

材積表調製業務資料 第35号

熊 本 営 林 局

ヒノキ立木材積表調製説明書

昭和36年4月

林 野 庁

目 次

I 材積表調製の概要	1
§ 1 資料の収集	1
§ 2 資料収集地域	1
§ 3 資料の測定及び整理	1
§ 4 資料の吟味	1
§ 5 材積表の調製	1
II 資料収集地域	2
III 適用地域及びその根拠	3
IV 資料一覧	4
V 材積表の調製	9
§ 1 資料の吟味	9
§ 2 棄却帯計算	10
§ 3 棄却済資料による材積式の計算	16
1) 回帰式の計算	16
2) 相関係数の計算	17
3) 有意差の検定	17
4) 10cm直径級ごとの回帰係数間の差の検定	18
5) 回帰係数間の差の検定	20
6) 回帰常数間の有意検定	22
7) 検定結果の取纏め	23
VI 材積式の決定	24
材 積 表	26
VII 材積表の適合度	30
VIII 材積表使用上の注意	30
IX 結 言	33
X 調製年月日及び担当者職氏名	33

緒 言

熊本営林局において従来使用されてきたスギ、ヒノキ立木材積表は昭和11年頃調製されたもので、調製者、調製資料およびその経緯が不明である。

昭和26年より全国的に立木材積表の再検討がなされ、林野庁においてその改革の企画がなされた。その結果「主要樹種立木材積表調製要綱」が決定されたことにより調製がなされてきた。今回調製した九州地方ヒノキの資料は測定要綱に基づき昭和35年度当局担当員により収集したものである。又スギ、ヒノキを区別して材積表を調製するに至ったのはスギ、ヒノキ両樹種の間において幹型に差異が認められることと、当局管内における現在林分が大別して針葉樹55%、広葉樹45%であるが、針葉樹の内65%余が人工林であり、又経営合理化にともない将来人工林の占有面積が拡大する推定のもとに、当局針葉人工林の主要形成樹種であるスギ、ヒノキ、アカマツが特に重要視されているにかんがみ、本庁、林業試験場の指示により、従来のスギ、ヒノキ一括材積表をおのおの分離して樹種別材積表として調製した。

本材積表の調製にあたり、林業試験場測定研究室長、大友栄松氏、同室、粟屋仁志氏および資料収集に際し特に便宜を与えられた管内関係営林署各位に対し深く謝する次第である。

熊本営林局ヒノキ立木材積表説明書

I 材積表調製の概要

§ 1 資料の収集

資料の収集にあたっては、調製要綱に示されているごとく、なるべく適用地域全般より、又材積の推定をより正確にするため各直径階、各樹高階にわたって収集するように努めて行つた。資料の選定は、統計的無作為抽出法を用いるべきであるが、短期間に抽出ヶ所を伐採して多数の資料を収集することは事実上困難であり、経費及び工程、局係員の数等を考慮して主として直営生産による伐採ヶ所より抽出して収集した。収集本数は1791本である。

§ 2 資料収集地域

収集地域は管内国有林の内ヒノキ林の所在するはゞ全域より抽出して収集した。この収集地域の位置図は第一図に示すとおりである。又収集木数を営林署別事業区別、直径級別（10cm直径級別）に表示すると第1のとおりである。

§ 3 資料の測定および整理

資料の測定は調製要綱によつて行つた。測定した資料については調製要綱に基いてこれを計算整理した。収集した資料の直径階別、樹高階別本数は第2表のとおりである。なお収集地については調製要綱にしたがい参考事項の調査を行い第3表のようにとりまとめた。

§ 4 資料の吟味

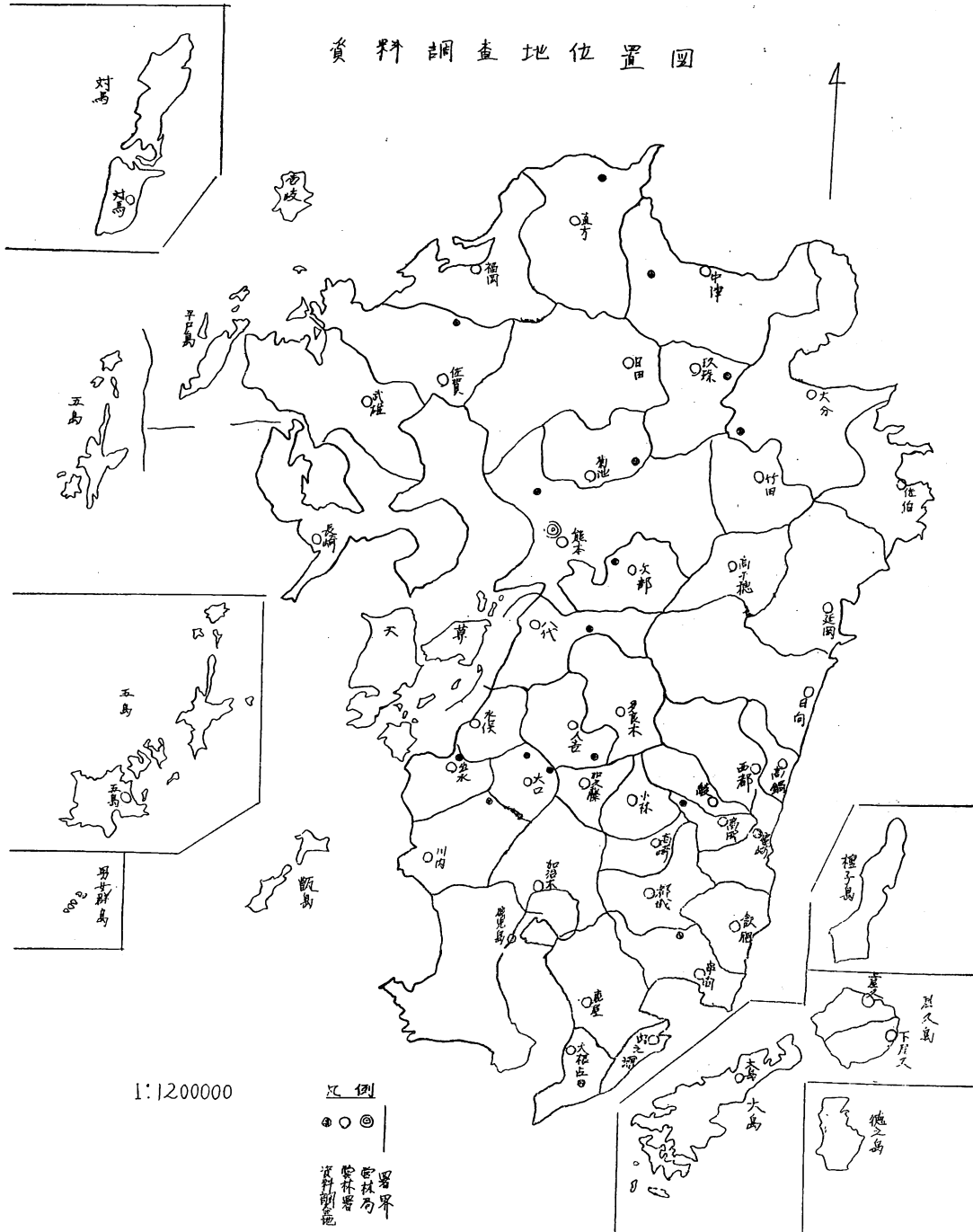
資料の吟味は実験式を一次式に変換し、回帰平面からの変動を考慮して有意水準1%で棄却検定を行つた。この結果23本の資料が棄却された。

§ 5 材積表の調製

材積式としては $V = 10^a D^{b_1} C^{b_2}$ を使用した。

上式の両辺の対数をとって一次式に変換し最小自乗法によつて常数を決定した。対数変換による偏差を補正するために修正係数を計算し材積式を決定した。得られた材積式に直径及び樹高値を代入して材積表を調製した。

§ 1 第 1 図 収 集 位 置 図



§ 2 営林署事業区直径別本数

第 1 表

営林署別	事業区別	林小班別	6 ~ 10 ^{cm}	12 ~ 20 ^{cm}	22 ~ 30 ^{cm}	32 ~ ^{cm}	計
直 方	直 方	95 か	19	155	52	1	227
佐 賀	佐 賀	17 わ	56	173	50	1	280
大 分	大 分	56 を	16	59	55	5	135
中 津	行 橋	35 い	1	10	23	15	49
玖 珠	玖 珠	11 オ		18	32		50
熊 本	熊 本	55 は		6	44		50
菊 池	菊 池	10 に	3	33	13		49
人 吉	人 吉	56 り	8	37	53	11	109
矢 部	矢 部	7 に	4	61	34	1	100
八 代	八 代	21 い ₃		6	10	3	19
高 岡	高 岡	100 い	6	67	57	7	137
串 間	志 布 志	21 へ	1	33	16		50
川 内	川 内	101 と	33	67	32		132
大 口	大 口	55 へ ₂ 87 る ₂	12	74	41	2	129
出 水	出 水	8 り		18	27	5	50
大 根 占	大 根 占	60 ろ	1	98	116	10	225
計			160	915	655	61	1,791

Ⅲ 適用地域及びその根拠

管内分布地域全般にわたり、地位区分またはプロック別に細分して調製適用するのが最も望ましいのであるが、期間、経費等の関係から困難であるばかりでなく、立地条件により形状、材積等の間に相違がほとんどなく、蓄積分布も管内全般にわたって散在している関係より管内国有林全般にわたるヒノキ造林木に適用する。

なお若干の天然ヒノキ林分についてもこれを準用する。

第 2 表 直径階別樹高階別本数一覧表

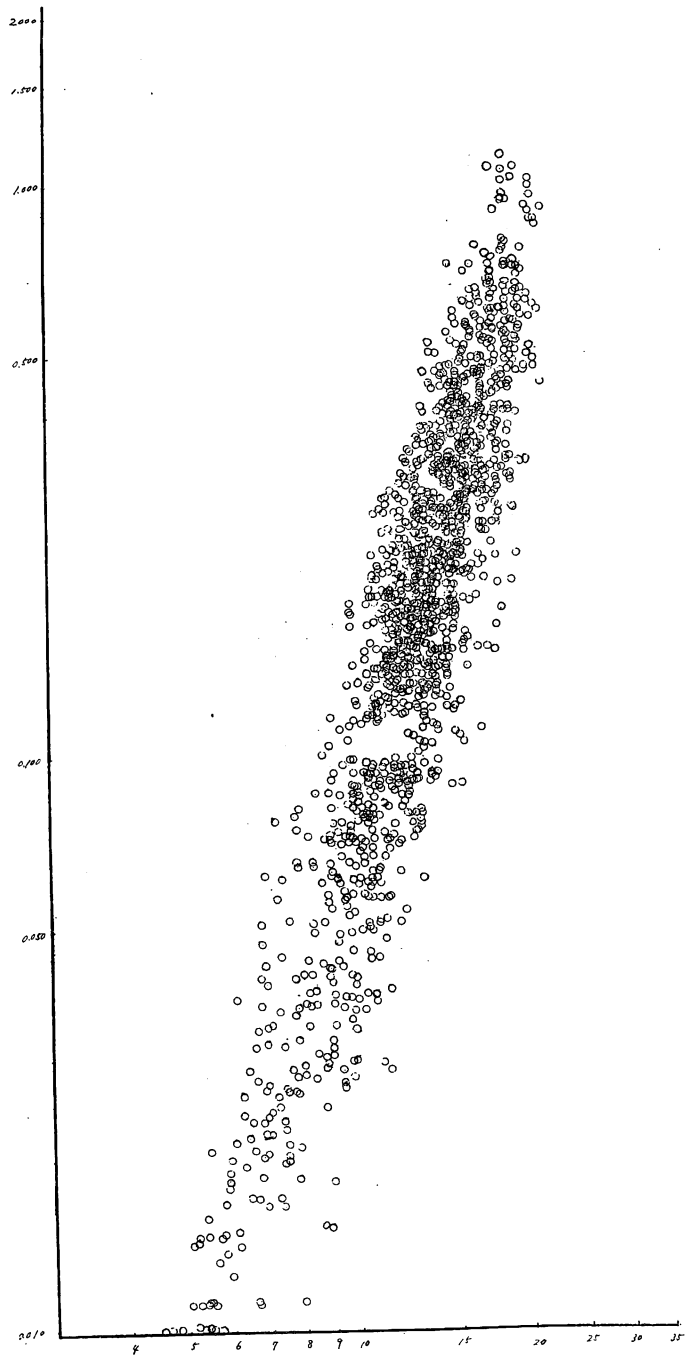
H \ D	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	計
5	11	3																		14
6	9	14	4																	27
7	3	15	14	5	3															40
8	1	12	12	9	3	3														40
9		7	14	18	12	2	1													54
10		5	17	20	26	9	2	3	1											83
11		3	9	23	34	50	17	7	10	4	3									160
12			6	16	22	46	40	28	16	7	5	1								187
13			1	9	27	44	68	42	36	23	12	4								266
14				1	13	33	34	46	34	25	17	8	6	1	1					219
15				1	8	13	32	35	35	28	25	16	5	2	1		1			202
16					2	4	15	31	33	33	23	23	3	6	2					175
17					1	4	7	12	20	26	18	8	7	7	3					113
18					1	3	7	10	12	17	13	9	6	5	5	2		1		91
19						1	1	7	5	13	15	6	11	3	1	2	5			70
20							1	2	1	3	6	7	6	3			1		1	31
21										1	4	3		2	2	2				14
22										1		1			2					4
23								1												1
計	24	59	77	102	152	212	225	224	203	181	141	86	44	29	17	6	7	1	1	1791

第3表 林小班別地況林況一覽表

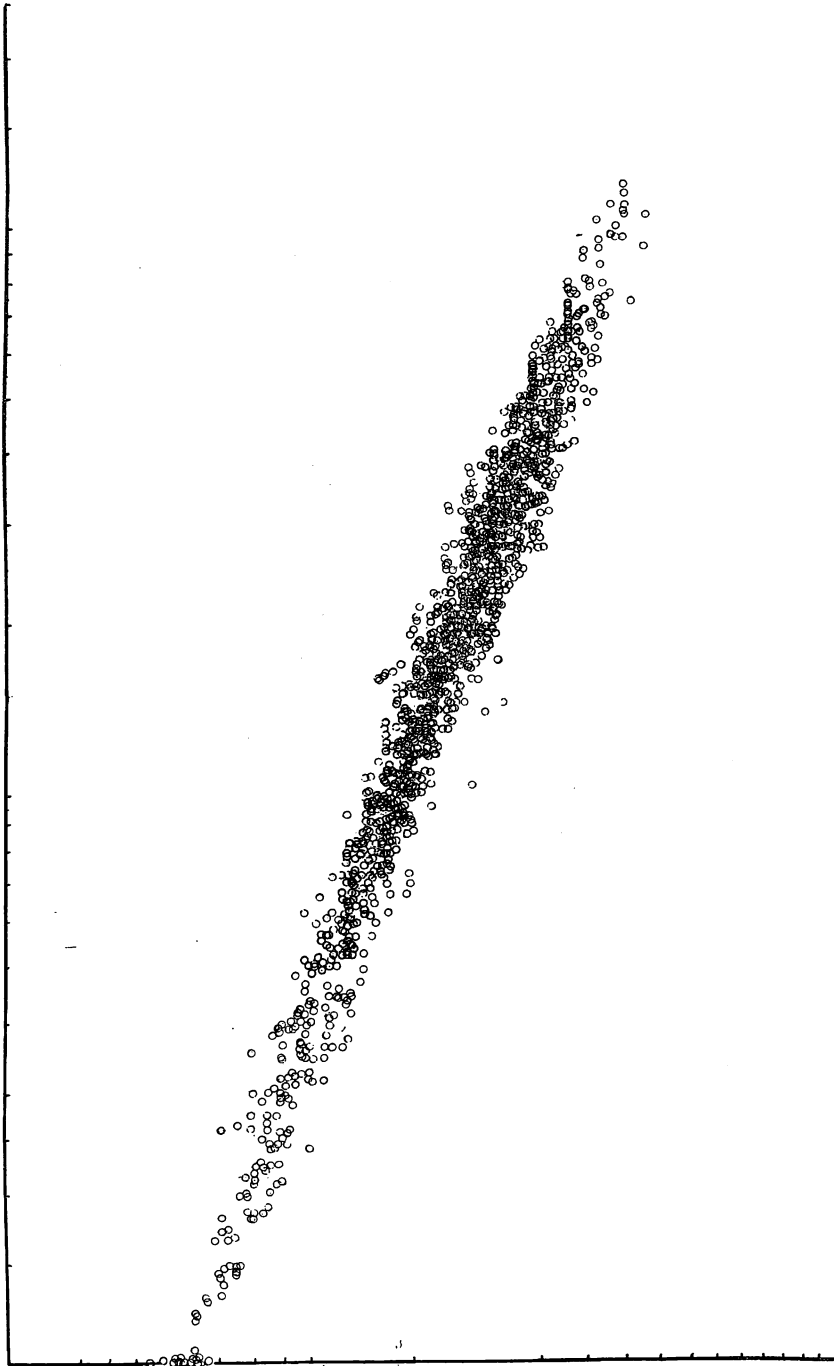
区	画						作	地 況					樹	混
	郡	村	大	営	事	林		地位	方位	基 岩	深度	湿度		
県	(市)	(町)	(字)	林	業	小	業	(地利)	傾 斜	土 性	結合度		種	合 歩 合
福 岡	八 幡	大 蔵	河 内	直 方	直 方	95	第一皆用	ス ギ	S 急	内緑岩	深 適		ス ヒ ノ キ	93
佐 賀	神 崎	脊 振	東 谷	佐 賀	佐 賀	17	〃	ヒ ノ キ	S 中	花崗岩	浅 適		ヒ ノ キ	95
大 分	玖 珠	九 重	田 野	大 分	大 分	56	第二皆用	ヒ ノ キ	SE 中	輝岩安山岩	中 適		ス ヒ ノ キ	8
福 岡	築 上	友 枝	西友枝	中 津	中 津	35	第一皆用	ヒ ノ キ	NE 急	安山岩	中 適		ヒ ノ キ	14
大 分	玖 珠	玖 珠	森平家	玖 珠	玖 珠	11	〃		(旧11	新訪防火線)				
熊 本	玉 名	玉 東	原 倉	熊 本	熊 本	55	第一皆用	ヒ ノ キ	E及W 緩	安山岩	中 適		ス ヒ ノ キ	5
〃	阿 蘇	阿 蘇	深 葉	菊 池	菊 池	10	〃	ス ギ	S及N 中	玄武岩	中 適		ス ヒ ノ キ	86
〃	球 磨	大 畑	大 畑	人 吉	人 吉	56	〃	ヒ ノ キ	E 緩	安山岩	中 乾		ヒ ノ キ	100
〃	矢 部	下名連	下名連	矢 部	内大臣	7	〃						ス ヒ ノ キ	95
〃	八 代	東 陽	馬 石	八 代	八 代	21	〃	ヒ ノ キ	NE 中	壤 土	中 適		ス ヒ ノ キ	92
宮 崎	西諸県	須 木	内 山	高 岡	高 岡	100	〃						ス ヒ ノ キ	25
鹿 児 島	贈 嗟	志 布 志	田 浦	串 間	志 布 志	21	〃	ヒ ノ キ	NE 急	中生層	中 適		ス ヒ ノ キ	65
〃	伊 佐	鶴 田	冷 水	川 内	川 内	101	〃	ヒ ノ キ	S 急	岩灰岩	中 適		ス ヒ ノ キ	30
〃	大 口	山 野	山 野	大 口	大 口	55	〃	ヒ ノ キ	NW 中	石美粗面岩	浅 適		ス ヒ ノ キ	59
〃	始 良	吉 松	般若等	〃	〃	87	〃		W 急	輝石安山岩	中 適		ス ヒ ノ キ	25
〃	出 水	米 津	矢 筈	出 水	出 水	8	〃		N 中	壤 土	中 適		ス ヒ ノ キ	61
〃	肝 属	田 代	川 原	大 根	大 根	60	〃	ヒ ノ キ	W 中	花崗岩	中 適		ヒ ノ キ	14
										壤	軟		広	99

林 況						材 積			備 考
林 令	疎 蜜 度	直 径	樹 高	林 種	林 相	ha 当り (m³)			
						針	広	計	
$\frac{49}{47\sim50}$	蜜	$\frac{18}{8\sim36}$	$\frac{13}{8\sim17}$	人	針	335		335	昭和32年度第 1 次
51	密	$\frac{14}{6\sim28}$	$\frac{11}{4\sim15}$	人	針	153		153	昭和31年度第 6 次
48	中			人	針	237	3	240	昭和34年度第 2 次
$\frac{58}{57\sim60}$	中	$\frac{16}{6\sim40}$	$\frac{12}{7\sim20}$	人	針	266		266	昭和25年度第 6 次
									昭和34年度第 2 次
$\frac{60}{56\sim66}$	中			人	針	310		310	昭和33年度第 2 次
$\frac{51}{48\sim53}$	中	$\frac{24}{8\sim46}$	$\frac{17}{8\sim25}$	人	針	526	8	534	昭和33年度第 2 次
$\frac{44}{43\sim46}$	密	$\frac{20}{8\sim36}$	$\frac{15}{7\sim18}$	人	針	250		250	昭和32年度第 1 次
$\frac{53}{57\sim59}$	中			人	針	420		420	昭和34年度第 2 次
$\frac{49}{48\sim50}$	密	$\frac{22}{6\sim52}$	$\frac{14}{6\sim20}$	人	針	257		257	昭和32年度第 1 次
37				人	針	170	57	227	昭和34年度第 2 次
40	密	$\frac{28}{6\sim48}$	$\frac{15}{8\sim20}$	人	針	390		390	昭和27年度第 6 次
41	密	$\frac{14}{6\sim30}$	$\frac{14}{7\sim18}$	人	針	381		381	昭和26年度第 6 次
46	密	$\frac{20}{8\sim40}$	$\frac{17}{11\sim22}$	人	針	312	20	332	昭和28年度第 5 次
45	中	$\frac{22}{6\sim50}$	$\frac{15}{7\sim24}$	人	針	215		215	昭和28年度第 6 次
43	中	$\frac{16}{6\sim32}$	$\frac{12}{6\sim17}$	人	針	337		337	昭和26年度第 6 次
44	中	$\frac{20}{12\sim32}$	$\frac{14}{9\sim16}$	人	針	211	2	213	昭和30年度第 6 次
		$\frac{22}{4\sim46}$	$\frac{13}{3\sim16}$	人	針				

第2図の1 直径対幹材積散布図



第2図の2 樹高対幹材積散布図



V 材 積 表 の 調 製

§ 1 資 料 の 吟 味

1) 平 方 和 積 和 計 算

(棄却前資料)

n = 1791	X ₁	X ₂	Y
和	2263.149500	2003.934479	2231.593617
平 均	1.26362339	1.11889139	1.24600425
1. SX_1^2	2901.35135725	2558.09191875	2923.23829053
2. 補正項	2859.76865402	2532.21848921	2819.89390202
X ₁ 3. $SX_1^2 SX_1 X_2$	41.58270323	25.87342954	103.34438851
4. $\sqrt{SX_1^2}$ など			
5. 相 関 係 数			
1. SX_2^2		2264.52465864	2567.43191607
2. 補正項		2242.18503413	2496.91088343
X ₂ 3. $SX_2^2 SX_2 Y$		22.33962451	70.52103264
4. $\sqrt{SX_2^2}$ など			
5. 相 関 係 数			
1. SY^2			3046.98383406
2. 補正項			2780.57513760
Y 3. SY^2			266.40869646
4. $\sqrt{SY^2}$			

2) 簡略 Doolittle 法による回帰係数の計算

	b ₁	b ₂	G	計	check
I 1.	41.58270323	25.87342954	103.34438851	170.80025128	
2.		22.33962451	70.52103264	118.73408669	
II 3.	41.58270323	25.87342954	103.34438851	170.80052128	
4.	1.	0.62221615	2.48527345	4.10748961	4.10748960
III 5.		6.24078579	6.21848514	12.45924368	12.45924393
6.		1.	0.99643094	1.99643090	1.99643094
7.	7) を 4) に代入して b ₁ = 1.86527803 a = - 2.22590270				
8.	b ₂ = 0.99643094				

§ 2 棄却帯の計算

棄却帯は次の式で表される。

$$E y_{X_1 X_2} = t \left[S y_{X_1 X_2}^2 \left\{ 1 - \frac{1}{n} + 1 C_1 \right\} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$1 C_1 = [(X_1 - \bar{X}_1)(X_2 - \bar{X}_2) \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{12} & C_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 - \bar{X}_1 \\ X_2 - \bar{X}_2 \end{bmatrix}]$$

$$= [C_{11}(X_1 - \bar{X}_1)^2 + C_{22}(X_2 - \bar{X}_2)^2 + 2C_{12}(X_1 - \bar{X}_1)(X_2 - \bar{X}_2)]$$

$$\therefore E y_{X_1 X_2} = t S y_{X_1 X_2} \left[1 - \left\{ \frac{1}{n} + C_{11}(X_1 - \bar{X}_1)^2 + C_{22}(X_2 - \bar{X}_2)^2 + 2C_{12}(X_1 - \bar{X}_1)(X_2 - \bar{X}_2) \right\} \right]^{\frac{1}{2}}$$

但し C_{11} C_{12} C_{22} : ガウスの C 乗数、 n : 資料数、 $\bar{X}_1$ $\bar{X}_2$: X_1 X_2 の平均値、 t : Student の t 分布の値、実験式 $Y = a + bX_1 + cX_2$ を適用し最小自乗法により常数を求める。胸高直径、樹高、材積の対数は 6 桁を使用し、材積の積の対数は便宜上 $V \times 100$ の対数を用いた。

C 乗数は $C_{11} = 0.08608466$

$C_{22} = 0.16023693$

$C_{12} = -0.09970201$

回帰係数は $b_1 = 1.86527803$

$b_2 = 0.99643094$

回帰からの偏差の分数および標準誤差

$S y_{X_1 X_2}^2 = 0.0018866556$

$S y_{X_1 X_2} = 0.04343565$

故に棄却帯は

$$E y_{X_1 X_2} = (2.57582)(0.04343565) \left[1 - \left\{ \frac{1}{1791} + 0.08608466 (X_1 - 1.26362339) + 0.16023693 (X_2 - 1.11889139) + 2(-0.09970201)(X_1 - 1.26362339)(X_2 - 1.11889139) \right\} \right]^{\frac{1}{2}}$$

上式によつて全資料について計算した結果、回帰からの偏差が $E y_{X_1 X_2}$ を越えた場合、この資料は回帰の一般的傾向から外れた異常なものとして棄却する。この結果、収集資料数 1971 本の中より異常資料として 23 本をのぞいた 1768 本を調製の資料とした。

吟味の結果棄却された資料の一覧表およびそれを除いた資料の直径級、樹高階別本数表と直径級、樹高階別平均材積表は 4~6 表のとおりである。

第4表 棄却資料一覧表

直径別	直径 (D)	樹高 (H)	材積 (V)	$Y = \log (V \times 100)$	$\bar{Y}$	$Y - \bar{Y}$
8	8.0	9.0	0.015	1.179091	0.409448	-0.233357
10	10.0	7.0	0.0619	0.791691	0.481457	0.312034
14	14.0	13.0	0.1500	1.176091	1.021911	0.154180
〃	14.0	11.0	0.1500	1.176091	0.949620	0.226471
〃	14.0	13.0	0.1500	1.176091	1.021911	0.154180
〃	14.0	12.0	0.1500	1.176091	0.987273	0.188818
〃	14.0	12.0	0.1290	1.110590	0.987273	0.123317
16	16.0	12.0	0.2000	1.301030	1.095445	0.205585
〃	16.0	13.0	0.2000	1.301030	1.130083	0.170947
〃	15.0	11.0	0.1350	1.130334	1.005510	0.124824
18	18.0	13.0	0.2500	1.397940	1.225497	0.172443
〃	18.0	14.0	0.2500	1.397940	1.257567	0.140373
〃	18.7	12.0	0.1847	1.266467	1.121765	0.144702
20	20.8	14.0	0.1353	1.131298	1.374688	-0.243390
〃	20.0	16.0	0.3648	1.562055	1.400702	0.161353
〃	20.0	17.0	0.3640	1.561101	1.426937	0.134164
〃	20.0	15.0	0.3360	1.526339	1.372773	0.153566
〃	20.0	12.3	0.2628	1.419625	1.286895	0.132730
〃	19.3	11.6	0.1243	1.094471	1.232677	-0.138206
22	22.0	14.0	0.3500	1.544068	1.420126	0.123942
〃	22.0	15.0	0.3920	1.593286	1.449982	0.143304
〃	21.2	15.5	0.3735	1.572291	1.434166	0.138125
26	26.5	12.5	0.2108	1.323871	1.521841	-0.197970

第 5 表 直径階別樹高階別本数一覽表

(棄 却 後)

H \ D	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	計
5	11	3																		14
6	9	14	4																	27
7	3	15	13	5	3															39
8	1	12	12	9	3	3														40
9		6	14	18	12	2	1													53
10		5	17	20	26	9	2	3	1											83
11		3	9	23	33	49	17	7	10	4	3									158
12			6	16	20	45	39	26	16	7	5	1								181
13			1	9	25	43	67	42	36	23	11	4								261
14				1	13	33	33	45	33	25	17	8	6	1	1					216
15				1	8	13	32	34	34	28	25	16	5	2	1		1			200
16					2	4	15	30	32	33	23	23	3	6	2					173
17					1	4	7	11	20	26	18	8	7	7	3					112
18					1	3	7	10	12	17	13	9	6	5	5	2		1		91
19						1	1	7	5	13	15	6	11	3	1	2	5			70
20							1	2	1	3	6	7	6	3			1		1	31
21										1	4	3		2	2	2				14
22										1		1			2					4
23								1												1
計	24	58	76	102	147	209	222	218	200	181	140	86	44	29	17	6	7	1	1	1768

(資料棄却後)

[illegible]

24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
0.2526	0.2556								
0.2523	0.2825	0.3096							
0.2757	0.3166	0.3445							
0.3087	0.3482	0.3902	0.4540	0.5031	0.4966				
0.3230	0.3734	0.4200	0.4496	0.5263	0.5943		0.7198		
0.3504	0.3846	0.4572	0.5175	0.5574	0.6307				
0.3814	0.4512	0.4963	0.5784	0.6136	0.7030				
0.3996	0.4886	0.5362	0.6265	0.6610	0.6874	0.9002		0.8898	
0.4397	0.5098	0.5804	0.6807	0.7578	0.9250	0.9272	1.0493		
0.4649	0.5406	0.6097	0.6820	0.7300			1.0546		1.0282
0.4719	0.5534	0.5667		0.8732	0.9515	0.9639			
0.4416		0.5939			0.8666				

§ 3 棄却資料による材積式の計算

棄却済資料1768本を用いて材積式を計算すると次のとおりである。

1) 回 帰 式 の 計 算

(イ) 平方和積和相関係数の計算

n = 1768	X_1	X_2	Y
和	2234.906883	1978.613116	2202.687735
平 均	1.26408760	1.11912507	1.24586410
1. SX_1^2 など	2866.36607757	2526.83715131	2887.06451467
2. 補 正 項	2825.11808579	2501.14031207	2784.39026021
X_1 3. Sx_1^2 など	41.24799178	25.69683924	102.67425446
4. $\sqrt{Sx_1^2}$ など	6.42245995	30.24778879	104.40945492
5. 相 関 係 数		0.84954439	0.98338081
1. SX_2^2 など		2236.49670346	2535.15245886
2. 補 正 項		2214.31553326	2465.08305595
X_2 3. Sx_2^2 など		22.18117020	70.06940291
4. $\sqrt{Sx_2^2}$ など		4.70968897	76.56506417
5. 相 関 係 数			0.91516155
1. SY^2 など			3008.53721719
2. 補 正 項			2744.24958027
Y 3. Sy^2			264.28763692
4. $\sqrt{Sy^2}$			16.25692581

(ロ) 回 帰 係 数 の 計 算

(イ)の数値を用いて簡略 Doolittle 法で回帰係数を計算する。

	b_1	b_2	G	計	check
I 1.	41.24799178	25.69683924	102.67425446	169.61908548	
2.		22.18117020	70.06940291	117.94741235	
II 3.	41.24799178	25.69683924	102.67425446	169.61908548	
4.	1.	0.62298401	2.48919402	4.11217803	4.11217803
III 5.		6.17245025	6.10498434	12.27743459	12.27743459
6.		1.	0.98906983	1.98906983	1.98906983
7.	7) を 4) に代入して		$b_1 = 1.87301933$	$a = -2.22868925$	
8.			$b_2 = 0.98906983$		

すなはち回帰数は

$$b_1 = 1.87301933$$

$$b_2 = 0.98906983$$

回帰常数は

$$a = -2.22868925$$

故に回帰方程式は

$$\hat{Y} = -2.22868925 + 1.87301933 \bar{X}_1 + 0.98906983 \bar{X}_2$$

2) 相 関 係 数 の 計 算

回帰に帰因する平方和

$$S\hat{y}^2 = b_1 Sx_1 y + b_2 Sx_2 y = 261.61439579$$

回帰からの偏差平方和

$$Sbyx_1 x_2^2 = Sy^2 - S\hat{y}^2 = 2.67324113$$

推定の誤差の分数

$$Syx_1 x_2^2 = Sdyx_1 x_2^2 / n - 3 = 0.0015145842$$

全上の標準誤差

$$Syx_1 x_2 = \sqrt{Syx_1 x_2^2} = 0.03891766$$

C 乗 数 は

$$C_{22} = 0.16201022$$

$$C_{21} = -0.10092978$$

$$C_{12} = 0.08712124$$

重 相 関 係 数

$$R^2 = S\hat{y}^2 / Sy^2 = 0.98988511$$

$$R = \sqrt{R^2} = 0.99492970$$

偏 相 関 係 数

$$ryx_1 x_2 = 0.96837315$$

$$ryx_2 x_1 = 0.83254806$$

3) 有 意 差 の 検 定

(1) 回帰係数の有意検定

回帰係数 ($b_1 = 0$ $b_2 = 0$) とする帰無仮説を設定し、t 分布表を用いて検定する。

$$S(b_1) = Syx_1 x_2 \sqrt{C_{11}} = 0.01148706$$

$$\text{故に } t(b_1) = \frac{b_1 - 0}{Sb_1} = 163.0547^{**}$$

$$S(b_2) = Syx_1 x_2 \sqrt{C_{22}} = 0.01566455$$

$$\text{故に } t(b_2) = \frac{b_2 - 0}{Sb_2} = 63.1406^{**}$$

したがって、この $t(b_1)$ 、 $t(b_2)$ の値は t 表の 0.01% の値と比較して著しく大であるので、回帰係数 = 0 の仮説をすてる。すなはち回帰係数は有意である。

(2) 回帰式の有意検定

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平 均 平 方
回 帰	2	261.61439579	130.80719790
推 定 の 誤 差	1765	2.67324113	0.00151458
全 体	1767	264.28763692	

$$F = 86365.33^{**} \quad df \quad 2, 1765$$

回帰式はきわめて有意である。

(3) 偏相関係数の有意検定

$$r_{YX_1X_2} = 0.96837315^{**} > 0.096$$

$$r_{YX_2X_1} = 0.83254806^{**} > 0.096$$

$$df \quad 2, 1765$$

偏相関係数はきわめて有意である。したがって $\rho = 0$ の仮説を捨てる。

4) 10cm直径級ごとの回帰係数間の差の検定

調製要綱に基き10cm直径級に分け各直径級の材積式を求め、この間の差の統計的検定を行い差のなかつた直径級を一括して材積を推定することにした。

まず各級の回帰式を求める。各級の平方和、積和等は第7表に示すとおりであるが、これにより最小自乗法で求めた回帰係数、常数および回帰推定の誤差の分散は第8～10表に示す。

第7表 10cm直径級別和および平方和積和

直 径 級	本 数	Sx_1	Sx_2	Xy
6 ～ 10	158	146.860063	139.743351	61.429081
12 ～ 20	898	1090.719236	988.833092	1019.454749
22 ～ 30	651	904.128135	773.576756	1008.155478
32 ～	61	93.199449	76.459917	113.648427
6 ～	1768	2234.906883	1978.613116	2202.687735

直 径 級	Sx_1^2	Sx_2^2	Sx_1x_2
6 ～ 10	0.91625526	1.86154051	0.93099484
12 ～ 20	4.77638899	5.65273214	3.09731453
22 ～ 30	1.23512822	1.33376296	0.65879759
32 ～	0.05921673	0.12695027	0.02705616
6 ～	41.24799178	22.18117020	25.69683924

第 7 表 続 き

直 径 級	Sx_1y	Sx_2y	Sy^2
6 ~ 10	2.53114710	3.31570301	7.90832167
12 ~ 20	12.32772275	11.69952176	36.62573158
22 ~ 30	2.93631581	2.58741393	9.19274752
32 ~	0.13691170	0.21308189	0.59817464
6 ~	102.67425446	70.06940291	264.28763692

第 8 表 相 関 係 数

直 径 級	rx_1x_2	rx_1y	rx_2y
6 ~ 10	0.71285761	0.94030119	0.86416608
12 ~ 20	0.59608235	0.93205139	0.81310335
22 ~ 30	0.51328273	0.87141308	0.73893105
32 ~	0.31205211	0.72745202	0.77324251
6 ~	0.84954439	0.98338081	0.91516155

第 9 表 回 帰 係 数

直 径 級	b_1	b_2
6 ~ 10	1.93698935	0.81243245
12 ~ 20	1.92161658	1.01679518
22 ~ 30	1.82285399	1.03955662
32 ~	1.71184497	1.31363205
6 ~	1.87301933	0.98906983

第 10 表 直径級別回帰に帰因する平方和等

直 径 級	$S\hat{y}^2$	$Sbyx_1x_2^2$	$Syx_1x_2^2$	R
6 ~ 10	7.59658970	0.31173197	0.00201117	0.98009274
12 ~ 20	35.58517376	1.04055782	0.00116263	0.98569236
22 ~ 30	8.04223827	1.15050925	0.00177548	0.93533202
32 ~	0.51428280	0.08389184	0.00144641	0.92722899
6 ~	261.61439579	2.67324113	0.00151458	0.99492970

(1) 回帰係数間の差の検定

分散の一樣性の検定

回帰係数の差の検定を行う前に各直径級間の分散が、一樣であるかどうかを検定するためパートレットの検定を行った。

第 11 表

直 径 級	$S_{by}x_1x_2^2$	n	fr=n-3	$Sy x_1x_2^2$	$\log Sy x_1x_2^2$	$fr \log Sy x_1x_2^2$	1 / fr
6 ~ 10	0.31173197	158	155	0.00201117	-2.6965512	- 417.9654360	0.00645161
12 ~ 20	1.04055782	898	895	0.00116263	-2.9345585	-2626.4298575	0.00111732
22 ~ 30	1.15050925	651	648	0.00177548	-2.7506842	-1782.4433616	0.00154321
32 ~	0.08389184	61	58	0.00144641	-2.8397086	- 164.7030988	0.01724138
計	2.58669088		1756			-4991.5417539	0.02635352
k = 4	$= \phi^2$		$= f$			$= \sum fr \log Sy x_1x_2^2$	$= \sum \frac{1}{fr}$

(i) 6cm ~ の直径級を一括した場合

$$S^2 = \phi^2 / f = 0.00147306$$

$$\log S^2 f = - 4972.6048020$$

$$\chi^2 = \frac{1}{M} (\log S^2 f - \sum fr \log Sy x_1x_2^2) = 43.6042$$

補 正 項

$$C = 1 + \frac{1}{3(K-1)} \left(\sum \frac{1}{fr} - \frac{1}{f} \right) = 1.00286489$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 43.4796^{**}$$

χ^2 表の $4 - 1 = 3$ でこの値に相当する $P(\chi^2)$ は 0.01 より小であるから分散が一樣であるという仮説は捨てられる。ゆえに分散は一樣でないので、一括出来ない。以上の検定の結果4つの直径級の間に有意差が認められるので次の class について検定を行う。すなはち (6 ~ 20cm)、(6 ~ 30cm) (12cm ~) (12 ~ 30 cm)、(22cm ~)、(12 ~ 30cm) の各直径級である。

(ii) 6 ~ 20cm 直径級を一括した場合

$$S^2 = \phi^2 / f = 0.00128790$$

$$\log S^2 f = - 3034.6237950$$

$$\chi^2 = 22.4999$$

$$\text{補 正 項 } C = 1.00220552$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 22.4504 \quad df \ 1.$$

分散が一樣でないので 6 ~ 20cm は一括出来ない。

(iii) 6 ~ 30cm 直径級を一括した場合

$$S^2 = \phi^2 / f = 0.00147397$$

$$\log S^2 f = -4807.9061874$$

$$\chi^2 = 43.5939$$

$$\text{補正項 } C = 1.0014203$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 43.5321$$

分散が一樣でないので 6 ～ 30cm は一括出来ない。

(㊦) 12cm ～ 直径級を一括した場合

$$S^2 = q^2 / f = 0.00142096$$

$$\log S^2 f = -4558.7163781$$

$$\chi^2 = 34.2165$$

$$\text{補正項 } C = 1.00321298$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 34.1069$$

分散が一樣でないので 12cm ～ は一括出来ない。

(㊦) 22cm ～ 直径級を一括した場合

$$S^2 = q^2 / f = 0.00174844$$

$$\log S^2 f = -1946.6886058$$

$$\chi^2 = 1.0543$$

$$\text{補正項 } C = 1.00578939$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 1.0482$$

χ^2 表の 2 - 1 = 1 でこの値に相当する P (χ^2) は 0.30 であるから分散が一樣であるという仮説は捨てられない。22cm ～ は一括出来る。

(㊦) 12 ～ 30cm 直径級を一括した場合

$$S^2 = q^2 / f = 0.00142000$$

$$\log S^2 f = -4394.0191531$$

$$\chi^2 = 34.203$$

$$\text{補正項 } C = 1.00067081$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 34.1801$$

分散が一樣でないので 12 ～ 30cm は一括出来ない。

5) 回帰係数間の差の検定

分散の一樣性の検定の結果、22cm ～ の場合が一括出来るのでこの級について回帰係数の差の検定を行う。

$$\sum_{i=3}^{22} (Sx_1^2) i = 1.29434495$$

$$\sum_{i=3}^{22} (Sx_2^2) i = 1.46071323$$

$$\sum_{i=3}^{22} (Sx_1 x_2) i = 0.68585375$$

$$\sum_{i=3}^{22} (Sx_1 y) i = 3.07322751$$

$$\sum_{i=3}^{22} (Sx_2 y)_i = 2.80049582$$

$$\sum_{i=3}^{22} (Sy^2)_i = 9.79092216$$

この値を用いて簡略 Doolittle 法で回帰係数を計算した。

$$b'_1 = 1.80836807$$

$$b'_2 = 1.06812191$$

予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和
回帰	4	8.55652107
誤差	706	1.23440109
計	710	9.79092216

完成した分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方
全回帰	2	8.54879744	$S^2 = 0.00386182$
回帰間	2	0.00772363	
回帰計	4	8.55652107	$S^2 = 0.00174844$
誤差	706	1.23440109	
計	710	9.79092216	

df 2. 706

$$F = S^2 / S_2 = 2.2087 < F(0.05) = 3.00$$

回帰係数間に有意差が認められない。

6) 回帰常数間の有意検定

回帰係数間に有意差のなかつた 22cm ～ について回帰平面間の高さの差の検定を行う。

22cm ～ の全資料をこみにした値は次のとおり。

$$Sx_1'' = 2.37241907$$

$$Sx_2'' = 1.69745626$$

$$Sx_1''x_2 = 1.19105325$$

$$Sx_1''y = 5.51165213$$

$$Sx_2''y = 3.94317318$$

$$Sy^2'' = 15.30623370$$

この値を用いて簡略 Doolittle 法により算出した。

$$b''_1 = 1.78620402 \quad a = -2.20348438$$

$$b''_2 = 1.06966472$$

回帰に基づく平方和等は

$$S\hat{y}^2 = 14.06280843 \quad Syx_1x_2'' = 0.04187804$$

$$Sdyx_1x_2'' = 1.24342527$$

$$Syx_1x_2'' = 0.00175377$$

予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和
回帰	2	14.06280843
回帰間差	2	0.00772363
誤差	707	1.23570164
計	711	15.30623370

	平方和	自由度
誤差	1.13570164	707
原因不明	1.23440109	706
平面間差	0.00130055	1

完成した分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方
回帰	2	14.06280843	
回帰間差	2	0.00772363	
平面間差	1	0.00130055	$S^2 = 0.00130055$
原因不明	706	1.23440109	$S^2 = 0.00174844$
計	711	15.30623370	

df 1. 706

$$F = S^2 / S^2 = 0.744 < F(0.05) = 3.85$$

念のため逆数をとれば

$$\frac{1}{F} = 1.3441 < F(0.05) = 254$$

回帰平面間に有意差が認められないので一括して一つの回帰式を用いることができる。

以上の検定の結果、6～10cm、12～20cm、22cm以上の3つの回帰式で材積を推定することができる。

7) 上記検定の結果を取纏めると次表のとおりである。

第12表

直 径 範 囲	本 数	修 正 Σ^2	回 帰 係 数 間 の 差 の 検 定				
			平均された回帰係数		回帰間分散	誤差分散	F
			b_1	b_2			
6 (cm) ~	1768	43.4796**					
6 ~ 20	1056	22.4504**					
6 ~ 30	1707	43.5321**					
12 ~	1610	34.1069**					
12 ~ 30	1549	34.1801**					
22 ~	712	1.0483	1.80836807	1.06812191	0.00386182	0.00174844	2.208

直 径 範 囲	本 数	修 正 Σ^2	回 帰 平 面 間 の 差 の 検 定				
			込みにした回帰係数		平面間差の 分 散	不明原因	F
			b_1''	b_2''			
6 ~							
6 ~ 20							
6 ~ 30							
12 ~							
12 ~ 30							
22 ~	712	1.0483	1.78620402	1.06966472	0.00130055	0.00174844	0.744

Ⅵ 材 積 式 の 決 定

材積式を決定するにあたり、回帰常数間の検定で分数が一樣と認められ、一括出来る 22cm ~ と一括出来ない 6 ~ 10cm、12 ~ 20cm の3つの直径級にそれぞれ別の材積式を適用する。

第13表

直 径 級	材 積 式
6 ~ 10	$\hat{Y} = 1.93699 X_1 + 0.81243 X_2 - 2.13019$
12 ~ 20	$\hat{Y} = 1.921617 X_1 + 1.016795 X_2 - 2.318408$
22 ~	$\hat{Y} = 1.7862040 X_1 + 1.0696647 X_2 - 2.2034844$

1) 修正係数の計算

上式には対数計算によるかたよりがあるので修正係数による補正ををす。

修正係数は次式で表される。

$$f = 10^{\frac{n-1}{n} \cdot \frac{1}{2} (\log_{10} S^2)} = 10^{\frac{n-1}{n} (1.151293) S^2 \log y}$$

ただし f = 修正係数 S^2 = 分散

第 14 表 直径級別修正係数

直径級	本数	(標準誤差) ²	$n-1/n$	$\frac{n-1}{n} \cdot \frac{(標準誤差)^2}{1.151293}$	修正係数
6 ~ 10	158	0.00201117	0.99367089	0.00230079	1.0053
12 ~ 20	898	0.00116263	0.99888641	0.00133704	1.0031
22 ~	712	0.00175377	0.99859551	0.00201627	1.0047

2) 決定材積式

材積式 $\log v = a + b_1 \log d + b_2 \log h$ に修正係数の対数と $\frac{1}{100}$ の対数であるところの -2 (材積式の計算の場合、材積については便宜上 100 倍してから対数に変換されているので、これをもとにかえすため) を加えたところの、 $\log v = -2 + a + b_1 \log d + b_2 \log h \left(\frac{n-1}{n} \times \sigma^2 \times 1.151293 \right)$ により最終的に材積表の数値算出に用いた材積式は次表のとおりである。

第 15 表

直径級	材積式
6 ~ 10	$\log v = \bar{5}.87211 + 1.93699 \log b + 0.81243 \log h$
12 ~ 20	$\log v = \bar{5}.682931 + 1.921617 \log b + 1.016795 \log h$
22 ~	$\log v = \bar{5}.7985347 + 1.7862040 \log b + 1.0696647 \log h$

第 16 表 九州地方ヒノキ材積表

[illegible]

[illegible]

第 16 表 続 き

H \ D	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62
10	0.636	0.689	0.743	0.800						
11	0.705	0.763	0.823	0.885						
12	0.773	0.837	0.904	0.972						
13	0.843	0.912	0.984	1.059	1.136	1.215	1.296	1.380	1.466	
14	0.912	0.987	1.066	1.146	1.229	1.315	1.403	1.494	1.587	
15	0.982	1.063	1.147	1.233	1.323	1.416	1.511	1.608	1.709	1.812
16	1.052	1.139	1.229	1.322	1.418	1.517	1.619	1.723	1.831	1.941
17	1.123	1.215	1.311	1.411	1.513	1.619	1.727	1.839	1.954	2.072
18	1.193	1.292	1.394	1.500	1.608	1.721	1.836	1.955	2.077	2.202
19	1.265	1.369	1.477	1.589	1.704	1.823	1.945	2.071	2.201	2.333
20	1.336	1.446	1.560	1.678	1.800	1.926	2.055	2.188	2.325	2.465
21	1.407	1.524	1.644	1.768	1.897	2.029	2.165	2.305	2.449	2.597
22	1.479	1.601	1.728	1.859	1.994	2.133	2.276	2.423	2.574	2.729
23	1.551	1.679	1.812	1.949	2.091	2.236	2.386	2.541	2.699	2.862
24	1.623	1.758	1.896	2.040	2.188	2.341	2.497	2.659	2.825	2.996
25	1.696	1.836	1.981	2.131	2.286	2.445	2.608	2.778	2.951	3.129
26	1.769	1.915	2.066	2.222	2.384	2.550	2.721	2.897	3.078	3.263
27	1.841	1.994	2.151	2.314	2.482	2.655	2.833	3.016	3.205	3.398
28	1.915	2.073	2.236	2.406	2.580	2.760	2.945	3.136	3.332	3.533
	1.988	2.152	2.322	2.498	2.679	2.866	3.058	3.256	3.459	3.668
30	2.061	2.231	2.408	2.590	2.778	2.971	3.171	3.376	3.587	3.803
31	2.135	2.311	2.494	2.682	2.877	3.078	3.284	3.497	3.715	3.939
32	2.208	2.391	2.580	2.775	2.976	3.184	3.398	3.617	3.843	4.075
33	2.282	2.470	2.666	2.868	3.076	3.290	3.511	3.738	3.973	4.211
34	2.356	2.551	2.753	2.961	3.176	3.397	3.625	3.860	4.101	4.348
35	2.431	2.631	2.839	3.054	3.276	3.504	3.739	3.981	4.230	4.485
36					3.376	3.611	3.854	4.103	4.359	4.622
37					3.476	3.719	3.968	4.225	4.489	4.760
38					3.577	3.826	4.083	4.347	4.619	4.897
39								4.470	4.749	5.035
40								4.592	4.879	5.173

H D				
	64	66	68	70
15	1.918	2.026	2.137	2.251
16	2.055	2.171	2.290	2.411
17	2.192	2.316	2.443	2.573
18	2.331	2.462	2.597	2.735
19	2.469	2.609	2.752	2.898
20	2.609	2.756	2.907	3.061
21	2.748	2.904	3.063	3.225
22	2.889	3.052	3.219	3.390
23	3.029	3.200	3.376	3.555
24	3.170	3.350	3.533	3.721
25	3.312	3.499	3.691	3.887
26	3.454	3.649	3.849	4.053
27	3.596	3.799	4.007	4.220
28	3.739	3.950	4.166	4.388
29	3.882	4.101	4.326	4.556
30	4.025	4.252	4.485	4.724
31	4.169	4.404	4.645	4.892
32	4.313	4.556	4.806	5.061
33	4.457	4.709	4.967	5.231
34	4.602	4.862	5.128	5.400
35	4.747	5.015	5.289	5.571
36	4.892	5.168	5.451	5.741
37	5.037	5.322	5.613	5.912
38	5.183	5.476	5.776	6.083
39	5.329	5.630	5.939	6.254
40	5.475	5.785	6.102	6.426

Ⅶ 材積表の適合度

材積表の適合度は調製要綱に基き推定材積の誤差率により表す。

実材積を V 、推定材積を $\hat{V}$ 、推定材積の標準誤差を SV とすると、材積表の標準誤差は真数材積について、

$$SV = \sqrt{\frac{\sum (V - \hat{V})^2}{n-3}}$$

によつて計算される。しかし材積式の標準誤差は対数材積について、

$$SV' = \sqrt{\frac{\sum (\log V - \log \hat{V})^2}{n-3}}$$

によつて表されており、 SV と SV' とは直接比較することはできない。

然るに $\log V = X$ 、 $V = 10^X$ とおくならば高次の微分を省略して、

$$SV = V (\log e 10) SX$$

が成立するので、真数材積の誤差率は次のようにして近似的に材積式の標準誤差によつて表すことができる。

$$\text{誤差率} = \frac{SV}{V} 100 = 230.26 SX$$

上式により本材積表の誤差率を計算すると次表の通りである。しかるにこれは単木の誤差率であるから、本数の平方根で除して材積表の誤差率を求めた。

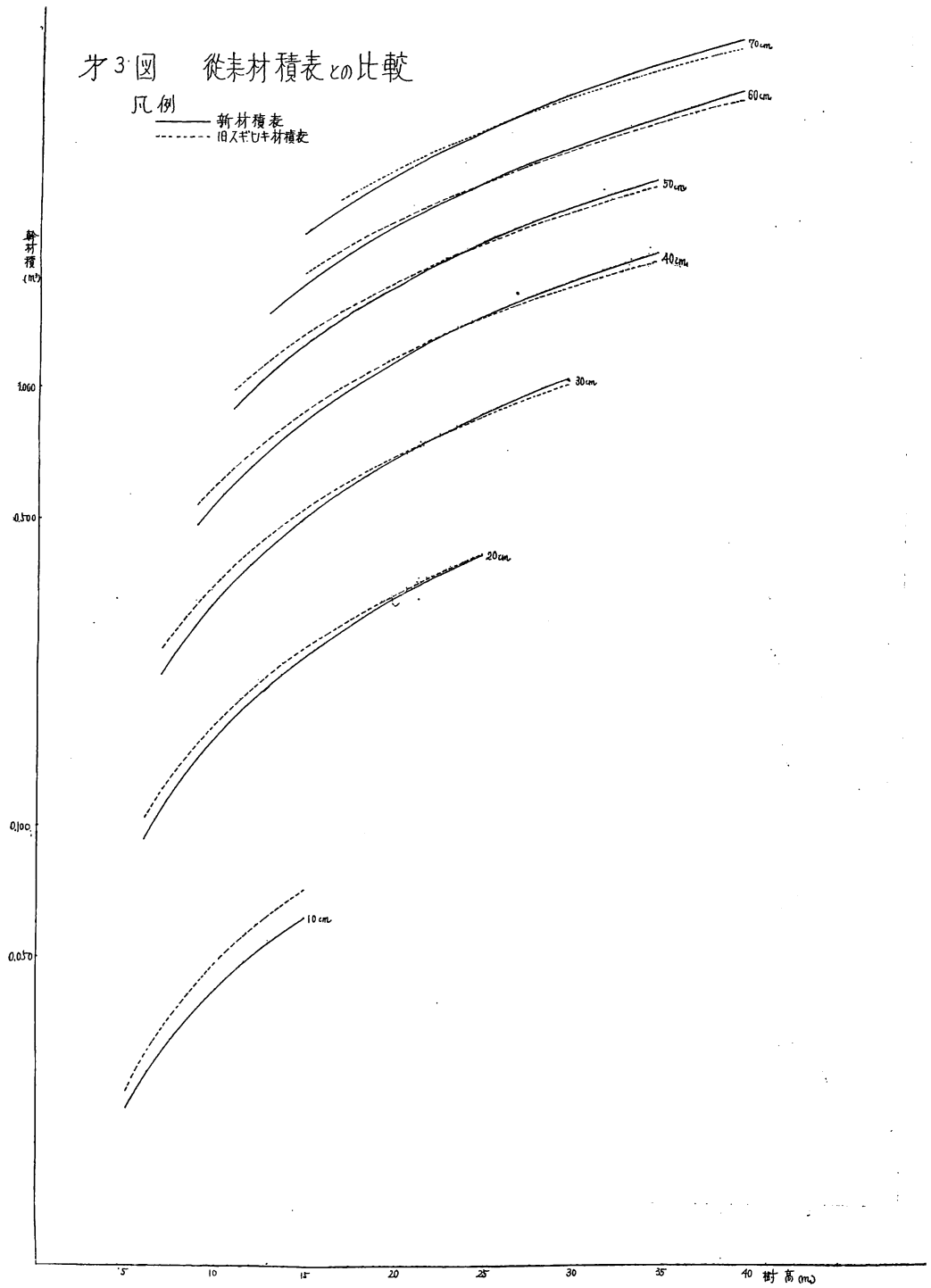
標準誤差と誤差率は下記の通り。

第 17 表

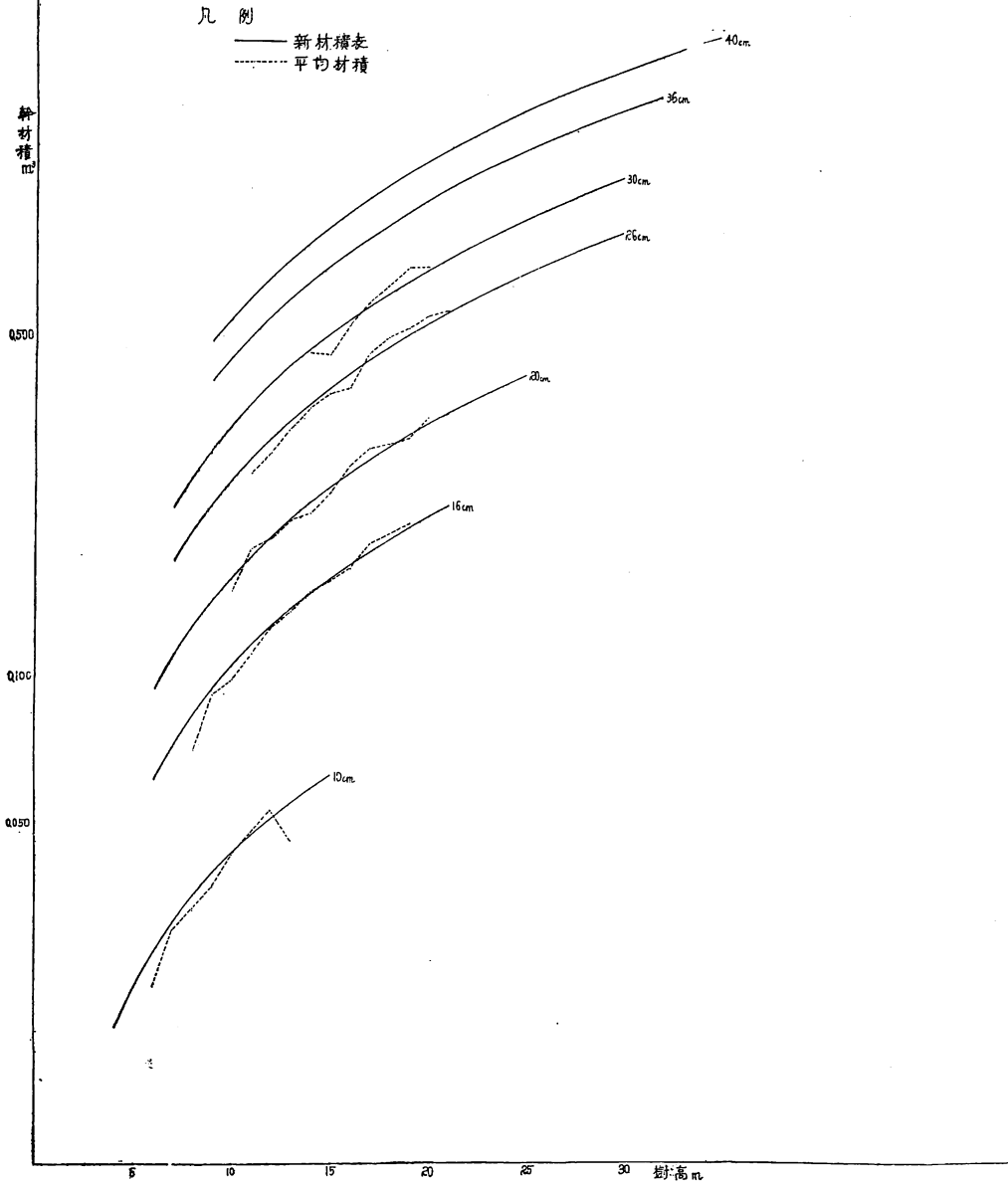
直径級	本数	百分率標準誤差	誤差率 (%)
6 ~ 10	158	0.04484607	1.620
12 ~ 20	898	0.03409736	0.514
22 ~	712	0.04187804	0.709

Ⅷ 材積表使用上の注意

- (1) 本材積表は熊本営林局管内全般に分布するヒノキ人工林に適用するものである。但しヒノキ天然生林についてはこれを準用するものとする。
- (2) 本材積表は毎木の胸高直径地上 1.2 (cm) 樹高を測定して幹材積を求めるものである。
- (3) 上記第15表の直径級別材積式で材積表を作製した。なお表の数値を検討したところ材積式間の接点に不連続な個所がやゝ認められるので 10cm、12cm、20cm、22cm の 4 直径の材積を 3 点平均法で修正した。
- (4) 本表の幹材積は第15表の材積式により直接計算したものである。したがつて本表掲記以外の胸高直径、樹高を有するものゝ材積はこの材積式により求めること。
- (5) 本表作成にあたり資料は胸高直径 6 cm 以上を使用したのであるが 6 ~ 10cm の材積式を延長して算出し胸高直径 4 cm より表示されている。



才4図 平均材積との比較



Ⅸ 結 言

本材積表は熊本営林局管内のヒノキを対象として推測統計法を利用し調製要綱に基いて調製したものである。

資料は胸高直径 40cm 以下のものしか収集出来なつたのであるが、70cm まで材積表を調製したのであるから最も利用度が高く現有林分の大部分を占める小、中径木に対してはよく適合すると思われるが、大径木については無理であるので、将来林分の径級構成が変化することになれば更に資料を補足して修正の必要があるものと思われる。

Ⅹ 調製年月日及び担当者職氏名

(1) 調 製 年 月 日

昭 和 3 6 年 4 月

(2) 担 当 者 職 氏 名

計 画 課 長	農 林 技 官	高	見	寛
主 査	〃	市	田	政 瑠
	〃	森	幸	夫
	農 林 事 務 官	高	瀬	弘 寧
	〃	川	上	力