

【2-1605】永久凍土大規模融解による温室効果ガス放出量の現状評価と将来予測（H28～H30）
研究代表者 齊藤 和之（国立研究開発法人海洋研究開発機構）

1. 研究開発目的

本研究では、高含水永久凍土の大規模融解による温室効果ガス放出量の現状評価と将来予測を行うことにより、幾つかの異なる過程・道筋が考えられる温暖化による永久凍土融解の影響についてその理解の裾野を広げ、気候変動の安定化目標に関する議論や、地球温暖化への適応策の検討に貢献することを大きな目標とする。体積の多くを地下水で占めるような永久凍土（高含水永久凍土、エドマ）の融解は、比高 60m にも達する地盤陥没を引き起こす（サーモカルスト現象）。現在進行中のこのような大規模かつ不可逆的な沈下は、地形・土地被覆変化を通して北極陸域の社会や生態系に直接の影響を及ぼす。そのため、永久凍土変化の現状や将来の危険性に関する知見は今後の土地利用や生活適応政策の決定に欠かせない情報である（UNEP）。国内でも報道された 2014 年ロシア・ヤマル半島で出現した永久凍土クレーターは永久凍土中のメタンハイドレートの分解によって生じたと考えられる現象であるが、地球温暖化が永久凍土地域での大規模・不可逆な融解に繋がる転換期を迎えた可能性を示唆する。

前項および上記の背景を踏まえ、本研究では地下水と有機炭素を大量に含む永久凍土が広く分布するアラスカと北東シベリアを対象に、衛星観測と現地調査により永久凍土融解過程の現状を面的に把握する。また、現地で試料を採取し融解前の永久凍土が含有する有機炭素（温室効果ガス）量を分析する。最後に、永久凍土の融解過程と含有有機炭素の分布に関する新たな知見を既存のモデルへ組み込み、将来予測を行う。

2. 研究の進捗状況

（1）進捗状況

全てのサブテーマにおいて、計画に則り順調に進捗している。

サブテーマ 1 では、大規模融解のメカニズムや火災等擾乱との関連性を評価するために、高含水永久凍土が存在するアラスカ・ノーススロープの火災跡地や露頭およびシベリア・レナ川両岸において高精度 GPS システムを用いた永久凍土融解前後の地形測量、観測機器の設置などの現地観測、衛星画像解析を予定通り実施した。衛星画像解析（SAR および光学画像）の予備解析では、火災区と対象区の選別およびサーモカルスト進行速度と空間分布の評価を行い現地観測地を選定した。永久凍土融解プロセスや火災等地表面擾乱と大規模融解の関連性を評価するために、高含水永久凍土が分布するアラスカ・ノーススロープの Anaktuvuk 川火災跡地において火災区と対象区において高精度 GPS システムを用いた微地形の測量を実施し、サーモカルスト沈下の速度を評価した。永久凍土大露頭では、インターバル撮影による側方侵食過程を捉えるため観測機器の設置を行った。

また、脆弱性分布を求めるために、地下水・有機炭素収支の数理モデルを開発し、過去 10 万年の駆動用の気候（気温、降水）データを作成し、主要項目である土壌有機炭素蓄積についてモデル化し、再現性を検証している。一方、21 世紀における大規模融解による温室効果ガス放出予測（時期、分布）をすすめるために放出推定モデルを構築し、公開データを基に予備的評価を行った。

サブテーマ 2 では、アラスカ北部連続的永久凍土帯（Barrow、Anaktuvuk 等のツンドラサイト）で永久凍土試料（地下水および体積土壌）のサンプリングを行ない、以下の分析を完了した：ガス含有量、温室効果ガス濃度（主にメタン）、安定同位体組成の実測、また、エドマ氷体の結晶ファブリックや安定同位体組成。

サブテーマ 3 では、環境研究総合推進費課題（S-10）などにおいて開発された既存のモデルを利用し、課題代表者らが開発に関わった既存の永久凍土動態モデルを、全球陸域統合モデルに導入した。新たなモデルを利用し、様々なシナリオを与えた将来予測実験を行い、地下水量に関わる物理量の評価を行なった。この結果をもとに、サブテーマ 2 で得られた氷中の気泡のメタン濃度の情報を利用し

て、凍土融解によって放出されるメタン量について評価を行なった。さらに、陸域生態系モデルにおいて、凍土融解によって温室効果ガスが発生するプロセスの改良を行なっている。

3. 環境政策への貢献(研究代表者による記述)

IPCC 等で地球の炭素収支や将来の気候予測における大きな不確定要素として永久凍土融解による温室効果ガスの放出量が挙げられている。本課題によって得られる知見と情報、すなわちサブテーマ1における永久凍土変化の衛星・数理モデルを利用した広域的な把握、サブテーマ2で得られる永久凍土中の有機炭素(温室効果ガス)の分布に関する知見、およびサブテーマ3でそれらを統合して得られる環北極圏および全球規模でのシミュレーション結果は、永久凍土大規模融解による温室効果ガスの放出量およびそれに伴う地球温暖化を予測するために欠かせない基礎情報を提供する。これにより不確定要素の減少に資し、より効果的な環境政策の策定に貢献できる。

4. 委員の指摘及び提言概要

永久凍土が融解することによる GHG の放出の実態把握により気候変動影響についての新しい知見を与える優れた研究であり、統合モデルによる予測ができると IPCC への貢献も期待できる。気候変動の対策の必要性をアピールするための素材としても意義が大きい。一方で、衛星・数理モデルを利用した凍土の広域的な把握(サブテーマ1)についての報告がなかった。また、エドマ層内のメタン濃度は極めてヘテロな分布を示すが、これをモデル化する時の工夫がはっきり示されなかった。今後、さらに、適応策に貢献できるよう進めてほしい。

5. 評点

総合評点 : A