

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 3 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25450199

研究課題名(和文) 気候温暖化が積雪減少を介してブナとミズナラの成長に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Effects of global warming on growth of *Fagus crenata* and *Quercus crispula* via decrease of snowpack

研究代表者

石田 清 (Ishida, Kiyoshi)

弘前大学・農学生命科学部・准教授

研究者番号：10343790

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)：本州北端に位置する多雪山地である八甲田連峰において、主要落葉高木種のブナとミズナラを対象に、春の積雪と晩霜が成長開始時期に及ぼす影響を調べ、ブナの展葉に要する積算温量が晩霜が多い場所や消雪が遅い場所で大きくなること、また、積雪による幹の冷却がミズナラの孔圏道管の形成を遅らせていることを明らかにした。さらに、これら2樹種の実生・稚樹の生存率に及ぼす環境要因を調べ、消雪が遅い場所でブナ実生の生存率が減少する一方で、ミズナラ幼樹の生存率が逆に増加することも示した。

研究成果の概要(英文)：To elucidate effects of global warming on tree communities in snowy mountains of northern Japan, effects snowmelt timing and spring frost on phenology and survival of *Fagus crenata* and *Quercus crispula* were investigated in Hakkoda mountains, Aomori prefecture. We found that the effective accumulative temperature for leaf expansion of *Fagus crenata* tends to increase as the frequency of spring frost increase and that timing of formation of vessels of *Quercus crispula* is delayed by low temperature due to snowpack in the late spring. Moreover, results of the investigation indicate that survival rate decreases as snowmelt delays for *Fagus crenata* seedlings and vice versa for *Quercus crispula* saplings.

研究分野：森林生態学

キーワード：積雪 晩霜 成長開始時期 展葉日 孔圏道管 生存率 ブナ ミズナラ

1. 研究開始当初の背景

東北・北陸地方の低標高域では、気候温暖化によって100年後に積雪量が半減すると予測されている。春期の消雪は地表面のアルベドの減少を介して気温を上昇させるため、気候温暖化によって消雪が早まると春期の温暖化に拍車がかかる。落葉樹の開葉日は春期の積算温度で決まるため、このような気温の上昇は落葉樹の開葉を早め、成長量を増加させる可能性がある。しかしながら、積雪が幹の冷却を介して開葉に及ぼす影響と晩霜害の発生を考慮すると、温暖化に対する応答の様式と成長の増分は種によって異なる予想される。東北・北陸地方の主要高木種についてみると、低標高域においては、今後の温暖化によってブナの生育適地が縮小する一方で、ミズナラの生育適地が拡大すると予測されている(Matsui et al. 2004)。積雪減少を伴う温暖化がこの地域の主要高木種の成長と更新に及ぼす影響を明らかにし、森林群集の組成・動態についての将来予測を行うことが急務となっている。

2. 研究の目的

北日本の多雪山地において、優占樹種であるブナと今後の増加が予想されるミズナラを対象として、春期の環境(積雪及び気温・幹温度)とフェノロジー(道管形成時期と開葉日)との関係を明らかにする。また、春期の積雪環境と実生・幼樹の生存率との関係を推定する。これらの結果に基づいて、積雪減少を伴う今後の温暖化がこれらの2樹種の成長と更新に及ぼす影響を推定する。

3. 研究の方法

(1) ブナの開葉時期に及ぼす降霜と積雪の影響: 八甲田連峰(青森県)の13地点のブナ林(標高450m~890m)に定時撮影カメラと温度計を設置し、消雪日、開葉日、気温を5年間記録した。これらのデータを用いて地点ごとに有効積算温度法に基づいて展葉に要する積算温度を計算し、この積算温度と降霜頻度(開葉可能日以降の降霜日数)及び消雪時期との関係を分析した。

(2) ミズナラの道管形成時期に及ぼす積雪の影響: 八甲田連峰の中腹(標高650m)にあるブナ・ミズナラ混交林に調査区を設定し、ミズナラ5個体を対象に4月に幹周りの除雪を行った。これらの除雪木と対照木(9個体)について幹周りの融雪日を記録するとともに、これらの個体の幹から木部をサンプリングして道管の拡大日(越冬細胞の拡大日)と二次壁形成日を特定した。これらのデータを用いて融雪日と道管形成日および展葉日との関係を分析した。

(3) ブナ実生の生存に及ぼす消雪時期の影響: 八甲田連峰の2地点(少雪区: 標高450m, 最大積雪深1~2m; 多雪区: 標高890m, 最大積雪深4~5m)のブナ林に調査区を設定した。各調査区内に8本の带状区を設定し、帯

状区内の小区画ごとに消雪期間(林冠木の開葉日から消雪日までの期間)、開葉期間(消雪日から各実生の展葉日までの期間)及び当年生実生の生存率を調べ、消雪時期と開葉時期が実生の生存に及ぼす影響を分析した。(4) ミズナラ幼樹の展葉時期と生存に及ぼす消雪時期及び光環境の影響: 八甲田連峰の1地点(少雪区)のブナ林内に8本の带状区を設定し、带状区内の小区画ごとに消雪期間(林冠木の開葉日から消雪日までの期間)、春期と夏期の光環境、及びミズナラ幼樹(幹長1m以下の個体、当年生実生以外)の展葉日と生存率を調べ、消雪時期と光環境が幼樹の展葉時期と生存に及ぼす影響を分析した。

4. 研究成果

(1) ブナの開葉時期に及ぼす降霜と積雪の影響: 各地点のブナの展葉に要する積算温度は207~344・日(起算日1/1、限界温度0)であり、大きな場所間変異が認められた(図1)。

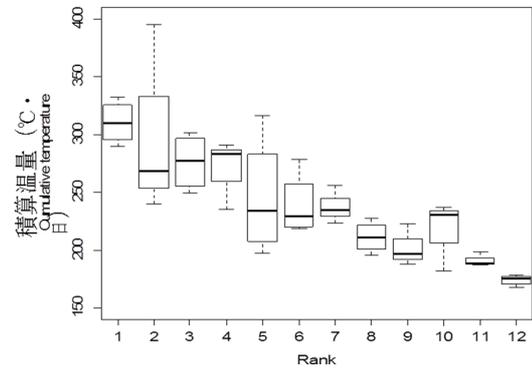


図1 ブナの展葉に要する積算温度の場所間変異

各地点の積算温度は、降霜頻度(開葉が可能な時期に発生した降霜の頻度の年平均値)が多い地点、及び消雪期間(開葉が可能な時期に残雪が認められた期間の年平均値)が長い地点で大きくなる傾向が認められた(図2、図3)。

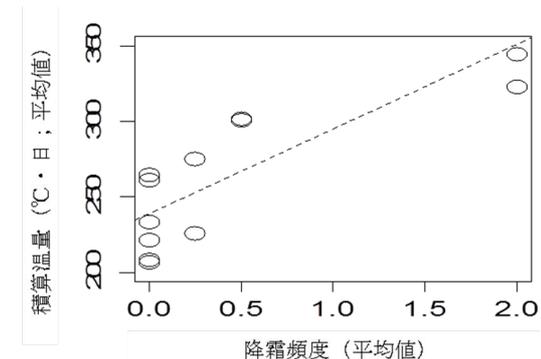


図2 ブナの積算温度と降霜頻度との関係

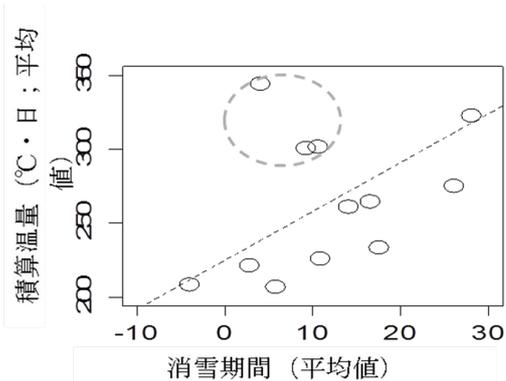


図3 プナの積算温度と消雪期間との関係
点線内の3点は盆地内の3地点を示す。

これらのことから、晩春の降霜（凍害）と積雪（低温による根の活動の抑制）がプナの開葉を遅らせる自然選択をもたらしていると考えられる。積算温度については有意な年度間変異も認められ、消雪時期の遅い場所で年度間変異の程度が大きくなる傾向が認められた。プナの開葉に要する積算温度もしくはその値を決める限界温度は同一集団内においても完全には固定されておらず、可塑性も持つことが示唆される。

(2) ミズナラの道管形成時期に及ぼす積雪の影響：4月下旬（平均積雪深 249cm）に5個体の幹回り（半径1mの円内）を除雪したが、対照とした9個体の融雪時期がばらついたため、全個体を対象に、幹周りの融雪時期（積雪深が地上高200cm及び50cmとなった日）と道管形成時期（地上高200cm及び50cmでの道管形成）との関係を分析したところ、地上高50cmにおいて融雪が遅い個体ほど道管径の拡大と道管二次壁の形成が遅延する傾向が認められた。地上高200cmでは融雪時期と道管形成時期との有意な相関は認められなかった（図4、図5）。このことから、積雪による幹の冷却がミズナラの孔圏道管の形成を遅らせているといえる。

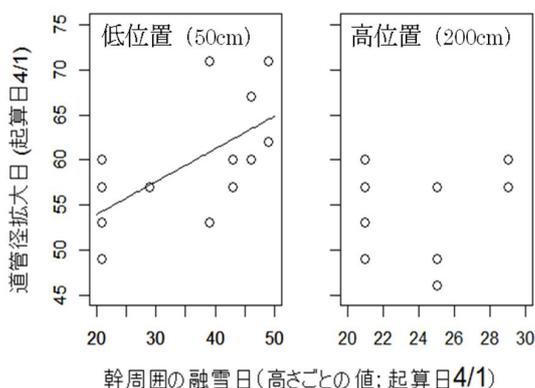


図4 ミズナラの孔圏道管の直径拡大日と幹周りの融雪日との関係

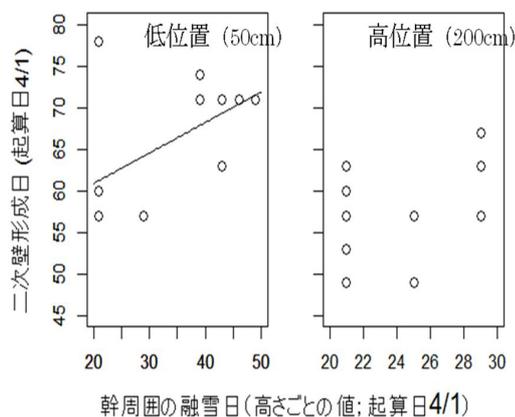


図5 ミズナラの孔圏道管の直径拡大日と幹周りの融雪日との関係

一方、二次壁形成日と展葉日との有意な関係は認められず、二次壁形成の遅い個体のなかには二次壁形成以前に展葉している個体があることが判明した（図6）。この結果は、ミズナラは、多雪地では十分な通道が可能になる前に展葉し、乾燥していないにもかかわらず水ストレスが発生している可能性を示唆している。

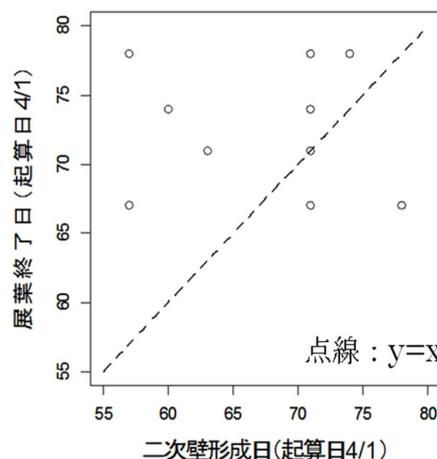


図6 ミズナラの孔圏道管の二次壁形成日と展葉終了日との関係

(3) プナ実生の生存に及ぼす消雪時期の影響：両調査区におけるプナ実生の開葉期から秋までの生存率は、消雪期間が長い区画ほど有意に減少する傾向が認められた（図7）。少雪区と多雪区の消雪期間は約3週間異なっているが、生存率と消雪期間の関係については有意な地点間差は認められなかった。また、少雪区の方が多雪区よりも開葉期間が有意に長かった（図8）。さらに、両調査区で開葉期間が長い実生ほど生存率が減少する傾向が認められた（図9）。生存率と開葉期間の関係については有意な地点間差があり、多雪区の生存率は少雪区よりも低かったが、それでもなお開葉期間が生存率に影響する傾向が認められた。

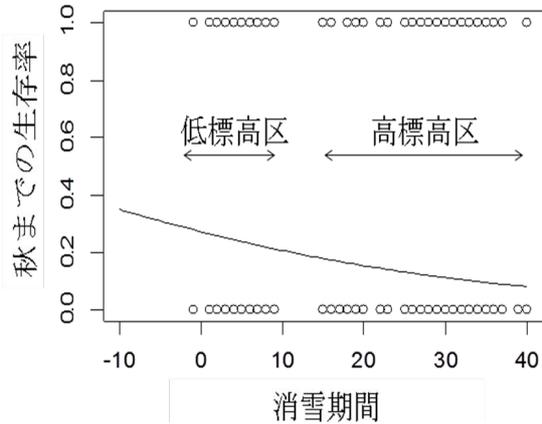


図7 ブナ実生の開葉期から秋までの生存率と消雪期間との関係

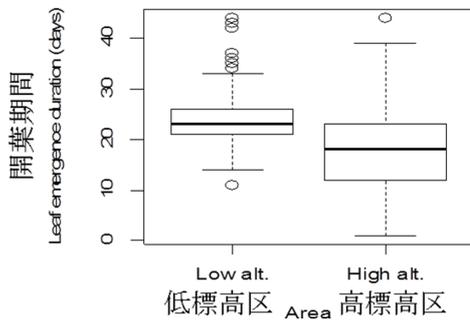


図8 ブナ実生の開葉期間

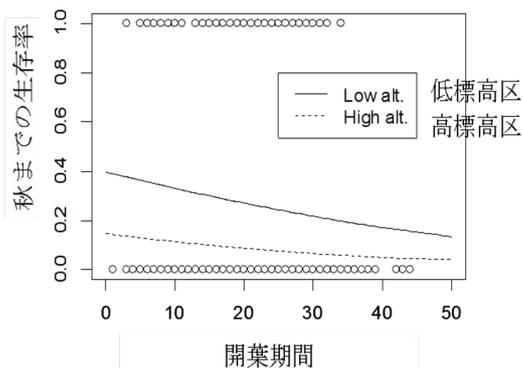


図9 ブナ実生の開葉期から秋までの生存率と開葉期間との関係

以上の結果は、多雪山地における消雪遅延がブナ実生の生存率を減少させる大きな要因となっていることを示している。

(4) ミズナラ幼樹の展葉時期と生存に及ぼす消雪時期及び光環境の影響：消雪時期とミズナラ幼樹の展葉日の関係については、消雪が早い小区画ほど開葉も早くなる傾向が認められた(図10)。展葉日における相対光量

子量と消雪日との関係についてみると、消雪が早いサイトほど僅かに明るくなる傾向が認められた(図11)。また、消雪が早いサイトは、展葉期に明るいにもかかわらず、生存率が低くなる傾向が認められた(図12)。

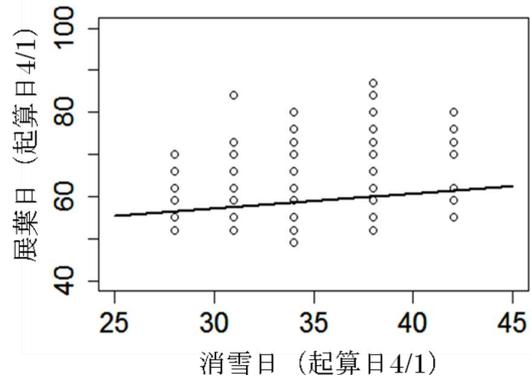


図10 ミズナラの展葉日と消雪日との関係

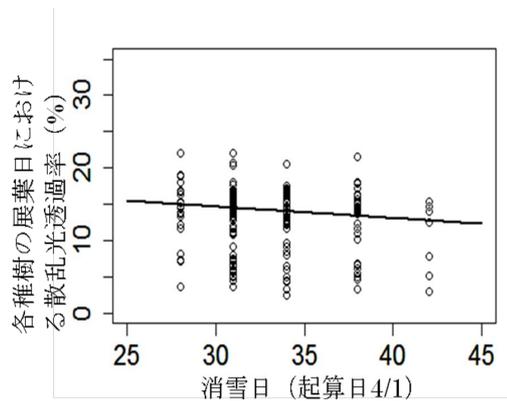


図11 ミズナラ各種樹の展葉日における散乱光透過率と消雪日との関係

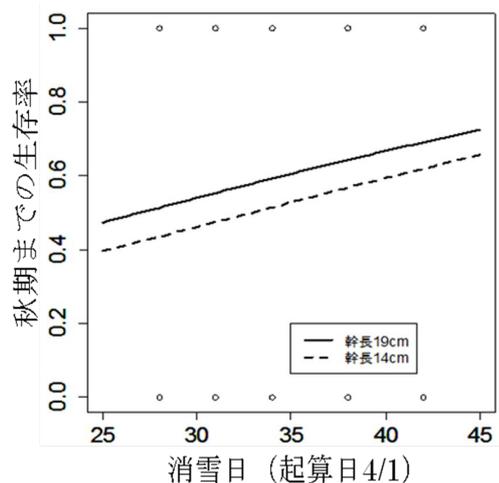


図12 ミズナラ稚樹の開葉期から秋までの生存率ととの関係

これらの結果から、光以外の要因が稚樹の生存率に関与している可能性がある。そのような要因として乾燥(土壌の乾燥)の影響があるかどうかを検討するため、消雪時期と土

壤含水率との関係进行分析した結果、消雪日と土壌含水率との間には、有意な正の相関が認められる時期があることが判明した。この結果は、消雪が早いサイトは遅いサイトよりも土壌が乾燥しやすいことを示している。以上のことから、今回の調査で認められた消雪時期が早くなるほどミズナラ稚樹の生存率が低くなるという傾向は、消雪早期化にともなう乾燥ストレスの発生による生存率の低下が、春期の効率的な光利用による生存率の増加を上回ったことによるものと考えられる。

<引用文献>

Matsui, T. et al. (2004) Probability distributions, vulnerability and sensitivity in *Fagus crenata* forests following predicted climate changes in Japan. *Journal of Vegetation Science* 15:605-614.

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 4 件)

Torimaru, T., Akada S., Ishida K., Matsuda S., Narita M., Spatial associations among major tree species in a cool-temperate forest community under heterogeneous topography and canopy conditions. *Population Ecology*, 55, 2013, 261-275

瀧誠志郎、野掘嘉裕、Lopez C. M. L., 海岸クロマツ林における林齢別 Y-N 曲線を組み込んだ重量値による収量 - 密度図の構築、*日本森林学会誌*, 95, 2013, 206-213

金指あや子、菊地賢、杉山正幸、石田清、永光輝義、鈴木和次郎、希少樹種ハナノキの岩屋堂自生地(岐阜県中津川市千旦林)について：最大規模の個体群の成立とその保全、*保全生態学研究*, 19, 2014, 139-149

Mizota C., Furukawa Y., Yamanaka T., Okano O., Nobori Y., Historic salt petre of British Indian origin: An isotopic and socioeconomic analysis, *Journal of Archaeological Science: Reports* 2, 2015, 532-537

[学会発表](計 7 件)

川村 航・石田 清・高田克彦・野掘嘉裕：ブナの道管形成に及ぼす晩霜害の影響。第 61 回日本生態学会大会(広島), 2014

石田 清：ブナの開葉に要する積算温量の場所間変異：降霜と積雪の影響。第 62 回日本生態学会大会(鹿児島), 2015

石田清・早川玲奈：積雪の多寡によって変わるブナの生態：多雪山地における林冠フェ

ノロジーと実生の生存パターン。第 126 回日本森林学会大会(札幌), 2015.

名取史晃・石田清：多雪地におけるブナ(*Fagus crenata*)の年輪幅に影響する気象要因。第 126 回日本森林学会大会(札幌), 2015.

Ishida K., Hayakawa R., and Hiramatsu S. Effects of snowmelt timing on survival of beech saplings (*Fagus crenata*) in snowy mountains of northern Japan, *ESA 100th annual meeting & exposition* (Baltimore), 2015.

石田清・平松咲子：開葉期の積雪と光環境がミズナラ稚樹の生存に及ぼす影響。第 63 回日本生態学会大会(仙台), 2016

石田清・森岡みちら・織部雄一郎：春期の積雪がミズナラの道管形成時期に及ぼす影響。第 127 回日本森林学会大会(神奈川), 2016

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石田 清 (Ishida Kiyoshi)

弘前大学・農学生命科学部・准教授

研究者番号：10343790

(2) 研究分担者

織部 雄一郎 (Oribe Yuichiro)

森林総合研究所・東北育種場・研究員

研究者番号：40370853

(3) 研究分担者

高田 克彦 (Takata Katsuhiko)

秋田県立大学・木材高度加工研究所・教授

研究者番号：50264099

(4) 研究分担者

野掘 嘉裕 (Nobori Yoshihiro)

山形大学・農学部・教授

研究者番号：80237867