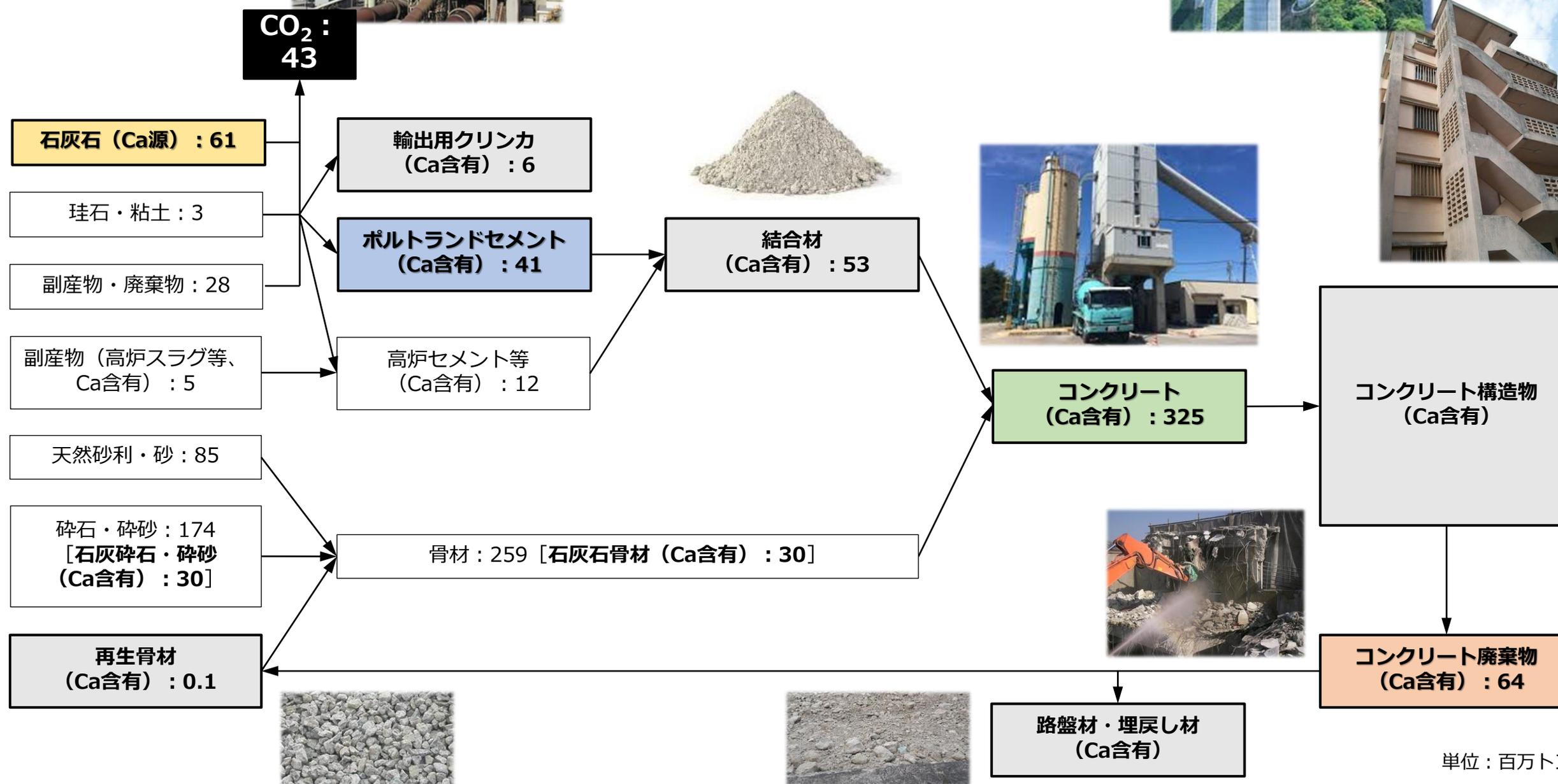
# CCCのLCA (カーボンニュートラル・マイナス)



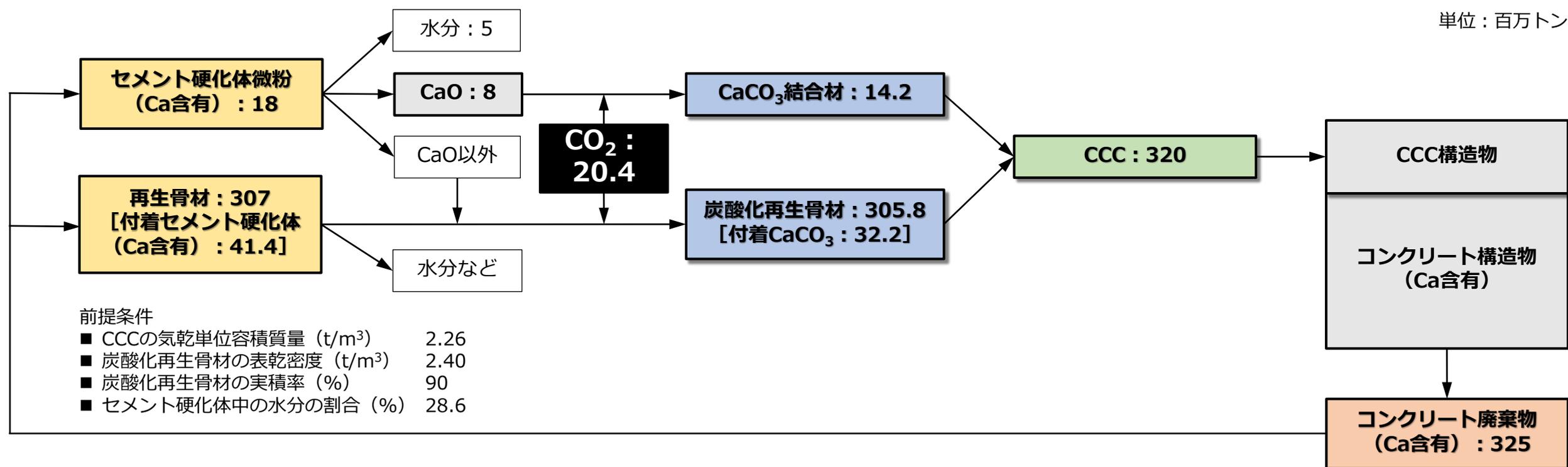
# 現在のコンクリートの資源循環（日本）



前提条件（コンクリート）  
 ■ 気乾単位容積質量 (t/m<sup>3</sup>) 2.3  
 ■ 配（調）合 (kg/m<sup>3</sup>)  
 水： 180  
 セメント： 300  
 細骨材： 880  
 粗骨材： 1000



# 将来のコンクリートの資源循環（日本）



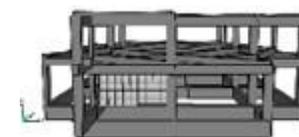
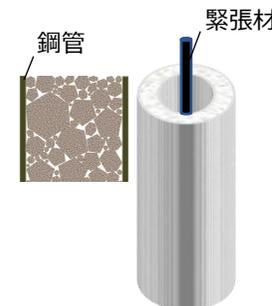
- **カーボンニュートラルな建設材料**
  - 経済的でなければならない
  - 木材のように持続可能でなければならない
    - ◆ 十分な資源量があること
    - ◆ 原料と製品は量的にバランスしていること
    - ◆ 全ての構成物が循環できること
    - ◆ 地産地消であること

# 建設分野におけるCO<sub>2</sub>とCaの循環



# CCCの社会実装（建築構造材料としての利用）

年	CCCの開発・普及	CCC生産量	法律・規格の制定・改正、CO <sub>2</sub> 削減量
2023	12N/mm <sup>2</sup> の圧縮強度達成	0 千t	
2025	実験構造物の建設	0.1 千t	
2030	低層CCC造建築物2~3棟の建設	2 千t	① 建築基準法第20条に基づく大臣認定の取得
2040	毎年1.725倍増	345 千t	② 日本建築学会規準・標準仕様書の制定 ③ 建設省告示1446号（技術的基準）の改正 ④ 建築基準法第37条2項に基づく大臣認定の取得 ⑤ 日本産業規格（JIS）の制定 ⑥ 建設省告示1446号（技術的基準）の改正 ⑦ 建築基準法第37条1項への適合
2050	コンクリート構造物の50%がCCC造	110,000 千t	日本：▲2,620万t-CO <sub>2</sub> /年 世界：▲約21億t-CO <sub>2</sub> /年



# 📄 ホームページ (<https://moonshot-c4s.jp/>) の公開

Japanese English



プロジェクト概要と挨拶 C4S研究開発プロジェクト News 研究担当者

## C<sup>4</sup>S\* Research and Development Project

Project Manager: Takafumi Noguchi (The University of Tokyo)

Participating Institutions

The University of Tokyo, Hokkaido University

Tokyo University of Science, Kogakuin University, Utsunomiya University

Shimizu Corporation, Taiheiyo Cement, Masuo Recycle

Participating Institutions



救え、地球を！

ホワイトカーボンで！！

ご清聴ありがとうございました

