

海水を用いた有価物併産カーボンリサイクル技術 実証と応用製品の研究開発

**カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発/CO2有効利用
拠点における技術開発/研究開発拠点におけるCO2有効利用技
術開発・実証事業**

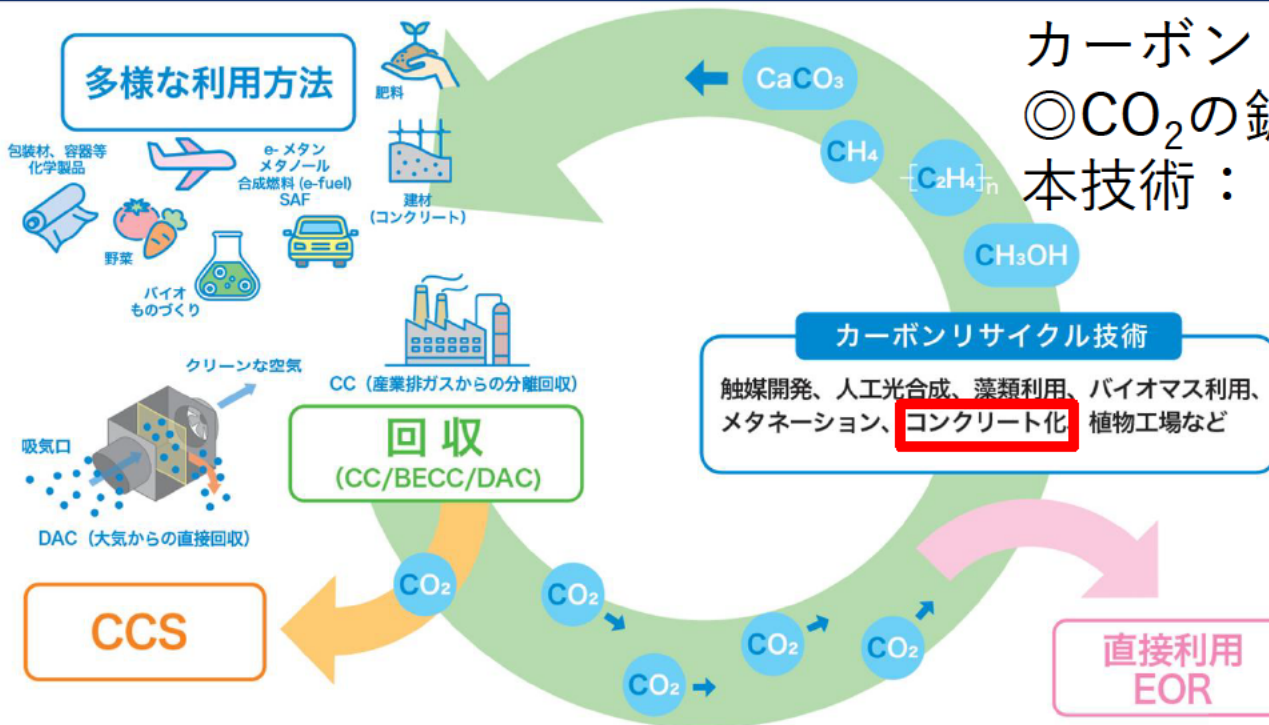
発表：2026年7月22日

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 中垣隆雄

*団体名（企業・大学名など） 早稲田大学，（株）ササクラ

問い合わせ先 E-mail:takao.nakagaki@waseda.jp TEL:03-5286-2497



カーボンリサイクル技術 (炭酸塩化)

◎CO₂の鉱物化利用は半永久的固定

本技術： ◎海水とCO₂が原料

◎安価、無尽蔵

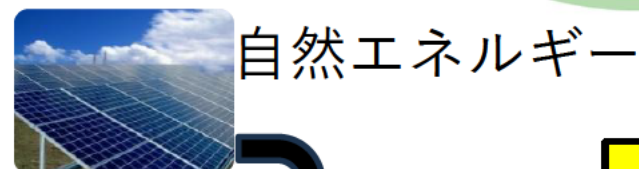
海水1億トン／日 (2020年)

淡水化プラントの廃かん水

中東のサンベルト地帯

グリーン水素原料の電解用水

→カーボンネガティブ水素



廃かん水

飲料水

開発プラント

MgO + CO₂

- 石膏
- 芒硝
- 食塩
- 肥料
- 塩酸

DAC

CO₂



火力発電・工場等

CO₂固定化

WMaCS



商標登録
第6829796号



2020～2021年度 NEDO（環境部）

カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO₂排出削減・有効利用実用化技術開発／炭酸塩、コンクリート製品・コンクリート構造物へのCO₂利用技術開発に採択

海水および廃かん水を用いた有価物併産CO₂固定化技術の研究開発

早稲田大学、ササクラ、日揮グローバル（研究代表者：中垣隆雄）

★実用的な時間とコストを考慮した塩化マグネシウムの抽出法の選定、連続運転化に必要な操作条件、最終製品開発

2022～2025年度 NEDO（環境部→サーキュラーエコノミー部） 当該発表事業

早稲田大学、ササクラ（研究代表者：中垣隆雄）

★大崎実証エリアにて、大崎上島の海水20TPDの処理能力を持つプラントの建設・連続運転、最終製品の性能を引き出す酸化マグネシウム・炭酸マグネシウム生成工程の最適化、塩酸生成抑制プロセスの実証、石膏ボード、海水とCO₂のみを原料とするカーボンネガティブコンクリート

基本登録特許第7788678号、関連特許5件出願済み



- * Zero Liquid Discharge



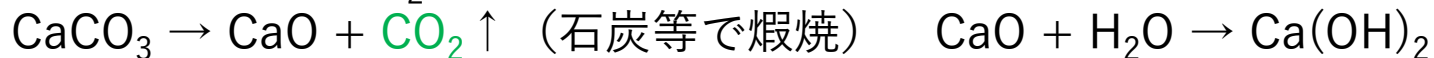
ソーダ灰法：

A. ソーダ灰製造 アンモニア・ソーダ法（ソルベイ法） 塩と石灰石が原料



（参考：単位操作の反応式）

・強アルカリとCO₂生成

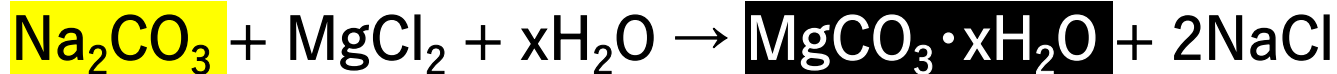


・塩安と重炭酸ソーダ生成 $2\text{NaCl} + 2\text{NH}_3 + 2\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{NaHCO}_3 + 2\text{NH}_4\text{Cl}$

・ソーダ灰生成 $\uparrow$ $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$

・アンモニア回収・塩カル生成 $2\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NH}_3 \uparrow$

B. ソーダ灰と製塩ニガリで炭マグ



pH ≈ 9.0～9.5程度 塩基性炭酸マグネシウム $\downarrow$ $\text{MgCO}_3 \cdot x\text{Mg(OH)}_2$

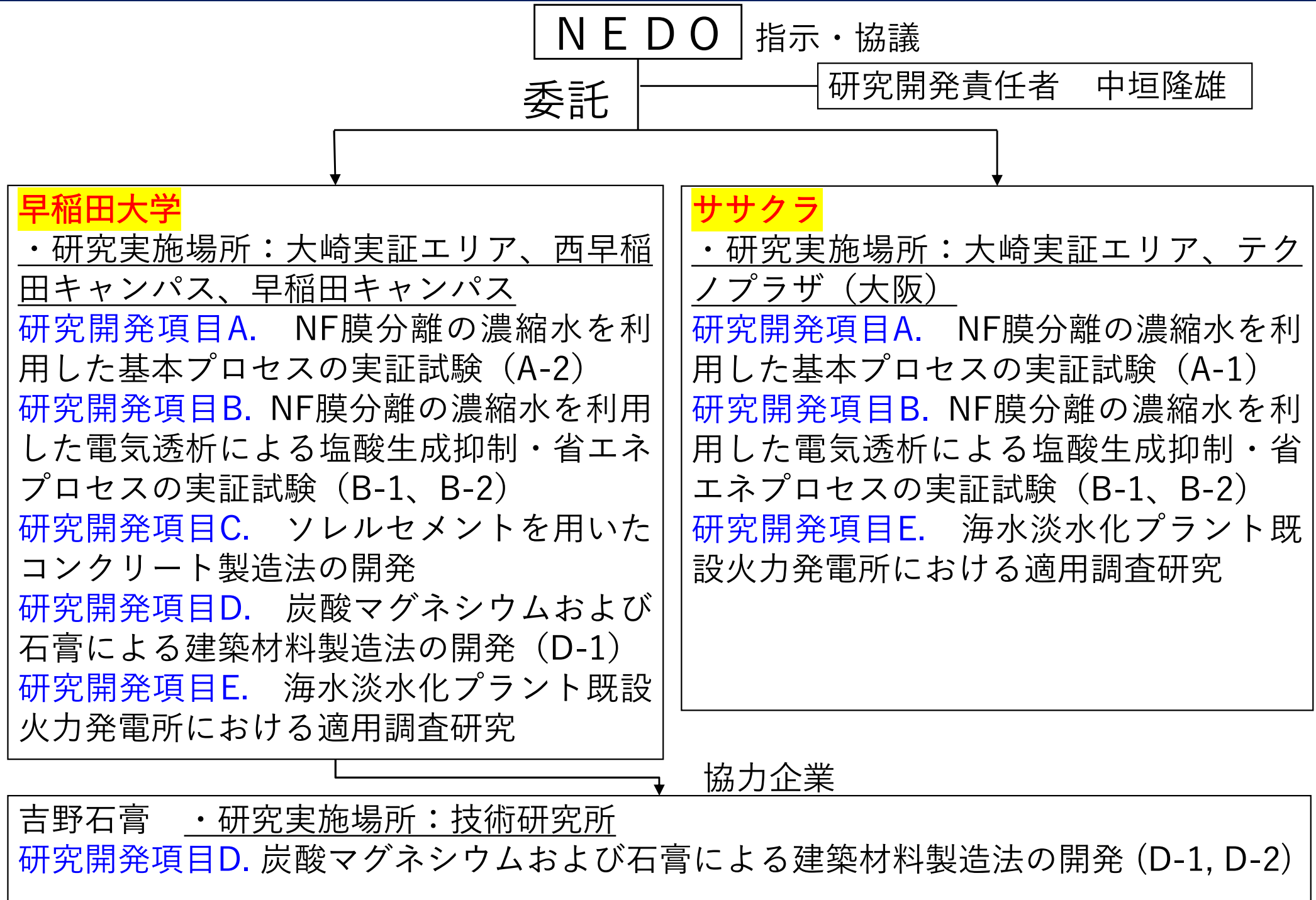
pH < 9.5 $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \downarrow$ (Nesquehonite)

※温度によってHydromagnesite $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg(OH)}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ あるいは
Dypingite $4\text{MgCO}_3 \cdot \text{Mg(OH)}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ などにも変化

従来の着想：ソーダ灰法のCは石灰由来 ⇒ ×火力発電のCO₂吸収固定
⇒ アルカリ投入 or 酸発生のいずれかの選択

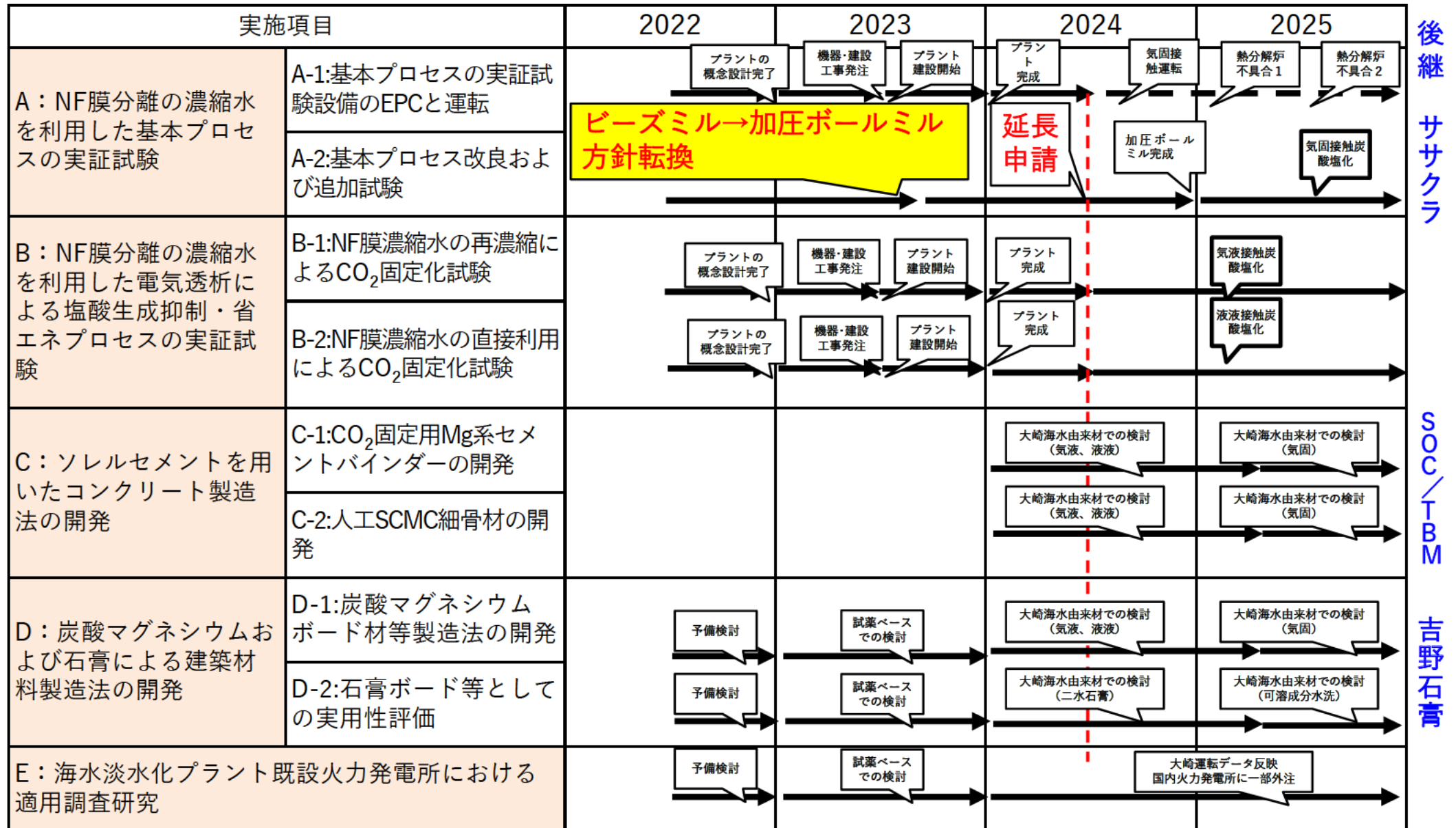
✓ MgO生成 + 酸発生(HCl)で併製品化（基本特許プロセス）

✓ 電気透析によるNaOH投入（既往技術だが、組み合わせで特許）



研究開発スケジュール

7



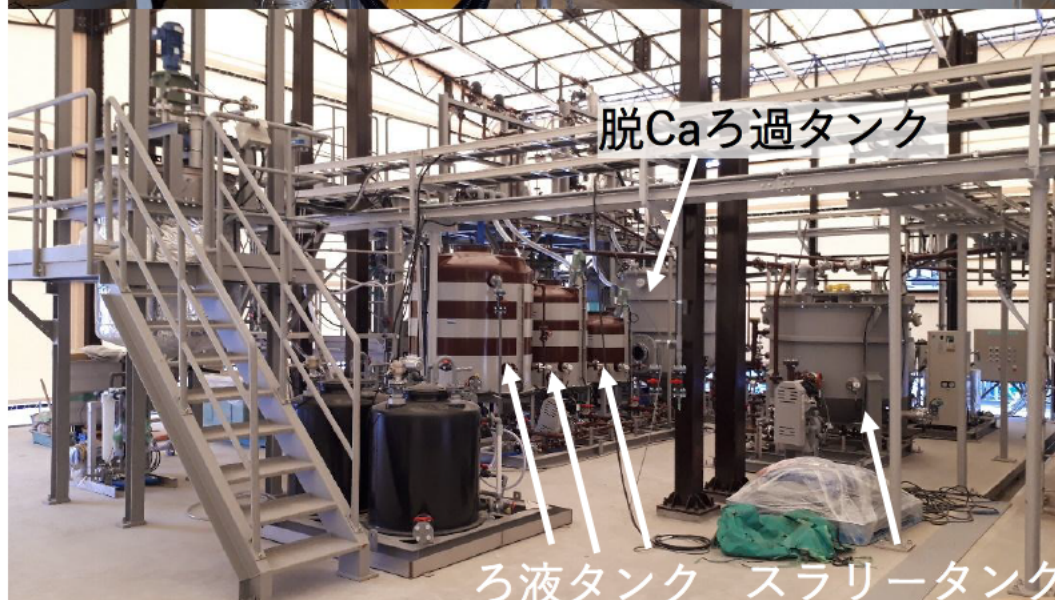


大崎上島実証拠点

9



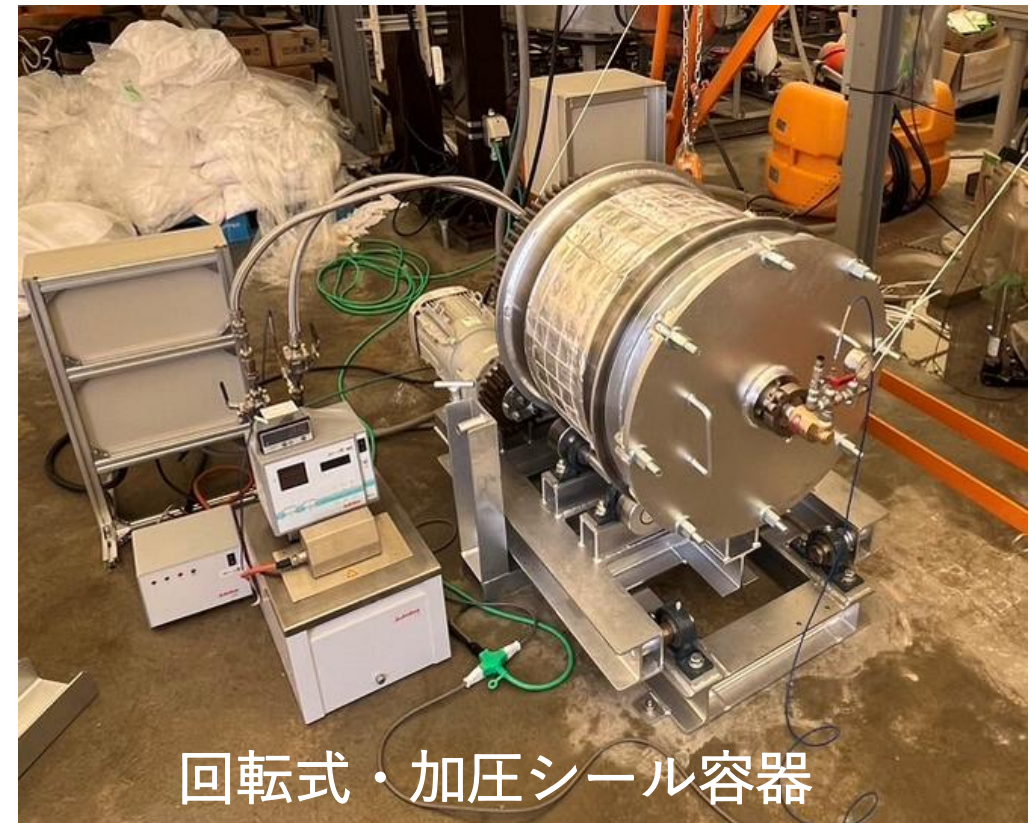




経緯：連続式のA社ドライスター(SDAシリーズ)のスケールアップ機を当初導入予定
内壁への積層・固着，ボールスクリーンの目詰まりなどでスクリーンの過負荷で停止
→運転条件の探索 →結果は×

→バッチ式に発想を切り替え，Nesquehonite相当の3水和当量の水 + 純CO₂加圧
→1~2時間で全てNesquehonite生成，Hydromagnesiteも生成可能

開発事項：内部の固着防止ライニング，ボールの材質と直径，助剤の選定
→YSZライニング，アルミナ ϕ 15mmボール，エタノール添加





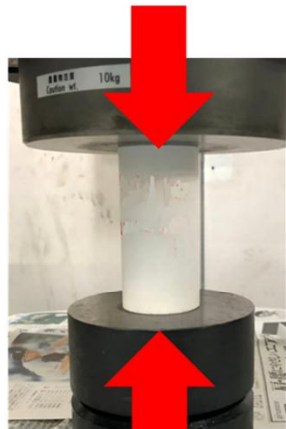
WMaCS(白色粉体)



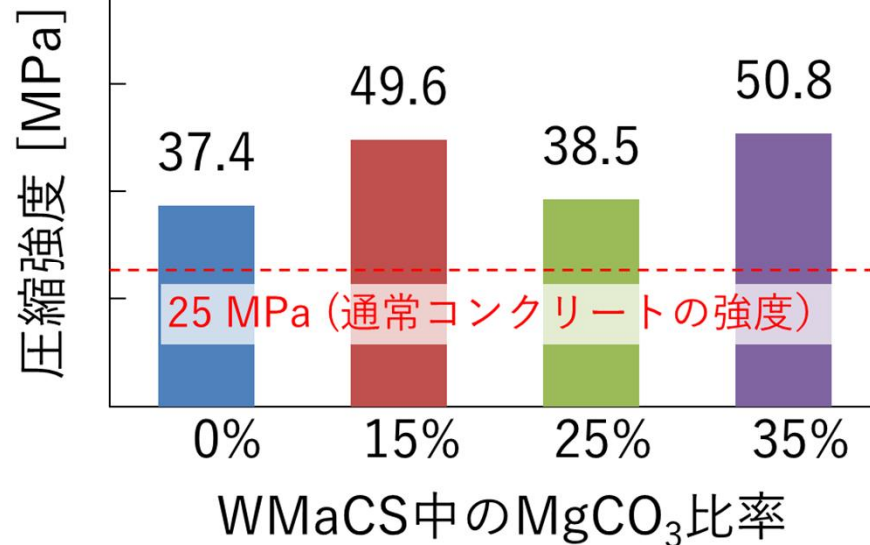
通常コンクリートと同様の打設手順で製造可能



耐候試験実施中



圧縮試験



様々な製品が製造可能

項目ごとの実施概要		成果
A：基本プロセス (気固接触)		1週間以上の安定連続運転，高速炭酸塩化は2時間程度 Nes./HydMg.の生成条件確立済み，塩酸も回収可能 純度：芒硝65%，食塩92%， MgCl₂ 98% ， MgO 99.3%
B：塩酸生成 抑制・省エネ プロセス	B-1:気液接触	NF+RO+OARO膜で15%-TS濃縮， Mg回収率：85% 電気透析消費電力 $\leq 1.5\text{kWh/kg-NaOH}$
	B-2:液液接触	Ca回収率(×石膏，カルサイト)：95%， Mg回収率：96%
C：新コンク リート開発 (SCMC)	C-1:OPCフリー	MgO:MgCl ₂ :水=3:1:11 + HydMg.15%置換 凝結2時間以上確保，圧縮強度20MPa(7日後) 28kg-CO ₂ /m ³ ，耐候性○，クリープ抑制△，配筋腐食△
	C-2:SCMC細骨 材入りOPC	MgO:MgCl ₂ :水=5:1:15 + HydMg.25%置換 圧縮強度25MPa(7日後)，116kg-CO₂/m³ 耐候性○，クリープ抑制○， 配筋腐食○ ，凝結時間△
D：建築材料 開発	D-1:炭酸Mg入 りボード材	石膏のみに対して 87～88% (50kg/cm ² 以上)の強度確 保，増量材として使用可能
	D-2:海水石膏 ボード材	12.5mmGB-RのボードでJIS A 6901規格準拠 二水石膏99%，WB値85以上，曲げ破壊503/182N
E：実プラント適用のフィー ジビリティスタディ		国内火力RFの固定係数：2335～4106 g-CO ₂ /kWh 3万トン/日フルスケール：346～3638 g-CO₂/kWh 最小必要電力 12.3MW ，CO ₂ 固定コスト －135円/kg

10～15年後のCO₂削減ポテンシャル **約2億トン/y** ※Gtpa（年間10億トン）

2020年現状の海水淡水処理量 全世界で一日1億トン≒36Gtpa

10～15年後に50Gtpa×20%=10Gtpaに最大普及可能と仮定

直接炭酸塩固定だけで15MtCO₂/y, 併製品の製造代替含めるとその10倍

実現可能性と知財戦略

- ✓ NEDO事業にて実証済み
- ✓ 特許登録済み, 関連特許出願済み・審査中
- ✓ 海水Mg抽出特許: ササクラ, 炭酸塩硬化体: 早稲田がライセンス

30,000TPDフルスケールのCO₂削減コスト

プラントコスト: 233～608億円（炭酸塩化プロセスで異なる）

炭酸塩CO₂固定量: 1642～23104トン/y（炭酸塩化プロセスで異なる）

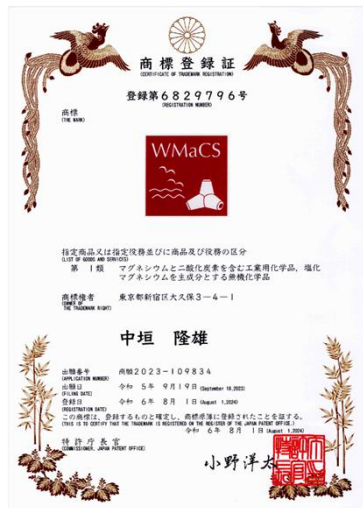
プラント運用益: -78～+22億円/y（コンクリート製品含まず）

運用益がプラスで実質的にゼロ以下も可能

排出事業者・HtA産業に適用

自社の排出CO₂を直接固定, カーボンリサイクル品として有価物化が可能

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	計
特許出願	1	3	1	1	1	7
論文	3	5	0	0	3	11
研究発表・講演	18	8	6	5	9	46
受賞実績	1	1	0	0	1	3
新聞・雑誌等	1	3	1	1	2	8
展示会への出展	2	2	2	2	2	10



WMA CS
商標登録

STI for SDGs
2025 award受賞



メディアにも多数取り
上げていただきました



コンクリート新聞
年始特集



海水とCO2だけでできる新コ
ンクリート 日テレ

Case 206 2025年4月27日(日) OA



Youtube

早稲田大学 × ササクラ

海水・廃かん水を用いた有価物併産型カーボンリサイクル

- ✓ 無尽蔵の海水が原料，Mgを塩化物で取り出す
- ✓ MgOに熱分解，気固接触でCO₂鉱物化が基本プロセス
- ✓ 高純度併産品による既存技術置換でCO₂削減
- ✓ 有価物を併産するため，CO₂削減で収益化が十分に可能
- ✓ ZLD・製造水増，併産品市場，塩酸生成抑制，廃液処理などを考慮して炭酸塩化工程オプションを準備
- ✓ 石灰石を一切使わないWMaCSコンクリートの開発に成功
- ✓ 石膏は壁面・天井材などボード材に適合
- ✓ 炭酸マグネシウム増量材ボードの強度低下も見られず

今後の計画：大崎実証エリアで商用化を目指した補助事業

- ✓ 省エネ，可溶成分除去，結晶構造制御など，プロセスの高度化（ササクラ，早稲田大学）
- ✓ 新たな応用製品開発（SOC，TBM，早稲田大学）