

材積表調製業務資料 第16号

熊 本 営 林 局

アカマツ立木材積表調製説明書

昭 和 34 年 10 月

林 野 庁
林 業 試 験 場

緒 言

従来の材積表についての不合理が北海道の営林署の間で取りあげられてから、各局においても早急にこれらの不合理を是正すべきであるとの声が高まり、昭和26年度より全国的に立木材積表を検討、あるいは調製を行うことが林野庁で企画され、同26年「主要樹種立木材積表調製資料測定要綱」が作成され、その後同30年「主要樹種立木材積表調製要綱」が決定した。

当局においても昭和27年度より資料収集に着手し、管内主要樹種について材積表の適合度の検定を行った結果アカマツにおいては実材積より過大な値が見出されたので、調製要綱に基き同28年度より管内各営林署の協力を得て調製資料収集に従事し、新らしく調製をすすめてきたが、先に調製を終えたモミ、ツガが両表について同34年10月本表の調製を完了したものである。尚従来のマツ立木材積表は昭和11年10月頃調製されたものであるが、調製者、調製資料、およびその経緯については不明である。

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技官、同室粟屋仁志技官の御指導を賜わり、また資料収集にあたり終始御協力頂いた営林署の各位に対し、深甚の謝意を表わすものである。

目 次

緒 言

第1 適用地域およびその根拠	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. 資料収集個所の選定および調査方法	5
3. 幹材積の計算	5
第3 調製方法の決定	8
第4 資 料 の 吟 味	11
1. 吟 味 の 方 針	11
2. 吟 味 の 方 法	11
3. 吟 味 の 結 果	12
第5 材 積 式	12
1. 回帰式の計算	12
2. 標準誤差 重相関係数 偏相関係数	17
3. 有意性の検定	17
4. 10cm直径級ごとの回帰係数の差の検定	18
第6 地域間の差の検定	24
第7 材積式の決定	25
1. 修正係数の計算	25
2. 材積式の決定	25
第8 材積表の適合度	25
第9 材積表使用上の注意	26
第10 結 言	26
第11 アカマツ材積表	27
第12 調製年月日および担当者官氏名	34

熊本営林局

アカマツ立木材積表調製説明書

第1 適用地域およびその根拠

1. 地域の概要

(1) 位置および面積

当局管かつ下にある九州は、日本列島の最南端に位置し九州本島およびその周囲に散在する大小多数の島岐からなり、地形は非常に複雑である。国有林はこれら九州全域にまたがり主として南九州（宮崎、鹿児島、熊本）に多く、九州全林野面積に対し約21%の556,000haである。

(2) 地勢

九州本島の中樞にあたる大分、宮崎、熊本、鹿児島に連互して一大分水嶺をなす九州山脈が大分、宮崎県界祖母山を起点として南走しており、これが二分して日向山脈、肥薩国境山脈を起し、更に延びて天草諸崎を形成している。又北九州には筑紫山脈があり、福岡県の企救半島に端を発し、幾多の山塊支脈となつて連互し、佐賀、長崎に延びて浸蝕、陥没などによる塊状の山岳を形成している。

更に阿蘇、霧島の両火山脈があつて、両山系の間に多数の火山を噴出している。前者は阿蘇山、久住山、大船山などの峻峰を噴出し、更に東へ延びて別府湾頭の由布、鶴見の火山群となり西は有明海辺に延びて金峰山、雲仙岳などの諸峰を噴出している。

一方霧島火山脈は宮崎、鹿児島両県界に高千穂、韓国岳をはじめ多数の火口を有する霧島火山を噴出しており、更に南へ延びて屋久島、奄美大島など数多くの火山群を作つている。

国有林は概ねこれらの山系地帯の中腹以上又は溪谷などに在つて多くの河川の水源をなしている。

水系の主なものは上記の山岳地帯に源を発する河川で非常に多く、九州一の球磨川は流程（197km）で八代海に注ぎ日本三大急流の一つとして有名で、又多くの河川と共に鮎の産地として知られている。主な河川は筑後川、菊池川、緑川、川内川、大野川、大淀川、五ヶ瀬川などで何れも水量は豊富で、概して急流であつて、広大な水田に灌漑し、又水力発電の水力として大きな役割をなしている。

(3) 地質

九州は古生層からなる南北の島とその間に挟まれた地溝帯の部分に阿蘇火山帯が噴出することによつて結ばれたもので更に霧島火山帯の噴出によつて基本形を形成し、その後有明海の沖積地によつて現形を形成したものとされる。九州には中央構造線が中三畳～八代の線に出て、地質はこの中央構造線を界として南北が対称的特徴を示している。

北側の大部分を占めている筑紫山系は古生層、第三紀層の花崗岩、輝岩、角閃岩など各時代の地層が比較的散漫に群団状に又は斑点状に分布している。

次に南側は中央構造線に沿つて段層変成岩（古生代）が発達しており、その南に中生層、第三紀層が順次帯状に並んでいる。

又霧島、阿蘇、雲仙などの火山附近一帯は安山岩、火山礫でおおわれている。この外部分的に肝付半島に花崗岩帯が現われ、屋久島は花崗岩、対馬は中生層、天草は第三紀層、奄岐は玄武岩の島となつている。

(4) 気 候

九州は温暖圏に属し、暖流の黒潮と対馬海流の影響によつて総じて温暖である。殊に宮崎県南部、鹿児島県の太平洋岸地帯に面している地域は九州山脈によつて冬期シベリヤから吹く寒風は遮断されるのでとくに高温多雨である。特に大隅半島、宮崎県南那珂郡一帯は無霜地帯で降雨も極めて多いため熱帯或は亜熱帯性植物の群落さえ見ることができる。

日本海に面する北九州の福岡、長崎地方は対馬海流の影響で寒気は特にきびしくはないが、冬季は大陸性の西北風が対馬海流を通過してくるため湿潤となり積雪をみる。

九州山脈、筑紫山脈、および雲仙岳に囲まれた筑後平野、肥後平野、および有明海は内陸性を帯び、中央部をなす熊本県は天草諸島、宇土半島、金峰山などで暖流のもたらす気流が遮ぎられ、風が少く大陸性を示し、冬は寒く、夏は暑いこと九州一である。

九州の屋根を形作っている久住山、阿蘇山、霧島山地方および熊本、宮崎県境をなす山岳地方などは冬季積雪多く、霧氷の奇観も見られ夏季も冷涼である。

更に瀬戸内海に面する地方は気候温和で雨量は最も少ない。管内全般の平均気温は11～18°度、降雨量は1,400～4,000mmである。

(5) 林 況

九州の森林がカン帯に属していることは衆知のとおりであるが、老令天然生林が伐採されている現在では国有林以外ではみられない現状である。

管内国有林の大部分を占め、全域に共通な天然生林樹種は、カン類、シイ、タブノキであつて北九州地方にはアカマツ、南九州地方はクロマツ、中部九州地方はアカマツ、クロマツ、南九州地方はこれにイスが加わり一段と南部暖帯林相の性格を濃くしている。

標高800～1,000mを界として植性上暖帯および温帯に区分され、暖帯性植性に属する林相は上記のとおりであるが、温帯性植性に属する山岳地域にはブナ、シデ類、カツラ、カエデなどの落葉広葉樹林が見られる。なお暖帯、温帯の移行植性地帯にはモミ、ツガ、アカマツなどを主体とする優良な林分があり、又南部島岐にはアコウ、ガシユマル、ビローなどの熱帯性植物も見られる。とくにアカマツは土地に対する要求度が少く乾燥しやすい尾根筋の瘠地にも堪え得るため分布範囲も広く、九州全域に存在し、北九州地方に最も多く、蓄積にして約300万m³を有し主に直方、佐賀、武雄、長崎、多良木、中津営林署管内に多い。特に北九州地方においては林業生産上重要な地位を占めている。

管内国有林において更新樹種の主なものは、スギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツ、クリ、クヌギなどであるが温暖多雨という気候条件に恵まれているためもつとも更新比率の大きなスギの生育は他管内に比し最優位にある。

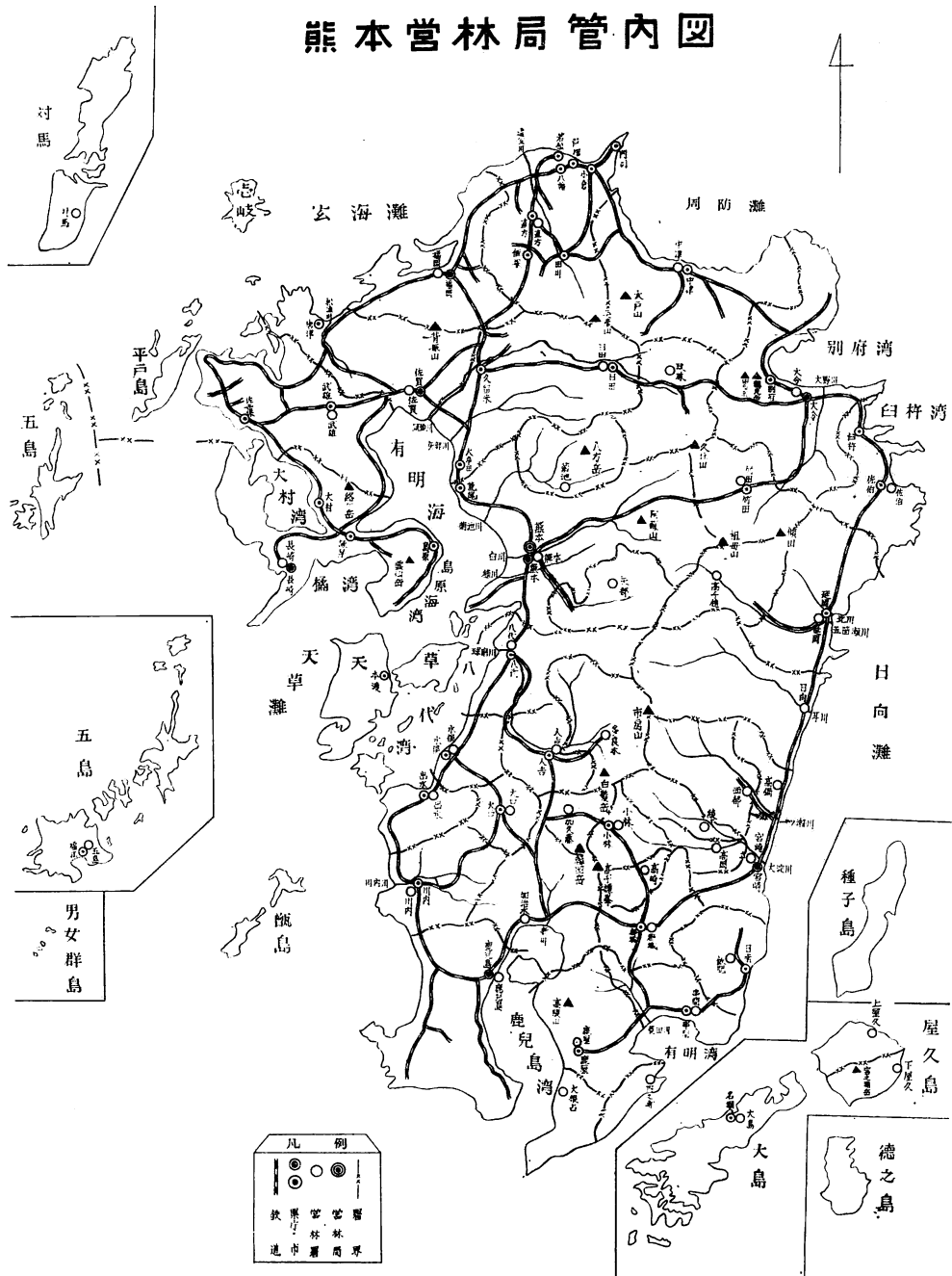
2. 地 域 の 決 定

アカマツ、クロマツともに殆んど九州全域に分布しているが、国有林経営上利用の主体をなしているのは北九州のアカマツであり、他の地域は僅少である。また生育地によつて樹型が多少異なることは一般的にいえると思うが、立地条件は大体類似し、又取扱い方針も大差ないが、唯霧島団地一帯のみは古来より霧島アカマツの優良天然大径材を生産することで有名であり現行材積表との不適合は勿論のこと、本表との差の検定においても分散が一樣でなく、地域間に差が認められた、したがつて本表はこの地域を除いた管内全域のアカマツを象として調製した。

第2 資料の収集

資料収集地域

管内11個所の調査地においてアカマツ 1,409本の調査を実施したが、資料収集個所の位置図は第2図のとおりである。又営林署別、事業区、直径級別の本数を示せば第1表のとおりである。

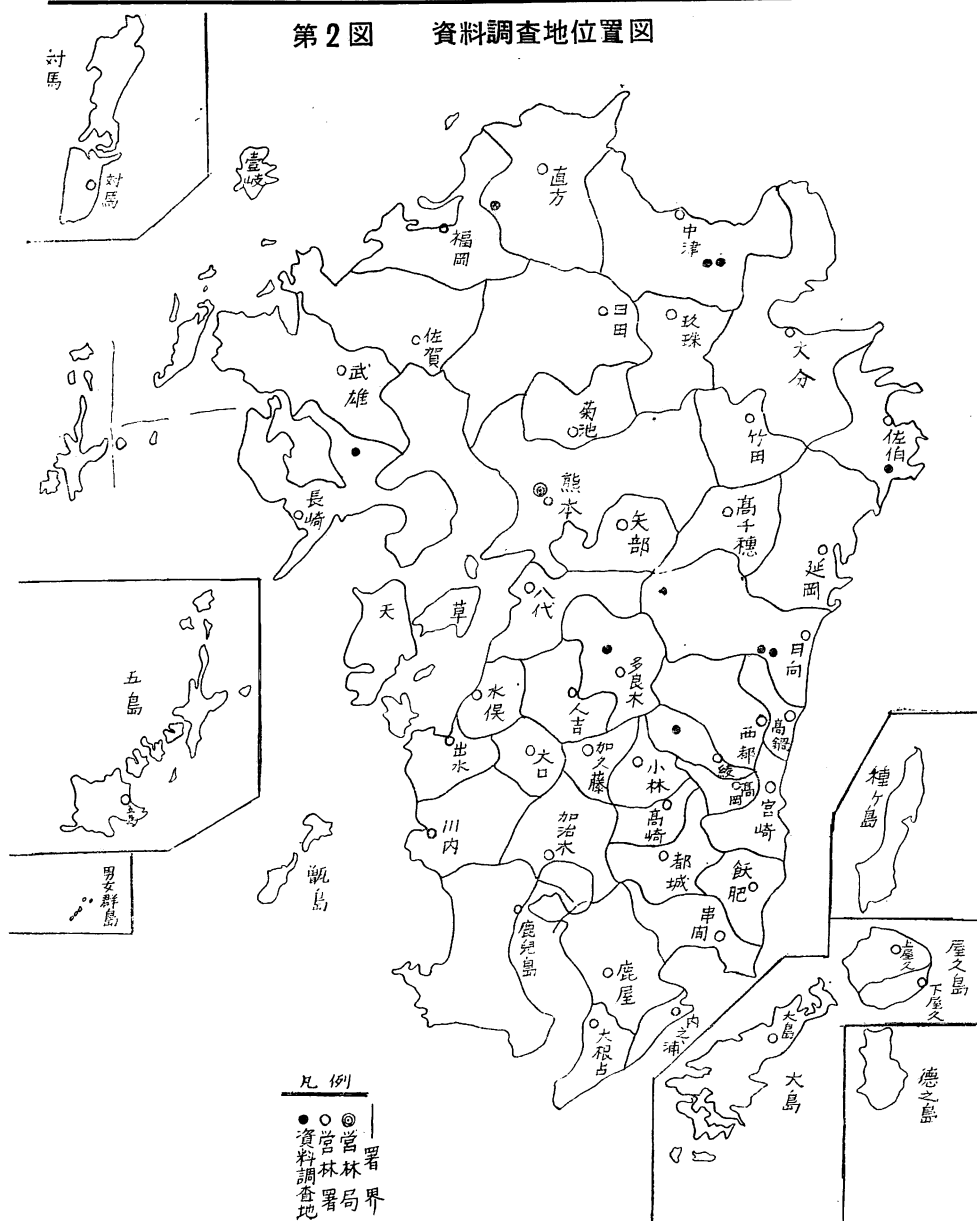


第1表

営林署事業区別直径級別本数一覧表

営林署	事業区	6~10	12~20	22~30	32~40	42~50	52~	計
直方	直方	69	81	64	15			229
長崎	長崎		8	34	85	59	30	216
多良木	多良木		3	27	21	15		66
佐伯	佐伯	1	96	85	17		1	200
中津	中津	104	194	101	53	17	3	472
尾鈴	尾鈴		2	29	44	34	6	115
綾	綾		24	53	27	7		111
計		174	408	393	262	132	40	1,409

第2図 資料調査地位置図



2. 資料収集個所の選定および調査方法

(1) 収集個所の選定

本表適用の対象となる全地域より任意抽出により決定するのが最も理想的であるが、伐倒調査などの経費や労力の関係上やむを得ず当該年度直営生産実行中の個所から選定した。この場合明らかに一般的傾向からはずれると思われるような奇型木等は除くことにしてまた調査年度を幾年度かにまたがるようにして収集個所の分散を図り、できるだけ資料の任意性を増すように努めた。資料収集に当つては伐採時期等の関係上、営林局係員で収集できなかった一部分を営林署係員に依頼して収集した。

(2) 調査方法

伐倒木について調製要綱に準拠して実施したが大要はつぎのとおりである。

(イ) 胸高直径

胸高直径は幹軸に沿つて、地上1.2mの位置で輪尺によつて、幹軸と直角に測定し、cm単位でmmまで測定した。

(ロ) 樹高および枝下高

樹高は主幹の頂点から地際までの幹長、枝下高は力枝より地際までの幹長をそれぞれ巻尺によつてm単位以下1位まで測定した。

(ハ) その他の必要な因子

幹材積計算に必要な直径、樹皮の厚さ、伐採面の高さ、同直径、年輪数などすべて調製要綱に基いて測定した。

3. 幹材積の計算

幹材積は要綱に基いて2m区分のフーベル区分求積式で計算し梢端は円錐として計算した。

第 2 表

林 小 班 別 地 況 林 況 一 覧 表

9

区			画				作 業 級	地 況					林 況										備 考					
県	郡 (市)	村 (町)	大字 (字)	営林 署	事業 区	林小 班		地 位	方位 傾斜	基 岩	深 度	土 性	結 合 度	湿 度	樹 種	清合 歩合	林 令	疎 密度	直 径	樹 高	林 種	林 相			材 積			
																									ha	当り	(m ³)	
																								針	広	計		
福岡	嘉穂	(筑穂)	内住直方直方	19い	皆用	2	E急	花崗岩	中壤土	軟適	スヒ アカ マツ 広	31 54 13 2	50	中	16 4~48	10 4~24	人針	255	5	260	31年第6次編成							
長崎	(大村)		福重山長崎長崎	21ろ	〃	〃	N中	安山岩	〃	〃	〃	〃	〃	アカマツ	100	55 40~65	疎	14 4~40	12 7~22	天	〃	30	—	30	〃	第7次編成		
熊本	球磨	(湯前)	湯前多良木多良木	25は	〃	〃	S急	〃	〃	〃	〃	〃	〃	アカマツ クロマツ	40 60	45 31~52	中	22 10~36	15 9~20	人	〃	205	—	205	25年第6次編成			
大分	宇佐	(安心院)	飯田中津中津	55ほ	〃	〃	S中	輝石安山岩	〃	〃	〃	〃	〃	アカマツ	100	32	〃	12 6~24	9 6~13	天	〃	120	—	120	26年第6次編成			
〃	〃	(〃)	〃	〃	〃	56ほ	〃	NW中	〃	〃	〃	〃	〃	ヒノキ アカマツ	55 45	42	〃	16 6~32	13 6~15	人	〃	170	—	170	〃			
〃	南海部	青山	青山佐伯佐伯	47は	〃	〃	NE中	硬砂岩	〃	砂壤土	〃	〃	〃	アカマツ 広	50 50	39	〃	14 10~26	12 8~16	天混	50	50	100	24年第6次編成				
宮崎	児湯	(都農)	川北日向尾鈴	13ろ	〃	〃	NE中	〃	〃	〃	〃	〃	〃	アカマツ クロマツ 広	15 70 15	56 27~86	〃	22 14~40	14 11~19	〃針	214	36	250	29年第6次編成				
〃	〃	(〃)	〃	〃	〃	13り	〃	E中	〃	〃	〃	〃	〃	アカマツ クロマツ 広	5 92 3	46 26~56	〃	〃	〃	〃	〃	323	10	333	〃			
〃	東臼杵	東郷坪谷	〃	〃	〃	74は	〃	NE緩	〃	〃	〃	〃	〃	アカマツ その他N 広	7 13 80	55 25~105	〃	20 4~46	11 6~17	〃広	28	112	140	〃				
〃	西諸県	須木	柚園綾綾	109に	〃	1	NW急	中生層	深植壤土	〃	〃	〃	〃	スヒ ノキ アカ マツ 広	26 22 48 4	41	密	20 16~30	13 10~18	人針	240	10	250	26年第6次編成				

アカマツ立木材積表調製説明書

第3表

直径階樹高階別本数表 (案却前)

Hm D 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	計
6	4	9	14	11	3		1																			42
8	1	4	16	12	13	12	4	1	2																	65
10		2	9	11	12	9	17	7																		67
12			1	2	13	14	15	7	6	2	1															61
14				6	8	14	17	12	10	5	3			1												76
16			3	3	7	16	23	14	16	8	5	3	2			1										101
18			2		7	8	9	11	19	6	11	4	3	2	1											83
20				4	6	7	15	16	10	10	7	4	1	2	4	1										87
22				1	3	9	6	15	11	11	9	2	5	1	6											79
24					3	3	7	14	6	10	7	2	3	7	2	2	3	3		1						73
26				1		4	6	7	8	9	7	6	6	4	8	3	2		1							72
28					1	1	6	6	13	6	5	1	7	7	6	6	2	7	5							79
30							1	4	5	2	8	5	7	10	19	11	5	4	5	2	2					90
32							2	2	6	2	2	4	1	4	5	9	5	3	5	3						53
34					1	1			3	4	1	4	5	9	10	9	5	5	7	1		1				66
36								1			2	6	6	4	4	8	5	8	4	4						52
38											1	3	4	4	7	6	4	2	5	2	2	1				41
40										1	2	2	3	6	5	2	6	4	4	5	7	1		2		50
42													4	1	2	5	5	9	4	5	2		1		38	
44										1		3	6	1	7	3	4	5	2	4	3		1		40	
46													2		2	3	4	3	1	3	3	1			22	
48										1	1	2		2	2		2	3	2	3	3	2	4			27
50													1				2		1		1				5	
52														1	3	3	1	3		4	2	1		1	19	
54													1	1					1			1			4	
56										1		1		1		1		3	1						8	
58													1			1		2	2						6	
60															1										1	
62															1										1	
64																										
66																										
68																			1							1
計	5	15	45	45	69	87	114	99	125	80	84	71	61	69	91	87	61	58	56	44	26	8	6	2	1	1,409

第3 調製方法の決定

調製方法は種々あるが大別して

- 1、調和曲線を利用する方法
- 2、共線図法を利用する方法
- 3、最小二乗法を利用する方法

があるが調製の理想的方法是、簡潔、客観的でしかも正確なものでなければならない。

しかし3つの条件を十分満足する方法はなく、いずれの方法も主観がは入る短所をもっているが、その中で最小二乗法は実験式を定め、常数、係数は代数的解析によつて求めるので実験式が定まれば、完全に客観的であるという長所がある。なお結果として得られた式は実際の値と計算値の偏差の平方和が最小になるように資料に適合している。この方法はわが国でも広く採用され、ほとんどの表がこの方法で調製されている。したがつて本材積表調製においても以上の理由により最小二乗法を利用する方法を採用した。最小二乗法は直線型に直せるあらゆる材積方程式に適用できるのであるが、いま全資料について、胸高直径対幹材積、樹高対幹材積の散布図を対数方眼紙にプロットすれば第3図及び第4図のとおりである。

$$V \propto D^{b_1}$$

$$V \propto H^{b_2}$$

(ただし V = 材積 D = 胸高直径 H = 樹高 b_1, b_2 = 常数)

なる関係があるものと見なすことができる。

よつて幹材積を樹高と、胸高直径の二因子により変化するものとすれば

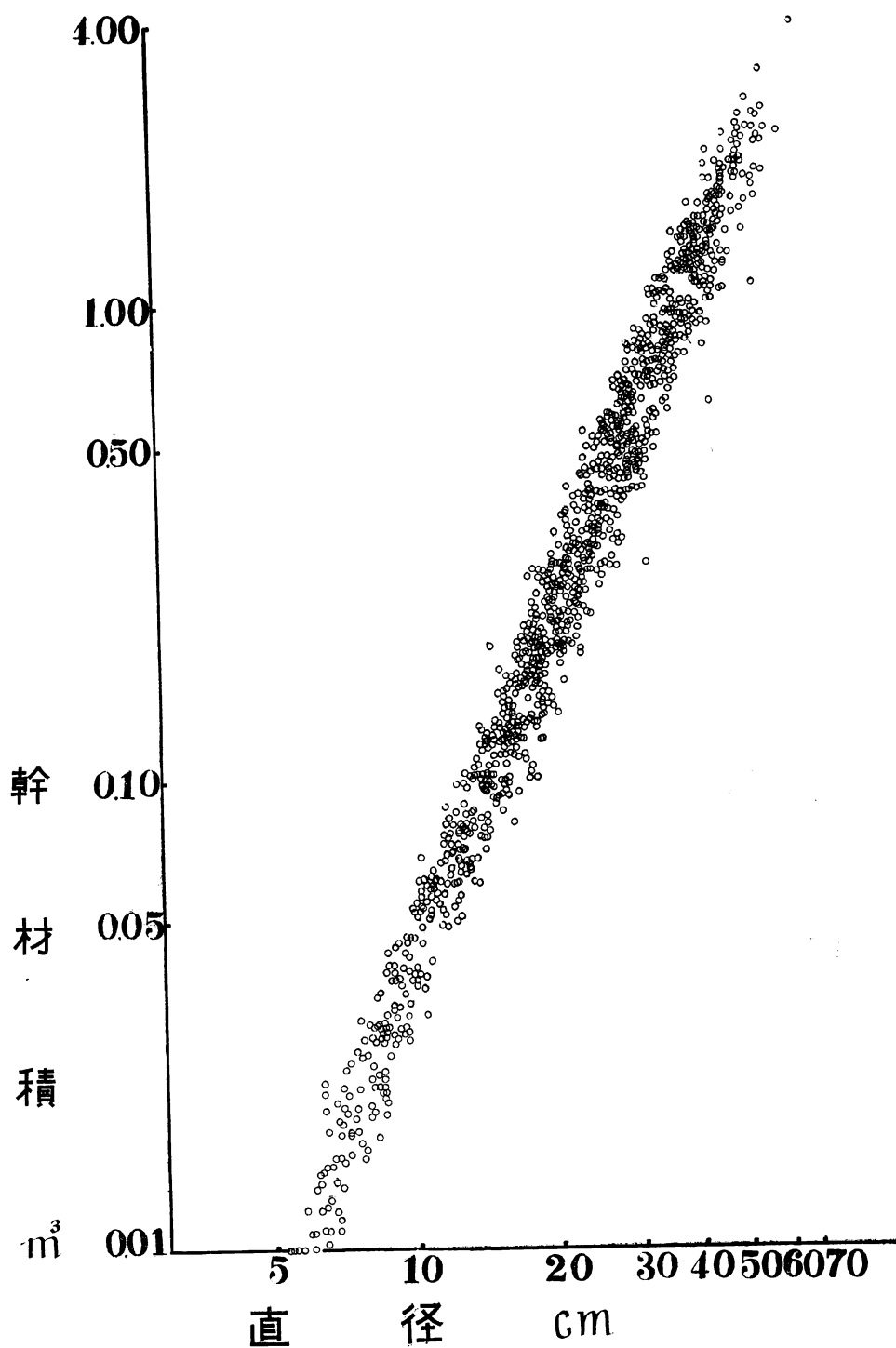
$$V \propto D^{b_1} H^{b_2}$$

なお種々の材積式について精度の比較、検討を行つて良い適合を示す材積式を採用すべきであるが、本材積表調製では時間的余裕もなかつたので山本博士が一般的材積表調製に使用されたところの

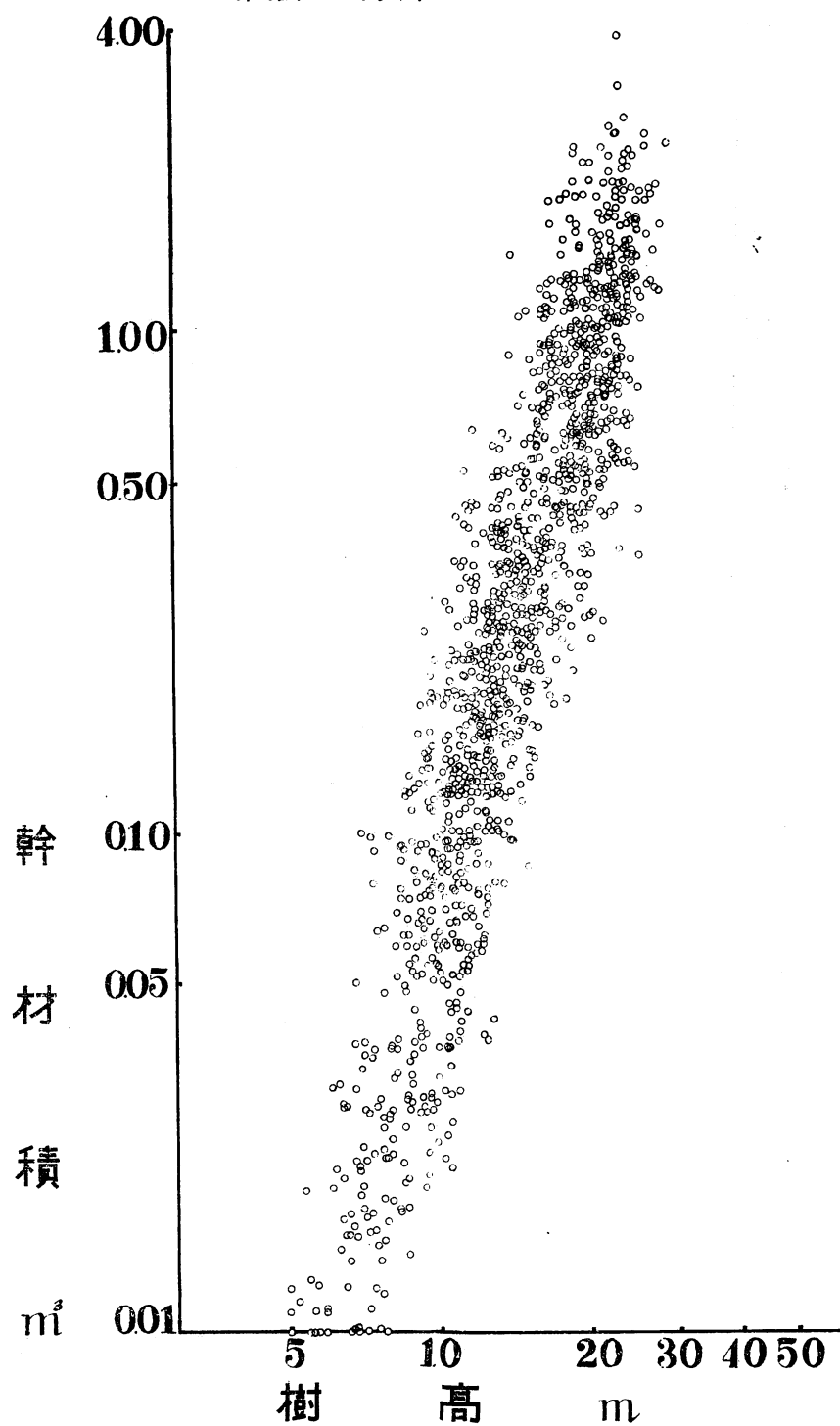
$$V = 10^a D^{b_1} H^{b_2}$$

を採用することとした。

第3図 直径对幹材積



第4図 樹高対幹材積



第4 資 料 の 吟 味

1. 吟 味 の 方 針

収集資料の中には測定や材積計算上の誤りやまた一般的傾向から著しくはずれた材積を有する異常資料を含んでおり、これらの影響により材積式に偏りが生ずるのを避けるため、棄却帯を計算して一般的傾向から著しくはずれるものは除外する。

2. 吟 味 の 方 法

異常資料の棄却は実験式を一次の式に変換し回帰平面からの変動を考慮して行うが、この場合の有意水準は調製要綱に基いて1%とした。

すなわち採用した材積式

$$V = 10^a D^{b_1} H^{b_2}$$

を一次式に変換するために両辺の対数をとれば

$$\log V = a + b_1 \log D + b_2 \log H$$

$$\text{今 } \log V = Y \quad \log D = X_1 \quad \log H = X_2$$

とすれば上式はつぎのように表わすことができる。

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

したがって棄却帯は次式であらわされる。

$$E_{YX_1 X_2} = t \left\{ S_{YX_1 X_2}^2 \left[1 - 1/n + ICI \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$ICI = \left\{ (X_1 - \bar{X}_1)(X_2 - \bar{X}_2) \right\} \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{12} & C_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 - \bar{X}_1 \\ X_2 - \bar{X}_2 \end{bmatrix}$$

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

$$\therefore E_{YX_1 X_2} = t \cdot S_{YX_1 X_2} \left\{ 1 - \left[1/n + C_{11} (X_1 - \bar{X}_1)^2 + C_{22} (X_2 - \bar{X}_2)^2 + 2C_{12} (X_1 - \bar{X}_1)(X_2 - \bar{X}_2) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

ただし C_{11} 、 C_{12} 、 C_{22} 、：ガウスのC乗数

n ：資料数

$\bar{X}_1$ $\bar{X}_2$ ： X_1 X_2 の平均値

t ：Studentのt分布の値

実験式 $Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2$ を適用し最小二乗法により常数を求める。胸高直径、樹高、材積の対数は6桁を使用し、材積の対数は便宜上 $V \times 100$ の対数を用いた。

$$C \text{ 乗 数 は } C_{11} = 0.046701$$

$$C_{12} = -0.060081$$

$$C_{22} = 0.107204$$

$$\text{回帰係数は } b_1 = 1.84094625$$

$$b_2 = 0.87439454$$

回帰からの偏差の分散および標準誤差

$$S_{Y X_1 X_2}^2 = 0.003476841394$$

$$S_{Y X_1 X_2} = 0.0589657$$

ゆえに棄却帯は

$$E_{Y X_1 X_2} = (2.57582) (0.058965) \left\{ 1 - \left[1/1.409 + (0.046701) (X_1 - 1.348123)^2 + 0.107204 (X_2 - \right. \right.$$

$$1.158241) + 2(-0.060081)(X_1 - 1.348123)(X_2 - 1.158241) \left. \right\}^{\frac{1}{2}}$$

上式によつて全資料について計算した結果、回帰からの偏差 $dy_{x_1 x_2} (= Y - \hat{Y})$ が $E_{y_{x_1 x_2}}$ を越えた場合この資料は回帰の一般的傾向からはずれた異常なものとして棄却する。この結果棄却された資料は7本である。

3. 吟味の結果

収集資料数1,409本中より異常資料として7本を除いた結果、1,402本を本材積表調製の資料とした。

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

第4表 棄 却 資 料 一 覧 表

直 径 D	樹 高 H	幹 材 積 V	同 対 数 $\log V(Y)$	計 算 値 $\log V'(\hat{Y})$	回帰からの偏差 $\log(V - V')$
6.4 ^{cm}	7.9 ^m	0.0226 ^m	0.354108	0.203253	0.150855
10.4	9.2	0.0673	0.828015	0.649272	0.178743
13.5	10.7	0.1377	1.138934	0.915210	0.223724
26.7	11.9	0.1685	1.226600	1.500821	- 0.274221
27.3	12.1	0.1550	1.190332	1.524919	- 0.334587
32.0	12.8	0.2765	1.441695	1.673277	- 0.231582
44.3	16.6	0.6069	1.783117	2.032035	- 0.248918

第5 材 積 式

1. 回 帰 式 の 計 算

棄却済資料1,402本を用いて材積式を計算すると次のとおりである。

第5表

直径階樹高階別本数表 (棄却後)

H m D 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	計
6	4	9	14	10	3		1																			41
8	1	4	16	12	13	12	4	1	2																	65
10		2	9	11	11	9	17	7																		66
12			1	2	13	14	15	7	6	2	1															61
14				6	8	14	16	12	10	5	3			1												75
16			3	3	7	16	23	14	16	8	5	3	2			1										101
18			2		7	8	9	11	19	6	11	4	3	2	1											83
20				4	6	7	15	16	10	10	7	4	1	2	4	1										87
22				1	3	9	6	15	11	11	9	2	5	1	6											79
24					3	3	7	14	6	10	7	2	3	7	2	2	3	3		1						73
26				1		4	5	7	8	9	7	6	6	4	8	3	2		1							71
28					1	1	5	6	13	6	5	1	7	7	6	6	2	7	5							78
30						1	4	5	2	8	5	7	10	19	11	5	4	5	2	2						90
32						2	2	5	2	2	4	1	4	5	9	5	3	5	3							52
34					1	1		3	4	1	4	5	9	10	9	5	5	7	1		1					66
36							1			2	6	6	4	4	8	5	8	4	4							52
38										1	3	4	4	7	6	4	2	5	2	2	1					41
40									1	2	2	3	6	5	2	6	4	4	5	7	1		2			50
42												4	1	2	5	5	9	4	5	2		1			38	
44									1		3	5	1	7	3	4	5	2	4	3		1			39	
46												2		2	3	4	3	1	3	3	1				22	
48								1	1	2		2	2		2	3	2	3	3	2	4				27	
50													1			2		1		1					5	
52														1	3	3	1	3		4	2	1			19	
54													1	1					1		1			1	4	
56										1		1		1		1		3	1						8	
58													1		1		2	2							6	
60															1										1	
62															1										1	
64																										
66																										
68																			1						1	
計	5	15	45	44	68	87	113	97	124	80	84	71	60	69	91	87	61	58	56	44	26	8	6	2	1	1.402

直 徑 階 樹 高 階 別 平 均

[illegible]

材 積 表 (棄 却 後)											
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0.1883		0.2422									
0.2054	0.1867										
0.2652	0.2734	0.2820	0.2630								
0.3165	0.3257	0.3726									
0.3481	0.3880	0.3771	0.4641	0.4146	0.3839		0.5330				
0.4472	0.4678	0.4741	0.4391	0.4980		0.5420					
0.4909	0.5159	0.5370	0.5464	0.6130	0.5928	0.6197					
0.5689	0.5750	0.6134	0.6278	0.6524	0.7218	0.7319	0.7400				
0.6704	0.6444	0.7075	0.7481	0.7762	0.7797	0.8346					
0.6917	0.7345	0.7770	0.8262	0.7563	0.9270	1.0620		1.0511			
0.7647	0.8438	0.8206	0.8607	0.9364	0.9825	1.0936					
0.8627	0.9172	0.8947	0.9217	1.0053	1.0707	1.2397	1.2827	1.1560			
1.0332	1.0661	1.0154	1.1345	1.1330	1.2002	1.2551	1.3216	1.2308		1.4085	
1.0789	1.1958	1.1215	1.3236	1.2257	1.2909	1.3511	1.4981		1.4270		
1.2299	1.2217	1.2634	1.1836	1.2414	1.5059	1.4780	1.5593		1.9415		
	1.4343	1.2210	1.3933	1.4381	1.9601	1.4771	1.2354	1.8130			
1.3830	1.3255		1.5224	1.7052	1.7306	1.9232	1.7601	1.7107	2.0020		
			1.6833		1.9637		1.6410				
1.4080	1.7767	1.9891	1.9855	2.0793		2.1617	2.4124	2.4638			2.3490
1.8319						2.6382		2.3240			
	1.6597		2.3112		2.0290	2.1586					
1.8692		2.1591		2.3813	2.7560						
	2.2944										
	2.2643										
					3.8404						

(1) 平方和 積和の計算

$n = 1.402$		X_1	X_2	Y
和		1.890.536903	1.624.585341	2.004.319674
平均		1.348457	1.158763	1.429615
X_1	1. $S X_1^2$ など	2.625.476382772191	2.233.464076139513	2.881.436496025582
	2. 補正項	2.549.307967376327	2.190.683689350247	2.702.739164840178
	3. $S x_1^2$ など	76.168415395864	42.780386789266	178.697331185404
	4. $\sqrt{S x_1^2}$ など	8.727452	50.3563595	180.7543282
	5. 相関係数		0.849552812	0.988619929
X_2	1. $S X_2^2$ など		1.915.800459123433	2.430.937318703007
	2. 補正項		1.882.508935052008	2.322.530928001640
	3. $S x_2^2$ など		33.291524071425	108.406390701367
	4. $\sqrt{S x_2^2}$ など		5.769881	119.5000516
	5. 相関係数			0.907166057
Y	1. $S Y^2$			3.294.350542312694
	2. 補正項			2.865.404675879790
	3. $S y^2$			428.945866432904
	4. $\sqrt{S y^2}$			20.711008

(2) 回帰係数の計算

(1)の数値を用いて簡略Doolittle法で回帰係数を計算する。

	b_1	b_2	G	計	check	
I	1)	76.168415395864	42.780386789266	178.697331185404	297.646133370534	178.697331185404
	2)		33.291524071425	108.406390701367	184.478301562058	108.406390701367
II	3)	76.168415395864	42.780386789266	178.697331185404	297.646133370534	297.646133370534
	4)	1	0.56165520	2.34608178	3.90773698	3.90773698
III	5)		9.26369737	8.04010471	17.30380208	17.30380208
	6)		1	0.86791530	1.86791530	1.86791530
8)	7) を 4) に代入		$b_1 = 1.85861264$			
7)			$b_2 = 0.86791530$			

すなわち回帰係数は

$$b_1 = 1.85861264$$

$$b_2 = 0.86791530$$

回帰常数は

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

$$= -2.082352$$

ゆえに回帰方程式は

$$\hat{Y} = -2.082352 + 1.858613X_1 + 0.867915X_2$$

2. 標準誤差 重相関係数 偏相関係数

回帰に帰因する平方和

$$\begin{aligned} S\hat{y}^2 &= b_1 Sx_1 y + b_2 Sx_2 y \\ &= 426.21668361 \end{aligned}$$

回帰からの偏差平方和

$$\begin{aligned} Sdyx_1 x_2^2 &= Sy^2 - S\hat{y}^2 \\ &= 2.72918282 \end{aligned}$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$\begin{aligned} Syx_1 x_2^2 &= Sdyx_1 x_2^2 / n - 3 \\ &= 0.001950809735 \end{aligned}$$

$$Syx_1 x_2 = 0.04416797$$

重相関係数

$$\begin{aligned} R^2 &= S\hat{y}^2 / Sy^2 \\ &= 0.993637465672 \\ R &= 0.996814 \end{aligned}$$

偏相関係数

$$\begin{aligned} r_{yx_1 x_2} &= \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2}^2)(1 - r_{x_1 x_2}^2)}} \\ &= 0.98186738 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{yx_2 x_1} &= \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_1}^2)(1 - r_{x_1 x_2}^2)}} \\ &= 0.84785212 \end{aligned}$$

3. 有意性の検定

(1) 回帰係数の有意検定

前節(2)で計算された回帰係数 $b_1 = 1.85861264$ $b_2 = 0.86791530$ について $b_1 = 0$ $b_2 = 0$ という仮設をたてて有意性を検定する。 b_1 、 b_2 の標準偏差をそれぞれ Sb_1 、 Sb_2 とすると

$$\begin{aligned} Sb_1 &= Syx_1 x_2 \sqrt{C_{11}} \\ &= 0.00959389 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Sb_2 &= Syx_1 x_2 \sqrt{C_{22}} \\ &= 0.01451160 \end{aligned}$$

ゆえに b_1 については

$$\begin{aligned} tb_1 &= b_1 / Sb_1 \\ &= 193.72878363 \end{aligned}$$

b_2 については

$$\begin{aligned} tb_2 &= b_2 / Sb_2 \\ &= 59.80838088 \end{aligned}$$

ゆえにこの tb_1 、 tb_2 の値は t 表の1%の値と比較して著しく大であるので、99%の確率で回帰係数が0であるという仮説を捨てる。すなわち回帰係数はきわめて有意である。

(2) 回帰式の有意検定

これは重回帰全体としての有意性を検定することであつて、それには回帰による平均平方が回帰によつては説明のつかない項の平均平方（測定誤差がないとすれば各樹木の形状その他の原因によるもの）比べて大きいかどうかを F を使って検定する。

変 動 因	自由度	平 方 和	平 均 平 方
回 帰	2	426.21668361	213.10834181
推定の誤差	1.399	2.72918282	0.0019508097

$$F = 213.10834181 / 0.0019508097$$

$$= 109.240.9689^{**} \quad \text{d.f. 2及び1.399}$$

この結果重相関係数はきわめて有意でありしたがって重回帰はきわめて有意である。

(3) 偏相関係数の有意検定

偏相関係数 $ry_{x_1 x_2} = 0.98186738$ $ry_{x_2 x_1} = 0.84785212$ に対してこのいずれも0であるという仮説をたてて検定を行う。これには計算値と相関係数表の値と比較する。

$$ry_{x_1 x_2} = 0.98186738^{**} 0.096$$

$$ry_{x_2 x_1} = 0.84785212^{**} 0.096 \quad df = 1.399$$

いずれも著しく有意であり $P = 0$ の仮説は捨てられる。

4. 10cm直径級毎の回帰係数の差の検定

樹高または直径に対する材積の関係を知るため、これを対数方眼紙にプロットした場合、樹高対材積、直径対材積が直線関係を示すのはある限られた範囲についていえるもので、したがって材積式も直径級別に求める必要がある。

ここでは調製要綱に基き資料を10cm直径級、すなわち、6～10cm 12～20cm 22～30cm 32～40cm 42cm～（52cm以上は資料数が少いので前の直径級と一括して42cm以上とした）の5 Classに分けて、各直径級の材積式を求め、この間の差の統計的検定を行い、差のなかつた直径級を一括して材積式を推定することとした。

(1) 10cm直径級別相関係数 回帰係数

各直径級別相関係数は次表のとおりである。

第7表の1 相 関 係 数

直径級	$rx_1 x_2$	$rx_1 y$	$rx_2 y$
6～10	0.56494500	0.93520115	0.77949364
12～20	0.40813696	0.89996481	0.71696383
22～30	0.40190213	0.81589446	0.78354936
32～40	0.29496848	0.72798942	0.75538505
42～	0.05600098	0.77869357	0.51009444
6～	0.84955281	0.98861993	0.90716606

簡略Doolittle法で計算した各直径級別回帰係数は次表のとおりである。

第7表の2 回 帰 係 数

直径級	b_1	b_2
6~10	1.93362646	0.85602707
12~20	1.83357315	0.89401041
22~30	1.84073284	0.85926603
32~40	1.87765448	0.87625526
42~	2.03479946	0.89541275
6~	1.85861264	0.86791530

(2) 10cm直径級別回帰に帰因する平方和など

第8表

直径級	$S\hat{y}_2$	$Sdy_{x_1 x_2^2}$	$Sy_{x_1 x_2^2}$	R
6~10	8.20089581	0.27765770	0.00164294	0.983490
12~20	13.85507555	0.62811804	0.00155475	0.978075
22~30	8.37444212	0.79513222	0.00204931	0.955660
32~40	3.09658532	0.54591033	0.00211593	0.922024
42~	2.04574975	0.43497567	0.00258914	0.908107
6~	426.21668361	2.72918282	0.00195081	0.996814

(3) 全直径級を一括した場合の回帰係数間の差の検定

イ、分散の一様性の検定

回帰係数間の差の検定には各直径級間の分散が一樣であるという前提が必要であるので、3つ以上の分散の比較に用いられるところのバートレットの検定法により検定する。

第 9 表

直径級	$Sdy_{x_1 x_2^2}$	n	$\frac{fr}{n-3}$	$Sy_{x_1 x_2^2}$	$\log Sy_{x_1 x_2^2}$
6~10	0.27765770	172	169	0.00164294	-2.784378
12~20	0.62811804	407	404	0.00155475	-2.808339
22~30	0.79513222	391	388	0.00204931	-2.688392
32~40	0.54591033	261	258	0.00211593	-2.674499
42~	0.43497567	171	168	0.00258914	-2.586844
	(g^2) 2.68179396	1.402	1.387		

直径級	$fr \log S y_{x_1 x_2^2}$	$1/fr$
6~10	- 470.559882	0.00591716
12~20	-1.134.568956	0.00247525
22~30	-1.043.096096	0.00257732
32~40	- 690.020742	0.00387597
42~	- 434.589792	0.00595238
	$(\sum fr \log S y_{x_1 x_2^2})$ -3.772.835468	$(\sum 1/fr)$ 0.02079808

$$S^2 = g^2 / f = 2.68179396 / 1.387 = 0.00193352$$

$$\begin{aligned}
 \log S^2 f &= 3.2863487 \times 1.387 = (-2.7136513) \times 1.387 \\
 &= -3.763.834353/ \\
 \chi^2 &= \frac{1}{0.4329} \left[-3.763.8343531 + 3.772.835468 \right] \\
 &= 2.3026 \quad (9.0011149) \\
 &= 20.72596717
 \end{aligned}$$

補正項

$$\begin{aligned}
 C &= 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left(\sum \frac{1}{fr} - \frac{1}{f} \right) \\
 &= 1 + 1/3(4) \left[0.02079808 - 0.00072098 \right] \\
 &= 1 + 0.00167309 \\
 &= 1.00167309
 \end{aligned}$$

補正された

$$\begin{aligned}
 \chi^2 &= 20.72596717 / 1.00167309 \\
 &= 20.69134868
 \end{aligned}$$

χ^2 表の自由度4でこの値に相当するP (χ^2) は0.01より小さいから分散が一様であるという仮設は捨てられる。ゆえに分散が一様でないので全径級一括することはできない。

(4) 12cm～の直径級を一括した場合

イ、分散の一様性の検定

$$\chi^2 = 18.34131471$$

補正項 $C = 1.00156221$ 補正された $\chi^2 = 18.31270642^{**}$ 有意差あり

(5) 22cm～の直径級を一括した場合

イ、分散の一様性の検定

$$\chi^2 = 3.47340440$$

補正項 $C = 1.00186286$ 補正された $\chi^2 = 3.46694597$ 有意差なし

補正された $\chi^2 = 3.46694597$ で χ^2 表の自由度 $3-1=2$ でこの値に相当するP (χ^2) = 0.10であるから分散が一様であるという仮設は捨てられない。

ロ、回帰係数間の差の検定

$$\begin{array}{ll}
 \sum_{i=1}^3 (Sx_1^2) = 1.621704853232 & \sum_{i=1}^3 (Sx_1 y) = 3.924223127534 \\
 \sum_{i=1}^3 (Sx_2^2) = 6.008485813333 & \sum_{i=1}^3 (Sx_2 y) = 7.064574963244 \\
 \sum_{i=1}^3 (Sx_1 x_2) = 0.997332686754 & \sum_{i=1}^3 (Sy^2) = 15.292795416795
 \end{array}$$

この値を用いて簡略 Doolittle法で回帰係数を計算すると

$$b_1 = 1.88962240$$

$$b_2 = 0.86211284$$

第10表の1 予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和
回 帰	6	13.51677719
誤 差	814	1.77601822
計	820	15.29279541

第10表の2 完成した分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方
全 回 帰	2	13.50576071	
回帰間差	4	0.01101648	0.00275412
回 帰 計	6	13.51677719	
誤 差	814	1.77601822	0.00218184
計	820	15.29279541	

$$F=0.00275412/0.00218184 \quad df. 4, 814$$

$$=1.262 < F_{0.05}=2.38 \quad \text{有意差なし}$$

ハ、回帰平面間の高さの差の検定

回帰係数間に有意差のないことが認められたので回帰平面間の高さに差があるかどうかを検定するため回帰平面間の高さの差の検定を行つた。3つの直径級の資料を込みにした回帰係数を求めると

$$b_1 \hat{\sigma} = 1.88253146 \quad S\hat{\sigma}^2 = 58.81752507$$

$$b_2 \hat{\sigma} = 0.86317431 \quad S\bar{y}^2 = 60.60528179$$

$$S_{dyx_1 x_2}^2 = 1.78775672$$

第11表の1 予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和
回 帰	2	58.81752507
回帰間差	4	0.01101649
誤 差	816	1.77674023
計	822	60.60528179

	自由度	平方和
誤 差	816	1.77674023
原因不明	814	1.77601822
平面間差	2	0.00072201

第11表の2 完成した分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方
回 帰	2	58.81752507	
回帰間差	4	0.01101649	
平面間差	2	0.00072201	0.00036101
原因不明	814	1.77601822	0.00218184
計	822	60.60528179	

$$F=0.00036101/0.00218184 \quad d.f. 2, 814$$

$$=0.165 < F_{0.05}=3.00 \quad \text{有意差なし}$$

回帰係数間および回帰平面間の高さに差のないことが認められたので、この直径級は同一推定式によつて幹材積の推定を行つてよいことがわかつた。

(6) 6～20cmの直径級を一括した場合

イ、分散の一様性の検定

$$\chi^2 = 0.18203435$$

補正項 $C = 1.00221574$

補正された $\chi^2 = 0.18163190$ 有意差なし

補正された $\chi^2 = 0.18163$ で χ^2 表の自由度 $2 - 1 = 1$ でこの値に相当する $P(\chi^2)$ は 0.50 であるから分散が一様であるという仮説は捨てられない。

ロ、回帰係数間の差の検定

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^2 (Sx_1^2) &= 3.485595578773 & \sum_{i=1}^2 (Sx_1 y) &= 8.160731372045 \\ \sum_{i=1}^2 (Sx_2^2) &= 4.764043062386 & \sum_{i=1}^2 (Sx_2 y) &= 7.721003421546 \\ \sum_{i=1}^2 (Sx_1 x_2) &= 1.878342128474 & \sum_{i=1}^2 (Sy^2) &= 22.961747107755 \end{aligned}$$

この値を用いて簡略 Doolittle法で回帰係数を計算すると

$$b_1' = 1.86393835$$

$$b_2' = 0.88577904$$

第12表の 1 予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和
回 帰	4	22.05597137
誤 差	573	0.90577574
計	577	22.96174711

第12表の 2 完成した分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方
全 回 帰	2	22.05020316	
回帰間差	2	0.00576821	0.00288411
回 帰 計	4	22.05597137	
誤 差	573	0.90577574	0.00158076
計	579	22.96174711	

$$F = 0.00288411 / 0.00158076 \quad d.f. \quad 2, 573$$

$$= 1.8245 < F_{0.05} = 3.00 \quad \text{有意差なし}$$

ハ、回帰平面間の高さの差の検定

$$b_1' = 1.88120580 \quad Sy^2 = 79.67180395$$

$$b_2' = 0.88548588 \quad Sy^2 = 80.58470869$$

$$S_{dyx_1 x_2}^2 = 0.91290474$$

第13表の1 予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和
回 帰	2	79.67180395
回帰間差	2	0.00576821
誤 差	574	0.90713653
計	578	80.58470869

	自由度	平方和
誤 差	574	0.90713653
原因不明	573	0.90577574
平面間差	1	0.00136079

第13表の2 完成した分散分析表

変動因	自由度	平方和	平均平方
回 帰	2	79.67180395	
回帰間差	2	0.00576821	
平面間差	1	0.00136079	0.00136079
原因不明	573	0.90577574	0.00158076
計	578	80.58470869	

$$F = 0.00136079 / 0.00158076$$

$$d.f. 1, 573$$

$$= 0.861 < F_{0.05} = 3.85$$

有意差なし

この結果同一推定式によつて幹材積の推定を行つてよいことがわかつた。

(7) 上記と同様の方法により直径級の種々の組合せに基づく Class について分散の一樣性を検定した結果次表のとおりであつて、いずれも分散は異つてゐる。

第 1 4 表

直径級	$\sum X^2$	補 正 項 C	補正された $\sum X^2$	P ($\sum X^2$)
6~40	11.44368852	1.00155837	11.42588276	0.01 = 11.341
6~30	8.08915469	1.00165486	8.07579039	0.02 = 7.824
12~40	10.20530511	1.00132936	10.19175660	0.01 = 9.210
12~30	7.53624632	1.00126331	7.52673771	0.01 = 6.635

以上の検定の結果を取纏めると次表のとおりである。

第 1 5 表

直径範囲	本 数	修正 $\sum X^2$	回 帰 係 数 間 の 差 の 検 定				
			平均された回帰係数		回帰間分散	誤差分散	F
			b_1	b_2			
6~	1.402	20.6913**					
12~	1.230	18.3127**					
22~	823	3.4669	1.88962240	0.86211284	0.00275412	0.00218184	1.262
6~20	579	0.1816	1.86393835	0.88577904	0.00288411	0.00158076	1.825
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	原因不明	F
			b_1	b_2			
			1.88253146	0.86317431	0.00036101	0.00218184	0.165
			1.88120580	0.88548588	0.00136079	0.00158076	0.861

以上の検定の結果材積式は6～20cm、22cm～の直径級がそれぞれ同一の推定式を用いて幹材積を推定してよいことがわかった。各直径級の回帰係数はそれぞれ b_1 、 b_2 を用いるが、回帰常数を求めると

$$6 \sim 20 \text{ cm} \quad a = -2.12272173$$

$$22 \sim \quad a = -2.11458714$$

ゆえに材積式は次のようになる。

直径級	材 積 式
6～20	$\hat{Y} = 1.881206 X_1 + 0.885486 X_2 - 2.122722$
22～	$\hat{Y} = 1.8825315 X_1 + 0.8631743 X_2 - 2.1145871$

第6 地域間の差の検定

第1の2、適用地域の決定において、霧島地方アカマツについては別途に地域的材積表の調製を行う旨のべたが、ここではこれが決定の根拠についてのべる。

ここで云うところの霧島アカマツとは、霧島団地一帯に成立する天然生、人工林等のアカマツのすべてを指し、大別して一つは材質等利用面からみた所謂「霧島アカマツ」と呼ばれているところのもので、殆んど胸高直径40cm以上、90cm位までの間に分布する老令天然生大径木であつて、外部形態上の特性としては、幹形著しく完満通直である。いま一つは成立原因の如何にかかわらず現在人工林として取扱われ、利用径級に達する伐期35年位でで施業されているところの、小中径級木である。資料では胸高直径40cm位が両者の分布界をなしている。

また一方、本表の一般アカマツについては資料が6cm以上60cm位まで限られていたので（将来大径級の資料を追加して表の補正を行わねばならない。）斯様に資料の分布範囲が明らかに喰違つているところの両地域間の差を検討することは、いささか不合理と考えられる点もあるが、一応それぞれの全資料について分散の一樣性を検定した結果を挙げると次のとおりである。

樹 種	直 径 級	$Sy_{x_1 x_2}^2$
ア カ マ ツ	6～ (60)	0.00195081
霧島アカマツ	6～ (90)	0.00232986

$F = 1.1943$

有意差あり

次いで霧島アカマツのなかでも人工林をもつて代表されるところの小中径級木対一般アカマツとの検定を行つたが、結果は次のとおりである。

樹 程	直 径 級	$Sy_{x_1 x_2}^2$
ア カ マ ツ	6～ (60)	0.00195081
霧島アカマツ	6～ 40	0.00192470

$F = 1.0135$

有意差あり

以上いずれも分散が一樣でなく、地域間に差のあることが判つたが、なお霧島アカマツの利用価値上の優位な点など考慮して霧島アカマツについてはより精度の高い適合をなす地域的材積表調製の必要が認められた。

第7 材積式の決定

本材積式の計算はすべて対数法で計算されたために、これによる誤差が含まれているからこの点を修正したうえで最終的な材積式が決定されなければならない。

1. 修正係数の計算

修正係数は次式で表わされる。

$$f = 10^{\frac{n-1}{n} \cdot \frac{1}{2} (\log e 10) s^2}$$

$$= 10^{\frac{n-1}{n} (1.151293) s^2 \log y}$$

ただし f = 修正係数 s^2 = 分散

ゆえに直径級別の修正係数は次のとおりである。

第 1 6 表

直径級	(標準誤差) ²	$n-1/n$	$\frac{n-1/n}{(\text{標準誤差})^2} \times 1.151293$	修正係数
6~20	0.00158490	0.99827288	0.00182153	1.00421
22~	0.00218019	0.99878493	0.00250699	1.00579

2. 材積式の決定

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

直径級	材 積 式
6~20	$\log v = 5.879100 + 1.881206 \log d + 0.885486 \log h$
22~	$\log v = 5.8879199 + 1.8825315 \log d + 0.8631743 \log h$

ただし v = 幹材積 (m³)

d = 胸高直径 (cm)

h = 樹 高 (m)

第8 材積表の適合度

材積表の適合度は調製要綱に基き推定材積の誤差率によつてあらわす。材積式の標準誤差は対数によつてあらわされるが、材積表の標準誤差は真数で表わした材積について計算しなければならない。

いま $\log V = X$ $V = 10^X$ とすると

真数材積の誤差を ϵ V とすれば

$$\log (V + \epsilon V) = X + \epsilon$$

ゆえに $V + \epsilon V = 10^{X + \epsilon}$

$$\epsilon V = 10^{X + \epsilon} - V$$

$$= 10^{X + \epsilon} - 10^X$$

$$= 10^X (10^{\epsilon} - 1)$$

対数による標準誤差をSで表わせば材積表の百分率標準誤差SV (%)は

$$\begin{aligned}SV(\%) &= 10^x (10^s - 1) 100/10^x \\ &= 100 (10^s - 1)\end{aligned}$$

10^s を展開すれば

$$\begin{aligned}10^s &= 10^0 + \frac{S}{1} 10^0 \log_e 10 + \dots\dots\dots \\ \therefore SV(\%) &= 1 + S \cdot 2.3026 - 1) 100 \\ &= 230.26 (S)\end{aligned}$$

すなわち対数式の標準誤差を236.26倍すれば百分率標準誤差が得られる。しかるにこれは単木の誤差率であるから、上式を本数の平方根で除して材積表の誤差率を求める。計算の結束は次表のとおりである。

直径級	本 数	百分率標準誤差	95%信頼度標準誤差
6~20	579	0.381 (%)	0.75 (%)
22~	823	0.375	0.74

第9 材 積 表 使 用 上 の 注 意

- 1、本材積表は熊本営林局管内の霧島アカマツ材積表適用外の地域のアカマツに適用するものである。ただし同地域内のクロマツにもこれを準用する。
- 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ものである。
- 3、本表の幹材積は第7、2の材積式により直接計算したものである。したがって本表掲記以外の胸高直径、樹高を有するものの材積はこの材積式により求めること。
- 4、直径級別材積式で材積を計算した結果、直径階の境で推定値が前後と不均衡となつた値は三点平均により修正した。

第10 結 言

本材積表は熊本営林局管内全域に分布する一般アカマツを対象として推測統計法を利用し、調製要綱に基いて調製したものである。したがって本表と、地域的材積表として調製した霧島アカマツ材積表が、旧マツ材積表に代るものである。

本表は利用上からも各径級について充分適合するものと思われるが、ただ42cm以上の径級は他径級に比較して資料数が少なすぎるきらいがあるので、将来資料の整備をまつて改訂すべきと思う。

- 1、資料は対象地域から収集したアカマツ1,409本を用い、材積式は $V = 10^a \cdot D b_1 \cdot H b_2$ を使用した。
- 2、霧島地方アカマツとは検定の結果、同一にできないことが判明した。また直径級間の検定の結果は全径級を一括できずに2つの直径範囲毎の推定式に分れた。

第11 アカマツ材積表

[illegible]

24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
0.164	0.191	0.220	0.250						
0.184	0.214	0.247	0.281						
0.204	0.237	0.273	0.311	0.351	0.393	0.438	0.485	0.534	
0.224	0.260	0.299	0.340	0.384	0.431	0.480	0.531	0.585	
0.243	0.282	0.325	0.370	0.417	0.468	0.521	0.577	0.635	0.696
0.262	0.304	0.350	0.398	0.450	0.504	0.561	0.622	0.685	0.750
0.280	0.326	0.375	0.427	0.482	0.540	0.602	0.666	0.734	0.804
0.299	0.348	0.400	0.455	0.514	0.576	0.641	0.710	0.782	0.857
0.317	0.369	0.424	0.483	0.545	0.611	0.681	0.754	0.830	0.910
0.335	0.390	0.448	0.511	0.577	0.646	0.720	0.797	0.877	0.962
0.353	0.411	0.472	0.538	0.607	0.681	0.758	0.840	0.925	1.014
0.371	0.432	0.496	0.565	0.638	0.715	0.797	0.882	0.971	1.065
0.389	0.452	0.520	0.592	0.669	0.750	0.835	0.924	1.018	1.116
0.407	0.473	0.544	0.619	0.699	0.783	0.872	0.966	1.064	1.166
0.424	0.493	0.567	0.646	0.729	0.817	0.910	1.007	1.110	1.216
0.442	0.513	0.590	0.672	0.759	0.851	0.947	1.049	1.155	1.266
0.459	0.533	0.613	0.698	0.789	0.884	0.984	1.090	1.200	1.316
0.476	0.553	0.636	0.725	0.818	0.917	1.021	1.131	1.245	1.365
0.493	0.573	0.659	0.750	0.847	0.950	1.058	1.171	1.290	1.414
0.510	0.593	0.682	0.776	0.877	0.983	1.094	1.211	1.334	1.463
0.527	0.613	0.704	0.802	0.906	1.015	1.130	1.252	1.378	1.511
0.544	0.632	0.727	0.828	0.934	1.047	1.166	1.291	1.422	1.559
0.560	0.652	0.749	0.853	0.963	1.080	1.202	1.331	1.466	1.607
0.577	0.671	0.771	0.878	0.992	1.112	1.238	1.371	1.510	1.655
			0.904	1.020	1.144	1.274	1.410	1.553	1.702
			0.929	1.050	1.175	1.309	1.449	1.596	1.750
			0.954	1.078	1.207	1.344	1.488	1.639	1.797
			0.979	1.105	1.240	1.379	1.527	1.682	1.844
			1.000	1.133	1.270	1.414	1.566	1.724	1.890

$\begin{array}{c} D\text{ cm} \\ H\text{ m} \end{array}$	44	46	48	50	52	54	56	58	60
11	0.760	0.826	0.895	0.967					
12	0.819	0.891	0.965	1.042					
13	0.878	0.954	1.034	1.116	1.202	1.290	1.382	1.476	1.574
14	0.936	1.017	1.102	1.190	1.281	1.376	1.473	1.574	1.678
15	0.993	1.080	1.170	1.263	1.360	1.460	1.564	1.670	1.780
16	1.050	1.142	1.237	1.336	1.438	1.544	1.653	1.766	1.882
17	1.106	1.203	1.303	1.407	1.515	1.627	1.742	1.861	1.984
18	1.162	1.264	1.369	1.478	1.592	1.709	1.830	1.955	2.084
19	1.218	1.324	1.435	1.549	1.668	1.791	1.918	2.048	2.183
20	1.273	1.384	1.499	1.619	1.743	1.872	2.004	2.141	2.282
21	1.328	1.444	1.564	1.689	1.818	1.952	2.091	2.233	2.380
22	1.382	1.503	1.628	1.758	1.893	2.032	2.176	2.325	2.478
23	1.436	1.561	1.629	1.827	1.967	2.112	2.261	2.416	2.575
24	1.490	1.620	1.755	1.895	2.040	2.191	2.346	2.506	2.671
25	1.543	1.678	1.818	1.963	2.114	2.269	2.430	2.596	2.767
26	1.596	1.736	1.881	2.031	2.186	2.347	2.514	2.685	2.862
27	1.649	1.793	1.943	2.098	2.259	2.425	2.597	2.774	2.957
28	1.702	1.850	2.005	2.165	2.331	2.502	2.680	2.863	3.051
29	1.754	1.907	2.066	2.232	2.403	2.579	2.762	2.951	3.145
30	1.806	1.964	2.128	2.298	2.474	2.656	2.844	3.038	3.239
31	1.858	2.020	2.189	2.364	2.545	2.732	2.926	3.126	3.332
32	1.910	2.076	2.250	2.429	2.616	2.808	3.007	3.212	3.424
33	1.961	2.132	2.310	2.495	2.686	2.884	3.088	3.299	3.516
34	2.012	2.188	2.371	2.560	2.756	2.959	3.169	3.385	3.608
35	2.063	2.243	2.431	2.625	2.826	3.034	3.249	3.471	3.700
36	2.114	2.299	2.490	2.689	2.895	3.109	3.329	3.556	3.791
37	2.165	2.354	2.550	2.754	2.965	3.183	3.409	3.641	3.881
38	2.215	2.409	2.609	2.818	3.034	3.257	3.488	3.726	3.972
39	2.265	2.463	2.669	2.882	3.103	3.331	3.567	3.811	4.062
40	2.315	2.518	2.928	2.945	3.171	3.405	3.646	3.895	4.152
41					3.239	3.478	3.724	3.979	4.241
42					3.308	3.551	3.803	4.062	4.330
43					3.375	3.624	3.881	4.146	4.419
44					3.443	3.697	3.958	4.229	4.508
45					3.510	3.769	4.036	4.312	4.596

62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
1.894	2.010	2.130	2.253	2.380	2.509	2.642	2.778	2.918	3.066
2.002	2.126	2.252	2.383	2.516	2.653	2.794	2.938	3.085	3.235
2.110	2.240	2.373	2.511	2.651	2.796	2.944	3.095	3.250	3.409
2.217	2.353	2.493	2.638	2.785	2.937	3.093	3.252	3.415	3.582
2.322	2.466	2.613	2.764	2.919	3.078	3.240	3.407	3.578	3.753
2.428	2.577	2.731	2.889	3.051	3.217	3.387	3.561	3.740	3.923
2.532	2.688	2.848	3.013	3.182	3.355	3.533	3.715	3.901	4.091
2.636	2.798	2.965	3.136	3.312	3.493	3.678	3.867	4.061	4.259
2.739	2.908	3.081	3.259	3.442	3.629	3.821	4.018	4.220	4.425
2.841	3.016	3.196	3.381	3.571	3.765	3.964	4.168	4.377	4.591
2.943	3.125	3.311	3.502	3.699	3.900	4.107	4.318	4.534	4.756
3.045	3.232	3.425	3.623	3.826	4.034	4.248	4.467	4.691	4.919
3.145	3.339	3.538	3.743	3.953	4.168	4.389	4.615	4.846	5.082
3.246	3.446	3.651	3.862	4.079	4.301	4.529	4.762	5.000	5.244
3.346	3.552	3.763	3.981	4.204	4.433	4.668	4.908	5.154	5.406
3.445	3.657	3.875	4.099	4.329	4.565	4.806	5.054	5.307	5.566
3.544	3.762	3.986	4.217	4.453	4.696	4.944	5.199	5.460	5.726
3.642	3.867	4.097	4.334	4.577	4.826	5.082	5.343	5.611	5.885
3.740	3.971	4.207	4.451	4.700	4.956	5.219	5.487	5.762	6.044
3.838	4.074	4.317	4.567	4.823	5.086	5.355	5.631	5.913	6.201
3.935	4.177	4.427	4.683	4.945	5.214	5.490	5.773	6.062	6.358
4.032	4.280	4.536	4.798	5.067	5.343	5.626	5.915	6.212	6.515
4.128	4.383	4.644	4.913	5.188	5.471	5.760	6.057	6.360	6.671
4.225	4.485	4.752	5.027	5.309	5.598	5.894	6.198	6.508	6.826
4.320	4.587	4.860	5.141	5.429	5.725	6.028	6.338	6.656	6.981
4.416	4.688	4.967	5.255	5.549	5.851	6.161	6.478	6.803	7.135
4.511	4.789	5.074	5.368	5.669	5.978	6.294	6.618	6.950	7.289
4.606	4.889	5.181	5.481	5.788	6.103	6.426	6.757	7.096	7.442
4.700	4.990	5.287	5.593	5.907	6.228	6.558	6.896	7.241	7.595
4.794	5.090	5.393	5.705	6.025	6.353	6.690	7.034	7.386	7.747
4.888	5.189	5.499	5.817	6.143	6.478	6.821	7.172	7.531	7.899

$\begin{matrix} D\text{ cm} \\ H\text{ m} \end{matrix}$	82	84	86	88	90	92	94	96	98
15	3.206	3.354	3.506	3.661	3.820	3.981	4.145	4.313	4.484
16	3.389	3.547	3.707	3.871	4.038	4.209	4.383	4.560	4.741
17	3.571	3.737	3.906	4.079	4.255	4.435	4.618	4.805	4.995
18	3.752	3.926	4.104	4.285	4.471	4.659	4.852	5.048	5.248
19	3.931	4.114	4.300	4.490	4.684	4.882	5.084	5.289	5.499
20	4.109	4.300	4.495	4.693	4.896	5.103	5.314	5.529	5.748
21	4.286	4.485	4.688	4.895	5.107	5.323	5.542	5.767	5.995
22	4.462	4.669	4.880	5.096	5.316	5.541	5.770	6.003	6.240
23	4.636	4.851	5.071	5.295	5.524	5.757	5.995	6.238	6.485
24	4.810	5.033	5.261	5.493	5.731	5.973	6.220	6.471	6.727
25	4.982	5.213	5.449	5.690	5.936	6.187	6.443	6.703	6.968
26	5.154	5.393	5.637	5.886	6.141	6.400	6.664	6.934	7.208
27	5.324	5.571	5.824	6.081	6.344	6.612	6.885	7.164	7.447
28	5.494	5.749	6.009	6.275	6.546	6.823	7.105	7.392	7.685
29	5.663	5.926	6.194	6.468	6.748	7.033	7.323	7.619	7.921
30	5.831	6.102	6.378	6.660	6.948	7.241	7.541	7.846	8.156
31	5.998	6.277	6.561	6.851	7.147	7.449	7.757	8.071	8.390
32	6.165	6.451	6.743	7.042	7.346	7.656	7.973	8.295	8.623
33	6.331	6.625	6.925	7.231	7.544	7.862	8.187	8.518	8.855
34	6.496	6.798	7.106	7.420	7.741	8.068	8.401	8.741	9.087
35	6.661	6.970	7.286	7.608	7.937	8.272	8.614	8.962	9.317
36	6.825	7.142	7.465	7.795	8.132	8.476	8.826	9.183	9.546
37	6.988	7.313	7.644	7.982	8.327	8.679	9.037	9.402	9.775
38	7.151	7.483	7.822	8.168	8.521	8.881	9.248	9.621	10.002
39	7.313	7.653	7.999	8.353	8.714	9.082	9.457	9.840	10.229
40	7.475	7.822	8.176	8.537	8.906	9.283	9.666	10.057	10.455
41	7.636	7.990	8.352	8.721	9.098	9.483	9.874	10.274	10.680
42	7.796	8.158	8.528	8.905	9.290	9.682	10.082	10.490	10.905
43	7.956	8.325	8.703	9.087	9.480	9.881	10.289	10.705	11.128
44	8.116	8.492	8.877	9.270	9.670	10.079	10.495	10.919	11.351
45	8.275	8.659	9.051	9.451	9.860	10.276	10.701	11.133	11.574

100	102	104	106	108	110	112	114	116	118
4.658									
4.924									
5.189									
5.451	5.658	5.869	6.083	6.301	6.523	6.748	6.976	7.209	7.444
5.712	5.929	6.149	6.374	6.602	6.834	7.070	7.310	7.553	7.800
5.970	6.197	6.428	6.663	6.901	7.144	7.390	7.641	7.895	8.153
6.227	6.464	6.704	6.949	7.198	7.451	7.708	7.969	8.234	8.504
6.482	6.729	6.979	7.234	7.493	7.756	8.024	8.296	8.572	8.852
6.736	6.992	7.252	7.517	7.786	8.060	8.338	8.620	8.907	9.198
6.988	7.253	7.523	7.798	8.077	8.361	8.650	8.943	9.240	9.543
7.239	7.513	7.793	8.078	8.367	8.661	8.960	9.263	9.572	9.885
7.488	7.772	8.062	8.356	8.655	8.959	9.268	9.583	9.901	10.225
7.736	8.030	8.329	8.633	8.942	9.256	9.575	9.900	10.229	10.564
7.982	8.286	8.594	8.908	9.227	9.551	9.881	10.216	10.555	10.901
8.228	8.540	8.858	9.182	9.511	9.845	10.185	10.530	10.880	11.236
8.472	8.794	9.121	9.454	9.793	10.137	10.487	10.842	11.203	11.570
8.715	9.046	9.383	9.726	10.074	10.428	10.788	11.154	11.525	11.902
8.958	9.298	9.644	9.996	10.354	10.718	11.088	11.463	11.845	12.232
9.199	9.548	9.904	10.265	10.633	11.007	11.386	11.772	12.164	12.562
9.439	9.797	10.162	10.533	10.910	11.294	11.683	12.079	12.481	12.890
9.678	10.046	10.420	10.800	11.187	11.580	11.980	12.385	12.798	13.216
9.916	10.293	10.676	11.066	11.462	11.865	12.274	12.690	13.113	13.541
10.154	10.539	10.932	11.331	11.736	12.149	12.568	12.994	13.426	13.865
10.390	10.785	11.186	11.595	12.010	12.432	12.861	13.299	13.739	14.188
10.626	11.029	11.440	11.857	12.282	12.714	13.152	13.598	14.051	14.510
10.860	11.273	11.693	12.119	12.553	12.995	13.443	13.898	14.361	14.831
11.094	11.516	11.944	12.380	12.824	13.275	13.733	14.198	14.670	15.150
11.327	11.758	12.195	12.641	13.093	13.554	14.021	14.496	14.979	15.469
11.560	11.999	12.446	12.900	13.362	13.832	14.309	14.794	15.286	15.786
11.792	12.239	12.695	13.159	13.630	14.109	14.596	15.090	15.592	16.102
12.022	12.479	12.944	13.416	13.897	14.385	14.882	15.386	15.898	16.418

Hm	Dcm								
	120	122	124	126	128	130			
18	7.684	7.926	8.173	8.423	8.676	8.933			
19	8.051	8.305	8.563	8.825	9.091	9.360			
20	8.415	8.681	8.951	9.225	9.502	9.784			
21	8.777	9.055	9.336	9.621	9.911	10.205			
22	9.137	9.426	9.718	10.016	10.317	10.623			
23	9.494	9.794	10.099	10.407	10.721	11.038			
24	9.849	10.161	10.477	10.797	11.122	11.451			
25	10.203	10.525	10.852	11.184	11.521	11.862			
26	10.554	10.887	11.226	11.569	11.917	12.270			
27	10.903	11.248	11.598	11.952	12.312	12.677			
28	11.251	11.607	11.968	12.333	12.705	13.081			
29	11.597	11.964	12.336	12.713	13.095	13.483			
30	11.942	12.319	12.702	13.090	13.484	13.884			
31	12.284	12.673	13.066	13.466	13.871	14.282			
32	12.626	13.025	13.430	13.840	14.257	14.679			
33	12.965	13.375	13.791	14.213	14.640	15.074			
34	13.304	13.724	14.151	14.584	15.023	15.467			
35	13.641	14.072	14.510	14.953	15.403	15.859			
36	13.977	14.418	14.867	15.321	15.782	16.250			
37	14.311	14.764	15.222	15.688	16.160	16.639			
38	14.644	15.107	15.577	16.053	16.536	17.026			
39	14.977	15.450	15.930	16.417	16.911	17.412			
40	15.307	15.791	16.282	16.780	17.285	17.797			
41	15.637	16.131	16.633	17.141	17.657	18.180			
42	15.966	16.470	16.982	17.502	18.028	18.562			
43	16.293	16.808	17.331	17.861	18.398	18.943			
44	16.620	17.145	17.678	18.219	18.767	19.323			
45	16.946	17.481	18.024	18.576	19.135	19.701			

第12 調製年月日および調製担当者官氏名

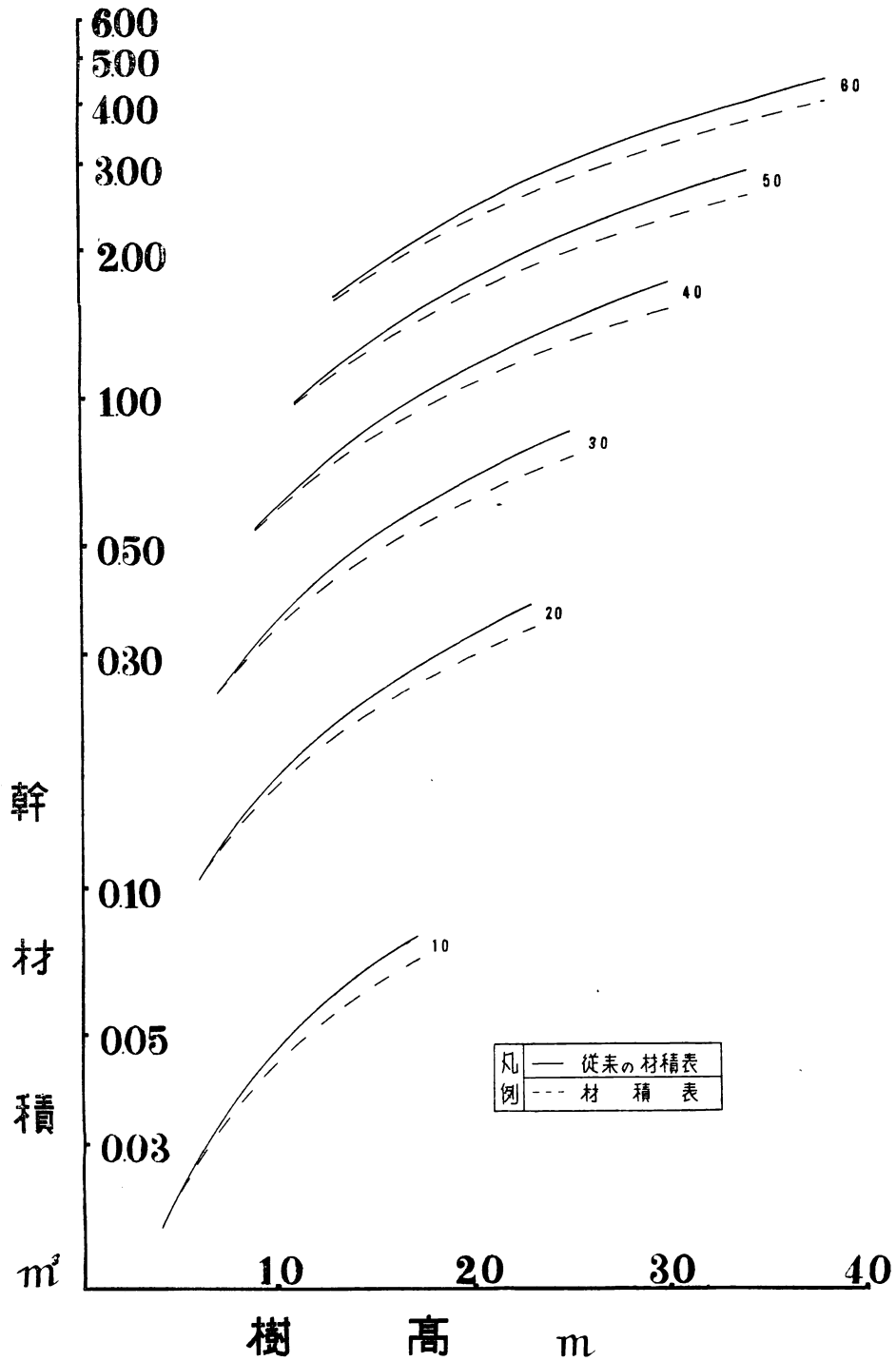
1. 調製年月日

昭和 34 年 10 月

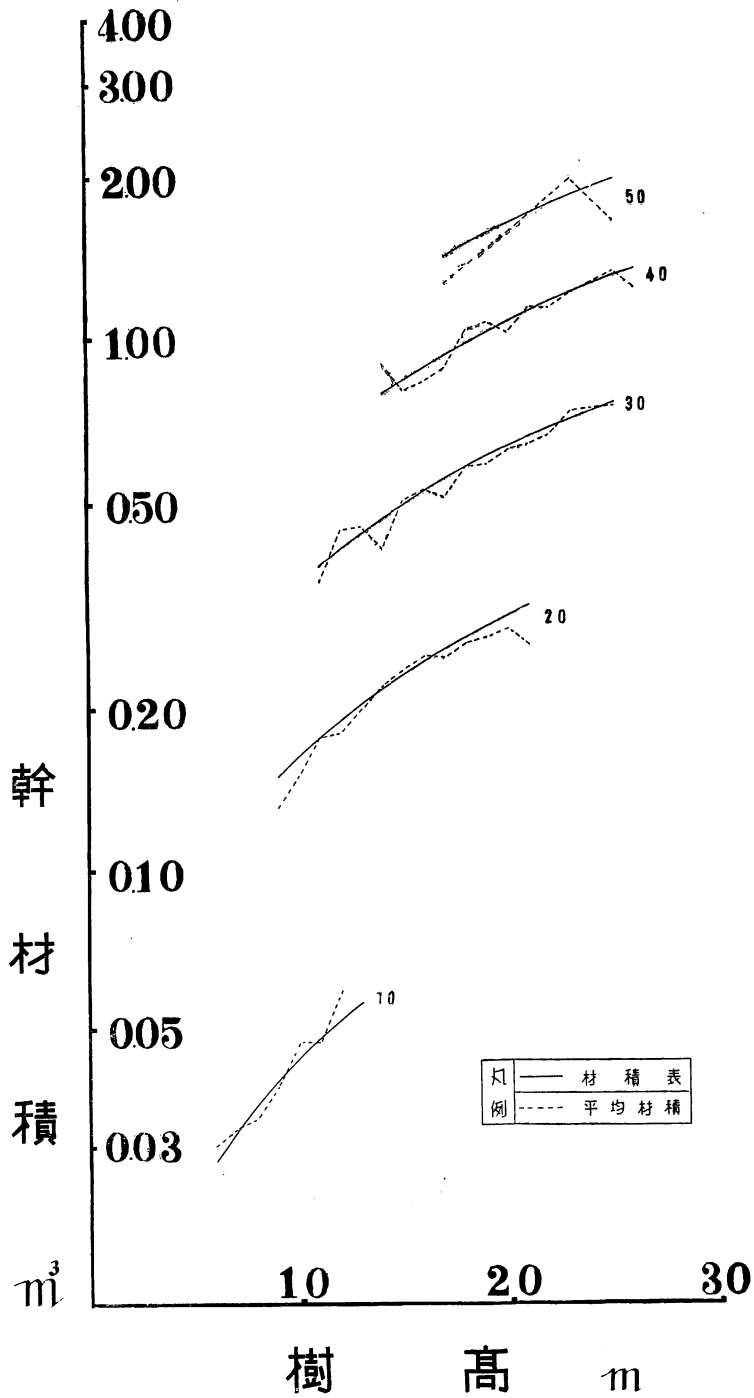
2. 調製者担当者氏名

計 画 課 長	農 林 技 官	高 見 寛
前計画課長	〃	大 塚 武 行
主 査	〃	市 田 政 瑠
係 員	農林事務官	高 瀬 弘 寧
〃	農 林 技 官	坂 本 行 雄

従来の材積表との比較



平均材積との毒較



附録 現行材積表の適合度の検定

現在当局で使用中のマツ材積表について、回帰式による適合度の検定を行つた結果は次表のとおりである。材積表材積が実材積と一致しているかどうかは材積式 $Y = a + bX$ において、 $a = 0$ $b = 1$ になるか否かを検定することであり、ここに Y = 実材積、 X は現行材積表による材積とし、 t 表の 1% 水準を用いた。

樹 種	径級範囲	本 数	回 帰 式	b の 検 定	
				b-1	S (b)
トカマツ	全 資 料	412	$Y = -0.0198 + 0.9366 X$	0.0634	0.01540
〃	6 ~ 20	70	$Y = 0.0004 + 0.9510 X$	0.0490	0.03535
〃	22 ~ 30	108	$Y = 0.0251 + 0.8251 X$	0.1749	0.03055
〃	6 ~ 30	178	$Y = 0.0162 + 0.8435 X$	0.1565	0.01549
〃	32 ~ 40	121	$Y = 0.0571 + 0.8383 X$	0.1617	0.05927
〃	6 ~ 40	299	$Y = 0.0090 + 0.8824 X$	0.1176	0.01644
〃	42 ~	113	$Y = -0.1304 + 1.0036 X$	0.0036	0.07236

t	a の 検 定			d. f	t 分布表の t (0.001)	適 否
	a	S(a)	t			
4.117	- 0.0198	0.01677	1.181	500	2.586	過 大
1.386	0.0004	0.00511	0.078	70	2.648	適
5.725	0.0251	0.01452	1.729	125	2.616	過 大
10.103	0.0162	0.00590	2.746	200	2.601	過 大
2.728	0.0571	0.05550	1.029	125	2.616	過 大
7.153	0.0090	0.01092	0.824	300	2.592	過 大
0.050	- 0.1304	0.12856	1.014	125	2.616	適

上表の結果より、当局現行材積表は小径級および大径級において適、中径級はいずれも過大となり、全資料においては過大推定値を与えるものと判定する。

昭和37年3月15日 印刷

昭和37年3月30日 発行

アカマツ立木材積表調製説明書

発行 林 野 庁
熊 本 営 林 局

熊本市京町本丁66
電話代表 ㊟ 2131