

材積表調製業務資料 第39号

1

熊 本 営 林 局

屋久スギ立木材積表調製説明書

昭 和 36 年 3 月

林 野 庁

結 言

熊本営林局において従来使用されてきたスギ立木材積表は昭和11年頃調製されたもので、調製資料および経緯について不明である。

なお従来のスギ材積表は管内全域に適用されてきたのであるが、その間において飫肥地方スギ、屋久スギ(屋久島)については適合性の低いことが指摘されてきた。昭和26年、林野庁の指示により、全国的に立木材積表の検討あるいは再調製が行れることになり、更に昭和30年に「主要樹種立木材積表調製要綱」が決定された。当局においても本要綱に基いて林業試験場経営部の指導の下に、主要樹種別に立木材積表を調製中であるが、従来適合性に問題のあつた飫肥地方スギ、屋久スギにつき、林野庁、林業試験場の指示もあり、別途調製することとしこのたび本表を完成した次第である。本材積表は屋久島に産する天然生のスギを対象とし調製したものである。

本材積表調製にあたり御指導を受けた林業試験場測定研究室長大友技官、同室栗屋技官、ならびに関係各位の指導と助言に対し深謝し、また資料収集に協力された関係営林署各位に対し感謝の意を表すものである。

目 次

緒 言	頁
才Ⅰ 地域決定の根拠	1
1. 位置及び面積	1
2. 地 勢	1
3. 地質（土壌）	1
4. 気 候	2
5. 林 況	2
才Ⅱ 資 料 の 収 集	3
1. 収 集 地 域	3
2. 資料の測定及び整理	3
才Ⅲ 材 積 表 の 調 製	12
1. 調製方法の決定	12
2. 資料の吟味	15
3. 棄却済資料による材積式の計算	28
1) 回帰式の計算	28
2) 相関係数の計算	28
3) 有意性の検定	29
4) 10cm直径級ごとの回帰係数差の検定	30
才Ⅳ 材積式の決定	38
1) 修正係数の計算	39
2) 決定材積式	39
才Ⅴ 材積表の適合度	40
才Ⅵ 上屋久営林署管内スギに対する修正利用の検討	40
1) 適合度の検定	40
2) 修正式	41
才Ⅶ 材積表使用上の注意	41
才Ⅷ 調製年月日及び担当者職氏名	41
別表 附属表及び材積表	42

熊本営林局

屋久島 立木材積表調製説明書

第 I 地域決定の根拠

1. 位置及び面積

屋久島は九州本島の最南端部佐多岬を距ること80km、黒潮北上する洋上に聳ゆる山岳島で、東西約27km、南北26kmあまりで面積540km²の略円形の小島で国有林面積は島の大部分にあたる39,800ha余である。

2. 地 勢

本島は周辺に非常に狭い段丘をめぐらし、背後には直ちに急峻な山地がそびえ立ち海岸に近い高度30～100mのあたりから急角度を以て500～1000mの前岳が聳え海岸地帯の低地からは奥岳たる中央高峰は望めない。中央山地には、九州最高を誇る宮の浦岳（1935m）を中心に永田岳（1890m）、黒味岳（1836m）等1000mをこえる峰々は数峰に及び此等の峰々に源を発し瀑湍をなして四面に流下する多数の溪流は常に豊富な水量によつて満されている。地形は大別すると海岸丘陵地、前岳斜面、奥岳山地の3つに分かれる。

(1) 海岸丘陵地

東部、南部に発達している、海拔高100～180m以下の海岸段丘で隆起運動による海蝕台地を主とし、一部に僅少の洪積地を含んでいる。地勢は一般に平坦で緩く傾いてはいるが、地盤隆起のため川岸に段丘の発達することが多く、海岸も崖をなし砂浜を展開している個所は少ない。

(2) 前岳斜面

本地域は海岸丘陵地の内側に位し、山地の周辺をなし、奥岳とはおむね顕著な稜線で区切られる。一般に急峻な斜面を海に向けており、四時海風が衝突して奥岳とは著るしく差異ある環境を形成している。又多数の輻射河谷は降水量の大と勾配の急と相俟つて山地の開折を著しく進めている。前岳の高さはおむね900～1300mである。

(3) 奥岳山地

幾多の高峰が裾をつらねて重り合い輻射河谷が発達しており山峰は放射状に山脈を海に延し、車輪状の特徴ある島形を成している。山地中央部の低平なる所には湿原があり清澄なる水が叢間に流れている。山岳が数回の隆起運動により形成されたため山腹に数段の段丘が認められる。段丘の縁端部が山腹に位し、この部分が極めて急傾斜をなしているが、その上部は却つて緩傾斜をなしている。海拔高700～1500mにおいて特に甚しい。

3. 地 質（土壌）

本島は日本列島の地体構造線と密接な関係を有し九州山系が大隅半島の先端で地殻変動のため海中に没したものが、その後の地殻変動で隆起した島である。従つて地質は大隅半島肝属山塊と全く同様で基盤は古生層に属する粘板岩、砂岩その他の互層よりなり、これらの岩層が島の中央部を占める花崗岩塊によつて貫かれている。花崗岩の特徴は粗粒質のものが多く時には著しい花崗斑岩状をなし、内に直径数㎝に及ぶ斑晶を含有する。

土壌は本島が一般に地勢急峻にして且つ、降雨量が大であるため表土の流亡多く新陳代謝がはげしいので基

岩の性質を残したものが多い。花崗岩土壌は礫、砂を多量に含み透水性が大で、保水性が乏しいが莫大な降雨量がこれを補っているためそれほど害はない。これに対して水成岩を基岩とする土壌は多くが植壤土で容水性が大で、多雨と相俟つて陰湿なる環境を形成している。又火山噴出物の堆積が見出され緩傾斜地は降雨による流亡が少いため、特に多く残っている。地味は一般には良好と云い得ない。

(4) 気 候

本島は九州の南方洋上にあり南東より暖流黒潮と対島海流の影響を受けて暖温であり海岸丘陵地帯と中央山岳地帯との間には気温、降雨量、降雪霜等の気象条件に極端な差異が見られる。前者は年平均 20°C 以上で降雪霜を見ることはなく、降雨量は $3,000\sim 5,000\text{mm}$ であるのに対して標高 $600\sim 1,700\text{m}$ においては年平均 15°C 以下で降雪霜があり、又雨量は莫大で $8,000\text{mm}$ 程度を見る。これは小規模ながら脊梁山脈状をなす地形に年間殆んど絶えない季節風及び温帯性並びに熱帯性低気圧によつてもたらされる気流に対して強制上昇を余儀なくさせ、且つ高度の高いことは気流の相対湿度を大きくして、地形性雲の生成をうながして、地形性降雨を生じやすいことが影響している。

降雨日数は海岸で年間を通じて各月共半数程度あり、中央山岳地帯ではそれ以上で夏期で20日以上を見、年間200日以上降雨日がある。

風向は夏季偏南風、冬季偏西風が卓越しているが、これは雨量の配置と冬季の気温とに影響し西北部は冬季雨多く気温も低い、反対に南東部は冬暖かく夏季は多雨の原因をなしている。

以上よりして本島においては、中央山岳地帯、西北部、南東部の間に気候上の差異が認められる。

(5) 林 況

屋久島はその南方にある琉球諸島との間には、トカラ海峡があつて生物分布上の分界線をなす。従つて北方系動植物分布区の南端にあたり、琉球北部諸島と異り秀抜な海拔高を有しているため緯度の低いにも拘らず、相当寒冷な陸地を含むため、日本内地産であつて南限をなすものが極めて多く、スギ、モミ、ツガ、アカマツクロマツを始め顕著な植物46種に及んでいる。一方黒潮暖流が流搬して着生させたアコウ、モグマ、ヒルギ等琉球台湾区と共通する植物も少なくない。植生は海岸より海拔 $2,000\text{m}$ にならんとする宮の浦岳頂上まで区域の少であるにも拘らず垂直的に大きな較差があるため、植物分布、植生の形相も必然的に垂直的な差異が著しい海岸地帯にはアコウ、カシマ、モダモ等の亜熱帯植物繁茂し、海岸丘陵地帯より前岳にかけては、クロマツ、モクダチバナ、タブノキ、イスノキ、シイ類、カン類等の暖帯下位植生の発達を見る、中央山岳地帯においては漸次温帯植生に移行しスギ、モミ、ヒメシヤラ、ヤマグルマ等を優生木とする国内に比類なき高令天然性林を育成している。

屋久スギは移行帯植生より温帯生下位植生にあり、地形、気象に影響されて一概にいえないが標高 $600\sim 1,500\text{m}$ に生育している。本島の80%程度が原生状態の天然生林であつて、標高、傾斜によつて広葉樹か針葉樹かをそれぞれ主体とする林相に大別される。後者は屋久スギ、小スギを主体とするものと、ツザによるものに別かれ、屋久スギ、小スギの地帯は本島の特色ある景観の中でも最大のものであつて団地的に分布している。分布面積は島内国有林の50% ($19,500\text{ha}$) にわたつて散在し、蓄積は島内国有林総蓄積の20% ($1500,000\text{m}^3$) 余を有し、陌当りでは地域差が大きい点在地域をのぞいて普通 $300\sim 500\text{m}^3$ であり局部的に 700m^3 以上を越える箇所もある。

(屋久スギについて)

同島に産する杉を現地では屋久スギ、小スギ、地スギの三種に区別しており、これら三者は植物分類学上は同一の杉で造林上の品種にすぎない。屋久スギ、小スギは同島固有の天然産の杉であるが、その樹令1000年以

上を屋久スギ、以下を小スギと呼んでおり、品種というより年令の差に過ぎない。地スギは小スギの品種より育成した苗木を人工植栽したものである。

樹形に関しては普通のスギと比較して次の諸点が指摘される。

- (1) 幼令樹において杉の葉が普通の杉にくらべて硬い。
- (2) 若い間、杉の梢が鈍角で下枝の張りが弱い。
- (3) 樹皮は滑沢で灰色を呈している。
- (4) 老成したものは樹幹にくらべて枝、葉の量が少なく遠見すると老松のような姿をしている。
- (5) 現に梢頭の分岐している大木も枝下が高く単幹のものゝようであり、梢頭の枯れたものでもかつての良形を呈していた時代の形をのこしている。

以上の点を指摘したが特異性はむしろその材質に見られる。

第Ⅱ 資 料 の 収 集

資料の収集にあたつては、調製要綱に示されているごとく、適用地域全般にわたるように、また材積の推定をより正確にするため、各直径階、樹高階にわたつて収集するように努めた。

資料の収集地点等については、無作為抽出法によるのが至当であるが、現地の立地的な作業の困難性及び伐採に特殊技術を用いる点、調査日数等を考慮して、収集の主力を直営生産箇所におき収集した。

なを収集の対象として前述の屋久スギの内、小スギを対象として収集した。これは屋久スギの樹幹および梢頭が枯れて樹幹の状態が正常でないためである。

1、 収集地域

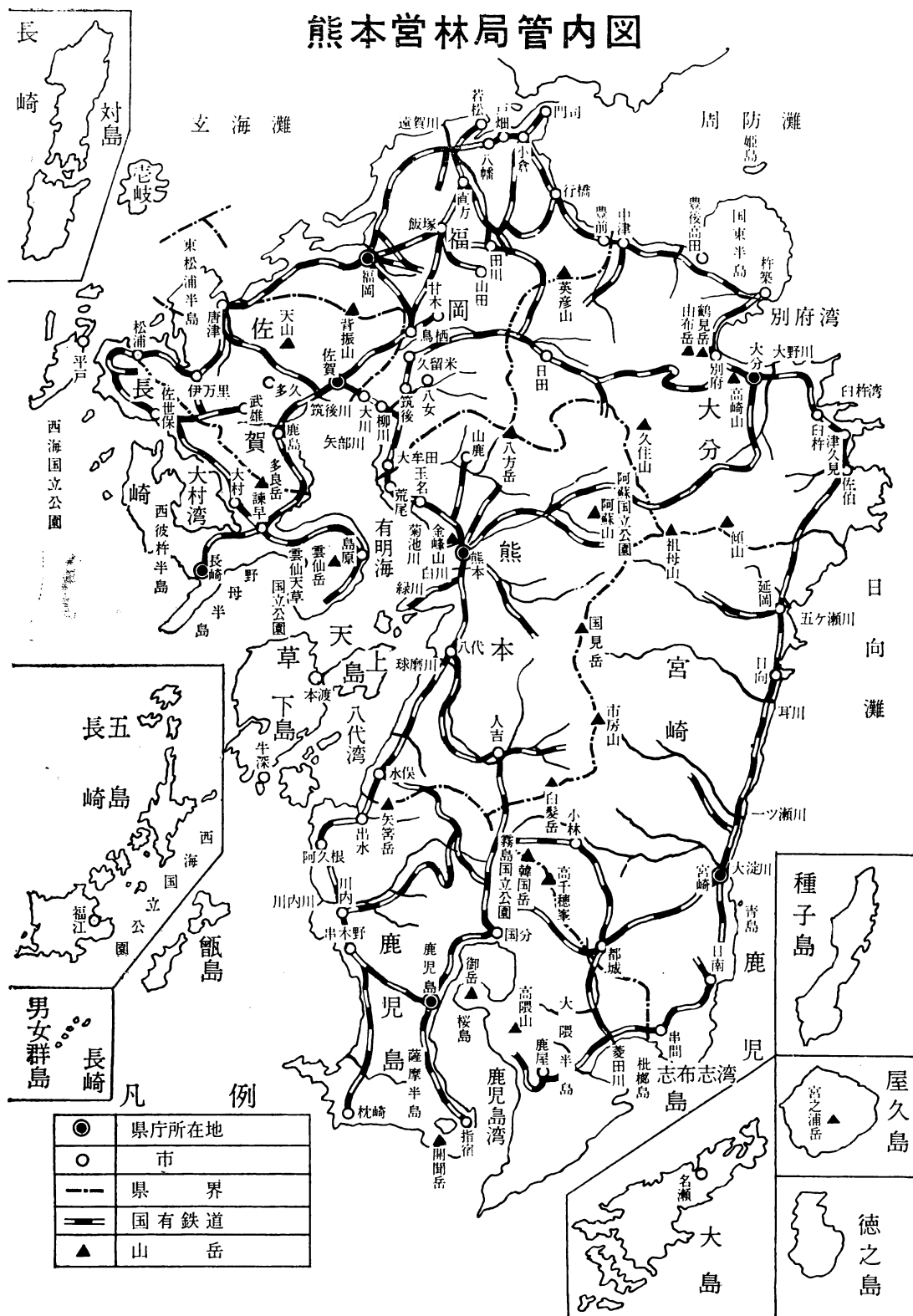
収集地域は管内国有林の内、屋久スギの産する鹿児島県下の屋久島より収集した。この収集地域の位置は才2図に示すとおりである。なを営林署別、事業区別、直径級別の収集本数は才1表のとおりである。

2、 資料の測定および整理

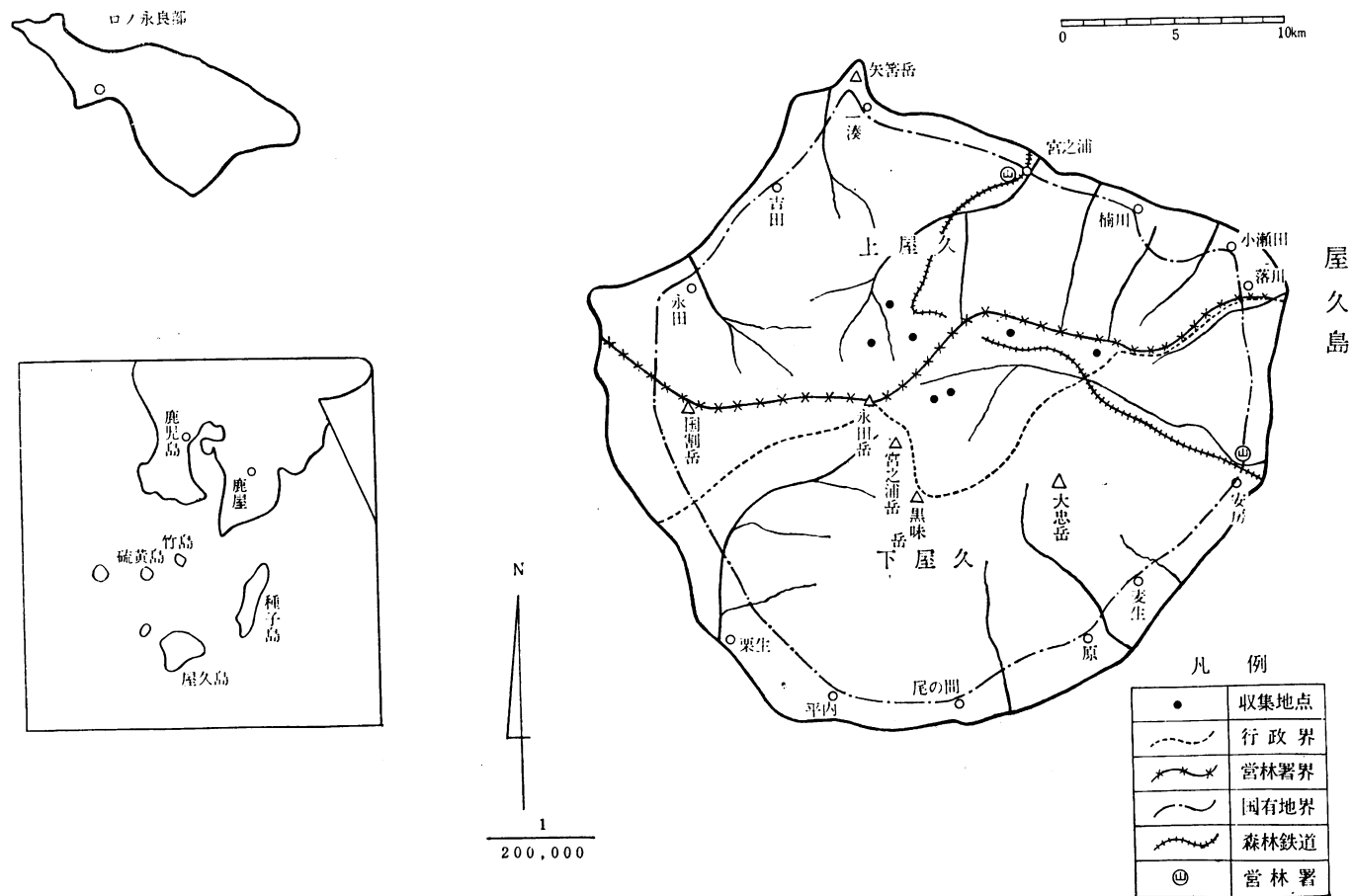
資料の測定は調製要綱により行つた。なを収集本数は1114本である。測定した資料については調製要綱に基づいて計算整理した。資料の直径階別、樹高階別本数は才3表のとおり、なを収集地についての参考事項の調査を行い才2表のようにとりまとめた。

〔注〕

収集本数1114本については下屋久営林署管内より収集したもので、上屋久署管内より収集した495本は含まないものである。これに両署管内のスギの間に差異が認められるので本材積表の数値算出後検討を加えるために用いるものとする。



第2図 資料収集位置図



才 1 表 営林署事業区直径級別本数一覧表

営林表	事業区	6~10	12~20	22~30	32~40	42~50	52~60	62~70	72~80	82~90	92~	計
下屋久	下屋久	50	66	66	107	167	173	179	108	95	103	1114
上屋久	上屋久	35	27	78	85	64	61	57	37	24	27	495

才 2 表 林小斑別地況林況一覧表

区 画							作 業 区	地 況				樹 種	混 合 歩 合
県	郡 (市)	村 (町)	大字 (字)	営 林 署	事 業 区	林 小 斑		地位 (地利)	方位、 傾斜	基岩 土性 結合度	深度 湿度		
鹿児島	熊毛	上屋久	石塚	下屋久	下屋久	91は	才一皆用	スギ 2	NW 中	花崗岩 壤土	中 適	ヤクスギ 他	
〃	〃	〃	〃	〃	〃	91に	〃	〃	〃	〃	〃	〃	33
〃	〃	〃	〃	〃	〃	91に	〃	〃	〃	〃	〃	〃	47
〃	〃	〃	〃	〃	〃	91に	〃	〃	〃	〃	〃	〃	20
〃	〃	〃	〃	〃	〃	92い	〃	〃	〃	〃	〃	〃	36
〃	〃	〃	〃	〃	〃	92い	〃	〃	〃	〃	〃	〃	37
〃	〃	〃	〃	〃	〃	95い	〃	〃	〃	〃	〃	〃	27
〃	〃	〃	宮の浦	〃	〃	21い	〃	〃	SE 中	〃	〃	〃	34
〃	〃	〃	〃	上屋久	上屋久	21い	〃	〃	NE 急	〃	浅	〃	46
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	20
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	26
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	34
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	40

才 2 表 続 き

林 況						材 積			備 考	
林 令	疎 密 度	直 径	樹 高	林 種	林 相					
240 30〜2500	中	60 20〜200	20 10〜25	天	針	338	89	427	昭和26年 4 次編成 〃 〃	
210 20〜1500	〃	40 20〜200	17 10〜24	〃	混	146	54	200	〃 〃	
230 20〜3500	〃	70 20〜250	20 10〜25	〃	針	320	80	400	〃 〃	
				〃	〃				〃 〃	
140 80〜200	〃			〃	混	206	144	350	〃 〃	

表 3 本 数 別 階 高 樹 徑 直 表 3

Hm \ Dcm	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
3	1																		
4	4																		
5	6	4	2																
6	3	6	5	1															
7	2	3	4	3															
8		3	1	2	2	1													
9			4	3		1													
10			1	4	2	2	4	1											
11			1	1	3	1	2	1											
12				2	2	3	3	2					1						
13					3	2	4	2	2		1	1	1	1					
14						2		1	4		1	1	2					2	
15							1	1	1	3	3	3	2	1		2	2	1	3
16						1		1		2	4	3	1	1	3	1	3		
17								1	2	2	1	3	4	3	4	3	1	2	1
18								1	2		1	3	1	2	1	4	2	2	1
19											1	2	3	2	1	1	1	3	2
20										1		1	1	1	1	8	1		1
21													1	1	1	2	3	4	4
22															3	4	5	4	3
23																	1	1	3
24																1	2	2	2
25															1			3	3
26																	2	2	3
27																			
28																1			2
29																			1
30																	1	2	
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
計	16	16	18	16	12	13	14	11	11	8	12	18	17	12	17	29	21	28	29

才 3 表 続 き

H m D cm		86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110	112	114	116	118	120	122
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20			1																	
21						1														
22				2	1			2												
23						2	2													
24		1	1	3			2				1									
25			1	2	1	1			2								1			1
26		1	2	2	1	1	3	1	1									1		
27		2	3	5		1		2			1			1						
28		1		2		2		1	1			1	1		1					1
29		3	2	2		1	1	1	2							2				1
30		2	1	3	1		2	2	1	1			3							1
31			3	1	1	2	2	1	1			1			1		1	1		2
32		1	1			2	1		1			1	1		1				1	
33		1			1	1	1	1				1	1				1			
34				1	1		2		1											1
35						1														
36								2	1					1						
37																				
計		12	15	24	7	15	16	13	11	3	4	6	2	3	2	3	2	1	7	

124	126	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158	計
																		1
																		4
																		12
																		15
																		12
																		9
																		8
																		14
																		9
																		13
																		17
																		14
																		30
																		24
																		33
																		45
																		31
																		36
1																		46
																		68
																		62
																		73
																		92
																		80
				1														75
																		72
																		59
																		59
																	1	35
				1														24
																		16
							1								1			14
																		3
										1								7
																		2
2				2			1			1					1		1	1114

第 III 幹材積表の調製

1 調製方法の決定

材積表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。従来から用いられている方法はいろいろなものがあるが大別して

調和曲線を利用する方法

共線図表を利用する方法

最小自乗法を利用する方法

があるが、いずれもこの3つの条件を十分に満足させる方法はない。調和曲線を利用する図形的解析法は多数のデータを必要とし、また調和曲線法および共線図表法では、曲線をフリーハンドで適合させる場合に調製者の主観がはいるので影響をおよぼすことが大きい。最小自乗法を利用する方法は実験式が決定されれば完全に客観的であるという長所がある。なを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資料に適合している。この方法は現在広く採用され、ほとんどの表がこの方法で調製されている。したがって本材積調製においても以上の理由により、最小自乗法を利用する方法を採用した。最小自乗法は直線形に直せるあらゆる材積方程式に適用できるのであるが、いま屋久スギ全資料について、胸高直径対材積、樹高対幹材積の関係を対数方眼紙上にプロットすれば2～3図のとおりであり、

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

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

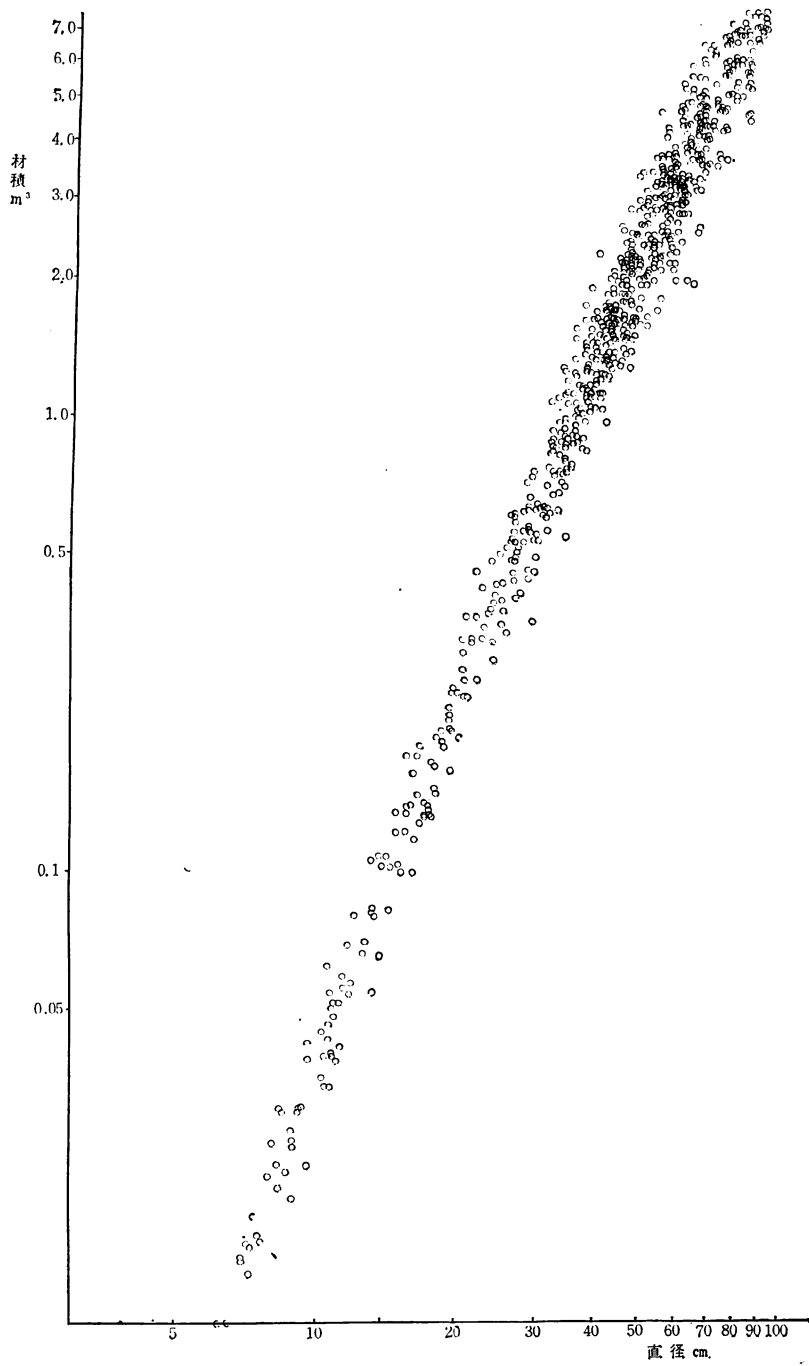
ただし、 V = 幹材積、 D = 胸高直径、 H = 樹高 $b_1 b_2$ = 常数

ほど直線関係にある。幹材積を胸高直径と樹高の二因子により変化するものとすれば、

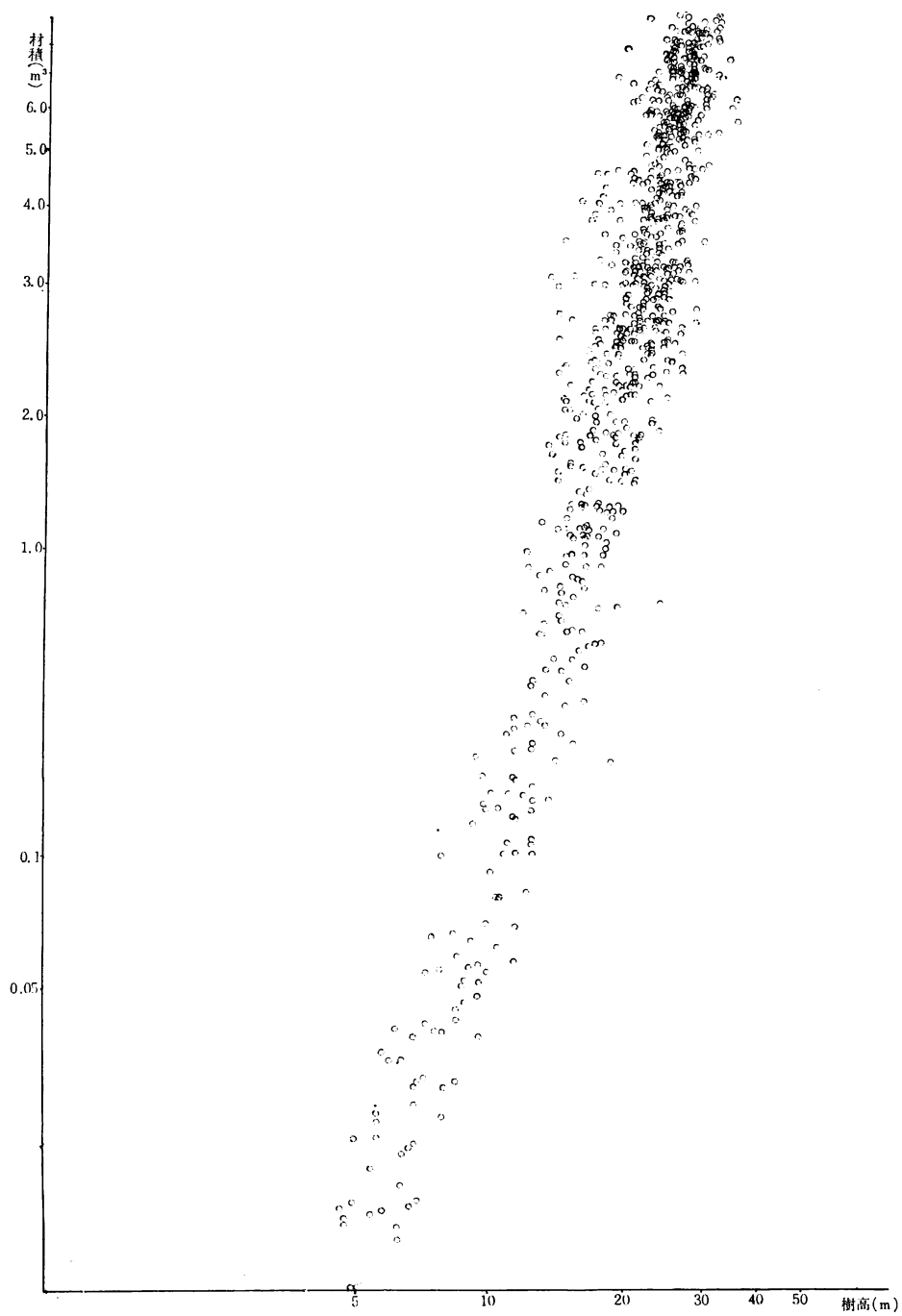
$$V \propto D^{b_1} H^{b_2}$$

したがって、 $V = 10a D^{b_1} H^{b_2}$ を採用することにした。

第 3 図 直径对幹材積散布図



第 4 図 樹高对幹材積散布図



2、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離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

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

を一次の式に変換するために両辺の対数をとれば

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

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

とすれば上式を次のように表すことができる。

$$Y = a + bX_1 + CX_2$$

したがって棄却帯は次の式で表される。

$$E_{YX_1X_2} = t \{ Sy_{X_1X_2}^2 \{ 1 - 1/n + |C| \} \}^{\frac{1}{2}}$$

$$|C| = \left((x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2) \right) \left(\frac{C_{11}C_{12}}{C_{12}C_{22}} \right) \left(\frac{x_1 - \bar{x}_1}{x_2 - \bar{x}_2} \right)$$

$$= [C_{11}(x_1 - \bar{x}_1)^2 + C_{22}(x_2 - \bar{x}_2)^2 + 2C_{12}(x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2)]$$

$$\therefore E_{YX_1X_2} = t \cdot Sy_{X_1X_2}^2 \{ 1 - \{ 1/n + C_{11}(x_1 - \bar{x}_1)^2 + C_{22}(x_2 - \bar{x}_2)^2 + 2C_{12}(x_1 - \bar{x}_1)(x_2 - \bar{x}_2) \} \}^{\frac{1}{2}}$$

但し C_{11} , C_{12} , C_{22} , : ガウスのC乗数 n : 資料数

$\bar{x}_1$, $\bar{x}_2$: x_1x_2 の平均値、 t : Student の t 分布の値、

実験式 $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$ を適用し最小自乗法により常数を求める。胸高直径、樹高、材積の対数は6桁を使用し、材積の対数は便宜上 $V \times 100$ の対数を用いた。

C乗数は

$$C_{11} = 0.06754255$$

$$C_{22} = 0.16592342$$

$$C_{12} = -0.09572858$$

$$\text{回帰係数は } b_1 = 1.90842763$$

$$b_2 = 0.85879010$$

回帰からの偏差の分散および標準誤差

$$Sy_{X_1X_2}^2 = 0.003181717407$$

$$Sy_{X_1X_2}^2 = 0.05640671$$

故に棄却帯は

$$\begin{aligned}
E y_{x_1 x_2} &= t [S y_{x_1 x_2} - \sqrt{V(\hat{Y})}] \\
&= t S y_{x_1 x_2} \left[1 - \left\{ \frac{1}{n} + C_{11} (x_1 - \bar{x}_1)^2 + C_{22} (x_2 - \bar{x}_2)^2 + 2 C_{12} (x_1 - \bar{x}_1) (x_2 - \bar{x}_2) \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \\
&= 2.57582 \times 0.05640671 \left[1 - \left\{ \frac{1}{1114} + 0.06754255 (x_1 - 1.69201506) \right. \right. \\
&\quad \left. \left. + 0.16592342 (x_2 - 1.33119168) + (-0.19145716) (x_1 - 1.69201506) (x_2 - 1.33119168) \right\} \right]^{\frac{1}{2}}
\end{aligned}$$

上式によつて全資料について計算した結果、回帰からの偏差が $E y_{x_1 x_2}$ を越えた場合、この資料は回帰の一般的傾向から外れた異常なものとして棄却する。この結果収集資料数1114本の中より異常資料として18本をのどいた1096本を調製の資料とした。

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

表 4 棄 却 資 料 一 覧 表

直 径 <i>cm</i>	樹 高 <i>m</i>	材 積 <i>m</i> ³	logV (Y)	logV' ($\hat{Y}$)	log(V - V')
36.0	21.6	0.7001	1.8452	1.9985	-0.1533
36.0	17.3	0.5440	1.7356	1.9157	-0.1801
40.0	21.9	0.8364	1.9224	2.0909	-0.1685
40.0	21.7	0.7076	1.8498	2.0875	-0.2377
48.0	21.8	2.5524	2.4069	2.2403	0.1666
49.7	27.8	1.2794	2.1070	2.3599	-0.2529
50.0	23.3	1.3739	2.1380	2.2990	-0.1610
62.0	24.8	1.9536	2.2908	2.5006	-0.2097
64.0	25.8	2.3661	2.3740	2.5416	-0.1676
67.7	26.0	1.9125	2.2816	2.5911	-0.3095
76.0	24.7	3.2363	2.5100	2.6678	-0.1577
77.2	27.3	3.6774	2.5655	2.7181	-0.1526
84.0	26.4	8.5814	2.9336	2.7756	0.2180
87.1	26.0	9.0645	2.9573	2.7999	0.1574
90.0	25.5	4.3338	2.6368	2.8198	-0.1830
91.7	24.7	9.4810	2.9769	2.8234	0.1534
100.0	30.0	6.6306	2.8216	2.9678	-0.1462
100.0	25.6	11.6836	3.0676	2.9086	0.1590

表 5 直径樹高階別本数表

Hm	Dcm																			
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	
3	1																			
4	4																			
5	6	4	2																	
6	3	6	5	1																
7	2	3	4	3																
8		3	1	2	2	1														
9			4	3		1														
10			1	4	2	2	4	1												
11			1	1	3	1	2	1												
12				2	2	3	3	2					1							
13					3	2	4	2	2		1	1	1	1						
14						2		1	4		1	1	2					2		
15							1	1	1	3	3	3	2	1		2	2	1	3	
16						1		1		2	4	3	1	1	3	1	3			
17								1	2	2	1	3	4	3	4	3	1	2	1	
18								1	2		1	3	1	2	1	3	2	2	1	
19											1	2	3	2	1	1	1	3	2	
20										1		1	1	1	1	8	1		1	
21												1	1	1				4	4	
22															3	3	5	2	3	
23																	1	1	3	
24																2	2	2	2	
25															1			3	3	
26																	2	2	3	
27																1				
28																			2	
29																	1	2	1	
30																				
31																				
32																				
33																				
34																				
35																				
36																				
37																				
計	16	16	18	16	12	13	14	11	11	8	12	18	17	12	17	27	21	26	29	

水 5 表 続 き

Dcm Hm																					
		86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	105	108	110	112	114	116	118	120	122	
3																					
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					
12																					
13																					
14																					
15																					
16																					
17																					
18																					
19																					
20			1																		
21					1																
22				2	1			2													
23					2																
24	1	1	3			2				1											
25		1	2		1	2		2								1					
26	1	1	1	1	1		1		1								1		1		
27	2	3	5		1	3	2			1			1								
28	1		2		2		1	1	1		1	1		1					1		
29	3	2	2		1	1	1	1	2						2				1		
30	2	1	3	1		2	2	2		1		3							1		
31		3	1	1	2	2	1	1		1	1			1		1	1		2		
32	1	1			2	1		1		1	1	1		1				1			
33	1		1	1	1	1	1	1			1	1				1					
34			1	1		2			1		1								1		
35					1																
36							2	1					1								
37																					
計	12	14	23	6	15	16	13	9	3	4	6	2	3	2	3	2	1	7			

124	126	128	130	132	134	136	138	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158	計
1																		1
																		4
																		12
																		15
																		12
																		9
																		8
																		14
																		9
																		13
																		17
																		14
																		30
																		24
																		33
																		44
																		31
																		36
																		46
																		64
																		61
																		73
																		89
																		74
																		74
																		71
																		59
																		58
																		35
																		24
																		16
																		14
																		3
																		7
																		2
2			2			1			1				1				1	1096

次 6 表 続 き

$\frac{D_{cm}}{H_m}$	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14					2.0641								
15					1.9628		3.4927						
16													
17			2.4850				3.0736			4.1771			
18		2.4756	2.2521	2.8854					3.5487				
19	2.1889	2.4690	2.1266	3.1016		3.1458	3.0320						
20					2.8889		3.5859						
21	2.1750	2.4989		2.8603			3.5157	3.5205		4.6095			
22	2.2902	2.5795	2.8400	3.0087	3.3991	3.8314		3.3638		3.4644		3.5807	5.1692
23	2.4952	2.8855	3.0481	2.9335	3.3989	3.3474	3.8136	3.3804			4.7736	5.0043	
24	2.6452	2.7137	2.9006	3.2063	3.4039		3.8912		4.7505	4.7825	4.8396	5.3573	5.6553
25	2.8511	3.0811	3.0438	3.3175	3.5655	3.6321	4.4880	4.0669	5.4480	3.7881	3.6477	4.2015	4.9943
26	3.0525	2.8609	3.8311	3.0942	3.7639	3*5848	4.2003	4.5065	4.0143	4.6185		5.4521	
27	3.1732	3.1353	3.3401	4.0068	3.2966	4.3224	4.5808	5.0936	4.5606	5.1394	5.4209	6.1352	5.8807
28	3.3206	3.6528	3.6891	4.4164	4.4085	4.3004	4.4870	4.1856	5.0260	5.8648	6.0642	5.3296	5.5117
29	3.4930	3.7336		3.6546	4.7259	4.5589	4.7490	4.5776	5.2581	5.8942	6.0200	6.2679	5.4514
30	3.5174	3.6509	3.5733		4.4532	4.7286		5.3906	5.6301	6.3624		5.6923	6.5065
31			4.5350			5.4998	6.1125		4.7977		7.7804	6.4260	
32	3.6601				5.2614	5.0797			5.3450	5.6572		5.2198	
33		3.7470	3.0835				5.3251						7.8758
34		4.1882						5.1216				6.6930	7.0840
35													
36				4.5443	4.8809			6.3891					
37	4.5846				5.1896								
											8.0537		

84	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104	106	108	110
		5.8237			6.7603								
			5.3872	5.6433			7.0326						
5.1797					7.9554								
5.5946	4.9049	5.1414	6.0725			6.8466			6.6768				
5.0648		5.5661	5.5701		6.0284	7.9085		9.2663					
7.5614	5.2973	7.1452	6.2736	6.1998	6.6031		9.0767						
6.7126	5.8069	6.7007	6.8199		6.9695	7.7579	8.9947		8.9718			10.4893	
	5.8413		6.7050		7.1931		7.3239	9.9451		10.3215	11.3665		8.4636
7.3262	7.0715	6.3332	8.1487		6.4102	7.2597	11.0405	9.7675					
6.3722	5.7349	6.9799	6.9986	8.8670		8.3229	9.7331		10.4153		9.4989		
7.2388		8.7001	7.3993	7.3820	7.7938	7.8817	9.3162	8.0869		9.5387			14.0452
	6.8883	9.1819			8.4179	10.9980		10.8026		9.2936	9.3639		11.3293
	7.3899		10.7987	7.3143	9.3386	8.6285	10.3019			10.7150	9.2786		
			7.1582	7.6649		10.9403		11.8745					
					10.5535								
							10.5176	8.3584				16.3737	

才 6 表 続 き

[illegible]

138	140	142	144	146	148	150	152	154	156	158
		17.7118				16.4055				16.3971

3. 棄却済資料による材積の計算

棄却済資料1096本を用いて材積式を計算すると次のとおりである。

(1) 回帰式の計算

(イ) 平方和、積和、相関係数の計算

n=1096	X_1	X_2	Y
和	1852.532979	1457.977195	2468.276318
平均	1.69026732	1.33027116	2.25207693
1. SX_1^2 など	3211.87453660	2511.01023813	4365.91119070
2. 補正項	3131.27594734	2464.37120107	4172.04678867
X_1 3. Sx_1^2 など	80.59858926	46.63903706	193.86440203
4. $1/\overline{Sx_1^2}$ など	8.97767171	51.53653399	195.40824888
5. 相関係数		0.90497039	0.99209938
1. SX_2^2 など		1972.45862754	3400.86985926
2. 補正項		1939.50501929	3283.47680894
X_2 3. Sx_2^2 など		32.95360825	117.39305032
4. $1/\overline{S^2x_2}$ など		5.74052334	124.94838860
5. 相関係数			0.93953233
1. SY^2 など			6032.50810972
2. 補正項			5558.74815876
Y 3. Sy^2			473.75995096
4. $1/\overline{Sy^2}$			21.76602745

(ロ) 回帰係数の計算

(イ)の数値を用いて簡略 Doolittle 法で回帰係数を計算する。

	b_1	b_2	G	計	check
I 1.	80.59858926	46.63903706	193.86440203	321.10202835	
2.		32.95360825	117.39305032	196.98569563	
II 3.	80.59858926	46.63903706	193.86440203	321.10202835	
4.	1	0.57865823	2.40530763	3.98396586	3.98396586
III 5.		5.96554562	5.21181862	11.17736424	11.17736424
6.		1	0.87365330	1.87365330	1.87365330
7.	7. を4. に代入して		$b_1 = 1.89976096$	$a = -2.12122273$	
8.			$b_2 = 0.87365330$		

すなはち回帰係数は

$$b_1 = 1.89976096$$

$$b_2 = 0.87365330$$

回帰常数は

$$a = -2.12122273$$

故に回帰方程式は

$$\hat{Y} = -2.12122273 + 1.89976096 \bar{x}_1 + 0.87365330 \bar{x}_2$$

(2) 相関係数の計算

回帰に帰因する平方和

$$\hat{S_y^2} = b s_{x_1 y} + C s_{x_2 y} = 470.85684824$$

回帰からの偏差平方和

$$S_{dy x_1 x_2} = S_y^2 - \hat{S_y^2} = 2.90310272$$

推定の誤差の分散

$$S_{y x_1 x_2} = S_{dy x_1 x_2} / (n - 3) = 0.00265608666$$

同上の標準誤差

$$S_{y x_1 x_2} = 1 / \sqrt{S_{y x_1 x_2}} = 0.05153724$$

C乗数は

$$C_{22} = 0.16762926$$

$$C_{21} = -0.09700005$$

$$C_{11} = 0.06853705$$

重相関係数

$$R^2 = \hat{S_y^2} / S_y^2 = 0.993872207$$

$$R = \sqrt{R^2} = 0.99693140$$

偏相関係数

$$r_{y x_1 x_2} = 0.97352467$$

$$r_{y x_2 x_1} = 0.78144592$$

(3) 有意性の検定

1) 回帰係数の有意検定

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

$$S(b_1) = S_{y x_1 x_2} / \sqrt{C_{11}} = 0.01349223$$

$$\text{故に } t(b_1) = \frac{|b_1 - 0|}{S_{b_1}} = 140.804075^{**}$$

$$S(b_2) = S_{y x_1 x_2} / \sqrt{C_{22}} = 0.02110066$$

$$\text{故に } t(b_2) = \frac{|b_2 - 0|}{S_{b_2}} = 41.404075^{**}$$

したがって、この $t(b_1)$ 、 $t(b_2)$ の値はt表の0.01%の値と比較して著しく大であるので、回帰係数=0の仮説を捨てる。すなはちきわめて有意である。

(2) 回帰式の有意差の検定

変 動 因	自由度	平 方 和	平 均 平 方
回 帰	2	470.85684824	235.42842412
推定の誤差	1.093	2.90310272	0.00265609
全 体	1.095	473.75995096	

$$F = 88637.2164^{**} \quad \text{変 量 } 2, df1093$$

重相関係数はきわめて有意である。

(3) 偏相関係数の有意検定

$$r_{yx_1x_2} = 0.97352467^{**} < 0.081$$

$$r_{yx_2x_1} = 0.78144592^{**} < 0.081 \quad \text{変 量 } 2, df1039$$

$r_{yx_2x_2} = 0$, $r_{yx_2x_1} = 0$ とであるという仮説をたて、検定を行つた結果、いずれも著しく有意である。

(4) 10cm直径級ごとの回帰係数間の差の検定

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

まず各級の回帰式を求める、各級の平方和積和等は表7に示すとおりであるが、これにより最小自乗法で求めた回帰係数、常数および回帰推定の誤差の分散は表8～9表に示す。

表7 表 10cm直径級別和および平方和積和

直 径 級	本 数	S _x	S _{x₂}	S _y
6～10	50	44.671355	38.842152	12.935806
12～20	66	78.164719	68.514657	68.177973
22～30	66	93.776382	79.540523	107.994317
32～40	103	160.770596	133.103252	202.457219
42～50	164	272.860665	220.700097	362.526675
52～60	173	302.971319	239.480636	417.898922
62～70	176	320.613534	246.538750	452.834952
72～80	106	199.340864	152.197139	287.597761
82～90	92	177.871732	132.733942	258.729787
92～	100	201.491813	146.326047	297.452906
全 体	1096	1852.532979	1457.977195	2468.276318

才 7 表 続 き

直 径 級	Sx_2^2	Sx^2_2	Sy^2
6~10	0.44353805	0.61391284	3.36890727
12~20	0.48578434	0.58862140	3.46542578
22~30	0.16472377	0.20370474	1.05373338
32~40	0.11208866	0.62247936	1.38353977
42~50	0.13107221	0.76089565	1.51181159
52~60	0.08730148	0.83991201	1.55082687
62~70	0.06250498	0.84593110	1.63562501
72~80	0.03197204	0.31994577	0.77751428
82~90	0.06417146	0.19859640	0.57181297
92~	0.24306098	0.29684860	1.16070364
全 体	80.59858926	32.95360852	473.75995096

直 径 級	Sx_1x_2	Sx_1y	Sx_2y
6~10	0.33590648	1.15724321	1.17268756
12~20	0.33674111	1.23989010	1.13871984
22~30	0.03966053	0.34860863	0.26950199
32~40	0.09432343	0.31302839	0.65980443
42~50	0.07531882	0.29266006	0.74431942
52~60	0.02697312	0.17819305	0.81897410
62~70	0.03051328	0.15953767	0.89724970
72~80	0.00185097	0.05927587	0.30432063
82~90	0.00558032	0.11947377	0.18794821
92~	0.05836401	0.39910550	0.31595341
全 体	46.63903706	193.86440203	117.39305032

才 8 表 直径級別回帰係数相関係数

直 径	b_1	b_2	rx_1x_2	rx_1y	rx_2y
6~10	1.98502473	0.82406630	0.64372383	0.94670500	0.81542577
12~20	2.00738980	0.78615757	0.62973286	0.95561539	0.79729779
22~30	1.88620270	0.95576663	0.21651093	0.83674790	0.58169596
32~40	2.17850655	0.72985588	0.35408883	0.76489004	0.71097925
42~50	1.77146139	0.80286309	0.23849850	0.65744483	0.69398154
52~60	1.75729599	0.91863712	0.09961013	0.48428196	0.71758213
62~70	2.07107970	0.98596004	0.13269791	0.49895808	0.76278818
72~80	1.79952750	0.94075243	0.01830105	0.37595734	0.61015338
82~90	1.78385157	0.89625869	0.04943135	0.62369837	0.55773193
92~	1.45511983	0.77826471	0.21728013	0.75139693	0.53826343
全 体	1.89976096	0.87365330	0.90497039	0.99209938	0.93953233

表9 直径級別回帰に帰因する平方和等

直径級	$\hat{S}y^2$	$Sd_{yx_1x_2^2}$	$Sy_{x_1x_2^2}$	R
6~10	3.26352869	0.10537858	0.00224210	0.98423587
12~20	3.38415596	0.08126982	0.00129000	0.98820463
22~30	0.91512754	0.13860584	0.00220009	0.93191316
32~40	1.16349654	0.22004323	0.00220043	0.91703672
42~50	1.11602259	0.39578900	0.00245832	0.85918692
52~60	1.06547794	0.48534893	0.00285499	0.82887792
62~70	1.21506758	0.42055743	0.00243097	0.86190291
72~80	0.39295893	0.38455535	0.00373355	0.71091781
82~90	0.38157369	0.19023928	0.00213752	0.81688742
92~	0.82664172	0.33406192	0.00344394	0.84391360
全 体	470.85684824	2.90310272	0.00265609	0.99693140

(1) 分散の一樣性の検定

回帰係数の差の検定を行う前に各直径級間の分散が一樣であるかを検定するためパートレットの検定を行った。

表10 分散の一樣性の検定

直径級	$Sd_{yx_1x_2^2}$	n	fr (n-3)	$Sy_{x_1x_2^2}$	$\log Sy_{x_1x_2^2}$
9~10	0.10537858	50	47	0.00224210	-2.6493450
12~20	0.08126982	66	63	0.00129000	-2.8894103
22~30	0.13860584	66	63	0.00220009	-2.6575596
32~40	0.22004323	103	100	0.00220043	-2.6574925
42~50	0.39578900	164	161	0.00245832	-2.6093616
52~60	0.48534893	173	170	0.00285499	-2.5443954
62~70	0.42055743	176	173	0.00243097	-2.6142204
72~80	0.38455535	106	103	0.00373355	-2.4278780
82~90	0.19023928	92	89	0.00213752	-2.6700898
92~	0.33406192	100	97	0.00344394	-2.4629445
計	2.75584938		1066		
k=10	= q^2		=f		

frlogsy $x_1x_2^2$	1/fr	frlogsy $x_1x_2^2$	1/fr
-124.5192150	0.0212766	-452.2601292	0.0057803
-182.0328489	0.0158730	-250.0714340	0.0097087
-167.4262548	0.0158730	-237.6379922	0.0112360
-265.7492500	0.0100000	-238.9056165	0.0103093
-420.1072176	0.0062112	-2771.2571762	0.1121505
-432.5472180	0.0058824	= $\Sigma \text{frlog} Sy_{x_1x_2^2}$	= $\Sigma \frac{1}{\text{fr}}$

(i) 6cmの直径級を一括した場合

$$S^2 = g^2 = q^2 / f = 0.00258522$$

$$\log s^2 f = -2758.2776650$$

$$\chi^2 = \frac{1}{M} (\log s^2 f - \sum \log s y x_i v_i^2) = 29.8866$$

$$\text{補正項} C = 1 + \frac{1}{3(K-1)} \left(\sum \frac{1}{f r} - \frac{1}{f} \right) = 1.0041190$$

$$\text{補正された} \chi^2 = 29.764^{**} \quad d = f9$$

この値に相当する $p(\chi^2)$ は0.01より小さいから分散が一樣であるという仮説は捨てられる。故に全直径級を一括することはできない。

(ii) 12cmへの直径級を一括する場合

$$\chi^2 = 29.4145$$

$$\text{補正項} C = 1.0037455$$

$$\text{補正された} \chi^2 = 29.3047 \quad df = 8$$

分散が一樣でないので12cmへは一括できない。

(iii) 22cmへの直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 16.4740$$

$$\text{補正項} C = 1.0035217$$

$$\text{補正された} \chi^2 = 16.4162 \quad df = 7$$

分散が一樣でないので22cmへは一括できない。

(iv) 32cmへの直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 15.2196$$

$$\text{補正項} C = 1.0032227$$

$$\text{補正された} \chi^2 = 15.1707 \quad df = 6$$

分散が一樣でないので32cmへは一括できない。

(v) 6～30cm直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 5.5512$$

$$\text{補正項} C = 1.0078737$$

$$\text{補正された} \chi^2 = 5.5078 \quad df = 2$$

χ^2 表の自由度2でこの値に相当する $P(\chi^2)$ は5%より大であるから仮説は捨てられない。

故に散分は一樣とみなされるので6～30cmは一括できる。

(vi) 32cm直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 9.8770$$

$$\text{補正項} C = 1.0030140$$

$$\text{補正された} \chi^2 = 9.8473 \quad df = 4$$

分散が一樣でないので32～80cmは一括できない。

(vii) 32～70cm直径級を一括した場合補

$$\chi^2 = 2.4187$$

$$\text{補正項} C = 1.0029131$$

$$\text{補正された} \chi^2 = 2.4117 \quad df = 3$$

χ^2 表の自由度3でこの値に相当する $3P(\chi^2)$ は30%より大であるから仮説は捨てられない。

故に分散は一樣とみなされるので32～70cmは一括できる。

(イ) 22～80cm直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 11.0077$$

$$\text{補正項} C = 1.0034771$$

$$\text{補正された}\chi^2 = 10.9696 \quad df = 5$$

χ^2 表の自由度5でこの値に相当する $P(\chi^2)$ は5%より大であるから仮説は捨てられない。

故に分散は一樣とみなされるので22～80cmは一括できる。

(ロ) 72cm～直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 7.8763$$

$$\text{補正項} C = 1.0046323$$

$$\text{補正された}\chi^2 = 7.8400 \quad df = 2$$

分散が一樣でないので72cm～は一括できない。

(ハ) 82cm～の直径級を一括した場合

$$\chi^2 = 5.1950$$

$$\text{補正項} C = 1.0053897$$

$$\text{補正された}\chi^2 = 5.1672 \quad df = 1$$

分散が一樣でないので82cm～は一括できない。

以上の各 class 別に分散の一樣性を検定した結果 6～30cm, 32～70cm, 22～80cmの3class が一樣であつたので、これらについて回帰係数有意差の検定を行う。

(2) 回帰係数間の差の検定

分散の一樣差は検定済であるので、各classの回帰係数の差の検定を行う。

(イ) 6～30cmを一括した場合

$$\sum_{i=1}^3 (Sx^2)_i = 1.09404616$$

$$\sum_{i=1}^3 (Sx, y)_i = 2.74574194$$

$$\sum_{i=1}^3 (Sx^2)_i = 1.40623898$$

$$\sum_{i=1}^3 (Sx, y)_i = 2.58090939$$

$$\sum_{i=1}^3 (Sx_1 x_2)_i = 0.71230812$$

$$\sum_{i=1}^3 (Sy^2)_i = 7.88806643$$

この値を用いて簡略 Dooittle 法で回帰係数を計算した。

$$b_1 = 1.96174175$$

$$\hat{S\hat{Y}} = 7.55862920$$

$$b_2 = 0.84163846$$

予備的分散分析表

変 動 因	自由度	平 方 和
回 帰	6	7,56281219
誤 差	173	0,32525424
計	179	7,88806643

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	7.55862920	$S^2 = 0.00104575$
回 帰 間	4	0.00418299	
回 帰 計	6	7.56281219	$S^2 = 0.00188008$
誤 差	173	0.32525424	
計	179	7.88806643	

$$F = S^2/S^2 = 0.55622633 < F(0.05) = 2.41 \quad df, 173$$

$$\text{念のため逆数をとれば } F = 1.793 < F(0.05) = 5.65$$

回帰係数間に有意差が認められない。

(ロ) 32~70cm一括した場合

$$\sum_{i=4}^7 (Sx_1^2) i = 0.39296733$$

$$\sum_{i=4}^7 (Sx_1y) i = 0.94341917$$

$$\sum_{i=4}^7 (Sx_2^2) i = 3.06921812$$

$$\sum_{i=4}^7 (Sx_2y) i = 3.12034765$$

$$\sum_{i=4}^7 (Sx_1x_2) i = 0.22712865$$

$$\sum_{i=4}^7 (Sy^2) i = 6.08180324$$

この値を用いて簡略 Doolittle 法により回帰係数を計算した。

$$b'_1 = 1.89416233$$

$$\hat{S\hat{Y}^2} = 4.52193251$$

$$b'_2 = 0.87648678$$

予備的分散分析表

変 動 因	自由度	平 方 和
回 帰	8	4.56006465
誤 差	604	1.52173859
計	612	6.08180324

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	4.52193251	
回 帰 間	6	0.03813214	$S'^2 = 0.00635536$
回 帰 計	8	4.56006465	
誤 差	604	1.52173859	$S^2 = 0.00251943$
計	612	6.08180324	

$$F = S'^2/S^2 = 2.5225 < F(0.05) = 2.10 \quad df6, 604$$

念のため逆数をとれば

$$\frac{1}{F} = 0.3964 < 5.63 = F(0.05) \quad df604, 6$$

回帰係数間に有意差は認められない。

(ハ) 22~80cmを一括した場合

$$\sum_{i=3}^8 (Sx_1^2) i = 0.58966314$$

$$\sum_{i=3}^8 (Sx_1y) i = 1.35130367$$

$$\sum_{i=3}^8 (Sx_2^2) i = 3.59286863$$

$$\sum_{i=3}^8 (Sx_2y) i = 3.69417028$$

$$\sum_{i=3}^8 (Sx_1x_2) i = 0.26864015$$

$$\sum_{i=3}^8 (Sy^2) i = 7091305090$$

この値を用いて簡略 Doolittle 法により回帰係数を計算した。

$$b'_1 = 1.88752269$$

$$\hat{S\hat{Y}^2} = 5.82751331$$

$$b'_2 = 0.88706441$$

予備的分散分析表

変 動 因	自由度	平 方 和
回 帰	12	5.86815112
誤 差	770	2.04489978
計	782	7.91305090

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	5.82758331	
回 帰 間	10	0.04056781	$S'^2 = 0.00405678$
回 帰 計	12	5.86815112	
誤 差	770	2.04489978	$S^2 = 0.00265571$
計	782	7.91305090	

$$F = S'^2/S^2 = 1.5276 < F(0.05) = 1.84 \quad df10, 770$$

$$\text{念のため逆数をとれば } \frac{1}{F} = 0.6546 < 2.540 = F(0.05) \quad df770, 10$$

回帰係数間に有意差が認められない。

(3) 回帰常数の有意検定

回帰係数間に有意差の認められなかった。

6～30cm, 32～70cm, 22～80cmの3Classについて、回帰平面の高さの間に差があるか否か検定を行う。3Classのそれについて資料をこみにして、回帰係数、回帰に基づく平方和等を求める。

(1) 6～30cmを一括した場合

6～30cmの全資料をこみにした値は次のとおり

$$\begin{aligned} Sx_1^2 &= 9.01133239 & Sx_1y &= 23.34277018 \\ Sx_2^2 &= 6.63818768 & Sx_2y &= 19.30046498 \\ Sx_1x_2 &= 7.13213920 & Sy^2 &= 61.48434353 \end{aligned}$$

この値を用いて簡略 Doolittle により算出した

$$\begin{aligned} b''_1 &= 1.93264531 & \widehat{SY}^2 &= 61.15266687 \\ b''_2 &= 0.83103550 & Sdyx_1x_2^2 &= 0.33167666 \\ & & Syx_1x_2^2 &= 0.00185294 \end{aligned}$$

予備的分散分析表

変 動 因	自 由 度	平 方 和
回 帰	2	61.15266687
回帰間差	4	0.00418299
誤 差	175	0.32746367
計	181	61.48434353

	平 方 和	自 由 度
誤 差	0.32749367	175
原因不明	0.32525424	173
平面間差	0.00223943	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	61.15266687	
回帰間差	4	0.00418299	
平面間差	2	0.00223943	$S'' = 0.00111972$
原因不明	173	0.32525424	$S^2 = 0.00188008$
計	181	61.48434353	

$$F = S''/S^2 = 0.596 < F(0.05) = 3.04 \quad df. 2, 173$$

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

(2) 32～70cmを一括した場合

32～70cmの全資料をこみにした値は次のとおり

$$\begin{aligned} Sx_1^2 &= 5.49896735 & Sx_1y &= 12.82875126 \\ Sx_2^2 &= 3.69307441 & Sx_2y &= 8.04421348 \\ Sx_1x_2 &= 2.33776600 & Sy^2 &= 33.75306646 \end{aligned}$$

この値を用いて簡略 Doolittle 法により算出した

$$\begin{aligned} b''_1 &= 1.96205663 & \widehat{Sy}^2 &= 32.18850436 \\ b''_2 &= 0.87239951 & Sdyx_1x_2^2 &= 1.56456210 \\ & & Syx_1x_2^2 &= 0.00255230 \end{aligned}$$

予備的分散分析表

変 動 因	自由度	平 方 和
回 帰	2	32.18850436
回帰間差	6	0.03813214
誤 差	607	1.52642996
計	615	33.75306646

	平 方 和	自由度
誤 差	1.52642996	607
原因不明	1.52173859	604
平面間差	0.00469137	3

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	32.18850436	
回帰間差	6	0.03813214	
平面間差	3	0.00469137	$S''^2=0.00156379$
原因不明	604	1.52173859	$S^2=0.00251943$
計	615	33.75306646	

$$F = S''^2/S^2 = 0.621 < F(0.05) = 2.61 \quad \text{df. 3, 604}$$

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

(イ) 22～80cmを一検した場合

22～80cmの全資料をこみにした値は次のとおり

$$\begin{aligned} Sx_1^2 &= 1431154541 & Sxy &= 33.52019336 \\ Sx_2^2 &= 6.68539607 & Sx_2y &= 18.83903475 \\ Sx_1x_2 &= 6.71846972 & Sy^2 &= 83.33836990 \end{aligned}$$

この値を用いて簡略 Doolittle 法により算出した

$$\begin{aligned} b''_1 &= 1.92966547 & \hat{Sy}^2 &= 81.23712175 \\ b''_2 &= 0.87872666 & Sdy_{x_1x_2}^2 &= 2.10124815 \\ & & Sy_{x_1x_2}^2 &= 0.00267675 \end{aligned}$$

予備的分散分析表

変 動 因	自由度	平 方 和
回 帰	2	81.23712175
回帰間差	10	0.04056781
誤 差	775	2.06068034
計	787	83.33836990

	平 方 和	自由度
誤 差	2.06068034	775
原因不明	2.04489978	770
平面間差	0.01578056	5

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	81.23712175	
回帰間差	10	0.04056781	
平面間差	5	0.01578056	$S''^2=0.00315611$
不明原因	770	2.04489978	$S^2=0.00265571$
計	787	83.33836990	

$$F = S''^2/S^2 = 1.188 < F(0.05) = 2.22 \quad \text{df5, 770}$$

回帰常数間に有意差が認められないので一つの回帰式を用いることができる。

以上検定の結果、6～30cm. 32～70cm. 72～80cm. 82～90cm. 92cm～ の5回帰式で材積を推定する場合と、6～10cm. 12～20cm. 22～80cm. 82～90cm. 92cm～ の5回帰式で材積を推定する2つの方法が考えられる。

(4) 上記検定の結果を取纏めると次表のとおりである。

才 11 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～	1096	29.764 **					
12～	1046	29.305 **					
22～	980	16.416 **					
32～	914	15.171 **					
32～80	722	9.847 **					
82～	192	5.426 **					
72～	298	7.840					
6～30	182	5.5078	1.96174175	0.84163846	0.00104575	0.00188008	0.5562
32～70	616	2.4117	1.89416233	0.87648678	0.00635536	0.00251943	2.5225
22～80	788	10.9696	1.88752269	0.88706441	0.00405678	0.00265571	1.5276

才 11 表 続 き

直 径 範 囲	本 数	回 帰 常 数 間 の 差 の 検 定				
		こみにした回帰係数		常数間差の分散	原 因 不 明	F
		b''_1	b''_2			
6～	1096					
12～	1046					
22～	980					
32～	914					
32～80	722					
82～	192					
72～	298					
6～30	182	1.93264531	0.83103550	0.00111972	0.00188008	0.596
32～70	616	1.96205663	0.87239951	0.00156379	0.00251943	0.621
22～80	788	1.92966547	0.87872666	0.00315611	0.00265571	1.188

第 IV 材積式の決定

材積式を決定するにあたり、回帰常数間の検定で分散が一樣と認められ、一括できる6～30cm 32～70cmと22～80cmのいずれを採用するかは重要な点であるが、この場合、百分率誤差は前者がやゝ大であるが、単木に対する百分率標準誤差の値で比較するのが良いと思われるので、この方法で検討の結果 6～30cm、32～70cmの Classの方が若干良いので採用する。なを単木に対する標準誤差は次のとおり。以上の結果直径級別材積式は6～30cm、32～70cm 72～80cm、82～90cm、92cm～の5回帰式を使用する。

直径級	百分率標準誤差 (68%信頼度)
6~30	9.912
32~70	11.633
22~80	11.913

直径級	材 積 式
6~30 ^{cm}	$\hat{Y}=1.932645X_1+0.831036X_2-2.116348$
32~70	$\hat{Y}=1.9620566X_1+0.8723995X_2-2.2260732$
72~80	$\hat{Y}=1.7995275X_1+0.9407524X_2-2.0217117$
82~90	$\hat{Y}=1.7838516X_1+0.8962587X_2-1.9296840$
92~	$\hat{Y}=1.4551198X_1+0.7782647X_2-1.0962223$

(1) 修正係数の計算

上式には対数計算によるかたよりがあるので修正係数による補正をする。

修正係数は次式により表される。

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

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

たゞし f = 修正係数 S^2 = 分散

才 12 表 直 径 級 別 修 正 係 数

直径級	本 数	(標準誤差) ²	$n-1/n$	$\frac{n-1}{n}(\text{標準誤差})^2 \cdot 1.151293$	修 正 係 数
6~30	182	0.00185294	0.99450549	0.00212156	1.00490
32~70	616	0.00255230	0.99837662	0.00293368	1.00678
72~80	106	0.00373355	0.99056604	0.00425786	1.00985
82~90	92	0.00213752	0.98913043	0.00243417	1.00562
92~	100	0.00344394	0.99000000	0.00392533	1.00908

(2) 決定材積式

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

積式は次のとおりである。

才 13 表

直径級	材 積 式
6~30	$\bar{5.885774} + 1.932645 \log d + 0.831036 \log h$
32~70	$\bar{5.7768605} + 1.9620566 \log b + 0.8723995 \log h$
72~80	$\bar{5.9825462} + 1.7995275 \log b + 0.9407524 \log h$
82~90	$\bar{4.0727502} + 1.7838516 \log b + 0.8962587 \log h$
92~	$\bar{4.9077030} + 1.4551198 \log b + 0.7782647 \log h$

第 V 材積表の適合度

材積表の適合度は調製要綱に基き推定材積の誤差率により表す。

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

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

によつて計算されるものである。しかし材積式の標準誤差は対数材積について、

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

によつて表されており、 SV と SV' とは直接比較することはできない。

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

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

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

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

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

才 14 表 材積表の誤差率

直 径 級	本 数	標 準 誤 差 率	95%信頼度誤差率
6～30	182	0.735	1.449
32～70	616	0.469	0.920
72～80	106	1.367	2.705
82～90	92	1.110	2.202
92～	100	1.351	2.680

第 VI 上屋久営林署管内スギに対する修正利用の検討

上屋久署管内における屋久スギは立地条件の差異等により下屋久署管内のスギとの間にいちじるしい差異が認められるので適合度の検定を行い、検定の結果差異があれば、別途調製すべきであるがこの場合調査日数、経費及び現地の条件等が十分でないのでやむをえず修正式による修正を行うことにした。なを検定に用いる上屋久署管内より収集した屋久スギは495本である。

(1) 屋久スギ材積表に対する上屋久署管内屋久スギの適合度の検定

材積表の数値と上屋久スギ材積の関係をj知るため、これを方眼紙上にプロットした場合、両者が直線関係を示すのはあるかざられた範囲にみられグラフ上において検討の結果、直径60cmまでとそれ以上に別けて回帰式の検定を行うことにした。すなはち材積表の材積を X 、上屋久を Y とした場合の回帰式の回帰係数 b の1に対する検定を平行性の検定とし平均値の検定を原点通過検定とした結果は次の通りである。

(イ) 3～60cm直径の場合

$$S(b)=0.0089103$$

$$S(a)=0.011373$$

$$t(b)=0.7519$$

$$t(a)=0.7913$$

$$t(0.05)=1.966$$

$$df350$$

(ロ) 60cm以上の直径級の場合

$$S(b)=0.023093$$

$$S(a)=0.125967$$

$$t(b)=4.7720^*$$

$$t(a)=1.2011$$

$$t(0.05)=1.976$$

$$df.145$$

以上の検定より 6～60cmについては有意差が認められないが以上については有意差があるので修正式により修正をする。

(2) 修正式

有意差があつた直径60cm以上については修正式により修正を行う。なを修正式は次の通りである。

$$y=0.1513+(0.8898)x$$

第 VII 材積表使用上の注意

(1) 本材積表は熊本営林局管内スギ類のうち屋久島に産する天然生スギ所謂「屋久スギ」に適用する。本表は

A B2表より成りA表は下屋久署管内にB表は上屋久署管内に適用する。

(2) 本材積表は毎木の胸高直径（地上1.2）、樹高を測定して幹材積を求めるものである。

(3) A表の幹材積は才13表の材積式により直接計算したものである。したがつて本表掲記以外の胸高直径、樹高を有するものゝ材積はこの材積式により求めること。

(4) A表は直径級別材積で材積が計算された結果、直径階の境で推定値が前後と不均衡になつた個所は3点平均法により修正した。

(5) B表はA表を修正式により修正して算出されたものである。なを修正されたのは直径62cm以上でそれ以下はA表と同じであるが修正個所の境は3点平均法により修正した。

(6) 本表は屋久スギの内、小スギを資料として調製されているので、老令屋久スギの場合は慎重に検討の上使用する必要がある。すなはち老令屋久スギにおいては梢頭が枯損或はいしゆく分岐しており立木材積推定上当然欠頂体と見做すべきものが大部分であるから、これらについて本表をそのまま適用するときは過小推定を与えるものと考えられるから、処分等における利用率など慎重な検討を要する。

第 VIII 調製年月日及び担当者職氏名

(1) 調製年月日

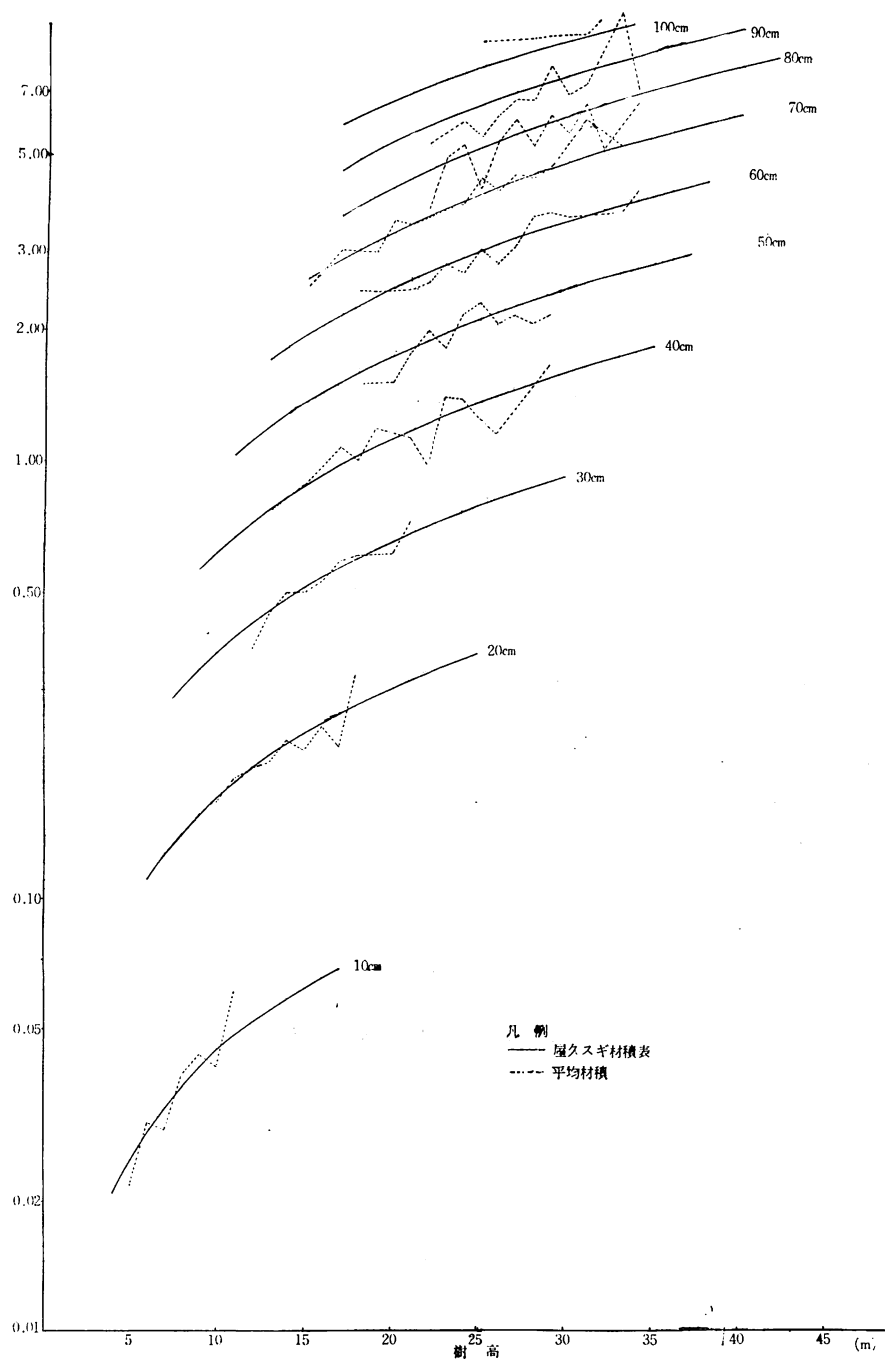
昭和36年4月

(2) 担当者職氏名

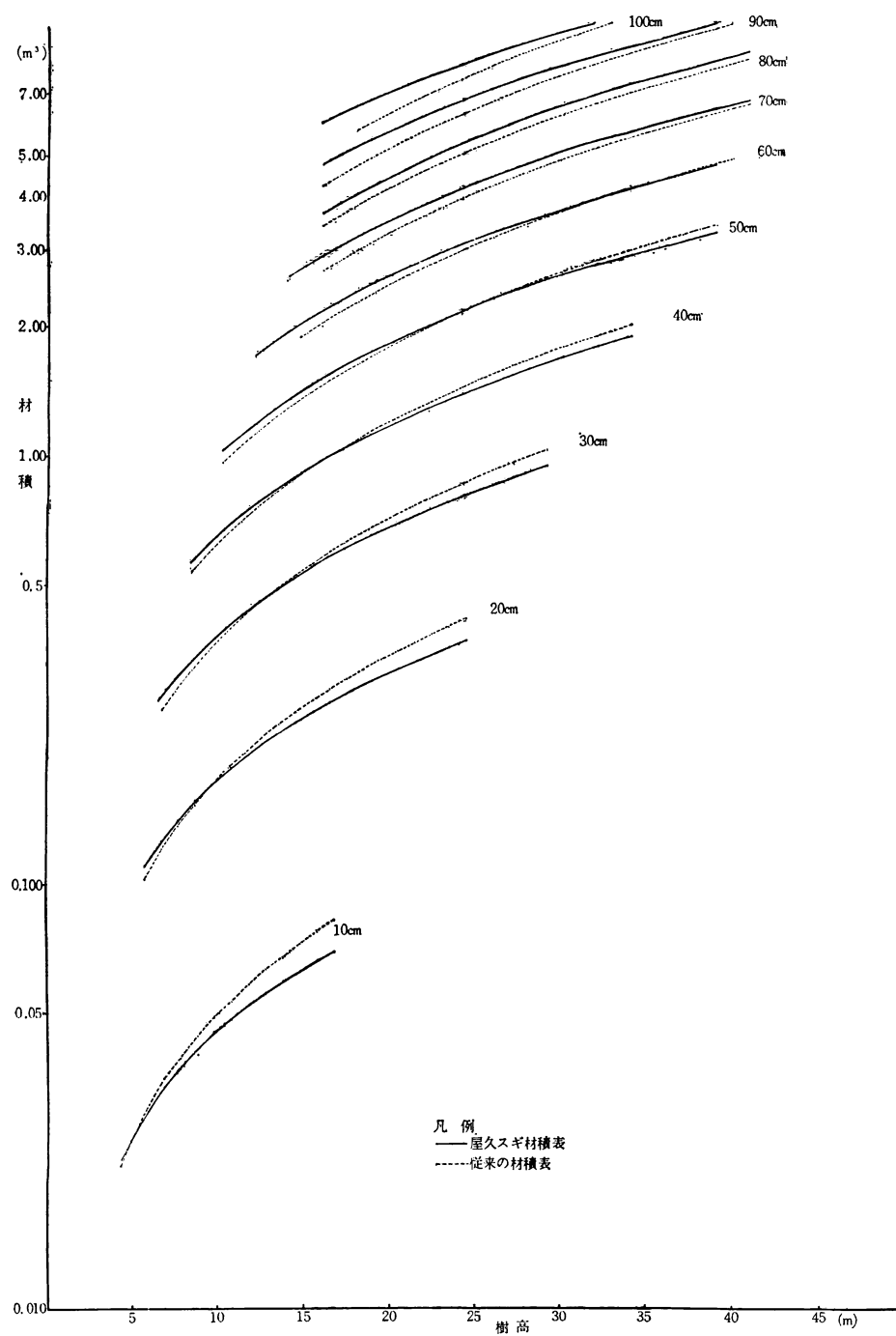
計画課長	農林技官	高 見 寛
主査	〃	市 田 政 瑠
	〃	森 幸 夫
	農林事務官	高 瀬 弘 寧
	〃	川 上 力

(休職中)

第 5 図 平均材積との比較



第 6 図 従來の材積表との比較



材 積 表

[illegible]

第 15 表 (A) 続 き

H \ D	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84
15	2.360	2.503	2.617							
16	2.497	2.647	2.772							
17	2.632	2.791	2.928	3.061	3.190	3.347	3.507	3.688	3.871	4.057
18	2.767	2.934	3.082	3.226	3.367	3.532	3.701	3.888	4.078	4.270
19	2.901	3.076	3.235	3.390	3.542	3.716	3.894	4.088	4.284	4.482
20	3.033	3.216	3.387	3.554	3.717	3.900	4.087	4.286	4.488	4.693
21	3.165	3.356	3.538	3.717	3.892	4.083	4.279	4.484	4.692	4.903
22	3.296	3.495	3.688	3.879	4.066	4.266	4.470	4.681	4.895	5.111
23	3.427	3.633	3.838	4.041	4.240	4.448	4.661	4.878	5.097	5.319
24	3.556	3.771	3.988	4.202	4.413	4.630	4.851	5.074	5.299	5.526
25	3.685	3.908	4.136	4.362	4.586	4.811	5.041	5.269	5.500	5.732
26	3.814	4.044	4.234	4.522	4.758	4.992	5.231	5.464	5.700	5.937
27	3.941	4.179	4.482	4.682	4.930	5.172	5.420	5.658	5.899	6.141
28	4.068	4.314	4.579	4.841	5.102	5.352	5.608	5.852	6.097	6.344
29	4.195	4.448	4.725	5.000	5.273	5.532	5.797	6.045	6.295	6.547
30	4.321	4.581	4.871	5.158	5.444	5.711	5.985	6.238	6.493	6.749
31	4.446	4.714	5.016	5.316	5.614	5.890	6.172	6.430	6.690	6.951
32	4.571	4.847	5.161	5.473	5.784	6.069	6.359	6.622	6.886	7.151
33	4.695	4.979	5.306	5.631	5.954	6.247	6.546	6.813	7.082	7.351
34	4.819	5.110	5.449	5.787	6.124	6.425	6.732	7.004	7.277	7.551
35	4.943	5.241	5.593	5.943	6.293	6.603	6.918	7.194	7.471	7.749
36	5.066	5.371	5.736	6.099	6.462	6.870	7.104	7.384	7.665	7.948
37	5.188	5.501	5.879	6.255	6.631	6.957	7.290	7.574	7.859	8.145
38	5.310	5.631	6.021	6.410	6.799	7.134	7.475	7.763	8.052	8.342
39	5.432	5.760	6.163	6.566	6.968	7.310	7.660	7.952	8.245	8.539
40	5.553	5.888	6.304	6.720	7.136	7.486	7.845	8.141	8.437	8.735
41	5.674	6.016	6.446	6.875	7.303	7.662	8.029	8.329	8.629	8.930
42	5.795	6.144	6.586	7.029	7.471	7.838	8.213	8.517	8.821	9.125

H \ D	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104
17	4.231	4.408	4.760	5.107	5.451	5.620	5.792	5.964		
18	4.453	4.640	4.997	5.350	5.699	5.876	6.055	6.236		
19	4.674	4.870	5.233	5.591	5.944	6.129	6.315	6.504		
20	4.894	5.099	5.467	5.830	6.186	6.378	6.572	6.768	6.966	7.166
21	5.113	5.327	5.700	6.066	6.425	6.625	6.827	7.030	7.236	7.443
22	5.331	5.554	5.931	6.300	6.662	6.869	7.078	7.290	7.503	7.718
23	5.547	5.779	6.160	6.532	6.897	7.111	7.328	7.546	7.767	7.989
24	5.763	6.004	6.388	6.763	7.129	7.351	7.574	7.800	8.028	8.258
25	5.978	6.228	6.614	6.991	7.359	7.588	7.819	8.052	8.288	8.525
26	6.191	6.451	6.840	7.218	7.587	7.823	8.061	8.302	8.544	8.789
27	6.404	6.673	7.064	7.444	7.813	8.056	8.302	8.549	8.799	9.051
28	6.617	6.894	7.287	7.668	8.037	8.287	8.540	8.795	9.052	9.311
29	6.828	7.114	7.508	7.890	8.260	8.517	8.776	9.038	9.302	9.569
30	7.039	7.333	7.728	8.111	8.481	8.745	9.011	9.280	9.551	9.825
31	7.249	7.552	7.948	8.331	8.700	8.971	9.244	9.520	9.798	10.079
32	7.458	7.770	8.167	8.550	8.918	9.195	9.475	9.758	10.043	10.331
33	7.666	7.987	8.384	8.767	9.134	9.418	9.705	9.994	10.286	10.581
34	7.874	8.204	8.601	8.983	9.348	9.636	9.933	10.229	10.528	10.830
35	8.082	8.420	8.817	9.198	9.562	9.859	10.159	10.463	10.768	11.077
36	8.288	8.635	9.032	9.412	9.774	10.078	10.385	10.694	11.007	11.323
37	8.494	8.850	9.246	9.624	9.984	10.295	10.608	10.925	11.244	11.567
38	8.700	9.064	9.460	9.836	10.194	10.511	10.831	11.154	11.480	11.809
39	8.905	9.277	9.672	10.047	10.402	10.725	11.052	11.382	11.715	12.050
40	9.109	9.490	9.884	10.257	10.609	10.939	11.272	11.608	11.948	12.290
41	9.313	9.703	10.095	10.465	10.815	11.151	11.491	11.834	12.184	12.529
42	9.516	9.915	10.305	10.673	11.019	11.362	11.708	12.058	12.410	12.766
43	9.719	10.126	10.515	10.881	11.223	11.572	11.925	12.280	12.639	13.002
44	9.921	10.336	10.723	11.086	11.426	11.781	12.140	12.502	12.868	13.236
45	10.123	10.547	10.931	11.291	11.627	11.989	12.354	12.723	13.095	13.470

才 15 表 (A) 続 き

H \ D	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124
20	7.367	7.571	7.775	7.982	8.190	8.400	8.612	8.825	9.040	9.256
21	7.653	7.864	8.076	8.291	8.507	8.725	8.945	9.166	9.390	9.614
22	7.933	8.153	8.374	8.597	8.821	9.047	9.275	9.504	9.736	9.969
23	8.214	8.440	8.669	8.899	9.131	9.365	9.601	9.839	10.078	10.320
24	8.491	8.725	8.961	9.199	9.439	9.681	9.925	10.170	10.418	10.667
25	8.765	9.006	9.250	9.496	9.744	9.993	10.245	10.499	10.754	11.012
26	9.036	9.285	9.537	9.790	10.045	10.303	10.562	10.824	11.087	11.353
27	9.306	9.562	9.821	10.082	10.345	10.610	10.877	11.147	11.418	11.691
28	9.573	9.837	10.103	10.371	10.642	10.915	11.190	11.467	11.746	12.027
29	9.838	10.109	10.383	10.685	10.937	11.217	11.499	11.784	12.071	12.360
30	10.101	10.379	10.660	10.943	11.229	11.517	11.807	12.099	12.394	12.690
31	10.362	10.648	10.936	11.226	11.519	11.814	12.112	12.412	12.714	13.018
32	10.621	10.914	11.209	11.507	11.807	12.110	12.451	12.722	13.032	13.344
33	10.879	11.179	11.481	11.786	12.094	12.403	12.716	13.031	13.348	13.667
34	11.134	11.441	11.751	12.063	12.378	12.695	13.015	13.337	13.662	13.989
35	11.388	11.702	12.019	12.338	12.660	12.985	13.321	13.641	13.973	14.308
36	11.641	11.962	12.285	12.612	12.941	13.273	13.607	13.944	14.283	14.625
37	11.892	12.220	12.550	12.884	13.220	13.559	13.900	14.244	14.591	14.940
38	12.141	12.476	12.813	13.154	13.497	13.843	14.192	14.543	14.897	15.254
39	12.389	12.731	13.075	13.422	13.773	14.126	14.481	14.840	15.201	15.565
40	12.636	12.984	13.335	13.690	14.047	14.407	14.770	15.135	15.504	15.875
41	13.881	13.236	13.594	13.955	14.319	14.686	15.056	15.429	15.804	16.183
42	13.125	13.486	13.851	14.219	14.590	14.964	15.341	15.721	16.104	16.489
43	13.367	13.736	14.107	14.482	14.860	15.241	15.652	16.011	16.401	16.794
44	13.608	13.984	14.362	14.744	15.128	15.516	15.907	16.301	16.697	17.097
45	13.849	14.230	14.615	15.004	15.395	15.790	16.187	16.588	16.992	17.399

H \ D	126	128	130	132	134	136	138	140	142	144
20	9.474	9.694	9.915	10.138	10.362	10.588	10.815	11.044	11.274	11.505
21	9.841	10.069	10.299	10.530	10.763	10.998	11.234	11.471	11.711	11.951
22	10.204	10.440	10.678	10.918	11.160	11.403	11.648	11.894	12.142	12.392
23	10.563	10.808	11.054	11.303	11.553	11.804	12.058	12.313	12.570	12.828
24	10.919	11.172	11.427	11.683	11.942	12.202	12.464	12.728	12.993	13.260
25	11.271	11.532	11.759	12.060	12.327	12.596	12.881	13.138	13.412	13.688
26	11.620	11.890	12.161	12.434	12.709	12.986	13.265	13.546	13.828	14.113
27	11.967	12.244	12.523	12.805	13.088	13.373	13.660	13.949	14.240	14.533
28	12.310	12.596	12.883	13.172	13.464	13.757	14.053	14.350	14.649	14.950
29	12.651	12.944	13.240	13.537	13.837	14.138	14.442	14.747	15.055	15.364
30	12.989	13.290	13.594	13.889	14.206	14.516	14.828	15.141	15.457	15.775
31	13.325	13.634	13.945	14.258	14.574	14.891	15.211	15.533	15.857	16.183
32	13.658	13.975	14.294	14.615	14.938	15.264	15.592	15.921	16.253	16.588
33	13.989	14.314	14.640	14.969	15.300	15.634	15.969	16.307	16.647	16.990
34	14.318	14.650	14.984	15.321	15.660	16.001	16.345	16.691	17.039	17.389
35	14.645	14.984	15.326	15.671	16.017	16.366	16.718	17.071	17.427	17.786
36	14.970	15.317	15.666	16.018	16.372	16.729	17.088	17.450	17.814	18.180
37	15.292	15.647	16.004	16.363	16.725	17.090	17.457	17.826	18.198	18.572
38	15.613	15.975	16.339	16.706	17.076	17.448	17.823	18.200	18.579	18.961
39	15.932	16.301	16.673	17.048	17.425	17.804	18.187	18.571	18.959	19.349
40	16.249	16.625	17.005	17.387	17.771	18.159	18.549	18.941	19.336	19.734
41	16.564	16.948	17.335	17.724	18.116	18.511	18.908	19.309	19.711	20.116
42	16.878	17.269	17.563	18.060	18.459	18.861	19.266	19.674	20.084	20.497
43	17.190	17.588	17.989	18.393	18.800	19.210	19.622	20.038	20.455	20.876
44	17.500	17.906	18.314	18.725	19.140	19.557	19.977	20.400	20.825	21.253
45	17.809	18.221	18.537	19.056	19.477	19.902	20.329	20.759	21.192	21.628

表 15 (A) 続 き

H \ D	146	148	150	152	154	156	158	160
20	11.739	11.974	12.210	12.448	12.687	12.927	13.169	13.412
21	12.194	12.437	12.683	12.930	13.178	13.427	13.673	13.932
22	12.643	12.896	13.150	13.406	13.664	13.923	13.183	14.445
23	13.088	13.350	13.613	13.878	14.145	14.413	14.682	14.954
24	13.529	13.800	14.072	14.346	14.621	14.898	15.177	15.457
25	13.966	14.245	14.526	14.809	15.093	15.379	15.667	15.956
26	14.399	14.589	14.976	15.268	15.561	15.855	16.152	16.451
27	14.828	15.124	15.423	15.723	16.025	16.328	16.634	16.941
28	15.253	15.558	15.855	16.174	15.485	16.797	17.111	17.427
29	15.676	15.989	16.305	16.622	15.941	17.262	17.585	17.910
30	16.095	16.417	16.740	17.066	17.394	17.724	18.055	18.389
31	16.511	16.841	17.173	17.507	17.844	18.182	18.522	18.864
32	16.924	17.262	17.603	17.945	18.290	18.637	18.985	19.336
33	17.334	17.681	18.029	18.380	18.733	19.088	19.445	19.805
34	17.742	18.096	18.453	18.812	19.174	19.537	19.903	20.270
35	18.145	18.509	18.874	19.242	19.611	19.983	20.357	20.733
36	18.549	18.919	19.293	19.668	20.045	20.426	20.808	21.192
37	18.948	19.327	19.708	20.092	20.478	20.866	21.256	21.649
38	19.346	19.733	20.122	20.513	20.907	21.304	21.702	22.103
39	19.741	20.136	20.533	20.932	21.334	21.739	22.145	22.554
40	20.134	20.536	20.941	21.349	21.759	22.171	22.586	23.003
41	20.524	20.935	21.348	21.763	22.181	22.601	23.024	23.450
42	20.913	21.331	21.752	22.175	22.601	23.029	23.460	23.893
43	21.299	21.725	22.154	22.585	23.019	23.455	23.890	24.335
44	21.684	22.117	22.554	22.993	23.434	23.878	24.325	24.774
45	22.066	22.508	22.952	23.398	23.848	24.300	24.754	25.211

表 15 (B)

[illegible]

表 15 (B) 続 き

H \ D	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84
15	2.251	2.378	2.480							
16	2.373	2.507	3.165							
17	2.493	2.635	2.618	2.875	2.990	3.129	3.272	3.433	3.596	3.761
18	2.613	2.762	2.757	3.022	3.147	3.294	3.441	3.611	3.780	3.951
19	2.733	2.888	2.894	3.168	3.303	3.458	3.616	3.789	3.963	4.139
20	2.850	3.013	3.030	3.314	3.459	3.622	3.788	3.965	4.145	4.327
21	2.968	3.137	3.299	3.459	3.614	3.784	3.959	4.141	4.326	4.514
22	3.084	3.261	3.433	3.603	3.769	3.947	4.129	4.316	4.507	4.699
23	3.201	3.384	3.566	3.747	3.924	4.109	4.299	4.492	4.687	4.884
24	3.315	3.507	3.700	3.890	4.078	4.271	4.468	4.666	4.866	5.068
25	3.430	3.629	3.832	4.033	4.232	4.432	4.637	4.840	5.045	5.252
26	3.545	3.750	3.963	4.175	4.385	4.593	4.806	5.013	5.223	5.434
27	3.658	3.870	4.095	4.317	4.538	4.753	4.974	5.186	5.400	5.616
28	3.771	3.990	4.226	4.459	4.691	4.914	5.141	5.358	5.576	5.796
29	3.884	4.109	4.356	4.600	4.843	5.074	5.309	5.530	5.753	5.977
30	3.996	4.227	4.486	4.741	4.995	5.233	5.477	5.702	5.929	6.157
31	4.107	4.346	5.128	4.881	5.147	5.392	5.643	5.873	6.104	6.336
32	4.219	4.464	4.615	5.021	5.298	5.551	5.810	6.044	6.278	6.514
33	4.329	4.582	4.744	5.162	5.449	5.710	5.976	6.214	6.453	6.692
34	4.439	4.698	4.873	5.301	5.600	5.868	6.141	6.383	6.626	6.870
35	4.550	4.815	5.000	5.439	5.751	6.027	6.307	6.553	6.799	7.046
36	4.659	4.930	5.255	5.578	5.901	6.184	6.472	6.722	6.972	7.223
37	4.768	5.046	5.382	5.718	6.052	6.342	6.638	6.891	7.144	7.399
38	4.876	5.162	5.509	5.855	6.201	6.499	6.803	7.059	7.316	7.574
39	4.985	5.277	5.635	5.994	6.351	6.656	6.967	7.227	7.488	7.749
40	5.092	5.390	5.761	6.131	6.501	6.812	7.132	7.395	7.659	7.924
41	5.200	5.504	5.887	6.269	6.650	6.969	7.296	7.562	7.829	8.097
42	5.308	5.618	6.012	6.406	6.799	7.126	7.459	7.730	8.000	8.271

H	D	86	88	90	92	94	96	98	100	102	104
17		3.916	4.074	4.387	4.696	5.002	5,152	5,305	5,458		
18		4.114	4.280	4.598	4.912	5.222	5,380	5,539	5,700		
19		4.310	4.485	4.808	5.126	5.440	5,605	5,770	5,939		
20		4.506	4.688	5.016	5.339	5.656	5,826	5,999	6,173	6,350	6,528
21		4.701	4.891	5.223	5.549	5.868	6,049	6,226	6,407	6,590	6,774
22		4.895	5.093	5.429	5.757	6.079	6,263	6,449	6,638	6,827	7,019
23		5.087	5.293	5.632	5.963	6.288	6,479	6,672	6,866	7,062	7,260
24		5.279	5.494	5.835	6.169	6.495	6,692	6,891	7,092	7,295	7,499
25		5.471	5.693	6.036	6.372	6.699	6,903	7,109	7,316	7,526	7,737
26		5.660	5.891	6.238	6.574	6.902	7,112	7,324	7,538	7,754	7,972
27		5.850	6.089	6.437	6.775	7.103	7,320	7,538	7,758	7,981	8,205
28		6.039	6.286	6.635	6.974	7.303	7,525	7,750	7,977	8,206	8,436
29		6.227	6.481	6.832	7.172	7.501	7,730	7,960	8,193	8,428	8,666
30		6.415	6.676	7.028	7.368	7.698	7,933	8,169	8,409	8,650	8,894
31		6.601	6.871	7.223	7.564	7.893	8,134	8,377	8,622	8,870	9,120
32		6.786	7.065	7.418	7.759	8.087	8,333	8,582	8,834	9,088	9,344
33		6.973	7.258	7.611	7.952	8.279	8,531	8,787	9,044	9,304	9,566
34		7.158	7.451	7.804	8.144	8.469	8,725	8,990	9,253	9,519	9,788
35		7.343	7.643	7.997	8.336	8.660	8,924	9,191	9,461	9,733	10,008
36		7.526	7.835	8.188	8.526	8.848	9,119	9,392	9,667	9,945	10,227
37		7.709	8.026	8.378	8.715	9.035	9,312	9,590	9,872	10,156	10,444
38		7.893	8.216	8.569	8.903	9.222	9,504	9,789	10,076	10,366	10,659
39		8.075	8.406	8.757	9.091	9.407	9,694	9,985	10,279	10,575	10,873
40		8,256	8.596	8.946	9.278	9.591	9,885	10,181	10,480	10,783	11,087
41		8.438	8.785	9.134	9.463	9.774	10,073	10,376	10,681	10,989	11,300
42		8.619	8.974	9.321	9.648	9.956	10,261	10,569	10,881	11,194	11,510
43		8,799	9.161	9.508	9.833	10.138	10,448	10,762	11,078	11,397	11,720
44		8,979	9.348	9.693	10.016	10.318	10,634	10,853	11,276	11,601	11,929
45		9.159	9.536	9.878	10.198	10.497	10,819	11.144	11,472	11,803	12,137

才 15 表 (B) 続 き

H \ D	106	108	110	112	114	116	118	120	122	124
20	6,706	6.888	7.069	7.254	7.439	7.626	7.814	8.004	8.195	8.387
21	6,961	7.149	7.337	7.529	7.721	7.915	8.111	8.307	8.507	8.706
22	7,212	7.406	7.602	7.801	8.000	8.201	8.404	8.608	8.814	9.022
23	7,460	7.661	7.865	8.070	8.276	8.484	8.694	8.906	9.119	9.334
24	7,707	7.915	8.125	8.337	8.550	8.765	8.983	9.201	9.421	9.643
25	7,950	8.165	8.382	8.601	8.822	9.043	9.267	9.493	9.720	9.950
26	8,192	8.413	8.637	8.862	9.089	9.319	9.546	9.782	10.017	10.253
27	8,432	8.660	8.890	9.122	9.356	9.592	9.830	10.070	10.311	10.554
28	8,659	8.904	9.141	9.379	9.621	9.863	10.108	10.355	10.603	10.853
29	8,905	9.146	9.390	9.635	9.883	10.132	10.383	10.637	10.892	11.149
30	9,139	9.387	9.637	9.888	10.143	10.399	10.657	10.917	11.179	11.443
31	9,371	9.626	9.882	10.140	10.401	10.663	10.929	11.195	11.464	11.735
32	9,602	9.863	10.125	10.390	10.657	10.927	11.198	11.471	11.747	12.025
33	9,831	10.098	10.367	10.638	10.913	11.187	11.466	11.746	12.028	12.312
34	10,058	10.332	10.607	10.885	11.165	11.447	11.732	12.019	12.308	12.599
35	10,284	10.564	10.846	11.130	11.416	11.705	11.996	12.289	12.584	12.883
36	10,509	10.795	11.082	11.373	11.666	11.962	12.259	12.559	12.860	13.165
37	10,733	11.025	11.318	11.615	11.914	12.216	12.520	12.826	13.134	13.445
38	10,954	11.252	11.552	11.856	12.161	12.469	12.779	13.092	13.407	13.724
39	11,175	11.479	11.785	12.094	12.407	12.721	13.036	13.356	13.677	14.001
40	11,395	11.704	12.017	12.333	12.650	12.971	13.294	13.618	13.947	14.277
41	11,613	11.929	12.247	12.568	12.892	13.219	13.548	13.880	14.214	14.551
42	11,830	12.151	12.476	12.803	13.133	13.466	13.802	14.140	14.481	14.823
43	12,045	12.374	12.704	13.037	13.374	13.713	14.054	14.398	14.745	15.095
44	12,260	12.594	12.931	13.271	13.612	13.957	14.305	14.656	15.008	15.364
45	12,474	12.813	13.156	13.502	13.850	14.201	14.554	14.911	15.271	15.633

H \ D	126	128	130	132	134	136	138	140	142	144
20	8.581	8.777	8.974	9.172	9.371	9.573	9.774	9.978	10.183	10.389
21	8.908	9.111	9.315	9.521	9.728	9.937	10.147	10.358	10.572	10.785
22	9.231	9.441	9.653	9.866	10.081	10.298	10.516	10.735	10.955	11.178
23	9.550	9.768	9.987	10.209	10.431	10.654	10.881	11.107	11.336	11.566
24	9.867	10.092	10.319	10.547	10.777	11.009	11.242	11.477	11.712	11.950
25	10.180	10.412	10.646	10.882	11.120	11.359	11.613	11.841	12.085	12.331
26	10.491	10.731	10.972	11.215	11.460	11.706	11.954	12.205	12.455	12.709
27	10.800	11.046	11.294	11.545	11.797	12.051	12.306	12.563	12.822	13.083
28	11.105	11.359	11.615	11.872	12.132	12.392	12.656	12.920	13.186	13.454
29	11.408	11.669	11.932	12.197	12.463	12.731	13.002	13.273	13.547	13.822
30	11.709	11.977	12.247	12.519	12.792	13.068	13.345	13.624	13.905	14.188
31	12.008	12.283	12.560	12.838	13.119	13.401	13.686	13.973	14.261	14.551
32	12.304	12.586	12.870	13.156	13.443	13.733	14.025	14.318	14.613	14.911
33	12.599	12.888	13.178	13.471	13.765	14.062	14.361	14.661	14.964	15.269
34	12.891	13.187	13.484	13.784	14.086	14.389	14.695	15.003	15.313	15.624
35	13.182	13.484	13.788	14.095	14.403	14.714	15.027	15.341	15.618	15.977
36	13.472	13.780	14.091	14.404	14.719	15.037	15.356	15.678	16.002	16.328
37	13.758	14.074	14.392	14.711	15.033	15.358	15.685	16.013	16.344	16.677
38	14.044	14.366	14.690	15.016	15.346	15.677	16.010	16.346	16.683	17.023
39	14.328	14.656	14.987	15.321	15.656	15.993	16.334	16.676	17.021	17.368
40	14.610	14.944	15.282	15.622	15.964	16.309	16.656	17.005	17.356	17.711
41	14.890	15.232	15.576	15.922	16.271	16.622	16.976	17.332	17.690	18.051
42	15.169	15.517	15.868	16.221	16.576	16.934	17.294	17.657	18.022	18.390
43	15.447	15.801	16.158	16.517	16.880	17.244	17.611	17.981	18.353	18.727
44	15.723	16.084	16.447	16.813	17.182	17.553	17.927	18.303	18.681	19.062
45	15.998	16.364	16.735	17.107	17.482	17.860	18.240	18.623	19.008	19.396

才 15 表 (B) 続 き

H \ D	146	148	150	152	154	156	158	160
20	10.597	10.806	11.016	11.228	11.440	11.654	11.869	12.085
21	11.002	11.218	11.437	11.656	11.877	12.099	12.323	12.548
22	11.401	11.626	11.852	12.080	12.310	12.540	12.771	13.004
23	11.797	12.030	12.264	12.500	12.738	12.976	13.215	13.457
24	12.189	12.431	12.673	12.916	13.161	13.408	13.656	13.905
25	12.578	12.827	13.077	13.328	13.581	13.836	14.092	14.349
26	12.964	13.219	13.477	13.737	13.997	14.260	14.523	14.789
27	13.345	13.609	13.875	14.142	14.410	14.680	14.952	15.225
28	13.723	13.995	14.268	14.543	14.820	15.097	15.377	15.658
29	14.100	14.378	14.659	14.942	15.225	15.511	15.798	16.088
30	14.473	14.759	15.047	15.337	15.628	15.922	16.217	16.514
31	14.843	15.136	15.432	15.729	16.029	16.330	16.632	16.936
32	15.210	15.511	15.814	16.119	16.426	16.735	17.044	17.356
33	15.575	15.884	16.194	16.506	16.820	17.136	17.453	17.774
34	15.938	16.253	16.571	16.890	17.212	17.535	17.861	18.188
35	16.298	16.621	16.945	17.273	17.601	17.932	18.265	18.600
36	16.656	16.985	17.318	17.652	17.988	18.326	18.666	19.008
37	17.011	17.348	17.687	18.029	18.373	18.718	19.065	19.415
38	17.365	17.710	18.056	18.404	18.754	19.108	19.462	19.819
39	17.717	18.068	18.422	18.777	19.134	19.495	19.856	20.220
40	18.067	18.424	18.785	19.148	19.512	19.879	20.248	20.619
41	18.414	18.779	19.147	19.516	19.888	20.262	20.638	21.017
42	18.760	19.132	19.506	19.883	20.262	20.643	21.026	21.411
43	19.103	19.482	19.864	20.247	20.634	21.022	21.412	21.805
44	19.446	19.831	20.220	20.610	21.003	21.398	21.796	22.195
45	19.786	20.179	20.574	20.971	21.371	21.773	22.177	22.584