

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05682

研究課題名（和文）北方林において落葉広葉樹は増加しているのか？多地点・長期・年輪データの利用

研究課題名（英文）Are deciduous broad leaved trees increasing in hemiboreal forests? Utilization of data of multiple sites, long-term, and tree-rings

研究代表者

鈴木 智之（Suzuki, Satoshi）

東京大学・大学院農学生命科学研究科（農学部）・助教

研究者番号：20633001

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：現在、常緑針葉樹（以後、針葉樹）と落葉広葉樹が混交する北方林においては、針葉樹の割合が減少し落葉広葉樹の割合が増える傾向にあることが各地で報告されている。

本研究は、北海道の多地点データや東京大学北海道演習林の長期データを解析し、北海道の中央部や道北日本海側などの針広混交林で落葉広葉樹の割合が増加傾向にあることを明らかにした。また、樹木の年輪の解析から、針葉樹は1950年以降、成長量が減少し続けていたのに対し、落葉広葉樹は2000年ごろまで成長量に大きな変化はなかったこと、この違いが年輪の炭素安定同位体比から推定した潜在的な水利用効率の変化に対応している可能性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、現在各地で報告されている北方性針広混交林における落葉広葉樹の増加が、1970-1990年代に進行した気候の乾燥化と関係している可能性を、年輪の安定同位体比を用いて初めて示すことができた。北海道の天然林の木材生産においては、天然林の針葉樹資源を安定的に保つことが必要不可欠であり、本研究の成果は針葉樹資源の保全のために有益な情報を提供する。特に針葉樹資源を保全すべき地域の特定や保全の方法についての基礎情報となる。今後、針葉樹資源の保全のためには、天然林において落葉広葉樹を積極的に利用するなど、針葉樹の成長や更新を促す森林管理によって、針葉樹割合を一定以上に保つことが必要である。

研究成果の概要（英文）：It has been reported in the various regions of the northern hemisphere that in the boreal forests where evergreen coniferous trees (hereafter referred to as conifers) and deciduous broadleaf trees coexist, the relative dominance of conifers is decreasing while that of deciduous broadleaf trees is increasing. This study analyzed multi-site data from Hokkaido and long-term data from the University of Tokyo Hokkaido Forest, revealing that in conifer-broadleaf mixed forests in central Hokkaido and the Sea of Japan of northern Hokkaido, the proportion of deciduous broadleaf trees is increasing. Furthermore, analysis of tree rings showed that, while the growth rate of conifers has been continuously decreasing since 1950, the growth rate of deciduous broadleaf trees did not show significant changes until around 2000. This difference was found to potentially correspond to changes in the intrinsic water use efficiency estimated from the carbon stable isotope ratios in the tree rings.

研究分野：森林生態学

キーワード：針広混交林 気候変動 年輪安定同位体比 潜在的な水利用効率

1. 研究開始当初の背景

現在、気候変動を始めとした地球規模で進行する環境変化によって生態系の構造や種組成は変化し続けている。例えば、気候の温暖化に伴い分布域がより高標高・高緯度にシフトしていることが多く報告されている (Lenoir et al. 2008)。このような環境変化による群集組成の変化は、その生態系の生態系機能を変化させ、結果として人間生活にも様々な影響を与える。例えば、有用樹種の量の変化は、生産される木材の質や量に大きく影響する。持続的な森林管理のためには、環境変化に対して森林の種組成の変化の傾向とその要因を把握し、適応的な計画をたてる必要がある。

現在、北方林 (亜寒帯林と亜寒帯林と冷温帯林の境界域である針広混交林帯を含む) では広域的に落葉広葉樹が増えている例が多く報告されている。北方林の木材生産の中心は針葉樹であり、森林における落葉広葉樹・針葉樹の比率の変化は、森林施業に大きく影響する。落葉広葉樹増加の原因は、伐採や自然攪乱による影響も多いが (Hiura et al. 2019, Marchais et al. 2020)、気候変動や二酸化炭素濃度の上昇によるものである可能性も示唆されている (Seale & Chen 2017, Hiura et al. 2019)。日本においても、針広混交林の落葉広葉樹の増加が報告されている (Suzuki et al 2015, Hiura et al. 2019)。しかし、地点数が少なく、一般化できる情報になっていない。また、観測期間が短いものが多く、長期的傾向を示した事例は少ない。特に、落葉広葉樹の増加が観測開始より前の攪乱の影響で徐々に群集が変化しているだけなのか、なんらかの環境変化にตอบสนองして、群集組成が変化しているのかは定かではない。

現在、日本にある森林の固定調査区は 1980 年代以降に設置されたものが多い。しかし、気候や窒素降下、二酸化炭素濃度など、様々な人為起源の環境変化が顕著になったのは 1950 年頃からであり、森林の観測を開始したときには、すでに森林が変化し始めた後である可能性があり、本来の環境変化前の森林の状態がわからない問題がある。環境変化前の森林の状態を知るためには、1900 年代前半の森林についての情報を復元する必要がある。

環境変化に対する樹木の長期的応答を直接的に評価する数少ない手法のひとつが樹木の年輪の利用である。樹木の年輪幅が過去の気候の年々変動に応じて変動することは広く認識され、過去の気候の復元や気候と樹木成長の関係などに用いられてきた。さらに年輪中のセルロースの炭素や酸素の同位体比を分析することで、過去の水分状態や水利用効率 (蒸散量あたりの光合成量、水分状態や大気 CO₂ 濃度によって変動) を推定することが可能である。これら年輪情報を活用することで、過去の環境変化に対して落葉広葉樹・針葉樹がそれぞれどのように応答してきたかを推定することができる。

2. 研究の目的

本研究は、北海道を対象に (1) 多地点データによる落葉広葉樹率変化の地理的パターンの解析、(2) 歴史的資料解析による落葉広葉樹率の 20 世紀中の変化の解析、(3) 年輪データ解析による環境変化応答の落葉樹・針葉樹の比較、を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 北海道全体での傾向を明らかにするために、北海道内の既存データを収集・集計し、落葉広葉樹率の変化の道内の地域間比較を行った。林野庁が公表している森林生物多様性基礎調査やその他の公表データ、文献から針葉樹および落葉広葉樹の相対優占度(胸高断面積合計に占める比率)を可能な限り過去と現在で比較した。

(2) 長期的な落葉広葉樹率の変化の解析のために、東京大学北海道演習林において、過去の森林調査資料を調査し、可能なものは集計・解析した。また、1950年代からの固定調査区の毎木調査データを解析し、施業(伐採)の行われている施業林と施業が行われていない保存林に分けて、落葉広葉樹の相対優占度の変化を解析した。

(3) 落葉広葉樹と針葉樹の環境応答パターンの違いを解析するために、東京大学北海道演習林が所有する各種の年輪データを収集した。また、2021年に天然林において伐採された55本(針葉樹21本、落葉広葉樹34本)について、円板を採取し、複数方向の年輪幅を可能な限り測定した。これらの年輪データを統合し、直径、樹齢、樹種、林分、標高、などの影響を考慮して、長期的な成長量変化を解析した。

さらに、2021年に伐採した樹木のうち7本(針葉樹3本、落葉広葉樹4本)について、炭素と酸素の安定同位体比を解析した。円板より樹皮から中心方向の薄い板を切り出し、亜塩素酸および水酸化ナトリウム処理によってセルロース以外の成分を溶出させた後、セルロースのみにした薄片した。薄片から1年ごとに年輪を切り出し、安定同位体比質量分析計で酸素と炭素の同位体比を測定した。炭素の安定同位体比と大気中の二酸化炭素濃度・その炭素安定同位体比から、潜在的水利用効率(iWUE)を求め、過去100年間の針葉樹と落葉広葉樹のiWUEの変化パターンを比較した。また、iWUEおよび酸素安定同位体比と、年輪幅から求めた断面積成長量との関係を解析した。

4. 研究成果

(1) 北海道各地の長期データ・文献をもとに、0.2ha以上で10年以上継続調査されている老齢天然林においては、ほとんどの調査区で落葉広葉樹の相対優占度が増加していた。また、森林生物多様性基礎調査において、第1回(2000年頃)と第4回(2020年頃)の両方で調査され、施業が行われていない100年生以上の天然林において、胸高直径18cm以上が測定されている0.1ha区の解析の結果、北海道全体としてはやや落葉広葉樹の割合が増加する傾向があった。特に、北海道の中央部や道北日本海側など一部地域において、落葉広葉樹が増加していたプロットが多い傾向があった。今後、落葉広葉樹の相対優占度の変化と、環境条件等の関係について解析していく。

(2) 東京大学北海道演習林の各所175地点で1931年に調査された毎木調査データを集計し、当時の森林組成を推定することができた。しかし、各調査区の正確な位置の特定に時間を要しており、現在との比較には至っていない。今後、各調査区的位置をGIS化し、現在の森林との比較を行うことが可能となれば、90年以上の長期的な森林の変化を明らかにできる見通しである。

1950年以降の毎木調査データの解析の結果、東京大学北海道演習林では、全体として落葉広葉樹が増加傾向であることがわかった。森林施業を行っていない保存林においても平均年0.25%の速度で、択伐施業を行ってきた施業林では年0.4%の速度で広葉樹率が増加していた(図1)。このことは、施業がなくても何等かの環境変化によって落葉広葉樹が増加していること、択伐施業によって広葉樹率の増加が大きくなっていることを示す。

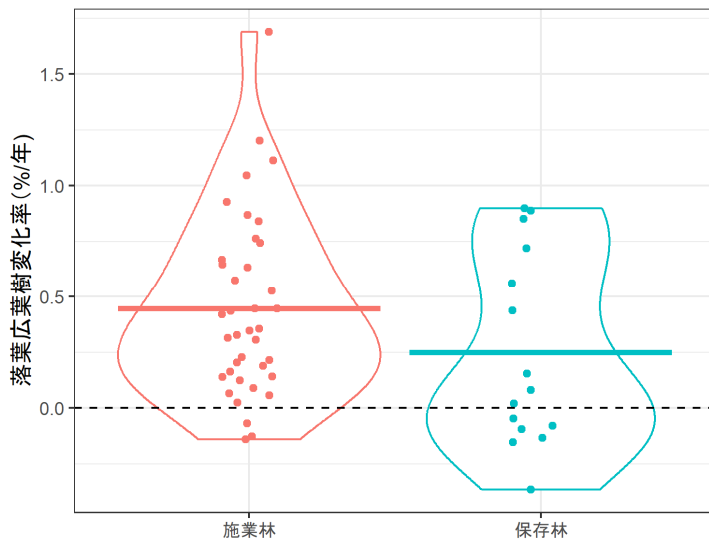


図1 東京大学北海道演習林の針広混交林における択伐施業林と保存林の落葉広葉樹変化率（調査開始時（1950-1970年代）から最終調査時2010年代）までの変化%を調査年数で割ったもの）

（3）1910年代から2010年代までの年輪幅のデータを解析した結果、幹直径の成長速度は、針葉樹は全期間を通して成長速度が減少し、特に1960年代頃から大きく減少していたのに対し、落葉広葉樹は2000年頃まではほぼ横ばいで、2000年以降に減少し始めていた。

年輪の炭素同位体比から推定した潜在的な水利用効率（iWUE）は、針葉樹では過去100年間上昇し続けているのに対し、広葉樹は1970年代より上昇が鈍化していた。このことは、二酸化炭素濃度の上昇に対して、針葉樹は気孔を閉じることで、光合成量の増加よりも蒸散量を抑える方向に反応したのに対し、広葉樹は、一定以上の二酸化炭素濃度に対して、気孔を閉じずに光合成量を増やす方向に反応したことを示唆する。また、1970年代後半より、気温と降水量の関係から推定した夏季の標準化降水量蒸発蒸散指数が低下（乾燥化）しており、乾燥化への反応が針葉樹と広葉樹で異なる可能性も示唆された。湿度や降水量の指標である年輪の酸素同位体比の変動やと年輪成長の短期的変動の解析の結果、広葉樹はiWUEや酸素同位体比が高い年（湿度や降水量の少ない年、日照量が多い年）に成長がよいのに対して、針葉樹はiWUEが中間的な年に成長がよい傾向があったことから、針葉樹と広葉樹で水利用性に関する環境変動に対する反応が異なることが支持された。このような環境反応の違いが、成長量の長期的トレンドの違いの原因になっている可能性がある。

以上の研究より、北海道においては、広域的かつ長期的に落葉広葉樹の割合が増加し、針葉樹の割合が減少していることが明らかとなった。この割合の変化には、気候の乾燥化と落葉広葉樹と針葉樹の水利用にかかわる環境変動に対する反応の違いが関係していることが示唆された。今後、針葉樹資源の保全のためには、針葉樹の減少が顕著になっている地域において、天然林の落葉広葉樹を積極的に利用するなど、針葉樹の成長や更新を促す森林管理によって、針葉樹割合を一定以上に保つことが必要である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 SUZUKI, Satoshi N.
2. 発表標題 Long-term Directional Changes in Hemiboreal Mixed Forests in the University of Tokyo Hokkaido Forest
3. 学会等名 3rd International Symposium of Long-term Forest Monitoring Research in Asia (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木智之, Ravi Mohan TIWARI, 香川聡
2. 発表標題 北方針広混交林における落葉広葉樹と針葉樹の成長量変化と年輪安定同位体比の関係
3. 学会等名 第71回日本生態学会大会 (横浜)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 SUZUKI, Satoshi N.
2. 発表標題 Unexpected directional changes in relative dominance of deciduous broadleaves along an elevation gradient in a hemiboreal mixed forest zone in northern Japan
3. 学会等名 IUFRO 1.05 & 1.09 Conference 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	香川 聡 (Kagawa Akira) (40353635)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ティワリ ラビ モハン (Tiwari Ravi Mohan)	東京大学・大学院農学生命科学研究科・特任研究員 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関