

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026

プログラムNo.B2-2-09

「多様なカルシウム源を用いた炭酸塩技術の確立」 (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回収型製造プロセスの開発／多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立)

発表：2026年7月22日

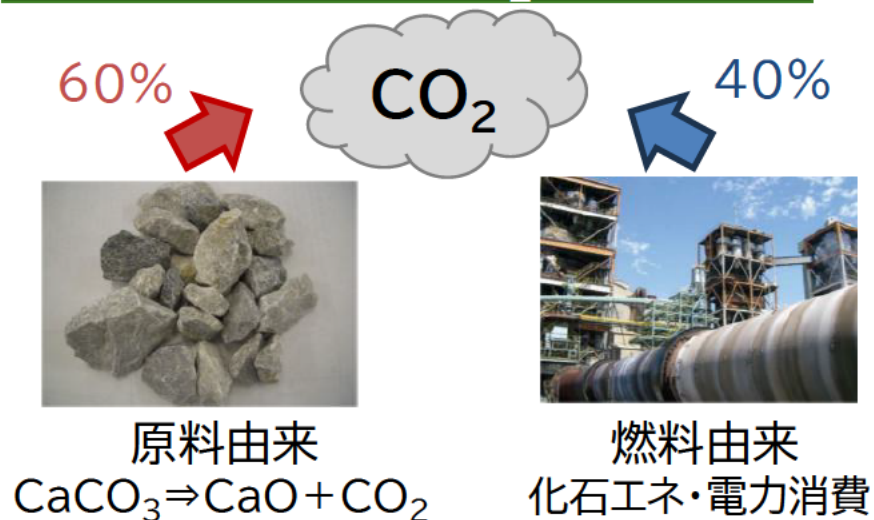
国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 菊池 定人

住友大阪セメント(株)・(国)山口大学・(国)京都工芸繊維大学・(国)東京科学大学・(国)東京大学・
UBE三菱セメント(株)・大成建設(株)

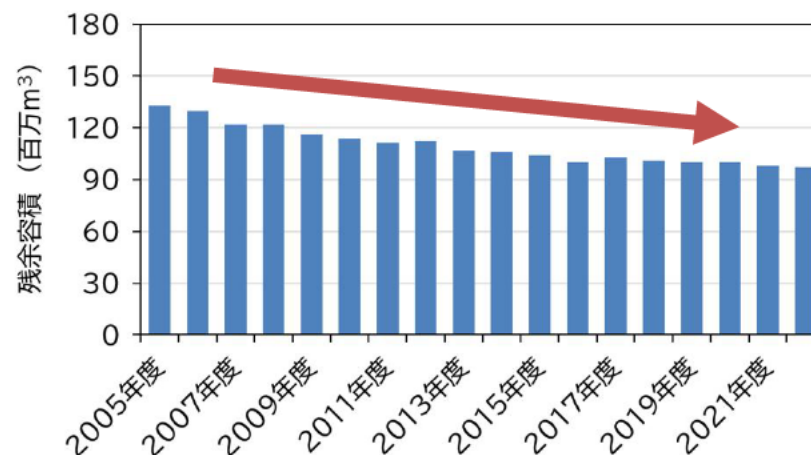
問い合わせ先 住友大阪セメント(株) E-mail:skikuchi@soc.co.jp TEL:047-457-0185

セメント産業のCO₂排出構造



原料由来のCO₂は避けられない

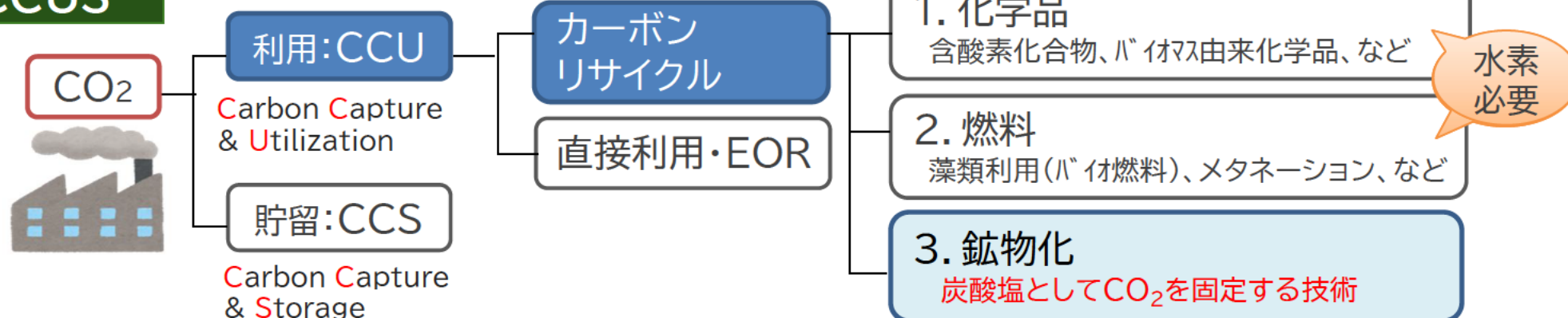
一般廃棄物の最終処分現状



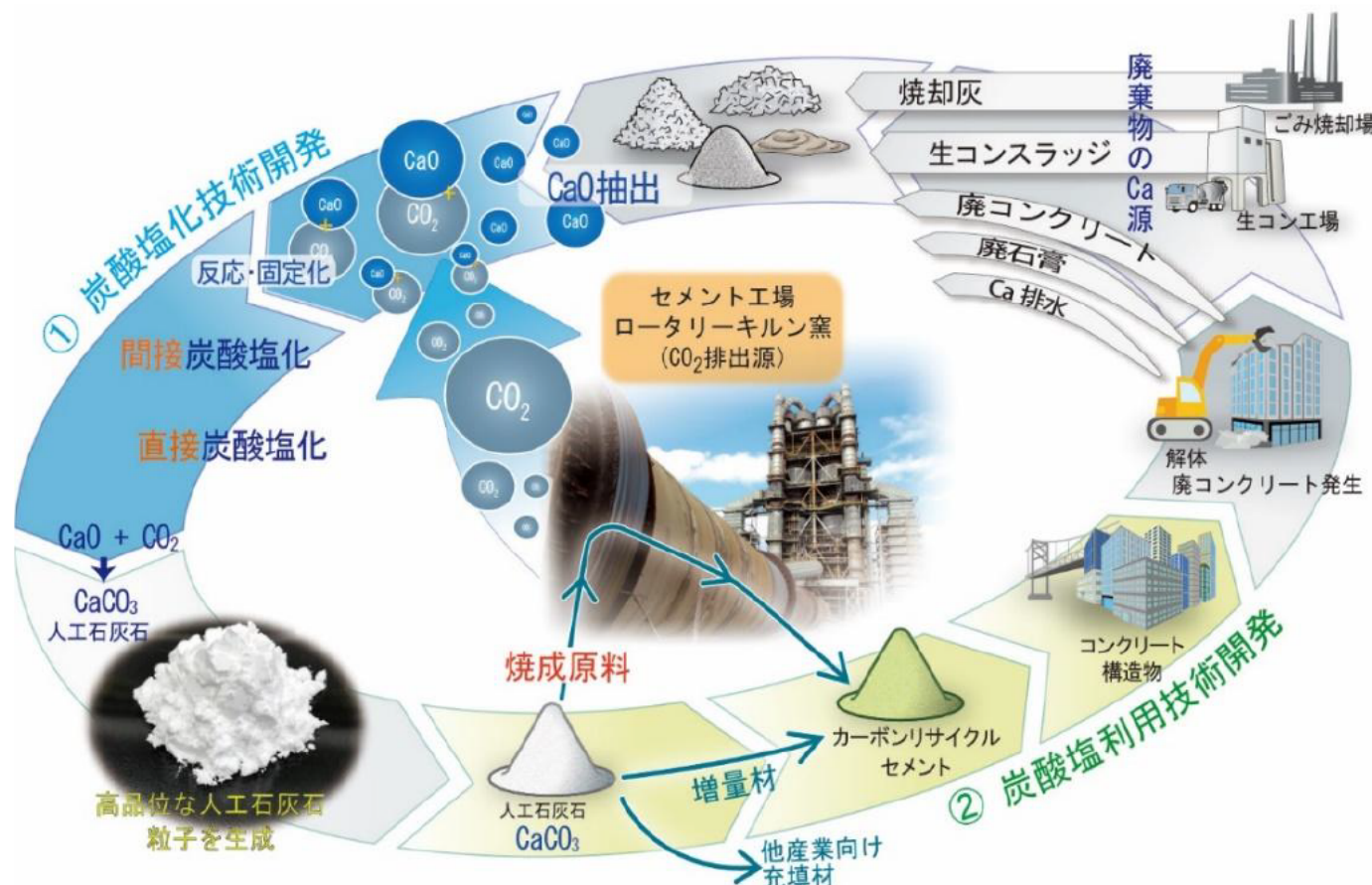
環境省資料より作成

残余容積は減少し続けている(増やせない)

CCUS



「鉱物化」 = 早期の社会実装が期待される技術



炭酸塩化手法

1-a	IDC	酸抽出
1-b		石膏転化
1-c		Ca晶析
1-d	DC	廃コンクリート
1-e		生コンスラッジ

DC: 直接炭酸化
⇒ CO_2 をそのまま利用

IDC: 間接炭酸化
⇒ 酸/アルカリを利用

廃棄物中のCaと排ガス中の CO_2 のデュアルリサイクル！

2030年までに、回収したCO₂から炭酸塩を製造し、炭酸塩をセメント原料等に利用するための以下の水準を満たす技術を確立する

- 炭酸塩化の基盤技術として、廃棄物から10%以上の酸化カルシウムを抽出し、炭酸塩1トンあたりに固定化するCO₂固定量が400kg以上
- 回収したCO₂から製造した炭酸塩の生成コストが、従来の石灰石の市価の5倍程度の価格
- 炭酸塩の利用拡大のため、利用技術のガイドラインを策定

多様なカルシウム源を用いた炭酸塩化技術の確立

研究開発内容

KPI

達成状況

炭酸塩化技術開発

- ・IDC:CaO抽出率80%以上
420kg/t-炭酸塩以上
- ・DC :CaO抽出率15%以上
400kg/t-炭酸塩以上

- ・IDC方式:◎
※1-aプロセスでは、抽出率80%達成可能
コスト最適条件での運用要
- ・DC方式 :高純度化手法との組合せで◎

炭酸塩の販売価格比
(従来石灰石市価の5倍程度)

市価の5倍は、種々条件下で達成可能
(市価も変動している)

炭酸塩利用技術開発

セメント原料(焼成)
利用率100%

テストキルンでの焼成実証済み
コンクリート性能も既存品と遜色なし

セメント原料(増量材)
利用率を20%以上

20%混合セメントが利用可能であることを、
モルタル、コンクリート試験にて確認

カーボンリサイクルセメントの
利用技術ガイドライン策定

- ・JIS改正で少量混合成分へ利用可能に
(26年3月公示)
- ・コンクリート利用における設計ガイドライン
素案の作成



研究スケジュール

要素技術開発
(委託期間)

事業性評価
(補助期間)

社会実装
・事業化

ステージゲート



採択

研究開発用設備



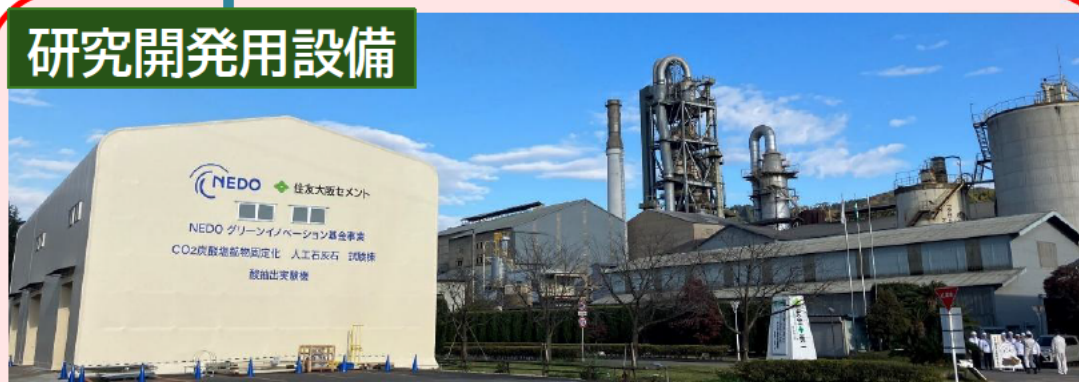
ベンチスケール設備(大阪)



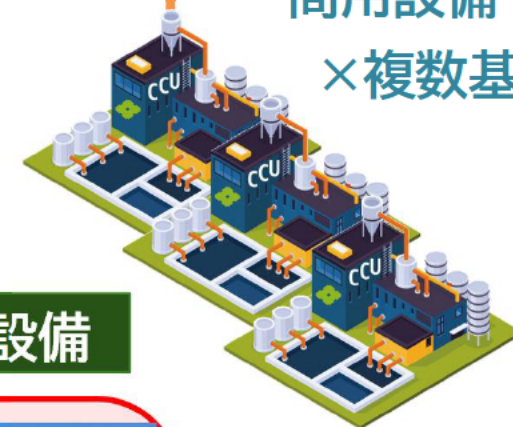
ラボスケール設備(船橋)

ビジネス開発用設備

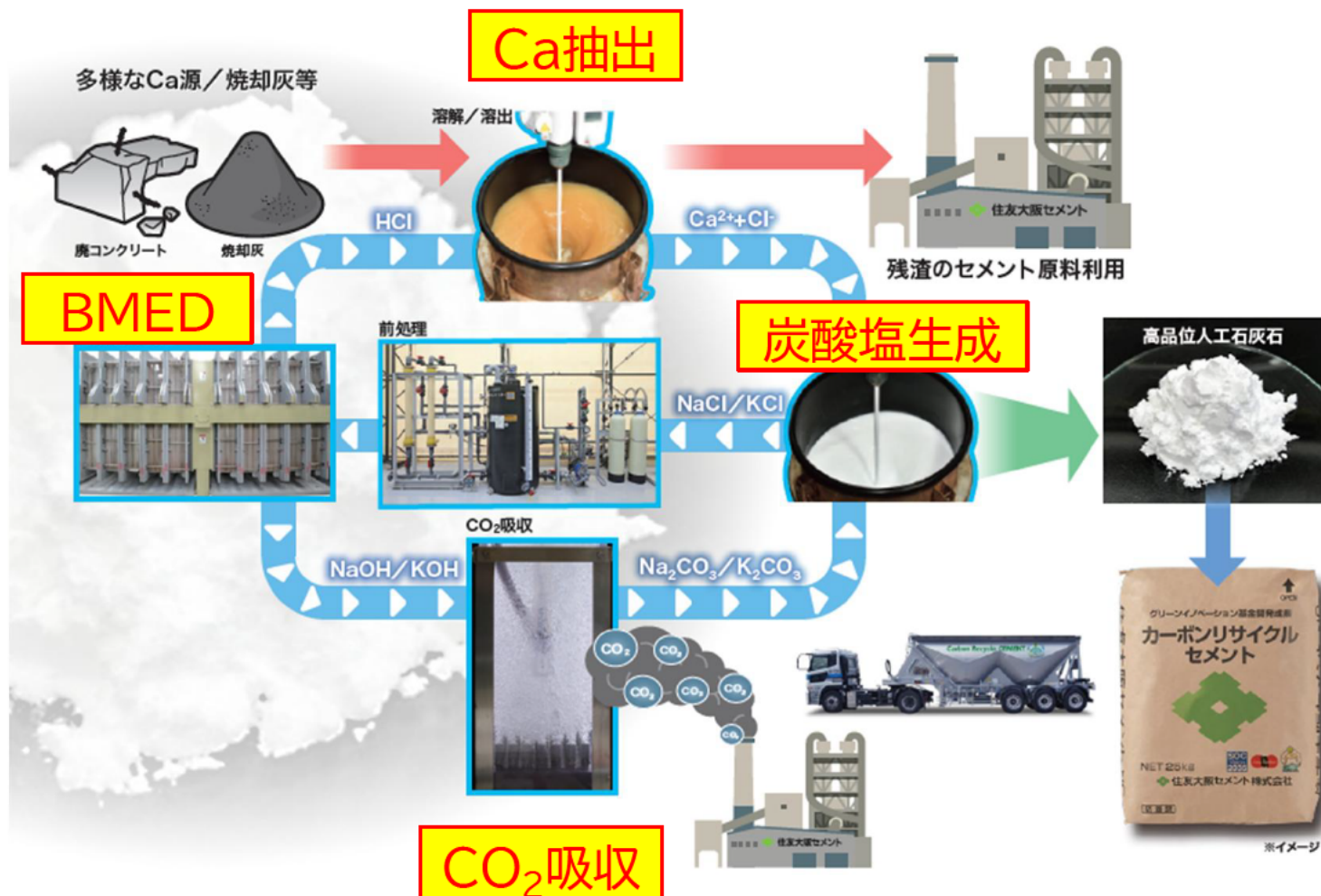
研究開発用設備



パイロットスケール設備(栃木)



商用設備
× 複数基



■本プロセスの利点

- ・酸で効率的にCaを抽出
- ・排ガスを直接利用
- ・残渣はセメント原料利用
- ・塩水は循環利用

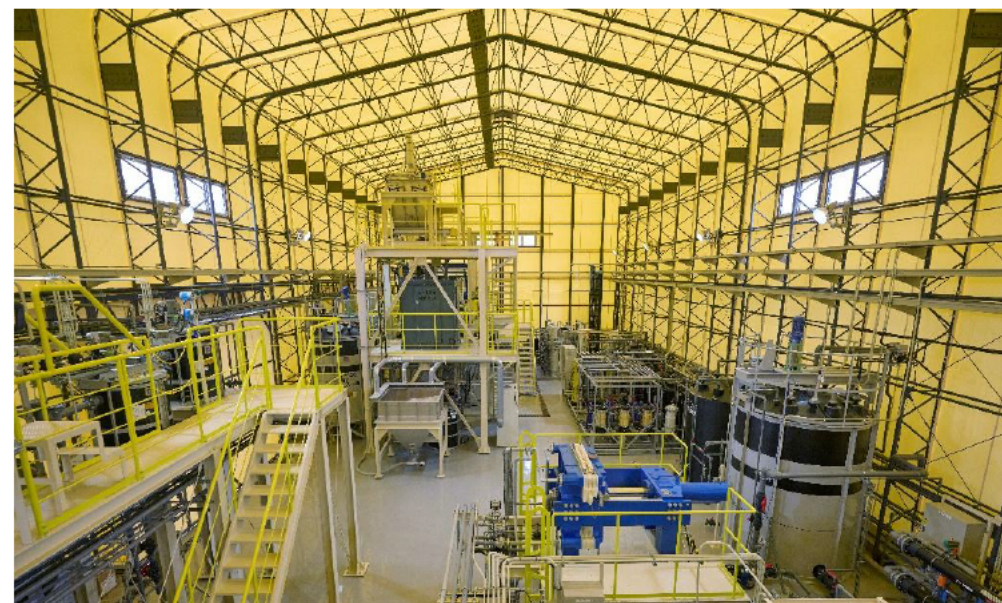


廃棄物を出さないプロセス

廃棄物を資源化しながら、CO₂を固定化する電力駆動プロセス
(再エネ利用など、脱炭素と親和性◎)



設備外観



設備内観

■人工石灰石パイロットスケール製造試験設備（酸抽出プロセス）

- 設備能力: 焼却灰100kg/hの処理
- 稼働 : 2025年4月～
- 実施内容: 1.各プロセスの高効率化
2.プロセス全体の連動実証
(28年度には商用スケール機の建設を検討中)
3.人工石灰石の品質安定性、管理項目検討、など

一般ごみ発生量



焼却処理

焼却灰発生量



再資源化: 約10万トン(40%)

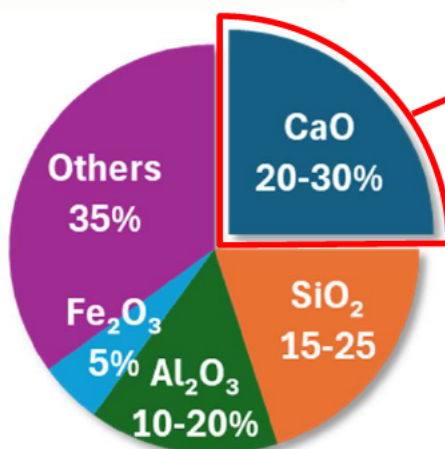
- ・セメント原料利用
- ・溶融スラグ化→路盤材など

埋立処分: 約15万トン(60%)

➡ 未利用資源(資源化余地あり)

23区清掃一組 令和6年度「清掃工場等作業年報」より作成

化学組成



炭酸塩化のCa源となるCaOの含有量が多い

未利用の焼却灰をCO₂固定化のための有効資源に転換可能

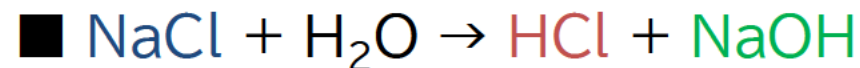
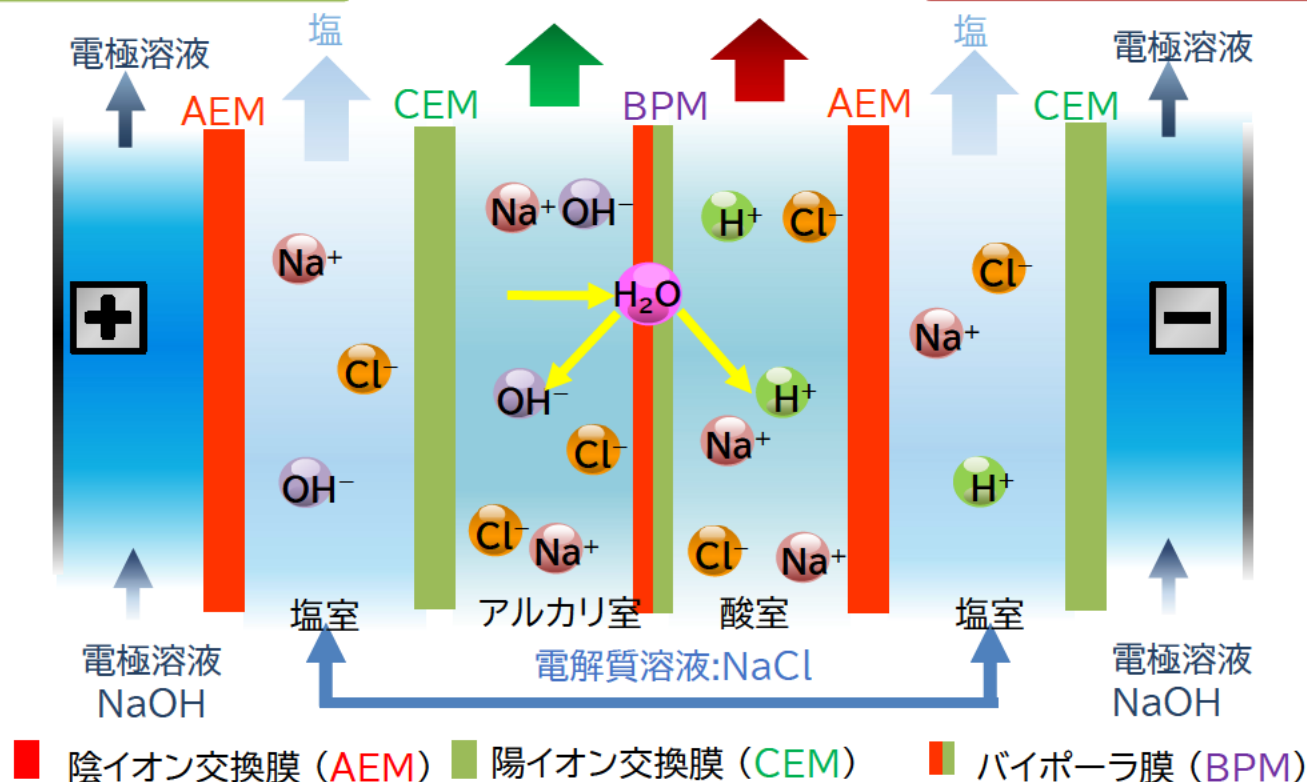
BMED(バイポーラ膜電気透析) ～酸/アルカリの同時生成～

アルカリ:CO₂回収へ利用

アルカリ
NaOH

酸
HCl

廃棄物からのCa抽出へ利用



酸/アルカリ生成と塩水循環を同時に実現

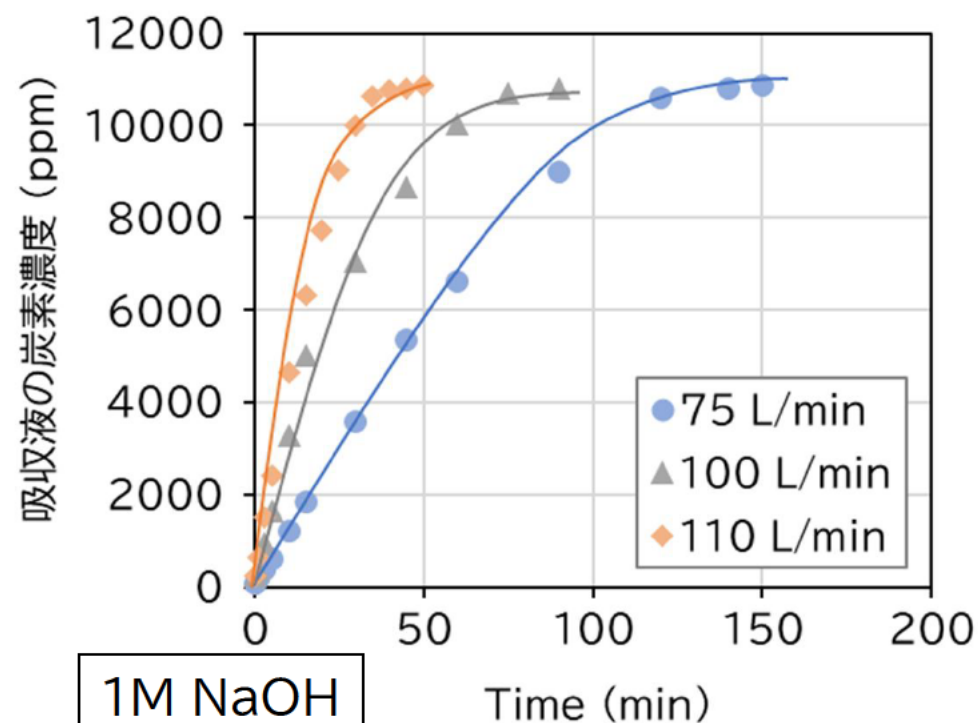
CO₂吸収試験

■検討項目

アルカリ濃度、ガス流量、pH、液深(アスペクト比)、気泡径、など



試験結果一例(ガス流量変化)



排ガスを直接利用可能(CO₂の高純度化不要)

Ca抽出 ～Ca抽出率のpH依存性～

Ca抽出

■検討項目

pHによるCa抽出率の変化と、酸・アルカリの消費量

$$\text{Ca抽出率} = (\text{抽出したCa量} - \text{元々のCa量}) \times 100 (\%)$$

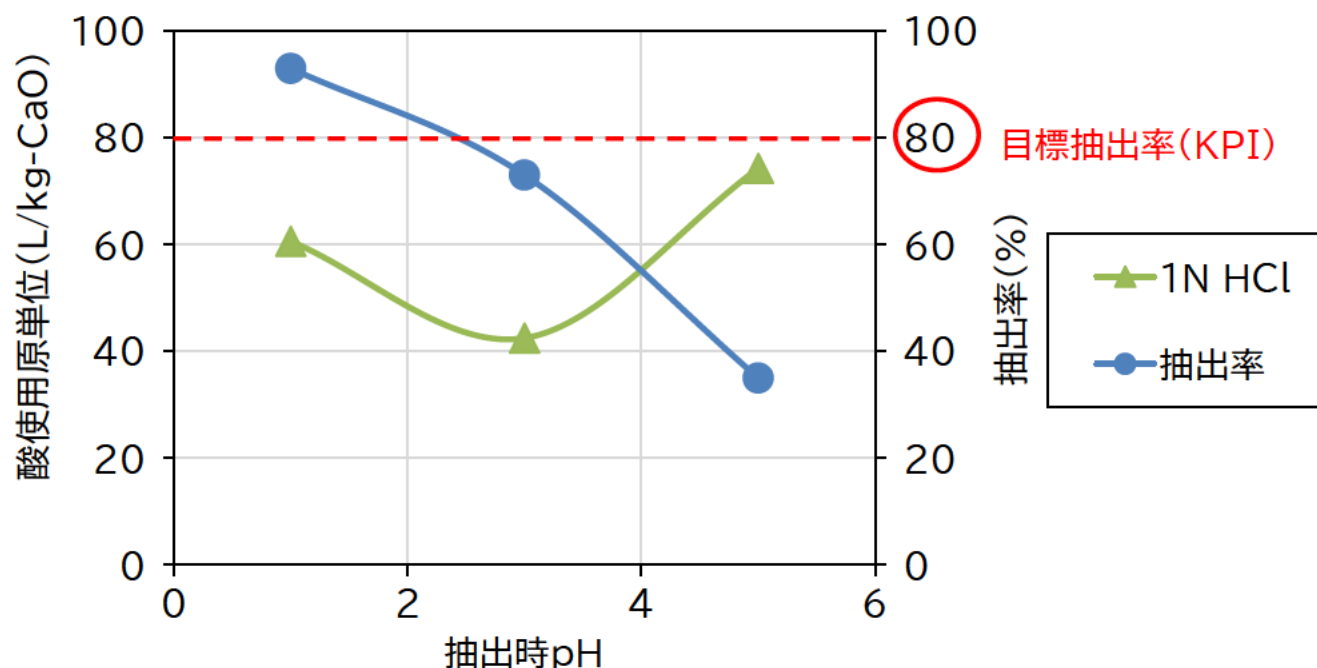
抽出条件	Ca抽出率 (%)
pH=1	93.0
pH=3	74.4
pH=5	35.0

試験条件

HCl濃度: 1mol/L

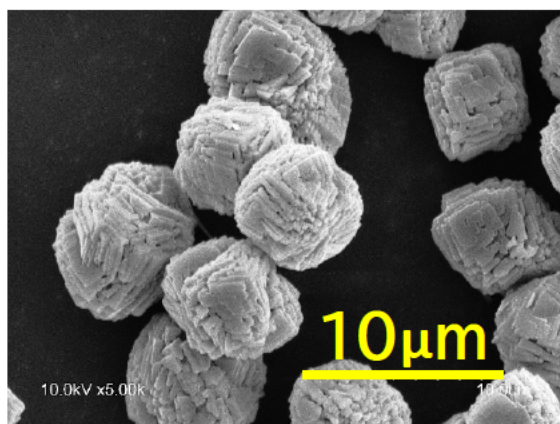
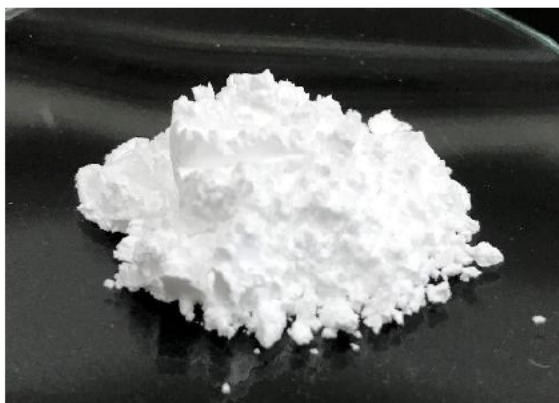
※pHを維持するように適宜添加

抽出時間: 1h



Ca抽出率と酸使用量のトレードオフから、pH=3が最適と判断

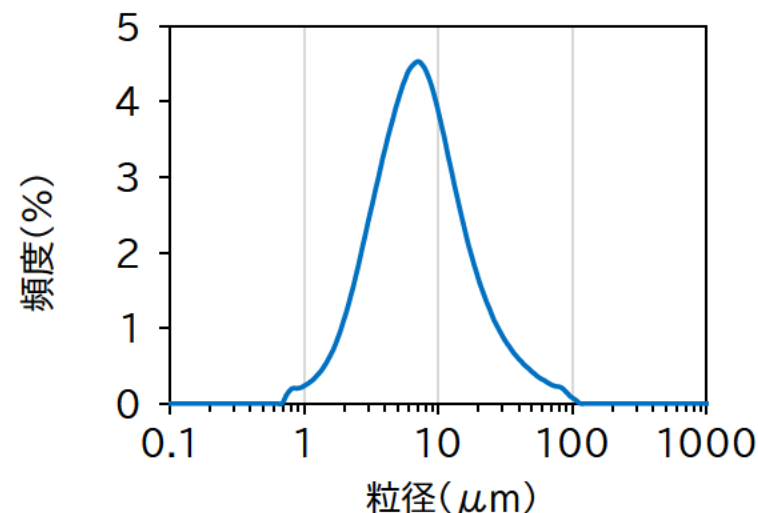
SEM



粒度分布

(マイクロトラック)

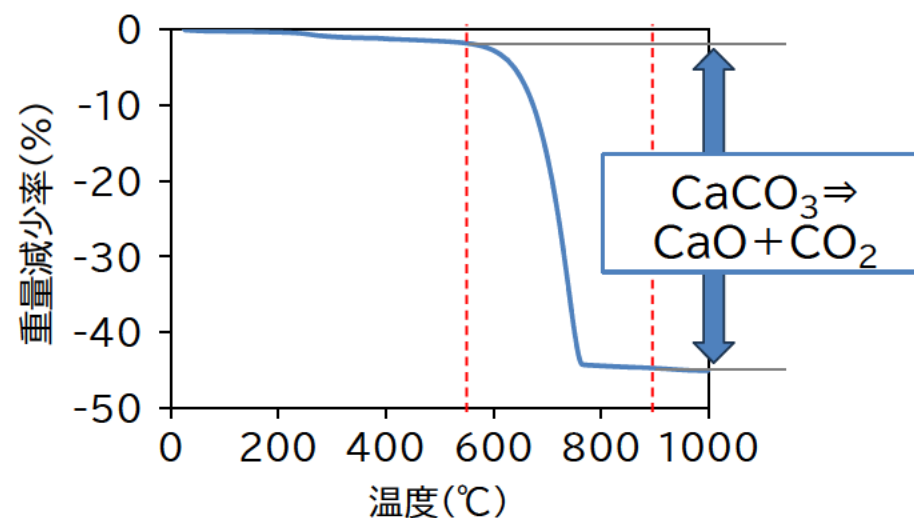
D10 : 2.5 μm
D50 : 6.8 μm
D90 : 20.9 μm



純度

(TG-DTA)
550~900℃の
重量減少から算出

脱炭酸 : 42.8 %
純度 : 97.3 %



高純度で均一な粒子サイズの炭酸カルシウムを製造

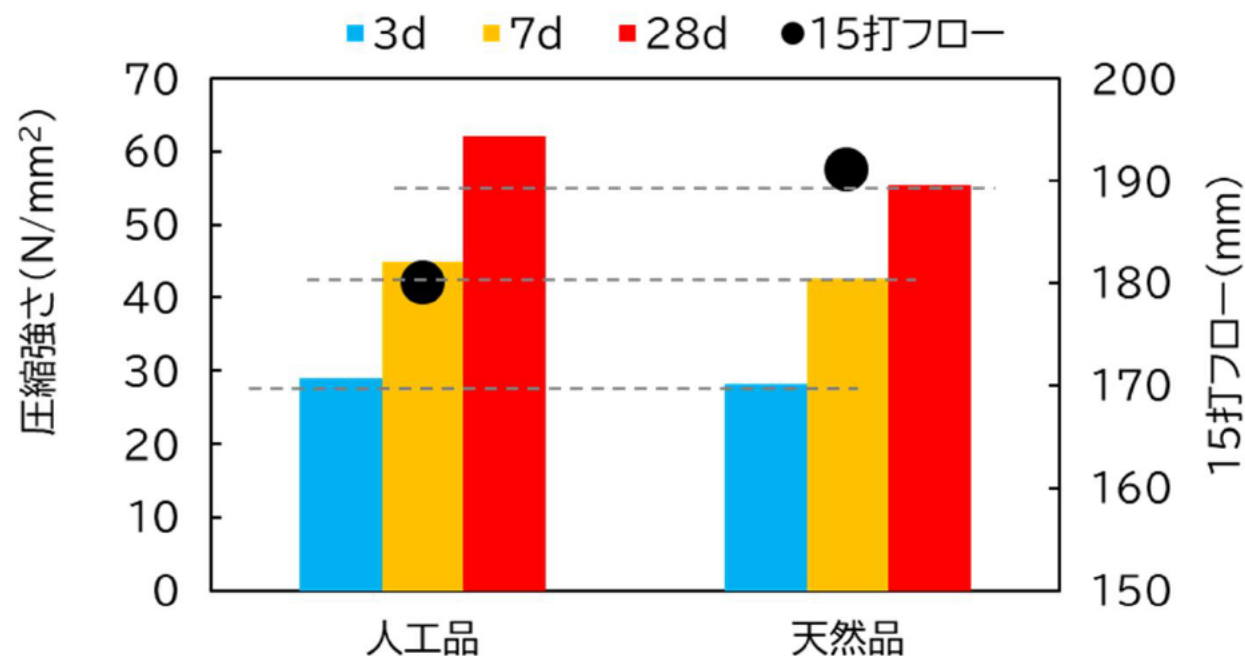
CRC評価

■検討項目

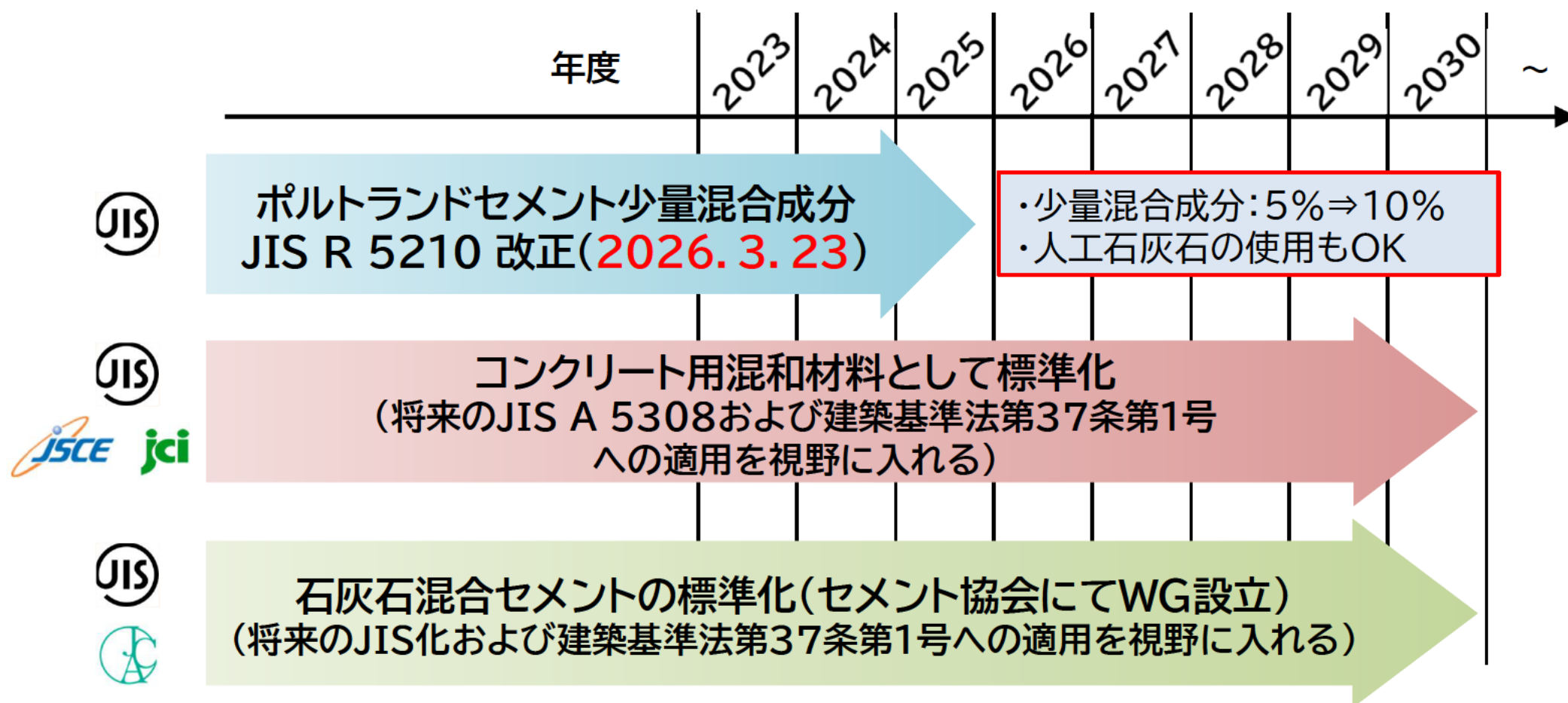
クリンカ原料利用、セメント増量材利用におけるCRC評価
モルタル試験、コンクリート試験、水和解析、など

■人工石灰石と天然石灰石を原料利用(焼成)したセメントのモルタル評価 (JIS R 5201)

試験結果一例(圧縮強さ、15打フロー)



天然石灰石原料のセメントと同等の物性を確認



人工石灰石の社会実装に必要な規格の改正・新設を推進

- 人工石灰石パイロットスケール製造試験設備を稼働し、各プロセスの連動実証試験を開始した。
- CaO抽出率80%以上、420kg/t-炭酸塩以上の人工石灰石の製造が可能であることを確認した。
- 得られた人工石灰石の利用に関して、カーボンリサイクルセメントとして、セメント原料、およびセメント増量材として問題なく利用できることを確認した。

今後の技術検討課題

- 各プロセスの高効率化(BMED、Ca抽出、CO₂吸収)

	実施項目		実施内容概要
炭酸塩化技術開発	間接炭酸塩化 IDC方式	実証機による実証試験	- 各プロセスの効率的運用に対する基礎的検討 - 商用スケール機の建設およびコスト(エネルギー、価格)精査
		BMEDによる酸／アルカリ再生プロセスの効率的運用に関する検討	
		アルカリ水溶液でのCO ₂ の効率的吸収に関する検討	
	直接炭酸塩化 DC方式	PCa製品工場・生コン工場等における、スラッジ類のオンサイト型炭酸塩生成利用実証試験	PCa製品工場・生コン工場のコンクリートスラッジ類のオンサイト型の炭酸塩生成利用の実証試験
		炭酸塩の高純度化処理手法のコストと生産性の最適化	加速炭酸化を実施した廃コンクリート微粉、スラッジ類の高純度化プロセスにおけるコストおよび生産性の効率化

	実施項目		実施内容概要
炭酸塩利用技術開発	セメント・コンクリート利用	カーボンリサイクルセメント（CRC）の製造実証試験	人工石灰石（間接炭酸塩化）を用いたCRC製造の実証試験
		CRCを用いたコンクリートの品質評価および実構造物への試験適用	コンクリートの品質確認試験、実用化に向けた実証試験
		規準化	- 人工石灰石がセメント・コンクリート原料として広く普及・利用するための規格・規準・ガイドライン策定に向けた技術的整理 - 建築向け材料・製造に関するデータの取得
	他産業向け充填材等利用		ユーザーでの実機評価

以上