

ヨーロッパウヒの間伐試験

菊 沢 喜八郎*

A thinning experiment on a Norway spruce stand

Kihachiro KIKUZAWA*

要 旨

20年生のヨーロッパウヒ植栽林に対して、間伐率15%から78%まで4段階の間伐試験を実施した。間伐後4年間の胸高断面積合計の生長量は40%程度の間伐率までは無間伐区と大差なく、それ以上の間伐率では減少する。間伐率が高いほど個体の生長量は増加した。大径木から積算した積算材積(Y)と積算本数(N)の関係は、一般型のY-N曲線で近似できた。Y-N曲線を用いた分析では、間伐率が高いほど、大径木を生産できることが明らかになった。

はじめに

北海道には数多くの種類の外国から移入された樹種が植栽されているが、その多くは北海道の風土に適さないためか、概して成績が悪い。その中であって、ヨーロッパウヒは古くから鉄道防雪林などとして植栽され、比較的良好な生長を示している場所も多い(滝川ほか, 1981; 佐藤・坂本, 1986)。ヨーロッパウヒは耐陰性がきわめて高く、下枝の枯れ上がりも遅い。下枝がよく伸長する場合は、隣の木と枝が交錯してもまだ枯れ上がらないのが普通である。このため、林床も非常に暗くなり、林床植生が全く見られないという状態になることもある。このようにこみあった状態になっても、耐陰性が高いためあって、自然枯死はあまり生じない。ヨーロッパウヒはこみあいに対しても高い耐性をもつと言えそうである。このように高い耐性を有するためか、ヨーロッパウヒに対する保育間伐についての試験は、少なくとも道内では、その報告例が多くないようである(佐藤・坂本, 1986)。しかしながらこのように下枝を長く張り、長期間保持しているということは、樹冠が大きいということを意味しており、保育間伐を行った場合にはその効果も大きいことが予測されるのである。

北海道の主要造林樹種はカラマツとトドマツであって、ヨーロッパウヒがその主要な場を占めているわけではない。しかしながら、間伐とその後の生長についての一般的な法則性を得ることができれば、トドマツやカラマツの間伐に対しても、十分その成果を応用することができるものと考えられる。特に現在間伐を必要とされているカラマツについては、間伐材の需要減退や材価の低迷のために間伐が遅れる傾向にある。したがって、間伐回数を減らすような施業が、重要な技術課題の一つとなっている。このような課題はカラマツを材料とした試験によって解決していかななくてはならないことは当然であるが、強度め間伐を行って間伐回数を減らす試験について、数多くの事例をつみかさねることはかならずしも容易ではない。それゆえ、ヨーロッパウヒのような他の樹種が対象であっても、強度の間伐の試験例

*北海道立林業試験場 Hokkaido Forest Experiment Station, Bibai, Hokkaido 079 - 01

があるならば、きわめて重要な参考資料となるであろう。

ここに報告するのは、試験場の試験林に植栽されたヨーロッパトウヒに対して間伐試験を行った事例である。間伐率はごく弱度（本数で15%）の間伐からきわめて強度（同78%）までに設定した。一般に、こめように幅広い間伐率、特に80%もの間伐が行われた事例は少ないと思われる。しかしながら、間伐とその後の林分および個体の生長についての法則性をさぐろうとするならば、このような幅広い試験の中から傾向を見いだしていく必要があるだろう。また適正な間伐率について指針を得るためにも、幅広い間伐率の中から選び出していく必要があるものと信じる。このような意味で、とくに強度の間伐区の資料は重要なものであると考えられるので、間伐後4年間の林分生長量および個体の生長量を第1報として報告することにした。

試験林と試験方法

試験林は試験場試験林（美唄市光珠内）にあるヨーロッパトウヒ林である。1プロットが面積0.1ha（36.5m×27.5m）であり、合計6プロットが設定されている。各プロットには、それぞれ300本（haあたり3000本）のヨーロッパトウヒ苗木が1962年に植栽されている（森田ほか,1969）。植栽木の残存率は高く、3年後で15%（森田ほか,1969）、また20年後の1982年現在で77.3%であった。1982年現在で林分の平均胸高直径は11-15cm、樹高は7-10mであった。

1982年秋に4プロットに対して間伐を行った。間伐率は、弱度（本数間伐率15%、残存本数1960/ha）、中度（31%、同1490/ha）、強度（50%、同1030/ha）および超強度（78%、同500/ha）の4段階とした。

間伐木は劣勢木、欠陥木をまず選び、次いで立木配置を考慮して、選木した。したがって間伐率が低い場合にはいくらか下層にかたよった選木となっている（図-1）。

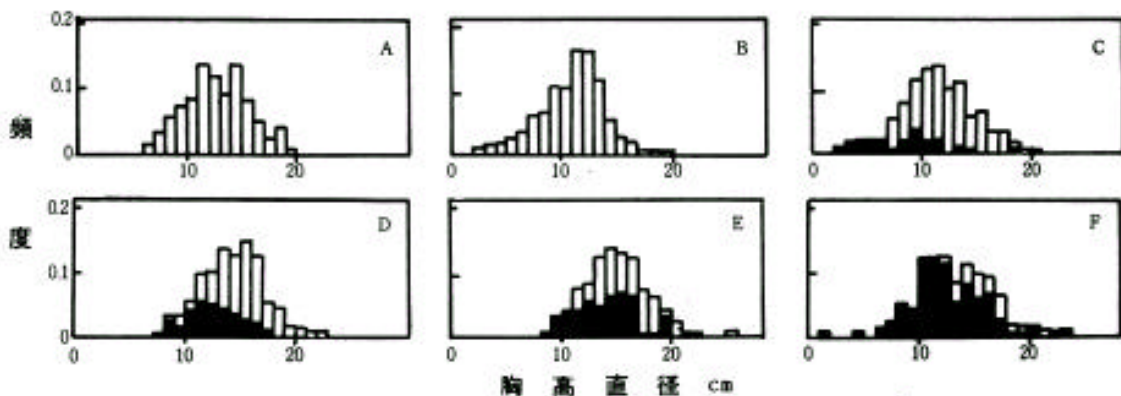


図-1 各プロットにおける直径階ごとの頻度分布（塗りつぶした部分は間伐木）(1981年)

A, B: 無間伐区 C: 弱度間伐区 D: 中度間伐区 E: 強度間伐区 F: 超強度間伐区

測定は1982年（間伐前）、1984年、1986年の3回行った。1982年は胸高直径および樹高を毎木測定した。胸高直径は直径巻尺でmmまで、樹高は測高ポールを用いて0.5mまで測定した。1984年は胸高直径のみの毎木測定を行った。1986年には、胸高直径の毎木測定と、標準木についての樹高測定を行った。標準木は各プロットから10-50本選定した。

1982年に、間伐木から胸高直径範囲を考慮して11本の標本木を選んで円板を採取し、通常の方法で樹幹解析を行った。標本木の D^2H （胸高直径²×樹高）と個体材積（ V ）との間には、 $V = 0.5550 (D^2H \times 10 - 4)^{0.9962}$ 、($r^2 = 0.9921$)の関係が得られた。

1982および1986年の測定結果から、胸高直径と樹高との間に樹高曲線式（ $1/D = AH + B$ ； A, B はパラメーター）を得た。この式で得た樹高と前記の求積式とを用いて、各個体の材積を計算した。1984年の樹高は、1982年の樹高曲線を用いて求めた。

結 果

図 - 2 A に、4 年間の林分材積生長量を、間伐率との関係で示した。2 つの無間伐区間で、この期間の生長量に大きな差があるが、概していえることは、30%程度までの間伐率では無間伐区との間に大きなちがいはないが、強度、超強度の間伐区では生長量が下がっていることである。従来から、間伐率が40%程度までだと生長量はさほど低下しないが、それ以上の間伐率になれば生長量は低下するものとされてきた。

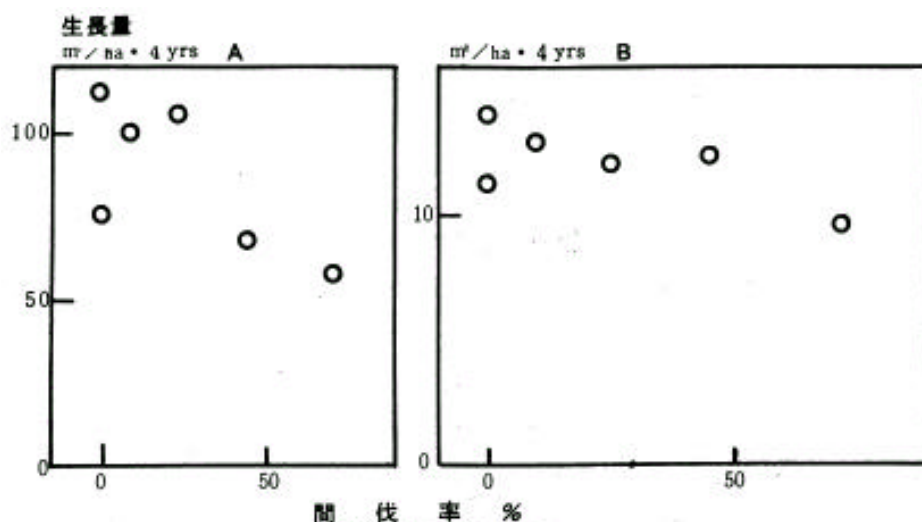


図 - 2 間伐率と生長量
 A: 間伐率と4年間の材積生長量
 B: 間伐率と4年間の胸高断面積生長量

この傾向はヨーロッパのブナ林 (MOLLER, 1944) 東北のスギ林 (小坂ほか, 1967) 北海道の広葉樹林 (菊沢, 浅井, 1979), カラマツ林 (清和ほか, 1982) などでも成り立つことが確認されている。ほぼ定説と称してよいように思われる。図 - 2 A で得られた傾向はほぼこの定説を裏付けているものと考えてよいだろう。

材積の計算には樹高が影響する。これはプロット間の若干の地位のちがいや、標本のサンプリング誤差をも反映しているものと思われる。この影響を排除し、こみあいかたを比較的素直に表現するものと思われる胸高断面積合計の生長量を図 - 2 B に示した。胸高断面積合計は材積ほどにはプロット間の差が大きくなかった。間伐率で 15%程度までは無間伐区とほぼおなじ程度の生長量レベルを維持し、それ以上の間伐率でやや減少する傾向が認められている。

胸高断面積合計生長量を2年毎にしらべ、期首の胸高断面積合計との関係として図 - 3 に分析した。最初の2年間 (1982 - 1984) では、超

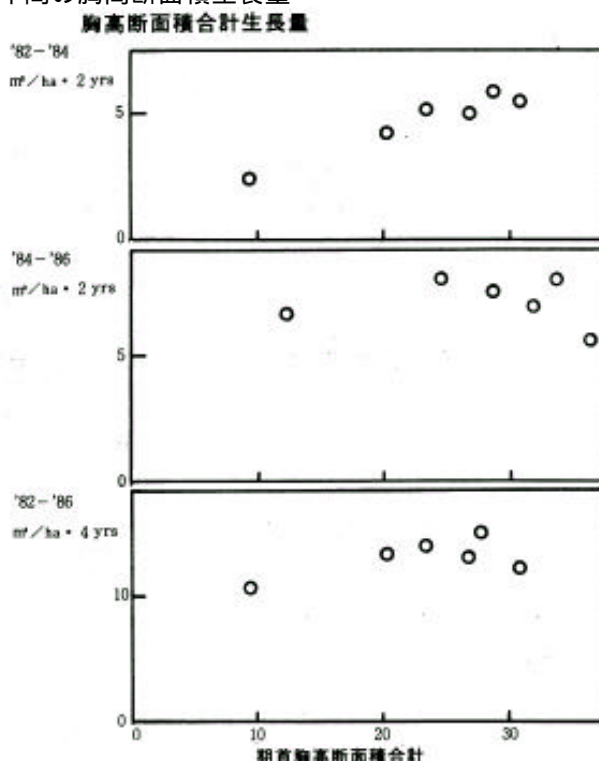


図 - 3 期首の胸高断面積に対する機関の胸高断面積生長量の関係

上: 1982年の胸高断面積に対する2年間の胸高断面積生長量
 中: 1984年の胸高断面積に対する2年間の胸高断面積生長量
 下: 1982年の胸高断面積に対する4年間の胸高断面積生長量

強度間伐区で、間伐後の胸高断面積合計が $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ 以下にも減退したために、他の区に比べて生長量が著しく低いことが目だっている。他のプロットを比較すると期首の胸高断面積合計が大きいほど期間中の生長量もほぼ大きいという傾向がある。次に 1984 - 1986 の 2 年間についてみると、超強度間伐区の生長量が大きく回復していることが目につく。この期間にかぎってみると、他のプロットにくらべると若干低いもののそれほど大きい違いはない。一方、初期の胸高断面積合計の大きい無間伐区 1 で生長量がいづらか低下している。その結果中間の胸高断面積合計で、最大の生長量をもつようになっている。この傾向は、4 年間の合計を見た場合にも認められる。

2. 林分生長量と個体生長量

各プロット内の全立木を胸高直径の大きい木から順に配列し、大きい個体から順に積算した積算材積 Y (m^3/ha) と、積算本数 N ($/\text{ha}$) の関係を求めた(図 - 4)。この関係は一般型の $Y - N$ 曲線式 (KIKUZA-WA, 1981) でよく近似することができた。適合は比較的良好で 22 例中 16 例において、測定点と曲線とのへだたりを $\pm 5\%$ 以内におさめることができた。

図 - 4 には、1982 年の $Y - N$ 曲線と 1986 年の $Y - N$ 曲線を、無間伐区と超強度間伐区のそれぞれについて示した。両区とも、1986 年の $Y - N$ 曲線は、1982 年の $Y - N$ 曲線をほぼ

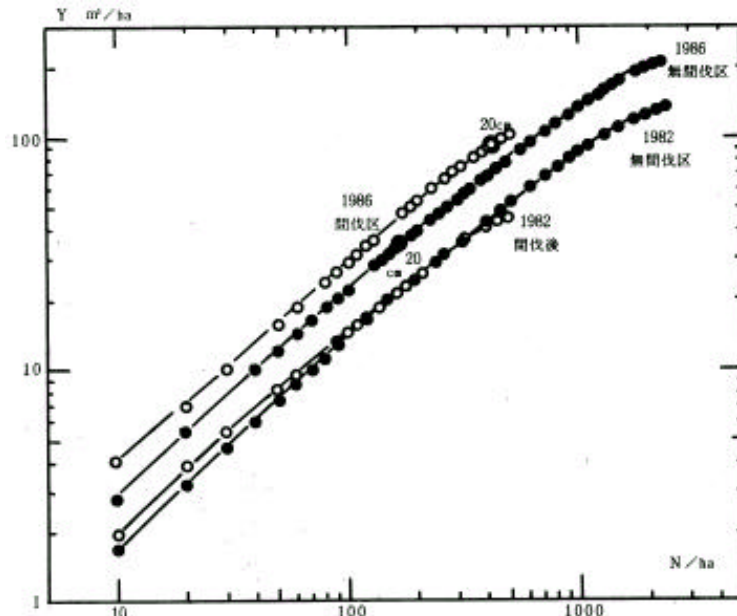


図 - 4 間伐前後の $Y - N$ 曲線の移動
(超強度間伐区と無間伐区の比較)

垂直上方に平行移動したところに位置していて、この期間中の林分の生長を示している。間伐区と無間伐区とを比べてみると、1982 年では、両区の $Y - N$ 曲線は、多少は超強度間伐区が上方にはあるが、交錯しつつほぼ同じようなところに位置するのに対し、1986 年では明らかに超強度間伐区の $Y - N$ 曲線が無間伐区のそれよりも上方に位置している。また特定の直径階の木で比較してみると、20cm 以上の木は無間伐区が 170 本に対して、超強度間伐区は 400 本 (いずれも ha あたり) と明らかに超強度間伐区で太い木が生産されていることがわかる。しかしながら、林分全体で比較すると、無間伐区の方が超強度間伐区よりも本数・材積ともに大である。このように、林分全体の値では小であっても、特定の直径階以上の木を多く生産できるのが間伐の効果であり (菊沢, 1981)、このヨーロッパトウヒの試験林では間伐の効果が、わずか 4 年間で著しくあらわれていると言える。

特定の直径階以上の木の本数 - 材積を示す点の軌跡は等限界直径線といわれる。これは一般には右に凸となるような双曲線となるものと考えられている (菊沢, 1978)。無間伐区の資料を用いて、ヨーロッパトウヒ林の等限界直径線を、10cm、15cm および 20cm について示した (図 - 5)。点が少なく、またその移動幅も小さいために、等限界直径線の全容は示し得ないが、上にのべたような双曲線の、それぞれ一部をなしていることは明らかなように思われる。たとえば 10cm の等限界直径線は、ほぼ最大の本数の近

くに達していることが読み取れる。この最大値は、ほぼ2000本/haであり、ミズナラ(菊沢, 1979)やカラマツ(清和ほか, 1982)よりも大きく、トドマツ(KIKUZAWA, 1981)のそれに近い。おそらく、樹種による耐陰性のちがいを反映しているものと思われる。したがって、今後の生長の経過によってはトドマツ人工林をも上回る可能性もあるものと考えられる。

次に間伐区における限界直径点の動きをみよう。間伐を行うと限界直径点は左方に移動し、10生長にともなってまたもとの等限界直径線へ近づいていく(図-6A: 15cm, B: 20cm), しかしながら、間伐によって本数が減少し進級できる木が少ない場合(つまりその径級より下の径級に属する木が少ない場合)には、限界直径点はもとに回復することなくほぼ真上に移動する(図-6A: 10cm, B: 10, 15cm)。

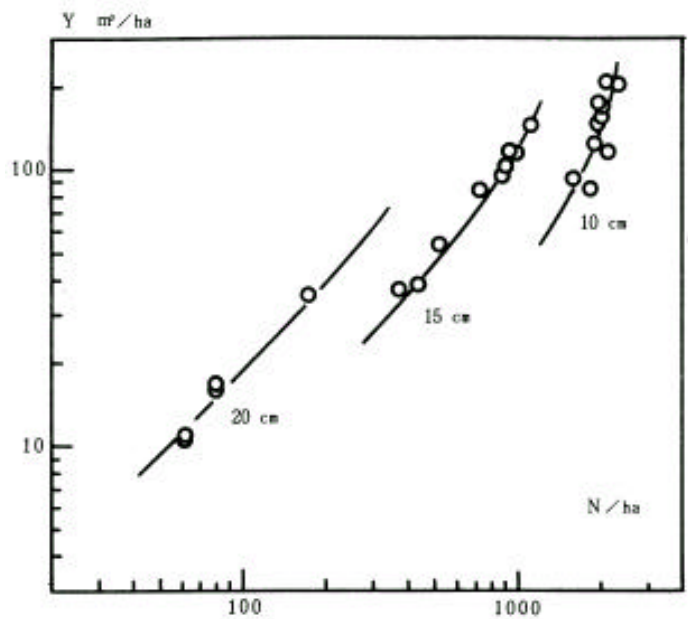


表 - 5 無間伐区からもとめた等限界直径線

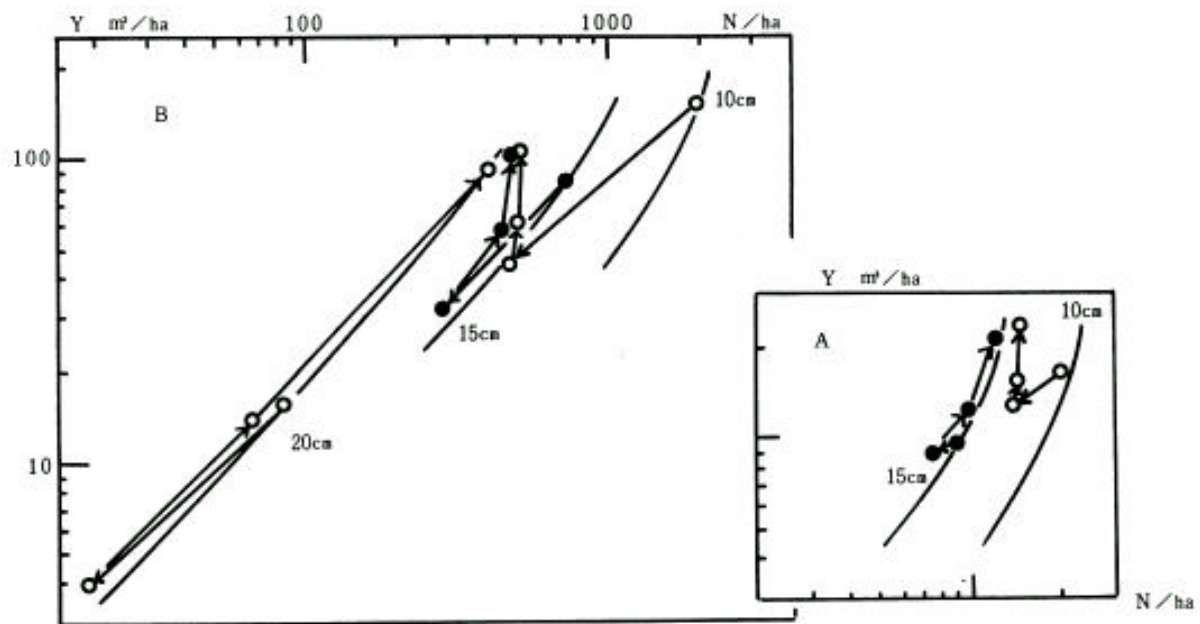


図 - 6 間伐による限界直径点の動き A: 弱度間伐区 B: 超強度間伐区

3. 個体の直径生長量

図-4に示したように間伐区のY-N曲線が無間伐区より上方に位置するのは、個体の直径生長量に差があり、間伐区の方に太い木ができるためである。これを、各個体の期首(1982年)の胸高直径と期末(1986年)の胸高直径との関係としてとらえることができる。その1例を図-7に、超強度間伐区と無間伐区とを比較して示した。一般に、期末の胸高直径の大きいものほど大きくなり、両者の間には直線的な関係が成立しその相関はきわめて高くなる。これは期末直径のうちに期首の直径も含んでいるから当然のことといえる。

無間伐区においては、期末と期首の胸高直径の関係は、原点を通る直線で近似できる。これは太い木も細い木もほぼその直径の増加率は等しいということを示している。これに対し、超強度間伐区においては、無間伐区の直線を平行移動したような直線となっていて、径級によらず、直径成長量がほぼ等しいということを示唆している。

各区の回帰直線を図 - 8 に示した。無間伐区から、弱度、中度そして強度間伐区までは原点付近を通る直線で近似され、間伐率が増すとともにその勾配が増加していく傾向がうかがえる。これに対して超強度・間伐区においては、上でも見たように切片が増加するという傾向を示している。回帰直線の動きから、間伐率の増加にともなって、間伐効果が増していくことが認められよう。

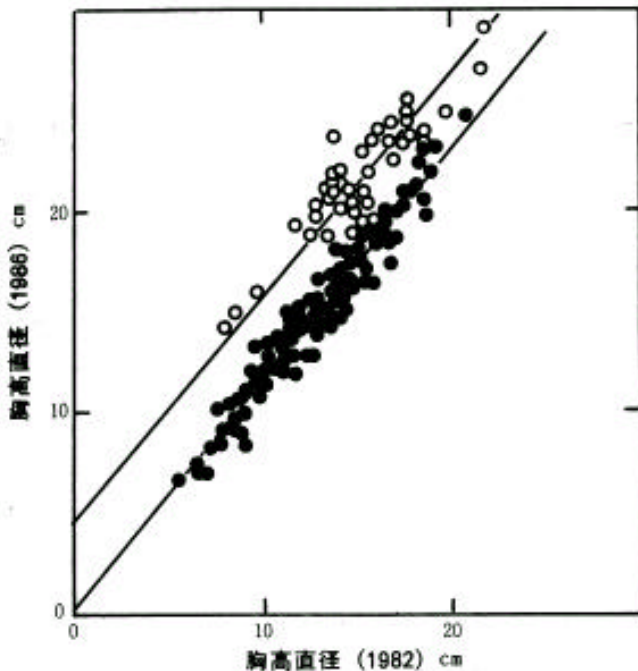


図 - 7 期首 (1982) の胸高直径と期末 (1986) の胸高直径の関係
超強度間伐区 無間伐区

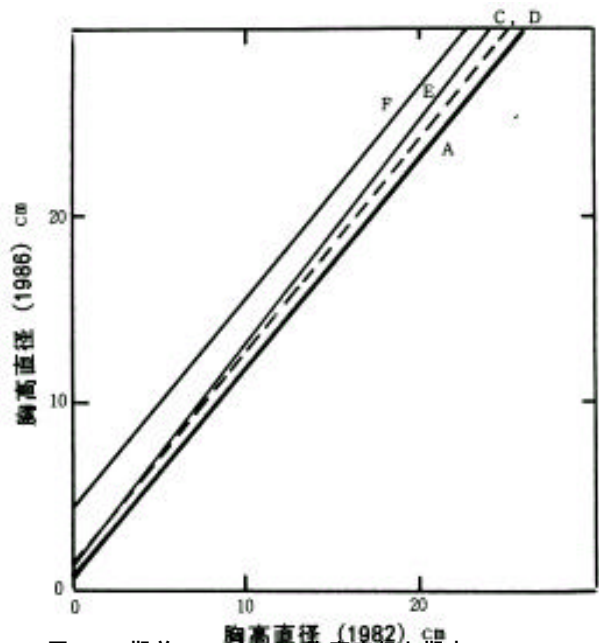


図 - 8 期首 (1982) の胸高直径と期末 (1986) の胸高直径の回帰直線

A : 無間伐区 C : 弱度間伐区 D : 中度間伐区
E : 強度間伐区 F : 超強度間伐区

考 察

間伐によって林分の成長量がどのように変化するかは古くからの重要な課題であった (MOLLER, 1944 ; BAKER, 1950)。数多くの事例から帰納される結論は、強度の間伐を行えば林分生長量が低下するけれども、弱度の間伐であれば無間伐区に比べて大きく低下しない、というものであった。今回の調査結果もほぼそのような傾向を裏付けている (図 - 3)。したがって、この限度内の間伐率であれば、間伐率を高めたほうが個体への配分量は多くなるのが当然の帰結として予測されるのである。

胸高断面積合計を使った分析によっても上記とほぼ同様の傾向が得られたけれども、更にくわしくみると、生長量は胸高断面積合計に対して最適値をもつのではないかということを示唆するような結果も得られた (図 - 3)。植栽密度を変えた実験からは、これに似た傾向はすでに報告されており (清和・久保田, 1982), 密度効果の理論 (KIRA, et, al 1953) から生育段階が進むにともなってこのような傾向が生じることは当然予測されることである。間伐に対しても同様なことは成り立ってもおかしくはない。もしこのような傾向が一般化されれば、間伐の必要性和重要性はさらに増すものと考えられる。今後の検討を要する重要な面であるといえる。

期末の直径と期首の直径との関係を比較することによって、個体の直径生長に対する間伐の効果は、間伐率が高まるとともに増加することをよく表現できることが明らかになった (図 - 7, 8), その際、

無間伐区から強度間伐区までは、間伐率の増加はどの直径階に対しても等しくその直径生長率を高めるような方向に働いたが、超強度間伐区にいたってはどの直径階に対しても直径生長量を高めるような方向に働いた(図 - 8)。大径木に対してと小径木に対してとは、間伐は異なった影響を与えていることになる。

優勢木は、無間伐状態であってもかなりの受光量が保証されよう。弱度から中程度の間伐によってでも受光量はかなり増加し、強度間伐ではほぼ満度に光をえられよう。したがって、さらにその上に超強度の間伐を行っても、直径生長量はそれ以上は増加しないだろう(図 - 9)。これに対し劣勢木では弱度の間伐ではあまり受光量が増加せず、強度にいたってかなり増加せず、超強度でようやく満度に光を得るにいたるであろう。したがって、強度から超強度の間では、大径木の直径生長量はそれほど増加しないが、小径木の直径生長量のみが増加することになるものと思われる。これが図 - 8 に示したような回帰直線の変化傾向の原因であろう。

Y - N 曲線を利用すると林分生長と個体生長とを統一して把握することができる。また間伐にともなう Y - N 曲線の移動によって間伐の効果を知ることができる。図 - 4 では超強度間伐区における間伐の効果明らかに認められている。図 2, 3 に

示したように、林分生長量においては超強度間伐はいくら不利であり、個体生長と林分生長の両者のかねあいを考慮すれば、中度から強度の間伐が妥当であると考えられる。しやしながら、個体生長のみを目的とすれば超強度の間伐がもっとも有効であることを図 4, 8 は示している。

施業面からいえば超強度間伐は第 1 回間伐時にすでに主伐本数にまで本数を減退させようというものである。これは、第 2 回間伐以降の間伐収入が全く期待できないこと、本数の自然減に対する保障が全くないこと、選木を 1 回で完了してしまわねばならないこと、林分構造を極端に変化させることによる気象害等の危険など、さまざまの問題点をふくんでいて、いわば極端にすぎる方法であるということになるかもしれない。しかし入手不足や間伐材価の低迷などの諸条件を考慮すれば、このように極端な施業も有り得るものと考えられる。少なくとも、このような施業を行った場合に予想される諸問題、とくに個体の生長と林分生長との関連や、気象害の可能性等についてなんらかの解答を準備しておく必要は

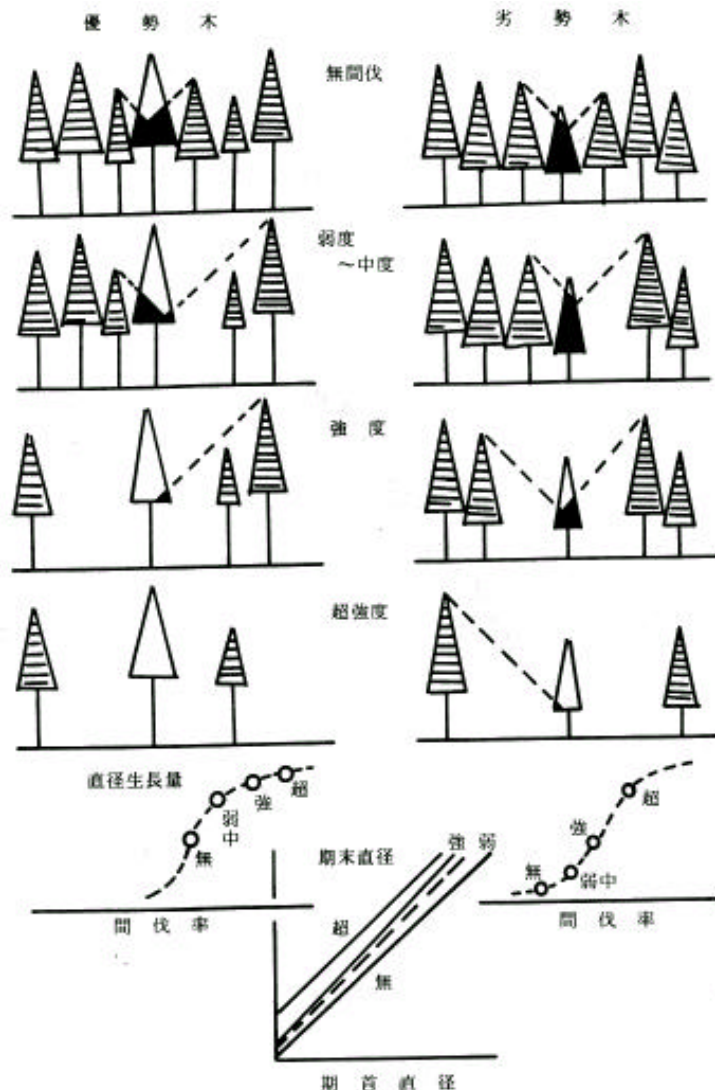


表 - 9 優勢木と劣勢木に対する間伐効果の模式図

あるだろう。しかしながら実際には、このように極端な間伐試験の行われた事例ほきわめて少ない。この意味で、この試験の意義は大ざいと考える。今後さらに資料を集積してヨーロッパトウヒについての本数管理の指針を得るとともに、トドマツやカラマツの間伐についても重要な指針を与え得るような基礎的法則性を明らかにしてゆきたい。

文 献

- BAKER, F. S. 1950 Principles of Silviculture. McGraw-Hill. 414pp
- 菊沢喜八郎 1978 北海道における天然生広葉樹林の収量 - 密度図. 日林誌 60: 56 - 63
- 菊沢喜八郎 1979 ミズナラを主とする広葉樹林の収量 - 密度図. 日林誌 61: 8 - 14
- 菊沢喜八郎 1981 間伐効果に関する定量的研究()収量 - 密度図を用いた分析 日林誌 63: 51 - 59
- KIKUZAWA, K. 1981 Yield-density sdiagram for Todo-fir plantation (). A new Y-N curve based on the Beta-type distribution. J. Jap. For. Soc. 63: 422 - 450
- 菊沢喜八郎・浅井達弘 1979 日高地方における広葉樹林の林分構造と生長量. 北林試報 16: 1 - 17
- KIRA, T., OGAWA, H. SAKAZAKI, N. 1953 Intraspecific competition among higher plants. I. Competiton-yield-density interrelationship in regularly dispersed populations. J. Inst. Osaka City Unive. 4: 1 - 16
- 小坂淳一・寺崎康正・都築和夫・金豊太郎 1967 林分生長量からみだ間伐方法 日林講 78: 60 - 61
- MOLLER, C. M. 1994 Untersuchungen uber Laubmenge Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. Det forstlige Forsogsvasen i Denmark 17: 1 - 287
- 森田健次郎・花房尚・高橋幸男・水井憲雄 1969 外国樹種の現地適応試験. 日林北支講 18: 117 - 121
- 佐藤清左衛門・坂本武 1986 個体サイズと立木密度 - トドヤツ密度実験でみられた最適密度について. 北林試報 20: 31 - 43
- 清和研二・浅井達弘・水井憲雄・菊沢喜八郎 1982 カラマツ人工林の間伐試験 - 強度間伐の有効性 -. 日林北支講
- 滝川貞夫・坂垣恒夫・鹿土正美 1981 天塩地方ヌカナン沢におけるヨーロッパトウヒの生長について. 日林北支講 29: 35 - 37