

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：80122

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450205

研究課題名(和文) 北方林における攪乱後の主要樹種の成長と死亡：長期ストレスとしての個体間競争の影響

研究課題名(英文) Growth and mortality of a main tree species after disturbance in Japanese northern forest: Effect of competition as a long-lasting stress

研究代表者

大野 泰之(OHNO, YASUYUKI)

地方独立行政法人北海道立総合研究機構・森林研究本部林業試験場・主査

研究者番号：30414246

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：2011年に食葉性昆虫(クスサン)の大発生したウダイカンバ二次林(林齢約100年)を対象に、食害後のウダイカンバ(Bm)の枯死パターンを食害前の成長履歴、個体間競争との関係から明らかにした。食害前(2004-2010年)のBmの肥大成長量は、隣接するサイズの大きなミズナラからの一方向的競争効果によって制限されていた。食害後3年間(2012-2014年)の死亡率は17%であり、食害前に低成長であった個体ほど死亡率が増加した。これらの結果は、長期間にわたる個体間競争がBmの肥大成長の低下をもたらし、この成長低下が食害に対する感受性を増加させ、食害後の死亡率の増加に影響したことを示している。

研究成果の概要(英文)：To clarify mortality pattern of *Betula maximowicziana* Regel (monarch birch) after the outbreak of herbivores insects in 2011, we analyzed the individual diameter growth (GD) in the period prior to the outbreak and the subsequent mortality (2012-2014). Individual GD were affected by the competition from neighbors and initial tree size: GD decreased with increasing asymmetric competition from *Quercus crispula* Blume (mizu oak) and with decreasing initial size. The growth reduction of monarch birch was imposed by asymmetrical competition from larger mizu oak, indicating that larger mizu oak might cause a reduction of light resources to monarch birch. During the three-year period after the outbreak, 17% of the observed trees died. Logistic regression analysis revealed that mortality rate increased with decreasing GD. These results suggest that the competition was an underlying stress factor that reduced the growth and raised the mortality after the outbreak.

研究分野：農学

キーワード：肥大成長 年輪幅指数 個体間競争 食葉性昆虫 素因 死亡 ウダイカンバ

1. 研究開始当初の背景

食葉性昆虫の大発生などの攪乱を受けた天然林では、残存した成木が攪乱の終息した後も継続的に死亡(立枯れ)に至る一方、健全な状態を維持している個体も存在する。この違いには、個体レベルの食害の程度だけでなく、攪乱を受ける以前からの個体の肥大成長速度が影響していることを示してきた。

樹木の成長は、水や光など光合成に必要な資源量に依存するため、生育期間における降水量や日射量、気温などの気象要因の年変動は成長に影響を与える。

林分内においては、局所的な個体間競争がこれらの資源を制限する要因となるため、個体の成長に影響する。光など地上部の資源をめぐる個体間の競争では、競争の様式が一方向となりやすい。つまり、隣接するサイズの大きな他個体からの効果であり、サイズの小さな他個体からの影響は受けにくい。一方、水分や養分など、地下部の資源をめぐる競争が優勢の場合には競争の様式は二方向になりやすく、隣接するすべての他個体(大きな個体と小さな個体)から負の影響を受けやすい。

このように、樹木の成長は気候や競争効果によって影響されることが報告されている一方、成長-競争関係を通じた樹木の死亡パターンについての知見は限られている。

2. 研究の目的

北海道では、食葉性昆虫(クスサンの幼虫)がウダイカンバ二次林において大発生し、衰退・枯死にいたる個体も数多く確認されている。本課題では、食葉性昆虫の大発生したウダイカンバ二次林を対象に、食害以前の肥大成長と気候(月平均気温、月降水量、月日照時間)および林分内の局所的な競争効果との関係をそれぞれ明らかにするとともに、食害前の肥大成長と食害後の死亡率との関係についても明らかにし、これらの成長-競争関係を通してウダイカンバが枯死に至る長期的なパターンを解明する。

3. 研究の方法

(1)調査地

調査は北海道中央部に位置する南富良野町のウダイカンバ二次林で行った。調査地の標高は約400mであり、斜面上部に位置している。この二次林は山火再生林であり、現在の林齢は約100年である。

1971年に調査プロット(0.2ha)を設定し、胸高直径(DBH)4cm以上の個体を対象に標識付けとDBHの測定、立木位置の測量を行った。その後、不定期に毎木調査を行った。調査プロットはウダイカンバ(Bm)が最も優占し、上層を占めており、ミズナラやホオノキが混交する林分である。2014年時点のBmの相対胸高断面積合計と平均DBHは、それぞれ41%、25.2cmであった。

調査地付近では、2011年に食葉性昆虫(クスサンの幼虫)がウダイカンバ二次林を中心

に大発生し、調査プロットにおいても同年の7月にBmの葉が激しく食害された(図1)。

(2)年輪解析

2014年9月に年輪解析用のコアサンプルをプロット内の個体から採取した。コアの採取はDBH10cm以上の生存木、枯死木を対象に行った。採取したコアは研磨し、実体顕微鏡を用いて年輪幅の測定を0.01mm単位で行った。生存木の年輪幅データを用いてクロスデイトイングを樹種ごとに行い、基準となる樹木年輪クロノロジーを樹種ごとに作成し、年輪幅指数を算出した。また、作成したクロノロジーと各枯死木との間でクロスデイトイングを樹種ごとに行い、各個体の枯死年代を特定した。年輪解析で得られたこれらの情報を用いて後述の解析を行った。

(3)統計解析

Bmの年輪幅の時系列変動と気候因子との関係を解析するため、年輪幅指数と生育当年の気候(月平均気温、月降水量、月日照時間)との間で相関分析を行った。食害はその後の肥大成長に影響することから、この解析では食害以前(1978~2010年)のデータを用い、食害の影響を除外した。

食害以前のBmの肥大成長に対する他個体からの局所的競争効果の影響を明らかにするため、一般化線型モデル(family= gaussian、リンク関数= identity)による解析を行った。応答変数は食害前(2004-2010年)のBmの平均胸高直径成長量(cm/年、GD)である。説明変数には各Bmの期首のDBH、各Bmの周囲に存在する他のBm、Qm、その他の樹種からの一方向的競争効果、およびこれらからの二方向的競争効果を用いた。モデルを選択には赤池情報量基準(AIC)を用い、AICが最小となるモデルを選択した。

食害前のGDと食害後のウダイカンバの死亡(立枯れ)率との関係を明らかにするため、一般化線形モデル(family= binomial、リンク関数= logit)による解析を行った。応答変数は食害後、3年間(2012~2014年)におけるBmの死亡率であり、説明変数は食害前(2004-2010年)のBmのGDである。モデル選択は前述と同じ方法で行った。



図1 食害直後のウダイカンバ二次林(南富良野町)

4. 研究成果

(1) 肥大成長の時系列変動と気候応答

Bm の年輪幅指数の時系列変動は 0.6 から 1.2 の範囲であった(図 2)。この年輪幅指数と生育当年の月平均気温、月降水量、月日照時間との間で相関分析を行った結果、6 月と 7 月の日照時間との間に正の相関が認められ(図 3)、7 月の降水量との間で負の相関が認められた。Bm は光要求性の高い先駆性の樹種として知られており、この時期の日照時間の増加が光合成産物量の増加をもたらしたものと推察される。月降水量の増加は日照時間の減少に繋がるため、この時期の降水量の増加は肥大成長に対して負の影響を与えたものと考えられる。

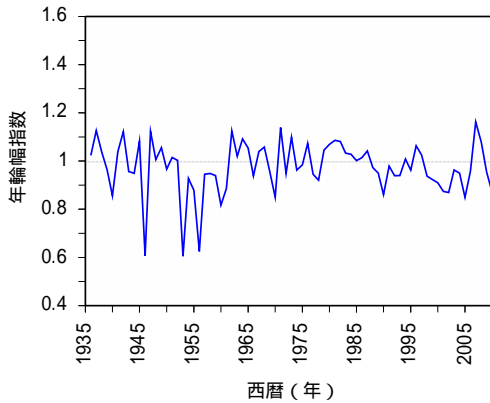


図2 ウダイカンパの年輪幅指数の時系列変動

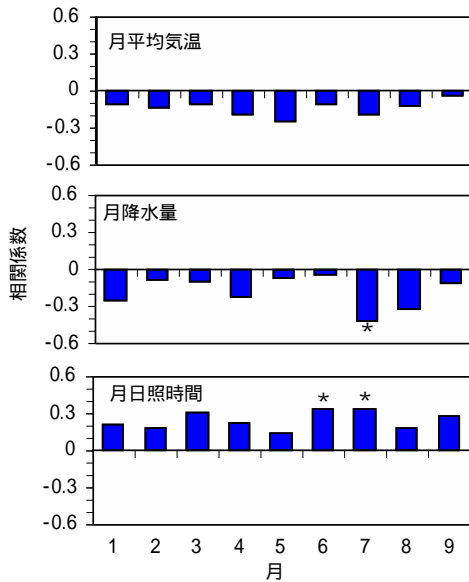


図3 ウダイカンパの年輪幅指数と生育当年の月ごとの気象要因との相関関係

*は5%水準で有意を示す。

(2) 食害以前の肥大成長に与える局所的競争効果の影響

一般化線型モデルによる解析の結果、食害以前(2004-2010年)のBmのGDに影響する要因として、Bmの個体自身のDBHとBmの周囲に存在する、よりサイズの大きなミズナラ(Qm)からの一方向的競争効果(QCI)が抽出

された。GDに対してDBHは正の影響をもち(図4)、DBHが大きい個体ほど成長も大きかった。QCIはGDに対して負の影響を与えており、DBHが同じであればQCIの大きいBmほどGDが低下した(図4)。

このことは、隣接するQmからの一方向的競争効果がBmの成長を制限する要因となっていたことを示している。光をめぐる個体間競争が激しい場合、競争の方向性は一方向になりやすいことが報告されているから、Qmによる光資源の制限を介してBmの低下をもたらされたものと考えられる。

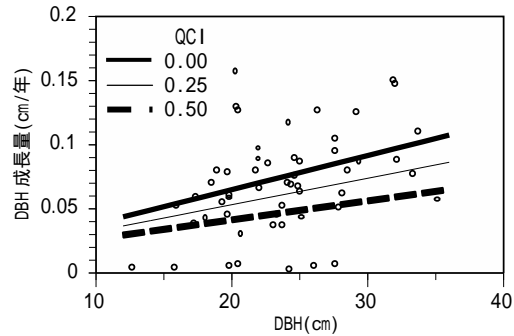


図4 食害前のウダイカンパの胸高直径(DBH)とDBH成長量との関係

QCI:ウダイカンパ対象木よりもサイズの大きなミズナラからの局所的競争効果

(3) 食害以前の成長履歴が食害後のBmの死亡に及ぼす影響

食害後の3年間(2012-2014年)に、Bmの17%が死亡した。一般化線型モデルによる解析の結果、食害前のGDを含むモデルが選択された。得られたパラメータを用いて、GDとBmとの関係を図5に示した。GDが低い個体ほど死亡率が増加しており、GDが0.1cm以下の個体では急激に死亡率が増加した。

食害前のGDは、Qmからの競争効果が制限要因となっていた(図4)ことから、長期間の個体間競争とそれにとまなう低成長は、食害に対する感受性を増加させるものと推察される。そのため、食害に対して耐性の高いBmを育成するためには、適切に間伐を実施し、肥大成長量を確保することが重要であるものと考えられる。

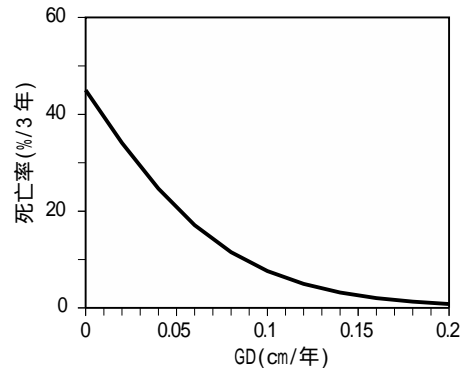


図5 予測された食害以前の平均DBH成長量(GD)と食害後の死亡率との関係

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計1件)

Ishihara MI, Konno Y, Umeki K, Ohno Y, Kikuzawa K. (2016) A New Model for Size-Dependent Tree Growth in Forests. PLoS ONE 11: e0152219. 査読有り

[学会発表](計3件)

渡辺陽子, 大野泰之. 食葉性昆虫に葉を食害された樹木の木部構造. 第64回日本木材学会大会. 愛媛県松山市. 平成26年3月13日

Watanabe Y and Ohno Y. (2015) The effect of insect defoliation on wood structure of deciduous tree species in cool-temperate forests. IAWPS (International Symposium on Wood science and Technology). 東京都. 平成27年3月16日

渡辺陽子, 大野泰之 (2015) 食葉性昆虫の大規模食害により失葉した樹木の肥大成長と木部構造. 第126回日本森林学会大会. 北海道札幌市. 平成27年3月28日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大野 泰之 (OHNO, Yasuyuki)
地方独立行政法人北海道立総合研究
機構・林業試験場・主査(育林)
研究者番号: 30414246

(2) 研究分担者

吉田 俊也 (YOSHIDA, Toshiya)
北海道大学・北方生物圏フィールド科学
センター・教授
研究者番号: 60312401

梅木 清 (UMEKI, Kiyoshi)
千葉大学・大学院園芸学研究科・准教授
研究者番号: 50376365

渡邊 陽子 (WATANABE, Yoko)
北海道大学・農学研究院・研究員
研究者番号: 30532452