

	研究代表者	国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(北極環境変動総合研究センター)・グループリーダー代理 小林 秀樹（こばやし ひでき）	研究者番号：10392961
	研究課題情報	課題番号：25H00454 キーワード：北方林、永久凍土融解、温暖化、温室効果ガス放出、生物機能	研究期間：2025年度～2029年度

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

地球平均の最大4倍の速さで温暖化が進行している北極域では、近未来の2070年代には、その周辺地域の永久凍土（2年以上にわたり温度が0℃以下の土壌層）がほぼ消滅すると予測されている。永久凍土の融解過程では土壌有機物の分解が進み、二酸化炭素（CO₂）やメタン（CH₄）の放出が加速することが懸念されているが、IPCC第6次評価報告書ではその放出量が温度上昇1℃あたり3～41ペタグラムと幅広く見積もられており、凍土融解の影響予測には極めて高い不確実性がある。そもそも、将来予測モデルの高性能化に必要な実証データがほとんど存在しないことが、本質的な解決を阻む要因となっている。

本研究では、永久凍土融解のホットスポットである北米大陸アラスカの常緑針葉樹を対象に、以下のような学術的な問いを設定して研究を実施する。

- 近未来の温暖化と土壌表層環境の急速な変化に対して、植物や土壌のさまざまな機能（環境の維持や気候の安定化に果たす役割）はどのように**過渡的に変化**していくのか
- 温暖化を加速させる温室効果ガスの放出は、どのような生物機能の**過渡的变化**に対応して起こるのか

本研究の中ではこの生物機能の**過渡応答**を実験的・観測的に理解することが重要と考え中心的なテーマに据えている。

●研究の目的

- 永久凍土の全面融解が生じる北方林の近未来像を下記2点で分析する。
- 北米高緯度の常緑針葉樹（トウヒ林）を主なターゲットとして、凍土融解や土壌温度の上昇に対する生物機能の過渡的な応答を温室効果ガス（二酸化炭素・メタン）放出の観点で、土壌の培養実験と大規模な野外調査で解明する。
- 観測結果をもとに凍土融解が進行中での生物機能の変化をモデル化するとともに、陸面過程（生態系）モデルの検証や高度化の指針を提案する。

- 環境制御下での実験
- 北方林生態系での多地点野外実験
- 生物-環境相互作用過程の新たなモデル提示

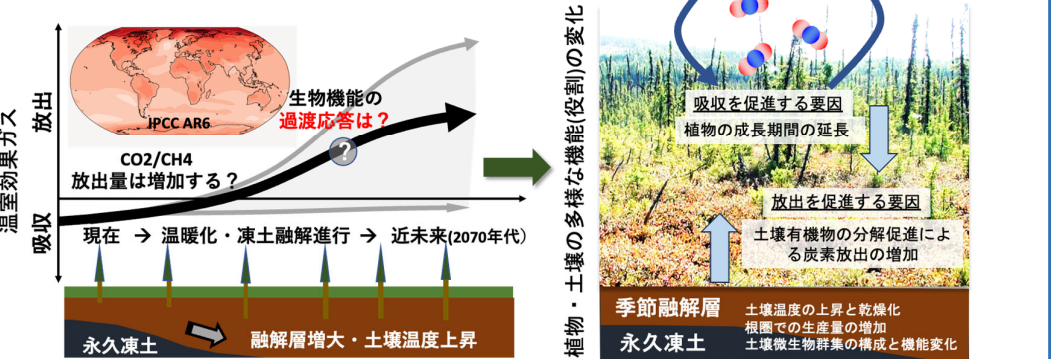


図1. 永久凍土の融解が進行する中の北方林の温室効果ガス放出に影響を与える植物・土壌の多様な機能の変化を実験的に解明する

●学術的独自性

本研究では永久凍土を人工的に融解させる独自の野外実験を北方林で世界に先駆けて実施する。先行して実施した基盤研究A（20H00640）では、地中に埋めたヒーターで永久凍土を融解させて生態系影響を調べる野外実験系を開発し、2023年春より凍土融解実験を開始した。この実験区には、ヒーターにより凍土を融解・昇温させる「昇温区」と融解させない「対照区」が隣接しており、2つの実験の比較により永久凍土融解の影響を分析できる。この実験区では、温室効果ガスの流れ（植物の吸収量や土壌の放出量）を計測するガスチャンバーと呼ばれる装置のほか、根やコケの成長量、林床植物やトウヒ木の調査、植物の季節変化の観察、枯死物の分解量、土壌中の窒素量など様々な生物調査を行う予定である。

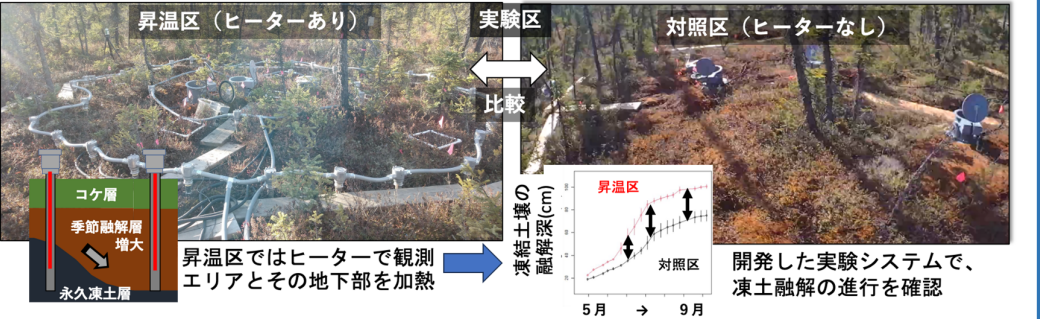


図2 永久凍土融解の野外実験区。昇温区の周囲にヒーターを埋設し、その内部を徐々に温めている。2023年の運用開始後、この実験手法で凍土融解のゆるやかな進行が実現できていることを確認している。

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

内陸アラスカの常緑針葉樹林を対象に、野外実験と室内実験、数値モデル解析を統合し、植物や土壌の機能と温室効果ガスフラックスの過渡的応答を明らかにする。テーマAでは、現地で取得する土壌試料をさまざまな温度・水分条件で室内培養し、CO₂・CH₄ガスの放出量や微生物の組成を分析する。テーマBでは、図2のシステムにおける昇温区と対照区の比較分析で、永久凍土の融解過程における植物や土壌の機能の変化を観察する。また、異なる土壌環境で小規模な凍土融解の追加実験を行う。テーマCでは、北方林の温室効果ガス変化を再現するモデルの計算結果と野外・室内実験の観察の結果を比較することで、生物・環境相互作用過程のより確からしい知見を計算モデルに統合する。

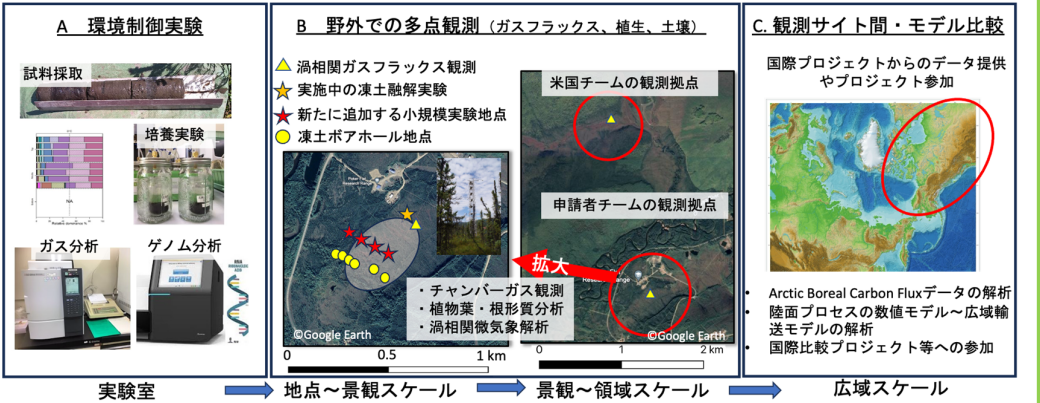


図3 本研究の研究実施概要。A,B,Cの3つのサブテーマで、室内実験や野外実験、そしてさらに広い領域の解析を行って将来予測モデルにとりいれることが可能な普遍性の高い生物-環境相互作用の素過程を提示する