

マアテ択伐林における単木材積式

安井 ^{※1} 鈞・成田 ^{※2} 恒美

Hitoshi YASUI and Tsunemi NARITA
Volume formula for a Tree of MA-ATE (a Forma of
Thujaopsis dolabrata Sieb. et Zucc. var. *hondai* Makino)
Forest by Selection Method.

緒 言

奥能登地方はヒバ（アテ）林業地帯として有名であり、ここではスギと並んでアテ（ヒノキアスナロ）は主要造林樹種となっている。輪島漆器・豪雪地帯の建築などの需要に対して林質の優秀なこと、一方造林の簡易・環境に対する高い適応力などのアテの利点と樹性を活かした択伐方式の林が多く見られる。アテの品種はマアテ・クサアテ・カナアテの三種に大別されており、生長はクサアテが最も良く、マアテ・カナアテの順に劣るが、耐陰性・伏条性・諸害の抵抗力は逆にカナアテが強く、クサアテが最も弱いと言われている。アテの分布をみると、マアテは輪島市を中心に、クサアテは穴水町を中心にして海拔高500m以下の丘陵地帯に造成されているが、カナアテの林分は殆んどみられない。マアテ・クサアテは殆んど結実をみないので造林は普通挿木苗によるが、成林後は伏条更新、ときには直挿によって択伐林に誘導するように施業される場合が一般の私有林では多いようである。

筆者らは、3品種のうち先ず最も多く見られるマアテの択伐林について、それがもつ特性を解明する目的で昭和42年10月下旬および11月中旬に3個の標準地を選定し調査を行ない、林分構成・更新・生長および物質生産機構などについて研究したが、今回は各標準地において得た樹幹解析資料によって検討したマアテの単木材積式について報告する。

この研究は石川県林業試験場と共同研究という形で進めることになったが、終始絶大な御協力をいただいた仁科場長・井幡科長・加藤技師に厚く御礼申し上げる。また試験地を提供された深見町の山原源吉氏・山本町の平谷平蔵氏・二俣町の中崎一雄氏、測定や資料整理に尽

力された専攻生の岡田泰紀・九十九剛・松尾宗雄・斎藤邦雄・結城勇雄の諸君にも感謝したい。

資 料

1. 標準地の概況

マアテ林は完全な皆伐作業の行なわれる場合は比較的少なく、特に里山では複層林が多いようで、その作業法はまた所有者によってすべて異なると言ってよい。従って単にマアテ択伐林といっても種々雑多な林分が存在していると考えられるが、今回の調査は主として柱材の生産を目的とするしかも下木の健全な林分を選定した。日数・費用の面から3個の択伐林を調査することにし、林相が健全な択伐林のうちそれぞれ特徴のあるとみられた林分内に標準地を設けた。

なおこれらの標準地はその動態を適確に把握するため固定試験地とし、継続調査を実施する計画である。各林分とも択伐によって生じた空間には伏条などで更新するよう配慮して施業されてきたが、一見して林分密度が異なり、森林経営の方針に差異のあることがわかる。各試験地における林木の構成をみると、通説のとおり直径分布・樹高分布は逆J字型をなしている。

各試験地の概要を示すと第1表のようである。

2. 伐採木の測定

現有蓄積・生長量などを推定するための資料として、各試験地において各20本を伐採測定することにした。毎木調査資料に基づいて樹高曲線を描き、直径と樹高の関係が標準に近いものを直径階のすべてにわたるようにして選定し、また林相を破壊しない程度に伐採するよう配慮した。従って一部は隣接する試験地外の林分で選出したものもある。常法により樹幹解析用の円板を採取し、また階層別に枝条量・葉量も測定を行ない、各種生長量・単木の形質および林積式・林分の生産構造などを検

※1 付属演習生

※2 森林計画学研究室

Table 1. Outline of plots

Plot	Site	Area (m ²)	Direc- -tion	Slope	Per ha.		
					Number	Basal area (m ²)	Volume (m ³)
Kōnosu	Fukami tyō Ōyachi	380	S	25°~35°	2.660	26.5	147.0
Yamamoto	Yamamoto Tyō Tya- shiziri	400	SE	5°~10°	4.700	39.7	342.0
Hutamata	Hutamata Tyō Dōno- shita	300	WSW	15°	3.570	43.9	243.3

Table 2. Data of stem analysis.

KŌNOSU				YAMAMOTO				FUTAMATA			
D (cm)	H (m)	V (m ³)	f	D (cm)	H (m)	V (m ³)	f	D (cm)	H (m)	V (m ³)	f
2.2	2.5	0.0014	1.473	1.3	1.8	0.0004	2.088	1.4	1.7	0.0006	2.353
3.5	3.3	0.0028	0.884	1.6	1.9	0.0007	1.842	1.8	2.0	0.0010	2.000
4.3	3.8	0.0037	0.672	2.1	2.0	0.0009	1.285	2.8	2.7	0.0014	0.836
4.9	4.0	0.0051	0.675	2.7	2.7	0.0014	0.909	3.9	3.2	0.0030	0.787
5.3	4.9	0.0070	0.646	3.6	3.4	0.0022	0.634	5.0	4.2	0.0054	0.655
6.8	4.8	0.0097	0.557	3.7	3.1	0.0031	0.925	5.9	5.0	0.0087	0.637
6.9	5.5	0.0123	0.598	4.1	4.4	0.0038	0.654	6.1	5.8	0.0106	0.625
8.0	6.8	0.0184	0.537	4.7	4.5	0.0053	0.681	7.1	5.9	0.0140	0.599
8.0	7.3	0.0244	0.537	6.0	6.1	0.0109	0.631	9.3	8.3	0.0322	0.571
10.6	8.6	0.0418	0.551	6.0	6.6	0.0123	0.658	10.2	7.8	0.0376	0.590
11.5	10.4	0.0593	0.549	7.5	7.4	0.0199	0.608	11.5	8.6	0.0474	0.530
12.0	8.1	0.0473	0.516	8.3	7.9	0.0264	0.617	13.7	12.2	0.1036	0.576
14.0	10.8	0.0850	0.511	9.1	9.2	0.0404	0.675	16.3	11.8	0.1333	0.541
14.5	12.0	0.1099	0.555	9.8	10.2	0.0461	0.599	16.4	11.5	0.1262	0.520
15.3	11.3	0.1090	0.525	12.0	13.2	0.0932	0.624	18.2	12.5	0.1679	0.512
15.8	12.4	0.1289	0.530	12.1	11.7	0.0809	0.601	19.2	13.5	0.2135	0.546
17.0	12.9	0.1523	0.520	14.3	13.4	0.1315	0.611	20.2	13.8	0.2321	0.525
19.1	14.2	0.2128	0.523	14.7	13.2	0.1406	0.628	22.6	16.3	0.3351	0.512
20.4	14.2	0.2381	0.513	15.5	13.2	0.1515	0.608	23.7	14.7	0.3394	0.523
21.2	13.8	0.2509	0.515	15.0	14.5	0.1677	0.575	25.0	16.7	0.4149	0.498
				16.3	15.0	0.1723	0.550				
				18.5	16.4	0.2785	0.632				
				19.7	15.9	0.2712	0.560				
				22.2	17.3	0.3642	0.538				
				26.9	19.3	0.6225	0.567				

D : Diameter breast high.

H : Total height.

V : Total volume of stem.

f : Artificial form-factor.

討するための基礎資料とした。なお山本試験地では、伐採によって生じた損傷木を追加測定したので25本となった。

樹幹解析結果の詳細については省略するが、測定資料の概要を示すと第2表のとおりである。

3. 樹高曲線と形状高

各試験地に成立する立木の大きさをみると、直径の最大は鶴巣が22cm、山本が36cm、二俣28cmであり、樹高の最大はそれぞれ14m、23m、18mである。第2表資料から直径4cm以上のものについて胸高係数の平均値を求めると、鶴巣0.557、山本0.611、二俣0.560となり、山本試験地のアテは他の2試験地のそれよりも相対的に大きく、形質に差のあることが想像されるが、次に直径(D)と樹高(H)及び形状高との関係を考察してみた。

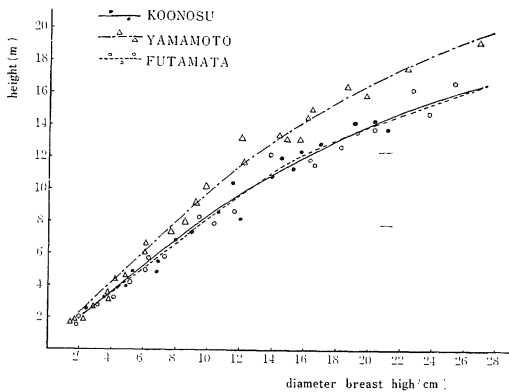


Fig. 1. Relationship between height and D.B.H. of Ma-ate

樹高曲線については種々の実験式が提案されているが、NÄSLUND式を用いて最小自乗法で解き次のようになった。

$$\text{鶴巣} \quad H = 1.2 + \frac{D^2}{(1.86 + 0.1878 \cdot D)^2}$$

$$\text{山本} \quad H = 1.2 + \frac{D^2}{(1.73 + 0.1677 \cdot D)^2}$$

$$\text{二俣} \quad H = 1.2 + \frac{D^2}{(1.88 + 0.1865 \cdot D)^2}$$

これを第1図に示すが、山本と他の2者にはかなりの差のあることがわかる。

次に形状高を算出し、これを直径との関係によって示すと、第2図のようになる。徒手法によって趨勢線画いたが、鶴巣と二俣の資料は比較的近似しているのに対して山本資料は相対的に高い値をもつことがわかる。

なお直径4cm以上と以下ではいずれの資料も樹幹の形質が異なることが想像される。

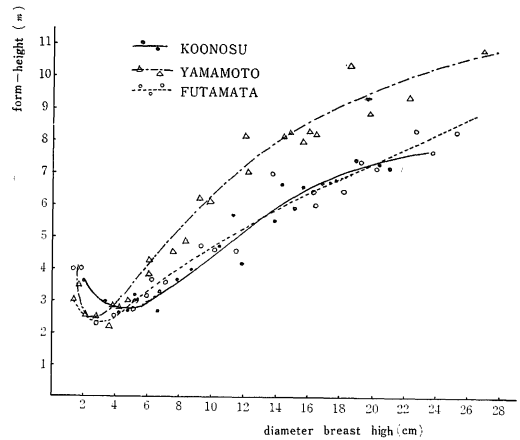


Fig. 2. Relationship between form-height and D.B.H. of Ma-ate

1 変数材積式

各試験地とも全立木に順次ナンバー・テープを打ちつけてから直径を、次いで測桿あるいはシルバー・スコープを用いて樹高を測定した。従って材積値の算出は2変数材積表を用いればよいが、直径(D)と材積(V)との間の函数関係を表わす1変数材積式について先ず考察した。前節でみたように材積式の検討は直径4cm以上の資料のみとする方が妥当と思われるが、資料数が少ないので一括して取り扱った。ここで用いた実験式は次の3種である。

$$\text{(BERKHOUT式)} \quad \log V = a + b \cdot \log D$$

$$\text{(2次曲線式)} \quad V = a + b \cdot D + c \cdot D^2$$

$$\text{(KÖRSUN式)} \quad \log V = a + b \cdot \log D + C \cdot (\log D)^2$$

なお高田式⁽²⁾Iを検討するためDに対する $\sqrt[3]{\frac{D^4}{V}}$

を図上に置いてみると、いずれの場合にも直線関係とみなせないで計算しなかった。

1. $\log V = a + b \cdot \log D$ 式の計算

先ず第2表資料より各試験地ごとに実験式を最小自乗法で解き、(1)式、(2)式、(3)式を得た。

$$\text{鶴巣} \quad \log V = \bar{4}.05319 + 2.510251 \cdot \log D \quad (1)$$

$$\text{山本} \quad \log V = \bar{4}.15449 + 2.516128 \cdot \log D \quad (2)$$

$$\text{二俣} \quad \log V = \bar{4}.20367 + 2.392764 \cdot \log D \quad (3)$$

各式による材積の残差の百分率誤差⁽¹⁾(以下単に誤差率という)はそれぞれ21.4%、59.3%、27.3%と比較的大きい値を示す。各式間には分散の一様性は認められないのでこのままでは比較できないが、全資料を一括して解くと、(4)式のように誤差率は37.6%となる。

Table 3. Analysis of variance table.

Source	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square
0 deg. } regression	629236.7201	1	
1 deg. } regression	835164.6750	1	835164.6750 ***
2 deg. } regression	134159.1968	1	134159.1968 ***
Residual	42349.5381	62	683.0571
Total	1631020.1300	65	

$$\log V = \bar{4}.15595 + 2.456755 \cdot \log D \quad (4)$$

2. $V = a + b \cdot D + c \cdot D^2$ の計算

次に2次曲線式を用いて最小自乗法で各々解いた結果、(5)式、(6)式、(7)式を得た。

$$\text{鶴巣 } V = 0.01366 - 0.006174 \cdot D + 0.0008386 \cdot D^2 \quad (5)$$

$$\text{山本 } V = 0.01561 - 0.007903 \cdot D + 0.0011100 \cdot D^2 \quad (6)$$

$$\text{二俣 } V = 0.01579 - 0.007202 \cdot D + 0.0009026 \cdot D^2 \quad (7)$$

各式とも1次項、2次項への回帰はいずれも有意であり、推定の誤差率は各12.3%、10.1%、8.9%となった。

なお65本の全資料を一括してこの実験式を再計算すると(8)式ようになる。

$$V = 0.01968 - 0.0083441 \cdot D + 0.00100906 \cdot D^2 \quad (8)$$

分散分析の結果は第3表のようであり、推定の誤差率は26.5%となった。

3. $\log V = a + b \cdot \log D + c \cdot (\log D)^2$ 式の計算

対数変換したDとVの間の関係を1次回帰とみなすのが先に計算したBERKHOUT式であるが、その適合状態からみて2次乃至3次の曲線回帰関係の成り立つことが予想される。そこで鶴巣の資料20本を用いて解いた結果(9)式を得たが、3次項への回帰は有意でなく2次曲線式で充分であることがわかった。

$$\log V = \bar{4}.40298 + 1.65649 \cdot \log D + 0.43881(\log D)^2 + 0.029718(\log D)^3 \quad (9)$$

従って(1)式~(4)式に $(\log D)^2$ をつけ加えた形のKORSUMについて計算を行なったところ(10)式のようになった。

$$\log V = \bar{4}.64371 + 1.029036 \cdot \log D + 0.834068(\log D)^2 \quad (10)$$

曲線性の検討を行なった結果は第4表のようで、著しく有意であった。

同様にして他の2試験地資料によって実験式を計算すると(11)式、(12)式を得る。

$$\text{山本 } \log V = \bar{4}.54442 + 1.208674 \log D + 0.838123(\log D)^2 \quad (11)$$

$$\text{二俣 } \log V = \bar{4}.53245 + 1.363354 \log D + 0.624342(\log D)^2 \quad (12)$$

(10)式、(11)式、(12)式に基づく推定の誤差率は、各12.9%、32.9%、14.9%となる。この場合にも3式間に等分散性は認められないが、一括して再計算すると(13)式のとおりである。

$$\log V = \bar{4}.55078 + 1.258856 \cdot \log D + 0.734297(\log D)^2 \quad (13)$$

分散分析の結果は第5表のとおりで、1次項・2次項

Table 4. Test of curvilinearity of regression

Source	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square
Deviations from linear regression	0.10630319	17	
Deviations from curved regression	0.04649958	16	0.00290622
Curvilinearity of regression	0.05980361	1	0.05980361 ***

Table 5. Analysis of variance table.

Source of Variance	Sum of Squares	Degrees of freedom	Mean Square
First deg. } regression	23.49888614	1	23.39888614 ***
Second deg. } regression	22.96351415	1	22.96351415 ***
Residual	0.60713554	62	0.00979251
Total	47.07053620	64	

への回帰とも著しく有意であり、推定の誤差率は(4)式、(8)式よりも良く25.6%となった。

4. 直径4 cm以上資料の場合

第1表・第1図および第2図でみたように、概ね4 cm以下の直径階における単木形質はそれ以上とかなり異なるので、直径4 cm以上資料のみによって各材積式の検討を行なった。その結果は次のとおりで、推定の誤差率は向上した。

(1) Berkhout式

$$\log V = \bar{5}.81876 + 2.723339 \cdot \log D \quad (1)'$$

$$\log V = \bar{4}.06821 + 2.601457 \cdot \log D \quad (2)'$$

$$\log V = \bar{5}.90342 + 2.656534 \cdot \log D \quad (3)'$$

(1)'式、(2)'式および(3)'式に基づく誤差率は、4.7%、14.4%、4.7%となった。(1)'、(3)'両式間に分散の差がみられないので、分散分析を行なったところ回帰係数間に有意差が認められた。(2)'式は前と同様にlogH~logVよりも相関が低い。

(2) 2次曲線式

$$V = 0.0016 - 0.006568 \cdot D + 0.00085263 \cdot D^2 \quad (5)'$$

$$V = 0.0243 - 0.009116 \cdot D + 0.00114642 \cdot D^2 \quad (6)'$$

$$V = 0.0286 - 0.009097 \cdot D + 0.00096234 \cdot D^2 \quad (7)'$$

各式の誤差率は7.7%、8.8%、7.8%となる。

(3) Körsun式

$$\log V = \bar{5}.98032 + 2.38062 \cdot \log D + 0.17301 (\log D)^2 \quad (10)'$$

$$\log V = \bar{3}.22650 + 0.09272 \cdot \log D + 1.28243 (\log D)^2 \quad (11)'$$

$$\log V = \bar{5}.82428 + 2.82198 \cdot \log D - 0.08103 (\log D)^2 \quad (12)'$$

各式に基づく誤差率は11.0%、27.5%、8.4%になる。また回帰の曲線性は(10)'式、(12)'式では認められない。分数が一樣と見做せる両式の比較検定を行なった結果有意でなく、一括して計算して(13)'式を得た。誤差率は9.8%となる。

$$\log V = \bar{5}.85675 + 2.70238 \cdot \log D - 0.008334 (\log D)^2 \quad (13)'$$

以上の各式を比較してみると、2次曲線式が最も精度のよいことを示す。

2変数材積式

次に2変数材積式即ち胸高直径(D)および樹高(H)と材積(V)との関係について検討した。採用した実験式は山本式(あるいはSCHUMACHER式) $V = a D^b H^c$ 、Australian略式 $V = a + b H + c \cdot D^2 H$ 、Combined Variable式 $V = a + b \cdot D^2 H$ の3種である。

なお高田式II⁽²⁾はDと $\frac{GH}{V}$ の関係が直線回帰関係と見做せないで計算は取り止めた。

1. 山本式の計算

各試験地別に資料を用いてGAUSS-DOCLITTLE法によって実験式を解き(14)式、(15)式、(16)式を得た。

$$\text{鶴巢} \quad \log V = \bar{5}.94599 + 1.034391 \cdot \log D + 1.755781 \log H \quad (14)$$

$$\text{山本} \quad \log V = \bar{5}.95415 + 0.657867 \cdot \log D + 2.128563 \log H \quad (15)$$

$$\text{二俣} \quad \log V = \bar{4}.06725 + 1.050193 \cdot \log D + 1.645674 \log H \quad (16)$$

各式とも回帰係数bおよびcの値を比較してcの方が大きく、またlogDよりもlogHの方がlogVとの間の相関係数が大きいことが認められた。他ではあまり見かけない傾向であるので今後追究する必要がある。

推定の誤差率はそれぞれ13.7%、26.5%、24.0%となった。3式間に分散の一樣性は認められないから相互の比較は直接できないが、これを一括して再計算すると(17)式のようになり、誤差率は20.7%と計算された。

$$\log V = \bar{4}.00472 + 0.968662 \cdot \log D + 1.784104 \cdot \log H \quad (17)$$

2. $V = a + b \cdot H + c \cdot D^2 H$ 式の計算

先ず鶴巢試験地資料を用いてAustralian式を解き(18)式を得た。

$$V = -0.0016 + 0.0011381 \cdot H - 0.000056117 \cdot D^2 + 0.000042157 \cdot D^2 H \quad (18)$$

しかし回帰係数の有意性検定の結果は次のようでHとD²Hは1%水準で有意であるのに対してD²への回帰は有意でない。

$$t_b = \frac{b}{\sigma \sqrt{C_{11}}} = 3.05^{***} > t(0.01) = \bar{2}.92$$

$$t_c = \frac{c}{\sigma \sqrt{C_{22}}} = 1.53 < t(0.05) = \bar{2}.12$$

$$t_d = \frac{d}{\sigma \sqrt{C_{33}}} = 20.7^{***} > t(0.01) = \bar{2}.92$$

従ってD²の項は落してよいので、HとD²Hを変数とする重回帰式の計算によって(19)式ようになった。推定の誤差率は(18)式と同じく2.3%である。

$$V = -0.00198 + 0.0006981 \cdot H + 0.000039124 \cdot D^2 H \quad (19)$$

同様に他の2試験地資料も同じ実験式を計算して(20)式、(21)式のようになった。誤差率は各7.2%、3.9

%である。

$$\text{山本 } V = -0.00499 + 0.0012914 \cdot H + 0.000042653 \cdot D^2 H \quad (20)$$

$$\text{二俣 } V = -0.00409 + 0.0013535 \cdot H + 0.000038162 \cdot D^2 H \quad (21)$$

(19) 式, (20) 式, (21) 式の間の等分散性検定の結果は有意であるが, 前と同様に一括して再計算すると (22) 式を得, 誤差率は 9.7% となった。

$$V = -0.00585 + 0.0012428 \cdot H + 0.000040417 \cdot D^2 H \quad (22)$$

3. Combined Variable 式の計算

前項の (19) 式~(22) 式における樹高 (H) の項を欠いた 1 次回帰式を変数結合式であり, 2 変数式として次に考察した。各試験地資料を用いて最小自乗法で解いた結果は (23) 式, (24) 式, (25) 式のようになり, 誤差率は各 2.8%, 8.2%, 4.0% となった。

$$\text{鶴巣 } V = 0.00173 + 0.000040363 \cdot D^2 H \quad (23)$$

$$\text{山本 } V = 0.00273 + 0.000044373 \cdot D^2 H \quad (24)$$

$$\text{二俣 } V = 0.00336 + 0.000039990 \cdot D^2 H \quad (25)$$

精度は前の (19) 式, (20) 式, (21) 式と比較して殆んど差がないので, この研究においてはこれらの実験式による材積表を作成して林分材積の算出を行なった。

なお全資料を一括した場合は (26) 式のようになり, 誤差率は 10.1% となる。

$$V = 0.00176 + 0.00004217 D^2 H \quad (26)$$

4. 直径 4 cm 以上の資料による材積式

1 変数式の場合と同様に直径 4 cm 以上の資料のみによって各 2 変数式を計算し (14)' ~ (16)' 式, (14)' ~ (16)' 式, (23)' ~ (25)' 式を得た。

(1) Schumacher 式

$$\log V = \bar{5}.80101 + 1.727094 \cdot \log D + 1.129707 \cdot \log H \quad (14)'$$

$$\log V = \bar{5}.54504 + 0.5117704 \cdot \log D + 2.654435 \cdot \log H \quad (15)'$$

$$\log V = \bar{5}.85512 + 1.949656 \cdot \log D + 0.843085 \cdot \log H \quad (16)'$$

各式に基づく推定の誤差率は 4.7%, 14.4%, 4.7% となり, 前と比較して精度は著しくよくなった。なお (15)' 式は他と係数を著しく異にするので, 今後さらに検討したい。3 式の中で等分散とみなせる (14)' 式と (16)' の比較を行なったが, 回帰係数間に有意差が認められた。

(2) Australian 略式

$$V = -0.0012 + 0.0008679 H + 0.00003890 \cdot (D^2 H) \quad (19)'$$

$$V = -0.0136 + 0.0021211 H + 0.0004191 \cdot (D^2 H) \quad (20)'$$

$$V = -0.0069 + 0.0017638 H + 0.00003775 \cdot (D^2 H) \quad (21)'$$

各式に基づく誤差率は 2.2%, 6.1%, 3.5% となった。3 式間に分散の一様性が認められない。

(3) Combiend Variable 式

$$V = 0.00188 + 0.000040325 \cdot (D^2 H) \quad (23)'$$

$$V = 0.00495 + 0.000044197 \cdot (D^2 H) \quad (24)'$$

$$V = 0.00432 + 0.000039844 \cdot (D^2 H) \quad (25)'$$

各式による推定の誤差率はそれぞれ 2.6%, 7.0%, 4.2% と計算された。同様に各式間の等分散性が認められないので比較していない。

以上の結果, 精度と計算の簡便な (23)' ~ (25)' 式を採用することにし, 材積表にまとめ各試験地ごとの材積計算を行なった。

摘 要

奥能登地方はアテ林業地帯として著名であるが, その特徴は択伐作業が私有林において広汎に実施されていることであろう。筆者らはアテの択伐作業林に関する研究を計画し, 先ず輪島市を中心とするマアテ択伐林につき 3 個の試験地調査を行ない, 林分構成・更新・生長などについて研究した。今回はその際に各試験地で得た 20 本ずつの樹幹解析資料により考察した単木材積式について報告する。

1. 胸高係数・樹高曲線・形状高など (第 1 表・第 1 図および第 2 図) を比較して, 各試験地における立木の形質にかなりの差異があるものと予想された。

2. 1 変数式として Berkhout 式・2 次曲線式・Körsun 式について考察し, (1)~(13) 式を得た。また直径 4 cm 以上の資料によって同様の材積式を計算したが, このうちで 2 次曲線式 (5)'~(7)' 式が精度がよい。

3. 2 変数式として山本式・Australian 式・Combiend Variable 式の 3 実験式を検討し (14)~(26) 式を得た。また直径 4 cm 以上資料の場合には, (14)'~(16)' 式, (19)'~(21)' 式, (23)~(25)' 式のようになり, 特に山本式の精度は著しく向上した。

以上の結果, 精度・簡便さなど勘案して次に示す Combined Variable 式を採用することにした。なお推定の誤差率はそれぞれ 2.6%, 7.0%, 4.2% である。

$$V = 0.00188 + 0.000040325 \cdot D^2 H$$

$$V = 0.00495 + 0.000044197 \cdot D^2 H$$

$$V = 0.00432 + 0.000039844 \cdot D^2 H$$

引用文献

1. 西沢正久：森林測定法 1959, 東京, p86
2. 高田和彦：新潟大演報 1:16, 20, 1962

Summary

Ma-ate forest stands by selection method have been managed by forest owners self-will in the private forest, Wazima city, Isikawa prefecture, and the individual and peculiar works for cutting, harvesting, planting and other regeneration made the various stand types. We selected 3 plots (Table 1) among them, cut 20~25 trees in each plot and calculated the diameter the dimension of single stem volume by the stem-analysis. Comparing with the accuracy for the adaptation of various stem volume formulas, we got the most accurate and convenient one, and it is as follows :

$$\text{Kōnosu} \quad V = 0.00188 + 0.00004032 (D^2H)$$

$$\text{Yamamoto} \quad V = 0.00495 + 0.00004419 (D^2H)$$

$$\text{Futamata} \quad V = 0.00432 + 0.00003984 (D^2H)$$

The standard error of estimate based on these formulas is 2.6, 7.0, and 4.2 % respectively.