

奥多摩のスギ人工林における強度な林冠疎開後の樹冠成長の推移

出口謙一(東農大院)・菅原泉・上原巖・佐藤明 (東農大)

要旨：各種間伐が進められる中で、低コスト化を図るために間伐回数を減らせる強度な間伐が注目されている。東京農業大学奥多摩演習林では2001年に林冠閉鎖しているスギ林分を対象に複層林化を目指して強度を異にする間伐を実施した試験区を設けた。本研究では強度に間伐した試験区と、対照区である無間伐区のスギを2011年5月に各3本伐倒し、樹冠各層から試料枝を採取し伸長成長量を測定することにより樹冠の拡大過程を明らかにすることを目的とした。全ての調査木において枝の伸長成長量は樹冠梢端部付近と下部を比較すると梢端部の方が有意に大きかった。そして、各試験区とも個体サイズと枝の伸長成長との関係ははっきりしなかった。林冠に空間が大きく開くことにより樹冠全体の光環境が改善され、中下層の枝の伸長成長が旺盛になると想定したが、伸長成長量の促進傾向は見いだせなかった。間伐後の枝の伸長成長量と樹冠の拡がりとの関係は今後の課題といえる。

キーワード：強度間伐，スギ，枝，樹冠，伸長成長

Abstract : Heavy thinning has also attracted attention in order to reduce the cost in the various types of thinning. A plot attempting heavy thinning was set up in the cedar (*Cryptomeria japonica*) forest whose canopy was closed to shift to the mixed forest in Okutama training Forest of Tokyo University of Agriculture. This study harvested each three sample tree at thinning and control plots in May of 2011, and then investigated the process of expansion of the crown after heavy thinning by annual ring analysis of branches. Amount of elongation growth of branches are greater at the top of the crown than the lower parts of the crown. However, there was no relationship between the individual tree size and the elongation growth of the branches within both plots. Thinning made open space between the canopies and it also made improving the light environment at lower parts of the crown. Therefore, we had expected the elongation growth of the layer of branches would be vigorous, but in fact, the promotion tendency of amount of elongation growth could not find out. The relation between the amount of elongation growth of the branches and the expansion of the crown after thinning is a future subject.

Keywords : heavy thinning, *Cryptomeria japonica*, branch, crown, shoot elongation

I はじめに

木材価格の低迷により林冠が閉鎖した間伐手遅れ林分が増えたが、京都議定書により1990年以降に施業が行われた森林については二酸化炭素の吸収源とされ(9)、二酸化炭素の削減目標達成に向け森林管理が求められてきた。森林管理の1つでもある間伐が進められる中で、低コスト化を図るために間伐回数を減らせる強度な間伐に注目が集まっている(3)。そのため、近年、強度間伐の研究が進められている(2, 8)。間伐を行う判断として林冠閉鎖の具合を見ることは重要な要素であり、林冠閉鎖の要因である樹冠の拡大過程を調査した報告(5, 6)は見られるが、強度間伐を対象とした研究はあまりない。

そこで、本研究では東京都西多摩郡に位置する東京農

業大学奥多摩演習林(以下、演習林)内の林冠閉鎖したスギ林分を対象に2001年に強度な間伐を実施した試験区を使用し、枝が間伐後どのように成長して、樹冠拡大を展開するのか解析すると共に、林冠閉鎖した林分との違いを明らかにすることを目的とした。また、各個体においても、個体サイズ、幹の梢端から枝までの距離や周囲木の状態が異なり、光環境が異なることが予想される。そのため、樹冠拡大速度の違いが生じるのか調査を行った。

II 調査地概要及び調査方法

1. 調査地概要 調査は、演習林内のスギ(*Cryptomeria japonica*)人工林内で行った。試験区は、2001年11月に複層林の造成を目的として強度な間伐を行ったプロ

Kenichi DEGUCHI, Izumi SUGAWARA, Iwao UEHARA, Akira SATO (Tokyo University of Agric. 1-1-1, Sakuragaoka, Setagaya-ku, Tokyo 156-8502), Crown development process at Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) plantations by heavy thinning in Okutama area

ット（以下、強度間伐区）と、対照区として同斜面下部にある無間伐のプロット（以下、無間伐区）を使用した。2007年6月には林内の光環境の改善を目的に強度間伐区において、再度間伐を行った。間伐方法は点状間伐とした。強度間伐区における間伐率は、試験区設定時に本数で56%、2007年の間伐の際に、更に本数で26%の間伐を行った（2）。2010年には気象害が発生し（7）、強度間伐区、無間伐区ともに倒木が生じ、新たに林冠が疎開された。各試験区の林分状況としては、林齢はともに50年生前後、東向きの斜度30°前後の斜面である。立木密度は、強度間伐区、無間伐区それぞれ440（本/ha）、1230（本/ha）、平均樹高は21.0m、23.8m、平均胸高直径は30.8cm、22.9cmであった。

2. 調査方法 2011年5月に両試験区の樹冠の拡大状況を把握するため、直径階分布をもとに以下の3本を伐倒した。今回の調査は樹冠の拡大を中心としたことから劣勢木を対象とせず、平均（標準）木以上の最大、大、標準木の大きさの個体を選んだ（表-1）。調査木を地際0.2mの地点から高さ1mおきに層別に玉切りし、枝が付着している各層から基本的に形状が素直な優勢枝と見られる2本を採取し試料とした。伸長成長量は、枝先端付近は各年の冬芽痕跡位置を計測し求めた。それ以外は、各試料枝はともに先端から1.5m前後までは10cm間隔、残りの幹に付着していた根元までは20cm間隔に216mm卓上マルノコを使い裁断し、それぞれの木口面をスキャナーで取り込み、デジタル画像として取り込んだ後に写真解析ソフトであるAdobePhotoshop5.5を用いて年輪解析を行い、年輪解析図から伸長成長量を推定した。冬芽痕跡による伸長成長は4～5年分の観察が出来た。伸びを確認できなかった枝の伸長成長量は推定になることから、2010年をもとにさかのぼるように3年間ごとの平均値で比較した。2011年の枝の成長は伐採を5月に行ったために今回の解析から外した。強度間伐区においては、2008年～2010年を再間伐後、2002年～2007年を間伐後、2001年～1999年を間伐処理前とし、無間伐区も同様に解析した。

2. 1. 樹冠の梢端からの距離別の枝の伸長成長量の比較 枝の伸長成長量は日射条件に起因すると考えられ

る。無間伐区においては、立木間で樹冠の接触がないと思われる樹冠部は、伐倒調査の結果から梢端から3m以内（以下、樹冠上部）の枝とそれ以下（同、樹冠中下部）とに分けられ、強度間伐区もそれに準ずる形で区切ることとした。部位の違いによる伸長成長量の差はt検定により比較した。サンプル数は表-1に示す。

2. 2. 個体別の枝の伸長成長量の比較 個体サイズによって枝の伸長成長量に違いが生じるかを検証するために、試験区ごとに個体サイズ別でF検定により枝の伸長成長量の比較を行った。なお、個体別の比較は、樹冠上部と樹冠中下部に区切らずに比較した。

2. 3. 周囲木による枝の伸長成長量への影響 周囲木の状況も枝の伸長成長に影響すると考えられるため、2011年の伐採前の樹冠投影図より周囲木の状況を把握し、伸長成長量と関係があるか考察を行った。

2. 4. 試験区間の枝の伸長成長量の比較 上述した梢端からの距離別や個体別、周囲木による影響を踏まえた上で、t検定により試験区間の枝の伸長成長量の比較を行った。

III 結果と考察

1. 樹冠の梢端からの距離別の枝の連年伸長成長量 試験区ごとに全ての枝の伸長量のデータを合わせて、樹冠上部と樹冠中下部の層に分け比較した結果を図-1に示す。強度間伐区では、2008～2010年を除いて樹冠上部の方が樹冠中下部よりも1%水準で、2008～2010年においても5%水準で有意差があり、すべての年代で樹冠上部の枝の伸びが有意に大きい結果となった。無間伐区では、2005～2007年、2008～2010年において1%水準で有意差があった。その他の年代においては、サンプル数の関係で統計処理ができなかったが、すべての年代で樹冠上部の方が樹冠中下部よりも大きな値を示した。これらの結果から両試験区ともに樹冠上部の枝の伸長成長量が樹冠中下部よりも大きいことが分かった。このような結果は他の研究（2）と同様であった。間伐処理前および樹冠部の受光状況が変化した間伐後とも樹冠上部のほうが枝の伸長量が大きかったことか枝の成長は光要因以外の要因が強く関わっているものと考え

表-1. 調査木のデータ

Table.1 Data of survey tree.

調査区	サイズ	樹高(m)	胸高直径(cm)	枝下高(m)	枝下直径(cm)	最大樹冠幅(m)	枝の標本数(本)	樹冠上部・下部(本)
強度間伐区	最大	28.6	49.7(40.7)	14.8	33.0	5.9	n=17	5・12
	大	24.7	36.5(32.2)	16.3	22.9	4.2	n=8	3・5
	標準	23.8	33.3(27.3)	16.3	19.5	3.5	n=7	4・3
無間伐区	最大	28.5	36.8(30.0)	17.2	20.1	4.0	n=14	4・10
	大	24.3	28.2(23.9)	16.6	6.1	1.9	n=14	6・8
	標準	21.1	22.0(18.0)	15.7	12.3	2.8	n=7	4・3

※()内は2001年時のデータ(7)。その他のデータは調査していないか、信憑性に欠けるため使用しない。

※樹冠上部・下部は枝の標本数内の樹冠上部と下部のそれぞれの標本数を表す。

られる。

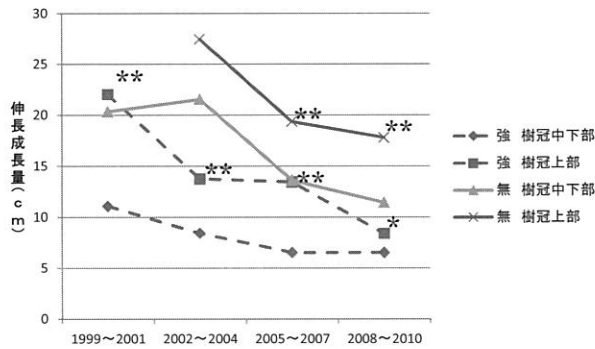


図-1. 各試験区の層別の枝の伸長成長
Fig. 1 The elongation growth of branches of each position.

注₁) 試験区ごとに t 検定を行った。

注₂) ** (p < 0.01), * (p < 0.05) 各樹冠上部にポイント

2. 個体サイズとの関係 個体ごとに平均値を求め比較した(図-2)。個体間で伸長量に有意な差は見られず、傾向的な違いもないことから標準木以上の個体では両試験区共に個体サイズが枝の伸長成長量に影響しないことが示唆された。

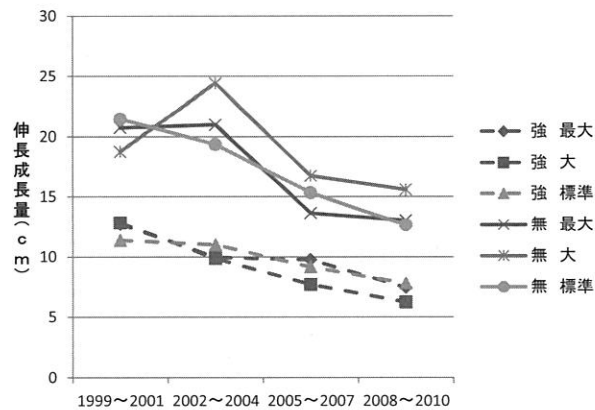


図-2. 各調査木の枝の伸長成長量
Fig. 2 The amount of elongation growth of branches of each surveyed tree.

注) 試験区ごとに F 検定を行った。

3. 周囲木との関係 枝の伸長成長量が周囲木の状況によって影響が生じたかどうかを樹冠投影図をもとに検討した。2011年測定した樹冠投影図を図-3, 4に示す。強度間伐区(図-3)においては、対象木の林冠の周辺に大きな空間が生じていた。これに対し、対照区としての無間伐区(図-4)では、各選定木の周りに隣接木がほぼ全方位に存在し、林冠閉鎖している状態にあった。なお、サイズ・大の個体に関しては、図のように右上の空間が開いているが、これは2010年春の気象害により生じたものである。

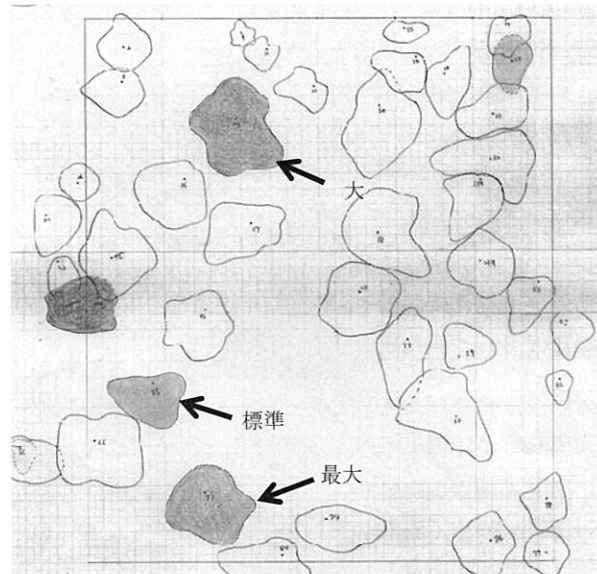


図-3. 樹冠投影図(強度間伐区)
Fig. 3 Crown projection diagram of heavy thinning.

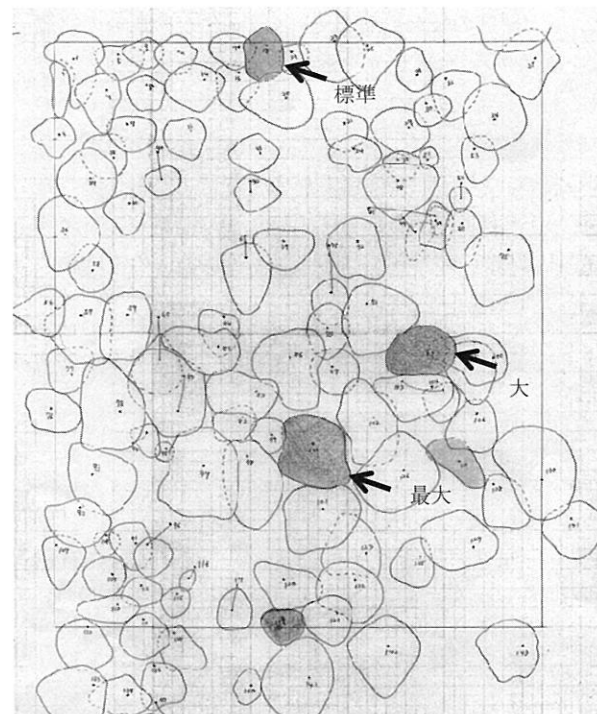


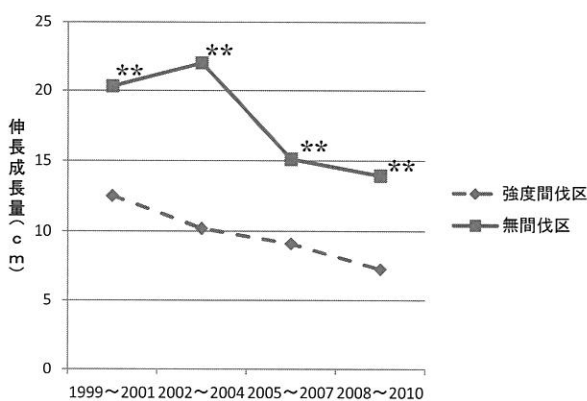
図-4. 樹冠投影図(無間伐区)
Fig. 4 Crown projection diagram of control.

周囲木との関係を調査木ごとにみると、無間伐区においては、有意差はないが周辺に空間が存在するサイズ大の個体が2001年以降において最も大きな伸長成長を見せた。空間は2010年に生じたもので、2010年以前は他の調査木と同様に林冠閉鎖していたと見なした。強度間伐区においては、全対象木の周辺には大きな空間があるが、周囲木の位置はそれぞれ違うため、各個体の光環境は異なる状態にあったと推察される。しかし、伸長

成長量は各個体殆ど差がないために、ここでは周囲木による影響は殆どないと言えるだろう。

4. 試験区間の関係 試験区ごとに全てのサンプルを平均し t 検定により試験区間の比較を行った。この結果を図一5に示す。強度間伐区と無間伐区の両試験区を比較すると、枝の伸長成長量はすべての年代で強度間伐区よりも無間伐区の方が1%水準で有意に大きかった。本研究の仮説では、強度間伐により林冠に大きな空間が開いて光環境が改善されるために無間伐区よりも強度間伐区の立木のほうが枝の伸長成長量は大きくなると考えていたが、結果はこれとは反対となった。他の強度間伐の研究でも間伐後に伸長速度の変化は認められなかった(1)と報告されており、スギにおいては、間伐により光環境の改善が行われても、ただちに枝の伸長成長量が増加しないことがあるということがいえよう。

無間伐区が強度間伐区よりも有意に枝の成長が大きかった要因として、無間伐区は密に立木が存在するために、最下層部の枝が枯死していくが、生存のための樹冠量を確保するために、光を求めて必死に枝を成長させているものと考えた。しかし、今回の調査では2001年の試験区設置前の時点から、すでに両区に有意な差がみられるため、さらに他の要因も加えて考察すべきと思われる。いずれにしても、林冠閉鎖した林分においても条件が整えば、枝の伸長成長は必ずしも衰えるものではないということが示唆された。



図一5. 各試験区の枝の伸長成長量

Fig. 5 The elongation growth of branch of each plot.

注₁) t 検定を行った。

注₂) ** (p<0.01)

IV おわりに

間伐することにより林冠が疎開し、競争が緩和されることになるが、通常の場合、時間の経過とともに林冠は

再開鎖することになる。そのため、本研究では、2001年の間伐後、および更に6年後の再開伐後、枝の伸長成長は旺盛になると想定していた。しかし、今回の結果ではいずれの間伐後も、枝の伸長成長には促進傾向は認められなかった。したがって、間伐後の林分で林冠が閉鎖するのは、二次、三次の側枝における伸長成長、もしくは光環境の変化により枝葉の量が増し、それが続くことで枝自体の重量が増えることにより枝が撓み、角度が大きくなって林冠が拡大していくことの影響が大きいといえるのかもしれない。

本研究では、無間伐と強度間伐のみの比較であったため、今後調査をする上においては、これまで行われていた20%前後の間伐率の林分の調査例などを加えて、枝の伸長成長と林冠の拡大の関係の解析が必要と考えられる。

本研究を行うにあたり、伐倒および試料採取、年輪解析を手伝ってくれた東京農業大学地域環境科学部森林総合科学科造林学研究室の皆様にお礼申し上げます。

V 引用文献

- (1) 大塚和美・長谷川尚史・野淵正(2008) スギ大径並材生産を目指した強度間伐の多角的評価, 森林研究, 77 : 109-121
- (2) 日下慶(2008) スギ, ヒノキ林における枝と樹幹の成長解析からみる間伐強度が異なる残存木に与える影響, 東京農業大学造林学研究室修士論文, 8-13
- (3) 佐藤明(2010) 今風の間伐事情—薬剤の出番は?—, 林業と薬剤, 194 : 9-15
- (4) 白旗学・西城 孝太・橋本良二(2012) 80年生スギ個体の葉現存量分布と一次枝内葉齢構成, 日本森林学会大会学術講演集, 123 : 161
- (5) 森林総合研究所(2008) 環境変動と森林施業に伴う針葉樹人工林のCO₂吸収量の変動評価に関する研究, 1-10
- (6) 右田千春・千葉幸弘・丹下健(2003) 年輪解析によるスギ樹冠の動態, 日本森林学会東京支部大会発表論文集, 54 : 147-148
- (7) 宮丸栄士(2010) 奥多摩演習林における間伐率の違いによる気象害の発生状況, 東京農業大学造林学研究室卒業論文, 7-22
- (8) 森林総研四国支所(2010) 間伐遅れの過密林分のための強度間伐施業のポイント, pp. 20
- (9) 林野庁(2012) 平成23年度森林・林業白書, 56-57