

# 人工被陰下でのアカマツ、スギ、ヒノキ 1年生苗の生長

Growth of 1-year-old *Pinus densiflora*, *Cryptomeria japonica*  
and *Chamaecyparis obtusa* Seedlings under Artificial Shadings

根岸 賢一郎\*, 八木 喜徳郎\*\*

Ken'itiroo NEGISI\* and Kitokuroo YAGI\*\*

## I はじめに

物質生産速度は陽光量に左右される。筆者らのうち根岸は以前に、アカマツ、スギ、ヒノキの1年生苗の光合成、呼吸、生長をしらべ、物質生産の面から樹種の特性を比較した<sup>1,2)</sup>。そのさい研究の一部として、人工被陰下で苗を育て、栽培条件としての光のつよさが、各樹種の物質生産にどうひびくかの検討も計画し、部分的には実行した。

測定は1962年と1963年におこない、生長量関係の資料は、ある程度えられた。しかし赤外線ガス分析計(IRGA)の不調のため、平行して測定予定の光合成、呼吸関係の資料が、ほとんどとのわず、上記の目的にはそえなかった。

樹種の耐陰性や、陽樹、陰樹の順位づけ、などに関連して、人工被陰下での生長比較は古くからおこなわれ、多くの資料がある。ここにえられた生長量関係を中心とした資料は、それらとくらべて、とくに新しいものではない。しかし、光合成量、呼吸量の推定のために、被陰区の日射量、気温を連続記録したことや、被陰処理期間中の重量生長の経過を推定するなどの二、三の特徴がある。

そこでここでは、たちいった論議をひかえ、結果を中心として報告する。

測定は東京大学農学部附属演習林田無試験地でおこなった。ご協力をいただいた試験地のみなさまに、心からお礼申しあげます。

\* 東京大学農学部千葉演習林

University Forest in Chiba, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

\*\* 東京大学農学部演習林田無試験地

University Forest Experiment Station at Tanashi, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

## II 材料と方法

被陰処理は田無試験地第1苗畑(I林班10小班)中央の気象観測用露場西側の圃場でおこなった。ここに東西に平行にはしる幅1.2m、長さ5mの床替床を4列つくり、1962年と1963年の3月末に20cm×20cmの間隔で、前年春にまきつけたアカマツ、スギ、ヒノキの苗を移植した。

被陰処理にはサランネット(緑色、防虫用)をつかった。ネットを張った木枠を木製の支柱でささえ、各床替床を上面(高さ1.2m)および側面からかこんだ。被陰の程度はネットの枚数で調節した。なお地表面から5cmほどの高さまでは、すきまにして、風とおしをよくし、ネット内部が過湿にならないようにした。

1962年には、もっとも南側の床替床を無被陰の対照区Oとし、それより北側へ順次被陰がよくなる被陰区をI, II, IIIの順に配置した。1963年には、南側2列を対照区O'とし、そのすぐ北側に前年のIII区よりも被陰のつよい被陰区IV, Vを配置した。なお各被陰区間の側面のネットは共通で、ネットの枚数は、被陰のつよいほうの区のものとした。たとえば、被陰区Iの南側面のネットは1枚であるが、北側面は2枚で、これがII区の南側面となる。

東芝照度計5号型で、対照区および各被陰区の水平照度を測定し、相対照度をもとめた。各区の照度が平均的な場所に、ロビッチ式日射計を設置した。また、1962年にはIII区、1963年にはV区について、移植時の苗の高さにちかい地上10cmの気温を、自記抵抗温度計(-50°C~+50°C、アナログ6点記録、千野製作所、型式464)で記録し、被陰のつよい区と対照区の温度条件を比較した。なお各区にテンションメーターを設置し、対照区および被陰のよわい区の土壌が乾燥したばあいは灌水して、被陰のつよい区との水分条件の差を小さくした。

被陰処理は両年とも5月16日から9月30日までの138日間おこなった。この期間中、あらかじめきめた個体について、ほぼ半月の間隔で上長生長を継続的にしらべた。また被陰処理開始時と、6, 7, 8月の各月末に、別の個体を掘りあげて根をあらひ、葉、幹、根にわけて95°Cで乾燥し、重量をもとめて重量生長経過の推定資料とした。なお9月30日の処理終了時には、上長生長の継続測定個体を主として掘りあげ、乾燥重量をもとめた。

1962年には、アカマツ180、スギ180、ヒノキ50個体を床替床に移植した。アカマツ、スギについては上記の測定をおこなった。ヒノキについては試料数の関係から上長生長のみで、処理期間途中の掘りあげ重量測定はおこなわなかった。1963年には、各樹種120個体ずつを移植し、いずれも上記の測定をおこなった。各年度、各区別の測定個体数を表-1に示す。処理期間中に枯死した個体はなかった。移植個体数にくらべて測定個体数が少ないのは、形のわるい個体や、掘りあげによって傷ついた個体をのぞいたほか、掘りあげには上長生長が比較的平均にちかい個体を中心にえらんだためである。

表-1 しらべた苗の個体数

Table 1 Number of seedlings for measuring height growth continuously and dry weight

年	区	ネット枚数 Number of shading net screen	相対日射量 Relative radiation intensity %	樹種*	試料数(本) Number of seedlings					
					上長生長 Height growth	乾燥重量 Dry weight				
						May** 15	Jun. 30	Jul. 31	Aug. 31	Sep.*** 30
1962	対照区 Open O	0	100	P	15	10	9	6	7	15
				Cr	11	10	7	6	6	11
				Ch	8	10	—	—	—	8
	被陰区 Shaded I	1	77	P	14	—	10	6	5	11
				Cr	7	—	6	5	6	9
				Ch	9	—	—	—	—	9
	被陰区 Shaded II	2	55	P	13	—	8	6	6	13
				Cr	9	—	7	4	6	11
				Ch	10	—	—	—	—	10
	被陰区 Shaded III	3	40	P	13	—	9	6	5	12
				Cr	11	—	8	6	6	14
				Ch	9	—	—	—	—	10
1963	対照区 Open O'	0	100	P	35	10	8	9	8	11
				Cr	26	10	6	7	8	12
				Ch	26	10	7	7	8	11
	被陰区 Shaded IV	4	26	P	13	—	6	6	6	12
				Cr	20	—	6	6	7	14
				Ch	16	—	7	6	5	11
	被陰区 Shaded V	6	13	P	7	—	5	6	—	7
				Cr	13	—	5	6	—	12
				Ch	9	—	4	6	—	11

\*P: *Pinus densiflora*, Cr: *Cryptomeria japonica*, Ch: *Chamaecyparis obtusa*.

\*\*Before the shading.

\*\*\*Mainly seedlings for measuring height growth continuously.

1962年には、7月末にO、I、II、III区のアカマツとスギにつき、人工条件下で光合成速度をしらべ、光合成能力をもとめた。8月末にはO区とIII区のアカマツとスギについて、人工条件下で暗呼吸速度を測定した。また10月はじめには、O区とIII区のアカマツとスギについて野外条件下で、照度と光合成速度の関係を比較した。

以上の測定は、苗の地上部を切断し切り口を水につけた材料、すなわち切り枝によっておこなった。光合成速度、呼吸速度はIRGA(Beckman15A)を中心に組み立てた測定装置をもちい、open systemの通気法でもとめた<sup>1)</sup>。

1963年には、IRGAの故障のため、光合成、呼吸関係の測定は、まったくできなかった。

### III 結 果

#### 1 被陰と環境条件

(1) 光条件 对照区の水平照度と各被陰区の水平照度の関係を図-1にしめす。晴天下での I, II, III区の値は, 1962年8月27日, 8月29日, 9月9日, 9月12日に, IV, V区の値は,

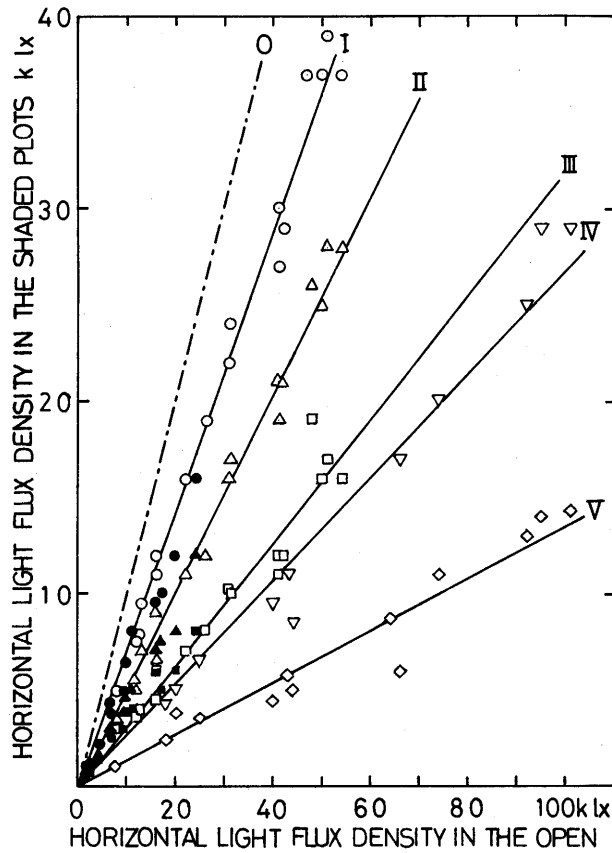


図-1 对照区と各被陰区の水平照度

Fig. 1 Horizontal light flux densities in the shaded plots in relationship to the open plot  
Circles are the light flux densities in the shaded plot I, triangles in II, squares in III, inverted triangles in IV, and inclined squares in V. White symbols are the values under clear weather, and black symbols under cloudy weather. Dot-dashed line shows the relationship in the open plot.

1963年6月29日, 10月4日にえた。曇天下の値はI, II, III区のみで, 1962年8月31日, 9月4日, 9月6日, 9月8日にえた。

晴天と曇天で相対照度に, はっきりした差はないようにみえる。晴天下でえた相対照度の平均値を表-2にしめす。

表-2 被陰区の光条件

Table 2 Light intensities in the shaded plots

区 Plot	相対照度 Relative light intensity* %	相対日射量 Relative radiation intensity		回帰式の係数と常数 Coefficients and constants for the regression equation****	
		日平均 Daily mean** %	積算値の比 Cumulative*** %	b	a
I	71.8	77.0	78.3	0.021	68.9
II	50.7	54.7	55.4	0.012	49.9
III	31.6	39.3	39.6	0.007	36.5
IV	26.8	25.8	26.5	0.011	21.5
V	13.5	13.4	13.7	0.007	10.2

\*Mean value under the clear weather.

\*\*Mean of daily relative radiation intensity throughout the shaded period.

\*\*\*Ratio of horizontal radiation flux density cumulated for the shaded period in each shaded plot to that in the open plot.

\*\*\*\* $R_s = b R_o + a$ , where  $R_o$  is horizontal radiation flux density in  $g \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$  and  $R_s$  is relative radiation intensity in percent.

ロビッチ式日射計でえた各被陰区の日水平日射量の, 対照区の値に対する比を相対日射量(%)とする。対照区の毎日の水平日射量と各区の相対日射量の関係を図-2にしめす。

図-2および表-2の回帰式の係数がしめすように, 日水平日射量が少ない日, すなわち曇りや雨の日は晴れの日にくらべて, 相対日射量が低い。晴天下では直射光の比率が高く, 曇天になるほど散光の比率が大きくなる。散光は直射光にくらべ, ネットによって, さえぎられやすいと考えられる。

図-2では, 太陽高度の高い6月と低い9月の相対日射量を, その他と区別してしめしてある。また, 毎日の相対日射量を各月ごとに平均して表-3にしめす。

太陽高度の高い時期のほうが, 光が上面のネットの部分をとおるさいの距離が短く, さえぎられる比率が小さいので相対日射量が大きいのと思われる。図-2, 表-3には, ある程度こうした傾向がみとめられる。ただしI区の傾向が, ほかの区ほどでないのは, 南側面のネットにじかに陽光があたるためと考えられる。また表-3で, I, II, III区の5月の値が6月にくらべて高いのは, 5月の値が後半のもののみで, 1962年のこの期間は6月にくらべて晴天が多かった(図-3)ためであろう。

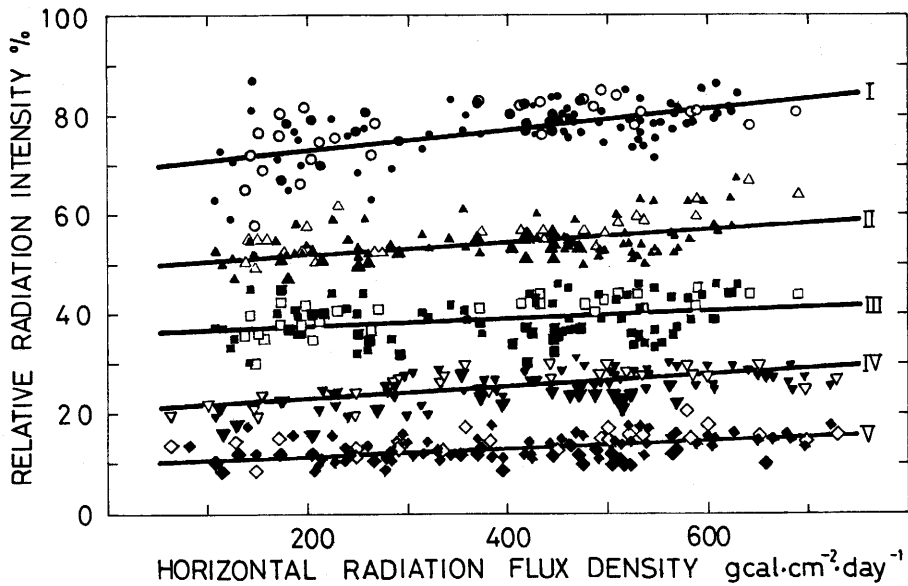


図-2 対照区の日水平日射量と各被陰区の相対日射量

Fig. 2 Relative radiation intensities in the shaded plots in relationship to daily horizontal radiation flux densities in the open plot

Shapes of symbols are the same as those in Fig. 1. White symbols are the values in June and larger black symbols are those in September.

表-3 相対日射量の月平均値

Table 3 Monthly mean of daily relative radiation intensity %

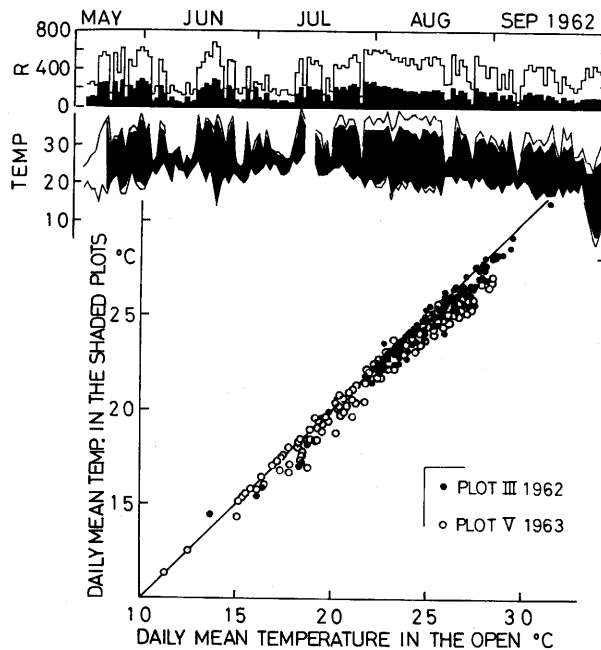
区 Plot	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
I	80.5	77.1	76.5	75.3	77.9
II	61.1	56.3	53.9	52.9	51.9
III	44.0	40.3	40.5	36.6	36.3
IV	25.8	26.6	26.1	26.5	23.6
V	13.4	14.7	14.1	13.3	11.3

被陰処理期間全体の日射量合計から計算した相対日射量と、毎日の相対日射量の平均値は、表-2のようにあまりちがわない。I, II, III区では、相対日射量と相対照度のあいだにかなりの差がある(表-2)。相対照度がかぎられた測定日の値にもとづくのに対して、相対日射量は処理期間全体の資料によるものなので、被陰区の平均的な光条件を、より適確にあらわしていると思われる。ここでは各被陰区の光条件の指標として、毎日の相対日射量の平均値を使用する。

(2) 温度条件 各年度の対照区と、もっとも被陰のつよい区の日最高、日平均、日最低気温を図一3、4にしめす。被陰によって最高温度はかなり低下し、最低温度はいくらか上昇することが多い。その程度はⅢ区よりも被陰がつよいⅤ区で大きく、また気温の高い夏の晴天の日に大きい。

平均気温は被陰によって、いくらか低下する。低下は被陰のつよい区が大きく(図一3)、気温の高い夏にやや大きい(図一4)。日最高、日平均、日最低気温の月平均値を表一4にしめす。対照区と被陰区の差の傾向は上記と同じである。

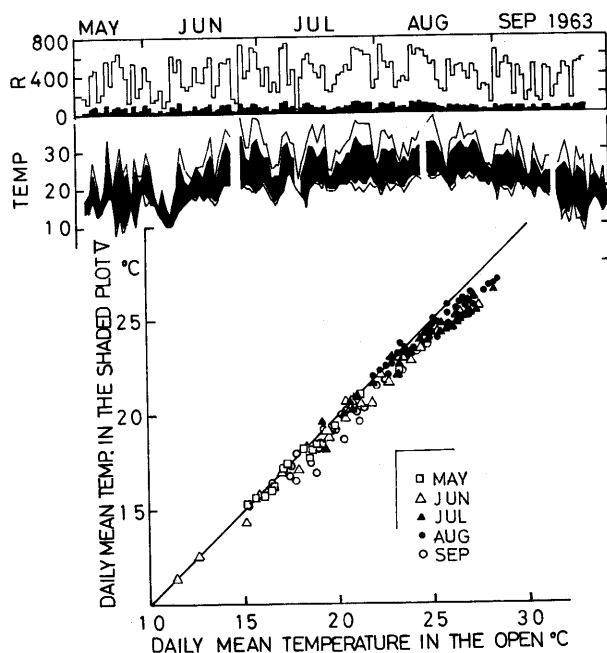
以上のように被陰は、光および温度条件をかえるが、このほか水分条件にも影響をあたえる。



図一3 対照区と被陰区Ⅲの日水平日射量と日最高、最低、平均気温(1962年)

Fig. 3 Daily horizontal radiation flux densities and daily maximum, minimum and mean air temperatures at the height of 10 cm above soil surface in the open plot and the shaded plot III in 1962

R (radiation): White bars are in the open plot, and black bars in the shaded plot. TEMP (max. and min. temperatures): Upper solid line is the maximum, and lower solid line the minimum in the open plot. Upper edge of the black part is the maximum, and lower edge the minimum in the shaded plot. MEAN TEMP.: Black circles are the values in the shaded plot III in 1962, and white circles in V in 1963. Solid line represents the relation of open plot = shaded plot.



図一4 対照区と被陰区Vの日水平日射量と日最高、最低、平均気温(1963年)

Fig. 4 Daily horizontal radiation flux densities and daily maximum, minimum and mean air temperatures at the height of 10 cm above soil surface in the open plot and the shaded plot V in 1963

R and TEMP are the same as in Fig. 3. MEAN TEMP.: White squares are the values in May, white triangles in June, black triangles in July, black circles in August, and white circles in September, 1963, respectively.

夏の晴天続きには、対照区の土壌が被陰区にくらべて乾燥するので、たとえば1962年8月には数日おきに対照区に灌水して、被陰区との水分条件の差を小さくした。また被陰区では温度が低く、ネットによって風とおしがるくなるので、対照区よりも空中湿度の高いことが多いと思われる。



表—4 対照区と被陰区の日最高,平均,最低気温の月平均値

Table 4 Monthly mean of air temperatures at the height of 10 cm above the soil surface in the plots O and III in 1962, and O' and V in 1963

区 Plot	温 度 Temperature °C	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.
O	最 高 Max.	33.0	30.8	32.4	34.4	29.8
	平 均 Mean	27.5	27.1	28.1	28.9	24.8
	最 低 Min.	19.6	21.8	23.1	19.8	16.8
III	最 高 Max.	32.3	30.2	31.1	31.8	27.4
	平 均 Mean	27.3	26.7	27.5	27.3	23.6
	最 低 Min.	20.3	22.0	23.2	20.2	17.2
O'	最 高 Max.	23.4	27.4	32.1	32.0	27.0
	平 均 Mean	18.0	20.9	24.3	25.3	20.6
	最 低 Min.	14.4	16.8	19.8	21.3	16.2
V	最 高 Max.	22.0	24.7	28.1	28.9	24.1
	平 均 Mean	17.6	20.3	23.4	24.7	20.0
	最 低 Min.	14.6	17.2	20.6	22.0	17.0

## 2 被陰と生長

(1) 上長生長 アカマツの上長生長は一般にみられるのと同様に、春なかばまでの短い期間に集中しておこなわれ、被陰処理をはじめた5月中旬には、すでに生長をおえていた。アカマツでは夏なかばから、いわゆる土用のび、土用芽による上長生長のみられることが多い。図—5のように被陰がつよいほど土用のびの開始時期がおくれ、伸長量も少なくなる。1963年の対照区O'の上長生長は、1962年の対照区Oと大差なく、IV、V区では土用のびはみられなかった。

スギの上長生長は対照区OとI区がほぼ同じで、II区、III区は生長の開始がそれよりおくれたが、被陰処理終了時の高さは、あまりちがわない。1962年と1963年の対照区OとO'では、処理終了時の高さはほぼ同じであるが、生長経路はかなりちがう。IV区、V区では被陰のつよさとともに上長生長が低下する。

ヒノキの上長生長は、区によって生長経路がちがうとともに、処理終了時の高さはIV区までは、被陰がつよいほど小さい。IV区とV区の上長生長には、ほとんど差がない。対照区O、O'の処理終了時の高さは、あまりちがわないが、生長経路にはかなりの差がある。

(2) 重量生長 掘りあげた苗の高さと乾燥重量の関係にもとづいて、平均的な上長生長をしめた個体の重量生長経過を図—6のように推定した。対照区は1962年の値のみをしめす。IV区、V区の被陰処理は1963年におこなったが、その年の対照区O'との比率をつかって1962年の対照区Oを基準とする値に換算し、図—6にしめしてある。重量生長速度は被陰の影響をすみやかにうけ、被陰がつよくなるほど低下がいちじるしい。

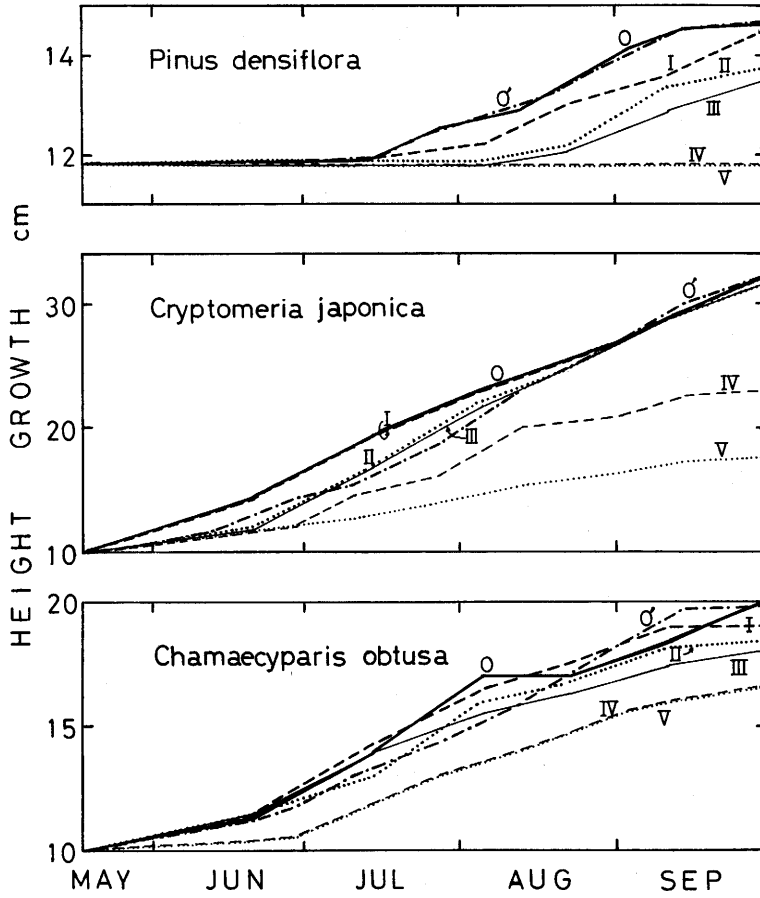
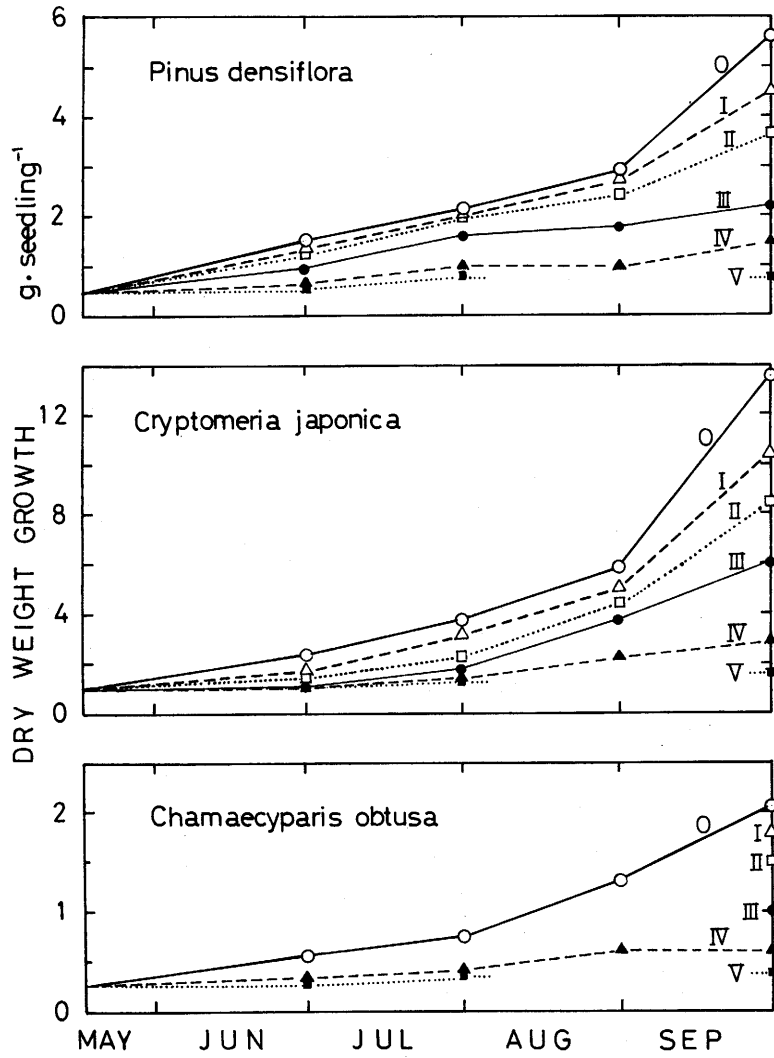


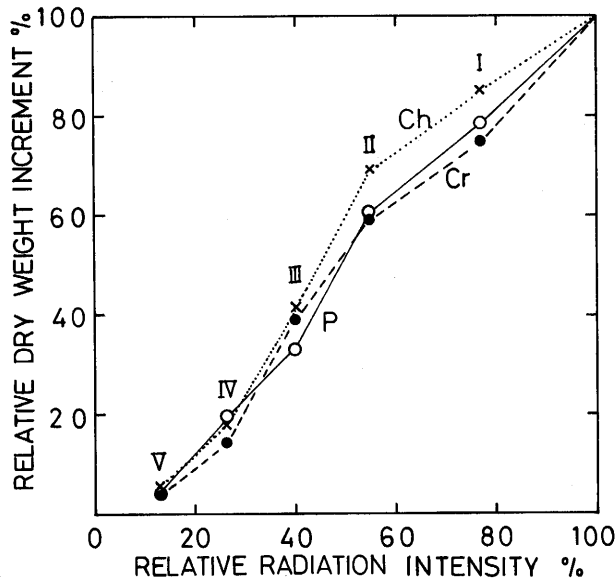
図-5 各区の苗の上長生長経過

Fig. 5 Seasonal height growth of an average seedling in each plot  
 Thick solid line is the height in the open plot in 1962 (O),  
 dot-dashed line in the open plot in 1963 (O'), thick dashed line in  
 the shaded plot I, thick dotted line in II, thin solid line in III,  
 thin dashed line in IV, and thin dotted line in V, respectively.



図一六 各区の苗の重量生長経過

Fig. 6 Seasonal weight growth of an average seedling in each plot  
Note as in Fig. 5.



図一七 相対日射量と各樹種苗の処理期間中の重量増加量

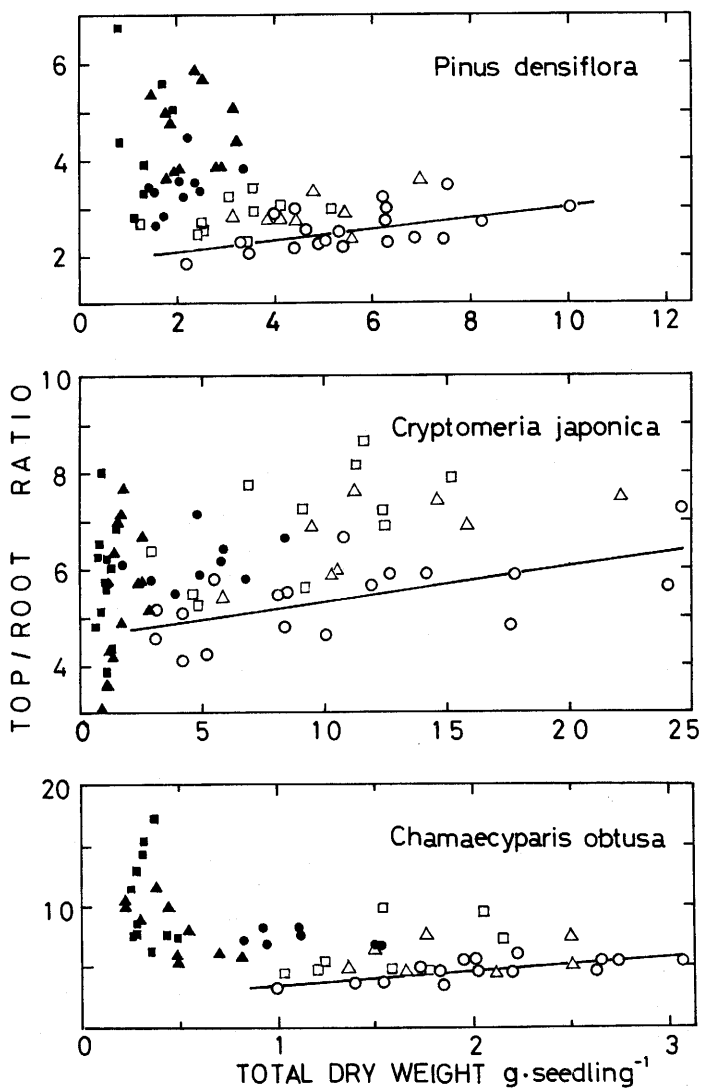
Fig. 7 Dry weight increment of an average seedling in each species during shading period in relationship to relative radiation intensity

Increments in P (*Pinus densiflora*, white circles and solid line), Cr (*Cryptomeria japonica*, black circles and dashed line), and Ch (*Chamaecyparis obtusa*, crosses and dotted line) are represented in percentage of those in the open plots, respectively.

処理期間中の平均個体の重量増加量を、対照区を基準にした相対値になおし、各区の相対日射量との関係に整理して図一七にしめす。相対日射量の低下にともなって重量増加量もさがる。I, II区ではヒノキが、もっとも被陰の影響をうけにくいようであるが、全体として樹種差はあきらかでない。

(3) T/R率 被陰処理終了時に掘りあげた個体のT/R率を個体重量との関係に整理して図一八にしめす。各樹種の対照区では、図にみられるように重量の増加とともにT/R率は高くなる。すなわち大きな個体ほど地上部に対し地下部の重量の比率が小さい。

被陰処理をうけると重量生長が低下し、苗は小さくなるとともに、T/R率の高くなる傾向がある。被陰がつよいほどT/R率の高い個体がみられるが、IV区、V区ではスギのように、かえってT/R率が低下するばあいもある。アカマツのT/R率がスギ、ヒノキにくらべて低いのは、ひろくみとめられている樹種の特徴である。



図一八 各区の苗の個体重量とT/R率（9月末）

Fig. 8 Relation between top root ratio and dry weight of individual seedlings in each plot in late September. White circles are the seedlings in the open plots, white triangles in the shaded plot I, white squares in II, black circles in III, black triangles in IV, and black squares in V, respectively. Solid line represents the regression in the open plots.

被陰処理終了時における各区の平均個体のT/R率および処理期間中の重量増加量の地下部への分配率を、相対日射量との関係に整理して図-9に示す。3樹種とも被陰がつよくなるにしたがって、地下部の重量増加への分配率が低下する。その結果としてT/R率は上昇する。ただし被陰のつよい区でT/R率があまりかわらなかったり、低下する理由としては、処理期間中の重量増加量が少ないので、処理まえのT/R率の影響が相対的に大きいことや、地上部の部分的な枯死の可能性などが考えられる。

以上のように被陰は、上長生長、重量生長などの生長量に影響をあたえる。それとともに重量生長の各部分への分配率をかえ、その結果T/R率などに差を生じる。被陰処理終了時の各区の苗の大きさを表-5にまとめる。

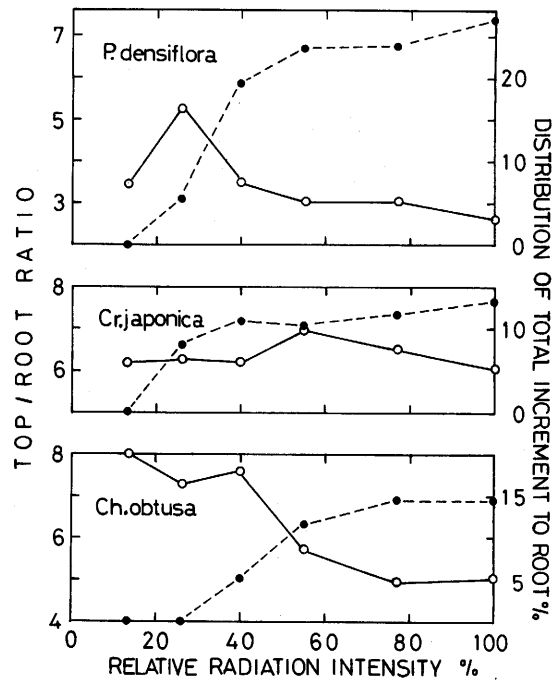


図-9 相対日射量と各樹種苗のT/R率(9月末)および処理期間中の重量増加の根への配分率

Fig. 9 Top root ratio in late September and distribution rate of total dry weight increment to root during the shading period in an average seedling in relationship to relative radiation intensity  
White circles and solid lines represent top root ratio, and black circles and dashed lines distribution rate, respectively.

表一五 被陰処理終了時の各区の苗の高さ、重量、T/R率（平均値）

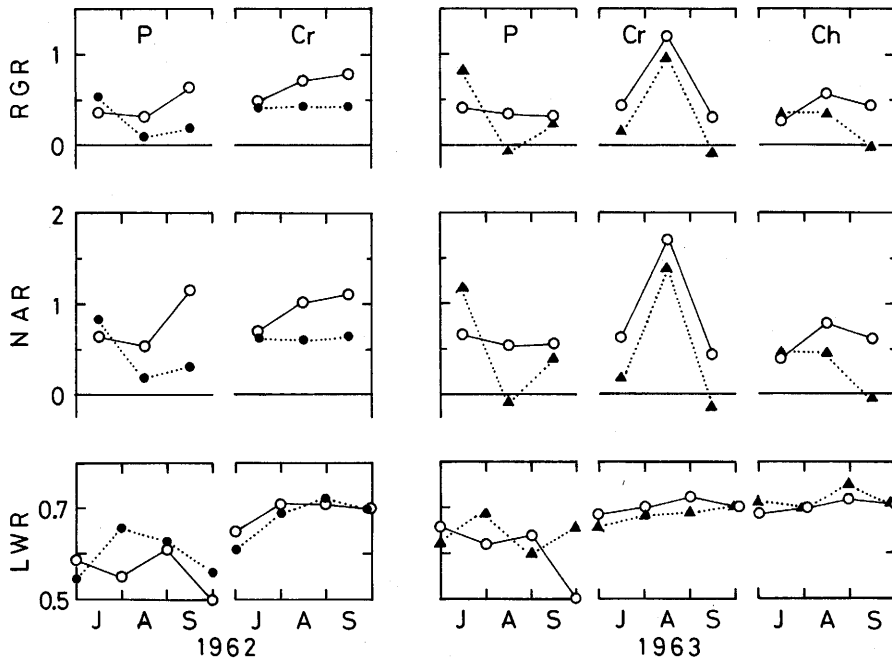
Table 5 Height, dry weight, and top root ratio of an average seedling in each plot at the end of the shading

樹種 Species	区 Plot	高さ Height cm	乾燥重量 Dry weight g				T/R率 Top root ratio
			葉 Leaf	茎 Stem	根 Root	計 Total	
アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	O	14.6	2.84	1.26	1.54	5.64	2.66
	I	14.5	2.48	0.94	1.12	4.54	3.05
	II	13.8	2.01	0.70	0.89	3.60	3.04
	III	13.5	1.22	0.47	0.48	2.17	3.52
	O'	14.7	2.95	1.22	1.76	5.93	2.37
	IV	11.8	1.12	0.30	0.27	1.69	5.26
	V	11.8	0.52	0.21	0.21	0.94	3.48
スギ <i>Cryptomeria japonica</i>	O	32.2	9.46	2.12	1.92	13.50	6.03
	I	32.2	7.36	1.65	1.38	10.39	6.53
	II	31.7	6.05	1.35	1.06	8.46	6.98
	III	31.6	4.17	0.93	0.82	5.92	6.22
	O'	32.2	7.18	1.61	1.44	10.23	6.10
	IV	23.0	1.44	0.32	0.28	2.04	6.29
	V	17.8	0.76	0.17	0.15	1.08	6.20
ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>	O	20.0	1.48	0.28	0.35	2.11	5.03
	I	19.0	1.28	0.25	0.31	1.84	4.94
	II	18.5	1.10	0.21	0.23	1.54	5.70
	III	18.0	0.76	0.15	0.12	1.03	7.58
	O'	19.7	1.46	0.28	0.31	2.05	5.61
	IV	16.6	0.43	0.08	0.07	0.58	7.29
	V	16.6	0.27	0.05	0.04	0.36	8.00

### 3 重量生長の解析

(1) RGR, NAR, LWR 上述のように重量生長は被陰により低下するが、その理由を二、三検討する。相対生長率 (RGR) を、1～2週間ごとに、純同化率 (NAR) と葉重比 (LWR) にわけて検討する生長解析法は、遺伝的な変動の少ない農作物を対象に、イギリスで発達した。本研究で測定対象となった樹種では個体差が大きく、重量測定の間隔も1か月おきである。したがってイギリス式生長解析法の適用には問題もあろうが、重量生長のさかんな7、8、9月について測定資料がそろい、しかも被陰の影響が大きいIII区、IV区について、対照区との比較を図一10にしめす。

1962年にはアカマツ、スギとも、8月、9月のRGRは対照区が高い。NARもRGRと同様であるが、LWRはアカマツでは被陰区IIIがいくらか高いようであり、スギではあまり差がない。したがってアカマツ、スギとも、被陰によるRGRの低下はNARの低下にもとづくもので



図一〇 対照区と被陰区の苗の相対生長率(RGR), 純同化率(NAR), および葉重比(LWR)

Fig. 10 Relative growth rate, net assimilation rate, and leaf weight ratio of an average seedling in the open and the shaded plots

RGR (g dry weight increment during a month per unit weight, g, of seedling), NAR (g dry weight increment during a month per unit weight, g, of needle leaf) and LWR (ratio of needle leaf weight to seedling weight) in each month in 1962 are represented in P (*Pinus densiflora*), and Cr (*Cryptomeria japonica*) seedlings growing in the open plot (white circles and solid lines) and the shaded plot III (black circles and dotted lines), and those in 1963 in P, Cr, and Ch (*Chamaecyparis obtusa*) seedlings in the open plot and the shaded plot IV (black triangles and dotted lines).

ある。しかし、アカマツでは LWR の上昇によって、NAR の低下による RGR の低下を小さくしているといえよう。

1963年のアカマツ、スギ、ヒノキでも、対照区の RGR が高いばあいが多く、その差は主として NAR によるとみられる。アカマツでは前年と同様な LWR の役割が考えられる。NAR は光合成速度と関係がふかい。光合成速度は光のつよさに左右されるから、被陰区の NAR が低く、それが RGR の低下にむすびつくのは当然といえよう。

両年とも7月の RGR, NAR は1963年のスギをのぞき、区間の差が小さいか、アカマツのように被陰区のほうが対照区より高かった。その理由はあきらかではない。また1963年の被陰区 IV は、1962年の III よりも被陰がつよいが、その影響は RGR, NAR の対照区との差には、あらわれていないように思われる。上述のように、苗の個体差が大きいため平均個体の重量推定に誤差があること、重量測定の間隔が1か月で長すぎることに、年により諸条件がちがうことな



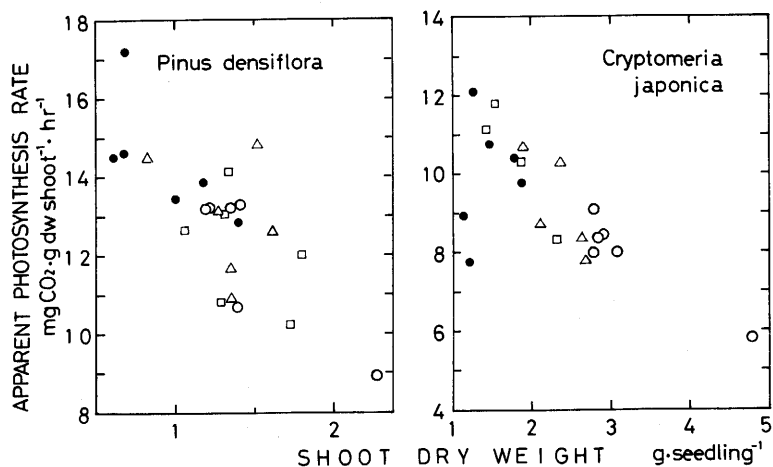


図-11 各区の苗の地上部重量と光合成能力 (1962年7月末)

Fig. 11 Photosynthetic capacity in relationship to shoot weight of individual seedlings in each plot in late July, 1962  
 Photosynthetic capacity is the photosynthesis rate of detached shoots under the conditions of saturated light, optimum temperature, and sufficient supply of water. White circles are the seedlings in the open plot, white triangles in the shaded plot I, white squares in II, and black circles in III, respectively.

どから、ここでの RGR などについてのこまかな検討には限界がある。

(2) 光合成, 呼吸 1962年7月末に対照区と各被陰区から採取したアカマツとスギの光合成能力—光飽和, 最適温度, 十分な水条件下での単位重あたりの光合成速度—を図-11にしめす。個体が大きいかほど光合成能力は低下する。被陰処理による直接の影響はあきらかでないが, 被陰がつよい区ほど生長がおくれ, 光合成能力の高い個体が多くなる。

1962年8月末に対照区と被陰区IIIから採取したアカマツとスギの暗呼吸速度を図-12にしめす。値のばらつきが大きい, 被陰処理によって単位呼吸速度は低くなるように見える。

1962年10月上旬に対照区と被陰区IIIから採取したアカマツとスギについて, 野外条件下で光合成速度を測定した。その結果を整理してえた照度と光合成速度との関係を図-13にしめす。スギでは被陰下で育った苗が対照区にくらべ, よわい光を能率よく光合成に利用している。アカマツでの適応はスギのようには, あきらかでない。

対照区と被陰区IV, Vについて計算した1963年6月における地上部単位乾重量あたりの毎日の光合成生産量を図-14にしめす。光合成生産量は、昼間のみかけの光合成量から夜間の呼吸量をさしひいた値である。計算には各区での日射量、気温の実測記録と、ほかの機会りに、3樹種の苗畑に生育する1年生苗でえた、この季節の光合成能力、日射量と光合成速度の関係、温度と光合成速度の関係、単位暗呼吸速度、温度と暗呼吸速度の関係を資料としてもちいた。

図-14には、各区の光合成生産

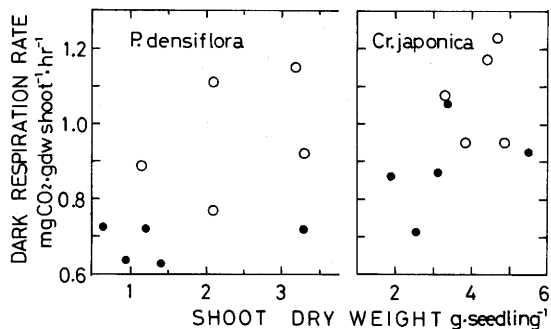


図-12 対照区と被陰区IIIの苗の地上部重量と暗呼吸速度 (20°C, 1962年8月末)

Fig. 12 Respiration rate at 20°C in relationship to shoot weight of individual seedlings in the open plot and the shaded plot III in late August, 1962

White circles are the seedlings in the open plot, and black circles are those in the shaded plot III.

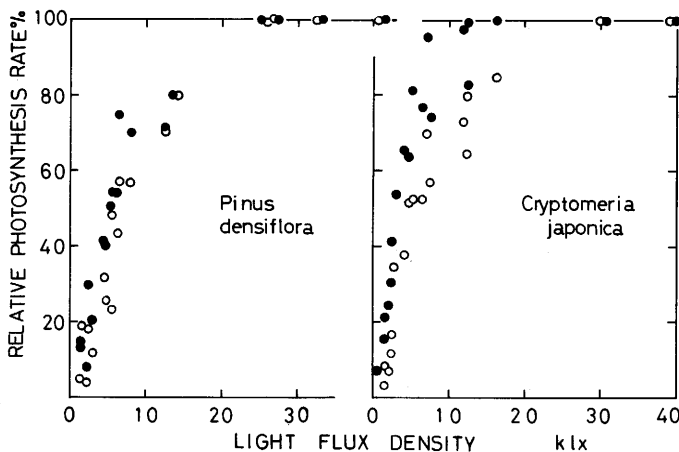


図-13 対照区と被陰区IIIの苗の照度と光合成速度(1962年10月はじめ)

Fig. 13 Photosynthetic response of seedlings in the open plot and the shaded plot III to light flux density in early October, 1962

Symbols as in Fig. 12.

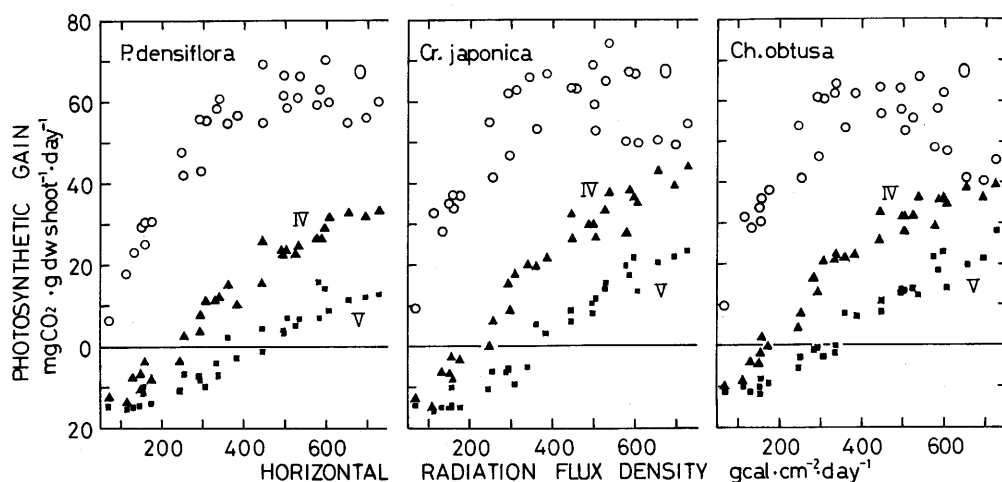


図-14 対照区の日水平日射量と、対照区および被陰区IV、Vの苗の日光合成生産量(1963年6月)

Fig. 14 Estimated daily rates of photosynthetic production of seedlings in the open plot and the shaded plots IV and V in relationship to daily horizontal radiation flux densities during June, 1963

White circles are the values in the open plot, black triangles in the shaded plot IV, and black squares in V, respectively.

量を対照区の日水平日射量との関係に整理した。各樹種、各区とも、日射量とともに光合成生産量は増加するが、両者の関係はそれぞれ異なる。対照区の光合成生産量は、日射量が少ない範囲で急増し、増加はしだいにゆるむ。さらに日射量が多くなると、あまりかわらなくなり、スギ、ヒノキでは減少がみられる。これは光合成の光飽和と、強光域での低下によるものである。

これに対して被陰区では、日射量が少ない日には光合成生産量がマイナスになり、日射量とともに増加をつづける。どのくらいの日水平日射量の際に光合成生産量が0になるか、すなわち光合成生産の日補償点を図-14からもとめると表-6のようになる。表にはIV区とV区で1963年の処理期間中にみられた、日補償点以下の日数もあわせてしめす。

アカマツは、ほかの2樹種にくらべ日補償点以下の日数が多いが、これは照度と光合成速度の関係にみられる樹種差<sup>1,2)</sup>からも理解できることである。しかし、被陰処理期間の重量増加の比較では図-7のように、対応するような樹種差はみられなかった。7月、8月にみられたような高温下(図-4, 表-4)では、スギ、ヒノキにくらべアカマツの光合成速度のほうが大きい可能性があり、このことが樹種差を小さくしている一因と思われる。

被陰による重量生長の低下を物質生産にかかわる各項目にわけて検討するには、光合成、呼吸関係の資料が重要である。被陰処理と平行しての光合成能力や単位呼吸速度の測定によって、

表一六 被陰区, IV, Vにおける光合成生産の日補償点

Table 6 Daily radiation compensation point in estimated photosynthetic production in the shaded plots IV and V

	区 Plot	樹 種 Species		
		アカマツ <i>Pinus densiflora</i>	スギ <i>Cryptomeria japonica</i>	ヒノキ <i>Chamaecyparis obtusa</i>
日補償点 Daily compensation point g cal · cm <sup>-2</sup> · day <sup>-1</sup>	IV	250	220	200
	V	400	350	330
日補償点以下の日数 Days below daily compensation point	IV	30	25	21
	V	61	51	47

図一11~13に断片的にしめしたような処理の影響をくわしくとらえる必要がある。図一14にしめしたような計算を処理の初期である6月のみにとどめたのは、こうした資料を欠くからである。

#### IV おわりに

この研究では光合成、呼吸関係の測定をほとんど欠いたために、はじめの目的とした被陰に対する反応の樹種差を、物質生産の面からあきらかにすることはできなかった。しかし、えた結果は今後こうした研究をすすめていくうえの参考として役立つと考えられる。

ここでの被陰処理は5月中旬から9月末までの比較的短期間なので、処理開始まえの貯蔵物質などの影響が、かなりのこっていると思われる。被陰の影響の検討には、IV区、V区のようなつよい被陰を、もっと長期間にわたって継続する必要がある。重量生長の経過を知ること重要であるが、個体差の大きい材料を対象にこうした推定をするには、多数の試料苗と広い床替床を用意しなければならない。野外の被陰処理では、光条件とともに温度条件や水分条件も変化する。ほかの条件の差を小さくして、光条件の影響だけをとりだすには、人工気象室などの栽培実験を平行することがのぞましい。

#### 要 旨

アカマツ、スギ、ヒノキの1年生苗を5月16日から9月30日まで、相対日射量100, 77, 55, 39, 26, 13%のもとで育て、被陰が上長生長、重量生長にあたえる影響をしらべた。被陰がよくなるほど重量生長は低下するが、その理由についてRGR, NAR, LWRや、光合成生産の

面からの検討をこころみた。

被陰による重量生長の低下は、地上部より地下部でいちじるしいので、被陰区の苗は T/R 率が高い。被陰によって RGR が低下するが、それは主として NAR の低下、すなわち光不足による光合成生産の低下によるものである。相対日射量13%の被陰区での光合成生産の日補償点は、対照区（裸地）の日射量で、アカマツ400、スギ350、ヒノキ330g cal・cm<sup>-2</sup>・day<sup>-1</sup>である。処理期間中に日補償点に達しなかった日が、アカマツで61、スギで51、ヒノキで47日間あったと推定される。

### 引用文献

- (1) NEGISI, K. (1966): Photosynthesis, respiration and growth in 1-year-old seedlings of *Pinus densiflora*, *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*. Bull. Tokyo Univ. For. 62 : 1~115
- (2) NEGISI, K. (1977): Seasonal changes in rate of photosynthesis and growth of *Pinus densiflora*, *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* seedlings in their second vegetation season. Proc. Bicentenary celebration of C.P. THUNBERG'S visit to Japan (The Royal Swedish Embassy & The Bot. Soc. Japan): 77~89

(1985年3月7日受理)

### Summary

To study the effects of shading on growth among the different tree species, 1-year-old *Pinus densiflora*, *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* seedlings were grown under the six different light conditions, 100, 77, 55, 39, 26, and 13 % in relative radiation intensity, respectively, for the periods May 16 to September 30, 1962 and 1963. The growth in dry weight decreased with shading, and the RGR, NAR, LWR, and photosynthetic production rate in the shaded plots were compared with those in the open plots.

The decrease in dry weight growth with shading was remarkable in the root as compared with in the top, and the top root ratio was higher in the seedlings of the shaded plots. The depression in RGR in the shaded plots was mainly caused by the depression in NAR, that is, by the reduction in photosynthesis rate under the shadings. The daily light compensation points in photosynthetic production in the shading plot of 13 % in relative radiation intensity were 400g cal・cm<sup>-2</sup>・day<sup>-1</sup> of radiation intensity in the open in *P. densiflora*, 350 in *Cr. japonica*, and 330 in *Ch. obtusa*, respectively. The days below these compensation points were estimated to amount to 61 days in *P. densiflora*, 51 days in *Cr. japonica*, and 47 days in *Ch. obtusa* during the shading period, respectively.