

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 3 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22405027

研究課題名(和文) 凍土深の変動が森林炭素蓄積量と林床構造・機能に及ぼす影響の評価

研究課題名(英文) Effects of permafrost depth on forest biomass accumulation and forest floor function

研究代表者

松浦 陽次郎 (Matsuura, Yojiro)

独立行政法人森林総合研究所・国際連携推進拠点・室長

研究者番号：20353857

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円、(間接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：カナダ北西準州の永久凍土連続分布域に成立するトウヒ林(北緯68度西経133度)、アラスカ内陸部の永久凍土不連続分布域のトウヒ林(北緯65度西経147度)、永久凍土の点状分布域にあたるカナダ北西準州(北緯60度西経113度)のトウヒ林を対象に、森林の構造と現存量、林床の蘚苔地衣類の種組成と堆積有機物層厚比較、地下部根系の現存量推定を行った。凍土面までの深さ(活動層の層厚)が深いほど現存量は大きかった。地下部(粗根)現存量の推定式は、アラスカ内陸部とカナダ北西準州のトウヒで大きな差は見られず、ほぼ同じ関係式で推定できた。

研究成果の概要(英文)：We surveyed black spruce forests among permafrost types, i) forest on the continuous permafrost in NWT, ii) forest on the discontinuous permafrost in Interior Alaska, and iii) forest on the sporadic permafrost in NWT. Forest biomass accumulation, forest structure, and forest floor characteristics were surveyed. The deeper permafrost table depth, the larger forest biomass accumulation. Below-ground biomass estimation of black spruce forests in both Interior Alaska and NWT showed similarity formula.

研究分野：農学A

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：永久凍土 森林現存量 林床蘚苔地衣類 地下部現存量

### 1. 研究開始当初の背景

北方林は一般にタイガと呼ばれているが、その分布域の環境条件は地域間に大きな違いがあるばかりでなく、優占する樹種や永久凍土の分布状態も地域ごとに異なっている。周極域のこれらの森林生態系に、どれぐらいの有機炭素が蓄積しているか、また、その炭素蓄積量を決定する環境要因との関係と生態系の構造と機能がどのように気候変動下で影響を受けるかについて、国際的な評価が求められている。

従来から、永久凍土の分布域はツンドラ植生、森林地帯には永久凍土は無い、という教科書的な図式で区分されてきたが、実際の周極域における植生タイプと永久凍土の形態に基づくと、この様な区分は誤りである。凍土の条件や優占樹種特性を考慮して、有機炭素蓄積に関わる森林生態系の構造と機能を明らかにすることが、昨今の気候変動下における周極域の影響評価に重要である。

### 2. 研究の目的

永久凍土地帯に広大な森林生態系が成立しているにもかかわらず、炭素蓄積に関する知見が乏しい。本研究では、地域ごとの優占樹種と凍土のタイプに基づき、有機炭素蓄積量を解明する。

また、永久凍土の存在が、森林生態系の炭素蓄積量にどのように影響し、林床の蘚・苔・地衣類の集積量と活動層厚(凍土面までの深度)と現存量蓄積の関係が、地域間を越えて普遍的な関係かどうか検証を目的とした。

### 3. 研究の方法

永久凍土の分布状態には3タイプがある。面積の90%以上に凍土が分布する「連続分布域」、50~90%未満の「不連続分布域」、そして50%未満の「点状・隔離分布域」である。

凍土の条件が異なる3タイプから、代表的なサイトを選定した。連続分布域としては中央シベリア Tura (64N-100E) のカラマツ林生態系、不連続分布域の代表的なサイトとして、アラスカ内陸部のトウヒ林 (65N-147W)、点状分布域としてはカナダ北西準州のトウヒ林 (60N-113W) を選定した。また、森林とツンドラが漸移する永久凍土の連続分布域として、カナダ北西準州 Inuvik (68N-133W) も選定した。

これらのサイトで林床植生、蘚苔地衣類の構成種、微地形に対応する植生パターンの記載を行った。

森林の現存量推定には、胸高直径と樹高測定をはじめとするセンサス調査を行い、試料木の伐倒測定から、森林の地上部現存量を推定した。同様に地下部の掘り取り調査から、地下部現存量を推定した。

土壌の活動層厚、凍土面深度については、永久凍土の融解がもっとも進む夏の終わりに調査を行った。土壌断面作成による記載と、

簡易貫入試験器による土壌硬度測定で凍土面を判断した。

### 4. 研究成果

#### (1) 森林とツンドラ漸移帯

カナダ北西準州のマッケンジー川下流域、永久凍土の連続分布域に成立するトウヒ林で構造と土壌の調査を行った。緩やかな傾斜の段丘面には、わずかな地形面の高低に沿って植生発達と植生タイプの違いが生じており、微高地で粗粒な堆積物層厚が厚い場所には、*Picea glauca* (シロトウヒ) の純林が島状群落を構成していた。シロトウヒの樹高成長は周辺の *Picea mariana* (クロトウヒ) に比べて著しく大きかった。微高地の周辺では、クロトウヒが次第に密度を減らしながら緩やかな凹地地形の灌木ツンドラ植生に移行していた。灌木ツンドラの主要構成種は、*Betula nana* (マメカンバ)、*Ledum palustre* (イソツツジ)、*Vaccinium vitis-idaea* (コケモモ) であり、クロトウヒ林下に矮性カンバが出現しないことから、クロトウヒ林の立地条件よりさらに過湿条件の場所が灌木ツンドラになっていると考えられた。

トウヒ林と灌木ツンドラでは、植物の地上部現存量に大きな違いがあったが、地下部の根系分布深度に大きな差は見られなかった。

排水の良好なシロトウヒ林分では凍土面が1.5mより深かった。クロトウヒ林分とマメカンバを主とする灌木ツンドラでは、凍土面が40~70cm程度と浅く、断面下部は過湿であった。そのため鉍質土層が還元状態に保たれており、土壌水に含まれる二価鉄とリン濃度が高かった。この測定結果は、凍土の融解で土壌が過湿状態になると還元状態が進み、難溶性の鉄吸着型リンが放出される可能性を示している。

#### (2) 不連続分布域のトウヒ林

永久凍土の不連続分布域に区分されるアラスカ内陸部では、台地上のトウヒ林は北向き斜面の凍土が分布する立地条件で優占している。夏季に凍土面が位置する深さ(夏季に凍土の表層部分が融解する層厚)は、これまでに得られた傾向と同様に、凍土の融解水が側方・下方移動によって集まる斜面下部で凍土面は浅く、盛夏でも30cm程度であった。このような立地条件では林床の蘚苔地衣類ではミズゴケが優占し、堆積腐植層の厚さは20~50cmに達していた。

北向き斜面の凍土が分布する立地条件では、凍土面の深度が、細根の現存量に大きく影響していた。斜面上部の蘚苔類の堆積が薄い場所では凍土深度は1mを越え、細根現存量も1平方mあたり1.1kgであった。斜面下部で林床にミズゴケが優占する場所では堆積腐植層の厚さは20~50cmに達し、凍土深度が30~60cm程度であった。細根の現存量は斜面上部より少なく1平方mあたり0.7kgにとどまっていた。

### (3) 活動層厚(凍土面深度)と現存量

永久凍土の連続分布域である中央シベリアのカラマツ林で得られた、活動層厚と現存量の関係は、次の図1に示すように、活動層厚が厚い立地条件の森林ほど現存量蓄積が大きい傾向を示していた。

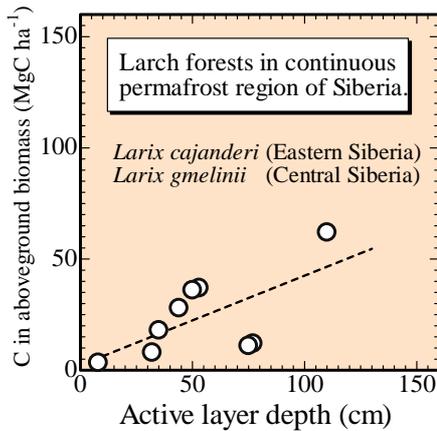


図1. 東シベリアと中央シベリアのカラマツ林生態系における活動層厚と地上部現存量に蓄積した炭素量の関係

一方、永久凍土の不連続分布域であるアラスカ内陸部で得られた同様のデータセットでも、図2に示すように、活動層厚が厚い立地条件の林分ほど現存量は大きいことが明らかになった。

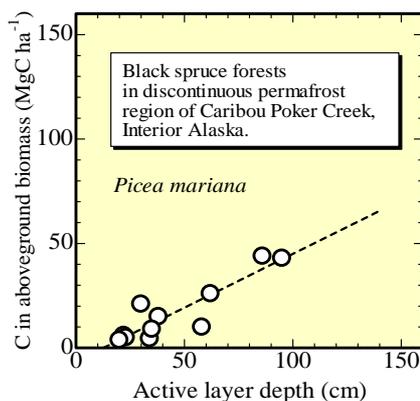


図2. アラスカ内陸部のカリブポーカークリクにおけるトウヒ林生態系の活動層厚と地上部現存量に蓄積した炭素量の関係

これらの結果から、永久凍土の連続分布域でも不連続分布域においても、優占樹種は落葉性のカラマツ、常緑性のトウヒという違いはありながらも、森林生態系の現存量蓄積が、その立地条件のひとつである、夏に融解

する凍土の深さ(活動層厚)によって、大きく影響されていることが明らかになった。

### (4) 今後の展開

我々の研究グループでは、カナダ北西準州の亜寒帯林調査地において複数個体から幹円板試料を採取し、年輪情報の読み取りから成長解析を行って、主要な森林タイプ(トウヒ林、ポプラ林)ごとに過去の林分炭素集積パターンの復元を試みた。トウヒ林の場合、ブラックスプルースとホワイトスプルースが混交しており、成長解析からは両樹種いずれも樹齢が150-160年に達し、ほぼ同じ時期に山火事で一斉に更新したことがわかった。しかし、その後の成長パターンは樹種間で顕著に異なり、ホワイトスプルースはブラックスプルースに比べて初期段階から成長速度が大きく、現在の個体サイズも大きいため、林分全体の炭素蓄積量により大きく貢献していることがわかった。

周極域では、1930年頃から50年後にかけて急激な温暖化と、その後の60年代にかけての急激な寒冷化が起こったことがわかっている。森林生態系が気候の温暖化で単純に成長量を増加させているのではないことが年輪解析結果から明らかになった。永久凍土地帯の森林が気候変動下で果たす炭素収支における役割について、いくつかの基礎的な知見が本研究で得られた。

北方森林生態系の多くは、数十年から壱百数十年の間隔で起こる大規模森林火災によって一斉更新している。森林の構造が発達し、林床状態の変化、植生の構成種の変化、焼失した蘚苔地衣類層の回復過程を通じて、熱帯から冷温帯までの森林生態系とは異なる炭素蓄積過程を持っている。さらに永久凍土が森林構造に大きく影響することが本研究から明らかになった。今後は、周極域の森林をさらに炭素蓄積のみならず、総合的に時系列で解析する研究が望まれる。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

松浦陽次郎, 北方林を再認識する 永久凍土の上にも森林がある、海外の森林と林業、査読有、85、2012、27-31

Noguchi K, Dannoura M, Jomura M,

Awazuhara-Noguchi M, Matsurua Y,

High belowground allocation in an upland black spruce (*Picea mariana*) stand in Interior Alaska., *Polar Science*, 査読有、6、2012、133-141

[学会発表](計13件)

Matsuura Y, Kenzo T, Tanaka-Oda A, Noguchi K, Morishita T, Osawa A, Pattern of black spruce stand structure development at north-facing slope in Caribou Poker

Creek, Interior Alaska, 16th  
International Boreal Forest Research  
Association (IBFRA) Conference, 2013 年  
10 月 7 ~ 10 日、Edmonton

Matsuura Y、Morishita T、Noguchi K、  
Permafrost depth, forest floor, and  
forest biomass accumulation of upland  
black spruce stands in Interior Alaska、  
3rd International Symposium of Arctic  
Research (ISAR-3)、2013 年 1 月 15 ~ 17 日、  
東京

Matsuura Y、Osawa A、Kajimoto T、Noguchi  
K、Jomura M、Dannoura M、Morishita T、  
Active layer depth regulates forest  
biomass regime in permafrost region、  
15th International Boreal Forest  
Research Association (IBFRA)  
Conference, 2011 年 8 月 15 ~ 19 日、  
Krasnoyarsk

Morishita T、Estimation of annual soil  
respiration rate in a larch forest in  
Central Siberia、19th World Congress of  
Soil Science、2010 年 8 月 1 日、Brisbane

[ 図書 ] ( 計 3 件 )

松浦陽次郎、梶本卓也、京都大学学術出版  
会、陸域生態系の炭素動態、2013 年、  
414 ページ(101-120 ページ)

松浦陽次郎、大澤晃、京都大学学術出版会、  
陸域生態系の炭素動態、2013 年、  
414 ページ(173-188 ページ)

松浦陽次郎、森下智陽、東海大学出版会、  
森のバランス、2012 年、300 ページ(39-48、  
112-124 ページ)

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

松浦陽次郎 ( MATSUURA, Yojiro )  
森林総合研究所・国際連携推進拠点・室長  
研究者番号：2 0 3 5 3 8 5 7

(2) 研究分担者

梶本卓也 ( KAJIMOTO, Takuya )  
森林総合研究所・植物生態研究領域・領域  
長  
研究者番号：7 0 3 5 3 6 3 8

大澤晃 ( OSAWA, Akira )  
京都大学・大学院地球環境学学堂・教授  
研究者番号：9 0 2 8 8 6 4 7

(3) 連携研究者

野口享太郎 ( NOGUCHI, Kyotaro )  
森林総合研究所・四国支所・主任研究員  
研究者番号：7 0 3 5 3 8 0 2

森下智陽 ( MORISHITA, Tomoaki )  
森林総合研究所・四国支所・主任研究員  
研究者番号：9 0 3 9 1 1 8 5

上村真由子 ( JOMURA, Mayuko )  
日本大学・生物資源科学部・准教授  
研究者番号：6 0 4 4 4 5 6 9

檀浦正子 ( DANNOURA, Masako )  
京都大学・大学院地球環境学学堂・助教  
研究者番号：9 0 4 4 4 5 7 0