天然生林木の利用材積式について

高　瀬　五　郎*

On effective volume formula of natural forest tree

Goro TAKASE

Abstract: This study is made on the effective volume formulas of natural forest trees, that is, *Carpinus spp.* and *Tsuga Sieboldii Carr.*

The materials used are listed in Table 1, in which v is the effective volume of a tree in m^3, V, standing tree volume obtained from the standing tree volume-table, H, height of actual measurement in m, h, height of ocular estimate, D, diameter b. h. (1.2 m high) in cm.

1 Studies on *Carpinus Spp.* The effective volume formulas of *Carpinus Spp.* are as follows:

$\log v=\bar{5}.298417+2.012364 \log D+1.107007 \log H$ ………… (24.6%) ………………… (2)

$\log v=\bar{4}.274984+2.264558 \log D$ ……………………………… (28.4%) ………………… (4)

$\log v=\bar{1}.927304+1.010730 \log V$ ……………………………… (26.1%) ………………… (6)

and the percentages of the standard errors of estimate are entered in the parenthesis after the formulas. From the above percentages we can see that the formulas with 2 independent variables is the most precise one, and the formula (6) with 1 variable is more precise than (4).

The relations between the height of ocular estimate and the height of actual measurement are as follows:

$\log h=0.271608+0.734783 \log H$ ……………………………… (9.5%) ………………… (11)

$\log H=0.295533+0.777546 \log h$ ……………………………… (9.7%) ………………… (12)

and the effective volume formulas by the ocular estimate are as follows:

$\log v=\bar{5}.625574+2.012364 \log D+0.860749 \log h$ ………… (25.9%) ………………… (13)

$\log v=\bar{5}.378609+1.981239 \log D+1.113288 \log h$ ………… (25.9%) ………………… (14)

in which the formula (13) is obtained substituting H of the formula (12) into (2), and the formula (14) is obtained from D and h directly. The percentages of errors are nearly equalled in the 2 equations, but the formula (13) is better than (14) in respect of practicality.

2 Studies on *Tsuga Sieboldii Carr.* The formulas obtained about *Tsuga Sieboldii Carr.* are as follows:

$\log v=\bar{5}.482161+2.030051 \log D+0.962570 \log H$ ………… (16.3%) ………………… (15)

$\log v=\bar{5}.714079+2.602965 \log D$ ……………………………… (25.5%) ………………… (16)

$\log v=\bar{1}.931313+1.030471 \log V$ ……………………………… (17.5%) ………………… (17)

---

* 附属演習林助教授　本報の一部は1962年10月，日本林学会関西支部大会において講演した.

$$\log H = 0.018176 + 0.980846 \log h \cdots\cdots (20.9\%) \cdots\cdots (19)$$

$$\log v = \bar{5}.499656 + 2.030051 \log D + 0.944133 \log h \cdots\cdots (23.8\%) \cdots\cdots (20)$$

$$\log v = \bar{4}.385817 + 2.280623 \log D + 0.724674 \log h \cdots\cdots (22.2\%) \cdots\cdots (21)$$

in which the formula (20) was obtained substituting H of the formula (19) into (15), and the formula (21) was obtained from D and h directly.

要旨　この調査は，天然生のツガおよびシデ類について行なったものである．

利用材積は，実測樹高と胸高直径との関数とした場合（2式または15式）が最も精度が良く，利用材積を，胸高直径，または立木材積表から求めた立木材積の関数とした場合には，前者（4式または16式）よりも後者（6式または17式）の方が精度が良い．

利用材積を，直接，目測樹高と胸高直径との関数とした場合と（13式または20式），目測樹高から実測樹高を求め（12式または19式で）これから2式または15式で利用材積を求めた場合（14式または21式）とでは，精度に大差はないが，後者の方が実際上の手続きでは便利である．

I　は　し　が　き

この調査は，演習林内に生立する天然生林の利用材積について，業務上の参考として行なったもので，現在のところ資料の数は少ないが，第1報として報告し，逐年資料を追加して精度を高めたいと考えている．この調査に当っては，演習林事業所の尾上肇，永井優，篠崎豊記の諸氏には測定を，事務室の早瀬鶴子氏には計算を援助して戴いたことを記して，感謝の印とする．

II　目　　的

演習林としては，業務上，天然生林分の立木材積と，それから生産されるであろう利用材積または利用率を知りたい場合がしばしばである．

われわれの究極の目標としては，ある林分において，その立木材積およびその利用率を知らずとも，ただ利用材積さえ知りうればそれで充分の場合が多いのであるが，実際の業務上からはまず一林分の立木材積を知り，あわせて利用材積を求めねばならない場合がはなはだ多い．しかもその多くは単木ごとに，適宜の樹高階および胸高直径階別に立木材積を求め，つぎにそれに対応する利用率を知り，最後にこれらを相乗することによって利用材積を求めねばならないのである．

この場合の立木材積は，通常単木ごとに樹高および胸高直径をはかり，相当権威ある立木材積表から単木の立木材積を求めて集計するのであって，単木の真材積はこれを求めることはもちろん困難であるが，たとえ真材積に近い立木材積を求めうる立木材積表を演習林で作成したとしても，これを演習林内の業務だけに使用するのであれば別であるが，演習林外のものに対抗するためには都合が悪いことが多いであろう．

したがって，利用率についていえば，使用する立木材積表によって利用率は異なるべきものであることは申すまでもない．従来調査せられた利用率の多くは真材積に対するものであって，この利用率を使用するためには真材積を知らねばならないが，それは困難であるので，多くの場合にはある立木材積表がその林分に適用しうるかどうかを検定し，もし適用しうれば立木材積表から立木材積を求めこれに既知の利用率を乗じて利用材積を求めるのが普通である．これは実務上繁雑であるばかりでなく，実際的にも不正確な場合がある．

つぎは利用材積であるが，これは同一樹種同一樹高および胸高直径を有する林木間でも個体の形状の相違によってはなはだしく異なるのは当然であるが，さらに造材目的，および造材する者の都合など複雑な事情によって異なることは周知のことである．ゆえに演習林が実際の業務上利用材積を見積るためには現下の木材業界の情勢で，当演習林の林木から実際生産せらるべき利用材積を知ることが肝要である．

以上を要するに，当演習林で立木処分など実際業務に必要なものは利用材積表であるから，演習林として参考とすべき天然生林木の利用材積表を作成することにした．

Ⅲ　資　料

1　調査区域　愛媛県松山市大字湯山ノ内愛媛大学農学部附属演習林米野々事業区3林班い小班．

2　測定年度　昭和36年度．

3　区域の概況　昭和35年度に立木処分をした区域であって，区域面積 6.78*ha*，蓄積は針葉樹がツガ，モミを主として 1793本，653m^3，広葉樹がシデ，ブナを主として 3560本，594m^3，であるが，調査したのは80本でその樹令は約40年～90年であって，そのうちこの調査に採りあげたのはシデ29本，ツガ24本である．

4　測定の方法　立木買受者が伐木造材しつつあるものを，伐木造材のつど演習林職員の手によって測定したものであって，したがって個体の撰択は行なわなかった．造材方法は業者の指示により伐木夫が決定したもので演習林としてはいっさい関与していない．大部分はパルプ資材に造材されており，その他はわずかである．調査木は全区域にわたり，対象の伐木夫も調査日によって異なり，測定は3人の演習林職員が交替で行なった．

伐倒前に樹種，胸高直径（D: cm）（地上1.2mの個所を直径巻尺によって測定），目測樹高（h: m）を記録し，伐倒後，実測樹高（H: m）として樹幹長を測定した．つぎに全木を幹と枝条とにわけ，おのおのをさらに用材とパルプ材とにわけ，それら素材は農林規格によって材長と最小径を測定，求積し，これを単木ごとに合計して利用材積（v: m^3）とした．

立木材積（V: m^3）は実測樹高と胸高直径とから「メートル法，立木材積表，西日本篇」のうち四国地方のものを用いて求めた．

一括表示すると第1表のとおりである

Ⅳ　利用材積式の誘導

1　シデの利用材積式の誘導

1)　3変数（2独立変数）利用材積式　　3変数利用材積式には種々あるが，あとに述べる2変数利用材積式との関連から，もっとも普通に使用される山本和蔵氏式を採用した．

まず，

$$\log v = a + b \cdot \log D + c \cdot \log H \quad (v\text{: 利用材積，}D\text{: 胸高直径，}H\text{: 実測樹高}) \cdots\cdots \quad 1式$$

を仮定する．しからば第1表からつぎのとおり計算される．ただし対数表は4桁対数表を使用した．

$N=29$本

$\Sigma(\log v+1)=7.4265$，$\Sigma(\log D-1)=9.1761$，$\Sigma(\log H-1)=5.2800$

Table 1

Carpinus Spp.

Diameter D (cm)	Height		Effective volume v (m^3)	Standing tree volume obtained from standing tree volume table V (m^3)
	actual measurement H (m)	ocular estimate h (m)		
24	12.0	11.8	0.154	0.263
15	7.8	7.3	0.047	0.082
44	17.0	18.2	0.853	1.092
29	11.4	9.1	0.252	0.324
25	15.1	10.9	0.271	0.329
38	15.5	12.7	0.597	0.835
48	11.2	14.5	0.942	0.878
24	11.1	10.9	0.206	0.241
26	12.1	10.9	0.298	0.307
40	18.5	16.4	0.951	1.089
30	12.8	12.7	0.325	0.436
40	18.7	16.4	0.792	1.089
40	14.4	15.5	0.768	0.802
13	7.8	9.1	0.044	0.055
30	13.1	10.9	0.367	0.436
26	16.4	12.7	0.372	0.409
18	10.1	10.9	0.129	0.127
30	14.4	14.5	0.490	0.469
18	7.6	9.1	0.074	0.102
24	10.6	12.7	0.197	0.241
18	11.1	14.5	0.109	0.140
16	9.6	12.7	0.087	0.102
13	5.8	8.2	0.026	0.036
13	10.1	9.1	0.046	0.048
		Tsuga Sieboldii Carr.		
24	17.6	14.5	0.256	0.280
16	16.6	14.5	0.121	0.143
20	13.8	14.5	0.142	0.146
20	13.6	14.5	0.149	0.180
20	15.6	12.7	0.113	0.208
22	16.0	14.5	0.211	0.208
20	17.6	14.5	0.211	0.239
18	17.2	14.5	0.157	0.143
28	14.0	13.6	0.409	0.305
22	12.1	13.6	0.145	0.188
28	16.1	15.5	0.454	0.407
16	15.6	14.5	0.099	0.133
26	16.1	12.7	0.434	0.351
54	17.7	18.2	1.500	1.740
8	10.5	10.9	0.023	0.023
38	19.2	16.4	0.890	0.922
16	15.1	12.7	0.136	0.124
12	12.2	10.9	0.043	0.056
22	16.0	15.5	0.185	0.251
16	13.6	12.7	0.112	0.115
38	16.0	14.5	0.428	0.749
18	15.2	14.5	0.138	0.157
18	18.9	16.4	0.199	0.207
24	16.6	16.4	0.250	0.321
40	17.0	15.5	0.876	0.893
16	14.0	10.9	0.055	0.115
16	12.3	10.9	0.090	0.100
16	14.6	11.8	0.099	0.124

Σ (log v+1)^2=6.25882261, Σ (log D−1)^2=3.69114329, Σ (log H−1)^2=1.06723554

Σ (log v+1) (log D−1)=4.13358995, Σ (log v+1) (log H−1)=1.83048464

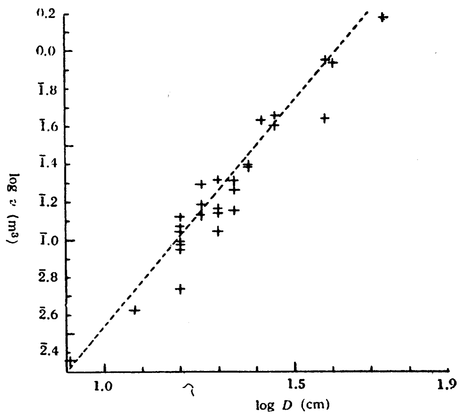
Σ (log D−1) (log H−1)=1.85012615

これらの数値を用いて，最小自乗法で常数 a，b，c を求めると2式および第2表を得る．誤差率は約24.6%である．

$$\log v=\bar{5}.298417+2.012364 \log D+1.107007 \log H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad 2\text{式}$$

第 2 表

変　　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	1.90182422	1		
log D の 項	4.03933043	1		441.32***
log H の 項	0.07969367	1		8.71**
残　　　り	0.23797429	26	0.00915286	
総	6.25882261	29		



第 1 図

2) 2変数（1独立変数）利用材積式

1) で述べたように，log H の項は α=0.01 で有意ではあるが，つぎに考えられるのは2変数材積式の探求である．これには2つの方法が考えられる．

ア　利用材積と胸高直径との2変数材積式

1) 式から log H の項を除けば3式を得る．log D と log v との関係は第1図のとおりであって，ほぼ3式の適用が妥当であることを知るのである．

$$\log v=\text{a}+\text{b}\cdot\log D \quad \cdots\cdots \quad 3\text{式}$$

最小自乗法で常数値を求めると4式および第3表を得る．その誤差率は約28.4%である．

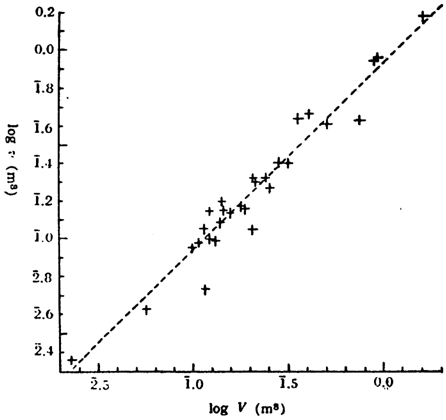
$$\log v=\bar{4}.274984+2.264558 \log D \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad 4\text{式}$$

第 3 表

変　　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	1.90182422	1		
log D の 項	4.03933043	1	4.03933043	343.32***
残　　　り	0.31766797	27	0.01176548	
総	6.25882261	29		

イ　利用材積と立木材積との２変数材積式

アでは利用材積を胸高直径の関数として表わしたが，これはもっとも普通に考えられることである．しかし利用材積はそのもとである立木材積の関数として表わしえないであろうか．立木材積が小であれば当然利用材積も小であるべきことは容易に想像されることであるから，立木材積を V とし，利用材積を v として，$\log V$ と $\log v$ との関係を図示すると第２図のとおり，ほぼ直線的に配列せられるから次式を仮定する．



第 2 図

$$\log v = a + b \cdot \log V \quad \cdots\cdots \quad 5式$$

しかして必要な数値は第１表から，

$\Sigma(\log V+1) = 9.1256$

$\Sigma(\log V+1)(\log v+1) = 6.37776364$

$\Sigma(\log V+1)^2 = 6.86953198$

を得，最小自乗法で常数値を求めると6式および第４表を得る．誤差は約26.1%である．

$$\log v = \bar{1}.927304 + 1.010730 \log V \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad 6式$$

第 4 表

変　　因	平 方 和	自由度	不偏分散	分 散 比
常 数 項	1.90182422	1		
log V の 項	4.08418106	1		404.20***
残　　り	0.27281733	27	0.01010435	
総	6.25882261	29		

アとイの分散分析表から明らかなとおり，利用材積を胸高直径の関数とした場合に比して，立木材積の関数とした場合のほうがだいぶ精度がよいことを知るのである．筆者はかってアカマツについて同様の調査を試みたが，ほぼ同様の結果を得た．

利用材積を立木材積の関数とする方法は，数式で表わせば，３変数立木材積表を作成するための実験式として

$$\log v = a + b \cdot \log D + c \cdot \log H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad 7式（再出）$$

を仮定したとしてつぎのように変化する．

$$\log v = p + q \cdot \log V \doteqdot (p + q \cdot a) + q \cdot b \cdot \log D + q \cdot c \cdot \log H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \quad 8式$$

すなわち，立木材積表を作成するのに使用した７式の log D, log H の係数は，８式では一定比率，q 倍に増減することを知るのである．ゆえに，はじめから３変数材積式を採用するよりも精度が落ちることは当然であるが，アの２変数材積式よりも，不十分ながら樹高を１因子として入れてあるだけは精度が向上するはずである．２式の H は便宜上実測樹高そのままを用いたが，６式では立木材積表から立木材積を求める都合上 H を m 以下４捨５入して用いたから，もしも６式の H も実測値をそのまま用いておれば，６式の精度はもっと増していたであろう．

ウ　利　用　率

すでに利用材積式を求めたのであるから，その利用率は使用した立木材積表からの立木材積と，２式，４式，または６式から求めた利用材積との関係から簡単に求めうるわけである．したがって使用する立木材積表と，使用する利用材積式との関係によって，得られる利用率は異なるわけである．

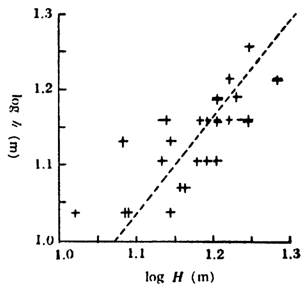
２式と４式との場合については別に記すことはないが，６式の場合には log V の係数がほとんど１に等しいから，仮りにこれを１とすれば，

$$\log v = \bar{1}.941410 + \log V \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad 9式$$

となり，したがって利用率は87.38%となり，樹高や胸高直径に無関係となる．この利用率は他の方法で求めた利用率よりも，もっとも実用的であろう．しかし分散分析表は第５表のとおりで，精度はもっとも低く，誤差は約32.4%である．

第　５　表

変　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	1.90182422	1		
log V の項	3.95618490	1		266.50***
残　　り	0.40081449	27	0.01484498	
総	6.25882261	29		



第　３　図

3)　実測樹高と目測樹高との関係

ア　実測樹高，H，から目測樹高，h，を推定する場合

３人の演習林職員が交替で測定した実測樹高と目測樹高との関係を図示すると第３図のとおりであって，その相関関係は低い．図から対数曲線が予想せられるので，まず，

$$\log h = a + b \cdot \log H \quad \cdots\cdots\cdots \quad 10式$$

を仮定し，必要な数値を記せばつぎのとおりである．

$N=29$

$\Sigma\ (\log H-1)=5.2800$, $\Sigma\ (\log h-1)=4.0650$

$\Sigma\ (\log H-1)^2=1.06723554$, $\Sigma\ (\log h-1)^2=0.66988752$

$\Sigma\ (\log h-1)(\log H-1)=0.81793228$

上記の数値を用い，最小自乗法で常数値を求めると11式をうる．誤差率は約9.5%である．

$$\log h = 0.271608 + 0.734783 \log H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad 11式$$

第 6 表

変　　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	0.56980086	1		
log H の項	0.05803202	1		37.26***
残　　　り	0.04205464	27	0.00155758	
総	0.66988752	29		

イ　目測樹高，h，から実測樹高，H，を推定する場合

$$\log H = p + q \cdot \log h$$

を仮定する．最小自乗法で常数値を求めると12式を得る．誤差率は約9.7%である．

$$\log H = 0.295533 + 0.777546 \log h \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{12式}$$

第 7 表

変　　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	0.96132414	1		
log h の項	0.06051011	1		35.99***
残　　　り	0.04540129	27	0.00168153	
総	1.06723554	29		

4)　目測樹高による利用材積式

12式の H を2式に代入して整理すれば13式を得る．誤差率は25.9%である．

$$\log v = \bar{5}.625574 + 2.012364 \log D + 0.860749 \log h \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{13式}$$

13式によって目測樹高から利用材積を求めうるわけであるが，これとは別に直接目測樹高から利用材積を求める式を求めれば14式を得る．誤差率は25.9%である．

$$\log v = \bar{5}.378609 + 1.981239 \log D + 1.113288 \log h \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{14式}$$

すなわち，13式では，$\log D$ の係数は2式のそれと等しいが，14式では $\log D$ の係数は2式（または13式）のそれとは異なる．また $\log h$ の係数も13式と14式とでは異なることを知るのである．目測樹高から利用材積を求めるには14式を用いるのが適当であることはいうまでもないが，14式を求めていない場合には目測樹高から12式によって実測樹高を求め，さらに2式によって利用材積を求めるのが普通であるが，このことは13式を用いて h から v を求めることと同等である．この両法を分散分析によって比較してみよう．

14式の分散分析は第8表のとおりである．

しかるに，13式の分散分析は第9表のとおりで，その残りはほとんど等しい．すなわち実際には13式，14式のいずれを使用するも精度に大差がないということになる．

第 8 表

変　　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	1.90182422	1		
log D の項	4.03933043	1		408.89***
log h の項	0.06082285	1		6.16
残　　り	0.25684511	26	0.00987866	
総	6.25882261	29		

第 9 表

変　　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	1.90182422	1		
回　帰　項	4.09615826	2		408.30***
残　　り	0.26084013	26	0.01003231	
総	6.25882261	29		

しかし，使用上から13式・14式を比較すると次のように差がある．13式は12式と2式とから合成せられたものであって，12式は目測をするものが異なればそれによって12式の常数は異なるであろうが，2式は一度求めておけば目測するものが変っても変化はない．12式は標本調査などで比較的簡単に目測者ごとに求めうるから，13式を求めることは極めて容易である．

これを実際問題として考えると，13式はこれを求める必要はなくて，2式から利用材積表を作成しておいて，別に12式で h から H を求めれば，利用材積表から利用材積を求め得る．14式ではかかる便法がなくて，目測者が変るごとに，h，D から14式そのものを各別に作成せねばならぬ不便がある．

2　ツガの利用材積式の誘導

ツガの利用材積式の誘導はすべてシデの場合に準じて行なったから，結果だけを記すこととする．

1)　3変数利用材積式

常数計算に必要な数値はつぎのとおりである．

$N=24$

$\Sigma\ (\log v+1)=8.2352$，$\Sigma\ (\log D-1)=9.4608$，$\Sigma\ (\log H-1)=1.6981$

$\Sigma\ (\log v+1)^2=7.86770152$，$\Sigma\ (\log D-1)^2=4.44210640$，$\Sigma\ (\log H-1)^2=0.50553591$

第 10 表

変　　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	2.82577163	1		
log D の項	4.82857088	1		1124.19
log H の項	0.12316081	1		28.67***
残　　り	0.09019820	21	0.00429515	
総	7.86770152	24		

Σ (log $v+1$) (log $D-1$) $=5.10134271$, Σ (log $v+1$) (log $H-1$) $=1.81472376$

Σ (log $D-1$) (log $H-1$) $=1.09356071$

これらの数値を用いて最小自乗法で常数を求めると15式を得る．誤差率は16.3%である．

$$\log v=\bar{5}.482161+2.030051\log D+0.962570\log H \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{15式}$$

2) 2変数利用材積式

ア 利用材積と胸高直径との2変数利用材積式

$$\log v=\bar{5}.714079+2.602965\log D \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{16式}$$

誤差率は25.5%である．

第 11 表

変　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	2.82577163	1		
log D の　項	4.82857088	1		497.89***
残　　り	0.21335901	22	0.00969814	
総	7.86770152	24		

イ 利用材積と立木材積との2変数利用材積式

常数計算に必要な数値はつぎのとおりである．

Σ (log $V+1$) $=10.3011$

Σ (log $V+1$) (log $v+1$) $=8.32258910$

Σ (log $V+1)^2=9.06771865$

これらの数値を用いて最小自乗法で常数を求めると17式を得る．誤差率は17.5%である．

$$\log v=\bar{1}.931313+1.030471\log V \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{17式}$$

第 12 表

変　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	2.82577163	1		
log V の　項	4.93383301	1		1004.14
残　　り	0.10809688	22	0.00491349	
総	7.86770152	24		

ウ 利 用 率

17式の係数を1と仮定した場合，17式はつぎのように変化する．

$$\log v=\bar{1}.913921+\log V \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{18式}$$

しかして分散分析は第13表のとおりであって誤差率は28.5%で，その精度は著しく低下する．利用率は

第 13 表

変　　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	2.82577163	1		
log V の項	4.78044992	1		402.21
残　　　り	0.26147997	22	0.01188545	
総	7.86770152			

82.02%であるが，ツガのこの利用率82.02%はシデの利用率87.38%に比して相当小さいが，この差ははたして真に小さいのか，それとも立木材積表から求めた立木材積が真の立木材積に比して，ツガの方がシデに比して大であるためであるかは，わからない．しかし，ツガの利用材積のうち8.1%が枝条から採材せられているのに比して，シデの方は10.9%が枝条から採材せられていることも一因ではなかろうか．

3)　実測樹高と目測樹高との関係

実測樹高と目測樹高との関係を求めるための必要な数値はつぎのとおりである．

$$\Sigma\ (\log H-1)=1.6981,\ \Sigma\ (\log h-1)=1.7552$$

$$\Sigma\ (\log H-1)^2=0.50553591,\ \Sigma\ (\log h-1)^2=0.37317100$$

$$\Sigma\ (\log H-1)(\log h-1)=0.36430605$$

最小自乗法で常数値を求めると19式を得る．誤差率は20.9%である．

$$\log H=0.0181756+0.980846\ \log h \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad 19式$$

第 14 表

変　　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	0.12014765	1		
log h の項	0.23551912	1		34.57
残　　　り	0.14986914	22	0.00681223	
総	0.50553591	24		

4)　目測樹高による利用材積式

19式の H を15式に代入すれば20式を得る．誤差率は23.8%である．

$$\log v=5.499656+2.030051\ \log D+0.944133\ \log h \quad \cdots\cdots\cdots \quad 20式$$

第 15 表

変　　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	2.82577163	1		
回　帰　項	4.86141134	2		565.54
残　　　り	0.18051855	21	0.00859612	
総	7.86770152	24		

また目測樹高を用いて直接利用材積式を求めると21式を得る．誤差率は22.2%である．

$$\log v = \bar{4}.385817 + 2.280623 \log D + 0.724674 \log h \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{21式}$$

第 16 表

変　　因	平　方　和	自由度	不偏分散	分散比
常　数　項	2.82577163	1		
log D の 項	4.82857088	1		638.35
log h の 項	0.05451242	1		7.21
残　　り	0.15884659	21	0.00756412	
総	7.86770152	24		

V　結　　語

以上を要するに，シデ・ツガの２樹種にかぎり，かつは資料の範囲からではあるが，ほぼつぎのことがいえると思う．

1　独立変数として，樹高・胸高直径の２変数を用いて利用材積を表わした場合が最も精度が良い．

2　独立変数を１個とする場合には，独立変数として胸高直径を採るよりも，立木材積表から求めた立木材積を採る方が，利用材積に対する相関は高い．

3　目測樹高を用いて利用材積を求める場合には，目測樹高から実測樹高を求めてこれから２独立変数の材積式を用いて利用材積を求める場合と，目測樹高と胸高直径とから直接利用材積を求める場合と，精度において大して変らない．

しかし実用的には，前者のように２段階にわけて求積する方が，目測者が交替してもそれに対する処置がとりやすい点で優れていると考える．