

天然更新に関する研究 (I)

木曽地方湿性ポドゾル地帯におけるヒノキ属の更新

赤井 竜 男・浅田 節 夫*

Studies on Natural Reproduction (I)

The Reproduction of *Chamaecyparis* at Wet Podzolic Zone in **Kiso** District

Tatsuo AKAI and Setsuo ASADA*

目 次

要 旨	35	1) 粗腐植ならびに土壌の諸性質
1. まえがき	36	2) 地床植生の成立状態
2. 湿性ポドゾル地帯の環境と天然生林 の特徴	37	3) 地床の明るさ, 温度, 湿度
1) 湿性ポドゾル土壌の分布と地況		4) 生長量と相対照度
2) 気象環境		5. 天然更新法の検討
3) 土壌環境		1) 母樹の残存
4) 天然生林の特徴		2) 粗腐植の分解促進
3. 更新稚樹の成立状態	42	3) 稚樹の発生, 生長の条件
1) 調査地ならびに調査方法		4) 更新期間
2) 稚樹の発生密度		5) 陽樹の混交
3) 稚樹の生長状態		6. あとがき
4) 根系の発達		61
4. 稚樹の発生, 生長の環境条件	50	引用文献
		61
		Résumé
		62

要 旨

この研究は高寒地の森林において、実際行なわれあるいは行なわれようとしている天然更新の環境と更新の実態を生態学的に調査し、その環境に適した安全な更新法を見出そうとしたものである。

まず第一にわが国の代表的な天然生美林の一つである木曽のヒノキ林をとりあげた。この中特に問題になるのは不成績造林地の多い木曽谷の西南一帯の準平原地域（王滝営林署管内、三浦、助六地区）にあらわれる湿性ポドゾル地帯の更新である。

この湿性ポドゾル地帯は、粗腐植が厚く堆積し、そのため特にPやCaなどの養分が表層土中から多量に容脱されたきわめてせき悪な土壌からなっている。さらに木曽谷のこの地帯の特徴は伐採跡地ばかりか天然林内にも密生したササがみられることで、最大は平均高180cm, haあたり地上部乾重約

* 信州大学農学部 Fac. of Agr., Shinshu Univ., Nngano

24tonにも達した。

ヒノキ属を主とした天然林の下にはほとんど稚樹は更新しない。これに反し、小面積に伐採された若い造林地にはよくヒノキ属の稚樹が更新する。稚樹は林縁附近がもっとも多く(平均75,000本/ha)、遠ざかるに従って減少するが、林縁から樹高と同じ位隔たったところでもhaあたり15,000本以上の更新稚樹が認められた。

現在更新後まだ10年前後しか経過していないので、測定地点ごとの稚樹の大きさは平均高10~27cm、根系の深さの平均4~7cm、平均年令4~8年位で、林縁から10~20m離れたところでももっとも大きかった。また、年平均伸長量は約4cmで場所の違いによる差は少なかった。

天然林内には60ton/ha(乾重)前後の粗腐植が堆積していることが多いが、伐採後しばしば下刈りを行なって日光を与えた林地では5~10年位で50%以上減少するようであった。すなわち夏季、ササのある林地の5~10cm深さの地中温度は20°Cを越えることはなかったが、ササのない裸地ははるかに温度が高くなり、粗腐植の分解が促進されるものと思われた。

天然林内の地床の明るさは林外の地床より常に低く、林内のササ上の明るさの1/5位であった。この光不足と上述の厚い粗腐植の堆積が林内の更新をさまたげているようであった。

更新後は10年以内の稚樹がもっともよく伸長する最適の明るさは、相対照度(陽斑点も含めて平均)2~5%の範囲で、数10%を越えると何らかの障害が起る可能性がある。

それ故木曾地方の湿性ポドゾル地帯においては、粗腐植の分解を促した後、ササを保護植生としてコントロールすれば、更新面を樹高のほぼ2倍にとった帯状(群状)皆伐あるいは群状母樹法などによって、天然更新をより確実に行なうことができよう。

1. ま え が き

伐採を調整することによって自然に後継林を再生させることを天然更新というが、実際のわが国の林地においては思うように更新しない場合が多い。それ故天然更新論が盛んであった1920~1930年代以降は、ほとんど注目されるような研究はあらわれなかった。しかし、拡大造林の旗じるしのもとに伐採が奥地にすすむにしたがって立地条件が厳しくなり、一方労働事情の悪化は省力経営を強いるようになったため、最近になって再び天然更新を検討しようという気運が高まりつつある。

このよに天然更新が考慮される条件は、人工造林を行うことが生物学的に不安で経済的にひきあわない立地に限定されている。このことは林業が経済性を全く無視できない限り、これまでの技術では当然のことと許されるであろうが、多くの新しい技術が開発されつつある現在では、生物学的にはきわめて合理的である天然更新が新しい思想と技術の体型づくりに脱皮する必要がある。

この研究は信州地方などの高海拔地の森林において、実際行なわれあるいはこれから行なわれようとしている天然更新作業のいくつかを対象として、その環境と更新の実態を生態学的に解析し、より安全で容易な更新技術を確立しようとしたものである。

まずはじめに三大美林の一つである木曾のヒノキ林をとりあげることにする。木曾地方には現在約6万haのヒノキ老令過熟林分が存在しているが、そのほとんどが国有林で、長野営林局木曾谷経営計画区に含まれている。ここでこれまで行なわれてきた作業種をふりかえてみよう。

ヒノキを主体としたいいわゆる五木の成立過程についてはいろいろの説があるが、いずれも推論の域をでない。ただ尾張藩が留山、明山の制度を設け、材質のすぐれた五木を大切にすることは、現在の美林形成に大きな影響があったものと思われる。明治22年御料林に編入されてから昭和の始め頃まで、長伐期(120年)の皆伐作業が行なわれてきた。しかし高海拔地に人工造林されたヒノキの成績が悪かったことならびに恒続林思想の発展に刺戟され、昭和10年頃からは択伐作業がとられるようになった。

昭和22年国有林に移管された後も、しばらくはこの方針がとらぬかれたが、昭和33年に編成された

第一次経営計画では、経営の合理化と生産力の増強を期待して、ヒノキ（52%）、カラマツ（32%）造林を主とした区画皆伐に変更された。さらにその5年後の第2次経営計画では、伊勢湾台風（昭和34年）などの影響もあってこれが全面皆伐へと拡大し、また木曾谷経営区全造林面積の半ば以上をカラマツが占めるようになった。その根拠はカラマツの経済的特性ならびに木曾谷北部地帯にカラマツの天然林や古い優良な造林地が多いことがあげられようが、この計画のままで30数年間の改良期をすぎると、木曾谷の林相は一変することになるであろう。

しかし、ここで今一度木曾谷の森林の現状をよくみつめる必要がある。前述したように、奈良井、藪原、福島を中心とした木曾谷北部は、カラマツに適した立地環境であろう。また中南部一帯では人工造林されたヒノキの生長がきわめて良好で、一部には天然更新も成功している。それ故それぞれの地域に適した樹種を選ぶべきことは当然である。

ただ問題は木曾谷西部御岳山南麓の準平原地帯（そのほとんどが湿性ポドゾル土壌といわれる）の更新である。過去数年にわたって試みられてきたヒノキの人工造林は他の地域と比較してきわめて不成績であった。この現実が昭和30年前後からカラマツを導入する糸口ともなり、他に適当な樹種もみあたらなかったため、現在のようにカラマツ一辺倒になったようである。しかし、すでに報告したように、期待されたカラマツも斜面下部をのぞいて将来の生長に不安があることが明らかになった。

このように、ヒノキやカラマツの生長がかんばしくないのは、もともとこの地域が冷涼多湿で粗腐植の分解が悪く、ながい間針葉樹林のもとで、グライ状のポドゾル化がすすんだいわゆる湿性ポドゾル地帯であるためと考えられる。しかし生長の良否は相対的にきめられるもので、気象的にも土壌的にもきわめて不適当な環境にあるところでは、それなりの生長しかできないのは当然であろう。

広大な湿性ポドゾル地帯にも天然生の美林が多い。美林というのは大径木の蓄積が多いことであって、生長が良いということではない。200年とか300年という時間因子が入っているからで、現在の経済的な概念にはほど遠いものである。10年とか20年までの生長が悪いといっても、現存の天然林からみると幼年期か少年期である。幸いヒノキ属は被陰に対してかなり耐性があるので、根の活着さえよければ成林の機会はあろう。始めに述べたように、ここに天然更新を考慮する価値と意義がある。

幸い10数年を経過した人工造林地のササの中に、条件によっては更新樹がかなり認められたので、稚樹発生の条件を一応解析することができ、更新作業の実行についてもある程度見通しを立てることができた。しかし現在更新樹のほとんどがササの中に生存している状態であるので、今後の生長保育については確かな自信がない。木曾谷の将来を左右する一つの重要問題として、組織的継続的な調査研究が早急に望まれよう。

第3次経営計画案を作製するにあたり、数多くの先達の意見を取入れ、また筆者らの予備的ともいえる調査結果も考慮されて、天然下種更新を含めた新しい木曾谷作りを積極的に計画された長野営林局の英断に今後期待することが大きい。

この研究は昭和40年から41年にわたり、長野営林局経営部ならびに王滝、野尻、坂下各営林署の全面的な協力のもとに行なわれた。また京都大学四手井教授ならびに前長野営林局長伊藤清三氏には適切な助言をいただき、報告のとりまとめには京都大学佐野教授の配慮があった。そして資料の収集分析には信州大学島崎助手、野笹技官ら造林学研究室諸氏の助力をえた。本報告をまとめるにあたり、上記関係各位に厚く御礼申しあげたい。

2. 湿性ポドゾル地帯の環境と天然林の特徴

1) 湿性ポドゾル土壌の分布と地況

湿性ポドゾル土壌とは寒冷多湿な気象条件の影響で、落葉落枝などの植物遺体の分解が悪く、粗腐植が厚く堆積すると、分解過程に生成する酸性物質が多くなり、土壌を極端に酸性にするが、その結

果まず表層土壌中の Ca, Mg, K, Na などの物質が水に溶けて流亡し、つづいて Fe, Al などが溶脱された著しく瘠悪な土壌をいう。ポドゾル化の程度はいろいろな条件によって異なるが、極端な場合は Fe, Al が大量に流亡して表層に灰白色の漂白層を、その下にオレンジ色の集積層を作る。そして可動性をもった Fe や Al は P と結合して不可給態となり、ほとんどの植物養分を失わせるが、木曾谷湿性ポドゾル地帯の土壌層は特に粘質で、孔量隙が少なく水や空気の流通がきわめて不良であるため、むしろグライポドゾルと呼ぶ方が適切であるともいわれている（松井一昭和41年度長野営林局造林現地審議会）。

このような湿性ポドゾル土壌が特に大規模にあらわれるのは、木曾谷西部の王滝川ならびに阿寺川の上流一帯の準平原地域である。長野営林局の調査資料によれば、その面積は8,000haにもおよぶが、ここで特に問題になるのはポドゾル化が進んだ Pw-I 型土壌で、この中の約40%もの広い地域を占めている。

湿性ポドゾル土壌は大体海拔高 1,300m 以上の概して隆起準平原地形にあらわれやすいが、また局所地形的には斜面上部、特に尾根筋に著しい。

地質学的にみると湿性ポドゾル土壌は石英斑岩地帯にあらわれやすいようである。これは玄武岩や安山岩のような塩基性岩や中性岩を母材とした土壌より、花崗岩や石英斑岩のような酸性岩を母材とした土壌は、Ca とか Mg のような塩基類が少ないため、土壌の酸性化を防ぐことができず、よりポドゾル化すると考えられる。

2) 気象環境

ポドゾル土壌の生成にもっとも大きい影響を与えるのは気象因子であろう。すでにのべたように、

Table 1 Precipitations and temperatures observed at Miure dam for 19 years since 1942.

Factor	Month												Year
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	
Max. temperature (°C)	-1.4	-0.7	3.7	10.4	15.3	18.9	22.7	24.3	19.8	14.1	8.3	1.2	-
Min. temperature (°C)	-9.0	-10.5	-6.1	0.8	5.7	10.6	15.1	15.6	12.2	5.7	0.2	-4.9	-
Mean temperature (°C)	-5.2	-5.6	-1.2	5.6	10.5	14.8	18.9	20.0	16.0	9.9	4.3	-1.9	7.2
Precipitation (mm)	128	140	260	305	282	457	466	374	475	257	165	144	3,453

Sea level ; 1,305m

厚い粗腐植の堆積がポドゾル化の直接の原因であるが、このような集積が起るのは有機物の分解に関与する微生物、微小動物などの活動が抑制されるからである。そしてこれら生物の活動を制限しているのは主として寒冷多雨な気象環境である。

四手井¹⁰⁾、堤は暖かさの指数が低いほど、すなわち温度の低い地帯ほど平均分解率が低く、未分解の有機物が集積することを報告している。三浦ダムにおける月別気温と降水量は Table 1 のようであるが、木曾谷湿性ポドゾル地帯は気象環境からみてまさにその典型的な事例である。

3) 土壌環境

粗腐植の堆積状態や土壌構造については、稚樹の生長の条件のところでも詳しくのべるので、ここでは湿性ポドゾル地帯の代表的な林地について、その物理的組成と化学性特に養分現存量を検討してみよう。

調査林分内に2カ所穴を掘り、0~15cm, 15~30cm, 30~45cm深さの土壌をそれぞれ200ccの土壌採取円筒にとり、これを混合篩別して物理組成ならびに化学的性質を分析した。またAo層量は50×50cm

内の落葉粗腐植をかき集め秤量しhaあたりの量に換算した。そして粗腐植は硫酸硝酸法で分解し、土壌試料については熱塩酸（全量）ならびに0.2規定塩酸（可給態）で抽出したものについてつぎの方法により分析した。

N：ケルダール法 K：炎光分析 P：モリブテンプルー法 Ca, Mg：E. D. T. A. 滴定法
A₀層ならびに地表から15cmごと45cmまでの土壌組成を Table 2 に、N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO

Table 2 Textures of soils (g/1,000cc).

Sampling forest			Depth (cm)	Weight of freshsoil	Weight of gravel	Dry weight		Dry weight of A ₀ layer (ton/ha)
District forestry office (Ranger station)	Compartment	Plot no.				Fine soil	Root	
Ootaki (Gomisawa)	646	101	0~15	1,634	5.3	1,149	2.0	12.6
			15~30	1,630	81.0	1,108	1.0	
			30~45	1,686	189.5	1,072	1.3	
Ootaki (kuragake)	610	104	0~15	1,662	3.3	840	8.0	42.8
			15~30	1,635	54.5	1,111	1.3	
			30~45	1,698	211.8	1,049	1.5	
Ootaki (Sukeroku)	196	110	0~15	1,667	476.8	724	1.5	19.8
			15~30	1,519	268.0	778	0.8	
			30~45	1,489	151.3	814	0.8	
Nojiri (Adera)	175	117	0~15	1,363	369.3	403	4.0	46.8
			15~30	1,395	296.3	512	1.5	
			30~45	1,475	502.5	456	1.5	
Sakasita (Kawaue)	16	118	0~15	1,194	10.0	608	3.5	20.4
			15~30	1,427	11.3	824	1.8	
			30~45	1,537	132.5	841	1.0	

Table 3 Amount of nutrients in forest soils (kg/ha).

Plot no.	Ranger station	Depth (cm)	Total N	0.2 N HCl soluble				Hot HCl soluble			
				P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
101	Gomisawa	Ao	196	34.7	110	127	57	—	—	—	—
		0~15	2,171	12.1	209	140	209	118.9	665	+	1,091
		15~30	2,094	11.6	110	5	229	43.2	821	+	1,333
		30~45	1,800	3.2	106	+	195	64.3	1,104	+	1,154
		Total	6,261	61.6	535	272	690	261.1	2,700	+	3,635
104	Kuragake	Ao	98	17.4	55	64	28	—	—	—	—
		0~15	2,116	13.9	113	140	346	187.6	622	+	666
		15~30	3,967	11.7	140	+	222	101.7	643	+	1,302
		30~45	9,030	7.9	123	+	142	53.5	549	+	1,529
		Total	15,211	50.9	431	204	738	360.2	1,869	+	3,525
110	Sukeroku	Ao	128	16.8	29	22	41	—	—	—	—
		0~15	2,585	5.4	85	57	173	80.4	589	+	551
		15~30	3,921	5.8	91	4	130	33.8	183	+	715
		30~45	5,472	8.5	95	108	83	41.5	442	+	877
		Total	12,106	36.5	300	191	427	172.5	1,243	+	2,184

Plot no.	Ranger station	Depth (cm)	Total N	0.2 N HCl soluble				Hot HCl soluble			
				P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
117	Adera	A ₀	900	85.8	387	+	299	—	—	—	—
		0~15	2,454	4.2	99	59	99	86.4	284	+	472
		15~30	2,042	3.8	83	+	61	66.0	463	226	892
		30~45	2,200	3.4	45	+	83	120.9	379	+	491
			7,596	97.2	614	59	542	359.1	1,513	226	2,154
118	Kawaue	A ₀	233	42.8	170	61	135	—	—	—	—
		0~15	3,572	6.4	149	61	125	93.8	318	+	616
		15~30	2,422	6.2	150	+	169	91.4	834	+	809
		30~45	2,120	6.3	98	+	173	48.0	684	+	986
		Total	8,347	61.7	567	122	602	276.0	2,006		2,546

+ ; trace

の ha あたりの現存量を Table 3 に示した。

一般的な傾向からすると、N以外の養分で著しく少ないものがあるようであるが、さらに未分解の粗腐植中に含まれている量がかかなり多いことにも問題がある。すなわち A₀ 層に含まれている有機態の養分はそのままではすぐに利用できない。天然生林が伐採され地床の温度があがってくると、分解は徐々に促進されるので、伐採後10年前後を経過した人工造林地の A₀ 層は次第に減少しつつあるようであるが、これが全部分解され、各養分が無機化されるまでにはまだかなりの時間が必要であろう。

一方、熱塩酸可溶物中の無機養分の現存量は比較的大きく、養分循環上からみるとかなりゆとりがあるようであるので充分長い時間をかければこれらの養分が徐々に可給態化されるであろう。しかし可給態 (0.2 規定塩酸可容物) 養分についてみると、特に P₂O₅ と CaO は極端に欠乏し、Fig.1 のように木曽谷北部の40年生のカラマツ林 (390m³/ha) の幹中に含まれる養分量より、A₀ 層も含めた45cm深さまでの林地中の養分量の方が少ない状態であった。

このように土壌中の養分が少ないのは、現存の天然林の樹体中に吸収保持されているか、あるいは伐採されて生態系外へもち出されたことと、ポドゾル化の進行にともなう養分の溶脱が主原因であると推察される。しかし土壌中の養分現存量が少なければ、分解率を高めることによって物質の循環を早めればよいのであるが、寒冷なこの地帯の気象環境ではこれも困難なこ

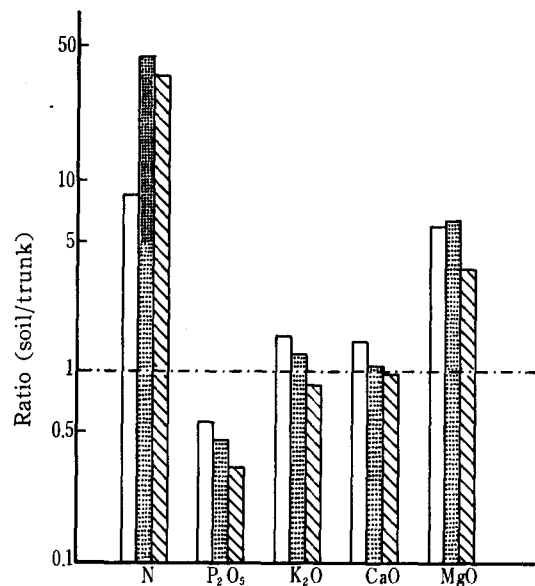


Fig. 1 The ratio of the amount of total nitrogen and available nutrients in soils (including A₀ layer and 45 cm depth from surface) to nutrients in the trunk of Larch forest (about 40 years) per hectare at Kiso district. Blank — Gomisawa (Plot 101), speck—Kuragake (Plot 104), oblique line —Sukeroku (Plot 110).

とであろう。

4) 天然生林の特徴

一般に針葉樹の落葉は広葉樹に比較して分解が困難であるといわれているが、¹²⁾ 湿性ポドゾル土壌のあらわれる地帯は、ほとんどヒノキを主体とする針葉樹林が現存するか、かつて存在していたところで粗腐植の堆積が著しい。特にヒノキの落葉はモミ、ヒバなどととも分解困難な代表的樹種とされているが、数100年あるいはそれ以上の長年月の間に集積した粗腐植が、ポドゾル化を進めた原因の一つであることに間違いなからう。

木曾谷湿性ポドゾル地帯のもう一つの特徴は天然林の下にもほとんど例外なく進入しているササの存在である。その成立状態については後で詳しくのべるが、ササの密生は地床への陽光をさえぎり、粗腐植の分解をさまたげていよう。しかし一方、これまでササは天然更新にとって大敵とされていたが、稚樹の発生のところでふれるように、ササが生えていても条件によっては充分更新できることがわかった。

天然更新を考慮する限り、少なくともそこに成林している天然生林の成因とか構成状態を理解する必要がある。吉良(政)¹³⁾は木曾ヒノキ林の伐根年令配分ならびに直径生長の経過から、更新に約30年の周期のあることを報告したが、田中¹⁴⁾はこれに疑問を提出した。また岡林、高野¹⁵⁾は瀬戸川国有林における同じような伐根調査の結果から、ここは約300年以前に皆伐的な強度の伐採をうけた後、一斉に更新したものと推論している。この他にもいろいろ調べられたものもあるが、この2つを比較してもわかるように、前者の調査した年令構成は右に片寄ったJ型分布で、後者は正規分布あるいはL型分布に近い形をしている。これらは前世代の森林の破壊のうけ方が異なったためで、むしろ前者のJ型は始め大規模に森林が破壊され、一斉に更新し、残っていた当時の前生樹も次第に枯死消失して徐々に更新が進んでいったが、後者のL型分布の場合はこれと反対に始めは徐々に、ある時一斉に破壊と更新が行なわれたと考えることもできる。

少ない資料からではあるが、今回調査した伐根の年令構成を三浦地区と助六地区に分けて Fig. 2 に示した。両地区の年令分散は正規型かややJ型に近い分布型であったが、助六地区の分散巾の方が大きいようであった。

以上のように年令構成にはいろいろな型があるが、そのいずれもが150~200年というながい年月にわたって更新したものであることは一致

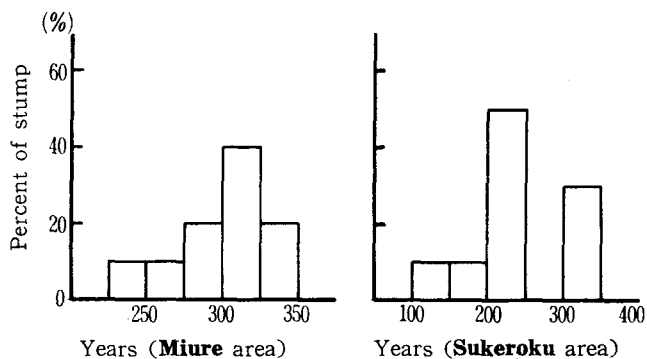


Fig. 2 Frequency distribution of tree age on stump at **Miure** and **Sukeroku** area.

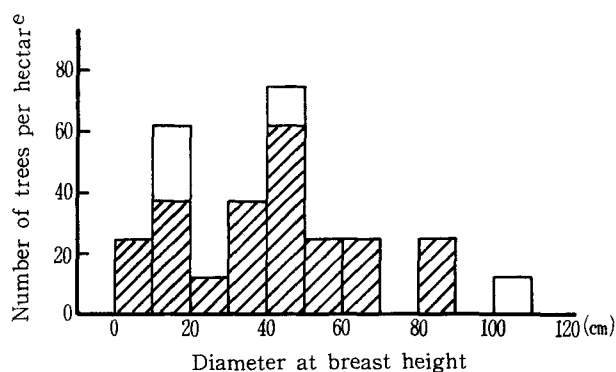


Fig. 3-1 Distribution of diameter breast high at **Miure** area. Oblique line—*Chaenacyparis*, blank—others (mostly broad leaved tree).

している。このような長年月の間には室戸台風や伊勢湾台風の時のような破壊が何回かあったはずで、更新は強弱いろいろな森林の破壊とともに徐々に進行したものでなかろうか。

つぎに林分の構成を三浦地区と助六地区の地区別に直径分布で示すと Fig. 3 のようであった。斜面の中復以上はほとんどヒノキであるが、谷筋に近いところはサワラが多くあらわれる。これらヒノキ属の成立本数は大体haあたり 250~600 本位であった。

また図からも明らかなように、全般的に広葉樹がかなり混在しているが、林分内には枯死したのもかなり認められ、数10年あるいはそれ以前には広葉樹との混交林であったと考えられる林分も少なくなかった。そして広葉樹はかつてはヒノキの更新樹の保護者として役立ったとも考えられる。

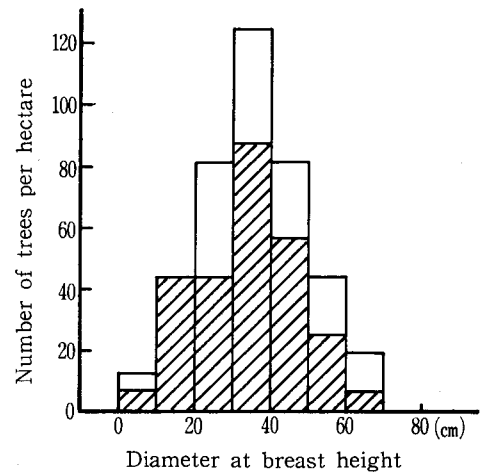


Fig. 3-2 Distribution of diameter breast high at **Sukeroku** area. Oblique—*Chamaecyparis*, blank—others.

3. 更新稚樹の成立状態

1) 調査地ならびに調査方法

これまで湿性ポドゾル地帯におけるヒノキ天然更新のための施業あるいは試験は、一部に特殊択伐が行なわれた記録以外ほとんどみあたらない。そして択伐による天然更新も、瀬戸川国有林のようにササのないところでは成功しているが、湿性ポドゾル地帯に普遍してあらわれるササ生地の択伐更新地には、ほとんど稚樹がみられないようである。

しかし1965年三浦地区において、カラマツ造林地の生長調査を行なった時、多少密生したササの中にも数cmから数10cm位の大きさのヒノキ稚樹がかなり更新しているのをみつけた。そこで古い小面積の皆伐地をさがしてみたが、湿性ポドゾル地帯にはそのような林地がないので、伐採後比較的新しい小面積皆伐跡のヒノキ、トウヒ、ウラジロモミならびにカラマツ造林地を対象として、更新稚樹の発生、生長、耐生などの条件を調査し、その結果を解析することによって更新の方法を推考することにした。

調査は王滝営林署管内五味沢、鞍掛、本谷、助六の各担当区ならびに野尻営林署管内阿寺担当区、坂下営林署管内川上担当区において行なったが、後の2地区については現在十分な資料がないので、

Table 4 States of sampling stands in August, 1966.

Plot number	Ranger station	Compartment	Kind of forest stand	Years after cutting	Mean height (cm)	Condition of growth	Part of mountain slope	Type of slope
102	Gomisawa	646	Natural reproduction	3	—	—	Upper	Up hill
			Hinoki plantation	10	164	Poor		
103	"	639	Natural forest	—	—	—	Middle	Balance
			Hinoki plantation	11	197	Poor		
104	Kuragake	610	Natural reproduction	2	—	—	"	"

Plot number	Ranger station	Compartment	Kind of forest stand	Years after cutting	Mean height (cm)	Condition of growth	Part of mountain slope	Type of slope
105	"	592	Natural forest Larch plantation	— 15	— —	— Poor	"	"
106	"	597	Cut-over area Larch plantation	1 13	— 260	— Poor	"	"
107	Hontani	670	Larch plantation "	3 9	— 300	— Normal	"	"
108	"	671	Larch plantation "	3 9	— 230	— Normal	"	"
110	Sukeroku	196	Natural forest Fir plantation	— 7	— 58	— Poor	"	"
111	"	196	Natural forest Spruce plantation	— 6	— 42	— Poor	"	Down hill
112	"	196	Natural forest Spruce plantation	— 6	— 42	— Poor	Upper	Balance
113	"	196	Natural forest Spruce plantation	— 6	— 42	— Poor	Middle	"
114	"	196 195	Natural forest Hinoki plantation	— 32	— —	— Poor	Ridge	Down hill
115	"	182	Natural forest Fir plantation	— 8	— —	— Good	Lower	"
116	"	183	Natural forest Fir plantation	— 8	— —	— Good	Middle	Balance

Miure area ; Gomisawa, Kuragake, Hontani

ここでは特に三浦地区（五味沢，鞍掛，本谷）と助六地区に焦点をさぼることとした。調査地の位置，造林木の生長状態，斜面状態などを Table 4 に一括して示した。

各林分においては，天然生林（最近1～2年中に伐採され人工造林されたところもある）とそれに接した区画皆伐後数年以上を経過した人工造林地を，同時に続けて水平方向に10m間隔で後述の各項目にしたがい調査した。

2) 稚樹の発生密度

種子の散布距離は地形とか風力などにより異なるが，ヒノキ種子は1粒2.2mgでわが国の他の有用針葉樹に比較してももっとも軽く，かなり遠くまで達するはずである。しかしながら，散布された種子の全部が発芽し，生長するものではなく，木曾ヒノキは条件の良いところでも大体20～40%しか発芽せず¹⁶⁾，またせっかく発芽力をもっている，地床の条件（光，水分，温度など）によって種子が発芽しなかったり，発芽しても間もなく枯死消失していくものもある。それ故，ここでもとめようとする種子の散布距離は，実際地床に発生，生長している稚樹の本数密度から推定することにした。

各調査地において，天然生林の林縁を基点（0）とし，林内に10～15m（-10），林外の造林地に10m間隔で反対側の林縁まで（造林地の大きさ，地形などによって途中までのこともある）水平方向にササを伐り開き，各地点の2m×2mの広さの地床に更新している稚樹の発生本数，直径，稚樹高，根の深さ，年令などを調べた。その結果をまとめて Table 5 に示した。

表からも明らかのように，林縁からわずか10～15m入った林内（-10）には助六地区の2例を除いてはほとんど稚樹がみられない。さらに奥に入れば，林冠が破壊されていない限り，例外なく稚樹は

Table 5 Establishment and growth of reproduced seedlings.

Plot number	Distance from forest border (from other border)(m)	Number of seedlings		Mean diameter at base (mm)	Mean height (cm)	Mean depth of root system (cm)	Age(year)		Direction	Inclination
		Chamaecy-paris ($\times 1,000/\text{ha}$)	Broad leaved tree ($\times 1,000/\text{ha}$)				mean	range		
102	-10	0	0	—	—	—	—	—	S	20°
	0	12.5	0	3.6	34	8.6	4.7	4~5	—	0
	10	100.0	0	5.6	39	10.4	7.7	5~11	N	13°
	20	62.5	2.5	3.3	25	8.3	5.7	3~8	NE	16°
	30	17.5	0	3.5	31	—	5.0	3~7	N	34°
103	-10	0	0	—	—	—	—	—	—	—
	10	120.0	15.0	4.8	45	12.0	7.0	2~10	NE	25°
	20	4.5	27.5	7.5	66	12.0	9.0	6~13	NE	28°
	30	25.0	5.0	5.4	53	13.0	7.3	5~9	E	38°
	40	12.5	10.0	5.3	61	10.0	6.6	5~9	E	35°
104	-10	0	0	—	—	—	—	—	S	15°
	10	22.5	0	0.7	7	2.1	—	—	S	15°
	30	10.0	0	1.7	10	4.5	3.5	3~4	S	8°
105	-10	0	0	—	—	—	—	—	NW	32°
	0	85.0	2.5	2.2	21	5.6	4.3	3~6	NW	32°
	10	32.5	0	3.4	35	9.4	4.7	2~7	NW	30°
	20	135.0	0	2.6	24	6.6	8.0	2~11	NW	30°
	30	2.5	0	2.3	33	6.5	5.0	—	NW	32°
	40(30)	17.5	0	3.1	31	12.4	6.0	5~8	NW	30°
	50(20)	35.0	0	2.7	30	7.8	5.5	5~6	NW	25°
	60(10)	97.5	0	2.9	29	6.0	6.8	4~12	NW	31°
	70(0)	37.5	0	2.0	15	6.0	5.5	2~9	W	40°
106	-10	0	0	—	—	—	—	—	W	16°
	0	30.0	0	2.6	24	5.0	5.3	4~6	W	16°
	10	12.5	0	2.3	21	5.0	6.0	5~8	W	12°
	20	22.5	2.5	2.9	27	5.0	6.3	3~9	W	12°
	30	5.0	0	1.3	15	5.0	6.5	6~7	W	12°
	40	5.0	5.0	1.5	21	4.8	4.0	3~5	NW	10°
	50(40)	2.5	0	1.9	5	12.0	6.0	—	NW	12°
	60(30)	75.0	0	1.4	12	3.0	4.7	2~7	NW	12°
	70(20)	22.5	0	1.9	17	6.0	6.0	3~9	NW	8°
	80(10)	150.0	0	2.4	20	7.0	8.0	3~11	NW	10°
107	-10	0	0	—	—	—	—	—	S	30°
	0	80.0	0	1.2	11	4.0	3.4	1~8	S	30°
	10	32.5	0	1.1	9	4.3	2.3	1~4	S	32°
	20	20.0	0	1.2	10	4.0	3.5	2~5	SW	33°
	30	2.5	2.5	1.8	14	8.0	5.0	—	SW	36°
108	-10	0	2.5	—	—	—	—	—	NW	35°
	0	2.5	0	2.2	18	5.0	5.8	2~10	NW	35°
	10	2.5	5.0	3.2	16	4.0	4.5	4~5	NW	32°
	20	2.5	0	3.1	15	3.0	3.5	4~7	E	30°
	40	0	0	2.7	26	9.5	5.0	—	E	37°

Plot number	Distance from forest border (from other border) (m)	Number of seedlings		Mean diameter at base (mm)	Mean height (cm)	Mean depth of root system (cm)	Age(year)		Direction	Inclination
		Chamaecyparis ($\times 1,000$ /ha)	Brood leaved tree ($\times 1,000$ /ha)				mean	range		
110	-10	0	0	—	—	—	—	—	N	35°
	0	335.0(15.0)*	0	1.3	8	2.0	3.0	2~4	N	35°
	10	102.5(15.0)	0	2.3	16	5.0	5.3	4~7	N	35°
	20	25.0	0	1.4	10	4.9	3.6	3~5	N	28°
	30	7.5	0	2.8	15	5.7	4.5	4~5	N	28°
111	-10	0	0	—	—	—	—	—	N	28°
	0	50.0	0	1.4	10	5.0	4.2	3~6	N	28°
	10	50.0	0	1.6	10	4.4	2.8	2~5	N	28°
	20	42.5(35.0)	0	1.7	10	5.0	4.7	3~6	N	28°
	30	2.5	0	1.1	9	3.0	3.0	—	N	28°
112	-10	0	0	—	—	—	—	—	N	28°
	0	5.0(25.0)	0	1.3	6	3.3	2.5	2~3	N	28°
	10	45.0(7.5)	0	1.5	10	4.0	3.5	2~6	N	28°
	20	25.0(102.5)	0	2.0	10	3.8	5.5	4~6	N	28°
	30	67.5(2.5)	0	1.9	10	4.1	4.0	4~7	N	28°
113	-10	0	0	—	—	—	—	—	N	28°
	0	60.0	0	2.2	17	6.0	5.0	4~7	N	28°
	10	27.5(7.5)	0	1.6	13	5.0	3.3	2~4	N	28°
	20	1.0	0	2.5	16	5.8	4.7	3~7	N	28°
114	-10	0	0	—	—	—	—	—	W	25°
	0	42.5(20.0)	0	1.1	9	3.4	3.3	2~5	W	25°
	10	45.0(12.5)	0	3.3	29	6.0	8.5	7~13	SE	29°
	20	5.0	0	5.6	38	9.0	6.5	2~7	SE	29°
115	-10	0	0	—	—	—	—	—	W	31°
	0	35.0(52.5)	0	0.9	6	1.9	3.0	2~4	W	31°
	10	32.5(5.0)	0	2.1	14	3.5	4.7	2~7	W	31°
	20	35.0	0	2.4	18	4.0	5.0	4~7	W	31°
116	-10	0	0	—	—	—	—	—	W	35°
	0	37.5(10.0)	0	1.8	14	3.0	4.0	3~5	W	35°
	10	12.5(27.5)	0	2.7	20	3.5	5.0	4~6	W	35°
	20	30.0(65.0)	0	2.7	23	5.3	—	—	W	35°
	30	(32.5)	0	—	—	—	—	—	W	35°
	40	2.5(27.5)	0	0.8	5	1.0	3.0	—	W	35°
	50	2.5(125.0)	0	1.1	9	3.5	3.0	—	W	35°

* () ; 0~1 year-old seedlings

発生していない。この原因については後で詳しくのべるが、陽光の不足、粗腐樹の異常堆積などが影響しているようである。

これに反し若い造林地のササ（例外なくササは存在する）の中には、よく稚樹が更新し、しかも側方の天然林の状態、造林後の経過年数、手入の方法あるいはササの密度や粗腐植の状態などによって多少異なるが、林縁からのへだたりに応じて、発生密度に一定の傾向が認められた。すなわち、稚樹の発生本数は林縁あるいは林縁から10~20m地点を最大にして、林縁から遠ざかるにしたがって次第に減少していく。そして発生本数の最大は三浦地区においては150,000本/ha、助六地区においては

335,000本/haで、予想以上の稚樹が認められた。

造林地の幅は区画皆伐の大きさ、地形などによってまちまちで、大体70~120m位であったが、林縁から林縁までの幅が充分広ければ、林縁から50mも離れたとほとんど更新稚樹はあらわれない。林縁間の幅がせまいと、Plot 105, 106のように両林分の影響で造林地全面にわたって稚樹が発生する。

なお助六地区 (Plot 110 ~116) においては、当年あるいは前年に発達したばかりの幼稚樹が多くみられたが、その中の数%あるいは数10%は生き残り、更新樹となるであろう。

更新稚樹の年令構成を調べてみると、Tableからも明らかのように伐採(造林施業年の1~2年前)後から現在までほとんど毎年更新しているようであった。なお、更新樹の発生状態に与える傾斜、方位の影響は、現在の資料からでは明らかでなかった。

以上の調査結果を気象条件に多少差があると思われる三浦地区と助六地区の2つに分けて平均し、Fig. 4, 5 にまとめてみた。Plot 105, 106 もそれぞれの林縁から中間までを2つに分けて平均した。両地区とも林縁附近を山にして左にヒズんだ分布を示したが、これは林縁の上下あるいは内方の木から散布された種子が重複したためと考えられる。

稚樹の平均本数の最大値は、三浦地区では10m地点(約70,000本/ha)、助六地区では林縁すなわち0地点(約85,000本/ha)にあらわれた。このちがいは主としてササの成立状態の差によるものと思われた。すなわち、助六地区は後述のようにササ丈も小さく、地上部量も三浦地区よりかなり少ないので、林縁のように上木の影響のあるところでも、地床は比較的明るいが、このことが更新樹の発生に大きく影響しているようであった。

一方両地区とも林縁から30~40m地点をすぎると、急激に更新稚樹が減少する。更新樹の生長の条件のところでもふれるが、現在ササの中に生存している稚樹(幼稚樹を除く)の中、将来どれだけがササを追いぬき上木として成林しうるか、今のところ確実な資料はない。しかしササの平均高1~2m

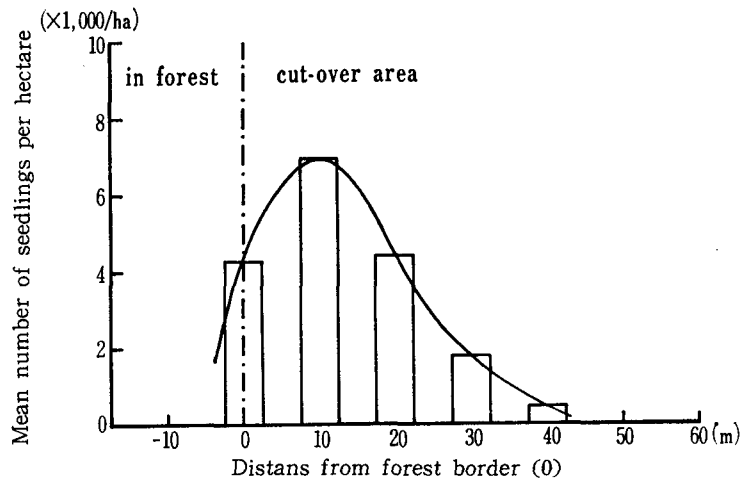


Fig. 4 Number of reproduced seedlings of *Chamaecyparis* at each places of ten-metre intervals in **Miuer** area.

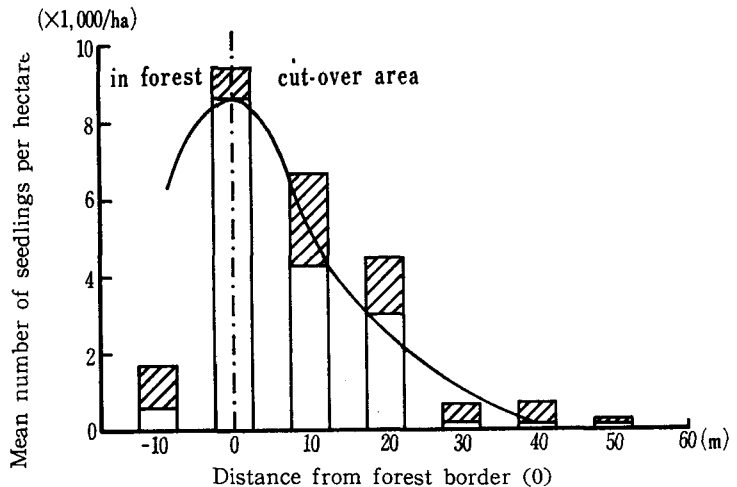


Fig. 5 Number of reproduced seedlings of *Chamaecyparis* at each place ten-metre intervals in **Sukeroku** area. Oblique line; 0~1 year-old seedlings (low survival).

の大きさに達するまでに、約80%が消失すると仮定し、その時のhaあたりの残存本数を約3,000本（慣行植付け本数）期待するならば、現在の稚樹本数は最少15,000本/haなければならない。一応これを更新に必要な基準本数とすると、林縁からの距離は25~30m位となる。これはほぼ樹高に等しい。これらのことをまとめてみると、ササの多い湿性ポドゾル地帯におけるヒノキ、サワラの天然更新は、前生天然林の下では不可能で、前生樹のない状態ならば、母樹からその高さの距離まではば可能であると推論された。

斜面の上下方向の調査は正確に行っていないが、Plot 115, 116 測定地点から約50m上方の尾根筋に天然生林が残されていたため、林縁からのへだたりによる稚樹の発生本数の減少が多少みだされた。後でもふれるが、種子の散布は常識的に放物線をえがくものとする、上方には短かく下方には遠く、上下方向を平均すれば、更新の可能範囲は大体樹高幅位になるであろう。

3) 稚樹の生長状態

稚樹の大きさは更新後の経過年数、地床の環境ならびに土壌条件などによって異なる。各調査地に生存している稚樹の大きさを Table 5 に示したが、その中でもっとも大きいものは、稚樹高 163cm, 根元直径 1.76 cm, 年令13年でこれらの地点の平均は稚樹高 66 cm, 根元直径 7.5mm, 年令9年であった。これ位の大きさになれば、第一段階の更新は一応成功したと考えられよう。

稚樹の発生状態 (Fig. 4, 5) と同じように、林縁から10mずつの距離に更新している稚樹の平均高を三浦地区と助六地区別に示すと Fig. 6 のようになった。両地区とも林縁から10~20m地点に大きい稚樹があらわれるようであったが、ここは種子の

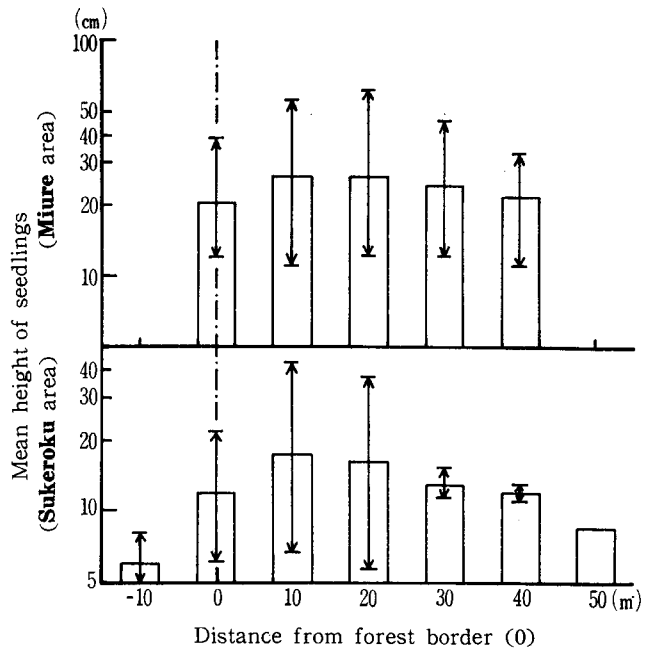


Fig. 6 Composition of height and its range of established seedlings at each places of ten metre intervals.

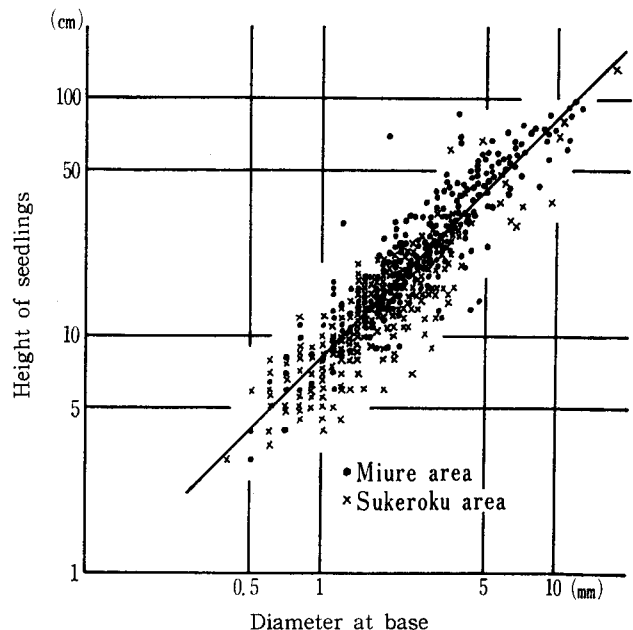


Fig. 7 Allometric relation between diameter at base and height of reproduced seedlings of *Chamaecyparis*.

散布状態、稚樹の発生密度から想像して、比較的早くから更新していたものと思われる。また三浦、助六両地区の平均の大きさを比較すると、三浦地区は平均高20~27cm、平均根元直径2.3~3.3mm、助六地区は平均高6~18cm、平均根元直径1.2~2.6mmで、三浦地区の方が大きい。これはあとでものべるように、助六地区は更新後の経過年数が少ないためであろう。

つぎに個々の稚樹高と根元直径の相対生長関係を検討してみよう。Fig. 7に各地区の相対生長関係を示したが、かなりのバラツキがある。これは地床の明るさなどそれぞれ環境が異なるため、上長生長と肥大生長の経過もそれぞれ異なってあらわれたものと思われる。

稚樹の年令は各調査地点ごとに大中小といろいろな大きさのものを数本抽出し、顕微鏡で根元の横断面の年輪を数えた。その結果は Table 5 のようであったが、更新調査地は植付け10年前後以降の造林地がほとんどであったため、稚樹の年令は比較的若かった。稚樹の大きさの場合と同じように、林縁から同じ距離に生存している稚樹の平均年令を Fig. 8 に示した。年令の場合も10~20m地点がもっとも大きく、早くから更新が行なわれていたことを示している。すなわち種子の散布量が比較的多く、稚樹発生の機会が多かったと考えられよう。しかしその差は1~2年で更新作業を決定づけるほどの重要な意味はないであろう。

三浦地区の平均年令は大体5~6年、助六地区はほぼ4~5年で、三浦地区の方が1~2年大きかったが、これは助六地区より施業年が古いことが主な原因である。

林縁から同じ地点に更新している稚樹の平均高と、平均年令とから、年平均伸長量を計算して図示すると Fig. 9 のようになった。これからも明らかなように、造林地内に更新している稚樹の平均伸長量は林縁からのへだたりにかかわらずほぼ一定となった。そして三浦地区は約4.5cm、助六地区は

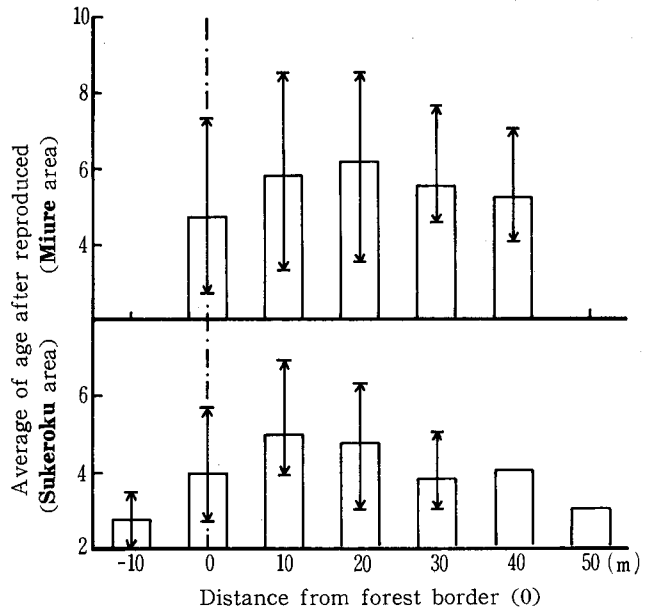


Fig. 8 Composition of age and its range of established seedlings at each places.

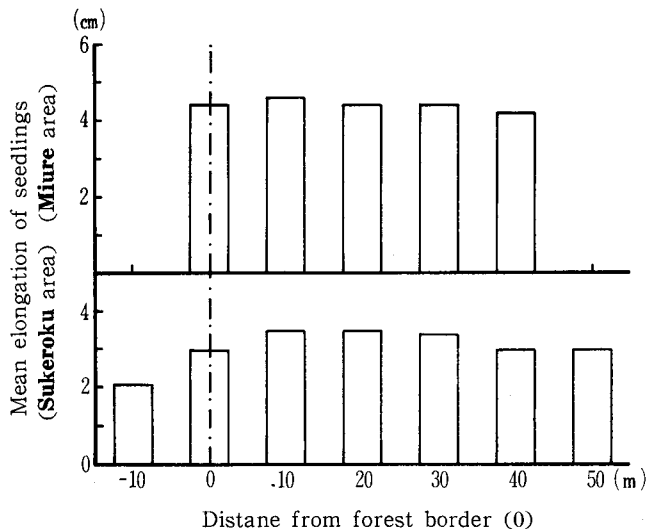


Fig. 9 Mean elongation (height increment) of established seedlings at each places.

3.5cmで、1cmほど三浦地区の平均伸長量の方が大きいようであったが、これは地床の環境の違いばかりでなく、現存の稚樹の大きさが異なることも関連しているであろう（直径生長量も同じ傾向が認められた）。

このことを証明する一つの方法として、稚樹の平均年齢に対する平均高の関係を Fig. 10 に示した。なお、植物の初期生長は複利法則に従う場合が多いので、この図は平均高を対数目盛にとった半対数グラフを用いた。

図から明らかのように、多少バラツキはあるが三浦地区と助六地区の生長曲線は分離しない。それ故、現存している稚樹の大きさでは、その大きさを元金として生長量を増加して行くものと思われる。しかし、このような複利法則的な生長がいつまで続くか問題であるが、やがて生長率が小さくなり、全体としてS字型のロジスチック曲線を描くようになる。

現在の資料から推定して、10年位まではまだロジスチック曲線の変曲点に達していないものとする、8年で少なくとも平均高40cm以上になりそうである。そしてこれだけの大きさに導くための条件を見出すことは、それほどむずかしいことではなからう。

4) 根系の発達

厚く堆積した粗腐植は乾燥期や夏の強い日射をうける時、特に表層が乾燥するが、またササなど他の植物の根との競争もあって水分の不足をきたしやすい。またこの層には根腐病菌が多いといわれているが、このような乾燥害や病害からのがれて生長して行くためには早く根を鉞物質土壌まで伸ばす必要がある。

今回調査した稚樹の根系の中、まだその大きさが小さくて粗腐植中に存在している根の大部分は、ほとんど幹に対してL型に斜面の上部へ折れ曲っていた。しかし粗腐植の堆積が少ないところの稚樹とか、すでに大きくなった稚樹の根系はよく直根が発達し、苗畑で養苗したものほとんど変わらないものもあった。根系の測定は根の長さではなくて、その深さを測定したが、L型に曲がったものは掘り取る前の再現がむずかしく、測定値にはかなりの誤差が含まれている。

つぎに稚樹高と根の深さの関係を Fig. 11 に示したが、相当のバラツキがある。しかし三浦・助六

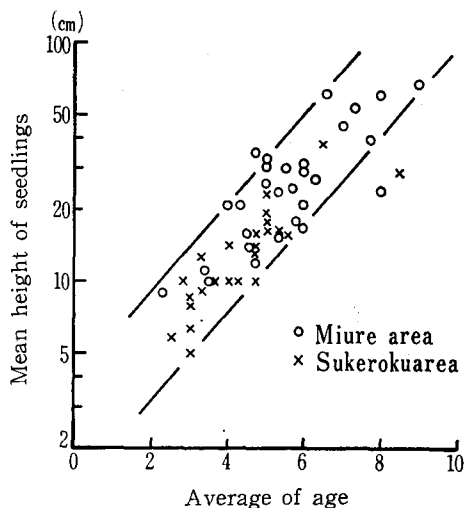


Fig. 10 Exponential relation between average of age and mean height of reproduced seedlings of *Chamaecyparis* at sampling plots.

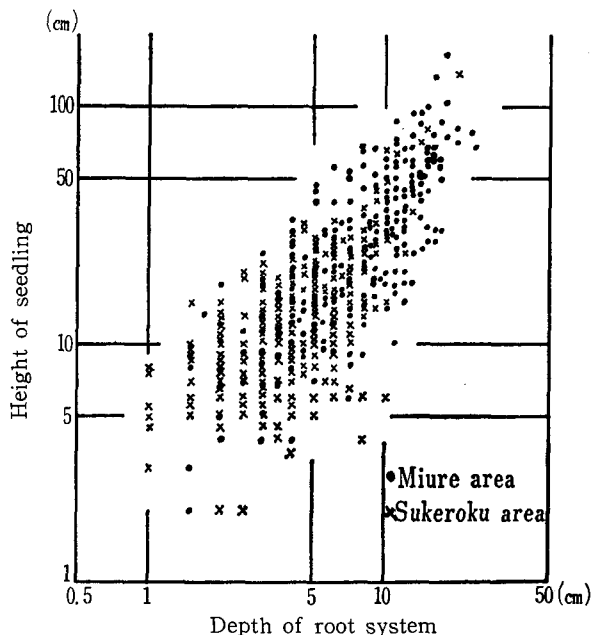


Fig. 11 Logarithmic correlation between depth of root system and height of reproduced seedlings of *Chamaecyparis*.

両地区とも稚樹高が 50cm 位に達すれば、根の深さはほぼ 10cm 位になりそうである。後述するように、ha あたり 100ton もあるような粗腐植の多い場合でも、A₀ 層の厚さは 10cm 内外であるので、この大きさが一応更新の安全圏と考えられよう。平均稚樹高 50cm を基準にしてみると、この大きさに達するには、Fig. 10 から、ほぼ 7~8 年遅くても 10 年以内と推定された。

4. 稚樹の発生、生長の環境条件

1) 粗腐植ならびに土壤の諸性質

地床に種子が落下し、適当な温度と湿度をえて発芽したとしても、その後は地中に根を伸ばして水分や養分を吸収しなければならないが、表層特に落葉や粗腐植の状態、土壤の諸性質は稚樹の生存、生育に大きな影響を与えるものと思われる。

各調査地における A₀ 層量や土壤の諸性質は Table 6 のようであった。

Table 6 Soil type and description of profile.

Plot number	Distance from forest border (m)	Soil type	Part of mountain slope	Dry weight of A ₀ layer (ton/ha)	Character of layer			Properties at each depth		
					Horizon	Thickness (cm)	Definition of boundary	Depth from surface (cm)	Compactness (kg/cm ²)	Quantity of stone
101	0	* Pw-I	Ridge	228.0	A ₀	11	Distinct	0~15	0.5	Rare
					A	15		15~30	0.8	"
					B	25		30~40	1.1	Frequent
102	-10	Pw-III	Upper	118.0	A ₀	6	Indistinct	0~15	0.4	Rare
					A	15		15~30	0.5	Occasional
					B	>30		30~45	—	Abundant
102	10	Pw-III	"	—	A ₀	2.5	"	0~15	0.3	Rare
					A	11		15~30	0.4	"
					B	>30		30~45	0.7	Occasional
103	-10	Pw-III	Middle	65.8	A ₀	5	"	0~15	0.3	"
					A	6		15~30	0.5	"
					B	>32		30~45	0.8	Frequent
103	0	Pw-III	"	39.8	A ₀	2.5	"	0~15	0.4	Occasional
					A	5		15~30	0.4	"
					B	30		30~45	0.6	Frequent
103	10	Pw-III	"	9.4	A ₀	2	"	0~15	0.5	"
					A	14		15~30	1.5	"
					B	>23		30~45	—	"
104	10	Pw-I	Upper	11.7	A ₀	5	Distinct	0~15	0.3	Rare
					A	26		15~30	0.4	Occasional
					B	>28		30~45	0.5	Abundant
104	30	Pw-I	Ridge	73.9	A ₀	5	"	0~15	0.3	Rare
					A	22		15~30	0.8	Abundant
					B	>20		30~43	—	"

Plot number	Distance from forest border (m)	Soil type	Part of mountain slope	Dry weight of A ₀ layer (ton/ha)	Character of layer			Properties at each depth		
					Horizon	Thickness (cm)	Definition of boundary	Depth from surface (cm)	Compactness (kg/cm ²)	Quantity of stone
105	-10	P _w -III	Middle	62.9	A ₀	6	Indistinct	0~15	0.3	Rare
					A	23		15~30	0.3	"
					B	>30		30~45	0.3	Occasional
105	20	P _w -III	"	27.6	A ₀	2	"	0~15	0.3	"
					A	17		15~30	0.2	Frequent
					B	>25		30~45	0.4	"
106	-10	P _w -III	Lower	64.2	A ₀	6	Distinct	0~15	0.2	Rare
					A	23		15~30	0.3	Frequent
					B	>28		30~45	0.5	"
106	20	P _w -III	"	32.9	A ₀	3.5	"	0~15	0.01	Rare
					A	35		15~30	0.2	"
					B	>15		30~45	3.9	"
108	10	P _w -III	Middle	40.7	A ₀	5	"	0~15	0.4	Frequent
					A	6		15~30	0.7	Abundant
					B	>30		30~45	—	"
108	60	P _w -III	"	98.8	A ₀	11	Indistinct	0~15	0.2	Occasional
					A	12		15~30	0.4	Frequent
					B	>20		30~45	0.5	"
110	-10	P _w -II	"	23.3	A ₀	1	Distinct	0~15	0.2	"
					A	26		15~30	0.6	"
					B	>23		30~45	0.6	Abundant
110	10	P _w -II	"	9.9	A ₀	1	Indistinct	0~15	0.2	Occasional
					A	17		15~30	0.5	Frequent
					B	>30		30~45	0.7	"
112	-10	P _w -I	Ridge	56.6	A ₀	7	"	0~15	0.4	Occasional
					A	23		15~30	0.5	"
					B	>35		30~45	0.8	Frequent
112	10	P _w -II	"	23.1	A ₀	3	"	0~15	0.1	Occasional
					A	13		15~30	0.3	"
					B	>30		30~45	0.4	Frequent
114	-10	P _w -I	Upper	17.4	A ₀	2	"	0~15	0.4	"
					A	16		19~30	0.4	"
					B	>25		30~45	0.3	"
114	10	P _w -II	"	7.7	A ₀	1	"	0~15	0.1	Occasional
					A	14		15~30	1.0	Frequent
					B	>25		30~45	0.9	"

* P_w-I ; Wet podzol
P_w-II ; Wet podzolic soil
P_w-III ; Wet slightly podzolised soil

調査地における土壌型はすべて P_w 型 (肉眼観察では B_D, B_Rとおもわれるところもある) で, 斜面

の上部尾根筋には Pw-I 型が、中腹より下には II, III 型があらわれる。これらの土壤の養分量については 2-4) においてすでにのべたが、 P_2O_5 や CaO は特に欠乏しているようであった。Pw-I 型の土壤は A_2 層が明らかに灰白化し、その下の B 層に Fe の集積層が認められるが、このポドゾル化された層は特に養分が少ないばかりか、粘質で硬く、土壤の物理性の悪い場合も多い。また一般に生産性の高い土壤は表層ほど柔軟であるが、湿性ポドゾル地帯の土壤は硬度計の値が示すように、0 ~ 30cm の深さの間ではそれほど差が認められず比較的緊密であった。

つぎにポドゾル化の原因となった落葉、粗腐植の堆積状態について検討してみよう。皆伐後数年以上経過した造林地の A_0 層量は、天然林が現存するか比較的近い過去に伐採されたばかりの林地より明らかに少ない場合が多かった。これは伐採後上木からの落葉落枝の供給がなくなったことと、下刈りなどによってある期間地表面が陽光を受け、地温があがり、その結果粗腐植の分解が促進されたためと思われる。

林地に達した種子が発芽し、根を伸べていっても、 A_0 層が厚ければ鉱物質土壤に達するまでに年月がかかり、その間に乾燥の害やあるいは病害（主として根腐れ病）などのために枯死するものが多くなる。それ故 A_0 層の厚い林地は、できるだけ早く粗腐植の分解を促進するようにならなければならない。また粗腐植が分解をうければ土壤中に養分が供給され、瘠悪なポドゾル土壤が改善されることになる。

すでにのべたように、粗腐植の分解を促進するためには、ササなどの地床植生をのぞき、陽光によって直接土壤温度を高めてやればよい。ササは 1, 2 度下刈りをして、翌年はもとの通りのササ生地になってしまうので、焼払いか、枯殺剤を用いるのが適切な方法と考えられる。

粗腐植の堆積状態をみるために A_0 層の厚さと ha あたりの現存量（乾重）の関係を Fig. 12 に示した。堆積の状態が粗であったり、密であったりするので多少バラツクが、その上限と下限線は比較的きれいにもとめられる。稚樹の根の伸長からすると、粗腐植の量が同じならば、密につまっただすなわち厚さの少ない状態の方が好ましいと考えられる。ただ分解の難易からみた場合、どちらの状態がよいか、その環境からさらに検討する必要がある。

2) 地上植生の成立状態

湿性ポドゾル地帯の地床はほとんどササの単純植生でおおわれている。木曾谷におけるササの種類は主としてネマガリダケ、クマイザサ、ミヤコザサ、スズダケであるといわれている¹⁶⁾。これらのササの成立状態によって、天然更新が妨げられたり、あるいは成功したりするようである。

各調査地のササの成立状態を現存量で示すと、Table 7 のようであった。なおこれらの資料の中、本数、平均高、根元直径は $1m \times 1m$ 内の全刈を行なったものについて全部測定したが、重量はその中の約 20% をサンプリングし、葉とその他の非同化器官に分けて生重を測定した後、絶乾率から資料の乾重量を計算して ha あたり量を算定した。

調査地の中でもっとも本数の多かったのは Plot 115 (-10) の 2,890,000 本/ha、ササ丈平均高の

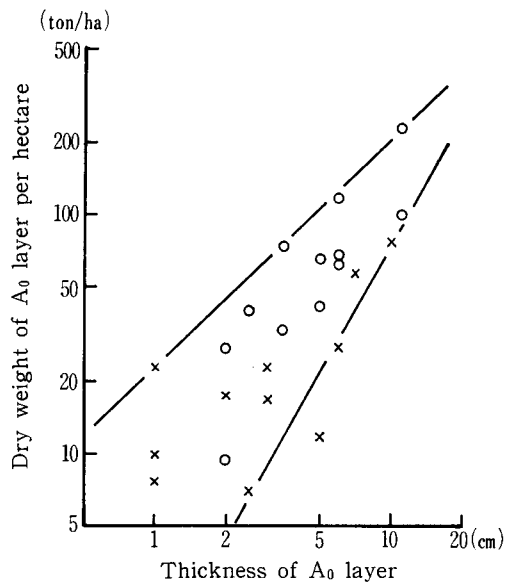


Fig. 12 Relation between thickness and amount (oven-dry weight) of A_0 layer.

○; Miure area, ×; Sukeroka area.

Table 7 Characters and amounts of *Sasa*.

Plot number	Distance from forest border (m)	Number ($\times 1,000/\text{ha}$)	Mean height (cm)	Mean diameter at base (mm)	Dry weight (ton/ha)		
					Leaf	Culm	Total
101	10	1,345.5	43	4.9	1.4	3.0	4.4
102	10	445.0	38	3.9	2.6	3.2	5.8
	20	1,520.0	54	4.3	2.6	4.4	7.0
103	-10	320.0	152	6.1	1.6	5.0	6.6
	0	560.0	159	6.0	2.1	6.9	9.0
	10	790.0	60	4.0	0.8	1.9	2.7
	30	720.0	127	6.1	0.6	9.0	9.6
105	-10	1,430.0	54	2.9	1.5	3.9	5.4
	10	650.0	180	6.6	5.0	14.0	19.0
106	-10	240.0	120	5.9	3.4	9.4	12.8
	20	1,070.0	101	5.4	3.3	8.9	12.2
	60	710.0	100	—	2.1	4.2	6.3
	70	650.0	—	—	1.9	5.3	7.2
107	-10	2,000.0	35	3.4	1.6	3.7	5.3
	10	790.0	68	4.6	1.5	3.6	5.1
108	10	730.0	146	6.9	5.4	13.8	19.2
	60	1,110.0	146	7.0	7.2	17.3	24.5
110	-10	650.0	101	5.3	1.1	3.0	4.1
	10	400.0	22	1.7	0.4	0.3	0.7
112	-10	2,400.0	39	2.2	1.1	1.1	2.2
	10	—	19	1.6	0.7	0.8	1.5
114	-10	830.0	58	3.3	0.8	1.7	2.5
	0	1,810.0	76	4.3	1.7	4.6	6.3
	10	1,360.0	97	4.5	1.5	3.5	5.0
	20	870.0	118	5.0	2.0	4.0	6.0
115	-10	2,890.0	33	2.5	—	—	—
	10	2,080.0	56	5.5	—	—	—
116	10	690.0	42	3.8	—	—	—
	20	2,080.0	36	1.7	0.8	0.5	1.3

最大は180cm, 地上部全乾重量の最大は Plot 108 (60) の24.5ton/ha で, 成立本数が多いから, あるいは平均高が高いからササの量が多いとは必ずしもいえなかった。すなわちササの密度と個体の大きさによってササ量は決定され, それが地床の環境に影響すると思われる。

ササの各部分量の関係はどうなっているか, 2, 3解析してみよう。まずササ高(丈)と根元直径の相対生長関係は Fig. 13 のようであった。一応右上りの線がもとめられそうであるがバラツキが大きい。これはササには枝わかれするものとしめないものがあり, また枝わかれも, 根元から分枝するものと途中から分枝するものがあり, それらの状態によって高さは同じでも, 根元直径は異なることが多いので, ササ高と根元直径の関係はバラツクものと考えられた。

つぎにササの葉量と地上茎(枝も含む)量の相対生長関係は Fig. 14 のようで, 比較的きれいな回

帰を示した。なお、ササの場合、個体の葉量が本数密度の影響を受けるかどうかはあまり明らかでなく、また、haあたりの葉量の最大はPlot 180 (60)の7ton/haであるが、そこで葉量が一定になるかどうかともこれまでの資料では明らかでない。しかし同じ種類のササであれば、葉量にも茎量にもある一定の限度はあるだろう。なお、一般的な傾向として表あるいは図からも明らかのように、助六地区のササの大きさならびにその現存量は三浦地区に比較してかなり小さい。これは1955年前後に木曾谷一帯のササが自然枯死したが、その後の回復状態がことなることや、助六地区は造林後の経過年数が比較的短いことなどが原因しているものと思われる。

このようなササの成立状態が地床の環境にどのように影響しているか、つぎに検討してみよう。

3) 地床の明るさと温度、湿度

林木あるいはササの大きさ、その密度などは、地床の陽光量に直接影響をおよぼすが、その結果地表面とか地下の温度および水分状態も同時に変化する。

地表植生のない開放地の明るさが60,000 Lx以上(大抵晴れた日の10時から14時30分まで)の時、

そこと天然林の下ならびにササ内における地床の垂直上向の照度を同時に測定し、開放地の値に対する100分率をもとめ相対照度とした。なお、その値はあらかじめササの成立状態を調査する予定の1m×1m内で、水平方向へ10cm間隔に感光面を移動させて20点以上測定し、sun-fleck(陽斑点)による極端に大きい値もそのまま算術平均した。

温度は地表面(A₀層表面)とその上10cmの気温ならびに地下(A₀層も含めて)5cm, 10cmの地中温度を、それぞれ水銀寒暖計によって測定した。この外、4カ所ほどの林地では自記温湿度計によって24時間の温度、湿度の変化を記録した。

地床の明るさはササの成立状態によってかなりの差が認められたが、天然林内の地床の相対照度は林外造林地の地床より常に低く、天然林内に存在するササ上の明るさの1/5位であった。A₀層など地表の状態がそれぞれ異なるので、相対照度の絶対値で直接比較することは困難であるが、林内に更新樹

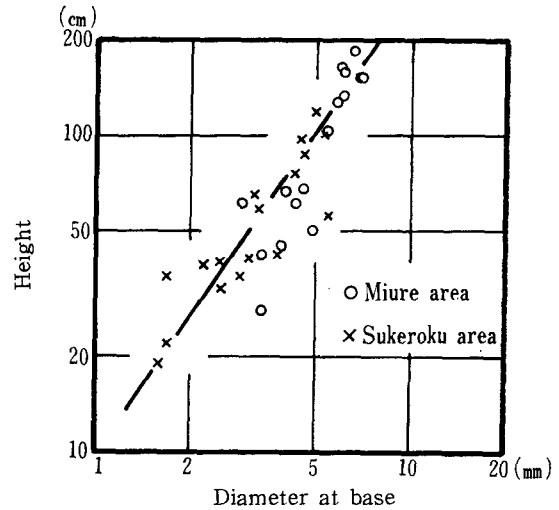


Fig. 13 Allometric relation between diameter at base and height of *Sasa*.

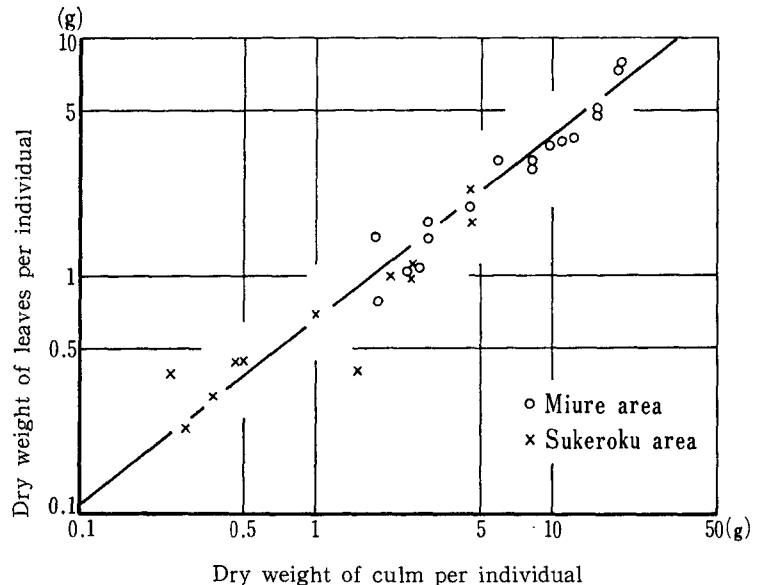


Fig. 14 Allometric relation between oven-dry weight of leaves and culm added branches within each *Sasa*.

がみられないのは、この光不足が更新に対する1つの制限因子になっていると考えられる。天然林外の造林地でも、ササの量が多く（地上乾重量 19~25ton/ha）、相対照度が低い（0.3%）Plot 108 のような場合は Table 5 に示したように、稚樹の発生本数が少ない傾向が認められる。これとは反対に後でもふれるが、助六地区の Plot 110, 112 のようにササの量が少なく、地床に陽光が入りすぎるとかえって更新は悪くなる。そして裸地のような極端な場合は、ヒノキ、サワラの更新はほとんど不可能になるであろう。

造林地におけるササの葉量の変化と地床の相対照度の関係はFig. 15のようであった。門司、佐迫が試みたと同じように半対数方眼紙上に各測定値を落してみたが、BEER LAMBERTの法測のように直線にはならず、かなりバラツクばかりかその上下限線も原点側に引寄せられた曲線になった。これらはササの葉の着生が均等でなく、散光の影響が大きいこと、太陽高度ならびに茎の傾斜の違いによる光の変化、さらに相対照度の分布がほぼ対数分布を示すのに算術平均を用いたことなどに起因しているものと思われるが、詳しく検討する必要がある。

また、葉量のかわりにササの地上部全量（乾重）を用いても、葉量の場合とほぼ同じ傾向が認められた。しかしいずれもササ量が多くな

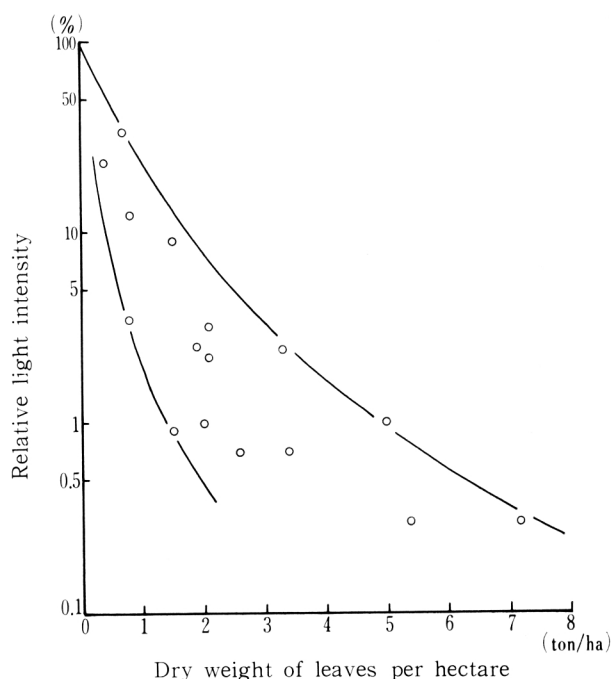


Fig. 15 Relation between relative light intensity and oven-dry weight of leaves in *Sasa* stands.

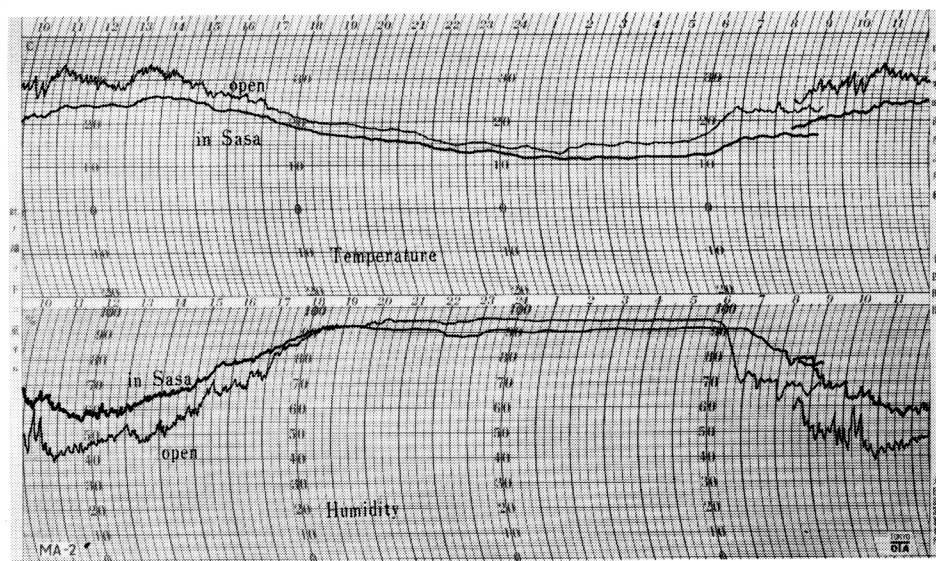


Fig. 16 Temperature and humidity observed with two self-registering thermohygrometer in a *Sasa* stand and opening at **Miure** area (Plot 102).

るほど地床面の陽光量は少なくなる傾向を示した。

温度と湿度は測定時における外気の気象条件によって同じ調査地点でも著しく影響されるので、これらの高低、大小だけでは直接比較できない。しかし、直射光を直接うけるササのない開放地では、ササ内の地床より温度は高いはずである。天然林外において24時間の温度、湿度の変化を自記した例を Fig. 16 に示したが、ササの内外での差は昼間とくに著しい。この時間におけるササの内外の温度関係を示したのが、Fig. 17 であるが、ササの状態を無視しているのでバラツキが大きい。しかし、ササ内温度の最大値をむすぶとわかるように、地表面(0)や地上10cm 高では開放地の温度が高くなるにつれて、同じ時刻のササ内の温度は高くなり、しかも開放地の温度の増加率がわずかに大きいようであるが、その差はごく小さく、ササの内外の温度はほぼ比例して変化しているといえそうである。

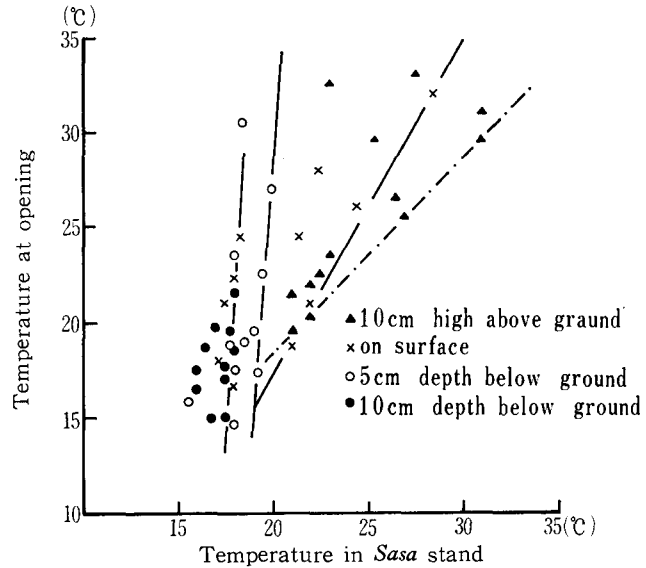


Fig. 17 Changes of temperature in *Sasa* stand to opening measured at above ground or underground.

しかしながら地下 5cm, 10cm においては、図のように、ササ内の温度変化よりササ外の開放地の温度変化の方がはるかに大きくしかも 20°C を越えることはなかった。腐植の分解に主役をつとめる土壌微生物の活動の最適温度が一般に $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ であることから、ササのない開放地では相当温度があがる結果、微生物の活動がよくなり粗腐植の分解を促進するものと思われた。天然更新にとって異常な粗腐植の堆積は障害になることが多いので、これを少なくするためにはある期間ササを除去し、地床を温める必要があろう。

4) 生長量と相対照度

地形とか標高あるいは気温とか降水量などがそれほど違わなければ、地床の環境は主として陽光量に影響される。陽光量と稚樹の生長の関係は被陰格子などを用いた試験研究が多数報告されている¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾が、坂口¹⁹⁾も指摘しているように、稚樹の消失、生長の関係は陽光量のほか土壌の性質、稚樹の大きさなどによっても著しく影響されるであろう。また、苗畑で人為的にコントロールされた生長と、天然で行なわれている更新樹の生長とは、その状態にかなり違いがあるのは当然である。

BAKEER¹⁹⁾や原田¹⁸⁾は陽光量が多くなるほど直径生長量は増加するが、樹高生長は年齢が若ければ、ある明るさの限界を越えるとかえって小さくなるとのべている。また中村²⁰⁾や坂口¹⁶⁾は被陰格子の陽光透射率(空隙率)の65%位がもっともヒノキの上生長がよく、それより暗くても明るくても生長が悪くなると報告している。そしてヒノキの天然更新は50~60%の陽光量が適度であろうと結論している。

これらの結果を考慮に入れて、湿性ポドゾル地帯における天然更新を検討してみよう。すでにのべた方法によつて測定された地床の明るさ、すなわち相対照度と稚樹の平均伸長量の関係を Fig. 18 に示した。

これまで何度ものべて来たように、湿性ポドゾル地帯は粗腐植の堆積が著しく、土壌も瘠悪で、稚樹の生長にとっては光因子よりもむしろ土壌環境がある程度制限因子になっている場合があろう。図

にあらわれた点のちらばりは、このことやまた稚樹の大きさのちがいによる生長差などが原因であると思われる。しかしこの地帯でも比較的土壤条件や更新状態が類似した林地では、伸長量の上限を結ぶことによって、生長におよぼす明るさの影響を推考することができよう。

すなわち左側の上限線の意味は、相対照度が1%以下のような暗いところでは、光不足のためそれ以上生長できない限界があるということである。明るさ以外の因子も制限因子になっておれば、この上

限線より下にバラツクが、調査地よりさらに良い土壤条件が与えられれば、下にちらばっていた各点は生長がよくなるため上限線に近ずき、さらにこの線は多少左上に移動するであろう。

右側の上限線の意味はつぎのように理解されよう。すでに多くの研究者らが認めているように、ある明るさ以上では陽光量が増加するほど上長生長の悪くなる傾向はここでも一致しているが、湿性ポドゾル地帯のように土壤環境のきわめて悪いところでは、陽光の射入が強すぎると極端に生長が悪くなる。これは特に粗腐植の乾燥による水分欠乏が著しく影響するからであろう。

この現象は湿性ポドゾル地帯の更新を決定づけるほど重要な意味をもつであろう。すなわち、苗畑とか肥沃な林地の土壤であれば、稚樹の生長に対し光条件だけが主な制限因子になるため、図のようなちらばりは少なくなるばかりか、それらの限界線は上に移動し、被陰格子でもとめられたような比較的なだらかな山型の曲線がえられるかも知れない。しかし、光条件以外の因子が稚樹の生長を抑制し、しかもその抑制の程度が、光条件によっていちじるしく促進されるような場合は、陽光量の影響は決定的となる。特に強度の陽光が乾燥による稚樹の枯死をひきおこす恐れのある林地では、明るさの限界を確実に知っておく必要がある。

Fig. 18 の資料から推定して、更新後ほぼ10年以内の稚樹がもっともよく生長する明るさは、相対照度で2~5%の範囲と思われる。ササや他の地床植生(スギゴケ類は多い)がなく、粗腐植の堆積も比較的少ない信大農学部構内のヒノキ林地に更新している稚樹の最適の明るさは、図に示したように、少し明るく4~5%位であった。

多くの被陰格子による実験例とは陽光量の測定法、明るさの表現方法が異なるので、直接比較はできないが、実際林地における更新樹の最適の明るさはかなり暗いようであった。ただ今回の調査では最近1~2年間の生長量が、測定されていないため、平均伸長量によって推定したが、稚樹の年齢が異なることと、稚樹が発生してから多少環境の変化があったはずで、これを無視していることにいくらか問題は残っているよう。さらに照度の測定精度の問題もあり、また同じ木曾谷でもササのない林地ではこの最適条件はどのようになるか、残念ながら現在の資料からはわからない。

しかしほとんど例外なくササが成立している湿性ポドゾル地帯においては、更新後10年内外までの稚樹の生長に対する最適の明るさは現在の資料から推定して相対照度2~5%前後であり、そして少なくとも数10%を越えると、何らかの障害が起る可能性があると思われた。

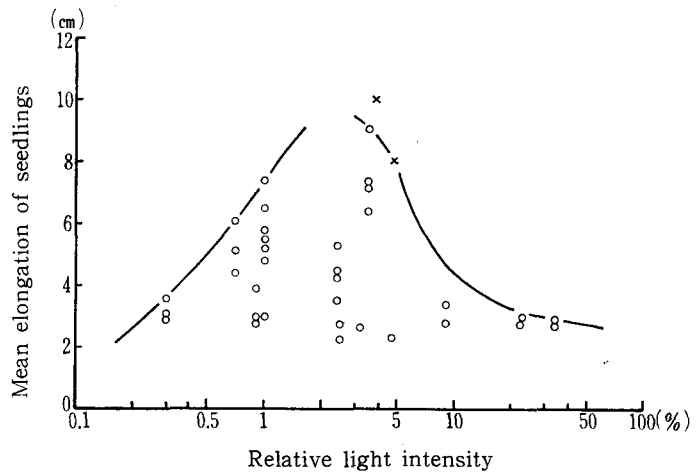


Fig. 18 Effect of relative light intensity on the mean elongation (height increment) of reproduced seedlings of *Chamaecyparis* at investigated plots. ○; Kiso district, ×; Shinshu university forest.

5. 天然更新法の検討

1) 母樹の残存

母樹の残し方すなわち更新作業法は経営の目的、地形、気象条件のほか、地床環境などによって決定されなければならない。

坂口¹⁶⁾が木曾において詳しく体型づけたヒノキの択伐作業とか、あるいは傘伐作業は、地床植生の少ない林地ですぐれた方法として取入れられようが、ササの多い湿性ポドゾル地帯では、すでにのべたように地床陽光量や土壌環境が悪い関係からこれらの作業法による天然下種更新はあらかじめササを除去しない限りきわめて困難であろう。それ故、ここではササの成立を前提として、しかも伐木集材²²⁾に関しては経営上の要求をみだし、なおかつ技術的に比較的容易な更新法として带状皆伐天然下種更新²²⁾と母樹法による(残伐)天然下種更新²²⁾の2つをとりあげることにした。

a) 带状皆伐天然下種更新

すでに検討されたように平均高 1m 前後の大きさの稚樹をhaあたり3,000本程度期待するには、発芽後数年以上経過した稚樹が少なくとも 15,000本/ha 以上生存している必要があると思われる。これだけの更新樹が期待できるのはFig. 4, 5から推定されるように、林縁母樹から水平方向に25~30mで、ほぼ樹高と同じ距離までである。

それ故带状地の長辺を傾斜方向(伐採作業上もっとも一般的な方法である)にとるならば、伐採帯(更新面)の幅は樹高の2倍位にとればよい。三浦、助六地区の天然性ヒノキの平均樹高はほぼ25~30mであったので、実際の距離は50~60mということになる。これはあくまで林縁木の水平距離であるので、更新地の局部地形がもし凸状であれば当然せまくなり、凹地であれば多少広がるはずである。

つぎに保残帯の幅はどれ位にすべきであろうか。坂口によれば種子の結実²³⁾は林縁木に多く林内木には少ないという。また、保残帯の更新はこのままではなかなか困難であるので、これらのことから保残帯の幅はできるだけ狭くする方がよいと考えられる。しかしあまり狭くしすぎると風害などの危害をうけやすく、また母樹林として保護作用も少なくなる。さらに更新完了後この保残帯の伐採に対する作業上の制約もあろう。これらのことを考慮すれば、保残帯の幅は樹高もしくは樹高の2倍位が適当であると思われた。

なお、保残帯の更新は、天然更新を原則とすれば、つぎに述べる母樹法を適用するか、あるいは何回かに分けて保残帯の幅をせばめるように伐採する。後者の方法をとるならばWAGNERの带状択伐作業²³⁾に似た手法を考慮するのが賢明であろう。

b) 群状母樹法

この方法は少数の種木(seed tree)を残して全伐し、天然下種によって更新が完了したら、その種木も収穫利用するもので、この種木を更新した後継樹の伐期まで残し大材の生産をはかる方法を特に保残木作業といっている。またこの母樹法は残伐作業ともいわれ、強度の傘伐作業に形の上ではきわめて類似するが、前者は種木として種子の散布だけが目的で、更新面の保護は考慮しない点が思想的に異なっている。

母樹法にも種木の残し方によって散状母樹法と群状母樹法との2つに分けられる。種子の結実量、風倒害などを考えると、群状母樹法の方が有利であろう。

母樹(種木)として群状に残すべき本数は、種子の結実量、地形、母樹間の距離などによって異なるが、風害を考慮すれば多い方が安全で、最小限3本位から10本程度は必要であろう。坂口によって調べられた天然生木曾ヒノキの結実状況から推定してみると、種子の豊作と平年作は大抵2~3年目にくるようで、さらにまた、急激な疎開をうけて結実量を増すことも考えられる。一方、母樹は種木

としての意義からすると、形質の良いことが当然理想であるが、木曾谷の現状からすると、小径木でもあるいはあばれ木でも、むしろ風害に強そうなものを母樹として選ぶべきであろう。これらのことを考慮すれば、母樹間の距離は、带状皆伐と同じく樹高幅すなわち大体50m位が適当であろう。

群状母樹法は带状皆伐天然下種更新法よりも、収穫量が多く、作業も比較的容易であるが、風害などによって母樹が損傷を受けやすい欠点がある。特に現在木曾谷湿性ポドゾル地帯に成立している天然生林は、老齡過熟林分で、風倒の危険性ははなはだ大きい。しかし伊勢湾台風クラスのものはその時々あるものではなく、また一方母樹は稚樹が発生するまでの数年間あるいはながくても10数年の間だけ、種木としての役目を果してくれればよいので、それ位の間なら更新の機会はいえらるであろう。

2) 粗腐植の分解促進

天然更新にとって1つの大きな障害は、これまで多くの研究者によって指摘され、またここでもしばしばのべてきたように、粗腐植の異常な堆積である。そのため地表かき起しなどの補助作業がすすめられているが、ぼう大な経費がかかるので、集約な天然更新を目的とする以外、とり入れられないであろう。

しかしながら、Table 6 に示したように、湿性ポドゾル地帯の天然林内には 60ton/ha 前後以上の粗腐植が堆積しているので、これを少なくとも半分以下に減らさなければ更新はきわめて困難であると想像される。

各調査地における天然林内（伐採直後も含めて）とそれに隣接し伐採後何年かたった造林地の粗腐植の堆積量ならびにその減少率を示すと、Table 8 のようであった。

Table 8 Changes of raw humus after cutting.

Plot number	Dry weight of A ₀ layer		Ratio of decrease (%)	Years after planting	Species
	Natural forest (ton/ha)	plantation (ton/ha)			
103	65.8	9.4	85.7	10	<i>Chamaecyparis obtusa</i>
105	62.9	27.6	56.2	14	<i>Larix leptolepis</i>
106	64.2	32.9	48.8	12	"
110	23.3	9.9	57.5	6	<i>Abies homolepis</i>
112	56.6	23.1	59.2	5	<i>Picea jezoensis</i> var. <i>hondoensis</i>
114	17.4	7.7	55.7	32	<i>Chamaecyparis obtusa</i>

造林地における粗腐植の堆積量は前生樹林内のもとの量、地ごしらえの方法、下刈りの回数あるいは造林後の経過年数などによって影響されるであろうが、比較的多い場合でも 30ton/ha 位であった。そしてすぐ隣りにある天然林内の粗腐植量に対する減少率は、表からも明らかなように、ほとんどの林地が50%を越えている。

いろいろな条件が違うので直接比較できないかも知れないが、少なくとも伐採後しばしば下刈りを行なってササを除去し、5年以上を経過すれば、もとの堆積量の半分近くには減少しそうである。減少した粗腐植量が 30ton/ha 以下であれば、その厚さは最大でも Fig.12 から 6cm 以下と推定され、またこの厚さは、平均高50cm位の更新樹の根が鉍物質土壌に何とかとどきうる限度で(Fig. 11)、更新に安全な基準と考えられよう。

それ故、稚樹の発生期間を多少犠牲にしても、下刈りとか除草剤による枯殺などの方法によって数年間はササをなくするが、あるいは少なくして、林地に充分陽光を与え、粗腐植の分解を促進するこ

とが必要である。またそうすることによって瘠悪地化した土壌をいくらかでも改善することができよう。

3) 稚樹の発生、生長の条件

稚樹の発生を良くし、生長を促進させるためには、地床の環境を最適の条件に導いてやらなければならない。坂口によれば、ヒノキは比較的乾燥には強いが湿潤には弱く、サワラはこれと反対で特に直射日光に弱いなどのことが、尾根筋にヒノキが沢筋にサワラが成立している1つの因子だと述べている。

しかしササなど地上植生が全くないような裸地には、ヒノキもサワラもほとんど更新できない。それ故ササを更新のための保護植生として、その成立状態を人為的にコントロールし、地床に適度な環境条件を与えようと考えた。

ヒノキの稚樹の発生条件としては、あまり暗くて湿度が高すぎてもいけないが、ササによってとにかく被陰が与えられれば、母樹からの距離が適切である限り、間違いなく更新は可能である。

しかしもっともむずかしいのは発生した稚樹が、もっともよく生長できる条件に導くことである。幸いササは単純植生であるから、最近では除草剤などを用いることによって比較的自由にその成立状態をコントロールすることができるようになった。

更新後10年位までの稚樹の生長に相当と思われる明るさはすでに解析したように、現在の湿性ポドゾル地帯においては相対照度2~5%であったが、平均樹高20~30cm位までは、乾燥害や寒害を妨ぐために相対照度40%を越えることのないよう特に注意しなければならない。

稚樹の平均高50cmほどになると、根の深さは最低5cm位、平均で10cmを越えるようになるので、あらかじめ粗腐植の分解を促した更新地であれば、根は大抵鉱物質土壌に達しているであろう。それ故、この大きさになれば、ササを全部除去しても乾燥害の心配は比較的少なくなると思われる。ただ寒害の点からは少なくともササ高位の大きさ(1~2m)になるまでは、ササの保護下においた方がより安全であろうが、更新後の経過年数が短かくこの大きさに達した更新樹の資料が少ないので、これは今後の大きな問題である。

ササが密になった場合のコントロールは刈払いか、除草剤を使用するか、いずれかの方法を用いる。刈払いの場合は、単木的なぬきぎりは困難であるので、坪刈りか条刈りを行ない、側方からの陽光によって適当な明るさを作るよう考える。

除草剤を用いる場合は、その量を加減することによって、あるいはまだら状に散布することによって部分的にササを枯殺できるので、比較的容易に適当な明るさにコントロールできそうである。しかしまだいろいろな条件における試験が行なわれていないので、除草剤の使用法については早急に検討する必要がある。

なお、除草剤を散布することによってせっかく更新した稚樹が枯死する心配があるが、シラベ更新樹については全く薬害のなかったことや、三浦地区鞍掛610林班(Plot 104)のクサトール50の枯殺試験地では、ほとんど直接の薬害は認められなかったことなどから、除草剤によるササのコントロールは有望であると思われた。

4) 更新期間

更新の完了時期は、稚樹の期待発生本数、諸害に対して安全な大きさなどの点から考慮しなければならない。期待発生本数をすでにのべたような理由から15,000本/haとすると、母樹からもっとも離れた樹高と同じ地点にこれだけの稚樹が更新するには、わずか数年の場合もあるが、少なくとも10年以上かかると推定した方が安全である。稚樹が乾燥害などに抵抗できる大きさは、これもすでにのべたような理由から平均高50cm位と考えられたが、この大きさに達するにはFig.10から平均8年(6~10年、位と推定された。

更新地をまず裸地状態にして粗腐植の分解を促すなら、伐採後始めの数期間は稚樹がほとんど発生

しないと思われるので、その後上述の条件を充す大きさになるまでには結局15～25年位かかるであろう。これを一応更新期間と考えても良いが、寒害なども考慮するとササ丈(1～2m)位になるには平均伸長量から推定してさらに10～20年かかるであろう。結局安全性を考えて20～40年の範囲で更新期間を決めるのが最も好ましいようである。

5) 陽樹の混交

天然林を伐採後暫くの間、粗腐植の分解を促すため林地を裸地状態にすると、そこに陽性の樹種持に湿性ポドゾル地帯ではカンバ類が侵入してくることが多い。ヒノキの更新樹にとってカンバ類は保護樹となる可能性が大きいので、それはそのまま育成すればよかろう。ただ、カンバ類が密生し、さらにその中にササが密生するようになると、地床が暗くなりすぎることも考えられるので、その場合はササを除去する必要がある。

さらに積極的にカラマツを疎植し、更新樹の保護にあたらせると同時に、更新樹が伐期に達するまでの間の間作として、カラマツを育成収穫することも1つの考え方であろう。林木の生産にはながい年月がかかるのでその間にはいろいろな障害がおこるかも知れない。天然更新が失敗してもカンバやカラマツで何とか収穫がえられるとか、あるいはその反対でも、一応経営の目的が達せられるとすれば、これこそもっとも安全で確実な技術といえよう。

6. あとがき

天然更新をより確実に行なうためには、いろいろな更新作業法の適合試験を長期間にわたって試みる必要がある。この研究は寒冷多湿な気象、粗腐植の異常堆積、密生したササ生地などの悪条件下にある木曾谷湿性ポドゾル地帯にたまたま更新していた稚樹の成立状態を解析し、この条件下のままでは技術的に可能な天然更新法を見出そうとしたのであるが、限られた調査地で、しかも短い期間の調査であったので、十分な資料がえられずここに結論されたいいくつかの試みには多くの推論が含まれている。特に稚樹の発生条件と生長条件は異なるはずであるが、更新後の経過年数が短かいため、ササ丈を越した更新樹についての資料が少なく、最適の生長条件をもとめることが困難であった。それ故これはあくまで現時点における1つの基本的なモデルであって、さらに多くの調査研究を積重ねることによってあるいは修正されよう。特に今後は1967年より始められる三浦実験林の大規模な長期間の更新試験に期待したい。

引用文献

- 1) 高橋克己：木曾のひのき，林業技術 **242** 31～35 (1962)
- 2) 原口亨：木曾の森林視察記，長野局報 **6** 4～19 (1951)
- 3) 砂原英次：王滝御料林の成立に関する考察，御料林 **137** 53～67 (1939)
- 4) _____：_____，御料林 **138** 52～67 (1939)
- 5) 高野国夫，森本泰次：三浦国有林における地形——特に斜面形とヒノキ，カラマツ造林木に関する研究，長野局報 **23** 27～50 (1955)
- 6) 長野営林局試験調査係：木曾ヒノキの文献について，長野局報計画特集号 156～168 (1955)
- 7) 河田弘：湿性ポドゾル地帯の造林について，長野林友 **6** 25～32 (1960)
- 8) 浅田節夫，赤井竜男，島崎洋路，野笹多久男：木曾谷におけるカラマツの生産力について(II) 養分循環上よりみた三浦地区のカラマツ造林，日林講 **77** 215～218 (1966)
- 9) 林野庁：長野営林局土壌調査報告，**6** (1960)
- 10) 四手井綱英，堤利夫：林地の有機物集積量とその分解率と気候との関係，日林誌 **44** 297～303 (1963)
- 11) 浅田節夫，赤井竜男：亜高山帯の森林の取扱いについて，長野林友 **7** 2～49 (1963)
- 12) 堤利夫，岡林巖，四手井綱英：林木落葉の分解について，京大演報 **33** 187～198 (1961)
- 13) 吉良政幸：木曾ヒノキ更新周期に関する一考察，長野局報 **10** 15～23 (1952)

- 14) 田中波慈女：吉良氏の「木曾ヒノキ更新周期に関する一考察」をよみて，長野局報 12 53~56 (1952)
- 15) 岡林邦彦，高野国夫：瀬戸川国有林成立に関する一考察，長野局報 12 8~26 (1952)
- 16) 坂口勝美：ヒノキ育林学 (1952)
- 17) MONSI, M., SAEKI, T. : Über die Licht Faktor in den Pflanzen Gesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. *Jap. Jour. Bot.* 14 22~52 (1953)
- 18) 原田泰：林学領域における陽光問題，北海道林試報 1 1~354 (1942)
- 19) BAKER, F. S. : Principles of silviculture (1950)
- 20) 中村賢太郎：ヒノキ天然更新について，御料林 45 18~25 (1932)
- 21) BAKER, F. S. : The theory and practice of silviculture (1934)
- 22) 中村賢太郎：森林作業法 (1950)
- 23) VANSELOW, K. : Natürliche Verjüngung im Wirtschafts Wald (1931)
- 24) 石井竹雄，大桃翼，塚野実：林業薬剤による更新助成に関する調査，日林講 77 279~282 (1966)

Résumé

The subject of the studies is to investigate the environment and the condition of the natural reproduction ecologically that have been actually carried out in the forest of cold region, and to find out a reproduction method suitable to its environment.

In the first place, this paper deals with the Hinoki (*Chamaecyparis*) forest of **Kiso** district in **Nagano** prefecture, one of the fine natural forests in **Japan**. Especially, the investigation aims at the forest regeneration of the wet podzolic zone which appears in the pene-plain area in the south-west of **Kiso** valley (**Miure** and **Sukeroku** area in **Ootaki** district forestry office).

In the wet podzolic zone accumulates a raw humus thickly, and therefore there consists of extremely sterile soils where nutritions of phosphorous and calcium etc. were leached on surface layer. Another characteristic of that zone at **Kiso** valley is that *Sasa* (bamboo grass) always covers closely not only the cut-over area but natural forest too. The maximum of the mean height amounts to about 180cm and the maximum dry weight of the above-ground parts was estimated at about 24 ton per hectare.

Few have been found out the reproduced seedlings under the natural forest which mostly consists of *Chamaecyparis*, while many seedlings of *Chamaecyparis* have been found in young plantations hewn down at small area. The greatest of mean number of seedlings amounted to 75,000 per hectare, and really found at near forest border. The number gradually decreased according to the distance from the forest border, but still more than 15,000 seedlings per hectare were found even in the place as far as mean height of trees.

It has elapsed only about 10 years after reproducing, so the mean height of seedlings on each sampling places ranged from 10cm to 27cm, mean depth of root system 4~7cm and mean age 4~8 years-old. The biggest seedlings were seen at the distance of 10~20m from forest border. However, annual mean increment of the height was estimated at about 4cm, and little difference was recognized among sampling places.

In general, the raw humus in natural forest accumulates about 60 ton per hectare at oven dry-weight, but the quantity of the raw humus on ground floor where sunlight were enough because of cut-over reached only less the half after 5~10 years. Namely, it was seemed that decomposition of raw humus was promoted in summer, because of the soil temperature in 5~10cm depth from the surface at opening place became higher than 20°C, but at the place covered with *Sasa* never exceeded its soil temperature.

The light intensity beneath the *Sasa* in natural forest was about one fifth of it under the forest crown, and always lower than it beneath the *Sasa* in cut-over area. It was considered that the reproduction in natural forest is obstructed for the insufficiency of sunlight and thickly accu-

mulated raw humus as mentioned above.

The optimum light intensity for the elongation of the seedlings less than about 10 years ranged from 2 to 5 percent of full daylight, with average including sun-fleck, however, becoming the relative light intensity over several ten percent, it was presumed that something inconvenience may occur.

Therefore, in the wet podzolic zone of **Kiso** district, if we control the *Sasa* as a shelter vegetation after promoting a decomposition of raw humus, and apply the strip (or group) clear cutting system or group seed-tree system that a width of reproduction area was taken at about 2 times of tree height, the natural reproduction would surely be improved.