

材積表調製業務資料 第44号

高 知 営 林 局

モミ天然生林立木材積表調製説明書

昭和38年1月

林 野 庁

高知営林局モミ天然生林立木材積表

調 製 説 明 書

目 次

緒 言

第 1 地域決定の根拠	1
1. 地域の概要	1
2. 地域の決定	2
第 2 資料の収集	3
1. 資料収集地域	3
2. 資料の選定および調査方法	7
3. 資料の整理	7
第 3 採用した調製方法の根拠	12
1. $V = 10^a d^{b_1} h^{b_2}$ 式による標準誤差の計算	12
2. $V = a + b_1 h + b_2 d + b_3 d^2 h$ 式による標準誤差の計算	15
3. $V = a + b d^2 h$ 式による標準誤差の計算	18
第 4 材積表の調製	19
1. 資料の吟味	19
2. 棄却済資料による材積式の再計算	33
3. 10cm直径級別材積式の比較	35
4. 材積式の決定と材積表の作製	43
5. 材積表の適合度	54
6. 材積表使用上の注意	55
7. 結 言	55
第 5 調製年月日および調製担当者官氏名	58
第 6 引用ならびに参考文献	58

付 表

第 1 表	資料収集箇所および収集本数	3
第 2 表	資料収集箇所別地況林況一覧表	5
第 3 表	営林署別10cm直径階本数一覧表	8
第 4 表	直径階,樹高階別本数表(資料棄却前)	9
第 5 表	材積式決定のための資料	13
第 6 表	平方和,積和の計算	14
第 7 表	回帰係数の計算	14
第 8 表	平方和,積和の計算	16
第 9 表	簡略 Doolittle法による解法	17
第 10 表	平方和,積和および相関係数の計算(棄却前資料)	20
第 11 表	簡略Doolittle法による解法	20
第 12 表	棄却資料一覧表	22
第 13 表	直径階,樹高階別本数表	23
第 14 表	直径階,樹高階別平均材積表	26
第 15 表	平方和,積和および相関係数の計算(棄却済資料)	33
第 16 表	簡略Doolittle法による解法	34
第 17 表	重相関係数の有意性の検定	35
第 18 表	10cm直径級別和および二乗和など	36
第 19 表	直径級別平方和および積和	37
第 20 表	直径級別相関係数および回帰係数	37
第 21 表	直径級別回帰に帰因する平方和など	38
第 22 表	分散の一様性の検定	38
第 23 表	予備的分散分析表	40
第 24 表	完成された分散分析表	41
第 25 表	分散分析取りまとめ表	42
第 26 表	材積式	43
第 27 表	材積表	44

付 図

第 1 高知営林局管内図.....	3
第 2 資料収集位置図.....	5
第 3 従来の材積表との比較.....	56
第 4 平均材積との比較.....	57

緒 言

当局において、現に使用中の新材表積はつぎのとおりである。

スギ人工林立木材積表	材積表調製業務資料第14号	昭和34年4月1日から適用
ヒノキ人工林 〃	〃 第17号	昭和35年4月1日から適用
スギ天然生林 〃	〃 第19号	〃
ヒノキ天然生林 〃	〃 第25号	昭和36年4月1日から適用
ツガ天然生林 〃	〃 第38号	昭和37年4月1日から適用

モミ天然生林については昭和33年6月11日33林野第6,981号「国有林野産物收穫調査規定準則」により、胸高直径の測定位置が地上高120cmと定められたため、従来当局で使用していた地上高130cmの直径に基く材積表は改訂しなければならなくなつたので、昭和34年度 870本、同35年度 1,561本 合計 2,431本の資料を収集した。この資料によつて、「主要樹種立木材積表調製要綱」（昭和30年9月、林野 第14,745号 通達）に基いて、本材積表を調製した。

本材積表調製にあたり、林業試験場測定研究室長大友栄松氏、同室粟屋仁志氏の特別のご指導を賜わり、また資料収集に際し、特に便宜を与へられ、ご協力をいただいた管内関係営林署長および署員各位に対し、深く謝意を表するものである。

昭和38年1月

高知営林局長 末 松 信 雄

高知営林局モミ天然生林立木材積表

調製説明書

第 1 地域決定の根拠

1. 地域の概要

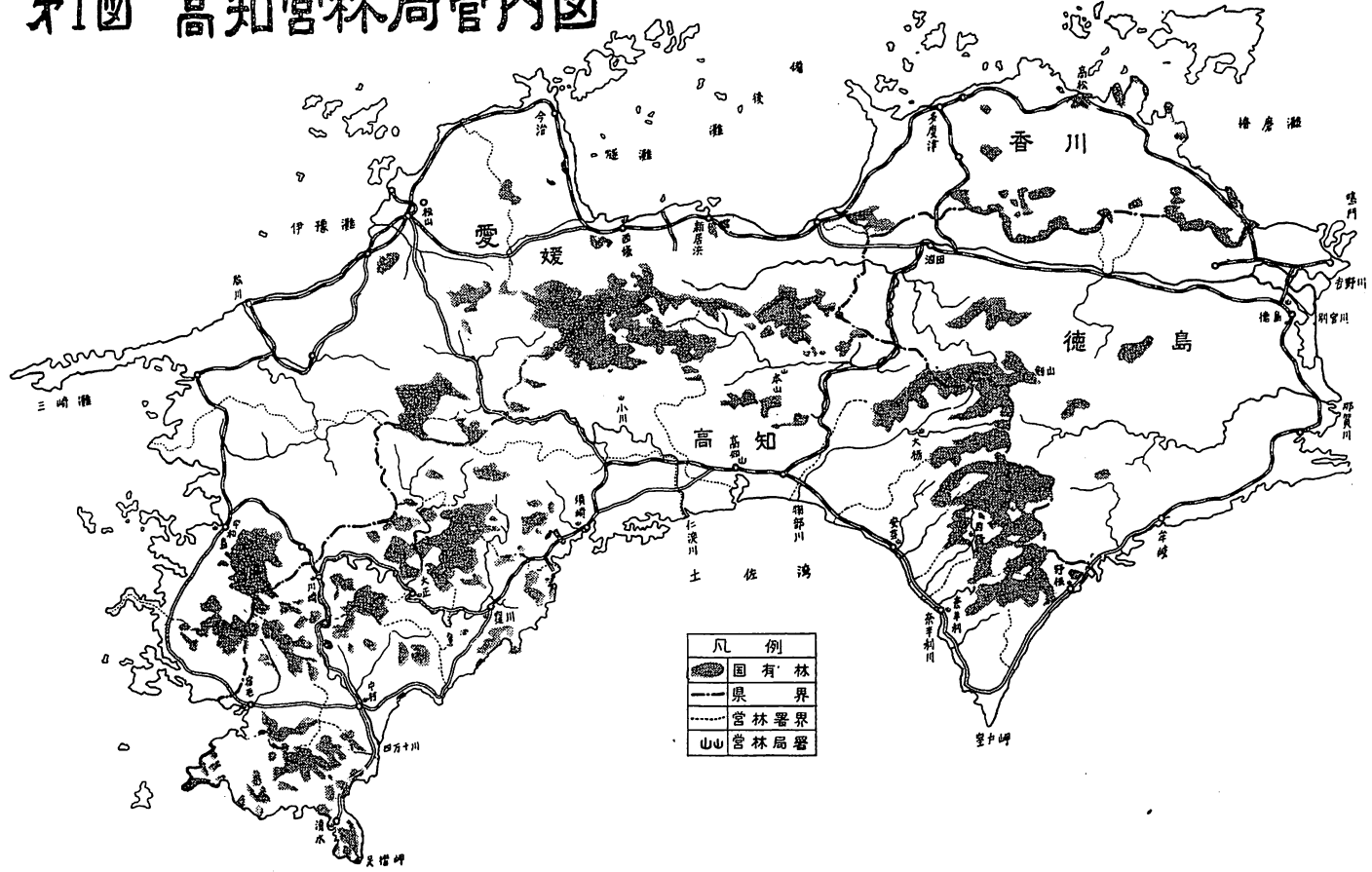
当局管内国有林は、東西に長く、南北に狭く、石鎚山（1,981m）剣山（1,955m）の二峰が東西にそびえて、四国を南北に隔絶し、南東に室戸岬、南西に足摺岬があつて、土佐湾をいだいている。したがつて、太平洋の影響をうけて、森林植生も多様を極めており、亜熱帯より亜寒帯におよんでいる。足摺岬および室戸岬には、アカウ、ビロウなどの亜熱帯性の群落があり、太平洋岸には、ホルトノキ、タブ、ウバメガシなどの暖帯南部の樹種があり、さらに低山地帯にかけては、シイ、カシを主とする暖帯性の植生が発達し、標高600～1,200mにかけては、モミ、ツガを主とする針葉樹と、カエデ、ミズメなどの広葉樹によつて、林相が構成されている。その上部、標高1,200～1,800mには、ブナを主とする温帯性の広葉樹があり、さらに、四国山脈の頂上附近には、シコクシラベ、ダケカンバなどの亜寒帯性林分も分布している。瀬戸内海方面は、クロマツ、アカマツを主とするややせき悪化した林相を呈しており、山岳地帯に進むにつれて、カシ、シイの群落に移行している。

モミ天然生林は、モミ、ツガ混こう林として、主として高知県内の中部、東部の各事業区、および松山事業区などに分布しているが、これらのうちには、老令な未開発林と、昭和2年頃から始められた択伐による択伐林があり、後者の保残木の中には、樹形のよくないものが多い。

2. 地域の決定

本材積表は、高知営林局管内モミ天然生林を対象として調製して。したがつて、当局管内全域から資料を収集するのが理想であるが、蓄積の少ない営林署は、経費、時間の関係で省略した。

第1図 高知営林局管内図



第 2 資 料 の 収 集

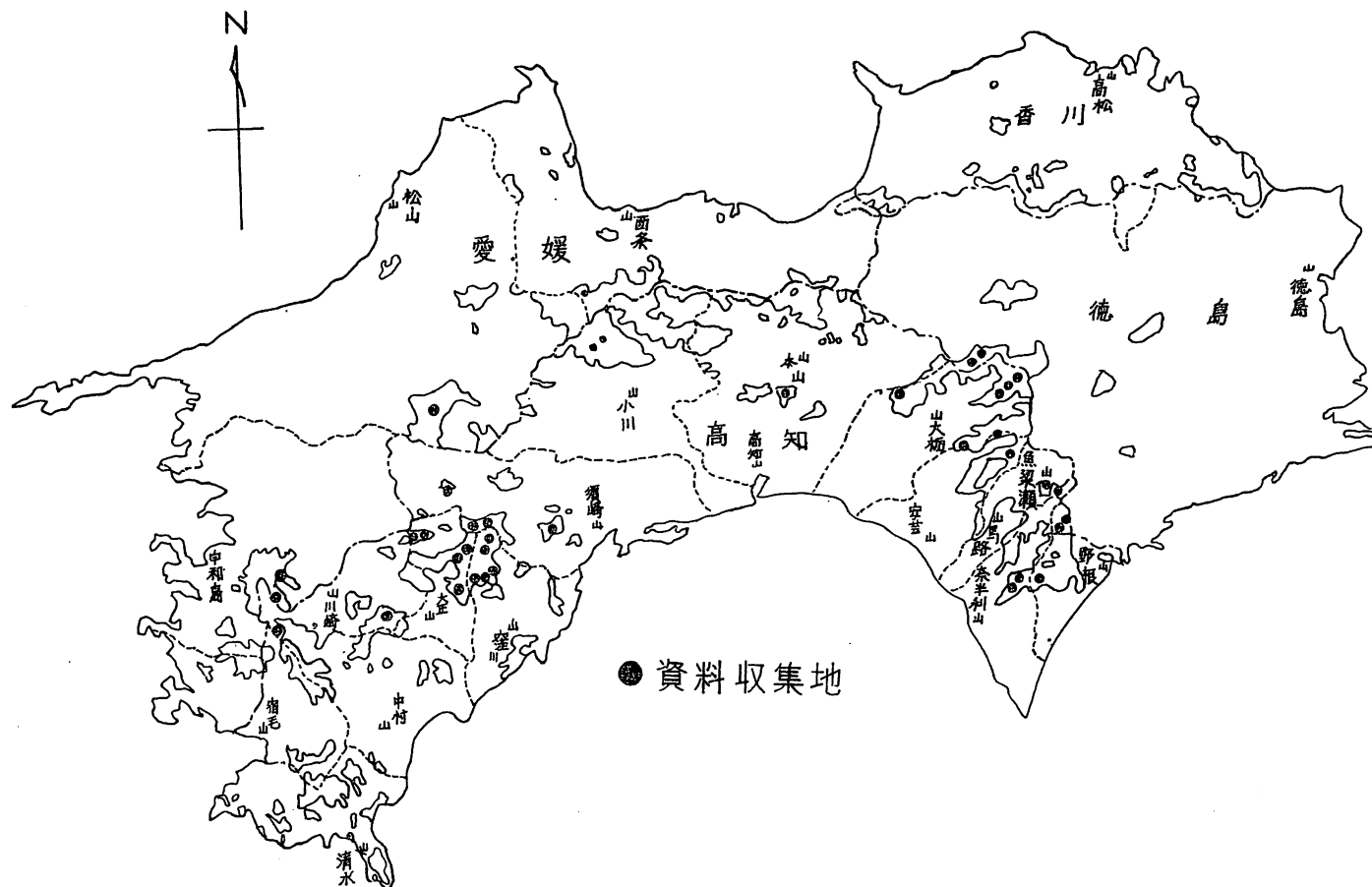
1. 資料収集地域（第2図）

箇所ならびに収集本数は、第1表のとおりであつて直営生産の主伐箇所で調査した。

第 1 表 資料収集箇所および収集本数

営 林 署	事 業 区	主 間 伐	林 小 班	収集本数
野 根	野 根	主 伐	5い 49い 52ㄥ	66
奈 半 利	奈 半 利	〃	38い 40い	504
魚 梁 瀬	魚 梁 瀬	〃	3い 94ろ	13
安 芸	安 芸	〃	23い 45い 53い	288
大 枋	大 枋	〃	40い 51い1 51ろ1	222
本 山	本 山	〃	59い 96い	146
小 川	小 川	〃	59ろ 70い1 70ろ1	223
須 崎	須 崎	〃	19は 65ろ 66い 89ろ	112
窪 川	窪 川	〃	8い 14い 39は 50い 58ろ	335
大 正	大 正	〃	10い 32い 33い 57い 60ろ	93
川 崎	川 崎	〃	28ろ	17
中 村	中 村	〃	15ろ	148
宇 和 島	宇 和 島	〃	32い 52は	130
松 山	松 山	〃	65は	70
西 条	西 条	〃	7ㄥ	25
徳 島	徳 島	〃	12は 13は	39
計				2,431

第2図 資料収集位置図



第 2 表 資料収集箇所別地況林況一覧表

営 林 署	林 小 班	施 業 団	地 況				林 況					備 考	
			地 (地 利) 位	方 位	傾 斜	基 土 岩 性	深 結 湿 合 度 度	林 令	面積	総蓄積	N 別蓄積		ha当 別蓄積
野 根	5い	皆伐	2(2)	NE	急	砂頁埴 壤 岩岩土	中軟適	170	71.85	14,011	N12,358 L 1,653	N 172 L 23	蓄積を掲上して いないのは伐跡 地である。
	49い	"	2(1)	SE	"	" " "	" " "	200	51.33	23,468	N19,875 L 3,593	N 383 L 70	
	52い	"	2(2)	W	"	" " "	" " "	200	33.57	17,487	N15,783 L 1,704	N 410 L 50	
奈半利	38い	"	2(1)	SSE	"	硬砂埴 砂 岩岩土	" " "	173 7~223	38.23	4,395	N 4,204 L 191	N 110 L 5	
魚梁瀬	94ろ	"	3(2)	SE, SW	"	頁 壤 岩 土	浅 " "	170 1~270	70.75	26,602	N25,187 L 1,415	N 356 L 20	
安 芸	23い	"	2(2)	NE	緩	砂頁埴土 礫 岩岩壤	" " "	—	4.35	—	—	—	—
	45い	"	2(2)	S, SE, SW	急	砂埴土 礫 岩壤	" " "	200	104.60	38,005	N28,418 L 9,587	N 272 L 91	
	53い	"	2(2)	NW	"	砂頁礫 岩岩	" " "	210	70.86	25,510	N22,746 L 2,764	N 321 L 39	
大 桧	40い	"	2(2)	N, S, NW	"	砂硅粘土 坂灰 岩岩岩	" " "	180	127.56	45,922	N25,512 L 20,410	N 200 L 160	
	51ろ1	"	2(2)	SE	"	" " " "	深 " "	180	88.22	27,776	N15,624 L 12,152	N 180 L 140	
本 山	59い	"	2(1)	NW	中	硅粘埴 坂壤 岩岩土	中 " "	180 150~200	155.78	42,840	N20,252 L 22,588	N 130 L 145	
	96い	"	2(2)	SE	"	" " "	" " "	160 130~180	42.83	6,568	N 6,139 L 429	N 143 L 10	
小 川	59ろ	"	{2.5 3.5}(3)	ENE	急	緑石埴 色墨壤 変片土 岩岩	" " "	215 65~315	55.89	9,914	N 3,642 L 6,272	N 65 L 112	
	70い1	"	{1.1 2.5}(2) 3.4	SSW	"	" " "	" " "	215 95~315	48.44	12,110	N 7,749 L 4,361	N 160 L 90	
須 崎	19ろ	"	{1.3 2.5}(1) 3.2	N, NW	"	砂頁粘礫 坂壤 岩岩土	" " "	160 54~230	21.21	7,592	N 6,538 L 1,054	N 310 L 50	
	65ろ	"	{1.2 2.6}(1) 3.2	E, N	中急	砂頁埴 壤 岩岩土	" " "	150 21~210	32.52	4,878	N 3,577 L 1,301	N 110 L 40	
	66い	"	{1.1 2.6}(1) 3.3	N, W	中急	" " "	" " "	150 20~210	69.05	11,049	N 8,977 L 2,072	N 130 L 30	

宮 林 署	林 小 班	施 業 団	地		況			林			況			備 考
			地 (地 利 位)	方 位	傾斜	基 土 岩 性	深結湿 合度度	林 令	面積	総蓄積	N 別蓄積	ha当 N 別		
窪 川	8い	皆伐	2(3)	SW, S	急	砂頁墳 壤 岩岩土	中軟適	$\frac{150}{31 \sim 210}$	10.38	1.142	N 1.038 L 1.04	N	100	蓄積を掲 上してい ないのは 伐跡地 である。
	14い	〃	2(2)	NE	〃	〃 〃 〃	〃 〃 〃	$\frac{140}{32 \sim 210}$	36.59	5.713	N 4.249 L 1.464	N	116	
	58ろ	〃	2(1)	SW, W	〃	〃 〃 〃	〃 〃 〃	—	28.37	—	—	—	—	
大 正	10い	〃	$\begin{Bmatrix} 1.3 \\ 2.6(1) \\ 3.1 \end{Bmatrix}$	S, S E, E	中急 2/8	〃 〃 〃	〃 〃 〃	130	106.26	23.909	N 6.907 L 17.002	N	65	
	32い	〃	$\begin{Bmatrix} 1.3 \\ 2.6(1) \\ 3.1 \end{Bmatrix}$	NNE, NW	中急 2/8	〃 〃 〃	〃 〃 〃	160	44.76	11.861	N 6.714 L 5.147	N	150	
	33い	〃	$\begin{Bmatrix} 1.3 \\ 2.6(1) \\ 3.1 \end{Bmatrix}$	N, NE	中急 1/9	〃 〃 〃	深 〃 〃	160	61.18	19.578	N 14.072 L 5.506	N	230	
	57い	〃	$\begin{Bmatrix} 1.1 \\ 2.7(1) \\ 3.2 \end{Bmatrix}$	ESE	中急 1/9	砂 墳 岩 壤 土	中 〃 〃	210	82.44	22.259	N 12.366 L 9.893	N	150	
	60ろ	〃	$\begin{Bmatrix} 1.2 \\ 2.6(1) \\ 3.2 \end{Bmatrix}$	NNW	中急 1/9	〃 〃	〃 〃 〃	210	97.76	25.418	N 10.754 L 14.664	N	110	
川 崎	28ろ	〃	$\begin{Bmatrix} 1.2 \\ 2.4(2) \\ 3.4 \end{Bmatrix}$	E	急	墳 壤 礫 土	深 〃 〃	$\frac{140}{20 \sim 149}$	103.18	6.191	N 4.127 L 2.064	N	40	
中 村	15ろ	〃	$\begin{Bmatrix} 1.2 \\ 2.6(2) \\ 3.4 \end{Bmatrix}$	N	〃	墳 礫 壤 壤	中 〃 〃	$\frac{84}{24 \sim 144}$	87.58	25.399	N 5.255 L 20.144	N	60	
宇和島	32い	〃	$\begin{Bmatrix} 1.2 \\ 2.6(2) \\ 3.4 \end{Bmatrix}$	EW	〃	砂頁墳 壤 岩岩土	中軟適	88	96.53	26.063	N 4.826 L 21.237	N	50	
	52は	〃	$\begin{Bmatrix} 1.2 \\ 2.5(2) \\ 3.3 \end{Bmatrix}$	NW	〃	〃 〃 〃	〃 〃 〃	88	31.09	6.920	N 3.934 L 2.986	N	126	
松 山	65は	〃	2(2)	S	〃	硅輝灰墳 綠岩壤土 岩凝 砂	深 〃 〃	$\frac{150}{120 \sim 200}$	96.85	36.319	N 17.917 L 18.402	N	185	
西 条	7に	〃	2(2)	N	中	砂 墳 岩 壤	中軟湿	$\frac{100}{20 \sim 200}$	10.00	1.200	N 500 L 700	N	50	
徳 島	12は	〃	2(2)	SE, S	急	墳 礫 壤 壤	〃 〃 適	$\frac{160}{100 \sim 210}$	51.57	13.924	N 6.188 L 7.736	N	120	
	13は	〃	2(2)	W	〃	〃 〃	〃 〃 〃	$\frac{160}{100 \sim 210}$	34.05	8.513	N 3.746 L 4.767	N	110	

2. 資料の選定および調査方法

調製要綱に準拠して実施したが、大要次のとおりである。

- (1) 調査木はなるべく各直径階、樹高階にわたって選定し、その幹形著しく不整なるものは除外した。その結果8～150cmの範囲のものが、調査された。
- (2) 胸高直径は地上1.2mの位置を輪尺により測定し、単位をmmとした。なおその他の位置における直径も胸高直径と同じ要領で測定した。
- (3) 樹高および枝下高の測定は巻尺でm単位とし、単位以下1位まで測定した。
- (4) 幹材積は、区分材積および梢頭材積に分ち、両材積を合計して算出した。
- (5) その他、樹皮の厚さ、根元部分の周囲、伐採面の高さ等を調製要綱に基いて測定した。

3. 資料の整理

以上の調査方法にもとづいて、収集した資料を営林署ごとに取りまとめた結果は、第3表のとおりである。

なお、各調査木の直径階、樹高階別本数を表示すれば、第4表のとおりである。

第3表 宮林署別10cm直径階本数一覧表

署別	林小班	4 ~10	12 ~20	22 ~30	32 ~40	42 ~50	52 ~60	62 ~70	72 ~80	82 ~90	92 ~100	102 ~110	112 ~120	122 ~130	132 ~140	142 ~150	計
野根	5い		3	3	1												7
	49い		15	12	8	6	5	3	1		1	1				1	53
	52い		1	1	2		1		1								6
奈半利	38い		78	54	32	37	18	16	7								242
	40い		1	74	78	74	24	9	2								262
魚梁瀬	3い						1	3		1							5
	94ろ				1	2	3	1	1								8
安芸	23い	1	5		2	2	3	4			1	2	1				21
	45い				1	3	3	5	3	1	1						17
	53い		35	44	50	29	28	24	18	9	6	2	4		1		250
大栃	40い		1	14	30	24	32	24	15	11	4	2					157
	51い1			2	10	17	10	7	2	1	1						50
	51ろ1		1	5	1	4	2	1		1							15
本山	59い		12	9	7	4	1	1	3	2	2		1				42
	96い	3	16	19	13	25	10	8	7	3							104
小川	59ろ		3	9	10	5	2			1	1						31
	70い1		16	34	29	24	16	12	10		1						142
	70ろ1				1	14	18	9	6	2							50
須崎	19ろ			1	2	4	3	6	2		4	1					23
	65ろ				1	1	2	3			1						8
	66い		1	6	16	12	14	12	7	8	3	1					80
	89ろ					1											1
窪川	8い					1	4	2									7
	14い				4	8	10	9	9	6	4						50
	39ろ			3	2	10	8	4	6	3	8	1					45
	50い			7	31	49	37	28	32	25	14	5	2			1	231
	58ろ				1	1											2
大正	10い					2		3	1	2	2						10
	32い			4	3	4	3	1	3	4	2	1					25
	33い				6	6	5	5	2	4	2						30
	57い			1	2	3	1		1								8
	60ろ		4	4	2	6	2	1		1							20
川崎	28ろ				2	3	1	1	7	1	2						17
中村	15ろ	3	29	30	24	33	17	6	3	1	1		1				148
宇和島	32い		1	9	15	16	19	10	10	12	10	7	3	1			113
	52ろ			8	2	1		2	3	1							17
松山	65ろ		6	35	13	4	6	1	1	1	1		1	1			70
西条	7ろ		5	9	5	1	2	1	1	1							25
徳島	12ろ			3	2	3	3	1	2								14
	13ろ		1	7	2	7	5	1	1	1							25
計		7	234	407	411	446	319	224	167	103	72	23	13	2	2	1	2,431

第 4 表 直 径 階, 樹 高 階 別 本 数 表 (資料棄却前)

樹高 m 直径 cm	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	計			
8	1		1		1																																								3			
10					1	3	1																																							5		
12			1	2	5	3	8	2	2	1																																				24		
14					1	7	3	3	3	4	1																																			22		
16						8	10	14	11	6	9	3	1																																	62		
18						6	7	14	12	7	10	4	2	3																																65		
20							3	6	11	11	8	8	7	2	1	1	1																													59		
22							2	8	5	9	13	4	6	4	3																															54		
24								4	14	8	16	10	9	12	6																																79	
26								3	7	16	15	12	14	10	10	10	4	2																													103	
28						1	1	5	6	9	10	16	15	9	4	6	8	3	1			1																								95		
30									3	8	10	5	21	7	8	5	6	1	1	1	1																										76	
32								1	2	7	12	5	13	12	12	4	6	2	2			1																									79	
34						1	1		5	5	9	16	10	12	8	5	3	5	5	5	1																										86	
36									2	3	5	11	12	11	8	9	7	3	5	5	1																											77
38									2	4	4	11	17	11	18	12	8	5	3			2			1																							98
40											6	6	8	11	9	10	1	8	2	4	3			2	1																							71
42									1	1	3	6	5	9	8	9	4	9	4	4	4			3	1	1	1	1																			73	
44										1	2	9	9	15	12	6	8	10	4	7	3	3	3	2	1																						95	
46											3	5	4	13	11	14	11	14	6	14	2			1	2		2																				102	
48								1				1	3	3	5	11	11	9	11	12	10	5	4	1	1	1	1	1	2	1																	93	

樹高 m 直徑 cm	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	46	49	計	
50													2	6	2	7	8	7	6	16	6	4	5	3	4	4	1		1		1													83
52											1	1	1	4	5	7	9	4	8	8	4	11	3	3	2			1																72
54												1	1	3		3	7	8	5	9	11	7	6	5	1	1	1	3	2		1												75	
56													2		2	1	6	3	10	3	7	9	5	3	4	2	2	2			1												62	
58															3	1	2	3	6	5	7	7	3	4	7	3	2	1	1	1													56	
60													1	1	2	3	4	1	2	7	5	7		8	5	3	4	2															55	
62													1			3	6	2	5	3	3	3	4	6	5	5	2		2	1													51	
64															1	2		5	4	3	1	4	5	5	7	1	7	1			1												47	
66																2	1	3	2	4	5	4	6	5	2	2	2	3		1	1	1	1										44	
68																		1	2	4	3	5	5	2	2	1	4	3	1	1	1		1									36		
70																	1			3	3	2	4	6	6	5	8	3	3		1			1		1						46		
72																		4	3	2	3	4	3	4	4	4	8	4	1		1		1		1							42		
74																		1	2	2	2	7	2	3	4	7	3	2	1	3		3		1		1							41	
76																			1		1	2	2	5	5	1	3	2	1	1	2											26		
78																		1		1		3	2	2	6	2	5	1	4	3				1								31		
80																		1			4		2	2	2	5	3	2	2		2	1										26		
82																					1	1	2		2	1			4	1	3		1									16		
84																1			1			1	1	2	3	1	5		4	2	4		1		1	1						28		
86																					1			4	2	2	3	4	3	3	2		2									26		
88																						1			3		2	1		2		1	1	1	2					1	1	17		
90																				1			1	1	1	2	1	1	2	3	1	2										16		

[illegible]

第3 採用した調製方法の根拠

全資料中より各直径階、樹高階にわたり、資料483本（第5表）を選び出し、次の3つの材積式を用いてそれぞれ標準誤差を算出し、その最小の式を採用した。

$$a \quad v = 10^a d^{b_1} h^{b_2}$$

$$b \quad v = a + b_1 d^2 + b_2 h + b_3 d^2 h$$

$$c \quad v = a + b d^2 h$$

v ……材積 b ……胸高直径 h ……樹高

a, b, b_2, b_3 ……定数

次に各式による標準誤差の算出について述べると次のごとくである。

$$1. \quad v = 10^a d^{b_1} h^{b_2} \text{ 式による標準誤差の計算}$$

今材積式を一次の式に変換するため両辺の対数をとれば、

$$\log v = a + b_1 \log d + b_2 \log h \dots\dots\dots (1)$$

となる。

$$\log v = Y, \quad \log d = X_1, \quad \log h = X_2 \quad \text{とすれば(1)式は,}$$

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{となる。ただし,} \quad a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2$$

平方和、積和の計算

前掲 $Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2$ 式の計算に必要な因子を算出すると第6表のとおりである。実測材積 v の対数は便宜上 $v \times 100$ の6桁の対数を使用した。

第5表

樹高 m		直徑 cm																																										計
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43										
22	1	1																																		9								
24			1	1	1	1	1	1	1	1																									8									
26			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																							11									
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																					14									
30				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																				11									
32					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																			10									
34						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																		11									
36							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	12									
38								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																13									
40									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1															13									
42										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														13									
44											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1													14									
46												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												14									
48													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										16									
50														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									15									
52															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								14									
54																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							16									
56																	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						15									
58																		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						16									
60																			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					15									
62																				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					14									
64																					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					13									
66																						1	1	1	1	1	1	1	1	1					16									
68																							1	1	1	1	1	1	1	1					15									
70																								1	1	1	1	1	1	1					13									
72																									1	1	1	1	1	1	1				13									
74																										1	1	1	1	1	1				15									
76																											1	1	1	1	1				12									
78																												1	1	1	1				11									
80																													1	1	1				10									
82																														1	1				9									
84																															1	1			12									
86																																1			10									
88																																	1		10									
90																																			10									
92																																			7									
94																																			11									
96																																			10									
98																																			8									
100																																			4									
計	2	3	4	5	9	9	14	18	18	19	21	21	21	23	23	20	24	24	26	28	23	26	20	19	14	13	9	10	4	8	1	2	1	1	483									

第6表 平方和, 積和の計算

n = 483	X ₁	X ₂	Y
和	841.121793	673.207581	1.186.422566
平均	1.7414530	1.3938045	2.4563614
X ₁ 1. SX ₁ ² など	1.478.75378093	1.180.48944867	2.099.23276147
2. 補正項	1.464.77405934	1.172.95935319	2.066.09912209
3. sx ₁ ² など	13.97972159	8.13009548	33.13363938
X ₂ 1. SX ₂ ² など		945.58176041	1.675.72345630
2. 補正項		938.31976629	1.653.64112982
3. sx ₂ ²		7.26199412	22.08232648
Y 1. SY ²			2.996.70134761
2. 補正項			2.914.28261928
3. sy ²			82.41872833

回帰係数の計算

簡略 Doolittle 法で回帰係数を計算すると第7表のとおりである。

第7表 回 帰 係 数 の 計 算

行	b ₁	b ₂	G	計	check
(1)	13.97972159	8.13009548	33.13363938	55.24345645	33.13363938
(2)		7.26199412	22.08232648	37.47441608	22.08232648
(3)	13.97972159	8.13009548	33.13363938	55.24345645	
(4)	1	0.5815634759	2.3701215483	3.9516850242	3.9516850242
(5)		2.5338275333	2.8130119931	5.3468395264	5.3468395264
(6)		1	1.1101828978	2.1101828979	2.1101828978
(8)	(7)を(4)に代入	b ₁ =	1.7244797234		
(7)		b ₂ =	1.1101828978		

check

$$(1.7244797234) (13.97972159) + (1.1101828978) (8.13009548) = 33.13363938$$

$$(1.7244797234) (8.13009548) + 1.1101828978 (7.26199412) = 22.08232648$$

回帰方程式

第7表で求めた回帰係数 b_1, b_2 の値を上記(2)式に代入する。

$$\hat{Y} = 1.72447972X_1 + 1.11018290X_2 - 2.0941169$$

回帰に帰因する平方和

$$S_{\hat{Y}}^2 = 81.65371041$$

回帰からの偏差の平方和

$$S_{dyX_1X_2}^2 = 0.76501792$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$sy_{\cdot X_1X_2}^2 = 0.00159379$$

$$sy_{\cdot X_1X_2} = 0.03992230$$

次に、本式は対数を使つてあるので、さらに次式によつて真数による標準誤差を算出しなければならない。

$$\text{標準誤差} = \left\{ \frac{1}{n - (k+1)} \sum (V - \hat{V})^2 \right\}^{1/2}$$

V = 実材積

$\hat{V}$ = (材積式から計算した Y の真数) $\times$ 修正係数

k = 独立変数の個数

$$\text{修正係数} = 10 \exp - \frac{n-1}{n} (sy_{\cdot X_1X_2})^2 \times 1.151293 = 1.0042$$

$$\sum (V - \hat{V})^2 = 104.22298236$$

したがつて、

$$\text{標準誤差} = \sqrt{\frac{104.22298236}{483 - (2+1)}} = 0.46597340$$

2. $v = a + b_1d^2 + b_2h + b_3d^2h$ 式による標準誤差の計算

材積式を簡単な形で表わすため

$$h = X_1, \quad d^2 = X_2, \quad d^2h = X_3, \quad V = Y$$

とすれば、上式は次のように表わすことができる。

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$$

平方和、積和の計算

第8表 平方和、積和の計算

$n = 483$	X_1	X_2	X_3	Y
和	12,421.2	190.719310	5,546.4799967	2,002.3074
平均	25.7167702	0.3948640	11.4833954	4.1455640
X_1 1. SX_1^2 など	341,477.80	5,546.4799967	168,146.10846955	60,336.93380
2. 補正項	319,433.1458	4,904.6846654	142,637.55142596	51,492.87925
3. sx_1^2 など	22,044.6542	641.7953313	25,508.55704359	8,844.05455
X_2 1. SX_2^2 など		107.29055021	3,322.75751653	1,173.06496962
2. 補正項		75.30818883	2,190.10525457	790.63910090
3. sx_2^2 など		31.98236138	1,132.65226196	382.42586872
X_3 1. SX_3^2 など			105,878.88631738	37,287.21355906
2. 補正項			63,692.42309963	22,993.28766448
3. sx_3^2 など			42,186.46321775	14,293.92589458
Y 1. SY^2				13,254.58352132
2. 補正項				8,300.69342463
3. sy^2				4,953.89009669

回帰係数の計算

積和、平方和の値を見ると、オーダーは 100,000 の桁から 1 桁まで変化しており、このまま最小=乗法で解くには不便であり、また誤差を生じやすいので、小数点の位置を整えるため、次のとおり小数点の位置を移動させる。

$$A = \begin{pmatrix} 22,044.6542 & 641.7953313 & 25,508.55704359 \\ 641.7953313 & 31.98236138 & 1,132.65226196 \\ 25,508.55704359 & 1,132.65226196 & 42,186.46321775 \end{pmatrix}$$

$$D = \begin{pmatrix} 0.01 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.01 \end{pmatrix} \text{ を } A \text{ の両側より乗ずれば,}$$

$$B = DAD$$

$$\begin{pmatrix} 2.20446542 & 6.417953313 & 2.550855704359 \\ 6.417953313 & 31.98236138 & 11.3265226196 \\ 2.550855704359 & 11.3265226196 & 4.218646321775 \end{pmatrix}$$

列ベクトル

$$g = \begin{pmatrix} 8,844.05455 \\ 382.42586872 \\ 14,293.92589458 \end{pmatrix}$$

$$h = Dg \begin{pmatrix} 8.84405455 \\ 38.242586872 \\ 14.29392589458 \end{pmatrix} \quad \lambda = 10^{-1} \text{とする}$$

原方程式 $A \cdot \mu = g$ を解くかわりに,
方程式 $B \cdot v = h$ を簡略 Doolittle 法で解く。

第9表 簡略 Doolittle 法による解法

行	b_1	b_2	b_3	G	計	check
I 1)	2.20446542	6.417953313	2.5508557044	8.84405455	20.0173289874	8.84405455
2)		31.98236138	11.3265226196	38.242586872	87.9694241846	38.24258687
3)			4.2186463218	14.2939258946	32.3899505404	14.29392589
II 4)	2.20446542	6.417953313	2.5508557044	8.84405455	20.0173289874	
5)	1	2.9113422487	1.1571311944	4.0118817332	9.0803551763	9.0803551763
III 6)		13.2975027497	3.9001086369	12.4945172110	29.6921285976	29.6921285976
7)		1	0.2932963211	0.9396138091	2.2329101303	2.2329101302
IV 8)			0.1230840992	0.3955985594	0.5186826598	0.5186826586
9)			1	3.214050897	4.214050906	3.214050897
V 12)			$v_1 =$	0.3016987710		
11)			$v_2 =$	-0.0030554948		
10)			$v_3 =$	3.214050897		

check

$$(0.3016987710)(2.20446542) + (-0.0030554948)(6.417953313) + (3.214050897)(2.550855704) = 8.84405455$$

$$(0.3016987710)(6.417953313) + (-0.0030554948)(31.98236138) + (3.214050897)(11.3265226196) = 38.24258687$$

$$(0.3016987710)(2.5508557044) + (-0.0030554948)(11.3265226196) + (3.214050897)(4.2186463218) = 14.29392589$$

得られた結果を元のオーダーに直すと、

回帰係数

$$\mu = Dv\lambda^{-1}$$

$$v = \begin{pmatrix} 0.3016987710 \\ -0.0030554948 \\ 3.214050897 \end{pmatrix} \quad \lambda = 10^{-1} \quad D = \begin{pmatrix} 0.01 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.01 \end{pmatrix}$$

故に

$$\mu = \begin{pmatrix} 0.0301698771 \\ -0.030554948 \\ 0.3214050897 \end{pmatrix}$$

回帰に帰因する平方和

$$\hat{S}_y^2 = 4.849.27957062$$

回帰からの偏差の平方和

$$S_{dy \cdot x_1 x_2 x_3}^2 = 104.61052607$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$sy \cdot x_1 x_2 x_3^2 = 0.21839358$$

$$sy \cdot x_1 x_2 x_3 = 0.46732599$$

3. $v = a + bd_2h$ 式による標準誤差の計算

d_2h をXとすれば、上式は次のように表わすことができる

$$Y = a + bX$$

平方和・積和の計算

n = 483	X	Y
和	5,546.4799967	2,002.3074
平均	11.48339544	4.14556398
X 1. SX^2 など	105,878.88631738	37,287.21355906
2. 補正項	63,692.42309963	22,993.28766448
3. sx^2 など	42,186.46321775	14,293.92589458
Y 1. SY^2		13,254.58352132
2. 補正項		8,300.69342463
3. sy^2		4,953.89009669

回帰からの偏差の平方和

$$S_{dyx}^2 = S_y^2 - \frac{(S_{xy})^2}{S_{x^2}} = 110.71762491$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$sy \cdot x^2 = 0.23018217$$

$$sy \cdot x = 0.47977304$$

以上の計算によつて、各式による標準誤差を再掲すると次のとおりである。

材 積 式	標 準 誤 差
a) $v = 10a \cdot db_1 \cdot h^{b_2}$	0.46597340
b) $v = a + b_1 d^2 + b_2 h + b_3 d^2 h$	0.46732599
c) $v = a + bd^2h$	0.47977304

上表において、 $v = 10a \cdot db_1 \cdot h^{b_2}$ 式による標準誤差が、最小であるから、本材積表調製においては、この式を採用した。

第4 材積表の調製

1. 資料の吟味

(1) 吟味の方針

収集資料の中には測定の誤り、あるいは著しく一般的傾向から離れた材積を有するものがあり、このために材積式に偏りが生ずるのを避けるため全資料について直径、樹高に対する幹材積の関係を検討し、一般的傾向と著しく差のあるものは不適當な資料として除外した。

(2) 資料吟味のための材積式の計算

前掲 $v = 10^{a + b_1 \log d + b_2 \log h}$ 式を一次式に変換するため両辺の対数をとれば、

$$\log v = a + b_1 \log d + b_2 \log h$$

$$\text{今} \quad \log v = Y$$

$$\log d = X_1$$

$$\log h = X_2$$

とすれば、上式は次のように表わすことができる。

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2$$

全資料につき胸高直径、樹高の6桁の対数を求め、材積については便宜上 $V \times 100$ の6桁の対数を用いた。

平方和、積和および相関係数の計算

$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$ 式の計算に必要な因子を算出すると第10表のとおりである。

第10表 平方和、積和および相関係数の計算(棄却前資料)

$n = 2,431$	X_1	X_2	Y
和	3,952.505267	3,200.297657	5,203.917611
平均	1.62587629	1.31645317	2.14064896
X_1 1. $ SX_1^2$ など	6,540.37428982	5,272.06002968	8,741.86693467
2. 補正項	6,426.28460949	5,203.28808937	8,460.92627170
3. $ sx_1^2$ など	114.08968033	68.77194031	280.94066317
4. $ \sqrt{sx_1^2}$ など	10.68127709	76.61702014	285.27650560
5. 相関係数		0.89761	0.98480126
X_2 1. $ SX_2^2$ など		4,264.49422037	7,031.73105464
2. 補正項		4,213.04197646	6,850.71383698
3. $ sx_2^2$ など		51.45222391	181.1721766
4. $ \sqrt{sx_2^2}$ など		7.17302055	191.5776757
5. 相関係数			0.94488
Y 1. $ SY^2$			11,853.08284923
2. 補正項			11,139.76079888
3. $ sy^2$			713.32205035
4. $ \sqrt{sy^2}$			26.70808961

回帰係数の計算

簡略Doolittle法で回帰係数およびC乗数を求める。

第11表 簡略Doolittle法による解法

行	b_1	b_2	G	計	check
I 1)	114.0896803	68.77194031	280.9406632	463.8022838	280.9406632
2)		51.45222391	181.0172177	301.24138192	181.0172177
II 3)	114.0896803	68.77194031	280.9406632	463.8022838	
4)	1	0.6027884391	2.4624546450	4.0652430840	4.0652430841
III 5)		9.9972933567	11.6694338380	21.6667272015	21.6667271947
6)		1	1.1672593192	2.1672593199	2.1672593192
IV 8)		$b_1 =$	1.75884422		
7)		$b_2 =$	1.16725932		

check

$$(1.75884422) (114.0896803) + (1.16725932) (68.77194031) = 280.9406632$$

$$(1.75884422) (68.77194031) + (1.16725932) (51.45222391) = 181.0172177$$

C乗数は,

check

$$C_{22} = 0.1000270738 \quad (0.04511026224) (114.0896803) + (-0.06029516368) (68.77194031) \rightleftharpoons 1.00000000$$

$$C_{12} = -0.06029516368 \quad (-0.06029516368) (68.77194031) + (0.1000270738) (51.45222391) \rightleftharpoons 1.00000000$$

$$C_{11} = 0.04511026224$$

第11表で求めた b_1 , b_2 の値を

$$\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 \text{ に代入する。ただし, } a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2$$

したがって、材積式は次のようになる。

$$\hat{Y} = 1.75884422 X_1 + 1.16725932 X_2 - 2.25565639$$

回帰に帰因する平方和

$$S_{\hat{Y}^2} = 705.42489597$$

回帰からの偏差の平方和

$$S_{dy, x_1 x_2^2} = 7.89715438$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$sy_{x_1 x_2^2} = 0.00325253$$

$$sy_{x_1 x_2} = 0.05703096$$

(3) 資料の棄却

全資料2,431本のおのおのについてその推定値 $\hat{Y}$ を求め、回帰からの偏差 $Y - \hat{Y}$ の値が次の棄却帯を越えるものを棄却した。

$$Ey_{x_1 x_2} = t_{sy_{x_1 x_2}} \left\{ 1 - \left\{ \frac{1}{n} + C_{11} (X_1 - \bar{X}_1)^2 + C_{22} (X_2 - \bar{X}_2)^2 + 2C_{12} (\bar{X}_1 - X_1) (\bar{X}_2 - X_2) \right\} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

ただし、 C_{11} , C_{22} , C_{12} はガウスのC乗数、 $\bar{X}_1$, $\bar{X}_2$ は、観測値 X_1 , X_2 の平均値、 n は資料数、 t は自由度 $n-3$ の t 表の99%水準の値である。

この結果、棄却された資料は11本である。その一覧表は第12表のとおりで、それを除いた資料の直径階、樹高階別本数、および平均材積表は第13～14表のとおりである。

第 12 表 棄 却 資 料 一 覧 表

営 林 署	林小班	直 径	樹 高	実材積 V	Y	$\hat{Y}$	$Y - \hat{Y}$	
奈 半 利	38い	14.5	10.6	0.0624	0.7952	0.9838	-0.1886	Y = 実材 積の対数 値
	〃	35.8	18.3	0.5704	1.7562	1.9510	-0.1948	
	〃	35.0	18.6	0.5924	1.7726	1.9420	-0.1694	
安 芸	53い	41.8	23.8	2.2838	2.3587	2.2026	0.1561	
	23い	64.1	19.5	1.8920	2.2769	2.4281	-0.1512	
大 栃	40い	41.5	23.1	2.4108	2.3822	2.1819	0.2010	
本 山	96い	23.8	16.2	0.2558	1.4079	1.5773	-0.1694	
	〃	81.8	32.8	5.1538	2.7121	2.8780	-0.1659	
窪 川	50い	56.0	35.4	6.7608	2.8300	2.6272	0.2028	
宇 和 島	32い	57.8	31.9	2.5708	2.4101	2.5986	-0.1885	
徳 島	13は	28.5	11.3	0.5214	1.7172	1.5324	0.1848	

第 13 表 直 径 階, 樹 高 階 別 本 数 表

樹高 m 直径 cm	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	46	49	計		
8	1		1		1																																						3		
10					1	3	1																																				5		
12		1	2	5	3	8	2	2	1																																		24		
14				1	7	3	2	3	4	1																																	21		
16					8	10	14	11	6	9	3	1																															62		
18					6	7	14	12	7	10	4	2	3																														65		
20						3	6	11	11	8	8	7	2	1	1	1																											59		
22						2	8	5	9	13	4	6	4	3																													54		
24							4	14	8	16	9	9	12	6																													78		
26							3	7	16	15	12	14	10	10	10	4	2																											103	
28					1		5	6	9	10	16	15	9	4	6	8	3	1				1																						94	
30							3	8	10	5	21	7	8	5	6	1	1	1																											76
32						1	2	7	12	5	13	12	12	4	6	2	2			1																								79	
34					1	1		5	5	9	16	10	12	8	5	3	5	5				1																						86	
36								2	3	5	11	11	10	8	9	7	3	5	1																										75
38								2	4	4	11	17	11	18	12	8	5	3		2				1																				98	
40										6	6	8	11	9	10	1	8	2	4	3				2	1																				71
42									1	1	3	6	5	9	8	9	4	8	3	4	4			3	1	1	1																	71	
44										1	2	9	9	15	12	6	8	10	4	7	3	3		3	2	1																		95	
46											3	5	4	13	11	14	11	14	6	14	2			1	2		2																	102	
48								1				1	3	3	5	11	11	9	11	12	10	5	4		1	1	1	1	2	1															93

樹高 m 直径 cm	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	46	49	計		
92																							1				1	3	2				1	3		2								13	
94																							2	2	2	1	1	3	3		2	2	2		1						1		22		
96																									2	1	4	1	4	1	2				2	1		1						19	
98																									1			1			2	2	1		1			2	2					12	
100																														2			1	1		1				1			6		
102																								1				1					1		1					1			5		
104																											2	1							1									4	
106																												1			1		1	1		1								5	
108																							1			1	1	2	1						1		1		1				9		
110																																		1									1		
112																														1			2				1							4	
114																															2													2	
116																												1						1					1					3	
118																																1		1			1							3	
120																																					1							1	
128																																					1							1	
130																														1														1	
132																															1		1												2
150																																		1											1
計	1	1	3	7	28	35	50	62	80	98	94	100	151	135	141	133	141	99	123	109	107	93	89	74	89	64	85	52	51	23	28	16	19	7	13	4	4	2	4	2	2	12	420		

第14表 直径階, 樹高

$\begin{array}{c} Hm \\ \swarrow \\ Dcm \end{array}$	5	6	7	8	9	10	11
8	0.0113		0.0218		0.0310		
10				0.0316	0.0454	0.0502	
12		0.0330	0.0464	0.0514	0.0579	0.0668	0.0662
14				0.0805	0. 733	0.0801	0.0900
16					0.0879	0.1122	0.1082
18					0.1373	0.1438	0.1437
20						0.1588	0.1785
22						0.1874	0.2029
24							
26							0.2768
28						0.2822	
30							
32							
34							0.4147
36							
38							
40							
42							
44							
46							
48							
50							
52							
54							
56							
58							
60							
62							
64							
66							
68							
70							
72							
74							
76							
78							
80							
82							
84							
86							
88							
90							

階 別, 平 均 材 積 表

12	13	14	15	16	17	18
0.0809	0.1071					
0.1013	0.1153	0.1106				
0.1289	0.1495	0.1469	0.1906	0.1860		
0.1507	0.1764	0.1878	0.2396	0.2109	0.2121	
0.2075	0.2176	0.2503	0.2573	0.2704	0.2945	0.2909
0.2434	0.2555	0.2878	0.3062	0.2885	0.3479	0.3231
0.2767	0.3090	0.3430	0.3454	0.3862	0.4104	0.4185
0.3207	0.3366	0.3597	0.4108	0.4170	0.4789	0.4889
0.3570	0.4090	0.4361	0.4830	0.5034	0.5207	0.5561
	0.3980	0.4590	0.5333	0.5476	0.6212	0.5953
0.4592	0.5189	0.5090	0.5781	0.6168	0.7156	0.7115
0.6212		0.5745	0.6403	0.7255	0.7320	0.8417
		0.7068	0.7092	0.7620	0.8495	0.9383
		0.6450	0.7642	0.9367	0.8949	0.9374
				0.9642	1.0172	0.9940
		0.8810	0.8064	0.8726	1.0211	1.1316
			1.0308	1.0066	1.1678	1.1896
				1.1260	1.1784	1.3197
	0.9458			1.6484	1.4024	1.3439
					1.3856	1.4157
				1.4020	2.3877	1.7094
			1.1821	1.7584	1.6811	1.6778
					1.9824	
						2.0210
					1.9604	

$\begin{array}{c} Hm \\ \diagdown \\ Dcm \end{array}$	19	20	21	22	23	24	25
8							
10							
12							
14							
16							
18							
20	0.3669	0.3075					
22							
24	0.4653						
26	0.5190	0.6013	0.5886				
28	0.6037	0.5763	0.6888	0.7119	0.7823		
30	0.6805	0.7276	0.7990	0.6670	0.8319	0.7112	
32	0.7809	0.8091	0.8688	0.8626	0.9263		0.8596
34	0.8833	0.9179	1.0466	1.0705	1.0893	1.0827	
36	0.9467	1.1424	1.0404	1.2173	1.0997	1.1924	1.1521
38	1.0824	1.0659	1.2194	1.2726	1.3136	1.3220	
40	1.1506	1.1538	1.3573	1.4434	1.4165	1.4502	1.7444
42	1.1940	1.3330	1.3461	1.7119	1.5741	1.6573	1.8508
44	1.2642	1.3928	1.5675	1.6970	1.6976	1.8603	1.8929
46	1.4202	1.5688	1.6337	1.6331	1.8793	1.9777	1.9228
48	1.5445	1.6353	1.7043	1.7869	1.9898	2.0527	2.1037
50	1.6306	1.7170	1.8857	1.9910	2.1505	2.3633	2.2044
52	1.7085	1.8390	1.9903	2.1307	2.2708	2.3472	2.5821
54		1.8768	2.2858	2.2206	2.5347	2.6543	2.8431
56	1.8343	2.3337	2.2901	2.4200	2.5404	2.7689	2.9965
58	2.3155	2.5008	2.4799	2.7157	2.7079	2.8718	2.9147
60	2.5981	2.0899	2.4387	2.7947	3.0271	3.2408	3.2965
62		2.8013	2.6258	2.9791	3.1415	3.0107	3.8474
64	2.6285	2.3736		2.8238	3.3641	3.4776	3.3243
66		2.5800	3.7225	2.8446	3.3840	3.0710	3.6586
68				3.0238	3.9691	3.7867	4.2763
70			3.7704			4.5518	4.0196
72					3.9151	4.2702	4.6279
74					3.9203	3.6694	4.3783
76						4.4114	
78				4.1286		5.8284	
80				4.1578			5.2207
82							
84		4.0828			5.3303		
86							5.1364
88							
90						5.2895	

26	27	28	29	30	31	32
0.9173						
	1.0908					
1.4365						
1.3740		1.5076				
1.6351		1.5985	1.4349			
1.6914		1.7211	2.1672	2.1930	2.0683	
1.8316	1.7729	2.3570	1.8900	1.9198		
2.3007		1.9708	2.3247		2.4985	
2.3598	2.3809	2.3457	2.4331	2.2926	3.0667	2.5509
2.5332	2.3500	2.6251	2.7518	2.7930	2.3638	
2.7119	2.8461	2.6353	2.7178			3.6798
2.7771	2.6754	3.1658	3.3224	3.3658	2.8946	3.2182
3.0577	3.0571	3.3611	3.5165	3.7642	4.3075	3.8764
3.3479	3.3147	3.4109	3.6855	4.0382	3.8041	
3.3748	3.7380		4.1213	4.3607	4.5521	4.6796
3.9773	3.9937	4.0710	4.0729	4.4767	4.5888	
3.7519	4.1121	4.1277	4.2895	4.3943	4.2510	5.4885
4.2233	4.1144	4.6304	4.5679	4.7343	4.6645	4.5519
4.3826	4.5554		4.8344	5.7399	5.2720	5.1288
4.7209	5.0312	5.0963	4.8182	5.1510	5.3176	5.7915
5.1056	5.4561	3.1797	5.3042	5.3347	5.5311	5.3933
4.9428	4.8897	5.4888	5.8999	6.0323	6.2253	6.2094
5.0224	5.3889	5.3750	5.6930	6.0467	5.5572	6.1580
5.0296	5.3135	5.9289	5.6137	5.9579	6.6406	6.6526
	5.3065	6.6257	5.7869	6.7246	6.7318	8.5346
6.2174	5.0924	5.6433		7.3812	5.6456	
6.6371	6.5456	6.4915	7.4224	7.1858	7.6955	
	6.6316	6.8268	7.0264	7.8341	8.1011	8.1019
6.3143			8.0174		7.7422	9.7588
	7.0517	4.8280	8.4701	8.2442	9.3259	8.5534

$\frac{H}{D}$	27	28	29	30	31	32
92	8.6316			7.3021	9.1661	9.0003
94	8.0092	6.4158	7.5257	8.3214	8.7560	9.2054
96			8.5708	8.7216	9.8072	10.2164
98			8.8034		9.1727	
100						
102		9.1875				12.6221
104					13.8398	11.0800
106						11.3336
108	11.9986			9.1875	11.2210	11.3743
110						
112						
114						
116						11.5264
118						
120						
122						
124						
126						
128						
130						
132						
134						
136						
138						
140						
142						
144						
146						
148						
150						

$\frac{Hm}{D\text{ cm}}$	33	34	35	36	37	38	39	40	41
48	2.6767								
50	2.9750		3.5313						
52			3.3636						
54	3.1576								
56									
58	4.0345	4.2602							
60	4.2075								
62	4.6188	5.3327							
64			5.4833						
66		4.9333	5.8425	5.6928					
68	5.4829	5.2439	4.8975		5.1824				
70	5.7813		5.2572			6.6951			
72	7.2463		6.7735		6.6632				
74	6.3115	6.0719	6.9015		7.6896		8.0530		
76	6.2195	5.7585	7.2981	6.9813					
78	7.2556	6.8185				8.0412			
80	6.9435		7.4005	8.9640					
82	7.6886	7.4727	7.3192		8.0763				
84	8.0785	9.7884	8.5832		9.7727		10.0865	9.6264	
86	8.7607	10.6312		9.6736	8.7640				
88		9.1632		10.6938	9.6815	10.3201	10.5454		10.9415
90	7.9216	9.5139	9.3426	10.0613					
92				11.0896	10.0864		11.4933		
94	10.6444		9.9570	12.3467	10.4034		10.8742		
96	10.0570	12.8907	11.0756			12.7602	13.5821		12.6081
98	11.9873	11.1662	11.0410				13.5642		
100	10.5042			12.2719	13.2681		14.4112		
102					13.4392		12.9176		
104					12.4487				
106		12.9475		13.6210	13.3312		17.2025		
108	11.2819						16.2303		17.1431
110					15.7904				
112	12.5667			15.3057				17.4836	
114			12.7353						
116				14.6045					
118			16.4591		15.6523		15.2685		
120								19.6311	
122									
124									
126									
128							15.1106		
130	14.5281								
132	16.4221			16.3224					
134									
150					19.4547				

42	43	44	45	46	47	48	49	
14.8325	14.1600	12.6632 17.6778		13.0410 16.5095			14.4352	
	16.5172							
	20.0165							

2. 棄却済資料による材積式の再計算

棄却済資料2,420本を用いて既述した（Ⅰ.(2)資料吟味のための材積式の計算）方法で材積式を算出すると次のとおりである。

平方和、積和および相関係数の計算

第15表 平方和、積和および相関係数の計算（棄却済資料）

$n = 2,420$	X_1	X_2	Y
和	3,934.945575	3,185.878902	5,181.355809
平均	1.62601057	1.31647889	2.14105612
X_1 1. SX_1^2 など	6,511.88507523	5,248.72431497	8,704.67090782
2. 補正項	6,398.26309017	5,180.2727635995	8,424.93930294
3. sx_1^2 など	113.62198506	68.4515513705	279.73160488
4. $\sqrt{sx_1^2}$ など	10.65936119	76.23198886	283.96785884
5. 相関係数		0.89794	0.98508
X_2 1. SX_2^2 など		4,245.28835852	7,001.21268350
2. 補正項		4,194.1423050449	6,821.1455188629
3. sx_2^2 など		51.1460534751	180.0671646371
4. $\sqrt{sx_2^2}$ など		7.15164691	190.52153185
5. 相関係数			0.94513
Y 1. SY			11,803.27551590
2. 補正項			11,093.57356176
3. sy^2			709.70195414
4. $\sqrt{sy^2}$			26.64023187

回帰係数の計算

第16表 簡略Doolittle法による解法

行	b_1	b_2	G	計	check
I					
1)	113.6219851	68.45155137	279.73160488	461.80514135	279.73160488
2)		51.14605348	180.06716464	299.66476949	179.11475552
II					
3)	113.6219851	68.45155137	279.73160488	461.80514135	
4)	1	0.6024498807	2.4619496362	4.0643995169	4.0643995169
III					
5)		9.9074245234	11.5428926473	21.4503171707	21.4503171707
6)		1	1.1650750021	2.1650750022	2.1650750021
IV					
8)		$b_1 =$	1.76005034		
7)		$b_2 =$	1.16507500		

check

$$(1.76005034) (113.6219851) + (1.16507500) (68.45155137) = 279.73160488$$

$$(1.76005034) (68.45155137) + (1.16507500) (51.14605348) = 180.06716464$$

check

$$C_{22} = 0.1009344057 (0.04543483817)(113.6219851) + (-0.06080792067)(68.45155137) \approx 1.000000$$

$$C_{12} = -0.0608792067 (-0.0608792067)(68.45155137) + (0.1009344057) (51.14605348) \approx 1.000000$$

$$C_{11} = 0.04543483817$$

回帰に帰因する平方和

$$\hat{S y^2} = 702.13345811$$

回帰からの偏差の平方和

$$S dy \cdot x_1 x_2^2 = 7.56849603$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$s y \cdot x_1 x_2^2 = 0.00313136$$

$$s y \cdot x_1 x_2 = 0.05595854$$

回帰係数の標準偏差

$$s b_1 = s y x_1 x_2 \sqrt{C_{11}} = 0.0132323730$$

$$s b_2 = s y x_1 x_2 \sqrt{C_{22}} = 0.01777813$$

回帰係数の有意性の検定

$$t_{b1} = \frac{b_1}{s b_1} = 132.961^{**}$$

$$t_{b2} = \frac{b_2}{s b_2} = 65.534^{**}$$

回帰係数はきわめて有意である。

参考のために重相関係数および偏相関係数の有意性の検定の結果を示しておく。

重相関係数

重相関係数の有意性の検定

重相関係数の有意性の検定結果は第17表のとおりである。

第17表 重相関係数の有意性の検定

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平 均 平 方
回 帰	2	702.13345811	351.06672906
推 定 の 誤 差	2,417	7.56849603	0.00313136
全 体	2,420	709.70195414	

$$F = \frac{351.06672906}{0.00313136} = 112,113.18^{**} \quad \text{d.f. } 2 \quad \text{および } 2,417$$

重相関係数はきわめて有意である。すなわち、この重回帰式が、きわめて有意であることがわかる。

偏相関係数および有意性の検定

$$r_{y12} = 0.94881^{**}$$

$$r_{y21} = 0.79976^{**}$$

偏相関係数は、きわめて有意である。

3. 10cm直径級別材積式の比較

調製要綱に基き資料を10cm直径級に分け各直径級の材積式を求め、この間の差を統計的検定を行ない差のなかつた直径級を一括する。

ただし、胸高直径8～10cmおよび82cm以上は資料数が少ないので、8～20cm、82～150cmとして一括した。

10cm直径級別平方和, 積和, 相関係数および回帰係数

第18表 10cm直径級別和および自乗和など

直径級	本数	SX_1	SX_2	SY	SX_1^2	SX_2^2
8~20 ^{cm}	239 ^本	290.305039	254.276452	268.431127	354.33120685	272.49293804
22~30	405	573.814686	483.570583	659.614986	813.80497090	579.55951805
32~40	409	635.725646	520.795508	804.428201	988.63975613	664.98038764
42~50	444	737.959437	594.763090	988.362238	1,226.84417630	798.87629846
52~60	318	554.703170	441.780116	775.962725	967.75802640	615.19350959
62~70	223	405.232819	319.084021	582.974981	736.46796970	457.41966167
72~80	166	311.564771	243.517115	457.728751	584.82011740	357.65910224
82~150	216	425.640007	328.092017	643.852800	839.21885155	499.10694283
計	2,420	3,934.945575	3,185.878902	5,181.355809	6,511.88507523	4,245.28835852

直径級	SY^2	SX_1X_2	SX_1Y	SX_2Y
8~20 ^{cm}	314.43058014	310.00834985	330.36328933	289.73667192
22~30	1,082.85701571	685.66811313	936.61131679	790.92365589
32~40	1,588.53281631	809.82852784	1,251.58112680	1,026.99585652
42~50	2,206.34223913	988.74891402	1,643.50307586	1,326.96702315
52~60	1,897.71378677	770.76659621	1,354.05187740	1,080.08966518
62~70	1,526.30894493	579.91318287	1,059.60985755	835.30013205
72~80	1,263.25547790	457.06919076	859.19444420	672.00715648
82~150	1,923.83465501	646.72144029	1,269.75591989	979.19252231
計	11,803.27551590	5,248.72431497	8,704.67090782	7,001.21268350

第19表 直径級別平方和および積

直径級	本数	Sx_1^2	Sx_2^2	Sy^2	Sx_1x_2	Sx_1y	Sx_2y
8~20 ^{cm}	239 ^本	1.70771033	1.96359059	12.94409502	1.14753263	4.30927765	4.14790799
22~30	405	0.80918357	2.17554585	8.55595458	0.53255204	2.05140056	3.34241309
32~40	409	0.50504468	1.83133837	6.86966090	0.33449176	1.22504430	2.68633674
42~50	444	0.30334149	2.15752993	6.20729880	0.21054680	0.77505625	2.99995398
52~60	318	0.16177858	1.45240615	4.26048303	0.14763147	0.50161526	2.08682662
62~70	223	0.08394461	0.85189280	2.27383967	0.07767916	0.23499227	1.13869223
72~80	166	0.04537928	0.42666069	1.11325204	0.01284034	0.08508585	0.53254867
82~150	216	0.47155730	0.75337052	4.63822877	1.19788282	1.00818702	1.21583804
計	2,420	113.62198506	50.64470300	709.70195414	68.04020623	279.73160488	179.04925131

第20表 直径級別相関係数および回帰係数

直径級	$r_{x_1x_2}$	r_{x_1y}	r_{x_2y}	b_1	b_2
8~20 ^{cm}	0.62666	0.91656	0.82275	1.81780299	1.05007620
22~30	0.40138	0.77964	0.77471	1.81669778	1.09164648
32~40	0.34781	0.68301	0.78653	1.65421297	1.16473076
42~50	0.26026	0.56483	0.81976	1.70547595	1.22402542
52~60	0.30456	0.60420	0.83891	1.97242383	1.23631726
62~70	0.29048	0.53787	0.81815	1.70646601	1.18105868
72~80	0.09228	0.37856	0.77272	1.53488419	1.20198614
82~150	0.33200	0.68171	0.65042	1.64171249	1.18264694

第21表 直径級別回帰に帰回する平方和など

直径級	$\hat{S}y_2$	$Sdy \cdot x_1 x_2^2$	$sy \cdot x_1 y_2^2$	R
8~20 ^{cm}	12.18903727	0.75505776	0.00319940	0.97039568
22~30	7.37550835	1.18044625	0.00293643	0.92845689
32~40	5.15534320	1.21431770	0.00299093	0.89964390
42~50	4.99385972	1.21343908	0.00275156	0.89694713
52~60	3.56937766	0.69110537	0.00219399	0.91530710
62~70	1.74586866	0.52797101	0.00239987	0.87624567
72~80	0.77071305	0.34253899	0.00210147	0.83205035
82~150	3.09306036	1.54516841	0.00725431	0.81661643

1) 8~150cmの直径級別材積式の比較

i) 分散の一様性の検定

回帰係数の差の検定を行なうに先だつて、各直径級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なつた。(第22表)

第22表 分散の一様性の検定

直径級	$Sdy \cdot x_1 x_1^2$	本数	自由度	$sy \cdot x_1 x_2^2 = si^2$	$\log si^2$	$f \log si^2$	$\frac{1}{fi}$
8~20 ^{cm}	0.75505776	239	236	0.00319940	-2.4949315	-588.8038340	0.0016984
22~30	1.18044625	405	402	0.00293643	-2.5321804	-1,017.9365208	0.0009824
32~40	1.21431770	409	406	0.00299093	-2.5241937	-1,024.8226422	0.0009758
42~50	1.21343908	444	441	0.00275156	-2.5604210	-1,129.1456610	0.0008856
52~60	0.69110537	318	315	0.00219399	-2.6587654	-837.5111010	0.0011940
62~70	0.52797101	223	220	0.00239987	-2.6198123	-576.3587060	0.0017350
72~80	0.34253899	166	163	0.00210147	-2.6774769	-436.4287347	0.0022913
82~150	1.54516841	216	213	0.00725431	-2.1394039	-455.6930307	0.0021945
計	7.47004457		2,396			-6,066.7002304	0.0119570

$$= q^2$$

$$= f$$

$$= \sum f i \log si^2 = \sum \frac{1}{ij}$$

第22表から $S^2 = \frac{q^2}{f} = 0.00311771$

$$\log s^2 \cdot f = -6.004.7696628$$

$$\chi^2 = \frac{1}{M} (\log s^2 \cdot f - \sum f i \log si^2) = 142.601$$

補正項

$$C = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left(\sum \frac{1}{f_i} - \frac{1}{f} \right) = 1.00055$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 142.523^{**} > P(\chi^2)_{0.05} (=14.067) \quad \text{d.f. } 7$$

有意差あり, 8~150cmは一括できない。

2) 8~80cmの直径級別材積式の比較

i) 分散の一様性の検定

第22表から, 1)と同様の計算をすれば,

$$\chi^2 = 2.3026 \times 8.6123211 = 19.831$$

補正項

$$C = 1.00052$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 19.820^{**} > P(\chi^2)_{0.05} (=12.592) \quad \text{d.f. } 6$$

有意差あり, 8~80cmは一括できない。

3) 8~70cmの直径級別材積式の比較

i) 分散の一様性の検定

$$\chi^2 = 14.590$$

補正項 $C = 1.00047$

$$\text{補正された } \chi^2 = 14.583^{**} > P(\chi^2)_{0.05} (=11.070) \quad \text{d.f. } 5$$

有意差あり 8~70cmは一括できない。

4) 8~60cmの直径級別材積式の比較

i) 分散の一様性の検定

$$\chi^2 = 12.270$$

補正項 $C = 1.00043$

$$\text{補正された } \chi^2 = 12.265^{**} > P(\chi^2)_{0.05} (=9.488) \quad \text{d.f. } 4$$

有意差あり 8~60cm, は一括できない。

5) 8~50cmの直径級別材積式の比較

i) 分散の一様性の検定

$$\chi^2 = 1.874$$

補正項 $C = 1.00043$

$$\text{補正された } \chi^2 = 1.873 < P(\chi^2)_{0.05} (=7.815) \quad \text{d.f. } 3$$

ii) 回帰係数間の有意差の検定

8~50cmは分散が一様であることが分つたので回帰係数 b_1 , b_2 間の有意差の検定を行なう。

第19表において8~50cmの4直径級の各列を合計し, 簡略Doolittle法で回帰係数を計算する。

$$b_1' = 1.75011807$$

$$b_2' = 1.14202486$$

第23表の1 予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和
回 帰	8	29.71374852
誤 差	1,485	4.36326079
計	1,493	34.07700931

第23表の2 完成された分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方
全回帰	2	29.68036813	
回帰間	6	0.03338039	0.00556340
回帰計	8	29.71374852	
誤 差	1,485	4.36326079	0.00293822
計	1,493	34.07700931	

$$F = \frac{0.00556340}{0.00293822} = 1.893 < F_{0.05} = 2.09$$

d.f 6 1,485

有意差なし

8~50cm直径級の回帰係数 b_1' 、 b_2' の間に有意差が認められないので回帰平面間の高さの検定を行なう。

iii) 回帰平面の高さの差の検定

8~50cmを一括した場合の回帰平面の高さの差の検定

第18表において、8~50cmの4直径級の資料を込みにした回帰係数を計算する。

$$b_1'' = 1.76410269$$

$$b_2'' = 1.1414065$$

第24表の1 予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和
回 帰	2	242.56401711
回帰間差	6	0.03338039
誤 差	1,488	4.37368851
計	1,496	246.97124000

上表の誤差には回帰平面の高さの差に帰因する平方和と各直径級ごとの回帰からの偏差平方和の合計、すなわち原因不明（主として資料自身の生物変動に因るもの）の平方和が含まれているので、これを二つの部分に分ける。

	平方和	自由度
誤 差	4.37368851	1,488
原因不明	4.36326079	1,485
平面間差	0.01042772	3

第24表の2 完成された分散分析表

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平 均 平 方
回 帰	2	242.56401711	
回帰間差	6	0.03338039	
平面間差	3	0.01042772	0.00347591
不明原因	1,485	4.36326079	0.00293822
計	1,496	246.97124000	

$$F = \frac{0.00347591}{0.00293822} = 1.183 < F_{0.05} = 2.60 \quad \text{d.f. } 3 \quad 1,485$$

有意差なし

6) 52~150cmの直径級別材積式の比較

i) 分散の一様性の検定

$$\chi^2 = 134.393$$

$$\text{補正項 } C = 1.00070$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 134.299^{**} > P(\chi^2)_{0.05} (=7.815) \quad \text{d.f. } 3$$

有意差あり, 52~150cmは一括できない。

7) 52~80cmの直径級別材積式の比較

i) 分散の一様性の検定

$$\chi^2 = 1.226$$

$$\text{補正項 } C = 1.00063$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 1.225 < P(\chi^2)_{0.05} (=5.991)$$

ii) 回帰係数間の差の検定

第19表から

$$b_1' = 1.82726938$$

$$b_2' = 1.21675234$$

$$F = 1.326 < F_{0.05} = 2.39 \quad \text{d.f. } 4 \quad 698$$

iii) 回帰平面の高さの差の検定

第18表の52~80cmの3直径級の資料を込みにした回帰係数を計算する。

$$b_1'' = 1.69848782$$

$$b_2'' = 1.22007063$$

分散分析を行なうと,

$$F = 1.226 < F_{0.05} = 3.02 \quad \text{d.f. } 2 \quad 698$$

有意差なし。

以上のほか、22~150cm, 22~80cm, 22~70cm, 22~60cm, の各直径級を一括した場合において、分散の
一様性の検定を行なつたがいずれも有意差があり一括できない。

以上のごとく、8~50cm, 52~80cm直径級を一括した場合においては、回帰係数間、回帰平面間の高さの
差、いずれも有意差がなかつたので、この径級は一括できることが分つた。

第25表 分散分析取りまとめ表

樹種	本数	直径範囲	修正 χ^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'			
モミ	1,497	8~50	1.873	1.75011807	1.14202486	0.00556340	0.00293822	1.893
	707	52~80	1.225	1.82726938	1.21675234	0.00296736	0.00223727	1.326
				回帰平面間の差の検定				
				込みにした回帰係数		平面間の差の 分散	不明原因	F
				b_1''	b_2''			
8~50				1.76410269	1.14140654	0.00347591	0.00293822	1.183
52~80				1.69848782	1.22007063	0.00274191	0.00223727	1.226

4. 材積式の決定と材積表の作成

以上の計算によつて、材積式は8～50cm, 52～80cm, 82～150cmの3式となり、8～50cm, 52～80cmの2式については第25表に示した回帰係数 b_1'' , b_2'' を、82～150cmの式については第20表に示した回帰係数 b_1 , b_2 を入れると次のようになる。

第26表 材 積 式

直径級	本 数	材 積 式
8～50 ^{cm}	1,497	$Y = 1.7641027 X_1 + 1.1414065 X_2 - 2.2327122$
52～80	707	$Y = 1.6984878 X_1 + 1.2200706 X_2 - 2.2183567$
82～150	216	$Y = 1.6417125 X_1 + 1.1826469 X_2 - 2.0506608$

なお、修正係数は次のとおりである。

直径級	本数	標準誤差	(標準誤差) ²	$\frac{n-1}{n}$	$\frac{n-1}{n}$ (標準誤差) ²	$\frac{n-1}{n} \frac{(\text{標準誤差})^2}{\times 1.151293}$	修正係数
8～50 ^{cm}	1,497	0.05431252	0.00294985	0.99933200	0.00294788	0.0033939	1.00785
52～80	707	0.04735873	0.00224285	0.99858557	0.00223968	0.0025785	1.00595
82～150	216	0.08517224	0.00725431	0.99537037	0.00722073	0.0083132	1.01933

材積表に記入する材積は、上記材積式で得られた対数の値の真数を求め、それに修正係数を乗じたものである。

第26表の材積式を用いて材積表を作成した。なお、表の数値をグラフに図示して検討したところ、各の直径級の境に不連続な点が認められたので、直径50, 52, 80, 82cmの各材積を3点平均法で修正した。

第27表 材

樹高 m	直径 cm	4	6	8	10	12	14	16
2	0.0015							
3	0.0024	0.0049	0.0081	0.012	0.017			
4	0.0033	0.0068	0.011	0.017	0.023	0.030	0.038	
5	0.0043	0.0087	0.015	0.021	0.030	0.039	0.049	
6	0.0053	0.011	0.018	0.027	0.036	0.048	0.061	
7	0.0063	0.013	0.021	0.032	0.044	0.057	0.072	
8	0.0073	0.015	0.025	0.037	0.051	0.067	0.084	
9	0.0084	0.017	0.028	0.042	0.058	0.076	0.096	
10	0.0094	0.019	0.032	0.047	0.065	0.086	0.109	
11	0.010	0.021	0.036	0.053	0.073	0.096	0.121	
12	0.012	0.024	0.039	0.058	0.081	0.106	0.134	
13		0.026	0.043	0.064	0.088	0.116	0.147	
14		0.028	0.047	0.070	0.096	0.126	0.160	
15			0.051	0.075	0.104	0.136	0.173	
16			0.055	0.081	0.112	0.147	0.186	
17				0.087	0.120	0.157	0.199	
18					0.128	0.168	0.213	
19						0.179	0.226	
20						0.189	0.240	
21							0.254	
22							0.267	
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								

積 表

18	20	22	24	26	28	30	32
0.047	0.057						
0.061	0.073	0.086					
0.075	0.090	0.106	0.124	0.143	0.163	0.184	
0.089	0.107	0.127	0.148	0.170	0.194	0.219	
0.104	0.125	0.148	0.172	0.198	0.226	0.255	0.286
0.119	0.143	0.169	0.197	0.227	0.259	0.292	0.327
0.134	0.161	0.191	0.222	0.256	0.292	0.330	0.369
0.149	0.180	0.213	0.248	0.285	0.325	0.367	0.412
0.165	0.198	0.235	0.274	0.315	0.359	0.406	0.455
0.181	0.217	0.257	0.300	0.345	0.394	0.445	0.498
0.197	0.237	0.280	0.326	0.376	0.428	0.484	0.542
0.213	0.256	0.303	0.353	0.407	0.464	0.523	0.587
0.229	0.276	0.326	0.380	0.438	0.499	0.563	0.631
0.245	0.295	0.349	0.407	0.469	0.535	0.604	0.677
0.262	0.315	0.373	0.435	0.501	0.571	0.645	0.722
0.278	0.335	0.397	0.463	0.533	0.607	0.686	0.768
0.295	0.355	0.421	0.490	0.565	0.644	0.727	0.815
0.312	0.376	0.445	0.518	0.597	0.681	0.769	0.861
0.329	0.396	0.469	0.547	0.630	0.718	0.810	0.908
0.346	0.417	0.493	0.575	0.662	0.755	0.853	0.955
	0.438	0.518	0.604	0.695	0.792	0.895	1.003
		0.543	0.633	0.729	0.830	0.938	1.051
		0.567	0.662	0.762	0.868	0.981	1.099
				0.795	0.907	1.024	1.147
					0.945	1.067	1.196
					0.984	1.111	1.245
					1.022	1.155	1.294

樹高 m	直径 cm	34	36	38	40	42	44	46
8		0.319	0.352	0.388	0.424			
9		0.364	0.403	0.443	0.485			
10		0.411	0.455	0.500	0.547	0.597	0.648	0.700
11		0.458	0.507	0.558	0.610	0.665	0.722	0.781
12		0.506	0.560	0.616	0.674	0.735	0.797	0.863
13		0.554	0.613	0.675	0.738	0.805	0.874	0.945
14		0.603	0.667	0.734	0.804	0.876	0.951	1.028
15		0.653	0.722	0.794	0.870	0.948	1.029	1.113
16		0.703	0.777	0.855	0.936	1.020	1.107	1.198
17		0.753	0.833	0.916	1.003	1.093	1.187	1.283
18		0.804	0.889	0.978	1.071	1.167	1.267	1.370
19		0.855	0.946	1.040	1.139	1.241	1.347	1.457
20		0.907	1.003	1.103	1.208	1.316	1.429	1.545
21		0.958	1.060	1.166	1.277	1.391	1.510	1.634
22		1.011	1.118	1.230	1.346	1.467	1.593	1.723
23		1.063	1.176	1.294	1.416	1.544	1.676	1.812
24		1.116	1.235	1.358	1.487	1.621	1.759	1.903
25		1.170	1.294	1.423	1.558	1.698	1.843	1.993
26		1.223	1.353	1.488	1.629	1.776	1.927	2.085
27		1.277	1.412	1.554	1.701	1.854	2.012	2.176
28		1.331	1.472	1.620	1.773	1.932	2.098	2.269
29		1.385	1.532	1.686	1.845	2.011	2.183	2.361
30		1.440	1.593	1.752	1.918	2.091	2.269	2.454
31					1.991	2.170	2.356	2.548
32					2.065	2.250	2.443	2.642
33					2.139	2.331	2.530	2.737
34					2.213	2.412	2.618	2.831
35					2.287	2.493	2.706	2.927
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								

48	50	52	54	56	58	60	62
0.755	0.798						
0.842	0.893	0.944	0.994	1.057	1.122	1.188	
0.930	0.988	1.047	1.105	1.178	1.248	1.322	1.397
1.019	1.086	1.152	1.218	1.296	1.379	1.457	1.541
1.109	1.184	1.259	1.334	1.419	1.506	1.595	1.686
1.199	1.283	1.367	1.451	1.543	1.638	1.735	1.834
1.291	1.384	1.477	1.570	1.670	1.772	1.877	1.985
1.384	1.485	1.587	1.690	1.798	1.908	2.021	2.137
1.477	1.588	1.700	1.812	1.928	2.046	2.167	2.291
1.571	1.692	1.813	1.936	2.059	2.185	2.315	2.448
1.666	1.796	1.928	2.061	2.192	2.327	2.465	2.606
1.761	1.901	2.043	2.187	2.326	2.469	2.616	2.766
1.857	2.008	2.161	2.315	2.462	2.614	2.768	2.927
1.954	2.115	2.279	2.444	2.600	2.759	2.923	3.090
2.051	2.223	2.397	2.574	2.738	2.906	3.079	3.255
2.149	2.332	2.518	2.706	2.878	3.055	3.236	3.421
2.247	2.441	2.638	2.838	3.019	3.204	3.394	3.589
2.346	2.551	2.760	2.972	3.161	3.355	3.554	3.758
2.445	2.662	2.883	3.107	3.305	3.508	3.716	3.928
2.545	2.774	3.007	3.243	3.449	3.661	3.878	4.100
2.646	2.886	3.131	3.380	3.595	3.816	4.042	4.273
2.747	2.999	3.256	3.518	3.742	3.971	4.207	4.448
2.848	3.113	3.382	3.656	3.889	4.128	4.373	4.623
2.950	3.227	3.509	3.796	4.038	4.286	4.540	4.800
3.052	3.342	3.637	3.937	4.188	4.445	4.709	4.978
3.155	3.457	3.765	4.079	4.339	4.605	4.878	5.158
		3.893	4.222	4.490	4.766	5.049	5.338
		4.021	4.365	4.643	4.928	5.220	5.519
		4.149	4.509	4.797	5.091	5.393	5.702
		4.277	4.655	4.951	5.255	5.567	5.886
		4.405	4.801	5.107	5.420	5.741	6.070
							6.256
							6.443
							6.630
							6.819
							7.008

樹 高 m	直 徑 cm	64	66	68	70	72	74	76
12		1.475	1.554	1.635	1.717			
13		1.626	1.713	1.802	1.893	1.986	2.081	2.177
14		1.780	1.875	1.973	2.072	2.174	2.277	2.383
15		1.936	2.040	2.146	2.254	2.365	2.477	2.592
16		2.095	2.207	2.322	2.439	2.559	2.680	2.805
17		2.255	2.376	2.500	2.626	2.755	2.886	3.020
18		2.418	2.548	2.681	2.816	2.954	3.095	3.238
19		2.583	2.722	2.863	3.008	3.155	3.306	3.459
20		2.750	2.898	3.048	3.202	3.359	3.519	3.682
21		2.919	3.075	3.235	3.399	3.565	3.735	3.908
22		3.089	3.255	3.424	3.597	3.773	3.953	4.136
23		3.261	3.436	3.615	3.798	3.984	4.173	4.367
24		3.435	3.620	3.808	4.000	4.196	4.396	4.600
25		3.611	3.804	4.002	4.204	4.410	4.620	4.834
26		3.788	3.991	4.198	4.410	4.626	4.847	5.071
27		3.966	4.179	4.396	4.618	4.844	5.075	5.310
28		4.146	4.368	4.596	4.828	5.064	5.305	5.551
29		4.327	4.560	4.797	5.039	5.286	5.538	5.794
30		4.510	4.752	4.999	5.252	5.509	5.771	6.039
31		4.694	4.946	5.203	5.466	5.734	6.007	6.285
32		4.880	5.141	5.409	5.682	5.960	6.244	6.534
33		5.066	5.338	5.616	5.899	6.188	6.483	6.784
34		5.254	5.536	5.824	6.118	6.418	6.724	7.035
35		5.443	5.735	6.034	6.338	6.649	6.966	7.288
36		5.634	5.936	6.245	6.560	6.881	7.209	7.543
37		5.825	6.138	6.457	6.783	7.115	7.454	7.800
38		6.018	6.341	6.671	7.007	7.351	7.701	8.058
39		6.212	6.545	6.885	7.233	7.587	7.949	8.317
40		6.406	6.750	7.101	7.460	7.825	8.198	8.578
41		6.602	6.957	7.318	7.688	8.065	8.449	8.840
42		6.799	7.164	7.537	7.917	8.305	8.701	9.104
43		6.997	7.373	7.756	8.148	8.547	8.954	9.369
44		7.197	7.583	7.977	8.380	8.790	9.209	9.636
45		7.397	7.793	8.199	8.613	9.035	9.465	9.904

78	80	82	84	86	88	90	92
2.275	2.417						
2.490	2.647	2.806	2.966	3.083	3.202	3.322	
2.707	2.877	3.047	3.219	3.345	3.474	3.605	3.737
2.931	3.110	3.291	3.474	3.611	3.750	3.890	4.033
3.156	3.346	3.538	3.732	3.879	4.028	4.180	4.333
3.384	3.585	3.788	3.993	4.150	4.310	4.472	4.636
3.615	5.827	4.041	4.257	4.425	4.595	4.767	4.942
3.848	4.071	4.296	4.523	4.701	4.882	5.065	5.252
4.084	4.318	4.554	4.792	4.980	5.172	5.366	5.564
4.323	4.567	4.814	5.063	5.262	5.464	5.670	5.878
4.564	4.819	5.076	5.336	5.546	5.759	5.976	6.195
4.807	5.073	5.341	5.611	5.832	6.057	6.284	6.515
5.052	5.329	5.608	5.889	6.121	6.356	6.595	6.837
5.300	5.587	5.877	6.168	6.411	6.658	6.908	7.162
5.550	5.848	6.148	6.450	6.704	6.962	7.224	7.489
5.802	6.110	6.421	6.734	6.999	7.268	7.541	7.818
6.056	6.375	6.696	7.019	7.295	7.576	7.861	8.149
6.311	6.641	6.972	7.306	7.594	7.886	8.182	8.483
6.569	6.909	7.251	7.595	7.894	8.198	8.506	8.818
6.828	7.179	7.531	7.885	8.196	8.511	8.831	9.156
7.089	7.450	7.813	8.178	8.500	8.827	9.158	9.495
7.352	7.723	8.097	8.472	8.805	9.144	9.488	9.836
7.617	7.999	8.382	8.767	9.112	9.463	9.818	10.179
7.884	8.276	8.669	9.064	9.421	9.783	10.151	10.524
8.152	8.554	8.957	9.363	9.731	10.106	10.485	10.871
8.421	8.833	9.247	9.663	10.043	10.429	10.822	11.219
8.692	9.115	9.539	9.964	10.356	10.755	11.159	11.569
8.965	9.398	9.832	10.267	10.671	11.082	11.498	11.921
9.239	9.682	10.126	10.571	10.987	11.410	11.839	12.274
9.515	9.968	10.422	10.877	11.305	11.740	12.181	12.629
9.792	10.255	10.719	11.184	11.624	12.071	12.525	12.985
10.070	10.543	11.017	11.492	11.945	12.404	12.870	13.343
10.350	10.833	11.317	11.801	12.266	12.738	13.217	13.702

樹高 m	直径 cm	94	96	98	100	102	104	106
15		3.871	4.007	4.146	4.285			
16		4.178	4.325	4.474	4.625	4.778	4.933	5.090
17		4.489	4.647	4.807	4.969	5.133	5.300	5.468
18		4.803	4.972	5.143	5.317	5.492	5.670	5.850
19		5.120	5.300	5.483	5.668	5.855	6.044	6.236
20		5.440	5.632	5.825	6.022	6.221	6.422	6.626
21		5.763	5.966	6.172	6.380	6.590	6.804	7.020
22		6.089	6.304	6.521	6.740	6.963	7.189	7.417
23		6.418	6.644	6.873	7.104	7.339	7.577	7.817
24		6.749	6.987	7.227	7.471	7.718	7.968	8.221
25		7.083	7.332	7.585	7.841	8.100	8.362	8.628
26		7.419	7.680	7.945	8.213	8.484	8.759	9.037
27		7.758	8.031	8.308	8.588	8.871	9.159	9.450
28		8.099	8.384	8.673	8.965	9.261	9.561	9.865
29		8.442	8.739	9.040	9.345	9.654	9.966	10.283
30		8.788	9.097	9.410	9.727	10.049	10.374	10.704
31		9.135	9.456	9.782	10.112	10.446	10.784	11.127
32		9.485	9.818	10.156	10.499	10.846	11.197	11.553
33		9.836	10.182	10.533	10.888	11.248	11.612	11.981
34		10.190	10.548	10.911	11.280	11.652	12.029	12.411
35		10.545	10.916	11.292	11.673	12.058	12.449	12.844
36		10.902	11.286	11.674	12.068	12.467	12.871	13.280
37		11.261	11.657	12.059	12.465	12.877	13.295	13.717
38		11.622	12.031	12.445	12.865	13.290	13.720	14.156
39		11.985	12.406	12.833	13.266	13.705	14.149	14.598
40		12.349	12.783	13.223	13.669	14.121	14.578	15.042
41		12.715	13.162	13.615	14.075	14.540	15.011	15.487
42		13.083	13.543	14.009	14.481	14.960	15.444	15.935
43		13.452	13.925	14.404	14.890	15.382	15.880	16.385
44		13.823	14.309	14.801	15.300	15.806	16.318	16.836
45		14.195	14.694	15.200	15.713	16.232	16.757	17.290

108	110	112	114	116	118	120	122
5.248	5.409	5.571	5.735	5.901	6.069	6.239	6.411
5.638	5.811	5.985	6.162	6.340	6.520	6.703	6.887
6.032	6.217	6.404	6.592	6.783	6.976	7.172	7.369
6.431	6.627	6.826	7.028	7.231	7.437	7.645	7.855
6.833	7.042	7.253	7.467	7.684	7.902	8.123	8.347
7.239	7.460	7.684	7.911	8.140	8.372	8.606	8.842
7.648	7.882	8.119	8.358	8.600	8.845	9.093	9.343
8.061	8.308	8.557	8.809	9.064	9.322	9.583	9.847
8.477	8.736	8.999	9.264	9.532	9.804	10.078	10.355
8.897	9.169	9.444	9.722	10.004	10.289	10.576	10.867
9.321	9.604	9.892	10.184	10.479	10.777	11.079	11.383
9.744	10.042	10.344	10.649	10.957	11.269	11.584	11.903
10.173	10.484	10.798	11.117	11.439	11.764	12.093	12.426
10.604	10.928	11.256	11.588	11.923	12.263	12.606	12.953
11.037	11.375	11.716	12.062	12.411	12.764	13.122	13.482
11.474	11.825	12.180	12.539	12.902	13.269	13.640	14.016
11.913	12.277	12.646	13.019	13.396	13.777	14.162	14.552
12.354	12.732	13.114	13.501	13.892	14.287	14.687	15.091
12.798	13.190	13.586	13.986	14.391	14.801	15.215	15.633
13.245	13.650	14.059	14.474	14.893	15.317	15.746	16.179
13.693	14.112	14.536	14.964	15.398	15.836	16.279	16.727
14.144	14.577	15.014	15.457	15.905	16.357	16.815	17.278
14.598	15.044	15.496	15.953	16.414	16.882	17.354	17.831
15.053	15.513	15.979	16.450	16.926	17.408	17.895	18.388
15.510	15.985	16.465	16.950	17.441	17.937	18.439	18.946
15.970	16.458	16.953	17.452	17.958	18.469	18.986	19.508
16.432	16.934	17.443	17.957	18.477	19.003	19.534	20.072
16.895	17.412	17.935	18.464	18.998	19.539	20.086	20.638
17.361	17.892	18.429	18.973	19.522	20.078	20.639	21.207
17.829	18.374	18.925	19.484	20.048	20.618	21.195	21.778

樹 高 m	直 徑 cm	124	126	128	130	132	134	136
16		6.584	6.759	6.936	7.115	7.296	7.478	7.662
17		7.074	7.262	7.452	7.644	7.838	8.034	8.232
18		7.568	7.770	7.973	8.179	8.386	8.596	8.808
19		8.068	8.283	8.500	8.719	8.940	9.164	9.389
20		8.573	8.801	9.031	9.264	9.499	9.737	9.976
21		9.082	9.324	9.568	9.814	10.063	10.315	10.569
22		9.595	9.851	10.109	10.369	10.633	10.898	11.167
23		10.113	10.382	10.654	10.929	11.207	11.487	11.769
24		10.635	10.918	11.204	11.493	11.785	12.080	12.377
25		11.161	11.458	11.759	12.062	12.368	12.677	12.989
26		11.691	12.003	12.317	12.634	12.955	13.279	13.606
27		12.225	12.550	12.879	13.211	13.546	13.885	14.227
28		12.762	13.102	13.445	13.792	14.142	14.495	14.852
29		13.303	13.657	14.015	14.376	14.741	15.110	15.481
30		13.847	14.216	14.588	14.964	15.344	15.728	16.115
31		14.395	14.778	15.165	15.556	15.951	16.349	16.752
32		14.946	15.343	15.745	16.151	16.561	16.975	17.393
33		15.500	15.912	16.329	16.750	17.175	17.604	18.038
34		16.056	16.484	16.916	17.352	17.792	18.237	18.686
35		16.616	17.059	17.505	17.957	18.413	18.873	19.337
36		17.179	17.637	18.099	18.565	19.036	19.512	19.993
37		17.745	18.217	18.695	19.177	19.663	20.155	20.651
38		18.314	18.801	19.294	19.791	20.293	20.801	21.313
39		18.885	19.388	19.895	20.408	20.926	21.449	21.978
40		19.459	19.977	20.500	21.029	21.562	22.101	22.646
41		20.036	20.569	21.108	21.652	22.201	22.756	23.317
42		20.615	21.164	21.718	22.278	22.843	23.414	23.991
43		21.197	21.761	22.331	22.906	23.488	24.075	24.668
44		21.781	22.361	22.946	23.538	24.135	24.739	25.348
45		22.368	22.963	23.564	24.172	24.785	25.405	26.030

138	140	142	144	146	148	150	
7.848	8.036	8.225	8.416	8.609	8.803	9.000	
8.432	8.633	8.836	9.042	9.249	9.458	9.668	
9.021	9.237	9.454	9.674	9.896	10.119	10.345	
9.617	9.847	10.079	10.313	10.549	10.787	11.028	
10.218	10.463	10.709	10.958	11.209	11.462	11.717	
10.825	11.084	11.345	11.609	11.875	12.143	12.413	
11.437	11.711	11.987	12.265	12.546	12.830	13.115	
12.055	12.343	12.634	12.927	13.223	13.522	13.823	
12.677	12.980	13.286	13.595	13.906	14.220	14.537	
13.304	13.622	13.943	14.267	14.594	14.923	15.256	
13.936	14.269	14.605	14.944	15.287	15.632	15.980	
14.572	14.920	15.272	15.627	15.984	16.345	16.710	
15.212	15.576	15.943	16.313	16.687	17.064	17.444	
15.857	16.236	16.619	17.005	17.394	17.787	18.183	
16.506	16.900	17.298	17.700	18.106	18.514	18.927	
17.158	17.568	17.982	18.400	18.822	19.247	19.676	
17.815	18.241	18.670	19.104	19.542	19.983	20.428	
18.475	18.917	19.362	19.812	20.266	20.724	21.185	
19.139	19.597	20.058	20.524	20.994	21.468	21.947	
19.806	20.280	20.758	21.240	21.726	22.217	22.712	
20.478	20.967	21.461	21.959	22.462	22.970	23.482	
21.152	21.658	22.168	22.683	23.202	23.726	24.255	
21.830	22.351	22.878	23.409	23.946	24.487	25.032	
22.511	23.049	23.592	24.140	24.693	25.250	25.813	
23.195	23.749	24.309	24.873	25.443	26.018	26.597	
23.882	24.453	25.029	25.610	26.197	26.789	27.386	
24.573	25.160	25.753	26.351	26.954	27.563	28.177	
25.266	25.870	26.479	27.095	27.715	28.341	28.973	
25.962	26.583	27.209	27.841	28.479	29.122	29.771	
26.662	27.299	27.942	28.591	29.246	29.907	30.573	

5. 材積表の適合度

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

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

によつて計算されるものである。しかし材積式の標準誤差は対数材積について

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

によつて表わされており， S_v と $S_{v'}$ とは直接比較することはできない。

$$\text{今 } \log V = X \quad V = 10^x$$

とおけば真数で表わされた材積推定値の標準誤差は

$$S_v = 10^x \log_e 10 \ S_{v'}$$

となる。

したがつて，真数材積の百分率標準誤差は近似的に，

$$S(\%) = \frac{S_v}{V} 100 = 230.26 S_{v'}$$

によつて表わされる。

上式を本数の平方根で除したもので材積表の百分率誤差を表わすと次表のようになる。

直 径 級	本 数	百分率標準誤差 (危険率5%)
8 ~ 50	1,497	0.623%
52 ~ 80	707	0.806
82 ~ 150	216	2.631

6. 材積表使用上の注意

1. 本材積表は高知営林局管内のモミ天然生林に適用される。
2. 本材積表は毎木の胸高直径（地上1.2m）、樹高を測定して幹材積を求めるためのものである。
3. 木材積表は胸高直径2cm、樹高1mごとに材積を掲げているが、幹材積は m^3 を単位とし、単位以下3位にとどめ、端数は4捨5入したものである。

なお、胸高直径4～8cmの一部は単位以下4位まで示してある。

4. 材積表の資料は胸高直径8～150cmであるが、表の数値は便宜上4～150cmを示してある。
5. 本表の幹材積は、次の材積式で算出した対数の値の真数を求め、それに修正係数を乗じたものである。

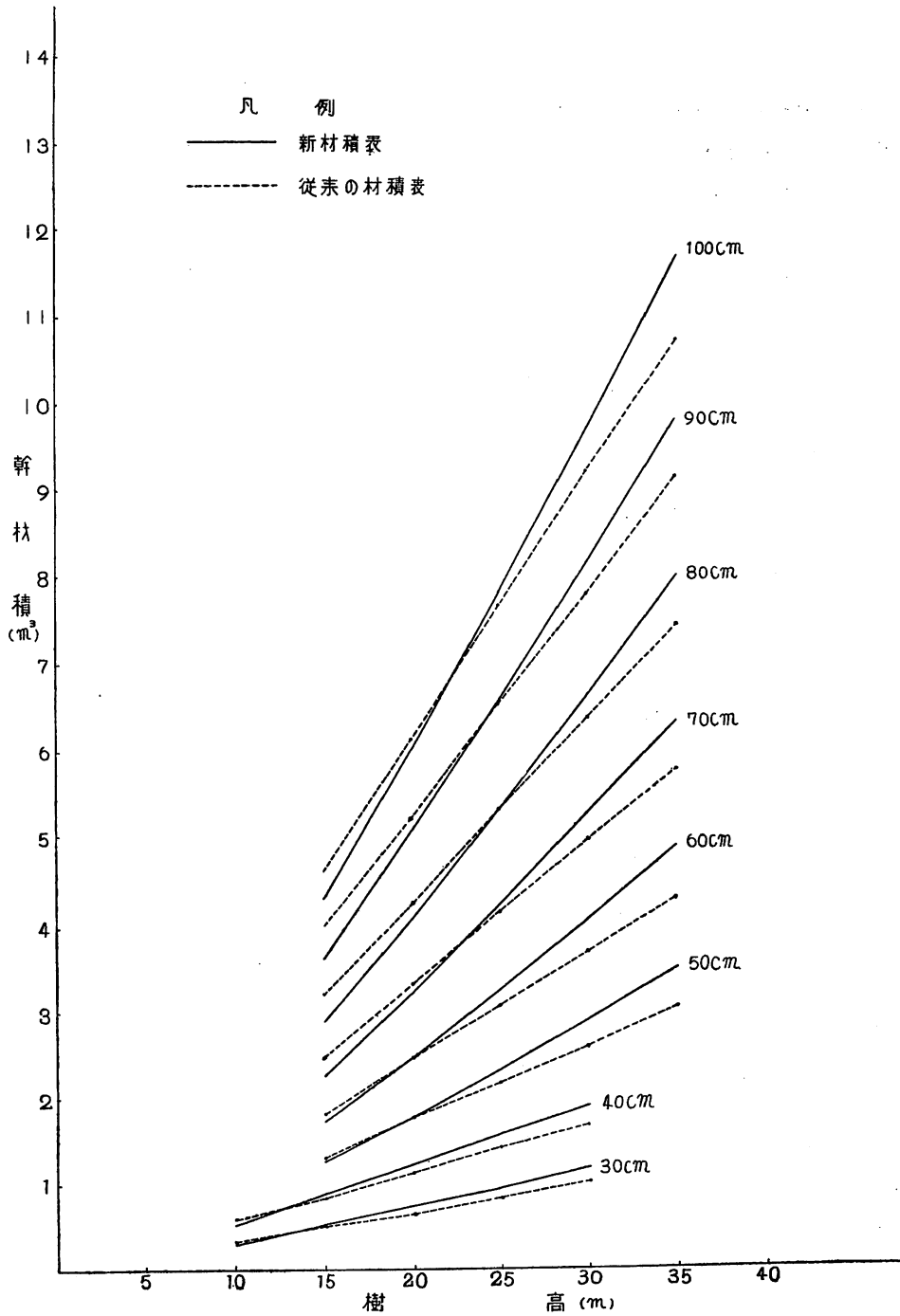
直径範囲	材	積	式	修正係数
4 ～ 50 ^{cm}	$\log v = 1.7641027 \log d + 1.1414065 \log h + 5.7672878$			1.00785
52 ～ 80	$\log v = 1.6984878 \log d + 1.2200706 \log h + 5.7816433$			1.00595
82 ～ 150	$\log v = 1.6417125 \log d + 1.1826469 \log h + 5.9493392$			1.01933

7. 結 言

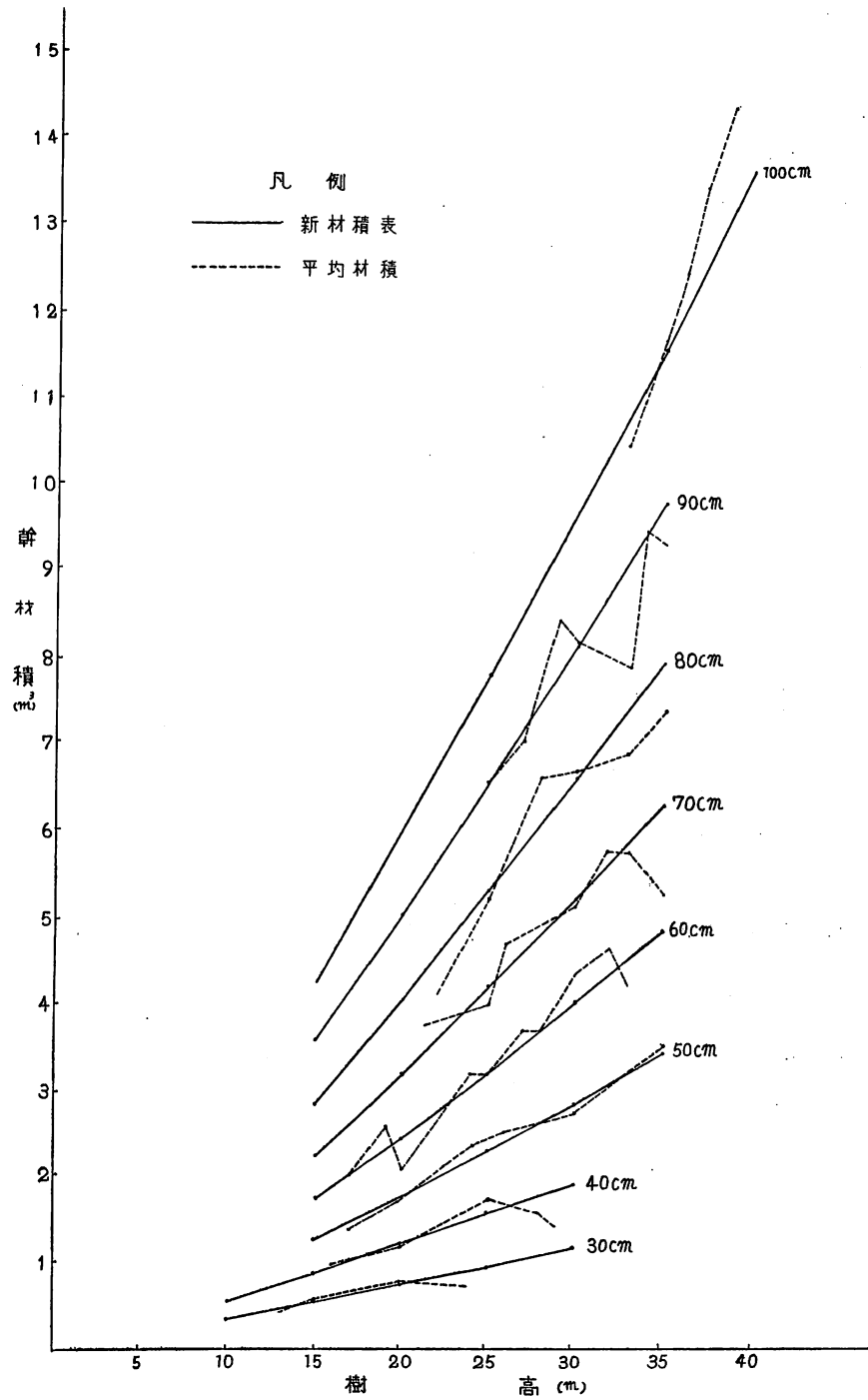
本材積表は、最小二乗法を利用する方法を採用し、材積式は、 $v = 10^a \cdot db1 \cdot hb2$ を使用し、調製要綱に基いて調製したものである。モミは各事業区にわたって分布するので、ほとんどの事業区で資料を収集した。

材積式としては、上記の3つの式が決定され82cm以上の径級については、資料数が少なく、また将来の利用度も余り高いとは思われないので、1直径級として材積式を求めた。

第3図 従来の材積表との比較



第4図 平均材積との比較



第 5 調製年月日および調製担当者官氏名

1. 調製年月日

昭和38年1月

2. 調製担当者官氏名

計画課長	農林技官	川 島 正 子
主 査	同	北 本 浩 (32.4～)
係 官	同	吉 良 牧 夫 (31.1～35.4)
	同	伊 藤 恒 久 (35.4～36.4)
	同	浜 田 寛 憲 (36.4～37.3)
	同	金 沢 泰 輔 (37.4～)

第 6 引用ならびに参考文献

- | | | |
|-----------------------|------------|-------|
| (1) 主要樹種立木材積表調製要綱 | 林 野 庁 | 昭和30年 |
| (2) 立木材積表調製法解説書 | 林業試験場経営部 | 昭和31年 |
| (3) 高知営林局第二次経営計画書 | | |
| (4) スネデカー 統計的方法 上下 | 岩 波 書 店 | 昭和27年 |
| (5) 嶺 一三 測 樹 | 朝 倉 書 店 | 昭和27年 |
| (6) 木梨 謙吉 推計学を基とした測樹学 | 〃 | 〃 29年 |
| (7) 材積表の検定について | 日本林学界誌大友栄松 | 昭和31年 |

材積表調製業務資料 第44号

昭和38年5月20日印刷

昭和38年6月1日発行

高知営林局

モミ天然生林立木材積表調製説明書

発行 林 野 庁
高 知 営 林 局
高知市丸の内9
電話②一 1111