

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

川 那 辺 三 郎・四 手 井 綱 英

Ecological Studies on the Influence of Light Intensity upon the
Growth and Development of Forest Trees (III)
Effects of Shading on the Growth of Some Coniferous Seedlings

Saburo KAWANABE and Tsunahide SHIDEI

目	次
要 旨……………	111
まえがき……………	112
1. 実験方法……………	112
2. 測定方法および結果……………	112
3. 考 察……………	114
(1) 樹 形……………	114
(2) 葉面積……………	114
(3) 生産構造……………	114
(4) 各部分の生長……………	114
(5) 生長解析による比較……………	114
引用文献……………	120
Résumé……………	121

要 旨

満1年生の針葉樹の苗木（アカマツ、クロマツ、スギ、ヒノキ）を用いて小型の林分をつくり、サランネットを重ねて減光の度合を変えた被陰ネットで試験区をおおい、被陰処理を行なった。3月に植栽して、同年4月に被陰処理を行ない、翌年10月に苗木を掘取って各部分の重量を測定し、もつめた処理中の乾重生長量をもとに、各樹種の生育状態の比較を行なった。

被陰処理によって葉の陰葉化がおこり、被陰が強くなるにしたがい、単位葉重量あたりの葉面積が増加する。この増加する割合は、スギ、ヒノキが、アカマツ、クロマツに比べて大きい。個体あたりの葉面積は、アカマツ、クロマツでは被陰が強くなるにしたがい少なくなる。スギ、ヒノキでは、ある程度被陰した方が対照区（相対照度 100%）より多くなるが、さらに被陰を強くすると、その値は小さくなる。

アカマツ、クロマツの各部分の重量生長率は、被陰によって低下するが、その低下の割合の、各部分による違いは少ない。スギ、ヒノキでは、地上部重の生長率は相対照度約 30% まで、対照区との差が少ないが、さらに被陰が強くなると、急速に低下する。これに対して、地下部重の生長率は、被陰が強くなるにしたがって低下する。

単位葉面積あたりの純生産量は、4 樹種とも、被陰によって減少する。その変化は相対照度の対数値にたいして、ほぼ直線で近似できる。個体重あたりの葉面積は、被陰の度合が強くなるにしたがっ

* Contributions from JIBP-PT No. 42

この研究は文部省科学研究費・特定研究「生物圏の動態」によつた。

て増加するが、アカマツ、クロマツでは一定の限界があって、被陰がそれより強くなっても増加しなくなる。スギ、ヒノキでは、この値は最も被陰の強い相対照度10%区まで、相対照度の対数値に、直線の関係で増加する。これらの関係からとめた最適相対照度の推定値は、ヒノキ、スギ、アカマツ、クロマツの順に大きく、個体の補償点の推定値は、クロマツ、アカマツ、スギ、ヒノキの順に小さい。この順位は、主に経験的にしめされた樹種の陰陽の順序によく一致するようである。

ま え が き

陽光量と樹木の生育の関係は、種によって異なった傾向をしめすことが知られている。強い被陰のもとで生育をつづける能力を一般に耐陰性と呼んでいる。種によって異なる耐陰性をしらべようとする研究は古くから行なわれてきた。

植物を、人工的に種々の強さの被陰のもとでそだて、その生長と被陰の強さとの関係から、種によって異なる特徴をしらべようとする研究は多く報告されている。主なものをみると、乾重生長量と被陰の強さとの関係から、種によるちがいをしらべる方法¹⁾²⁾、被陰によっておこる各部分の量の割合の変化をしらべる方法³⁾、被陰による、光—光合成曲線の変化をしらべる方法⁴⁾、強い被陰のもとでの生存期間を比較する方法⁵⁾、主に草本で、イギリス系の生長解析による耐陰性の解析⁶⁾、植物生長のロジスチック理論による光要因と植物の生長の関係をしらべる方法⁷⁾、光合成産物の同化器官と、非同化器官への配分率をしらべる方法⁸⁾などである。

これら各種の方法を組合せてしらべることは有利であろう。

著者らは、広葉樹の小型林分を、種々の強さの被陰のもとでそだて、その乾重生長量をもとに、主としてイギリス系の生長解析による耐陰性の解析方法を用い、また各部分の重量割合の変化などをしらべて、樹種の特徴をとらえようとした^{9)~11)}。ここでは、4種の針葉樹の苗木の小型林分をつかい、広葉樹と同様な方法で解析をこころみた。

1. 実 験 方 法

実験は京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地（京都市北区上賀茂本山）で、アカマツ¹²⁾ (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.)、スギ¹³⁾ (*Cryptomeria japonica* D. Don)は1965~1966に、クロマツ (*Pinus Thunbergii* Parl.)、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc.)は1966~1967に行なった。

4樹種とも実験は全く同じ方法で行なった。満1年生の実生苗を m^2 あたり、196本の密度で3月中旬に床植えた。1試験区の苗木は100本である。

被陰処理は、試験区を完全におおう枠（巾×長さ×高さ1.2×1.5×1.0m）に緑色のサランネットを重ねてはりあわせた被陰ネットを用いて行なった。減光の度合は、サランネットの重ね枚数をかえることによって、その度合をかえた。アカマツ、クロマツ、スギは、おのおの5つの被陰区と対照区で合計6区、ヒノキは4つの被陰区と対照区で合計5区である。

試験区の被陰の度合は、試験区内の相対照度(RLI)であらわした。相対照度は裸地の照度を100として、裸地と同時に測定したネット内の照度を%でしめした。各試験区のネット内の相対照度は表-2のとおりである。

被陰処理は、植栽した同年の4月にはじめて、翌年10月までつづけた。

2. 測定方法および結果

各試験区とも最外列1列を除き、64本を測定に用いた。

処理開始時の供試木の各部分の重量は、処理開始時に実測した供試木の地際直径(D)と苗高(H)を

表-1 処理前の平均個体の大きさ, 重量, 各部分の重量割合, 葉面積
Average diameter, height, leaf area, dry weight and its distribution within seedlings
at the start of the experiment.

Species	Average diameter (mm)	Average height (cm)	Percentage of seedling dry weight in			Average dry weight per seedling (g)	Average leaf area per seedling (cm ²)
			Roots	Stem & Branches	Leaves		
<i>P. densiflora</i>	3.1	17	22	25	53	2.4	154
<i>P. Thunbergii</i>	3.6	15	28	28	44	2.3	89
<i>Cr. japonica</i>	1.8	10	22	33	45	0.5	17
<i>Ch. obtusa</i>	1.6	14	21	17	62	0.6	23

もとに, 別に植栽した供試木と同じ苗木を掘取って, 各部分の重量と D , H を測定した値から, 相対生長の關係を用いて推定した。表-1は, このようにして求めた各部分の量の樹種ごとの平均値である。

第-2 2生育期間処理後の各区の平均個体の大きさ, 重量, 各部分の重量割合, 葉面積
Average diameter, height, leaf area, dry weight and its distribution within seedlings
on each treatment at the end of the second growing period.

Relative light intensity daylight=100	Average diameter (mm)	Average height (cm)	Percentage of seedling dry weight in-			Average dry weight per seedling (g)	Average leaf area per seedling (cm ²)
			Roots	Stem & branches	Leaves		
Pinus densiflora							
100	7.8	58	25	42	33	19.4	788
54	6.5	54	24	42	34	11.3	535
36	5.4	42	27	37	36	6.9	368
24	5.2	42	29	38	33	6.2	344
16	4.6	38	24	41	35	3.8	216
12	4.2	34	28	40	32	3.1	169
Pinus Thunbergii							
100	7.4	53	18	38	44	18.7	709
64	6.8	49	19	39	43	14.7	603
42	5.6	43	19	34	47	8.9	409
28	4.9	37	22	34	44	5.5	253
17	4.1	33	20	36	44	3.7	188
10	3.7	28	26	41	33	2.1	80
Cryptmeria japonica							
100	5.2	40	29	23	48	9.9	327
56	5.1	40	22	21	57	9.1	393
36	5.0	42	22	24	54	9.0	458
24	4.3	31	22	22	56	5.3	341
16	4.0	32	19	25	56	4.0	267
10	3.5	27	19	26	55	2.6	206
Chamaecyparis obtusa							
100	4.6	40	24	20	56	9.3	335
58	4.3	50	21	22	57	8.7	328
27	4.1	52	13	26	60	7.7	483
16	3.6	42	13	23	64	5.0	375
10	3.3	34	14	21	65	3.0	257

処理中は、約 1.5 ヶ月ごとに、 D 、 H を測定して、アカマツ、スギは1965年10月に、クロマツ、ヒノキは1966年10月に1試験区内から16本を掘取って、各部分の重量および D 、 H を測定した。これらの値をもとに、残った供試木を実測した D 、 H から、各部分の量を推定した。アカマツ、スギは1966年10月に、クロマツ、ヒノキは1967年10月に残った供試木を全部掘取って、各部分の重量および D 、 H を測定した。測定した生重量は、資料の一部を電気乾燥器 (105°C) によって絶乾にした値をもとに、各部分の量を絶乾重量に換算した (表-2)。以下の考察は、平均個体絶乾重量を用いて行なう。

アカマツ、クロマツの葉面積は、一対の針葉を、あわせて押しつけたときに、円筒形になるものとしてその表面積を求めた¹⁴⁾。スギ、ヒノキの葉面積は、投影による方法¹⁵⁾¹⁶⁾で面積を求めた。したがって、スギ、ヒノキの場合は、葉の厚さを考慮していないので、アカマツ、クロマツの表面積と全く同じものとして対応出来るものではない。なお、これらの葉面積は、他の樹種との比較を容易にするため、アカマツ、クロマツでは全表面積の半分を葉面積として使い、ヒノキ、スギでは投影した片面の面積を葉面積として用いた。

最終掘取時における各試験区の苗木の枯損率は、アカマツでは、対照区から相対照度 36% 区までが 5% 以下で、さらに被陰の強い区では、被陰が強いほど枯損率が高くなる。最も被陰の強い 12% 区では枯損率は 30% であった。クロマツでは、対照区から相対照度 17% 区までが 5% 以下、最も被陰の強い 10% 区で 23% であった。スギ、ヒノキでは各区とも枯損率 3% 以下で、被陰の強さとの関係はみられなかった。アカマツ、クロマツの被陰の強い区での枯損の大部分は、処理翌年の夏におこっている。

被陰によって試験区内の光以外の環境因子も影響を受けることが報告されているが^{1)17)~19)}、それらの因子の変化と被陰の強さの関係は、非常に複雑であるため⁹⁾、ここでは、光だけをもとにして、生長との関係をしらべた。

3. 考 察

1) 樹 形

アカマツ、クロマツは、被陰が強くなるにしたがって、 D 、 H の生長率がともに低くなる (図-1)。

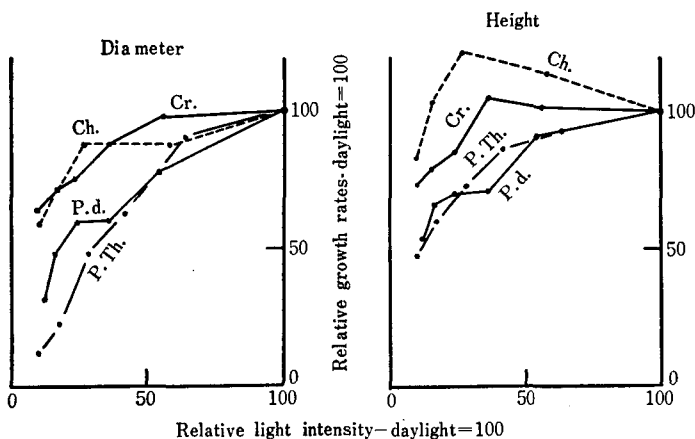


図-1 直径、苗高生長率と相対照度

Fig. 1. Effects of shading on the relative growth rates of diameter and height.

被陰の強さの増加による生長率の低下の割合は、 H よりも D の方が大きい。したがって被陰した区では、幹が細長くなる傾向がみられる。スギ、ヒノキでは、前者にくらべて、かなり異なった関係がみられる。 D は被陰の度が増すにしたがって、その生長率は低下するが、その低下の割合はアカマツやクロマツにくらべて少ない。 H の生長率は、スギでは36%区がヒノキでは27%区が最大で、対照区より大きく、さらに被陰が強くなると、はじめてその値は低下しはじめる。

幹の形をあらわす比較苗高 (H/D) は、4 樹種とも対照区より被陰区が大で、ある強さの被陰区に最大値がみられる。

スギ、ヒノキの D 、 H の生長と被陰の強さの関係は、広葉樹による同様な実験の結果^{9)~11)20)}にみられた傾向に似ているようである。

2) 葉 面 積

4 樹種とも、被陰の度合いが強くなるにしたがって、単位葉重量あたりの葉面積 (SLA) は増加する (図-2)。ただし、アカマツ、クロマツ、スギ、ヒノキでは増加のしかたが異なり、アカマツでは24%区、クロマツでは17%区より被陰が強くなっても、SLA はそれ以上大きくならないようである。SLA の最大値は、アカマツでは対照区の 1.4 倍、クロマツでは 1.3 倍である。スギ、ヒノキでは、最も被陰の強い10%区まで増加し、最大値は両者とも対照区の約 2.1 倍で、アカマツ、クロマツにくらべて変化の割合が大きい。広葉樹の同様な実験によれば、相対照度約10%の被陰処理で、SLA は対照区の約 2 倍のものが多くみられた^{9)~11)}。この値は同じ個体でも樹冠の上部と下部とではかなり異なるようである¹⁰⁾。ここでは、樹冠の上、中、下層からサンプルして測定した平均値でしめた。

被陰によって、SLA が増加することは、広葉樹では、葉がうすくなる、いわゆる陰葉化と密接な関係があると考えられるが、針葉樹でも同様なことが予想される。

スギの1年生葉は6~7ヵ月の人工被陰処理でクロロフィルが増加し、より被陰を強くすると水分量が増すなどの陰葉としての性質をしめすことが報告されている²¹⁾。ここでは、4 樹種とも、強い被陰区の葉の水分量は対照区にくらべて少し増すようであった。

個体の総葉面積は、アカマツ、クロマツでは、被陰が強くなるにしたがって少なくなる。これにくらべ、スギ、ヒノキでは、ある程度の被陰をあたえた方が、対照区より葉面積が多くなる。スギでは36%区が、ヒノキでは27%が最大で、この最大値は両者とも対照区の約 1.4 倍であった (表-2)。

3) 生 産 構 造

葉重量を層別に区分して測定すると図-3に示されているように、梢端から下方に向かって漸増し、最大値に達した後、再び少なくなる。4 樹種とも、葉重量の最も多い層の値は、被陰が強くなるにしたがって減少する傾向がみられる。対照区にくらべて、被陰区の葉の量は、垂直方向に、よりならされた分布になる。広葉樹においても、同様な傾向がみられた⁹⁾。被陰によって、葉の垂直分布が、よりならされた形になることと、樹幹が細長になることには密接な関連があるものと考えられる。

樹冠下の相対照度は、アカマツ、クロマツでは、対照区より被陰区が低く、スギ、ヒノキでは、これと逆で、対照区が被陰区より高い値をしめす (図-3)。ここで得られた、アカマツ、クロマツの対照区の樹冠下相対照度は、樹令の高い林分の値にくらべて²⁴⁾、かなり低い。

対照区のスギの葉量は 9.4t/ha で、より樹令の高い林分の値 16~32t/ha²²⁾ にくらべて低く、ヒノキでは 10.2t/ha で、28年生でしらべられた 13t/ha²³⁾ に近い。アカマツでは 12.6t/ha、クロマツでは 16.1t/ha で、アカマツの閉鎖林分の値約 5t/ha²⁴⁾ にくらべてかなり高い。アカマツ、クロマツの対照区の樹冠下の相対照度が低いのは、葉量がこのように多いためであろう。

4) 各部分の生長

ここで用いる生長量、または生長率は、平均個体の処理中の乾重増加量 (現存量の増分)、または増加率 (増分率) である。

図-4は、対照区の各部分別の生長率をもとにした、被陰区の各部分の生長率と、相対照度の関係を

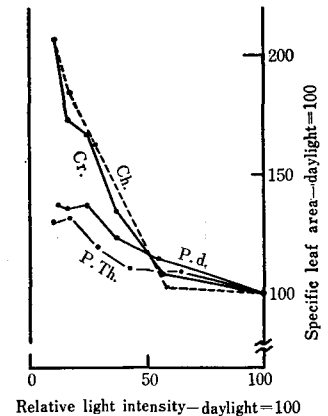


図-2 単位葉重量あたりの葉面積と相対照度

Fig. 2. Effects of shading on the specific leaf area (leaf area/leaf weight).

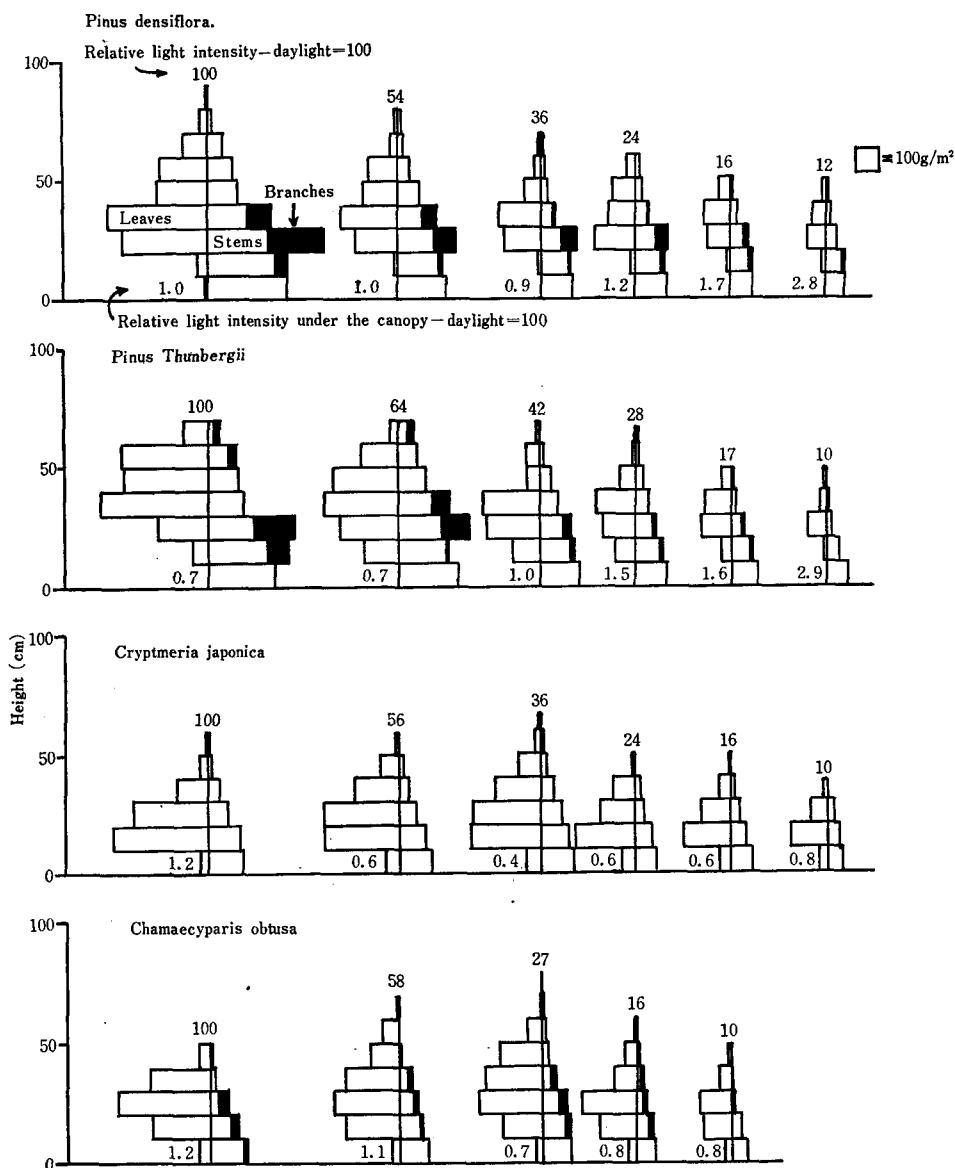


図-3 生産構造図

Fig. 3. Vertical distribution of leaves, stems and branches of stands under different light intensities.

しめたものである。図にみられるように、樹種によってその関係の傾向が異なっている。アカマツでは、相対照度の低下により、葉重の生長率低下の割合が、他の部分に比して大きい。その他の部分では、おたがいに差はみとめられない。クロマツでは各部分間の差が非常に少ない。スギ、ヒノキは、クロマツにくらべて各部分の間の差が大きい。同様に地下部分（根）と地上部分（幹枝葉）の重量生長率を樹種ごとに比較すると図-5のとおりで、地下部は各樹種とも相対照度の減少によって低下するが、地上部分は、アカマツ、クロマツとスギ、ヒノキでは異なった関係がみられる。アカマツ、クロマツでは地上部は、地下部と同様に、被陰によって低下するが、スギでは36%区まで、ヒノキでは27%区まで、地上部分の生長率は、対照区との差が少なく、さらに被陰が強くなるとはじめて低下

する。広葉樹には、スギ、ヒノキにみられたと同様の傾向をしめすものが多い⁹⁾¹⁰⁾²⁰⁾。

個体全重の生長率は、4樹種とも、全重量に対する地上部分のしめる割合が大きいため、地上部生長率の影響が強い。個体全重の生長率が対照区の50%になる相対照度は、アカマツ、クロマツでは30~40%，スギ、ヒノキでは約10%である。スギとヒノキの生長率と相対照度の関係は、たがいに似ており、アカマツ、クロマツとは、かな異なる。同化量測定の実験結果でも、同化作用にみられるスギとヒノキの違いは、スギとアカマツの違いほど大きくないことが報告されている²⁵⁾。

5) 生長解析による比較

先にのべたように、被陰の強さと苗木の生長との関係は、樹種によって異なっていた。これを、よりくわしくしらべるために、ここでは、イギリス系の生長解析の方法を用いてしらべた。この方法は植物生長の複利法則による生長率 (RGR)²⁶⁾ を純同化率 (NAR) と葉面積比 (LAR) [または SLA と葉重比 (LWR)] に分解して、これらの値と環境要因との関係をもとにして、植物の生育過程、耐陰性や密度の影響などをしらべる場合に有効で、広く使われている。

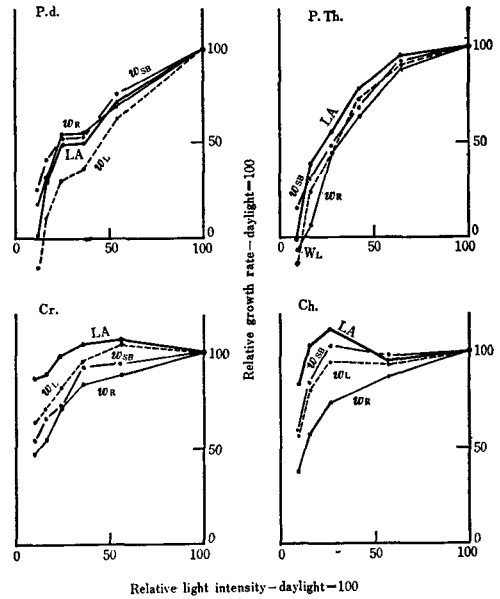


図-4 各部分の生長率と相対照度

Fig. 4. Effects of shading on the relative growth rates of roots (Ws), stem branches (Wsb), leaves (Wl) and leaf area (LA).

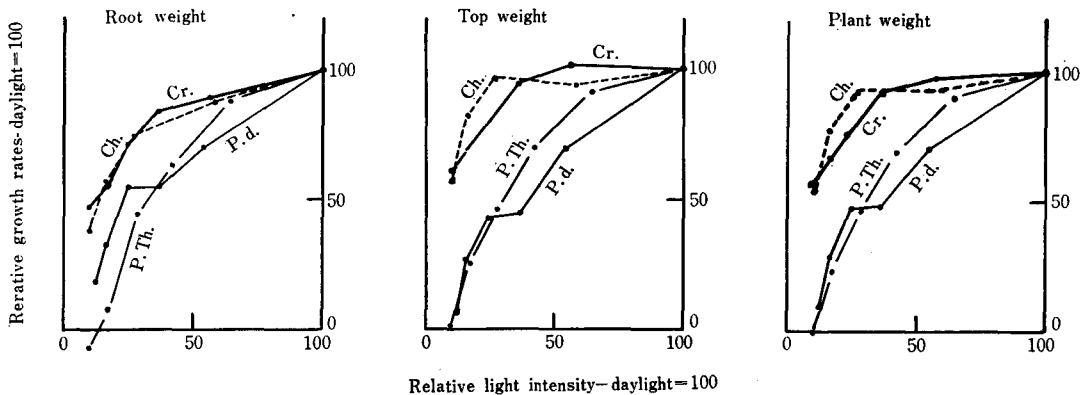


図-5 地下部(根)重、地上部重と個体重の生長率と相対照度

Fig. 5. Effects of shading on the relative growth rates of whole plant, its roots and its top.

これらの値は、生育時期によって、かなり変化するようである⁹⁾¹¹⁾²⁷⁾²⁸⁾。ここでは一例として、スギの処理当年と2年目の値を表-3でしめた。2年目の NAR は当年の値にくらべて相対照度の高い区で、より低く、相対照度の低い区では、差が小さい。LAR は、対照区では当年と2年目の差が小さいが、相対照度が低い区ほど、2年目の値が大きい。すなわち、被陰によって個体重あたりの葉面積が、被陰の強い区ほど、増加の割合が大きくなることをしめしている。このことは、被陰に対する適応現象の一つであるとみられる。ヒノキの LAR も、スギと同様な傾向がみとめられたが、アカマ

ツ; クロマツでは, 各区とも当年より2年目の値が低く, スギにみられるような傾向はみとめられなかった。

図-6は, 4樹種について, 全処理期間(2生育期間)を通じての NAR, LAR, RGR の値と相対照度の関係をしめた。

アカマツ, クロマツでは, 相対照度の低下による NAR の低下の度合いが大きく, 相対照度の対数値

と直線で近似できるようで, この近似直線は, アカマツでは相対照度約10%で, クロマツでは約11%

表-3 スギの処理当年と2年目の NAR, LAR, RGR,
NAR, LAR and RGR of *Cr. japonica* on each treatment for
the first and the second growing periods.

Relative light intensity daylight=100	1965			1966		
	NAR	LAR	RGR	NAR	LAR	RGR
100	0.0511	34.5	1.76	0.0345	34.6	1.20
56	0.0447	37.1	1.66	0.0293	42.4	1.24
36	0.0347	40.8	1.42	0.0263	49.6	1.30
24	0.0235	45.4	1.07	0.0197	61.5	1.21
16	0.0189	46.6	0.88	0.0167	64.0	1.07
10	0.0130	51.6	0.67	0.0131	77.2	1.07

NAR g/cm²/year, LAR cm²/g, RGR g/g/year

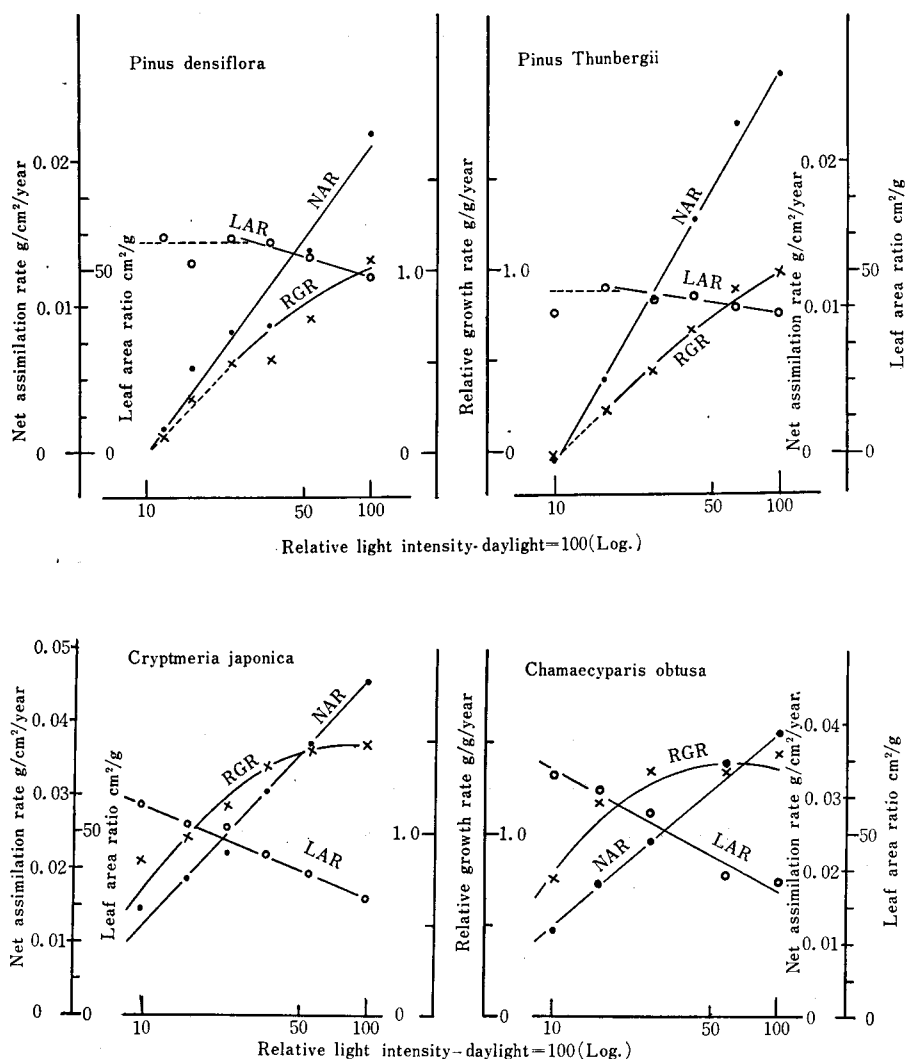


図-6 全処理期間を通じた NAR, LAR, RGR と相対照度

Fig. 6. Effects of shading on NAR, LAR and RGR, for the whole experimental period.

で NAR が 0 となる。LAR は、被陰が強くなるにしたがい増加し、アカマツでは対照区から 24% 区まで、クロマツでは 17% 区までは、相対照度の対数値と直線関係がみられるが、さらに被陰の強い区では、LAR は増加しないようである。これは、アカマツの SLA が相対照度 24% 区以下、クロマツでは 17% 区以下では増加しないことと一致している。

スギ、ヒノキの NAR は、相対照度の対数値の増加に対して直線的に増加する。両者の LAR は、ともに相対照度の低下にしたがって増加し、相対照度の対数値にはほぼ直線の関係がみられる。

LWR は、ヒノキでは、相対照度の低下によって、少し増加する傾向がみられるが、アカマツ、クロマツ、スギでは、相対照度の低下による変化は少なく、傾向は明らかでない(図-7)。草本でしらべられた結果によれば、LWR は、比較的環境の変化に影響されない。したがって LAR は SLA の影響を強くうけるとみなされている²⁸⁾。ここでも、同様なことがいえるであろう。

ここで、NAR と $\log RLI$ 、LAR と $\log RLI$ の関係が、共に直線で示されるとすれば、RGR は $\log RLI$ の 2 次式で示されることになる。4 樹種について、この関係式からもとめた最適照度 (RGR が最大値をとる RLI) と個体の補償点 (NAR と RGR が 0 になる RLI) は表-4 のとおりである。

アカマツとクロマツの最適照度は非常に高い値であるが、これは実測によってもとめた、NAR や LAR と相対照度の対数値との直線関係が、実測範囲外の高い相対照度でもなりたつものと仮定したためである。実験の光の強さの範囲内でも、これらの関係に、直線近似ができない場合があることが

報告されている²⁹⁾、また、中程度の光の強さの範囲外では、これらの関係に直線近似がなりたないことが、別の生長理論からしめされている⁷⁾。したがって、計算で求めた、アカマツとクロマツの最適照度は、相対照度の違いによる、RGR の変化のしかたを比較するには意義があるが、アカマツ、クロマツの実際の推定最適照度としては、相対照度 100% とするのが妥当であろう。

個体の補償点は、アカマツ、クロマツでは実験範囲に近い値、または範囲内であるが、スギ、ヒノキではその範囲よりかなり低い。

葉重量あたりの純同化量と光の強さの関係は、葉面積あたりの純同化量 (NAR) と光の強さの関係にくらべて、4 樹種とも変化の割合が少なく、また相対照度の対数値との関係も直線で近似出来ないため、個体の補償点等の推定に用いるには不利であろう¹⁸⁾。

NAR、LAR や RGR は、同じ樹種でも密度の影響をうけると考えられるが²⁴⁾、カンレンボクを用いて、種々の密度で被陰処理を行なった結果、密度が異なっても、その樹種の最適照度や個体の補償点の推定値には、あまり差がみられなかった¹¹⁾。ここでも、密度差を考慮せずに、推定した最適照度や、個体の補償点の樹種間の比較を行なってみよう。

最適照度は、ヒノキ・スギ・アカマツ・クロマツの順に高く、個体の補償点は、ヒノキ・スギ・ア

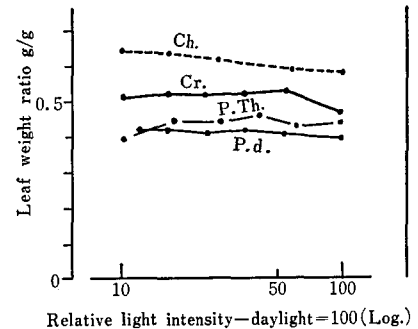


図-7 葉重比と相対照度

Fig. 7. Effects of shading on LWR for the whole experimental period.

第-4 表最適照度と個体の補償点の推定値

Calculated relative light intensities for the maximum RGR and compensation point of different species.

Species	Optimal light intensity daylight=100	Compensation point daylight=100
P. densiflora	640 (100)	10
P. Thunbergii	2600 (100)	11
Cr. japonica	91	4.6
Ch. obtusa	60	3.4

() : Estimated optimal light intensities for P.d. and P.Th. under natural environmental condition

カマツ・クロマツの順に高い⁹。両者とも順位が同じである。主に経験的に主要樹種の陰陽の順序を、耐陰性の強いものから7段階に分類したものによれば³⁰⁾、ヒノキは第3、スギが第5、アカマツ、クロマツが第6のグループに分類されている。ここで得た結果から、最適照度および個体の補償点の、より高い方が耐陰性が低いとすれば、この分類に、よく一致するようである。

なお、樹木の光補償点や、最適照度が、土壌条件の違いによって変化することが報告されている²¹⁾。本実験結果を、他の実験結果と比較するときは、このことを考慮しなければならない。

ここで用いた樹種に関する、主な被陰実験による報告をみると、アカマツの苗木は、受光量10%以下では、ほとんどが消失し、生存および生長は、無被陰の受光量100%が最もよい¹⁷⁾。スギ苗の生存および生長は、受光量約70%が裸地よりも良好である¹⁷⁾。ヒノキの苗木は陽光投射度50~65%で、重量は約80%で生長が最も良好であると報告されている³⁴⁾。

アカマツについては、上記の報告とよく一致する。スギ、ヒノキは被陰の度合のあらわしかたや、他の条件が異なるためか、ここで得た結果とは異なるようである。

この2生育期間の被陰実験の結果では、スギは一般に行なわれている樹種の陰陽の分類による順位にくらべて、陰樹とされているヒノキによく似た性質をしめしている。

アカマツとクロマツは、たがいに似た性質をもつが、先に求めた最適照度や個体の補償点は、アカマツよりクロマツの方が高い。これは、両者の耐陰度に差があることをしめすと考えられる。クロマツとスギ、アカマツとスギの毎木混植による実験結果にも、アカマツとクロマツの耐陰度に差のあることがみとめられている²⁴⁾。アカマツとクロマツの性質をスギ、ヒノキのものにくらべると、多くの点で異なった傾向がみとめられた。

引用文献

- 1) 原田泰：林学領域に於ける陽光問題と是に関連する二三の環境因子に関する研究並に育林上の処置に就て，北海道林試報，1，1~354，(1942)
- 2) 影山純介：林木の生長と陽光の強度とに関する数理的研究，北大演報，3 (3)，1~208，(1925)
- 3) Baker, F. S.: Effects of Shade upon Coniferous Seedlings Grown in Nutrient Solution, J. For., 43, 428~435, (1945)
- 4) Bourdeau, P. F., M. L. Lavepick: Tolerance and Photosynthetic adaptability to Light Intensity in White pine, Red pine, Hemlock and Ailanthus Seedlings, For. Sci., 4 (3), 196~207, (1958)
- 5) Shirley, H. L.: Is Tolerance the Capacity to Endure Shade?, J. For., 41, 339~345, (1943)
- 6) 吉良竜夫 (編)：植物生態学 (2)，東京古今書院，(1960)
- 7) 穂積和夫：高等植物の生長と2, 3の生長要因間の定量的関係に関する実験生態学的研究，(1961)
- 8) Kuroiwa, S., T. Hiroi, K. Takada, M. Monsi: Distribution Ratio of Net Photosynthetic to Photosynthetic and Non-Photosynthetic Systems in Shaded Plants, Bot. Mag. Tokyo, 77, 37~42, (1964)
- 9) 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の落葉広葉樹苗木の庇陰効果について，日林誌，47 (1)，9~16 (1965)
- 10) —，—：トウネズミモチの庇陰効果について，第76回日林講，167~168，(1965)
- 11) —，—：陽光量と樹木の生育に関する研究 (II) カンレンボクの社陰効果におよぼす密度の影響，京大演報，38, 68~75，(1966)
- 12) —，—：種々の光のもとにおけるアカマツ苗の生長について，78回日林講，98~100，(1967)
- 13) —，—：種々の光の強さのもとにおけるスギ苗の生長，79回日林講要 (造林)，115~116，(1968)
- 14) Ovington, J. D.: Dry Matter Production by *Pinus sylvestris* L., Ann. Bot., N. S., 21, 287~314, (1957)
- 15) 山科健二・吉武時夫：スギの葉面積の推定，第74回日林講，68~69，(1963)
- 16) 藤井真一：ヒノキ林の遮断雨量に関する試験，日林誌，41 (7)，262~269，(1959)
- 17) 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)
- 18) 佐藤義夫：えぞまつ天然更新上の基礎要件と其応用，北大演報，6:1~354，(1929)
- 19) Röhrig, E.: Wachstum junger Laubholzpflanzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen, Allg. For. Jagd., 138, 224~239, (1967)
- 20) 中江篤記，辰己修三：京都大学北海道演習林におけるヤチダモの育林学的研究第IV報 ヤチダモ稚樹の耐陰性について，京大演報，33, 285~292，(1961)

- 21) 高原末基：スギおよびヒノキの枝打が幹の生長におよぼす影響，東大演報，46, 1~96, (1954)
- 22) 四大学合同調査班：森林の生産力に関する研究第Ⅲ報 スギ人工林の物質生産について，日林技協会，(1966)
- 23) 佐藤大七郎，扇田正二：林分生長論資料4，わかいヒノキの人工林における葉の量と生長量の関係，東大演報，54, 71~100, (1958)
- 24) 四手井綱英（編）：アカマツ林の造成，地球出版，(1963)
- 25) Negishi, K.: Photosynthesis, Respiration and Growth in 1 year old Seedlings of *Pinus densiflora*, *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*, 東大演報，62, 1~116, (1966)
- 26) Blackman, V. H.: The Compound Interest Law and Plant Growth, Ann. Bot., 33, 353~360, (1916)
- 27) 只木良也，四手井綱英：森林の生産構造に関する研究（Ⅰ）アキニレ稚樹林における葉量の時期的変化とその乾物生産，日林誌，42 (12), 427~434, (1960)
- 28) Blackman, G. E., J. N. Black, A. W. Kemp: Physiological and Ecological Studies in Analysis of Plant Environment X. An Analysis of the Effects of Seasonal Variation in Daylight Temperature on the Growth of *Helianthus annuus*, Ann. Bot. N.S., 19, 119~161, (1955)
- 29) —, —: Physiological and Ecological Studies in the Analysis of Plant Environment IX. A Further Assessment of the Influence of Shading on the Growth of Different Species in the Vegetative Phase, Ann. Bot. N.S., 23, 51~63, (1959)
- 30) 本田静六：（造林学前論の4）造林上樹種と立地との関係，三浦書店，(1926)
- 31) 小早川進：土壌を異にする場合に庇蔭が林木稚苗の生育に及ぼす影響について，東大演報，32, 71~92, (1943)
- 32) 井上由扶：アカマツ林の中林作業法に関する研究，九大演報，32, 1~265, (1960)
- 33) 杉原亨三：杉天然更新基礎要件の一考察，日林誌，14(5), 308~320, (1932)
- 34) 中村賢一郎：扁柏天然更新に就て（1，2）御料林，45, 18~25, 46, 18~22, (1932)

Résumé

The effects of shading on the growth of four coniferous species i.e. *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc., *Pinus Thurborgii* Parl., *Cryptomeria japonica* D. Don and *Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc. were studied.

One year seedlings (1-0) were planted in each plot in the same spacing (196 seedlings per square meter), and a month later, each plot was shaded with green saran screens. By varying the layers of the screen, the daylight reaching the stand in plot was reduced as given in Table 2.

Seedlings were kept shaded for two growing periods (*P.d.* & *Cr.*.....Apr. 1965~Oct. 1966; *P.Th.* *Ch.*.....Apr. 1966~Oct. 1967).

The results are as follows:

1. The specific leaf area increase as the light intensity decreases (Fig. 2).
2. For *Cr.* and *Ch.* the maximum leaf area per seedling is observed in shaded plots, but for *P.d.* and *P.Th.* the leaf area per seedling decreases as the light intensity decrease (Tab. 2).
3. For *Cr.* and *Ch.* between daylight and about 35% daylight, the relative growth rate of the plant decreases slightly as the light intensity decreases. For *P.d.* and *P.Th.* the relative growth rate is sharply decreased at lower light intensities (Fig. 5).
4. For all these species, the net assimilation rate rises as the light intensity increases and the leaf area ratio rises as the light intensity decreases. In general these trends are logarithmic (Fig. 6).
5. The relative light intensity for maximum relative growth rate and compensation point have been calculated from the regression for net assimilation rate and leaf area ratio (Tab. 4).
6. With regard to the calculated optimum light intensity and compensation point, the position of these four species agrees with the given in the generally accepted tolerance table.