

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：24658145

研究課題名(和文) 樹木の同位体年輪分析による熱帯雨林の気象環境と炭素・水交換機能の解明

研究課題名(英文) Application of tree-ring isotopic analyses to understand carbon and water exchanges in a tropical rainforest

研究代表者

高梨 聡 (Takanashi, Satoru)

独立行政法人森林総合研究所・気象環境研究領域・主任研究員

研究者番号：90423011

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：明瞭な年輪を持たない熱帯雨林樹木の木部炭素・酸素安定同位体比を分析した。微気象データおよび同位体分別モデルを用いた解析により、Pasoh 熱帯雨林においては雨の同位体比変動に応じて木部酸素安定同位体比が年2回のピークを持つことを明らかにした。木部形成年代を推定することを試みたが、困難であったため、放射性炭素年代測定など他の手法を組み合わせた年代推定法を検討したところ、酸素安定同位体比の変動は土壌水分量の変動におおむねよく合っていた。同時に測定している炭素安定同位体比を用いて水利用効率に関する解析を行ったところ、土壌水分量の低下により、水利用効率が上昇する傾向が見られた。

研究成果の概要(英文)：We analysed carbon and oxygen isotope patterns of xylem of tree species from tropical climate, where trees do not have obvious tree-rings. Micro-meteorological observation and model analysis is revealed that the value of the oxygen isotope of xylem would have two peaks in one year. Fluctuations of the oxygen isotope of xylem was too scattered for absolute dating. Combined analysis of the radioactive carbon isotope of xylem showed that the variations in the oxygen isotope of trees were similar to the pattern of the soil water content. From results of the carbon isotope, water use efficiency of the tree were tend to increase with decrease of the soil water content.

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：同位体 年輪 森林 マレーシア 環境応答 気候変動 熱帯雨林 エルニーニョ

1. 研究開始当初の背景

熱帯雨林は植物に好適な環境であり、生育期間の長さから莫大なバイオマスを有している。そのために地球上で総一次生産量 (GPP) が最も高い生態系であり、気候変動の影響を予測する上で極めて重要な生態系である。申請者らはこれまでに、渦相関法によって森林の炭素・水交換量を直接測定してきた。その結果、半島マレーシア・パソ熱帯雨林では土壌深部からの水の供給により少雨期でも安定的な蒸発散が行われていること、少雨期には GPP が若干減少するとともに、生態系呼吸量も減少し、純生態系生産量 (NEP) が安定的になっていることなどが示唆されている。本研究で行う安定同位体を利用した物質交換量の解析は、通常物質収支の解析からは分からない様々な情報を含んでいる。二酸化炭素は気孔を通過し、固定される際に、同位体分別が起こるため、有機物中の炭素安定同位体比は気孔開閉特性をあらわす。また、蒸散強度に応じて葉内水の酸素安定同位体比が変化するため、それに伴い固定される有機物に含まれる酸素安定同位体比も変化する。したがって、樹木年輪の同位体比変動 (同位体年輪) には、気象環境や環境応答特性が刻まれており、大気大循環モデル (GCM) の検証、古気候の復元・マッピング、木材産地判別等に利用されている。熱帯雨林は多種多様な樹木によって支えられ、樹木それぞれのガス交換の総和として、森林の炭素・水交換機能が維持されているが、エルニーニョ現象のような、非周期的な環境変動に対して、樹木個々がどのように応答し、樹冠レベルでの安定性が維持されているのかは詳細な理解に至っていない。

2. 研究の目的

本研究は、太陽高度に依存した周期的な日射量や気温の季節性に乏しい熱帯雨林において、樹木が環境に対してどのように応答し、熱帯雨林の炭素・水交換が行われてきたのかを、樹木に刻まれた同位体シグナルを基に明らかにする手法を確立することを目的とする。そのために、樹木年輪の安定同位体比を微気象データと共に解析し、その同位体比の変動要因を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 森林微気象・樹冠上フラックスの解析

半島マレーシア・パソ森林保護区 (2° 58' N, 102° 18' E) において、微気象観測タワーを用いて継続的に観測を行なっている。現地植生はフタバガキ科を主とする低地原生の熱帯雨林である。1995 年から樹冠上気温・湿度・風速・日射量等の微気象データ、それに加えて、2002 年から、CO₂/H₂O フラックス、CO₂ 濃度および林内微気象データの 30 分平均値を利用した。H₂O フラックスデータから群落コンダクタンス (群落スケールでの気孔開度) を算出する。CO₂ フラックスデータと群

落コンダクタンスから Farquhar らの理論を応用し、群落レベルでの炭素同位体分別を試算した。

(2) 同位体年輪の解析

観測タワー付近において、樹高 35m の Shorea 属を主とする樹木から切り出し、乾燥させた円盤サンプルから厚さ 1mm、幅約 1cm 程度の板状にダイヤモンドホイールソーを用いて切り出した。切り出した板状のサンプルは薬品処理により、セルロースを抽出した。板状に抽出されたセルロースを 300 ミクロン程度の単位で分割し、高熱分解元素分析計 - 同位体質量分析計によって、¹³C、¹⁸O を測定した。分割する際にはデジタルカメラにて撮影し、木片のデジタル画像と比較することにより、分析位置を特定した。降水の同位体比の変動については、確認のため、現地日別サンプリングを行い、酸素・水素安定同位体比分析を行った。また、GNIP (Global Network of Isotopes in Precipitation) のデータも利用した。

4. 研究成果

(1) 熱帯樹木の同位体年輪分析

年輪を持たない熱帯樹木において同位体比変動を解析するために、樹木円盤サンプルから切片を採取し (図 1) セルロース抽出を行い、ほぼ等間隔に切り出した。切り出す際には、一点一点デジタル写真撮影し、切り出した範囲を解析できるようにした。

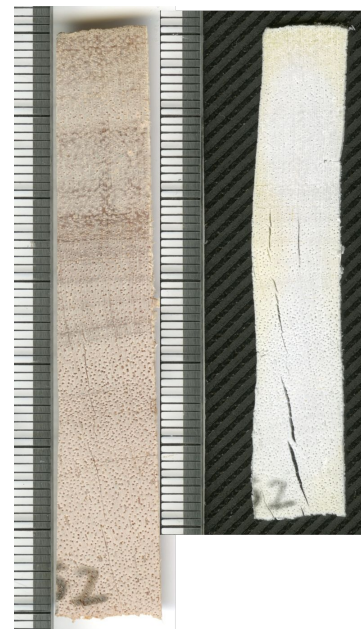


図 1 年輪の見られない樹木 (*Shorea leprosula*) から切り出した木片 (左) とセルロース (右)

切り出した木部セルロースの炭素・酸素安定同位体比を分析したところ、生育環境の乾燥・湿潤および雨の同位体比変動に起因する

炭素・酸素安定同位体比の変動が捉えられた (図2)。

GNIP のデータがあるシンガポールの降雨の月別酸素安定同位体比(1968 - 1976 年平均)は弱い年 2 回のピークを持っていた。また、2013年にPasoh熱帯雨林においてサンプリングした降雨の酸素安定同位体比も、年2回の弱いピークをもち、降雨量が多い時に同位体比が低く(軽く)なっていた。微気象データおよび Farquhar らの同位体分別モデルを用いた解析により、Pasoh 熱帯雨林においては雨の同位体比変動に応じて木部酸素安定同位体比が年 2 回の弱いピークを持つことを明らかにした。この情報を元に、木部形成年代を推定することを試みたが、変動が小さく不規則であり、特定が困難であったため、放射性炭素年代測定など他の手法を組み合わせた年代推定法を検討した。放射性炭素同位体比による年代推定では、樹皮からの距離約 5cm のところで 1974 年と推定された。

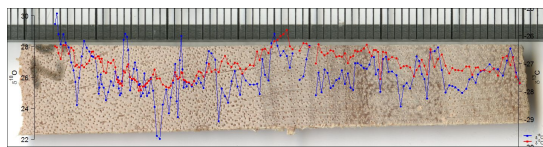


図2 木部内での炭素・酸素安定同位体比の変動 (赤：炭素安定同位体比、青：酸素安定同位体比)

(2)微気象データによる同位体比変動の推定
樹冠上 CO₂/H₂O フラックスデータを整理し、様々な時間スケールで解析できるようにデータベース化を行った。個葉ガス交換特性の空間分布についてのデータを鉛直方向に整理し、個々の樹木が持つガス交換特性を再現できるようにした(図3)。これにより、樹木年輪に刻まれたガス交換特性を推定することができ、実際の樹木年輪同位体比変動と比較解析することが可能となった。

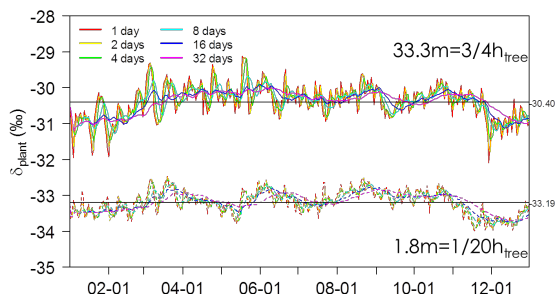


図3 再現された炭素安定同位体比の鉛直方向による違いの季節変動

降雨量と土壤水分量の関係を用いて、過去30年に渡る雨量データから土壤水分量を再計算した。この土壤水分量の変動の180日移

動平均と放射性炭素同位体から求めた年代(1974年)を合わせたところ、酸素安定同位体比の変動は土壤水分量の変動におおむねよく合っていた(図4)。さらに、酸素安定同位体比と土壤水分量の細かな変動を合わせることにより、細かな年代推定を行えるようになった。この変動をものさしとすることにより、他の樹木でも年代推定を行うことが可能となる。

酸素安定同位体比と同時に測定している炭素安定同位体比を用いて水利用効率に関する解析を行ったところ、土壤水分量の低下により、水利用効率が上昇する傾向が見られた。

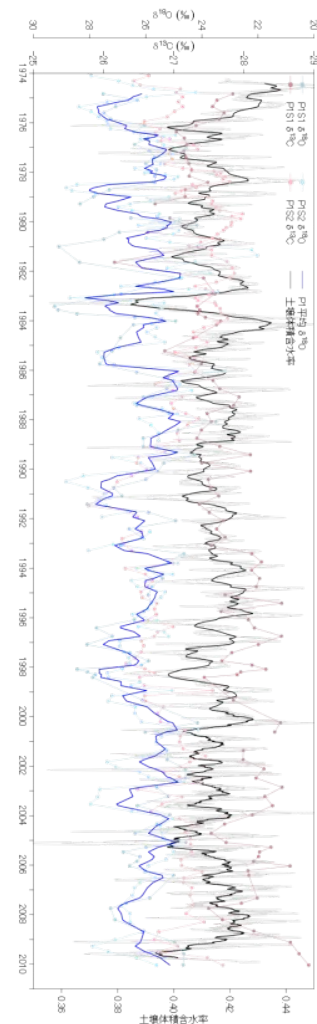


図4 土壤水分量の年々変動と樹木酸素安定同位体比 (青：酸素安定同位体比、黒：土壤含水率、赤：炭素安定同位体比)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 2件)

KOSUGI, Y., TAKANASHI, S., YOKOYAMA, N., PHILIP, E., KAMAKURA, M., Vertical variation in leaf gas exchange parameters for a Southeast Asian tropical rainforest in Peninsular Malaysia, Journal of Plant Research, vol.125, 735-748, 2012.

DOI:10.1007/s10265-012-0495-5 (査読有り)

KOSUGI, Y., TAKANASHI, S.、TANI, M.、OHKUBO, S.、MATSUO, N.、ITOH, M.、NOGUCHI, S.、Abdul Rahim Nik、Effect of inter-annual climate variability on evapotranspiration and canopy CO₂ exchange of a tropical rainforest in Peninsular Malaysia、Journal of Forest Research、vol.17、227-240、2012、DOI:10.1007/s10310-010-0235-4 (査読有り)

[学会発表](計 4 件)

齋木 拓郎、松尾 奈緒子、高梨 聡、吉藤 奈津子、小杉 緑子、中塚 武、年輪の無い熱帯樹木の年輪同位体解析法の開発、日本生態学会第 61 回全国大会、広島国際会議場(広島県広島市)、2014.03.16

高梨 聡、小杉 緑子、谷 誠、半島マレーシア熱帯雨林における群落と樹木のガス交換特性、日本森林学会第 124 回全国大会、岩手大学(岩手県盛岡市)、2013.03.26

高梨 聡、気孔開閉と森林のガス交換特性、日本生態学会第 60 回全国大会、静岡県コンベンションアーツセンター(静岡県静岡市)、2013.03.07

桐山 貴衣、松尾 奈緒子、高梨 聡、小杉 緑子、中塚 武、酸素安定同位体分析に基づく熱帯樹木の高解像度年輪指標の構築、日本生態学会第 60 回全国大会、静岡県コンベンションアーツセンター(静岡県静岡市)、2013.03.06

6. 研究組織

(1)研究代表者

高梨 聡 (TAKANASHI, Satoru)
独) 森林総合研究所・気象環境研究領域・主任研究員

研究者番号: 9 0 4 2 3 0 1 1

(3)連携研究者

小杉 緑子(KOSUGI, Yoshiko)
京都大学・農学研究科・助教

研究者番号: 9 0 2 9 3 9 1 9

松尾 奈緒子(MATSUO, Naoko)
三重大学・生物資源学研究科・講師

研究者番号: 0 0 4 2 3 0 1 2

香川 聡(KAGAWA, Akira)
独) 森林総合研究所・木材特性研究領域・主任研究員

研究者番号: 4 0 3 5 3 6 3 5

中塚 武(NAKATSUKA, Takeshi)
総合地球環境学研究所・研究部・教授

研究者番号: 6 0 2 4 2 8 8 0