

カラマツ疎密植栽試験 (V)

— 根元直径の生長解析の詳報 —

堀 田 雄 次

Study on the Growth of Stands of the Japanese (Larch *Larix leptolepis* Gordon.)
under the various Density (V)

— Analysis of diameter growth at 10 cm above the ground by each plot —

Yuji Hotta.

論 文 目 次

I まえがき	1	5) 歪 度	13
II 資 料	2	6) 尖 度	15
III 生長解析	7	IV 考 察	15
1) 残存本数	7	V ま と め	16
2) 根元平均直径	9	引用文献	19
3) 標準偏差	11	Summary	19
4) 変異係数	13		

I. ま え が き

根元平均直径の生長については(V)報¹⁾で総括的な報告を行った。本報ではそれぞれの区について、各種の統計量を計算することにより、詳細な分析を行った。試験地の設計、植栽後の取扱、測定方法などについては、(I)²⁾、(IV)報に詳しく記載してあるので、ここでは省略する。植栽密度は疎(2500/ha)、中(5030/ha)、密(10000/ha)の三水準とし、繰返しを取った。等密度を、S、C、M区と表記し、繰返しをS1、S2のように表す。本文中、間違ふおそれのない時は根元平均直径を単に平均直径と記した。

II. 資 料

本試験に用いられた樹種は信州カラマツで、1961年に筑波大学演習林に植栽された。計算資料としては、植付け当初より13年に至る地上10cmの直径の毎木による測定値で、全測定資料については別途発表の予定である。

この資料にもとづいて、各区ごとに、林齡残存本数、および根元平均直径、その標準偏差、変異係数、歪度、尖度について計算を行った。歪度、尖度については、R. A. FISHER のK統計量³⁾を用いて補正を行った値で、G1, G2で表す。次にこれら統計量相互の関係を見るため、相関表を作成した。結果を表-1, 表-2に示す。

Table-1 STATISTICS OF FOOT DIAMETERS(10c.m. above the ground)

PLOT	YEARS	SURVIVED TREES	MEAN	S.D.	C.V.	G1	G2
S1	0	209	0.74	0.12	0.16	0.44	0.64
	1	209	1.09	0.16	0.14	0.54	0.42
	2	204	1.80	0.38	0.21	0.46	-0.14
	3	202	2.67	0.58	0.22	0.43	0.43
	4	198	4.17	0.75	0.18	0.06	0.10
	5	198	5.62	1.06	0.19	-0.14	0.35
	6	195	7.16	1.37	0.19	-0.15	0.61
	7	194	8.51	1.68	0.20	-0.05	0.33
	8	193	9.40	1.84	0.20	-0.05	0.45
	9	193	10.79	2.03	0.19	0.06	0.63
	10	193	11.38	2.16	0.19	0.06	0.60
	11	193	11.88	2.30	0.19	0.03	0.46
	12	192	12.44	2.47	0.20	0.01	0.34
13	190	13.04	2.60	0.20	0.17	0.15	
S2	0	209	0.75	0.13	0.17	0.16	0.35
	1	209	1.14	0.20	0.18	0.81	1.00
	2	202	1.92	0.42	0.22	0.27	-0.29
	3	201	2.74	0.58	0.21	0.01	-0.13
	4	201	4.44	0.88	0.20	-0.20	-0.11
	5	201	5.48	1.09	0.20	-0.13	0.39
	6	197	6.60	1.37	0.21	-0.01	0.85
	7	197	8.13	1.65	0.20	-0.29	0.03
	8	197	8.83	1.76	0.20	-0.37	-0.03
	9	197	10.03	2.06	0.21	-0.37	-0.21
	10	197	10.51	2.17	0.21	-0.41	-0.23
	11	197	11.24	2.36	0.21	-0.42	-0.19
	12	197	12.00	2.58	0.22	-0.37	-0.19
13	197	12.74	2.86	0.22	-0.35	-0.23	
C1	0	404	0.76	0.13	0.17	0.23	-0.01
	1	404	1.12	0.19	0.17	0.76	1.54
	2	379	1.77	0.38	0.21	0.38	0.56
	3	372	2.51	0.58	0.23	0.04	-0.17
	4	368	3.82	0.84	0.22	-0.01	0.46
	5	368	4.84	1.07	0.22	-0.06	0.17
	6	358	5.96	1.34	0.22	-0.06	0.08
	7	357	6.73	1.52	0.23	-0.06	-0.12
	8	357	7.47	1.76	0.24	0.02	-0.16
	9	354	8.36	1.97	0.24	0.05	-0.13
	10	354	8.75	2.12	0.24	0.06	-0.19
	11	354	9.13	2.29	0.25	0.08	-0.22
	12	342	9.70	2.41	0.25	0.15	-0.16
13	334	10.23	2.52	0.25	0.27	-0.27	

カラマツ疎密植栽試験(V)(堀田)

Table-1 STATISTICS OF FOOT DIAMETERS (10 c. m.
above the ground) (つづき)

C2	0	406	0.75	0.11	0.15	0.47	1.25
	1	406	1.17	0.19	0.16	0.25	-0.31
	2	399	1.96	0.38	0.20	0.04	0.11
	3	393	2.79	0.56	0.20	-0.24	-0.13
	4	387	4.16	0.82	0.20	-0.38	0.27
	5	387	5.00	1.02	0.20	-0.43	0.21
	6	384	5.89	1.26	0.21	-0.41	0.15
	7	384	6.98	1.57	0.23	-0.41	0.00
	8	381	7.52	1.69	0.22	-0.35	-0.22
	9	381	7.91	1.85	0.23	-0.31	-0.27
	10	381	8.55	2.07	0.24	-0.33	-0.31
	11	381	9.07	2.30	0.25	-0.25	-0.33
	12	373	9.75	2.46	0.25	-0.08	-0.37
	13	366	10.42	2.65	0.25	-0.02	-0.63
M1	0	779	0.74	0.13	0.18	0.31	0.04
	1	779	1.10	0.19	0.17	0.52	1.16
	2	758	1.75	0.38	0.22	0.14	-0.30
	3	751	2.52	0.55	0.22	-0.00	-0.34
	4	738	3.55	0.74	0.21	-0.03	-0.10
	5	738	4.26	0.97	0.23	-0.05	-0.15
	6	732	5.03	1.25	0.25	0.03	-0.09
	7	729	5.57	1.42	0.25	0.07	-0.15
	8	719	5.95	1.56	0.26	0.14	-0.30
	9	699	6.46	1.74	0.27	0.26	-0.22
	10	684	7.01	1.91	0.27	0.23	-0.36
	11	684	7.26	2.07	0.29	0.26	-0.35
	12	602	8.01	2.01	0.25	0.49	-0.17
	13	545	8.69	2.10	0.24	0.55	-0.06
M2	0	779	0.76	0.13	0.17	0.32	0.31
	1	779	1.15	0.20	0.18	0.56	0.07
	2	756	1.91	0.39	0.20	0.17	0.00
	3	750	2.61	0.55	0.21	0.01	-0.04
	4	749	3.63	0.80	0.22	0.03	0.16
	5	749	4.28	1.00	0.23	0.00	0.13
	6	743	5.01	1.22	0.24	0.12	0.09
	7	743	5.86	1.58	0.27	0.21	0.17
	8	716	6.35	1.65	0.26	0.32	-0.02
	9	703	6.90	1.87	0.27	0.41	-0.07
	10	686	7.26	1.96	0.27	0.45	-0.15
	11	686	7.53	2.11	0.28	0.47	-0.14
	12	628	8.15	2.13	0.26	0.62	-0.04
	13	602	8.53	2.29	0.27	0.64	-0.09

SURVIVED TREE :SURVIVAL AFTER NATURAL COMPETITION
S.D. :STANDARD DEVIATION
C.V. :COEFICIENT OF VARIATION
G1.G2 :R.A.FISHER'S SKEWNESS AND KURTOSIS

Table-2 CORRELATION AMONG FACTORS

PLOT S1

CORRELATION COEFFICIENTS / N = 14

	YR	N	MEAN	SD	CV	G1	G2
YR	1.00000	-0.93211	0.98986	0.99294	0.40454	-0.60292	0.08244
N	-0.93211	1.00000	-0.94407	-0.94411	-0.53256	0.79047	-0.05996
MEAN	0.98986	-0.94407	1.00000	0.99867	0.37061	-0.65963	0.17403
SD	0.99294	-0.94411	0.99867	1.00000	0.40084	-0.64582	0.15119
CV	0.40454	-0.53256	0.37061	0.40084	1.00000	-0.29260	-0.31568
G1	-0.60292	0.79047	-0.65963	-0.64582	-0.29260	1.00000	-0.21201
G2	0.08244	-0.05996	0.17403	0.15119	-0.31568	-0.21201	1.00000

PLOT S2

CORRELATION COEFFICIENTS / N = 14

	YR	N	MEAN	SD	CV	G1	G2
YR	1.00000	-0.83932	0.99418	0.99767	0.65828	-0.80872	-0.50377
N	-0.83932	1.00000	-0.85210	-0.83966	-0.78202	0.85239	0.52936
MEAN	0.99418	-0.85210	1.00000	0.99754	0.61332	-0.83476	-0.48518
SD	0.99767	-0.83966	0.99754	1.00000	0.63340	-0.81838	-0.49251
CV	0.65828	-0.78202	0.61332	0.63340	1.00000	-0.53024	-0.61055
G1	-0.80872	0.85239	-0.83476	-0.81838	-0.53024	1.00000	0.67516
G2	-0.50377	0.52936	-0.48518	-0.49251	-0.61055	0.67516	1.00000

カラマツ疎密植栽試験(V)(堀田)

PLOT C1

CORRELATION COEFFICIENTS / N = 14

	YR	N	MEAN	SD	CV	G1	G2
YR	1.00000	-0.92919	0.99085	0.99560	0.88337	-0.33725	-0.62834
N	-0.92919	1.00000	-0.92813	-0.92250	-0.95257	0.53434	0.68684
MEAN	0.99085	-0.92813	1.00000	0.99821	0.87775	-0.41032	-0.64969
SD	0.99560	-0.92250	0.99821	1.00000	0.87900	-0.38409	-0.65278
CV	0.88337	-0.95257	0.87775	0.87900	1.00000	-0.57431	-0.72117
G1	-0.33725	0.53434	-0.41032	-0.38409	-0.57431	1.00000	0.73682
G2	-0.62834	0.68684	-0.64969	-0.65278	-0.72117	0.73682	1.00000

PLOT C2

CORRELATION COEFFICIENTS / N = 14

	YR	N	MEAN	SD	CV	G1	G2
YR	1.00000	-0.94764	0.99253	0.99821	0.94778	-0.42444	-0.69540
N	-0.94764	1.00000	-0.95672	-0.94244	-0.91830	0.55520	0.63045
MEAN	0.99253	-0.95672	1.00000	0.99511	0.94633	-0.49806	-0.65825
SD	0.99821	-0.94244	0.99511	1.00000	0.94389	-0.42127	-0.66698
CV	0.94778	-0.91830	0.94633	0.94389	1.00000	-0.56674	-0.70733
G1	-0.42444	0.55520	-0.49806	-0.42127	-0.56674	1.00000	0.34965
G2	-0.69540	0.63045	-0.65825	-0.66698	-0.70733	0.34965	1.00000

PLOT M1

CORRELATION COEFFICIENTS / N = 14

	YR	N	MEAN	SD	CV	G1	G2
YR	1.00000	-0.89071	0.99368	0.98871	0.81682	0.34820	-0.42055
N	-0.89071	1.00000	-0.86569	-0.81879	-0.50630	-0.54559	0.26888
MEAN	0.99368	-0.86569	1.00000	0.99167	0.83312	0.27289	-0.44292
SD	0.98871	-0.81879	0.99167	1.00000	0.87818	0.26953	-0.46109
CV	0.81682	-0.50630	0.83312	0.87818	1.00000	-0.09945	-0.68231
G1	0.34820	-0.54559	0.27289	0.26953	-0.09945	1.00000	0.44965
G2	-0.42055	0.26888	-0.44292	-0.46109	-0.68231	0.44965	1.00000

PLOT M2

CORRELATION COEFFICIENTS / N = 14

	YR	N	MEAN	SD	CV	G1	G2
YR	1.00000	-0.92660	0.99140	0.99013	0.92637	0.55582	-0.68518
N	-0.92660	1.00000	-0.87960	-0.87304	-0.73192	-0.65638	0.67080
MEAN	0.99140	-0.87960	1.00000	0.99712	0.95953	0.48484	-0.63853
SD	0.99013	-0.87304	0.99712	1.00000	0.96201	0.51897	-0.64712
CV	0.92637	-0.73192	0.95953	0.96201	1.00000	0.32310	-0.60856
G1	0.55582	-0.65638	0.48484	0.51897	0.32310	1.00000	-0.49926
G2	-0.68518	0.67080	-0.63853	-0.64712	-0.60856	-0.49926	1.00000

Ⅲ. 生長解析

1) 残存本数

残存本数の推移を図-1に示す。残存本数は林齢に対して極めて高い負の相関を示す。本数密度の同じ区の推移は、ほぼ同じ経過をたどる。M区では12年より、明らかに林木相互の競争による急激な減少が起っている。それ以前の緩かな減少は、競争によらないランダムな枯損にもとづく。原因は林地への活着の悪さ、および下刈による切断などで、比較的少ない。残存本数の減少速度は密度にはほぼ比例している。

$$\text{枯損本数} = \text{植栽本数} - \text{現存本数}$$

$$\text{枯損率} = \text{枯損本数} / \text{植栽本数}$$

とすれば、残存本数は枯損率の問題として扱うことができる。枯損率は相対量であるから、一様な数値として取扱うことが可能である。そこで競争によらない枯損率は密度にかかわらず一定であるとの仮説を立てて検定を行った。枯損率は植栽後1年目に補植を行ったので、1年目に原点を通る直線になる。

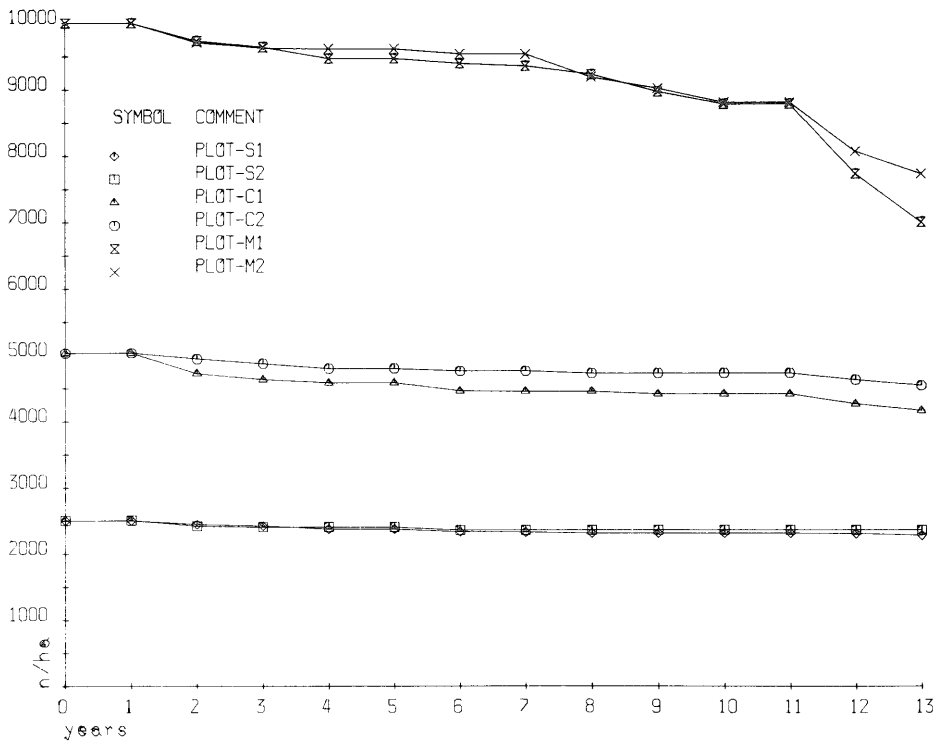


Fig. -1 N*YEARS

$$DR = b \cdot YR \dots\dots\dots (1)$$

DR : 枯損率
 YR : 林 齡
 b : 回帰係数

枯損率の推移に差がないとすれば, (1)式を6区について解いた回帰係数は $b_1 = b_2 = \dots\dots\dots = b_6$ となり, 密度にかかわらず一定であるとの仮説は否定されない。すなわち $b_1, b_2, \dots\dots\dots$ について, 回帰係数の相当性の検討を行えばよい。計算を行うに当り, 明らかに競争による枯損が認められるM1, M2区の12年, 13年目のデータは除いた。

計算の結果とアテハメの状況を表-3および図-2に示す。差が認められなかったのはS1-C2, S2-C2, C1-M1, M1-M2の組合せで, あとはすべて5%以下の危険率で, 仮説は否定された。すなわち競争によらない枯損の推移は, 区によって差のあることが明らかになった。

Table-3 TEST OF DIFFERENCE AMONG REGRESSION COEFFICIENTS

FACTOR	SUM OF SQUARE	DF	M.S	F
BETWEEN	0.00180	1	0.00180	6.29
WITHIN	0.00688	24	0.00029	
TOTAL	0.00868	25		

No	COMBINATION	DF	F-VALUE	DECISION
1	S1-S2	25	6.2902	*
2	S1-C1	25	23.7869	**
3	S1-C2	25	1.4880	-
4	S1-M1	23	18.3940	**
5	S1-M2	23	9.1689	**
6	S2-C1	25	42.7036	**
7	S2-C2	25	2.6579	-
8	S2-M1	23	45.0481	**
9	S2-M2	23	28.8544	**
10	C1-C2	25	34.9280	**
11	C1-M1	23	4.1973	-
12	C1-M2	23	6.7372	*
13	C2-M1	23	44.3228	**
14	C2-M2	23	23.6557	**
15	M1-M2	21	1.4355	-

- : NOT SIGNIFICANT
 * : SIGNIFICANT AT 5% CRITICAL POINT
 ** : SIGNIFICANT AT 1% CRITICAL POINT

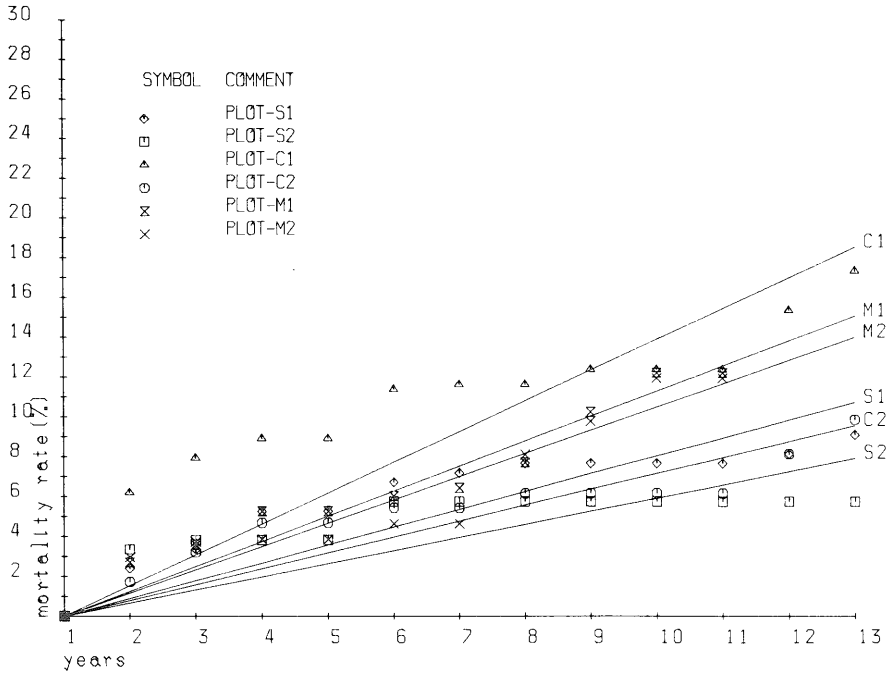


Fig. -2 MORTALITY RATE*YEARS

2) 根元平均直径

林齢と根元平均直径の相関は、すべて0.98以上の値を示し、直線回帰を用いてもかなり良い推定値が得られることが分かる。ここでは、パラメータ数が適当で、情報量の多いF.J. RICHERDSの FLEXIBLE GROWTH FUNCTION⁴⁾を用いた。次に示す。

$$D = A (1 - B \cdot e^{-kt})^{1/(1-m)} \dots\dots\dots (2)$$

- A, B, k, m : パラメーター
- D : 根元平均直径
- t : 林齢 = (YR)

根元平均直径の推移を図-3に示す。すべての区で、測定値はSigmoid状となり、変曲点の位置もそれぞれ異なり、(2)式による解析が最適と判断された。平均直径の生長は明らかに密度の影響を受け、等密度区の生長は極めて良く似た推移を示す。(2)式による計算の結果を表-4に示す。パラメーターの決定計算には、白石⁵⁾の発表したテーラー展開によるプログラムを用いた。表-4の誘導パラメーターについての説明および、用語については、文献4), 6)に詳細に述べられているので、ここでは省略する。

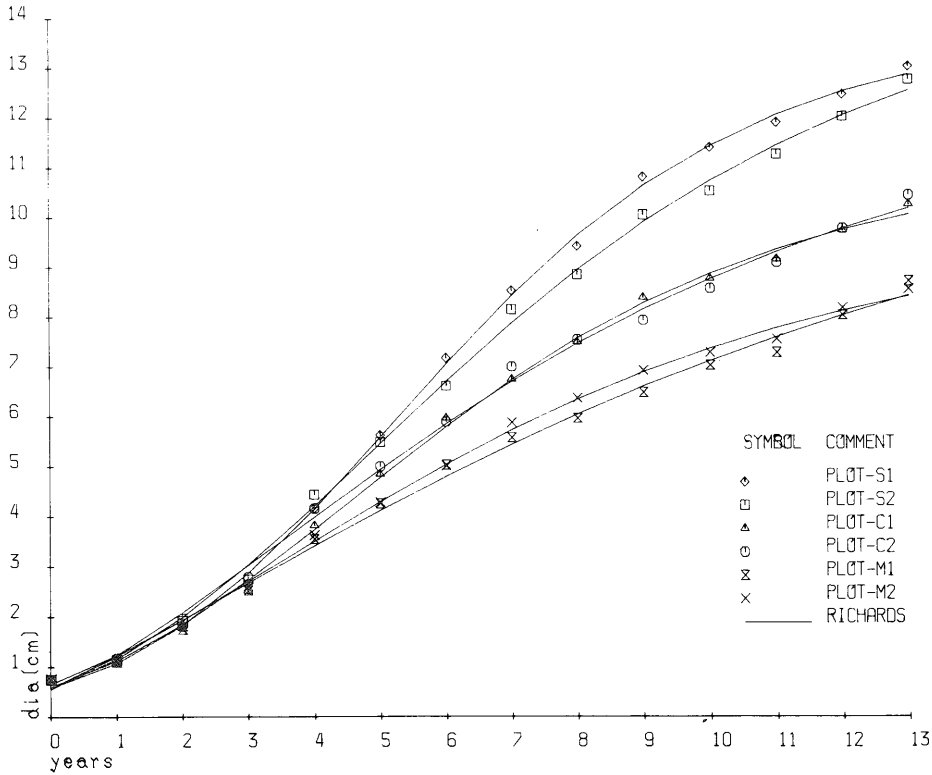


Fig. - 3 MEAN DIAMETER*YEARS

Table-4 RICHARDS' FUNCTION PARAMETERS

PLOT	A	B	k	m
S1	13.78	-2.07717	0.34032	1.35559
S2	14.75	0.18954	0.22271	0.93540
C1	11.13	-0.29797	0.26657	1.08955
C2	12.54	0.68851	0.16927	0.62403
M1	12.24	0.86925	0.10594	0.34089
M2	9.90	0.48438	0.19304	0.75556

DERIVED PARAMETER FROM RICHARDS' FUNCTION						
PLOT	$Ak/(2m+2)$	$k/(2m+2)$	k/m	T	I	I*A
S1	0.995	0.072	0.251	13.8	0.425	5.86
S2	0.849	0.058	0.238	17.4	0.356	5.25
C1	0.710	0.064	0.245	15.7	0.384	4.27
C2	0.654	0.052	0.271	19.2	0.285	3.58
M1	0.484	0.040	0.311	25.3	0.195	2.39
M2	0.544	0.055	0.255	18.2	0.318	3.15

3) 標準偏差

根元直径の分散を示す標準偏差は林齢および直径に対し、 $r > 0.98$ と極めて高い相関を示し、一次回帰によって、相当良い推定値の得られることが分かる。林齢および直径に対する回帰式を

$$SD = a_1 + b_1 \cdot YR \dots\dots\dots (3)$$

$$SD = a_2 + b_2 \cdot D \dots\dots\dots (4)$$

とにおいて計算を行った。結果を表-5に示す。誤差率は残差の標準誤差を推定値の平均値で割り%で示した。計算精度はすべての区で誤差率2%以下と、極めて高い推定値が得られた。標準偏差の林齢および平均直径に対する推移およびアテハメの状況を図-4、図-5に示す。高密度のM1、M2区では、競争による本数減少のため、標準偏差の増加速度が停滞するのが認められる。(3)式は、 $YR \rightarrow \infty$ のとき $SD \rightarrow \infty$ となり、外挿による間違いがおこる。ここでは直径生長は(2)式に従うものと仮定した。(2)式は、 $YR \rightarrow \infty$ のとき、 $D \rightarrow A$ に収束する。従って(4)式は、 $Y \rightarrow \infty$ のとき $D \rightarrow A$ となり、 $SD = a_2 + b_2 \cdot A$ と一定値に収束することが分かる。

Table - 5 REGRESSION BETWEEN SD AND YEAR AND BETWEEN SD AND DIAMETER

PLOT	FACTOR	A	B	R	S.D.R.	ERR(%)
S1	SD : YR	0.0351	0.2089	0.9929	0.10899	1.62
S1	SD : D	-0.0184	0.1962	0.9987	0.04739	0.64
S2	SD : YR	0.0300	0.2164	0.9977	0.06438	0.95
S2	SD : D	-0.0530	0.2160	0.9975	0.06619	0.94
C1	SD : YR	0.0606	0.2008	0.9956	0.08226	1.22
C1	SD : D	-0.1007	0.2530	0.9982	0.05256	0.88
C2	SD : YR	0.0191	0.2051	0.9982	0.05414	0.81
C2	SD : D	-0.1837	0.2625	0.9952	0.08756	1.48
M1	SD : YR	0.1114	0.1699	0.9885	0.11324	1.67
M1	SD : D	-0.1162	0.2746	0.9915	0.09761	1.95
M2	SD : YR	0.1011	0.1809	0.9902	0.11117	1.64
M2	SD : D	-0.1656	0.2888	0.9971	0.06016	1.18

A : INTERSECT
 B : SLOPE
 R : COEFFICIENT OF CORRELATION
 YR : YEARS
 D : MEAN DIAMETER
 S.D.R. : STANDARD DEVIATION OF RESIDUAL

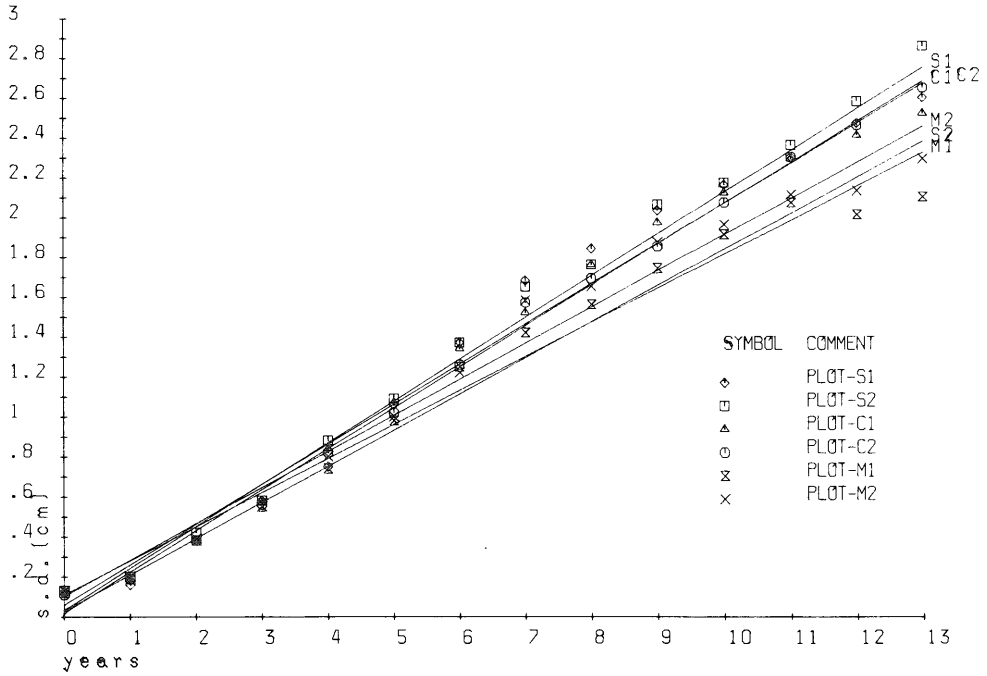


Fig. -4 S. D. * YEARS

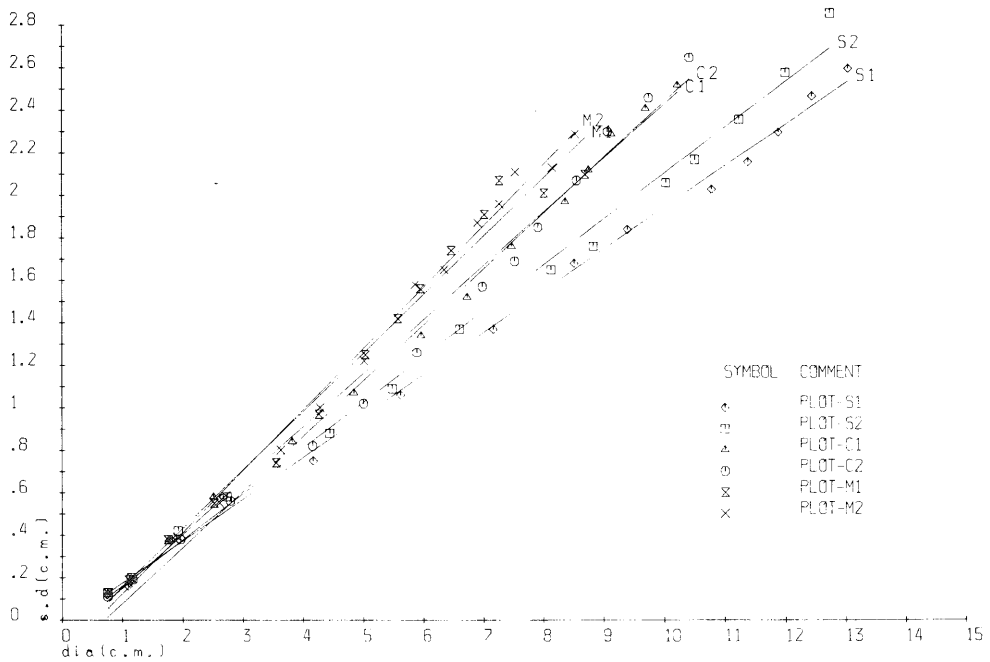


Fig. -5 S. D. * MEAN DIAMETER

4) 変異係数

標準偏差の相対的尺度である変異係数は、

$$C.V. = S D / D \dots\dots\dots (5)$$

である。C Vの推移の様子を図-6に示す。林齢との相関は、密度により異なり、特にS区では有意と認められるもの、0.40、0.65と高いとはいえないが、C区、M区では0.80以上とかなり高い値を示す。直径が(2)式に従い、標準偏差が(4)式に従うならば、3)で述べた通り、Y R → ∞ のとき S D → 一定値となり、(5)式のC Vは一定値に収束する。表-4、表-5に用いたパラメーターからD、S Dの値を決定し、これを用いてC Vの値を推定した。アテハメの状況を図-6に示してある。C Vの値は密度に比例し生長初期の5年頃までに急激に増加し、それ以降は極めてゆるやかに増加して行く。

5) 歪 度

歪度の林齢に対する相関の絶対値は、0.34 ~ 0.81で、密度が低いS区では負の相関を示し、密度の高いM区では正の相関を示す。歪度の符号は、平均値-モードによってきまるので、正の場合はモードより大きい林木が多く、負の場合は、モードより小さい林木が多い事を示す。歪度の推移を図-7に示す。歪度は正の値で始まり、林齢の推移に伴って減少し、3~5年の間に一度負に転化し、やがて徐々に増加して行き、林齢軸に対して凹型のカーブを画く。歪度が負値を示す期間は比較的短期間で、林齢の進むに従って正值を取り、やがて安定した値に落ち付くと思われる。

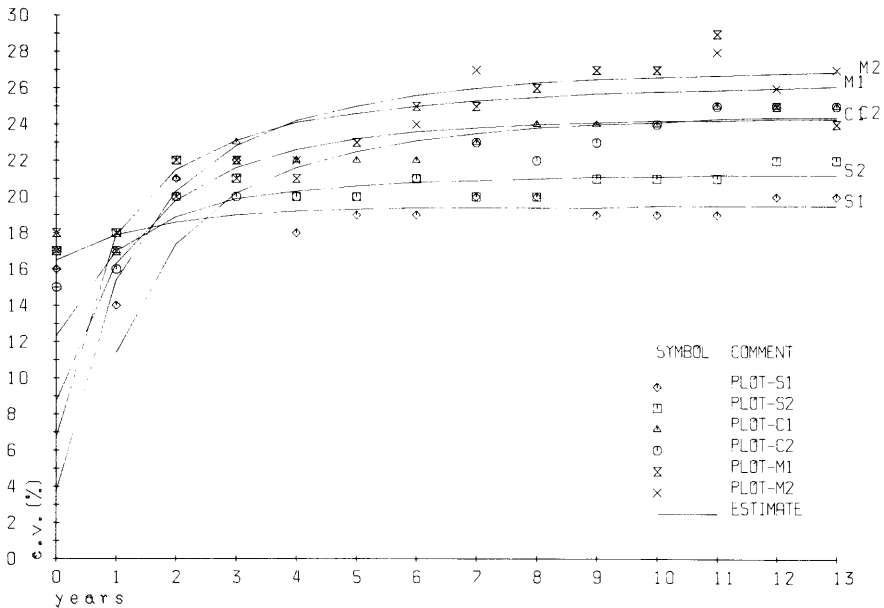


Fig. -6 C. V. * YEARS

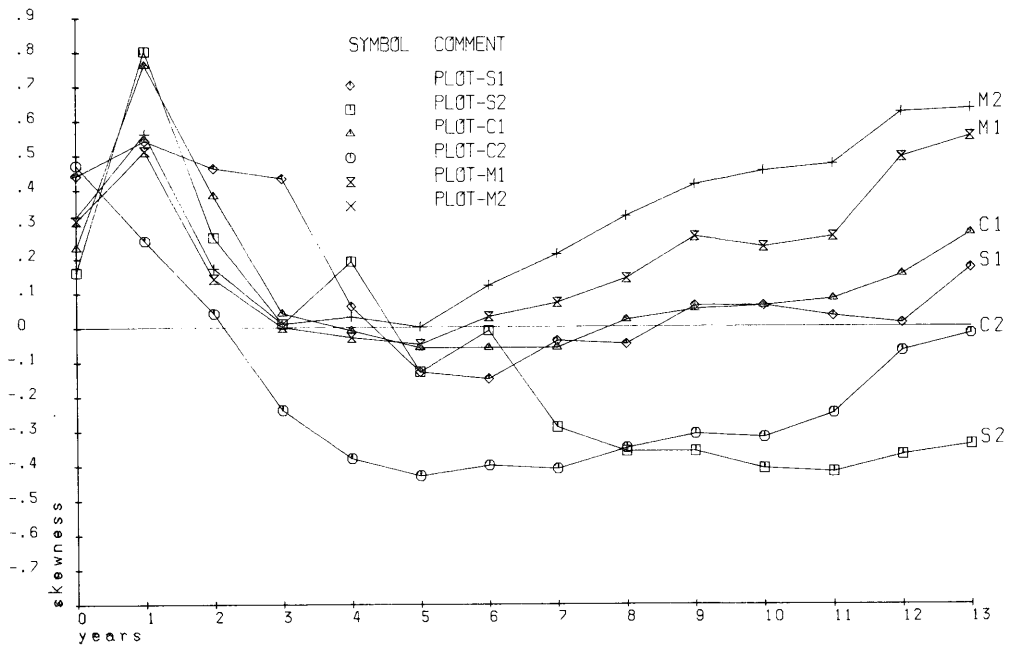


Fig.-7 SKEWNESS*YEARS

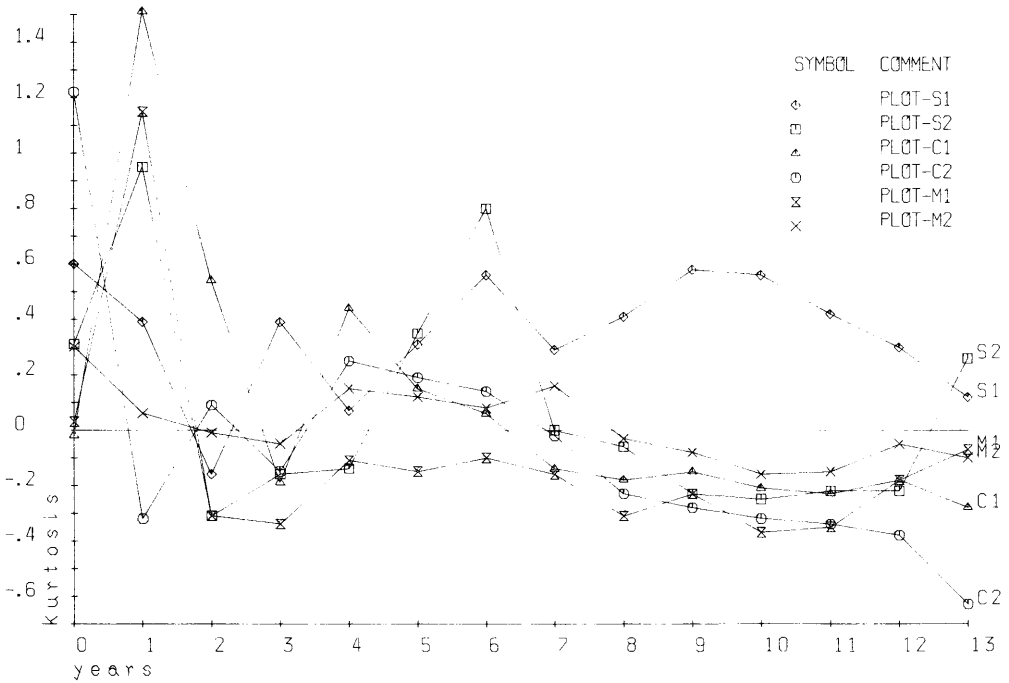


Fig.-8 KURTOSIS*YEARS

6) 尖 度

尖度の推移を図-8に示した。林齢軸に対し0を中心にした波形状の動きとなり、林齢のすすむに従って負の値を取る。林齢に対する相関も $-0.69 \sim 0.08$ と低い値である。ほかの統計量との相関も低く、定量的な関係は認められない。

IV. 考 察

残存本数について、競争によらない枯損の推移に重点を置いて解析を行った。この間の枯損率は(1)式の回帰係数として与えられ、表-3に示した通り、年平均枯損率は、植栽本数の0.8%~1.5%の低率にとどまった。密植区では12年より競争による枯損が始まり、残存本数は急激に減少して行く。

根元平均直径の解析には(2)式を用いた。

平均直径の生長限界を示すAの値は14.75~9.90と、予想外に低い値を示す。実際には林齢が無限大に達する単一樹種の同齢林分は存在しない。Aの現実的意味としては、ヒルミ⁷⁾の林木生育の第二期の終りまでに到達する量、すなわち、単一樹種の樹冠によって完全な閉鎖が保たれる限界の、根元平均値を示すと解釈出来る。また必ずしも密度に比例することなく、C1区とM1区における逆転も起っている。その原因については不明である。

生長のタイプを示すmの値は、S1, C1で、 $m > 1$ となり、general logisticに、そのほかはすべてgeneral MITCHERLICHに属する。

誘導されたパラメーターTは15.7~25.3年と比較的短い。ここでは各プロットが最多密度に達するまでの時間を示すと考えられる。Tを用いて、林齢Tにおける直径 D_t および最終値Aに対する比を計算してみた。結果を表-6に示す。この期間に全生長の91%~95%の生長が終ってしまうことを意味する。

歪度は林齢軸に対し、0を中心として凹形の推移を示す。推移の様相をモデル的に図-9に示す。初期には、林木相互の競争がなく、生長により僅かに正に偏る。しばらくして生長に立遅れる林木が発生するが、林木相互の競争はゆるやかに生存を続けるため、平均値は小さい林木の影響を受けて負に偏る。やがて競争は激化し、生長の遅れた木が枯損によって消滅、小さい林木の

Table-6 ESTIMATE BY DERIVED PARAMETER T

T	A	DT	DT/A
13.8	13.78	13.07	0.95
17.4	14.75	13.88	0.94
15.7	11.13	10.58	0.95
19.3	12.54	11.68	0.93
25.3	12.24	11.15	0.91
18.2	9.90	9.33	0.94

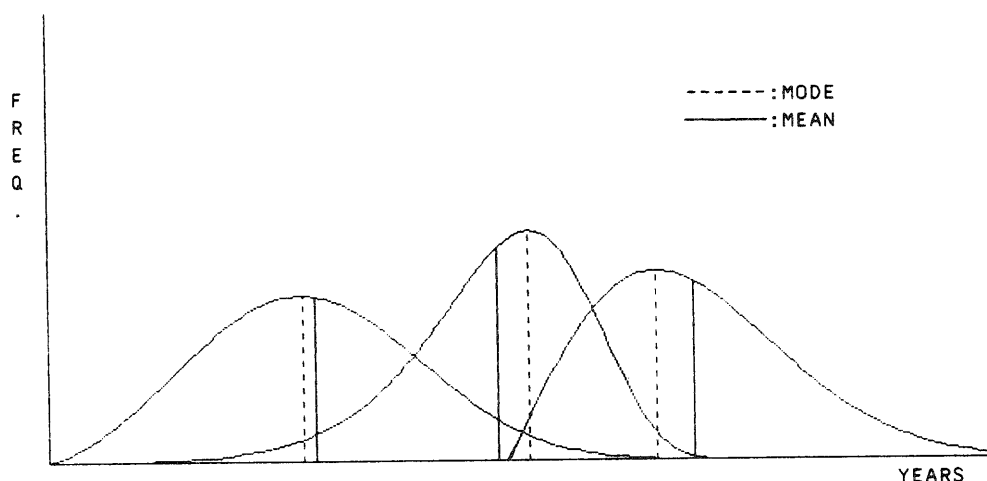


Fig. -9 TRANSITION OF DISTRIBUTION

影響が除かれるため平均値は右に移動し正に偏る。歪度は直径分布に対し、生長と枯損の与える影響を良く反映している。

尖度は直径分布の集中度を示す。初期には正で、時間の推移と共に負に転化して行く。

これは、直径の生長に伴って分布の中が拡大し、次第に分布の山が平らになって行く事を示す。G1, G2を用いて、正規分布からの差を検定した。結果を表-7に示す。84例中、G1では41例が、G2では7例が5%の危険率で差ありと判定された。これらの分布に対しては、WEIBULL関数が良く知られている。ここでは資料の数、分布巾の問題もあるので、検討は行わなかった。

V. ま と め

根元平均直径の生長と植栽密度の関係を、F. D. Richardsの生長関数を用いて明らかにした。疎植区では、 m の値が相対的に大きく、変曲点の相対的位置 I の値も高く、生長タイプとして general logistic または GOMPERTZ に近い生長型を示す。密植区では早くから生長が抑制されるため、 m および I の値が低く、general MITSCHERLICH型の生長型を示すことが分かった。直径の標準偏差は、直径と同様に収束値を持ち、従って変異係数も時間の推移に伴って、一定値に収束し、その値は密度に比例し0.195~0.272となり、密度が高いほど、相対的に分散が大きいことがわかった。

直径の分布と林齢の推移に関しては、低い相関は認められるものの、数量で明確に示すことは出来なかった。分布型の推移に関しては、もっと長い期間の観察を必要とする。

本報告は第IV報に先立って発表する予定であったが、資料整理の都合により、発表順が逆になった。全測定資料は、別途発表の予定である。

カラマツ疎密植栽試験(V)(堀田)

Table-7 SIGNIFICANT TEST OF NORMALITY
BY G 1 AND G 2

PLOT	YEARS	K1	K2	K3	K4	G1	G2	S.D.G1	S.D.G2	P1	P2	S1	S2
S1	0	0.74	0.01	0.00	0.00	0.44	0.64	0.168	0.335	2.620	1.910	*	-
	1	1.09	0.02	0.00	0.00	0.54	0.42	0.168	0.335	3.251	1.265	*	-
	2	1.80	0.15	0.03	-0.00	0.46	-0.14	0.170	0.339	2.725	-0.403	*	-
	3	2.67	0.33	0.08	0.05	0.43	0.43	0.171	0.341	2.537	1.276	*	-
	4	4.17	0.57	0.03	0.03	0.06	0.10	0.173	0.344	0.359	0.303	-	-
	5	5.62	1.12	-0.16	0.44	-0.14	0.35	0.173	0.344	-0.784	1.012	-	-
	6	7.16	1.90	-0.40	2.19	-0.15	0.61	0.174	0.346	-0.867	1.749	-	-
	7	8.51	2.85	-0.22	2.68	-0.05	0.33	0.175	0.347	-0.260	0.953	-	-
	8	9.40	3.39	-0.33	5.13	-0.05	0.45	0.175	0.348	-0.298	1.286	-	-
	9	10.79	4.14	0.51	10.78	0.06	0.63	0.175	0.348	0.344	1.810	-	-
	10	11.38	4.69	0.58	13.26	0.06	0.60	0.175	0.348	0.327	1.733	-	-
	11	11.88	5.34	0.33	13.22	0.03	0.46	0.175	0.348	0.153	1.332	-	-
	12	12.44	6.14	0.20	12.93	0.01	0.34	0.175	0.349	0.076	0.983	-	-
13	13.04	6.77	2.98	6.96	0.17	0.15	0.176	0.351	0.961	0.433	-	-	
S2	0	0.75	0.02	0.00	0.00	0.16	0.35	0.168	0.335	0.931	1.042	-	-
	1	1.14	0.04	0.01	0.00	0.81	1.00	0.168	0.335	4.801	2.984	*	*
	2	1.92	0.18	0.02	-0.01	0.27	-0.29	0.171	0.341	1.554	-0.852	-	-
	3	2.74	0.34	0.00	-0.02	0.01	-0.13	0.172	0.341	0.055	-0.388	-	-
	4	4.44	0.77	-0.13	-0.07	-0.20	-0.11	0.172	0.341	-1.144	-0.330	-	-
	5	5.48	1.20	-0.17	0.55	-0.13	0.39	0.172	0.341	-0.742	1.129	-	-
	6	6.60	1.88	-0.02	2.98	-0.01	0.85	0.173	0.345	-0.043	2.457	-	*
	7	8.13	2.75	-1.31	0.22	-0.29	0.03	0.173	0.345	-1.661	0.086	-	-
	8	8.83	3.11	-2.01	-0.33	-0.37	-0.03	0.173	0.345	-2.117	-0.098	*	-
	9	10.03	4.26	-3.22	-3.81	-0.37	-0.21	0.173	0.345	-2.111	-0.609	*	-
	10	10.51	4.74	-4.26	-5.09	-0.41	-0.23	0.173	0.345	-2.384	-0.656	*	-
	11	11.24	5.59	-5.61	-6.04	-0.42	-0.19	0.173	0.345	-2.453	-0.561	*	-
	12	12.00	6.69	-6.44	-8.50	-0.37	-0.19	0.173	0.345	-2.150	-0.551	*	-
13	12.74	8.20	-8.17	-15.73	-0.35	-0.23	0.173	0.345	-2.006	-0.678	*	-	
C1	0	0.76	0.02	0.00	-0.00	0.23	-0.01	0.121	0.242	1.865	-0.021	-	-
	1	1.12	0.03	0.00	0.00	0.76	1.54	0.121	0.242	6.297	6.363	*	*
	2	1.77	0.14	0.02	0.01	0.38	0.56	0.125	0.250	3.035	2.253	*	*
	3	2.51	0.33	0.01	-0.02	0.04	-0.17	0.126	0.252	0.352	-0.685	-	-
	4	3.82	0.71	-0.00	0.23	-0.01	0.46	0.127	0.254	-0.046	1.819	-	-
	5	4.84	1.14	-0.08	0.22	-0.06	0.17	0.127	0.254	-0.492	0.680	-	-
	6	5.96	1.80	-0.16	0.25	-0.06	0.08	0.129	0.257	-0.501	0.306	-	-
	7	6.73	2.31	-0.20	-0.65	-0.06	-0.12	0.129	0.257	-0.434	-0.471	-	-
	8	7.47	3.11	0.13	-1.59	0.02	-0.16	0.129	0.257	0.185	-0.636	-	-
	9	8.36	3.90	0.35	-1.98	0.05	-0.13	0.130	0.259	0.353	-0.503	-	-
	10	8.75	4.50	0.54	-3.92	0.06	-0.19	0.130	0.259	0.434	-0.750	-	-
	11	9.13	5.28	0.96	-6.08	0.08	-0.22	0.130	0.259	0.614	-0.844	-	-
	12	9.70	5.82	2.12	-5.52	0.15	-0.16	0.132	0.263	1.144	-0.620	-	-
13	10.23	6.36	4.34	-10.81	0.27	-0.27	0.133	0.266	2.030	-1.004	*	-	

	0	0.75	0.01	0.00	0.00	0.47	1.25	0.121	0.242	3.866	5.164	*	*
	1	1.17	0.04	0.00	-0.00	0.25	-0.31	0.121	0.242	2.090	-1.283	*	-
	2	1.96	0.15	0.00	0.00	0.04	0.11	0.122	0.244	0.305	0.442	-	-
	3	2.79	0.31	-0.04	-0.01	-0.24	-0.13	0.123	0.246	-1.970	-0.538	*	-
	4	4.16	0.68	-0.21	0.12	-0.38	0.27	0.124	0.247	-3.068	1.085	*	-
C2	5	5.00	1.05	-0.47	0.23	-0.43	0.21	0.124	0.247	-3.505	0.831	*	-
	6	5.89	1.60	-0.82	0.39	-0.41	0.15	0.125	0.248	-3.261	0.618	*	-
	7	6.98	2.49	-1.62	0.00	-0.41	0.00	0.125	0.248	-3.326	0.001	*	-
	8	7.52	2.86	-1.69	-1.81	-0.35	-0.22	0.125	0.249	-2.793	-0.889	*	-
	9	7.91	3.42	-1.94	-3.18	-0.31	-0.27	0.125	0.249	-2.458	-1.090	*	-
	10	8.55	4.29	-2.89	-5.70	-0.33	-0.31	0.125	0.249	-2.603	-1.242	*	-
	11	9.07	5.30	-3.09	-9.33	-0.25	-0.33	0.125	0.249	-2.028	-1.332	*	-
	12	9.75	6.05	-1.12	-13.62	-0.08	-0.37	0.126	0.252	-0.595	-1.477	-	-
	13	10.42	7.05	-0.34	-31.16	-0.02	-0.63	0.128	0.254	-0.141	-2.462	-	*

	0	0.74	0.02	0.00	0.00	0.31	0.04	0.088	0.175	3.503	0.214	*	-
	1	1.10	0.03	0.00	0.00	0.52	1.16	0.088	0.175	5.887	6.658	*	*
	2	1.75	0.14	0.01	-0.01	0.14	-0.30	0.089	0.177	1.542	-1.712	-	-
	3	2.52	0.30	-0.00	-0.03	-0.00	-0.34	0.089	0.178	-0.021	-1.893	-	-
	4	3.55	0.55	-0.01	-0.03	-0.03	-0.10	0.090	0.180	-0.366	-0.576	-	-
	5	4.26	0.95	-0.05	-0.13	-0.05	-0.15	0.090	0.180	-0.575	-0.813	-	-
M1	6	5.03	1.56	0.05	-0.21	0.03	-0.09	0.090	0.180	0.291	-0.491	-	-
	7	5.57	2.02	0.20	-0.62	0.07	-0.15	0.091	0.181	0.766	-0.837	-	-
	8	5.95	2.45	0.53	-1.83	0.14	-0.30	0.091	0.182	1.525	-1.673	-	-
	9	6.46	3.03	1.36	-2.03	0.26	-0.22	0.092	0.185	2.796	-1.194	*	-
	10	7.01	3.64	1.57	-4.79	0.23	-0.36	0.093	0.187	2.417	-1.939	*	-
	11	7.26	4.30	2.34	-6.44	0.26	-0.35	0.093	0.187	2.804	-1.866	*	-
	12	8.01	4.04	3.97	-2.82	0.49	-0.17	0.100	0.199	4.909	-0.869	*	-
	13	8.69	4.44	5.13	-1.17	0.55	-0.06	0.105	0.209	5.248	-0.284	*	-

	0	0.76	0.02	0.00	0.00	0.32	0.31	0.088	0.175	3.697	1.777	*	-
	1	1.15	0.04	0.00	0.00	0.56	0.07	0.088	0.175	6.364	0.392	*	-
	2	1.91	0.15	0.01	0.00	0.17	0.00	0.089	0.178	1.910	0.014	-	-
	3	2.61	0.31	0.00	-0.00	0.01	-0.04	0.089	0.178	0.097	-0.209	-	-
	4	3.63	0.63	0.02	0.06	0.03	0.16	0.089	0.178	0.370	0.877	-	-
	5	4.28	0.99	0.00	0.12	0.00	0.13	0.089	0.178	0.024	0.704	-	-
M2	6	5.01	1.49	0.22	0.20	0.12	0.09	0.090	0.179	1.320	0.496	-	-
	7	5.86	2.50	0.83	1.05	0.21	0.17	0.090	0.179	2.335	0.932	*	-
	8	6.35	2.74	1.45	-0.15	0.32	-0.02	0.091	0.182	3.504	-0.108	*	-
	9	6.90	3.48	2.65	-0.84	0.41	-0.07	0.092	0.184	4.420	-0.376	*	-
	10	7.26	3.84	3.37	-2.23	0.45	-0.15	0.093	0.186	4.803	-0.815	*	-
	11	7.53	4.46	4.42	-2.87	0.47	-0.14	0.093	0.186	5.030	-0.775	*	-
	12	8.15	4.53	5.96	-0.88	0.62	-0.04	0.098	0.195	6.338	-0.221	*	-
	13	8.53	5.26	7.67	-2.54	0.64	-0.09	0.100	0.199	6.385	-0.461	*	-

K1,K2,K3,K4 :R.A.FISHER'S K-TH STATICS
 G1, G2 :R.A.FISHER'S GAMMA1,GAMMA2
 S.D.G1,G2 :STANDARD DEVIATION OF G1 AND G2
 P1,P2 :NORMALIZED DEVIATION
 S1,S2 :RESULTS ON SIGNIFICANT TEST
 - :NOT SIGNIFICANT AT 5% CRITICAL POINT
 * : SIGNIFICANT AT 5% CRITICAL POINT

引用文献

- 1) 堀田雄次：カラマツ疎密試験(Ⅳ)筑大演報 2：1～16, 1985
- 2) 篠崎哲ら：カラマツ疎密試験(Ⅰ)東教大演報 2：19～39, 1970
- 3) 石川栄助：新統計学：56～57, 1981
- 4) Richards, F. D. : Flexible growth function for Empirical Use. Jour of Exp. Bot 10 : 290～300, 1959
- 5) 白石則彦：Basic による Richards 関数のアテハメのプログラム, 林統研誌 8 : 50～57, 1983
- 6) 大隅真一ら：樹木の生長解析に対する Richards 生長関数の適用性について, 京都府立大学術報告 35 : 49～76, 1983
- 7) $\Gamma. \Phi. XNJI bMN$: 高橋清訳：森林の生物物理学理論：10～13, 1980

SUMMARY

This report shows our investigation on the transition of mean diameter growth at 10 cm above the ground in two blocks of three planting density plots in a period of thirteen years after planting.

Moments from first to fourth, such as mean, standard deviation (s.d.), coefficient of variation (c.v.), skewness and kurtosis, were calculated at observation of foot diameter on each plot.

For the analysis of mean diameter, F.D. Richards' growth function was used. Types of transition at diameter growth were reflected well on the exponential parameter "m" of this function. The transition type by plots, S1 and C1, belonged to the category of autocatalytic. At another plots, it belonged to category of mono-molecular. Estimates of function parameter were shown in Table-4.

Estimates of s.d. and c.v. increase gradually according to years and converged to constants when years tend to infinity.

Correlation between skewness and years and that between kurtosis and years were weak, so the transition of those were not certain.