

ヒノキ30年生林分の間伐試験

—列状間伐を中心として—

竹内郁雄⁽¹⁾・只木良也⁽²⁾・蜂屋欣二⁽³⁾河原輝彦⁽⁴⁾・佐藤明⁽⁵⁾Ikuo TAKEUCHI, Yoshiya TADAKI, Kinji HATIYA,
Teruhiko KAWAHARA and Akira SATO:Thinning Experiment of 30-year-old Plantation of *Chamaecyparis*
obtusa —In reference to line-thinning—

要旨：東京営林署管内のヒノキ30年生林分で、間伐法を違えた処理を行ない、列状間伐法を中心に造林学的な立場から検討した。

間伐前の林分量は、haあたり13~14トンであった。また、間伐前1年間の林分全体の純生産量は14~15トンと推定された。

間伐処理後4年間の結果は次のようであった。

列状間伐および中径木間伐は、下層間伐に比較し形質不良木の間伐が十分でなく、また、被圧木が間伐されないで残る割合が高い。

上層木、中層木に対する下層木の肥大成長割合は、下層間伐区が最も高く、列状、無間伐、中径木間伐区の順で低下した。間伐前に下層木であった個体の成長は、間伐することにより急激に良くなることはなかった。

間伐後4年間の幹増加量、幹材積増加率ともに下層間伐区が最も大きく、ついで中径木、列状、無間伐区の順であった。

列状間伐区は、間伐後4年経過した現在も間伐列は閉鎖回復しておらず、林地に無駄な空間が生じたため成長量が低下したと考えられる。

まえがき

列状間伐法は、従来の間伐法に比較し選木が容易であるばかりでなく、間伐材の集材作業の機械化が可能で、間伐経費が少なくすむ⁽⁹⁾⁽¹³⁾といわれている。しかし、風、雪害などの気象害に対する抵抗力が低下し⁽¹²⁾、また、林地にむだな空間を生じたり、形質不良木や劣勢木が間伐されないで残ることが考えられている。

間伐に関する研究は、古くから多くの研究者によって行なわれている。坂口⁽¹⁰⁾は、間伐の歴史的な発展を整理し、その問題点を明らかにして、保育形式に見合った間伐方法を検討した。只木・四手井⁽¹¹⁾、只木⁽¹²⁾は、植物の密度と物質生産に関する研究を林分の密度管理に取り入れ、安藤⁽¹⁾はスギ、ヒノキ、カラマツ、アカマツで密度管理を検討し林分密度管理図を作成し、林分密度と直径、樹高、幹材積の関係を明らかにした。しかし、これらの間伐に関する研究の基本的な考え方には、間伐木を小径木から順次選ぶことが前提となっており、実用的には通常のB種間伐などに対しても十分利用することができるが、間伐木が小径木にかたよらない列状間伐や択伐的間伐に関しては、密度管理図は適用できない。

この報告は、間伐前後の林分の質的変化や成長量から、従来の代表的間伐法であるB種間伐と、列状間

1974年11月5日受理

(1)~(5) 造林部

伐,あるいは間伐木による収入増大を目的とする利用可能径級木間伐の造林学的な利害を比較検討するために設けられた間伐試験の中間的報告である。

この研究を進めるにあたり,調査にご協力いただいた東京営林署経営課鈴木正志技官はじめ経営課の各位,石川県農林部池田亮一氏,それに現地調査の際いろいろ便宜をおはかりいただいた東京営林署浅川製品事業所の各位に感謝する。

I 試験地の概況

試験地は,東京営林署高尾山,滝の沢国有林 5 林班い小班にある 1940 年植栽の 30 年生ヒノキ林分である。中央線高尾駅より約 3 km 北に位置しており,南西から北東に走る小尾根の北西側斜面で海拔高は 350m 程度である。傾斜は 15~20 度,土壌は壤土で土壌型は BD 型である。

下層植生には,ヤブツバキ,アオキ,アラカン,シロダモなどがみられるが,いずれも樹高は 2~3 m 以下である。約 3 km 離れた林業試験場浅川実験林での観測によれば,年平均気温 13.4°C,年間降雨量 1,856 mm である。

この林分は,植栽後間伐や枝打ちなどの保育作業は行なわれていない。林分密度は,ha あたり 2,000 本前後で平均胸高直径 15 cm,平均樹高 15 m 程度であり,平均樹高からみると関東地方ヒノキ林分収穫表での 1 等地に相当する。林分内では自然枯死が生じており,やや間伐手おくれ林と考えられる。

II 試験方法

3 種類の間伐を実行し,無間伐あるいは各間伐法相互の比較をするため,1970 年 3 月各 400 m² 前後の試験区を設定 (Fig. 1) した。試験区内の全立木について,胸高部位に印づけを行なった後胸高直径を測定した。また,樹高,枝下高については全立木の 1/3 程度を測定した。同 5 月試験区の外周をも含め次のような処理を行なった。

P-1: 植列 2 列保残, 1 列間伐の列状間伐 (縦列間伐, 間伐率は本数, 材積とも約 3 割)。

P-2: 無間伐。

P-3: 柱材を目標として,この林分の平均直径にあたる 15 cm 前後の個体を中心に材積間伐率約 3 割

(営林局署では,この方法を利用間伐と称しているが,ここでは中径木間伐と仮称する)。

P-4: 従来の B 種間伐に準じた下層間伐で,本数間伐率は約 3 割。

間伐処理を行なうと同時に, P-1 の伐倒木の中から直径分布の全体にまたがるように 8 本の供試木を選び,胸高直径,樹高,枝下高,枝下直径,枝張りなどを測定した後,1 m の層別刈り取り法により層ごとの幹,枝,葉量を測定した。ヒノキは,枝と葉の区別が明らかでないので,ここでは緑色部を葉とした。幹材積は 1 m ごとに円板を採取し,通常の樹幹解析によって求めた。幹,枝,

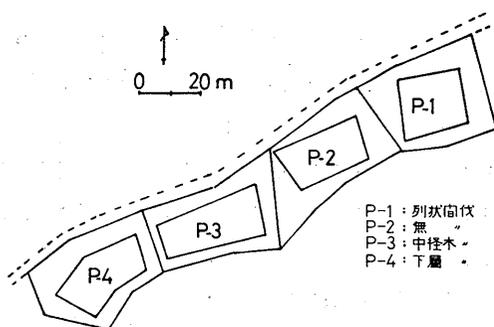


Fig. 1 試験地の配置図

Arrangement of experimental plots.

P-1: Line thinning P-2: Non thinning
P-3: Middle thinning P-4: Low thinning

葉ともに少量のサンプルを持ち帰り乾燥した後、乾重率を求め各器官の絶乾重を求めた。この報告では、重量はすべて絶乾重量でしめた。

III 間伐前後の林分の変化

1. 林分の概況

間伐前後の林分概況を Table 1 に示す。間伐前の林分密度は、ha あたり 1,800~2,300 本とやや違いがみられ、P-1 が最も低く、P-2, P-3, P-4 の順に高くなっている。したがって、平均直径は、P-1 が最も大きく、P-2, P-3, P-4 の順に小さくなっている。平均樹高と ha あたり胸高断面積合計は、4 試験区の間大きな違いはなかった。

間伐前後の胸高直径の相対度数分布を Fig. 2 にしめす。間伐前は各試験区ともほぼ正規分布に近く、処理区間には明らかな差は認められなかった。本数間伐率は P-1（列状間伐）で 35.7%，P-3（中径木間伐）で 40.6%，P-4（下層間伐）で 33.7% となった。間伐後の立木密度は、間伐前の立木密度の影響もあって P-4 が 1,502 本と最も高く、ついで P-3 で 1,245、最も低くなったのは P-1 で 1,142 本となった。胸高断面積間伐率は、P-1（列状間伐）で 31.4%，P-3（中径木間伐）で 35.3%，P-4（下層間伐）で 20.1% となった。

列状間伐の P-1 は、理論的には本数間伐率と断面積間伐率が等しくなるはずであるが、現実には列による本数や蓄積の違いがあるため、このように差が生じたと考えられる。P-1 での間伐木は、当然のことながら胸高直径の度数分布にはほぼ比例するように分布した。P-3（中径木間伐）は、林分の平均直径に相

Table 1. 間伐前後の林分概況
Experimental plots before and just after thinning

プロット Plots	P-1	P-2	P-3	P-4
間伐前 Before thinning				
立木本数 (No./ha) Tree density	1,776	1,951	2,097	2,266
平均胸高直径 (cm) Mean D. B. H.	16.4	15.8	15.2	14.9
平均樹高 (m) Mean height	15.2	14.9	14.7	14.5
断面積合計 (m ² /ha) Basal area	39.5	39.5	39.7	41.2
間伐木 Removed in thinning				
本数 (No./ha) Number	634		852	764
平均胸高直径 (cm) Mean D. B. H.	15.4		14.6	11.9
平均樹高 (m) Mean height	15.0		14.7	12.9
断面積合計 (m ² /ha) Basal area	12.4		14.0	8.3
間伐後 After thinning				
立木本数 (No./ha) Tree density	1,142		1,245	1,502
平均胸高直径 (cm) Mean D. B. H.	17.0		15.6	16.5
平均樹高 (m) Mean height	15.4		14.7	15.3
断面積合計 (m ² /ha) Basal area	27.1		25.7	32.9
間伐率 Percentage of thinning (%)				
本数 in number	35.7		40.6	33.7
断面積 in basal area	31.4		35.3	20.1

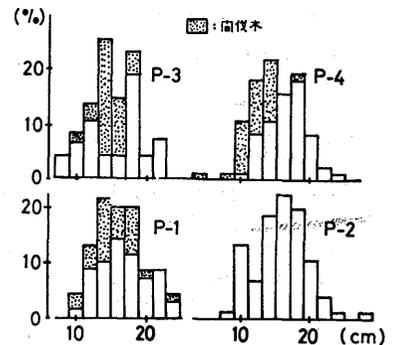


Fig. 2 間伐前後の胸高直径の頻度分布
Relative frequency distribution of diameter at breast height before and just after thinning. Dotted parts show thinned trees and open parts show residual trees.

当する 15 cm 前後の個体を間伐したため、残存木の直径分布は 18 cm と 12 cm をモードとする 2 頂型の分布になった。P-4 (下層間伐) は、おもに小個体のものと、寺崎²¹⁾の樹型級区分で 2 級木に相当するもののうち、特に幹の形質に欠点のある個体を間伐したため、本数間伐率が断面積間伐率を上回った。

間伐後の平均胸高直径の変化を、間伐後の平均直径を間伐前の直径で除した値で比較してみると、P-1、P-3 ではほぼ等しく 1.03、P-4 では 1.11 と間伐前より 1 割余り大きくなっている。また、平均樹高で同様の比較をしてみると P-1 は 1.01、P-3 は変化がなく 1.00、P-4 は 1.06 と間伐前よりやや高くなっている。P-1 は各直径階級でほぼ等割合に間伐されるため、P-3 は林分の平均直径に相当するものを中心に間伐したため、間伐前後の平均直径、樹高の変化が少ないのは当然である。これに対し、おもに小個体を間伐した P-4 では、林分の平均直径が間伐により変化する割合は、平均樹高の場合に比較して大きい。この原因は、直径が樹高よりも相対的なバラツキの程度が大きいことによると考えられる。P-4 での直径、樹高の標準標準偏差を求めてみると、それぞれ 3.6、1.8 であり胸高直径の標準偏差が樹高の標準偏差の 2 倍であった。

2. 林分の質的变化

間伐効果の一つに形質不良木を間伐することにより、残存木の質的な向上を計ることがあげられる。この意味から、各試験区での間伐前後の形質不良木の本数変化と、その除去率を Table 2 に示した。ここでいう形質不良木は、おもに幹曲がり、二また、先折れ、アバレ木などであり、被圧木は含まない。間伐前の試験区間には、形質不良木の現われかたにやや差があり、P-1 が最も多く、P-4 が最も少なかったが、間伐による形質不良木の除去率で比較してみた。

P-1 では、本数間伐率と形質不良木の除去率が等しくなるはずである。しかし、ここでは、列ごとに形質不良木の出現割合が異なるため本数間伐率 35.7% に対し、形質不良木の除去率は 30.0% と若干の違いがみられた。一方、P-4 はおもに劣勢木と一部形質不良木を間伐したためと、形質不良木の割合が少なかったことにもよるが、すべての形質不良木が間伐により除去された。下層間伐は、このように間伐時点での収入は期待薄であるとしても、将来に対する期待は大きくなると考えられる。また、P-3 は、利用径級と著しい形質不良木を間伐したため、形質不良木の除去率は 67% となった。

このように、列状間伐や中径木間伐では形質不良木の除去が、下層間伐ほど十分に行えないという点は一つの問題を提起しているといっていよう。

3. 現存量の変化

現存量の推定は、相対成長関係を用いて行なった。伐倒木の胸高直径 (D :cm)、樹高 (H :m) を用

Table 2, 間伐による形質不良木の本数変化とその除去率
Numbers of bad qualitative trees before and after thinning and ratio of removing

プロット Plots	P-1	P-2	P-3	P-4
間伐前 (No./ha) Before	507	390	328	300
間伐後 (No./ha) After	355	—	109	0
除去率 (%) Ratio of removing	30	—	67	100

いた D^2H と幹量 (W_S)、幹材積 (V_S)、枝量 (W_B)、葉量 (W_L) との間には、Fig. 3 のような相対成長関係が認められた。それぞれの回帰式は、

$$\log W_S(\text{kg}) = 0.933 \log(D^2H) - 1.506 \dots\dots (1)$$

$$\log V_S(\text{m}^3) = 0.942 \log(D^2H) - 4.205 \dots\dots (2)$$

$$\log W_B(\text{kg}) = 1.433 \log(D^2H)$$

$$-4.327 \dots\dots\dots(3)$$

$$\log W_L(\text{kg}) = 1.324 \log(D^2H) - 3.957 \dots\dots(4)$$

と求められた。そこで、毎木調査結果を用いて各器官量を求めた。相対成長関係のなかで (1) 式と (2) 式の関係は、林分密度や生育段階による林分分離は明らかでなく、かなり広範囲の森林に適用できる²³⁾ので、間伐後の幹現存量の変化も (1)、(2) 式を用いて求めることとした。枝、葉量は (3)、(4) 式の関係が林分密度や生育段階により林分分離が生じる²³⁾ので、ここでは、密度のやや低い P-1 の供試木から求めた式を用いて推定したため、P-1 以外の試験区は、やや過大推定値になっている可能性がある。

根は、ここでは調査しなかった。そこで、根量の推定はヒノキ林分を調査した KARIZUMI⁴⁾の 8 林分の T/R 率が 2.7~3.5 で、平均すると 3.22 であったことと、山倉ら²³⁾の調査結果が 3.46、3.23 であったことから T/R 率を 10/3 として求めた。このようにして求めた試験区の現存量を Table 3 に示す。

間伐前の幹現存量は、各試験区ともほぼ同じで ha あたり 140 トン、300 m³ 前後と推定された。また、林分葉量は幹と同様に各試験区の間大きな違いがなく、ha あたり 13~14 トンであった。ヒノキ林分の葉量は 14 年生 14.3 トン⁹⁾、28 年生 13 トン¹¹⁾、11.7、17.5 トン⁹⁾、30 年生 12 トン、40 年生 19 トン²²⁾、45 年生 11.9 トン¹⁹⁾、48 年生 11.3、14.3 トン²⁴⁾の値が得られており、ここでの林分葉量は、ヒノキ林の葉量としては常識的な値であるといえよう。

地上部全体の現存量は、各試験区の間大きな差がなく、ha あたり 170 トン前後であった。P-1 の ha あたり地上部各器官の垂直分布を Fig. 4 A にしめた。葉量最多層は地上高 12~13 m にあり、枝量最多層は葉量最多層より一層低い 11~12 m の層であった。葉層は 9 m 程度ありかなり深いといえる。

本数間伐率と幹現存量の間伐率は、P-1 でそれぞれ 35.7、31.0%、P-3 は 40.6、35.8%、P-4 は 33.7、19.9% となった。10 年生スギ林分を小径木より順次間伐していくと、本数間伐率と幹現存量の間伐率との関係は、本数間伐率 25% で 10% 程度の幹現存量が失われ、50%の本数間伐率では幹現存量の約 33% が失われる⁷⁾といわれており、下層間伐もその結果によくしている。

また、断面積間伐率と幹現存量の間伐率は、各試験区ともほぼ等しかった。これは、各試験区の幹現存量を推定するために用いた供試木が同じで、その供試木の断面積と幹重の関係式は、

$$\log W_s = A \log(\pi D^2/4) + B$$

A, B: 林分によって異なる常数

でよく近似され、傾きを示す A の値が 1.024 となり (Fig. 5)、傾き 1 に近く断面積と幹重がほぼ比例していたことによると考えられる。

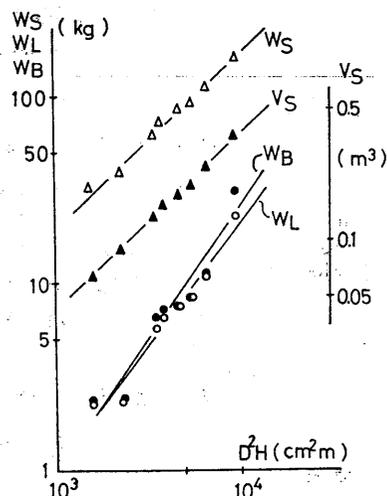


Fig. 3 $D^2H(\text{cm}^2 \cdot \text{m})$ と幹、枝、葉量および幹材積の相対成長関係
Allometric relations of stem weight (W_s), leaf weight (W_L), branch weight (W_B) and stem volume (V_s) to trunk size given by D^2H per tree. The constants of allometry are given in the text.

Table 3. 間伐による現存量の変化 (/ha)
Changes of biomass by thinning

プロット Plots		P-1	P-2	P-3	P-4	
間伐前 Before thinning	幹材積 Stem volume (m ³)	297.1	304.3	300.5	313.4	
	乾重 (ton) Dry weight	幹 Stem	137.7	141.1	139.2	145.4
		枝 Branch	14.9	14.4	13.8	14.1
		葉 Leaf	13.7	13.3	12.9	13.2
		地上部 Above-ground parts	166.3	168.8	165.9	172.7
		根* Root	49.9	50.7	49.8	51.9
		全体 Whole	216.2	219.5	215.7	224.6
間伐木 Removed in thinning	幹材積 Stem volume (m ³)	92.0		107.5	62.2	
	乾重 (ton) Dry weight	幹 Stem	42.7		49.9	29.0
		枝 Branch	4.3		4.2	1.6
		葉 Leaf	4.0		4.1	1.7
		地上部 Above-ground parts	51.0		58.2	32.3
		根* Root	15.3		17.5	9.7
		全体 Whole	66.3		75.7	42.0
間伐後 After thinning	幹材積 Stem volume (m ³)	205.1		193.0	251.2	
	乾重 (ton) Dry weight	幹 Stem	95.0		89.3	116.4
		枝 Branch	10.6		9.6	12.5
		葉 Leaf	9.7		8.8	11.5
		地上部 Above-ground parts	115.3		107.7	140.4
		根* Root	34.6		32.3	42.2
		全体 Whole	149.9		140.0	182.6

* Dry weight of roots was estimated from $T/R=10/3$

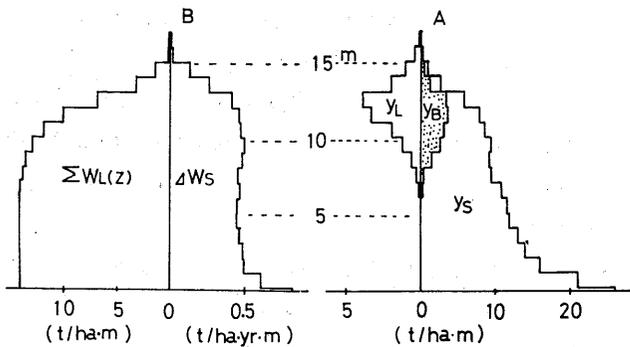


Fig. 4 列状間伐区の間伐前の地上部各器官の垂直分布 (A) と間伐前1年間の幹成長量と葉量との関係 (B)

A: Vertical distributions of the dry weight of stems (Y_S), branches (Y_B) and leaves (Y_L) in line thinning plot.

B: Accumulated leaf weight, i.e. total leaf biomass above a certain height ($\Sigma W_{L(z)}$) and annual stem weight increment (ΔW_S) per ha before thinning.

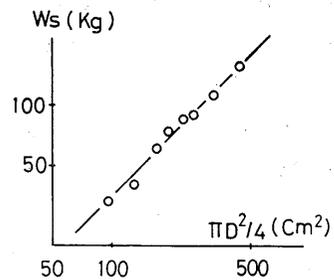


Fig. 5 胸高断面積と幹重の関係
Relation between stem weight and basal area per tree.

4. 間伐前の純生産量

林分の間伐前1年間の純生産量は、次のようにして求めた。

幹は、樹幹解析結果より供試木1本ごとの1年前の樹高 (h , m) と直径 (d , cm) を求めた。 d は、現在の皮つき直径と皮なし直径との比を用いて推定した皮つき直径である。供試木の D^2H と d^2h との関係式は

$$\log(d^2h) = 0.985 \log(D^2H) + 0.032 \dots \dots \dots (5)$$

と求められた。この(5)式を用いて毎木調査の結果より d^2h を求め、(1), (2) 式の関係が1年前にも成立していたと仮定すると、この d^2h を(1), (2) 式に代入することにより1年前の幹材積、幹重を求めることができる。この値を幹現存量より差し引いて1年間の幹生産量とした。

枝は、蜂屋・羽秋²⁾がアカマツ林で枝の生産量の推定法を検討した結果、クローネ内の幹量と枝量がほぼ比例関係にあることから、クローネ内の幹成長率を枝量に乗じることにより精度よく求まることを認めている。そこで、供試木1本ごとにクローネ内の幹成長率を求め、幹成長率を枝量に乗じて供試木の枝生産量を推定した。つぎに、供試木の直径と枝生産量の関係式を求め、それに毎木調査結果より直径を代入して林分あたりの枝生産量を求めた。

ヒノキの葉は生育休止期に、当年葉と旧葉を分けることはむずかしい。そこで、次の方法で葉の生産量を推定した。ヒノキ林の落葉の季節は、その大部分が10~12月に集中する⁸⁾²⁰⁾。この意味から、新葉の展開がまだ進まない5月に調査した今回の葉量は、落葉後の葉量といえる。只木ら²⁰⁾は、ヒノキ林分の落葉量が現存葉量の1/3であったことを認めている。また斎藤⁸⁾は、ヒノキ19, 40年生林分の落葉量を樹体に着生していた重量に換算して求め、換算した落葉量を落葉後の葉量で除して、その値を23~39%と求めている。そこで、この林分の葉生産量は、落葉後の葉現存量の30%として求めた。

根の生産量は、幹の成長率と根の成長率が等しいものとして、根の現存量に幹の成長率を乗じて求めた。

以上のようにして求めたヒノキ30年生林分の ha あたり純生産量を Table 4 に示す。幹材積生産量は14~15 m³ で、只木ら¹⁹⁾の調査した45年生林分の15.6 m³ とほぼ等しい。只木・四手井¹⁴⁾, TADAKI¹⁸⁾は、葉で生産された同化物質の配分を知るため、葉の現存量と幹成長量の垂直分布について解析した。P-1 について、この関係を Fig. 4B に示した。幹成長量 (ΔW_s) は、各層ごとに樹幹解析の方法で求め、幹乾燥重量に換算した値である。葉量は、現存の葉量を上層から順次積算した積算葉量 ($\Sigma W_L(z)$) で示してある。単位幹長あたりの成長量は、クローネ層内では下層ほど大きい、クローネより下ではあ

Table 4. 間伐前1年間の純生産量
Estimates of annual net production and stem volume before thinning

プロット Plots		P-1	P-2	P-3	P-4
幹材積	Stem volume (m ³ /ha·yr)	14.6	14.6	14.4	14.7
乾重 Dry weight (ton/ha·yr)	幹 Stem	6.7	6.7	6.3	6.7
	枝 Branch	1.9	1.8	1.7	1.8
	葉 Leaf	4.1	4.0	3.9	4.0
	根 Root	2.4	2.4	2.3	2.4
	全体 Whole	15.1	14.9	14.2	14.9

まり変わらないといわれているが¹⁴⁾¹⁸⁾¹⁹⁾、ここでも同様の関係にあった。年間 ha あたりの幹生産量は 6.3~6.7 トンで 14 年生林分の 6.1, 6.7 トン²⁾とほぼ同じで、30 年生 8.9, 40 年生 7.8 トン²²⁾よりは小さく、48 年生 3.1, 4.0 トン²⁴⁾よりは大きい。

林分全体の純生産量は 14~15 トンとなり、現在までに測定されたヒノキ林分の純生産量と比較すると 48 年生林分の 9.7, 11.2 トン²⁴⁾よりは大きい。また、純生産量の推定法を違えて求められた 30 年生林分は 15.9, 16.9 トン、40 年生林分は 15.2, 21.8 トン²²⁾と比較すると、低い値が得られた推定量とほぼ等しいものの、高い値が得られた推定量よりはかなり低い。

IV 間伐後の林分変化

1. 枯 損

間伐後の本数変化を Fig. 6 に示す。枯損の最も多い P-2 (無間伐) では、年々枯損が生じ本数の減少が起きている。枯損の最も少なかった P-4 (下層間伐) では、間伐後 4 年間に 1 本枯損しただけであった。

間伐後 4 年間の枯損率は P-2 (無間伐) が 9.3% と最も高く、ついで P-3 (中径木) 7.1%, P-1 (列状) 4.5%, P-4 (下層) 1.9% の順となっている。枯損木の平均直径は P-1, P-2, P-3, P-4 それぞれ 11.8, 9.6, 8.6, 12.8 cm で、いずれの試験区でも被圧木が枯損していた。

このように、間伐前に被圧され衰弱していた個体は、間伐することにより幾分環境条件が良くなったとしても、回復が不可能で枯損が生じると考えられる。また、間伐後の立木密度が低いにもかかわらず、被圧木を残す割合の高い P-3 (中径木), P-1 (列状) が、間伐後の立木密度がより高い P-4 (下層) よりも枯損率が高かった。これらのことは、下層木を間伐しないで残す間伐法に対する、ひとつの問題点を示している。

2. 直径成長

間伐後の林分平均直径の変化を Fig. 7 に示す。平均直径は、測定時点での現存生立木についてだけ求めた。よって、枯損木が生じた場合、その枯損木は考慮されていない。間伐後 4 年間の直径成長量は、P-1, P-2, P-3, P-4 それぞれ 1.7, 1.6, 2.1, 1.5 cm であり、P-3 が最も大きかった。

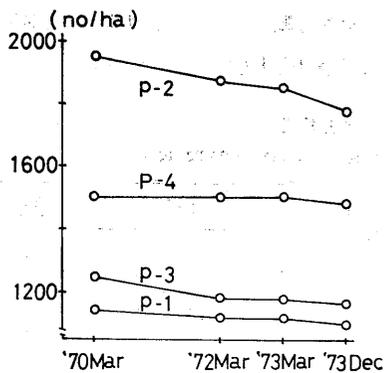


Fig. 6 間伐後の本数変化
Changes of tree numbers after thinning

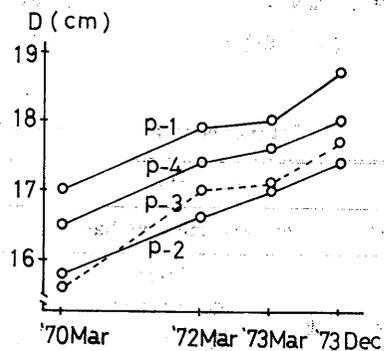


Fig. 7 間伐後の平均胸高直径の変化
Changes of average diameter at breast height after thinning

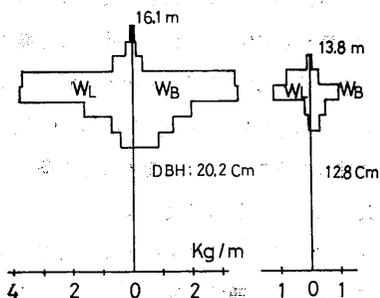


Fig. 8 上層木・下層木の枝葉量の垂直分布

Vertical distribution of the dry weight of branches (W_B) and leaves (W_L) in dominant and suppressed tree.

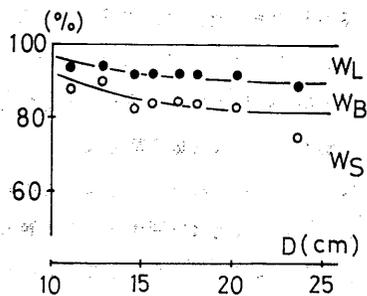


Fig. 9 胸高直径と地上部各器官量の割合

Ratios of dry weight of stems (W_S), branches (W_B) and leaves (W_L) to that of above ground parts per tree related with D. B. H. (D).

列状間伐あるいは中径木を間伐した場合、間伐前に下層木であった個体がどの程度に成長を回復することができるかは、間伐方法を検討する上に重要な点であろう。間伐前に下層木であった個体は、どの程度の枝葉量をどこに保持しているかを見てみると Fig. 8 のようであり、下層木の保持する枝葉量は、上層木の保持する枝葉量の 2 割程度と非常に少ない。また、枝葉量の垂直分布は、上層木に比べ葉層を保持する位置も低く、受光量も制限されていることがうかがわれる。つぎに、地上部量に占める各器官量の割合 (Fig. 9) は、胸高直径が大きいものほど枝葉量の割合も高く、下層木ほど地上部量に占める幹の割合が高いことを示し、直接生産に関与する同化器官である葉量の割合が低く、同化物質を消費する非同化器官の割合が高くなっている。

このように、不利な条件下におかれた下層木が、下層間伐に比べ列状間伐や中径木間伐では間伐されないうで残る割合が高い。下層木が残った場合、その後の成長を検討するため、各試験区で間伐後の個体を直径 19 cm 以上を上層木、16~18 cm を中層木、15 cm 以下を下層木と分けた。各試験区とも、各階層ごとに本数のほぼ 1/3 近くに分けることができた。そこで、間伐後枯損したものは肥大成長量を 0 として、間伐後 4 年間の各階層ごとの肥大成長量を求めた。そして、上層木の肥大成長量に対する中、下層木の肥大成長量の割合と、中層木の肥大成長量に対する下層木の肥大成長量の割合を求め Table 5 に示した。

上層木の肥大成長量に対する中、下層木の肥大成長量の割合が最も高かったのは P-4 で、それぞれ

Table 5. 間伐後 4 年間の直径成長量
Increments of diameter at breast height during four growing seasons after thinning

プロット Plots		P-1	P-2	P-3	P-4
成長量 Increment (cm/4 yr)	上層木 Dominant trees	1.65	1.49	2.10	1.41
	中層木 Intermediate trees	1.48	1.26	1.69	1.30
	下層木 Suppressed trees	0.96	0.52	0.52	0.83
割合 Ratio (%)	中層木/上層木 Int./Dom.	89.7	84.6	80.5	92.2
	下層木/上層木 Sup./Dom.	58.2	34.9	24.8	58.9
	下層木/中層木 Sup./Int.	64.9	41.3	30.8	63.8

92.2, 58.9%であった。ついで P-1 89.7, 58.2%, P-2 84.6, 34.9%で、最も低かったのは P-3 80.5, 24.8%であった。P-3 がこのように小さかったのは、おもに中層木を間伐したため、残った上層木は競争条件を大幅に緩和され、上層木の成長が大きくなったためと考えられる。一方、中層木の肥大成長量に対する下層木の肥大成長量の割合は、P-1 が最も高く 64.9%, ついで P-4 63.8, P-2 41.3, P-3 30.8%の順となっている。これらのことは、列状間伐あるいは中径木間伐を実施して、下層木の受光条件が良くなったとしても、成長は無間伐林分の下層木よりはいくぶん良くなるが、急激に良くなって、上、中層木に追いつくことはないことを示している。すでに只木・四手井¹⁵⁾は、アカマツ模型林分で間伐方法を違えた処理を行ない、個体順位変動を調査し、間伐をして密度を減らすことは競争の度合いを緩和することになるが、成長の順位を変えることはなく、間伐前に良い成長をした個体は、間伐によりいっそう良い成長を続け、成長の悪かった個体は、成長を回復する機会が与えられるとしても、順位が変わるほど良くなることはないという結果を得ている。

3. 幹 成 長

間伐後 4 年間の幹現存量の変化を、前に述べたように間伐後の毎木調査の結果と(1), (2)式によって求めた。幹現存量の変化を Table 6 (幹材積), Fig. 10 (幹重) に示した。ここでの幹現存量は、枯損したものは考慮せず、生立木についてだけ計上したものである。間伐後 2 年間の幹増加量は、P-4 が最も大きく、ついで P-3, P-2, P-1 の順であった。また、間伐後 3, 4 年めの増加量は、P-4 が最も大きく、ついで P-1, P-3 がほぼ等しく、最も小さかったのは P-2 であった。P-2 では、4 年めの成長量がマイナスになっているが、これは試験区内に枯損が生じたためで、成長量よりも枯損量が大きかったことによる。

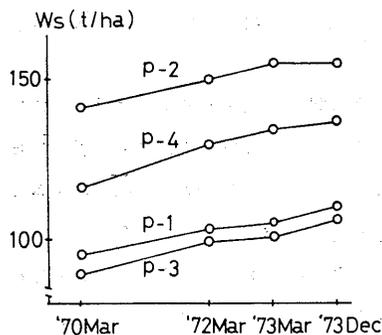


Fig. 10 間伐後の幹現存量の変化
Changes of stem weight after thinning.

間伐後 4 年間の ha あたり幹材積、幹量の増加量は、P-4 が最も大きくそれぞれ 43.7 m³, 20.0 トン、ついで P-3 36.4 m³, 16.8 トン、P-1 32.4 m³, 14.8 トン、最も小さかったのは P-2 の 30.1 m³, 13.7 トンであった。

つぎに、間伐直前の幹材積で間伐後 4 年間の幹材積増加量を除して求めた幹材積増加率は、P-4 が最も高く、13.9%, ついで P-3 12.1, P-1 10.9, 最も低いのは P-2 の 9.9% であった。

間伐の度合いと幹材積総収穫量の関係について只木・四手井¹⁶⁾はスギ、只木¹⁷⁾はアカマツで相対密度を用いて、間伐様式を変えた計算を行ない、安藤¹⁾はスギ、ヒノキ、アカマツ、

Table 6. 間伐後の幹材積の変化 (m³/ha)
Changes of stem volumes after thinning

プロット Plots	P-1	P-2	P-3	P-4
'70. 3	205.1	304.3	193.0	251.2
'72. 3	223.2	323.1	215.3	279.9
'73. 3	226.6	334.7	219.5	289.4
'73.12	237.5	334.4	229.4	294.9
幹材積増加量 Increment (m ³ /4 yr)	32.4	30.1	36.4	43.7

カラマツの密度管理図を作成し、平均収量比数を用いた間伐モデルの計算から、一般の施業として実行される程度の間伐では、幹材積の総収穫量には大差がないことを認めている。

今回の調査は、4年間という短期間の結果であるが、間伐後の幹増加量および間伐直前からの幹材積増加率とも P-4 が最も大きく、最も小さかったのは P-2 であった。

このように、P-4 の成長量が最も大きかった原因は、間伐後の立木密度が他の間伐区に比べやや高かったことが考えられる。そのうえ、前述したように間伐されずに残った個体に、枯死するような劣勢木がほとんどなかったこともあげられる。また、上層木の成長に対する中、下層木の成長量の割合も、他に比べ高かったことなどによると考えられる。

P-4 について大きかった P-3 は、おもに林分の中径木を中心に間伐したため、間伐されずに残った上層木の成長が非常に大きかったことによると考えられる。しかし、上層木の成長に比べ中、下層木の成長割合は、他の試験区に比べ最も低く、上層木と中、下層木の成長差が著しく、将来に対する下層木への期待はできそうにない。

P-1 は、P-3 と同様に下層木が間伐されずに残ったが、立木密度がやや低かったこともあって上層木の成長に対する中、下層木の成長割合は、P-4 とほぼ同じであった。しかし、ヒノキ林分のなかでは比較的成長の良い林分であったとはいえ、間伐列は間伐後4年経過した現在も閉鎖回復しておらず、林分内にむだな空間が生じたため、成長量が低くなったと考えられる。

最も成長量の低かった P-2 は、無間伐で立木密度が高く、4年間の枯損率も 9.3% と高かった。また、ここでの幹現存量の計算は、枯損木を切り捨てて、生立木についてだけ求めたことも影響している。

V 検 討

間伐の主目的は林分の保育であり、間伐後の林分成長の促進、林分を健全にすることによる諸害に対する抵抗力の増加があげられる。また、間伐により伐期までに枯死するような個体が利用でき、早期の間伐収穫をあげることであろう。

このような間伐目的から列状間伐を考えた場合、列状間伐をしても、成長の決して良くない下層木が残る。間伐されずに残った下層木の間伐後の成長が良くなれば問題はないが、実際には、間伐後4年間の下層木の肥大成長量は、上、中層木の肥大成長量の約 60%、65% 程度で、無間伐区よりは成長が良くなる。しかし、間伐して受光状態が良くなったからといって、急激に成長が旺盛になることはない。したがって、間伐前に下層木であったものは、間伐後も下層木であり、きわめて成長の悪かった個体は間伐後でも枯死する。

また、この試験地のように成長の良いヒノキ林分であっても、間伐列は、間伐後4年経過した現在も閉鎖回復しておらず、間伐により林地に無駄な空間が生じ、それが長期間続くことがある。これらの結果、林分成長の低下が生じると考えられる。

間伐による林分の質的な向上も当然考えられる。列状間伐は、本来は間伐対照木となるべき形質不良木も、本数間伐率と同じ割合でしか間伐されずに残る。その結果、品質の不ぞろいな林分を保育することになり、林分に対する将来の期待は小さくなる。

列状間伐は下層間伐に比較し、上記のような欠点があるものの、間伐木は下層間伐に比べ林分の直径分布に比例するように間伐されるため、大径木も間伐対照木となりうる。そして、間伐に際し、間伐作業が

画一的になり作業の標準化が可能で、機械力の導入が行なわれやすい。これらの結果、間伐収穫は下層間伐に比べ大きくなる利点がある。また、無間伐と比較しても、この試験地自体がかなり間伐手おくれ林分で、このように枯損が生じているような高密度林分では、間伐しないよりは列状間伐、中径木間伐いずれでも間伐するほうが良い結果となろう。

この試験では、下層間伐に比較し列状間伐を実行した試験区が、間伐後の成長が悪い結果となった。一方、Saroo *et al.*¹²⁾は、16年生スギ林分で列状間伐を実行し、間伐後2年間の断面積成長量は、下層間伐と比べ差がなかったことを認めている。このスギ林分は、間伐後2年間の断面積成長率が17~27%で、今回のヒノキ林分の間伐後4年間の幹材積成長率9~16%に比べ、成長の良い林分であった。このように、林分成長の良否により間伐結果が異なると考えられる。

VI まとめと意見

一定面積上に生育する個体数が多いほど、個体間の競争は激しいが、単位面積上に存在する植物量は多くなる。与えられた生産目標に応じて生育段階ごとにもっとも能率よく、最高の生産をあげうる生育密度を決定しその密度を実現することは重要なことで、これが、林業の場合、間伐と呼ばれる保育技術である。

よく閉鎖した森林の単位面積あたりの葉量は、立木密度にかかわらず樹種によってほぼ一定である。立木密度を減少させること、すなわち間伐することは、生育段階に応じてその一定量の葉を残された個体に再配分することであり、各個体の生産には、その葉量と、その葉が存在する樹冠の配列が重要な意味をもつ。さらに、良質の幹材を生産するためには、健全な幹形の良い林木で林分が構成されていなければならない。これは主として、不良木・有害木除去と林冠の調節によるほかはなく、間伐の目的もじつにここにあるといえよう。

造林木の生育が進んで個体間に干渉が起ると個体相互に抑制しあっても成長が衰えることもあるが、一般には当初の個体の大きさが等しくても、生育が進むにつれて、個体の成長率の少しのちがいが、個体間の差を複利的に大きくし、いったん上層となって優位を占めた個体はつねに優位性を保って、劣位の個体に追い越されることはない。したがって、個体量の度数分布は、モードが低い階級にかたよった型—L型になる。このL型化は立木密度が高いほど著しく、L型化が著しいほど自然枯死は起こりやすい。ここで、林木の成長経過に注目して、その成長にもなって隣接木との距離を適当に広げてやる必要が生じる。つまり、人為的に立木密度を低くして、可能なかぎり個体間の競争を緩和し、一方、被圧されて枯死に至りそうな個体も伐採することによって収穫として計上することが間伐なのである。

近年、間伐材の売れ行き不振が間伐意欲を減退させている傾向がある。しかし、間伐というものは、主伐木の成長と品質向上のために不可欠の手段である。単に間伐という行為の中での収支を考えるのではなくて、主伐木の質の向上や、林分の諸害に対する危険防止などの間伐の意義と効果を考えに入れて収支得失を考えるべきで、この意味では、間伐は下刈りやつる切りと同様の保育投資だと割り切る態度が時には必要であろう。

一般に、間伐によっては下層木・小径木ほど伐採される率が高いものであるが、目的径級に限る間伐、なすび切り、列状間伐などの間伐法では部分的に林冠の閉鎖が大きく破られ、普通の間伐より閉鎖回復に時間がかかることが共通している。これは、林分成長にとって大きな損失を招く。これらについて、具

体的なデータは少ないが、林冠層を構成する大個体のみをくり返し収穫したり、何本おきといったふうに機械的に間伐木を決めたりする間伐法によって、主間伐合計量は下層間伐あるいは無間伐よりも下まわることが認められる。

列状間伐については、トラクタなどの林内進入が可能となり間伐材搬出が容易となる。間伐木選木の必要がない、径級の大きいものも均等に伐採されるので間伐収支が有利となる、などが利点としてあげられているが、これらは、はたして利点であろうか。

間伐材搬出路としての列状伐採はたしかに有利かもしれないが、列が多ければ多いほどトラクタなどの機械による林床の破壊、とくに、踏圧と下層植生の破壊による土壌悪化は激しくなり、これは決して好ましいことではない。選木の手間が省けるとするのは、じつに間伐の本質を忘れた論議である。選木を欠くことによって、林内に不健全木、不良木、有害木が残存し、主伐時に品質の低下が生じることとなり、残された木（主伐木）を良くするために行なうという間伐本来の目的に合致しない。選木の手間をかけることは、選抜の効果もあることを忘れてはならないであろう。この意味からいえば、列状間伐は選木の必要のない林分、たとえば、クローン、クローンコンプレックスのような大きさのそろった個体で構成され、個体間の品質に差の少ないような造林地、のみで有効といってもよいのではないだろうか。そのほか、閉鎖回復がおくれること、この間風雪害などの害をうけやすくなることなども、造林学的見地からみて欠点が多い。

したがって、列状間伐を行なうとしても、間伐列は最低限の搬出路として考え、なるべく間伐列数を少なくし、間伐列間の残存木帯には従来どおりの間伐を行なう。その残存木帯の植栽列数は間伐列までの材の引き出し（横取り）可能な程度の幅で決めるというような配慮が必要であろう。たとえば、本数で33%の間伐を行なうとしても、2列残存1列伐採というふうに行なうのではなくて、10列残存1列伐採（9%）し、残存10列について、残り24%を選木間伐するという方法などである。

要は、列状伐採をできるだけ避けて必要最低限とすることである。便宜だけの問題で、間伐の本質が失われては無意味だからである。

文 献

- 1) 安藤 貴：同齡単純林の密度管理に関する生態学的研究，林試研報，210，1～153，（1968）
- 2) 蜂屋欣二・棚秋一延：アカマツ林の枝の生長について，77回日林講集，209～211，（1966）
- 3) 原田 洸・佐藤久男・堀田 庸・只木良也：28年生スギ林およびヒノキ林の養分含有量，日林誌，51，125～133，（1969）
- 4) KARIZUMI, N.: The mechanism and function of tree root in the process of forest production I. Method of investigation and estimation of the root biomass. Bull. Gov. For. Exp. Sta., Tokyo, 259, 1～99, (1974)
- 5) MORIKAWA, Y.: Daily transpiration of a 14-year-old *Chamaecyparis obtusa* stand. J. Jap. For. Soc., 53, 337～339, (1971)
- 6) 長井恒雄・矢島龍信：機械力による間伐作業，昭和47年度国有林技研発集，スリーエム研究会，96～115，（1973）
- 7) 斎藤秀樹・菅 誠・四手井綱英：小径木間伐に関する研究（I）第1回間伐前後の林況の変化について，京大演報，38，50～67，（1966）
- 8) ————：森林のリターフォール量の推定に関する研究，（1972）

- 9) 佐々木 功：三菱林内作業車 FT 2 による全幹集材作業実績，森林利用研究会討論資料，67，2，(1967)
- 10) 坂口勝美：間伐の本質に関する研究，林試研報，131，1～95，(1961)
- 11) 佐藤大七郎・扇田正二：林分生長論資料 4．わかいヒノキの人工林における葉の量と生長量の関係，東大演報，54，71～100，(1958)
- 12) SATO, T., T. MOROTO and R. USHIYAMA: A line-thinning experiment of a plantation of *Cryptomeria japonica*: growth and snow damage. J. Jap. For. Soc., 53, 72～76, (1971)
- 13) 静岡営林署：林内トラクターによる列状間伐の試験，林野庁業務課，技術開発情報，10，41～43，(1973)
- 14) 只木良也・四手井綱英：材積生産構造図(仮称)の提案，70 回日林講集，294～295，(1960)
- 15) ————・—————：林木の競争に関する研究 (IV) 生長にともなう林分内の個体順位の変動，日林誌，44，203～212，(1962)
- 16) ————・—————：数量的間伐に関する生態学的研究，京大演報，34，1～31，(1963)
- 17) ————：競争密度効果式を用いて検討した間伐と幹材積収穫との関係，—アカマツの場合—，林試研報，166，1～22，(1964)
- 18) TADAKI, Y.: Some discussions on the leaf biomass of forest stands and trees. Bull. Gov. For. Exp. Sta., Tokyo, 184, 135～161, (1966)
- 19) 只木良也・尾方信夫・長友安男・吉田武彦：森林の生産構造に関する研究 (X) 無間伐の 45 年生ヒノキ林の生産力，日林誌，48，387～393，(1966)
- 20) ————・香川照雄：森林の生産構造に関する研究 (XIII) コジイほか 2, 3 の常緑樹林における落葉枝量の季節変化，日林誌，50，7～13，(1968)
- 21) 寺崎 渡：落葉松ノ間伐，林試報，2，97～176，(1905)
- 22) 山倉拓夫・斉藤秀樹・四手井綱英：ヒノキ人工林の物質生産の検討，京大演報，43，106～123，(1972)
- 23) 四大学および信大合同調査班：森林の生産力に関する研究，第 III 報 スギ人工林の物質生産について，日林協育林技術研究会，(1966)
- 24) 湯浅保雄・伊藤悦夫：天龍地方ヒノキ林の生産力，77 回日林講集，220～222，(1966)

**Thinning Experiment on 30-year-old Plantation
of *Chamaecyparis obtusa***

—In reference to line-thinning—

IKUO TAKEUCHI⁽¹⁾, Yoshiya TADAKI⁽²⁾, Kinji HATIYA, Teruhiko KAWAHARA⁽⁴⁾
and Akira SATO⁽⁵⁾

Summary

This work was carried out to study a silvicultural thinning problem specially related to line-thinning, in a 30-year-old plantation of *Chamaecyparis obtusa*.

Leaf biomass of the area just before thinning was estimated at 13~14 ton/ha, which indicated the normal value for a *Chamaecyparis obtusa* forest. Annual increment of stems was 14~15 m³/ha (6.3~6.7 ton/ha) and annual net production of stand was 14~15 ton/ha (Table 3, 4).

The thinning treatments were as follows:

P-1: Line-thinning (Cutting down on every third row of planted trees). Degree of thinning was 35.7% in tree number and 31.0% in stem volume.

P-2: Non-thinning (control stand)

P-3: Thinning of trees having D. B. H. around 15 cm, which was the mean diameter in this stand. The purpose of this thinning was to get materials utilized as pillars. Degree of thinning was 40.6% in tree number and in stem volume was 35.8%.

P-4: Ordinary low thinning. Degree of thinning was 33.7% in tree number and 19.9% in stem volume.

In the thinning of P-1 and P-3, a considerable number of trees of little worth in quality and suppressed were left unthinned more so than in that of P-4 (Table 2).

The rates of diameter growth of both suppressed and intermediate trees to that of dominant ones during four growing seasons after thinning were highest in P-4. And the growth of suppressed trees was not promoted by thinning rapidly (Table 5).

During four growing seasons after the thinnings, increments of stem volumes were 43.7 m³/ha (20.0 ton/ha), 36.4 m³/ha (16.8 ton/ha), 32.4 m³/ha (14.8 ton/ha) and 30.1 m³/ha (13.7 ton/ha) in P-4, P-3, P-1 and P-2, respectively. The rates of increment of stem volumes were as follows; P-1: 10.9%, P-2: 9.9%, P-3: 12.1% and P-4: 13.9%.

The lowest rate in P-2 may be due to higher density and more dead trees of the plot. At the end of the fourth growing season after the thinning, the crown closure in line-thinning plot was not yet recovered, that is to say, there were more useless spaces in line-thinning plot. Consequently, stem increment in this plot presumable had gone down.

Furthermore, several disagreeable points in line-thinning were discussed.