

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 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：2012～2013

課題番号：24658141

研究課題名(和文)コナラ林内と周辺域におけるイソプレン放出量と拡散過程の評価

研究課題名(英文)The evaluation of isoprene diffusion and emission processes from Quercus serrate forest

研究代表者

深山 貴文(Miyama, Takafumi)

独立行政法人森林総合研究所・関西支所・主任研究員

研究者番号：40353875

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：イソプレンは植生が最も多く放出する揮発性有機化合物である。本研究ではコナラ属の森林のイソプレン放出特性を明らかにすると共に、周辺域への拡散過程の評価を行った。自動開閉式のチャンバーとPTR-MSを用いてコナラ、ミズナラ、カシワにのイソプレン放出量の連続観測を行った結果、夜間放出が存在することと、日変動、空間変動および環境応答特性を明らかにした。さらに多点観測の結果から、イソプレンが森林大気の周辺域への拡散過程を評価する上で非常に有効な指標となることを示した。地球温暖化でイソプレンは夜間の放出量が増加する可能性が示唆されたことから、さらにこの分野の詳細な研究が必要と考えられた。

研究成果の概要(英文)：Isoprene is the most abundant species of biogenic volatile organic compound. We used an automated chamber system and a proton-transfer-reaction mass spectrometer to detect nocturnal emissions of isoprene from three Quercus species. The rate of emission was greatest after sunset and decreased till dawn. It showed a linear relationship with temperature. It was higher in the upper canopy than in the lower canopy, and was higher under drought. In addition, spatial variation of isoprene concentration around forest shows the effectiveness of isoprene as a tracer to trace the diffusion process of the forest air. As global warming could increase nocturnal isoprene emissions worldwide, this study identifies the need for further study of nocturnal isoprene emissions under drought and heat stress.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：イソプレン BVOC 落葉広葉樹林 拡散過程 放出過程 コナラ

1. 研究開始当初の背景

地球上で排出されている揮発性炭化水素(VOC)の約50%以上は生物起源のVOC(BVOC)であり、その90%以上が植生起源のイソプレンと推定されている(Guenther et al., 1995)。植物が放出するBVOCは有機エアロゾル(浮遊粉塵)を生成して地球を冷却し、雲核として降水をもたらすことで地球の気候変動に大きな影響を与えると考えられている(Kanakidou et al., 2005)。一方、特に熱帯湿潤林ではBVOCが純生態系炭素交換量(NEE)の10%を占める例があり(Geron et al., 2002)、森林の炭素収支面においても大きな影響を持つと考えられている。さらに、イソプレンの地球温暖化係数は2.7とされ(IPCC, 2007)、気温の上昇と共に放出量が増える可能性もあることから、注意が必要である。このように地球環境に重大な影響を持つ物質であることから、森林のイソプレン放出特性の評価は非常に重要な課題である。

イソプレンの放出モデルとしては、光環境と温度環境を変数としたモデル(Guenther et al., 1993, 2006)があり、日中の放出特性のみが注目されてきた。しかし近年、夕暮れや乾燥時において従来のモデルと実測値との間に大きな乖離があることや(Pio et al., 2005)、放出量に体内時計遺伝子が強い影響をもつことも報告され(Wilkinson et al., 2006)、夜間にも放出している可能性があることから、本研究では特に夜間放出特性に注目し、夜間を含んだ野外での連続観測を集中的に行った。

一方、イソプレンを森林大気のトレーサーとして考えた場合に、林縁からにじみ出るイソプレンの拡散過程を評価することは、森林大気の影響範囲や効果を知る上で重要である。特に、都市域の緑地の持つクールアイランド効果や香り物質の周辺域への拡散効果等の解明を目指す上で注目されている。しかし、これまでそのトレーサーとしての有効性はほとんど検証されてこなかったことから、本研究はこの検証を目的とし、イソプレンの周辺域への拡散過程の評価を行った。

2. 研究の目的

本研究では葉面放出量の多点連続的観測システムを開発し、夜間を含んだ植生のイソプレン放出特性を明らかにすることを目指した。

さらに、3次元のかつ連続的にイソプレン濃度の変動特性を評価するための観測するシステムを開発し、林内外においてイソプレン濃度の減衰特性を観測することで、森林から周辺域へのイソプレンの拡散過程を解明することを目指した。

3. 研究の方法

(1)夜間放出量の観測

コナラ属の葉群イソプレン放出量を連続測定するため、3台の自動葉群チャンバーを

京都市南部の森林総合研究所関西支所構内実験林(34°56'N, 135°46'E)に設置した。

測定対象は、コナラ、ミズナラ、カシワ(*Q. serrata* Murray, *Q. crispula* Blume, *Q. dentata* Thunb.)の3樹種とし、10年生の成木(樹高約7m)と2年生の稚樹(樹高約1m)各1本を用いた。

ミズナラの成木周辺には、観測用タワーを鉄製足場パイプを用いて設置し、これに陽樹冠と陰樹に自動葉群チャンバーを固定し、イソプレン放出量の鉛直方向における空間変動特性についての観測を行った。

自動葉群チャンバーのサイズは30cm×50cm×30cm(45,000cm³)で、透明なアクリルを用いて製作した。葉群は側面から取り入れてPTFEシートでシールし、内部には圧力補正用テドラバッグ(1L)を設置した。チャンバーの側面の蓋は1時間に1回、15分間、エアシリンダー(CJ2-D16-125、SMC社製、日本)によって自動で閉鎖させ、閉鎖期間中のイソプレン濃度の上昇速度から単位葉面積あたりのイソプレン放出速度を算出した。

観測は2012年9月に行い、イソプレン濃度の分析は陽イオン移動反応質量分析計(PTR-MS、Ionicon社製、オーストリア)を用いて行った(図-1)。PTR-MSのドリフトチャンバーの条件は200Pa、500V、50°C、136Tdとした。

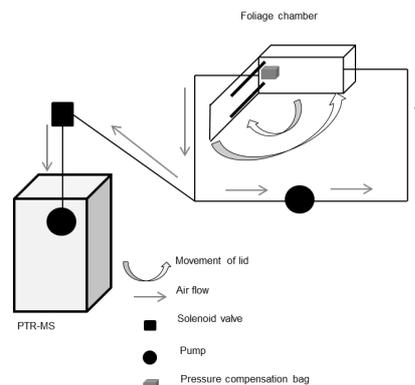


図-1 イソプレン放出量の観測システム

(2)鉛直分布観測

イソプレンの鉛直方向への空間分布特性を評価するため、森林総合研究所山城試験地二酸化炭素動態観測施設(京都府木津川市)内の微気象観測タワー(高さ36m)で地上から頂部まで2m間隔でイソプレンを含んだ大気の採取を行った。

また、林縁、林外部においてヘリウムを封入した気球を用いて直径3mmのテフロンチューブの吸入口を上空に上げ、地上部から20m高までの大気を採取した。大気の採取口にはオゾントラップを設け、Tenax TA 200mgとCarbtrap 100mgを直径6mm長さ85mmのステンレス管に詰めた捕集管に毎分0.2Lの流量で定流量ポンプを用いて5分間通気して行った。この捕集管に吸着されたイソプレンは加

熱脱着ガスクロマトグラフ法によって分析した。

(3) 水平分布観測

快晴日の日中におけるイソプレンの水平方向への空間分布特性を広域的に評価するため、森林に挟まれた木津川市を中心とする京都盆地南部に長さ 4~6km で東西方向へ横断する 3 本の測線を設定した。そして、その測線上を車両で移動しつつ 500m 間隔でオゾンスクラバーを通過させた大気をテドラバッグ (2L) 中に採取した。これを冷暗条件下で速やかに持ち帰り PTR-MS でイソペン濃度の分析を行った。1 測線あたりの採取時間は 1 時間以内とした。

また、1 時間間隔で定点で捕集管に大気を自動採取する自動大気採取装置を開発し、林縁部と林縁から 500m 離れた地点で同時にイソペン濃度の日変化を観測し、その日変動特性の比較を行った。

4. 研究成果

プログラマブルコントローラー (ZEN、オムロン製、日本) と空圧機器を利用することで、異なる樹種や樹冠位置での夜間イソペン放出量を同時に比較観測することに成功した。

多点連続観測の結果、ミズナラの樹冠上部と下部で夜間に同時にイソペンが放出されていることを確認した (図-2)。また、夜間の放出量は日没直後に特に樹冠上部で高いこと、この時間帯以外の夜間放出量も常に樹冠上部が下部より高いこと、気温と夜間放出量の間には正の相関があることが明らかになった (図-3)。

一方、コナラ、ミズナラ、ナラガシワは、いずれも夜間にもイソプレンを放出していることが明らかになった。また、放出量の種間差は比較的小さく (図-4)、乾燥しやすい稚樹や (図-5)、乾燥処理を行った成木で放出量が高まる傾向があることが明らかになった (図-6)。

これらの結果は、夜間に放出しないと思われてきたイソペンが夜間にも樹種や個体、樹冠部位を問わずに共通して放出されていることを示すと共に、特に乾燥ストレスを受けた個体でその夜間放出量が日中の 10 倍から 100 倍に急激に高まる可能性を示しており、今後、特にこの特徴に注目した解析が重要と考えられた。

一方、京都盆地南部を横断して日中のイソペン濃度を多点観測した結果、林縁から概ね 500m までの範囲内のイソプレンの濃度の勾配が特に顕著であることが明らかになった。この傾向は 3 本の測線で共通して確認された。

3 次元的なイソプレンの濃度分布特性を評価するため、気球を用いて林内と林外の複数地点で地表 1m と 20m 高における大気採取を行った結果、林内では 20m 高の濃度が高いが、

林縁から林外に離れると 1m 高のイソペン濃度の方が高くなる場合があることが分かった。

時系列変動特性を評価するため、24 個の電磁弁をプログラマブルコントローラーで制御する自動観測システムの開発に成功した。この自動測器を用いて、林外と林内で 24 時間の連続観測を行った結果、林内では正午前後に、林外では朝夕にイソペン濃度のピークが存在する例があることが明らかになった。

これまで、森林の大気は地表付近を滝が流れ落ちるように地表沿いに周辺域に拡散している時間帯があるのではないかと推定されてきた。しかし、熱や水蒸気、二酸化炭素濃度などでは、森林以外にも多くの発生源があるため、これらだけを用いて森林起源の大気として切り分けるのは困難であった。しかし、イソペンは広域観測でも林縁付近だけで急激にイソペン濃度が高まっていたことから、他には放出源が無く、森林の大気の拡散過程を評価する上で重要なトレーサーとなると考えられた。また、朝夕に特に森林外の地表付近でイソペン濃度が高まっていた時空間的な変動特性は、無風に近い大気安定時に森林の大気が地表付近を水平方向に広く流下している現象をデータとして捉えた可能性があると考えられた。このような森林起源の大気の流下現象の観測は、1 か所で風速を観測するだけでは捉えることができないほど大規模な現象であることから、イソペンを用いた多点観測で得られた特徴的な観測結果と考えられた。

本研究によってこれまでほとんど注目されてこなかったイソペンの夜間放出特性と森林大気のトレーサーとしての興味深い特質が明らかになった。今後この森林起源のイソペンに注目し、詳細なデータを得るため測定例を増やし本研究結果の検証を行いつつ、さらに研究を推進していくことが重要と考えられた。

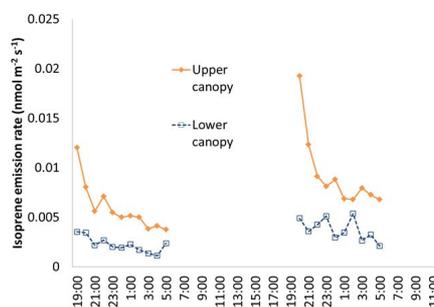


図-2 ミズナラ成木の陽樹冠と陰樹冠における夜間放出量の空間変動特性

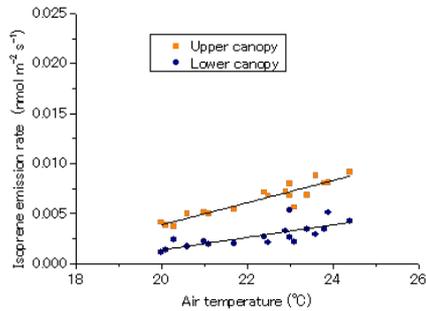


図-3 ミズナラ成木の陽樹冠と陰樹冠における気温と夜間葉面イソプレン放出量の関係

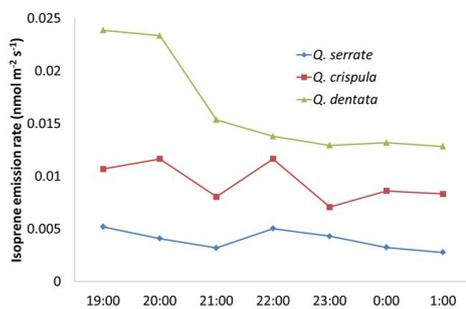


図-4 イソプレン放出量の種間差

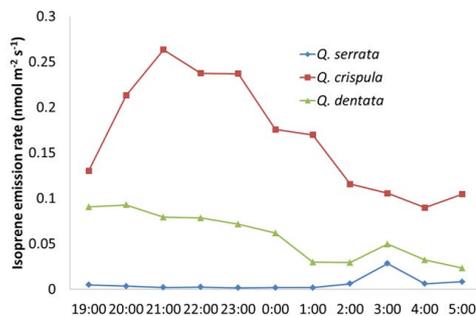


図-5 稚樹からのイソプレン放出

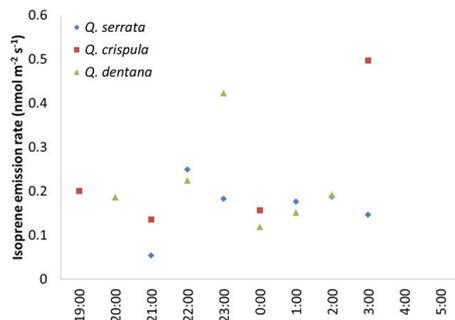


図-6 乾燥処理後の成木からのイソプレン放出

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Takafumi Miyama, Motonori Okumura, Yuji Kominami, Kennichi Yoshimura, Mioko Ataka, Akira Tani, Nocturnal isoprene emission from mature trees and diurnal acceleration of isoprene oxidation rates near *Quercus serrata* Thunb. Leaves, Journal of Forest Research, 査読有, 18巻, 2013, 4-12 DOI: 10.1007/s10310-012-0350-5

〔学会発表〕(計5件)

深山貴文, 奥村智恵, 小南裕志, 吉村謙一, 安宅未央子, 森林周辺におけるイソプレンの空間分布特性, 第125回日本森林学会大会, 2014年03月26日~2014年03月30日, 大宮ソニックシティ(大宮市)

深山貴文, 奥村智恵, 小南裕志, 吉村謙一, 京都府南部における植生からのイソプレン放出特性について, 第54回大気環境学会年会, 2013年09月18日~2013年09月20日, 新潟コンベンションセンター(新潟市)

深山貴文, 奥村智恵, 小南裕志, 吉村謙一, 安宅未央子, 檀浦正子, 落葉広葉樹二次林周辺における植生起源揮発性有機化合物の拡散過程について, 日本森林学会126回大会, 2013年03月26日~2013年03月27日, 岩手大学(盛岡市)

深山貴文, 小南裕志, 奥村智恵, 森下智陽, コナラ, ミズナラ, ナラガシワの夜間イソプレン放出, 生物起源微量ガスワークショップ2012, 2012年11月21日~2012年11月22日, 琉球大学(西原町)

深山貴文, 小南裕志, 奥村智恵, 安宅未央子, 吉村謙一, 森林起源VOCの多点観測システムの開発, 第63回応用森林学会大会, 2012年10月19日~2012年10月20日, 龍谷大学(大津市)

〔その他〕(計3件)

ホームページ等

研究情報 (Research Information) 111
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/research/pubs/joho/joho2014.html>

平成26年版 森林総合研究所年報
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/nenpo/>

平成26年版 森林総合研究所関西支所年報
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/fsm/re>

<search/pubs/index.html>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

深山 貴文 (MIYAMA, Takafumi)
森林総合研究所・関西支所・主任研究員
研究者番号：4 0 3 5 3 8 7 5

(2)研究分担者

小南 裕志 (KOMINAMI, Yuji)
森林総合研究所・関西支所・主任研究員
研究者番号：7 0 3 5 3 6 8 8