



カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／
次世代火力発電技術推進事業／
カーボンリサイクル技術の共通基盤技術開発

「石炭灰およびバイオマス灰等によるCO₂固定・有効活用 に関する要素技術開発」

成果報告会

2023年12月4日

○一般財団法人電力中央研究所
三菱重工業株式会社
東洋建設株式会社
一般財団法人カーボンフロンティア機構

1. 背景・目的 廃棄物等を用いたCO₂固定

燃焼灰は発生量が多く、且つカルシウム等のアルカリ成分が含まれていることから、炭酸塩化によって大量のCO₂を固定できる可能性がある



石炭灰

CaO: 1~5 wt%

1260万 t/y



バイオマス(専焼)灰

CaO: 10~25 wt%

11~56万 t/y



一般廃棄物焼却灰
(焼却残渣)

CaO: 25~35 wt%

308万 t/y*

* 埋立処分量

本研究の着眼点

| 課題 | | 本研究の着眼点 |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ・バイオマス灰や焼却残渣の他に、Ca含有量の低い石炭灰にも適用可能なCO₂固定技術の開発が必要 | → | <ul style="list-style-type: none"> ・国内で発生する焼却灰等を対象に、反応速度とCO₂固定ポテンシャルを精査 ・2つの方法(プラント、処分場)について最適なCO₂固定法を検討 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・大量の副生物(汚泥等)が発生 ・重金属等の動態評価が不明 | → | <ul style="list-style-type: none"> ・焼却灰等を直接炭酸塩化することで副生物の発生を抑制 ・CO₂固定に伴って発生する重金属等の動態評価を実施することで、適切に処理 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・新たな炭酸塩化物の利用先の探索が必要 | → | <ul style="list-style-type: none"> ・炭酸塩化灰の活用を前提とした技術開発 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 土木・農林水産分野への活用 ➢ 処分場の早期安定化による処分場の維持管理負担の低減と早期跡地利用の実現 |
| <ul style="list-style-type: none"> ・CO₂固定に関わるコストが不明 | → | <ul style="list-style-type: none"> ・システムのコスト評価 |

本研究の目的

燃焼灰を用いたCO₂固定システムの構築と炭酸塩化灰の活用技術の確立に向け、以下の研究開発項目を設定して研究を実施する

- プラントに併設したCO₂吸収装置を用いたCO₂固定技術を開発する
- 処分場を活用したCO₂を固定技術を開発する
- 炭酸塩化灰の資材化に向けた基礎製造技術を開発する
- LCA評価とコスト評価により、本研究で開発・提案するシステムの実現可能性に資するデータを得る

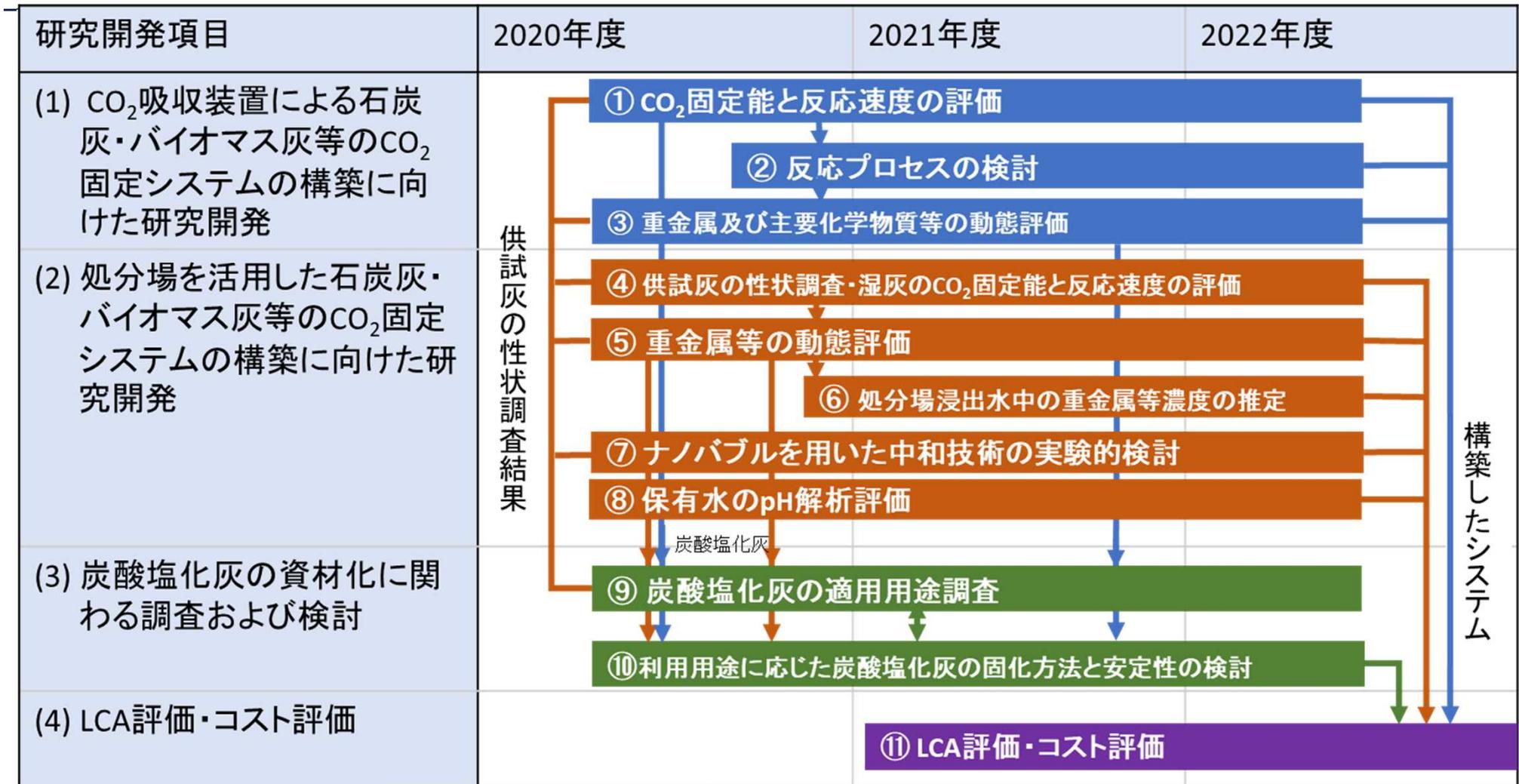
2. 研究項目・実施体制



研究開発項目1: 三菱重工業
 研究開発項目2: 電力中央研究所(処分場灰)
 東洋建設(保有水)

研究開発項目3: カーボンフロンティア機構
 研究開発項目4: 電力中央研究所

3. 研究開発の工程



①～③: 三菱重工、④～⑥、⑪: 電中研、⑦、⑧: 東洋建設、⑨、⑩: カーボンフロンティア機構

4. 研究開発成果

4.1 CO₂吸収装置によるCO₂固定システム

4.2 処分場を活用したCO₂固定システム

4.3 炭酸塩化灰の資材化に関する調査および検討

4.4 燃焼灰によるCO₂固定・有効活用に関する総合評価

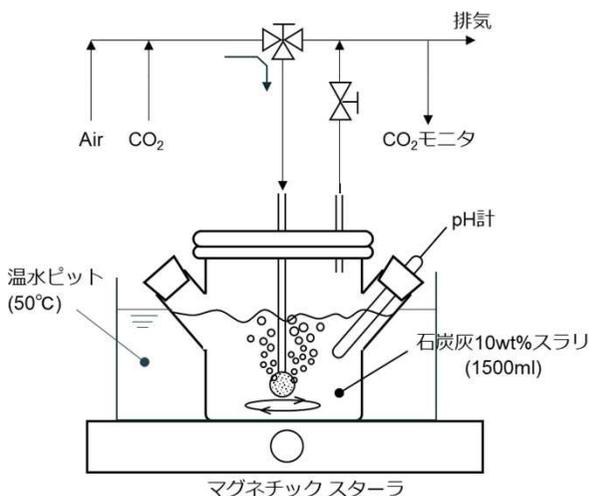
4.1 CO₂吸収装置によるCO₂固定システム

＜目標＞ 火力発電所に併設可能なCO₂吸収装置について、CO₂との反応量、反応速度、および炭酸塩化に伴う重金属及び主要化学物質の動態を評価し、灰1トン当たり24 kg以上のCO₂を固定可能な技術開発を行う

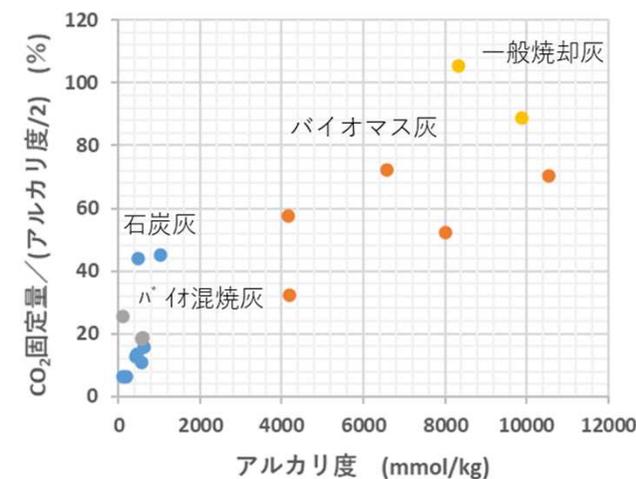
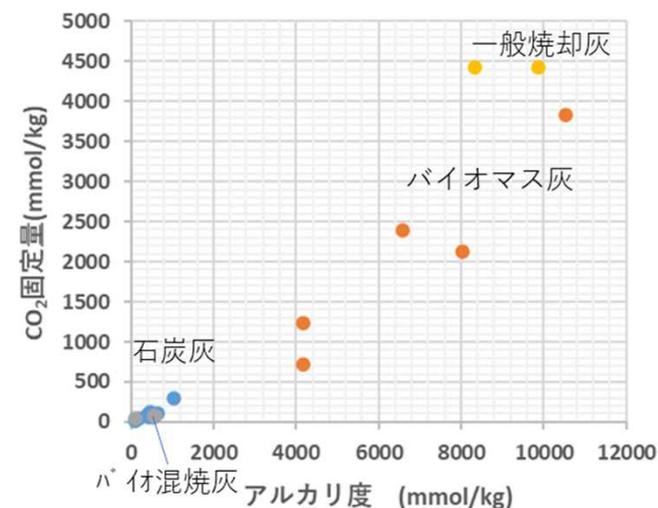
| 実施項目 | 主な成果 |
|-----------------------------|--|
| CO ₂ 固定能と反応速度の評価 | <ul style="list-style-type: none">・燃焼灰15種のバッチ試験を実施し、CO₂固定量を測定した・各種運転条件の影響を評価し、解析プログラム作成用の反応速度係数等を求めた・解析プログラムを用いて、最適な条件設定等について検討した |
| 反応プロセスの検討 | <ul style="list-style-type: none">・ベンチスケール試験により、最適な運転条件を検討した・1/10規模のCO₂吸収実証試験装置の仕様を決定した |
| 重金属及び主要化学物質等の動態評価 | <ul style="list-style-type: none">・15種の灰スラリーについて、重金属及び主要化学物質等の溶出量を測定、既存の排水処理設備で対応可能な濃度レベルにあることを確認した |

灰スラリーのCO₂固定能

- ・バッチ式試験により、Ca濃度の異なる灰15種を評価
- ・灰のアルカリ度が高いほどCO₂固定量が多い傾向
- ・目標CO₂固定量24kg/ton-ash (545mmol/kg-ash)はバイオマス灰や焼却残渣では達成。石炭とバイオマスを混焼した場合、石炭灰のCO₂固定量を増加可能
- ・単位アルカリ度当たりのCO₂固定量としても、バイオマス灰や焼却残渣の方が石炭灰よりも平均的に高い。⇒後述



試験条件
 灰スラリー
 灰濃度: 10wt.%
 仕込量: 1.5L
 供給ガス
 組成:
 15%CO₂/Air
 供給量: 1.8L/min

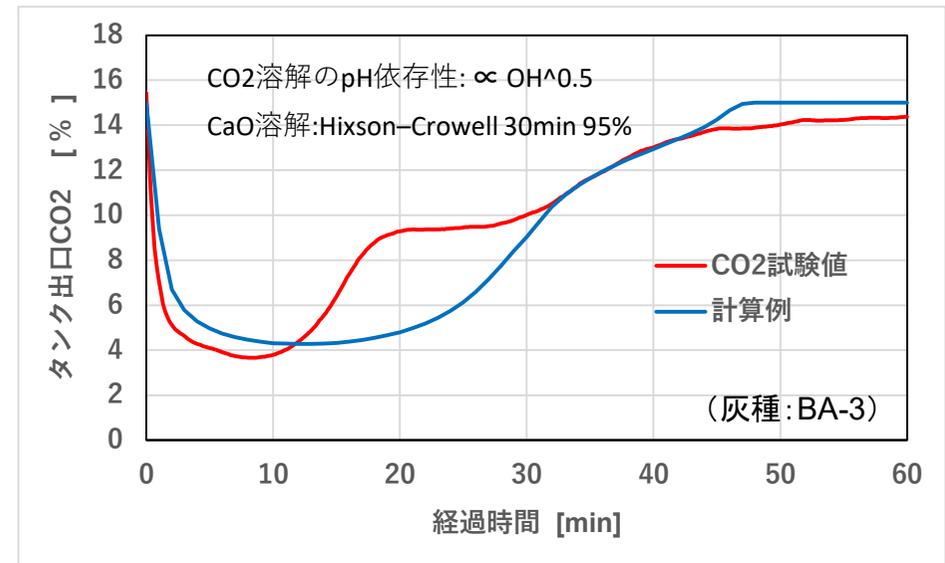
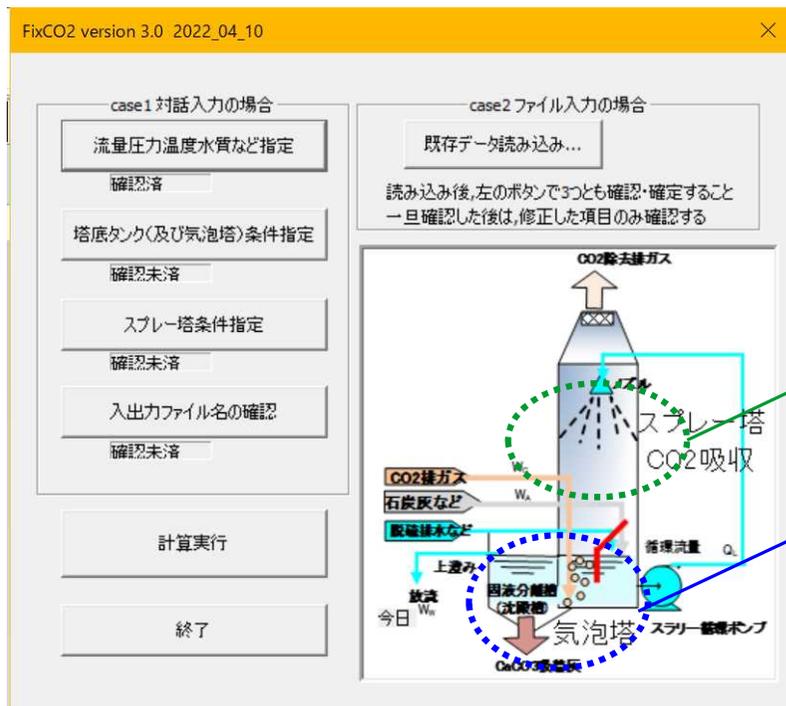


CO₂固定に対する灰種(アルカリ度)の影響

バッチ式試験装置

CO₂固定化に関する反応速度

- CO₂固定化に関する反応速度係数を評価し、実機スケールの試設計に反映させることを目的として、CO₂固定化反応解析プログラムを作成
- ゾーン1(スプレー部)におけるCO₂吸収反応と、ゾーン2(タンク部)における灰による炭酸塩化(一部CO₂吸収を含む)反応をモデル化、試験結果との比較により反応速度係数等を導出



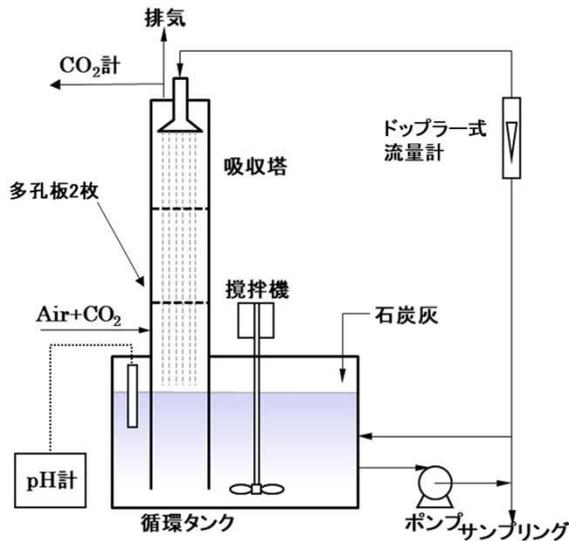
出口CO₂濃度の実験値と計算値の比較例

CO₂溶解速度定数 : 1.0×10^{-3} (m/s)
 炭酸塩析出速度係数: 1.0×10^{-6} (1/s)

反応解析プログラムの評価範囲(インターフェースのメイン画面)

CO₂吸収装置の反応プロセスに関する検討

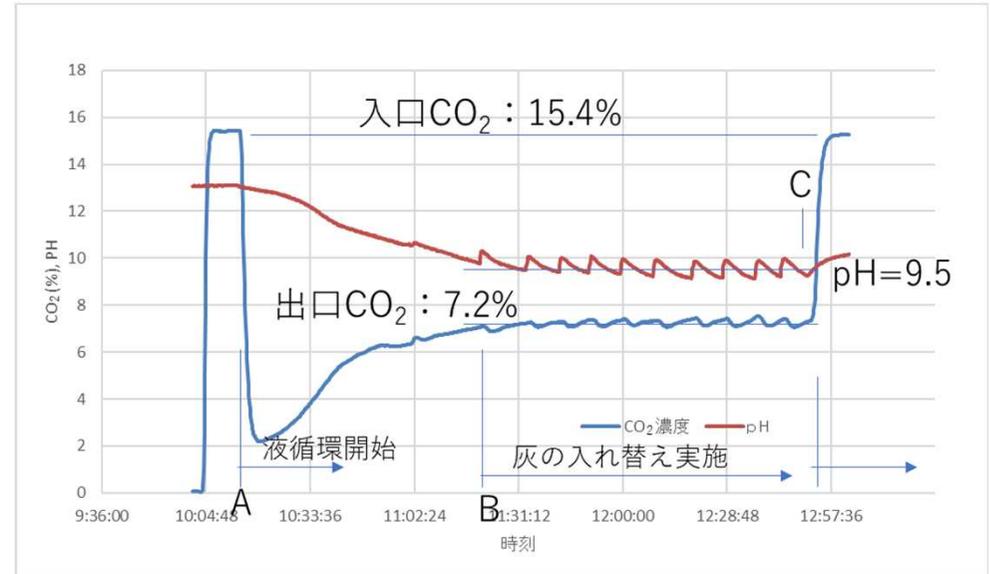
- 連続式試験により、運転条件(運転pH、滞留時間)がCO₂固定化量に及ぼす影響を把握
⇒ 試験結果を基に、解析プログラムの改良、実機規模の機器構成・仕様等の検討を実施



連続式試験装置

試験条件

| | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| 吸収塔：内径80mm × 長さ1m | 灰スラリー |
| 循環タンク容量：15L | 灰濃度10wt% + CaCl ₂ (10g/L) |
| 供給ガス | 循環タンク内の量：10L |
| 組成：15%CO ₂ /Air | 循環量：3L/min |
| 供給量：2.1L/min | 一定時間間隔で一定量の灰を入替え |



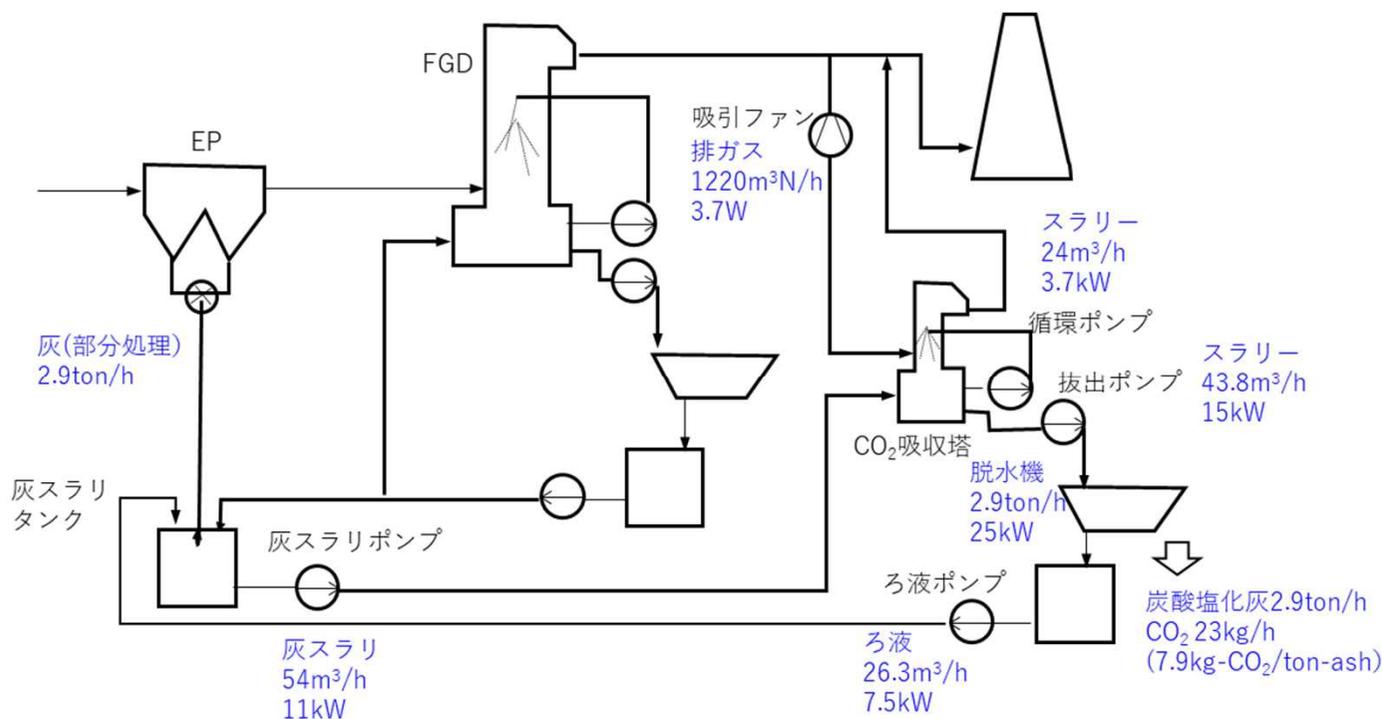
連続試験結果の例 (pH=9.5、灰種:BA-3)

10分間隔で50gの灰を入替え(抜出・供給)

- 灰の入替間隔(滞留時間)が長いほど、灰重量当たりのCO₂固定量は増加するが、スラリーのpHが低下するためCO₂溶解量が減少し、ガス中CO₂の低減量は減少する。

実機システムの検討

- 1,000 MW級石炭発電所で発生する灰の1/10量进行处理するCO₂吸収装置を設置するケースのシステム構成および装置仕様を取りまとめた。各機器の電力の合計は、69.6kWとなる



石炭火力発電所(1,000MW級)用CO₂吸収装置の機器構成

(石炭灰処理量: 70t/d)

CO₂吸収装置の仕様

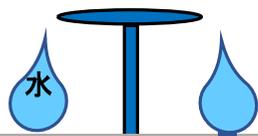
| 項目 | 仕様 |
|--|---|
| CO ₂ 吸収塔 処理ガス量 塔部 タンク タンク部攪拌機 | 1220m ³ N/min Φ0.4m × 5.0mH φ3.5m × 3.5mH 3.7kW |
| 吸収塔循環ポンプ 容量 電動機 | 1台 24m ³ /h・台 3.7kW |
| 排出ポンプ 容量 電動機 | 1台 43.8m ³ /h・台 15kW |
| 灰分離機 容量 真空ポンプ ろ液排水ポンプ | 1台 2.9ton/h 25kW 26.3m ³ /h (7.5kW) |
| 灰スラリーポンプ | 54m ³ /h (11kW) |
| 吸引ファン 容量 電動機 | 1台 1220m ³ N/h 3.7kW |

4.2 処分場を活用したCO₂固定システムの概要

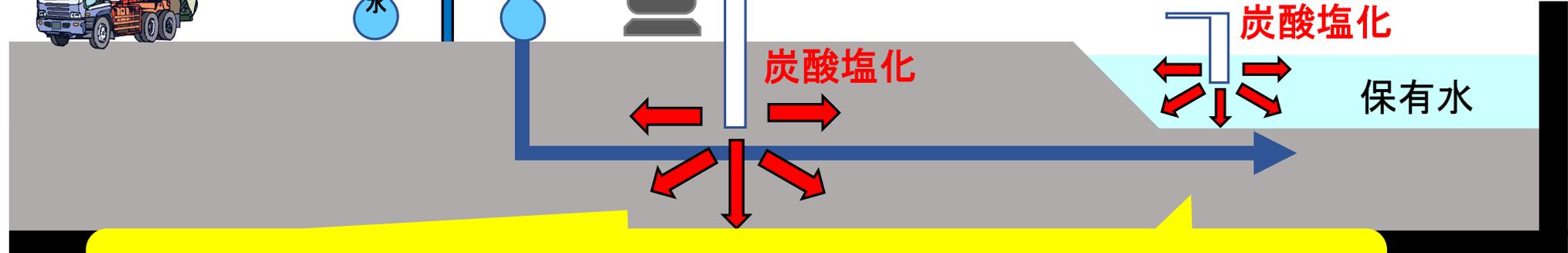
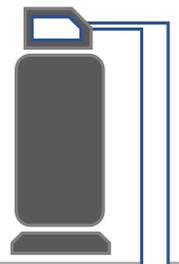
燃焼灰の運搬・埋立敷均し



スプリンクラーによる散水



CO₂注入



処分場を活用することで、時間をかけて炭酸塩化させることが可能

需要に応じて炭酸塩化灰を掘り起こして搬出→処分場をストックヤードとして活用
炭酸塩化により灰の安定促進を促進→処分場の早期安定化に寄与

4.2 処分場を活用したCO₂固定システムー 燃焼灰(埋立灰)ー

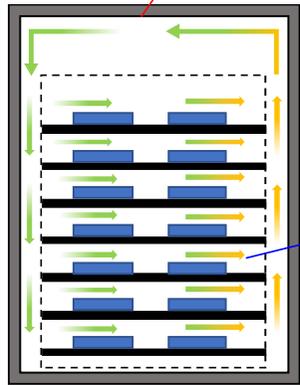
＜目標＞ 燃焼灰(埋立灰)を対象に、CO₂との反応量、反応速度、および炭酸塩化に伴う重金属及び主要化学物質の動態を評価し、灰1トン当たり10 kg以上のCO₂を固定可能な、処分場を活用したCO₂固定システムを開発する

| | 主な成果 |
|---|---|
| 供試灰の性状調査・湿灰のCO ₂ 固定能と反応速度の評価 | ・燃焼灰18種を対象に、CO ₂ 固定能や反応速度を評価し、灰組成・含水比・CO ₂ 分圧等に対する影響を明らかにした |
| 重金属及び主要化学物質等の動態評価 | ・炭酸塩化量・速度に対する重金属及び主要化学物質の溶出量やpHの変動を明らかにした |
| 処分場浸出水中の重金属等濃度の推定 | ・炭酸塩化灰を対象としたカラム試験を実施し、散水・降雨に伴う浸出水の水質変化を測定することで、化学物質溶出・収着速度、遅延係数等、数値解析に必要な各種パラメータを得た |

常温・常圧における燃焼灰のCO₂固定量

暴露雰囲気

- ・ CO₂濃度 : 0.04~20%
- ・ 温度 : 25°C
- ・ 湿度 : 97%RH

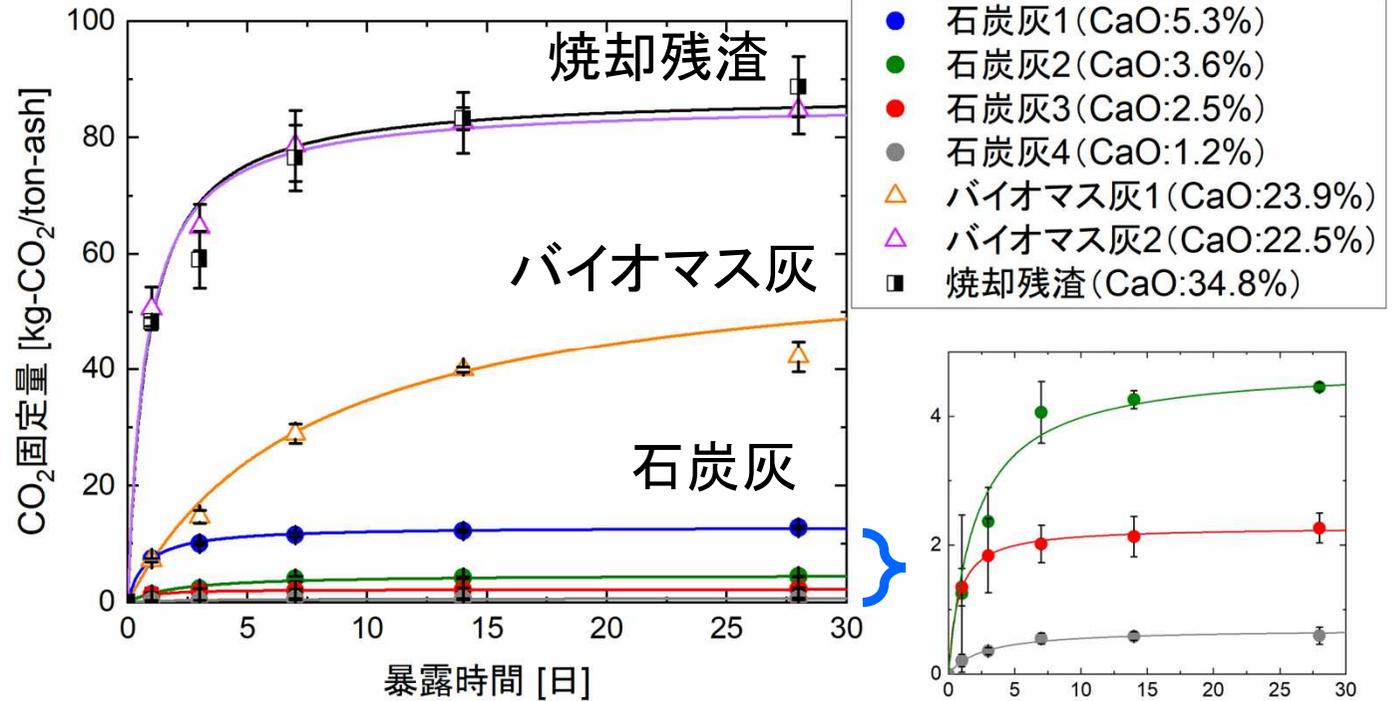


灰試料

- ・ 含水比 : 0~30%

中性化促進槽

CO₂濃度・灰の含水比を
変えて暴露試験を実施

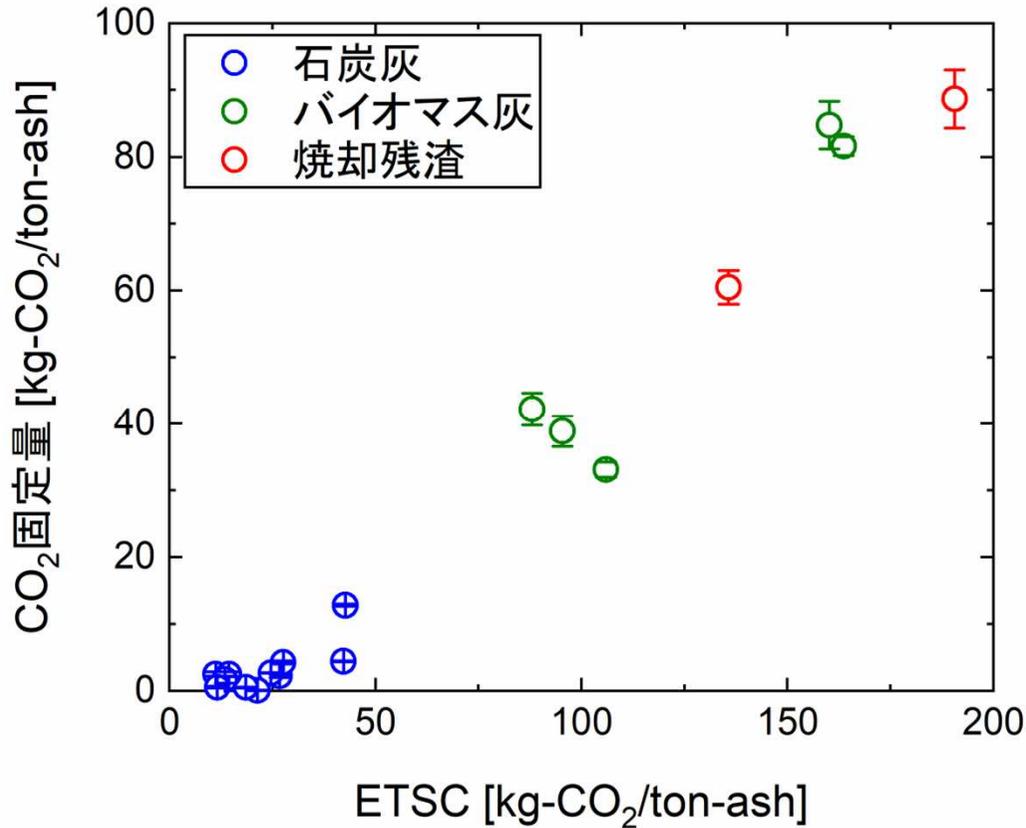


CO₂固定量の経時変化の例 (CO₂暴露濃度:20%、含水比:20%)

実験で得られたCO₂固定量 [kg-CO₂/ton]

| 石炭灰 (n=11) | バイオマス灰 (n=5) | 焼却残渣 (n=2) |
|------------|--------------|------------|
| 0.1~12.8 | 33.1~84.7 | 60.5~88.7 |

常温・常圧下で期待される燃焼灰のCO₂固定量



各種灰のCaO、MgOの平均含有量
(国内文献値)

| | CaO | MgO |
|---------------|------|-----|
| 石炭灰 (477試料) | 2.3 | 1.2 |
| バイオマス灰 (28試料) | 34.0 | 5.2 |
| 焼却残渣 (21試料) | 29.3 | 2.0 |



常温常圧で期待されるCO₂固定量

| | |
|--------|----------------|
| 石炭灰 | : 6.3 kg/ton |
| バイオマス灰 | : 130.1 kg/ton |
| 焼却残渣 | : 77.4 kg/ton |

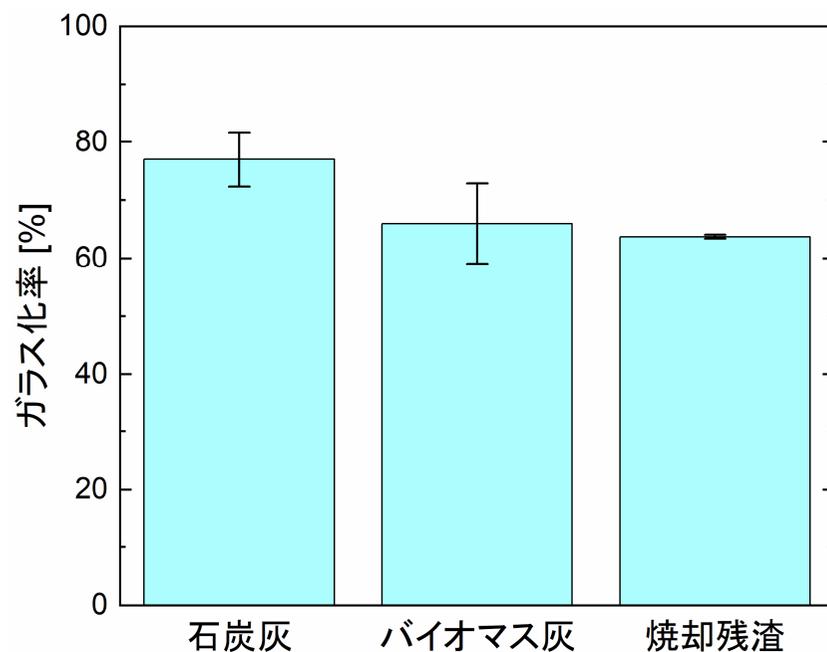
化学量論値 (ETSC) とCO₂固定量との関係

固定可能量は化学量論値の50%以下程度

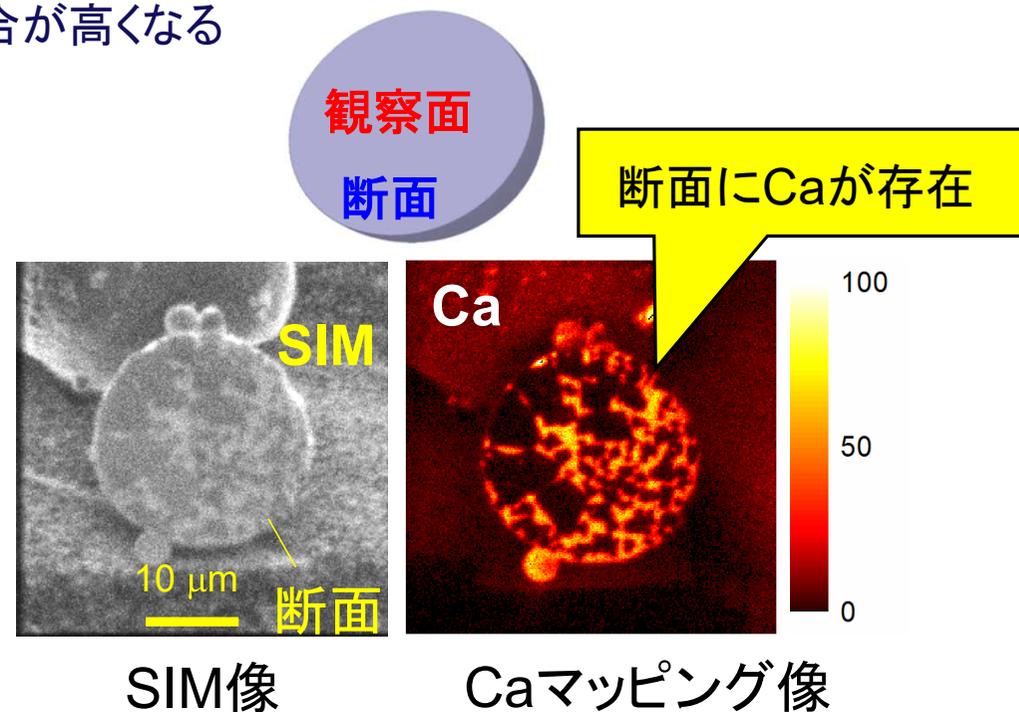
$$\text{ETSC [g/kg]} = 44/56 \text{ CaO [g/kg]} + 44/40 \text{ MgO [g/kg]} - 44/80 \text{ SO}_3 \text{ [g/kg]} - \text{CO}_2 \text{ [g/kg]}$$

石炭灰のCO₂固定能と反応速度が低い要因

- ① 石炭灰のCa量は他灰種に比べて少ない
- ② 石炭灰のガラス化率は他灰種に比べて高く、灰粒子の内部(ガラス質)にCO₂と反応しないCaが含まれる割合が高くなる

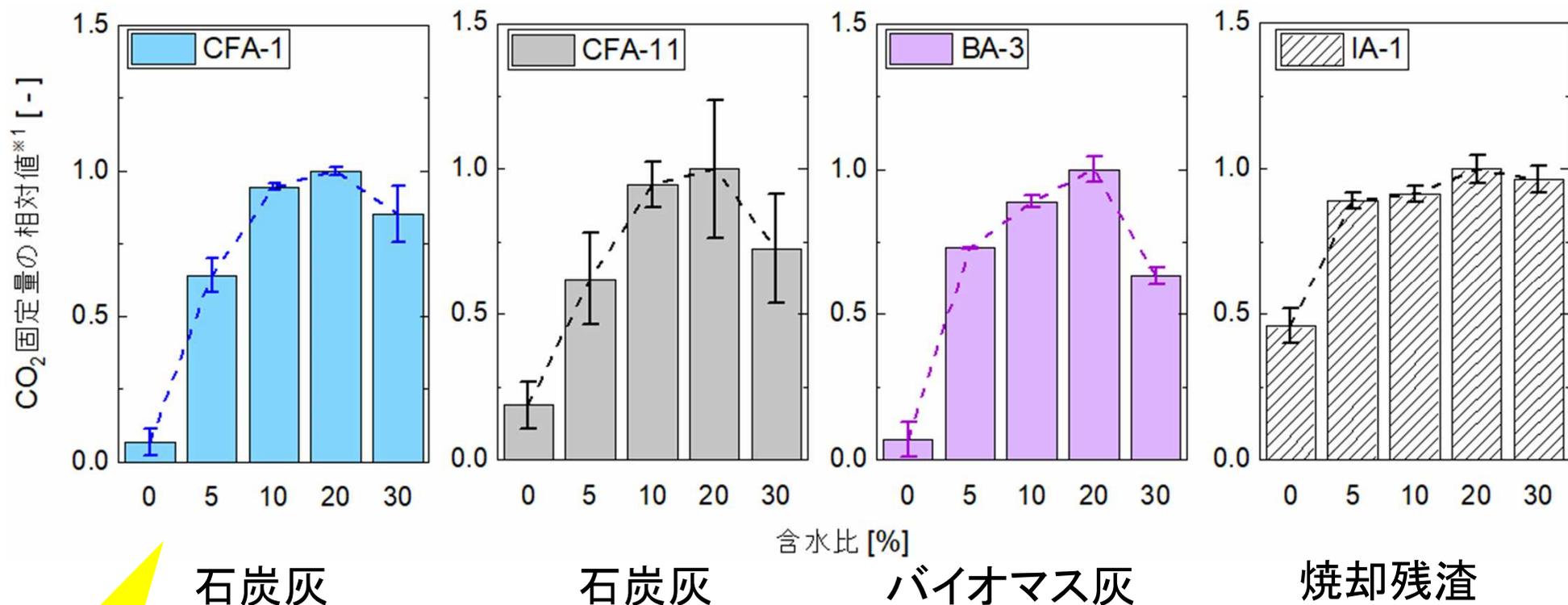


各種灰のガラス化(非晶質)率



石炭灰の粒子断面のCaマッピング
(FIB-TOF-SIMS分析)

燃焼灰の含水比がCO₂固定量に与える影響

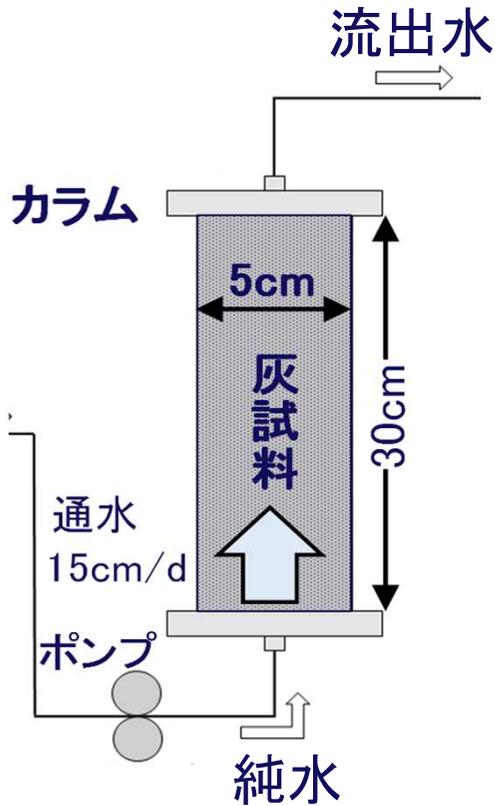


水中におけるイオンの拡散過程が反応の律速条件になっている可能性

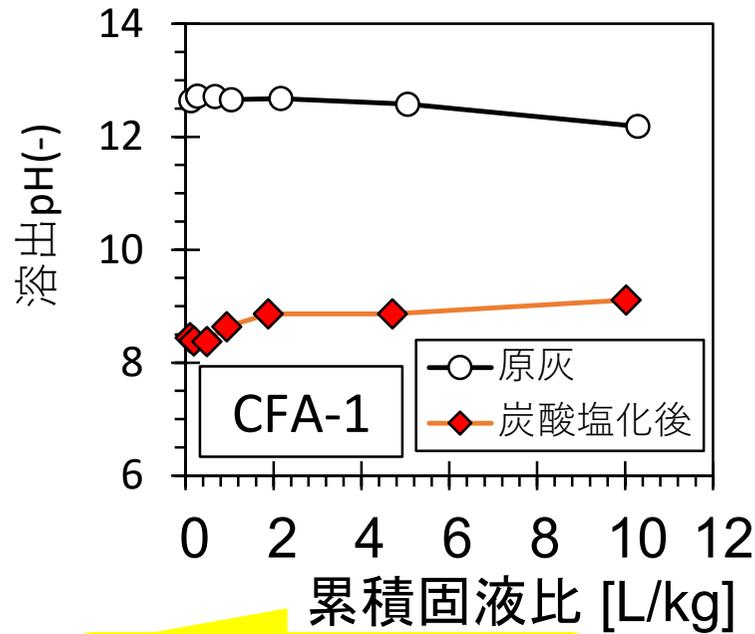
含水比によるCO₂固定量の変化（試料4種を抜粋）
 ※ CO₂暴露濃度：20%、原灰の炭酸塩を除く

含水比を10~30%にすることで、炭酸塩化を効率よく進めることが可能

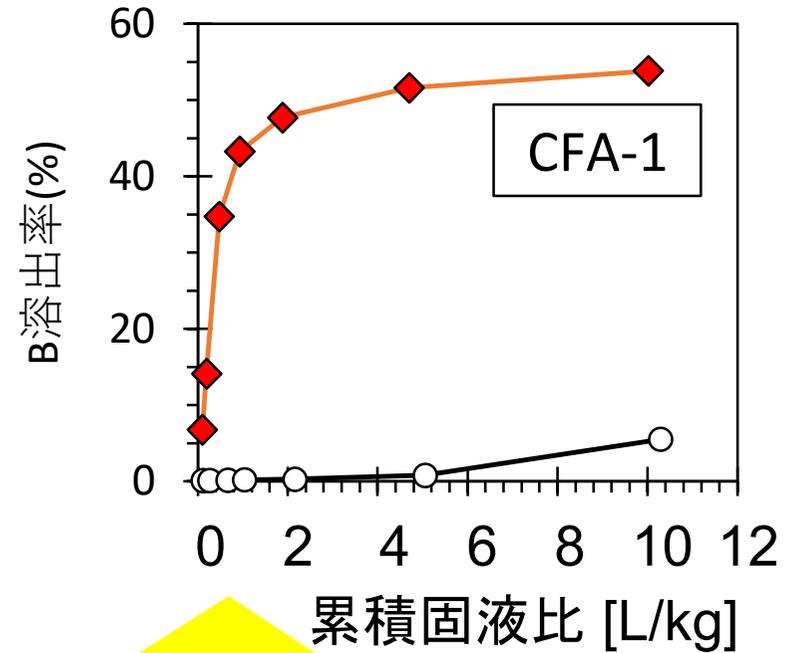
カラム溶出試験による処分場浸出水の推定(石炭灰の例)



カラム溶出試験の概要



炭酸塩化灰は、
pH = 8~9を維持



炭酸塩化灰は初期に溶出後、
ほとんど溶出しなくなる

初期は重金属等の溶出が見られるが、速やかに濃度は低下
pHも排水基準に適合することから、早期安定化に寄与

4.2 処分場を活用したCO₂固定システム — 保有水 —

<目標> 燃焼灰の埋立によりアルカリ化した保有水を対象に、CO₂を用いて高効率に中和する技術を開発する

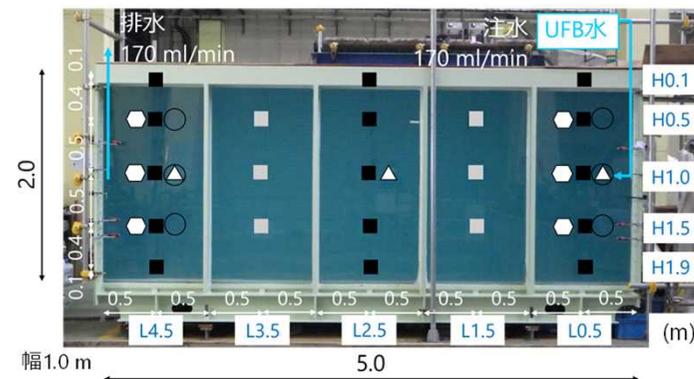
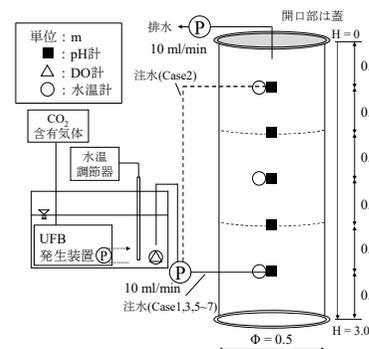
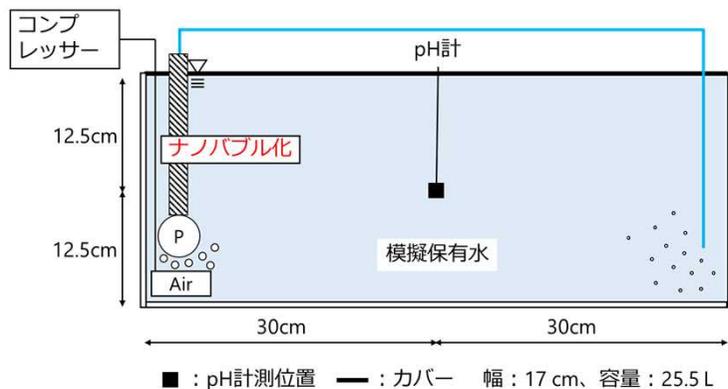
実施内容

ウルトラファインバブル(UFB)を用いた中和技術の実験的検討

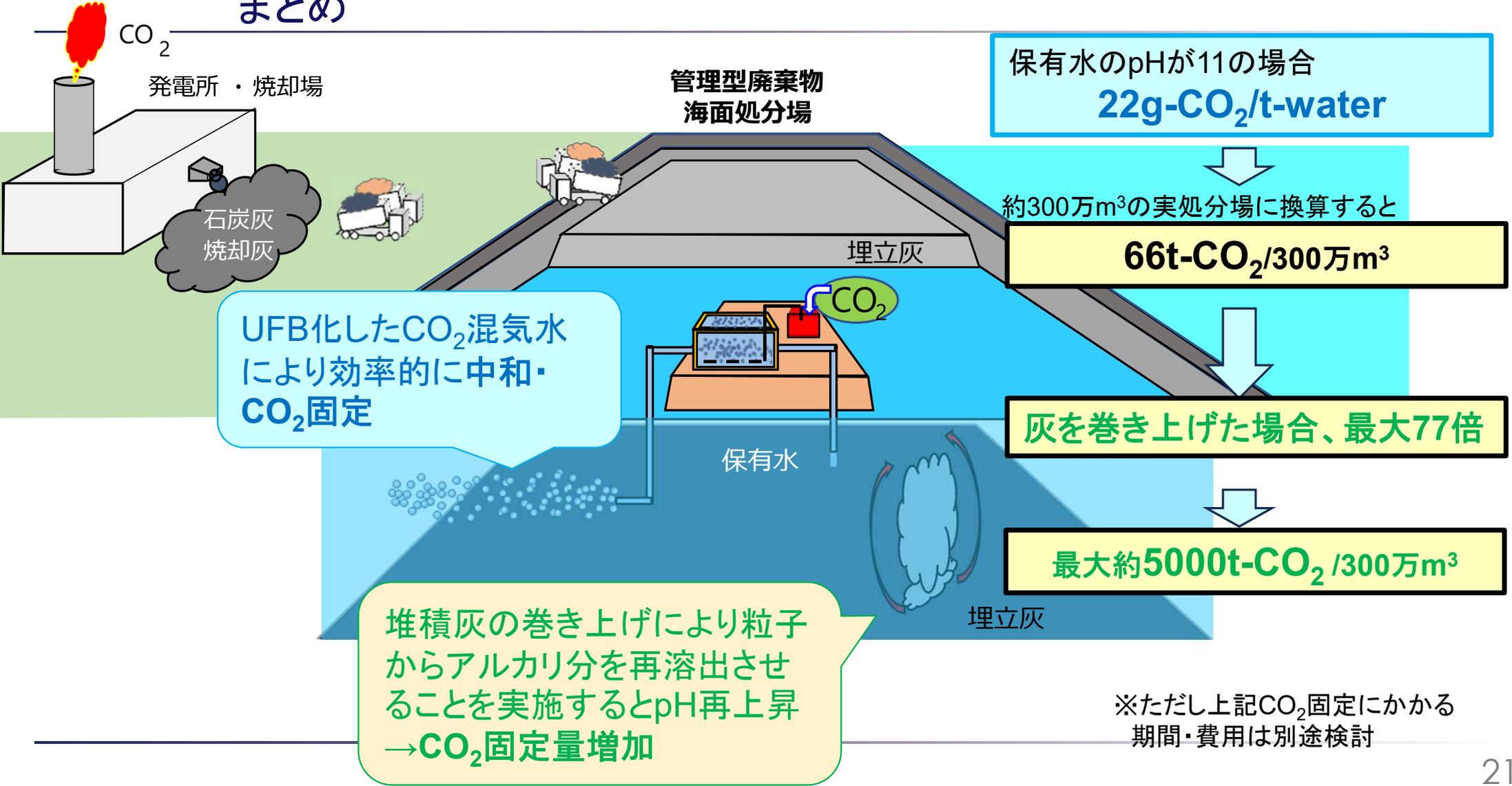
- ・模擬アルカリ保有水を曝気した際の各pH及びイオン濃度の変化を把握した
- ・定期的に水槽内の灰を巻き上げた場合の中和実験を実施し、CO₂固定量を測定した

保有水のpH解析評価

- ・既往論文(肴倉2014)をプログラム化し、実験結果の再現計算を行うとともに、鉛直拡散係数や影響パラメータの調整し、3次元モデル化した



ウルトラファインバブル(UFB)を用いた保有水の中和技術に関する実験的検討 まとめ



保有水のpH解析評価 / 解析モデルの開発

■ 電荷の収支式

実験での水質分析結果を初期データとして入力

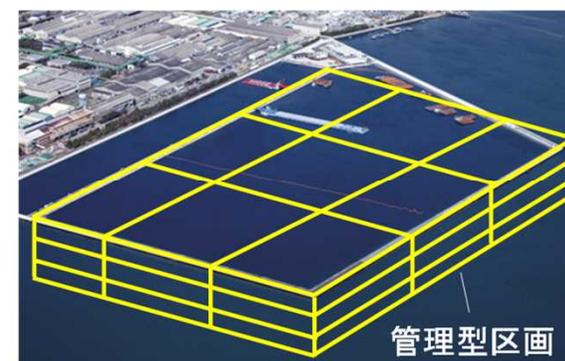
$$[H^+] = -2[Ca^{2+}] - 2[Mg^{2+}] - D_{CA} + [OH^-] + 2[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [H_2BO_3^-] + 2[SO_4^{2-}]$$

$$D_{CA} = [Na^+] + [K^+] - [Cl^-]$$

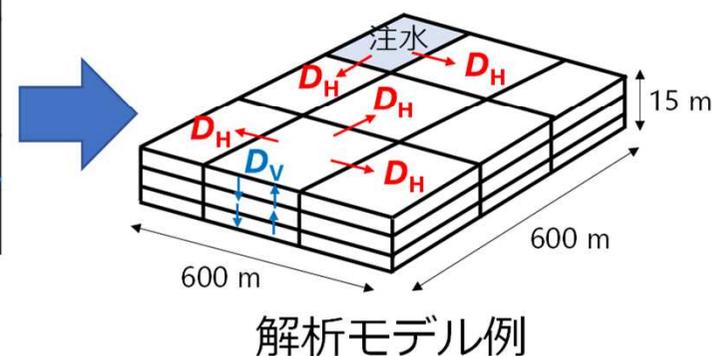
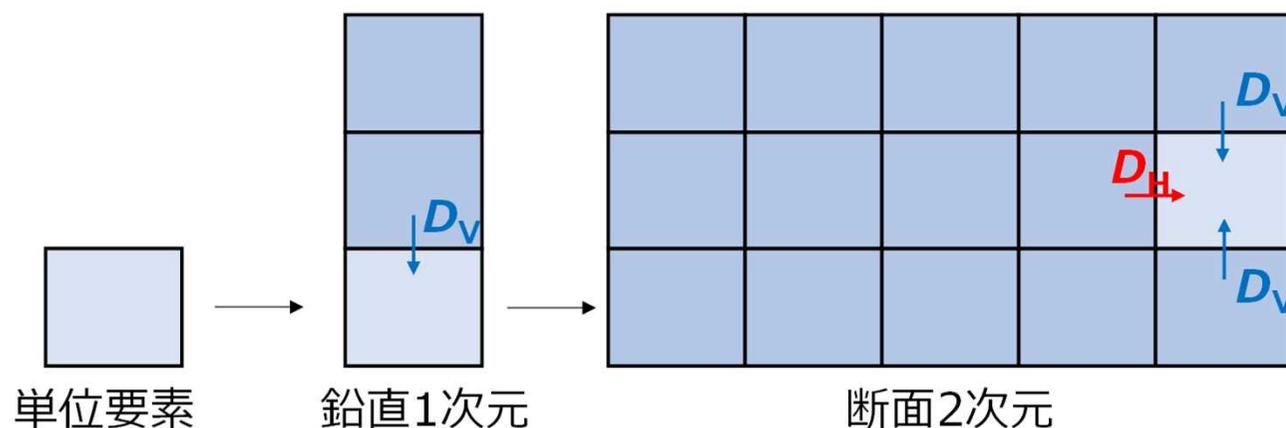
■ 拡散方程式

$$\frac{\partial C_{ij}}{\partial t} = D_H \frac{\partial^2 C_{ij}}{\partial x^2} + D_V \frac{\partial^2 C_{ij}}{\partial z^2}$$

C_{ij} : イオン濃度、 D_H : 水平方向の拡散係数、 D_V : 鉛直方向の拡散係数



衣浦港3号地廃棄物最終処分場

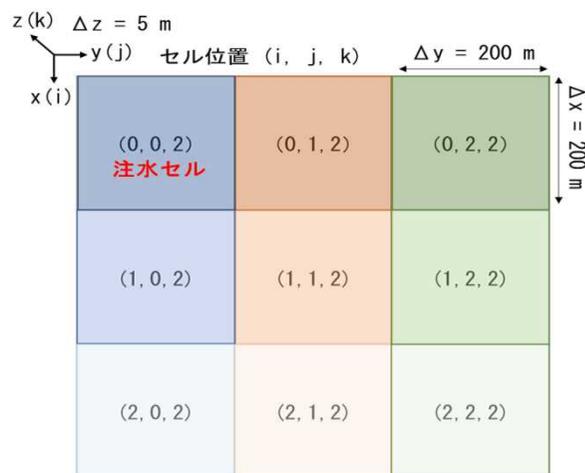
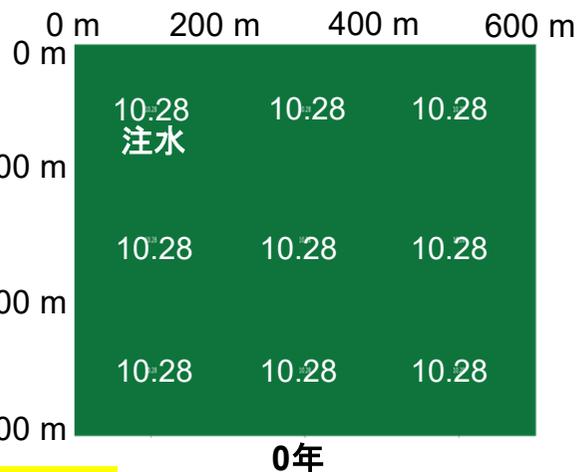


2020年度

2021年度

2022年度

保有水のpH解析評価 / 3次元解析結果の一例

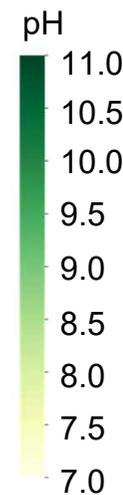
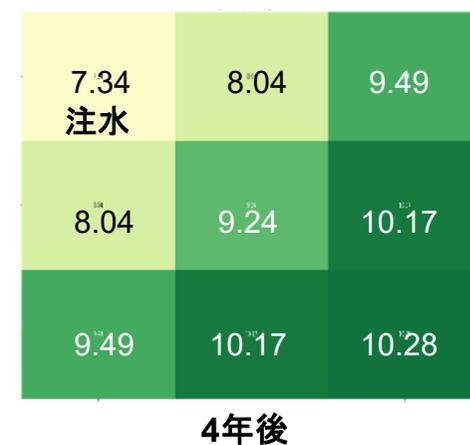
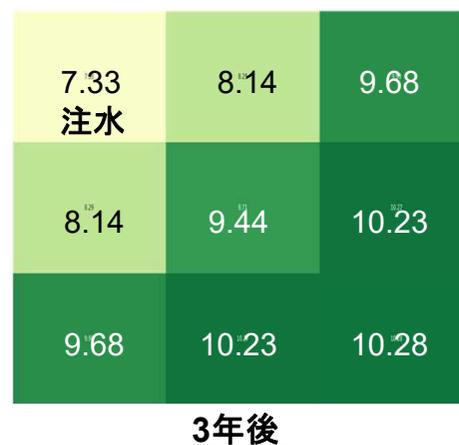
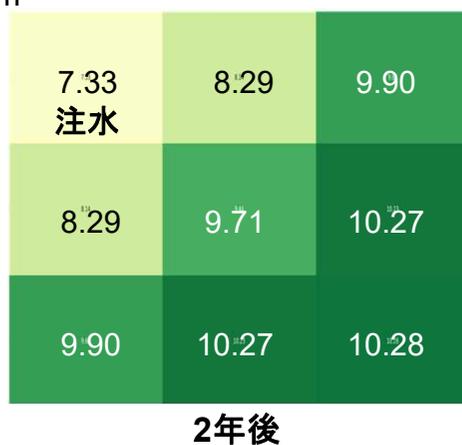
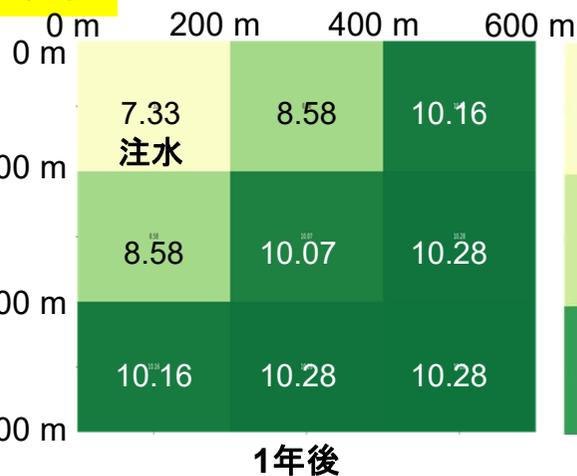


解析条件(基準ケース)

- ・初期: pH10.28(2021実験結果)
- ・ $\Delta x, \Delta y = 200\text{m}, \Delta z = 5\text{m}, \Delta t = 14\text{日}$
- ・水平拡散係数 $D_H = 0.2\text{cm}^2/\text{s}$
- ・鉛直拡散係数 $D_V = 0.001\text{cm}^2/\text{s}$
- ・UFB水注水量: $100\text{m}^3/\text{日}$
UFB水: pH8.16, $C_T = 35.3\text{mg/L}$

4年後のCO₂固定量: **5.047 t/表層**

表層



解析結果 (3層のうち表層)

4.3 炭酸塩化灰の資材化に関する調査及び検討

＜目標＞ 研究開発項目1及び2で得られた炭酸塩化灰を対象に、土木・農林水産分野等への適用用途調査を行うとともに、抽出された利用用途に応じた炭酸塩化灰の固化方法と安定性の検討を行うことで、炭酸塩化灰を用いた資材の製造に関わる基礎技術を検討・開発する

| | 主な成果 |
|------------------------|---|
| 炭酸塩化灰の適用用途調査 | ・各種灰の排出元および中間処理業者にヒアリングを実施し、各種資材の製品の市場規模、求められる品質等の観点から意向を把握した |
| 利用用途に応じた固化方法の検討と安定性の検討 | ・性状の異なる炭酸塩化灰を対象に資材サンプルを作製し、溶出試験、含有量試験、物理化学性状・力学特性試験等を行い、土木、海洋、農業用資材としての適用性を確認した |

炭酸塩化灰の適用用途調査

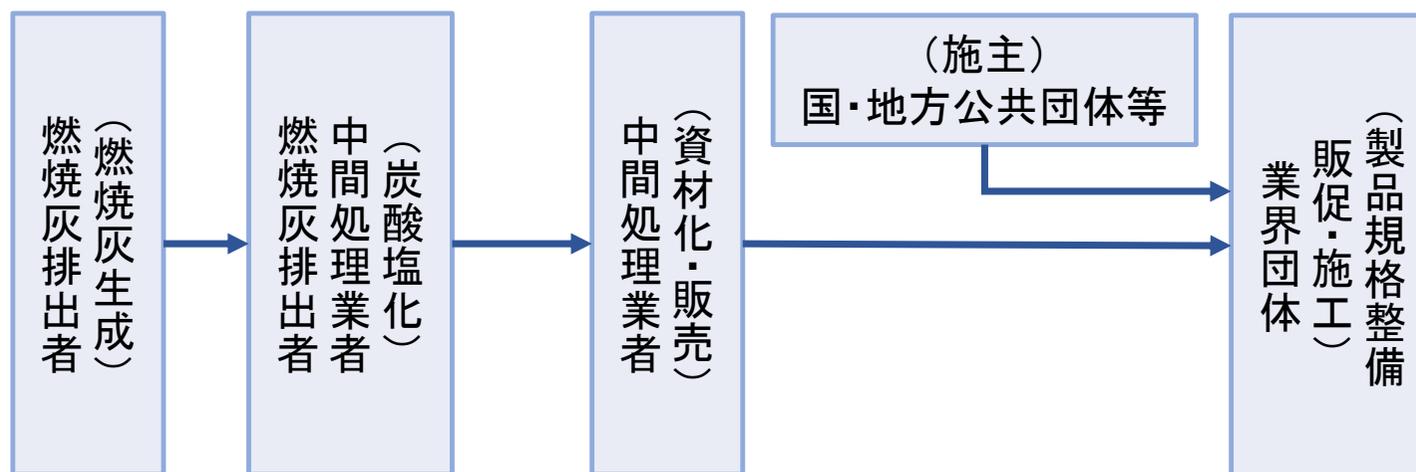
燃焼灰の炭酸塩化－資材化－利用までの流通をイメージし、排出元、中間処理業者、業界団体、国・地方公共団体等を対象にヒアリング調査を実施し、以下を得た。

○排出元・中間処理業者

CO₂固定に係るインセンティブ・認証等、国の制度整備を求めている（CO₂固定に係る工程に依るコスト増対策やユーザー側の利用促進策として）。

○業界団体

品質面において安全性の確保は必須で、用途毎に設けられた基準を満足することが必要



炭酸塩化灰の発生（生成）、資材化、販売までのフロー

土木資材(盛土材等)としての適用性

炭酸塩化石炭灰を主原料とする土木資材
(固化材20wt.%、補助剤5wt.%)

| | | | |
|--------------------|---|--|----------------------------|
| 試料名 | M-CFA-11-CO ₂ | M-CFA-3-CO ₂ | |
| 粒径範囲 | 4.75mm 通過試料 | 4.75mm 通過試料 | |
| 試験日 | 令和3年11月10日 | 令和3年12月6日 | |
| 試料写真 (試験前) |  |  | |
| 試験結果 | 自然含水比 W (%) | 28.8 | 33.8 |
| | コーン指数 q _c (kN/m ²) | 6889 | 8082 |
| 土質区分 ※コーン指数より判断 | | 第2種建設発生土 (第2種改良土) 相当 | 第2種建設発生土 (第2種改良土) 相当 |

炭酸塩化バイオマス灰を主原料とする
土木資材(固化材30wt.%)

| | | |
|--------------------|---|----------------------------|
| 試料名 | M-BA-3-CO ₂ | |
| 粒径範囲 | 4.75mm 通過試料 | |
| 試験日 | 令和4年1月11日 | |
| 試料写真 (試験前) |  | |
| 試験結果 | 自然含水比 W (%) | 41.0 |
| | コーン指数 q _c (kN/m ²) | 6345 |
| 土質区分 ※コーン指数より判断 | | 第2種建設発生土 (第2種改良土) 相当 |

炭酸塩化灰より試作した土木用資材は、溶出量基準・含有量基準に適合するとともに、**土地構造物の裏込め材、道路用盛土(路床・路体)、河川敷堤防、土地造成、鉄道盛土、空港盛土、水面埋立等に適用可能なコーン指数を持つことが確認された**

海洋資材(藻礁)としての適用性

小型の基質は、大型岩礁と比較して移動等により表面が削れやすいことから、表面状態がリセットされることでアカモクのような**一年生海藻が繁茂しやすい**と考えられる

藻礁(対象:一年生海藻)としての要求仕様

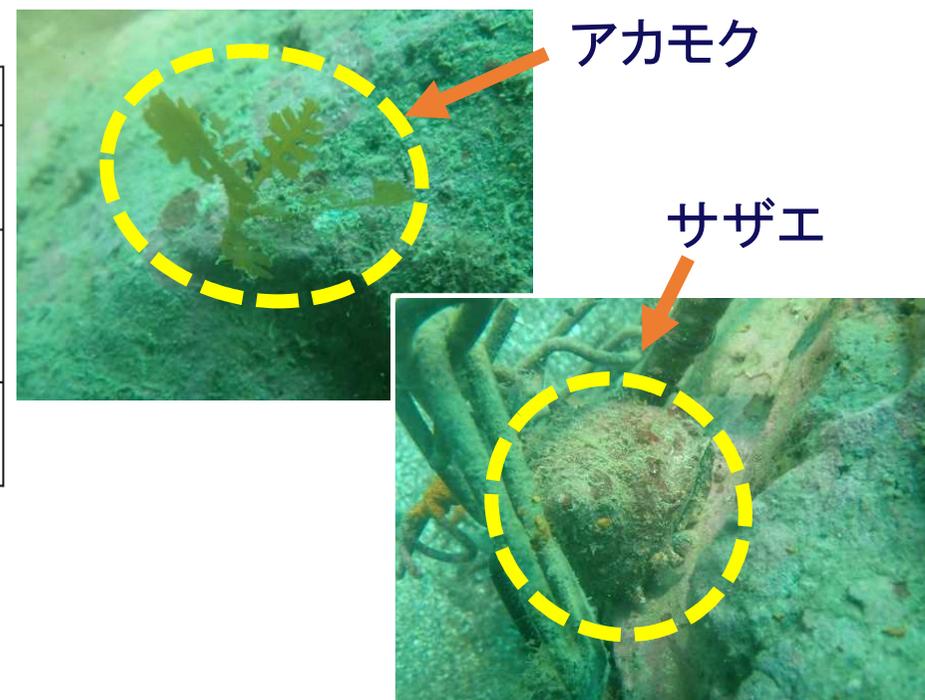
| 項目 | 要求仕様 |
|------------|--|
| 安全性 | 対象元素: Cd, Pb, Cr ⁶⁺ , As, Hg, Se, F, B ・含有量基準及び港湾用途溶出量基準以下 |
| 安定性 | ・適用海域における自然石平均比重(2.24kg/L)より小さい ・波浪により転がるが、自然石と同等の耐風化性能を有する |
| 機能性 | ・海域の小礫・転石等を模倣した碎石形状(礫タイプ人工基質) ・サイズ: 長径19-51cm、短径12-34cm、高さ12-36cm程度 |



炭酸塩化石炭灰を主原料とするブロック



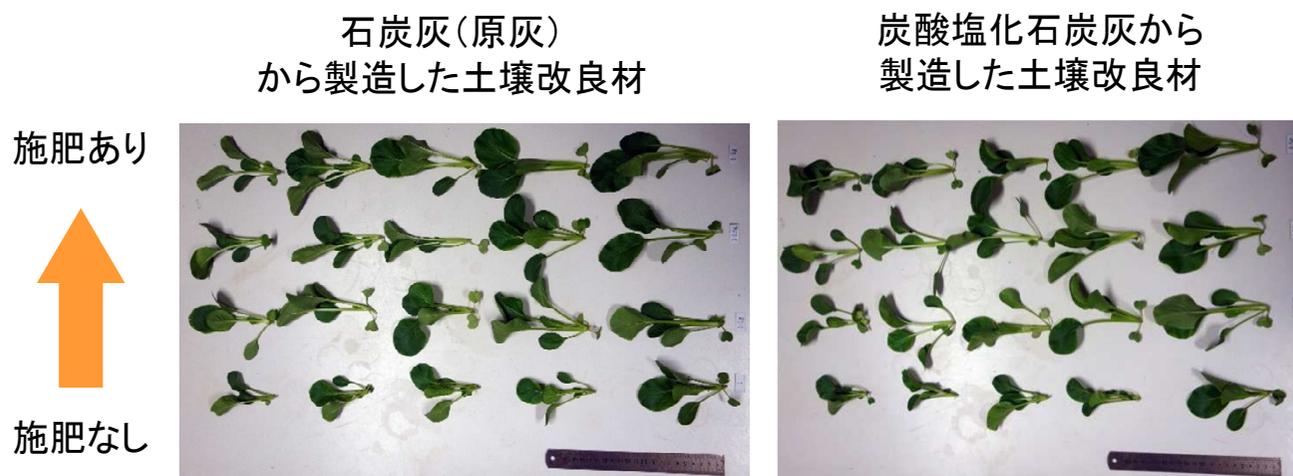
炭酸塩化バイオマス灰を主原料とするブロック



沿岸域に設置後、複数種の海藻着生、サザエ等の生息を確認

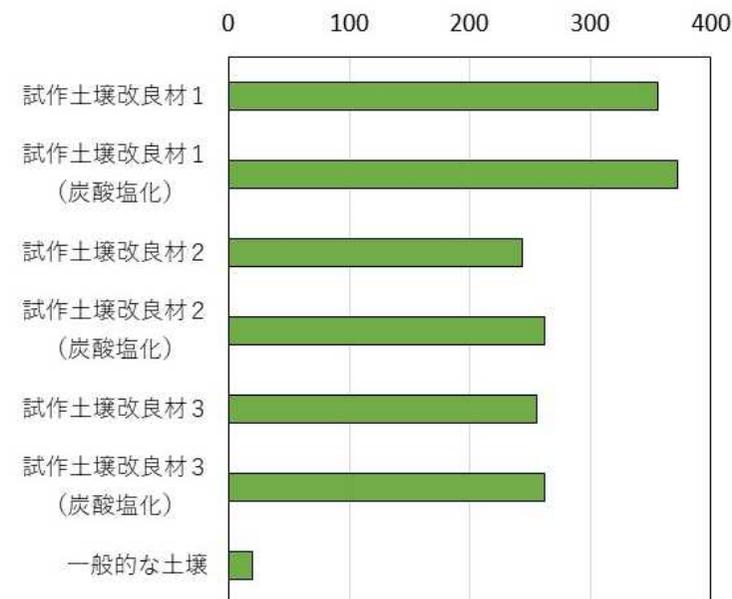
農業資材(土壌改良材)としての適用性

石炭灰で製造販売の実用化例があるゼオライト系の土壌改良資材を試作



コマツナの栽培試験結果

各土壌改良材のCEC
CEC [cmol(+)/kg]



炭酸塩化灰を原材料とすることで、原灰のものとは比べてCECの向上が見られた。

コマツナの栽培試験より、原灰と同程度の植物生育性能を確認した。

4.4 燃焼灰によるCO₂固定・有効活用に関わる総合評価

＜目標＞研究開発項目1～3で得られた結果に基づき、石炭灰・バイオマス灰排出事業所の状況（CO₂吸収装置の設置の可否、処分場の有無等）に応じた複数のモデルケースに対し、石炭灰・バイオマス灰等によるCO₂削減可能量の概算を示すとともに、コスト評価を行う

主な成果

LCA・コスト評価等による
総合評価

- ・研究開発項目1～3で開発したシステムについて、LCCO₂評価を行い、CO₂削減可能量の概算を求めた
- ・研究開発項目1～3で開発したシステムについて、コスト評価を行い、従来システムと比較した

LCCO₂評価の対象

炭酸塩化処理

| 設備設置場所 | 対象 | プロセス | CO ₂ 源 |
|--------|-----------------------|------------------------|---------------------------|
| 燃焼施設 | 石炭灰 バイオマス灰 焼却残渣 | CO ₂ 吸収装置 | 排ガス |
| 処分場 | 石炭灰 焼却残渣 | 埋立地への直接ガス注入 | 排ガス |
| | | CO ₂ 水の散水 | 排ガス |
| | 保有水 | CO ₂ 暴露施設 | 分離回収CO ₂ |
| | | 汲み上げ後UFB処理 保有水の直接散気 | 空気 分離回収CO ₂ |

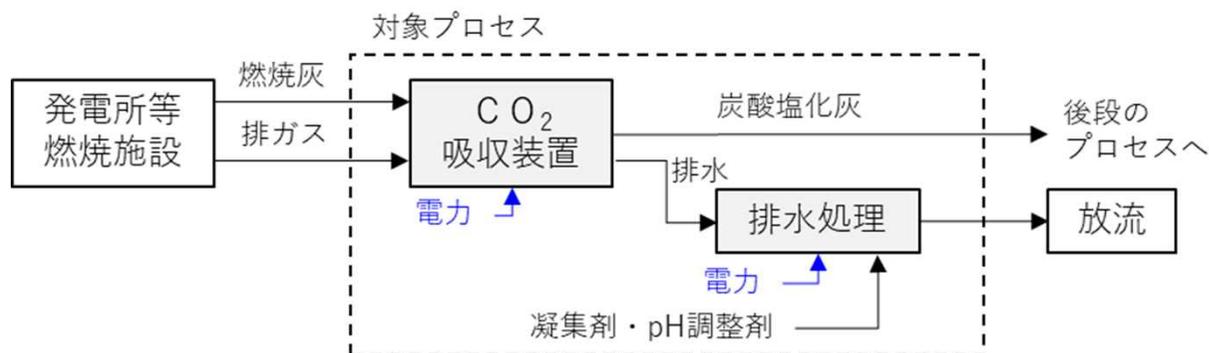
資材製造

| | 対象 | 製品利用用途 |
|--------|---------------|--------|
| 製造プラント | 石炭灰 バイオマス灰 | 盛土材 |

全24ケースについて評価を実施

赤字について報告

CO₂吸収装置による燃焼灰のCO₂排出・固定量



| | 石炭灰 | バイオマス灰 | 焼却残渣 |
|------------------------|------|--------|--------|
| CO ₂ 排出量 | 10.7 | 28.7 | 20.6 |
| CO ₂ 固定量 | 2.7 | 88.6 | 193.1 |
| 正味CO ₂ 排出量* | 8.0 | -59.9 | -172.5 |

[kg-CO₂/ton-ash]

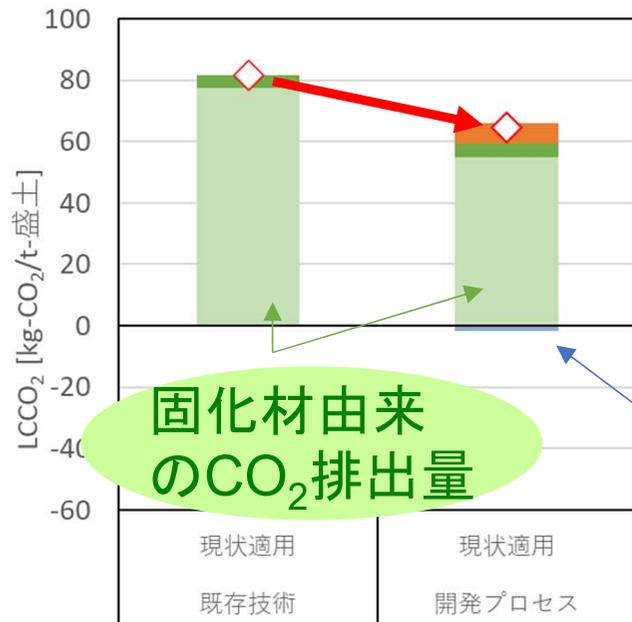
バイオマス灰と焼却残渣については、投入エネルギー以上のCO₂固定が期待できる可能性がある

CO₂吸収装置－盛土材製造におけるCO₂排出・固定量

炭酸塩化灰を使用することで、固化材の使用量を減らすことが可能(研究開発項目3)

石炭灰盛土材1トンあたり

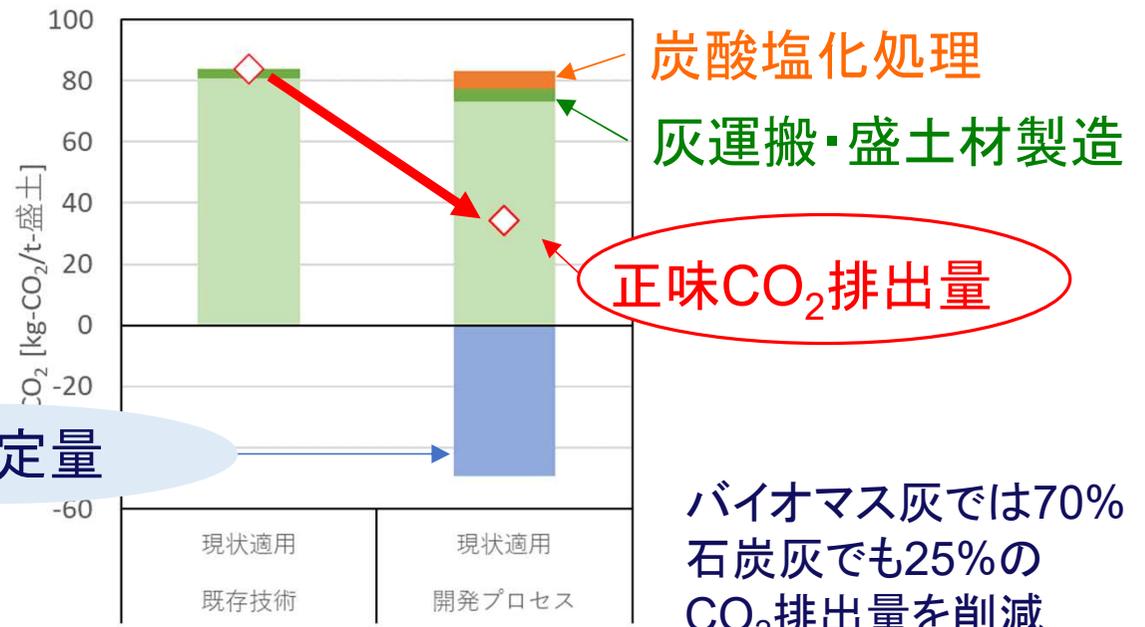
0.18トン → 0.13トン



石炭灰盛土材

バイオマス灰盛土材1トンあたり

0.18トン → 0.17トン



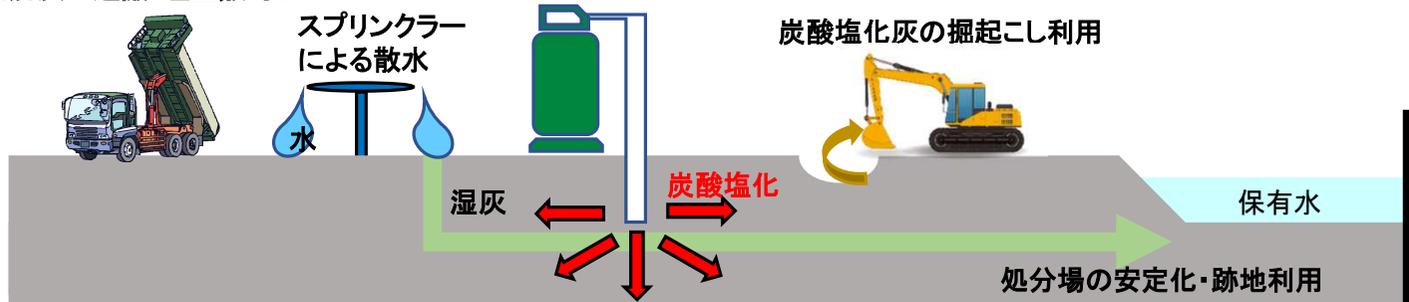
バイオマス灰盛土材

バイオマス灰では70%
石炭灰でも25%の
CO₂排出量を削減

処分場を用いるCO₂固定システムの試案

ケース① 排ガス直接注入

燃焼灰の運搬・埋立敷均し

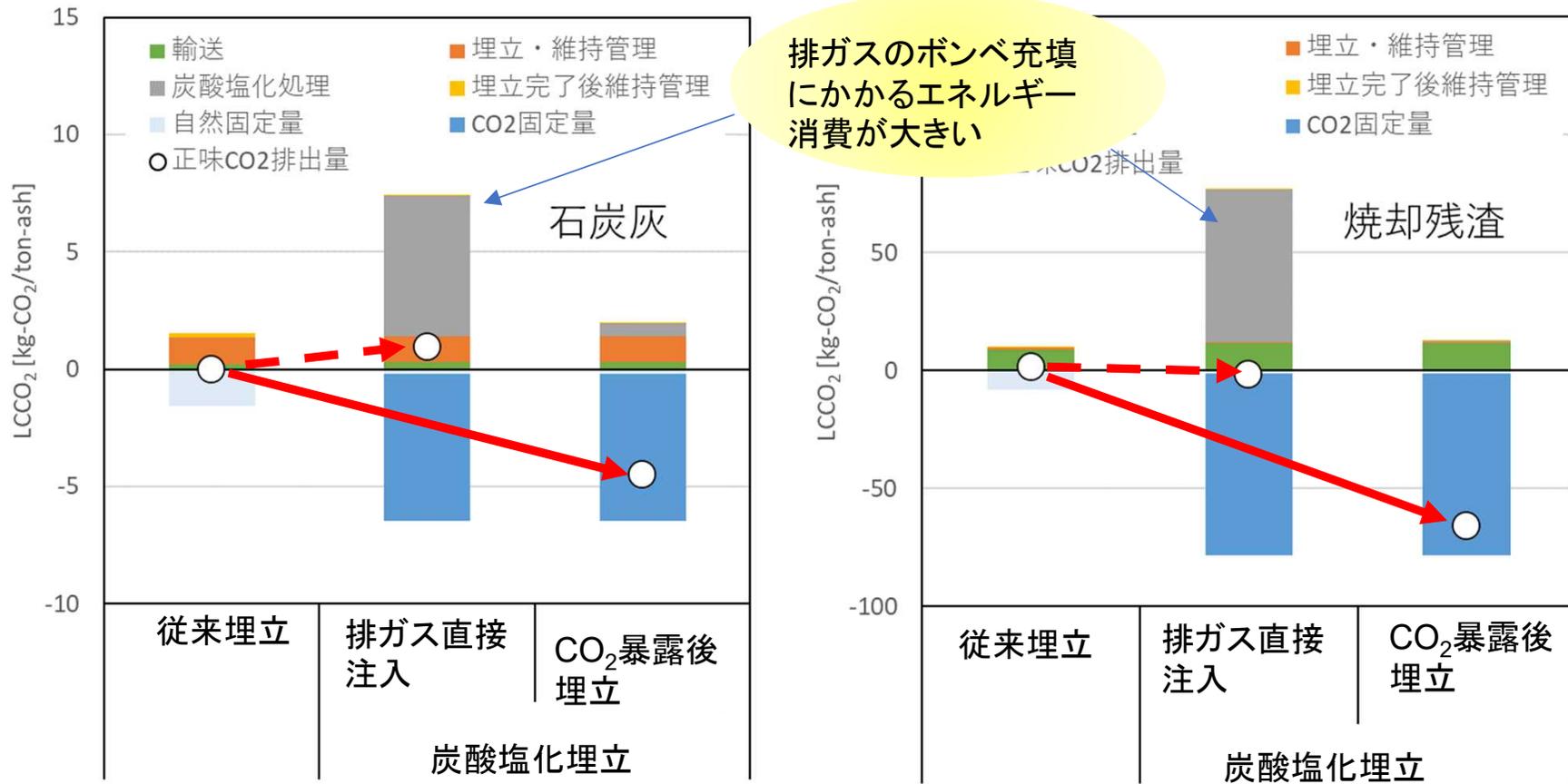


ケース② CO₂暴露後埋立

処分場内に炭酸塩化処理設備を設置し、パイプ輸送したガスで暴露



処分場内CO₂固定に関するCO₂排出・固定量



- ・ 従来埋立の場合、埋立灰のCO₂固定量は、輸送・埋立・維持管理に伴うCO₂排出量と相殺。
- ・ CO₂暴露後埋立した場合では、CO₂固定量が排出量を上回り、石炭灰1トンあたり5kg(処分場1haあたり640トン)、焼却残渣1トンあたり66kg(処分場1haあたり13,000トン)のCO₂削減に寄与。

コスト概算

CO₂吸収装置による炭酸塩化—盛土材製造

盛土材1トンあたり 2千円増 (石炭灰)
27千円増 (バイオマス灰)

現行の盛土材は
1トン2千円程度

→バイオマス灰の場合、日処理量あたりの設備費が石炭灰より高く、コスト増につながっている

処分場を活用した炭酸塩化—処分場の早期安定化

石炭灰 1トンあたり 1千円増 → 136千円/ton-CO₂
焼却残渣1トンあたり 0.7千円増 → 6千円/ton-CO₂

→CO₂暴露施設の設備費がコストの5割を占める

特に石炭灰については、更に検討が必要

5. まとめと今後の方針

まとめ

CO₂吸収装置によるCO₂固定・有効利用システム

- ✓ 燃焼灰1トンあたり0.1～10kg(石炭灰)、30～163kg(バイオマス灰)、193kg(焼却残渣)のCO₂固定が期待
- ✓ 炭酸塩化灰は、土木、農林水産分野に利用可能
- ✓ CO₂吸収装置で燃焼灰を炭酸塩化させた後、盛土材を製造する場合、既存の盛土材製造と比較して、石炭灰では25%、バイオマス灰では70%のCO₂排出量削減に寄与

処分場を活用したCO₂固定・有効利用システム

- ✓ 燃焼灰1トンあたり6 kg(石炭灰)、130 kg(バイオマス灰)、77 kg(焼却残渣)のCO₂固定が期待
- ✓ CO₂による保有水の中和により、1処分場(300万m³)あたり最大5,000トンのCO₂を固定可能
- ✓ 処分場1haあたり640トン(石炭灰)、13,000トン(焼却残渣)のCO₂削減に寄与でき、且つ処分場の早期安定化にも寄与する可能性

今後の研究方針

CO₂吸収装置:

- ・1/10規模の試設計をもとにバイオマス灰をメインとした実証規模クラスを設置可能な事業者を検討

処分場活用:

- ・処分場内でフィールド試験を実施し、実用化・実証に向けたデータを収集

資材化:

- ・炭酸塩化灰製品のサンプル出荷を通じた、利用先の受入可能性及び製品効果を検証