

令和元年6月24日現在

機関番号：82101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02945

研究課題名(和文) 熱帯雨林における硫化カルボニルの動態：総光合成量プロキシとしての評価

研究課題名(英文) Carbonyl sulfide as a tracer for photosynthesis in a tropical rainforest

研究代表者

斉藤 拓也 (Saito, Takuya)

国立研究開発法人国立環境研究所・環境計測研究センター・主任研究員

研究者番号：40414370

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、東南アジア熱帯林生態系における総光合成量プロキシとしての硫化カルボニル(COS)の有用性を評価することを目的とした。COSの大気観測を半島マレーシアのパソ森林保護区において実施したところ、夜間に低く日中に高くなる日内変動が観測された。土壌を放出源や吸収源とする他のVOCとの比較から、大気中のCOSが夜間に土壌などによって取り込まれ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

森林は二酸化炭素の吸収源として重要な役割を果たしている。しかしながら、どれだけ炭素を取り込んでいるかについてはよく分かっていない。本研究では、炭素吸収量の新しい推定法として近年注目されている硫化カルボニルに着目し、熱帯林における硫化カルボニルの動態を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Recent works suggest that carbonyl sulfide (COS), the most abundant reduced sulfur-containing gas in the atmosphere, may be useful in constraining terrestrial carbon exchange. To explore the dynamics of COS in tropical rain forests, atmospheric measurements of COS were made at Pasoh Forest Reserve in Peninsular Malaysia. We found the diurnal cycles of COS with night-time depletion. Multiple considerations suggest that COS is taken up by soils via non-photosynthetic processes during night.

研究分野：大気化学

キーワード：硫化カルボニル 総光合成量 熱帯雨林

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

熱帯雨林は、最大の光合成量を持つ生態系としてグローバルな炭素循環において重要な役割を果たしている。現在の熱帯雨林は、互いに拮抗する光合成による CO₂ 吸収量と呼吸による森林から大気への CO₂ 放出量によって、正味の炭素収支はほぼゼロに保たれていることがわかっている。そのバランスが、気候変動によってどのように変わりうるのか、またその変化が気候変動にどのような影響を与えるのかといったフィードバックの理解は、温暖化の予測と森林による緩和を考える上で不可欠である。しかし、炭素循環に関する知見を結集したモデルをもってしても、森林で観測される炭素循環の変動を正しく再現できていない (Friedlingstein et al., 2006)。この不一致の根本的な原因は、シンク (生態系総光合成量) とソース (生態系総呼吸量) の推定値が持つ大きな不確実性にある。

こうした中、新しい総光合成量の推定手法として、大気中に存在する硫化カルボニル (COS) を使ったアプローチが提案され、注目を集めている (Campbell et al., 2008)。この手法は、COS の主要な消失源が CO₂ と同様、光合成に伴う植生への取り込みであり、一方で CO₂ と異なり呼吸に相当する大気への放出がないことを利用したものである。しかし、総光合成量プロキシとしての COS を評価するために不可欠な陸域生態系における COS の動態研究は、温帯の農地や森林でようやく始められたところであり、熱帯雨林においてはほとんど報告例がない。

2. 研究の目的

本研究は、東南アジア熱帯雨林の生態系における COS の観測に基づいて COS ベースで総光合成量の推定を行う上で必要な前提条件を検証することで、総光合成量プロキシとしての COS の有用性を評価することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、熱帯雨林生態系における総光合成量プロキシとしての COS の評価という目的を達成するため、森林大気中における COS の動態を観測した。フィールド観測は半島マレーシアに位置するパソ森林保護区のタワーサイトにて行った。大気試料中 COS の現場観測を行うため、スターリング冷凍機による冷却機構を備えた低温大気濃縮装置をコンパクトな低熱容量 (Low Thermal Mass; LTM) タイプのガスクロマトグラフ / 質量分析計 (LTM-GC/MS) と組み合わせた装置を開発し、タワーサイトに整備されている空調付きコンテナ内に設置した。なお、植生葉群による COS と CO₂ の取り込み比の観測や生態系スケールのフラックス観測については現在解析中のため、下記の研究成果には含めていない。

4. 研究成果

熱帯林生態系における COS の動態を把握するため、パソ森林保護区の林床付近において COS を含む揮発性有機化合物 (VOC) の大気中濃度を連続的に測定した。その結果、林床大気中の COS は概ね 500 ~ 1000ppt の濃度で推移すること、そして夜間に低く日中にやや高くなる日内変

動を持つことがわかった。COS と同様な日内変動は臭化メチルにも見られ、一方、これとは逆の日内変動（夜間に高く日中に低い）がクロロホルムで観測された。臭化メチルとクロロホルムはそれぞれ、土壌が吸収源と放出源として働く VOC である。こうした特徴的な放出源・吸収源を持つ VOC と COS の日内変動の関係から、熱帯林では大気が成層化した夜間に土壌などが COS の吸収源として働くことが示唆された。また、夜間に完全に閉じ切らない植生の気孔による COS の取り込みが先行研究によって報告されており、本研究で観測された COS の濃度減少には土壌だけでなく植生も関与している可能性がある。一方、日中は活発な鉛直対流によって林床付近の空気が COS リッチな上空の空気と混合することで林内でも COS 濃度が上昇したと考えられる。

本研究では、大気化学反応を経て COS の前駆体として働く二硫化炭素 (CS₂) の観測も実施した。その結果、CS₂ の大気濃度は COS の数パーセント程度と低く、パソ森林保護区のような清浄な熱帯林では CS₂ の酸化分解による COS 生成への寄与は比較的小さいと推定された。上述の通り COS は 500 ~ 1000ppt の濃度範囲で周期的な変動を示したが、時折 2000 ppt に達する高濃度イベントが観測され、同期したピークが二硫化炭素 (CS₂) にも見られた。これらの成分がバイオマスの燃焼など共通する発生源から直接大気に放出されると共に、大気中で二次的に生成されることも考えられ、CS₂ 起源の COS 生成が汚染イベントにおいては無視できない可能性も示唆された。

COS を総光合成量のプロキシとして利用するためには、COS の主要な消失源が CO₂ と同様、光合成による植生への取り込みである必要がある。森林生態系の総光合成量を COS ベースで推定するためには、今後、土壌等による COS の消失過程が植生への取り込みに占める割合を評価する必要がある。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

Engel A., Rigby M., Burkholder J.B., Fernandez R.P., Froidevaux L., Hall B.D., Hossaini R., Saito T., Vollmer M.K., Yao B. (2018) Chapter 1: Update on Ozone-Depleting Substances (ODSs) and Other Gases of Interest to the Montreal Protocol. In: World Meteorological Organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2018, Global Ozone Research and Monitoring Project-Report No. 58 (査読有)

Prinn R., Weiss R.F., Arduini J., Arnold T., DeWitt H.L., Fraser P.J., Ganesan A.L., Gasore J., Harth C.M., Hermansen O., Kim J., Krummel P.B., Li S., Loh Z.M., Lunder C.R., Maione M., Manning A.J., Miller B.R., Mitrevski B., Muhle J., O'Doherty S., Park S., Reimann S., Rigby M., Saito T., Salameh P.K., Schmidt R., Simmonds P.G., Steele L.P., Vollmer M.K., Wang R.H., Yao B., Yokouchi Y., Young D., Zhou L. (2018) History of chemically and radiatively important atmospheric gases from the Advanced Global Atmospheric Gases Experiment (AGAGE). EARTH SYSTEM SCIENCE DATA, 10 (2), 985-1018 (査読有)

斉藤拓也 (2017) 微量ガスのフラックス：微気象学的測定法と分析法の進展。ぶんせき,

312-313 (査読無)

[学会発表] (計 2 件)

__ 齊藤拓也 (2018) 大気化学を駆動する植物由来の揮発性有機化合物. 理研シンポジウム「植物の代謝制御と化学生物学の新展開」, 神奈川県横浜市、平成 30 年 12 月 20 日

__ Saito T., Sakabe A., Takanashi S., Kosugi Y., Musa S., Volatile Organic Compound Measurements in Malaysia during the 2015 Indonesian Fires, *2nd International Forum on Sustainable in ASIA (2nd NIES International Forum)*, Bali, Indonesia, 26th -28th January, 2017

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：小杉 緑子

ローマ字氏名：Kosugi Yoshiko

所属研究機関名：京都大学

部局名：農学研究科

職名：教授

研究者番号 (8 桁) : 90293919

研究分担者氏名：高梨 聡

ローマ字氏名：Takanashi Satoru

所属研究機関名：国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所

部局名：気象環境研究領域

職名：主任研究員

研究者番号 (8 桁) : 90423011

(2)研究協力者

研究協力者氏名：坂部 綾香

ローマ字氏名：Sakabe Ayaka

研究協力者氏名：Samsudin B. Musa

ローマ字氏名：Samsudin B. Musa

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。