

テーダマツ，スラッシュマツおよび クロマツ幼令木の材積表の調製について

和田茂彦・山本俊明・佐野宗一

Construction of Volume Tables for Young Trees of Loblolly, Slash and Japanese Black Pine

Shigehiko WADA, Toshiaki YAMAMOTO and Sōichi SANŌ

目 次

要 旨	174	あとがき	188
まえがき	175	引用文献	189
資料と方法	175	Résumé	189
結果と考察	176		

要 旨

この研究は京都大学農学部白浜試験地に植栽された8年生のテーダマツおよびスラッシュマツと13年生のクロマツ林の現存量，生長量を適確に把握する方法の一つとして，適合度の高い立木幹材積表を調製することを目的としたものである。

テーダマツ，スラッシュマツについては1～3年前，クロマツについては1～5年前の皮内直径から

皮付直径を推定する回帰式を求めて，その値も調製資料に加えた。

これらの資料を用いて，3つの現行立木材積表の適合性の検定を行なったところ，次のような結果が得られた。

したがって新たに材積表を調製することの必要性が認められたので，一変数・二変数材積式の中から各2式を選び，胸高直径6cm以上のものについて，樹種別にそれぞれの回帰式およびその精度をしらべた。その結果最も適合度の高いものとして次の式が選ばれ，これによ

樹 種	直径階範囲 (cm)	材積表の適合性の検定(F_{n-2}^2)		
		I	II	III
テーダマツ	1～5	39.18**	59.28**	41.70**
	6～13	28.16**	2.68	36.16**
スラッシュマツ	1～5	45.32**	63.11**	47.70**
	6～15	7.93**	19.67**	41.40**
クロマツ	1～5	17.20**	22.14**	17.03**
	6～9	62.02**	24.90**	48.28**

**：危険率1%で有意

I：大阪営林局アカマツ・クロマツ材積表

II：立木材積表—西日本編—針葉樹I(アカマツ)

III：同 上 針葉樹V(クロマツ)

って材積表を調製した。

$$\text{テ ー ダ マ ツ} \quad V=0.09878 D^{1.91773} H^{0.68771}$$

$$\text{ス ラ ッ シ ュ マ ツ} \quad V=0.10601 D^{1.87143} H^{0.77288}$$

$$\text{ク ロ マ ツ} \quad V=0.10160 D^{1.76260} H^{0.80382}$$

V : 幹材積 (d m^3)

D : 胸高直径 (cm)

H : 樹 高 (m)

なお胸高直径 6 cm 以下のものに対しては、地上 0.3 m の高さの直径を因子とする材積表を作ることとし、上と同じ方法で計算を行なった。

$$\text{テ ー ダ マ ツ} \quad V=0.05773 D_{0.3}^{1.79330} H^{0.89850}$$

$$\text{ス ラ ッ シ ュ マ ツ} \quad V=0.06087 (D_{0.3}^2 H)^{0.90818}$$

$$\text{ク ロ マ ツ} \quad V=0.05218 D_{0.3}^{1.75397} H^{0.98467}$$

V : 幹材積 (d m^3)

$D_{0.3}$: 地上 0.3 m の高さの直径 (cm)

H : 樹 高 (m)

ま え が き

本研究はすでに報告された研究^{1,2,3)}と同じく、日本に天然分布しているマツ属および導入育成されている外国産マツ属について林学各専門分野の研究者による総合的解析ならびにそれによる育林技術の確立を目的とする研究の一環として行なわれたものである。すなわちこれらマツ属の生長経過と幹形の特性を明らかにし、またそれらの林分の現存量を適確に把握する方法の一つとして、クロマツおよび導入外国産マツ属の中では林業的に最も有望と考えられているテータ・スラッシュマツの幼令木について、現行立木材積表の適合性の検定を行ない、さらに各樹種別に暫定的な材積表を調製することを試みたのである。

森林経営上、立木材積表が重要な役割を持つことはいうまでもないが、資料収集地域が限定され、しかも幼令林分であることから、完全を期すためには将来機会を得て資料を追加し、修正する必要があるように思われる。

資料の収集にあたり御協力をいただいた京都大学農学部附属演習林の寺島治男・藤井禧雄・伊藤精昭（現在信州大）氏をはじめとする教官、職員の方々には深く感謝の意を表する。

なお本研究は文部省科学研究費の助成のもとに行なわれたものである。

資 料 と 方 法

京都大学農学部附属演習林白浜試験地（和歌山県白浜町）に、1961年3月柴田⁴⁾の計画に基づき植付け密度と施肥量およびその種類を組合わせて植栽されたテータおよびスラッシュマツは、1970年春には立木密度の高い林分は閉鎖し、自然間引の状態に近くなっている。この試験区の配置は図1に示すとおりで、約 30~35° の南面傾斜地にあり、基岩は第三紀層砂岩である。

これら試験区の幼令木について、1968年10月、1969年11月の2回立木のまま、あるいは伐倒木について区分求積を行なう一方、樹幹解析により1~3年前の樹高、各断面の皮内直径を測定した。なお胸高直径は、他の一連の研究とくに層別刈取りによる相対生長および生産構造解析に関する研究^{1,2)}との関係上、地上 1.3 m の高さの直径としたが、現行立木材積表の適合性の検定のために 1.2 m の

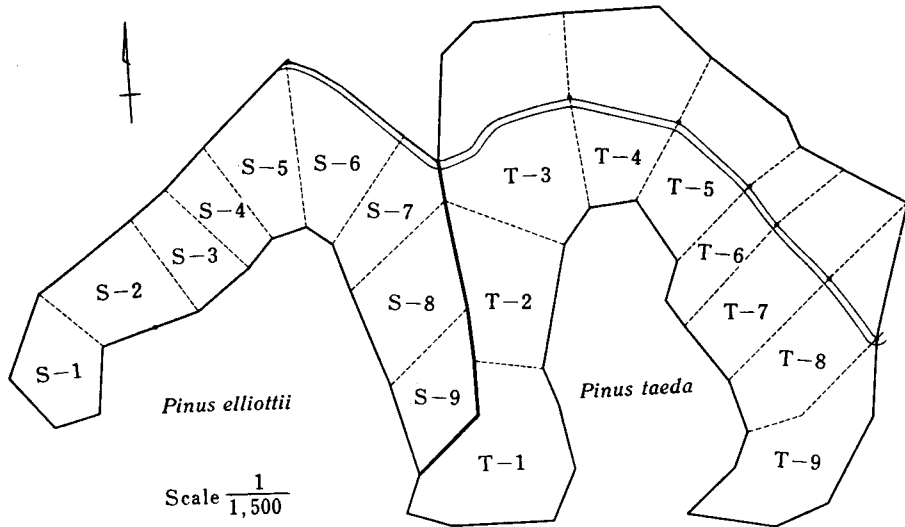


図1 テーダマツ、スラッシュマツ試験区の配置
Fig. 1. Arrangement of experimental plots of *Pinus taeda* and *Pinus elliottii*.

直径をもあわせて測定した。また胸高に達していないか、あるいはそれをわずかに上廻る樹高を有するものに対しては、0.3 m の高さの直径を測定した。

当初の計画植栽本数は ha あたり 2,500本、5,000本および 10,000本であったが、1970年3月の調査によると、表1に示すとおり生立木数はかなり少なくなっているの、便宜上密度については疎中、密と呼ぶことにした。

クロマツ林分は1956年3月密度別生長比較試験の目的をもって設定されたもので、計画植栽本数は ha あたり 2,500本、10,000本および 40,000本である。この林分からも上述の方法によって1969年11月資料を収集したが、この区も表に示すとおり本数減少がみられるので、ここでは標準区（計画植栽本数2,500本/ha）、4倍植区、16倍植区の名稱を用いることとした。

結果と考察

単木の過去の資料を調製資料に供するため、都築ら^{5,6)}の結果に基づき、テーダマツ、スラッシュマツについては1~3年前、クロマツについては1~5年前の皮内直径から皮付直径を推定する回帰式を求め、さらに棄却帯の計算を行ない、棄却後の資料を用いて表2に示すような適用回帰式を決定した。

皮内直径に対する皮付直径の関係、換言すれば樹皮厚をみると、密度間には顕著な差は認められないが、樹種間とくにテーダマツ・クロマツとスラッシュマツの間には明らかな差があり、例えば皮内直径 15 cm 程度の場合、その樹皮の厚さはテーダマツでは約 1 cm であるのに対して、後者は約 1.5 cm であり、それぞれの特性を示すものと考えられるが、この点については改めて検討を加えることにしたい。

皮付材積を推定するにあたっては、皮内材積と皮付材積との関係式を用いる方法と、上述の回帰式で求めた各断面の皮付直径により皮付材積を推定する方法とが考えられるが、後者による場合にはもちろん推定値が皮付実材積によく一致するかどうかの検討がなされなければならない。ここでは第2の方法によることとして、各樹種、密度別にその検討を行なったところ、いずれも有意水準5%で両

表1. 試験区の現況
Tab. 1. Description of experimental plots

樹種 Species	林分密度 Stand density	施肥試験区名 Fertilizer	記号・番号 Mark and number	生立本数 Number of trees per hectare(Noha)	平均直径 Mean diameter (cm)	平均樹高 Mean height (m)
テーダマツ <i>Pinus taeda</i>	疎 Low	対照区 ¹⁾	T-1	1,800	4.3	3.41
		化成肥料区 ²⁾	T-3	1,670	12.1	8.62
		配合肥料区 ³⁾	T-2	1,910	11.5	7.70
	中 Middle	対照区	T-9	2,880	2.8	2.58
		化成肥料区	T-8	2,870	8.7	6.26
		配合肥料区	T-7	3,710	9.9	7.60
	密 High	対照区	T-6	3,740	6.7	6.03
		化成肥料区	T-5	3,710	9.4	8.37
		配合肥料区	T-4	5,860	8.9	7.66
スラッシュマツ <i>Pinus elliottii</i>	疎 Low	対照区 ¹⁾	S-9	1,480	3.6	2.75
		標準区 ⁴⁾	S-8	1,360	12.6	7.62
		倍量区 ⁵⁾	S-7	1,340	12.1	7.11
	中 Middle	対照区	S-1	1,730	2.8	2.50
		標準区	S-2	2,670	10.0	6.68
		倍量区	S-3	2,790	10.2	6.54
	密 High	対照区	S-4	2,740	4.0	3.08
		標準区	S-5	4,620	8.3	6.08
		倍量区	S-6	4,950	10.3	8.03
クロマツ <i>Pinus thunbergii</i>	標準 Standard	I ⁶⁾		2,400	4.3	4.18
		II ⁷⁾		2,600	3.1	2.75
	4倍植 Fourfold planting	I		9,200	4.9	5.36
		II		9,200	3.1	3.61
	16倍植 Sixteenfold planting	I		27,000	3.6	5.54
		II		24,400	2.3	3.48

注 1) 無肥料

2) 住友化学[®]1号 15:8:8の硫加燐安系肥料を植栽密度に関係なく、1本あたり100gずつ施与。

3) 硫安、過石、塩加の配合で、2)と同量となるように施与

4) 神島化学15:13:12の燐安尿素系肥料を基準量与えたもの

5) その倍量を与えたもの、なおこれらはいずれも1本あたりの施肥量は植栽密度に逆比例し、haあたりが同量となるようにした。

6) 地位の良否による区分

7)

表2. 皮付直径の推定

Tab. 2. Estimation of diameter outside bark

樹種 Species	密度 Stand density	棄却前 Bofore rejecting treatment			棄却後 After rejecting treatment		
		資料数 Number of materials	回帰式 Regression equation	残差分散 Residual variance	資料数 Number of materials	回帰式 Regression equation	残差分散 Residual variance
テ-グマツ <i>P. taeda</i>	疎 Low	51	$\hat{y} = -0.3403 + 1.1918x$	0.073455	47	$\hat{y} = -0.3082 + 1.1781x$	0.043436
	中 Middle	71	$\hat{y} = -0.1641 + 1.1582x$	0.121038	69	$\hat{y} = -0.1513 + 1.1506x$	0.065215
	密 High	99	$\hat{y} = -0.2533 + 1.1500x$	0.060463	94	$\hat{y} = -0.2502 + 1.5040x$	0.046171
スラッシュマツ <i>P. elliotii</i>	疎 Low	39	$\hat{y} = 0.0680 + 1.2266x$	0.140916	38	$\hat{y} = 0.0613 + 1.2244x$	0.121219
	中 Middle	74	$\hat{y} = 0.0802 + 1.2117x$	0.163738	69	$\hat{y} = 0.0659 + 1.2160x$	0.116891
	密 High	117	$\hat{y} = 0.1745 + 1.2023x$	0.139959	112	$\hat{y} = 0.1878 + 1.1921x$	0.101629
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	4倍植 Fourfold planting	68	$\hat{y} = 0.0197 + 1.1047x$	0.018050	63	$\hat{y} = 0.0093 + 1.1103x$	0.015738
	16倍植 Sixteenfold planting	64	$\hat{y} = -0.1514 + 1.1264x$	0.015732	61	$\hat{y} = -0.0715 + 1.1058x$	0.007827

x : 皮内直径 diameter inside bark
y : 皮付直径 diameter outside bark

方の材積の間には有意差が認められなかったので、推定皮付材積を求めて追加資料とした。

これらの資料に対して、既存の立木材積表の中から、

(1) 大阪営林局立木幹材積表 針葉樹第3表—アカマツ(山陽), クロマツ(山陽)⁷⁾

(2) i 林野庁計画課編立木材積表—西日本編—針葉樹 I⁸⁾

ii 同上書—針葉樹 V⁸⁾

を選び、それぞれの適合性の検定を行なった。

1. 大阪営林局立木幹材積表

この材積表の幹材積は次の材積式で算出されたもので、ここは dm³ 単位に換算してある。

直径範囲	材積式
6~10 cm	$\log V = 2.850710 + 1.980643 \log D + 0.811703 \log H$
12~30 cm	$\log V = 2.899910 + 1.814939 \log D + 0.918310 \log H$

V : 幹材積 (dm³), D : 胸高直径 (cm), H : 樹高 (m)
以下同じ

表 3. 実材積と計算材積との関係
 Tab. 3. Relation of measured volume to computed volume

樹種 Species	密度 Stand density	資料数 Number of materials	回帰式 Regression equation	検定 Test of significance
テーダマツ <i>P. taeda</i>	疎 Low	7	$\hat{y} = -0.3882 + 1.0059x$	0.12
	中 Middle	12	$\hat{y} = -0.0386 + 0.9908x$	0.94
	密 High	14	$\hat{y} = -0.9052 + 1.0144x$	1.84
スラッシュマツ <i>P. elliotii</i>	疎 Low	5	$\hat{y} = 0.4116 + 0.9555x$	0.29
	中 Middle	12	$\hat{y} = 0.3954 + 0.9884x$	0.61
	密 High	17	$\hat{y} = 0.4309 + 0.9885x$	0.93
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	4 倍 植 Fourfold planting	11	$\hat{y} = -0.0032 + 0.9959x$	0.06
	16 倍 植 Sixteenfold planting	10	$\hat{y} = -0.2418 + 1.0082x$	1.42

x : 計算材積 computed volume

y : 実材積 measured volume

最初に樹種別、密度別、直径級別に実材積に対する本材積表の適合性の検定を大友⁹⁾の方法にしたがって行なったところ、いずれも有意の差が認められた。さらに2組ずつの回帰係数および常数の差の検定では有意差が認められなかったため、各樹種ごとに一括して資料とし、計算することとした。

その結果、表4に示すとおり樹種、供試資料の直径階の範囲では、直径の大小を問わず、本材積表の適合度はきわめて悪いことがわかった。

2. 林野庁計画課編 立木材積表

(1) 針葉樹 I

この材積表の幹材積は次の材積式で算出された値である。

$$V = 0.043916 \times H^{0.99227} \times D^{1.82696}$$

1.と同じ方法によって適合性の検定を行なったところ、次のような結果が得られた(表-5)。

テーダマツの直径階 6~13 cm の範囲のものについては、本材積表が適用できることが認められた以外は、すべて妥当でないことがわかった。

(2) 針葉樹 V

この材積表の幹材積は次の材積式で算出された値である。

$$V = 0.098568 \times H^{0.82008} \times D^{1.95677}$$

上述の方法によって適合性の検定を行なったところ、表-6に示されるように、適合度はきわめて悪いという結果が得られた。

これまでの結果をまとめてみると、テーダマツの直径 6 cm 以上のものに対しては、2. (1) 針葉樹 I の材積表が適用可能であるが、その他のものに対してはよく適合しないものと判断される。これはそれぞれの回帰式の常数および係数をみれば明らかなように、3つの材積表はともに1, 2の例外はあるようにしても、直径階範囲をとわず各樹種に対して、一般に $a > 0$, $\hat{b} < 1$ となり、ある直径以下の木に対しては過小値を、それ以上の木に対しては過大値を与えている。適合しない理由の一つとし

表4. テーダ、スラッシュマツおよびクロマツに対する材積表の適合性の検定

Tab. 4. Test of suitability of standard volume table to *P. taeda*, *P. elliotii* and *P. thunbergii*

樹種 Species	直径階範囲 Range of diameter grade (cm)	資料数 Number of materials	回帰式 Regression equation	検定 Test of significance	材積表の適否 Suitability of standard volume table
テーダマツ <i>P. taeda</i>	1~5	93	$\hat{y}=0.6041+0.9451x$	39.18**	否 No suitable
	6~13	108	$\hat{y}=-0.1275+0.9490x$	28.16**	" "
スラッシュマツ <i>P. elliotii</i>	1~5	80	$\hat{y}=0.8151+0.9259x$	45.32**	" "
	6~15	98	$\hat{y}=-0.0008+0.9742x$	7.93**	" "
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	1~5	132	$\hat{y}=0.4506+0.9167x$	17.20**	" "
	6~9	39	$\hat{y}=0.3694+0.8438x$	62.02**	" "

x : 材積表材積 Volume estimated by means of standard volume table

y : 実材積 Measured volume

表5. テーダ、スラッシュマツおよびクロマツに対する材積表の適合性の検定

Tab. 5. Test of suitability of standard volume table to *P. taeda*, *P. elliotii* and *P. thunbergii*

樹種 Species	直径階範囲 Range of diameter grade (cm)	資料数 Number of materials	回帰式 Regression equation	検定 Test of significance	材積表の適否 Suitability of standard volume table
テーダマツ <i>P. taeda</i>	1~5	93	$\hat{y}=0.6157+1.0184x$	59.28**	否 No suitable
	6~13	108	$\hat{y}=0.7739+0.9780x$	2.68	適 Suitable
スラッシュマツ <i>P. elliotii</i>	1~5	80	$\hat{y}=0.8709+0.9818x$	63.11**	否 No suitable
	6~15	98	$\hat{y}=1.0563+1.0028x$	19.67**	否 No suitable
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	1~5	132	$\hat{y}=0.4426+0.9545x$	22.14**	否 No suitable
	6~9	39	$\hat{y}=0.4457+0.8884x$	24.90**	否 No suitable

てマツ属のように樹皮が厚く、しかも亀裂の多い樹種にあっては、樹皮厚の測定誤差を無視できないかもしれない。また直径の小さい木については後にも述べるような理由によって、この結果が得られたものと推察されるが、いずれにしてもこれを明らかにするためには、幹形の差異について論ずる必要があるように思われるので、この問題の解明はさらに資料を追加した機会を待ってからにしたい。

したがってより適合度の高いものを求めるために、本研究では各樹種、胸高直径 6 cm 以上のものに対して、主な材積公式の中から次の 4 つを選び、それぞれの精度を比較検討し、最も精度の高いものによって材積表を調製することにした。

- ① 対数式 $V=aD^b$
- ② 材積直線式 $V=a+bD^2$
- ③ 山本式 $V=aD^bH^c$
- ④ 対数変数結合式 $V=a(D^2H)^b$

表6. テーダ、スラッシュマツおよびクロマツに対する材積表の適合性の検定

Tab. 6. Test of suitability of standard volume table to *P. taeda*, *P. elliotii* and *P. thunbergii*

樹種 Species	直径階範囲 Range of diameter grade (cm)	資料数 Number of materials	回帰式 Regression equation	検定 Test of significance	材積表の適否 Suitability of standard volume table
テーダマツ <i>P. taeda</i>	1~5	93	$\hat{y}=0.5984+0.9574x$	41.70**	否 No suitable
	6~13	108	$\hat{y}=0.3955+0.9287x$	36.16**	" "
スラッシュマツ <i>P. elliotii</i>	1~5	80	$\hat{y}=0.8069+0.9376x$	47.70**	" "
	6~15	98	$\hat{y}=1.3006+0.9084x$	41.40**	" "
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	1~5	132	$\hat{y}=0.4328+0.9276x$	17.03**	" "
	6~9	39	$\hat{y}=0.2908+0.8629x$	48.28**	" "

なお収集資料の中には測定の誤り、あるいは一般的傾向から著しく離れたものもあり、このための偏りを避けるため、それぞれ全資料について異常観測値の棄却を行なった。

各樹種ごとの直径階範囲と棄却前・後の資料数、回帰式と残差百分率標準誤差等を一括して示すと次の表のようになる。

表からも明らかなように、いずれの場合でも二変数材積式は一変数材積式にくらべて高い精度をもち、また③山本式は④対数変数結合式に比してわずかではあるが精度がより高くなっている。これは林野庁の立木材積表調製要項⁹⁾にも示されるように、わが国で最もよく利用され、かつ適合度が高いとされる材積式であり、ここでもこれによってテーダマツ、スラッシュマツおよびクロマツの材積表を調製し、次に掲げた。なおこの材積表の調製にあたっては、直径階範囲および資料数の都合により10 cm 直径級ごとに分けると、資料が少なすぎて推定に不都合となるので、6 cm 以上を一括して計算を行なったため、資料不足の分については後日補足することとした。また構成因子のうちとくに樹種については、樹種群として一括するかどうかの検討は今後の機会に委ねることとした。なお材積表においては6~16 cm の範囲にわたって記載したが、直径10 cm 以上の資料数が少なく、材積式の延長によって求められたものであることは、その値が参考程度に終るであろうことを付記しておきたい。

一般に材積表調製にあたっては、小径木を対象とすることは稀で、これ以上の直径をもつものを資料とするため、得られた結果は樹高/胸高の極端に小さなもの、換言すればある大きさの直径に達していないものには、形数が大きくまたその変化が急激であるために適合し難いものと考えられる。したがって測定の容易さという点からいえば、胸高直径を因子とする方がすぐれているであろうが、精度などを考慮すれば、例えば地上0.3 m の高さの直径を因子とする材積表あるいは正形数の概念を導入して、より精度の高い表を調製する方が望ましいように思われる。

一方本研究では既述のごとくマツ林の地上部現存量を適確に把握することを目的の一つとしているのであるから、現時点においてはこのような小径木も測定の対象となるのである。したがって小径木の材積推定にあたり、より精度の高い材積表を作る必要性を感じたのである。このための資料としては、地上0.3 m の高さの直径1~10 cm のものを用いて、上述と同じ方法にしたがって最も精度の高い材積式を求め、これによって材積表を調製することとした。

なお、胸高直径と0.3 m の高さの直径との関係は樹種別に次の式で与えられる。

表7. 各材積式の回帰式およびその残差の標準誤差

Tab. 7 Regression equation of some volume formulas and standard error

樹種 Species	直径階 範囲 Range of diameter grade (cm)	材積式 Volume formula	棄却前 Before rejecting treatment			棄却後 After rejecting treatment		
			資料数 Number of materials	回帰式 Regression equation	残差百分率 標準誤差 Standard de- viation from regression (%)	資料数 Number of materials	回帰式 Regression equation	残差百分率 標準誤差 Standard de- viation from regression (%)
テーダマツ <i>P. taeda</i>	6 ~13	①	105	$V=0.11029D^{2.46141}$	11.78	103	$V=0.10646D^{2.47778}$	11.23
		②	"	$V=-6.278+0.3946D^2$	15.20	98	$V=-4.700+0.3667D^2$	12.47
		③	"	$V=0.10149D^{1.91202}H^{0.67872}$	5.70	102	$V=0.09878D^{1.91773}H^{0.68771}$	5.34
		④	"	$V=0.10494(D^2H)^{0.86652}$	6.35	101	$V=0.09685(D^2H)^{0.87894}$	5.64
スラッシュ マツ <i>P. elliotii</i>	6 ~15	①	98	$V=0.15444D^{2.29852}$	10.95	95	$V=0.15873D^{2.28661}$	10.27
		②	"	$V=-3.575+0.3501D^2$	12.07	94	$V=-3.181+0.3436D^2$	9.84
		③	"	$V=0.10650D^{1.87357}H^{0.71639}$	5.28	92	$V=0.10601D^{1.87143}H^{0.7288}$	4.43
		④	"	$V=0.10123(D^2H)^{0.88009}$	5.70	92	$V=0.10155(D^2H)^{0.88008}$	4.65
クロマツ <i>P. thunbergii</i>	6 ~9	①	35	$V=0.15054^{2.34234}$	10.38	32	$V=0.12218D^{2.44476}$	6.26
		②	"	$V=-2.826+0.3561D^2$	8.91	33	$V=-3.757+0.3720D^2$	6.83
		③	"	$V=0.10561D^{1.85923}H^{0.68179}$	7.63	32	$V=0.10160D^{1.76260}H^{0.80382}$	5.42
		④	"	$V=0.10422(D^2H)^{0.85088}$	8.02	32	$V=0.10118(D^2H)^{0.85707}$	5.74

表 8. 各材積式の回帰式およびその残差の標準誤差

Tab. 8. Regression equation of some volume formulas and standard error

樹 種 Species	直径階 Range of diameter grade (cm)	材積式 Volume formula	棄 却 前 Before rejecting treatment			棄 却 後 After rejecting treatment		
			資 料 数 Number of materials	回 帰 式 Regression equation	残差百分率 標準誤差 Standard deviation from regression (%)	資 料 数 Number of materials	回 帰 式 Regression equation	残差百分率 標準誤差 Standard deviation from regression (%)
テーダマツ <i>P. taeda</i>	1 ~10	①	150	$V=0.04831D_{0.3}^{258575}$	26.34	143	$V=0.04687D_{0.3}^{259251}$	18.62
		②	"	$V=-1.344+0.1993D_{0.3}^2$	24.59	144	$V=-1.062+0.1883D_{0.3}^2$	19.82
		③	"	$V=0.05892D_{0.3}^{176206}H^{093287}$	15.92	147	$V=0.05773D_{0.3}^{179330}H^{089850}$	9.76
		④	"	$V=0.05859(D_{0.3}^2H)^{089545}$	16.85	147	$V=0.05777(D_{0.3}^2H)^{089695}$	9.82
スラッシュ マ ッ <i>P. ellottii</i>	1 ~10	①	128	$V=0.03397D_{0.3}^{280595}$	28.06	123	$V=0.03541D_{0.3}^{279674}$	24.01
		②	"	$V=-1.304+0.2095D_{0.3}^2$	21.43	117	$V=-1.289+0.2102D_{0.3}^2$	17.09
		③	"	$V=0.05995D_{0.3}^{186308}H^{085710}$	12.02	124	$V=0.06071D_{0.3}^{181858}H^{090345}$	7.85
		④	"	$V=0.06211(D_{0.3}^2H)^{090328}$	9.53	123	$V=0.06087(D_{0.3}^2H)^{090818}$	7.55
ク ロ マ ッ <i>P. thunbergii</i>	1 ~10	①	152	$V=0.05261D_{0.3}^{262174}$	32.07	148	$V=0.05385D_{0.3}^{260579}$	26.71
		②	"	$V=-1.437+0.2167D_{0.3}^2$	29.38	145	$V=-1.185+0.2053D_{0.3}^2$	22.58
		③	"	$V=0.04916D_{0.3}^{180420}H^{096273}$	17.74	151	$V=0.05218D_{0.3}^{175397}H^{098467}$	9.88
		④	"	$V=0.04763(D_{0.3}^2H)^{092568}$	18.24	150	$V=0.05083(D_{0.3}^2H)^{091462}$	10.19

表9. テーダマツ立木材積表
 Tab.9 Standing tree volume table of *Pinus taeda*

H \ D	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	6.54	8.79	11.36	14.24	17.42	20.92	24.72	28.83	33.22	37.92	42.91
3.5	7.27	9.78	12.63	15.83	19.37	23.26	27.48	32.04	36.93	42.16	47.71
4	7.97	10.71	13.85	17.35	21.24	25.49	30.12	35.12	40.48	46.32	52.30
4.5	8.65	11.65	15.01	18.81	23.03	27.65	32.67	38.09	43.90	50.11	56.58
5	9.29	12.49	16.14	20.23	24.76	29.72	35.12	40.95	47.20	53.88	60.97
5.5	9.92	13.34	17.23	21.60	26.44	31.74	37.50	43.72	50.40	57.53	65.11
6	10.54	14.16	18.29	22.93	28.06	33.69	39.81	46.42	53.50	61.07	69.12
6.5	11.13	14.96	19.33	24.23	29.65	35.60	42.06	49.04	56.53	64.53	73.03
7	11.71	15.74	20.34	25.49	31.20	37.46	44.26	51.61	59.49	67.90	76.85
7.5	12.29	16.51	21.33	26.73	32.72	39.28	46.41	54.12	62.38	71.20	80.59
8	12.84	17.26	22.30	27.95	34.20	41.06	48.52	56.57	65.21	74.43	84.24
8.5	13.39	17.99	23.25	29.14	35.66	42.81	50.59	58.98	67.99	77.61	87.83
9	13.92	18.72	24.18	30.30	37.09	44.53	52.61	61.34	70.71	80.71	91.35
9.5	14.45	19.43	25.09	31.45	38.50	46.22	54.61	63.67	73.39	83.82	94.81
10	14.97	20.12	25.99	32.58	39.88	47.87	56.57	65.95	76.02	86.78	98.21
10.5			26.88	33.69	41.24	49.51	58.50	68.21	78.62	89.74	101.57
11			27.75	34.79	42.58	51.12	60.39	70.42	81.17	92.66	104.87
11.5					43.90	52.71	62.28	72.61	83.70	95.54	108.12
12					45.20	54.27	64.12	74.76	86.18	98.37	111.33
12.5							65.95	76.89	88.64	101.18	114.51
13							67.75	78.99	91.06	103.94	117.63
13.5							69.54	81.07	93.45	106.67	120.73
14							71.29	83.12	95.82	109.37	123.78
14.5									98.16	112.05	126.81
15									100.47	114.69	129.80

注：胸高直径(D)はcm，樹高(H)はm，幹材積はdm³単位で示す。

表10. スラッシュマツ立木材積表
 Tab.10 Standing tree volume table of *Pinus elliottii*

H \ D	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3.	6.71	8.96	11.50	14.34	17.46	20.87	24.56	28.53	32.78	37.29	42.08
3.5	7.50	10.01	12.86	16.03	19.52	23.33	27.46	31.90	36.64	41.69	47.04
4.	8.26	11.03	14.16	17.65	21.50	25.70	30.24	35.13	40.35	45.92	51.81
4.5	9.00	12.01	15.42	19.22	23.41	27.98	32.93	38.25	43.94	50.00	56.41
5.	9.71	12.96	16.64	20.74	25.26	30.20	35.53	41.28	47.42	53.95	60.88
5.5	10.40	13.88	17.82	22.22	27.06	32.35	38.07	44.22	50.80	57.80	65.22
6.	11.08	14.78	18.98	23.66	28.82	34.45	40.54	47.09	54.10	62.07	69.46
6.5	11.74	15.67	20.11	25.07	30.54	36.50	42.96	49.90	57.32	65.22	73.59
7.	12.39	16.67	21.22	26.45	32.23	38.51	45.32	52.64	60.47	68.81	77.64
7.5	13.02	17.37	22.30	27.81	33.87	40.48	47.64	55.34	63.57	72.33	81.61
8.	13.64	18.20	23.57	29.13	35.48	42.41	49.90	57.98	66.60	75.78	85.51
8.5	14.25	19.02	24.42	30.44	37.07	44.31	52.15	60.57	69.59	79.18	89.34
9.	14.85	19.82	25.45	31.72	38.64	46.18	54.35	63.13	72.52	82.52	93.11
9.5	15.44	20.61	26.46	32.99	40.18	48.02	56.52	65.65	75.41	85.81	96.82
10.	16.16	21.39	27.46	34.26	41.69	49.84	58.65	68.13	78.26	89.05	100.71
10.5			28.45	35.46	43.19	51.63	60.75	70.57	81.07	92.24	104.09
11.			29.42	36.68	44.67	53.39	62.83	73.60	83.84	95.40	107.65
11.5					46.13	55.13	64.88	75.37	86.58	98.51	111.16
12.					47.57	56.86	66.91	77.90	89.29	101.59	114.63
12.5							68.91	80.05	91.96	104.63	118.07
13.							70.90	82.35	94.60	107.64	121.46
13.5							72.86	84.63	97.22	110.62	124.82
14.							74.80	86.89	99.81	113.57	128.15
14.5									102.38	116.49	131.44
15.									104.92	119.38	134.70

注：胸高直径(D)はcm，樹高(H)はm，幹材積はdm³単位で示す。

表11. クロマツ立木材積表
 Tab. 11 Standing tree volume table of *Pinus thunbergii*

H \ D	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3.	5.79	7.60	9.61	11.83	14.28	16.85	19.64	22.62	25.77	29.11	32.61
3.5	6.55	8.60	10.88	13.39	16.12	19.07	22.23	25.60	29.17	32.95	36.92
4	7.30	9.57	12.07	14.91	17.95	21.23	24.75	28.50	32.48	36.68	41.10
4.5	8.02	10.52	13.32	16.39	19.73	23.34	27.21	31.33	35.70	40.32	45.18
5	8.73	11.45	14.49	17.84	21.48	25.46	29.62	34.10	38.86	43.88	49.17
5.5	9.42	12.37	15.65	19.26	23.19	27.43	31.97	36.82	41.95	47.38	53.09
6	10.11	13.26	16.78	20.65	24.87	29.41	34.29	39.48	44.99	50.81	56.94
6.5	10.77	14.14	17.89	22.02	26.52	31.37	36.57	42.11	47.98	54.19	60.72
7	11.44	15.01	18.99	23.37	28.15	33.29	38.81	44.69	50.93	57.51	64.44
7.5	12.09	15.87	20.08	24.71	29.75	35.19	41.02	47.24	53.83	60.80	68.12
8	12.73	16.71	21.18	26.02	31.33	37.07	43.21	49.76	56.70	64.03	71.75
8.5	13.37	17.55	22.20	27.32	32.90	38.92	45.37	52.24	59.53	67.23	75.33
9	14.00	18.37	23.24	28.61	34.45	40.75	47.50	54.70	62.33	70.39	78.87
9.5	14.62	19.19	24.28	29.88	35.98	42.56	49.61	57.13	65.10	73.52	82.37
10	15.24	19.99	25.30	31.14	37.49	44.35	51.70	59.53	67.84	76.61	85.84
10.5			26.31	32.38	38.99	46.12	53.77	61.91	70.55	79.68	89.27
11			27.31	33.62	40.48	47.88	55.82	64.27	73.24	82.71	92.68
11.5					41.95	49.62	57.85	66.61	75.91	85.72	96.05
12					43.41	51.35	59.86	68.93	78.55	88.70	99.39
12.5							61.86	71.23	81.17	91.66	102.71
13							63.84	73.51	83.77	94.59	106.00
13.5							65.80	75.77	86.35	97.51	109.26
14							67.76	78.02	88.91	100.40	112.50
14.5									91.45	103.28	115.72
15									93.98	106.13	118.92

注：胸高直径(D)はcm，樹高(H)はm，幹材積はdm³単位で示す。

表12. テーダマツ立木材積表
 Tab.12 Standing tree volume table of *Pinus taeda*

H \ D _{0.3}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.06	0.20	0.42	0.70	1.04	1.44	1.90	2.41	2.98	3.60
1.5	0.08	0.29	0.60	1.00	1.50	2.08	2.73	3.48	4.29	5.19
2	0.11	0.34	0.78	1.30	1.94	2.69	3.54	4.50	5.56	6.72
2.5	0.14	0.46	0.95	1.59	2.37	3.28	4.33	5.50	6.79	8.21
3	0.16	0.54	1.12	1.87	2.79	3.87	5.10	6.48	8.00	9.67
3.5	0.18	0.62	1.28	2.15	3.20	4.44	5.86	7.44	9.19	11.10
4	0.20	0.70	1.45	2.42	3.61	5.01	6.60	8.39	10.36	12.52
4.5	0.22	0.78	1.61	2.69	4.01	5.57	7.34	9.33	11.52	13.91
5	0.25	0.85	1.77	2.96	4.41	6.12	8.07	10.25	12.66	15.30
5.5	0.27	0.93	1.92	3.22	4.89	6.67	8.79	11.17	13.79	16.66
6	0.29	1.01	2.08	3.48	5.20	7.21	9.50	12.08	14.92	18.02
6.5	0.31	1.08	2.23	3.74	5.59	7.75	10.21	12.98	16.03	19.36
7	0.33	1.16	2.39	4.00	5.97	8.28	10.92	13.87	17.13	20.69
7.5	0.35	1.23	2.54	4.26	6.35	8.81	11.61	14.76	18.23	22.02
8	0.38	1.30	2.69	4.51	6.73	9.34	12.31	15.64	19.32	23.33
8.5				4.76	7.11	9.86	13.00	16.51	20.40	24.64
9				5.02	7.48	10.38	13.68	17.38	21.47	25.94
9.5							14.36	18.25	22.54	27.23
10							15.04	19.11	23.60	28.51

注：地上0.3mの高さの直径(D_{0.3})はcm，樹高はm，幹材積はdm³単位で示す。

表13. スラッシュマツ立木材積表
 Tab.13 Standing tree volume table of *Pinus elliotii*.

H \ D _{0.3}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.06	0.21	0.45	0.76	1.14	1.58	2.09	2.67	3.30	4.00
1.5	0.09	0.31	0.65	1.09	1.64	2.29	3.02	3.85	4.77	5.78
2	0.11	0.40	0.84	1.42	2.13	2.97	3.93	5.00	6.20	7.50
2.5	0.14	0.49	1.03	1.74	2.61	3.63	4.81	6.13	7.59	9.19
3	0.17	0.58	1.22	2.05	3.08	4.29	5.67	7.23	8.96	10.84
3.5	0.19	0.67	1.40	2.36	3.54	4.93	6.53	8.32	10.30	12.47
4	0.21	0.76	1.58	2.67	4.00	5.57	7.37	9.39	11.63	14.08
4.5	0.24	0.84	1.76	2.97	4.45	6.20	8.20	10.45	12.94	15.67
5	0.26	0.93	1.94	3.30	4.90	6.82	9.02	11.50	14.24	17.25
5.5	0.29	1.01	2.11	3.56	5.34	7.44	9.84	12.54	15.52	18.81
6	0.31	1.09	2.29	3.85	5.78	8.05	10.65	13.57	16.81	20.35
6.5	0.33	1.18	2.46	4.14	6.21	8.65	11.45	14.59	18.07	21.89
7	0.36	1.26	2.63	4.43	6.65	9.26	12.25	15.61	19.33	23.41
7.5	0.38	1.34	2.80	4.72	7.08	9.86	13.04	16.62	20.58	24.87
8	0.40	1.42	2.97	5.00	7.50	10.45	13.83	17.62	21.82	26.43
8.5				5.29	7.93	11.04	14.61	18.62	23.06	27.92
9				5.57	8.35	11.63	15.39	19.61	24.29	29.41
9.5							16.16	20.60	25.51	30.89
10							16.93	21.58	26.73	32.37

注：地上0.3mの高さの直径(D_{0.3})はcm，樹高はm，幹材積はdm³単位で示す。

表14. クロマツ立木材積表
 Tab.14 Standing tree volume table of *Pinus thunbergii*

H	D _{0.3}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		0.05	0.18	0.36	0.60	0.88	1.21	1.59	2.01	2.47	2.97
1.5		0.07	0.26	0.54	0.89	1.31	1.81	2.37	3.00	3.69	4.43
2		0.10	0.35	0.71	1.18	1.74	2.40	3.15	3.98	4.89	5.89
2.5		0.13	0.44	0.89	1.47	2.17	2.99	3.92	4.96	6.09	7.33
3		0.15	0.52	1.06	1.76	2.60	3.58	4.69	5.93	7.29	8.77
3.5		0.18	0.61	1.24	2.05	3.03	4.17	5.46	6.90	8.49	10.24
4		0.20	0.69	1.41	2.34	3.45	4.76	6.23	7.87	9.68	11.65
4.5		0.23	0.78	1.58	2.62	3.88	5.34	7.00	8.84	10.87	13.08
5		0.26	0.86	1.76	2.91	4.30	5.92	7.76	9.81	12.06	14.51
5.5		0.28	0.95	1.93	3.20	4.72	6.51	8.53	10.78	13.25	15.94
6		0.31	1.03	2.10	3.48	5.15	7.09	9.29	11.73	14.43	17.36
6.5		0.33	1.12	2.27	3.77	5.57	7.67	10.05	12.70	15.62	18.79
7		0.36	1.20	2.45	4.05	5.99	8.25	10.81	13.66	16.80	20.21
7.5		0.38	1.29	2.62	4.34	6.41	8.83	11.57	14.62	17.98	21.63
8		0.41	1.37	2.79	4.62	6.83	9.41	12.33	15.58	19.16	23.05
8.5					4.90	7.25	9.99	13.09	16.54	20.34	24.41
9					5.19	7.67	10.57	13.85	17.50	21.52	25.88
9.5								14.60	18.46	22.69	27.30
10								15.36	19.41	23.87	28.71

注：地上0.3mの高さの直径(D_{0.3})はcm，樹高はm，幹材積はdm³ 単位で示す。

テ ー ダ マ ツ $\hat{y}=1.48+1.039x$

ス ラ ッ シ ュ マ ツ $\hat{y}=1.20+1.070x$

ク ロ マ ツ $\hat{y}=0.60+1.120x$

x ：胸高直径

y ：0.3 m の高さの直径

スラッシュマツで対数変数結合式が最も精度が高かったが、テードマツ、クロマツでは山本式がわずかに上式よりも精度が良かった。

あ と が き

限定された場所と限られた資料を基に調製されたこれら材積表は普遍性に乏しいかもしれないが、少なくとも白浜試験地における各樹種の材積，生長量査定には充分役立つものと信ずる。また資料収集の行なわれた試験区については，面積は小さいが，今後固定標準地的性格をもたせることによって，林学各部門よりする調査測定を通じて生長経過を一層明らかにすることが可能となるように思われるので，引続いての調査を計画している。

一方わが国に導入後相当の年数を経て，林業的にも有望と考えられている外国産マツ属について，本邦産マツ属との生長その他の比較をするためには，より広汎な地域から数多くの資料を収集することが必要で，このための調査研究はこれからも継続して実施する予定であり，また今回は未解決の諸問題についても，その解明を併せて行なう必要があるであろう。

引用文献

- 1) 赤井龍男・古野東洲・上田晋之助・佐野宗一：テードマツ幼令林の物質生産機構，京大演報，40，26～49，(1968)
- 2) 赤井龍男・上田晋之助・古野東洲：スラッシュマツ幼令林の物質生産機構，京大演報，41，56～79，(1970)
- 3) 古野東洲・渡辺弘之：フランスカイガンショウ林のマツノシンマダラメイガの被害と雪害について，京大演報，41，41～55，(1970)
- 4) 柴田信男・上中幸治・大橋照夫：林木施肥に関する研究 (X) テードおよびスラッシュマツにおける植栽密度と肥効との関係，日林関西支講，12，59，(1962)
- 5) 都築和夫・吉田 実：スラッシュマツの材積表の調製について，日林関西支講，18，(1968)
- 6) 都築和夫・吉田 実・佐竹和夫：テードマツの材積表の調製について，日林関西支講，19，(1969)
- 7) 大阪営林局，立木幹材積表，(1965)
- 8) 林野庁計画課編：メートル法立木材積表一西日本編一，日本林業調査会，(1957)
- 9) 大友栄松：材積表の検定について，日林誌，38，234～237，(1956)

Résumé

In this report, we studied on the construction of the most suitable volume tables for young trees of *Pinus taeda*, *Pinus elliottii* and *Pinus thunbergii* in Shirahama Experimental Station of Kyoto University Forest (Wakayama pref.).

Based upon suitability test of present three standard volume tables for obtained materials, it became clear that almost volume tables have significance. (See Table 5, 6 and 7)

We consider, therefore, it necessary to construct a new practicable volume table, and we chose each two formulae among several volume formulae of a single variable and two variable, after examining regression equation and its accuracy for each trees. The results were as follows: (See Table 8 and 9)

(1) Above DBH 6 cm

$$Pinus\ taeda \quad V = 0.09878 D^{1.91773} H^{0.68771}$$

$$Pinus\ elliottii \quad V = 0.10601 D^{1.87142} H^{0.77288}$$

$$Pinus\ thunbergii \quad V = 0.10160 D^{1.76260} H^{0.80382}$$

V : Stem volume (dm³)

D : Diameter breast height (cm)

H : Tree height (m)

(2) Under DBH 6 cm

$$Pinus\ taeda \quad V = 0.05773 D_{0.3}^{1.79330} H^{0.89850}$$

$$Pinus\ elliottii \quad V = 0.06087 (D_{0.3}^2 H)^{0.90818}$$

$$Pinus\ thunbergii \quad V = 0.05218 D_{0.3}^{1.75397} H^{0.99467}$$

$D_{0.3}$: Diameter at 30 cm height above ground