

# 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試験区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 m<sup>3</sup>/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

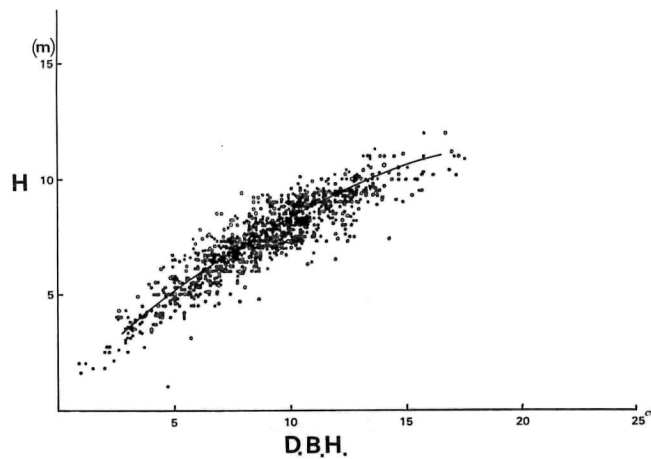


図-1 樹高曲線 林齢20年(1948年)の実測値  
Fig. 1. Height curve Observed values at twenty years old (1948)

●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



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にしました。

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

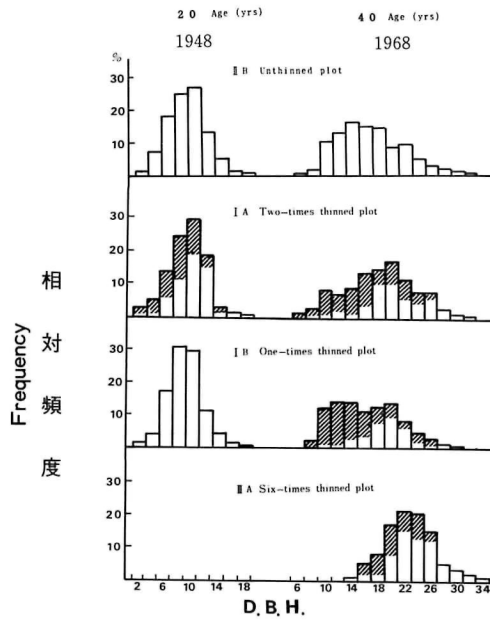


図-3 胸高直径階別本数分布  
Fig. 3. Frequency distributions of tree number in diameter at breast height (D.B.H.) in each plot  
斜線部は間伐木を表す。  
Slashed bar : Thinned trees

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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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 <sup>3</sup> /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 ( m<sup>3</sup>/ha・年 )  
 Mean annual volume increments ( m<sup>3</sup>/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 ( m<sup>3</sup>/ha・年 )  
 Gross increments ( m<sup>3</sup>/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 ( m<sup>3</sup>/ha・年 )  
 Net increment ( m<sup>3</sup>/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 ( m<sup>3</sup>/ha )  
 Total yield ( m<sup>3</sup>/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 m<sup>3</sup>/haの間伐が行われた。

※ Thinned volume, 166 m<sup>3</sup>/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 (m<sup>3</sup>/ha・年)

Mean annual volume increments (m<sup>3</sup>/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 (m<sup>3</sup>/ha・年)

Gross increments (m<sup>3</sup>/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 (m<sup>3</sup>/ha・年)

Net increments (m<sup>3</sup>/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。

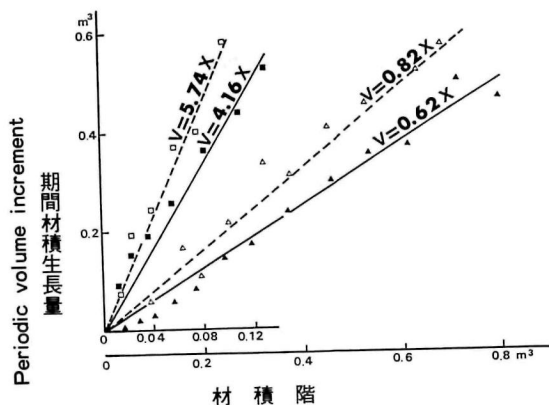
$$1/v = A\rho + B$$

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

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、 $\rho$ 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.

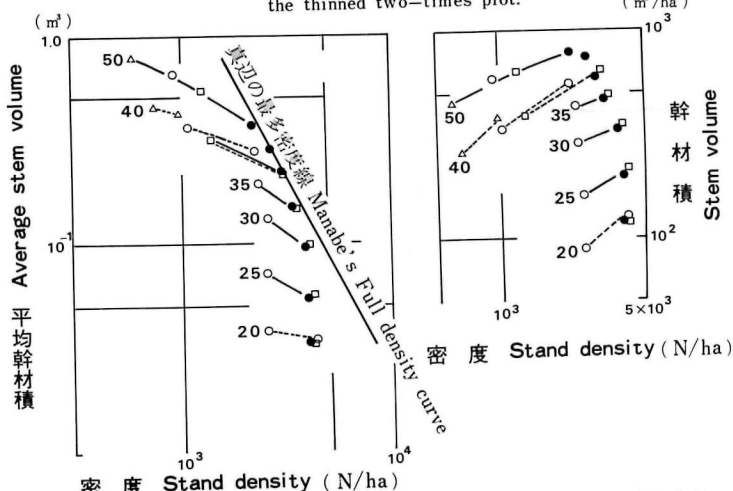


図-5 幹材積の競争密度効果(左)と収量密度効果曲線に付された数字は林齢をあらわし、点線は間伐による変化をあらわしている。

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

