

トドマツ人工林の施業法に関する研究 (IV)

—— 久保トドマツ間伐試験林の生長解析 ——

阿部 信行*

Studies on the management of *Abies sachalinensis*
MAST. planted forest (IV)

Growth analysis on the thinning experiment stands
at Kubo, Hokkaido

Nobuyuki ABE*

はじめに

この研究の目的は、作業方法別に生長量がどのように変わるかを調べ、これを基にどのような施業方法がそれぞれの地域で最も適しているかを決定することを目指している。既に一斉林を対象としたトドマツ人工林収穫予想表(阿部, 1980)を作成し、生長量の基礎となる林分葉量に関する生態的な調査(阿部, 1981)を終えている。

今回は人工林を施業していく上で、最も重要な間伐の問題を究明していくために、著名な「久保のトドマツ間伐試験林(池田林務署管内)」の解析を試みた。この試験林は1929年に植栽されたトドマツ林の一部に、馬淵冬樹氏及び当時池田林務署に在勤されていた方々により、1948年秋に設置されたものである。設定時の林齢20年生から、5年ごとに測定を繰返して既に30年を経過している。

本研究を進めていく上で、時系列的に測定されてきているこの試験地の情報は、きわめて重要であるので、1975年から道有材と共同で毎木調査及び立木位置図の作成を実行している。このたび試験林設定30年を迎えて、道有林側の依頼により、過去の測定値も含めて整理することになった。整理された数値を基に、林分の推移をとりまとめたので結果を報告する。

この貴重な試験地を設定し、そして継続的に調査されてきた関係者各位の御努力に心から敬意を表す。同時に、調査に際して現地の池田林務署の各位並びに電算機使用にあたり、格別の御配慮を頂いた前道有林業務課電算主査鈴木 隆氏及び戸田治信電算主査に深謝申しあげる。また、前道立林業試験場経営科長佐々木信悦氏(現雄武林務署経営計画専門員)には、取りまとめ方法に関して助言を受けた。心からお礼を述べる。

試験地の概要

試験地の概要は道有林第二課試験係(1966)、及び北海道林務部(1969, 1974, 1979)の林業経営試験—道有林における実践例、等に詳しく述べられている。

試験地は道有林池田経営区2林班内(北海道中川郡豊頃町字久保)にあり、1928年全刈火入地拵を実行し、翌1929年の春にhaあたり4,200本を方形植栽したものである。

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

[北海道立林業試験場報告 第21号 昭和58年12月 Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment Station, No. 21 December, 1983]

試験地は当初第1試験地（間伐区）、第2試験地（無間伐区）とする予定であったが、間伐の時期が早すぎるという意見があり、第1試験地の半分だけを間伐した。従って、設定時は次のように3区となった。

第1試験地：IA …… 間伐区 0.101 ha

IB …… 無間伐区 0.101 ha

第2試験地：IIB …… 無間伐区 0.202 ha

その後、1965年秋に過去5回の間伐（1952, 1954, 1958, 1961, 1964年）で2,270本/ha、166 m³/haを伐採した一般施業林分を追加設定した。

第3試験地：IIIA …… 施業区 0.2 ha

1968年にIA, IB, IIIA区に間伐を実行し、その後は無施業のまま図-1にしめすような配置で現在に至っている。従って、IAは2回間伐区、IBは1回間伐区、IIBは無間伐区、IIIAは6回間伐区と呼ぶことにする。

測定の経過

試験地設定時、測定木の全部にペンキで一連番号を付し、山側の地上高1.3mに+印を付けて胸高直径測定位置を明示した。

測定は秋期または冬期の生長休止期に行った。設定時の1948年に続いて、1951年、1953年、1958年、1963年、1968年、1978年に定期測定を行った。IIB無間伐区は1973年及び1975年にも測定を行っている。

(i) 胸高直径の測定

1973年までは+印の方向と、その直角方向の2方向を輪尺で測定し、その平均値を四捨五入してmm単位で表わした。

1948, 1951, 1958, 1968, 1973年は1mm単位で表示した。

1963年は2mm単位で表示した。

1953年は一方向の測定値を5mm単位で表示した。

1975, 1978年は直径巻尺で測定し、1mm単位で表示した。

(ii) 樹高の測定

1948, 1951, 1953年は0.1m単位で全数測定、1958, 1963年は胸高直径の各径級（2cm括約）毎に数本づつ、0.5m単位で測定した。IIB無間伐区を対象に、1975年に158本を各径級から抽出して測定した。なお、1975年にIIB区とIB区との緩衝帯より、優勢木、平均木、劣勢木の3本を伐倒して実樹高を測定した。

各回、測桿、測高器を用いて測定した。

(iii) 枝下高の測定

1948, 1951, 1953年は生枝より下を枝下高とし、片枯れのクローネのものは2方向を測定し、平均値をとって全数調査した。1975年に、IIB無間伐区を対象に158本の枝下高を調査した。測定単位はいずれの年度も0.1mである。

資料の取りまとめ方法

既に述べたように、この試験地に関して公表されている数値は、林分あたりの平均値及び径級別の本数、平均樹高、材積等の数値である。各年度の単木の測定値は野帳形式で保存されているが、1958年

以降は樹高を推定し、直径を2cm括約して材積を求めてきた。

今回は、すべての単木ごとに樹高、材積を推定し、これを径級別にまとめ、さらに全径級を累計してプロットあたりの集計値とした。

(i) 樹高曲線の決定

樹高曲線は各林齢ごとに、各直径階に対応する樹高の測定値が必要である。しかし、樹高の測定が行われていない年度もあるので以下の方法で検討してみた。

1975年(林齢48年)にIIB区とIB区の緩衝帯より得られた樹幹解析木の資料を用い、3組の樹高と直径とを用いて樹高曲線式を作成した。まず、各林齢の樹高の推定は、各単木に生長曲線式をあてはめて平滑化した。用いた曲線型はトドマツの樹高曲線によく適合する(阿部, 1976)ゴンパーツ式を用いた。

$$\text{優勢木 } H = 39.6733 (0.0368)^{0.7967 t}$$

$$\text{平均木 } H = 33.8435 (0.0459)^{0.8106 t}$$

$$\text{劣勢木 } H = 26.9661 (0.0566)^{0.7765 t}$$

t: 齡級

それに対応する直径は、まず樹幹解析木の各林齢の皮外直径(D)を次式で推定した。

$$D = 1.03 d + 0.24$$

d: 皮内直径

以上で各林齢時の皮外直径を推定し、先の樹高と組み合わせて、最小2乗法で樹高曲線のパラメーターを推定した。用いた樹高曲線は次の

$$H = \frac{D^2}{(aD + b)^2} + 1.3$$

のネスランド式であり、求めた

表-1 樹高曲線 $(H = \frac{D^2}{(aD + b)^2} + 1.3)$

のパラメーター一覧表

Table 1. Parameters of the height-curve

林 齢 Stand age	a	b
20	0.2524	1.2949
23	0.2274	1.4114
25	0.2264	1.3773
30	0.2266	1.0177
35	0.2139	0.8732
40	0.1930	0.9138
45	0.1881	0.8428
47	0.1853	0.8530
50	0.1817	0.8856

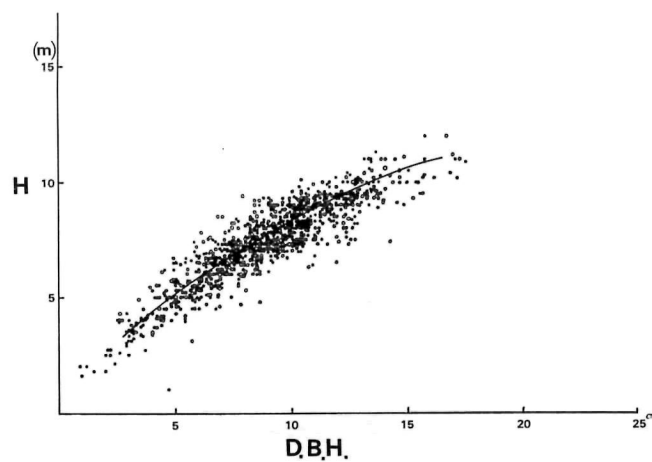


図-1 樹高曲線 林齢20年(1948年)の実測値

Fig. 1. Height curve Observed values at twenty years old (1948)

●無間伐区 Unthinned plot
○2回間伐区 Two-times thinned plot

パラメーターの一覧表は表-1 にしめす通りである。推定されたパラメーターを利用して、樹高を全数調査してある1948年の実測値と対応させて図-1にしめた。樹高曲線は各直径階に対応する樹高をよく表現していると考えられる。

樹高の毎木測定を行わなかった1958, 1963, 1968, 1975, 1978年の樹高を表-1のパラメーターを利用して単木ごとに推定した。

(ii) 材積の計算

道有林におけるトドマツの材積計算は、中島(1943)の「北海道立木幹材積表」が広く使われている。そこで、材積計算は材積表と同様に樹高階別樹高樹幹形数の実験式

$$F_H = 0.61 - 0.0055H + 5.48e^{-1.025H}$$

また直径階別胸高樹幹形数の実験式

$$F_D = 0.5 - 0.0008D + 0.421e^{-0.12D}$$

を用いた。従って、1948, 1951, 1953年は毎木測定された0.1m単位の樹高測定値、他の年は表-1の樹高曲線式により、0.1m単位の樹高を推定した値、直径は毎木測定された値を括約しないで上式に代入して樹高樹幹形数及び直径樹幹形数を求めた。いま、胸高断面積をGとすれば、材積は次式で求めることができる。

$$V = \frac{1}{2} (F_H + F_D) \cdot G \cdot H$$

この式により、小数点以下4ケタ目を四捨五入して材積を算出した。

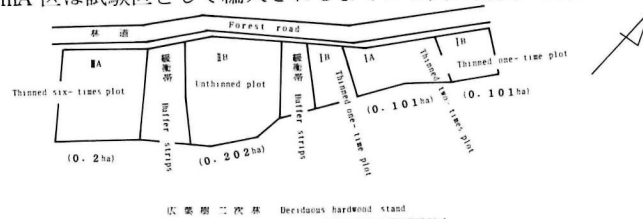
(iii) IIB 無間伐区のエ縁木の処理

図-2にしめたように、IIB 無間伐区は東西方向に無施業区を配置しているので問題はないが、南北方向は林道および広葉樹林となっている。林道からIIB区をみると、明らかに林道沿いのエ縁木は枝下高が低く、エ縁効果があることがわかる。一方、立木位置図を基に、直径の大きさと位置との関係を調べてみると、1953年以降常に直径の最大値をしめす個体は、エ縁木(立木番号No.327)であることが分かった。そこで、東西南北方向に最も外側に位置する1列を除外して取りまとめた。従来の報告とはこの点で異なる。なお、エ縁木を外した場合の面積は0.1812haである。

以上、単木単位にとりまとめられた資料を基に、林分の推移に関する解析並びに間伐効果の点に関して解析を試みる。

施業内容の概要

間伐は1948年にIA区、1968年にIA区、IB区、IIIA区を対象に実行している。間伐内容は、1948年のIA区は本数間伐率41%、材積間伐率32%、1968年のIA区は本数間伐率53%、材積間伐率39%、IB区は本数間伐率56%、材積間伐率38%であり、IIIA区は本数間伐率34%、材積間伐率29%といずれも本数が上まわり、かなり強度の間伐が実行された。各間伐時の直径分布における間伐木を図-3にしめた。なお、IIIA区は試験区として編入されるまでに5回の間伐が実行されており、間伐木の材積



広葉樹二次林 Deciduous hardwood stand

図-2 試験区配置図

Fig. 2. Location of the experimental plots

及び本数は調査されているが、直径分布に関しては不明である。

図-3 から分かるように、中下層木を主体とした下層間伐である。

一方、各試験区の10年ごとの立木本数、材積、平均直径、平均樹高を表-2 にまとめてしめた。

試験結果

(i) 林分材積生長量

(イ) 期間生長量

試験区は1968年までは5年ごとに、それ以降はII B区のみ5年後の1973年に、他は10年後の1978年に計測されている。従って、期間生長量は、II B区以外は1968年以降、10年単位でしか生長量を算出できないので、1968年以前は5年間隔に期間平均生長量、粗生長量、総収穫量を算出して表-3に、一方、10年間隔に編成しなおしたものを表-4に示した。

従来の研究から、間伐の有無、およびその方法のいかんにかかわらず、林分の総収穫量は

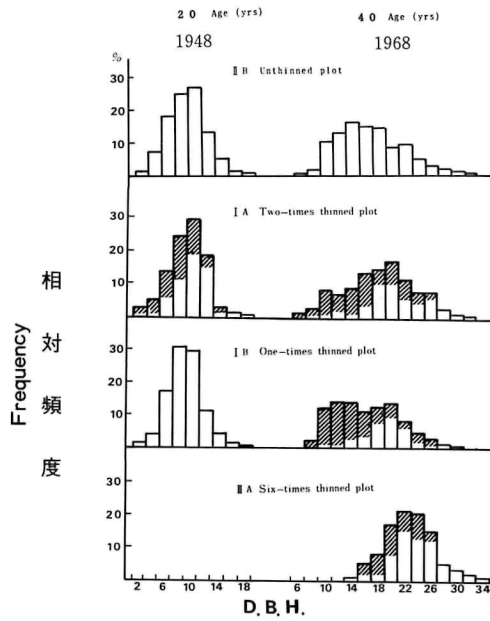


図-3 胸高直径階別本数分布
Fig. 3. Frequency distributions of tree number in diameter at breast height (D.B.H.) in each plot
斜線部は間伐木を表す。
Slashed bar : Thinned trees

表-2 各試験区における林分構成の一覧表
Table 2. Outline of the plots

		Age		20	30	40	50		
II B 無間伐区 Unthinned plot	立木本数	Tree density (number/ha)	本/ha	3,990	3,808	2,953	2,174		
	平均直径	Mean diameter at breast height	(cm)	8.7	12.3	16.5	20.6		
	平均樹高	Mean tree height	(m)	6.5	11.5	17.1	20.7		
	平均枝下高	Mean clear length	(m)	1.9	6.4	—	—		
	材積	Stand volume	(m ³ /ha)	130.370	364.917	648.630	838.085		
IA 2回間伐区 Two-times thinned plot	立木本数	Tree density (number/ha)	本/ha	4,198	2,465	2,416	2,208	1,030	921
	平均直径	Mean diameter at breast height	(cm)	8.9	9.7	14.7	18.3	21.2	26.7
	平均樹高	Mean tree height	(m)	7.5	7.9	12.4	17.7	18.8	22.8
	平均枝下高	Mean clear length	(m)	1.9	1.9	5.4	—	—	—
	材積	Stand volume	(m ³ /ha)	139.930	95.960	314.040	606.297	372.911	603.406
IB 1回間伐区 One-time thinned plot	立木本数	Tree density (number/ha)	本/ha	4,119	3,980	3,119	1,366	1,228	
	平均直径	Mean diameter at breast height	(cm)	8.8	12.6	16.5	19.8	24.4	
	平均樹高	Mean tree height	(m)	7.2	11.5	17.1	18.5	22.1	
	平均枝下高	Mean clear length	(m)	1.8	5.9	—	—	—	
	材積	Stand volume	(m ³ /ha)	128.752	384.515	690.871	428.149	666.584	
III A 施業区 Six-times thinned plot	立木本数	Tree density (number/ha)	本/ha	—	—	960	630	580	
	平均直径	Mean diameter at breast height	(cm)	—	—	22.9	23.8	29.6	
	平均樹高	Mean tree height	(m)	—	—	19.6	19.9	23.5	
	平均枝下高	Mean clear length	(m)	—	—	—	—	—	
	材積	Stand volume	(m ³ /ha)	—	—	403.520	287.305	461.130	

表-3 5年単位の材積生長量一覧表
 Table 3. Stem volume increment in each plot for each successive five-year

(i) 期間平均生長量 (m³/ha・年)
 Mean annual volume increments (m³/ha. year)

試験区 Plot	林齢 Age (yrs)	年生						
		1~20	21~25	26~30	31~35	36~40	41~45	46~50
無間伐区	Unthinned plot	6.519	17.829	29.081	27.975	28.768	25.719	12.172
2回間伐区	Two-times thinned plot	6.997	16.176	27.440	27.354	31.097	—	—
1回間伐区	One-time thinned plot	6.438	21.263	29.889	29.333	31.939	—	—

(ii) 粗生長量 (m³/ha・年)
 Gross increments (m³/ha. year)

試験区 Plot	林齢 Age (yrs)	年生						
		1~20	21~25	26~30	31~35	36~40	41~45	46~50
無間伐区	Unthinned plot	130.370	89.154	147.815	151.159	164.265	145.161	130.690
2回間伐区	Two-times thinned plot	139.931	80.882	140.832	142.940	159.049	—	—
1回間伐区	One-time thinned plot	128.752	106.317	152.812	158.574	176.148	—	—

(iii) 純生長量 (m³/ha・年)
 Net increment (m³/ha. year)

試験区 Plot	林齢 Age (yrs)	年生						
		1~20	21~25	26~30	31~35	36~40	41~45	46~50
無間伐区 (枯損量)	Unthinned plot (Mortalities)	130.370	89.144 (0.01)	145.403 (2.412)	139.873 (11.286)	143.840 (20.425)	128.594 (16.567)	60.861 (69.829)
2回間伐区 (枯損量)	Two-times thinned plot (Mortalities)	139.931	80.882	137.198 (3.634)	136.772 (6.168)	155.485 (3.564)	—	—
1回間伐区 (枯損量)	One-time thinned plot (Mortalities)	128.752	106.317	149.446 (3.366)	146.663 (11.911)	159.693 (16.455)	—	—

(iv) 総收穫量 (m³/ha)
 Total yield (m³/ha)

試験区 Plot	林齢 Age (yrs)	年生						
		1~20	1~25	1~30	1~35	1~40	1~45	1~50
無間伐区	Unthinned plot	130.370	219.514	364.917	504.790	648.630	777.224	838.085
2回間伐区 (間伐材積累計)	Two-times thinned plot Total thinned volume	139.931	220.813 (43.970)	358.811 (43.970)	494.783 (43.970)	650.268 (43.970)	—	880.763 (277.356)
1回間伐区 (間伐材積累計)	One-time thinned plot Total thinned volume	128.752	235.069	384.515	531.178	690.871	—	929.306 (262.722)
6回間伐区 (間伐材積累計)	Six-times thinned plot Total thinned volume	—	—	—	—	569.520	—	743.345 (282.215)

※ 6回間伐区は、林齢20年から40年の間に166 m³/haの間伐が行われた。

※ Thinned volume, 166 m³/ha was obtained from twenty to forty years of age on six-times thinned plot.

ほぼ一定といわれている（坂口，1961）。これを実証するには今回の試験地のように，長期間にわたる試験例が必要だが，表-3の総収穫量から，林齢50年生では無間伐区を100とすれば，IB1回間伐区で110，IA2回間伐区で105，施業区6回間伐区で84となり，100を中心に約±15%以内におさまる。このように，総収穫量は間伐回数にかかわらず，ほぼ一定の範囲内で推移するといえる。

ただし，最近10年間の純生長量（粗生長量から枯損量を除いたもの）は枯損木が多発した無間伐区で低下し始めている。今後，さらに観察を続ければ，間伐区と無間伐区との総収穫量も順次差が開いていくのかもしれない。しかし，トドマツの現在の標準的な60年伐期齢ぐらいであれば，総収穫量はほぼ一定とみなせる，ということである。

(ロ) 径級別生長量

図-4には，期首の材積階ごとに，その後の材積生長量をしめた。この図は無間伐区と2回間伐区を対比させて，20年生および40年生における個体を材積階で分け，その後20年間及び10年間の平均材積生長量を算出したものである。これによると，期首に大きな材積階に属しているもの程，期間材積生長量の平均値は大きく，その増加度合いはほぼ直線的であるといえる。また増加の大きさは無間伐区

表-4 10年単位の材積生長量一覧表

Table 4. Stem volume increment in each plot for each successive ten-year

(i) 期間平均生長量 (m³/ha・年)

Mean annual volume increments (m³/ha・year)

試験区 Plot	林 齢 Age(yrs)	年 生			
		1~20	21~30	31~40	41~50
無 間 伐 区	Unthinned plot	6.519	23.455	28.371	18.946
2回間伐区	Two-times thinned plot	7.010	21.808	29.226	23.050
1回間伐区	One-time thinned plot	6.636	25.179	30.636	23.844
6回間伐区	Six-times thinned plot				21.734

(ii) 粗生長量 (m³/ha・年)

Gross increments (m³/ha・year)

試験区 Plot	林 齢 Age(yrs)	年 生			
		1~20	21~30	31~40	41~50
無 間 伐 区	Unthinned plot	130.370	236.969	315.424	275.851
2回間伐区	Two-times thinned plot	139.931	221.714	301.990	256.921
1回間伐区	One-time thinned plot	128.752	259.129	316.089	272.445
6回間伐区	Six-times thinned plot				236.290

(iii) 純生長量 (m³/ha・年)

Net increments (m³/ha・year)

試験区 Plot	林 齢 Age(yrs)	年 生			
		1~20	21~30	31~40	41~50
無 間 伐 区	Unthinned plot	130.370	234.547	283.713	189.455
(枯 損 量)	(Mortalities)		(2.422)	(31.711)	(86.296)
2回間伐区	Two-times thinned plot	139.931	218.080	292.257	230.495
(枯 損 量)	(Mortalities)		(3.634)	(9.733)	(26.426)
1回間伐区	One-time thinned plot	128.752	255.763	306.356	238.435
(枯 損 量)	(Mortalities)		(3.366)	(9.733)	(34.01)
6回間伐区	Six-times thinned plot				217.340
(枯 損 量)	(Mortalities)				(18.950)

よりも2回間伐区の方が大きい。このような傾向は40年生を期首にした場合もほぼ同様である。

(ii) 林分の推移

(イ) 最多密度及び密度効果

IIB区のように、無間伐のまま継続的に測定されてきた林分は、トドマツに関しては、他に存在しない。道内のトドマツ人工林を対象に、既にトドマツ密度管理図(真辺1974)が作成されている。この密度管理図の最多密度曲線は、IIB区の45年生までの測定値とhaあたり160,000本植えの7年生の植栽密度試験林の測定値で決定されたものである。

各区の生育段階ごとに、立木密度と平均幹材積との関係、いわゆる密度効果(C-D effect)を真辺(1974)の最多密度線とともに図-5の左側に、及び収量に対する密度効果(Y-D effect)を右側にしめた。

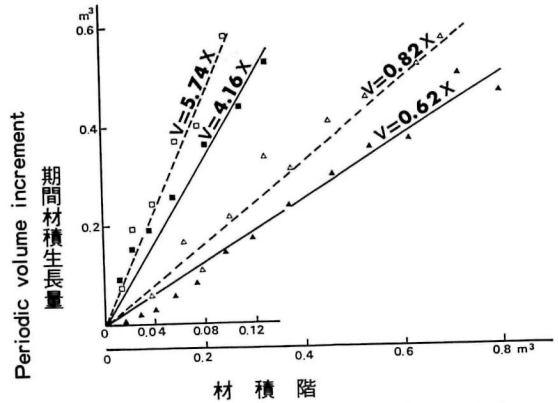
SHINOZAKI, et. al., (1956) は、従来巾乗式で表わされていたC-D効果式、Y-D効果式を逆数式で表現している。

$$1/v = A\rho + B$$

$$1/V = A' + B'/\rho$$

ここで、A、B、A'、B'は時間に依存する定数であり、 v は平均幹材積、 V はhaあたり材積、 ρ はhaあたり立木本数を表わしている。そうすると、C-D効果は、この試験区でも成立していることがわかる。ただ、IIB区の50年生時の平均幹材積と本数との関係は図-5にしめすように、最多密度線からやや離れる傾向をしめた。

一方、Y-D効果は、立木密度の多い区程、現存量が大きい傾向をしめしているが、IIB無間伐区の50年生の値では現存量の増加が鈍化しており、収量が一



Volume class at the beginning of the period

図-4 材積階別の期間生長量
Fig. 4. Periodic volume increment vs. volume class at the beginning of the period.

上段：林齢20年時の材積階
下段：林齢40年時の材積階
Abscissa; Upper: Volume class at twenty years in age.
Lower: Volume class at forty years in age.

- 無間伐区のエ齢20年から40年の材積生長量
Periodic volume increment from twenty to forty years of age in the unthinned plot.
- 2回間伐区のエ同期間の材積生長量
Periodic volume increment for the same period in the two-times thinned plot
- ▲ 無間伐区のエ齢40年から50年の材積生長量
Periodic volume increment from forty to fifty years of age in the unthinned plot.
- △ 2回間伐区のエ同期間の材積生長量
Periodic volume increment for the same period in the thinned two-times plot.

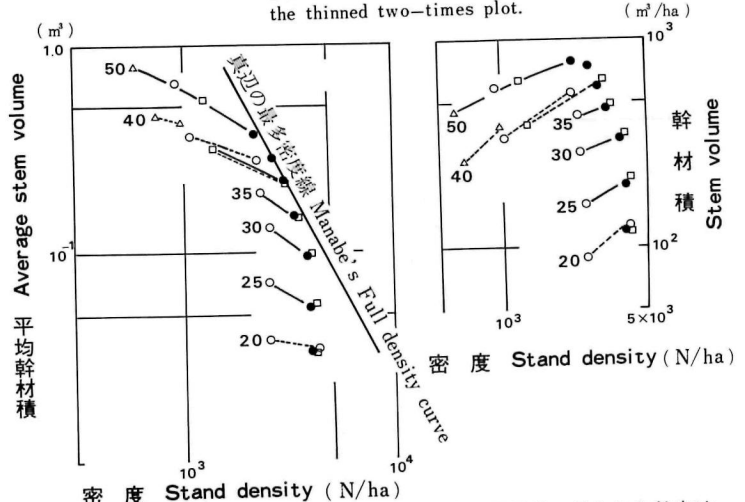


図-5 幹材積の競争密度効果(左)と収量密度効果曲線に付された数字は林齢をあらわし、点線は間伐による変化をあらわしている。

Fig. 5. Competition-density effect(left diagram)and yield-density effect of stem volume in the experimental plots. Numerals at the left of the curves indicate age in years. Dotted lines indicate the translocation by the thinning.

- 無間伐区 Unthinned plot
- 2回間伐区 Two-times thinned plot
- 1回間伐区 One-time thinned plot
- △ 6回間伐区 Six-times thinned plot

定に近づきつつあるといえる。

(ロ) 枯損木の発生経過

無間伐区と2回間伐区とを対比させて期間内の枯損木の発生経過を期首の直径階ごとに調べてみた。林齢20年生時の直径階を基準にして、その後30年間に自然枯死した立木の直径階別本数率を10年単位に区切って表-5にしめた。これ

によると、枯損率の合計では無間伐区、2回間伐区共に期首の直径階が小さい個体程、枯損しやすい傾向をしめしている。ただし、間伐区は期首の直径階が8cm以上になると枯損率が急に減少するが、無間伐区は半数以上が枯損することをしめしており、間伐で本数が減少することで下位の直径階に所属する個体の枯損率が低下することがわかる。

林齢別の枯損率の推移をみると、無間伐区は林齢が高くなるに従い、枯損が上位の直径階に及んでいく。2回間伐区は林齢20年と40年に間伐が実行されているので、間伐直後の10年間はいずれも枯損が少ないことがわかる。

次に林齢別に枯損した直径階を調べたのが表-6である。これをみると、林齢21~30年に枯損した個体は無間伐では大部分が林齢20年生時の直径階より1つ

表-5 期間内枯損率の比較(無間伐区と2回間伐区)
Table 5. The periodic mortalities (%) of the unthinned plot and the two-times thinned plot

林齢 Age (yrs)	21 ~ 30		31 ~ 40		41 ~ 50		枯損率の合計 Total of mortality	
	無間伐区 Unthinned plot	2回間伐区 Two-times thinned plot	無間伐区 Unthinned plot	2回間伐区 Two-times thinned plot	無間伐区 Unthinned plot	2回間伐区 Two-times thinned plot	無間伐区 Unthinned plot	2回間伐区 Two-times thinned plot
2	63	0	37	100	—	—	100	100
4	20	17	78	57	2	—	100	74
6	9	0	42	31	29	7	80	38
8	0	0	21	8	32	4	53	12
10	2	4	8	5	18	6	28	15
12	0	2	1	0	10	3	11	5

表-6 枯損した立木の林齢20年時の直径と枯損時の直径との関係
Table 6. Correlations between d. b. h. at twenty years of age and d. b. h. at the time of death of dead trees

(1) 林齢21~30の間に枯損した立木: Trees died during 21 and 30 yrs. in age 単位 Unit: %

林齢20年時の直径階 D. b. h. class in 20 yrs. of age	無間伐区: 枯損時の直径階 Unthinned plot: D. b. h. class at the time of death of dead trees						2回間伐区: 枯損時の直径階 Two-times thinned plot: D. b. h. class at the time of death of dead trees					
	2	4	6	8	10	計 Total	4	10	12	14	16	計 Total
2	80	20				100						
4		73	27			100	100					100
6			92	8		100						
8												
10					100	100			33	67		100
12											100	100

(2) 林齢31~40の間に枯損した立木: Trees died during 31 and 40 yrs. in age 単位 Unit: %

林齢20年時の直径階 D. b. h. class in 20 yrs. of age	無間伐区: 枯損時の直径階 Unthinned plot: D. b. h. class at the time of death of dead trees							2回間伐区: 枯損時の直径階 Two-times thinned plot: D. b. h. class at the time of death of dead trees							
	4	6	8	10	12	14	計 Total	4	6	8	10	12	14	18	計 Total
2	100						100								
4	26	74					100	25	75						100
6		19	78	3			100	33	56	11					100
8			36	64			100			50	50				100
10				33	60	7	100					25	50	25	100
12					100		100								

(3) 林齢41~50の間に枯損した立木 単位 Unit: %

林齢20年時の直径階 D. b. h. class in 20 yrs. of age	無間伐区: 枯損時の直径階 Unthinned plot: D. b. h. class at the time of death of dead trees								2回間伐区: 枯損時の直径階 Two-times thinned plot: D. b. h. class at the time of death of dead trees										
	6	8	10	12	14	16	18	20	計 Total	8	10	12	14	16	18	20	22	24	計 Total
2																			
4								100											
6	3	16	63	16	2			100	50		50								100
8		1	38	42	16	1	1	100		50		50							100
10			3	38	47	6	3	100							40	20	20	20	100
12				10	60	10	10	100							50	50			100

上位の直径階にとどまっているものが枯損しているが、間伐区では上位の直径階に進級したものが枯損していることがわかる。これらの傾向は林齢 41~50 年の間でも同様である。無間伐区は 20 年時の直径階を基準に、連続して次第に上位の直径階に枯損木が推移していくが、間伐区では不連続に推移する場合もあり、枯損の発生経過が間伐区と無間伐区とでは異なる傾向があるようだ。

(iii) 直径分布の推移

(イ) 直径階別の直径分布

既に無間伐区、2 回間伐区を対象に各林齢別の直径分布の推移は、収穫表を調整した II 報 (阿部, 1980) でしめた。今回は期首の直径階ごとに、その後の分布がどのように推移するのかを調べた。無間伐区と、それに対比させる形で 2 回間伐区をとりあげて、20 年生時の直径階を期首にした場合を図-6 の (A) に、40 年生時の直径階を期首にした場合を図-6 の (B) にしめた。期首に同じ直径階に属していた個体も、年数の経過と共に拡散するようになる。その拡散の度合いをワイブル分布で適合させてみた。ワイブル分布は、 x を胸高直径、 b 、 c を定数とすれば確率密度関数は次式で表わされるものである。

$$f(x) = (c/b) (x/b)^{c-1} e^{-\{-(x/b)^c\}}$$

ワイブル分布はパラメーター c の値で分布の形状がわかる (西沢ほか, 1976) が、直径階別に得られたパラメーター一覧表は表-7 にしめす通りである。このパラメーターを用いて図-6 (A), (B) の各直径階別にワイブル分布を適合させてみた。 c の値は表-7 から、指数的な分布から正規的な分布までをしめしているが、各直径階ごとの適合もよいことがわかる。

林分は大小様々な個体で構成されており、径級別の動きを解析することは、林分構造の推移の解明に大きな役割をもつといえる。ワイブル分布のパラメーターは、各直径階ごとの生長量及び分散が推定されれば、各直径階ごとに分布が推定でき、これらを累積すれば全体の分布となる。無間伐区と 2 回間伐区の場合、直

表-7 期首の直径階別のワイブル分布パラメーター一覧表
Table 7. Parameters of Weibull distribution in each d. b. h. class in 20 and 40 yrs. of age

林齢 20 年時の 直径階 D.b.h. class in 20 yrs. of age	ワイブル分布のパラメーター Parameters of Weibull distribution					
	a		b		c	
	無間伐区 Unthinned plot	2 回間伐区 Two-times thinned plot	無間伐区 Unthinned plot	2 回間伐区 Two-times thinned plot	無間伐区 Unthinned plot	2 回間伐区 Two-times thinned plot
6 cm	7	7	4.44	3.58	2.05	3.10
8	7	9	7.53	6.45	2.35	2.25
10	9	11	8.77	8.03	2.7	2.45
12	11	13	9.76	10.32	2.7	3.10
14	17	19	7.42	5.23	2.5	2.30
16	21	25	11.59	4.46	2.85	1.60
林齢 40 年時の 直径階 D.b.h. class in 40 yrs. of age						
10 cm	9		1.96		1.7	
12	11		1.84		1.8	
14	13		2.48		1.8	
16	15	15	2.83	3.70	2.1	2.6
18	17	17	4.21	6.58	3.1	2.8
20	19	21	4.12	5.39	2.8	3.0
22	21	23	5.16	5.23	3.5	3.2
24	25	25	3.62	5.01	2.4	3.3
26	27	29	3.18	3.19	3.3	1.7
28	29	31	3.38	3.38	2.1	1.9

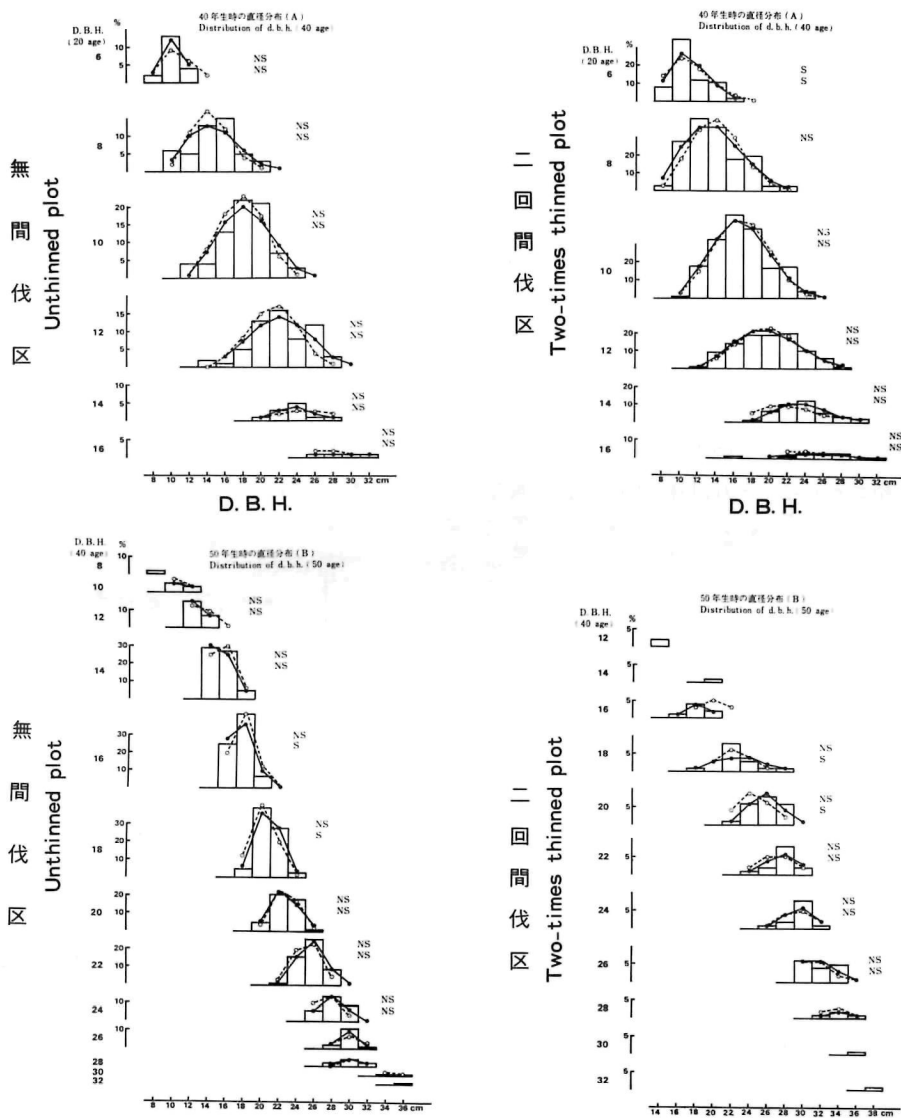


図-6 期首の直径階ごとの直径分布の推移

Fig. 6. Frequency distributions of expected and observed diameters on each diameter class at the beginning of the period

ヒストグラムは実測値を、黒印は表-7で与えられた現実のパラメーターによる推定値及び白印は図-7、図-8上の推定式のパラメーターによる推定値を表わす。図上のS印は5%水準で実測値と推定値との有意差のあるもの、NS印は5%水準で有意がないものを表わす。

上段は黒印の場合、下段は白印の場合である。

(A) : 林齢20年生時の直径階を期首にした場合

Beginning of the period diameter class of twenty years of age

(B) : 林齢40年生時の直径階を期首にした場合

Beginning of the period diameter class of forty years of age

Histograms indicate observed tree numbers. Closed circles are the expected values from the diameter value at the beginning of the period using parameters shown in the Table 7.

Open circles are the expected values using parameters of equations in Fig. 7, and Fig. 8.

Symbol S indicates significant differences (5% level) between observed and expected values, while NS indicates non-significant differences. Upper row shows in case of closed circles and lower in case of open circles.

径階ごとの直径生長量と期首の直径階との間には図-7にしめすように一次回帰式が成立し、また変動係数は図-8にしめすように、期首の直径階と指数関係が成立した。従って、ワイブル分布のパラメーターを推定して、直径階ごとの推移を検討することが可能となる。無間伐区と2回間伐区を対象に、直径階別にワイブル分布のパラメーターを推定して分布に適合させてみた場合を図-6の(A)、(B)に点線でしめた。各直径階共、推定されたパラメーターを用いての直径分布の推定は、よくあてはまることがわかる。

以上のように、期首の直径階ごとの直径生長量、変動係数が林分生長量との関連において推定できれば、径級別の推移に関する解明が期待される。

(ロ) 直径生長率の推移

期首の直径階ごとに、個体の直径生長率の分布を2回間伐区を対象に調べてみた。結果を図-9にしめた。期首に同じ直径階に属していても、その後の生長率はかなり拡がっていくことがわかる。下位の直径階に属している個体は、時間の経過とともに、順次その分布がL型化し、上位のものはその逆をしめす傾向がある。それ以外の個体は、正規型をしめしながら推移していくといえる。

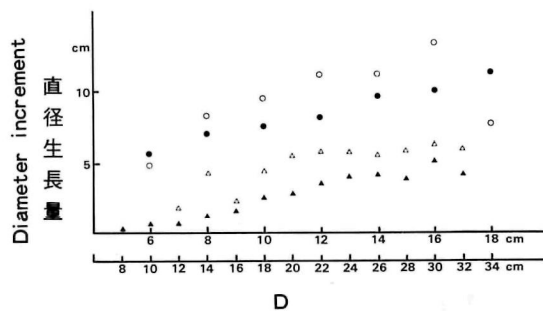


図-7 期首の直径階(D)とその後の直径生長量(ΔD)との関係

Fig. 7. Relation between d. b. h. class at the beginning of the period(D) and diameter increment(ΔD)

上段：林齢20年時の直径階(D₁)
下段：林齢40年時の直径階(D₂)

Upper row: Diameter class at twenty years in age(D₁)

Lower row: Diameter class at forty years in age(D₂)

● 無間伐区のエ齢20年から40年の直径生長量(ΔD₁)
Periodic diameter increment from twenty to forty years of age on the unthinned plot(ΔD₁)

○ 2回間伐区の同期間の直径生長量(ΔD₂)
Periodic diameter increment for the same period on the two-times thinned plot(ΔD₂)

▲ 無間伐区のエ齢40年から50年の直径生長量(ΔD₃)
Periodic diameter increment from forty to fifty years of age on the unthinned plot(ΔD₃)

△ 2回間伐区の同期間の直径生長量(ΔD₄)
Periodic diameter increment for the same period on the two-times thinned plot(ΔD₄)

ΔDとDとの回帰式 Following linear regression equations are obtained between ΔD and D

$$\Delta D_1 = 0.022 + 0.783D \quad (r = 0.96)$$

$$\Delta D_2 = 2.264 + 0.453D \quad (r = 0.97)$$

$$\Delta D_3 = 1.572 + 0.157D \quad (r = 0.72)$$

$$\Delta D_4 = -1.696 + 0.222D \quad (r = 0.97)$$

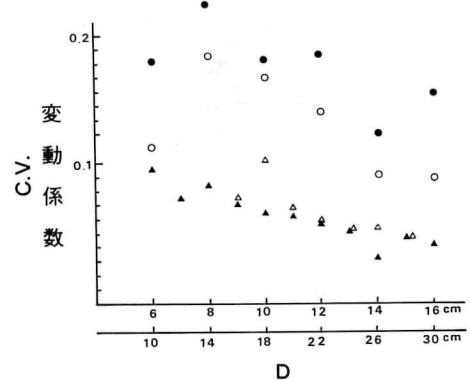


図-8 期首の直径階(D)と変動係数(C.V.)との関係

Fig. 8. Relation between d. b. h. class at the beginning of the period(D) and coefficient of variation(C.V.)

上段：林齢20年時の直径階(D₁)

下段：林齢40年時の直径階(D₂)

Upper row: Diameter class at twenty years in age(D₁)

Lower row: Diameter class at forty years in age(D₂)

● 無間伐区のエ齢20年から40年の直径の変動係数(C.V.1)
Coefficient of variation of diameter from twenty to forty years of age on the unthinned plot(C.V.1)

○ 2回間伐区の同期間の変動係数(C.V.2)
Coefficient of variation of diameter for the same period on the two-times thinned plot(C.V.2)

▲ 無間伐区のエ齢40年から50年の直径の変動係数(C.V.3)
Coefficient of variation of diameter from forty to fifty years of age on the unthinned plot(C.V.3)

△ 2回間伐区の同期間の変動係数(C.V.4)
Coefficient of variation of diameter for the same period on the two-times thinned plot(C.V.4)

C.V.とDとの実験式

The followings are obtained between C.V. and D

$$C.V.1 = 21.54e^{-0.0482D} \quad (r = -0.57 \text{ in log.})$$

$$C.V.2 = 25.86e^{-0.0379D} \quad (r = -0.7 \text{ in log.})$$

$$C.V.3 = 19.64e^{-0.0514D} \quad (r = -0.85 \text{ in log.})$$

$$C.V.4 = 14.54e^{-0.045D} \quad (r = -0.91 \text{ in log.})$$

(iv) 間伐効果

(イ) 単木単位の間伐効果

期間生長量でしめたように、間伐で林分単位の生長量の増加を期待してもその効果は少ないといえる。従って、間伐は単木単位の効果を期待して行うわけである。表-3の期間生長量を無間伐区と2回間伐区とで比較してみると、間伐直後の5年間でも両者の生長量はほとんど変わらない。林分全体としての生長量がほぼ変わらなければ、多く伐った間伐区程、1本あたりの生長量の配分量が多くなる。従って、間伐区と無間伐区で最初同じ大きさであっても、数年経ると間伐区に所属する立木の方が太くなる。林分全体の生長量がどのように各個体に割り当てられるかに関しては、既に図-4に材積階ごとに平均値でしめた。図-10には直径階に変換して林齢20年生時(無間伐区と2回間伐区との比較)、および林齢40年生時(すべての区との比較)の直径階ごとに、その後20年間、および10年間の単木の直径生長量を算出し、径級別はその平均値でしめた。直径階の両端は本数が少ないので値が変動するが、大多数の直径階では6回間伐区、2回間伐区、1回間伐区、無間伐区の順となり、間伐回数が多い区程、直径生長量の値が増加することが分かる。同時に、林齢40年生時で始めて間伐を実行した1回間伐区も、

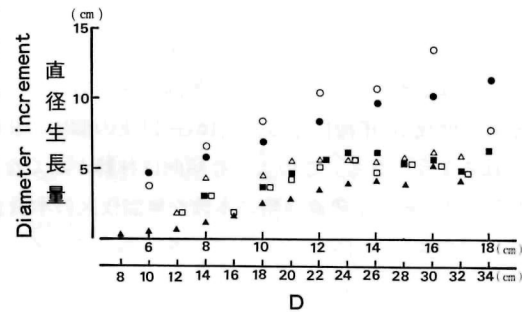


図-10 期首の直径階とその後の直径生長量
Fig.10. Relation between d. b. h. class of beginning of the period diameter class and diameter increment

- 上段：林齢20年時の直径階
下段：林齢40年時の直径階
- Upper row: Diameter class at twenty years in age
Lower row: Diameter class at forty years in age
- 無間伐区の林齢20年から40年の直径生長量
Periodic diameter increment from twenty to forty years of age on the unthinned plot
 - 2回間伐区の同期間の直径生長量
Periodic diameter increment for the same period on the two-times thinned plot
 - ▲ 無間伐区の林齢40年から50年の直径生長量
Periodic diameter increment from forty to fifty years of age on the unthinned plot
 - △ 2回間伐区の同期間の直径生長量
Periodic diameter increment for the same period on the two-times thinned plot
 - 1回間伐区の同期間の直径生長量
Periodic diameter increment for the same period on the one-time thinned plot
 - 6回間伐区の同期間の直径生長量
Periodic diameter increment for the same period on the six-times thinned plot

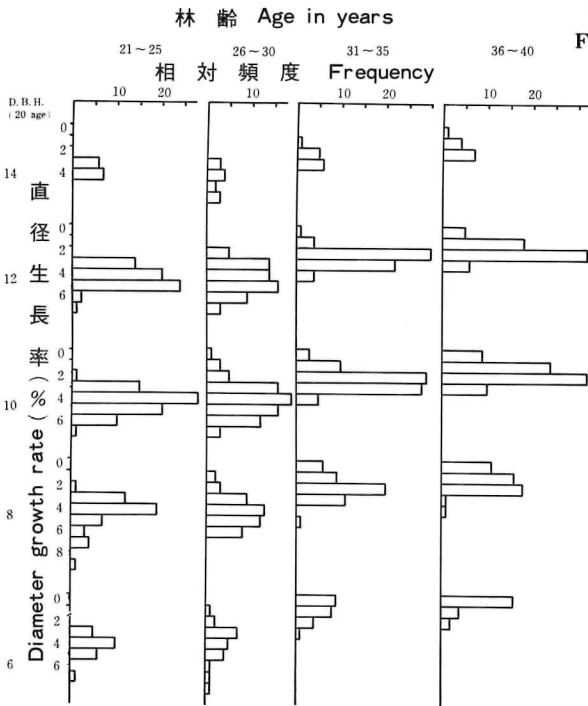


図-9 2回間伐区における期首の直径階(20年生時)ごとの直径生長率の分布

Fig.9. Frequency distributions of growth-rate of diameter on each diameter class at twenty years of age on the two-times thinned plot

無間伐区に比較してよい生長をしめす。このことは、初回の間伐がかなり遅れても、間伐方法によってはその効果が期待できることをしめしている。

結局、大多数の直径階では間伐を実行することで単木の直径生長量がよくなることが確められた。従って、単木単位には間伐効果を認めることができるといえる。

(ロ) 大径木の生産本数の比較

直径階別の生長量の比較でみてきたように、間伐を数多く実行すれば、残存木の直径生長量が増加することがわかった。しかし、間伐を実行すれば、立木本数は減少してしまうので、果して間伐でより太い木を無間伐区以上に生産することが可能かどうかが問題である。菊沢(1981)は、間伐効果の比較として「大径木からの本数で比較すること」を提唱している。そこで、こうした点を調べるために、大径木から積算した材積(Y)と、大径木から積算した本数(N)とで比較してみた。図-11には、2回間伐区と無間伐区との第1回間伐後20年間のY-N曲線をえがいてみた。そうすると、間伐5年後では、大径木からのY-N曲線は無間伐区の方がわずかに上側に位置し間伐効果はまだ認められない。しかし、間伐10年後になると、16cm以上の個体の比較では間伐区の方の数が多くなり、間伐効果が認められるようになる。このような傾向は林齢が高くなるにつれて、わずかず強くなり、40年生時では間伐区の18cm以上の直径階の本数が無間伐区の本数を上回った。従って、間伐を実行することで、より太い木の生産が可能だということをしめしている。

次に林齢50年の間伐効果を調べ、大径木一覧表として表-8にしめした。これから、直径階30cm以上の大径木の比較では、過去6回

の間伐を実行している施業区が335本/haと一番多く、次いで2回間伐区が327本/ha、1回間伐区が238本/ha、無間伐区が171本/haの順となる。従って、間伐回数が多い区程、より大径木の生産が行われたことになり、顕著な間伐効果があったとみることができる。

以上のように、間伐で本数を減らしても、間伐でより大径木の生産が可能なることを実証した例は、経営上きわめて重要なことを示唆しているといえよう。間伐の目的はいろいろと考えられようが、大径木生産を目標とするならば、適正な間伐を実行することでより早く目標を達成できるであろう。

(ハ) 立木の位置と単木の生長との関連性

間伐は既にみてきたように、単木単位ではその効果を期待でき

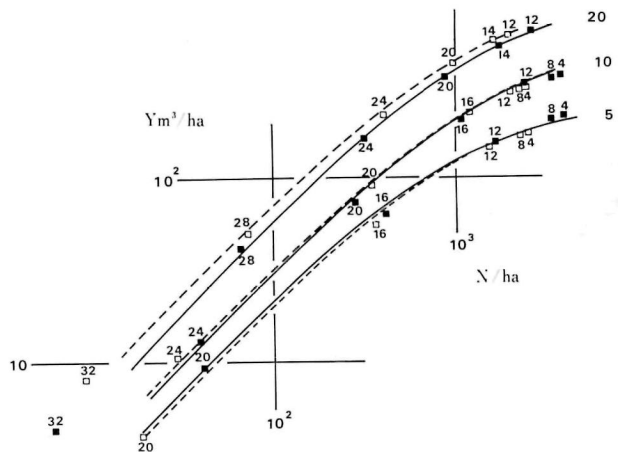


図-11 間伐区(2回間伐区)と無間伐区とのY-N曲線による間伐効果

Fig. 11. Exemplifications of thinning effect by comparing the Y-N curves of two-times thinned plot with unthinned plot

黒印(実線)は無間伐区を、白印(破線)は2回間伐区をしめし、数値は限界直径を表わす。また、Y-N曲線の右側の数値は間伐後の経過年数をしめす。

Closed circle (solid line) indicate unthinned plot and open circle (dotted line) two-times thinned plot.

Numerals beside the dots indicate observed boundary diameters. Numerals right hand of the curves indicate the time in years after the thinning.

る。従って、間伐とは地位に応じて予想される林分の生長量をどのように各個体に配分するかという作業である、ということができる。林分内の各個体は隣接木との競争の優劣や人為的な伐採等の影響を受けて、競争の度合いが時間とともに変化していく。そこで、立木の位置と単木の直径生長量との関連性を解析してみた。

個体間の競争要因は、個体とそれを取りまく複数個体の生長関係を調べることが多い (SAKAI, et. al., 1968)。今回は、こうした要因の他に、隣接木との距離を検討した。間伐時の選木基準を考えると、隣接木との距離を検討しながら決めることが多いからである。そこで、直径生長に変動を与える要因として、図-12にしめたように、4グループにわけて検討を行った。グループ1はある対象木から、周囲の隣接木までの距離を算出して1番近い順から10番目に至る平均距離、グループ2は同様にある対象木から近い順に10番目までの隣接個体の直径を累積したもの、グループ3は隣接木の直径を距離で重みづけしたもの、グループ4は隣接木の断面積を累計したものである。

グループ1~3は対象木の直径 (Y) と、ある対象木から近い順に10番目に至るまでの各要因 (X) との相関係数、グループ4は直径のかわりに対象木の断面積 (Y) と、ある対象木から近い順に10番目に至るまでの各要因 (X) との相関係数を算出し、表-9にまとめてしめた。

表-8 大径木本数の比較

Table 8. Tree numbers from the largest size in the four plots

試験区 plot	第1回間伐10年後 Ten years after first thinning		第1回間伐20年後 Twenty years after first thinning		第2回間伐10年後 Ten years after second thinning			
	林齢30年 Age (yrs) 30		林齢40年 Age (yrs) 40		林齢50年 Age (yrs) 50			
D.b.h.	無間伐区 Unthinned plot	2回間伐区 Two-times thinned plot	無間伐区 Unthinned plot	2回間伐区 Two-times thinned plot	無間伐区 Unthinned plot	2回間伐区 Two-times thinned plot	1回間伐区 One-time thinned plot	6回間伐区 Six-times thinned plot
cm以上 Above								
40								5
38						10		15
36					11	30	40	55
34					28	99	50	110
32			6	10	61	158	129	215
30			17	20	171	327	238	335
28			66	69	315	505	386	425
26			144	238	497	624	525	490
24	39	30	304	406	701	723	743	530
22	105	129	591	663	977	812	921	560
20	281	347	839	1,040	1,258	842	1,059	570
18	579	693	1,269	1,356	1,545	891	1,129	575
16	1,010	1,218	1,716	1,644	1,832	901	1,198	580

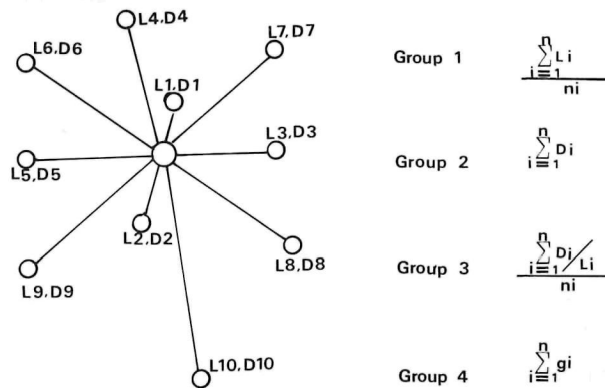


図-12 単木の生長に影響を及ぼす隣接木の配置の因子
Fig. 12. Environmental factors used to represent the influence of neighbour trees on growth of a single tree

- Li : 対象木からの距離
Distance from the subject tree
- Di : 隣接木の胸高直径
D. b. h. of the i-th nearest-neighbour tree
- gi : 隣接木の断面積
Basal area of the i-th nearest-neighbour tree
- n : 隣接木の本数
Number of neighbouring tree

20年生時の無間伐林分をみると、グループ3、4にみられるように、対象木の直径ないし断面積と隣接木の直径ないし断面積の累積和が正の相関をしめす。このことは、生長のよい個体は集中して群を形成していることがわかる。しかし、林齢が進むにつれて単木間の競争が激しくなり、30年生時ではこれらの相関は認められなくなり、50年生時では負の相関に移行していく。従って群の中で優劣が生じ、優勢木ほど次第に占有面積を拡大していくことになる。この占有面積の拡大が直径生長にどのように影響を与えるかは、グループ1を調べればよい。

無間伐林分では、単木の直径生長に及ぼす平均隣接距離は、20年生時ではほとんど相関が認められないが、林齢が高くなるに従い、相関係数は高くなる。林齢50年生時では最短隣接距離から近い順に3番目までの平均距離との相関が高かった。つまり、平均隣接距離が増加する、すなわち生育空間が広がるほど、対象木の直径は大きな傾向をしめしている。間伐は人為的に空間を広げるわけだが、平均隣接距離が大きいほど、直径も大きな傾向をしめす。すなわち、間伐で生育空間が広がった個体ほど、直径生長がよかったことをしめして

いる。相関係数が高い範囲は、無間伐区では $n = 3 \sim 4$ 本、間伐区で $n = 4$ 本とほぼ同様な傾向をしめしている。ただし、第2回目の間伐実行後は、 $n = 1$ の時の相関係数の最大値をしめす。これは立木本数が少なくなったために、最短隣接木までの距離の影響が一番大きかったことをしめしている。

これらの関係を定量化する方法の一つとして、点密度の概念を考えてみる。林分の密度表示としては ha あたりの本数で表わすのが普通である。そこで、いま、平均隣接距離を xm とすれば、 ha あたり本数は $10,000/x^2$ としてあらわされる。したがって、ある対象木から隣接木(近い順に3~4本)までの平均距離が分かると、その地点における ha あたり本数としての密度(点密度と称する)を求めることができる。

2回間伐区の40年生時を対象に、個体ごとに近い順から4番目までの平均隣接距離を算出して、個体ごとの点密度を求める。そして、直径との関連度を図-13に表示した。点密度は690本/ $ha \sim$

表-9 単木の直径、断面積と隣接木の配置との相関表
Table 9. Coefficients of correlation between d. b. h. or basal area of a single tree and arrangement of its neighbour trees

グループ Group	無間伐区 Unthinned plot				2回間伐区 Two-times thinned plot			
	20年生	30年生	40年生	50年生	30年生	40年生	50年生 Age(yrs)	
1	n = 1	0.112*	0.118*	0.143*	0.168*	0.155*	0.165*	0.269*
	2	0.113*	0.129*	0.168*	0.209*	0.215*	0.228*	0.243*
	3	0.092*	0.126*	0.189*	0.223*	0.224*	0.240*	0.244*
	4	0.068	0.121*	0.193*	0.210*	0.225*	0.242*	0.239*
	5	0.066	0.123*	0.182*	0.203*	0.201*	0.219*	0.241*
	6	0.058	0.123*	0.180*	0.192*	0.180*	0.197*	0.244*
	7	0.047	0.115*	0.180*	0.181*	0.164*	0.179*	0.244*
	8	0.038	0.112*	0.174*	0.171*	0.145*	0.159*	0.239*
2	1	0.030	-0.030	0.013	0.014	-0.108	-0.067	-0.212*
	2	0.100*	-0.022	-0.019	-0.055	-0.169*	-0.171*	-0.215*
	3	0.142*	-0.015	-0.042	-0.110*	-0.182*	-0.210*	-0.216*
	4	0.171*	-0.005	-0.060	-0.146*	-0.192*	-0.232*	-0.238*
	5	0.182*	-0.021	-0.056	-0.165*	-0.176*	-0.221*	-0.235*
	6	0.193*	-0.011	-0.074	-0.174*	-0.168*	-0.215*	-0.240*
	7	0.205*	-0.009	-0.090	-0.176*	-0.156*	-0.201*	-0.247*
	8	0.212*	-0.019	-0.091	-0.176*	-0.132*	-0.172*	-0.251*
3	1	0.086	-0.058	-0.030	-0.020	0.009	-0.021	-0.053
	2	0.204*	-0.002	-0.024	-0.068	-0.047	-0.124	0.017
	3	0.251*	0.027	-0.008	-0.105*	0.000	-0.114	0.072
	4	0.283*	0.059	0.004	-0.137*	0.014	-0.116	0.019
	5	0.295*	0.040	0.042	-0.145*	0.055	-0.080	0.101
	6	0.304*	0.070	0.030	-0.133*	0.083	-0.043	0.119
	7	0.313*	0.078	0.011	-0.128*	0.118	-0.001	0.116
	8	0.316*	0.060	0.023	-0.123*	0.172	0.066	0.115
4	1	0.101*	-0.044	-0.023	-0.027	0.010	-0.036	-0.052
	2	0.206*	-0.005	-0.025	-0.086	-0.057	-0.144*	0.013
	3	0.257*	0.022	-0.011	-0.130*	-0.006	-0.132	0.075
	4	0.287*	0.047	-0.010	-0.161*	0.020	-0.117	0.009
	5	0.301*	0.036	0.023	-0.170*	0.066	-0.073	0.089
	6	0.305*	0.065	0.009	-0.156*	0.100	-0.040	0.108
	7	0.316*	0.076	-0.006	-0.148*	0.127	0.000	0.106
	8	0.317*	0.058	0.007	-0.147*	0.179	0.056	0.107

* 5 % level

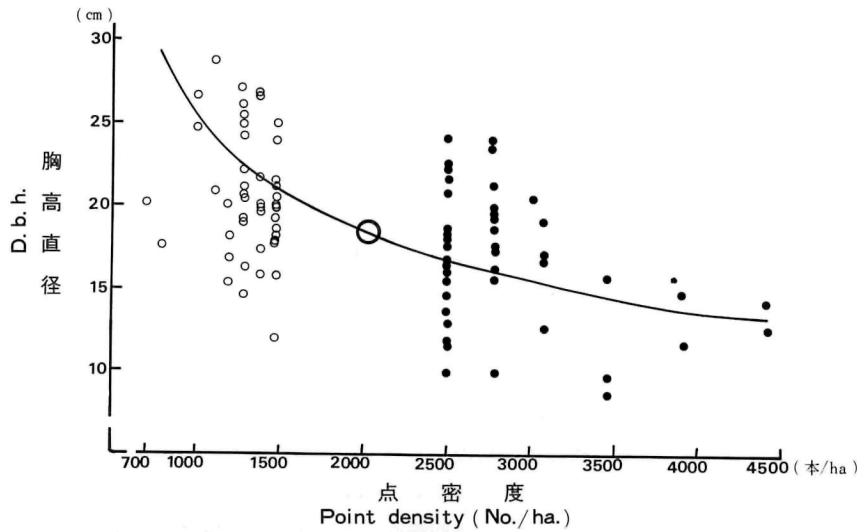


図-13 対象木の胸高直径と点密度との関係

Fig. 13. Relation between d. b. h. of the concerning tree and point density
(two-times thinned plot, forty years in age)
○ 点密度 1,500 本/ha 以下 ● 点密度 2,500 本/ha 以上
Less than 1,500 num./ha More than 2,500 num./ha
◎ 林分の平均直径と ha あたり本数
Mean d. b. h. and number of trees (num./ha) in plot

4,400 本/ha の範囲で広がるが、図-13 には、林分全体の ha あたり本数を基準にして、点密度が 1,500 本/ha に満たないグループと点密度が 2,500 本/ha 以上の 2 グループとにわけて検討してみた。同じ点密度でも直径生長にかなりのばらつきが認められるが、それでも平均隣接距離が大きい、つまり点密度が低いものは直径が大きな個体に多い。一方、平均隣接距離が小さい、つまり点密度が高いものは直径が小さな個体に多い傾向が認められる。

対象木の周囲木の直径及び断面積との関係を見ると、グループの 3 及び 4 でしめすように相関係数は低い。無間伐区では 50 年生時になって、周囲木 5 本の直径の和と対象木の直径に、負の相関が認められるようになる。すなわち、周囲に大きな木があると、対象木の直径生長は低下することをしめしている。間伐区では、第 2 回目の間伐直前ではこうした傾向は認められるが、第 2 回目の間伐後 10 年では相関は認められない。

従って今回の分析では、ある対象木の直径生長に影響を及ぼしている因子としては近い順に 3~4 本程度の隣接木までの平均距離があげられる。

考 察

トドマツ人工林の施業をおし進めていく時、間伐は非常に重要な問題である。間伐は山林所有者が経営意識を持つことから始まる。すなわち間伐収入をどの程度得るのか、また、将来、価値の高い木材を生産するためには、林分をどのように誘導したらよいか等を考慮しながら実行するものである。従って、間伐を実行することで、無間伐以上に価値の高い木を生産できれば、経営的には間伐効果があったということができる。

しかし、トドマツ人工林材は年輪幅が「優良材」の条件として価格体系に反映するところまでには

到っていない。数十年先の木材の価値を想定して間伐を実行するのは難かしい面がある。今、トドマツ材の一般的な利用例として10.5 cm 正角材を心去りで4本採材することを考えてみれば、胸高直径で34 cmは必要となる。そこで、その程度の大径材を仕立てることが、間伐の第1段階としての目標とも考えられる。従って、間伐効果も不確定要素の多い材の評価ではなく、菊沢(1981)が提唱しているように「大径木本数の比較」で行うことは、トドマツ人工林の施業では現実的な見方といえる。

坂口(1961)は外国における間伐試験例をまとめているが、総収穫量はほぼ一定と報告している例が多いことを述べている。一方、河田(1954)はスギの林齢50年までの間伐試験の結果をとりまとめて、間伐方法で総収穫には差がないことを報告している。トドマツに関しても、表-3にしめすように、総収穫量はほぼ一定となり、従来の説をほぼ裏付けている。しかし、河田(1954)の報告を始め、わが国の人工林に関しては、無間伐のまま長期間にわたり継続して調査されてきた林分はほとんど存在しない。当該試験地では表-4でしめしたように、最近10年間では特に枯損木の発生が多く、純生長量が大きく低下していることが分かる。このまま無間伐で放置した場合、無間伐区と他の間伐区との総収穫量が果してほぼ一定値を保って推移していくのかどうかは非常に興味のあるところといえる。

いずれにしても、トドマツの標準的な60年伐期程度であれば、総収穫はほぼ変わらず、間伐で特に林分生長量を増加させることはできないといえる。しかし、図-10にしめしたように単木単位では間伐効果を認めることができる。間伐すれば本数が少なくなり、1本あたりの配分量が増加するので期首に同じ直径階に属していても、数年経過すると間伐区に所属する方が太くなる。しかし、立木は移動することができないので、間伐の影響も個体ごとに異なる。つまり間伐で林分の生長量を各個体に配分する際、単木の位置関係を考慮しなければならないといえる。このような観点から、立木位置図を用いて、立木の位置関係と単木の生長との関係を分析してみた。

今回の解析では、直径生長に影響を及ぼす環境要因として図-12にしめしたように、グループ別に検討したところ、対象木の大きさと平均隣接距離が正の有意な相関をしめた。そこで、この要因をhaあたり本数として表示される点密度に変換して直径生長との対応をしめた。しかし、点密度の値が同一でも、直径生長の変動幅はかなり大きい。

TAKATA(1979)は長期間にわたって調査されてきたヨーロッパトウヒ林分を対象に、立木の位置と単木の生長との関係を解析している。その報告では、生長に影響を及ぼす要因として立木の位置関係の因子はあまり有効でなく、対象木自身の大きさの方が影響が大きいとの結論を述べている。今回のグループ別の解析でも、決定的な因子はみつからない。

このように、単木の生長にどのような因子が有効なのかは簡単には結論づけられない。ただし、表-10にしめすように、期首の直径順位と期末の直径順位を求めてみると、時間の経過とともにあきらかに期首の影響がなくなり、直径順位は変動することがわかる。このような変動の要因を、立木の位置に関する情報を用いて解析することで、間伐時の選木基準に結びつけられる可能性がある。

表-10 直径の期首順位と期末順位との相関表
Table 10. Coefficients of rank correlations between the diameter at the beginning and that at the end of the period for five-year each successive and for twenty-year periods

林 齢 Age(yrs)	無間伐区 Unthinned plot	2回間伐区 Two-times thinned plot
20~25	0.92	0.95
26~30	0.91	0.96
31~35	0.95	0.98
36~40	0.97	0.98
20~40	0.75	0.82

摘 要

久保トドマツ間伐試験林の試験地設定後30年間(1948-1978)の林分構造及び生長量の推移をとりまとめた。

1. 総収穫量は、無間伐区、2回間伐区、1回間伐区、6回間伐区で有意な差は認められなかった(表-3)。
2. 無間伐区の純生長量は最近の10年間で低下し始めている(表-4)。
3. 粗生長量は各試験区間で有意な差は認められなかった(表-4)。
4. 期間直径生長量は間伐区の方が大多数の直径階で無間伐区よりも大きい。従って、直径生長量に関しては間伐効果が認められる(図-10)。
5. 大径木本数の比較で間伐効果を定義した場合、間伐回数の増加に比例して間伐効果が大きくなる(表-8)。
6. 単木の直径生長量に及ぼす隣接木の影響は3~4番目に近いものまでが特に大きい。
7. 点密度の値が小さい対象木の直径は大きい傾向をしめし、点密度が大きい対象木の直径は小さい傾向をしめた。

文 献

- 阿部信行 1976 トドマツ人工林の施業法に関する研究(Ⅰ) 疎開木の相対生長. 北林試報14:27~36
- 1980 トドマツ人工林の施業法に関する研究(Ⅱ) 道有林におけるトドマツ人工林の収穫予想表の作成. 北林試報18:71~93
- 1981 トドマツ人工林の施業法に関する研究(Ⅲ) 53年生林分の現存量. 北林試報19:115~128
- 北海道林務部道有林第二課 1966 久保のトドマツ間伐試験地について. 試験業務資料No.7:1~44
- 北海道林務部 1969 林業経営試験——道有林における実践例. 248p
- 1974 林業経営試験——道有林における実践例. 第II報 330p
- 河田 杰 1954 スギ間伐試験の成績(2). 林試研報 76
- 菊沢喜八郎 1981 間伐効果に関する定量的研究(Ⅰ)——収量-密度図を用いた分析. 日林誌63:51~59
- 真辺 昭 1974 トドマツ密度管理図. 北方林業叢書53:69p
- 中島広吉 1943 北海道立木幹材積表. 興林会北海道支部叢書1:46p 林友会北海道支部
- 西沢正久・木梨謙吉・長 正道 1976 林分シミュレーションに対する生長モデルの研究(Ⅱ)——ワイブル分布のあてはめについて. 日林九支論29:47~48
- 坂口勝美 1961 間伐の本質に関する研究. 林試研報 131:1~95
- SAKAI, K. I., MUKAIDE, H. and TOMITA, K. 1968 Intraspecific competition in forest trees. *Silvae Genetica*, 17:1~5
- SHINOZAKI, K. and KIRA, T. 1956 Intraspecific competition among higher plants VII. Logistic theory of the C-D effect. *Jour. Inst. Polytech. Osaka City Univ. Ser. D7*:35~72
- TAKATA, K. 1979 On the relation of the diameter growth of a single tree to the arrangement of its neighbour trees in the fichte stand of West Germany. *Bull. Niigata Univ. For.* 12:1~17

Summary

Thinning experiments were carried out in a stand of *Abies sachalinensis* MAST., located at Ikeda town, Hokkaido. The experiments were designed as, (1) unthinned plot, (2) one-time thinned plot, (3) two-times thinned plot and (4) six-times thinned plot during 1948–1978.

The changes in stand structure and growth in thirty years were as follows:

1. No significant difference in the total amount of stem yield was recognized among the four experimental plots (Table 3).
2. The net volume increment in the unthinned plot began to decrease in the last ten years (Table 4).
3. No significant difference in gross increments was recognized among the plots (Table 4).
4. The periodic diameter increments in the thinned plots were greater than the unthinned plot in large majority of diameter classes (Fig. 10).
5. The thinning effect which is defined as producing more trees larger than certain desirable size-class increased in proportion to the number of thinning times (Table 8).
6. Influence of the third or fourth nearest neighbour tree upon the diameter increment was more effective than the influence of the farther distant trees (Table 9).
7. The trees which were surrounded by small number of trees showed a great diameter and those surrounded by large number of trees showed a small diameter (Fig. 13).