

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25440233

研究課題名(和文) わが国の常緑針葉樹林の長期動態特性とそれに及ぼす気候変化の影響に関する研究

研究課題名(英文) Effects of climate change on patterns of long-term dynamics of evergreen coniferous forests in Japan

研究代表者

西村 尚之(NISHIMURA, Naoyuki)

群馬大学・社会情報学部・教授

研究者番号：10387904

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：わが国の主要気候帯(亜寒帯, 亜高山帯, 冷温帯, 暖温帯)に成立する常緑針葉樹林における樹木群集動態と中長期的な気候変化との関連性についての調査・解析を行った。1990年以降の気温変化の傾向は, 本州(暖温帯・冷温帯・亜高山帯)と北海道(亜寒帯)の針葉樹林内では異なっていた。また, 各森林の針葉樹種における生長速度の長期的傾向から, 暖温帯と冷温帯の常緑針葉樹林では生長速度に顕著な変化はなく, 一方, 亜寒帯と亜高山帯では, 気温と生長速度の変化の傾向に対応関係が示された。

研究成果の概要(英文)：Patterns of long-term dynamics in the stem growth of evergreen coniferous trees in Japanese forests were examined in relation to the change in mean annual temperature during the period surveyed. Changes in mean annual temperature differed between stands in Honshu and stands in Hokkaido. Stem growth rates did not change during the survey period in cool- and warm-temperate evergreen coniferous forests. However, the long-term dynamics of growth rates in sub-alpine and sub-boreal evergreen coniferous forests were associated with changes in mean annual temperature during the survey period.

研究分野：森林生態学

キーワード：胸高直径生長速度 年平均気温 日積算気温 アメダス 長期モニタリング

1. 研究開始当初の背景

わが国の常緑針葉樹林は世界的に見ても多様なタイプが存在する。例えば、北海道に広く分布する北方針葉樹林や中部山岳地域などの亜高山帯針葉樹林、また、ヒノキやスギの優占する森林やツガ・モミの優占する森林などの温帯性の針葉樹林が知られており、貴重な森林生態系としてわが国の生物多様性の背景のひとつとなっているが、かつてはその原生状態の林分は人為影響などにより減少傾向にあった。それらの林分を構成する主要な常緑針葉樹種は新生代第四紀更新世後期の寒冷な時期には現在より広く日本列島に分布していた固有種であり(堀田, 1974)、現在の温暖な気候条件下における日本列島での適応的な分布についてはよくわかっていないが、将来の急激な気候変化の影響などによりさらに分布面積が縮小することも予想される(Kathke & Bruelheide, 2010)。ところが、これらのわが国の代表的な常緑針葉樹林に関しては、生態的特性の解明に重点をおいた内容(例えば Nishimura et al., 2010)が多く報告されているものの、日本の多様な森林生態系として捉えた常緑針葉樹林における構造や動態を気候帯間で比較検討した研究はほとんどない。一方、近い将来の地球規模の環境変化、特に、生物圏を構成する多様な生態系に関しては、温暖化や異常気象という極端な現象の影響が危惧されている。地球上の代表的な生態系のうち森林生態系は気候に関連した分布域を示し、全世界の生物体量の約 90% を占めている。そのため、近い将来の気候の急激な変化による森林生態系に対する影響が懸念されている。しかし、今後想定される気候変化にともなう森林生態系の維持機構への影響予測に関する知見は極めて不足している。中米の熱帯多雨林では、数十 km² 範囲内の森林群集の種組成的な相違は早魃に対する構成樹種の感受性に依存しており、地域的な気候変化にともない、この樹木群集構造が変化すること(Engelbrecht et al., 2007)が予測されているが、日本の森林生態系におけるこのような群集レベルでの予測的研究はほとんど進んでおらず、わが国の針葉樹林の動態特性について統一的に研究を行う必要性が高まっている。

2. 研究の目的

本研究課題は、異なる気候帯(亜寒帯、亜高山帯、冷温帯、暖温帯)にある原生状態の常緑針葉樹林に設置した、ほぼ 5 年間隔で継続調査されてきた大面積調査区(面積 1~2ha)での樹木群集動態データと当該研究課題で再調査したデータを組み合わせて、気象環境への直接的な反応のパラメータとなる幹直径生長率の 12~24 年の中長期間な経時変化を解析することを目的とした。また、気象庁の気象統計による各調査地付近の気温、降水量、日照時間などの経時変化について調

査を行い、中長期的かつ地域的な気候変化にどのような傾向があるかを解析し、森林樹木動態の経時変化と年次気象統計の変化傾向との関連性について検討した。

3. 研究の方法

(1) 調査地

対象とする 4 つの常緑針葉樹原生林の概要は以下の通りである。

- ・亜寒帯北方常緑針葉樹林(北海道上川町東大雪), 試験区面積 1.0ha, 主要構成樹種: エゾマツ, トドマツ, アカエゾマツ
- ・亜高山帯常緑針葉樹林(岐阜県下呂市御嶽), 試験区面積 2.0ha, 主要構成樹種: トウヒ, シラビソ, オオシラビソ, コメツガ
- ・冷温帯常緑針葉樹林(長野県木曾町赤沢), 試験区面積 1.2ha, 主要構成樹種: ヒノキ, アスナロ, サワラ
- ・暖温帯常緑針葉樹林(奈良県川上村三之公), 試験区面積 1.0ha, 主要構成樹種: ツガ, モミ, トガサワラ

なお、本研究では、解析対象サイズを胸高直径 5cm 以上とした。

(2) 各調査区における毎木調査

本研究では日射量などの影響を常に受ける林冠木、および閉鎖林内とギャップという異なる光環境下にある下層木(胸高直径 5cm)の動態を把握する必要があるために、林冠木か下層木かを区別して毎木調査を行った。ただし、本成果報告では、気象条件とギャップとの明確な関係がみられなかったため、林冠木と下層木の区別のない結果について記載した。亜寒帯北方常緑針葉樹林では 2013 年と 2016 年の 9 月に、亜高山帯常緑針葉樹林では 2015 年 9 月に、冷温帯常緑針葉樹林では 2013 年 7-9 月に、暖温帯常緑針葉樹林では 2014 年 10-11 月に対象サイズ以上の樹幹について再調査を実施して、過去 12-24 年間における各調査区の針葉樹の個体ごとの胸高直径生長量と気象条件に関する解析を行った。

(3) 各調査区における林内気温観測とアメダス気象データ解析

各調査区林内の地上から高さ 2m に記録計つきの温度測定機器を各 3 個設置して、1 時間ごとの林内気温について 2013 年 9-11 月から 2015 年 7-9 月まで観測を行った。また、気象庁の気象統計データを使用して、各調査地に隣接した東西南北の各方位に位置するアメダス観測所から 4 地点の気温、降水量、日照時間について 1990-2015 年までの集計調査を行った。ただし、本報告では、降水量、日照時間については樹木の生長動態とは明確な関係が検出されなかったことから、気温についての解析結果を記載した。また、年平均気温だけでなく、植物の生長フェノロジーと関連する季節ごとの日積算温度の変化について検討するために、4-5 月の展葉期、6-7 月の生長期、8-9 月の生長終了期に区別して、各期間の 5 以上の日積算温度と年生長速度

との関連性についての解析を行った。

4. 研究成果

(1) 調査対象とした4つの常緑針葉樹原生林に近接するアメダス気温データを、調査地との標高差から気温減率(100mあたり0.55)により補正して、対象林分の日平均気温を推定した値(アメダス補正気温)と実際に林内において観測した気温との関係を2014年4月1日~2015年3月31日の1年間の日平均気温で比較したところ、アメダス補正気温と林内観測気温には、どの調査地でも高い相関があり、傾きを示す回帰係数はほぼ1となり、林内気温の推定には近接するアメダスデータが有効であることが示された。この結果は、どの調査地の林内気温においてもほぼ1年間を通してアメダス気温から高い精度で推定できることを示唆している。ただし、亜高山帯針葉樹林では他の森林に比べて春期から夏期の林内観測気温とアメダスから推定した気温との差がやや大きい傾向にあった。なお、調査地に近接するアメダス4地点の組合せから、林内気温と最も当てはまりがよい組合せ(または単独の地点)を検出したところ、東大雪では3地点が、三ノ公では2地点が、御岳と赤沢では1地点が選択された(図1)。

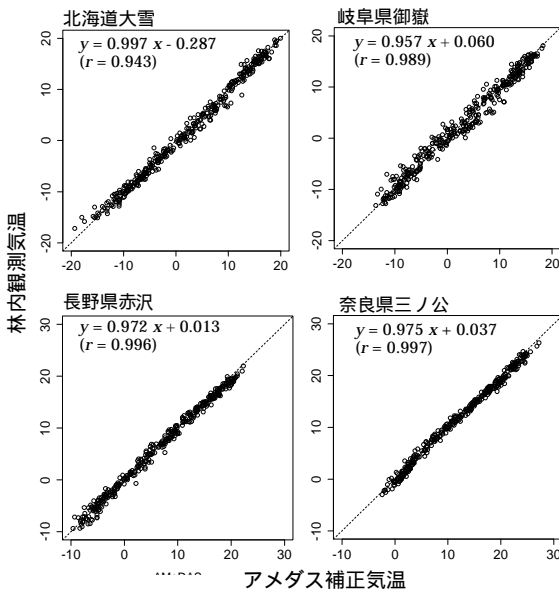


図1. 2014年4月1日から2015年3月31日までの1年間における日ごとの各調査区に近接するアメダス補正気温と林内気温の関係。アメダス補正気温は、北海道大雪では3つの観測所の、奈良県三ノ公では2つの観測所の平均値で、岐阜県御嶽と長野県赤沢は1観測所のものである。

(2) 林内観測気温とアメダス補正気温がもっとも相関が高かったアメダス観測所におけるアメダス補正気温の長期的な変化についてみると、西日本の暖温帯(奈良県三ノ公)と中部日本の冷温帯(長野県赤沢)・亜高山帯(岐阜県御嶽)の常緑針葉樹林における年

平均気温は2005年ころまでは増加傾向にあり、2005年以降はほぼ横ばいで、2010年以降はやや低下傾向にあった。一方、亜寒帯の常緑針葉樹林(北海道東大雪)では目立った増加傾向はなく、2011年以降は他の森林と同様にやや低下傾向にあった(図2)。

さらに、4-5月における5以上の日積算気温の年変化の傾向をみると、年平均気温の変化とはやや異なる地域があり、北海道東大雪では年平均気温が比較的高かった2005-2010年の期間では、4-5月における5以上の日積算気温は低い年が多かった(図3)。

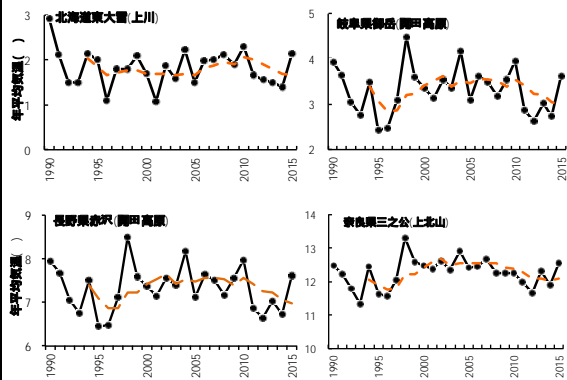


図2. 1990~2015年の各調査区におけるアメダス補正気温による年平均気温の変化。破線は5年間移動平均値。

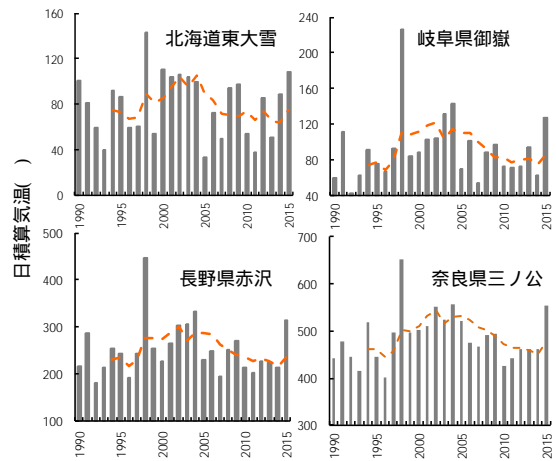


図3. 1990~2015年の各調査区におけるアメダス補正気温による4~5月の5以上の日積算気温の変化。破線は5年間移動平均値。

(3) 4カ所の針葉樹林における各調査期間の死亡率と加入率を算出した結果、気温や降水量、日照時間などの明確な関連性は見られなかった。そのため、本報告では、胸高直径の生長速度の動態についてのみ記載することとした。東大雪亜寒帯北方針葉樹林では、2001(一部2000)-2004, 2005-2008, 2009-2013, 2014-2016の4期間の生存幹の年平均胸高直径生長速度について比較を行った。なお、各

期間における生長速度の違いを検査するために統計ソフトRによりbootstrapサンプリングして信頼区間を算出した。その結果、平均値±標準偏差(信頼区間)は、それぞれ 1.80 ± 1.38 (1.68-1.91), 1.95 ± 1.55 (1.84-2.08), 1.72 ± 1.37 (1.61-1.82), 1.75 ± 1.60 (1.64-1.89) mm/年となり、年平均気温が他の期間に比べてやや高い傾向にあった2005-2008の生長が良かった(図4)。また、期間ごとの生長速度の動態は、年平均気温だけでなく、4-5月の5以上の日積算気温との関連性が示された。

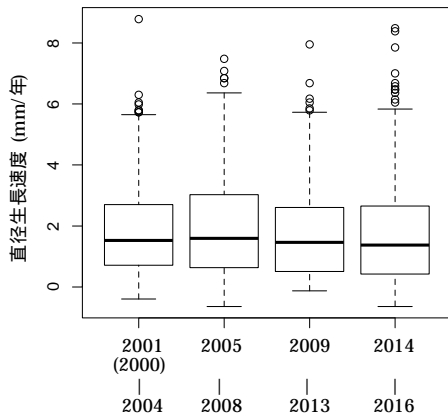


図4. 大雪亜寒帯針葉樹林における16年間の年間胸高直径生長速度の変化

御嶽亜高山帯針葉樹林では、1992-2000, 2001-2005, 2006-2009, 2010-2015の4期間の生存幹の年平均胸高直径生長速度について比較を行った。その結果、平均値±標準偏差(信頼区間)は、それぞれ 1.49 ± 1.10 (1.42-1.57), 1.69 ± 1.41 (1.59-1.80), 1.45 ± 1.22 (1.36-1.53), 1.34 ± 1.10 (1.26-1.41) mm/年となり、年平均気温が高い傾向にあった2001-2005の生長がもっとも良かった(図5)。また、期間ごとの生長速度の動態は、大雪亜寒帯針葉樹林と同様に、年平均気温だけでなく、4-5月の5以上の日積算気温との関連性が示された。

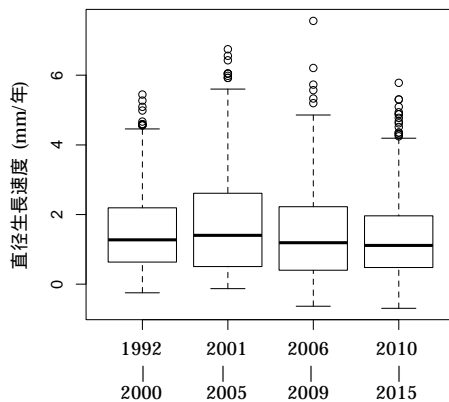


図5. 御嶽亜高山帯針葉樹林における24年間の年間胸高直径生長速度の変化

赤沢冷温帯針葉樹林では、1992-2000, 2001-2008, 2009-2013の3期間の生存幹の胸高直径平均生長速度について比較を行った。その結果、平均値±標準偏差(信頼区間)は、それぞれ 0.76 ± 0.79 (0.72-0.81), 0.84 ± 0.78 (0.80-0.88), 0.80 ± 0.91 (0.75-0.86) mm/年となり、年平均気温が高い傾向にあった2001-2008の生長は、年平均気温が低かった1992-2000年より大きい傾向にあったが、統計的な有意差はなかった(図6)。

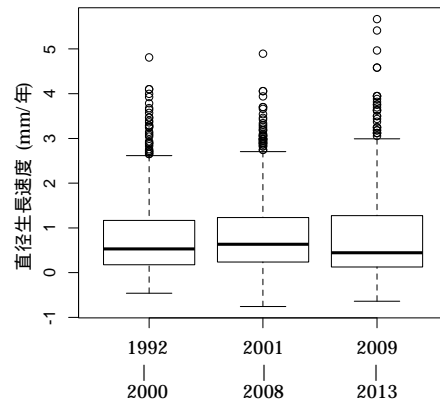


図6. 赤沢冷温帯針葉樹林における22年間の年間胸高直径生長速度の変化

三ノ公暖温帯針葉樹林では、2003-2008, 2009-2014の2期間の生存幹の胸高直径平均生長速度について比較を行った。その結果、平均値±標準偏差(信頼区間)は、それぞれ 1.93 ± 1.75 (1.73-2.36), 1.62 ± 1.36 (1.32-1.95) mm/年となり、年平均気温が高い傾向にあった2003-2007の生長が良い傾向にあったが、統計的な有意差はなかった(図7)。

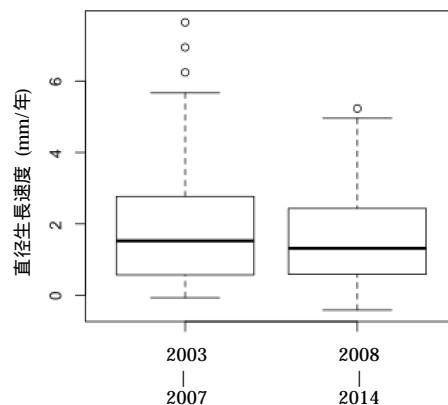


図7. 三ノ公暖温帯針葉樹林における12年間の年間胸高直径生長速度の変化

以上の解析結果から、本研究では次の仮説が想定できることが示唆された。我が国の代表的な気候帯に成立する4つのタイプの常緑針葉樹林における主要な構成針葉樹の年平均生長速度は、年平均気温の影響を受けて

いる可能性がある。また、当年4-5月の気温は、展葉開始時期に影響を及ぼし、1年の成長期間の長さを決定する要因となるため、特に、亜寒帯や亜高山帯の針葉樹林では、展葉フェノロジーに及ぼす気温条件の影響が、年生長速度を決定する要因となっていることが推測された。

<引用文献>

Engelbrecht, B. M. J. et al. 2007, Drought sensitivity shapes species distribution patterns in tropical forests. *Nature* 447: 80-82.

堀田 満. 1974, 植物の進化生物学 植物の分布と分化. 三省堂.

Kathke, S. & Bruelheide, H. 2010, Gap dynamics in a near-natural spruce forest at Mt. Brocken, Germany. *For. Ecol. Manage.* 259: 624-632.

Nishimura, N. et al. 2010, Effects of life history strategies and tree competition on species coexistence in a sub-boreal coniferous forest of Japan. *Plant Ecol.* 206: 29-40.

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3件)

西村尚之・赤路康朗・鈴木智之・長谷川成明・小野清美・隅田明洋・原 登志彦・飯田滋生・関 剛・倉本恵生・杉田久志・中川弥智子・松下通也・廣部 宗・星野大介・稲永路子・山本進一, 北方針葉樹林におけるトウヒ属 *Picea* とモミ属 *Abies* の稚樹の動態に及ぼす林床環境の影響. 低温科学, 73, 7-19, 2015, 査読有.

(DOI: 10.14943/lowtemsci.73.7)

Matsushita, M., Hoshino, D., Yamamoto S. & Nishimura, N., Twenty-three years of stand dynamics in an old-growth *Chamaecyparis* forest in central Japan. *J. For. Res.*, 19, 134-142, 2014, 査読有.

(DOI: 10.1007/s10310-013-0398-x)

Wang, N., Katoh, M., Yamamoto, S., Nishimura, N. & Hoshino, D., Prediction model for suitable sites of tree growth in an old-growth *Chamaecyparis obtusa* stand, in the Akazawa forest reserve. *Inter. Res. J. of Plant Sci.*, 4, 198-207, 2013, 査読有.

(URL:<http://www.interestjournals.org/irjps/july-2013-vol-4-issue-7/prediction-model-for-suitable-sites-of-tree-growth-in-an-old-growth-chamaecyparis-obtusa-stand-in-the-akazawa-forest-reserve>)

[学会発表](計8件)

岡田実憲・西村尚之・中川弥智子・戸丸信弘(名古屋大学), 亜高山帯針葉樹林における優占種三種の個体群動態, 第64回日本生態学会大会, 2017年3月15日, 東京(早

稲田大).

西村尚之・大久保直哉・原 登志彦・鈴木智之・杉田久志, 異なる気候帯に成立する常緑針葉樹林の林内気温特性. 第127回日本森林学会大会, 2016年3月29日, 藤沢(日大).

西村尚之・菊地明日香・赤路康朗・原 登志彦・隅田明洋・長谷川成明・小野清美・加藤京子・坂本圭児・松井 淳・真鍋 徹・鈴木智之, 北方林における優占針葉樹3種の肥大生長に関する樹種特性. 第63回日本生態学会大会, 2016年3月24日, 仙台(国際センター).

西村尚之・赤路康朗・鈴木智之・清野達之・星野大介・杉田久志・松下通也・中川弥智子・原 登志彦, 北方林・亜高山帯林におけるモミ属・トウヒ属数樹種の稚樹成長と林床環境の関係. 第62回日本生態学会大会, 2015年3月21日, 鹿児島(鹿児島大). 鈴木智之, 大規模風倒による枯死木が森林の炭素蓄積に与える長期的影響. 第126回日本森林学会大会, 2015年3月27日, 札幌(北大).

鈴木智之・西村尚之・鈴木準一郎, 北八ヶ岳の伊勢湾台風風倒跡地の空中写真による抽出と現在の森林構造. 第125回日本森林学会大会, 2014年3月29日, 埼玉(大宮ソニックシティ).

九島宏道・杉田久志・楯 直顕・今村正之・酒井 武・齋藤 智之・西村尚之・三村晴彦・森澤 猛, 赤沢施業実験林における択伐約30年後のヒノキの更新状況. 第125回日本森林学会大会, 2014年3月28日, 埼玉(大宮ソニックシティ).

西村尚之・原 登志彦・隅田明洋・小野清美・長谷川成明・加藤京子・鳥丸 猛, 北海道東大雪の北方針葉樹林における13年間の樹木群集動態. 第61回日本生態学会大会, 2014年3月15日, 広島(国際会議場).

[図書](計1件)

西村尚之・板谷明美, 異なる気候に成立する森林の動態と自然撓乱! シリーズ現代の生態学 地球環境変動の生態学(日本生態学会編), 61-79, 2014, 共立出版, 東京.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西村 尚之(NISHIMURA, Naoyuki)
群馬大学・社会情報学部・教授
研究者番号: 10387904

(2) 連携研究者

鈴木 智之(SUZUKI, Satoshi)
東京大学大学院・農学生命科学研究科・助教
研究者番号: 20633001

(3) 研究協力者

原 登志彦 (HARA, Toshihiko)
戸丸 信弘 (TOMARU, Nobuhiro)
坂本 圭児 (SAKAMOTO, Keiji)
廣部 宗 (HIROBE, Muneto)
中川 弥智子 (NAKAGAWA, Michiko)
岡田 実憲 (OKADA, Minori)
赤路 康朗 (AKAJI, Yasuaki)
松井 淳 (MATSUI, Kiyoshi)
鳥丸 猛 (TORIMARU Takeshi)
松下 通也 (MATSUSHITA Michinari)