

択伐作業林における稚樹の生長と環境 (II)

孔状択伐作業林 (模型) の光環境とスギ稚苗の生長

藤本 幸司*

On Growth of Regeneration Trees and Environmental Factors in Selection Forests (II)

Solar Radiation and Growth of Sugi Seedlings in the Model of Group-Selection Stand

Kōji F UJIMOTO

Summary: A model of group-selection stand was set up with a black vinyl net in the nursery (Fig. 1, 2 or Photo.), and Sugi 3-year-old seedlings were planted. The solar radiation on the group-cutted plot and the growth of seedlings were observed. The major results are as follows;

- 1) The group-cutted plot is divided into two parts which differ in the solar radiation. The line of distinction is located near the position where the distance from the south edge of the plot is equal to half the mean height of trees around the plot. The north side of the line has higher solar radiation than that on the south side.
- 2) The solar radiation on the group-cutted plot in this model stand is by no means satisfactory for the normal growth of Sugi seedlings. Even on the north part where has a comparative high solar radiation, the percentage of the seedling size to that on the open land is only 50~60% in height, and about 10% in stem volume after 5 years from planting.
- 3) When the seedlings on the group-cutted plot have grown to the height which has about 60% of the solar radiation on the open land, their annual height increments indicate the almost same values to those on the open land.
- 4) The effect of shading on the diameter growth is larger than on the height growth.
- 5) The normal form factors of seedlings on the group-cutted plot and under the canopy are generally larger than those on the open land. And, the largest value of the normal form factors appears on seedling on the group-cutted plot C (Table 5).
- 6) In the south part of the group-cutted plot or under the canopy where is poor in the solar radiation, the tendency, that the growth of seedlings is checked by the fertilization, is observable.

* 森林計画学研究室 Laboratory of Forest Management

要 旨 スギ孔状択伐作業に関する研究の一環として、苗畑にバロンスクリーンで林孔（孔状地）の模型をつくり（Fig. 1, 2）、林孔内の光環境を考察すると共に、そこに植栽されたスギ稚苗の生長を、5 生長期間にわたって観察した。結果を要約すると、次のとおりである。なお、便宜上、林孔を南北に4 等分し、北からそれぞれ A, B, C, D 地区と呼ぶことにした。

- 1) 4 月上旬から9 月上旬にかけての林孔内の光環境は、地表面から林孔南縁上端を見上げる仰角が、 $60\sim 65^\circ$ になる位置で、南北2 つの区域に分けて、考えることができる。その北側の区域（林孔 A, B, C 地区）では、どこもほぼ似通った光環境を示すが、南側の区域（林孔 D 地区）では、南にいくほど受光量少なく、急速に光環境は悪化する。
- 2) スギ稚苗の生長は、受光量と高い相関を示し、受光量が多いほど良く、光環境のほぼ等しい林孔 A, B, C の3 地区では、大体同程度の生長を示す。しかしながら、本林孔程度の光環境（Fig. 2）では、一般に、その生長は悪く、林孔 A, B, C 地区においてさえ、その植栽5 年後の大きさは、開放地（無施肥）に対して、樹高で $50\sim 60\%$ 、幹材積で 10% 前後という値である。これに対して、林孔 D 地区の生長は、一段と悪く、樹高で 40% 前後、幹材積で 5% 前後という値を示しているに過ぎない。
- 3) 林孔内稚苗の苗高生長が、開放地のそれとほぼ同程度になるのは、稚苗の先端が、相対日射量 60% （日照率約 35% ）の高さに達するところからである。
- 4) 庇陰による生長の抑制は、樹高生長より直径生長に著しい。したがって、比較苗高（ H/D ）は、開放地より庇陰区（林孔、林内）に大きい、庇陰区内の受光量の多少による一定の傾向は、認められない。
- 5) 樹幹の正形数も、一般に、開放地よりも庇陰区に大きい、庇陰区内のある光環境の所に、ピークを認めることができる。このピークは、林孔 C 地区あたりにあり、林孔 D 地区、林内と、光環境が悪化するに伴い、急激に減少する。
- 6) スギ稚苗に対する施肥の効果は、開放地、林孔 A, B 地区には認めることができるが、光環境の悪い林孔 D 地区、林内では、かえって生長の抑制される傾向がみられる。

は じ め に

スギの生長に最も適する相対照度として、 $60\sim 90\%$ の値が報告されている(3, 13, 19, 41, 43, 44, 46)。しかしながら、択伐作業林に限らず、一般に非皆伐作業林において、その更新樹の享受しうる光量は、これらより一段と低いものと考えてよからう(2, 4, 7)。そして、このような日照不足が、更新樹の生長を阻害することは、今更言うをまたず、この限られた日照を、いかに有効に利用するか、又、非皆伐作業林の特質を損なわないで、いかにより良い光環境を造成するかが、これら非皆伐作業林を経営する上での問題点と言えよう。

かかる意味において、林内の光環境、庇陰下での林木の生理、生態については、往時より数多くの研究がなされている。近年においても、川那辺ら(16~20)、安藤ら(1, 3)、谷本(46, 47)らの新しい生長解析法を用いての研究、牧坂(25~32)、森田、塚原ら(35~38, 49~51)の施肥効果に関する研究など、その数は枚挙にいとまがない。又、孔状地に関しても、畠山、内田らのトドマツについての研究(10, 11, 52, 53)をはじめ、今田らのトドマツ(12)、白石のヒバ(42)、松本らのアカマツ(34)の研究など、いろいろの報告がなされている。しかしながら、この孔状地についての、スギ林分での研究は、ほとんど見当たらないと言って、過言でなからう。

当研究室では、10 数年来、スギ人工同齡林を対象として、孔状択伐作業の適用に関する研究をすすめている。そして、この研究の一環として、1971 年4 月以来、本学演習林苗畑に、バロンスクリーンで孔状地の模型をつくり、各種の実験を重ねてきた。その後5 年間を経過した今日、必ずしも所期の目的を達成しえたとは言いが、一応実験を終了し、その一部を取りまとめたので、ここに報告したいと思う。

本稿を草するにあたり、山畑一善教授、中島幸雄教授にはいろいろとご教示いただいた。又、山本武助手、三好博技官、および元大学院生五百木篤君には、模型林の造設、維持管理、ならびに諸調査など、多大のご協力をいただいた。ここに記して、謝意を表するしだいである。

試験地の概況

1) 場所

松山市東野町東山 愛媛大学農学部付属演習林勝山苗畑

2) 地形および周囲の状況

試験に供した場所は、苗畑の北西すみに位置し、ほぼ平坦地で、面積 195m^2 ($13\text{m} \times 15\text{m}$)、その周囲の状況は次のようである。

東側……障害物なし。

西側……15~20m 離れて竹林がある。16~17 時ごろより多少日陰になるが、大きな影響はない。

南側……数 m 離れて、10 本前後のクヌギが、列状(東西)に植えられている。毎年ほとんどの枝をおとしているが、開放地のうち、西方の数本(施肥区)には、多少影響がみられる。

北側……6~7m 離れて、かなり大きなユーカリ、クスノキなどが植栽されている。しかし、日照に関する限り、本試験地への影響は、まったくみられないと言ってよい。

3) 土壌の理化学性

試験に先立ち、対象地 (195m^2) 中に、ランダムに5つの断面をつくり、土壌の理化学性を調べてみた。結果は Table 1 のとおりである。

苗畑として、多年にわたり耕うんされてきたため、理化学性には、深さによる差、特に表層と深さ 15cm との間には、ほとんど差はみられない。しかし、化学性には、置換酸度、有効態 P_2O_5 (0.03N NH_4F 可溶)、あるいは Ca など、深さによって、かなりの差を認めうるものが多い。

一般に、本試験地の土壌は、粘土分の非常に多い埴質壤土ないし埴土で、石礫はほとんど見当たらない。孔隙量は非常に小さく、下層の構造はカベ状を呈している。又、化学性をみても、N 分がやや少なく、有機質(C)に乏しい土壌と言える。これらからみる限り、本試験地の土壌は、樹木にとってあまり好ましい土壌とは言い難い。ただ、耕地として施肥されたことがあるためか、表層付近の有効態 P_2O_5 、Ca、K などは、比較的多いようである。

材料および方法

1) 模型林分

Fig. 1 の見取図、あるいは Photo. 1, 2 にみられるような、高さ 4m、巾 1m の細長いやぐら(パロンスクリーン #3000 で覆い、その中を林内……Under canopy (Photo. 3, 4)……と見なした)で囲った $3\text{m} \times 4\text{m}$ の孔状地(林孔……Group-cutted plot)を6個つくった。次いで、これらの模型林内、林孔およびその南側に設けた開放地(Open land)を、Fig. 2 のように、施肥区と無施肥区に分け、施肥区の周囲には、厚さ 0.1mm のビニール布を、深さ 1.2 m まで埋めて、囲いをし、肥料分が無施肥区へ流れないようにした。

なお、林孔内は位置によって、日射量が非常に異なるため、便宜上、林孔を南北4つの部分に分け(下図)、北から林孔 A 地区、林孔 B 地区、林孔 C 地区、林孔 D 地区と呼ぶことにした。

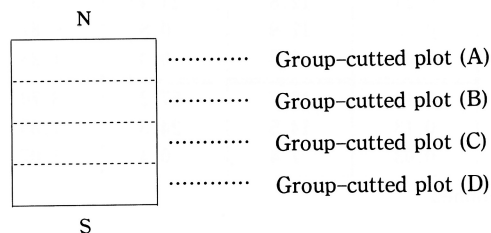


Table 1 Physical and chemical properties of the soils.

Profile No.	Depth (cm)	Max. Waterholding capacity (%)	Moisture content of fresh soil (%)	Porosity (%)	Min. air capacity (%)	Volume weight (%)	PH (H ₂ O)	Exchangeable acidity (y _i)
I	0	51	25	54	3	114	5.4	1.6
	15	48	27	58	10	111	5.0	4.6
	50	51	36	61	10	100	4.5	4.1
II	0	55	25	62	7	95	6.2	0.8
	15	54	28	63	8	94	5.7	1.3
	50	41	29	47	6	142	4.3	20.0
III	0	48	24	55	7	111	5.4	2.6
	15	45	32	52	7	121	4.9	6.5
	50	40	33	45	5	146	4.1	28.4
IV	0	53	22	59	6	102	5.4	1.2
	15	51	32	56	5	114	5.2	3.4
	50	40	35	46	6	145	4.4	16.1
V	0	51	26	56	5	112	6.4	0.7
	15	47	32	56	9	110	4.7	10.6
	50	41	34	45	4	147	4.4	20.6
Mean	0	52	24	57	6	107	5.8	1.4
	15	49	30	57	8	110	5.1	5.3
	50*	41	33	46	5	145	4.3	21.3

Profile No.	Depth (cm)	C (%)	N (%)	C/N	Available P ₂ O ₅ (ppm)	Exchangeable cations (m. e. /100g soil)		
						Ca	K	Na
I	0	1.83	0.15	12.6	74.5	2.87	0.85	0.10
	15	1.60	0.12	13.2	36.3	2.35	0.84	0.10
	50	1.22	0.07	17.6	5.9	1.33	0.21	0.23
II	0	2.55	0.20	12.6	23.5	4.32	0.92	0.11
	15	2.17	0.16	13.7	8.9	2.89	1.00	0.09
	50	0.22	0.03	7.2	0.6	1.00	0.10	0.15
III	0	1.87	0.14	13.1	41.8	1.99	0.67	0.08
	15	1.68	0.12	14.1	21.4	1.19	0.60	0.05
	50	0.24	0.03	9.0	0.2	0.75	0.15	0.06
IV	0	2.07	0.17	12.2	121.9	3.33	0.79	0.07
	15	1.91	0.14	13.4	54.1	2.02	0.87	0.05
	50	0.24	0.03	7.2	0.6	1.28	0.28	0.05
V	0	3.05	0.24	12.8	24.4	5.97	1.32	0.13
	15	2.33	0.13	17.9	0.8	0.81	0.65	0.09
	50	0.25	0.04	6.3	0.3	1.23	0.11	0.37
Mean	0	2.27	0.18	12.7	57.2	3.70	0.91	0.10
	15	1.94	0.13	14.5	24.3	1.85	0.79	0.07
	50*	0.24	0.03	7.4	0.4	1.07	0.16	0.16

*Data of profile I were abandoned.

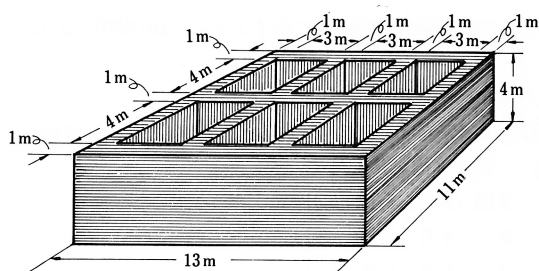


Fig. 1 Model stand

2) 相対日射量

林内の明るさを表す1つの指標として、ある時点におけるその場所の明るさと、裸地の明るさとの比（相対照度）がよく用いられる。しかしながら、時刻によって、その値をまったく異なる林孔のような場所では、これもあまりふさわしい指標とは言い難い。原田(8)の主張するごとく、「可久的長時間の光積」によって表されるのが、最も適当のように思われる。そこで、ここでは、快晴日における各測定位置での1日の積算日射量と、裸地のそれとの比を用いることにした（以下、相対照度と区別して、相対日射量と呼ぶ）。

林内および林孔の積算日射量の測定には、前報(7)の「魚眼レンズによる方法」を用いたが、その時間問題があるとしておいた日陰時の日射量は、東芝5号型照度計を用いて、各位置、各時点での相対照度を求め（各測定位置で、1~1.5時間ごとに測定）、その割合で日照時日射量を割引いて用いた。

相対日射量は、各試料木の植栽位置（地上高0.5m）で、2月から10月まで、各月1回（21日）求めることにし、相対照度の測定を、各月21日前後の快晴日を選んで行った。そして、各位置の平均的な相対日射量として、これら9か月の平均値を用いた。結果はFig.2のとおりである。なお、ここで、林孔D地区の相対日射量が、林内のそれより小さくなっているが、これは、林孔の日陰時が、バロンスクリーン2枚の日陰となるためと考えられる（林内は1枚）。

3) 試料木

模型林内、林孔および開放地への植栽木として、愛媛県内のスギクローン、越智3号（挿木3年生苗）を用いた。試料木の植栽当初における苗高は、34~48cmと、試料木間にやや差が認められるが、各処理区間の平均苗高、苗高分布などには、差が出ないよう留意した。各区の植栽本数、平均苗高および苗高の標準偏差は、次のようである。

	本数	平均苗高	苗高の標準偏差
開放地	施肥区	18	40.9cm
	無施肥区	15	40.7
林孔	施肥区	36	40.8
	無施肥区	36	40.6
林内	施肥区	19	40.9
	無施肥区	19	40.7
計	143	40.7	4.26

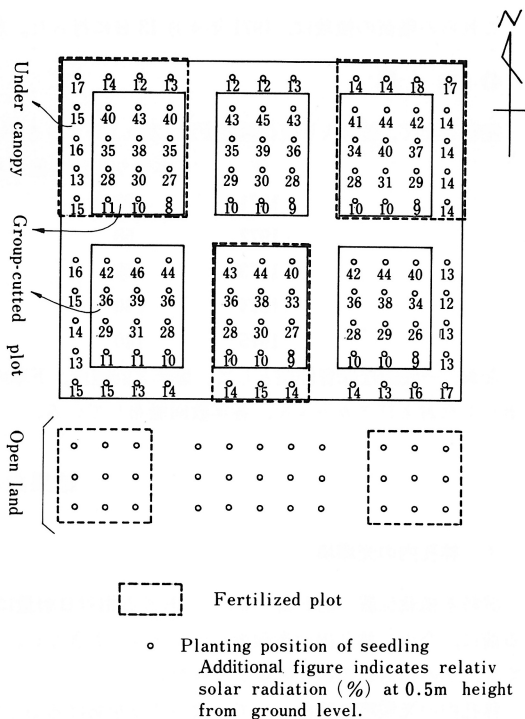


Fig. 2 Relative solar radiation in model stand. (Feb.~Oct.) (solar radiation on open land=100)

これらの稚苗の植栽は、1971年4月13日に行った。なお、植栽間隔は、Fig. 2に示すように、1m間隔である。

4) 施 肥

肥料として、尿素入り硫化磷安 F22 (20・12・12)を用いた。施肥の年別回数および施用量は、次のとおりである。

年	1本当り1回の施用量	回数(施肥月)
1971	25 g	3回(4月, 5月, 6月)
1972	50	3(4月, 6月, 7月)
1973	50	3(5月, 6月, 7月)
1974	140	4(4月, 5月, 6月, 7月)
1975	140	2(5月, 6月)

なお、一般的な保育作業として、毎年3回程度、下草の刈払いを行った。又、植栽当初の1971年、1972年には、ポルドウおよびアカールを、各年数回撒布している。

結果および考察

I 林孔内の光環境

試料木植栽位置(地上高0.5m)における相対日射量については、Fig. 2に掲げたが、植栽木の生長状態を考察する前に、今少し林孔内の光環境についてみておきたい。又、今回の測定結果を基として、各種サイズの林孔についても、その相対日射量を推定してみた。

林孔内の光環境の特徴として、次の2点をあげることができると思う。

- 1) 一定時間、直射日光をうける。
- 2) 高さが高くなるにしたがって、積算日射量は増加する(7)。

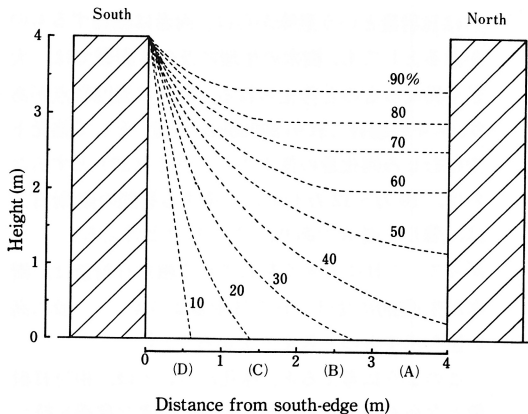
このうち、前者については、先に、「林孔内の明るさは、瞬間的な相対照度では表し難く、できるだけ長時間の光積で表すのが望ましい」ことを述べた。これに対して、後者からは、「林孔内の光環境を考える場合、ある一定の高さの平面的な光分布だけでは不十分で、垂直的な明るさの変化もあわせ考える必要のある」ことを、言うことができる。換言すれば、林孔内に植栽されている稚苗は、たとえ林孔の状態が変わらなくても、樹高が高くなるにしたがって、年々異なった光環境下に生育するのであり、又、同じ稚苗でも、上部と下部とでは、異なった光環境下にあることを、常に念頭におく必要がある。したがって、このような林孔内日射量の垂直分布を調べることは、林孔内植栽木の生長を考察する上で、非常に有意義なことと考えられる。

かかる意味から、林孔中央部、南北縦断面上における相対日射量の分布を求めてみた(Fig. 3)。

林孔内の相対日射量は、一般に、高さと共に増大する。そして、高さが高くなると、A地区、B地区では、ほとんど同じ値を示すようになる。又、C地区も、低い所では、これら両地区との間に差が認められ、これらよりかなり小さい値を示すが、高さが高くなるにしたがって、その差は徐々に少なくなっていく。これに対して、D地区では、高さの変化に依る日射量の増加が非常に少なく、ここに植栽された稚苗は、長期間にわたって、不十分な日照下にあることがみられる。しかし、樹高が高くなるにしたがって、光環境は確実に好転し、この点、林内とはやや異なるものがあると言える。

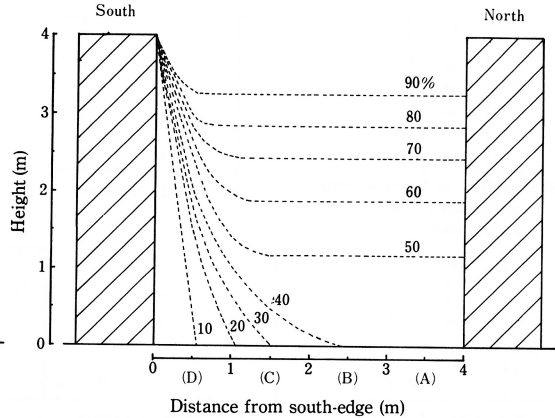
Fig. 3は、スギの生長休止期を含んだ、かなり長期間にわたる平均的相対日射量を示したものであった。今、これを、スギの生長の比較のおう盛な、4月上旬から9月上旬にかけての期間に限って求めてみると、Fig. 4のようになる。

Fig. 3と比べて、D地区の光環境には、それほどの変化はみられないが、A、B、C3地区間の関係は、やや変化し、その差が小さくなったと言える。すなわち、Fig. 4では、A地区、B地区の光環境は、高さの低い所からまったく同じになっており、C地区も高さ1m付近から上は、これらA、B両地区との間に、ほとんど差を認めることができない。又、このようなB地区以北の光環境の一様性は、林孔がA地区より更に北へ長くなったとしても、そのまま続くものと思われる。そして、この光環境に変化を与えるものは、林孔巾(東西の長さ)とすることができる。すな



(Letters in the alphabet indicate planting positions of seedlings)

Fig. 3 Relative solar radiation on longitudinal section (South~North) of group-cutted plot. (Feb.~Oct.)



(Letters in the alphabet indicate planting positions of seedlings)

Fig. 4 Relative solar radiation on longitudinal section (South~North) of group-cutted plot. (Apr.~Sep.)

わち、林孔の光環境は林孔長さ（南北の長さ）によっては変化せず、林孔巾によって変化し、林孔巾が広くなれば、相対日射量の増加をみ、狭くなれば減少をみると言える (Fig. 6)。

Fig. 5 に、光環境がどのあたりから一様になるかをみるため、いろいろの巾の林孔について、その東西間の中央部における、地表面の相対日射量（4月上旬～9月上旬）を示してみた。横軸は、林孔南縁からの距離を、林縁木樹高の倍数で示したものである。

本図より、このような光環境を分ける線は、林孔巾にほとんど関係なく、林孔南縁よりの距離が、林縁木樹高の約1/2、換言すれば、地表面から林孔南縁頂端を見上げる仰角が、60~65°になる位置あたりにあることがみられる。しかしながら、本図は地表面での相対日射量を示したものであり、高さが高くなると、当然、このような線は南側へずれることが考えられる (Fig. 4)。又、長期間の光環境を考える場合には、北側へずれることが予想されよう (Fig. 3)。したがって、このような線を1つに限定して示すことは非常に難しく、ほとんど不可能であるが、スギの生長期で、ごく地表に近い所からの光環境を考えるならば、ほぼ上のようなことが言えると思われる。

参考として、光環境がほぼ一定になっていると思われる A 地区における、東西横断面上の相対日射量分布を、いろいろの巾の林孔について推定し、Fig. 6 に掲げておいた。

スギの生長に対する最適相対照度については、従来より多くの研究 (3, 13, 19, 43, 44, 46) があり、60~90% あたりの値が報告されている。しかしながら、植栽木の生長面より林孔の最適日射量、ひいては最適大きさを考察

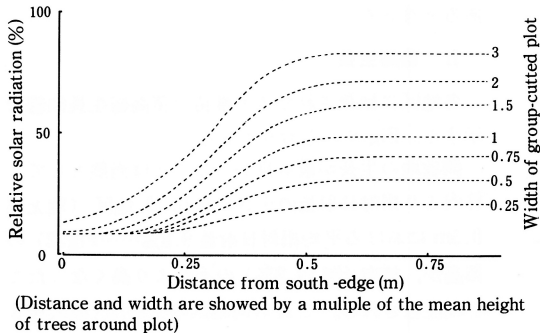


Fig. 5 Relative solar radiation on ground surface in group-cutted plot. (Apr.~Sep.)

しようとする場合、これらの研究における相対照度と、本報における相対日射量とを同一視して、そのまま参考にしようかどうか、疑問なしとしない。もちろん、林内のような、ほぼ一様な庇陰下においては、この両者は大体一致するものと思われ、同一視しても差し支えないであろう。しかし、このような林内で測定された相対照度と、日照時と日陰時とで照度の変化の非常に激しい林孔で測定された相対日射量とでは、たとえその値が同じであり、又、1日における熱量の和が等しいとしても、樹木の生長面に与える影響では、同一に取扱うことはできないと言える。換言すれば、1日の平均的な明るさ、ある

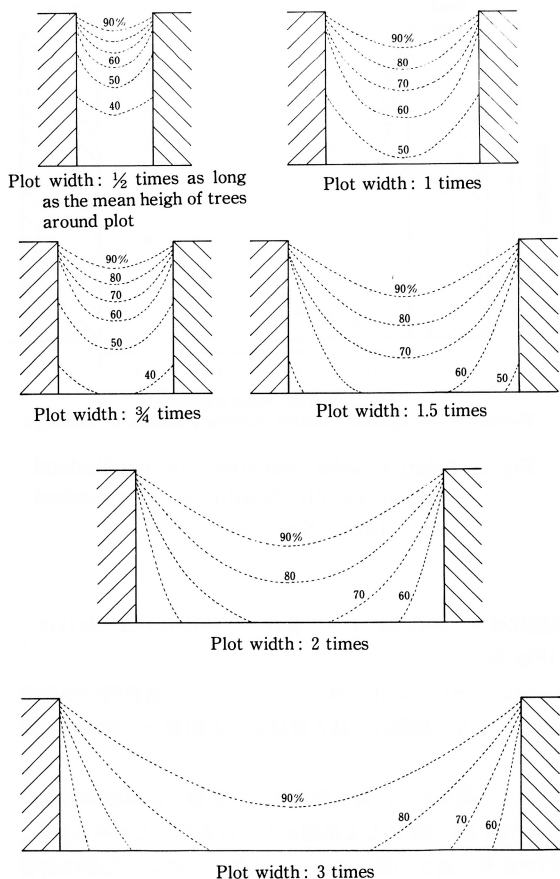


Fig. 6 Relative solar radiation on cross section (East—West) of group-cutted plot. (Apr.~Sep.)

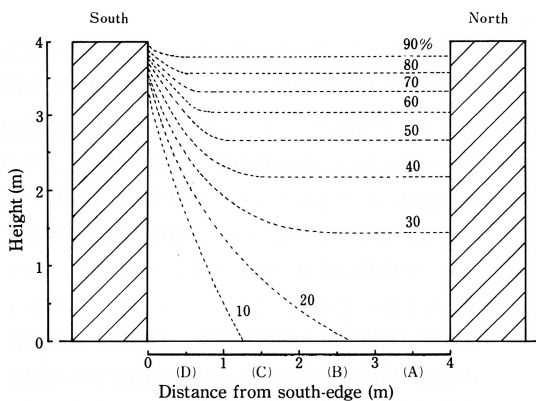


Fig. 7 Percentage of possible sunshine on longitudinal section (South~North) of group-cutted plot. (Mar. 21~Sep. 21)

いは日射量という意味からは、両者は相通ずるものがあるとしても、樹木の生理に及ぼす影響では、大きく異なるものと考えられる。植物に光飽和点があり、スギの場合これが20000lux程度、そして強光下ではむしろ同化量の低下がみられる(39)とするならば、10万~12万luxにも達する屋間の直射日光は、著しく過大であり、かつむだと言え。したがって、これに大きく左右される相対日射量は、樹木が生理的に受け入れる日射量よりも、一般に高い値を示すものと考えてよからう。

このように考えると、林孔においては、相対日射量とならんで、日照時間が非常に大きな意義を持つものと思われる。特に、日陰時における日射量が非常に小さい林孔では、このことが言えよう。牧坂ら(23, 24)、高原ら(45)の実験によれば、スギ稚苗の生長は、短日処理により抑制され、長日処理によって増加する。日陰時の照度が非常に低いとは言っても、まったくの暗闇ではないが、本模型林孔のように10%前後の相対照度下では、あまり良い生長が期待できないとすると(9, 13, 19, 20, 43, 44, 46)、このような場所に生育するスギ稚苗にとって、当然のことではあるが、日照時間は長い方が好ましいと言えよう。

松本ら(34)は、立体角投射カメラを用いて、開放地における直射日光空域の平面投影面積と、測定個所におけるそれとの百分率を求め、日照率とした。そこで、ここでもこれにならない、3月21日から9月21日までの間の直射日光のあたる時間と、裸地における可照時間との比を求め、Fig. 7, Fig. 8に示した。このような日照率は、相対日射量よりも小さく、約20%の差が認められるが、一般的傾向としては、相対日射量の場合(Fig. 4, 6)と、まったく同じであると言え。

II 苗高生長

各地区に植栽されたスギ稚苗の苗高総生長曲線を示すと、Fig. 9のとおりである。

開放地の生長が最も良かったことは当然として、林内より相対日射量の小さい林孔D地区(地上高0.5mにおける平均相対日射量9.8%……Fig. 2)の苗高が、林内(同14.2%)のそれより高くなったことは注目される。これら両地区の生長は、植栽後3年間はほとんど同程度であり、差は認められないが、1974年12月以降の測定値には、施肥区、無施肥区共に、危険率1%で有意の差を認めることができる。

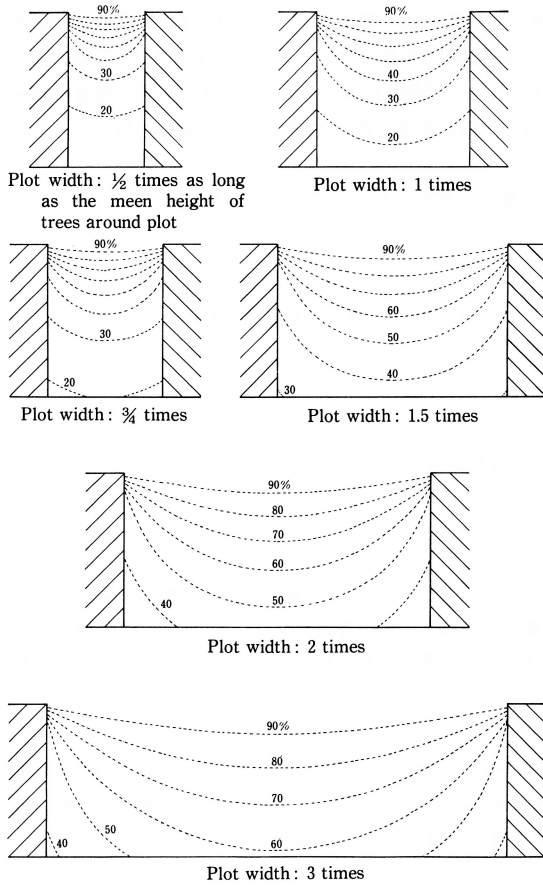


Fig. 8 Percentage of possible sunshine on cross section (East—West) of group-cut plot. (Mar. 21~Sep. 21)

そして、いずれも林孔D地区の苗高が、林内のそれよりも高くなっている。このことは、先にも述べた、「林孔内の日射量が高さと共に変化し、高さが高くなるにしたがって大きくなる」ことに、起因すると言ってよかろう。これら両地区において、苗高差を生じはじめた1973年12月現在の、林孔D地区における平均苗高をみると、1m程度であり、この時の稚苗先端の受ける相対日射量は、10~20%と推定される (Fig. 3,4)。これは林内とほぼ同程度の相対日射量と考えられるが、樹冠の横への拡がりを考慮に入ると、樹冠北側では、20~30%と、より多くの日射をうけるものと思われ、総合的には、林孔D地区の稚苗は、林内より、より好ましい光環境下にあったと言って、過言でなからう。

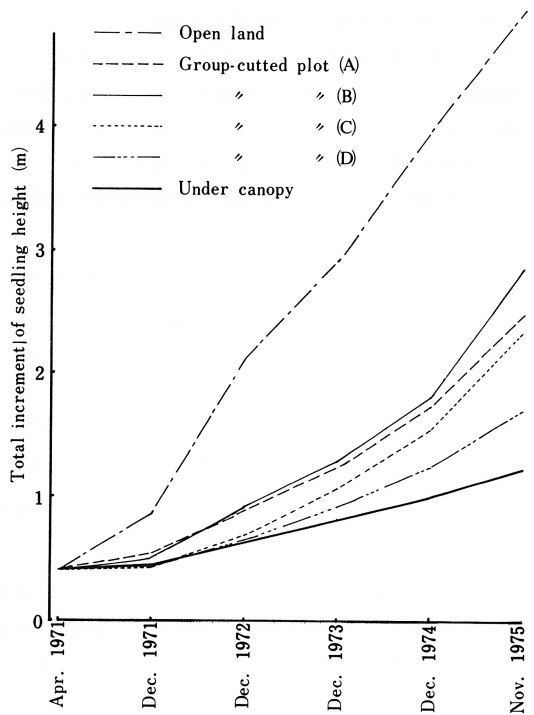


Fig. 9—(1) Total increment curve of seedling height. (Fertilized plot)

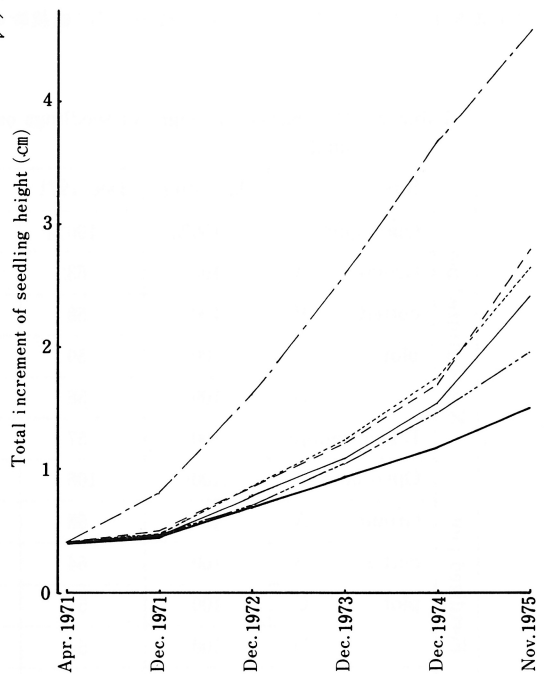
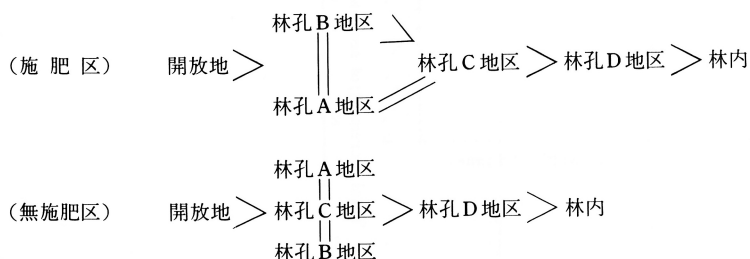


Fig. 9—(2) Total increment curve of seedling height. (Non-fertilized plot)

次に、林孔内各地区の苗高生長を比較してみると、A地区とB地区との間には、1975年11月測定値に、危険率5%で有意の差が認められる以外は、ほとんど差はなく、ほぼ同程度の生長を示していると言える。又、C地区は、無施肥区においては、A、B両地区とまったく差が認められないが、施肥区においては、B地区との間に有意の差が認められ、やや劣るのがみられる。これに対して、D地区は、生長が非常に悪く、1975年11月現在、他地区との間に、危険率1%で、すべて有意の差が認められる。

以上を要約してみると、各地区の苗高生長間の関係は、一般に、次のように示すことができる。



これらの関係は、Fig. 3あるいはFig. 4からもほぼ推察されるところであり、日射量と生長との相関の高さがうかがわれる。そして、林孔の場合、C地区付近の位置が、生長面でもやはり一つの分岐点となっているように思われる。すなわち、C地区以北での稚苗の生長は、ほとんど変わらず、ほぼ同程度であるが、これより南では、その生長は非常に悪く、北部との間にかなりの差が生じている。

各年の無施肥区開放地の苗高を100として、各地区の苗高を示してみると、Table 2のようになる。

施肥区開放地を除く各地区の対開放地(無施肥区)苗高百分率は、植栽年の末には、ほぼ60%となり、林孔A地区のそれがやや高いようではあるが、各地区間に大きな差は認められない。その後、徐々に割合を減じ、各地区間にも差を生じてくる。そして、1974年12月ごろ(植栽後4生長期経過)には、ほぼ最低となるようである。しかし、

Table 2 Percentage of height of seedlings on each site to that on non-fertilized plot of open land.

Site		Apr. 1971	Dec. 1971	Dec. 1972	Dec. 1973	Dec. 1974	Nov. 1975	
Non-fertilized plot	Open land	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
	Group-cutted plot	A	100	63	54	47	46	61
		B	100	58	49	42	42	53
		C	100	59	54	48	48	58
		D	100	58	44	40	40	43
Under canopy	100	57	44	37	32	33		
Fertilized plot	Open land	100	106	131	113	109	108	
	Group-cutted plot	A	100	68	56	48	47	54
		B	100	64	58	50	49	63
		C	100	54	42	41	42	51
		D	100	54	41	36	34	37
Under canopy	100	55	40	32	27	27		

その減少割合は、年々緩となり、1973年12月から1974年12月にかけては、林内を除いて、ほとんど変化はなく、ほぼ一定値に達したように思われる。この時期の値は、林孔A, B, C地区で45%前後、林孔D地区で34~40%、林内で30%前後となっている。川那辺ら(20)は、相対照度7~8%の樹冠下(落葉樹林)に植栽され、7~8年経過したスギ稚樹の大きさを調べ、対照地のそれに対して33~34%という結果を報告している。今、参考として、この川那辺らの結果と比べてみると、相対照度と相対日射量との差を考慮に入れるならば、ほぼ似通った値と言えようである。

1975年11月になると、前年に比べて林孔A, B, C地区の苗高百分率には、10%前後の増加がみられる。又、林孔D地区のそれにも3%程度の増加がみられるが、林内ではほとんど変化はなく、ほぼ一定値を示しているようにみうけられる。このような林孔における変化は、苗高が高くなるにしたがっての受光量の増加に起因すると、考えてよかろう。そこで、この急激な生長量の増加をもたらした、林孔A, B, C地区の稚苗が、生長を開始する前(1974年12月現在)に、どのような光環境下にあったかをみると、次のようである。

	1973年12月	1974年12月
平均 苗 高	107~129cm	154~182cm
樹 梢 にお ける	相 対 日 射 量	49~52%
	日 照 率	28~29%
その後1年間の平均苗高生長量	46~53cm	75~109cm
開放地(無施肥区)に対する生長割合	43~49%	82~120%

すなわち、稚苗の先端が相対日射量55~60%、日照率30~35%あたりを受けようになると、その生長は非常に良くなり、開放地と大差ない値を示すようになることがみられる。又、逆に、相対日射量50%以下、日照率30%以下(1973年12月以前)を受けている間は、あまり良い生長は期待できないと言えよう。

この関係を更に吟味するため、生長開始前の苗高と、その後1生長期間における苗高生長量とを、図上にプロットしてみた。資料点のちらばりは大きい、ほぼ3次曲線の傾向を示しているように思われたので、最小自乗法で3次回帰曲線式の常数を決定してみた。Fig. 10は、このようにして求めた3次回帰曲線を図示したものである。

資料点のちらばりが大きく、あまりはっきりした傾向とは言い難いが、林孔A, B, C地区では、苗高が170~180cmあたりになれば、開放地とほぼ同程度の生長を示すのがみられる。この苗高は、1974年12月の苗高にほぼ匹敵し、先に述べたことが、ここでもみることができると言える。すなわち、稚苗の先端が、相対日射量60%前後、日照率35%程度を受けようになると、その生長はかなり良くなる言える。もちろん、これは小さい模型林孔での結果であり、数倍の大きさを有する現実的林分で、そのまま適用できるかどうかはわからないが、1つの指標にはなりうるものと思う。

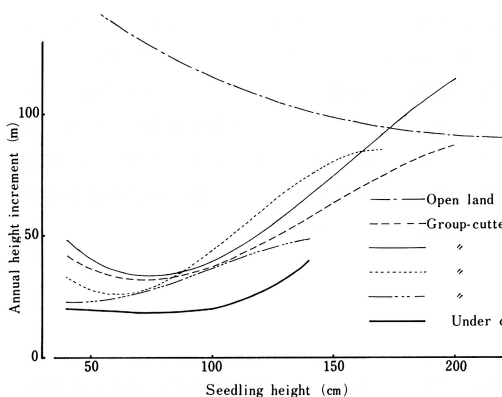


Fig. 10—(1) Relation between annual height increment and seedling height. (Fertilized plot)

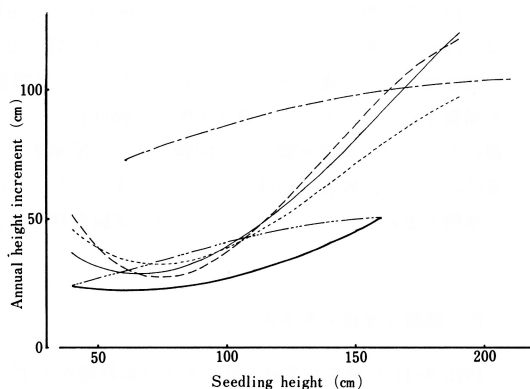


Fig. 10—(2) Relation between annual height increment and seedling height. (Non-fertilized plot)

次に、施肥の効果をみるため、無施肥区の苗高を100として、それに対応する施肥区各地区の苗高を、Table 3に掲げた。

Table 3 Percentage of height of seedlings on fertilized plot to that on non-fertilized plot.

Site		Apr. 1971	Dec. 1971	Dec. 1972	Dec. 1973	Dec. 1974	Nov. 1975
Open land		100%	106%	131**%	113**%	109*%	108*%
Grop- cutted plot	A	100	108	104	102	102	81
	B	100	110	116*	118*	118*	118*
	C	100	91	79*	86*	88	88
	D	100	94	92	88*	85**	87**
Under canopy		100	96	91	87*	85*	81*

*The significant difference is recognized between their average values (coefficient : 95%).

**The significant difference is recognized between their average values (coefficient : 99%).

全般的にみて、開放地、林孔 A, B 地区のように、光環境の比較的良好な所では、わずかながら施肥の効果が認められる。ところが、林孔 D 地区、林内のように、日射量の少ない所では、逆にマイナス効果が認められ、施肥区の苗高は、無施肥区の苗高より、かえって小さくなっている。又、林孔 C 地区でも、光環境のあまり良くなかった幼時には、マイナスの効果が認められるが、漸次光環境が好転するに伴い、1975 年 11 月現在、徐々に肥効が現れつつあると言えそうである。しかしながら、開放地においてさえ、施肥の効果はごくわずかであり、一般に、その効果はあまり認められないと言ってよい。この原因の1つとして、試験地の土壌をあげることができるように思う。すなわち、試験に供した苗畑の土壌は、先にも述べたごとく、N 分はやや少ないが、P, K, Ca 分などは比較的多く、無施肥区の土壌条件として、あまり適当ではなかったように思われるからである。

受光量（照度と日長）と施肥あるいは土壌条件に関する研究は、比較的多いが、植物の受けるこれらの影響は、庇陰の程度、N, P, K の濃度などの相互作用によって、微妙に変化し、又、植物の種類によっても異なるため、その結果は一定しないようである。森田ら (37)、塚原 (49) らは、施肥により、日照不足はある程度カバーしうることを、示唆しているが、上中ら (54) は、林内（相対照度 7%）に植栽されたスギ苗について観察した結果、まったくその効果のみられなかったことを報告している。ただ、N 肥料がマイナス効果も含めて、大きな影響力をもつこと (14, 15, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 38, 48, 50, 51)、庇陰により施肥のプラス効果が小さくなること、もしくは、ほとんど無くなること (21, 22, 27, 30, 33, 36, 37, 38, 50, 55) は、ほぼ認められるところであろう。

牧坂は、その一連の研究 (25~32) において、低照度下での N の影響は、樹種によって異なり、スギの場合、N を増施することによって、逆比例的に主軸伸長が小さくなる傾向があると、そのマイナス効果を報告している。本報においては、試験土壌にやや問題があり、N 単肥でもないで、これを一概に論ずるわけにもいかないが、低照度区において、牧坂と同様にマイナス効果をみたことは、スギ林内植栽木の施肥に関して、今後十分に留意を要する事柄と思われる。この点については、試験条件を整えて、改めて検討したいと思っている。

III 植栽 5 年後の大きさ

1975 年 11 月現在の苗高、直径および幹材積を示すと、Fig. 11 のとおりである。又、Table 4 に、これらの値を開放地無施肥区に対する百分率で示し、掲げた。なお、稚苗の直径として、地際直径が多く用いられているが、本試験の開放地には、既に根張りの影響を認めうるものもあり、やや不適當と考えられたので、ここでは、地上高 0.3 m の直径を用いることにした。

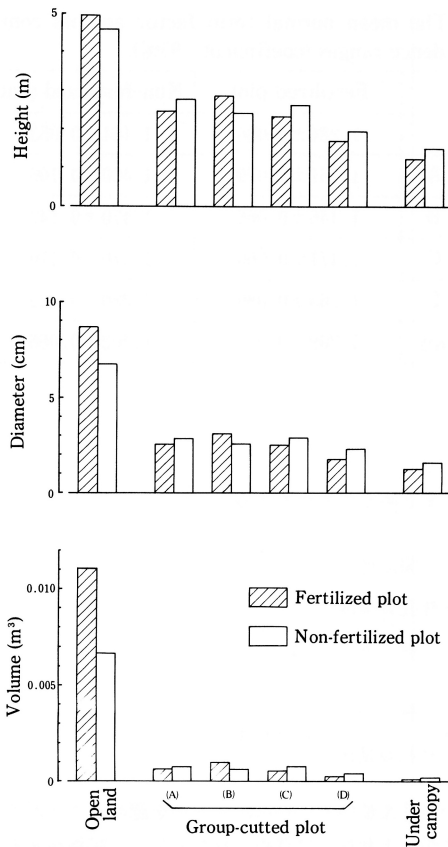


Fig. 11 The mean height, the mean diameter* and the mean stem volume after 5 years from planting. (* at 0.3 m height from ground level)

Table 4 Percentage of height, diameter and stem volume of seedlings on each site to those on non-fertilized plot of open land. (After 5 years from planting)

Site		Height	Diameter*	Volume	
Non-fertilized plot	Open land	100%	100%	100%	
	Group-cutted plot	A	61	42	11
		B	53	38	9
		C	58	42	11
		D	43	34	6
Under canopy	33	23	3		
Fertilized plot	Open land	108	128	167	
	Group-cutted plot	A	54	38	9
		B	63	46	15
		C	51	37	8
		D	37	26	3
Under canopy	27	18	2		

*at 0.3m height from ground level.

直径生長、幹材積生長の地区間における傾向は、一般に、苗高生長の場合とほぼ同様の傾向を示すと言える。すなわち、これらの生長は、開放地・林孔A、B、C地区・林孔D地区・林内という、受光量の異なる4つのグループに大別することができ、受光量が少なくなるにしたがって、漸次その値を減じている。

又、林孔、林内のいわゆる庇陰区においては、樹高生長、直径生長そして幹材積生長と、その対開放地生長割合を激減しているのがみられる。幹材積は他2者と異なり、3次元の量であるから、その生長割合が異なるのは当然としても、直径生長が樹高生長よりも、より大きく庇陰の影響を受けることは注目される。このような傾向は、既に多くの報告(3, 5, 6, 14, 17, 19, 33, 35, 38, 50, 55)にもみられるが、川那辺ら(16~18)、安藤ら(3)が示しているように、比較苗高(H/D)が庇陰区内のある相対照度でピークをもつものとするならば、庇陰が強くなるにしたがって、苗高生長も直径生長と同様に、漸次強く抑制されてくることが推測される。

そこで、本報でも比較苗高(地上高0.3mの直径以外に、地際直径も用いてみた)を求め、検討してみた。その結果、開放地とその他の地区との間には、有意の差が認められ、開放地稚苗の比較苗高が、庇陰区のそれらより小さい値を示すのがみられたが、庇陰区内における受光量と比較苗高との間には、一定の傾向を認めるにいたらなかった。なお、この開放地と庇陰区との間の差にしても、このままでは、庇陰によるものか、個体の大きさの違いによるものか、判別し難いと言える。しかしながら、Fig. 12にみられるように、開放地(樹幹析解資料より計算した)と林内の比較苗高の間には、苗高が同じでも、明らかに差が認められ、「開放地より林内(庇陰区)の方が高い値を示す」とは、言うてよからうと思う。

幹形を今少し吟味するため、各試料木の正形数(苗高の1/2の高さの直径を、比較円柱の直径とした)を求めてみた。Table 5は、各地区の正形数平均値およびその信頼限界(信頼度95%)を示したものである。

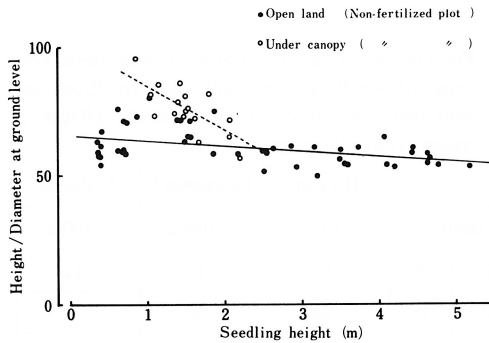
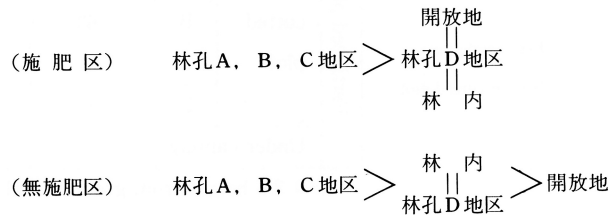


Fig. 12 Relation between seedling height and ratio of height to diameter at ground level.

Table 5 The mean normal form factor and its confidence ranges (coefficient : 95%).

Site		Fertilized plot	Non-fertilized plot
Open land		1.284±0.086	1.161±0.053
Group-cutted plot	A	1.361±0.070	1.490±0.105
	B	1.446±0.066	1.470±0.142
	C	1.471±0.060	1.510±0.110
	D	1.265±0.080	1.280±0.029
Under canopy		1.209±0.055	1.302±0.066

平均値の有意差検定により、各地区の正形数は、大体次のようにまとめることができる。



すなわち、庇陰の強い地区で、必ずしも正形数は大きくなく、一定受光量のところに、ピークを認めることができる。換言すれば、比較苗高にみられなかった庇陰区内でのピークが、正形数では認められたと言え、庇陰がある程度強くなると、直径生長のみならず樹高生長も、ほぼ同等に、抑制されているのがみられる。Table 4で、この傾向があまりはつきりしないのは、直径が地上高0.3mという絶対的位置のものであるためであろう。又、このような正形数のピークが、林孔C地区あたりにあり、C地区からD地区にかけて、急激に減少することは、苗高その他の生長状態、あるいは施肥効果などとも考えあわせて、C地区あたりの環境が、スギの生長の良否を分ける、1つの限界を示すように思われる。もしこのようなことが言えるとするならば、現実林孔の複雑な環境を区分する、1つの目安として、この正形数に興味をもたれる。

Table 6に、各地区の施肥効果を示した。

直径生長および幹材積生長に及ぼす施肥の効果は、苗高生長の場合とほぼ同様に、光環境の比較的良好な所では、プラスの効果をもたらし、悪い所では、マイナスの効果をもたらしと言える。そして、この傾向は、庇陰の影響と同じく、苗高生長よりも直径生長に、更に幹材積生長に、より大きく現れていると言ってよい。

Table 6 Percentage of height, diameter and stem-volume of seedlings on fertilized plot to those on non-fertilized plot. (After 5 years from planting)

Site		Height	Diameter	Volume
Open land		108**	128**	167**
Group-cutted plot	A	81	89	84
	B	118*	120	159
	C	88	86	68
	D	87**	76**	57**
Under canopy		81*	79	56

*The significant difference is recognized between their average values (coefficient : 95%).

**The significant difference is recognized between their average values (coefficient : 99%).

総 括

スギ孔状択伐作業に関する研究の一環として、苗畑にバロンスクリーンで林孔の模型をつくり、その光環境、スギ稚苗の生長、施肥効果などを調べた。

スギの生長期における林孔内の光環境は、地表面から林孔南縁木の頂端を仰ぐ角度が、60~65°あたりの線で、2つに分けて考えることができる。そして、その南側では、南にいくにしたがって、光環境は急速に悪くなるが、北側ではほぼ一定している。又、林孔内のある地点の相対日射量は、林孔の長さ（南北の長さ）がいくら長くなっても変わらず、これを変えるのは林孔巾（東西の長さ）であると言える。林孔巾が、林孔周辺木樹高と等しい場合、上記の光環境を分ける線の北側、林孔東西間の中央部では、地表面で50%弱、1.5倍ある場合は、60%強の相対日射量が見込まれる。

川那辺ら(19)、安藤ら(3)、谷木(46)らのデータによると、スギ稚苗(1~2年生)の生長は、相対照度40~50%程度まで、裸地と大差ない値が示されている。これに対して、本試験の場合、林孔A、B両地区(地上高0.5mにおける相対日射量約40%)における植栽5年後の大きさは、開放地に対して、苗高で50~60%、幹材積では、実に10%前後という低い値を示しているに過ぎない。苗高生長が、開放地のそれとほぼ同程度になるのは、稚苗の先端が、相対日射量60%前後(日照率35%前後)を受ける高さに達してからである。このような結果は、もちろん苗齢の差にもよるであろうが、相対照度と相対日射量との違いも、1つの大きな原因となっていると言ってよからう。換言すれば、たとえ1日に受ける総熱量は変わらないとしても、それを少しずつ、長時間にわたって受けるものと、短時間に、一度に受けるものとの生長差が、現れたものと考えられる。このことからすると、日陰時の相対照度(本試験の模型林孔の場合8~11%)を、できるだけ高めることは、非常に重要なことであり、孔状択伐作業とはいえ、枝打ち、間伐などの作業を、なおざりにすることはできないであろう。林孔が小さい場合は、日陰時間が長くなるため、この配慮が、特に必要と言える。

林孔の望ましい大きさを求めようとする場合、林地の傾斜、上木のうっ閉度、林孔密度など、様々な因子との兼ね合いで、考えねばならないことは言うまでもないが、今、1試算として、本試験の結果だけから、その推定を試みてみた。もちろん、このような光環境の結果だけからうんぬんできないことも自明のことであり、ここで示す値は、あくまでも実験的に推定された1試算であることを、重ねて断っておきたい。今後、現実林分での調査をまわって、更に考察をすすめていきたいと思っている。

まず、林孔巾についてみると、苗高生長が、開放地のそれとほぼ同程度になる、相対日射量60%前後を一応の目安とすれば、林孔周辺木樹高の1.5倍程度の大きさが必要と言えそうである。又、本試験の林孔A、B、C地区あたりの光環境(幼時における対開放地苗高生長50%程度)で満足とするならば、この半分の巾、すなわち、周辺木樹高の0.75倍程度で良いと言える。そして、このあたりが、スギ孔状地のほぼ下限巾ではないかと考えられる。これに対して、南北の長さについては、長いほど全林孔面積中に占める光環境の悪い部分の面積割合が小さくなり、長いにこしたことはないと言えるが、さしずめ、この部分を1/10程度におさえようとする、その長さ(周辺木樹高の倍数)は、次のようになる。

悪いとする 相対日射量	林 孔 長 さ	
	(林孔巾:1.5倍)	(林孔巾:0.75倍)
60%以下	5.4倍	—
50%以下	4.1倍	—
40%以下	3.5倍	5.7倍
30%以下	2.9倍	3.9倍

又、これを1/5程度におさえようとする、この値の半分程度でよいと言えよう。

以上の値は、平坦地での、南北に長い長方形の林孔(日陰時の相対照度8~11%)を想定したものであり、林地の傾斜、林孔の形、林内(特に林孔南側)の明るさなどによって変わることは、先に述べたとおりである。例えば、前報(7)で報告した久万町のスギ孔状択伐作業試験林のような林分(傾斜:北向15°, 林内相対日射量:約30%)では、林孔巾は更に狭くても良く、林孔長さは長くなければならないと言えよう。

スギ稚苗に対する施肥の効果は、相対日射量の低い林内および林孔D地区で、マイナス効果が認められた。施肥が稚苗の耐陰性を増加させることは、ほぼ認められるにしても(40)、このように生長面でマイナスの影響を与えるとするならば、非皆伐作業林内におけるスギ稚苗の施肥には、十分留意を要するところである。この点については、実験条件にやや不備と思われる点もあり、更に吟味、検討してみたいと思う。

引用文献

- 1) 安藤貴・竹内郁雄・斉藤明・渡辺秀彦：人工二段林における物質生産量の測定例。日林誌51：102～107，1969
- 2) 安藤貴・宮本知子・谷本丈夫・久保田善信：二段林の下木の光環境(I)。相対照度の季節変化。日林関西支講22：29～31，1971
- 3) 安藤貴・宮本知子：スギ苗の生長に及ぼす光の強さと植栽密度の影響。日林誌54：47～55，1972
- 4) 安藤貴：林内の光環境。非皆伐作業法の基礎として。林業技術393：10～13，1974
- 5) 荒木真之：庇陰下におけるカラマツ苗の大小と生長。日林誌51：143～149，1969
- 6) 荒木真之：カラマツ苗の葉の生産性に関する庇陰効果。日林誌51：211～214，1969
- 7) 藤本幸司：択伐作業林における稚樹の生長と環境(1)。スギ孔状択伐作業林の日射量。愛媛大演報10：19～31，1973
- 8) 原田泰：林内に於ける陽光強度に就ての一考察(豫報)。日林誌15：820～842，1933
- 9) 原田泰：陽光其他是に關聯する環境因子の2・3と林木稚苗の生育に就て。日林誌21：619～627，1939
- 10) 畠山末吉・沖野孝：北見地方における天然林施業(2)。ジアゾ感光紙による林内照度の測定方法について。日林北海道支講20：65～67，1971
- 11) 畠山末吉・梶勝次・内田勉・沖野孝：北見地方における天然林施業(3)。孔状地内の気象要因と植栽木の生長。日林北海道支講20：67～71，1971
- 12) 今田敬一・佐々木準長：トドマツ造林施業の改善に関する研究(其の3)。適当な孔状面積について。日林講67：206～209，1957
- 13) 石川静一：杉、赤松子苗の発生、消失及生長と、之に及ぼす環境、主として気象因子とに関する実験的考察。日林誌15：236～271，1933
- 14) 菅野薫：照度および土壌養分條件の差がトドマツ苗木におよぼす影響(I)。日林講86：194～195，1975
- 15) 菅野薫：照度および土壌養分條件の差がトドマツ苗木におよぼす影響(II)。日林北海道支講24：123～124，1975
- 16) 川那辺三郎・四手井綱英：陽光量と樹木の生育に関する研究(I)。2, 3の落葉樹苗木の庇陰効果について。日林誌47：9～16，1965
- 17) 川那辺三郎・四手井綱英：トウネズミモチの庇陰効果について。日林講76：167～168，1965
- 18) 川那辺三郎・四手井綱英：陽光量と樹木の生育に関する研究(II)。カンレンボク(*Camptotheca acuminata* Decne)の庇陰効果におよぼす密度の影響。京大演報38：68～75，1966
- 19) 川那辺三郎・四手井綱英：陽光量と樹木の生育に関する研究(III)。針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響。京大演報40：111～121，1968
- 20) 川那辺三郎・四手井綱英：落葉広葉樹林内に樹下植栽されたスギの生長について。京大演報42：117～127，1971
- 21) 小早川進：土壌を異にする場合に庇陰が林木稚苗の生育に及ぼす影響(第1報)。東大演報32：71～92，1943
- 22) 久保隆文・古林賢恒・蕪木自輔：スギ苗木の年輪構造における日長条件および施肥の影響。東京農工大演報12：91～96，1975
- 23) 牧坂三郎・永森通雄・石井盛次：アカマツ、スギおよびヒノキ稚樹の高知地区における光週反応。日林講68：154～155，1958
- 24) 牧坂三郎・石井盛次・永森通雄：スギ稚苗の光週処理試験。日林講69：321～323，1959
- 25) 牧坂三郎：アカマツ稚苗における日長ならびに日照とカリ施用量との関係について。日林関西支講11：28，1961
- 26) 牧坂三郎：短日処理におけるアカマツ稚苗の生長に与えるカリ濃度の影響および稚苗生育限界のカリ濃度について。日林関西支講14：33，1964

- 27) 牧坂三郎：日長制限においてアカマツ稚苗の生長に与えるカリの効果および稚苗生育に有害なるカリ濃度について。日林誌47：342～345, 1965
- 28) 牧坂三郎：アカマツ稚苗の主軸伸長に影響する日照とカリ濃度について。日林関西支講15：56～57, 1965
- 29) 牧坂三郎：砂耕における日照と肥料3要素濃度によるスギ稚苗の主軸および分枝に与える影響について。日林関西支講16：90～91, 1966
- 30) 牧坂三郎：スギ稚苗における日照と肥料3要素濃度との相互作用について。日林講78：280～282, 1967
- 31) 牧坂三郎：砂耕における日照度と肥料3要素濃度がスギおよびヤシヤブシ稚苗の主軸におよぼす影響。日林関西支講17：27～29, 1967
- 32) 牧坂三郎：スギならびにウバメガシ稚苗における日照度と窒素およびカリ濃度との関係。日林関西支講18：47～48, 1968
- 33) 真部辰夫：養分(3要素)・庇陰の違いがスラッシュマツの生育におよぼす影響。日林誌43：325～332, 1961
- 34) 松本正美・細井守：陽光とアカマツ稚樹の成長との関係。アカマツに関する研究論文集：38～47, 1954
- 35) 森田栄一・塚原初男・粟屋仁志・尾方信夫：N・P・K受光量に対するスギ・ヒノキ苗の成長量形質の反応値。林試九州年報9：42～43, 1967
- 36) 森田栄一・塚原初男・粟屋仁志：N・P・K・受光量に対するスギ、ヒノキの成長量形質の反応値。林試九州年報10：51～52, 1968
- 37) 森田栄一・塚原初男・粟屋仁志：N・P・K濃度・受光量のちがいが、ヒノキ苗の成長量におよぼす影響。林試九州年報11：41～42, 1969
- 38) 森田栄一・香川照雄：N・P・K濃度、受光量のちがいが、スギ・ヒノキ苗の成長量におよぼす影響。林試九州年報12：48～49, 1969
- 39) N EGISHI, K.: Photosynthesis, respiration and growth in 1-year-old seedling of *Pinus densiflora*, *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*. 東大演報62：1～115, 1966
- 40) 小川保喜：日補償点測定法による林木の耐陰性に関する研究。九大演報43：213～277, 1968
- 41) 柴田信男：スギ林とその環境。(佐藤弥太郎編：スギの研究)：284～347, 養賢堂, 東京, 1955
- 42) 白石明：孔状及び帯状伐採面内に於けるヒバ稚樹成長に関する一考察。日林誌32：268～274, 1950
- 43) 杉原享三：杉天然更新基礎要件の一考察。日林誌14：308～320, 1932
- 44) 杉原享三：杉天然更新基礎要件の一考察(第二報)。日林誌15：954～969, 1933
- 45) 高原末基・右田一雄・伊藤省吾：日長が林木の栄養生長に及ぼす影響。日林講68：152～153, 1958
- 46) 谷本丈夫：林木の生長に及ぼす人工庇陰の影響(I)。1生長期間中のスギ苗木の庇陰下での生長経過。日林誌57：407～411, 1975
- 47) 谷本丈夫：林木の生長に及ぼす人工庇陰の影響(II)。1生長期間中のアカマツ苗木の庇陰下での生長経過。日林誌58：155～160, 1976
- 48) 戸苅義次監修：作物の光合成と物質生産。420 pp, 養賢堂, 東京, 1972
- 49) 塚原初男：N, P₂O₅の濃度, 受光量をかえて育てたスギ, ヒノキ苗の同化・呼吸量。日林講79：122～123, 1968
- 50) 塚原初男・香川照雄：ヒノキの成長におよぼす受光・Nの影響。林試九州年報12：23, 1969
- 51) 塚原初男・森田栄一：ヒノキの生長におよぼす受光・Nの影響と下刈の効果。日林講81：189～191, 1970
- 52) 内田勉・大橋一弘・沖野孝・畠山末吉：北見地方における天然林施業(第1報)。前生樹の配置と植栽木の生長。日林北海道支講19：49～53, 1970
- 53) 内田勉・畠山末吉：林内孔状地のトドマツ樹高生長と環境因子との関係。日林講83：170～171, 1972
- 54) 上中作次郎・尾方信夫：林内人工更新における活着と初期成長について。林試九州年報16：22, 1973
- 55) 渡辺章：窒素がスギ苗のT/R率に及ぼす影響。庇陰処理と関連して。日林講84：254～255, 1973

1976年8月31日 受理

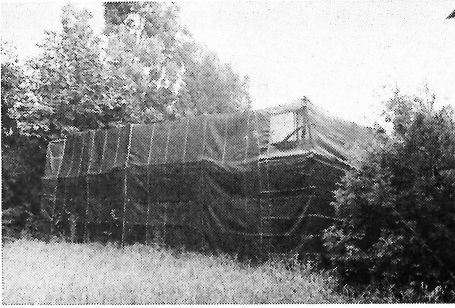


Photo.1 Exterior of model stand (The west side).

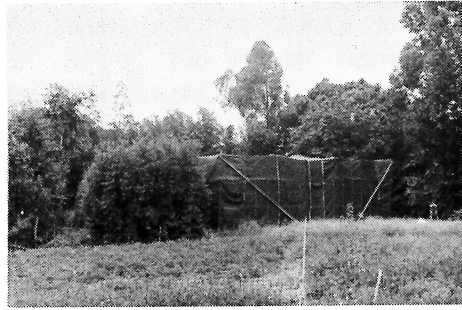


Photo.2 Exterior of model stand (The east side).



Photo.3 Inside of model stand (Under canopy).



Photo.4 Inside of model stand (Under canopy).