

スギ苗の生長に及ぼす光の強さと植栽密度の影響

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	安藤, 貴 宮本, 知子
巻/号	54巻2号
掲載ページ	p. 47-55
発行年月	1972年2月

スギ苗の生長に及ぼす光の強さと植栽密度の影響

安藤 貴*・宮本 知子*

Effect of Light Intensity and Planting Density on the Growth of *Cryptomeria japonica* Seedlings

Takashi ANDO and Tomoko MIYAMOTO

Summary: To make clear the effect of light intensity and planting density on the growth of *Cryptomeria japonica* seedlings, experiment was made under 24 different combinations of light intensity and planting density. One-year old seedlings were shaded at 100, 76, 59, 47, 37 and 30% of full light, and planted at 25, 59.2, 123.5 and 277.8 no/m² planting densities. After one growing season, the stems, roots and leaves were measured. The results were as follows:

1) The weight of average individuals decreased and the amount of standing crops per unit area increased with increasing planting density at each light intensity level. Also, at each planting density, it seems that optimum curves were figured for the relation between the weight of average individuals or standing crops and the light intensity.

2) The net production affected by light intensity and planting density was the same as in the case of standing crops. The largest value of net production in shaded light treatment was 14.5 t/ha·yr, and this value was larger than the largest value 10.5 t/ha·yr obtained in 100% light treatment. The amount of annual product of leaves was 3.1–6.1 t/ha·yr in 100% light intensity treatment and these were nearly equal to that of younger or middle-aged stands, but in shaded light and high density treatment, the amount of annual product of leaves were 7.5–9.5 t/ha·yr.

3) It was recognized that planting density is reciprocal factor and light intensity is optimum factor in the logistic theory of plant growth. So, we examined adaptation of the following reciprocal equation shown by HOZUMI:

$$\frac{1}{w} = (A_1\rho + B) + \frac{1}{L}(A_2 + A_{12}\rho) + L(A_2' + A_{12}'\rho)$$

where, w is the average individual weight, ρ is planting density, L is light intensity and $A_1, A_2, A_2', A_{12}, A_{12}'$ and B are constants. The relative errors of observed values and calculated values were about 20%. The optimum light intensity (L_{opt}) varied by planting density, so the relation between the optimum light intensity and planting density adopted following equation:

$$L_{opt} = \sqrt{\frac{A_2 + A_{12}\rho}{A_2' + A_{12}'\rho}}$$

The optimum light intensity was about 60% in the case of $\rho \rightarrow 0$ and 83% in $\rho \rightarrow \infty$.

要旨: スギ苗の生長に及ぼす光の強さと密度の影響を知るために、光の強さと密度をかえて24通りに組み合わせた実験を行なった。1年生の苗を十分な陽光量の100、76、59、47、37および30%に庇陰したところに、25、59.2、123.5、277.8本/m²の植栽密度で植栽した。1生長期を経たあと、幹、根、葉の量を測定した。結果は次のとおりである。

1) それぞれの光の強さにおいて、植栽密度の増加に伴い、平均個体量は減少したが、単位面積当たり現存量は増加した。また、それぞれの植栽密度において、光の強さと平均個体量または現存量の関係は最適曲線を描くのが認められた。

2) 純生産量に及ぼす光の強さと植栽密度の効果は現存量と同じであった。弱度に庇陰処理された場合の純生産量の最大値は14.5 t/ha·yrで、この値は、光の強さが100%の場合の最大値10.5 t/ha·yrより大きい。葉の年間生産量は光の強さが100%の場合には3.1~6.0 t/ha·yrで、ス

* 農林省林業試験場四国支場 Shikoku Branch, Gov. For. Exp. Sta., Kochi

ギの幼〜壮齡林とほぼ同じであったが、弱度に庇陰した高植栽密度の場合には7.5〜9.5 t/ha・yrで、幼〜壮齡林のそれより大きい。

3) 密度はロジスチック理論という逆数要因、光の強さは両性要因であることが認められたので、穂積の示した逆数式

$$\frac{1}{w} = (A_1\rho + B) + \frac{1}{L}(A_2 + A_{12}\rho) + L(A_2' + A_{12}'\rho)$$

ただし w : 平均個体重, ρ : 密度, L : 光の強さ, $A_1, A_2, A_{12}, A_2', A_{12}', B$: 定数を適用した。計算値と実測値との誤差率は約 20% 程度であった。また、最適照度 (L_{opt}) は密度によって変わることが認められたので、

$$L_{opt} = \sqrt{\frac{A_2 + A_{12}\rho}{A_2' + A_{12}'\rho}}$$

を求めたところ、 $\rho \rightarrow 0$ の場合約 60%、 $\rho \rightarrow \infty$ の場合約 83% という値が得られた。

1. はじめに

筆者らは、この数年来 2 段林の造成に関する研究^{2,3)}をすすめている。2 段林における上木の生長は、単層林と同じと考えても大きな誤りを犯すことはないと判断されるが、下木は上木の庇陰下にあるため、その生長を論ずる場合に、光の問題を無視することはできない。

いまさら述べるまでもなく、林木の生長に関与する因子として、光条件はきわめて重要なことから、光条件と林木の生長については古くから研究が行なわれており、また近年は、イギリス系の生長解析⁶⁾をとり入れて、新しい立場からの研究も進められている^{4,5,11~14)}。

2 段林の造成という立場に立つと、下木の生長の問題を取り扱う場合に、光条件と同時に密度との関係が基本的に重要な事項となる。しかしながら、林木について、光と密度の両生長要因を同時に取り扱った報告は、川那辺・四手井¹³⁾のカンレンボクについてその例がみられるのみである。

ここに報告する実験は、稚苗を用いているので、2 段林の造成とは、まだ大きなへだたりがあるが、その基礎的な問題として明らかにされなければならない個体密度と光の強さが、スギ稚苗の生長に及ぼす同時作用を明らかにしようとするもので、主として穂積^{7,8)}、穂積⁹⁾により示されたロジスチック理論による密度と光の強さの 2 要因による単独作用および相互作用の量的評価に重点をおいた解析を試みたものである。

とりまとめにあたり、ご助言いただいた林業試験場四国支場 岩川盈夫支場長、ロジスチック理論による解析につきご指導いただいた大阪市立大学理学部植物生態学研究室 穂積和夫博士に厚くお礼申し上げます。

2. 実験計画と測定方法

実験は林業試験場四国支場苗畑で 1969 年に行なった。

供試用のヤナセスギみしょうの 1 年生床替苗を、1.8m × 4m の 1 試験区内に、20cm, 13cm, 9cm, 6cm の植栽間隔で方形に、最終調査時に 20 本の調査木がとれるように 2 列の周囲木をつけて植えつけ、黒色のダイオネットを木枠にはりつけた高さ 1m, 幅 1.8m, 長さ 4m の庇陰格子で覆って減光処理を行なった。植栽密度は、それぞれの植栽間隔に応じて、それぞれ 25 本/m², 59.2 本/m², 123.5 本/m² および 277.8 本/m² となる。試験区は減光処理を行なわない対照区と、5 段階の減光処理区の計 6 区で、4 段階の密度とあわせると 24 処理となり、2 回繰り返して実施した。減光処理は遮光率が 31~34%、50~53%、60~62%、75~77%、90~92%とされているダイオネットを用いたが、東芝 5 号照度計で測定した庇陰格子内の強さを相対照度で示すと、それぞれ 76%、59%、47%、37%、30% となり、低照度区の相対照度は期待した値ほど低くならなかった。

植付は 1969 年 3 月 27~29 日に行ない、4 月 3 日から減少処理をはじめ、最終掘り取り調査を開始した 11 月 11 日まで続けた。

試験区の植栽に先だち、供試苗木の中から無作為に 30 本の苗木を選び出し、その地際直径と苗高を測定し、また幹、根、葉に分けて、それぞれの生重量を測定した。掘り取り調査も供試苗と同様に地際直径、苗高を測るとともに、幹、根、葉の重量を測定した。生重量は、各器官からとられた標本を 80°C の定温乾燥器で十分に乾燥した後、乾重率を求め、乾重量に換算した。本報の重量は、すべて乾物重量によって示す。

3. 結果および考察

3.1 測定値

供試苗木の平均地際直径は 0.21cm, 平均苗高は 11.5cm, 平均個体重は 1.05g (幹 0.20g, 根 0.28g, 葉

表-1. 平均個体の諸測定値

Table 1. Observed values per average individuals

相対照度 Relative light in- tensity (%)	密度 Density (no/m ²)	乾重 Dry weight (g)				地際直径 Dia- meter at ground level (cm)	苗高 Height (cm)
		幹 Stem	葉 Leaf	根 Root	計 Total		
100	277.8	1.03	2.74	1.05	4.82	0.38	28.4
	123.5	1.82	5.37	1.84	9.03	0.48	35.7
	59.2	2.55	7.91	2.27	12.73	0.55	36.8
	25	4.07	12.90	3.58	20.55	0.74	40.3
76	277.8	1.47	4.00	0.79	6.26	0.37	41.7
	123.5	2.47	7.22	1.38	11.07	0.46	44.4
	59.2	3.36	10.20	2.24	15.80	0.58	50.2
	25	4.49	14.35	3.24	22.08	0.70	51.0
59	277.8	1.24	3.28	0.70	5.22	0.34	42.3
	123.5	1.95	6.01	1.27	9.23	0.44	43.0
	59.2	3.00	9.19	1.65	13.84	0.54	49.2
	25	6.04	18.05	3.12	27.21	0.72	61.0
47	277.8	1.33	3.72	0.77	5.82	0.34	38.2
	123.5	1.75	6.41	1.66	9.82	0.45	41.0
	59.2	3.14	10.09	2.12	15.35	0.55	50.8
	25	5.11	17.07	3.58	25.76	0.74	56.4
37	277.8	0.88	2.20	0.45	3.53	0.31	31.4
	123.5	1.61	5.01	0.76	7.38	0.39	40.8
	59.2	2.26	7.18	1.18	10.62	0.50	43.0
	25	4.59	15.18	2.82	22.59	0.68	55.4
30	277.8	0.80	2.27	0.39	3.46	0.31	32.6
	123.5	1.01	4.01	0.76	5.78	0.38	34.5
	59.2	1.69	5.87	1.23	8.79	0.46	39.4
	25	1.90	7.16	1.51	10.57	0.52	35.4

0.57 g)であった。また、試験終了時の平均個体の諸測定値は表-1 のとおりである。さきに述べたように試験は2回繰り返して実施したが、1部の区で明らかに排水不良による生長の阻害が認められたので、これらの区は測定値からはずした。表-1 の数値のうち、相対照度が100%と76%の区は2回繰り返しの平均値であるが、他は繰り返しのない値である。

3.2 樹形

平均苗高 表-1 でみると、相対照度が30%以外の区では、いずれも対照区に比し大きな値を示し、苗高の最大値は、低密度区ほど、低い相対照度区にあるようにうかがえる。また、30%の照度区では密度に対し苗高に optimum が認められるが、他の照度では疎植など大きな傾向が認められ、この傾向は川那辺・四手井¹³⁾のカンレンボクの実験で庇陰区において密度に対し optimum が認められた傾向と異なる。

地際直径 表-1 でみると、密度が同じならば、照度の減少に伴い、地際直径は多少小さくなる傾向が認められ、また、各庇陰区とも高密度区ほど小さく低密度区ほど大きい。この結果は川那辺・四手井¹³⁾のカンレンボクと同じである。

比較苗高 図-1 に示すように、相対照度に対して optimum が認められ、また同じ照度の下では密植区ほど大きな値を示し、これまでの試験¹³⁾の傾向とよく一致

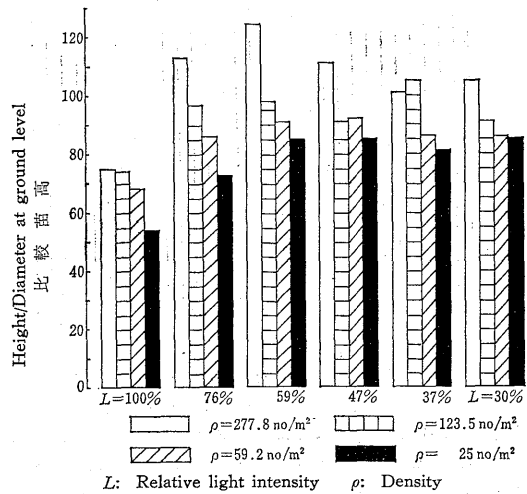


図-1. 比較苗高に及ぼす相対照度と密度の効果

Fig. 1. Effect of relative light intensity and density on the ratio of height to diameter at ground level

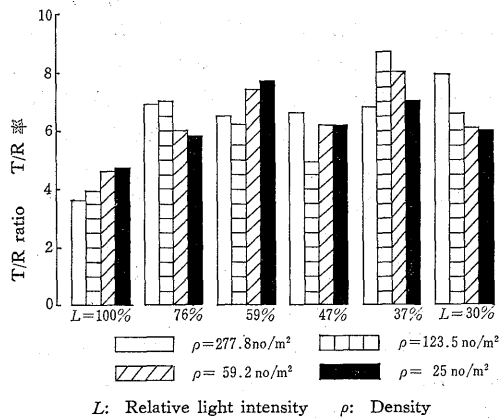


図-2. T/R 率に及ぼす相対照度と密度の効果

Fig. 2. Effect of relative light intensity and density on T/R ratio

している。

T/R 率 図-2 に示すように、庇陰区が対照区に比し大きな値を示し、また対照区においては高密度区ほど低い値を示したが、庇陰区においては密度との関係に一定の傾向が認められなかった。裸地の場合、苜蓿¹⁰⁾は針葉樹の T/R 率は、地位、年齢、密度に無関係にほぼ一定の値をとると述べており、光の強さと T/R 率の関係について、川那辺・四手井のトウネズミモチ¹¹⁾では庇陰区の T/R 率が対照区より大きな値を示し、カンレンボク¹³⁾では庇陰の程度が強いほど T/R 率が増加する傾向を認めている。

平均個体重 表-1 に示したように、各庇陰区とも高

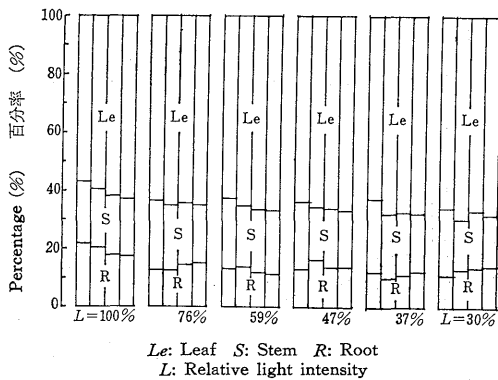


図-3. 葉, 幹, 根の全体重に占める割合

Fig. 3. Percentage of leaf, stem and root weight to total weight. At each relative light intensity, the columns from left to right show the density of 277.8, 123.5, 59.2 and 25 no/m² respectively

密度区ほど小さく, 低密度区ほど大きく, 明らかに密度効果¹⁶⁾が認められる (図-5 参照)。また, 各密度区とも平均個体重の最大値は庇陰区で認められ, 最大値の認められる光の強さは高密度区ほど高照度区にあるような傾向がうかがえる (図-6 参照)。平均個体重と相対照度および密度とのより詳細な関係はあとで論ずる。

平均個体重のうち, 幹, 根, 葉の占める重量割合, すなわち配分率は図-3 のとおりである。葉の配分率は庇陰の度合が強くなるにしたがい, わずかに高くなる傾向が認められ, したがって非同化系の配分率は光が弱くなるほど低くなる。また, これまでもよく知られているとおり^{1,19)}, 対照区の葉の配分率は高密度区ほど低く, この傾向は庇陰区においても同様であるといつてよからう。幹の配分率は, 庇陰区が裸地に比しやや多い傾向があるが, 最も光の弱い区ではむしろやや小さく, 密度との関係は裸地では高密度区ほどわずかに高いが, 庇陰区では明らかな傾向が認められない。根の配分率は, T/R 率で述べたことから明かなように, 対照区に比し庇陰区が低く, 対照区では高密度区で高い値を示したが, 庇陰区では密度との間に明かな関係は認められない。

3.3 現存量および純生産量

現存量 1m² 当たりの各処理の現存量を表-2 に示す。表-2 から明かなように, 各密度とも幹, 葉および全体重の最大値は庇陰区に認められるが, 庇陰の度合の強いところでは対照区よりも低い現存量を示す。他方, 根の現存量は相対照度の減少とともに明かに低下している。

また, いずれの照度区においても, 現存量は明かに高密度区で大きく, 収量に対する密度効果がよく現われ

表-2. 現存量
Table 2. Standing crops

相対照度 Relative light intensity (%)	密度 Density (no/m ²)	乾 重 Dry weight (g/m ²)			
		幹 Stem	葉 Leaf	根 Root	計 Total
100	277.8	286	761	292	1339
	123.5	225	663	227	1115
	59.2	151	468	134	753
	25	102	323	90	515
76	277.8	408	1111	219	1738
	123.5	305	892	170	1367
	59.2	199	604	133	936
	25	112	359	81	552
59	277.8	344	911	194	1449
	123.5	241	742	157	1140
	59.2	178	544	98	820
	25	151	451	78	680
47	277.8	369	1033	214	1616
	123.5	216	792	205	1213
	59.2	186	597	126	909
	25	128	427	90	645
37	277.8	244	611	125	980
	123.5	199	619	94	912
	59.2	134	425	70	629
	25	115	380	71	566
30	277.8	222	631	108	961
	123.5	125	495	94	714
	59.2	100	348	73	521
	25	48	179	38	265

ている。しかし, 植栽密度が違っても十分に時間を経過したときには, 密度の大小にかかわらず, 単位面積当たりの現存量が一定となることが知られているが¹⁶⁾, この実験ではまだ収量一定の段階に達していない。

物質生産のにない手である葉の現存量が, 弱度の庇陰区において対照区より多いということは, これまでの庇陰試験の結果¹¹⁻¹⁴⁾とよく一致しており, このことは 2 段林の現存量や物質生産の問題を取り扱う上で興味ある問題である。

純生産量 試験開始時の供試苗木の平均的な重量についてはすでに述べたとおりである。この量から求めた試験開始時の現存量と表-2 の現存量の差, すなわち, 試験期間中の各器官の現存量と増加量の合計を純生産量とみなし, 表-3 に示す。純生産量の密度と庇陰の変化に伴う変動は現存量のそれと同じ傾向を示す。対照区の最高密度区の純生産量 1047 g/m²・yr は ha 換算すると 10.5 t/ha・yr となり, 只木・蜂屋²⁰⁾がスギ幼齡~壯齡の 92 林分の平均値として示した 18.1 t/ha・yr の 1/2 より大きい。これに対し弱度庇陰区では 1,157~1,446 g/m²・yr で, 対照区より 10~30% 上回る純生産量を示し, その最大値の ha 換算 14.5 t/ha・yr はさきに述べた只木・蜂屋²⁰⁾が示した 18.1 t/ha・yr の 80% に近い。只木・四手井¹⁸⁾はアカマツの 2 年から 4 年までの 3 年間の平均純生産量が ha 換算で 20 t/ha・yr に達することを示しているが, この実験結果からも, 林木は稚苗時代にも

表-3. 純生産量
Table 3. Net production

相対照度 Relative light intensity (%)	密度 Density (no/m ²)	増 加 量 Increment (g/m ² ·yr)			純生産量 Net production (g/m ² ·yr)
		幹 Stem	葉 Leaf	根 Root	
100	277.8	230	603	214	1047
	123.5	200	593	192	985
	59.2	139	434	117	690
	25	97	309	83	489
76	277.8	352	953	141	1446
	123.5	280	822	135	1237
	59.2	187	570	116	873
	25	107	345	74	526
59	277.8	288	753	116	1157
	123.5	216	672	122	1010
	59.2	166	510	81	757
	25	146	437	71	654
47	277.8	313	875	136	1324
	123.5	191	722	170	1083
	59.2	174	563	109	846
	25	123	413	83	619
37	277.8	188	453	47	688
	123.5	174	549	59	782
	59.2	122	391	53	566
	25	110	366	64	540
30	277.8	166	473	30	669
	123.5	100	425	59	584
	59.2	88	314	56	458
	25	43	165	31	239

条件によってはかなり大きな純生産量が得られることがわかる。

葉のみの生産量は対照区においては 309~603 g/m²·yr, ha 換算 3.09~6.03 t/ha·yr で、スギの林分の葉の生産量として知られている 4~7 t/ha·yr²⁰⁾ にほぼ匹敵する値を示し、相対照度 47% 以上の庇陰区における高密度区の葉の生産量 753~953 g/m²·yr, ha 換算 7.5~9.5 t/ha·yr はこの量を上回っている。

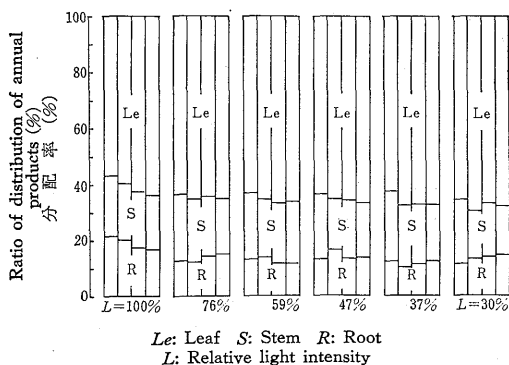


図-4. 純生産量の各器官への分配率

Fig. 4. Ratio of distribution of annual product among various organs. At each relative light intensity, the columns from left to right show the density of 277.8, 123.5, 59.2 and 25 no/m², respectively

純生産量の各器官への分配率 (図-4 参照) は、対照区においては幹約 20%, 根約 20%, 葉約 60% であった。これまでに知られているスギの幼齢林や壮齢林の分配率に比べ、幹の約 20% という値は著しく小さく、葉の 60% という値は著しく大きい、このような傾向は稚苗の特徴を示すものである。庇陰区においては幹の分配率はあまり変わらず、葉は庇陰の度合いが強くなるとやや増加し、根は減少する傾向がある。この傾向はこれまでの庇陰試験の報告^{11~14)}と同じ結果を示している。また、このように庇陰の程度が強いほど、同化生産物の根への分配率が低くなるとすると、年を経るにしたがい T/R 率が大きくなり、相対的に根量が小さくなる。このことは、2 段林で上木が一度に伐採された場合を考えると、下木は光環境の急激な変化にさらされて、蒸散が増大するものと考えられるが、蒸散の増加に応じて根からの吸収は十分に行なわれるのか、また T/R 率が大きくなることにより、風や雪に対し根の支持力が十分な大きさを持っているかが、2 段林における育林上の一つの問題点になりそうである。

対照区では、これまでも知られているとおり^{1,19)}、高密度ほど葉の分配率がやや低く、幹や根の分配率がやや高くなったが、この傾向は庇陰区でもかわらなかった。

3・4 密度と光の同時作用を示す逆数式による解析

ロジスチック理論における逆数式¹⁶⁾は、森林の密度管理の基礎として林学に^{1,19)}導入されているが、密度のみという単一の生長要因のみならず、複数の生長要因についても解析が可能である。

ロジスチック理論においては、その生長要因の作用形式によって、逆数要因、線形要因あるいは両性要因と呼ばれる^{9,17)}。個体密度は逆数要因とされ、光の強さは一般に線形要因とされるが、耐陰性の強い植物については両性要因として取り扱われることもある⁹⁾。

穂積ら^{7,8)}はクサフヨウの光の強さと個体密度を同時に変えた実験において、平均個体重を w 、光の強さを L 、個体密度を ρ としたとき、

$$\frac{1}{w} = A_1\rho + \frac{A_{12}}{\rho}L + \frac{A_2}{L} + B \dots\dots\dots(1)$$

によりその解析を行なった。この式は光の強さが線形要因と認められる場合である。

しかし、やや耐陰性のあるホウセンカの実験において、穂積⁹⁾は光が両性要因として働くことを認め、好適曲線の適合に検討を加えて好結果を得た。この実験においても図-5 に示すように、密度と平均個体重との関係は対照区は当然としても庇陰区も密度効果の逆数式によって示されるが、図-6 のように光の強さと平均個体重の関

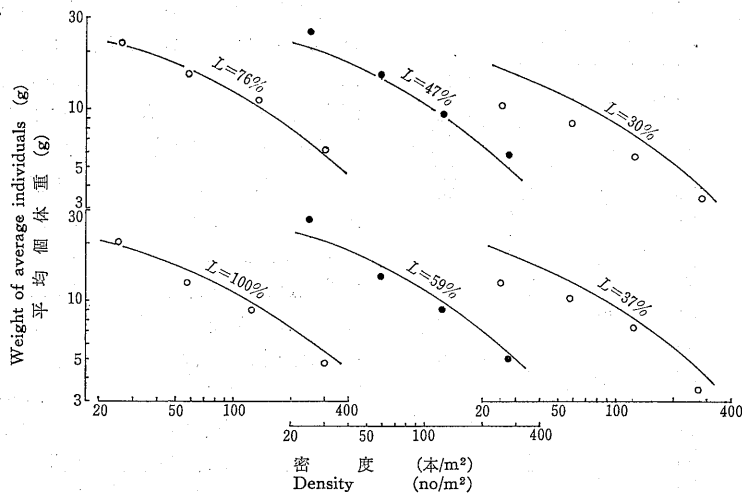


図-5. 各々の相対照度における平均個体重の密度効果

Fig. 5. Density effect of the weight of average individuals at each relative light intensity
The curves were calculated from $1/w=0.0000499\rho+\rho(0.0193/L)+0.00000279L+(0.95/L)+0.000263L)+0.00242$

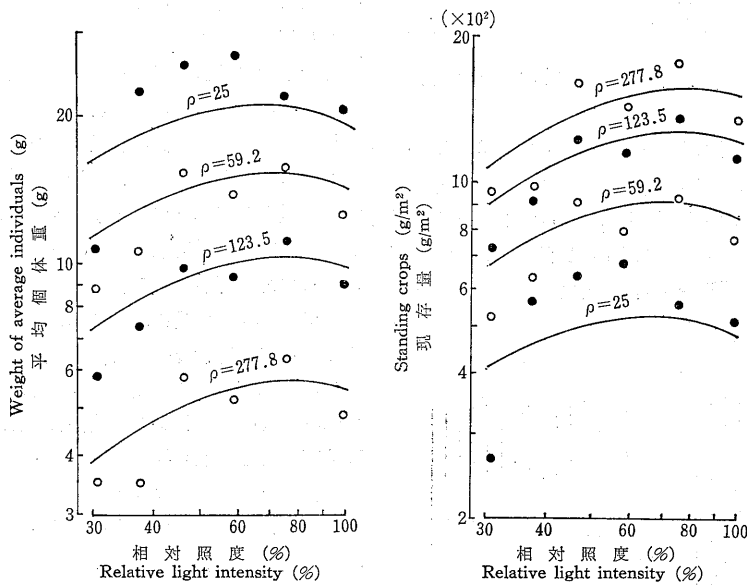


図-6. 平均個体重または現存量と相対照度の関係

Fig. 6. Relation between the weight of average individuals or standing crops and the relative light intensity

The curves were calculated from $1/w=0.0000499\rho+\rho(0.0193/L)+0.00000279L+(0.95/L)+0.000263L)+0.00242$

係は好適曲線を示すことがうかがえる。そこで、穂積⁹⁾の手法にしたがって解析を行なった。

図-6 に示された実験値に対する曲線の適合には、篠崎¹⁶⁾の好適曲線定規 (O-C rule) を用いた。これは、好適曲線の標準形

$$\frac{1}{w} = A_0 \left(\varphi + \frac{1}{\varphi} + 2\beta \right) \dots \dots \dots (2)$$

が、一定の β ごとに $\log w \sim \log \varphi$ 図上で特定の形の曲線となるという性質を利用したものである。

図-6 についてこの好適定規を使用することにより、

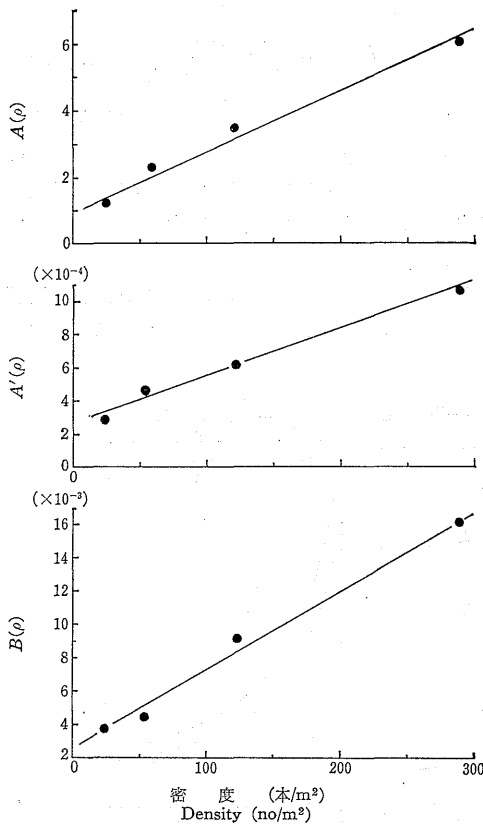


図-7. 光の強さと平均個体重の関係を示す逆数式の係数 $A(\rho)$, $A'(\rho)$, $B(\rho)$ と ρ の関係

Fig. 7. Relation between ρ and $A(\rho)$, $A'(\rho)$ or $B(\rho)$, coefficients in the reciprocal equation which show the relation between weight of average individuals and relative light intensity

光に関する好適曲線

$$\frac{1}{w} = \frac{A(\rho)}{L} + A'(\rho)L + B(\rho) \dots\dots\dots (3)$$

の係数式 $A(\rho)$, $A'(\rho)$, $B(\rho)$ を各密度レベルごとに求めることができる。

つぎに, $A(\rho)$, $A'(\rho)$, $B(\rho)$ と ρ との関係を見ると,

図-7 に示すように直線関係が認められる。すなわち,

$$\left. \begin{aligned} A(\rho) &= A_2 + A_{12}\rho \\ A'(\rho) &= A_2' + A_{12}'\rho \\ B(\rho) &= B + A_1\rho \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

(4) 式の定数を求めると次式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} A(\rho) &= 0.0193\rho + 0.95 \\ A'(\rho) &= 0.00000279\rho + 0.000263 \\ B(\rho) &= 0.0000499\rho + 0.00242 \end{aligned} \right\} \dots\dots (4')$$

光が両性要因で, 密度が逆数要因であるときの逆数式は

$$\frac{1}{w} = (A_1\rho + B) + \frac{1}{L}(A_2 + A_{12}\rho) + L(A_2' + A_{12}'\rho) \quad (5)$$

で示されるから (5) 式に (4') の定数を入れることにより

$$\frac{1}{w} = 0.0000499\rho + \rho \left(0.0193 \frac{1}{L} + 0.00000279L \right) + \left(0.95 \frac{1}{L} + 0.000263L \right) + 0.00242 \dots\dots\dots (5')$$

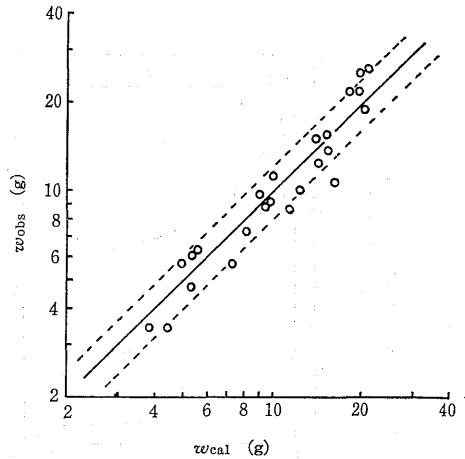


図-8. 平均個体重の計算値 (w_{cal}) と実測値 (w_{obs}) の比較

Fig. 8. Comparison between calculated value (w_{cal}) and observed value (w_{obs}) in the weight of average individuals

Dotted lines show the range of $\pm 20\%$ in relative error

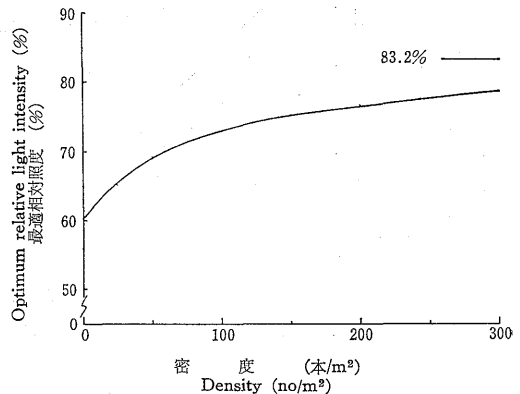


図-9. 最適相対照度と密度との関係

Fig. 9. Relation between optimum relative light intensity and density

が得られる。図-5、図-6 に示した曲線は (5') 式により書き入れたものである。(5') 式から求めた平均個体重 w_{cal} と観測値 w_{obs} の対比は図-8 に示すとおりで、相対誤差 $\pm 20\%$ の範囲に大部分が含まれる。

この実験で興味のあるのは、すでに述べたように光の強さの好適点、すなわち最適相対照度の問題である。平均個体重に関する最適相対照度 L_{opt} は穂積⁹⁾により (5) 式から次式のように導かれている。

$$L_{opt} = \sqrt{\frac{A_2 + A_{12}\rho}{A_2' + A_{12}'\rho}} \dots\dots\dots (6)$$

(6) 式に (4') の定数を入れると

$$L_{opt} = \sqrt{\frac{0.0193\rho + 0.95}{0.00000279\rho + 0.000263}} \dots\dots\dots (6')$$

が得られる。(6') 式から L_{opt} と密度との関係を探ると図-9 のようになり、 $\rho \rightarrow 0$ のときには約 60%、 $\rho \rightarrow \infty$ のときには約 83% となり、この値は川那辺・四手井¹⁴⁾ がスギで求めた最適相対照度 91% よりも低い値である。

川那辺・四手井¹³⁾ はカンレンボク最適照度が密度によって殆んどかわらないと述べているが、この実験のよ

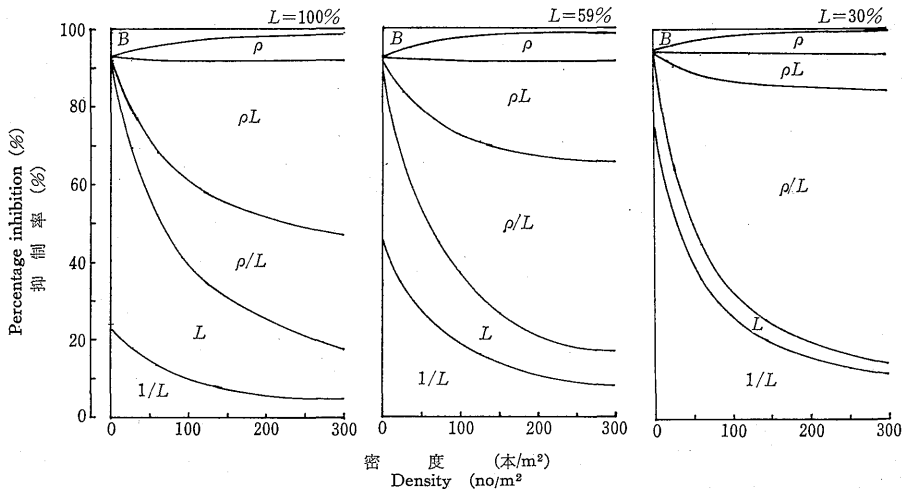


図-10. 各々の密度のレベルにおける抑制率と密度との関係

Fig. 10. Relation between percentage inhibition and density at each relative light intensity

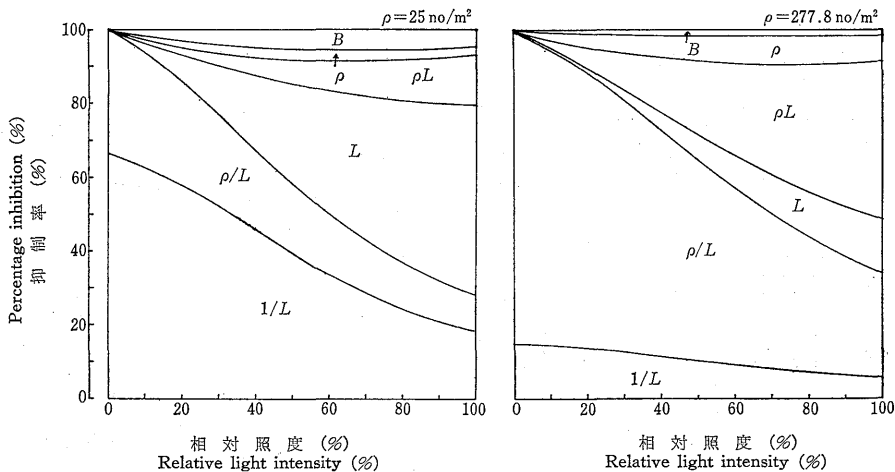


図-11. 各々の密度のレベルにおける抑制率と相対照度の関係

Fig. 11. Relation between percentage inhibition and relative light intensity at each density level

うに最適照度が密度によりかわるとすると、2段林下木の密度管理をおこなう場合に一つの問題点となる。小川¹⁵⁾は日補償点の測定から、耐陰性は樹齢によりかわることを示しているので、2段林の取り扱いのためには(6)式の経年変化を知ることが必要となるが、このことはかなり困難な仕事となるであろう。

穂積⁹⁾はさらに、逆数式が種々な生長要因の供給不足による抑制の和になっていることから逆数式の各項の表わす抑制が、それぞれの総和の何%を占めているかを計算し、抑制率 (Percentage inhibition) と呼んだ。すなわち、(5)式の両辺を $1/w$ で割って百分率表示し

$$100\% = \left[\frac{A_1 \rho}{1/w} \right] \% + \left[\frac{A_{12} \rho/L}{1/w} \right] \% + \left[\frac{A_{12}' L \rho}{1/w} \right] \% \\ + \left[\frac{A_2/L}{1/w} \right] \% + \left[\frac{A_2' L}{1/w} \right] \% + \left[\frac{B}{1/w} \right] \% \dots\dots (7)$$

とすると、右辺の各項によりそれぞれ ρ , ρ/L , $L\rho$, $1/L$, L および時間 B の抑制率が示される。

この報告では1回しか調査が行なわれていないので、穂積⁹⁾の例のように時間の経過に伴う抑制率の動きをみることはできないが、時間の抑制率を示す B の項の値が非常に小さいので、光の強さと密度をそれぞれ固定し、それに応じて密度と光をかえた場合の抑制率の変化を図-10、図-11に例示する。

図-10の光の強さを固定した場合についてみると ρ/L , ρL , ρ のように ρ を含む項の抑制率は ρ の増加とともに増加するが、 ρ の入らない他の3項の抑制率は密度の増加とともに減少している。また、 ρ を固定した場合の抑制率、図-11についてみると $1/L$, ρ/L のように分母に L を含む L の線形要因としての項の抑制率は L の増加とともに減少し、反対に L が分子に入っている L , ρL のような逆数要因としての項は増加する。

図-10、図-11の両図を通じて、逆数要因としての密度 (ρ) の抑制率が高密度で大きいことは当然としても、光の強さの線形要因としての交互作用項 ρ/L が高密度で大きいことは、スギの場合も、穂積⁹⁾により示されているハウセンカなどの1年生作物と同様に、密度効果のかなりの部分が密度の増加に伴う光の不足に起因することを示していると考えてよからう。

参考文献

- 1) 安藤 貴: 同齡単純林の密度管理に関する生態学的研究, 林試報 211: 1~156, 1968
- 2) ———・竹内郁雄・斎藤 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
- 3) ———: 二段林上木枝打後の下木上部の相対照度の季節変化, 44年度天然林の一次生産力の比較研究班 中間報告 (JIBP-PT-F) 47~53, 1970
- 4) 荒木真之: 庇陰下におけるカラマツ苗の大小差と生長, 日林誌 51: 143~149, 1969
- 5) ———: カラマツの葉の生産性に関する庇陰効果, 同上 51: 211~214, 1969
- 6) BLACKMAN, G.E. and WILSON, G.L.: Physiological and ecological studies in the analysis of plant environment VII. An analysis of the differentiate effect of light intensity on the net assimilation rate, leaf-area ratio and relative growth rate of different species, Ann. Bot. N.S. 15: 378~408, 1951
- 7) 穂積和夫・吉良竜夫・篠崎吉郎: クサフヨウの生長におよぼす光の強さと個体密度の影響——ふたつの線形生長要因間の相互作用を中心とした解析——, 生理生態 8: 36~49, 1958
- 8) ———・篠崎吉郎・吉良竜夫: 同上 II, ロジスティック理論による個体重の生長解析, 同上 10: 1~9, 1961
- 9) ———: 高等植物の生長と2, 3の生長要因の定量的関係に関する実験生態学的研究, (学位論文), 1~213, 1961
- 10) 苅住 昇: 本数密度と根の成長, 山林 946: 10~21, 1963
- 11) 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, 76回日林講, 167~168, 1965
- 12) ———・———: 陽光量と林木の生育に関する研究 (I), 2, 3の落葉広葉樹の庇陰効果について, 日林誌 47: 9~16, 1965
- 13) ———・———: 同上 (II), カンレンボクの庇陰効果におよぼす密度の影響, 京大演報, 38: 68~75, 1966
- 14) ———・———: 同上 (III) 針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響, 同上40: 111~121, 1968
- 15) 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
- 16) SHINOZAKI, K. and KIRA, T.: Intraspecific competition among higher plants. VII Logistic theory of the C-D effect, Jour. Inst. Polytech., OSAKA City Univ., D7: 35~72, 1956
- 17) 篠崎吉郎: 植物生長の Logistic 理論, (学位論文) 1~218, 1961
- 18) 只木良也・四手井綱英: 林木の競争に関する研究 (III) アカマツ幼樹を用いた小型林分での機械的な間伐試験, 日林誌 44: 129~139, 1962
- 19) ———・———: 数量的間伐に関する生態学的研究, 京大演報 34: 1~31, 1963
- 20) ———・蜂屋欣二: 森林生態系とその物質生産, 林業研究解説シリーズ 29: 1~64, 1968

(1971年8月11日受理)