

富士演習林カラマツ立木幹材積表

The Volume Table for Japanese Larch Trees
of the University Forest at Yamanakako

前沢 完次郎*, 八木 喜徳郎**, 永島 初義*

Kanjiro MAEZAWA*, Kitokuroo YAGI** and Hatsuyoshi NAGASHIMA*

1 ま え が き

富士演習林の人工林について、昭和58年4月現在の齢級別本数を示すと表-1のとおりであるが、それによって、カラマツ人工林がいかに本林において大きな比重を占めているかを知ることができる。また、図-1は本林内におけるカラマツ人工林の分布を示したものであるが、同図によって、本林のほぼ全域にわたって、カラマツが植栽されている状況を知ることができる。

表-1 富士演習林人工林の樹種別齢級別本数

(1 齢級：10年)

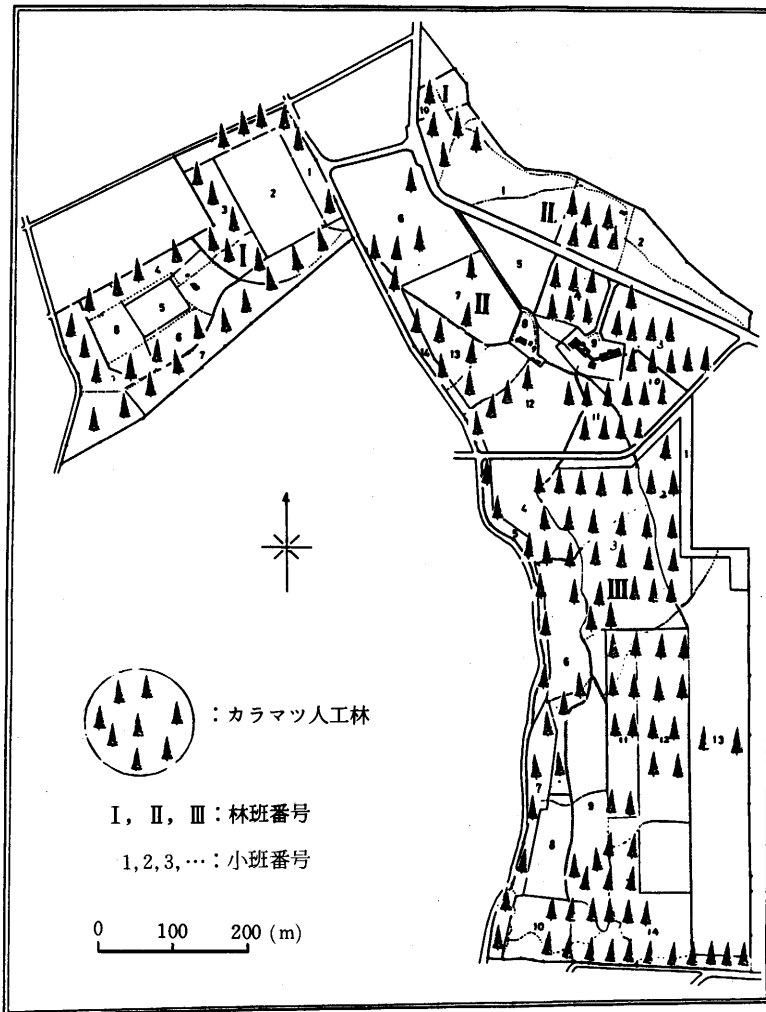
樹種 齢級	カラマツ	アカマツ ヨーロッパ アカマツ ストロープ マツ チョウセン ゴヨウ	シラベ ウラジロ モミ トドマツ	ヨーロッパ トウヒ アカエゾ マツ	スギ	ヒノキ サワラ	広葉樹	計
	I	300	—	700	—	380	1,020	—	2,400
II	3,000	300	—	100	—	1,600	550	5,550
III	4,000	1,670	4,470	1,680	350	—	—	12,170
IV	600	400	950	—	—	2,160	—	4,110
V	4,300	—	—	—	—	—	—	4,300
VI以上	15,770	—	—	—	—	—	—	15,770
計	27,970	2,370	6,120	1,780	730	4,780	550	44,300

* 東京大学農学部富士演習林

University Forest at Yamanakako, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

** 東京大学農学部演習林田無試験地

University Forest Experiment Station at Tanashi, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.



図一 1 カラマツ人工林の分布

本林においては、創立以来育林関係の試験研究が中心課題としてとり上げられてきたが、内容的にはカラマツを材料とした試験が多くを占め、したがって、各種の試験を推進するためにも、またカラマツ人工林について施業上適切な取り扱いを検討するうえからも、本林のカラマツ林に適合した材積表の調製がかねてから必要とされてきた。

しかしながら、本林における別の研究課題である森林風致試験との関連もあって、立木の伐採を、ことに大径木の伐採を極力ひかえてきた経緯もあり、そのための資料を計画的に収集することができなかった。昭和57年8月、予期せぬ事態が発生した。台風10号によってもたらされた風害である。発生後直ちに被害調査が実施されたが、そのなかには中・大径木が相当数含まれていた。本材積表の調製に用いた資料は、主にこのような経過から収集されたものである

が、その資料数は、後記するように必ずしも多いものではなかった。一般にこの種の数表を作るためには、良質のそして多数の資料を必要とするから、そのような観点からは、今回の資料は、質的にはほぼ満足できるとしても、数のうえからはとても十分とはいえない。現状における必要性から、今後種々の調査の実施にともなって、良質の資料が漸次補充され、早い機会にさらに精度の高い材積表が整備されることを期待する次第である。

2 資 料

前記したように、昭和57年8月2日未明、愛知県渥美半島に上陸した台風10号は、中部、北陸地方をほぼ横断して、同日午前日本海に抜けた。この影響で山梨県中央部は豪雨に見舞われ、土砂崩れ、河川の氾濫などの被害が続出した。本林内における気象観測によると、同日の雨量は472mmに達し、また甲府気象台によれば、本林付近の最大風速は39mを記録した。そして、この台風によって、本林内各所に風倒木被害が生じた。なかでもI林班1, 3, 7, 10小班において著しく、総計146本をかぞえた。

被害木について、直ちに単木ごとの調査が行なわれた。その結果今回の材積表調製資料として約半数の65本が利用された。それらが比較的中、大径木であったため、小径木を補充する必要があるため、その後40本の立木を伐倒して追加資料とした。この追加分については、伐倒前におおよその径級指定を行なったが、同一径級内においてはなるべく樹高差が生じるように配慮し、資料木は林内各所から選定した。

すなわち、今回の幹材積表調製にあたって用いられた資料木は合計105本であり、その径級別本数は表-2のとおりである。

表-2 資料木径級別本数

径 級	本 数
(cm)	
7 以下	15
8 ~ 12	13
13 ~ 17	14
18 ~ 22	12
23 ~ 27	10
28 ~ 32	21
33 ~ 37	14
38 ~ 42	3
43 以上	3
計	105

幹材積計算のための測定は次のように行なった。

1) 胸高直径(d)は、樹幹に沿い地際から1.3mの位置における直径とし、輪尺を用いて2方向測定を行なった。測定単位はcm以下1桁とした。

2) 樹高(h)は、樹幹の頂点から地際までの長さとし、測定はcm単位とした。

3) 材積計算に用いた求積法との関連から、地際の直径および地際から樹幹上それぞれ0.05h, 0.25h, 0.45h, 0.65h, 0.85hはなれた部位における直径を測定した。測定の要領は胸高直径の場合と同様とした。

幹材積(v)の計算には、数値積分にもとづく求積法^(1,2)を用いた。

表-2に示した資料木について、胸高直径、樹高、各部位の直

径測定値を用いて幹材積を計算したが、その結果は表-3のとおりである。なお、幹材積は m^3 単位とし、小数4桁迄求めてある。

表-3 資料木の胸高直径、樹高、幹材積

番号	胸高直径	樹高	幹材積	番号	胸高直径	樹高	幹材積
	(cm)	(m)	(m^3)		(cm)	(m)	(m^3)
1	18.7	14.18	.2116	54	29.1	20.31	.6944
2	22.5	14.40	.2817	55	38.7	21.21	1.2152
3	11.0	8.70	.0493	56	32.0	22.30	.9627
4	14.4	14.74	.1489	57	35.5	20.50	1.0549
5	15.8	14.67	.1393	58	45.0	20.25	1.3386
6	19.8	14.61	.2266	59	29.1	17.03	.5815
7	19.1	14.33	.2360	60	32.0	20.61	.8408
8	15.8	14.80	.1725	61	35.5	20.08	.9062
9	13.0	12.83	.1044	62	4.4	3.90	.0048
10	14.0	12.50	.1265	63	5.2	4.52	.0061
11	14.0	11.55	.0871	64	5.2	4.64	.0080
12	15.7	10.91	.1196	65	5.3	4.64	.0085
13	16.7	9.50	.1125	66	5.5	5.70	.0087
14	32.8	14.30	.4798	67	5.6	4.93	.0087
15	20.0	12.60	.2244	68	5.8	4.46	.0093
16	21.4	12.32	.2169	69	5.8	5.11	.0092
17	34.0	18.20	.7135	70	6.0	4.43	.0091
18	28.0	17.55	.4911	71	6.0	4.96	.0092
19	27.8	19.60	.5886	72	6.4	5.24	.0102
20	27.4	16.97	.4634	73	6.6	4.80	.0115
21	22.2	16.40	.3285	74	6.6	5.09	.0107
22	24.9	15.80	.3700	75	6.8	5.13	.0115
23	30.8	15.40	.5636	76	6.9	5.44	.0125
24	37.7	18.57	1.0603	77	7.5	5.72	.0146
25	21.3	18.81	.3585	78	7.5	5.77	.0143
26	31.9	18.26	.7849	79	8.0	6.42	.0196
27	24.7	18.11	.4196	80	8.7	7.03	.0266
28	35.5	18.80	.7500	81	9.3	7.17	.0283
29	26.7	17.86	.5182	82	9.5	6.50	.0246
30	32.0	17.60	.6736	83	10.0	6.95	.0264
31	19.4	17.19	.2658	84	10.0	7.52	.0313
32	18.3	17.03	.2300	85	10.7	7.94	.0409
33	15.6	16.60	.1646	86	11.0	7.35	.0371
34	27.6	16.32	.4938	87	11.3	6.36	.0279
35	24.8	16.70	.4527	88	12.1	7.57	.0454
36	28.7	16.10	.5471	89	13.0	7.70	.0571
37	17.8	15.78	.2055	90	13.8	8.29	.0608
38	22.7	15.63	.3165	91	27.5	16.82	.5689
39	16.0	15.57	.1711	92	28.3	16.45	.5489
40	15.4	15.56	.1509	93	30.2	18.17	.6367
41	30.3	19.11	.6730	94	31.9	17.10	.7524
42	35.1	18.47	.8567	95	33.0	18.36	.8810
43	34.3	18.60	.9265	96	33.9	19.75	.9600
44	23.5	18.50	.3955	97	34.0	18.57	.9079
45	33.6	17.63	.7811	98	36.8	19.77	.9953
46	24.0	16.20	.3655	99	41.4	19.10	1.3362
47	20.5	16.10	.2782	100	42.5	20.16	1.4347
48	21.9	16.10	.3303	101	31.5	17.90	.7879
49	23.5	16.05	.3821	102	30.5	18.12	.6853
50	30.7	15.70	.6251	103	33.0	16.94	.7630
51	16.0	15.10	.1657	104	34.0	17.96	.8115
52	30.9	20.62	.7136	105	30.0	18.07	.6731
53	47.6	22.54	1.6887				

3 幹材積表

1) 材積式

材積式としては、1変数および2変数のふたとおりの場合を考え、それぞれについて、従来から広く用いられている次の2式を採用した。

$$v = A d^B \quad (1)$$

$$v = a d^b h^c \quad (2)$$

ここに、A, B, a, b, c はそれぞれ定数を示す。

(1), (2)式それぞれについて、対数をとれば

$$\log v = \log A + B \log d \quad (3)$$

$$\log v = \log a + b \log d + c \log h \quad (4)$$

として示される。

表-3に示される資料木の各数値を用いて、それぞれの場合における回帰式を求めると次のとおりである。

$$1 \text{ 変数式: } \log v = -4.0326 + 2.5981 \log d \quad (5)$$

$$2 \text{ 変数式: } \log v = -4.1683 + 1.7914 \log d + 1.0538 \log h \quad (6)$$

なお、両対数方眼紙を用いて胸高直径と幹材積、樹高と幹材積の関係を調べると、図-2、図-3のとおりであり、それぞれに1次の傾向がみられる。また回帰分析法を用いて、 $\log d$ と $\log v$ 、 $\log d$ および $\log h$ と $\log v$ の関係を調べると、表-4に示されるように、それぞれの場合における回帰項はきわめて有意となり、高い線形関係の存在することがわかる^(4,8)。

2) 幹材積表

(5), (6)の両式にもとづいて計算された幹材積表が表-5および表-6である。

ところで、(5)式、(6)式は、実測データにもとづいて求められた標本回帰式であるから、真の回帰式については、ある信頼帯を考えなければならない。

一般に、1変数の場合信頼率を $(100 - \alpha)\%$ とした回帰式による推定値 \hat{y}_i の信頼区間は

$$b_0 + b_1 x_i \pm t(n-2, 0.0\alpha) \hat{\sigma}_e \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{(x_i - \bar{x})^2}{S_{xx}}} \quad (7)$$

として与えられる^(7,8)。

ここに、 \bar{x} 、 \bar{y} は、 x を説明変数、 y を目的変数として、それぞれ n 組のデータの平均値であり、 t は t 分布の両側 $\alpha\%$ 点、 $\hat{\sigma}_e$ は残差の標準偏差、 S_{xx} は x の変動とする。また b_0 、 b_1 は、 xy の共変動を S_{xy} として

$$b_1 = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \quad (8)$$

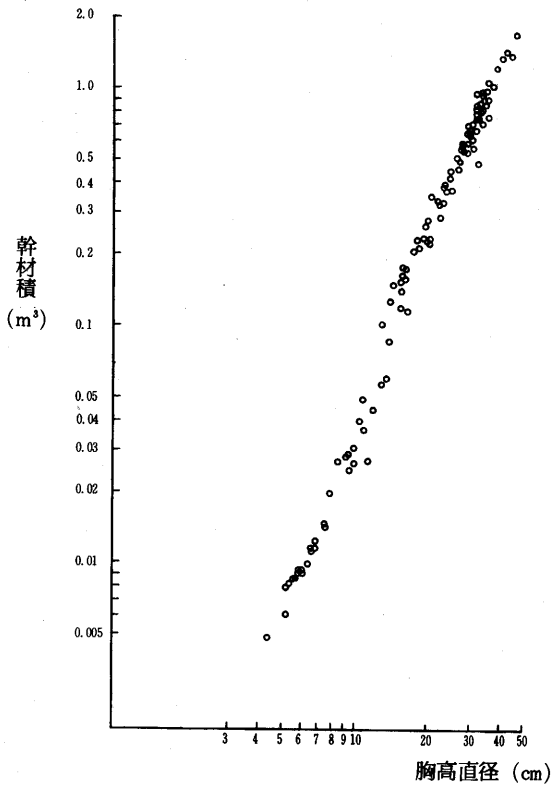


図-2 log dとlog vの関係

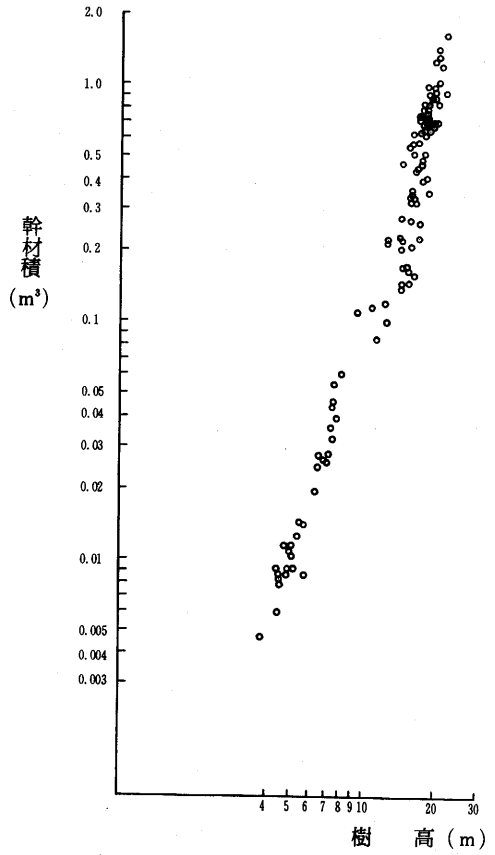


図-3 log hとlog vの関係

表-4 ふたつの場合についての回帰分析

式	要因	変動	自由度	平方平均
1変数式	1次回帰	284.2681	1	284.2681**
	誤差	3.5676	103	0.0346
	計	287.8357	104	
2変数式	1次回帰	286.9289	2	143.4915**
	誤差	0.8527	102	0.0084
	計	287.8357	104	

$$b_0 = \bar{y} - \frac{S_{xy}}{S_{xx}} \bar{x} \tag{9}$$

のように与えられる。

(5)式を、このような統計理論に対応させて考えれば、dの各値について、(7)式に示される信

頼区間が計算されることになる。

ところで、回帰による推定値を $\widehat{\log v}$ 、上限値および下限値をそれぞれ $\widehat{\log v_u}$ 、 $\widehat{\log v_L}$ とし、

$$\left. \begin{aligned} \widehat{v} &= \exp(2.3026 \widehat{\log v}) \\ \widehat{v}_u &= \exp(2.3026 \widehat{\log v_u}) \\ \widehat{v}_L &= \exp(2.3026 \widehat{\log v_L}) \end{aligned} \right\} (10)$$

とすると、 v 、 v_u 、 v_L のあいだには

表一五 富士演習林カラマツ立木幹材積表 (1変数)

胸高直径	幹材積	下限	上限	精度	樹高
(cm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(%)	(m)
4	.003	.003	.004	9.7	3.9
5	.006	.006	.007	8.4	4.6
6	.010	.009	.010	7.5	5.3
7	.015	.014	.016	6.7	6.0
8	.021	.019	.022	6.0	6.6
9	.028	.027	.029	5.5	7.2
10	.037	.035	.039	5.0	7.8
11	.047	.045	.049	4.7	8.4
12	.059	.057	.062	4.4	9.0
13	.073	.070	.076	4.1	9.6
14	.088	.085	.092	3.9	10.1
15	.105	.102	.109	3.8	10.7
16	.125	.120	.129	3.7	11.2
17	.146	.141	.151	3.7	11.8
18	.169	.163	.175	3.6	12.3
19	.195	.188	.202	3.6	12.8
20	.223	.215	.231	3.7	13.3
21	.253	.244	.262	3.7	13.8
22	.285	.275	.296	3.8	14.3
23	.320	.308	.332	3.9	14.8
24	.358	.344	.372	4.0	15.3
25	.398	.382	.414	4.1	15.8
26	.440	.423	.459	4.2	16.3
27	.486	.466	.506	4.3	16.8
28	.534	.511	.557	4.4	17.2
29	.585	.559	.611	4.5	17.7
30	.638	.610	.668	4.6	18.2
31	.695	.664	.728	4.8	18.6
32	.755	.720	.792	4.9	19.1
33	.818	.779	.859	5.0	19.6
34	.884	.841	.929	5.1	20.0
35	.953	.905	1.003	5.2	20.5
36	1.025	.973	1.080	5.4	20.9
37	1.101	1.044	1.161	5.5	21.3
38	1.180	1.117	1.246	5.6	21.8
39	1.262	1.194	1.335	5.7	22.2
40	1.348	1.274	1.427	5.8	22.7
41	1.437	1.357	1.523	6.0	23.1
42	1.530	1.443	1.623	6.1	23.5
43	1.627	1.532	1.727	6.2	23.9
44	1.727	1.625	1.836	6.3	24.4
45	1.831	1.721	1.948	6.4	24.8
46	1.938	1.820	2.064	6.5	25.2
47	2.050	1.923	2.185	6.6	25.6
48	2.165	2.029	2.310	6.7	26.1
49	2.284	2.138	2.440	6.8	26.5
50	2.407	2.251	2.574	6.9	26.9

$$\left. \begin{aligned} \hat{v}_u &= \hat{v} (1 + E) \\ \hat{v}_L &= \frac{\hat{v}}{1 + E} \end{aligned} \right\} (11)$$

の関係がある。

このEは、信頼区間の幅の大小を示す数値として考えられるから、材積式による推定値の精度を示すひとつの指標として用いることができる⁽⁸⁾。表-5においては、個々のdに対して求められた \hat{v}_L 、 \hat{v}_u およびEの値を、それぞれ下限、上限、精度として示してある。

なお、同表中の v_u 、 v_L は $\alpha = 5$ として求めたものである。また同表において、 v 、 v_u 、 v_L は表示した数値よりさらに桁数を多くとってEの計算を行ない、4捨5入して求めたものである。以下においても同様とする。

表-5においては、いまひとつ参考数値として、dの各値に対応した樹高の値が示してある。この値は、材積計算に用いた資料から求めた樹高式

$$\log h = 0.1288 + 0.7655 \log d \quad (12)$$

によって計算したものである。

2変数の場合についても、同様にして考えることができる。この場合の信頼区間は次式のよう示される^(7,8)。

$$\left. \begin{aligned} b_0 + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} \pm t(n-3, 0.0\alpha) s \\ s^2 = \hat{\sigma}_e^2 \left\{ \frac{1}{n} + \frac{c_{11}}{n-1} (x_{i1} - \bar{x}_1)^2 + \frac{c_{22}}{n-1} (x_{i2} - \bar{x}_2)^2 + \frac{2c_{12}}{n-1} (x_{i1} - \bar{x}_1)(x_{i2} - \bar{x}_2) \right\} \end{aligned} \right\} (13)$$

ここに、 c_{11} 、 c_{12} 、 c_{22} は x_1 、 x_2 の分散共分散行列の逆行列の要素である。

(13)式を用いて、個々の材積値に対する v_u 、 v_L を計算することができるが、それらの数値を表-6にかき加えると、表のスペースが増えるばかりでなく、利用上もむしろ煩雑となるので、2変数の場合においては、精度のちがいによって、2段階に印刷字体を変えて表示することにした。すなわち、表-6においては、Eの値について、 $E \leq 5\%$ および $E > 5\%$ のふた通りの精度区分を行ない、 $E \leq 5\%$ の場合においては太字で示してある。

4 注

1) 資料の補充

表1にみられるように、本林におけるカラマツ植栽木は約28,000本をかぞえるが、そのうちの約60%はVI齢級以上となっている。これらのうちの最高齢林分は、大正の初期に植栽されたものであるから、年齢は最も古いもので約70年ということになる。カラマツ林の収穫表⁽⁵⁾によると、地位上の場合(同表中地位I)の70年生林分主林木の平均胸高直径および平均樹高は、そ

それぞれ38cm, 27m程度であり, 地位中の場合(同表中地位II)の表示値は33cm, 24m程度であるから, 本材積表に示す範囲としては, それぞれについて50cm, 25m程度迄で十分であろうと考えられる。

問題はそのなかを示される数値の精度である。本材積表の調製に用いられた資料数が, 必ずしも十分とは考えられないことは, 既に述べたとおりであるが, そのなかでも, 表-2にみられるように, 胸高直径40cm以上の資料木が少なく, 樹高の最大値は22.54mであった。これらの径級に対して, 定量的に安定した推定を行なうためには, 大径木資料を増やす以外に方法はない。

2) 特性値

本材積表の調製に用いた資料について, 種々の特性値を計算し, 表示すると表-7のようである。

表-7 資料の特性値

n	.....105	r(log d, log h)	.....0.9538
\bar{d} (cm)	..... 21.65	$\overline{\log d}$	.....1.2614
σ_d (cm)	..... 11.10	$\sigma_{\log d}$	.....0.2763
\bar{h} (m)	..... 13.86	$\overline{\log h}$	.....1.0944
σ_h (m)	..... 5.49	$\sigma_{\log h}$	.....0.2218
\bar{v} (m ³)	..... 0.4108	$\overline{\log v}$	.....-0.7555
σ_v (m ³)	..... 0.3891	$\sigma_{\log v}$	.....0.7225

また, 残差分数 $\hat{\sigma}_e^2$ の大きさは, 1変数の場合においては0.006545, 2変数の場合においては0.001584であった。

要 旨

1. 富士演習林におけるカラマツ立木幹材積表を調製した。1変数および2変数のふたとおりの場合を考えたが, それぞれの場合について求められた回帰式は次のとおりである。

$$\log v = -4.0326 + 2.5981 \log d$$

$$\log v = -4.1683 + 1.7914 \log d + 1.0538 \log h$$

ここに, vは幹材積 (m³), dは胸高直径 (cm) (地上 1.3m), hは樹高 (m) を示す。

2. 上記の2式にもとづいて調製された材積表は表-5, 表-6のとおりである。

引 用 文 献

- (1) MAEZAWA, K. & HAGA, T. : Measurement of stem volume based on numerical integration (I) A

- study on the weight coefficient of integration. J. Jap. For. Soc. 64 : 382~389, 1982
- (2) ——— & ——— : Measurement of stem volume based on numerical integration (II) Experimental examples regarding various volume equations. J. Jap. For. Soc. 64 : 468~475, 1982
- (3) 前沢完次郎・芳賀敏郎：材積表の精度について。日林誌投稿中
- (4) 増山元三郎：少数例のまとめ方。pp. 270, 河出書房, 東京, 1953
- (5) 嶺 一三：収穫表に関する基礎的研究と信州地方カラマツ林収穫表の調製。収穫表調製業務研究資料第12号, 林野庁林業試験場, 1955
- (6) 中山博一：林木材積測定学。pp. 280, 金原出版, 東京, 1957
- (7) 西沢正久：森林測定法。pp. 299, 地球出版, 東京, 1959
- (8) 奥野忠一・久米 均・芳賀敏郎・吉澤 正：多変量解析法。pp. 430, 日科技連, 東京, 1972
- (9) 統計科学研究会：新編統計数値表。pp. 478, 河出書房, 東京, 1952

(1984年4月9日受理)

Summary

In this paper, the cubic meter volume tables as shown in Tables 5 and 6 are presented for Japanese larch (*Larix leptolepis*) trees of the University Forest at Yamanakako.

Tables 5 and 6 are the volume tables (a) with a single variable and (b) with two variables, respectively. The volume equations regarding those two tables are given as follows :

$$(a) \log v = -4.0326 + 2.5981 \log d,$$

$$(b) \log v = -4.1683 + 1.7914 \log d + 1.0538 \log h,$$

where v = stem volume in cubic meter,

d = diameter at breast height (1.3m) outside bark in centimeter, and

h = tree height in meter.