

岩石風化促進法による炭素固定量推定の為の3つの手法の比較定 Comparison of three estimations of carbon fixation by enhanced weathering

○山崎琢平¹, 斎藤泰地², 西村拓¹

○Takuhei Yamasaki, Taichi Saito, Taku Nishimura

1. はじめに

近年地球温暖化の緩和策として研究が進められている大気中のCO₂濃度を下げる技術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]。

炭素固定量の推定法の確立は手法を適用した際の炭素収支の算出や炭素クレジットの算定に必須である。多くの研究ではケイ酸塩鉱物の溶解に伴って放出されるCa、Mg等の陽イオンの増加量によって評価している。陽イオン測定は精度が高いが、この手法ではCO₂固定を伴わない溶解によって放出された陽イオンを含むほか、土壌への吸着による影響を受ける。土壌圏からの炭素流出量を測定すればより直接的に炭素固定量を評価できるが、溶存無機炭素は輸送中に脱ガスするため、正確な測定が難しく適用例が少ない。別の観点で、玄武岩風化量自体を粉末XRD解析を用いて得る手法も確立されてきているが^[2]、異なる手法間の相互比較は実査されておらず、測定法確立の上で評価しておくことが重要である。本報では、カラム実験によって陽イオン・重炭酸イオン・鉱物減少量の観点から炭素固定量の評価を行った結果について報告する。

2. 実験方法

土壌は沖縄県石垣島で採取した国頭マージ土壌を用い、目開き2 mmの篩に通してから実験に供試した。玄武岩はソブエクレ社製で、100 μm以下に粉砕したものを用いた。

カラムは内径15 cm、高さ26 cmで、下端は目開き5 μm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。土壌の充填は2通りとし、カラム1は乾土質量比10%の玄武岩を混合した土壌を25 cm充填した。カラム2は下部15 cmは土壌のみ、上部10 cmは25%玄武岩を混合して充填した。両カラムに加えた玄武岩量は等しい。

土壌を充填後表面から純水を5 mm h⁻¹の強度で毎日3時間与えた。土壌中のCO₂濃度と水分量をCO₂センサー(Vaisala社製)と水分計(Meter社製)で測定した。下端からの排水を数日おきに採取してpH・ECを卓上pH・EC計で、無機炭素をTOC計、主要イオンをイオンクロマトグラフィーまたはICP-MSで測定した。実験終了後に土壌を深さ毎に採取して炉乾し、内部標準のコランダムを加えて粉砕後、X線回折装置でスペクトルを得た。鉱物定量は統計ソフトRのpowdR^[2]で行った。

炭素固定量の算出についてイオン分析による方法は陽イオン・陰イオンの差し引きを重炭酸イオンとみなして計算して求めた。重炭酸イオンは溶脱した重炭酸イオン量から直接計量した。鉱物風化量は実験前後の言風化性鉱物量の差から求めた。

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 東京大学農学部, Faculty of Agriculture, The University of Tokyo

キーワード: 岩石促進風化, 炭素固定, カラム実験

3. 結果と考察

流出水 EC はカラム 1・2 共に 5 日目にピークを持つが、カラム 2 では 2 つ目のピークが表れた (Fig. 1). 流出水中の陽イオンは常に大半が Na^+ であったが、陰イオンは 10 日目までは Cl^- 、以降は SO_4^{2-} イオンが主体であった (Fig. 2). Cl^- のピークが 1 pore volume (5.5 日) 前後に見られることから土壤に含まれていた水溶性イオンの流出, SO_4^{2-} は表層施用のカラム 2 で流出遅れがあることから玄武岩の反応由来と考えられる.

流出水中の重炭酸イオン濃度に大きな差はなく時間変動も小さかった. また, 両実験ともに他の陰イオンの 1/10 程度の濃度であり, 炭素固定量増加の為に CO_2 分圧を実験中の値である 0.1% よりも高める必要がある.

XRD の分析結果からは玄武岩には易風化鉱物として斜長石が 63% 程度含まれていた. 実験中にカラム 1 で投入量の 40%, 2 で 29% 程度減少した. ただし, 測定のばらつきも大きく精度は高くない.

Tab. 1 に各手法で求めた炭素固定量を示す. イオン分析に基づく方法では陽イオン < 陰イオンとなり固定量が求められなかった. CO_2 分圧が低い土壤では陽イオンから流出量を求めることは難しい. 既往の報告 (陽イオン量から推定) に対して, 重炭酸イオンからの推定値は 1 桁程度小さい. 一方, 鉱物風化量から計算すると他報告よりも高かった. 鉱物風化量は最大源炭素を吸収した場合であり, 反応時の他の酸の影響のほか土壤中の輸送・吸着によって特に散布初期には実際の炭素固定量が低下すると考えられる.

謝辞: 本研究は、NEDO ムーンショット事業 (A-ERW, JPNP 18016) ならびに科研費 (24K01867) によって実施されました.

参考文献 [1] Beerling et al. (2020)
<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2448-9>
 [2] Kurokawa et al. (2024)
<https://doi.org/10.1002/saj2.20757>

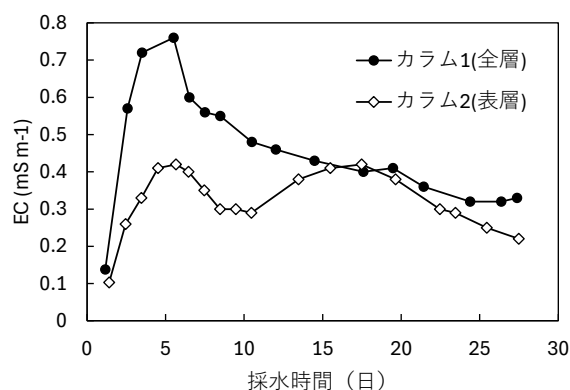


Fig. 1 EC in effluent

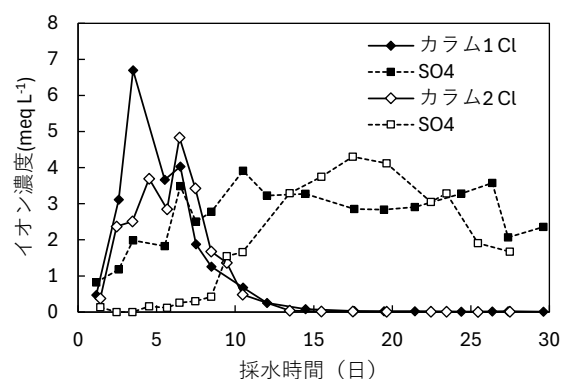


Fig. 2 anions in effluent

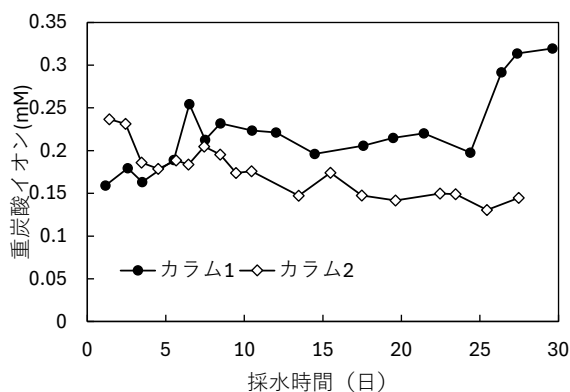


Fig. 3 Bicarbonate in effluent

Tab. 1 Carbon fixation estimated in different ways ($\text{tCO}_2 \text{ ha}^{-1} \text{ month}^{-1}$)

	カラム 1	カラム 2
イオン収支	—	—
重炭酸	0.045	0.035
鉱物風化量	14.2	10.1