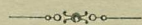


材積表調製業務資料 第14号

高 知 営 林 局

スギ人工林立木材積表調製説明書

昭 和 3 4 年 2 月



林 野 庁

正 誤 表

頁	行	誤	正
目 次	上より 13行目	$10^a b b^1 h b^2$ 式	$10^a d b^1 h b^2$ 式
”	上より 14行目	$a + b_1 d^2 + b h + b_3 d^2 h$ 式	$a + b_1 d^2 + b_2 h + b_3 d^2 h$ 式
緒 言	上より 11行目	検訂	検討
17	上より 5行目	Doolittle法	Doolittle法
33	上より 9行目	0.38262851	0.038262851
33	上より 20行目	0.8376	0.83736
34	上より 5行目	filogsi	filogsi ²
39	上より 13行目	胸高直徑 (C _h)	胸高直徑 (m)

高知營林局スギ人工林立木材積表

調 製 説 明 書

目 次

緒 言

第 1 地域決定の根拠.....	1
1. 地域の概要.....	1
2. 地域の決定.....	5
第 2 資料の収集.....	5
1. 資料収集地域.....	5
2. 資料の選定および調査方法.....	6
3. 資料の整理.....	6
第 3 採用した調製方法の根拠.....	9
1. $v = 10^a b b_1 h b_2$ 式による標準誤差の計算.....	9
2. $v = a + b_1 d^2 + b \cdot h + b_3 d^2 h$ 式による標準誤差の計算.....	15
3. $v = a + b d^2 h$ 式による標準誤差の計算.....	18
第 4 材積表の調製.....	19
1. 資料の吟味.....	19
2. 棄却済資料による材積式の再計算.....	23
3. 10cm直径級ごとの回帰係数の検定.....	32
4. 材積式の決定と材積表の作製.....	35
5. 材積表の適合度.....	36
6. 材積表使用上の注意.....	39
7. 結 言.....	39
第 5 調製年月日および調製担当者官氏名.....	42
第 6 引用ならびに参考文献.....	42

付 表

第1表	管内主要箇所気象状況	3
第2表	人工林、樹種別令級別、面積蓄積	4
第3表	資料収集箇所および収集本数	6
第4表	営林署別10cm直径階本数一覧表	8
第5表	直径階、樹高階別本数（資料棄却前）	10
第6表	材積式決定のための資料（直径階樹高階別本数）	12
第7表	平方和、積和、相関係数の計算	13
第8表	回帰係数の計算	14
第9表	平方和、積和の計算	16
第10表	簡略Doolittle法による解法	17
第11表	平方和、積和の計算	18
第12表	平方和、積和および相関係数の計算（棄却前資料）	20
第13表	簡略Doolittle法による解法	21
第14表	棄却資料一覧表	23
第15表	直径階、樹高階別本数表（資料棄却後）	26
第16表	直径階、樹高階別平均材積表	27
第17表	平方和、積和および相関係数の計算（棄却済資料）	29
第18表	簡略Doolittle法による解法	30
第19表	重相関係数の有意性の検定	31
第20表	10cm直径級別和および自乗和	32
第21表	直径級別平方和および積和	33
第22表	直径級別相関係数および回帰係数	33
第23表	回帰からの偏差の平方和、分散、標準誤差および重相関係数	33
第24表	分散の一様性の検定	34
第25表	材積式	35
第26表	材積表	37

付 図

第1図	高知営林局管内図	2
第2図	資料収集位置図	7
第3図	従来の材積表との比較	40
第4図	平均材積との比較	41

緒 言

昭和22年林政統一によつて、新旧国有林において、材積表の適用がまちまちであつたので、材積表を統一し、かつ従来の材積表を検討すべき時期が到来していた。各局においても、この問題に対する要望がさかんであつたので、林野庁では、昭和26年8月、26年林野才11,231号通達「主要樹種立木材積表調製資料測定要綱」によつて立木材積の測定方法を統一して、材積表の検討ならびに調製についての業務が始められることになった。

ついで昭和28年8月材積表業務担当官の打合会が催され、当局においては人工林スギ、ヒノキについて材積表を検討することになった。当局において現に使用中のスギ立木材積表は、大正5年に、当時の造林技師であつた林学博士戸沢又次郎氏が当局施業案技師であつたころの資料に基いて調製されたものであつて、その作成資料および経緯については不明である。そこで昭和27、29、30年度、上記要綱に基いて、1,143本の資料を集めて、昭和31年5月、材積表の適合度の検訂を行つた結果、現行材積表の数値は一般に実測材積よりもやゝ過大であるため、適当でないことが判明した。

その後「調製要綱」に総則、材積表調製の項を加えて、昭和30年9月林野才14,745号「主要樹種立木材積表調製要綱」として確定せられたので、以後、これに基いて、昭和31、32年度さらに資料を収集した。この間、業務担当者が次々に異動したが34年2月に至り、総数2,459本の資料によつて、本材積表の調製を終了した。

本材積表調製にあたり、林業試験場測定研究室長大友栄松氏、同室栗屋仁志氏の特段の御指導と助言を賜わり、また資料収集に際し、特に便宜を与えられた管内関係営林署長および署員各位に対し、深甚の謝意を表するものである。

昭和34年2月28日

高知営林局長 川 戸 孟 紀

高知営林局スギ人工林立木材積表

調 製 説 明 書

第 1 地域決定の根拠

1. 地 域 の 概 要

(1) 位置および面積

当局管内国有林は、徳島、香川、愛媛、高知の四県にまたがり、北は瀬戸内海、南は太平洋に接し、東西に長く、南北に狭く、その面積約179千^{ha}である。

(2) 地 勢

管内国有林の地形は石鎚山（1,981^m）と剣山（1,955^m）を東西の主峰として、1,500^m 前後の連峰がそびえたち、四国を南北に隔絶し、またこれより瀬戸内海近くに讃岐山脈の標高1,000^m 前後の山岳地帯が形成されている。

石鎚山脈は愛媛県西部の佐田岬から起り、主峰石鎚山および筒上山（1,859^m）に連り、これより主脈は愛媛、高知の県界を延び、瓶ヶ森（1,897^m）、伊予富士（1,756^m）、笹ヶ峰（1,860^m）等の高峰をつくり、愛媛、高知、徳島の県界より、山勢衰へ吉野川横谷に終る。

祖谷山脈は、石鎚山脈の終点、吉野川対岸に起り吉野川の南に沿い、徳島市の南西に終る。

別子山脈は笹ヶ峰より別れて銅山川を挟んで主脈の北方を並走し吉野川に終る。

剣山々脈は中津明神を起点として仁淀川および吉野川の間を東走して高度を増し、高知、徳島県界におよんで三嶺（1,894^m）、天狗塚（1,813^m）、白髪山（1,770^m）等の高峯をつくり、主峰剣山におよび徳島県勝浦郡の海岸に終る。

鵜形山脈は愛媛県北宇和郡郡山に起り肱川、四万十川分水嶺となり、一部は愛媛、高知の県界となり、予土国境大野ヶ原の石灰岩をつくり、仁淀川の南を東に走り高知平野の西端に終っている。

不入山脈は鵜形山脈の南、越智面川を隔て、起るもので、鈴ヶ森を経て仁井田川に終る。

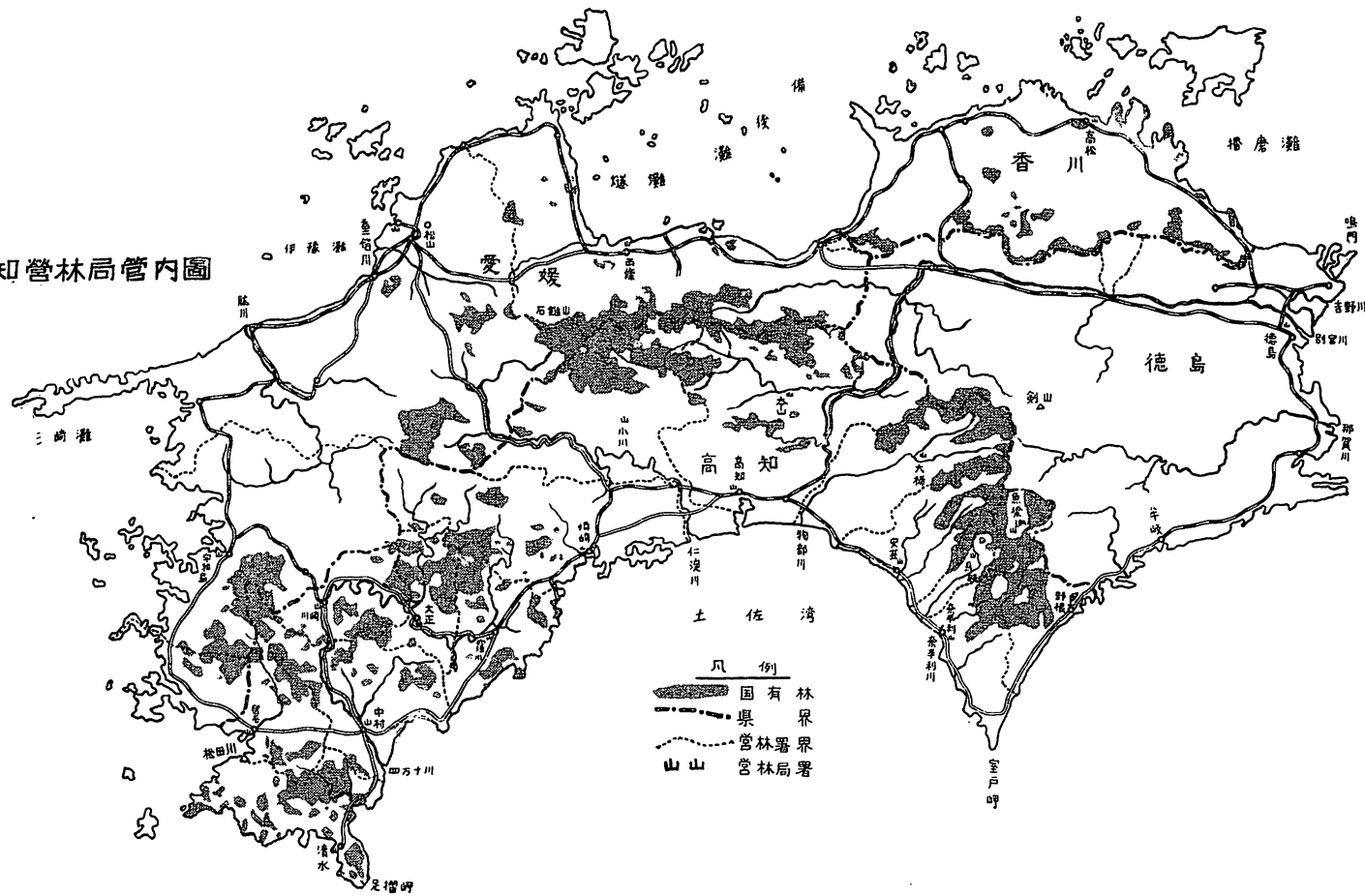
国有林はおおむねこれらの山脈地帯の中腹以上または溪谷等にあつて多くの河川の水源となつている。

四国の河川は非常に多く、管内オ一の長流吉野川は、源を石鎚山に発し、延長約236 軒である。横谷では大歩危、小歩危の溪流を作り、祖谷川（42 軒）、銅山川（50 軒）を合し紀伊水道に注ぐ。

太平洋に注ぐ河川には高知県に渡川（177 軒）、仁淀川（120 軒）、物部川（60 軒）、徳島県に海部川（35 軒）がある。中でも渡川は四万十川とも称し管内オ二の長流で、矢筈峠を源とし、延々屈曲し、愛媛県宇和郡、高知県高岡郡、幡多郡西部の水を合せて下田港に注ぐ。

豊後水道に注ぐ河川には松田川（43 軒）があり、また瀬戸内海方面は西に肱川（77 軒）があり、重信川（35 軒）は松山市を、加茂川（35 軒）は西条市を流れる。

第1圖 高知管林局管内圖



(3) 地 質

管内の地層は、中央構造線により内帯と外帯に分けられ、これが東西に走っている。内帯の一部を代表するものは花崗岩で、讃岐丘陵および高縄山地塊をなしており、これと外帯の岩層の中間に介在して中生代白亜系に属する和泉砂岩層が讃岐山脈より高縄山地の南ろくに東西に走っている。

外帯の北部をなす結晶片岩層は、石鎚山系とほぼ一致して中央部を縦貫し、さらに剣山々系と一致して古生層が並行しており、これについて安芸、幡多、宇和の各郡の山地は中生層となり整然と東西に配列し、带状に連なっており、それぞれ特有な地ほうをしめしている。

(4) 気 象

管内国有林は北緯 32°43′～34°24′ にわたり、一般に温暖であるが、四国山脈と季節風との関係により、瀬戸内海岸と太平洋岸とでかなり差異がある。すなわち、太平洋側は水温の高い黒潮の影響をうけ、海洋性の温暖な気候で年平均気温16°～17°C くらいである。これに対して瀬戸内海沿岸は気温的に多少内陸性をしめし、年平均気温 15° C 程度で太平洋側にくらべてやや低い。

雨量は太平洋側は、夏期の季節風である南風が多量の湿気を運んでくるので降雨量は多く、2,000mm 程度であるが、山岳地域は 3,000～4,000mm に達する。これに対して瀬戸内海方面は、四国山脈にさえぎられて雨量は少く、およそ1,500mm 程度で、特に高松、今治等の海岸沿いでは、1,000mm に達しない所もあり、著しい差異がみられる。

才1表 管内主要箇所の気象状況

観 測 所	海 抜 高 m	気 温 (C°)			降 水 量 mm
		年 平 均	最高平均	最低平均	
高 知	—	16.2	21.7	11.7	2,862.0
室 戸 岬	—	15.8	19.9	14.1	3,245.8
魚 梁 瀬	520	14.9	19.9	8.9	4,413.7
本 山	298	13.1	19.5	9.6	3,065.9
大 枳	260	14.8	20.6	9.8	3,390.9
足 摺 岬	—	18.2	21.0	15.5	2,259.5
高 松	—	15.5	19.7	11.0	1,255.6
徳 島	—	15.8	19.9	12.8	1,902.1
松 山	—	16.1	20.4	11.5	1,510.5

(昭和28年—31年測候所調)

第2表

人工林、樹種別、令級別、面積蓄積

(昭和32年現在)

令級	樹種 面積 蓄積	スギ		ヒノキ		マツ		カラマツ		その他 N	
		面積 ha	蓄積 m ³	面積 ha	蓄積 m ³	面積 ha	蓄積 m ³	面積 ha	蓄積 m ³	面積 ha	蓄積 m ³
I		5,960	239	6,726	1,223	552	2,279			394	3,672
II		1,404	15,157	4,376	43,339	196	4,115			231	25,474
III		1,427	146,798	7,032	597,653	487	66,239	10	859	82	2,650
IV		2,320	417,414	11,216	1,752,978	1,236	157,532	2	45	295	5,517
V		3,205	729,286	12,214	2,278,510	582	104,470	29	4,633	30	5,794
VI		1,373	342,122	1,666	353,426	28	13,026	1	37	4	414
VII		107	28,943	96	22,093	4	681				163
VIII		2	154		1	108	5,475				
IX		3	1,300	1	234						
X以上		149	54,903	50	17,011	51	10,804			6	2,039
計		15,950	1,736,316	43,377	5,066,468	3,244	364,621	42	5,574	1,042	45,723

令級	樹種 面積 蓄積	N 計		その他 L		L 計		計		備 考
		面積 ha	蓄積 m ³	面積 ha	蓄積 m ³	面積 ha	蓄積 m ³	面積 ha	蓄積 m ³	
I		13,632	7,413	998	4,282	998	4,282	14,630	11,695	その他Nは、サハラ、モミ、ツガ、 テーダーマツ、ヒバ、アラハギ、マキ、メタセコイヤ
II		6,207	88,085	986	23,313	986	23,313	7,193	111,398	
III		9,038	814,199	618	21,013	618	21,013	9,656	835,212	
IV		15,069	2,333,486	713	40,491	713	40,491	15,782	2,373,977	
V		16,060	3,122,693	560	53,038	560	53,038	16,620	3,175,731	その他Lは、クリクヌギ、ケヤキ、カシ、クス、ウルシ、シナグリ、アブラギリ、サクラクルミ、カヘデ、クス、カキなどである。
VI		3,072	709,025	20	6,122	20	6,122	3,092	715,147	
VII		207	51,880	9	327	9	327	216	52,207	
VIII		110	5,630					110	5,630	
IX		4	1,534					4	1,534	経営案林野現況表より
X以上		256	84,757	4	1,097	4	1,097	260	85,854	
計		63,655	7,218,702	3,908	149,683	3,908	149,683	67,563	7,368,385	

(5) 林 況

管内国有林は亜熱帯より亜寒帯に及び森林植生も多様を極めている。すなわち、太平洋沿岸には、ホルトノキ、タブ、ウバメガシなどの暖帯南部の樹種があり、さらにアカウ、ビロウなどの亜熱帯性の群落が目撃され及び室戸岬にみられる。また太平洋岸より低山地帯にかけては、シイ、カシを主とする暖帯性の植生が発達し、さらに標高 600～1,200m にかけては、モミ、ツガを主とする針葉樹とガエデ、ミズメなどの広葉樹によって林相が構成されている。その上部、標高 1,200～1,800m にはブナを主とする温帯性の広葉樹があり、さらに四国山脈の頂上附近には、シコクシラベ、ダケカンバなどの亜寒帯性林分も分布している。瀬戸内海方面はクロマツ、アカマツを主とするやみせき悪化した林相を呈しており、山岳地帯に進むにつれて、カシ、シイの群落に移行している。

人工造林は明治10年に始められたが、現存の人工林は明治23年以後のもので、現在その面積は67,563haで国有林総面積の約37.6%をしめ、このうち特別経営時代の植栽によるものが、その主体をなしており面積で約50%、蓄積で約90%をしめている。

植栽樹種はスギ、ヒノキ、サハラ、アカマツ、クロマツ、カラマツ、モミその他の針葉樹及びクリ、クスギ、ケヤキ、カシ、クスその他の広葉樹であつて、スギ29%、ヒノキ68%でスギの人工林はヒノキ人工林に比べて少いが、スギの材積成長量の大きい点を考慮して品種の検討に努め、将来はスギ植栽面積の増加を図る方針であり、大略スギ55%、ヒノキ45%の割合を目標としている。

2 地 域 の 決 定

当局管内はさきに述べたように四国山脈によつて、太平洋岸と瀬戸内海沿岸とによつて著しく立地条件を異にするが、国有林の大部分は太平洋岸にあつて、スギ人工林の立地条件もおおよそ類似するので本材積表は高知管林局管内スギ造林木を対象として調製した。

第 2 資 料 の 収 集

1. 資 料 収 集 地 域 (第2圖)

管内国有林の各事業区にわたつて調査した。箇所ならびに収集本数は少3表のとおりである。(徳島事業区のみ官行造林地にて調査。)

㊦ 3 表 資 料 收 集 箇 所 お よ び 收 集 本 数

営 林 署	事 業 区	主間伐	林 小 班	収集本数
奈 半 利	奈 半 利	間伐	6 い	167 ^本
野 根	野 根	主伐	64 ろ	59
馬 路	馬 路	間伐	27 い	4
大 栃	大 栃	〃	83 い 84 に	381
小 川	小 川	〃	30 い 72 い	157
窪 川	窪 川	〃	28 い	33
中 村	中 村	〃	1,015 ろ 1,026 ろ	196
宿 毛	宿 毛	〃	5 い	2
松 山	松 山	〃	54 い 54 ろ	101
西 条	西 条	〃	7 よ	9
宇 和 島	宇 和 島	〃	5 ぬ 29 い 41 い	111
高 松	高 松	主伐	62 と	447
徳 島	徳 島	間伐	1 い 2 い	792
計				2,459

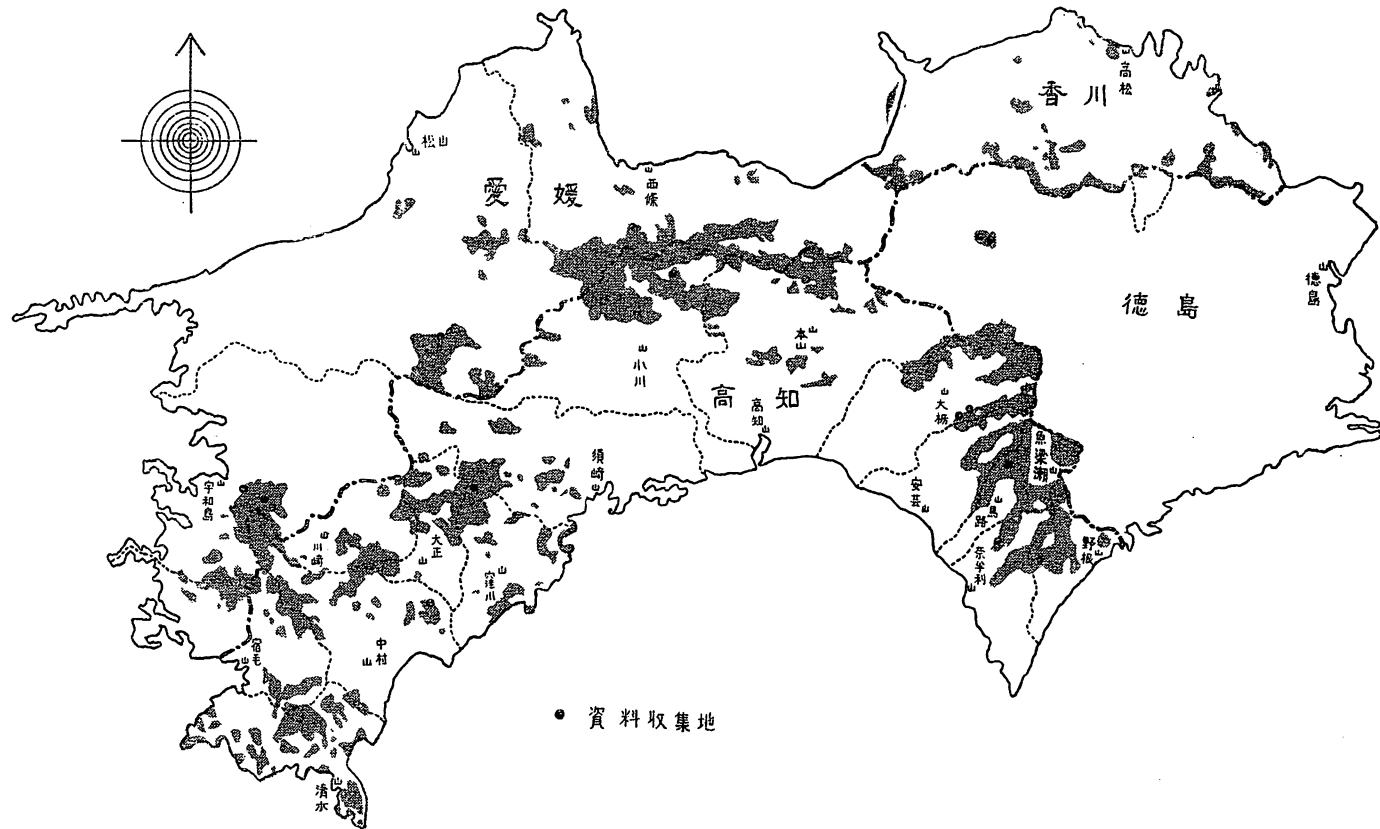
2. 資 料 の 選 定 お よ び 調 査 方 法

調製要綱に準拠して実施したが、大要次のとおりである。

- (1) 調査木は胸高直径4㍒以上のものについて、なるべく各直径階、樹高階にわたって選定したが、その幹形著しく不整なものは除外した。
- (2) 胸高直径は地上 1.2㍒ の位置を直径巻尺により測定し、単位を㍒とした。なおその他の位置における直径も、胸高直径と同じ要領で測定した。
- (3) 樹高及び枝下高の測定は巻尺で㍒単位とし、単位以下1位まで測定した。
- (4) 幹材積は、区分材積及び梢頭材積に分ち、両材積を合計して算出した。
- (5) その他、樹皮の厚さ、根元部分の周囲、伐採面の高さ等を調製要綱に基いて測定した。

3. 資 料 の 整 理

以上の調査方法にもとづいて収集した資料を営林署ごとに取りまとめた結果は㊦ 4 表のとおりである。
なお、各調査木の直径階、樹高階別本数を表示すれば㊦ 5 表のとおりである。



才4表 営林署別10cm直径階本数一覧表

営林署	林小班	4~10	12~20	22~30	32~40	42~50	計
奈半利	6い	6 ^本	126 ^本	33 ^本	2 ^本	本	167 ^本
野根	64ろ	1	21	34	3		59
馬路	27い		3	1			4
大栃	83い	82	69	100	38	1	290
	84㍑		46	43	1	1	91
小川	30い	2	98	43	1		144
	72い		7	6			13
窪川	28い	1	27	4	1		33
中村	1,015ろ		42	8			50
	1,026ろ		94	16	30	6	146
宿毛	5い		1	1			2
松山	54い		4	6			10
	54ろ	1	28	57	4	1	91
西条	7よ		3	4	2		9
宇和島	5ぬ		3	24	4	2	33
	29い		21	15	1		37
	41い		23	18			41
高松	62と	174	188	78	6	1	447
徳島	1い	33	284	11			328
	2い	104	351	9			464
計		404	1,439	511	93	12	2,459

第 3 採用した調製方法の根拠

材積表の調製方法には調和曲線を利用する方法、共線図法を利用する方法、最小自乗法を利用する方法等があり、これまで最小自乗法を利用する方法のうちで、 $v=10^a d^{b_1} h^{b_2}$ なる式を採用せられていたが、本材積表調製においては全資料中より各直径階、樹高階にわたり、資料451本（才6表）を選び出し、次の三つの材積式を用いてそれぞれ標準誤差を算出し、その最小の式を採用することにした。

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

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

$$c \quad v=a+bd^2h$$

v ……材積 d ……胸高直径 h ……樹高

$a, b_1, b_2, b_3, \dots$ ……定数

次に各式による標準誤差の算出について述べると次のごとくである。

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

今材積式を一次の式に変換するため両辺の対数をとれば、

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

となる。

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

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

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

平方和、積和および相関係数の計算

前掲、 $Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2$ 式の計算に必要な因子を算出すると第7表のとおりである。

なお、実測値材積 v の対数は便宜上 $V \times 1,000$ の6桁の対数を使用した。

才 5 表

直 徑 階, 樹 高

樹高 直徑Cm	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	1	2	4		1									
6		3	29	35	19	11	1							
8			5	15	33	31	25	7	2		1			
10				3	7	28	58	41	31	6	6	1		
12					2	11	38	75	71	40	28	18	5	2
14						1	9	34	70	80	54	34	28	16
16							3	8	35	46	71	64	46	27
18							1	2	19	23	37	45	43	38
20								1	3	4	15	33	33	28
22											4	11	18	23
24											3	9	7	12
26											1	3	6	3
28										1		1	1	2
30													1	
32														
34														2
36														
38														
40														
42														
44														
46														
48														
50														
52														
計	1	5	38	53	62	82	135	168	231	200	220	219	188	153

階 別 本 数 (資 料 棄 却 前)

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	計
															8
															98
															119
															181
2															292
11	1														338
10	6	3													319
22	28	12	6	3											279
33	19	23	10	5	1										208
19	20	19	21	8	4	2	1								150
24	19	15	15	16	7	4	1								132
14	10	10	20	18	6	5	7	4							107
3	6	3	9	12	13	9	5	1		1					67
3	4	4	7	5	8	7	8	3	4	2					56
	1		4		5	3	7	2	5						27
1		2		1	5	1	5	4	1	1					23
		1		1		1	1	1	6	2	3	1			17
	1	1	1		1		4	5	1	1	1	1	1	1	18
								2		2	3			1	8
						1	1				2				4
							1		1		3				5
												1			1
							1								1
											1				1
142	115	93	93	69	50	33	42	22	18	14	9	2	1	1	2,459

才 6 表

材 積 式 決 定 の

樹高 m 直徑cm	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	1	2	3		1									
6		3	3	3	3	3	1							
8			3	3	3	3	3	3	2		1			
10				3	3	3	2	3	3	3	3	1		
12					2	3	3	3	3	3	3	3	3	2
14						1	3	3	3	4	2	3	3	3
16							3	3	3	3	1	1	3	3
18							1	2	3	3	3	3	3	3
20								1	3	3	1	3	3	3
22											2	3	2	1
24											3	3	2	3
26											1	3	2	3
28										1		1	1	2
30													1	
32														
34														2
36														
38														
40														
42														
44														
46														
48														
50														
52														
計	1	5	9	9	12	13	16	18	20	20	20	24	23	25

た め の 資 料

17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	計
															7
															16
															21
															24
2															30
3	1														29
2	3	3													28
2	2	3	3	3											34
3	3	2	2	2	1										30
3	2	3	3	3	4	1	1								28
3	3	3	3	2	3	3	1								32
3	3	2	3	2	3	2	3	3							33
2	2	2	2	3	3	3	3	1		1					27
3	3	2	3	2	2	3	3	3	3	2					30
	1		2		3	3	3	2	3						17
1		2		1	3	1	2	2	1	1					16
		1		1		1	1	1	3	2	3	1			14
	1	1	1		1		3	3	1	1	1	1	1		15
								2		2	3			1	8
						1	1			2					4
							1		1	3					5
											1				1
							1								1
											1				1
27	24	24	22	19	23	18	23	17	12	14	9	2	1	1	451

オ7表 平方和、積和、相関係数の計算

n = 451	X ₁	X ₂	Y
和	580.867575	535.256749	1,059.582198
平均	1.28795471	1.18682206	2.34940620
X ₁ 1. SX ₁ ² など	771.40821222	706.83490454	1,423.47229490
2. 補正項	748.13113013	689.38645187	1,364.69388440
3. Sx ₁ ² など	23.27708209	17.44845267	58.77841050
4. √Sx ₁ ² など	4.82463285	19.71364596	59.42812590
5. 相関係数		0.88509516	0.98906721
X ₂ 1. SX ₂ ² など		651.95024566	1,304.85228648
2. 補正項		635.25451741	1,257.53552683
3. Sx ₂ ² など		16.69572825	47.31675965
4. √Sx ₂ ² など		4.08604066	50.33040773
5. 相関係数			0.94012272
Y 1. SY ²			2,641.11342502
2. 補正項			2,489.38898962
3. Sy ²			151.72443540
4. √Sy ²			12.31764732

回帰係数の計算

簡略Doolittle法で回帰係数を計算すると第8表のとおりである。

オ8表 回 帰 係 数 の 計 算

	b ₁	b ₂	G	計	check
(1)	23.27708209	17.44845267	58.77841050	99.50394526	58.77841042
(2)		16.69572825	47.31675965	81.46094057	47.31675957
(3)	23.27708209	17.44845267	58.77841050	99.50394526	
(4)	1	0.74959794	2.52516232	4.27476026	4.27476025
(5)		3.61640407	3.25658443	6.87298850	6.87298850
(6)		1	0.90050347	1.90050347	1.90050347
(8)	(7)を(4)に代入			b ₁ = 1.85014677	
(7)				b ₂ = 0.90050347	

check 23.27708209 × 1.85014677 + 17.44845267 × 0.90050347 = 58.77841042
17.44845267 × 1.85014677 + 16.69572825 × 0.90050347 = 47.31675957

同帰方程式

※ 8 表で求めた同帰係数 b_1 , b_2 の値を上記(2)式に代入する。

$$\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 \quad \text{ただし, } a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2$$

$$\begin{aligned} \hat{Y} &= \left\{ 2.34940620 - (1.85014677) (1.28795471) - (0.90050347) (1.18682206) \right\} \\ &\quad + 1.85014677 X_1 + 0.90050347 X_2 \\ &= 1.85014677 X_1 + 0.90050347 X_2 - 1.10223643 \end{aligned}$$

同帰に帰因する平方和

$$S_{\hat{Y}}^2 = 151.35759258$$

回帰からの偏差の平方和

$$S_{d_{Y \cdot X_1 X_2}}^2 = 0.26684282$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$S_{Y \cdot X_1 X_2}^2 = 0.0008188455803571$$

$$S_{Y \cdot X_1 X_2} = 0.02861548$$

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

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

V = 実材積

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

k = 独立変数の個数

$$\text{修正係数} = \frac{n-1}{n} (S_{Y \cdot X_1 X_2})^2 \times 1.151293 = 0.0009406 \approx 1.0022$$

$$\sum (V - \hat{V})^2 = 0.77733369$$

したがつて、

$$\text{標準誤差} = \sqrt{\frac{0.77733369}{451 - (2 + 1)}} = 0.04165477$$

2. $V = a + b_1 \cdot d_2 + b_2 \cdot h + b_3 \cdot d^2 h$ 式による標準誤差の計算

材積式を簡単な形で表わすため、

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

とすれば、上式は次のように表わすことができる。

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

平方和、積和の計算

第9表

平方和、積和の計算

n=451	X ₁	X ₂	X ₃	Y
和 平均	7,554.4	25.880359	539.2328911	188.8157
X ₁ 1. SX ₁ ² など	144,098.76	539.2328911	11,941.629139	4,124.49620
2. 補正項	126,538.71	433.5046209	9,032.330272	3,162.72577
3. Sx ₁ ² など	17,560.05	105.7282702	2,909.298867	961.77043
X ₂ 1. SX ₂ ² など		2.470867792	56.806230720	19.20559379
2. 補正項		1.485128563	30.943549469	10.83507339
3. Sx ₂ ² など		0.985739229	25.862681260	8.37052040
X ₃ 1. SX ₃ ²			1,354.016523	454.0952421
2. 補正項			644.727519	225.7552900
3. Sx ₃ ² など			709.289004	228.3399521
Y 1. SY ²				153.3915860
2. 補正項				79.04959777
3. Sy ²				74.3419883

回帰係数の計算

積和、平方和の値を見ると、オーダーは10,000の桁から1桁まで変化しており、このまゝ最小自乗法で解くには不便であり、また誤差を生じやすいので、小数点の位置を整えるため、次のとおり小数点の位置を移動させる。

$$A = \begin{pmatrix} 17,560.05 & 105.7282702 & 2,909.298867 \\ 105.7282702 & 0.985739229 & 25.86268126 \\ 2,909.298867 & 25.86268126 & 709.289004 \end{pmatrix}$$

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

$$B = D A D$$

$$\begin{pmatrix} 1.756005 & 1.057282702 & 0.2909298867 \\ 1.057282702 & 0.985739229 & 0.2586268126 \\ 0.2909298867 & 0.2586268126 & 0.0709289004 \end{pmatrix}$$

列ベクトル

$$g = \begin{pmatrix} 961.77043 \\ 8.37052040 \\ 228.3399521 \end{pmatrix}$$

$$h = Dg\lambda = \begin{pmatrix} 0.96177043 \\ 0.83705204 \\ 0.2283399521 \end{pmatrix} \quad \lambda = 10^{-1} \text{ とする}$$

原方程式 $A.u = h$ を解くかわりに
方程式 $B.v = g$ を簡略Doolittle法で解く。

才10表 簡略Doolittle法による解法

行	b_1	b_2	b_3	$= G$	計	check
I 1)	1.756005	1.057282702	0.2909298867	0.961770430	4.0659880187	0.9617704315
2)		0.985739229	0.2586268126	0.837052040	3.1387007836	0.8370520404
3)			0.0709289004	0.228339952	0.8488255517	0.2283399512
II 4)	1.756005	1.057282702	0.2909298867	0.961770430	4.0659880187	
5)	1	0.602095496	0.1656771402	0.547703697	2.3154763332	2.315476333
III 6)		0.349154076	0.0834592381	0.257974395	0.6905877091	0.6905877098
7)		1	0.2390326903	0.738855459	1.9778881493	1.977888149
IV 8)			0.0027789826	0.007332263	0.0101112456	0.0101112465
9)			1	2.638470280	3.638470280	
V 12)			$vb_1 =$	0.045437921		
11)			$vb_2 =$	0.108174810		
10)			$vb_3 =$	2.638470280		

check

$$(0.045437921) (1.756005) + (0.108174810) (1.057282702) + (2.638470280)(0.2909298867) \\ = 0.9617704315$$
$$(0.045437921) (1.057282702) + (0.108174810)(0.985739229) + (2.638470280) (0.2586268126) \\ = 0.8370520404$$
$$(0.045437921) (0.2909298867) + (0.108174810) (0.2586268126) + (2.638470280) (0.0709289004) \\ = 0.2283399512$$

得られた結果を元のオーダーに直すと

回帰係数

$$\mu = Dv\lambda^{-1}$$
$$v = \begin{pmatrix} 0.045437921 \\ 0.108174810 \\ 2.638470280 \end{pmatrix} \quad \lambda = 10^{-1} \quad D = \begin{pmatrix} 0.01 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.01 \end{pmatrix}$$

以上の計算によつて、各式による標準誤差を再掲すると次のとおりである。

材 積 式	標 準 誤 差
a) $v=10^3 d^{b_1} h^{b_2}$	0.04165477
b) $v=a+b_1 \cdot d^2+b_2 \cdot h+b_3 \cdot d^2 h$	0.03872380
c) $v=a+b d^2 h$	0.04307182

上表によれば、 $v=a+b_1 \cdot d^2+b_2 \cdot h+b_3 \cdot d^2 h$ 式 による標準誤差が最小であるから本材積表調製においてはこの式を採用することにした。

第 4 材 積 表 の 調 製

1. 資 料 の 吟 味

(1) 吟味の方針

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

(2) 資料吟味のための材積式の計算

平方和、積和および相関係数の計算

前掲、 $Y=a+b_1 \cdot d^2+b_2 \cdot h+b_3 \cdot d^2 h$ 、式の計算に必要な因子を算出すると表12表のとおりである。

才12表 平方和、積和および相関係数の計算（棄却前資料）

n=2,459	X ₁	X ₂	X ₃	Y
和	34,673.9	85.197181	1,489.197536	553.2131
平均	14.101	0.0346471	0.605611	0.22497
X ₁ 1. S X ₁ ² など	544,389.11	1,489.3145456	28,180.45622094	10,250.83725
2. 補正項	488,930.19	1,201.3495463	20,998.89647967	7,800.75466
3. S x ₁ ² など	55,458.92	287.9649993	7,181.55974127	2,450.08259
4. √S x ₁ ² など	235.49718	345.20426	8,686.96759	2,890.94771
5. 相関係数		0.83419	0.82671	0.84750
X ₂ 1. S X ₂ ² など		5.100559231	104.512052183	36.818917768
2. 補正項		2.951833937	51.596352997	19.167221070
3. S x ₂ ² など		2.143725294	52.915699186	17.651696698
4. √S x ₂ ² など		1.46585	54.07206	17.99472
5. 相関係数			0.97861	0.98094
X ₃ 1. S X ₃ ² など			2,262.582638324	785.284986787
2. 補正項			901.874461663	335.031958277
3. S x ₃ ² など			1,360.708176661	450.253028510
4. √S x ₃ ² など			36.88778	452.83192
5. 相関係数				0.99430
Y 1. S Y ²				275.15756873
2. 補正項				124.45902156
3. S y ²				150.69854717
4. √S y ²				12.27593

行列式の元の小数点の移動

$$A = \begin{pmatrix} 55,458.92 & 287.9649993 & 7,181.559741 \\ 287.9649993 & 2.148725294 & 52.91569917 \\ 7,181.559741 & 52.91569919 & 1,360.708177 \end{pmatrix}$$

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

$$B = D A D = \begin{pmatrix} 5.545892 & 2.879649993 & 0.7181559741 \\ 2.879649993 & 2.148725294 & 0.5291569919 \\ 0.7181559741 & 0.5291569919 & 0.1360708177 \end{pmatrix}$$

列ベクトル $g = \begin{pmatrix} 2,450.08259 \\ 17.65169670 \\ 450.2530285 \end{pmatrix}$

$h = Dg^{-1} = \begin{pmatrix} 2.45008259 \\ 1.76516967 \\ 0.4502530285 \end{pmatrix} \quad \lambda = 10^{-1} \text{ とする}$

方程式 $B \cdot v = g$ を簡略 Doolittle 法で解く。

才13表 Doolittle 法による解法

行	b_1	b_2	b_3	G	計	check
I 1)	5.545892	2.879649993	0.7181559741	2.45008259	11.5937805571	2.4500825902
2)		2.148725294	0.5291569919	1.76516967	7.3227019489	1.7651696700
3)			0.1360708177	0.4502530285	1.8336368122	0.4502530286
II 4)	5.545892	2.879649993	0.7181559741	2.45008259	11.5937805571	
5)	1	0.5192401859	0.1294933212	0.4417833218	2.0905168289	2.0905168289
III 6)		0.6534952963	0.1562615504	0.4929883305	1.3027451772	1.3027451772
7)		1	0.2391165649	0.7543869608	1.9935035257	1.9935035257
IV 8)			0.0057096903	0.0151020206	0.0208117109	0.0208117109
9)			1	2.644980692	3.644980692	
V 12)			$vb_1 =$	0.0359659333		
11)			$vb_2 =$	0.1219282635		
10)			$vb_3 =$	2.644980692		

check

$(0.0359659333) (5.545892) + (0.1219282635) (2.879649993) + (2.644980692) (0.7181559741)$
 $= 2.4500825902$

$(0.0359659333) (2.879649993) + (0.1219282635) (2.148725294) + (2.644980692) (0.5291569919)$
 $= 1.7651696700$

$(0.0359659333) (0.7181559741) + (0.1219282635) (0.5291569919) + (2.644980692) (0.1360708177)$
 $= 0.4502530286$

$v_{33} = 175.1408478$ check

$v_{23} = -41.87907790 \quad v_{11} (5.545892) + v_{12} (2.879649993) + v_{13} (0.7181559741) = 1.00000000$

$v_{13} = -0.9342698653 \quad v_{12} (2.879649993) + v_{22} (2.148725294) + v_{23} (0.5291569919) = 1.00000000$

$v_{22} = 11.5442141450 \quad v_{13} (0.7181559741) + v_{23} (0.5291569919) + v_{33} (0.1360708177) = 1.00000000$

$v_{21} = -0.5711590127$

$v_{11} = 0.5978640645$

この表で得られた値を元のオーダーに直す

回帰係数

$$\mu = Dv)^{-1} = \begin{pmatrix} 0.00359659333 \\ 1.219282635 \\ 0.2644980692 \end{pmatrix}$$

逆行列を元のオーダーに直すには、

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

此処で、

$$B^{-1} = \begin{pmatrix} 0.5978640645 & -0.5711590127 & -0.9342698653 \\ -0.5711590127 & 11.5442141450 & -41.87907790 \\ -0.9342698653 & -41.87907790 & 175.1408478 \end{pmatrix}$$

$$\therefore A^{-1} = \begin{pmatrix} 0.00005978640645 & -0.005711590127 & -0.00009342698653 \\ -0.005711590127 & 11.5442141450 & -0.4187907790 \\ -0.00009342698653 & -0.4187907790 & 0.01751408478 \end{pmatrix}$$

回帰に帰因する平方和

$$\hat{S}y^2 = 149.42540695$$

回帰からの偏差の平方和

$$Sd_{y.x1x2x3}^2 = 1.27314022$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$Sy.x1x2x3^2 = 0.0005185907209776$$

$$Sy.x1x2x3 = 0.02277259$$

参考として回帰係数の検定をしてみると、

回帰係数の標準偏差

$$Sb1 = Sy.x1x2x3 \sqrt{C_{11}} = 0.00017608$$

$$Sb2 = Sy.x1x2x3 \sqrt{C_{22}} = 0.07737392$$

$$Sb3 = Sy.x1x2x3 \sqrt{C_{33}} = 0.00301374$$

回帰係数の有意性の検定

$$tb1 = \frac{b1}{Sb1} = 20.426^{**}$$

$$tb2 = \frac{b2}{Sb2} = 15.758^{**}$$

$$tb3 = \frac{b3}{Sb3} = 87.764^{**}$$

回帰係数は、いずれも有意差があるので材積式は次のようになる。

$$\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 \quad \text{ただし、} a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2 - b_3 \bar{X}_3$$

したがって、 $\hat{Y} = 0.00359659 X_1 + 1.21928264 X_2 + 0.26449807 X_3 - 0.02817$

(3) 資 料 の 棄 却

全資料2,459本のおのおのについてその推定値 $\hat{Y}$ を求め、回帰からの偏差 $Y - \hat{Y}$ の値が次の棄却帯を越えるものを棄却した。

$$E_{y \times 1 \times 2 \times 3} = t \cdot S_{y \times 1 \times 2 \times 3}^2 \left\{ 1 - \left\{ \frac{1}{n} + C_{11}(X_1 - \bar{X}_1)^2 + C_{22}(X_2 - \bar{X}_2)^2 + C_{33}(X_3 - \bar{X}_3)^2 + 2C_{12}(X_1 - \bar{X}_1)(X_2 - \bar{X}_2) + 2C_{23}(X_2 - \bar{X}_2)(X_3 - \bar{X}_3) + 2C_{13}(X_1 - \bar{X}_1)(X_3 - \bar{X}_3) \right\} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

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

この結果、棄却された資料は70本である。その一覧表は才14表のとおりでそれを除いた資料の直径階、樹高階別本数、および材積表は才15～16表のとおりである。

2. 棄却済資料による材積式の再計算

棄却済資料2,389本を用いて既述した（I.2資料吟味のための材積式の計算）方法で材積式を算出すると次のとおりである。

平方和、積和および相関係数の計算

才14表 棄 却 資 料 一 覧 表

営 林 署	林小班	直 径	樹 高	V	$\hat{V}$	$V - \hat{V}$
奈 半 利	6い	30.0	15.1	0.4256	0.4953	-0.0697
		33.5	16.7	0.6023	0.6644	-0.0621
		37.3	18.9	0.8460	0.9050	-0.0590
野 根	64ろ	22.3	14.9	0.3428	0.2820	0.0608
		22.0	15.9	0.3666	0.2916	0.0750
		34.0	18.5	0.8457	0.7450	0.1007
		24.1	21.2	0.3820	0.4446	-0.0626
大 栃	83い	24.8	21.2	0.4086	0.4680	-0.0594
		26.0	20.3	0.4162	0.4902	-0.0740
		29.7	22.4	0.7498	0.6826	0.0672
		29.0	26.2	0.8420	0.7514	0.0906
		30.4	25.6	0.8685	0.8023	0.0662
		31.3	23.6	0.7163	0.7877	-0.0714
		31.8	25.3	0.9622	0.8628	0.0994

営 林 署	林小班	直 徑	樹 高	V	$\hat{V}$	$V - \hat{V}$
		31.1	25.5	0.7627	0.8338	-0.0711
		33.2	21.6	0.7522	0.8136	-0.0614
		36.4	24.3	1.0092	1.0724	-0.0632
		36.3	27.6	1.1204	1.1937	-0.0733
		35.4	27.8	1.2091	1.1461	0.0630
		38.6	24.3	0.9826	1.1985	-0.2159
		37.2	24.5	0.8890	1.1254	-0.2364
		38.9	25.0	1.3386	1.2468	0.0918
		38.2	25.9	1.1658	1.2426	-0.0768
		37.5	28.4	1.4854	1.3083	0.1771
		38.6	29.6	1.3447	1.4265	-0.0818
		40.0	27.1	1.2626	1.4113	-0.1487
		40.2	30.5	1.5122	1.5823	-0.0701
		46.5	28.2	1.7028	1.9497	-0.2469
	84㌔	26.3	19.9	0.5532	0.4918	0.0614
小 川	30㌔	30.9	23.5	0.6922	0.7663	-0.0741
		38.0	21.1	0.9357	1.0297	-0.1240
窪 川	28㌔	23.8	20.6	0.3558	0.4236	-0.0678
		32.6	26.1	0.8018	0.9290	-0.1272
中 村	1026㌔	28.8	24.6	0.7874	0.7011	0.0863
		30.0	22.3	0.7558	0.6926	0.0632
		29.9	23.1	0.7773	0.7102	0.0671
		30.0	23.9	0.8047	0.7365	0.0682
		30.0	24.8	0.8340	0.7611	0.0729
		32.8	19.9	0.8270	0.7409	0.0861
		36.5	25.0	1.1653	1.1051	0.0612
		35.7	26.0	1.2667	1.0972	0.1695
		36.1	25.8	1.1829	1.1128	0.0701
		37.4	20.4	0.9021	0.9705	-0.0684
		39.5	27.6	1.4916	1.4004	0.0942
		41.0	23.0	1.3549	1.2821	0.0728
		43.9	24.0	1.4344	1.5165	-0.0821
		43.0	25.5	1.6078	1.5413	0.0665
		44.9	27.0	1.5795	1.7545	-0.1750
		44.4	26.6	1.5332	1.6948	-0.1616

営 林 署	林小班	直 径	樹 高	V	$\hat{V}$	$V - \hat{V}$
松 山	54ろ	25.9	18.8	0.6290	0.4548	0.1742
		26.2	22.8	0.6200	0.5515	0.0685
		29.5	23.8	0.7960	0.7114	0.0846
		31.3	19.5	0.7310	0.6667	0.0643
		44.2	26.7	1.8100	1.6857	0.1243
西 条	7よ	38.0	17.8	0.7730	0.8918	-0.1188
宇 和 島	5ぬ	25.9	17.1	0.4781	0.4185	0.0596
		26.8	20.7	0.5922	0.5271	0.0651
		27.9	18.6	0.6056	0.5166	0.0890
		30.7	21.5	0.8236	0.7001	0.1235
		38.3	24.3	1.0620	1.1809	-0.1189
		41.6	23.8	1.4360	1.3578	0.0782
	29い	25.6	17.8	0.3609	0.4243	-0.0634
高 松	62と	28.7	21.8	0.7563	0.6256	0.1307
		30.0	21.2	0.7258	0.6625	0.0633
		30.0	22.2	0.7654	0.6899	0.0755
		32.8	22.6	0.9723	0.8274	0.1449
		34.2	21.2	0.9704	0.8466	0.1238
		51.0	28.4	2.4261	2.3449	0.0812
徳 島	1い	23.8	13.8	0.2328	0.2973	-0.0645
	2い	20.9	14.8	0.3123	0.2493	0.0630

表15

直徑階、樹高階別本數表

(資料棄却後)

26

材積表調製業務資料第14号

樹高 直徑	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	計
4	1	2	4		1																								8
6		3	29	35	19	11	1																						98
8			5	15	33	31	25	7	2		1																		119
10				3	7	28	58	41	31	6	6	1																	181
12					2	11	38	75	71	40	28	18	5	2	2														292
14						1	9	34	70	80	54	34	28	16	11	1													338
16							3	8	35	46	71	64	46	27	10	6	3												319
18							1	2	19	23	37	45	42	38	22	28	12	6	3										279
20								1	3	4	15	33	52	28	33	19	23	10	5	1									207
22											4	11	17	22	19	20	19	21	8	4	2	1							148
24											3	8	7	12	24	19	15	15	13	7	4	1							128
26											1	3	6	3	13	9	9	18	17	6	4	7	4						100
28										1		1	1	2	3	6	2	9	12	12	9	5				1			64
30															3	4	4	7	4	4	6	5	2	2	2				43
32																1		2		5	2	6	1	3					20
34														2			1			4	1	5	4	1	1				19
36																	1			1			4	2	1	1			10
38																				1		2	3	1	1	1	1		8
40																						2		1	2				5
42																									2				2
44																													
46																													
48																													
50																							1						1
52																													
計	1	5	38	53	62	82	135	168	231	200	220	218	185	152	140	113	89	88	62	44	29	33	16	10	10	3	2		2,389

第16表

直 徑、 樹 高 階 別、平 均 材 積 表

$\frac{H}{D}$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	0.0046	0.0058	0.0056		0.0087									
6		0.0066	0.0086	0.0114	0.0129	0.0138	0.0188							
8			0.0140	0.0172	0.0206	0.0247	0.0283	0.0334	0.0296		0.0441			
10				0.0255	0.0319	0.0360	0.0403	0.0450	0.0512	0.0520	0.0572	0.0676		
12					0.0504	0.0490	0.0560	0.0525	0.0689	0.0741	0.0823	0.0856	0.0959	0.1038
14						0.0774	0.0740	0.0809	0.0905	0.0982	0.1091	0.1168	0.1199	0.1264
16							0.0965	0.1048	0.1148	0.1265	0.1347	0.1458	0.1509	0.1591
18							0.1330	0.1430	0.1419	0.1463	0.1639	0.1805	0.1860	0.2018
20								0.1789	0.1657	0.1712	0.1955	0.2181	0.2316	0.2453
22											0.2383	0.2554	0.2774	0.2880
24											0.2793	0.2897	0.3313	0.3370
26											0.3219	0.3711	0.3806	0.4297
28										0.3593		0.4198	0.4321	0.4033
30														
32														
34														0.6147
36														
38														
40														
42														
44														
46														
48														
50														
52														

第17表 平方和、積和および相関係数の計算（棄却済資料）

n = 2,389	X ₁	X ₂	X ₃	Y
和	33,077.8	77.124389	1,297.511210	488.4051
平均	13.846	0.0322831	0.543119	0.20444
X ₁ 1. S X ₁ ² など	506,980.10	1,297.6282203	23,522.46494787	8,686.96912
2. 補正項	457,991.15	1,067.8547989	17,965.18053668	6,762.39391
3. S x ₁ ² など	48,988.95	229.7734214	5,557.28441119	1,924.57221
4. √S x ₁ ² など	221.33448	274.53444	6,636.70151	2,248.89140
5. 相関係数		0.83696	0.83736	0.85579
X ₂ 1. S X ₂ ² など		4.028309465	78.188333127	28.123086603
2. 補正項		2.489816400	41.887718414	15.767243584
3. S x ₂ ² など		1.538493065	36.300614713	12.355843019
4. √S x ₂ ² など		1.24036	37.19213	12.60280
5. 相関係数			0.97503	0.98040
X ₃ 1. S X ₃ ² など			1,603.799740454	568.793860886
2. 補正項			704.702946871	265.262072947
3. S x ₃ ² など			899.096793583	303.531787939
4. √S x ₃ ² など			29.98494	304.66505
5. 相関係数				0.99628
Y 1. S Y ²				203.08693983
2. 補正項				99.84911750
3. S y ²				103.23782233
4. √S y ²				10.16060

行列式の元の小数点の移動

$$B = D A D = \begin{pmatrix} 4.898895 & 2.297734214 & 0.5557284411 \\ 2.297734214 & 1.538493065 & 0.3630061471 \\ 0.5557284411 & 0.3630061471 & 0.0899096794 \end{pmatrix}$$
$$h = D g^{\lambda} = \begin{pmatrix} 1.92457221 \\ 1.235584302 \\ 0.3035317879 \end{pmatrix} \quad \lambda = 10^{-1}$$

方程式 Bv=h を簡略 Doolittle 法で解くと次のとおりである。（※18表）

オ18表 簡略 Doolittle 法による解法

行	b_1	b_2	b_3	G	計	check
I 1)	4.898895	2.297734214	0.5557284411	1.92457221	9.6769298651	1.9245722108
2)		1.538493065	0.3630061471	1.235584302	5.4348177281	1.2355843019
3)			0.0899096794	0.3035317879	1.3121760555	0.30353178798
II 4)	4.898895	2.297734214	0.5557284411	1.92457221	9.6769298651	
5)	1	0.4690311211	0.1134395493	0.3928584324	1.9753291028	1.9753291028
III 6)		0.4607842106	0.1023522135	0.3329000406	0.8960364647	0.8960364647
7)		1	0.2221261301	0.7224640796	1.9445902097	1.9445902097
III 8)			0.0041329944	0.0112633860	0.0153963804	0.0153963802
9)			1	2.725236211	3.725236211	
V 12)			$vb_1 =$	0.0287769220		
11)			$vb_2 =$	0.1171179064		
10)			$vb_3 =$	2.725236211		

check

$(0.0287769220)(4.898895) + (0.1171179064)(2.297734214) + (2.725236211)(0.5557284411) = 1.92457221108$
 $(0.0287769220)(2.297734214) + (0.1171179064)(1.538493065) + (2.725236211)(0.3630061471) = 1.23558430192$
 $(0.0287769220)(0.5557284411) + 0.1171179064(0.3630061471) + (2.725236211)(0.0899096794) = 0.30353178798$

$v_{33} = 241.9553242$

check

$v_{23} = -53.74459982$ $v_{11}(4.898895) + v_{12}(2.297734214) + v_{13}(0.5557284411) = 1.00000000$
 $v_{13} = -2.2394130213$ $v_{12}(2.297734214) + v_{22}(1.538493065) + v_{23}(0.3630061471) = 1.00000000$
 $v_{22} = 14.1082932235$ $v_{13}(0.5557284411) + v_{23}(0.3630061471) + v_{33}(0.0899096794) = 1.00000000$
 $v_{21} = -0.5204654065$
 $v_{11} = 0.7022801425$

回帰係数の計算

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

$b_1 = 0.0028776922$
 $b_2 = 1.171179064$
 $b_3 = 0.2725236211$

またC乗数は、

$C_{11} = 0.00007022801425$
 $C_{22} = 14.1082932235$

C₃₃ = 0.02419553242

回帰に帰因する平方和

Sy² = 102.72881307

回帰からの偏差の平方和

Sd_{y.x1x2x3}² = 0.50900926

推定の誤差の分散と標準誤差

Sy.x1x2x3² = 0.0002134210733753

Sy.x1x2x3 = 0.01460894

回帰係数の標準偏差

Sb1 = Sy.x1x2x3 / √C₁₁ = 0.00012243

Sb2 = Sy.x1x2x3 / √C₂₂ = 0.05487265

Sb3 = Sy.x1x2x3 / √C₃₃ = 0.00227241

回帰係数の有意性の検定

t_{b1} = b₁ / Sb1 = 23.505 **

t_{b2} = b₂ / Sb2 = 21.344 **

t_{b3} = b₃ / Sb3 = 119.927 **

すなわち、回帰係数はきわめて有意である。

参考のために重相関係数および偏相関係数の有意性の検定の結果を示しておく。

重相関係数

R = 0.99753

重相関係数の有意性の検定

重相関係数の有意性の検定結果は表19表のとおりである。

第19表 重相関係数の有意性の検定

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平 均 平 方
回 帰	3	102.72881307	34.24293769
推 定 の 誤 差	2,385	0.50900926	0.000213421073
全 体	2,388	103.23782233	

F = 160,447.78 **

重相関係数はきわめて有意である。材積式はきわめて有意である

偏相関係数および有意性の検定

r_{yx1 x2x3} = -r_{yx1} / √(R_{y²} - R_{x1²}) = 0.41872 **

$$r_{yx2.x1x3} = -R_{yx2} / \sqrt{R_y^2 \cdot R_{x2}^2} = 0.40041^{**}$$

$$r_{yx3.x1x2} = -R_{yx3} / \sqrt{R_y^2 \cdot R_{x3}^2} = 0.92481^{**}$$

この結果、偏相関係数はきわめて有意である。

3. 10cm直徑級ごとの回歸係數の差の檢定

調製要綱に基き資料を10cm直徑に分け各直徑級の材積式を求め、この間の差を統計的檢定を行い差のなかつた直徑級を一括する。

たゞし、胸高直徑42cm以上は資料数が少いので、その前の直徑級に含め32cm以上を一括した。

10cm直徑級別平方和、積和、相関係数および同歸係数

才20表 10cm直徑級和および自乗和

直徑級 _{cm}	本 数	SX ₁	SX ₂	SX ₃	SY	SX ₁ ²
4~10	406	3,259.4	2.980771	25.5786691	11.7507	27,720.28
12~20	1,435	19,158.4	35.144437	503.9721609	202.9215	265,828.24
22~30	482	9,078.4	29.805805	569.8235326	207.3473	175,026.54
32~60	66	1,581.6	8.193376	198.0368477	66.3856	38,405.04
計	2,389	33,077.8	77.124389	1,297.511210	488.4051	506,980.10

直徑級 _{cm}	SX ₂ ²	SX ₃ ²	SY ²	SX ₁ X ₂	SX ₁ X ₃	SX ₁ Y
4~10	0.025198905	2.112120091	0.43413961	25.5786691	231.11390731	105.04158
12~20	1.016602085	220.152926639	34.70113545	504.0891609	7,289.50861287	2,915.77860
22~30	1.926674520	742.306750142	96.92579101	569.8235326	11,153.20019128	4,042.95474
32~60	1.059833955	638.227943582	71.02587376	198.0368577	4,848.64223641	1,623.19420
計	4.028309465	1,603.799740454	203.08693983	1,297.6282203	23,522.46494787	8,686.96912

直徑級 _{cm}	SX ₂ X ₃	SX ₂ Y	SX ₃ Y
4~10	0.226790516	0.103010304	0.954522674
12~20	14.708995389	5.857570022	87.158547066
22~30	37.402199640	13.532784836	267.911198068
32~60	25.850347582	8.629721441	212.769593078
計	78.188333127	28.123086503	568.793860886

オ21表 直 径 級 別 平 方 和 お よ び 積 和

直径級 C_m	本数	Sx_1^2	Sx_2^2	Sx_3^2	Sy^2	Sx_1x_2	Sx_1x_3
4~10	406	1,553.56	0.003314679	0.487996822	0.09404367	1.7488046	24.96352784
12~20	1,435	10,048.25	0.106204645	43.157847223	6.00626774	21.5319610	561.07638473
22~30	482	4,036.19	0.083550014	69.657666522	7.72889720	8.4355241	420.65670921
32~60	66	504.15	0.042691375	44.006836810	4.25242092	1.6937746	102.95923153
4~60	2,389	48,988.95	1.538493065	899.096793583	103.23782233	229.7734214	5,557.28441119

Sx_1y	Sx_2x_3	Sx_2y	Sx_3y
10.70603	0.38262851	0.016739009	0.211314947
206.61395	2.015065062	0.746431783	15.892493513
137.59846	2.165583256	0.710890249	22.783872423
32.35382	1.265645233	0.388476262	13.575730098
1,924.57221	36.300614713	12.355843019	303.531787939

オ22表 直径級別相関係数および回帰係数

直径級 C_m	r_{x1x2}	r_{x1x3}	r_{x1y}	r_{x2x3}	r_{x2y}	r_{x3y}	b_1	b_2	b_3
4~10	0.77065	0.90664	0.88573	0.95134	0.94785	0.98639	0.00006901	0.58810351	0.38337273
12~20	0.65912	0.85201	0.84103	0.94121	0.93458	0.98710	0.00177071	1.04476089	0.29644026
22~30	0.45936	0.79334	0.77906	0.89767	0.88464	0.98194	0.00442833	1.42509179	0.25603657
32~60	0.36510	0.69128	0.69876	0.92338	0.91174	0.99239	0.02464082	4.65164113	0.11705915
4~60	0.83696	0.83776	0.85579	0.97603	0.98040	0.99628	0.00287769	1.17117906	0.27252362

オ23表 直径級別同帰に帰因する平方和など

直径級 C_m	Sy^2	$Sd_{y.x1x2x3}^2$	$Sy.x1x2x3^2$	R
4 ~ 10	0.09159551	0.00244816	0.00000609	0.98690
12 ~ 20	5.85687171	0.14929603	0.00010440	0.98749
22 ~ 30	7.45591920	0.27297800	0.00057108	0.98218
32 ~ 60	4.19344015	0.05898077	0.00095130	0.99304
4 ~ 60	102.72881307	0.50900926	0.00021342	0.99753

分散の一樣性の検定

回帰係数の差の検定を行うに先だつて、各直徑級の分散が一樣であるか、どうかを検定するためパートレットの検定を行つた。(第24表)

オ24表 分散の一樣性の検定

直 徑 階	S _{d_y.x1x2x3} ²	本 数	自由度	S _{yx1x2x3} ² = S _i ²	logsi ²	filogsi	$\frac{1}{fi}$
4 ~ 10	0.00244816	406	402	0.00000609	-5.2153827	-2,096.5838454	0.0024876
12 ~ 20	0.14939603	1,435	1,431	0.00010440	-3.9812995	-5,697.2395845	0.0006988
22 ~ 30	0.27297800	482	478	0.00057108	-3.2433030	-1,550.2988340	0.0020921
32 ~ 60	0.05898077	66	62	0.00095130	-3.0216825	- 187.3443150	0.0161290
計							
4 ~ 60	0.48380296		2,373			-9,531.4665789	0.0214075
4 ~ 30	0.42482219		2,311			-9,344.1222639	0.0052785
12 ~ 30	0.42237403		1,909			-7,247.5384185	0.0027909

$= q^2$

$= f$

$= \sum fi \log si^2$

$= \sum \frac{1}{fi}$

〔1〕 4~60cm直徑級を一括した場合

第24表から

$s^2 = q^2_f = 0.00020388$

$\log s^2 \cdot f = -8,757.8540742$

$\chi^2 = \frac{1}{M} [\log s^2 \cdot f - \sum fi \log si^2] = 1,781.320$

補正項

$C = 1 + \frac{1}{3(K-1)} (\sum \frac{1}{fi} - \frac{1}{f}) = 1.00233$

補正された $\chi^2 = 1,785.470^{**}$ $d \cdot f = 3$

分散が一樣でないので、4~60cmは一括できない

〔2〕 4~30cm直徑級を一括した場合

$\chi^2 = 1,637.583$

補正項 $C = 1.00081$

補正された $\chi^2 = 1,638.909$ $d \cdot f = 2$

分散が一樣でないので、4~30cmは一括できない。

〔3〕 12~30cm直徑級を一括した場合

$\chi^2 = 621.519$

補正項 $C = 1.00076$

補正された $\chi^2 = 621.99^{**}$ $d.f=1$

分散が一樣でないので、12～30Cmは一括できない。

〔4〕 12～60Cm直徑級を一括した場合

$$\chi^2 = 725.778$$

$$\text{補正項 } C = 1.00231$$

補正された $\chi^2 = 727.455^{**}$ $d.f=2$

分散が一樣でないので、12～60Cmは一括できない。

〔5〕 4～20Cm直徑級を一括した場合

$$\chi^2 = 718.313$$

$$\text{補正項 } C = 1.00088$$

補正された $\chi^2 = 718.945^{**}$ $d.f=1$

分散が一樣でないので、4～20Cmは一括できない。

〔6〕 22～60Cm直徑級を一括した場合

$$\chi^2 = 8.14328$$

$$\text{補正項 } C = 1.00546$$

補正された $\chi^2 = 8.188^{**}$ $d.f=1$

分散が一樣でないので、22～60Cmは一括できない。

以上各直徑級を一括して分散の一樣性の検定を行つた結果、いづれも一樣であるとは認められなかつた。
この結果4つの直徑級にはそれぞれ別の材積式を適用する必要がある。

4. 材積式の決定と材積表の作製

$\hat{Y} = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$ に才22表に示した回帰係数 b_1 , b_2 , b_3 の値を入れると次のようになる。

才25表		材 積 式	
直 徑 級	本 数	材 積 式	
4 ～ 10	406	$\hat{Y} = 0.00006901X_1 + 0.53810351X_2 + 0.38337273X_3 - 0.00018$	
12 ～ 20	1,435	$\hat{Y} = 0.00177071X_1 + 1.04476089X_2 + 0.29644026X_3 - 0.01266$	
22 ～ 30	482	$\hat{Y} = 0.00442833X_1 + 1.42509179X_2 + 0.25603657X_3 - 0.04404$	
32 ～ 60	66	$\hat{Y} = 0.02464082X_1 + 4.65164113X_2 + 0.11705915X_3 - 0.51335$	

才25表の材積式を用いて材積表を作製した。なお、表の数値をグラフに図示して検討した所、22～30Cmと32～60Cmの境に不連続な点が認められたので、樹高16mまでは直徑28, 30, 32, 34Cmの材積を5点平均法で、

それ以上の樹高階については直径 30,32cm の材積を 3 点平均法で修正した。

5. 材 積 表 の 適 合 度

材積表の適合度は調製要綱に基き誤差率によつて行う。

誤差率の計算は次式で行う。

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

標準誤差と誤差率は次のとおりである。

t = 95%信頼度の t 表の値

直 径 級	標 準 誤 差	誤 差 率
4 ~ 10	0.00246778	0.829
12 ~ 20	0.01021762	0.374
22 ~ 30	0.02389736	0.496
32 ~ 60	0.03084320	0.755

表26

材

積

表

直径Cm 樹高m	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
2	0.0021													
3	0.0028	0.0063	0.011	0.017										
4	0.0035	0.0077	0.014	0.021	0.027									
5	0.0042	0.0092	0.016	0.025	0.033	0.046	0.061							
6	0.0049	0.011	0.019	0.029	0.039	0.053	0.070	0.089	0.111					
7	0.0055	0.012	0.021	0.033	0.045	0.061	0.080	0.101	0.125	0.143				
8	0.0062	0.014	0.024	0.037	0.051	0.068	0.089	0.112	0.138	0.160	0.191			
9		0.015	0.026	0.041	0.057	0.076	0.098	0.124	0.152	0.176	0.211	0.248		
10		0.016	0.029	0.045	0.063	0.084	0.108	0.135	0.165	0.193	0.230	0.270	0.300	
11			0.031	0.049	0.069	0.091	0.117	0.146	0.179	0.210	0.249	0.291	0.326	0.366
12			0.034	0.053	0.075	0.099	0.126	0.158	0.193	0.227	0.268	0.313	0.352	0.395
13			0.036	0.056	0.081	0.106	0.136	0.169	0.206	0.244	0.287	0.335	0.378	0.424
14			0.039	0.060	0.087	0.114	0.145	0.180	0.220	0.260	0.307	0.357	0.404	0.454
15				0.064	0.093	0.122	0.154	0.192	0.234	0.277	0.326	0.378	0.429	0.484
16					0.099	0.129	0.164	0.203	0.247	0.294	0.345	0.400	0.456	0.514
17					0.105	0.137	0.173	0.215	0.261	0.311	0.364	0.422	0.484	0.540
18					0.111	0.144	0.183	0.226	0.274	0.328	0.383	0.444	0.509	0.570
19						0.152	0.192	0.237	0.288	0.345	0.402	0.465	0.533	0.599
20							0.201	0.249	0.302	0.361	0.422	0.487	0.558	0.629
21								0.260	0.315	0.378	0.441	0.509	0.582	0.658
22								0.271	0.329	0.395	0.460	0.531	0.607	0.688
23									0.343	0.412	0.479	0.552	0.631	0.717
24										0.429	0.498	0.574	0.656	0.747
25										0.445	0.517	0.596	0.680	0.777
26											0.537	0.617	0.705	0.806
27												0.639	0.729	0.836
28													0.754	0.865
29														

直徑 C_m 樹高 m	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
12	0.446	0.505	0.567	0.657											
13	0.479	0.541	0.607	0.698											
14	0.512	0.578	0.647	0.740	0.838	0.941	1.049								
15	0.545	0.615	0.687	0.782	0.881	0.987	1.097	1.212							
16	0.579	0.651	0.726	0.823	0.925	1.032	1.144	1.262	1.384	1.512					
17	0.603	0.673	0.766	0.865	0.968	1.077	1.191	1.311	1.436	1.566	1.701	1.842	1.988		
18	0.637	0.711	0.806	0.906	1.012	1.122	1.239	1.360	1.487	1.620	1.758	1.901	2.050	2.204	2.263
19	0.672	0.750	0.846	0.948	1.055	1.168	1.286	1.410	1.539	1.674	1.814	1.960	2.111	2.268	2.430
20	0.706	0.788	0.885	0.989	1.098	1.213	1.333	1.459	1.591	1.728	1.870	2.019	2.172	2.332	2.497
21	0.740	0.826	0.926	1.031	1.142	1.258	1.381	1.509	1.642	1.782	1.927	2.077	2.234	2.396	2.564
22	0.774	0.864	0.965	1.072	1.185	1.304	1.428	1.558	1.694	1.835	1.983	2.136	2.295	2.460	2.630
23	0.808	0.902	1.005	1.114	1.228	1.349	1.475	1.607	1.745	1.889	2.039	2.195	2.356	2.524	2.697
24	0.842	0.941	1.045	1.155	1.272	1.394	1.522	1.657	1.797	1.943	2.096	2.254	2.418	2.588	2.764
25	0.876	0.979	1.085	1.197	1.315	1.439	1.570	1.706	1.849	1.997	2.152	2.312	2.479	2.652	2.831
26	0.910	1.017	1.125	1.239	1.359	1.485	1.617	1.756	1.900	2.051	2.208	2.371	2.541	2.716	2.898
27	0.944	1.055	1.164	1.280	1.402	1.530	1.664	1.805	1.952	2.105	2.264	2.430	2.602	2.780	2.964
28	0.978	1.093	1.204	1.322	1.445	1.575	1.712	1.854	2.004	2.159	2.321	2.489	2.663	2.844	3.031
29	1.012	1.131	1.244	1.363	1.489	1.621	1.759	1.904	2.055	2.213	2.377	2.548	2.725	2.908	3.098
30		1.170	1.284	1.405	1.532	1.666	1.806	1.953	2.107	2.267	2.433	2.606	2.786	2.972	3.165
31			1.324	1.446	1.575	1.711	1.854	2.003	2.158	2.321	2.490	2.665	2.847	3.036	3.231
32				1.488	1.619	1.756	1.901	2.052	2.210	2.375	2.546	2.724	2.909	3.100	3.298
33				1.529	1.662	1.802	1.948	2.101	2.262	2.428	2.602	2.783	2.970	3.164	3.365
34						1.847	1.996	2.151	2.313	2.482	2.658	2.841	3.031	3.228	3.432
35						1.892	2.043	2.200	2.365	2.536	2.715	2.900	3.093	3.292	3.499
36								2.250	2.416	2.590	2.771	2.959	3.154	3.356	3.565
37								2.299	2.468	2.644	2.827	3.018	3.215	3.420	3.632
38								2.349	2.520	2.698	2.884	3.077	3.277	3.484	3.699
39											2.940	3.135	3.338	3.548	3.766
40											2.996	3.194	3.399	3.612	3.833

6. 材積表使用上の注意

- 1. 本材積表は高知管内局管内のスギ人工林に適用される。
- 2. 本材積表は毎木の胸高直径（地上1.2m），樹高を測定して幹材積を求めるためのものである。
- 3. 本材積表は胸高直径2cm，樹高1mごとに材積を掲げているが，幹材積はmを単位とし，単位以下3位にとり，端数は4捨5入したものである。
なお，胸高直径4～6cmの一部は単位以下4位まで示してある。
- 4. 本表の幹材積は，次の材積式で算出した値である。

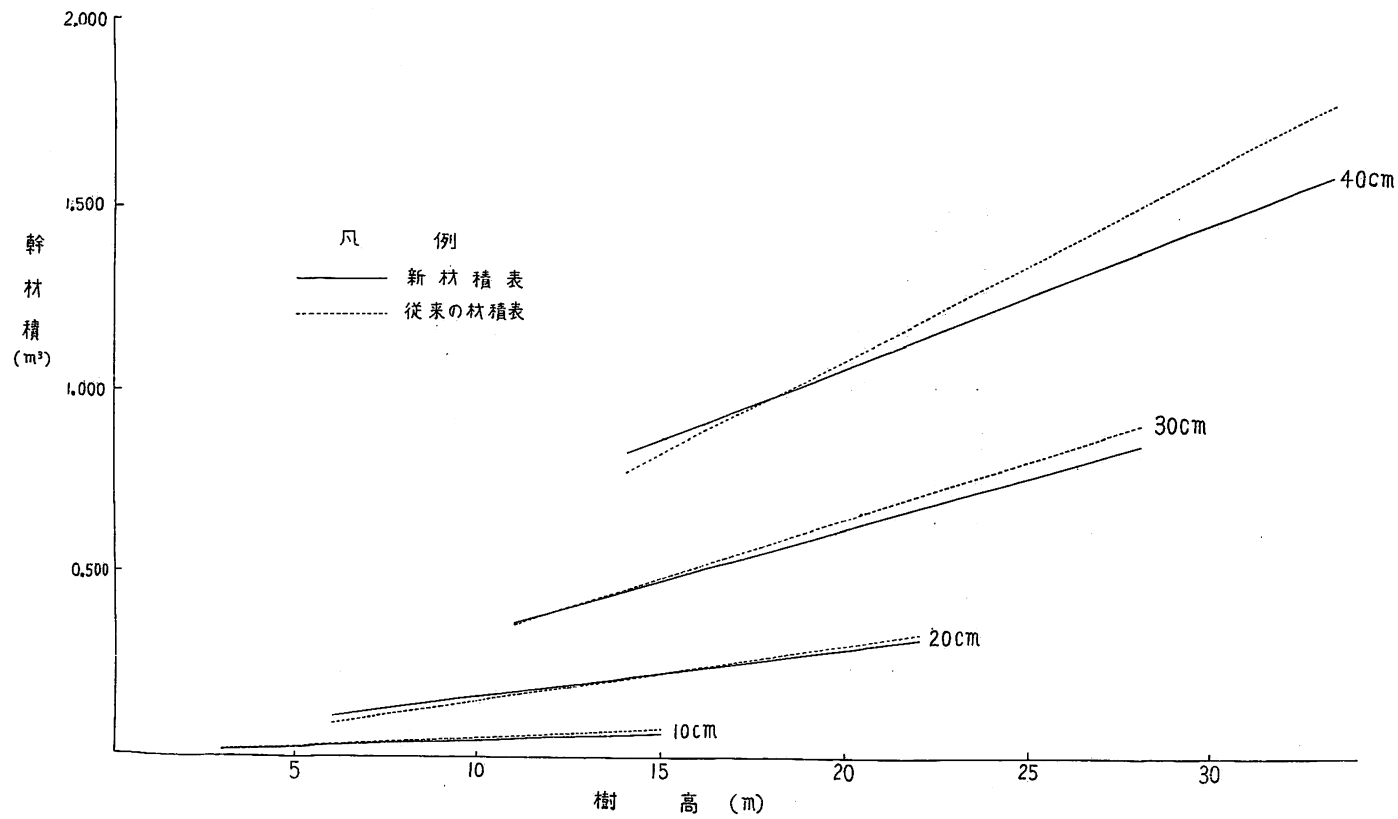
直径範囲	材積式
4 ～ 10	$v = 0.00006901d^2 + 0.58810351h + 0.38337273d^2h - 0.00018$
12 ～ 20	$v = 0.00177071d^2 + 1.04476089h + 0.29644026d^2h - 0.01266$
22 ～ 30	$v = 0.00442833d^2 + 1.42509179h + 0.25603657d^2h - 0.04404$
32 ～ 60	$v = 0.02464082d^2 + 4.65164113h + 0.11705915d^2h - 0.51335$

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

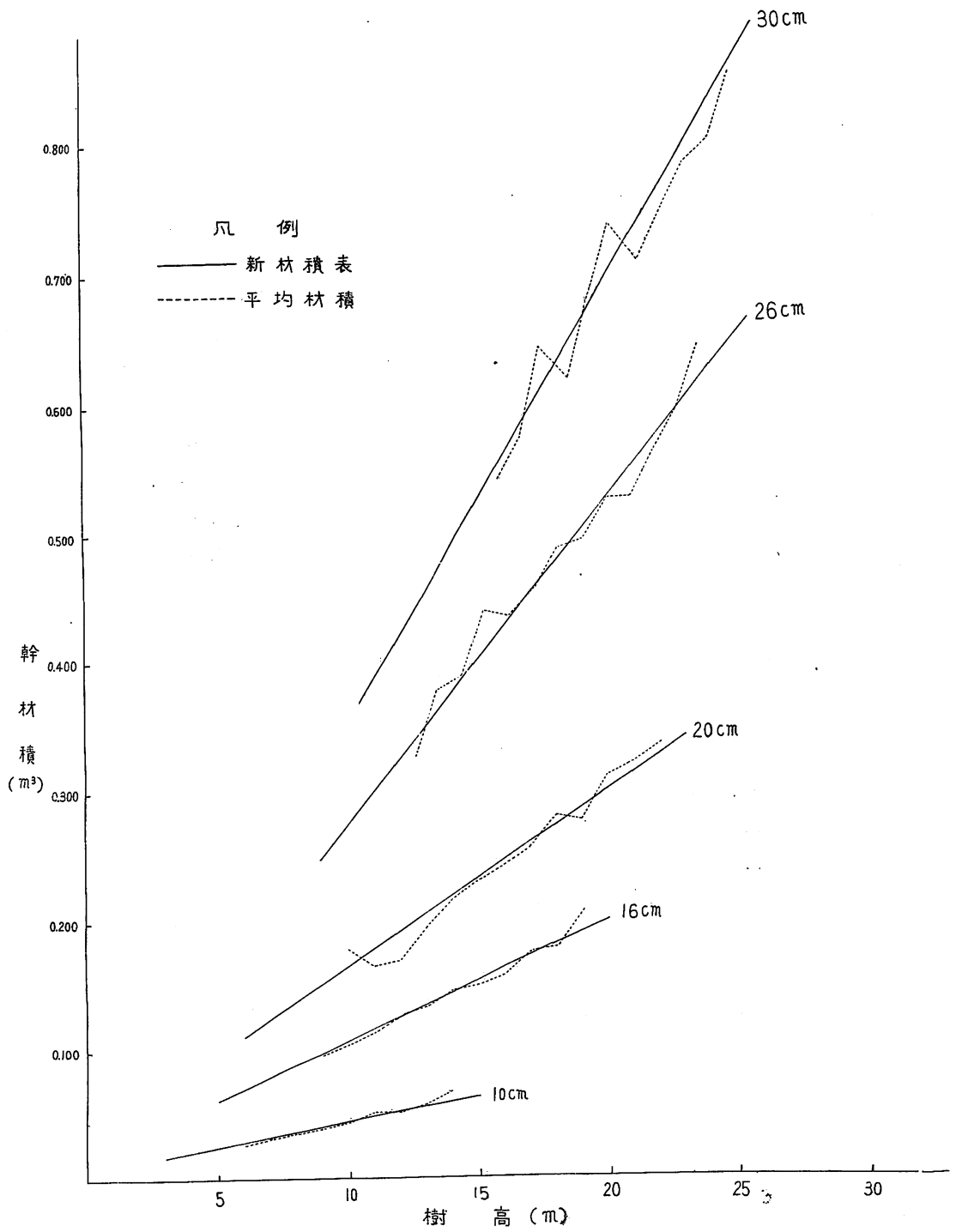
7. 結 言

本材積は最小自乗法を利用する方法を採用し，材積式は， $V=a+b_1h+b_2d^2+b_3d^2h$ を使用し調製要綱に基いて調製したものである。当局管内スギ人工林は明治23年以後の植栽によるもので，特別経営時代のものがその主体をなしており，いまだ主伐期に達していないため，資料は大部分胸高直径40cm以下のものである。これによつて60cmまでの材積表を調製したのであるから，最も利用度の高い小径木に対してはよく適合するものと思われるが，大径木に対しては無理であるから，将来，更に資料の補足を行つて完全な材積表を調製しなければならない。

図3 従来と新の材積表との比較



第4図 平均材積との比較



第 5 調製年月日および調製担当者官氏名

1. 調製年月日

昭和 34 年 2 月

2. 調製担当者官氏名

計画課長	農林技官	西	川	徹
主 査	同	津	田	清 隆 (26. 4~28. 1)
	同	時	信	憲 義 (28. 2~29.11)
	同	町	田	尚 之 (29.12~30.11)
	同	都	築	和 夫 (30.12~32. 3)
	同	北	本	浩 (32.4~)
係 員	農林技官	北	村	靖 方 (26. 4~28. 3)
	同	都	築	和 夫 (28.1~30. 11)
	同	十	万	淳 (29. 4~30.12)
	同	吉	良	牧 夫 (31.1~)
		本	田	良 子 (31.4~)

第 6 引用ならびに参考文献

- | | |
|---------------------------|------------|
| (1) 主要樹種立木材積表調製要綱, 林野庁 | 昭和30年 |
| (2) 立木材積表調製法解説書, 林業試験場経営部 | 昭和31年 |
| (3) 高知営林局第一次経営計画書 | |
| (4) 高知営林局管内苗畑気象観測報告 | 昭和28年—31年 |
| (5) スネデカー 統計の方法 上下 | 岩波書店 昭和27年 |
| (6) 嶺 一三 測 樹 | 朝倉書店 昭和27年 |
| (7) 木梨謙吉 推計学を基とした測樹学 | 〃 〃 29年 |
| (8) 古屋 茂 行列と行列式 | 培風館 〃 32年 |

材積表調製業務資料 第 14 号

昭和 34 年 7 月 1 日 印 刷

昭和 34 年 7 月 5 日 発 行

高 知 營 林 局

スギ人工林立木材積表調製説明書

発 行 林 野 庁

高 知 營 林 局

高 知 市 丸 の 内 9

電 話 ㊟- 1 1 1 1