



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Impact of basalt application on soil chemical properties and plant response, and enhanced rock weathering by plant [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	内林, 大志
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	甲第16265号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/94988
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	UCHIBAYASHI_Hiroshi_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称： 博 士（農学）

氏名 内林 大志

学 位 論 文 題 名

Impact of basalt application on soil chemical properties and plant response,
and enhanced rock weathering by plant
(玄武岩の施与が土壌の化学性と植物の生育に与える影響および
植物による岩石風化促進の可能性)

気候変動は喫緊の課題であり、人為起源の二酸化炭素（CO₂）の増加が主要な原因だと考えられている。2015 年のパリ協定では、不可逆的な気候変動を避けるために、気温の上昇を産業革命以前の平均気温から 2℃以内におさめることを目標としているが、この目標を達成するためには化石燃料の使用を抑えるだけではなく、大気中の CO₂ を積極的に隔離する技術の開発が必要である。その技術の一つとして、地球化学的な無機炭素循環に基づいた岩石風化促進技術（Enhanced Rock Weathering: ERW）に注目が集まっている。

岩石中に含まれるケイ酸塩鉱物の化学的な風化反応は地質学的な時間の中で大気中の CO₂ の吸収に貢献してきた。一般的に CO₂ が水に溶けることで水素イオンと重炭酸イオンに解離し、ケイ酸塩鉱物がこの水素イオンと中和反応することで、ケイ酸塩鉱物からカルシウム(Ca)やマグネシウム(Mg)が放出される。これらが重炭酸イオンと結合し地下水や河川を通じて海洋まで運ばれると、海洋における無機炭素循環に組み込まれることで大気中の CO₂ を海洋に隔離する。ERW は人為的に岩石を粉砕し風化反応を起きやすくすることで CO₂ を隔離する技術である。また植物は養分を吸収する過程で土壌中の鉱物の風化を促進するため、ERW の農地への展開が期待される。加えて、岩石は風化の過程で植物の必須元素である Ca や Mg、有用元素であるケイ素（Si）やナトリウム（Na）を土壌に供給し、さらに土壌 pH を高めることができるため、土壌の肥沃度を向上させるコベネフィットも期待できる。本研究では、風化が速く日本に豊富に存在する玄武岩を用いて、玄武岩施与がイネとダイズの生育に及ぼす影響、およびイネとダイズの生育が玄武岩の風化速度に及ぼす影響を調査し、その作物種間差を検討した。

玄武岩施与がイネの生育に及ぼす影響

イネは Si を高度に集積する植物であり、Si の生育への有用性が知られている。一方で、イネは Na を吸収しやすく、Na の過剰害が発生しやすい植物でもある。イネは世界の主要作物の一つであるが、これまで玄武岩の施与がイネの生育に与える影響は調査されていなかった。本研究では 1/2000a ワグネルポットを用いて、湛水条件でイネ（ななつぼし）の栽培試験を行った。粒径 250 μm 以下に調整した玄武岩を、土壌（灰色低地土）に均一に混合し、施与量を 6 段階（0,5,10,20,50,100 t ha⁻¹）設けて、99 日間ビニールハウス内で栽培した。玄武岩の施与により土壌の可給態 Si 量、交換態 Mg、Na 量は増加し、イネの Si 吸収量、Na 吸収量も増加した。土壌の可給態 Si 量はイネの Si 吸収量および乾物重と正の相関を示したことから、玄武岩の施与により土壌およびイネに Si が供給され、乾物重の増加につながったと考えられた。また、栽培前後の土壌および植物の含む元素量の差分をもとに玄武岩から供給された元素量を算出した結果、Si、Mg、Na が玄武岩の施与量に伴って増加していたことから、栽培期間中に玄武岩が風化しこれらの元素を放出していた可能性が示唆された。一方で土壌の交換態 Na 量もイネの Na 吸収量と正の相関を示したが、乾物重とは相関がみられなかったことから、Na の過剰害は認められなかった。

玄武岩施与がダイズの生育に及ぼす影響

ダイズの生育に適した土壌 pH は 6~6.5 付近とされている。これまで玄武岩の施与によってダイズの収量が増加したという報告はあるが、土壌 pH の上昇による影響か玄武岩からの養分供給に

よる影響かを調べた研究は限られている。またダイズの栽培の有無が土壤に施与された玄武岩の風化速度に与える影響は調べられていなかった。本研究では 1/5000a ワグネルポットを用いて、ダイズ（ユキホマレ）の栽培試験を行った。粒径 100 μm 以下に調整した玄武岩を、土壤（灰色低地土）に均一に混合し、施与量を 4 段階（0,75,150,300 t ha^{-1} ）設け、さらに栽植区と非栽植区を設けて 118 日間ビニールハウス内で栽培した。また施与した玄武岩の pH 上昇幅に合わせた石灰（炭酸カルシウム）の施与処理（0.75,1.5,3 t ha^{-1} ）も設け、同様に栽培した。玄武岩および石灰の施与により土壤の pH と交換態 Ca 量が増加したが、玄武岩の施与においてのみ交換態 Mg、Na 量の増加がみられた。ダイズの乾物重は玄武岩 150、300 t ha^{-1} の試験区においてのみ無施与区よりも有意に増加した。玄武岩区と石灰区を合わせた相関分析では土壤の交換態 Mg 量とダイズの乾物重に有意な正の相関がみられ、土壤の pH には有意な相関がみられなかったことから、交換態 Mg 量の増加がダイズの生育を促進していたと考えられた。栽培前後の土壤および植物の含む元素量の差分をもとに玄武岩から供給された元素量を算出した結果、Mg が玄武岩の施与量に伴って栽植区および非栽植区で増加していた。300 t ha^{-1} を施与した時の Mg の放出速度は栽植区（3.8 $\text{mmol m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ）で非栽植区（3.0 $\text{mmol m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ）よりも高かったことからダイズの生育が玄武岩の風化を促進したことが確かめられた。またイネの栽培試験結果と比較するとイネの方が Mg の放出速度が速く（100 t ha^{-1} で 6.5 $\text{mmol m}^{-2} \text{day}^{-1}$ ）、水稻栽培が畑地でのダイズ栽培よりも玄武岩の風化を促進することが示唆された。

圃場での玄武岩施与がダイズの生育に及ぼす影響

圃場での玄武岩施与試験はこれまでにいくつか報告があるが、いずれも熱帯、温帯など温暖な地域における効果を調べており、亜寒帯地域での玄武岩の施与効果を圃場レベルで調べた研究はまだなかった。本研究では亜寒帯地域に属する北海道大学構内の研究圃場で玄武岩の施与を行い、ダイズ（ユキホマレ）の栽培試験を行った。粒径 100 μm 以下に調整した玄武岩を、圃場（灰色低地土）に均一に施与し、玄武岩の施与量を 4 段階（0,75,150,300 t ha^{-1} ）と石灰（炭酸カルシウム）を施与した区（1.5 t ha^{-1} ）を設け、さらに栽植区と非栽植区を設けた。すべての試験区で玄武岩施与直後と成熟期(R8)に土壤および植物を採取し、無施与区、玄武岩 150 t ha^{-1} 区、石灰区は開花期(R2)、子実肥大期(R6)にも土壤および植物を採取した。玄武岩の施与は土壤の pH、交換態 Mg、Na 濃度を有意に増加させた。またダイズの莢数は玄武岩の施与により増加する傾向がみられ、土壤の pH と有意な正の相関を示した。さらにダイズの R2 における地上部窒素濃度は R2 の土壤 pH と正の相関を示し、R8 の莢数とも正の相関を示したことから、土壤 pH の増加が生育中期の窒素濃度を高めることで莢数の増加に寄与したことが示唆された。R8 の土壤の易風化性鉱物の量を粉末 X 線回折法により測定した結果、玄武岩に多く含まれるカルシウム型斜長石と輝石の量が玄武岩施与区で無施与区よりも有意に高かった。またカルシウム型斜長石の量は栽植区と非栽植区で有意差がなかったが、輝石の量は栽植区で非栽植区よりも有意に低かった。以上より、ダイズの栽培によって、玄武岩中に含まれていた輝石の風化が促進されていたことが示された。

本研究の成果

本研究は（1）玄武岩の施与が与える影響は作物種間で異なり、イネの場合は Si を供給することで生育を促進し、ダイズの場合は土壤の pH の上昇および交換態 Mg の増加によって生育を促進すること、（2）玄武岩の風化は植物の生育によって促進されること、（3）水稻の栽培が畑地でのダイズの栽培よりも玄武岩の風化促進に適している可能性があること、を明らかにした。これらの知見は ERW の農地展開において作物種の重要性を示すものであり、今後は作付け体系に応じた岩石の風化速度および CO_2 の隔離量の違いを圃場スケールで明らかにすることで ERW の農地への展開を推進することが期待される。