

炭素固定の為の玄武岩施用をした直後の土壌からの二酸化炭素放出速度推定
 CO₂ release from the soil immediately after basaltic rock powder amendment
 for carbon capture

○山崎琢平¹, 安富悠佑¹, 濱本昌一郎², 西村拓¹

○Takuhei Yamasaki, Yusuke Yasutomi, Shoichiro Hamamoto, Taku Nishimura

1. はじめに

近年地球温暖化の緩和策として大気中のCO₂濃度を下げる技術の開発が進められており, その一つに岩石促進風化法がある. これは玄武岩等に含まれるケイ酸塩鉱物がCO₂と反応して重炭酸塩を生成する反応に基づき, 玄武岩を粉砕して地表に散布することで, 農地等で反応を速やかに起こし, 大気からCO₂を除去する手法である^[1]. 玄武岩を散布した際の炭素固定量の推定や, 農地散布による作物栽培, 土壌理化学性への影響等に関する研究が盛んに行われている.

玄武岩を農地に施用した際に生じる土壌理化学性の変化に土壌pHの上昇がある. ここで, 農地においては低pHの改善のために石灰が散布されるが, 石灰散布を行うと土壌から呼吸由来のCO₂放出が短期的に増加することが報告されている^[2]. 玄武岩施用においても同様のCO₂放出がある可能性があり, その量によっては炭素固定効果を算定する上で重要である. 今回, 玄武岩を施用した土壌カラム実験において短期的なCO₂放出が確認されたため, 土壌のCO₂濃度変化に基づいて放出速度の推定を行った結果を報告する.

2. 実験方法

土壌は沖縄県石垣島で採取した島尻マーゴジ土壌を用い, 目開き8mmの篩に通してから実験に供試した. 初期含水比は9%程度であ

る. 玄武岩はソブエクレ社製で, 100µm以下に粉砕したものを用いた.

実験カラムは内径15cm, 高さ26cmで, 下端は給排水の為に目開き5µmのメッシュフィルターに接し, カラム上端は大気に開放されている. 土壌カラム側面にCO₂センサーを設置し, 地表面から9, 15cm深のCO₂濃度を測定した. 玄武岩の混合率は乾土質量比で5, 10%とし, カラム充填の直前に土壌に混合し, 乾燥密度をそれぞれ1.43, 1.46gcm⁻³で充填した. 充填後にCO₂濃度の測定を開始し, カラム下端から圧力-20cmH₂Oで給水を行った. ただし, 不飽和透水係数が小さいためか給水はほとんど進まなかった.

3. 計算条件

カラム土壌内CO₂濃度の計算は1次元拡散方程式を用いて行った. ソース項は1次の速度式を借用した.

$$a \frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + [(S_0 - S_f) \exp(-\beta t) + S_0]$$

土壌の気相率 a は全層一定とし, 初期含水比と乾燥密度から計算した(表1). 境界条件はカラム下端がゼロフラックス, 上端が大気CO₂濃度(0.04%)固定とし, 初期CO₂濃度は測定開始時の実測値に基づき, 滑らかな関数で当てはめた.CO₂濃度の時間変化を再現するように拡散係数 D , ソース項の初期・最終放出速度 S_0 , S_f 及び減衰定数 β を推定した.

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科, Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

² 北海道大学大学院農学研究院, Graduate School of Agriculture, Hokkaido University

キーワード: 岩石促進風化, 玄武岩, 土壌呼吸

4. 結果と考察

図1と2に玄武岩混合率5%, 10%実験におけるCO₂濃度モニタリング開始後の実測値及び計算値を示す。土壌カラム内部のCO₂濃度は測定開始1-2時間後にピークを迎えその後減少した。CO₂放出が初期に高く徐々に減少したことがわかる。また、玄武岩施用量が多いほどCO₂濃度が高くなった。計算値は、施用量5%については実測値を十分再現した。10%については定性的には一致したが、土壌の浅い部分においてCO₂濃度を過小評価した。

表1に推定されたパラメータを示す。相対ガス拡散係数は気相率が小さい10%条件で低くなった。初期放出速度は10%条件で大きくなったが、最終放出速度と減衰定数は概ね同程度であった。今回の実験では玄武岩の混合は短期的な放出にのみ影響していた。

本実験においては玄武岩混合からCO₂濃度の測定開始まで概ね4時間かかっている。今回用いたソース項を4時間前まで外挿し、玄武岩の混合直後からの積算のCO₂放出量を推定すると、5%, 10%条件でそれぞれ最終放出速度による放出の90, 64日分に相当すると予測された。施用量と日数の大小が逆転したが、これは外挿により5%条件の初期値が大きくなったためである。この放出量は、外挿による過大評価があるにせよ玄武岩施用に伴う炭素固定量を考える上で無視できない。そのため、今後インキュベーション試験等を行って短期的な放出速度を実測し、影響の大きさについて明らかにするとともに、今回の推定値と比較する予定である。

謝辞 本研究はムーンショット型研究開発事業「岩石と場の特性を活用した風化促進技術“A-ERW”の開発」の助成を受けて行った。ここに謝意を表す。

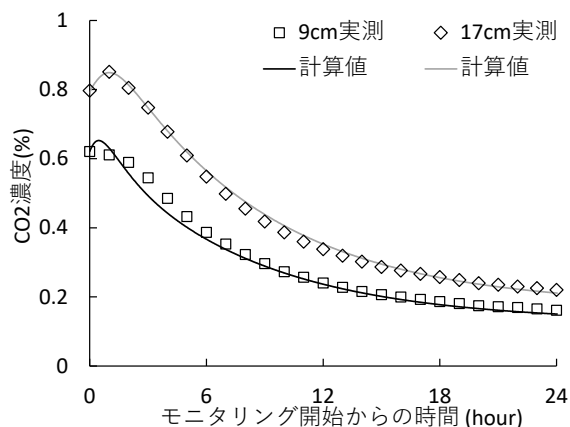


図1 CO₂ concentration in the soil with 5%-weight basaltic powder

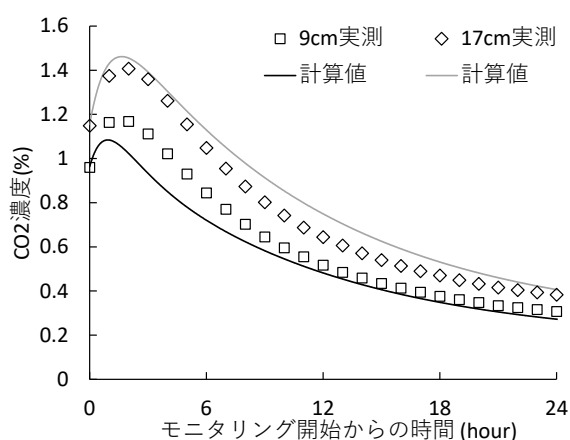


図2 CO₂ concentration in the soil with 10%-weight basaltic powder

表1 model parameters

	玄武岩 5%	10%
気相率	0.334	0.323
相対ガス拡散係数	0.021	0.014
初期放出速度 S_0 (mgC kg ⁻¹ h ⁻¹)	0.403	0.568
最終放出速度 S_f (mgC kg ⁻¹ h ⁻¹)	0.019	0.018
減衰定数 β (h ⁻¹)	1.22	0.97
短期放出項の 半減期 (h)	0.57	0.71

参考文献

- [1] Beerling *et al.* 2020. *Nature* **583** 242-248
 [2] Wilfred *et al.* 2011. *Open J. of Soil Sci.* **1**. 49-53