

西ノ川山国有林におけるヒノキ天然生林の解析

桜井 尚 武⁽¹⁾Shobu SAKURAI : Analysis of Natural Regenerated *Chamaecyparis obtusa* Forest in Nishinokawayama National Forest

要 旨 : この報告では、天然更新のための初期の補助作業や、その後なされる保育作業などが成林後の林分の質的、量的成長にどのような影響を及ぼすかを、壮齡のヒノキ天然生林において、人工林と比較しつつ明らかにすることを主な目的とした。

調査は、高知県安芸営林署管内西ノ川山国有林に1918年に設定されたヒノキ天然更新試験地と、それに隣接する約60年生のヒノキ人工林で行われた。当時の記録によると、この試験地には処理区として上木除去区、上木除去・地掻き区、上木残存区が設けられ、上木残存区は上木の疎密によりさらに2区にわけられた。更新初期には各処理区とも多くの稚樹の発生がみられ、特に上木除去・地掻き区に著しかった。上木を除去した区の稚樹の成長は良好であったが、上木残存区においては、残存上木による庇陰の影響が顕著であった。更新後約60年を経た現在の状態は、上木除去区では林分構成値や材積は、隣接する地位の良いほぼ同齡のヒノキ人工林と良く似た値を示した。一方、上木除去・地掻き区も十分に成林したが極めて過密な林相を呈し、人工林や上木除去区にくらべ全般的に劣っていた。この違いは、上木除去区が人工林に近い保育を受けてきたのに対し、上木除去・地掻き区は更新初期を除き自然状態のまま放置されてきたことによると判断された。上木残存区は両区ともヒノキの総材積は人工林より高い値を示したが、更新樹は残存母樹により強く被圧され、成立密度も低かった。また残された母樹はアバレノキの様相を呈していた。これらのことから、天然更新林分においても、適切な保育管理を施せば人工林に劣らぬ成果が得られるものと結論された。

目 次

I はじめに	73
II 試験地	74
1. 試験地の概要	74
2. 試験地のこれまでの経過	76
III 調査区の設定と調査方法	81
IV 林分構成	82
V 立木、枯死木等の分布	84
VI 更新樹の成長と幹の曲り	88
VII 下層植生	89
VIII むすび	90
IX 摘要	91
引用文献	93
Summary	94

I はじめに

かつて、わが国では MÖLLER の恒続林思想の影響を受け、択伐を主とした天然更新の試みが各地でなされたが、その多くは成功せず、第2次世界大戦を契機として影をひそめてしまった。

近年、大面積皆伐作業法による自然破壊に対する反省や、林業労働力の減少に伴う省力化を検討するという観点から、非皆伐施策が重視され、その一つとしての天然更新に関する研究や試みが、再び、様々な角度から取り上げられるようになった。これらの研究は、かつての失敗の教訓をもとにわが国に適した作業法を確立するため、更新補助作業や発生・定着段階における種子・稚苗の生態、それに関与する環境条件の解析、これらに基づいた保育作業法の検討などが主となっている。

わが国の林業上の重要樹種であるヒノキは、比較的耐陰性が高いため天然更新に向くとされており、この種に対する発生初期段階における研究事例はすでに多く報告されている^{1)~5)8)~12)}。しかし、天然更新により成立した林分の解析事例は、成立の履歴のわかった天然生林が少ないこともあって極めて乏しい¹³⁾¹⁵⁾。天然更新法を確立するためには、初期の更新段階における技術の確立とともに、中・後期における保育過程とその結果として成林した林分の解析を行い、天然更新の得失を検討してゆくことが大切である。

この報告は、このような観点から、天然更新により成立した約60年生のヒノキ天然生林における初期の保育や更新樹の動態、ならびに60年後の現在の状態を解析したものである。

この報告は、ヒノキ天然更新試験として、高知営林局、安芸営林署および林業試験場四国支場が1977年度より共同で実施しているものの一部である。

この報告を取りまとめるにあたり、貴重な資料を提供していただき、また調査遂行上多大な便宜をはかっていただいた安芸営林署ならびに入河内担当区の各位に厚くお礼申し上げます。調査や取りまとめに際し、ご指導、ご助言をいただいた当支場造林研究室長 安藤 貴博士、土壌調査を行っていただいた同土じょう研究室 岩川雄幸技官、調査を手伝っていただいた当支場の各位に厚くお礼申し上げます。また本稿の校閲を賜った四国支場長 森下義郎博士に厚くお礼申し上げます。

II 試 験 地

1. 試験地の概要

ヒノキ天然更新試験地は、高知県安芸市高知営林局 安芸営林署安芸事業区西ノ川山国有林34林班ろ小班で、標高350~600mにわたり、南西から北東に帯状に延びる尾根沿いの区域にあり、その面積は約6.9haである。試験区は、この試験地の標高560mの地点を中心としたところにある。

この試験地に最も近い馬路村魚梁瀬測候所(標高450m)の資料から、試験区との標高差を考慮して0.6°Cを差し引き、1972~1975年の5年間を平均したものとすると、年平均気温は13.6°Cであり、4~10月の月平均気温は各月とも10°Cをこえ、その期間の平均気温は19°Cである。月平均気温は1月の3.9°Cが最も低く、他の月では5°Cを下ることはないが、最低気温の平均では、冬期の1月、2月がそれぞれ-1.6°C、-0.2°Cである。温量指数は105であった。降水量は、この試験地に近い四国電力伊尾木川ダム(標高166m)の1976年までの5年間の平均の資料によれば、年間3,823mmで、4月から9月までの夏半年に降水量の72%が集中している。

安芸営林署に保存されている「扁柏天然生撫育及天然更新試験調査簿」によれば、試験地は1918年10月に設定された。試験地内に区画された試験区の面積は約0.58haで、この内に次に示す4区が設けられた。すなわち、上木を除去した側方下種更新地としてI区(0.20ha)、IV区(0.13ha)、上木を母樹として残した上方下種更新地としてII区(0.10ha)、III区(0.15ha)である。なお、試験地設定時に、稚樹のみられなかったIV区には、地拵え後、等高線沿いに、1.8mおきに3.6m幅の地掻きが施された(Fig. 1)。

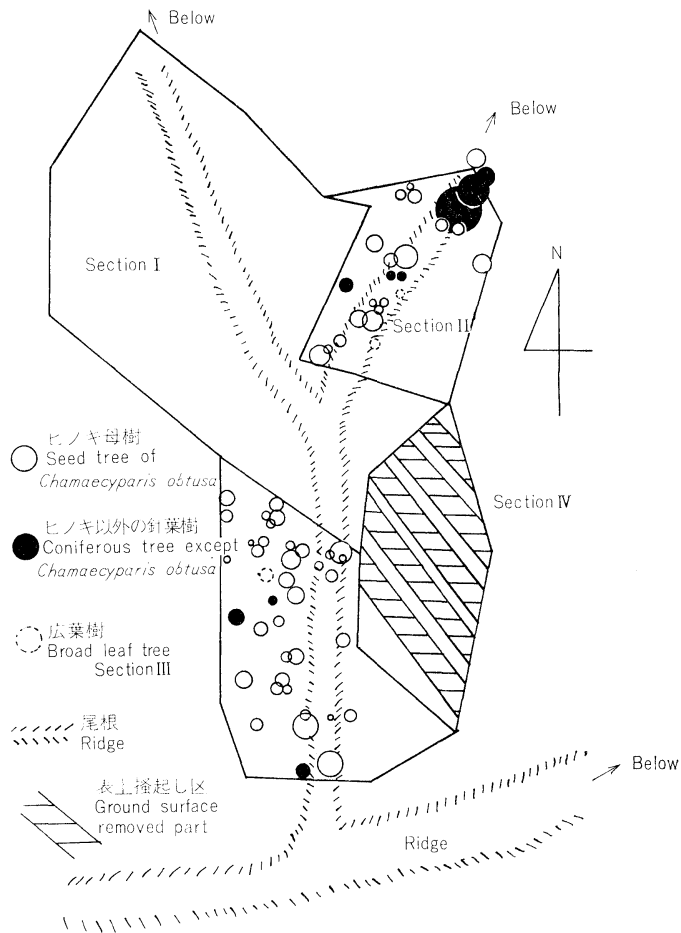


Fig. 1 試験地の見取図
Experimental stand established in 1918.
Source : Record of Aki District Forest Office (1918)

各区とも北東から西に向って開けた斜面にあり、傾斜は比較的急である。I区は支尾根から派生したややゆるやかな小尾根上にあり、II・III区は一部支尾根を含み、IV区は支尾根脇のやや凹状の山腹上部にあり、人工林プロット（PC）は山腹中部にある。なお、PCはこの天然更新試験の対照区として、この試験地に隣接するほぼ同齢のヒノキ人工林に1977年に設定された区で、詳細は後述する。

1977年に行った土壌調査の結果と地形の概況をTable 1に示す。上木除去区のI区とIV区の土壌型はともにBc型であるがIV区の1部にはBo(d)型土壌が出現し、堆積様式も上木残存区とは違っていた。上木残存区のII区はBc型、III区はB_B型を示したが、両区ともそれぞれB_B型、Bc型の土壌を含み、土壌型の上では大きな違いはないといえるが、III区の土壌のほうが若干浅いようであった。各区とも、毎木調査を行った後に土壌調査を行ったため、地表面がかく乱されており、A₀層の調査は十分にできなかったが、落葉の分解は概して良いと認められた。

Table 1. 試 験 地,
Description of the site conditions

Section (ha)	Plot (m ²)	土壌型 Soil type	母 材 Parent material	堆積様式 Mode of deposit	方位, 傾斜 Direction, slope	地 形 Topo- graphy	層 位 Horizon	層 厚 Thick- ness (cm)	土 色 Color
Section I (0.20)	P I (400)	Bc	Sand stone	Residual soil	N43°W 21°	Slope near small ridge	A	5	10YR4/4
							B ₁	5	10YR5/4
							B ₂	25	10YR5/8
							B ₃	30	10YR5/6
Section II (0.10)	P II (337.5)	Bc	Sand stone	Residual soil	N62°E 27°	Slope near small ridge	A	9	10YR3.5/4
							B ₁	21	10YR6/5
							B ₂	20	10YR6/6
							B-C	20	10YR6/8
Section III (0.15)	P III (400)	B _B	Sand stone	Residual soil	W 30°	Slope near small ridge	A	2	10YR2/3
							B ₁	8	10YR5/6
							B ₂	20	10YR5/4
Section IV (0.13)	P IV (300)	Bc	Sand stone	Creeping soil	N45°E 27°	Upper part of mountain slope	A	5	7.5YR3/4
							B ₁	10	7.5YR5/4
							B ₂	8	7.5YR5/8
							B ₃	38	7.5YR5.5/8
Arti- ficial forest	PC (570)	B _B (d)	Sand stone	Creeping soil	N 3°E 35°	Middle part of mountain slope	A ₁	8	7.5YR3/3
							A ₂	8	7.5YR4/3
							B ₁	18	10YR6/6
							B ₂	16	10YR7/6

* : 1 : Soil aggregates bound densely and firmly (軟), 2 : Soil aggregates bound compactly (堅).

2. 試験地のこれまでの経過

前述した「扁柏天然生撫育及天然更新試験調査簿」により、この試験地の初期の状態がわかる。この調査簿は公開されていないが、その一部は既に菌部¹⁵⁾と筆者ら¹⁸⁾により報告されている。以下、これらをもとに、この試験地の初期の状態を述べる。なお、密度は特に断わらない限り ha あたりの値で示した。また、柳沢¹⁸⁾の定義にしたがって、当年生稚樹をメバエと呼ぶことにした。

試験地設定時の上木残存区(Ⅱ区, Ⅲ区)の残存木の構成を Table 2 に示す。両区ともヒノキが主で、他にツガなどの針葉樹やシイ、ナラなどの広葉樹が混交していた。断面積合計はⅡ区が大きいものの、本数密度はⅢ区のほうが高い。試験地設定後に施された作業を Table 3 に、行われた調査を Table 4 に示す。調査簿に記録されている保育作業としての雑草木刈り払いは6回で、1920年と1921年には夏秋の2回行われた。菌部¹⁵⁾は除伐が1回行われたことを記しているが、その時期や内容はわからない。このように、更新初期にはいい保育作業が行われたため、上木を除去し、刈り払いのみを行った所では、ススキや常緑広葉樹を主とした雑草木が繁茂したものの稚樹の成長は良好で、特にⅠ区の尾根筋のススキの少ない所に発生した稚樹は、下刈りの行われなかった1921~1925年の間にも良好な成長を示した。地掻きを行った所は稚樹が高密度に発生し、雑草木の侵入は極めて少なく、1925年の調査でも、一部林床が裸地状のままであった所もみられた。また、稚樹は細長であるが良好な成長をしていたという。一方、

標準地の概要
of experimental sections and plots

腐植 Humus	石礫 Gravel content	土性 Texture	構造 Structure	堅密度 Com- pact- ness*	水湿 Moist- ure	根 Root	備考 Remarks
Abundant	Occasional	Loam	Nutty	1	Moist	Abundant	
Occasional	Occasional	Loam	Nutty	2	Wet	Abundant	
Occasional	Frequent	Loam	Nutty	2	Wet	Frequent	
Occasional	Abundant	Loam	Massive	1	Wet		
Frequent	Occasional	Clay loam	Nutty	1	Moist	Occasional	Soil type near ridge is Bb.
Abundant	Frequent	Clay	Nutty	1	Wet	Occasional	
Abundant	Frequent	Clay	Massive	1	Wet	Frequent	
Abundant	Frequent	Clay	Massive	1	Wet		
Abundant	Occasional	Clay	Nutty	2	Moist	Abundant	Soil type below the slope is Bc.
Occasional	Frequent	Loam	Nutty	2	Wet	Frequent	
Occasional	Abundant	Loam	Nutty	2	Wet	Frequent	
Abundant	Occasional	Clay	Nutty	1	Wet	Abundant	Soil type below the slope is Bb(d).
Occasional	Occasional	Clay	Nutty	2	Wet	Abundant	
Occasional	Frequent	Clay loam	Massive	1	Wet	Frequent	
Occasional	Frequent	Clay	Massive	2	Wet	Frequent	
Abundant	Frequent	Loam	Nutty	1	Moist	Occasional	Soil type below the slope is Bb.
Frequent	Frequent	Loam	Nutty	2	Wet	Frequent	
Occasional	Abundant	Clay loam	Nutty	1	Wet	Frequent	
Occasional	Abundant	Clay loam	Nutty	1	Wet		

Table 2. 残存上木の構成*

General description of seed trees in the seed trees left
stand in 1918

	II・III区の 平均樹高 Mean height of section II & III (m)	Section II			Section III		
		平均直径 Mean D. B. H. (cm)	断面積計 Basal area (m ² /ha)	密度 Density (No./ha)	平均直径 Mean D. B. H. (cm)	断面積計 Basal area (m ² /ha)	密度 Density (No./ha)
ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>	12.0	20.5	6.3	161	19.5	8.4	235
ツガ <i>Tsuga sieboldii</i>	12.4	33.3	5.0	40	16.7	0.3	13
モミ <i>Abies firma</i>	12.7	21.2	0.4	10			0
イヌマキ <i>Podocarpus macrophyllus</i>	10.9			0	24.2	0.3	7
シイ・カシ類 <i>Quercus</i> spp. & <i>Castanopsis</i> spp.		13.6	0.3	20	21.2	0.2	7
Total			12.0	231		9.2	262

*: 安芸営林署資料より。By record of Aki District Forest Office.

Table 3. 保育作業等実行内容
Records of tendings

Date	実行内容	Tendings performed
1918. 10	試験地設定	Establishing the experimental stand.
	地拵え	Preparation.
	地掻き	Ground surface removing.
1919. 8	雑草刈払い	Brush cutting and weeding.
1920. 6	同上	Same as above.
1920. 9 ~ 10	同上	Same as above.
1921. 7	同上	Same as above.
1921. 11	同上	Same as above.
1925. ?	同上	Same as above.
?*	除伐	Improvement cutting.

*: 蘭部¹⁵⁾による。By SONOBE¹⁵⁾.

Table 4. これまでに行われた調査
Investigations of the experimental stand

Date	調査項目	Item of investigation	調査者
			Investigator
1918. 12. 15	母樹および稚樹の密度, 地表面の状態	Density of seed trees and seedlings. Condition of ground surface.	長谷川 信彦
1919. 5. 4	稚樹の成長, 地表面の状態	Growth of seedlings. Condition of ground surface.	長谷川 信彦
1919. 8. 19	稚樹密度	Density of seedlings.	長谷川 信彦 江川 喜代吉
1919. 12. 21	地表面の状態, 母樹の状態	Condition of ground surface and seed trees.	長谷川 信彦
1920. 6. 19	稚樹齢と密度	Age and density of seedlings.	長谷川 信彦 川上 真澄
1920. 10. 23	同上	Same as above.	野路 策三 江川 喜代吉
1923. 11. 25	稚樹密度と成長, 地表面の状態	Density of seedlings. Growth of seedlings and condition of ground surface.	藤井 三郎
1924. 10.	同上	Same as above.	鳥井 義忠
1925. 11.	同上	Same as above.	鳥井 義忠
1938. 9.	更新開始 20 年後の試験成績調査	Investigation to the results of the experiment 20 years after beginning of regeneration.	蘭部 正敏
1975.	成長調査	Investigation of the growth.	安芸 営林署
1976. 11.	現存量と一次生産	Measurement of biomass and primary production.	桜井 尚武 大野 和人

Table 5. 発生年度別稚樹密度の推移
The change of the density of seedlings in each germinated year from 1918 to 1920

(No./ha)

調査年月 The date of investigation	試験区 Section	発生年 Germinated year				Total
		Before 1917	1918	1919	1920	
1918. 12.	Section I	10,380	8,000			18,380
	Section II, III	4,990	2,380			7,370
1919. 8.	Section I	10,140	7,090	38,330		55,560
	Section II, III	4,750	1,740	22,380		28,870
1920. 12.	Section I	5,360	6,950	13,430	10,990	36,730
	Section II, III	4,010	5,840	11,750	10,930	32,500

Table 6. 稚樹密度の推移
The change of the density of seedlings from 1918 to 1938

(No./ha)

Section & Date	1918.12.	1919. 8.	1920.12.	1923.11.	1925.11.	1938**
Section I	18,300 (8,000)	55,500 (38,300)	36,700 (11,000)	(27,300)	75,800 (18,200)	9,180***
Section II	7,400* (2,400)*	28,900* (22,400)*	32,600* (11,000)*		87,900 (51,500)	5,840***
Section III					97,000 (72,700)	2,147***
Section IV			54,000	(66,900)	64,000 (16,000)	10,342***
Ground surface removed parts				(100,000)	136,300 (30,300)	
Ground surface left parts				(51,500)	30,000 (9,000)	

* II区, III区の平均密度。Mean density between Section II and Section III.

** 蘭部¹⁵⁾による。Data of SONOBE¹⁵⁾。

*** D.B.H. 2cm 以上の更新樹の密度。Number of above 2cm in D.B.H.

() メノバエ。0~1 year old seedlings.

Table 7. 樹高階別稚樹密度
Density of seedlings per height class in 1925

(No./ha)

Plot	Below 60cm	60cm~150cm	Above 150cm	Total
Section I	39,400 (52)	27,300 (36)	9,100 (12)	75,800 (100)
Section II	60,600 (69)	21,100 (24)	6,200 (7)	87,900 (100)
Section III	78,300 (81)	15,500 (16)	2,900 (3)	96,700 (100)
Section IV	26,500 (42)	29,900 (47)	6,700 (11)	63,100 (100)
地掻き部分 Ground surface removed part	51,000 (38)	68,400 (51)	14,800 (11)	134,200 (100)
雑草木刈払い部分 Ground surface left part	15,200 (50)	12,100 (40)	3,000 (10)	30,300 (100)

() Per cent.

上木残存区では、雑草木、特にススキの発生が少なく、常緑広葉樹の萌芽が目立ったという。稚樹の成長は、発生初期においては悪くなかったが、1923年には被圧されていると述べられ、翌年の記録では生育不良で密度も低いと記され、上木による被陰の影響が極めて強くなっていったことがうかがわれる。林床は、上木除去区では腐植が集積し、植生が定着しているなど安定していたのに対し、上木残存区では大部分が裸地化していて、表土の流出も認められた。

1918～1920年の発生年度別稚樹密度の推移を Table 5 に、1918～1938年の稚樹密度の推移を Table 6 に、1925年時の樹高階別稚樹密度を Table 7 に示す。Table 6 の1920年以前と1925年のⅡ・Ⅲ区のメバエの密度に大きな違いがみられるが、1920年以前は試験区全体の稚樹数を数えており、1923年と1925年については 3.3 m^2 (1坪)あたりの数を数えていることが調査簿から推察されるので、この調査法の違いが両者の稚樹密度、特にメバエの密度の違いに反映されていると思われる。

すでに報告されている¹³⁾¹⁵⁾ように、試験地を設定した1918年はヒノキの豊作年であった。翌1919年は、発芽に好適な天候に恵まれたこともあって、Ⅳ区の地掻き部分には5月に $200\text{本}/3.3\text{ m}^2$ (haあたり約60万本)のメバエがみられたが、他区にはごくわずかししか発生していなかったという。しかし、同年8月の調査ではⅠ区で約38,000本、Ⅱ・Ⅲ区で約22,000本のメバエが数えられた。これらのメバエは、翌年末の調査までにⅠ区で65%、Ⅱ・Ⅲ区で47%が消失している。一方、試験地設定以前にすでにあった1917年以前に発生したとされる稚樹は、1918年から1920年までの間にⅠ区で48%、Ⅱ・Ⅲ区で20%が消失しており、ともに上木除去区での消失率が高い。

Table 6 から各年度における稚樹密度をみると、試験地設定以後の最初の3年間は、上木除去区のⅠ区のほうが、上木残存区のⅡ・Ⅲ区より高い値を示している。上木除去・地掻き区のⅣ区の稚樹密度は、1920年以降の分についてしか示されていないが、いずれの年も他区より高い密度を示しており、特に地掻き部分に著しい。1925年の記録では、メバエを除いた稚樹密度は上木除去区のⅠ・Ⅳ区が、上木残存区のⅡ・Ⅲ区の倍以上の値を示し、特にⅣ区の地掻きを施した部分は約10万本の密度を示した。一方、同年のメバエの密度は上木残存区のほうが、上木除去区より2～3倍高い。これは、更新初期においては、上木除去区は上木残存区よりメバエや稚樹の消失率は高かったが、定着した量も多く、その後被圧されて枯死する個体がより少なく、この傾向は地掻き部分でより顕著であったことを示すものと考えられる。また、1925年における上木除去区と上木残存区のメバエの密度の差は、この時点における更新樹による閉鎖度合の差を示しているものと考えられる。

Table 7 は、上木残存区には上木除去区とくらべて大きい稚樹が少なく、小さい稚樹の占める割合が高いことを示している。すなわち、上木が残された区では、残存上木が更新樹の成長にマイナスの効果を与えており、それがこの時期には、はっきりあらわれてきたといえる。Table 7 のⅣ区以外の区の150 cm以上の稚樹密度と Table 6 に示した1938年の菌部¹⁵⁾の調査時の更新樹の密度とが良く似た値を示した。もちろん両調査区の位置や広さは同じではないと思われるので、直接比較するわけにはゆかないが、この1925年時における樹高150 cm以上の稚樹が、1938年時の更新樹の主な部分を占めていることが示唆される。この時期のⅣ区の150 cm以上の稚樹密度は1938年時の密度よりかなり低い。これは過密のため他区より成長が遅れているためであろうと思われる。

1975年に行われた安芸宮林署による調査は、6.9 haの試験地の全域にわたるもので、その結果は、haあたり、ヒノキ母樹46本・ 101.7 m^3 、ヒノキ更新樹1,146本・ 256.4 m^3 、アカマツ22本・ 28.3 m^3 、モ

ミ7本・14.4 m³、ツガ14本・17.9 m³、イヌマキ1本・1.5 m³で合計1,235本・420.1 m³であった。

現在の試験地 6.9 ha の境界は、1975年の調査の際再区画されたものだが、それまでは試験地とそれにつづく人工林との境界が不明瞭であった。そのため、再区画以前になされたという人工林に対する高齢級間伐の際、試験地にも同時に間伐がなされたと思われる伐根が多数みられた。この間伐実施時期については、営林署での調査によっても正確な記録がないが、昭和40年代に行われたと推定された。

III 調査区の設定と調査方法

1918年に設定された試験地の、各処理区の区画は現在ではほとんどわからない。そこで今回の調査に際しては、試験調査簿に記録されている区画の見取図や、その中に示されている残存立木の配置をもとにして、明らかにI～IV区内とみられる所に標準プロットP I～P IVを設定した。

この試験地の北側に隣接する34林班の小班は、1918年に皆伐され、1919年と1920年にヒノキが植栽されたもので、試験地内の更新樹とほぼ同齢のヒノキ人工林地である。天然更新地と造林地との成長比較のため、この造林地内に約0.05 haの標準プロットP Cを設けた。

P I～P IV、P Cの各プロット内の立木については、樹高と胸高直径（地上1.2 mの位置）を毎木調査した。材積は、高知営林局使用の幹材積表を用いて求めた。ただし、調査区内のイヌマキの材積は、この幹材積表のツガ用のものを用いて求めた。

立木などの分布を検討するために、P I～P IVの天然生林プロットについて立木などの位置図を作製した。位置図には次の項目を記録した。

1) 樹種名

2) ヒノキの母樹と更新樹：この区分は、後に述べるように、伐倒して得た試料木から、母樹と更新樹では樹形、特に枝張りや枝の太さ、枝下高などが著しく異なっていることがわかったので、これを目安に行った。

3) 新枯死木と古枯死木：枯死木は腐朽が進んだものや、年輪幅の極めて狭いものが多かったため、枯死時期の推定ができなかった。そこで便宜上、外見的に樹皮が付着していて腐朽がそれほど進んでいないとみられたものを新枯死木、腐朽が進み心材部だけが残っているものや、根部のみが認められるものを古枯死木とした。

4) 間伐根：前述した昭和40年代に行われた間伐によると思われるものを間伐根とした。

下層植生はP I、P IVについて、樹高が1.2 m以上のもの（下層植生）については毎木調査を、1.2 m未満のもの（林床植生）については種別にブラウン・ブランケの全推定法による総合優占度調査を2.5 m×2.5 mの小区画に区切って、すべての小区画について行った。後に、P IV内で平均的な小区画6個を全刈りし、下層植生と林床植生とに区分した後、それぞれ同化部（葉）と非同化部（幹、枝）を層別にわけておのおの乾重を求めた。これをもとにして、下層植生については断面積比推定法により、林床植生については総合優占度に応じて比例配分し、P I、P IVそれぞれの下層植生層の現存量を推定した。上木残存区については、P IIIにおいて4.5 m×5 mの方形区を設けて全刈りし、P IVの場合と同様に乾重を求めた。

更新樹の成長解析を行うため、上木除去区については前報¹³⁾で報告したP I、P IVそれぞれの8本ずつの試料木の平均樹高を用い、上木残存区では異なった直径を有するヒノキ4本を伐倒し、それらについて樹高曲線をそれぞれ求めた。

これらの調査のうち P I, P IVの毎木調査, 下層植生調査, 立木等の位置図作製を1976年10月, P I, P IVの成長解析木伐倒とP IVの下層植生刈り取りを同11月, P II, P III, P Cの毎木調査を1977年6月, P IIIの下層植生刈り取りとP II, P IIIの成長解析木伐倒, 同立木位置図作製を同年10月, 幹の曲り調査を同12月に行った。

IV 林 分 構 成

P IとP IVについては, 現存量や一次生産量を求めた結果をすでに報告した¹³⁾。ここでは, P I, P IVについても, 他のプロットとの比較のため, 幹材積表で得た値を用いて考察する。

各プロットの林分構成値を Table 8 に示す。上木除去区のプロット P I, P IVは, これまでの経緯から, 一般にいわれている天然林とは異なり, むしろ人工林に近い林相を呈している。このため材積は人工林用と天然林用それぞれの幹材積表から求めたが, Table 8 に示したようにその差はわずかであった。

P Iは人工林であるP Cと良く似た林分構成値を示した。P IVは密度と収量比数 (Ry) 以外はP I, P Cより小さい値を示した。

樹高でみると, P Iは土佐地方ヒノキ林分収穫表 (以下収穫表) の1等地に, P IVは同2等地に相当することはすでに報告¹³⁾したが, P Cは同1等地に相当した。Table 8 に示した樹高は, そのプロットに含まれる全ヒノキの平均値であるが, 収穫表から地位を判定するには, ふつう, 主林木樹高を用いる。しかし, 今回はそれを調べていない。そこで, 平均樹高以上の樹高を有するヒノキについての平均樹高を仮に主林木樹高とすると, それぞれ, P I 20.7 m, P IV 18.9 m, P C 21.7 m となった。この値からみると, P IVも1等地に相当する。

安藤⁶⁾の林分密度管理図から, 平均樹高と密度によって求めたRyは, 各プロットとも0.89以上で, 十分閉鎖した密・過密な林分だといえる。

直径分布を Fig. 2 に示す。P Cは正規分布に近いが, P IはP Cよりやや分布の幅が大きく, 直径の小さいほうにモードが片寄り, ややL型の分布を示している。P IVはP IよりさらにL型に近い分布を

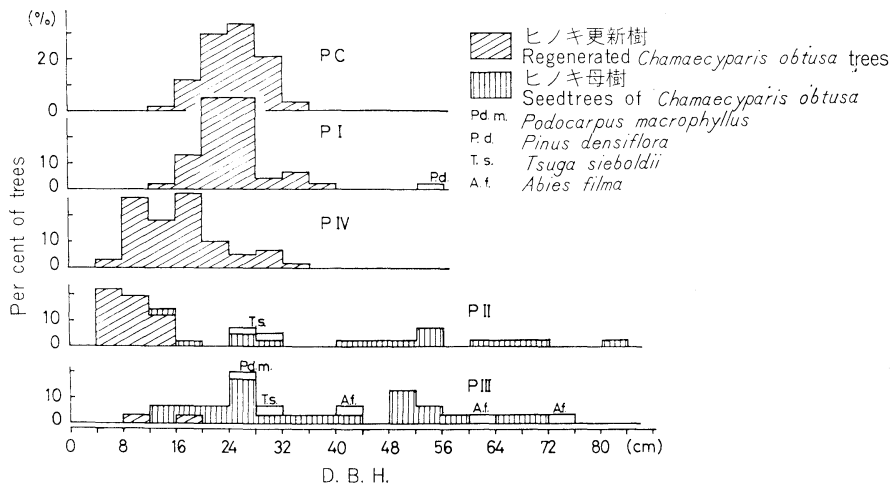


Fig. 2 直 径 分 布
Distribution of D. B. H. in each plot.

Table 8. 林 分 構 成
General description of the plots studied

		平均 Mean		ha あたり Per ha						収量比数 R_y	
		樹 高 Height (m)	直 径 D. B. H. (cm)	断面積合計 Basal area (m ²)	材 積 Stem volume (m ³)	密 度 Density (No.)	間伐根 Density of stumps (No.)	枯 死 木 Density of dead trees			
								新 New (No.)	古 Old (No.)		
人 工 林 Artificial forest											
	PC	ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>	20.5	24.9	51.4	521.7* 514.0**	1,017				0.89
天 然 林 Natural forest											
上木除去区 Seed trees removed stand	P I	ヒノキ更新樹 Regenerated <i>Chamaecyparis obtusa</i> アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	19.7	24.4	54.4	533.2* 529.7**	1,125	975	1,175	975	0.89
	P IV	ヒノキ更新樹 Regenerated <i>Chamaecyparis obtusa</i>	16.8	16.8	51.0	471.8* 474.6**	2,000	1,100	2,200	5,567	0.94
上木残存区 Seed trees left stand	P II	ヒノキ母樹 Seed trees of <i>Chamaecyparis obtusa</i>	20.7	46.4	76.8	756.6**	387				
		ヒノキ更新樹 Regenerated <i>Chamaecyparis obtusa</i>	11.0	10.8	7.4	59.6**	619	52	465	2,400	
		ツガ <i>Tsuga sieboldii</i>	21.2	67.5	17.9	173.5	52				
	P III	ヒノキ母樹 Seed trees of <i>Chamaecyparis obtusa</i>	20.0	36.5	69.3	714.2**	550				
		ヒノキ更新樹 Regenerated <i>Chamaecyparis obtusa</i> ツガ <i>Tsuga sieboldii</i> モミ <i>Abies firma</i> イヌマキ <i>Podocarpus macrophyllus</i>	15.7	14.2	0.8	7.2**	50	25	150	275	

* ヒノキ人工林用材積表より得た材積。By volume table for artificial forest of *Chamaecyparis obtusa*.

** ヒノキ天然林用材積表より得た材積。By volume table for natural forest of *Chamaecyparis obtusa*.

示した。これは被圧された劣勢木の多いことを示しており、その原因として、それぞれのプロットにおける除間伐の入り方の違いが考えられる。

上木残存区の林分構成は、P IIとP III でかなり違いがみられた (Table 8)。ヒノキ母樹の平均樹高はほぼ等しいが、平均直径はP IIのほうが大きく、立木密度がP IIIより低いにもかかわらず ha あたりの断面積合計や材積も大きい。更新樹の立木密度と材積はP IIよりP IIIのほうがかなり低い値を示した (Table 8)。この原因として、まず、モミ、ツガなどを含む上木の密度の違いが考えられる。すなわち、これら上木の断面積合計は両プロットとも等しかったが、立木密度はP II 439 本/ha に対し、P III 675 本/ha と大きな違いがあった。次に、両プロットの立地条件の違いが考えられる。すなわち、P IIは北へ延びる尾根上にあたり、周囲を皆伐地に囲まれ、側方からの入射光に恵まれていたのに対し、P IIIは西に開けた尾根脇の斜面に位置し、東に上木残存区、南に保護樹帯を有する稜線を控えて、側方からの入射光が乏しい (Fig. 1)。これらの違いは、1918年の試験地設定後間もない頃から更新樹にその影響を与えていたようで、それは、これまでの記録上でいつもII区よりIII区のほうが良い成長を示していたことであらわれている (Table 6, 7)。

両プロットに混交している、上層を占めるヒノキ以外の樹種はモミ、ツガ、イヌマキで、広葉樹は含まれていない。これらヒノキ以外の樹種の全立木に対する混交率は、本数でP II 4.9%、P III 17.2%、断面積合計でP II 17.5%、P III 26.6%であった。ヒノキだけの材積はP IIのほうがP IIIより多いが、全立木の合計材積は、P II 989.7 m³/ha、966.9 m³/ha と良く似た値となった。四手井¹⁴⁾は、壮齡時以上のヒノキ林の胸高断面積合計の最大値は約 80 m³/ha としている。P IIのヒノキの断面積合計は 84.2 m²/ha、P IIIは 70.1 m²/ha であり、他樹種も加えるとそれぞれ 102.1 m²/ha、95.5 m²/ha であった。これらの値からみて、両区ともヒノキ母樹を含む上層木は十分に高い密度を有しているといえることができる。

P II、P III について直径分布をみると (Fig. 2)、P IIの更新樹はすべて 16 cm 以下の径級に分布しており、ヒノキ母樹は 12~84 cm にわたって分布している。P IIIの更新樹もP IIと同様 18 cm 以下に分布し、ヒノキ母樹は 12~72 cm にわたり分布している。母樹と更新樹をあわせた分布をみると、P IIでは択伐林型の分布に近い型をしているが、P IIIではそのような傾向は認めにくい。図には示さなかったが、両区とも、樹高分布も直径分布に似た形を示し、更新樹に被圧木が多く、母樹にも被圧されたものの少ないことがうかがわれる。

V 立木・枯死木等の分布

ヒノキの種子が林床へ散布される場合、閉鎖した林では比較的ランダムになされるという¹¹⁾⁸⁾¹²⁾。他方、上層林冠が不均一な場合や側方下種更新の場合は、林縁からの距離の違いなどにより種子は著しく不均一に散布されるという¹¹⁾⁴⁾⁵⁾⁸⁾¹¹⁾¹²⁾。加茂ら⁹⁾¹⁰⁾は、種子落下量の多かった所では、発芽1年後の稚樹の生存量が相対的に多く、種子散布の集中度が1年後の稚樹の分布を支配する傾向のあることを認めている。赤井¹⁾や尾方⁸⁾は稚樹の発生、定着の条件を検討し、成立稚樹の分布が集中的になる傾向のあることを示唆している。

この試験地でも、更新初期に、I区では尾根筋に成長の良い稚樹が叢生していたことが記録され、IV区でも地掻き部分に稚樹が高密度に発生し定着していたことが記録されている。このように、更新初期に強い集中性をもって成立した稚樹群が、異なった処理や人為の影響を受けた結果、成林した際にはどのよう

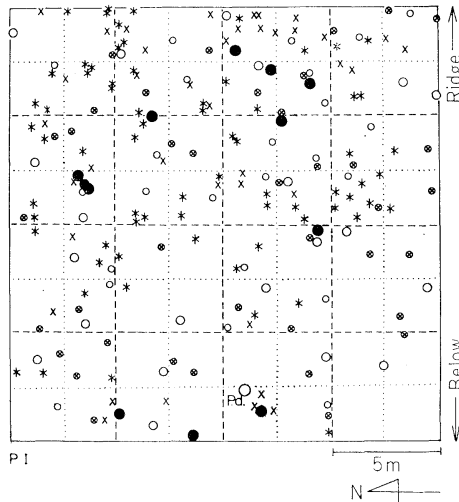


Fig. 3 P I の立木等の位置図

Distribution of trees and others in P I.

- : 平均直径以上木 Regenerated *Chamaecypris obtusa* above mean D.B.H.,
- ◐: 平均直径以下木 Regenerated *Chamaecypris obtusa* below mean D.B.H.,
- *: 新枯死木 New dead standing tree,
- ×: 古枯死木 Old dead standing tree,
- ⊗: 間伐根 Stump,
- : 母樹の伐根 Stump of seed tree.

な分布を示すのか、また、現在みられる立木や枯死木、伐根などの分布状態から、この林分がどのような経過をたどってきたのかを知るため、これらの林分における立木や枯死木、伐根などの分布の仕方を検討した。なお、分布がランダムであるか、均一であるかなどの判定は MORISITA¹⁷⁾ の示した I_0 法によった。

上木除去区の P I と P IV の立木等の位置図を Fig. 3, 4 に示す。

図から明らかなように、P I では、ヒノキ更新樹の生立木や間伐根はほぼランダムな分布を示している。これらの分布を検討してみると、このプロットの斜面上半部と下半部では、新古枯死木や平均直径以上の立木(平均以上木)、以下の立木(平均以下木)の密度が異なっているなど若干の違いが認められる。そこで、平均以上木、以下木、間伐根、新枯死木、古枯死木それぞれについて、上半部、下半部それぞれの密度を求め Table 9 に示す。更新樹の密度は上半部 1,300 本/ha に対し下半部は 950 本/ha と少なく、平均以上木についてみると上半部 450 本/ha に対し下半部 600 本/ha と逆であった。間伐根は上半部のほうがやや多いものの大差はなく、枯死木は上半部 4,300 本/ha に対し下半部 1,200 本/ha と大きな違いがあった。また、上半部、下半部とも新枯死木が枯死木の 2/3 を占めていた。更新樹、間伐根、枯死木の合計は、上半部 6,650 本/ha、下半部 3,050 本/ha、プロット全体に換算すると 4,850 本/ha であった。菌

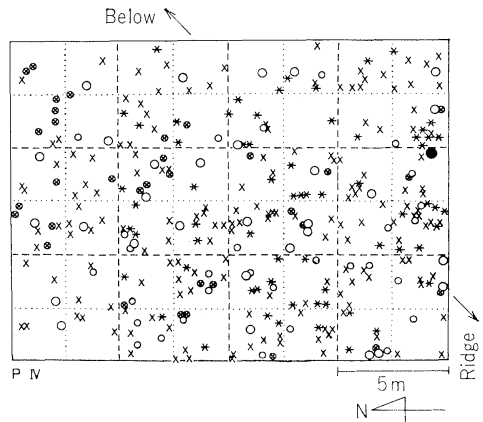


Fig. 4 P IV の立木等の位置図

Distribution of trees and others in P IV.

記号は Fig. 3 と同じ

Signs are same as Fig. 3.

Table 9. P I の上半部、下半部における更新樹等の密度

Density of regenerated trees and others in upper half and in below half of P I

	上半部 Upper half (No./ha)	下半部 Below half (No./ha)
平均直径以上の更新樹 Regenerated trees above mean D.B.H.	450	600
平均直径以下の更新樹 Regenerated trees below mean D.B.H.	850	350
間伐根 Stumps by thinning	1,050	900
新枯死木 New dead standing trees	2,800	750
古枯死木 Old dead standing trees	1,500	450

部¹⁵⁾の報告では、1938年時の立木密度は9,180本/haであったが、今回の調査プロットと蘭部の調査プロットとは同一でないため直接数字の比較はできない。しかし、P Iは周囲とくらべても比較的均一な立木密度を有する所に設置されており、後述するようにP IVの更新樹、間伐根、枯死木の合計は蘭部¹⁵⁾の調査時の密度とほぼ等しいことなどからみて、P Iのこれらの現存密度は蘭部の調査時よりかなり減少しているといつてよいと思われる。このように更新樹、間伐根、枯死木の合計に示される後継樹の密度が蘭部の調査時よりはるかに低い理由として、今まで述べた事実から、次のことが推定される。すなわち、最近の間伐よりかなり以前に行われた隣接する人工林の間伐に際し、P I全体にわたり除・間伐がなされ、その伐根がすでに腐朽してしまったこと、その結果、古枯死木になるはずのものが間伐されたため新枯死木の占める割合が高いこと、除・間伐は人工林に近い下半部に特に強く行われたため、枯死木も下半部に少ないことなどである。

平均直径以上の更新樹が下半部に多いが、これは、先に主林木と仮定した平均樹高以上の更新樹の上半部と下半部の平均樹高が、それぞれ20.3 m、20.5 mと大した違いを示さず、地位差はないと考えられることから、両区の更新樹の密度の違いを反映したものである。

P IVは他プロットにくらべて立木や枯死木の密度が高い。Fig. 4からわかるように、更新樹はランダム分布を示し、間伐根は集中的な分布を示したが、これらをあわせた間伐以前の更新樹の分布はランダム分布とみられた。間伐根は集中的な分布を示しているものの、プロット全域にわたりみられ、人工林に近い北半分の間伐根密度は1,600本/ha、南半分は600本/haと人工林に近い側で間伐が強く行われたことを示している。プロット内の更新樹、間伐根、枯死木の合計は10,867本/haであった。これは、蘭部¹⁵⁾の報告した10,342本/haという密度に近い。また、古枯死木の密度は5,567本/ha、新枯死木は2,200本/haと古枯死木の密度のほうが高いことから、P Iとは異なり、近年行われた間伐以外には、ほとんど人手が加わっておらず、このプロットは設定以来放置状態にあったものと思われる。

Fig. 4より、P IVには北西から南東にかけて、3本の枯死木帯が識別できるが、これは古枯死木だけを図示してみるとより明瞭になる(Fig. 5)。この枯死木帯の中心間の距離は約5.4mであった。すでに述べたように、このプロットには1.8 mおきに3.6 m幅の地掻きが施され、そこに後継樹が密に更新した

と記録されていることから、Fig. 5に示された枯死木帯はその地掻き部分に相当するものと思われる。1938年時の立木密度と現在の更新樹、間伐根、枯死木の合計密度がほぼ等しいことから、現在のこれらの合計数は更新樹の樹齢が20年頃のIV区の立木密度に相当するものであり、蘭部¹⁵⁾の調査時には地掻き処理を反映した密生した立木帯があったと思われる。そして、その後地掻き部分を中心に大量の枯死木が発生し、密生部分の枯死が一段落した後の更新樹の分布はランダムとなり、その後の枯死木もランダムに発生したと思われる。Fig. 4から地掻き部分と下刈り部分を推定し、それぞれの部分における更新樹の大きさを

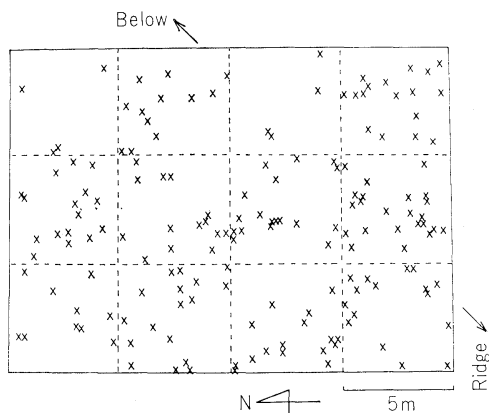


Fig. 5 P IVの古枯死木の分布図
Distribution of old dead standing trees in P IV.

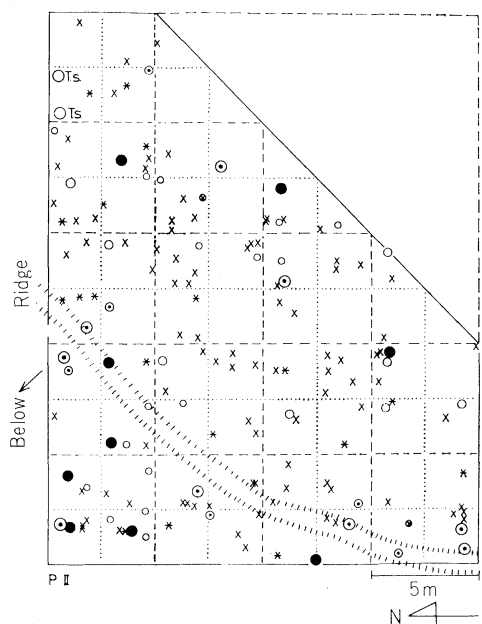


Fig. 6 P IIの立木等の位置図

Distribution of trees and others in P II.

- : ヒノキ母樹平均直径以上木
Seed tree of *Chamaecyparis obtusa* above mean D.B.H.,
 - : ヒノキ母樹平均直径以下木
Seed tree of *Chamaecyparis obtusa* below mean D.B.H.,
- 他の記号は Fig. 3 と同じ
Other signs are same as Fig. 3.

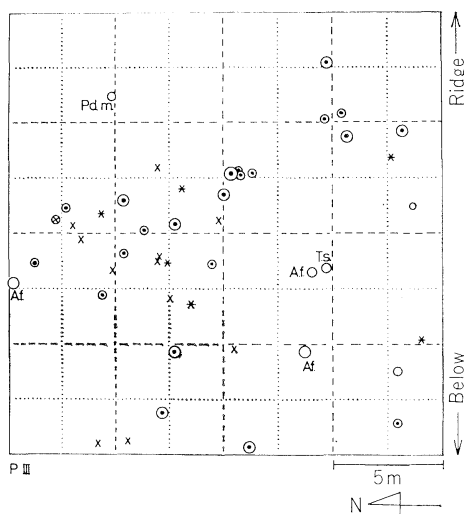


Fig. 7 P IIIの立木等の位置図

Distribution of trees and others in P III.

記号は Fig. 6 と同じ
Signs are same as Fig. 6.

みると、地掻き部分の平均以下木の占める比率は下刈り部分における値より若干高い。さらに、人工林から遠い南半分、あるいは南西半分についてみるとこの傾向はより著しくなり、逆に、人工林に近い側では地掻き部分も下刈り部分も似たような比率を示した。これらのことから、地掻き部分は下刈り部分より高い密度状態が続いていたこと、人工林から遠い所は過密状態が長く保たれていたが近い所では除・間伐などの影響でそれが判然としないことなどが推定できる。

P IVの北側の人工林に近いあたりでは、新枯死木がほとんどみられない。しかし、ここに間伐根が多数みられるので、新枯死木となるはずの更新樹が間伐の対象となったか、P I同様P IVにおいても、近隣の人工林の除・間伐の際、同時にP IVにも手が入った結果を示しているのであろう。

上木残存区のP II・P IIIの立木等の位置図を Fig. 6, 7 に示す。

P IIでは、ヒノキ母樹は尾根筋に多く分布し、空いた所に更新樹が分布している。母樹に近い所の更新樹は概して小さい。Table 8 に示したように古枯死木のほうが新枯死木よりはるかに多く、早い時期に枯死が進んだことを示している。ヒノキ更新樹、間伐根、枯死木の合計は3,536本/haであった。

P IIIではヒノキ母樹は比較的集中分布をしており、その空いた所にモミ、ツガ、イヌマキが分布している。更新樹の密度は50本/haと極めて低い。枯死木は新枯死木より古枯死木のほうが多いが、同じ上木残存区のP IIとくらべると、枯死木の合計はP IIの約15%と少なく、間伐根も4プロット中最も少なかった。これら更新樹、間伐根、枯死木の合計は500本/haであった。これは1938年時の密度より著しく低い密度といえるが、おそらく、菌部¹⁵⁾の調査後に多くの更新樹が枯死し、その大部分が腐朽してしまっ

たことによるのであろう。

VI 更新樹の成長と幹の曲り

上木除去区における更新樹の成長については、すでに報告した¹³⁾。

上木残存区から得られた 試料木のうち、A は樹高 16.9 m、主軸に代わって伸長していた側枝の高さ 19.9 m, D.B.H. 24.5 cm, B は樹高 11.7 m、主軸化した側枝高 11.6 m, D.B.H. 16.3 cm, C は樹高 10.3 m, 主軸化した側枝高 12.2 m, D.B.H. 10.4 cm, D は樹高 7.1 m, D.B.H. 5.8 cm であった。樹齢は A 139 年, B 128 年, C 56 年, D 58 年であった。試料木は 4 本とも更新樹を得る予定であったが、結果は A, B が母樹, C, D が更新樹であった。

前報¹³⁾で報告した P I と P IV それぞれの試料木の平均樹高成長と、今回の試料木 A, B, C, D の樹高成長などを Fig. 8 に示す。

更新樹 C, D の成長は、母樹の被圧を受け続けてきたため悪く、上木除去区とくらべると、全生育期間を通じて劣っている。C は樹齢 25 年の頃から強く被圧されはじめ、約 35 年以降の成長は極度に悪くなっている。この 35 年の頃に発生した側枝が発達し、主軸に代わって伸長成長を続けていたのが観察された。

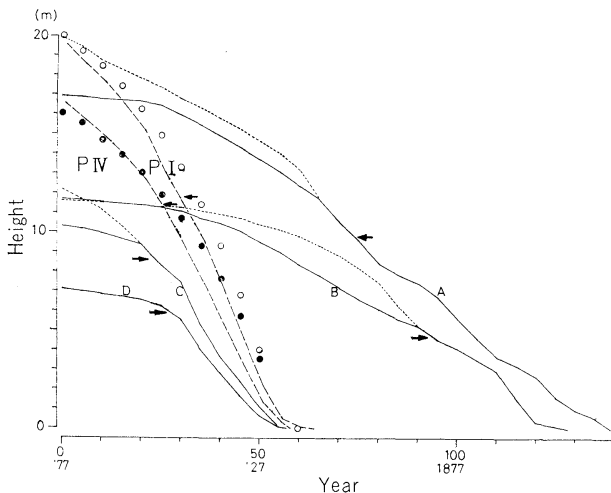


Fig. 8 樹高成長
Height growth.

- A and B are suppressed seed trees and C and D are suppressed regenerated trees.
- : 試料木の樹高成長
Height growth of sample tree,
- : 主軸に代った側枝の樹高成長
Height growth of powerful lateral branch,
- : 生枝の位置
Position of the lowest live branch,
- : P I, P IVの平均樹高成長
Mean height growth of regenerated *Chamaecyparis obtusa* trees in P I and P IV,
- ○ : 収穫表 1 等地の樹高成長
Height growth of 1st site class stand on yield in Tosa district,
- ● : 収穫表 2 等地の樹高成長
Height growth of 2nd site class stand.

地上から見ると、この側枝のほうが主軸より太く、高いため、側枝を主軸と見誤まるほどである。このように側枝が強大に発達したのは、主軸が上方から強く被圧されたのに対し、側枝は側方からの光をより多く受け得たためであろう。D は樹齢 27 年の頃から強く被圧されはじめて現在に至っており、最近の成長は極めて悪い。D は P II から得た試料木であり、C は P III から得たものであるが、両者とも強度の被圧を受けはじめた時期はほぼ同じであった。これは、蘭部¹⁵⁾が調査を行った約 10 年後である。このことから、上木残存区における大量の枯死木の発生した時期がその頃であろうと推定できる。樹形は両者とも枝下率が極めて高く、形状比も高いなど、被圧木の特徴を示している。

A, B は母樹であるが、ともに P III 内において被圧されていた立木である。樹高成長は悪く、両者とも

全生育期間を通じて被圧されていたと思われる。どちらも、主軸化した側枝を発達させていた。特に A の場合はすっかり主軸にとって代わった形を示していた。これらの側枝の発生時期は 1918 年の試験地設定以前であり、このような側枝の発生が強い被圧を受けた結果であるとするならば、試験地設定当時の上木残存区はすでに、かなり密な部分を形成していたと考えられる。しかし、両者とも被圧木であるにもかかわらず、枝下高率や形状比が低い。これは試験地設定当時の上木残存区が疎な林分であった (Table 2) ことを示すものである。このことは、試験地設定に際し、比較的集中分布をしていた前生樹に対しては伐採などの手は加えられず、周囲の広葉樹などを除去するなどの作業が行われたことを示していると考えられる。

幹の曲りがある立木のそれぞれのプロットにおける出現率は、程度の激しい++の立木はそれぞれ P I 5.4%, P IV 18.3%, P C 5.2%, +と判断されたものまで含めるとそれぞれ P I 43.2%, P IV 50.2%, P C 34.5% で、P IV, P I, P C の順に少なかった。曲りのみられた立木の平均樹高と平均直径はそれぞれ P I 20.1 m・22.1 cm, P IV 16.6 m・16.0 cm, P C 20.1 m・25.0 cm で、Table 8 に示した各区の全立木の平均値と大きな違いはなく、立木の大きさと曲りとの間には特別な関係はみられなかった。曲りのある立木が、人工林より天然生林に多く、特に P IV に多かったことは、前に述べた各区に対する保育作業の量の反映と思われる。

Ⅶ 下 層 植 生

この試験地の下層植生層は地上高 3~4 m 以下に分布し、その上層を占める母樹や更新樹とは明確に区分できる。下層植生は常緑広葉樹が主で、これらの樹齢を地際円板で調べたところ、70 本の平均は約 14 年、古いものでも 27 年で、かなり若かった。これは、前述の昭和 40 年代に行われたという間伐の際、下層植生も同時に伐り払われた結果を示していると思われる。

各区の下層植生の種構成は断面積合計の割合で見ると、ヒサカキが P I で 40%, P IV で 76%, P III で 45% をそれぞれ占め最も多かった。他にはサカキ、シキミ、カシ類などが多かった。

林床植生は、優占度 2 を示したものは、P I ヒサカキ、ウラジロ、P IV ヒサカキ、ウラジロ、キジノオシダ、P III ヒサカキであった。各区とも、優占度 3 以上を示したものはなく、概して疎であったが、これは極度の光不足のためと考えられる。ウラジロが P I, P IV で 2 の優占度を示したが、これは部分的に集中して出現したものが平均化された値である。周囲の林冠の閉鎖の破れた所などにはかなり多量のウラジロが出現しているので、プロット内でも光条件が良くなれば、相当量の出現が予想される。

林床植生と下層植生の合計の地上部現存量は ha あたりそれぞれ P I 2.7t, P IV 4.0t, P III 9.6t であった (Table 10)。原田ら¹⁶⁾は、28 年生ヒノキ人工林の下層植生について、B/c 型土壌で 7.9t, B/b 型土壌で 1.5t という値を得、井上ら¹⁷⁾は、48 年生ヒノキ人工林で 2.1t, 8.3t, 9.1t という値を得ている。上木残存区の P III は、これらの値より高いが、上木除去区の P I, P IV は、これらの平均的な値よりやや低い。

前報¹⁸⁾で報告した P I, P IV の上木のヒノキの地上部現存量、葉量、葉面積指数それぞれに対する下層植生層の割合は、P I, P IV それぞれ、地上部現存量は 1.1%, 1.8%, 葉量は 6.7%, 8.6%, 葉面積指数は 18.0%, 21.7% となり、下層植生層における同化器官の占める割合が高かった。

Table 10. 下層植生の構成と現存量
Description of undergrowth and total under layer vegetation's
and aboveground biomass

Plot	Tree type	平均 Mean		ha あたり Per ha					
		樹高 Height (m)	直径 D. B. H. (cm)	断面積 合計 Basal area (m ²)	密度 Density (No.)	幹と枝 Branch & stem (t)	葉 Leaf (t)	現存量 合計 Total biomass (t)	葉面積 Leaf area (ha)
P I	常緑広葉樹 Evergreen broad- leaf trees	1.9	0.7	0.54	8,400				
	落葉広葉樹 Deciduous broad- leaf trees	1.5	0.2	0.02	1,500	0.8*	1.9*	2.7*	1.0*
	針葉樹 Coniferous trees	2.0	0.9	0.01	80				
P IV	常緑広葉樹 Evergreen broad- leaf trees	2.1	0.8	1.04	16,400				
	落葉広葉樹 Deciduous broad- leaf trees	1.6	0.6	0.01	300	2.9*	1.1*	4.0*	1.3*
	針葉樹 Coniferous trees	1.8	0.3	0.00	130				
P III	常緑広葉樹 Evergreen broad- leaf trees	2.5	1.0	3.34	32,900	8.1*	1.5*	9.6*	1.9*

* 下層植生と林床植生の合計量。Total biomass of undergrowth and ground vegetation.

Ⅷ む す び

1918年当時、天然更新試験を開始するに至った契機は、林床に稚樹が多数認められたことからであった。稚樹の認められなかったIV区においても、試験開始後には地掻きを行わなかった所でも多数の稚樹が得られていることから、ここに当初稚樹が成立していなかったのは、中・下層の植生の繁茂等による強度の庇陰の影響等があったためであろうと思われる。このような状況下にあったこの地域においては、小面積皆伐を行い側方下種更新をさせた場合、あるいは、前生樹を母樹として残し上下方種更新をさせた場合、いずれの場合でも、北に面した斜面で種子の豊作年に実行すれば、天然更新法により天然生林を造成できることが明らかになった。IV区に見られるように、更新の補助作業としての地掻きを施した場合は多量のメバエの発生が期待でき、尾方⁸⁾も地掻きの効果を指摘している。

上木を除去した場合は稚樹成立後、少なくとも数年間はいいねいな下刈りを行う必要がある。更新開始後7年目に樹高150cm以上に達していた更新樹は、その後放置されても十分に生存することが示唆されたが、この時期における上木を除去した区の稚樹密度は極めて高い値を示しており、これら高密度の稚樹群が雑草木の繁茂を抑制した結果下刈りの手間が省けたのであろう。そして、その後保育的な除・間伐がなされなかったため約20年後には過密林分としての林相を呈するに至った。その後比較的保育されたと思われるP I、そのまま放置されたとみられるP IVのいずれも、幹材積は収穫表1等地60年生林分の主副林木合計材積399.1 m³/haを上まわっていた。特に、P Iは隣接する地位の良い人工林P Cに劣らぬ成長を示し、林木の形質も比較的良かったが、一方、P IVは被圧された小径木や曲りのある立木の割合が高いなど、必ずしも優良林分とはいえなかった。そして、この違いは立地条件や更新補助処理の違いによる

というより、両区に施された保育作業の程度の違いであろうと考えられた。

上木を残した場合は、初期の雑草木の繁茂を抑制し、メバエの発生期間を長くさせ、またこれらの生存率を高めるなどの効果がみられた。しかし、更新樹の成長に対しては、庇陰によるマイナスの効果が著しく、雑草木の繁茂を抑制した結果として林床を露出させ、地表の流出を起こさせるなどの悪影響も認められた。現在の林分は、PⅡ・PⅢとも、若干の差はあるものの、母樹の強い庇陰のため更新樹の大部分が枯死して更新樹の現存密度は極めて低く、その成長も著しく抑制されており、良い結果が得られたとはいえない。また、これら母樹には大径木が多いものの、優勢なものはアバレギとなり、劣勢なものは著しく被圧されているなど形質の悪いものが多い。したがって、母樹は更新の完了した初期の段階にその一部を収穫し、また枝打ちを行うなどの作業を適切に施し、更新樹の光環境の改善をはかると同時に優良大径木の生産も意図することにより、より良い複層林の形成が可能であったものと思われる。

蘭部¹⁵⁾は、この天然生林を調査し、その保育不足の状況を見て、「天然下種更新であるから天然に容易に成林し、やがて利用できるのだと考えられた時代がありはしなかっただろうかと」警告したが、今回の調査の結果は、まさにそれが現実のものであることが明らかになった。天然更新を進める上で貴重な教訓といえよう。

IX 摘 要

天然更新により成立したヒノキ天然生林に加えられた初期の更新補助作業やその後の保育作業が、成林後の林分に質的、量的にどのような影響を及ぼしたかを人工林と比較しつつ明らかにすることを目的として、高知県安芸営林署管内西ノ川山国有林に、1918年に設定されたヒノキ天然更新試験地について、安芸営林署に保存されている初期の調査資料から、試験開始後約7年間の保育経過や稚樹密度の推移などを明らかにし、また、約60年後の現在の同試験地の状態を調べた。

1. 試験地には、母樹としてヒノキ前生樹を密度を変えて残した上木残存区(Ⅱ区、Ⅲ区)と、上木を除去し雑草木の刈り払いのみを行ったⅠ区、1.8mおきに3.6m幅の地掻きを施したⅣ区の計4区が設定された。試験区を設定した年はヒノキの豊作年で、翌年は発芽条件に恵まれたため、各区とも多数のメバエが発生し、特にⅣ区の地掻き部分に多かった。雑草木の刈り払いは1919年から1921年までと1925年に行われ、1920年と1921年には、それぞれ夏秋の2回ずつ行われた。雑草木は上木除去区のⅠ区で著しく繁茂したが、上木残存区では少なかった。Ⅳ区の地掻き部分では、初めの数年間林床は裸地状を呈し、雑草木は少なかったが、稚樹は密生していた。稚樹の成長はⅠ区が概して良く、Ⅳ区がこれに次ぎ、地掻き部分に成立した稚樹も過密ではあるが良好な成長を示した。しかし、上木残存区では、上木の強い庇陰のため、稚樹の成長は悪く、更新開始後5年目の記録に被圧を強く受けていたことが記されている。

2. 1976~1977年の調査では、前記Ⅰ区~Ⅳ区に相当する所にPⅠ~PⅣを設け、更に比較のため、この試験地に隣接する更新樹とほぼ同齢の1等地の人工林内にPⅢを設けた。

PⅠの林分構成値はPⅢの値に近い値を示したが、PⅣの値はこれらにくらべ全般的に劣っていた。しかし、PⅣにおいても、全立木の平均樹高以上の立木の平均樹高を主林木樹高と仮定すると、土佐地方ヒノキ林分収穫表1等地の範囲内に入った。

上木残存区においては、ヒノキ母樹の庇陰の影響を受け、ヒノキ更新樹の諸数値は上木除去区のものにくらべて、全般的に著しく劣っていた。PⅡ、PⅢの更新樹の密度はそれぞれ619本/ha、50本/haに

すぎず、この密度の違いは母樹などの密度の違いや立地条件の違いを反映したものと思われた。また、上木残存区のアサキの材積合計は P II 816.2 m³/ha, P III 721.4 m³/ha と P II のほうが大きかったが、各プロットに混生している他樹種の材積も加えると P II 987.7 m³/ha, P III 966.9 m³/ha と良く似た値になった。

3. 上木除去区における更新樹の分布は、P I, P IVともほぼランダム分布を示し、その傾向は間伐根を加えても変らなかった。両プロットとも、間伐根はプロット全域に分布しているものの人工林に近い側に多く、枯死木は人工林に近い側に少なかった。P I では新枯死木が古枯死木より多かった。これらのことから、P I は P I を含む I 区に近い人工林の保育がなされた際、何度か、同時に手が加えられてきたものと思われた。P IVでは枯死木の密度が高く、古枯死木の占める割合が高かった。これら枯死木や間伐根、生立木の合計は 1938 年時の密度に近かった。これらのことから、P IV は近年なされた間伐以前はほぼ自然状態のまま放置されてきたものと考えられた。さらに P IVには、主として古枯死木からなる 3 本の枯死木帯が識別できたが、これは、試験地設定当時の地掻き処理の跡を示すものであろうと思われた。

上木残存区のパイでは母樹は尾根筋に多く分布し、アサキ更新樹はランダムに分布していた。枯死木は上木除去区におけるより少なく、古枯死木の占める割合が高かった。間伐根の数も少ないことから、このプロットにはほとんど人手が加えられていなかったと思われた。同 P IIIでは母樹は集中的に分布し、モミ、ツガ、イヌマキがその周囲に分布していた。枯死木は少なく、古枯死木の占める割合が高かった。更新樹、枯死木、間伐根の合計は 500 本/ha と他プロットよりはるかに少なかった。これらのことから、多くの更新樹は他プロットより早期に枯死し、そのうちの多くはすでに腐朽してしまったのであろうと思われた。

4. 樹幹解析の結果によると、上木除去区における更新樹の樹高成長は収穫表の成長より、初期において悪かったが、約 10 年後から良い成長を示しはじめ、最近の成長率は P I は 1 等地の、P II は 2 等地の成長率を上まわりはじめていた。

上木残存区では、被圧された母樹や更新樹の成長は悪く、最近 20 年間ほどはほとんど成長していなかった。被圧された更新樹の枝下率や形状比は高い値を示したが、被圧された母樹のそれらの値は低かった。また、被圧木は主軸に代わって側枝が主軸化して伸長しているのが多く認められた。

幹に曲りのみられる立木は、人工林より天然更新林に多くみられ、これは保育の多寡と関係があるように考えられた。

5. 下層植生はヒサカキを主とした常緑広葉樹により構成されていた。これらの現存量は、それぞれ P I 2.7 t/ha, P IV 4.0 t/ha, P III 9.6 t/ha であった。これら現存量の上木の現存量に対する割合は P I 1.1%, P IV 1.8% であったが、葉量についてみると P I 6.7%, P IV 8.6%, 葉面積では P I 18.0%, P IV 21.7% と同化器官の占める割合が高かった。

これらを総合してみると、一般的にいて天然生林の各区は人工林に比較した場合、主として形質の面で劣っていた。しかし、人工林に近い保育を受けてきたと思われる P I の成績は P C と比較してもそんななく、天然生林分においても適切な保育管理を施すことにより優良林分たらしめ得ることが明らかになった。

引用文献

- 1) 赤井竜男ほか：ヒノキ林，地球社，211～354，(1974)
- 2) ———・浅田節夫：天然更新に関する研究 (I)，京大演報，39，35～63，(1967)
- 3) ———：同上 (II)，同上，44，68～87，(1972)
- 4) ———：同上 (III)，同上，47，34～47，(1975)
- 5) ———・阪上俊郎・大野次朗：アカマツ・ヒノキ・広葉樹混交林の構造と二次遷移，同上，49，64～80，(1977)
- 6) 安藤 貴：同齢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)
- 7) 井上輝一郎：未発表
- 8) 尾方信夫：ヒノキの新しい天然更新技術，新しい天然更新技術，創文，301～338，(1971)
- 9) 加茂皓一・赤井竜男：ヒノキ人工林における再生産過程の検討 (I)，京大演報，45，27～42，(1973)
- 10) ———・———：同上 (II)，同上，46，58～74，(1974)
- 11) ———・———：同上 (III)，同上，48，57～67，(1976)
- 12) 坂口勝美ほか：これからの森林施業，全国林業普及協会，1～444，(1975)
- 13) 桜井尚武・大野和人：高知県西ノ川山国有林ヒノキ天然生林の成立過程と一次生産量について，日林論，88，251～252，(1977)
- 14) 四手井綱英：アカマツ林の造成，地球出版，92，(1963)
- 15) 藺部正敏：ヒノキ天然下種更新地に於ける二十三年後の成績と経過に就て，林知林友，231，3～10，(1940)
- 16) 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)
- 17) MORISITA, M. : Measuring of the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E (Biol.), 2, 215～235, (1959)
- 18) 柳沢聡雄：トドマツ・エゾマツ・アカエゾマツの新しい天然更新技術，新しい天然更新技術，創文，46，(1971)

**Analysis of Natural Regenerated *Chamaecyparis obtusa*
Forest in Nishinokawayama National Forest**

Shobu SAKURAI⁽¹⁾

Summary

Recently, various studies about natural regeneration of *Chamaecyparis obtusa* forest are being carried out, and many reports about early stage of natural regeneration process of this species have been reported. But very few reports were reported about mature stand of natural regenerated *Chamaecyparis obtusa*, though such study is very important and necessary. In this paper, the effect of aid to natural regeneration in early stage and following tending which were applied to natural regenerated forest is discussed in comparison with same aged artificial *Chamaecyparis obtusa* forest.

The natural regenerated *Chamaecyparis obtusa* forest, in which this study was carried out, is located in Nishinokawayama National Forest in Kochi prefecture, and experimental stand was established to obtain the method of natural regeneration technique by Aki District Forest Office in 1918.

Four experimental sections were established in the experimental stand (Fig. 1). In Section I and Section IV, all trees were removed (Seed trees removed stand), and in the other two sections, Section II and Section III, some *Chamaecyparis* trees were left as seed trees (Seed trees left stand) (Table 1, Fig. 1). At the beginning of the experiment, Section I, II, and III had already many or some seedlings, but no seedlings were found in Section IV. So, at Section IV, ground surface removing lines, 3.6 m wide, were set at every 5.4 m along the contour line so that ground surface on the lines were removed and surface remaining parts, 1.8 m wide, were left intact. The investigations to those sections at beginning of regeneration were carried out from 1918 to 1925 by Aki District Forest Office and those records have been kept there. The site conditions and changes of seedling density on this experimental stand can be known by those records.

In 1976, sample plots were set in each of four sections, P I was in Section I, P II was in Section II, P III was in Section III, and P IV was in Section IV. In order to compare the results of the natural regenerated stand with those of artificial stand, because P I and P IV were, so to speak, uniform forest and very similar to artificial forest, sample plot named PC was established in about sixty year old artificial *Chamaecyparis* forest, which is belonged the 1st site class of the yield table of Tosa district, near the experimental stand. Diameter breast high (D.B.H.) and height of all trees in each plot were measured, and seed trees, regenerated *Chamaecyparis* trees, coniferous trees except *Chamaecyparis*, stumps, and new and old dead standing trees were recorded on a map to analyze their distribution. To know the height growth of regenerated *Chamaecyparis* trees, 8 sample trees were taken from each of P I and P IV, 4 suppressed sample trees were taken from Seed trees left stand. And then, height growth of those trees were obtained by means of stem analysis.

Received November 16, 1979

(1) Shikoku Branch Station

The results to obtain are as follows;

1. According to the records of Aki District Forest Office, changes of seedlings density and site conditions, tendings and others are as follows.

The autumn of 1918, when the experimental stand was established, was a seed year. The weather of the next year was so fit for germination of seeds of *Chamaecyparis* that whole experimental stand could have a plenty of seedlings. Especially, in Section IV, number of seedlings amounted to about 600,000 per hectare in May next year. Weeding and brushcutting were done elaborately from 1919 to 1925. In 1920 and 1921, weeding and brushcutting were done twice a year, in the summer and in the autumn. Weeds and shrubs had luxuriated violently in the Section I and ground surface remaining part of Section IV. But at the ground surface removed part of Section IV, ground surface had been exposed until 1924 and few weeds were found there, and seedlings of *Chamaecyparis* were found as high density (Table 3, 4). Growth of regenerated seedlings of *Chamaecyparis* showed the best growth in Section I and the 2nd growth in Section IV. In Seed trees left stand, seed trees suppressed regenerated seedlings and they did not show good growth.

2. General description of the plots are shown in table 8. The values of stand structure of P I show almost same values of P C. But those of P IV did not show good value to them. In P IV, however, if mean height of trees which are higher than mean height of whole trees in P IV, is the height of dominated trees, site quality of P IV is included in the range of the 1st site class of the yield table.

In Seed trees left stand, since regenerated *Chamaecyparis* trees were suppressed by overstorey, the values of general description of regenerated *Chamaecyparis* trees in these plots show very smaller values than those of Seed trees removed stand. The density of regenerated trees in P II and P III are 619 No./ha and 50 No./ha, respectively. The difference of those density between P II and P III may be the results of the difference of the density of seed trees and of some limited environmental factor. Whole stem value of *Chamaecyparis* trees in each plot of Seed trees left stand are 816.2 m³/ha in P II and 721.4 m³/ha in P III, respectively. But adding to the stem values of the other species in each plot, such as *Abies firma*, *Tsuga sieboldii*, and *Podocarpus macrophyllus*, total stem volumes of those plots become very similar to each other, i. e. 987.7 m³/ha in P II and 966.9 m³/ha in P III, respectively.

3. The distributions of trees and others are shown in Fig. 3~7.

In Seed trees removed stand, the distributions of *Chamaecyparis* trees show somewhat random distributions both in P I and P IV, and this tendency is not altered even if stumps are added to them. In P I and P IV, dead standing trees are fewer near artificial forest, and recent thinning were done to all over the plots. In P I, the number of new dead standing trees are more than those of old ones. It is considered that those facts show that when the artificial forest near P I had been taken care of, tending were also done sometimes to P I. On the other hand, in P IV, the density of dead standing trees is much higher than that of P I, and the density of old dead standing trees is higher than that of new ones (Table 8). Total number of live trees, dead standing trees, and stumps are close to the density of regenerated trees in 1938 in Section IV (Table 4, 8). Those facts suggest that Section IV including P IV had been left intact until recent thinning. Three strips of dead standing trees, mainly consisted of old dead standing trees, along contour line can be found in Fig. 4 and Fig. 5. These strips may show the treatment of ground surface removing in 1918.

In Seed trees left stand, regenerated *Chamaecyparis* trees are generally suppressed and

small. In P II, seed trees mainly distribute near ridge and regenerated *Chamaecyparis* trees distribute randomly all over the plot. The density of old dead standing trees is higher than that of new ones and these fact may mean that many of regenerated trees had dead in early period. Number of stumps are rather few, so it is supposed that tending have done scarcely to this plot. In P III, seed trees distribute concentrically and *Abies firma*, *Tsuga sieboldii*, and *Podocarpus macrophyllus* distribute around them. Dead standing trees are very few and the density of old dead standing trees is higher than that of new ones. The total number of live regenerated *Chamaecyparis* trees, dead standing trees, and stumps are 500 No./ha. This number is much scarcer than those of the other plots. Those facts suggest that many trees had dead in earlier period than those of the other plots.

4. Height growth of this experimental stand is shown in Fig. 8.

The growth of regenerated trees in Seed trees removed stand were low in early stage of regeneration than the growth of yield table, but from about 10 years after regeneration, mean height growth of sample trees had become better, and recently, rate of height growth of P I and P IV became higher than those of yield table in comparison with the 1st site class and the 2nd site class, respectively.

In Seed trees left stand, the height growth of suppressed regenerated trees are not good, and about recent 20 years, they have shown very little growth. Clear length ratio of those suppressed trees and ratio of height/D. B. H. are very large, but those of suppressed seed trees are small. Lateral branch which had grown strongly instead of main shoot is found on each of three suppressed sample trees.

There are more bend figured trees in the natural regenerated plots than in PC, and this result may be related with degree of tending.

5. Undergrowth are composed mainly of evergreen broadleaf trees and important species is *Eurja japonica*. The biomass of undergrowth and groundvegetation are 2.7 t/ha in P I, 4.0 t/ha in P IV, and 9.6 t/ha in P III, respectively. The biomass of whole understorey vegetation are 1.1% of biomass of regenerated *Chamaecyparis* trees in P I and 1.8% of in P IV, respectively. Ratio of assimilately organ's biomass to that of overstorey, however, large, i. e. leaf mass is 6.7% in P I and 8.6% in P IV, leaf area is 18.0% in P I and 21.7% in P IV, respectively (Table 10).

Generally speaking, qualities of natural regenerated forest are inferior to those of artificial forest. But qualities of trees in P I which were well tended are as good as trees in PC. So, high quality forest can be gotten to apply suitable cultural treatment system to natural regenerated forest.