



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Effects of basalt application on soil physical properties and CO ₂ dynamics in agricultural soils
Author(s)	朱, 顔
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。利用可能日以前の閲覧方法は https://www.lib.hokudai.ac.jp/dissertations/copy-guides/ をご参照ください。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第16776号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16776
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99621
Type	doctoral thesis
File Information	ZHU_Yan_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（農学） 氏 名 朱 顔

審査担当者	主査	教授	濱本 昌一郎
	副査	教授	当真 要
	副査	教授	信濃 卓郎
	副査	助教	辰野 宇大
	副査	講師	柏木 淳一（国際食資源学院）

学位論文題名

Effects of basalt application on soil physical properties and CO₂ dynamics in agricultural soils

（玄武岩施用が農地土壌の土壌物理性および CO₂ 動態に及ぼす影響）

本論文は英文 177 頁、図 38、表 14、7 章からなり、参考論文 1 編が付されている。近年、農地土壌における岩石風化促進（Enhanced Rock Weathering : ERW）技術が大気中 CO₂ を固定する手法として注目を集めている。しかし、これまでの研究は主として岩石風化に伴う地球化学的反応や CO₂ 固定能に焦点が当てられており、粉碎玄武岩施用によって生じる土壌物理性の変化、土壌内における水・熱・ガス移動特性、さらには土壌呼吸を含む CO₂ 動態への影響については十分に検討されてこなかった。

本研究は、このような背景のもと、農地土壌への粉碎玄武岩施用が土壌物理性および CO₂ を含む物質（水・ガス・熱）動態に及ぼす影響を、培養実験、長期圃場観測、ならびに数値モデル解析を組み合わせることを目的として実施されたものである。

1) 玄武岩施用が土壌 CO₂呼吸および溶存有機炭素動態に及ぼす影響

灰色低地土および赤黄色土を用いた 90 日間の培養実験を行い、玄武岩施用が土壌 CO₂ 放出、溶存有機炭素（DOC）分画および土壌 pH に及ぼす短期的影響を検討した。その結果、両土壌において、交換性 Mg の増加から玄武岩の溶解が確認され、CO₂ 消費を伴う風化反応が進行していることが確認された。一方で、玄武岩施用区では培養初期に CO₂ 放出量の一過的な増加が認められ、これは土壌 pH 上昇に伴う水抽出性 DOC の増加と微生物活性の促進に起因することが示唆された。また、この玄武岩施用による短期的な CO₂ 生成促進は土壌タイプに依存することが明らかとなった。

2) 玄武岩施用が土壌物理性および CO₂ 動態に及ぼす影響

北海道大学構内の灰色低地土圃場において玄武岩を表層施用した試験区と対照区を設け、2 年間にわたり土壌 CO₂濃度、土壌水分、地温および土壌物理性を連続

的に観測した。玄武岩施用により、表層土壌では乾燥密度の増加および全間隙率の低下が認められ、土壌の保水性向上を明らかにした。一方、飽和透水係数やガス拡散係数などの物質輸送係数への影響は限定的であった。また 2023 年には、玄武岩施用区において土壌 CO_2 濃度および CO_2 フラックスが対照区よりも高く、同一土壌深度における累積 CO_2 生成量も対照区を上回った。特に、降雨イベント後では玄武岩施用区で高 CO_2 濃度を示したことから、湿潤条件下でのガス移動の物理的制約と、pH 上昇に伴う微生物活性の促進が示唆された。一方、2024 年には処理区間の差は小さくなった。

3) 反応輸送モデルによる玄武岩施用下の CO_2 動態解析

土壌中の水・熱・ガス移動に CO_2 生成および鉱物風化反応を組み込んだ一次元反応輸送モデルを構築した。構築したモデルを用いて玄武岩施用に伴う土壌の締固め効果と鉱物風化反応が土壌内の CO_2 動態に与える影響を解析した。その結果、締固め効果のみを考慮した場合には、気相率の低下により降雨後の土壌中 CO_2 濃度が上昇する一方で、累積 CO_2 放出量への影響は小さいことを示した。加えて、鉱物風化反応を考慮した場合、鉱物溶解による土壌 pH の上昇、土壌中 CO_2 濃度の低下、溶存無機炭素 (DIC) 濃度の増加を示した。また高含水条件下では、土壌 CO_2 保持が促進されることで風化速度が増加し、特に粘土質土壌においてその傾向が顕著であることを明らかにした。以上の結果から、玄武岩施用による CO_2 動態は、土壌水分条件およびガス移動の物理的制約に起因する CO_2 濃度変化と、鉱物風化反応に伴う CO_2 消費の両者と密接に関連していることが示された。

以上の結果から、本研究は、玄武岩施用が農地土壌の CO_2 動態に及ぼす影響を、土壌物理性、土壌呼吸および鉱物風化反応の相互作用として体系的に解明した点において高く評価できる。ERW 技術の農地土壌適用に対して重要な学術的知見を提供するものである。

よって審査員一同は、Zhu Yan が博士（農学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認めた。