

材積表調製業務資料 第4号

長野営林局

カラマツ立木材積表調製説明書

昭和33年1月

長野営林局

長野営林局カラマツ立木材積表

調製説明書

目次

	頁
1. 緒言	1
2. 適用地域およびその根拠	2
2.1 地勢	2
2.2 地質	2
2.3 気象	4
3. 材積表調製資料	4
3.1 資料収集地域	5
3.2 資料の選定および調査方法	5
3.3 資料の整理	7
4. 材積表の調製	8
4.1 調製方法の決定	8
4.2 材積式の計算	8
4.2.1 平方和、積和および相関係数の計算	8
4.2.2 回帰係数の計算	8
4.3 資料の吟味	11
4.4 棄却済資料による材積式の再計算	13
4.4.1 平方和、積和および相関係数の計算	13
4.4.2 回帰係数の計算	15
4.4.3 重相関係数の有意性の検定	16
4.4.4 回帰係数の標準偏差および有意性の検定	16
〔1〕 回帰係数の標準偏差	16
〔2〕 回帰係数の有意性の検定	16
4.4.5 偏相関係数および有意性の検定	16
4.5 10cm 直径級ごとの回帰係数の差の検定	16
4.5.1 10 cm 直径級別平方和、積和、相関係数および回帰係数	16
4.5.2 分散の一樣性の検定	18
〔1〕 6~50 cm 直径級を一括した場合	19

	頁
〔2〕 6～40 <i>cm</i> 直径級を一括した場合	19
〔3〕 6～30 <i>cm</i> 直径級を一括した場合	19
〔4〕 6～20 <i>cm</i> 直径級を一括した場合	19
〔5〕 22～50 <i>cm</i> 直径級を一括した場合	20
〔6〕 22～40 <i>cm</i> 直径級を一括した場合	20
〔7〕 32～50 <i>cm</i> 直径級を一括した場合	20
4.5.3 回帰係数間の差の検定	20
〔1〕 6～20 <i>cm</i> 直径級を一括した場合	20
〔2〕 32～50 <i>cm</i> 直径級を一括した場合	21
4.5.4 回帰平面の高さの差の検定	22
〔1〕 平方和，積和および相関係数の計算	22
〔2〕 回帰係数の計算	22
4.5.5 検定の結果	23
4.6 材積式の決定と材積表数の作成	23
4.6.1 22～36 <i>cm</i> 直径級の材積式の計算	23
〔1〕 平方和，積和および相関係数の計算	23
〔2〕 回帰係数の計算	25
4.6.2 26～50 <i>cm</i> 材積表使用上の注意	26
〔1〕 平方和，積和および相関係数の計算	26
〔2〕 回帰係数の計算	26
4.7 材積表使用上の注意	28
4.8 新材積表と旧材積表との比較	29
5. 調製年月日および調製担当者職氏名	36
6. 引用ならびに主要参考文献	36

付 表

	頁
第1表 管内主要箇所の気象状況	4
第2表 資料収集箇所および収集本数	5
第3表 直径階 (D), 樹高階 (H) 別本数表 (棄却前資料)	7
第4表 平方和, 積和および相関係数の計算 (棄却前資料)	11
第5表 棄却木資料	12
第6表 直径階 (D), 樹高階 (H) 別本数表 (棄却済資料)	13
第7表 直径階 (D), 樹高階 (H) 別材積表 (棄却済資料)	14
第8表 平方和, 積和および相関係数の計算 (棄却済資料)	15
第9表 重相関係数の有意性の検定	16
第10表 10 cm 直径級別和および二乗和	17
第11表 直径級別平方和および積和	17
第12表 直径級別相関係数および回帰係数	17
第13表 直径級別回帰に帰因する平方和など	18
第14表 分散の一様性検定の計算表 (6~50 cm 直径級)	18
第15の1表 予備的分散分析表 (回帰係数間)	21
第15の2表 分散分析表 (回帰係数間)	21
第16の1表 予備的分散分析表 (回帰係数間)	21
第16の2表 分散分析表 (回帰係数間)	21
第17表 平方和, 積和および相関係数の計算 (32~50 cm 直径級)	22
第18の1表 予備的分散分析表 (回帰平面間)	23
第18の2表 完成された分散分析表 (回帰平面間)	23
第19表 直径級別材積式	23
第20表 平方和, 積和および相関係数の計算 (22~36 cm 直径級)	25
第21表 平方和, 積和および相関係数の計算 (26~50 cm 直径級)	26
第22表 決定材積式	27
第23表 直径級別修正係数	28
第24表 直径級別標準誤差率	28
第25表 カラマツ立木材積表	30
第26表 新材積表数値と旧材積表数値との比較	33

付 図

	頁
第1図 長野営林局管内国有林一覧図.....	3
第2図 資料収集位置図.....	6
第3図 胸高直径 (D) に対する立木幹材積 (V)	9
第4図 樹高 (H) に対する立木幹材積 (V)	10
第5図 10 cm 直径級別材積曲線.....	24
第6図 カラマツ新材積表と旧材積表との比較 (その1)	29
第7図 カラマツ新材積表と旧材積表との比較 (その2)	32

長野営林局カラマツ立木材積表

調 製 説 明 書

1. 緒 言

昭和22年の林政統一後当局管内において使用中の立木幹材積表（以下単に材積表という）は、旧国有林関係営林署と旧御料林関係営林署とで別々の材積表^{注)}を使用しているが、一般にこれらの材積表の数値は実材積より過小な数値を与えているという批判があり、さらに一部営林署の要望もあつて、現行材積表の検討の必要性が認められ、昭和26年5月15日付長計第72号をもつて管内営林署に対し主要樹種である、ヒノキ、カラマツ、サワラ、アカマツ、モミ類、シラベ、ツガ類、トウヒ、ヒメコマツ、ブナ、ナラ、カンバ等について資料の収集を依頼したが、つごうにより、昭和26、27年の2カ年にわたつて資料を収集することに決定し、検討の結果によつては統一した樹種または樹類別の材積表を調製する方針で本業務に着手したが、その後林野庁において統一した測定方法で全国的に検討されることとなつた。

その結果、合計約10,000本の資料を収集したが、担当員が別途調査に従事したため28年度は一時中断し、もつぱら資料の整理検討に終始した。

翌29年、本業務を再開したのであるが、種々検討した結果、調製の第一段階として、カラマツの材積表の調製を目的としてさらに資料を追加収集することになつたが、7月東京営林局管内で実施された「立木材積表調製に関する協議会」において懸案であつた、材積表の検討ならびに調製の方法が決定し、今後営林局で調製する材積表はいずれも本法によることとなり、こえて昭和30年9月「主要樹種立木材積表調製要綱」が成案されるにいたつた。いずれにしても調製に先だつて現行材積表の適否を検討することが先決と思われるので、カラマツの分布の多い北信地区において使用中の材積表（旧国有林関係営林署で使用中のもの）の検討を実施した結果、適用できがたいことがわかり、現行材積表の数値は一般に実測材積よりも過小な数値を与えていることが判明した。^{1) 2)}

注) 現行材積表について。

¹⁾ 旧国有林関係営林署にて使用中のもの。この材積表は旧東京営林局において調製篇纂されたものであり、その適用樹種は針葉樹、広葉樹に大別され、そのうち針葉樹は山本和藏博士が林業試験報告16号に発表されたアカマツの材積表によつたものであり、広葉樹はブナの形数値を基準として調製されたものである。

²⁾ 旧御料林関係営林署にて使用中のもの。この材積表は旧帝室林野局において調製されたものであり、適用樹種として第1表エゾマツ・トドマツ、第2表ヒノキ・サワラ・アスナロ・コウヤマキ、第3表スギ・マツ・モミ・ツガ・その他針葉樹および広葉樹の主要樹類別に分けてあるが、当局ではもつぱら第2表、第3表を使用しているので、適用樹種は針、広2本だての材積表と大同小異である。

したがって、ここに昭和30年9月30日付林野第14,745号 林野庁長官通知「主要樹種立木材積表調製要綱」（以下単に調製要綱という）に基いて、カラマツ材積表の調製を終了したので、その調製方法ならびに調査成績をとりまとめて説明するものである。

本材積表調製にあたり、ご指導を賜わった林業試験場測定研究室長大友栄松氏、同室栗屋仁志氏ならびに資料収集に際し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32年1月

長野営林局

2. 適用地域およびその根拠（第1図）

本材積表は管内全域の人工林および天然林カラマツに適用するものであるが、つぎに述べるように、立地条件はおおよそ類似するものと思われ、さらにカラマツ林に対する取扱い方針も近似しているので、本材積表はこれらの地域に所在する国有林のカラマツ林を対照として調製した。

2.1 地 勢

管内は本州中部の山岳地帯で地勢がきわめて複雑であり、周辺はいずれも3,000m内外の山岳で覆われている。

山脈は北西部に最も高い飛弾山脈があり、新潟・富山・岐阜3県との県境を南下し、この南端に御岳火山脈がある。北東部は新潟・群馬両県との県境に沿って、浅間山を中心とした上信越火山群があり、さらに東南部には静岡県境を縫って縦走する赤石山脈がある。

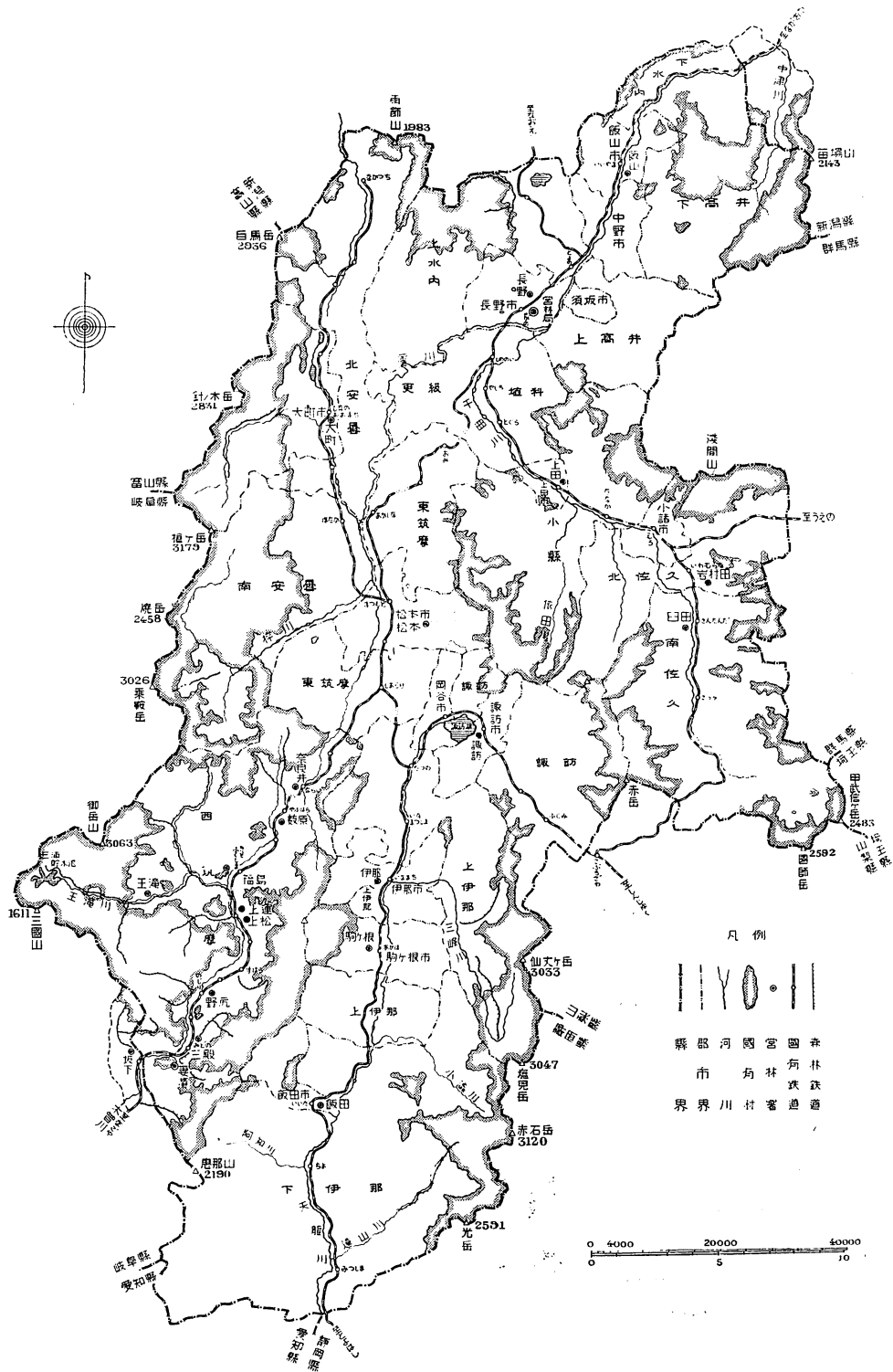
中央部は富士火山脈の影響をうけた八カ岳を中心として中央高地があり、北上して、戸隠山一帯の山地から新潟県境に及び、この南部は飛弾山脈の八森山から東に延びる高地が八ガ岳につづきさらにこの高地の南に塩尻峠付近より発達する木曽山脈があり、赤石山脈に並行して岐阜県境につづいている。

このうちカラマツの天然分布は、浅間山、八カ岳、赤石山系、飛弾山系等にわたり、垂直分布はおおよそ1,000～2,800mにわたっている。またカラマツの人工造林地は浅間山・蓼科山・八ガ岳等を中心とする中央高地がおもな地帯で、赤石山系・木曽山系がこれにつづいている。その垂直分布はおおよそ1,000～1,800mにわたり天然生の分布に近似している。

2.2 地 質

地質は外帯に属する赤石山脈が主として三波川層、御荷鉾層と以後の古生層から、硬砂岩、粘板岩、石灰岩の累層で、木曽山脈は主として駒ガ岳以南が花崗岩、北部は硬砂岩・粘板岩の累層である。飛弾山脈は木曽山脈からつづく古生層の基盤に、八森山から大天井岳にかけて花崗岩、上高地、槍ガ岳付近は玢岩の分布がある。

御岳火山脈は輝石安山岩でその南部玉滝川以南には石英斑岩が多い。またフォツサマゲナ以東は第三紀の礫岩・砂岩・頁岩の累層で、局部的に石英閃緑岩の分布があり、上信越火山群と戸隠山一帯は輝石安山岩が分布している。



第1図 長野営林局管内国有林一覽

このうちカラマツ天然林ならびに人工造林地の多く分布している地帯の地質は、浅間山・蓼科山・八ヶ岳山麓付近の火山岩屑および火山灰地帯、上信越火山群、戸隠山一帯等の安山岩地帯である。

2. 3 気 象

管内の気象状況は一般的に内陸性を示すが、北部では日本海側の影響が強く、南部側では太平洋側の影響を受けやすい。

気温は内陸性の特性で昼夜の差が大きく、季節的にも著しい。

降水量は多雨期は梅雨期と9月の台風期で各地とも年間降水量の約1/3がこの期間に降っているが、新潟・富山県境は冬季この多雨期の降水量に匹敵するほどの多雪地帯である。

年間総降水量の分布は一般的に南に多く北部は少ない。

なお管内主要箇所の気象状況を示すと第1表のとおりである。

このうちカラマツ林の分布の多い地域は特に海拔高が高くて内陸性気候を呈しており、雨は日本海からくるものは北アルプス山系と妙高・戸隠等の諸山地で、大平洋からくるものは富士・赤石・木曽等の諸山系でさえぎられて降水量は少なく気温はがいて冷涼である。

結局カラマツの適地を気象の面からみると年降水量が1,000 mm 内外で年平均気温はおおよそ7~8℃の地域が好適ということになる。

第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	
長 野	418.1	10.9	16.8	6.4	986.9
追 分	999.1	7.6	13.8	2.4	1,220.4
軽 井 沢	934.0	7.5	13.4	2.7	1,315.5
松 本	610.0	10.5	16.5	5.2	1,108.9
飯 田	481.8	11.7	18.2	6.6	1,649.1
藪 原	1,190.0	7.5	3.2	2.9	2,004.0

3. 材 積 表 調 製 資 料

本調製に使用したカラマツ調査資料は、昭和26、27年度にわたって関係営林署へ調査を依頼した分と、昭和27、29年度に営林局で調査した分をあわせ使用することにした。本資料の大部分は主伐地、あるいは間伐指定地において調査したものであるが、営林局で調査した分は比較的無作為に各林小班にわたって資料を選定した。

3. 1 資料収集地域（第2図）

管内国有林の各経営区にわたって調査したが資料収集箇所、ならびに収集本数は第2表に示したとおりである。

第2表 資料収集箇所および収集本数

営 林 署	経 営 区	林 小 班	収集本数
長 野	戸 隠	11は 13い 37り 38い 45い 70に 71ろ	677
上 田	川 東 川 西	27ぬ 66ほ 71い 18ろ 30ほ	343 499
岩 村 田	浅 間	30は 31は 50ろ 51い 59ろ 101に 119い	700
臼 田	臼 田	11ほ 27な 97ろ 98に	348
諏 訪	八 ガ 岳 東 侯	201い 211い 229 20は 22ろ 23ろ 53い 55ろ 56ろ	64 117
伊 那	黒 河 内	1は 10い 10ろ 12い 13い 14は 15い 16い 24い 30い 31い 99	141
飯 田	飯 田 平谷村官行造林地	179い 199ろ 7い	30 30
奈 良 井	奈 良 井 檜川村官行造林地	8い 11い 16い 22い 24い 48ろ 101は 15い	148 30
藪 原	小 木 曽	159ろ 218い 218ほ	90
計			3,217

3. 2 資料の選定および調査方法

資料の選定および調査方法は調製要綱に準拠して実施したが、本調査における大要は次のとおりである。

（1）調査木は胸高直径6cm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1.2mの位置において輪尺により樹幹の2方向を測定した数値の平均値とし、測定に際してはcm単位でmmまで読みとつた値を記録する。

（3）樹高は地際より梢端までの長さを巻尺で測定しmを単位として、単位以下2位を4捨5入して1位にとどめた。

（4）幹材積の算出に際しては、樹幹析解の方法に準拠して、幹足材積、区分材積および梢頭材積ごとに算出し、それぞれの材積を合計して幹材積とした。そのうち幹足材積は地際と、地上高0.2mの位置の直径を測定してスマリアン式で算出し、区分材積および梢頭材積は0.2m以上を2m区分のフーベル区分求積式および円錐体求積法で算出した。

なお、幹材積算出に必要な直径の測定は胸高直径の測定に準じ、材積は m^3 単位により単位以下5位まで読み、5位を4捨5入して4位にとどめた。

(5) 材積計算に使用する円面積は m^2 単位により単位以下5位を4捨5入して4位にとどめて使用した。

3.3 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別表1～2のとおりである。(別表省略)。

なお、各調査木の直径階、樹高階別本数を表示すれば、第3表のとおりである。

第3表 直径階 (D)、樹高階 (H) 別本数表 (資料棄却前)

D H	cm m	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	計	
5		2																						2	
6		10	1																					11	
7		9	18																					27	
8		8	22	10	2																			42	
9		11	45	23	10	2																		91	
10		2	28	56	38	14	5																	143	
11		1	9	44	39	21	5	3	2	2														126	
12			10	25	45	27	13	6	2	2														130	
13				14	30	38	19	9	7	2	1			1										121	
14			1	8	23	33	35	24	9	4	2	1	1											141	
15				2	13	35	40	38	25	14	2													169	
16				1	12	32	39	40	33	35	9	8	1	1										211	
17					10	13	42	33	31	38	29	12	4	1			1							214	
18						13	28	31	33	27	31	21	14	4										202	
19						4	8	18	43	32	44	40	20	9	3	1	2	1						225	
20						3	8	12	14	25	40	44	33	15	18	6	1	3						222	
21						2	2	7	10	25	28	37	46	26	20	7	5	2						217	
22							4	6	8	10	18	41	49	36	23	17	12	1	1	1				227	
23							4	8	11	6	10	18	30	39	25	21	14	4	5	4				199	
24							2	1	7	10	5	9	24	22	24	24	21	5	5	1				160	
25							1	1	8	9	10	9	9	12	22	18	11	8	3	6	1	1		129	
26									1	5	1	5	9	9	12	15	6	6	3	8	1	1		82	
27									1		1	2	5	6	7	5	10	4	5	13	2			61	
28												2			2	2	5	10	3	4	2	3	2	2	37
29															1	3	2	2	3	4	2	1	2		20
30																	1		2	2	1			6	
31																									
32																					1	1		2	
計		43	134	183	222	237	255	237	245	246	231	249	246	183	159	123	94	42	32	39	9	6	2	3,217	

4. 材 積 表 の 調 製

4. 1 調 製 方 法 の 決 定

一般に材積表を調製するには胸高形数を決定して間接的に材積を求める方法と、直接胸高直径、樹高等の函数として材積を求める方法に大別することができるが、本調製にあつては後者によることとし、この材積表作成の基礎となる材積式は最も普通に用いられている山本和藏博士の式を採用することにした。

すなわち今、 v : 幹材積、 d : 胸高直径、 h : 樹高とすると

$$v = 10^a d^{b_1} h^{b_2} \quad (\text{ただし、} a, b_1, b_2, \text{ : 常数}) \dots\dots\dots (1)$$

で表わされる。

(1) 式を一次式に変換するため両辺の対数をとれば、

$$\log v = a + b_1 \log d + b_2 \log h \dots\dots\dots (2)$$

となる。

ここで $\log v = Y$, $\log d = X_1$, $\log h = X_2$ とすれば (2) 式は、

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2, \dots\dots\dots (3)$$

となる。

$$\text{ただし、} \quad a = \bar{Y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2$$

したがつて、 $\log v$ と $\log d$, または $\log v$ と $\log h$ のグラフを画けば直線となるはずである。

今図表の横軸に調製資料の $\log d$, $\log h$, 縦軸に $\log v$ をとり、実測値の分布図を検討したところ (第3 ~ 4 図), 直線の傾向が認められるので前記 (1) 式を採用しても差し支えないものと思われる。

4. 2 材 積 式 の 計 算

4. 2. 1 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4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4桁の対数を使用した。

4. 2. 2 回帰係数の計算

回帰係数 b_1 , b_2 の算出に際しては直接法による計算方法のうち、正規方程式から直接求めることなく、ガウスの C 乗数を利用する方法によつた。その算出経過は次のとおりである。乗数を求める要素 D は、

$$D = (Sx_1^2)(Sx_2^2) - (Sx_1x_2)^2 = 1,528.135617$$

$$C_{11} = Sx_2^2 / D = 0.041845$$

$$C_{22} = Sx_1^2 / D = 0.076051$$

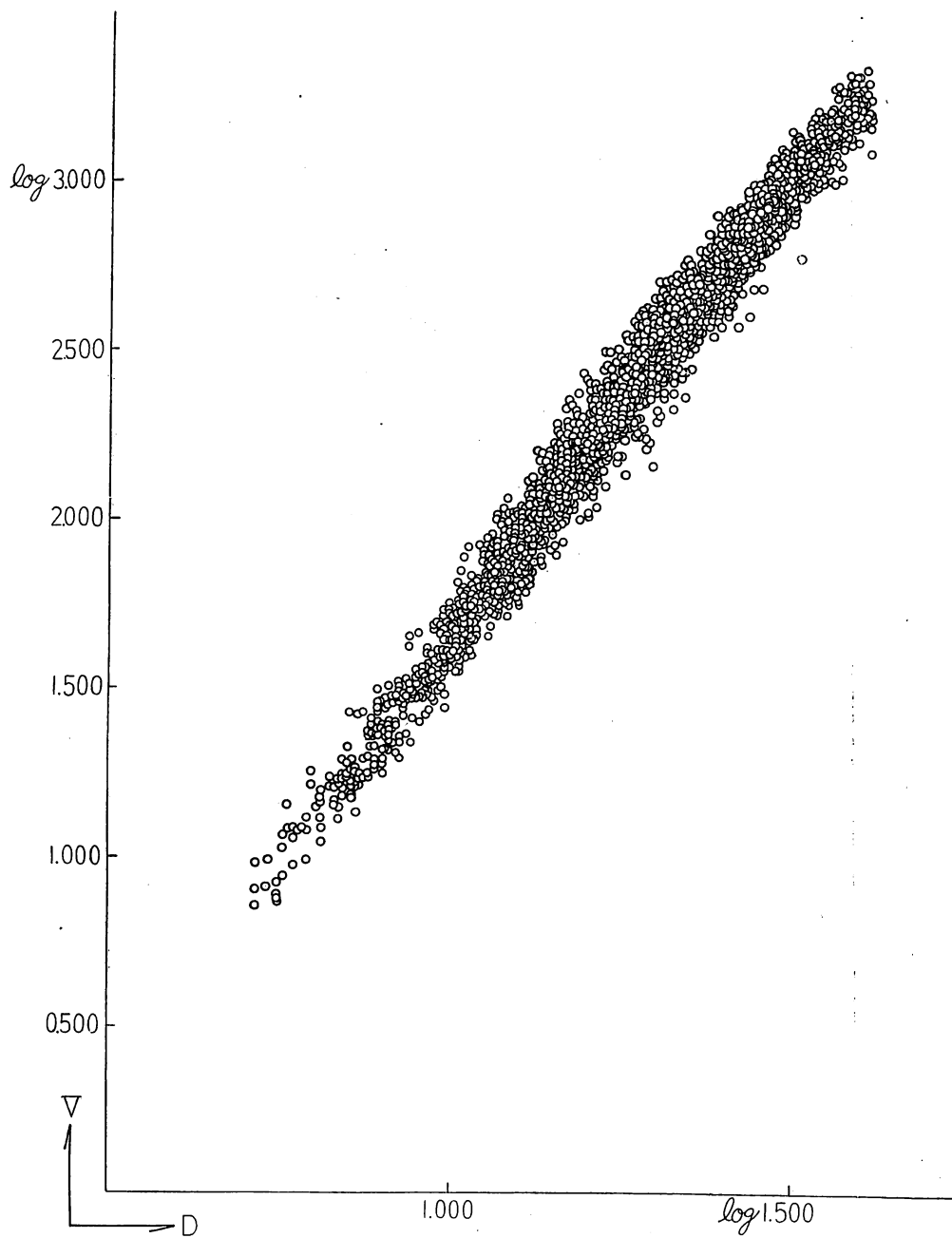
$$C_{12} = -Sx_1x_2 / D = -0.050279$$

したがつて回帰係数 b_1 , b_2 は

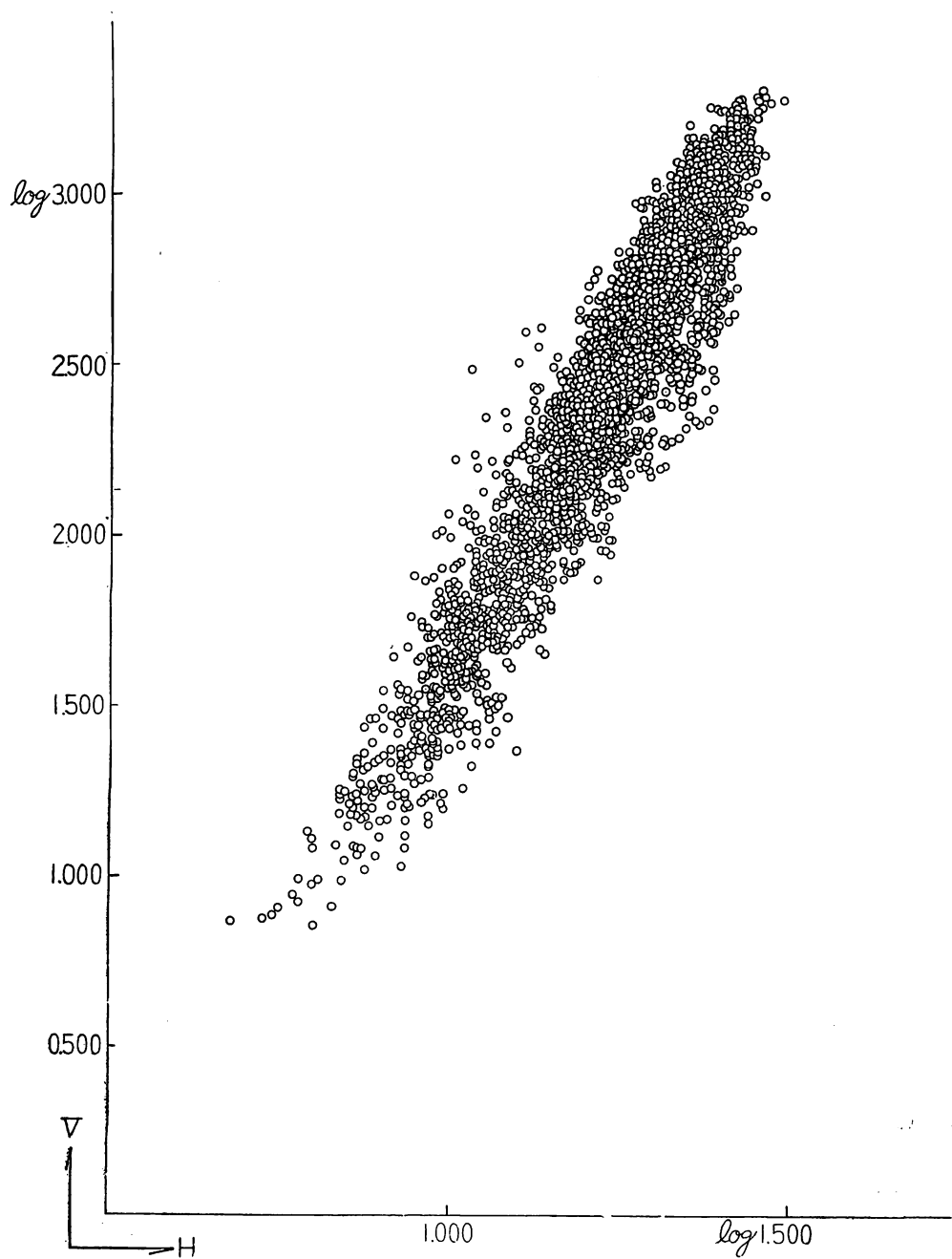
$$b_1 = C_{11}Sx_1y + C_{12}Sx_2y = 1.990797$$

$$b_2 = C_{22}Sx_2y + C_{12}Sx_1y = 0.945337$$

以上で求めた b_1 , b_2 の値は前掲 (3) 式に代入して材積式を求めた結果、および回帰に帰因する平方和、



第3図 胸高直径 (D) に対する立木幹材積 (V)



第4図 樹高 (H) に対する立木幹材積 (V)

第4表 平方和、積和および相関係数の計算（棄却前資料）

n=3,217		X ₁	X ₂	Y
和		4,179.6956	3,973.4299	7,805.2084
平均		1.29925	1.23514	2.42624
X ₁	1. SX ₁ ² など	5,546.696884	5,239.322180	10,444.940856
	2. 補正項	5,430.480358	5,162.489111	10,140.937273
	3. Sx ₁ ² など	116.216526	76.833069	304.003583
	4. $\sqrt{Sx_1^2}$ など	10.780377	86.205894	307.032869
	5. 相関係数		0.89127	0.99013
X ₂	1. SX ₂ ² など		4,971.668004	9,853.901347
	2. 補正項		4,907.723087	9,640.487545
	3. Sx ₂ ² など		63.944917	213.413802
	4. $\sqrt{Sx_2^2}$ など		7.996557	227.747669
	5. 相関係数			0.93706
Y	1. SY ²			19,748.446318
	2. 補正項			18,937.295048
	3. Sy ²			811.151270
	4. $\sqrt{Sy^2}$			28.480718

回帰からの偏差の平方和、推定の誤差の分散と標準誤差、重相関係数は次のとおりである。

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

$$\text{したがって, } \hat{Y} = \bar{Y} + b_1 (X_1 - \bar{X}_1) + b_2 (X_2 - \bar{X}_2) = -1.32794 + 1.9908X_1 + 0.94534X_2 \dots\dots\dots (4)$$

回帰に帰因する平方和は、

$$S_{\hat{Y}}^2 = b_1 S_{x_1 y} + b_2 S_{x_2 y} = 806.957384$$

回帰からの偏差の平方和は、

$$S_{dy \cdot x_1 x_2}^2 = S_{y^2} - S_{\hat{Y}}^2 = 4.193886$$

推定の誤差の分散と標準誤差、

$$s_{y \cdot x_1 x_2}^2 = S_{dy \cdot x_1 x_2}^2 / n - 3 = 0.001305$$

$$s_{y \cdot x_1 x_2} = \sqrt{s_{y \cdot x_1 x_2}^2} = 0.036125$$

重相関係数

$$R^2 = S_{\hat{Y}}^2 / S_{y^2} = 0.994830$$

$$R = 0.997412$$

4.3 資料の吟味

以上で算出した材積式(4)式から全資料3,217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 $Y - \hat{Y}$ の値が次に算出する棄却帯(注)を越えた場合にはその資料は回帰の一般的傾向から離れた異

(注) 棄却帯は次式によつて計算した。

$$t \cdot s_{y \cdot x_1 x_2}^2 \left\{ 1 - \frac{1}{n} + C_{11} (X_1 - \bar{X}_1)^2 + C_{22} (X_2 - \bar{X}_2)^2 + 2 C_{12} (X_1 - \bar{X}_1) (X_2 - \bar{X}_2) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

ただし、n は個数、t は自由度 n-3 の t 表の 99% 水準の値である。

常なものとして棄却した。

以上吟味の結果棄却された資料は第5表に示したとおりで、棄却された資料は16本である。

また棄却された資料を除いた資料の直径階樹高階別本数、および材積表は第6～7表のとおりである。

第5表 棄 却 木 資 料

$t=2.57582$

資 料 番 号	X_1 $\log d$	X_2 $\log h$	Y $\log V$	$b_1 X_1$ $1.99080 X_1$	$b_2 X_2$ $0.94534 X_2$	$\hat{Y}$	$Y - \hat{Y}$
	1.2355	1.2455	2.4378	2.4596	1.1774	2.3091	0.1287
	1.3617	1.3010	2.7415	2.7109	1.2299	2.6129	0.1286
	1.3617	1.3263	2.7415	2.7109	1.2538	2.6368	0.1047
	1.6304	1.3444	3.0566	3.2458	1.2709	3.1888	-0.1322
	1.3054	1.1875	2.1453	2.5988	1.1226	2.3935	-0.2482
	1.4683	1.3222	2.6700	2.9231	1.2499	2.8451	-0.1751
	1.0645	1.1335	1.7551	2.1192	1.0715	1.8628	-0.1077
	1.2380	1.0607	1.9850	2.4646	1.0027	2.1394	-0.1544
	1.3324	1.0374	2.4870	2.6525	0.9807	2.3053	0.1817
	1.5250	1.2201	2.7515	3.0360	1.1534	2.8615	-0.1100
	1.3404	1.3945	2.4546	2.6685	1.3183	2.6589	-0.2043
	1.2695	1.3222	2.2544	2.5273	1.2499	2.4493	-0.1949
	1.3118	1.2601	2.3736	2.6115	1.1912	2.4748	-0.1012
	1.4166	1.3856	2.6873	2.8202	1.3099	2.8022	-0.1149
	1.4330	1.4216	2.7566	2.8528	1.3439	2.8688	-0.1122
	1.4518	1.4183	2.7796	2.8902	1.3408	2.9031	-0.1235

資 料 番 号	(1) $C_{11}(X_1 - \bar{X}_1)^2$	(2) $C_{22}(X_2 - \bar{X}_2)^2$	(3) $2C_{12}(X_1 - \bar{X}_1) \times (X_2 - \bar{X}_2)$	(A) $1 - \left(\frac{1}{n} + (1) + (2) + (3)\right)$	$\sqrt{(A)}$	$t \cdot s_{YX1X2} \sqrt{(A)}$
	0.000170	0.000008	0.000066	0.9996	0.99980	0.0930
	0.000163	0.000330	0.000414	0.9996	0.99980	0.0930
	0.000163	0.000632	0.000572	0.9995	0.99975	0.0930
	0.004589	0.000908	0.003638	0.9978	0.99890	0.0929
	0.000002	0.000173	0.000029	0.9995	0.99975	0.0930
	0.001196	0.000576	0.001480	0.9994	0.99970	0.0930
	0.002306	0.000786	0.002399	0.9990	0.99950	0.0930
	0.000157	0.002314	0.001074	0.9983	0.99915	0.0930
	0.000046	0.002974	0.000659	0.9973	0.99865	0.0929
	0.002133	0.000017	0.000341	0.9979	0.99895	0.0930
	0.000071	0.001931	0.000659	0.9983	0.99915	0.0930
	0.000037	0.000576	0.000260	0.9993	0.99965	0.0930
	0.000007	0.000047	0.000032	0.9997	0.99985	0.0930
	0.000576	0.001722	0.001776	0.9992	0.99960	0.0930
	0.000749	0.002644	0.002508	0.9988	0.99940	0.0930
	0.000974	0.002551	0.002810	0.9990	0.99950	0.0930

第6表 直径階（H）樹高階（D）別本数表（資料棄却済）

Dcm Hm	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	計
5	2																						2
6	10	1																					11
7	9	18																					27
8	8	22	10	2																			42
9	11	45	23	10	2																		91
10	2	28	56	38	14	5																	143
11	1	9	44	39	21	5	3	2	1														125
12		10	25	45	27	13	5	2	2														129
13			14	30	38	19	9	7	2	1		1											121
14		1	8	22	33	35	24	9	4	2	1	1											140
15			2	13	35	40	38	24	14	2													168
16			1	12	32	39	40	33	35	9	8	1	1										211
17				10	13	42	33	31	38	29	12	4	1										213
18					13	28	30	32	27	31	21	14	4										200
19					4	8	18	43	32	44	40	20	9	3	1	2	1						225
20					3	8	12	14	25	39	44	33	15	18	6	1	3						221
21					2	2	6	10	25	27	37	46	25	20	7	5	2						214
22						4	6	8	10	18	41	49	36	23	17	12	1	1					226
23						4	8	11	6	10	18	30	39	25	21	14	4	5	4				199
24						2	1	7	10	5	8	24	22	24	24	21	5	5	1				159
25						1	1	8	8	10	9	9	12	22	18	11	8	3	6	1	1		128
26								1	5	1	5	7	9	12	15	6	6	3	8	1	1		80
27								1		1	2	5	6	7	5	10	4	5	13	2			61
28											2		2	2	5	10	3	4	2	3	2	2	37
29													1	3	2	2	3	4	2	1	2		20
30															1		2	2	1				6
31																							
32																			1	1			2
計	43	134	183	221	237	255	234	243	244	229	248	244	182	159	122	94	42	32	38	9	6	2	3,201

4. 4 棄却済資料による材積式の再計算

棄却した資料を除きたいいわゆる修正済の資料3,201本を用いて既述した(4.2材積式の計算)方法をくり返して材積式を算出した。その算出経過を示すと次のとおりである。

4. 4. 1 平方和、積和および相関係数の計算

材積式の計算に必要な因子を算出すると第8表のとおりである。

第7表 直径階(D)樹高階(H)別材積表 (資料棄却済)

Dcm	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
Hm	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
5	0.008																					
6	0.010	0.014																				
7	0.012	0.018																				
8	0.013	0.019	0.030	0.050																		
9	0.015	0.024	0.034	0.049	0.075																	
10	0.016	0.028	0.040	0.057	0.072	0.104																
11	0.018	0.028	0.044	0.060	0.080	0.106	0.164	0.165	0.223													
12		0.032	0.052	0.068	0.086	0.115	0.144	0.167	0.218													
13			0.054	0.074	0.100	0.127	0.164	0.186	0.234	0.320		0.386										
14		0.045	0.060	0.082	0.110	0.137	0.178	0.216	0.254	0.290	0.403	0.360										
15			0.061	0.089	0.120	0.152	0.190	0.236	0.280	0.318												
16			0.081	0.088	0.130	0.164	0.202	0.249	0.299	0.355	0.415	0.466	0.543									
17				0.096	0.127	0.175	0.220	0.265	0.327	0.379	0.429	0.486	0.591									
18					0.143	0.181	0.264	0.274	0.347	0.406	0.462	0.540	0.616									
19					0.159	0.192	0.245	0.298	0.370	0.433	0.497	0.575	0.633	0.723	0.861	0.925	0.931					
20					0.164	0.204	0.256	0.339	0.387	0.453	0.524	0.599	0.686	0.747	0.889	0.944	1.007					
21					0.156	0.185	0.278	0.341	0.423	0.467	0.550	0.638	0.716	0.808	0.903	0.939	1.094					
22						0.217	0.279	0.347	0.430	0.509	0.589	0.680	0.764	0.851	0.963	1.040	1.045	1.219				
23						0.224	0.297	0.352	0.438	0.539	0.639	0.713	0.806	0.903	0.975	1.129	1.247	1.362	1.357			
24						0.236	0.304	0.385	0.461	0.545	0.676	0.745	0.852	0.949	1.062	1.161	1.292	1.344	1.467			
25						0.231	0.302	0.412	0.487	0.584	0.641	0.763	0.938	1.003	1.085	1.199	1.292	1.375	1.479	1.721	1.789	
26								0.416	0.500	0.684	0.701	0.789	0.946	1.036	1.131	1.280	1.405	1.459	1.551	1.804	1.797	
27								0.441		0.529	0.730	0.849	0.942	1.047	1.203	1.338	1.452	1.681	1.662	1.845		
28											0.776		0.998	1.160	1.270	1.402	1.597	1.646	1.604	1.763	2,050	2.200
29													1.061	1.226	1.205	1.374	1.662	1.762	1.985	1.974	2,161	
30															1.296		1.667	1.901	1.906			
31																						
32																			1.848	2.285		

注 材積は調査資料の平均材積を示す

第8表 平方和、積和および相関係数の計算（棄却済資料）

n=3,201		X_1	X_2	Y
和		4,157.9436	3,953.3589	7,765.1310
平均		1.29895	1.23504	2.42585
X_1	1. SX_1^2 など	5,516.889985	5,211.499946	10,389.864719
	2. 補正項	5,400.966879	5,135.221287	10,086.528191
	3. SX_1^2 など	115.923106	76.278659	303.336528
	4. $\sqrt{SX_1^2}$ など	10.766759	84.736089	306.365728
	5. 相関係数		0.90019	0.99011
X_2	1. SX_2^2 など		4,944.490638	9,802.366904
	2. 補正項		4,882.551263	9,590.237347
	3. SX_2^2 など		61.939375	212.129557
	4. $\sqrt{SX_2^2}$ など		7.870157	223.943564
	5. 相関係数			0.94725
X_3	1. SY^2			19,646.681309
	2. 補正項			18,837.007013
	3. SY^2			809.674296
	4. $\sqrt{SY^2}$			28.454776

4. 4. 2 回帰係数の計算

C 乗数を求める要素 D は

$$D = 1361,770763$$

$$C_{11} = 0.045484$$

$$C_{22} = 0.085127$$

$$C_{12} = -0.056014$$

したがって回帰係数 b_1, b_2 は

$$b_1 = 1.914734$$

$$b_2 = 1.066861$$

以上で求めた b_1, b_2 の値を前掲 (3) 式に代入して材積式を求めた結果、および回帰に帰因する平方和、回帰からの偏差の平方和、推定の誤差の分散と標準誤差、重相関係数は次のとおりである。

$$\hat{Y} = -1.37890 + 1.91473X_1 + 1.06686X_2 \cdots \cdots (5)$$

回帰に帰因する平方和は

$$S\hat{y}^2 = 807.121511$$

回帰からの偏差の平方和は

$$Sd_{y \cdot x_1 x_2}^2 = 2.552785$$

推定の誤差の分散と標準誤差

$$s_{y \cdot x_1 x_2}^2 = 0.000798$$

$$s_{y \cdot x_1 x_2} = 0.028252$$

重相関係数

$$R = 0.998422$$

4. 4. 3 重相関係数の有意性の検定

重相関係数の有意の検定結果は第9表のとおりである。

この結果、重相関係数はきわめて有意である。すなわち、重回帰がきわめて有意であることが判明した。

第9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	2	807. 121393	403. 560697
推 定 の 誤 差	3. 198	2. 552903	0. 000798

$$F = 505, 715. 1591^{**}$$

4. 4. 4 回帰係数の標準偏差および有意性の検定

〔1〕 回帰係数の標準偏差

$$s_{b_1} = s_y \cdot x_1 x_2 \sqrt{C_{11}} = 0. 006025$$

$$s_{b_2} = s_y \cdot x_1 x_2 \sqrt{C_{22}} = 0. 008243$$

〔2〕 回帰係数の有意性の検定

$$t_{b_1} = b_1 / s_{b_1} = 317. 7982^{**}$$

$$t_{b_2} = b_2 / s_{b_2} = 129. 4263^{**}$$

この結果回帰係数はきわめて有意である。

4. 4. 5 偏相関係数および有意性の検定

$$r_{yx_1 \cdot x_2} = \frac{r_{yx_1} - r_{yx_1} \cdot r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2}^2) (1 - r_{x_1 x_2}^2)}} = 0. 98445^*$$

$$r_{yx_2 \cdot x_1} = \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} \cdot r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{yx_2}^2) (1 - r_{x_1 x_2}^2)}} = 0. 91633^*$$

この結果、偏相関係数は有意である。

* 5%水準で有意 **1%水準で有意

4. 5 10 cm 直径級ごとの回帰係数の差の検定

従来の材積表は直径階、樹高階の全範囲にわたり、同一の材積式からその材積を推定していたが、今回の調製に際しては調製要綱に準拠して棄却木を除いた資料を10～20 cm直径級に分け、各直径級ごとに材積式を求め、この間の差を統計的に検定を行い、差のなかつた直径級を一括して材積式を求め、最後に直径階、樹高階ごとに樹高対材積、直径対材積のグラフを描いて検討し、直径階の境で不合理な点があれば、その直径級の前または後の直径級を含めて材積式を計算し、平滑になるように修正することとなった。

つぎにその算出経過を示すことにする。

4. 5. 1 10 cm 直径級別平方和、積和、相関係数および回帰係数

直径級別平方和、積和、相関係数、回帰係数および回帰に帰因する平方和等を一括表示すると第10～13表のとおりである。

第10表 10 cm 直径級別和および二乗和

直径級	本数	SX_1	SX_1^2	SX_2	SX_2^2
6~10cm	360	338.4604	320.371628	353.0994	348.814159
12~20	1,190	1,425.4161	1,714.753775	1,403.5284	1,665.607595
22~30	1,147	1,614.9249	2,276.364449	1,499.7563	1,965.155818
32~40	449	689.4003	1,058.953086	618.5549	852.999501
42~50	55	89.7419	146.447047	78.4199	111.863565
計	3,201	4,157.9436	5,516.889985	3,953.3589	4,944.490638

直径級	SY	SY^2	SX_1X_2	SX_1Y	SX_2Y
6~10cm	527.8972	790.144256	333.611018	501.917315	523.250974
12~20	2,582.8648	5,669.866171	1686.810343	3,114.143287	3,068.068028
22~30	3,117.6250	8,495.262576	2113.172394	4,396.149876	4,083.992844
32~40	1,359.2093	4,118.158688	949.944992	2,087.942549	1,873.851262
42~50	177.5307	573.248618	127.961199	289.711692	253.203796
計	7,765.1310	19,646.681309	5,211.499946	10,389.864719	9,802.366904

第11表 直径級別平方和および積和

直径級	本数	Sx_1^2	Sx_2^2	Sy^2	Sx_1x_2	Sx_1y	Sx_2y
6~10cm	360	2.162066	2.533086	16.045776	1.638340	5.605378	5.472683
12~20	1,190	7.349524	10.236192	63.823671	5.623807	20.313816	21.745255
22~30	1,147	2.622136	4.154110	21.321355	1.582339	6.667137	7.546694
32~40	449	0.439114	0.861050	3.571890	0.207946	0.995335	1.366690
42~50	55	0.017799	0.051188	0.209537	0.005729	0.040013	0.077619
6~50	3,201	115.923106	61.939375	809.674296	76.278659	303.336528	212.029557

第12表 直径級別相関係数および回帰係数

直径級	$r_{x_1x_2}$	r_{x_1y}	r_{x_2y}	b_1	b_2
6~10cm	0.70007	0.95168	0.85841	1.873846	0.948524
12~20	0.64838	0.93793	0.85075	1.964155	1.045232
22~30	0.47944	0.89167	0.79126	1.878045	1.101318
32~40	0.33818	0.79475	0.77930	1.710687	1.174104
42~50	0.18980	0.20719	0.74947	1.826317	1.312422
6~50	0.90019	0.99011	0.94680	1.914734	1.066861

第13表 直径級別回帰に帰因する平方和など

直 径 級	Sy^2	$Sd_y \cdot x_1x_2^2$	$Sy \cdot x_1x_2^2$	R
6~10cm	15.694587	0.351189	0.0009837	0.9781
12~20	62.628378	1.195293	0.0010070	0.9813
22~30	20.832485	0.488870	0.0004273	0.9771
32~40	3.307341	0.264550	0.0005932	0.9259
42~50	0.174945	0.034552	0.0006652	0.8349
6~50	807.121511	2.552785	0.0007982	0.9968

4. 5. 2 分 散 の 一 様 性 の 検 定

回帰係数の差の検定を行うに先だつて、各直径級の分散が一樣であるか、どうかを検定するためバートレットの検定を行つた。

すなわち、今各直径級の偏差平方和を $Sd_y \cdot x_1x_2^2$ を $q_1^2, q_2^2, \dots, q_k^2$ とし、自由度を $f_1, f_2, \dots, f_k$ とする。

また $q^2 = q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_k^2, \quad f = f_1 + f_2 + \dots + f_k$
 $s^2 = \frac{q^2}{f}, \quad s_r^2 = \frac{q_r^2}{f_r}, \text{ とすれば}$

$$\chi^2 = \frac{1}{M} [(\sum f_i) (\log s^2) - \sum f_i \log s_i^2]$$

ただし, $M = \log_{10} e = 0.43429$

第14表 分散の一樣性検定の計算表 (6~50 cm)

直 径 級	本 数 n	$Sd_y \cdot x_1x_2^2$	$f_r = n - 3$	$Sy \cdot x_1x_2^2 = S_r^2$
6~10cm	360	0.351189	357	0.0009837
12~20	1,190	1.195293	1187	0.0010070
22~30	1,147	0.488870	1144	0.0004273
32~40	449	0.264549	446	0.0005932
42~50	55	0.034592	52	0.0006652
計	3,201	2.334493	3186	

$= q^2 \qquad \qquad \qquad = f$

直 径 級	$\log s_r^2$	$f_r \log s_r^2$	$1/f_r$
6~10cm	4.9928627	-3.0071373	0.0028011
12~20	3.0030295	-2.9969705	0.0008425
22~30	4.6307329	-3.3692671	0.0008741
32~40	4.7732011	-3.2267989	0.0022422
42~50	4.8229522	-3.1770478	0.0192308
計		-10089.7523570	0.0259907

$= \sum f_r \cdot \log s_r^2 \qquad \qquad \qquad = \sum 1/f_r$

この値を補正項Cで割つて補正した χ^2 は

$$\chi^2 = \frac{2.3026}{C} [(\sum f_r)(\log s^2) - \sum f_r \log s_r^2]$$

$C = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left[\frac{1}{f_r} - \frac{1}{f} \right]$ (ただしk: クラス数) で与えられ, この χ^2 は自由度(k-1) の χ^2 -分布にしたがうので, 算出された χ^2 の値を χ^2 表の値と比較検討した。

次にその検討結果を示すこととする。

[1] 6~50 cm 直径級を一括した場合

6~50 cm 直径級の分散の一樣性の検定を行うために必要な因子を算出すると第14表のとおりである。

第14表から

$$s^2 = q^2/f = 0.000732735$$

$$\log s^2 \cdot f = -9,988.2788580$$

$$\chi^2 = \frac{1}{M} [\log s^2 \cdot f - \sum f \log s_r^2] = 233.6528788$$

補正項

$$C = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \left(\sum \frac{1}{f_r} - \frac{1}{f} \right) = 1.0021397$$

したがつて

$$\text{補正された } \chi^2 = \chi^2/C = 233.153999^{**}$$

χ^2 表の自由度 4 でこの値に相当する $P(\chi^2)$ 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。この結果6~50 cm 直径級は一括できないことがわかつた。ただし自由度4で $P(\chi^2)=0.01$ の χ^2 表の値は13.28である。

[2] 6~40 cm 直径級を一括した場合

6~50 cm 直径級の分散の一樣性の検定により5つの直径級の分散は一樣でないことがわかつたので次に6~40 cm 直径級の分散の一樣性の検定を行つた。

$$\text{補正された } \chi^2 = 233.244317^{**}$$

ただし自由度3で $P(\chi^2)=0.01$ の χ^2 表の値は11.34である。

この結果, 分散が一樣でないので6~40 cm 直径級を一括できないことがわかつた。

[3] 6~30 cm 直径級を一括した場合

6~50 cm および 6~40 cm 直径級の分散は一樣でないことがわかつたので, つぎに6~30 cm 直径級の分散の一樣性の検定を行つた。

$$\text{補正された } \chi^2 = 222.530774^{**}$$

ただし自由度2で $P(\chi^2)=0.01$ の χ^2 表の値は9.21である。

この結果, 6~30 cm 直径級を一括できないことがわかつた。

[4] 6~20 cm 直径級を一括した場合

6~50 cm, 6~40 cm, および 6~30 cm 直径級はいずれも分散が一樣でないので次に6~20 cm 直径級の分散の一樣性の検定を行つた。

$$\text{補正された } \chi^2 = 0.0552755$$

χ^2 表の自由度1でこの値に相当する $P(\chi^2)$ は0.25より大きいから分散が一樣であるという仮説は捨てら

れない。したがって6~20 cm 直径級は分散が一樣であることがわかつた。

〔5〕 22~50 cm 直径級を一括した場合

次に22~50 cm 直径級の分散の一樣性の検定を行つた。

$$\text{補正された } \chi^2 = 21.252610^{**}$$

ただし自由度 2 で $P(\chi^2) = 0.01$ の χ^2 表の値は 9.21 である。

この結果、分散が一樣でないので 22~50 cm 直径級を一括できないことがわかつた。

〔6〕 22~40 cm 直径級を一括した場合

つぎに 22~40 cm 直径級の分散の一樣性の検定を行つた。

$$\text{補正された } \chi^2 = 18.080309^{**}$$

ただし自由度 1 で $P(\chi^2) = 0.01$ の χ^2 表の値は 6.64 である。

この結果分散が一樣でないので 22~40 cm 直径級を一括できないことがわかつた。

〔7〕 30~50 cm 直径級を一括した場合

次に 30~50 cm 直径級の分散の一樣性の検定を行つた。

$$\text{補正された } \chi^2 = 0.285744$$

ただし χ^2 表の自由度 1 でこの値に相当する $P(\chi^2)$ は 0.50 より大きい。

この結果 30~50 cm 直径級は分散が一樣であることがわかつた。

以上各直径級を一括して分散の一樣性の検定を行つた結果、6~20 cm, 30~50 cm, 直径級のみ分散が一樣であることがわかつたので、次にこれらの直径級について回帰係数間の差の検定を行うことにする。

4. 5. 3 回帰係数間の差の検定

分散の一樣性の検定において等分散と認められた 6~20 cm および 30~50 cm の直径級について回帰係数の差の検定を行つた。次にその経過を示すことにする。

〔1〕 6~20 cm 直径級を一括した場合

6~20 cm 直径級の平均された回帰係数を求めるため第11表の 6~20 cm の 2 つの直径級について各列の値を合計すれば

$$\begin{array}{lll} \sum (Sx_1^2) = 9.511590 & \sum (Sx_1x_2) = 7.262147 & \sum (Sx_2^2) = 12.769278 \\ \sum (Sx_1y) = 25.919194 & \sum (Sy^2) = 79.869447 & \sum (Sx_2y) = 27.217938 \end{array}$$

となる。

この値を使つて回帰係数（平均された回帰係数）を求めると、

$$D = 68.717358$$

$$C_{11} = 0.185823$$

$$C_{22} = 0.138416$$

$$C_{12} = -0.105681$$

$$b_1' = C_{11} Sx_1 y + C_{12} Sx_2 y = 1.93996$$

$$b_2' = C_{22} Sx_1 y + C_{12} Sx_2 y = 1.02823$$

回帰に帰因する平方和は

$$S\hat{y}^2 = b_1'(\sum Sx_1y) + b_2'(\sum Sx_2y) = 78.268500$$

となるので、これらの数値を用いて分散分析を行つた結果は第15の1、15の2表のとおりである。

第15の1表 予備的分散分析表

変 動 因	自 由 度	平 方 和
回 帰	4	78.322965
誤 差	1,544	1.546482
計	1,548	79.869447

第15の2表 分散分析表

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平均平方
全 回 帰	2	78.268500	
回帰間差	2	0.054465	0.027233
回 帰 計	4	78.322965	
誤 差	1,544	1.546482	0.001002
計	1,548	79.869447	

$$F = 0.027233 / 0.001002 = 27.1786^{**}$$

検定の結果 6～20 cm 直径級の回帰係数間には有意差が認められたので 6～20 cm 直径級は一括できないことがわかつた。

〔2〕 32～50 cm 直径級を一括した場合

32～50 cm 直径級の平均された回帰係数を求めるため、第11表の 32～50 cm の2つの直径級について各列の値を合計すれば

$$\Sigma (Sx_1^2) = 0.456913$$

$$\Sigma (Sx_1x_2) = 0.213675$$

$$\Sigma (Sx_2^2) = 0.912238$$

$$\Sigma (Sx_1y) = 1.035348$$

$$\Sigma (Sy^2) = 3.781427$$

$$\Sigma (Sx_2y) = 1.444309$$

となる。

この値を用いて回帰係数を求めると

$$D = 0.371156$$

$$C_{11} = 2.457829$$

$$C_{22} = 1.231054$$

$$C_{12} = -0.575701$$

$$b_1' = 1.71322$$

$$b_2' = 1.18197$$

回帰に帰因する平方和は

$$S\hat{y}^2 = 3.480909$$

となるので、これらの値を用いて分散分析を行つた結果は第16の1、16の2表のとおりである。

第16の1表 予備的分散分析表

変 動 因	自 由 度	平 方 和
回 帰	4	3.482287
誤 差	498	0.299140
計	502	3.781427

第16の2表 分散分析表

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平均平方
全 回 帰	2	3.480909	
回帰間差	2	0.001378	0.000689
回 帰 計	4	3.482287	
誤 差	498	0.299140	0.000601
計	502	3.781427	

$$F = 0.000689 / 0.000601 = 1.1464 \text{ 有意差なし}$$

以上回帰係数間の差の検定の結果から 6～50 cm の5つの直径級のうち、32～50 cm の2つの直径級の他はすべて有意差が認められて一括できないことがわかつた。

すなわち、32～50 cm の 2 つの直径級についてはその回帰平面は互に平行であることがわかつたので、次にこの 2 つの回帰平面が重なり合っているか否か、すなわち、同一の回帰平面にあるか否かを検定するため回帰平面の高さの差の検定を行った。

4. 5. 4 回帰平面の高さの差の検定

第10表の32～50 cm の 2 つの直径級の数値を用いて、新たに 32～50 cm の資料を込みにした回帰係数を求めると次のとおりである。

〔1〕 平方和、積和および相関係数の計算

32～50 cm 直径級の平方和、積和および相関係数を算出すると第17表のとおりである。

〔2〕 回帰係数の計算

$D = 0.740171$
 $C_{11} = 1.386192$
 $C_{22} = 1.230676$
 $C_{12} = -0.595747$
 $b_1'' = 1.604282 \qquad b_2'' = 1.179929$

回帰に帰因する平方和は

$S \hat{y}^2 = 5.442286$

回帰からの偏差の平方和は

$Sd_y \cdot x_1 x_2^2 = 0.311600$

第17表 平方和、積和および相関係数の計算 (32～50 cm 直径級)

n = 504		X ₁	X ₂	Y
和		779.1422	696.9748	1,536.7400
平 均		1.54592	1.38289	3.04909
X ₁	1. SX ₁ ² など	1,205.400133	1,077.906191	2,377.654241
	2. 補 正 項	1,204.489222	1,077.465236	2,375.672588
	3. SX ₁ ² など	0.910911	0.440955	1.981653
	4. √SX ₁ ² など	0.95442	0.966753	2.289384
	5. 相 関 係 数		0.45612	0.86558
X ₂	1. SX ₂ ² など		964.863066	2,127.055058
	2. 補 正 項		963.837047	2,125.137012
	3. SX ₂ ² など		1.026019	1.918046
	4. √SX ₂ ² など		1.01293	2.429732
	5. 相 関 係 数			0.78941
Y	1. SY ²			4,691.408306
	2. 補 正 項			4,685.654420
	3. Sy ²			5.753886
	4. √Sy ²			2.39873

推定の誤差の分散は

$S_y \cdot x_1 x_2^2 = 0.000620$

標準誤差は

$S_y \cdot x_1 x_2 = 0.024900$

次にこれらの数値を用いて分散分析を行った結果は第18の 1. 18の 2表のとおりである。

第18の 1 表 予備的分散分析表

変 動 因	自 由 度	平 方 和
回 帰	2	5.442286
回帰間差	2	0.001378
誤 差	499	0.310222
計	503	5.753886

第18の 2 表 完成された分散分析表

変 動 因	自由度	平 方 和	平均平方
回 帰	2	5.442286	
回 帰 間 差	2	0.001378	
平 面 間 差	1	0.011082	0.011082
不 明 原 因	498	0.299140	0.000601
計	503	5.753886	

$$F=0.011082/0.000601=18.44^{**}$$

検定の結果、回帰平面間には有意差が認められたので 32～50 cm 直径級も一括できないことがわかった。

4. 5. 5 検 定 の 結 果

以上検定の結果、6～50 cm の 5 つの直径級はいずれも込みにして計算することができないので、材積式は各 10 cm 直径級ごとに算出したものを使用することになった。ただし、42～50 cm 直径級の資料は僅少のため、32～40 cm の直径級に含めて算出したので、材積式は第19表に示したようにつごう 4 つとなった。

第19表 直 径 級 別 材 積 式

直 径 級	本 数	材 積 式
6～10 cm	360	$\log v = \bar{5}.77430 + 1.87385 \log d + 0.94852 \log h$
12～20	1, 190	$\log v = \bar{5}.58495 + 1.96416 \log d + 1.04523 \log h$
22～30	1, 147	$\log v = \bar{5}.63382 + 1.87805 \log d + 1.10132 \log h$
32～50	504	$\log v = \bar{5}.93729 + 1.60248 \log d + 1.17993 \log h$

4. 6. 材 積 式 の 決 定 と 材 積 表 の 作 成

第19表に示した材積式を用いて直径階（2 cm）、樹高階（1 m）ごとに材積表を作成し、表の数値を普通目盛の図上に描いて検討したところ（第 5 図）、20～30 cm と 32～50 cm の境に不連続な点が認められたので、この点を平滑化するため次の方法によつて修正することとした。

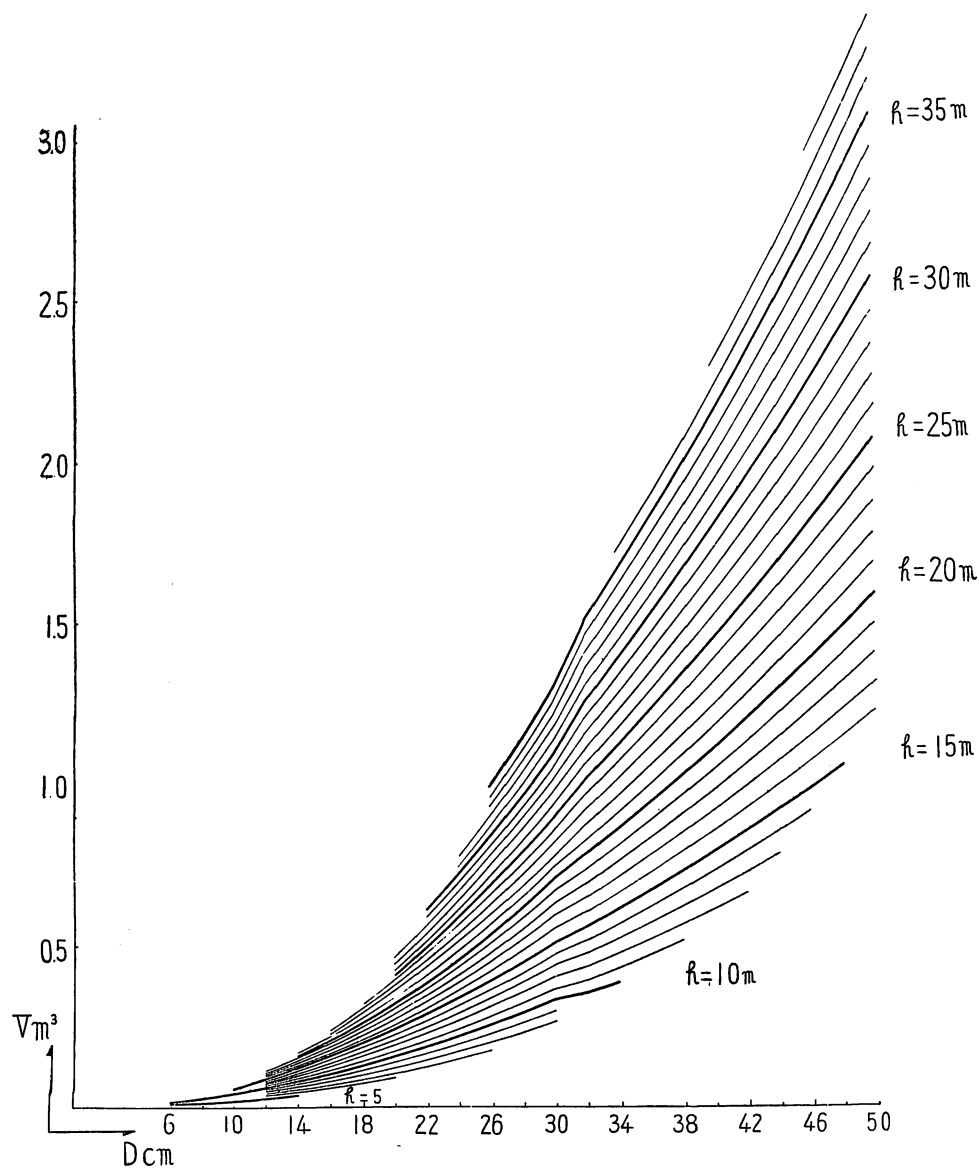
すなわち、22～30 cm の直径級に次の直径級の 32～36 cm の資料を加え、また 32～50 cm の直径級に前の直径級の 26～30 cm の資料を加えて、すなわち 22～36 cm および 26～50 cm 直径級の資料からそれぞれ材積式を求め、22～36 cm 直径級の材積式から 22～30 cm までの材積を、また 26～50 cm 直径級の材積式から 32～50 cm までの材積を推定することとした。

22～36 cm、26～50 cm 直径級の材積式の算出経過を示すと次のとおりである。

4. 6. 1 22～36 cm 直径級の材積式の計算

〔1〕 平方和、積和および相関係数の計算

22～36 cm 直径級の平方和、積和および相関係数を算出すると第20表のとおりである。



第5図 10 cm 直径級別材積曲線

第20表 平方和、積和および相関係数の計算（22～36 cm 直径級）

n = 1,522		X_1	X_2	Y
和		2, 186.7311	2, 014.4806	4, 243.9099
平均		1.43675	1.32357	2.78838
X_1	1. SX_1^2 など	3, 148.435557	2, 898.106873	6, 113.910729
	2. 補正項	3, 141.782460	2, 894.301825	6, 097.430857
	3. Sx_1^2 など	6.653097	3.805048	16.479872
	4. $\sqrt{Sx_1^2}$ など	2.57936	6.318749	17.538568
	5. 相関係数		0.60218	0.93964
X_2	1. SX_2^2 など		2, 672.316635	5, 630.805509
	2. 補正項		2, 666.315432	5, 617.131512
	3. Sx_2^2 など		6.001203	13.673997
	4. $\sqrt{Sx_2^2}$ など		2.44974	16.657175
	5. 相関係数			0.820907
Y	1. SY^2			11, 879.855363
	2. 補正項			11, 833.621051
	3. Sy^2			46.234312
	4. $\sqrt{Sy^2}$			6.79958

〔2〕 回帰係数の計算

$$D = 25.448196$$

$$C_{11} = 0.235820 \quad C_{22} = 0.261437 \quad C_{12} = -0.149521$$

したがって回帰係数 b_1 b_2 は

$$b_1 = 1.841733 \quad b_2 = 1.110802$$

以上で求めた b_1 , b_2 の値を前掲（3）式に代入して材積を求めた結果、および回帰に帰因する平方和等は次のとおりである。

$$\hat{Y} = -1.32795 + 1.84173X_1 + 1.11080X_2$$

求める材積式は

$$\log v = -4.32795 + 1.84173 \log d + 1.11080 \log h$$

すなわち

$$\log v = \bar{5}.67205 + 1.84173 \log d + 1.11080 \log h \cdots \cdots (6) \quad \text{となる。}$$

回帰に帰因する平方和は

$$\hat{S\hat{y}}^2 = 45.540627$$

回帰からの偏差の平方和は

$$Sd_y \cdot x_1 x_2^2 = 0.693685$$

推定の誤差の分散は

$$s_y \cdot x_1x_2^2=0.000457$$

標準誤差は

$$s_y \cdot x_1x_2=0.021378$$

4. 6. 2 26～50 cm 直径級の材積式の計算

〔 1 〕 平方和、積和および相関係数の計算

26～50 cm 直径級の平方和、積和および相関係数を算出すると第21表のとおりである。

第21表 平方和、積和および相関係数の計算 (26～50 cm 直径級)

n=1.178		X ₁	X ₂	Y
和		1,751.2042	1,592.0999	3,427.2515
平 均		1.48659	1.35153	2.90938
X ₁	1. SX ₁ ² など	2,607.817865	2,369.187148	5,105.444832
	2. 補 正 項	2,603.324406	2,366.801385	5,094.921240
	3. SX ₁ ² など	4.493459	2.385763	10.523592
	4. $\sqrt{SX_1^2}$ など	2.11978	4.002377	11.277120
	5. 相 関 係 数		0.59609	0.93318
X ₂	1. SX ₂ ² など		2,155.332445	4,640.217829
	2. 補 正 項		2,151.767480	4,632.026121
	3. SX ₂ ² など		3.564965	8.191708
	4. $\sqrt{SX_2^2}$ など		1.88811	10.044665
	5. 相 関 係 数			0.81553
Y	1. SY ² など			9,999.484283
	2. 補 正 項			9,971.182381
	3. SY ²			28.301902
	4. $\sqrt{SY^2}$			5.31995

〔 2 〕 回帰係数の計算

$$D=10.327159$$

$$C_{11}=0.345203 \quad C_{22}=0.435111 \quad C_{12}=-0.231018$$

したがって回帰係数 b_1, b_2 は $b_1=1.740344 \quad b_2=1.133163$

以上で求めた b_1, b_2 の値を前掲 (3) 式に代入して材積式を求めた結果、および回帰に帰因する平方和等は次のとおりである。

$$\hat{Y} = -1.20929 + 1.74034X_1 + 1.13316X_2$$

求める材積式は

$$\log v = -4.20929 + 1.74034 \log d + 1.13316 \log h$$

すなわち

$$\log v = 5.79071 + 1.74034 \log d + 1.13316 \log h \cdots \cdots (7)$$

となる。

回帰に帰因する平方和は

$$S\hat{y}^2 = 27.597210$$

回帰からの偏差の平方和は

$$Sd_{y \cdot x_1 x_2}^2 = 0.704692$$

推定の誤差の分散は

$$s_{y_1 \cdot x_1 x_2}^2 = 0.000600$$

標準誤差は

$$s_{y \cdot x_1 x_2} = 0.024949$$

以上で算出された材積式(6),(7)式を用いて材積表を作成し、ふたたび図上に画いて検討したところ 22~30 cm と 32~50 cm の境は修正されて平滑となつた(第6図)。

したがつて本材積表には 6~10 cm, 12~20 cm, 22~36 cm, 26~50 cm の各直径級の資料から計算された材積式を用いてそれぞれ 6~10 cm, 12~20 cm, 22~30 cm, 32~50 cm の材積表を作成することとした。

これらの材積式を一括表示すると第22表のとおりである。

第22表 決 定 材 積 式

直 径 級	材 積 式
6~10 cm	$\log v = \bar{5}.77430 + 1.87385 \log d + 0.94852 \log h$
12~20	$\log v = \bar{5}.58495 + 1.96416 \log d + 1.04523 \log h$
22~30	$\log v = \bar{5}.67205 + 1.84173 \log d + 1.11080 \log h$
32~50	$\log v = \bar{5}.79071 + 1.74034 \log d + 1.13316 \log h$

備考 v ; 幹材積 d ; 胸高直径 h ; 樹高

なお、本材積式の計算には直径、樹高、材積を対数に変換して計算していることのために生ずる偏りを含んでいるので修正係数を計算して修正しなければならない。

すなわち、修正係数は

$$f = 10^{\frac{n-1}{n}(1.151293)\sigma^2_y}$$

ただし、f ; 修正係数

n ; 資料の数

σ^2_y ; 対数の推定の誤差の分散

直径級修正係数は第23表のとおりである。

材積表の適合度は調製要綱にもとづき誤差率によつて行う。

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

$$\text{ただし、標準誤差} = \left\{ \frac{1}{n-(k+1)} \sum (v - \hat{v})^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

第 23 表 直 径 級 別 修 正 係 数

直 径 級	推定の誤差の分散	$\frac{n-1}{n}$	$\frac{n-1}{n}$ (推定の誤差の分散) $\times 1.151293$	修正係数
6~10cm	0.000984	0.997222	0.001129	1.0026
12~20	0.001007	0.999160	0.001158	1.0027
22~30	0.000457	0.999343	0.000526	1.0012
32~50	0.000600	0.999151	0.000690	1.0016

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 ; 独立変量の個数

t ; 95%信頼度の t 表の値

平均値は対数の平均値 $\bar{y}$ を真数に直し、これに修正係数を乗じたものを、真数の平均値の近似値として採用した。

次に直径級別の誤差率を示せば第24表のとおりである。

第 24 表 直 径 級 別 誤 差 率

直 径 級	誤 差 率
6~10cm	19.08 %
12~20	16.53
22~30	12.23
32~50	13.11

以上によつて作成した材積表は第25表のとおりである。

4. 7 材積表使用上の注意

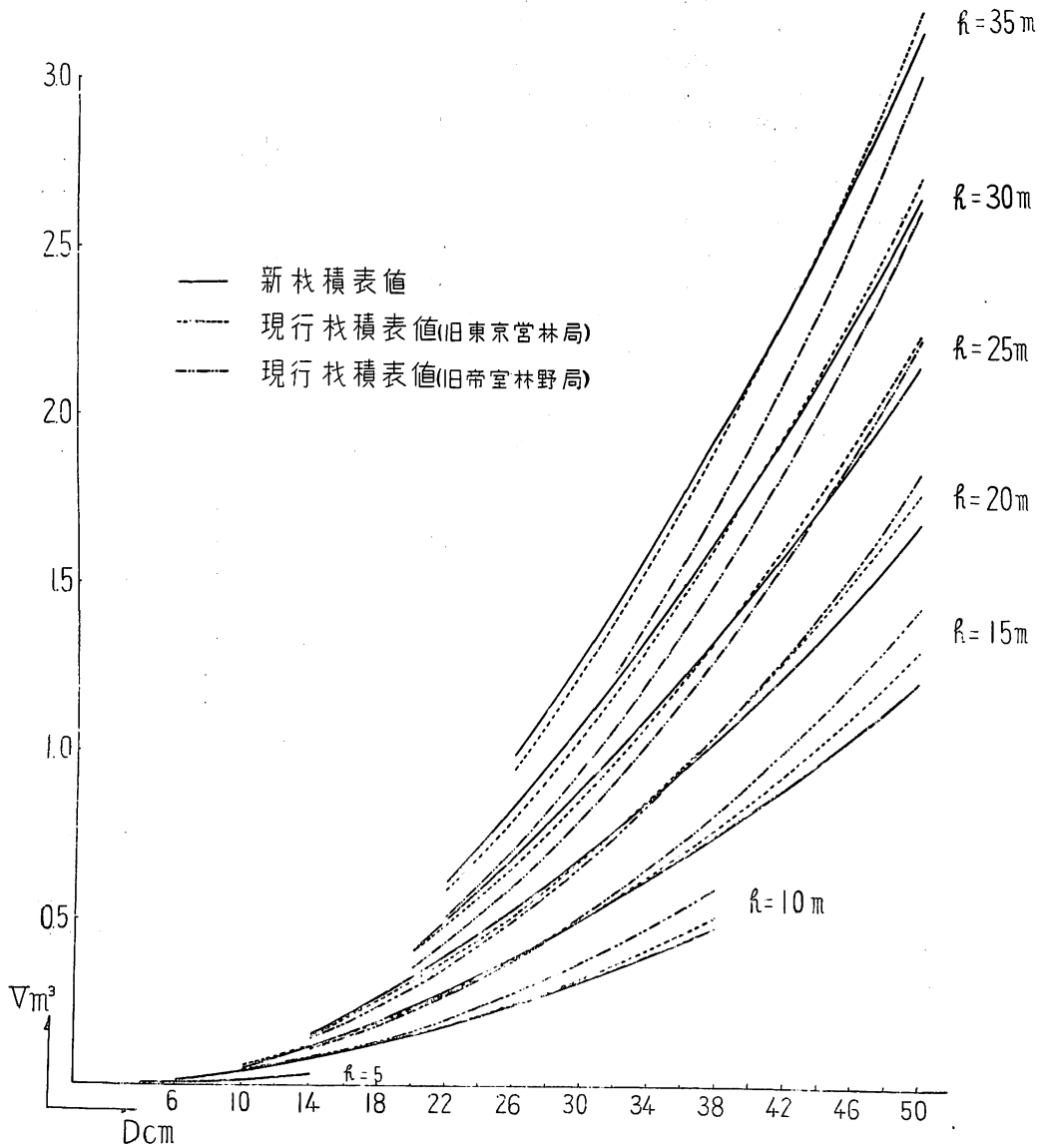
- (1) 本表は長野営林局管内のカラマツに適用するものである。
- (2) 本表は毎木の胸高直径 (地上1.2 m), 樹高を測定して幹材積を求めるものである。
- (3) 本表は胸高直径 2 cm, 樹高 1 m ごとに区分し, 幹材積は m^3 を単位とし, 単位以下 3 位または 4 位にとどめ端数は 4 捨 5 入したものである。
- (4) 本表の幹材積は次の材積式で算出した値に修正係数を乗じて求めたものである。

直 径 範 囲	材 積 式	修 正 係 数
6~10cm	$\log v = \bar{5}.77430 + 1.87385 \log d + 0.94852 \log h$	1.0026
12~20	$\log v = \bar{5}.58495 + 1.96416 \log d + 1.04523 \log h$	1.0027
22~30	$\log v = \bar{5}.67205 + 1.84173 \log d + 1.11080 \log h$	1.0012
32~50	$\log v = \bar{5}.79071 + 1.74034 \log d + 1.13316 \log h$	1.0016

備考 v ; 幹材積, d ; 胸高直径, h ; 樹高

4. 8 新材積表と旧材積表との比較

既述した方法により新しく調製したカラマツ材積表と現行材積表の数値を比較するため、樹高階 10 m, 15 m, 20 m, 25 m, 30 m および 35 m のものについて胸高直径に対する材積を示した結果は第 6 図および



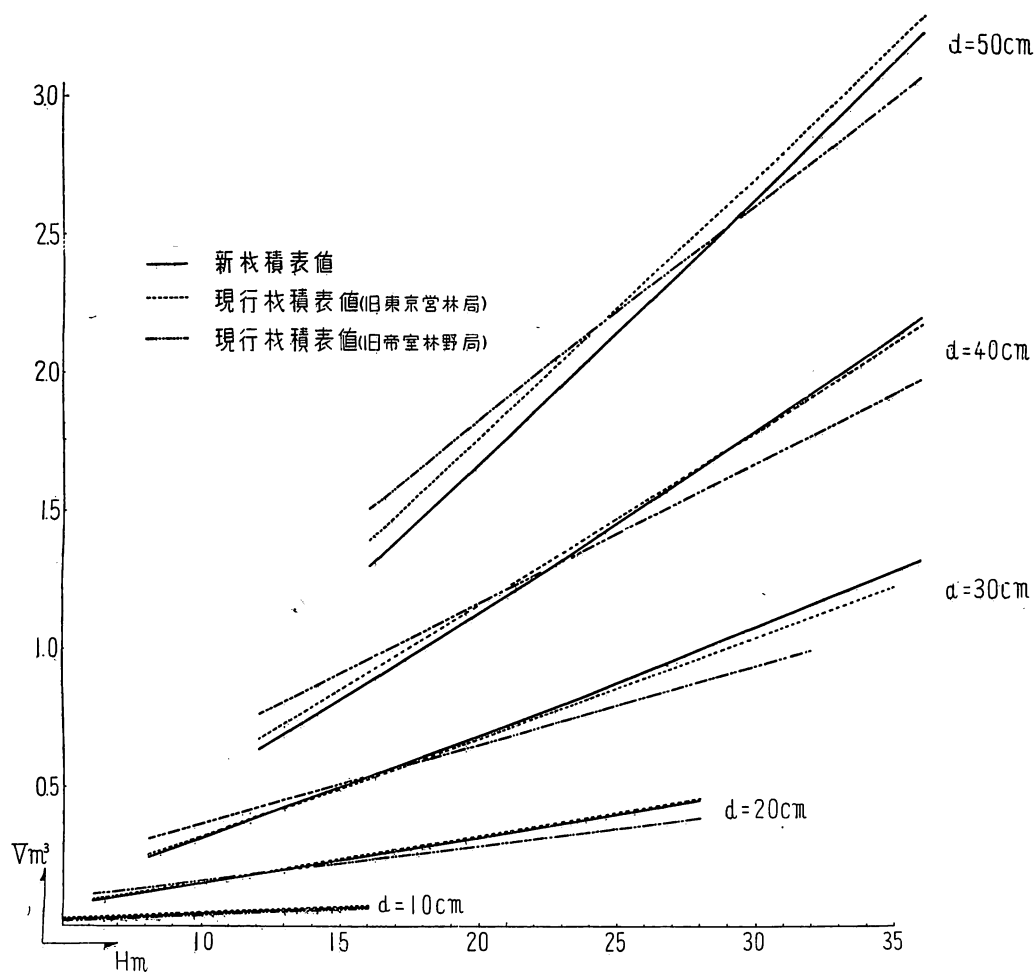
第 6 図 カラマツ新材積表と旧材積表との比較 その 1

立 木 材 積 表

28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50
0.219	0.249										
0.250	0.283										
0.281	0.319	0.350	0.389								
0.312	0.355	0.390	0.434	0.479	0.526						
0.344	0.390	0.431	0.478	0.528	0.580	0.635	0.691				
0.376	0.427	0.471	0.524	0.578	0.635	0.695	0.756	0.820			
0.408	0.464	0.513	0.570	0.629	0.691	0.755	0.822	0.892	0.964		
0.441	0.501	0.554	0.616	0.680	0.747	0.817	0.889	0.965	1.043	1.122	
0.474	0.538	0.596	0.662	0.732	0.804	0.879	0.957	1.038	1.121	1.207	1.296
0.507	0.575	0.639	0.710	0.783	0.861	0.942	1.025	1.112	1.201	1.293	1.388
0.540	0.613	0.681	0.757	0.836	0.918	1.005	1.094	1.186	1.281	1.379	1.481
0.574	0.651	0.724	0.805	0.889	0.977	1.069	1.163	1.261	1.362	1.466	1.576
0.607	0.689	0.768	0.853	0.943	1.036	1.132	1.232	1.336	1.443	1.554	1.669
0.641	0.727	0.811	0.902	0.996	1.094	1.197	1.302	1.412	1.525	1.643	1.764
0.675	0.766	0.855	0.951	1.050	1.154	1.261	1.372	1.488	1.609	1.732	1.860
0.709	0.805	0.899	1.000	1.104	1.213	1.326	1.443	1.566	1.692	1.821	1.955
0.743	0.844	0.944	1.049	1.159	1.273	1.392	1.514	1.643	1.775	1.911	2.052
0.778	0.883	0.989	1.099	1.213	1.333	1.457	1.587	1.721	1.859	2.001	2.149
0.812	0.922	1.034	1.149	1.269	1.394	1.524	1.659	1.799	1.944	2.092	2.248
0.847	0.961	1.079	1.199	1.324	1.455	1.591	1.731	1.878	2.029	2.184	2.346
0.882	1.001	1.125	1.249	1.380	1.516	1.658	1.804	1.957	2.114	2.276	2.444
0.917	1.041	1.170	1.300	1.435	1.577	1.725	1.877	2.036	2.200	2.368	2.543
0.952	1.081	1.216	1.350	1.491	1.639	1.792	1.950	2.115	2.286	2.461	2.642
0.987	1.121	1.262	1.402	1.548	1.702	1.860	2.024	2.197	2.373	2.554	2.743
1.023	1.161	1.308	1.453	1.606	1.764	1.929	2.098	2.277	2.460	2.648	2.844
1.058	1.201	1.354	1.504	1.662	1.826	1.997	2.172	2.357	2.546	2.741	2.944
1.094	1.242	1.401	1.556	1.719	1.889	2.065	2.248	2.438	2.634	2.836	3.046
		1.447	1.609	1.777	1.952	2.134	2.323	2.520	2.722	2.931	3.147
			1.661	1.834	2.015	2.204	2.398	2.601	2.810	3.026	3.249
						2.274	2.474	2.683	2.900	3.121	3.351
									2.989	3.217	3.455

び第26表に示したとおりであり、また胸高直径 20 cm 、 30 cm 、 40 cm および 50 cm のものについて樹高に対する材積を示した結果は第7図のとおりである。

すなわち、新材積表は一般に胸高直径 $26\sim 34\text{ cm}$ 前後までは樹高のいかににかかわらず現行材積表より大きな数値を示し、径級が大きくなるにしたがつて逆に過小な数値を与えている。



第7図 カラマツ新材積表と旧材積表との比較 その2

第26表 新材積表数値(v)と旧材積表数値(v', v'')との比較

(1) H=10m の 場 合

D	V	V'	V''	V' / V × 100	V'' / V × 100
6cm	0.015 m ³	0.016 m ³	0.015 m ³	94 %	100 %
8	0.026	0.027	0.026	96	100
10	0.040	0.041	0.041	98	98
12	0.056	0.058	0.059	97	95
14	0.076	0.078	0.081	97	94
16	0.099	0.100	0.105	99	94
18	0.125	0.124	0.133	101	94
20	0.153	0.151	0.165	101	93
22	0.180	0.181	0.199	99	90
24	0.211	0.213	0.237	99	89
26	0.245	0.247	0.278	99	88
28	0.281	0.284	0.323	99	87
30	0.319	0.324	0.370	98	86
32	0.350	0.364	0.421	96	83
34	0.389	0.409	0.476	95	82

備考 v ; 新材積表数値

v' ; 旧東京営林局材積表数値

v'' ; 旧御料林材積表数値

(2) H=15m の 場 合

D	V	V'	V''	V' / V × 100	V'' / V × 100
10cm	0.058 m ³	0.064 m ³	— m ³	91 %	— %
12	0.086	0.090	0.082	96	105
14	0.116	0.120	0.112	97	104
16	0.151	0.154	0.146	98	103
18	0.191	0.192	0.185	99	103
20	0.235	0.234	0.228	100	103
22	0.282	0.279	0.276	101	102
24	0.331	0.328	0.329	101	101
26	0.384	0.381	0.386	101	99
28	0.441	0.439	0.448	100	98
30	0.501	0.498	0.514	101	97
32	0.554	0.562	0.585	99	95
34	0.616	0.631	0.660	98	93
36	0.680	0.701	0.740	97	92
38	0.747	0.776	0.824	96	91
40	0.817	0.854	0.913	96	89
42	0.889	0.935	1.007	95	88
44	0.955	1.020	1.105	95	87
46	1.043	1.107	1.208	94	86
48	1.122	1.200	1.315	94	85

(3) $H=20m$ の場合

D	V	V'	V''	$V'/V \times 100$	$V''/V \times 100$
14cm	0.157 m^3	0.163 m^3	0.143 m^3	96 %	110 %
16	0.205	0.209	0.187	98	110
18	0.258	0.261	0.237	99	109
20	0.317	0.317	0.292	100	109
22	0.389	0.379	0.353	103	110
24	0.457	0.447	0.421	102	109
26	0.530	0.518	0.493	102	108
28	0.607	0.596	0.572	102	106
30	0.689	0.679	0.657	101	105
32	0.768	0.764	0.747	101	103
34	0.853	0.857	0.844	100	101
36	0.943	0.953	0.946	99	100
38	1.036	1.055	1.054	98	98
40	1.132	1.161	1.168	98	97
42	1.232	1.269	1.288	97	96
44	1.336	1.387	1.413	96	95
46	1.443	1.506	1.545	96	93
48	1.554	1.632	1.682	95	92
50	1.669	1.759	1.825	95	91

(4) $H=25m$ の場合

D	V	V'	V''	$V'/V \times 100$	$V''/V \times 100$
20cm	0.400 m^3	0.403 m^3	0.355 m^3	99 %	113 %
22	0.499	0.481	0.430	104	116
24	0.586	0.567	0.512	103	114
26	0.678	0.658	0.600	103	113
28	0.778	0.756	0.697	103	112
30	0.883	0.861	0.800	103	110
32	0.989	0.969	0.910	102	109
34	1.099	1.087	1.027	101	107
36	1.213	1.209	1.151	100	105
38	1.333	1.338	1.283	100	104
40	1.457	1.473	1.421	99	103
42	1.587	1.614	1.567	98	101
44	1.721	1.760	1.720	98	100
46	1.859	1.911	1.880	97	99
48	2.001	2.072	2.047	97	98
50	2.149	2.234	2.221	96	97

(5) H=30m の 場 合

D	V	V'	V''	$V'/V \times 100$	$V''/V \times 100$
22 cm	0.611 m^3	0.535 m^3	0.506 m^3	114 %	121 %
24	0.717	0.689	0.603	104	119
26	0.831	0.800	0.707	104	118
28	0.952	0.918	0.820	104	116
30	1.081	1.045	0.942	103	115
32	1.216	1.177	1.071	103	114
34	1.350	1.321	1.203	102	112
36	1.491	1.469	1.356	101	110
38	1.639	1.626	1.511	101	108
40	1.792	1.787	1.674	100	107
42	1.950	1.962	1.845	99	106
44	2.115	2.139	2.025	99	104
46	2.286	2.323	2.214	98	103
48	2.461	2.519	2.410	98	102
50	2.642	2.716	2.615	97	101

(6) H=35m の 場 合

D	V	V'	V''	$V'/V \times 100$	$V''/V \times 100$
26 cm	0.986 m^3	0.942 m^3	— m^3	105 %	— %
28	1.130	1.084	—	104	—
30	1.283	1.232	—	104	—
32	1.447	1.391	1.232	104	117
34	1.609	1.557	1.391	103	116
36	1.777	1.731	1.560	103	114
38	1.952	1.917	1.738	102	112
40	2.134	2.111	1.926	101	111
42	2.323	2.308	2.123	101	109
44	2.520	2.517	2.330	100	108
46	2.722	2.740	2.547	99	107
48	2.931	2.964	2.773	99	106
50	3.147	3.202	3.009	98	105

5. 調製年月日および調製担当者職氏名

〔1〕 調製年月日 昭和31年7月1日

〔2〕 調製担当者職氏名

計 画 課 長	荒 木 一 郎
前計画課長	浅 川 林 三
主 査	樋 口 俊 明
係 員	林 亀
同 上	柳 原 寿 人

6. 引用ならびに主要参考文献

〔1〕 引用文献

- (1) 樋口俊明・柳原寿人：立木幹材積表検討の一端について，長野営林局局報20号，昭和29年
- (2) 試験調査係：立木幹材積の検討について，長野営林局局報特集号，昭和30年
- (3) 管内概要，長野営林局，昭和30年

〔2〕 主要参考文献

- (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

材積表調製業務資料 第4号

昭和33年1月25日印刷

昭和33年1月30日発行

長野営林局

カラマツ立木材積表調製説明書

発行 林 野 庁

長野営林局

長野市大字栗田字舍利玉772

電話長野 7311~5

U N