PRESS RELEASE 2026/11/10

16 年間 3℃温めた泥炭土壌で CO_2 放出が 2 倍以上に

～炭素を多く含む土壌が温暖化をさらに進める可能性を示唆～

ポイント

・北海道北部の森林泥炭地で 16 年間にわたる長期土壌加温実験を実施。
・3℃の加温により、土壌有機物の分解に由来する CO_2 放出量が平均 2 倍以上増加することを確認。
・豊富な土壌炭素、土壌水分の変化、微生物量の増加が CO_2 放出の長期的な維持に関与。

概要

北海道大学大学院環境科学院博士後期課程の馬　鋭麒氏、同大学北方生物圏フィールド科学センター森林圏ステーション天塩研究林の高木健太郎教授、同雨龍研究林の小林　真准教授、同大学大学院農学研究院の平野高司教授、国立環境研究所の梁　乃申シニア研究員、高橋善幸主席研究員、日本原子力研究開発機構の小嵐　淳研究主席、安藤麻里子研究主幹、国際農林水産業研究センターの近藤俊明主任研究員らの研究グループは、北海道北部の森林泥炭地[*1]において、16 年間にわたる土壌加温実験を行い、地温上昇が土壌からの CO_2 放出に与える長期的な影響を調べました。

土壌は、植物の根や微生物の活動によって CO_2 を放出しています。このうち、土壌中の有機物が微生物によって分解されることで発生する CO_2 放出は「微生物呼吸」と呼ばれ、地球の炭素循環において重要な役割を担っています。しかし、温暖化によって微生物呼吸量が長期的に増え続けるのか、それとも時間とともに弱まるのかについては、これまで十分に明らかになっていませんでした。

本研究では、北海道大学天塩研究林内の森林泥炭地に設置した自動開閉式チャンバーと土壌 5 cmの深さで年平均 3℃加温する装置を用いて、2007 年から 2022 年までの 16 年間、雪のない期間に微生物呼吸量を連続観測しました。その結果、微生物呼吸量は 16 年間の平均で 111%増加し、16 年目でも高い増加率を維持していました（図 1）。この結果は、これまで多くの鉱質土壌で報告されてきた「温暖化効果は 10 年以上持続しない」知見とは異なります。この強い温暖化応答には、泥炭地に蓄積された大量の土壌有機炭素[*2]、加温に伴う土壌水分の低下、さらに土壌深部における細菌・真菌量の増加が関与していることを明らかにしました。本成果は、炭素を多く蓄える泥炭地が温暖化によって巨大かつ持続的な CO_2 放出源となり、気候変動をさらに加速させる可能性を示すものです。

なお、本研究成果に関する論文は、2026 年 6 月 1 日（月）公開の Soil Biology and Biochemistry 誌にオンライン掲載されました。

【背景】

土壌から放出される CO_2（土壌呼吸）は、森林生態系において光合成に次ぐ大きな炭素収支の要素です。土壌呼吸には、植物の根による呼吸と、土壌中の有機物が微生物によって分解されることで生じる呼吸が含まれます。後者は「微生物呼吸」と呼ばれ、土壌炭素の分解と密接に関係しています。

地球温暖化によって土壌中の微生物活動が活発になり、土壌有機炭素の分解が進むことで、大気への CO_2 放出量が増える可能性が懸念されています。一方で、長期的な加温実験では、分解しやすい有機物が減少することなどにより、温暖化効果が時間とともに弱まる場合も報告されています。

泥炭地は、地球の陸地面積の一部にすぎませんが、大量の炭素を土壌中に蓄えています。そのため、泥炭地の土壌炭素が温暖化によってどの程度分解されるかを明らかにすることは、将来の気候変動予測にとって重要です。しかし、10 年以上の長期土壌加温実験の研究例は限られており、微生物呼吸量が長期的にどのように変化するのかは十分に分かっていませんでした。

【研究手法】

北海道大学天塩研究林内の森林泥炭地において、2007 年から 2022 年までの 16 年間、土壌加温実験を行いました。深さ 5 cm の地温が非加温区より年平均約 3°C高くなるように、地上 1.6ｍの高さから赤外線ヒーターで土壌を温めました。非加温、及び加温処理した微生物呼吸量をそれぞれ 5 反復、自動開閉式チャンバーを用いて、毎年無雪期に昼夜・天候を問わず連続して 1 時間間隔で測定しました。地温、土壌水分、土壌有機炭素量、土壌細菌・真菌量を測定し、加温によって土壌炭素分解がどのように変化するのかを解析しました。

【研究成果】

16 年間の観測の結果、土壌加温によって微生物呼吸量は平均 111%増加しました。この増加は、一時的な反応ではなく、16 年間にわたり持続しました。これは、多くの土壌加温実験で報告されている「時間とともに温暖化効果が弱まる」という傾向とは異なる結果です。

表層 30 cm の土壌有機炭素量は、日本の森林土壌の平均の約 2.3 倍に相当しており、この豊富な炭素資源が、長期間にわたって微生物による分解を支えたと考えられます。

また、加温によって土壌水分は低下する傾向を示しました。泥炭地では過剰な水分により酸素が不足し、微生物分解が抑えられる場合があります。そのため、加温による乾燥は、土壌中の酸素供給を高め、微生物による有機物分解を促進した可能性があります。

さらに、加温区では土壌深部において細菌量と真菌量が増加していました。具体的には、細菌量は 20–30 cm の深さで 39%、真菌量は 10–20 cm の深さで 84%増加しました。これらの結果は、加温によって土壌微生物の分解能力が高まり、微生物呼吸量の持続的な増加に寄与した可能性を示しています。

【今後への期待】

本研究では、炭素を多く蓄える泥炭地では、温暖化による土壌 CO_2 放出量の増加が長期間にわたって維持される可能性を示しました。これは、泥炭地が将来的に大きな炭素放出源となり、気候変動をさらに進める正のフィードバック[*3]を引き起こす可能性を意味します。

今後は、泥炭地における土壌水分、地下水位、微生物群集、酵素活性などを組み合わせた観測を進めることで、温暖化に対する土壌炭素分解の仕組みをより詳しく理解することが期待されます。また、長期観測研究によって得られた知見を地球システムモデルに反映することで、将来の炭素循環予測の

精度向上にも貢献できます。

【謝辞】

本研究は、環境省地球環境研究総合推進費（B-073、JPMEERF20172005、JPMEERF20202006）、環境省地球環境保全試験研究費（MOE1051、MOE2451）、JSPS 科研費（JP22310019、JP22H05706、JP22KK0102）、eLTER PLUS（EUH 2020 grant agreement No. 871128）、Research Council of Finland University Profiling funding InterEarth（grant no. 353218）、JSPS 地域中核・特色ある研究大学強化促進事業（J-PEAKS）（JPJS00420230001）、JSPS 日中韓フォーサイト事業（JPJSA3F20220002）などの支援を受けて実施されました。また、長期にわたる研究地の維持管理にご協力いただいた北海道大学天塩研究林の皆様、土壌断面調査にご協力いただいた日本原子力研究開発機構の阿部有希子博士研究員（研究当時、現・森林研究・整備機構森林総合研究所博士研究員）に感謝いたします。

論文情報

論文名　Continuous acceleration of soil heterotrophic respiration over 16 years of soil warming in a sub-boreal forested peatland（北方林の泥炭地における土壌加温に伴う 16 年間にわたる土壌微生物呼吸[*4]量の持続的な増加）

雑誌名　Soil Biology and Biochemistry（土壌生物学の専門誌）

ＤＯＩ　10.1016/j.soilbio.2026.110212

公表日　2026 年 6 月 1 日（月）（オンライン公開）

著者名　Ruiqi Ma[1]、高木健太郎[2]、近藤俊明[3]、小嵐　淳[4]、安藤麻里子[4]、小林　真[5]、Maricar Aguilos[6]、Kira Ryhti-Laine[7]、Lifei Sun[8]、高橋善幸[8]、平野高司[9]、Naishen Liang[8]（[1]北海道大学大学院環境科学院、[2]北海道大学北方生物圏フィールド科学センター天塩研究林、[3]国際農林水産業研究センター、[4]日本原子力研究開発機構、[5]北海道大学北方生物圏フィールド科学センター雨龍研究林、[6]ノースカロライナ州立大学、[7]ヘルシンキ大学、[8]国立環境研究所、[9]北海道大学大学院農学研究院）

お問い合わせ先

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター森林圏ステーション天塩研究林

教授　高木健太郎（たかぎけんたろう）

ＴＥＬ　01654-2-4264　ＦＡＸ　01654-3-7522　メール　kentt@fsc.hokudai.ac.jp

ＵＲＬ　https://researchmap.jp/read0065362

配信元

北海道大学社会共創部広報課（〒060-0808 札幌市北区北 8 条西 5 丁目）

ＴＥＬ　011-706-2610　ＦＡＸ　011-706-2092　メール　jp-press@general.hokudai.ac.jp

国立環境研究所企画部広報対話室（〒305-8506 つくば市小野川 16-2）

ＴＥＬ　029-850-2308　ＦＡＸ　029-850-2716　メール　kouhou0@nies.go.jp

日本原子力研究開発機構総務部報道課（〒100-8577 東京都千代田区内幸町 2 丁目2 番 2 号）

ＴＥＬ　070-1460-5723　ＦＡＸ　03-3592-2112　メール　tokyo-houdouka@jaea.go.jp

国際農林水産業研究センター広報連携ユニット（〒305-8686 つくば市大わし 1-1）

ＴＥＬ　029-838-6708　ＦＡＸ　029-838-6337　メール　info-pr@jircas.go.jp

【参考図】

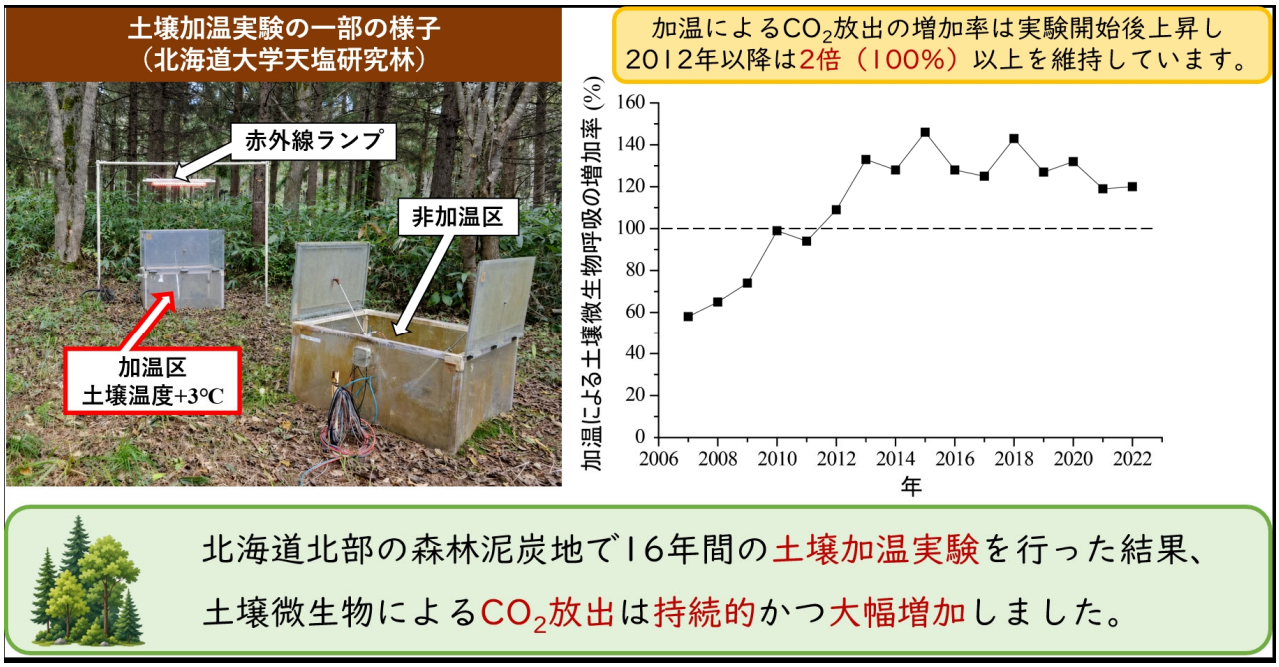


図１． 本研究で用いたシステム及び主要な結果

【用語解説】

＊1 泥炭地 … 枯れた植物などの有機物が、水分の多い環境で分解されにくくなり、長い時間をかけて土壌中に蓄積した生態系。大量の炭素を貯蔵している。

＊2 土壌有機炭素 … 土壌中に含まれる植物遺体や微生物由来の有機物に含まれる炭素のこと。温暖化によって分解が進むと CO_2 として大気中に放出される。

＊3 正のフィードバック … ある変化がさらに同じ方向の変化を強める仕組みのこと。本研究では、温暖化により土壌からの CO_2 放出が増え、その CO_2 がさらに温暖化を進める可能性を指す。

＊4 土壌微生物呼吸 … 土壌中の有機物が微生物によって分解される際に発生する CO_2 放出のこと。植物の根による呼吸とは区別される。