

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：82105

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26660136

研究課題名(和文) 森林土壌からの温室効果ガス排出量を制御する植物起源揮発性有機物の探索と影響評価

研究課題名(英文) Effect of BVOC on GHG dynamics in forest soils

研究代表者

森下 智陽 (Morishita, Tomoaki)

国立研究開発法人森林総合研究所・四国支所・主任研究員

研究者番号：90391185

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：モノテルペンは、生物由来揮発性有機化合物(BVOC)であり、地球温暖化を助長するガスとして知られている。モノテルペンの土壌中における動態や他の温室効果ガス(二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素)への影響を明らかにするために、岩手県安比高原のブナ林およびカラマツ人工林土壌で観測をおこなった。土壌中のモノテルペン濃度は大気よりもはるかに高く、大きな季節変化を示した。樹種によって、濃度や主要なモノテルペンが異なることが明らかになった。樹木根が発生源として考えられ、生成したモノテルペンは積雪期間も放出が続くことが示唆された。

研究成果の概要(英文)：Biogenic volatile organic compounds (BVOCs) have important role of atmospheric chemistry and global warming. To clarify the seasonal changes in BVOC and the effect of BVOC on other greenhouse gases dynamics, this study was conducted in a cool-temperate deciduous broad-leaved forest and a larch forest in Appi highland, Iwate prefecture. Total monoterpene concentration in the soil was much higher than that in atmosphere, and showed seasonal change. In addition, dominant monoterpenes were different between the two forest soils. Fine root of the dominant trees is considered as the main source of monoterpene. It is suggested that the emission of monoterpene continues through snowpack during winter season.

研究分野：森林土壌学

キーワード：揮発性有機化合物 二酸化炭素 メタン 一酸化二窒素 森林土壌 ブナ カラマツ

1. 研究開始当初の背景

(1) 二酸化炭素 (CO_2)、メタン (CH_4)、一酸化二窒素 (N_2O) は地球温暖化に関与する温室効果ガスとして知られている。土壌中の温室効果ガスの生成や吸収は生物作用によるため (引用文献)、物理環境、養分環境が影響をおよぼすことが明らかになっている。これまでに、森林生態系における CH_4 吸収量、 N_2O 放出量は、土壌や樹種によって異なることが報告されてきた (引用文献)。さらに、 CH_4 吸収量、 N_2O 放出量に加えて、 CO_2 放出量までを含めた解析によると、温度、水分率、容積重などの物理環境、炭素含有率、C/N 比は、温室効果ガスの放出・吸収速度の季節変化を制御する重要な要因であることが明らかになった (引用文献)。しかしながら、十分にメカニズムが解明されたとはいえず、未知の要因があると考えられる。近年、北欧を中心とした研究から、森林内で植物が生成する生物由来揮発性有機化合物質 (BVOC: Biogenic Volatile Organic Compound) であるモノテルペンが、 CH_4 吸収を阻害することが報告された (引用文献)。日本の森林生態系から放出する BVOC は、樹種によってその組成や生成量が大きく異なり (引用文献)、BVOC が土壌の微生物過程に影響をおよぼす可能性が十分に考えられるが、これまで、そのような研究はなかった。

(2) BVOC のなかでも、モノテルペン ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}$) は、森林生態系で生成する主要な非メタン揮発性有機化合物 (NMVOC) である。NMVOC は、 CO_2 、 CH_4 、 N_2O のような直接的な温室効果ガスではないものの、地球温暖化を助長するガスとして知られているが、主要な温室効果ガスと比べて、放出や吸収に関する知見の集積が進んでいない。森林生態系においては、葉が明らかな放出源であることは知られているが、土壌中におけるモノテルペンの動態については、観測事例さえも極めて少なかった。

2. 研究の目的

本研究は、森林内で生成した BVOC が土壌系の温室効果ガス動態におよぼす影響を明らかにすることを目標とした。森林土壌中で見られる主要な BVOC を同定して、その BVOC による土壌中の CO_2 、 CH_4 、 N_2O の生成・消費速度に対する促進や阻害効果を培養実験によって明らかにする。そのために、第一段階として、樹種による土壌 BVOC の種類の違い、季節変化、空間変動について、森林生態系で生成する BVOC のうち、主要な BVOC として知られているモノテルペンに着目して、実際に現地で見られるモノテルペン濃度を定量的に評価することを研究の目的とした。

3. 研究の方法

(1) 岩手県八幡平市の森林総研安比気象観測試験地のブナ林および隣接するカラマツ人工林を調査地とした。これは、これまでの研究で、両林分において、複数年に渡って、積雪期を含めた温室効果ガス動態の季節変化を明らかにしてきたこと (科研費課題番号: 24380086)、両調査地では、気候や地形などの環境要因が類似しており、植生のみが異なるため、樹種の違いによるモノテルペンの影響を検出しやすいと考えられたためである。

(2) それぞれの林分において、無積雪期である夏 (8月) と落葉後 (11月) には、林内、有機物層中、深さ 5cm の土壌からモノテルペン測定用大気を採取した。積雪期 (1月) および融雪期 (4月) には、林内および積雪中 (表層、中層、下層: 採取深度は積雪深によって変動) から採取した。採取大気量は、本研究内で検討した結果を踏まえ、林内、積雪、土壌でそれぞれ、10、5、1L を採取した。モノテルペン採取には、吸着剤 (Tenax TA) を充填したステンレス製採取管 (Thermal Desorption Tube, SUPELCO, Sigma-Aldrich) を使用した。モノテルペンの同定と定量分析は、加熱脱着装置付き GC-MS と FID ガスクロマトグラフィでおこなった。

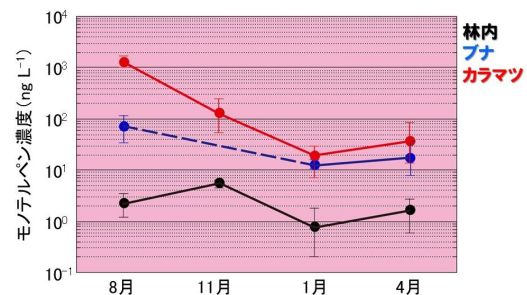


図 1 検出されたモノテルペン総濃度の季節変化。ただしブナ林土壌の 11 月の結果については、分析トラブルにより欠損。

4. 研究成果

(1) 図 1 に検出されたモノテルペンの総濃度の季節変化を示す。両林分において、林内大気中のモノテルペン濃度に明瞭な季節変化は見られなかったが無積雪期 (2~6 ng L^{-1}) に比べて、積雪期 (約 1 ng L^{-1}) の方が、モノテルペン濃度は低い傾向だった。一方、土壌中におけるモノテルペンの総濃度は、林内大気より極めて高く、8 月には、ブナ林土壌では、およそ 70 ng L^{-1} 、カラマツ林土壌では 1000 ng L^{-1} を超えた。8 月の高い土壌中モノテルペン濃度は、11 月には 1/10 程度まで低下して、積雪期には両林分とも、さらに濃度が低下する季節変化を示した。また、カラマツ

ツ林土壤の方がブナ林土壤よりもモノテルペン濃度が高く、季節変化も大きかった。以上から、土壤中におけるモノテルペン濃度は大気よりも高く、樹種によって違いがあることが明らかになった。

(2) 図 2 に本測定により検出されたモノテルペン濃度の内訳を示す。本調査地では、 α -Pinene、Camphene、Sabinene、Myrcene、 β -Pinene、3-Carene、D-Limonene が検出された。それぞれの林分土壤中大気を構成するモノテルペンには違いが見られ、ブナ林土壤では Pinene、Limonene、Carene の寄与が比較的大きかったのに対して、カラマツ林土壤では Carene と α -Pinene が圧倒的な寄与だった。以上から、モノテルペン濃度だけでなく、土壤空気を構成するモノテルペンの種類にも樹種による違いが見られることが明らかになった。

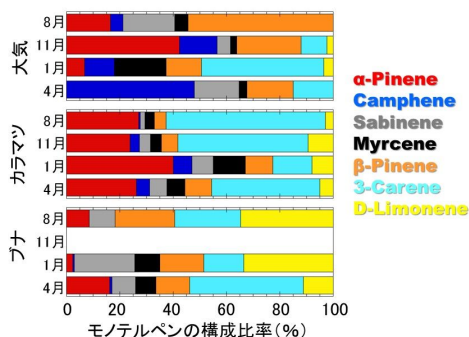


図 2 検出されたモノテルペン濃度の季節毎の内訳。ただしブナ林土壤の 11 月の結果は、分析トラブルにより欠損。

(3) 図 3 に主要なモノテルペンについて、両林分における積雪中の濃度分布を示す。モノテルペン濃度は、積雪中では、大気より高く、土壤表面に近づくにつれ濃度が高くなる濃度勾配が生じており、無積雪期だけでなく、積雪期にも土壤から大気へ放出していることが示唆された。

(4) 森林生態系におけるモノテルペンの主要な放出源は、葉であることが知られており、秋の落葉によって土壤中のモノテルペン濃度が上昇すると考えられたが、本研究からは、落葉前の 8 月において、モノテルペン濃度が高かったこと、そして、土壤中のモノテルペン濃度や検出されるモノテルペンは樹種による違いが明らかになったことから、樹木根が主要な発生源であることが示唆された。本調査地では、カラマツ林土壤の方が、ブナ林土壤よりもメタン吸収量が大きい傾向を持つことが明らかになっているが、モノテルペンの季節変動を把握することに方法の確立と実際の観測に時間を要したため、モノテルペンがこの違いに影響をおよぼしている

かどうかを明らかにするには至らなかった。今後、別の機会を得て、研究を進展させる予定である。

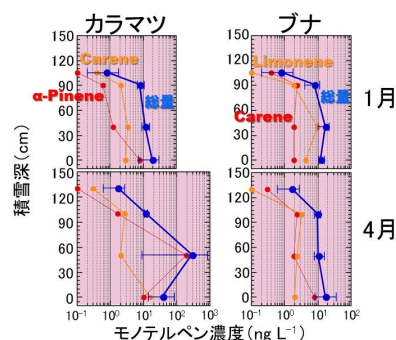


図 3 主要なモノテルペンについての積雪中の濃度分布。総量については、各図に示した 2 種以外のモノテルペンを含む。

< 引用文献 >

- Paul, Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry, 2007
- Morishita et al, Soil Science and Plant Nutrition, 53, 678-691, 2007
- Hashimoto et al, Ecological Modeling, 222, 1283-1292, 2011
- Smolander et al., Plant and Soil, DOI 10.1007/s11104-011-0895-7, 2011
- 谷、低温科学、68、35-39、2010

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1 件)

- 深山貴文、森下智陽、奥村智慧、宮下俊一郎、高梨聡、吉藤奈津子、アカマツ林床における α -ピネン放出の空間分布特性、日本森林学会誌、査読有、98(2)、2016、pp. 59-64

[学会発表](計 7 件)

- 深山貴文、高梨聡、岡野道明、吉藤奈津子、森下智陽、宮下俊一郎、富士北麓の冷温帯アカマツ林における揮発性有機化合物濃度の日変動特性、日本農業気象学会 2017 年全国大会、2017 年 3 月 27~30 日、北里大学十和田キャンパス(青森県十和田市)

- 森下智陽、深山貴文、安田幸生、阪田匡司、小野賢二、多雪地域のブナ林とカラマツ林における土壤中および積雪中モノテルペン濃度、日本土壌肥料学会 2016 年度大会、2016 年 9 月 20~22 日、佐賀大学本庄キャンパス(佐賀県佐賀市)

- 深山貴文、山野井克己、溝口康子、安田幸生、野口宏典、小南裕志、北村兼三、森下智陽、安宅未央子、吉村謙一、松本一穂、高梨聡、和田龍一、吉藤奈津子、岡野通明、

多様な森林に立地するフラックスタワー群を用いた BVOC 観測ネットワークの概要、第 57 回大気環境学会年会、2016 年 9 月 7～9 日、北海道大学工学部（北海道札幌市）

小野賢二、安田幸生、阪田匡司、森下智陽、多雪地域の落葉広葉樹林における土壌および積雪層中 CO₂ 鉛直分布の経時変化、第 127 回日本森林学会大会、2016 年 3 月 27～30 日、日本大学藤沢キャンパス（神奈川県藤沢市）

小野賢二、安田幸生、阪田匡司、森下智陽、冷温帯落葉広葉樹林における土壌 CO₂ フラックスと土壌 CO₂ 濃度の関係、日本生態学会第 63 回大会、2016 年 3 月 20～24 日、仙台国際センター（宮城県仙台市）

森下智陽、深山貴文、奥村智恵、小野賢二、安田幸生、野口享太郎、鳥山淳平、Kim Yongwon、松浦陽次郎、森林土壌の気相中モノテルペン濃度、日本土壌肥料学会 2015 年度大会、2015 年 9 月 9～11 日、京都大学吉田キャンパス（京都府京都市）

森下智陽、深山貴文、奥村智恵、野口享太郎、Kim Yongwon、松浦陽次郎、成長が異なるクロトウヒ林の土壌中モノテルペンの組成と濃度の違い、第 4 回微量ガスワークショップ、2014 年 11 月 20～21 日、つくば国際会議場（茨城県つくば市）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

- 出願状況（計 0 件）
- 取得状況（計 0 件）

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森下 智陽（MORISHITA, Tomoaki）

国立研究開発法人森林総合研究所・四国支所・主任研究員

研究者番号：90391185