

材積表調製業務資料第36号

長野営林局

人工林ヒノキ立木材積表

調製説明書

昭和36年3月

林野庁

ま え が き

林政統一后当局管内において使用されている立木材積表は、旧国有林関係営林署では、大正13年、東京営林局調製の立木材積表を、旧御料林関係営林署では、帝室林野局時代に調製された旧御料林材積表を使用している。上記の材積表は何れも、針広2本立あるいはそれに近い材積表であるのみならず、人工林、天然林共通の材積表でもある。

このうち、人工林ヒノキに適用のものは、旧国有林関係営林署でアカマツを資料として調製された東京営林局針葉樹材積表であり、旧御料林営林署では、御料林材積表第Ⅱ表（ヒノキ、サワラ、アスナロ、コウヤマキの部）を使用している。

当局では早くから、これらの非を改めるべく、検討の必要性が論じられていたのであるが、まずカラマツをとりあげ、次いで広葉樹の材積表を調製して何れも単独の材積表とし、引続き、こゝに人工林ヒノキについても検討することになった。

検討に当っては、さきに調製を完了している、名古屋営林局人工林ヒノキ立木材積表について、次いで前記、帝室林野局調製の御料林材積表と適合検定を行ったのであるが、何れも適合しないことが判明した。

そこで35年度さらに資料の収集につとめこゝに本材積表の調製を終了したものである。

本材積表の調製にあたって、御指導を賜った林業試験場、測定研究室長 大友栄松氏ならびに同室、栗屋仁志氏に対し心から感謝の意を表すものである。

目 次

ま え が き

I 地域決定の根拠	1
1. 地 域 の 概 要	1
2. 資 料 収 集 地 域	2
3. 資料の選定および調査方法	2
4. 資 料 の 整 理	7
II 現行材積表および他局材積表の適合検定	7
1. 検 定 の 方 法	8
2. 検 定 の 結 果	8
III 材積表の調製方法	10
1. 採用した調整方法の根拠	10
2. 使用する実験式の決定	11
3. 実 験 式 の 計 算	12
IV 資 料 の 吟 味	13
1. 吟 味 の 方 法	13
2. 吟 味 の 結 果	14
V 材積式の計算経過	14
1. 材積式の再計算	14
2. 10cm 直径階ごとの回帰係数の差の検定	19
3. 検定結果のとりまとめ	23
VI 材積式の決定と材積表の計算	24
1. 材 積 式 の 決 定	24
2. 材 積 表 の 作 製	24
3. 材積表の精度の検討	25
VII 材積表使用上の注意	27
VIII 調製年月日および調製担当者官職氏名	27
む す び	27

付 表

第1表 管内主要個所の気象状況	1
第2表 管内人工ヒノキ地域別面積および蓄積	2
第3表 営林署別10cm 直径級本数一覧表	5
第4表 胸高直径階、樹高階別資料本数表	6
第5表 現行材積表適合検討	9
第6表 棄却資料一覧表	15

第7表	却棄資料による胸高直径階、樹高階別資料本数表	16
第8表	棄却資料による実測値平均材積表	17
第9表	10cm直径階級別和および二乗和	20
第10表	〃 平方和および積和	20
第11表	〃 相関係数および回帰係数	21
第12表	〃 回帰に帰因する平方和など	21
第13表	χ^2 の計算準備表	21
第14表	回帰係数の差の検定とりまとめ表	24
第15表	直径級別材積式	24
第16表	材 積 表	28
附 図		
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	4
第3図	名古屋人工林ヒノキ林積表と実測値との関係	7
第4図	旧材積表と実測材値との関係	8
第5図	胸高直径に対する幹材積	11
第6図	樹高に対する幹材積	12
第7図	材積表の適合表	26

長野営林局

人工林ヒノキ立木材積表調製説明書

I. 地域決定の根拠

1 地域の概要

当局管内国有林は長野県と、新潟、岐阜両県の一部を含む地域であって、本州中部の山岳地帯に位し海拔高は奥穂高岳の3,190mを最高として週辺は何れも、3,000m内外の高山が、重畳し、大川の源も多くここに発している。

山系は新潟、富山、岐阜、三県との境を南北に縦走する飛騨山脈（北アルプス）と、山梨、静岡、両県との境を南下する赤石山脈（南アルプス）を基幹としてこれに、乗鞍、妙高、富士、上信越の火山帯が連り、さらに飛騨、赤石、両山脈のはぐ中央を木曾山脈（中央アルプス）が平行して南下している。

水系は、八ヶ岳より塩尻峠、鳥居峠、鉢盛山を結ぶ嶺線が管内の中央を東西に走って表日本と裏日本に大別しており、さらに塩尻峠から南北に発達する高地は、南下して木曾山脈に連り、天竜、木曾の二大水系を北上して、美が原から冠着山に及び信濃川水系を千曲、犀川に細分している。（第11図参照）地質は赤石山脈は主として三波川層、御荷鉾層とそれ以後の古生層からなり、伊那山脈は花崗片麻岩、木曾山脈は花崗岩と、古生層、飛騨山脈は、木曾山脈から続く古生層の基盤に、鉢盛山から大天井岳にかけて花崗岩、上高地、槍ヶ岳、附近は珩岩の分布がある。フオツサマグナ以東は、第三紀層の基盤に閃緑岩（中央高地）と輝石安山岩（火山地帯）が迸出している。なお佐久地方地方の一部に中世界、ハクアシニフ系が混じている。

気象は冬季日本海側の影響をうける管内西北部（飯山、大町方面）と夏季太平洋側の影響をうける伊那谷を除いては一般的に内陸性であって高燥で山脈の起伏も多いため、季節的变化のほか、無直的にも較差が著しい。降水量は多雨期は、梅雨時と颱風季で各地とも年降水量の約すが、この期間に降っているが北西部は、冬期に上記の多雨期に匹敵するほどの多雪地帯である。しかしながら年間総降水量の分布は一般的に南に多く、北に少ない。それも河川ぞいの低地より山岳地帯に多く、量のひらきは、南部は北部の2倍、山岳地帯は低地の1.5倍となっている。なお管内主要個所の気象状況は第1表のとおりである。

第1表 管内主要個所の気象状況

観測所	海抜高m	年平均気温℃	年平均湿度%	降水量m/m
長野	418.1	11.1	76	956.5
軽井沢	934.0	7.8	80	1,259.7
松本	610.0	10.8	72	1,031.4
諏訪		10.0	76	1,445.9
飯田	481.8	11.6	70	1,784.2
藪原	1,190.0	8.4		1,947.6

以上が管内の立地概況であるが、管内は森林植物帯上および温暖帯に属しており、その面積の62%は天然

生林で、一部を除いては老令の針広混交林相をなしている。これを地域的にみれば、木曾谷のヒノキ林はいわゆる木曾の五木であるヒノキ、サワラ、ヒバ、コウヤマキ、ネスコならびにモミ、ツガ、ヒメコマツ、などで87%を占め、広葉樹は13%にすぎない。伊那谷地方はモミ、ツガ、リラベ、トウヒが多く、広葉樹は25%を占めている。

また北信地方は広葉樹の分布が多く47%を占め、そのうちブナが最も多い。次に人工林についてみれば、管内人工林面積は、60,728ha（昭和33年末現在）であり、これを樹種別にみれば、ヒノキ40%、カラマツ47%、スギ5%、その他針葉樹6%、広葉樹2%となっている。人工林の40%を占めるヒノキを、さらに地域別および令級別にみれば第2表のとおりである。

第2表の1

管内人工林ヒノキ地域別面積および蓄積

地 域 別	面 積	蓄 積
	ha	m ³
千 曲 上、下 流	1,485.73	228,439
中 部 山 岳	688.76	65,855
伊 那 谷	3,740.35	377,127
木 曾 谷	17,265.15	2064,809
全	23,179.99	2736,230

第2表の2

管内人工林ヒノキ令級別面積および蓄積

令 級	I	II	III	IV	V	VI	VII
面 積 ha	1,233.44	1479.40	537.07	1,011.62	1,924.02	2,814.64	2,844.22
蓄 積 m ³	0	4	2,368	26,546	81,781	228,078	354,347

VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	計
2,835.10	3,002.68	2,487.98	1,187.63	641.87	587.35	585.08	23,179.99
402.499	515,311	428,640	267,688	152,912	135,411	140,645	2,736,230

2. 資料収集地域

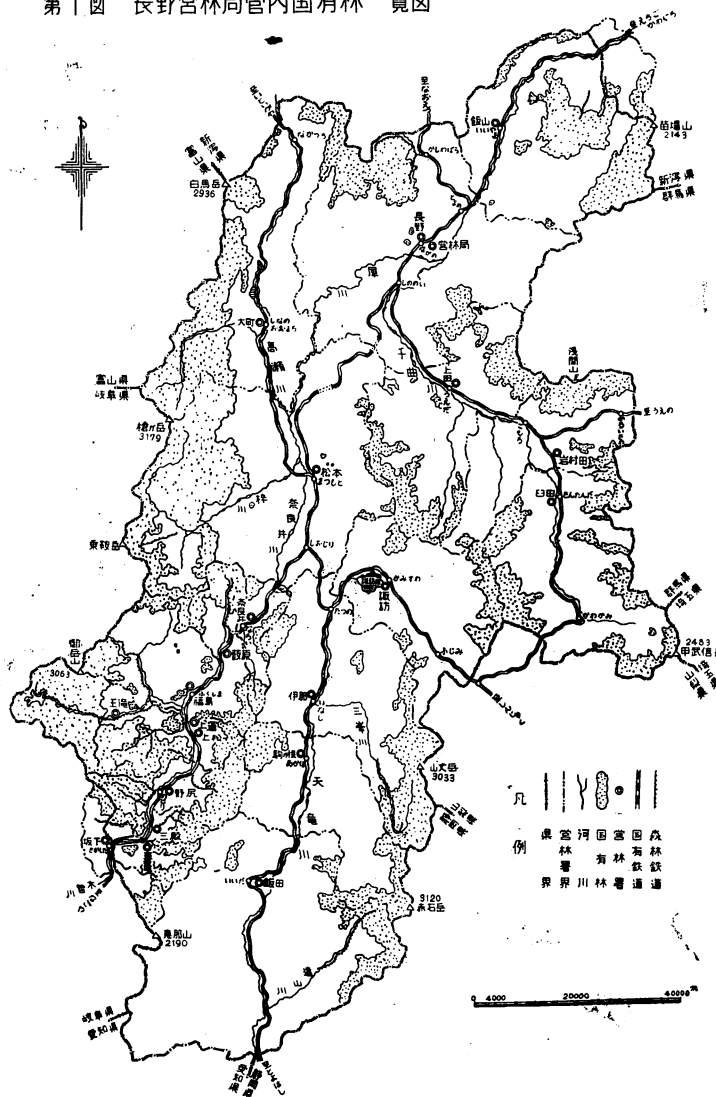
前項で述べたように、管内人工林ヒノキは面積、蓄積とも、その約75%が、木曾谷地域に集中しており、したがって、資料の収集も木曾谷地域に重点をおいて収集につとめた。この結果は第3表および第2図のとおりである。

3. 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、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4cm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、その幹形が著しく不良なものは除外した。
- (2) 胸高直径は1.2mの位置の直径とし幹材積算出に必要な個所の直径は、輪尺で、樹幹の直角2方向を測定し、その平均を用いた。但し根部直径は直径巻尺を用いて測定した。
- (3) 樹高は伐倒後、地際より梢端までの長さを巻尺で測定した。
- (4) 幹材積の算出は、樹幹解析の要領により、幹足、区分、梢頭ごとに算出した。そのうち幹足材積は地

第1図 長野営林局管内国有林一覽図



際から0.2mまでの材積を、スマリアン式で計算し、区分、および梢頭材積は2m区分のフーヘル区分求積式および円錐体求積式で計算した。

- (5) 資料木は伐採人夫の関係もあって主伐地、およびその周辺、ならびに昭和34年15号台風による風倒木を単木的に選定した。

第3表 事業区別10cm直径級本数一覧表

事業区	直径階	4 ~ 10	12 ~ 20	22 ~ 30	32 ~ 40	42 ~ 50	計
		cm	cm	cm	cm	cm	
長	野	61	78	139	3		281
上	田	16	79	52			147
諏	訪	13	16	17			46
伊	那	9	15	12			36
駒	ヶ 根	14	21	12			47
飯	田		4	10	1		15
奈	良 井	31	22	9			62
藪	原	24	22	9			55
福	島	28	23	9			60
王	滝	26	19	9			54
上	松	77	28	12			117
野	尻	42	171	202	41	1	465
三	殿	39	41	35	1		116
妻	籠	28	58	44	4		134
坂	下	26	21	82	22		151
計		434	618	653	80	1	1,786

第4表

胸高直径階 (D)、樹高階 (H) 別資料本数表

Hm	Dcm																				
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	計
3	7																				7
4	43	5																			49
5	31	29	1																		61
6	3	39	13	1																	55
7		23	29	6	1																59
8		8	36	21	5	1		1		1											75
9		3	27	26	13	4	4	1		1											81
10			11	23	28	12	4	2	1	1	2										82
11			8	16	23	26	7	6	1	1				1							89
12		1		12	23	28	22	6	5	3		1									103
13			1	5	17	25	38	33	15	11	5	2	1								153
14			1	2	2	14	19	23	33	23	13	12	4	3							147
15				1	2	11	16	28	25	27	30	21	10	5	1						177
16						2	8	13	19	30	21	25	15	8	1	2					144
17							3	11	14	17	31	26	26	15	3	1					147
18							1	6	8	18	15	22	23	21	5	1	1				121
19							1	3	3	2	10	11	28	21	7	9	1				96
20									1	1	2	7	16	23	6	2	3				61
21										1	1	3	7	11	7	2		2		1	35
22											1	1	1	10	4	6	4				27
23														2	2	6	1				11
24														2			1		1		5
25																	1				1
計	84	108	129	113	114	123	123	133	125	137	131	131	131	123	36	29	12	2	1	1	1,786

4. 資料の整理

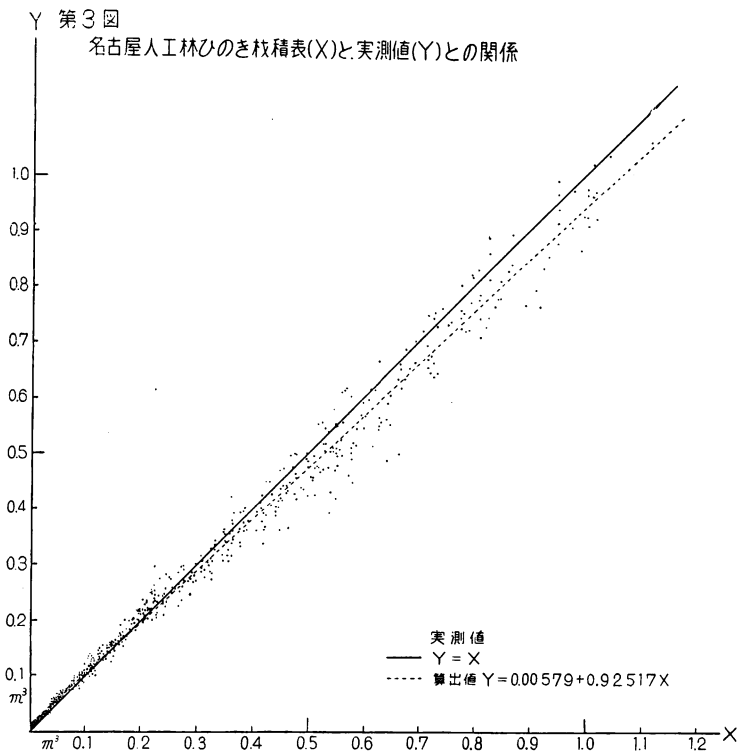
以上の調査方法にもとづいて収集した資料を営林署ごとに、とりまとめた結果は第3表のとおりである。
なお資料の樹高階、直径階別本数は第4表のとおりである。

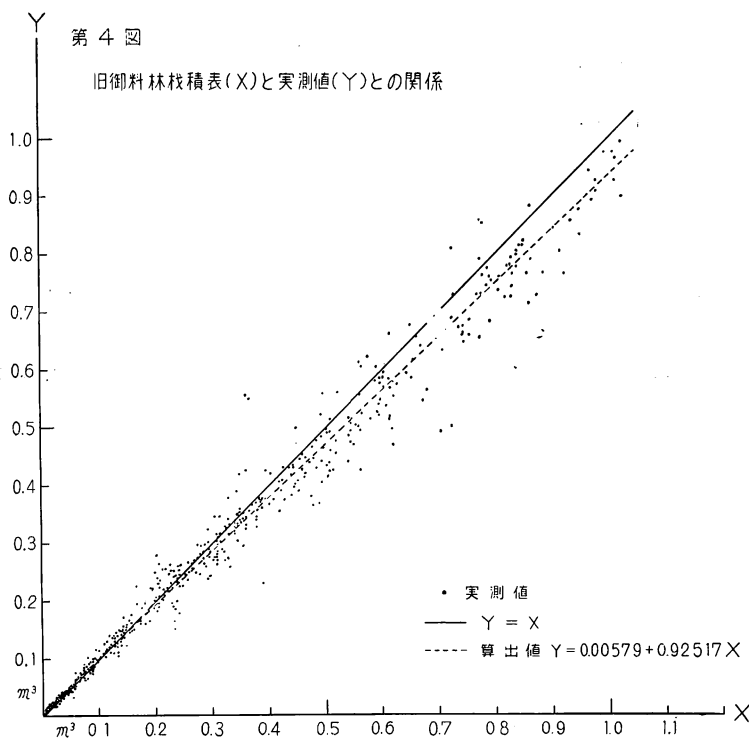
Ⅱ. 旧材積表および他局材積表の適合検定

当局において従来使用している、人工林ヒノキ立木材積表は「まえがき」で述べたように適合のうたがわしい材積表を使用しているが、これらについて次の順序で適合検定を行った。

まず、昭和34年度において、昭和33年度までに収集されていた、714本の資料をもって、さきに新たに発表された名古屋営林局、人工林ヒノキ材積表との適合を検討し次いで昭和35年さらに資料の収集を行い総数1,786本のうちから1,214本を抽出して、前記御料林材積表と対比してみた。その結果は以下の如く何れも否定的であった。

次にその検定経過について説明する。なお名古屋人工林ヒノキ材積表および旧材積表との関係を图示すれば第3～4図のとおりである。





1. 検定の方法

検定の方法は回帰を応用したものである。いま実測材積をY、これと同一胸高直径同一樹高をもつ材積表材積をX、とすればYとXとの関係は一般式 $Y = a + bX$ で示される。したがって $Y = X$ であるためには $a = 0$ 、 $b = 1$ でなければならず適合するか否かは $a = 0$ 、 $b = 1$ の仮説を検定すればよい。

検定はF検定による、 a b 同時検定であってFの値は次式で表わされる。

$$F_0 = \frac{\{n(\hat{a} - a)^2 + 2SX(\hat{a} - a)(\hat{b} - b) + SX^2(\hat{b} - b)^2\}}{\frac{S_{dy \cdot x^2}}{n - 2}} \dots\dots\dots(1)$$

$$a = 0 \quad b = 1$$

$$F_0 = \frac{\{n\hat{a}^2 + 2SX(\hat{a})(\hat{b} - 1) + SX^2(\hat{b} - 1)^2\}}{2 \cdot S_{yx^2}} \dots\dots\dots(2)$$

2. 検定結果

1) 名古屋営林局人工林ヒノキ立木材積表との検討

第5表1

材 積 表 検 定 算 出 準 備 表

直 径 級	本 数 (n)	Y	X	Y ²
4 ~ 10	166	3.5620	3.2128	0.12492330
12 ~ 20	259	38.7336	36.5562	6.98512438
22 ~ 30	221	97.4049	102.1116	47.16797049
32 ~	68	52.9518	56.2419	42.55312526
全	714	192.6523	198.1225	96.83114343

x ²	YX	$\hat{a}$	$\hat{b}$	Sy · x ²	F ⁰
0.10195162	0.11243109	0.00029280	1.09356157	0.00000567	95,537
6.19409800	6.55699567	0.00159473	1.04826446	0.00062740	16,508
51.58470094	49.15628466	0.00531697	0.94239879	0.00485388	12,398
47.76050571	44.9971952	0.02037561	0.96613631	0.0024034	33,413
105.64125627	100.82290694	0.01041441	0.93485805	0.00030311	311,735

第5表の2

検 定 結 果 表

直 径 級	d · f	回 帰 式	F 検 定		材 積 表 の 適 否
			F ⁰	F (0.05)	
4 ~ 10	$\frac{2}{166}$	$Y = 0.00029280 + 1.09356157 X$	95,537	306	否
12 ~ 20	$\frac{2}{259}$	$Y = 0.00159473 + 1.04826446 X$	16,503	304	否
22 ~ 30	$\frac{2}{219}$	$Y = 0.00531697 + 0.94239879 X$	12,398	304	否
32 ~	$\frac{2}{68}$	$Y = 0.02037561 + 0.96613631 X$	33,413	314	否
全	$\frac{2}{712}$	$Y = 0.01041441 + 0.93485805 X$	311,735	301	否

2) 現行材積表（御料林材積表）との検討

第5表の3

材 積 表 算 出 準 備 表

直 径 級	本 数(n)	Y	X	Y ²	X ²
4 ~ 10	321	5.8147	6.1714	0.16798239	0.18415858
12 ~ 20	405	57.7969	58.4242	10.14888141	10.15439264
22 ~ 30	411	184.8964	194.9765	92.15675612	101.59437767
32 ~	77	62.0377	6.84907	51.96036309	62.90937807
全	1,214	310.5457	328.0628	154.43398301	174.84230696

Y X	$\hat{a}$	$\hat{b}$	S y · x ²	F ₀
0.17512239	— 0.00047190	0.96674648	0.0000447	52.340
10.11573456	— 0.00588046	1.03002678	0.00017190	7.353
96.46115648	— 0.00621053	0.96139241	0.00138884	93.885
57.02376065	— 0.01858368	0.92667535	0.00360985	76.333
163.77577408	0.00542645	0.92652380	0.00083059	432.270

第5表の4

検 定 結 果 表

直 径 級	d · f	回 帰 式	F 検 定		材 積 表 の 適 否
			F ₀	F(0.05)	
4 ~ 10	$\frac{2}{319}$	Y = 0.00047190 + 0.96674648 X	52.340	302	否
12 ~ 20	$\frac{2}{403}$	Y = -0.00588046 + 1.03002678 X	7.353	302	否
22 ~ 30	$\frac{2}{409}$	Y = -0.00621053 + 0.96139241 X	93.885	302	否
32 ~	$\frac{2}{75}$	Y = -0.01858368 + 0.92667535 X	76.386	313	否
全	$\frac{2}{1,212}$	Y = 0.00542645 + 0.92652380 X	432.270	299	否

Ⅲ 材 積 表 の 調 製 方 法

1 採用した調製方法の根拠

材積表を調製するための理想的な方法は、簡潔且つ客観的であって、しかも正確なものでなければならぬが、この三つの条件を満足させるような方法は、いまだ発表されていないのが現状である。従来用いられている、材積表の調製方法は

- 1) 調和曲線を利用する図形的解析法
- 2) 共線図法を利用する方法
- 3) 形数により間接的に材積を求める方法

4) 材積式により直接材積を求める方法

等があるが、1)の方法は、多数の資料を必要とするのみならず、2)の方法とともに、フリーハンドで適合せしめるのに、主観的にならざるを得ない。したがって、3)、4)、の比較的主観の入らない方法によることになるが、3)は4)に比較して同じ最小二乗法も用いる方法であるが、計算上の手数が多くなる割に効率がよくない。以上によって計算手数が少なく、比較的主観性のある方法すなわち、4)の方法を採用することにした。

2 使用する実験式の決定

上述のとおり調製方法としては、材積式を用いて、直接材積を推定する方法を、採用することになったが、従来発表されている、材積式は数多くあり、種々の実験式に資料をあてはめてみて、推定の誤差の最小のものを選ぶことは、表の精度をよくすることであるがここでは計算手数が、少なく適合度も良好である山本和藏氏の式を採用することにした。すなわち

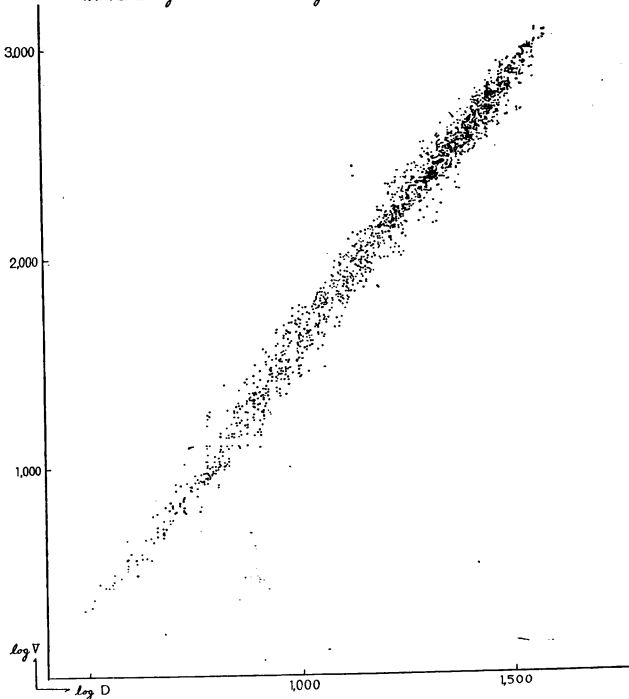
V : 幹材積 d : 胸高直径 h : 樹高とすると

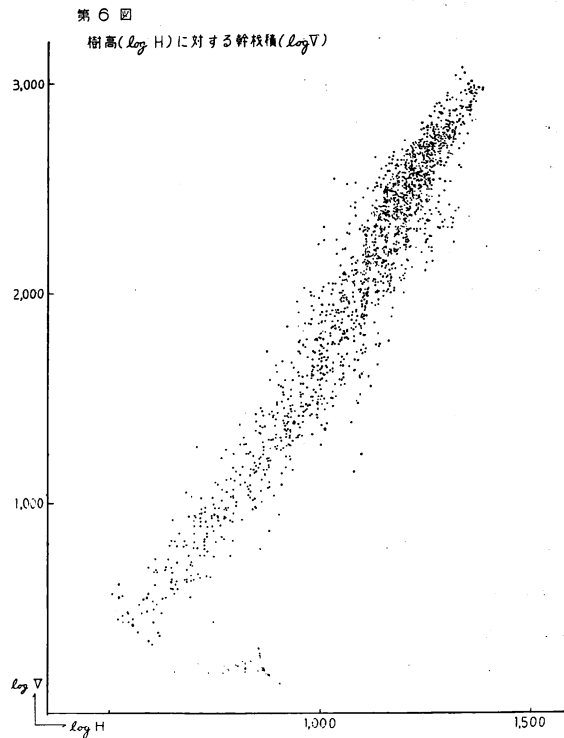
$$V = 10^a d^{b_1} h^{b_2} \quad (\text{ただし } a, b_1, b_2 \text{ は常数}) \cdots \cdots (1)$$

なおこの式が成立するためには、収集された資料の胸高直径および樹高に対する、幹材積の値が、両対数方眼紙上、あるいは各々の対数値が普通目盛方眼紙上にて、直線的分布をしていなければならない。

今、図表の横軸に資料の $\log d$ または $\log h$ 縦軸に $\log V$ をとり、実測値の分布を検討したところ、それぞれ、直線的傾向が認められるので、本式を使用してさしつかえないことが、わかった。(第5～6図参照)

第 5 図
胸高直径($\log D$)に対する幹材積($\log V$)





3. 実験式の計算

(1)式の両辺の対数を取り一次式に変換すれば

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

$$\log V : Y \quad \log d : X_1 \quad \log h : X_2$$

とすれば

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

次に資料の胸高直径、樹高、幹材積の対数を6桁にとり和および二乗和、平方和、および積和を計算すると次表のとおりである。

1) 和および二乗和

本 数	$\sum X_1$	$\sum X_2$	$\sum Y$	$\sum X_1^2$	$\sum X_2^2$
1,786	2149,092828	1957,900246	3757,870640	2693,069274739166	2203,774396494504

$\sum Y^2$	$\sum X_1 X_2$	$\sum X_1 Y$	$\sum X_2 Y$
8609,878453597438	2429,40439355670	4794,031440047418	4313,831247998102

2) 平方和および積和

本 数	$S x_1^2$	$S x_2^2$	$S y^2$	$S x_1 x_2$
1,786	107,057044413937	57,428722761659	703,052167497769	73,464093098676

$S x_1 y$	$S x_2 y$
272,187744092340	194,270301473927

3) 上記の数値から簡略ドリットル法を用いて $b_1 b_2$ を求め $\hat{Y}$ の推定式 $\hat{Y}$ を計算すると、次のとおりである。

$$\hat{Y} = -1.2443624 + 1.8084494 \log X_1 + 1.0673933 \log X_2 \dots \dots \dots (3)$$

$$S \hat{y}^2 = 699.990186824991$$

$$S d y \cdot x_1 x_2^2 = 3.061980672778$$

$$s y \cdot x_1 x_2^2 = 0.001717319502$$

$$s y \cdot x_1 x_2 = 0.041441$$

4) 回帰係数の有意性の検定

$$S b_1 = 0.0114540023 \quad t b_1 = 157.89^{**}$$

$$S b_2 = 0.015639404 \quad t b_2 = 68.38^{**}$$

よって回帰係数は極めて有意である。

5) 重回帰式の有意性の検定

$$R = 0.997820$$

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平 均 平 方	F
回 帰	2	699.990186824991	349.995093412496	2038.03 ^{**}
推 定 の 誤 差	1783	3.061980672778	0.001717319502	
全 体	1785	703.052167497769		

$$d \cdot f = 2.1783$$

上表から重相関係数は、極めて有意であり、したがって回帰式は極めて有意である。

IV 資 料 の 吟 味

1. 吟 味 の 方 法

算出された(3)式はⅢ-3によって妥当なものであることがわかったので、収集資料のうち、一般的傾向からかけはなれた異状な資料を次式によって棄却した。なお棄却された資料を一覧表に示せば第6表のとおりである。

$$y' = t \cdot s y \cdot x^1 x^2 \left\{ 1 - \left[\frac{1}{n} + C_{11}(X_1 - \bar{X}_1)^2 + C_{22}(X_2 - \bar{X}_2)^2 + 2C_{12}(X_1 - \bar{X}_1)(X_2 - \bar{X}_2) \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (4)$$

2. 吟 味 の 結 果

第6表の棄却木を除いた1768本の直径階樹高階別本数、およびその平均材積表は第7表ならびに第8表のとおりである。

V 材 積 式 の 計 算 経 過

1) 材積式の再計算

棄却済資料を用いて、再び材積式を計算すれば次のとおりである。

1) 和および二乗和

本 数	SX_1	SX_2	SY	SX_1^2
1,768	2129.498490	1939.596080	3724.252008	2670.399116811644

SX_2^2	SY^2	SX_1X_2
2184.159003298932	8537.215630663074	2408.438145252601

SX_1Y	SX_2Y
4754.013854197813	4276.684010681414

第6表

棄却資料一覧表

NO	胸高直径 d	樹高 h	幹材積 v	Y	$\hat{Y}$	Y - $\hat{Y}$
	cm	m	m ³			
1	13.5	13.7	0.2449	2.386989	2.015398	0.373591
2	16.2	16.3	0.1295	2.112270	2.239297	-0.127027
3	11.4	10.6	0.0437	1.640481	1.763458	-0.122977
4	11.5	10.3	0.0301	1.478567	1.756983	-0.278416
5	3.6	5.6	0.0027	0.431364	0.561795	-0.130431
6	4.3	3.3	0.0037	0.568202	0.455732	0.112470
7	14.0	9.9	0.0603	1.763904	1.893083	-0.109179
8	13.5	14.2	0.2434	2.386321	2.032045	0.353276
9	16.8	14.8	0.2260	2.354108	2.223024	0.131084
10	22.0	16.1	0.2041	2.309843	2.473902	-0.164077
11	26.0	14.6	0.4798	2.681060	2.559702	0.121358
12	13.5	15.2	0.2435	2.386499	2.063652	0.322847
13	4.3	3.2	0.0037	0.568202	0.441441	0.126761
14	6.0	4.9	0.0107	1.029384	0.900979	0.128405
15	10.8	8.4	0.0585	1.767156	1.612955	0.154201
16	13.5	16.2	0.2729	2.436004	2.093243	0.342761
17	28.5	17.4	0.3947	2.596267	2.710531	-0.114264
18	33.8	16.2	0.5012	2.700011	2.814061	-0.114050

第 7 表

棄却済資料による胸高直径階(D)、樹高階(H)別資料本数表

Hm \ Dcm																					
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	計
3	5																				5
4	43	5																			48
5	31	28	1																		60
6	2	39	13	1																	55
7		23	29	6	1																59
8		8	38	20	5	1		1		1											74
9		3	27	26	13	4	4	1		1											79
10			11	23	27	11	4	2	1	1	2										82
11			8	16	22	26	7	6	1	1				1							88
12		1		12	23	28	22	6	5	3		1									101
13			1	5	17	19	38	33	15	11	5	2	1								153
14			1	2	2	15	19	23	33	23	13	12	4	3							147
15				1	2	7	15	28	25	27	30	21	10	5	1						175
16						3	7	13	19	29	21	25	15	8	1	1					140
17						1	3	11	14	17	30	26	25	15	3	1					145
18						1	1	6	8	18	15	22	23	21	5	1	1				121
19							1	3	3	2	10	11	28	21	7	9	1				96
20									1	1	2	7	16	23	6	2	3				61
21										1	1	3	7	11	7	2		2		1	35
22											1	1	1	10	4	6	4				27
23														2	2	1	1				11
24														3			1		1		5
25																	1				1
計	81	107	129	112	112	118	121	133	125	136	130	131	130	123	36	28	12	2	1	1	1768

第8表 棄却済資料による実測値平均材積表

[illegible]

第8表 棄却済資料による実測値平均材積表(続)

Hm	Dcm										
	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42
5											
6											
7											
8	0.1404										
9	0.1440										
10	0.1772	0.1886									
11	0.1783				0.3289						
12	0.2440		0.2900								
13	0.2383	0.2613	0.3168	0.4211							
14	0.2248	0.3172	0.3394	0.3732	0.4253						
15	0.2404	0.3180	0.3700	0.4012	0.4661	0.5852					
16	0.2989	0.3416	0.3885	0.4489	0.4845	0.4697	0.4924				
17	0.3329	0.3680	0.4218	0.4757	0.5349	0.5900	0.6551				
18	0.3504	0.3976	0.4739	0.5141	0.5796	0.6327	0.7376	0.6987			
19	0.3615	0.4272	0.5031	0.6711	0.6138	0.6878	0.7520	0.7792			
20	0.3669	0.4790	0.5346	0.5875	0.6757	0.7168	0.8641	0.8830			
21	0.3979	0.4841	0.5796	0.5617	0.7111	0.7686	0.8801		1.0844		1.1091
22		0.5592	0.5808	0.7486	0.7647	0.7738	0.9025	0.9821			
23					0.8048	0.8703	0.9299	0.9685			
24					0.8793			1.1792		1.1910	
25								1.2165			

2) 平方和および積和

本 数	Sx_1^2	Sx_2^2	Sy^2	Sx_1x_2
1.768	105.487454530945	56.312310113770	692.163018054459	72.257758618031

Sx_1y	Sx_2y
268.273454075942	190.968741649215

3) 材積式および標準誤差

$$\hat{Y} = -1.2441837 + 1.8192186X_1 + 1.0568930X_2$$

$$\hat{Sy}^2 = 689.881572149240$$

$$Sdy \cdot x_1x_2^2 = 2.281445905219$$

$$sy \cdot x_1x_2^2 = 0.001292603912$$

$$sy \cdot x_1x_2 = 0.035953$$

4) 回帰係数の有意性の検定

$$Sb_1 = 0.0100613032 \quad tb_1 = 180.81^{**}$$

$$Sb_2 = 0.0137706102 \quad tb_2 = 7675^{**}$$

5) 重回帰式の有意性の検定

$$R = 0.998351$$

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平 均 平 方	F
回 帰	2	689.881572149240	344.940786074712	26685730 ^{**}
推 定 の 誤 差	1.765	2.281445905136	0.001292603912	
全 体	1.767	692.163018054459		

$$d \cdot f = 2$$

上記のとおり、重相関係数は極めて有意でありしたがって重回帰は極めて有意である。

6) 偏相関係数の有意性の検定

$$r_{x_1x_2} = 0.9375240 \quad r_{x_1y} = 0.9928259 \quad r_{x_2y} = 0.9672894$$

$$r_{yx_1x_2} = 0.974056^{**} \quad r_{yx_1x_2} = 0.877184^{**}$$

偏相関係数は極めて有意である。したがって胸高直径階樹高階が、変っても胸高直径対材積、樹高対材積の相関は胸高直径階および樹高階を通うじての相関と、大体同じであるといえることができる。

2. 10cm直径階ごとの回帰係数の差の検定

前掲第 5～6 図のとおり胸高直径又は樹高に於ける、幹材積の関係は、直線的関係で示されているが厳密に於いてこの関係は、ある限られた範囲についてのみにあつてであり、回帰係数はそれぞれ胸高直径、樹高の函数として変化するものであるから、材積式も別々に求める必要がある。こゝでは資料を10cm直径級に区分し、直径級ごとの材積式を求め、それぞれの直径級間についてさらに統計的検定を行い、差のない直径級は一括して材積式を計算することにした。たゞし胸高直径42cm以上の資料は僅少であるので、32～40cm 直径級に含めて検討した。検定に必要な直径級別、平方和、積和、相関係数等を一括表示する

と、第9 ～12表のとおりである。

第9表 10cm 直 径 級 別 和 お よ び 二 乗 和

直 径 級	本 数	S X ₁	S X ₂	S Y
4 ～ 10 ^{cm}	429	361.270965	362.093110	504.178935
12 ～ 20	609	729.704760	677.479315	1,286.84942
22 ～ 30	650	916.640934	795.817676	1,701.458665
32 ～	80	121.881831	104.205979	231.779466
4 ～	1,768	2,129.498490	1,939.596080	3,724.252008

S X ₁ ²	S X ₂ ²
312.201533557367	314.330227920430
878.290541503772	757.186565675033
1,294.162256721712	976.752609232658
185.744785028793	135.889600470811
2,670.399116811644	2,184.159003296932

S Y ²	S X ₁ X ₂	S X ₁ Y	S X ₂ Y
651.218414079925	312.221318392561	445.742510571091	446.783945920476
2747.819021913449	814.139554861571	1,551.866546866794	1,440.003789236342
4,466.086269075262	1123.284124139718	2,403.154586510903	2,037.737572948828
672.091925594438	158.793147858751	353.250210249025	302.153702575768
8,537.215630663074	2,403.438145252601	4,754.013954197813	4,276.684010381414

第10表 10cm 直 径 別 平 方 和 お よ び 積 和

直 径 級	本 数	S x ₁ ²	S x ₂ ²	S y ²
4 ～ 10 ^{cm}	429	7.966777958227	8.70920155E024	58.686016649309
12 ～ 20	609	3.957147798259	3.527744241750	28.698877492852
22 ～ 30	650	1.499792284185	2.4052654879E0	12.299209531289
32 ～	80	0.055025929886	0.153524728955	0.570414853874
4 ～	1,768	105.487454530943	56.312310113770	692.163018034459

S x ₁ x ₂	S x ₁ y	S x ₂ y
7.294215200134	21.161600594116	21.236816385190
2.382771680882	9.978890854111	8.475037144019
1.008650566873	3.728955975529	4.582372040578
0.032953837907	0.128888945497	0.2436254928
72.257758618031	268.273454075942	190.968741649215

第11表

10cm直径級別相関係数および回帰係数

直径級	$r_{x_1 x_2}$	$r_{x_1 y}$	$r_{x_2 y}$	b_1	b_2
4 ~ 10cm	0.8750455	0.9786780	0.9393619	1.816878777344	0.916744380928
12 ~ 20	0.6377387	0.9363941	0.8422880	1.812186150706	1.178376610876
22 ~ 30	0.5310601	0.8682266	0.8425006	1.678403855102	1.201299404109
32 ~	0.3585363	0.7275060	0.8232621	1.597314350328	1.244020139505
4 ~	0.9375240	0.9928259	0.9672894	1.819218564649	1.056892988605

第12表

10cm直径級別の回帰に帰因する平方和など

直径級	$\hat{S y^2}$	$S d y_{x_1 x_2^2}$	$s y_{x_1 x_2^2}$	R
4 ~ 10cm	57.916795104023	0.769221545286	0.001805684379	0.9934247
12 ~ 20	28.070393352044	0.628484140808	0.001037102542	0.9889898
22 ~ 30	11.763513531365	0.535695999924	0.000827969088	0.9779799
32 ~	0.503951182004	0.061463671870	0.000798229505	0.9445885
4 ~	689.881.572149240	2.281445905219	0.001292603912	0.9983506

以上に掲げた、第 9~12表の数値を用いて、10cm直径級別の回帰係数の差の検定を行えば次のとおりである。なおこの検定に先だって前提条件として行なわなければならない分散の一樣性の検討に必要な数値を計算すれば第13表のとおりである。

第13表

 χ^2 の 計 算 準 備 表

直径級	$S d y_{x_1 x_2^2}$	$f r = n - 3$	$s y_{x_1 x_2^2} = s r^2$	$\log s r^2$	$f r \log s r^2$	$1/f r$
4~10cm	0.769221545286	426	0.001805684379	-2.7433593	-1,168.6710518	0.0023474
12~20	0.628484140808	605	0.001037102542	-2.9841794	-1,808.4127164	0.0016502
22~30	0.535695999924	647	0.000827969088	-3.0819859	-1,994.0448773	0.0015456
32~	0.061463671870	77	0.000798229505	-3.0778720	-238.5361594	0.0129870
計(4~)	1.994865357888	1,756			-5,209.6648149	0.0185302

1) 4cm以上の全径級を一括した場合

a) 分散の一樣性の検討 (Bartlett の検定)

$$S_2 = 0.0011360281$$

$$\log s^2 f = -5170.7355112$$

$$\chi^2 = 89.6386147$$

$$\text{補正項 } C = 1.0019956$$

$$\text{補正された } \chi^2 = 89.4600881 \quad d \cdot f = 3$$

2) (4~10cm)~(12~20cm)~(22~30cm)の場合

a) 分散の一樣性の検討 (Bartlett の検定)

$$\chi^2 = 85.2042683$$

$$C = 1.0008246$$

$$\chi^2 = 85.1340667^* \quad d \cdot f = 2$$

3) (4~10cm)~(12~20cm)の場合

a) 分散の一樣性の検討 (F検定)

$$F = 1.741^{**}$$

4) 12cm以上の場合

a) 分散の一樣性の検討 (Bartlett の検定)

$$\chi^2 = 8.7401564$$

$$C = 1.0025718$$

$$\chi^2 = 8.7177361^* \quad d \cdot f = 2$$

5) (12~20cm)~(22~30cm)の場合

a) 分散の一樣性の検討 (F検定)

$$F = 1.2526^*$$

6) 22cm以上の直径級を一括した場合

a) 分散の一樣性の検討 (F検定)

$$F = 1.0373$$

有意差なし

b) 回帰係数間の差の検定

平均された回帰係数

$$b_1' = 1.674308720383$$

$$b_2' = 1.204487251435$$

予備的分散分析表

変 動 因	自 由 度	平 方 和
回 帰	4	12.272464713369
誤 差	724	0.597159671794
計	728	12.869624385163

完 成 さ れ た 分 散 分 析 表

変 動 因	自 由 度	平 方 和	平 均 平 方
全 回 帰	2	12.272075897724	
回 帰 間 差	2	0.000388815645	0.000194407823
回 帰 計	4	12.272464713369	
誤 差	724	0.597159671794	0.000824806177
計	728	12.869624385163	

$$F = 0.000824806177 / 0.000194407823 = 4.24266 < F(0.05) = 39.5$$

$$d \cdot f = 724.2$$

有意差なし

C) 回帰平面間の高さの差の検定

込みにした回帰係数

$$b_1'' = 1.660309163906$$

$$b_2'' = 1.204243528795$$

$$S\hat{y}^2 = 17.840528408831$$

予備的分散分析表 1

変 動 因	自 由 度	平 方 和
回 帰	2	17.840528408831
回 帰 間 差	2	0.000388815645
誤 差	725	0.598001894028
計	729	18.438919118504

予備的分散分析表 2

変 動 因	平 方 和	自 由 度
誤 差	0.598001894028	725
原因不明 (q^2)	0.597159671794	724 (-
平面間の差	0.000342222234	1

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	17.840528408831	
回 帰 間 差	2	0.000388815645	
平 面 間 差	1	0.000342222234	0.000342222234
不 明 原 因	724	0.597159671794	0.000824606177
計	729	18.438919118504	

$$F = 0.000342222234 / 0.000824606177 = 1.02112 < F(0.05) = 5.04$$

$$d \cdot f = 1 \cdot 724$$

有意差なし

以上によって22cm以上の直径級は、一括して材積式を計算することができる。

3. 検定結果のとりまとめ

回帰係数の差の検定結果は第14表のとおりであり、材積式は、4~10cm、12~20cm、22cm以上の3式を、使用することになる。

第14表 回帰係数の差の検定とりまとめ表

直径級	本数	補正された χ^2 または F	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
			b_1'	b_2'		
4 ^{cm} ~	1768	89.8120424 **				
4 ~ 30	1688	85.1310687 **				
4 ~ 20	1038	1.741 **				
12 ~	1339	8.7155941 *				
12 ~ 30	1259	1.253 **				
22 ~	730	1.037	1.674308720383	1.204487251435	0.000194407823	0.000824806177
						0.23570

回 帰 平 面 間 の 高 さ の 検 定				
込みにした回帰係数		平面間の分散	不明原因	F
b_1''	b_2''			
1.660307163906	1.204243528795	0.000842225112	0.000824806177	1.02112

VI 材積式の決定と材積表の計算

回帰係数の検定結果より直径級別材積式を示せば次のとおりである。

直径級	本数	材 積 式
4 ~ 10 ^{cm}	427	$\log v = \bar{5}.8714371 + 1.8168788 \log d + 0.9167444 \log h$
12 ~ 20	609	$\log v = \bar{5}.6307853 + 81.121862 \log d + 1.1783766 \log h$
22 ~	730	$\log v = \bar{5}.8015365 + 1.6603092 \log d + 1.2042435 \log h$

1. 材積式の決定

上表の材積式を用いて、直径階（2cm）、樹高階（1m）ごとに、材積表を作製し、表の数値を図上に描いて検討したところ、各々の材積表の接合点において、僅かに不連続な点が認め表れたが、実測値平均材積表との適合もよいので、本材積表は上記3式を用いることに決定した。なお図上において不連続な点は点移動平均法によって平滑化することにした。

2. 材積表の作製

以上によって、決定された材積式を用いて、材積表を作製すれば第16表のとおりである。なおこの材積式は、胸高直径、樹高、幹材積を対数に変換して計算しており、対数として釣合っているが、絶対値としては、釣合っていないため生ずる系統的な、誤差を含んでいるので次式によって計算された修正係数を乗じたものである。

$$\text{修正係数式} \quad f = 10^{\frac{n-1}{n} (1.151293) \sigma^2 y}$$

ただし f : 修正係数

n : 資料数

$\sigma^2 y$: 対数推定の誤差分散

修正係数の計算

直 径 級	$\sigma^2 y$	$n-1/n$	$n-1/n(\sigma^2 y)1.151293$	f
4 ~ 10cm	0.001805684379	0.99766900	0.002074025936	1.0048
12 ~ 20	0.001037102542	0.99835796	0.001192048286	1.0027
22 ~	0.000323095691	0.99863014	0.000946326326425	1.0022

3. 材積表の精度の検討

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

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

によっ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

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

によって表わされており、 SV と SV' とは直接比較することができない。

しかるにいま

$$\log V = X \quad V = 10^X$$

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って表わすことができる。

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

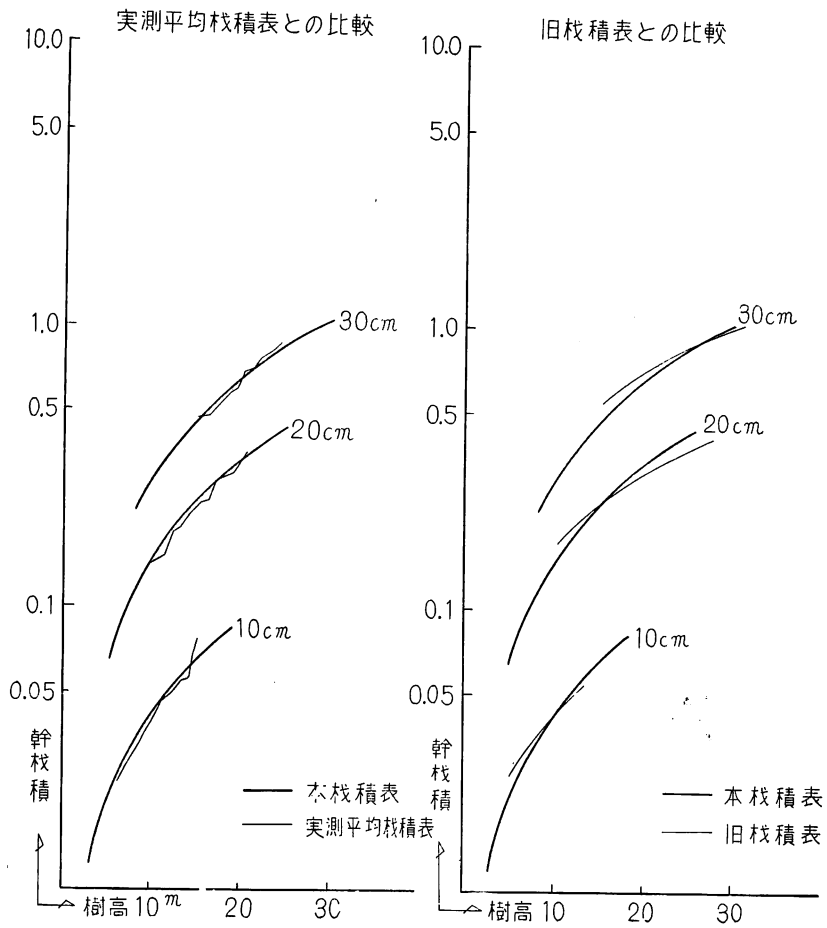
上式の値を、本数の平方根で除いたもので、材積表の百分率標準誤差を表わすと、次のとおりである。

直 径 級	本 数	百 分 率 標 準 誤 差	95%信頼度標準誤差
4 ~ 10cm	429	0.472%	0.93%
12 ~ 20	609	0.300	0.59
22 ~	730	0.245	0.48

なお材積表と調製資料実測平均材積表との比較および、旧材積表との比較を示せば第7図のとおりである。

第 7 図

材積表の適合表



Ⅶ 材積表使用上の注意

1. 本材積表は長野営林局管内の人工林ヒノキに適用するものである。
2. 本材積表は毎本の胸高直径（地上1.2m）樹高を測定して幹材積を求めるものである。
3. 本材積表の幹材積は、次の材積式で算出した値に修正係数を乗じたものである。

直 径 級	材 積 式	修 正 係 数
4 ～ 10cm	$\log v = \overline{5.8714371} + 1.8168788 \log d + 0.9167444 \log h$	1.0048
12 ～ 20	$\log v = \overline{5.6307853} + 1.8121862 \log d + 1.1783766 \log h$	1.0027
22 ～	$\log v = \overline{5.8015365} + 1.6603092 \log d + 1.2042435 \log h$	1.0022

ただし v : 幹 材 積
 d : 胸高直径
 h : 樹 高

Ⅷ 調製年月日および調製担当者職氏名

1. 調製年月日 昭和36年 3 月
2. 調製担当者職氏名

計画課長	農林技官	山 本 熊 男
主 査	"	林 亀
係 員	"	松 村 初 義
"	農林事務官	樋 田 豊
"	常用作業員	三 溝 隆 子

む す び

本材積表は材積式 $v = 10^{a + b \log d + c \log h}$ を使用し調製要綱にもとづいて調製したものである。当局管内の人工林ヒノキは、その一番高令なものでも XV 令級であり、したがって収集された資料も胸高直径36cm以上のものが少ないので将来さらに資料を補足して完全な材積表を調製しなければならない。

引用ならびに参考文献

1. 主要樹種立木材積表調製要綱 昭和30年 林野庁長官
2. 立木材積表調製法解説書 昭和31年 林業試験場
3. 名古屋営林局人工林ヒノキ立木材積表調製説明書
4. スネデカー統計的方法 上下 昭和27年 岩波書店
5. 日本林学会誌 材積表の検定について 昭和31年 日本林学会

人 工 ヒ ノ キ 材 積 表 (m)

樹 高m	周 囲cm	6.3	12.6	18.8	25.1	31.4	37.7	44.0	50.3	56.5	62.8
	直 径 cm	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
2			0.0017	0.0036							
3			0.0025	0.005	0.009	0.012					
4			0.0033	0.007	0.012	0.016	0.021	0.026			
5			0.004	0.003	0.014	0.020	0.027	0.034	0.043	0.054	0.065
6			0.005	0.010	0.017	0.025	0.033	0.042	0.054	0.066	0.080
7			0.005	0.011	0.019	0.029	0.039	0.051	0.064	0.080	0.096
8			0.006	0.013	0.022	0.033	0.045	0.059	0.075	0.093	0.113
9				0.014	0.024	0.037	0.051	0.063	0.087	0.107	0.130
10				0.016	0.027	0.040	0.058	0.077	0.093	0.121	0.147
11					0.029	0.044	0.065	0.086	0.110	0.136	0.164
12					0.032	0.048	0.072	0.095	0.121	0.150	0.182
13					0.034	0.051	0.079	0.105	0.134	0.165	0.201
14						0.055	0.087	0.114	0.146	0.180	0.219
15						0.058	0.094	0.124	0.158	0.197	0.238
16							0.101	0.134	0.171	0.212	0.257
17							0.109	0.144	0.183	0.228	0.275
18								0.154	0.197	0.244	0.295
19								0.164	0.210	0.259	0.313
20								0.174	0.223	0.276	0.333
21									0.236	0.292	0.353
22									0.249	0.303	0.373
23										0.325	0.393
24											0.413

[illegible]

人 工 ヒ ノ キ 材 積 表 (㎡)

樹 高m	周距cm	131.9	138.2	144.5	150.8	157.1
	直径cm	42	44	46	48	50
12		0.627	0.677			
13		0.691	0.746			
14		0.755	0.816	0.878	0.942	1.008
15		0.820	0.886	1.954	1.023	1.095
16		0.886	0.957	1.031	1.106	1.184
17		0.953	1.030	1.109	1.191	1.274
18		1.021	1.103	1.188	1.275	1.364
19		1.090	1.178	1.268	1.361	1.456
20		1.160	1.253	1.349	1.447	1.549
21		1.230	1.329	1.430	1.535	1.643
22		1.301	1.405	1.513	1.624	1.738
23		1.372	1.482	1.597	1.713	1.833
24		1.444	1.560	1.680	1.803	1.929
25		1.517	1.639	1.765	1.894	2.026
26		1.590	1.719	1.850	1.985	2.125
27		1.665	1.798	1.936	2.078	2.224
28		1.739	1.879	2.022	2.171	2.323
29		1.814	1.960	2.110	2.264	2.423
30		1.890	2.041	2.193	2.359	2.525
31		1.966	2.124	2.286	2.453	2.626
32		2.042	2.207	2.375	2.550	2.728
33		2.120	2.290	2.465	2.646	2.831
34				2.556	2.742	2.934
35				2.646	2.840	3.039