

粕屋演習林における間伐木の材積表ならびにほそり 表作製

木梨, 謙吉
九州大学農学部附属演習林 : 教授

山添, 源二

<https://doi.org/10.15017/1456249>

出版情報 : 演習林研究経過報告. 昭和41年度, pp. 9-23, 1967-07-10. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :

1. 粕屋演習林における間伐木の材積表ならびに ほそり表作製

木 梨 謙 吉
山 添 源 二

第 1 章 間伐木材積表

1. 資 料

粕屋演習林新建団地 15 林班林令 50 年スギ約 45%、ヒノキ 55% の同令林間伐木から昭和 42 年 1 月間伐直後の伐倒木について測定されたものである。間伐前の立木本数は約 ha 当り 1200 本であるが、間伐は A 種と B 種の間伐すなわち樹冠の発達が十分であるもの、多少の樹冠の交叉を許容して優勢木と準優勢木の大部分を残す程度に行なわれたとみられるもので、本数で約 25%、材積で約 15% が間伐されている。

伐倒木の材長をメートル巻尺で 10cm 単位で測定、直径は皮付のまま 0.2、1.2、... 3.2、5.2... m 毎、すなわち 2 m 間隔で測り梢頭部 3 m 未満でとめ、最後に 1 m の長さの所をとつてその直径を測定した。直径測定は地上に倒れている材を直径測定用輪尺を用いて 0.5 cm 単位で測定した。

材積の計算は樹幹析解に一般に用いられるフーバー法を用い、樹冠部は各部の断面積和に 2 m を乗じたもの、梢頭部は底部断面積に梢頭長を乗じて $\frac{1}{3}$ し、株部は地上面の直径と 0.2 m の所の直径に対応する断面積の平均値に 0.2 m を乗じて出してある。地上面の直径は測定を行わないで 1.2 m の所の直径と 0.2 m の所の直径を直線で結んで延長して計算上求めてある。

$$\text{単木材積}^{(m^3)} = \left\{ \frac{S_{0.0} + S_{0.2}}{2} \times 0.2 \right\} + 2 \times (S_{1.2} + S_{3.2} + \dots + S_{n.2}) + \frac{1}{3} \times S_{(n+1).2} \times \ell$$

$S_{0.0}$ は地ギワ断面積 (m^2)

$S_{1.2}$ は 1.2 m の所の断面積

$S_{n.2}$ は n.2 m の所の断面積で梢部に近い最後から 1 つ目の断面

$S_{(n+1).2}$ は $S_{n.2}$ から 1 m さきの梢部底断面積

ℓ は梢頭部長 (m) で 2 m 未満

第1表 柏屋演習林15林班スギ52本、ヒノキ18本、計70本の間伐木の
胸高直径、樹高、単木材積一覧表

番号	樹種	DBH cm	樹高 m	材積 m ³
17	スギ	14.5	14.50	.13278
18	スギ	19.5	11.20	.13742
19	スギ	11.0	13.10	.03922
20	スギ	8.0	10.40	.03190
21	スギ	10.0	10.90	.04946
22	スギ	17.0	15.10	.16479
23	スギ	14.0	12.40	.09566
24	スギ	13.0	11.20	.07988
25	スギ	14.0	11.70	.09059
26	スギ	17.0	13.70	.15565
27	スギ	19.0	14.80	.21481
28	スギ	11.0	10.10	.05179
29	スギ	15.5	11.40	.09472
30	スギ	11.0	11.40	.06063
31	スギ	14.5	13.20	.11450
32	スギ	18.5	13.50	.17138
33	スギ	11.0	11.00	.05933
34	スギ	12.0	11.60	.07077
35	スギ	13.5	12.40	.09671
36	スギ	7.5	7.40	.01843
37	スギ	11.0	8.70	.04837
38	スギ	8.0	8.30	.04121
39	スギ	14.0	12.40	.10963
40	スギ	17.0	13.20	.15930
41	スギ	12.0	10.70	.06160
42	スギ	11.5	11.20	.05046
43	スギ	14.0	12.50	.10620
44	スギ	12.5	12.20	.08988
45	スギ	12.0	12.90	.07520
47	スギ	10.5	9.80	.02479
48	スギ	9.0	8.20	.02464
49	スギ	17.5	13.40	.15616
50	スギ	9.0	11.50	.04212
51	スギ	12.5	12.50	.09542
52	スギ	14.0	15.00	.12008
53	スギ	13.5	14.50	.20321

番号	樹種	DBH cm	樹高 m	材積 m ³
54	◇	16.0	15.60	.16857
55	◇	12.0	13.00	.07118
57	◇	15.0	15.60	.15818
58	◇	20.5	13.00	.20456
59	◇	20.5	13.60	.21561
60	◇	20.5	15.20	.25312
61	◇	14.5	13.00	.10899
62	◇	15.0	13.60	.11764
63	◇	11.5	12.70	.07564
64	◇	19.5	12.60	.21358
65	◇	16.5	11.80	.14536
66	◇	20.0	16.40	.23075
67	◇	21.0	17.00	.26601
68	◇	21.0	14.60	.26113
69	◇	17.5	15.50	.19030
70	◇	23.5	13.70	.29258
1	ヒノキ	18.5	15.20	.18158
2	◇	10.0	12.20	.05428
3	◇	18.5	13.80	.17122
4	◇	20.5	15.80	.21921
5	◇	27.5	14.40	.39446
6	◇	20.0	15.60	.26425
7	◇	15.5	14.40	.10960
8	◇	12.0	13.50	.07459
9	◇	18.0	13.60	.16539
10	◇	15.0	13.60	.11554
11	◇	17.0	15.00	.15900
12	◇	21.5	15.90	.26948
13	◇	22.5	15.60	.30571
14	◇	23.0	13.60	.20908
15	◇	16.5	13.70	.14005
16	◇	12.0	11.30	.06263
46	◇	7.5	9.20	.01982
56	◇	18.5	16.60	.23140

計 スギ 52本 } 70本
ヒノキ 18本

2. 間伐木幹材積の計算

材積 V , 胸高直径 D , 樹高 H として
 (m^3) (cm) (m)

材積式は 山本 - Schumacher (対数材積式)

$$V = a \cdot D^b \cdot H^c$$

又は $\log V = \log a + b \cdot \log D + c \cdot \log H$

により最小二乗法計算によつて定数 a , b , c を計算した。

第2表 間伐材材積式の最小二乗法計算

	1	$\log D$	$\log H$	$\log V$	check	ss
1	70	81.4629	77.2949	72.7099	301.4677	75.5247
$\log D$		95.9388	90.4683	87.2190	355.0890	79.2917
$\log H$			85.7489	81.6189	335.1310	77.6878
$\log V$				82.0081	323.5559	
1.16375571		1.1359	0.5159	2.6024	4.2542	5.9622
1.10421285			0.3989	1.3317	2.2465	
1.03871285				6.4834	10.4175	
0.454177304			0.1646	0.1497	0.3143	0.1361
2.29104674				0.5212	0.6709	
0.90947752				0.3851	0.3851	

これから材積式

$$\log V = 5.8489 + 1.8780 \log D + 0.9095 \log H \text{ が求められる。}$$

その分散分析は

第3表 間伐材材積式の分散分析

要因	平方和	自由度	平方平均	F
定数項	75.5247	1	75.5247	13324.99 **
D	5.9622	1	5.9622	1046.00 **
H	0.1361	1	0.1361	238.70 **
誤差	0.3851	67	0.0057	
Total	82.0081	70		

この結果から定数項、直径の項、樹高の項は夫々著しく有意と判定される。

3. 九大粕屋演習林スギ・ヒノキ間伐材材積表

第4表 スギ・ヒノキ間伐材材積表 (九大粕屋演習林新産) (m³)

胸高直径 (cm)	樹高 (m)												
	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
5	.00883	.01515	.02305										
6	.01043	.01789	.02721	.03832	.05117	.06575							
7	.01199	.02058	.03130	.04408	.05885	.07563	.09458						
8	.01355	.02324	.03533	.04977	.06647	.08541	.10660	.1299	.1554				
9	.01507	.02586	.03933	.05539	.07396	.09504	.11860	.1445	.1728	.2040			
10	.01659	.02847	.04329	.06097	.08141	.10460	.13060	.1591	.1903	.2240			
11	.01809	.03105	.04721	.06648	.08878	.11410	.14240	.1735	.2075	.2443	.2840	.3264	
12		.03361	.05110	.07195	.09610	.12350	.15410	.1878	.2246	.2644	.3074	.3533	
13			.05496	.07741	.10340	.13280	.16570	.2020	.2415	.2845	.3306	.3800	
14				.08278	.11050	.14200	.17730	.2160	.2584	.3042	.3536	.4065	
15					.11770	.15130	.18960	.2300	.2752	.3240	.3767	.4329	
16						.16040	.20030	.2400	.2917	.3435	.3994	.4611	
17							.21150	.2578	.3082	.3630	.4220	.4849	
18								.2716	.3247	.3825	.4446	.5109	
19									.4018	.4671	.5368		
20												.5622	

材積式: $\log V = -4.1511 + 1.8780 \log D + 0.9095 \log H$ 誤差率 2.1% (70本の平均)

$$\text{材積式 } \log V = -4.1511 + 1.8780 \log D + 0.9095 \log H$$

この材積式による平均値の誤差率は分散分析表から

$$\text{まず誤差の平方平均 (M.S.E)} = \frac{0.3851}{67} = 0.0057$$

$$\sigma = \sqrt{0.0057} = 0.0755 \quad \text{これを単木材積の標準偏差とすると資料}$$

$$70 \text{本の平均値の標準誤差 } \sigma_M = \frac{0.0755}{\sqrt{70}} = \frac{0.0755}{8.3666} = 0.009 \text{ となり}$$

$$\text{平均値の誤差率} = \frac{0.009}{0.434} = 0.0207 \quad \text{からこの資料のように70本を測定した場合の誤差率は}$$

約 2.1 % である。

第 2 章 ほそり (Taper) 表

1. 資 料

資料は前章の間伐材中スギ 47 本を用いて回帰式の適用によつてほそり表を作製している。

此の場合幹は 2 m による区分求積法の形をなしているので胸高直径より上の部分について調整されている。胸高直径より下の部分については伐根直径表として別に計算して追加した。

資料を次の 4 クラスに分けた。(第 5 表)

第 5 表 ほそり表資料

		(cm)							
		DBH	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇
ク ラ ス 1 (5 本)		8.0	9.5	7.5	5.0	3.0	1.0		
		10.5	14.5	9.0	7.0	5.0	3.5		
		11.0	16.0	9.0	7.0	6.5	5.5		
		11.0	13.0	10.0	7.0	4.5	2.5		
		11.5	14.5	9.0	7.0	5.0	3.5		
ク ラ ス 2 (1 3 本)		8.0	10.5	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0	
		9.0	10.5	8.5	7.0	6.0	4.0	3.5	
		10.0	11.5	9.0	8.0	6.0	4.5	1.5	
		11.0	15.0	10.0	8.5	6.5	5.0	3.0	
		11.0	13.0	9.5	8.5	7.0	4.5	1.5	
		12.0	15.5	9.5	8.0	7.0	3.5	1.0	
		12.0	12.5	10.5	9.0	8.0	5.5	3.5	
	12.0	14.5	12.0	9.5	7.5	5.0	3.0		

	DBH	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	
クラス 2	1 4.0	1 8.0	1 1.5	1 0.5	8.0	6.0	4.0		
	1 4.0	1 8.5	1 3.0	1 1.5	1 0.0	7.0	4.0		
	1 5.5	1 6.0	1 2.0	1 0.0	8.5	4.5	2.0		
	1 6.5	2 1.5	1 5.5	1 3.5	1 0.5	8.0	5.5		
	1 7.5	2 3.0	1 4.0	1 2.5	1 0.0	7.0	5.5		
クラス 3 (20本)	1 1.0	1 3.0	1 0.5	9.5	8.5	6.5	4.5	2.0	
	1 1.5	1 3.5	1 0.5	9.5	8.0	6.5	4.0	1.0	
	1 2.0	1 5.0	1 0.0	9.5	8.5	6.5	4.0	1.5	
	1 2.0	1 4.0	1 0.5	8.5	8.0	5.5	3.5	3.0	
	1 2.5	1 4.0	1 1.5	1 0.5	8.5	7.0	5.5	3.5	
	1 2.5	1 6.5	1 1.0	1 0.5	9.5	7.5	2.5	1.0	
	1 3.5	1 6.0	1 2.5	1 1.5	1 0.0	7.5	3.0	1.0	
	1 4.0	1 7.0	1 3.0	1 0.5	8.0	6.0	2.0	0.5	
	1 4.0	1 7.0	1 2.5	1 1.5	1 0.5	8.0	5.0	2.5	
	1 4.5	2 1.0	1 3.5	1 1.0	8.5	7.0	3.5	2.0	
	1 5.0	1 9.0	1 2.5	1 1.0	1 0.5	8.5	5.0	3.0	
	1 7.0	2 3.5	1 5.5	1 3.5	1 1.5	9.5	5.5	2.5	
	1 7.0	2 0.0	1 6.0	1 3.0	1 1.5	1 0.0	7.5	4.0	
	1 7.5	2 1.0	1 4.0	1 3.0	1 1.5	9.5	6.5	5.0	
	1 8.0	2 2.0	1 4.5	1 4.0	1 2.0	1 0.5	6.0	3.5	
1 9.0	2 4.5	1 8.0	1 6.5	1 4.0	1 0.0	5.0	1.5		
2 0.5	2 8.5	1 5.5	1 2.5	1 0.5	8.0	6.5	3.5		
2 0.5	2 8.0	1 8.0	1 6.0	1 4.0	1 1.0	7.0	4.0		
2 3.5	3 6.5	2 2.5	1 8.0	1 5.0	1 3.5	7.5	3.5		
1 3.5	1 6.0	1 2.5	1 1.5	1 0.0	7.5	3.0	1.0		
クラス 4 (9本)	1 3.5	1 7.0	1 1.5	9.5	7.5	6.0	5.0	3.0	1.5
	1 4.0	1 5.0	1 2.5	1 1.5	1 0.5	1 0.5	9.0	7.5	3.0
	1 4.0	2 0.0	1 3.5	1 2.0	1 0.5	9.5	8.0	4.5	1.0
	1 5.0	1 9.0	1 4.5	1 3.0	1 2.0	1 0.0	9.0	6.0	4.5
	1 6.0	1 9.0	1 5.0	1 4.0	1 2.0	1 0.0	8.5	6.5	2.0
	1 7.0	2 3.5	1 6.5	1 4.0	1 3.0	1 1.0	8.5	4.0	2.5
	1 9.0	2 3.5	1 6.5	1 5.5	1 4.0	1 2.0	9.0	4.0	1.0
	2 0.5	2 3.0	1 8.0	1 7.0	1 5.5	1 4.5	8.5	4.0	2.0
2 1.0	3 1.5	1 9.0	1 7.5	1 5.5	1 4.5	9.0	3.5	0.5	

こゝでd₁は根元直径(地上20cm)、d₂は胸高より2mの所の直径、d₃はその上2m以上同じとする。

2. 回帰式の計算

D B Hをxとし、各末口直径(d₂以上)をyとするy = a + bxの形の回帰式を、各クラス毎に計算すると第6表の通りである。

第6表 ほそり表のための回帰式とその標準誤差

クラス 1	クラス 2	クラス 3	クラス 4
d ₂ = 3.230 + 0.545D 0.51	d ₂ = 1.101 + 0.781D 0.82	d ₂ = -0.210 + 0.907D 0.85	d ₂ = 0.876 + 0.855D 0.63
d ₃ = 0.121 + 0.623D 0.03	d ₃ = 0.564 + 0.704D 0.77	d ₃ = 0.790 + 0.733D 0.65	d ₃ = 0.326 + 0.812D 0.41
d ₄ = -2.490 + 0.701D 0.92	d ₄ = 0.752 + 0.552D 0.66	d ₄ = 1.520 + 0.579D 0.76	d ₄ = 0.256 + 0.726D 0.41
d ₅ = -5.710 + 0.857D 1.31	d ₅ = 0.782 + 0.383D 0.95	d ₅ = 0.010 + 0.545D 0.70	d ₅ = -2.889 + 0.821D 0.57
	d ₆ = 0.340 + 0.278D 1.23	d ₆ = 0.131 + 0.312D 1.19	d ₆ = 4.461 + 0.224D 0.79
		d ₇ = -0.349 + 0.185D 1.07	d ₇ = 4.965 - 0.041D 1.30
			d ₈ = 4.148 - 0.135D 1.18

その標準誤差は $\sqrt{\frac{\text{残差平方和 (SS)}}{n-2}}$ として計算したものであるが、クラス1では資料が少

ないので標準誤差自体のバラツキが大きい。その他のクラスでは梢に近づくにつれて標準誤差の値が大である。平均して0.805となる。

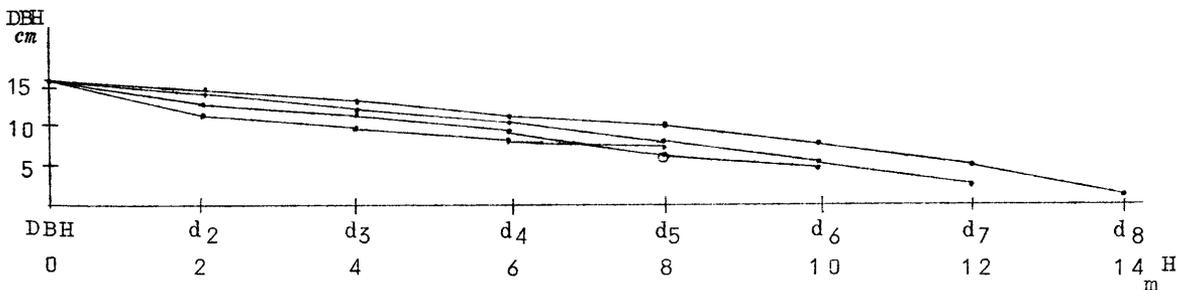
この回帰式を用いて DBH = 16 cm で各末口直径を計算すると第7表の通りである。

第7表 DBH = 16 cm のときの各末口直径計算表

	DBH	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈
クラス1	16.00	11.95	10.09	8.73	8.00			
クラス2	16.00	13.60	11.83	9.58	6.90	4.78		
クラス3	16.00	14.30	12.52	10.79	8.72	5.13	2.61	
クラス4	16.00	14.56	13.31	11.88	10.25	8.05	5.03	1.99

となり一見妥当なようにみえるが、細かく検討すると、クラス1のd₅とクラス2のd₅は順序が逆になり、その他の箇所でも第1図に示すように調和しているとはいえない。従つて此等の曲線を調整する必要がある。

第1図 DBH = 16 cm における回帰式から計算した各末口直径の図



3. 調整 (曲線の平滑)

こゝで調整のため

$$d_{\phi} = A + B (D - D_H)$$

という式を用いた。この式中

d_l : ある高さの末口直径

D : ある胸高直径

D_H : そのクラスの平均胸高直径とする。

A : 回帰式の定数項で、クラス毎にクラスの平均胸高直径を用いて算出した各末口直径に相当する。

B : 回帰式のスロープの値

とする。

(イ) Aの算出

(1)回帰式から算出したA

	D_H	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8
クラス 1	10.40	8.90	6.60	4.80	3.20			
2	12.58	10.92	9.42	7.69	5.60	3.83		
3	15.50	13.85	12.15	10.50	8.45	4.97	2.52	
4	16.78	15.22	13.94	12.44	10.89	8.22	4.28	1.89

(2) D_H をクラスの丸太数と関連させて直線化により修正した場合のAの値

	修正 D_H	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8
クラス 1	10.40	8.90	6.60	4.80	3.20			
2	12.50	10.86	9.36	7.65	5.57	3.75		
3	14.65	13.08	11.53	10.00	7.99	4.70	2.35	
4	16.78	15.22	13.94	12.44	10.89	8.22	4.28	1.89

(3)各丸太末口部(樹高)を全長のパーセントとして表示した数値

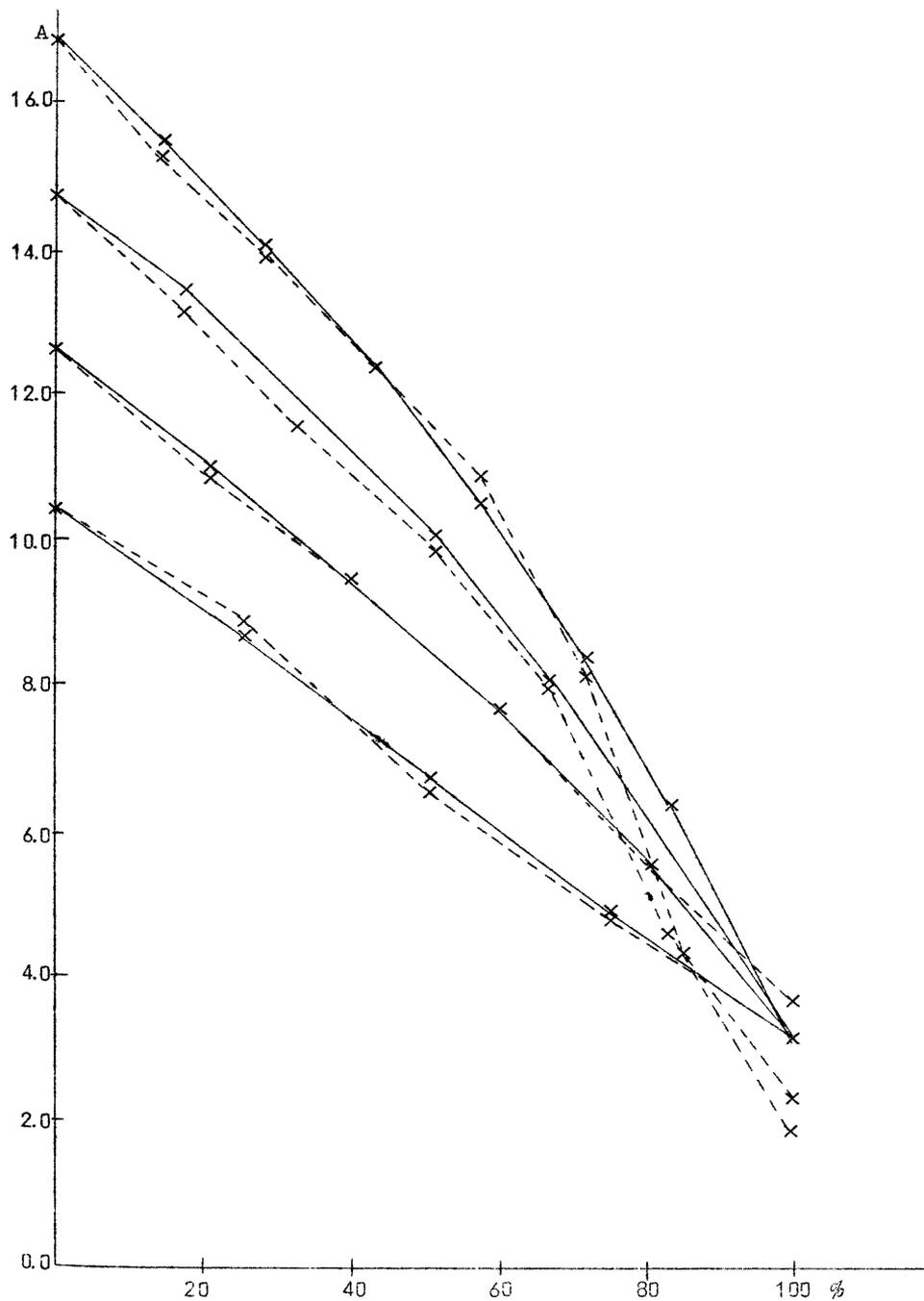
	DBH	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8
クラス 1	0	25.00	50.00	75.00	100.00			
2	0	20.00	40.00	60.00	80.00	100.00		
3	0	16.67	33.34	50.00	66.67	83.34	100.00	
4	0	14.31	28.62	42.93	57.04	71.44	85.74	100.00

(4) Aの修正値

第2図に示すように(2)をグラフ上にプロットしたものをフリーハンドで平滑にし、(3)によ

つて読みとつたもの

第2図 A の修正



	DH	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈
クラス 1	10.40	8.70	6.80	4.90	3.20			
2	12.50	11.00	9.40	7.65	5.60	3.20		
3	14.65	13.40	11.75	10.20	8.00	5.30	3.20	
4	16.80	15.50	14.00	12.30	10.50	8.00	5.50	3.20

(ロ) Bの算出

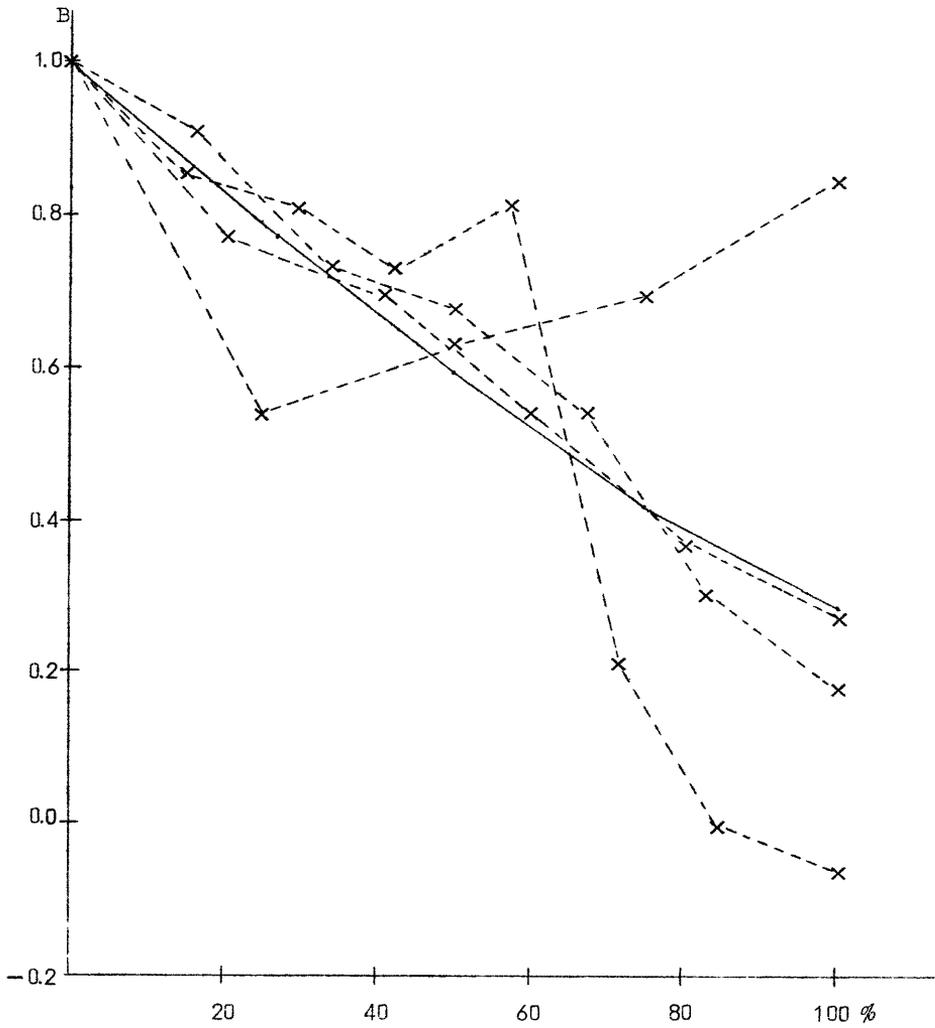
(1) 回帰式のスロープ

	d	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈
クラス 1		0.545	0.623	0.701	0.857			
2		0.781	0.704	0.552	0.383	0.278		
3		0.907	0.733	0.579	0.545	0.312	0.185	
4		0.855	0.812	0.726	0.821	0.223	-0.041	-0.135

(2) Bの修正

(1)の値を(イ)の(3)にプロットし曲線平滑によつて修正したもの(第3図)

第3図 B の修正



	DBH	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈
クラス 1	1.00	0.78	0.60	0.43	0.296			
2	1.00	0.82	0.66	0.53	0.40	0.296		
3	1.00	0.84	0.71	0.60	0.49	0.38	0.296	
4	1.00	0.86	0.74	0.64	0.55	0.45	0.37	0.296

Aの修正値(イ)の(4)と、Bの修正値(ロ)の(2)を用い $d_g = A + B(D - D_H)$ によつて各グループ毎の末口直径を計算すると、ほそり表が完成する。

4. 根元直径の計算

根元直径(地上20cm)については直接胸高直径との回帰式を計算した。その最小自乗計算は次の通り

	1	x	y	ck
1	47	676.50	849.50	1573.00
x		10346.25	13111.50	24134.25
y			16785.75	30746.75
14.39361702		608.97	884.12	1493.09
18.07446808			1431.49	2315.61
1.451828497			147.90	147.90

これから $Y = -2.82 + 1.45x$

ここにxは胸高直径、yは根元直径(cm)推定値とする。

この回帰式の標準誤差は

$$\sqrt{\frac{147.90}{47-2}} = 1.81$$

その相関係数

$$r = \frac{884.12}{\sqrt{608.97 \times 1431.49}} = 0.95$$

で十分高い。根元直径については上部の末口直径との関連における修正は試みなかつた。それは根元直径の変化は著しい場合があることを考慮したためである。

以上の結果を一覧表としてスギ間伐材のほそり表及び根元直径表として示すと第8表の通りである。

第8表 スギ間伐材の根元直径ならびに胸高直径より2 m毎の末口直径のほそり表

DBH	根元直径 d ₁	胸高直径以上部 の2 m丸太数	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅	d ₆	d ₇	d ₈
8.00	8.78	4	6.82	5.36	3.87	2.90			
		5	7.31	6.43	5.21	3.80	1.85		
10.00	11.68	4	8.39	6.56	4.73	3.08			
		5	8.95	7.75	6.28	4.60	2.45		
12.00	14.58	4	9.95	7.76	5.59	3.68			
		5	10.59	9.07	7.33	5.40	3.05		
		6	11.17	9.82	8.61	6.70	4.29	2.40	
14.00	17.48	4	11.51	8.96	6.45	4.28			
		5	12.23	10.39	8.40	6.20	3.65		
		6	12.85	11.24	9.81	7.68	5.05	3.00	
		7	13.11	11.94	10.52	8.87	6.95	4.57	2.37
16.00	20.38	5	13.87	11.71	9.46	7.00	4.25		
		6	14.53	12.65	11.01	8.66	5.81	3.61	
		7	14.83	13.42	11.80	9.97	7.85	5.31	2.97
18.00	23.28	5	15.57	13.03	10.52	7.80	4.85		
		6	16.21	14.08	12.21	9.64	6.57	4.21	
		7	16.55	14.90	13.08	11.07	8.75	6.05	3.57
20.00	26.18	6	17.89	15.50	13.41	10.62	7.33	4.81	
		7	18.27	16.38	14.36	12.17	9.65	6.79	4.17
22.00	29.08	6	19.57	16.92	14.61	11.60	8.09	5.40	
		7	19.99	17.86	15.64	13.27	10.55	7.53	4.77

参 考 文 献

1. GUENJI YAMAZOE : Some Mensuration Research Works of Japanese Forests. 1967.
2. Bruce and Schumacher : Forest Mensuration. 1942.

註) 山添源二 (GUENJI YAMAZOE) 氏はブラジル国日本政府留学生として昭和41年10月から昭和42年9月迄森林経理学教室において林学の研究に従事した。