

Águas de Santa Bárbara 州有林の Pinus Elliottii の立木  
幹材積表の調製に関する研究

ESTUDO DE ELABORACAO DE TABELA DE VOLUME PARA  
PINUS ELLIOTTII VAR ELLIOTTII ENG DA F. E. AGUAS  
DE SANTA BARBALA

Masamichi Chyo

Toshiaki Shiibayashi

Nobor Haga

Hideyo Aoki

1. はじめに .....	337
2. 資料の収集 .....	337
3. 材積式の種類と検討 .....	337
4. むすび .....	340
参 考 文 献 .....	340
(附) 材 積 表 .....	341
表 - 3 皮付全幹材積表 Tabela para Volume Total, Com Casca .....	341
表 - 4 皮内全幹材積表 Tabela para Volume Total, Sem Casca .....	342
表 - 5 皮付利用材積表 Tabela para Volume Comercial, Com Casca .....	343
表 - 6 皮内利用材積表 Tabela para Volume Comercial, Sem Casca .....	344
表 - 7 皮付実利用材積表 Tabela para Volume Comercial Real, Com Casca .....	345
表 - 8 皮内実利用材積表 Tabela para Volume Comercial Real, Sem Casca .....	346

# Agua de Santa Barbara州有林のPinus Elliottii の立木幹材積表の調製に関する研究

長 正 道  
椎 林 俊 昭  
Nobor HAGA  
Hideyo AOKI

## 1 はじめに

ブラジルサンパウロ州は面積247,898km<sup>2</sup>のうち森林面積5,035,070haを有し、州全体に対する森林率20.3%(1973年時点)となっている。そのうち人工林は642,420ha(2.6%)である。その内訳はユーカリ490,560ha、亜熱帯性マツ142,070ha、その他8,790haとなっているが、近年とくにマツの造林が増大している。マツは1958年以降導入された外来樹種のため、その施業法、生長量、収穫予測等が十分には確立され把握されておらず、また材積表も完備していない。そのため州有林の一つ、アグアス・ジ・サンタ・バルバラ地区を対象にエリオッティマツの材積表の調製を試み、検討を行った。

## 2 資料の収集

サンパウロ州では材積表は全幹材質、梢頭5cm(皮内)までの利用材積、およびトラックの荷台の横の長さに合わせた2.4mの長さに採材した場合の梢頭5cm(皮内、半分の長さ1.2mまで利用)までの実利用材積(Commercial Real)に分けられ、さらにそれぞれに対し皮付、皮内別の都合6種類がその目的によって使い分けられている。したがって資料はこの6種類の材積表調製が可能をよりに計画してとった。これにもとづきアグアス・ジ・サンタ・バルバラ州有林のエリオッティマツを対象に100本の標本木をDBH、Hともに現地林分の最小値から最大値にほぼ均等に跨るよう有意抽出し、伐倒・玉切りによる簡易樹幹析解を実施した。これによりDBH8~30cm、H7~23mの範囲の資料がえられた。

## 3 林積式の種類と検討

材積式については従来からいろいろな式(2)が提案されている。本来はそれらの各式について検討し、最も適合のよい材積式を選択すべきであるが、ここでは比較的よく用いられている次の5つの式を検討の対象とした。

$$V = a D^{2.1} \quad (1)$$

$$V = a_0 (D^2 H)^{a_1} \quad (1)$$

$$V = a_0 D^{a_1} H^{a_2} \quad (3)$$

$$V = a_0 D^{a_1} H^{a_3} \quad (4)$$

$$V = a_0 + a_1 D^2 + a_2 H + a_3 (D^2 H) \quad (5)$$

この5つの式を線形最小二乗法で解くため、(1), (3), (4)式を対数変換し

$$\log V = \log a_0 + a_1 \log D \quad (1')$$

$$\log V = \log a_0 + a_1 \log (D^2 H) \quad (3')$$

$$\log V = \log a_0 + a_1 \log D + a_2 \log H + a_3 \log (D^2 H) \quad (4')$$

とした。これにより従属変数を $y$ ，独立変数を $x_i$ ，回帰常数を $a_0$ ，回帰係数を $a_i$ とおけば，各式はまとめて次の一般式で表現する。

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^p a_i x_i \quad , \quad \text{ただし } p = 1, 2, 3 \quad (6)$$

ここで(6)式は線形重回帰式とよばれる。したがってここで採用する材積式は各資料にもとづき5つの式をあてはめ，その適合性を検し，それぞれの残差の標準誤差のうち最小の値をもつ式を決定する。表-1は重回帰分析プログラムでえられた一連の計算結果のうち残差の標準誤差のみを示したものである。標準誤差(SE)は(7)式により求めた(式中， $n$ ：標本数， $K$ ：独立変数の個数， $v$ ：実材積， $\hat{v}$ ：推定材積)。ただし対数式と非対数式の標準誤差はそのままでは比較できないので，(1), (3), (4)については $\hat{v}$ に修正係数(c.f. =  $10^{\frac{n-1}{n}} S_{yx}$ ， $x_2^2 \times 1151293$ ，ただし $S_{yx, x_2^2}$ は推定の誤差の分散)(2)を乗じたものを $\hat{v}$ として(7)式で計算した。

表-1 重回帰分析プログラムによりえられた残差の標準誤差

種	類	(1')式	(2)式	(3')式	(4')式	(5)式
A 全幹材積	①皮付	0.05828	0.02134	0.02107	0.01990	0.01989
	②皮内	0.05105	0.02129	0.02109	0.02000	0.01986
B 利用材積	③皮付	0.05998	0.02135	0.02345	0.02264	0.02020
	④皮内	0.05388	0.02120	0.02566	0.02485	0.01999
C 実利用材積	⑤皮付	0.06011	0.02162	0.02322	0.02219	0.02028
	⑥皮内	0.05417	0.02143	0.02580	0.02488	0.02008

$$SE = \left\{ \frac{1}{n - (K + 1)} \sum_{i=1}^n (v - \hat{v})^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

表-1により検討の結果、いずれの材積式も(5)式による残差の標準誤差が最小となったので、本材積式ではすべてAustralian式と呼ばれる(5)式を採用した。なお(5)式における独立変数が従属変数に与える影響について各材積式毎の偏回帰係数の有意差検定を行ったところ、第2番目の変数( $x_2 = H$ )が削除された。また $x_i, i = 1, p$ (この場合、 $x_1 = D^2, x_2 = H, x_3 = D^2 H$ )以外の $p - 1$ 個の説明変数を用いるという条件のもとで、さらに $x_i$ を追加する必要があるか否かの検討も試みた。その結果、必要は認められなかった。したがって材積式は最終的には下記に示す(8)式の形となった。なお、(8)式における標準誤差(SE)は、①: 0.01656, ②: 0.01433, ③: 0.01685, ④: 0.01444, ⑤: 0.01691, ⑥: 0.01448, といずれも小さくなっている。また異常資料についての検討を(9)の信頼限界(棄却帯)算出式(2)(ただし $t$ : 自由度 $n - 3$ のときの99%レベルの $t$ の値,  $S_{xy|x_2^2}$ : 標準誤差,  $V(\hat{v})$ : 推定値 $\hat{v}$ の分散)により求めた $E_{yx_1x_2}$ と回帰からの偏差 $v - \hat{v}$ を比較し、 $E_{yx_1x_2} < |v_i - \hat{v}_i|$ の関係が成立したとき $i$ 番目の資料を棄却した結果、資料No 94は全材積について、またNo 98は皮内材積のみについて棄却された。直径級は線形回帰モデルの場合、変量間の関係が資料の全範囲に亘って線形であることを前提とする。したがって直径・樹高と材積の関係がある範囲内で線形であるような資料に対してはその範囲毎に材積式を求めるという方法がとられる。しかし本例の場合は資料数100本の分布範囲が狭いため、全直径階を一括して1つの材積式として求めた。

$$V = a_0 + a_1 D^2 + a_2 (D^2 H) \quad (8)$$

$$E_{yx_1x_2} = t \{ S_{yx_1x_2^2} - V(\hat{v})^2 \} \quad (9)$$

以上の検定および検討結果により決定された、サンパウロ州アグアス・ジ・サンタ・バルバラ州有林のエリオッティマツの各材積式について、パラメータ $a_1, a_2, a_3$ およびそれぞれに対する誤差率 $E$ を示すと表-2のとおりである。また表-3~表-8はこれを材積表として示したものである。なお誤差率は $E = SE X t_{n-1} (0.05)$ による(2)。

表-2 各材積式のパラメーターおよび誤差率

種 類	パラメーター			誤差率 ( $E$ )
	$a_0$	$a_1$	$a_2$	
A-①	0.0067	- 1.2281	0.4452	14.96
-②	0.0023	- 0.9136	0.3656	16.66
B-③	0.0011	- 1.0899	0.4506	15.46
-④	- 0.0020	- 0.8071	0.3621	17.05
C-⑤	0.0012	- 1.1814	0.4539	15.61
-⑥	- 0.0020	- 0.8761	0.3644	17.20

(ただしD, H共にm単位による)

#### 4. む す び

材積表はわが国では目的により時として利用材積を用いることはあるが、一般には皮付全幹材積表が常識となっている。これに対しサンパウロ州では皮付、皮内に分けられる。これは気候が乾季と雨季に完全に分れるため、乾季の乾燥に耐えるため樹皮厚が非常に厚いせいである。利用材積なかんずく実利用材積も特異なケースの一つといえよう。売買等の取引では皮内-実利用材積がその対象となっている。これらの材積式がどの程度、現地の林木に適合するかは、今後、資料の収集により適合度の検定その他の検討を行なり予定である。

#### 参 考 文 献

- (1) 長正道, 椎林俊昭, ノボル・ハガ, ヒデヨ・アオキ: サンパウロ州アグアス・ジ・サンタ・バルバラ州有林のエリオッティマツの材積式の検討, 第95回日本林学会大会発表論文集, p109~110, 1984
- (2) 林試経営部: 立木材積表調製解説書, 1956

本研究は後日、詳細な説明を付し、マニュアルとして取り纏める予定である。

(附) 材積表 表-3 皮付全幹材積表

\*\*\* TABELA PARA VOLUME TOTAL COM CASCA \*\*\*

ESPECIE : P.ELLIOTTII LOCAL : AGUAS DE SANTA BARBARA / EQUACAO :  $V=0.67460919-0.212281419-0.33*(D^2) + 0.45517508-0.4*(D^3+M)$

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CM)																
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
3	0.011	0.012	0.013	0.015	0.017	0.019	0.022	0.024	0.027	0.030	0.034	0.037	0.041	0.045	0.049	0.053	0.057
4	0.012	0.014	0.016	0.019	0.022	0.025	0.028	0.032	0.036	0.041	0.045	0.050	0.055	0.061	0.067	0.073	0.079
5	0.014	0.016	0.019	0.023	0.026	0.030	0.035	0.040	0.045	0.051	0.057	0.063	0.070	0.077	0.085	0.093	0.102
6	0.016	0.019	0.022	0.026	0.031	0.036	0.041	0.048	0.054	0.061	0.069	0.076	0.085	0.094	0.103	0.113	0.124
7	0.019	0.022	0.026	0.030	0.035	0.041	0.048	0.055	0.063	0.071	0.080	0.090	0.100	0.110	0.121	0.133	0.146
8	0.021	0.024	0.028	0.034	0.040	0.047	0.055	0.063	0.072	0.082	0.092	0.103	0.114	0.127	0.140	0.155	0.168
9	0.023	0.026	0.031	0.037	0.044	0.052	0.061	0.071	0.081	0.092	0.103	0.116	0.129	0.143	0.156	0.173	0.190
10	0.025	0.028	0.034	0.041	0.049	0.058	0.068	0.078	0.090	0.102	0.115	0.129	0.144	0.160	0.176	0.193	0.212
11	0.027	0.031	0.037	0.044	0.052	0.061	0.071	0.081	0.092	0.103	0.116	0.130	0.145	0.162	0.178	0.196	0.216
12	0.029	0.034	0.040	0.048	0.056	0.066	0.076	0.086	0.099	0.112	0.127	0.142	0.159	0.176	0.194	0.214	0.234
13	0.030	0.036	0.042	0.050	0.059	0.069	0.080	0.091	0.104	0.118	0.133	0.149	0.165	0.183	0.201	0.221	0.242
14	0.032	0.038	0.045	0.054	0.063	0.074	0.085	0.097	0.109	0.123	0.138	0.154	0.171	0.189	0.208	0.228	0.250
15	0.034	0.040	0.048	0.057	0.067	0.078	0.089	0.101	0.114	0.128	0.143	0.159	0.176	0.194	0.213	0.233	0.256
16	0.036	0.042	0.050	0.059	0.069	0.080	0.092	0.104	0.117	0.131	0.146	0.162	0.179	0.197	0.216	0.236	0.260
17	0.039	0.045	0.053	0.062	0.072	0.083	0.095	0.107	0.121	0.135	0.150	0.166	0.183	0.201	0.220	0.240	0.264
18	0.041	0.048	0.056	0.065	0.075	0.086	0.098	0.111	0.125	0.139	0.154	0.170	0.187	0.205	0.224	0.244	0.268
19	0.043	0.050	0.058	0.067	0.077	0.088	0.100	0.113	0.127	0.141	0.156	0.172	0.189	0.207	0.226	0.246	0.270
20	0.045	0.052	0.060	0.069	0.079	0.090	0.102	0.115	0.129	0.143	0.158	0.174	0.191	0.209	0.228	0.248	0.272
21	0.048	0.055	0.063	0.072	0.082	0.093	0.105	0.118	0.132	0.146	0.161	0.177	0.194	0.212	0.230	0.250	0.274
22	0.050	0.057	0.065	0.074	0.084	0.095	0.107	0.120	0.134	0.148	0.163	0.179	0.196	0.214	0.233	0.253	0.277
23	0.052	0.059	0.067	0.076	0.086	0.097	0.109	0.122	0.136	0.150	0.165	0.181	0.198	0.216	0.235	0.255	0.279
24	0.054	0.061	0.069	0.078	0.088	0.099	0.111	0.124	0.138	0.152	0.167	0.183	0.200	0.218	0.237	0.257	0.281
25	0.056	0.063	0.071	0.080	0.090	0.101	0.113	0.126	0.140	0.154	0.169	0.184	0.200	0.217	0.236	0.256	0.280

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CM)											
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
5	0.062	0.067	0.072	0.078	0.083	0.088	0.093	0.101	0.107	0.114	0.121	0.128
6	0.066	0.071	0.076	0.082	0.087	0.092	0.098	0.105	0.112	0.119	0.126	0.133
7	0.070	0.075	0.080	0.086	0.091	0.096	0.102	0.109	0.116	0.123	0.130	0.137
8	0.074	0.079	0.084	0.090	0.095	0.100	0.106	0.113	0.120	0.127	0.134	0.141
9	0.078	0.083	0.088	0.094	0.099	0.104	0.110	0.117	0.124	0.131	0.138	0.145
10	0.082	0.087	0.092	0.098	0.103	0.108	0.114	0.121	0.128	0.135	0.142	0.149
11	0.086	0.091	0.096	0.102	0.107	0.112	0.118	0.125	0.132	0.139	0.146	0.153
12	0.090	0.095	0.100	0.106	0.111	0.116	0.122	0.129	0.136	0.143	0.150	0.157
13	0.094	0.099	0.104	0.110	0.115	0.120	0.126	0.133	0.140	0.147	0.154	0.161
14	0.098	0.103	0.108	0.114	0.119	0.124	0.130	0.137	0.144	0.151	0.158	0.165
15	0.102	0.107	0.112	0.118	0.123	0.128	0.134	0.141	0.148	0.155	0.162	0.169
16	0.106	0.111	0.116	0.122	0.127	0.132	0.138	0.145	0.152	0.159	0.166	0.173
17	0.110	0.115	0.120	0.126	0.131	0.136	0.142	0.149	0.156	0.163	0.170	0.177
18	0.114	0.119	0.124	0.130	0.135	0.140	0.147	0.154	0.161	0.168	0.175	0.182
19	0.118	0.123	0.128	0.134	0.139	0.144	0.151	0.158	0.165	0.172	0.179	0.186
20	0.122	0.127	0.132	0.138	0.143	0.148	0.155	0.162	0.169	0.176	0.183	0.190
21	0.126	0.131	0.136	0.142	0.147	0.152	0.159	0.166	0.173	0.180	0.187	0.194
22	0.130	0.135	0.140	0.146	0.151	0.156	0.163	0.170	0.177	0.184	0.191	0.198
23	0.134	0.139	0.144	0.150	0.155	0.160	0.167	0.174	0.181	0.188	0.195	0.202
24	0.138	0.143	0.148	0.154	0.159	0.164	0.171	0.178	0.185	0.192	0.199	0.206
25	0.142	0.147	0.152	0.158	0.163	0.168	0.175	0.182	0.189	0.196	0.203	0.210

表-4 皮付金幹材積表

TABELA PARA VOLUME TOTAL SEM CASCA

ESPECIE : P.ELLIOTTII LOCAL : AGUAS DE SANTA BARBARA EQUACAO :  $V = 0,2282907D^2 - 0,9136383D - 0,4 + (D \cdot H) + 0,3655926D \cdot 0,4 + (D \cdot H)$

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CM)															
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
5	0,006	0,007	0,008	0,010	0,011	0,013	0,015	0,018	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	0,035	0,039	0,047
6	0,007	0,009	0,010	0,013	0,015	0,018	0,021	0,024	0,027	0,031	0,035	0,039	0,044	0,048	0,053	0,059
7	0,010	0,013	0,014	0,019	0,022	0,026	0,030	0,035	0,039	0,044	0,048	0,054	0,060	0,067	0,075	0,082
8	0,010	0,012	0,015	0,019	0,022	0,027	0,031	0,036	0,042	0,048	0,054	0,060	0,067	0,075	0,083	0,100
9	0,011	0,014	0,017	0,022	0,026	0,031	0,036	0,042	0,049	0,056	0,063	0,071	0,079	0,088	0,097	0,117
10	0,012	0,016	0,020	0,024	0,030	0,035	0,042	0,049	0,056	0,064	0,072	0,082	0,091	0,101	0,112	0,135
11	0,013	0,017	0,022	0,027	0,033	0,040	0,047	0,055	0,063	0,072	0,082	0,092	0,103	0,114	0,127	0,153
12	0,015	0,019	0,024	0,030	0,037	0,044	0,052	0,061	0,070	0,080	0,091	0,103	0,115	0,128	0,141	0,170
13	0,016	0,021	0,027	0,033	0,041	0,049	0,058	0,067	0,078	0,089	0,101	0,113	0,127	0,141	0,156	0,188
14	0,017	0,023	0,029	0,036	0,044	0,053	0,063	0,073	0,085	0,097	0,110	0,124	0,138	0,154	0,170	0,206
15	0,019	0,025	0,032	0,039	0,048	0,058	0,068	0,080	0,092	0,105	0,119	0,134	0,150	0,167	0,185	0,223
16	0,020	0,026	0,034	0,042	0,052	0,062	0,073	0,086	0,099	0,113	0,129	0,145	0,162	0,180	0,200	0,241
17	0,021	0,028	0,036	0,045	0,055	0,066	0,079	0,092	0,106	0,122	0,138	0,155	0,174	0,194	0,214	0,259
18	0,023	0,030	0,039	0,048	0,059	0,071	0,084	0,098	0,113	0,130	0,147	0,166	0,186	0,207	0,229	0,277
19	0,024	0,032	0,041	0,051	0,063	0,075	0,089	0,104	0,121	0,138	0,157	0,177	0,198	0,220	0,244	0,294
20	0,025	0,034	0,043	0,054	0,066	0,080	0,094	0,110	0,128	0,146	0,166	0,187	0,210	0,233	0,258	0,312
21	0,027	0,035	0,046	0,057	0,070	0,084	0,100	0,117	0,135	0,154	0,175	0,198	0,221	0,246	0,273	0,330
22	0,028	0,037	0,048	0,060	0,074	0,089	0,105	0,123	0,142	0,163	0,185	0,208	0,233	0,260	0,287	0,347
23	0,029	0,039	0,050	0,063	0,077	0,093	0,110	0,129	0,149	0,171	0,194	0,219	0,245	0,273	0,302	0,365
24	0,031	0,041	0,053	0,066	0,081	0,097	0,115	0,135	0,156	0,179	0,203	0,229	0,257	0,286	0,317	0,349
25	0,032	0,043	0,055	0,069	0,085	0,102	0,121	0,141	0,163	0,187	0,213	0,240	0,269	0,299	0,331	0,400

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CM)											
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
5	0,051	0,055	0,059	0,064	0,069	0,074	0,079	0,085	0,090	0,096	0,102	0,108
6	0,070	0,076	0,082	0,089	0,096	0,103	0,110	0,117	0,125	0,133	0,142	0,150
7	0,089	0,097	0,105	0,113	0,122	0,131	0,141	0,150	0,160	0,171	0,181	0,192
8	0,109	0,118	0,126	0,136	0,145	0,156	0,166	0,176	0,186	0,208	0,221	0,235
9	0,128	0,139	0,151	0,163	0,176	0,189	0,202	0,216	0,231	0,246	0,261	0,277
10	0,147	0,160	0,174	0,188	0,202	0,217	0,233	0,249	0,266	0,283	0,301	0,319
11	0,167	0,181	0,197	0,212	0,229	0,246	0,264	0,282	0,301	0,321	0,341	0,362
12	0,186	0,202	0,219	0,237	0,255	0,273	0,294	0,315	0,336	0,358	0,381	0,404
13	0,205	0,223	0,242	0,262	0,282	0,303	0,325	0,348	0,371	0,395	0,420	0,446
14	0,225	0,244	0,265	0,286	0,309	0,332	0,356	0,381	0,406	0,433	0,460	0,488
15	0,244	0,266	0,288	0,311	0,335	0,361	0,387	0,414	0,441	0,470	0,500	0,531
16	0,263	0,287	0,311	0,336	0,362	0,389	0,417	0,446	0,477	0,508	0,540	0,573
17	0,283	0,308	0,334	0,361	0,389	0,418	0,448	0,479	0,512	0,545	0,580	0,613
18	0,302	0,329	0,356	0,385	0,415	0,447	0,479	0,512	0,547	0,583	0,619	0,657
19	0,321	0,350	0,379	0,410	0,442	0,475	0,510	0,545	0,582	0,620	0,659	0,700
20	0,341	0,371	0,402	0,435	0,469	0,504	0,540	0,578	0,617	0,657	0,699	0,742
21	0,360	0,392	0,425	0,459	0,495	0,533	0,571	0,611	0,652	0,695	0,739	0,784
22	0,379	0,413	0,448	0,484	0,522	0,561	0,602	0,644	0,687	0,732	0,779	0,826
23	0,399	0,436	0,471	0,509	0,549	0,590	0,633	0,677	0,723	0,770	0,818	0,869
24	0,418	0,455	0,494	0,534	0,575	0,619	0,663	0,710	0,756	0,807	0,858	0,911
25	0,437	0,476	0,516	0,557	0,602	0,647	0,694	0,743	0,793	0,845	0,898	0,953

表一5 皮付利用材楫表

\*\*\* TABELA PARA VOLUME COMERCIAL COM CASCA \*\*\*

ESPECIE : P.ELLIOTTII LOCAL : AGUAS DE SANTA BARBARA EQUACAO :  $V=0,132166D^2 \cdot L - 0,1089870D - 0,44(0,00) + 0,4506449D - 0,44(0,00)H$

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CM)															
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
5	0,005	0,007	0,009	0,011	0,013	0,015	0,018	0,021	0,024	0,027	0,031	0,035	0,039	0,043	0,048	0,052
6	0,007	0,009	0,011	0,014	0,017	0,021	0,024	0,028	0,033	0,037	0,042	0,048	0,053	0,059	0,066	0,072
7	0,009	0,011	0,014	0,018	0,022	0,026	0,031	0,036	0,042	0,048	0,054	0,061	0,068	0,076	0,084	0,092
8	0,010	0,013	0,017	0,022	0,026	0,032	0,037	0,044	0,050	0,058	0,066	0,074	0,083	0,092	0,102	0,112
9	0,012	0,016	0,020	0,025	0,031	0,037	0,044	0,051	0,059	0,068	0,077	0,087	0,097	0,108	0,120	0,132
10	0,013	0,018	0,023	0,029	0,035	0,042	0,050	0,059	0,066	0,078	0,089	0,100	0,112	0,124	0,138	0,152
11	0,015	0,020	0,026	0,032	0,040	0,048	0,057	0,066	0,077	0,088	0,100	0,113	0,126	0,141	0,156	0,172
12	0,017	0,022	0,029	0,036	0,044	0,053	0,063	0,074	0,086	0,098	0,112	0,126	0,141	0,157	0,174	0,192
13	0,018	0,024	0,032	0,040	0,049	0,059	0,070	0,082	0,095	0,108	0,123	0,139	0,156	0,173	0,192	0,210
14	0,020	0,027	0,035	0,043	0,053	0,064	0,076	0,089	0,103	0,119	0,135	0,152	0,170	0,190	0,210	0,232
15	0,022	0,029	0,037	0,047	0,058	0,070	0,083	0,097	0,112	0,129	0,146	0,165	0,185	0,206	0,228	0,251
16	0,023	0,031	0,040	0,051	0,062	0,075	0,089	0,105	0,121	0,139	0,158	0,178	0,199	0,222	0,246	0,271
17	0,025	0,033	0,043	0,054	0,067	0,081	0,096	0,112	0,130	0,149	0,169	0,191	0,214	0,238	0,264	0,291
18	0,026	0,036	0,046	0,058	0,071	0,086	0,102	0,120	0,139	0,159	0,181	0,204	0,229	0,255	0,282	0,311
19	0,028	0,038	0,049	0,062	0,076	0,092	0,109	0,127	0,148	0,169	0,192	0,217	0,243	0,271	0,300	0,331
20	0,030	0,040	0,052	0,065	0,080	0,097	0,115	0,135	0,156	0,179	0,204	0,230	0,258	0,287	0,318	0,351
21	0,031	0,042	0,055	0,069	0,085	0,102	0,122	0,143	0,165	0,190	0,215	0,243	0,272	0,303	0,336	0,370
22	0,033	0,044	0,058	0,073	0,089	0,108	0,128	0,150	0,174	0,200	0,227	0,256	0,287	0,320	0,354	0,390
23	0,035	0,047	0,060	0,076	0,094	0,113	0,133	0,158	0,183	0,210	0,239	0,269	0,302	0,336	0,372	0,410
24	0,036	0,049	0,063	0,080	0,098	0,119	0,141	0,165	0,192	0,220	0,250	0,282	0,316	0,352	0,390	0,430
25	0,038	0,051	0,066	0,084	0,103	0,124	0,148	0,173	0,201	0,230	0,262	0,295	0,331	0,368	0,408	0,450

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CM)														
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34			
5	0,065	0,068	0,074	0,080	0,086	0,092	0,099	0,106	0,113	0,120	0,126	0,134			
6	0,087	0,094	0,102	0,110	0,119	0,128	0,137	0,146	0,156	0,166	0,177	0,184			
7	0,110	0,120	0,130	0,141	0,152	0,163	0,173	0,187	0,200	0,213	0,226	0,240			
8	0,134	0,146	0,158	0,171	0,184	0,198	0,213	0,228	0,243	0,259	0,275	0,292			
9	0,158	0,172	0,187	0,202	0,217	0,234	0,251	0,268	0,286	0,305	0,324	0,344			
10	0,182	0,198	0,215	0,232	0,250	0,269	0,288	0,309	0,329	0,351	0,373	0,396			
11	0,206	0,224	0,243	0,263	0,283	0,304	0,326	0,349	0,373	0,397	0,422	0,448			
12	0,230	0,250	0,271	0,293	0,316	0,340	0,364	0,390	0,416	0,443	0,471	0,500			
13	0,253	0,276	0,299	0,323	0,349	0,375	0,402	0,430	0,459	0,489	0,520	0,552			
14	0,277	0,302	0,327	0,354	0,382	0,410	0,440	0,471	0,503	0,536	0,569	0,604			
15	0,301	0,328	0,355	0,384	0,414	0,446	0,478	0,511	0,546	0,582	0,619	0,657			
16	0,325	0,354	0,384	0,415	0,447	0,481	0,514	0,552	0,589	0,628	0,668	0,709			
17	0,349	0,380	0,412	0,445	0,480	0,516	0,554	0,593	0,633	0,674	0,717	0,761			
18	0,373	0,406	0,440	0,476	0,513	0,552	0,592	0,633	0,676	0,720	0,766	0,813			
19	0,396	0,432	0,468	0,506	0,546	0,587	0,630	0,674	0,719	0,766	0,815	0,865			
20	0,420	0,457	0,496	0,537	0,579	0,622	0,667	0,714	0,763	0,812	0,864	0,917			
21	0,444	0,483	0,524	0,567	0,612	0,658	0,705	0,755	0,804	0,859	0,913	0,969			
22	0,468	0,509	0,553	0,598	0,644	0,693	0,743	0,795	0,847	0,905	0,962	1,021			
23	0,492	0,535	0,581	0,628	0,677	0,728	0,781	0,836	0,892	0,951	1,011	1,073			
24	0,516	0,561	0,609	0,659	0,710	0,764	0,819	0,876	0,936	0,997	1,060	1,125			
25	0,539	0,587	0,637	0,689	0,743	0,799	0,857	0,917	0,979	1,043	1,109	1,178			



表-6 皮付利用材積表

\*\*\* TABELA PARA VOLUME COMERCIAL SEM CASCA \*\*\*

ESPECIE : P. ELLIOTTII LOCAL : ÁGUAS DE SANTA BÁRBARA, EQUAÇÃO :  $V = 0,20423039 \cdot D^2 - 0,80708319 \cdot D + 0,36205990 - 0,4 \cdot (D - 0,4)$

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CM)																
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
5	0.002	0.003	0.004	0.006	0.008	0.010	0.012	0.015	0.018	0.021	0.024	0.027	0.030	0.034	0.038	0.042	0.047
6	0.003	0.005	0.007	0.009	0.012	0.014	0.018	0.021	0.025	0.029	0.033	0.037	0.042	0.047	0.053	0.058	0.064
7	0.004	0.006	0.009	0.012	0.015	0.019	0.023	0.027	0.032	0.037	0.042	0.048	0.054	0.060	0.067	0.074	0.082
8	0.005	0.008	0.011	0.015	0.019	0.023	0.028	0.033	0.039	0.045	0.051	0.058	0.066	0.073	0.082	0.090	0.099
9	0.007	0.010	0.014	0.018	0.022	0.028	0.033	0.039	0.046	0.053	0.061	0.069	0.077	0.086	0.096	0.106	0.117
10	0.008	0.012	0.016	0.021	0.026	0.032	0.038	0.046	0.053	0.061	0.070	0.079	0.089	0.100	0.110	0.122	0.134
11	0.009	0.014	0.018	0.024	0.030	0.036	0.044	0.052	0.060	0.069	0.079	0.090	0.101	0.113	0.125	0.138	0.152
12	0.011	0.015	0.021	0.027	0.033	0.041	0.049	0.058	0.067	0.078	0.089	0.100	0.113	0.126	0.139	0.154	0.169
13	0.012	0.017	0.023	0.030	0.037	0.045	0.054	0.064	0.074	0.086	0.098	0.111	0.124	0.139	0.154	0.170	0.187
14	0.013	0.019	0.025	0.032	0.040	0.049	0.059	0.070	0.081	0.094	0.107	0.121	0.136	0.152	0.168	0.186	0.204
15	0.015	0.021	0.028	0.035	0.044	0.054	0.065	0.076	0.089	0.102	0.116	0.132	0.148	0.165	0.183	0.202	0.222
16	0.016	0.022	0.030	0.038	0.046	0.056	0.068	0.080	0.094	0.107	0.124	0.143	0.162	0.182	0.204	0.228	0.259
17	0.017	0.024	0.032	0.041	0.051	0.063	0.075	0.088	0.103	0.118	0.135	0.153	0.171	0.191	0.212	0.234	0.257
18	0.019	0.026	0.035	0.044	0.054	0.067	0.080	0.094	0.110	0.126	0.144	0.163	0.183	0.204	0.226	0.250	0.274
19	0.020	0.028	0.037	0.047	0.057	0.071	0.085	0.101	0.117	0.133	0.153	0.173	0.193	0.217	0.241	0.266	0.292
20	0.021	0.029	0.039	0.050	0.062	0.076	0.091	0.107	0.124	0.143	0.163	0.184	0.206	0.230	0.255	0.282	0.309
21	0.022	0.031	0.041	0.053	0.066	0.080	0.096	0.113	0.131	0.151	0.172	0.194	0.218	0.243	0.270	0.298	0.327
22	0.024	0.033	0.044	0.056	0.070	0.085	0.101	0.119	0.138	0.159	0.181	0.205	0.230	0.256	0.284	0.314	0.344
23	0.025	0.035	0.046	0.059	0.073	0.089	0.106	0.125	0.145	0.167	0.190	0.215	0.242	0.269	0.299	0.330	0.362
24	0.026	0.037	0.048	0.062	0.077	0.093	0.111	0.131	0.152	0.175	0.200	0.226	0.253	0.283	0.315	0.348	0.379
25	0.028	0.038	0.051	0.065	0.080	0.098	0.117	0.137	0.160	0.183	0.209	0.236	0.265	0.296	0.328	0.362	0.397

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CM)													
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
5	0.051	0.056	0.061	0.066	0.071	0.077	0.082	0.088	0.094	0.101	0.107	0.114	0.121	0.128
6	0.070	0.077	0.083	0.090	0.097	0.103	0.113	0.121	0.129	0.138	0.147	0.156	0.166	0.176
7	0.089	0.097	0.106	0.115	0.124	0.133	0.143	0.153	0.164	0.175	0.186	0.198	0.210	0.222
8	0.108	0.118	0.129	0.139	0.150	0.162	0.174	0.186	0.199	0.212	0.225	0.239	0.253	0.267
9	0.128	0.139	0.151	0.164	0.177	0.190	0.204	0.219	0.233	0.249	0.265	0.281	0.297	0.313
10	0.147	0.160	0.174	0.188	0.203	0.219	0.235	0.251	0.268	0.286	0.304	0.323	0.342	0.361
11	0.166	0.181	0.196	0.213	0.229	0.247	0.265	0.284	0.303	0.323	0.344	0.365	0.386	0.407
12	0.185	0.202	0.219	0.237	0.256	0.275	0.295	0.316	0.336	0.356	0.377	0.397	0.419	0.440
13	0.204	0.223	0.242	0.262	0.282	0.304	0.326	0.349	0.373	0.397	0.423	0.449	0.475	0.501
14	0.223	0.243	0.264	0.286	0.309	0.332	0.356	0.382	0.408	0.434	0.462	0.491	0.520	0.549
15	0.243	0.264	0.287	0.311	0.335	0.360	0.387	0.414	0.442	0.471	0.501	0.532	0.563	0.594
16	0.262	0.285	0.310	0.335	0.361	0.389	0.417	0.446	0.477	0.509	0.541	0.574	0.607	0.640
17	0.281	0.306	0.332	0.359	0.388	0.417	0.446	0.479	0.512	0.546	0.580	0.616	0.652	0.688
18	0.300	0.327	0.355	0.384	0.414	0.444	0.476	0.512	0.547	0.583	0.620	0.658	0.696	0.734
19	0.319	0.348	0.377	0.408	0.441	0.474	0.509	0.546	0.581	0.620	0.659	0.700	0.741	0.782
20	0.338	0.369	0.400	0.433	0.467	0.502	0.539	0.577	0.616	0.657	0.699	0.742	0.785	0.828
21	0.357	0.389	0.423	0.457	0.493	0.531	0.570	0.610	0.651	0.694	0.738	0.784	0.829	0.875
22	0.377	0.410	0.445	0.482	0.520	0.559	0.600	0.642	0.686	0.731	0.777	0.825	0.872	0.920
23	0.396	0.431	0.466	0.506	0.546	0.588	0.630	0.674	0.720	0.768	0.817	0.867	0.917	0.968
24	0.415	0.452	0.491	0.533	0.573	0.616	0.661	0.707	0.755	0.805	0.856	0.909	0.962	1.015
25	0.434	0.473	0.513	0.555	0.599	0.644	0.691	0.740	0.790	0.842	0.896	0.951	1.007	1.064

表一7 皮付利用材積表

\*\*\* TABELA PARA VOLUME COMERCIAL REAL COM CASCA \*\*\*

ESPECIE : P.ELLIPTICA LOCAL : AGUAS DE SANTA BARBARA / EQUACAO : V=U.1677020-02 - 0.1814300-03\*(D+D) + 0.45387180-D\*(D+D+H)

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CM)																	
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
5	0.005	0.006	0.008	0.010	0.012	0.014	0.017	0.020	0.022	0.026	0.029	0.033	0.036	0.040	0.045	0.049	0.054	
6	0.007	0.009	0.011	0.014	0.017	0.020	0.023	0.027	0.031	0.036	0.041	0.046	0.051	0.057	0.063	0.069	0.076	
7	0.008	0.011	0.014	0.017	0.021	0.025	0.030	0.035	0.040	0.046	0.052	0.059	0.066	0.073	0.081	0.089	0.098	
8	0.010	0.013	0.017	0.021	0.026	0.031	0.036	0.041	0.049	0.056	0.064	0.072	0.081	0.090	0.099	0.109	0.120	
9	0.012	0.015	0.020	0.025	0.030	0.036	0.043	0.050	0.058	0.066	0.075	0.085	0.095	0.106	0.117	0.129	0.142	
10	0.013	0.018	0.023	0.028	0.035	0.042	0.050	0.058	0.067	0.077	0.087	0.098	0.110	0.122	0.135	0.149	0.164	
11	0.015	0.020	0.026	0.032	0.039	0.047	0.056	0.066	0.076	0.087	0.099	0.111	0.125	0.139	0.154	0.169	0.186	
12	0.017	0.022	0.028	0.036	0.044	0.053	0.063	0.073	0.085	0.097	0.110	0.124	0.139	0.155	0.172	0.189	0.208	
13	0.018	0.024	0.031	0.039	0.048	0.058	0.069	0.081	0.094	0.107	0.122	0.138	0.154	0.172	0.190	0.209	0.230	
14	0.020	0.027	0.034	0.043	0.053	0.064	0.076	0.089	0.103	0.118	0.134	0.151	0.169	0.188	0.208	0.229	0.252	
15	0.021	0.029	0.037	0.047	0.057	0.069	0.082	0.096	0.111	0.128	0.145	0.164	0.183	0.204	0.226	0.249	0.273	
16	0.023	0.031	0.040	0.050	0.062	0.075	0.089	0.104	0.120	0.138	0.157	0.177	0.198	0.221	0.244	0.269	0.295	
17	0.025	0.033	0.043	0.054	0.067	0.080	0.095	0.112	0.129	0.148	0.168	0.190	0.213	0.237	0.263	0.289	0.317	
18	0.026	0.035	0.046	0.058	0.071	0.086	0.102	0.119	0.136	0.156	0.180	0.203	0.228	0.253	0.281	0.309	0.339	
19	0.028	0.038	0.049	0.061	0.076	0.091	0.108	0.127	0.147	0.169	0.192	0.216	0.242	0.270	0.299	0.329	0.361	
20	0.030	0.040	0.052	0.065	0.080	0.097	0.115	0.135	0.156	0.179	0.203	0.229	0.257	0.286	0.317	0.349	0.383	
21	0.031	0.042	0.055	0.069	0.085	0.102	0.121	0.142	0.165	0.189	0.215	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.405	
22	0.033	0.044	0.058	0.072	0.089	0.108	0.128	0.150	0.174	0.199	0.227	0.256	0.286	0.319	0.353	0.389	0.427	
23	0.034	0.046	0.060	0.076	0.094	0.113	0.134	0.158	0.183	0.209	0.238	0.269	0.301	0.335	0.371	0.409	0.449	
24	0.036	0.049	0.063	0.080	0.098	0.119	0.141	0.165	0.192	0.220	0.250	0.282	0.316	0.352	0.390	0.429	0.471	
25	0.038	0.051	0.066	0.084	0.103	0.124	0.148	0.173	0.200	0.230	0.261	0.295	0.331	0.368	0.408	0.449	0.493	

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CP)																	
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34						
5	0.059	0.065	0.069	0.075	0.080	0.086	0.093	0.099	0.106	0.113	0.120	0.127						
6	0.083	0.090	0.098	0.105	0.114	0.122	0.131	0.140	0.149	0.159	0.169	0.179						
7	0.107	0.116	0.126	0.136	0.147	0.158	0.169	0.181	0.193	0.206	0.218	0.232						
8	0.131	0.142	0.154	0.167	0.180	0.193	0.207	0.222	0.237	0.252	0.268	0.284						
9	0.155	0.168	0.183	0.197	0.213	0.229	0.245	0.260	0.276	0.293	0.317	0.337						
10	0.179	0.195	0.211	0.228	0.246	0.264	0.284	0.303	0.324	0.345	0.367	0.389						
11	0.203	0.221	0.239	0.259	0.279	0.300	0.322	0.344	0.367	0.391	0.416	0.442						
12	0.227	0.247	0.268	0.289	0.312	0.336	0.360	0.385	0.411	0.438	0.466	0.494						
13	0.251	0.273	0.296	0.320	0.345	0.371	0.398	0.426	0.455	0.484	0.515	0.547						
14	0.275	0.299	0.324	0.351	0.378	0.407	0.436	0.467	0.498	0.531	0.564	0.599						
15	0.299	0.325	0.353	0.382	0.411	0.442	0.474	0.508	0.542	0.577	0.614	0.652						
16	0.323	0.351	0.381	0.412	0.444	0.478	0.513	0.548	0.586	0.624	0.663	0.704						
17	0.347	0.378	0.410	0.443	0.478	0.513	0.551	0.589	0.629	0.670	0.713	0.757						
18	0.371	0.404	0.438	0.474	0.511	0.549	0.589	0.630	0.673	0.717	0.762	0.809						
19	0.395	0.430	0.466	0.504	0.544	0.585	0.627	0.671	0.716	0.763	0.812	0.861						
20	0.419	0.456	0.495	0.535	0.577	0.620	0.665	0.712	0.760	0.810	0.861	0.914						
21	0.443	0.482	0.523	0.566	0.610	0.656	0.703	0.753	0.804	0.856	0.910	0.966						
22	0.467	0.508	0.551	0.596	0.643	0.691	0.742	0.794	0.847	0.903	0.960	1.019						
23	0.491	0.534	0.580	0.627	0.676	0.727	0.780	0.834	0.891	0.949	1.009	1.071						
24	0.515	0.561	0.608	0.658	0.709	0.763	0.816	0.875	0.934	0.996	1.059	1.124						
25	0.539	0.587	0.637	0.688	0	0.798	0.856	0.916	0.978	1.042	1.108	1.177						

表-8 皮付実利用材積表

\*\*\* TABELA PARA VOLUME LUMENCIAL REAL SEM CASLA \*\*\*

ESPECIE : P.ELLIOTTII LOCAL : AGUAS DE SANTA BARBARA , EQUACAO :  $V = -0.2006719D - 0.2 - 0.8760883D - 0.4e^{-(D+0.4)}$  + 0.3644112D - 0.4e^{-(D+0.4)}

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CM)																	
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
5	0.001	0.003	0.004	0.004	0.006	0.007	0.009	0.012	0.014	0.017	0.019	0.022	0.025	0.029	0.032	0.036	0.040	0.044
6	0.003	0.004	0.006	0.009	0.011	0.014	0.017	0.020	0.024	0.027	0.032	0.036	0.040	0.045	0.050	0.056	0.061	0.066
7	0.004	0.006	0.009	0.012	0.015	0.018	0.022	0.026	0.031	0.036	0.041	0.046	0.051	0.056	0.062	0.068	0.074	0.079
8	0.005	0.008	0.011	0.015	0.018	0.023	0.027	0.033	0.038	0.044	0.050	0.057	0.064	0.072	0.080	0.088	0.097	0.104
9	0.007	0.010	0.013	0.017	0.022	0.027	0.033	0.039	0.045	0.052	0.060	0.068	0.076	0.085	0.094	0.104	0.114	0.124
10	0.008	0.012	0.016	0.020	0.026	0.031	0.038	0.045	0.052	0.060	0.069	0.078	0.088	0.098	0.109	0.120	0.132	0.144
11	0.009	0.013	0.016	0.023	0.029	0.036	0.043	0.051	0.059	0.068	0.078	0.089	0.099	0.111	0.123	0.136	0.150	0.164
12	0.011	0.015	0.020	0.026	0.033	0.040	0.048	0.057	0.067	0.077	0.088	0.099	0.111	0.124	0.138	0.152	0.167	0.181
13	0.012	0.017	0.023	0.029	0.037	0.045	0.054	0.063	0.074	0.085	0.097	0.110	0.123	0.137	0.152	0.168	0.185	0.203
14	0.013	0.019	0.025	0.032	0.040	0.049	0.059	0.071	0.081	0.093	0.106	0.120	0.135	0.151	0.167	0.184	0.203	0.220
15	0.015	0.020	0.027	0.035	0.044	0.054	0.064	0.076	0.088	0.101	0.115	0.131	0.147	0.164	0.182	0.200	0.220	0.240
16	0.016	0.022	0.030	0.038	0.048	0.058	0.069	0.082	0.095	0.109	0.125	0.141	0.159	0.177	0.196	0.216	0.238	0.261
17	0.017	0.024	0.032	0.041	0.051	0.062	0.075	0.088	0.102	0.118	0.134	0.152	0.170	0.190	0.211	0.233	0.255	0.277
18	0.018	0.026	0.034	0.044	0.055	0.067	0.080	0.094	0.109	0.126	0.143	0.162	0.182	0.203	0.225	0.249	0.273	0.297
19	0.020	0.028	0.037	0.047	0.058	0.071	0.085	0.100	0.117	0.134	0.153	0.173	0.194	0.216	0.240	0.265	0.291	0.318
20	0.021	0.029	0.039	0.050	0.062	0.076	0.090	0.106	0.124	0.142	0.162	0.183	0.206	0.229	0.254	0.281	0.308	0.336
21	0.022	0.031	0.041	0.053	0.066	0.080	0.096	0.113	0.131	0.150	0.171	0.194	0.218	0.243	0.269	0.297	0.326	0.354
22	0.024	0.033	0.044	0.056	0.069	0.084	0.101	0.119	0.138	0.159	0.181	0.204	0.229	0.256	0.284	0.313	0.344	0.374
23	0.025	0.035	0.046	0.059	0.073	0.089	0.106	0.125	0.145	0.167	0.190	0.215	0.241	0.269	0.298	0.329	0.361	0.391
24	0.026	0.037	0.048	0.062	0.077	0.093	0.111	0.131	0.152	0.175	0.199	0.225	0.253	0.282	0.313	0.345	0.379	0.411
25	0.028	0.038	0.051	0.065	0.080	0.098	0.117	0.137	0.159	0.183	0.209	0.236	0.265	0.295	0.327	0.361	0.397	0.431

ALTURA (M)	CLASSES DE DIAMETRO (CM)											
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
5	0.048	0.052	0.057	0.062	0.067	0.072	0.078	0.083	0.089	0.095	0.101	0.107
6	0.067	0.073	0.079	0.087	0.094	0.101	0.108	0.116	0.124	0.132	0.141	0.149
7	0.087	0.094	0.103	0.111	0.120	0.129	0.139	0.149	0.159	0.169	0.180	0.192
8	0.106	0.115	0.125	0.136	0.147	0.158	0.169	0.182	0.194	0.207	0.220	0.234
9	0.125	0.136	0.146	0.160	0.173	0.186	0.200	0.214	0.228	0.244	0.260	0.276
10	0.144	0.157	0.171	0.185	0.200	0.215	0.231	0.247	0.264	0.281	0.299	0.318
11	0.164	0.178	0.194	0.210	0.226	0.244	0.261	0.280	0.299	0.319	0.339	0.360
12	0.183	0.199	0.217	0.234	0.253	0.272	0.292	0.313	0.334	0.356	0.379	0.402
13	0.202	0.220	0.239	0.259	0.279	0.301	0.323	0.346	0.369	0.393	0.418	0.444
14	0.222	0.241	0.262	0.284	0.306	0.329	0.353	0.378	0.404	0.431	0.458	0.486
15	0.241	0.262	0.285	0.308	0.333	0.358	0.384	0.411	0.439	0.468	0.498	0.529
16	0.260	0.283	0.306	0.333	0.359	0.386	0.415	0.444	0.474	0.505	0.538	0.571
17	0.279	0.304	0.330	0.358	0.386	0.415	0.445	0.477	0.509	0.543	0.577	0.613
18	0.299	0.325	0.353	0.382	0.412	0.444	0.476	0.509	0.544	0.580	0.617	0.655
19	0.318	0.346	0.376	0.407	0.439	0.472	0.507	0.542	0.579	0.617	0.657	0.697
20	0.337	0.367	0.399	0.431	0.465	0.501	0.537	0.575	0.614	0.655	0.696	0.739
21	0.356	0.388	0.422	0.456	0.492	0.529	0.568	0.608	0.649	0.692	0.736	0.781
22	0.376	0.409	0.444	0.481	0.519	0.558	0.599	0.641	0.684	0.729	0.776	0.823
23	0.395	0.430	0.467	0.505	0.545	0.586	0.629	0.673	0.719	0.767	0.815	0.866
24	0.414	0.451	0.490	0.530	0.572	0.615	0.660	0.706	0.754	0.804	0.855	0.908
25	0.434	0.472	0.513	0.555	0.599	0.644	0.690	0.739	0.791	0.841	0.895	0.950

参考資料 4

Systematic Line-plot sampling による林分蓄積の推定および生長錐調査による材分生長量の推定

AMOSTRA SISTEMÁAICA DE BLOCOS EM LINHA PARA  
ESTIMATIVA DE VOLUME E AVALIACAO DO CRESCIMENTO  
UTILIZANDO - SE A SONDA DE PRESSLER

Masamichi Chyo

Nobor Haga

Hideyo Aoki

1. はじめに .....	349
2. 調査対象地 .....	349
3. 調査の計画 .....	350
(1) 系統(組織)的標本抽出法のための調査計画 .....	350
A 調査プロット(Plot)抽出個数(n)の計算 .....	350
B プロット抽出誤差率(e)の計算 .....	350
C プロット抽出率(p)の計算 .....	351
D プロット抽出間隔(d)の計算 .....	351
E 円形プロットの場合の半径(r)の計算 .....	351
(2) 生長錐調査のための計画 .....	351
(3) 調査器材および調査野帳 .....	352
A 調査器材 .....	352
B 調査野帳 .....	352
4. 現地調査 .....	352
(1) 測線測量およびプロットの区割設定 .....	352
(2) プロット内毎木調査および生長錐調査 .....	355
(3) 功程調査 .....	356
5. 林分蓄積の推定 .....	358
(1) プロット別本数・材積の総括 .....	358
(2) 蓄積の推定 .....	358
A 本数 .....	358
① 平均1プロット当りの本数 .....	358

㉑	分散 (V) の計算	358
㉒	標準誤差 (SE) の計算	360
㉓	標準誤差率 (e) の計算	360
㉔	ha 当り本数の推定	360
㉕	調査対象面積当り本数の推定	360
㉖	プロット抽出誤差率 (E) の計算	360
㉗	林分変異係数 (CV) の計算	361
B	材積	361
(3)	直径階別本数頻度分布の作成	361
6.	林分生長量の推定	361
(1)	標本木 (コア測定資料) の総括	362
(2)	直径生長量の推定	362
A	標本木にもとづく直径生長量の計算	362
B	直径生長量推定のための回帰式の計算	362
(3)	材積生長量の推定	364
A	材積方程式の計算	364
B	材積生長量の推定	367
C	材積生長率 (P) の計算	368
7.	林分蓄積および林分生長量の推定結果	369
(1)	林分蓄積の推定結果	369
A	本数 (x)	371
B	材積 (y)	372
C	直径階別本数頻度分布	373
(2)	林分生長量の推定結果	374
A	標本木 (コア測定資料) の総括	374
B	直径生長量の推定	378
C	材積方程式の計算	384
㉑	1変数材積方程式の誘導	384
㉒	直径 12 cm 以下に対する検討	386
D	材積生長量の推定	389
8.	おわりに	391
	参考文献	394

# Systematic line-plot samplingによる林分蓄積 の推定および生長錐調査による林分生長量の推定

Masamichi CHYO

Nobor HAGA

Hideyo Aoki

## 1 はじめに

正確な林木の本数、材積等の蓄積および生長量を推定し整理しておくことは森林施業および林業経営計画上の基礎資料として極めて重要である。

調査、推定の方法としては、毎木調査法、標準地調査法、各種の sampling 調査法、等、いろいろな方法がある。しかしデータの客観性、および迅速性、内業取り纏めのための統計的方法の導入、等の観点から sampling 調査が最も優れた調査法であると考えられる。sampling 手法は単純無作為抽出法 (Simple random sampling)、層化無作為抽出法 (Stratified random sampling)、層化系統抽出法 (Stratified systematic sampling)、系統 (組織) 的抽出法 (Systematic line-plot sampling)、副次抽出法 (Sub sampling)、二重抽出法 (Double sampling)、プロットレス・サンプリング (Plotless sampling) 等々、いろいろの方法がある。

これらの中で、調査方法が簡単で、かつ sampling 手法の基礎となるものとして、ここでは系統 (組織) 的抽出法 (Systematic line-plot sampling) を選んだ。この方法は調査対象林分全域に対し均等に一定間隔に調査地点 (plot) が設置されるため、全体推定には最も広く行なわれる方法の一つである。また調査方法が簡単のため習熟が早く、その内業計算取り纏めも比較的容易であり、大面積の森林蓄積推定には最も適しているといえる。したがってこれに対するトレーニングを兼ね、現地林分への適用の可否について検討のため調査研究を実施した。なお、この調査研究と併行して、生長錐調査による林分生長量の推定方法に対する調査と分析検討も併せて試みた。

## 2 調査対象地

林分蓄積推定および林分生長量推定のための研究調査対象地には、サンパウロ州 Aguas de Santa Barbara 州有林内の Talhao № 8 を選んだ。Talhao № 8 は同地域内のほぼ中央部にあり、面積は  $500\text{m} \times 500\text{m} = 25\text{ha}$  を有する。樹種は *Pinus elliottii*、林齢は 1961~1962 年植栽で、現在 20 年生である。植栽本数は  $1.5\text{m} \times 1.5\text{m} = 4,400$  本/ha。

第1回目間伐は1970年に50%（間伐本数2200本，間伐材積21m<sup>3</sup>），第2回目間伐は1978年に50%（1,100本，56m<sup>3</sup>）の2回実施されている。間伐はあと1～2回が予定されている。林内の一部は3年前の1979年にFogo（山火事）に遭っている。また部分的に湿地帯もあり，生長は概してよくない。地形はほぼ平地林である。

### 3. 調査の計画

#### (1) 系統（組織）的標本抽出法のための調査計画

系統（組織）的標本抽出法（Systematic line-plot sampling）による森林蓄積推定のための調査は，先ず調査対象林分（Talhao №8）に対し，下記の要因を決定し，これによりプロット抽出個数（n），プロット抽出間隔（d），その他の必要な項目の計算を行ない，具体的な調査計画を立てた。

- ① 調査対象林分の面積…………… A = 500m×500m = 25ha
- ② 林分変異係数（Coefficient of variation of stand）……… C = 30%
- ③ 目標精度（許容誤差率）（Precision）……… e = 10%
- ④ プロット・サイズ（Plot size）……… a = 0.04ha(400m<sup>2</sup>)

（注）目標精度（e）に対する正確な調査プロット個数（n）は予備調査データ，既存のデータ等を用いて標準偏差（Standard deviation）（σ），または平均値の標準誤差（Standard error of mean）（σ<sub>M</sub>）から  $n = (\sigma / \sigma_M)^2$ ，または  $n = (\sigma / e)^2$  により計算される。

しかし，通常，人工一斉林でDAP，H等がよく揃っている林分では林分変異係数（Coefficient of variance of stand）（C）は20%，天然林等ではばらつきが大きい林分では80%，その中間は40%とする。本林分はよい林分と中間の林分の間をとり30%とした。

#### A 調査プロット（Plot）抽出個数（n）の計算

$$n = \frac{4c^2A}{e^2A + 4ac}$$

$$= \frac{4 \times (30)^2 \times 25}{(10)^2 \times 25 + 4 \times 0.04 \times (30)^2} = 34.039 \doteq 34 \text{ (plot)}$$

#### B プロット抽出誤差率（e）の計算

$$e = 2c \sqrt{\frac{A - na}{nA}}$$

$$= 2 \times 30 \times \sqrt{\frac{25 - 34 \times 0.04}{34 \times 25}} = 10.006 \doteq 10.01 \text{ (\%)}$$

C プロット抽出率 (p) の計算

$$\begin{aligned} p &= \frac{n}{N} \times 100 = \frac{n a}{A} \times 100 \\ &= \frac{34 \times 0.04}{25} \times 100 = 5.44 (\%) \end{aligned}$$

D プロット抽出間隔 (d) の計算

$$\begin{aligned} d &= \sqrt{\frac{A}{n}} \times 100 \\ &= \sqrt{\frac{25}{34}} \times 100 = 85.749 \doteq 85 \text{ (m)} \end{aligned}$$

E 円形プロットの場合の半径 (r) の計算

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{\frac{a(\text{m}^2)}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{400}{\pi}} = 11.2838 \doteq 11.28 \text{ (m)} \end{aligned}$$

プロット抽出個数(n)は計算された34-plotよりも少なくなると調査精度低下の原因となる。したがってこれを防ぐためプロット抽出間隔(d)は計算値よりも短くとり、プロット抽出個数(n)を増やすことが望ましい。本例では  $d = 85.749\text{m}$  となったが、これを85mとしたのはそのためである。これにより実際のプロット設定個数は図-1のとおり36-plotとなった。また調査プロット面積  $a = 0.04\text{ha}$  は方形の場合は  $20\text{m} \times 20\text{m}$  である。しかし現地では円形プロットの方がプロット設定が簡単である。したがって本調査でも円形プロットとし、その半径  $r = 11.28\text{m}$  と計算した。

図-1は上記の計算結果にもとづく抽出間隔  $d = 85\text{m}$  により、研究調査対象林分の Talhao Ⅷ 8 に対し36個の調査プロットを図上に設定したものである。なお、抽出方向は磁北Nを基準に東西南北の方向とした。また全プロットに対する出発点(基点)はPlot Ⅷ 2とし、林分の北東端より林縁に沿って30m南に延ばし、そこから更に林内(西)に向かって直角に30m入った地点(これらは図-1の地図上で測定)をPlot Ⅷ 2の中心点とした。

(2) 生長錐調査のための計画

林分生長推定のための生長錐調査は各プロットについて3本の標本木(Sample Tree)を選び、これに対し、胸高部位(DAP1.3m)における最近10年間のcore(生長錐片)を生長錐(Increment bar)により抽出し、その長さつまり生長量をmm単位で測定することとした。また同じ部分の皮の厚さ(Bark)も樹皮計(Bark gauge)により同時にmm単位で測定することとした。標本木はプロット内の標本木に対し、Ⅷ 1, Ⅷ 11, Ⅷ 21の3本をsystematicに選んだ。またcoreは方向による生長の偏倚を消去するため、常にプロッ



トの中心点に面する方向に抽出することとした。

### (3) 調査器材および調査野帳

以上の調査計画にもとづき、現地林分に対する森林蓄積推定および林分生長量推定のための調査器材には次のものを使用した。

#### A 調査器材

測量およびプロット区画設定関係：ポケットコンパス，同三脚，メートル縄（100m）

立木調査関係：輪尺（65cm），測高器（シュピーゲル・レラスコープ），テープ（20m），白墨

生長錐調査関係：生長錐（Increment bar），樹皮計（Bark gauge），物指し（30cm）。

#### B 調査野帳

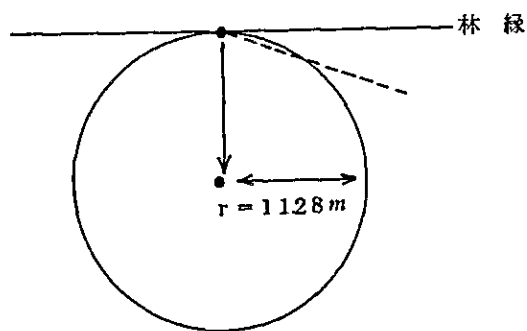
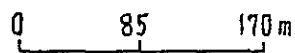
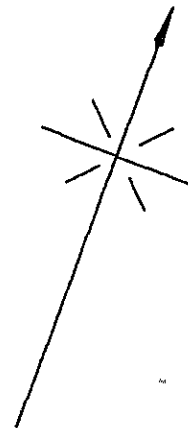
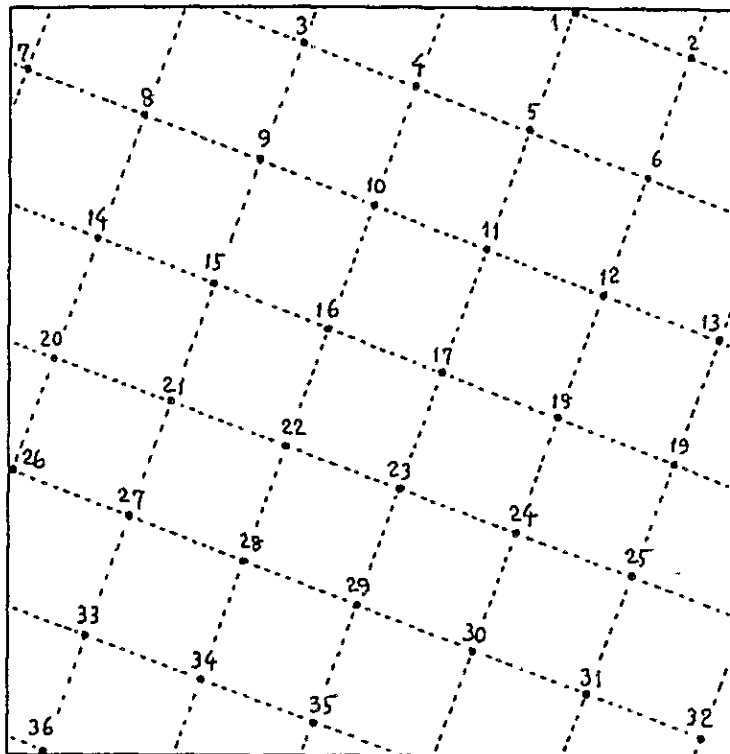
プロット内毎木調査，および生長錐調査のためのプロット調査野帳は表-1の形式のものを作成し使用した。なお，このプロット調査野帳は各プロット毎にページを更新してこれを使用した。Core, Casca, CDは標本木（sample Tree）のみについて記入するものである。

## 4. 現地調査

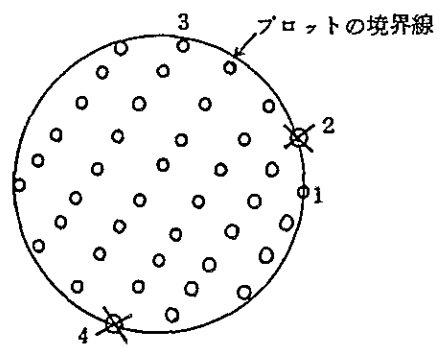
### (1) 測線測量およびプロットの区画設定

Talhao №8の図上（図-1）に設定された36個のPlotに対する現地林分での抽出はPlot №2を基点にポケットコンパスによる測線測量で行なった。この場合，若しプロットの中心点が林縁から少しでも外に出た場合はそのプロットは除外される。逆に少しでも中に入った場合は調査される。若しちょうど林縁上に落ちた場合は0.5plotとする（図-2a参照）。したがって，この場合，1番目のプロットは調査し，2番目のプロットは除外することにより0.5plotと見做す。本例の場合はPlot №1，Plot №26がこれに該当したため，Plot №1は調査し，Plot №26は除外した。その場合，プロットが完全に林内に入るよう，その中心点を移動させる。

このようにしてプロットの中心点が決定したら，次に半径 $r = 112.8\text{m}$ により円形プロットを区画設定する。この場合，テープまたはメートル縄を用い，プロット内に入る林木は○印を，またプロットの外に位置する林木には×印を付け，プロットの境界の目印とする。このような方法で中心点を原点として1周することによりプロットの区画設定は完了する。なお，プロットの境界線上の林木に対しては0.5とする。つまり1本目の林木は測定し，2本目の林木は除外するという方法をとる（図-2b参照）。



a 林縁上にプロット中心点が落ち、これを調査する場合の中心点の移動



b プロット境界線上に林木が位置する場合の取り扱い

図-2 林縁上のプロット中心点、およびプロット境界線上の林木の取扱い

表-1 プロット調査に使用した野帳

No. \_\_\_\_\_

Plot No. : \_\_\_\_\_ , Talhuo No. : \_\_\_\_\_ , Data : \_\_\_\_\_

No.	DAP (cm)	H (m)	V (m <sup>2</sup> )	Core (mm)	Casca (mm)	CD (m)	Nota
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

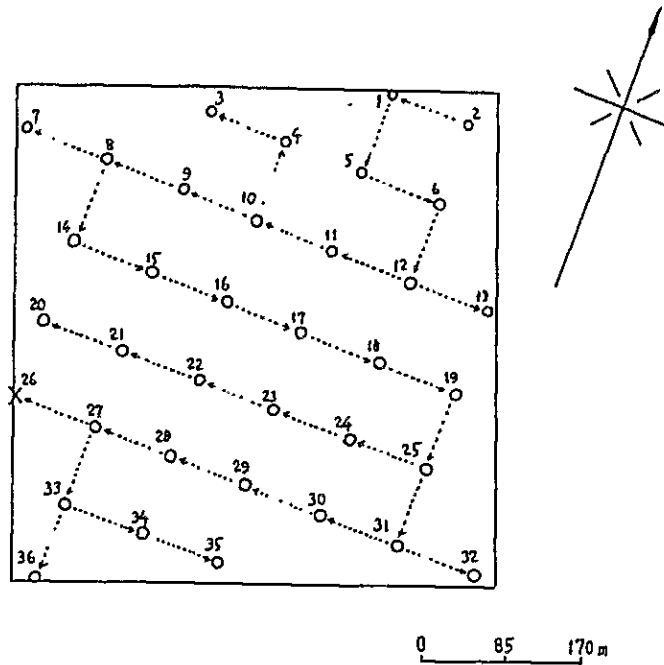


図-3はこのようにしてプロットの抽出設定が行なわれた測線測量の進行方向、および調査されたプロット(○印)、除外され調査されなかったプロット(×印)を示したものである。

## (2) プロット内毎木調査および生長錐調査

抽出設定されたプロット内の立木に対し、胸高直径(DAP)および(H)の毎木調査を行った。DAPは輪尺により1.3mの高さの皮付(Com casca)をcm単位でmmまで測定した。Hはシュビーゲルレラスコープ(Spiegel Rela-skop)によりm以下10cmまで測定した。なお、2又木や先枯れ木等についてはNotaの欄にメモした。枯損木は除外した。これにより35個のプロットが調査された。

生長錐調査は各プロットについてTree №1, 11, 21の3本の標本木をsystematicに選び、生長錐(Increment bar)により最近10年間、すなわち外側からの10年間分のcoreを抽出し、その場でmm単位に測定し、同時に同じ部分の樹皮厚(casca)も樹皮計(Bark gauge)でmm単位まで測定した。coreはこの数年間、とくに生長が悪いため測定困難なケースが多かった。標本木をsystematicに選んだのは、小径木または大径木への偏りを防ぎ、大小の林木に跨るようデータを取るための処置である。また直径生長の方向による偏倚を消去するためcoreの抽出は常に中心点に面した方向から生長錐を挿入するようにした。これにより取られたデータ(標本木)は35plot×3本=105個となった。この標本木に対しては参考データとして樹冠直径(CD)もm単位で10cmまでを併せて測定した。

以上の各測定値は、表-1のプロット調査野帳にその都度記載した。また野帳はプロット毎にページを更新して用いた。

(3) 功 程 調 査

現地調査は大きくは測線測量、プロット区画設定、毎木調査、および生長錐調査、の4つの項目となる。そのそれぞれの項目に対してどれ位の調査時間がかかるかは林分の状態や地形、立木本数、調査メンバー、その熟練度、等によって異なる。ともあれ、それらの各項目に対する調査時間、つまり調査工程をおさえておくことは、今後、この類いの調査を計画し実行する場合の資料として参考になるであろう。したがって今回の調査では、上記の4項目に対し工程調査も併せて行なった。その結果は表-2に示すとおりである。なお、初めは調査法のトレーニングのため、最初の3プロット(Plot №1, 2, 5)はこの工程調査の対象から除外した。なお、調査メンバーは主査1人、調査人夫(補助者)2人、および調査指導協力者1人、の計4人によって実施した。調査指導協力者の1人を除く3人はこの調査は初めての経験である。

表-2 Systematic line-plot sampling 調査工程表

月日	Plot №	測線測量(85m)		プロット区画設定		毎木調査		生長錐調査		合計(分)	備考
		調査時間	分	調査時間	分	調査時間	分	調査時間	分		
11. 9	6	10:12-10:22	10	10:22-10:27	5	10:28-10:40	12	10:40-10:48	8	35	4人
"	12	14:50-14:57	7	14:58-15:02	4	15:02-15:03	11	15:14-16:25	11	33	"
"	13	15:27-15:33	6	15:33-15:38	5	15:38-15:49	11	15:49-16:00	11	33	"
11. 10	11	8:42- 8:47	5	8:47- 8:52	5	8:52- 9:01	9	9:02- 9:10	8	27	"
"	10	9:17- 9:21	4	9:21- 9:25	4	9:26- 9:34	8	9:34- 9:44	10	26	"
"	9	9:47-9:52	5	9:52- 9:56	4	9:56-10:09	13	10:10-10:18	8	30	"
"	8	10:23-10:30	7	10:31-10:36	5	10:37-10:47	10	10:48-10:56	8	30	"
"	7	10:58-11:05	7	14:06-14:10	4	14:10-14:21	11	14:22-14:28	6	28	"
"	4	14:45-14:51	6	14:51-14:57	6	14:58-15:09	11	15:10-15:17	7	30	"
"	3	15:20-15:26	6	15:25-15:29	4	15:30-15:38	8	15:39-15:47	9	27	"
11. 23	14	8:53- 9:00	7	9:00- 9:04	4	9:05- 9:19	14	9:20- 9:29	9	34	"
"	15	9:29- 9:36	7	9:36- 9:40	4	9:40- 9:47	7	9:47- 9:55	8	26	"
"	16	9:55- 9:59	4	9:59-10:03	4	10:04-10:13	9	10:14-10:20	6	23	"
"	17	10:22-10:27	5	10:27-10:31	4	10:31-10:39	8	10:39-10:45	6	23	"
"	18	10:45-10:52	7	14:21-14:26	5	14:26-14:38	12	14:39-14:46	7	31	5人
"	19	10:53-11:00	7	14:45-14:50	5	14:50-14:57	7	15:01-15:07	6	25	"
"	25	15:08-15:13	5	15:13-15:18	5	15:19-15:28	9	15:29-15:35	6	25	"
"	31	15:39-15:44 (1123)	5	15:43-15:48	5	15:48-15:55	7	15:56-16:03	7	24	"

月日	Plot No	測線測量(85m)		プロット区画設定		毎木調査		生長錐調査		合計 份	備考
		調査時間	分	調査時間	分	調査時間	分	調査時間	分		
11. 24	32	16:03-16:08	5	8:30- 8:34	4	8:34- 8:44	10	8:45- 8:51	6	25	4人
"	24	8:59- 9:04	5	9:04- 9:08	4	9:09- 9:18	9	9:19- 9:25	6	24	"
"	23	9:28- 9:33	5	9:32- 9:36	4	9:37- 9:44	7	9:44- 9:52	8	24	"
"	22	9:54- 9:59	5	9:59-10:03	4	10:03-10:11	8	10:11-10:17	6	23	"
"	21	10:17-10:22	5	10:22-10:27	5	10:28-10:37	9	10:38-10:44	6	25	"
"	20	10:44-10:51	7	10:51-10:56	5	10:56-10:05	9	11:06-11:12	6	27	"
"	30	14:21-14:26	5	14:26-14:30	4	14:30-14:39	9	14:40-14:45	5	23	"
"	29	14:45-14:50	5	14:49-14:53	4	14:53-15:02	9	15:03-15:10	7	25	"
"	28	15:12-15:17 (11. 24)	5	15:17-15:20	3	15:21-15:30	9	15:31-15:37	6	23	"
11. 25	27	15:37-15:42 (11. 24)	5	8:37- 8:40	3	8:41- 8:48	7	8:48- 8:54	6	21	"
"	26	15:43-15:48 (11. 24)	5	-	-	-	-	-	-	-	(放棄)
"	33	15:49-15:53	4	8:56- 9:00	4	9:01- 9:09	8	9:10- 9:16	6	22	4人
"	36	9:19- 9:25	6	9:25- 9:29	4	9:29- 9:38	9	9:38- 9:44	6	25	"
"	34	9:45- 9:51	6	9:51- 9:57	6	9:58-10:07	9	10:08-10:26	8	29	"
"	35	10:24-10:30	6	10:31-10:35	5	10:36-10:42	6	10:43-10:51	8	25	"
<i>n</i>		33		32		32		32		32	
$\sum x$		189		141		295		231		851	
$\bar{x}$		5.727		4.406		9.129		7.219		26.594	
<i>SD</i>		1.2317		0.7121		1.8792		1.53955		3.7058	

上表(表-2)の功程調査の結果から、測線測量、プロット区画設定、および生長錐調査、の4項目に対する集計対象32プロット(ただし測線測量のみ33プロット)の、調査所要時間合計( $\sum x$ )、1プロット当り平均時間( $\bar{x}$ )、標準偏差(*SD*)(何れも分単位による)は表-2の末尾の欄に示すとおりである。因みに、標準偏差(*SD*)は

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x - \bar{x})^2}$$

による。

各項目の全体に占める調査時間の比率は、平均的には、測線測量21.62%、プロット区画設定16.57%、毎木調査34.67%、および生長錐調査27.14%となった。因みに、1日当りのプロット調査功程は4人1組による今回の調査メンバーの場合、調査に慣れ習熟してくると7~8プロットから10プロット程度は容易に消化できるものと思われる。

## 5. 林分蓄積の推定

現地調査によってえられたデータにもとづく林分蓄積の推定は下記の計算による。計算の手法はA, B, C, Dの4樹種が調査対象となった場合を例として示している。若し調査対象樹種がA, Bの2樹種だけの場合,あるいはAの1樹種だけだった場合,等は,関りのない対象外の樹種,たとえばA, Bだけだった場合はC, Dの項を,またAだけの場合はB, Cの項を除いて計算することになる。

### (1) プロット別本数・材積の総括

Plot №	A		B		C		D		Total	
	本数 $x_A$	材積 $y_A$	$x_B$	$y_B$	$x_C$	$y_C$	$x_D$	$y_D$	$x$	$y$
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
$n-2$										
$n-1$										
$n$										
$\Sigma$	$\Sigma(x_A)$	$\Sigma(y_A)$	$\Sigma(x_B)$	$\Sigma(y_B)$	$\Sigma(x_C)$	$\Sigma(y_C)$	$\Sigma(x_D)$	$\Sigma(y_D)$	$\Sigma(x)$	$\Sigma(y)$

### (2) 蓄積の推定

#### A 本数

##### ① 平均1プロット当りの本数

$$\text{樹種 A: } \bar{x}_A = \Sigma(x_A) / n$$

$$\text{" B: } \bar{x}_B = \Sigma(x_B) / n$$

$$\text{" C: } \bar{x}_C = \Sigma(x_C) / n$$

$$\text{" D: } \bar{x}_D = \Sigma(x_D) / n$$

$$\begin{aligned} \text{全体: } \bar{x} &= \bar{x}_A + \bar{x}_B + \bar{x}_C + \bar{x}_D = \Sigma(x_A + x_B + x_C + x_D) \\ &= \Sigma(x) / n \end{aligned}$$

##### ② 分散(v)の計算

$$\text{樹種 A: } v(\bar{x}_A) = [\Sigma(x_A - \bar{x}_A)^2 / n(n-1)] \cdot [(N-n) / N] = S^2 \bar{x}_A$$

$$\text{" B: } v(\bar{x}_B) = [\Sigma(x_B - \bar{x}_B)^2 / n(n-1)] \cdot [(N-n) / N] = S^2 \bar{x}_B$$

$$\text{" C: } v(\bar{x}_C) = [\Sigma(x_C - \bar{x}_C)^2 / n(n-1)] \cdot [(N-n) / N] = S^2 \bar{x}_C$$

$$\text{" D: } v(\bar{x}_D) = [\Sigma(x_D - \bar{x}_D)^2 / n(n-1)] \cdot [(N-n) / N] = S^2 \bar{x}_D$$

$$\begin{aligned}
\text{全体} \therefore v(\bar{x}_A + \bar{x}_B + \bar{x}_C + \bar{x}_D) &= v(\bar{x}) \\
&= \{ \sum [(x_A + x_B + x_C + x_D) - (\bar{x}_A + \bar{x}_B + \bar{x}_C + \bar{x}_D)]^2 / n(n-1) \} \cdot \{(N-n)/N\} \\
&= \{ \sum [(x_A - \bar{x}_A) + (x_B - \bar{x}_B) + (x_C - \bar{x}_C) + (x_D - \bar{x}_D)]^2 / n(n-1) \} \cdot \{(N-n)/N\} \\
&= \{ [\sum (x_A - \bar{x}_A)^2 + \sum (x_B - \bar{x}_B)^2 + \sum (x_C - \bar{x}_C)^2 + \sum (x_D - \bar{x}_D)^2 + 2\sum (x_A - \bar{x}_A)(x_B - \bar{x}_B) \\
&\quad + 2\sum (x_A - \bar{x}_A)(x_C - \bar{x}_C) + 2\sum (x_B - \bar{x}_B)(x_C - \bar{x}_C) + 2\sum (x_B - \bar{x}_B)(x_D - \bar{x}_D) \\
&\quad + 2\sum (x_C - \bar{x}_C)(x_D - \bar{x}_D) + 2\sum (x_D - \bar{x}_D)(x_A - \bar{x}_A) / n(n-1) \} \cdot \{(N-n)/N\} \\
&= \{ 1/n (v(x_A) + v(x_B) + v(x_C) + v(x_D) + 2\text{Cov}(x_A x_B) + 2\text{Cov}(x_A x_C) \\
&\quad + 2\text{Cov}(x_B x_C) + 2\text{Cov}(x_B x_D) + 2\text{Cov}(x_C x_D) + 2\text{Cov}(x_D x_A)) \} \cdot \\
&\quad \{(N-n)/N\} \\
&= S^2 \bar{x}
\end{aligned}$$

(注) ①  $(N-n)/N$ : 有限補正項 (f. c. t),  $N = A/a$

② Calculation

№	$x_A$	$x_B$	$x_C$	$x_D$		$x_B^2$	$x_C^2$	$x_D^2$	$x_A x_B$	$x_A x_C$	$x_B x_C$	$x_B x_D$	$x_C x_D$	$x_D x_A$
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
$n-2$														
$n-1$														
$n$														
$\Sigma$	$\Sigma(x_A)$	$\Sigma(x_B)$	$\Sigma(x_C)$	$\Sigma(x_D)$	$\Sigma(x_A^2)$	$\Sigma(x_B^2)$	$\Sigma(x_C^2)$	$\Sigma(x_D^2)$	$\Sigma(x_A x_B)$	$\Sigma(x_A x_C)$	$\Sigma(x_B x_C)$	$\Sigma(x_B x_D)$	$\Sigma(x_C x_D)$	$\Sigma(x_D x_A)$
mean	$\bar{x}_A$	$\bar{x}_B$	$\bar{x}_C$	$\bar{x}_D$										

- ①  $\Sigma(x_A - \bar{x}_A)^2 = \Sigma(x_A^2) - \Sigma(x_A) \cdot \bar{x}_A$   
 $\Sigma(x_B - \bar{x}_B)^2 = \Sigma(x_B^2) - \Sigma(x_B) \cdot \bar{x}_B$   
 $\Sigma(x_C - \bar{x}_C)^2 = \Sigma(x_C^2) - \Sigma(x_C) \cdot \bar{x}_C$   
 $\Sigma(x_D - \bar{x}_D)^2 = \Sigma(x_D^2) - \Sigma(x_D) \cdot \bar{x}_D$
- ②  $\Sigma(x_A - \bar{x}_A)(x_B - \bar{x}_B) = \Sigma(x_A x_B) - \bar{x}_A \cdot \Sigma(x_B) = \Sigma(x_A x_B) - \bar{x}_B \cdot \Sigma(x_A)$   
 $\Sigma(x_A - \bar{x}_A)(x_C - \bar{x}_C) = \Sigma(x_A x_C) - \bar{x}_A \cdot \Sigma(x_C) = \Sigma(x_A x_C) - \bar{x}_C \cdot \Sigma(x_A)$



$$\begin{aligned} \Sigma(x_B - \bar{x}_B)(x_C - \bar{x}_C) &= \Sigma(x_B x_C) - \bar{x}_B \cdot \Sigma(x_C) = \Sigma(x_B x_C) - \bar{x}_C \cdot \Sigma(x_B) \\ \Sigma(x_B - \bar{x}_B)(x_D - \bar{x}_D) &= \Sigma(x_B x_D) - \bar{x}_B \cdot \Sigma(x_D) = \Sigma(x_B x_D) - \bar{x}_D \cdot \Sigma(x_B) \\ \Sigma(x_C - \bar{x}_C)(x_D - \bar{x}_D) &= \Sigma(x_C x_D) - \bar{x}_C \cdot \Sigma(x_D) = \Sigma(x_C x_D) - \bar{x}_D \cdot \Sigma(x_C) \\ \Sigma(x_D - \bar{x}_D)(x_A - \bar{x}_A) &= \Sigma(x_D x_A) - \bar{x}_D \cdot \Sigma(x_A) = \Sigma(x_D x_A) - \bar{x}_A \cdot \Sigma(x_D) \end{aligned}$$

④ 標準誤差 (SE) の計算

$$\text{樹種 A : } SE(\bar{x}_A) = \sqrt{S^2 \bar{x}_A}$$

$$\text{〃 B : } SE(\bar{x}_B) = \sqrt{S^2 \bar{x}_B}$$

$$\text{〃 C : } SE(\bar{x}_C) = \sqrt{S^2 \bar{x}_C}$$

$$\text{〃 D : } SE(\bar{x}_D) = \sqrt{S^2 \bar{x}_D}$$

$$\text{全 体 : } SE(\bar{x}) = \sqrt{S^2 \bar{x}}$$

⑤ 標準誤差率(e)の計算

$$\text{樹種 A : } e_A = [SE(\bar{x}_A) / \bar{x}_A] \times 100$$

$$\text{〃 B : } e_B = [SE(\bar{x}_B) / \bar{x}_B] \times 100$$

$$\text{〃 C : } e_C = [SE(\bar{x}_C) / \bar{x}_C] \times 100$$

$$\text{〃 D : } e_D = [SE(\bar{x}_D) / \bar{x}_D] \times 100$$

$$\text{全 体 : } e = [SE(\bar{x}) / \bar{x}] \times 100$$

⑥ ha 当り本数の推定

$$X_i(\text{ha}) = \frac{1}{a} [x_i \pm t \cdot SE(x_i)]$$

(注)  $t$  は自由度  $n-1$  のときの  $t_{.05}$  または  $t_{.01}$  の値

⑦ 調査対象面積当り本数の推定

$$\begin{aligned} X_i(A\text{ha}) &= \frac{A}{a} [\bar{x}_i \pm t \cdot SE(\bar{x}_i)] \\ &= N \cdot [x_i \pm t \cdot SE(x_i)] \end{aligned}$$

⑧ プロット抽出誤差率(E)の計算

$$E_i = [t \cdot \sqrt{v(\bar{x}_i)} / \bar{x}_i] \times 100$$

Ⅷ 林分変異係数 ( $Uv$ ) の計算

$$Uv_i = [ \sqrt{S^2 x_i / \bar{x}_i} ] \times 100$$

$$= [ \sqrt{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2 / n - 1 / \bar{x}_i} ] \times 100$$

全体について

$$Uv = [ \sqrt{S^2 x / \bar{x}} ] \times 100$$

$$= [ \sqrt{\frac{\sum (x_A - \bar{x}_A)^2 + \sum (x_B - \bar{x}_B)^2 + \sum (x_C - \bar{x}_C)^2 + \sum (x_D - \bar{x}_D)^2}{n - 1 / \bar{x}} + \frac{2 \sum (x_A - \bar{x}_A)(x_B - \bar{x}_B) + 2 \sum (x_A - \bar{x}_A)(x_C - \bar{x}_C) + 2 \sum (x_B - \bar{x}_B)(x_C - \bar{x}_C) + 2 \sum (x_B - \bar{x}_B)(x_D - \bar{x}_D) + 2 \sum (x_C - \bar{x}_C)(x_D - \bar{x}_D) + 2 \sum (x_D - \bar{x}_D)(x_A - \bar{x}_A)}{n - 1 / \bar{x}}}{n - 1 / \bar{x}} ] \times 100$$

$$= \sqrt{\frac{v(x_A) + v(x_B) + v(x_C) + v(x_D) + 2 \text{Cov}(x_A x_B) + 2 \text{Cov}(x_A x_C) + 2 \text{Cov}(x_B x_C) + 2 \text{Cov}(x_B x_D) + 2 \text{Cov}(x_C x_D) + 2 \text{Cov}(x_D x_A)}{n - 1 / \bar{x}}} \times 100$$

B 材 積

材積については記号を  $V$  とおきかえ、以下の計算方法は上記 A、本数( $n$ )の場合と全く同じように行なう。

(3) 直径階別本数頻度分布の作成

現地調査プロットのデータにもとづき、直径階別の本数頻度分布 (表) を作成する。直径階の括約はその使用目的によって決定する。なお、この直径階別本数頻度分布は、このあとの生長錐調査データにもとづく林分生長量の推定にも使用する。この場合は 2 cm 括約が望ましい。

6. 林分生長量の推定

サンプリングによるプロット調査と併行して、あるいは独立に行なわれた、生長錐調査による林分生長量推定のための計算は、抽出され測定されたコア (core)、樹皮厚 (bark)、および他の測定値である生長錐調査の対象木の胸高直径 ( $D$ )、材積 ( $V$ ) 等と共に次のとおり行なう。(参考文献 H.A.Meyer: Forest Mensuration 1953)。

(1) 標本木 (コア測定資料) の総括

$N$	Plot $N$	Tree $N$	$S_p$	$D$	corc	bark	$V$
1	$P_1$	$t_1$	$S_{p1}$	$D_1$ cm	$L_1$ cm	$b_1$ cm	$v_1$ m <sup>3</sup>
2	$P_2$	$t_2$	$S_{p2}$	$D_2$	$L_2$	$b_2$	$v_2$
3	$P_3$	$t_3$	$S_{p3}$	$D_3$	$L_3$	$b_3$	$v_3$
4	$P_4$	$t_4$	$S_{p4}$	$D_4$	$L_4$	$b_4$	$v_4$
5	$P_5$	$t_5$	$S_{p5}$	$D_5$	$L_5$	$b_5$	$v_5$
$n-2$	$P_{n-2}$	$t_{n-2}$	$S_{pn-2}$	$D_{n-2}$	$L_{n-2}$	$b_{n-2}$	$v_{n-2}$
$n-1$	$P_{n-1}$	$t_{n-1}$	$S_{pn-1}$	$D_{n-1}$	$L_{n-1}$	$b_{n-1}$	$v_{n-1}$
$n$	$P_n$	$t_n$	$S_{pn}$	$D_n$	$L_n$	$b_n$	$v_n$

(2) 直径生長量の推定

A 標本木にもとづく直径生長量の計算

$N$	皮付直径 $D$	樹皮厚 $b$	皮内直径 $d$ ( $D-2b$ )	10年間の コア長 $L$	皮内定期 中央部直径 $x$ ( $d-1L$ )	皮内平均 直径生長量 $y$ ( $2L/10$ )	皮付定期 中央部直径 $X$ ( $K \cdot x$ )	皮付直径 生長量 $Y$ ( $K \cdot y$ )
1	$D_1$ cm	$b_1$ cm	$d_1$ cm	$L_1$ cm	$x_1$ cm	$y_1$ cm	$X_1$ cm	$Y_1$ cm
2	$D_2$	$b_2$	$d_2$	$L_2$	$x_2$	$y_2$	$X_2$	$Y_2$
3	$D_3$	$b_3$	$d_3$	$L_3$	$x_3$	$y_3$	$X_3$	$Y_3$
4	$D_4$	$b_4$	$d_4$	$L_4$	$x_4$	$y_4$	$X_4$	$Y_4$
5	$D_5$	$b_5$	$d_5$	$L_5$	$x_5$	$y_5$	$X_5$	$Y_5$
$n-1$	$D_{n-2}$	$b_{n-2}$	$d_{n-2}$	$L_{n-2}$	$x_{n-2}$	$y_{n-2}$	$X_{n-2}$	$Y_{n-2}$
$n-1$	$D_{n-1}$	$b_{n-1}$	$d_{n-1}$	$L_{n-1}$	$x_{n-1}$	$y_{n-1}$	$X_{n-1}$	$Y_{n-1}$
$n$	$D_n$	$b_n$	$d_n$	$L_n$	$x_n$	$y_n$	$X_n$	$Y_n$
$\Sigma$	$D(\Sigma)$		$\Sigma(d)$					

$$K = \Sigma(D) / \Sigma(d)$$

B 直径生長量推定のための回帰式の計算

前項Aにおける皮付定期中央部直径 ( $X$ ), 皮付直径生長量 ( $Y$ ), のそれぞれを各直径階毎に集計・平均して, 平均直径を  $X$ , 平均直径生長量を  $Y$  とし, 各直径階における本数を重みづけ ( $w$ ) として, 直径生長量推定のための回帰式の計算を下記のとおり行なり。

No	1	X	Y	1 + X + Y	w
1	1	X <sub>1</sub>	Y <sub>1</sub>	1 + X <sub>1</sub> + Y <sub>1</sub>	w <sub>1</sub>
2	1	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	1 + X <sub>2</sub> + Y <sub>2</sub>	w <sub>2</sub>
3	1	X <sub>3</sub>	Y <sub>3</sub>	1 + X <sub>3</sub> + Y <sub>3</sub>	w <sub>3</sub>
4	1	X <sub>4</sub>	Y <sub>4</sub>	1 + X <sub>4</sub> + Y <sub>4</sub>	w <sub>4</sub>
5	1	X <sub>5</sub>	Y <sub>5</sub>	1 + X <sub>5</sub> + Y <sub>5</sub>	w <sub>5</sub>

n-2	1	X <sub>n-2</sub>	Y <sub>n-2</sub>	1 + X <sub>n-2</sub> + Y <sub>n-2</sub>	w <sub>n-2</sub>
n-1	1	X <sub>n-1</sub>	Y <sub>n-1</sub>	1 + X <sub>n-1</sub> + Y <sub>n-1</sub>	w <sub>n-1</sub>
n	1	X <sub>n</sub>	Y <sub>n</sub>	1 + X <sub>n</sub> + Y <sub>n</sub>	w <sub>n</sub>
Σ	n	Σ(X)	Σ(Y)	Σ(1 + X + Y)	Σ(w)

[ 直径生長量回帰式算出最自乘法計算組織解 ]

	w	wX	wY
1	Σ(w) <a <sub>11</sub> >	Σ(wX) <a <sub>12</sub> >	Σ(wY) <a <sub>1y</sub> >
X		Σ(wX <sup>2</sup> ) <a <sub>22</sub> >	Σ(wXY) <a <sub>2y</sub> >
Y			Σ(wY <sup>2</sup> ) <a <sub>yy</sub> >
a <sub>12</sub>	$\left(\frac{\Sigma(wX)}{\Sigma(w)}\right) \bar{x} <B_{11}>$	a <sub>22</sub> a <sub>12</sub> B <sub>11</sub> <A <sub>22</sub> >	a <sub>2y</sub> - a <sub>1y</sub> · B <sub>11</sub> <A <sub>2y</sub> >
a <sub>11</sub>			
a <sub>1y</sub>	$\left(\frac{\Sigma(wY)}{\Sigma(w)}\right) \bar{y} <B_{1y}>$		a <sub>yy</sub> - a <sub>1y</sub> · B <sub>1y</sub> <A <sub>3yy</sub> >
a <sub>11</sub>			
A <sub>2y</sub>	$\left(\frac{\Sigma(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\Sigma(x-\bar{x})^2}\right) b_1 <B_{2y}>$		A <sub>3yy</sub> - A <sub>2y</sub> · B <sub>2y</sub> <SSR>
A <sub>22</sub>			

$$w(1 + X + Y) \quad d.f$$

$$\Sigma[w(1 + x + Y)] <1ck>$$

$$\Sigma[wX(1 + X + Y)] <Xck>$$

$$\Sigma[wY(1 + X + Y)] <Yck> \quad n$$

$$X_{ck} - 1_{ck} \cdot B_{11} <AXck>$$

$$Y_{ck} - 1_{ck} B_{1y} <AYck> \quad n-1$$

$$AY_{ck} - AX_{ck} \cdot B_{2y} <SSRck> \quad n-2$$

〔分散分析〕

Source	SS	df	MS	F
Constant	$\bar{y} \cdot \Sigma(wY)$	1	$SS/df$	
Reg on X	$b_1 \cdot \Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})$	1	"	
Error		$n - 2$	"	
Total	$\Sigma(wY^2)$	$n$	"	

〔直径生長量回帰式の計算とその分散〕

回帰式:  $Y = b_0 + b_1 X$

ただし  $b_1 = B_{2y}$

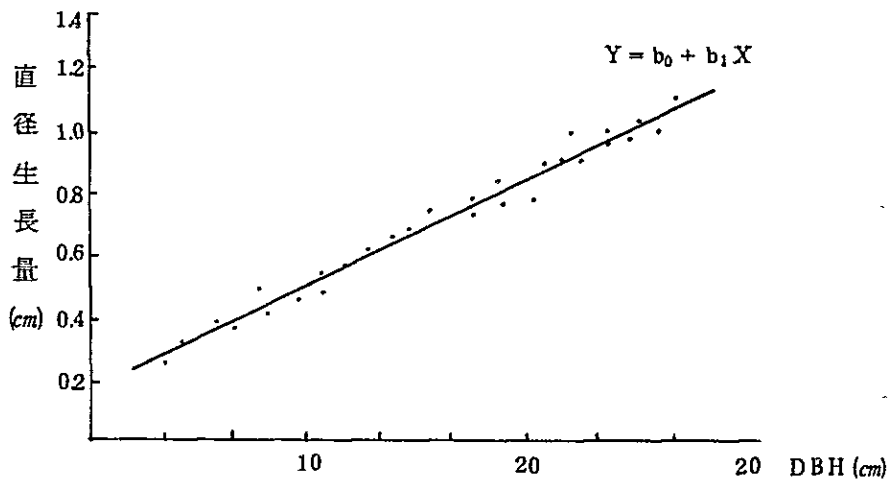
$b_0 = B_{1y} - B_{11} \cdot b_1$

分散:  $v(b_0) = S_{y,x}^2 / \Sigma(w)$

$v(b_1) = S_{y,x}^2 / A_{22}$

ただし  $S_{y,x}^2 = SSR / n - 2$

〔直径生長量回帰図〕



(3) 材積生長量の推定

A 材積方程式の計算

標本木(コア測定資料)の総括表における直径(D)と材積(V)から、各直径階毎に材積を集計・平均して、当該直径階の平均材積、その個数を重み(w)とし、直径を変数とする1変数材積式を次のとおり計算する。

$N_a$	1	D	$D^2$	V	$1 + D + D^2 + V$	w
1	1	$D_1$ <sup>cm</sup>	$D_1^2$	$V_1$ <sup>m<sup>3</sup></sup>	$1 + D_1 + D_1^2 + V_1$	$w_1$
2	1	$D_2$	$D_2^2$	$V_2$	$1 + D_2 + D_2^2 + V_2$	$w_2$
3	1	$D_3$	$D_3^2$	$V_3$	$1 + D_3 + D_3^2 + V_3$	$w_3$
4	1	$D_4$	$D_4^2$	$V_4$	$1 + D_4 + D_4^2 + V_4$	$w_4$
5	1	$D_5$	$D_5^2$	$V_5$	$1 + D_5 + D_5^2 + V_5$	$w_5$
$n-2$	1	$D_{n-2}$	$D_{n-2}^2$	$V_{n-2}$	$1 + D_{n-2} + D_{n-2}^2 + V_{n-2}$	$w_{n-2}$
$n-1$	1	$D_{n-1}$	$D_{n-1}^2$	$V_{n-1}$	$1 + D_{n-1} + D_{n-1}^2 + V_{n-1}$	$w_{n-1}$
n	1	$D_n$	$D_n^2$	$V_n$	$1 + D_n + D_n^2 + V_n$	$w_n$
$\Sigma$	n	$\Sigma(D)$	$\Sigma(D^2)$	$\Sigma(V)$	$\Sigma(1 + D + D^2 + V)$	$\Sigma(w)$

〔材積方程式算出最小自乘法計算組織解〕

	w	wD	wD <sup>2</sup>	wV	w(1+D+D <sup>2</sup> +V)	df
1	$\sum(w)\langle a_{11} \rangle$	$\sum(wD)\langle a_{12} \rangle$	$\sum(wD^2)\langle a_{13} \rangle$	$\sum(wV)\langle a_{1V} \rangle$	$\sum\{w(1+D+D^2+V)\}\langle 1ck \rangle$	
D		$\sum(wD^2)\langle a_{11} \rangle$	$\sum(wD^3)\langle a_{22} \rangle$	$\sum(wDV)\langle a_{2V} \rangle$	$\sum\{wD(1+D+D^2+V)\}\langle Dck \rangle$	
D <sup>2</sup>			$\sum(wD^4)\langle a_{33} \rangle$	$\sum(wD^2V)\langle a_{3V} \rangle$	$\sum\{wD^2(1+D+D^2+V)\}\langle D^2ck \rangle$	
V				$\sum(wV^2)\langle a_{VV} \rangle$	$\sum\{wV(1+D+D^2+V)\}\langle Vck \rangle$	n
$\frac{a_{12}}{a_{11}} = \left( \frac{\sum(wD)}{\sum(w)} = \right) \overline{D} \langle B_{11} \rangle$		$a_{22} - a_{11} \cdot B_{11} \langle A_{22} \rangle$	$a_{33} - a_{11} \cdot B_{11} \langle A_{33} \rangle$	$a_{2V} - a_{1V} \cdot B_{11} \langle A_{2V} \rangle$	$D_{ck}^{-1} ck \cdot B_{11} \langle A \cdot D_{ck} \rangle$	
$\frac{a_{13}}{a_{11}} = \left( \frac{\sum(wD^2)}{\sum(w)} = \right) \overline{D^2} \langle B_{12} \rangle$		$a_{33} - a_{11} \cdot B_{12} \langle A_{33} \rangle$	$a_{3V} - a_{1V} \cdot B_{12} \langle A_{3V} \rangle$	$a_{3V} - a_{1V} \cdot B_{12} \langle A_{3V} \rangle$	$D_{ck}^2 - 1_{ck} \cdot B_{12} \langle A \cdot D_{ck}^2 \rangle$	
$\frac{a_{1V}}{a_{11}} = \left( \frac{\sum(wV)}{\sum(w)} = \right) \overline{V} \langle B_{1V} \rangle$				$a_{VV} - a_{1V} \cdot B_{1V} \langle A_{2VV} \rangle$	$V_{ck}^{-1} ck \cdot B_{1V} \langle A \cdot V_{ck} \rangle$	n-1
$\frac{A_{22} \langle B_{22} \rangle}{A_{22}}$		$A_{333} - A_{33} \cdot B_{22} \langle A_{33} \rangle$	$A_{2V2} - A_{2V} \cdot B_{22} \langle A_{3V} \rangle$	$A_{2V2} - A_{2V} \cdot B_{22} \langle A_{3V} \rangle$	$A : D_{ck}^2 \cdot B_{22} \langle A \cdot A : D_{ck}^2 \rangle$	
$\frac{A_{2V} \langle B_{2V} \rangle}{A_{22}}$				$A_{3VV} - A_{3V} \cdot B_{2V} \langle A_{3V} \rangle$	$A : V_{ck} - A : D_{ck} \cdot B_{2V} \langle A \cdot A : V_{ck} \rangle$	n-2
$\frac{A_{3V} \langle B_{3V} \rangle}{A_{33}}$				$A_{3VV} - A_{3V} \cdot B_{3V} \langle A_{3V} \rangle$	$A : V_{ck} - A : D_{ck} \cdot B_{3V} \langle A \cdot A : V_{ck} \rangle$	n-2
				$A_{3VV} - A_{3V} \cdot B_{3V} \langle A_{3V} \rangle$	$A : V_{ck} - A : D_{ck} \cdot B_{3V} \langle A \cdot A : V_{ck} \rangle$	n-3

[分散分析]

Source	SS	df	MS	F
Constant	$B_{1y} \cdot \sum(wV)$	1	SS/df	
Reg on D	$B_{2y} \cdot A_{2V}$	1	"	
Reg on D <sup>2</sup>	$B_{3y} \cdot A_{3V}$	1	"	
Error	SSR	n-3	"	
Total	$\sum(wV^2)$	n		

[材積方程式の計算]

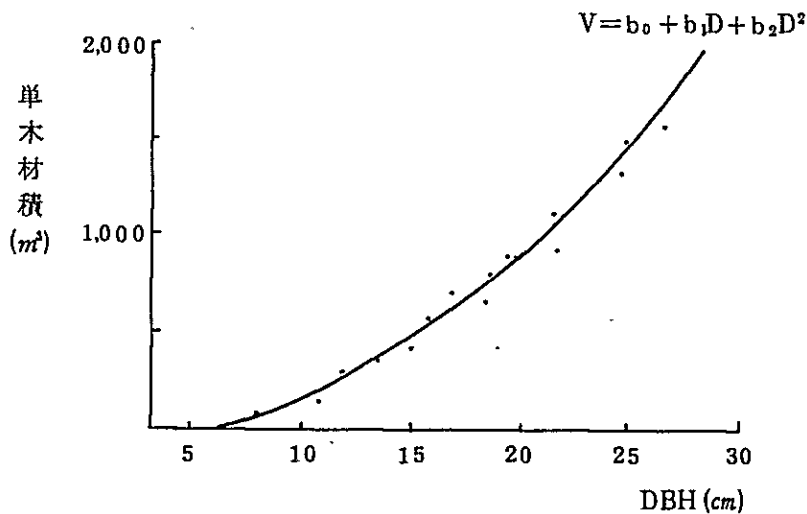
$$V = b_0 + b_1D + b_2D^2$$

ただし  $b_2 = B_{3y}$

$$b_1 = B_{2y} - B_{22} \cdot b_2$$

$$b_0 = B_{1y} - B_{11} \cdot b_1 - B_{12} \cdot b_2$$

[単木材積曲線グラフ]



B 材積生長量の推定

林分材積生長量の計算は下記の〔材積生長量計算表〕にもとづいて行なう。同表においては次の手順による。

1) 胸高直径  $D_1 \sim D_n$  は調査全プロットの直径出現の範囲を 2 cm 括約にとる。

ただし  $D_0$  および  $D_n'$  のみは材積修正差 ( $\delta v$ ) の計算の関係上、その上下各 1 直径階 (2 cm) をとる。

2) 1 本当りの平均材積  $v$  は C において算出された単木材積式により計算する。

3) 直径生長量  $d$  は B において算出された直径生長量回帰式にもとづいて計算する。



4) 本数Nは調査全プロットから、上記1)における各直径階により集計された本数となる。したがって調査プロットの本数の合計値 $\Sigma(N)$ とは一致しなければならない。

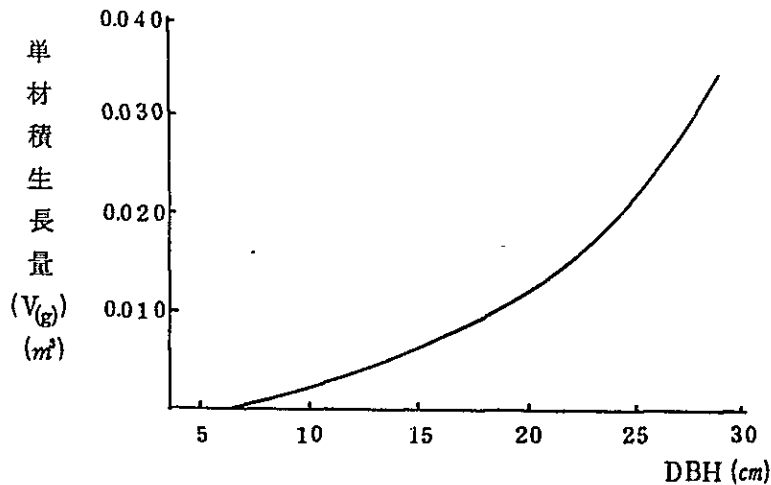
[材積生長量計算表]

1) 胸高直径 DBH	2) 1本当り 平均材積 v	材積差 $\Delta v$	材積修正差 $\delta v$	3) 直径生長量 $\Delta d$	材積生長量 $[\delta v \cdot \Delta d / 2]$	4) 本数 N	全材積生長量 $[v(g) \cdot N]$	全材積 V $[v \cdot N]$
cm	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	cm	m <sup>3</sup>	-	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
D <sub>0</sub>	v <sub>0</sub>	$\Delta v_1$	-	-	-	-	-	-
D <sub>1</sub>	v <sub>1</sub>	$\Delta v_2$	$\delta v_1$	$\Delta d_1$	v(g) <sub>1</sub>	N <sub>1</sub>	V(g) <sub>1</sub>	V <sub>1</sub>
D <sub>2</sub>	v <sub>2</sub>	$\Delta v_3$	$\delta v_2$	$\Delta d_2$	v(g) <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	V(g) <sub>2</sub>	V <sub>2</sub>
D <sub>3</sub>	v <sub>3</sub>	$\Delta v_4$	$\delta v_3$	$\Delta d_3$	v(g) <sub>3</sub>	N <sub>3</sub>	V(g) <sub>3</sub>	V <sub>3</sub>
D <sub>4</sub>	v <sub>4</sub>	$\Delta v_5$	$\delta v_4$	$\Delta d_4$	v(g) <sub>4</sub>	N <sub>4</sub>	V(g) <sub>4</sub>	V <sub>4</sub>
D <sub>5</sub>	v <sub>5</sub>	$\Delta v_6$	$\delta v_5$	$\Delta d_5$	v(g) <sub>5</sub>	N <sub>5</sub>	V(g) <sub>5</sub>	V <sub>5</sub>
D <sub>n-2</sub>	v <sub>n-2</sub>	$\Delta v_{n-2}$	$\delta v_{n-2}$	$\Delta d_{n-2}$	v(g) <sub>n-2</sub>	N <sub>n-2</sub>	V(g) <sub>n-2</sub>	V <sub>n-2</sub>
D <sub>n-1</sub>	v <sub>n-1</sub>	$\Delta v_{n-1}$	$\delta v_{n-1}$	$\Delta d_{n-1}$	v(g) <sub>n-1</sub>	N <sub>n-1</sub>	V(g) <sub>n-1</sub>	V <sub>n-1</sub>
D <sub>n</sub>	v <sub>n</sub>	$\Delta v_n$	$\delta v_n$	$\Delta d_n$	v(g) <sub>n</sub>	N <sub>n</sub>	V(g) <sub>n</sub>	V <sub>n</sub>
D <sub>n'</sub>	v <sub>n'</sub>	$\Delta v_{n'}$	-	-	-	-	-	-
$\Sigma$ (調査プロット全面積当り)						$\Sigma(N)$	$\Sigma(V(g))$	$\Sigma(V)$
単位面積(1ha)当り								
推定対象全面積(A=25ha)当り								

C 材積生長率(P)の計算

$$P = \frac{\Sigma(V(g))}{\Sigma(V)} \times 100 (\%)$$

[材積生長量(単木)曲線グラフ]



## 7. 林分蓄積および林分生長量の推定結果

前項(5および6)において示した計算手法にもとづいて行なった林分蓄積および林分生長量の両者に対する推定結果は次のとおりである。なお、推定のための各計算はすべてマイクロコンピュータを用いて行なった。そのため個々の計算のプロセスは省略した。因みに、マイクロコンピュータによる計算時間は、プログラミングに対する所要時間を別にすれば、データパンチと計算結果のアウトプットに要した時間は、蓄積推定は毎木測定されたプロット内立木の材積計算を含め約40分、生長量推定では約10分、合計50分程度で処理された。

### (1) 林分蓄積の推定結果

Aguas de Santa Barbara 州有林内 Talhao №8 (25ha) の21年生 *Pinus elliottii* に対する Systematic line-plot sampling による林分蓄積の推定結果は次のとおりとなった。

林分蓄積の推定に先立ち、35個のプロット調査における各プロット内の毎木測定木の材積計算は、同じく Aguas de Santa Barbara 州有林内の *Pinus elliottii* を対象に100本の標本木にもとづいて調製された下記の全幹皮付材積式によって求めた。

$$V = 0.00674609 - 0.00012281D^2 + 0.00004552D^2H$$

表-3は35個の各プロット別本数および材積を一覧表として纏めたものである。なお、参考までに胸高直径(DAP)、樹高(H)についても材積と共にその合計値および1本当たり平均値( $\bar{D}$ ,  $\bar{H}$ ,  $\bar{v}$ )を計算し、表の中に示した。

表-3 プロット別本数・材積総括表(*Pinus elliottii*)

№	Plot №	本数 (x)	DAP		H		材積(y)	
			Total	$\bar{D}$	Total	$\bar{H}$	Total	$\bar{v}$
1	1	38	724.8	19.1 cm	616.3	16.2 m	900.55 m <sup>3</sup>	0.2370 m <sup>3</sup>
2	2	32	504.3	15.8	417.7	13.1	431.21	0.1348
3	3	42	567.7	13.5	482.8	11.5	396.12	0.0943
4	4	33	444.5	13.5	382.8	11.6	277.46	0.0841
5	5	40	619.9	15.5	491.1	12.3	472.56	0.1181
6	6	43	553.1	12.9	431.3	10.0	288.23	0.0670
7	7	42	769.7	18.3	707.0	16.8	975.68	0.2323
8	8	37	693.3	18.7	599.0	16.2	864.12	0.2335
9	9	37	355.2	9.6	253.9	6.9	113.87	0.0308

No	Plot No	本数 (x)	DAP		H		材積 (y)	
			Total	D	Total	H	Total	v
10	10	28	357.5	12.8	289.2	10.3	19646	0.0702
11	11	38	489.7	12.9	361.3	9.5	24080	0.0634
12	12	34	551.6	16.2	469.1	13.8	52163	0.1534
13	13	40	485.7	12.1	359.6	9.0	21026	0.0526
14	14	36	682.5	19.0	586.7	16.3	85499	0.2375
15	15	33	496.6	15.0	394.3	11.9	37037	0.1122
16	16	41	660.5	16.1	589.3	14.4	61271	0.1494
17	17	38	511.1	13.5	414.0	10.9	29889	0.0787
18	18	36	565.0	15.7	469.6	13.0	47552	0.1321
19	19	38	527.5	13.9	457.0	12.0	37418	0.0985
20	20	41	720.1	17.6	651.5	15.9	81471	0.1987
21	21	34	620.4	18.2	530.2	15.6	71329	0.2098
22	22	38	638.1	16.8	544.6	14.3	62640	0.1648
23	23	28	506.1	18.1	440.0	15.7	57903	0.2068
24	24	38	625.0	16.4	561.4	14.8	62245	0.1638
25	25	38	640.6	16.9	557.5	14.7	64746	0.1704
26	27	34	588.7	17.3	529.3	15.6	65124	0.1915
27	28	43	759.0	17.7	666.3	15.5	84760	0.1971
28	29	43	779.9	18.1	682.2	15.9	90016	0.2093
29	30	43	790.	18.4	729.6	17.0	100839	0.2345
30	31	36	644.6	17.9	604.1	16.8	82750	0.2299
31	32	37	656.9	17.8	614.3	16.6	79184	0.2140
32	33	43	772.6	18.0	692.1	16.1	83135	0.1933
33	34	44	816.9	18.6	728.9	16.6	103237	0.2346
34	35	28	586.7	21.0	484.5	17.3	86458	0.3087
35	36	40	749.6	18.7	650.2	16.3	91647	0.2291
Σ	35	1314	-	-	-	-	2155045	-

表-3より、本数および材積の推定結果は次のとおりとなった。この場合、調査対象地の Aguas de Santa Barbara 州有林-Talhao №8 は Pinus Elliottii の1樹種だけであった。したがってその推定も Pinus Elliottii の1樹種のみ推定となった。

A 本数(x)

① 1プロット当り平均本数:

$$\bar{x} = \frac{\sum(x)}{n} = 37.5 \text{ (本)}$$

② その分散:

$$v(\bar{x}) = s_{\bar{x}}^2 = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n(n-1)} \cdot \frac{N-n}{N} = 0.5273$$

③ 標準誤差:

$$SE(\bar{x}) = \sqrt{s_{\bar{x}}^2} = 0.7261$$

④ 標準誤差率:

$$e(\bar{x}) = \frac{SE(\bar{x})}{\bar{x}} \times 100 = 1.93 \text{ (\%)}$$

⑤ ha 当り本数の推定:

$$X(\text{ha}) = \frac{1}{a} [\bar{x} \pm t \cdot SE(\bar{x})]$$

ただし  $n-1 = 34$  のときの  $t_{.05} = 2.750$  より

$$t_{.05} \text{ のとき } X(\text{ha}) = 937.5 \pm 37.1 \text{ (本)}$$

[その推定範囲: 900.4 ~ 974.6 (本)]

$$t_{.01} \text{ のとき } X(\text{ha}) = 937.5 \pm 49.9 \text{ (本)}$$

[その推定範囲: 887.6 ~ 987.4 (本)]

⑥ 調査対象面積(25ha)当り本数の推定:

$$X_{(25\text{ha})} = \frac{A}{a} [\bar{x} \pm t \cdot SE(\bar{x})]$$

$$t_{.05} \text{ のとき } X_{(25\text{ha})} = 23438 \pm 927 \text{ (本)}$$

[その推定範囲: 22511 ~ 24365 (本)]

$$t_{.01} \text{ のとき } X_{(25\text{ha})} = 23438 \pm 1248 \text{ (本)}$$

⑦ プロット抽出誤差率:

$$E(\bar{x}) = \frac{t \cdot \sqrt{v(\bar{x})}}{\bar{x}} \times 100 = 3.95 \text{ (\%)}$$

㉞ 林分変異係数：

$$cv(x) = \frac{\sqrt{s^2}}{\bar{x}} \times 100 = 11.86 (\%)$$

B 材積 ( $y$ )

㉟ 1プロット当り平均材積：

$$\bar{y} = \frac{\sum(\bar{y})}{n} = 6.1573 \text{ (m}^3\text{)}$$

㊱ その分散：

$$v(\bar{y}) = s^2_{\bar{y}} = \frac{\sum(y - \bar{y})^2}{n(n-1)} \cdot \frac{N-n}{N} = 0.19231$$

㊲ 標準誤差：

$$SE(\bar{y}) = \sqrt{s^2_{\bar{y}}} = 0.4385$$

㊳ 標準誤差率：

$$e(\bar{y}) = \frac{SE(\bar{y})}{\bar{y}} \times 100 = 7.12 (\%)$$

㊴ ha当り材積の推定：

$$Y_{(ha)} = \frac{1}{a} [\bar{y} \pm t \cdot SE(\bar{y})]$$

$$t_{.05} \text{ のときの } Y_{(ha)} = 153.93 \pm 22.39 \text{ (m}^3\text{)}$$

[その推定範囲：131.55 ~ 176.32(m<sup>3</sup>)]

$$t_{.01} \text{ のときの } Y_{(ha)} = 153.93 \pm 30.15 \text{ (m}^3\text{)}$$

[その推定範囲：123.79 ~ 184.08(m<sup>3</sup>)]

㊵ 調査対象面積(25ha)当り材積の推定

$$Y_{(25ha)} = \frac{A}{a} [\bar{y} \pm t \cdot SE(\bar{y})]$$

$$t_{.05} \text{ のときの } Y_{(25ha)} = 3848.3 \pm 559.6 \text{ (m}^3\text{)}$$

[その推定範囲：3288.7 ~ 4407.9 (m<sup>3</sup>)]

$$t_{.01} \text{ のときの } Y_{(25ha)} = 3848.3 \pm 753.7 \text{ (m}^3\text{)}$$

[その推定範囲：3094.6 ~ 4602.0 (m<sup>3</sup>)]

㊶ プロット抽出誤差率：

$$E(\bar{y}) = \frac{t \cdot \sqrt{v(\bar{y})}}{\bar{y}} \times 100 = 14.54 (\%)$$

Ⅷ 林分変異係数：

$$cv(y) = \frac{\sqrt{s^2}}{\bar{y}} \times 100 = 17.67 (\%)$$

C 直径階別本数頻度分布

直径階別本数頻度分布はどの程度の大きさの林木がどれ位存在しているかを知るうえで参考になるばかりでなく、樹高との組合せ(対応)により利用材積算定の資料や伐倒・採材労務計画、工場面積の確保、その搬出計画、等の資料にも供せられる。ここではこのあとの林分生長量推定のための資料に用いることを主目的として35個の現地調査プロット内毎木調査データから表-4のとおりプロット毎直径階別に纏めた。なお、材積生長量の推定に用いるため、胸高直径(DAP)の括約は2, 4, 6, …, 24, 26, 28cmと2cmに括約した。この場合、直径はmm単位で測定しているので、括約は、たとえば10cmは9.0~10.9cm, 12cmは11.0~12.9cm, 14cmは13.0~14.9cm, 等の範囲の括約方法でこれを行なった。

表-4 プロット毎・直径階別本数頻度分布表

	直径階 (cm)														計
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	
1	-	-	-	-	-	-	1	6	13	11	4	2	1	-	38
2	-	-	-	-	-	5	9	6	8	1	3	-	-	-	32
3	-	1	1	5	2	10	6	8	8	-	-	1	-	-	42
4	-	-	-	-	3	10	13	5	2	-	-	-	-	-	33
5	-	-	-	-	1	6	10	10	8	5	-	-	-	-	40
6	-	-	-	-	9	51	13	4	1	-	1	-	-	-	43
7	-	-	-	-	-	-	5	9	11	8	8	-	-	-	42
8	-	-	-	-	-	-	2	8	14	5	5	1	1	1	37
9	1	1	4	10	10	7	2	-	1	1	-	-	-	-	37
10	-	-	-	1	6	10	5	4	2	-	-	-	-	-	28
11	-	-	-	3	7	10	11	3	4	-	-	-	-	-	38
12	-	-	-	-	1	5	4	15	2	3	3	-	-	-	34
13	-	-	-	4	8	13	12	2	1	-	-	-	-	-	40
14	-	-	-	-	-	-	2	6	12	7	7	1	-	-	36
15	-	-	-	1	2	4	10	7	5	4	-	-	-	-	33
16	-	-	-	-	1	2	8	15	10	5	-	-	-	-	41

直径階	直径階 (cm)														計
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	
17	-	-	-	-	4	14	13	3	3	1	-	-	-	-	38
18	-	-	-	-	1	7	9	5	6	7	1	-	-	-	36
19	-	-	1	1	5	7	12	5	4	2	1	-	-	-	38
20	-	-	-	-	-	1	5	11	11	8	4	1	-	-	41
21	-	-	-	-	-	-	3	6	11	9	4	1	-	-	34
22	-	-	-	-	1	2	4	16	6	6	2	1	-	-	38
23	-	-	-	-	-	-	3	6	8	7	4	-	-	-	28
24	-	-	-	-	1	1	9	10	13	2	1	-	1	-	38
25	-	-	-	-	-	2	9	7	11	5	3	1	-	-	38
27	-	-	-	-	1	1	2	11	12	4	2	-	1	-	34
28	-	-	-	-	-	1	6	14	11	4	4	3	-	-	43
29	-	-	-	-	-	1	2	12	14	7	6	1	-	-	43
30	-	-	-	-	-	-	4	10	11	9	9	-	-	-	43
31	-	-	-	-	-	-	3	6	14	6	5	2	-	-	36
32	-	-	-	-	-	-	4	14	5	8	6	-	-	-	37
33	-	-	-	-	-	-	7	12	16	5	2	1	-	-	43
34	-	-	-	-	-	-	4	12	8	14	3	1	1	1	44
35	-	-	-	-	-	-	-	4	4	5	9	3	3	-	28
36	-	-	-	-	-	-	2	8	10	12	5	2	1	-	40
計	1	2	6	25	63	134	214	280	280	171	102	22	12	2	1314

## (2) 林分生長量の推定結果

〆 Aguas de Santa Barbara 州有林内 Talhao №8 (25ha) に対する Systematic line-plot sampling と併行して行なった調査プロット内における標本木の測定にもとづく林分材積生長量の推定結果は以下に示すとおりとなった。

### A 標本木 (コア測定資料) の総括

林分材積生長量推定のための標本木 (コア測定資料) は各プロットについて Tree №1, 11, 21 の3本, 35プロット, 計105本を抽出し, プロット内毎木調査における胸高直径 (DAP=D), 材積 (V) と共に生長錐 (Increment bar) により胸高部位 (1.3m) の最近10年間のコア (core) 長, 同部分の樹皮厚 (bark) 等の測定を現地で行なった。表-5は105本の標本木の測定結果を一覧表として示したものである。

表-5 標本木(コア-測定資料)-一覧表

No	Plot No	Tree No	Sp	D	Core	bark	V
1	1	1	Pinus Elliottii	cm 20.7	cm 2.8	cm 1.5	m <sup>3</sup> 0.2701
2	"	11	"	18.1	2.8	1.2	0.2155
3	"	21	"	19.1	2.3	1.8	0.2525
4	2	1	"	17.4	3.5	1.9	0.1694
5	"	11	"	16.0	2.9	1.4	0.1641
6	"	21	"	13.4	2.1	1.8	8.6858
7	3	1	"	11.6	1.9	1.2	0.0496
8	"	11	"	18.0	2.0	1.6	0.1587
9	"	21	"	11.1	1.2	1.1	0.0477
10	4	1	"	14.7	1.4	1.5	0.0982
11	"	11	"	13.8	1.9	1.4	0.0874
12	"	21	"	17.8	2.0	1.6	0.1438
13	5	1	"	15.3	2.4	1.3	0.1027
14	"	11	"	12.2	2.2	1.0	0.0508
15	"	21	"	15.2	1.7	1.8	0.1046
16	6	1	"	14.6	1.5	1.3	0.0941
17	"	11	"	16.2	1.9	2.0	0.1143
18	"	21	"	13.8	2.6	1.4	0.0917
19	7	1	"	17.0	1.3	1.3	0.1817
20	"	11	"	20.4	2.4	1.2	0.2777
21	"	21	"	18.8	1.9	1.1	0.2449
22	8	1	"	22.9	2.8	2.0	0.3601
23	"	11	"	18.0	2.0	1.5	0.2029
24	"	21	"	17.8	2.2	1.2	0.2058
25	9	1	"	11.7	1.7	1.2	0.0385
26	"	11	"	10.2	1.9	1.9	0.0258
27	"	21	"	4.0	0.9	0.4	0.0082
28	10	1	"	10.4	1.7	1.0	0.0486
29	"	11	"	9.0	1.6	1.2	0.0263
30	"	21	"	13.0	1.5	1.3	0.0691
31	11	1	"	15.3	2.4	1.1	0.1059



No	Plot No	Tree No	Sp	D	Core	bark	V
32	11	11	Pinus Elliottii	cm 11.9	cm 2.3	cm 1.1	m <sup>3</sup> 0.0519
33	"	21	"	16.7	2.5	1.7	0.1058
34	12	1	"	16.8	1.9	2.0	0.1288
35	"	11	"	16.2	2.5	2.0	0.1477
36	"	21	"	11.4	2.1	0.9	0.0618
37	13	1	"	14.4	1.9	1.2	0.0738
38	"	11	"	11.4	2.3	1.1	0.0423
39	"	21	"	11.3	1.8	1.5	0.0317
40	14	1	"	20.2	2.8	1.5	0.2817
41	"	11	"	15.4	2.4	1.9	0.1536
42	"	21	"	20.3	1.9	1.9	0.2563
43	15	1	"	13.4	2.5	1.0	0.0664
44	"	11	"	16.9	2.5	2.0	0.1368
45	"	21	"	17.4	3.7	2.0	0.1487
46	16	1	"	15.7	2.1	1.5	0.1414
47	"	11	"	16.8	2.2	1.8	0.1584
48	"	21	"	13.8	2.3	1.8	0.1151
49	17	1	"	11.2	2.1	1.4	0.0502
50	"	11	"	9.9	1.5	1.3	0.0304
51	"	21	"	14.6	1.7	1.1	0.0921
52	18	1	"	11.8	1.4	1.0	0.0549
53	"	11	"		1.5	2.5	0.0938
54	"	21	"	19.6	2.2	1.8	0.2166
55	19	1	"	19.4	2.1	1.5	0.1747
56	"	11	"	13.0	2.0	1.0	0.0837
57	"	21	"	18.2	2.0	1.9	0.1545
58	20	1	"	20.8	2.1	1.3	0.2884
59	"	11	"	16.8	1.8	1.5	0.1776
60	"	21	"	17.6	2.2	1.8	0.1971
61	21	1	"	19.4	2.2	1.6	0.2518
62	"	11	"	21.0	2.9	1.5	0.2938

No	Plot No	Tree No	Sp	D	Core	bark	V
				cm	cm	cm	m <sup>3</sup>
63	21	21	Pinus Elliottii	184	2.8	1.5	0.2177
64	22	1	"	224	2.5	1.8	0.3151
65	"	11	"	198	2.5	1.9	0.2441
66	"	21	"	184	2.8	1.5	0.1886
67	23	1	"	187	2.5	1.0	0.2185
68	"	11	"	168	2.7	1.4	0.1481
69	"	21	"	15.0	2.5	1.1	0.1583
70	24	1	"	18.0	2.4	1.4	0.1808
71	"	11	"	15.6	2.6	1.3	0.1231
72	"	21	"	26.2	3.5	2.0	0.4536
73	25	1	"	21.4	2.0	1.2	0.2986
74	"	11	"	17.0	2.5	1.4	0.1725
75	"	21	"	15.6	2.4	1.5	0.1319
76	27	1	"	17.2	2.1	1.5	0.1724
77	"	11	"	18.6	2.0	1.7	0.2320
78	"	21	"	20.0	2.0	1.5	0.2216
79	28	1	"	22.8	2.3	2.0	0.3381
80	"	11	"	20.2	2.3	2.5	0.2575
81	"	21	"	15.8	2.1	1.4	0.1522
82	29	1	"	16.6	1.9	1.6	0.1422
83	"	11	"	16.8	1.8	1.4	0.1841
84	"	21	"	21.0	2.4	1.3	0.2938
85	30	1	"	19.4	1.8	1.9	0.2894
86	"	11	"	20.0	2.2	2.0	0.2671
87	"	21	"	22.4	2.1	1.6	0.3676
88	31	1	"	17.2	2.3	1.6	0.2034
89	"	11	"	19.2	2.5	1.7	0.2333
90	"	21	"	22.6	2.6	1.2	0.3555
91	32	1	"	22.4	3.3	2.5	0.3836
92	"	11	"	13.7	2.9	1.9	0.1076
93	"	21	"	15.0	2.1	1.1	0.1256

№	Plot №	Tree №	Sp	D	Core	bark	V
94	33	1	Pinus Elliottii	cm 23.4	cm 2.7	cm 1.3	m <sup>3</sup> 0.3507
95	"	11	"	18.6	2.0	1.7	0.2162
96	"	21	"	17.0	2.3	0.8	0.1949
97	34	1	"	20.0	1.9	1.5	0.2945
98	"	11	"	19.6	2.5	2.4	0.2516
99	"	21	"	17.0	2.2	1.6	0.1791
100	35	1	"	25.6	4.1	2.1	0.4781
101	"	11	"	21.6	3.0	2.2	0.3529
102	"	21	"	23.6	2.9	1.4	0.3947
103	36	1	"	23.6	2.4	2.0	0.4023
104	"	11	"	16.4	2.0	1.6	0.1635
105	"	21	"	19.2	2.2	2.0	0.2383

### B 直径生長量の推定

表-5の標本木(コア測定資料)にもとづいて、先ず、標本木の直径生長量を計算し、これをもとにして直径生長量の推定を行ない、材積生長量の推定へと結びつけることになる。標本木の直径生長量の計算方式は表-6の上欄に示したとおりである。この場合、皮付直径(D)と皮内直径(D-2b=d)について全標本木を合計し、樹皮係数  $K = \sum(D) / \sum(d)$  を計算し、これを皮内定期中央部直径(x)および皮内平均直径生長量(y)に乗じて皮付定期中央部直径(X)、皮付直径生長量(Y)がえられる。表-6は105本の全標本木についてその計算結果を一覧表に示したものである。

表-6 標本木にもとづく直径生長量の計算結果一覧表

№	皮付直径 D	樹皮厚 b	皮内直径 d (D-2b)	10年間の コア長 L	皮内定期 中央部直径 x (d-1L)	皮内平均 直径生長量 y (2L/10)	皮付定期 中央部直径 X (K·x)	皮付直径 生長量 Y (K·y)
1	20.7 <sup>cm</sup>	1.5 <sup>cm</sup>	17.7 <sup>cm</sup>	2.8 <sup>cm</sup>	14.9 <sup>cm</sup>	0.56 <sup>cm</sup>	18.186	0.683
2	18.1	1.2	15.7	2.8	12.9	0.56	15.745	0.683
3	19.1	1.8	15.5	2.3	13.2	0.46	16.111	0.561
4	17.4	1.9	13.6	3.5	10.1	0.70	12.327	0.854
5	16.0	1.4	13.2	2.9	10.3	0.58	12.571	0.708
6	13.4	1.8	9.8	2.1	7.7	0.42	9.398	0.513
7	11.6	1.2	9.2	1.9	7.3	0.38	8.910	0.464
8	18.0	1.6	14.8	2.0	12.8	0.40	15.622	0.488

木	皮付直径 D	樹皮厚 b	皮内直径 d (D-2b)	10年間の コア-長 L	皮内定期 中央部直径 x (d-1L)	皮内平均 直径生長量 y (2L/10)	皮付定期 中央部直径 X (K·x)	皮付直径 生長量 Y (K·y)
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
9	11.1	1.1	8.9	1.2	7.7	0.24	9,398	0.293
10	14.7	1.5	11.7	1.4	10.3	0.28	12,571	0.342
11	13.8	1.4	11.0	1.9	9.1	0.38	11,107	0.464
12	17.8	1.6	14.6	2.0	12.6	0.40	15,378	0.488
13	15.3	1.3	12.7	2.4	10.3	0.48	12,571	0.586
14	12.2	1.0	10.2	2.2	8.0	0.44	9,764	0.537
15	15.2	1.8	11.6	1.7	9.9	0.34	12,083	0.415
16	14.6	1.3	12.0	1.5	10.5	0.30	12,815	0.366
17	16.2	2.0	12.2	1.9	10.3	0.38	12,571	0.464
18	13.8	1.4	11.0	2.6	8.4	0.52	10,252	0.635
19	17.0	1.3	14.4	1.3	13.1	0.26	15,989	0.317
20	20.4	1.2	18.0	2.4	15.6	0.48	19,040	0.586
21	18.8	1.1	16.6	1.9	14.7	0.38	17,941	0.464
22	22.9	2.0	18.9	2.8	16.1	0.56	19,650	0.683
23	18.0	1.5	15.0	2.0	13.0	0.40	15,867	0.488
24	17.8	1.2	15.4	2.2	13.2	0.44	16,111	0.537
25	11.7	1.2	9.3	1.7	7.6	0.34	9,276	0.415
26	10.2	1.9	6.4	1.9	4.5	0.38	5,492	0.464
27	4.0	0.4	3.2	0.9	2.3	0.18	2,807	0.220
28	10.4	1.0	8.4	1.7	6.7	0.34	8,177	0.415
29	9.0	1.2	6.6	1.6	5.0	0.32	6,103	0.391
30	13.0	1.3	10.4	1.5	8.9	0.30	10,862	0.366
31	15.3	1.1	13.1	2.4	10.7	0.48	13,059	0.586
32	11.9	1.1	9.7	2.3	7.4	0.46	9,032	0.561
33	16.7	1.7	13.3	2.5	10.8	0.50	13,181	0.610
34	16.8	2.0	12.8	1.9	10.9	0.38	13,304	0.464
35	16.2	2.0	12.2	2.5	9.7	0.50	11,839	0.610
36	11.4	0.9	9.6	2.1	7.5	0.42	9,154	0.513
37	14.4	1.2	12.0	1.9	10.1	0.38	12,327	0.464
38	11.4	1.1	9.2	2.3	6.9	0.46	8,421	0.561
39	11.3	1.5	8.3	1.8	6.5	0.36	7,933	0.439
40	20.2	1.5	17.2	2.8	14.4	0.56	17,575	0.683
41	15.4	1.9	11.6	2.4	9.2	0.48	11,229	0.586

木	皮付直径 D	樹皮厚 b	皮内直径 d (D-2b)	10年間の コアー長 L	皮内定期 中央部直径 x (d-1L)	皮内平均 直径生長量 y (2L/10)	皮付定期 中央部直径 X (K·x)	皮付直径 生長量 Y (K·y)
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
42	20.3	1.9	16.5	1.9	14.6	0.38	17,819	0.464
43	13.4	1.0	11.4	2.5	8.9	0.50	10,862	0.610
44	16.9	2.0	12.9	2.5	10.4	0.50	12,693	0.610
45	17.4	2.0	13.4	3.7	9.7	0.74	11,839	0.903
46	15.7	1.5	12.7	2.1	10.6	0.42	12,937	0.513
47	16.8	1.8	13.2	2.2	11.0	0.44	13,426	0.537
48	13.8	1.8	10.2	2.3	7.9	0.46	9,642	0.561
49	11.2	1.4	8.4	2.1	6.3	0.42	7,689	0.513
50	9.9	1.3	7.3	1.5	5.8	0.30	7,079	0.366
51	14.6	1.1	12.4	1.7	10.7	0.34	13,059	0.415
52	11.8	1.0	9.8	1.4	8.4	0.28	10,252	0.342
53	15.0	2.5	10.0	1.5	8.5	0.30	10,374	0.366
54	19.6	1.8	16.0	2.2	13.8	0.44	16,843	0.537
55	19.4	1.5	16.4	2.1	14.3	0.42	17,453	0.513
56	13.0	1.0	11.0	2.0	9.0	0.40	10,985	0.488
57	18.2	1.9	14.4	2.0	12.4	0.40	15,134	0.488
58	20.8	1.3	18.2	2.1	16.1	0.42	19,650	0.513
59	16.8	1.5	13.8	1.8	12.0	0.36	14,646	0.439
60	17.6	1.8	14.0	2.2	11.8	0.44	14,402	0.537
61	19.4	1.6	16.2	2.2	14.0	0.44	17,087	0.537
62	21.0	1.5	18.0	2.9	15.1	0.58	18,430	0.708
63	18.4	1.5	15.4	2.8	12.6	0.56	15,378	0.683
64	22.4	1.8	18.8	2.5	16.3	0.50	19,894	0.610
65	19.8	1.9	16.0	2.5	13.5	0.50	16,477	0.610
66	18.4	1.5	15.4	2.8	12.6	0.56	15,378	0.683
67	18.7	1.0	16.7	2.5	14.2	0.50	17,331	0.610
68	16.8	1.4	14.0	2.7	11.3	0.54	13,792	0.659
69	15.0	1.1	12.8	2.5	10.3	0.50	12,571	0.610
70	18.0	1.4	15.2	2.4	12.8	0.48	15,622	0.586
71	15.6	1.3	13.0	2.6	10.4	0.52	12,693	0.635
72	26.2	2.0	22.2	3.5	18.7	0.70	22,823	0.854
73	21.4	1.2	19.0	2.0	17.0	0.40	20,749	0.488
74	17.0	1.4	14.2	2.5	11.7	0.50	14,280	0.610

№	皮付直径 D	樹皮厚 b	皮内直径 d (D-2b)	10年間の コアー長 L	皮内定期 中央部直径 x (d-1L)	皮内平均 直径生長量 y (2L/10)	皮付定期 中央部直径 X (K·x)	皮付直径 生長量 Y (K·y)
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
75	15.6	1.5	12.6	2.4	10.2	0.48	12.449	0.586
76	17.2	1.5	14.2	2.1	12.1	0.42	14.768	0.513
77	18.6	1.7	15.2	2.0	13.2	0.40	16.111	0.488
78	20.0	1.5	17.0	2.0	15.0	0.40	18.308	0.488
79	22.8	2.0	18.8	2.3	16.5	0.46	20.138	0.561
80	20.2	2.5	15.2	2.3	12.9	0.46	15.745	0.561
81	15.8	1.4	13.0	2.1	10.9	0.42	13.304	0.513
82	16.6	1.6	13.4	1.9	11.5	0.38	14.036	0.464
83	16.8	1.4	14.0	1.8	12.2	0.36	14.890	0.439
84	21.0	1.3	18.4	2.4	16.0	0.48	19.528	0.586
85	19.4	1.9	15.6	1.8	13.8	0.36	16.843	0.439
86	20.0	2.0	16.0	2.2	13.8	0.44	16.843	0.537
87	22.4	1.6	19.2	2.1	17.1	0.42	20.871	0.513
88	17.2	1.6	14.0	2.3	11.7	0.46	14.280	0.561
89	19.2	1.7	15.8	2.5	13.3	0.50	16.233	0.610
90	22.6	1.2	20.2	2.6	17.6	0.52	21.481	0.635
91	22.4	2.5	17.4	3.3	14.1	0.66	17.209	0.806
92	13.7	1.9	9.9	2.9	7.0	0.58	8.544	0.708
93	15.0	1.1	12.8	2.1	10.7	0.42	13.059	0.513
94	23.4	1.3	20.8	2.7	18.1	0.54	22.091	0.659
95	18.6	1.7	15.2	2.0	13.2	0.40	16.111	0.488
96	17.0	0.8	15.4	2.3	13.1	0.46	15.989	0.561
97	20.0	1.5	17.0	1.9	15.1	0.38	18.430	0.464
98	19.6	2.4	14.8	2.5	12.3	0.50	15.012	0.610
99	17.0	1.6	13.8	2.2	11.6	0.44	14.158	0.537
100	25.6	2.1	21.4	4.1	17.3	0.82	21.115	1.001
101	21.6	2.2	17.2	3.0	14.2	0.60	17.331	0.732
102	23.6	1.4	20.8	2.9	17.9	0.58	21.847	0.708
103	23.6	2.0	19.6	2.4	17.2	0.48	20.993	0.586
104	16.4	1.6	13.2	2.0	11.2	0.40	13.670	0.488
105	19.2	2.0	15.2	2.2	13.0	0.44	15.867	0.537
Σ	1785.6	-	1463.0	-	-	-	-	-

$$K = \frac{\sum(D)}{\sum(d)} = \frac{1785.6}{1463.0} = 1.220506$$

標本木の直径生長量計算表(表-6)をもとにして、次に直径生長量を推定することになる。しかし標本木(資料)の数が105本と多いため、これをそのまま資料として取り扱うことはこのあとの計算が非常に煩雑になる。したがって皮付定期中央部直径(X)、皮付直径生長量(Y)、のそれぞれを各直径階に分数して集約・平均し、その平均直径をX、平均直径生長量をYとし、各直径階における本数を重みづき(w)として取り扱い、直径生長量推定のための回帰式の計算を以下のとおり行なった。資料を重みづき平均値として計算を行なうケースは、資料数がとくに多い時にはよくあることで、その計算結果は個々の資料をそのまま用いた場合と全く変わらない。なお、直径階の分類はここでは2cm括約とした。

表-7は重みづき平均値として平均直径X、平均直径生長量Yを求め、直径生長量推定のための回帰計算の準備表を示したものである。表中、1+X+Yの項はチェックのための項である。この準備表をもとにして表-8における必要な各項目が逐次計算され、埋められていくことになる。

表-7 直径生長量回帰式計算のための準備表

$N_i$	D	1	X	Y	1 + X + Y	w
1	4	1	3.6154	0.2169	4.8323	1
2	10	1	7.5697	0.4611	9.0308	4
3	12	1	9.2788	0.4562	10.7350	10
4	14	1	11.3157	0.5069	12.8226	12
5	16	1	13.2327	0.5526	14.7853	23
6	18	1	15.0172	0.5584	16.5756	22
7	20	1	17.1049	0.5490	18.6539	18
8	22	1	18.9779	0.6144	20.5923	10
9	24	1	20.4571	0.6153	22.0724	3
10	26	1	21.3853	0.9030	23.2883	2
$\Sigma$	-	10	137.9547	5.4338	153.3885	105

表-7の準備表より、直径生長量推定のための回帰式算出最小自乗法計算組織解は表-8に示すとおりである。

表-8 直径生長量回帰式算出最小自乗法計算組織解

	w	wX	wy	w(1+X+Y)	df
1	105	1499.0097	57.3780	1661.3877	
X		22666.6670	840.58	25006.2567	
Y			31.9112	9298.692	10
	14.276282	1266.3804	21.4354	1287.8158	
	0.546457		0.5566	21.9920	9
	0.016926		0.1938	0.1938	8

これより, Constant ( 常数項 ), Reg on X ( 回帰係数 X の項 ) に対する分散分析は表-9 に示すとおりとなった。

表-9 分散分析表

Source	SS	df	MS	F
Constant	31.3546	1	31.3546	1294.29**
Reg on X	0.3628	1	0.3628	14.98**
Error	0.1938	8	0.0242	
Total	31.9112	10		

分散分析 ( 表-9 ) の結果, Constant および Reg on X の両者の項とも有意に効いている。したがって直径生長量推定の回帰式, および回帰係数  $b_0$ ,  $b_1$  に対する分散  $V(b_0)$ ,  $V(b_1)$  は次のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \text{回帰式: } Y &= b_0 + b_1 X \\ &= 0.3052 + 0.0169 X \end{aligned}$$

$$\text{分散: } V(b_0) = 0.000230$$

$$V(b_1) = 0.000019$$

図-4 は以上の結果にもとづく直径生長量の回帰グラフを示したものである。なお, グラフの中の各点 ( 資料 ) の右上に記入した数字は元の資料の標本を直径階別に集約し平均した本数, つまり重み (w) をあらわしたものである。



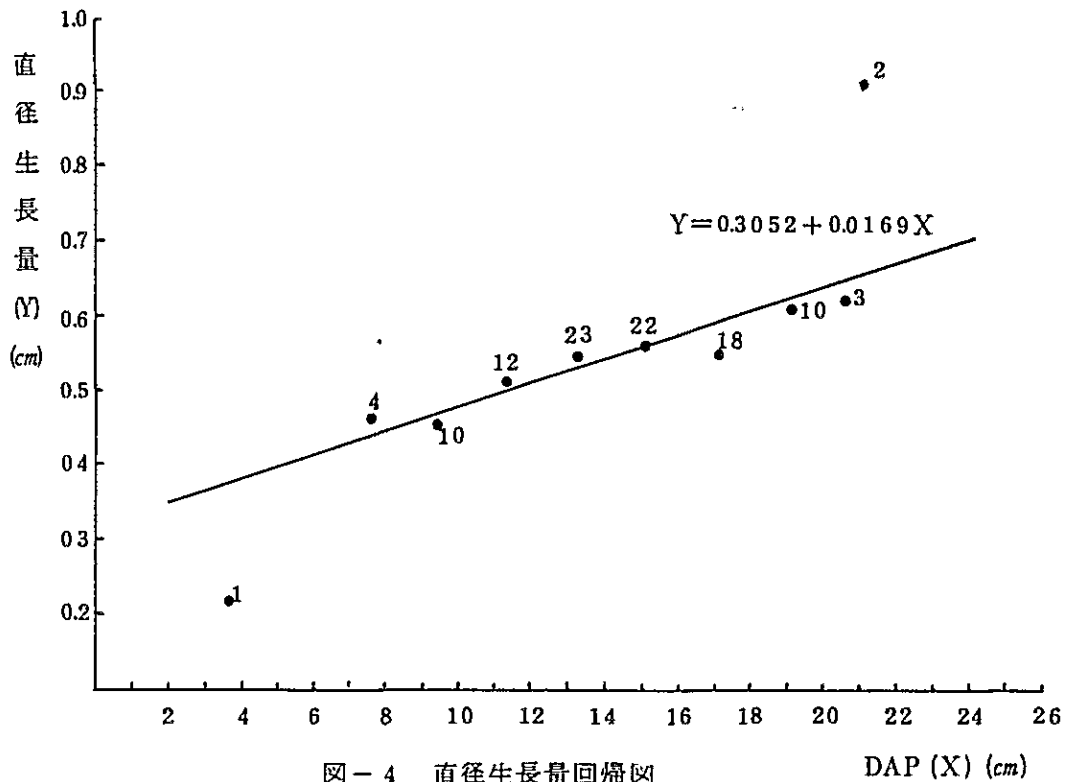


図-4 直径生長量回帰関

C 材積方程式の計算

① 1変数材積方程式の誘導

材積生長量の推定を行なうためには、前項Bにより算出された直径生長量回帰式を用いて各直径階毎の単木の直径生長量を求め、これを材積生長量と結びつけることになるが、その前提として各直径階別の単木の材積が必要となる。各直径階の材積は一般には直径と樹高の組合せにより材積表から求めたり、当該林分を対象に独自に資料をとり材積式を計算する、等の方法がとられる。しかしこれらは樹高が要因としてくる。樹高は同じ直径階の林木でも大小に変化するのが常であるため計算が煩雑となる。したがってここではこれを簡便に行なう方法の一つとして105本の標本木(コアー測定資料)のそれぞれの材積を対象に、これと直径とを対応させて、直径を変数とする1変数材積方程式を計算して直径階別材積を求めた。これにより大小に変化する樹高は1つの直径階の中で平均され消去されることになる。なお、その場合、105本の各標本木の直径(D)と、対応する材積(v)は、これを2cm毎に括約して、その直径階毎に材積を集計・平均し当該直径の平均直径の平均材積を求め、その個数(本数)を重み(w)として、先ず、表-10の準備表を作った。そして表-11により材積方程式算出最小自乗法計算組織解を解き、その分散分析を表-12により行なった。

表-10 材積方程式計算のための準備表

$N_i$	1	D	D <sup>2</sup>	v	1 + D + D <sup>2</sup> + v	w
1	1	cm 4.0	16.00	m <sup>3</sup> 0.0082	21.0082	1
2	1	9.9	98.01	0.0327	108.9427	4
3	1	11.6	134.56	0.0479	147.2079	10
4	1	13.9	193.21	0.0888	208.1988	12
5	1	16.0	256.00	0.1376	273.1376	23
6	1	17.8	316.84	0.1909	335.8309	22
7	1	19.9	396.01	0.2537	417.1637	18
8	1	22.1	488.41	0.3359	511.8459	10
9	1	23.5'	552.25	0.3826	577.1326	3
10	1	25.9	670.81	0.4659	698.1759	2
$\Sigma$	10	164.6	3122.10	1.9442	3298.6442	105

表-11 材積方程式算出最小自乗法計算組織解

	w	wD	wD <sup>2</sup>	wv	w(1+D+D <sup>2</sup> +v)	df
1	105	1787.5	31941.29	19.0534	3385284.34	
D		31941.29	593535.103	3633055	627627.1985	
D <sup>2</sup>			11406746.0513	71320649	12039354.5092	
v				4.5192	7518.9430	10
17.02380952		15112305	497726663	389441	513228409	
304.2027619			169011742	1335.9680	1741226.0543	
0.181460952				1.0618	1375.9739	9
3293519175			50845.112	53.3366	508984486	
0.025769794				0.0582	53.3948	8
0.0010490015				0.0022	0.0022	7

表-12 分散分析

Source	SS	df	MS	F
Constant	3.4574	1	3.4574	11524.67**
Reg on D	1.0036	1	1.0036	3345.33**
Reg on D <sup>2</sup>	0.0560	1	0.0560	186.67**
Error	0.0022	7	0.0003	
Total	4.5192	10		

分散分析(表-12)の結果は Constant, Reg on D, Reg. on  $D^2$  の何れの項も有意に効いている。したがって直径(D)を変数とする1変数の材積方程式は次のとおりとなる。

$$\begin{aligned}v &= b_0 + b_1D + b_2D^2 \\ &= 0.011804 - 0.008779D + 0.001049D^2\end{aligned}$$

図-5はこの回帰式によって計算した各直径階の単木材積をグラフに示したものである。なお、図の中の各点は表-10にもとづく資料をプロットしたものであり、その各点の右上の数值はそれぞれの個数(本数)、つまり重み(w)をあらわしたものである。

#### ⑥ 直径12cm以下に対する検討

いま、図-5のグラフをみると、回帰曲線と資料の分布はよく対応しており、1変数材積方程式はよく適合しているといえる。しかしこの1変数材積方程式によると直径7cm以下では単木材積が(-)になってあらわれている。これは2次式による場合、時としてみられる傾向である。資料の分布状態をよくみると、105本の標本木は主として直径10cm以上に偏って分布している。とくに12cm~22cmの間で95個、実に90%を占めている。したがって回帰曲線もこの部分では資料によく乗っていることが判る。この12cm~22cmの間の曲線がそれ以下およびそれ以上の直径の部分に強く作用した形となってあらわれているわけである。とくに8cm以下の資料がわずか1個しかないため、8cm以下に対する作用、つまり影響力は極めて弱い結果となっている。回帰曲線つまり2次式による曲線が示す一般的傾向と共に、この回帰式(材積方程式)が醸した欠点の1つであるといえよう。しかし、だからといって直径7cm以下の林木は、微少といえども材積は存在する。少なくとも(-)の材積ではありえない。

このような場合、その部分のみの資料を用いて別個に材積方程式を計算し、全体では1~7cmの部分とそれ以上の部分、の2つに分けて材積式を適用する方法、あるいはグラフ上で曲線を修正する方法、等が考えられる。

しかし、7cm以下については標本木つまり資料が1個だけであり、材積方程式を独自に求めることは不可能である。12cm以下を対象に資料をみると15個になる。しかしその大部分は10cmから12cmの範囲に分布しており、結果は前と同じになることが予想される。また、仮りにこの部分の材積式を計算し求めてみても全体に対する材積量は非常に少なく、必ずしも効率的とはいえない。

そこで、ここでは材積方程式にもとづく回帰曲線の修正を図上で行なうこととし、

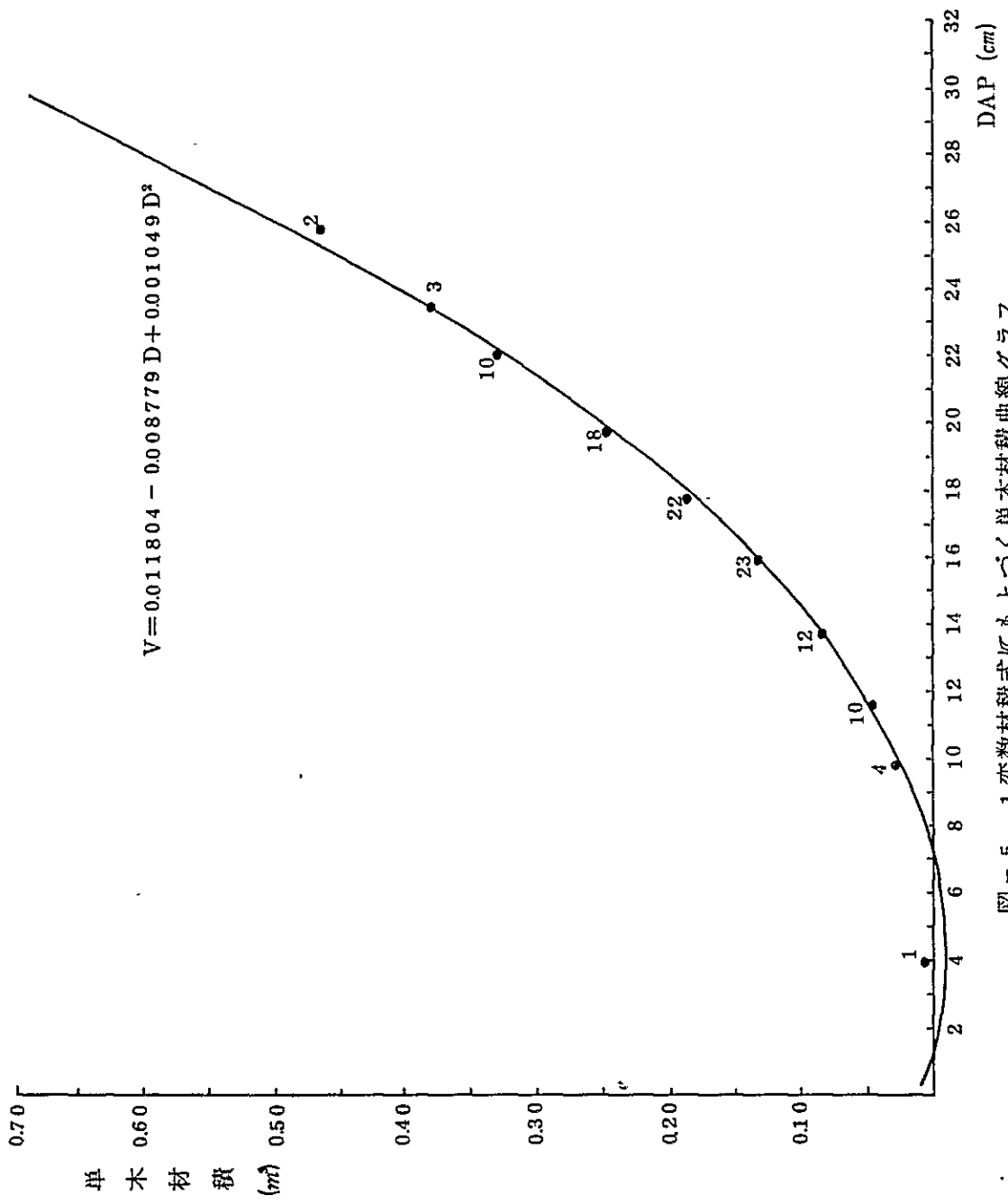


図-5 1変数材積式にもとづく単木材積曲線グラフ

直径 12 cm 以下の標本木 15 本を個々にプロットし、そして資料の不足する部分に対してはプロット調査で測定したものの中から直径 9 cm 以下の林木について 22 本を野帳からピックアップしてとり、これを補充した。そしてこれらの資料（合計 37 個）をグラフ上にプロットした。そして直径 12 cm 以下を対象に図上でフリーハンドにより単木材積の曲線グラフを画いた。図-6 はその結果を示したものである。これにより直径 11 cm 以下の単木材積についてはほぼ妥当な値がえられたといえる。なお、表-13 は 12 cm 以上については材積方程式により、また 11 cm 以下については図-6 のグラフ上で読み取った単木材積を示した。

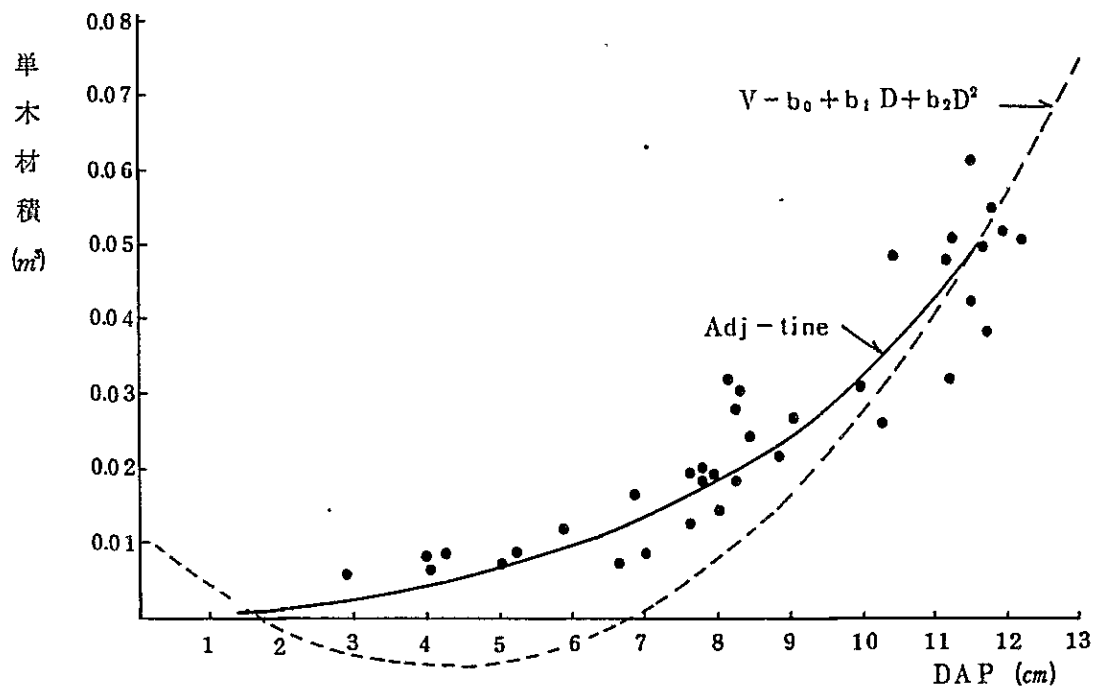


図-6 12 cm以下の単木材積に対する修正曲線グラフ

表-13 直径階別単木材積一覧表

$N_0$	D	v	$N_0$	D	v
	cm	$m^3$		cm	$m^3$
1	2	0.0015	11	12	0.0575
2	3	0.0025	12	14	0.0945
3	4	0.0045	13	16	0.1399
4	5	0.0070	14	18	0.1937
5	6	0.0100	15	20	0.2558
6	7	0.0135	16	22	0.3264
7	8	0.0185	17	24	0.4053
8	9	0.0245	18	26	0.4927
9	10	0.0325	19	28	0.5884
10	11	0.0430	20	30	0.6925

(注) 直径 12 cm 以上は材積方程式による。11 cm 以下は修正曲線グラフ上の読み取り値

#### D 材積生長量の推定

直径生長量の推定（回帰式），および直径（D）を変数とする1変数材積方程式がえられたあと，林分を対象とする材積生長量の推定を表-14のとおり行なった。計算の方法および手順は次のとおりである。

- ① 直径の括約は標本木（コア測定資料，105本）の出現する直径の範囲について，これを2 cm 毎に括約した。
- ② 2 cm 毎に括約した各直径（D）に対応する1本当り材積を前項Cによりえられた1変数材積方程式

$$v = 0.011804 - 0.008779D + 0.001049D^2$$

で計算された表-13の材積値を表-14に転記した（ただし直径10 cm 以下の材積は図-6の修正曲線グラフによる）。

- ③ 各直径階に対応する1本当り材積の差，つまり材積差 $\Delta v$ を計算する。たとえば直径2 cm と4 cm の $\Delta v$ は $0.0045 - 0.0015 = 0.0030(\text{m}^3)$ ，直径4 cm と6 cm の $\Delta v$ は $0.0100 - 0.0045 = 0.0055(\text{m}^3)$ ，……となる。
- ④ 材積差 $\Delta v$ にもとづいて材積修正差 $\delta v$ を計算する。たとえば直径4 cm の $\delta v$ は $(0.0030 + 0.0055)/2 = 0.0043(\text{m}^3)$ ，直径6 cm の $\delta v$ は $(0.0055 + 0.0085)/2 = 0.0070(\text{m}^3)$ ……となる。
- ⑤ 直径生長量 $\Delta d$ は前項Bによって求められた直径生長量推定のための回帰式

$$Y = 0.3052 + 0.0169 X$$

（ただし，X：直径，Y：直径生長量）

により各直径階毎に計算した。

- ⑥ 以上により求められた材積修正差 $\delta v$ ，および直径生長量 $\Delta d$ を用いて材積生長量 $v_{(g)}$ を $v_{(g)} = (\delta v \cdot \Delta d)/2$ により計算する。この場合の2は直径の括約が2 cm によるためである。若し1 cm 括約のときは1である。なお，この段階までは単木（1本当り）の材積生長量である。
- ⑦ 各直径階の本数Nは蓄積推定のためのプロット調査資料にもとづく本数の集計結果（表-4のプロット毎・直径階別本数頻度分布表）による。なお，ここで直径2 cm 階で本数1が出現している。しかし生長量推定では上記③の材積差（ $\Delta v$ ）およびこれにもとづく④の材積修正差（ $\delta v$ ）を計算で求める関係上，それぞれ上下1直径階までの1本当り材積を求めなければならない。若し2 cm 階までを対象にすれば，2 cm 括約にもとづく下の直径階は0 cm となり材積算定上問題がある。たまたま本数も1本

だけであり、材積生長量の推定に及ぼす影響は殆んど問題にならないため、この2 cm 階の1本はその対象からはずした。ただし最終的な取り扱い(表-14の最下欄における㉑、㉒、㉓の合計欄)ではこの本数も計算の対象とした。

㉑ 上記㉑の材積生長量  $v_{(g)}$  に㉑の各直径階別本数  $N$  を乗じて全材積生長量  $V_{(g)}$  がえられる。この値が調査対象林分における105本の標本木から推定された各直径階別材積生長量であり、その合計値  $20.1205m^3$  がプロット面積  $0.04ha \times 35$  個 =  $1.4ha$  当り、つまり林分当り全材積生長量となる。

㉒ 一方、各直径階別1本当り材積  $v$  に、同じく各直径階別本数  $N$  を乗じたものが㉑と同様に各直径階別材積量であり、その合計値  $216.9554m^3$  が  $1.4ha$  当りの全材積量である。

表-14 材積生長量計算表

① 胸高直径 D	② 1本当り 材積 v	③ 材積差 $\Delta v$	④ 材積修正差 $\delta v$	⑤ 直径生長量 $\Delta d$	⑥ 材積生長量 $v_{(g)}$ $(\frac{\delta v \cdot \Delta d}{2})$	⑦ 本数 N	⑧ 全材積生長量 $V_{(g)}$ $(v_{(g)} \cdot N)$	⑨ 全材積 V $(v \cdot N)$
cm	$m^3$	$m^3$	$m^3$	cm	$m^3$	(1)	$m^3$	$m^3$
2	0.0015		-	-	-		-	-
4	0.0045		0.0043	0.3728	0.00080	2	0.0016	0.0090
6	0.0100		0.0070	0.4066	0.00142	6	0.0085	0.0600
8	0.0185		0.0113	0.4404	0.00249	25	0.0623	0.4625
10	0.0325		0.0195	0.4742	0.00462	63	0.2911	2.0475
12	0.0575		0.0310	0.5080	0.00787	134	1.0546	7.7050
14	0.0945		0.0412	0.5418	0.01116	214	2.3882	20.2230
16	0.1399		0.0496	0.5756	0.01427	280	3.9956	39.1720
18	0.1937		0.0580	0.6094	0.01767	280	4.9476	54.2360
20	0.2558		0.0664	0.6432	0.02135	171	3.6509	43.7418
22	0.3264		0.0748	0.6770	0.02532	102	2.5826	33.2928
24	0.4053		0.0832	0.7108	0.02957	22	0.6505	8.9166
26	0.4927		0.0916	0.7446	0.03410	12	0.4092	5.9124
28	0.5884		0.0999	0.7784	0.03888	2	0.0778	1.1768
30	0.6925		-	-	-	-	-	-
㉑ 合計(調査プロット面積1.4ha当り)						1314	20.1205	216.9554
㉒ 単位面積(1ha)当り						939	14.3718	154.9681
㉓ 推定対象面積(A=25ha)当り						23464	359.2946	3874.2035

表-14 の材積生長量計算表による計算結果から、調査プロット面積14ha 当り材積生長量は 20.1205m<sup>3</sup> となった。これより単位面積(1 ha) 当りでは 14.3718m<sup>3</sup>, また推定の対象とした Talhao №8 (500m×500m=25ha 当り) では 359.2946m<sup>3</sup> という推定結果が出た。

一方、ここで算出された材積は 14ha 当り 216.9554ha, 単位面積(1 ha) 当り 154.9681m<sup>3</sup>, 全面積(25ha) では 3874.2035m<sup>3</sup> という結果となった。

これより、この林分の材積生長率 P は次のとおりとなる。

$$P = \frac{20.1205}{216.9554} \times 100 = 9.27 (\%)$$

なお、図-7 は単木における材積生長量を各直径階と対応させてグラフにあらわしたものである。

## 8 おわりに

1982年11月9, 10, 23, 24, 25日の5日間により実施した Aguas de Santa Barbara 州有林内 Talhao №8 (25ha) の Pinus elliottii に対する Systematic line-plot sampling による蓄積推定、ならびにこれと併行して行なった生長錐調査による林分材積生長量の推定は以上のような推定結果をえた。

いま、ここで推定結果に対し、いくつかの点について若干の考察を行なってみたいと思う。

まず、蓄積推定では、現地調査に先立ち林分変異係数 (Coefficient of variation of stand) C を 30% とおさえ、また目標精度 (許容誤差率, Precision) を 10% とした。これらによりプロット調査個数 n は 34 個 (実際は 35 個を調査) となった。しかし調査後の計算結果では林分変異係数は 17.67% となった。森林の状態は樹高、直径等の生長に若干の差異があり、加えて局部的に山火事跡や湿地帯もあることから、林分状態に若干の均一性を欠くため C = 30% としたのであった。しかし実際は人工林でかなり斉一な林分だったことを C = 17.67% の数値は示しているといえよう。したがってこれを仮りに C = 17.67 = 20% とした場合の調査プロット抽出個数 n は

$$\begin{aligned} n &= \frac{4C^2A}{e^2A + 4aC} \\ &= \frac{4 \times (20)^2 \times 25}{(10)^2 \times 25 + 4 \times 0.04 \times (20)^2} = 15.6 \approx 16 \end{aligned}$$

すなわち計算上では 16 個のプロット調査でよいことになり、調査時間その他でかなり軽減されることになる。この類いの調査計画に対する今後の参考資料の一つとなろう。

蓄積推定の結果は本数、材積のそれぞれは次のとおりとなった。これにこのあとに行なった林分材積生長量の推定結果にもとづく本数および材積の数値と対比させてみると、その結



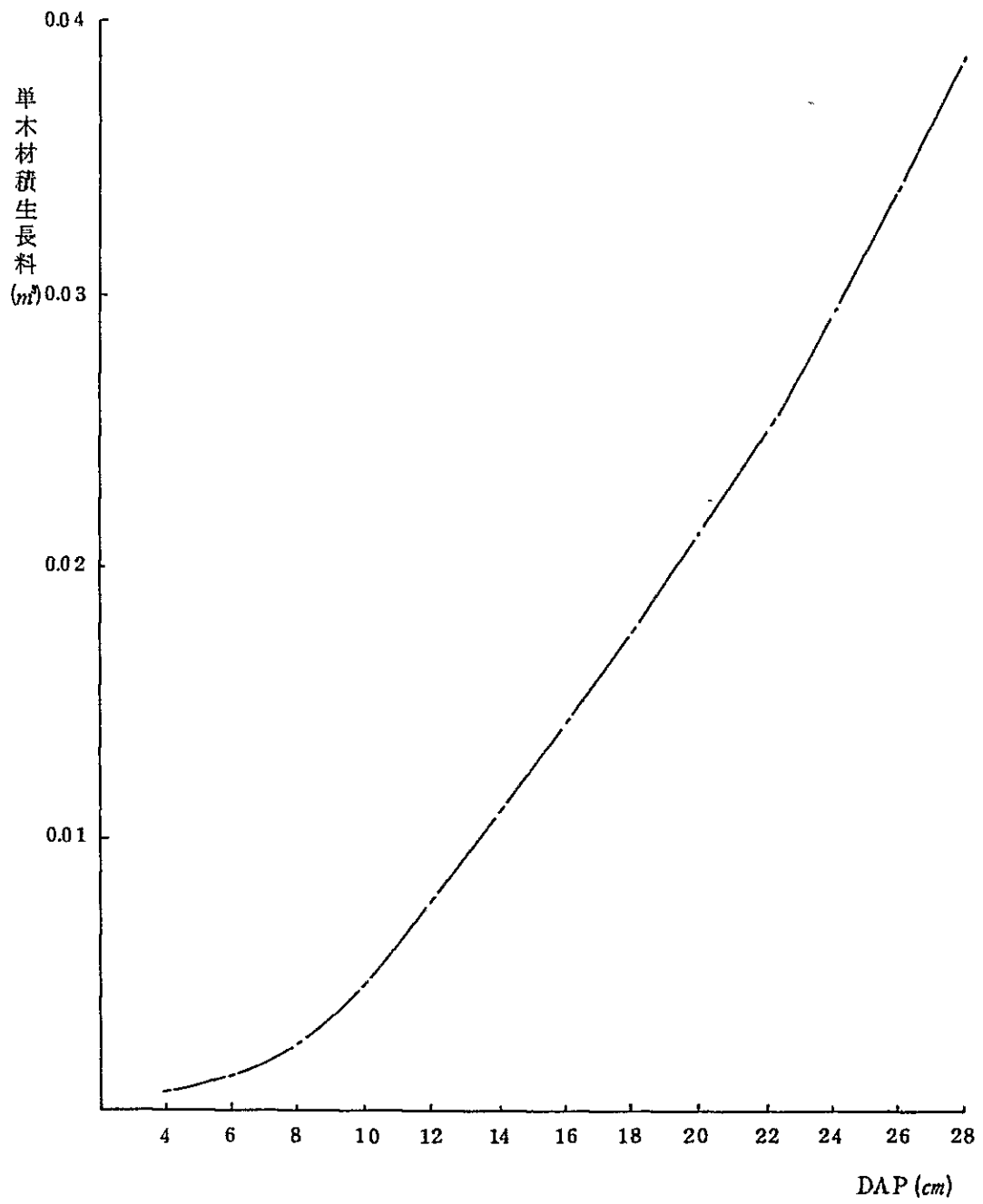


図-7 単木材積生長曲線グラフ

果は何れもプロット調査にもとづく推定範囲の中にあり、極めてよく合っている。なお、プロット抽出誤差率は14.54%であった。

		Systematic line-plot samplingの結果		林分材積生長量 推定にもとづく 結果
		$t_{.05}$ のとき	$t_{.01}$ のとき	
本 数	1ha 当り	937.5±37.1 ( 900.4~974.6)	937.5±49.9 ( 887.6~987.4)	939
	25ha 当り	23438±927 (22511~24365)	23438±1248 (22190~24686)	23464
材 積 (m <sup>3</sup> )	1ha 当り	153.93± (131.55~176.32)	153.93±30.15 (123.79~184.08)	154.97
	25ha 当り	3848.3±559.6 (3288.7~4407.9)	3848.3±753.7 (3094.6~4602.0)	3874.20

以上の推定結果が実際の林分にどの程度合っているかは今後のチェックの結果を待つ他ない。しかし全体蓄積の推定、とくに大面積森林を対象とする蓄積の把握にはその調査方法やその後の計算の簡便さ等から、極めて効率的な手法の一つであるといえよう。とくに調査結果のデータ処理(計算)をコンピューターに組みこむこと、および空中写真との組合せが行なわれれば、取り纏め(内業計算)のスピードアップと共に、さらに推定精度の向上化が図られるであろう。

次に、林分材積生長量は ha 当り 143718m<sup>3</sup>、推定対象面積の 25ha 当りでは 3592946 m<sup>3</sup> という推定結果をえ、その生長率 P = 927% となった。因みに、日本のスギの生長率は、場所により、また品種や施業方法等の違いにより差はあるが、およそ 6%~15% の範囲を示すことから、Pinus elliottii の生長率は必ずしも良好とはいえない。Agua de Santa Barbara 州有林では現在この Pinus elliottii は殆んど造林の対象となっていないのも、他のマツに比し生長が劣るためである。なお、材積生長率の推定方法に対する検討、とくに小直径階における取り扱いは今後の研究課題としたい。また今回推定された材積生長量がどの程度合っているかについても今後のチェックを待つよりない。

おわりに、この研究調査のための現地調査を共にした。Agua de Santa Barbara 州有林の Snr ADAUTO Fiorucci, Snr ATAIDE SOARES の両氏に対し謝意を表す。なお、各種資料の取り纏め、計算等は共著者の 1 人、長が日本に帰国後に行なったため、その際、マイクロコンピューターのプログラミングを九州大学農学部林学科 4 年生(1983 年時点)の稲員良子氏が行なった。またその後の計算のチェック、および取り纏めに際しその一部について水谷豊子、郷野恭子の両氏の労を煩わした。併せて謝意を表す。

参 考 文 献

- (1) H. Arthur Meyer : Forest Mensuration, 1953
- (2) George W. Sneedcor : Statistical Methods, 1956
- (3) 木梨謙吉・長正道：標本抽出法による三方岳天然林（九州大学宮崎演習林）蓄積調査報告  
九州大学演習林集報 10, p. 1-58. 1958
- (4) 長正道, 他 4 名：サンパウロ州におけるエリオッティマツの蓄積および生長量の推定, 日  
本林学会九州支部研究論文集 37, p. 39-40. 1984

## 樹 幹 析 解

— Pinus elliottii の樹幹析解によるマニュアル —

### MÉTODO DE ANÁLISE DE TRONCO

Masamiehi Chyo

Nobor Haga

Hideyo Aoki

1. はじめに .....	397
2. 樹幹析解木の選定と伐倒 .....	397
(1) 標本木の選定 .....	397
(2) 周辺木の測定 .....	398
(3) 伐倒・玉切りと円板採取 .....	400
(4) 枝条の取り扱い .....	402
3. 円板の測定 .....	402
(1) 樹齢の査定 .....	402
(2) 年齢数の算定 .....	402
(3) 半径の測定 .....	404
4. 直径の算定 .....	407
(1) 各齢階の直径の算定 .....	407
(2) 地上 0, 0 m の直径の算定 .....	408
5. 樹高の算定 .....	410
6. 断面積の計算 .....	412
7. 材積の計算 .....	414
(1) 区分材積の計算 .....	414
(2) 幹足材積の計算 .....	416
(3) 梢頭材積の計算 .....	417
8. 生長量および生長率の計算 .....	421
(1) 胸高直径 .....	421
(2) 胸高断面積 .....	422
(3) 樹 高 .....	423
(4) 材 積 .....	425

9. 樹幹析解図の作成 .....	426
10. 3年を1齡階とした場合の樹幹析解 .....	431
11. 5年を1齡階とした場合の樹幹析解 .....	438
12. おわりに .....	444
参 考 文 献 .....	444

# 樹 幹 析 解

## Pinus elliottii の樹幹析解によるマニュアル

Masamichi Chyo

Nobor Haga

Hideyo Aoki

### 1 はじめに

材木の種子が発芽し、または苗木が林地に植栽され、現在まで生長してきた過去の直径、樹高、断面積、および材積等の各生長経過を精密に測定する方法の一つが樹幹析解 (Stem analysis) である。

樹幹析解は密度 (植栽本数) と生長の関係、間伐の度合いや回数と生長の関係等の森林施業の上参考となるほか、森林 (林地) と樹種または品種による生長量の比較検討、分析等の林木生長学研究の基礎資料にも利用できる。またデータが具備されておれば過去の気象条件と対応することにより材木生長との結びつけも可能である。しかし、樹幹析解の最大の目的は過去の生長で過去の施業との結びつけによる、植栽本数、間伐、枝打ち、伐期決定、等の適正施業の確立にある。

樹幹析解はその対象となる材木や目的によっていろいろな方法が行なわれている。たとえば老齢木や幼齢木、あるいは大径木と小径木ではその方法を異にして行なう場合がある。また詳細な分析を目的とする場合も方法が変ってくる。しかしここでは一般的方法として現在日本で広く実行されている方法をもとに、主としてそのマニュアル作成を目的に樹幹析解を実施した。他の方法は何れの場合も基本的には同じである。したがって目的や材木の違いはこのマニュアルをもとに如何ようにでも応用することが可能であると考えらる。

### 2 樹幹析解木の選定と伐倒

#### (1) 標準木の選定

樹幹析解木の選定はその目的によって異なる。株分の最大生長の度合を測定する場合はその林分の優勢木 (dominant tree (oppressed tree)) を選定する。逆に被圧されて生長が悪い状態をみる場合は被圧木を対象に測定することになる。しかし一般には林分の平均的な生長状態をみる場合が多い。この場合林分の標準木 (standard tree) (中央木ともいう) を測定することになる。ここでは標準木を対象として樹幹析解木を選定した。

樹幹析解のための標準木は Aguas de Santa Barbara 州有林, Talho № 15 の 21 年生 Pinus elliottii を対象に、1982 年 10 月 19 日に次のとおり選定し、伐倒した。

Talho № 15 の中でほぼ平均と思われる部分に 20 m × 20 m の標準地を設定した。そしてその中に入る立木の胸高直径 (DAP) を測定した。測定結果および標準木選定のための断面積の計算は表-1 に示すとおりである。

表-1 20m×20m 標準地内の DAP 測定結果

DAP	本数 (n)	1本当り断面積 (g)	直径階別断面積合計 (G)
18cm	2	0.0254 m <sup>2</sup>	0.0509 m <sup>2</sup>
19	4	0.0284	0.1134
20	6	0.0314	0.1884
21	3	0.0346	0.1039
22	4	0.0380	0.1521
23	2	0.0415	0.0831
24	5	0.0452	0.2262
25	3	0.0491	0.1473
26	3	0.0531	0.1593
32	1	0.0804	0.0804
Total	N=33		ΣG=1.3050

これより標準木は次のとおり計算された。

(A) 断面積による場合

$$d(g) = \sqrt{\frac{\left(\frac{\Sigma G}{N}\right)}{\pi} \times 2} = \sqrt{\frac{\left(\frac{1.3050}{33}\right)}{\pi} \times 2} = 0.2244(m)$$

$$= 22.44 \text{ cm}$$

(B) 直径の算術平均による場合

$$d(m) = \frac{\Sigma(D_i \cdot n)}{N} = \frac{734}{33} = 22.24 \text{ cm}$$

(A)と(B)ではDAPは0.20 cmの差を生じた。厳密には(A)によるが、しかし樹幹析解木は一般にはcmオーダーで選定する機会が多いので、この程度の差異は問題ではない。ここではDAP = 22 cmの立木を標準地の中から選び、この標準木に対し伐倒前に次の項目を測定した。

- ① DAP = 22.0 cm (Com Casca)
- ② H = 22.1 m
- ③ 枝下高 = 13.4 m
- ④ CD = 3.0 m e 3.6 m (平均 3.3 m)

(2) 周辺木の測定

標準木が選定されたら、次にその標準木を取り巻く周辺木に対してDAP, H, その他の測定を行なう。これは樹幹析解が行なわれる標準木がどのような林分状態, 密度等の環境の中に生立し生長してきたかをみるためである。ここでは周辺木について次の測定を行なった。

表-2 周辺木の測定結果

No.	D A P	H	枝下高	C D	N 方向	距離
1	18 cm	17.5 m	7.5 m	2.5 e 3.6 m	3°	1.78 m
2	27	20.5	13.0	3.3 e 4.0	90	4.10
3	26	20.0	11.5	3.5 e 3.4	174	2.78
4	24	19.7	10.5	3.7 e 4.5	211.5	5.78
5	26	19.5	12.7	3.6 e 3.6	277	8.95
6	24	20.2	12.5	4.0 e 3.3	323	5.00

表-2の測定結果から林木位置図を画くと図-1のとおりとなる。

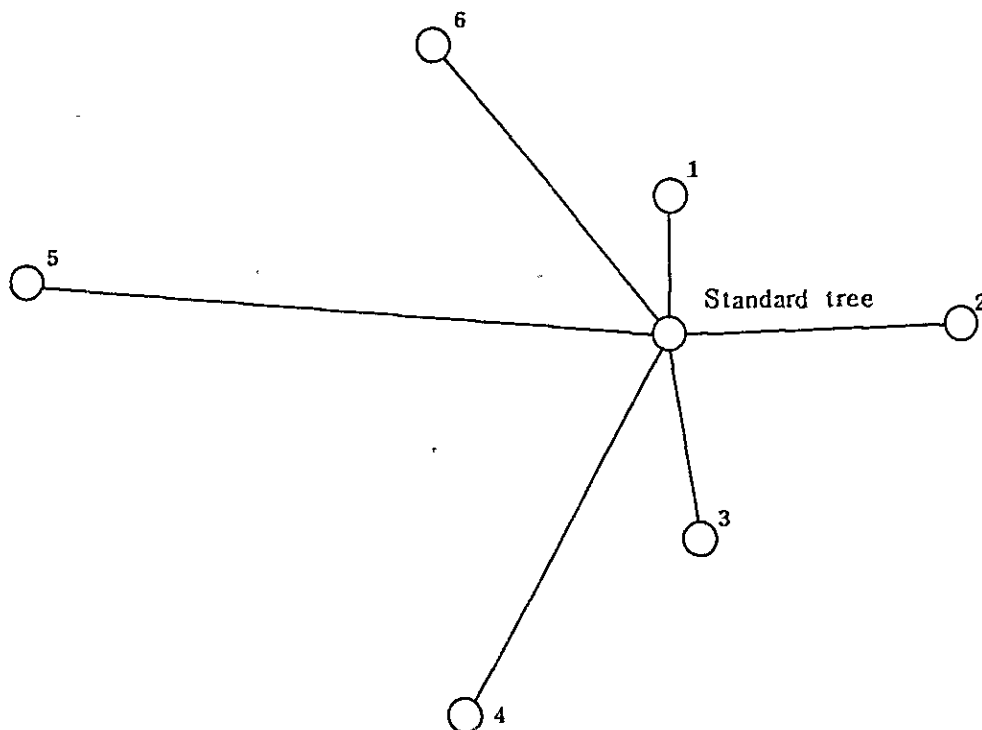


図-1 周辺木の林木位置図

これらに対する検討はその目的によっていろいろの方法が考えられるであろう。各林分における樹冠直径(CD)による樹冠競合度, 標準木と周辺木の直径, 樹高および樹間距



離との関係，等が考えられる。

たとえば，標本木を含む平均直径 ( $\bar{d}$ )，平均樹高 ( $\bar{H}$ )，平均枝下高 ( $\bar{H}_c$ )，平均樹冠直径 ( $\bar{CD}$ )，および平均樹間距離 ( $\bar{\ell}$ ) は本例の場合は次のとおりとなる。

$$\begin{aligned}\bar{d} &= \frac{\sum(d_i)}{n} = \frac{167}{7} = 23.9 \text{ m} \\ \bar{H} &= \frac{\sum(H_i)}{n} = \frac{1395}{7} = 19.9 \text{ m} \\ \bar{H}_c &= \frac{\sum(H_{c_i})}{n} = \frac{81.1}{7} = 11.6 \text{ m} \\ \bar{CD} &= \frac{\sum(CD_i)}{2n} = \frac{49.6}{2 \cdot 7} = 3.5 \text{ m} \\ \bar{\ell} &= \frac{\sum(\ell_i)}{n} = \frac{28.39}{6} = 4.73 \text{ m}\end{aligned}$$

なお，これはあくまでも本林分に対する数値に止まる。これがどのような意味を有するかは，他の林分における樹幹析解木との対比および比較検討によってその数値の意味が生かされることになる。

### (3) 伐倒，玉切りと円枝採取

標本木が決定し，またその周辺木測定が終わったら，次は標準木を伐倒する。伐倒の高さは  $0.1 \text{ m}$ ， $0.2 \text{ m}$ ， $0.3 \text{ m}$  あるいは  $DAP$  の  $1/3$  の高さ（たとえば  $DAP = 22 \text{ cm}$  の場合は  $22/3 = 7.33 \text{ cm}$ ）等，いろいろの方法がとられる。しかし，実際はその地方により，あるいは樹種や品種によって，また林木の大きさによって行なわれている伐倒高を基準にして差支えない。Aguas de Santa Barbara ではマツは地上  $0.1 \text{ m}$  の高さで伐倒されているので，ここでは  $0.1 \text{ m}$  で標準木を伐倒した，なお，林地が傾斜している場合は傾斜面の上方で伐採高を設定するのが普通である。

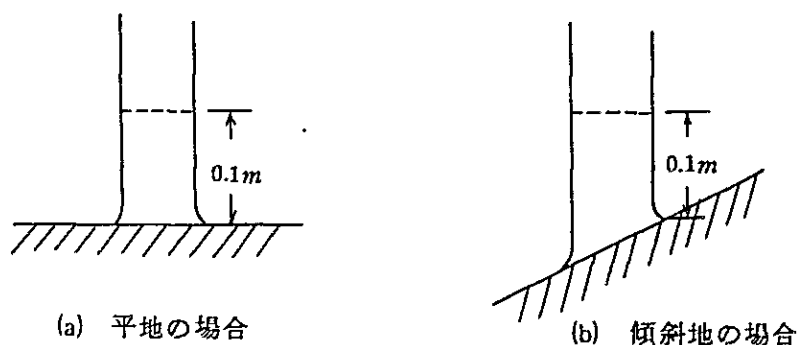


図-2 伐倒高の決定

標準木が伐倒されたら、先ず全樹高、枝下高を再度正確に測定する。そして枝条を除去する。

次に標準木を区分し玉切りにして円枝を採取する。区分、玉切り、および円枝採取の方法は次の方法による。

先ず、基部（下方、地上 0.1 m）を基準に、初め 1.0 m、次に 2.0 m 間隔に区分する。そして最後に梢頭部が 3.0 m 未満となったとき、1.0 m をとる。したがって梢頭部は常に 2.0 m となる。この場合、注意しなければならないのは、それぞれの区分個所の高さ（断面高）は地上（0.0 m）が基準となっていることである。また D A P（1.3 m）の部分も測定の対象として円枝を採取することを忘れてはならない。

伐倒された標準木の区分、玉切り、および円枝採取の位置を図に示すと図-3 のとおりとなる。

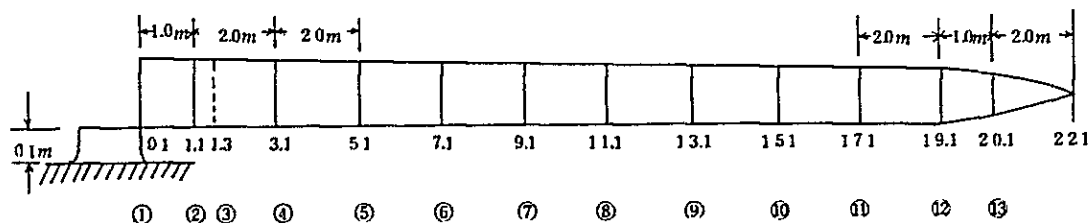


図-3 区分・玉切り、および円枝採取の位置

円枝は区分し玉切りした部分（本例の場合は 13 個、図-3 参照）について採取する。採取する円枝の厚さは割れたり破損したりしない程度であればどれだけでも構わないが、普通 3 cm ~ 5 cm の厚さに取っておけば十分である。採取した円枝は測定面の反対側（裏面）に円枝番号その他必要事項（たとえば断面高、円枝採取年月日、採取者名等）を全部につ

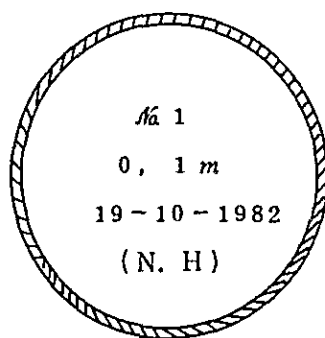


図-4 円板への記号の記入例

いて記入しておくといふ。また円枝は樹皮（casca）が剥れないよう取り扱いに注意しなければならない。若し円枝が節の部分にかかった場合は上，下にずらし節の部分をはずして採取する。

これにより円枝の採取は終了する。

#### (4) 枝条の取り扱い

普通，単なる樹幹析解の場合は枝や葉等の枝条は樹幹析解の対象とはならない，しかし林地の総生産量を測定する場合，その他特殊の研究目的に樹幹析解データを用いる場合は枝条も測定することがある。また枝を含む全材積を測定する場合には枝も樹幹析解の対象とすることもある。一般には枝条の測定は重さおよびキシロメーター（Xylometer）に容積つまり材積を測定するに止まる。ここでは枝条は測定しなかった。

### 3 円枝の測定

#### (1) 樹齢の査定

円枝が採取されたら，乾燥による収縮や年輪測定の見難さ（困難さ），ヒビ割れ等が生じないうちに，なるべく早く円枝の測定に取りかかることが必要である。しかし，マツのように樹脂（マツヤニ）が出て測定し難い場合は，ある程度乾燥させ樹脂が止って測定するのも止むを得ない。円枝の測定に当っては表面，つまり測定面をきれいに削って測定し易いようにする。また乾燥して年輪が見にくくなった場合は水，ベンジン等で湿らせると見易くなる場合もある。

円枝の測定に先立ち，先ず最初に樹齢つまり樹幹析解木の年齢を正しく査定しなければならない。樹齢は種子の播種または林地への植栽がはっきりしている場合はこれを基準としても構わないが，年輪の測定は必ず行なうことが必要である。何故ならばこのあとの円枝の測定はすべて年輪が基準となるからである。若し天然林その他で播種や植栽がはっきりしない場合は，伐倒面まで達する年数を何らかの方法で推定しこれに伐倒面の円枝の年輪数を加えてその林木の樹齢とする。伐倒面まで達する年数は樹種や伐倒高によってそれぞれ異なることに注意しなければならない。伐倒面までに達する年数がどうしても判らない場合は，伐倒高と同じ高さの幼齢木を近くで見付け，その幼齢木を地際（0.0 m）で切断し，その年輪数を数えて伐倒面に達する年齢と見做すことも考えられる。

本例の場合は1961年播種で樹齢21年と査定された。しかし林地への植栽は4カ月後の1962年である。そのため伐倒高0.1 mの部分の円枝の年輪数は20となった。つまり伐倒高0.1 mに達するまでの間に年が変り，そのため樹齢の上では1年を要したことになる。したがってこの樹幹析解木の樹齢は一応21年として取り扱った。

#### (2) 年輪数の算定

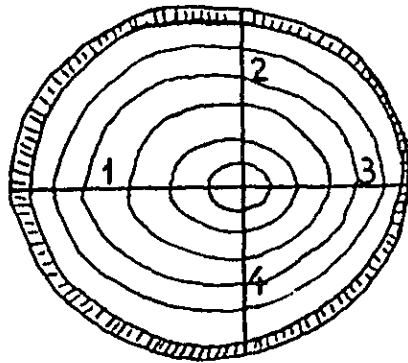


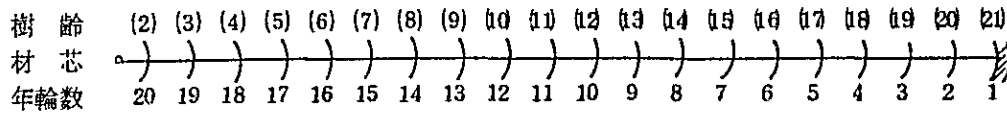
図-5 円枝上に対する測定線の設定

樹齢が決定したら、次に各円枝の年輪の数を数える（本例の場合、円枝の数は13個）、この場合、各円枝の材心（芯材）の部分基準に、直径が最大の方に円枝上に直線を引き（線1-3）、次にそれと直角方向に同じく材心を通るように直線（図2-4）を引く（図-5参照）、そしてその方向のそれぞれについて年輪数を数える。年輪数はこの4方向とも完全に同じにならなければならない。円枝は断面高が高くなるにつれてその年輪数は少なくなっていく。しかしここで注意しなければならないことは、断面高が高くなり年輪数が段々少なくなっても、各円枝の一番外側にある年輪は常にその林木の樹齢を表わしていることである。つまり林木の生長は樹高（H）が上に向って生長すると同時にDAPと関連する年輪は常に外側に向って増加しているのであるこのことは常識であるにもかかわらず、樹幹析解の時、往々にして間違っているので、この点、とくに念頭においておく必要がある。

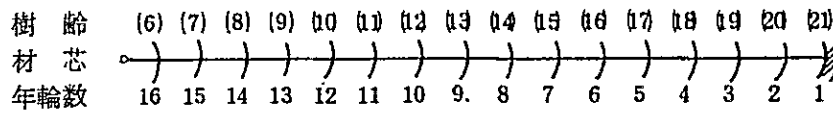
参考のため、本例における断面高0.1 m（円枝No.1）、断面高5.1 m（円枝No.5）、および断面高15.1 m（円枝No.10）の場合の断面高と年輪数および樹齢の関係を図に示すと図-6のとおりである。これは各円枝の年齢数の数え方の参考にもなるであろう。

表-3は本例における13個の円板に対し行なった年輪数の算定結果を円枝番号、断面高と対比して一覧表に示したものである。

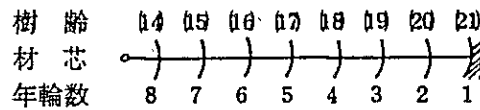
図-6、および表-3の結果から、各円板の年輪数は樹齢とは独立に断面高が高くなるに伴って段々少なくなっていくことが判るであろう。



(a) 断面高 0.1 m の場合



(b) 断面高 5.1 m の場合



(c) 断面高 15.1 m の場合

図 - 6 断面高と年輪数および樹齢の関係

表 - 3 各円枝に対する年輪数の算定結果

円 枝 番 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
断 面 高 (m)	0.1	1.1	1.1	3.1	5.1	7.1	9.1	11.1	13.1	15.1	17.1	19.1	20.1
年 輪 数	20	18	18	17	16	14	12	10	9	8	6	4	3

### (3) 半径の測定

各円枝の年輪数が算定されたら、次は同じ各円枝に対し齢階別半径の測定を行なう。半径の測定は各円枝に対し材心を中心点として直径の最大方向およびその直角方向に引かれた各線に沿って中心点を基点として4方向について行なう。また測定は各齢階毎に行なう。齢階は樹幹析解木の大きさや樹齢、および目的によって異なる。通常は5年を1齢階とすることが多い。しかし、100年を越えるような老齢木は10年を1齢階とすることもある。逆に若い林木に対して3年や2年を1齢階としたり、また1年毎に測定する場合もある。20年前後の若い木では5年を1齢階にしたらせいぜい4齢階の測定に止まり、その生長経過が詳しく把握されないためである。しかし1齢階を何年にとっても、その測定方法やあとの計算方法は基本的には変らない。

本例の場合は樹齢21年で若いため、ここでは1年毎に測定を行なった。そして参考のため3年、および5年毎の計算も併せて試みた。この場合、1年毎に測定したデータがそのまま3年、および5年毎の計算に利用できる。

なお、通常行なわれる5年毎の測定の場合の齢階の区切り方は、1～5年、6～10年、

11~15年といったように樹齢1年を出発点に5年目毎に区切る。このように区切ったら、その半径を測定する時分り易いようにそれぞれの個所に印をつけておくとよい。この場合、注意しなければならないことは、各円板は断面高が高くなるにしたがい若い齢階の部分は段々消失していくことである。たとえば1~5年の齢階は断面高が低いところでは存在するが、順次高くなると消失する。更に高くなっていくと次の齢階の6~10年も消失していくことになる。そして最後の部分、つまり先端に近くなると、その林木の樹齢の一番高い齢階だけになってしまうことになる(図-7参照)。

なお、この測定齢階の決定と印づけは4方向の測定線全部について行ない、測定する部分の齢階(年輪)が1周して完全に一致することを確かめることを忘れてはならない。また5年とか3年間隔で測定部分を取り、最後に端数が出た場合は、その端数をもって1つの齢階とする。本例の場合は林齢が21年であるため、5、10、15、20と刻み、最後に1年の端数が出る。また3年刻みの場合は3、6、9、12、15、18、21となり、7齢階により端数は出ない。1年刻みの場合はすべての年輪が齢階として測定されるから問題はない、10年刻みの場合も5年および3年刻みの場合と全く同じ方法となる。

このようにして測定する齢階が決定し、印をつけ終わったら、次はいよいよ各齢階に対する半径の測定に取りかかることになる。各齢階に対する半径の測定は測定線4方向のそれ

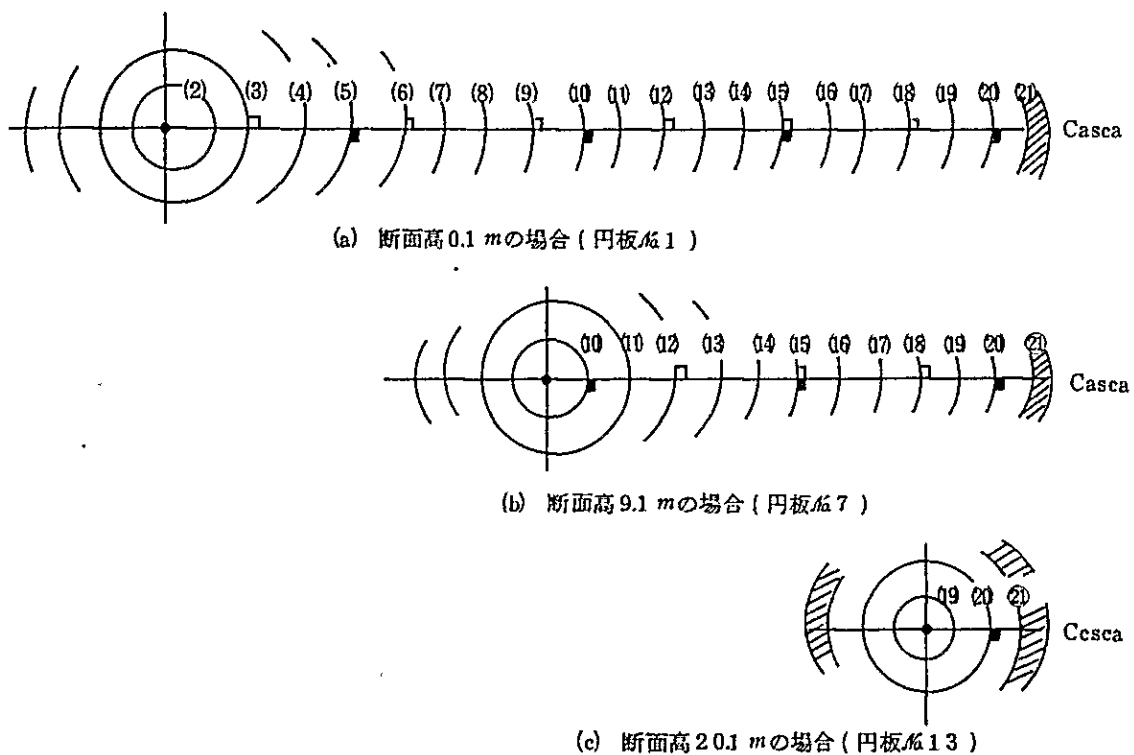


図-7 円板の測定齢階の減少状態と測定印のつけ方

それについて材芯（中心点）から5年まで、同じく材芯から10年まで、15年まで、20年まで、という方法で測っていき、その林木の齢階である21年まで測定し、そして最後に皮（casca）を測定する。皮は各齢階の測定値と区別するため（ ）をつける。なお、測定は0.5 mm位までなるべく正確に測定する。記入はcm単位とする。若し色が変わっている芯材部分が明瞭に区別でき、かつこれを必要とする時はこれも測定の対象とする。その場合はこれを一番最後に測定し、芯材部分の測定値であるNotaしておく必要がある。

これら測定は円枝直径原表（Medicao do diametro do disco）を準備しこれに測定値を記入する。この円枝直径原表にはLocal, Nº Arvore, Especie, Altura, Idade, Altura de Medicao, Dados de Medicao, Data de Medicao等の必要事項を各原表に記載できるよう、予め印刷しておくとい。

表-4（Nº 1～Nº 3）は円枝Nº 1（断面高0.1 m）、円枝Nº 7（断面高9.1 m）、および円枝Nº 13（断面高20.1 m）の3個の円枝に対する各齢階の半径の測定結果をモデルとして示したものである。実際はこの直径原表は円枝採取数の枚数となる。本例の場合、円枝は13個が取られたので、直径原表も13枚となった。

表-4 円枝直径原表への測定値の記入例（1年毎測定の場合）

Nº 1 円枝Nº 1（断面高0.1 m）の場合

COMP DO RAIÃO \ IDADE	IDADE											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	0.45	1.10	2.10	2.90	3.55	4.05	4.45	4.70	4.95	5.30	5.70	
2	0.45	1.20	2.10	3.00	3.70	4.35	4.80	5.25	5.60	6.00	6.35	
3	0.40	1.00	1.70	2.50	3.00	3.55	3.90	4.20	4.45	4.80	5.15	
4	0.40	1.00	1.90	2.60	3.10	3.55	3.85	4.20	4.40	4.75	5.10	
TOTAL	1.70	4.30	7.80	11.00	13.35	15.50	17.00	18.35	19.40	20.85	22.30	
DIÁMETRO MÉDIO	0.85	2.15	3.90	5.50	6.75	7.75	8.50	9.18	9.70	10.43	11.15	

13	14	15	15	16	17	18	19	20	(21)
6.10	6.80	7.50	8.35	8.75	9.30	9.85	10.52	10.90	12.35
6.70	7.40	8.10	8.90	9.35	9.90	10.45	10.95	11.40	13.70
5.50	6.30	7.20	8.25	8.80	9.30	9.95	10.60	11.30	13.10
5.40	6.10	6.85	7.50	7.95	8.40	9.00	9.60	10.00	11.90
23.70	26.60	29.65	33.00	34.25	36.90	39.25	41.65	43.60	51.05
11.85	13.30	14.85	16.50	17.13	18.45	19.63	20.82	21.80	25.53

LOCAL:Agua de Santa Barbara, Nº ARVORE:1, ESPECIE:P.elliottii, ALTURA:22.10m, IDADE:21, ALTURA DE MEDICAO:0.1m, DADOS DE MEDICAO :20, DATA DE MEDICAO:19 de Outubro de 1982.

№ 2 円枝№ 7 (断面高 9.1 m) の場合

COMP DO RAIC \ IDADE	IDADE												
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	(21)
1	1.00	2.00	3.00	3.80	4.15	5.20	5.85	6.30	6.70	7.10	7.40	7.80	8.50
2	0.90	1.85	2.80	3.70	4.70	5.40	6.20	6.70	7.10	7.50	8.00	8.30	8.60
3	1.00	1.90	2.90	3.70	4.60	5.20	5.90	6.40	6.70	7.20	7.50	7.80	9.00
4	1.00	1.80	2.60	3.85	4.10	4.70	5.35	5.70	6.10	6.50	6.80	7.10	8.00
TOTAL	3.90	7.55	11.30	15.05	17.55	20.50	23.30	25.10	26.60	28.30	29.70	31.00	34.10
DIAMETRO MEDIO	1.95	3.78	5.65	7.53	8.78	10.25	11.65	12.55	13.30	14.15	14.85	15.50	17.05

LOCAL: Aguas de Santa Barbara, № ARVORE: 1, ESPECIE: P.elliottii,  
 ALTURA: 22.10m, IDADE: 21, ALTURA DE MEDICAO: 9.1m, DADOS DE MEDICAO  
 : 12, DATA DE MEDICAO: 19 de Outubro de 1982.

№ 3 円枝№ 13 (断面高 20.1 m) の場合

COMP DO RAIC \ IDADE	IDADE			
	19	20	21	(21)
1	0.70	1.20	1.80	2.05
2	0.80	1.30	1.95	2.20
3	0.70	1.20	1.85	2.10
4	0.70	1.15	1.60	1.90
TOTAL	2.80	4.85	7.15	8.25
DIAMETRO MEDIO	1.45	2.43	3.58	4.13

LOCAL: Aguas de Santa Barbara, № ARVORE: 1, ESPECIE: P.elliottii, ALTURA:  
 22.10m, IDADE : 21, ALTURA DE MEDICAO: 20.1m, DADOS DE MEDICAO : 3,  
 DATA DE MEDICAO: 19 de Outubro do 1982 (PONTEIRO: 2.0m).

#### 4. 直径の算定

##### (1) 各年齢の直径の算定

前項 3 - により各円枝の年齢(または年齢)別半径の測定が終り、直径原表に記入したら、次に同じく各円枝の年齢(または年齢)別直径の計算に移る。直径の計算は年齢(または年齢)別に測定された4方向の半径を合計(Total)し、これを2で除した値(Diametro Medio)である。この場合、若し割れない時は小数点つまりcm以下3位まで求め4捨5入して2位まで出す(表-4, № 1 ~ № 3 参照)。

直径の計算が終わったら、次は表-5の形式にもとづいて、“直径および樹高総括表”を



作成する。そして齡階（または年齢）別の全直径値を断面高に対応させて記入する。この場合、「年輪数」の欄は各断面つまり各円枝上でカウントされた年輪の数（Dados de Medicao）を記入する。「断面高に達する年輪数」の欄は樹幹析解木の樹齡(A)（本例では21年）から各断面高の円枝の年輪数(a)を差し引いたもの（ $A - a_i$ ）である。つまりそれぞれの断面高に達するまでに何年かかったかを示すものである。また「年輪差」の欄は、「断面高に達する年輪数」の欄の上下それぞれ減の差で、これはあとの齡階（または年齢）別「算出樹高」の計算の時に用いるので予め計算して表に記入しておくると便利である。

なお、この時点では断面高 0.0 m の直径、および算出樹高は未だ不明であるから空欄のままにしておき、次の計算等によって補充する。

(2) 地上 0.0 m の直径の算定

伐倒点（本例の場合 0.1 m）以下の材積は極めて僅かに過ぎない。そのため通常は材積計上の対象としない場合が多い。しかし樹幹析解ではこの幹足部分（伐倒点から下の部分の材積）と梢頭部分（一番先端の部分）の材積を含めた全材積が対象となる。これは齡階別材積量、同生長率等の計算を行なうためである。したがって伐倒点以下の幹足材積を計算するため 0.0 m の直径も必要となる。

0.0 m つまり地際の直径は極めて不規則な場合が多い。また測定も困難である。したがって 0.0 m の直径は普通の場合、樹幹析解では円枝を採取したり、また現地で測定したりはせず、その上の部分の 2 点つまり 0.1 m と 1.1 m の 2 個所の直径の値を用い、0.0 m、0.1 m、1.1 m のそれぞれの間には円錐体の関係にあるものと見做して次式により計算する。

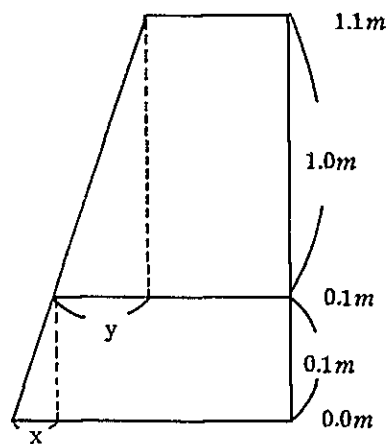


図-8 0.1m、1.1m と 0.0m の直径の関係図

$$y : x = 1.0 : 0.1$$

$$x = \frac{0.1 \times y}{1.0}$$

$$= \frac{0.1}{1.0} \times y = 0.1 \times y$$

$$\text{ただし } y = d_{0.1} - d_{1.1}$$

$$\therefore d_{0.0} = d_{0.1} + x$$

すなわち、それぞれの齡階について $x$ を求め、これをその齡階の0.1 mの直径( $d_{0.1}$ )に  
 プラスすることによってその齡階の0.0 mの直径( $d_{0.0}$ )は求められる。たとえば、齡階  
 4年の場合の地上0.0 mの直径は上の式から

$$x = 0.1 \times (3.90 - 2.75) = 0.1 \times 1.15 = 0.115$$

$$\therefore d_{0.0(4)} = 3.90 + 0.115 = 4.015 \div 4.02 \text{ (cm)}$$

また、齡階5年の場合

$$x = 0.1 \times (5.50 - 4.70) = 0.1 \times 0.8 = 0.08$$

$$\therefore d_{0.0(5)} = 5.50 + 0.08 = 5.58 \text{ (cm)}$$

となる。このようにして各齡階の0.0 mの直径は求められる。なお、式( $x = 0.1 \times y$ )中  
 の0.1はconstantである。しかしこれは伐倒高0.1 mの場合の数値であって、伐倒高が変  
 るとこの値も変わってくる。たとえば伐倒高0.2 mの場合は、

$$y : x = 1.0 : 0.2$$

$$\frac{x}{x} = \frac{0.2 \times y}{1.0} = \frac{0.2}{1.0} \times y = 0.2 \times y$$

つまり、0.2となる。また伐倒高0.3 mでは

$$y : x = 1.0 : 0.3$$

$$x = \frac{0.3 \times y}{1.0} = \frac{0.3}{1.0} \times y = 0.3 \times y$$

すなわち0.3となることに注意しなければならない。

以上の方法により齡階4年以上の0.0 mの直径は求められる。ところが齡階2年と3年  
 では0.1 mの直径までで、1.1 mの直径はあらわれていない。また齡階1年の場合にはよく  
 あることである。したがってこのような場合はその上の齡階で0.1 mと1.1 mの2点の直径  
 を有する場合と同じ割合(関係)にあるものと見なして計算する。

たとえば、本例の場合の齡階3年および2年は上の齡階の4年の時の $x$ の値( $x=0.115$ )  
 を用いて

齡階3年の場合

$$d_{0.0(3)} = d_{0.1} + 0.115 = 2.15 + 0.115 = 2.265 \div 2.27 \text{ (cm)}$$

齡階2年の場合

$$d_{0.0(2)} = d_{0.1} + 0.115 = 0.85 + 0.115 = 0.965 \div 0.97 \text{ (cm)}$$

として0.0 mの直径を算定する。

また、齢階1年の場合は1.1 mはもちろん、0.1 mの円枝にも直径はあらわれていない。したがってこの場合は次の節で求める、その齢階(1年)の樹高(計算の結果0.10 m)を先に求め、これと断面高(0.1 m)の比、つまり

$$\frac{\text{齢階1年の樹高}}{\text{断面高}} = \frac{0.10}{0.1} = 1$$

を今先求めた直ぐ上の齢階(2年)の時の $x$ の値(0.115 $\div$ 0.12, つまり0.97-0.85に対応)に乗じた数値

$$(0.97 - 0.85) \times \frac{0.10}{1.0} = 0.12 \times 1 = 0.12 \text{ (cm)}$$

つまり0.12 cmをこの齢階(1年)の0.0 mの直径とする。

以上の方法によって地上0.0 mにおける各齢階の直径はすべて求められる。

## 5. 樹高の算定

各齢階の樹高は直接これを測定することはできない。したがって次のようにして誘導する。

たとえば、本例の場合、断面高0.1 mの円枝上の年輪数は20である。したがってこの断面高0.1 mに達するまでにこの木は21-20=1年を要したことになる。次にその上の断面高1.1 mの円枝には18の年輪がある。したがってこの木は1.1 mの高さに達するまでには21-18=3年かかったことになる。ところで、0.1 mと1.1 mの区分(1.0 m)の間では20-18=2年で生長していることになる。つまり2年で1 m伸びたことになる。このことから1年間の樹高生長量は1(m) $\div$ 2年=0.5(m)となる。つまりこの部分では1年間では0.5 m樹高が伸びていることを意味する。これより齢階2年の樹高はこの地上0.1 mと1.1 mの間にあることになる。そして0.1 mよりは高く、1.1 mよりは低いことになる。したがって齢階2年の樹高は

$$\left( \text{その齢階がある下の断面高} \right) + \left( \frac{\text{その区分長}}{\text{その区分間の年輪数}} \right) \times \begin{matrix} \text{樹高を求めようとする} \\ \text{齢階が下の断面高の年} \\ \text{輪数を越える年数} \end{matrix}$$

という考え方より

$$\begin{aligned} h_{(1)} &= 0.1 + \left( \frac{1.0}{2} \right) \times 1 \\ &= 0.1 + 0.5 \times 1 = 0.6 \text{ (m)} \end{aligned}$$

すなわち0.6 mとなる。

同様にして齢階3年の場合は

$$\begin{aligned} h_{(3)} &= 0.1 + \left( \frac{1.0}{2} \right) \times 2 \\ &= 0.1 + 0.5 \times 2 = 1.1 \text{ (m)} \end{aligned}$$

となる。4年の場合

$$\begin{aligned}
 h_{(4)} &= 1.1 + \left(\frac{2.0}{1}\right) \times 1 \\
 &= 1.1 + 2.0 \times 1 = 3.1(m)
 \end{aligned}$$

以下、5年では

$$\begin{aligned}
 h_{(5)} &= 3.1 + \left(\frac{2.0}{1}\right) \times 1 \\
 &= 3.1 + 2.0 \times 1 = 5.1(m)
 \end{aligned}$$

10年では

$$\begin{aligned}
 h_{(10)} &= 9.1 + \left(\frac{2.0}{2}\right) \times 1 \\
 &= 9.1 + 1.0 \times 1 = 10.1(m)
 \end{aligned}$$

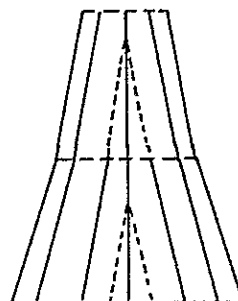


図-9 図解による樹高算定の例

等となる。

なお、齢階1年の場合も全く同様の考え方にもとづく、すなわち、その齢階の下の断面高0.0 m、区分長0.1 m、区分間年輪数1、および樹高を求めようとする齢階が下の断面高の年輪数を越える年数1、等より

$$\begin{aligned}
 h_{(1)} &= 0.0 + \left(\frac{0.1}{1}\right) \times 1 \\
 &= 0.0 + 0.1 \times 1 = 0.1(m)
 \end{aligned}$$

をうる。

この樹高の算定方法として、他に図解による方法や樹高曲線図から求める方法もある。

図解による方法は図-9に示すように直径の断面図を画き、求めようとする齢階の直径をはっきりしている断面高まで線を引き、それから上の樹高はその外側にある齢階と平行に線をとリ、中央軸との交点を求めてその齢階の樹高とする方法である。このようなやり方は本例のように1年を1齢階とする場合によく用いられる。

樹高曲線図の場合は、グラフの縦軸(Y方向)に樹高を、横軸(X方向)に年数をとリ、円を採取した断面高の高さと、その高さに達するまで要した年数の両方を対応させて図上にプロットして、その各点を結び、求めようとする齢階の樹高を図上で読み取る方法である。しかしこの方法では小数点以下の正確な数値の読み取りができないこと、および測定点(本例の場合18年、20.1 mまで)以下でしか読み取りができないという問題点があり、一般にはあまり使用されない。しかし図上での測定点以下では本例の計算結果の樹高とはよく対応している(図-10参照)。

また、直径と算出樹高を図上に画き、その結果、不自然な状態を呈した場合の図上による

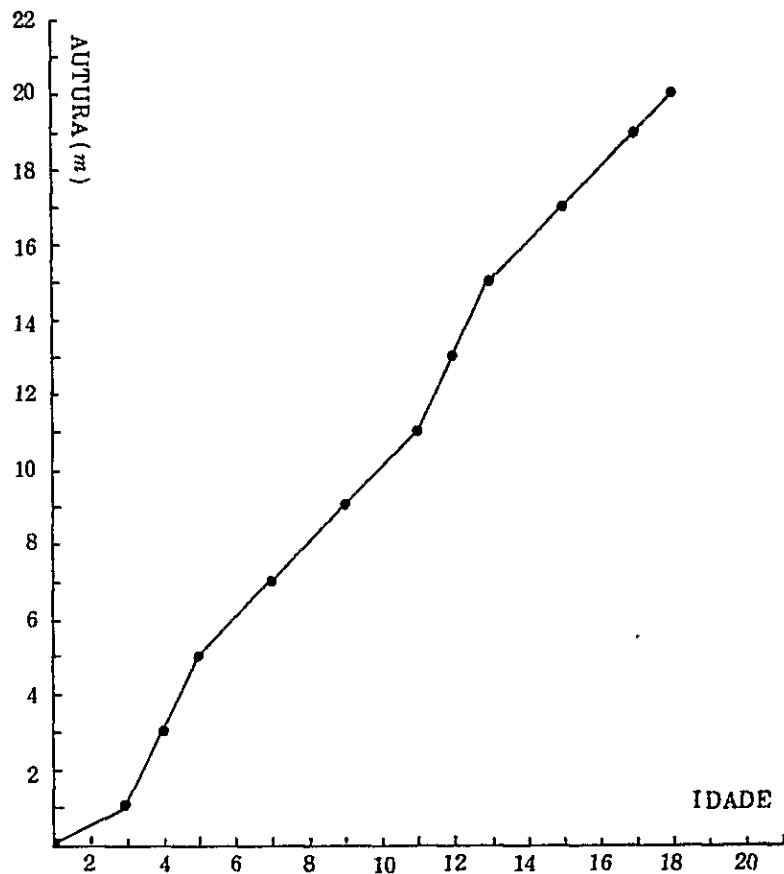


図-10 樹高算定のための樹高曲線図

修正法もある。しかしこの場合は計算の再チェックまたは円枝の再測定を行なう方が妥当であるので、この方法は省略する。

以上により、表-5の直径および樹高総括表は完成する。なお、表-5が完成したら、この表の欄外に、①枝下高、②樹冠直径(CD)、および③枝条材積、重量等が測定された時はそのデータ、その他必要事項を記入し参考に供する。またDAP(1.3m)の欄はこのあとの材積測定とは直接には関係ないので他と区別のため区画しておくとう便利である(表-5参照)。

#### 6. 断面積の計算

表-5の直径および樹高総括表から、表-6のとおり材積計算表を作成する。そして表-5の各年齢の平均直径にもとづき、それぞれの断面積 $g$ を

$$g = \pi r^2$$

表-5 直径および樹高総括表

円 枝 No	断 面 高	年 輪 数 (21)	断面高に 達する 年輪数	年 輪 差	各 階 階 径 ( cm )																					
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	(21)
-	0.0		0		0.12	0.97	2.27	4.02	5.58	6.85	7.86	8.61	9.30	9.82	0.56	11.27	1.93	13.46	15.05	16.73	17.33	18.72	19.92	21.15	22.14	25.00
1	0.1	20	1	1	0.95	2.15	3.90	5.50	6.75	7.75	8.50	9.18	9.70	0.43	11.15	1.85	13.30	14.85	16.50	17.13	18.45	19.63	20.82	21.80	25.53	
2	1.1	18	3	2			2.75	4.70	5.80	6.65	7.40	7.95	8.50	9.15	10.00	1.05	11.75	12.85	14.25	15.10	15.75	16.75	17.50	18.45	20.80	
3	1.3	18	3	0			2.55	4.50	5.70	6.60	7.30	7.95	8.50	9.10	9.85	0.60	11.65	12.85	14.20	15.05	15.70	16.65	17.45	18.40	20.70	
4	3.1	17	4	1				2.40	4.17	5.35	6.15	7.03	7.50	8.63	9.48	0.28	11.43	12.53	13.78	14.55	15.28	16.13	16.80	17.63	19.50	
5	5.1	16	5	1				1.50	3.38	4.50	5.58	6.55	7.70	8.73	9.70	10.95	11.98	13.23	14.10	14.80	15.65	16.33	17.07	18.45		
6	7.1	14	7	2							2.40	3.25	4.45	5.60	7.38	8.75	10.30	11.45	12.73	13.65	14.32	15.23	15.88	16.15	18.02	
7	9.1	12	9	2									1.95	3.78	5.65	7.53	8.78	10.25	11.65	12.55	13.30	14.15	14.85	15.50	17.05	
8	11.1	10	11	2											3.85	5.60	7.43	9.03	10.60	11.63	12.45	13.40	14.03	14.55	16.50	
9	13.1	9	12	1												3.20	4.90	6.75	8.83	10.15	11.20	12.28	13.05	13.98	15.18	
10	15.1	8	13	1													2.00	3.60	5.65	7.00	8.20	9.60	10.60	11.75	12.80	
11	17.1	6	15	2														2.15	3.45		4.68	6.18	7.35	8.60	9.90	
12	19.1	4	17	2																	1.65	3.52	4.23	5.45	6.55	
13	20.1	3	18	1																			1.45	2.43	3.58	4.13
-	算出樹高 (m)			(3)	0.10	0.60	1.10	3.10	5.10	6.10	7.10	8.10	9.10	10.10	11.10	13.10	15.10	16.10	17.10	18.10	19.10	20.10	20.77	21.43	22.10	22.10

ただし  $r$  :  $m$  単位であらわした半径

$\pi$  : 円周率 ( 3.1416 )

により計算し、断面積と齡階を対応させて表-6の中に記入する。この場合、 $r$  は  $m$  単位であらわした半径であることに注意しなければならない。すなわち表-5では直径は  $cm$  単位で示している。たとえば断面高  $0.0 m$  の場合の齡階 3 では直径は  $2.27 (cm)$  である。したがって  $m$  単位では  $0.0227$  となる。これより断面積  $g$  は

$$g = 3.1416 \times \left( \frac{0.0227}{2} \right)^2 \\ = 0.0004 (m^2)$$

となる。

また、断面高  $0.1 m$ 、齡階 7 では

$$g = 3.1416 \times \left( \frac{0.0775}{2} \right)^2 \\ = 0.0047 (m^2)$$

等となる。

なお、断面積の計算は小数点 ( $m^2$ ) 以下 5 位四捨五入 4 位までの表示で十分である。このため、たとえば断面高  $0.0 m$  の齡階 1 のように断面積の数値が極めて小さく、小数点以下 4 位までではあらわれない場合は材積計上に達していないという見解のもとにそのまま  $0.0000$  とする。また、数字の表示は表-6に示すとおり最初の行のみ全部の数値を表示し、あとは 0 の部分は省略して記入した方が見易く、またあとの計算にも便利である。

## 7. 材積の計算

### (1) 区分材積の計算

断面積の計算が終わったら、次は材積の計算に移る。材積の計算は、 $2 m$  の長さ毎に区分区分材積、地上  $0.0 m$  から伐倒高 ( 本例の場合  $0.1$  ) までの幹足材積、および先端の梢頭材積 ( 長さは常に  $2 m$  未満 )、の 3 つに分ける。そして 1, 2, 3 ……あるいは 5, 10, 15, ……等のそれぞれの齡階別に計算する ( 図-11 参照 )。

そして先ず区分材積の計算から始める。区分材積の計算は Huber 式により行なう、Huber 式は図-12に示すように  $2 m$  の長さに区分された幹を一応円筒と見做し、その真ん中つまり中央部の直径を以って上、下の両端の平均直径として、表-6により求められたその断面積 ( $g$ ) に長さ  $2 m$  を乗じ

$$V = \sum (g)$$

により求める。なお、この計算を各区分毎に行なうと大変面倒なので、実際に計算を行な

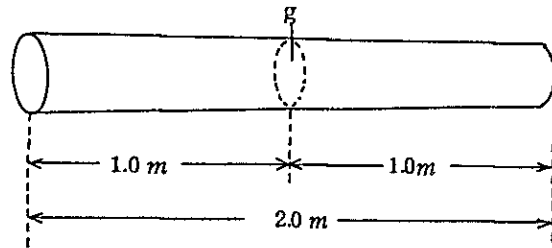
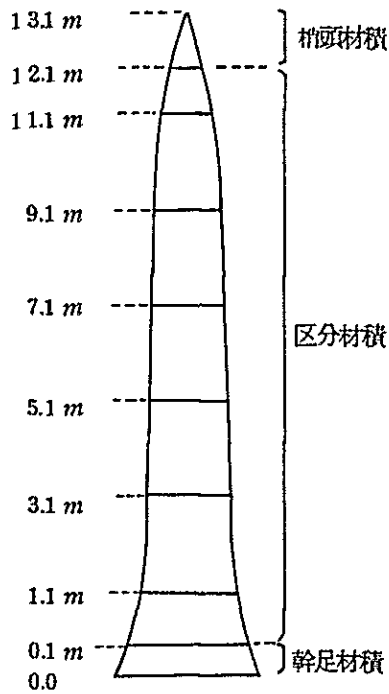


図-12 2 m 区分長の場合の中央断面積

図-11 材積計算の区分  
( 齡階 12 の場合 )

う場合は区分材積の部分の断面積 ( $g$ ) を合計し  $\Sigma(g)$  とし、これに区分長  $2 m$  を乗じる  
ことにより下記のとおりに求める。

$$V = \Sigma(g) \times 2$$

したがって表-6において、区分材積によって材積を計算する部分の範囲をはじめに印  
しておくことよ。たとえば断面高  $0.0 m$  と  $0.1 m$  部分は幹足材積であるから、先ず  $0.1 m$  のす  
ぐ下に線を引いておき幹足材積であることを示しておく、次に、断面高  $1.1 m$  は図-12に  
示すとおりの  $0.1 m$  と  $2.1 m$  の真ん中(中央部分)の直径から計算された中央断面積をあらわ  
しているのので区分材積の計算となる。同様にして  $3.1 m$  は  $2.1 m \sim 4.1 m$  の中央断面積によ  
る区分材積の計算、 $5.1 m$  は  $4.1 m \sim 6.1 m$  の中央断面積、ということになる。この梢頭材  
積がどの部分であられるか、逆にいえば区分材積の計算はどこまでで終るか、はその齡  
階によってそれぞれ異なる。したがって表-5の直径および樹高総括表、および表-6  
の材積計算表と対照しながら、区分材積がどこまであるかをチェックする必要がある。た  
とえば表-5および表-6から、齡階1は直径は  $0.0 m$  まで、算出樹高は  $0.1 m$  となってお  
り、明らかに梢頭材積のみであることが判る。齡階2, 3の直径は  $0.0 m$  および  $0.1 m$  の幹



足部分までで、他は梢頭材積となり、したがって区分材積は無いことになる。齢階4は算出樹高3.10 mに対し、直径は断面高1.1 mの部分が計測されている。1.1 mの直径2.75 cm (中央断面積0.0006 m<sup>2</sup>)は0.1 mから2.1 mまでの区分材積が計算されることになる。つまり断面高1.1 mにおけ断面積0.0006 m<sup>2</sup>は区分材積の計算のために用いられるので、その数値の下に線を引き、それ以下は区分材積とは関係無いことを示しておく、齢階5では算出樹高5.10 mに対し直径は断面高3.1 mにあらわれており、したがってこれにより2.1 m～4.1 mまでの区分材積が計算されるので、この断面積(1.0005 m<sup>2</sup>)の下に線を引く、齢階6では算出樹高6.10 mに対し直径は断面高5.1 mまであらわれている。しかしこの5.1 mの直径を中央直径とした場合は区分材積は4.1 m～6.1 mとなり、梢頭材積の部分がなくなる。最後つまり先端はその形状から必ず梢頭材積として計算しなければならない。したがって1つ下の3.1 mを中央直径とし、2.1 m～4.1 mを区分材積として計算し、4.1 m以上の部分は梢頭材積とし計算する。これにより断面高3.1 mの断面積(0.0014 m<sup>2</sup>)の下に線を引き区別する。このようにして齢階7以上のすべての齢階について区分材積の部分と梢頭材積の部分の区別を行なう(表-6参照)。

このようにして区分材積の部分をはっきり区別したら、それぞれの齢階について区分材積の部分の断面積を合計( $\sum g$ )し、“区分断面積計”の欄に記入する。そしてこれに区分長(2.0 m)を乗じた値、つまり区分材積の合計値を“区分材積計”の欄に記入する。これにより区分材積の計算は終了する。

## (2) 幹足材積の計算

次に幹足材積の計算を行なう。幹足材積の計算は地上0.0 mと伐倒高(0.1 m)の2つの断面積の和を2で除して平均値を出し、これに幹足部分の長さ0.1 mを乗じるSmalian式

$$V = \left( \frac{g_{0.0} + g_{0.1}}{2} \right) \times 0.1$$

により求める。たとえば齢階4年の場合は

$$\begin{aligned} V_{(4)} &= \left( \frac{0.0013 + 0.0012}{2} \right) \times 0.1 \\ &= 0.000125 \div 0.0001 (m^3) \end{aligned}$$

また齢階7年では

$$\begin{aligned} V_{(7)} &= \left( \frac{0.0049 + 0.0047}{2} \right) \times 0.1 \\ &= 0.00048 \div 0.0005 (m^3) \end{aligned}$$

となる。

このようにして計算された幹足材積は表-6の“幹足材積”の欄に齢階別に記入する。ただし齢階1の場合は0.1 mの断面積が存在しないので幹足材積の計算はできない、また

齡階 2 および 3 は計算の結果、それぞれ  $0.00001 (m^3)$ 、 $0.00004 (m^3)$  となり、小数点以下 4 位の範囲内にはあらわれないので何れも 0 として記入する。

### (3) 梢頭材積の計算

最後に各齡階の先端部分である梢頭材積の計算を行なう。この梢頭材積は円錐体と見做し、次式

$$V = g \cdot l \cdot \frac{1}{3}$$

ただし  $g$  : 底面積 ( $m^2$ )

$l$  : 梢頭長 (2 m 未満)

により求める。したがって梢頭材積を求めるためには、その底面積 ( $g$ ) と梢頭長 ( $l$ ) を先に求めなければならない。

梢頭長 ( $l$ ) の各齡階の全長つまり算出樹高から幹足材積および区分材積の部分の長さを差し引いたものとなる。幹足部分は本例では 0.0 m ~ 0.1 m の長さで決まっている。したがって区分材積のところでは計算された区分長がどの高さまであるかを考えればよい。これは前の(1)で中央断面積の下に線が引かれているので、これを基にして、これに 1 m プラスした長さが区分長の先端であることが判る。したがって算出樹高からこの数値を差し引いた長さが梢頭長となる。たとえば齡階 4 では算出樹高は 3.1 m である。これに対し区分長は前項(1)より 2.1 m となる。したがって梢頭長は  $3.1 - 2.1 = 1.00 (m)$  となる。同様にして齡階 5 では  $5.10 - 4.10 = 1.00 (m)$ 、齡階 6 では  $6.10 - 4.10 = 2.00 (m)$ 、等となる。ただし、齡階 1 では幹足材積も区分材積も存在しないので、算出樹高の 0.10 (m) がそのまま梢頭長となる。また、齡階 2、3 は幹足材積のみで区分材積の部分は無い。したがって梢頭長はそれぞれ  $0.60 - 0.10 = 0.50 (m)$ 、 $1.10 - 0.10 = 1.00 (m)$  となる。なお、これらの計算が表 - 6 から直ちに出来るように全長つまり算出樹高を記入しておき、また、このあとの梢頭材積の計算の際の便利さを考え、ここで求められた梢頭長も記入しておくことと便利である(表 - 6 参照)。

次は梢頭部分の底面積を求める。底面積は梢頭長が 1 m を越える場合と 1 m 未満の場合でその求め方が異なる。

梢頭長が 1 m を越える場合の梢頭部分の底面積は、円枝上で既に測定され計算されている 2 つの断面積、つまり区分材積の最後の部分の中央断面積とその上の断面積の 2 つから、両者の間には放物線体の関係にあるものと考えて、その両断面積の平均値を求め、これを梢頭部分の底面積とする。これに該当するものは表 - 6 では齡階 6、8、10、14、16、18 である。その計算方法はたとえば齡階 6 では

$$g_{(6)} = \frac{0.0014 + 0.0002}{2} = 0.0008 (m^2)$$

となる。また齡階 10 では

$$g_{(10)} = \frac{0.0016 + 0.0003}{2} = 0.00095 \approx 0.0010 (m^2)$$

齡階 14 では

$$g_{(14)} = \frac{0.0019 + 0.0003}{2} = 0.0011 (m^2)$$

等となる。これらの断面積、つまり梢頭部分の底面積は各齡階について求める。そして表-6への記入の方法は、たとえば齡階 6 では区分材積計算のための最後の中央断面積（断面高 3.1 m の断面積 0.0014）の下に線が引かれており、その下は断面高 5.1 m の断面積（0.0002）が記入されているので、その間に 0.0008 をカッコして記入し、梢頭部分の底面積であることを示す（表-6 参照）。

梢頭長が 1 m 未満の場合もその計算方法は放物線体と見做し、次のとおり行なう。すなわち図-13 に示すとおり、区分材積計算のための最後の中央断面積（ $g_{(c)}$ ）のあと、1 m がとられているこの 1 m の先の  $g_{(r)}$  が梢頭部分の底面積となる。したがって  $g_{(r)}$  は

$$\begin{aligned} g_{(c)} : g_{(r)} &= l : 1+l \\ \therefore g_{(r)} &= \frac{g_{(c)} \cdot l}{1+l} \end{aligned}$$

ただし  $l$  : 梢頭長  
(1 m 未満)

により計算する。たとえば齡階 4 では

$$g_{(4)} = \frac{0.0006 \times 1.00}{1 + 1.00} = 0.0003 (m^2)$$

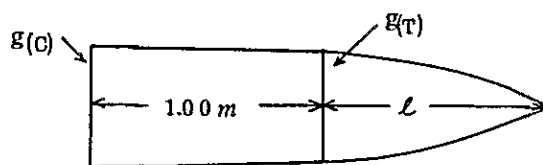


図-13 梢頭長が 1 m 未満の場合

となる。また齡階 5 では

$$g_{(5)} = \frac{0.0005 \times 1.00}{1 + 1.00} = 0.00025 \approx 0.0003 (m^2)$$

齡階 7 では

$$g_{(7)} = \frac{0.0009 \times 1.00}{1 + 1.00} = 0.00045 \approx 0.0005 (m^2)$$

等となる。

ただし、本例の場合、齡階 19, 20, 21, および (21) は区分材積のための最後の中央断面積が何れも断面高 19.1 m となっており、そしてそのあと断面高 20.1 m の部分の断面積まで求められている。したがってこれらの梢頭部分の底面積は何れの場合も 20.1 m の断面積がそのまま用いられることになる。

また、齡階 2, 3 は一番下の幹足材積の部分のあとは、いきなり梢頭部分となっている

ため、断面高 0.1 m の断面積が梢頭部分の底面積となる。齢階 1 は梢頭部分だけである。しかし断面高 0.0 m の断面積は 0 であるので梢頭材積計算の対象とはなりえない。

以上により梢頭材積計算のための梢頭長およびその底面積が求められたので、これにもとづいて、はじめに示した円錐体の求積式により各齢階の梢頭材積を計算し、表-6 の“梢頭材積”の欄に記入する。その計算例を齢階 3, 6, 20 について示すと次のとおりとなる。

$$V_{(T)}^{(3)} = 0.0004 \times 1.00 \times \frac{1}{3} = 0.00013 \div 0.0001 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{(T)}^{(6)} = 0.0008 \times 2.00 \times \frac{1}{3} = 0.00053 \div 0.0005 \text{ (m}^3\text{)}$$

$$V_{(T)}^{(20)} = 0.0005 \times 1.33 \times \frac{1}{3} = 0.00022 \div 0.0002 \text{ (m}^3\text{)}$$

以上により計算された区分材積，幹足材積，および梢頭材積を各齢階別に合計したものが，齢階別樹幹材積である。これを“樹幹材積合計”の欄に記入することにより，材積計算は完了する。

表-6 はこれらの計算結果を一覧表に示したものである。

表-6 材積計算表

断面高	各階における断面積 (m <sup>2</sup> )																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	(21)
0.0 m	0.0000	0.0001	0.0004	0.0013	0.0024	0.0037	0.0049	0.0058	0.0068	0.0076	0.0088	0.0100	0.0112	0.0146	0.0178	0.0220	0.0236	0.0275	0.0312	0.0351	0.0385	0.0531
0.1		(1)	(4)	12	24	36	47	57	66	74	85	98	110	139	173	214	230	267	303	340	373	512
1.1				6	17	26	35	43	50	57	66	79	96	108	130	159	179	195	220	241	267	340
1.3				5	16	26	34	42	50	57	65	76	88	107	130	158	178	194	218	239	266	337
3.1				(3)	5	14	22	30	39	44	58	71	83	85	123	149	166	183	204	222	244	299
5.1					(3)	(8) <sub>2</sub>	9	16	24	34	47	60	74	94	113	138	156	172	192	209	229	267
7.1							(5)	(11) <sub>5</sub>	8	16	25	43	60	83	103	127	146	161	182	198	205	255
9.1								(4)	(10) <sub>3</sub>	11	25	45	61	83	107	124	139	157	173	189	189	228
11.1									(6)	12	25	43	64	88	106	122	141	155	166	166	166	214
13.1										(6)	8	19	36	61	81	99	118	134	154	181	181	181
15.1										(4)	(11) <sub>3</sub>	(4)	10	25	38	53	72	88	108	129	129	129
17.1												(5)	(15) <sub>4</sub>	9	17	30	42	58	77	77	77	77
19.1												(5)	(10) <sub>2</sub>	10	14	23	34	34	34	34	34	34
20.1																		(2)	(5)	(10)	(13)	(13)
区分断面積計 (m <sup>2</sup> )	-	-	-	6	22	40	66	89	121	151	207	290	391	493	662	854	1,005	1,141	1,326	1,476	1,643	2,024
区分材積計 (m <sup>3</sup> )	-	-	-	12	44	80	132	178	242	302	414	580	782	986	1,324	1,708	2,010	2,282	2,652	2,952	3,286	4,048
幹足材積計 (m <sup>3</sup> )	-	0	0	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	14	18	22	23	27	31	35	38	52
梢頭材積計 (m <sup>3</sup> )	0	0	1	1	1	5	2	7	1	7	2	2	1	7	2	10	2	7	0	2	7	9
樹幹材積合計 (m <sup>3</sup> )	0.0000	0.0000	0.0001	0.0014	0.0047	0.0089	0.0139	0.0191	0.0250	0.0317	0.0425	0.0592	0.0794	0.1007	0.1344	0.1740	0.2035	0.2316	0.2683	0.2989	0.3331	0.4109
算出樹高 (m)	0.10	0.60	1.10	3.10	5.10	6.10	7.10	9.10	9.10	10.10	11.10	13.10	15.10	16.10	17.10	18.10	19.10	20.10	20.77	21.43	22.10	22.10
梢頭長 (m)	0.10	0.50	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00	2.00	1.00	2.00	0.67	1.33	2.00	2.00

## 8. 生長量および生長率の計算

材積計算が終わったら、次は胸高直径、胸高断面積、樹高、および材積のそれぞれについて年齢別に総生長、定期生長、連年生長、平均生長を計算し、また生長率を求める。これにより樹幹析解木が過去にどのような生長経過を辿ってきたかが明らかとなる。これを過去の施業、その他の要因と結びつけることにより、林木の生長が立地条件や植栽間隔（本数）、間伐、枝打ち、その他の施業とどのように関連しているかを調べ、これをもとにして今後の施業ならびに林業経営上の参考に供する。またその詳細な分析検討によって林木生長学研究の基礎資料にも利用される。

### (1) 胸高直径

胸高直径の生長量および生長率の計算は表-5の直径および樹高総括表のデータをもとにして行なう。表-5のうち、断面高1.3mつまりDAPの欄の各年齢における平均直径の値（データ）がその基礎となる。このデータを先ず表-7の“総生長”の欄に年齢別に移し込む。この総生長は各年齢の胸高直径をあらわしていることになる。すなわち表-7において年齢4の場合の総生長は胸高直径2.55cmを、5年の場合の総生長は胸高直径4.50cmを、10年の場合の総生長は胸高直径8.50cmを、それぞれあらわしている。なお、年齢1, 2, 3では樹高が胸高部つまり1.3mに達していないため胸高直径はあらわされていない。

表-7 胸高直径生長計算表

年齢	総生長 (cm)	定期生長 (cm)	連年生長 (cm)	平均生長 (cm)	生長率 %
1	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—
4	2.55	2.55	2.55	0.64	—
5	4.50	1.95	1.95	0.90	76.47
6	5.70	1.20	1.20	0.95	26.67
7	6.60	0.90	0.90	0.94	15.79
8	7.30	0.70	0.70	0.91	10.61
9	7.95	0.65	0.65	0.88	8.90
10	8.50	0.55	0.55	0.85	6.92
11	9.10	0.60	0.60	0.83	7.06
12	9.85	0.75	0.75	0.82	8.24
13	10.60	0.75	0.75	0.82	7.61
14	11.65	1.05	1.05	0.83	9.91
15	12.85	1.20	1.20	0.86	10.30
16	14.20	1.35	1.35	0.89	10.51
17	15.05	0.85	0.85	0.86	5.99
18	15.70	0.65	0.65	0.87	4.32
19	16.65	0.95	0.95	0.88	6.05
20	17.45	0.80	0.80	0.87	4.80
21	18.40	0.95	0.95	0.88	5.44

次に、各齡階間の胸高直径の差を以って定期生長とし、各齡階についてこれを求める。たとえば齡階 5 年の時の胸高直径 4.50 cm から齡階 4 年の時の胸高直径 2.55 cm を差し引いた値  $4.50 - 2.55 = 1.95$  cm が齡階 5 年の定期生長、同じく齡階 6 年の時の胸高直径 5.70 cm から齡階 5 年の胸高直径 4.50 cm を差し引いた値  $5.70 - 4.50 = 1.20$  cm が齡階 6 年の定期生長、等となる。この場合、胸高直径があらわれている一番下の齡階 4 年の時の定期生長はそのまま齡階 4 年の胸高直径の値となる。

その次の連年生長は今求めた定期生長をその定期期間で除したもので、厳密には定期生長の平均値となる。定期期間は齡階の年数のことで、3, 5, 10, 等である。本例の場合に齡階は 1 であり、したがって定期期間も 1 である。そのため本例では定期生長とこの連年生長は同一値となる。

平均生長ははじめの総生長をその樹階の年数で除したものである。たとえば齡階 4 の場合は  $2.55/4 = 0.64$  cm, 齡階 5 の場合は  $4.05/5 = 0.90$  cm, 齡階 10 では  $8.50/10 = 0.85$  cm, 等となる。したがってその中味(内容)は総平均生長をあらわしていることになる。

最後に、生長率の計算となる。林木の生長を総体的にみる場合は今までに求めたそれぞれの生長量(絶対生長量)よりも、その生長の割合つまり生長率の方が便利な場合が多い。また生物生長学上の分析検討でも、また全体的傾向を知る上でも都合がよいことが多い。したがってここでも生長率を求めることとする。

生長率の計算方法としては、ライプニッツ(Leibniz)の生長率式が最も広く用いられている。このライプニッツ式とは、胸高直径、材積等の当初の値を  $m$ ,  $n$  年後の値を  $M$ , その生長率を  $p$  としたとき

$$M = m (1 + 0.01p)^n$$

$$\frac{M}{m} = (1 + 0.01p)^n$$

$$1 + 0.01p = \sqrt[n]{\frac{M}{m}}$$

$$p = 100 \left( \sqrt[n]{\frac{M}{m}} - 1 \right) \dots\dots\dots (1)$$

の関係が成り立つことから(1)式が誘導されたものである。なお、式中の  $n$  乗根を求めるため、上式(1)の  $\sqrt[n]{\frac{M}{m}}$  を

$$\sqrt[n]{\frac{M}{m}} = \frac{1}{n} (\log M - \log m)$$

と対数式に変えて計算し、その結果を真数に戻して 1 マイナスし 100 倍すると簡単に生長率  $p$  が求められる。

たとえば、齡階 5 では、当初の値  $m = 2.55$ ,  $n (= 1)$  年後の値  $M = 4.50$  より、生長率

$p$ は先ず

$$\begin{aligned} & \frac{1}{1} \times (\log 4.50 - \log 2.55) \\ & = \frac{1}{1} \times (0.65321 - 0.40654) \\ & = 0.24667 \end{aligned}$$

を計算し、この0.24667を真数に戻し、1.76471を得、1をマイナスし100を乗じることにより、 $p = 76.47\%$ を得る。

また、年齢6では、 $m = 4.50$ 、 $n$ 年後の $M = 5.70$ より

$$\begin{aligned} & \frac{1}{1} \times (\log 5.70 - \log 4.50) \\ & = \frac{1}{1} \times (0.75587 - 0.65321) \\ & = 0.10266 \end{aligned}$$

その真数1.26667にマイナス1し100を乗じ、 $p = 26.67\%$ を得る。

このようにして計算された胸高直径の生長率が表-7の最後の欄に記入される。なお、年齢4の場合の生長率は当初の胸高直径つまり年齢3の $m$ が存在しないので計算されない。

以上により、胸高直径に対する生長量および生長率の計算は表-7のとおり完成する。なお、生長率式としては、このライブニッツの生長率式の近似式として、他に

プレストル (Presster) の近似式:

$$p = \frac{M-m}{M+m} \cdot \frac{200}{m}$$

クンツェ (Kunze) の近似式:

$$p = \frac{M-m}{M(n-1)+m(n+1)} \cdot 200$$

メルケル (Merker) の近似式 (1911):

$$p = \frac{(M-m)(M+m)}{M \cdot m} \cdot \frac{50}{n}$$

メルケル (Merker) の近似式 (1921):

$$p = \frac{M-m}{M(4n-7)+m(4n+7)} \cdot 800$$

レバコビック (Levakovic) の近似式:

$$p = \frac{M-m}{M(n-2)+m(n-2)} \cdot 200$$

等がある。しかしどれもライブニッツの生長率式により計算された生長率に対し、これら



の近似式の計算結果は(+), または(-)の誤差を生じるためあまり用いられてはいない。

(2) 胸高断面積

胸高断面積に対する生長量および生長率の計算は表-6の材積計算表における断面高1.3m(DAP)の欄の各齢階の胸高断面積のデータを対象として行なう。各齢階に対する総生長, 定期生長, 連年生長, 平均生長, および生長率の計算方法は(1)の胸高直径の場合と全く同じである。なお, 胸高断面積についても齢階1, 2, 3は胸高直径があらわれておらず, したがってその断面積も存在しないので, 計算はされない。

生長量および生長率の計算の結果は表-8に示すとおりである。

表-8 胸高断面積生長計算表

齢階	総生長 ( )	定期生長 ( )	連年生長 ( )	平均生長 ( )	生長率 (%)
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	0.0005	0.0005	0.0005	0.0001	-
5	0.0016	0.0011	0.0011	0.0003	220.00
6	0.0026	0.0010	0.0010	0.0004	62.50
7	0.0034	0.0008	0.0008	0.0005	30.77
8	0.0042	0.0008	0.0008	0.0005	23.53
9	0.0050	0.0008	0.0008	0.0006	19.05
10	0.0057	0.0007	0.0007	0.0006	14.00
11	0.0065	0.0008	0.0008	0.0006	14.04
12	0.0076	0.0011	0.0011	0.0006	16.92
13	0.0088	0.0012	0.0012	0.0007	15.79
14	0.0107	0.0019	0.0019	0.0008	21.59
15	0.0130	0.0023	0.0023	0.0009	21.50
16	0.0158	0.0028	0.0028	0.0010	21.54
17	0.0178	0.0020	0.0020	0.0010	12.66
18	0.0194	0.0016	0.0016	0.0011	8.99
19	0.0218	0.0024	0.0024	0.0011	12.37
20	0.0239	0.0021	0.0021	0.0012	9.63
21	0.0266	0.0027	0.0027	0.0013	11.30

(3) 樹高

樹高に対する生長量および生長率の計算は各齢階について求められている算出樹高を対象に行なう。したがってそのデータは表-5の直径および樹高総括表の最下欄の算出樹高の数値を用いる。表-6の材積計算表における算出樹高は梢頭長の計算を行なうための便利上, 表-5から転記されたものである。したがってその数値(データ)は全く同じである。樹高は齢階1から21にいたる全齢階が揃っている。これは他の齢階区分の場合, たとえば3年を1齢階とする場合, 5年を1齢階とする場合, 等も同様のケースが多い, 生

長量および生長率の計算方法は、(1)胸高直径、(2)胸高断面積の場合と全く同じである。その計算結果は表-9に示すとおりである。

表-9 樹高生長計算表

齡 階	総生長 ( )	定期生長 ( )	連年生長 ( )	平均生長 ( )	生長率 (%)
1	0.10	0.10	0.10	0.10	-
2	0.60	0.50	0.50	0.30	500.00
3	1.10	0.50	0.50	0.37	83.33
4	3.10	2.00	2.00	0.78	181.82
5	5.10	2.00	2.00	1.02	64.52
6	6.10	1.00	1.00	1.02	19.61
7	7.10	1.00	1.00	1.01	16.39
8	8.10	1.00	1.00	1.01	14.08
9	9.10	1.00	1.00	1.01	12.35
10	10.10	1.00	1.00	1.01	10.99
11	11.10	1.00	1.00	1.01	9.90
12	13.10	2.00	2.00	1.09	18.02
13	15.10	2.00	2.00	1.16	15.27
14	16.10	1.00	1.00	1.15	6.62
15	17.10	1.00	1.00	1.14	6.21
16	18.10	1.00	1.00	1.13	5.85
17	19.10	1.00	1.00	1.12	5.52
18	20.10	1.00	1.00	1.12	5.23
19	20.77	0.67	0.67	1.09	3.33
20	21.43	0.66	0.66	1.07	3.18
21	22.10	0.67	0.67	1.05	3.13

(4) 材 積

材積に対する生長量および生長率の計算は表-6の材積計算表において求めた齡階別樹幹材積合計値がその対象となる。その計算方法は今までに行なった方法と全く同じである。なお、本例の場合、齡階1、2は樹幹材積が極めて微少で数値としてあらわれていない。このため生長率は齡階1、2および3までは計算の対象とはならない。計算結果は表-10に示すとおりである。

以上により、胸高直径、胸高断面積、樹高、および材積の4要因に対する生長量ならびに生長率の計算は完了する。

表-10 材積生長計算表

齡 階	総生長 ( $m^3$ )	定期生長 ( $m^3$ )	連年生長 ( $m^3$ )	平均生長 ( $m^3$ )	生長率 (%)
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	—
2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	—
3	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	—
4	0.0014	0.0013	0.0013	0.0004	1300.00
5	0.0047	0.0033	0.0033	0.0009	235.71
6	0.0089	0.0042	0.0042	0.0015	89.36
7	0.0139	0.0050	0.0050	0.0020	56.18
8	0.0191	0.0052	0.0052	0.0024	37.41
9	0.0250	0.0059	0.0059	0.0028	30.89
10	0.0317	0.0067	0.0067	0.0032	26.80
11	0.0425	0.0108	0.0108	0.0039	34.07
12	0.0592	0.0167	0.0167	0.0049	39.29
13	0.0794	0.0202	0.0202	0.0061	34.12
14	0.1007	0.0213	0.0213	0.0072	26.83
15	0.1344	0.0337	0.0337	0.0090	33.47
16	0.1740	0.0396	0.0396	0.0109	29.46
17	0.2035	0.0295	0.0295	0.0120	16.95
18	0.2316	0.0281	0.0281	0.0129	13.81
19	0.2683	0.0367	0.0367	0.0141	15.85
20	0.2989	0.0306	0.0306	0.0149	11.41
21	0.3331	0.0342	0.0342	0.0159	11.44

## 9. 樹幹析解図の作成

生長量および生長率の計算結果は、このあと目的によりその数値がいろいろと分析検討され、また他の要因との結びつけが行なわれることになる。したがって樹幹析解は一応これで終了する。しかし数値それ自体は繁雑で全体の状態や傾向を一目のうちに観察するには不便である。したがってこれらの計算結果はグラフにあらわすのが普通である。そこで、以下にグラフにあらわす方法を説明し、それぞれについてグラフに示すこととする。

グラフへは最初に樹幹析解図を画く、これは表-5の直径および樹高総括表のデータによって地上0.0 mの断面高から順次、上の方に断面高と直径を対応させて画いていく。直径と樹高の縮尺の関係はとくに決りはないが、樹幹析解図の状態を特長的に示すためには、普通、直径1に対し樹高はおよそ1/10, 1/15, 1/20または1/25にとったがよい。本例では直径を1/4, 樹高は1/100の縮尺とした。したがって直径対樹高の比率は1/25となる。樹幹析解図の具体的な画き方は、先ずグラフ用紙の縦軸に1/100と各断面高の目盛をとる。そして表-5により各断面高に対応する直径を $(D/4)/2=d_i$ と計算し、この各齡階毎に断面高にしたがって線を引き繋いでいく。図-14はこのようにして画かれたPinus elliottiiの

樹幹析解図である（図-14 参照）。

胸高直径，胸高断面積，樹高，および材積の各生長曲線はそれぞれ表-7：胸高直径計算表，表-8：胸高断面積生長計算表，表-9：樹高生長計算表，表-10：材積計算表，にもとづき，総生長量，連年生長量，平均生長量について各要因別にグラフを作る。グラフは縦軸（Y軸）に各生長量の目盛を，横軸（X軸）に齡階をとる，この場合，総生長量と連年生長量，平均生長量は数値のひらきがあるため別々に各要因について2枚に分けて画くこともある。しかし本例ではその目盛を表示し，1要因について1枚のグラフ用紙に画いた。縦軸（Y軸）の目盛で左側の数値は総生長量の値を，右側の数値は連年生長量および平均生長量の値を表示して両者の区別を図った。これにより1枚のグラフで総合的な観察と比較検討ができるであろう（図-15，図-16，図-17，図-18 参照）。

以上により1年を1齡階とする21年生の *Pinus elliottii* に対する樹幹析解はすべて完了する。

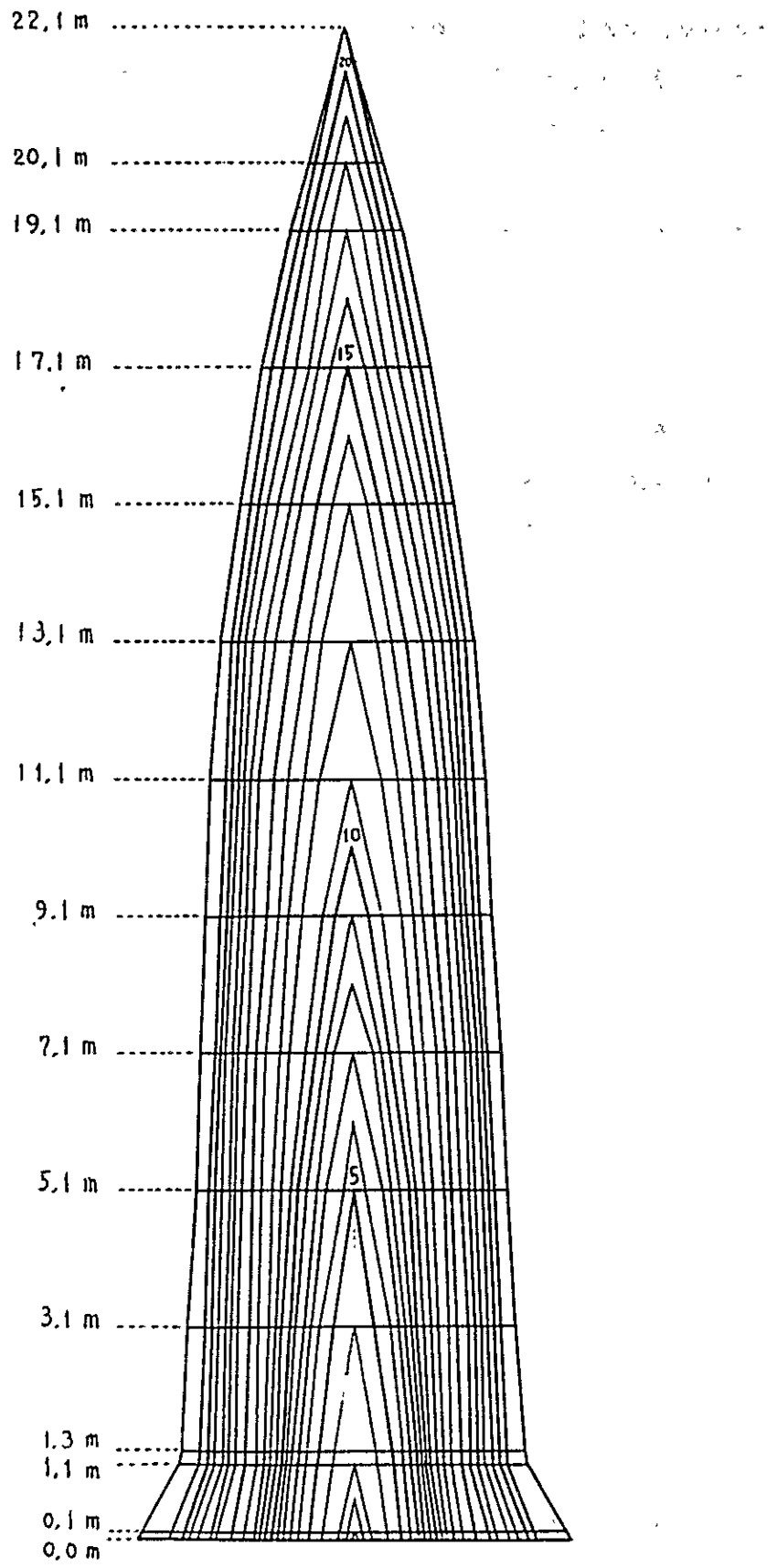


圖-14 樹幹析解圖

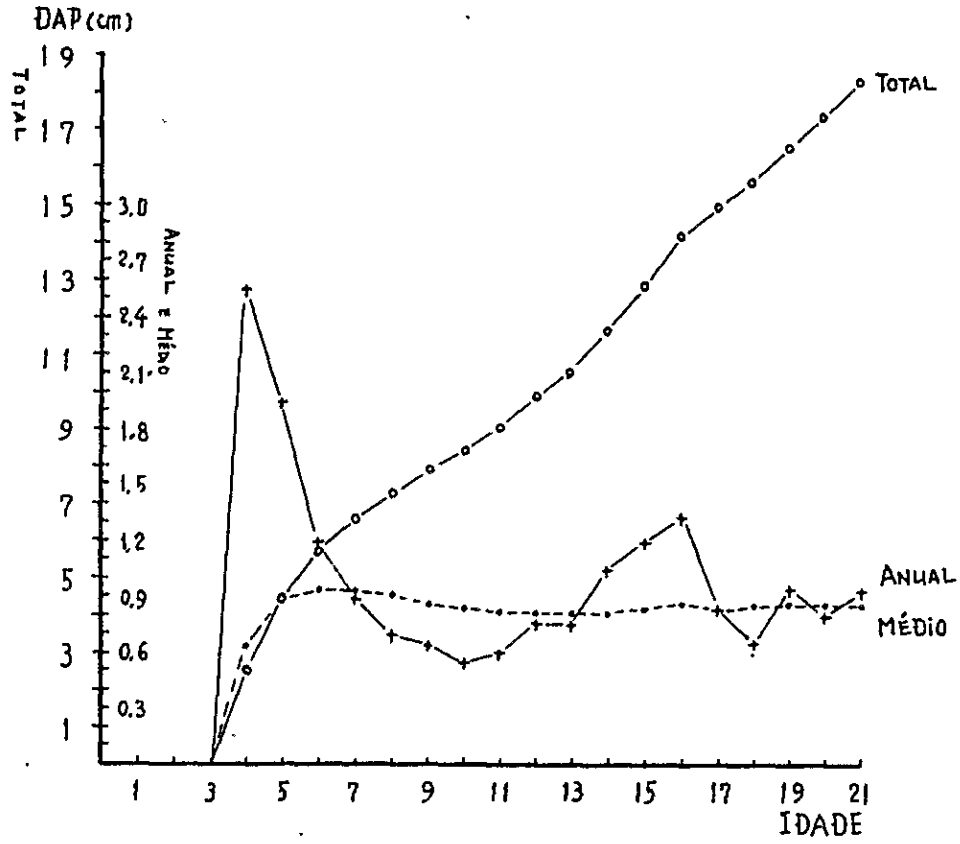


図 - 15 DAP 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

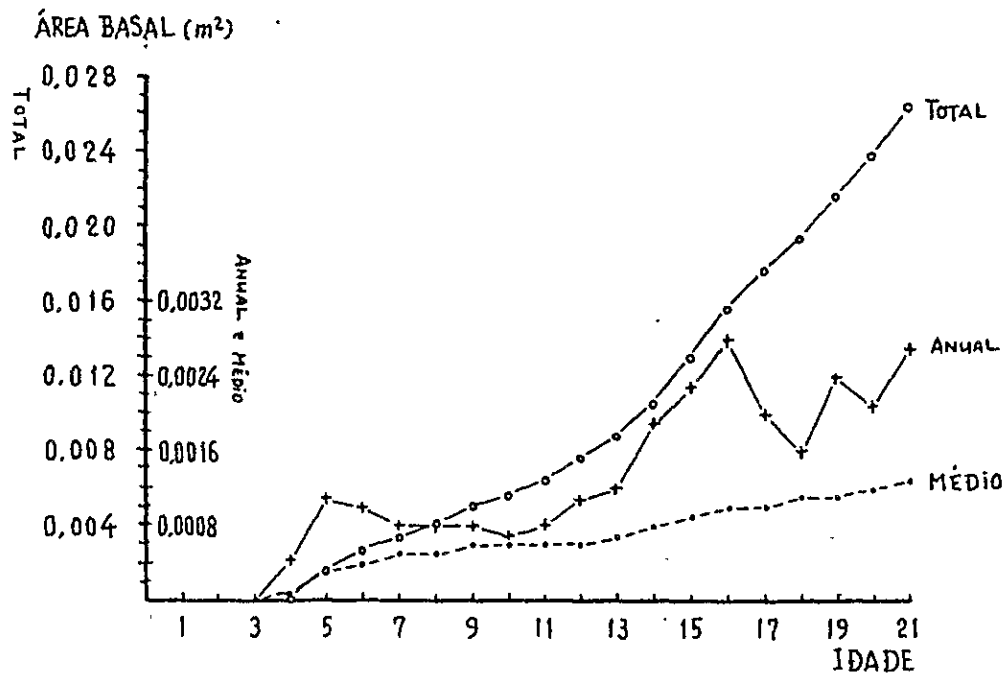


図 - 16 ÁREA BASAL 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

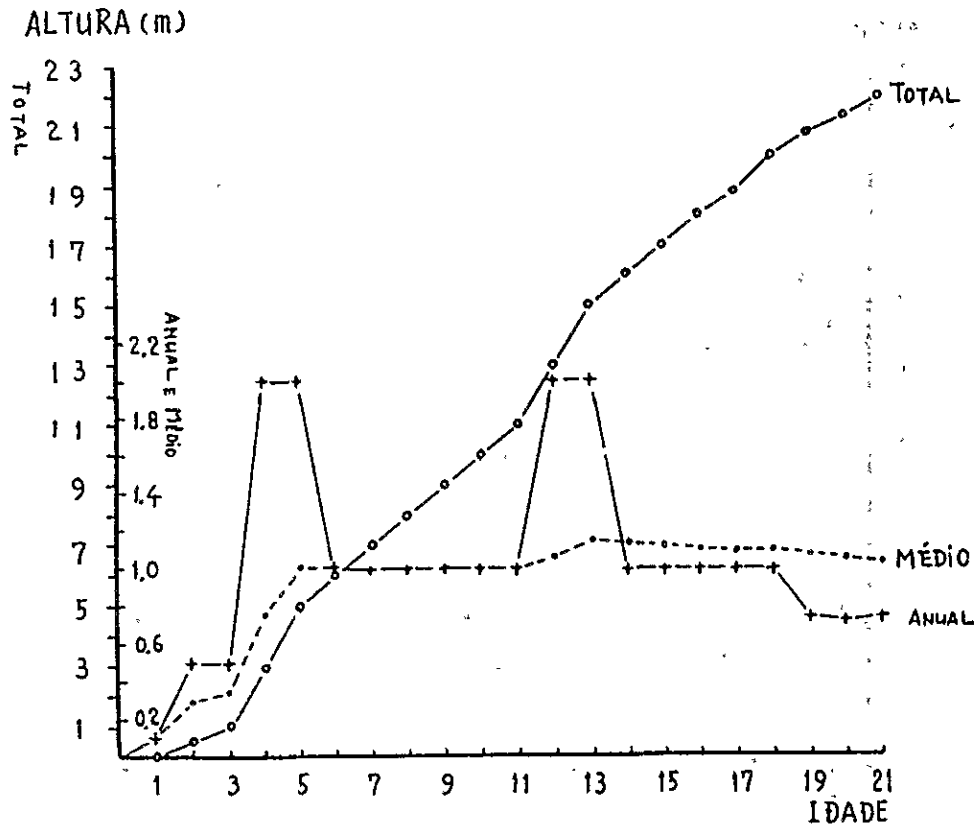


図 - 17 ALTURA 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

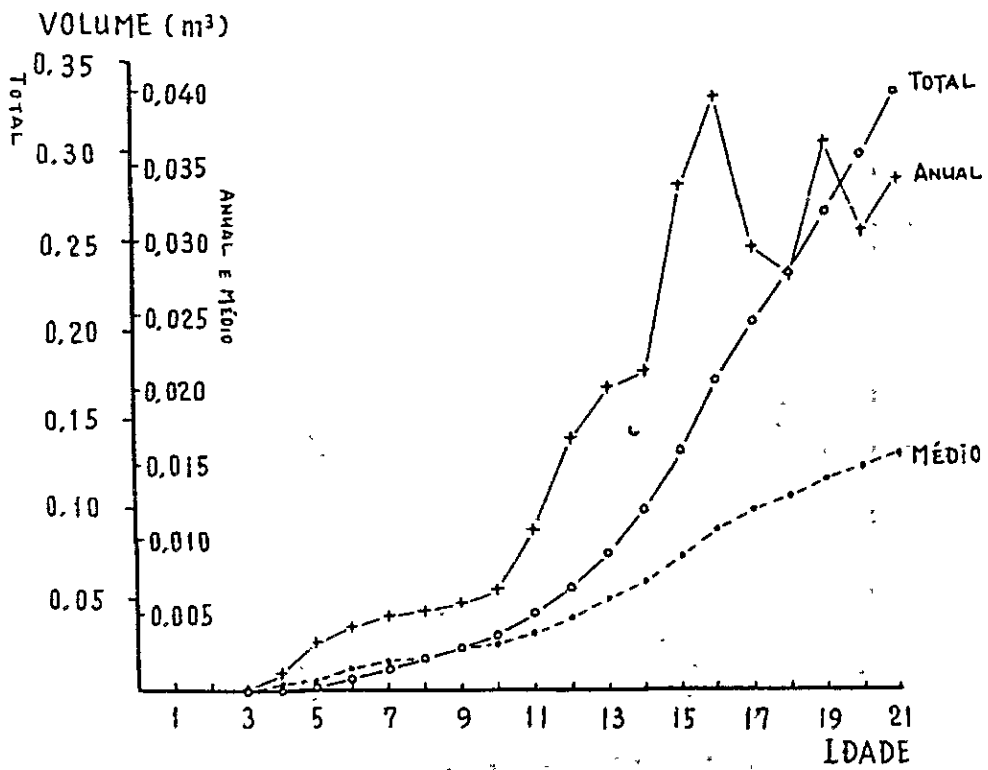


図 - 18 VOLUME 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

10 3年を1齡階とした場合の樹幹析解

21年生のPinus elliottiiの樹幹析解に対し、本例では1年を1齡階としてその方法および計算結果を示した。しかし20年前後の年齢の林木では1年を1齡階とする方法では大変面倒である。またその結果は細か過ぎて、このあと、分析検討を行なうには却って繁雑な場合もある。したがって20年前後ないし30年前後の林木に対する樹幹析解はもう少し年齢の間隔をとった方がよいとも考える。だからといって5年毎では間隔がとび過ぎる。若し21年のこのPinus elliottiiを5年間隔で行なった場合は、5、10、15、20、および21年の5段階で終り、これではあまりにも少な過ぎるであろう。このような場合にはその中間をとって2年または3年間隔で樹幹析解を行なうこともある。そこで、この項では3年間隔による方法、つまり3年を1齡階とした場合の樹幹析解を試みた。

3年を1齡階とする場合の樹幹析解の伐倒・区分・玉切り・円枝の測定方法等は今までに説明した、1年を1齡階とする場合と全く同じである。ただ異なるのは半径の測定方法だけである。1年を1齡階とした場合は1年毎に半径を測定したが、3年を1齡階とする場合は3年毎に測定する。つまり樹齡が確定したら、3-(2)の方法にもとづき各円枝につき年輪数

表-11 直径および樹高総括表

円枝 No	断面高	年輪数	断面高に達 する年輪数	年輪差	各齡階における平均直径 (cm)							
					3	6	9	12	15	18	21	(21)
-	0.0	(21)	0		2.27	6.85	9.30	11.27	15.05	18.72	22.14	26.00
1	0.1	20	1	1	2.15	6.75	9.18	11.15	14.85	18.45	21.80	25.53
2	1.1	18	3	2		5.80	7.95	10.00	12.85	15.75	18.45	20.80
3	1.3	18	3	0		5.70	7.95	9.85	12.85	15.70	18.40	20.70
4	3.1	17	4	1		4.17	7.03	9.48	12.53	15.28	17.63	19.50
5	5.1	16	5	1		1.50	5.58	8.73	11.98	14.80	17.07	18.45
6	7.1	14	7	2			3.25	7.38	11.45	14.32	16.15	18.02
7	9.1	12	9	2				5.65	10.25	13.30	15.50	17.05
8	11.1	10	11	2				3.85	9.03	12.45	14.55	16.50
9	13.1	9	12	1					6.75	11.20	13.98	15.18
10	15.1	8	13	1					3.60	8.20	11.75	12.80
11	17.1	6	15	-2						4.68	8.60	9.90
12	19.1	4	17	-2						1.65	5.45	6.55
13	20.1	3	18	1							3.58	4.13
-	算出樹高 (m)			(3)	1.10	6.10	9.10	13.10	17.10	20.10	22.10	22.10



を確定する。そして各円枝に対し前と全く同じ方法により中心点から 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, および (21) と 3 年目毎に 4 方向の円枝の半径を測定し、表-4 に準じて円枝直径原表を作る。あとのすべての計算は全く同じ理論にもとづく、ただ、常に齢階はこの場合、3, 6, 9, ……と 3 年刻みにとられていることだけが異なる。したがって最終的にえられるデータは表-5 の場合の齢階 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 および (21) の部分データと全く同じ数値となる。したがって表-11 の 3 年を 1 齢階とした場合の直径および樹高総括表は、ここでは表-5 から転記した。なお、表-11 の最下欄の算出樹高も 5 の樹高の算定方法によって計算すると同じ結果となった。

表-11 の直径および樹高総括表が出来上ったら、これにもとづき材積計算を表-12 のとおり行なう。その計算方法も基本的には 1 年を 1 齢階とする場合と全く同じである。したがってその計算結果は表-6 の場合の齢階 3, 5, 6, ……と同じ数値を得る。ただし異なるのは最も若い齢階で幹足材積がここでははじめから計上されることであろう(表-12 参照)。

表-12 により材積計算が終わったら、次は胸高直径、胸高断面積、樹高、および材積、の 4 つの要因に対する生長計算に移る。生長計算は表-11 の直径および樹高総括表、および表-12 の材積計算表のデータを用いて行なうのも 1 年を 1 齢階とする場合と全く同じである。したがって 3, 5, 6, ……等の各齢階に対する総生長は 4 つの要因とも同じとなる。しかしそのあとの定期生長、連年生長、平均生長、および生長率の数値は 1 年を 1 齢階とする場合とは異なってくる。これは 1 年を 1 齢階とする場合は 1 年 1 年の変化つまり生長の結果がその状態としてあらわれているのに対し、3 年を 1 齢階とするこの項では 3 年毎の変化量つまり総生長、定期生長、連年生長、平均生長が計算されているためである。なお、この場合、連年生長は定期生長を 1 齢階の年数である 3 で除すことになる。また、生長率は当初の値  $m$  が胸高直径および胸高断面積では 6 年の時、樹高、材積は 3 年の時、のそれぞれの数値が用いられる。そして  $n$  年後つまり 3 年後の値  $M$  は胸高直径および胸高断面積では 9 年の時、樹高、材積では 6 年の時、のそれぞれの値からスタートすることになる。その計算結果は表-13：胸高直径生長計算表、表-14：胸高断面積生長計算表、表-15：樹高生長計算表、および表-16：材積生長計算表、として示すとおりである。

また、図-19 は樹幹折解図を示したものである。直径および樹高に対する縮尺は 1 年を 1 齢階とする場合と同じように、直径は  $1/4$ 、樹高は  $1/100$  とした。したがって直径対樹高の比率は  $1/25$  となっている。

総生長、連年生長、および平均生長に対する胸高直径、胸高断面積、樹高、材積の各生長曲線は図-20、図-21、図-22、図-23 に示すとおりである。それぞれの縮尺はこの場合も 1 年を 1 齢階とした時と比較できるように同じ目盛でグラフを画いた。

表-12 材 積 計 算 表

断面高	各 齡 階 に お け る 断 面 積 (m <sup>2</sup> )							
	3	6	9	12	15	18	21	(21)
0.0 m	0.0004	0.0037	0.0068	0.0100	0.0178	0.0275	0.0385	0.0531
0.1	(4)	36	66	98	173	267	373	512
1.1		26	50	79	130	195	267	340
1.3		26	50	76	130	194	266	337
3.1		14	39	71	123	183	244	299
5.1		(8) 2	24	60	113	172	229	267
7.1			8	43	103	161	205	255
9.1			(4)	25	83	139	189	228
11.1				12	64	122	166	114
13.1				(6)	36	99	154	181
15.1					10	53	108	29
17.1					(5)	17	58	77
19.1						(10) 2	23	34
20.1							(10)	(13)
区分断面積計 (m <sup>2</sup> )	-	40	121	290	662	1,141	1,643	4,024
区分材積計 (m <sup>3</sup> )	-	80	242	580	1,324	2,282	3,286	4,048
幹足材積計 (m <sup>3</sup> )	0	4	7	10	18	27	38	52
梢頭材積計 (m <sup>3</sup> )	1	5	1	2	2	7	7	9
樹幹材積合計 (m <sup>3</sup> )	0.0001	0.0089	0.0250	0.0592	0.1344	0.2316	0.3331	0.4109
算出樹高 (m)	1.10	6.10	9.10	13.10	17.10	20.10	22.10	22.10
梢頭長 (m)	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00

表-13 胸高直径生長計算表

齡 階	総生長 (cm)	定期生長 (cm)	連年生長 (cm)	平均生長 (cm)	生長率 (%)
3	-	-	-	-	-
6	5.70	5.70	1.90	0.95	-
9	7.95	2.25	0.75	0.88	52.31
12	9.85	1.90	0.63	0.82	7.40
15	12.85	3.00	1.00	0.86	9.27
18	15.70	2.85	0.95	0.87	6.91
21	18.40	2.70	0.90	0.88	5.43

表-14 胸高断面積生長計算表

齡 階	總生長 ( $m^2$ )	定期生長 ( $m^2$ )	連年生長 ( $m^2$ )	平均生長 ( $m^2$ )	生長率 (%)
3	—	—	—	—	—
6	0.0026	0.0026	0.0009	0.0004	—
9	0.0050	0.0024	0.0008	0.0006	24.36
12	0.0076	0.0026	0.0009	0.0006	14.98
15	0.0130	0.0054	0.0018	0.0009	19.59
18	0.0194	0.0064	0.0021	0.0011	14.28
21	0.0266	0.0072	0.0024	0.0013	11.09

表-15 樹高生長計算表

齡 階	總生長 ( $m$ )	定期生長 ( $m$ )	連年生長 ( $m$ )	平均生長 ( $m$ )	生長率 (%)
3	1.10	1.10	0.37	0.37	—
6	6.10	5.00	1.67	1.02	77.00
9	9.10	3.00	1.00	1.01	14.26
12	13.10	4.00	1.33	1.09	12.91
15	17.10	4.00	1.33	1.14	9.29
18	20.10	3.00	1.00	1.12	5.54
21	22.10	2.00	0.67	1.05	3.21

表-16 材積生長計算表

齡 階	總生長 ( $m^3$ )	定期生長 ( $m^3$ )	連年生長 ( $m^3$ )	平均生長 ( $m^3$ )	生長率 (%)
3	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	—
6	0.0089	0.0088	0.0029	0.0015	346.47
9	0.0250	0.0161	0.0054	0.0028	41.10
12	0.0592	0.0342	0.0114	0.0049	33.29
15	0.1344	0.0752	0.0251	0.0090	31.43
18	0.2316	0.0972	0.0324	0.0129	19.89
21	0.3331	0.1015	0.0338	0.0159	12.88

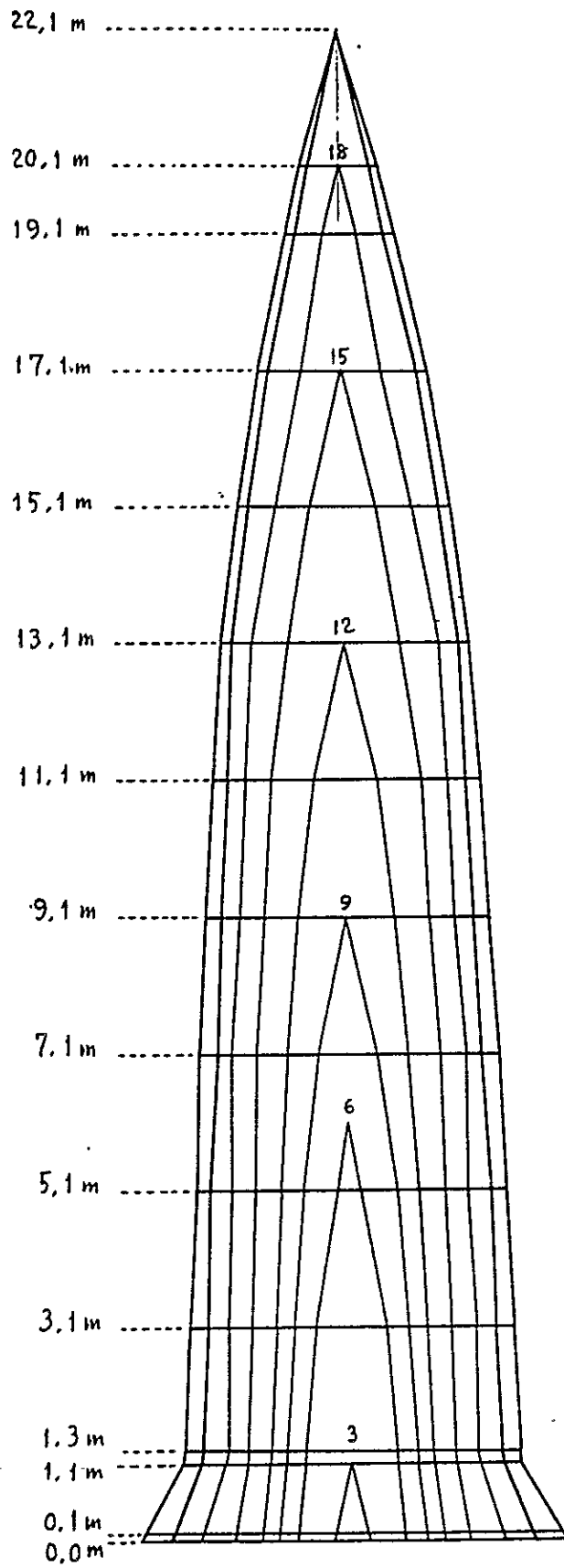


圖-19 樹幹析解圖

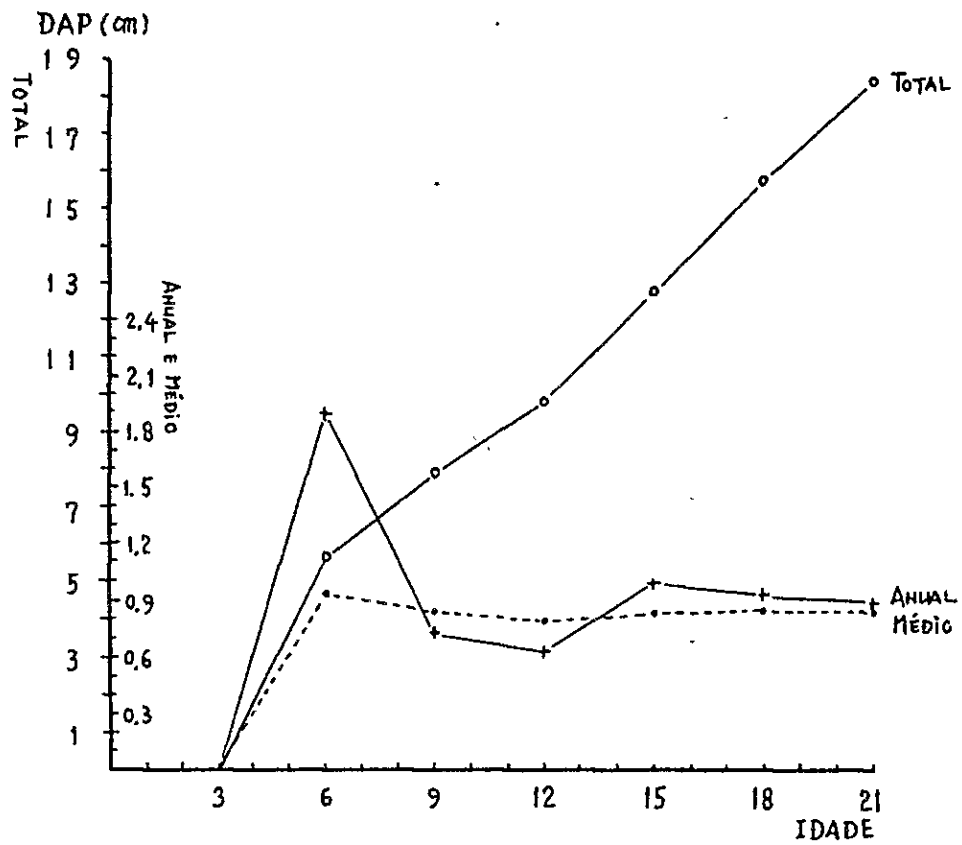


図 - 20 DAP 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

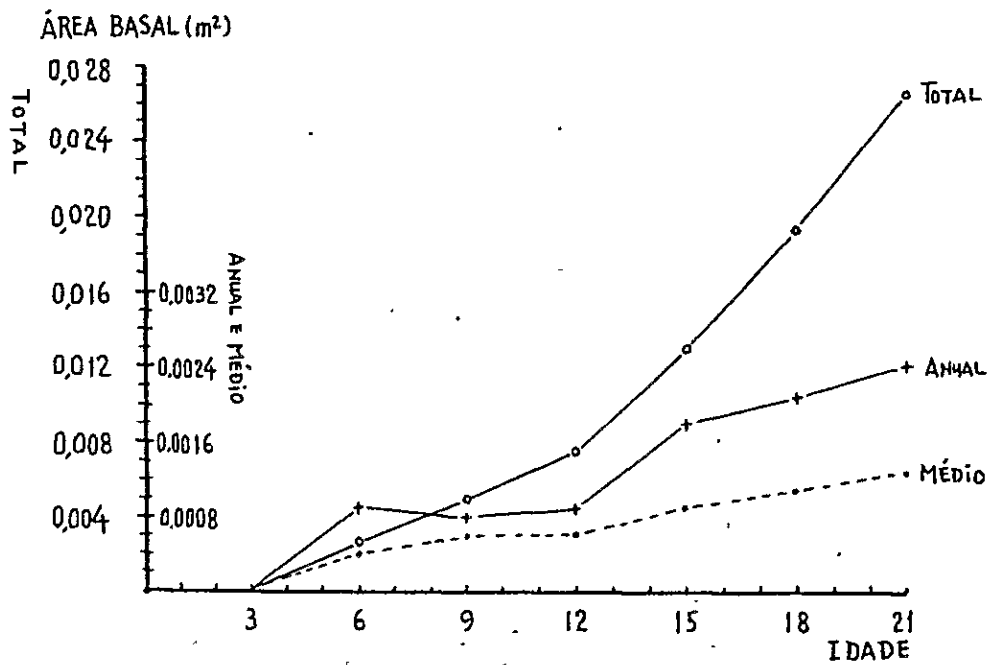


図 - 21 ÁREA BASAL 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

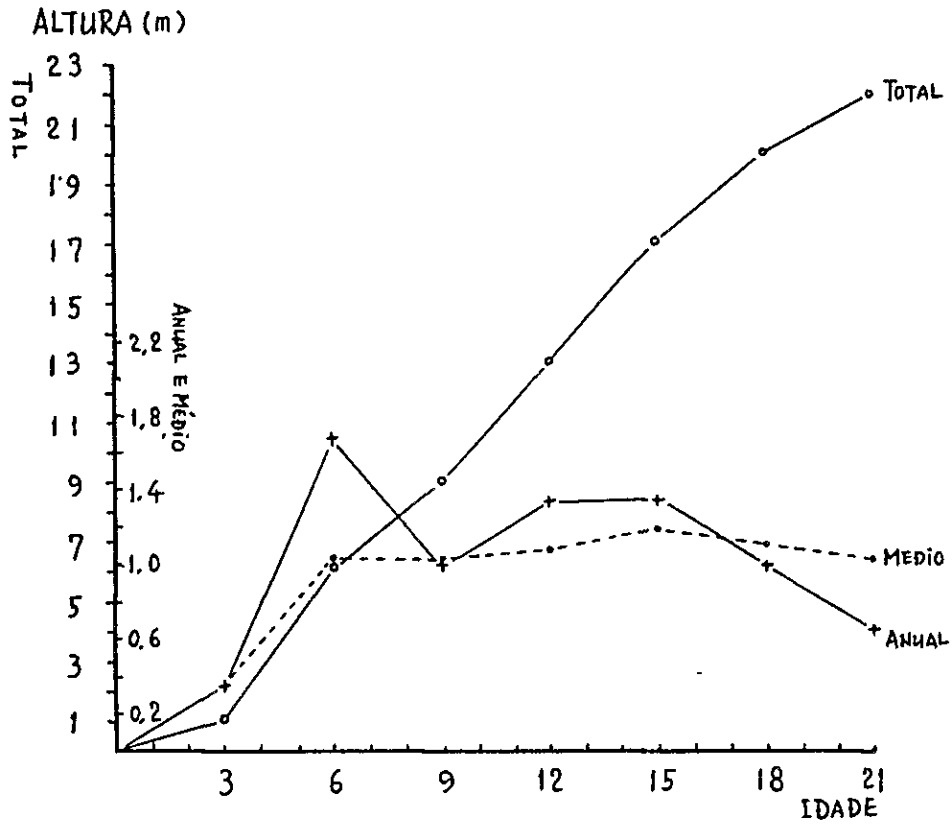


図 - 22 ALTURA 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

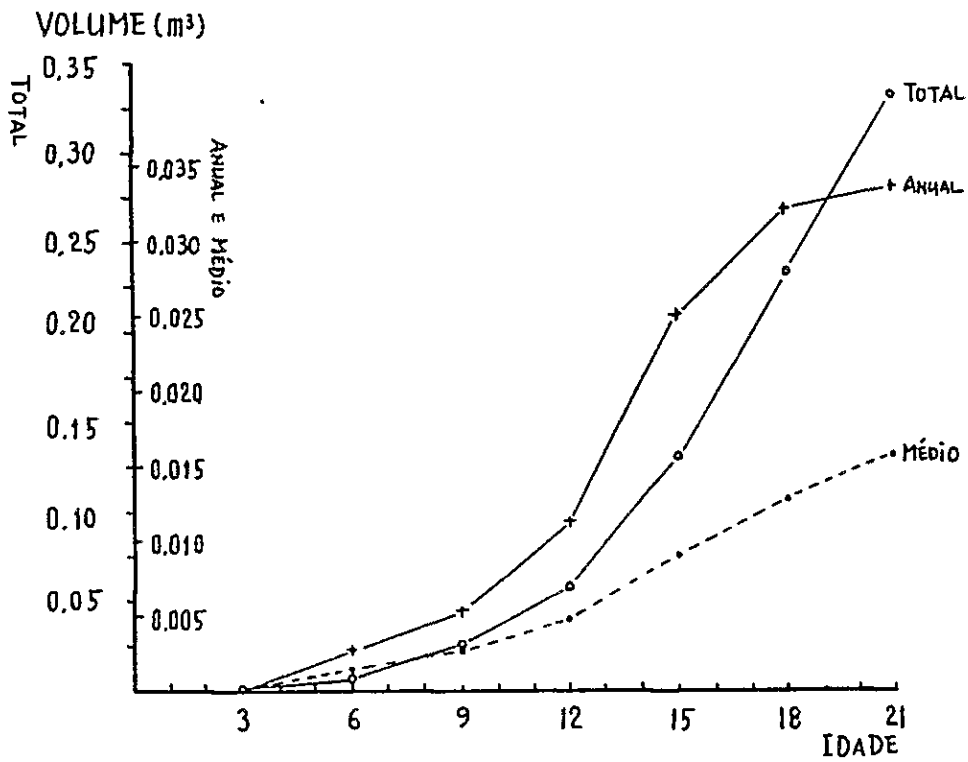


図 - 23 VOLUME 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

### 11 5年を1齡階とした場合の樹幹析解

林齡40年前後から上の林木に対する樹幹析解は5年刻み、すなわち5年を1齡階として行なわれるのが普通である。なお、100年を越える場合はさらに巾を広げて10年刻みに行なわれることもある。しかし、樹幹析解および計算の方法は全て今までと同じである。そこで、この項では参考までに5年を1齡階とする場合について、その計算結果を例示することとしよう。

5年を1齡階とする場合も伐倒および円枝測定の方法は同じである。ただ年輪の刻み方は中心点から5, 10, 15, ……となる。そして最後に端数が生じた時はその端数の年輪だけを1齡階とする。本例では林齡21年であるため、5, 10, 15, 20のあと、21そして皮付直径(21)となる。したがってそれぞれの齡階の直径測定の結果は1年を1齡階とする場合と同じとなるため、表-17の直径および樹高総括表も表-5のデータからそのまま転記、引用した(表-17参照)。

表-17 直径および樹高総括表

円枝 No	断面高	年輪数	断面高に達する 年輪数	年輪差	各齡階における平均直径 (cm)					
					5	10	15	20	21	(21)
-	0.0 m	(21)	0		5.58	9.82	15.05	21.15	22.14	26.00
1	0.1	20	1	1	5.50	9.70	14.85	20.82	21.80	25.53
2	1.1	18	3	2	4.70	8.50	12.85	17.50	18.45	20.80
3	1.3	18	3	0	4.50	8.50	12.85	17.45	18.40	20.70
4	3.1	17	4	1	2.40	7.50	12.53	16.80	17.63	19.50
5	5.1	16	5	1		6.50	11.98	16.33	17.07	18.45
6	7.1	14	7	2		4.55	11.45	15.88	16.15	18.02
7	9.1	12	9	2		1.45	10.25	14.85	15.50	17.05
8	11.1	10	11	2		95	9.03	14.03	14.55	16.50
9	13.1	9	12	1			6.75	13.05	13.98	15.18
10	15.1	8	13	1			3.60	10.60	11.75	12.80
11	17.1	6	15	2				7.35	8.60	9.90
12	19.1	4	17	2				4.23	5.45	6.55
13	20.1	3	18	1				2.43	3.58	4.13
-	算出樹高 (m)			(3)	5.10	10.10	17.10	21.43	22.10	22.10

表-17をもとに各断面高に対する齡階別の断面積を求め、これにもとづいて材積を表-18のとおり求める。区分材積、幹足材積、梢頭材積、等の計算は前と全く同じ方法による。

表-18 材積計算表

断面高	各齡階における断面積 ( $m^2$ )					
	5	10	15	20	21	(21)
0.0 m	0.0024	0.0076	0.0178	0.0351	0.0385	0.0531
0.1	24	74	173	340	373	512
1.1	17	57	130	241	267	340
1.3	16	57	130	239	266	337
3.1	5	44	123	222	244	299
5.1	(3)	34	113	209	229	267
7.1		16	103	198	205	255
9.1		(10) <sub>3</sub>	83	173	189	228
11.1			64	155	166	214
13.1			36	134	154	181
15.1			10	88	108	129
17.1			(5)	42	58	77
19.1				14	23	34
20.1				(5)	(10)	(13)
区分断面積計 ( $m^2$ )	22	151	662	1,476	1,643	2,024
区分材積計 ( $m^3$ )	44	302	1,324	2,952	3,286	4,048
幹足材積計 ( $m^3$ )	2	8	18	35	38	52
梢頭材積計 ( $m^3$ )	1	7	2	2	7	9
樹幹材積合計 ( $m^3$ )	0.0047	317	0.1344	0.2989	0.3331	0.4109
算出樹高 (m)	5.10	0.10	17.10	21.43	22.10	22.10
梢頭長 (m)	1.00	2.00	1.00	1.33	2.00	2.00

胸高直径、胸高断面積、樹高、および材積、の4つの要因に対する各生長量の計算は上記の表-17、および表-18のデータを用いて行なり。その計算結果は表-19：胸高直径生長計算表、表-20：胸高断面積生長計算表、表-21：樹高生長計算表、および表-22：材積生長計算表、に示すとおりである。またその計算方法はこれも前と全く同じ方法による。ただしこの場合は何れも5年を1齡階としているため、連年生長の計算はその齡階つまり21齡階の定期生長をして除して求めることに注意しなければならない。

5年を1齡階とした場合の樹幹析解図は図-24に示すとおりである。また胸高直径、胸高断面積、樹高、および材積のそれぞれの要因に対する生長曲線グラフは図-25、図-26、図-27、および図-28に示すとおりである。縮尺および目盛は前2者と全く同じにとっている。



表-19 胸高直徑生長計算表

齡 階	總生長 (cm)	定期生長 (cm)	連年生長 (cm)	平均生長 (cm)	生長率 (%)
5	450	450	0.90	0.90	-
10	850	400	0.80	0.85	13.56
15	1285	435	0.87	0.86	8.62
20	1745	460	0.92	0.87	6.31
21	1840	0.95	0.95	0.88	1.07

表-20 胸高斷面積生長計算表

齡 階	總生長 (m <sup>2</sup> )	定期生長 (m <sup>2</sup> )	連年生長 (m <sup>2</sup> )	平均生長 (m <sup>2</sup> )	生長率 (%)
5	0.0016	0.0016	0.0003	0.0003	-
10	0.0057	0.0041	0.0008	0.0006	28.93
15	0.0130	0.0073	0.0015	0.0009	17.93
20	0.0239	0.0109	0.0022	0.0012	12.95
21	0.0266	0.0027	0.0027	0.0013	11.29

表-21 樹高生長計算表

齡 階	總生長 (m)	定期生長 (m)	連年生長 (m)	平均生長 (m)	生長率 (%)
5	5.10	5.10	1.02	1.02	-
10	10.10	5.00	1.00	1.01	14.64
15	17.10	7.00	1.40	1.14	11.11
20	21.43	4.33	0.87	1.07	4.62
21	22.10	0.67	0.67	1.05	3.13

表-22 材積生長計算表

齡 階	總生長 (m <sup>3</sup> )	定期生長 (m <sup>3</sup> )	連年生長 (m <sup>3</sup> )	平均生長 (m <sup>3</sup> )	生長率 (%)
5	0.0047	0.0047	0.0009	0.0009	-
10	0.0317	0.0270	0.0054	0.0032	46.48
15	0.1344	0.1027	0.0205	0.0090	33.50
20	0.2989	0.1645	0.0329	0.0149	17.33
21	0.3331	0.0342	0.0342	0.0159	11.44

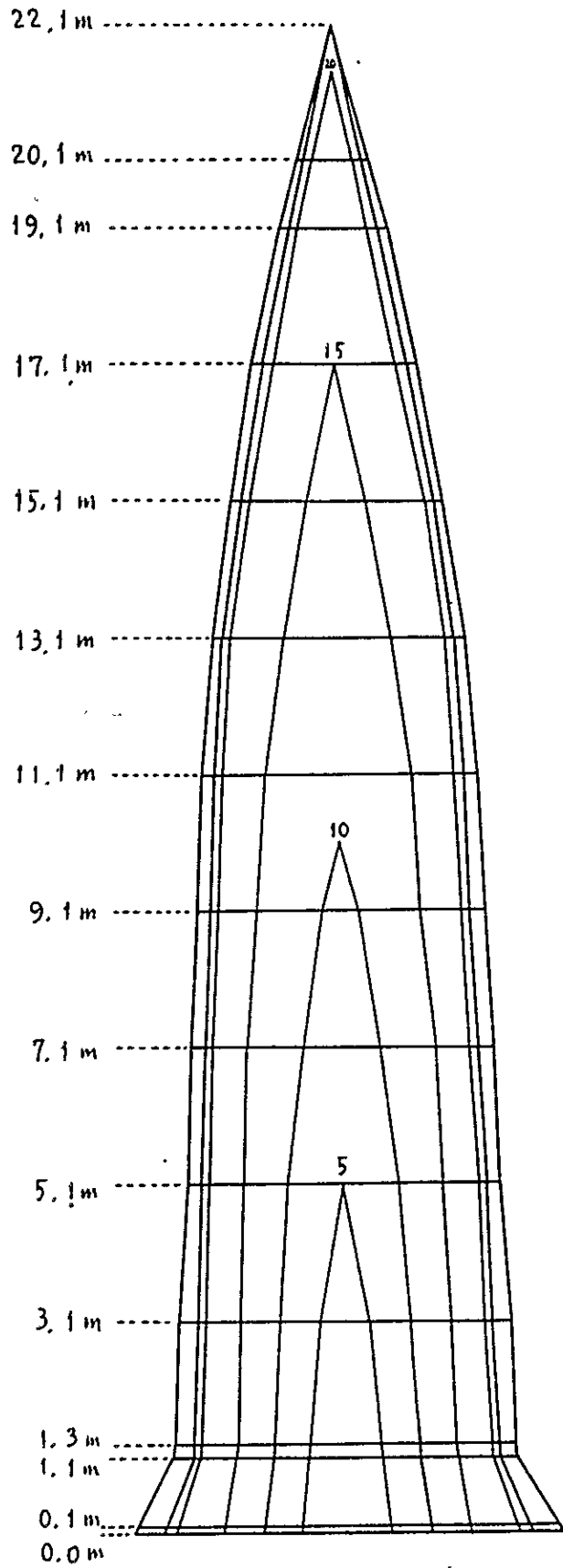


圖-24 樹幹析解圖

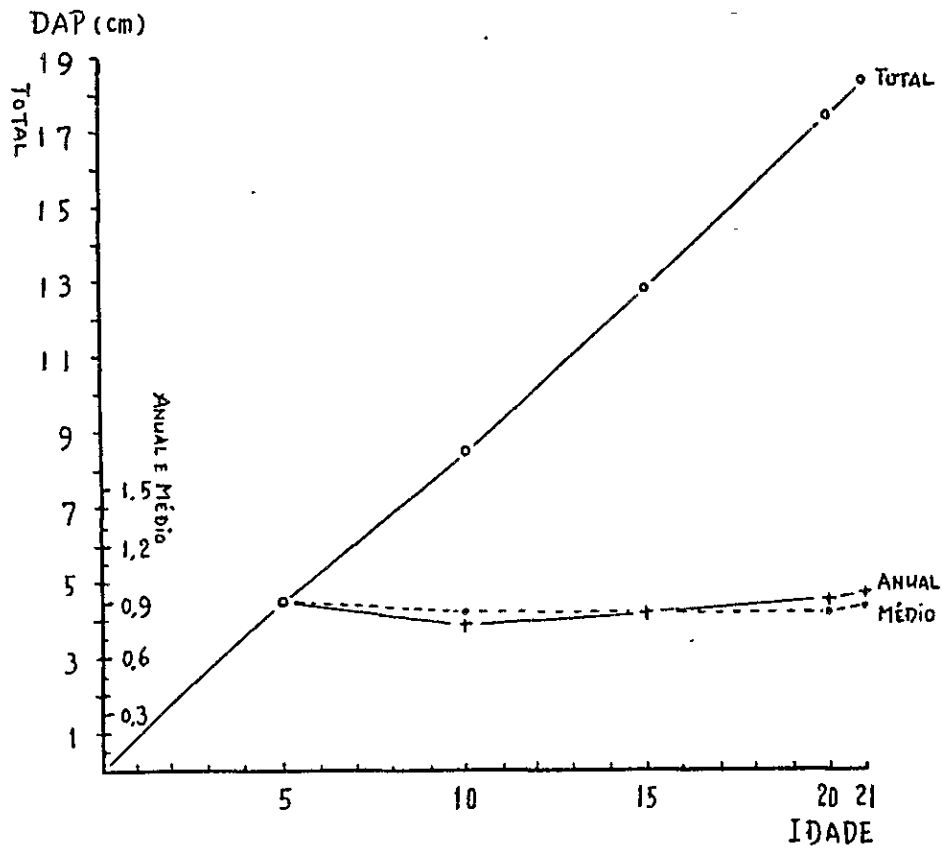


図-25 DAP 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

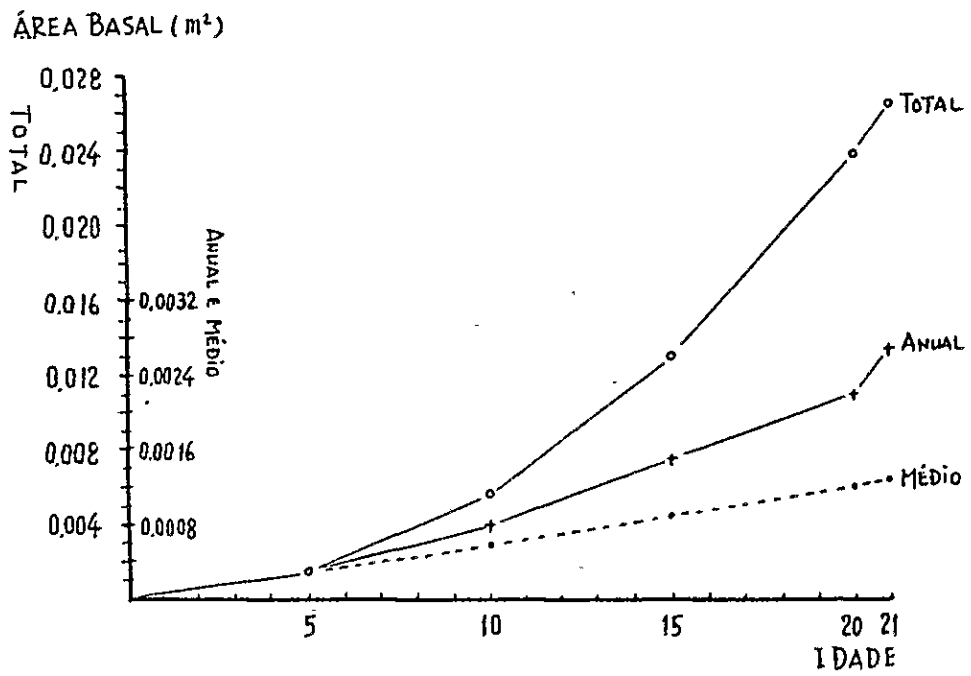


図-26 ÁREA BASAL 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

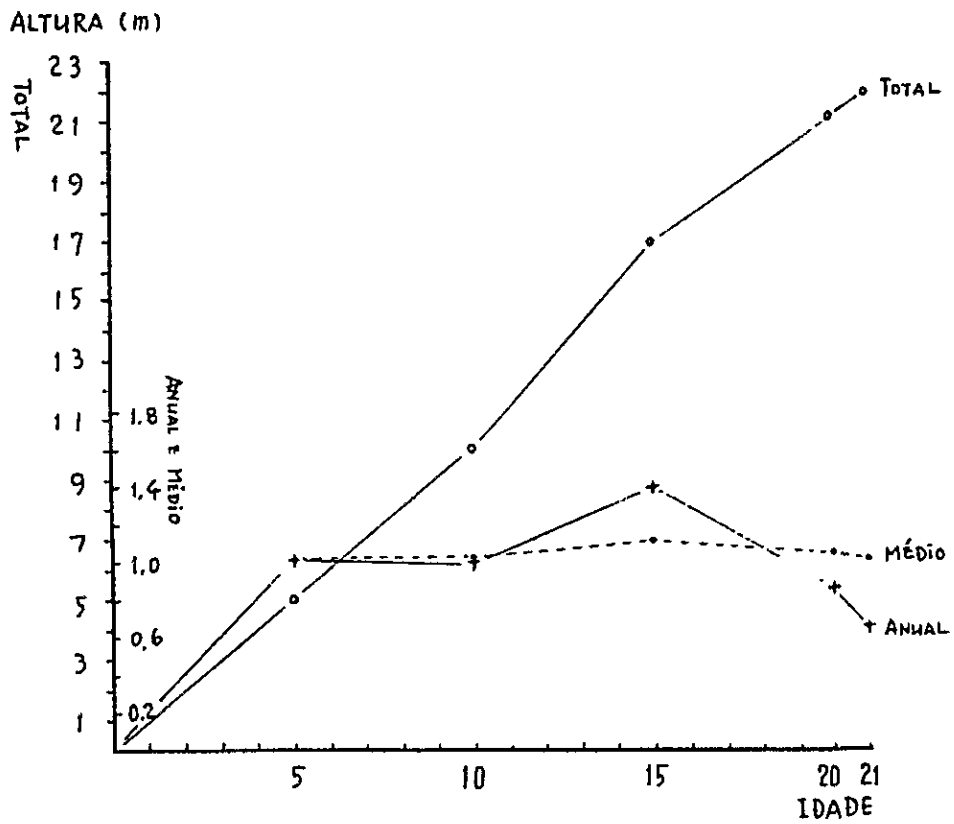


図-27 AUTURA 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

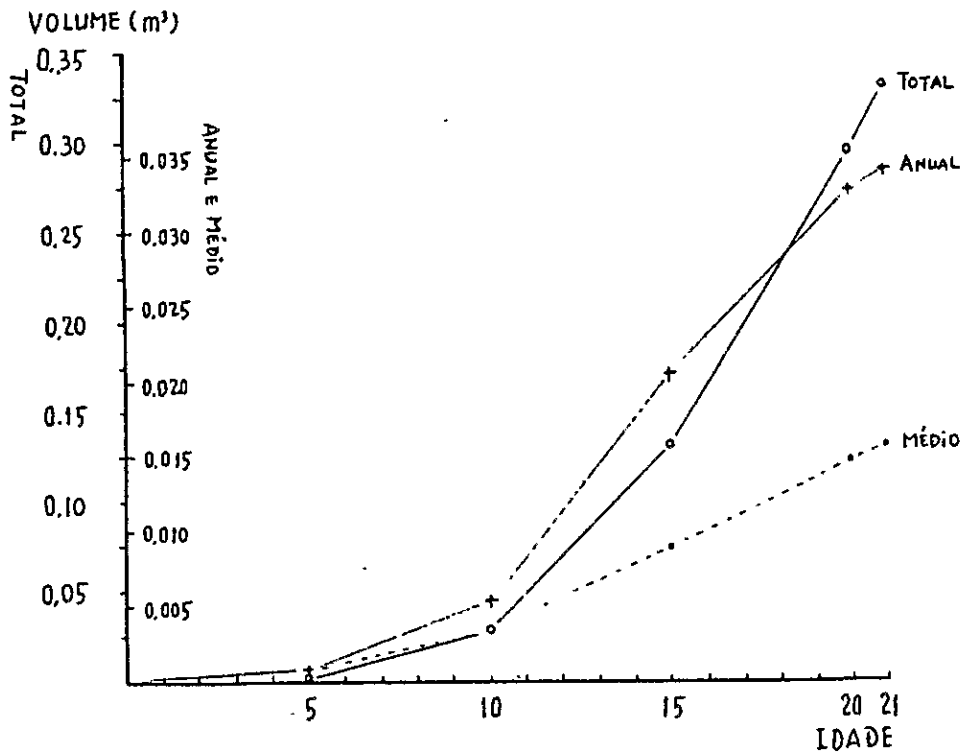


図-28 VOLUME 総生長, 連年生長, および平均生長曲線

## 12 お わ り に

Aguas de Santa Barbara 州有林, Talho No. 15 の 21 年生 *Pinus elliottii* に対する, 1 年を 1 齡階とする樹幹析解を, 標準木の選定から円枝採取法, その計算方法, および樹幹析解図, 生長曲線グラフの書き方, 等について説明を行なった。そして比較対照のため, 同じ樹幹析解木のデータをもとに, 3 年を 1 齡階とした場合, ならびに 5 年を 1 齡階とした場合, のそれぞれについても併せて試み, その計算結果, および樹幹析解図, 生長曲線グラフも示した。

以上の樹幹析解の結果から, 本例のような 21 年生程度の若い林木に対しては 1 年を 1 齡階とする方法か, せいぜい, 3 年を 1 齡階とする樹幹析解が適切であるといえよう。しかし, 樹齢によってはむしろ 5 年を 1 齡階とする樹幹析解が適切であるといえよう。しかし, 樹齢によってはむしろ 5 年を 1 齡階とする樹幹析解が至当であり, また場合によっては 10 年を 1 齡階とすることも必要となるであろう。それらは対象とする樹幹析解木の樹齢や大きさ, あるいはまたその研究目的によって検討され, 決定されるべき問題である。10 年を 1 齡階とする場合も, その測定や計算の方法等は全く同じであることは十分に理解できるであろう。

樹幹析解は円枝の半径の測定法, 樹高の査定(計算および推定)法, 生長率の計算法, 等に未だ多くの問題が存在する。また, 樹幹析解図も材積を主体として画く方法もある。これらについては樹幹析解木の対象となる林木や研究目的等によって検討されるべきであり, むしろ今後の問題としたい。

なお, 樹幹析解は, ただ単に樹幹析解を行なうことだけが目的ではない。この樹幹析解のデータがどのように適切有効に生かされるかは, その研究目的により研究者自身に課せられたテーマであるといえよう。

最後に, この樹幹析解木の標準木選定, 伐倒, 測定, ならびに円枝採取にご協力いただいた Aguas de Santa Barbara 州有林の Snr. Adauto Fiorucci, Snr. Ataide Soares の両氏に対し謝意を表す。

## 参 考 文 献

中島広吉著, 「樹幹析解」, 日本農林種苗株式会社刊, 改定 6 版, 1949

。天然生アローカリアの樹幹析解による長解析

ANÁLISE DE TRONCO DE ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA  
(BERT)O. KZE NATIVA DO PARAUÉ ESTADUAL DE  
CAMPOS DO JORDAO - SP

Masamichi Chyo

Hideyo Aoki

Nobor Haga

1. 目 的 .....	446
2. 調査対象地 .....	446
3. 樹幹析解の実施 .....	447
4. 各要因の生長量の計算 .....	447
5. 考察と今後の課題 .....	447

## 天然生アローカリアの樹幹析解による生長解析

Masamichi Chyo

Hideyo Aoki

Nobor Haga

### 1 はじめに

アローカリア (Araucaria) はブラジルにおける在来樹種の一つとして有用な存在である。しかし、近年はそのアローカリア、なかんずく天然生アローカリアは遂次減少しつつあり、その保護と育成が緊急の課題となっている。

天然生アローカリアは、標高、土壌成分、土壌湿度、等の立地条件、気温、降雨量、降霜日照、曇天日数、等の気象条件および周囲を取り巻く植生条件、等々の環境要因により、その生成や生育に大きく影響する。したがって、これらの関係を究明することは、とくに天然生アローカリアの天然更新とその育成上、極めて重要である考える。

そこで、それらの基礎資料の一つとして、天然生アローカリアに対し樹幹析解 (Stem analysis) を行ない、過去の生長解析を行ない、これと各種環境要因との結びつけを行なうため、この研究を行なった。

### 2 調査対象地

天然生アローカリアの樹幹析解のための調査対象地として Campos do Jordao 州有林をえらんだ。ここは南緯 22 度 45 分、西経 45 度 30 分に位置し、標高 1,600 m に及び、年平均気温 14°C (最高湿度、平均 22°C、最低温度 4°C、過去の最高は 2 月の 27°C)、年降雨量 1,750 mm、降霜日数 42 日 (4~9 月)、晴天日 62 日、曇天日 163 日、となっており、大規模な天然生アローカリアの分布がみられるところである。

樹幹析解木の対象は、この Campos do Jordao 州有林内で、ほぼ正常な生長を成していると思われる天然生アローカリア 1 本 (No. 1 : DAP = 49.1 cm, H = 27.6 m)、および樹齢はかなり経ているが、やや被圧され生長が劣っているとみられる天然生アローカリア 1 本 (No. 2 : DAP = 23.4 cm, H = 19.5 m) の 2 本をえらんだ。

### 3. 樹幹析解の実施

樹幹析解は1982年8月12日、地上0.3 mのところまで伐倒し、通常の方法(最初1.0 mの部分、それ以降は2.0 m毎に区分、最後に3 m未満になったとき1.0 mをとり2.0 m未満の梢頭をとる方法)により玉切りし、円枝dishを採取し、5年間隔で最大方向およびその直角方向の4方向に対し各階級の半径を測定)により行なった。なお、樹齢の査定は0.3 mの部分の年輪数を基準とし、それまで(0.3 m)に達する年数を3年としてプラスした年輪数をそのアローカリアの樹齢とした。その結果、No.1は160年、No.2は106年とカウントされた。

### 4. 各要因の生長量の計算

樹幹析解および各要因の生長量の計算はNo.1のみについて行なった。No.1に対する胸高直径、樹高、断面積、および材積の各生長量の計算は表-1, 表-2, 表-3, 表-4に示すとおりである。

表中、総生長量(Total growth, or Total increment)とは樹幹析解により測定され計算された各階級の全生長量である。定期生長(Periodic growth, or Periodic increment)とは一定期間(この場合5年)の生長量で、総生長量の各階級の差をもって表した。連年生長量(Growth per year, or Current annual increment)は相連続する1年間の生長量つまり定期生長量を期間年数(5年)で割った値である。平均生長量(Mean increment, Average growth, or Average accretion)は総生長量を年齢で割ったものである。

また、生長率はライプニッツ(Leibniz)、プレスラー(Pressler)、クンツェ(Kunze)、メルケル(Merker)等、いくつかの式があるが、ここではライプニッツの生長率式

$$P = \left( \sqrt[n]{\frac{M}{m}} - 1 \right) \times 100 \\ = \left\{ \left[ \frac{1}{n} (\log M - \log m) - 1 \right] \right\} \times 100$$

ただし  $m$  = 当初の値

$n$  =  $n$ 年(5年)後の値

$P$  = 生長率

によった。

### 5. 考察と今後の課題

以上の計算結果から、天然生アローカリアNo.1の場合、胸高直径、樹高、胸高断面積、および材積ともに生長率は20年~40年に極めて高い値を示す。しかし、その後も160年を経た現在に至るまで停滞することなく生長をつづけていることが認められる。図-1, 図-2, 図-3, 図-4は以上の計算結果のうち総生長量(Total), 連年生長量(Annual),



および平均生長量（Medico）の各生長曲線について示したものである（各図とも総生長曲線はy軸の左側に、連年生長曲線および平均生長曲線はy軸の右側に分けてそれぞれの生長量を示した）。これらにより生長の度合いとその傾向は明確に把握することができる。また図-5は樹幹析解図を示したものである。

なお、個々の齡階における各生長量の変化は、立地・気象・植生等の環境条件との結びつけにより、その生理生態と共に興味あるところである。これらについては残るNo.2の解析結果、および今後の資料収集により普遍的傾向の検討を行なう積りである。また人工林アローカリアの解析とその比較対照による天然生アローカリアの特性やその相違点に対する究明も今後の研究課題と考える。

TABELA 1 — INCREMENTO DIAMETRICO

IDADE	TOTAL	PERIODICO	ANUAL	MEDIO	PORCENTAGEM
5	— <i>cm</i>	— <i>cm</i>	— <i>cm</i>	— <i>cm</i>	— %
10	—	—	—	—	—
15	2.30	2.30	0.46	0.15	—
20	6.10	3.80	0.76	0.31	21.54
25	9.25	3.15	0.63	0.37	8.68
30	11.23	1.98	0.40	0.37	3.96
35	12.68	1.45	0.29	0.36	2.46
40	13.55	0.87	0.17	0.34	1.34
45	14.65	1.10	0.22	0.33	1.57
50	15.53	0.88	0.18	0.31	1.17
55	16.60	1.07	0.21	0.30	1.34
60	17.60	1.00	0.20	0.29	1.18
65	18.78	1.18	0.24	0.29	1.31
70	19.95	1.17	0.23	0.29	1.22
75	21.70	1.75	0.35	0.29	1.70
80	23.03	1.33	0.27	0.28	1.20
85	24.15	1.12	0.22	0.29	0.95
90	26.25	2.10	0.42	0.29	1.68
95	27.68	1.43	0.29	0.29	1.07
100	28.70	1.02	0.20	0.28	0.73
105	29.70	1.00	0.20	0.28	0.69
110	31.20	1.50	0.30	0.28	0.99
115	32.70	1.50	0.30	0.28	0.94
120	34.10	1.40	0.28	0.28	0.84
125	35.23	1.13	0.23	0.28	0.65
130	36.40	1.17	0.23	0.28	0.66
135	37.63	1.23	0.25	0.28	0.67
140	39.05	1.42	0.28	0.28	0.74
145	40.00	0.95	0.19	0.28	0.48
150	40.85	0.85	0.17	0.27	0.42
155	41.70	0.85	0.17	0.27	0.41
160	42.85	1.15	0.23	0.27	0.54

TABELA 2 — INCREMENTO EM ALTURA

IDADE	TOTAL	PERIODICO	ANUAL	MEDIO	PORCENTAGEM
5	0.50 m	0.50 m	0.10 m	0.10 m	— %
10	1.00	0.50	0.10	0.10	14.87
15	1.80	0.80	0.16	0.12	12.47
20	3.05	1.25	0.25	0.15	11.12
25	4.63	1.58	0.32	0.19	8.71
30	7.30	2.67	0.53	0.24	9.53
35	9.30	2.00	0.40	0.27	4.96
40	12.30	3.00	0.60	0.31	5.75
45	14.30	2.00	0.40	0.32	3.06
50	15.74	1.44	0.29	0.31	1.94
55	16.86	1.12	0.22	0.31	1.39
60	18.30	1.44	0.29	0.31	1.65
65	19.57	1.27	0.25	0.30	1.35
70	20.23	0.66	0.13	0.29	0.67
75	20.90	0.67	0.13	0.28	0.65
80	21.51	0.61	0.12	0.27	0.58
85	22.04	0.53	0.11	0.26	0.49
90	22.56	0.52	0.10	0.25	0.47
95	23.09	0.53	0.11	0.24	0.47
100	23.62	0.53	0.11	0.24	0.46
105	24.14	0.52	0.10	0.23	0.44
110	24.67	0.53	0.11	0.22	0.44
115	25.19	0.56	0.11	0.22	0.42
120	25.51	0.32	0.06	0.21	0.25
125	25.77	0.26	0.05	0.21	0.20
130	26.04	0.27	0.05	0.20	0.21
135	26.30	0.26	0.05	0.19	0.20
140	26.56	0.26	0.05	0.19	0.20
145	26.82	0.26	0.05	0.18	0.20
150	27.08	0.26	0.05	0.18	0.19
155	27.34	0.26	0.05	0.18	0.19
160	27.60	0.26	0.05	0.17	0.19

TABELA 3 - INCREMENTO BASAL

IDADE	TOTAL	PERIODICO	ANUAL	MEDIO	PORCENTAGEM
5	$-m^2$	$-m^2$	$-m^2$	$-m^2$	— %
10	—	—	—	—	—
15	0.0004	0.0004	0.0001	0.0000	—
20	0.0029	0.0025	0.0005	0.0001	48.62
25	0.0067	0.0038	0.0008	0.0003	1823
30	0.0099	0.0032	0.0006	0.0003	8.10
35	0.0126	0.0027	0.0005	0.0004	4.94
40	0.0144	0.0018	0.0004	0.0004	2.71
45	0.0169	0.0025	0.0005	0.0004	3.25
50	0.0189	0.0020	0.0004	0.0004	2.26
55	0.0216	0.0027	0.0005	0.0004	2.71
60	0.0243	0.0027	0.0005	0.0004	2.38
65	0.0277	0.0034	0.0007	0.0004	2.65
70	0.0313	0.0036	0.0007	0.0004	2.47
75	0.0370	0.0057	0.0011	0.0005	3.40
80	0.0417	0.0047	0.0009	0.0005	3.42
85	0.0458	0.0041	0.0008	0.0005	1.89
90	0.0541	0.0083	0.0017	0.0006	3.39
95	0.0602	0.0061	0.0012	0.0006	2.16
100	0.0647	0.0045	0.0009	0.0006	1.45
105	0.0693	0.0046	0.0009	0.0007	1.38
110	0.0765	0.0072	0.0014	0.0007	2.00
115	0.0840	0.0075	0.0015	0.0007	1.89
120	0.0913	0.0073	0.0015	0.0008	1.68
125	0.0975	0.0062	0.0012	0.0008	1.32
130	0.1041	0.0066	0.0013	0.0008	1.32
135	0.1112	0.0071	0.0014	0.0008	1.33
140	0.1198	0.0086	0.0017	0.0009	1.50
145	0.1257	0.0059	0.0012	0.0009	0.97
150	0.1311	0.0054	0.0011	0.0009	0.85
155	0.1366	0.0055	0.0011	0.0009	0.83
160	0.1442	0.0076	0.0015	0.0009	1.09

TABELA 4 - INCREMENTO VOLUMETRICO

IDADE	TOTAL	PERIODICO	ANUAL	MEDIO	PORCENTAGEM
	- m <sup>3</sup>	- m <sup>3</sup>	- m <sup>3</sup>	- m <sup>3</sup>	- %
5					
10	0.0003	0.0003	0.0001	0.0000	-
15	0.0012	0.0009	0.0002	0.0001	31.85
20	0.0079	0.0067	0.0013	0.0004	45.78
25	0.0194	0.0115	0.0023	0.0008	19.68
30	0.0367	0.0173	0.0035	0.0012	13.60
35	0.0554	0.0187	0.0037	0.0016	8.58
40	0.0804	0.0250	0.0050	0.0020	7.73
45	0.1093	0.0289	0.0058	0.0024	6.33
50	0.1460	0.0367	0.0073	0.0029	5.93
55	0.1823	0.0363	0.0073	0.0033	4.54
60	0.2307	0.0484	0.0097	0.0038	4.82
65	0.2901	0.0594	0.0119	0.0045	4.69
70	0.3597	0.0696	0.0139	0.0051	4.39
75	0.4449	0.0852	0.0170	0.0059	4.34
80	0.5234	0.0785	0.0157	0.0065	3.30
85	0.6086	0.0852	0.0170	0.0072	3.06
90	0.7015	0.0929	0.0186	0.0078	2.88
95	0.7941	0.0926	0.0185	0.0084	2.51
100	0.9004	0.1063	0.0213	0.0090	2.55
105	0.9960	0.0956	0.0291	0.0095	2.04
110	1.0974	0.1014	0.0203	0.0100	1.96
115	1.2120	0.1146	0.0229	0.0105	2.01
120	1.3329	0.1209	0.0242	0.0111	1.92
125	1.4608	0.1279	0.0256	0.0117	1.85
130	1.5898	0.1290	0.0258	0.0122	1.71
135	1.7375	0.1477	0.0295	0.0129	1.79
140	1.8872	0.1497	0.0299	0.0135	1.67
145	2.0047	0.1175	0.0235	0.0138	1.22
150	2.1270	0.1223	0.0245	0.0142	1.19
155	2.2407	0.1137	0.0227	0.0145	1.05
160	2.3760	0.1353	0.0271	0.0149	1.18

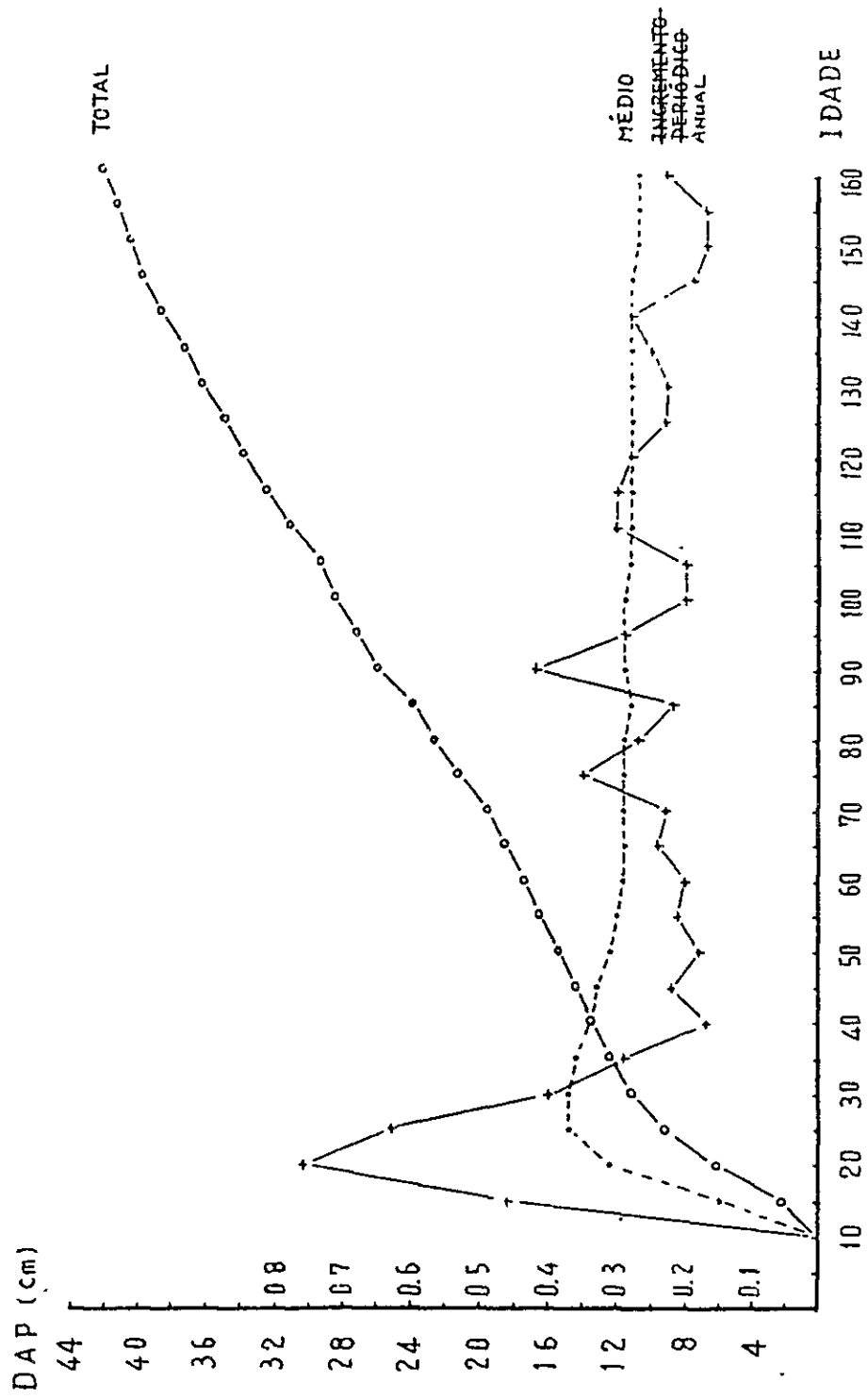


Fig 1 DAP 総生長, 連年生長および平均生長曲線

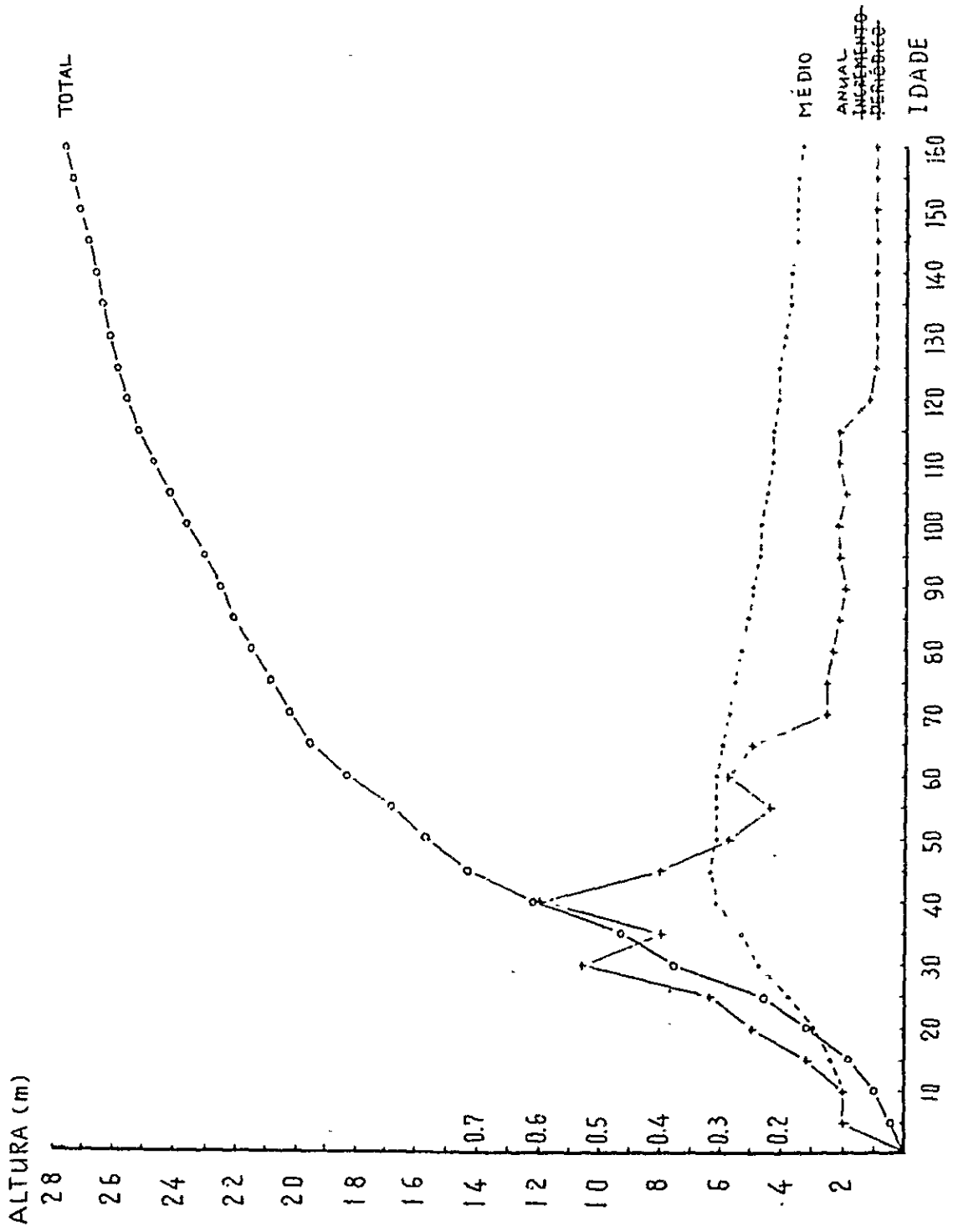


Fig 2 ALTURA 総生長, 連年生長および平均生長曲線

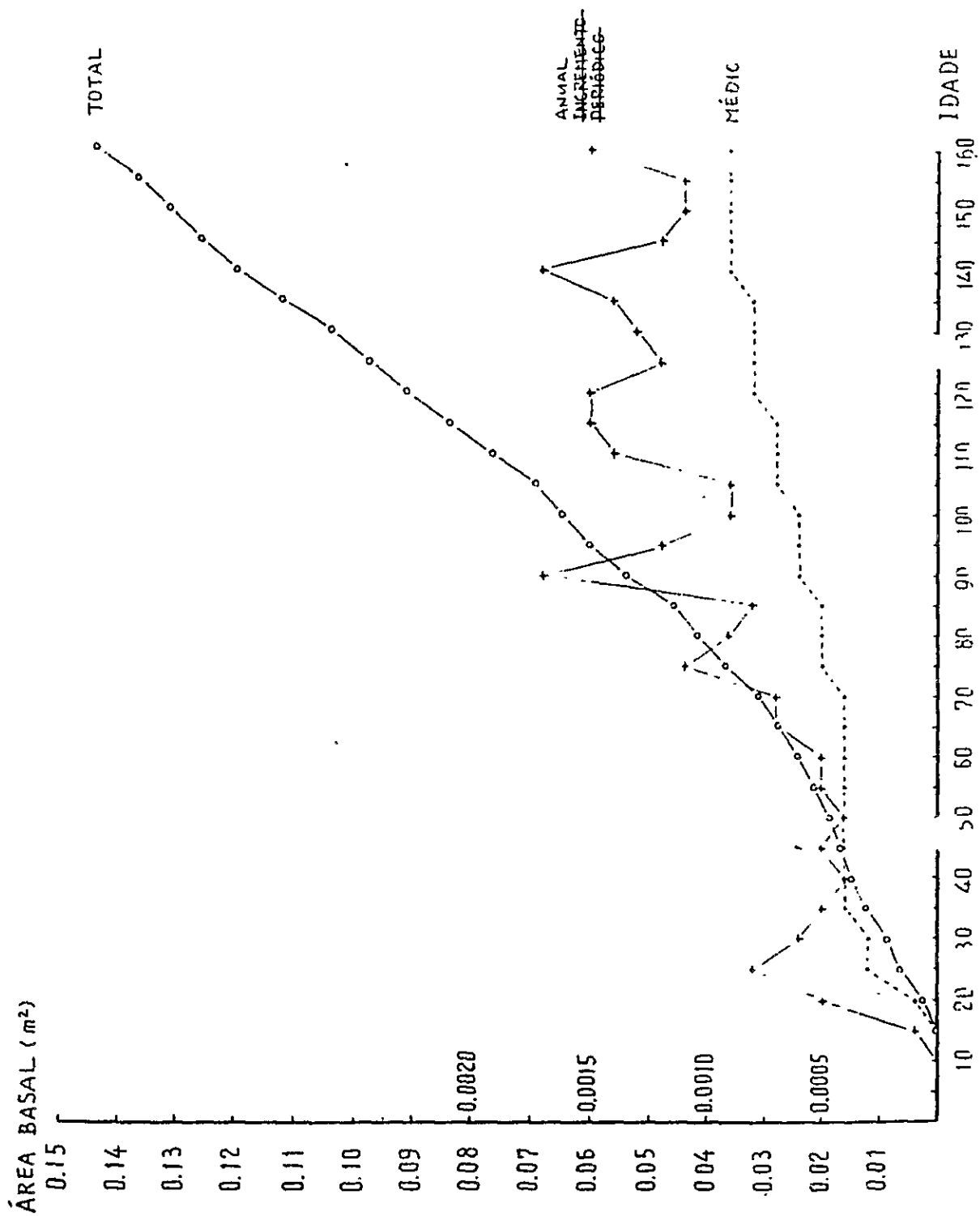


Fig 3 ÁREA BASAL 總生長, 連年生長および平均生長曲線



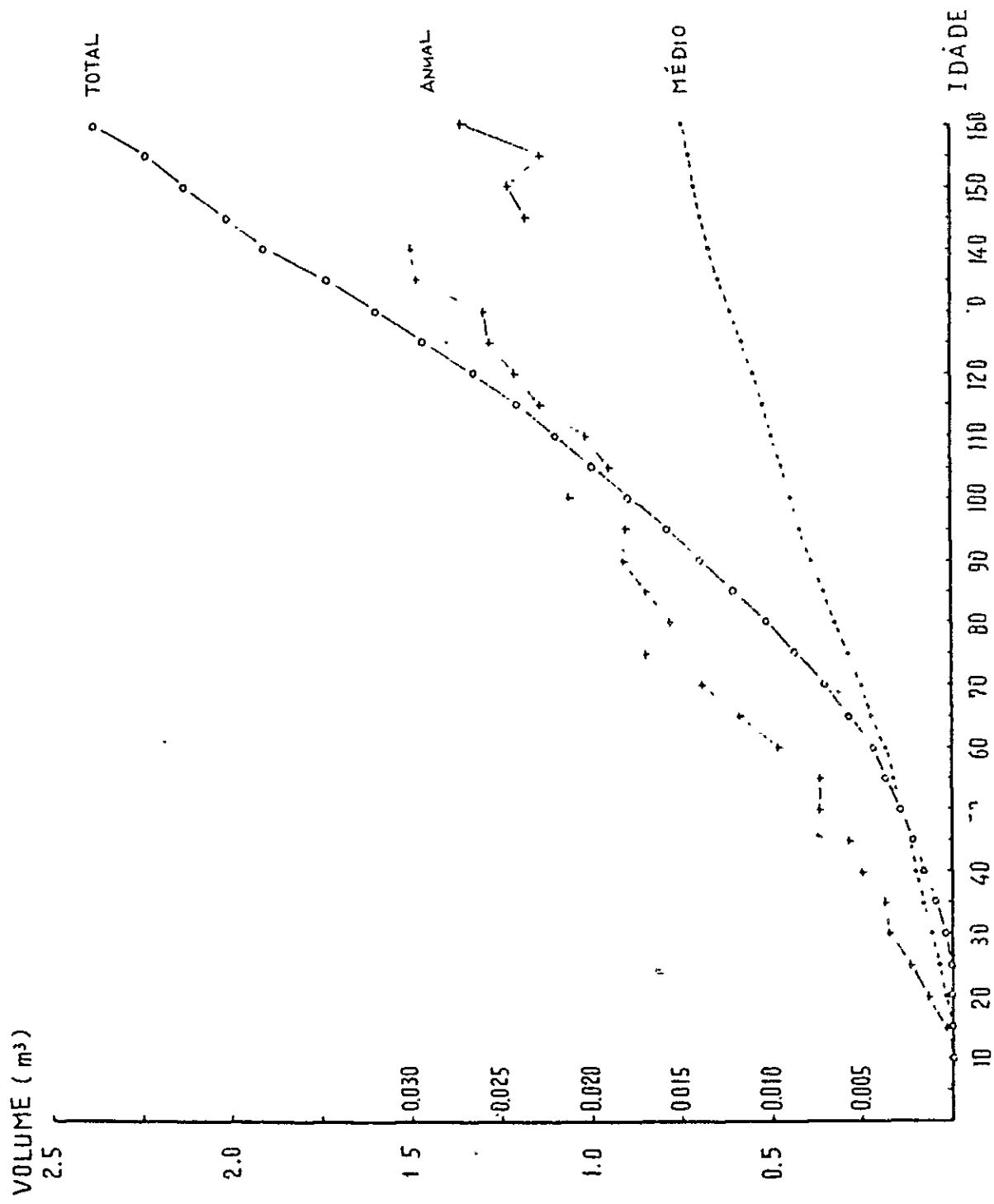


Fig 4 VOLUME 総生長, 連年生長および平均生長曲線

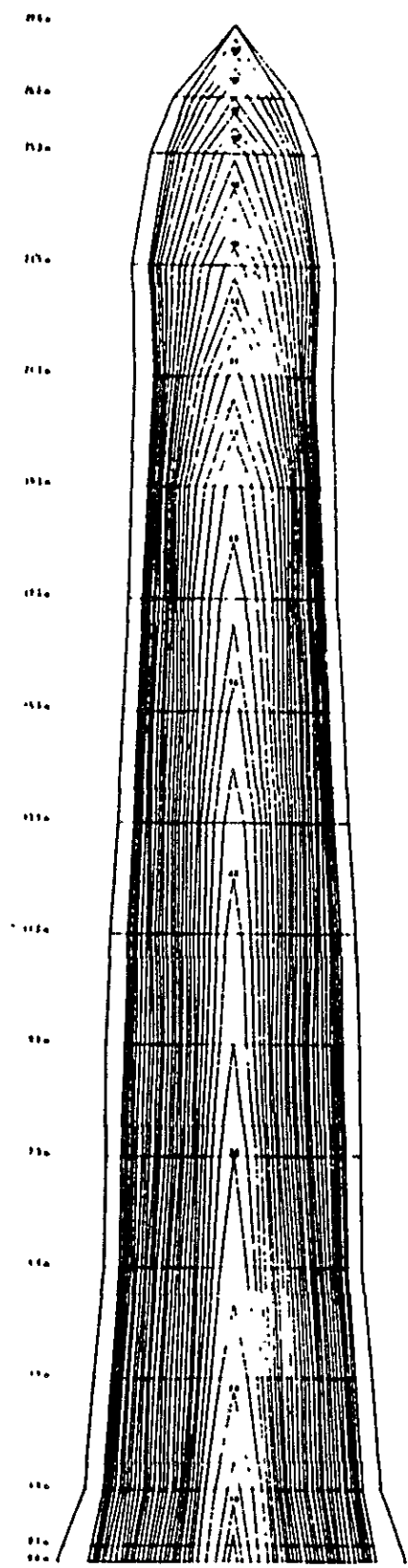


FIGURA 2 - Representação gráfica da análise do tronco de Arumera

图-5 樹幹析解圖

Sao Paulo - Pinus elliottii の林分収穫予測表の作成(1)

— 資料収集の方法 —

ELABORACAO DE TABELA DE RENDIMENTO PARA PIUNAS  
ELLIOTTII VAR ELLIOTTII ENG — NOTA PRÉVIA —

Masamichi Ohyo

Nobor Haga

Guenji Yamazoe

1. はじめに .....	459
2. 調査対象地と樹種の選定 .....	459
3. 調査プロット(標準地)のサイズの検討 .....	460
4. 調査および測定内容の検討 .....	461
5. 資料収集(現地調査)の方法 .....	462
6. 資料の取り纏めに対する構想 .....	463

Sao Paulo-Pinus elliottii の林分収穫予測表の作成(1)

資料収集の方法

Masamichi Chyo

Nobor Haga

Guenji Yamazo

1 はじめに

林業における造林計画、施業計画とその実行上の検討、経営計画、ならびに収支計画上の指針として収穫表 (Rendimento) は極めて重要な役割りを有する。収穫表はその他にも地位判定の尺度として、また保続生産や蓄積、生長量を含む森林資源の長期的予測等、その応用は多岐に亘る。とくに近年、構造材や建築材、パルプ原料、燃料材等の需要の増大に伴ない、森林資源の重要性は益々強まっており、そのため林業における木材生産の長期的、計画的見透しの必要性も一段と高まってきているといえる。したがって収穫表も今後益々その必要性を深めると考える。

収穫表の種類としては、収穫の対象によって材積収穫表、および利用収穫表に、対象林分によって正常収穫表、現実収穫表に、また対象地域によって一般的収穫表、地方的収穫表、等に分類されるが、最近では利用の形態によって重量収穫表 (林分の全乾重量で示す) や熱量収穫表 (林木の燃焼カロリーで示す) もその対象となっている。また収穫表の主要な用途としては、林分材積の推定、林分生長量の推定、地位の判定、立木密度の決定、収穫量の予想、樹種、作業種、伐期齢の決定、および森林評価、等があげられる。

サンパウロ州における主要造林樹種はユーカリ (面積 490,560 ha, 人工林の中に占める比率はほぼ 76.5 %) とマツ (面積 142,070 ha, 22.1 %) で、全体の 98.6 %, 実に 632,630 ha に及ぶ、とくにマツは旺盛な生長と共にその利用範囲の広さから、今後益々造林面積の増大化が予想される。しかしその歴史は浅く、1958年~1965年にサンパウロ州にマツが導入されて未だ 20 年前後しか経っていないため、施業計画、経営計画をその長期的造林計画の立案が急がれている状態にある。したがって本研究ではサンパウロ州におけるマツ林を対象に、地方的一幹材積一正常林分の収穫表の作成を計画した。本報ではその第 1 報として、現在実行中の資料収集の方法について報告する。

2 調査対象地と樹種の選定

収穫表作成のための調査対象地には Aguas de Santa Barbara にある州有林 (面積 5,000

ha)を選んだ。ここはサンパウロ市より西へ330 kmの位置にあり、標高650 mで、全林地がほぼ平地林を成している。年平均気温20.3℃、年平均降雨量1300 mmを示し、サンパウロ州では平均的な気象条件にあるといえる。ここにはPinus elliottii, P.caribaea, P.khasia, P.cocarpa, P.hondur, P.bahamensis, P.patula等のマツが造林されている。その中でもPinus elliottiiが最も多く、造林面積2,000 haに及ぶ。齡級配置も13年～17年にまたがっており、収穫表作成のための調査対象林分としての条件は十分に備っている。したがって収穫表作成の対象樹種としてのこのP.elliottiiを選んだ。ただ、ここでのP.elliottiiの生長はサンパウロ州内では必ずしも良好ではなく、ほぼ中庸にあるといえる。したがって比較対象および地位別収穫表作成のため、他の地域のP.elliottiiについても資料収集の予定である。因みに、Agua de Santa Barbaraでの森林の前歴はCamposである。

### 3. 調査プロット(標準地)のサイズの検討

収穫表作成のための資料収集に当っては事前にいくつかの検討を行わねばならない。その中でとくに重要なことは標準地となるプロットサイズの検討である。一般には標準地の面積は0.2 haまたは1標準地内に200本以上の立木を含むことが必要とされている。しかし林分は全体が一定間隔に植栽されており、標準地の面積の大小による立木本数の差異は殆んど認められないこと、また当初に造林されたところは植栽本数がha当り4,000本のため間伐後の現在でも立木密度が極めて高く、調査工程上に問題があること、等の観点から、プロットサイズに対する検討を次のとおり試みた。まず、プロットの中心点を決め、この中心点を軸に、①50 m×50 m(0.25 ha)、②50 m×25 m(0.125 ha)、③31.62 m×31.62(0.1 ha)、の各プロットサイズの標準地を重複させて設定し、これをそれぞれ独立した標準地と見做して6箇所について予備的に毎木調査を行ない、立木本数に対する差異のチェックを試みた。その結

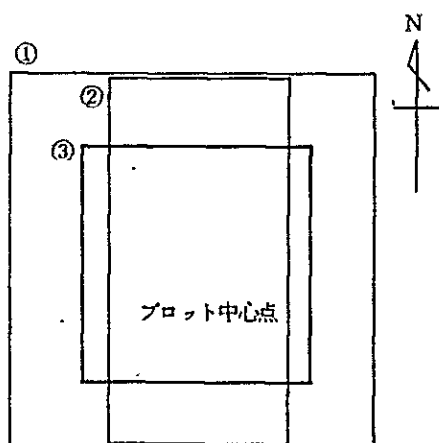


図-1. プロットサイズ検討のためのプロット設定方法

表-1 0.25ha, 0.125ha, 0.1 haのプロットの立木本数

	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5		No. 6	
	n	ha当り	n	ha当り	n	ha当り	n	ha当り	n	ha当り	n	ha当り
① 50×50 m (0.25 ha)	256	1,024	331	1,324	296	1,184	511	2,044	158	632	227	908
② 50×25 m (0.125ha)	117	936	163	1,304	138	1,101	247	1,976	101	808	129	1,032
③ 31.62×31.62m(0.1 ha)	98	980	136	1,360	114	1,140	206	2,060	88	880	100	1,000

果は表1に示すとおりとなった。

チェックの結果は、① 50 m×50 m (0.25 ha) と③ 31.62 m×31.62 m (0.1 ha) の両者の間ではha当り本数は若干の差異はあるものの極めて近い数値を示し、有意差検定 (t-検定) の結果でも有意差はなかった。ただ、② 50 m×25 m (0.125ha) ではプロットの形が長方形となったため、列柱間伐の影響を受けたりして、①および②に対し変動がみられた。因みに、胸高直径 (DAP) および樹高 (H) の平均値は①、②、③の何れの場合も極めて近似的な値を示し、全く差異は認められなかった。したがって材積への影響は本数が最も大きい要因であるといえる。この結果から、本調査では複雑かつ正確な測定を必要とする調査内容および工程上のことを考慮して、標準地面積は③の 31.62 m×31.62 m によって行なうこととした。

#### 4. 調査および測定内容の検討

次に調査対象林分に対する各種の要因、および立木調査のための測定項目の検討を行なった。

森林は複雑な気象条件や土地 (立地) 条件、その他の環境の影響を受け、加えて長年に亘る生長過程を経るため、その成立条件も極めて多岐に亘る。したがってこれらの要因を調査することは収穫表作成には必要不可欠である。これらのことを考慮に入れ、後日、いろいろの視点からの分析検討の資料に供することを目的として、各調査林分毎に表-2に示す内容の調査項目を設けた。なお、この調査用紙には調査プロットの設定位置が判るように調査プロット位置図も入れて記録するようにした。

立木調査は表-3に示すとおり野帳を検討し作成した。この中でDAPはmmまで、H, Altura do Fuste, Diametro da Copaは10cmまで測定することとした。なお、収穫表作成後、その予測の妥当性を考慮してDirecao de Arvoresの項目を設け、Graus および Metragemについてプロット中心点を基にポケットコンパスとテープにより林木位置図も測定し記録するようにした。これにより調査プロット地の林木は野帳に記録されることになる。Notaでは二又木、先折れ木、病虫害被害木、その他について記録し、後日の間伐および収穫表作成のための資料に供することとした。

## 5. 資料収集（現地調査）の方法

以上により検討された、林分に対する調査内容、および立木に対する調査項目の各野帳にもとづいて、現在、Aguas de Sauta Barbara の *P.elliottii* に対し収穫表作成のための現地調査（資料収集）をすすめている。以下にその具体的方法について簡単に述べることとする。

まず、*P.elliottii* の齢級配分を基に、各齢階に均等にまたがるように調査個数を割り当て、これにより、それぞれの現地林分に対し立木調査を実施している。調査地点は  $500\text{ m} \times 500\text{ m}$  のブロック (Talhao) に区画されているので、そのブロックに対し常に北 (N) 方位を基点とし、その基点よりコンパス測量により林縁に沿って  $100\text{ m}$  の距離をとり、それから直角 ( $90^\circ$ ) に林内に向って入り  $100\text{ m}$  すすんだ点をプロット中心点とする。これは林縁から  $100\text{ m}$  入ることにより林縁木、風衝木、病虫害、その他の被害の影響を無くするためである。中心点が決ったら  $31.62\text{ m} \times 31.62\text{ m}$  ( $0.1\text{ ha}$ ) の方形プロット (標準地) を、これも北 (N) を常に基準として設定する。実際は中心点より方形プロットの四隅に向ってコンパス測量により各対角線 (c) に対し

$$c = (\text{Cosec } 45^\circ \times 31.62\text{ m}) / 2 \quad \left( \frac{\sin 45^\circ \times 31.62\text{ m}}{2} \right)$$

$$= 22.36\text{ m}$$

の距離をとり、これによって  $31.62\text{ m} \times 31.62\text{ m}$  のプロットを設定している。プロットが設定されたら前記の林分調査野帳および立木調査野帳の各測定項目にもとづいて調査を実施する。なお、DAP は輪尺で、H はシュビーゲルレラスコープによって行なっている。その測定精度は前項 4 に述べたとおりである。プロットの中心点は現在はマツ木の杭を立てているが、後日、腐蝕に耐える標識を設定の予定である。

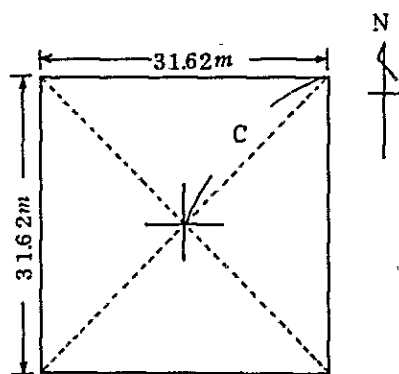


図-2 プロット設定の方法

## 6. 資料の取り纏めに対する構想

収穫表は最終的には地位別，年齢別，主副林木別，本数，材積，生長量等の各要因に対し，平均値および単位面積（ha）当りについて一覧表として作成されることになる。

地位は一般には上・中・下，または1・2・3等地等のように3段階に分けられるのが普通である。年齢は通常5年毎に区切られる。これらに対してはサンパウロ州における実態，ならびに実際に使用される場合のことを考慮に入れた検討が必要であろう。とくにマツは生長が早いので，伐期も20年～25年と早く，外国の場合に比し短伐期であるため，独自の検討が必要と考える。また，材積についても利用材積がよいか全幹材積がよいかも研究の余地を感じる。同様にしてCom Casca，Sem Cascaの問題もある。

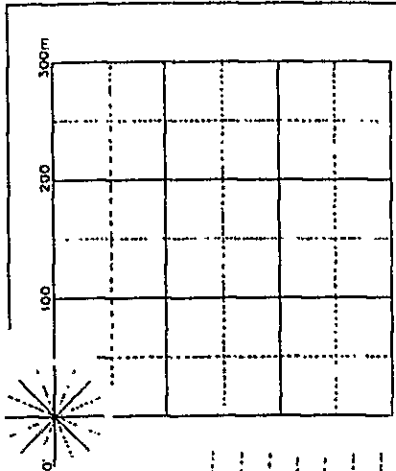
調査資料（標準地，プロット）の数は林分の状態によって異なるが，通常は1樹種に対し各地位別に少なくとも30個所以上が必要とされている。これについては調査された資料を総合的に分析し検討・吟味することによって自ら決ってくるであろう。調査された資料は年齢，DAP（胸高直径），H（樹高），材積，等の各要因について相互に関連しており，したがってその都度，多面的，総合的な分析と検討が必要となる。

これらの各種調査項目の分析検討に当って，使用する材積式または材積表の問題がある。それぞれの調査項目を如何に正確に測定しても，材積式がその林分によく合っていなければ，これにもとづいて計算され作成された収穫表も，その都度つまり適合度は低下することになる。現在，調査対象地であるAgua de Santa BarbaraのP.elliottiiについて独自の材積表作成についても，この収穫表作成のための調査と併行して計画しているところである。



表-2 林分に対する調査項目 (野帳)

1 Caracterização (Arrangement)		Dados para elaboração de tabelas de rendimento (Data of the manufacture of yield table)	
A	Nº da parcela (Number)	.....	
B	Localização (Situation)	.....	
C	Folha nº (Sample plot number)	.....	
D	Data de medição (Date of survey)	..... de 19.....	
E	Nome do medidor (Name of survey)	.....	
2 Tipo florestal da área de amostragem (Parcela) (Forest type and sample plot area etc)		.....	
A	Espécie (Species)	.....	
B	Idade (Stand age)	..... 19.....	
C	Espacamento inicial (Planting distance)	..... m (..... m / Ha)	
D	Desbaste (Thinning)	Nº 1 19..... (..... m³) (..... %)	
E	Desrama (Pruning)	Nº 2 19..... (..... m³) (..... %)	
F	Pragas e doenças (Forest pests & diseases)	.....	
G	Incêndio (Forest fire)	.....	
H	Área (Sample plot area)	Ha (..... m²) (..... m)	
3 Dados meteorológicos (Meteorological phenomena)		.....	
A	Precipitação anual (Rainfall)	.....	
B	Temperatura (Temperature)	Máximo ..... Mínimo .....	
C	Dias de gelo (Nr of days forest frosts)	.....	
D	Direção e velocidade dos ventos (Force & direction of wind)	Direção ..... Velocidade .....	
E	Umidade relativa (Humidity of air)	.....	
4 Dados físicos (Land features)		.....	
A	Espessura (Direction of hill)	.....	
B	Declividade (Inclination angle)	.....	
C	Vegetação anterior (Soil history)	.....	
D	Tipo de solo (Soil situation)	.....	
E	Profundidade do horizonte (Depth of A horizon)	..... cm	
F	Vegetação do sub-bosque (Undergrowth)	.....	
G	Cap. retenção de água (Humidity of soil)	Seco ..... Semi-úmido ..... Úmido .....	
H	Grão de consistência (Consistency)	.....	
I	Altitude (Elevation)	..... m	



(Nota)  
 Caderneta de campo fol 1.....  
 .....  
 .....  
 .....

表-3 立木に対する調査項目 (野帳)

Nº da parcela: \_\_\_\_\_ Talhão nº: \_\_\_\_\_  
 Localização: \_\_\_\_\_, na Data de medição: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 19\_\_\_\_  
 Idade: \_\_\_\_\_ Área: \_\_\_\_\_

Nº Árvores (Hx)	Espécie	Árvores Dominantes (Df or ST)	DAP		IDBH	H	Volume (V)	Altura do Fuste (Crear Length) m	Diâmetro da Capa (C D) m	Incremento (Increment)		Direção de Árvores (Tree Position)		Nota (Memo)
			Medição (Measurement) cm	Média (Mean) cm						Anéis (Core) mm	Casca (Bark) mm	Gráus (Azimuth) º	Metrogem (Length) m	
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
0														
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
0														