

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：80122

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23580214

研究課題名(和文)年輪解析によるウダイカンバ衰退パターンの抽出と衰退の発生に及ぼす食葉性昆虫の影響

研究課題名(英文)Effects of insect defoliation and radial growth on decline of *Betula maximowicziana*

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) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：食葉性昆虫の大発生した広葉樹二次林において、健全なウダイカンバが衰退(枝枯れ)・死亡に至る過程を明らかにした。観察した二次林では2006 - 2008年の3年間に食葉性昆虫の大発生が確認された。顕著な衰退は2009年に認められ、観察木の15%は樹冠部の枝の50%以上が枯損した重度の衰退木であった。解析の結果、食葉性昆虫が大発生する以前の20年間(1986 - 2005年)の年輪幅が狭く、食害の程度が大きかった個体ほど、重度の衰退木となりやすかった。これらの衰退木の約80%がその後の2年間に死亡した。これらの結果から、長期間の低成長は食害に対する感受性を増加させ、その後の衰退に影響する可能性が高い。

研究成果の概要(英文)：To clarify a decline process of *Betula maximowicziana* Regel in a secondary forest after the outbreaks of herbivorous insects (larvae of *Caligula japonica*), we selected 46 trees for the observation and investigated the annual variation in degree of insect defoliation and crown condition, and radial growth before the outbreaks. Severe crown dieback (i.e. decline) occurred in 15% of the observed tree in the year following the outbreak of the three consecutive years. Generalized liner model revealed that the severe crown dieback is likely to occur with increasing degree of defoliation and with decreasing the radial growth rate before the outbreaks. Then, 80% of the severe decline trees died within two years. These results indicate that *B. maximowicziana* that have a long-lasting low growth rate would be susceptible to severe insect defoliation.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学 森林科学

キーワード：樹木衰退 食葉性昆虫 肥大成長 二次展葉 死亡

### 1. 研究開始当初の背景

北海道内に広く分布するウダイカンバ二次林では、近年、食葉性昆虫（クスサン：蛾の幼虫）の大発生と食害が複数年にわたり続いており、激しい食害を受けた林分では、ウダイカンバの樹冠部の枝が部分的に枯損する現象（衰退）が顕在化している状況である。しかし、激しい食害を受けた林分でも、すべてのウダイカンバが一樣に衰退するとは限らない。衰退の程度は個体間で大きく異なり、比較的健全な個体から枯死寸前と判断されるものまで様々である。

樹木が衰退に至るパターンとプロセスに関する研究は、年輪解析による成長解析を中心としたものと、食害後の生理的な応答を扱ったものに大きく分けられる。前者の手法では、個体ごとの食害履歴が不明であるため、食害強度と個体の衰退程度との関係を直接的に解析できない。また、この解析手法では、食害と樹木（枝・葉）間との相互作用について考慮されていない。後者の手法では、食害後の短期的な樹木の応答について理解できる一方、食害を受ける以前の個体ごとの状況は考慮されていない。そのため、樹木の衰退プロセスを理解するためには、食害の履歴が明らかな個体を対象に、衰退に至る長期的なプロセスを抽出するとともに、食害に対する短期的な応答について明らかにする必要がある。

### 2. 研究の目的

激しく食害されたウダイカンバを対象に、食害以前の成長履歴、食害に対する枝葉の応答と生理特性、食害後の衰退・枯死状況を調査し、健全なウダイカンバが衰退・枯死に至る長期的なプロセスとパターンを明らかにする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 食害状況と食害後の枝葉の応答、および衰退・枯死パターン

調査は北海道中央部のウダイカンバが優占する広葉樹二次林（奈井江町）で行った。調査地は標高約 200m の斜面中腹に位置している。

2006 年 6 月に健全なウダイカンバ 46 個体を観察木として選び、標識付けと胸高直径（DBH）の測定を行った。観察木の DBH は 20 ~ 44cm の範囲にあり、DBH の平均値と標準偏差は  $31.8\text{cm} \pm 6.0\text{cm}$  であった。2006 ~ 2013 年にかけて食葉性昆虫による食害の程度と食害後の枝葉の応答、生残状況を個体ごとに観察した。食害の程度の観察はクスサンの食害が激しくなる 7 月中旬に行い、目測によって食害に伴う失葉率を測定した。食害により著しく失葉した落葉広葉樹では、食害から約一か月後に二次展葉することが報告されているため、8 月中旬に二次展葉の有無を観察した。

衰退状況の観察は 2009 ~ 2013 年のそれぞ

れ 6 月中旬に行った。各観察木を対象に樹冠全体の枝に占める枯枝の割合を目測により評価し、この割合をもとに観察木の衰退程度を区分した（表 1）。

食葉性昆虫の大発生する以前の観察木の肥大成長量を把握するため、成長錐を用いて径 5mm のコアを胸高位置から採取した。採取したコアを自然乾燥させた後、年輪が識別できるまでサンダーを用いて研磨した。その後、実体顕微鏡を用いて年輪幅を 0.01mm 単位で測定した。

表 1 衰退程度の区分

樹冠全体の枝に占める 枯枝の割合	衰退程度
20%未満	軽度
20 ~ 49%	中度
50 ~ 99%	重度
100%	枯死

#### (2) 個葉の生理特性

観察したウダイカンバのうち、激しい食害を受けた観察木では、食害から約一か月後に二次展葉し、新しい葉（二次葉）が形成された。そのため、二次葉と食べ残された葉（夏葉）の生理特性を比較するため、光合成 - 葉内二酸化炭素濃度曲線（ $A - C_i$  カーブ）を作成した。 $A - C_i$  カーブの作成は 2012 年の 8 月下旬から 10 月上旬にかけて、4 回行った。二次展葉したウダイカンバを含む 3 個体から、葉の着いた枝を採取し、直ちに水切りした後、実験室に移動した。二次葉、食べ残された夏葉をそれぞれ無作為に 5 ~ 7 枚選び、携帯型光合成蒸散測定装置（LI-6400, Li-Cor 社）を用いて測定を行った。測定条件は光合成有効放射束密度  $1600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、葉温  $25 \sim 28$ 、相対湿度 70% とした。測定はチャンバー内の  $\text{CO}_2$  濃度 370 ppm から開始し、50-1600 ppm の間で計 13 段階変化させて行い、 $A - C_i$  カーブを作成した。得られたデータから葉温 25 での最大カルボキシル化速度（ $V_{cmax}$ ）最大電子伝達速度（ $J_{max}$ ）を算出した。その後、測定した葉を採取し、単位面積あたりの葉乾重（LMA）を算出した。

### 4. 研究成果

#### (1) 食害状況と食害後の枝葉の応答、および衰退・枯死パターン

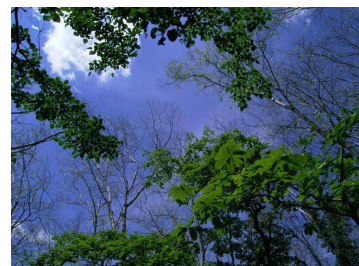


図 1 食害直後のウダイカンバ二次林の様子  
上層を占めるウダイカンバが失葉している。

観察を行った林分では 2006~2008 年にクスサン幼虫の大発生が確認され(図 1), 食害により観察木は様々な程度で失葉した(図 2)。これらの年では食害から約 1 ヶ月が経過した 8 月中旬に二次展葉した個体が観察された。2006~2008 年の間に, 観察木は 2 回(2 生育期), ないし 3 回(3 生育期), 二次展葉した。ウダイカンバが二次展葉する確率を目的変数, 自身の胸高直径と食害による失葉率を説明変数, 西暦を変量効果とする一般化線形混合モデルを行った結果, 失葉率が二次展葉する確率に影響する要因として選択された。失葉率が大きい個体ほど二次展葉する確率が増加し, とくに失葉率が 70%を超えたとき, 二次展葉する確率が急激に増加した(図 3)。このことから, 二次展葉の回数を食害の程度の指標として後述の解析に利用した。

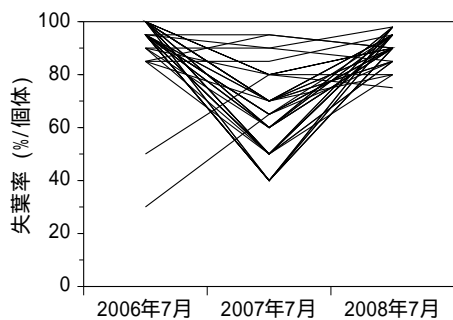


図 2 クスサンの食害による失葉率の年変化

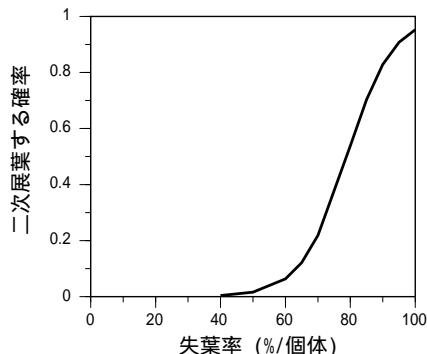


図 3 クスサンの食害による失葉率と二次展葉する確率との関係

観察木の顕著な衰退は 3 年連続してクスサンの大発生した翌年(2009 年)に認められ, 観察木の 15%が重度の衰退木となり, 6.5%が死亡した(図 4)。重度の衰退木となる確率(PS)を目的変数とし, 2006 - 2008 年の間に二次展葉した回数(NSS)と食害以前の 20 年間(1986 - 2005 年)の平均年輪幅(RW)を説明変数とする一般化線形モデルを行った結果, NSS と RW を含むモデルが選択された。RW が小さく, NSS が多い個体ほど重度の衰退に至りやすいことを示していた。

クスサンの大発生が認められなかった 2009 年以降にも新たな枯死が観察され, 2011 年 6 月までの累積枯死率は 25%以上に達した。この期間に枯死した個体の多くは, 2009 年時

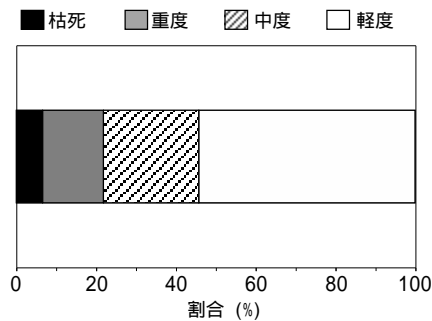


図 4 衰退程度別の本数割合(2009 年 6 月)  
衰退の程度については表 1 を参照

点で重度の衰退を示した個体であった(図 5)。これらの結果から, クスサンが大発生する以前に低成長であったウダイカンバでは, 食害に対する感受性が高く, 衰退・枯死に至りやすかったものと推察される。

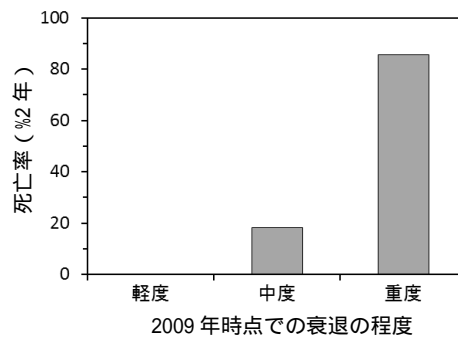


図 5 衰退程度別の死亡率  
衰退の程度については表 1 を参照

## (2) 個葉の生理特性

食べ残された夏葉と食害後の二次展葉によって形成された葉(二次葉)の LMA の季節変化を図 6 に示す。二次葉の LMA は夏葉に比べて低い値で推移していた。同様の傾向は, 最大カルボキシル化速度と最大電子伝達速度にも認められ, 二次葉の光合成能力は夏葉に比べて低いものと判断される。そのため, 二次葉による光合成産物の獲得は, 夏葉に比べて制限される可能性が高く, このことが衰退に関与した生理的な要因の一つであるものと推察される。

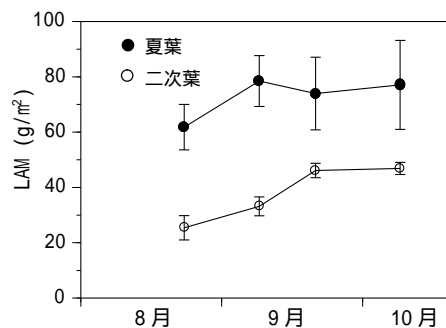


図 6 LMA の季節変化  
縦線は標準偏差を示す。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計1件)

大野泰之, 山田健四, 八坂通泰, 石濱宣夫, 滝谷美香, 津田高明, 中川昌彦, 蓮井聡, 松木佐和子. 3年連続してクスサンの大発生した広葉樹二次林におけるウダイカンバの枯死状況, 北方森林学会誌, 査読無, 60巻, 2012, 67 - 68

[学会発表](計6件)

大野泰之, 山田健四, 八坂通泰, 石濱宣夫, 滝谷美香, 津田高明, 中川昌彦, 蓮井聡, 松木佐和子 (2011), 3年連続してクスサンの大発生した広葉樹二次林におけるウダイカンバの枯死状況, 第60回北方森林学会大会

大野泰之, 松木佐和子, 山田健四, 中川昌彦, 八坂通泰, 蓮井聡, 石濱宣夫, 滝谷美香, 津田高明 (2012) 食葉性昆虫による食害程度と個体サイズがウダイカンバ林冠木の衰退の発生に及ぼす影響, 第59回日本生態学会大会

大野泰之 (2013) Tree decline after serious insect defoliation in a northern secondary forest. 第60回日本生態学会大会

Sawako Matsuki, Kakeru Omori (2012) The outbreak of emperor moth in monarch birch pure stands regenerated after forest fires in northern Japan, 2nd International Conference on Biodiversity in Forest Ecosystems and Landscapes

松木佐和子, 尾森翔, 大野泰之, 渡邊陽子 (2014) 落葉広葉樹5種における北海道産と熊本県産クスサン幼虫の選好性, 第125回日本森林学会大会

渡邊陽子, 大野泰之 (2014) 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

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

大野泰之 (OHNO, YASUYUKI)  
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

渡邊陽子 (WATANABE, YOKO)  
北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター・学術研究員  
研究者番号: 30532452

松木佐和子 (MATSUKI, SAWAKO)  
岩手大学・農学部・講師  
研究者番号: 40443981

(3) 連携研究者

滝谷美香 (TAKIYA, MIKA)  
北海道立総合研究機構・林業試験場・研究主任  
研究者番号: 80414259