様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　７ 年　 ６ 月 １０ 日現在

機関番号：８２１０５
研究種目：基盤研究(B)（一般）
研究期間：2022～2024
課題番号：２２Ｈ０２３９８・２３Ｋ２３６６３

研究課題名（和文）火災後の永久凍土面の沈下と再上昇で北方林の炭素蓄積機能はどのように変化するか

研究課題名（英文）How does the process of permafrost sink/rerise after forest fire affect forest carbon sequestration.

研究代表者
松浦　陽次郎（Matsuura, Yojiro）

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・研究専門員

研究者番号：２０３５３８５７

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　13,300,000円

研究成果の概要（和文）：　永久凍土分布域の大規模な森林火災とその後の植生回復が、凍土面の深度に及ぼす影響と地上部現存量の回復レベルを調べた。火災前の凍土面は40から70cmだったが、火災後1年目に約160cmまで凍土面は沈下し、約20年を経過しても150±35cmで、凍土面の上昇回復は起きていなかった。
　また、地上部の現存量は33トン/ha（炭素換算で約16トン）に達しており、火災から100年程度経過した老齢林分と比べておよそ60%まで回復していた。2022年と2024年のセンサス結果から、地上部現存量の増加速度は4トン/ha/年（炭素換算でヘクタール当たり年間2トン）と推定できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義
　永久凍土面の沈下と再上昇が引き起こす森林構造の変化過程の定量化は、気候変動下における森林火災の頻発と大規模化によって引き起こされる凍土融解が、北方林生態系の炭素蓄積機能にどのように影響するかという将来予測に役立つ。また、植生回復が進んでも永久凍土の再凍結に至らない気候条件の変化が危惧されている昨今、北方林生態系が二酸化炭素の放出側に転じた場合の炭素収支予測の基礎データとなる。

研究成果の概要（英文）：We estimated the effects of the vegetation recovery after disastrous forest fire (occurred in 2004) on permafrost table depth and aboveground forest biomass accumulation, in Interior Alaska. Before forest fire, permafrost table depth was about 40 to 70 cm at the north-facing slope dominated by mature black spruce (Picea mariana). Permafrost table subsided to 160 cm depth after 1 year (in 2005), and there is no obvious permafrost table recovery after 20 years (in 2024), with 150±35cm. Aboveground biomass at the burnt black spruce stands recovered at 33 tons/ha after 20years, which is almost 60 % biomass accumulation of mature black spruce stands (about 100-year-old stands). According to census data during 2022 and 2024, growth rate of aboveground biomass was 4 tons/ha/yr. This is equivalent to 2 tons carbon/ha/yr.

研究分野：森林生態学

キーワード：永久凍土　森林火災　炭素蓄積量　植生回復　凍土面沈下と再上昇　地上部現存量

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１（共通）

１．研究開始当初の背景

周極域に分布する森林生態系の約７割は、不連続な凍土分布域か連続凍土分布域に成立し、森林群落の更新・遷移と維持機構には、数十年から百数十年間隔で起きる森林火災が、大きな役割を持っている。しかし近年、これまでにない規模と頻度で周極域では森林火災が発生し、火災後の凍土融解と森林更新に伴う凍土の回復過程が、これまでとは異なる可能性が出てきた。

アラスカ内陸部では 1980 年代からトウヒ林と森林火災の関係が研究され、近年では温暖化に伴う樹種交替の予測が研究されている。これらの研究は同一の場所における継続観測ではなく、火災発生年の異なる場所を選んで行う「クロノシーケンス」研究である。火災後に一旦融解して沈下する凍土面は、火災発生から 20～40 年経過すると回復過程に転じて再上昇するが、この過程は同一の場所で継続観測されていない。

２．研究の目的

永久凍土上に成立する森林生態系で、凍土面変動の転換時期といわれる火災後 20～40 年後に焦点をあて、自己間引きの法則が崩れる過程を定量化し、「凍土面変動が森林構造を規定する」という永久凍土分布域のみで起きる森林生態系の長期動態を明らかにする。

３．研究の方法

本研究では、中央シベリアのトゥラと、アラスカ内陸部フェアバンクス近郊のカリブポークリークで、森林火災後の経過年数が 20～30 年となる林分で、凍土面沈下から再上昇の転換が起こっているかを検証する。この２地点で蓄積されてきた長期センサスデータに基づく現存量推定値、凍土面深度、土壌有機炭素蓄積量に加えて、根株の年輪解析から復元した凍土面再上昇過程、年輪の安定同位体比から検出できるストレス、森林構造変化に伴う生態系機能変化の仕組みを解明する。凍土面深度の回復状況を多点深度調査で推定し、森林生態系の炭素蓄積状況と凍土面変動の関係を明らかにし、周極域森林生態系の炭素蓄積過程が、温暖化によってどのような影響を受けるかを予測する。

2022 年からロシアとウクライナの戦争勃発のため、ロシアの永久凍土地帯の現地調査は実現不可能となった。そのため、追加調査地として、大規模森林火災から約 10 年を経過した、カナダ北西準州のジャックパイン林も調査対象とした。

４．研究成果

永久凍土の点状状分布域であるカナダ北西準州で、火災から 7 年が経過した 2015 年の焼失林分では、地上部現存量が 2～14 ton/ha に達していた。この、焼失前の地上部現存量はおよそ 130 年生で 120 ton/ha だったので、火災後 7 年で老齢林分の 1 割程度の地上部現存量が蓄積していた。

アラスカ内陸部のトウヒが優占していた北向き斜面の火災跡地で、火災発生から約 20 年後の凍土面深度と現存量を測定した結果、火災後 1 年目に約 160㎝ だった凍土面は、約 20 年を経過しても 150±35㎝ で、顕著な凍土面の上昇回復は起きていなかった。また、地上部の現存量は 33ton/ha（炭素換算で約 16ton）に達しており、火災から 100 年程度経過した老齢林分と比べておよそ 6 割程度まで回復していた。2022 年と 2024 年のセンサス結果から、地上部現存量の増加速度は 4ton/ha/yr（炭素換算でヘクタール当たり年間 2ton）と推定できた。

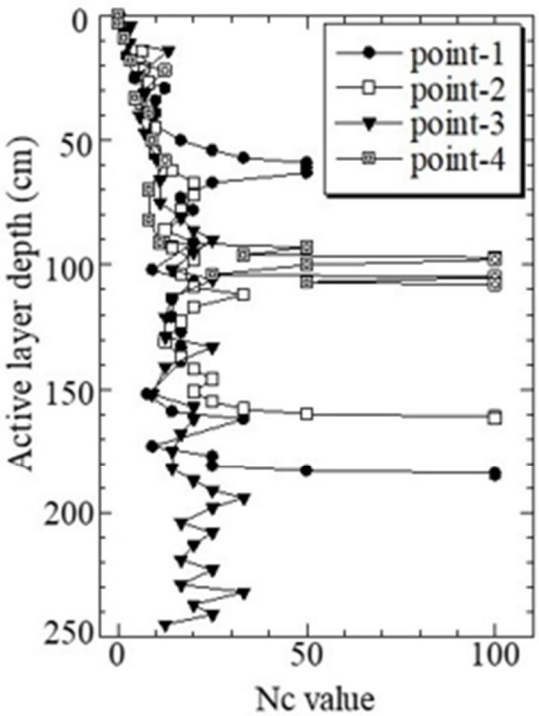
凍土面深度の再上昇を明確に検出することはできなかったが、火災から 20 年を経過した林分では、広葉樹の地上部現存量蓄積の速度が炭素換算で２トン/ha/yr とひじょうに大きいことが判明した。さらに、広葉樹とトウヒの優占樹種の入れ替わりで、地上部現存量は最終的には凍土上に成立したトウヒ林のレベル（50～60ton/ha；炭素換算で 25～30ton/ha）になると推定した。

2004 年の火災跡地の様子

2022 年の地上部現存量推定値
32.6±8.3ton/ha

2024 年の地上部現存量推定値
41.2±11.0ton/ha

Nc 値＝100 という硬度が凍土面への到達を示している。



年火災跡地で約20年経過
した凍土面深度
（平均150±35cm）

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計1件（うち査読付論文　1件／うち国際共著　1件／うちオープンアクセス　1件）

１．著者名 Tchebakova, N.M.; Zyryanov, V.I.; Zyryanova, O.A.; Parfenova, E.I.; Kajimoto, T.; Matsuura, Y	４．巻 14
２．論文標題 A Comparative Study of Climatology, Energy and Mass Exchange in Two Forests on Contrasting Habitats in Central Siberia: Permafrost Larix gmelinii vs. Permafrost-Free Pinus sylvestris	５．発行年 2023年
３．雑誌名 Forests	６．最初と最後の頁 346-365
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/f14020346	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕　計5件（うち招待講演　0件／うち国際学会　1件）

１．発表者名 菊川拓聖、安江恒、松浦陽次郎、大橋伸太
２．発表標題 アラスカの永久凍土分布域における火災後の樹木の地下部発達
３．学会等名 樹木年輪研究会・木質文化財研究会合同例会講演会
４．発表年 2023年

１．発表者名 菊川拓聖、大橋伸太、松浦陽次郎、安江恒
２．発表標題 アラスカ永久凍土上に生育する3樹種の側根発生位置と肥大成長量の経時変化
３．学会等名 日本森林学会大会
４．発表年 2024年

１．発表者名 大橋伸太、安江恒、菊川拓聖、山岸松平、松浦陽次郎
２．発表標題 永久凍土上のクロトウヒの肥大成長は森林火災後にどのように変化するか？
３．学会等名 日本森林学会大会
４．発表年 2024年

１．発表者名 Tanabe Tomoko、 Dannoura Masako、 Kurachi Nahoko、 Matsuura Yojiro
２．発表標題 Interannual dynamics of aboveground production classified by apical and cambium growths and its drivers in Picea mariana.
３．学会等名 The International Boreal Forest Research Association (IBFRA) Conference（国際学会）
４．発表年 2023年

１．発表者名 大橋伸太、安江恒、山岸松平、小山明日香、松浦陽次郎
２．発表標題 アラスカ永久凍土域のクロトウヒにおける肥大成長の長期変動の特徴と要因
３．学会等名 日本森林学会
４．発表年 2025年

〔図書〕　計1件

１．著者名 松浦陽次郎	４．発行年 2024年
２．出版社 朝倉書店	５．総ページ数 368
３．書名 朝倉農学大系第９巻 土壌学　第12章　冷温帯・亜寒帯・寒帯の主要な土壌とその特徴	

〔産業財産権〕

〔その他〕

―

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	安江　恒 (Yasue Koh) (00324236)	信州大学・学術研究院農学系・准教授 (13601)	

6．研究組織（つづき）

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
研究分担者	小田　あゆみ (Oda Ayumi) (40571609)	信州大学・学術研究院農学系・助手 (13601)	
研究分担者	梶本　卓也 (Kajimoto Takuya) (70353638)	新潟大学・佐渡自然共生科学センター・教授 (13101)	
研究分担者	大橋　伸太 (Ohashi Shinta) (70754315)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
カナダ	Aurora Research Institute	Wood Buffalo National Park		
米国	International Arctic Research Center			