

材積表調製業務資料 第51号

高 知 営 林 局
ア カ マ ツ 立 木 材 積 表

昭 和 3 9 年 6 月

林 野 庁

高知営林局アカマツ立木材積表

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	1
第 2 資料の収集	2
1. 資料収集地域	2
2. 資料の選定および調査方法	6
3. 資料の整理	6
第 3 材積式採用の根拠	11
1. $V = 10^3 d^b h^{b^2}$ 式による標準誤差の計算	11
2. $V = a + b_1 h + b_2 d^2 + b_3 d^2 h$ 式による標準誤差の計算	14
3. $V = a + b d^2 h$ 式による標準誤差の計算	17
第 4 材積表の調製	18
1. 資料の吟味	18
2. 棄却済資料による材積式の再計算	34
3. 10cm直径級別材積式の比較	37
4. 材積式の決定と材積表の作成	43
5. 材積表の適合度	50
6. 材積表使用上の注意	51
第 5 調製年月日および調製担当者官氏名	54
第 6 引用ならびに参考文献	54

付 表

第1表	資料収集箇所および収集本数	2
第2表	資料収集箇所別地況林況一覧表	4
第3表	営林署別10cm直径級本数一覧表	7
第4表	直径階、樹高階別本数表（資料棄却前）	8
第5表	材積式決定のための資料	12
第6表	平方和、積和の計算	13
第7表	回帰係数の計算	14
第8表	平方和、積和の計算	15
第9表	簡略 Doolittle 法による解法	16
第10表	平方和、積和および相関係数の計算（資料棄却前）	18
第11表	簡略 Doolittle 法による解法	19
第12表	棄却資料一覧表	22
第13表	直径階、樹高階別本数表	24
第14表	直径階、樹高階別平均材積表	27
第15表	平方和、積和および相関係数の計算（資料棄却後）	34
第16表	簡略 Doolittle 法による解法	35
第17表	重相関係数の有意性の検定	37
第18表	10cm直径級別積和および二乗和など	38
第19表	直径級別平方和および積和	39
第20表	直径級別回帰係数	39
第21表	直径級別回帰に帰因する平方和など	39
第22表	分散の一様性の検定	40
第23表	材 積 式	43
第24表	材 積 表	44

付 図

第 1	資料収集位置図	3
第 2	従来の材積表との比較	52
第 3	平均材積との比較	53

結 言

当局において、従来使用していた針葉樹立木材積表は、林学博士戸沢又次郎氏が、大正5年に作成されたもので、胸高直径の測定位置は地上1.3mであったが、昭和26年8月、26年林野第11,231号通達「主要樹種立木材積表調製資料測定要綱」、昭和30年9月、林野第14,745号「主要樹種立木材積表調製要綱」に基いて、これを地上1.2mに改め、前記材積表の適合度検定の結果、適当でないことが判明した。そこでスギ、ヒノキについて、次に示すように、順次新しい材積表を調製した。

さらに、昭和33年6月11日、33林野第6,981号「国有林野産物収穫調査規程準則」により、胸高直径の測定位置が地上1.2mと定められたため、スギ、ヒノキ以外の針葉樹についても、材積表を改訂することが必要となり、モミ、ツガについても、次のように新たに材積表を調製し現在使用している。

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 〃
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	〃	〃	第38号 昭和37年4月1日 〃
モミ	〃	〃	第44号 昭和38年4月1日 〃

アカマツについても、モミ、ツガにつづいて、昭和35、36、37年度において、資料2,550本を収集し、上記調製要綱に基いて、新材積表を作成した。

これによって、昭和27年度から着手した、当局における針葉樹立木幹材積表の作成は、終了したので、大正5年以来使用されていた、針葉樹立木幹材積表は、今後適用されない。

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、同室栗屋仁志氏の特別のご指導を賜わり、また資料収集に際し、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39年2月

高知営林局長 鳥 生 真 夫

高知営林局アカマツ立木材積表

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、南西に足摺岬があって、土佐湾をいだいている。したがって、太平洋岸は、その影響をうけて、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、沿岸には、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、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、カヘデ、ミヅメなどの広葉樹によっ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。太平洋岸に比べて瀬戸内海方面は、著しく地勢、気象、植生を異にしている。すなわち、石鎚山、その他の高峰は、結晶片岩系の峻嶒な石鎚山脈を構成してあるが、阿波讃岐国境の讃岐山脈は、比較的緩やかな白亜層の和泉砂岩系の山地をなし、讃岐丘陵は、花崗岩、安山岩よりなっている。河川はおもに、石鎚山、讃岐山脈に源を発し、瀬戸内海に注いでいるが、傾斜が急で、平時流量が少なく降雨があれば天井川となるものが多い。

瀬戸内海方面の気象は、四国山脈と季節風との関係により、太平洋岸とでかなり差異がある。太平洋側は、年平均気温16~17℃くらいであるが、瀬戸内海沿岸は15℃程度で太平洋側にくらべてやや低い。雨量は太平洋側は2,000mm程度であるが、山岳地域は、特に多く3,000~4,000mmに達する。これに対して、瀬戸内海方面は、四国山脈にさえぎられて雨量少なく、およそ1,500mm程度で、特に高松、今治等の海岸沿いでは、1,000mmに達しない所もあり、著しい差異がみられる。

アカマツは、おもに高知県西南部地方および瀬戸内海方面に分布し、天然生林がおもであって、人工林は少ない。成長も天然生林の方がはるかによい。人工林は中村営林署管内などに比較的多い。川崎営林署管内の王道松は天然生であって、古くから世に知られている。

瀬戸内海沿岸のアカマツは、成長が良好でなく、樹形が矮小である。しかし、高松営林署管内でも、県境方面になると成長がよい。西南地方の宇和島営林署管内のアカマツ林は、高知県西部地方のアカマツと大体同じである。

2. 地 域 の 決 定

アカマツ林はさきに述べたように主として四国西南部および瀬戸内海方面に分布しているが、このなかで西条、高松営林署管内の内海沿岸地方のものは、樹形が矮小で他との相違が認められるが、蓄積は僅かであり、また、管内には人工林も少ないので、本材積表は人天別および管内の地域区分を行わず、高知営林局管内の国有林内に生育しているアカマツを対象として調製することとした。

第2 資料の収集

1. 資料収集地域（第1図）

箇所ならびに収集本数は、第1表のとおりであって、おもに立木処分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	佐喜浜4い 82いろ	90 ^本
奈 半 利	奈 半 利	〃	2に 40い	71
窪 川	窪 川	〃	50い2ろ 107と 111ろ	158
大 正	大 正	〃	10い 57い 75ろ	159
川 崎	川 崎	〃	14い 16い 28ろ 60い	265
中 村	中 村	〃	15ろ 49ろ 63ろ	146
宿 毛	宿 毛	〃	5ほ 42ほ 46ほ 91に	367
清 水	清 水	〃	1,056いろち	185
宇 和 島	宇 和 島	〃	1,005ほ 1,022は	210
松 山	松 山	〃	33いろはほ	189
西 条	西 条	〃	56い 63ろ	156
高 松	高 松	〃	富田1い 粉所3い 5い 6い 10ろ 62は 63い 68に 69ろ1 70へ 71よ 72ね 78い2 81に1	513
徳 島	徳 島	〃	御所1い 生比奈2い	41
計				2 550

注 地名付の林小班は官行造林地である。

第2表 資料収集箇所別地況林況一覽表

事業区	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
								年	ha	m³	m³	m³	m³
野 根	82い	皆用	2(1)	N E	急	砂頁砂埴 岩岩土	中軟適	37	6.79	400	N 54 L 346	N 8 L 51	アカマ ツ 当 8
	ろ	"	2(1)	"	"	" " " "	" " "	32	11.80	1,038	N 342 L 696	N 29 L 59	" 29
奈半利	2に	"	3(1)	S	"	砂埴壤 岩砂土	浅軟乾	47	18.00	2,232	N 234 L 1,998	N 13 L 111	" 7
窪 川	107い	"	2(1)	SW	"	砂頁埴壤 岩岩土	中軟適	$\frac{20}{17 \sim 50}$	13.57	2,443	N 1,764 L 679	N 130 L 50	" 130
	111ろ	"	2(1)	S, W, N E	"	" " " "	" " "	70	34.70	6,865	N 6,165 L 700	N 181 L 21	" 180
大 正	75ろ	"	2(2)	N, N E	"	砂 埴壤 岩 土	" " "	34	7.11	1,351	N 1,351 L —	N 190 L —	" 40
川 崎	14い	"	2(1)	SW	"	砂頁埴壤 岩岩岩	" " "	$\frac{60}{15 \sim 65}$	10.42	1,934	N 1,301 L 633	N 125 L 61	" 115
	16い	"	2(1)	E, S E	"	" " " "	" " "	$\frac{63}{62 \sim 65}$	67.31	21,405	N 19,560 L 1,845	N 291 L 27	" 26
	60ろ	"	2(2)	E N	"	埴土	" " "	$\frac{100}{94 \sim 114}$	36.09	11,189	N 9,622 L 1,567	N 267 L 43	" 239
中 村	49ろ	"	2(1)	W	"	砂頁埴砂 岩岩土	" " "	$\frac{58}{18 \sim 78}$	8.17	2,623	N 1,389 L 1,234	N 170 L 151	" 170
	63ろ	"	2(1)	S	"	" " " "	" " "	$\frac{74}{24 \sim 114}$	49.62	15,084	N 10,420 L 4,664	N 210 L 94	" 197
宿 毛	5ほ	"	2(1)	N	中	粘板 岩	" " "	42	27.46	5,314	N 1,880 L 3,434	N 68 L 125	" 63
	46い	"	1(1)	SW, S, SW	急	埴土 礫 壤	" " "	55	33.44	5,765	N 5,165 L 600	N 154 L 18	" 154
清 水	1056 い	"	2(1)					$\frac{23}{19 \sim 55}$	18.10	3,653	N 1,359 L 2,294	N 75 L 127	" 75
	ろ	"	2(1)					73	17.96	4,636	N 1,637 L 2,999	N 91 L 167	" 73
宇和島	1005 ほ	"	2(2)	S	急	砂頁埴壤 岩岩土	中軟適	53	40.99	3,443	N 3,443 L —	N 84 L —	" 84

事業区	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	
西 条	56い	皆用	3い	SW	緩	花崗岩	浅粗乾	年 60 50~70	30.61	3,061	N 2,969 L 92	N 97 L 3	アカマツ ha当56
	63ろ	〃	2(1)	N	中	砂岩 砂 壤	〃 堅	60 50~70	8.96	517	N 517 L —	N 58 L —	〃 52
松 山	33い	〃	2い	SW, N	急	砂頁砂埴 岩岩土土	中軟適	53 52~54	108.4	19,447	N 19,447 L —	N 180 L —	〃 150
	ろ	〃	2(1)	S	中	〃 〃 〃 〃	〃 〃 乾	37	3.25	293	N 293 L —	N 90 L —	〃 80
高 松	ほ	〃	3(1)	E, NW	急	〃 〃 〃 〃	〃 〃 適	53	26.03	3,254	N 3,254 L —	N 125 L —	〃 85
	5い	魚つき	2.8 3.2	1 SE	〃	花崗岩	浅粗乾	72 8~82	19.61	2,157	N 2,157 L —	N 110 L —	〃 88
	6い	〃	2.7 3.3	(1) N, NE	〃	〃 〃 〃	〃 〃 〃	70 2~140	58.19	7,565	N 7,565 L —	N 130 L —	〃 78
	68に	皆用	2.2 3.8	2 S	〃	砂頁砂埴 岩岩土土	軟堅乾	50	45.70	6,398	N 6,398 L —	N 140 L —	〃 133
	69ろ	部分林	2.3 3.7	1 SW	〃	〃 〃 〃 〃	中軟適	72	8.65	1,384	N 1,384 L —	N 160 L —	〃 144
	70へ	〃	2.2 3.8	(1) N, NE	〃	〃 〃 〃 〃	〃 〃 〃	67	8.30	1,494	N 1,494 L —	N 180 L —	〃 171

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4～96cm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mm単位で測定した。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によりm単位で、単位以下1位まで測定した。
- (4) 幹材積は、地際より2m区分のフーベル式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 営林署別10cm直径級本数一覧表

事業区	林小班	4~10 ^{cm}	12~20	22~30	32~40	42~50	52~60	62~70	72~80	82~90	92~100	計
野根	官造 4い 82い ろ		7 11	2 19 3	4 18 4		14 4	4				13 66 11
奈半利	2に 40い	1	13 2	13 4	9 5	7 9	5	1	2			43 28
窪川	50い ろ 107と 111ろ			1 11 15	1 17 22	1 12 9	5 5 2 1	4 7	2 8	1	1	14 22 67 55
大正	10い 57い 75ろ			1	9	5	3	2 1		1		21 1
川崎	14い 16い 28ろ 60い	4	19	28	35	27	15	7	2			137
		7	6 35	38 6	39	38	3	1				125 48 13 79
中村	15ろ 49ろ 63ろ		13 12	14 27	34	19	14	4	2 2	2	1	5 27 114
宿毛	5は 42は 46い 91に		9 1	34 9	34 9	38 11	31 4	4	1		1	151 35 86 95
清水	1056い ろ ち	43 6	6 30 10	12 4 14	20	2						40 77 68
宇和島	1005は 1022は	1	6 19	22 31	24 38	14 28	1 23	2			1	67 143
松山	33い ろ は は	1 1 32	5 7 11 33	1 15 11 31	1 5 10 19	1 1	1					9 29 32 119
西条	56い 63ろ	6 46	9 23	11 26	8 19	4 4						38 118
高松	官造 1い 官造 3い 5い 6い 10ろ 62は 63い 68に 69ろ 70へ 71よ 72ね 78い 81に	3 1 1 1 1 1 1 1 72	13 16 5 5 2 17 10 17 1 6	5 15 3 1 1 13 9 16 11	11 3 3 2 8 3 6 26 10 21 5 7 20	1 1 1 1						21 44 12 9 6 39 22 40 56 33 54 11 96 62
徳島	官造 1い 官造 2い	7	4 29	4 5								8 41
計		233	457	577	607	409	191	49	17	6	4	2,550

第4表 直径階、樹高階別本数表 (資料棄却前)

樹高 m 直径cm	3	4	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	計
4	3	10	11	3	1																															28
6	3	6	12	11	14	7	4	1	1	1																										60
8			6	13	16	5	12	4	5	3																										64
10			2	4	14	6	11	10	16	8	5	3	2																							81
12				1	3	3	7	10	10	10	7	6	5	1	2																					65
14					2	2	4	5	8	10	10	8	7	8	7	2	1		2	1																77
16						2	5	5	7	10	9	10	8	9	10	6	5	3	2	1																92
18					2	3	5	3	6	4	11	10	10	11	10	10	6	3	5		3															102
20						2	2	4	8	10	10	10	10	10	10	10	10	7	10	2	3	1	2													121
22						1	3	3	5	9	10	7	10	10	10	10	7	8	7	7	2	1		2												112
24							1	3	7	4	7	9	10	10	10	10	10	7	9	8	3	2	1													111
26								1		3	2	8	5	10	10	10	10	9	10	7	7	5	4	1												112
28							2	2	2	6	4	7	9	10	10	10	10	9	9	10	9	3	4	1	1	1										119
30								3	1	6	3	5	9	10	10	10	10	10	9	9	9	7	5	2	3	1	1									123
32								1		1	2	6	5	10	10	10	10	10	10	10	9	8	6	2	2	1		2								125
34									1	3	6	8	9	10	10	10	10	10	10	10	7	7	5	3	4	2			1							126
36								1	2	1	4	2	7	10	8	10	10	10	10	10	10	8	6	5	2	1	2	3								122
38										1	2	4	3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	5	2	2	1	2	1							121
40									1		1	3	5	3	10	9	10	10	9	10	8	8	8	6	2	4	3	2		1						112
42										1		3	2	4	10	5	10	10	10	9	7	5	7	3	4	6	2	3	1	2						104

樹高 m 直径cm																																						計
	3	4	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			
44												2	5	2	7	9	8	10	10	8	11	7	9	5	5	1	4	2	1								105	
46											1		1		5	6	8	10	9	10	9	5	5	4	4	4				1						82		
48												1	1	3	3	7	9	4	8	8	8	6	4	2	2	2	2	1			1					72		
50														1	1	3	7	5	3	4	7	1	3	1	2	2	1	1	1	1	1					45		
52													1	1	1	3	2	7	8	4	10	2	6	2	1	1			1	1					51			
54														2	1	3	5	3	5	8	5	4	4	1	2	1	1	2	1		3					51		
56													2		2	1	1	5	2	6	4	5	4	2	3	3	2	1					1			44		
58															1	1	3	2	3	3	2		2	2	2		2	1	1							25		
60																3	2	2	4	3	2	1	1	1	1											20		
62																2	1	1	1	2	2	1	4	1	2		1		2		1					21		
64																	1	1			1	1	2	1												7		
66															1				2	2			1	2	2											10		
68																	1	1			2		2	1												7		
70																				1					1		2									4		
72																												1		1							2	
74															1		2					1								1						5		
76																							1														1	
78																					2		1										1			4		
80																				1		1							1	2						5		
82																							1								1	2					1	
84																								1										1			2	

直徑 cm	樹高 m	3	4	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	計	
86																												1	1									2
88																			1																			1
90																								1														1
92																																						1
94																											1									1		2
96																								1													1	
計		6	16	31	32	52	31	58	54	84	91	104	108	136	145	170	170	179	168	177	164	152	101	108	56	46	33	24	23	11	10	6		3	1	2,550		

第 3 材積式採用の根拠

全資料中より各直径階、樹高階にわたり、資料 382 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。

$$a \quad v = 10^a d^{b^1} h^{b^2}$$

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

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

v ……材積 d ……胸高直径 h ……樹高

a, b_1, 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。

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

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

となる。ただし、

$$a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2$$

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 $v \times 1000$ の 6 桁の対数を使用した。

第5表 材積式決定のための資料

直径 cm	樹高 m	4	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	計	
4		1	1	1	1																									4	
6		1	1	1	1	1																								5	
8			1	1	1	1	1	1	1																					7	
10				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																	9	
12					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																9	
14						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1														10	
16							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1												12	
18								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										13	
20									1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								13	
22										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							14	
24											1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						15	
26												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					14	
28													1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				15	
30														1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			15	
32															1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			15	
34																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			15	
36																	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			15	
38																		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			15	
40																			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		15	
42																				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
44																					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	17
46																						1	1	1	1	1	1			13	
48																							1	1	1	1	1	1	1	15	
50																								1	1	1	1	1	1	13	
52																									1	1	1		1	12	
54																										1	1	1	11		
56																											1	1	11		
58																												1	1	10	
60																													8		
62																												1	1	10	
64																													4		
66																													5		
68																													3		
70																													3		
計		2	3	4	5	7	9	12	13	14	15	18	17	19	20	23	23	22	19	21	20	13	10	8	7	7			382		

第6表 平方和、積和の計算

n = 382	X ₁	X ₂	Y
和	571.215056	478.532183	1,066.990312
平均	1.495327	1.252702	2.793168
X ₁ 1. S X ₁ ² など	877.76698929	728.85968454	1,651.27953591
2. 補正項	854.15350838	715.56227149	1,595.49981890
3. S x ₁ ² など	23.61348091	13.29741305	55.77971701
X ₂ 1. S X ₂ ² など		610.58074958	1,371.43138640
2. 補正項		599.45824651	1,336.62095089
3. S x ₂ ²		11.12250307	34.81043551
Y 1. S Y ²			3,115.72915846
2. 補正項			2,980.28357566
3. S y ²			135.44558280

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)	23.61348091	13.29741305	55.77971701	92.69061097	55.77971701
(2)		11.12250307	34.81043551	59.23035163	34.81043551
(3)	23.61348091	13.29741305	55.77971701	92.69061097	
(4)	1	0.56312803	2.36219798	3.92532602	3.92532602
(5)		3.63435702	5.39951321	7.03367023	7.03367023
(6)		1	0.93532726	1.93532726	1.93532726
(8)	(7)を(4)に代入	b ₁ =	1.83548898		
(7)		b ₂ =	0.93532726		

check

$$(1.8354889825) (23.61348091) + (0.9353272637) (13.29741305) = 55.7797170111$$

$$(1.8354889825) (13.29741305) + (0.9353272637) (11.12250307) = 34.8104355110$$

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。

$$\hat{Y} = 1.83548898X_1 + 0.93532726X_2 - 1.123174$$

回帰に帰因する平方和

$$S y^2 = 134.94220514$$

回帰からの偏差の平方和

$$S dy x_1 x_2^2 = 0.50337766$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$sy \cdot x_1 x_2^2 = 0.00132817$$

$$sy \cdot x_1 x_2 = 0.03644407$$

次に、本式は対数を使ってあるので、さらに次式によっ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

$$\text{修正係数} = 10 \exp \frac{n-1}{n} (sy \cdot x_1 x_2)^2 \times 1.151293 = 1.0035$$

$$\sum (V - \hat{V})^2 = 10.26930086$$

したがって、

$$\text{標準誤差} = \sqrt{\frac{10.26930086}{382 - (2+1)}} = 0.16460796$$

2. $v = a + b_1 h + b_2 d^2 + b_3 d^2 h$ 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

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

とすれば、上式は次のように表わすことができる。

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$$

平方和、積和の計算

第8表 平方和、積和の計算

n=382	X ₁	X ₂	X ₃	Y
和	7307.0	58.801015	1,317.536936	433 1229
平均	19.12827225	0.15392936	3.44904957	1.13382958
X ₁ 1. S X ₁ ² など	154,610.22	1,317 5369356	30,857 51940664	10,075.02985
2. 補正項	139,770.28534	1,124.76182357	25,202.20521296	8,284.89275
3. s x ₁ ² など	14,839.93466	192 77511203	5,655.31419368	1,790.13710
X ₂ 1. S x ₂ ² など		14.46250884	340.86904739	110.49710547
2. 補正項		9.05120253	202.80761554	66.67033021
3. s x ₂ ² など		5.41130631	138.06143185	43.82677526
X ₃ 1. S X ₃ ² など			8,263.85046023	2,670.32482925
2. 補正項			4,544.25020347	1,493.86235230
3. s x ₃ ² など			3,719.60025676	1,176.46247695
Y 1. S Y ²				872.85872077
2. 補正項				491.08755629
3. s y ²				381.77116448

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、このまゝ最小二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。

$$A = \begin{pmatrix} 14,839.93466 & 192.77511203 & 5,655.31419368 \\ 192.7751120 & 5.411306314 & 138.06143185 \\ 5,655.31419368 & 138.06143185 & 3,719.60025676 \end{pmatrix}$$

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

$$B = D A D$$

$$\begin{pmatrix} 1.483993466 & 1.927751120 & 0.565531419368 \\ 1.92775112 & 5.411306314 & 1.3806143185 \\ 0.565531419368 & 1.3806143185 & 0.371960025676 \end{pmatrix}$$

列ベクトル

$$g = \begin{pmatrix} 1,790.1371 \\ 43.82677526 \\ 1,176.46247695 \end{pmatrix}$$

$$h = Dg\lambda \begin{pmatrix} 1.7901371 \\ 4.382677526 \\ 1.17646247695 \end{pmatrix}$$

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)	1.48399347	1.92775112	0.56553142	1.79013710	5.76741311	1.79013710
2)		5.41130631	1.38061432	4.38267753	13.10234928	4.38267753
3)			0.37196003	1.17646248	3.49456824	1.17646248
II 4)	1.48399347	1.92775112	0.56553142	1.79013710	5.76741311	
5)	1	1.29902939	0.38108754	1.20629716	3.88641408	3.88641408
III 6)		2.90710096	0.64597239	2.05723633	5.61031018	5.61031018
7)		1	0.22220501	0.70765923	1.92986424	1.92986424
IV 8)			0.01290475	0.03713521	0.05003996	0.05003996
9)			1	2.87763891	3.87763892	3.87763891
V 12)			$v_1 =$	0.0210275564		
11)			$v_2 =$	0.0682334591		
10)			$v_3 =$	2.877638909		

check

$$(0.0210275564)(1.483993466) + (0.0682334591)(1.927751120) + (2.877638909)(0.5655314194) = 1.79013710$$

$$(0.0210275564)(1.927751120) + (0.0682334591)(5.411306314) + (2.877638909)(1.380614319) = 4.38267753$$

$$(0.0210275564)(0.5655314194) + (0.0682334591)(1.380614319) + (2.877638909)(0.3719600257) = 1.17646248$$

得られた結果を元のオーダーに直すと、

回帰係数

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

$$v = \begin{pmatrix} 0.0210275564 \\ 0.0682334591 \\ 2.877638909 \end{pmatrix} \quad \lambda = 10^{-1} \quad D = \begin{pmatrix} 0.01 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.01 \end{pmatrix}$$

故に

$$\mu = \begin{pmatrix} 0.00210275564 \\ 0.682334591 \\ 0.2877638909 \end{pmatrix}$$

回帰に帰因する平方和

$$\hat{S_y^2} = 372.21217222$$

回帰からの偏差の平方和

$$S_{dy, x_1 x_2 x_3^2} = 9.55899226$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$s_{y, x_1 x_2 x_3^2} = 0.02528834$$

$$s_{y, x_1 x_2 x_3} = 0.15902303$$

3. $v = a + b d_2 h$ 式による標準誤差の計算

$d_2 h$ をXとすれば、上式は次のように表わすことができる。

$$Y = a + b X$$

平方和、積和の計算

n = 382	X	Y
和	1,317.536936	433.1229
平均	3.4490496	1.1338296
X 1. $S X^2$ など	8,263.85046023	2,670.32482925
2. 補正項	4,544.25020347	1,493.86235230
3. $s x^2$ など	3,719.60025676	1,176.46247695
Y 1. $S Y^2$		872.85872077
2. 補正項		491.08755629
3. $s y^2$		381.77116448

回帰からの偏差の平方和

$$S_{\bar{y}x^2} = S_y^2 - \frac{(S_{xy})^2}{S_x^2} = 9.67097717$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$s_{y, x^2} = 0.02544994$$

$$s_{y, x} = 0.15953034$$

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) $v = 10a + d b_1 + h b_2$	0.16460796
b) $v = a + b_1 h + b_2 d^2 + b_3 d^2 h$	0.15902308
c) $v = a + b d^2 h$	0.15953034

上表において、 $v = a + b_1 d^2 + b_2 h + b_3 d^2 h$ 式による標準誤差が、最小であるから、この式を採用し調製の計算を進めることとした。

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当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

平方和、積和および相関係数の計算

前掲 $v = a + b_1h + b_2d^2 + b_3d^2h$ 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。

ただし、 $X_1=h$ $X_2=d^2$ $X_3=d^2h$

第10表 平方和、積和および相関係数の計算（棄却前資料）

$n = 2.550$	X_1	X_2	X_3	Y
和	45,888.9	312.630554	6,615.727992	2,172.6447
平均	17.9956471	0.1226002	2.5944031	0.8520175
X_1 1. $S X_1^2$ など	912,179.69	6,615.7279918	147,367.63471478	48,170.10446
2. 補正項	825,800.45	5,625.9391096	119,054.30598121	39,098.14721
3. $s x_1^2$ など	86,379.24	989.738822	28,303.32873357	9,071.95725
4. $\sqrt{s x_1^2}$ など	293.90345	1,731.79997	42,284.46615	13,746.12051
5. 相関係数		0.57151	0.66936	0.65996
X_2 1. $S X_2^2$ など		73.04908235	1,585.83468749	514.59038976
2. 補正項		38.32857384	811.08968912	266.36671224
3. $s x_2^2$ など		31.12150851	744.74499837	248.22367752
4. $\sqrt{s x_2^2}$ など		5.89241	847.75274	275.59320
5. 相関係数			0.91388	0.90069
X_3 1. $S X_3^2$ など			37,863.00655950	12,278.33022587
2. 補正項			17,163.86543691	5,636.71621900
3. $s x_3^2$ など			20,699.14112259	6,641.61400687
4. $\sqrt{s x_3^2}$ など			143.87196	6,729.01691
5. 相関係数				0.93701
Y 1. $S Y^2$				4,038.64574179
2. 補正項				1,851.13136958
3. $s y^2$				2,187.51437221
4. $\sqrt{s y^2}$				46.77037

行列式の元の小数点の移動

$$A = \begin{pmatrix} 86.379.24 & 989.7388822 & 28,303.32873357 \\ 989.7388822 & 34.72050851 & 774.74499837 \\ 28,303.32873357 & 774.74499837 & 20,699.14112259 \end{pmatrix}$$

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

$$B = D A D = \begin{pmatrix} 8.637924 & 9.897388822 & 2.830332873357 \\ 9.897388822 & 34.72050851 & 7.7474499837 \\ 2.830332873357 & 7.7474499837 & 2.069914112259 \end{pmatrix}$$

$$\text{列ベクトル } g = \begin{pmatrix} 9071.95725 \\ 248.22367752 \\ 6641.61400687 \end{pmatrix}$$

$$h = D g \lambda = \begin{pmatrix} 9.07195725 \\ 24.822367752 \\ 6.64161400687 \end{pmatrix} \quad \lambda = 10^{-1} \text{ とする}$$

方程式 $B \cdot V = h$ を簡略 Doolittle 法で解く。

第11表 簡略 Doolittle法による解法

行	b_1	b_2	b_3	G	計	check
I 1)	8.637924	9.897388822	2.830332873	9.07195725	30.437602945	9.07195725
2)		34.72050851	7.747449984	24.82236775	77.187715066	24.82236775
3)			2.069914112	6.641614007	19.289310976	6.64161400
II 4)	8.637924	9.897388822	2.830332873	9.07195725	30.437602945	
5)	1	1.145806425	0.3276635535	1.050247403	3.5237173822	3.5237173815
III 6)		23.3800168070	4.5044363922	14.4276608432	42.3121140355	42.3121140424
7)		1	0.1926618115	0.6170936899	1.8097555010	1.8097555014
IV 8)			0.2746843101	0.8894049834	1.1640892947	1.1640892935
9)			1	3.237916949	4.237916954	4.237916949
V 12)			$V b_1 =$	-0.002989546		
11)			$V b_2 =$	-0.0067292550		
10)			$V b_3 =$	3.237916949		

check

$$(-0.002989546)(8.637924) + (-0.006729255)(9.897388822) + (3.237916949)(2.830332873) = 9.07195725$$

$$(-0.002989546)(9.897388822) + (-0.006729255)(34.72050851) + (3.237916949)(7.747449984) = 24.82236776$$

$$(0.002989546)(2.830332873) + (-0.006729255)(7.747449984) + (3.237916949)(2.069914112) = 6.6416140094$$

$$\begin{aligned}
 V_{33} &= 3.6405428 & \text{check} \\
 V_{23} &= -0.70139357 & V_{11}(8.637924) + V_{12}(9.897333322) + V_{13}(2.830332873) \approx 1.00000000 \\
 V_{13} &= -0.3892119365 & V_{12}(9.897333322) + V_{22}(34.72050351) + V_{23}(7.747449984) \approx 1.00000000 \\
 V_{22} &= 0.17790332469 & V_{13}(2.830332873) + V_{23}(7.747449984) + V_{33}(2.069914112) \approx 1.00000000 \\
 V_{21} &= 0.02597833708 \\
 V_{11} &= 0.2135329781
 \end{aligned}$$

この表で得られた値を元のオーダーに直す

回帰係数

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

$$v = \begin{pmatrix} -0.002939546 \\ -0.006729255 \\ 3.237916949 \end{pmatrix} \quad \lambda = 10^{-1} \quad D = \begin{pmatrix} 0.01 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.01 \end{pmatrix}$$

故に

$$\mu = \begin{pmatrix} -0.0002939546 \\ -0.06729255 \\ 0.3237916949 \end{pmatrix}$$

逆行列を元のオーダーに直すには

$$A^{-1} = D B^{-1} D$$

此处で、

$$\begin{aligned}
 B^{-1} &= \begin{pmatrix} 0.2135329781 & 0.02597833708 & -0.3892119365 \\ 0.02597833708 & 0.17790332469 & -0.70139357 \\ -0.3892119365 & -0.70139357 & 3.6405428 \end{pmatrix} \\
 \therefore A^{-1} &= \begin{pmatrix} 0.0002135329781 & 0.0002597833708 & -0.0003892119365 \\ 0.0002597833708 & 0.17790332469 & -0.0070139357 \\ -0.0003892119365 & -0.0070139357 & 0.0036405428 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

回帰に帰因する平方和

$$\hat{S y^2} = 2,131.08375776$$

回帰からの偏差の平方和

$$sdy.x_1x_2x_3^2 = 56.43061445$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$sy.x_1x_2x_3^2 = 0.02216442$$

$$sy.x_1x_2x_3 = 0.14887720$$

したがって、回帰式 $\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$ に前記の回帰係数の値を代入すれば、

$$\hat{Y} = 0.02560122 - 0.00029395 X_1 - 0.06729255 X_2 + 0.32379169 X_3$$

(3) 資 料 の 棄 却

全資料 2,550 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。

$$E_{y x_1 x_2 x_3} = t \cdot s_{y x_1 x_2 x_3}^2 \left(1 - \left\{ \frac{1}{n} + C_{11}(X_1 - \bar{X}_1)^2 + C_{22}(X_2 - \bar{X}_2)^2 + C_{33}(X_3 - \bar{X}_3)^2 \right. \right. \\ \left. \left. + 2C_{12}(X_1 - \bar{X}_1)(X_2 - \bar{X}_2) + 2C_{23}(X_2 - \bar{X}_2)(X_3 - \bar{X}_3) + 2C_{13}(X_1 - \bar{X}_1)(X_3 - \bar{X}_3) \right\} \right)^{1/2}$$

ただし C_{11} 、 C_{22} 、 C_{33} はガウスの C 乗数、 $\bar{X}_1$ 、 $\bar{X}_2$ 、 $\bar{X}_3$ は、観測値 X_1 、 X_2 、 X_3 の平均値、 n は資料数、 t は自由度 $n - 4$ の t 表の 99% 水準の値である。

この結果、棄却された資料は 63 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 棄却資料一覽表

事業区	林小班	直径	樹高	実材積V	推定材積 $\hat{V}$	$V - \hat{V}$
		cm	m	m ³	m ³	m ³
宿毛	5ほ	64.0	24.3	2.6804	3.2136	-0.5332
	〃	66.1	26.1	3.0562	3.6808	0.6252
	〃	78.0	22.7	3.6808	4.4497	-0.7689
	46い	39.6	28.5	0.8457	1.4536	-0.6079
	〃	44.2	28.5	1.3862	1.8068	-0.4206
	〃	48.1	26.5	1.5873	1.9873	-0.4000
	〃	49.3	26.5	1.6305	2.0868	-0.4563
	〃	54.7	20.9	1.6019	2.0240	-0.4221
	〃	54.0	29.0	1.8506	2.7354	-0.8848
	91に	58.3	20.7	2.6624	2.2746	0.3878
中村	〃	60.9	20.8	2.0858	2.4923	-0.4065
	63ろ	47.6	28.9	1.7394	2.1219	-0.3825
	〃	54.0	19.3	2.2098	1.8225	0.3873
	〃	61.1	28.9	2.7542	3.4852	-0.7310
	〃	75.2	25.3	5.1784	4.6126	0.5658
	〃	82.6	24.9	4.8163	5.4730	-0.6567
	15ろ	83.0	25.4	5.3044	5.6374	-0.3330
	〃	84.7	34.5	6.7853	7.9811	-1.1958
	〃	93.1	27.7	9.4131	7.7330	1.6801
川崎	14い	49.4	24.7	1.5307	1.9535	-0.4228
	28ろ	57.9	27.4	2.4665	2.9691	-0.5026
	〃	61.4	24.4	3.6631	2.9714	0.1917
	〃	65.3	20.5	3.2026	2.8212	0.3814
	〃	66.4	26.0	4.1639	3.6999	0.4640
	60い	56.5	25.5	3.0917	2.6322	0.4595
	〃	58.1	28.8	2.7613	3.1421	-0.3808
	〃	61.0	31.0	3.0497	3.7263	-0.6766
大正	10い	86.4	30.9	8.3942	7.4350	0.9592
	75ろ	49.6	30.8	2.0313	2.4533	-0.4220
	〃	51.6	31.6	2.1157	2.7225	-0.6068
	〃	53.8	27.5	2.0129	2.5752	-0.5623
	〃	55.7	27.7	2.2547	2.7791	-0.5244
	〃	55.0	29.2	2.3070	2.8566	-0.5496
	〃	60.8	22.4	3.1536	2.6752	0.4784

事業区	林小班	直径 cm	樹高 m	実材積 V m³	推定材積 $\hat{V}$ m³	$V - \hat{V}$ m³
大正 窪川	75ろ	61.6	26.0	2.8124	3.1868	-0.3744
	50い2	45.2	28.3	2.2960	1.8755	0.4205
	"	55.6	27.2	3.1754	2.7193	0.4561
	"	55.0	28.4	3.4180	2.7785	0.6395
	"	58.6	26.3	3.3570	2.9189	0.4381
	"	57.2	27.0	3.5274	2.8559	0.6715
	"	61.4	25.0	3.7693	3.0445	0.7248
	"	66.0	25.0	4.0520	3.5149	0.5371
	"	66.1	27.2	4.8865	3.8361	1.0504
	"	85.9	30.3	9.1165	7.2062	1.9103
	50ろ	54.0	25.0	2.9272	2.3589	0.5683
	"	57.7	29.1	3.6094	3.1315	0.4779
	"	64.9	23.4	3.9528	3.1816	0.7712
	"	67.5	23.1	3.7896	3.3959	0.3937
	"	68.4	26.2	4.4113	3.9553	0.4560
	"	70.7	22.1	4.1772	3.5022	0.6150
	"	72.5	30.3	6.2223	5.1380	1.0843
	"	72.3	32.3	6.9785	5.4477	1.5308
	"	73.6	32.4	4.7038	5.6623	-0.9603
	"	77.3	25.0	5.3808	4.8148	0.5660
	"	79.8	22.1	6.1572	4.5330	1.6242
	"	79.0	32.2	8.1520	6.4809	1.6711
	"	94.4	37.0	9.7961	10.6307	-0.8346
	"	59.5	26.2	3.6629	2.9973	0.6656
宇和島	1.025は	47.4	28.8	1.6455	2.0970	-0.4515
	1.022は	52.8	20.9	1.3322	1.8872	-0.5550
	"	54.0	18.7	1.3755	1.7660	-0.3905
	"	53.4	21.3	2.3631	1.9667	0.3964
	"	53.0	21.1	1.5314	1.9195	0.3881
	"	55.0	26.9	2.1942	2.6320	-0.4378
	"	61.0	20.4	2.0523	2.4523	-0.4000
	"	63.3	25.9	2.9811	3.3512	-0.3701
	"	92.1	24.1	6.0592	6.5805	-0.5213
	"	92.1	24.1	6.0592	6.5805	-0.5213
高松	71よ	54.6	24.1	1.9308	2.3246	-0.3938

第13表 直径階、樹高階別本数表 (資料棄却前)

樹高 m 直径 cm	3	4	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	計
4	3	10	11	3	1																															28
6	3	6	12	11	14	7	4	1	1	1																										60
8			6	13	16	5	12	4	5	3																										64
10			2	4	14	6	11	10	16	8	5	3	2																							81
12				1	3	3	7	10	10	10	7	6	5	1	2																					65
14					2	2	4	5	8	10	10	8	7	8	7	2	1		2	1																77
16						2	5	5	7	10	9	10	8	9	10	6	5	3	2	1																92
18					2	3	5	3	6	4	11	10	10	11	10	10	6	3	5		3															102
20						2	2	4	8	10	10	10	10	10	10	10	10	7	10	2	3	1	2													121
22						1	3	3	5	9	10	7	10	10	10	10	7	8	7	7	2	1		2												112
24							1	3	7	4	7	9	10	10	10	10	10	7	9	8	3	2	1													111
26							1		3	2	8	5	10	10	10	10	10	9	10	7	7	5	4	1												112
28						2	2	2	6	4	7	9	10	10	10	10	10	9	9	10	9	3	4	1	1	1										119
30								3	1	6	3	5	9	10	10	10	10	10	9	9	9	7	5	2	3	1	1									123
32							1		1	2	6	5	10	10	10	10	10	10	10	10	9	8	6	2	2	1		2								125
34									1	3	6	8	9	10	10	10	10	10	10	10	7	7	5	3	4	2		1								126
36								1	2	1	4	2	7	10	8	10	10	10	10	10	10	10	8	6	5	2	1	2	3							122
38										1	2	4	3	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8	5	2	2	1	2	1							121
40									1		1	3	5	3	10	9	10	10	9	10	8	8	8	6	2	4	2	2		1						112
42										1		3	2	4	10	5	10	10	10	9	7	5	7	3	4	6	2	3	1	2						104

樹高 m 直径 cm	3	4	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	計	
44													2	5	2	7	9	8	10	10	8	11	7	9	5	5	1	3	2	1							105
46											1		1			5	6	8	10	9	10	9	5	5	4	4	3			1						81	
48												1	1	3	3	7	9		4	8	8	8	6	4	2	1	2		1			1				69	
50														1	1	3	7	5	3	4	7	1	2	1	1	2	1	1			1	1				42	
52													1	1	1	3	2	7	7	4	10	2	6	2	1	1				1						49	
54														2	1	3	3	3	2	8	5	3	3	1	2			2	1		3					42	
56													2		2	1	1	5	2	6	4	5	4	1	1	1	1	1	1				1			38	
58															1	1	3	2	2	3	2		2	1				1	1							19	
60																3	2	2	3	2	2	1	1		1											17	
62																2	1		1	2	2		3		2				1		1					15	
64																	1	1					2													4	
66															1				1	2						1										5	
68																	1	1			1		2													5	
70																								1			2									3	
72																																					
74															1		2						1													4	
76																																					
78																						1												1		2	
80																							1						1	1						3	
82																																					
84																																					

樹高 m 直径cm	3	4	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	計	
86																																					
88																		1																			1
90																																					
92																																					
94																																					
96																							1														1
計	6	16	31	32	52	31	58	54	84	91	104	108	136	145	170	170	177	167	170	161	149	97	100	48	39	28	15	21	8	6	6		2			2,482	

第14表 直径階、樹高階別、平均材積表

$\begin{matrix} Hm \\ Dcm \end{matrix}$	3	4	5	6	7	8	9	10
4	0.0033	0.0041	0.0058	0.0073	0.0067			
6	0.0053	0.0070	0.0100	0.0103	0.0124	0.0139	0.0148	0.0174
8			0.0152	0.0174	0.0198	0.0185	0.0251	0.0303
10			0.0231	0.0286	0.0301	0.0340	0.0406	0.0435
12				0.0391	0.0410	0.0495	0.0547	0.0572
14					0.0634	0.0713	0.0720	0.0768
16						0.0810	0.0891	0.0940
18					0.0821	0.1015	0.1050	0.1344
20						0.1160	0.1181	0.1485
22						0.1549	0.1782	0.1694
24							0.1850	0.2118
26							0.2114	
28							0.2456	0.2846
30								0.3434
32							0.4244	
34								
36								0.4269
38								
40								
42								
44								
46								

11	12	13	14	15	16	17	18	19
0.0276	0.0115							
0.0323	0.0352							
0.0461	0.0551	0.0638	0.0547	0.0655				
0.0554	0.0724	0.0764	0.0871	0.0941	0.0927	0.0972		
0.0806	0.0935	0.1024	0.1136	0.1216	0.1211	0.1327	0.1319	0.1535
0.1084	0.1160	0.1406	0.1371	0.1527	0.1651	0.1659	0.1756	0.1820
0.1257	0.1322	0.1729	0.1791	0.1752	0.1950	0.2079	0.2205	0.2294
0.1571	0.1692	0.1839	0.2096	0.2182	0.2387	0.2553	0.2626	0.2725
0.1892	0.2087	0.2285	0.2537	0.2753	0.2827	0.3107	0.3089	0.3392
0.2333	0.2414	0.2624	0.3065	0.3247	0.3329	0.3392	0.3597	0.4037
0.2579	0.2947	0.3021	0.3312	0.3666	0.3913	0.4285	0.4087	0.4405
0.3164	0.3395	0.3673	0.3893	0.4099	0.4312	0.4637	0.4831	0.5082
0.3777	0.3861	0.4117	0.4426	0.4475	0.5085	0.5200	0.5562	0.5915
0.4432	0.4679	0.5055	0.4662	0.5279	0.5624	0.6182	0.6087	0.6289
0.4815	0.4969	0.4950	0.5532	0.5522	0.6302	0.6187	0.7207	0.7382
0.4340	0.4929	0.5473	0.6961	0.6585	0.7015	0.7517	0.7473	0.8393
	0.5557	0.6118	0.6009	0.6657	0.7671	0.8110	0.9640	0.9538
0.5164		0.7324	0.7762	0.8054	0.8346	0.8537	0.9617	1.0322
	0.6123		0.8108	0.8688	0.9354	0.9633	1.0443	1.0883
			0.8308	0.9144	0.9455	1.0475	1.1111	1.1866
		0.8421		1.0352		1.1486	1.1856	1.2563

20	21	22	23	24	25	26	27	28
	0.1461	0.1564						
0.1855	0.2013	0.1983						
0.2685	0.2714		0.2737					
0.2935	0.3099	0.2008	0.3027	0.3362	0.3662			
0.3277	0.3702	0.3681	0.4150	0.4018		0.4239		
0.4292	0.4450	0.4219	0.4970	0.4412	0.4774			
0.4778	0.5116	0.5281	0.5333	0.6228	0.5792	0.5816		
0.5661	0.5697	0.5816	0.6476	0.6666	0.6986	0.7344	0.7150	0.7162
0.6448	0.6809	0.6729	0.6864	0.7454	0.7128	0.8489	0.7969	0.9155
0.6862	0.7589	0.7505	0.8486	0.8921	0.8717	0.9176	0.9310	0.9294
0.8078	0.8443	0.8628	0.8669	0.9510	0.9541	1.1317	1.0051	1.0992
0.8148	0.9222	0.8854	0.9948	1.0474	1.1551	1.1295	1.1898	1.2520
1.0022	0.9638	0.9849	1.0645	1.1087	1.1729	1.2642	1.3444	1.2294
1.0589	1.0555	1.0879	1.1975	1.2376	1.3276	1.3114	1.5127	1.5199
1.1507	1.1890	1.2817	1.3333	1.3447	1.4943	1.4824	1.6415	1.6531
1.1990	1.3196	1.3564	1.3864	1.5167	1.4784	1.5950	1.6597	1.7517
1.3287	1.3905	1.4814	1.5408	1.5337	1.5468	1.6851	1.8315	1.8547

29	30	31	32	33	34	35		
0.9391	0.8352 0.8843 1.2990							
1.2012	1.4968	1.6456						
1.3632	1.7289		1.8950					
1.3782	1.7560	1.9071	1.9817					
1.7415	1.6860	2.0231						
1.6839			2.1090					

$\begin{matrix} H\ m \\ D\ cm \end{matrix}$	14	15	16	17	18	19	20	21
48	1.1177	1.0899	1.1381	1.3627	1.3459	1.3866	1.3480	1.5319
50			1.3302	1.2298	1.4705	1.4867	1.5411	1.7519
52		1.2582	1.1998	1.6269	1.5759	1.8496	1.6663	1.6868
54			1.4532	1.3634	1.6794	1.7755	1.7796	1.9486
56		1.5701		1.8158	1.8098	2.0492	1.9754	1.9307
58				1.8305	1.9174	2.0162	1.9914	2.2751
60					2.1286	2.0606	2.5095	2.3564
62					2.0677	2.2122		2.2951
64						2.7078	2.7526	
66				2.2051				3.2373
68						2.7664	3.0038	
70								
72								
74				2.8811		3.1915		
76								
78								
80								
82								
84								
86								
88							5.2930	
90								
92								
94								
96								

22	23	24	25	26	27	28	29	30
1.5543	1.6901	1.7637	1.7528	1.7689	2.0681	1.8493		1.9527
1.7660	1.8939	1.7772	1.9063	2.2134	1.8546	2.6617	2.2697	2.4987
2.0199	1.8875	2.1952	2.1155	2.2864	2.6213	2.4100		
1.9246	2.0615	2.1987	2.3131	2.3690	2.5251			2.7352
1.9921	2.1436	2.3535	2.3872	2.3654	2.4402	2.6459	2.8012	3.4538
2.1882	2.5444		2.6559	2.7130				2.9906
2.3710	2.6600	2.4330	2.4582		2.8115			
2.6798	2.5398		2.7557		3.3677			
			3.2360					
2.9805					3.8108			
	3.1459		3.7492	3.9307			4.6811	
		3.9940						
	4.4653							
		4.7134						
			7.6737					

2. 棄却済資料による材積式の再計算

棄却済資料2,482本を用いて既述した(1(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。

第15表 平方和、積和および相関係数の計算(棄却済資料)

n = 2,482		X ₁	X ₂	X ₃	Y
和		44,101.8	284.653188	5,870.300254	1,927.3802
平均		17.768654	0.114687	2.365149	0.776543
X ₁	1. S X ₁ ² など	864,262.34	5,870.300254	127,040.88789155	41,499.89411
	2. 補正項	783,629.6387	5,057.9040961	104,307.33591533	34,246.95250
	3. s x ₁ ² など	80,632.7013	812.3961579	22,733.55197622	7,252.94161
	4. $\sqrt{s x_1^2}$ など	283.9589782	1473.491742	33,290.55064	10,507.582340
	5. 相関係数		0.55134	0.68288	0.69026
X ₂	1. S X ₂ ² など		59.57279281	1,219.10848181	391.97413202
	2. 補正項		32.64602637	673.24725295	221.04549493
	3. s x ₂ ² など		26.92676644	545.86122886	170.92863709
	4. $\sqrt{s x_2^2}$ など		5.18910073	608.355551	192.016832
	5. 相関係数			0.89727	0.89018
X ₃	1. S X ₃ ²			27,628.69284674	8,866.08754205
	2. 補正項			13,884.13580665	4,558.54169122
	3. s x ₃ ² など			13,744.55704009	4,307.54585083
	4. $\sqrt{s x_3^2}$ など			117.23718280	4,338.22998
	5. 相関係数				0.99293
Y	1. S Y ²				2,865.98068628
	2. 補正項				1,496.69397073
	3. s y ²				1,369.28671555
	4. $\sqrt{s y^2}$				37.00387430

前と同様にして行列式の元の小数点を移動すれば、

$$B = D A D \begin{pmatrix} 8.06327013 & 8.123961579 & 2.27335519622 \\ 8.123961579 & 26.92676644 & 5.4586122886 \\ 2.27335519622 & 5.4586122886 & 1.374455704009 \end{pmatrix}$$

$$h = D g \lambda \begin{pmatrix} 7.25294161 \\ 17.092863709 \\ 4.30754585083 \end{pmatrix} \quad \text{ただし } \lambda = 10^{-1} \text{ とする}$$

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16表 簡略 Doolittle 法による解法

行	b_1	b_2	b_3	G	計	check
I 1)	8.06327013	8.123961579	2.273355198	7.25294161	25.713528517	7.25294161
2)		26.92676644	5.458612289	17.09286371	57.60224018	17.09286371
3)			1.374455704	4.307545851	13.413969042	4.307545851
II 4)	8.06327013	8.123961579	2.273355198	7.25294161	25.713528517	
5)	1	1.0075269026	0.2819396053	0.8995037365	3.1889702444	3.1889702444
III 6)		18.7416565935	3.1681457679	9.7853299145	31.6951322759	31.6951322759
7)		1	0.1690429954	0.5221165945	1.6911595901	1.6911595899
IV 8)			0.1979539863	0.6085128767	0.8064668622	0.8064668630
9)			1	3.074011734	4.074011730	4.074011734
V 12)			$vb_1 =$	0.0303229985		
11)			$vb_2 =$	0.0024764431		
10)			$vb_3 =$	3.074011734		

check

$$(0.0303229985)(8.06327013) + (0.0024764431)(8.123961579) + (3.074011734)(2.273355198) = 7.252941611$$

$$(0.0303229985)(8.123961579) + (0.0024764431)(26.92676644) + (3.074011734)(5.458612289) = 17.0928637$$

$$(0.0303229985)(2.273355198) + (0.0024764431)(5.458612289) + (3.074011734)(1.374455704) = 4.307545851$$

$$V_{33} = 5.0516790$$

check

$$V_{23} = -0.85395095 \quad V_{11}(8.06327013) + V_{12}(8.123961579) + V_{13}(2.273355198) \rightleftharpoons 1.00000000$$

$$V_{13} = -0.5638898274 \quad V_{12}(8.123961579) + V_{22}(26.92676644) + V_{23}(5.458612289) \rightleftharpoons 1.00000000$$

$$V_{22} = 0.19771150276 \quad V_{13}(2.273355198) + V_{23}(5.458612289) + V_{33}(1.374455704) \rightleftharpoons 1.00000000$$

$$V_{21} = 0.0415629357$$

$$V_{11} = 0.2411262609$$

回帰係数の計算

上記で得られた結果を元のオーダーに直すと、回帰数 b_1 , b_2 , b_3 は、

$$b_1 = 0.00303230$$

$$b_2 = 0.02476443$$

$$b_3 = 0.30740117$$

またC乗数は、

$$C_{11} = 0.0000241126$$

$$C_{12} = 0.1977115028$$

$$C_{33} = 0.0005051679$$

回帰に帰因する平方和

$$\hat{S y_2} = 1350.37067954$$

回帰からの偏差の平方和

$$S d y x_1 x_2 x_3^2 = 18.91603601$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$s y . x_1 x_2 x_3^2 = 0.00763359$$

$$s y . x_1 x_2 x_3 = 0.08737042$$

回帰係数の標準偏差

$$s b_1 = s y x_1 x_2 x_3 / \sqrt{C_{11}} = 0.00042903$$

$$s b_2 = s y x_1 x_2 x_3 / \sqrt{C_{22}} = 0.03884905$$

$$s b_3 = s y x_1 x_2 x_3 / \sqrt{C_{33}} = 0.00199373$$

回帰係数の有意性の検定

$$t b_1 = \frac{b_1}{s b_1} = 7.068^{**}$$

$$t b_2 = \frac{b_2}{s b_2} = 0.637$$

$$t b_3 = \frac{b_3}{s b_3} = 156.539^{**}$$

すなわち、回帰係数 b_1 、 b_3 は、きわめて有意であるが、 b_2 は0と考えることができる。したがって、材積式としては、 b_2 を省いた

$$Y = a + b_1 X_1 + b_3 X_3$$

を採用することとした。

念のため、偏相関係数を求めると、

$$r y x_1' x_2 x_3 = 0.141^{**}$$

$$r y x_2' x_1 x_3 = 0.013$$

$$r y x_3' x_1 x_2 = 0.963^{**}$$

となり、 H と $D^2 H$ を固定したとき、 D^2 と V との関連は非常に小さいことが分る。

新たに採用した $Y = a + b_1 X_1 + b_3 X_3$ の回帰係数、重相関係数およびその有意性の検定結果を次に示す。

回帰係数

$$b_1 = 0.00298024$$

$$b_3 = 0.30847079$$

回帰に帰因する平方和

$$\hat{S y_2} = 1350.36758964$$

回帰からの偏差平方和

$$s d y x_1 x_3^2 = 18.91912591$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$s y x_1 x_3^2 = 0.00763176$$

$$s y x_1 x_3 = 0.08735993$$

回帰係数の標準誤差

$$sb_1 = 0.00042113$$

$$sb_3 = 0.00102002$$

回帰係数の有意性の検定

$$tb_1 = 7.076^{**}$$

$$tb_3 = 302.415^{**}$$

重相関係数

$$R = 0.99307$$

重相関係数の有意性の検定

変 動 因	自 出 度	平 方 和	平 均 平 方
回 帰	2	1350.36758964	675.18379482
推 定 の 誤 差	2,479	18.91912591	0.00763176
全 体	2,481	1369.28671555	

$$F = 88470.26^{**}$$

3. 10cm直径級別材積式の比較

調整要綱に基き資料を第18表のように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い、差のなかった直径級を一括する。ただし、胸高52cm以上は、資料数が少ないので、52～96cm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直径級別積和および二乗和など

直径級	本数	$S X_1$	$S X_3$	$S Y$	$S X_1^2$	$S X_3^2$	$S Y^2$
cm	本						
4~10	233	1,782.0	12.8574232	5.6941	15,251.76	1.07036123	0.20511117
12~20	457	6,563.0	192.2590510	72.6584	100,624.62	99.16193113	13.97775358
22~30	577	10,228.0	712.3652087	251.6194	190,762.98	988.29242367	122.98882852
32~40	606	12,125.9	1,582.7233786	528.5564	253,269.95	4,467.28510198	499.70276852
42~50	401	8,697.0	1,775.5365583	567.1097	194,708.28	8,234.29800621	843.36027035
52~96	208	4,705.9	1,594.5586345	501.7422	109,644.75	13,838.58502252	1,385.74595414
計	2,482	44,101.8	5,870.300254	1,927.3802	864,262.34	27,628.69284674	2,865.98068628

直径級	$S X_1 X_3$	$S X_1 Y$	$S X_3 Y$
cm			
4~10	119.70963270	52.39540	0.46524520
12~20	3,036.60347936	1,142.00473	37.02252596
22~30	13,429.37374977	4,732.27982	346.85561477
32~40	33,226.58606834	11,087.40831	1,486.82247179
42~50	39,767.51259051	12,697.34140	2,626.47342779
52~96	37,461.10237087	11,788.46445	4,368.44825654
計	127,040.88789155	41,499.89411	8,866.08754205

第19表 直径級別平方和および積和

直径級	本数	sx_1^2	sx_3^2	sy^2	sx_1x_3	sx_1y	sx_3y
cm 4 ~ 10	233	1,622.9016	0.36086196	0.06595763	21.37517715	8.84653219	0.15103295
12 ~ 20	457	6,373.046696	18.27890555	2.42579933	275.56157189	98.55379083	6.45527207
22 ~ 30	577	9,459.714835	108.80509167	13.26209983	801.86706938	272.03159955	36.23586366
32 ~ 40	606	10,633.892558	333.59979763	38.69308538	1,556.70913531	511.13429884	106.36278301
42 ~ 50	401	6,085.314913	372.62701171	41.33181191	1,259.17981015	397.70783167	115.44099700
52 ~ 96	208	3,175.942308	1,614.46367419	175.43232308	1,384.97986872	436.78839721	522.01865292
計	2,482	80,632.7013	13,744.55704009	1,369.28671555	22,733.55197622	7,252.94161	4,307.54585083

第20表 直径級別回帰係数

直径級	b_1	b_3
cm 4 ~ 10	-0.00027954	0.43509391
12 ~ 20	0.00055800	0.34474200
22 ~ 30	0.00146562	0.32195763
32 ~ 40	0.00439311	0.29833349
42 ~ 50	0.00415781	0.29575302
52 ~ 96	-0.00554840	0.32809848

第21表 直径級別回帰に帰因する平方和など

直径級	$\wedge$ sy^2	$sdyx_1x_3^2$	$syx_1x_3^2$
cm 4 ~ 10	0.06324049	0.00271714	0.000011814
12 ~ 20	2.28039617	0.14540316	0.00032027
22 ~ 30	12.05545004	1.20664979	0.0021022
32 ~ 40	33.97704812	4.71603726	0.0078210
42 ~ 50	35.79561808	5.53619383	0.013910
52 ~ 96	168.85004953	6.58227355	0.032109

分散の一樣性の検定

回帰係数の差の検定を行うに先だって、各直径級の分散が一樣であるか、どうかを検定するためバートレットの検定を行った。(第22表)

第22表 分散の一樣性の検定

直径級	$Sdyx_1x_3^2$	fr	n-3	$syx_1x_3^2=sr^2$	$\log sr^2$	fr. $\log sr^2$	1/fi
4~10 ^{cm}	0.00271714	233	230	0.000011814	-4.9276030	-1133.3486900	0.004348
12~20	0.14540316	457	454	0.00032027	-3.4944837	-1586.4955998	0.002203
22~30	1.20664979	577	574	0.0021022	-2.6773260	-1536.7851240	0.001742
32~40	4.71603726	606	603	0.0078210	-2.1067377	-1270.3628331	0.001658
42~50	5.53619383	401	398	0.013910	-1.8566729	-738.9558142	0.002513
52~96	6.58227355	208	205	0.032109	-1.4933732	-306.1415060	0.004878
計	18.18927473		2,464			-6572.0895671	0.017342

(1) 4 cm以上の直径級を一括した場合

$$S^2 = 0.0073820$$

$$\log s^2 = -2.1318260$$

$$\chi^2 = 2.3026 \times 1319.2703031 = 3,039.07^{**}$$

$$C = 1 + \frac{1}{3 \times 5} (0.017342 - 0.000406) = 1.001129$$

$$\frac{\chi^2}{C} = 3,035.643$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 3,035.64^{**} > P(\chi^2)_{0.05} (=11.070) \quad d.f \quad 5$$

有意差あり、4~96cmは一括できない。

(2) 4~50cm直径級を一括した場合、

$$\chi^2 = 2,520.54$$

$$\text{補正項 } C = 1.00100$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 2,518.02^{**} \quad d.f \quad 4$$

有意差あり、4~60cmは一括できない。

(3) 4~40cm直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 2,071.44$$

$$\text{補正項 } C = 1.00105$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 2,069.28^{**} \quad d.f \quad 3$$

有意差あり、4~40cmは一括できない。

(4) 4~30cm直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 1,204.50$$

$$\text{補正項 } C = 1.00125$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 1,203.00^{**} \quad d.f \quad 2$$

有意差あり、4~30cmは一括できない。

- (5) 4～20cm直径級を一括した場合

$$F = 27.109^{**}$$

有意差あり、4～20cmは一括できない。

- (6) 12cm以上の直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 1,775.70$$

$$\text{補正項 } C = 1.00105$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 1,775.84^{**} \quad \text{d.f.} \quad 4$$

有意差あり、12cm以上は一括できない。

- (7) 12～50cmの直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 1,340.65$$

$$\text{補正項 } C = 1.00085$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 1,339.51^{**} \quad \text{d.f.} \quad 3$$

有意差あり、12～50cmは一括できない。

- (8) 12～40cmの直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 993.10$$

$$\text{補正項 } C = 1.00083$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 992.27^{**} \quad \text{d.f.} \quad 2$$

有意差あり、12～40cmは一括できない。

- (9) 12～30cmの直径級を一括した場合

$$F = 6.564^*$$

有意差あり、12～30cmは一括できない。

- (10) 22cm以上の直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 235.09$$

$$\text{補正項 } C = 1.00085$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 234.89 \quad \text{d.f.} \quad 3$$

有意差あり、22cm以上は一括できない。

- (11) 22～50cm直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 411.10$$

$$\text{補正項 } C = 1.00088$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 410.74^{**} \quad \text{d.f.} \quad 2$$

有意差あり、22～50cmは一括できない。

- (12) 22～40cm直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 235.09$$

$$\text{補正項 } C = 1.00085$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 234.89^{**} \quad \text{d.f.} \quad 1$$

有意差あり、22～40cmは一括できない。

- (13) 32cm以上の直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 78.15$$

$$\text{補正項 } C = 1.00137$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 78.05$$

$$d.f. = 2$$

有意差あり、32cm以上は一括できない。

- (14) 32～50cmの直径級を一括した場合

$$F = 1.778^*$$

有意差あり、32～50cmは一括できない。

以上各直径級を一括して分散の一様性の検定を行った結果、いずれも一様であるとは認められなかった。

この結果、6つの直径級にはそれぞれ別の材積式を適用する必要がある。

4. 材積式の決定と材積表の作成

$\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_3 X_3$ に第20表に示した回帰係数 b_1 , b_3 の値を入れると次のようになる。

第23表 材 積 式

直径級	本 級	材 積 式
4~10 ^{cm}	233	$\hat{Y} = 0.00257 - 0.000280 X_1 + 0.435094 X_3$
12~20	457	$\hat{Y} = 0.00594 + 0.000558 X_1 + 0.344742 X_3$
22~30	577	$\hat{Y} = 0.01261 + 0.001466 X_1 + 0.321958 X_3$
32~40	606	$\hat{Y} = 0.00513 + 0.004393 X_1 + 0.298333 X_3$
42~50	401	$\hat{Y} = 0.01454 + 0.004158 X_1 + 0.295753 X_3$
52以上	208	$\hat{Y} = 0.02250 - 0.005548 X_1 + 0.328098 X_3$

第23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たところ、22~30^{cm}と32~40^{cm}、および42~50^{cm}と52^{cm}以上の直径級の境に不連続な点が認められたので、直径50、32、50、52^{cm}の各材積はその付近の3点移動平均法で修正した。

第24表 材 積 表

樹高 m	胸高直径 cm	4	6	8	10	12	14	16
3		0.0038	0.0064					
4		0.0042	0.0077	0.013	0.019			
5		0.0047	0.0090	0.015	0.023	0.034	0.043	
6		0.0051	0.010	0.018	0.027	0.039	0.050	0.062
7		0.0055	0.012	0.020	0.031	0.045	0.057	0.072
8		0.0059	0.013	0.023	0.035	0.050	0.064	0.081
9		0.0063	0.014	0.025	0.039	0.056	0.072	0.090
10			0.015	0.028	0.043	0.061	0.079	0.100
11			0.017	0.030	0.047	0.067	0.086	0.109
12			0.018	0.033	0.051	0.072	0.094	0.119
13				0.035	0.055	0.078	0.101	0.128
14				0.038	0.060	0.083	0.108	0.137
15				0.040	0.064	0.089	0.116	0.147
16					0.068	0.094	0.123	0.156
17					0.072	0.100	0.130	0.165
18						0.105	0.138	0.175
19						0.111	0.145	0.184
20						0.116	0.152	0.194
21							0.160	0.203
22							0.167	0.212
23								0.222
24								0.231
25								
26								
27								
28								
29								
30								

18	20	22	24	26	28	30
0.076	0.092					
0.088	0.106	0.132	0.153	0.175	0.200	0.227
0.100	0.121	0.149	0.173	0.198	0.226	0.257
0.111	0.135	0.166	0.193	0.222	0.253	0.287
0.123	0.149	0.183	0.213	0.245	0.280	0.317
0.135	0.164	0.200	0.233	0.268	0.306	0.347
0.147	0.178	0.217	0.253	0.291	0.333	0.378
0.158	0.192	0.234	0.273	0.315	0.360	0.409
0.170	0.207	0.251	0.293	0.338	0.387	0.440
0.182	0.221	0.268	0.313	0.361	0.413	0.470
0.194	0.236	0.285	0.333	0.384	0.440	0.501
0.205	0.250	0.302	0.353	0.403	0.467	0.532
0.217	0.264	0.319	0.373	0.431	0.493	0.563
0.229	0.279	0.337	0.393	0.454	0.520	0.593
0.240	0.293	0.354	0.413	0.477	0.547	0.624
0.252	0.307	0.371	0.433	0.500	0.573	0.655
0.264	0.322	0.388	0.453	0.524	0.600	0.685
0.276	0.336	0.405	0.473	0.547	0.627	0.716
0.287	0.350	0.422	0.493	0.570	0.654	0.747
0.299	0.365	0.439	0.513	0.593	0.680	0.778
0.311	0.379	0.456	0.533	0.617	0.707	0.808
		0.473	0.553	0.640	0.734	0.839
		0.490	0.573	0.663	0.760	0.870
		0.507	0.593	0.686	0.787	0.900
		0.524	0.613	0.710	0.814	0.931

樹高 m	胸高直径 cm	32	34	36	38	40	42	44	46
9		0.321	0.355	0.393	0.432	0.474			
10		0.355	0.394	0.436	0.480	0.526			
11		0.390	0.433	0.479	0.527	0.579	0.634	0.690	0.749
12		0.425	0.472	0.522	0.575	0.631	0.690	0.752	0.815
13		0.459	0.511	0.565	0.622	0.683	0.747	0.813	0.882
14		0.494	0.549	0.608	0.670	0.735	0.803	0.874	0.949
15		0.529	0.588	0.651	0.717	0.787	0.859	0.936	1.016
16		0.564	0.627	0.694	0.765	0.839	0.916	0.997	1.082
17		0.598	0.666	0.737	0.812	0.891	0.972	1.059	1.149
18		0.633	0.705	0.780	0.860	0.943	1.028	1.120	1.216
19		0.668	0.744	0.823	0.907	0.996	1.085	1.181	1.283
20		0.703	0.783	0.866	0.955	1.048	1.141	1.243	1.349
21		0.738	0.822	0.909	1.002	1.100	1.197	1.304	1.416
22		0.772	0.861	0.952	1.050	1.152	1.254	1.366	1.483
23		0.807	0.899	0.995	1.097	1.204	1.310	1.427	1.550
24		0.842	0.938	1.038	1.144	1.256	1.366	1.489	1.616
25		0.877	0.977	1.082	1.192	1.308	1.423	1.550	1.683
26		0.911	1.016	1.125	1.239	1.360	1.479	1.611	1.750
27		0.946	1.055	1.168	1.287	1.413	1.535	1.673	1.817
28		0.981	1.094	1.211	1.334	1.465	1.592	1.734	1.883
29		1.015	1.133	1.254	1.382	1.517	1.648	1.796	1.950
30		1.050	1.172	1.297	1.429	1.569	1.704	1.857	2.017
31		1.085	1.210	1.340	1.477	1.621	1.761	1.918	2.083
32		1.120	1.249	1.383	1.524	1.673	1.817	1.980	2.150
33		1.155	1.288	1.426	1.572	1.725	1.873	2.041	2.217
34		1.190	1.327	1.469	1.619	1.777	1.930	2.103	2.284
35		1.225	1.366	1.512	1.667	1.830	1.986	2.164	2.350
36							2.042	2.226	2.417
37							2.099	2.287	2.484
38							2.155	2.348	2.551
39							2.211	2.410	2.617
40							2.268	2.471	2.684

48	50	52	54	56	58	60	62	64
0.810	0.873							
0.882	0.951							
0.954	1.029	1.109	1.194	1.288	1.385	1.486	1.590	1.697
1.027	1.107	1.193	1.284	1.385	1.490	1.598	1.711	1.826
1.099	1.185	1.277	1.374	1.483	1.595	1.711	1.831	1.955
1.171	1.263	1.361	1.465	1.580	1.700	1.824	1.952	2.084
1.244	1.341	1.444	1.555	1.677	1.805	1.936	2.072	2.213
1.316	1.419	1.528	1.645	1.775	1.909	2.049	2.193	2.342
1.388	1.496	1.612	1.735	1.872	2.014	2.161	2.313	2.470
1.461	1.574	1.696	1.825	1.869	2.119	2.274	2.434	2.599
1.533	1.652	1.780	1.915	2.067	2.224	2.386	2.555	2.728
1.605	1.730	1.863	2.005	2.164	2.329	2.499	2.675	2.857
1.677	1.807	1.947	2.095	2.261	2.433	2.612	2.796	2.986
1.750	1.886	2.031	2.186	2.359	2.538	2.724	2.916	3.115
1.822	1.964	2.115	2.276	2.456	2.643	2.837	3.037	3.244
1.894	2.041	2.199	2.366	2.553	2.748	2.949	3.157	3.372
1.967	2.119	2.282	2.456	2.651	2.853	3.062	3.278	3.501
2.039	2.197	2.366	2.546	2.748	2.958	3.174	3.399	3.630
2.111	2.275	2.450	2.636	2.845	3.062	3.287	3.519	3.759
2.184	2.353	2.534	2.726	2.943	3.167	3.400	3.640	3.888
2.256	2.431	2.618	2.816	3.040	3.272	3.512	3.760	4.017
2.328	2.509	2.702	2.907	3.137	3.377	3.625	3.881	4.145
2.400	2.586	2.785	2.997	3.235	3.482	3.737	4.001	4.274
2.473	2.664	2.869	3.087	3.332	3.587	3.850	4.122	4.403
2.545	2.742	2.953	3.177	3.430	3.691	3.962	4.243	4.532
2.617	2.820	3.037	3.267	3.527	3.796	4.075	4.363	4.661
2.690	2.898	3.120	3.357	3.624	3.901	4.187	4.484	4.790
2.762	2.976	3.204	3.447	3.722	4.006	4.300	4.604	4.918
2.834	3.053	3.288	3.537	3.819	4.111	4.413	4.725	5.047
2.907	3.131	3.372	3.628	3.916	4.215	4.525	4.845	5.176

66	68	70	72	74	76	78	80	82
1.808	1.923	2.040	2.162	2.286	2.414	2.545	2.680	2.818
1.946	2.069	2.196	2.326	2.460	2.598	2.739	2.885	3.033
2.083	2.215	2.351	2.491	2.634	2.782	2.934	3.089	3.243
2.220	2.361	2.506	2.655	2.808	2.966	3.128	3.293	3.464
2.358	2.507	2.661	2.820	2.983	3.150	3.322	3.498	3.679
2.495	2.653	2.816	2.984	3.157	3.334	3.516	3.702	3.894
2.633	2.800	2.972	3.149	3.331	3.518	3.710	3.907	4.109
2.770	2.946	3.127	3.313	3.505	3.702	3.904	4.111	4.324
2.907	3.092	3.282	3.478	3.679	3.886	4.098	4.316	4.539
3.045	3.238	3.437	3.642	3.853	4.070	4.292	4.520	4.754
3.182	3.384	3.593	3.807	4.027	4.254	4.486	4.725	4.969
3.319	3.530	3.748	3.971	4.201	4.438	4.680	4.929	5.184
3.457	3.677	3.903	4.136	4.375	4.622	4.874	5.133	5.399
3.594	3.823	4.058	4.300	4.550	4.805	5.068	5.338	5.614
3.732	3.969	4.213	4.465	4.724	4.989	5.262	5.542	5.829
3.869	4.115	4.369	4.630	4.898	5.173	5.456	5.747	6.044
4.006	4.261	4.524	4.794	5.072	5.357	5.650	5.951	6.259
4.144	4.407	4.679	4.959	5.246	5.541	5.845	6.156	6.474
4.281	4.554	4.834	5.123	5.420	5.725	6.039	6.360	6.690
4.418	4.700	4.990	5.288	5.594	5.909	6.233	6.564	6.905
4.556	4.846	5.145	5.452	5.768	6.093	6.427	6.769	7.120
4.693	4.992	5.300	5.617	5.943	6.277	6.621	6.973	7.335
4.831	5.138	5.455	5.781	6.117	6.461	6.815	7.178	7.550
4.963	5.284	5.610	5.946	6.291	6.645	7.009	7.382	7.765
5.105	5.431	5.766	6.110	6.465	6.829	7.203	7.587	7.980
5.243	5.577	5.921	6.275	6.639	7.013	7.397	7.791	8.195
5.380	5.723	6.076	6.439	6.813	7.197	7.591	7.995	8.410
5.517	5.869	6.231	6.604	6.987	7.381	7.785	8.200	8.625

84	86	88	90	92	94	96	98	100
2.960	3.105	3.253	3.405	3.561	3.719	2.881	4.047	4.216
3.186	3.342	3.502	3.665	3.833	4.004	4.178	4.356	4.538
3.412	3.579	3.750	3.926	4.105	4.288	4.475	4.666	4.861
3.638	3.816	3.999	4.186	4.377	4.572	4.772	4.975	5.183
3.864	4.053	4.248	4.446	4.649	4.857	5.069	5.285	5.506
4.090	4.291	4.496	4.706	4.921	5.141	5.365	5.595	5.828
4.316	4.528	4.745	4.967	5.193	5.425	5.662	5.904	6.151
4.542	4.765	4.993	5.227	5.466	5.710	5.959	6.214	6.474
4.768	5.002	5.242	5.487	5.738	5.994	6.256	6.523	6.796
4.994	5.239	5.490	5.747	6.010	6.278	6.553	6.833	7.119
5.220	5.476	5.739	6.007	6.282	6.563	6.850	7.142	7.441
5.445	5.713	5.987	6.268	6.554	6.847	7.146	7.452	7.764
5.671	5.950	6.236	6.528	6.826	7.131	7.443	7.761	8.086
5.897	6.187	6.484	6.788	7.099	7.416	7.740	8.071	8.409
6.123	6.425	6.733	7.048	7.371	7.700	8.037	8.381	8.731
6.349	6.662	6.981	7.308	7.643	7.985	8.334	8.690	9.054
6.575	6.899	7.230	7.569	7.915	8.269	8.630	9.000	9.376
6.801	7.136	7.478	7.829	8.187	8.553	8.927	9.309	9.699
7.027	7.373	7.727	8.089	8.459	8.838	9.224	9.619	10.022
7.253	7.610	7.975	8.349	8.731	9.122	9.521	9.928	10.344
7.479	7.847	8.224	8.609	9.004	9.406	9.818	10.238	10.667
7.705	8.084	8.473	8.870	9.276	9.691	10.115	10.547	10.989
7.931	8.321	8.721	9.130	9.548	9.975	10.411	10.857	11.312
8.157	8.559	8.970	9.390	9.820	10.259	10.708	11.167	11.634
8.383	8.796	9.218	9.650	10.092	10.544	11.005	11.476	11.957
8.609	9.033	9.467	9.911	10.364	10.828	11.302	11.786	12.279
8.835	9.270	9.715	10.171	10.637	11.113	11.599	12.095	12.602
9.061	9.507	9.964	10.431	10.909	11.397	11.896	12.405	12.925

5. 材積表の適合度

材積表の適合度は調製要綱に基き誤差率によって行なう。

誤差率の計算は次式で行なう。

$$\text{誤差率 (\%)} = \frac{\text{標準誤差} \times t}{\text{平均値}} \times 100 \times \frac{1}{\sqrt{n}}$$

t = 95%信頼度の t 表の値

標準誤差と誤差率は次のとおりである。

直 径 級	標 準 誤 差	誤 差 率
4 ~ 10 ^{cm}	0.003437 ^{m³}	1.828 [%]
12 ~ 20	0.017896	1.035
22 ~ 30	0.045850	0.860
32 ~ 40	0.088436	0.809
42 ~ 50	0.117941	0.819
52 以 上	0.179190	1.023

6. 材積表使用上の注意

1. 本材積表は高知営林局管内のアカマツに適用される。
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. 本材積表は胸高直径2cm、樹高1mごとに材積を掲げたもので、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。

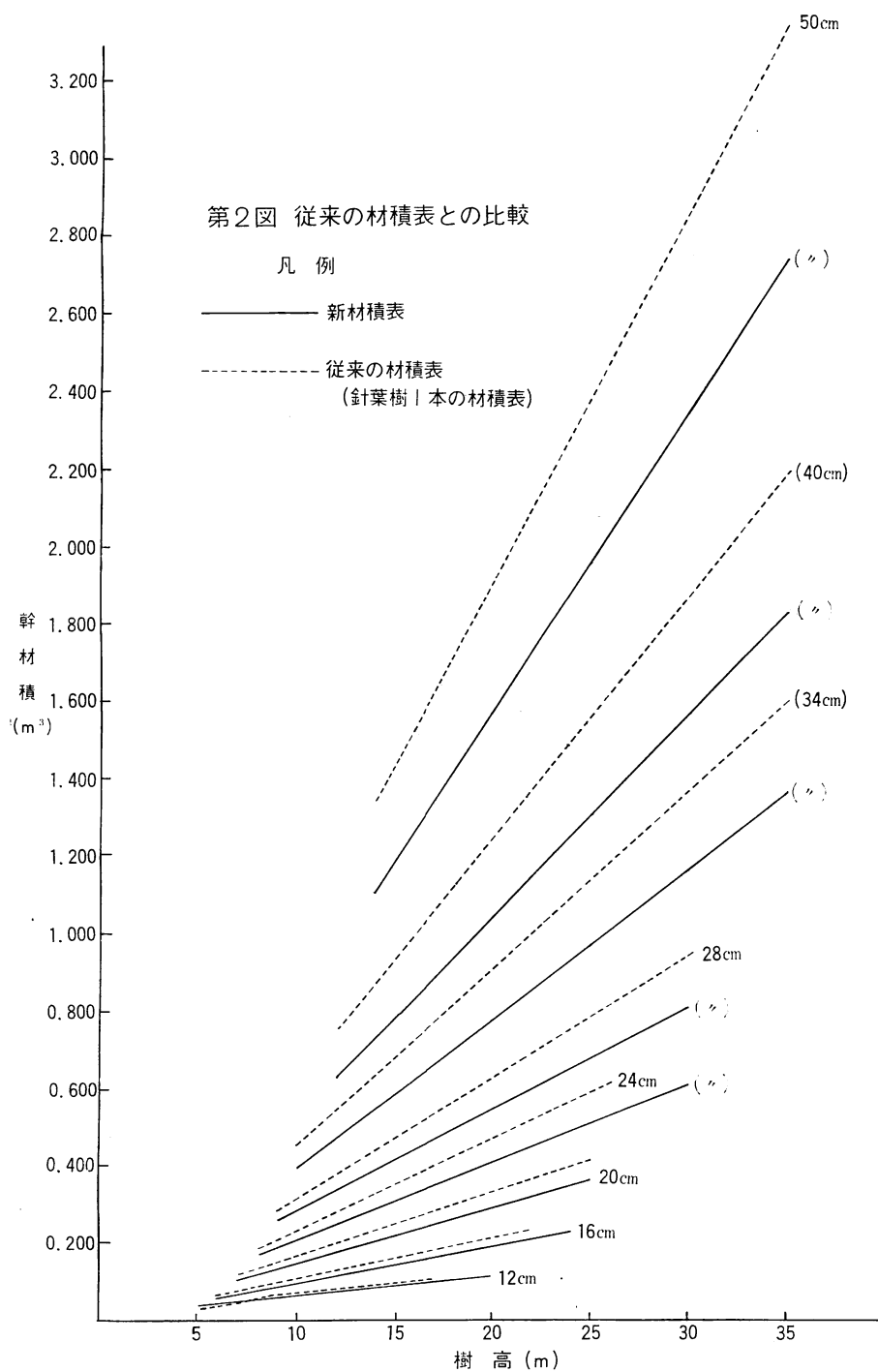
なお、胸高直径4～6cmの一部は単位以下4位まで示してある。

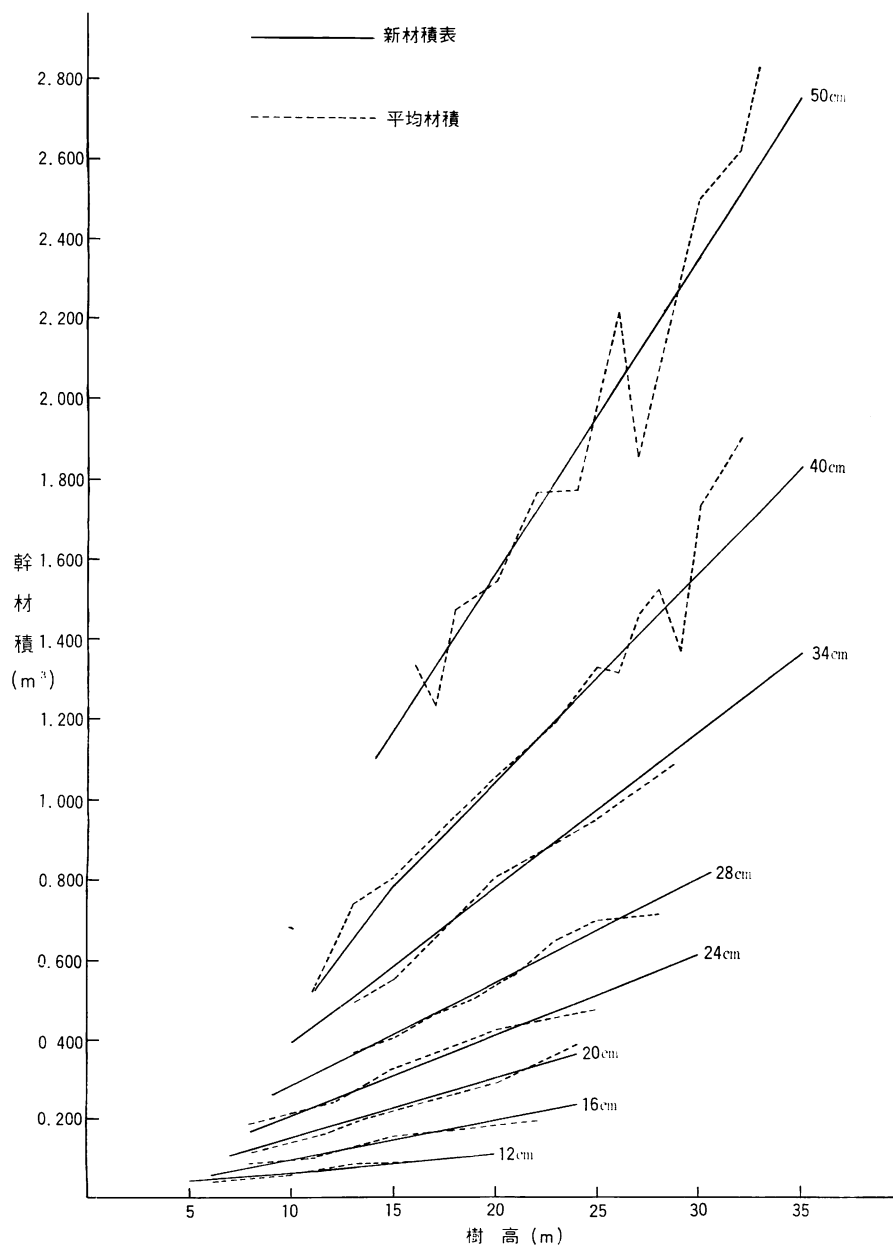
4. 本表の幹材積は、次の材積式で算出した値である。

ただし、直径30、32、50、52cmの値は、その付近の3点移動平均法で修正したものである。

直 径 範 囲	材 積 式
4 ～ 10 ^{cm}	$v = 0.00257 - 0.000280h + 0.435094d^2h$
12 ～ 20	$v = 0.00594 + 0.000558h + 0.344742d^2h$
22 ～ 30	$v = 0.01261 + 0.001466h + 0.321958d^2h$
32 ～ 40	$v = 0.00513 + 0.004393h + 0.298333d^2h$
42 ～ 50	$v = 0.01454 + 0.004158h + 0.295753d^2h$
52 以 上	$v = 0.02250 - 0.005548h + 0.328098d^2h$

ただし、 v = 幹材積 (m^3)、 d = 胸高直径 (m)、 h = 樹高 (m)





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39年1月

2. 調製担当者官氏名

計画課長	農林技官	秋 葉 公
前計画課長	同	川 島 正 子
主 査	同	北 本 浩 (32.4~)
係 官	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) 高知営林局才二次経営計画書 | | |
| (4) スネデカー統計の方法上下 | 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 | 日本林学会誌大友栄松 | 昭和31年 |

材積表調製業務資料 第51号

昭和39年6月1日印刷

昭和39年6月10日発行

高 知 営 林 局

アカマツ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②-1111