

アカマツ林の中林作業法に関する研究

井上, 由扶

<https://doi.org/10.15017/14986>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 32, pp.1-265, 1960-08-31. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :



第 5 章 アカマツの更新におよぼす庇蔭の影響

庇蔭が植物の生育におよぼす影響については幾多の報告があり、とくに牧野の草生改良については、適度の庇蔭が草丈を増大せしめ、牧野草の質および量の改良に有効とされている⁷¹⁾。従って林木の更新樹についても庇蔭の程度による利害得失が考えられるが、その関係は樹種によって異なるのみでなく、庇蔭を与える樹種とその樹冠構成状態によって異なるべきである。この研究はアカマツ林の作業法を検討する基礎とすべく、上木の庇蔭がその下層に発生、生育する更新樹におよぼす影響を、主として更新樹の本数および伸長量の変化について研究したものである。庇蔭の実験には、まず照度計を利用して照度比という庇蔭尺度を考え、庇蔭格子およびアカマツ林の疎密度に対して照度比との関係を求めた。これによって樹冠の疎密度と庇蔭格子による庇蔭度との関係を明らかにした後、アカマツ更新樹の発生、生育状態を庇蔭格子による圃場実験と疎密度の異なるアカマツ林内の更新試験に分けて、庇蔭の影響についての考察を加えたものである。

I 庇 蔭 度 の 測 定

i 実 験 方 法

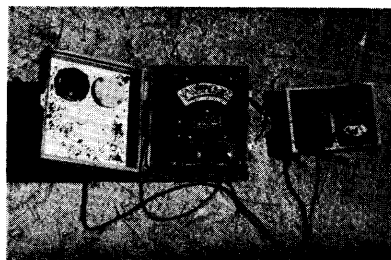
林分の庇蔭状態を示す方法として、従来はほとんど疎密度が用いられている。この方法は、林冠を構成する各樹冠の水平的拡がり測って、樹冠投影面積合計の林地面積に対する比率を疎密度とするものであるが、樹種により樹冠構造の違いによって庇蔭状態に差異を生ずるため、庇蔭下の更新樹におよぼす影響を調べる場合には、樹冠を透過して射入する光線をも含めた林内の全陽光量を知ることが必要である。これを直接に測る方法としては、被測林内に照度計を用い、定置法または林内移動法により照度を測定し、その数値(ルクス単位)の大きさより庇蔭の度合があらわされる。しかし照度は、測定位置(緯度、海拔高)、時間(月、日、時刻)および天候によって大差があるので、これらの要素が一定でなければ庇蔭の大小は比較できない。すなわち、比較測定地域を狭い範囲に限定して、植物生長期中の一定時刻における一定雲量の下に、照度を測定することによって庇蔭の度合があらわし得るならば、疎密度(十分率または疎、中、密)と林内更新樹の消長との関係を調べる程度の庇蔭区分には、照度を利用することが可能と考えられる。この制約は近接林分の庇蔭状態を相対的に比較する場合には可能であるが、現実の調査においては測定地域および天候の制約がきわめて大きく、実行上困難な場合が多い。

このような実用上の障害を緩和するため、間接的な照度利用法として照度比測定法を考案し、その実用性について検討を試みた。すなわち林内被測地の照度に対する同一時刻の無庇蔭地の照度の比に、ある常数を乗じた数値を以て照度比とし、この数値を以て林分の庇蔭度をあらわすのである。

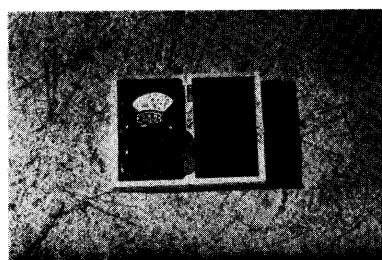
照度比の測定には被測地に用いる庇蔭用照度計数個と無庇蔭地に用いる基準照度計 1 個を必要とする。この実験では、庇蔭用照度計としては黒色フィルター使用により 10 万ルクスまで測定できるオーロラ型照度計を用い、基準照度計としては 20 万ルクスまで測定できるマツダ 1 号型照度計を使用した。

第 42 図 照度比測定用照度計

(1) 基準照度計



(2) 庇蔭用照度計



庇蔭用の各照度計と基準照度計をあらかじめ検定し、それぞれ被測地および無庇蔭地におき、測定時刻を合図しつつ、1分ごとに数十回、同一時刻の照度を記録する。照度計ごとに記録された数値の平均値を以てそれぞれの位置の平均照度とし、基準照度計の平均照度に対するそれぞれの被測庇蔭個所の平均照度の比を算出して、これに一定常数を乗じたものをそれぞれの被測地における照度比とする。照度は陽光の強さすなわち測定時間または雲量の多少によって鋭敏に変化するが、照度比としてあらわすときは変動が少ないため、20～30回の連続的測定値を平均することによって、庇蔭度の逆数に近い数値が得られるものである。

常数は照度比が、庇蔭度と反比例するように決定するものであるが、被測地の緯度、海拔高、測定季節および1日のうちの測定時刻などによって異なる数値が与えられ、またこれらの因子が一定の場合においても、庇蔭度の著しく低いか高い場合には適合しない。

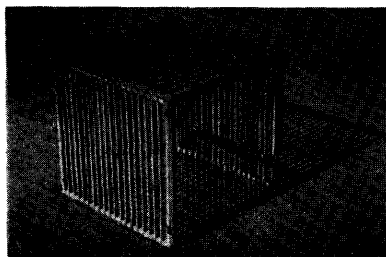
無庇蔭地の照度測定は基準となる無庇蔭地に基準照度計を固定して測定されるが、庇蔭地の照度測定には定置法と移動法が用いられる。原則として定置法は林内一地点の平均照度比を、移動法は林内を通じての平均照度比を求めるものである。すなわち前者は林内の所定地点に照度計を固定して、基準照度計と呼応しつつ測定を繰返す方法であり、後者は測者が照度計を持って林内を無作為に歩行し、基準照度計の計測と時刻をあわせつつ測定を繰返す方法である。しかし実験の結果によれば、林内の所々に数個の林内照度計を定置して繰返し測定した数値を平均することによっても、移動法との間に有意差を認めない。この場合、定置法、移動法ともに一定時刻ごとに数十回以上の測定を繰返して、その平均値を用いることが必要であり、林内照度計の数を増してそれらの平均値を求めることにより、繰返し回数を少なくすることが可能である。

ii 庇蔭格子の庇蔭度と照度比の関係

以上の実験方法は、広島、福岡両地方において種々の予備実験を繰返すことによって得られたものであるが、庇蔭格子による庇蔭度と林分の疎密度を照度比によって結びあわせるため、まず庇蔭格子の庇蔭度と照度比の関係について述べる。

実験に用いた庇蔭格子は写真第43図に見られるように、縦、横、高さ各1mの木枠の底部を除く5面に、幅2cm、長さ1mの細長い板を平行に釘付けしたもので、格子の間隔を変えることにより、0.1～0.9の庇蔭をもつ9個の庇蔭格子を以て1組とする。これを平坦な野外に5m間隔に設置し、各庇蔭格子の内部には庇蔭用照度計を、基準とする無庇蔭地には基準照度計を据付ける。測定者は各照度計の北側に配置され、基準照度測定の場合に

第43図 庇蔭格子



この図に見られるように、夏季の晴天ないし曇天において、10～15時の間に照度の測定を行なうならば、庇蔭格子の庇蔭度と照度比の間には高度の相関が認められる。すなわち庇蔭度は照度比とほぼ反比例的に増減する傾向があり、庇蔭度0.8以上または0.2以下の場合を除けば、庇蔭度(x)と照度比(y)との間には次の直線回帰が成立するものと認められる。

$$1-y=ax \dots\dots\dots (1)$$

a は常数

いま $1-y=Y$ とおき、前記24回の測定値を用いて最小自乗法により常数を決定すれば次式が得られる。

$$Y=1.00578x \dots\dots\dots (2)$$

$$a \text{ の分散 } V(a)=0.00001665$$

$$a \text{ の標準誤差 } \sqrt{V(a)}=0.0041$$

$a=1$ についての t 検定を行なうときは、

$$t_a=1.4098 < t_{0.05}$$

となり、5%の有意水準において差異が認められない。従って庇蔭度0.3～0.7の範囲においては、庇蔭度と照度比の関係は次式によってあらわし得るものといえよう。

$$y=1-x \dots\dots\dots (3)$$

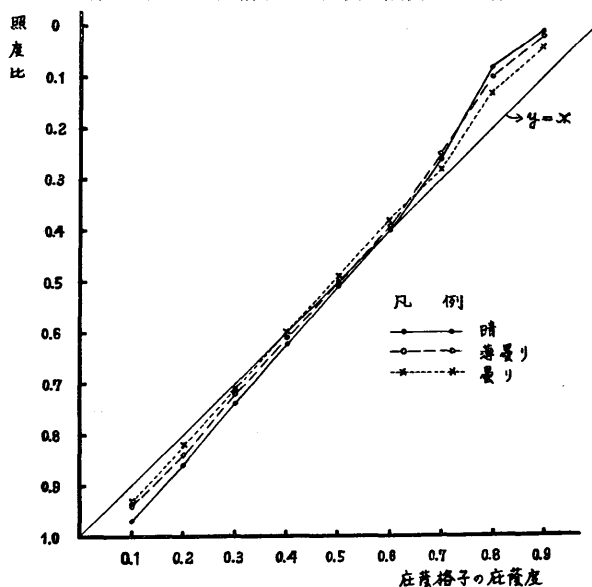
この式は第44図によって明らかなように、曇天の場合に最もよく適合するが、庇蔭度を十分率で分ける程度の測定においては、晴天の場合にも適用して差支えない。

iii アカマツ林の疎密度と照度比の関係

上記の実験により、夏季の正常陽光時(10～15時)に照度比を求めるならば、庇蔭度0.3

よって各庇蔭格子照度測定の時点を一致せしめる。測定時間を30分間とし、1分ごとに30回の照度を読みとり、これを照度計ごとに平均してその時間における平均照度とした。7月14日より8月25日にわたり10～15時の間に24回測定した結果を天候によって分け、庇蔭格子の庇蔭度と照度比の関係を平均値で示すと第44図のとおりである。

第44図 庇蔭格子の庇蔭度と照度比の関係



～0.7 の範囲においては、雲量の変化が照度比におよぼす影響は無視し得るものと認められたので、アカマツ林の疎密度に対して適用を試みた。既報第 25 表*に示した 50 個所の林分のうち、照度比の測定を不適當とした 5 個所を除き、冬期間に下木広葉樹を伐採して 7～8 月に照度比の測定を行なった。照度比は前記の庇蔭格子の場合と同様で、林外に基準照度計を、林内に 3～4 個の庇蔭用照度計を用い、定置法と移動法により 1 分ごとに 30 回照度を測り、それぞれの平均値より照度比を算出すると第 46 表が得られる。

この表から見ると、疎密度と照度比の間にはおおむね高度の相関が認められ、かつ定置法と移動法による照度比の差は少ない。

第 46 表 アカマツ林の疎密度および照度比

標準地 番 号	疎密度	照 度 比			標準地 番 号	疎密度	照 度 比		
		定置法	移動法	差			定置法	移動法	差
1	0.42	0.61	0.66	-0.05	25	0.62	0.58	0.54	+0.04
2	0.43	0.58	0.59	-0.01	26	0.64	0.52	0.47	+0.05
3	0.44	0.64	0.67	-0.03	27	0.55	0.61	0.56	+0.05
4	0.44	0.62	0.62	0.00	* 28	0.54	0.41	0.37	+0.04
5	0.32	0.78	0.75	+0.03	30	0.56	0.55	0.49	+0.06
6	0.38	0.69	0.65	+0.04	31	0.81	0.26	0.34	-0.08
7	0.44	0.69	0.64	+0.05	32	0.78	0.25	0.29	-0.04
8	0.34	0.68	0.71	-0.03	33	0.68	0.42	0.44	-0.02
9	0.38	0.71	0.72	-0.01	34	0.79	0.33	0.26	+0.07
10	0.42	0.66	0.62	+0.04	35	0.74	0.43	0.46	-0.03
11	0.63	0.45	0.51	-0.06	36	0.83	0.38	0.30	+0.08
13	0.52	0.59	0.62	-0.03	* 37	0.70	0.58	0.51	+0.07
14	0.56	0.45	0.47	-0.02	38	0.67	0.36	0.38	-0.02
15	0.57	0.52	0.52	0.00	39	0.68	0.50	0.48	+0.02
16	0.64	0.40	0.42	-0.02	40	0.66	0.46	0.40	+0.06
17	0.55	0.49	0.54	-0.05	42	1.01	0.17	0.18	-0.01
* 18	0.62	0.32	0.34	-0.02	43	0.88	0.34	0.32	+0.02
19	0.52	0.57	0.60	-0.03	44	0.96	0.20	0.23	-0.03
* 20	0.59	0.47	0.36	+0.11	45	0.98	0.30	0.27	+0.03
* 21	0.64	0.63	0.59	+0.04	47	0.94	0.28	0.35	-0.07
22	0.59	0.51	0.43	+0.08	49	0.86	0.26	0.27	-0.01
23	0.46	0.67	0.64	+0.03	50	0.94	0.16	0.15	+0.01
24	0.47	0.55	0.58	-0.03					

(註) 1) 1953 年 7～8 月測定

2) 疎密度は便宜上樹冠投影面積合計の林地面積に対する比であらわす

3) * 印は定置法と移動法の差が著しいか、または平均値よりの差が大きき、除外される標準地

いま疎密度 (y) と照度比 (x) との関係をグラフにあらわし、その平均傾向よりはずれた 5 標準地は疎密度と照度比の相関が低いものとしてこれを除き、残る 40 個所の測定値につ

いて回帰式を求めると次のとおりである。

$$\text{定置法の場合} \quad y = 0.8256(1-x) \dots\dots\dots (4)$$

$$\text{分散 } V(a_1) = 0.000165$$

$$\text{移動法の場合} \quad y = 0.8272(1-x) \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{分散 } V(a_2) = 0.000135$$

両式について差異の有無を調べるため、 $|a_1 - a_2| = 0$ の有意差検定を行なうと次のとおり有意差は認められない。

$$t(a_1 - a_2) = 0.0924 < t_{0.05}$$

$$\text{差の分散 } V(a_1 - a_2) = 0.00030$$

$$\text{差の標準誤差 } \sqrt{V(a_1 - a_2)} = 0.01732$$

従って照度比測定法としては定置法、移動法のいずれを用いても差支えないものといえる。

以上の結果から見ると、一般にアカマツ林の疎密度は前記庇蔭格子の庇蔭度より約 20 % 大きく、照度比を庇蔭の尺度として両者の関係を求めると次のとおりとなる。

$$(\text{庇蔭度}) \div 0.8 (\text{疎密度})$$

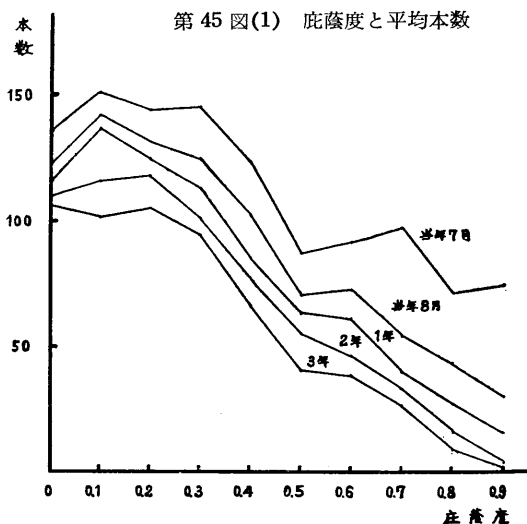
このようにアカマツの疎密度が庇蔭格子の庇蔭度より大きいことは、庇蔭格子の場合よりも林内が明るいことを示すもので、樹冠量が疎で陽光の 1 部が林内に透過することに起因するものと考察される。

また (4), (5) 両式について見ると、その分散はいずれも小さいから、疎密度の大小は比較的よく林内照度の大小をあらわすものと認められるが、45 個所の標準地中、5 個所の除外例があったことを考えると、疎密度の大きさのみによって林内更新樹との関係を調べることは必ずしも妥当とはいえない。疎密度が同じ場合にも、樹冠構造とくに枝葉密度の精粗によって林内陽光量に差異を生ずるから、照度比の測定によって疎密度の適否を検討することが望ましい。

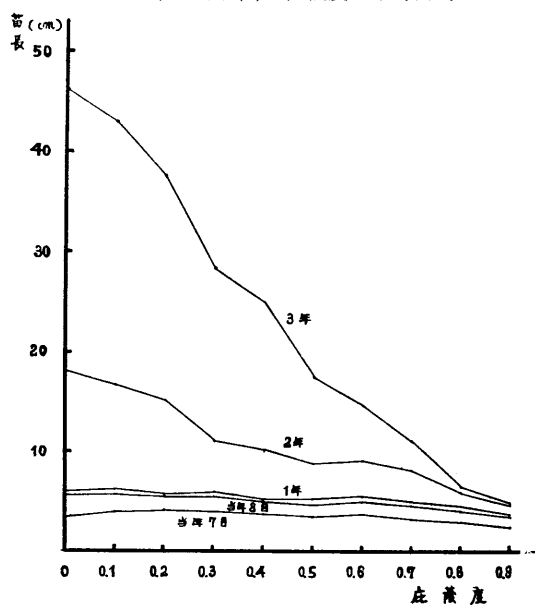
II 庇蔭格子によるアカマツ稚苗の消長

i 測定

アカマツは幼齡時より高齢にいたるまで高度の陽樹といわれ、更新初期における陽光量の不足に対してはきわめて鋭敏で、上木の庇蔭や地床植生の被圧下にはたえ得ないとされている。この研究は庇蔭がアカマツの稚樹の発生、生育に及ぼす影響を量的に把握する一方法として、圃場で庇蔭格子を用い、1953 年より 3 年間測定を行なったものである。測定地は広島試験地区域内の南面の山麓にある埴壤土の圃場である。5 m 間隔に前記のごとき 0.1~0.9 の庇蔭度をもつ庇蔭格子を設置し、全く庇蔭



第 45 図 (2) 庇蔭度と平均苗長



のない対照区と共に各 1m^2 に対して 200 粒を播種した。当年 6 月末までに発生した稚苗数によって各試験区の発生率とし、7 月 1 日、8 月 1 日、12 月末、2 年目および 3 年目の 12 月末に各稚樹の本数および苗長を測定した結果をとりまとめると第 45 図 (1) (2) のとおりである。

ii 分 析

アカマツ稚樹の生長過程において、庇蔭度の差異が伸長に与える影響を明らかにするため、測定期別に庇蔭度別の苗長について差の検定を試みた。第 47 表は各測定時における庇蔭度別の稚樹本数、平均苗長およびその不偏分散を示したものである。

第 47 表 測定期別、庇蔭度別本数、平均苗長およびその分散

測定 年月	庇蔭 因子	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
当年 7 月	N	136	151	144	145	123	87	91	97	71	74
	$\bar{H}$	3.59	4.08	4.28	3.99	3.72	3.41	3.76	3.45	3.00	2.53
	u^2	0.34889	0.33580	0.35566	0.29674	0.35738	0.37907	0.40078	0.39313	0.25714	0.22534
当年 8 月	N	123	142	131	125	102	71	72	54	43	30
	$\bar{H}$	5.71	5.80	5.51	5.50	5.13	4.87	4.98	4.68	4.09	3.42
	u^2	0.70049	0.63887	0.63838	0.57460	0.51446	0.50514	0.60169	0.79396	0.87214	0.53586
1 年	N	116	137	125	113	85	63	61	40	27	16
	$\bar{H}$	6.06	6.17	5.80	5.72	5.30	5.27	5.47	5.04	4.39	3.53
	u^2	0.61539	0.56721	0.58105	0.78518	0.50714	0.43403	0.35717	0.45564	0.67962	0.41533
2 年	N	110	116	118	101	76	55	46	33	16	4
	$\bar{H}$	17.89	16.81	14.20	10.93	10.30	8.80	8.95	8.27	5.91	4.63
	u^2	2.98468	2.25452	2.53855	2.12190	2.25387	3.34815	4.39133	3.70469	1.37400	0.2300
3 年	N	106	101	105	94	66	40	38	26	9	1
	$\bar{H}$	46.19	43.10	37.69	28.48	25.07	17.60	14.70	10.81	6.44	5.00
	u^2	9.30276	7.89660	7.17913	4.87054	4.33677	3.42564	2.95324	3.08160	1.02750	0

(註) N : 稚苗本数 $\bar{H}$: 平均苗長 u^2 : 不偏分散

1) 発生当年7月の苗長

平均値の分散が異なれば差の検定方法が異なるので、まず測定値を用いて等分散仮設の検定を行ない、各プロットについて分散の一様性を調べたところ、次のごとく分散は等しいものと認められる。

$$v^2 = \frac{\sum(n_i u_i^2)}{\sum n_i} = 0.33870$$

$$c = 1 + \frac{1}{3(m-1)} \left[\sum \left(\frac{1}{n_i} \right) - \frac{1}{\sum (n_i)} \right] = 1.00357$$

$$\chi^2_0 = \frac{2.3026}{c} \left[(\sum n_i) \log v^2 - \sum (n_i \log u_i^2) \right] = 12.971 < \chi^2_{0.05} = 16.919 \quad d.f. = 9$$

そこで平均値の差を検定するため、庇蔭度間、庇蔭度内の変動因により分散分析を行なうと、 $F_0 = 76.767^{**} > F_{0.01}$ となり、庇蔭度間に高度の有意性が認められる。ゆえにいずれの庇蔭度間に有意差があるかを見るため、二つずつの庇蔭度を組合わせて次式により有意差検定を行なうと第48表の結果が得られる。

$$\omega^2 = \frac{N_i u_i^2 + N_{i+1} u_{i+1}^2}{N_i + N_{i+1} - 2} \dots\dots\dots (6)$$

$$F_0 = \frac{(\bar{H}_i - \bar{H}_{i+1})^2}{\omega^2 \left(\frac{1}{N_i} + \frac{1}{N_{i+1}} \right)} \dots\dots\dots (7)$$

第 48 表 当年7月における平均苗長の差の検定

庇蔭度	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
0.1	$F_0^{**} > F_{0.01}$								
0.2	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$							
0.3	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$						
0.4	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$					
0.5	$F_0^{**} > F_{0.05}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$				
0.6	$F_0^{**} > F_{0.05}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$			
0.7	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0 > F_{0.01}$	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$		
0.8	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	
0.9	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$

この表に見られるように庇蔭度0と0.4,0と0.7,0.1と0.3,0.4と0.6,0.5と0.7の組合わせには差が認められないが、それ以外の各組合わせについてはいずれも差が認められた。庇蔭度0.2の平均苗長は最も大きく、庇蔭度0.1~0.3においては無庇蔭区より著しい差が認められるが、庇蔭度0.4~0.7においては著しい差がなく、庇蔭度0.8~0.9にいたれば著しく小さい。従って稚苗の発生後間もないこの時期においては、伸長に対する庇蔭効果があるもので、その庇蔭度は0.1~0.3である。しかしこの時期においても庇蔭度0.8以上となれば伸長量は劣るものといえよう。

2) 発生当年8月の苗長

前記1)と同様に等分散仮設の検定を行なえば、次のごとく分散は等しい。

$$v^2 = 0.62749$$

$$c = 1.00538$$

$$\chi^2_0 = 9.156 < \chi^2_{0.05}$$

ゆえに庇蔭度間、庇蔭度内の変動因により分散分析を行なうと、 $F_0 = 49.176^{**} > F_{0.01}$ となり、庇蔭度間に高度の有意性が認められる。いずれの組み合わせの間に差があるかを見るため、前記と同様にして検定を行なうと第49表が得られる。

第49表 当年8月における平均苗長の差の検定

庇蔭度	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
0.1	$F_0 < F_{0.05}$								
0.2	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0 > F_{0.01}^{**}$							
0.3	$F_0^* > F_{0.05}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0 < F_{0.05}$						
0.4	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$					
0.5	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^* > F_{0.05}$				
0.6	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0 < F_{0.05}$			
0.7	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0^* > F_{0.05}$		
0.8	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	
0.9	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$

この表から明らかなように、差の認められない組み合わせは、庇蔭度0と0.1, 0と0.2, 0.2と0.3, 0.4と0.6, 0.5と0.6, 0.5と0.7であって、その他の組み合わせについてはいずれも有意差が認められる。平均苗長最大の庇蔭度は0.1であるが、無庇蔭区との間には有意差が認められない。すなわち無庇蔭区の平均苗長に対して庇蔭度0.1~0.2は有意差が見られないが、庇蔭度0.3以上においては有意に小さく、前記7月の測定に較べて伸長量の最大は庇蔭のない方へ移行している。この結果から見ると、庇蔭がアカマツ稚苗の伸長に正の影響を与える期間は発生当年の7月までであって、8月になるとすでに負の影響を与え、庇蔭の少ないほど平均苗長が大きいものと推定される。

3) 1年目の苗長

前記1)と同様に等分散仮設の検定を行なうと次のごとく分散は等しくない。

$$v^2 = 0.57515$$

$$c = 1.00767$$

$$\chi^2_0 = 17.099^* > \chi^2_{0.05}$$

ゆえに二つずつの庇蔭度を組合わせて $F_0 = \frac{u_{t+1}^2}{u_t^2}$ により等分散仮設の検定を行

なった後、分散の等しい組み合わせについては前記(6),(7)式によって平均値の差の検定を行ない、等分散と認められない組み合わせについては次式によって計算し、 $t_1 > t_2$ ならば

$\bar{H}_i \asymp \bar{H}_{i+1}$ として差の検定を行なった⁴⁴⁾。

$$t_1 = \frac{|\bar{H}_i - \bar{H}_{i+1}|}{\sqrt{\frac{u_i^2}{N_i} + \frac{u_{i+1}^2}{N_{i+1}}}} \dots\dots\dots (8)$$

$$t_2 = \frac{\frac{u_i^2 t_{I1}}{N_i} + \frac{u_{i+1}^2 t_{II}}{N_{i+1}}}{\frac{u_i^2}{N_i} + \frac{u_{i+1}^2}{N_{i+1}}} \dots\dots\dots (9) \quad \left(\begin{array}{l} t_{I1}^2 = F'_{Ni} - 1 \text{ (0.05)} \\ t_{II}^2 = F'_{Ni+1} - 1 \text{ (0.05)} \end{array} \right)$$

その結果は第 50 表に示すとおりである。

第 50 表 1 年目における平均苗長の差の検定

庇蔭度	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
0.1	$F_0 < F_{0.05}$								
0.2	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$							
0.3	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1 < t_2$						
0.4	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1 > t_2$					
0.5	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1 > t_2$	$F_0 < F_{0.05}$				
0.6	$t_1 > t_2$	$t_1 > t_2$	$t_1 > t_2$	$t_1 > t_2$	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0 < F_{0.05}$			
0.7	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1 > t_2$	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$		
0.8	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1 > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	
0.9	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1 > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$

これによると、差の認められない組合わせは庇蔭度 0 と 0.1, 0.2 と 0.3, 0.4 と 0.5, 0.6, 0.7, 0.5 と 0.6, 0.7 の各組合わせであって、その他はいずれの組合わせの間にも有意差がある。平均苗長最大の庇蔭度は 0.1 であるが無庇蔭区との間には有意差が認められない。すなわち無庇蔭区の平均苗長に対して庇蔭度 0.1 のみは有意差が見られないが、庇蔭度 0.2 以上においては有意に小さいから、前記 8 月の測定に対して伸長量は更に庇蔭のない方へ移行している。

4) 2 年目の苗長

等分散仮設の検定を行なえば、次のごとく分散に高度の有意差が認められる。

$$v^2 = 2.67835$$

$$c = 1.01927$$

$$\chi^2_0 = 22.998^{**} > \chi^2_{0.01} = 21.666$$

ゆえに前記 3) と同様にして、各組合わせについて平均値の差の検定を行ない、第 51 表の結果を得た。

この表によると、庇蔭度 0.5, 0.6, 0.7 の相互間には差異が認められないが、その他の組合わせにおいてはいずれも有意差が認められる。しかもこの時期になると、アカマツの陽光に対する要求は強くあらわれ、無庇蔭区の平均苗長は最大である。

第 51 表 2 年目における平均苗長の差の検定

庇蔭度	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
0.1	$F_0^{**} > F_{0.01}$								
0.2	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.04}$							
0.3	$t_1^* > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$						
0.4	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$					
0.5	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1^* > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1^* > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$				
0.6	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$F_0 < F_{0.05}$			
0.7	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1^* > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0 < F_{0.05}$	$F_0 < F_{0.05}$		
0.8	$t_1^* > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1^* > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	
0.9	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$

5) 3 年目の苗長

庇蔭度 0.9 におけるアカマツの稚苗は漸次消失し、3 年後には 1 本を残すのみとなり、そこには分散がないので、このプロットを除いた 9 プロットについて比較を試みる。これまでの方法と同様に等分散仮設の検定を行なえば、次のごとく分散に高度の有意差が認められる。

$$v^2 = 6.20844$$

$$c = 1.01130$$

$$\chi^2_{0.01} = 46.327^{**} > \chi^2_{0.01} = 20.090 \quad d.f = 8$$

ゆえに前記 3) と同様にして平均値の差の検定を行ない、第 52 表の結果を得た。

第 52 表 3 年目における平均苗長の差の検定

庇蔭度	0	1	2	3	4	5	6	7
1	$F_0^{**} > F_{0.01}$							
2	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$						
3	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$					
4	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$				
5	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$			
6	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$		
7	$t_1^* > t_1$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.01}$	$F_0^{**} > F_{0.05}$	
8	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$	$t_1^* > t_2$

この表から明らかなごとく、いずれの組合せにおいても有意差が認められるので、発生後 3 年を経過した稚苗は、庇蔭度の異なるごとに苗長は異なるものと判断される。すなわちこの時期にいたれば、アカマツが高度の陽性樹種であることが明瞭にあらわれ、無庇

蔭区の苗長が各庇蔭区に較べて著しく大きいのみでなく、庇蔭度の異なるごとに有意差を示している。

iii 考 察

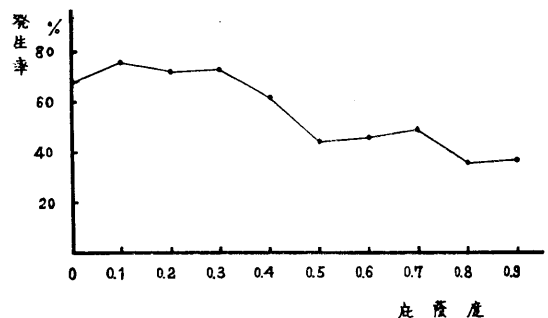
以上はアカマツ稚苗の発生後3年間ににおける庇蔭度別平均苗長の変化について分散分析を試み、差の検定を行なったものであるが、さらにその伸長状態について考察すると共に、稚苗の発生および消失との関係について検討してみよう。

1) 稚 苗 の 発 生

稚苗の発生は各プロット共に4～6月にわたり、庇蔭度が大となるにつれてやや発生がおくれる傾向が認められた。発生した稚苗のうちにはこの期間中に消失するものもあると考えられるが、この実験では7月1日に初回の稚苗数を調べたので、各プロットの播種数に対するこの稚苗数の百分率を発生率とした。

第46図は庇蔭度と発生率との関係を示すもので、必ずしも一定の関係があるとはいえないが、全体としては庇蔭が強くなれば発生率は減少するものと認められる。庇蔭度0.1～0.3において発生率が高いことは、圃場におけるアカマツ苗の初期の取扱いと関連して注目すべきところである。

第46図 庇蔭度別稚苗発生率



2) 稚 苗 の 消 失

各測定時における庇蔭度別プロットの稚苗数は第47表のごとくかなりの差異があるが、各プロットともに年々減少している。いま庇蔭度と稚苗数との関係を明らかにするため、各測定時別に無庇蔭区の本数に対する各庇蔭区の本数を百分率で示すと、第47図のとおりである。

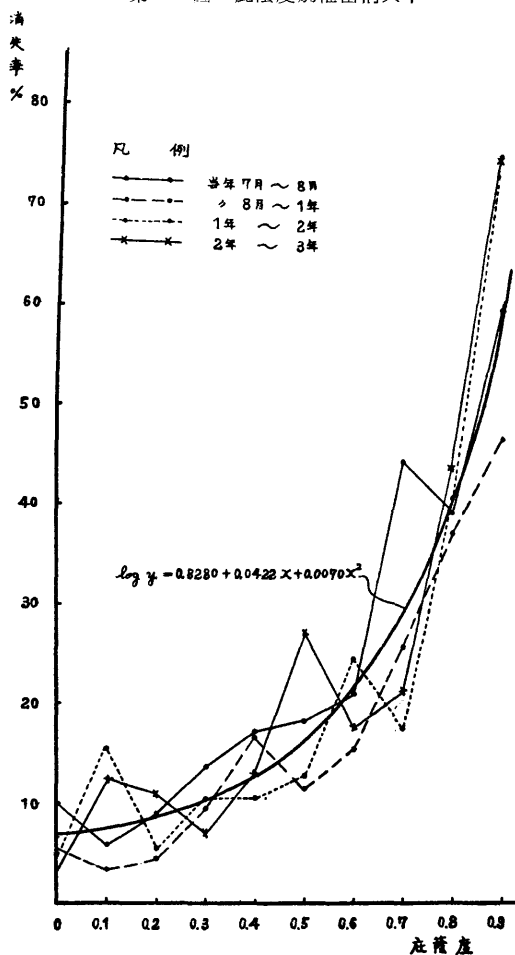
第47図 無庇蔭区に対する各庇蔭区の稚苗本数率



これによれば、庇蔭度0.1～0.3までは無庇蔭区の本数と大差がなく、むしろやや多い傾向が認められるが、それ以上の庇蔭度においては、庇蔭が強くなるにつれて急激に本数が減少する。しかも無庇蔭区に対する減少の割合は年月の経過と共に大きくなる傾向がある。この減少の割合を見るため、次式によって庇蔭度別に稚苗の消失率を算出すると、各測定期間中の消失率は第48図のごとくなる。

$$(\text{消失率}) = \frac{(\text{測定稚苗数}) - (\text{次回測定稚苗数})}{(\text{測定稚苗数})}$$

第 48 図 庇蔭度別稚苗消失率



3) 稚 苗 の 伸 長

各測定期における平均苗長によって、アカマツの稚樹に対する庇蔭の影響を明らかにするため、無庇蔭区に対する各庇蔭区の平均苗長の割合を示すと第49図のとおりである。

この図に見られるように稚苗の発生し終った7月初めまでは、庇蔭度のとくに強い場合を除けば、庇蔭が伸長に対して負の影響を与えることはなく、庇蔭度 0.1～0.3 においてはむしろ伸長の促進に有効であると認められる。しかし8月初めの測定時には、すでに

この図に見られるように、稚苗の消失率は各測定時期ともに庇蔭の弱いときは小さく、庇蔭が強くなるにつれて増大する特徴がある。この特徴を把握するため、庇蔭度の10倍を x 、稚苗の消失率を y とすれば、次の曲線式が適合するものと推定される。

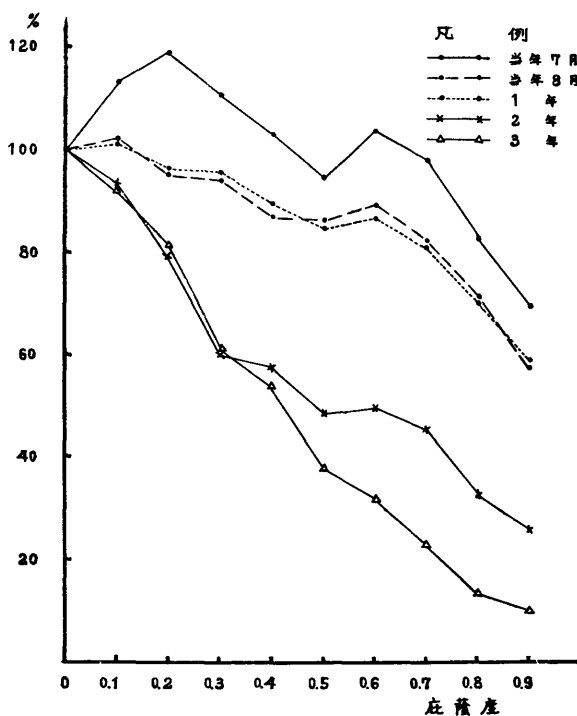
$$\log y = a + bx + cx^2 \dots \dots (10)$$

いま各測定期間の消失率についての平均値を求めるため、この式を用い、最小自乗法により常数を決定すれば次式が得られる。

$$\log y = 0.8280 + 0.0422x + 0.0070x^2 \dots \dots (11)$$

この式と各測定値との関係を示したのが第48図であって、かなりよく適合するものである。すなわち庇蔭格子の庇蔭度と稚苗の消失率との関係は(10)式のごとき拋物線によって示されるものと認められる。

第 49 図 無庇蔭区に対する各庇蔭区の苗長の割合

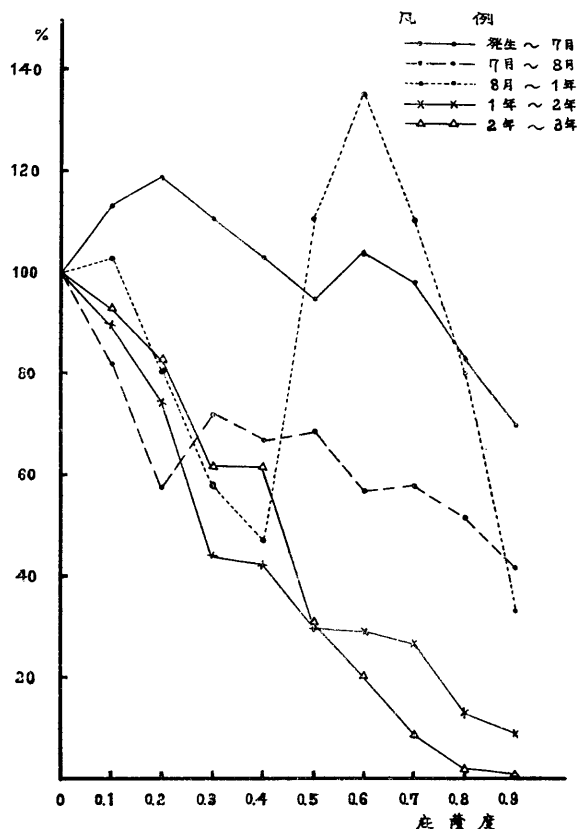


このような庇蔭効果は認められず、庇蔭度が大となるにつれて苗長は小となり、かつ繊弱となるものである。この傾向は時の経過につれてますます顕著となり、2年、3年後にいたれば、庇蔭度が1段階高くなるごとに苗長は著しく小さくなっている。

次に稚苗の生長におよぼす庇蔭の影響を見るため、各測定期の平均苗長の差をその期間の伸長生長とし、無庇蔭区に対する各庇蔭区の生長量の割合を示したのが第50図である。

これによると2年目、3年目の1年間の生長は庇蔭度が大となるにつれて小さくなるが、第1年目の生長を発生より7月1日までの第1期、7月1日より8月1日までの第2期、8月1日より12月までの第3期に分けて見ると、顕著な特徴が認められる。すなわち第1期の生長は庇蔭による伸長効果が見られ、庇蔭度0.1~0.7においてはおおむね無庇蔭区と等しいかやや大きい生長を示すが、第2期にいたれば生長量は庇蔭が強くなると共に漸減し、第3期には庇蔭度0.5~0.8において顕著な生長を示すものである。このような特徴は、庇蔭が強くなるにつれて伸長時期が遅れ、生長の最盛期が春から夏に移行すること、第1、第2期には消失する稚苗が苗長の大小と関係が少なく、第3期には庇蔭が強くなれば苗長の短い衰勢苗が多く消失することに起因するものと考えられる。

第50図 無庇蔭区に対する各庇蔭区の生長の割合



III 疎密度の異なるアカマツ林内の更新

前節の庇蔭格子の試験成果を現実のアカマツ天然生林に移し、林内に生える更新樹が上木の疎密度の大小によってどのように変化するかを明らかにするため、広島、福岡両試験地において次のごとく試験を行なった。

i 広島試験地

1) 測定

第1章に述べた広島試験地において1934年より1953年にわたり、アカマツ林を次の林型に区分してアカマツ上木の庇蔭がアカマツの更新樹におよぼす影響を調査した。

林種	林型	上 木 疎 密 度		調査区数	摘 要
		間伐前の 基 準	間 伐 後		
中林	A	—	—	39	上木下木ともに皆伐した跡地に更新する林分 (下木第1伐期間の林分)
	BⅠ	2.5~4.4	2.0~3.4	21	A林型の広葉樹を皆伐しアカマツを間伐した後の 2段林分 (下木第2伐期間の林分)
	BⅡ	4.5~6.4	3.5~5.4	31	
	BⅢ	6.5~8.4	5.5~7.4	22	
	CⅠ	2.5~4.4	2.0~3.4	13	B林型の広葉樹を皆伐しアカマツ上木を間伐した 後の2段林分 (下木第3伐期間の林分)
	CⅡ	4.5~6.4	3.5~5.4	31	
	CⅢ	6.5~8.4	5.5~7.4	13	
高林	D	—	—	37	アカマツ一斉単純林を皆伐した跡地に更新するア カマツ純林 (比較区)

調査区は後章に述べる収穫表調製資料と関連して設定したため、長年月にわたって測定を行なったものである。すなわちアカマツの伐期または下木の伐期に達した林分を対象として、まず伐採着手前に標準地を設定して伐採前後の詳細な林分測定を行なった。標準地数は207個所におよび、その面積は0.01~0.42 haである。いずれも冬期間に伐採搬出したもので、その跡地に1 m幅の帯状調査区を設けて地被物を除去し、4月以後に発生した初年次の更新樹を調査の対象とした。各調査区の面積、地況は既報第7表*のとおりで、このうちE林型(純薪炭林)の調査区を除き、伐採後1年、3年、5年における初年次に発生したアカマツ更新樹の本数および樹高を測定し、調査区ごとに1 m² 当りの更新樹の消長を調べた。またこれらの調査区中より林型別に傾斜方位の異なる調査区32個所を選び、それぞれの調査区内に1 m² の標準区を設けて伐採後1年間のアカマツ稚苗の消長を各月の終りに測定した。

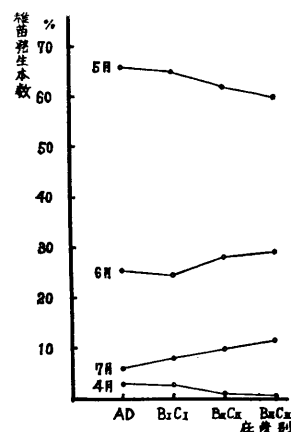
調査した資料は既報*第9表、第10表、第14表に示したとおりである。

2) アカマツ稚苗の1年間の消長

(1) 稚苗の発生

この地方におけるアカマツ稚苗の天然更新による発生はおおむね4月下旬よりはじまり、5月中に大半の稚苗が発生するが、さらに6月においても25~30%の稚苗が生え、7月上旬にいたって終了する。これらの稚苗は庇蔭の増大するに従って発芽開始時期がおくれ、上木のないA、D林型などに比し庇蔭の強いBⅢ、CⅢの発芽開始は10~16日おくられている。いま測定数値を用い、庇蔭区分によってA・D、BⅠ・CⅠ、BⅡ・CⅡ、BⅢ・CⅢの各林型に分け、それぞれにおける全稚苗発生数に対する各月の平均稚苗発生率を算出すると第51図が得られる。すなわち4月、5月においては庇蔭の強い林内はど稚苗発生率が低く、6月、7月には逆に発

第51図 庇蔭別月別稚苗発生率



* 井上由扶：アカマツ中林形作業法の研究 第2報 九大演習林報告 第22号 1953

生率が高いことは、庇蔭下には幾分稚樹の発生がおくれることと一致するものである。

次に天然更新による稚苗発生の状態を林地の傾斜方位との関係について見ると、発芽開始は南面が最も早く、上木のない D, A 林型などにおいては4月27～28日に、上木庇蔭の最も強い B_{III}, C_{III} 林型の林内では5月7～9日に生えはじめ、西, 東, 北面の順に発芽開始が遅れて、北面においては D, A 林型では5月4日に、B_{III}, C_{III} 林型では5月11～12日にいたって漸く発芽しはじめている。しかし発芽の終了期は斜面方向および庇蔭の有無に関係なく、いずれもほとんど7月10日前後であった。いま前記の測定資料を庇蔭区分によって A・D, B_I・C_I, B_{II}・C_{II}, B_{III}・C_{III} に4分し、それぞれについて調査区を傾斜方位別に分け、各方位別に稚苗発生総数に対する各月の発生数の百分率を示すと第57表のとおりである。

第 57 表 庇蔭別に見た各傾斜方位の月別稚苗発生率(%)

方位 月 林型	E				S				W				N			
	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7	4	5	6	7
A・D	2.9	61.8	26.5	8.8	4.7	68.1	25.1	2.1	2.3	65.7	26.4	5.6	0	64.1	21.9	14.0
B _I ・C _I	2.0	62.7	25.5	9.8	3.5	66.4	23.0	7.1	2.1	65.3	24.2	8.4	0	62.5	29.2	8.3
B _{II} ・C _{II}	0	60.0	29.2	10.8	2.2	64.8	26.4	6.6	0	61.4	27.7	10.9	0	57.1	31.0	11.9
B _{III} ・C _{III}	0	58.7	30.4	10.9	0	61.0	28.8	10.2	0	62.8	26.7	10.5	0	55.1	30.6	14.3

この表によると、各方位の斜面ともに庇蔭が強くなるにつれて4, 5月の稚苗発生率が減じ、逆に6, 7月の発生率が増加する傾向が見られ、また同一庇蔭状態においては南, 西, 東, 北の順に稚苗発生のおくれていることが観取される。

稚苗の発生数は下種量の多少によって異なるべきであるが、調査した平均値から見ると上木庇蔭のない場合に最も多く、庇蔭の増大にともなって発生数が減少している。また林地の傾斜方位については南面が最も多く、西, 東, 北面の順に発生数が少なくなっているが、この差異は上木庇蔭の有無にかかわらず顕著であった。稚苗の発芽は地床の温度, 湿度に関係するところが大きい⁴⁸⁾、以上の点から見て発芽量および発芽時期は間接的に陽光照射量に左右せられるところが多いものと考えられるのである¹⁹⁾。

(2) 稚苗の消失

稚苗消失の原因は乾燥, 寒害, 病菌害, 昆虫その他動物の害, 雨水による流失, 上木からの水滴や落枝による損傷, 落葉被覆, 萌芽その他地床植生による被圧などがあげられている⁶⁷⁾。この調査においても稚苗の発生後間もなく枯死するものがあらわれ、1年中の各季節とも消失が見られたのであるが、その半ば以上は夏季の乾燥によるものであって、それ以後の消失数は比較的少ない。稚苗の消失を個体ごとに観察すると、早期に発生した稚苗は枯死率が少なく、おくらて生えた稚苗は夏季に枯死するものが多い。いま各調査区のうち、個体ごとに稚苗の消長を測定した調査区について、月別発生稚樹の消失状態を示すと第58表のとおりであって、4月に発芽したものはほとんど枯死していないが、6月以後に発芽した稚苗は大部分が消失し、ことに7月, 8月に枯死したものが多いことを示している。

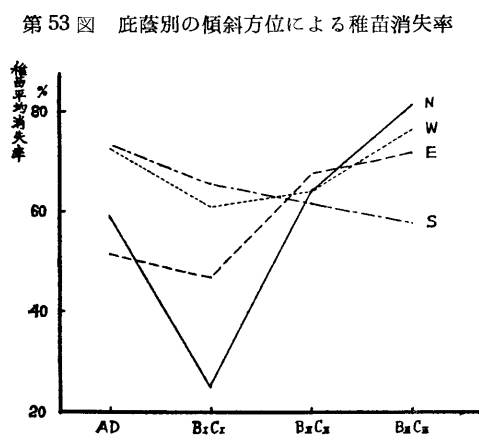
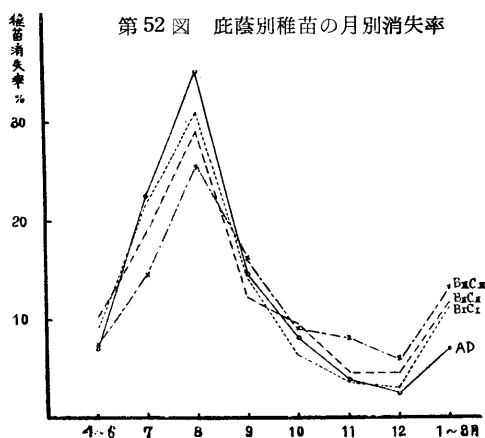
第 58 表 月別発生稚樹の消失率

調 査 区	林型	稚苗発生 の月	発 生 の月 稚苗数	月 別 消 失 稚 苗 数										残 存 稚苗数	消失率 %
				4~6	7	8	9	10	11	12	1~3	計			
Ak _a 25	D	4月	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.0
		5	75	4	9	11	12	7	4	2	4	53	22	70.7	
		6	29	2	9	13	2	1	0	0	1	28	1	96.6	
		7	7	0	2	5	0	0	0	0	0	7	0	100.0	
Ak _a 5	A	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	25.0	
		5	56	3	6	12	6	4	1	0	5	37	19	66.1	
		6	18	1	5	9	1	0	0	0	0	16	2	88.9	
		7	2	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	100.0	
Ak _a 9	B _Ⅱ	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
		5	14	0	1	3	0	0	0	0	0	4	10	28.6	
		6	7	1	1	3	1	0	0	0	0	6	1	85.7	
		7	2	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	100.0	

おくれて発芽した稚苗は、その根が土壤深く侵入しないうちに梅雨明けの急激な乾燥によって枯死するものと認められる。

いま各調査区を庇蔭区分によって4分し、それぞれの稚苗消失数を100として各月の平均消失率を求めると第52図のごとくなる。

すなわち上木庇蔭の有無にかかわらず消失率は8月が最も大きく、これを頂点として急激に減少するものである。しかしこれを詳細に見ると、庇蔭のないA・D林型においては7~8月の消失が多く12月以降の消失が少ないのに対し、上木庇蔭の強いB_{III}・C_{III}林型においては7~8月の消失が比較的少なく11月以降の消失が比較的多い。また1年生稚苗



の年間消失率を見ると、第53図に示すごとく南斜面においては庇蔭のない場合に大きく、庇蔭の増大にともなって減少する傾向があるが、北斜面の消失率は逆に庇蔭のない場合に小さく、庇蔭の増大にともなって消失の増す傾向が認められる。

これらは稚苗消失の主因が夏季の乾燥にあるためと認められ、陽光照射量と関連する土壌水分の多少によるところが大きいものと考えられる。

3) アカマツ更新樹の5年間の消長

前述のごとくアカマツ林を冬期間に伐採して地被物を除去するならば、結実のきわめて凶作の年以外には一般に多数の稚樹が発生するが、発生後の消失数も多く、1年後には発芽数の数分の一に減少することが多い。しかしこの調査においては1年後にもなお1m²当り平均8~20本が残存しているので、皆伐跡地はもとより上木の庇蔭下にあっても更新上には十分の稚苗数が生存するものである。これらの稚苗を自然状態のまま放置した場合の消長を明らかにするため、207個所において5年間継続測定した結果をとりまとめると次のとおりである。

(1) 更新樹本数

一般にアカマツ上木のない皆伐跡地においては5年後にも相当数の更新樹が残存し、普通1年後の本数の1/2内外が5年後において生存している。この場合、A林型においては萌芽性広葉樹が繁茂するため、アカマツ純林の伐採跡地よりも消失量が多く、かつその分布が不整一となる傾向が見られる。しかし生育する稚苗数としてはかなり多く、平均値から見るとA林型の生立本数はD林型の8割程度となっている。これに対してアカマツ上木のある林内に生えた更新樹は、その疎密度が大となるにつれて本数が減少し、かつその差異は年齢の増加にともなって顕著となる。また立地条件に分けて見ると、おおむね庇蔭の有無にかかわらず傾斜方位では南、西、東、北面の順、傾斜度では緩、中、急の順、山腹の位置では上部、下部の順に生立本数が少なくなっており、地位による差異には一定の傾向が認められない。いまこれらの立地条件別に、中林型アカマツ林の各林型における単位面積当りの更新樹数をアカマツ一斉単純林の場合と比較し、D林型の平均値に対する本数百分率としてあらわせば第54図のとおりとなる。

この図から見ると、立地条件の違いにかかわらず、一年生の更新樹本数にくらべて3年生、5年生の更新樹が庇蔭の増大にともなって著しく減少することが明らかである。また第54図(13)に見られるごとく、単位面積当りの平均更新樹数は、

$$D \geq A > C_I \geq B_I > C_{II} \geq B_{II} > C_{III} \geq B_{III}$$

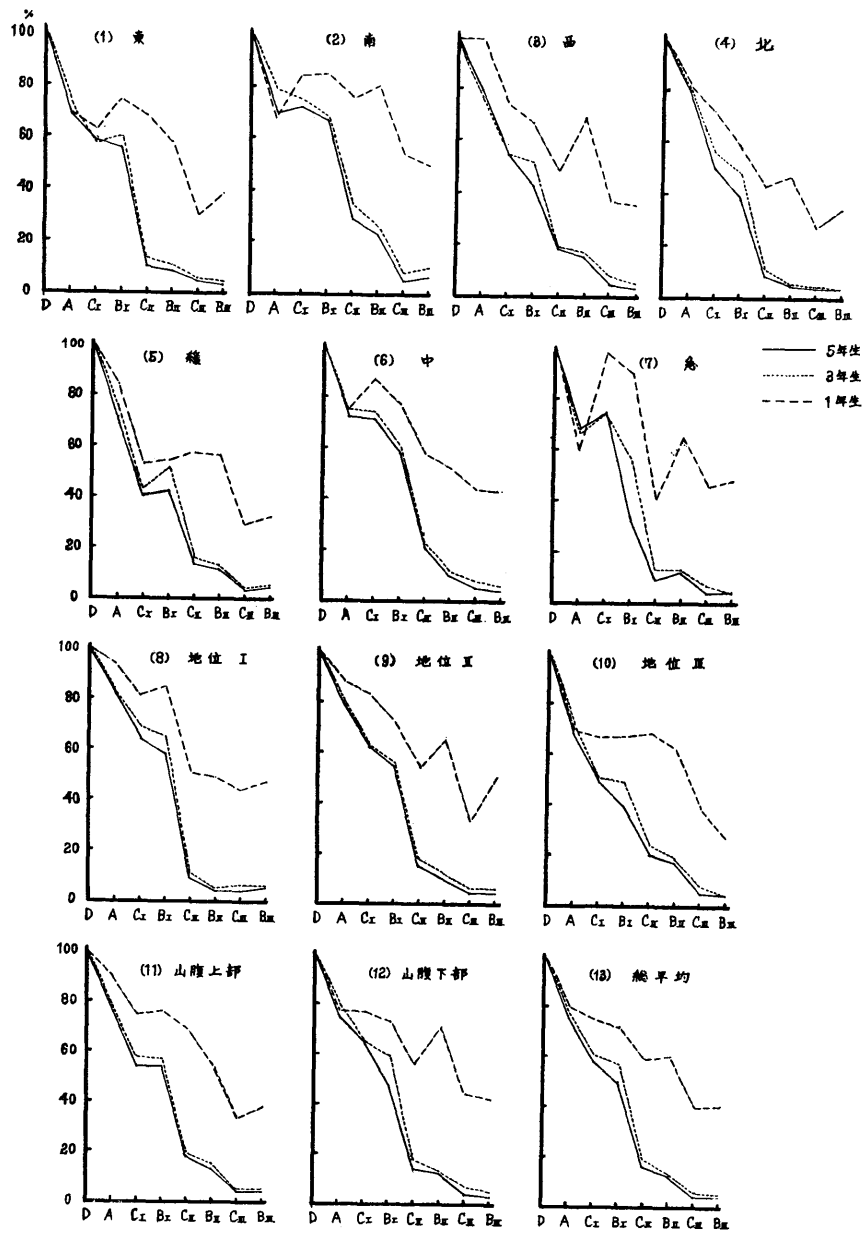
となり、B林型とC林型では疎密度が同一の場合には幾分C林型の本数が多い傾向が認められる。その理由は明らかでないが、前者は後者より上木が若く樹冠が低いことと、枝条がやや密に着生していることに関係するものと考えられる。

次に上記資料より1年生、3年生の本数差から最初の2年間の消失率を求め、3年生、5年生の本数差から次の2年間の消失率を求めると、全般的には年数経過と共に消失率の減少する傾向が見られ、林型別には上木疎密度の大きいほど消失率も大であって、

$$D \leq A < C_I \leq B_I < C_{II} \leq B_{II} < C_{III} \leq B_{III}$$

の関係にあり、特にC_I、B_I林型とC_{II}、B_{II}林型の間には顕著な消失率の差異が見られる。すなわち上木庇蔭のないD、A林型においては1~3年の2年間の平均消失率は44%およ

第 54 図 Dを基準とする各林型の更新樹本数率



び46%であって、前に述べた稚苗発生後1年間の平均消失率74%および60%にくらべて少なくなり、さらに3～5年生の2年間においては9%および13%にすぎず、ほとんど後継林分の更新樹として安定しつつあるものと考えられる。これに対してB,C両林型においては上木庇蔭が大となるにつれて消失率も大となり、B_{III}, C_{III} 林型においては1～3年生の2年間の平均消失率は93%および91%であって稚苗発生後1年間の平均消失率61%および79%よりも大きく、3～5年生の2年間の消失率もなお33%および43%であって、5年後にいたっても相当の消失を見るものである。このことは、稚苗発生当初の消失が乾燥を主因とするのに対し、1年以上経過後の消失は上木ならびに下木広葉樹の萌芽による庇蔭を主因とするものと考えられる。また立地条件と消失率との関係を見ると、庇蔭のない場合は傾斜方位別には南、西面の消失が多く、東、北面が少ないこと、傾斜の急な個所ほど消失率の高いことなどがあげられるが、かかる関係は年齢増加にともなって不分明となり、庇蔭下にあっては逆の傾向が認められることもある。

(2) 更新樹の樹高

207個所の調査区について1年、3年、5年生の平均樹高を各林型に分けて見ると、アカマツ上木の庇蔭下においては疎密度が大となるほど稚樹の伸長量は小さい。その差異は1年生の場合にはわずかであるが、3年生、5年生と年齢を増すにつれて顕著となる。庇蔭下の更新樹は前述のごとく消失率が大きく、しかも衰勢更新樹の枯死するものが多いため、残存した比較的優勢な更新樹についての平均値であるにかかわらず、なお顕著な樹高差を生ずることはアカマツが高度の陽性樹種であることを示すものと考えられる。

各林型の平均樹高を立地条件別に見ると、地位による差異が最も顕著にあらわれていることは当然であるが、庇蔭下においては伸長量が小さいため、庇蔭が強くなるにつれて地位による樹高差は少なくなっている。傾斜方位による更新樹の樹高差も比較的顕著であって、南面が最も大きく、西、東、北の順に小さい。この関係は上木の庇蔭が強いほど明瞭であって、B_{III}, C_{III} 林型などでは著しい差異が認められるが、上木のないD,A両林型においては方位による樹高差は僅少である。これによってもアカマツの更新樹が高度の陽樹であることが推測される。なお山腹の上部と下部では幾分下部の平均高が大きく、傾斜度による差異には一定の傾向が認められなかった。

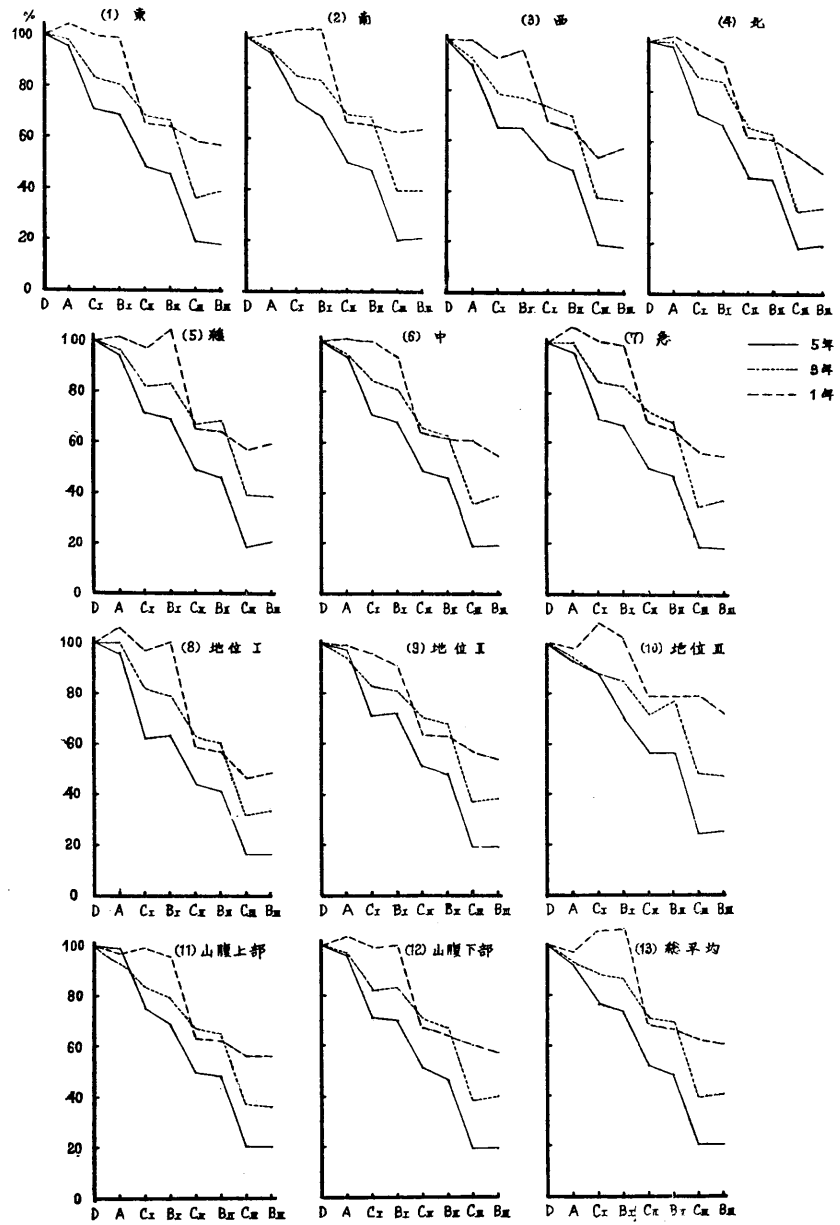
以上の立地条件別に庇蔭が更新樹の伸長におよぼす影響を明らかにするため、中林型アカマツ林の各林型における1年、3年、5年生の更新樹の平均高を、D林型を100として示したのが第55図である。

この図から明らかなように、1年生の平均樹高は上木庇蔭のないD,A林型と上木疎密度2.0～3.4のB_I, C_I 林型とはほとんど差異がないが、B_{II}, C_{II} 林型以上の上木庇蔭下においては著しく伸長が衰えている。またアカマツ純林の皆伐跡地に生育する更新樹を基準として各林型の平均樹高を見ると、1年生、3年生、5年生と年齢経過につれて庇蔭下の樹高低下率が大きくなり、特に3年生、5年生については

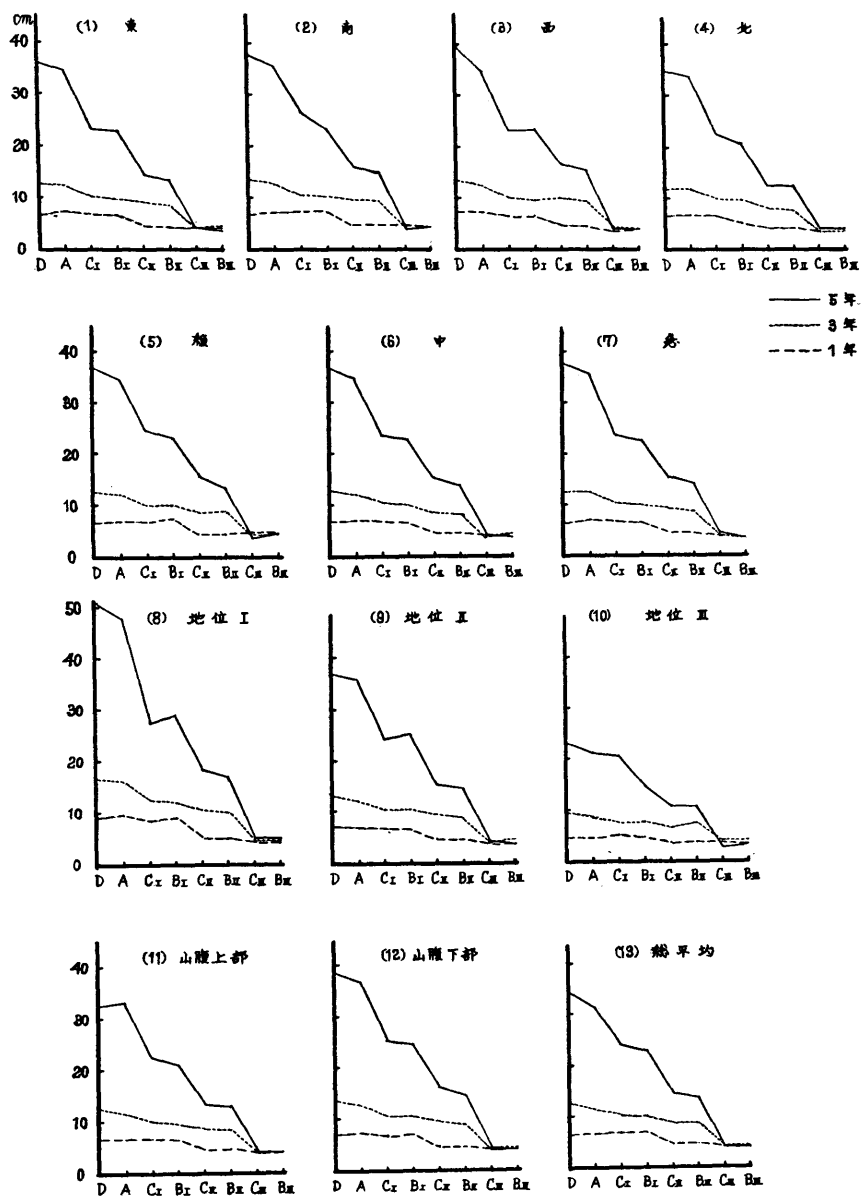
$$D \cong A > C_I \cong B_I > C_{II} \cong B_{II} > C_{III} \cong B_{III}$$

の関係が認められる。すなわちアカマツの更新樹は、当初の1年間までは弱度の庇蔭下において庇蔭のない場合と変らない伸長を示すが、年齢の増加にともなって庇蔭下に生育することは困難となり、消失率の増大のみでなく残存更新樹の伸長も著しく減退する。この

第 55 図 Dを基準とする各林型の樹高率



第 56 図 各林型の樹高連年生長量



調査によれば、B_{III}, C_{III} 林型などの庇蔭下では D, A 林型など庇蔭のない場合の平均樹高に比し、3 年生では 40 % 以下、5 年生では 20 % 程度に過ぎない。なお B 林型と C 林型において、疎密度が同一の場合に C 林型の平均高が幾分大きい傾向を示した理由については、本数の少ない場合の理由と同様に、上木の樹冠高が高くかつ枝条が疎に着生すること起因するものと推測せられる。

次にアカマツ更新樹の樹高連年生長量は、一般に 1 年生、2 年生までは小さく 3 年生以後に急速に伸長するものであるが、上木の庇蔭下においてはその増加割合が減少し、特に庇蔭の強い場合にはほとんど連年生長の増加が見られず、ついには衰勢減退して枯死するにいたる。この関係を明らかにするため、各林型における立地条件別の平均樹高より連年生長量を求めたのが第 56 図である。

この図に見られるように、樹高連年生長量の平均値は上木疎密度の増大にともなって漸減し、庇蔭のない D, A 林型においては 1 年生に対し 3 年生は約 2 倍、5 年生は約 3 倍であるが、庇蔭の強い B_{III}, C_{III} 林型では 5 年生まで毎年同じ程度の伸長を見るにすぎない。

4) 総括

この調査は立地の異なる多数の調査区を対象とし、かなり広い地域にわたって長期間測定され、その間結実の豊凶、気象の変化など複雑な因子が加わっているから、測定された数値そのものには普遍性を認め得ないとしても、庇蔭下のアカマツ更新についての特徴は把握できるものと考えられる。このような見解より調査結果をとりまとめて考察しよう。

一般にアカマツの天然更新による稚苗発生は 4～7 月の候に行なわれ、落下した種子が確実に着床するならば適度の温度と湿度により多数の稚苗が発生する。もちろん、結実量、気象、土地条件などの差異によって稚苗発生数に著しい違いはあるが、結実期以後の冬期間に伐採して地被物を除去するならば、普通には更新上過剰と思われるほど多数の稚苗が発生する。しかるに発生当初の稚苗はきわめて繊弱であるため、種々の被害による損耗が多く、ことに遅れて発芽したものは梅雨期後の暑熱、乾燥による枯死が多い。上木庇蔭のない場合には庇蔭下よりも発芽開始が早く発生総数も多いが、1 年間の消失率から見ると弱度の庇蔭下において最も少なく、全く庇蔭のない場合または庇蔭の強い林内では消失率が大きい傾向が認められる。すなわち 稚苗数は発芽後 1 年間に 1/2～1/5 程度に減少するが、1 年後においてもアカマツ林としての更新上必要な本数は十分生存しているものである。

アカマツの天然更新作業上、稚苗の発生について重要な時期は 1～3 年生までの間にあるものと考えられる。この期間に中林型アカマツ林の各林型においては、アカマツ更新樹と下層植生との競合が激化され、雑草灌木類や生長の速い広葉樹萌芽に被圧される危険があり、ことに上木下の更新樹は庇蔭によって健全な生育をはばまれるため、生長が衰へて枯死するものが多く、上木の多い林内では更新樹の大半がこの期間に消失している。林地の傾斜方位による単位面積当りの更新樹数が南面に多く北面に少ないこと、その差異は上木庇蔭の大なるほど著しいことは、アカマツが高度の陽樹であることに起因するものと考えられる。このことは更新樹の本数よりも伸長量においてさらに顕著にあらわれ、上木庇蔭のない場合には 3 年生以後の伸長量が著しく増大するが、庇蔭下においては伸長が停滞して繊弱となり、特に疎密度の高い林内においては発生後 5 年にして大部分の更新樹が衰勢消失し、残存したものも全く後継樹としての価値を有せざるにいたるものである。す

なわち更新後5年間におけるアカマツの庇蔭による影響から見れば、疎密度2～3程度の上木を有する場合には、残存更新樹が伸長を持続しているものもあるが、疎密度4以上のアカマツ林下においては年々衰勢枯死するほか、残存するものも生長が著しく減退して後継樹としての期待はできないものと認められる。

いま各林型における更新樹の樹高生長の差異を示す例として、1934年に設定したD, A, B_{II}, C_{II}各林型の立地状態が類似する4調査区を選び、設定当初に更新したアカマツの15年後(1949年)まで残存したものを10cmごとに区分して樹幹析解し³⁰⁾、林型ごとの樹高生長の平均値をあらわせば第57図(1)～(2)のとおりである。

これによると広葉樹萌芽と共に混交して生育したAのアカマツは純林として仕立てたDの生長と大差がなく、むしろ10年頃から後は上長生長の優る傾向が見られるが、アカマツ林内に更新したB_{II}, C_{II}などのものは、わずかに生存し得た数本の平均値ではあるが、樹高生長は漸次衰退して15年生の総生長はAの40%にすぎない。

以上の試験調査によって考察するに、アカマツのごとき陽樹は上木の樹冠下に更新樹の生長を期待することは困難であり、その更新期には皆伐法による作業法が採用せられねばならないものと認められる。

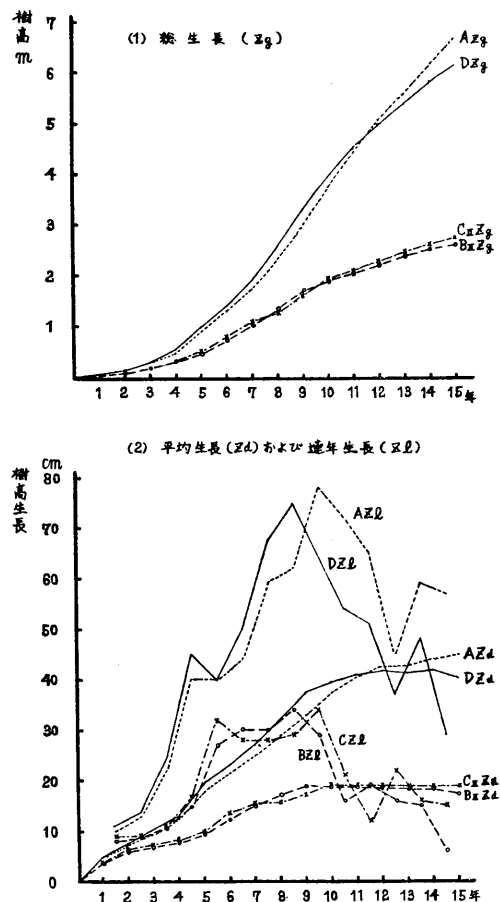
ii 福岡試験地

1) 測定

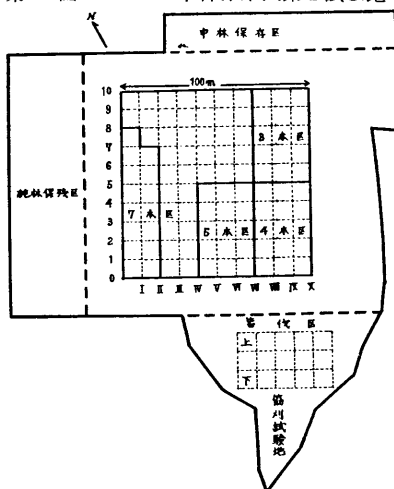
前述の試験地では種々の立地条件におけるアカマツ更新樹の初年次に発生したものを対象としたが、次には同一立地条件と認められる1試験地内において、伐採後年々発生するアカマツ稚樹を含めてその消長を明らかにするため、福岡県に設定したアカマツ中林作業法第1試験地³¹⁾において測定を行なった。この試験地は1952年末に設定したもので、面積2.64haからなり、伐採前の林相は上木アカマツ35～37年、下木広葉樹18年の2段林であった。第58図のごとく上木下木とも皆伐した皆伐区と、下木を皆伐し上木を面積100m²当り3本、4本、5本、7本残存して間伐を行なった3本区、4本区、5本区、7本区の各中林区からなり、ほかに保存区が残されている。

各試験区ともに冬期間に伐出作業を行ない、2年後に下木広葉樹の萌芽整理をしたもの

第57図 各林型のアカマツ更新樹の樹高生長



第58図 アカマツ中林作業法第1試験地



で、次の方法によりアカマツ稚樹の測定を行なった。すなわち庇蔭を異にする5試験区からそれぞれ10m×10mプロットを2個抽出し、さらにそれを2m×2mのプロットに細分してその2個を抽出し、結局において各試験区より2m×2mプロット4個づつを選定して更新樹測定プロットとした。1953年3月に各測定プロットの落葉層を除去して稚苗の発生を促し、1953～1957年の5年間における年末のアカマツ稚樹の消長を調べた結果は第59表のとおりである。

第59表 試験区別アカマツ更新樹測定値総括

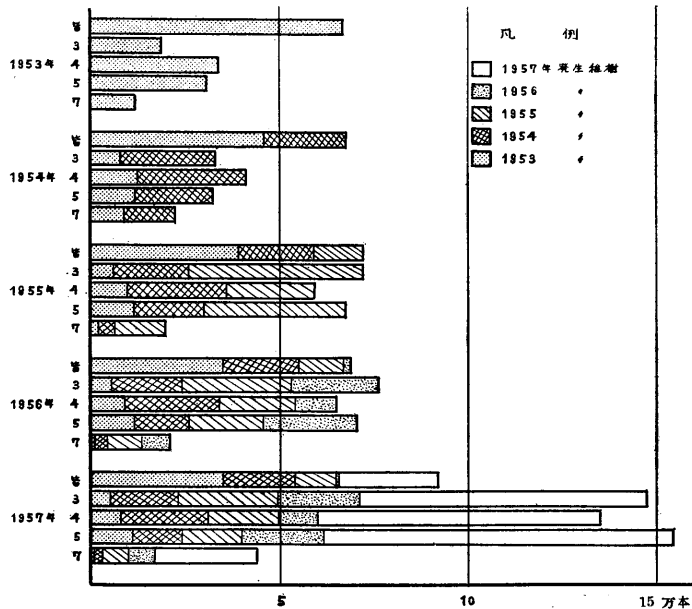
試験区	疎密度	照度比	プロット番号		1953年		1954年		1955年		1956年		1957年		根元径
			10×10mプロット	2×2mプロット	本数	樹高	本数	樹高	本数	樹高	本数	樹高	本数	樹高	
皆伐区	0	1.00	上 部	5-1	18	7.2	17	21.5	21	34.6	20	72.5	28	70.6	1.2
			〃	1-5	23	5.4	28	13.0	29	26.1	29	67.9	44	42.3	0.7
			下 部	1-1	35	5.1	28	17.1	34	35.6	32	71.0	43	66.9	0.9
			〃	5-5	31	5.8	35	17.1	31	40.8	29	73.7	32	96.7	1.5
3本区	3.2	0.80	IX.7	5-1	7	3.6	15	5.5	38	6.1	37	8.4	104	8.2	0.2
			〃	1-5	7	4.9	13	7.7	23	10.7	31	11.8	54	9.9	0.2
			IX.8	5-1	8	4.9	8	8.0	19	10.5	23	12.4	27	12.3	0.2
			〃	1-5	8	5.9	17	6.8	35	10.0	31	11.5	51	12.5	0.2
4本区	3.8	0.68	IX.2	5-1	23	4.7	26	9.5	27	16.6	27	17.8	71	17.4	0.3
			〃	1-5	17	4.5	17	6.3	22	12.8	26	13.2	60	12.3	0.2
			IX.4	5-1	8	4.1	10	5.6	27	7.5	30	9.9	73	8.7	0.1
			〃	1-5	7	4.1	13	6.8	19	11.1	21	11.6	12	21.7	0.2
5本区	4.4	0.57	VI.5	5-1	16	4.9	14	10.1	25	10.0	27	11.0	37	13.1	0.2
			〃	1-5	9	3.5	13	5.2	21	7.9	18	7.9	90	7.0	0.1
			VI.5	5-1	11	4.7	15	7.0	38	7.6	42	7.8	75	7.4	0.1
			〃	1-5	13	4.4	10	7.6	24	8.4	26	8.6	45	9.6	0.1
7本区	6.0	0.46	I.4	5-1	7	4.7	19	6.3	0	0	9	3.1	55	8.0	0.12
			〃	1-5	5	3.5	6	5.3	22	6.9	15	4.4	3	11.3	0.1
			I.5	5-1	3	4.7	7	5.4	4	6.0	6	4.0	9	7.6	0.1
			〃	1-5	4	6.0	4	5.6	6	6.0	4	5.3	3	7.5	0.1

(註) 疎密度、照度比は測定初年次の測定値

2) アカマツ更新樹の本数

前記の測定結果より、各試験区におけるアカマツ更新樹の年々の本数を ha 当りに換算して示すと第 59 図のとおりである。

第 59 図 上木の疎密度別アカマツ更新樹の本数



この図に見られるように、アカマツの更新樹は、地表状態が良好な場合には、上木庇蔭の有無多少にかかわらず多数生育するものである。いま各試験区の測定プロットにおける 1957 年の全更新樹数について試験区間の分散分析を行ない、有意差検定を試みると、

$$F_0 = 2.418 < F_{0.05}$$

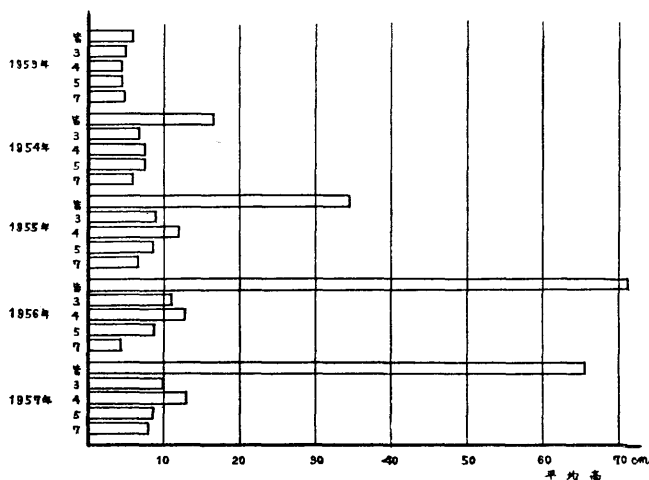
となり、上木の疎密度の差によって更新樹数の差は認められない。

しかしこれらの更新樹を年齢別に分けて見ると、第 59 図のごとく、試験区によって顕著な差異が認められる。すなわち 5 年後の皆伐区におけるアカマツの更新樹は、伐採当初に発生した稚苗の残存率が最も高く、5 年生のものは全更新樹の 38% を占めているが、疎密度 3~5 (照度比 0.8~0.5) のアカマツ林内においては、最初に更新した 5 年生のものは、わずか 1~7% が残存するに過ぎず、1~2 年生の更新樹が 70% 内外を占めている。このようにアカマツの更新樹は、上木の庇蔭がない場合には消失率が比較的少ないが、上木のある場合には、かなり疎密度の小さい疎林下にあっても、発生した稚樹の大半は 1~2 年間生存するのみで、数年後には大部分が消失する。

3) アカマツ更新樹の樹高生長

各試験区における年々のアカマツ更新樹について、平均樹高を求めると第 60 図のとおりである。

第 60 図 上木の疎密度別アカマツ更新樹の平均高



いま各年度における平均樹高について分散分析を行なうと、第1年次(1953年)には試験区間に有意差が認められず、稚樹の高さはほぼ等しいものといえるが、第2年次以降になると各年次ともに著しい有意差が認められる。ゆえに第2年次以降について年次別に試験区相互間の平均高の差の検定を行なうと、第2, 3, 5年次は皆伐区と他の試験区との間に著しい有意差が認められ、3本区, 4本区, 5本区, 7本区の相互間には有意差を認めない。第60表は第5年次の検定の結果を示すものである。

第 60 表 第5年次の平均高の差の検定

試 験 区	皆 伐 区	3 本 区	4 本 区	5 本 区
3 本 区	$F_0 = 27.37^{**} > F_{0.01}$			
4 本 区	$F_0 = 22.22^{**} > F_{0.01}$	$F_0 = 2.08 < F_{0.05}$		
5 本 区	$F_0 = 28.53^{**} > F_{0.01}$	$F_0 = 0.68 < F_{0.05}$	$F_0 = 3.34 < F_{0.05}$	
7 本 区	$F_0 = 29.44^{**} > F_{0.01}$	$F_0 = 2.35 < F_{0.05}$	$F_0 = 4.70 < F_{0.05}$	$F_0 = 0.16 < F_{0.05}$

(註) 第2, 3年次は同様につき省略する。

また第4年次は第61表のごとく、3本区, 4本区, 5本区相互間には有意差を認めないが、皆伐区と他の各試験区および7本区と他の各試験区の間には有意差が認められる。

第 61 表 第4年次の平均高の差の検定

試 験 区	皆 伐 区	3 本 区	4 本 区	5 本 区
3 本 区	$F_0 = 592.65^{**} > F_{0.01}$			
4 本 区	$F_0 = 409.91^{**} > F_{0.01}$	$F_0 = 1.08 < F_{0.05}$		
5 本 区	$F_0 = 667.31^{**} > F_{0.01}$	$F_0 = 2.86 < F_{0.05}$	$F_0 = 4.86 < F_{0.05}$	
7 本 区	$F_0 = 840.64^{**} > F_{0.01}$	$F_0 = 38.69^{**} > F_{0.01}$	$F_0 = 23.93^{*} > F_{0.05}$	$F_0 = 23.13^{*} > F_{0.05}$

以上のごとくアカマツ更新樹が発生した1年後には庇蔭による樹高差が認められないことは、前節の庇蔭格子による苗長の関係ともほぼ符合するものであるが、第2年次以降に変動の大きいことは、当初に発生した更新樹のほか年々発生する更新樹をも加えた全更新樹の平均高を比較したためと考えられる。そこでいま第5年次の測定値を用い、年齢別の平均樹高に分けて見ると第62表のとおりである。

第62表 第5年次における年齢別の平均高

試験区	5年生	4年生	3年生	2年生	1年生
皆伐区	99.2	74.1	21.2	6.6	4.5
3本区	33.4	30.0	11.9	4.9	3.4
4本区	41.9	29.6	11.8	5.5	4.4
5本区	25.7	20.2	10.9	5.8	3.7
7本区	26.5	17.9	13.0	6.2	3.7

この表に見られるように、アカマツ更新樹の伸長は各年齢ともに皆伐区のものが最も大きく、上木の庇蔭が強くなるにつれて小さくなっている。この傾向は1~2年生の稚樹では少なく、かえって庇蔭の強い試験区に平均高の高いものも見られるが、4~5年生のものでは顕著な樹高差があらわれ、とくに皆伐区の樹高は大きい。すなわち上木庇蔭下の更新樹は皆伐区に比し消失率が高いのみでなく、残存する稚樹も伸長が衰退して次第に枯死するにいたるものである。

4) アカマツ更新樹の根元直径

第5年次に測定したアカマツ更新樹の根元直径を、試験区ごとに平均値で示すと第63表のとおりである。

第63表 試験区別の平均根元直径

試験区	皆伐区	3本区	4本区	5本区	7本区
根元直径cm	1.08	0.17	0.19	0.14	0.12

この根元直径について分散分析を行なうと、

$$F_0 = 28.891^{**} > F_{0.01}$$

となり、試験区間に著しい有意差が認められる。ゆえに各試験区相互間の平均値の差の検定を行なうと、第64表のごとく、皆伐区と他の各試験区および7本区と他の各試験区との間には有意差が認められるが、3本区、4本区、5本区相互間には差異が認められない。

第64表 根元直径の平均の差の検定

試験区	皆伐区	3本区	4本区	5本区
3本区	$F_0 = 28.96^{**} > F_{0.01}$			
4本区	$F_0 = 26.74^{**} > F_{0.01}$	$F_0 = 0.70 < F_{0.05}$		
5本区	$F_0 = 30.51^{**} > F_{0.01}$	$F_0 = 3.00 < F_{0.05}$	$F_0 = 2.94 < F_{0.05}$	
7本区	$F_0 = 32.22^{**} > F_{0.01}$	$F_0 = 26.66^{**} > F_{0.01}$	$F_0 = 6.58^{*} > F_{0.05}$	$F_0 = 6.00^{*} > F_{0.05}$

以上は測定した全更新樹の平均根元直径について比較したのであるが、次にこれを更新樹の年齢別に分け、各試験区の平均根元直径を示すと第65表のとおりである。

第65表 第5年次における年齢別の平均根元直径

試験区	5年生	4年生	3年生	2年生	1年生
皆伐区	1.70	1.00	0.30	0.10	—
3本区	0.60	0.44	0.20	0.11	—
4本区	0.58	0.40	0.20	0.10	—
5本区	0.39	0.30	0.20	0.11	—
7本区	0.30	0.23	0.16	0.11	—

この表から見ると、更新樹の根元直径は2年生までは上木の庇蔭による影響が認められないが、3年生以上においては次第に差異があらわれ、皆伐区が最も太く、庇蔭の強い試験区ほど根元直径は細くなっている。従って上木庇蔭下

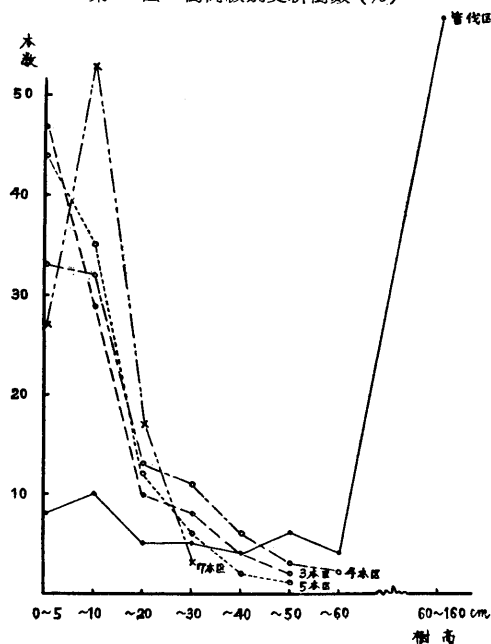
の更新樹は、皆伐区に比し平均高が小さいのみでなく、根元直径が細くて繊弱である。

5) 総括

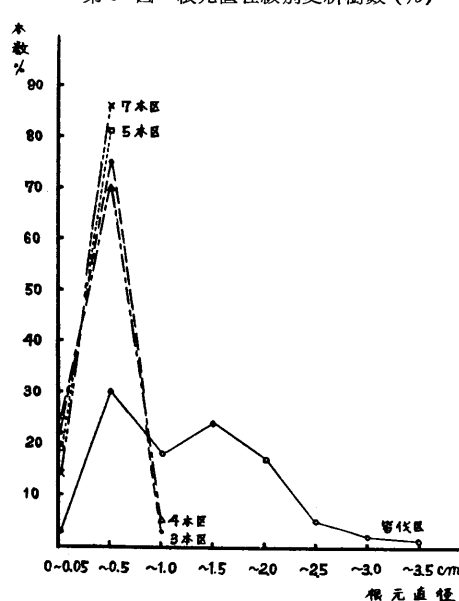
地表状態が稚苗の発生に適するときは、アカマツ林内においても年々相当数のアカマツ稚苗が発生するため、単位面積当りの更新樹総数は庇蔭の程度によって大差は認められない。すなわち年々の稚樹生育数のみについていえば、アカマツの上木が存在する林内においても更新上必要とする稚樹の本数を期待することは容易である。しかし上木の庇蔭下にある稚樹は、その照度比が0.5~0.8の疎林であっても、普通1~2年間生存するにすぎず、年々新しい稚樹が発生して古いものが消失しつつあるため、林内の稚樹本数は見掛上の更新樹といえよう。これに対して庇蔭のない皆伐地の更新樹は、初年次に発生したものの多くが生存して生長を持続する実質的更新樹数である。

このことは更新樹の平均高および根元直径から見ても明らかであって、皆伐区と林内各試験区の間には顕著な有意性が認められる。第61図および第62図は第5年次に測定した

第61図 樹高級別更新樹数(%)



第62図 根元直径級別更新樹数(%)



各試験区の更新樹を、樹高級別、根元直径級別の本数百分率によって示したもので、上木庇蔭の有無による更新樹の内容の違いが明らかにあらわされている。

また年々測定された各試験区の更新樹の平均高につき、皆伐区を100とした比率で示したのが第63図である。

すなわち更新樹の平均高はおおむね林内の照度比と比例する傾向が認められるが、稚樹の発生した1年目の終りには庇蔭の有無による樹高差は少ない。しかし2年目以後においては、アカマツ林下の稚樹は樹勢が衰え、消失するものも多く、残存稚樹の平均高は皆伐区より著しく小さくなり、5年後には平均高、平均根元直径ともに皆伐区の10~20%であって、後継更新樹としてはほとんど期待できない。

以上の研究結果より考察するに、アカマツのごとき陽樹では上木の庇蔭下に後継更新樹の育成を期待することはきわめて困難であり、疎密度3(照度比0.8)程度の疎林下においても発生した稚苗は数年間のうちに大部分消失し、残存したものもほとんど健全な生長は望みえないものである。従ってアカマツ林に対しては後継林木の更新という見地から、皆伐作業法またはこれに近い作業法を採るほかないが、アカマツの更新期に皆伐方式をとりいれた上木皆伐、

下木皆伐形式の中林作業法は実現可能と認められる。しかし上木の疎密度が3程度の疎林下にもアカマツの正常な更新が困難であるとすれば、択伐作業はもとより上木択伐、下木皆伐形式の中林造成も困難というほかあるまい。

第63図 皆伐区を基準とする各庇蔭下の更新樹平均高百分率

