

平成21年5月19日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18780115
 研究課題名（和文）安定同位体を用いた東アジア・太平洋地域における森林のガス交換最適化マッピング
 研究課題名（英文）Carbon and Oxygen Isotope Ratios of Tree Leaves Grown in Different Climates in Asia-Pacific
 研究代表者 松尾 奈緒子（Naoko Matsuo）
 三重大学・大学院生物資源学研究科・講師
 研究者番号：00423012

研究成果の概要：

東アジア・太平洋地域に分布する多様な森林が環境問題に対して果たす役割を理解するため、森林のガス交換特性の指標である水利用効率と気孔コンダクタンスを葉の有機物中の炭素・酸素安定同位体比を用いて評価した。数タイプの植生において葉の有機物中の酸素安定同位体比と蒸散量の関係の検証を行い、本手法の適用可能条件を示した上で、様々な森林に適用した。その結果、樹木のガス交換特性は生育場所の水分環境に応じて決まることが示唆された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2,006年度	1,500,000	0	1,500,000
2,007年度	1,400,000	0	1,400,000
2,008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	180,000	3,680,000

研究分野：植物生理学・森林水文学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：酸素安定同位体比，炭素安定同位体比，気孔コンダクタンス，水利用効率，蒸散，光合成

1. 研究開始当初の背景

わが国が位置する東アジア・太平洋地域には、熱帯雨林や熱帯季節林，温帯樹林，半乾燥地林，亜寒帯林など様々なタイプの森林が分布する。こうした森林が地球・地域規模の環境問題に対して果たす役割を明らかにすることが求められていた。そのため、森林のガス交換戦略，すなわち森林の二酸化炭素・水蒸気交換特性とその環境変動に対する可塑性を理解することが重要課題となってい

た。

2. 研究の目的

本研究は東アジア・太平洋地域に分布する様々な森林のガス交換特性とその環境応答を評価することを目的とする。そのため、葉の有機物中の炭素・酸素安定同位体比から森林の長期平均的なガス交換特性を簡易に評価する手法を確立する。また、確立した手法

を多様な森林において適用し、得られた森林のガス交換特性とその立地の年降水量、積算温度、放射乾燥度などの環境条件や樹齢、機能タイプ（広葉樹／針葉樹）などの森林特性との関係を明らかにすることで、森林のガス交換特性を決定する要因を考察する。これにより、東アジア・太平洋地域における森林のガス交換戦略のマップを作成し、炭素・水管理ガイドライン策定を前提とした森林の機能の評価を行う。

3. 研究の方法

森林のガス交換特性は個葉レベルでは蒸散に対する光合成の効率を表す水利用効率と気孔の開度を表す気孔コンダクタンスの2つを指標として評価することができる。

これらの指標の推定法として、従来は樹冠上の二酸化炭素・水蒸気フラックス観測（ガス交換法）が用いられることが多かった。このガス交換法は刻々と変動する瞬間値が得られる利点を持つが、タワーや観測機器の設置と維持に費用や手間がかかるため、適用が困難である地域が多かった。

一方、葉の有機物中の炭素・酸素安定同位体比からその植物の水利用効率と蒸散量の長期傾向を推定できることが理論により示されている。この理論は室内・圃場実験など環境制御下の実験により、検証が行われてきた。環境条件や利用している水が一定ならば、葉有有機物の炭素安定同位体比が高いほど水利用効率が高く、酸素安定同位体比が低いほど気孔コンダクタンスが大きいことを表す。本研究では、この葉有有機物の炭素・酸素安定同位体比を用いて、森林の水利用効率と気孔コンダクタンスの評価を行う。

ただし、葉の有機物中の酸素安定同位体比と気孔コンダクタンスの関係について野外で検証された例はほとんどなかった。そこで、まずは複数の森林において葉内水および葉有有機物の酸素安定同位体比の測定とガス交換法による蒸散速度・気孔コンダクタンスの測定を行い、それらの関係を明らかにすることにより、葉有有機物の酸素安定同位体比から気孔コンダクタンスを推定する手法の適用可能条件を明確にする。

その上で、アジア各地の観測サイトにおいて葉有有機物の炭素・酸素安定同位体比を測定し、多様な森林のガス交換戦略を推定する。これと、その森林の立地の年降水量、積算温度、放射乾燥度などの環境条件や樹齢、機能タイプ（広葉樹／針葉樹）などの森林特性などとの関係を明らかにする。これにより、森林のガス交換戦略の決定要因を解明する。

4. 研究成果

(1) 葉有有機物の酸素安定同位体比から気孔コンダクタンスを推定する手法の適用可能条件を明らかにするため、中国内蒙古自治区毛烏素沙地や鳥取砂丘において植物数種を対象として葉内水の酸素安定同位体比と蒸散量の測定を行い、葉内水の酸素安定同位体比がどのように蒸散量（あるいは気孔コンダクタンス）を反映するののかについて検討を行った。

その結果、葉内水の酸素安定同位体比は、日中には環境条件、気孔・葉面境界層コンダクタンス、蒸散に伴う葉内での水の移流・拡散を反映することがわかった。それに加えて、朝夕には葉内での非定常の水移流の影響も反映していることが示唆された。

(2) 次に、中国内蒙古自治区毛烏素沙地において植物数種を対象として葉組織中のセルロースと葉内水の酸素安定同位体比の測定を行い、葉組織中のセルロースの酸素安定同位体比がどのように葉内水の酸素安定同位体比を反映するののかについて検討を行った。

その結果、葉組織中のセルロースの酸素安定同位体比は葉内水の酸素安定同位体比を長期平均的に反映した値であることが示唆された。ただし、葉内の水とセルロースのカルボニル基の酸素原子の交換率や着葉期間の樹種間差を考慮しなくてはならないことが示唆された。

(3) (1)・(2)により、葉の有機物中の酸素安定同位体比から樹木の蒸散特性を評価する手法の適用可能条件を示すことができた。この適用可能条件に基づき、東アジア地域の暖温帯広葉樹林（兵庫県赤穂市・関西電力緑地）、暖温帯針葉樹林（滋賀県大津市桐生試験地）、冷温帯広葉樹林（北海道苫小牧市・北海道大学演習林）、熱帯雨林（半島マレーシア・パソ試験地、ボルネオ島・ランビル試験地）、熱帯季節林（タイ・コグマ試験地）、乾燥地植生（中国内蒙古自治区毛烏素試験地、ウズベキスタン・キジルクム試験地）などの複数の調査地において、樹木の葉の有機物中の炭素・酸素安定同位体比の測定を行い、それらのガス交換特性の評価を行った。

その結果、熱帯雨林では葉有有機物の炭素・酸素安定同位体比は低く、乾燥地植生では葉有有機物の炭素・酸素安定同位体比は高い値であった。また、温帯林ではその中間の値であった。したがって、熱帯雨林の樹木は気孔コンダクタンスが大きく水利用効率が小さいこと、乾燥地の樹木は気孔コンダクタンスが小さく水利用効率が大きいこと、温帯林の樹木はその中間の特性を持つことが示唆された。このことは、葉のガス交換特性が生育場

所の水分環境（利用可能水分量）に応じて決まっていることを示唆している。

本研究の成果により、葉有機物の炭素・酸素安定同位体比が葉のガス交換特性の評価に有効であること、葉のガス交換特性が生育場所の水分環境に応じて決まっていることが示唆された。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 9 件）

1. 松尾奈緒子・三木直子・廣部宗: ガスチャンパー法および重量法による個葉の蒸散特性の評価, 低温科学 67, 137-142, 2009, 査読なし.
2. Ohkubo, S., Kosugi, Y., Takanashi, S., Tani, M., Matsuo, N., Abdul Rahim, N.: Vertical profiles and storage fluxes of CO₂, heat, and water in a tropical rainforest at Pasoh, Peninsular Malaysia, TellusB, in press, 2009, 査読あり.
3. Kosugi, Y., Takanashi, S., Ohkubo, S., Matsuo, N., Tani, M., Mitani, T., Tsutsumi, D., Abdul Rahim, N.: CO₂ exchange of a tropical rainforest at Pasoh in Peninsular Malaysia. Agricultural and Forest Meteorology, 148, 439-452, 2008, 査読あり.
4. Ripullone, F., Matsuo, N., Stuart-Williams, H., Wong, S.C., Borghetti, M., Tani, M., Farquhar, G.: Environmental effects on oxygen isotope enrichment of leaf water in cotton leaves. Plant Physiology, 146, 729-736, 2007, 査読あり.
5. Kosugi, Y., Mitani, T., Itoh, M., Noguchi, S., Tani, M., Matsuo, N., Takanashi, S., Ohkubo, S., Abdul Rahim, N.: Spatial and temporal variation in soil respiration in a Southeast Asian tropical rainforest. Agricultural and Forest Meteorology, 147, 35-47, 2007, 査読あり.
6. 福井祐介, 小杉緑子, 松尾奈緒子, 高梨聡, 谷誠: 生育地, 生活形態の多様な樹種における水利用様式の比較. 水文水資源学会誌, 20, 265-277, 2007, 査読あり.
7. Kosugi, Y. Matsuo, N.: Seasonal fluctuations and temperature dependence of leaf gas exchange parameters of co-occurring

evergreen and deciduous trees in a temperate broad-leaved forest, Tree Physiology, 26, 1173-1184, 2006, 査読あり.

8. Kosugi, Y., Takanashi, S., Matsuo, N., Tanaka, K., Tanaka, H.: Impact of leaf physiology on gas exchange in a Japanese evergreen broad-leaved forest. Agricultural and Forest Meteorology, 139, 182-199, 2006, 査読あり.
9. Takanashi, S., Kosugi, Y., Matsuo, N., Tani, M., Ohte, N.: Patchy stomatal behavior in broad-leaved trees grown in different habitats. Tree Physiology, 26, 1565-1578, 2006, 1 査読あり.

〔学会発表〕（計 10 件）

1. 隠岐健児, 大手信人, 松尾奈緒子, 小鹿耕平, 垣本大, 張国盛, 王林和, 吉川賢: 中国内蒙古自治区に生育する臭柏の成長にともなう蒸散特性の変化, 第 56 回日本生態学会大会, 2009 年 3 月 18 日, 岩手市
2. 垣本大, 松尾奈緒子, 隠岐健児, 小鹿耕平, 大手信人, 張国盛, 王林和, 吉川賢: 蒸散が葉のセルロースの酸素安定同位体比に与える影響, 第 56 回日本生態学会大会, 2009 年 3 月 18 日, 岩手市
3. 小山晋平, 松尾奈緒子, 隠岐健児, 垣本大, 小鹿耕平, 大手信人, 小山里奈, 山中典和, 張国盛, 王林和, 吉川賢: 蒸散が葉内水の酸素安定同位体比の日変化に与える影響, 第 56 回日本生態学会大会, 2009 年 3 月 18 日, 岩手市
4. 松尾奈緒子: ウズベキスタン・キジルクム砂漠に生育する樹木の水利用と耐塩性, 第 56 回日本生態学会大会, 2009 年 3 月 17 日, 岩手市
5. Matsuo, N. et al.: Water use & salt tolerance of desert plants in Central Asia estimated using carbon & oxygen isotope composition of leaf organic matter, Hydro Change 2008, 2008 年 10 月 1 日, 京都市
6. 松尾奈緒子: 安定同位体比を利用した乾燥地植物の水利用特性の評価, 日本沙漠学会第 19 回学術大, 2008 年 5 月 24 日, 岡山市
7. 松尾奈緒子, 大手信人, 小山晋平, 吉川賢, 王林和, 砂田憲吾, エレーナ・シュイスカヤ, クリスティーナ・トデリッチ:

葉の炭素・酸素安定同位体比を用いた乾燥地植物の耐乾性と耐塩性の評価, 第 55 回日本生態学会大会, 2008 年 3 月 17 日, 福岡市

8. 小山晋平, 松尾奈緒子, 大手信人, 隠岐健児, 小鹿耕平, 垣本大, 王林和, 吉川賢: 水の酸素安定同位体比から見た中国毛烏素沙地における植物の水利用様式, 第 55 回日本生態学会大会, 2008 年 3 月 17 日, 福岡市
9. 松尾奈緒子, 小杉緑子, 大手信人, 谷 誠: 葉の安定同位体比を用いた東アジア地域の森林の蒸散特性の評価, 第 118 回日本森林学会大会, 2007 年 4 月 3 日, 福岡市
10. Matsuo, N., Yoshiko Kosugi, Y., Ohte, N., Tani, M.: Carbon and Oxygen Isotope Ratios of Tree Leaves Grown in Different

Climates in East Asia, International Workshop on Flux Estimation over Diverse Terrestrial Ecosystems in Asia-AsiaFlux Workshop 2006-, 2006 年 11 月 30 日, チェンマイ市 (タイ)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松尾 奈緒子 (Naoko Matsuo)
三重大学・大学院生物資源学研究科・講師
研究者番号: 00423012

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし