

岩石と場の特性を活用した風化促進技術 “A-ERW”の開発



PM:中垣隆雄
早稲田大学理工学術院 教授

PJ参画機関:早稲田大学・北海道大学・
京都府立大学・三菱重工業(株)・
産業技術総合研究所・理化学研究所

2022～2024年度

SG後
LCA/TEAチームと
統合

2025～2027年度
研究開発項目

A. 工業的風化促進技術のパイロットスケール実証

- (1) 気固接触ハウスによるパイロットスケール実証
- (2) 休廃止鉱山におけるパイロットスケール実証

B. 農地散布風化促進技術のパイロットスケール実証

- (1) 主要4作物種のパイロットスケール実証
- (2) 実質CDR量増加のためのボトルネック解消技術開発
 - ① 無機的炭素固定量の定量化技術の確立と適用範囲の拡大
 - ② 農地散布でのCDR量増加のための研究深化

C. クレジット化のための炭素会計法の検討

- (1) LCA/TEAツールの開発
- (2) 国際的MRVの確立とモニタリング技術開発

D. 岩石風化促進技術のビジネスモデルの検討

- (1) 基本計画とビジネスモデル立案
- (2) ブルーカーボンと連携したビジネスモデルの検討

NEDOムーンショット型研究開発事業 成果報告会 2025



PD 山地憲治
(RITE理事長)

NEDOフロンティア部

PM 中垣隆雄

実施体制

早稲田大学
代表 中垣隆雄
西早稻田キャンパス

A-(1)
C-(1),(2)
D-(1),(2)

三菱重工業(株)
代表 荒川宜彬
本社(横浜)・早大本庄
キャンパス

A-(1)
C-(2)
D-(1)

北海道大学
代表 佐藤努
北大札幌キャンパス・
鹿部町
A-(2)
B-(1),(2)-②
C-(2)
D-(1),(2)

産業技術総合研究所
代表 森本慎一郎
つくば西事業所

B-(2)-①
C-(1),(2)
D-(1)

京都府立大学
代表 中尾淳
京都府立大学下鴨
キャンパス
B-(1),(2)-①,(2)-
②
C-(2)
D-(1),(2)

理化学研究所
代表 関原明
筑波事業所
B-(2)-②

(再委託)
ソブエクレー(株)
本社(名古屋)
A-(1)

(株)QJサイエンス
本社(横浜)
C-(1), D-(2)

(共同実施)
三菱重工パワー環境ソ
リューション(株)
本社(横浜)・早大本庄キャン
パス
A-(1)

(再委託)
森林総合研究所
研究所(本所,つくば)A-(2)

国土防災技術株式会社
技術本部(さいたま)・試験
研究所(福島) A-(2)

農業・食品産業技術総合研
究機構 農業環境研究部門
(つくば) B-(1),(2)-②

東京大学
東京大学本郷キャンパス
B-(1),(2)-②

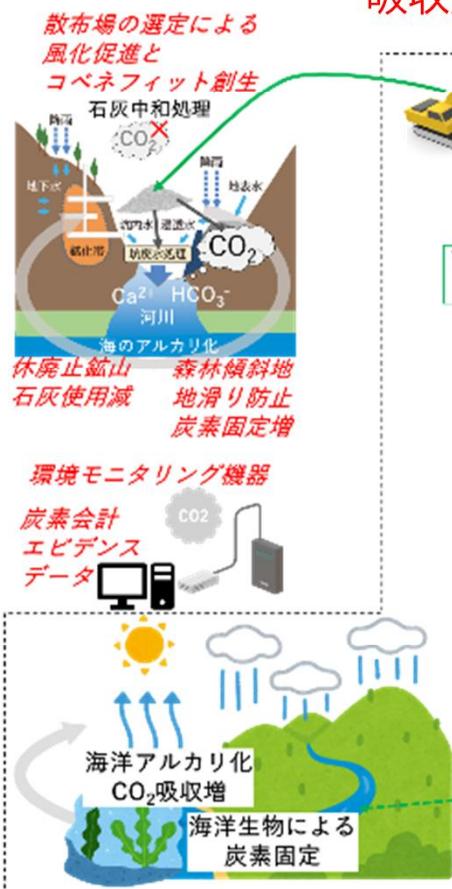
(再委託)
筑波大学
筑波キャンパスC-(1)

(再委託)
国際農林水産業研究セン
ター
国際農研熱帯・島嶼研究拠
点(石垣市) B-(1),(2)-②

琉球大学
琉球大学千原キャンパス
B-(1),(2)-②

(再委託)
東京農業大学
世田谷キャンパス
B-(2)-②

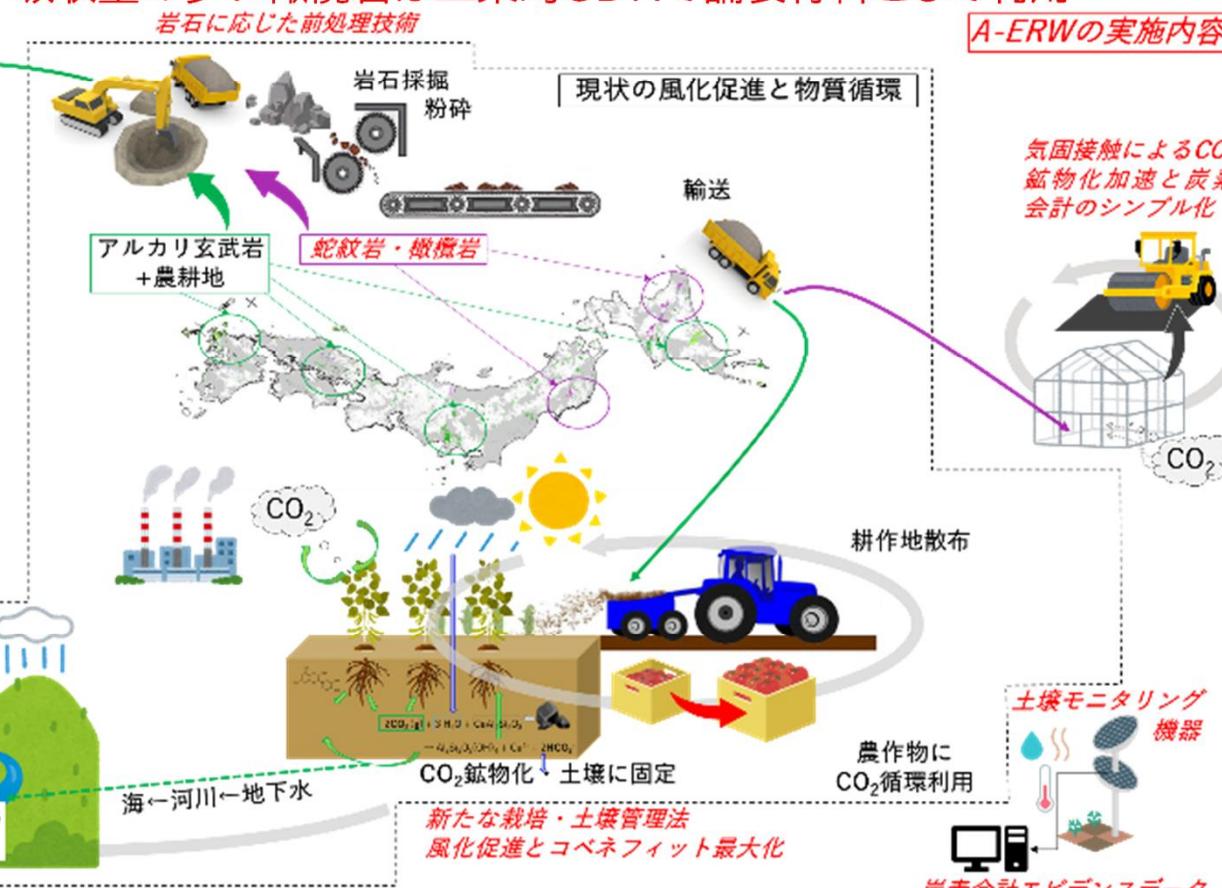
社会実装のイメージ



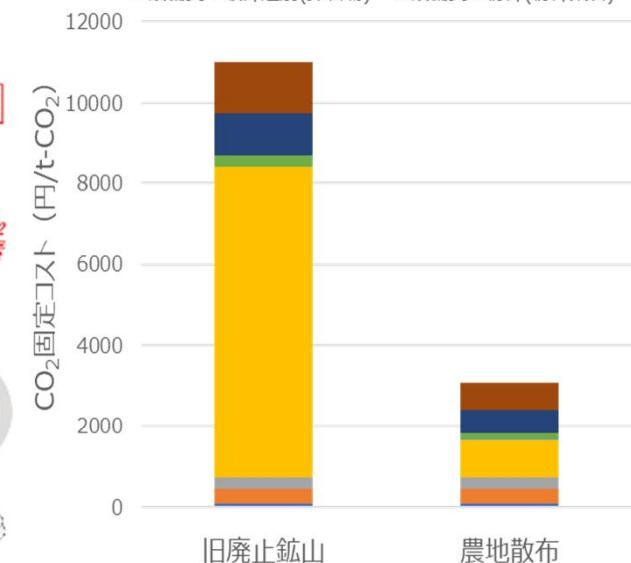
自然散布可能な玄武岩でCDR + コベネフィット:

- ✓ 農地散布で酸性土壌中和・ケイ素などの補給で高品質化
- ✓ 休廃止鉱山からの酸性廃水の中和と有害元素吸着

吸収量の多い橄欖岩は工業的CDRで舗装材料として利用



■運営費：採掘(採石場)	■運営費：破碎選別(採石場)
■運営費：粉碎(粉碎業者)	■運営費：輸送
■運営費：散布	■設備費：採掘(採石場)
■設備費：破碎選別(採石場)	■設備費：粉碎(粉碎業者)



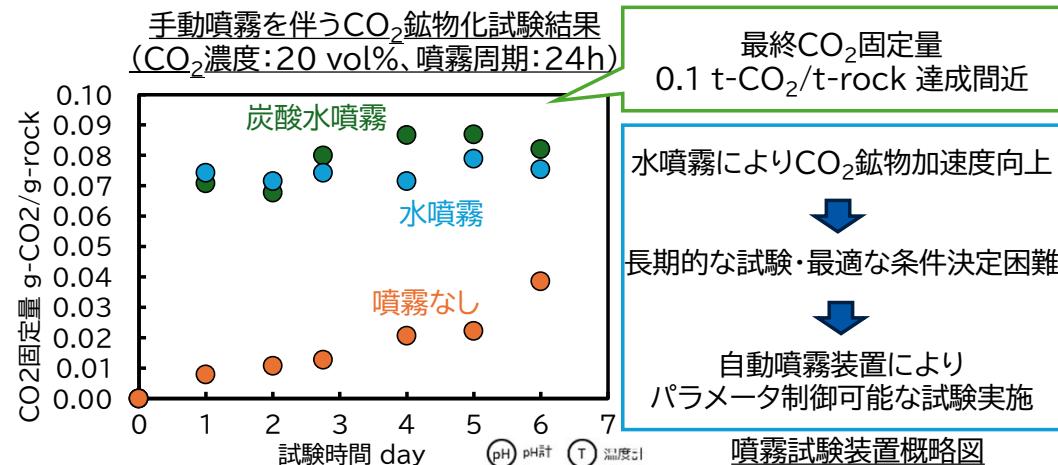
産総研開発のLCA/TEAツール+A-ERWのCDR実データ
 ✓ CDR量予測・コスト評価
 ✓ コベネフィット算定
 ⇒ 事業計画立案支援、岩石風化促進技術研究組合で標準化
 ⇒ VCMクレジット試行

大項目	中項目	2027年度最終目標
A. 工業的風化促進技術	(1)気固接触ハウス	機器の選定、詳細設計を完了、フルスケールCO2固定コスト評価で0.1t-CO2/t-Rock以上、10万円/t-CO2以下
	(2)休廃止鉱山	精進川休廃止鉱山、幌別硫黄鉱山の流入河川・湖沼でRAE国際プロトコル準拠のモニタリング 石灰による中和の玄武岩への切り替えの可能性検討試験
B. 農地散布 風化促進技術 のパイロット スケール実証	(1)主要4作物種	XRDによる鉱物風化量からCO2固定量推定モデル 無機・有機炭素考慮のMRVプロトコル
	(2)実質CDR量増加	屋外大型ポットに有機炭素を導入し、チェンバー計測実験、 土壤中深度別In-situ計測
	①無機的炭素固定 量の定量化技術	
	②農地散布における研究深化	4→2種の作物に絞り込み、玄武岩の散布条件を決定

大項目	中項目	2027年度最終目標
C. クレジット化のための炭素会計法の検討	(1)LCA/TEAツールの開発	企業との連携での利益・費用の評価による風化促進事業の設計
	(2)国際的MRVの確立とモニタリング技術開発	農地・気固接触・休廃止鉱山のMRVプロトコルの国際的な議論の場での提案
D. 岩石風化促進技術のビジネスモデルの検討	(1)基本計画とビジネスモデル立案	気固接触ハウスと休廃止鉱山のパイロットスケール実証試験の途中経過を基にFEEDに着手
	(2)ブルーカーボンと連携したビジネスモデルの検討	気固接触ハウスのFEEDとビジネスモデルのひな形を基に、VCM市場での取引試行、課題抽出

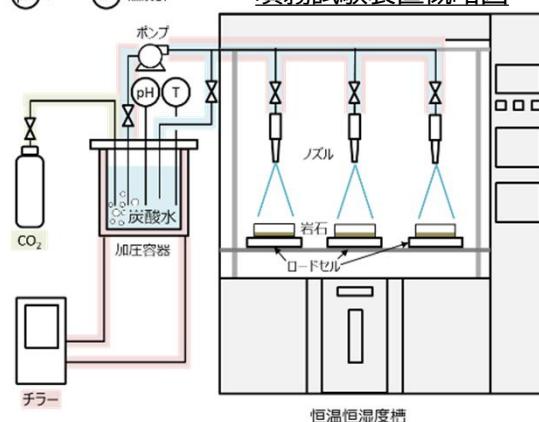
成果:①ラボ試験におけるpHスイングによりCO₂鉱物加速度の向上を達成しました。②気固接触ハウスのコストダウンを検討した結果、目標コスト75~90千円/t-CO₂以下に抑える目途が達成された。

①反応促進の工業的手法の検討→CO₂鉱物加速度向上

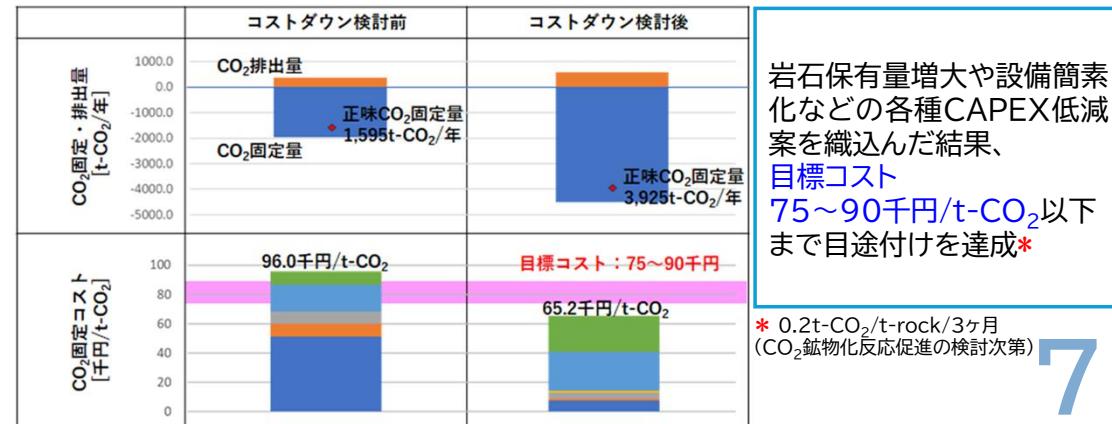
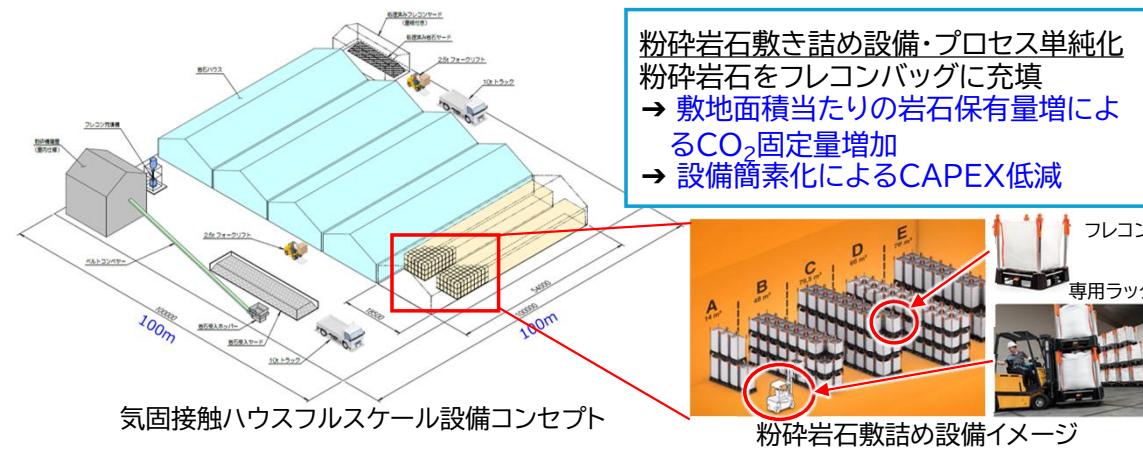


CO₂鉱物化反応に影響を与える
パラメータが制御可能な装置を設計
制御可能なパラメータ
・温湿度
・噴霧量
・噴霧間隔
・噴霧水温度
・噴霧水pH

2025年12月納入
現在 動作確認/性能確認試験実施中

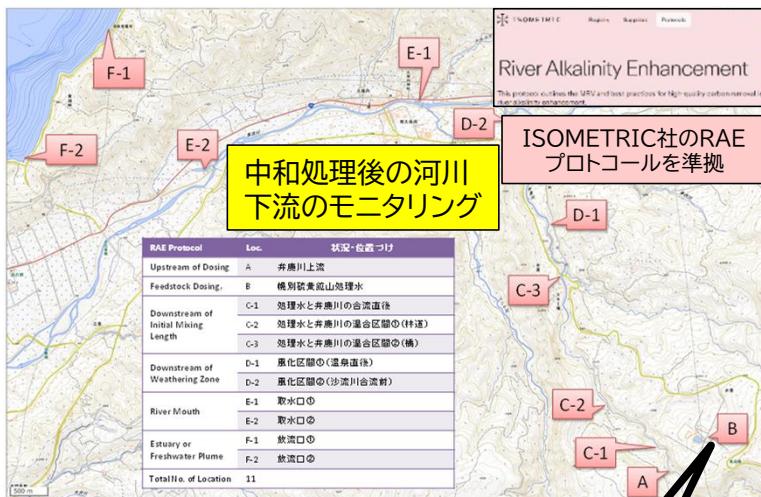


②気固接触ハウスのコストダウン検討→目標コスト達成



成果:石灰を用いた酸性鉱山廃水の中和処理施設の下流で無機炭酸濃度(DIC)の増加を確認し、CDR量を算出しました。

①中和処理施設の下流でモニタリング → RAEのMRVを試行



2段階中和法

坑廃水 $4 \text{ m}^3/\text{min}$
 pH 1.8
 Fe 350 mg/L
 As 10 mg/L
 SO_4^{2-} 2500 mg/L

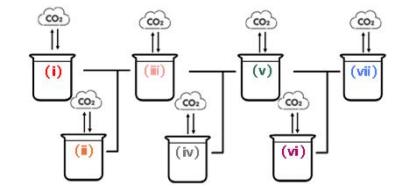
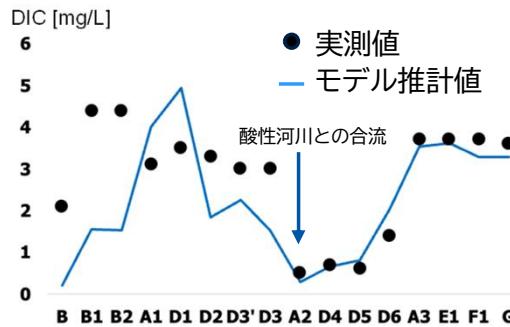
石灰石
 (CaCO_3)

pH 5.5

消石灰
 $(\text{Ca(OH})_2)$

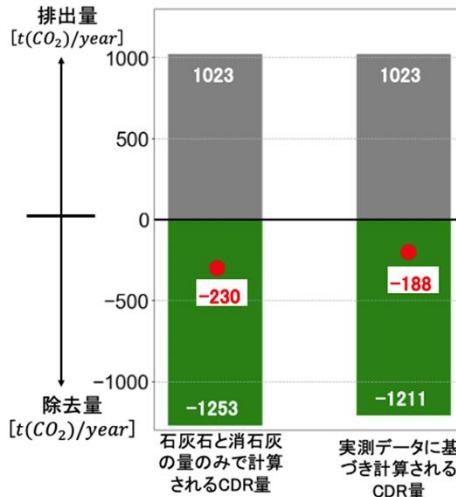
放流水
 pH 7.5
 As <0.01mg/L
 Ca 675 mg/L

②風化促進(石灰)によりDICの増加 → CDRの証拠



風化促進(中和処理)で河川のアルカリ度上昇=CDでDIC増加
 混合モデルで実測値を表現可能

③年間のCDR量を算出 → 正味CDR量を確保



投入石灰の溶解量によるCDR量
 ≈モニタリングデータによるCDR量

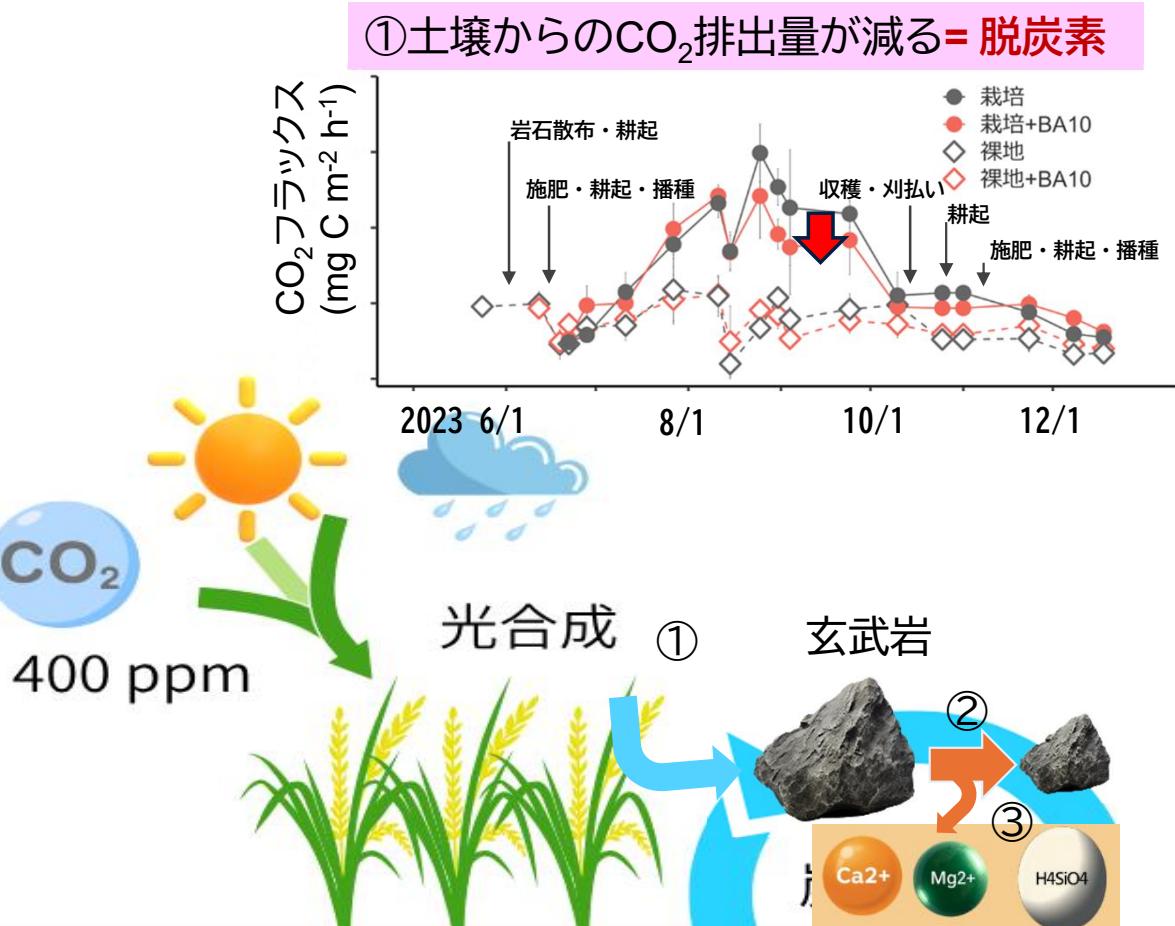


石灰の溶解 ⇒ 中和処理で一旦は
 CO_2 排出 ⇒ 河川下流までに正味
 のCDR量を確保

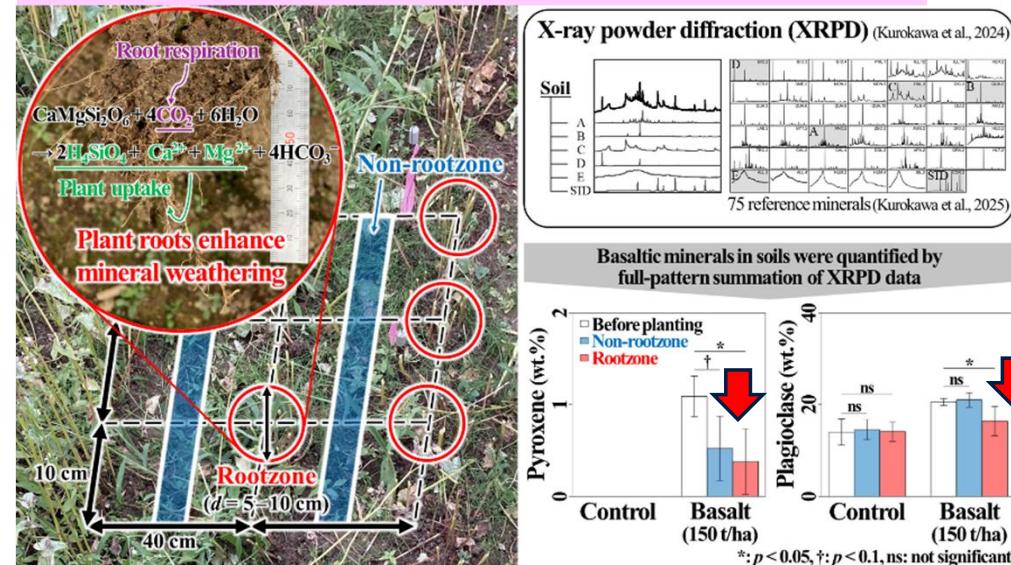


CO_2 無排出の玄武岩との組み合
 わせで、正味CDR量の増加とコス
 トの削減が可能

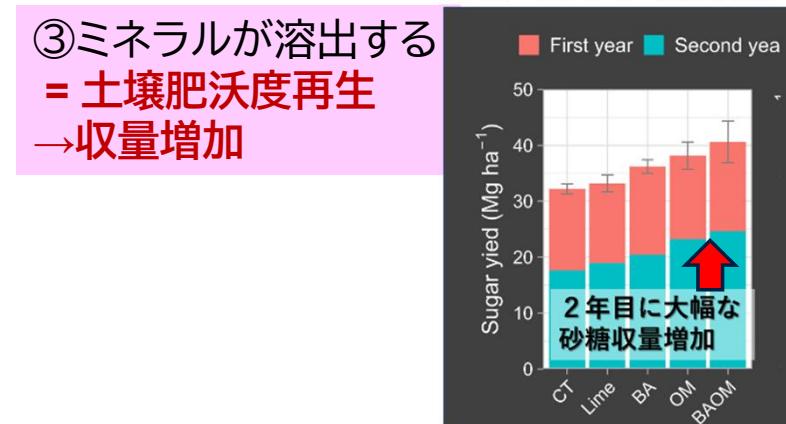
成果:玄武岩散布農地での①脱炭素・②風化促進・③肥沃度再生を検出する技術について開発＆精度向上を果たしました。



②土壤中で玄武岩が溶けて減る= 風化促進



**③ミネラルが溶出する= 土壤肥沃度再生
→収量増加**



成果: 風化促進の正味CO₂固定量や費用・利益を評価するLCA/TEAツールを開発しました。またミッションイノベーションやARPA-Eとの連携を通じて評価手法の国際統一化を目指しています。

LCA/TEAツールの特徴

- ①気固接触ハウス、農地散布、休廃止鉱山からの排水中和、の3タイプの風化促進における評価が可能です。
- ②風化促進を社会実装する際の最適な規模、粉碎粒径、場所などを設計するのに応用できます。
- ③エクセルで作成されているため、汎用性が高く、専門的な知識がなくても操作ができます。

