

地球陸域最大の炭素貯蔵庫「土壌」の構造進化に基づく最適土壌環境の解明

研究代表者	岡山大学・環境生命自然科学学域・教授
	森 也寸志（もり やすし） 研究者番号：80252899
研究課題情報	課題番号：24H00057 研究期間：2024年度～2028年度 キーワード：土壌間隙、土壌有機物、炭素固定、温暖化、気候変動

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

土壌は陸域最大の炭素貯蔵庫かつ植物の培地であり、有機質土壌の保全は生態系の安定に必須である。しかし土壌構成因子と土壌有機物の関係は不明な事項が多いまま、温暖化や気候変動の影響で土壌は劣化しつつある。応募者らのこれまでの研究により、団粒や管状孔隙という非常にシンプルな構造の発達が生土壌の保水・下方浸透や有機質化を促し、植物の陸上進出時の土壌の発達のプロセスのひとつと考えられた。また、管状孔隙のブレークスルー的構造は、慣性力に関わって重力に強く影響された下方水浸透を促し、乾燥に耐える保水を可能にしていた。数万のデータ解析では、構造に関わる因子が土壌有機物と関係があることが明らかだった。このとき物理環境の僅かな変化で微生物群集に遷移も見られ、構造が作り出す土壌環境が微生物、植物、そして土壌の有機質化に大きく影響していた。本研究では、土壌構造の生成プロセスに学び、土壌間隙構造の発達から水利用効率を上げて気候変動に耐え、有機質化から炭素固定によって温暖化を軽減する最適土壌環境を解明する。

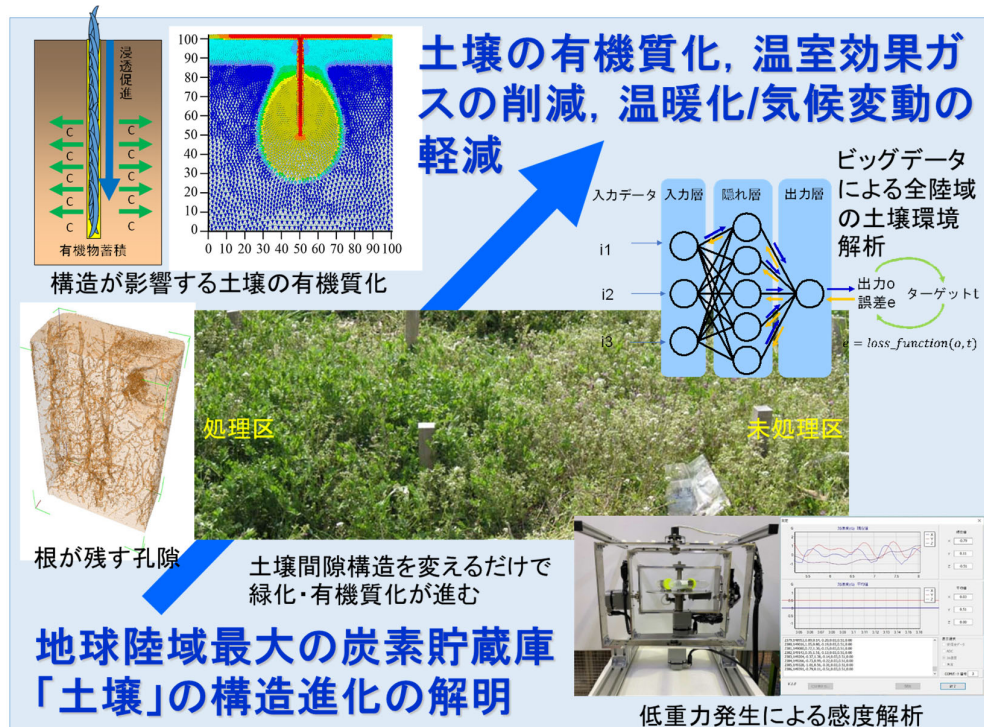


図1 研究全体のイメージ図
中央の写真は左側がマクロポア処理区、右側が未処理区で植物根成孔隙に似せた人工マクロポアを作るだけで、植生が回復し、土壌有機物の増加が見られた。重力を変えて環境変化に敏感な因子を明らかにし、さらにこの解析をビッグデータとして全陸域で行えば、地球陸域における有機物の安定性・脆弱性そして保全のための手段が明らかになる。

●本研究の着想に至った経緯

応募者の環境保全技術の一つのコアである人工マクロポア技術は、透水性が劣悪な環境で下方浸透を促進し、土壌の有機質化と表土流出を軽減するものである。これまで下方浸透促進技術で、土壌有機物の増加、植物バイオマスの増加、表土流出の削減が実現できている。NEXTプログラム(2011-2013)、基盤B(2014-2016)、基盤A(2017-2020)、基盤A(2021-2023)と継続して大きく発展させてきた。表層への有機物供給だけでは目詰まりが起こるはずで、地衣類や維管束植物の陸上進出に併せて、下方浸透が優勢となるブレークスルーポイントがあると考え、今回は主に、土壌構造という視点から有機質土壌の生成の条件に言及することを考えた。

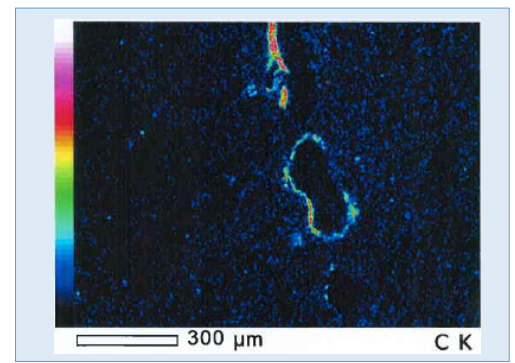


図2 マクロポア周辺に蓄積した炭素（SEM写真）
水浸透により地中に有機物が運ばれている様子が明らか

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●本研究の創造性と期待される成果

本研究の目的は、土壌構造発達の初期のプロセスに焦点をあて、団粒や管状孔隙といった土壌構造の観点から陸域の土壌が有機質化した過程を追い、重力を変えて浸透現象の違いを明確にして土壌の最適構造を求めることである。さらに陸域ビッグデータの解析結果を加え因果関係を明らかにする。そして、気候変動や温暖化、特に人間の行為によって劣化した土壌を最適な姿に戻し、有機質土壌を維持するための根本的な対策を見つけることである。

応募者はこれまでに土壌間隙構造を精査し、水分に依存した流れ領域の変化、マクロポアによるブレークスルー的下方浸透、土壌全体への溶質の均一拡散を明らかにしてきた。人工的にこの構造（人工マクロポア）を劣化土壌に施すと、わずかな構造上の改変にもかかわらず、植生の回復と土壌の有機質化が図られた。さらに、僅かな土壌物理環境の変化で微生物群集の変遷が観察され、徐々に炭素・窒素固定にかかわるプロトバクテリアが観察されるようになった。すなわち、土壌間隙構造の発達と水・物質の下方輸送が、微生物、植生、有機質環境に決定的な役割を果たしていると判断するに至り、ここに研究の大きな独自性がある。

現在の地球陸域の有機物分布は安定・不安定という状態までは記載されておらず、これらが不明なままで、化石燃料の燃焼5.5Gtの20%に相当する1.1Gtの炭素放出が土壌から発生している。ここで土壌を有機質化したプロセスを明らかにする事ができれば、現在の脆弱に見える土壌環境を根本から見直すことができる。さらに重力を変えて実験することで物理特性の感度が明らかになり、陸域に植物が進出する際の有機物を含む土壌が生成したプロセスと最適構造が明確になる。陸域の炭素保全と気候変動を軽減するための指針が得られ非常に大きな福音になる。現在の生化学を中心とした土壌環境の探求に構造・動的側面を加えることで、創造性に富んだ研究になると考えた。

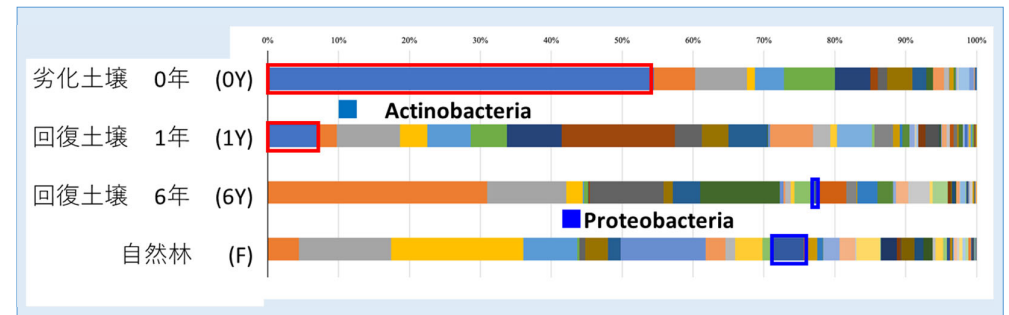


図3 劣化土壌(0Y)から自然林(F)に回復する際の微生物群相の変化