

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(B) (海外学術調査)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05238

研究課題名(和文) 周極域森林生態系において蘚苔地衣類が炭素窒素循環に果たす役割と地域間差の評価

研究課題名(英文) Effects of Bryophytes and Lichens on Nutrient Cycling in Circumpolar Forest Ecosystems

研究代表者

森下 智陽 (Morishita, Tomoaki)

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

研究者番号：90391185

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,400,000円

研究成果の概要(和文)：周極域をとりまく亜寒帯林において、林床の蘚・地衣類は共通種が多かったが、被覆率や成長速度は地域間で大きく異なった。さらに、被覆率と成長速度が異なるアラスカ内陸部のクロトウヒ林の斜面上部、中部、下部において、温室効果ガスの放出・吸収量、有機物層中のモノテルペン濃度に地点間差が見られた。コケ等がモノテルペンの生成源と考えられ、林床の蘚苔地衣類の被覆状況の違いが炭素・窒素循環に影響をおよぼしていることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

北欧、シベリア、北米の亜寒帯林における調査から、林床におけるコケの成長量は、炭素蓄積そのものに大きく貢献していること、コケ・地衣類が生成源と考えられるモノテルペンは、炭素窒素循環過程の制御要因であることが示唆され、周極域亜寒帯林では、林床をびっしり多い、厚く堆積するコケ・地衣類が、炭素および窒素循環に量的にも質的にも大きな影響をおよぼしていることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Same species of moss and lichen were found across boreal forest ecosystems. However, the ratio of coverage and the production rate were different among the sites and regions. In a black spruce forest in interior Alaska, where the ratio of coverage and production rate of moss and lichen were also different along the slope, and the greenhouse gas flux and monoterpene concentration were different along the slope. The moss and lichens may be source of the monoterpenes, and they were suggested to affect carbon and nitrogen dynamics in the ecosystems.

研究分野：土壌学

キーワード：周極域 コケ 地衣 炭素循環 温室効果ガス モノテルペン

## 1. 研究開始当初の背景

周極域の森林生態系は、気候変動の影響を受けやすく、地球上において広大な面積を占めるため、全球的な炭素・窒素収支に影響をおよぼす可能性が高い。このような背景を基に、気象タワー観測や生態学的積み上げ法によって、さまざまな地域で、炭素・窒素収支の観測が進められてきた。近年、周極域の森林生態系において、林床を覆う厚い有機物層が樹木にとっての水分、養分供給の場となり炭素・窒素蓄積量やそのプロセスに影響を与えていることが報告され始めた。さらに生態系内で生成している植物由来の二次代謝物質が生態系の炭素・窒素循環に影響をおよぼしていることが明らかになってきた。

しかし林床においてこの厚い有機物層を形成する蘚苔地衣類の炭素・窒素収支への寄与、そして生態系制御機構については、一口に周極域の森林生態系と言っても、気候、樹種、土壌環境、林床の蘚苔地衣類が異なり、これらの違いは成長速度や生成する二次代謝物質の種類にも影響するため、地域間・地点間差に関する研究は、全くといっていいほど進んでいなかった。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、周極域森林生態系の林床の蘚苔地衣類が年間の炭素・窒素蓄積量におよぼす影響を評価すること、蘚苔地衣類による炭素・窒素循環制御メカニズムを解明することである。そこで、気候・植生が異なる主要な周極域の森林生態系における現地観測から、(1)各生態系の林床を構成する蘚苔地衣類のパターンの地域間差、地点間差、(2)林床の蘚苔地衣類による年間生成量(炭素・窒素蓄積量)の評価、(3)蘚苔地衣類が生成するテルペン類の同定と炭素・窒素の蓄積への促進・阻害効果を解明することを目的とした。

## 3. 研究の方法

周極域の森林生態系のうち、ヨーロッパアカマツ(北欧東部、エストニア、北緯 59 度、東経 2.2 度)、グメリニカラマツ(中央シベリア、トゥラ、北緯 64 度、東経 100 度)、クロトウヒ(アラスカ内陸部、北緯 65 度、西経 147 度)およびジャックパイン(カナダ北西部、フォートスミス、北緯 60 度、西経 112 度)が、それぞれ優占する森林を研究対象地とし、これまでの共同研究体制を活用して、調査地を設定した。

各調査地では、ライントランセクト法によって、林床を覆う蘚苔地衣類の同定および被覆率調査を行うことで、被覆状況を明らかにした。年間成長量測定については、カウント法、メッシュシート法を用いた。具体的には、多くの亜寒帯林の林床に見られ、当年あたりの成長が明らかである *Hylocomium splendens*(イワダレゴケ)について、単位面積あたり(5×5cm)の全個体を調査することで、面積あたりの年間成長量を測定した(カウント法)。また、蘚苔地衣類の生長を妨げない 2 mmメッシュ状のプラスチックシート(20×10 cm)を設置して、翌年から、シート上に伸長してきた蘚苔地衣類を刈り取り重量を測定した(メッシュシート法)。

さらに、林内、林床有機物、土壌中大気を、捕集管(Tenax 入り)に定量採取して、GC-MS および ATD-GC(FID)を用いて、試料に含まれる二次代謝物質を同定した。本研究では、抗菌活性を示すことが知られていて、標準物質が手に入り同定可能なモノテルペンを対象とした。

## 4. 研究成果

### (1) イワダレゴケ (*Hylocomium splendens*) の現存量に地域間差が見られた

イワダレゴケの被覆率は、3~100%の範囲にあり、シベリアのグメリニカラマツ林で低い傾向が見られた。一方で、被覆率が 50%を超える地点は、すべてカナダのジャックパインの林だった。また、同一地域内でも地点間差が見られ、アラスカでは、斜面上部で被覆率が高かったのに対し、斜面下部では被覆率が低下した。この斜面では、斜面下部では、地衣類(主に *Cladonia* 属)の被覆率が上昇した。被覆率が高い地点ほど、イワダレゴケが大きい(幹が長い)傾向が見られた(図 1)が、本数密度には、全体として一定の傾向は見られなかった。各地点における被覆率を考慮した成長速度は、 $0.3 \sim 221 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ と推定され、カナダのジャックパインの林分(イワダレゴケの被覆率 100%)では、年間リターフォール量に匹敵する量と見積もられた。

### (2) イワダレゴケを含む主要蘚類の成長速度に地点間差が見られた

これまで温室効果ガス動態の観測をおこない地点間差が明らかになってきたアラスカ州フェアバンクス市近郊のクロトウヒ林の調査区 3 地点(斜面上部、中部、下部)で、林床で優占する蘚類であるフェザーモス(イワダレゴケ、ダチョウゴケ(*Ptilium-crista castrensis*))、タチハイゴケ(*Pleurozium shreberi*)の年間成長量を 2016 年 6 月初旬から 2 年間にわたり測定した。斜面下部・中部では見られず、斜面上部のみで見られたダチョウゴケの成長速度が  $157 \pm 26 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ と一番大きかった。また、いずれの地点でも見られたタチハイゴケは、斜面下部( $85 \pm 37 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ )よりも斜面中部( $141 \pm 55 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ )、上部( $134 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ )で成長が速い傾向が見られ

た。イワダレゴケについては、一単位あたりの成長量は、斜面下部よりも斜面中部で大きかったものの単位面積あたりの成長速度には斜面下部 ( $106 \pm 33 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ) と中部 ( $106 \pm 31 \text{ g m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ ) で違いが見られなかった。本観測により、フェザーモスについて、種および斜面系列による違いが明らかになった。

### (3) 林床有機物層が厚いとクロトウヒの細根量が多い

アラスカ州フェアバンクス市近郊のクロトウヒ林において、クロトウヒおよび下層植生の細根を、層別、径別に測定したところ、太さが0.5 mm未満のクロトウヒのみ、H層よりもF層で細根量が多かった。また、F層を構成する有機物が地衣類よりも蘚類が主要である場合に、クロトウヒの細根が多い傾向が認められた。考えられる要因として、水分、養分含量の違いが挙げられる。原因究明はこれからの課題であるが、林床を構成する蘚および地衣類が、クロトウヒの細根発達に影響をおよぼすことが示唆された。

### (4) 有機物層で生成するモノテルペンが炭素動態を制御している可能性が示唆された

アラスカ州フェアバンクス市近郊のクロトウヒ林の3つの調査地点(斜面上部、中部、下部)において、林内大気、林床の主要な蘚類および地衣類ごとの有機物層および土壌中のモノテルペン濃度を季節ごとに測定した。総モノテルペン濃度は、大気中よりも、有機物層中で高かった(図2)。また、総モノテルペン濃度は、蘚類の被覆率が高い斜面上部で、地衣類の被覆率が高い斜面下部よりも高く、地表植生によるモノテルペン濃度の違いが明らかになった(図3)。主要なモノテルペンは、ピネン(約50%)であり、ピネンは有機物の分解過程に影響をおよぼすことが知られていることから、アラスカのクロトウヒ林においても、モノテルペンが炭素蓄積過程に影響をおよぼしている可能性が示唆された。

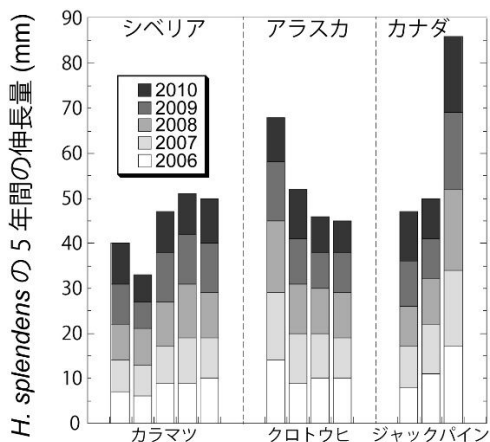


図1 周極域に広く分布する *Hylocomium splendens* (イワダレゴケ) の5年間の伸長量。各地域のバーの違いは、斜面位置や林齢の違い。

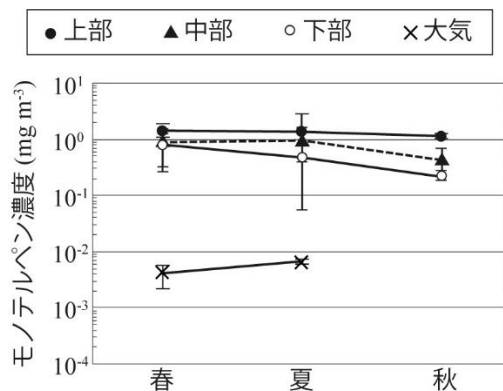


図2 アラスカ内陸部クロトウヒ林における有機物層中のモノテルペン濃度の季節変化。

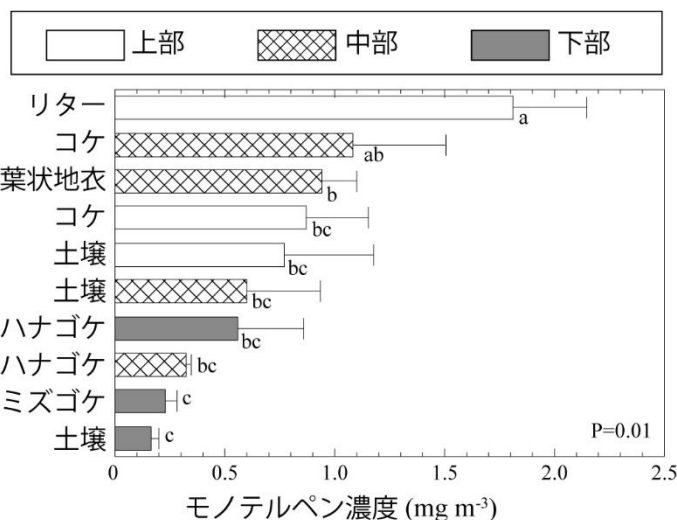


図3 アラスカ内陸部クロトウヒ林における有機物層中の林床植生毎のモノテルペン濃度。

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 0件）

1. 著者名 Tomoaki Morishita, Takafumi Miyama, Kyotaro Noguchi, Yojiro Matsuura, Yongwon Kim	4. 巻 21
2. 論文標題 Spatiotemporal variations of below-ground monoterpene concentrations in an upland black spruce stand in interior Alaska	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Polar Science	6. 最初と最後の頁 158-164
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.polar.2019.02.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 森下智陽、深山貴文、奥村智憲、小野賢二、安田幸生、野口享太郎、鳥山淳平、Kim Yongwon、松浦陽次郎
2. 発表標題 森林土壌の気相中モノテルペン濃度
3. 学会等名 日本土壌肥料学会年次大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Tomoaki Morishita, Kyotaro Noguchi, Yongwon Kim, Yojiro Matsuura
2. 発表標題 CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> and N <sub>2</sub> O fluxes in an upland black spruce forest soil in interior Alaska
3. 学会等名 International Boreal Forest Research Association (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Tomoaki Morishita
2. 発表標題 Characteristics of forest soil GHG dynamics in Japan, Siberia, and Alaska -Limits and potential of closed chamber method-
3. 学会等名 iLEAPS2015全体集会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 森下智陽、松浦陽次郎、梶本卓也、大澤晃、Zyryanova A Olga、Prokushkin S Anatoly
2. 発表標題 シベリア森林土壌からの温室効果ガス放出 ~特にメタンの放出・吸収に着目して~
3. 学会等名 日本シベリア学会第1回研究大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Tomoaki Morishita, Takafumi Miyama, Kyotaro Noguchi, Yojiro Matsuura, Yongwon Kim
2. 発表標題 Seasonal and Spatial Pattern of Monoterpene in a forest soil in a black spruce stand in interior Alaska
3. 学会等名 International Symposium of Arctic Research 5 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoaki Morishita, Kyotaro Noguchi, Yojiro Matsuura, Yongwon Kim
2. 発表標題 Greenhouse gas fluxes from forest soil in an upland black spruce stand in interior Alaska
3. 学会等名 World Congress of Soil Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoaki Morishita, Takafumi Miyama, Kenji Ono, Yongwon Kim, Akira Osawa, Kyotaro Noguchi, Yojiro Matsuura
2. 発表標題 Seasonal and spatial changes of BVOC concentration in forest soils
3. 学会等名 BIOGEOMON2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森下智陽、野口享太郎、Kim Yongwon、梶本卓也、大澤晃、Zyryanova A Olga、Prokushkin S Anatoly、松浦陽次郎
2. 発表標題 北方林におけるイワダレゴケ(H. splendense)の林床被覆パターンと成長速度
3. 学会等名 GRENE研究成果報告会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔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