

# 主要樹種材種別材積表調製に關する研究

## 其一 ブ ナ

林業試驗場技師  
兼 農 林 技 師

清 野 要

Kaname Seino : Studies on the Construction of Volume Tables  
for the assorted Timber of important Trees in Japan.

I. "Buna" (*Fagus crenata* Blume)

## 目 次

I 緒 言	136
II 材 料	137
1. 材料蒐集個所並擔當蒐集者	137
2. 測定因子及測定方法	138
3. 胸高直徑階並樹高階別材料一覽表	139
4. 立木の實材積	139
III 胸高直徑、樹高、成材々積等相互の關係	143
1. 各產地別材料の胸高直徑階別成材々積の平均値	143
2. 各產地別材料の胸高直徑階別樹高平均値	146
3. 胸高直徑階並樹高階別成材々積の變化	149
4. 胸高直徑並樹高に對する成材々積の關係	154
a. 胸高直徑に對する成材々積の關係	154
b. 樹高に對する成材々積の關係	158
c. 胸高直徑並樹高に對する成材々積の關係	161
IV 材積表の調製	169
1. 直徑の意義	169
2. 胸高直徑階或は樹高階の階級區分	173
a. プナ樹幹胸高位置に於ける横斷面の偏倚狀態	176
i 胸高位置に於ける短徑に對する長徑の比	176
ii 胸高位置に於ける最短徑に對する最長徑の比	176
iii 最短、最長兩徑間の夾角	177
b. 階級區分の大小	178
3. 同一胸高直徑階内に含まれるプナ個樹の成材々積の變化する狀態	181
4. 樹高階の階級區分に就て	186
5. 表示すべき成材々積の數字の括約	186
6. 胸高直徑に對する第一種材々積率の關係	188
7. 胸高直徑に對する粗朶材々積率の關係	190
8. 胸高直徑に對する胸高周圍の關係	195
9. 從來の材積表との比較	197
V 材積早見圖の調製	198
1. 成材々積早見圖	203
2. 第一種材々積早見圖	204
3. 全木材積早見圖	205
VI 材積計算補助表の調製	206
VII 摘 要	209

## I. 緒 言

昭和9年3月、山林局に於て全國各營林局實驗係員協議會が開催せられ、材積表に關する問題が協議せられた結果、本邦産主要樹種

## 針 葉 樹 11 種

- |                           |                     |                                  |                           |
|---------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------------|
| 1. ス      ギ               | 2. ヒ      パ         | 3. ヒ      ノ      キ               | 4. ア      カ      マ      ツ |
| 5. モ      ミ               | 6. ツ      ガ         | 7. カ      ウ      ヤ      マ      キ | 8. カ      ラ      マ      ツ |
| 9. ク      ロ      マ      ツ | 10. シ      ラ      ペ | 11. タ      ウ      ヒ              |                           |

## 闊 葉 樹 18 種

- |                                   |   |                            |                     |
|-----------------------------------|---|----------------------------|---------------------|
| 1. ブ      ナ                       | 2. ミ      ヅ      ナ      ラ               | 3. カ      シ      類         | 4. シ      ヒ      類  |
| 5. イ      ス      ノ      キ         | 6. イ      タ      ヤ      カ      ヘ      デ | 7. カ      パ      類         | 8. ク      リ         |
| 9. タ      ブ                       | 10. ト      チ                            | 11. ホ      、      ノ      ギ | 12. カ      ツ      ラ |
| 13. サ      ハ      グ      ル      ミ | 14. ケ      ヤ      キ                     | 15. ク      ヌ      ギ        | 16. カ      シ      ハ |
| 17. セ      ノ      ノ      キ        | 18. シ      ホ      デ                     |                            |                     |

に對し、新に統一せられた考の下に材料を蒐集し、同一處理方法に依つて材種別材積表調製に關する研究をする事になり、その後引續き材料蒐集中であるが、ブナに就いては既に昭和8年9月、當時の東京營林局利用課長石原 清逸氏の好意に依り、同局管内沼田、後閑兩營林署部内に於て豫備調査をなし、同年11月より弘く青森、秋田、東京、大阪の各營林局管内國有林の材料蒐集に着手したのである。その後關係各位の熱心なる努力に依り、昭和9年9月豫定の材料蒐集を完了しその計算結果を取纏め、「栲の單木材積表及材積早見圖」と題して昭和10年11月林業試験彙報第39號に發表したのであるが、更に材料に關する記載及び調製理論等の詳細を本報告に掲載し、一般の參考に資せんとするものである。

但胸高直徑 20 糎未満の小徑木に對しては、目下材料蒐集中なるによりその範圍に對する研究は後日に譲る。

本研究に當り御高配を賜はりし、山林局業務課並各營林局各位、材料蒐集の任に當られし關係局署員各位、御指導並援助を忝くしたる林學博士寺崎渡氏、農林技師太田勇治郎氏及び計算作表の勞に當りし元業務課員馬場榮子、飯田久子、現業務課員村上澄子、加々路アサ子、鷲頭武子、棚谷二三、深野文子の諸氏に對し深謝の意を表するものである。



## II. 材 料

## 1. 材料蒐集個所並擔當蒐集者

本研究は、前記各營林局管内國有林より蒐集した、胸高直徑8 廻より 118 廻、樹高8 米より 36 米に至る合計 1,059 本（内實驗式決定に使用したものは胸高直徑 18 廻より 118 廻に至る 1,038 本）の材料を基礎としたもので、その材料蒐集個所並擔當蒐集者は次の如くである。

## 蒐集個所

營林局名	營林署名	事業區名	國 有 林 名	林小班名	本 數
青 森	三本木	十和田	黃 瀬 山	104,い	100
"	川 井	門 馬	南 田 代 山	56,に	100
"	水 澤	水 澤	東 前 川 山	59,い	100
秋 田	阿仁合	小 又	大 印 澤	22,ろ	63
"	荷上場	大 開	鹿 瀬 内 澤	27,い,ろ,と,り	57
"	生保内	玉 川	小 和 瀬	17,ろ	60
"	眞室川	鮭 川	柿 ノ 木 澤	33,を	60
"	寒河江	白 岩	仁 田 山	4,へ	60
東 京	喜多方	喜多方	洞 房 外 二	4,ろ	100
"	飯 山	飯 山	木 島 山	52,ろ	101
"	沼 田	東 入	迦 葉 山	71,い	100
大 阪	莊 川	莊 川	瀧ヶ洞外二十一	28,ろ	52
"	古 川	古 川	ソ バ 谷	8,い	30
"	鳥 取	鳥 取	山王谷、沖ノ山		56
"	廣 島	廣 島	寂 地	105,い	20

## 各營林局署の擔當蒐集者

青森營林局	技 手	植 田 守 雇	佐々木俊雄
三本木營林署	雇	西澤文三郎	
	雇	上遠野 博	
秋田營林局	技 手	長 島 朝 吉 同	伊 藤 源 治
	雇	畑 忠 忠	
阿仁合營林署	技 手	寺 門 順	
	森林主事	菅原勝四郎 雇	工 藤 幹 雄
荷上場營林署	技 手	船 山 信 一 雇	高 畑 正 夫
眞室川營林署	囑 託	齋 藤 孝 一 雇	小 田 政 一



	雇	佐々木 莊 司		
生保内營林署	技 手	中 村 忠 雄	雇	和 田 慎 助
	雇	渡 部 司	同	大 山 由 藏
	同	佐藤啓次郎		
寒河江營林署	屬	佐藤 七 郎	雇	高 橋 力 雄
	雇	菅 原 秀 雄		
東京營林局	屬	淺見長三郎	雇	山 田 敏 雄
	雇	今 仁 正 元	雇	大 山 猛
喜多方營林署	技 手	菊 地 助 治	森林主事	水 沼 熊 造
	同	稻 田 寅 吉	雇	平 山 均
沼田營林署	技 手	土 谷 豊	同	石 井 誠
	森林主事	林 森	同	今 泉 長 秋
	同	佐藤市太郎	雇	田 中 隆 夫
	雇	中 島 正 三		
飯山營林署	技 手	服 部 基	森林主事	小 松 松 雄
	同	石 井 敦	同	鈴 木 昌 孝
	雇	渡 邊 茂 助		
莊川營林署	技 手	渡 邊 潔	雇	太 田 正
古川營林署	雇	葉 山 五 巳	同	川 瀬 次 郎 吉
廣島營林署	雇	黒 川 靜		

## 2. 測定因子及び測定方法

各營林局管内に於けるブナ林の、混淆歩合 70% 以上のものにつき、成るべく中庸の成育をし、元木 4 米以内で分岐しないもの（但し胸高直徑 16 糎以下のものには此の制限なし）を選び、之に就て下記の因子を測定したのである。

1. 樹高 樹冠の頂點より地際に至る垂直距離。
2. 枝下高 樹冠を構成する主要生枝の分岐點より地際に至る長さ。
3. 胸高直徑 地上 1.2 米の位置に於ける輪尺の讀み（後述参照）但し傾斜地に在つては幹脚が高部に於て、傾斜面と交錯する點を地面と看做した。又樹高及枝下高は伐倒の上「テープ」により實測したのであるが、此の時には、伐倒前に印附してある胸高位置を基點とし樹幹に沿うて（或はその延長線に沿うて）測つたのである。
4. 區分求積に必要な各部の直徑及び粗朶材の重量 材積は全木を太さにより、第一種材（根元より皮附直徑 20 糎迄の地上部分）、第二種材（第一種材をとりたる殘部の内、皮附

直徑7 纏迄の部分) 及び粗朶材(第一種材及第二種材をとりたる残りの部分)の3種に區別して各材種別に算出したのであるが、第一種材及び第二種材とも、長さ2米毎の「フーベル」氏式區分求積により(端數を生じた場合はその全長と中央直徑とによる)、粗朶材は葉を除いた容積を、全重量と若干束の標準束の重量との比により算出したものである、従つて之等の計算に必要な各部の直徑及び粗朶材の重量を測定した。

5. 分岐數分岐點に於ける生枝の内(ブナに於ては幹枝の別が判然しないものが多いが、茲では一分岐點で分岐してゐる生枝の内、最も太いものを假に幹と看、その他のものを枝と見た、略々同一の太さを有するものに就ては何れか一方を幹と見たのである)直徑が胸高直徑の  $\frac{1}{5}$  以上の生枝の數を數へて記録した、第一次の枝は勿論二次、三次のものもその數に加へたのである、尙ほ此の分枝の直徑は略々分岐點から直徑の太さだけ距つた點を測ることにした。

#### 6. 伐採面の高さ及び年輪數

胸高直徑及び區分求積用直徑は、各測定位置に於て輪尺により十字の二方向に測定した數値の算術平均値とし、纏單位により單位以下第一位まで求め、樹高及び枝下高は米單位により示し、單位以下第一位迄讀み、又材積は立方米單位により示し單位以下第三位迄求めたのであるが、之に用ひた圓面積表は平方米單位、單位以下第四位迄のものである。

以上の測定因子の内 2, 5, 6 等に就ては、他日の研究に譲ることとし、本論文に於ては専ら材積表調製に必要な因子に就てのみ論ずる。

### 3. 胸高直徑階並樹高階別材料一覽表

次頁第1表に示す通りである。

### 4. 立木の實材積

茲に立木の實材積とは、前述の如く2米毎の「フーベル」氏式區分求積により算出した成材部分と、標準束法による重量の比により算出したる粗朶材の部分とを指すのであるが、茲ではその主要なる部分をなす成材々積に就てのみ考へる。

Huber 氏式は全樹幹を單一の中央直徑と長さにより求積する場合は、一般に過小の値を與ふるものであるが(吉田博士著測樹學要論 81 頁) 2m. 若しくは之を超ゆること多からざる長に區分して求積する場合には、最も正確な材積を與ふるものとせられてゐる(Kunze: Supp. z. Th. f. F. Bd. II. S. 153 吉田博士前掲書に依る)。故に之等の求積方法に關する檢討には觸れず、茲では「フーベル」氏式により求積する場合、その中央直徑に起る誤差(後述參章)の大きさと、その材積計算に影響する大きさとを關係を簡單に考へて見る。

今求積せんとする部分の中央直徑を  $d_n$  cm 材長を  $l$  m. とするときは、「フーベル」氏式による此區分の材積は  $v_n = \frac{1}{10^4} \cdot \frac{\pi}{4} d_n^2 l$  (立方米) ……………(1) により與へられる理である、従つて直徑が  $d_n$  であり、その誤差が  $\Delta d$  であるとき、材積計算に起り得る誤差  $\Delta v$  は

第 1 表 胸高直徑階竝樹

Table 1. Distribution of trees by

胸高直徑 D.B.H. (cm) 樹高 Total height (m)	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54
8	1																							
9	1																							
10				1																				
11			2	1																				
12			1		1																			
13				1	2	1						1												
14				1	1		1		2															
15					1		1	1	1															
16					1	3	1	2	7	2	1													
17					1	2	6	1	4	2	1	2	2		1									
18							3	2	5	5	2	1		1	2		1			2				
19						1	5	4	7	3	5	5	1	3			1		2	1		1		1
20					1		2	3	6	8	6	7	4	5	3	1	1	1	2	5	3			2
21							2	1	3	4	5	4	6	4	15	4	2	4	3	1	3	1	2	2
22								4	3	1	2	6	5	3	2	7	6	9	5	6	6	2	7	4
23								1	3	7	2	5	5	6	3	9	8	6	1	2	4	4	2	6
24								1	4	3	6	2	2	6	2	12	7	9	5	4	6	3	7	7
25									1	1	2	4	3	2	4	3	6	3	2	6	6	4	7	2
26							1			1	3		3	1	4	2	4	4	6	4	4	5	5	1
27									1		2		2	3	2	3	6	5	4	5	4	4	2	8
28												1	1	2		2	1	1		4	4	4	5	4
29									1	1				1	1		1	1		3	1	1	2	1
30																		2		1	1	1	1	1
31																					1			1
32																								
33																								
34																								
35																								
36																								
合計 Totals	2	3	3	4	8	5	23	25	43	37	36	38	34	37	39	43	44	45	30	44	43	30	30	40



高階別材料一覽表

D. B. H. and Total height classes.

56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	96	98	100	102	104	108	4階級	118	合計 Totals
																											1
																											1
																											1
																											3
																											2
																											5
																											5
																											4
																											17
																											22
																											24
																											40
			1	1																							62
	4	1		1		1	1	1	1																		75
5				1		1	1	1	2		1		1			1											92
6	4	3	2	2	1	1	3		1	1	1	2															101
4	4	5	5	3	2	4		2		4	2			1	1	1											124
3	6	6	2	5	2	3	1		3		1	1	1			1											91
4	3	4	2	10	3	2	7	2		3	3		2		1	3											97
4	8	4	2	5	3	2	5	2	3	4		5	1	2			1	1									103
2	5	6	5	6	4	3	3	1	2	3		3	1	1	1	1	1	3								1	81
3	1	1	1	1	2	2	1	3	3	3	2	1	1	1	1			1	1	1				1			45
2	1		5	1	1	2				2	1		2	1	2		1	1					1				30
				1	1		3		1	1				2	1			2	1								15
1					1						2				1						1	1					7
									1					1	2	1	1										6
															1									1			2
																			1								1
																	1										2
																											1
																											2
34	36	31	26	35	21	21	25	13	14	21	14	12	9	9	11	8	5	9	2	1	1	1	2	1		1	1,059

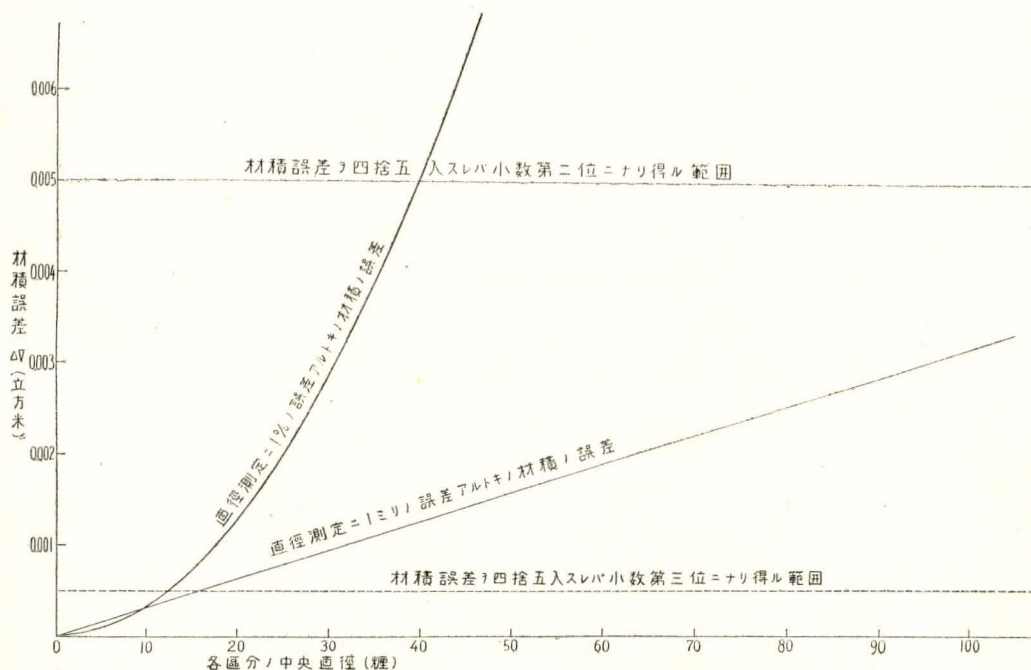
$$\Delta v = \left( \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{10^4} d \right) 1. \Delta d \dots \dots \dots (2)$$

$$d = d_n + \theta \cdot \Delta d \quad \text{茲に } 0 \leq \theta \leq 1$$

により與へられる。式中の  $\Delta d$  は直徑測定上の偶然誤差以外に、樹幹横斷面形が正圓ならざるため、測定方向を異にすることによつて生ずる秩序的の差異も考へられる理である。又  $\theta$  は  $d$  が  $\Delta d$  だけ變化する間に括弧内の値が平均値を與ふる如き値をとる。今  $\Delta d = 1 \text{ mm}$ ,  $\theta = \frac{1}{2}$  とした場合と  $\Delta d = \frac{1}{100} d_n$ ,  $\theta = \frac{1}{2}$  とした場合の (2) 式を圖示すると第 1 圖の如くである。

第 1 圖 各區分中央直徑測定の誤差が區分求積に及ぼす影響

Fig. 1. Errors in sectional cubing caused by errors in diameter measurements.



$\Delta d$  は後述の如く更に一層大きくなり得る性質のものであるから、區分求積に於ける各測定部分の材積計算値には、立方メートル単位にして小數第二位乃至第三位に相當程度の動搖を生ずるものであるのを知るべきである。然るに誤差の性質として器械的差及び個人的誤差がなければ、正負同程度に起り得るものと考へられるから、各區分の合計である成材全體の材積に於ては、上述の誤差が幾分緩和されるものと見るのが至當である。著者は材料蒐集に當り、材積計算には、平方メートル単位により、單位以下第四位迄の圓面積表を使用し、材積合計を立方メートル単位により小數第三位迄に止めたのは、以上の根據に依るものである。

尙同一樹木を同一個所に於て區分し、多數の人が交代に實測した直徑により求積するならば、材積合計に於ては第 2 表に示す如き差異を生ずる。此の數値は調査方法打合に參集せられた各



位に依頼し實測を煩はしたもので、相當信頼し得る結果である。但材料が僅少のため、直にその結果を以て全般を判斷することは早計に過ぎるけれども、區分求積によつて得られる實材積には、相當範圍の變異があり得るものであるのを知るであらう。殊にそれは潤葉樹に於て著しい傾向を示してゐる。

第 2 表 區分求積による立木材積の變異狀態

Table 2. Variations in volume computation by sectional cubing.

樹 種	營 林 署 名	胸 高 直 徑	第一種材の 變 異 係 數	第二種材の 變 異 係 數	成材全體の 變 異 係 數
		cm	%	%	%
ブ	ナ 阿 仁 合	44	1.7	2.5	1.66
ホ	ホ 生 保 内	35	0.8	3.1	0.84
カ	シ 内 之 浦	27	4.0	1.1	2.60
ス	ギ 能 代	32	0.88	(備 考)	
〃	早 口	92	0.33	針葉樹は幹材積の變異係 數を表はす。	
ヒ	バ 生 保 内	46	0.48		

### III. 胸高直徑、樹高、成材々積等相互の關係

#### 1. 各產地別材料の胸高直徑階別成材々積の平均値

各產地毎にその材料を、樹高には關係せず 2 種毎の直徑階に分類し、各階級内の成材々積の平均値を算出し、更にそれより 5 階級毎の移動平均を求めると、第 3 表の如くである。

第 3 表 胸高直徑に對する成材々積の關係 (5 階級毎の移動平均により一般傾向を示す)

Table 3. Relations of "Derbholz" to D.B.H. (general trend by 5 class moving averages).

(單位立方米)

産 地 Locality 直徑階 D.B.H.	三本 木	川井	水澤	阿仁 合	生保 内	眞室 川	寒河 江	喜多 方	沼田	飯山	莊川	廣島 鳥取 古川	沖ノ 山	荷上 場	全國 合併
cm															
24	0.389	0.407	0.397	0.462	0.572		0.397	0.389	0.532	0.364	0.444	0.522		0.619	0.461
26	0.579	0.483	0.485	0.523	0.618	0.532	0.481	0.474	0.614	0.464	0.539	0.534		0.714	0.526
28	0.579	0.567	0.608	0.630	0.710	0.652	0.572	0.594	0.707	0.565	0.700	0.610		0.742	0.622
30	0.707	0.677	0.749	0.824	0.872	0.744	0.622	0.728	0.838	0.711	0.835	0.799		0.859	0.758
32	0.854	0.815	0.867	1.020	0.989	0.867	0.744	0.859	0.911	0.834	0.951	0.923		0.930	0.887
34	1.036	1.108	1.090	1.105	1.182	0.998	0.819	0.926	1.115	0.881	1.090	1.140		1.113	1.033
36	1.246	1.238	1.178	1.290	1.374	1.069	1.085	1.136	1.342	1.056	1.218	1.127		1.292	1.203
38	1.487	1.405	1.366	1.520	1.508	1.226	1.274	1.364	1.554	1.178	1.434	1.286		1.435	1.378

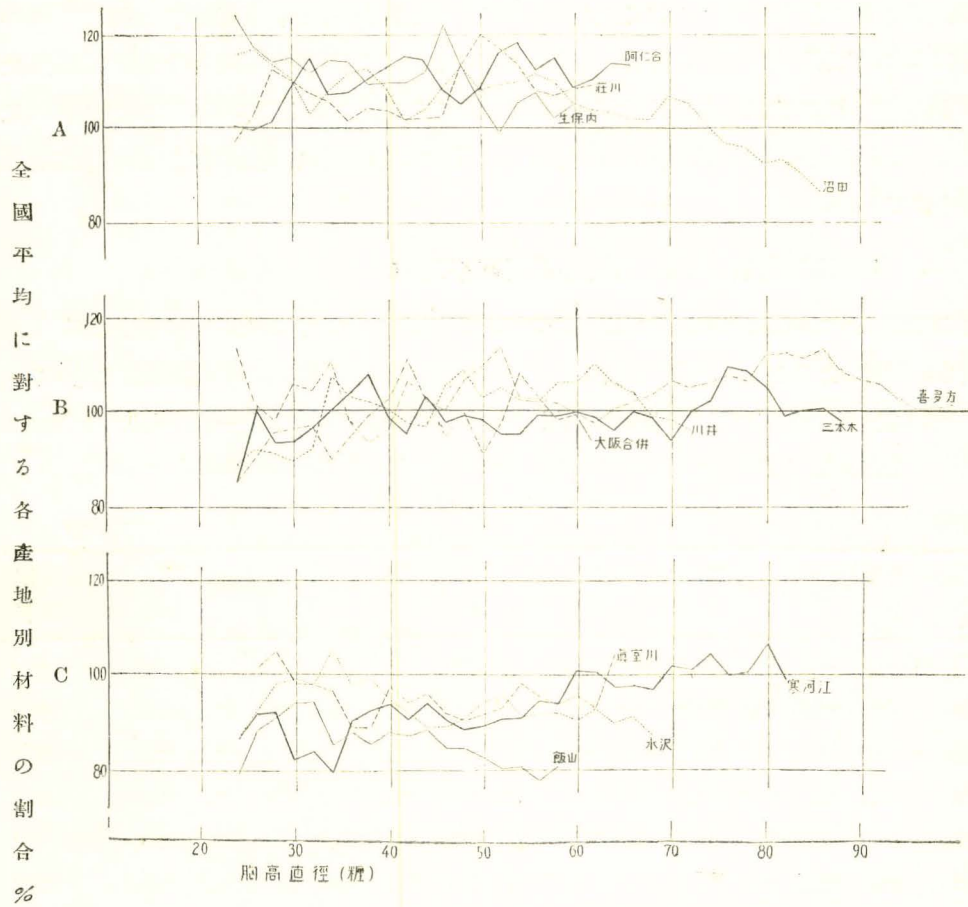


産地 Locality 直徑 D.B.H.	三本 木	川井	水澤	阿仁 合	生保 内	眞室 川	寒河 江	喜多 方	沼田	飯山	莊川	廣島 鳥取 古川	沖ノ 山	荷上 場	全國 合併
40	1.496	1.517	1.437	1.710	1.663	1.479	1.422	1.552	1.645	1.332	1.573	1.455		1.677	1.517
42	1.642	1.681	1.587	1.990	1.891	1.626	1.562	1.917	1.749	1.500	1.756	1.833		1.854	1.726
44	2.007	1.879	1.724	2.225	2.171	1.866	1.821	1.983	2.013	1.715	1.981	1.995	1.875	2.016	1.943
46	2.114	2.281	1.928	2.342	2.652	1.992	1.959	2.170	2.359	1.832	2.217	2.047	2.433	2.104	2.168
48	2.421	2.661	2.222	2.566	2.772	2.210	2.164	2.596	2.761	2.072	2.769	2.440	2.633	2.305	2.447
50	2.639	2.765	2.537	2.920	2.835	2.469	2.398	2.949	2.901	2.230	3.222	2.440	3.585	2.606	2.692
52	2.821	3.122	2.850	3.450	2.946	2.771	2.696	3.373	3.245	2.390	3.485	2.898	3.585	3.076	2.976
54	3.111	3.347	2.986	3.870	3.445	3.211	2.975	3.355	3.588	2.636	3.717	3.535	3.478	3.695	3.273
56	3.471	3.560	3.220	3.930	3.758	3.343	3.314	3.590	3.896	2.710	3.774	3.610	3.910	3.695	3.499
58	3.737	3.995	3.469	4.340	3.861	3.535	3.540	3.828	4.139	3.050	4.026	3.700	4.096	4.071	3.774
60	4.111	4.362	3.720	4.470	4.320	3.941	4.158	4.098	4.328		4.457	4.080	3.852	4.269	4.119
62	4.367	4.860	4.095	4.880		4.096	4.457	4.305	4.589		4.829	4.095	4.404	4.394	4.425
64	4.558	5.021	4.261	5.410		4.956	4.632	4.770	4.911				5.082	4.646	4.755
66	5.126	5.323	4.677	5.820			5.012	5.219	5.224				5.043	4.860	5.132
68	5.314	5.327	4.698				5.220	5.572	5.481				5.237	5.049	5.391
70	5.440	5.698					5.930	6.184	6.206				5.237	5.350	5.817
72	6.147	5.940					6.254	6.495	6.522				5.375	5.885	6.190
74	6.724						6.903	6.997	6.670				6.442	6.218	6.617
76	7.886						7.199	7.763	6.999				7.180	6.637	7.224
78	8.157						7.555	7.991	7.217				7.873	7.228	7.519
80	8.430						8.531	8.958	7.436				8.071	7.228	8.030
82	8.598						8.625	9.750	8.124					8.868	8.708
84	9.349							10.287	8.446					8.868	9.354
86	9.865							11.105	8.500					9.288	9.821
88	10.160							11.242						9.701	10.395
90								11.273						9.701	10.574
92								11.632						9.145	11.011
94								11.586							11.327
96								11.633							11.603
98								13.509							13.459
100								14.246							14.105
102															14.856

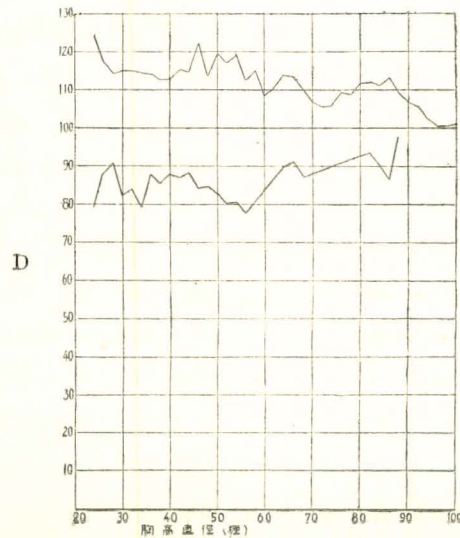
之等の數値は各産地別材料の成材が、胸高直徑の變化に伴つて變化する一般傾向を示すものであつて、之を比較するならば、同様の直徑を有する産地別材料の成材々積の差異を知る事が出来る理である。比較に便利なる爲に全國合併の材料を、同様の方法により移動平均を算出した成材々積を基にし、之に對して各産地別材料の移動平均値の百分比を圖示するに第 2 圖の如くである。

第2圖 産地による材積の差 (成材々積)

Fig. 2. Differences of average volumes by Locality (Derbholz).



同變化の範圍





前圖に依れば、同似の胸高直徑を有するブナ樹に就いて見るに、生保内、阿仁合、莊川、沼田等（同圖 A）の材料は全部又は大部分が、全國合併の平均値よりも大きく、飯山、寒河江、水澤、眞室川等（同圖 C）の全部又は大部分が平均値よりも小さい、比較的平均値に近いものは、三本木、大阪管内の廣島、鳥取、古川の合併等であつて（同圖 B）、その他のものは太さにより平均値に對して大又は小の差異がある、けれどもその差の百分率が 20% を超えるものは殆んど稀である。同圖の D は全國合併の平均値に對して差異のある實際の割合を示すために添へたものである。

## 2. 各產地別材料の胸高直徑階別樹高平均値

各產地別材料の胸高直徑に對する樹高につき、前同様の計算を行ふと、第 4 表及び第 3 圖を得る。同圖によると全國合併の材料より得らるゝ、胸高直徑對樹高の平均的關係に對する、

第 4 表 胸高直徑に對する樹高の關係（5 階級毎の移動平均により一般傾向を示す）

Table 4. Relations of Total height to D. B. H. of Buna. (general trend by moving averages)

（單位米）

產地 Locality 直徑階 D.B.H.	三本 木	川井	水澤	阿仁 合	荷上 場	生保 内	眞室 川	寒河 江	喜多 方	沼田	飯山	莊川	廣島 鳥取 古川	沖ノ 山	全 國 合 併
cm 24	19.5	19.2	19.1	21.3	23.9	25.4		16.6	18.4	21.6	18.9	18.6	20.3		20.0
26	20.5	19.9	19.5	21.3	24.5	25.4	20.8	17.5	19.3	21.0	19.4	19.1	20.3		20.4
28	20.5	20.1	20.1	22.1	24.8	25.4	22.1	18.3	20.3	21.7	19.8	20.5	20.6		21.0
30	21.3	20.9	20.7	23.8	24.2	25.8	22.7	19.5	21.2	22.3	19.8	21.3	21.2		21.7
32	22.2	21.5	20.9	24.8	24.2	25.9	23.0	20.4	22.0	22.5	20.2	21.8	21.4		22.1
34	22.7	23.2	21.3	25.5	22.9	25.8	23.2	20.6	22.5	23.3	20.2	21.9	22.2		22.6
36	23.2	23.5	21.8	26.0	23.3	26.2	23.5	22.4	23.3	24.8	20.6	21.9	22.3		23.2
38	23.3	24.0	22.0	26.6	23.6	26.4	23.4	23.2	24.2	25.0	20.9	22.2	22.7		23.5
40	23.5	24.3	21.6	26.7	24.5	26.2	23.8	23.5	24.2	25.0	21.4	22.3	22.6		23.6
42	23.9	24.6	21.8	27.0	24.9	26.3	24.0	23.8	25.1	25.1	21.4	22.5	22.4		23.9
44	24.1	24.5	21.9	27.5	25.3	26.4	24.1	24.5	25.2	25.1	21.4	22.8	22.8	23.4	24.0
46	24.2	24.7	21.8	28.1	25.3	26.7	24.3	24.1	25.1	25.3	21.3	23.7	23.0	26.2	24.3
48	24.6	25.8	21.9	28.4	25.6	26.8	24.5	24.1	25.3	25.0	21.3	24.5	23.1	27.7	24.5
50	24.9	26.1	22.6	28.7	25.9	26.8	24.5	23.5	26.1	25.0	21.3	25.2	23.1	25.3	24.7
52	24.8	26.5	22.7	29.1	26.4	26.8	25.0	23.7	26.5	25.5	21.4	25.4	24.3	25.3	24.9
54	25.4	27.0	22.5	28.5	26.8	27.0	25.1	22.9	26.2	25.9	21.7	25.7	24.3	25.6	24.9
56	25.5	26.9	22.8	28.5	26.8	27.0	25.0	23.6	26.5	25.8	21.8	25.9	23.8	23.6	25.1
58	25.5	27.2	23.2	28.4	26.9	26.9	25.4	24.0	26.9	26.2	21.6	26.2	23.3	24.8	25.3
60	25.4	27.2	23.3	28.0	27.8	27.5	25.4	25.1	26.8	26.2		26.1	21.8	27.5	25.7



産地 Locality 直轄地 D.B.H.	三本 木	川井	水澤	阿仁 合	荷上 場	生保 内	眞室 川	寒河 江	喜多 方	沼田	飯山	莊川	廣島 鳥取 古川	沖ノ 山	全國 合併
62	25.6	27.9	23.5	27.9	27.7		25.4	25.5	26.7	25.8		26.2	24.1	27.2	25.9
64	25.4	27.6	23.4	28.4	25.5		26.3	26.1	27.2	25.8				27.5	26.2
66	25.5	27.8	23.0	28.5	27.2			26.7	27.2	26.0				27.8	26.5
68	26.0	27.5	22.8		26.9			26.5	26.9	25.7				27.6	26.1
70	26.0	28.0			25.2			26.7	27.9	25.6				27.6	26.9
72	26.4	27.4			25.3			27.1	28.2	25.7				27.9	26.9
74	26.5				25.1			27.7	29.1	25.2				29.2	27.2
76	27.0				24.5			27.2	29.3	25.3				29.6	27.2
78	27.0				24.9			27.4	29.7	25.6				28.7	27.4
80	27.1				24.9			28.0	29.9	25.6				29.9	27.7
82	27.0				26.0			27.8	31.1	25.1					28.0
84	29.9				26.0				30.9	25.7					28.2
86	28.8				27.6				32.3	25.7					29.2
88	27.5				28.6				31.9						30.9
90					28.6				32.1						32.1
92					27.5				31.7						31.7
94									31.2						31.2
96									30.6						30.6
98									31.0						31.0
100									31.4						31.4

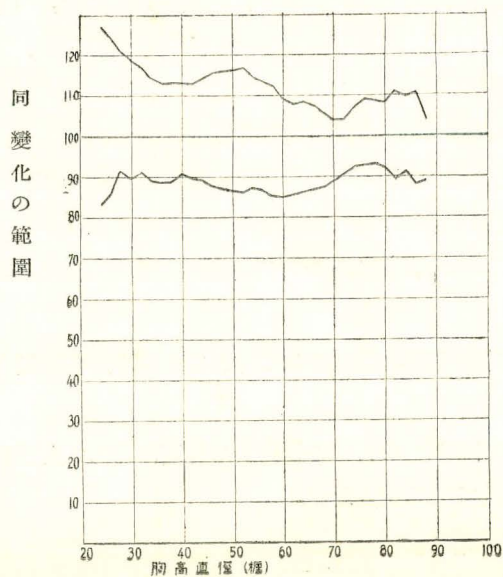
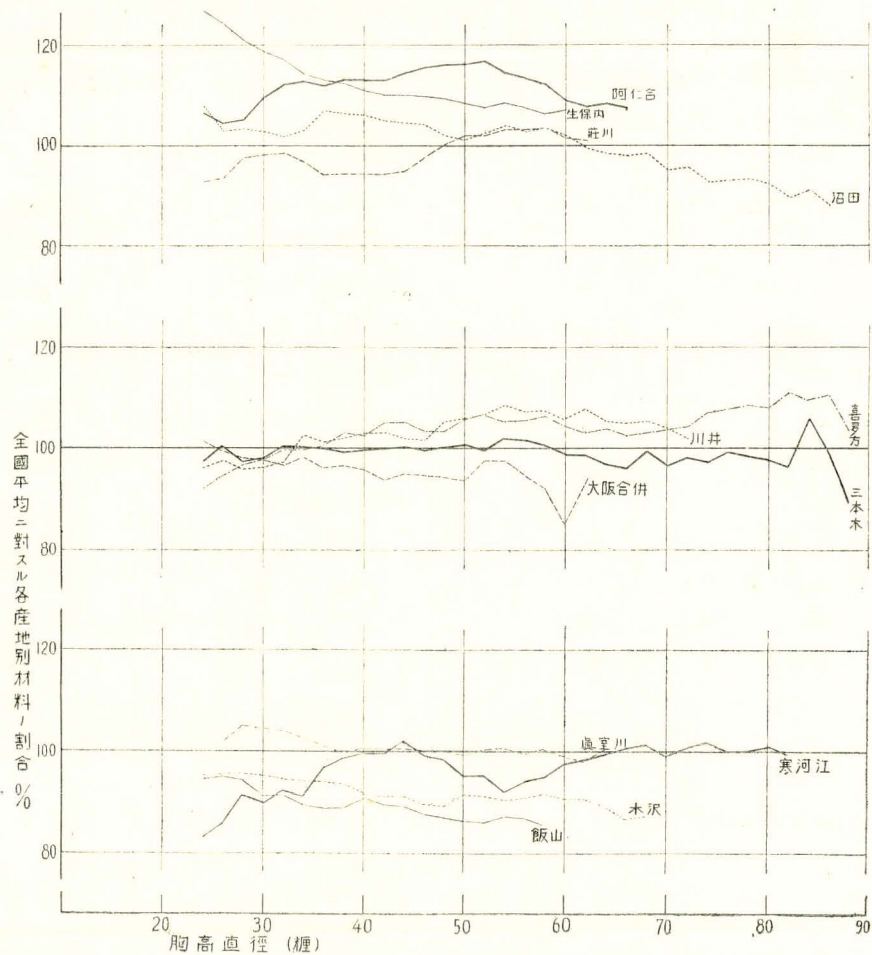
各産地別材料の樹高の割合が讀みとられる。即ち、生保内、阿仁合、川井、喜多方等の全部又は大部分が全國の平均値よりも大きく、飯山、水澤、大阪管内の合併、寒阿江等の全部又は大部分が、平均値よりも小さく、眞室川、三本木等が殆んど全國平均の樹高に近い變化をしてゐる事が判る。更に面白いのは第2圖及び第3圖を比較して見て、眞室川、莊川等一二の例外はあるが、全國合併の平均値に對する過不足の關係は、殆んど同様の傾向を示してゐる事である。而も之等の曲線の高低の位相も兩圖に於て相對應して居ると思はれる點が頗る多いのである。例へば、生保内、阿仁合、三本木、飯山等の材料に就いて見るも明である。仍つて次の事が考へ得る。

イ) 成材々積を胸高直徑並に樹高に關係さして考ふるならば、各階級内の各産地別材料の差は比較的緩和されるであらう。

ロ) その差が各産地別材料の個々の材積の變化する範圍に比して大差がないならば、全國の材料を合併して同様の取扱をするも差支ない。

と。仍つて次の研究が必要になる。

第3圖 産地による樹高の差 (各胸高直徑階内の樹高平均値の割合)  
 Fig. 3. Differences of average Total height by Locality.



## 3. 胸高直徑階別樹高階別成材々積の變化

全國の材料を合併し、胸高直徑 2 纏、樹高 1 米毎の階級に分類するとき、各階級内に 4 本以上を含む階級について其成材々積の變化する有様を見るに、第 5 表の如き結果を示す、同表

第 5 表 a. 胸高直徑階別成材々積の變異狀態

Table 5. a. Distribution of trees by D. B. H. and Coefficient of variation classes.

變異係數 C. of V. %	0	5	10	15	20	25	30	35	合 計 Totals	平 均 averages	1.349 ×平均
胸高直徑 D. B. H. cm											
20			1					1	2	22.5	30.4
22		1			1		1		3	18.3	24.7
24		1	1	1		1	1		5	17.0	22.9
26			1	1		1	1		4	20.0	27.0
28		2	1		1				4	10.0	13.5
30		1	1	2		2			6	15.8	21.3
32		1	1	1				1	4	16.3	22.0
34		1	2		1				4	11.3	15.2
36		2	1						3	6.7	9.0
38		2		1	1				4	11.3	15.2
40	1	4	1						6	5.0	6.7
42		1	1	3					5	12.0	16.2
44			1	1	2				4	16.3	22.0
46		3	1	2	1				7	10.7	14.4
48	1	2	2	1		1			7	10.0	13.5
50	1	3	1						5	5.0	6.7
52		1	3	1					5	10.0	13.5
54			3			1		1	5	18.0	24.3
56		1	2	2					5	11.0	14.8
58		1	1	2		1		1	6	17.5	23.6
60		2	2		1				5	10.0	13.5
62		1	1	1					3	10.0	13.5
64			2	2					4	12.5	16.9
66		1							1	5.0	6.7
68				1		1			1	25.0	33.7
70			1						2	12.5	16.9
72											
74											
76				1		1			2	20.0	27.0
78											
80		1							1	5.0	6.7
合 計	3	32	31	23	8	9	3	4	113		



第 5 表 b. 樹高階變異係數階別本數分配表

Table 5. b. Distribution of trees by D. B. H. and Coefft. of var. classes.

變異係數 C. of V. %	0	5	10	15	20	25	30	35	合計 Totals	平均 averages
樹 高 Total height. cm										
16					1				1	20.0
17			1			1			2	17.5
18		1		1					2	10.0
19		1	1		1		1	1	5	20.0
20		1	1	2	1	1		1	7	17.9
21		3	2			1	1	1	8	15.6
22		3	2	4	2	1			12	13.3
23		2	6	3	1				12	11.3
24		6	3	4		2	1	1	17	13.8
25	1	4	3	2					10	8.0
26	1	3	5	2	1				12	9.6
27		4	4	2	1	3			14	13.2
28	1	4	2	3					10	8.5
29										
30			1						1	10.0
合 計	3	32	31	23	8	9	3	4	113	

の變異係數とは、各階級内に含まれる、個樹の成材々積の標準偏差を計算し、之を其階級の平均値に對する百分率を以て示したものである。第5表の數字は、夫々の變異係數を示した階級の數を、夫々相對應する直徑階並に樹高階に對して示したものである。例へば第5表直徑階20 厘の列の數字は、直徑階 20 厘の階級に屬し、樹高階が1米毎に區分せられた階級の中で、成材の變異係數 10 % のものが1階級と、35 % のものが1階級あることを示してゐる。(此時は結局同一直徑階に屬する樹高階の數を意味する)。又右端の平均値は各階級内(同一直徑階内の各樹高階、又は同一樹高階内の各直徑階)の變異係數の平均値を示すもので、同一直徑階内又は樹高階内の平均としての變異係數を示すものではない。

尙第5表a及び第6表aの  $1.349 \times \text{平均}$  は後に成材々積の變化する範圍を論ずる場合に必要な數値である。(IV. 3. 參照)

第 6 表 a. 胸高直徑階變異係數階別本數分配表

Table 6. a. Distribution of trees by D.B.H. and Coeft. of var. classes.

變異係數 C. of V. %	10	15	20	25	30	60	合計 Totals	平 均 Averages	1.349 × 平均
胸高直徑 cm D. B. H.									
10						1	1	60.0	80.9
15			1				1	20.0	27.0
20		2	1				3	16.7	22.5
25	1	1	2	1			5	18.0	24.3
30			3	1			4	21.3	28.7
35	2		2				4	15.0	20.2
40	2	1					3	11.7	15.8
45	1	3					4	13.8	18.6
50	1	2		1			4	16.3	22.0
55	1	3					4	13.8	18.6
60	1	2			1		4	17.5	23.6
65	1	2					3	13.3	17.9
70	3	1					4	11.3	15.2
75	2	1					3	11.7	15.8
80	3						3	10.0	13.5
85	2	1					3	11.7	15.8
90	1						1	10.0	13.5
95		1					1	15.0	20.2
合 計 Totals	21	20	9	3	1	1	55		

第 6 表 b. 樹高階變異係數階別本數分配表

Table 6. b. Distribution of trees by Total height and Coeft. of var. classes.

變異係數 C. of V. %	10	15	20	25	30	五階級	60	合計 Totals	平 均 Averages
樹 高 m Total height									
12							1	1	60.0
15		1	2					3	18.3
18		1	4					5	19.0
21	2	5	1	1	1			10	17.0
24	4	6	2					12	14.2
27	10	3		1				14	12.1
30	4	4		1				9	13.9
33	1							1	10.0
合 計 Totals	21	20	9	3	1		1	55	

第 7 表 a. 胸高直徑階變異係數階別本數分配表 (第一種材)

Table 7. a. Distribution of trees by D.B.H. and Coeft. of var. classes.

(wood of the 1st kind)

變異係數 C. of V. % 直徑 D.B.H. cm	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	四 階 級	80	九 階 級	130	合計 Totals
20														1		1	2
22							2		2								4
24			2	2	1		2				1						8
26				1	1	1	1	2									6
28		1	1	1	1	1											5
30		1	2	2		1											6
32	1	1	1	1	1		1										6
34		1		6		1	1										9
36		2	2	1			1										6
38		2	2	1		1											6
40		1	3	2													6
42	1	2	1	1	2												7
44		1		1	2			1									5
46		3	2	3													8
48		2	4	3													9
50		4	1	1													6
52		1	2	2													5
54		2		3													5
56		1	3	1		1	1										7
58			1	4		1				1							7
60	1	2	2	1													6
62			3														3
64		1	3				1										5
66		1	1	1													3
68	1	1	1														3
70	1	2	1		1												5
72				1													1
74			1	1	1												3
76		1		2	2												5
78		1															1
80		1	1														2
82																	
84																	
86																	
88				1													1
90																	
92								1									1
合計 Totals	5	35	40	43	12	8	9	4	2	1	1			1		1	162



第 7 表 b. 樹高階變異係數階別本數分配表 (第一種材)

Table 7. b. Distribution of trees by Total height and Coeft. of var. classes.

(wood of the 1st kind)

變異係數 C. of V. %	0	5.0	10.0	15.0	20.0	25.0	30.0	35.0	40.0	45.0	50.0	五 階 級	80.0	九 階 級	130.0	合 計 Totals
樹高 Total height (m)																
16									1							1
17											1		1			2
18				1	1		1									3
19			1	1	1	1	1			1					1	7
20			1	4	1	1	2	1								10
21	1	3	3	1	1		2			1						12
22		1	2	7	1	1	1	1								14
23		2	6	4		2	1	1								16
24		2	7	8	2		1									20
25	1	8	6	1		1										17
26		7	3	6	1	2										19
27	1	4	4	5	4											18
28	2	6	5	2				1								16
29		1	1	3												5
30			1													1
31		1														1
合 計 Totals	5	35	40	43	12	8	9	4	1	2	1		1		1	162

第 6 表は同じ材料を、直徑階 5 種、樹高階 3 米毎の階級に分けたときの各階級内の成材の變異係數を、夫々の階級に對し表示したものである。又第 7 表は、全國合併の材料の第一種材につき、同様の計算を行つた結果を表示したものである。

之等の結果及び附表の各產地別材料の變化する狀態より判斷して、各階級内に含まるゝ個樹の成材の變化する程度は、各產地別に見るも、全國合併して見るも、大なる差異はなく、むしろ、全國を一括して取扱ふの有利なるを結論せしめるのである。此事は後に同一曲線式を以て各產地別に計算した材積が、その各產地別の實材積平均値に對し、大差なきを見ても明であらう。

## 4. 胸高直徑並樹高に對する成材々積の關係

## a. 胸高直徑に對する成材々積の關係

ブナ單木の成材々積が變化する有様を、樹高を考慮に入れず單に胸高直徑のみに就いて考ふるときは、第3表(全國合併)の如き一般傾向をとることを知つた。此の元の數値、即ち各2纏毎の直徑階内の成材々積平均値を、その階級の直徑の平均値に對して點を置いたのが第4圖である。從來胸高直徑に對する材積の關係を研究するとき、その對象となつたものが、此圖に示される曲線であつて研究者により、種々の曲線方程式が與へられてゐる。

$$v = a_1 d_b^2 - a_2 d_b \quad (\text{佛蘭西法として寺崎氏の林業試験報告第19號に引用せるもの})$$

$$v = k \frac{d_b^2}{1 + d_b} \quad (\text{戸澤氏、大日本山林會報、292、293號明治40年})$$

$$v = a_1 + a_2 d_b^c$$

胸高直徑率により、形狀級を分つ場合、各形狀級毎に

$$v = a_1 d_b^2 - a_2 d_b \quad (\text{寺崎氏 林業試験報告第19號})$$

$$v = q_2 \frac{d_b^3}{1 + d_b} \times 10$$

等がそれである、然し何れの式も嚴密な法則の上に立つものではなく、實驗的に限られた範圍の材料によつて夫々の常數が決定せらるゝとすれば、何れにしても、理論的にその優劣を批判することが出来ない。唯前記の如く、各階級内に於ける個樹の有する材積が、相當範圍の變異あることゝ、實測上の誤差を伴ふ事等より判斷すれば、簡便に應用し得ることを第一義とし、從つて決定すべき常數の少いことゝ、特殊な計算を要しないことゝが、方程式の實用上の價值を高めることになる。また限られた範圍の材料により決定せられた方程式を使用して補外法を行ふ如き場合には、むしろ目測により平滑に結ぶ曲線の方が、著しく優ることが屢々あり得る。何となれば、曲線の常數は材料の豊富な比較的中央に近い部分の傾向を多分に寫すものであつて、材料の僅少な兩端の傾向は此等の常數が示す一般傾向によつて消される場合が少くないからである。

仍つて今、

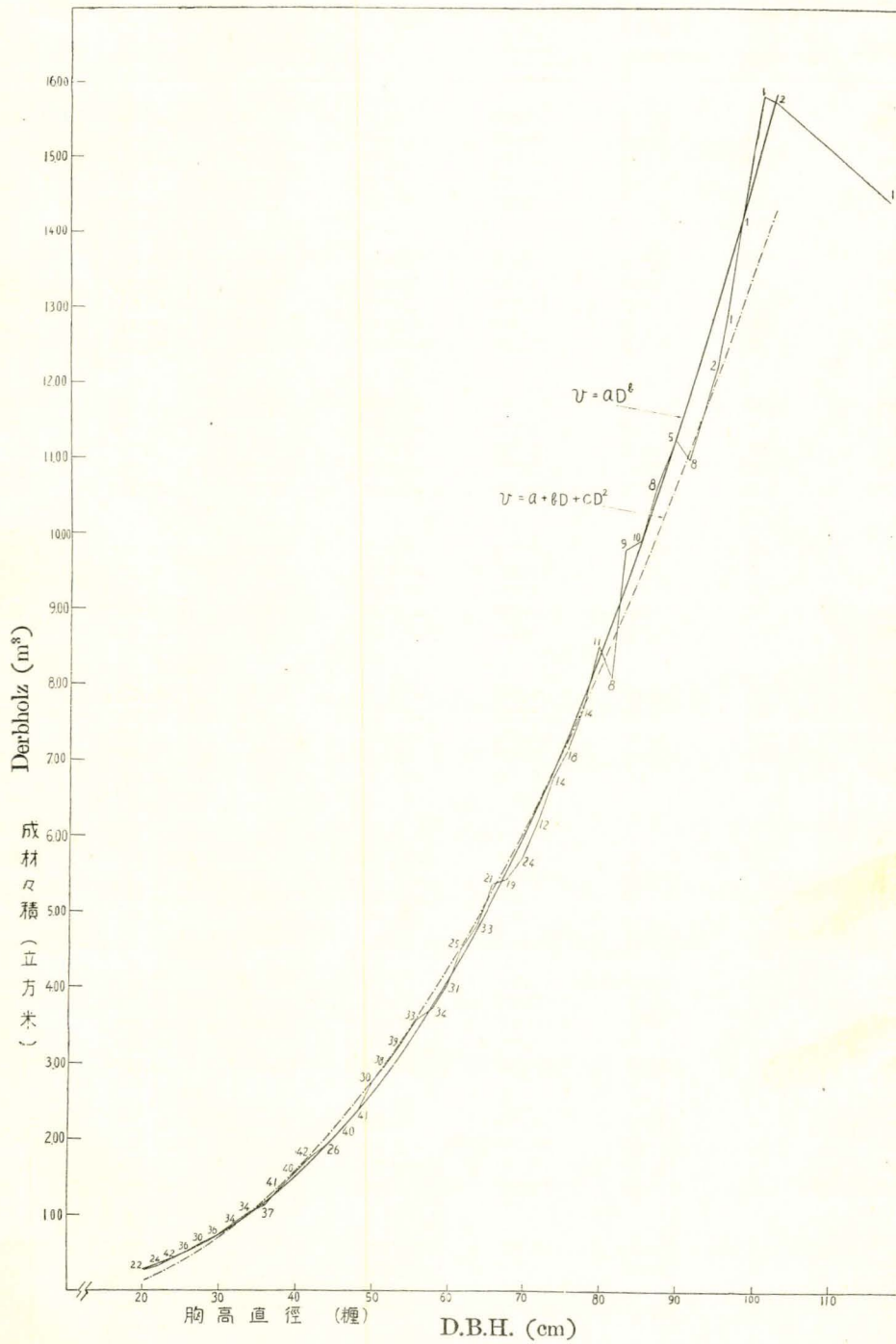
$$y = ax^2 + bx + c \dots\dots\dots (3)$$

$$y = a'x^{b'} \dots\dots\dots (4)$$

但し茲に  $x$  は纏單位の胸高直徑、 $y$  は立方米單位の成材々積とす

第 4 圖 胸高直徑に對する成材々積の關係

Fig. 4. Relation of "Derbholz" to D.B.H.





第8表 胸高直徑に對する成材々積の關係 (材積單位立方米)

Table 8. Relation of "Derbholz" to D.B.H. (volume in m<sup>3</sup>s).

直徑階 D.B.H.	平均に用 ひし本數 Number of trees	成材々積 (實測値) y Actual	同 (3)式による y' (計算値) Computed by eq. (3)	y-y'	同 (4)式による y'' (計算値) Computed by eq. (4)	y-y''	$\frac{y-y''}{y''} \times 100$
20	22	0.255	0.125	0.130	0.281	-0.026	9.2
22	24	0.317	0.200	0.117	0.339	-0.022	6.5
24	42	0.413	0.299	0.114	0.417	-0.004	1.0
26	36	0.524	0.427	0.097	0.518	0.006	1.2
28	30	0.631	0.549	0.082	0.617	0.014	2.3
30	36	0.713	0.668	0.045	0.714	-0.001	0.1
32	34	0.881	0.842	0.039	0.859	0.022	2.6
34	34	1.041	1.024	0.017	1.013	0.028	2.8
36	37	1.126	1.202	-0.076	1.166	-0.040	3.4
38	41	1.349	1.372	-0.023	1.315	0.034	2.6
40	40	1.535	1.567	-0.032	1.485	0.050	3.4
42	42	1.754	1.786	-0.032	1.686	0.068	4.0
44	26	1.926	2.034	-0.108	1.912	0.014	0.7
46	40	2.144	2.272	-0.128	2.134	0.010	0.5
48	41	2.349	2.509	-0.160	2.358	-0.009	0.4
50	30	2.741	2.757	-0.016	2.596	0.145	5.6
52	38	2.996	3.030	-0.034	2.861	0.135	4.7
54	39	3.280	3.315	-0.035	3.141	0.139	4.4
56	33	3.584	3.612	-0.028	3.437	0.147	4.3
58	34	3.741	3.951	-0.210	3.781	-0.040	1.1
60	31	4.033	4.242	-0.209	4.076	-0.043	1.1
62	25	4.520	4.559	-0.039	4.404	0.116	2.6
64	33	4.821	4.903	-0.082	4.764	0.057	1.2
66	21	5.377	5.296	0.081	5.180	0.197	3.8
68	19	5.441	5.647	-0.206	5.558	-0.117	2.1
70	24	5.739	6.043	-0.309	5.992	-0.253	4.2
72	12	6.210	6.442	-0.232	6.423	-0.213	3.3
74	14	6.781	6.848	-0.067	6.872	-0.091	1.3
76	18	7.109	7.203	-0.094	7.271	-0.162	2.2
78	14	7.676	7.674	0.002	7.802	-0.126	1.6
80	11	8.509	8.161	0.348	8.358	0.151	1.8
82	8	8.097	8.524	-0.427	8.778	-0.681	7.8
84	9	9.779	8.988	0.791	9.318	0.461	5.0
86	10	9.899	9.464	0.435	9.881	0.018	0.2
88	8	10.613	9.978	0.635	10.489	0.124	1.2
90	5	11.232	10.066	0.626	11.243	-0.011	0.1
92	8	10.963	11.070	-0.102	11.807	-0.839	7.1
96	2	12.229	12.082	0.147	13.043	-0.814	6.2
98	1	12.838	12.410	0.458	13.450	-0.582	4.3
100	1	14.165	12.995	1.170	14.181	-0.016	0.1
102	1	15.804	13.796	2.008	15.192	0.612	4.0
104	2	15.722	14.265	1.457	15.791	-0.069	0.4
118	1	14.405	19.098	-4.693	22.141	-7.736	34.9

なる2つの形を用ひ、最小自乗法によつて常數を決定すると(3)式では

$$a=0.0015049$$

$$b=0.01671$$

$$c=-0.1563$$

となり、(4)式では

$$a'=0.0001652$$

$$b'=2.4712$$

となる。而してその實材積と、兩式による算出材積とを比較するとき、第8表の如くである。

而して計算値の實測値に對する平均偏差及び標準偏差を見るに、本材料に對しては(4)式の方が(3)式よりも、遙に勝つてゐるのを知る。

(3)式は、式の性質上、計算値の絶對値の自乗の和が最小であるやうに決定せられる。之に對し(4)式は、偏差の計算値(又は實測値)に對する比の自乗の和が最小であるやうに決定されるのである。吾人の要求する實驗式は單に與へられた材料に就いて、材積合計の見積値が實測値に最もよく近似する事のみを必要とするのではなく、實驗式を基礎として種々の階級の見積値を得やうとするのであるから、各階級の誤差率を基準として決定される(4)式の形が望ましい理である。此の事は後に胸高直徑並樹高に對する成材々積の關係を決定し、材積表を調製するときに特に考へなければならぬ問題である。第8表の(4)式による偏差を計算値に對する百分率に依り示して置いたのは此の意である。

參考  $y=ax^b$  なる式は、 $\log y=\log a+b \log x$  なる形に直して、實測値  $y$ 、計算値  $y'$  としたとき、 $(\log y - \log y')^2$  の和が最小であるやうに常數が決定されるのである、即ち常數決定の基礎は、

$$\log y - \log y' = \log \frac{y}{y'}$$

であつて、 $\frac{y}{y'}$  が基礎、或は常數 1.0 を引き 100 倍すれば  $\frac{y-y'}{y'} \times 100\%$  となる理である。

(3)式によるときの計算値の標準偏差と、實測値の標準偏差とより、その相關々係を研ぶるに

$$\rho_{yx}=0.991 \pm 0.0013 \quad \text{となる。}$$

(4)式より計算せらるゝ値の標準偏差と、實測値の標準偏差とより求めらるゝ相關指數は、 $\rho_{yx}=0.985 \pm 0.0022$  となる、假に胸高直徑に對する成材々積の關係を直線的關係  $y=a+bx$  と見て常數を決定すると、 $a=-4.44+0.1569x$  となりその直線關係の程度を表示する相關係數は  $0.966 \pm 0.0049$  となる。

以下、相關々係を表はす尺度として曲線關係に對しては相關指數 (Index of Correlation,  $\rho_{yx}$  にて表はす) を、直線關係に對しては相關係數 (Coefficient of Correlation,  $r_{yx}$  にて示す) を計算した。而して、

$$\rho_{yx}^2 = 1 - \frac{n\sigma_z^2}{n\sigma_y^2} \times \frac{n-1}{n-m}$$

により

$$r_{yx} = \frac{\Sigma(XY) - nM_xM_y}{\sqrt{[\Sigma(X^2) - n(M_x)^2][\Sigma(Y^2) - n(M_y)^2]}}$$

により算出した。但し茲に  $n$  は實測材料の總數、 $m$  は曲線を表はす方程式の常數の數、(目測の場合は曲線を表はすに要すると思はるゝ常數の數)  $X$  及び  $Y$  は夫々の實測値、 $M_x$ ,  $M_y$  は夫等の平均値、 $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$  は實測値及び計算値の標準偏差を表はす。即ち

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\Sigma(Y)^2}{n} - n(M_y)^2}$$

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{\Sigma(z)^2}{n} - (M_{y-y'})^2} \quad \text{但し茲に } z = y - y'$$

である。(Nordecai Ezekiel; Methods of correlation Analysis, 1930.)

相關指數 ( $\rho_{yx}$ ) 及び相關係數 ( $r_{yx}$ ) の次に併記した士…は  $\frac{1-\rho_{yx}^2}{\sqrt{n-m}}$  又は  $\frac{1-r_{yx}^2}{\sqrt{n-m}}$  により算出した標準偏差を示す、以下同様である。

#### b. 樹高に對する成材々積の關係

前記の材料を樹高階 1 米毎の階級に分類し、各階級内の成材々積の平均値を算出すると、第 9 表の如くである、胸高直徑を考慮に入れない場合の關係、即ち樹高のみに就いて考へた場合の成材々積の關係が、同表 (或は第 5 圖) により示される理である。

従來本邦に於て樹高のみの函數として、材積を表示したものに、

寺崎博士の

$$v = kl^{h-1'/h-1}$$

(林業試験報告第 10 號)

$$v = kl^{-\frac{1'}{h}}$$

(同上)

等があるが茲では單に



第9表 樹高に對する成材々積の關係

Table 9. Relation of "Derbbolz" to Total height.

樹高階 Total height x	本數 Number of trees n	成材々積 (實測値) v actual	同 (計算値) v <sub>c</sub> computed	$v - v_c$	$\frac{v - v_c}{v_c} \times 100$	成材々積 (圖上 より讀み取りた るもの) v <sub>c</sub> ' estimated by curve	$v - v_c'$
8	1	0.011	0.012	-0.001	- 8.3	0.012	-0.001
9	1	0.014	0.018	-0.004	-22.2	0.020	-0.006
10	1	0.042	0.024	0.018	75.0	0.030	0.012
11	3	0.036	0.049	-0.013	-26.5	0.050	-0.014
12	2	0.080	0.076	0.004	5.3	0.075	0.005
13	4	0.124	0.113	0.011	9.7	0.104	0.020
14	5	0.105	0.159	-0.054	-34.0	0.142	-0.037
15	4	0.231	0.240	-0.009	- 3.8	0.220	0.011
16	17	0.256	0.321	-0.065	-20.3	0.292	-0.036
17	22	0.387	0.435	-0.048	-11.0	0.402	-0.015
18	24	0.580	0.579	0.001	0.7	0.551	0.029
19	40	0.691	0.760	-0.069	- 9.1	0.744	-0.053
20	62	0.975	0.982	-0.007	- 0.7	0.980	-0.005
21	75	1.451	1.254	0.197	15.7	1.309	0.142
22	92	2.091	1.584	0.507	32.0	1.710	0.381
23	101	2.263	1.979	0.284	14.4	2.180	0.083
24	125	2.703	2.399	0.304	12.7	2.625	0.078
25	91	3.062	3.005	0.057	1.9	3.169	-0.107
26	97	3.837	3.590	0.247	6.9	3.652	0.185
27	103	3.996	4.343	-0.347	- 8.0	4.249	-0.253
28	81	5.013	5.309	-0.296	- 5.6	4.980	0.033
29	45	5.730	6.219	-0.489	- 7.9	5.570	0.160
30	30	6.270	7.497	-1.227	-16.4	6.710	-0.440
31	15	7.770	8.702	-0.932	-10.7	7.802	-0.032
32	7	9.776	10.370	-0.594	- 5.7	9.140	0.636
33	6	10.072	12.459	-2.387	-19.1	11.020	-0.948
34	2	14.694	14.048	0.646	4.6	12.330	2.36
35	1	13.569	13.549	-1.980	-12.7	13.449	0.120
36	2	12.976	18.193	-5.217	-28.7	15.329	-2.35

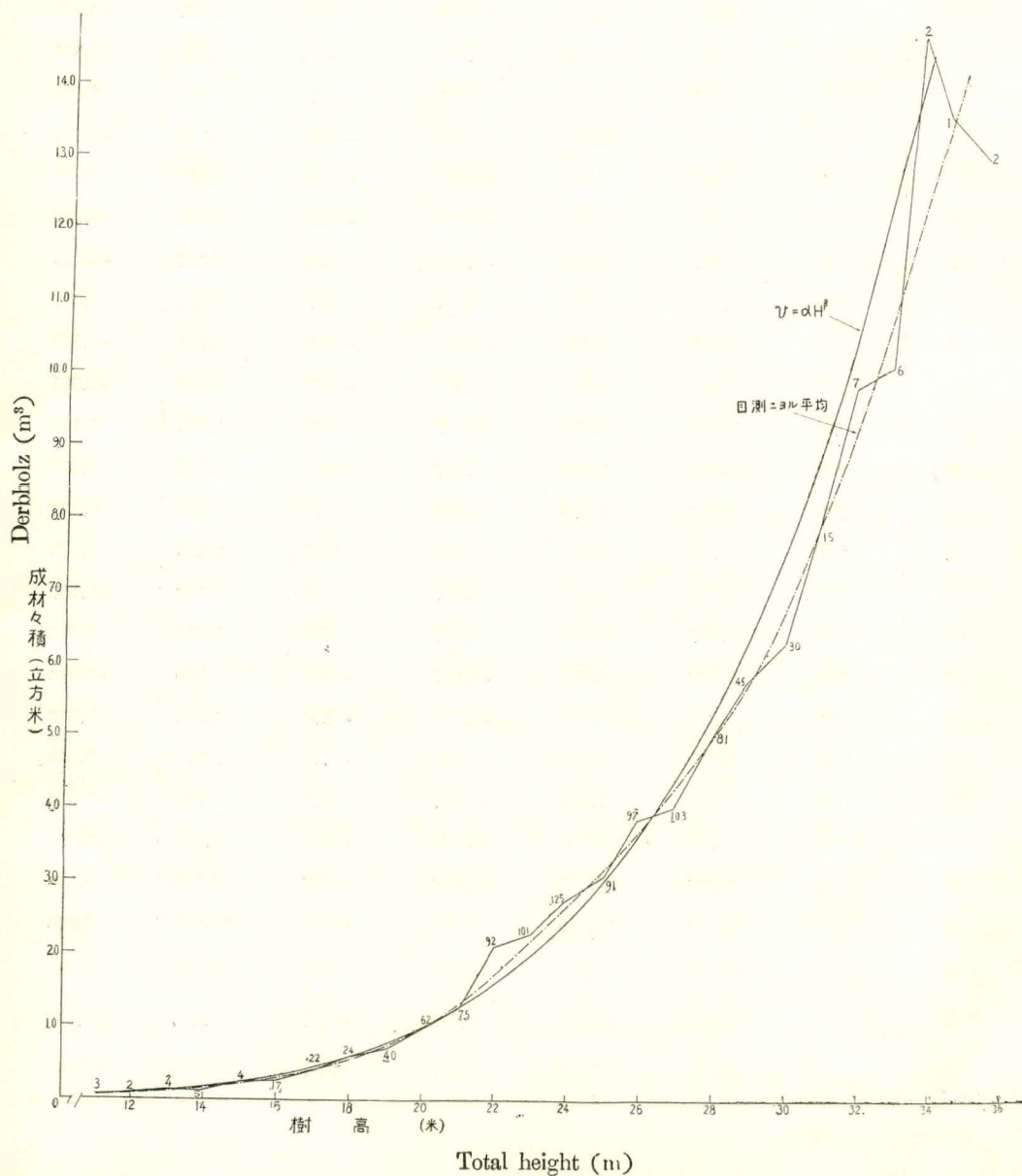
$$v = \alpha H^\beta \dots\dots\dots (5)$$

但し茲に  $v$  は立方米単位の成材々積、 $H$  は米単位の樹高、 $\alpha$  及び  $\beta$  は決定すべき常數とす。

なる式に就いて試み、又圖上目測によつて得らるゝ平滑な曲線によつて見積つた値を併記して、

第 5 圖 樹高に對する成材々積の關係

Fig. 5. Relation of "Derbholz" to Total height.



胸高直徑を考慮に入れない場合の樹高と成材々積との關係程度を示すに止める。

即ち (5) 式の常數を第 9 表の數値によつて決定すると、

$$v = 0.0000002953 H^{5.013}$$

となり、その計算値は第 9 表の  $v_0$  の如くである。仍つて本式による見積値の標準偏差と元の成材實材積の標準偏差とより、相關指數 (Index of correlation) を求めるならば、

$$\rho_{yx} = 0.972 \pm 0.0047 \text{ となる。}$$

次に圖上目測による曲線より讀み取りたる値と、成材實材積とより同様の計算を行ふと

$$\rho_{yx} = 0.992 \pm 0.0014 \text{ となる。何れも高次の相關々係あることを示してゐる。}$$

(a) 及び (b) の結果より、成材々積の胸高直徑或は樹高に對する純粹な關係程度を比較することは不可能である。何となれば (a) 及び (b) の關係は成材々積に對する胸高直徑又は樹高それ自身だけの關係の如く見ゆるけれども、胸高直徑及び樹高は各々獨立の因子ではなく、相互に或關係を有するものであるから、此の時の相關指數或は係數は兩者の純粹な關係を表示するものではなく、從つてその比較によつて純粹な胸高直徑又は樹高だけの關係程度を知ることが出来ない理である。

此の兩者の關係程度は次に述べる如く、成材々積に對する胸高直徑及び樹高の關係を同時に考へた場合に、初めて比較し得らるゝものであらう。

### c. 胸高直徑並樹高と成材々積との關係

前記 (a) 及び (b) の關係は、胸高直徑又は樹高に對する成材々積の、見掛けの關係とも稱すべきもので、夫等の關係の内には何れも他の因子の關係を含んでゐることは既に述べた。仍つて胸高直徑及び樹高を同時に考へ、兩者に對する成材々積の純粹な關係を考究することにする。

胸高直徑の大きいものの成材々積が、樹高の變化するに從つて變化する割合は、胸高直徑の小さいもののそれが、樹高の變化するに從つて變化する割合とは、一般には異なるものと見るべきである。胸高直徑に對する成材々積の變化する割合も同様に、樹高の大小により多少異なるべき性質のものである。此等の關係を満足出来る簡單な形は、 $v = aD^b H^c$  である。但し茲に  $D$  は厘單位の胸高直徑、 $H$  は米單位の樹高を表はし、 $a$ ,  $b$  及び  $c$  は、實測値を基として實驗的に決定すべき常數である。

本式は嘗て山本和藏博士が材積表調製に使用せられ、(林業試驗報告第 16 號) その後多くの人々によつて材積計算に應用せられてゐる事は周く人の知る所である。

上式の兩邊の對數をとると、

$$\log v = \log a + b \log D + c \log H$$



となる。今簡單の爲に  $\log v = X_1$ ,  $\log a = A$ ,  $\log D = X_2$ ,  $\log H = X_3$

にて表はすときは、

$$X_1 = A + bX_2 + cX_3 \dots\dots\dots (6)$$

となつて、 $X_2$ ,  $X_3$  等に對する一次式となる。

扱て第 1 表の材料の内、胸高直徑 18 糎より 118 糎、樹高 13 米より 36 米に至る 1038 本の材料を直徑階 5 糎、樹高階 3 米毎の階級に分ち（後述階級區分の部参照）各階級内の直徑平均値、樹高平均値及び成材々積の平均値を用ひ、平均に用ひた各階級の本數の平方根に近い整数を各階級の重さとして、(6) 式の常數を決定すると、

$$\left. \begin{array}{l} A = -4.49860 \\ b = 2.24221 \\ c = 0.79658 \end{array} \right\} \dots\dots\dots (7)$$

となる、而して本式を用ひて計算したる値と、實測値との差を比較すれば、第 10 表の  $v - v_c$  の如くであつて、二三著しい差を示すものがあるが、下記の如く 偏差の僅少なることより觀て、成材々積の、胸高直徑並樹高に對する關係を、近似的に表はす實驗式と見て差支ないであらう。此事は計算値に對して實測したる値を點に置けば一層明になる（第 6 圖）。即ち同圖に於ては横軸に計算値、縦軸に之に對應する實測値をとつて圖示したものであつて、 $v = v_c$  の直線は圖の傾斜  $45^\circ$  の直線になる理であるから此の直線の周圍に輯集してゐるのは、よく  $v \div v_c$  の關係を示すものと見るべきであらう。圖は計算値、實測値とも、對數の度盛に従つて示してあるから  $v = v_c$  の線に平行する直線により偏差の割合の相等しい範圍を示すことが出来る。

而して此式により計算せられた値の、各階級別の偏差は第 10 表の如くであつて、その平均

$\frac{\sum n \left[ \frac{v - v_c}{v} \times 100 \right]}{\sum n}$  は 2.72%、成材々積合計の差は僅かに 0.017% に過ぎない。但し茲に成材々積合計の差とは、

實測値の成材々積合計……各階級内に含まれる樹木の實際の成材々積合計  $\sum nv$

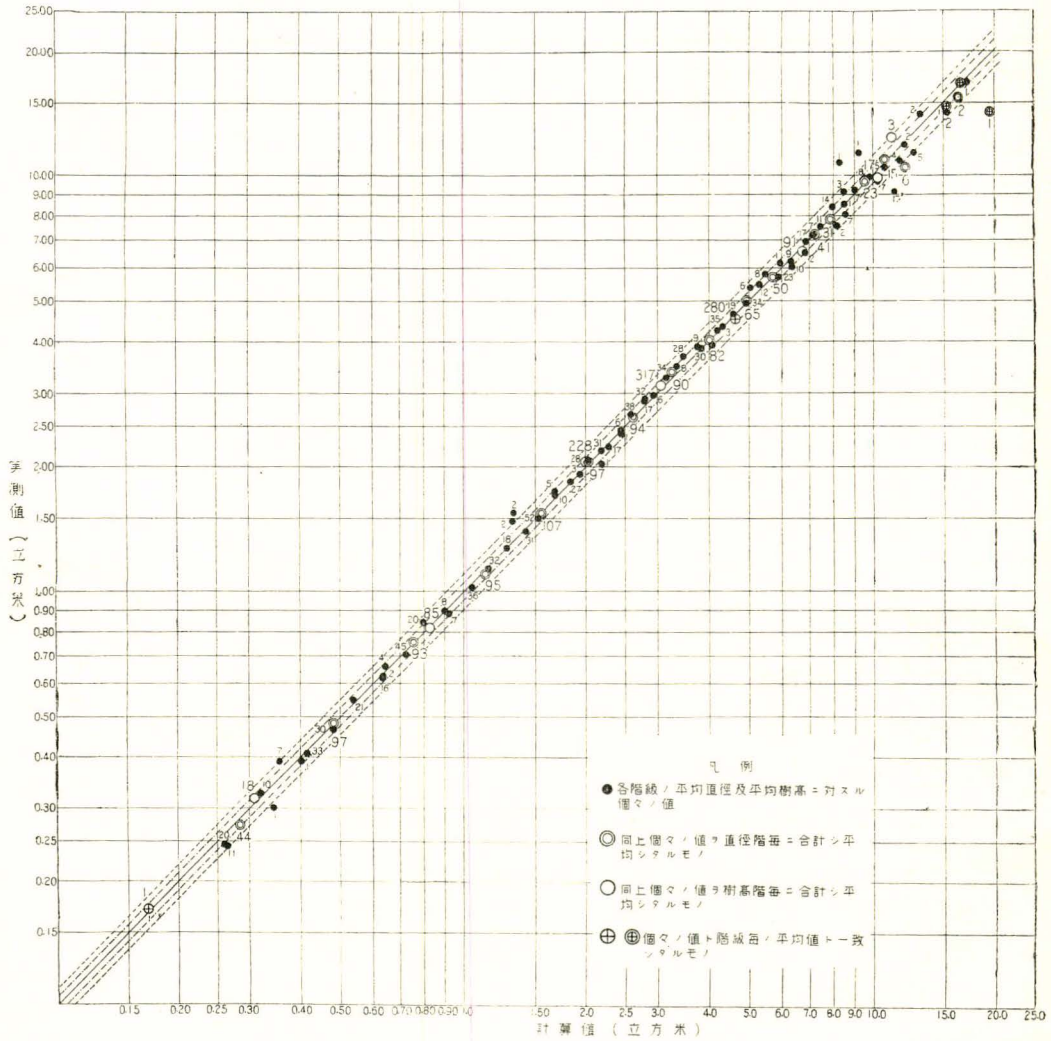
計算値の成材々積合計……各階級の計算値を其階級の本數倍したるもの  $\sum nv_c$

を意味する。

更に此式を用ひ、各產地別材料の、直徑階並樹高階別に分類した各階級内の平均直徑、平均樹高に相當する成材々積を算出し合計したるものと、其階級内の實成材々積合計との差を比較

第 6 圖 實測値と見積値との關係 (成材々積)

Fig. 6. The relation of actual to estimated of volume. (Derbholz)



備考 圖中の數字は各階級内の平均に用ひた本數を示す、○印の上方、◎印の下方にある少々太い數字は夫々樹高階及び、胸高直径階毎の本數を示す。

尙傾斜 45° の實線は實測値と見積値との相等しい點を示し、帶狀の點線は、實測値に對する誤差率の 5 % 及 10 % の範圍を示す。



第 10 表 胸高直徑階並樹高階別平均胸高直徑，平均樹高，平均成材々積

Table 10. Averages of D.B.H., of Total height, and of Derbholz in

D.B.H. and Total height classes. (with computed values)

平均直徑 D.B.H. 厘米 (cm)	平均樹高 Total Height. 米 (m)	平均に用 ひし本數 Number of trees	成材 (實測値) Derbholz actual 立方米 (m³) v	成材 (計算値) Derbholz computed 立方米 (m³) v <sub>c</sub>	v - v <sub>c</sub> (m³)	$\frac{v-v_c}{v_c} \times 100$ (%)
18.3	13.2	1	0.172	0.168	0.004	2.4
21.1	15.6	11	0.245	0.264	-0.019	-7.2
20.0	17.9	20	0.247	0.261	-0.014	-5.4
20.9	20.6	10	0.328	0.322	0.006	1.9
22.0	23.6	1	0.394	0.403	-0.009	-2.2
20.0	25.5	1	0.302	0.346	-0.044	-12.7
24.3	15.3	7	0.392	0.356	0.036	10.1
24.5	18.2	33	0.409	0.417	-0.008	-1.9
25.0	20.7	30	0.468	0.483	-0.015	-3.1
25.1	23.5	21	0.550	0.540	0.010	1.9
26.0	26.7	4	0.663	0.646	0.017	2.6
25.2	28.7	2	0.628	0.638	-0.010	-1.6
29.6	18.2	16	0.623	0.637	-0.014	-2.2
29.9	20.9	40	0.709	0.727	-0.018	-2.5
29.8	23.8	29	0.847	0.801	0.046	5.7
30.2	26.7	8	0.902	0.904	-0.002	-0.2
34.8	18.4	7	0.888	0.924	-0.036	-3.9
35.3	20.9	36	1.028	1.056	-0.028	-2.7
35.1	23.8	32	1.140	1.156	-0.016	-1.4
35.3	26.8	18	1.280	1.287	-0.007	-0.5
34.9	28.7	2	1.477	1.324	0.153	11.6
40.8	18.6	2	1.558	1.331	0.227	17.1
40.1	21.4	31	1.403	1.431	-0.028	-2.0
39.8	23.8	52	1.510	1.532	-0.022	-1.4
40.0	26.6	19	1.722	1.693	0.029	1.7
40.9	29.8	3	1.927	1.948	-0.021	-1.1
45.4	18.6	5	1.751	1.692	0.059	3.5
45.1	21.2	27	1.855	1.849	0.006	0.3
45.2	23.9	28	2.091	2.044	0.047	2.3
45.0	26.6	31	2.201	2.204	-0.003	-0.1
45.6	29.4	6	2.451	2.459	-0.008	-0.3
50.7	19.0	1	2.040	2.203	-0.163	-7.4
49.5	21.4	17	2.242	2.295	-0.053	-2.3
50.2	24.2	38	2.688	2.612	0.076	2.9
50.0	27.0	32	2.925	2.826	0.099	3.5
49.5	29.5	6	2.984	2.964	0.020	0.7
53.3	19.0	1	2.417	2.464	-0.047	-1.9
54.0	21.6	17	2.898	2.811	0.087	3.1
55.1	23.8	34	3.285	3.178	0.107	3.4
54.9	27.1	28	3.703	3.495	0.208	6.0
55.2	29.5	9	3.915	3.784	0.131	3.5
56.0	31.5	1	3.948	4.118	-0.170	-4.1
59.2	21.0	8	3.518	3.377	0.141	4.2
59.9	24.1	30	3.851	3.869	-0.018	-0.5



平均直径 D.B.H. 厘 (cm)	平均樹高 Total Height. 米 (m)	平均に用 ひし本數 Number of trees	成材 (實測値) Derbholz actual 立方米 (m³) v	成材 (計算値) Derbholz computed 立方米 (m³) v <sub>c</sub>	v-v <sub>c</sub> (m³)	$\frac{v-v_c}{v_c} \times 100$ (%)
59.8	27.1	35	4.274	4.233	0.041	1.0
60.7	29.5	9	4.570	4.683	-0.113	- 2.4
66.1	21.2	3	4.380	4.357	0.023	0.5
64.7	24.3	19	4.688	4.629	0.059	1.3
64.5	26.8	34	4.970	4.972	-0.002	- 0.0
65.1	29.9	8	5.845	5.539	0.306	5.5
66.0	31.9	1	6.191	6.012	0.179	3.0
70.4	21.6	6	5.423	5.095	0.328	6.4
69.3	24.0	12	5.474	5.346	0.128	2.4
69.9	26.8	23	5.751	5.954	-0.203	- 3.4
69.7	29.5	9	6.270	6.383	-0.113	- 1.8
75.1	24.1	10	6.100	6.424	-0.324	- 5.0
74.7	27.0	17	6.980	6.949	0.031	0.4
75.1	29.4	11	7.581	7.525	0.056	0.7
75.5	32.6	2	7.613	8.268	-0.655	- 7.9
77.0	35.8	1	10.901	9.313	1.588	17.1
79.9	22.2	2	6.562	6.914	-0.352	- 5.1
79.3	24.0	7	7.237	7.234	0.003	0.0
80.0	26.8	14	8.478	8.056	0.422	5.2
80.1	29.2	7	8.071	8.650	-0.579	- 6.7
77.5	31.9	1	8.575	8.620	-0.045	- 0.5
85.7	23.9	3	9.191	8.582	0.609	7.1
84.6	26.8	7	9.271	9.133	0.138	1.5
84.8	30.0	8	10.046	10.044	0.002	0.0
85.0	33.1	5	10.635	10.917	-0.282	- 2.6
87.5	22.1	1	10.892	8.447	2.445	28.9
88.0	25.0	1	11.552	9.439	2.113	22.4
89.8	27.0	7	9.817	10.503	-0.686	- 6.5
91.7	29.8	4	11.041	11.907	-0.866	- 7.3
89.2	33.3	2	12.094	12.227	-0.133	- 1.0
91.0	35.3	2	14.310	13.391	0.919	6.9
92.5	27.5	1	9.145	11.384	-2.239	-19.7
94.8	29.9	5	11.511	12.862	-1.351	-10.5
100.6	32.1	2	14.985	15.545	-0.560	- 3.6
103.5	29.9	1	14.461	15.657	-1.196	- 7.6
103.8	34.1	1	16.982	17.503	-0.521	- 3.0
108.0	29.2	1	16.902	16.904	-0.002	- 0.0
118.8	27.5	1	14.405	19.953	-5.548	-27.8

$$\frac{\Sigma \left| \frac{v-v_c}{v} \times 100 \right|}{\Sigma n} = 2.722$$

$$\frac{\Sigma nv - \Sigma nv_c}{\Sigma nv} \times 100 = -0.017$$

すると第 11 表の如くであつて、各産地により多少の差異あるを免れないけれども、その差は僅少であつて、全國合併の計算式として決定せられたる (7) 式は畧々ブナ樹の成材々積と、胸高直徑並樹高との關係を示す實驗式として、認容し得るものであるのを知るであらう。

第 11 表 各産地別材料の實材積と計算材積との比較 (成材々積)  
(立方米單位)

Table 11. Comparison of actual to computed volumes  
for every Locality. (Derbholz in m<sup>3</sup>)

産地 Locality	實材積 Actual V	算出値 Computed V'	$\frac{V-V'}{V} \times 100$	平均に用ひし本數 Number of trees
三 本 木	377.298	376.008	0.3	100
川 井	292.917	304.115	-3.8	100
水 澤	218.369	215.459	1.3	100
阿 仁 合	171.656	166.525	3.0	63
荷 上 場	178.218	180.491	-1.3	57
生 保 内	129.790	127.663	1.6	60
眞 室 川	148.649	155.849	-4.8	60
寒 河 江	198.222	202.825	-2.3	60
喜 多 方	539.841	552.995	-2.4	100
飯 山	135.886	141.368	-4.0	101
沼 田	372.952	365.840	1.9	100
莊 川	115.899	106.628	8.0	52
古 川	50.043	47.664	4.8	30
鳥 取	199.130	200.826	-0.9	56
廣 島	86.187	75.523	12.4	20
合 計	3215.057	3219.779		1059

$$\frac{\Sigma V - \Sigma V'}{\Sigma V} \times 100 = -0.15\%$$

扱て (7) 式

$$X_1 = -4.49860 + 2.24221X_2 + 0.79658X_3$$

なる實驗式は之を決定した最小自乗法の原理より見て、當然  $X_2$  及び  $X_3$  の算術平均値 (従つて  $X_1$  に對しても算術平均値となる) に對して、最も確からしい關係を示すものであると考へなければならぬ。之は  $X_2$ ,  $X_3$  等の原の數値即ち材料中に含まれる胸高直徑又は樹高それ自身より見れば、それ等の幾何平均値に相當するときに最も確からしい關係を示す事を意味するもので、胸高直徑及び樹高とも、幾何平均値を距るに従つて上記の關係はその確實な程度を

減することになる。今材料によつて  $X_1$  の變化する範圍を見るに、1.9945 ( $X_1=1.2355$  より  $X_1=1.2300$  まで)であつて、その標準偏差は 0.4653 である。又  $X_2$  及び  $X_3$  の變化する範圍は 0.8123 ( $X_2=1.2625$  より  $X_2=2.0748$  まで) 及び 0.4333 ( $X_3=1.1206$  より  $X_3=1.5539$  まで) であり、その標準偏差は夫々 0.1888 及び 0.0749 である。

若し上式が理論上嚴密に成立する關係であり、従つて  $X_1$  の變化は  $X_2$  及び  $X_3$  の變化によつてのみ起り、他に何等之に關係する獨立變數が含まれないものと假定すれば、 $X_1$  の標準偏差を  $\sigma_1$  とし、 $X_2$  及び  $X_3$  のそれを夫々  $\sigma_2$  及び  $\sigma_3$  を以て表はすとき、

$$\sigma_1^2 = (b\sigma_2)^2 + (c\sigma_3)^2 + 2rbc\sigma_2\sigma_3 \dots \dots \dots (8)$$

なる關係が成立する理である。但し茲に  $r$  は  $X_2$  及び  $X_3$  の間の相關係數を表はす。

若し  $X_2$  及び  $X_3$  の間に全く關係が存在しない場合、即ち  $r=0$  のときは上記の關係は、

$$\sigma_1^2 = (b\sigma_2)^2 + (c\sigma_3)^2$$

となる理である。

本材料上記の数値より、他に獨立變數なきものと假定し  $r$  を算出するときは  $r=0.667$  となる。

扱て、 $\sigma_1$  は  $X_1$  の變化する程度を示し、 $\sigma_2$  及び  $\sigma_3$  は  $X_2$  及び  $X_3$  の變化する程度を示す數値であることは今更言ふ迄もない、而してそれ等の變化の内、 $X_1$  の變化に關與する兩數値の割合が (8) 式によつて示される關係によつて結ばれるものと考へ得るから、 $X_2$  及び  $X_3$  が純粹に  $X_1$  の變化に關與する程度の比較は

$$\frac{(b\sigma_2)^2}{\sigma_1^2} \quad \text{及} \quad \frac{(c\sigma_3)^2}{\sigma_1^2}$$

によつて與へられる筈である。

上記の材料に依つて此の計算を行ふときは

$$\frac{(b\sigma_2)^2}{\sigma_1^2} = 0.8277 \quad \frac{(c\sigma_3)^2}{\sigma_1^2} = 0.0164$$

となる。

今 (6) 式に於て各變數の單位を變へたときに、上記の数値が如何なる値を採るかにつき検討を試みんに

$$X_1 = A + bX_2 + cX_3$$

に於て

$$X_1 = \log v, A = \log a, X_2 = \log D, X_3 = \log H$$

を表はす事は既に述べた。

假に成材々積、胸高直徑及び樹高等の單位を變へて測定した結果、

$$v' = p_1 v, D' = p_2 D, H' = p_3 H$$

なる測定値を得たものとする、但し茲に  $p_1, p_2, p_3$  等は材積、胸高直徑及び樹高等の初めの單位を、變更した後の單位に對して表はした比であつて、同一測定に際しては常に一定なるべき



性質のものである。

扱て新單位に依つて得らるゝ測定値の對數をとるときは、

$$\log v' = \log p_1 + \log v, \log D' = \log p_2 + \log D, \log H' = \log p_3 + \log H.$$

等となつて、

$$\begin{aligned} \log v' &= A' + b' \log D' + c' \log H' \\ &= A' + b' (\log D + \log p_2) + c' (\log H + \log p_3) \end{aligned}$$

なる形になる。而して  $b'$ ,  $c'$ , 及び  $A'$  等は條件式、

$$\Sigma(x_2^2)b' + \Sigma(x_2x_3)c' = \Sigma(x_1x_2) \quad \Sigma(x_2x_3)b' + \Sigma(x_3^2)c' = \Sigma(x_1x_3)$$

$$A' = M_1' - b'M_2' - c'M_3'$$

但し茲に

$$\begin{aligned} \Sigma(x_2^2) &= \Sigma(\log D + \log p_2)^2 - n \left( \frac{\Sigma(\log D + \log p_2)}{n} \right)^2 \\ \Sigma(x_2x_3) &= \Sigma(\log D + \log p_2)(\log H + \log p_3) \\ &\quad - n \left( \frac{\Sigma(\log D + \log p_2)}{n} \right) \left( \frac{\Sigma(\log H + \log p)}{n} \right) \\ &\quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \end{aligned}$$

等により決定せられる理であるから、かくの如くして決定せられる  $b'$  及び  $c'$  は、初の單位によつて決めらるべき  $b$  及び  $c$  と全く相等しいものであることは容易に證明し得るであらう。

例へば  $\Sigma(x_2^2)b' + \Sigma(x_2x_3)c' = \Sigma(x_1x_2)$

なる式の  $\Sigma(x_2^2)$  に就いて見るに

$$\begin{aligned} \Sigma(x_2^2) &= \Sigma(\log D + \log p_2)^2 - n \left( \frac{\Sigma(\log D + \log p_2)}{n} \right)^2 \\ &= \Sigma(\log D)^2 + 2\Sigma(\log D)(\log p_2) + \Sigma(\log p_2)^2 \\ &\quad - \frac{(\Sigma \log D)^2 + 2(\Sigma \log D)(\Sigma \log p_2) + (\Sigma \log p_2)^2}{n} \\ &= \Sigma(\log D)^2 - n \left( \frac{\Sigma \log D}{n} \right)^2 \quad \because \Sigma \log p_2 = n \log p_2 \end{aligned}$$

となつて (7) 式の  $b$  及び  $c$  を決定したときと全く相等しい條件式となるのを知る。唯常數  $A'$  を決定する條件式のみが異つて来る。従つて單位を變へることに由つて生ずる差は、常數  $A'$  に起るのみで  $b'$  及び  $c'$  には何等の變化がない。又  $X_1'$ ,  $X_2'$ , 及び  $X_3'$  の標準偏差に就ても、全く何等の差違が生じない事は  $\Sigma(x_2^2)$  に何等の差違を生じない事から見ても推斷し得るであらう。従つて次の結論をすることが出来る。

$$\frac{(b\sigma_2)^2}{\sigma_1^2} = 0.8277 \quad \text{及び} \quad \frac{(c\sigma_3)^2}{\sigma_1^2} = 0.0164$$

は、成材々積、胸高直徑及び樹高の測定單位を變へても、何等の影響を受けず一定の値をとる。而して成材々積の變化に關與する、胸高直徑及び樹高の變化の割合を示す。故此等の數値を以て、胸高直徑及び樹高が成材々積に關係する程度を比較する尺度とする事が出来る。

之に依つて見るに成材々積に對する胸高直徑の關係は、樹高に比し著しく高度のものであるのを知るであらう。

#### IV. 材 積 表 の 調 製

(7) 式を用ひ、種々の胸高直徑階並樹高階に對する成材々積を算出し表示するならば、胸高直徑並樹高によつて排列せられた成材々積表が得られる筈であるが、先づ最初に決定すべきは、各階級區分の大さを如何にすべきかといふ問題である。

從來本問題は、實用上の便否を主として單に獨立變數が適當な飛び方をするやうに決定せられたものであるが、材積表の性質として當然のことであらう。然し理論的に之を考察するならば、主として階級に區分せらるゝ胸高直徑或は樹高の確からしさ、及び階級内に含まるべき個樹の材積の變異狀態、即ちその測定値並計算値の確からしさに因つて決定せらるべきものであらう。以下著者の得たる材料により之等の問題を考究し、理論的に表示すべき階級の大さを結論せんとするものである。

本論に入るに先ち、直徑なる言葉の意義を明にする必要がある。

##### 1. 直 徑 の 意 義

數學上の定義に従へば、圓錐曲線の「直徑」なる言葉は、平行せる一弦系の中心の軌跡を指すのである。従つて一つの曲線に於ても無限數の直徑が存在する理であつて、圓及び橢圓に於ては有限の長さとなるけれども、拋物線及び双曲線に於ては無限の長さを有するものもある。今此の直徑（茲では圓及び橢圓に於ける場合のみを考ふ）の性質の内我々の問題に重要な關係を有するものを簡単に記すならば、

(イ) 直徑は必ずその曲線の中心を通る、

(ロ) 直徑とその直徑を決定する平行弦とは

i. 圓に於ては互に垂直である、

ii. 橢圓に於ては一般には互に垂直でない、唯直徑が長軸及び短軸と一致する場合に於てのみ互に垂直である、

(ハ) 直徑の兩端に於けるその曲線への切線はその直徑を決定する弦に平行である、

此等の事から、直徑の兩端に於けるその曲線への切線は

i. 圓に於てはその直徑に垂直である、



- ii. 楕圓に於ては一般にその直徑に垂直でない、直徑が長軸或は短軸と一致する場合に限り垂直である、

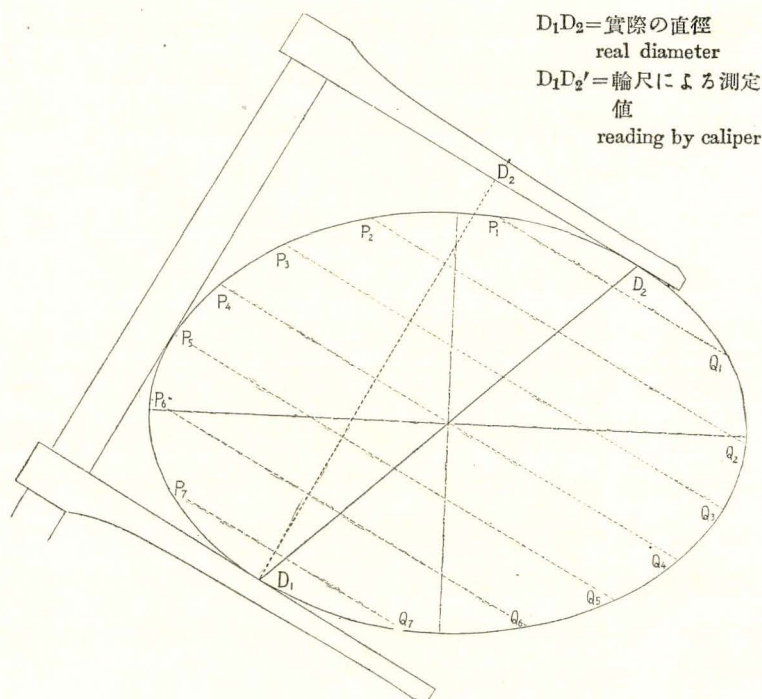
といふ事が直に了解出来る。

扱て、これだけの事を念頭に置いて樹幹横斷面が假に楕圓或は正圓である場合に、輪尺及び直徑卷尺によつて讀み取られる所謂直徑に就いて考へて見る。

嘗て著者が、林學會雜誌、昭和三年四月號に、「樹幹横斷面積の算出に就いて」と題して論じた事がある如く、輪尺による測定が幹軸に垂直な平面上に於て正確に行はれたものとすれば、その讀み（所謂直徑）は樹幹に切する平行なる兩脚の間の距離を表はすこととなる。それ故に樹幹横斷面が正圓である場合には、讀み度はその斷面の直徑の大きさを示すけれども、楕圓である場合には、測定方向が樹幹横斷面の長軸（或は短軸）の方向と一致する時の外、一般にはその横斷面の直徑を示すものではない。（第 7 圖参照）

#### 第 7 圖 輪尺による測定値と實際の直徑

Fig. 7. Real Diameter and its reading by caliper measurement.



また直徑卷尺によつて讀み取られる所謂「直徑」は、その横斷面の周圍と同じ周圍を有する正圓としての直徑を示すもので、横斷面が正圓である場合の外、その横斷面の直徑には何等直接の関係はない。

實際の樹幹横斷面が幾何學的に正しい、楕圓又は圓ではなく、極めて不整不規則であつて、嚴密には既知なる何れの幾何學的平面形にも一致しない事は何人も認むる所である。従つて測



樹學上の直徑とは、固より以上の如き嚴密な數學的意義を有するものではなく、不整なる斷面形に對し、之を圓を以て置き換へ、その圓の直徑を意味させやうとするものと見るべきであらう。然らば如何なる圓を以て置き換ふべきであらうか。此の問題は所謂「直徑」の有する測樹上の役目に依つて決るべきものであるが、直徑の有する主なる役目は次の2つである。

1. 直徑は材積算定の基礎、即ち各測定位置に於ける横斷面の面積算定の基となるものである。

(イ) 輪尺による場合

此場合には測定位置に於ける横斷面の面積を對象とし、測定値として、それに相等しい面積を有する圓の直徑を得るのが理想であつて、測定の方角は多數にあり得るが、直徑の大きは一值的に決る理である。然しながら將に求めんとする量が横斷面の面積であつて豫め知る由なく、従つて之と相等しい面積を有するといふ圓の直徑も知る方法がない理である。故に實際には、統計的に得られた結果から、成るべく實斷面積に近い數値を與ふる如き、測定方向を指定し或は計算方法を選ぶのである。

著者は嘗て、樹幹横斷面を橢圓なりと假定して本問題を論じ、直角の兩方向に測定したる2直徑の算術平均値を直徑とする圓として算出する場合には、常に實斷面積より大きいが、其差は僅少であつて、實用上大なる不都合はないことを論じた事がある。又 M. D. Chaturvedi 氏は其著書 Measurements of the Cubical Contents of Forest Crops. London, 1926 に、同じく橢圓と假定し且つ特定の例に就いて、平均直徑式による面積の差を算出して居る。

第 12 表 輪尺及び卷尺による斷面積計算値と實斷面積との比較

Table 12. Comparison of actual areas to computed areas  
by caliper and tape measurements.

差ノ百分率 %	-7.0	-6.0	-5.0	-4.0	-3.5	-3.0	-2.5	-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
輪尺 I	1					1		2		3	7	9	9	17	12	13
同 II	1	1	2	2	1	2	3	10	7	5	10	14	12	10	14	9
卷尺												8	18	14	16	17

差ノ百分率 %	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	14.0	15.0
輪尺 I	9	12	4	8	5	2	2	1	3		1	2	1	2	1	1
同 II	8	7	1	1	3	1	1	1	1				1			
卷尺	13	17	4	8		5	4	2		1					1	

備考 0% のものは +0.5% へ入れた。

第 12 表はブナ樹の樹幹横斷面積と輪尺による値（所謂直徑より圓として計算した）との差を、前者に對する百分率を以て表はし、之に對する度数分布の状態を示す、但し茲に樹幹横斷面積とは、玉切りたる丸太の元口及び末口に、新聞紙を當てゝ寫し取つた斷面を更に透寫紙に寫し取り、之をプラニメーターによつて實測した面積である。プラニメーターは 2 回宛回轉して讀み取つたものを平均し平方糎單位、單位迄取り以下四捨五入したものである。

#### （ロ） 卷尺による場合

此場合には測定位置に於ける横斷面の周圍を基とし、それに相等しい周圍を有する圓の面積を以てその横斷面の面積とするのである。周圍より直徑を求め、更にそれより面積を求め得ることは勿論であるが、それにしても周圍を等しくする圓を假想してゐるのである。但し此の場合には輪尺の場合と異り、基礎とすべき周圍を實測するのであつて、測定上の誤差を考慮に入れないならば、その値は一值的に決まる。而してそれより算出せられる面積は常に實斷面積より大きくなるべきは想像するに難くない。

樹幹横斷面を正楕圓と假定した場合の差に就いては、M. D. Chaturvedi 氏の著書（前掲）に論ぜられ吉田博士著「測樹學要論」にも引用せられてゐる。唯茲に注目すべきは、樹幹横斷面が正楕圓であるとき、輪尺により測定し、その測定方向により難易が起らないものと假定し、無限に多くの方向に測定した場合の算術平均に相當する値が、卷尺による周圍を周圍とする圓の直徑に相均しいことである。

第 12 表の卷尺による數値は、ブナ丸太の木口につき（前掲のものと同材料）steel tape を用ひてその周圍を實測し、之を周圍とする圓として算出した面積と實斷面積との差を、後者に對する百分率にて表はし、その百分率に對しての度数分布状態を示したものである。同表に見る如く、周圍より圓として算出した面積は常に實斷面積よりも大であるが、其差は同表の輪尺による場合と大差はなく、周圍測定により之を圓として斷面積を算定する方法も輪尺によるそれと、斷面積算定の方法として、にはかに優劣を斷じ得ないのを知るであらう。此事に就いては吉田博士もその實測材料を掲げて明言してゐる。（同博士、前掲書 122 頁）

## 2. 直徑は樹木全體又は樹木部分の大きさを表はす量としての役目を有する。

從來「直徑に對する本數分配状態」「（直徑に對する）樹高曲線」等を以て林相を論ずる場合の、直徑なる言葉は、かゝる意義を有するものと解すべきであらう。

かゝる意味の直徑は、所謂「太さ」を表示する 1 つの量であつて、測定値そのものが對象である。それより誘導せらるゝ量に就いては何等考慮をしてゐない。例へばブナ胸高位置に於ける樹幹の太さは、第 13 表の如く種々に變化するのが一般であるけれども、その變化の如何に拘らず



測定値そのものが「太さ」と見るべきで、之より如何にして斷面積を計算すべきか、又計算せられたものが眞の斷面積に何の程度に近似するかといふ事は勿論考ふる必要はない。

第 13 表 同一樹幹の胸高直徑が變化する範圍

Table 13. Ranges within which D. B. H. of a tree variates.

調 査 木 及 測 定 者	平 均 直 徑 cm	單一方向を測る場合		十 字 の 方 向 に 測 り 平 均 す る 場 合	
		最 小 直 徑 cm	最 大 直 徑 cm	最 小 直 徑 cm	最 大 直 徑 cm
測定者眞田技手					
I { a	19.262	17.6	20.5	18.65	19.75
I { b	19.188	17.7	20.3	18.75	19.65
II { a	36.366	34.7	38.4	35.90	36.85
II { b	36.308	34.6	38.2	35.55	36.65
III { a	58.214	54.5	60.5	57.30	59.90
III { b	58.300	54.4	60.5	57.45	59.65
測定者著者					
I { a	19.186	17.6	20.4	18.75	20.15
I { b	19.256	17.6	20.4	18.80	19.85
II { a	36.324	34.7	38.4	35.40	36.80
II { b	36.486	34.7	38.3	35.85	36.90
III { a	58.132	54.7	60.2	57.00	59.40
III { b	57.990	54.4	60.9	57.30	59.20

備考 a 及 b は輪尺 a 及び b に依り測定せるもの。

區分求積に必要な各部の直徑は、第 (1) の役目を有することは固より茲に言ふ迄もないが、胸高直徑は、區分求積に併用する場合の外は主として第 (2) の役目を有するものと見るべきであらう。

以下本論文に於ては此の意味に於ける胸高直徑として議論を進める。

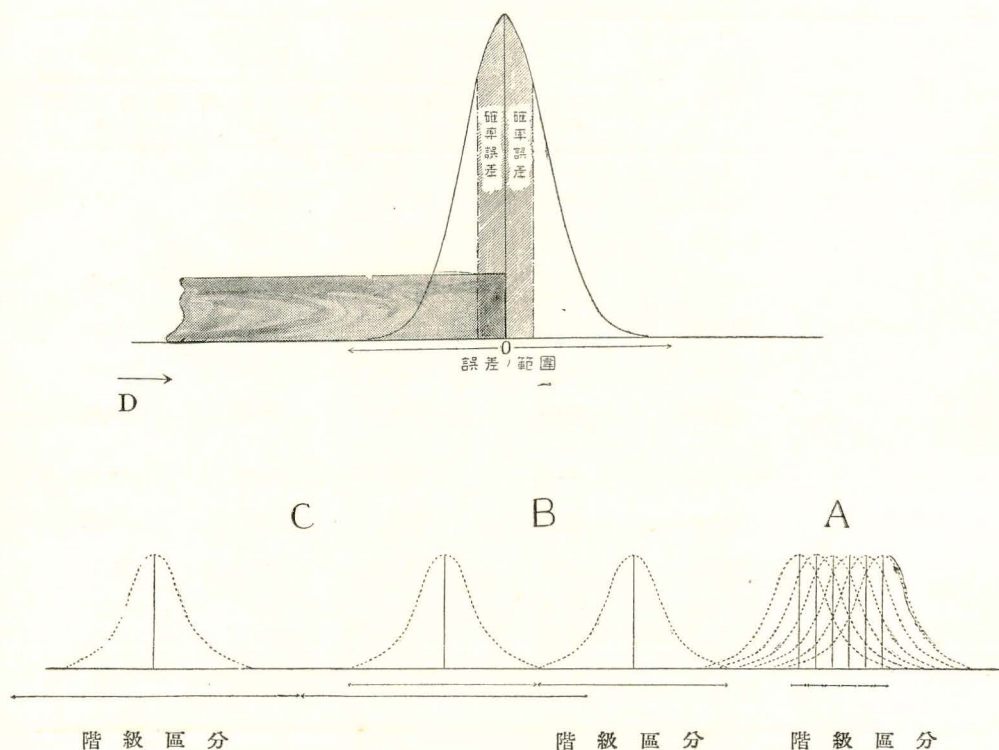
## 2. 胸高直徑階或は樹高階の階級區分

第 8 圖に於て D は測定すべき胸高直徑の大きさ、曲線は、その胸高直徑 D に對して實際に種々の測定値の得らるゝ割合を示すものとする。若し此の直徑 D について第 8 圖 A の如き階級を作るものとすれば、それは徒勞であり、第 8 圖 B の如く、區分せられた階級内の中央値が隣の階級の數値として読み誤らるゝことのない (少くともその割合の僅少な) 程度の大さを有すべきであらう。第 8 圖 C の如き階級區分の仕方は、區分せらるゝ各階級の



第 8 圖 階級區分の理論を示す圖 (←→は階級區分を示す)

Fig. 8. Showing the idea of classification (←→ class interval).



値が極めて正確なもので、隣接した階級の中央値が読み誤られてその隣に入ることのない場合を示す。

材積表に示される胸高直徑並に樹高について區分する場合にも、同様の事が考へられる理である。今胸高直徑に就いてその測定値の得らるゝ状態を觀るに、第 8 圖 D に於ける如く、測定値の度数は normal curve により分布をするものとは考へられず、同一樹木について或る範圍内の値を略々同程度の割合でとり得るものと考へられる。何となれば輪尺による胸高直徑の測定は純粹な測定上の誤差は極めて小さく、むしろ測定方向による差、換言すれば樹幹の偏倚による差が、より多いからである。

第 14 表の数値は、輪尺及び卷尺により同一樹幹につき測定位置（胸高 1.2 米の位置）及び測定方向を一定にし、同一人が測定を繰り返した結果である。

第 14 表 輪尺及び巻尺による直徑の比較

Table 14. Comparison of diameters by caliper and tape measurements.

(村上營林署部内沼川入國有林にて)

	測 定 者	測 定 器 具	平 均 値 (cm)	標 準 偏 差 (cm)	變 異 係 數 %
50 宛 測 回 定	清 野	輪 尺 {	A 29.276	0.121	0.41
			B 27.172	0.159	0.58
		卷 尺	28.624	0.042	0.23
	樋 口 定 夫	輪 尺 {	A 29.004	0.028	0.10
			B 27.196	0.056	0.21
		卷 尺	28.654	0.050	0.17
	大 山 猛	輪 尺 {	A 29.220	0.053	0.18
			B 27.252	0.050	0.18
		卷 尺	28.670	0.050	0.17
25 宛 測 回 定	大 山 猛	輪 尺 {	A 58.708	0.316	0.54
			B 58.728	0.271	0.46
		卷 尺	59.868	0.046	0.08
	樋 口 定 夫	輪 尺 {	A 58.536	0.167	0.29
			B 58.196	0.122	0.21
		卷 尺	59.892	0.039	0.07
	伊 藤 直 吉	輪 尺 {	A 58.268	0.141	0.24
			B 58.337	0.163	0.28
		卷 尺	59.892	0.089	0.15

備考 輪尺による測定値 A,B は互に十字をなす方向のものである。

(眞室川營林署部内小松倉山國有林にて)

	測 定 者	測 定 器 具	平 均 値 (cm)	標 準 偏 差 (cm)	變 異 係 數 %
50 宛 測 回 定	齋 藤 孝 一	輪 尺 {	A 36.916	0.083	0.26
			B 35.536	0.123	0.35
		卷 尺	36.608	0.027	0.07
	佐 藤 宗 治	輪 尺 {	A 36.476	0.107	0.29
			B 35.296	0.156	0.44
		卷 尺	36.594	0.024	0.07
	齋 藤 孝 一	輪 尺 {	A 65.640	0.192	0.29
			B 66.790	0.201	0.30
		卷 尺	68.660	0.069	0.10
	佐 藤 宗 治	輪 尺 {	A 65.842	0.192	0.29
			B 66.980	0.182	0.27
		卷 尺	68.786	0.060	0.09

以上の結果より觀れば各個人の測定上の誤差は極めて小さく、むしろ個人間の個人的誤差が比較的大きい。けれどもその差も次に述ぶる樹幹の偏倚による直徑(輪尺測定による)の動搖に比すれば殆ど論外である。

#### a. ブナ樹幹胸高位置に於ける横斷面の偏倚状態

附第 1 表、乃至附第 11 表は著者が、昭和 10 年 5 月東京營林局の好意により、同局利用課雇、大山猛氏の補助を得、沼田營林署長濱田辰記氏、村上營林署長荒井元氏の好意により、沼田、村上兩營林署部内に於て實測せるもの、及び秋田營林局管内眞室川營林署長柴田榮氏の好意により、同署員囑託齋藤孝一氏の補助を得、同署部内に於て實測したもの及び本材料全體の結果であるがその大要は次の通りである。

##### i. 胸高位置に於ける短徑に對する長徑の比

附第 1 表乃至第 5 表は各測定地に於ける材料の、短徑に對する長徑の比を百分率にて表はし、之を短徑の大きさにより分類したものである。但し茲に短徑及び長徑とは輪尺により、互に直角をなす兩方向に測定した値の内、小なるを短徑、大なるを長徑としたのであつて、最短、最長の意味ではない。此の結果を總括すると次の第 15 表の如くである。

第 15 表 ブナ胸高位置に於ける短徑に對する長徑の比

Table 15. Ratios of major diameters to minor diameters  
at breast height of Buna trees.

營林署名	國 有 林 名	測 定 本 數	平 均 百 分 率 %	同 標 準 偏 差 %	短 徑 の 範 圍 cm
眞 室 川	小 松 倉 山	100	105.0	0.431	15.8—71.8
沼 田	迦 葉 山	150	104.5	0.279	14.9—68.7
同	同	150	105.9	0.345	18.4—68.5
村 上	沼 川 入	150	107.0	0.514	6.2—67.8
全 國 合 併 の 本 材 料		1041	105.0	0.131	8—118

之等の結果より觀るに、任意の方向に互に直角をなすやうに測定した 2 直徑に就き、その内の短徑に對する長徑の百分率を計算するときは 104.5—107.0% となるのを知るのである。而も附表により明なやうに直徑の大小により何等一定の傾向あるを認め得ない。

##### ii. 胸高位置に於ける最長徑に對する最短徑の比

(i) の場合同様に胸高位置の横斷面に就いて、輪尺により最短徑と最長徑とを實測し、前者に對する後者の比を百分率にて表はし(p にて表はす)、最短徑の大きさにより分類表示したものが、附第 6 表乃至第 11 表であるがそれを總括すると次の第 16 表の如くである。



第 16 表 プナ胸高位置に於ける最短徑に對する最長徑の比

Table 16. Ratios of maximum diameters to minimum diameters at breast height of Buna trees.

營林署名	國有林名	測定本數	平均百分率 %	同標準偏差 %	最短徑の範圍 cm
村上	沼川入	150	112.8	0.598	6.1—62.0
同	同	83	113.6	0.502	6.6—49.2
沼田	迦葉山	150	109.3	0.359	14.5—68.3
同	同	150	111.5	0.423	18.0—65.0
眞室川	小松倉山	100	109.5	0.426	15.4—71.7
木口斷面より測定せし値		132	112.1	0.544	22.4—52.3

之に依つて見るに、胸高位置に於ける最短徑に對する最長徑の比は 109—114 % であつて、而も直徑の大小により何等一定の傾向あるを認め得ないのである。

iii. プナ胸高位置に於ける横斷面の最短、最長兩徑間の夾角は次の如くである。

平均		
村上沼川入國有林	急斜地	68.2±15.7 度
同	平坦地	69.8±13.7
沼田迦葉山國有林		70.1±14.1

参考：最長、最短兩徑間の夾角が 90° に近いといふ事は、一般には信ぜられない。上記の結果が之を明示してゐるが、若し同じ材料を各個樹につき、最長直徑を基とし、之より回轉の方向を定めて最短直徑迄回轉する角度を測り、之等の合計を平均する方法によつて平均角度を算出するならば、90° に近い數値を得る。例へば上記の材料により

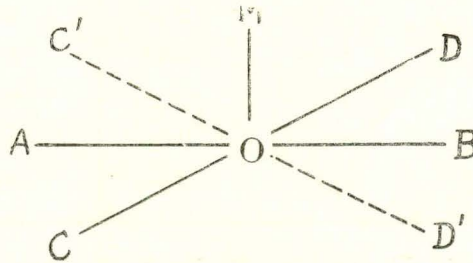
沼川入國有林	急斜地	88.2 度
同	平坦地	95.2
迦葉山國有林		93.1

となる。然しながら此の如くして得られる平均値は、輪尺による測定方向を云爲すべき基礎材料として何等の價値がない。何となれば第 9 圖に於て最長直徑の方向 AB に對して、最短直徑の方向が CD である如き樹幹が存在するとするならば、それと同様に C'D' なる方向の最短徑を有する樹幹をも同様に期待し得る。何となれば一般に樹幹に捩れのある場合には右廻りも、左廻りも同様に期待し得ることが多いからである。若し然らば、前記の方法によつて平均せらるる角度の平均値は  $\angle DOB$  と  $\angle C'OB$  との平均値  $\angle MOB$  になる理である。此場合の  $\angle MOB$  は直徑測定に當り、如何なる意味を有する事になるであらうか。輪尺測定に當つての

最長最短兩徑間の夾角とは、廻轉する角の量の問題であつて、回轉方向の問題ではない。かかる場合には最長最短兩徑の夾角の内、劣角のみ（或は優角のみ）について合計し、その平均値を以て、判斷すべきであると信ずる。

第 9 圖 樹幹横斷面に於ける最長最短兩徑間の夾角とその平均値

Fig. 9. Angles between maximum and minimum diameters of cross sections of tree boles.



尙参考に、能代營林署貯木場に於て、杉丸太 748 本につき最長、最短兩徑間の夾角を測定したるに平均値は  $79.7 \pm 10.8$  度となり、ブナに比し歪の程度が少いのを知るのである。

#### b. 階級區分の大きさ

若し以上の如き偏倚状態のブナ樹につき、輪尺により單に一方向のみを測定して得た直径を以て階級に分けるならば、測定上の誤差を考慮の外に置いて、同一樹木に於て最長徑に對して  $\frac{p-100}{p} \times 100\%$  (前記 a ii の p), 平均直径に對しては之より更に大なる範圍の動搖があり得る理である。此の平均直径に對する割合を  $p_1$  にて表はすこととする。然るときは歪形なるが爲めに、測定方向により測定の難易が起らないものと假定すれば、胸高直径の階級を  $\frac{p_1}{100}x$  以下に小さく分けることは、同一樹木に就いても測定の如何により、隣接した 2 つ以上の階級に區分せらるる機會の起り得ることを意味するものである。但し茲に  $x$  は本論文に謂ふ胸高直径で、胸高位置に於て互に直角をなす兩方向に測定した値の算術平均値を表はす。

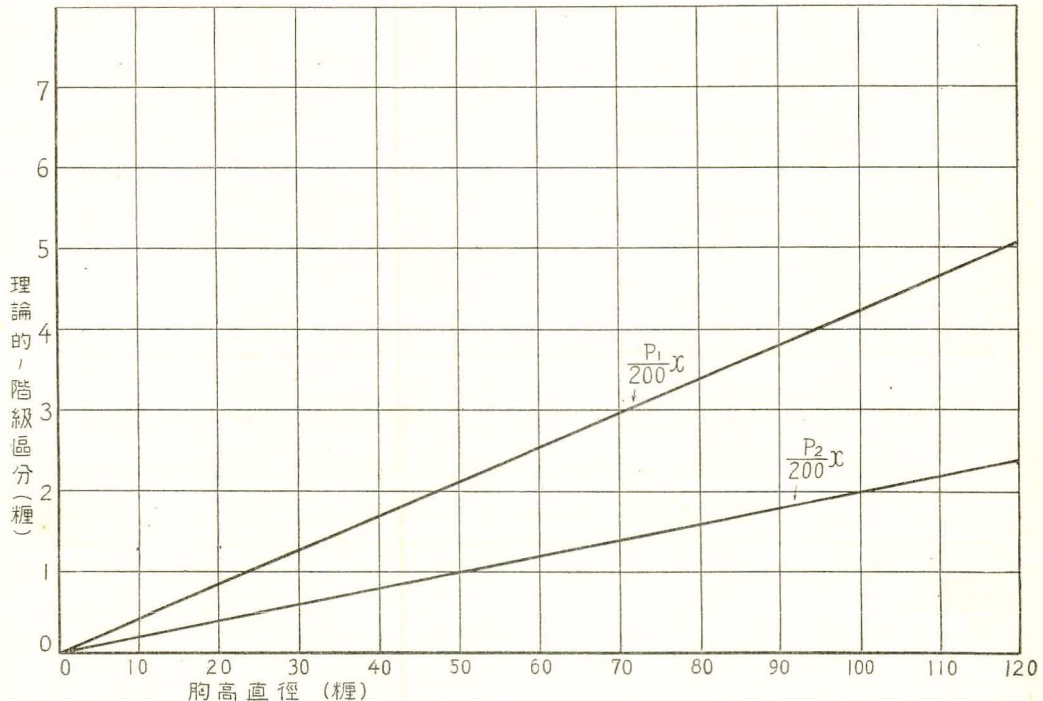
假に今、同一樹木に就き少くともその測定値の半數以上を含む 1 階級の存在することを限度として、之より小さく區分するのを無駄と考へるならば  $\frac{p_1}{200}x$  以下に區分するのは無駄となる理である。但し茲に  $p_1$  は前述の如く、胸高位置に於ける最長、最短兩徑の差を本論文に謂ふ胸高直径に對する百分率にて表はしたものである。従つて最長最短兩徑の差を、後者に對する百分率にて表はした第 16 表の数値より上式に依り得らる  $x$  値よりは、一層大くなる性質のものであるから、本論文に於ては第 16 表の最小値を使用して得らる  $p_1 > 8.5\%$  と見て議論を進める。第 10 圖は  $p_1 = 8.5\%$  として  $\frac{p_1}{200}x$  を圖示したもので、原點を通り  $x$  軸に對し  $\frac{p_1}{200}$  を傾斜に持つ直線となる。同圖に依れば、胸高直径 48 cm 以下の樹木に對しては



2 cm 毎の括約をするも無駄ではないが、50 cm 以上の場合には全く無駄で、100 cm 以上のものに對しては 4 cm 毎に區分するも、小さ過ぎることを知るのである。此の事は材積表を使用する場合にも同様に考へ得る理論である。

第 10 圖 胸高直徑階の階級區分の大きさ

Fig. 10. Magnitude of the class interval of D.B.H.



次に輪尺により互に直角をなす兩方向に測定した値の平均値を用ふる場合を考へて見る。

單一方向に測定した直徑を用ふる場合と同様に、互に直角をなす兩方向の測定値の平均直徑が動搖する範圍を、胸高直徑に對する百分率で表はしたものを  $p_2\%$  とすれば、 $\frac{p_2}{200}x$  以下に區分することは無駄になるが、少くとも  $\frac{p_2}{200}x$  迄は無駄でない事を知るであらう。

$p_2$  に對する實測材料は僅少なるにより、直に茲に結論する事は早計に過ぎるが、樹幹横斷面を正橢圓と假定した場合、輪尺により互に直角に交はる兩直徑の算術平均を以てその胸高直徑とするならば、その胸高直徑の變化する範圍は、橢圓の短軸に對する長軸の差に比し極めて微小なものであることと(證明略す)、比較的偏倚の著しいカシの測定結果(第 19 表)にも 4.1% に過ぎないのを得てゐるので、假に  $p_2 < 4.0\%$  として議論を進める。 $p_2$  の性質として第 17 表及び第 18 表の数値より小さくなる可きものであるから  $p_2 < 4.0\%$  の限界は一層小さくなるものと信ずる。



第 17 表 胸高直徑の變化する範圍

Table 17. Variations of D. B. H. measurements.

調査木及測定者	單一方向を測る場合	直角の兩方向の平均値に於ける場合
測定者眞田技手	%	%
I { <sup>a</sup> b	14.1 12.8	5.9 4.8
II { <sup>a</sup> b	9.6 9.4	2.6 3.1
III { <sup>a</sup> b	9.9 10.1	4.5 3.8
測定者著者		
I { <sup>a</sup> b	13.7 13.7	7.5 5.6
II { <sup>a</sup> b	9.6 9.4	4.0 2.9
III { <sup>a</sup> b	9.1 10.7	4.2 3.3

第 18 表 プナ木口断面に於ける直角に交はる兩直徑の平均値が變化する範圍

Table 18. Variations of arithmetic means of 2 diameters at right angles  
each other on the cross section of Buna log.

直徑階 \ 百分率	1	2	3	4	5	6	7	8	9	合計
24						1				1
26	2	1								3
28		6					1			7
30		3	3	1						7
32	2	5	3		1	1				12
34	2	2	2	3						9
36	3	6	2	1						12
38	1	3	5	2		1	1			13
40	2	4	5	2	3	2			1	19
42	5	3	4	1			1			14
44	1	6	2	1	1					11
46	3	1	2	2						8
48		2	2				1			5
50		1	1	1		2				5
52										
54	2	1	2	1						6
合計	23	44	33	15	5	7	4		1	132

全體の平均 = 2.8 ± 0.138

第 17 表は大阪營林局技手眞田武夫氏及著者の實測結果（前掲第 13 表）より算出したもので、直角の兩方向に測定したる平均直徑の變化する範圍を、その内の最小の平均直徑に對する百分率にて表はしたもの、第 18 表及び第 19 表の數値はブナ及びカシの丸太木口横斷面を圖に寫し取つたものにつき、圖上中心角  $10^\circ$  毎の方向に測定した値そのものの變化する範圍と、その内互に直角をなす直徑を 2 つ宛選んで平均した値の變化する範圍を示したものである。

第 19 表 カシ木口斷面に於ける直角に交る兩直徑の平均値が變化する範圍

Table 19. Variations of arithmetic means of 2 diameters at right angles  
each other on the cross section of Kashi log.

直徑階 \ 百分率	1	2	3	4	5	6	7	8	合 計
32			1			1			2
34			1		1				2
36			1					1	2
38				1	1				2
40			1						1
42				1				1	2
44	1		2	1					4
46			1				1		2
48			1						1
50									
52									
54			2		1				3
合 計	1		10	3	3	1	1	2	21

全體の平均 =  $4.1 \pm 0.398$

第 10 圖は  $p_2 = 4.0\%$  として  $\frac{p_2}{200}x$  を圖示したもので、原點を通り  $x$  軸に對し  $\frac{p_2}{200}$  を傾斜に持つ直線となる。同圖に依れば、胸高直徑 100 cm 以下の樹木に就いては 2 cm 毎の括約をするも無駄ではなく、50 cm 以下の樹木に就いては 1 cm 毎の括約さへ無駄ではない事を知るのである。

### 3. 同一胸高直徑階内に含まれるブナ個樹の成材材積の變化する状態

以上の考察により、輪尺により互に直角の兩方向に測定したる値の平均値を以て胸高直徑とするならば、その階級區分を 2 cm 毎にするも、胸高直徑 100 cm 以下の樹木に就いては有意義であるのを知るのである。胸高直徑階を 5 cm 毎にする場合は固より論を俟たない。

然らば斯の如く區分せられた各胸高直徑階内に含まれる、各個樹の有する成材々積が變化

する状態は如何といふに、既に前にも述べた通り、胸高直徑階 2 cm、樹高階 1 米毎に區分する場合には、第 5<sub>a</sub> 表の如き標準偏差を、また胸高直徑階 5 cm、樹高階 3 米毎に區分する場合には第 6<sub>a</sub> 表の如き標準偏差を示す事を知る。

之等の標準偏差は、測定數僅少なるにより、更に測定數を増す時は、上記の數値よりも一層大きくなる性質のものである。今上記の數値より確率誤差を算出し、その 2 倍の値を採るならば、各階級内に屬する個樹の成材々積の内、その平均値に近似する半數の測定値が含まれる範圍（實際には更に大きくなる性質のものである事は既に述べた）を表はす理である。即ち上記の數値に 1.349 倍した値（第 20 表）がそれである。

第 20 表 胸高直徑階別成材々積の變化狀態

Table 20. Variations of volume of Derbholz in D. B. H. classes.

a. 2 纏毎の階級 (Class interval 2 cm)

胸高直徑 cm	確率誤差 の 2 倍 %	胸高直徑 cm	確率誤差 の 2 倍 %	胸高直徑 cm	確率誤差 の 2 倍 %	胸高直徑 cm	確率誤差 の 2 倍 %	胸高直徑 cm	確率誤差 の 2 倍 %	胸高直徑 cm	確率誤差 の 2 倍 %
20	30.4	32	22.0	44	22.0	56	14.8	68	33.7	80	6.7
22	24.7	34	15.2	46	14.4	58	23.6	70	16.9		
24	22.9	36	9.0	48	13.5	60	13.5	72			
26	27.0	38	15.2	50	6.7	62	13.5	74			
28	13.5	40	6.7	52	13.5	64	16.9	76	27.0		
30	21.3	42	16.2	54	24.3	66	6.7	78			

b. 5 纏毎の階級 (Class interval 5 cm)

胸高直徑 cm	確率誤差 の 2 倍 %	胸高直徑 cm	確率誤差 の 2 倍 %	胸高直徑 cm	確率誤差 の 2 倍 %	胸高直徑 cm	確率誤差 の 2 倍 %	胸高直徑 cm	確率誤差 の 2 倍 %
10	80.9	30	28.7	50	22.0	70	15.2	90	13.5
15	27.0	35	20.2	55	18.6	75	15.8	95	20.2
20	22.5	40	15.8	60	23.6	80	13.5		
25	24.3	45	18.6	65	17.9	85	15.8		

扨て胸高直徑並樹高に對する成材々積の關係は、前記第 10 表の材料による計算の結果、

$$V = 0.00003173 D^{2.24221} H^{0.79658}$$

により示されることは既に述べた。従つて胸高直徑並樹高の變化に伴ふ成材々積の變化は夫々

イ、胸高直徑に關しては、

$$\frac{\partial V}{\partial D} \cdot \Delta D = [0.00003173 \times 2.24221 D^{1.24221} H^{0.79658}] \cdot \Delta D$$

$$D = D_0 + \theta_1 \Delta D$$



ロ、樹高に關しては、

$$\frac{\partial V}{\partial H} \cdot \Delta H = [0.00003173 \times 0.79658 D^{2.24221} H^{-0.20342}] \cdot \Delta H$$

$$H = H_0 + \theta_2 \cdot \Delta H$$

により與へられる理である。但し  $D_0 + \theta_1 \cdot \Delta D$  及び  $H_0 + \theta_2 \cdot \Delta H$  は夫々  $\Delta D$  及び  $\Delta H$  だけ變化する間に  $\partial V / \partial D$ , 及び  $\partial V / \partial H$  が採り得る値の平均値を與ふる如き  $D$  及び  $H$  を示す。即ち

第 21 表  $\Delta D=1, 2, 5$  cm としたときの  $p_D$  の値

Table 21. Values of  $p_D$  when  $\Delta D=1, 2$ , and 5 cm.

$\Delta D=1$  cm.

$D_0$ cm	$p_D$ %	$D_0$ cm	$p_D$ %	$D_0$ cm	$p_D$ %	$D_0$ cm	$p_D$ %	$D_0$ cm	$p_D$ %
6	41.3	26	8.8	46	4.9	66	3.4	86	2.6
8	30.2	28	8.2	48	4.7	68	3.3	88	2.6
10	23.8	30	7.6	50	4.5	70	3.2	90	2.5
12	19.7	32	7.1	52	4.4	72	3.1	92	2.5
14	16.7	34	6.7	54	4.2	74	3.1	94	2.4
16	14.6	36	6.3	56	4.0	76	3.0	96	2.4
18	12.9	38	6.0	58	3.9	78	2.9	98	2.3
20	11.6	40	5.7	60	3.8	80	2.8	100	2.3
22	10.5	42	5.4	62	3.7	82	2.8		
24	9.6	44	5.2	64	3.5	84	2.7		

$\Delta D=2$  cm.

$D_0$ cm	$p_D$ %	$D_0$ cm	$p_D$ %	$D_0$ cm	$p_D$ %	$D_0$ cm	$p_D$ %	$D_0$ cm	$p_D$ %
6	90.5	26	18.1	46	10.0	66	6.9	86	5.3
8	64.9	28	16.7	48	9.6	68	6.7	88	5.2
10	50.5	30	15.6	50	9.2	70	6.5	90	5.1
12	41.3	32	14.6	52	8.8	72	6.3	92	4.9
14	34.9	34	13.7	54	8.5	74	6.2	94	4.8
16	30.2	36	12.9	56	8.2	76	6.0	96	4.7
18	26.6	38	12.2	58	7.9	78	5.8	98	4.6
20	23.8	40	11.6	60	7.6	80	5.7	100	4.5
22	21.5	42	11.0	62	7.4	82	5.6		
24	19.7	44	10.5	64	7.1	84	5.4		

$\Delta D = 5 \text{ cm.}$ 

$D_0$ cm	$pD$ %	$D_0$ cm	$pD$ %	$D_0$ cm	$pD$ %	$D_0$ cm	$pD$ %	$D_0$ cm	$pD$ %
5	371.0	25	50.5	45	26.6	65	18.1	85	13.7
10	147.9	30	41.3	50	23.8	70	16.7	90	12.9
15	90.5	35	34.9	55	21.5	75	15.6	95	12.2
20	64.9	40	30.2	60	19.7	80	14.6	100	11.6

$\theta_1, \theta_2$  共に  $0 \leq \theta_1, \theta_2 \leq 1$ . なる關係を有する。故に此の變化する量を元の成材々積に對する百分率にて表はすときは、夫々、

$$pD = \frac{224.221 (D_0 + \theta_1 \cdot \Delta D)^{1.24221}}{D_0^{2.24221}} \cdot \Delta D \quad \% \dots\dots\dots (9)$$

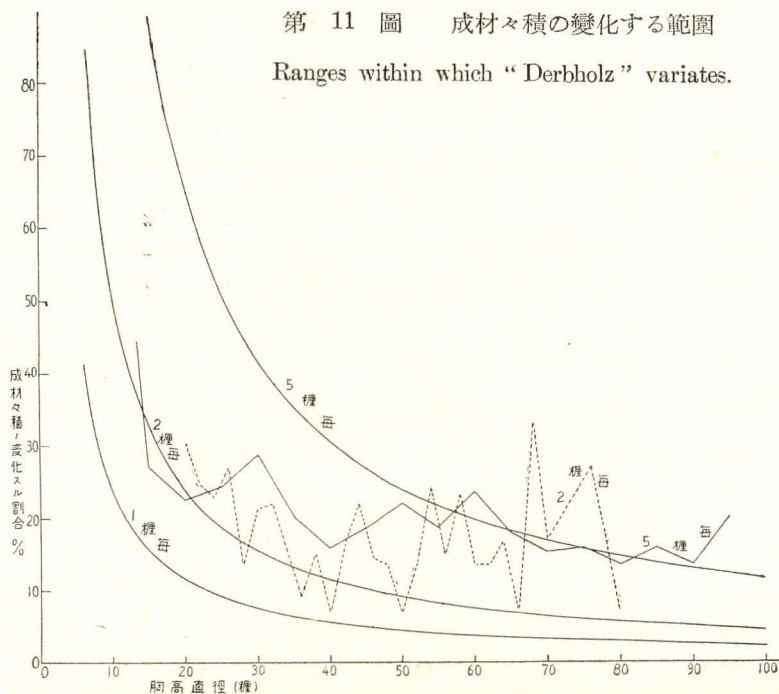
$$pH = \frac{79.658}{H_0^{0.79658} (H_0 + \theta_2 \cdot \Delta H)^{0.20342}} \cdot \Delta H \quad \% \dots\dots\dots (10)$$

となる。

今  $\Delta D = 1, 2, 5 \text{ cm}$  とし  $\theta_1 = 1/2, \Delta H = 1, 2, 3, \theta_2 = 1/2$  として上式を算出すると、第 21 表及び第 22 表の如くである。之等の數値は、胸高直徑階或は樹高階を  $\Delta D$  或は  $\Delta H$  毎に區分するとき、1 階級進む毎に成材々積の變化する割合を、各階級の平均成材々積に對する百分率を以て示したものに相當する。故に之等の百分率を圖上 (第 11 圖) に置き (茲には胸高直徑階

第 11 圖 成材々積の變化する範圍

Ranges within which "Derbholz" variates.



に對する場合のみを掲げる) 更に第 21 表の値を圖上に置いて比較するならば、次の如き結論が得られるであらう。

第 22 表  $\Delta H=1, 2, 3$  m としたときの  $p_H$  の値Table 22. Values of  $p_H$  when  $\Delta H=1, 2$ , and 3 m. $\Delta H=1$  m.

$H_0$ m	$p_H$ %	$H_0$ m	$p_H$ %	$H_0$ m	$p_H$ %	$H_0$ m	$p_H$ %	$H_0$ m	$p_H$ %
6	13.1	11	7.2	16	4.9	21	3.8	26	3.1
7	11.2	12	6.6	17	4.7	22	3.6	27	2.9
8	9.8	13	6.1	18	4.4	23	3.4	28	2.8
9	8.8	14	5.6	19	4.2	24	3.3	29	2.7
10	7.9	15	5.3	20	4.0	25	3.2	30	2.6

 $\Delta H=2$  m.

$H_0$ m	$p_H$ %	$H_0$ m	$p_H$ %	$H_0$ m	$p_H$ %
6	25.7	16	9.8	26	6.1
8	19.4	18	8.8	28	5.6
10	15.6	20	7.9	30	5.3
12	13.1	22	7.2		
14	11.2	24	6.6		

 $\Delta H=3$  m.

$H_0$ m	$p_H$ %	$H_0$ m	$p_H$ %	$H_0$ m	$p_H$ %
6	38.1	15	15.6	24	9.8
9	25.7	18	13.1	27	8.8
12	19.4	21	11.2	30	7.9

i. 胸高直徑階を 2 cm 毎に區分するのは、胸高直徑 30 cm 附近の樹木に就いても稍細か過ぎる。50 cm 以上の樹木に就いては固より云ふ迄もない。

ii. 胸高直徑階を 5 cm 毎に區分するのは、胸高直徑 50 cm 以下の樹木に就いては少々大なる憾はあるが、50 cm 以上の樹木に就いては、最も理想的の階級區分と言ふことが出来る。

實用上の見地より言へば、階級に區分する獨立變數に就ての階級區分を主とし、從屬變數の變異狀態に就いての階級區分は從とする事もあり得る。即ち獨立變數が細かく分け得るならば



その階級内の從屬變數が變化する状態に就いては考慮しない、否多少の無駄は敢てするの意である。従つて十字の兩方向に測定した平均値を用ふる場合、胸高直徑 50 cm 以上の樹木に就いても 2 cm 毎に區分するといふ事は必ずしも意義のない事ではない。

#### 4. 樹高階の階級區分に就いて

立木の樹高は通常目測による場合が多く、稍々精密を要する場合に初めて測高器を使用するのである。従つてその精密度に関しては固より、直接實測し得る胸高直徑の比ではなく、測高器を使用する場合に於ても著しい誤差を生じ易いもので、人により又器械によつてもその差異が甚しいものである事は、東京帝國大學助教授嶺一三氏の研究により明にせられた事實である。目測も、熟練の結果稍々實際に近い數値を得る事もあるが、所により、時により、又樹種によつて必ずしも安定なものでない事はよく人の知る所である。嶺氏の研究は單木の場合と林分としての場合とに分けた詳細なるもので、比較的樹高測定の容易なるものと考へらるゝ針葉樹に對する結果である。従つて潤葉樹に就いては同氏の結論よりも一層著しい誤差が生じ得るものと考へなければならぬであらう。故に本論文に於ては直接、樹高測定の誤差論には觸れず、(10)式より樹高の變化に伴つて成材々積の變化する割合と、胸高直徑に伴つて成材々積の變化する割合とを比較し、少くとも樹高階 1 階級變る毎に、胸高直徑の階級區分に相應する材積の變化を伴ふ程度を超えないのを限度として、樹高階の階級區分を決定したのである。従つて樹高測定の誤差から階級區分の大さを吟味する問題には觸れてゐないことをお斷りして置く。

胸高直徑に對する第 21 表の數値及び樹高に對する第 22 表の數値を圖に表はし、此の場合胸高直徑に對する百分率は横軸に、樹高に對する百分率は縦軸(或は此反對にても可)とし何れも同じ割合に度盛するが、胸高直徑及び樹高の割合は必ずしも同一であることを要しない。之に更に材料の本數分配表(第 2 表)に據つて、胸高直徑並樹高に對する材料の範圍を示した輪廓を入れ、また原點を通り横軸及び縦軸に  $45^\circ$  の傾斜を有する直線を引けば、その上の各點は胸高直徑及び樹高の變化に伴ふ成材々積の變化する割合が相等しい理であるから、それを利用すると  $P_D$  及び  $P_H$  を比較するに便利である。(圖略す)

#### 5. 表示すべき成材々積の數字の括約

以上の如くして胸高直徑階及び樹高階の階級區分が、理論的に決定せられる理であるが、最後に表示すべき成材々積の數字を、何位に止むべきかといふ問題が残る。

本問題は主として、決定せられた實驗式が實測材料に對する近似の程度により決るべきものと信ずる。各個樹の實材積は、測定者の異なるに従ひ、第 1 表に示された程度の變異は、免れないものと見なければならぬけれども、各階級内に含まれる多數の樹木に就いて平均せられる結果、各階級を代表する平均値の精密度は、測定本數を多くするに従ひ、相當程度に高め得る理である。従つて實驗式決定の基礎となるべき各階級の平均値は、可なり信賴し得る數値となる

けれども、決定せられた實驗式は必ずしも此等實測の平均値に近似するものではない。その實驗式により見積らるゝ値の標準偏差（又は平均偏差）が、之の近似する程度を示す。

第 23 表 成 材 ヲ 積 表

Table 23. Volume table for "Derbholz" (pieces of wood over 7 cm in diameter at smaller end.)

樹高 m 胸高直徑 cm	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
14	0.085	0.102	0.118	0.133						
15	0.115	0.137	0.159	0.180						
18	0.150	0.179	0.207	0.234	0.260					
20	0.190	0.227	0.262	0.296	0.330	0.362				
22	0.235	0.281	0.324	0.367	0.408	0.448				
24	0.286	0.341	0.394	0.446	0.496	0.55				
26	0.342	0.408	0.472	0.53	0.59	0.65				
28	0.404	0.482	0.56	0.63	0.70	0.77				
30	0.471	0.56	0.65	0.74	0.82	0.90	0.98			
32		0.65	0.75	0.85	0.95	1.04	1.13			
34			0.86	0.97	1.08	1.19	1.29			
36			0.98	1.11	1.23	1.35	1.47			
38			1.11	1.25	1.39	1.53	1.66			
40			1.24	1.40	1.56	1.71	1.86			
42			1.38	1.56	1.74	1.91	2.08			
44			1.54	1.74	1.93	2.12	2.31			
46			1.70	1.92	2.13	2.34	2.55			
48			1.87	2.11	2.35	2.58	2.80			
50			2.05	2.31	2.57	2.83	3.07	3.32		
55				2.86	3.19	3.50	3.81	4.11		
60				3.48	3.87	4.25	4.63	4.99		
65				4.16	4.63	5.1	5.5	6.0		
70				4.92	5.5	6.0	6.5	7.0	7.6	8.1
75				5.7	6.4	7.0	7.6	8.2	8.8	9.4
80					7.4	8.1	8.8	9.5	10.2	10.9
85					8.5	9.3	10.1	10.9	11.7	12.4
90					9.6	10.6	11.5	12.4	13.3	14.1
95						11.9	13.0	14.0	15.0	16.0
100						13.4	14.5	15.7	16.8	17.9
105							16.2	17.5	18.8	20.0
110							18.0	19.4	20.8	22.2
115							19.9	21.5	23.0	24.5
120							21.9	23.6	25.3	27.0



即ち第 10 表によれば、計算値と實測値との平均偏差は 2.72% である。従つて此の實驗式により算出し表示する數値も、實測値に對し略々同程度の誤差ある事を覺悟しなければならぬ。仍つて著者は各階級の計算値の内、有效數字 50—99 となるものに對しては 2 桁に止めて第三位以下四捨五入し、有效數字 100—499 となるものに對しては 3 桁まで求め、第四位以下四捨五入をして、表中の數字は凡べて有效數字 2 位又は 3 位に止めたのである。従つて計算による元の數字に對する、括約による數字の差違は  $\pm(5/500) \times 100 = \pm 1\%$  を超ゆる事がなく、實驗式の有する精密度に對して妥當なる括約なりと信ずる。

實驗式或は圖上目測によつて平滑にした曲線等を用ひて、有效數字を 2 位まで読み取つた形數により材積を算出し、多くの桁數を有する數字を書き列べても無駄である。何となれば形數 0.50 以下のものに對しては、形數それ自身に於て、既に 1% を超ゆる括約による差が含まれるからである。

#### 6. 胸高直徑に對する第一種材々積率の關係（第一種材々積表）

本論に第一種材々積率とは、成材々積に對する第一種材々積の比を、百分率で表はしたものである。今全國合併の材料に就いて、胸高直徑階 5 糎毎に此の第一種材々積率を平均し、表示すると第 24 表の如くであるが之を圖上（第 12 圖）に置き、更に胸高直徑階 2 糎毎に之等の平均値を算出して圖に描いた折線を（同圖の點線）參酌し、目測によつて圖上で平滑な曲線に結ぶと同圖の實線の如くなる。仍つて此の曲線より圖上、胸高直徑 5 糎毎に第一種材々積率を読みとると第 25 表の如くであるが、之と各產地別材料の第一種材々積率を胸高直徑階 5 糎

第 24 表 成材々積に對する第一種材々積率

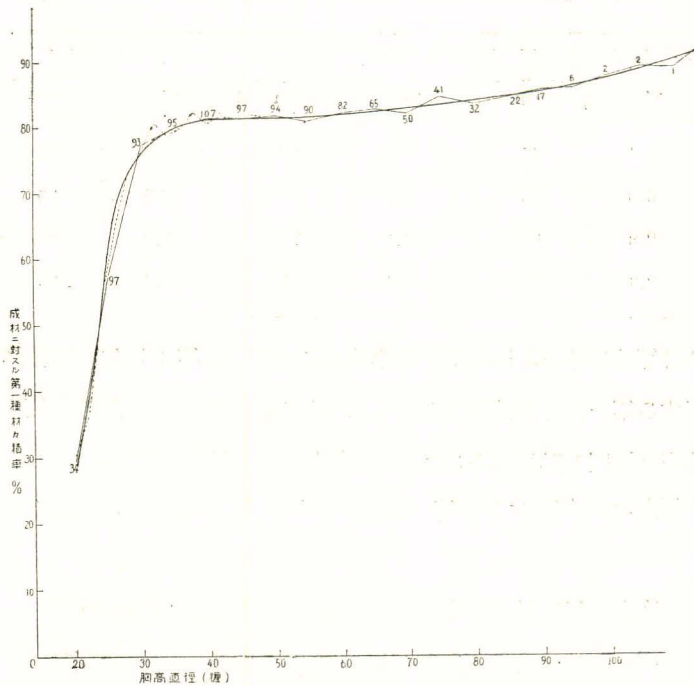
Table 24. Percentages of "wood of the 1st kind" to "Derbholz" ( $P_{w1}$ ).

直徑階 D.B.H. cm	第一種材々積率 $P_{w1}$ %	直徑階 D.B.H. cm	第一種材々積率 $P_{w1}$ %	直徑階 D.B.H. cm	第一種材々積率 $P_{w1}$ %	直徑階 D.B.H. cm	第一種材々積率 $P_{w1}$ %
20	29.3	45	81.3	70	82.2	95	86.2
25	58.0	50	81.8	75	84.8	100	88.1
30	77.3	55	81.0	80	83.8	105	89.5
35	80.0	60	82.2	85	84.7	110	89.4
40	81.4	65	83.0	90	85.9	120	95.6



第 12 圖 胸高直徑に對する第一種材々積率の關係

Fig 12. Relation of  $Pw_1$  to D.B.H..



毎に平均した値との差を求め、その平均偏差を求めると第 27 表の如くなる。此の結果を見るに胸高直徑階 20 糎及び 25 糎の兩階級に於ては少々大なる平均偏差を示すが 30 糎以上の階級に於てはその差が極めて小さく、第 26 表の数値は實用上全國合併の第一種材々積率の、胸高直徑に對する變化を平均的に示すものとして大なる不都合のない事を知るのである。

第 25 表 成材々積に對する第一種材々積率(曲線より讀みとりたるもの)

Table 25.  $Pw_1$  by curve reading.

直徑階 D.B.H. cm	第一種材々 積率 $Pw_1$ %	直徑階 D.B.H. cm	第一種材々 積率 $Pw_1$ %	直徑階 D.B.H. cm	第一種材々 積率 $Pw_1$ %	直徑階 D.B.H. cm	第一種材々 積率 $Pw_1$ %
20	28.6	34	79.4	48	81.4	80	84.2
22	39.0	36	80.3	50	81.4	85	84.8
24	54.0	38	80.9	55	81.6	90	85.6
26	67.0	40	81.2	60	81.9	95	86.5
28	72.9	42	81.3	65	82.4	100	87.7
30	76.1	44	81.4	70	83.0	105	89.1
32	78.1	46	81.4	75	83.6	110	90.7

第 26 表 圖上より読み取りたる第一種材々積率の平均偏差

Table 26. Average deviation of  $Pw_1$  by curve reading.

直 徑 階 D.B.H. cm	平 均 偏 差 %	直 徑 階 D.B.H. cm	平 均 偏 差 %	直 徑 階 D.B.H. cm	平 均 偏 差 %	直 徑 階 D.B.H. cm	平 均 偏 差 %
20	8.4	40	4.2	60	2.6	80	3.7
25	5.0	45	2.0	65	3.5	85	2.6
30	2.8	50	3.1	70	3.0	90	3.0
35	2.6	55	2.4	75	3.2	95	2.3

(7) 式による計算値に第 12 圖により読み取らるる割合 (第 26 表) を乗ずるならば、胸高直徑並樹高に對する第一種材材積が得られる理である、但し此の場合胸高直徑 30 cm 未滿の樹木に對しては相當範圍の動搖のあることを覺悟しなければならない。

参考 胸高直徑階を 5 纏毎にし、第一種材材積率を 3% 毎にして、兩者の相關關係を見るに、

胸高直徑に對する第一種材材積率の相關比  $= 0.884 \pm 0.005$

第一種材材積率に對する胸高直徑の相關比  $= 0.586 \pm 0.014$

となり、樹高階 1 米、第一種材材積率 3% 毎の階級に分けて兩者の相關關係を見るに、

樹高に對する第一種材材積率の相關比  $= 0.524 \pm 0.020$

第一種材材積率に對する樹高の相關比  $= 0.588 \pm 0.014$

となり、相互の關係に於て胸高直徑だけの函數とするも、亦樹高だけの函數とするも大なる相違はないもののやうである。但し胸高直徑は直接實測する因子であり、樹高は測高器により實測し或は實行に當り目測による場合も少くないので、本研究に於ては胸高直徑に對する第一種材材積率の關係を求めて、之により第一種材材積表を調製することにしたのである。

## 7. 胸高直徑に對する粗朶材材積率の關係 (全木材積表)

本論にいふ粗朶材材積率とは、第一種材材積率同様、成材材積に對する粗朶材材積の比を百分率にて表はしたものである。

各個樹の粗朶材材積率を 2% 毎に分類し、胸高直徑は 2 cm 毎、樹高は 1 米毎に分類して相互の關係を見るに、

胸高直徑に對する粗朶材材積率の相關比  $= 0.674 \pm 0.011$

粗朶材材積率に對する胸高直徑の相關比  $= 0.596 \pm 0.013$

及び

第 27 表 胸高直徑並樹高に對する第一種材材積表

Table 27. Volume table for wood of the 1st kind(Pieces  
of wood over 20cm in diameter at smaller end).

樹高 Height (m) 胸高 直徑 D.B.H. (cm)	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
20	0.054	0.065	0.075	0.085	0.094	0.104				
22	0.092	0.110	0.126	0.143	0.159	0.175				
24	0.155	0.184	0.213	0.241	0.268	0.294				
26	0.229	0.273	0.316	0.358	0.398	0.437				
28	0.295	0.351	0.406	0.459	0.51	0.56				
30	0.358	0.429	0.495	0.56	0.62	0.68	0.74			
32		0.51	0.59	0.66	0.74	0.81	0.88			
34			0.68	0.77	0.86	0.95	1.03			
36			0.79	0.89	0.99	1.09	1.18			
38			0.89	1.01	1.13	1.24	1.34			
40			1.01	1.14	1.27	1.39	1.51			
42			1.13	1.27	1.41	1.56	1.69			
44			1.25	1.41	1.57	1.73	1.88			
46			1.38	1.55	1.74	1.91	2.07			
48			1.52	1.72	1.91	2.10	2.28			
50			1.67	1.88	2.09	2.30	2.50	2.70		
55				2.34	2.60	2.86	3.11	3.35		
60				2.35	3.17	3.48	3.79	4.09		
65				3.43	3.82	4.19	4.56	4.92		
70				4.08	4.54	4.99	5.4	5.9	6.3	6.7
75					5.3	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9
80					6.2	6.8	7.4	8.0	8.6	9.2
85					7.2	7.9	8.6	9.2	9.9	10.5
90					8.2	9.0	9.8	10.6	11.4	12.1
95						10.3	11.2	12.1	13.0	13.8
100						11.7	12.7	13.8	14.8	15.7
105							14.5	15.6	16.7	17.8
110							16.3	17.6	18.9	20.1
115							18.4	19.8	21.2	22.6
120								22.2	23.8	25.3



樹高に対する粗朶材材積率の相關比 $=0.628 \pm 0.013$

粗朶材材積率に対する樹高の相關比 $=0.709 \pm 0.010$

となり、胸高直徑及び樹高とも特に著しい相違が認められないけれども、前にも既に記述したやうに、本論文に於ては直接測定の対象となり得る、胸高直徑に対する粗朶材材積率の變化を求めたのである。即ち全國合併の材料に就いて胸高直徑階 5 糎毎に、各個樹の粗朶材材積率の平均値を求め、(第 28 表) 之を圖上に置いて (第 13 圖) 更に變化の甚しい部分に對しては、胸

第 28 表 粗 朶 材 材 積 率 (實 測 値)

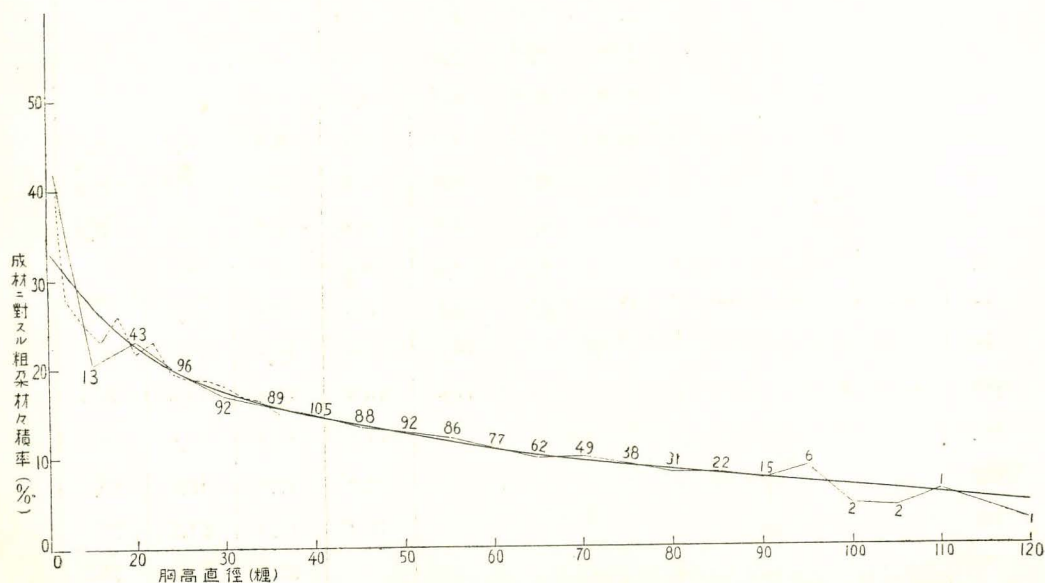
Table 28. Percentages of Brushwood to Derbholz (Actual value).

直 徑 階 D.B.H. cm	粗朶材材積 率 %	直 徑 階 D.B.H. cm	粗朶材材積 率 %	直 徑 階 D.B.H. cm	粗朶材材積 率 %	直 徑 階 D.B.H. cm	粗朶材材積 率 %
5	118.2	35	15.8	65	9.9	95	8.8
10	45.7	40	14.8	70	10.0	100	4.6
15	20.5	45	13.4	75	9.2	105	4.3
20	23.1	50	12.9	80	8.2	110	6.1
25	19.5	55	12.2	85	8.2	120	2.8
30	17.0	60	11.0	90	7.4		

Brushwood: Pieces of wood under 7 cm in diameter  
at larger end.

第 13 圖 胸高直徑と粗朶材々積率との關係

Fig. 13. Relation between D.B.H. and percentages of Brushwood.



第 29 表 圖上より読み取りたる粗朶材材積率

Table 29. Percentages of Brushwood by curve reading.

直 徑 階 D.B.H. cm	粗朶材材 積 %	直 徑 階 D.B.H. cm	粗朶材材 積 %	直 徑 階 D.B.H. cm	粗朶材材 積 %	直 徑 階 D.B.H. cm	粗朶材材 積 %
14	28.3	30	17.4	46	13.5	80	8.5
16	26.1	32	16.8	48	13.1	85	8.0
18	24.2	34	16.2	50	12.7	90	7.5
20	22.6	36	15.6	55	11.7	95	7.0
22	21.3	38	15.2	60	10.8	100	6.6
24	20.1	40	14.8	65	10.2	105	6.2
26	19.0	42	14.3	70	9.5	110	5.6
28	18.2	44	13.9	75	9.0		

高直徑階 2 纏毎に平均値を算出して圖に描いた折線を參照して、目測により圖上で平均して平滑な曲線を描き、圖上此の曲線より所要の胸高直徑に對する粗朶材材積率を読みとつたのが、第 29 表の數値である。之等の數値と、各產地別材料の平均値との差を、前者に對する百分率で表はした平均偏差は、第 30 表の如くである。

第 30 表 粗朶材材積率の平均偏差

Table 30. Average deviation of Brushwood Percentages.

直 徑 階 D. B. H. cm	平 均 偏 差 %	直 徑 階 D. B. H. cm	平 均 偏 差 %	直 徑 階 D. B. H. cm	平 均 偏 差 %	直 徑 階 D. B. H. cm	平 均 偏 差 %
15	4.9	40	5.1	65	2.2	90	2.4
20	5.3	45	3.1	70	2.1	95	1.4
25	4.5	50	3.1	75	1.9		
30	4.4	55	3.4	80	2.6		
35	4.8	60	2.8	85	2.7		

之等の偏差は、個樹の粗朶材材積率が各產地とも相當範圍の變化あることより見て、比較的僅少なものと云ふべく、從つて第 30 表の數値は、胸高直徑に對する粗朶材材積率の變化を示す平均的の數値と見て、大なる不都合のないものと結論することが出来るであらう。本表の數値と (7) 式とより得らるゝ成材材積とより、全木材積を算出することは極めて容易である。

第 31 表はその算出値を示したものである。

第 31 表 胸高直徑並樹高に對する全木材積表

Table 31. Total Volume by D.B.H. and Total height classes.

樹高 Height (m) 胸高直徑 D.B.H. (cm)	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
14	0.109	0.131	0.152	0.171						
16	0.145	0.173	0.200	0.227						
18	0.186	0.222	0.257	0.291	0.323					
20	0.233	0.278	0.321	0.363	0.405	0.444				
22	0.285	0.341	0.393	0.445	0.495	0.54				
24	0.344	0.410	0.473	0.54	0.60	0.66				
26	0.407	0.486	0.55	0.64	0.71	0.78				
28	0.478	0.57	0.66	0.75	0.83	0.91				
30	0.55	0.66	0.76	0.86	0.96	1.06	1.15			
32		0.76	0.88	0.99	1.11	1.21	1.32			
34			1.00	1.13	1.26	1.38	1.50			
36			1.13	1.28	1.42	1.56	1.70			
38			1.27	1.44	1.60	1.76	1.91			
40			1.42	1.61	1.79	1.97	2.14			
42			1.58	1.78	1.99	2.18	2.37			
44			1.75	1.98	2.20	2.42	2.63			
46			1.93	2.18	2.42	2.66	2.89			
48			2.11	2.39	2.65	2.91	3.17			
50			2.31	2.61	2.90	3.18	3.46	3.73		
55				3.20	3.56	3.91	4.25	4.59		
60				3.86	4.29	4.71	5.1	5.5		
65				4.59	5.1	5.6	6.1	6.5		
70				5.4	6.0	6.6	7.2	7.7	8.3	8.8
75					7.0	7.6	8.3	9.0	9.6	10.3
80					8.0	8.8	9.6	10.3	11.1	11.8
85					9.1	10.0	10.9	11.8	12.6	13.4
90					10.3	11.3	12.3	13.3	14.3	15.2
95						12.7	13.9	15.0	16.0	17.1
100						14.3	15.5	16.7	17.9	19.1
105							17.2	18.6	19.9	21.2
110							19.0	20.5	22.0	23.4
115								22.6	24.2	25.8
120								24.8	26.5	28.3



## 8. 胸高直徑に對する胸高周圍の關係

樹幹胸高位置に於ける横斷面が、正しい圓でない限り、輪尺によつて測定したる直徑と、卷尺によつて測定したる周圍とは、理論的に何等の關係のない事は前述の説明により明である。唯著者の得たる材料より統計的に兩者の關係を求むるならば、次の如くである。

第 33 表 胸高直徑に對する胸高周圍の關係

Table 33. Relation of tape measurement to caliper measurement at breast height.

營 林 局	本 數	$\pi' = \frac{\text{tape meas.}}{\text{calip. meas.}}$
秋 田	300	3.2159
青 森	201	3.1269
大 阪	121	3.2120
東 京	301	3.2277
全 體	923	3.2197

即ち卷尺によつて得られた周圍と、輪尺により得られた直徑との關係を求めるならば、正圓の場合の圓周率に相當する値は  $\pi' = 3.2197$  となる。

又著者がブナ丸太の木口につき輪尺により十字の二方向に測定したる値と、鋼鐵製テープにより、周圍を測定したる結果とより、その關係を算出するに、  
最大直徑と、之と直角なる方向の直徑との平均を用ふる場合、

$$\pi' = 3.1394$$

最小直徑と之と直角なる方向の直徑との平均を用ふる場合、

$$\pi' = 3.1721$$

となる。假に今兩者の平均値をとるならば  $\pi = 3.1558$  となり、各營林署に於て實測したる結果に比し稍々小さい結果を示してゐるが、之は丸太の木口に於て皮を除いた事と、鋼鐵製テープを用ひ（立木の場合と異り割合に緊め易い状態に在る）、測定に當り緊密に締めて讀み取つた事等が、主要な原因のやうに思考せられる。著者及び大山猛氏が沼田、村上兩營林署部内に於て實測した場合は、立木につき布製テープを以て讀み取つたのであるが、 $\pi' = 3.2013$   $\pi' = 3.2017$  となることより判斷して、前記の結果は、立木につき布製テープにより測定する場合の、胸高直徑對、周圍の關係を示すものと見て、大なる過はないであらう。從來輪尺による胸高直徑より、卷尺による胸高周圍を算出する場合（又はその反對の場合）に  $\pi = 3.1416$  を使用するのが一般であつたが、その結果、過小の胸高周圍（又は過大の胸高直徑）を算出してゐた事は想像するに難くない。

第 34 表は  $\pi' = 3.22$  として胸高直径と胸高周囲との関係を結び付け、(7) 式に代入して胸高周囲並樹高によつて排列した成材材積表を示す。

第 34 表 胸高周囲並樹高に對する成材材積表

Table 34. Derbholz volume by girth at breast

height and Total height classes.

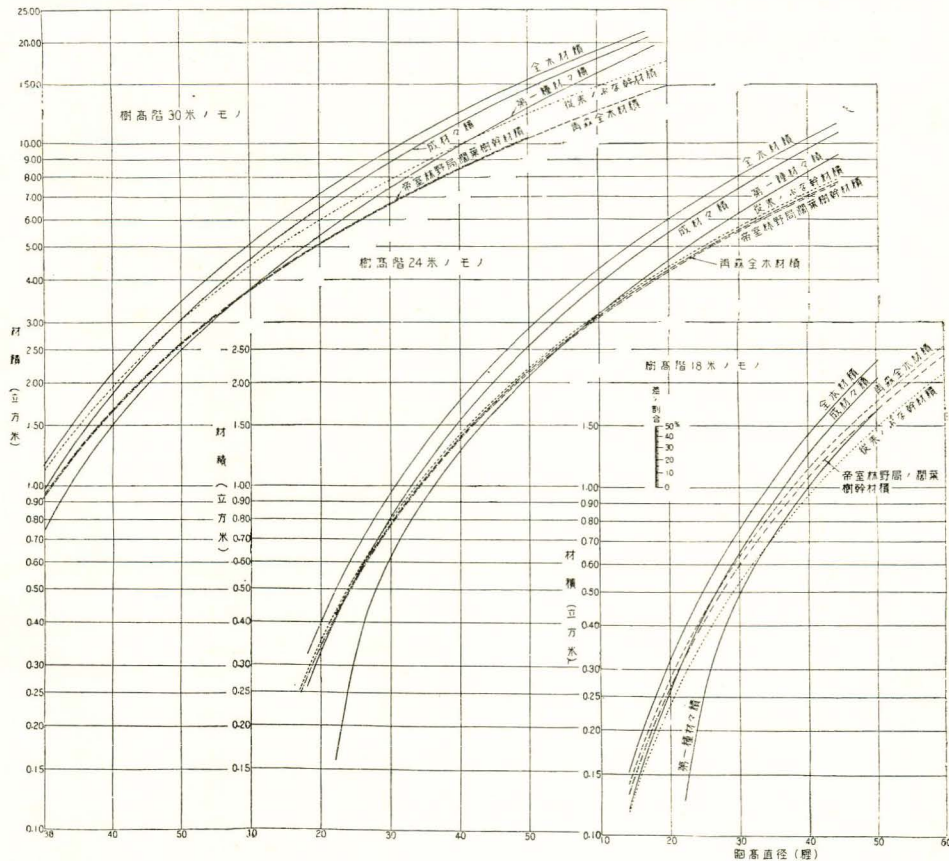
樹 高 Height (m) 胸高 直径 D.B.H. (cm)	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39
40	0.065									
45	0.085	0.102	0.117	0.133						
50	0.108	0.129	0.149	0.168						
55	0.133	0.159	0.184	0.208						
60	0.162	0.194	0.224	0.253	0.281					
65	0.194	0.232	0.268	0.303	0.337	0.370				
70	0.229	0.273	0.316	0.357	0.397	0.437				
75	0.267	0.319	0.369	0.417	0.464	0.51				
80	0.309	0.369	0.426	0.482	0.54	0.59				
85	0.354	0.422	0.489	0.55	0.61	0.68				
90	0.402	0.480	0.56	0.63	0.70	0.77				
95	0.454	0.54	0.63	0.71	0.79	0.87	0.94			
100		0.61	0.70	0.80	0.88	0.97	1.06			
110			0.87	0.98	1.10	1.20	1.31			
120			1.06	1.20	1.33	1.46	1.59			
130			1.27	1.43	1.59	1.75	1.90			
140			1.50	1.69	1.88	2.07	2.25			
150			1.75	1.97	2.20	2.41	2.62			
160			2.02	2.28	2.54	2.79	3.03	3.27		
170				2.61	2.91	3.19	3.47	3.75		
180				2.97	3.31	3.63	3.95	4.26		
190				3.35	3.73	4.10	4.46	4.81		
200				3.76	4.18	4.60	5.0	5.4		
210				4.20	4.67	5.1	5.6	6.0		
220				4.66	5.2	5.7	6.2	6.7		
230				5.1	5.7	6.3	6.8	7.4	7.9	8.4
240				5.7	6.3	6.9	7.5	8.1	8.7	9.3
250					6.9	7.6	8.2	8.9	9.5	10.2
260					7.5	8.3	9.0	9.7	10.4	11.1
270					8.2	9.0	9.8	10.6	11.3	12.1
280					8.9	9.8	10.6	11.5	12.3	13.1
290					9.6	10.6	11.5	12.4	13.3	14.2
300					10.4	11.4	12.4	13.4	14.3	15.3
310						12.3	13.4	14.4	15.4	16.5
320						13.2	14.3	15.5	16.6	17.7
330						14.1	15.4	16.6	17.8	18.9
340							16.4	17.7	19.0	20.2
350							17.5	18.9	20.3	21.6
360							18.7	20.1	21.6	23.0
370							19.9	21.4	23.0	24.5
380								22.7	24.4	26.0
390								24.1	25.8	27.5

G.B.H.=Girth at breast height.



第 14 圖 新材積表と従來の材積表との比較

Fig. 14. Comparison of volume values by new and old tables.



9. 従來の材積表との比較

前記の方法により新らしく調製した材積表と従來の材積表との比較を、樹高階 18 米、24 米及び 30 米のものに就いて例示したのが第 14 圖である。同圖に於ては、材積は對數の目盛によつて示してあるから、同圖に附記した「差の割合」を示す尺度により大體の誤差率を知る事が出来る。

即ち圖に於て比較せんとする 2 つの曲線の内、上位にあるものゝ材積を  $v_1$  とし下位にあるものの材積を  $v_2$  とすれば、

$$\log v_1 - \log v_2 = \log p$$

$$\therefore \frac{v_1 - v_2}{v_2} = p - 1$$

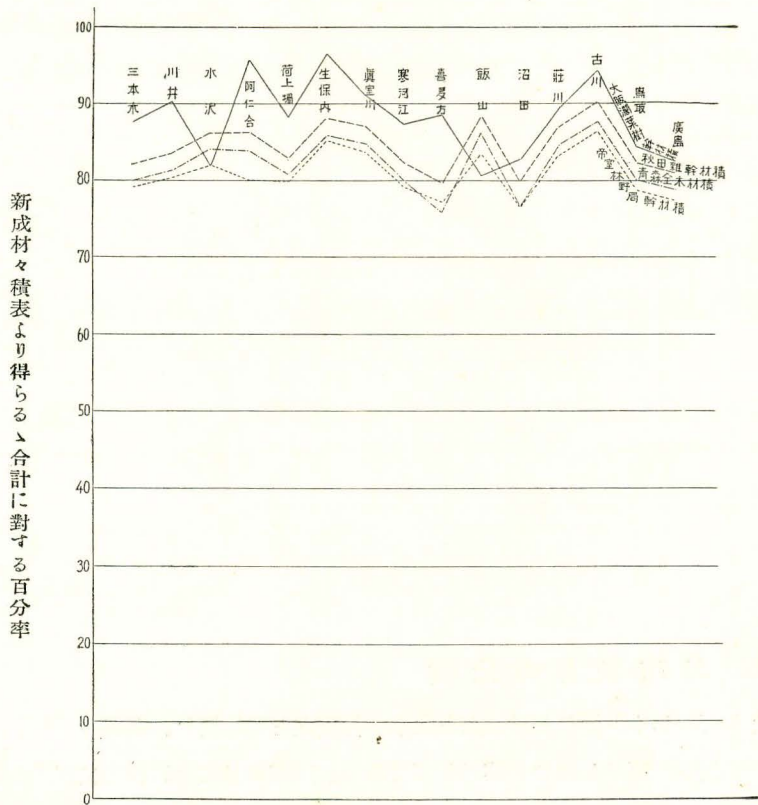
となり、 $p$  の種々の値に對して尺度を目盛したのである。従つて此の差の百分率は比較すべき 2 つの曲線の内、下位にあるものに對する割合であることをお斷りして置く。



尙山林局調製の成材材積表 (7) 式を用ひ胸高直徑階 2 糎、樹高階 1 米毎に計算表示した成材々積表である) により得らるゝ各産地別成材材積合計と、從來の材積表により得らるゝ材積合計とを比較するに、第 15 圖の如くであつて何れも新材積表の成材材積に比し小さい値を示してゐる。(第 15 圖に於て折線を以て各産地の値を結んだのは單に見易くするために過ぎない)

第 15 圖 從來の材積表との比較

Fig. 15. Comparison of volume values by several volume tables.



## V. 材積早見圖の調製

### 1. 成材材積早見圖の調製

(7) 式の

$$\log v = -4.49860 + 2.24221 \log D + 0.79658 \log H$$

なる實驗式は之を移項して

$$\log v + 4.49860 = 2.24221 \log D + 0.79658 \log H \quad \dots\dots\dots(11)$$

なる形とし、左邊の  $v$  の函數は右邊の  $D$  及び  $H$  の對數の和を表はす函數として、一つの直列圖表に作製することが出来る。

直列圖表調製方法の理論に就いては、他の専門の參考書に譲ることとし、茲には單にその基本型の一部と、著者の採りたる實際の方法とを記述する事にする。

$$f_1(u) + f_2(v) = f_3(w) \quad \dots\dots\dots (12)$$

なる形の關係式を直列圖表にするには、先づ任意の距離を距て 2 本の平行線 (x 軸及び y 軸と名付けることにする) を引き、此等の線の上に、

$$x = m_1 f_1(u) \text{ 及び } y = m_2 f_2(v)$$

なる目盛りをする。

但し茲に  $m_1$  及び  $m_2$  は圖の大きさ、或は所要の  $u$  及び  $v$  の範圍等に應じて、適當に定め得る尺度係數である。勿論  $u$  及び  $v$  の目盛りは、兩軸上の任意の點から始めて差支ない。

次に兩軸に平行し

$$x \text{ 軸から } z \text{ 軸への距離} : z \text{ 軸から } y \text{ 軸への距離} = m_1 : m_2$$

であるやうに更に 1 つの直線 (之を  $z$  軸と名付ける) を引く。

$z$  軸上に函數  $w$  の目盛りの基準點を決める。

之は  $x=0, y=0$ , を結ぶ直線が  $z$  軸を截る點を  $z=0$  とすればよいのであるが、作圖の都合上、之等の點が圖上に現はれて來ない場合が多い。その時には、(12) 式の  $u$  及び  $v$  に適當な値、例へば  $u_0, v_0$  を與へて之に對應する  $w$  の値  $w_0$  を計算し、 $x, y$  兩軸の  $u_0, v_0$  の 2 點を結ぶ直線と  $z$  軸とが截り合ふ點を  $w_0$  として、 $z$  軸の目盛りとすればよいのである。最後に上記の如くして決められた基準點を基として  $z$  軸上に

$$z = m_3 f_3(w) = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} f_3(w)$$

であるやうに、 $w$  の目盛りをするのである。

扱て (11) 式と (12) 式とを比較すると、

$$\log v + 4.49860 = f_3(w)$$

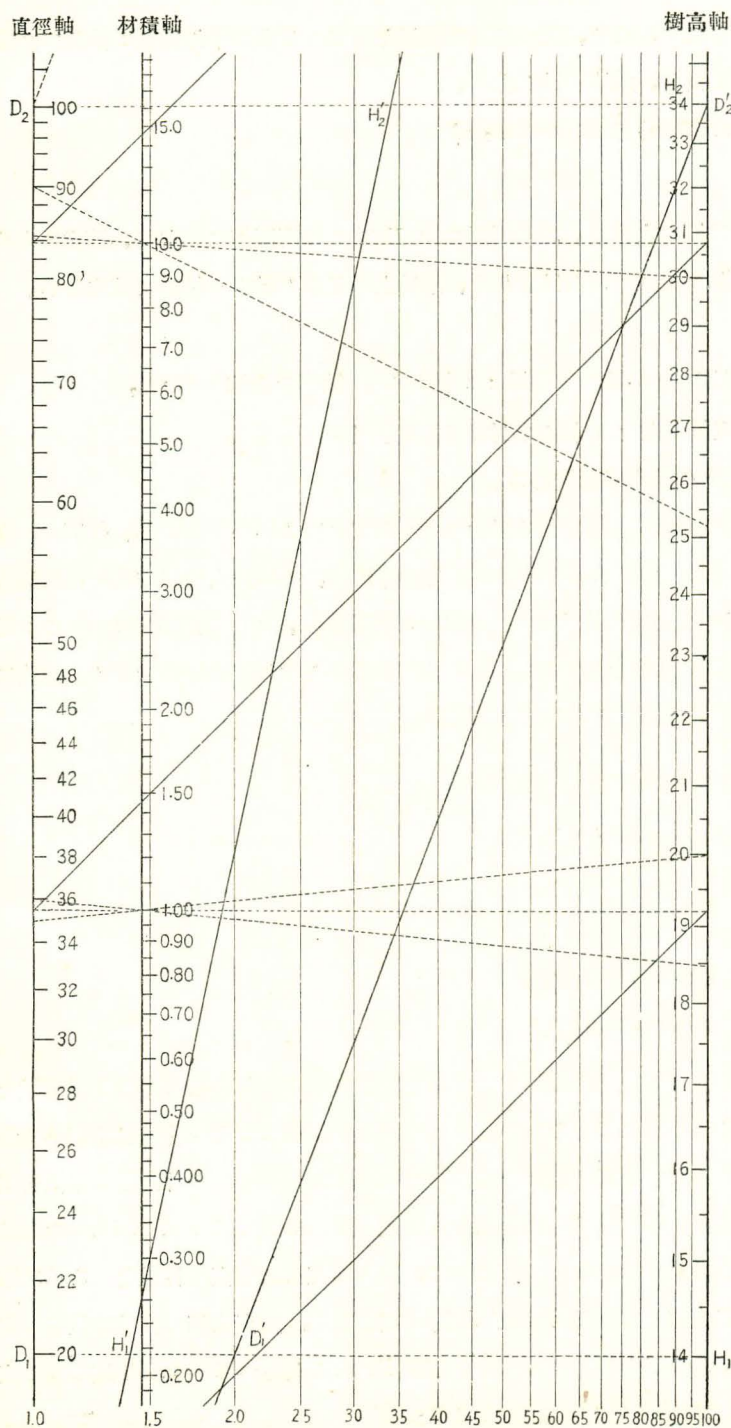
$$2.24221 \log D = f_1(u)$$

$$0.79658 \log H = f_2(v)$$

であつて、材積の尺度が目盛りの位置に關係する常數を含むのみで、何れも簡単な對數函數を一定の割合で加へ合はせる基本型に過ぎないのである。従つてその作圖は上記の方法に依り容易に出来る筈であるが、著者は對數目盛 25 cm 普通目盛 50 cm の片對數方眼紙を使用して更にその簡便を計つた。即ち第 16 圖の如き片對數方眼紙に於て 1.0 及び 10.0 の底線を胸高直徑の軸及び樹高の軸とする。次に此等の軸に、胸高直徑或は樹高の目盛をする爲に補助線を引いた。例へば胸高直徑の補助線  $D_1'D_2'$  に就いて記せば、胸高直徑の度盛の位置と範圍とを決める。圖では直徑軸の下端から 2 cm 距つた點  $D_1$  から上方へ 46 cm,  $D_2$ 迄の間に直徑 20 糎から 100 糎に至る目盛りを入れることにした。



第16圖 成材々積早見圖の原圖

Fig. 16. Base chart of the Alignment chart  
volume table for Derbholz.

$D_1$  及び  $D_2$  の位置を決めると之より普通目盛に平行に (圖では水平に) 直線を引き、夫々對數割の 20.0 及び 100.0 の線との交點 (圖の  $D_1'$  及び  $D_2'$ ) を求め、夫等の交點を結ぶ直線 (圖の  $D_1'D_2'$ ) が所要の補助線である。

直径の目盛りは此の補助線と對數割の線とが交つた點を、直径軸上に投影したのである。樹高の目盛補助線に就いても同様であつて、樹高軸上の樹高を目盛る位置  $H_1, H_2$  を決め之より普通目盛線に平行に (圖では水平に) 線を引き、之と對數割の 1.4 及び 3.4 の線との交點  $H_1'$  及び  $H_2'$  を求めて結んだ直線が所要の補助線となる。

樹高の目盛も此の補助線と對數割の線とが交る點を、樹高軸上に投影したのである。

直径及び樹高の目盛が出来ると夫々の尺



度係数の比に従つて、材積の軸の位置が決る。

即ち直径の尺度係数  $m_1$  は 46 cm の間に  $f_2(20)$  から  $f_2(100)$ 迄を度盛るやうにしたのであるから、

$$2.24221 (\log 100 - \log 20) m_1 = 46 \text{ cm}$$

$$\therefore m_1 = 29.35 \text{ cm.}$$

同様に樹高の尺度係数  $m_2$  は

$$0.79658 (\log 34 - \log 14) m_2 = 46 \text{ cm.}$$

$$\therefore m_2 = 149.86 \text{ cm.}$$

従つて材積の軸は、直径の軸から、

$$25 \times \frac{29.35}{29.35 + 149.86} = 4.095 \text{ cm.}$$

の距離にあり、 $D_1 D_2 H_1 H_2$  に平行した直線であることが判る。尙此の材積の目盛の尺度係数は  $m_3 = 24.54 \text{ cm}$  である。次に材積の目盛は (11) 式の直径及び樹高に次の値を與へ、之に對して材積が 10.0 及び 1.00 となるやうな樹高及び直径を算出し、之等を圖上に於て読み取り夫々相對應する直径及び樹高を結ぶ直線と材積軸との交點を求めて、その基準點としたのである。

$\begin{cases} D=90 \\ H=30 \end{cases}$	$v=10.0$ として	H を求め	H=25.2
$\begin{cases} D=30 \\ H=90 \end{cases}$	$v=10.0$ として	D を求め	D=84.6
$\begin{cases} D=36 \\ H=20 \end{cases}$	$v=1.00$ として	H を求め	H=18.5
$\begin{cases} D=20 \\ H=36 \end{cases}$	$v=1.00$ として	D を求め	D=35.0

此の二つの基準點が決れば、此等の二點を通り水平な直線を引き對數割の 1.0 及び 10.0 の線と交はる點を求めて、前に直径或は樹高の時に行つたと同様にして、材積度盛の補助線を引き、

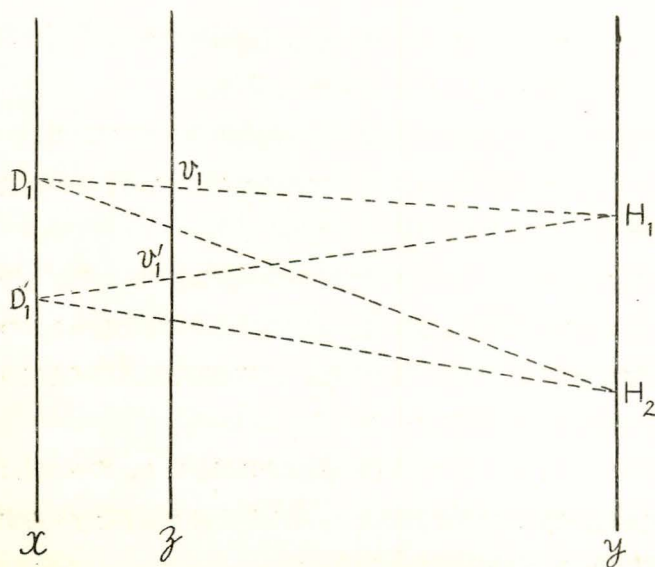
第 17 圖

此線と對數割の線との交點を材積軸上に投影したのである。

## 2. 第一種材々積早見圖

成材々積に對する第一種材々積率は、胸高直径に對して第 26 表の如き變化をすることは既に述べた。仍つて此の材積率と、成材々積早見圖とを基として第一種材々積早見圖を調製する方法を次に記述する。

第 17 圖は前記の方法によつて調製した成材材積早見圖の一部とする。圖に於て  $x$  は胸高



直径の軸,  $y$  は樹高の軸,  $z$  は材積の軸を表はす。

$x$  軸上に  $D_1$  をとり,  $y$  軸上に  $H_1$  をとつて  $D_1H_1$  を結ぶ直線と  $z$  軸との交点  $v_1$  を読みとれば,  $v_1$  は胸高直径  $D_1$  糎, 樹高  $H_1$  米であるブナ樹の成材々積を, 立方米単位によつて與ふる理である。胸高直径  $D_1$  に相當する第一種材々積率を  $p\%$  とすれば, 此の樹の第一種材々積は  $v_1' = pv_1/100$  で與へられるが, 之を  $z$  軸上に読みとる。

$H_1 v_1'$  を直線で結びその延長と  $x$  軸との交点を  $D_1'$  とし  $D_1 D_1'$  の長さを考へて見る。

三角形  $D_1H_1D_1'$  の底邊  $D_1D_1'$  と  $z$  軸とは平行してゐる, 従つて  $\overline{v_1 v_1'}/\overline{D_1 D_1'}$  は一定の値を有つ, 之を  $K$  とする。

$$z \text{ 軸上の目盛は } msf_3(w) = m_3(\log v + 4.49860)$$

を目盛したものである。故に

$$v_1 \text{ に對する目盛} = m_3(\log v_1 + 4.49860)$$

$$v_1' \text{ に對する目盛} = m_3(\log v_1' + 4.49860)$$

$$= m_3(\log v_1 + \log p - \log 100 + 4.49860)$$

故に  $\overline{v_1 v_1'} = m_3(\log 100 - \log p)$  となる。

従つて  $\overline{D_1 D_1'} = \frac{m_3(\log 100 - \log p)}{K}$  である。

即ち  $\overline{D_1 D_1'}$  は第一種材々積率  $p$  に關係するのみで, 而も本研究に於ては  $D_1$  が一定であれば,  $p$  も亦一定の値をとる理であるから  $\overline{D_1 D_1'}$  は  $H_1$  の如何に關はらず一定の長, 即ち  $D_1'$  の點が決ることになる。故に第一種材々積早見圖は次の如くにして, 成材々積早見圖の胸高直径の目盛を, 變へさへすれば調製し得られるのである。

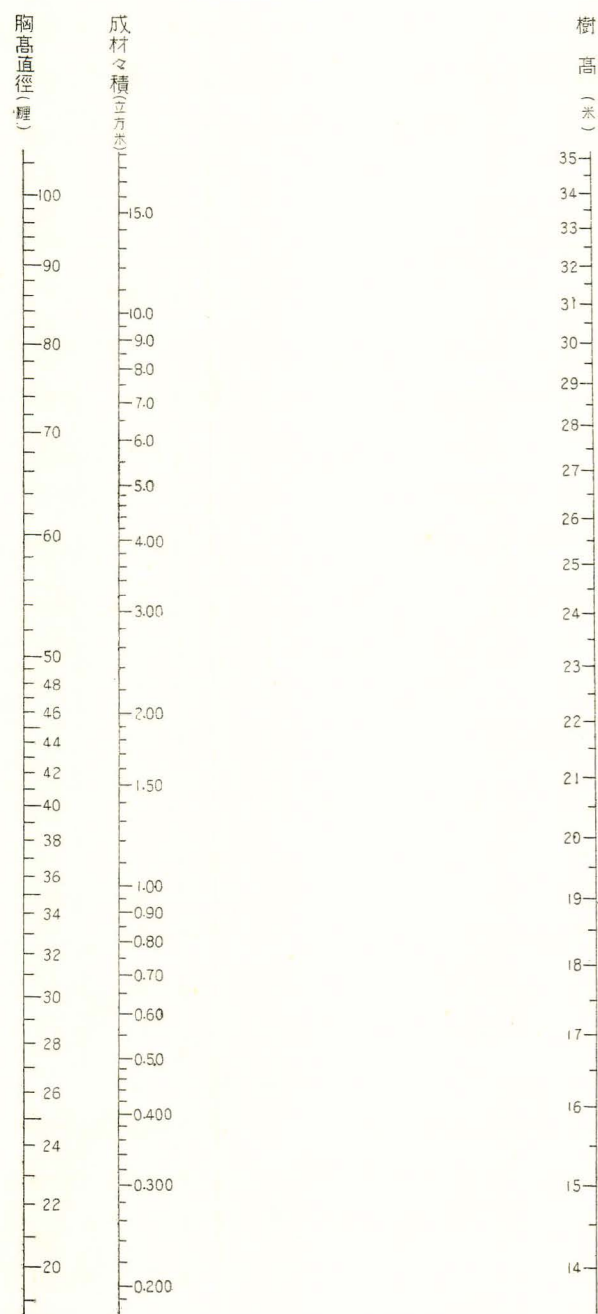
- i. 成材々積早見圖に於て直径軸上に任意の胸高直径  $D_1'$  を選ぶ (胸高直径を次々にとつて往く)。
- ii. 材積の軸上に任意の値  $v_1$  をとり ( $v_1=0.1, 1.0, 10.0$  等なれば一層便利である),
- iii.  $D_1 v_1$  を結ぶ直線を延長して樹高軸と交はらしめ之を  $H_1$  とする。
- iv. 胸高直径  $D_1$  に相當する第一種材々積率を  $v_1$  に乗じて  $pv_1/100=v_1'$  を計算する。
- v.  $z$  軸上に  $v_1'$  をとり  $H_1 v_1'$  を結ぶ直線を延長して直径の軸と交はらしめ, その交点を第一種材々積を読みとるときの胸高直径とするのである。

實際には同一胸高直径に對し, 樹高を變へて二三回上記の方法を繰返し,  $D_1$  の位置を検討すると共に, 斯の如くして得られる直径の目盛を, 前に成材々積の直径の目盛をしたときの全く反對の方法によつて, 夫々相對應する對數割の線の上に寫し, 之等の點を結ぶ線 (直径の目盛をする補助線になる) を平滑になるやうに加減しなければならぬ。

粗朶材々積率と, 成材々積早見圖とより, 全木材積早見圖を調製する場合にも, 第一種材に對する時と全く同様に, 胸高直径の目盛を移しさへすればよい。但し粗朶材々積率を  $p\%$  とするとき, 全木材積の材積率は  $(100+p)\%$  とすべきは勿論である。

第 18 圖 成材々積早見圖

Fig. 18. Alignment chart for the volume of Derbholz.

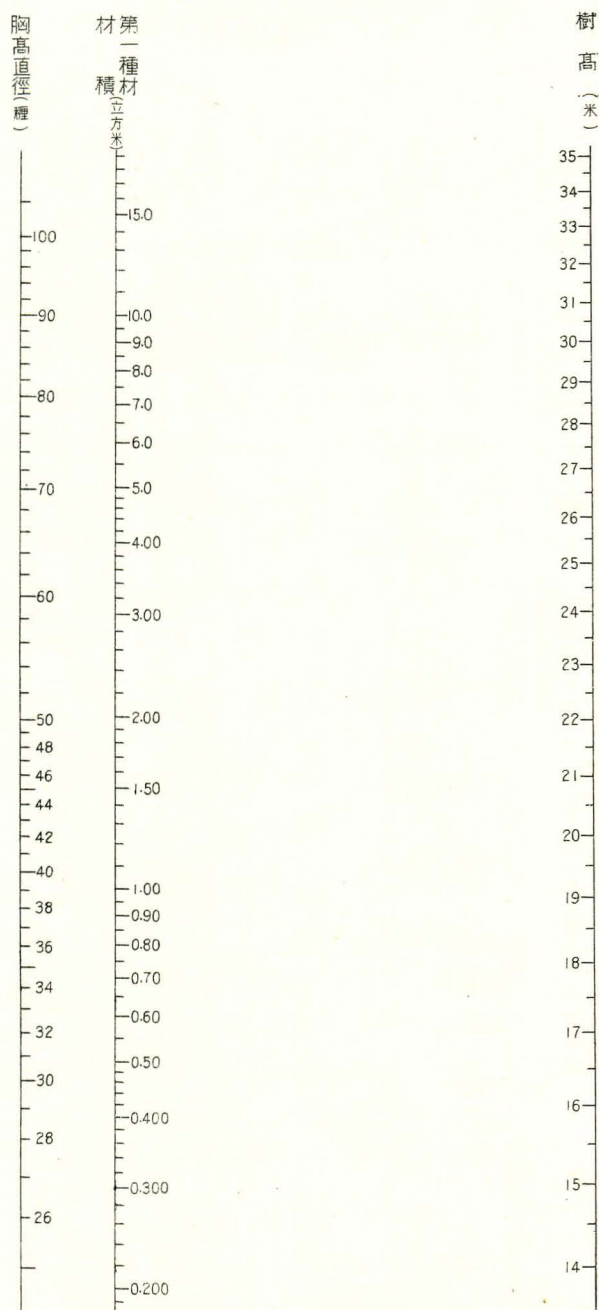


直径並樹高の尺度に就き夫々所要の點を定め之等を結ぶ直線と材積の  
尺度との交つた點を読み取れば所要の材積を得る



第 19 圖 第一種材々積早見圖

Fig. 19. Alignment chart for the volume of  
wood of the 1st kind.

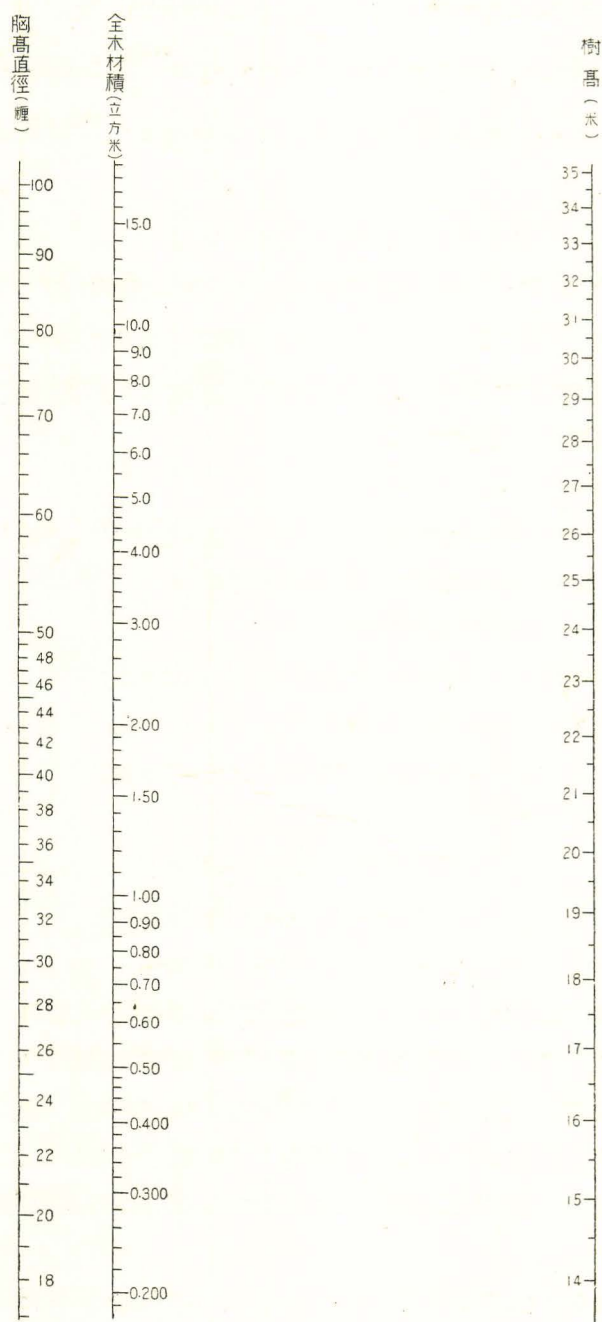


直徑並樹高の尺度に就き夫々所要の點を定め之等を結ぶ直線と材積の

尺度との交つた點を讀み取れば所要の材積を得る

第 20 圖 全木材積早見圖

Fig. 20. Alignment chart for the Total  
volume of a single tree.



直徑並樹高の尺度に就き夫々所要の點を定め之等を結ぶ直線と材積の  
尺度との交つた點を讀み取れば所要の材積を得る

## VI. 材積計算補助表

前に決定した、胸高直径並樹高に対する成材々積の實驗式

$$\log v = -4.49860 + 2.24221 \log D + 0.79658 \log H$$

は、最小自乗法の原理から、 $\log D$  及び  $\log H$  の代りに、 $\frac{\sum \log D}{n}$  及び  $\frac{\sum \log H}{n}$  を代入したときに最も確からしい關係を示す理である。従つて此式に  $\frac{\sum \log H}{n} = 1.38468$  を代入した式

$$\log v = -3.3959 + 2.24221 \log D$$

は、成材々積に対する樹高の平均的な關係を考慮した場合の、胸高直径に対する成材々積の最も確からしい關係を示す理である。今此の時の平均樹高  $M_h$  ( $\log M_h = \frac{\sum \log H}{n}$  即ち幾何平均になる) に近似する樹高 24 米を前式に代入するならば略々同程度に確からしい、成材々積と胸高直径との關係を示す理である。

即ち此の時の成材々積を  $v_{24}$  とすれば

$$\log v_{24} = -4.49860 + 2.24221 \log D + 0.79658 \log 24$$

$$\text{或は} \quad \log v_{24} = -3.9915 + 2.24221 \log D \quad \dots\dots\dots(13)$$

又一般に樹高  $H$  米のときの成材々積の關係式は

$$\log v = -4.49860 + 2.24221 \log D + 0.79658 \log H$$

であるから、兩式より

$$\log v - \log v_{24} = 0.79658 (\log H - \log 24)$$

此の右邊を  $\log k$  と置けば

$$\log k = 0.79658 (\log H - \log 24) \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$\log v - \log v_{24} = \log k$$

$$\therefore v/v_{24} = k \quad \therefore v = k \cdot v_{24}$$

従つて種々の胸高直径に対する (13) 式の  $v_{24}$  を計算し、且つ種々の樹高に対する (14) 式の  $k$  を計算して置くならば、所要の胸高直径並樹高に対する之等の數値を掛け合せるのみで、直ちにそれに對應する成材々積が求められる理である。又、第一種材々積及び全木材積に對しては  $v_{24}$  に、各胸高直径階毎に平均した第一種材々積率及び全木材積率 (粗梁材々積率より得らるゝ) を乗じて得らるゝ數値を計算することによつて、同様の計算補助表が求められる理である。

胸高直径に対するものも、樹高に対するものも共に、各十位毎に一行に排列した。従つて胸高直径又は樹高の、十位の數字は左端の行から読み、一位の數字は一番上の列から読み取ればよいのである。



第 32 表 I. 成材々積に對する補助表

Table 32. I. Auxiliary table for calculating "Derbholz" volume value.

## A. 胸高直徑に對する係數 Coefficients for D.B.H.

1 位の 数字 10 位の 数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1					0.148	0.173	0.200	0.229	0.260	0.294
2	0.330	0.368	0.408	0.451	0.496	0.544	0.594	0.646	0.701	0.758
3	0.818	0.881	0.946	1.01	1.08	1.16	1.23	1.31	1.39	1.47
4	1.56	1.65	1.74	1.83	1.93	2.03	2.13	2.24	2.35	2.46
5	2.57	2.69	2.81	2.93	3.06	3.19	3.32	3.45	3.59	3.73
6	3.87	4.02	4.17	4.32	4.47	4.63	4.79	4.96	5.12	5.29
7	5.47	5.65	5.83	6.01	6.19	6.38	6.58	6.77	6.97	7.17
8	7.38	7.59	7.80	8.01	8.23	8.45	8.68	8.90	9.14	9.37
9	9.61	9.85	10.1	10.3	10.6	10.8	11.1	11.4	11.6	11.9
10	12.2	12.4	12.7	13.0	13.3	13.6	13.9	14.2	14.5	14.8
11	15.1	15.4	15.7	16.0	16.3	16.6	17.0	17.3	17.6	18.0
12	18.3	18.7	19.0	19.4	19.7	20.1	20.4	20.8	21.2	21.5
13	21.9	22.3	22.7	23.1	23.5	23.9	24.2	24.6	25.1	25.5
14	25.9	26.3	26.7	27.1	27.6	28.0	28.4	28.9	29.3	29.8
15	30.2	30.7	31.1	31.6	32.0	32.5	33.0	33.5	33.9	34.4
16	34.9									

## B. 樹高に對する係數 Coefficients for Total height.

1 位の 数字 10 位の 数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0							0.332	0.375	0.417	0.458
1	0.498	0.537	0.576	0.614	0.651	0.688	0.724	0.760	0.795	0.830
2	0.865	0.899	0.933	0.967	1.000	1.03	1.07	1.10	1.13	1.16
3	1.19	1.23	1.26	1.29	1.32	1.35	1.38	1.41	1.44	1.47
4	1.50	1.53	1.56	1.59	1.62	1.65				

注意、本表による計算値は、表示した係數の數字の括約だけによつて生ずる誤差は 1% を超えない理であるが、計算値を更に二位又は三位に括約する事に因つて生ずる誤差の爲に、前記實驗式を用ひて直接計算した値に對し、最後の桁に（有効數字の二位又は三位に）多少の差違を生ずる場合が起り得るのは止むを得ない。けれどもその差違は極めて微細なものであるから前掲材積表に示してない値に對しては、本補助表に依る計算値で充分であると思ふ。





## VII. 摘 要

本論文は昭和 8 年 11 月より同 10 年 4 月に亘り、青森、秋田、東京、大阪の各營林局管内に於て蒐集した、ブナ樹 1,038 本の材料を基とし、ブナ樹の胸高直徑竝に樹高に對する成材々積の關係式を實驗的に決定し、且つ成材に對する第一種材竝に粗朶材の割合より、ブナ單木の材種別材積表竝に材積早見圖を調製し、更に材積計算補助表を調製した經過及び理論を明にせんとするものであるが、その要點を摘記すると次の 12 項になる。

1. 本論文に言ふ立木の實材積とは、2 米毎のフーベル氏式區分求積により算出した成材部分と、標準束法による重量の比により算出した粗朶材の部分とを指すのであるが、その主要なる部分をなす成材について、直徑測定の誤差が材積計算に影響する大さを算出した結果より推して、材料各個樹の材積は立方米單位小數第三位迄求むれば充分である。

尙同一樹木を同一個所に於て區分し、人を換へて測定を繰り返すならば、材積計算に 2~3% の動搖あることを覺悟しなければならぬ。

2. 各產地別材料を胸高直徑階 5 纏、樹高階 3 米毎に分類し、各階級内に含まれる個樹の成材々積が變異する状態を見るに、之を合併して同様の階級に分類した場合に、各階級内に含まれる個樹の成材々積が變異する程度と大なる差異はない。仍つて本研究に於ては、全國の材料を合併して同一取扱をした。

3. 從來胸高直徑及び樹高が材積に對する關係程度を比較するのに、胸高直徑或は樹高を單獨に考へ、之等と材積との關係する程度によつてゐるのが普通であるが、胸高直徑及び樹高は各々獨立の因子ではなく、相互に或關係を有するものであるから、從來の方法では兩因子の純粹な關係程度を比較することが出来ない。

著者は兩因子を同時に働かし、兩者の純粹な關係を分離して比較した結果、胸高直徑の材積(本例では成材々積)に對する關係の方が著しく高いことを證明し得た。

4. 材積曲線式は、胸高直徑、樹高、材積等各因子間相互の法則を示すものではなく、實測材料によつて統計的に決められる實驗式に過ぎない。故に簡便に應用し得ることを第一義とし従つて決定すべき常數の少いことゝ、特殊な計算を要しないことゝが最も肝要である。何等かの方法により客觀性を持たせ得るならば目測により圖上平均する方が勝ることさへあり得る。

5. 材積表調製に使用すべき實驗式は、單に與へられた材料に就いて材積合計の見積値が、實測値に最もよく近似する事のみを必要とするのではなく、それを基礎として種々の階級の見積値を得やうとするのであるから、各階級の誤差率を基礎として決定される形の式が最も望ましい理である。本研究に於ては、 $v = aD^b H^c$  なる形の實驗式により、 $a = 3.173 \times 10^{-5}$ ,  $b = 2.24221$ ,  $c = 0.79658$  なる結果を得た、但し  $v$  は立方米單位の成材々積、 $D$  は纏單位の胸高直徑、 $H$  は米單位の樹高である。



而して本式による計算値の實測材料に對する誤差は材積合計に於て 0.017%, 各階級の平均偏差は 2.72% に過ぎない。

6. 測樹學上で云ふ直徑とは固より嚴密な數學的意義を有するものではなく、不整な斷面形に對し之を圓を以て置き換へ、その圓の直徑を意味させやうとするものである。而してかくの如くして決められる直徑の測樹學上の役目は主として、

i) 材積算定の基礎、即ち各測定位置に於ける横斷面の面積算定の基となる。

ii) 樹木全體又は樹木部分の大きさを表はす量である。

の 2 つである。

第一の目的の爲には出来るだけ實斷面積に近似する面積を與ふる如き圓の直徑を必要とするのであるが、將に求めんとする斷面積は豫め知る由がなく、從つて統計的に得られた結果から、成るべく實斷面積に近似する數値を與ふる如き、測定方向を指定し或は計算方法を選ぶに過ぎない。

第二の目的の爲には、測定値そのものが對象であつて、之より誘導せらるゝ量については何等考慮をする必要はない。胸高直徑は主として第二の役目を有するものと解せらる。

7. 材積表調製に當り重要な胸高直徑階及び樹高階の階級区分は、獨立變數たる胸高直徑並に樹高の精密度、及び從屬變數たる各階級内に含まれる個樹の成材々積の變異狀態により、且つ實用上の便否をも加味して決る。本研究の材料によれば胸高直徑 50 cm 以下の樹木に於ては胸高直徑階 2 纏にし、胸高直徑 50 纏を超ゆるものに對しては胸高直徑階 5 纏にし、樹高は何れも 3 米毎にするのが理想的であると結論出来る。

8. 材料各個樹の實材積は、相當程度の誤差あることは免れないけれども、測定本數を多くする結果、實驗式決定の基礎となる各階級の平均値は極めて精密度の高いものにすることが出来る。然しながら決定せられる實驗式は必ずしも、此等の平均値に一致するものではなく本研究の實驗式に於ては (5) に掲げたる如き誤差率を示す。從つて此の實驗式により算出し表示する數値も、略々同程度の誤差あることは覺悟しなければならぬ。

著者が、各階級の計算値の内、有效數字 50—99 となるものに對しては 2 桁に止め、有效數字 100—499 となるものに對しては 3 桁まで求め、以下四捨五入したのは、此の意に外ならぬ。而して括約による誤差は原數値の 1% を超えない。

9. 第一種材々積表、全木材積表及び胸高周圍並に樹高に對する成材々積表は總て上記成材々積に對する實驗式を基礎とし、成材に對する第一種材並に粗梁材の材積率、及び胸高直徑に對する胸高周圍の關係等より誘導したものである。

10. 從來の材積表との比較は第 14 圖及第 15 圖に例示する通りであるが、各產地別材料の胸高直徑 2 纏毎、樹高 1 米毎の階級に分類し計算した材積合計に就いて見るに從來の材積表は何れも 4% 乃至 24% だけ小さい。

11. 成材々積早見圖は(7)式を對數式の和を求むる直列圖表にしたものであり、第一種材及び全木材積の早見圖は、成材々積早見圖の胸高直徑に對する度盛を、成材に對する第一種材及び粗朶材の材積率に應じて變へたものである。

12. 材積計算補助表は對數計算の煩を除かんが爲に(7)式を分離し、胸高直徑に對する係數と樹高に對する係數との2つにして計算表示したものである。

## 参 考 文 献

- 春田三郎 昭和8,9年. プナ林の成立と之が取扱の一考察. 東京營林局報第1,2,5,10號.  
河田 杰 大正12年. 林分の平均直徑とは何か. 林學會雜誌第17號.  
嶺 一三 昭和8年. 輪尺及び卷尺の個人的誤差に關する研究. 演習林報告第16號.  
同 昭和10年. 測高器使用の際に生ずる個人的測定誤差の研究. 演習林報告第21號.  
清野 要 昭和3年. 樹幹横斷面積の算出に就いて. 林學會雜誌第10卷, 第4號.  
同 昭和10年. 櫟の單木材積表及材積早見圖. 林業試驗彙報第39號.  
谷村豐太郎 昭和9年. 計算圖表學.  
寺崎 渡 大正2年. シラカシ, プナ, クリの單木幹材積計算補助表並材積表. 林業試驗報告第10號.  
同 大正9年. ヒバの單木幹材々積表及單木幹材々積計算補助表の改訂. 林業試驗報告, 第19號.  
山本和藏 大正6年. アカマツの單木幹材積表並胸高形數表. 林業試驗報告, 第16號.  
吉田正男 昭和5年. 測樹學要論.  
Bruce, D. and Reineke, L. H.—Correlation Alignment charts in forest research, U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. 210, 1931.  
Ezekiel, M. 1930. Methods of Correlation Analysis.  
Kelley, T. L. 1924. Statistical Method.  
Lipka, J. 1918. Graphical and mechanical computation.  
Whittaker, E. T. and Robison, G. 1926. The calculus of observations.

(昭和11年2月稿)



附第 1 表 プナ胸高位置に於ける短徑に對する長徑の百分率

眞室川營林署部内小松倉山國有林

百分率 (%) 直徑 D.B.H. (cm)	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	合計 Total
16											1										1
18				1																	1
20				1													1				2
22			1	2																	3
24				1	2	1	1		1		1	1		1							9
26				2	1		1		1	1											6
28									1												1
30			1		1	1	2		1							1					7
32		1		3	1		2										1				8
34		1	2	1					1							2					7
36			1	2	2	2				2			1								10
38				2				2		1								1			6
40								1													1
42			1	1	1			1		1											5
44		1		3		1		1													6
46		2	1	1																	4
48			1			1		1													3
50			1		1			1													3
52				1		1															2
54									1												1
56				1	1		1			1											4
58			1		1													1			3
60																					
62					1			1												1	3
64																					
66		1		1																	2
68				1																	1
70																					
72								1													1
合計 Total	6	10	24	11	6	9	5	7	3	6	2	1	1	1	3	1	1	2		1	100

全體の平均 105.0±0.431



附第 2 表 プナ胸高位置に於ける短徑に對する長徑の百分率

沼田營林署部内迦葉山國有林の一

百分率 (%) 直徑 D.B.H. (cm)	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	119	合計 Total
14															1		1
16									1								1
18		1															1
20	2	1	1	1	1	1	2		1					1			11
22		2					1		2								5
24	1	2				2									1		6
26	1			2	1				1								5
28		1	1		1												3
30		1				1	1									1	4
32	1		1		2			1			1						6
34		2	3	1			1		1	1							9
36		4				3	1		1			1	1				11
38	1	1	2	1				3	1					1			10
40	1	1	1	1	2			2									8
42			2	2	1	2		1	1								9
44	1		3	3	2		2			1							12
46		1		1													2
48	1	3		2	2		1										9
50			1		1				1	1							4
52	1	1		1	1		1		1		1	1					8
54			1			1		1		1							4
56			1		1	1	1		1								5
58					1						1						2
60			2			2	2										6
62		1	1					1									3
64							1										1
66																	
68		1		1			2										4
合計 Total	10	23	20	16	16	13	16	9	12	4	3	2	1	2	2	1	150

全體の平均 104.5±0.279

附第 3 表 プナ胸高位置に於ける短徑に對する長徑の百分率

沼田營林署部内迦葉山國有林の二

短徑 D.B.H. (cm)	百分率 (%)	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	合 計 Total
18			1				1													2
20					1							2								3
22			1			2	2									1				6
24			3	1				1								1				6
26				1	1		1							1	1					5
28				1		2	1				1									5
30		1	1	1	1		3		1			2	1	1		1				13
32			1	1	1			1			1					1				6
34		2	1	1	1	1	1		2	1	1			1						12
36			2		1			2	2	1		1	1		1		1			12
38			1	1		1		2		2	2		1		1				3	14
40		1	2			2			1											6
42		1	1			1		1	1							1				6
44			1	2	1	1							1	1				1		8
46				3		2		3					1							9
48		1		1	1	1	2		1				1	1						9
50				1	1		2	1		1										6
52				1							1									2
54		1										2								3
56							2		1	1		1								5
58					1		1		1	1										4
60			1		1															2
62			1																	1
64							1	1												2
66											1									1
68					1			1												2
合 計 Total		7	17	15	12	13	17	13	10	7	7	8	6	5	3	5	1	1	3	150

全體の平均 105.9±0.345

附第 4 表 プナ胸高位置に於ける短徑に對する長徑の百分率

村上營林署部内沼川入國有林

百分率 (%) 直徑 D.B.H. (cm)	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	122	125	128	129	137	合計 Total
6							1	1																		2
8		1																								1
10			2	1	1		1			1			1		1	1										9
12			1					1				2			1											5
14		4		1		1									1						1				1	9
16		1	1						1			1														4
18		1					2	1						1			1									6
20		1		2	1	2	1	1						1		1		2								12
22			1	1		1			2				1		1	1										8
24		2	1		1			2	1	1							1	1								10
26			2				1		1				1	1												6
28					1					1							1						1			4
30	2	1	1	1	1		1	1											1							9
32			1		1	2				1		1	1	1	1											9
34		1			1		1					1		2								1				7
36	1	1	2	1	1		1	1				2														10
38	1		1			2				1																5
40				1	2		1									1										5
42		4	1		2		1	1		1	1															11
44	1				2																			1		4
46		3					1		1										1							6
48	1				2																					3
50																										
52																										
54			1									1														2
56			1				1																			2
58	1																									1
合計 Total	7	20	16	8	16	8	13	9	6	6	1	8	4	6	5	4	3	3	2		1	1	1	1	1	150

全體の平均 107.0±0.514



附第 5 表 プナ胸高位置に於ける短徑に對する長徑の百分率

青森、秋田、東京、大阪各營林局管内産の合併

直徑時 D.F.H. (cm)	百分率 (%)	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	合計 Total
8					1					1																2
10			1				1					1														3
12				1	1		1																			3
14				2			2			1																5
16		1	3		2	1							1													8
18			1	1				1						1		1	1			1						7
20		1	3	3	5	4	5	2		2	1	2		1	1		1			1						30
22				4	1	1	4	5	2	2	3	1	2		2											27
24		8	3	8	2	2	3	5	1	3	2	1	1			1										40
26		4	2	9	1	3	2	7	3	2	3	1		1												38
28		1	2	9	4	9	3	5	3	1	2	1	2	1	2										1	46
30		4	7	4	1		3	2	2		1	3						1								29
32		3	3	4	5	4	1	3		5	2	3			3								1			37
34		2	6	7	4	5	3	1	3	1		1		2		1										36
36		3	5	4	6	6	6	6	4		2	2	2	1	1					1						49
38		4	7	6	3	1	8	1	2	1	2	1			2			2						1		41
40		4	3	5	6	4	3	6		3		2	1		2		1									40
42		2	3	11	4	4	5	1	4	1		1		1		2	1						1			42
44		4	2	4	1	3	3	1	3	3		2	3	1				1	1		1					33
46		7	8	7	3	4	5	2	7		3	4	1	2	1		1	2								57
48		1	7	4	2	2	2	2	1	4	1	1					1		1				1			30
50		2	5	4	6	4	3	2	1	3	1	1	1	1					1							35
52		4	4	3	3	4	4	3	7		1	1			1	1										36
54		4	3	3	5	5	5	3		2	1	1		1			1									34
56		4	2	5	3	5	4	2	1	1	3						1		1							31
58		2	3	7	5	7	2	4	2	2		1	1	2								1	1			40
60		4	7	5	1	2	5	1	2	1	2	2		1												33
62		3	3	5	2	5	3	1	6	1	2	1	1	2	1								1			37
64		1	3	5	1	1		2		1				2				2								20
66		2	3	1	1	4	1	3	2			2			1											20
68		4	2		3	2	1	1	3			1			1			2			1					21
70		1	3	1	5	2	1		1			1		1	1		2									19
72		2	1	3	3	1	1			1	2															14
74		1	1		7	1		2	3	2	1				1								1			20
76		1	3				3		1			1		2												11
78		2	2	1	2	1	1	2																		11
80		2	1	1		2		1	1				1			1										10
82		2		1	2	1					2	1		1												10
84			2	4	1			2	1			1							1							12
86		1			1		1		1					1												5
88		2					1					1	1													5
90		1	1	2		1	1							1												7
92				1	1	1				1																3
94																										1
96							1																			1
108		1																								1
118				1																						1
合計 Total		95	115	146	104	102	98	79	68	42	36	43	20	24	24	7	9	10	5	2	3	1	4	3	1	1041

全體の平均 105.0±0.131

附第 6 表 プナ胸高位置に於ける最短徑に對する最長徑の百分率

村上營林署部内沼川入國有林の一

百分率 (%) 直径 D.B.H. (cm)	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	144	150	合計 Total
6									2																									2	
8				1																														1	
10									1	1	2			1		1	1		1		1													9	
12					1			1					1	1			1													1			1	7	
14			2	1	1					2		1																						7	
16							1				1	1			1																	1		5	
18								1	2	1	1				1			1										1						8	
20							3		1	1	1					1		1					1	1										10	
22							1	2				1		1	1							2	1											9	
24	1			1		1	1		2	1		1	1						1			1												11	
26							1					1				1								1										4	
28							1	1	1	2	1		1																		1			8	
30							1		1	1		1				1			1	1							1							8	
32								1				3	3	1				1														1	1	11	
34				1			1	1			2	1	1				2																	9	
36		1					1					2		1				1											1					7	
38								1					1		1		2																	5	
40								1	1	1		1	2		1								1											8	
42			1	1				2		1	1																							6	
44													2																	1		1		4	
46							1	1	1							1		1																5	
48																																			
50																																			
52			1										1	1																					3
54											2																								2
56																																			
58																																			
60																																			
62																		1																	1
合計 Total		1	1	4	5	2	2	12	15	13	12	8	11	14	7	7	4	7	4	1	3	3	3					1	1	2	2	3	1	1	150

全體の平均 112.8±0.598

附第 7 表 プナ胸高位置に於ける最短徑に對する最長徑の百分率

村上營林署部内沼川入國有林の二

百分率 (%) 直徑 D.B.H. (cm)	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	128	合 計 Total
6		1		1																					2
8												2			1			1							4
10		1	1			1			1	1	1	1													7
12	1				1		1	1	2	1			1						1						9
14												1													1
16											1		1		1				2		1				6
18						1	1	1			1	1		1		1		1							8
20										1								1							2
22							1	1					1		1									1	5
24							1					1		1	1				1						5
26							3		1														1		5
28	1			1	1			1		1						1		1							7
30												1			1										2
32						1	1	2	1		1	1													7
34			1		1																				2
36						1													1						2
38				1			1		3																5
40																		1							1
42									1																1
44						1																			1
46																									
48																									
50							1																		1
合 計 Total	2	2	2	3	3	5	10	6	9	4	4	8	3	2	5	2	2	3	5		1		1	1	83

全體の平均 113.6±0.502



附第 8 表 プナ胸高位置に於ける最短徑に對する最長徑の百分率

沼田營林署部内迦葉山國有林の一

百分率 (%) 直徑階 D.B.H. (cm)	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	合計 Total
14																1											1
16													1														1
18			1						1																		2
20				2	2	1		1		2	1					1			1								11
22			1			1				2																	4
24	1	1		1	1	2	1												1								8
26	1		1																								2
28				2	2		1								1												6
30						1	1	1	1											1							5
32				1						1	1																3
34		3	1		2			1	1	2			1		1												12
36					1	2	1	2	1	1		1					1		1								11
38			1	1	1		2	1	2				1		1												10
40				1	2	3	1																				7
42						4	2	2	3	1		1													1		14
44				2		2			1	2																	7
46				2	1				1			1															5
48				1	1	1		1									1										5
50			1	1						3			2	1													8
52						1			1		1	1		1	1												6
54							1		1	1			1						1								5
56								1	1	1																	3
58								1	1	1			1														4
60						1	1							1													3
62	1							1																			2
64							1																				1
66							1							1													2
68							1		1																		2
合計 Total	3	4	6	14	13	19	14	13	17	15	3	4	7	4	4	2	2		4	1						1	150

全體の平均 109.3±0.359

附第 9 表 プナ胸高位置に於ける最短徑に對する最長徑の百分率

沼田營林署部内迦葉山國有林の二

直徑 D.B.H. (cm)	百分率 (%)																											合計 Total
	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	131		
18			2																								2	
20		1		1						1	1																4	
22			2			1		2		1			1						1	1							9	
24			1	1			1					1															4	
26			1	1				1			1				1												5	
28		2		2			2						1	1							1						9	
30					1	1	1	1	1	1								1	1						1	9		
32				1	3									1		1	1										7	
34	2	1	1		2	1	2	1		1				3	1					1							16	
36			1			1		3		1	1	1	1		2												11	
38				1	1	1	1	2		1	2	1	1		2	1	1										15	
40						1				1	1													1			4	
42							1			1	2	1		1			1										7	
44			1			2				3	2	1															9	
46				3	1	2	3					1							1								11	
48							1		2								1										4	
50				2			1				1											2					6	
52												1							1								2	
54															1	1											2	
56							2		1	1	2																6	
58		1			1																						2	
60												1															1	
62								1						1													2	
64								1				1															2	
66										1																	1	
合計 Total	2	5	9	12	9	10	16	11	4	13	14	9	8	3	7	3	3	2	4	1	1	2		1		1	150	

全體の平均 111.5±0.423

附第 10 表 プナ胸高位置に於ける最短徑に對する最長徑の百分率

眞室川營林署部内小松倉山國有林

百分率 (%) 底徑 D.B.H. (cm)	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	合計 Total
16												1													1
18						1																			1
20								1										1							2
22				2			1						1												4
24			1	1		2		2		1				2											9
26					1	1			1	1		1													5
28									1	1	1				1		1								5
30				1			1	1			1					1	1								6
32				2		2	1		1								1	1							8
34	1		2						2	2		1			1										9
36							2		2	1	1		1	1		1									9
38							1				1														2
40								1					1												2
42					1		1		1		1	2													6
44				1	2	2			1		1														7
46						1		1																	2
48								1		1	1														3
50			1	1												1									3
52									1																1
54								2						1											3
56								1	1		1						1						1		5
58												1							1						2
60																									
62																									
64									1										1						2
66							2																		2
68																									
70																									
72					1																				1
合計 Total	1		4	7	4	9	11	10	12	7	8	6	3	4	2	4	4	1	2					1	100

全體の平均 109.5±0.426



附第 11 表 プナ木口断面に於ける最短徑に對する最長徑の百分率

阿仁合、眞室川兩營林署

百分率 (%) 直徑階 D.B.H. (cm)	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	132	133	134	135	合計 Total
22											1																			1
24								1				1																		2
26		1									1	1								1										4
28		1	1	1	1					1	1									1						1				8
30					1	1			1	1		1	1	1					1											8
32			1	1	2		2	2		1	2										1	1			1					14
34		1					1	2	1		1	1		2			1	1	1											12
36		1				1		4	2		1	1		1	1									1	1					14
38					2	1		1	2	1	2	1	2	1	1								1							15
40	1				1	1	2	1	2	1	2	2																		13
42			1	1		1	2	3	1	2		3					1	1		1										17
44			1				1			3						1				1	1									8
46				1	1		2					1	1						1								1	1		9
48					1			1						1					1											4
50														1																1
52						1																1								2
合計 Total	1	4	4	4	9	6	10	15	9	10	9	12	5	6	4	1	2	2	4	4	2	2	2	2	1	1	1	1	1	132

全體の平均  $112.1 \pm 0.544$

附第 12 表 各產地別材料の胸高直徑階變異係數階別本數分配狀態

(各產地別材料の成材々積が同一階級内で變異する程度が窺はれる)

三 本 木

變異係數 (%) 直徑階 D.B.H. (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	合 計 Total
20												4	4
25				3									3
30					5								5
35					7								7
40								3	6				9
45				3									3
50	2			8	3								13
55				4			5						9
60		3				5							8
65				3		5							8
70			8										8
75													
80							7						7
85				3									3
90	2												2
合 計 Total	4	3	8	24	15	10	12	3	6			4	89

同

川 井

變異係數 (%) 直徑階 D.B.H. (cm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	合 計 Total
20										4							4
25														4		8	12
30						3											3
35								3	3								6
40			4				3	9									16
45					3												3
50		3				5											8
55							4										4
60				4				3									7
65			3		5												8
70		3															3
75		2				3											5
80																	
85	2																2
合 計 Total	2	8	7	4	8	11	7	15	3	4				4		8	81

同

水 澤

變異係數 (%) 直徑 D.B.H. (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	合 計 Total
20					2							3					5
25											4					4	8
30		2							10								12
35				7													7
40			5					10									15
45								4	5								9
50					5	3											8
55	2							10									12
60								6									6
65	2					6											8
70	2																2
75		2															2
合 計 Total	6	4	5	7	7	9	20	15	10		4	3				4	94

同

阿 仁 合

變異係數 (%) 直徑 D.B.H. (cm)	0	10	15	20	25	30	35	40	合 計 Total
25		2	3		2				7
30	2						3		5
35				8					8
40	3					2			5
45				7					7
50				3					3
55		4					3		7
60								9	9
65									
70						4			4
合 計 Total	5	6	3	18	2	6	6	9	55



同

荷 上 場

直徑 D.B.H. (cm)	變異係數 (%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	合 計 Total
25												3	3
30						2			5				7
35					2			2					4
40							4						4
45				3		8							11
50			2										2
55	2												2
60					2								2
65					2								2
70				2									2
75			2										2
合 計 Total		2	4	5	6	10	4	2	5			3	41

同

生 保 内

直徑 D.B.H. (cm)	變異係數 (%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	合 計 Total
25				3	2				6				11
30							3	2					5
35												9	9
40			2				4						6
45	2				5								7
50							8						8
55						2							2
60							5						5
合 計 Total		2	2	3	7	2	20	2	6			9	53

同

眞室川

變異係數 (%) 直徑 D.B.H. (cm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	合計 Total
25	2				2		3						7
30					2	3							5
35	2											4	6
40										4			4
45					3				3				6
50				2						3			5
55							3						3
60						3							3
65				4									4
70				2									2
75											3		3
合計 Total	4			8	7	6	6		3	7	3	4	48

同

寒河江

變異係數 (%) 直徑 D.B.H. (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	合計 Total
15		2										2
20			2									2
25							2					2
30						2					3	5
35			2									2
40							3					3
45		2										2
50						2						2
55			3		2							5
60	3											3
65		4										4
70					2							2
75												
80			5									5
合計 Total	3	8	12		4	4	5				3	39

同

喜 多 方

變異係數 (%) 直徑 D.B.H. (cm)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	合 計 Total
20	2												2
25												3	3
30				3			2	2					7
35				2			3				4		6
40					2								5
45					3								3
50	3	2											5
55		2		4									6
60										5			5
65				4									4
70							5						5
75			3			2	3						8
80						3							3
85						4	3						7
90		2	2		2								6
95										4			4
100			2										2
合 計 Total	5	6	7	13	7	9	16	2		9	4	3	81

同

飯 山

變異係數 (%) 直徑 D.B.H. (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	70	合 計 Total
10									3				3
15												6	6
20				2				5					7
25			4						6				10
30					3						7		10
35				2	11								13
40	2							7					9
45				8									8
50						7							7
55						8							8
60					2			4					6
65													
70							3						3
合 計 Total	2		4	12	16	15	3	16	9		7	6	90



同

沼 田

直徑 D.B.H. (cm)	變異係數 (%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	合 計 Total
20				2								2
25		2						4				6
30				2				5				7
35										5		5
40								8	4			12
45				2	2							4
50							4				7	11
55					4							4
60			3			2						5
65								6				6
70								3				3
75				3							5	8
80					3			2				5
85				2				2				4
90					3							3
合 計 Total		2	3	11	12	2	4	30	4	5	12	85

同

莊 川

直徑 D.B.H. (cm)	變異係數 (%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	合 計 Total
20					3								3
25							2						2
30					5							2	7
35		2							2				4
40						3							3
45										6			6
50			2										2
55			3					4					7
60							2						2
65				2				3					5
合 計 Total		2	5	2	8	3	4	7	2	6		2	41

同

古 川

變異係數 直徑係數 D.B.H. (%) (cm)	5	10	15	20	25	30	35	40	合 計 Total
20	2								2
25		4							4
30	2		2						4
35				2					2
40									
45							2		2
50			2					2	4
55									
60					2				2
合 計 Total	4	4	4	2	2		2	2	20

同

鳥 取

變異係數 直徑係數 D.B.H. (%) (cm)	0	5	10	15	20	25	30	60	合 計 Total
35		3							3
40									
45					3		4		7
50									
55									
60	2							3	5
合 計 Total	2	3			3		4	3	15

## Studies on the Construction of Volume Tables for the assorted Timber of important Trees in Japan.

### I. "Buna" (*Fagus crenata* Blume). (*Résumé*)

By

KANAME SEINO.

The "Buna" (*Fagus crenata* Blume) is one of the most important timber trees in Japan. Over a large area of the northeastern part of Honshyu, and Hokkaido, Buna trees are found mostly as pure stands. They are also found in Kyushyu, Shikoku, and the southwestern part of the Honshyu, but in these regions, they are found mostly as mixed stands at higher elevations.

The volume tables for the Buna, or practically for all kinds of broad leaved trees, have, to date, been based on the form-factor curves on the total height, which were determined from small materials in the Shaku-Kwan units about 20 years ago.

Now, however, the steady increase in the utilization of hard-wood, inevitable rise in the valuation of timber, and the reformation in the management of broad leaved stands, are all inclined to bring on an era in which the volume tables need to be newly constructed or revised to meet the exigencies of the times. This is the reason why the author intended to construct volume tables for the species. This paper presents the result of his investigation.

**Basic Data.** The investigation is based on the measurements of 1059 trees of the Buna, covering the range of diameters at breast height from 8 cm to 118 cm, and of the total height from 8 m to 36 m, felled in the Aomori, Akita, Tokyo, and Osaka Forestry Districts during the years 1933—1935. These regions cover almost all the geographical range of the species.

*Diameter at breast height (for brevity D.B.H.):* The diameter at breast height 1.2 meters above the ground of each tree was measured with a caliper outside the bark, two measures at right angles were taken, averaged arithmetically, and rounded off to the nearest mm.

*Total Height:* By the total height is meant the vertical distance from the ground to the top of the tree canopy. Since it was measured after felling, we added 1.2 meters to the distance that was measured with a tape from the breast height to the top of the tree.

*Volume in cubic meters:* Each tree was divided into 3 parts at two points where the diameters outside the bark were 20 cm and 7 cm, and the volume of each part was



calculated separately.

The 1st part of the tree or pieces of wood over 20 cm in diameter at the smaller end was cubed by the Huber's formula (the length of each section was 2 m or its fractions) and was classified as *wood of the 1st kind*.

The 2nd part of the tree or pieces of wood under 20 cm in diameter at the larger end, but over 7 cm at the smaller end, was also cubed by the Huber's formula, with the same length of each section, and was classified as *wood of the 2nd kind*.

The 1st and 2nd kinds of wood were summed up as "*Derbholz*".

The 3rd part of the tree or pieces of wood under 7 cm in diameter at the larger end was cubed physically by the total weight and the specific weight of some sample bundles, and was classified as *brushwood*.

**Construction of Volume Tables.** The relation of "*Derbholz*" to D. B. H. and total height has been expressed empirically by the equation

$$V = 10^{-5} \times 3.173 D^{2.24221} H^{0.79658}$$

where V is given in cubic meters, D in cms, and H in meters. By means of this equation, volume values for D. B. H., at even cms, from 14 to 50 cm, and at every 5 cms from 55 to 120 cms, and for the total height at every 3 meters from 12 to 39 meters, have been computed and arranged in a tabular form. These magnitudes of the class intervals for D. B. H. and the total height have been determined based on the theoretical standpoint, and are considered to be sufficient for our purpose. The volume tables for wood of the 1st kind and for the entire tree, exclusive the root and leaves, have been constructed on the above equation, and the ratios of the 1st wood and brushwood to the "*Derbholz*", averaged in D. B. H. classes. The volume table for "*Derbholz*" on the girth at breast height, and the total height, is also based on the equation above mentioned.

**Alinement charts** for the volume tables have been constructed on the empirical equation for "*Derbholz*" by converting the equation into logarithmic form.

**Auxiliary tables for computing volume values** have been arranged in 2 parts;

A) Coefficients for D. B. H.,

B) Coefficients for total height.

Both were calculated from the empirical equation above mentioned by separating into D and H factors.

A coefficient for a D. B. H. value in table A, multiplied by a coefficient for a total height value in table B, gives the volume value for a tree which has the corresponding D. B. H. and total height.

Comparisons of the new tables with the old tables for the Buna and for broad leaved trees are shown in Fig. 14 and Fig. 15.