

林分の疎密と生長*

堀 田 雄 次**

I. はじめに

解析の対象とした林分は、1961年に筑波大学川上演習林に植栽した、カラマツ疎密植栽試験地である。植栽密度は2500, 5030, 10000 本/haの疎・中・密の3段階にわけ、それぞれ繰返しを1つずつ設けた。その後の取扱いについては、つる切、枯損木の除去等にとどめ、出来る限り人為的影響を避け、自然の成行きにまかせる方針を取った。林齢も25年に達し、資料もやっと充実して来たので、これまで整理の終わった20年までのものをまとめて、解析を行った。試験地の配置、測定法などについては文献(1)にゆずる。

解析に用いた生長関数はF. J. RICHARDSの生長関数である。本関数については、本誌3号に大隅が内容を詳細に紹介し(2)、数多くの研究も発表されている。関数(1)を示す。

$$W = A (1 - B \cdot e^{-kt})^{1/(1-n)} \quad \text{----- (1)}$$

W: 現存量

A・B・k・n: パラメーター

e: 自然対数の底

t: 時間

本関数は理論的に導かれた誘導パラメーターを持ち、資料の解析性、説明性に富む。パラメーターの誘導法については文献(3)にゆづる。

II. 地位および密度差の検討

フィールドにおける成育試験、特に林木のように成熟に長期間を必要とするものは、地位の差が試験の結果に大きな影響を与えることはよく知られている。従って資料の解析に当っては、先づ地位差についての吟味を行う必要がある。地位の検討は、密度の影響を受けない優勢木、または主林木の平均高の比較により行われる。検討の詳細は、文献(4)にすでに発表しているので、ここでは95%の信頼度で有意な差は認められなかったことにふれるにとどめる。また直径に対する密度および繰返しの検討を行ったが、密度間には有意な差があり、等密度の繰返し間には差が認められなかった。

* An Analysis on The Growth of Larix leptolepis Gordon Under the Various Density.

**Inst. of Agr. & For., Univ. of TOKUBA

Ⅲ. 資料

以上検討の結果、等密度間の繰り返しを合併して、疎(S)・中(C)・密(M)の3処理とし、(1)式による解析を行った。優勢木の樹高平均の定義については、前掲文献(4)を参照されたい。資料を表-1、表-2、表-3に掲げる。

表-1 根元直径の平均値 2区合併 単位=C. m.

PLOT:YRS	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S :	0.75	1.11	1.86	2.71	4.31	5.55	6.88	8.32	9.11	10.41	10.94	11.56	12.22	12.89
C :	0.76	1.15	1.87	2.65	3.99	4.92	5.93	6.86	7.50	8.13	8.65	9.10	9.72	10.33
M :	0.75	1.12	1.83	2.57	3.59	4.27	5.02	5.72	6.15	6.68	7.13	7.40	8.08	8.60

表-2 優勢木の樹高平均値 2区合併 単位=C. m.

PLOT:YRS	0	1	2	3	4	7	8	10	12	14	16	18	20
S :	0.75	0.87	1.23	2.15	3.12	5.92	6.95	8.37	9.49	10.71	11.75	12.82	13.95
C :	0.77	0.88	1.26	2.12	3.09	5.67	6.55	7.89	9.12	10.16	11.19	12.19	13.31
M :	0.78	0.87	1.26	2.23	3.25	5.66	6.52	7.82	8.96	10.06	11.04	11.96	12.87

表-3 胸高直径の平均値 2区合併 単位=C. m.

PLOT:YRS	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
S :	4.86	6.10	6.98	7.93	8.54	9.17	9.86	10.36	10.69	11.03	11.27	11.64	11.81	12.00	12.38
C :	4.35	5.18	5.78	6.47	6.92	7.33	7.89	8.31	8.80	9.03	9.36	9.72	9.85	10.05	10.38
M :	3.81	4.47	4.89	5.43	5.81	6.08	6.74	7.09	7.42	7.67	8.15	8.53	8.70	8.87	9.14

Ⅳ. 計算結果

資料に基づき(1)式の最少自乗解を求め、更に各種の誘導パラメーターを計算した。結果を表-4に示す。(1)式を解くに当っては、本誌8号掲載の白石のBASICプログラム(5)によった。A, B, k, mの値を表-4に示す。

表-4 Richards' Function Parameters

ITEM:PLOT:PARA	A	B	k	m	1	2	3	4	5	6
D.F S	14.12	-0.60651	0.28020	1.14850	0.921	0.07	0.244	15	0.394	5.56
D.F C	11.71	0.35523	0.21445	0.85311	0.678	0.06	0.251	17	0.339	3.97
D.F M	10.73	0.73707	0.14807	0.53642	0.517	0.05	0.276	21	0.261	2.80
H.D S	17.34	0.84817	0.10240	0.51347	0.587	0.03	0.199	30	0.254	4.41
H.D C	16.88	0.84230	0.09733	0.50346	0.546	0.03	0.193	31	0.251	4.24
H.D M	16.02	0.83536	0.10542	0.50213	0.562	0.04	0.210	28	0.251	4.02
D.B S	13.62	1.54190	0.12684	-0.23924	1.135	0.08	-----	12	-----	-----
D.B C	12.48	1.14690	0.09513	0.00081	0.593	0.05	117.897	21	0.001	0.01
D.B M	11.60	0.51638	0.10078	0.69717	0.344	0.03	0.145	34	0.304	3.52

D.F: 地上10c.mの直径平均

H.D: 優勢木の樹高平均

D.B: 胸高直径平均

1: $Ak/(2m+2)$

2: $k/(2m+2)$

3: k/m

4: $(2m+2)/k$

5: $m*(1/(1-m))$

6: $5*A$

実質的平均生長量

相対平均生長速度

変曲点における相対生長速度

実質的生長期間

変曲点の相対的位置

変曲点におけるWの大きさ

V. 考察

計測の期間が、根元直径で13年間、胸高直径で、6~20年の15年間、最長の樹高でも20年間と、比較的短期間であったため、パラメーターの推定値が今後とも変動すると予想されるが、すでに変曲点の位置も計算されており、密度と生長の関係を解析するには十分であった。以下パラメーターごとに考察を進める。

a) Aについて

Aは最終到達量、すなわち生長限界を示す。根元直径、樹高、胸高直径のすべての要素が、密度と反比例し、高密度ほどその値は小さくなった。直径生長と密度の関係は、これまでの通説を裏付ける結果となった。初期における生長の差は、間伐などの人為的な力を加えない限り、相当長期間直径生長に影響を与える。樹高は一般に密度の影響を受けないとされているが、この解析の結果では、密度の影響が及んでいるように見える。地位検定では、優勢木の樹高平均値間に有意な差は認められなかった。密度間に差のないことAの値に差のあることは明らかに矛盾している。この矛盾については、断定は出来ないが、3通りの解釈が可能であろう。1つは地位検定では検出できなかった僅かな差が長い時間の経過によって明瞭になった。2つは回帰推定による誤差の範囲内である。3つは密度の高い程、個々の林木の生長が抑制されて樹冠の状態が貧弱となり、その結果として最終到達量に差が出た。ここでは即断を避けて問題提起にとどめる。

b) Bおよびkについて

この2つのパラメーターは生長速度に関するパラメーターで、その生物学的意味は不明確であり、単純に比較する事は出来ない。

c) mについて

mは(1)式の変曲点の相対的位置を示すパラメーターで、 $1 > m \geq 0$ では変曲点の位置は原点と、 $1/e$ の間であり、MITSCHERLISH型(M型と略称)、 $m = 1$ では丁度 $1/e$ の上であり、GOMPERTZ型(G型)、 $1 < m$ では $1/e$ より上にあり、 $m = 2$ の場合、変曲点は $1/2$ の点にあり、LOGISTIC型(I型)生長とよばれる。根元直径におけるmの値は、密度に反比例し、疎植区では $m > 1$ でI型生長となり、中植区、密植区では $1 > m \geq 0$ でM型生長となり、何れも変曲点を持つ生長経過をたどる。優勢木の樹高について、mの値はすべての区で $1 > m \geq 0$ となり、M型生長を示す。mの値は0.5近辺に集中し密度の影響を受けることなく、殆ど同じような生長経過をたどっている。胸高直径のmの値は密度に比例し、密度が高い程大きい。疎植区では $m < 0$ となり、負値を示し変曲点は存在しない。これは表-3の資料に示したとおり、測定が6年より可能となったためそれ以前の測定地が存在しないことによる。疎植区では測定開始時には、すでに生長の最盛期をすぎ、生長の速度が徐々に減退を始めていることを示す。中植区では、 $m \approx 0$ で、完全M型となり、変曲点が原点すなわち、丁度測定開始時にある事を示す。密植区では早くから、密度による生長抑制の力が働き、 $1 > m \geq 0$ で変曲点を持ち生長の最盛期は6年以降に持ち越されたことを示す。実質的平均生長量、および相対的生長速度は、(1)式の平均値およびその相対値であるから、Aの大きさに比例する。

d) 実質的生長期間

相対的生長速度の逆数で、測樹学的には総生長/平均生長となる。これは生長速度が早い程、短くなるので、密度と比例する。この期間を過ぎると目立つ生長の動きは殆どなくなり、林分そのものが非常に安定した状態に落ち着くことを示している。

VI. おわりに

これまで主に単木解析に用いられた、RICHARDSの生長関数を、疎密植栽林の平均値を用いて林分の生長解析に適用してみた。図-1, 2, 3, に示す通り、アテハメの精度もよく、多くの情報を引き出すことが出来た。

特に変動の大きい初期生長に対して、密度と生長の関係を、的確に解析することが出来た。胸高直径のような、初期測定値を欠く資料に(1)式を適用する場合には、mが負値を示すことがある。そのような場合でも、資料との関連を慎重に検討することにより、適切な解釈を下すことが出来る。

自由な生長(孤立木の生長)に対し、密度という、外部条件が初期から抑制的に働く場合はM型生長に、適度な抑制の場合はG型に、抑制が弱い場合はI型になる。直径という一次元量にもかかわらず、根元直径のパラメーターmの値に明らかに反映された事は、大変興味深かった。また樹高生長がすべてM型を示した事は、その生長に対し、初期から抑制的な力が働いている事を示す。

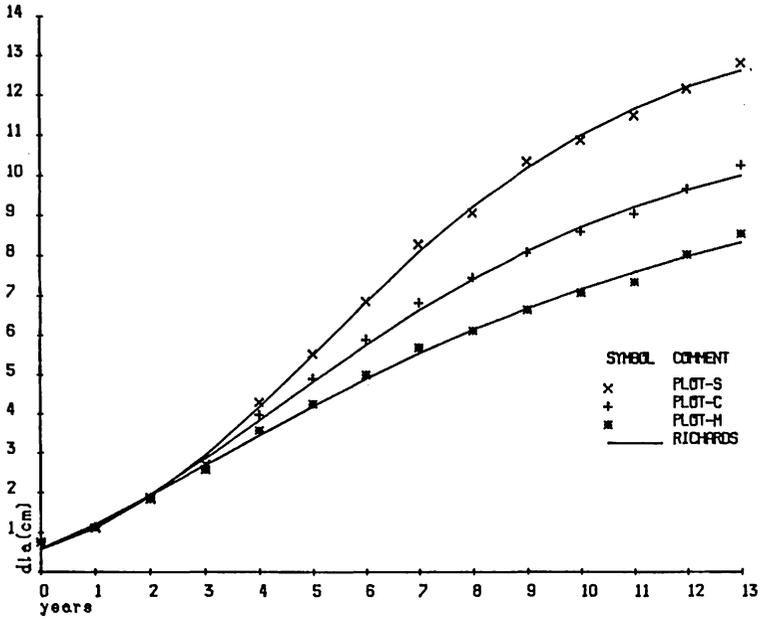


図-1 根元直径の平均値

FIG.-1 MEAN DIAMETER AT FOOT HEIGHT [10 c.m. above the ground]

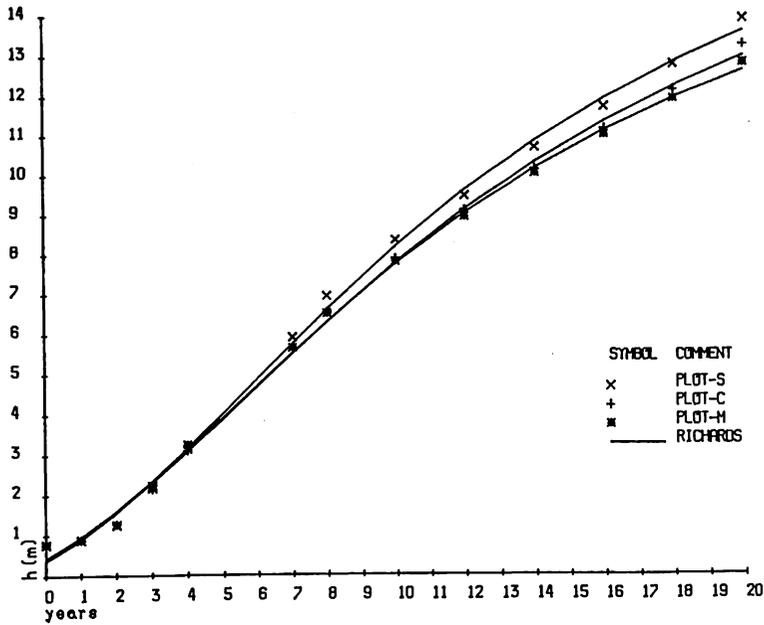


図-2 優勢木の樹高

FIG-2 MEAN HEIGHT OF DOMINANT TREES

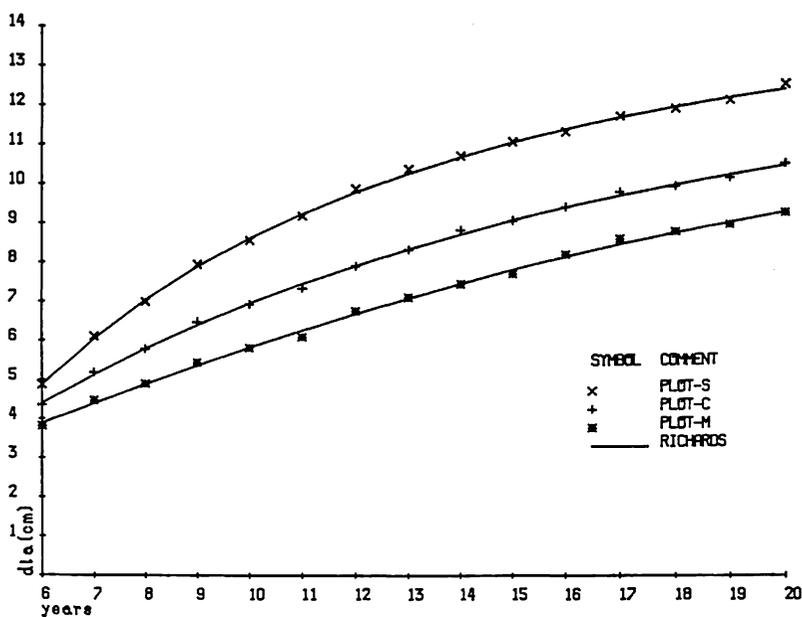


図-3 胸高直径の平均値

FIG.3 MEAN OF D. B. H

引用文献

- (1) 鎌崎哲ら：カラマツ疎密試験（I）東教大演報2：19～39，1970
- (2) 大隈真一：RICHARDSの生長関数，林統研誌3：47～58，1979
- (3) 大隈真一ら：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
- (4) 堀田雄次：カラマツ疎密試験（IV）筑大演報2：1～16，1985
- (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