

## ヨーロッパトウヒ間伐試験地の林分成長と 間伐の個体成長・形態に対する影響

梅木清\*

Stand growth in a thinned *Picea abies* plantation and effects of thinning on growth  
and biomass allocation of individuals.

Kiyoshi Umeki\*

### 要 旨

20年生時(1982)に様々な強度で間伐したヨーロッパトウヒ間伐試験地で、間伐が林分成長と個体の幹材積成長および形態に対して及ぼす効果を検討した。

間伐時に面積0.1haのプロット6つを設定し、それぞれ異なる本数間伐率4.0~78.0%で間伐した。間伐後の林分・個体の成長を調べるため、間伐直前(1982)・間伐4年後(1986)・11年後(1997)に、プロット内のすべての個体の胸高直径を測定した。また、1997年に、サンプル個体15本(3プロット×5本)について、樹幹解析を行い、枝の大きさ・高さを測定した。

樹幹解析のデータから得られた胸高直径・個体材積の相対成長関係をプロット間で比較した。間伐直後(1982, 1987)の相対成長関係にプロット間の差はなかったが、間伐10年後以降にはプロット間の差が生じており、強度に間伐したプロットで幹のテーパーが大きくなっていた。強度に間伐をしたプロット内の個体は弱い間伐をしたプロット内の個体に比べ、地上部現存量を枝・葉に対してより多く分配していた。

間伐直後(1982 - 1986)に、間伐は個体の幹材積成長を顕著に増加させていた。しかし、その後(1986 - 1997)、個体材積成長に対する間伐の促進効果は弱くなった。

極端に強い間伐を施したプロット(超強度間伐区:本数間伐率78.0%)以外のプロットの林分成長は無間伐プロットとほぼ同じであった。林分の胸高直径分布に対する間伐の影響は顕著で、強い間伐をしたプロットで大径個体が生産されていた。

**キーワード:** 間伐, 林分成長, 個体成長, 地上部現存量分配, 相対成長

### はじめに

ヨーロッパトウヒの北海道への本格的な導入は、1900年代から1910年代にかけて開始された(小澤, 1964)。しかし、生育立地を選ぶことや寒風害・野兎鼠害・風害が心配されたため、また、トドマツ、カラマツなどの造林が軌道に乗ってきたため、1930年代中頃からヨーロッパトウヒ造林は下火になった(柳沢, 1963; 小澤, 1964; 猪瀬, 1997)。戦後、多様な樹種による造林を進めるため、再び導入樹種への関心が高まり、導入外国樹種の育成試験が盛んに行われた(柳沢, 1963; 森田ほか, 1969)。この結果、立地を選択すれば、ヨーロッパトウヒが郷土樹種に劣らない成長を示すことが明らかになったが(小澤, 1964; 林ほか, 1997)、ヨーロッパトウヒの造林面積は大きく拡大することなく現在に至っている。しかし、造林面積の1%程度ではあるが、ヨーロッパトウヒの植林は続いており(北海道水産林務部, 2000)、耕地防風林や鉄道防雪林

北海道立林業試験場 Hokkaido Forestry Research Institute, Bibai, Hokkaido 079-0198

[北海道林業試験場研究報告 第38号 平成13年3月, Bulletin of Hokkaido Forestry Research Institute, No.38. March, 2001]

に多い既存のヨーロッパトウヒ林をいかに管理するかという問題も残っている(福地・鳥田,1996,1997)。

この論文では、林齢20年生時に様々な強度の間伐をしたヨーロッパトウヒ間伐試験地(菊沢,1987;Kikuzawa and Umeki,1996;梅木,1998)の生育状況を報告する。このヨーロッパトウヒ人工林は導入外国樹種の育成試験の一環として造成されたものである(森田ほか,1969)。戦後に開始された育成試験地は、間伐などの施業を経て、ようやく林業的なタイムスパンにわたる結果を出せるようになったと言える(佐藤ほか,1991;林ほか,1997)。

ヨーロッパトウヒは北海道の主要林業樹種ではないが、ヨーロッパトウヒを材料に間伐とその後の成長についての一般的な法則性を得ることができれば、他の主要樹種の間伐に対しても、その成果を応用できる(菊沢,1987)。一般に、林業のサイクルは長いので、解決しなければならない問題について試験を開始してから答えが得られるまで長時間かかる。しかも、試験すべき樹種・地域・立地・植栽密度・間伐方法などの組み合わせは数限りなくあり、これらのひとつずつについて経験的な事実を積み上げるのは極めて困難である。従って、樹種・地域・立地などを越えて有効な一般法則が重要となる。このような一般法則を得るためには、経験的な適値(例えば、適切な間伐年数・間伐率など)を単に集めるのではなく、「間伐するとなぜ個体の成長は良くなるのか」、「樹木のどのような性質がこれを可能にするのか」など間伐のメカニズムの理解が必要である。

間伐のメカニズムとしては、次のような過程が考えられる。

(1) 間伐されず残った個体は、除かれた個体が獲得(遮断)していた光を利用できるようになり物質生産・成長が増加する。これは間伐直後から起こる。

(2) 間伐によって空いた空間に、残った個体の枝が伸長する。この結果、林冠は再び閉鎖する。新しく伸長した枝・葉により個体の光獲得量は増加するが、新たな枝・葉を作り維持する投資が必要になる(Long and Smith,1990)。この反応は個体の成長分配パターンの変化を通して実現されるため、間伐後数年かかる(滝谷ほか,1996)。また、このとき起こる個体の形態変化(枝の伸長や幹のテーパの増加は、林業的な観点からは好ましいものではない(SMITH et al.,1997)。

同様の過程は、地下部でも生じていると考えられる。

この論文では、上記の間伐の2つの過程の相対的重要性を明らかにするため、1)間伐直後としばらくたった後の個体成長に対する間伐効果を比較する。また、2)間伐15年後の個体の樹幹解析・枝計測により個体の形態変化を把握する。今回解析した間伐試験地では、無間伐から極端に強い間伐まで幅広い処理がされているため、間伐のメカニズムに関わるパターンを検出するのに都合がよい。

## 方 法

### 1. 間伐試験

間伐試験地は、北海道美唄市光珠内の北海道立林業試験場光珠内実験林内(北緯43°16′,東経141°53′)にある。試験地に近い美唄市の年平均気温は7.4℃,年間降水量は1260mmである(1987~1997のアメダスデータ)。ヨーロッパトウヒは1962年に外国樹種導入試験の一部として植栽された(森田ほか,1969)。植栽密度は3000本/haで、植栽8年後の生存率は約95%,平均樹高は2.5mと植栽されたトウヒ属の中では最も良好な成長をしていた(森田ほか,1969)。

1982年に0.1ha(36.5m x 27.5m)のプロット6つを設置し、異なる強度の間伐を施した(表-1)。2つのプロットは、ほぼ無間伐で残し対照区とした。しかし、これら2つのプロットのうち1つは、1986~1997年に計画外の間伐がされ、ここでの解析には不適なため、このプロットは解析対象から外した。解析対象の5つのプロットを間伐強度に従って、超強度間伐区、強度間伐区、中度間伐区、弱度間伐区とする。無間伐区では、欠点をもった小さな個体が277本中11本だけ伐採されている。しかし、この伐

採によって林分構造はほとんど変化しなかったため、このプロットを「無間伐区」とした。間伐後の密度は、間伐率と逆の順、すなわち、超強度間伐区 < 強度間伐区 < 中強度間伐区 < 弱強度間伐区 < 無間伐区であったが、間伐後の林分材積は中強度間伐区が最も高いなど間伐率に対応した順にはならなかった。これは、主に、間伐前の林分状況がプロット間で異なっていたからである。

表 1 . 間伐前後のプロット概要

Table1. General description of plots before and after thinning

プロット Plot	密度(間伐前：本/ha) Density (before Thinning : No.of Trees per ha)	密度(間伐前：本/ha) Density (before Thinning : No.of Trees per ha)	材積(間伐前：m <sup>3</sup> /ha) Volume( before Thinning : m <sup>3</sup> /ha)	材積(間伐前：m <sup>3</sup> /ha) Volume( before Thinning : m <sup>3</sup> /ha)
超強度間伐区 Extremely Thinned Plot	2270	500(78.0%)	132.4	39.2(70.4%)
強度間伐区 Heavily Thinned Plot	2070	1050(49.3%)	153.7	85.4(44.5%)
中強度間伐区 Moderately Thinned Plot	2120	1490(31.3%)	142.1	110.3(22.4%)
弱強度間伐区 Lightly Thinned Plot	2320	2000(13.8%)	93.5	86.1(7.9%)
無間伐区 Unthinned Plot	2770	2660(4.0%)	98.1	97.7(0.4%)

括弧の中野数字は本数・材積での間伐率  
Values in parenthesis are thinning ratio stem number and stand volume

## 2 . 個体サイズの測定

プロット内の個体は番号がつけられ、1982年以降、1984年・1986年・1997年に胸高直径（年によっては樹高、枝下高も）が測定された。今回の解析では、1982年・1986年・1997年のデータを使用する。

## 3 . 樹幹・枝の測定および過去の胸高直径の推定

1997年の胸高直径測定の直後に2回目の間伐が行われた。このとき、3つのプロット（超強度間伐区、強度間伐区、弱強度間伐区）それぞれから、間伐木5個体をランダムに選び、サンプル個体（3プロット×5個体=15個体）とした。サンプル個体すべてに、通常の方法で樹幹解析を行った。年輪幅の測定は5年間を単位に行った。樹幹解析の結果から、1977年・1982年・1987年・1992年・1997年における個体の皮なしの材積を計算した。また、これらの年での高さ1.3mにおける皮付きの直径（胸高直径）を推定した。推定には、高さ1.3mでの皮なし半径から胸高直径を予測する回帰式（ $DBH = 2.127 WBR + 0.138$ ；WBR：皮なし半径；DBH：胸高直径； $r^2 = 0.998$ ）を用いた。

## 4 . 胸高直径と個体材積との相対成長関係

サンプル個体について、樹幹解析のデータから上記の方法で算出・推定した胸高直径（DBH）と幹材積（SV）に相対成長関係（ $\log(SV) = a \log(DBH) + b$ ）をあてはめた。1977年・1982年・1987年・1992年・1997年の年毎に、傾き（a）と切片（b）にプロット間の違いがあるか検討した（共分散分析）。有意なプロット間の違いがあるときは、プロットごとのパラメータをTukeyの方法で多重比較した。

## 5 . 個体の地上部現存量分配の推定

サンプル個体についている根元直径1cm以上の一次枝（幹から直接出ている枝）すべてについて、基部

高（個体根元から一次枝の根元までの距離）、直径、長さを測定した。サンプル個体一本につき 3 本の枝をサンプル枝とし、採取した。採取した枝を実験室に持ち帰り、乾燥した後、枝と葉をわけ乾重を測定した（枝重・葉重）。合計 45 本のサンプル枝（3 プロット x 5 個体 x 3 本 = 45 本）の測定値を用いて、枝の基部直径（BD：m）・長さ（BL：m）・相対高（RBH = 枝の根元高/個体の樹高）から枝重（BM：g）を推定する相対成長式を作った（ $\log(BM) = 0.95 \log(BD^2 BL) - 2.64 RBH + 12.2$ ； $r^2 = 0.82$ ）。同様に、枝の葉重（BLM：g）を推定する相対成長式を作った（ $\log(BLM) = 0.77 \log(BD^2 BL) + 9.42$ ； $r^2 = 0.71$ ）。枝の葉重の推定式では、枝の相対高は有意な貢献をしなかったため、推定式の中に入れなかった。また、枝重・葉重の推定式に、プロット間の有意な差はなかった。枝重・葉重の推定式と、枝の根元直径・長さ・相対高のデータから、サンプル個体の個体あたりの枝重と葉重を求めた。また、サンプル個体の幹材積にヨーロッパトウヒ木材の絶乾比重 0.43（貴島ほか，1962）をかけ、幹重を求めた。個体あたりの枝重・葉重・幹重を足すことで、個体の地上部重を求め、枝重・葉重・幹重の割合を算出した。枝重・葉重・幹重の割合をアークサイン変換し、プロットを要因とする一元配置の分散分析を行った。また、Tukeyの方法でプロットごとの平均値を多重比較した。

## 6. 個体材積・個体材積成長速度・林分材積の算出

1982 年・1986 年・1997 年の毎木調査のデータと、胸高直径 - 個体幹材積の相対成長式から、1982 年・1986 年・1997 年の個体幹材積を求めた。1982 年の個体幹材積推定には 1982 年の相対成長式、1986 年の個体幹材積推定には 1987 年の相対成長式、1997 年の個体幹材積推定には 1997 年の相対成長式を用いた。相対成長式のパラメータに有意なプロット間の差があるときは、対象個体が属するプロットに近い林分材積をもつプロットで得られた相対成長式を用いた。

推定された個体幹材積から、1982-1986・1986-1997 の 2 つの期間の個体材積成長速度（m<sup>3</sup>/yr）を算出した。また、個体幹材積を合計することでプロットごとの林分材積（m<sup>3</sup>/ha）を求めた。

## 結 果

### 1. 胸高直径と個体材積との相対成長関係

樹幹解析を行ったすべてのプロット（3）・年（5）の組み合わせで、胸高直径と個体材積との間には相対成長関係が認められた。それぞれの年の中で、相対成長の傾き（a）には有意なプロット間の差はなかったが、切片（b）は 1992 年と 1997 年の 2 年だけ有意なプロット間の差（ $p < 5\%$ ）があった。1992 年と 1997 年での切片（b）の多重比較の結果、超強度間伐区と強度間伐区・弱度間伐区との間に有意な差（ $p < 5\%$ ）が認められた。超強度間伐区の個体は強度間伐区・弱度間伐区と同じ直径をもつ個体より材積が小さかった。これは、超強度間伐区で幹のテーパーが大きいことを示している。図 - 1 に、プロット間に差がない相対成長関係（1982）とプロット間に差がある相対成長関係（1997）を示す。

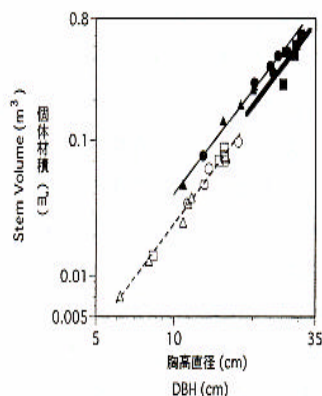


図-1. ヨーロッパトウヒ間伐試験地における胸高直径と個体材積との相対成長関係。■：超強度間伐区1997，●：強度間伐区1997，▲：弱度間伐区1997，□：超強度間伐区1982，○：強度間伐区1982，△：弱度間伐区1982。太い実線：超強度間伐区1997，細い実線：強度間伐区と弱度間伐区1997，破線：3プロット1982。  
Fig.1. Allometric relationships between DBH and stem volume in the *Picea abies* thinning experiment. ■:Extremely thinned plot in 1997, ●:Heavily thinned plot in 1997, ▲:Lightly thinned plot in 1997, □:Extremely thinned plot in 1982, ○:Heavily thinned plot in 1982, △:Lightly thinned plot in 1982. Thick Line:Extremely thinned plot in 1997, Thin line : Heavily thinned plot and lightly thinned plot in 1997, Broken line:Three plots in 1982.

## 2. 個体の地上部現存量分配

枝・葉・幹に対する地上部重の分配にはプロット間で有意な差が認められ ( $p < 1\%$ )、超強度間伐区の個体は枝・葉により多くの現存量を分配していた (表 - 2)。

表 2. ヨーロッパトウヒ個体の地上部現存量の配分比率

Table 2. Aboveground biomass allocation in individuals of *Pecea abies*.

プロット Plot	枝重率(%) Branch Mass Ratio (%)	葉重率(%) Leaf Mass Ratio (%)	幹重率(%) Stem Mass Ratio (%)
超強度間伐区 Extremely Thinned Plot	5.8 <sup>a</sup>	8.5 <sup>a</sup>	85.7 <sup>a</sup>
強度間伐区 Heavily Thinned Plot	3.4 <sup>b</sup>	3.2 <sup>b</sup>	93.4 <sup>b</sup>
弱度間伐区 Lightly Thinned Plot	3.7 <sup>b</sup>	2.8 <sup>b</sup>	93.5 <sup>b</sup>

各列で同じアルファベットを持たない値は Tukey の方法による多重比較で有意に異なる (<5%)

Within each column, values not sharing the same letter differ

Significantly (<5%) by Tukey's methods of multiple comparison.

## 3. 個体材積成長速度

図 - 2 に期首個体材積と個体材積成長速度との関係を示す。図に表されている個体材積成長速度は、10 ~ 11 個に分けた期首個体材積クラスの内での個体材積成長速度の平均をとったものである。個体材積成長速度はすべてのプロット(5)成長期間(2)の組み合わせで、期首個体材積とほぼ直線の関係を持っていた(図 - 2)。間伐直後 (1982-1986) には、超強度間伐区と強度間伐区で他のプロットより成長速度が大きくなっていった。この傾向は、間伐後しばらくたってから (1986-1997) でも若干認められる (超強度間伐の小個体)。しかし、プロット間の成長の差は小さくなっている。

## 4. 林分成長

間伐から 15 年間のヨーロッパトウヒの生存率は高く、最も高い超強度間伐区で 100%、最も低い無間伐区でも 91% あった (表 - 3)。樹齢 35 年時点 (1997) の林分材積は、326.3 ~ 546.7 m<sup>3</sup>/ha であった (表 - 3)。これらの値はトドマのツ収穫表 (I 等地) (北海道林業改良普及協会, 1976) での 35 年生の材積 (172 ~ 345 m<sup>3</sup>/ha, 平均 245) と比べるとかなり高く、道有林池田経営区の久保トドマツ間伐試験地での無間伐林分の値 (450.8 ~ 531.2 m<sup>3</sup>/ha) (阿部

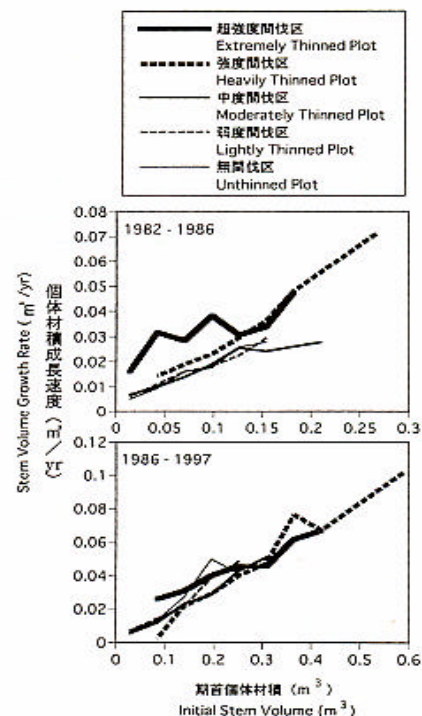


図 - 2. ヨーロッパトウヒ間伐試験地における期首個体材積と材積成長速度との関係。

Fig. 2. Relationships between initial stem volume of individuals and stem volume growth in the *Picea abies* thinning experiment.

ほか, 1989) より少し大きな値であった。図-3 に林分材積の推移を示す。これまでに報告されているヨーロッパトウヒ人工林の数値(図中の黒い点) 北海道林業改良普及協会, 1977; 滝川, 1980; 佐藤・坂本, 1981; 坂本・佐藤, 1985) と比較し, 今回得られた値は, 最大というわけではないが, 大きなものであった。

間伐後の林分の連年成長量は, 超強度間伐区を除きほぼ同じ水準で, 1982-1986 で 21.5 ~ 22.8 m<sup>3</sup>/ha/yr, 1986-1997 で 27.2 ~ 34.6 m<sup>3</sup>/ha/yr であった。連年成長量は間伐直後より, しばらくたってからの方が大きくなった。これまで報告された連年成長量の値は, ヨーロッパトウヒ人工林で 6.7 ~ 24.5 m<sup>3</sup>/ha/yr(北海道林業改良普及協会, 1977; 滝川ほか, 1980; 佐藤・坂本, 1981; 佐藤・坂本, 1985; 坂本・佐藤, 1985; 佐藤ほか, 1991), 久保トマツ間伐試験地の 40 年生までで 162 ~ 31.9 m<sup>3</sup>/ha/yr(阿部ほか(1989) から計算) で, 今回の得られた値はこれの中で最大級であった。

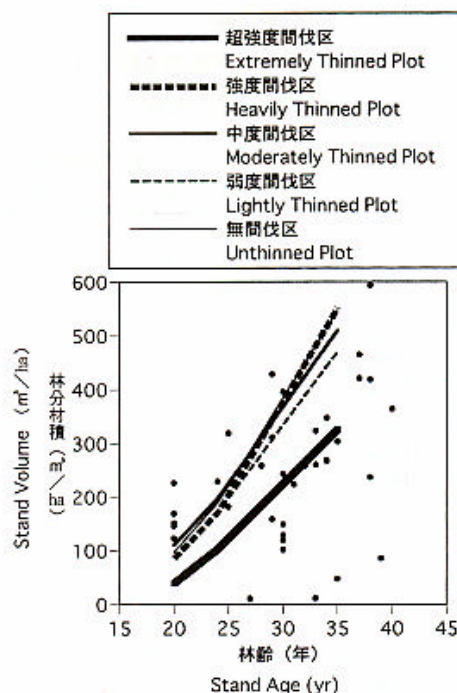


図-3. ヨーロッパトウヒ間伐試験地における林分材積の経時変化。点はこれまでに報告されているヨーロッパトウヒ人工林の数値を示す。

Fig.3. Change in stand stem volume in the *Picea abies* thinning experiment. Dots show the values of

表-3. 間伐後の密度, 胸高断面積合計, 材積, 平均胸高直径, 連年成長量の推移

Table 3. Changes in density, basal area, volume, mean DBH, and periodic annual increment after thinning

プロット Plot	密度 (本/ha)			胸高断面積 (m <sup>2</sup> /ha)			材積 (m <sup>3</sup> /ha)			平均胸高直径 (cm)			連年成長量 (m <sup>3</sup> /ha/yr)	
	No. of trees per ha			Basal Area (m <sup>2</sup> /ha)			Volume (m <sup>3</sup> /ha)			Mean DBH (cm)			Periodic Annual Increment (m <sup>3</sup> /ha/yr)	
	1982	1986	1997	1982	1986	1997	1982	1986	1997	1982	1986	1997	1982-1986	1986-1997
超強度間伐区 Extremely Thinned Plot	500	500	500	9.5	19.1	42.4	39.2	103.6	326.3	13.4	21.9	32.6	16.1	20.2
強度間伐区 Heavily Thinned Plot	1050	1030	970	20.6	32.6	59.6	85.4	171.4	552.2	14.9	19.8	27.5	21.5	34.6
中度間伐区 Moderately Thinned Plot	1490	1480	1420	27.2	39.0	60.5	110.3	197.2	510.2	14.2	18.0	22.8	21.7	28.5
弱度間伐区 Lightly Thinned Plot	2000	1960	1720	23.7	36.3	59.0	86.1	172.2	471.8	11.5	14.9	20.4	21.5	27.2
無間伐区 Unthinned Plot	2660	2640	2430	28.1	41.4	71.0	97.7	189.0	546.7	11.0	13.7	18.7	22.8	32.5

## 5. 胸高直径階分布の変化

図-4に、間伐後15年間の胸高直径階分布の変化を示す。どのプロットでも、分布の山のピークが低くなりながら、分布全体が右に移動した。分布の山の移動は超強度間伐区で最も速く、無間伐区で遅かった。個体の枯死率が低いのに分布の山が低くなるのは、分布の幅が広がったのが主な原因である。

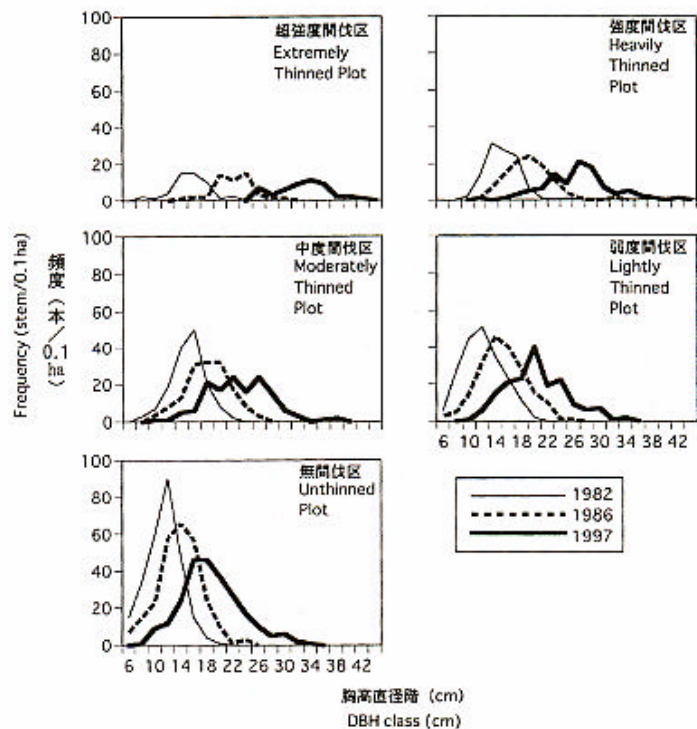


図-4. ヨーロッパトウヒ間伐試験地における直径階分布の経時変化。  
Fig.4. Changes of DBH distributions in the *Picea abies* thinning experiment.

## 考 察

### 1. 間伐の個体の形態への影響

1987年(間伐5年後)までは、個体の胸高直径と材積との相対成長関係にプロット間の差はみられなかったが、1992・1997年では超強度間伐区で幹のテーパーが増加する形態変化が顕著になっていた。また、超強度間伐区では、枝・葉に対する現存量分配が増加していた。これらの反応は樹種に関わらず間伐後にみられる一般的な反応で(SMITH, 1997 など)、樹木の材としての利用価値を下げる負の効果である。また、枝への投資が増えることで、間伐林分の林分幹材積成長量を無間伐林分より低下させるとの指摘もある(Smith and Long, 1989; Long and Smith, 1990)。

### 2. 間伐の個体成長への影響：間伐効果のメカニズム

間伐直後(1982~1986)では、超強度間伐区・強度間伐区で、個体の材積成長速度の顕著な増加が観察された。これは、主に個体の既存の葉群に光が多く当たるようになったことが原因と考えられる。つまり、個体葉量の増加を待たずに個体成長が向上するメカニズムが働いていると考えられる。今後、このメカニズムが他の樹種でも量的に十分に働くかどうか検討する必要がある。特に、落葉広葉樹のように個体葉量が少ないものや、遷移初期種のように枝が枯れ上がりやすく樹冠の短い種での解析が求められる。

1986~1997では、超強度間伐区・強度間伐区の個体材積成長は他のプロットと大きく変わらず、間伐の個体材積成長への影響はこの時期では顕著でなくなった。この時期、間伐林分では、残った個体の枝や根による開いた空間への伸長が盛んに起こっていると考えられる。枝や根が伸張すると光・水・栄養塩類などの獲得量が増加し個体全体の成長も増加すると期待される。しかし、これらの新しい枝・葉・根へ光合成産物を分配する必要があるため、幹の成長が期待するほど増加しない可能性もある(Smith and Long, 1989; Long and Smith, 1990)。増加した個体葉量でより多くの光を受け、より多くの個体材積成長を実

現するというのが、これまでの間伐メカニズムの主要な理解であったが、今回得られた結果からは、この過程がヨーロッパトウヒ人工林での間伐効果の主要な原因ではないように思われる。大きくなった樹冠で生産された余分の光合成産物の多くは、枝・根への分配（成長と維持）が増えた分にあてられているのかもしれない。

### 3. 間伐後の林分成長

これまで、間伐の経験的なパターンとして、40%程度までの間伐は林分成長を大きく低下させないとしばしば報告されてきた（小坂ほか，1967；菊沢・浅井，1979；清和ほか，1986；菊沢，1987；阿部ほか，1989など）。今回の結果でもこのパターンが再確認された。

超強度間伐区を除く間伐林分で、間伐直後（1982-1986）から無間伐区と大差のない林分成長があったが、この間だけで、間伐区の林分葉量が無間伐と同等になるほど回復はしていないものと考えられる。したがって、間伐区では、無間伐区より少ない葉量で同等の林分成長を実現していたこと、つまり、単位葉量あたりの成長効率が高くなったことを意味する（Velazquez-Martinez et al., 1992）。ヨーロッパトウヒは耐陰性が高く、ある程度の競争のもとでも長い樹冠が維持でき（Kikuzawa and Umeki, 1996）、林分葉量も多い（齋藤，1989）。ヨーロッパトウヒのこれらの特徴が、間伐林分で無間伐林分と変わらない林分成長を間伐直後から実現可能にしている可能性がある。

### 4. ヨーロッパトウヒ造林の可能性

今回得られた林分成長は、北海道に植栽されたヨーロッパトウヒ人工林の中で、最大級のものであった。これは、トドマツ人工林の成長量と比較しても、最大値に匹敵する。すでに小澤（1964）は、植栽場所さえ選べばヨーロッパトウヒは北海道の造林地中、最優良の成績を示すと指摘し、ヨーロッパトウヒの造林は有望であると結論している。近年、林ほか（1997）も同様の結果を報告しており、今回の結果でも北海道におけるヨーロッパトウヒの成長の良さが再確認された。

ヨーロッパトウヒは、構造材としてもトドマツと同等の利用価値があり（高橋，1994）、パルプとしても使用できる（高木ほか，1981）ため、市場の条件さえ整えばヨーロッパトウヒ造林をすすめる可能性は十分あるといえる。近年、地球環境変動の問題の中で、森林の炭酸ガス吸収機能が注目されている（藤森，2000など）。ヨーロッパトウヒ人工林の旺盛な成長はこの観点からも評価できる。ただし、近年、他の地域から導入された生物がもとの生態系攪乱する危険性が指摘されている（鷲谷・矢原，1996など）。ヨーロッパトウヒについても、在来のトウヒ属と交雑し遺伝組成を改変したり、稚樹が天然更新により周辺の生態系へ移出し天然林の生物間相互作用を改変するなどの危険性が想定される。今後、この視点からもヨーロッパトウヒを含む外国から導入した樹種の使用の是非を考慮しなければならないであろう。

## 文 献

- 阿部剛行・佐伯堅三・浜田革 1989 トドマツ間伐試験林における40年間の成長量の比較. 日本林学会誌 71: 481-490
- 藤森隆郎（監） 2000 陸上生態系による温暖化防止戦略 博友社 東京
- 福地稔・鳥田宏行 1996 道央地域におけるヨーロッパトウヒ防風林の成績. 日林北支論 45: 17-19
- 福地稔・鳥田宏行 1997 ヨーロッパトウヒ防風林の成長と葉量. 日本林学会北海道支部論文集 45: 159-161
- 林英司・板鼻直栄・丹藤修・西岡利忠 1998 北海道における導入樹種の試植成績(II) - ヨーロッパトウヒの産地別生育状況 - . 林木育種センター北海道育種場年報 19: 41-46
- 北海道林業改良普及協会 1976 北海道主要造林樹種収穫表と成長量に関する資料 第I編 38p 北海道林業改良普及協会 札幌
- 北海道林業改良普及協会 1977 北海道主要造林樹種収穫表と成長量に関する資料 第II編 20p 北海



道林業改良普及協会 札幌

- 北海道水産林務部 2000 平成 11 年度北海道林業統計 . 110p 北海道水産林務部 札幌
- 猪瀬光雄 1997 人工林施業の現状と今後の展望(3) - ヨーロッパトウヒの高齢人工林の取扱い - . 北方林業 49 : 57-60
- 菊沢喜八郎 1987 ヨーロッパトウヒの間伐試験 . 北海道林業試験場研究報告 25 : 28-35
- 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 . 北海道林業試験場報告 16 : 1-17
- Kikuzawa, K. and Umeki, K. 1996 Effect of canopy structure on degree of asymmetry of competition in two forest stands in northern Japan. *Annals of Botany* 77 : 565-571
- 貴島恒夫・岡本省吾・林昭三 1962 原色木材大図鑑 130p 保育社 大阪
- 小坂淳一・寺崎幸正・都築和夫・金豊太郎 1967 林分生長量からみた間伐方法 日本林学会北海道支部講演集 78 : 60-61
- Long, J.N. and Smith, F.W. 1990 Determinants of stemwood production in *Pinus contorta* var. *latifolia* forests: the influence of site quality and stand structure. *Journal of Applied Ecology* 27 : 847-856
- 森田健次郎・水井憲雄・花房尚・高橋幸男 1969 外国樹種の現地適応試験 . 日林北支講 18 : 117-121
- 小澤準二郎 1964 北海道の造林用種子 . 147p 北方林業会 札幌
- 齋藤秀樹 1989 森林の葉量 . 堤利夫編「森林生態学」 p 56-61 朝倉書店 東京
- 坂本武・佐藤清左衛門 1985 ヨーロッパトウヒ間伐後 20 年の生長 日林論 96 : 95-96
- 佐藤清左衛門・坂本武 1981 植栽本数と生産量 - トドマツ, ヨーロッパトウヒ, シラカバ植栽本数試験地の解析結果 - 北方林業 33 : 118-123
- 佐藤清左衛門・坂本武・名徳秀男・小泉修 1991 ヨーロッパトウヒ高齢林の上層・下層間伐 10 年後の結果 . 北方林業 43 : 94-97
- 清和研二・浅井達弘・水井憲雄・菊沢喜八郎 1986 カラマツ人工林の間伐試験 - 強度間伐の有効性 - 日本林学会北海道支部論文集 35 : 122-124
- Smith, D.M., Larson, B.C., Kelly M.J., Ashton, P.M.S., The practice of silviculture: Applied forest ecology. 47p John Wiley & Sons New York
- Smith, F.W. and Long, J.N. 1989 The influence of canopy architecture on stem wood production and growth efficiency of *Pinus contorta*. *Journal of Applied Ecology* 26 : 681-691
- 高木均・今野武夫・香山彊 1981 北海道内造林木のパルプ化に関する研究 1 . トドマツ, ヨーロッパトウヒストロームマツ間伐材について . 北海道大学農学部演習林研究報告 38 : 265-284
- 高橋政治・滝沢忠昭・大久保勲・川口信隆 1994 トドマツおよびヨーロッパトウヒ人工林材の材質 . 林産試験場報 8 : 14-20
- 滝川貞夫・板垣恒夫・鹿土正美 1980 天塩地方演習林ヌカナン沢におけるヨーロッパトウヒの生長について . 日本林学会北海道支部講演集 29 : 35-37
- 滝谷美香・梅木清・小山浩正・寺沢和彦 1996 ウダイカンバ間伐試験地における葉量および林分構造の 10 年間の推移 . 日本林学会北海道支部論文集 44 : 86-88
- 梅木清 1998 ヨーロッパトウヒの成長・形態に対する間伐の効果 . 日林北支論 45 : 43-45
- Velazquez-Martinez, A., Perry, D.A. and Bell, T.E. 1992 Response of aboveground biomass increment, growth efficiency, and foliar nutrients to thinning, fertilization, and pruning in young Douglas-fir plantations in the central Oregon Cascades. *Canadian Journal of Forest Research* 22 : 1278-1289

鷲谷いづみ・矢原徹一 1996 保全生態学入門-遺伝子から景観まで- .195p 文一総合出版 東京  
柳沢聰雄 1963 北海道における外国樹種導入の動向 . 北方林業 15 : 273-281

### Summary

The effects of thinning on stand growth and growth and aboveground biomass allocation of individuals were examined in a *Picea abies* plantation that was thinned to various density levels at the stand age of 20 year (1982).

Six plots (each 0.1 ha in area) were established before the thinning, and thinned with different thinning ratios (4.0~78.0%). To evaluate the growth of the stands and individuals, diameter at breast height (DBH) of all individuals in the plots was measured just before the thinning (1982) and in 1986 and 1997. In 1997, 15 sample individuals from three plots were harvested, and stem analysis was carried out. The diameter, length, and height of all first-order branches (branches attached directly to the stem) of the sample individuals were measured.

Using the data obtained by the stem analysis, allometric relationships between DBH and individual stem volume were compared among the plots. The allometric relationship between DBH and individual stem volume did not differ significantly among the plots in 1982 and 1987, while, in 1992 and 1997, it differed significantly among a extremely thinned plot and plots that were thinned more lightly. The stems in the extremely thinned plot tapered more rapidly. The individuals in the extremely thinned plot allocated more biomass to branches and leaves than the individuals in the plots that were thinned more lightly did.

In the period just after the thinning (1982-1986), the thinning enhanced the stem volume growth of individuals pronouncedly. The effect of the thinning on individual growth, however, decreased in the following period (1986-1997).

The stand volume growth in the thinned plots except for the extremely thinned plot was similar to that in the unthinned plot irrespective of the different thinning ratios. The effect of the thinning on the size structure of the plots was strong; larger individuals were produced in the plots that received heavier thinning.

**Key words:** thinning, stand growth, individual growth, aboveground biomass allocation, allometry