

マダケの材積表について

青木, 尊重
九州大学農学部

<https://doi.org/10.15017/15801>

出版情報 : 演習林集報. 5, pp.49-82, 1955-10-30. Kyushu University Forests
バージョン :
権利関係 :



マダケの材積表について

青 木 尊 重

Takashige AOKI: On the Volume Table of MA-DAKE
(*Phyllostachys reticulata* C. KOCH) Stem

目 次

I 序 言	§ II の求積式から算出した計算値と
II 測定方法及び材料	の較差の検討
III 測定結果	IV 摘 要
§ I 福岡県久原村産のマダケの材積表	参 考 文 献
§ II 福岡市近郊産のマダケの簡易材積表	Résumé
§ III 北九州地方産のマダケの実測材積と	

I 序 言

竹林を森林経理学的観点より探究する場合、殊に竹林の量的生産力、例えば地位の判定や林分の蓄積及び成長量等の測定に際して当然問題となつてくるのが竹独自の「束」単位慣用の是非であろう。そこで「束」単位について先¹⁾に検討した結果、一般樹林の場合と同様に実材積を尺度として竹林の量的な生産力を把握する方が、より一層直接的であることが明らかとなつたのである。然しながらタケの（ある直径で、ある稈長の）1本当りの材積がどれ位あるものなのか未だ明らかではなく、また一般樹木の場合、専ら使われている材積表のようなものも未だ公けにされていない現状にあるので、ここに一つの試みとして、たとえそれが予備実験的な内容のものではあつても、とにかくマダケを対称とした直径・稈長・材積（実材積・容積・表面積）による三変数材積表を調製してみることも無意味ではあるまいと考えた次第である。而して、まずその手始めに「福岡県粕屋郡久原村有マダケ林内に設定した試験地内の立竹」を対称として局所的な材積表を調製し、次に地域的な範囲をやや広めて「福岡市近郊産のマダケ」に対する簡易材積表を調製した。最後に本材積表が北九州地方産のマダケの材積を推定する場合、果して使用にたえうるか否かを検討してみたものである。すなわち、§ I の福岡県久原村産マダケの材積表については、福岡県粕屋郡久原村有マダケ林内に、竹林の作業種及び施肥試験地を（昭和27年に）設定して、連年その成長量を測定するに当つて本林分自体に適合する材積表を調製する必要性を痛感したので試験地内の伐期に達したとみられる立竹中より101本の資料（第1表・第2表）を選定し、回帰式による材積表を調製した。

§ II の福岡市近郊産マダケの簡易材積表については、マダケ林分の林分構成状態を調査するに当つて、ごく簡単な計算によつて算出された材積表であつても、材積表をもつこと

によつて作業を簡便化出来るので、福岡市近郊の粕屋郡立花村・早良郡金武村及び糸島郡二丈村（元の福吉村）所在のマダケ林実査の際に標本として伐倒実測したもの 122 本（第 3 表・第 4 表）を使用して竹稈の実材積表・容積表および表面積表を調製したものである。

§ III は北九州地方のマダケ林分の林分構成状態を調査した際に、調査林分から標本竹を 2 本宛計 102 本（第 5 表・第 6 表）を伐倒実測したが、新たに材積表を調製することも一つの方法ではあろうが、この資料と「福岡市近郊産のマダケの簡易材積表」からの数値との適合度を回帰式によつて検討してみることも一つの方法ではなかろうかと考え、北九州地方各地で採集した標本竹の実測値と福岡市近郊産のマダケの簡易材積表を調製する際に求

第 1 表

測定値一覧表

Table 1. Result distribution table of measurment

No.	D (cm)	H (cm)	Actual Volume (cm ³)	Volume (cm ³)	Surface Area (cm ²)	Knot	Weight (g)	Actual Volume (cc)
1	1.90	525.3	477.93	796.43	2,048.69	36	470	520
2	1.95	526.4	539.60	850.25	2,124.64	30	600	570
3	2.15	627.0	699.59	1,326.45	3,038.67	30	715	750
4	2.15	616.5	703.23	1,317.15	2,996.25	28	740	740
5	2.30	575.1	761.91	1,399.70	2,911.72	31	790	870
6	2.35	639.9	868.93	1,675.58	3,415.62	34	955	930
7	2.35	568.7	749.10	1,256.52	2,694.83	33	760	730
8	2.35	671.5	831.39	1,654.36	3,426.49	36	865	900
9	2.40	615.4	928.69	1,555.99	3,207.42	31	960	970
10	2.45	615.0	1,001.91	1,894.76	3,654.03	32	1,000	1,090
1	2.50	688.5	1,045.14	1,998.85	3,826.79	39	1,160	1,060
2	2.60	613.2	1,038.24	1,940.62	3,629.59	30	1,015	1,080
3	2.80	728.4	1,252.02	2,539.45	4,442.87	34	1,375	1,320
4	2.85	734.2	1,435.09	2,895.42	4,840.66	35	1,580	1,410
5	2.90	762.7	1,351.50	2,807.84	4,747.48	40	1,285	1,390
6	2.95	707.5	1,551.23	3,166.97	5,106.93	30	1,705	1,610
7	3.00	802.7	1,565.28	3,304.66	5,428.75	37	1,520	1,550
8	3.05	743.9	1,548.08	3,178.60	5,026.55	34	1,570	1,600
9	3.05	711.5	1,472.48	3,099.14	4,836.10	37	1,540	1,570
20	3.05	661.5	1,502.94	2,959.32	4,663.84	33	1,465	1,520
1	3.05	734.0	1,616.93	3,112.52	4,890.74	38	1,790	1,690
2	3.10	802.1	1,517.17	3,144.21	5,112.30	43	1,685	1,520
3	3.10	665.1	1,416.01	2,654.83	4,683.96	39	1,460	1,430
4	3.15	797.1	1,532.31	3,380.62	5,360.73	36	1,605	1,570
5	3.15	823.5	1,799.85	3,817.18	5,526.15	42	1,800	1,830
6	3.15	675.5	1,220.42	2,815.99	4,522.06	38	1,220	1,320
7	3.15	689.8	1,617.56	3,273.43	5,066.78	38	1,326	1,290
8	3.15	668.0	1,438.96	3,253.75	4,974.55	32	1,470	1,520
9	3.20	675.6	1,632.53	3,328.30	5,032.20	31	1,770	1,750
30	3.20	754.7	1,494.06	3,364.11	5,201.03	36	1,570	1,640
1	3.25	655.3	1,506.42	3,021.48	4,567.52	34	1,525	1,570
2	3.25	859.0	1,698.10	4,065.75	6,089.15	38	1,745	1,720
3	3.30	774.2	1,865.13	3,884.62	5,670.53	35	1,885	1,880
4	3.30	672.8	1,562.06	3,223.85	4,837.45	36	1,590	1,640
5	3.40	766.6	1,711.55	3,835.05	5,679.00	37	1,860	1,740
6	3.45	883.0	2,199.18	4,934.57	6,817.68	38	2,200	2,350
7	3.50	928.8	2,218.16	5,306.82	7,326.88	40	2,380	2,310
8	3.50	723.6	1,805.59	3,886.14	5,592.16	35	1,850	1,940
9	3.50	885.4	2,067.40	4,635.51	6,530.72	42	2,115	2,027
40	3.60	900.6	2,351.01	5,554.86	7,392.40	38	2,300	2,360

第 1 表 (つづき) Table 1 (cont'd)

No.	D (cm)	H (cm)	Actual Volume(cm ³)	Volume (cm ³)	Surface Area (cm ²)	Knot	Weight (g)	Actual V- olume(cc)
41	3.70	819.5	2,319.56	4,943.78	6,611.94	39	2,325	2,270
2	3.70	820.5	2,684.98	5,533.55	7,114.35	42	2,655	2,690
3	3.70	879.1	2,097.20	4,804.05	6,649.64	40	2,365	2,270
4	3.75	830.3	2,134.01	4,814.84	6,403.43	41	2,105	2,250
5	3.75	977.6	2,538.80	6,338.94	8,232.39	38	2,585	2,570
6	3.75	781.4	2,236.84	4,814.26	6,350.31	35	2,260	2,320
7	3.75	778.2	2,070.30	4,971.23	6,460.55	37	2,135	2,180
8	3.90	866.2	2,659.59	5,949.31	7,137.69	41	2,640	2,660
9	3.95	941.2	3,078.00	6,525.85	8,011.21	45	3,090	2,950
50	3.95	930.0	2,923.29	6,789.23	8,208.75	42	2,970	2,910
1	4.00	837.4	2,087.60	5,415.11	6,922.95	40	2,210	2,130
2	4.05	805.1	2,481.08	5,583.40	6,868.94	41	2,500	2,580
3	4.10	924.2	2,525.40	6,411.93	7,896.85	40	2,655	2,560
4	4.15	1,040.4	3,737.24	8,969.27	10,212.84	38	3,750	3,710
5	4.15	907.4	3,236.29	7,422.14	8,617.77	40	3,307	3,360
6	4.15	880.3	2,418.25	5,964.47	7,377.71	38	2,770	2,480
7	4.15	954.0	3,147.69	7,458.94	8,615.42	45	3,340	3,170
8	4.20	836.6	2,773.26	6,100.67	7,486.18	37	2,710	2,730
9	4.20	945.1	3,287.91	8,171.16	9,194.75	41	3,180	3,350
60	4.25	1,010.3	3,325.94	8,616.49	9,619.65	44	3,310	3,360
1	4.25	931.9	3,042.88	7,118.11	8,742.64	43	3,190	3,130
2	4.25	1,034.1	3,058.92	7,299.54	8,846.57	43	3,220	3,050
3	4.40	1,012.9	3,872.63	9,668.66	10,232.01	45	3,960	3,910
4	4.50	960.7	3,797.01	9,244.38	9,795.15	42	3,555	3,810
5	4.50	1,084.7	4,107.38	12,195.14	11,199.42	41	3,915	4,022
6	4.55	1,023.2	4,238.29	9,944.30	10,539.78	42	4,190	4,100
7	4.65	1,005.3	3,908.20	10,284.52	10,709.88	41	3,910	3,810
8	4.70	1,040.2	2,880.88	8,437.02	9,360.48	47	3,265	3,030
9	4.70	958.7	4,386.04	9,938.86	10,130.72	41	4,640	4,240
70	4.75	991.3	4,206.12	10,324.21	10,556.34	40	4,200	4,340
1	4.80	1,086.6	3,953.41	9,887.93	10,439.85	47	4,097	4,120
2	4.80	1,011.8	3,976.83	10,213.00	10,425.09	46	4,185	4,090
3	4.95	1,066.9	4,605.69	12,020.15	11,796.20	42	4,600	4,620
4	5.25	1,085.4	5,020.70	14,219.00	12,908.53	45	5,525	5,180
5	5.40	1,120.8	5,621.91	15,593.57	15,059.01	42	6,170	5,760
6	5.40	1,127.4	4,751.27	14,402.76	13,167.24	44	4,770	4,770
7	5.45	1,108.9	5,770.03	15,283.33	13,303.91	37	5,820	5,880
8	5.50	998.4	5,291.94	14,351.20	12,792.40	46	5,150	5,190
9	5.55	1,100.2	5,609.26	15,279.18	13,344.67	47	5,425	5,720
80	5.60	1,150.2	4,483.91	13,484.99	12,609.20	50	4,875	4,410
1	5.60	1,122.4	5,325.17	14,654.78	12,904.62	51	5,330	5,331
2	5.65	1,152.3	6,769.13	17,692.25	15,057.46	42	6,525	6,890
3	5.65	1,084.4	6,218.32	15,110.80	13,036.11	48	6,099	6,110
4	5.65	1,087.2	6,488.71	17,835.68	14,711.38	44	6,310	6,340
5	5.70	1,205.5	6,422.83	19,287.64	16,158.37	44	6,530	6,380
6	5.85	1,177.8	8,185.96	22,996.11	17,672.65	43	8,259	8,450
7	5.90	1,266.1	7,191.38	20,803.51	16,647.89	46	7,610	7,280
8	6.10	1,225.7	6,310.74	18,816.92	15,518.41	50	6,340	6,260
9	6.10	1,253.9	7,260.20	21,062.01	16,407.25	53	7,455	7,410
90	6.10	1,210.3	7,103.66	19,444.64	15,625.47	49	7,208	7,210
1	6.20	1,212.2	8,107.23	24,528.43	18,107.29	36	8,140	8,210
2	6.30	1,307.9	8,434.34	24,944.76	18,889.33	47	8,760	8,530
3	6.30	1,282.2	7,196.38	21,359.78	16,765.24	52	7,470	7,210
4	6.45	1,298.6	8,534.72	23,887.74	17,940.36	52	9,286	8,620
5	6.50	1,248.3	8,789.08	26,615.67	19,246.78	42	8,890	8,970
96	6.65	1,319.7	8,096.36	23,694.75	17,879.69	51	8,560	8,130

第3表 (1) 容 積 (つづき) Table 3. (1) Volume (cont'd)

<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Volume (cm ³)	<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Volume (cm ³)	<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Volume (cm ³)	
3	4.8	11.3	10160	2	6.0	12.9	19210	3	8.6	16.8	50900	
	5.0	10.9	11780		5.9	11.7	17930		9.4	17.1	61820	
	5.0	11.0	12610		5.9	13.2	19330		9.3	16.5	59330	
	5.3	12.2	13730		6.3	12.7	20500		9.2	16.8	57350	
		5.2	11.8		12720	6.1	13.0	20340	1	9.7	17.4	63090
		5.4	11.9		14950	6.5	12.4	22820		9.5	18.2	65640
	5.3	12.0	13800		6.6		12.2	23880		10.1	17.8	73190
1	5.6	10.1	13120	6.6	12.3	23350	10.3	18.2	75310			
12	5.8	10.8	16750	3	6.6	12.5	23040	10.0	18.1	71380		
		11.2	16860		6.8	12.6	25290	3	10.2	18.9	74720	
		11.2	17340		6.8	12.9	25330		10.3	18.7	81080	
		10.8	17050	6.7	12.7	24550	10.5		18.8	83610		
	6.1	11.1	18390	4	6.6	13.6	24560	10.3	18.8	79800		
	5.6	11.5	17210		6.9	13.6	27000	7				
	5.7	10.5	16000		6.7	13.5	24480					
	5.8	10.6	16530		7.4	13.8	29570					
	5.7	11.2	16410	6.9	13.6	26400						
	6.3	11.4	18450	4	7.3	14.7	33980					
	5.6	11.0	16860		6.7	14.6	28010					
	5.7	11.2	14460		6.8	15.3	29010					
	5.8	11.0	16860		7.2	14.8	31260					
	12	6.0	11.6	18800	7.0	14.8	30560					
5.9		12.2	18740	1	7.5	14.4	32590					
5.9		11.6	17510		3	7.8	15.1		37850			
5.5		12.4	19010			7.7	14.7		37080			
5.7		11.9	18580	8.5		15.4	45640					
5.7		12.3	18310	8.0		15.1	40190					
5.8		12.1	17100	4	7.5	16.4	37430					
5.8		12.2	17580		8.3	15.8	45130					
5.7		12.2	16050		8.4	16.2	47260					
5.6		12.3	16160		8.3	15.6	46860					
5.9		11.7	17930	4	8.1	16.0	44170					
5.7		12.2	17260		1	9.1	16.0	54090				
5.8		12.1	17750									
7		6.0	12.7	20970								
	6.4	13.4	22600									
	5.9	13.3	20260									

第 3 表 (2) 稈実材積 Table 3. (2) Actual Volume

<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Actual Volume (cm ³)	<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Actual Volume (cm ³)	<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Actual Volume (cm ³)									
6	3.3	8.5	1820	1	5.7	11.2	5620	4	7.5	16.4	12740									
	2.9	7.6	1520						8.3	15.8	13610									
	2.8	7.6	1400						6	8.5	16.2	13890								
	3.1	7.8	1420							8.4	15.6	13590								
	3.0	7.5	1450					5.7	12.2	6420	8.2	16.0	13460							
	3.1	8.1	1630					5.6	12.2	6330										
	3.0	7.9	1540					6.0	11.7	6680										
1	3.8	8.4	2040	6	5.8	12.1	6290	1	9.1	16.0	15380									
								3	8.6	16.8	15770									
9.4	17.1	18660																		
9.3	16.5	17980																		
4	4.5	8.7	2680	6	6.4	13.4	7690	9.1	16.8	17470										
									17.1	18930										
									16.5	17980										
								4.1	9.2	2580	5.9	12.7	6710	1	9.7	17.5	18930			
3.6	9.1	2420	5.9	13.1	6430	3	9.5	18.2	20620											
4.0	9.0	2490					6.3	12.7	6630	10.1	17.8	20980								
7	3.9	9.6	2510	6.1	13.0		6860	6860	10.3	18.2	21560									
						1			6.8	12.9	8720	10.0	18.1	21050						
												4	6.6	13.6	7970	3	10.2	18.9	21400	
						6.9			13.6	9160	10.3		18.7	23520						
						6.7			13.5	7810	10.5		18.8	23270						
						3.8			9.9	2420	7.4		13.8	10250	10.3	18.8	22730			
						2			4.1	10.7	3270	6.9	13.6	8800	8800	4	7.3	14.7	10980	
4.4	10.7	3410	6.7	14.6	9740		6.8	15.4									9890			
																		4.3	10.7	3340
6	5.1	10.5	5070	7.0	14.9	10210	10210	1	7.5	14.4	11630									
									3	7.8	15.1	12150	7.7	14.7	12090					
																8.5	15.4	13990		
									3	5.3	12.2	5250	8.0	15.1	12740	12740	1	5.1	11.1	4620
																		5.2	11.4	5050
																		4.6	11.1	4180
																		4.8	11.3	4080
6	5.1	11.1	4620	5.0	10.9	4260	4260	4.8	11.1	4540										
											5.4	11.9	5350							
														5.3	12.0	5220				

第 3 表 (3) 稈表面積 Table 3.(3) Surface Area

<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Surface Area (cm ²)	<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Surface Area (cm ²)	<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Surface Area (cm ²)		
0	3.3	8.5	5820	1	5.4	11.9	13480	7	5.7	12.2	14330		
	2.9	7.6	4620		5.3	12.0	12950		5.6	12.3	14510		
	2.8	7.6	4840		12	5.6	10.1		11540	5.9	11.7	14630	
	3.1	7.8	5070							5.7	12.2	14690	
	3.0	7.5	4600							5.8	12.1	14810	
	3.1	8.1	5250							2	6.0	12.7	16700
3.1	7.8	5030	6.4	13.4	17650								
1	3.4	9.2	7000	5.8	11.2	13690	5.9	13.3	16860				
				5.8	10.8	13370	6.0	12.9	15930				
2	3.7	8.2	6890	6.1	11.1	14060	5.9	11.7	16100				
				5.6	11.5	13890	5.9	13.2	16540				
2	3.8	8.3	6340	5.7	10.5	12710	3	6.6	12.5	17230			
				5.8	10.6	13020					6.8	12.6	18000
17	4.5	9.2	9000	5.8	10.6	13020	6.8	12.9	18320				
				5.7	11.2	13240	4	6.6	13.6	18700			
5	4.3	10.7	9540	4.0	9.0	7830					6.6	12.3	17250
				4.5	8.6	8040	3	6.6	12.5	17230			
5	5.1	9.8	10620	4.3	9.2	8290					6.8	12.6	18000
				4.9	10.2	10960	4.1	8.9	8080	6.8	12.9	18320	
14	4.6	9.7	9600	3.9	8.6	7590	4	6.7	12.7	17850			
				4.7	9.8	9820					4.1	8.9	7890
14	4.7	9.5	9900	4.3	9.1	8670	4	6.7	13.5	17820			
				4.1	9.1	7820					7.4	13.8	20200
14	4.8	9.8	10180	4.2	8.9	8010	8	4.2	8.9	7860			
				4.2	8.8	7780					3.6	9.1	7040
14	5.0	10.6	11610	4.2	8.7	7680	4	6.6	13.6	18700			
				4.3	9.5	8510					4.2	8.9	7860
14	4.5	10.7	11440	4.3	9.5	8510	4	6.9	13.6	19530			
				4.5	8.7	7430					6.7	13.5	17820
14	5.4	10.8	12670	3.6	8.8	6530	4	7.4	13.8	20200			
				4.1	9.2	7510					3.6	9.1	7040
14	5.2	11.3	13150	6.3	11.4	14580	4	4.2	8.9	7860			
				5.0	11.3	12520					5.6	11.0	12990
14	5.1	10.9	12000	5.7	11.2	12300	8	4.3	9.6	8960			
				5.3	11.5	13640					5.8	11.0	13380
14	5.3	10.6	12040	12	6.0	11.6	15830	4	4.0	10.0	8120		
												5.1	10.5
14	5.1	10.5	11400	12	5.9	12.2	13810	4	4.4	10.1	9540		
												5.2	11.4
14	4.6	11.1	10990	12	5.5	12.4	14970	4	4.0	9.7	8070		
												5.3	10.6
14	5.1	11.1	11600	12	5.7	11.9	15180	4	3.6	9.8	7360		
												4.8	11.3
14	5.0	10.9	11410	12	5.7	12.3	15340	4	3.8	9.9	7660		
												5.0	11.0
3	5.3	12.2	13020	12	5.8	12.2	14600	4	4.0	9.8	8270		
												5.2	11.8
3	5.2	11.8	12340	12	5.8	12.2	14380	4	4.0	9.8	8270		
												5.2	11.8

第3表 (3) 稈表面積 (つづき) Table 3.(3) (Surface Area) (cont'd)

<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Surface Area (cm ²)	<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Surface Area (cm ²)	<i>N</i> (本)	<i>D</i> (cm)	<i>H</i> (m)	Surface Area (cm ²)
2	4.2	10.7	9430	4	8.5	15.4	26800	1	9.3	16.5	31550
	4.4	10.7	9650		8.0	15.1	24600		9.2	16.8	31310
	6.9	13.6	19060		7.5	16.4	24880		9.7	17.4	33450
4	7.3	14.7	23090	1	8.3	15.8	27140	3	9.5	18.2	34910
	6.7	14.6	18080		8.4	16.2	28260		10.1	17.8	36440
	6.8	15.3	20800		8.3	15.6	27500		10.3	18.2	37280
	7.2	14.8	22540		8.1	16.0	26950		10.0	18.1	36110
	7.0	14.8	21130		9.1	16.0	29890		10.2	18.9	36830
1	7.5	14.4	21910	3	8.6	16.8	29580	10.3	18.7	39340	
3	7.8	15.1	24410		9.4	17.1	32810	10.5	18.8	39500	
	7.7	14.7	22580		10.3	18.8	38560				

第4表 直径別, 稈長別, 材料本数一覽表

Table 4. Number distribution table by d.b.h. and total height grade

<i>H</i> <i>D.B.H.</i>	m	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Total
	8												
3	6 (6)	1											7 (6)
4	2 (1)	17 (4)	8 (7)	2 (2)									29 (14)
5			5	14 (6)	3 (3)								22 (9)
6			1	12 (1)	12 (6)	7 (6)							32 (13)
7					2	3 (1)	4 (4)	4 (4)					13 (9)
8							1 (1)	3 (3)	4 (4)				8 (8)
9									1 (1)	3 (3)			4 (4)
10										1 (1)	3 (3)	3 (3)	7 (7)
Total	8 (7)	18 (4)	14 (7)	28 (9)	17 (9)	10 (7)	5 (5)	7 (7)	5 (5)	4 (4)	3 (3)	3 (3)	122 (70)

備考: 但し上欄は容積及び表面積, 下欄 () は実材積.

第 5 表 測定値一覽表

Table 5. Result distribution table of measurement.

No.	D.B.H. (cm)	H (m)	S. A Surface Area		V Volume		A.V Actual Volume	
			Actual Value (cm ²)	Comput'd Value (cm ²)	Actual Value (cm ³)	Comput'd Value (cm ³)	Actual Value (cm ³)	Comput'd Value (cm ³)
			1	2.95	6.65	4325	4283	2629
2	2.95	7.18	4528	4615	2699	2849	1246	1298
3	2.95	7.34	4544	4715	2909	2906	1352	1328
4	2.95	7.38	4621	4740	2801	2920	1326	1313
5	3.05	7.37	4899	4887	3020	3116	1319	1402
6	3.05	7.69	4870	5094	3022	3235	1382	1466
7	3.30	8.03	5520	5728	3674	3931	1657	1725
8	3.30	8.43	5858	6005	3968	4105	1866	1815
9	3.35	8.33	5715	6020	3840	4183	1890	1833
10	3.45	9.50	7270	7038	5217	4987	2251	2198
11	3.50	8.38	6105	6313	4235	4588	2044	1969
12	3.55	8.48	6169	6476	4513	4769	2055	2037
13	3.65	9.42	7223	7366	5306	5534	2269	2370
14	3.75	9.03	7182	7255	5528	5622	2406	2361
15	3.75	9.93	7928	7957	5924	6119	2542	2607
16	3.85	7.86	6553	6499	5292	5233	2217	2123
17	3.85	8.32	6776	6869	5394	5505	2298	2253
18	3.90	9.52	7701	7929	5992	6369	2312	2645
19	3.90	9.70	7730	8074	6045	6476	2596	2697
20	3.95	9.15	7601	7722	6126	6305	2493	2586
21	4.00	8.65	7486	7399	6377	6148	2535	2485
22	4.00	9.31	7972	7948	6967	6565	2807	2683
23	4.05	9.12	7874	7883	6489	6606	2820	2675
24	4.05	9.35	7869	8076	6470	6754	2714	2746
25	4.10	8.91	7889	7797	6550	6629	2608	2659
26	4.15	9.47	8359	8370	7081	7169	2834	2885
27	4.20	9.77	9134	8728	7745	7548	3001	3035
28	4.25	9.59	8853	8666	7747	7600	3224	3030
29	4.50	10.26	10036	9777	9163	9039	3522	3541
30	4.55	9.30	8965	8979	8283	8464	3102	3247
31	4.80	10.66	11059	10794	10978	10628	3984	4058
32	4.80	11.18	11163	11305	10802	11089	4030	4265
33	4.85	12.60	12531	12826	12639	12593	4868	4908
34	4.70	10.34	10374	10269	9886	9922	3829	3809
35	4.90	12.02	12251	12372	12178	12322	4718	4744
36	5.00	11.84	11964	12429	12427	12656	4749	4813
37	5.00	12.18	12218	12772	12841	12976	4908	4958
38	5.10	10.53	11300	11117	11793	11854	4370	4384
39	5.10	11.48	12568	12291	13045	12804	4962	4800
40	5.20	11.86	12723	12924	13803	13696	5142	5112
41	5.25	11.10	12334	12229	13114	13158	4792	4838
42	5.25	11.15	12730	12283	13460	13212	4905	4861
43	5.25	11.94	13371	13129	14067	14043	5321	5222
44	5.30	12.40	13406	13745	14939	14800	5427	5510
45	5.50	10.36	11394	11954	14204	13567	4697	4824
46	5.50	11.69	13752	13445	15474	15110	5611	5474
47	5.60	12.37	14489	14453	16839	16469	6115	5967
48	5.60	12.06	14420	14100	16682	16100	6010	5810
49	5.60	13.95	15794	16246	18845	18332	6836	6766
50	5.90	11.96	14794	14700	17639	17717	6374	6226

第5表 (つづき) Table 5. (cont'd)

No.	D.B.H. (cm)	H (m)	S.A Surface Area		V Volume		A.V Actual Volume	
			Actual Value (cm ²)	Comput'd Value (cm ²)	Actual Value (cm ³)	Comput'd Value (cm ³)	Actual Value (cm ³)	Comput'd Value (cm ³)
51	5.90	13.07	16659	16027	20288	19180	6609	6831
52	6.10	12.30	15173	15595	19318	19410	6508	6738
53	6.10	12.51	16041	15855	20061	19705	7210	6858
54	6.10	12.75	15538	16150	19832	20042	6517	6996
55	6.25	11.81	15148	15342	19317	19641	6703	6695
56	6.45	12.93	17871	17269	24004	22664	8714	7715
57	6.50	14.88	20965	19945	27874	26083	9725	9041
58	6.75	13.96	19763	19431	27632	26553	9261	8946
59	6.80	13.17	18623	18490	25905	25580	8983	8510
60	6.80	13.63	18997	19120	26855	26378	9082	8822
61	6.85	14.24	19524	20091	26330	27827	9111	9337
62	6.90	13.33	19450	18971	27062	26615	9002	8808
63	6.90	15.00	21655	21281	30344	29570	9609	9966
64	6.95	13.25	19647	18991	28449	26855	8577	8848
65	7.00	14.34	20167	20651	27777	29228	8594	9714
66	7.00	14.41	21185	20802	30458	29355	10106	9764
67	7.05	14.44	21035	20933	29785	29828	9771	9889
68	7.15	16.11	23553	23602	33540	33815	10376	11325
69	7.25	15.63	23579	23223	34733	33833	11031	11201
70	7.30	13.49	20534	20254	30505	30075	9884	9700
71	7.30	13.91	20742	20867	30494	30909	10240	10017
72	7.30	16.39	23463	24481	36051	35778	11399	11893
73	7.35	15.26	23228	22986	35182	34028	11289	11550
74	7.50	14.65	23327	22522	33170	34152	11281	11010
75	7.55	14.15	22395	21912	34911	33550	11298	10723
76	7.60	15.44	24953	24005	38134	36740	12280	11865
77	7.65	14.49	23053	22707	35575	35334	10696	11211
78	7.70	13.03	20443	20604	32007	32409	10531	10129
79	7.75	15.99	28122	25304	40024	39401	13235	12671
80	7.80	17.03	27603	27071	44101	42211	13855	13665
81	7.95	16.09	25331	26085	40076	41671	12440	13248
82	8.00	16.17	25789	26369	40148	42191	12271	13443
83	8.10	16.06	25871	26506	42116	43170	12778	13595
84	8.40	16.13	27749	27559	48910	46575	14207	14419
85	8.40	17.42	29192	29703	49387	49883	14961	15628
86	8.50	16.52	28715	28529	50026	48707	14533	15047
87	8.64	16.79	29575	29438	50895	51040	15770	15682
88	8.95	16.68	29871	30252	53453	54412	16022	16415
89	9.12	15.98	29897	29541	54087	54358	15880	16141
90	9.32	16.53	31554	31169	59332	58483	17980	17273
91	9.35	16.79	30592	31743	57363	59680	16273	17642
92	9.39	17.14	32806	32521	61821	61307	18660	18143
93	9.45	18.96	37000	36095	70869	67928	20222	20355
94	9.51	18.19	34905	34878	65641	66289	20620	19676
95	9.65	17.45	33452	33967	63093	65755	18930	19255
96	9.90	17.58	35228	35060	69258	69632	21858	20159
97	9.95	20.50	42361	40911	84058	80655	23791	23854
98	10.13	17.79	36439	36254	73194	73638	20980	21122
99	10.20	18.90	36832	38706	74720	78797	21400	22735
100	10.28	18.19	37284	37569	75310	77337	21560	22098
101	10.32	18.71	39337	38758	81082	79919	23520	22892
102	10.49	18.84	39501	39634	83614	83062	23270	23628

第 6 表 直径別, 稈長別, 材料本数一覧表
Table 6. Number distribution table by d. b. h.
and total height grade

D.B.H. cm	H	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total
	m															
3	5	4	1													10
4		3	10	5												18
5				3	6	7										16
6				1		5	5	1								12
7							4	7	3	3						17
8							1	2	2	5	2					12
9										1	6			1		8
10											1	4	3	1		9
Total		5	7	11	9	6	12	10	10	5	9	9	4	4	1	102

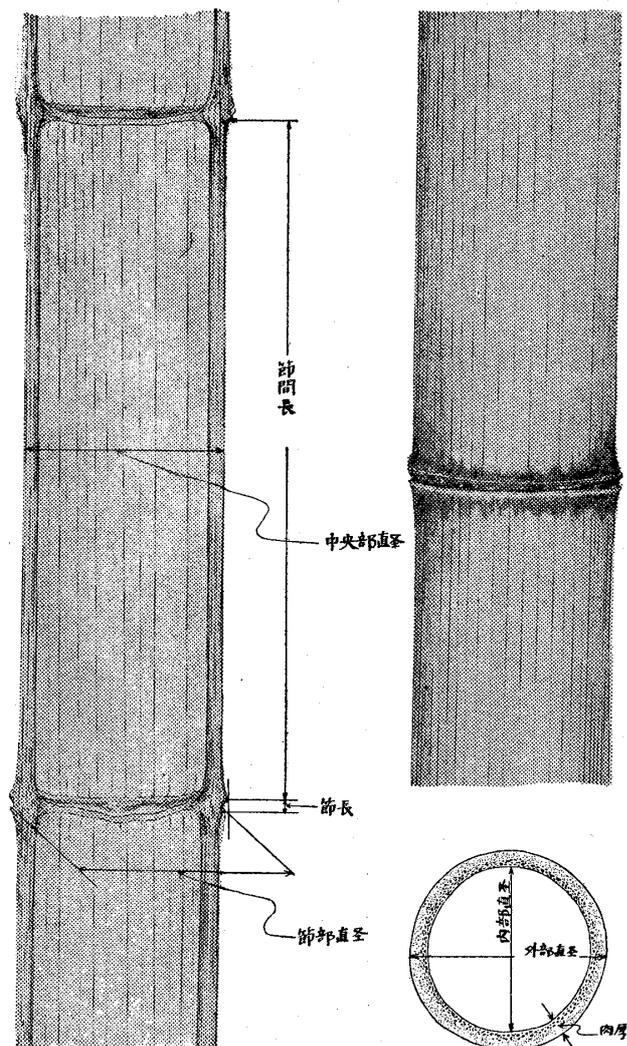
めた求積式からの計算値との回帰を求めてその適合度を検討したものである。

本研究に際し終始御指導を仰いだ大野・井上両教授, 全面的な御協力を戴いた荒武教官ならびに種々便宜を計られた演習林職員各位の御厚意, さらに資料採集に当り一方ならぬ御配慮を賜った熊本営林局及び福岡・大分・日田・佐賀の各営林署ならびに福岡・大分の両県庁, 加えて心よく資料を御恵贈下さった竹林所有者各位の御芳情に深く感謝の意を表するものである。

II 測定方法ならびに 測定器具

測定にあたっては, 標本竹全てについてこれを各小節に区分してそれぞれの節間長・節間中央部外部直径・節間中央部内部直径・節間中央部平均壁厚・節長・節直径を測定した。而してその測定の際の使用器具については, 直径に対

第 1 図



しては caliper (Vernier 1/20 mm 付) を用いて長短二方向を測定しその平均値をもつ正円と仮定し, 節間長及び節長に対しては Steel Tape (目盛 1/10 cm 付) を, 壁厚に対しては Dial Gauge (目盛 1/100 cm 付) をもつて測定し, これより竹稈を節間部円筒と節部円柱との集合体とみなして竹稈の 実材積・容積・表面積 を求積した. なお, このような Huber 氏区分求積式的な析解による求積値と竹稈を細片にして Xylometer (目盛 100 cc) 及び補助の Messcylinder (目盛 10 cc) を用いて測容した測定値との両者間の数値を検討した. さらに感度 1 g の台秤をもつて秤量して竹稈析解 (Huber 氏区分求積式的な) による求積値及び Xylometer 測容による求積値の Error の発見につとめた.

III 測定結果

§ I 福岡県久原村産のマグケの材積表

1. 竹稈実材積の測定値に対する検討

A. 竹稈析解による求積値と Xylometer による測容値とを比較するに両者夫々に測定方法に由来する誤差が存在するために両者の値は一致しない. 而して上記の誤差原因として推察されるものを掲げると次のものが主なものとしてあげられる. すなわち, 測容値に関しては,

Xylometer に竹片を浸漬する際に 試料中に気泡が残るのを防ぐことは可成りむずかしく, これによつて誤差が生じ, また竹稈析解による求積値に関しては,

前述のように竹稈を, 節間部は節間中央部の外部直径と 内部直径及び節間長で決定される直円筒とし, 節部は節長及び節直径で作られる直円柱と仮定し, これを各小節それぞれについて計算し, 更にこれを集計して 1 本当りの竹稈の実材積値としたことに起因するものである.

然しながら 両者の値には極めて高い相関々係の存在することが, 次の結果から当然認められる. すなわち,

$$r = \frac{Sx \cdot y}{\sqrt{Sx_2 \cdot Sy_2}} = \frac{1485.789868}{\sqrt{1489.789868 \times 1485.302203}} = 0.9988$$

相関係数検定のために且分散比 (F_0) は,

$$F_0 = \frac{r^2(n-2)}{(1-r^2)} = \frac{0.9976(96-2)}{0.0024} = \frac{0.9389}{0.0024} = 408.2$$

∴ $F_0 \gg F$ (相関係数は充分に信頼することが出来る.)

但し測定値を対数転換した統計量は $n = 96$

$$\begin{aligned} \sum x &= 314.180 \\ \sum y &= 312.423 \\ \sum x^2 &= 1489.086574 \\ \sum y^2 &= 1485.302203 \\ \sum xy &= 1485.789868 \end{aligned}$$

Table 7. The Systematic Solution of Normal Equation (Actual Volume)

	a	b	c	$=$	1	c_1	c_2	c_3	計
I	96	56.5517	90.5818		135.3498	1	0	0	379.4833
2		35.0437	54.6101		83.6478	0	1	0	230.8533
3			86.4553		130.5990	0	0	1	363.2462
4					199.8889	0	0	0	549.4855
5	$I \times -\frac{56.5517}{96} = -0.589080208$	-33.3135	-53.3599		-79.7319	-0.5891	0	0	-223.5461
II	2+5	1.7302	1.2502		3.9159	-0.5891	1	0	7.3072
6	$I \times -\frac{90.5818}{96} = -0.943560416$		-85.4694		-127.7107	-0.9436	0	0	-358.0654
7	$III \times -\frac{1.2502}{1.7302} = -0.722575424$		-0.9034		-2.8295	0.4257	-0.7226	0	-5.2800
III	3+6+7		0.0825		0.0588	-0.5179	-0.7226	1	-0.0992
8	$I \times -\frac{135.3498}{96} = -1.40989375$				-190.8288	-1.4099	0	0	-535.0311
9	$III \times -\frac{3.9159}{1.7302} = -2.263264362$				-8.8627	1.3333	-2.2633	0	-16.5381
10	$III \times -\frac{0.0588}{0.0825} = -0.7101449275$				-0.0418	0.3678	0.5132	-0.7101	0.0704
IV	4+8+9+10				0.1556	0.2912	-1.7501	-0.7101	-2.0133
13	$a = -0.2912 \pm 0.0761$		$c_{11} = 3.4622$		$c_{12} = 4.1957$		$c_{13} = -6.2776$		
12	$b = 1.7501 \pm 0.1075$				$c_{22} = 6.9069$		$c_{23} = -8.7585$		
11	$c = 0.7101 \pm 0.1424$						$c_{33} = 12.1212$		

次に、回帰式の $b=1$ と $a-b\bar{x}=0$ との検定を行うと、有意の差を示さない。

よつて、前述の測定方法による竹稈析解の測定値は資料として一応使用するにたえうるものと考えられる。

B. 稈実材積の検討

第1・2表の資料を基にして本林分に適用しうる材積表を作るために、次のような計算を行つた。すなわち、

材積式としては $v = AD^b H^c$ の式が適用しうるものとした。本式を対数式に転換すると、

$$\log v = \log A + b \log D + c \log H \quad \text{となる。}$$

いま、 $\log v - 2 = Z$, $\log A = a$, $\log D = X$, $\log H = Y$ とおけば、この式は重回帰式 $Z = a + bX + cY$ と書きかえられる。

而して対数転換の統計値は、 $n = 96$

$$\begin{array}{lll} \sum X = 56.5517 & \sum X^2 = 35.0437 & \sum XY = 54.6101 \\ \sum Y = 90.5818 & \sum Y^2 = 86.4553 & \sum XZ = 83.6478 \\ \sum Z = 135.3498 & \sum Z^2 = 199.889 & \sum YZ = 130.5996 \end{array}$$

正規式の組織的計算（第7表）によつて、

$$Z = -0.2912 + 1.7501 X + 0.7101 Y$$

$$\log v = 1.7088 + 1.7501 \log D + 0.7101 \log H$$

$$v = 51.145 D^{1.5701} H^{0.7101}$$

$$\left(\begin{array}{l} \sigma_{\text{ext}}^2 = \frac{\min S}{n-3} = \frac{0.1556}{93} = 0.001673 \\ \sigma_{\text{ext}} = \sqrt{\frac{\min S}{n-3}} = 0.04090 \\ \sigma_M = \frac{\sigma_{\text{ext}}}{\sqrt{n}} = 0.004007 \end{array} \right)$$

而もその信頼限界は次の通りである。

$$t_{0.05, n=93} = 1.987$$

$$\begin{aligned} t V_{(Z)} &= t \cdot \sigma_{\text{ext}} \cdot t^2 [C_{11} + C_{22} (\log D)^2 + C_{33} (\log H)^2 + 2 C_{12} \log D \\ &\quad + 2 C_{13} \log H + 2 C_{23} \log D \cdot \log H] \\ &= [3.4622 + 6.9069 (\log D)^2 + 12.1212 (\log H)^2 + 2 \times 4.1975 \log D \\ &\quad - 2 \times 6.2776 \log H - 2 \times 8.7589 \log D \cdot \log H] \end{aligned}$$

実材積式の検定

第7表より重回帰による部分の平方和は

$$S_{\hat{Z}}^2 = R^2 S_Z^2 \quad \min S = (1 - R^2) S_Z^2$$

$$S_{\hat{Z}}^2 = S_Z^2 - \min S = 199.8889 - 190.8288 - 0.1556 = 8.9045$$

$$\text{重相関係数 } R = \sqrt{\frac{S_{\hat{Z}}^2}{S_Z^2}} = \sqrt{\frac{8.9045}{9.0601}} = 0.9913$$

回帰による平均平方と誤差による平均平方の比較による検定を分散比 (F) を用いて行うと第8表の通りとなり、上記の材積式は充分にその意義を有するものと云える。

ここにおいて、これから真数表示の材積表を作りこれを図示すると第9表及び第2図の通りとなる。

第8表 稈 実 材 積

Table 8. Actual Volume

Factor	SS	Df	MS
回帰による部分 $R^2 S_z^2$	8.9045	2	4.4522 ^{**}
推定の誤差 $(1-R^2)S_z^2$	0.1556	93	0.00167
全 体 S_z^2	9.0601	95	

第9表 竹 稈 実 材 積 表

Table 9. The volume table by bamboo-stem (actual-volume)

実 材 積 (actual volume) (cm³)

H D.B.H.	m 4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
cm 2	460	540	610	690	750								
3			1250	1390	1530	1670	1800						
4				2310	2540	2760	2970	3180	3380				
5					3750	4070	4390	4700	5000	5290			
6							6050	6470	6880	7280	7680	8070	
7								8470	9010	9540	10050	10560	11060

C. 稈容積の検討

容積を求める計算式は、実材積の場合と同様に直径 (D)・稈長 (H) の函数とし、 $V = AD^b H^c$ の式が適用出来るものとした。これを対数転換すると、

$$\log V = \log A + b \log D + C \log H \quad \text{となる。}$$

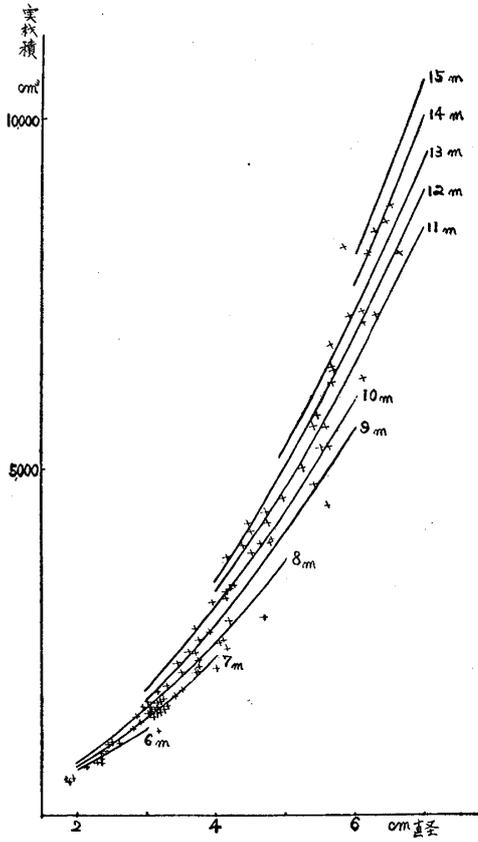
而して、実材積の場合と同様に $\log V - 3 = Z$ とおけば、重回帰式 $Z = a + bX + cY$ をうる。ここにおいて、

測定値の対数転換の統計値は、 $n = 96$

$$\begin{aligned} \sum X &= 56.5517 & \sum X^2 &= 35.0437 & \sum XY &= 54.6101 \\ \sum Y &= 90.5818 & \sum Y^2 &= 86.4553 & \sum XZ &= 48.7516 \\ \sum Z &= 74.9012 & \sum Z^2 &= 71.0652 & \sum YZ &= 74.1078 \end{aligned}$$

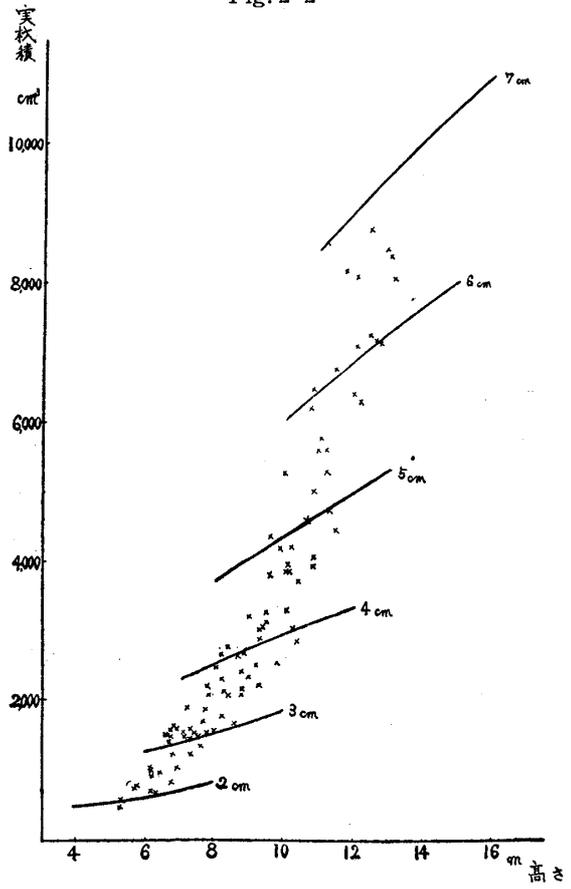
第 2 图-1

Fig. 2-1



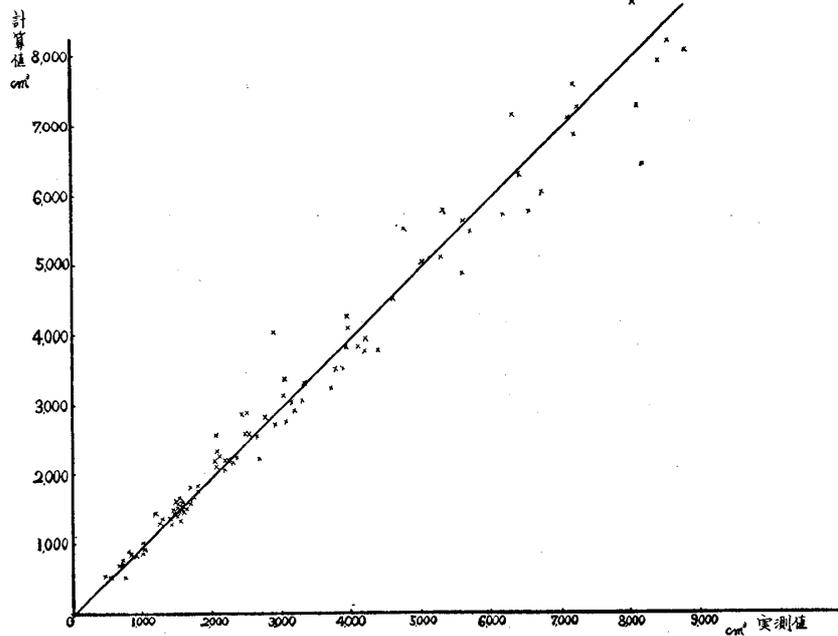
第 2 图-2

Fig. 2-2



第 2 图-3

Fig. 2-3



第10表 求積方程式の最小自乘法組織解 (釋容積)

Table 10. The Systematic Solution of Normal Equation (Volume)

	a	b	c	$=$	1	c_1	c_2	c_3	計
I	96	56.5517	90.5818		74.9012	1	0	0	319.0347
2		35.0437	54.6101		48.7516	0	1	0	195.9571
3			86.4553		74.1078	0	0	1	306.7550
4					71.0652	0	0	0	268.8258
5	$I \times \frac{56.5517}{96} = -0.589080208$	-33.3135	-53.3599		-44.1228	-0.5891	0	0	-187.9370
II	2 + 5	1.7302	1.2502		4.6288	-0.5891	1	0	8.0201
6	$I \times \frac{90.5818}{96} = -0.943560416$		-85.4694		-70.6738	-0.9436	0	0	-301.0285
7	$II \times \frac{1.2502}{1.7302} = -0.722575424$		-0.9034		-3.3447	0.4257	-0.7226	0	-5.7951
III	3 + 6 + 7		0.0825		0.0893	-0.5179	-0.7226	1	-0.0686
8	$I \times \frac{74.9012}{96} = -0.780220833$		-58.4395		-58.4395	-0.7802	0	0	-248.9175
9	$II \times \frac{4.6288}{1.7302} = -2.675297653$				-12.3834	1.5760	-2.6753	0	-21.4562
10	$III \times \frac{0.0893}{0.0825} = -1.082424242$				-0.0967	0.5606	0.7822	-1.0824	0.0743
IV	4 + 8 + 9 + 10				0.1456	1.3564	-1.8931	-1.0824	-1.4736
13	$a = -1.3564 \pm 0.0736$		$c_{11} = 3.4622$			$c_{12} = 4.1957$	$c_{13} = -6.2776$		
12	$b = 1.8931 \pm 0.1040$					$c_{22} = 6.9069$	$c_{23} = -8.7585$		
11	$c = 1.0824 \pm 1.3773$						$c_{33} = 12.1212$		

正規式の組織的計算 (第10表) によつて,

$$Z = -1.3564 + 1.8931 X + 1.0824 Y$$

$$\log V = 1.6436 + 1.8931 \log D + 1.0824 \log H$$

$$V = 44.014 D^{1.8931} H^{1.0824}$$

$$\left(\begin{array}{l} \sigma_{\text{ext}}^2 = \frac{\min S}{n-3} = \frac{0.1456}{93} = 0.001565 \\ \sigma_{\text{ext}} = \sqrt{0.001565} = 0.03952 \\ \sigma_M = \frac{\sigma_{\text{ext}}}{\sqrt{n}} = \frac{0.03952}{\sqrt{96}} = 0.004033 \end{array} \right)$$

而もその信頼限界は次の通りである.

$$\begin{aligned} t \cdot V_{(z)} &= t \cdot \sigma_{\text{ext}}^2 [C_{11} + C_{22} (\log D)^2 + C_{33} (\log H)^2 + 2 C_{12} \log D \\ &\quad + 2 C_{13} \log H + 2 C_{23} \log C \cdot \log H] \\ &= 1.987 \times 0.001565 [\quad \quad \quad] \end{aligned}$$

容積式の検定

第10表より重回帰による部分の平方和は

$$S_{\hat{Z}}^2 = S_Z^2 - \min S = (71.0652 - 58.4395) - 0.1456 = 12.4801$$

$$\min S = (1 - R^2) S_Z^2 \quad S_{\hat{Z}}^2 = R^2 S_Z^2$$

$$R = \sqrt{\frac{S_{\hat{Z}}^2}{S_Z^2}} = \sqrt{\frac{12.3345}{12.6257}} = \sqrt{0.9769} = 0.9884$$

回帰による平均平方と誤差による平均平方の比較による検定を分散比 (F) を用いて行つたと第11表の通りとなり, 上記の求積式は充分にその意義を有するものと云える.

ここにおいて, 真数表示の竹稈容積表を作ると, 第12表及び第3図の通りとなる.

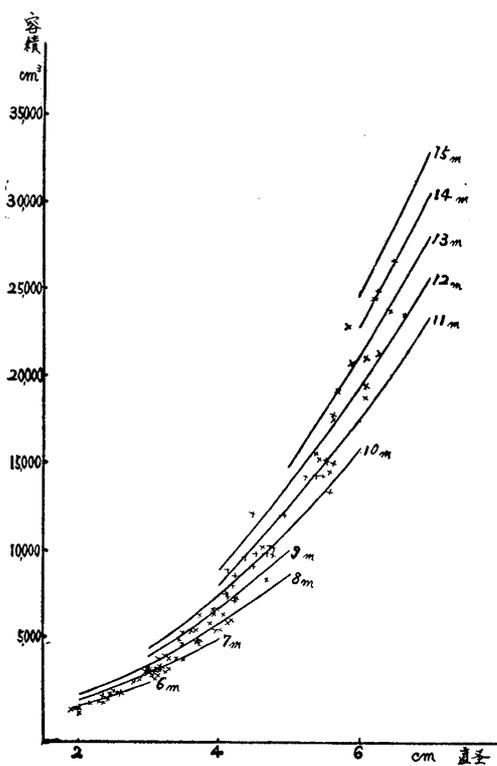
第11表

稈 容 積

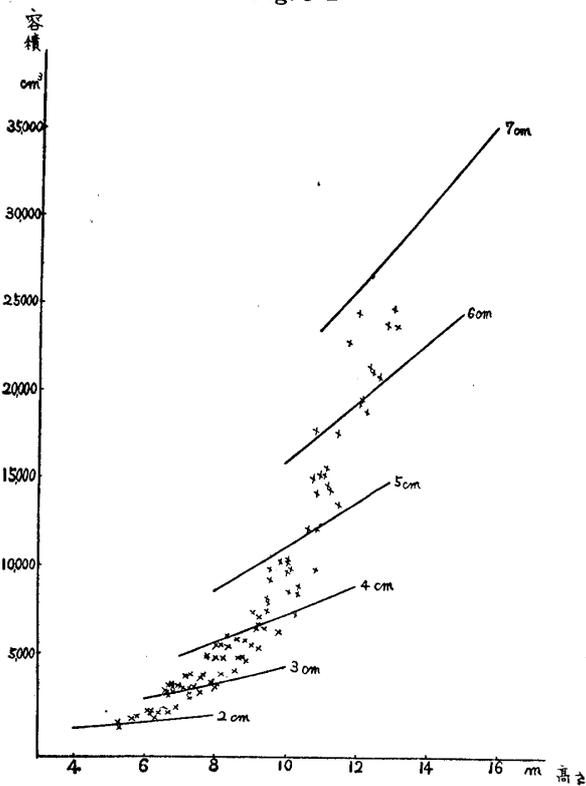
Table 11. Volume

Factor	SS	Df	MS
回帰による部分 $R^2 S_Z^2$	12.4801	2	6.2401**
推定の誤差 $(1-R^2) S_Z^2$	0.1456	93	0.001566
全 体 S_Z^2	12.6257	95	

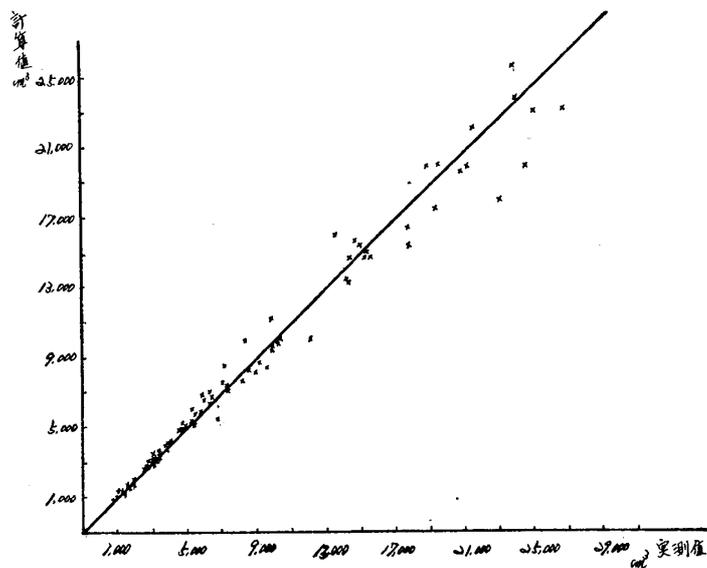
第 3 图—1
Fig. 3-1



第 3 图—2
Fig. 3-2



第 3 图—3
Fig. 3-3



第 12 表

竹 稈 容 積 表

Table 12. The volume table by bamboo-stem (volume)

		容 積 (volume) (cm ³)											
H $D.B.H.$	m 4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
cm													
2	730	930	1140	1340	1550								
3			2450	2890	3340	3800	4260						
4				4990	5770	6550	7340	8140	8940				
5					8800	9990	11200	12420	13650	14880			
6							15820	17540	19270	21010	22700	24540	
7								23480	25800	28130	30480	32850	35220

D. 稈表面積の検討

求積式としては、前 2 者と同様に稈表面積を直径 (D) と稈長 (H) の函数として $S = AD^b H^c$ を用いた。両辺の対数をとると、 $\log S = \log A + b \log D + c \log H$ となる。今、 $\log S - 3 = Z$, $\log A = a$, $\log D = X$, $\log H = Y$ とおけば、この重回帰式は $Z = a + bX + cY$ となる。

而して測定値の対数転換の統計値は $n = 96$

$$\begin{aligned} \sum X &= 56.5517 & \sum X^2 &= 35.0437 & \sum XY &= 54.6101 \\ \sum Y &= 90.5818 & \sum Y^2 &= 86.4553 & \sum XZ &= 52.4953 \\ \sum Z &= 84.0386 & \sum Z^2 &= 78.8646 & \sum YZ &= 81.5365 \end{aligned}$$

正規式の組織的計算 (第 13 表) によつて、

$$Z = -0.6486 + 1.0220 X + 0.9770 Y$$

$$\log S = 1.3514 + 1.0220 \log D + 0.9770 \log H$$

$$S = 22.459 D^{1.0220} H^{0.9770}$$

$$\left(\begin{array}{l} \sigma_{\text{ext}}^2 = \frac{\min S}{n-3} = \frac{0.0519}{93} = 0.000558 \\ \sigma_{\text{ext}} = 0.02362 \\ \sigma_M = \frac{0.02362}{\sqrt{96}} = 0.002410 \end{array} \right)$$

而もその信頼限界は次の通りである。

$$\begin{aligned} t \cdot V_{(Z)} &= t \cdot \sigma_{\text{ext}}^2 [C_{11} + C_{22} (\log D)^2 + C_{33} (\log H)^2 + 2 C_{12} \log D \\ &\quad + 2 C_{13} \log H + 2 C_{23} \log D \cdot \log H] \end{aligned}$$

$$t_{0.05, n=93} = 1.987$$

$$t \cdot V_{(Z)} = 1.987 \times 0.000558 [\quad]$$

第 13 表

求積方程式の最小自乗法組織解 (釋表面積)

Table 13. The Systematic Solution of Normal Equation (Surface Area)

	a	b	c	$=$	1	c_1	c_2	c_3	計
I	96	56.5517	90.5818	84.0386	1	0	0	0	328.1721
2		35.0437	54.6101	52.4953	0	1	0	0	199.7008
3			86.4553	81.5365	0	0	0	1	314.1837
4				78.8646	0	0	0	0	296.9350
5	$I \times \frac{56.5517}{96} = -0.589080208$	-33.3135	-53.3135	-49.5055	-0.5891	0	0	0	-193.3197
II	2 + 5	1.7302	1.7302	2.9898	-0.5891	1	0	0	6.3811
6	$I \times \frac{90.5818}{96} = -0.943560416$		-85.4694	-79.2955	-0.9436	0	0	0	-309.6502
7	$II \times \frac{1.2502}{1.7302} = -0.722575424$		-0.9034	-2.1604	1.4257	-0.7226	0	0	-4.6108
III	3 + 6 + 7		6.0825	0.0806	-0.5179	-0.7226	1	1	0.0773
8	$I \times \frac{84.0386}{96} = -0.875402083$			-73.5676	-0.8754	0	0	0	-287.2825
9	$II \times \frac{2.9898}{1.7302} = -1.728008322$			-5.1664	1.0180	-1.7280	0	0	-11.0266
10	$III \times \frac{0.0806}{0.0825} = -0.976969696$			-0.0787	0.5060	0.7060	-0.9770	-0.9770	0.0755
IV	4 + 8 + 9 + 10			0.0519	0.6486	-1.0220	-0.9770	-0.9770	1.2986
13	$a = -0.6486 \pm 0.0440$		$c_{11} = 3.4622$		$c_{12} = 4.1957$		$c_{13} = -6.2776$		
12	$b = 1.0220 \pm 0.0621$				$c_{22} = 6.9069$		$c_{23} = -8.7585$		
11	$c = 0.9770 \pm 0.0822$						$c_{33} = 12.1212$		

稈表面積の検定

第13表より重回帰による部分の平方和は

$$S_{\hat{Z}}^2 = S_Z^2 - \min S = (78.8646 - 73.5676) - 0.0519 = 5.2451$$

$$R = \sqrt{\frac{S_{\hat{Z}}^2}{S_Z^2}} = \sqrt{\frac{5.2451}{5.2970}} = 0.9951$$

第14表

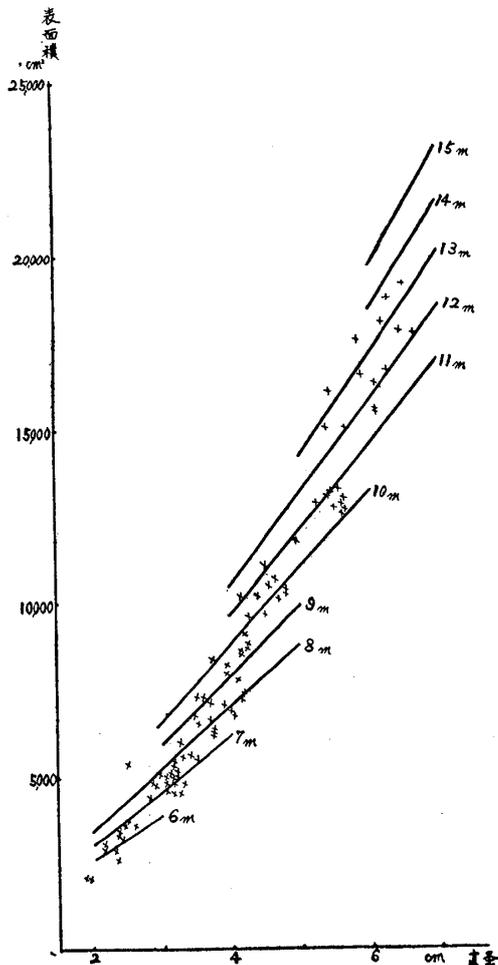
稈表面積

Table 14. Surface Area

Factor	SS	Df	MS
回帰による部分 $R^2 S_Z^2$	5.2451	2	2.2625
推定の誤差 $(1-R^2) S_Z^2$	0.0519	93	0.00558
全体 S_Z^2	5.2970	95	

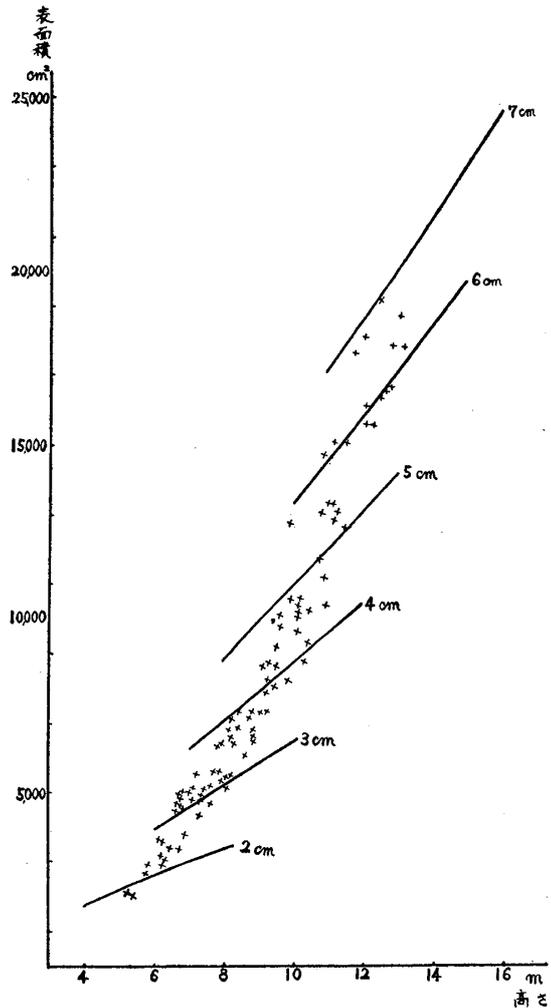
第4図-1

Fig. 4-1



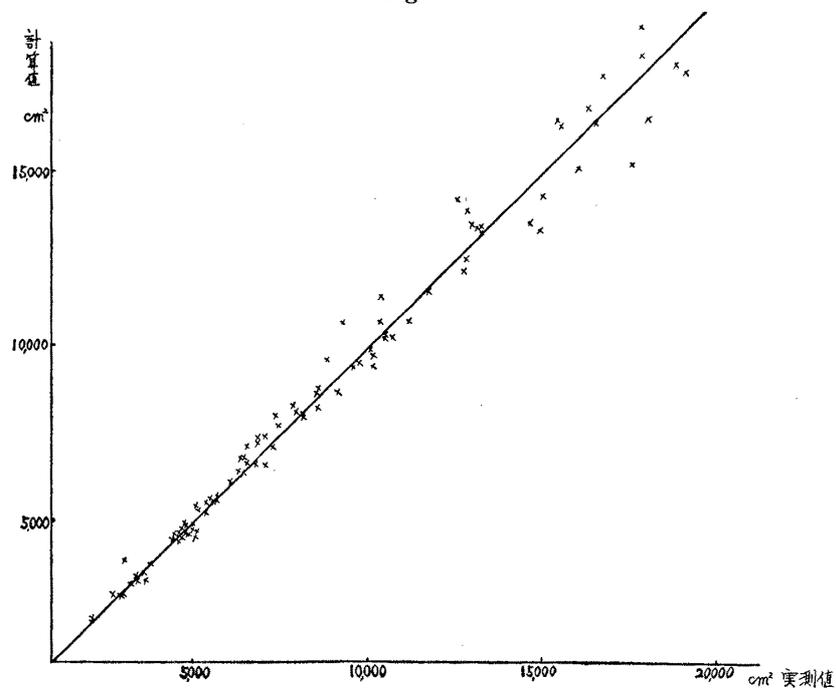
第4図-2

Fig. 4-2



第 4 図一 3

Fig. 4-3



第 15 表

竹 稈 表 面 積 表

Table 15. The volume table by bamboo-stem (surface-area)

表 面 積 (surface-area)

(cm²)

$\begin{matrix} H \\ D.B.H. \end{matrix}$	m	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
cm														
2		1770	2200	2630	3050	3480								
3				3970	4620	5260	5910	6550						
4					6200	7060	7930	8780	9640	10500				
5						8870	9960	11040	12110	13190	14260			
6								13300	14590	15890	17180	18470	19760	
7									17080	18600	20110	21620	23130	24630

回帰による平均平方と誤差による平均平方の比較による検定を分散比 (F) を用いて行くと、第 14 表の通りとなり、上記の求積式は充分にその意義を有するものと云える。

ここにおいて、本資料を真数にして表示した稈表面積表を作ると、第 15 表及び第 4 図の通りとなる。

§ II 福岡市近郊産のマダケの簡易材積表

A. 求積式の算出

計算を簡単にすることを狙つて、便宜的に各資料を第3・4表のように取り纏め、 $v \propto KH^{k'} D^{k''}$ 式により求積した。しかして式中 $K \cdot k' \cdot k''$ は一定の定数である。上記式を対数式に転換すると、 $\log v = \log K + k' \log H + k'' \log D$ となるゆえ、この対数式の $D \cdot H \cdot a$ に第3表の実測値を代入し、最小自乗法解により定数 $K \cdot k' \cdot k''$ を求めると次の通りとなる。すなわち、

$$\text{竹 稈 実 材 積} \quad A \cdot V = 32.87 H^{1.04657} D^{1.49117}$$

$$\text{竹 稈 容 積} \quad V = 57.67 H^{0.89166} D^{1.98036}$$

$$\text{竹 稈 表 面 積} \quad S \cdot A = 241.10 H^{0.97345} D^{0.95480}$$

但し $A \cdot V$ 及び V は cm^3 , $S \cdot A$ は cm^2 , H は m , D は cm 単位とする。

ここにおいて、上記関係式より $A \cdot V$, V , $S \cdot A$ を算出して、この算出値と実測値を比較し較差関係をみると第16表の通りで、平均誤差等を一覧表にしたものが第17表である。而して、ここに示した誤差率は誤差を実測値の百分率で示したものである。

第16表

測定結果一覧表

Table 16. Result distribution table of measurement

(1) 容 積 (volume)

胸高直径 (D) cm	稈長 (H) m	実測材積 ($A \cdot V$) cm^3	本数 (N) 本	計算材積 ($A \cdot V'$) cm^3	誤差率 (A) %
3.1	7.8	3200	6	3390	+5.9
3.4	9.2	5010	1	4710	-6.0
3.7	8.2	5060	2	5020	-0.8
4.2	8.9	6720	17	6950	+3.4
4.0	9.8	6760	8	6870	+1.6
4.3	10.7	8160	2	8570	+5.0
4.8	9.8	10170	5	9860	-3.0
5.0	11.0	12610	14	11850	-6.8
5.3	12.0	13800	3	14370	+4.1
5.6	10.1	13120	1	13750	+4.8
5.8	11.0	16860	12	15900	-5.7
5.8	12.1	17750	12	17310	-2.5
6.1	13.0	20340	7	20390	+0.2
6.6	12.3	23350	2	22690	-3.5
6.7	12.7	24550	3	24050	-2.0
6.9	13.6	26400	4	27090	+2.6
7.0	14.8	30560	4	30060	-1.6
7.5	14.4	32590	1	33630	+3.2
8.0	15.1	40190	3	39870	-0.8
8.1	16.0	44170	4	43030	-2.6
9.1	16.0	45090	1	54180	+0.2
9.2	16.8	57350	3	57830	+0.8
9.7	17.4	63090	1	66260	+5.1
10.0	18.1	71380	3	72900	+2.1
10.3	18.8	79800	3	79960	+0.2

(2) 稈実材積 (actual-volume)

胸高直径 (D) cm	稈長 (H) m	実測材積 (V) cm ³	本数 (N) 本	計算材積 (V') cm ³	誤差率 (A) %
3.0	7.9	1540	6	1510	-1.9
3.8	8.4	2140	1	2230	+4.2
4.0	9.0	2490	4	2590	+4.0
4.0	9.9	2800	7	2860	+2.1
4.3	10.7	3340	2	3470	+3.9
4.8	11.1	4540	6	4230	-6.8
5.3	12.0	5220	3	5320	+1.9
5.7	11.2	5620	1	5520	-1.8
5.8	12.1	6290	6	6140	-2.4
6.1	13.0	6860	6	7140	-4.1
6.8	12.2	8720	1	8330	-4.5
6.9	13.6	8800	4	9000	+2.3
7.0	14.9	10210	4	10100	-1.0
7.5	14.4	11630	1	10810	-7.5
8.0	15.1	12700	3	12510	-1.8
8.2	16.0	13460	4	13800	+2.5
9.1	16.0	15380	1	16110	+4.7
9.1	16.8	17470	3	16960	-2.9
9.7	17.5	18930	1	19460	+2.8
10.0	18.1	21050	3	21100	+0.2
10.3	18.8	22730	3	22940	+0.9

(3) 稈表面積 (surface-area)

胸高直径 (D) cm	稈長 (H) m	実測面積 ($S.A$) cm ²	本数 (N) 本	計算面積 ($S.A'$) cm ²	誤差率 (A) %
3.1	7.8	5030	6	5250	+4.4
3.4	9.2	7000	1	6730	-3.9
3.7	8.2	6620	2	6250	-1.5
4.2	8.9	7860	17	7970	+1.4
4.0	9.8	8270	8	8360	+1.1
4.3	10.7	9540	2	9750	+2.2
4.8	9.8	10180	5	9950	-2.3
5.0	11.0	11970	14	11570	-3.3
5.3	12.0	12950	3	13310	+2.8
5.6	10.1	11540	1	11860	+2.8
5.8	11.0	13380	12	13330	-0.4
5.8	12.1	14810	12	14650	-1.1
6.1	13.0	16620	7	16460	-1.0
6.6	12.3	17250	2	16820	-2.5
6.7	12.7	17850	3	17600	-1.4
6.9	13.6	19060	4	19350	+1.5
7.0	14.8	21130	4	21300	+0.8
7.5	14.4	21910	1	22150	+1.1
8.0	15.1	24600	3	24670	+0.3
8.1	16.0	26950	4	26410	-2.0
9.1	16.0	29890	1	29520	-1.2
9.2	16.8	31310	3	31280	-0.1
9.7	17.4	33450	1	34040	+1.8
10.0	18.1	36110	3	36420	+0.9
10.3	18.8	38560	3	38870	+0.8

以上の結果から、上記実験式からの算出値は 大体において実測値とよく適合しているものと考えられるので、前記仮定のもとに竹稈の実材積・容積・表面積に対する求積式として適用しうるものと考えられる。

本実験において資料が少ないことを誠に遺憾とするものであるが、実験式は大体において適当と考えられるので、一つの試みとして前述のように H は m, D は cm 単位として上記関係式より竹稈の実材積 (cm^3), 容積 (cm^3), 表面積 (cm^2) を求めてみた。而して便宜上 D は 2 cm より 11 cm 迄 1 cm 括約, H は 4 cm から 21 m 迄 1 m 括約とし、これに対応する竹稈の実材積 ($A \cdot V$), 容積 (V), 表面積 ($S.A$) の値を算出して、マダケの竹稈 1 本当りの竹稈材積表及び竹稈表面積表を調製してみたところ第 18 表及び第 5 図をえた。なお、図は竹稈容積の場合だけを例示するにとどめ、竹稈実材積や竹稈表面積については紙面の都合上省略することとする。

簡 易 材 積 表
about FUKUOKA city

(単位 cm^3)

13	14	15	16	17	18	19	20	21
13750								
19730	21080	22420						
26780	28610	30420	32230					
34890	37270	39630	41980	44310				
	47060	50050	53010	55950	58880	61790		
		61940	65610	69260	72880	76480	80060	
			78890	83270	87610	91940	96240	100520

(単位 cm^3)

13	14	15	16	17	18	19	20	21
5310								
6970	7530	8090						
8770	9470	10180	10900					
10700	11560	12430	13300	14170				
	13780	14810	15850	16890	17930	18970		
		17330	18540	19770	20980	22000	23420	
			21380	22780	24180	25590	27000	28410

(3) 稈表面積表 The volume table by bamboo-stem (surface-area)

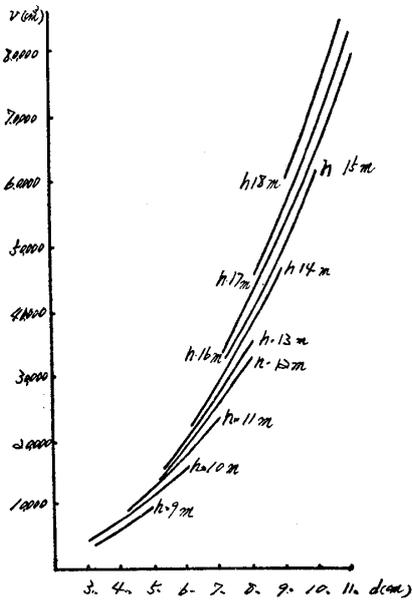
H D.B.H.	m	4	5	6	7	8	9	10	11	12
cm										
2		1800	2240	2670	3110	3540				
3				3940	4580	5210	5840	6480		
4					6010	6840	7670	8500	9330	10150
5						8490	9520	10550	11570	12600
6								12550	13770	14990
7									15950	17360
8										19730
9										
10										
11										

第 5 図

(1) 容 積 (Volume)

Fig. 5-1

稈長同様のものに胸高直径と材積との関係を示す図

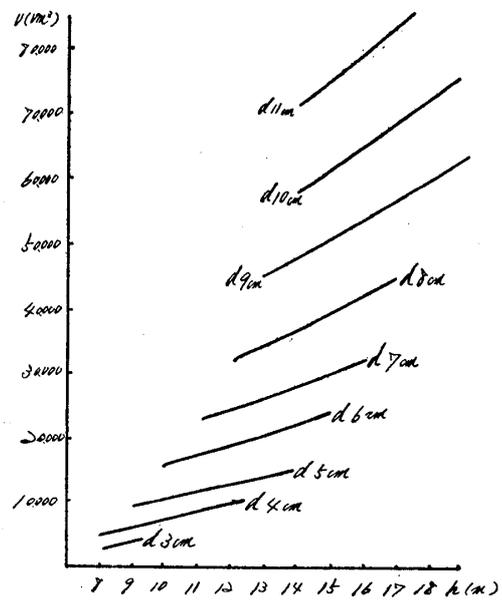


第 5 図

(2) 容 積 (Volume)

Fig. 5-2

胸高直径同様のものに稈長と材積との関係を示す図



B. 竹稈の実材積と容積との関係について

竹稈の実材積—中空体積を除いた値—と外部形態からのみせかけの材積—容積—との比率を胸高直径階別に極く大雑把につかむために、全資料を稈長 (H) に関係なく胸高直径 (D) 別に 1 cm 括約で実材積値に対する容積値の算術平均値をとり、その比 (今、これを便宜上 P とする) を求めて D : P の関係を検討すると第 6 図の通りの双曲線型をなし、これを対数に転換して $\log D : \log P$ を描いてみると直線型をとる。よつて $P = a D^b$

(単位 cm²)

13	14	15	16	17	18	19	20	21
13610								
16200	17410	18620						
18770	20180	21580	22980					
21320	22920	24510	26100	27690				
	25650	27430	29210	30980	32760	34530		
		30330	32300	34260	36220	38180	40130	
			35380	37530	39670	41820	43960	46100

或いは $\log P = \log a + b \log D$ の式が適用されうるものとみなし、定数 $a : b$ を決定すると次の通りとなる。すなわち、

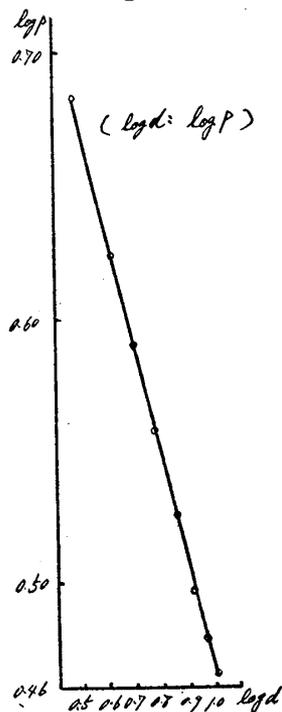
$$P = 0.7766D^{-0.43230}$$

これより計算値を求めると第 19 表の通りとなる。

次に、誤差関係をみると、平均誤差率 $\pm 0.8\%$ 、確率誤差率 $\pm 0.5\%$ 、 χ^2 検定において $.7 < P < .8$ となつている。

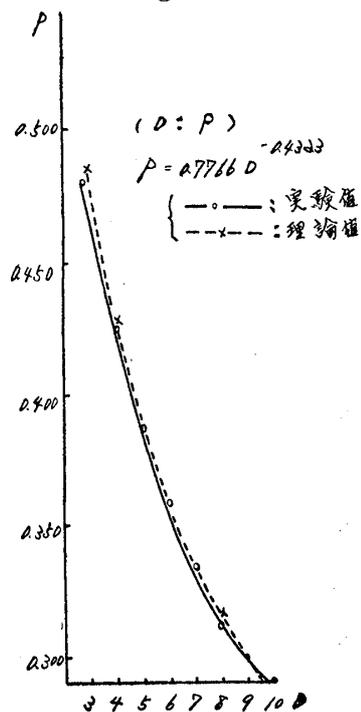
第 6 図 (1)

Fig. 6-1



第 6 図 (2)

Fig. 6-2



第 19 表 計 算 結 果 一 覧 表

Table 19. Result distribution table of measurment

D.B.H. (cm)	Actual (A.V) Volume (cm ³)	Volume (V) (cm ³)	(p_1) Actual Value	(p_2) Compt'd Value	Error (%)
3	1540	3200	0.481	0.485	+ 0.8
4	2740	6450	0.425	0.427	+ 0.5
5	4770	12300	0.388	0.387	- 0.3
6	6580	18260	0.360	0.359	- 0.3
7	9420	28130	0.335	0.335	0
8	12960	41230	0.312	0.316	+ 1.3
9	16950	56540	0.300	0.300	0
10	21470	73810	0.291	0.287	- 1.4

よつて、この実験式は大体において本実験の場合適用可能と考えられる。

故に、以上の結果から竹程の容積に対する実材積の比率が各直径階毎にどう変化し、かつその値がどれくらいのものになるかが概略ながら明らかとなつた。

§ III 北九州地方産のマダケの実測材積と § II の求積式から 算出した計算値との較差の検討

胸高直径別程長別の竹程の実材積・容積・表面積の測定値と、次の関係式より求めた計算値とを比較対称せしめるため第 5 表を調製した。而して上述の関係式とは、福岡市近郊産マダケの簡易材積表を調製した際にえた実験式、すなわち次式のことである。

$$\text{程表面積の求積式としては } S \cdot A (\text{cm}^2) = 241.10 H^{0.97345} D^{0.95180}$$

$$\text{程容積の求積式としては } V (\text{cm}^3) = 57.67 H^{0.89116} D^{1.98036}$$

第 20 表 実測値と計算値との相関係数及び回帰方程式ならびに

Table 20. Table by Correlation Coefficient, Regression Equation and error in numeri-

	相 関 係 数 Correlation coefficient	回帰方程式及びその分散式 Regression equation and variance of Y
Fomula	$r = \frac{S_{x \cdot y} - \frac{1}{n} S_x \cdot S_y}{\sqrt{\left\{ S_x^2 - \frac{1}{n} (S_x)^2 \right\} \sqrt{\left\{ S_y^2 - \frac{1}{n} (S_y)^2 \right\}}}$	$Y = a + b(x - \bar{x})$ $V(Y) = V(a) + V[b(x - \bar{x})^2] + b^2 V(x)$
表 面 積 Surface Area	0.999	$Y = 17685 + 1.005(x - 17650)$ $V(r) = 3007 + 0.00003(x - 17650)^2 + 979745$
容 積 Volume	0.999	$Y = 26234 + 0.998(x - 26159)$ $V(r) = 10360 + 0.00002(x - 26159)^2 + 4737218$
実 材 積 Actual Volume	0.998	$Y = 8420 + 0.993(x - 8451)$ $V(r) = 1934 + 0.00005(x - 8451)^2 + 375551$

稈実材積の求積式としては $A \cdot V(\text{cm}^3) = 32.87 H^{1.04657} D^{1.49117}$

但し、 H は稈長 (m)・ D は胸高直径 (cm)

ここにおいて、実測値と計算値との相関々係・回帰・誤差率等を知るために第 20 表を調製した。これより実測値と計算値との相関々係は極めて高い一次の函数関係にあり、その検定を試みると標本相関係数：母相関係数 = 0 の帰無仮説は 1% 以上の危険率で否定されて前述の関係が証明された。次に y と x との原点通過及び $b = 1$ の検定を行うと共に有意差を示さない。

以上の結果から資料に供した北九州地方産 マダケの材積 (実材積・容積・表面積) の実測値と福岡市近郊産のマダケの材積について求めた実験式からの計算値とは、この場合、割合によく適合しているものと考えられる。

IV 摘 要

本報告の主な目的は、一つの試みとしてマダケを対称とした材積表を予備実験的意味合いで調製したことにあり、すなわち、その手始めとして「福岡県 粕屋郡 久原村村有マダケ林」内に設定した試験地内の立竹を対称として局所的な材積表を調製し、次に地域的な範囲をやや広めて福岡市近郊産のマダケに対する簡易材積表を調製した。最後に本材積表調製の際に求めた実験式からの計算値と北九州地方各地から集めたマダケの実測値との較差関係について検討してみたものである。而して、その結果は次の通りとなつた。すなわち、

A 福岡県粕屋郡久原村村有マダケ林内に設定した竹林試験地内の成熟したとみなされる立竹中より資料96本 (101 本中 5 本は検定の結果棄却された) を用いて (第 1・2 表) 竹稈材積表を調製したところ第 9・12・15 表をえた。

誤差率一覽表
calculation

平均誤差率及びその分散 Mean error and variance of \bar{Y}
$\bar{y} \pm 2\sigma_{\bar{y}}$
2.18 ± 0.322
2.79 ± 0.394
3.25 ± 0.478

要因	実験式	σ_M (%)	R	F.
稈実材積	51.145 $D^{1.7501} H^{0.7101}$	0.4	0.9913	4.4522**
稈容積	44.014 $D^{1.8631} H^{1.0824}$	0.4	0.9884	6.2401**
稈表面積	22.459 $D^{1.0220} H^{0.9970}$	0.2	0.9951	2.2625**

而して、上表により明らかな通り上記の求積式は充分にその意義を有するものと云えるので、極めて良好な結果をえたものと考えられる。

B 福岡市近郊産マダケの簡易 (三変数) 材積表を調製するために資料 122 本 (第 3・4 表) を用いて関係式を求めたところ、第 72 頁のような実験式をえた。ここ

において、資料に供した福岡市近郊産のマダケの竹稈の実測材積とこれに対応する計算材積との較差関係について検討すると第 17 表の通りとなり、これより実験式からの算出材積と大体においてよく適合しているものと考えられるので、この場合福岡市近郊産マダケの竹稈の実材積・容積・表面積に対する求積式として一応適用しうるものと考えられる。よつて本求積式を用いて材積表を調製すると、第 18 表の通りとなる。

なお、実材積と容積との直径階別の比率は第 6 図の通りで、かつ第 77 頁の実験式によりその傾向がほぼ明らかとなつた。

C 北九州地方産マダケ竹稈の実測材積（資料 102 本、第 5・6 表）と上述の福岡市近郊産マダケ材積表を調製する際にえた求積式を使用しての計算材積との較差について検討したところ第 20 表のような結果をえた。

これより資料に供した北九州地方産のマダケ竹稈の実測材積と福岡市近郊産マダケ竹稈の実測値より求めた関係式からの計算値とがこの場合割合によく適合していることが明らかとなつた。よつて北九州地方のマダケ林分の蓄積や成長量を測定する際に「福岡市近郊産マダケ簡易材積表」を使用してもそう大した較差を生じないであろうことが推察される。

以上は計算結果についての一応の結論であつて、「II 計算方法ならびに測定器具」及び「III 計算結果」の項でも述べた通り、

- 1) 測定器具そのものから生来される誤差
- 2) 測定する際に生じた誤差
- 3) 測定方法の粗雑さから来る誤差
- 4) 資料処理の不備から来る誤差

等が当然考えられるので極めて多くの疑問点を内包しているものではあるが、今回の報告は予備実験的性格をもつとは云うものの一つの試みとしてマダケの材積表を調製することを目的としたものであることに意義を見出していただきたい。今後はより一層の計画性をもたせた、理論上は勿論、実践上出来るだけ精度の高い妥当性の強い方法を見出して研究成果の向上を計りたいと考えている次第である。

参 考 文 献

- 1) 青木 尊 重：マダケ竹材の「束」単位に関する一考察 九州大学農学部学芸雑誌 第 13 卷 1951.
- 2) 木 梨 謙 吉：推計学を基とした測樹学 1954.
- 3) D. Bruce and F. X. Schumacher: Forest Mensuration 1950.
- 4) W. E. Deming: Statistical Adjustment of Data 1948.
- 5) G. W. Snedecor: Statistical Methods applied to Experiments in Agriculture and Biology 1953.
- 6) 北川 敏 男・増山元三郎：統計数値表 1952.
- 7) 東洋経済新報社：統計学辞典 1951.
- 8) 高田 和 彦：材積表の適合度の検討について 暖帯林 5月号及び7月号 1953.
- 9) 青木 尊 重：福岡市近郊産マダケ材積について (I) 日本林学会九州支部会研究抄報 No. 2 1950.
- 10) 青木 尊 重：北九州地方産マダケ材積について (I) 第 61 回日本林学会大会講演集 1952.

Résumé

This report aims mainly at the preparation of volume tables for MA-DAKE. First, local volume tables were prepared for the bamboos in the Bamboo Stand Experimental Area established in the village-owned MA-DAKE forest in Kuhara-Village, Kasuya-Gun, Fukuoka Prefecture, and then concise volume tables were made for MA-DAKE produced in the suburbs of Fukuoka City, namely volume tables for MA-DAKE from a little more extensive area. Then finally, review was made regarding the variance between the values computed by these formulas and actual measurements of MA-DAKE from various parts of North-Kyushu District. The results are summarized in the following.

A. Volume Tables, and were obtained with 96 grown bamboo stems (Table 1 and 2) (5 out of 104 were rejected upon examination) in the Bamboo Stand Experimental Area set up in the MA-DAKE forest owned by Kuhara Village, Kasuya-Gun, Fukuoka Prefecture. As shown in the following table, these volume formulas are fully significant and it can be said that the preparation was successful.

	Empirical Formula	σ_M %	R	F_0
Actual Volume	51.145 $D^{1.7501} H^{0.7101}$	0.4	0.9913	4.4522 ^{***}
Volume	44.014 $D^{1.8931} H^{1.0824}$	0.4	0.9884	6.2401 ^{**}
Surface Area	22.459 $D^{1.0220} H^{0.9970}$	0.2	0.9951	2.2625 ^{**}

B. With a view to preparing concise three-variable volume tables for MA-DAKE from the suburbs of Fukuoka City, the empirical formulas given on page 72 were obtained with 122 samples (Table 3 and 4). Table 17 shows the comparison of the actual measurements of volumes of the sample bamboos and the corresponding calculated values. The calculated values show fairly good agreement with the actual volumes and it seems that these empirical formulas are applicable to the actual volume, the volume and the surface area of MA-DAKE from the suburbs of Fukuoka City fairly well. Volume Table 18 was prepared from these empirical formulas.

The ratios of the actual volume to the volume by diameter classes are as shown in Fig. 6 and the trend is clarified to some degree by the empirical formulas given on page 77.

C. Next, the actual measurements of volumes of 102 sample bamboos from North-Kyushu District (Table 5 and 6) were compared with the values computed by the aforementioned empirical formulas made for the MA-DAKE from the suburbs of Fukuoka City, and the results shown in Table 20 were obtained. It was found that the calculated values agree with the actual measurements fairly well.

Therefore, it is surmised that there would not result much error if the volume tables for the MA-DAKE from the suburbs of Fukuoka City are applied in the measurement of the standing crop and the increment of MA-DAKE stands in North-Kyushu District.

The above are provisional conclusions derived from the results of calculations, and it is conceivable that they are subject to the following errors, as stated in "II. Method of Measurement and Measuring Instruments".

1. Errors arising from the measuring instruments themselves.
2. Errors in measurement.
3. Errors caused by the roughness of the method of measurement.
4. Errors due to faulty arrangement of samples.

Therefore, the author plans to improve the results of this study in the future by finding a method more appropriate from the practical as well as theoretical point of view.