

施肥による硝酸イオン供給が鉱物風化促進法における炭素固定に及ぼす影響 Effect of nitrate from fertilization on the carbon fixation by enhanced rock weathering

山崎琢平¹・濱本昌一郎²・西村拓¹

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科・² 北海道大学大学院農学研究院

要旨(Abstract)

地球温暖化緩和策として鉱物風化促進法が注目されている。本研究は、施肥によって畑地に生じる硝酸が鉱物の風化速度と炭素固定量に与える影響を数値計算で評価した。その結果、現実にはありうる硝酸濃度で炭素固定量が低下した。施肥の場合でも傾向は同様に炭素固定量が減少し、溶解した鉱物の一部が硝酸・硫酸イオンを対として流出することが示された。

キーワード：鉱物風化促進、CO₂ 固定、施肥、数値解析

Key words: Enhanced rock weathering, Carbon fixation, Fertilization, Numerical modeling

1. はじめに

地球温暖化緩和策の一つとして鉱物風化促進法に注目されている。これはケイ酸塩鉱物とCO₂が重炭酸塩を生成する反応に基づき、易風化鉱物を多く含む玄武岩を粉砕して表面積を増やし、農地に散布することで、地表で反応を促進し海洋へCO₂を固定する技術である。

ケイ酸塩鉱物の溶解時にはプロトンを消費するため、酸性環境下で溶解速度が上昇する。ただし、土壤中に存在する炭酸以外の酸が鉱物を溶解させると、重炭酸イオン以外の陰イオンが対イオンとなって流出するため、炭素固定量が低下することが懸念される。畑地においては化学肥料として硫酸等を施肥するが、好気環境下でアンモニウムイオンは硝酸イオンに変化し、その際にプロトンを放出する。従って、施肥を行うと鉱物風化の一部が肥料によって起こり、鉱物投入量当たりの炭素固定量が減少するため、どの程度の影響があるのかを事前に評価することが重要である。そこで、本研究は施肥を行った畑地を想定し、鉱物風化量や重炭酸イオンの流出量を数値計算で求め、施肥が鉱物風化促進法における炭素固定量に与える影響を検討した。

2. 解析方法

数値計算は土壤の水・物質移動計算コードHYDRUS-1Dと地球化学計算コードPhreeqCを連成したHP1を用いて行った。土層は1m、土壤は均一でHYDRUSの”Loam”を適用した。表層は大気境界条件(つくば市の実測値)で降雨と蒸発を計算し、下端は自由排水とした。計算は500日で行った(1月1日開始)。

土壤には表層20cmまで橄欖石(Forsterite)を1t ha⁻¹施用した。土壤中のCO₂濃度は0-90cm深さは1%とした。90-100cmのCO₂濃度は0.03%に設定したが、これは高CO₂濃度で平衡した地下水が大気に触れて脱ガスする過程を再現するためである。一方、O₂濃度は全層で20%とした。

土壤に加えられた硝酸イオンの影響を評価するため、降水中に一定濃度の硝酸を加えて供給し、橄欖石の溶解と、重炭酸イオンの溶脱量(固定量)を計算した。

施肥の影響評価は硫酸の施用で検証した。リニア型100日タイプの肥料を想定し、施用量500kg ha⁻¹、0-20cm深に施用した。肥効率は50%とし、溶解した肥料の半分が土壤水に放出され、アンモニウムイオンは即座に硝化される。

3. 結果と考察

降水中に硝酸イオンが存在する場合、橄欖石の溶解速度は硝酸濃度が $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ を超えると顕著に大きくなった (図 1). 硝酸からのプロトン供給によって土壌 pH が低下し、溶解速度定数が増加したためである. 一方、重炭酸イオンの流出量は硝酸濃度 $10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ 以上で減少した (図 2). 農地の硝酸態窒素は 100 mg L^{-1} (概ね $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$) 程度の報告もあり、現実によりうる硝酸イオン濃度でも炭素固定量が低下することが示唆された.

施肥を行った計算でも、橄欖石の溶解が促進された (図 1). 肥料の溶出が起こっていた 200 日程度までの硝酸濃度は $10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ オーダーであり、降水に硝酸加えた計算と同程度の溶解促進効果が確認できた.

施肥を行うと重炭酸イオン流出量は大きく低下した (図 3). 施肥無しでは鉍物溶解由来の陽イオン(Mg)と重炭酸イオンの電荷当量濃度がほぼ釣り合ったが、施肥有りでは大きく乖離した. このとき、重炭酸・硝酸・硫酸イオンの当量濃度の総和が Mg イオンとほぼ釣り合っており、硝酸・硫酸イオンの寄与は等しかった (図 4). 施肥が行われる環境では、陽イオン流出量から炭素固定量を推定するためには施肥の寄与分の補正が必要であると示唆された.

4. まとめ

施肥によって生じた硝酸が鉍物風化促進による炭素固定量に与える影響を検討した. 現実に存在する硝酸濃度で炭素固定量が低下した. また、硫安の施用時には肥料由来の硝酸・硫酸イオンによって炭素固定が抑制されることが示された. 栽培管理や土壌水組成に基づいた炭素固定量補正への利用が期待できる.

謝辞

本研究はムーンショット型研究開発事業 A-ERW の開発の助成を受けて行われた.

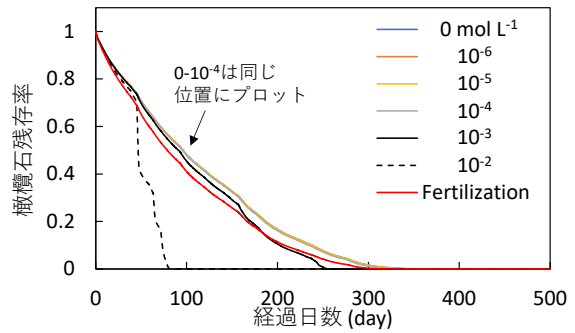


図 1 降水中の硝酸イオン濃度・施肥時の橄欖石残存率の経時変化

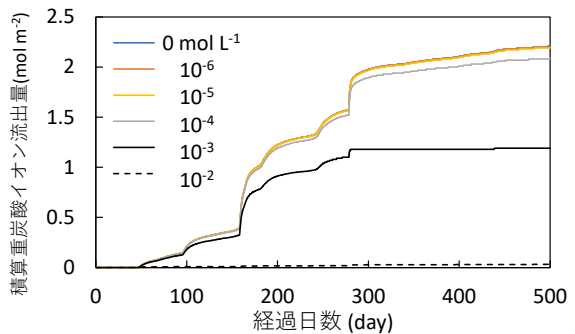


図 2 硝酸添加時の積算重炭酸イオン流出量

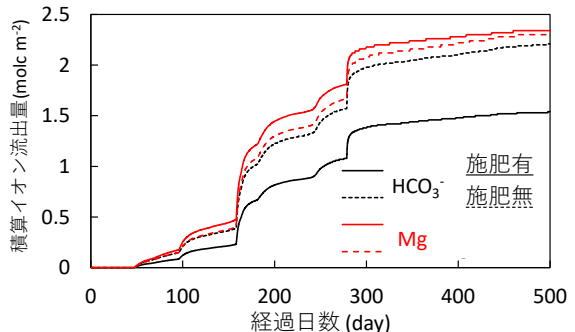


図 3 施肥時の積算イオン流出量

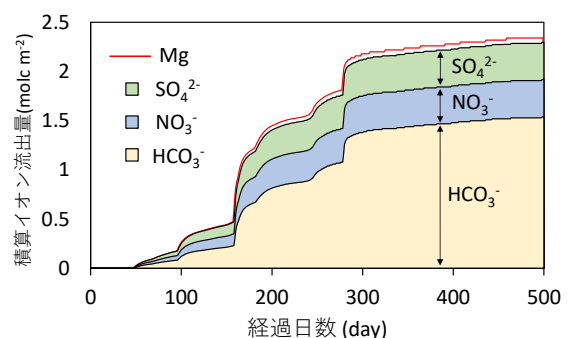


図 4 施肥時の積算イオン流出量と陰イオンの内訳