

材積表調製業務資料 第40号

熊 本 営 林 局

スギ立木材積表調製説明書

昭和37年1月

林 野 庁

目 次

	頁
才 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
才 2. 資料の収集.....	2
1. 資料収集地域.....	2
2. 資料収集個所の選定および調査方法.....	6
3. 幹材積の計算.....	6
才 3. 調製方法の決定.....	12
才 4. 資料の吟味.....	15
才 5. 材積式の計算.....	17
才 6. 材積式の決定.....	30
1. 修正係数の計算.....	30
2. 材積式の決定	31
才 7. 材積表の適合度	31
才 8. 材積表使用上の注意	32
才 9. 結 言	32
才 10. スギ材積表	33
才 11. 調製年月日及び担当者官氏名	42

緒 言

立木材積表は国有林野経営の基礎をなすものであるが、適合性の疑わしいものや、不合理のあるものを検討是正すべきであるとの声が各局の間で高まり、林野庁においてはこの要望に応じて林業試験場と協議の上、昭和26年資料測定要綱が作成され同30年に調製要綱の決定をみて調製業務が軌道にのりだした。

当局にをいても管内主要樹種について検討を加え順次調製をすすめてきたが、現行スギ材積表はヒノキと両用となっており、調製の経緯も不明である。

また樹型も異っている関係上スギ、ヒノキそれぞれ分括調製の必要が認められるのでスギについても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、アカマツ、霧島アカマツ、飢肥スギ、屋久スギ、ヒノキの諸表についてこのたび本表の調製を完了した。

本材積表調製にあたり、林試測定研究室大友室長、同室栗屋技官の御指導をたまわり、また資料収集について終始御協力を頂いた関係営林署の各位に対し深甚の謝意をあらわすものである。

熊本営林局

スギ立木材積表調製説明書

第1 適要地域およびその根拠

1. 地 域 の 概 要

(1) 位置および面積

本表適要の対象となる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嶼からなり、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

九州本島の中枢にあたる大分、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をり、これが二分して日向山脈、肥薩国境山脈を起し、更に延びて天草諸島を形成している。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、両山係の間に多数の火山を噴出している。前者は阿蘇山、久住山、大船山などの峻峯を噴出し、更に東に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峯山、雲仙岳などの諸峯を噴出している。一方霧島火山脈は宮崎、鹿児島両県界に高千穂、韓国岳など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、南え延びて屋久島、奄美大島など多くの火山群島を作っている。

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球磨川をはじめ筑後川、菊池川、緑川、川内川、大野川、大淀川、五ヶ瀬川などいずれも水量が豊富で、概して急流である。これ等は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がその間に挟まれた地溝帯の部分に阿蘇火山帯が噴火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臼杵～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、才三紀層の花崗岩、輝岩、角閃岩など各地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。これに反して南側は中央構造線に沿つて断層変成岩（古生代）が発達しており、その南に中生層、才三紀層が順次带状に並んでいる。

又霧島、阿蘇、雲仙などの火山附近一帯は安山岩、火山礫でまわっている。この外部分的に肝属半島に花崗岩帯が現われ屋久島は花崗岩、対馬は中生層、天草は才三紀層、壱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、鹿児島県の大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。中でも大隅半島、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域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あまり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、金峯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、老令天然林がほとんど伐採されてしまった現在では国有林以外ではみられない現状である。

管内国有林の大分部を占め、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ズノキ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を界として植生上暖帯および温帯に区分され、温帯性植生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、温帯の移行植生地帯にはモミ、ツガ、アカマツ等を主体とする優良な林分があり、南部島岐にはアコウ、ガジュマル、ビロウなどの熱帯性植物も見られる。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生育は極めて良好である。

人工林面積は約210,000haで国有林総面積の約25%を占め蓄積は約28,000,000m³で約25%である。

人工林のうちスギが最も多く面積約90,000ha蓄積約12,000,000m³である。

2. 地 域 の 決 定

管内スギ人工林の立地条件はほぼ類似しており地域別細分の必要を認めがたいので先に調製を終えた飼肥スギ材積表および屋久スギ材積表の適用地域である飼肥、上屋久、下屋久営林署管内を除く当局管全域を対象とした。

たゞし上下屋久営林署の造林木は対象とする。

第2資料の収集

1. 資料集収地域

管内27箇所の調査地においてスギ2,919本の調査を実施したが、資料収集個所の位置図は才2団のとおりである。又営林署別、事業区別、直径級別の本数を示せば才1表のとおりである。

熊本営林局管内図

3

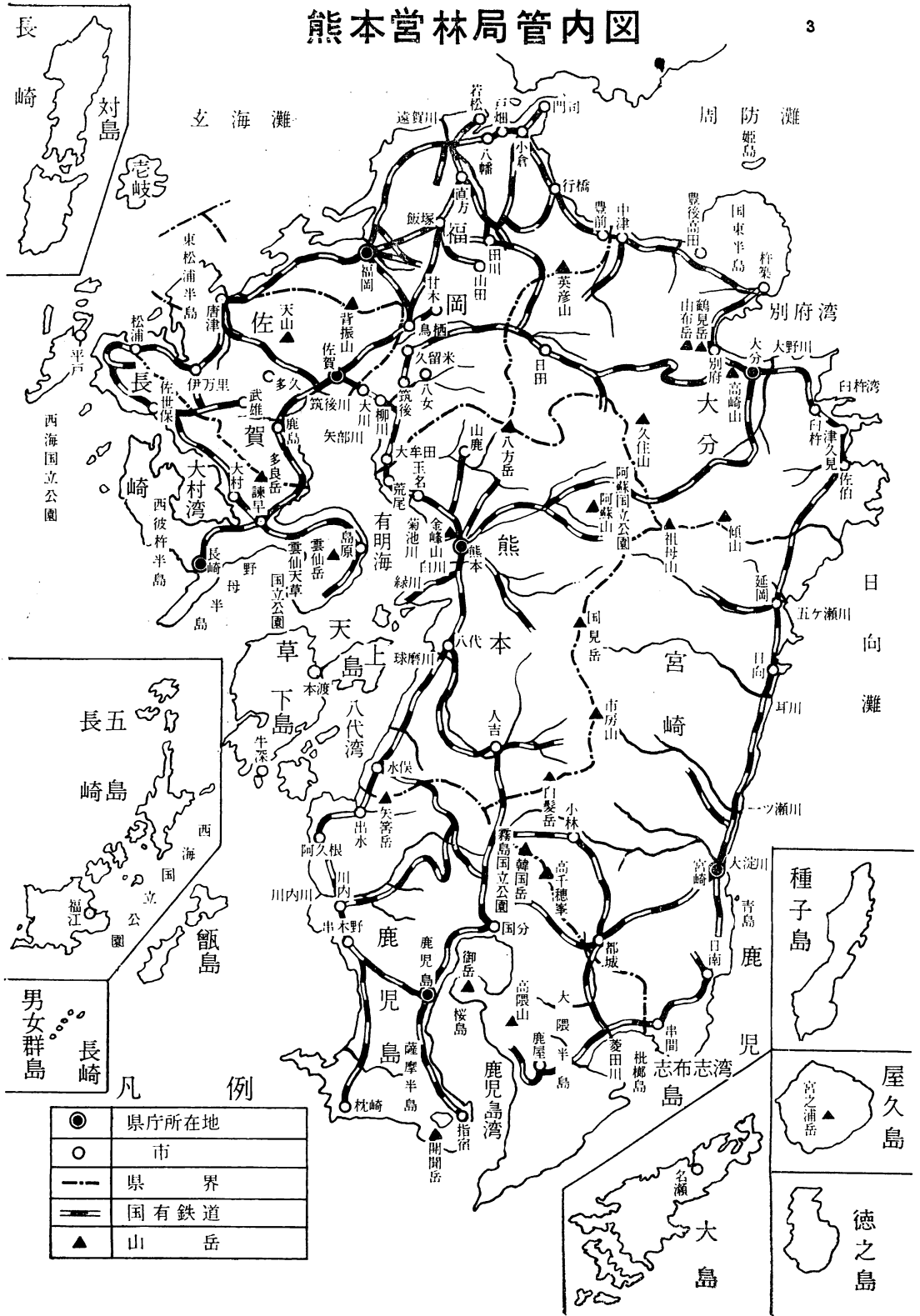


表1 営林署事業区別直径級別本数一覧表

営 林 署		事 業 区		6～10	12～20	22～30	32～40	42～50	52～	計
大 分	大 分	大 分	大 分	7	29	55	51	15		157
武 雄	武 雄	武 雄	武 雄	12	30	30	43	15	5	135
福 岡	福 岡	福 岡	福 岡	7	40	137	50	5		239
玖 珠	玖 珠	玖 珠	玖 珠	2	52	113	33	3		203
延 岡	宇 目	宇 目	宇 目			2	8	48	24	82
高 岡	高 岡	高 岡	高 岡	5	25	40	5	4		79
宮 崎	宮 崎	宮 崎	宮 崎	3	43	64	22	5		137
小 林	小 林	小 林	小 林		20	45	14	5		84
八 代	八 代	八 代	八 代	1	34	81	70	25	6	217
人 吉	人 吉	人 吉	人 吉	2	32	46	18	2		100
菊 地	菊 地	菊 地	菊 地	31	98	90	61	21	5	306
矢 部	矢 部	矢 部	矢 部	3	41	78	22	2		146
加 久 藤	加 久 藤	加 久 藤	加 久 藤	62	125	101	15	3		306
都 城	都 城	都 城	都 城		23	105	62	12	2	204
西 都	西 都	西 都	西 都		20	24	6			50
川 内	川 内	川 内	川 内		33	38	5			76
大 口	大 口	大 口	大 口		36	41	42	21	5	145
大 根 占	大 根 占	大 根 占	大 根 占		4	39	62	21	3	129
出 水	出 水	出 水	出 水		26	36	22			84
鹿 屋	鹿 屋	鹿 屋	鹿 屋		27	11	2			40
計				135	738	1,176	613	207	50	2,919

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とし、また営林局係員で収集できなかつ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って、地上 1.2 m の位置で輪尺によつて幹軸と直角に測定し、cm 単位で m m 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 単位単位以下で 1 位まで測定した。

(ハ) その他必要な因子

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、2 m 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。

表2 林小班別地況林況一覽表

県	区			画			作業級	地況				
	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
大 分	玖 珠	(九 重)	田 野 (扇 山)	大 分	大 分	56り	皆用 ₂	スギ ₂	NE中	輝石安山岩	中	壤
福 岡	糸 島	長 糸	小 蔵 大蔵山	福 岡	福 岡	71は	皆用 ₁	〃	N 急	火 崗 岩	〃	〃
佐 賀	(鹿島)		(本 城) 松 木 (松 平)	武 雄	武 雄	74は	〃	広 ₂	NE急	安 山 岩	〃	〃
大 分	珠 玖	(九 重)	家 山	玖 珠	玖 珠	4り	〃	スギ ₂	NW中	輝石安山岩	〃	植壤土
〃	〃	〃	〃	〃	〃	5い	〃	〃	NE緩	〃	〃	〃
〃	〃	〃	〃	〃	〃	6た	〃	〃	N 中	〃	〃	〃
〃	南海部	宇 目	重 岡 (切 込)	延 岡	宇 目	47り	〃	スギ ₂	N 中	右 生 層	〃	壤
宮 崎	西諸県	須 木	(内 山)	高 岡	高 岡	100い	〃					
〃	北諸県	山之口	青井岳	宮 崎	宮 崎	96は	〃	スギ ₂	NE急	洪 積 層	中	壤
〃	西諸県	(高 原)	浦牟田 (猪 尾)	小 林	小 林	33か	〃	〃	NE急	頁 岩	〃	〃
熊 本	八 代	東 陽	馬 石	八 代	八 代	21い	〃	〃	NW中		〃	〃
〃	〃	〃	〃	〃	〃	21ろ	〃	〃	〃		〃	〃
〃	(人吉)	(大 畑)	大 畑	人 吉	人 吉	56り	〃	〃	E 中	安 山 岩	〃	〃
〃	(菊地)		菊 池 (深 葉)	菊 池	菊 池	1は	〃	〃	W 中	玄 武 岩	〃	植 土
〃	〃		〃	〃	〃	2か	〃	〃	N S中			
〃	阿 蘇	(阿 蘇)	阿 蘇 (深 葉)	〃	〃	10に	〃	〃	S及N中	玄 武 岩	中	壤 土
〃	上益城	(矢 部)	下名連石 (大 矢)	矢 部	内大臣	7に	〃	スギ ₂	S緩中	安 山 岩	〃	〃
宮 崎	西諸県	(加久藤)	西長江浦 (黒 鹿)	加久藤	加久藤	68へ	〃		S 緩			
鹿児島	贈 呷	(財 部)	(瓶 台)	都 城	都 城	118ろ	〃	スギ ₂	NE中	火 山 灰	中	壤 土
宮 崎	児 湯	(西 都)	白 水	西 都	西 都	73に	〃	スギ ₂	E 急	粘 板 岩	〃	〃
鹿児島	(大口)		山 野 布 計	大 口	大 口	55へ	〃	スギ ₂	NW中	石英粗面岩	〃	〃
〃	始 良	(吉 松)	般若寺 (般若寺)	大 口	大 口	87ろ ₂	〃		W 急	輝石安山岩	〃	〃
〃	肝 属	吾 平	(神 野)	鹿 屋	鹿 屋	18い	〃	スギ ₂	SE急	花 崗 岩	〃	〃
〃	〃	(根 占)	横別府 大鹿倉	大根占	大根占	80へ	〃	スギ上	N及S中	花 崗 岩	〃	〃
鹿児島	(大口)		田 代 冷 水	川 内	川 内	101と	〃		SW中	炭 灰 岩	中	植 土
〃	(出水)	(出 水)	矢 筈	出 水	出 水	8り	〃		S 中		〃	壤 土
〃	〃	(〃)	杉 崎	〃	〃	68と	〃		NE中		〃	〃

		林					況						
結合度	湿度	樹種	混合歩合	林令	疎密度	直径	樹高	林種	林相	材積			備考
										ha	当り	(m³)	
										針	広	計	
軟	適	スギ ケヤキ	85 15	30 30~31	密	22	12	人	針	102	18	120	34年度才2次編成
"	"	スギ ケヤキ		44 42~48	"	20~44	9~20	"	"	360		360	24年度才5次編成
"	"	スギ 広	40.60	48	疎	26 4~42	16 5~20	天	混	10	70	80	29年度才7次編成
"	"	スギ		48	中	18 8~44	13 6~17	人	針	381		381	34年度才2次編成
"	"	"		2	"			"	"	—		—	"
"	"	スギ ヒノキ アカマツ	92 6.2	42 14~42	"	20 8~34	14 6~18	"	"	292		292	"
"	"	スギ		64 62~66	"	46 20~64	24 14~29	"	"	567		567	"
"	"	スギ ヒノキ クロマツ 広	25.35 15.25	37		22	13	"	"	170	57	227	"
軟	適	スギ		40.43	中	22 8~42	13 5~19	"	"	293		293	27年度才6次編成
"	"	スギ								—		—	33年度才2次編成
"	"	スギ ヒノキ		2						—		—	30年度才6次編成
"	"	スギ 広	50 50	49 48~50		20 6~40	12 4~18	人	針 広	80	80	160	"
"	"	スギ		50 47~56	中	18 10~30	14 10~18	人	針	280		280	"
"	"	スギ ヒノキ 広	88 5 7	55 51~58	"	18 6~48	16 6~22	人	"	447		447	33年度才2次編成
"	"	スギ ヒノキ アカマツ 広	85.13 1 1	43 42~44	"	20 6~50	18 6~23	"	"	504	3	507	"
軟	適	スギ ヒノキ 広	86.13 1	51 48~53	"	24 8~46	17 8~25	"	"	526	8	534	"
"	"	スギ ヒノキ アカマツ	60.30 10	50 48~52	密			"	"	484		484	24年度才6次編成
"	"	スギ クロマツ	86 14	52				"	"	395		395	33年度才2次編成
軟	適	スギ 広	92.8	57 54~57				"	"	407	38	445	"
"	"	スギ		8 6~11				"	"	—		—	28年度才6次編成
"	"	スギ ヒノキ 広	59.35 6	46	密	22 6~50	15 7~24	"	"	312	20	332	"
"	"	スギ ヒノキ クロマツ	25.61 14	45		16 6~36	12 6~17	"	"	215		215	"
"	"	スギ ヒノキ 広	45.24 31	3				"	"				30年度才6次編成
"	"	スギ 広	90 10	47 45~48	中	22 6~50	16 4~30	"	"	225	25	250	"
軟	適	スギ ヒノキ	30 70	41	密	20 10~40	18 8~26	人	針	381		381	26年度才6次編成
"	"	スギ ヒノキ	57 43	43	中	20 12~32	20 12~28	人	針	337		337	"
"	"	スギ ヒノキ 広	80 15 5	43	中	28 10~50	22 10~36	人	針	243	17	260	"
						8 4~12	6 5~8						

才3表 直 径 階 樹 高 階

H m D m	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6		8	8	2	1									
8	1		11	11	11	4								
10		1	5	13	19	17	15	5	3					
12			2	2	12	8	21	23	8	2	1			
14				1	3	5	18	16	26	7	5	8		
16				2	1	9	9	15	29	34	14	20	11	8
18					1	4	5	14	21	51	28	23	19	16
20						1	6	4	13	39	43	33	26	20
22							4	2	13	27	61	44	17	28
24							2	1	8	20	26	55	31	27
26									2	12	29	47	38	28
28									4	9	11	27	42	27
30									1	5	11	25	29	24
32										1	10	15	17	19
34											1	5	13	9
36											2	5	8	16
38											1	1	2	7
40												2	4	8
42												3	2	2
44														4
46														1
48														
50														
52														
54														
56														
58														
60														
62														
64														
66														
68														
70														
計	1	9	26	31	48	48	80	80	128	207	243	313	259	244

別 本 数 表 (棄 却 前)

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	計
													19
													38
													78
													79
													89
													152
10	1	3											196
19	13	4	1										222
19	22	9	5										251
27	20	22	7	1									247
32	36	18	10	2									255
25	27	27	13	13	1								227
20	22	19	20	10	1		1						196
23	13	22	20	15	4	4	1	1					173
21	14	25	18	13	12	3	2	1					144
11	14	17	13	15	12	7	6	3	1	2			128
14	8	17	14	11	13	5	4	1	1			1	98
8	2	11	11	11	9	6	3	3	2				70
7	4	2	10	10	5	5	8	3	6	3			86
2	3	1	4	4	11	7	1	9	4	5			43
2	1	1	2	2	3	7	3	3	6	4	2		40
		1		2	4	5	2	7	2	3			23
1		2	1	1	4			9	5	1			15
							1	4	3	5			15
					3	2	1	1	1	2	3		10
		1		1		1		3	1	2	2	1	9
					1		1			2	2	1	7
								1		4	2	1	8
							1						1
241	200	202	149	111	83	52	35	49	32	33	11	4	2,919

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は、簡潔、観客的で、しかも正確なものでなければならない。

しかし三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い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矛3図及び矛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みなすことができる。

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

$$V \propto D b_1 H b_2$$

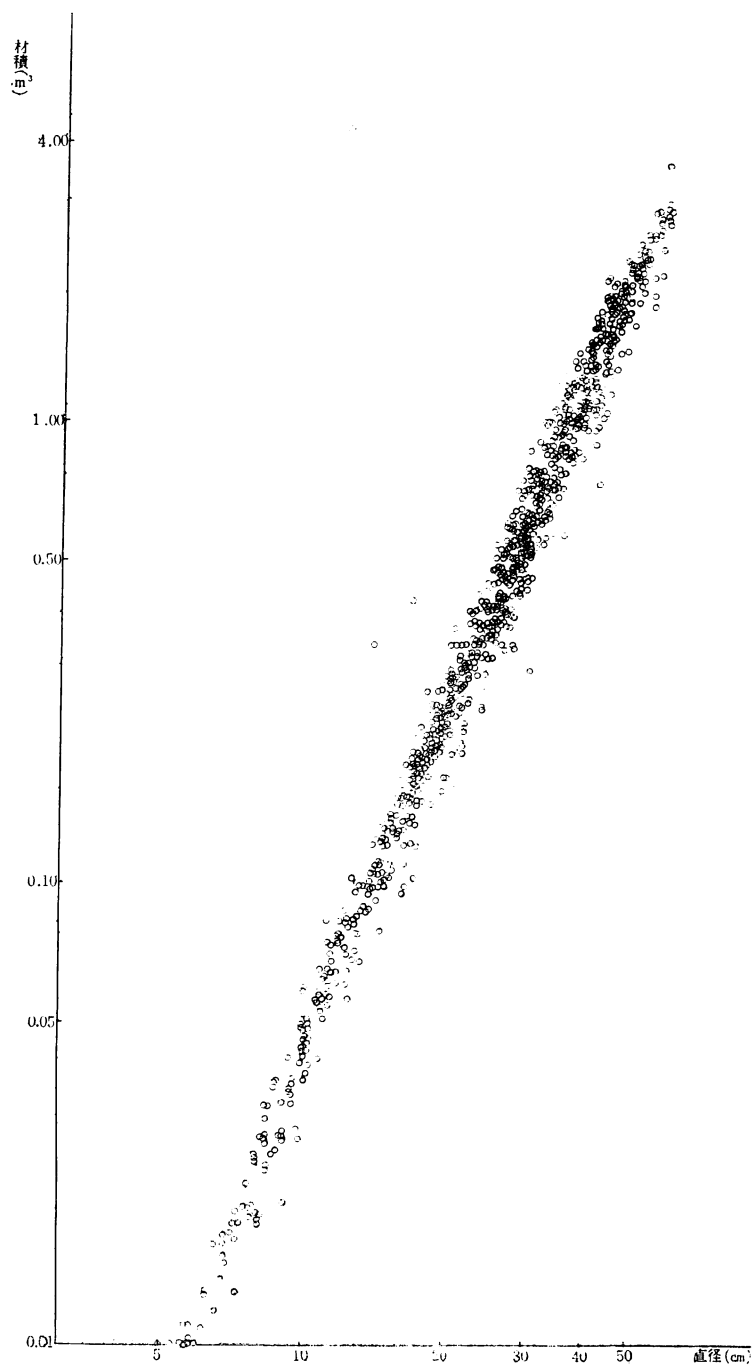
なお種々の材積式について精度の比較、検討を行つて良い適合を示す材積式を採用すべきであるが、本材積表調製では山本博士が一般的材積表調製に使用されたところの

$$V = A D b_1 H b_2$$

を採用することとした。

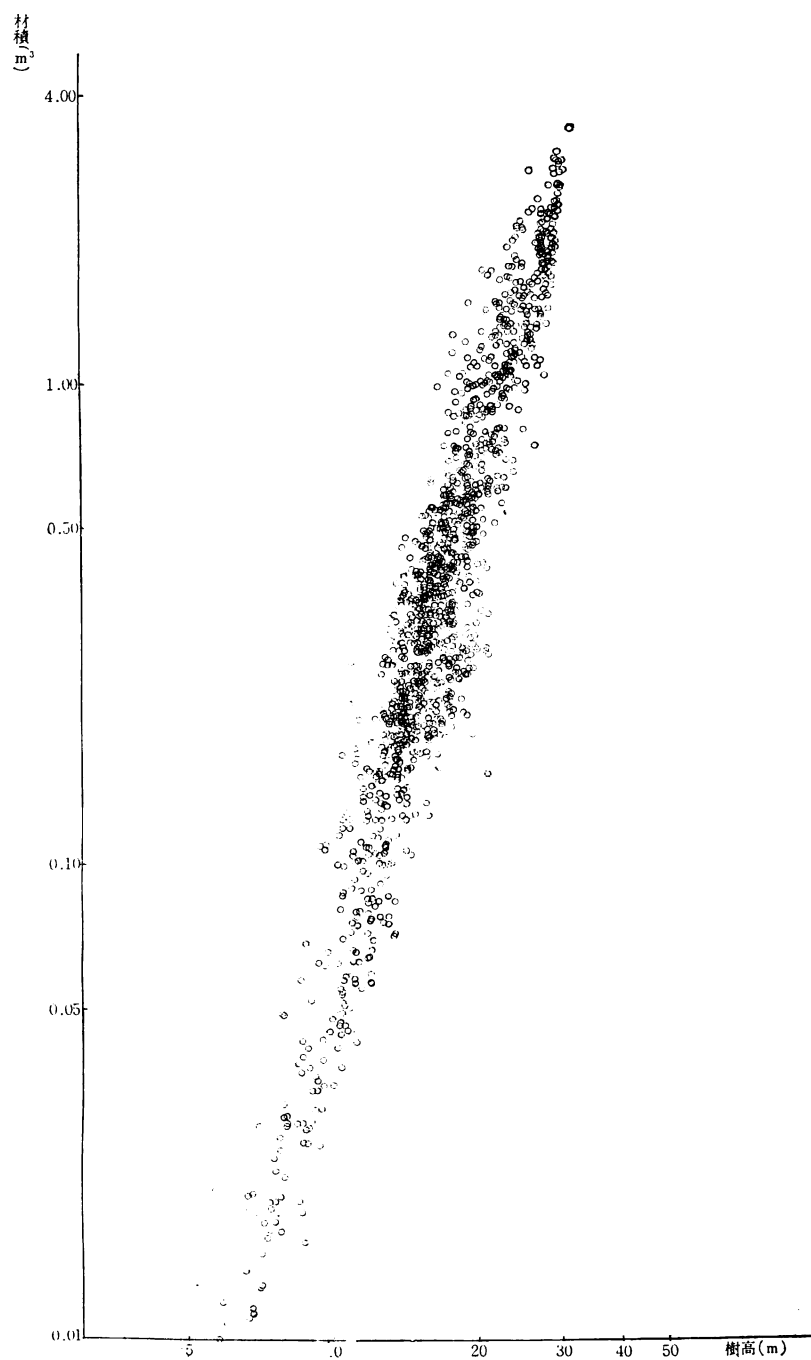
九州地方スギ

直径対材積散布図



九州地方スギ

樹高対材積散布図



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いが、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

$$V = A D^{b_1} H^{b_2}$$

を一次式に変換するために両辺の対数をとれば

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

$$\text{今 } \log V = Y \quad \log D = X^1 \quad \log H = X^2 \quad \log A = a$$

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。

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

$$1C_1 = \left[(X^1 - \bar{X}^1)(X^2 - \bar{X}^2) \right] \left[\frac{C_{11}C_{22}}{C_{12}C_{21}} \right] \left[\frac{X^1 - \bar{X}^1}{X^2 - \bar{X}^2} \right]$$

$$= \left[C_{11}(X^1 - \bar{X}^1)^2 + C_{22}(X^2 - \bar{X}^2)^2 + 2C_{12}(X^1 - \bar{X}^1)(X^2 - \bar{X}^2) \right]$$

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

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 と分布の値

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の $V \times 100$ 対数を用いた。

$$C \text{ 乗 数 は } C_{11} = 0.041605$$

$$C_{12} = -0.104083$$

$$C_{22} = 0.088599$$

$$\text{回 帰 係 数 は } b_1 = 1.77348771$$

$$b_2 = 1.03314355$$

回帰からの偏差の分散および標準誤差

$$S Y X^1 X^2 = 0.0159341268$$

$$S Y X^1 X^2 = 0.03991757$$

ゆえに棄却帯は

$$E Y X^1 X^2 = (2.57582)(0.03991757) \left\{ 1 - \left[\frac{1}{2.919} + (0.041605)(X^1 - 1.390730)^2 + (0.088599)(X^1 - 1.231653)^2 + 2(-0.104083)(X^1 - 1.390730)(X^2 - 1.231653) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$$

上式によつて全資料について計算した結果、回帰からの偏差 $dyx_1 x_2 (=Y-\hat{Y})$ 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41本である。

3. 吟 味 の 結 果

集資料数2,916本中より異常資料として41本を除いた結果、2,878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、樹高階別本数表と平均材積表は才 4—6表のとおりである。

才 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 $\log (V-V')$
cm 5.4	m 5.7	0.0068	-0.167491	-0.075779	-0.243270
16.0	14.0	0.2030	1.307496	1.164009	0.143487
18.0	15.0	0.1480	1.170262	1.285684	0.115422
20.0	17.0	0.3410	1.532754	1.422993	0.109761
14.0	16.2	0.1040	1.017033	1.126649	-0.109616
14.2	9.0	0.0552	0.741939	0.873841	-0.131902
16.0	14.8	0.3814	1.581331	1.188943	0.392438
14.3	16.0	0.3387	1.529815	1.137405	0.392410
15.6	17.6	0.1177	1.070777	1.247189	-0.176412
17.1	21.0	0.4178	1.620968	1.397147	0.223321
18.0	16.7	0.1580	1.198657	1.333855	-0.135298
20.1	10.9	0.2174	1.337260	1.227415	0.109845
20.8	19.1	0.2501	1.398114	1.505462	-0.107348
21.2	15.0	0.1511	1.179265	1.411714	-0.232449
22.0	18.0	0.2583	1.412124	1.522050	-0.109926
24.1	16.2	0.4771	1.678609	1.544995	0.133614
26.0	15.9	0.2051	1.311966	1.595055	-0.283089
21.2	12.7	0.2145	1.331427	1.537031	-0.205604
22.8	15.6	0.3961	1.597805	1.485352	0.112453
22.2	15.2	0.2188	1.340047	1.453157	-0.113110
21.4	20.3	0.3118	1.493876	1.734706	-0.240830
23.8	13.6	0.2012	1.303628	1.456853	-0.153225
24.0	19.3	0.2960	1.471292	1.620354	-0.149062
23.8	23.1	0.9554	1.980185	1.694551	0.285634

才 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 $\log V'(Y)$	回帰からの偏差 $\log(V-V')$
<i>cm</i>				<i>m</i>	
23.0	18.8	0.2909	1.463744	1.575798	-0.112054
26.7	16.4	0.3360	1.526339	1.629410	-0.103071
25.4	19.7	0.3648	1.562055	1.673227	-0.111172
27.8	17.5	0.6437	1.808684	1.689635	0.119049
28.0	16.7	0.4302	1.633670	1.764161	-0.130491
36.5	22.7	0.7493	1.874656	2.016079	-0.141423
37.0	20.4	0.5776	1.761627	1.978625	-0.216998
35.7	18.4	0.5560	1.745075	1.904819	-0.159744
34.4	20.5	0.7318	1.864392	1.605471	0.258921
34.4	19.9	0.8503	1.929572	1.592143	0.337429
36.1	19.6	0.5821	1.764998	1.941708	-0.176710
35.6	21.9	0.6085	1.784261	1.980751	-0.196490
38.4	23.9	0.8965	1.952550	2.078277	-0.125727
46.8	23.0	0.9608	1.982633	2.213424	-0.230791
43.0	18.7	0.6654	1.823083	2.055382	-0.232295
42.6	26.4	0.7538	1.877256	2.202862	-0.325606
58.0	29.3	2.4240	2.384533	2.487305	-0.102772

第 5 材 積 式 の 計 算

1. 回 帰 式 の 計 算

棄却済資料2,878本を用いて材積式を計算すると次のとおりである。

表 5 直径階樹高階別

H m D cm	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
6		7	18	2	1									
8	1		1	11	11	4								
10		1	5	13	19	17	15	5	3					
12			2	2	12	8	21	23	8	2	1			
14				1	2	5	18	16	26	7	5	6		
16				2	1	9	9	15	29	33	13	20	11	7
18					1	4	5	14	21	51	27	23	18	16
20						1	5	4	13	39	43	33	25	20
22							4	2	12	27	59	43	17	27
24							2	1	8	19	26	54	31	27
26									2	12	29	45	38	28
28									4	9	11	27	41	26
30									1	5	11	25	29	24
32										1	10	15	17	19
34											1	5	13	9
36											2	5	8	15
38											1	1	2	7
40												2		8
42												3	4	2
44													2	4
46														1
48														
50														
52														
54														
56														
58														
60														
62														
64														
66														
68														
70														
計	1	8	26	31	47	48	79	80	127	205	239	307	256	240

本 数 表 (棄 却 後)

19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	計
													18
													38
													78
													79
													86
													149
10	1	2											193
18	13	4	1										219
19	21	9	5										245
25	20	22	7										242
32	35	18	10	2	1								252
25	27	27	13	13	1		1						225
20	22	19	20	10	4	4	1	1					196
23	13	22	20	15	12	3	2	1					173
21	13	24	18	13	12	7		3	1	2			142
11	13	17	12	14	13	5	6	1	1			1	124
14	7	17	14	11	8	6	4	3	2				96
8	2	11	11	11	5	5	3	3					70
7	4	2	10	10	11	7	7	9	6	3			85
1	3	1	4	4	3	7	1	3	4	5			42
2	1	1	2	1	4	5	3	7	6	4	2		39
		1		2	4		2	9	2	3			23
1		2	1	1	3	2	1	1	3	5			15
							1	3	1	2	3		15
							1		1	2			10
		1		1		1			1	2	2	1	9
							1			1	2	1	6
					1			1		4	2	1	8
							1						1
237	195	200	148	108	82	52	34	49	32	32	11	4	2.878

材 積 表 (棄 却 後)

18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0.1969													
0.2309	0.2434	0.2751	0.2797										
0.2744	0.2930	0.3080	0.3126	0.3339									
0.3305	0.3465	0.3766	0.3874	0.4031									
0.3943	0.4143	0.4286	0.4611	0.4961	0.9554								
0.4411	0.4936	0.5083	0.5231	0.5604	0.5684	0.6510							
0.5175	0.5531	0.5699	0.6133	0.6501	0.6418	0.6560		0.8591					
0.5798	0.6144	0.6418	0.7003	0.7275	0.7571	0.7896	0.8947	0.8722	0.9217				
0.6567	0.6869	0.7479	0.7806	0.8094	0.8352	0.9015	0.8872	0.9468	0.8785				
0.7438	0.7683	0.8398	0.8215	0.8693	0.9623	0.9665	0.9787		1.1490	1.0433	1.0493		
0.8219	0.8449	0.9208	0.8916	1.0090	0.9939	1.0886	1.1709	1.1453	1.3050	1.2815			1.4397
0.8721	0.9475	0.9408	1.0315	1.0624	1.1250	1.1336	1.1768	1.2730	1.3572	1.3933			
1.0024	1.0493	1.0037	1.0937	1.1604	1.1866	1.2240	1.3016	1.3193	1.2265				
0.8668	1.0766	1.1914	1.3743	1.2850	1.3333	1.3319	1.4283	1.5721	1.5210	1.6654	1.6096		
1.1170	1.2298	1.1371	1.4225	1.4616	1.3955	1.4590	1.5185	1.4582	1.7750	1.6648	1.9091		
1.0381	1.4620	1.1804	1.5233	1.5697	1.3372	1.5557	1.7468	1.6065	1.8774	1.7930	1.9389	2.0681	
	1.4553		1.7118		1.5509	1.8091		1.7893	1.9600	1.8824	2.0214		
			1.7069	1.6720	1.7674				2.0449	2.1255	2.2326		
						2.0033	2.1511	2.2588	2.1699	2.1870	2.2798		
								2.3304	2.2209	2.3384	2.2600	2.6845	
			1.8093		1.9319		2.1283			2.6020	2.7701	2.7687	2.9672
						2.1404		2.7891			2.6174	2.7822	3.0177
									2.4543		2.9004	2.9058	3.6983
								2.7293					

(1) 平方和、積和の計算

n=2.878		X ₁	X ₂	Y
和		4.002.897472	3.544.503866	4.559.528893
平均		1.39086083	1.23158578	1.58426994
X ₁	1 S X ₁ ² など	5.656.70495591	4.982.40535759	6.554.60428447
	2 補正項	5.567.47330485	4.929.91159302	6.341.67014569
	3 S x ₁ ² など	89.23165106	52.49376457	212.93413878
	4 $\sqrt{S X_1^2}$ など	9.44625063	61.16986286	216.02941924
	5 相関係数		0.85816384	0.98567195
X ₂	1 S X ₂ ² など		4.407.29356223	5.752.00639501
	2 補正項		4.365.36054763	5.615.45093411
	3 S x ₂ ² など		41.93301460	136.55546090
	4 $\sqrt{S X_2^2}$ など		6.47557060	148.09195846
	5 相関係数			0.92209909
Y	1 S Y ²			7.746.53081158
	2 補正項			7.223.52457474
	3 S y ²			523.00623684
	4 $\sqrt{S Y^2}$			22.86932961

(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)	89.23165106	52.49376457	212.93413878	354.65955441
	2)		41.93301460	136.55546090	230.98224007
II	3)	89.23165106	52.49376457	212.93413878	354.65955441
	4)	1	0.588286375	2.386307283	3.974593658
III	5)		11.05164814	11.28920819	22.34085633
	6)		1	1.02149544	2.02149544
	8)	7) を 4)に入代		b ₁ = 1.78537543	
	7)			b ₂ = 1.02149544	

すなわち回帰係数は

$$b_1 = 1.78537543$$

$$b_2 = 1.02149544$$

ゆえに回帰方程式は

回帰定数は

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

$$= -2.15699807$$

$$\hat{Y} = -2.15699807 + 1.78537543 X_1 + 1.02149544 X_2$$

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

$$\begin{aligned} S \hat{Y}^2 &= b_1 S X_1 Y + b_2 S X_2 Y \\ &= 519.65816024 \end{aligned}$$

回帰からの偏差平方和

$$\begin{aligned} S d Y X_1 X_2^2 &= S Y^2 - S \hat{Y}^2 \\ &= 3.34807660 \end{aligned}$$

推定の偏差の分散と標準誤差

$$\begin{aligned} S Y X_1 X_2^2 &= S d Y X_1 X_2^2 / n - 3 \\ &= 0.0011645484 \end{aligned}$$

$$S Y X_1 X_2 = 0.034125481$$

重相関係数

$$\begin{aligned} R^2 &= S \hat{Y}^2 / S Y^2 \\ &= 0.99359840 \end{aligned}$$

$$R = 0.996794$$

変相関係数

$$\begin{aligned} r_{Y X_1 X_2} &= \frac{r_{Y X_1} - r_{Y X_2} r_{X_1 X_2}}{\sqrt{(1 - r_{Y X_2}^2)(1 - r_{X_1 X_2}^2)}} \\ &= 0.97839 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{Y X_1 X_2} &= \frac{r_{Y X_2} - r_{Y X_1} r_{X_1 X_2}}{\sqrt{(1 - r_{Y X_1}^2)(1 - r_{X_1 X_2}^2)}} \\ &= 0.88034 \end{aligned}$$

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 $b_1 = 1.78537543$ $b_2 = 1.02149544$ について $b_1 = 0$, $b_2 = 0$ という仮説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 $S b_1$ $S b_2$ とすると

$$\begin{aligned} S(b_1) &= S Y X_1 X_2 \sqrt{C_{11}} \\ &= 0.00703694 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S(b_2) &= S Y X_1 X_2 \sqrt{C_{22}} \\ &= 0.01026515 \end{aligned}$$

ゆえに b_1 については

$$\begin{aligned} t(b_1) &= b_1 / S(b_1) \\ &= 253.714744 \end{aligned}$$

b_2 については

$$\begin{aligned} t(b_2) &= b_2 / S(b_2) \\ &= 99.511010 \end{aligned}$$

ゆえにこの $t b_1$, $t b_2$ の値は表の 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)に比べれ

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	519.65816011	259.82908006
推定の誤差	2.875	3.3480673	0.0011645484

$$F = 259.82908006 / 0.0011645484$$

$$= 223.1157417^{**}$$

df_2 及び2.875

この結果重相関係数はさわめて有意であり、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 $r_{YX_1X_2} = 0.97840$ $r_{YX_1X_2} = 0.88037$ 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。

$$r_{YX_1X_2} = 0.97839^{**} > 0.096$$

$$r_{YX_2X_1} = 0.88034^{**} > 0.096$$

$df = 2.875$

いずれも著のく有意であり $\alpha = 0$ 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 42~ (52cm以上は資料が少な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。

表 7 表 の 1 相 関 係 数

直径級	$r_{X_1X_2}$	r_{X_1Y}	r_{X_2Y}
6~10	0.70307969	0.94664439	0.87026502
12~20	0.62912290	0.93198731	0.83769942
22~30	0.35543694	0.84261115	0.74369166
32~40	0.23976535	0.72591254	0.74521647
42~	0.46378869	0.83531942	0.81721048
6~	0.85816384	0.98567195	0.92209909

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。

表7の2 回 帰 係 数

直径級	b ₁	b ₂
6~10	1.79535915	0.98770089
12~20	1.82008565	1.00986620
22~30	1.81029521	1.04136700
32~40	1.70888475	0.97919602
42~	1.57558467	1.01813738
6~	1.78537540	1.02149548

(2) 10cm直径級別回帰に帰因する平方和など

表8

直径級	$\sum y^2$	$\sum dy x_1 x_2^2$	$\sum y x_1 x_2^2$	R
6~10	5.66764924	0.12158868	0.00092816	0.989443
12~20	28.46429077	0.78461028	0.00108521	0.986496
22~30	18.51002612	1.26910827	0.00109690	0.967386
32~40	5.14289405	0.74762569	0.00124190	0.934387
42~	3.54453003	0.25409162	0.00101637	0.965976
6~	519.65815931	3.34807753	0.00116455	0.996795

(3) 全直径級を一括した場合

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様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レットの検定法により検定する。

表9

6~10	$\sum dy x_1 x_2^2$	n	$\frac{fr}{n-3}$	$\sum y S x_1 x_2^2$	$\log \sum y x_1 x_2^2$	$fr \log \sum y x_1 x_2^2$	1/fr
6~10	0.12158868	134	131	0.00092816	-3.0323772	-397.2414132	0.0076336
12~20	0.78461028	726	723	0.00108521	-2.9644862	-2143.3235226	0.0013831
22~30	1.26910827	1,160	1,157	0.00109690	-2.9598330	-3,424.4267810	0.0008643
32~40	0.74762569	605	602	0.00124190	-2.9059134	-1,749.3598668	0.0016611
42~	0.25409162	253	250	0.00101637	-2.9929482	-748.2370500	0.0040000
	(q ²)						
	3.17702454	2,878	2,863			-8.462,5886336	0.0155421

$$S^2 = q^2/f = 3.17702454/2,863 = 0.00110968$$

$$\log S^2 f = \overline{3.0451977} \times 2,863 = (-2.9548023) \times 2,863$$

$$= -8.459,5989849$$

$$X^2 = \frac{1}{0.43429} \left[-8.459,5989849 + 8.4625886336 \right]$$

$$= 2.3026 \quad (2.9896487)$$

$$= 6.8839650966$$

補正項

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

$$= 1 + \frac{1}{3(4)} \left[0.0155421 - 0.0003493 \right]$$

$$= 1 + 0.0833333 \quad (0.0151928)$$

$$= 1.0012661$$

補正された

$$X^2 = 6.88396510 / 1.0012661$$

$$= 6.875260333$$

X^2 表の自由度 $5-1=4$ で、この値に相当する $P(X)$ は 0.10 より大であるから分散が一樣であるという仮説は捨てられない。

(㊦) 回帰係数間の差の検定

$$\sum_{i=1}^5 (Sx_1^2)i = 8.59501306 \quad \sum_{i=1}^5 (Sx_1y)i = 20.77659354$$

$$\sum_{i=1}^5 (Sx_2^2)i = 14.00602318 \quad \sum_{i=1}^5 (Sx_2y)i = 23.72661327$$

$$\sum_{i=1}^5 (Sx_1x_2)i = 5.30829373 \quad \sum_{i=1}^5 (Sy^2)i = 64.50641475$$

この値を用いて簡略 *Doolittle* 法で回帰係数を計算すると、

$$b_1 = 1.79004894$$

$$b_2 = 1.01559933$$

才10表の1 予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和
回 帰	10	61.32939021
誤 差	2.863	3.17702454
計	2.873	64.50641475

才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	61.28785178	
回帰間差	8	0.04153843	0.00519230
回 帰 計	10	61.32939021	
誤 差	2.863	3.17702454	0.00110968
計	2.873	64.50641475	

$$F = 0.00519230 / 0.00110968$$

$$= 4.679096676 **$$

この有意差は 42cm 以上の直径級が他の 4 つと異なるために生じたものと思われるので、これを除いた 4 つの直径級間の検定をずる。

(4) 6~40cmの直径級を一括した場合

(イ) 回帰係数間の差の検定

$$\sum_{i=1}^4 (Sx_1^2)i = 8.07785055 \quad \sum_{i=1}^4 (Sx_1y)i = 19.60580323$$

$$\sum_{i=1}^4 (Sx_2^2)i = 12.90723261 \quad \sum_{i=1}^4 (Sx_2y)i = 22.05704411$$

$$\sum_{i=1}^4 (Sx_1x_2)i = 4.95867786 \quad \sum_{i=1}^4 (Sy^2)i = 60.70779310$$

この値を用いて簡略 Doolittle 法で回帰係数を計算すると、

$$b_1 = 1.80338014$$

$$b_2 = 1.01607086$$

才11表の1 予備的分散分析表

変 動 因	自 由 度	平 方 和
回 帰	8	57.78486018
誤 差	2.613	2.92293292
計	2.621	60.70779310

才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
全 回 帰	2	57.76823595	
回帰間差	6	0.01662423	0.00277071
回 帰 計	8	57.78486018	
誤 差	2.613	2.92293292	0.00111861
計	2.621	60.70779310	

$$F = 0.00277071 / 0.00111861$$

$$= 2.47692225 *$$

この有意性は 32~40cm の直径級が他の3つと異なるために生じたものと思われるので、これを除いた残り 3 つの直径級間の差の検定を行うことにする。

(5) 6~30cmの直径級を一括した場合

イ) 回帰係数間の差の検定

$$\sum_{i=1}^3 (Sx_1^2)_i = 7.39786102$$

$$\sum_{i=1}^3 (Sx_1 y)_i = 18.15298185$$

$$\sum_{i=1}^3 (Sx_2^2)_i = 10.65108531$$

$$\sum_{i=1}^3 (Sx_2 y)_i = 19.34033602$$

$$\sum_{i=1}^3 (Sx_1 x_2)_i = 4.66173193$$

$$\sum_{i=1}^3 (S y^2)_i = 54.81727336$$

この値を用いて簡略 Doolittle 法で回帰係数を計算すると

$$b_1 = 1.80832867$$

$$b_2 = 1.02435071$$

才12表の1 予備的分散分析表

変 動 因	自 由 度	平 方 和
回 帰	6	52.64196613
誤 差	2.011	2.17530723
計	2.017	54.81727336

才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	52.63784446	
回帰間差	4	0.00412167	0.00103042
回 帰 計	6	52.64196613	
誤 差	2.011	2.17530723	0.00108170
計	2.017	54.81727336	

$$F = 0.00103042 / 0.00108170 \quad df_{4, 2.011}$$

$$= 0.95259314 < F_{0.05} = 2.37 \quad \text{有意差なし}$$

念のためこれの逆数をとると $1.04976611 < F_{0.05} = 5.63$ 有意差なし $df_{2011, 4}$

(ロ) 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

の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、

$$\begin{aligned} b_1 &= 1.81962856 & \hat{S y^2} &= 261.96914761 \\ b_2 &= 1.02573779 & S y_2 &= 264.15052643 \\ S d y x_1 x_2^2 &= 2.18137882 \end{aligned}$$

表13の1 予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和		自由度	平方和
回 帰	2	261.96914761	誤 差	2.013	2.17725715
回帰間差	4	0.00412167	原因不明	2.011	2.17530723
誤 差	2.013	2.17725715	平面間差	2	0.00194992
計	2.019	264.15052643			

表13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	261.96914761		$F = 0.00097496 / 0.001081701 \quad df2, 2011$
回帰間差	4	0.00412167		$= 0.90132199 < F 0.05 = 2.99 \quad \text{有意差なし}$
平面間差	2	0.00194992	0.00097496	念のためこれの逆数をとると
不明原因	2.011	2.17530723	0.00108170	$1.10948141 < F 0.05 = 19.50 \quad df2.011, 2$
計	2.019	264.15052643		有意差なし

回帰係数間及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。

以上の検定の結果 6~30cmの直径級間の回帰係数間には有意差が認められないので同一推定式でよいことがわかつたので、次に残りの32~40cmと42~cm以上の直径級間の検定を行うことにする。

(6) 32cm以上の直径級を一括した場合

(イ) 回帰係数間の差の検定

$$\begin{aligned} \sum_{i=4}^5 (S x_2^2) i &= 1.19715204 & \sum_{i=4}^5 (S x_1 y) i &= 2.62361169 \\ \sum_{i=4}^5 (S x_2^2) i &= 3.35493787 & \sum_{i=4}^5 (S x_2 y) i &= 4.38627725 \\ \sum_{i=4}^5 (S x_1 x_2) i &= 0.64659180 & \sum_{i=4}^5 (S y^2) i &= 9.68914139 \end{aligned}$$

この値を用いて簡略 Doolittle 法で回帰係数を計算すると、

$$\begin{aligned} b_1 &= 1.65798858 \\ b_2 &= 0.98786790 \end{aligned}$$

才14表の1 予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和
回 帰	4	8.68742408
誤 差	852	1.00171731
計	856	9.68914139

才14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	8.68298072	
回帰間	2	0.00444336	0.00222168
回帰計	4	8.68742408	
誤 差	852	1.00171731	0.00117572
計	856	9.68914139	

$$F = 0.00222168 / 0.00117572 \quad df4, 852$$

$$= 1.88963359 < F 0.05 = 2.38 \quad \text{有意差なし}$$

(ロ) 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、回帰平面間の高さの差の検定を行った。

2つの直径級の資料を込みにした回帰係数を求めると。

$$b_1 = 1.66444242$$

$$S_{\hat{y}}^2 = 22.53394060$$

$$b_2 = 0.98815117$$

$$S_{y^2} = 23.54017775$$

$$S_{dyx_1 x_2^2} = 1.00623715$$

才15表の1 予備的分散分析表

変動因	自由度	平方和
回 帰	2	22.53394060
回帰間差	2	0.00444336
誤 差	853	1.00179379
計	857	23.54017775

	自由度	平方和
誤 差	853	1.00179379
原因不明	852	1.00171731
平面間差	1	0.00007648

才15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	22.53394060	
回帰間差	2	0.00444336	
平面間差	1	0.00007648	0.00007648
原因不明	852	1.00171731	0.00117572
計	857	23.54017775	

$$F = 0.00007648 / 0.00117572 \quad df2, 852$$

$$= 0.06504950 < F 0.05 = 3.000 \quad \text{有意差なし}$$

念のためこれの逆数をとると、

$$15.3729795 < F 0.05 = 19.50 \quad df852, 2$$

有意差なし

この結果、32cm以上も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) 上記と同様の方法で検定を行つていない組合せ 12cm 以上と 12cm~40cm の直径級の回帰係数間の差の検定を行つた結果次表のとおりであつて、2つとも有意差が認められる。

才16表

直径級	F
12cm 以上	6.09432309
12cm~40cm	3.41063739

以上の検定の結果を取纏めると次表のとおりである。

才 17 表

直 径 範 囲	本 数	修正 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～	2.878	6.87526	1.79004894	1.01559933	0.00519230	0.00110968	4.679
6～40	2.625		1.80338514	1.01607086	0.00277071	0.00111861	2.477
6～30	2.020		1.80832867	1.02435071	0.00103042	0.00108170	0.953
32～	858		1.65798858	0.98786790	0.00222168	0.00117572	1.890
12～	2.744		1.79076631	1.01717184	0.00681583	0.00111839	6.094
12～40	2.491		1.80546944	1.01803539	0.00384945	0.00112866	3.411

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			
1.81962856	1.02573779	0.00097496	0.00108170	0.901
1.66444242	0.98815117	0.00007648	0.00117572	0.065

以上の検定の結果材積式は6～30cm 32cm～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

$$\begin{aligned} 6\sim 30\text{cm} & \quad a = -2.20506274 \\ 23\text{cm}\sim & \quad a = -1.92587728 \end{aligned}$$

ゆえに材積式は次のようになる。

直径級	材 積 式
6～30	$\hat{Y} = 1.81962856 X_1 + 1.02573779 X_2 - 2.20506274$
32～	$\hat{Y} = 1.66444242 X_1 + 0.98815117 X_2 - 1.92587728$

第 6 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、この点を修正した上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。

$$\begin{aligned} f &= \frac{n-1}{10} \frac{1}{n} - \frac{1}{2} (\log e 10) s^2 \log y \\ &= \frac{n-1}{10} \frac{1}{n} (1.151293) s^2 \log y \end{aligned}$$

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 のとおりである。

才 18 表

直径級	(標準誤差) ²	$n-1/n$	$n-1/n$ (標準誤差) ² $\times 1.151293$	修正係数
6~30	0.00108150	0.99950495	0.00124450	1.0029
32~	0.00117689	0.99883450	0.00135337	1.0031

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 $\log V = -2 + b_1 \log d + b_2 \log h + \log \left(\frac{n-1}{n} \times 1.151293 \right)$ 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
6~30	$\log V = \overline{5.796182} + 1.819629 \log d + 1.025738 \log h$
32~	$\log V = \overline{4.0754761} + 1.6644424 \log d + 0.9881512 \log h$

ただし V = 幹材積 (m^3)
 d = 胸高直径 (cm)
 h = 樹 高 (m)

第 7 材積式の適合同

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ってあらわす。材積式の標準誤差は対数によってあらわされるが、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 SV とすれば

$$\log(V + SV) = X + \varepsilon$$

ゆえに

$$\begin{aligned} V + SV &= 10^{X+\varepsilon} \\ SV &= 10^{X+\varepsilon} - V \\ &= 10^{X+\varepsilon} - 10^X \\ &= 10^X (10^\varepsilon - 1) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} 10^S &= 10^0 + \frac{S}{1} 10^0 \log e + 10^0 \frac{S^2}{2!} (\log e)^2 + \dots \\ \therefore SV(\%) &= (1 + S \cdot 2.3026 - 1) 100 \\ &= 230.26(S) \end{aligned}$$

すなわち対数式の標準誤差を230.26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。計算の結果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
6~30	2,020	0.168 (%)	0.330 (%)
32~	858	0.270	0.529

第 8 材積表使用上の注意

1. 本材積表は熊本営林局管内（飢肥スギ、屋久スギ材積表の適用地域を除く）のスギ人工林に適用するものである。
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. 本表の幹材積は才6.2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、樹高を有するものゝ材積はこの材積式により求めること。

第 9 結 言

本材積表は熊本営林局管内（飢肥スギ、屋久スギ材積表適用地域外）のスギ人工林を対象として、調製要綱に基づいて調製したもので現行スギ材積表に代るものである。本表は資料に対して誤差率がいずれも 1%以下となり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52cm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スギ2,919本を用い、材積式は $V = A D b^1 H b^2$ を使用した。
2. 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。

[illegible]

[illegible]

H \ D										
	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
12	0.698	0.754	0.812	0.871	0.933					
13	0.755	0.816	0.879	0.943	1.009					
14	0.813	0.878	0.945	1.015	1.086	1.159	1.235			
15	0.870	0.940	1.012	1.086	1.163	1.241	1.322	1.404	1.489	1.575
16	0.927	1.002	1.079	1.158	1.239	1.323	1.409	1.497	1.587	1.679
17	0.984	1.064	1.145	1.229	1.316	1.405	1.496	1.589	1.685	1.782
18	1.042	1.125	1.212	1.301	1.392	1.486	1.583	1.681	1.782	1.886
19	1.099	1.187	1.278	1.372	1.469	1.568	1.669	1.774	1.880	1.989
20	1.156	1.249	1.345	1.444	1.545	1.649	1.756	1.866	1.978	2.093
21	1.213	1.311	1.411	1.515	1.621	1.731	1.843	1.958	2.076	2.196
22	1.270	1.372	1.478	1.586	1.698	1.812	1.930	2.050	2.173	2.299
23	1.327	1.434	1.544	1.657	1.774	1.894	2.016	2.142	2.271	2.403
24	1.384	1.495	1.610	1.729	1.850	1.975	2.103	2.234	2.368	2.506
25	1.441	1.557	1.677	1.800	1.926	2.056	2.189	2.326	2.466	2.609
26	1.498	1.619	1.743	1.871	2.002	2.137	2.276	2.418	2.563	2.712
27	1.555	1.680	1.809	1.942	2.078	2.219	2.362	2.510	2.661	2.815
28	1.612	1.742	1.875	2.013	2.154	2.300	2.449	2.602	2.758	2.918
29	1.669	1.803	1.941	2.084	2.230	2.381	2.535	2.693	2.855	3.021
30	1.725	1.864	2.008	2.155	2.306	2.462	2.622	2.785	2.953	3.124
31	1.782	1.926	2.074	2.226	2.382	2.543	2.708	2.877	3.050	3.227
32	1.839	1.987	2.140	2.297	2.458	2.624	2.794	2.969	3.147	3.330
33	1.896	2.048	2.206	2.368	2.534	2.705	2.881	3.060	3.244	3.433
34	1.953	2.110	2.272	2.439	2.610	2.786	2.967	3.152	3.341	3.535
35	2.009	2.171	2.338	2.510	2.686	2.867	3.053	3.243	3.439	3.638
36	2.066	2.232	2.404	2.580	2.762	2.948	3.139	3.335	3.536	3.741
37	2.123	2.294	2.470	2.651	2.838	3.029	3.225	3.427	3.633	3.844
38	2.179	2.355	2.536	2.722	2.913	3.110	3.311	3.518	3.730	3.946
39			2.602	2.793	2.989	3.191	3.398	3.610	3.827	4.049
40			2.668	2.863	3.065	3.272	3.484	3.701	3.924	4.151
41						3.352	3.570	3.792	4.021	4.254
42						3.433	3.656	3.884	4.117	4.356
43								3.975	4.214	4.459

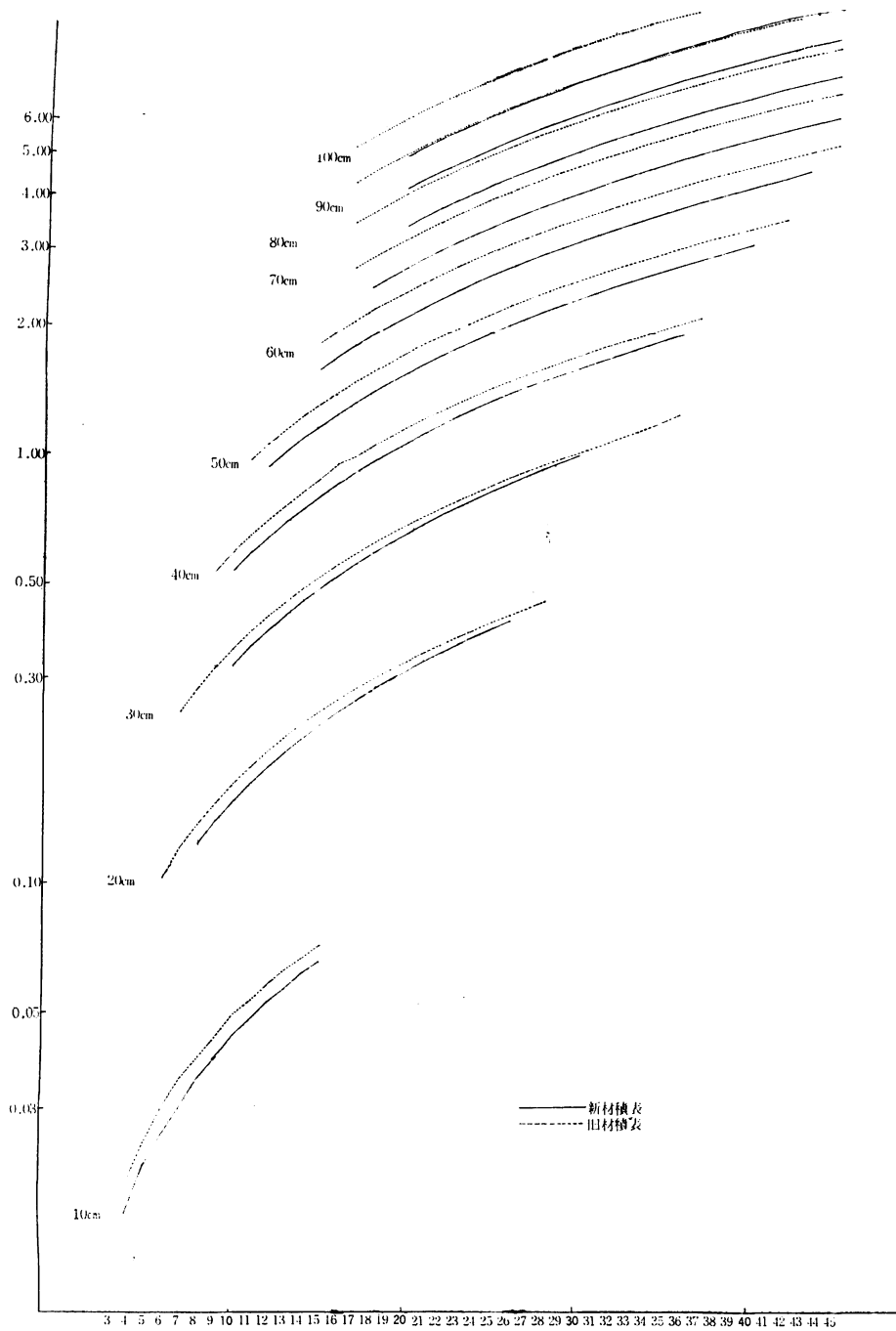
D H	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
18	1.992	2.100	2.210	2.323	2.437					
19	2.101	2.215	2.331	2.450	2.571					
20	2.210	2.330	2.453	2.578	2.705	2.835	2.967	3.102	3.239	3.378
21	2.319	2.445	2.574	2.705	2.839	2.975	3.114	3.255	3.399	3.545
22	2.428	2.560	2.695	2.832	2.972	3.115	3.260	3.408	3.559	3.712
23	2.538	2.675	2.816	2.959	3.106	3.255	3.406	3.561	3.718	3.878
24	2.647	2.790	2.937	3.086	3.239	3.394	3.553	3.714	3.878	4.045
25	2.755	2.905	3.058	3.213	3.372	3.534	3.699	3.867	4.038	4.212
26	2.864	3.020	3.178	3.340	3.505	3.674	3.845	4.020	4.197	4.378
27	2.973	3.135	3.299	3.467	3.639	3.813	3.991	4.172	4.357	4.544
28	3.082	3.249	3.420	3.594	3.772	3.953	4.137	4.325	4.516	4.711
29	3.191	3.364	3.541	3.721	3.905	4.092	4.283	4.478	4.676	4.877
30	3.299	3.478	3.661	3.848	4.038	4.232	4.429	4.630	4.835	5.043
31	3.408	3.593	3.782	3.974	4.171	4.371	4.575	4.783	4.994	5.209
32	3.517	3.707	3.902	4.101	4.304	4.510	4.721	4.935	5.153	5.375
33	3.625	3.822	4.023	4.228	4.437	4.650	4.867	5.088	5.312	5.541
34	3.734	3.936	4.143	4.354	4.570	4.789	5.012	5.240	5.471	5.707
35	3.842	4.051	4.264	4.481	4.702	4.928	5.158	5.392	5.630	5.873
36	3.951	4.165	4.384	4.607	4.835	5.067	5.304	5.544	5.789	6.038
37	4.059	4.279	4.504	4.734	4.968	5.206	5.449	5.696	5.948	6.204
38	4.167	4.394	4.625	4.860	5.100	5.345	5.595	5.849	6.107	6.370
39	4.276	4.508	4.745	4.987	5.233	5.484	5.740	6.001	6.266	6.535
40	4.384	4.622	4.865	5.113	5.366	5.623	5.888	6.153	6.425	6.701
41	4.492	4.736	4.985	5.239	5.498	5.762	6.031	6.305	6.583	6.867
42	4.601	4.850	5.105	5.365	5.631	5.901	6.176	6.457	6.742	7.032
43	4.709	4.965	5.225	5.492	5.763	6.040	6.322	6.608	6.900	7.197
44	4.817	5.079	5.345	5.618	5.895	6.178	6.467	6.760	7.059	7.363
45	4.925	5.193	5.466	5.744	6.028	6.317	6.612	6.912	7.217	7.528

H \ D	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100
20	3.520	3.664	3.810	3.959	4.110	4.263	4.418	4.576	4.736	4.898
21	3.649	3.845	3.998	4.154	4.313	4.473	4.637	4.802	4.970	5.139
22	3.868	4.026	4.187	4.350	4.516	4.684	4.855	5.028	5.203	5.381
23	4.041	4.207	4.375	4.545	4.718	4.894	5.073	5.253	5.437	5.623
24	4.215	4.387	4.562	4.740	4.921	5.104	5.291	5.479	5.670	5.864
25	4.388	4.568	4.750	4.936	5.124	5.315	5.508	5.705	5.904	5.106
26	4.562	4.748	4.938	5.131	5.326	5.525	5.726	5.930	6.137	6.347
27	4.735	4.929	5.126	5.326	5.529	5.734	5.943	6.155	6.370	6.588
28	4.908	5.109	5.313	5.520	5.731	5.944	6.161	6.381	6.603	6.829
29	5.081	5.289	5.501	5.715	5.933	6.154	6.378	6.606	6.836	7.070
30	5.255	5.470	5.688	5.910	6.135	6.364	6.596	6.831	7.069	7.311
31	5.428	5.650	5.875	6.104	6.337	6.573	6.813	7.056	7.302	7.552
32	5.601	5.830	6.063	6.299	6.539	6.783	7.030	7.281	7.535	7.793
33	5.773	6.010	6.250	6.494	6.741	6.992	7.247	7.505	7.768	8.033
34	5.946	6.190	6.437	6.688	6.943	7.202	7.464	7.730	8.000	8.274
35	6.119	6.369	6.624	6.882	7.145	7.411	7.681	7.955	8.233	8.514
36	6.292	6.549	6.811	7.077	7.346	7.620	7.898	8.179	8.465	8.754
37	6.464	6.729	6.998	7.271	7.548	7.829	8.114	8.404	8.697	8.995
38	6.637	6.909	7.185	7.465	7.749	8.038	8.331	8.628	8.929	9.235
39	6.810	7.088	7.371	7.659	7.951	8.247	8.548	8.853	9.162	9.475
40	6.982	7.268	7.558	7.853	8.152	8.456	8.764	9.077	9.394	9.715
41	7.155	7.447	7.745	8.047	8.354	8.665	8.981	9.301	9.626	9.955
42	7.327	7.627	7.932	8.241	8.555	8.874	9.197	9.525	9.858	10.195
43	7.499	7.806	8.118	8.435	8.756	9.082	9.413	9.749	10.090	10.435
44	7.672	7.889	8.305	8.629	8.957	9.291	9.630	9.973	10.321	10.674
45	7.844	8.165	8.491	8.822	9.159	9.500	9.846	10.197	10.553	10.914

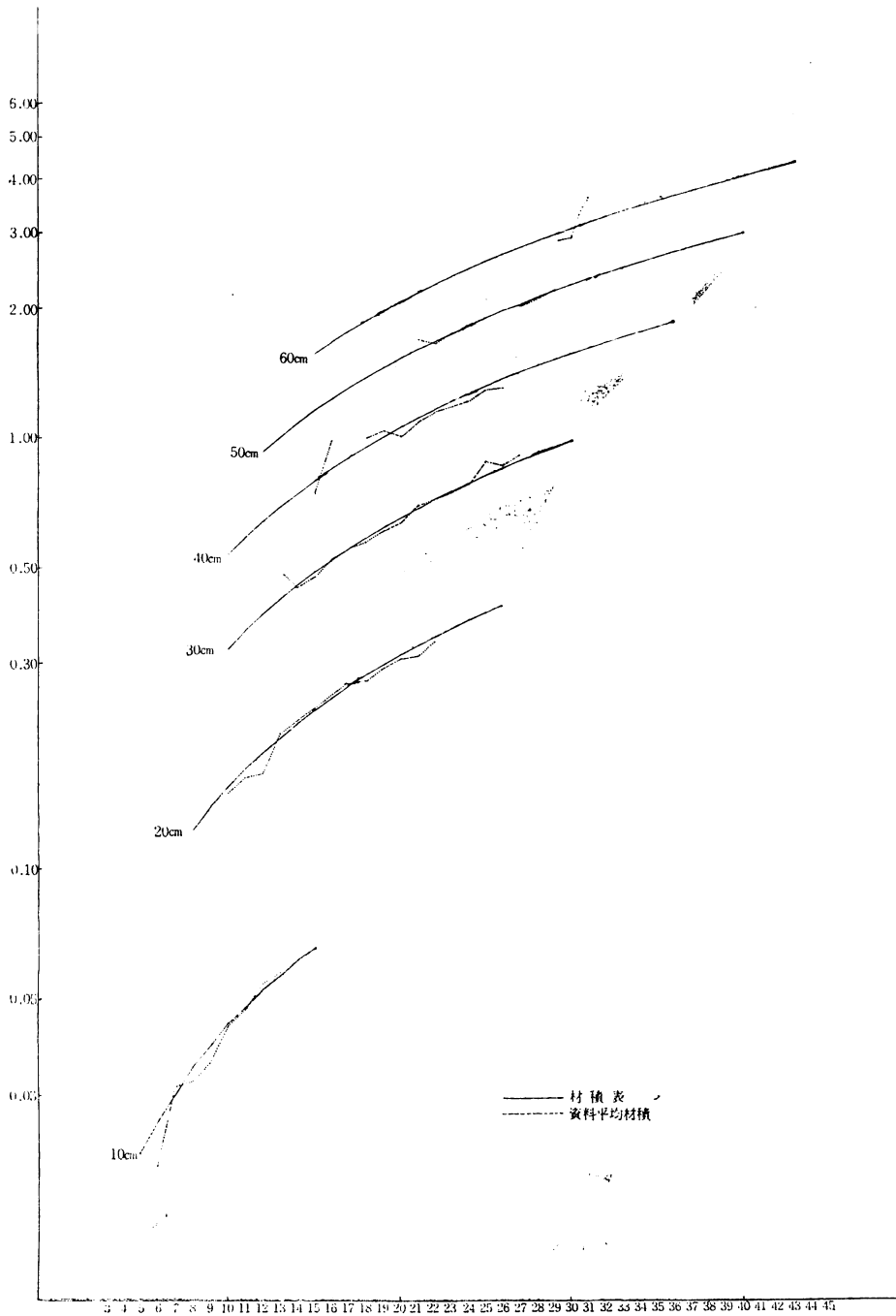
H \ D	D	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120
	H										
20		0.562	5.228	5.396	5.567	5.740	5.914	6.091	6.270	6.451	6.634
21		5.312	5.486	5.663	5.842	6.023	6.206	6.392	6.580	6.770	6.962
22		5.562	5.744	5.929	6.117	6.306	6.498	6.693	6.889	7.088	7.289
23		5.811	6.002	6.196	6.391	6.590	6.790	6.993	7.199	7.406	7.616
24		6.061	6.260	6.462	6.666	6.873	7.082	7.294	7.508	7.724	7.944
25		6.310	6.518	6.728	6.940	7.155	7.373	7.594	7.817	8.042	8.271
26		6.560	6.775	6.993	7.214	7.438	7.665	7.894	8.126	8.360	8.597
27		6.809	7.033	7.259	7.489	7.721	7.956	8.194	8.434	8.678	8.924
28		7.058	7.290	7.525	7.763	8.003	8.247	8.494	8.743	8.995	9.251
29		7.307	7.547	7.790	8.036	8.288	8.538	8.793	9.051	9.313	9.577
30		7.556	7.804	8.056	8.310	8.568	8.829	9.093	9.360	9.630	9.903
31		7.805	8.061	8.321	8.584	8.850	9.120	9.392	9.668	9.947	10.229
32		8.054	8.318	8.586	8.858	9.132	9.410	9.692	9.976	10.264	10.555
33		8.302	8.575	8.851	9.131	9.414	9.701	9.991	10.284	10.581	10.881
34		8.551	8.832	9.116	9.404	9.696	9.991	10.290	10.592	10.898	11.207
35		8.799	9.088	9.381	9.670	9.978	10.281	10.589	10.900	11.214	11.533
36		9.048	9.345	9.647	9.951	10.259	10.572	10.888	11.208	11.531	11.858
37		9.296	9.601	9.911	10.224	10.541	10.862	11.187	11.515	11.847	12.184
38		9.544	9.858	10.175	10.497	10.822	11.152	11.485	11.823	12.164	12.509
39		9.792	10.114	10.440	10.770	11.104	11.442	11.784	12.130	12.480	12.834
40		10.040	10.370	10.704	11.043	11.385	11.732	12.082	12.437	12.796	13.159
41		10.288	10.626	10.969	11.315	11.666	12.021	12.381	12.745	13.112	13.484
42		10.536	10.882	11.233	11.588	11.947	12.311	12.679	13.052	13.428	13.809
43		10.784	11.139	11.497	11.861	12.228	12.601	12.978	13.359	13.744	14.134
44		11.032	11.394	11.762	12.133	12.509	12.890	13.276	13.666	14.060	14.459
45		11.280	11.650	12.026	12.406	12.790	13.180	13.574	13.972	14.376	14.784

H \ D					
	122	124	126	128	130
20	6.819	7.006	7.195	7.386	7.579
21	7.156	7.352	7.551	7.751	7.954
22	7.492	7.698	7.906	8.116	8.328
23	7.829	8.044	8.261	8.480	8.702
24	8.165	8.389	8.616	8.844	9.076
25	8.501	8.734	8.970	9.208	9.449
26	8.837	9.080	9.325	9.572	9.823
27	9.173	9.425	9.679	9.936	10.196
28	9.509	9.769	10.033	10.300	10.569
29	9.844	10.114	10.387	10.663	10.942
30	10.179	10.459	10.741	11.026	11.314
31	10.515	10.803	11.095	11.389	11.687
32	10.850	11.147	11.448	11.752	12.060
33	11.185	11.492	11.802	12.115	12.432
34	11.520	11.836	12.155	12.478	12.804
35	11.854	12.180	12.508	12.840	13.176
36	12.189	12.523	12.861	13.203	13.548
37	12.523	12.867	13.214	13.565	13.920
38	12.858	13.211	13.567	13.927	14.292
39	13.192	13.554	13.920	14.290	14.663
40	13.526	13.897	14.273	14.652	15.035
41	13.860	14.241	14.625	15.013	15.406
42	14.194	14.584	14.977	15.375	15.777
43	14.528	14.927	15.330	15.737	16.148
44	14.862	15.270	15.682	16.099	16.519
45	15.196	15.613	16.034	16.460	16.890

現行材積表との比較図



平均材積表との比較図



第11 調製年月日および調製担当者官氏名

1. 調製年月日

昭和37年1月

2. 調整担当者氏名

計画課長	農林技官	高	見	寛
主査	"	市	川	政 瑠
係員	農林事務官	高	瀬	弘 寧
"	"	川	上	力
"	農林技官	森	幸	夫