

上層木伐採がハリギリ更新樹の光合成特性に及ぼす影響

— トドマツ主伐後の初年度の影響 —

北海道大学農学部

北海道大学大学院農学研究院

北海道大学大学院農学院

日本学術振興会特別研究員（森林総合研究所北海道支所）

北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・天塩研究林

北海道大学大学院農学研究院

矢沢 俊悟

渡邊 陽子

小林 真

北岡 哲

野村 睦・高橋 廣行

北條 元・上浦 達哉

斎藤 秀之・小池 孝良

はじめに

日本の国産材、特に針葉樹の材価が低迷し続けるなかで、トドマツやカラマツ等の針葉樹に代わり、ハリギリやウダイカンバ等の材価の高い広葉樹銘木を保育していく手段が確立できれば、林業活性化の手段となり得る。この観点から広葉樹更新稚樹の保育法は注目を集めてきた。北海道大学天塩研究林では主伐期を迎えたトドマツ人工林下にハリギリ(*Kalopanax septemlobus*)稚樹のパッチ状更新が確認されている。ハリギリは別名センノキと呼ばれるウコギ科の落葉広葉樹で、加工が容易で木目が美しいことから人気があり材価も高い。したがってこのようにトドマツ人工林内に群生するハリギリ稚樹を選木し、保育することで有用な銘木の生産につなげることが重要であると考えられる。しかしながら、ハリギリ稚樹の保育を行うのに必要なハリギリの成長特性や生理的応答に関する基礎知見は未だに乏しいのが現状である(2, 8)。材価の高い銘木を生産するためには、ハリギリ稚樹の保育技術の確立が急務であろう。

では、どのようにハリギリ稚樹を保育していけばいいのだろうか？ハリギリの葉の開葉様式は一斉＋順次開葉型であり遷移中・後期種にあたる(3)。また、ハリギリの特性の一つに短枝と長枝の二種類の枝を持つことが挙げられる(4, 8)。短枝は樹幹に近い所で葉を展開し、長枝は枝を伸ばして葉を展開する(以下、長枝の形成を「分枝」と表現する)。分枝により樹冠を広げることによって葉量や受光面積を増やすとともに、葉の重なりを軽減することによりハリギリは光資源をより有効に使うことが可能となる。分枝の条件として相対光度にして約20%程度の光が必要であることが分かっており(6)、20%に達しない被陰環境下では、維持コストの小さい短枝のみで葉量を維持しながら単幹で成長することが報告されている(7)。これらの知見から、林内でも比較的明るい場所に生育し

ている分枝有の個体は個体サイズも分枝無の個体より相対的に大きい(7)。従って、分枝の有無は、保育施策としての間伐の際の指標の一つとなり得ると考えられる。

しかしながら、上層木伐採などによって林内の光環境が激変した場合、分枝有の個体は必ずしも有利になるとは限らない。その理由として、長枝を伸ばして葉量を増やしているため、蒸散面が増加する、樹体や葉の維持の為の養分・水分コストが大きい、という点が挙げられる。上層木の伐採によって光環境が改善された場合、光が十分に当たるようになるために光合成速度が増加することが予想される。しかし、被陰下のハリギリは十分な光資源獲得のために個体地上部に光合成生産物の投資を行うため、根系の発達が相対的に小さい。そのため、より個体サイズや葉量の多い分枝有の個体では、蒸散量の増加に伴う養水分要求の増加に対して根系からの供給が追いつかないため、樹体の水分ストレスの増加、それに伴うハリギリの道管内でのキャビテーション(気泡の発生による空洞化)による通道阻害が考えられる。

さらに、強い光が急激に当たるため強光阻害による光合成能の低下などが起こり得る。これらの各種ストレスの増加によって、光合成能の低下に加え、樹体維持のコストの高さによる成長の低下、最終的に枯死という可能性も懸念される。

そこで本研究では、主伐を迎えたトドマツ壮齢林に更新し、生育するハリギリ幼樹を対象に、上層木収穫に伴う光環境の変化に伴うハリギリ幼樹の成長・光合成特性の応答に加え、それらの応答に分枝の有無が与える影響を調べることで、ハリギリを育成するための基礎情報を得ることを目的とした。

材料と方法

材料：北海道大学天塩研究林 303 林班のトドマツ人工

Shungo YAZAWA (Dept Forest Sci., Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589), Yoko WATANABE (Res. Fac. Agri., Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589), Makoto KOBAYASHI (Grad., School of Agri., Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589), Mutsumi NOMURA, Yoshiyuki TAKAHASHI, Gen HOJO, Tatsuya KAMIURA (Teshio Exp. Forest, Hokkaido Univ., Horonobe 098-2943), Satoshi KITAOKA (JSPS fellow, FFPRI, Sapporo 062-8516), Hideyuki SAITO, Takayoshi KOIKE (Res. Fac. Agri., Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589)

Effect of harvesting on the photosynthetic responses of regenerated *Kalopanax* seedlings in a mature Sakhalin fir plantation.

林(約100年生)を試験地とし、トドマツ人工林に更新したハリギリ(約20年生、樹高2~7m)を材料とした。

試験地:2008年3月に上層木であるトドマツを皆伐し(約60m四方)、皆伐した区を林外区(全天候)、この伐採により新しくできた林縁の部分(林縁から約15mまでの範囲)を林縁区、前年同様に、被陰下にある部分を対照区として林内区とした。林外区、林縁区、林内区の相対光度(光積算センサーで計測 HOB0, U.S.A)は、それぞれ約90%, 14%, 7%であった。さらに各区から試供木としてハリギリ個体を分枝有無別でそれぞれ6個体無作為に選び、供試木とした。

開葉前の2008年5月と落葉前の9月の2回に、各供試木個体の樹高・地際直径を測高ポールとノギスを用いて計測し、その結果から成長量を算出した。対象としたハリギリの成長量には、サイズ依存性が見られなかったため、解析には二元配置の分散分析を用いた。

2008年8月下旬に各区から分枝有無別に4個体の成熟葉を対象に、LI-6400(LiCor社, USA)を用いて光飽和の光合成速度を測定した(測定時 370ppmvCO₂)(5)。また、葉サンプルを研究室に持ち帰り、リーフパンチを用いて一定面積を打ち抜き、一部はドライオープンで60°C72時間乾燥させた後、乾燥重量を測定し、単位面積当たりの葉重量(Leaf Mass per Area, 以下 LMA)を算出した。また、一部はDMSO(dimethyl sulfoxide)に浸漬させ、暗所で72時間置いてクロロフィルを抽出した後、分光光度計UVmini 1240(Shimadzu, 京都)を用いて総クロロフィル量(Chl a+b)、クロロフィル a/b 比(Chl a/b)を算出した(1)。また、サンプルを暗所に一晚置いた後 LI-6400 を用いて光化学系 II の活性指標である Fv/Fm を計測した。これらの統計解析には二次元配置の分散分析をもちいた。

結果

成長量の解析:調査期間中には、枯死個体は見られなかった。また、樹高成長では林内区の個体が他の区より有意に成長量が増加した。肥大成長では反対に、相対光度が増加するにしたがって増加する傾向が見られた(図-1)。しかし、分枝の有無の間では、全てのサイトにおいて有意差は見られなかった。

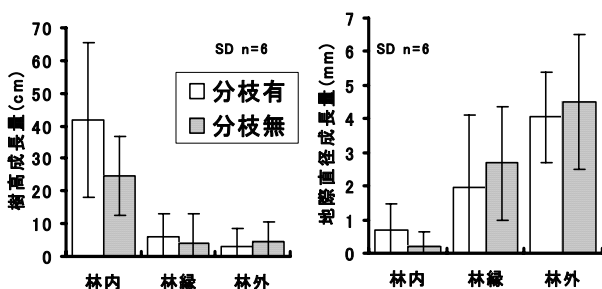


図-1 ハリギリ幼樹の上層木伐採に伴う樹高・地際直径成長量のイト・分枝有無間の比較

光合成特性:光飽和の光合成速度は、相対光度が増加するにしたがって増加する傾向が見られた。また、分枝の有無の間では、有意差は見られなかった(図-2)。さらに、Fv/Fm 値は、林内と林縁区の個体では 0.8 であり、林外区の個体では 0.75 と低い傾向があった。

LMA は林外区の個体で他区の個体より有意に増加したが、分枝の有無の間では、有意差は見られなかった(図-3)。

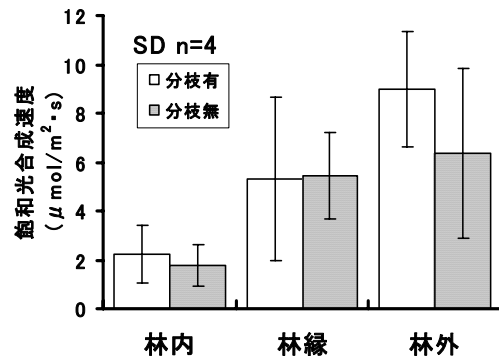


図-2 光飽和光合成速度のサイト・分枝有無間の比較

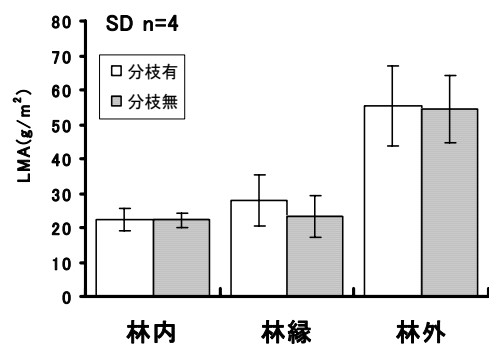


図-3 LMAのサイト・分枝有無間の比較

総クロロフィル(a+b)量は林外区で有意に小さい傾向が見みられたが、Chl a/b では各サイト間に有意差は見られなかった。また、両結果において、分枝の有無の間では、有意差は見られなかった(図-4)。

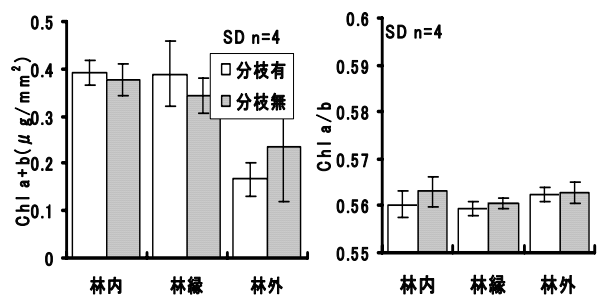


図-4 クロロフィル(a+b)量とa/bのサイト・分枝有無間の比較

考察

更新したハリギリ稚樹の伸長・肥大成長は生育場所によって異なる傾向を示した。つまり、林内区で樹高成長量が、林外区で肥大成長が大きかったことから、被陰下の個体では、光を求めて伸長成長に光合成生産物を分配

しているのに対し、全天環境になった林外区個体では光環境の変化に対応して肥大成長に光合成生産物を分配していると考えられる。しかしながら、これらの応答に分枝の有無は有意には関係しなかった。従って、生育期のハリギリは分枝の有無に関わらず光環境の変化に対応して成長特性を変化させて生存していた。

個葉のレベルで注目すると、相対光度の増加にしたがって光合成速度が増加する傾向が見られた。その原因の一つとして、LMAの増加が示すように、葉が厚くなり、面積あたりの光合成器官量も増加したためだと考えられる。このことは林外区の個体では全天環境への変化に対応して、葉を厚くして陽葉化することで応答できたことを示唆する。一方、林外区の個体のChl a+bの減少の原因としては、光障害の影響が考えられる。事実、Fv/Fm値は林外区個体で低い傾向があり、対応関係があると考えている。しかしながら、それらは光合成能には影響しなかった。また、光環境の変化に対して葉の窒素分配を集光性酵素から電子伝達系酵素や炭素固定系酵素へと変化させた可能性も考えられる。そして、これらの応答に分枝の有無による有意差はなかった。

以上のことからハリギリは分枝の有無に関わらず、光環境の変化に対して葉の厚さを変化させて新しい光環境に対応していることが示唆された。

以上の結果から、本研究では、林内に群生するハリギリ幼樹は、成長特性や個葉の形態・化学成分の組成など生理的特性を変化させることで、光合成機能を維持しながら、光環境の急激な変化に対応することができることが(4)明らかになった。さらに、それらの応答に分枝の有無は、少なくとも上層木伐採後初年度には影響を与えないといえる。

今後の課題として、今回、あまり触れることができなかった上層木の攪乱に伴う土壌の水分状態やハリギリの根系や道管の水分通道への影響など、これらの水分生理的側面も調べていく必要がある。これらの水分生理的側面もハリギリの成長・光合成特性に影響を及ぼすと考えられる。また、上層木攪乱後の初年度は、ハリギリ個体に分枝の有無は生存に影響を与えないという結果であった。異なる光環境に生育するトドマツ稚樹の成長は上層木攪乱後の初年度夏季に明確に抑制され、成長増加には、2年以上を要した(9)が、これは暗い環境下で更新したため根系の発達が十分ではないことが考えられる。この結果から、ハリギリ幼樹においても次年度以降に上層木伐採の影響が出てくると考えられるので、追跡調査していきたい。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、試験地の設定や調査には高木健太郎教員、小塚力、坂井励氏を始めとする北大天塩研究林の技官や技能補佐員の方々に多大なる協力を頂きました。また、調査・データ解析では農学研究員の飯島勇人博士、日本学術振興会特別研究員の渡辺誠博士らにご協力頂きました。また、造林学研究室の渋谷正人教員、大学院生、学生の方々にはゼミ等を通して多くの貴重な御意見を頂きました。

以上の方々に深く感謝の意を表し、御礼申し上げます。

引用文献

- (1) Barnes.J.D. Balaguer. L. Manrique E. Elvira. S. and Davison. A. W (1992) A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls *a* and *b* in lichens and higher plants. *Environmental and Experimental Botany*, **32**:85-100.
- (2)河原孝行 (2008) ハリギリ, 北海道における林木育種と森林遺伝資源. 北海道林木育種協会, 江別市, 203-210.
- (3)菊沢喜八郎 (1983) Leaf survival of woody plants in deciduous broad-leaved forests. *Canadian Journal Botany*, **61**:2133-2139.
- (4)菊沢喜八郎 (1986) 北の国の雑木林. 蒼樹書房, 東京.
- (5)北岡 哲 (2007) カラマツ不成績造林地に侵入した落葉広葉樹の環境応答に関する研究. *北大演研報* **64**(1):58-74.
- (6)Koike T. Tabuchi R. Mori S. Takahashi K. and Lei T.T. (1998) Characteristics of the light response in seedlings and saplings of two mid successional species, ash and kalopanax, during the early stage of regeneration in a mature forest. *Journal of Sustainable Forestry*, **6**:73-84.
- (7)道広 絢 (1999) 異なる光環境におけるハリギリ幼樹の葉枝形成の違い. 北大農造林・卒業論文.
- (8)道広 絢・渋谷正人・矢島 崇・高橋邦秀 (2001) 異なる光環境下におけるハリギリ幼樹の枝・葉の形成. *日本北支論* **49**:12-24.
- (9)野口麻穂子・香山雅純・吉田俊也・小池孝良 (2003) 冬山造材を行った地域におけるトドマツ前生稚樹の光合成特性. *日林北支論* **51** : 36-37.