

## モミ, ツガの天然更新に関する研究(I)

汰木, 達郎

荒上, 和利

<https://doi.org/10.15017/14794>

---

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 47, pp.77-124, 1973-03. 九州大学農学部附属演習林  
バージョン :  
権利関係 :

# モミ，ツガの天然更新に関する研究（I）

汰木達郎・荒上和利

Tatsuro YURUKI and Kazutoshi ARAGAMI

Studies on Natural Regeneration of Momi (*Abies firma* S. et Z., Japanese fir) and Tsuga (*Tsuga Sieboldii* Carr., Japanese hemlock)

## 目 次

はじめに	着果痕跡調査
調査地の概況	稚樹の分布に関する調査
モミ・ツガの天然分布と地形との関係	稚樹の発生・消長に関する調査
結実年に関する調査	稚樹の根系調査
稚樹年令調査	庇陰格子による試験

## はじめに

九州脊梁山脈地帯の天然林は日本の他地方と同様に、いわゆる奥地林開発の名のもとに伐採がすすみ、急速にその分布が山岳奥地にせばめられてきている。そして伐採跡地にはスギ、ヒノキ、マツ等による画一的な人工造林地化が進められているが、気象、地形等の環境条件を無視して実行されている場合が多いため、更新樹の生育不良、病虫害、気象害の多発が問題になってきている。

一方、台風が頻繁に襲来し、つねに集中豪雨の危険にさらされている九州においては、峻嶒な山岳林の大面积伐採は山地保全の面からも大きな問題をひきおこしている。

このように保続更新あるいは山地保全の面から、一斉大面积皆伐——人工植栽という天然林開発のやりかたは、とくに山岳奥地天然林については、きわめて危険であり、そのかわりにこのような地域については、天然更新を主体としたとりあつかいを考えねばならないと云える。

このような観点から我々は、とくに九州脊梁山脈地帯の天然林の主要樹種であるモミ、ツガ林を研究の対象にとりあげた。

モミ、ツガについては、他の樹種と同様に大正末期から昭和の初期にかけて、その天然更新に関して試験的施業が行なわれたが<sup>1)2)3)4)5)</sup>、その後あまり進展がなく、その生産力に関しては報告がなされているが<sup>6)7)</sup>、保全、保続更新についての情報の蓄積はきわめて少ないのが現状である。

この研究では、モミ、ツガ天然林をとりあつかう上での基礎資料を得るため、天然林の成立条件またその過程を明らかにしていきたいと考えているが、本論文はそのうちの天然林におけるモミ、ツガ稚樹の生態についてのこれまでの調査、試験結果をとりまとめたも

のである。

なお、調査にあたって終始ご協力いただいた九大宮崎地方演習林の職員の皆さんに厚く感謝します。

## 調査地の概況

### 〔位置〕

本研究をおこなった九州大学農学部附属宮崎地方演習林は、宮崎、熊本の県境に近く、宮崎県東臼杵郡椎葉村大河内にあり、九州中部山岳地帯に位置し、3つの団地よりなり、総面積 2923.84 ha である。四冊に三方岳 (1479) 高塚山 (1289.9) 石仁田山 (1359) 江代山 (1606.7) 等千m以上の山岳が重畳している。また、これらの山岳の下部は河川による侵蝕が甚だしく谷壁は急斜し深いV字谷を刻んでいる。

本調査研究は、三方団地 (2291.60 ha) 第 34, 35, 36, 37 林班の標高 1000~1200m 附近に分布するモミ、ツガ林分でおこなった。

### 〔植生〕<sup>8)</sup>

この附近の植生としては、ブナースズタケ群集が代表的な群落であり稜線附近に広く分布している。この群集の第一層はブナが優占し、ミズナラ、ヒメシャラ、ヨグソミネバリ、コハウチワカエデがこれにつき、ほかにクリ、イヌシデ、クマシデ等を混じ、第二層には、シロモジ、タンナサワフタギ、リョウブが多く、第三層にスズタケがとくに多い。モミ、ツガの分布は、ほとんど稜線附近に限られている。

### 〔地質〕<sup>9)</sup>

地質は大部分時代未詳の四万十川雑岩系に属し、そのなかでも最も変成作用の強くみられる千枚岩帯が広く分布しているが、一部に変成度の低い層も存在し、両者はすべて断層で接している。注目すべきは、1954年の12号台風に伴う豪雨 (1402.2 mm) で本地域に大小の山崩れが生じ、甚大な被害を受けたが、そのほとんどがこの断層破碎帯に一致していることである。

### 〔気候〕<sup>10)</sup>

本地域は九州中部山岳地帯に位置するため年平均気温が低く、降水量は多いという特色をもち、九州でもっとも雨の多い宮崎県のなかでもとくに雨の多い地域に属している。

宮崎地方演習林事務所 (標高 602 m) における観測記録によると日平均気温の月平均は、1月が最低 (2.7°C)、8月が最高 (23.6°C) で年平均は 13.3°C である。最高の極は 35.4°C、最低の極は -12.0 であり、冬季は最低気温が零度以下になる日が続き -10°C 前後になることもしばしばである。

年降水量の平均は、3533 mm で従来の最高は 1954年の 6417 mm となっている。年降水量の分布をみると夏季に集中しており、6~8月の3ヶ月に年間の半分近く (47%) が降っている。また日降水量 100 mm 以上の雨量が年降水量に占める割合は 29% で一時に多量の雨が降ることを示している。とくに梅雨前線の停滞時や台風襲来時には日降水量が 200 mm をこすことも珍らしくない。なお、最大の日降水量は 1954年の台風 12号のさいの 725 mm であった。冬季は雨も少なく、また降雪日数も少なく割合晴天の日が多い。

本研究をおこなっているモミ、ツガ林は、1000~1200 m 附近にあり、本気象観測地点演習林事務所からは 500~600 m の高所にあるため気温はかなり低いと推定されるが、気温遞減を 100 m につき  $0.5^{\circ}\text{C}$  とすれば、気象観測点より  $2.5\sim 3.0^{\circ}\text{C}$  低いと考えられる。また、1050 m に設置している雨量計の記録と比較すれば、台風時の集中豪雨の例であるが演習林事務所より 23~26% 多い雨量を記録している。

(1971. 8. 2~7. 1. 353 mm→1665 mm, 1971. 8. 28~29. 846 mm→1067 mm)

### モミ、ツガの天然分布と地形との関係

モミ、ツガの生育環境について林<sup>11)</sup> 倉田<sup>12)</sup> 矢頭<sup>13)</sup> は、兩種ともほぼ表日本気候型に

Fig. 1. Topography and distribution of Momi & Tsuga  
Compartment-35

of University forest in MIYAZAKI



生育し、裏日本の豪雪地帯にほとんど分布しないこと、モミは深根性で、谷間や緩傾斜地の適潤な深層の肥沃地をもっとも好み旺盛に生育するが、初期の生長はきわめておそい。なお耐陰性はかなり強く、母樹の下にも稚樹が生じ生長する。一方ツガも適潤性ではあるが、やや乾燥する浅い土地を好み、おもに尾根筋あるいは尾根附近の斜面に分布、樹陰下でも稚樹を発生し生育するが、幼時の生長はきわめて緩慢であると述べている。

宮崎演習林 34~37 林班において、モミ、ツガが群落状に生育しているところを航空写真\*より判別して地図上に表したのが Fig. 1 である。

この場合写真上ではモミ、ツガの区別が出来なかったため両者は一緒に表現されている。これからわかるようにモミ、ツガは群落的には斜面か尾根筋附近など凸状の地形のところに分布が限られており斜面の下部の谷間に近いところにはまったく群落としては発達していない。(Fig. 1 の①や②は図からははっきりした地形が読みとれないが、やや緩傾斜の典型的な凸地であり、モミ、ツガがきわめてよく成立しているところである。)

斜面の下部では、モミの方がツガよりも本数的にも、材積的にも多く、上部になるにつれツガの混合歩合が多くなる傾向がみられる。モミあるいはツガが独立して純林状で生育している場合はほとんどなく、モミとツガは混生し、また大抵の場合ブナ、イヌシデ、クマシデ、ヒメシャラ、ミズナラ、クリ、リョウブ、アオハダ等の落葉広葉樹、シキミ、ハイノキ、アセビ等の常緑広葉樹をまじえている。蓄積的にみると局所的ではあるが、200~400 m<sup>3</sup>/ha (モミ、ツガこみ) のところも存在している。

### 結実年に関する調査

天然更新をおこなう場合の基礎条件の第1は種子の結実年や結実量を知ることである。

更新の成否を左右するのは結実量であり、また、施業年を決定する上からも結実周期を知ることがきわめて重要な課題である。

モミの結実年については、林<sup>1)</sup>が着果痕跡調査と稚樹年令調査をおこなって、安政3年(1856)から大正9年(1920)までの豊作年を調べ、豊年は3年に1回で5周期目ごとに1年早くなるという結果を報告している。

我々もまた宮崎地方演習林の天然林内に存在するモミ、ツガ稚樹の年令調査とモミについては母樹の枝に着生する球果の痕跡調査から結実周期をしらべてみた。

### 調査方法

#### (1) 稚樹年令調査

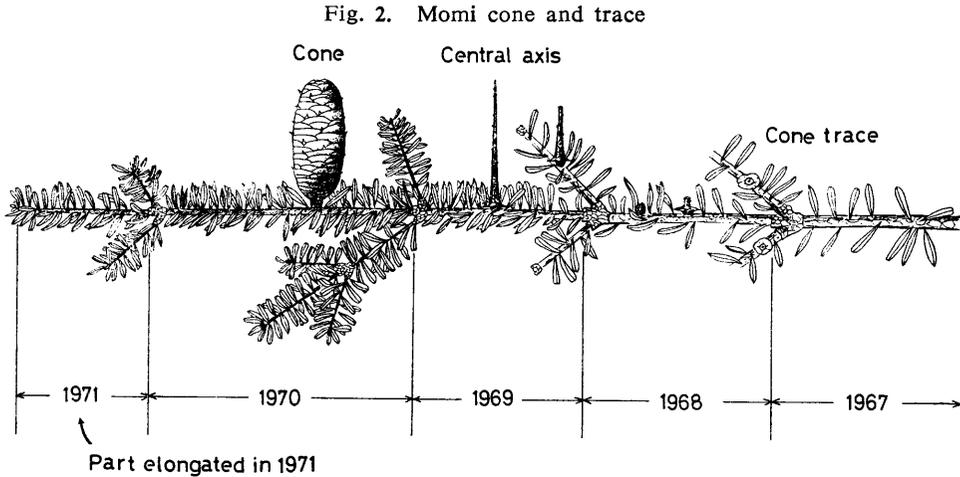
34, 35, 36 林班のモミ、ツガを主林木とする林内に発生したモミ、ツガ稚樹を無作為にモミ74本、ツガ41本を堀り取り各稚樹について地際で切断し、その切断面における年令を顕微鏡下で読み取った。

#### (2) 着果痕跡調査

モミの場合は球果着生痕跡が枝上に長期間残存することが知られている。すなわち、球果着生状態を図示すると Fig. 2 のような状態で着生している。図は 1971 年 10 月の状態であり 1971 年には 70 年の枝に着生し、69 年枝には 70 年に着生した球果の中軸だけが直

\* 使用航空写真は、1969. 10. 28. 宮崎県撮影 山—551. C9—5と6. 撮影高度 5,000m 縮尺 1 : 20,000. 引伸縮尺 1 : 8,000 である。

立して残存しており、それ以前は中軸も折れ、がくだけが残った状態である。



これから球果は前年枝に着生することが明らかであり、したがって結実年は球果着生枝年に1年を加えた年となる。

林もこのことから結実年の推測をおこなっているがここでもこの痕跡数を調べることにより結実年の推定をおこなってみた。

37林班 1971年度伐採現場（標高 1100 m）で伐倒木 14 本について調査した。

なお、この林分のモミ、ツガの樹令をみるため、20×20 m のプロットを 6 ケ設置し、プロット内のモミ、ツガ伐根につき、地上 10 cm における年輪および直径を調査した結果ではこの林分のモミ平均樹令は 93 年、平均直径は 43 cm であり、ツガは 88 年、22 cm の林分であった。

伐倒木 14 本の球果着生枝について、その先端より順次枝の伸長年度とそこにみられる球果痕跡数を調査した。

### 結果および考察

稚樹の年令構成をみると Table 1 のとおりである。

この稚樹年令調査からみると、モミについては 1～2 隔年毎に稚樹本数が多いことからその着果量の多い、いわゆる結実年は 1～2 隔年毎ではないかと考えられ稚樹の発生には周期があることがうかがえる。このように周期があることについては前掲の林の結果と同様であったが、その間隔については一致はみられなかった。

また、ツガについても隔年おきの結実が予想されるが、両樹種ともに不確実な点が多く、調査本数をふやす必要があった。

枝条 10 本にみられる球果痕跡合計数を示すと Table 2 のとおりである。

えられた結果からみると隔年毎の豊凶が予想される。また、大部分の個体は数量の多少はあっても毎年結実の可能性をもっていると考えられ、一般には豊年と考えられない年にも No. 10, 13, 14 のようにかなりの結実を示す個体があることから、結実是个体内部の

Table 1. Age and number of seedlings

Age (year)	Number of Momi seedlings	Number of Tsuga seedlings
1	26	1
2	1	2
3	11	20
4	2	2
5	3	1
6	6	0
7	6	6
8	1	0
9	8	4
10	2	0
11	4	1
12	1	0
13	2	0
14	0	0
15	1	1
16		1
18		1
25		1
Total	74	41

生理的なリズムによっておこるほかに個体を取りまく外環境がその結実量をかなり左右しているのではないかと考えられる。

以上のように稚樹の年令調査と球果の痕跡調査から結実年の推定をおこなったが、若い芽生えの時期の生長はきわめて微々たるもので、とくに発生後 10 年間位の稚樹の年輪の算定はむずかしく、誤差が入りやすいと考えられた。その点モミの場合の球果痕跡と着生年度との関係は明瞭で豊作年の推定も容易であった。この方法も年代が古くなると痕跡の判別が困難で、林<sup>1)</sup>は数 10 年間にわたっての痕跡をしらべているが、この調査ではせいぜい長くて 10 数年間についてしか判別できなかった。しかしこれまでしらべた結果から云えばモミの豊作年は 1~2 隔年おきに出現すると云ってさしつかえないようで、林の調査とほぼ同様の結果がえられた。

Table 2. Number of cone traces

Tree number	D.B.H (cm)	'70*	'69	'68	'67	'66	'65	'64	'63	'62	'61	'60	'59	'58	'57	'56
1	34	17		13		16										
2	58			7		17										
3	46	8		39		27										
4	50		8	65		56	3	3	3	10		8	2	18	4	1
5	76	1	3	71	16	76	5	2	4	9	3			4	4	
6	66	3	14	73	2	50	4	3								
7	48		6	40		41	3	7	15	3	2					
8	38	6	25	73		69	2									
9	58		1	80	2	58	1									
10	60	15	71	52		116	17	2		1						
11	44	2	21	46	10	33	11	4	5	6	2					
12	74		6	53	15	27	1									
13	50	3	39	51	15	45	12	12	4	3	2					
14	50	1	36	41	12	114	13		5	6						
Total		56	230	704	72	745	72	34	36	38	9	8	2	22	8	1

\* Branch elongated in 1970

### 稚樹の分布に関する調査

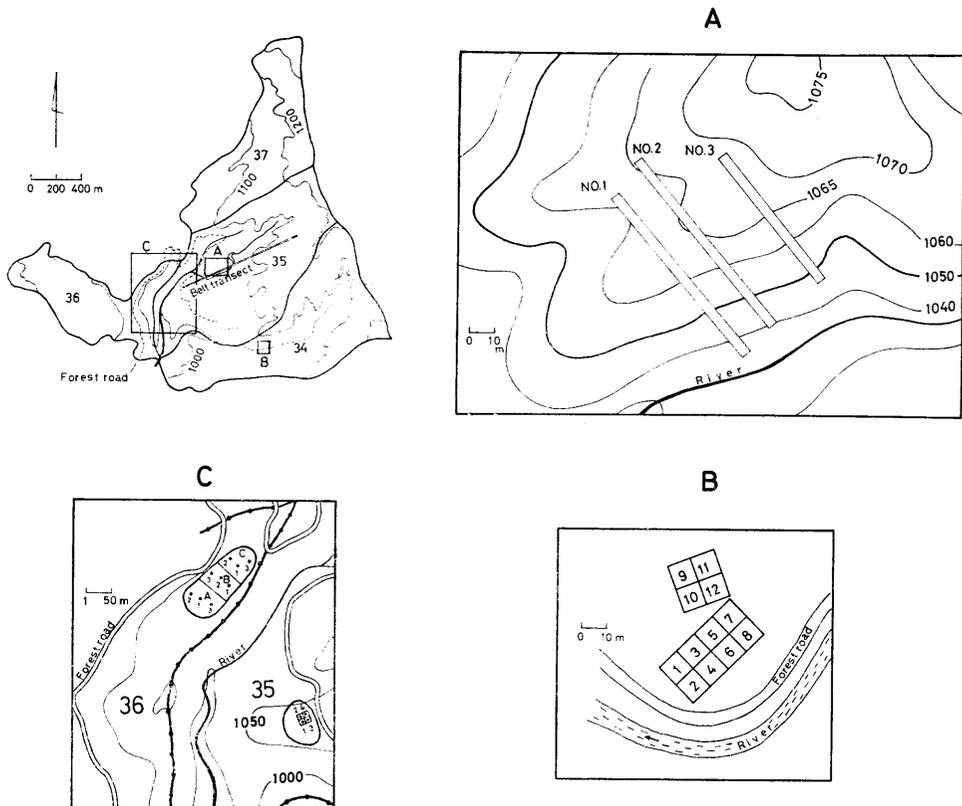
モミ、ツガ天然更新を進めるにあたっては、これら稚樹の天然分布と生育環境との関係を知ることが基礎要件の1つと考えられる。

モミ、ツガ林の天然分布はさきに Fig. 1 で述べたように、そのほとんどが尾根筋附近に集中し、他は落葉広葉樹林内に点在している状態である。

ところでモミ、ツガの豊作年の翌年にはモミ、ツガ一斉林状分内に多数の稚樹発生がみられた。また、林内を歩いてみると、モミ、ツガ大径木がほとんどない落葉広葉樹林内にも点々と稚樹の発生をみとめた。しかし当演習林内の地床植物の優占種であるスズタケの密生地には稚樹の発生はほんのわずかしきみられなかった。

このように稚樹の分布は母樹数との関係や庇陰との関係、とくに林内の大半を占めるスズタケとの関係に大きく影響を受けるのではないかと考え、モミ、ツガ大径木がほとんどない落葉広葉樹林分と一斉林状のモミ、ツガ林分内における稚樹の分布状態を調査した。

Fig. 3. Location of sample plots



調査方法

(1) 落葉広葉樹林下における稚樹

35 林班内のモミ、ツガが点在している落葉広葉樹林内に巾 10×1000 m のベルトトランセクトを Fig. 3 に示すように設定した。そして、この長さ 1000 m のベルトを 40 m ずつに区切り、この一角に 5×5 m のプロットを計 25ヶ設置しプロット内の 稚樹本数とスズタケの本数を調査した。

胸高直径 20 cm 以上のものが種子生産が一応可能であるとし母樹として考え、また、種子の散布は母樹を中心として樹高の範囲内がもっとも多量であろうと予想し、プロットの中から、半径 30 m 内の母樹をしらべた。

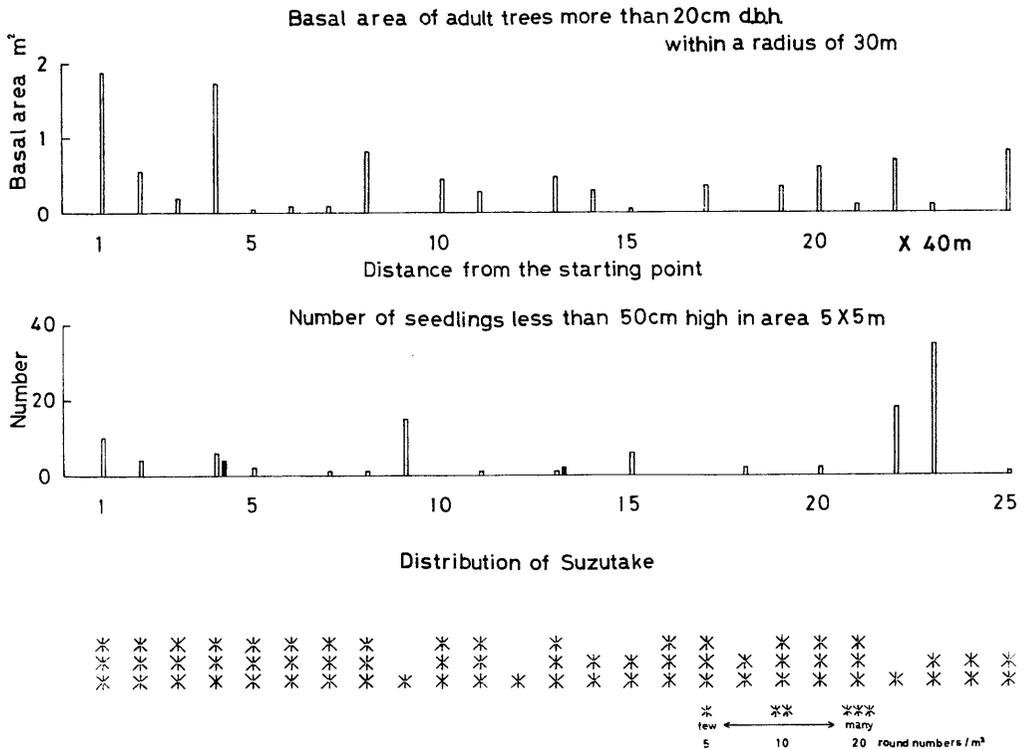
スズタケの量は m<sup>2</sup> 当り 20 本程度を多とし、以下 10 本程度を中、5 本程度を少とした。

(2) モミ、ツガ一斉林分下における稚樹

調査地は 35 林班内のモミ、ツガが上層樹冠を形成し、ほぼ一斉林状になっている林分で下層植生としてのスズタケが密生している部分とこれを全く欠く部分からなっている。

この林分内に Fig. 3 の A に示すような位置に巾 4 m のベルトトランセクトを 3 本設置し、ベルト内を 1×1 m のプロットに分割してこのベルト内に発生する全ての個体の分布図を作製した。スズタケについてはプロット内の本数をしらべた。

Fig. 4. Relation between seedlings and adult trees



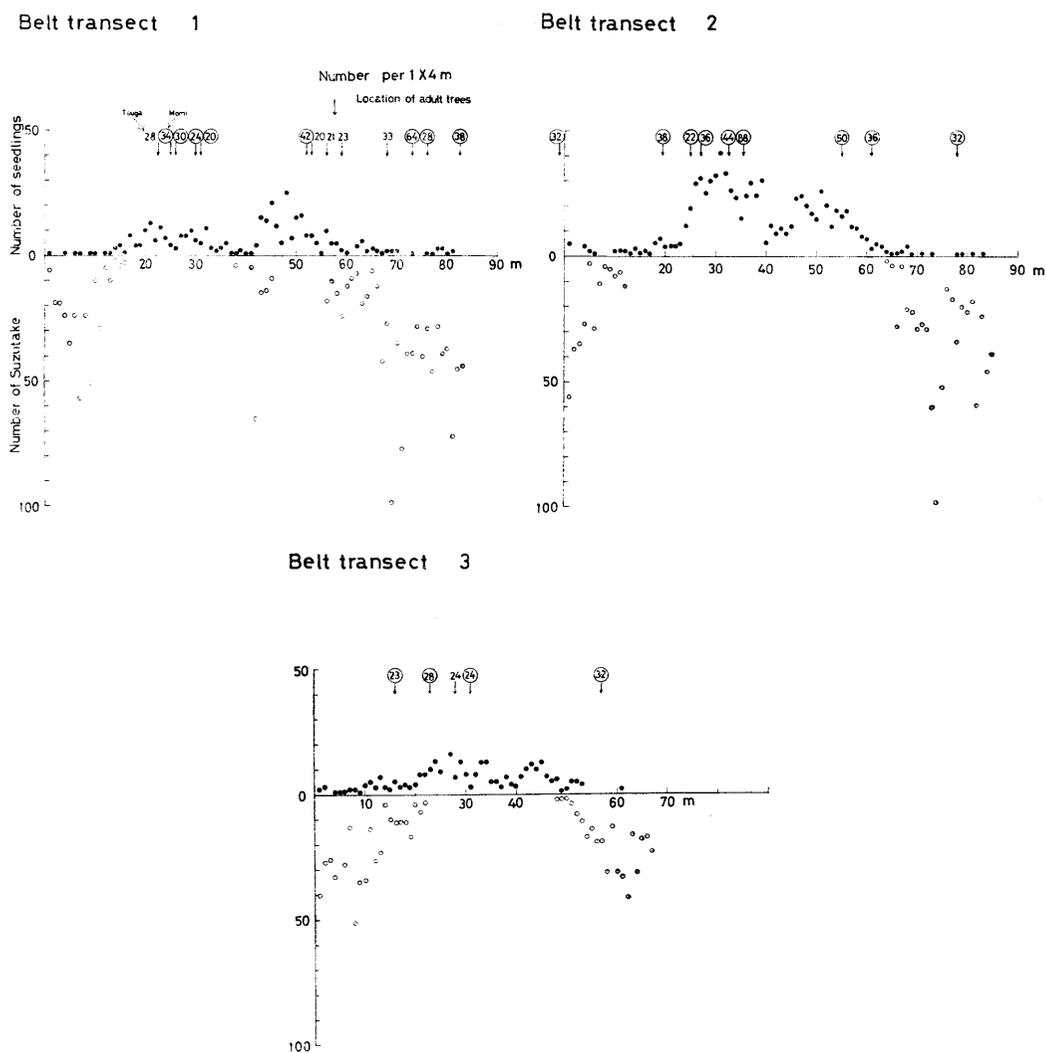
また、34林班モミ、ツガ一斉林状林分下において10×10mのプロットをFig. 3のBに示すように、12ヶ設置しプロット内の稚樹を調査した。

### 結果および考察

母樹の量を胸高断面積であらわし、これと稚樹の成立本数との関係をみたのがFig. 4であるがこの調査では母樹の量と稚樹本数との間に関係をみとめることはできなかった。

また、同図でスズタケの多少と成立本数との関係をみると、スズタケが少ないところでは稚樹の発生本数が多い傾向があるようであるが、これだけでははっきりとは言えないようである。

Fig. 5. Relation between seedlings and Suzutake  
28, 33, 34: D.B.H. cm



そこでモミ、ツガ一斉林分下のモミ、ツガ稚樹とスズタケの関係についてみたのが Fig. 5 である。

モミ、ツガ発生数およびスズタケ本数は、 $1 \times 4$  m 当りの本数であり、母樹（胸高直径 20 cm 以上）の位置は矢印で図上に示している。

これによるとベルト 3 本ともに、モミ、ツガ稚樹はスズタケ本数が少ないところに多く成立していることが明らかである。また母樹下にはかなり多くの稚樹が成立しているが、スズタケが密生しているところでは母樹下であっても稚樹はわずかしかみられなかった。

また、モミ、ツガ、スズタケおよびとくに多い広葉樹の稚樹本数をみると Table 3 のとおりである。

モミ、ツガ以外の樹種ではイヌツゲ、ハイノキ、カエデ、シキミ、シロモジ、シデ、ガマズミ等の稚樹が多く発生していた。

スズタケはプロット当たり 1~98 本とかなりバラツキがみられた。平均で 20~27 本である。

モミ稚樹のプロット当たり本数は、(I) 3.81 (II) 8.79, (III) 3.33 本であり、スズタケを全く欠くプロット内の本数は、(I) 5.97, (II) 14.25, (III) 6.76 本、またスズタケが生立するプロット内では、(I) 2.38, (II) 0.59, (III) 1.29 本とスズタケを欠くプロットはスズタケが生立するプロットの (I) 2.5, (II) 24.2, (III) 5.2 倍の稚樹本数をみた。

ツガではプロット当たり平均 (I) 0.73, (II) 0.78, (III) 1.24 本であり、スズタケを欠くプロットでは、(I) 1.18, (II) 1.00, (III) 1.64 本、スズタケが生立するプロットでは、(I) 0.44, (II) 0.44, (III) 1.00 本となっており、スズタケを欠くプロットはスズタケが生立するプロットの (I) 2.7, (II) 2.3, (III) 1.6 倍の稚樹数をみた。

なお、ツガの稚樹本数はモミ稚樹の  $2/5 \sim 1/10$  程度の発生しかみられなかった。

モミ、ツガ以外の他樹種をみると、イヌツゲ、カエデはスズタケがないプロット内によく発生しており、しかも、そのようなところにはモミ、ツガ稚樹の発生も多い傾向があるようである。

Table 3. Number of seedlings\*

Belt transect No.	Number of plots ( $1 \times 4$ m)	Abies firma	Tsuga Sieboldii	Carpinus ssp.	Illicium anisatum	Lindera triloba	Ilex crenata	Acer ssp.	Symplocos myrtacea
I	50	119	22	27	86	17	299	84	65
	(33)	197	39	11	69	6	436	213	126
II	34	20	15	0	19	4	173	4	50
	(51)	727	51	26	35	18	644	154	97
III	42	54	42	0	78	8	101	24	40
	(25)	169	41	3	23	9	184	102	28

\* less than 3.0 m high

( ) no Suzutake (*Sasa borealis*)

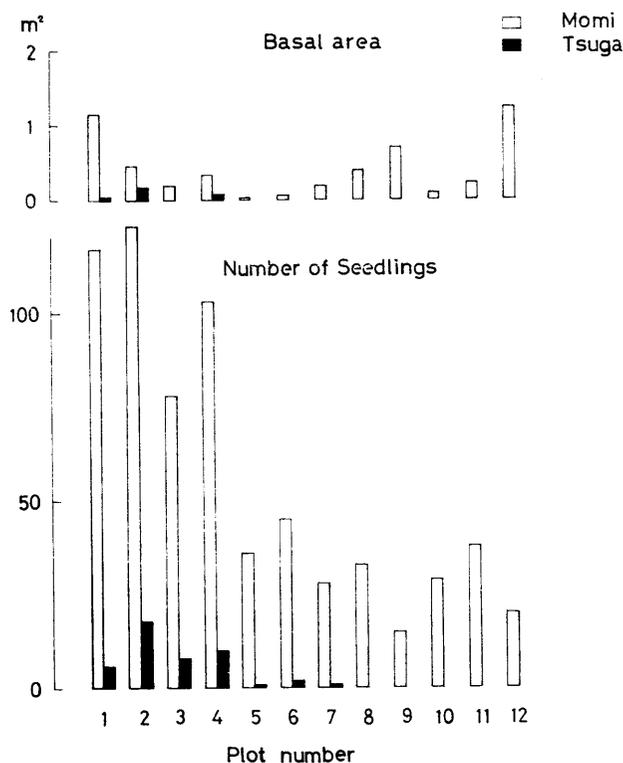
一方、スズタケが密生してきわめて底陰度の高いプロット内にも多く発生するのはシキミであった。またシキミは相対照度数%以下のモミ、ツガ林下によく現われることからみてシキミはきわめて強い耐陰性をもっていると考えられる。このことは、またシキミが多いモミ、ツガ林にはほとんど更新稚樹がみられないこととあわせて、きわめて興味のある問題である。

つぎに胸高直径 20 cm 以上のいわゆる成熟木の胸高断面積合計と稚樹本数との関係を 34 林班のプロットについて見たのが Fig. 6 である。

但し稚樹は高さ 50 cm 以下のものである。

この図からは母樹の断面積と稚樹の成立本数との間に明かな関係を認めえなかったが、これは配置図からみて、プロットが 10×10 m と小さいこととプロットが隣接しているためプロット内の母樹本数が少なくても隣接のプロットからの影響をうけるためこの関係ははっきりしないのであろう。例えば、ツガの場合、胸高直径 20 cm 以上の母樹は、第 1, 2, 4 プロットに成立しているだけで他のプロ

Fig. 9. Relation between number of seedlings and basal area



トには全くみられないが、第 3, 5, 6, 7 プロットには稚樹が存在することからも隣接のプロットからの影響をうけていることは確かであると考えられる。

また第 9~12 プロットには全くスズタケがないが、母樹数のわりに稚樹数が少ない。これはこのプロットが傾斜角平均 37 度の急斜面であり林床植物が全くなく、そのため雨で落下種子や表土がある程度流失するのではないかと思われる。ツガについては母樹は 1 本もなく稚樹も全くみられなかった。

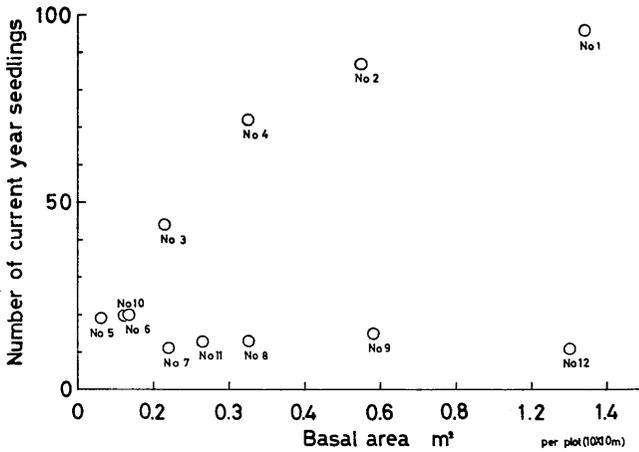
このように Fig. 6 では母樹と稚樹の関係は、はっきりしなかったが、調査時点は丁度モミの結実年の翌年に当たっていたため、当年生稚樹の発生には母樹の影響が出ているのではないかと考えられたため、モミの当年生稚樹をまとめたのが Table 4

<i>Viburnum dilatatum</i>	<i>Sasa borealis</i>
13	1342
4	
3	891
12	
0	844
0	

Table 4. Number of Momi seedlings

Plot (10×10 m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Number of current year seedlings	97	87	44	72	19	20	11	13	15	20	13	11
Total of seedlings	117	123	78	103	36	45	28	33	15	29	38	20
current year seedlings/ Total (%)	82.9	70.7	56.4	69.9	52.7	44.4	39.2	39.3	100.0	68.9	34.2	55.0

Fig. 7. Relation between number of Momi-current year seedlings and basal area of mother trees



である。この結果から見て当年生の占める割合が大きく、結実年の翌年であることがはっきりしているが、この当年生数と胸高断面積との関係を表したのが Fig. 7 である。この図で平坦地にある No. 1~8 のプロットについては胸高断面積が大であれば当年生も多くなると云えそうであるが、急傾斜面に位置するプロット No. 9~12 につ

いては全くこのような関係は認められなかった。

以上のようにモミ、ツガの分布をみると、落葉広葉樹林下においても、モミ、ツガ一斉林状の林分下においても母樹が多ければ稚樹の発生・成立も多いということは一概に云えず、林内の明るさ、林床の状態或いは下層植生の有無などによってかなり影響されているようである。そのなかでとくに下層植生の優占種であるスズタケとかなり密接な関係があると云えそうである。まず考えられることはスズタケの存在がもたらす林床の光不足であろう。そこでつぎにはスズタケ群落内の相対照度の変動についてしらべた。

(スズタケ群落の光環境)

Table 5. Relative light intensity

Height cm	I		II		III	
0	0.46%	0.206*	2.03	0.142	2.14	0.100
20	0.64	0.287	2.49	0.174	3.05	0.142
40	0.42	0.188	2.82	0.197	3.59	0.167
80	0.83	0.372	3.19	0.223	4.49	0.209
160	1.08	0.484	7.63	0.534	6.94	0.323
250	2.23	1.000	14.30	1.000	21.46	1.000
Leaf area Index	1.0		1.5		1.8	

\* Relative light intensity on 250 cm as 1

ササの存在が天然更新にとっては阻害要因であり、日本において天然更新がうまくいっていないのはササのためだとさえ云われている。一方ヒノキの場合<sup>14)</sup> ササが生えていても保護植生としてコントロールすれば天然更新が可能であるともいわれる。そこでスズタケ群落内部の光条件がどのようなものかを調べるため、34林班スズタケ密生地 ( $m^2$  当り 30~40本) に  $1 \times 1 m$  のプロットを3ヶ設けプロット内で地表からスズタケの高さを抜ける 250cm までの照度を測定した。なお照度測定には東芝 5号型照度計を用いた。

この3プロットのスズタケ量と照度測定結果を Table 5 に示す。

これからみて、スズタケ群落内部の地表照度は葉面積指数 1.0 の I プロットで上縁の 1/5 で指数 1.8 の III プロットで 1/10 と極端に低下していることがわかった。この結果からみて、スズタケ群落内に発芽したモミ・ツガ稚樹は極端な光不足の条件下におかれていることがわかった。したがってスズタケ群落内に発芽したモミ、ツガの初期生長は光不足のため、きわめて微々たるもので大部分の個体は生育できず消滅してしまうのではないかと考えられる。そこでモミ、ツガを樹幹析解してこの初期樹高生長状態をしらべてみた。

これらの樹幹析解木の年令構成は Table 6 のとおりである。

Table 6. Distribution of age

Age	Momi	Tsuga
41 ~ 50 years	4	2
51 ~ 60	12	
61 ~ 70	18	1
71 ~ 80	14	4
81 ~ 90	3	9
91 ~ 100	3	13

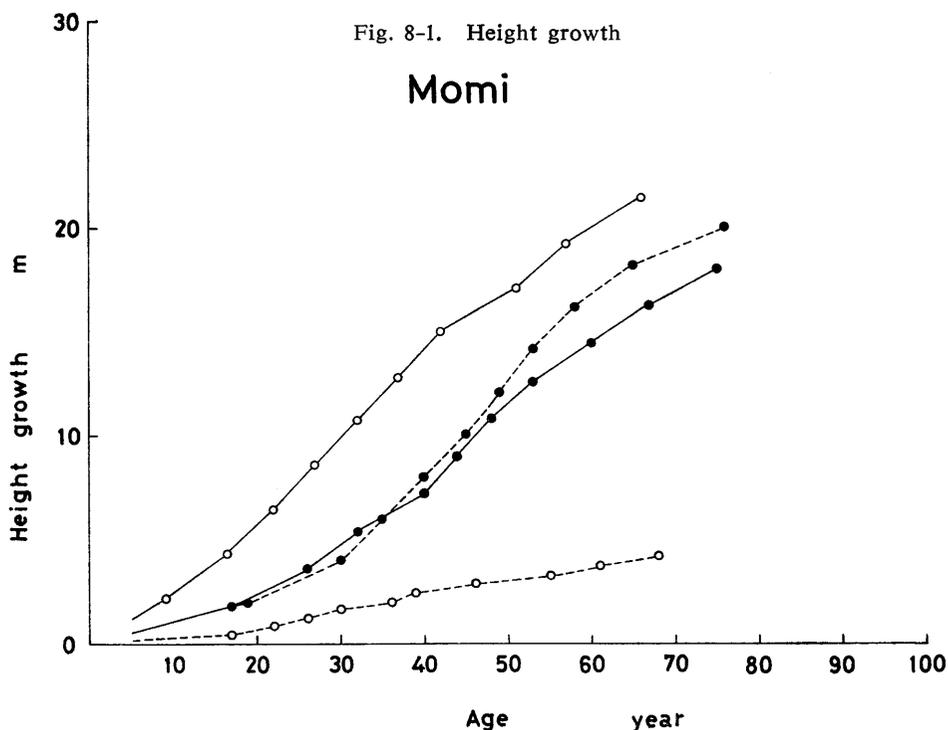


Fig. 8-2.

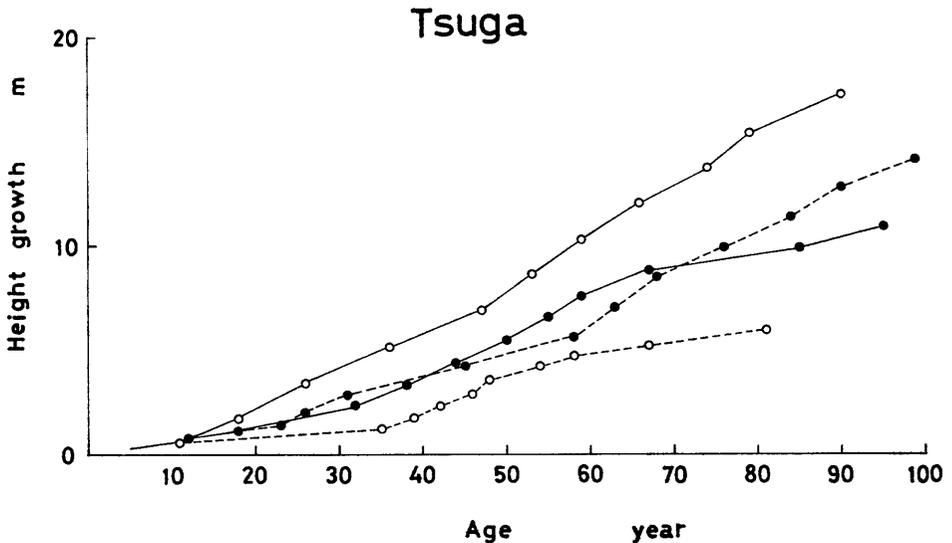


Fig. 8 からわかるように、2.0 m 付近までは遅々とした生長を示している個体もその後はそれまでに要した期間に関係なく、いずれも急激に生長をはじめている。

平均値で示すと、モミは 2.0 m に達するまで 18.81 年、4.0 m に達するまで 28.48 年、ツガは 2.0 m に達するまで 25.80 年、4.0 m に達するまでに 40.25 年となり、2.0 m から 4.0 m までの生長に、モミ 9.67 年、ツガ 14.45 年を要しているが最初の 2.0 m の生長に比較して期間が半減されており樹高が 2.0 m を越すと成長が急速によくなっている。

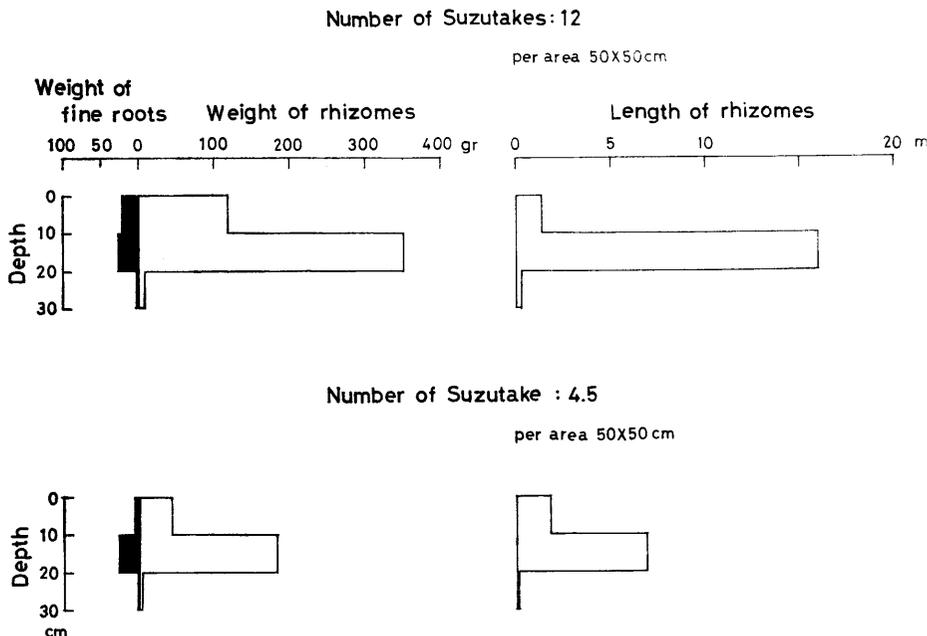
ところで、一般にモミ、ツガの初期生長はきわめて緩慢であると云われているが、この調査結果では個体間にかなりのバラツキがあり、モミの場合でも生育場所によっては、10 年たらずで、2.0 m に達し、10 数年で 4.0 m に達するものもあれば、上層樹冠によって庇圧されている場合には 70 年近くになってやっと 4.0 m に達するものもある。したがって環境条件が良い場合には生育初期でもかなりの生長を示すことが考えられる。

そこで樹幹析解の結果を検討してみると、生長に極端な庇圧状態がみられるのは樹高 2.0 m 付近までである。

先に示したようにスズタケ群落が庇圧環境をつくる高さともミ、ツガの極端な生長の遅滞が見られる高さはほぼ等しく 2.0~2.5 m であることから、モミ、ツガの初期生長をおさえているのはスズタケによる庇圧であると云って差支えないようである。したがってスズタケ群落内に発芽したモミ、ツガ稚樹は極端な光不足の条件下におかれ発生後 20~30 年を要して、ようやくこのスズタケの高さを抜け出すがその後は光条件が改善されるため急速に生長をはじめるのであろう。また、スズタケ自体はかなりの低照度のところにも生育はしているが、相対照度が数%以下のモミ、ツガの密生している林分下にはほとんど発生せず、割合に光条件のよい落葉広葉樹林下にきわめて密生しているのが特長である。

そのため落葉広葉樹林へのモミ、ツガの分布はこの面からもきわめて制限されているものと考えられる。

Fig. 9. Underground part of Suzutake group



ところでモミ、ツガの生長におよぼすスズタケの影響について、これまで地上部の光環境の面から検討したが、さらに地下部における根系の競争について考えてみる必要がある。Fig. 9 に示すようにスズタケはきわめて緊密な根系を土壤の表層部分に発達させるが、一方根系のところで明らかにしているように、モミは深根性、ツガは浅根性であり、このような根系の形態が水分や養分の吸収に関しての競争にどのように影響をしているかを検討する必要があると考えられる。とくにツガの場合は浅根性であるためスズタケとおたがいに根系の競争をおこしやすいことが推察できる。

### 稚樹の発消長に関する調査

モミ、ツガの天然林では多くの場合、高さ数 cm 以下の稚樹はかなり多数発生しているがさらに生育のすすんだ更新樹はきわめて数が少ない。このような傾向は大径木が多い一斉林状の林分下でいちぢるしいようである。

これは稚樹の段階でそのほとんどが枯死消滅するためではないかと考えられる。そこで当演習林 36, 35 林班の一斉林状のモミ、ツガ林分下に発生している稚樹、またあらたに発生する稚樹の本数を毎月調査することにより稚樹の発生および消失時期、またその原因を追及してみることにした。

#### 調査方法

36 林班モミ、ツガ天然更新地 1.277 ha 内の広葉樹およびスズタケを全て除去した後、これを A, B, C の 3 区に分割し、モミ、ツガ胸高断面積合計で、A : B : C = 0.5 : 1 : 0.75 の比率で疎密度をかえ、その中に 2×2 m のプロットを各区に 3 ケ、計 9 プロットを 1970 年 4 月に設置した。

Table 7. Germination and death of seedlings

Compartment	Plot	Relative light intensity	Number of seedlings at the beginning		Number of germinated seedlings		Number of dead seedlings		
			Momi	Tsuga	Momi	Tsuga	Momi	Tsuga	
36	A	I	6.92%	10	3	3	3	2(5)	1(1)
		II	10.40	16	0	19	3	9(8)	
		III	5.08	7	5	1	13	(2)	3
	B	I	11.10	35	3	19	4	3(2)	
		II	4.82	50	0	35	0	9(5)	
		III	2.92	18	0	19	2	9(14)	1
	C	I	15.16	20	10	32	15	18(17)	1(5)
		II	13.44	15	13	12	10	2(4)	4(4)
		III	9.88	29	0	9	1	6(8)	
35	I	3.34	0	5	2	12	1	8(1)	
	II	6.44	5	1	1	19	(5)	14	
	III	2.00	8	26	6	16	1(1)	7(6)	
	IV	3.70	1	5	3	10	(1)	2	

( ); Seedlings at the beginning

また 35 林班については、面積 0.0625 ha (25×25 m) 内のスズタケだけを刈り払い、これを4区に分割し(1区 12.5×12.5 m)、各区内に 2×2 m のプロットを各1ヶ、計4プロットを 1970年5月に設定し、各プロット内の照度を測定し調査をはじめた。

プロットの位置は Fig. 3 のCに示す。

#### 結果および考察

各プロットの2カ年間の発生および消失本数は Table 7 に示す。

まず 36 林班についてみると、1969年がモミの結実年にあたっているため、1970年プロット設定当年には m<sup>2</sup> 当り 3~8本のモミ稚樹の発生をみた。明るさと発生との関係を見ると、照度約5%の B-IIプロットに一番多く発生しているが、A-IIIプロットは同じ5%でも稚樹の発生は最も少なくこのことからみても明るさと発生との間には関係がみられなかった。同じような結果を庇陰格子試験でも示している。

つぎに発生と母樹との関係を見るため胸高直径 20 cm 以上のものを一応母樹とみなし、その分布を示したのが Table 8 である。プロット設定時の稚樹の成立本数は B.C.A 区の順であり、その後の発生も同じ傾向を示しているが、一方成木の本数は A 区 1.20本/100<sup>2</sup>、B 区 1.71本、C 区 1.65本で稚樹の発生本数と対応しており、このことから成木の多い区に稚樹もまた多く発生すると云えるようである。

ツガについてみるとプロット設置時には、モミにくらべて稚樹数も少なく C 区にわずかに多い程度であった。明るさとの関係を見ると、稚樹数が最も多い C 区で 13~15%照度であり、ツガの場合は稚樹の発生には、ある程度の明るさが必要であるように思われたが、35 林班のツガ稚樹の発生ではわずかに 2%ほどの照度でも多数の発生がみられることから、やはりツガもモミと同様に明るさとは関係なく発生すると考えて良いようである。

Table 8. Distribution of mother trees

D. B. H. (cm)	Compartment 36						Compartment 35							
	A		B		C		I		II		III		IV	
	Momi	Tsuga	M.	T.	M.	T.	M.	T.	M.	T.	M.	T.	M.	T.
20	6	7	9	10	9	1		1	1	1		1		1
22	4	5	8	7	7	3	1	3	1	1			1	1
24		11	6	7	6	1		3		1	1	2		1
26	3	3	10	6	6	3		1				2		
28	2	2	3	2	3	3	1						1	2
30	5	5	6	3	5	5				1	1	1	1	
32	3	3	4		5	1				1		1		1
34	3	3	8	1	4	2								
36		2	6		4	1								
38	1		3		1	1			1					
40	3	1	6		7									
42	2		3		4				1					
44	2		2		2				1				1	
46	3		1								1			
48	2		1			1								
50	1		1		3									
52	1		1		1									
54			1		1				1					
56			1											
58			1											
60	1		1											
62	1													
64	1													
66	1													
68											1			
70														
72	1													
Total	46	42	82	36	68	17	2	8	6	5	4	7	4	6
Number per 100 m <sup>2</sup>	1.20	1.07	1.71	0.75	1.65	0.41	1.28	5.12	3.84	3.20	2.56	4.48	2.56	3.84

また母樹本数との関係はA区の 1.07 本/100<sup>2</sup>, B 区の 0.75 本, C 区の 0.41 本となっており, 一番母樹数が少ない C 区に稚樹発生が多いが, 稚樹本数が 3 区ともわずかであることから母樹本数との関係ははっきりしなかった。

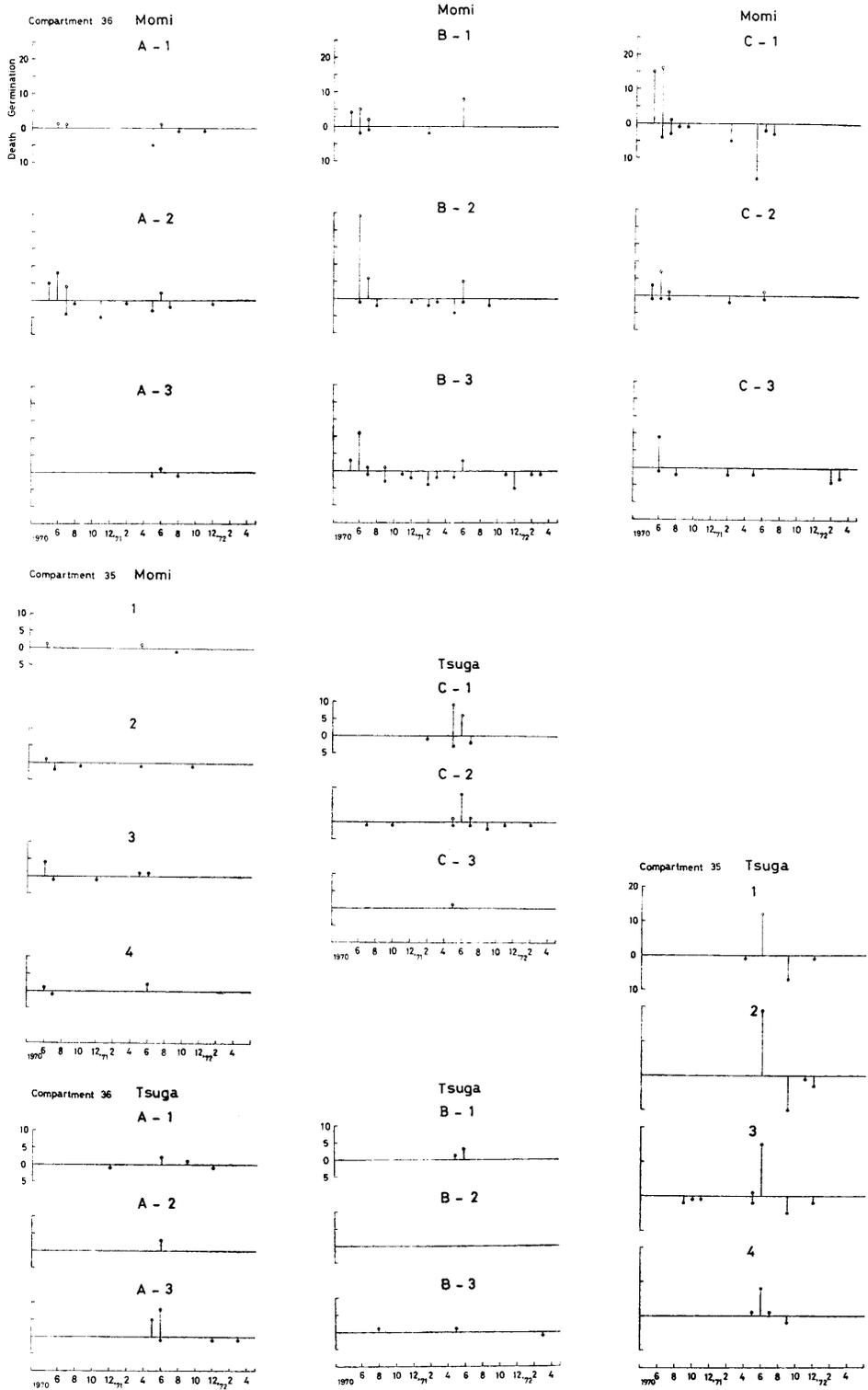
つぎに月間の発生および消失本数をみると Fig. 10 のような結果であった。

これから稚樹の発生月は 5, 6 月と云える。また結実年の翌年 1970 年には発生数も多かった。

消失は夏季の乾燥時, 冬季の寒冷時に多く枯死消失しているが, 1971 年 5 月には発生月であるはずが逆に消失本数が多くみられた。

このことは原因が気象的なものではないかと考え 2 年間の気温と降水量 (Fig. 11 に示

Fig. 10. Germination and Death



す) をみると、気温は例年とほとんどかわりがないが降水量が例年4月には約350mmであるのに対し46年4月には約70mmと例年の約1/5程度であったことから、このため土壌がかなり乾燥したため枯死消失したのであろうと推定される。また、これらの消失した稚樹をみるとプロット設定後1年目は、その半数以上がプロット設定後に発生した、いわゆる当年生の稚樹であったが、2年目に入ると逆に半数以上がプロット設定時にすでにあった、発芽後2年以上を経過した稚樹であった。

ツガについてはプロット設定時の本数がわずかであり、1970年にもほとんど発生がみられなかったが、1971年の5、6月にはある程度の発生を見た。

消失もモミと同様に夏季と冬季がほとんどであった。

つぎに35林班についてみると、ここでは、36林班とくらべてプロット設定時の稚樹本数は少ない、これはプロット設定前にスズタケが密生していたため稚樹の発生が困難であったのであろう。

母樹数がモミよりツガの方が多いためから稚樹もまたツガの方が多かった。

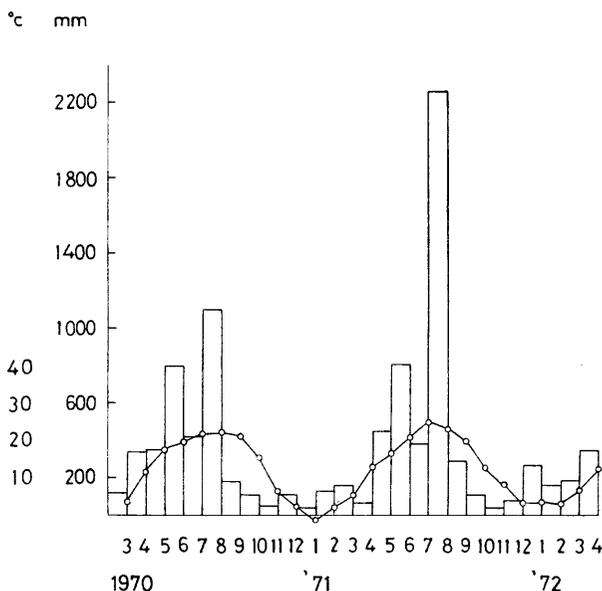
スズタケ刈り払い前の状態から考えて、スズタケがわりあいになかったプロットIIIには稚樹が多く発生していることからスズタケが稚樹発生に大きな影響を与えているようである。

1970年には全くツガの発生がみられず、1971年6月に多数発生しており、36林班の場合と併せて考えるとツガの結実周期は数年間の結実しか観察していないため明らかではないが1970年が結実年であったためであろうと思われる。

消失本数をみると稚樹本数が少いため、消失時期は、はっきりしないが、1971年9月に多く消失している。これは8月の2度にわたる台風襲来のため降水量が例年の2倍近くの2,200mmになっており、このため根が洗い出されたため枯死消滅したのであろうと考えられる。

実際の林内ではモミ、ツガは林道沿やその法面等の土壌が露出したところに一斉に発芽している場合をよくみるが、これは発芽床として種子の定着、発芽に有利になったために一斉に発芽したものである。しかし1年を経過した段階でそのほとんどが枯死消失してしまっている。

Fig. 11. Monthly total precipitation and mean temperature



この明るさと発芽との関係をさらにくわしく庇陰格子を用いて実験的におこなってみた結果は後のべるが、実際の林内においてはモミ、ツガ稚樹は照度 10% 以下の林内にも多数発生しており、また庇陰格子試験の結果も発芽と明るさとの間にはほとんど関係がなく周囲の母樹数、とくに母樹の結実年に影響をうけているようである。

発生月は上述のように両種とも 5、6月に集中し、消失は夏季の乾燥時、冬季の寒冷時に多いが、これらの枯死した稚樹をみると、根系の発達が貧弱で腐植層をぬけて鉱質土壤に達しているのは稀であった。この発生調査プロットは設定時に広葉樹・スズタケを全て除去しているが、プロット内は腐植層がかなり発達しており、この上に落下した種子は発芽をしても、その根系が腐植層をぬけて鉱物質土壤に達するには可成りの時間を要すると考えられ、したがってその間には夏季の乾燥による水分供給の不足、冬季の凍結による水分供給不足、霜柱による根系の浮上、また雨水による根の洗い出し等の諸害を受けやすいと思われる。このような諸因のため根系の未発達な発芽当年生の稚樹はその大半が 1年目にして枯死消失してしまうのであろう。とくに発芽当初のツガ稚樹はモミにくらべて極端に小さく貧弱であるため、これらの諸害を受け易いようである。

また、これらの諸害に耐え生き残った 2年目以降の稚樹も徐々に消失しているが、この原因としては光不足が考えられる。光不足によって個体を維持するのに十分な光合成ができなくなり次第に衰弱の方向に向うのであろうと予想される。

このように発芽して 1年目は明るさと関係なく水分と密接な関係をもち、2年目以降の生長は明るさとの関係が密接となるようである。ところで野路<sup>4)</sup>はモミ、ツガは結実豊富な年に地割をし真土を露出して受種することにより一斉に多数の稚樹を発生せしめると述べており、また稚樹発生林分に対する上木伐採量およびその影響について、福永<sup>5)</sup>は疎開程度は総蓄積の 51~67% をよしとし、林冠の疎密度は 10~35% を適当とした。また地被物とくに落葉は 35~67% に疎開すると 2~3年にして腐朽し、そうして上木疎開は枝葉を硬直し枝幹の発育を良くさせると報告している。この調査結果からも、結実年の種子落下前に地表を発芽床として種子の定着発芽に必要な水分保持が出来るようにスズタケの刈払い、落葉層、腐植層の除去等をおこない、発芽を促進させ、発芽後 2年目頃から徐々に陽光をとり入れるように、ある程度上層樹冠を疎開してやるのが、稚樹の発生を多くし、しかも早く生長させるためには最良の方法ではないかと考えられる。

### モミ、ツガ稚樹の根系について

根系については従来より主要林木についても根系調査がおこなわれ、日本産のモミ、ツガについては刈住<sup>15)</sup>が調べているが、本調査ではモミ、ツガの天然更新の過程で、地下部の根系の形態、あるいはその発達が生態的にみてどのような意味をもつかを明らかにするため稚樹の根系調査をおこなった。

稚樹はおよそ 20 cm 以下の樹令にして 10 数年までと推定されるものと、一応将来の更新樹とみなされる 50~70 cm 程度のものに分けて根系の調査をおこなった。ここでは前者を小型稚樹、後者を大型稚樹と呼ぶことにする。

#### 調査の方法

##### 小型稚樹

根系が未発達で、気象的な災害を受け易いと考えられる若い稚樹の根系をしらべるため

34, 35, 36 林班で高さが 20 cm 以下のモミ 76 本, ツガ 39 本を掘り取ってしらべた。掘り取りに当ってはまず土を取り除いた状態での根系の形態を描写した。掘り上げた個体は持ち帰り各部に分け生重と乾重 (105°C 乾燥) を測定した。

年輪の測定は, すべて顕微鏡下でおこなった。

#### 大型稚樹

20 cm 以下の小型稚樹は年令の若いものは別として, かなり年数のたったものでも平均年樹高生長は大部分が 1 cm 以下できわめて遅々とした生長であり, また年令別の個体数の分配からみても, 発芽後時間の経過とともに大多数が消失していることは明らかであり, このようなことから小型稚樹がこのまま生長を続けて将来更新樹になるとは予測できない。そこでさらに生育の進んだ 50~100 cm 前後の外観的にみて一応健全な生長をなし, 将来更新樹となりうると思われるものを調べることにした。また同時に同程度の大きさの底圧木と枯死木についても掘り取り調査をおこなった。調査木は落葉広葉樹林にモミ, ツガが点在している 35 林班でモミ 10 本, ツガ 7 本を選定した。

掘り取りは幹軸を中心として半径 1 m 以内の円筒内に含まれる根系をしらべることにしたが, 1 m 以上伸びているものについても, 可能な限り掘り取り調査をおこなった。

掘り取り木はビニール袋に入れ持ち帰り, 幹, 枝, 葉, 根部に分け, 生重を測定し, つぎに 105°C の乾燥器で 72 時間乾燥し絶乾重を測定した。なお, 根部については深さ 10 cm ごとに分けて測定をおこなった。

また, 掘り取る際に水平, 垂直両面からみた根系の形態をグラフ上に描写した。

#### 結果および考察

まず小型稚樹について述べると調査本数モミ 76 (苗高最高 217 mm, 樹令 15~1 年), ツガ 39 (苗高最高 317 mm, 樹令 24~1 年) であった。

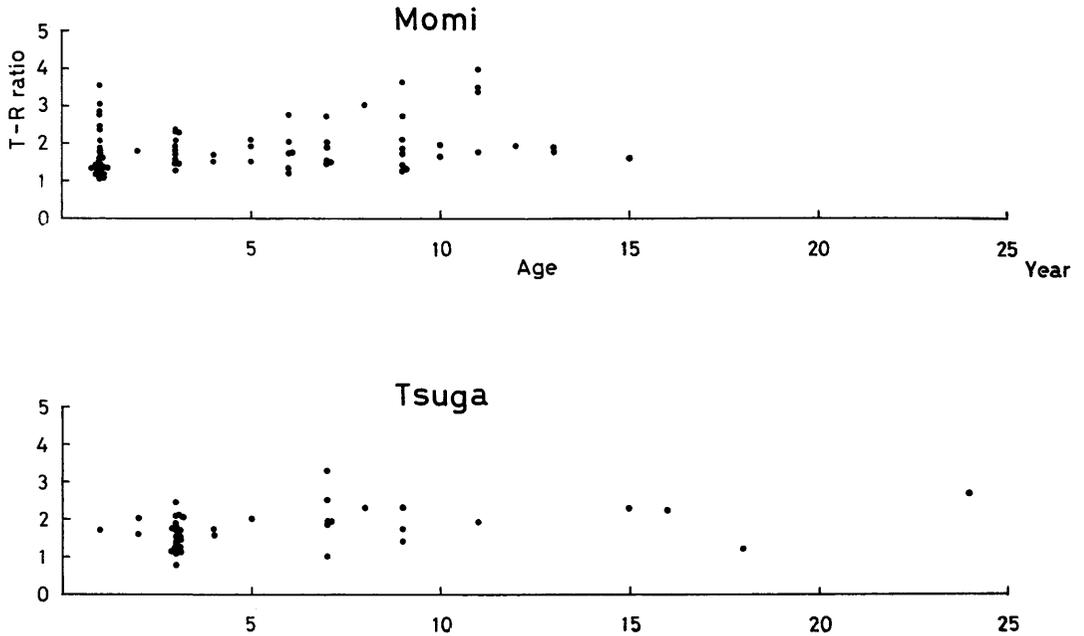
根系の形態を分類して表現するため, 斜面に生育しているものについては傾斜方向の断面での根系の拡がりをしらべ, その面でのタテ, ヨコ方向の拡がりを基準として, タテと

Table 9. Types of root system

Type	Momi seedling				Tsuga seedling				
	1~2 years old		over 3 years old		1~2 years old		over 3 years old		
	Flat*	Slope	Flat	Slope	Flat	Slope	Flat	Slope	
A	(+)		2		7			2	4
	(±)	6		10	3			6	1
	(-)								
B	(+)		1		2				3
	(±)	2						4	
	(-)								
C	(+)		5		6				2
	(±)	8	1	19		3		12	3
	(-)		2						1
Total	16	11	29	18	3		24	14	

\* Position of seedlings

Fig. 12. T-R ratio



ヨコ方向の拡がりかほぼ同じ程度の場合をA, ヨコ方向の拡がりかタテ方向よりも倍以上ある場合をB, その逆の場合をC, として根系の形態を分類してみると Table 9 の結果となった. なお (+), (±), (-) の記号は根系と幹軸との相対的な位置関係を示すもので, 根系が全体として幹軸に対して斜面の上方に拡がっている場合を (+), 下方の場合を (-) とし, その中間を (±) とした. なお平地の場合にはこのような分類はおこなわなかった.

この結果よりみると, モミ, ツガとも A, Cタイプが大部分をしめ, Bタイプは両種ともすくないが, 3年生以上ではモミに比較して, ツガがやや多い傾向がみられた. 斜面の根系が下方に拡がる場合はほとんどなく, 上方に拡がる場合が大部分であった. しかし斜面に平行に斜上する根はみられなかった.

根系のひろがりには, 樹種特有の性質と環境条件, すなわち斜面の場合, 上方からの土砂の移動による地上部の押し曲げによって結果的に根系が斜上方に拡がると云う場合のあることも考えられる. また落葉樹林下に生育している場合には秋季, 多量の落葉によって地上部がおさえつけられている例が多くみられ, この調査結果だけでは根系のひろがりか樹種特有の性質の有無を論ずることはできないようであった.

T-R 比は地上部 (Top) と地下部 (Top) の重量比で一般に苗木の地上部と根部との釣り合いを示すものとして, その値が小さいほど活着がよく, 良い苗木と理解されているが, モミ, ツガ稚樹の T-R 比をしらべたものが Fig. 12 である.

ほとんどすべてが1以上であったが, 図にみられるように, 同一年令であっても個体生長にかなりバラツキのあることがわかる. しかし個体重と T-R 比の関係にははっきりし

た傾向はみられなかった。

後述の庇陰格子試験の結果からみて庇陰度のちがいによって T-R 比にかなりのちがいが生ずることがわかっており、また佐藤<sup>16)</sup>によると土のかわきがひどいものほど T-R 率が小さいことが知られているが、林内の生育環境は上層樹冠の疎密による明るさの変動、地表の堆積物の厚薄、傾斜、斜面の向き、下層植生の有無あるいは多少等の各因子が相互に絡みあって局所的に変化し、したがって個体の生長にもそれが大きく影響し、きわめて複雑な動きを示しているものと考えられる。

このようなことから根の生長も個体ごとに例えば、かなり乾燥しやすいところに生えたものは地上部にくらべて根の量が相対的に多く、一方湿潤なところは逆に地上部の生長がよく T-R 率も大きくなることが考えられる。

つぎに大型のモミ、ツガ稚樹の諸生長の結果は Table 10, 11 の通りである。

モミは No. 1 から No. 7 ま でが一応健全な生長をしていると考えられるものであり、No. 8, 9 は庇圧木であり No. 10 は枯死木である。

ツガは No. 1 ~ No. 4 が健全木で No. 5 と No. 6 が庇圧木であり、No. 7 は枯死木である。

なお庇圧の影響の程度については、まず外観的な形状によった。

上原<sup>17)</sup>はモミの樹冠形は生育旺盛期には鋭頭円錐形であるが生長の衰えた老樹は枝張りの方が増大し樹形がくずれ傘状の樹冠を呈するようになると述べている。一般に庇圧状態にあるモミも老樹に似て枯れ上りがひどく、枝葉は幹の先端部に集まり傘状を呈してい

Table 10. Surveyed trees

—Momi—

Tree No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Height cm	71.5	64.3	67.2	47.3	67.0	91.7	92.0	79.0	76.1	74.9
Clear length cm	12.8	29.1	24.5	15.0	23.3	37.0	10.0	67.0	69.0	—
Diameter at the ground level cm	1.50	1.65	1.65	1.20	1.50	2.10	1.35	1.52	1.30	0.79
Branching width cm	91×70	100×100	95×113	53×87	85×85	115×105	82×90	110×105	78×72	70×53

—Tsuga—

Tree No.	1	2	3	4	5	6	7			
Height cm	89.5	99.2	103.6	119.5	127.6	112.5	99.0			
Clear length cm	1.2	6.0	29.5	36.0	66.0	12.0	—			
Diameter at the ground level cm	1.25	0.90	1.00	1.15	1.25	1.03	1.94			
Branching width cm	54×63	52×48	63×75	88×62	70×72	81×75	101×105			

Momi No. 8, 9; Suppressed tree

No. 10 ; Dead tree

Tsuga No. 5, 6 ; Suppressed tree

No. 7 ; Dead tree

Table 11. Dry weight of surveyed trees

—Momi—										
Tree No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Stem (gr)	26.48	32.50	33.68	17.06	28.12	55.07	41.60	59.30	39.30	21.28
Branch (gr)	43.02	52.00	25.00	29.08	28.01	55.60	32.15	11.00	5.38	
Leaf (gr)	81.62	74.00	47.48	49.46	58.31	114.59	84.88	14.72	12.32	
Root (gr)	60.83	61.66	35.97	36.42	50.64	102.09	49.64	53.64	25.31	15.92
Total (gr)	211.95	220.16	142.13	132.02	165.08	327.35	208.27	138.66	82.31	37.20

—Tsuga—										
Tree No.	1	2	3	4	5	6	7			
Stem (gr)	18.20	11.30	19.90	28.16	42.40	22.90	68.00			
Branch (gr)	17.52	8.90	13.46	11.18	6.73	13.55				
Leaf (gr)	44.74	21.30	23.62	16.91	2.82	3.58				
Root (gr)	32.42	12.20	23.07	20.92	34.80	14.35	55.92			
Total (gr)	112.88	53.70	80.05	77.17	86.75	54.38	123.92			

る。モミ No. 8, 9 は樹高と生枝高の関係をみても枝葉が先端部だけしかなく、庇圧状態にあることがうかがわれる。

ツガの場合は、モミとは異なり枝の枯れ上りが少なく、葉の着生がまばらになる特性がある。したがって No. 5 とくに No. 6 の場合のように庇圧状態にあっても生枝高はかなり低くなっている。

このようにまず地上部の外観的な形態より健全木、庇圧木（衰弱木）に分けて考えてみたが、さらにこれを重量生長の面から地上部の枝葉重と幹重の比をとってみると Table 12 のようになった。

健全木とみなしたもののなかにもかなりのバラツキがあるが、衰弱木とみなしたものはいずれもこの値が小さく 1 以下であった。これは当然の結果であってモミの場合は外観的な枝葉の枯れ上りからも予想されるところである。また、ツガの場合は枝そのものは枯れ上っていないが、葉の着生量そのものが極端に少なくなっていることがこの値を小さくしたと考えられる。つぎにこのように地上部の生長にあらわれている庇圧の影響が地下の根

Table 12. Branch·leaf—Stem ratio

—Momi—										
Tree No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ratio	4.71	3.88	2.15	4.60	3.07	3.09	2.81	0.43	0.45	—

—Tsuga—										
Tree No.	1	2	3	4	5	6	7			
Ratio	3.42	2.67	1.86	1.00	0.23	0.75	—			

\* Stem weight as 1

Table 13. T-R ratio

—Momi—										
Tree No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ratio	2.48	2.57	2.95	2.62	2.26	2.21	3.20	1.59	2.25	1.34

—Tsuga—										
Tree No.	1	2	3	4	5	6	7			
Ratio	2.48	3.40	2.47	2.69	1.49	1.60	1.22			

系の発達にどのようにあらわれているかを、まず T-R 比でしらべてみると、Table 13 に示されるように、モミ、ツガともに健全木とみなされるものの T-R 比は 2 以上であった。モミ No. 9 の T-R 比は 2.25 で健全木と変らない値を示したが、前表に示したように、枝葉—幹比は 0.45 で明らかに庇圧されて成長が衰え、枯れ上りが進んでいることを示している。

そこで庇圧によってどのように T-R 比が変化するものかをしらべる必要があり、前述の小型稚樹でしらべた T-R 比とここでの T-R 比の結果を直接むすびつけて検討することがまず考えられるが、このことはきわめてむずかしいと考えられた。というのは、さきにしらべた小型稚樹にはここで述べたような庇圧の影響による枯れ上り、あるいは着生葉の減少という現象はみられず、また生長にどの程度生育環境が影響を与えているかの判断もむずかしいためである。

そこで庇陰格子試験の結果をもとにして、この結果を検討してみたい。庇陰格子試験の結果をみると生長がもっとも庇圧されていると考えられる庇陰度が最大の区の T-R 比は他の処理区にくらべてかなり大であり、堀り取り木の結果とは正反対になっている。

庇陰度の低い生育良好の区の生長は地上部の生長はともかくとして根系の発達がきわめて良いのが特長である。したがって T-R 比も低い値を示すようになる。庇陰度が高い区は根系の発達が貧弱で相対的に T-R 比は高い値を示している。

しかし、生育がすすむにしたがい生育環境の良いところの個体は地上部が急速に発達し、したがって T-R 比も次第に高くなり、ある時点になると T-R 比の関係は逆転し、弱い庇圧をうけた個体は高く、一方強い庇圧をうけたものは、幹枝葉の生長がおさえられ極端な場合に枝葉の枯れ上り現象が起るため小さくなるのであろうと考えられる。

つぎに根系の水平的、垂直的ひろがりを見たのが Fig. 13 である。

モミの根系は、水平的なひろがりと比較して垂下根がよく発達しているのが特長であり、一方ツガは垂下根の発達が悪く、土壤表層に根が集中している。

このことは刈住<sup>15)</sup>によって、大径木で明らかにされているが、さきにしらべた小型稚樹ではっきりしなかった樹種の特徴が、この程度の大きさになると現われてくるものと考えられる。土壤断面図 Fig. 14 からみても、土壤構造によって根系の発達の型が左右されて、このような結果になっているとは考えられず、モミが垂直的にひろがり、ツガが水平的にひろがるということは樹種それぞれの特性であると云える。また強度の庇圧によ

Fig. 13. Vertical and Horizontal distribution of roots

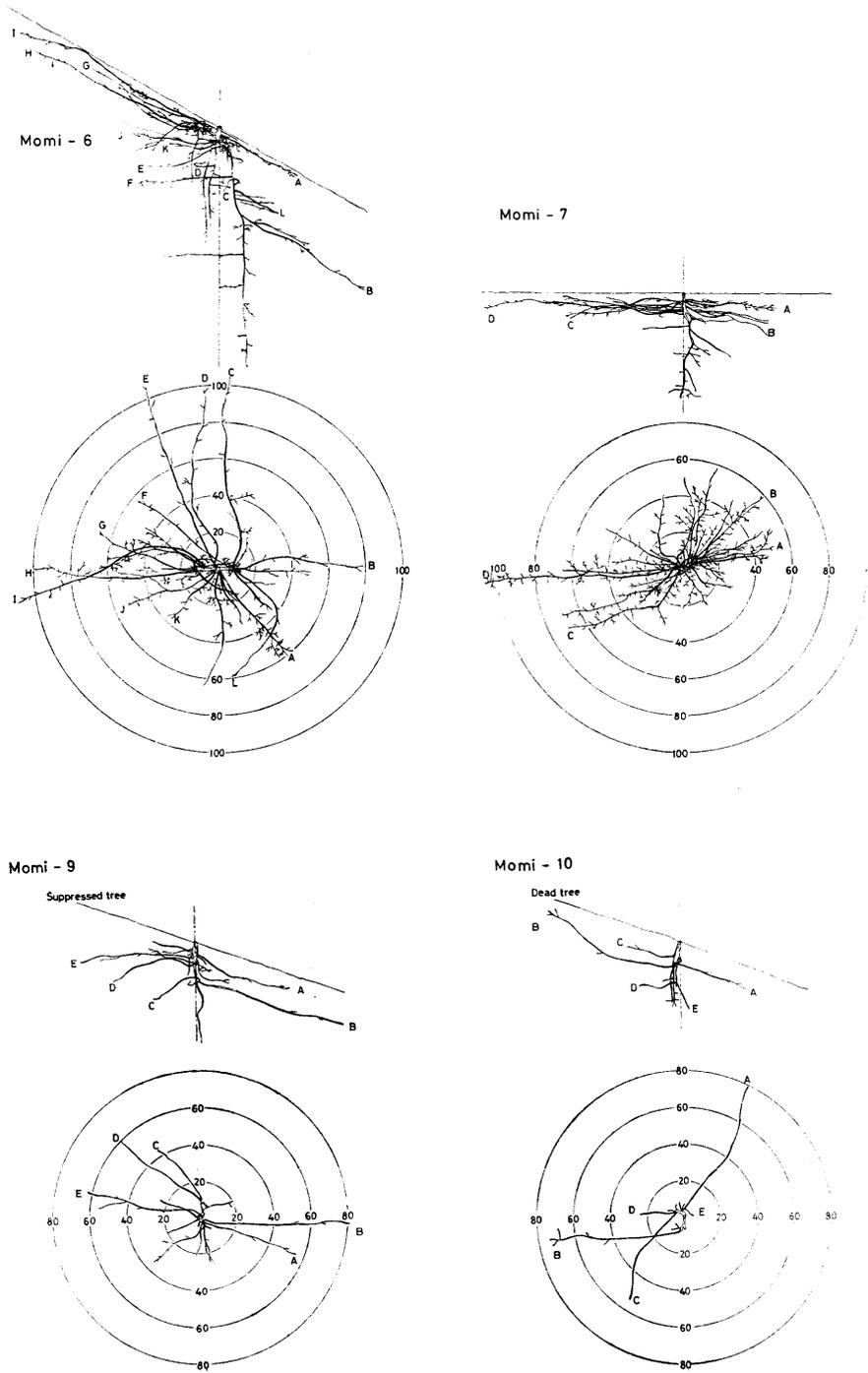
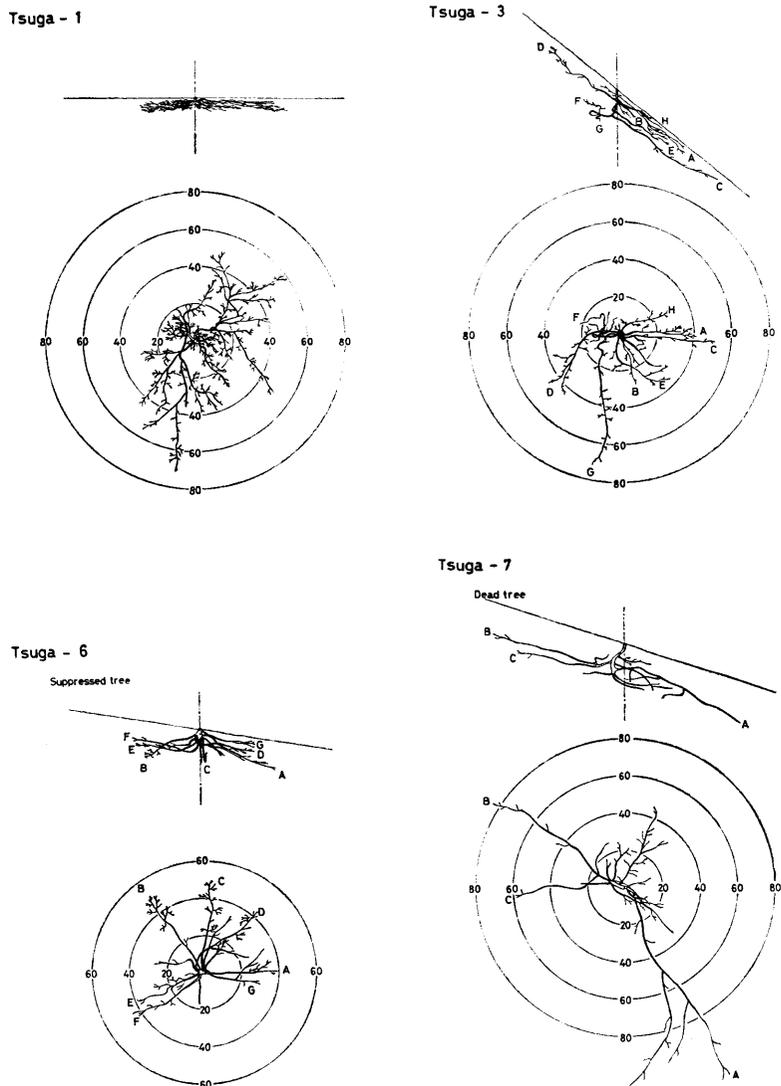


Fig. 13.



て、衰弱あるいは枯死しているモミ No. 8~10, ツガ No. 5~7 についてしらべてみると、ツガについてははっきりとしなかったがモミについてみると深い方への発達が悪く、また細根が少なく吸収根がほとんどみられなくなっている。細根、吸収根が少ないのはツガでも同様であった。

Fig. 15 は深さ別の根の重量分布を示したもので、これからみてもモミ、ツガそれぞれの特性が明らかで、モミはかなり深いところまで根が分布しているのに対し、ツガは表層部に集中しており、ツガの根は地表に平行に、モミは垂下根が発達して深部へ伸長するということがうかがわれる。

ところでこの程度の大きさの木の根系調査では根株と、いわゆる根との区別がむづかし

Fig. 14. Soil profiles

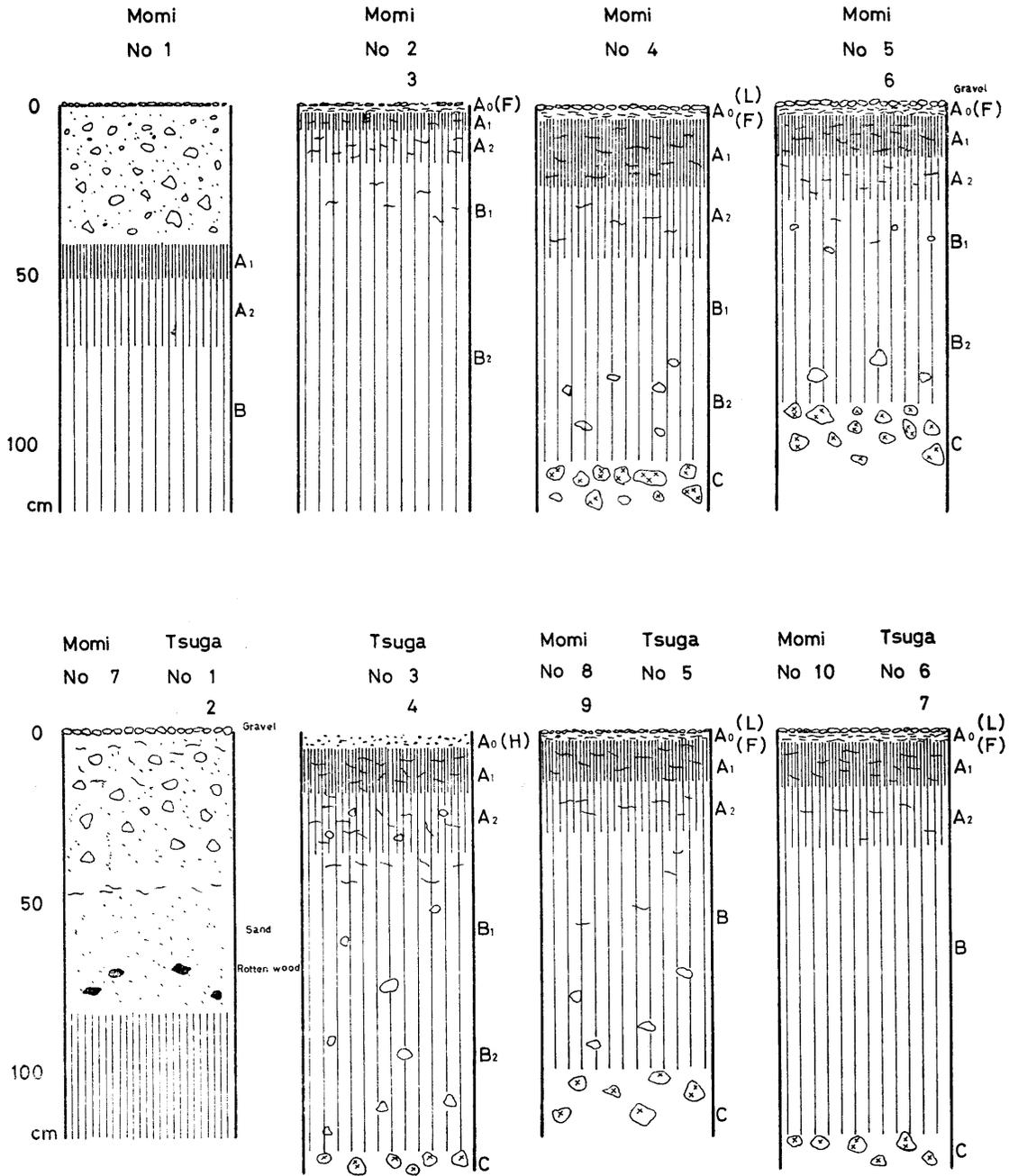
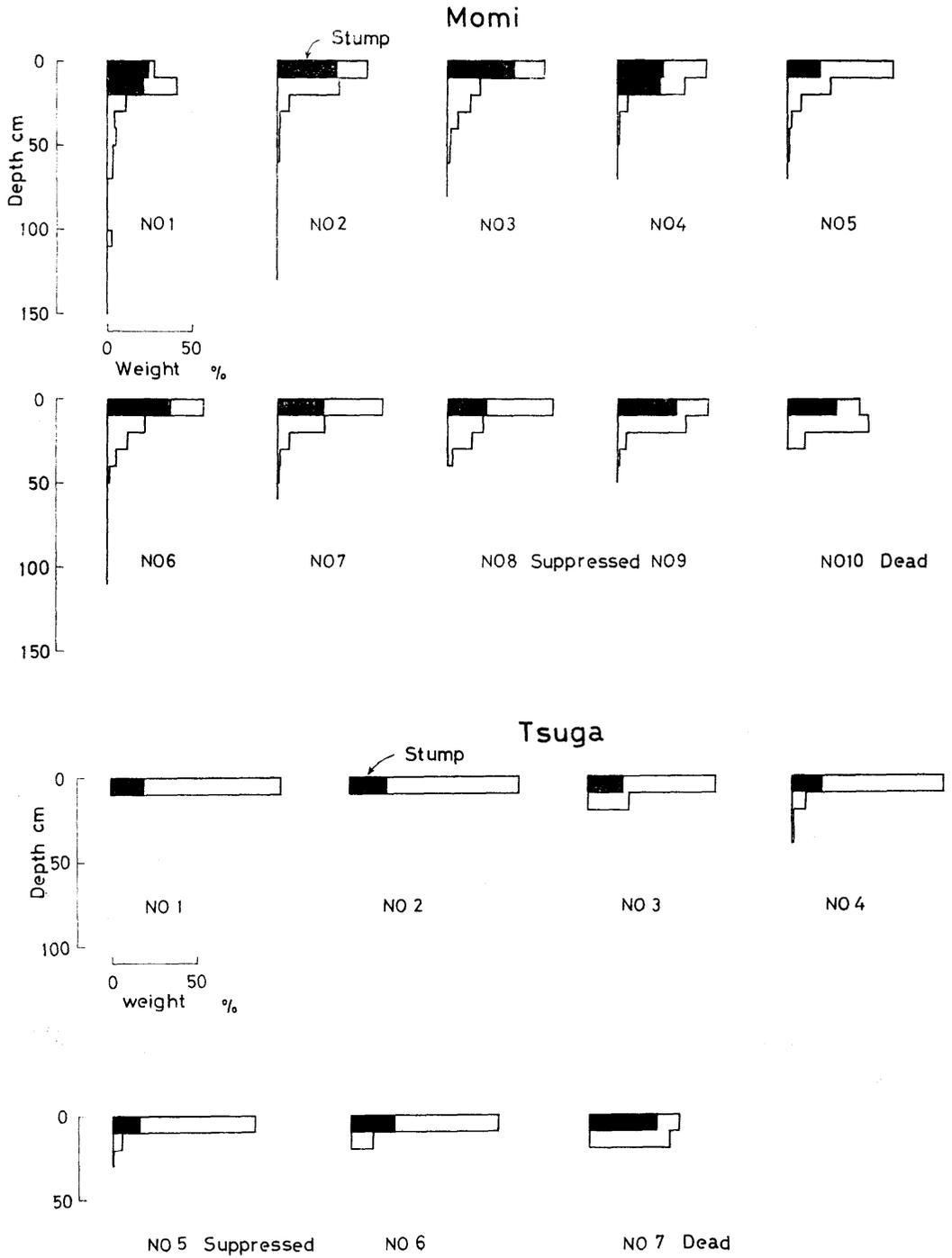


Fig. 15. Vertical distribution of root weights



く判断に困る場合が多いため、この調査では主根（地際より発達している最大根）の10～20 cm までの深さの部分の形状より判別して根株とした。したがって根株の量には、かなりの誤差が含まれていると考えられる。

以上根系調査の結果からみて、モミ、ツガ混交林においては両樹種の地下部はすみわけしていると云える。すなわちツガは地表の浅い部分に根系を発達させ、一方モミは垂下根を発達させて深部へと伸びているため、根系の生活圏の競争はかなり弱いものであろうと考えられる。

このように根系の発達形態からのみ云えばモミ、ツガはきわめて共存しやすい樹種であり、一般にモミ、ツガが天然に混生してあらわれているのには、この根系の形態の特性も大きく関与しているであろうと考えられる。

### 庇陰格子による試験

これまでに、落葉広葉樹林下、あるいはモミ、ツガ林下におけるモミ、ツガ稚樹の自然発生分布をしらべたが、その結果、かなりはっきりしたことは、数 cm 以下の発生後の年数があまりたっていないいわゆる稚苗に比較して、さらに生育の進んだ若い更新樹の数がきわめてすくないということであった。とくに、上層樹冠がモミ、ツガで占められている林分下でこの現象がいちぢるしいようであった。

このことは発生調査の結果からみて、林地に落下した種子は発芽しても、その後の生長が進まず、大部分は自然に消滅してしまうことを示している。この場合稚樹の生長をおさえている第一の要因は、上部樹冠層による庇陰がもたらす光不足であろうと考えられる。

そこで庇陰格子を用い、庇陰と発芽、生長との関係をしらべてみることにした。

ところで従来庇陰格子内の光因子以外の微気象因子については、あまりしらべられていないが、庇陰格子試験においては光因子以外の他の気象因子が植物の生長に影響を与える場合もあり得るので、本試験では、まず第1段階として播種植栽試験をおこなう前に、庇陰格子内の微気象をしらべ、次に播種試験をおこなった。

#### 用いた庇陰格子

各辺 1.0 m の木製の枠に巾に巾 2.0 cm、厚さ 0.75 cm、長さ 1.0 m の板を等間隔に釘でとめたもので、各面の空隙率が 80, 40, 20, 10 % になるように調整した。

実験結果との対比には、庇陰度を用うことにしたが、空隙率と庇陰度との関係は、空隙率 10, 20, 40, 80, 100 はそれぞれ庇陰度 9, 8, 6, 2, 0 に対応している。

#### A 庇陰格子の微気象測定について

##### 方 法

相対照度の測定 東芝 5 号型照度計を用い格子内中央の地表面における照度と裸地の照度を同時測定して相対照度を算出した。

温度の測定 地中 5 cm、地上 0.5, 10, 20 cm の温度をサーミスター温度計を用い自記計（横河製）によって測定した。

相対湿度の測定 温湿度計（横河製 HMT-IIA）を用いて地上 40 cm の相対湿度と温度を自記計によって測定した。

土壌面蒸発量の測定 土壌面からの蒸発量を測定するため、ステンレススチール製の直径 20 cm、深さ 10 cm の容器にはぼ一定量の土壌を入れ、容器の上縁が土壌表面と一致

するように土中に埋めた。なお容器の底には直径 8 mm の孔を 5 ケあけ、過剰水は下方へ流去するようにした。一定時間おきに容器重を測定し、差をもって蒸発量とした。

円筒濾紙蒸発計による蒸発量の測定 用いた円筒濾紙蒸発計は Fig. 21 に示すように枝付き三角フラスコ (200 cc) の上部に円筒濾紙をつけたもので濾紙表面からの水分蒸発量を重量によって測定した。なお水の補給は枝管部を通しておこなった。

植栽試験 直径 20 cm の素焼の植木鉢にモミ、ツガ稚苗を植栽したものと、アカマツ種子をまいたものをそれぞれ一応活着、生え揃った段階で格子内の土中に鉢の上縁まで埋めた。

#### 結果および考察

##### 相対照度について

相対照度は Fig. 16 に示すように測定範囲内においてはほぼ直線的な関係が見られる。空隙率と対比してみると 10% (空隙率) → 7.9% 20 → 17, 40 → 34.2, 80 → 72.1 となり空

Fig. 16. Relative light intensity in lattice shelter

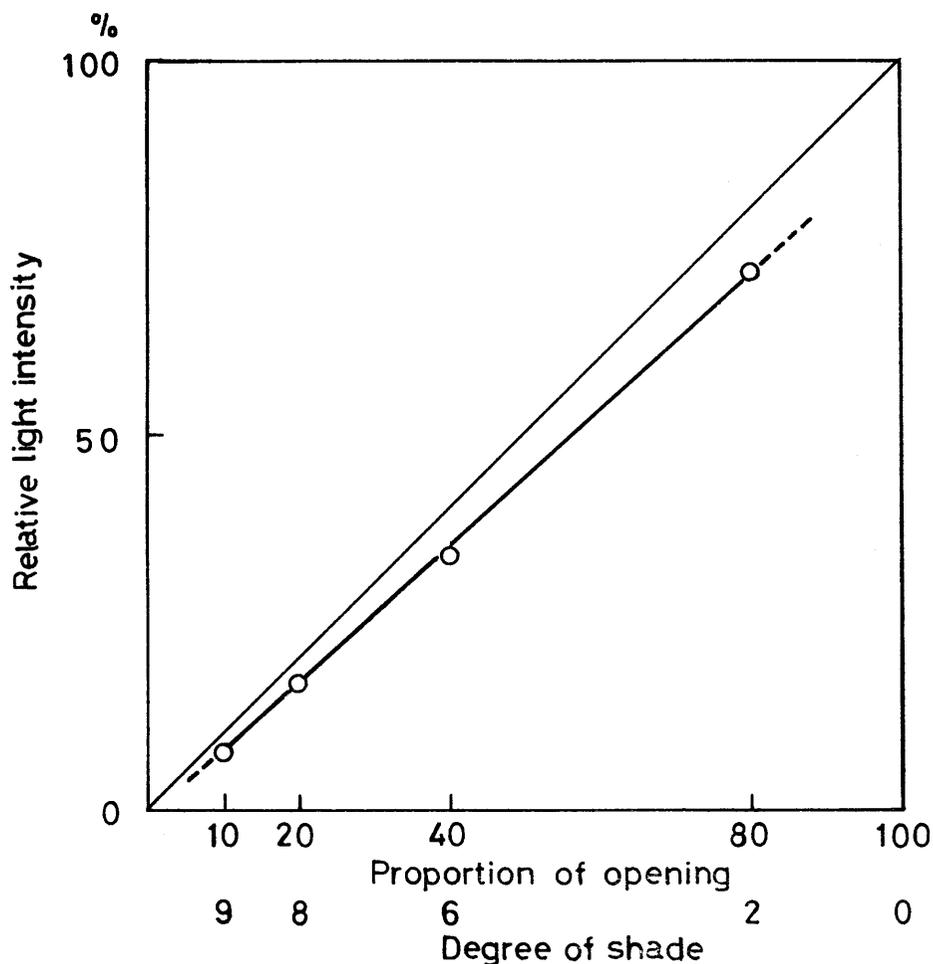
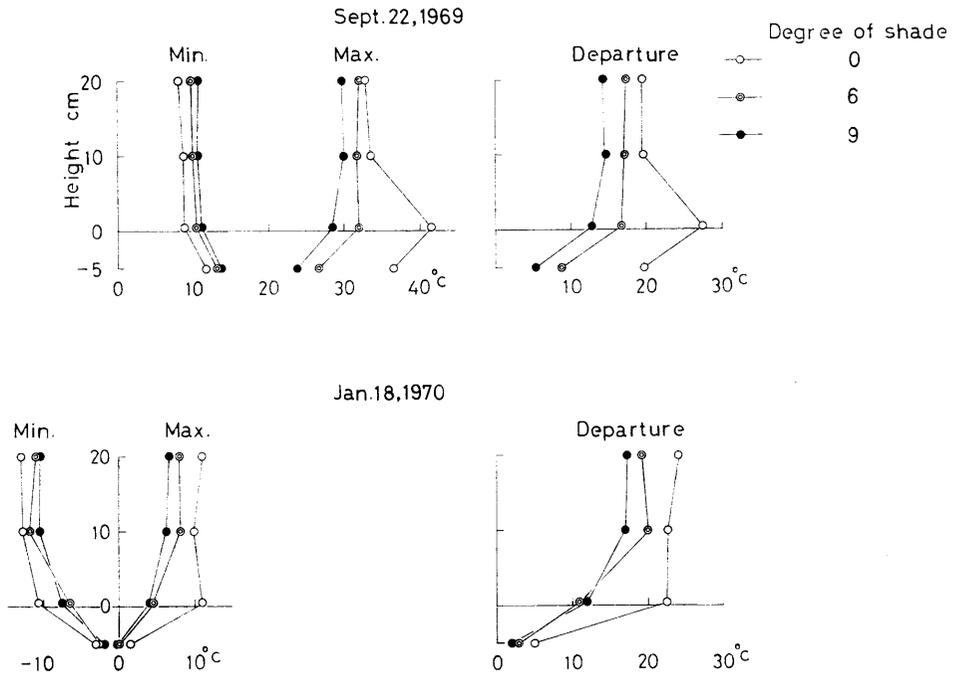


Fig. 17. Vertical gradient of temperature



隙率より低い値を示した。

温度について

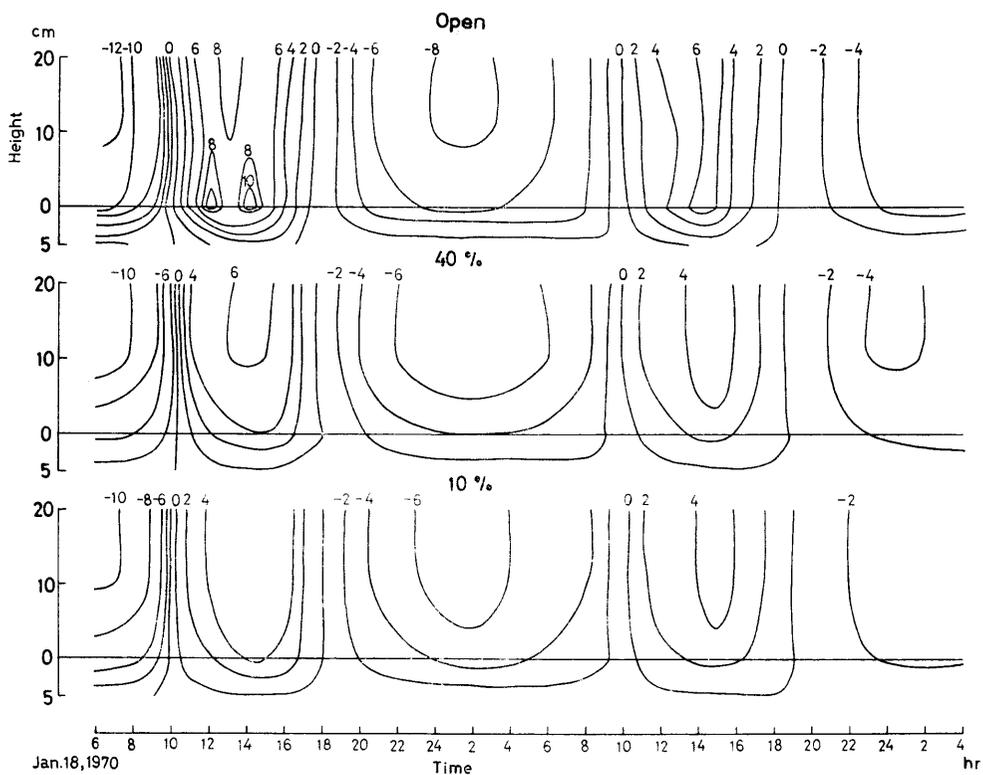
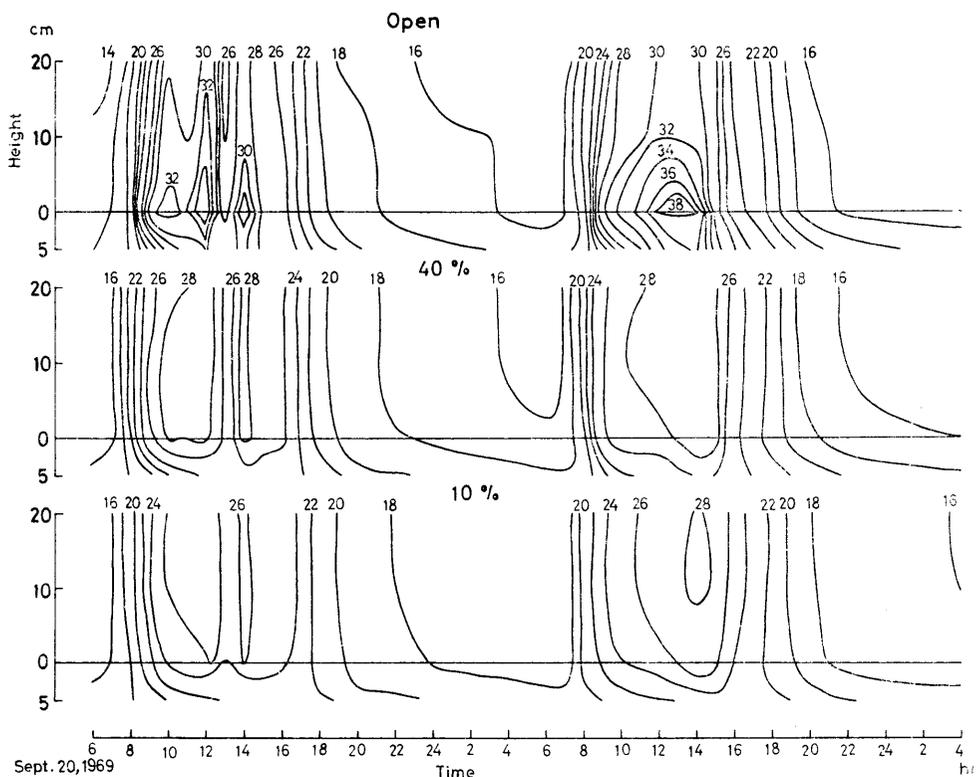
最高、最低温度（平均値）の垂直分布を示したのが Fig. 17 である。

庇陰度が増すにしたがい最高温度は低下し逆に最低温度は上昇している。この現象は季節に関係なく現われている。とくに日射量の多い9月の測定では裸地の地表面はきわめて高い温度を示し、高さ 10 cm の温度と比較して最高温度で 8°C 前後も高くなっているが、庇陰格子内ではその違いがほとんどなくなっている。冬季においては地表面温度がとくに高くなるという現象は裸地でも見られず、庇陰格子内ではやや低い温度を示している。地中 5 cm の温度は常に地上の温度よりも最高では低く最低では高くなっている。

最高と最低の差を示す較差をみると、9月測定の場合では裸地の地表面の較差がもっとも大きくこの附近が最も温度変動の激しいことを示している。冬季においてはこのような現象は見られない。地温の較差は何れの場合においてもいちばん小さかった。

さらに温度変化を詳しく見るために等温線で示したのが Fig. 18 である。高温部が裸地では地表面附近にあり、庇陰格子ではその位置が上方に移行するという現象がはっきりと現われている。これに似た現象はスギ模型林分<sup>18)</sup>で見られその場合は密度が増すにしたがい、又成育が進むに従い地表近くにある能動面 (Active Surface) は次第にその高さを増している。地上における最低温度は最高温度とは異なり地表面附近にはあらわれず上方に現われるが、この観測点からははっきりした位置はつかめなかった。地上 40 cm で温湿度計で測定した温度の記録では裸地、庇陰格子間にほとんど差は認められなかったことからすると最低気温は 40 cm 以下に現われるものと推定される。このような土壌表面に近

Fig. 18. Isothermal line



い位置の温度特性はとくに高さの低い植物の生理とくに蒸散にかなりの影響を与えることは充分に予想されるところである。

相対湿度について

Table 14. Relative humidity (%)

Degree of shade	0	6	9
Max.	96.5	97.2	96.1
Min.	60.3	59.7	60.3

\* Mean value of 29 days in the Summer 1969

地上 40 cm の相対湿度の測定結果は Table 14 の通りで処理間に差はなく、また自記計にあらわれた動きにもほとんど差は見られなかった。

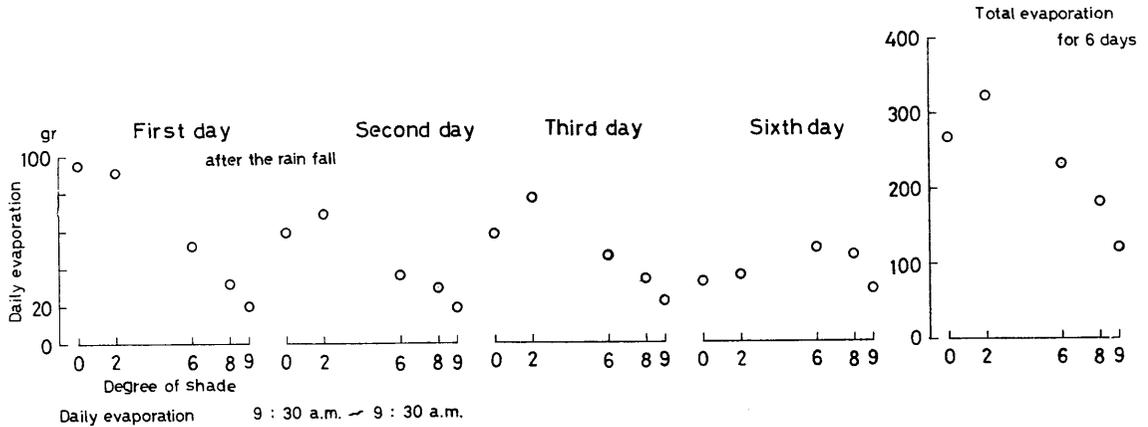
このことは庇陰格子内では地表面から上に行くほど外部空気との交換が盛んになり差がなくなっているとも考えられるが、さ

らに 40 cm より低い地表附近の湿度の状態を調べる必要がある。

土壌面蒸発量について

Fig. 19 に見られるように降雨直後の土壌水分の多い場合には、庇陰度の低いほど蒸発量が多いが、時間の経過と共に日最大蒸発量は庇陰度の高い方へ移行する傾向がみられる。

Fig. 19. Relation between evaporation of soil water and shading



そうして全蒸発量の最大も庇陰区の方へ移行している。さらに長期間無降雨日が続いたときの全蒸発量を比較すると庇陰度 2 区が最大でつぎが 6 区、裸地の順となり、9 区が最小

Table 15. Amount of evaporation

Degree of shade	0	2	6	8	9
Amount* (gr)	445.5	521.5	460.5	375.5	276.5

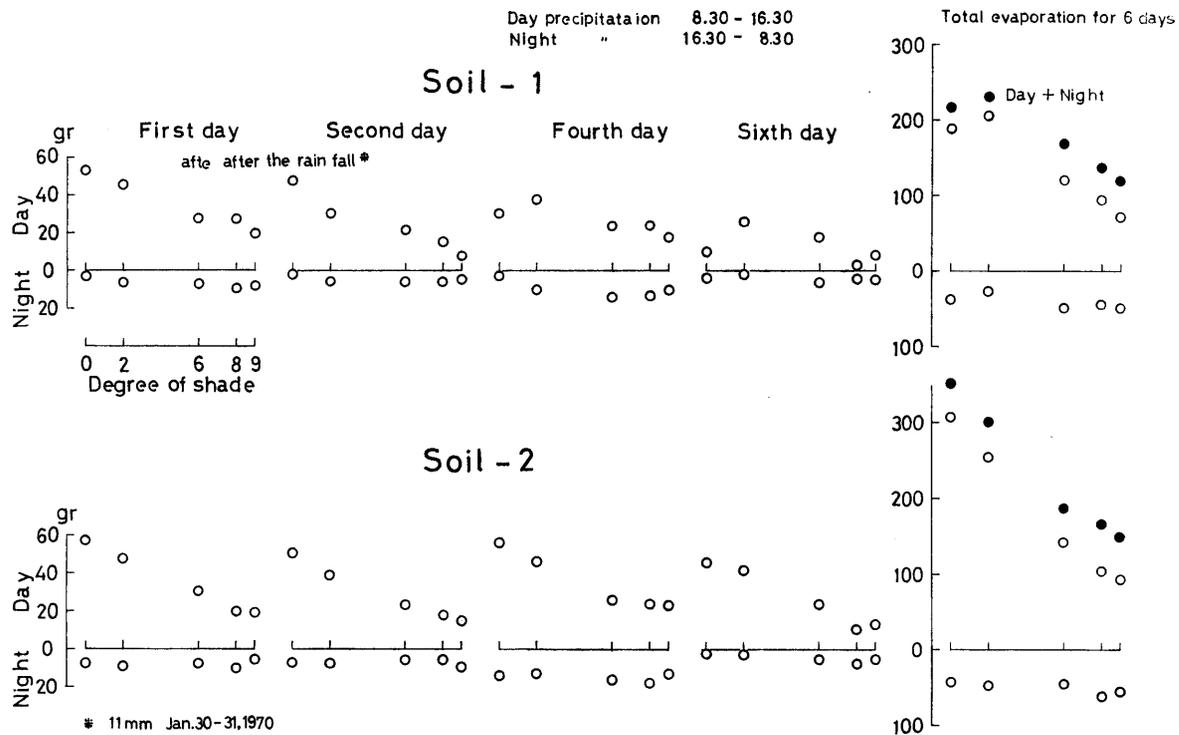
\* Mean value of 10 days after the rain

で裸地よりも、むしろ少し庇陰のある方が、全蒸発量が多いという結果が得られた。Table 15 参照 このような土壌面蒸発の特性には土壌のちがいが影響していることも考えられるので、礫質砂壤土のほかには花崗岩系の砂壤土について蒸発量の測定を

おこなった。

Fig. 20 からみて土壌のちがいとして認められるのは礫質砂壤土にくらべ、花崗岩系の砂壤土はかなり長い期間にわたって裸地の蒸発量が最大で、庇陰度がますます少なくなるとい傾向を示すということである。しかしこの花崗岩系の砂壤土も無降雨期間が長くなると最大の量は次第に庇陰のある方へ移行している。

Fig. 20. Relation between evaporation of soil water and shading



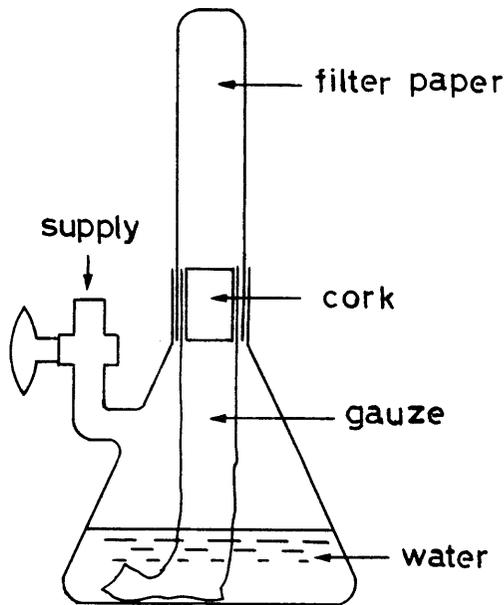
土壌水分量が多い場合には水の移動が容易なため、土壌面蒸発は主として外的条件に支配され地表面温度が上昇しやすく通風の良い裸地が当然最大の蒸発を示すと考えられる。したがって裸地の蒸発が庇陰区よりも多い状態にある場合には土壌の保持している水分も多く、逆に庇陰区よりも少なくなった場合にはかなり乾燥した状態にあると云える。また Fig. 20 は蒸発量を昼・夜に分けて示したが、ここで明らかなことは、夜間の蒸発量は裸地よりも庇陰区の方が多いということであった。とくに降雨後の裸地の蒸発量が多い場合でもその傾向に変わりがなかったが、夜間裸地の地表面付近は空中湿度の高まりによって蒸散がおさえられ、ときには濾紙蒸発計の観測結果に見られるような結露現象による水分増加もあり得ることが想定された。

以上土壌面蒸発と庇陰との関係についてしらべてみたが、無降雨期間の全土壌面蒸発量と庇陰度との間には、裸地が最大で、最大庇陰区が最小という関係ではなくして中間の庇陰区に最大値がある場合もあることから、庇陰格子試験では使用する土壌のとくに水分の動きに注意を払う必要が認められた。

#### 円筒濾紙蒸発計による蒸発量について

蒸発量を観測する蒸発計 (Evaporimeter) としては一般気象観測では直径 20 cm あるいは 120 cm の円筒器があり、これはこの器に一定量の水を入れその減量を蒸発量とするものであるが、植物の葉の蒸散と対比するには水面よりも生物体表面に似た面からの蒸発

Fig. 21. Filter paper evaporimeter



を用いた方が良いと考えられ、素焼円筒あるいは球を用いたリビングストンの蒸発計、濾紙を用いた平田式、大後式蒸発計が考案されている。平田式は円形平面濾紙を用い濾紙面からの蒸発量を重量で測るものである。大後式は円筒濾紙を水の入ったシャーレに立てたもので、平田式が平面であるのに対し蒸発面が立体的であり蒸発面積が広いので短時間の蒸発量を観測することができるの特長を持っている。それでこの実験では円筒式蒸発計を用いて蒸発量を測定することにした。そのさい Fig. 21 のように一部改良し円筒濾紙を立てる容器をシャーレから括栓枝付き三角フラスコにかえ水の供給も直接でなくガーゼでおこなうように

した。また水の補給は枝管の部分よりおこなった。この結果、持ち運びがきわめて簡単になり重量測定も容易になった。

この蒸発計を各処理区に 2 ケずつおき、その平均値を求めた。

円筒濾紙面からの蒸発量と庇陰度との間には Fig. 22 に示すように庇陰度がまずにした

Fig. 22. Relation between relative evaporation and shading

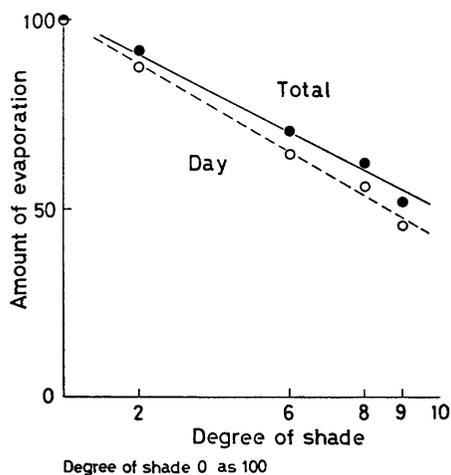
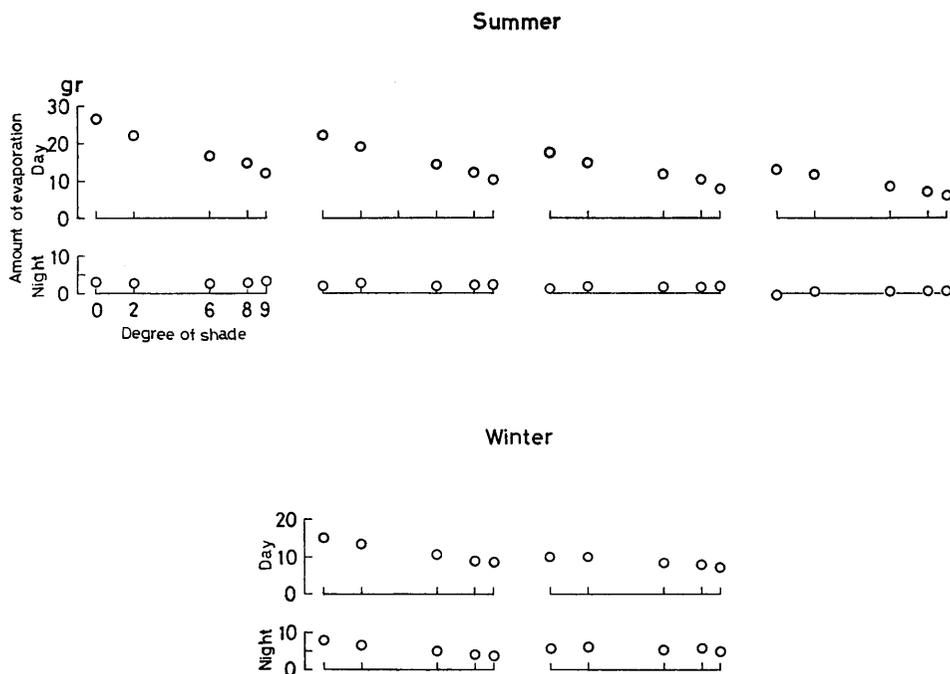


Fig. 23. Relation between evaporation and shading



がい、蒸発量はほぼ直線的に減少するという関係が見られた。ただし庇陰度9前後以上になると直線関係からはずれるようである。

蒸発量を昼間と夜間に分けて表わしたのが Fig. 23, である。昼間の蒸発量は測定範囲内で、庇陰度と蒸発量との間に直線関係が認められ、裸地の蒸発量の大きさの順にならべてみると (Table 16) その直線の勾配  $a$  は裸地の蒸発量が大きくなれば大きくなる傾向

Table 16. Relation between amount of evaporation at opening and a in the formula\*  $Y = aX + b$

Amount of evaporation** (gr)	a
30.40	-1.6591
26.30	-1.4733
25.60	-1.3958
22.25	-1.2666
20.35	-0.8983
18.45	-1.0591
17.95	-0.9775
17.55	-0.8008
17.05	-0.9916
16.85	-0.9350
13.30	-0.8458
13.25	-0.7758
12.50	-0.8125

\* Y; Amount of evaporation  
X; Degree of shade

\*\* Day evaporation

あるものと推定され2区において見かけの蒸発量が0になる場合も降露によるものと考えられる。

さきに述べたように夜間は裸地に近いほど地面近くの空気は冷却しやすく、従って空中湿度も高まるため蒸発は抑えられ、降露の現象がなくても結果として蒸発量は少なくなる。

夜間の蒸発現象が昼間のそれとことなるのは、このような夜間の空気の冷却にもなる空中湿度の高まりや、そのもたらす降露現象が大きな要因になっていると考えられる。

Fig. 23 の下図は冬季の蒸発である。凍結による測定不能のため、わずか2例しかなくはっきりしたことは云えないが、この場合でも昼間の蒸発には夏季の場合と同じく直線関係がみとめられる。裸地の夜間蒸発は2区の同じかそれ以下であった。

円筒濾紙蒸発計による蒸発の結果は日射の強さ、気温、湿度と密接な関係があり、裸地に近いほどとくに昼間においては蒸発量が多くなることを明らかにしたが、これを土壌面蒸発と比較すれば気象現象の面からは土壌面蒸発と円筒濾紙面蒸発とは同じであり、水が下部から十分に供給される状態にあれば降雨直後の場合のように裸地が多く庇陰度が高いほど少なくなるという濾紙面蒸発と同じ現象が見られるが、一般には気象条件のほか土壌の水分供給状態、土質、土壌の色等により蒸発はことなるため庇陰との関係において濾紙面蒸発とはことなつた動きをするものといえる。

#### 植栽試験について

アカマツは代表的な陽性樹種で耐乾性は強いが耐陰性は弱く、稚苗時代は陽光の多少に極めて敏感に反応すると云われている。一方モミは耐陰性の強い樹種とされている。

が見られた。このことは蒸発の盛んなときは各処理間の差は大きくなり、少ないときには小さくなることを示している。

夜間の蒸発量と庇陰度との関係をさきの Fig. 23 でみると、昼間の蒸発とはことなり、裸地の蒸発が最も多いということではなく庇陰度 6~2 のところが最も蒸発の多い場合や庇陰度 1 が最大で次第に減少し裸地がもっとも少なくなる場合があった。裸地では逆に水分の増加が認められることもあった。このように夜間の蒸発には昼間の蒸発にみられるような直線関係は一般的に認められなかった。裸地でみられた夜間の水分増加は露によるものと考えられる。裸地は庇陰区にくらべ、夜間放射による地面からの放熱のため、地面近くの空気が冷却され易く、露や霜もできやすいと考えられる。水分増加は蒸発による減少量と露による増加量との差引きとして表わされているため、実際には露による水分の供給はかなり

Table 17 は庇陰と生存率との関係のみたものであるが庇陰度 8 区が最大で両側へ低くなり明るいほど枯損が激しかった。

モミの場合は裸地で生存したものは一個体もなく全個体が枯死したが、庇陰区では生存個体が見られ、庇陰度の強い 9, 8 区では全個体が生存した。このように生存率と庇陰との関係についてみると耐陰性からも予想されるように、モミについては 6 以上

上の庇陰では 80% 以上の生存率を示したのに対して当初耐乾性の強いと考えられたアカマツも庇陰度の高い 8 で最高の活着を示し、庇陰の度合の低い区の生存率が低かったのが特徴的であった。この理由としてはアカマツ種子のマキツケが普通のマキツケ時期よりおそかったため、苗高の低い芽生えの状態の稚苗は地表面の高温、乾燥の影響を直接うけたためであろうと考えられる。

モミの生存についても、強い日射の直接の害よりはむしろそれに附随して生ずる土壤乾燥、高温等が大きく影響しているのであろうと考えられる。

井上<sup>19)</sup>はアカマツ稚樹について発生後 1 年位は無庇陰よりやや庇陰のある庇陰度 0.1~0.2~0.3 附近に生存の山があることを認めているが、若い稚樹であることを考慮に入れると陽性で耐陰性の弱い樹種の特徴があらわれていると云えそうである。しかしこの実験では相対照度のかかなり低い庇陰度 8 に最大の生存率が見られた。このことは陽性で耐乾性が強くきわめて耐陰性の弱いと考えられるアカマツでも環境条件によっては光条件以外の他の因子の影響を受ける度合の高いことを示している。

このように庇陰格子による試験では明るさのみならず明るさの変化に附随して変化する温度、湿度、土壤水分等の諸条件に注意する必要がある。

## B 播種試験について

### 方法

庇陰格子内に 1970 年 3 月 7 日に 20×20×10 cm の木製の植木鉢をそれぞれ 2 ケづつ配置し、それぞれの鉢にモミ種子 100 粒をまいた。なお、鉢はその上縁まで土中に埋めた。また雨滴によって種子が露出することを防ぐため播種時に敷ワラをおこなった以外は灌水等の管理は特別におこなわなかった。

掘り取り調査は播種当年の 1970 年 10 月 8 日に各処理区 1 鉢について、残りは 1972 年 3 月 23 日におこなった。

### 結果および考察

#### (発芽, 消失)

庇陰格子内にまきつけられたモミ種子の発芽とその後の経過を示したのが Fig. 24 である。発芽後ほぼ 50 日前後で発芽が終っている。消失する個体も発芽が始まると間もなく発生しているが、庇陰度 9 の庇陰のもっとも強い区の消失はかなりおそく発生している。

もっとも暑い 8 月以降になると、消失個体は庇陰度 2 区を除いてはほとんど発生せず、夏季前半に大半の消失個体が発生している。

消失の原因としては、発芽直後は菌害による腐敗、虫害等によるものが多く、高温期に

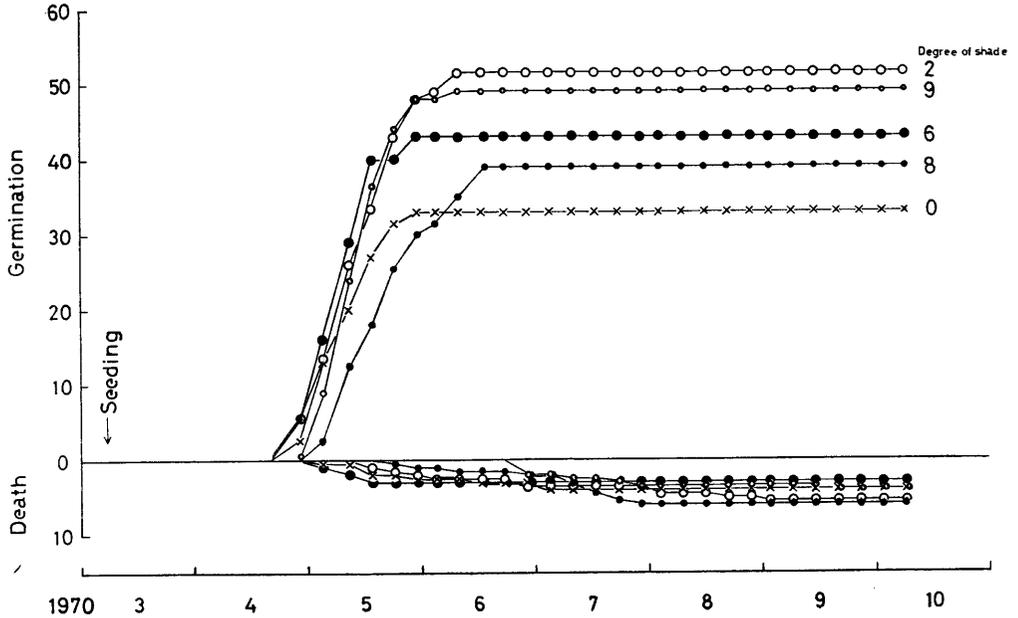
Table 17. Viability (%)

Degree of shade	0	2	6	8	9
Pinus densiflora	0.8	3.3	11.4	30.0	3.8
Abies firma 1 year old	0	13.3	86.7	100.0	100.0
Abies firma 3~5 years old					
	0	20.0	80.0	100.0	100.0

Pinus; Current year seedling

Abies; Wild seedling

Fig. 24. Germination and Death



入るにしたがい土壌乾燥によるものとみられる枯死が大部分を占めた。

また 72 年 3 月掘り取り時で本数変化をしらべてみると、70 年 10 月現在の生存本数に対して、100%区 39.29, 80%区 98.08, 40%区 97.50, 20%区 90.91, 10%区 93.02%となり、各区とも 1~3 本の消失であったが、無庇陰区だけは 28 本中 11 本消失していた。これは 71 年の夏季の高温乾燥によるものと考えられた。

Table 18. Germination rate

Degree of shade	0	2	6	8	9
%	33	52	43	39	49

Table 19. Viability (%)

Degree of shade	0	2	6	8	9
10. 8. 1970	87.5	92.8	93.1	94.3	97.7
3. 23. 1972	34.4	90.9	90.7	85.7	91.0

まず発芽率についてみると Table 18 のようであった。

無庇陰区が庇陰区に比較して、低い発芽率を示したが、庇陰区間にはっきりした傾向はみられなかった。

この結果からみると、庇陰は発芽に対してプラスの効果があったと云える。

Table 19 は生存率を示したものであるが、1 生育期を経過した発芽後約 160 日の時点では無庇陰区がもっとも低く、庇陰度がますますにしたがい高くなる傾向を示している。

2 生育期を経た 1972 年 3 月 23 日の段階では無庇陰と庇陰の差はきわめて明瞭となり、第 1 回の調査時点に比較して、無庇陰の個体の消失はきわめて多く、34.4%の生存率であるのに対して庇陰区は各区とも 1~3 本の減少を示したにとどまり 90%前後の生存率を示した。しかしこの時点でも庇陰区間の差はみられなかった。

この結果からみると 2 生育期を経過した段階では、庇陰が原因で個体の生存が左右され

Fig. 25-1. Length

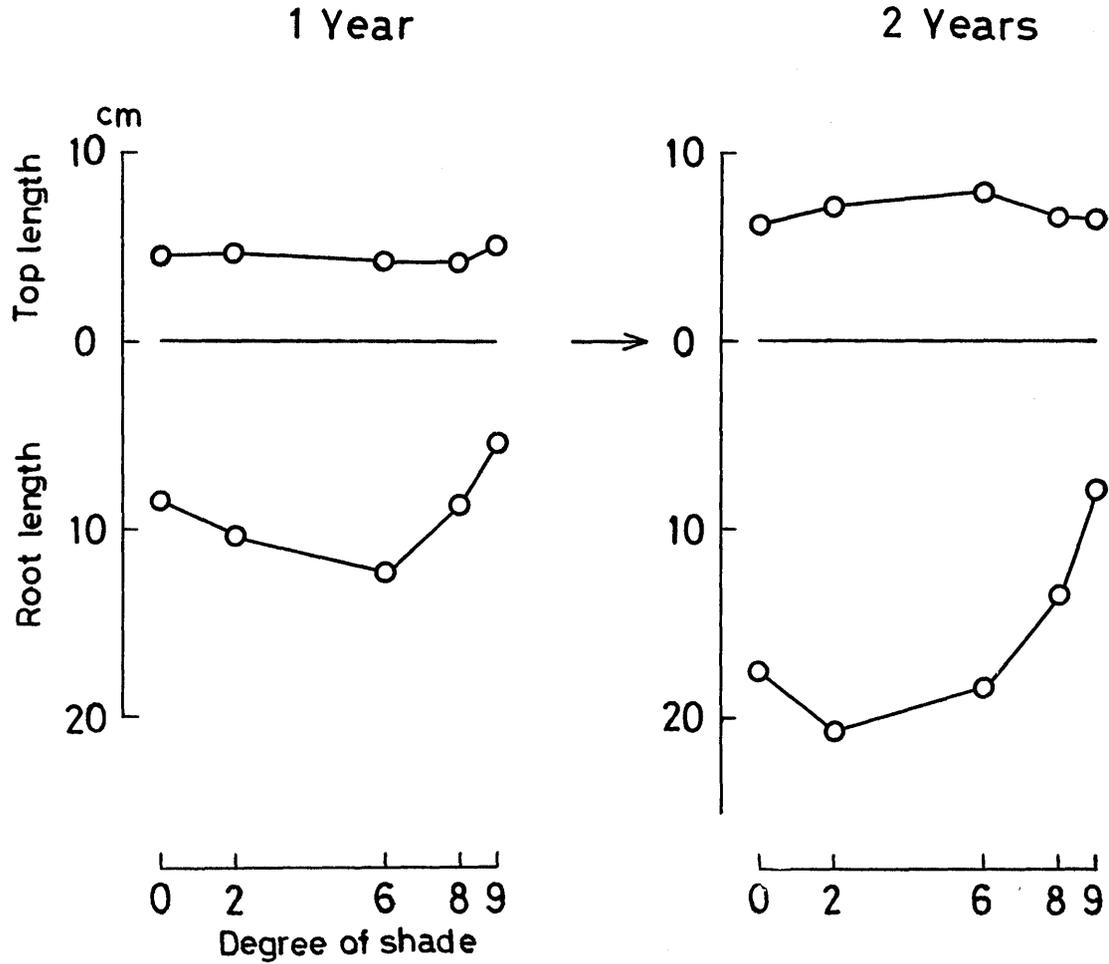
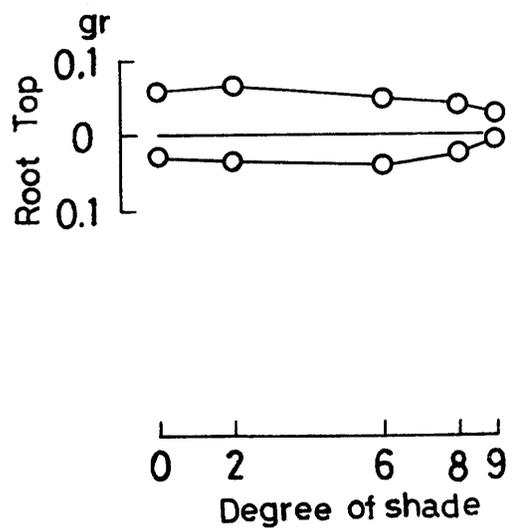
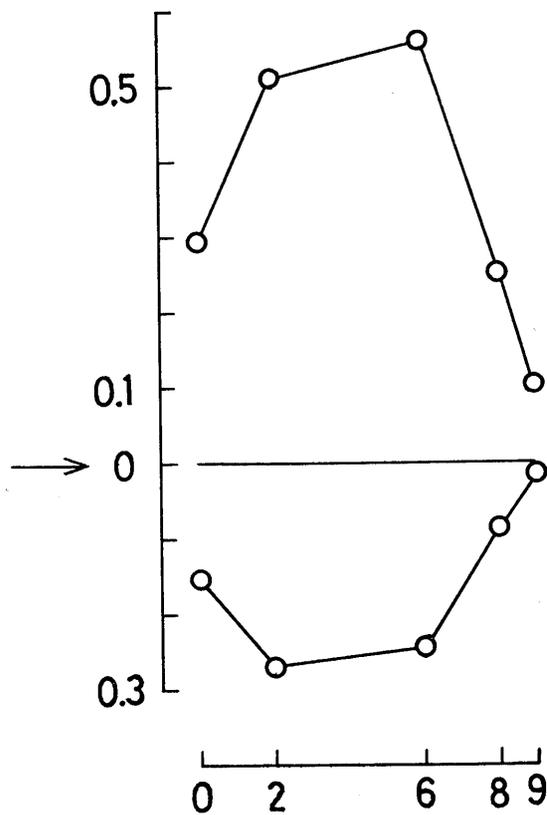


Fig. 25-2. Individual weight

1 Year



2 Years



るような現象は生じていないと云える。

無庇陰区の消失がきわめて多いのは 1971 年 夏季の高温乾燥の害によるものと考えられた。

#### (稚苗の生長)

発芽開始 (1970 年 4 月 25 日) 後約 160 日経過した 10 月 8 日とおよそ 2 年近く経過した 1972 年 3 月 23 日の 2 回の掘り取り調査の結果をまとめてみた。

Fig. 25 で伸びについてみると、第 1 回調査の場合は庇陰度 9 が苗高では最大で、逆に根長では最小であった。他の庇陰区は苗高では差はなかったが、根長で庇陰間に差があり、6 区が最大であった。

第 2 回の調査になると苗高では無庇陰区と最大庇陰区が低く中間が高いという山高の傾向がみられた。根長は庇陰 2 が最大となっているが、9 が最小なことは第 1 回と変りがなかった。根長には各処理間にかんがいのちがいがみられたが、これに比較すると苗高にはそれほど差は現われていなかった。

重量生長を比較すると、地上重、地下重とも最大庇陰区がもっとも小さく、生長がすすむほどその傾向が強まっている。

第 1 回の調査では地上重、地下重とも庇陰度の高い 8, 9 区で重量生長が小さいほかは、0, 2, 6 区には明確な差はみられなかったが、生長の進んだ第 2 回調査では地上重では 2, 6 (最大)、地下重でも 2 (最大)、6 が大きくなっていた。無庇陰区は地上、地下重とも 3 番目の生長を示した。

この重量生長と、伸びの生長の結果から云えることは庇陰度の高い 8, 9 区とくに 9 区の生長は、伸びではある程度の生長を示してはいるが重量生長が極端に低いことから組織的にみてきわめて貧弱であることを示している。Fig. 26 の T-R 比でわかることは庇陰 8 までではそれほど庇陰のちがいによって差は現われていないが、9 になるとかなり高くなっており、1 回目の調査よりも 2 回目にその差が一層大きくなっている。これからみても庇陰 9 においては地上部の生長に比較して地下部の生長が極端に悪いことがはっきりと云える。

以上の結果からみると庇陰度 9 (相対照度 7.9%) では、生長が極端に悪くなっており、相対照度が大体 10% 以下になると光量の不足が生長に制限因子的に働いていることがはっきりする。Fig. 27 で地上部の幹枝、葉の配分についてみると、初年度の場合は幹枝はほとんど幹軸だけで枝の分岐はほとんどなかったが第 1 回の測定では庇陰の高い方が葉の割合が少なく、幹枝 (この場合は幹軸のみ) の割合が多く、2 回目の測定ではこれが逆になり、庇陰度の高い 8 とくに 9 区の幹枝の占める割合が小さくなっている。ところで第 1 回の測定の時点で本葉の出ている割合を示したのが Table 20 である。

この表の結果からみて、発芽後 160 日ほぼ最初の生育期を経過した時点で庇陰度 8, 9 (実際の相対照度 17.0, 7.9%) 区では全ての個体が発芽直後の初生葉の出たままの状態であるのに対して、庇陰 0 および 2 区ではほとんどの個体が本葉を出しており、葉の形成に光量の多少が大きく関与することを示している。この結果より幹枝、葉の配分を見た場合、第 1 生育期においては庇陰の

Table 20. Formation of leaves

Degree of shade	0	2	6	8	9
Percentage of individuals formed leaves to all seedlings	100	98	5	0	0

Fig. 26  $\Gamma$ -R ratio

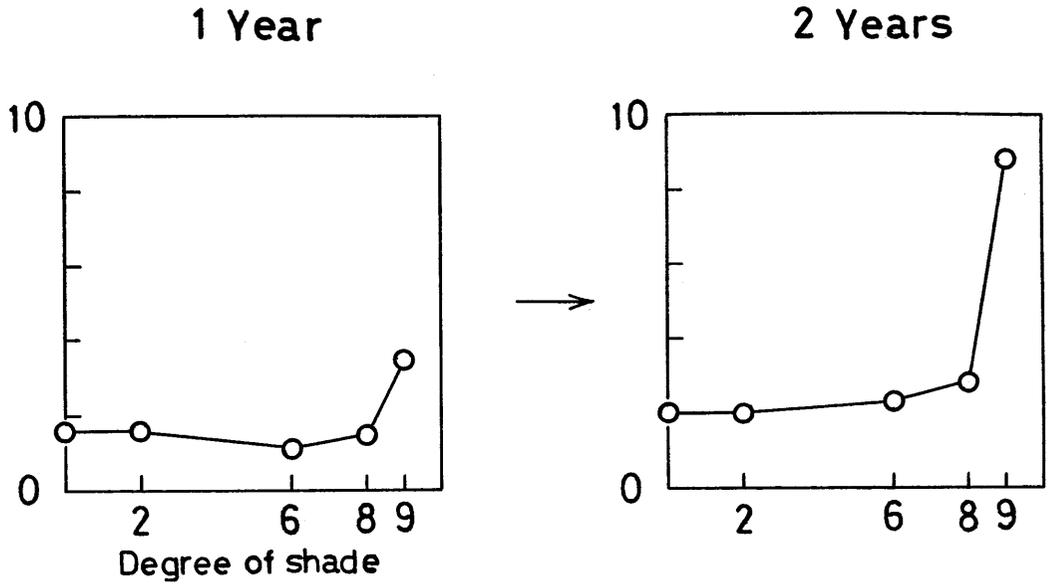
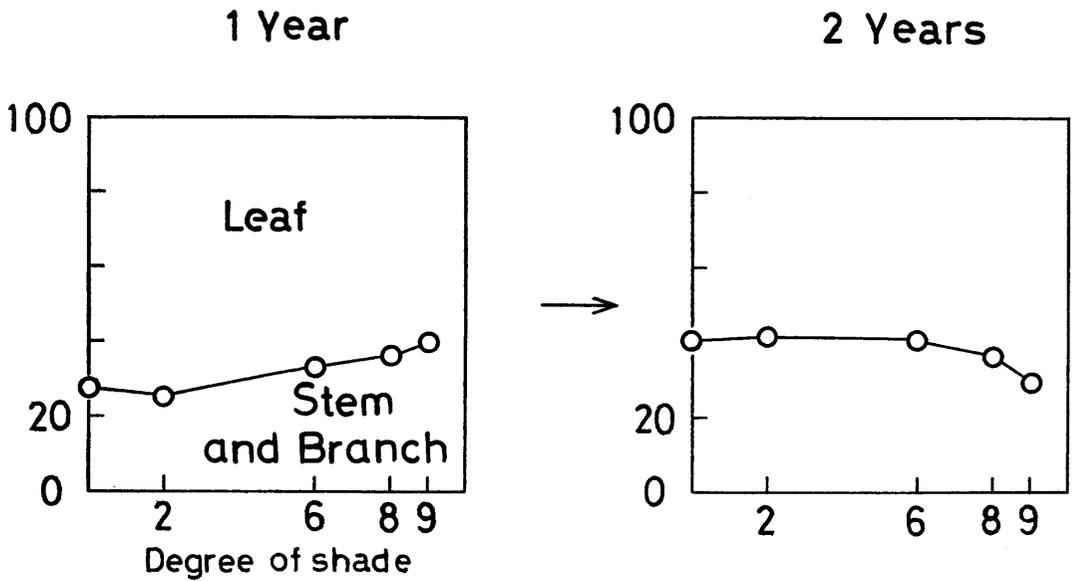


Fig. 27 Share of dry matter



少ないほど葉の発達充実が促進され、従って葉の占める割合も大きくなっているが、その後は幹軸の肥大、枝の分岐等が盛んとなり、相対的に葉の占める割合が小さくなるのに対して庇陰度の高い9区においては、ある程度の葉の形成はおこなわれてもそこで生成される同化物質の量は少なく従って幹枝の生長充実へまわされる割合も少なく、結果として第2回目の測定で幹枝の占める割合が第1回の場合より小さくなったものと考えられる。

以上モミの発芽生長の過程を見ると、庇陰はモミ種子の発芽に関しては相対照度 10% 程度までは阻害要因とならず、むしろ裸地に比較して良好な環境をつくるのではないかと考えられる。地表面附近の微気象測定の結果からみて庇陰 0 の裸地の土壌表層は庇陰区にくらべ乾燥しやすく、表層近くにおかれた種子は水分環境的には他区に比し不利な状態におかれていると云える。

しかし、発芽後は時間の経過にしたがい、庇陰の影響は上長伸長に、また根系の発達にあらわれ、とくに葉の形成に大きく現われてくると考えられる。また無庇陰区の枯死率が庇陰区に比し極端に高いのは夏の高温時に地表面附近がきわめて高温となり高さの低い稚苗は全体が高温下にさらされ蒸発も盛んとなり、また土壌表層からの盛んな蒸発によって土壌は乾燥状態におかれ根系も十分に発達しておらず稚苗の生存には極めて不利な環境におかれるためと考えられる。

ところで実際の森林で林床の相対照度が 10% 以下ということは普通であり、とくにモミ、ツガ林の場合には 2~3% 以下になることも珍しくない。このような林地にもモミの稚苗は生えているが、上述の結果よりみてこのような相対照度の低い林地に生えたのは極めて微々たる生長しか出来ず、多くの場合発芽直後の状態で数年を経過し、結局は衰滅していくのであろうと考えられる。

## 総 括

この研究はモミ、ツガ天然林を生態学的にしらべ、今後これらモミ、ツガ林の天然更新を行うさいの基礎資料を得ようとしたものである。

本研究は九州大学農学部附属宮崎地方演習林 34~37 林班に分布するモミ、ツガおよび落葉広葉樹よりなる天然林でおこなった。

ここでは主に稚樹の生態について報告した。

1) 地形的に見るとモミ、ツガの天然林は斜面の中腹から尾根筋に多く分布し、またモミとツガは通常混生して出現している。

2) モミ、ツガの結実の豊作は 2~3 年おきにあらわれているようである。

3) 稚樹の発生は 5~7 月に集中している。また稚樹の枯損原因は、夏の高温と冬季の土壌凍結が主因と考えられた。

4) 稚樹は母樹の少ない落葉広葉林には極めてわずかしか見られず、また母樹が多くても下層植生とくにスズタケが密生している場合には稚樹の成立が少なかった。

スズタケ群落の地床の明るさはスズタケの上の 1/5 から 1/10 の明るさで、スズタケ内に生えているモミ、ツガがスズタケの高さとほぼ等しい 2.0 m 附近から急速な樹高生長を示していることからみて、この光不足が稚樹の生長を妨げている要因の一つと考えられた。

またスズタケの地下茎は地下 20 cm までの浅い範囲に密にひろがっており、この地下

茎の形態も更新を阻害する要因であろうと考えられる。

5) 樹高20cm以下の小さい稚樹の根系には樹種の特性は現われていないが、50cm以上になるとモミは深根性、ツガは浅根性を示している。

根系のひろがりから云えば、モミ、ツガは地下部分においては、よくすみわけていると云えそうである。

6) 庇陰格子試験の結果から、モミの場合庇陰度の違いによって乾物の配分の割合やT-R率が異なることがわかり、とくに庇陰度9(相対照度7.9%)以上になると光不足によって生長が極端に阻害されていた。

過度の庇陰は地上部のみならず、根系の発達を著しく阻害するようである。

また全光下においても稚樹の生長は阻害されたが、この場合は地表附近の高温、土壤乾燥等が原因であろうと考えられる。

発芽当初の稚樹にとっての最適照度は80~40%附近ではないかと考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1) 小林泰治：もみノ結実年度並稚樹発生年度ニ就テ 林試彙報, No. 6, 1~10, 1922
- 2) 小林泰治：もみ, つが天然更新ニ関スル試験 林試彙報, No. 24, 31~90, 1928
- 3) 小林泰治：もみ, つが天然更新ニ関スル試験 林試彙報, No. 26, 1~47, 1929
- 4) 野路策三：とがさはら, つが, ひのき, もみ天然下種更新試験 林試彙報, No. 10, 21~62, 1923
- 5) 福永鴻介：上木伐採量ノ多少カもみ, つが天然性稚樹ニ及ホス影響 林試彙報, No. 11, 47~60, 1923
- 6) 古野東洲・川那辺三郎：和歌山演習林におけるモミ, ツガ林の生産力調査 第1報 京大農演報 No. 39, 9~26, 1967
- 7) 古野東洲・川那辺三郎：和歌山演習林におけるモミ, ツガ林の生産力調査 第2報 京大農演報, No. 42, 128~142, 1971
- 8) 初島住彦：九州大学宮崎演習林の植物 九大農演報, No. 44, 別冊, 1970
- 9) 橋本 勇：九州大学農学部附属宮崎演習林三方団地の地質 九大農演報, No. 28, 73~101, 1957
- 10) 荒上和利・汰木達郎：宮崎演習林の気象 九大農演研究資料, 1~229, 1969
- 11) 林弥栄：有用樹木図説 林木編, 1969
- 12) 倉田悟：原色日本林業樹木図鑑 第1巻, 1971
- 13) 矢頭献一：図説樹木学 針葉樹編, 1964
- 14) 赤井竜男・浅田節夫：天然更新に関する研究(I) 京大農演報, No. 39, 35~63, 1967
- 15) 刈住昇：樹木の根の形態と分布 林業試験場研究報告, No. 94, 1~205, 1957
- 16) 佐藤大七郎：スギ, ヒノキ, アカマツのマキツケナエの耐乾性とくに稚樹のあいだのちがいに ついて 東大農演報, No. 51, 1~108, 1956
- 17) 上原敬二：樹木大図説 I, 212~213, 1959
- 18) 汰木達郎：植栽密度のちがいが微気候におよぼす影響について 九大農演報, No. 17, 39~50, 1962
- 19) 井上由扶：アカマツ林の施業, 122~124, 1960

Studies on Natural Regeneration of Momi (*Abies firma*  
S. et Z., Japanese fir) and Tsuga (*Tsuga Sieboldii*  
Carr., Japanese hemlock)

Tatsuro YURUKI and Kazutoshi ARAGAMI

**Résumé**

The purpose of this paper is to know the actual condition of the natural reproduction of Momi (*Abies firma* S. et Z., Japanese fir) and Tsuga (*Tsuga Sieboldii* Carr., Japanese hemlock)

The study was conducted at the natural forest consisted of Momi, Tsuga and some species of deciduous broad leaved trees in compartment 34-37 of Kyushu University Forest in Miyazaki.

In this paper we dealt with the ecology of seedlings.

The results obtained were as follows;

- 1) Topographically the natural forest of Momi and Tsuga distribute from the middle part of slope to the ridge and usually appear in company with.
- 2) It was presumed that the abundant seed years of Momi and Tsuga occur at intervals of 2-3 years.
- 3) The seeds of Momi and Tsuga germinated mostly from May to July and it was considered that the seedlings dies chiefly of the high temperture in Summer and frozen soil in Winter.
- 4) The seedlings of Momi and Tsuga were scarecely found in the deciduous broad leaves stand. In case the Suzutake group had developed in the stand, it was hardly possible to find the seedlings in the stand even if the stand was consisted of numerous mother trees.

The light intensity at the ground level in the Suzutake (*Sasa borealis* Mak.) groups was 1/5~1/10 of the light intensity just above the foliage of Suzutake.

We found that the seedlings of Momi and Tsuga elongated rapidly when the height growth exceeded at about 2.0 m height equal that of Suzutake.

It was presumed that the height growth of Momi and Tsuga up to 2.0 m in the Suzutake group, had been obstructed for the insufficiency of light.

And it seemed that the rhizome of Suzutake also retarded the growth of Momi and Tsuga because rhizome spreaded densely to a soil depth of about 20 cm

- 5) When the seedlings were very small, their root systems were similar but when the seedlings become higher than 50 cm, Momi showed the deeply rooted system in contrast with Tsuga which showed the shallowly rooted system.

Judging by the root form, it is presumed that Momi and Tsuga segregate well from each other in underground.

- 6) From the results of the lattice shelter experiment of Momi seedlings, it was found that share of the dry matter produced and T-R ratio varied to the degree of shade. On account of the insufficiency of sunlight, the growth was extremely obstructed in the light below 10 % of the full sunlight.

The overshadowing retarded not only the top growth but also the development of root.

In the full sunlight, the growth of seedlings was also obstructed; the causes presumably were the high temperature at the soil surface and the soil drought etc.

The optimum light intensity for the initial growth of seedling ranged from 40-80 % of the full daylight.