

琉球大学学術リポジトリ

沖縄に生育する有用広葉樹林分の重量生長に関する
研究 II : タイワンハンノキ (*Alnus formosana*
Makino) について(林学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 平田, 永二, 砂川, 季昭, Hirata, Eiji, Sunakawa, Sueaki メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4516

沖縄に生育する有用広葉樹林分の重量生長 に関する研究 II

—タイワンハンノキ (*Alnus formosana* Makino) について—

平 田 永 二* 砂 川 季 昭**

Eiji HIRATA and Sueaki SUNAKAWA: Studies on the growth
of weight of the useful broad-leaved species in Okinawa II
—On the Taiwanhannoki (*Alnus formosana* Makino) —

I 緒 言

本稿では、タイワンハンノキについて報告する。調査は、1969年5月29日から6月2日にかけておこなった。

II 調査地の概況

本調査地は、琉球大学農学部附属与那演習林78林班ヨ小班（見本林）内にあり、1958年に苗木（2年生）植栽によって成林した林分である。

地形は、北へ傾斜し（約25度）、土壌は崩積土の礫の多い砂質壤土であり、また河川に面しているため地下水は高い。

下層植生としては、クワズイモ、ヒメチゴザサを主体とし、ヘゴ、リュウビンタイ、ケホシダ、ヒリュウシダ、カツモウイノデなどのシダ類が散見される。

第1表 胸高直径別樹高および立木本数

Table 1. Tree height and stem number in each diameter at breast height.

胸高直径(cm)	樹高(m)	本 数
4	11.3	1
6	12.4	4
8	13.6	7
10	14.8	11
12	15.9	15
14	17.1	12
16	18.3	11
18	19.4	10
20	20.6	11
22	21.8	3
24	22.9	2
26	24.1	2
合 計		89
ha 当り立木本数		2225
平均胸高直径		14.4
平均樹高		17.3

* 琉球大学農学部附属演習林

* * 琉球大学農学部林学科

本林分(11年生)の胸高直径階別樹高および立木本数は、第1表のとおりである。なお、第1表における樹高の数値は、標本木の胸高直径対樹高の関係式($y=8.9308+0.5836x$)から算出したものである。第1表から、本林分の平均胸高直径は14.4cm、平均樹高は17.3m、ha当り立木本数は、2225本である。さらに、ha当り材積は335.8m³、連年材積生長量は、ha当り平均53.3m³で、生長率は15.87%である。

Ⅲ 試験方法および結果

20m×20mのプロットを設定し、毎木調査をおこなった。毎木調査は、胸高直径のみを輪尺で測定した(2cm括約)。

標本木は、ウーリッヒ第2法にもとずいて胸高直径を5つの直径級に区分し、各直径級より1本あての計5本を選定するとともに、胸高断面積の平均木(胸高直径15.4cm)も1本追加選定した。

標本木は、地際から伐倒し、樹幹析解法により円板を採取すると同時に、樹幹、枝条および葉の生重量を竿秤と台秤を用いて測定した。枝条材積は xylometer 法を用いて測定した。

つぎに、各円板について、互に直交する4方向から5年巾で供試片を採取し、年輪巾が広い場合には細分して供試片を作製した。

供試片の比重測定*と重量の算定方法は、第1報**のとおりであって、その測定結果は第2表に掲げた。

第2表 各種測定値

Table 2. Measurements of sample trees

標本木 番号	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)	樹冠巾 (m)	皮付幹材積 (m ³)	皮内幹材積 (m ³)	樹皮卒 (%)	枝条材積 (m ³)	生材重量 (kg)	枝条重量 (kg)
1	8.56	14.40	8.50	1.50	0.04440	0.04255	4.20	0.004012	40.840	4.140
2	11.19	15.10	6.20	2.50	0.07424	0.07068	4.30	0.011784	72.110	11.071
3	14.39	16.10	6.20	2.00	0.11857	0.11095	6.40	0.021910	107.070	20.257
4	16.87	19.00	9.70	3.50	0.17071	0.15969	6.40	0.026986	149.475	15.765
5	21.64	21.60	7.00	4.50	0.35310	0.33365	5.50	0.060674	322.983	54.141
6	15.28	18.70	12.20	2.50	0.15351	0.14501	5.50	0.014291	141.564	13.545
	葉重量 (kg)	全乾重量 (kg)	単木標準 比重 (g/cm ³)	胸高平均 比重 (g/m ³ c)	胸高年輪密 度					
	2.640	19.719	0.463	0.457	1.17					
	4.918	34.437	0.487	0.492	0.89					
	7.491	52.086	0.469	0.464	0.69					
	8.114	68.830	0.431	0.426	0.65					
	18.671	159.933	0.479	0.479	0.55					
	6.938	70.578	0.487	0.478	0.72					

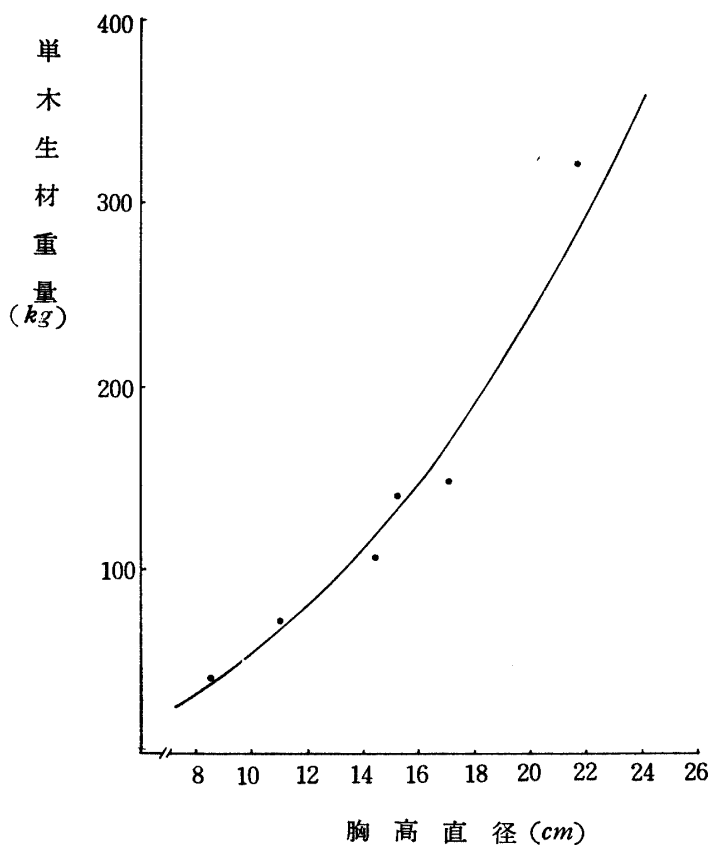
Ⅳ 考 察

第2表の数値にもとずいて、単木生材重量、単木標準比重および単木全乾重量と各測定因子との関係を検討し、重量生長量の推定をおこない、さらに、材積生長量と重量生長量の関係について考察を

* 本報告では、パラフィンの比重は0.911とした。

** 参考文献 1) 参照

試みた。



第1図 胸高直径対単木生材重量

Fig. 1. Relation of d.b.h. to green weight of Stem

1. 単木生材重量

1) 胸高直径との関係

単木生材重量と胸高直径との関係は、第1図に示すごとく曲線で示される。曲線式 $y = ax^b$ の係数 a , b を最小二乗法により計算すると次式のようになる。

$$y = 0.3869x^{2.1505}$$

ここに y : 単木生材重量

x : 胸高直径

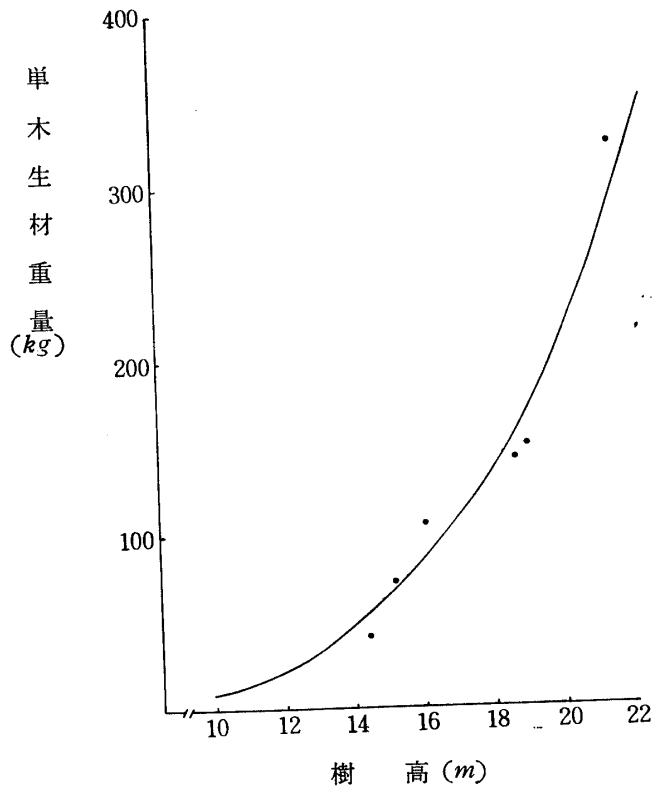
この式は、実測値によく適合しており、対数での相関係数は0.991で相関度も高い。したがって、単木生材重量は、胸高直径が増加するにしたがって増加し、上式より単木生材重量を推定することは可能である。

つぎに、両者の関係と胸高直径対幹材積の関係(第22図)を比較してみると、非常に類似した傾向を示している。このことは、タイワンハンノキにおける生材重量と幹材積との間には、密接な関係があることを示している。

第3表 単木生材重量表
 Table 3. Green weight of stem in each diameter,

胸高直径 (cm)	生材重量 (kg)	胸高直径 (cm)	生材重量 (kg)
4	7.628	16	150.310
6	18.244	18	193.682
8	33.861	20	242.871
10	54.711	22	298.130
12	80.983	24	359.500
14	112.789	26	427.099

いま、上式により各胸高直径階に対応する生材重量を算出し、表示すると第3表のとおりである。



第2図 樹高対単木生材重量
 Fig. 2. Relation of tree height to green weight of stem.

2) 樹高との関係

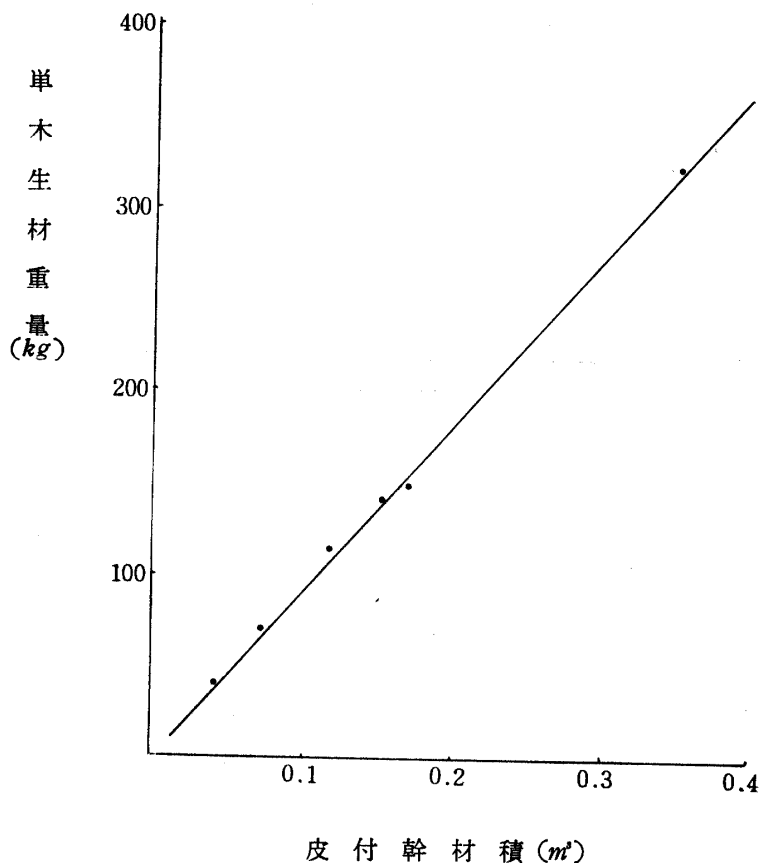
単木生材重量と樹高の関係を図示すると第2図のようになる。第2図から、両者の関係は、胸高直径の場合と同様に曲線が適合する。第2表の数値をもとにして、両者の関係式を求めると次式がえられる。

$$y=0.00046x^{4.35191}$$

ここに y ： 単木生材重量

x ： 樹高

すなわち、単木生材重量は、樹高が増加するにともなって曲線的に増加する。



第3図 幹材積対単木生材重量

Fig. 3. Relation of stem volume to green weight of stem.

3) 幹材積および枝条材積との関係

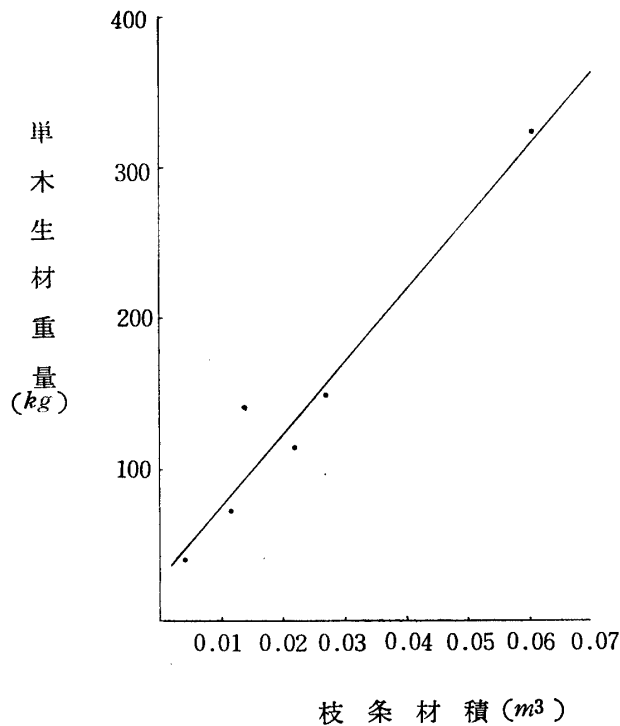
第3図は、単木生材重量と幹材積の関係を図示したものである。第3図によると、両者の関係は上昇直線で表われる。回帰式は次式のように計算される。

$$y=0.6789+907.5358x \quad (r=0.999)$$

ここに y ： 単木生材重量

x ： 幹材積

この式は、実測値とよく適合し、しかも相関係数は0.999とほぼ完全相関を示し、両者の関係が非常に密接であることがわかる。このことは、胸高直径対単木生材重量と胸高直径対幹材積の関係が類似の傾向をもつということからも推測されることである。



第4図 枝条材積対単木生材重量

Fig. 4. Relation of branch volume to green weight of stem.

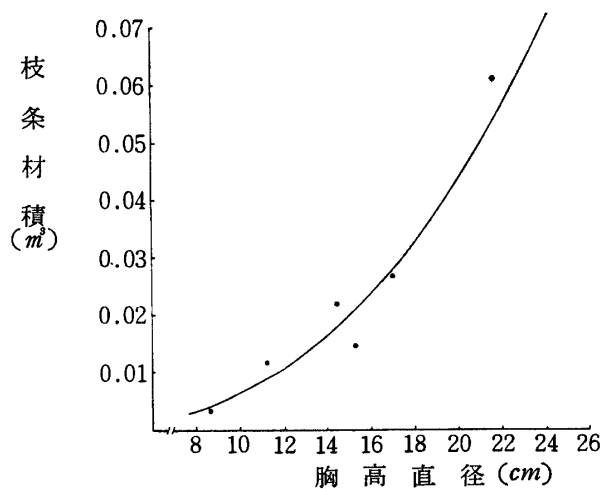
つぎに、枝条材積との関係を見ると第4図に示すごとく、やはり直線で示すことができる。回帰式は次式で与えられる。

$$y = 27.1809 + 4804.3175x \quad (r = 0.969)$$

ここに y : 単木生材重量

x : 枝条材積

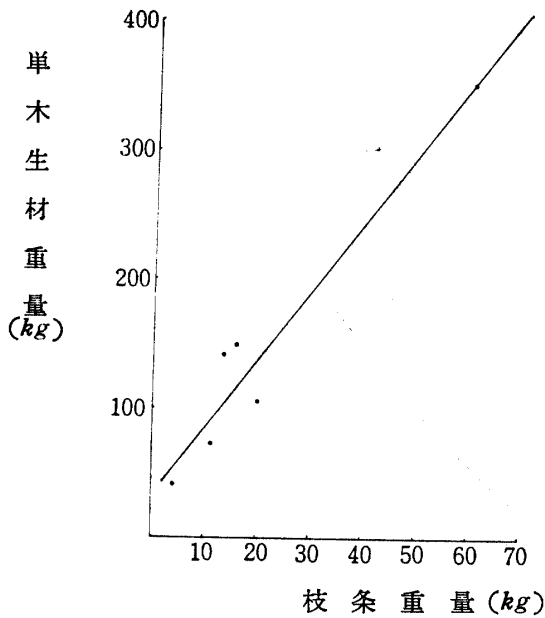
すなわち、単木生材重量は、枝条材積の増加にともなって比例的に増加する。



第5図 胸高直径対枝条材積

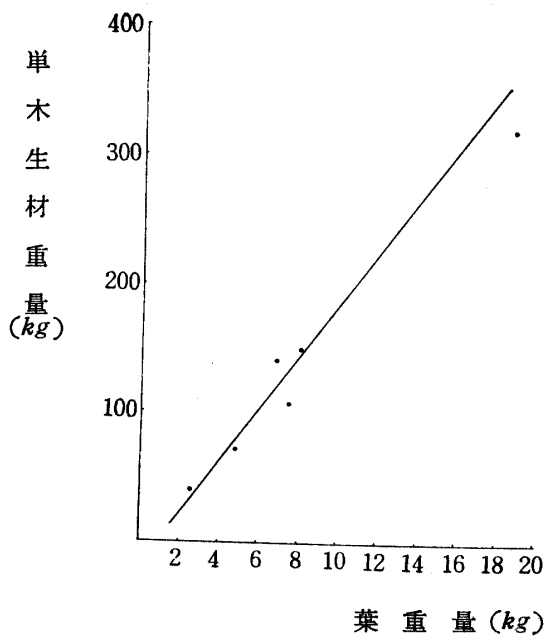
Fig. 5. Relation of d.b.h. to branch volume

枝条材積は、第5図に示すごとく、胸高直径が増加するにつれて曲線的に増加する。これは、胸高直径に対する幹材積の変化とほぼ同様な傾向を示している。したがって、単木生材重量と枝条材積の関係が直線で表われることは当然のことと考えられる。



第6図 枝条重量対単木生材重量

Fig. 6. Relation of green weight of branches to green weight of stem.



第7図 葉重量対単木生材重量

Fig. 7. Relation of green weight of leaves to green weight of stem.

4) 枝条重量および葉重量との関係

単木生材重量と枝条および葉の生重量との間には、第6図および第7図に示すごとく比例的な関係が成立する。関係式を計算するとそれぞれ次式のようになる。

$$y=32.4632+5.3756x \quad (r=0.957)$$

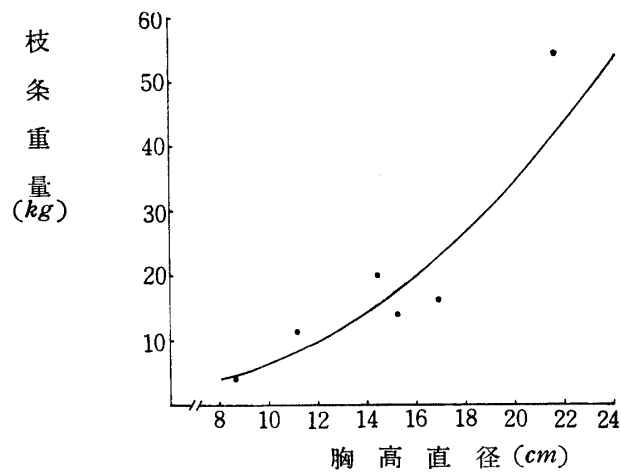
ここに y : 単木生材重量

x : 枝条重量

$$y=-4.2222+17.6203x \quad (r=0.988)$$

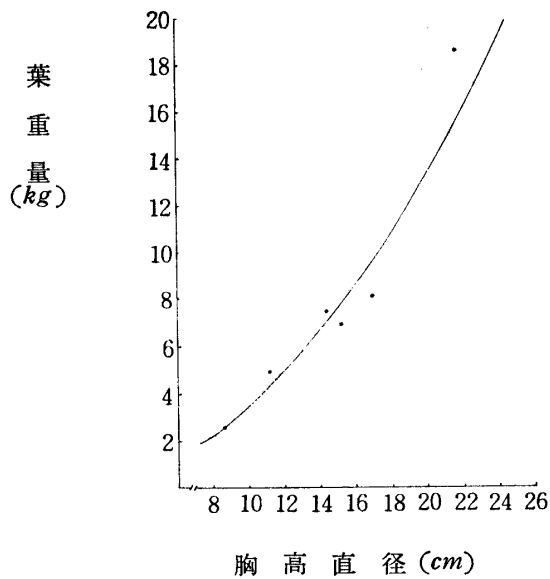
ここに y : 単木生材重量

x : 葉重量



第8図 胸高直径対枝条重量

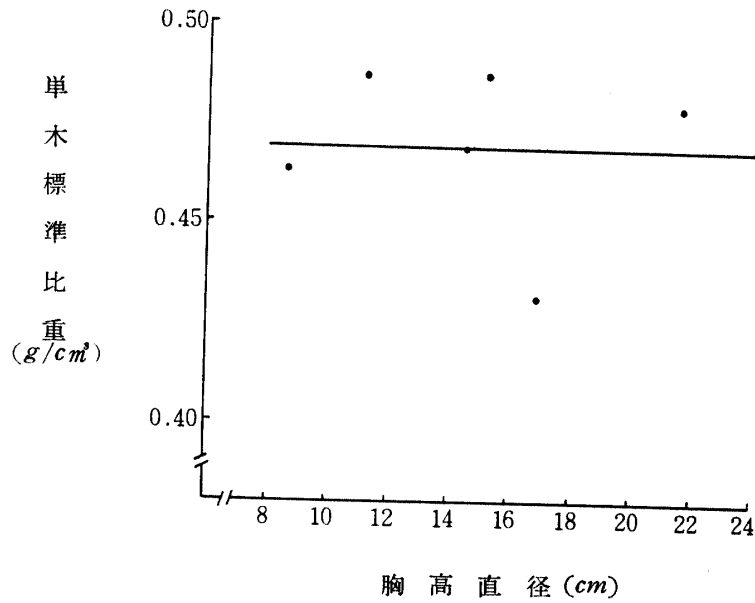
Fig. 8. Relation of d.b.h. to green weight of branches.



第9図 胸高直径対葉重量

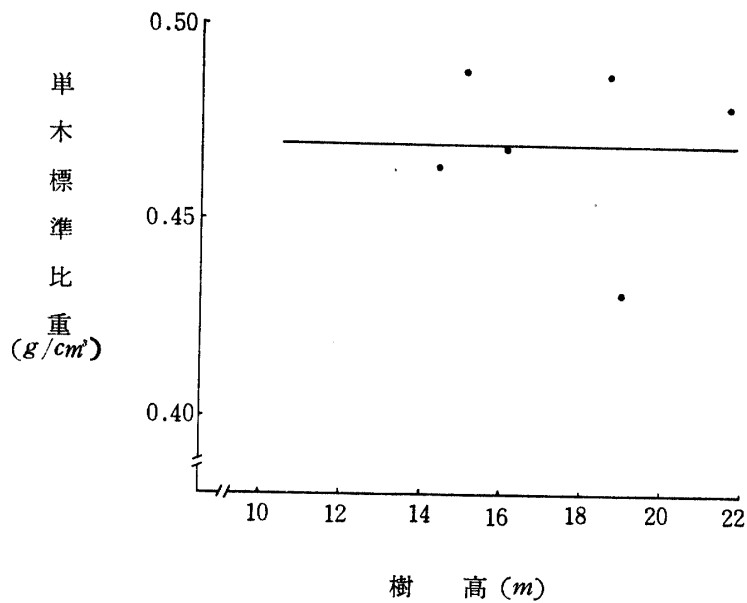
Fig. 9. Relation of d.b.h. to green weight of leaves.

枝条重量および葉重量の胸高直径に対する変化をみると、第8図および第9図に示すように、やはり胸高直径対幹材積（第22図）とほぼ同様な傾向をたどる。このことから、単木生材重量と枝条重量および葉重量の関係が直線的であることが認めうる。



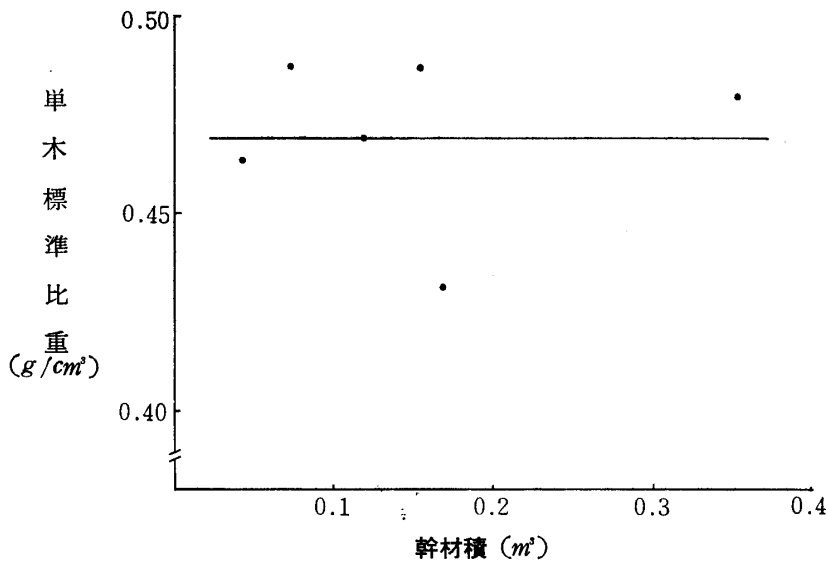
第10図 胸高直径対単木標準比重

Fig. 10. Relation of d.b.h. to mean specific gravity.



第11図 樹高対単木標準比重

Fig. 11. Relation of tree height to mean specific gravity.



第12図 幹材積対単木標準比重

Fig. 12. Relation of stem volume to mean specific gravity.

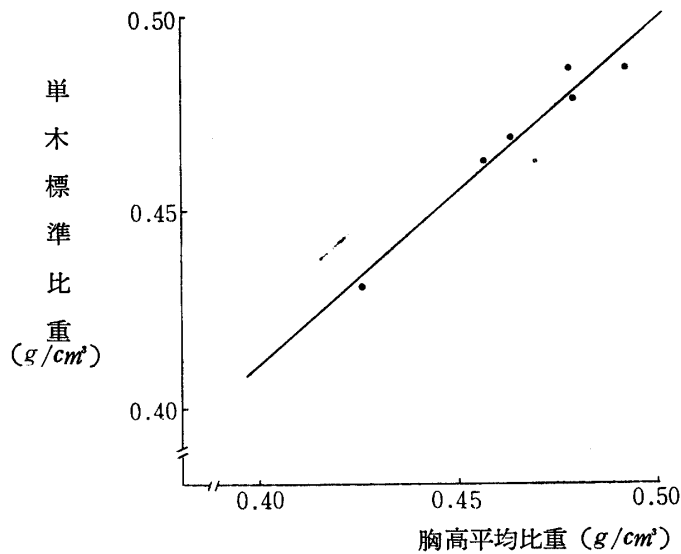
2. 単木標準比重

単木標準比重と胸高直径, 樹高および幹材積との関係は, 第10図第11図, および第12図に示すごとくいずれの場合にも回帰係数は有意でなく, x 軸に平行な直線で表わしうる。すなわち, タイワンハンノキの単木標準比重は, 胸高直径, 樹高および幹材積の大小にかかわらず一定の数値をとる。これを式で示せば,

$$y = 0.691$$

ここに y : 単木標準比重

となる。



第13図 胸高平均比重対単木標準比重

Fig. 13. Relation of average specific gravity at breast height to mean specific gravity.

単木標準比重と胸高平均比重とは、第13図に示すごとく、比例的な関係が適合する。回帰式は、

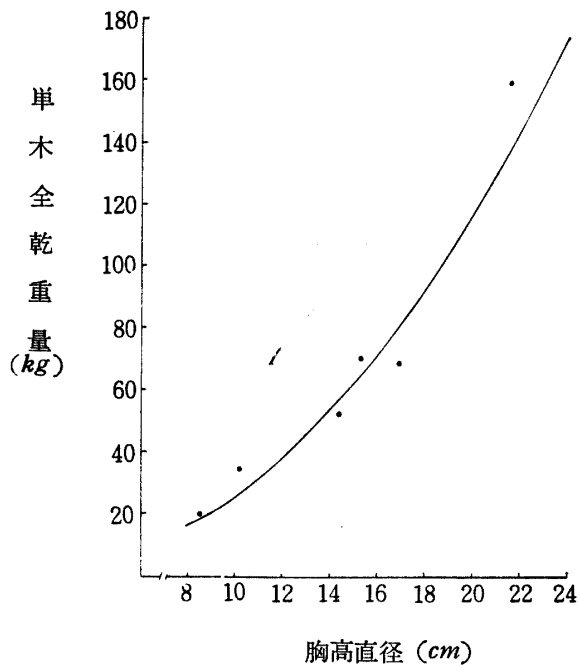
$$y=0.0532+0.8930x \quad (r=0.979)$$

ここに y : 単木標準比重

x : 胸高平均比重

と計算される。

上式は、実測値とよく適合し、相関度も高い。したがって、胸高平均比重をもとにして単木標準比重を推定することは可能であろう。



第14図 胸高直径対単木全乾重量

Fig. 14. Relation of d.b.h. to dry weight of stem.

3. 単木全乾重量

1) 胸高直径との関係

第14図は、単木全乾重量と胸高直径の関係を図示したものである。第14図から、両者の関係は、単木生材重量および幹材積の場合と同様に曲線式 ($y = ax^b$) が適合する。曲線式の係数 a 、 b を最小二乗法により算出すると次式がえられる。

$$y=0.1801x^{2.1647}$$

ここに y : 単木全乾重量

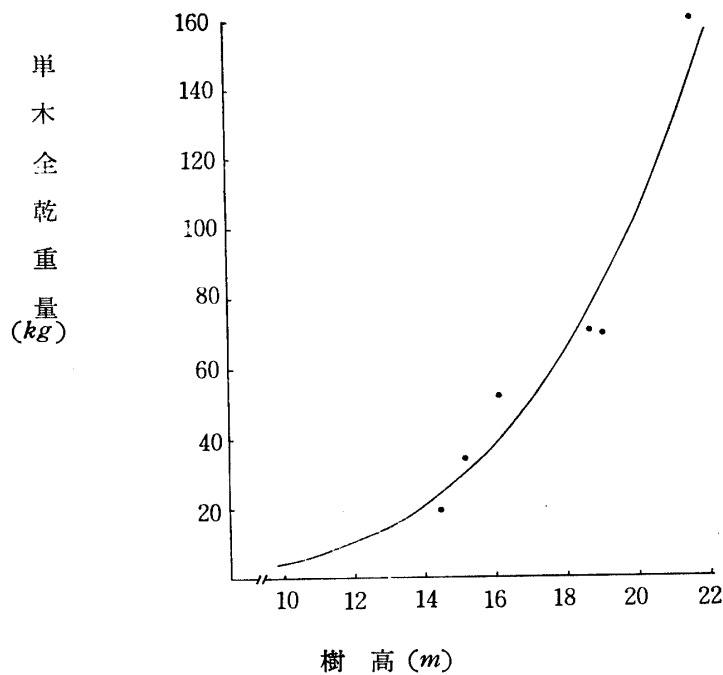
x : 胸高直径

すなわち、単木全乾重量は、胸高直径が増加するにともなって増加する。

第4表 単木全乾重量表
 Table 4. Dry weight of stem
 in each diameter.

胸高直径 (cm)	全乾重量 (kg)	胸高直径 (cm)	全乾重量 (kg)
2	0.807	16	72.787
4	3.621	18	93.946
6	8.711	20	117.981
8	16.235	22	145.020
10	26.317	24	175.081
12	39.055	26	203.252
14	54.510	28	244.511

上式にもとづいて各胸高直径階の全乾重量を算出し、表示すると第4表のとおりである。



第15図 樹高対単木全乾重量

Fig. 15. Relation of tree height to dry weight of stem.

2) 樹高との関係

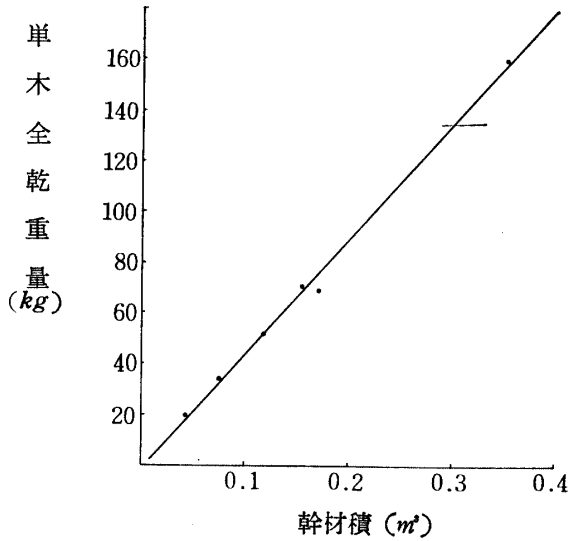
単木全乾重量と樹高との関係は、第15図に示してある。両者の関係も胸高直径との関係と同様に、やはり曲線で示すことができる。回帰式を計算すると、

$$y = 0.0002x^{4.3894}$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 樹高

となり、樹高の増加にともない単木全乾重量も増加する。



第16図 幹材積対単木全乾重量
Fig. 16 Relation of stem volume to dry weight of stem.

3) 幹材積および枝条材積との関係

単木全乾重量が幹材積に対する変化は、第16図に示すごとく直線的である。この関係は単木生材重量の場合と同様である。回帰式は、

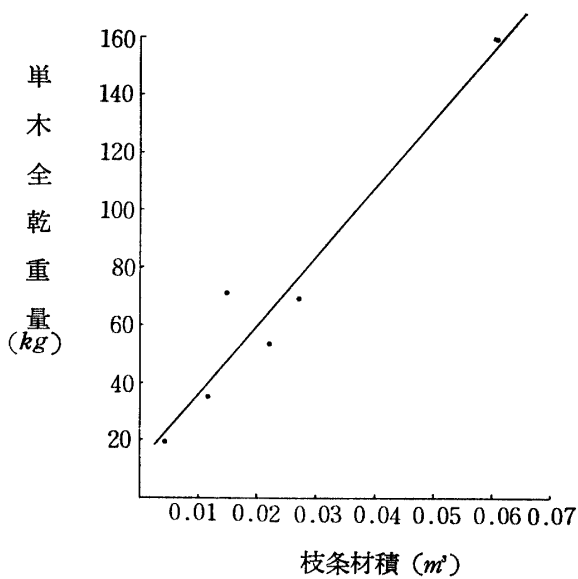
$$y = -1.1323 + 450.9167x \quad (r = 0.997)$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 幹材積

と計算される。

上式は、実測値とよく適合し、相関度も高い。したがって、単木全乾重量は幹材積の増加にともない比例的に増加する。



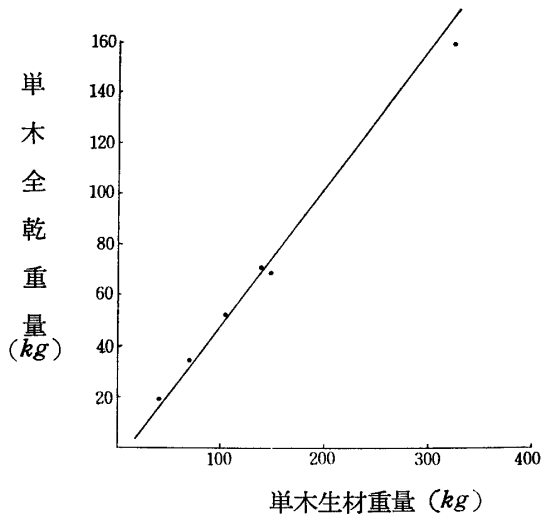
第17図 枝条材積対単木全乾重量
Fig. 17. Relation of branch volume to dry weight of stem.

つぎに、単木全乾重量と枝条材積の関係は、第17図に示すとおりであって、両者の関係もやはり1次式で示すことができる。回帰式は次式のとおりである。

$$y = 12.2000 + 2379.9935x \quad (r = 0.964)$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 枝条材積



第18図 単木生材重量対単木全乾重量

Fig. 18. Relation of green weight of stem to dry weight of stem.

4) 単木生材重量との関係

単木全乾重量と単木生材重量の関係を図示すると第18図のようになる。第18図より、両者の関係は、比例的である。回帰式を求めると次式のようになる。

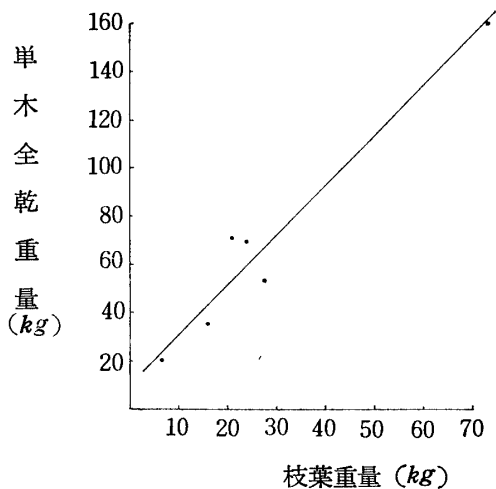
$$y = 1.5491 + 0.4974$$

$$x \quad (r = 0.999)$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 単木生材重量

上式は、第18図が示すとおり、実測値との適合もよく、相関係数は0.999とほぼ完全相関を示す。すなわち、単木生材重量が増加すれば、それに比例して単木全乾重量も増加する。



第19図 枝葉重量対単木全乾重量

Fig. 19. Relation of green weight of branches and leaves to dry weight of stem

5) 枝葉重量との関係

枝葉重量との関係は第19図のようになる。ここに、枝葉重量は、枝条重量と葉重量を加算したものである。第19図より両者の関係は、直線的であり、数式で示せば、

$$y = 9.8618 + 2.0658x \quad (r = 0.969)$$

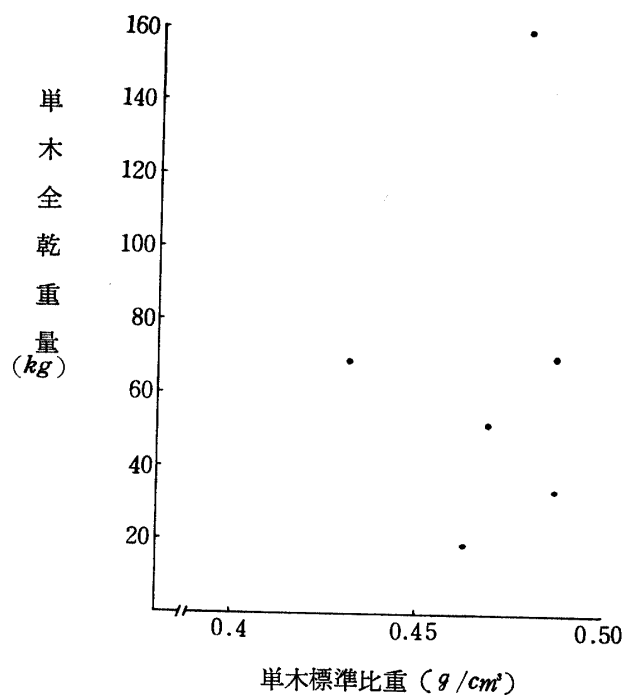
ここに y : 単木全乾重量

x : 枝葉重量

となる。

6) 単木標準比重との関係

単木全乾重量と単木標準比重の関係は、第20図に示すごとく、バラツキが大きく、これだけの資料からは一定の傾向を把握することはできない。したがって、両者の関係については、今後更に資料を収集した上で検討する必要があるであろう。重量は、材積と標準比重の積で算出されるのであるから、標準比重についての究明は重要であると考ええる。



第20図 単木標準比重対単木全乾重量

Fig. 20. Relation of mean specific gravity to dry weight of stem.

4. 重量生長量の推定

1) 直径生長量の計算

標本木6本について、最近5年間の年輪巾と樹皮厚を測定し、連年直径生長量の計算をおこなった。その結果を示せば第5表のとおりである。

第5表 直径生長量計算表 (cm)
Table 5. Calculation of diameter growth

No.	D	2 B	d	L	x	y	X	Y
1	8.56	0.16	8.40	2.19	6.21	0.876	6.3820	0.9003
2	11.19	0.25	10.94	2.47	8.47	0.938	8.7046	1.0154
3	14.39	0.38	14.01	3.12	10.89	1.248	11.1917	1.2826
4	16.87	0.56	16.31	3.50	12.81	1.400	13.1648	1.4388
5	21.64	0.60	21.04	3.43	17.61	1.372	18.0978	1.4100
6	15.28	0.42	14.86	2.53	12.33	1.012	12.6715	1.0400
合計	87.93		85.56				70.2124	7.0871
						2乗計	903.16337018	8.62648545
						ΣXY	86.57661210	

注)

$$K = 1.02769986$$

D : 皮付胸高直径 B : 樹皮厚 d : 皮内胸高直径 (D - 2 B)
 L : 最近5年間の年輪巾 x : 期間中央皮内直径 (d - L)
 y : 連年皮内生長量 (2 L / 5) X : 期間中央皮付直径 (K · x)
 Y : 連年皮付直径生長量 (K · y) K : 樹皮係数 ($\Sigma D / \Sigma d$)

第6表 直径生長量回帰式計算表
Table 6. Calculation of regression equation of diameter growth.

	n	x	y	D. F.	M. S.	F
1 x y	6	70.2124 903.16337018	7.0871 86.57661210 8.62648545	6		
11.70206667 1.18118333		81.53318432	3.64289540 0.25532105	5	0.16276424	7.034
0.04467991			0.09255681	4	0.02313920	

$$y = 1.181$$

$$S^2 y \cdot x = 0.09255681 / 4 = 0.02313920225$$

$$c_{22} = 1 / 81.53318432 = 0.01226494474$$

$$c_{12} = -0.01226494474 \times 11.70206667 = -0.14352520101$$

$$\text{check : } a_{12} \cdot c_{12} + a_{22} \cdot c_{22} \doteq 1$$

$$\therefore 70.2124 \times (-0.14352520101) + 903.16337018 \times (0.01226494474) = 1.0000000038 \doteq 1$$

$$c_{21} = c_{12} = -0.14352520101$$

$$c_{11} = 1/6 - (-0.14352520101) \times 11.70206667 = 1.8462081372$$

$$\text{check : } a_{11} \cdot c_{11} + a_{12} \cdot c_{21} \doteq 1$$

$$6 \times 1.8462081372 + 70.2124 \times (-0.14352520101) = 0.9999999998 \doteq 1$$

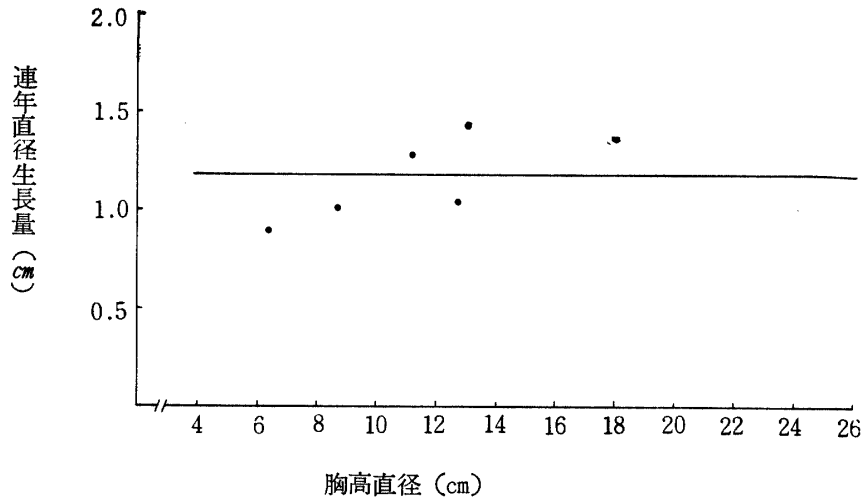
$$V(Y) = S^2 y \cdot x [C_{11} + C_{22} x^2 + 2C_{12}x]$$

$$= 0.02313920 \times [1.84620814 + 0.01226494x^2 + 2(-0.14352520)x]$$

第5表にもとずいて、直径生長量の回帰式を計算したのが第6表であり、これを図示したのが第21図である。第6表において、回帰係数0.0477は $F=7.034$ で有意でない。したがって、 x に関する回帰は棄てられて、回帰式は、

$$y=1.181$$

となる。



第21図 連年直径生長量回帰直線

Fig. 21. Linear regression of current annual growth of diameter.

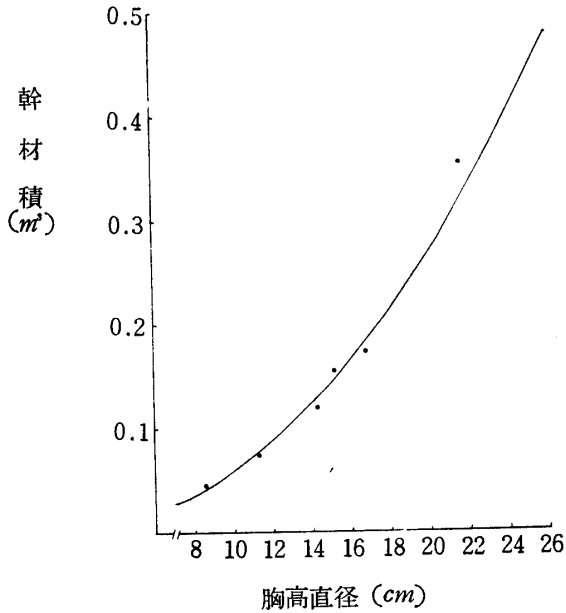
すなわち、連年直径生長量は、胸高直径の大きさに影響されず一定である。

第7表 直径生長量回帰式にもとづく信頼帯

Table 7. Confidence band in each diameter by regression equation.

X (cm)	$t_{0.05} \sqrt{V(Y)}$ (cm)
2	0.485
4	0.399
6	0.318
8	0.244
10	0.190
12	0.173
14	0.203
16	0.265
18	0.341
20	0.425
22	0.512
24	0.600

つぎに、信頼帯は、回帰式の標準誤差と c -乗数から、連年直径生長量 (Y) の分散を求め、その平方根に $t_{0.05}(4)$ を乗じて計算した。その結果を示すと第7表のとおりである。



第22図 胸高直径対幹材積
Fig. 22. Relation of d.b.h. to stem volume.

2). 材積式の計算

標本木の胸高直径に対する幹材積の関係を図示すると第22図のとおりである。材積式 $V = a D^b$ の係数を最小二乗法により計算すると次式のようなになる。

$$V = 0.00037 D^{2.19616}$$

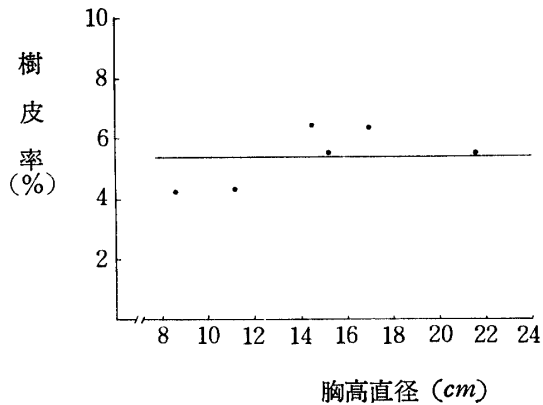
ここに V : 幹材積

D : 胸高直径

この材積回帰式により胸高直径階別の幹材積を算出し表示すると第 8 表のとおりである。

第 8 表 立木材積表
Table 8. Volume table.

胸高直径 (cm)	材 積 (m³)	胸高直径材 (cm)	積 (m³)
2	0.0017	16	0.1648
4	0.0079	18	0.2135
6	0.0191	20	0.2690
8	0.0360	22	0.3317
10	0.0587	24	0.4016
12	0.0876	26	0.4789
14	0.1229	28	0.5635



第23図 胸高直径対樹皮率
Fig. 23. Relation of d.b.h. to bark volume percentage.

3) 樹皮率の計算

胸高直径と樹皮率の関係を図示すると第23図のようになる。

両者の間には、やや曲線的な関係が認められるので、統計的に有意であるか否かを検定した。その結果は第9表に示すごとく、定数は著しく有意であるが、 x および x^2 の項は有意でない。したがって、両者の関係は、

$$y = 5.38$$

となり、 x 軸に平行な直線となる。すなわち、樹皮率は、胸高直径の大小に関係なく一定の数値をとる。しかしながら、樹皮率は、胸高直径の逆数に比例し、胸高直径が増加するとともに漸減して一定の数値に漸近するのが普通である。ここで、樹皮率が一定になったのは資料が少ないためだと考えられる。

4) 樹皮比重の計算

標本木5本について、0.2m, 1.2m, 3.2m, 5.2m, 7.2m, 9.2mの各断面高における樹皮の供試片を直交する4方向から採取し、木材部と同様な操作で全乾比重を測定した。その結果は第10表のとおりである。

第9表 分散分析表

Table 9. Analysis of variance.

Source	S. S.	D. F.	M. S.	F
1	173.8817	1		
X	1.8531	1		4.51**
X ²	1.5826	1		3.85
Error	1.2326	3	0.4109	
Total	178.5500	6		

第10表 樹皮比重測定値

Table 10. Measurements of specific gravity of bark in each height in stem of sample trees.

断面高 No.	0.2	1.2	3.2	5.2	7.2	9.2	合計	2乗計
1	0.607	0.544	0.519	0.617	0.602	0.616	3.505	2.056295
2	0.611	0.695	0.559	0.575	0.610	0.691	3.741	2.349033
4	0.697	0.577	0.546	0.572	0.536	0.560	3.488	2.044934
5	0.644	0.627	0.648	0.654	0.577	0.629	3.779	2.384055
6	0.615	0.623	0.628	0.658	0.619	0.623	3.766	2.364992
合計	3.174	3.066	2.900	3.076	2.944	3.119	18.279	
2乗計	2.020540	1.893148	1.694246	1.899178	1.737890	1.954307		11.199309

第11表 分散分析表

Table 11. Analysis of variance.

要因	変動	自由度	不偏分散	分散比
断面高間	0.01095	5	0.00219	1.190
標本木間	0.01425	4	0.00356	1.935
誤差	0.03671	20	0.00184	
全変動	0.06191	29		

第10表の数値より、樹皮比重が各断面高および標本木（胸高直径の大きさ）により有意差を生ずるか否か検定した。その結果は、第11表に示すごとく、断面高間にも標本木間にも有意差のないことが認められた。すなわち、タイワンハンノキの樹皮比重は、胸高直径の大小および抽出カ所による差はなく、平均値でそれを代表させてもよいことになる。

樹皮比重の平均値は、 $18.279/30=0.609$ となる。

5) 樹皮重量および単木皮付全乾重量の計算

各胸高直径に対応する樹皮重量は、単木皮付幹材積に樹皮率を乗じて樹皮材積を求め、この樹皮材積に樹皮比重を乗ずることにより算出される。単木の皮付全乾重量は、単木皮内全乾重量に樹皮重量を加算することにより算出される。以上の計算を表示すると第12表のとおりである。

第12表 樹皮全乾重量および単木皮付全乾重量の計算

Table 12. Calculation of dry weight of bark and dry weight of stem with bark in each diameter.

胸高直径 (cm)	皮付幹材積 (m^3) (1)	樹皮率 (%) (2)	樹皮材積 (m^3) (3) (1)×(2)	樹皮比重 (g/cm^3) (4)	樹皮全乾重量 (kg) (5) (3)×(4)	皮内全乾重量 (kg) (6)	皮付全乾重量 (kg) (7) (5)+(6)
2	0.0017	5.38	0.00009	0.609	0.055	0.807	0.862
4	0.0079	"	0.00043	"	0.262	3.621	3.883
6	0.0191	"	0.00103	"	0.627	8.711	9.338
8	0.0360	"	0.00194	"	1.181	16.235	17.416
10	0.0587	"	0.00316	"	1.924	26.317	28.241
12	0.0876	"	0.00471	"	2.868	39.055	41.923
14	0.1229	"	0.00661	"	4.025	54.510	58.535
16	0.1648	"	0.00887	"	5.402	72.787	78.189
18	0.2135	"	0.01149	"	6.997	93.946	100.943
20	0.2690	"	0.01447	"	8.812	117.981	126.793
22	0.3317	"	0.01785	"	10.871	145.020	155.891
24	0.4016	"	0.02161	"	13.160	175.081	188.241
26	0.4789	"	0.02576	"	15.688	208.252	223.940
28	0.5635	"	0.03032	"	18.465	244.511	262.976

6) 材積生長量の計算

第6表および第7表の連年直径生長量と第8表の単木幹材積の数値にもとづいて、材積生長量の計算をおこなうと第13表のようになる。

第13表 材積生長量の推定
Table 13. Estimation of volume growth

胸高直径 (cm)	単木材積 (m ³)	材積差 (m ³)	補正材積差 (m ³)	単木当り連年直径生長量(cm)			単木当り連年材積生長量 (m ³)		
				上 限	平 均	下 限	上 限	平 均	下 限
2	0.0017	0.0062							
4	0.0079	0.0112	0.0087	1.580	1.181	0.782	0.00687	0.00514	0.00340
6	0.0191	0.0169	0.0141	1.499	1.181	0.863	0.01057	0.00833	0.00608
8	0.0360	0.0227	0.0198	1.425	1.181	0.937	0.01411	0.01169	0.00928
10	0.0587	0.0289	0.0258	1.371	1.181	0.991	0.01769	0.01523	0.01278
12	0.0876	0.0353	0.0321	1.354	1.181	1.008	0.02173	0.01896	0.01618
14	0.1229	0.0419	0.0386	1.384	1.181	0.978	0.02671	0.02279	0.01888
16	0.1648	0.0487	0.0453	1.446	1.181	0.916	0.03275	0.02675	0.02075
18	0.2135	0.0555	0.0521	1.522	1.181	0.840	0.03965	0.03077	0.02188
20	0.2690	0.0627	0.0591	1.606	1.181	0.756	0.04746	0.03490	0.02234
22	0.3317	0.0699	0.0663	1.693	1.181	0.669	0.05612	0.03915	0.02218
24	0.4016	0.0773	0.0736	1.781	1.181	0.581	0.06554	0.04346	0.02138
26	0.4789	0.0846	0.0810	1.872	1.181	0.490	0.07582	0.04783	0.01985
28	0.5635								

胸高直径 (cm)	本 数	全材積生長量 (m ³)			全材積 (m ³)
		上 限	平 均	下 限	
2	1	0.00687	0.00514	0.00340	0.0079
4	4	0.04228	0.03332	0.02432	0.0764
6	7	0.09877	0.08183	0.06496	0.2520
8	11	0.19459	0.16753	0.14058	0.6457
10	15	0.32595	0.28440	0.24270	1.3140
12	12	0.32052	0.27348	0.22656	1.4748
14	11	0.36025	0.29425	0.22825	1.8128
16	10	0.39650	0.30770	0.21880	2.1350
18	11	0.52206	0.38390	0.24574	2.9590
20	3	0.16836	0.11745	0.06654	0.9951
22	2	0.13108	0.08692	0.04276	0.8032
24	2	0.15164	0.09566	0.03970	0.9578
26					
28					
合 計	89	2.71887	2.13158	1.54431	13.4337
ha当り	2225	67.97175	53.28950	38.60775	335.8425

第13表より、本林分のha当り材積は335.84m³で、ha当り全生長量は、67.97m³~38.61m³の範囲にあり平均は53.29m³である。また生長率は、15.87%で推定精度は27.55%である。

7) 全乾重量生長量の計算

連年直径生長量と第12表の胸高直径階別単木皮付全乾重量より、材積生長量の推定と全く同様にして、全乾重量の推定をおこなった。これを表示したのが第14表である。

第14表 全乾重量生長
Table 14. Estimation of dry. Weight growth.

胸高直径 (m)	単木重量 (kg)	重量差 (kg)	補正重量差 (kg)	単木当り連年直径生長量 (cm)		
				上 限	平 均	下 限
2	0.862	3.021	4.238	1.580	1.181	0.782
4	3.883	5.455	6.767	1.499	1.181	0.863
6	9.338	8.078	9.452	1.425	1.181	0.937
8	17.416	10.825	12.254	1.371	1.181	0.991
10	28.241	13.682	15.147	1.354	1.181	1.008
12	41.923	16.612	18.133	1.384	1.181	0.978
14	58.535	19.654	21.204	1.446	1.181	0.916
16	78.189	22.754	24.302	1.522	1.181	0.840
18	100.943	25.850	27.474	1.606	1.181	0.756
20	126.793	29.098	30.724	1.693	1.181	0.669
22	155.891	32.350	34.025	1.781	1.181	0.581
24	188.241	35.699	37.368	1.872	1.181	0.490
26	223.940	39.036				
28	262.976					

第14表の計算結果より、本調査地のha当り全重量生長量は、平均 24.956tonで、31.810ton~18.102tonの範囲にあり、信頼度95%における推定精度は27.46%である。また、ha当り全乾重量は160.783tonで、生長率は15.52%となる。すなわち、重量の生長率は材積の生長率よりわずかにおとる。

つぎに、本林分の標準比重は、ha当り材積が335.84m³、ha当り全乾重量が160.783tonであるから0.479 (ton/m³)となる。この場合の標準比重は、樹皮も含めてのものである。

5 材積生長量と重量生長量の比較

まず、本調査林分の材積平均木、重量平均木および断面積平均木の比較を試みよう。

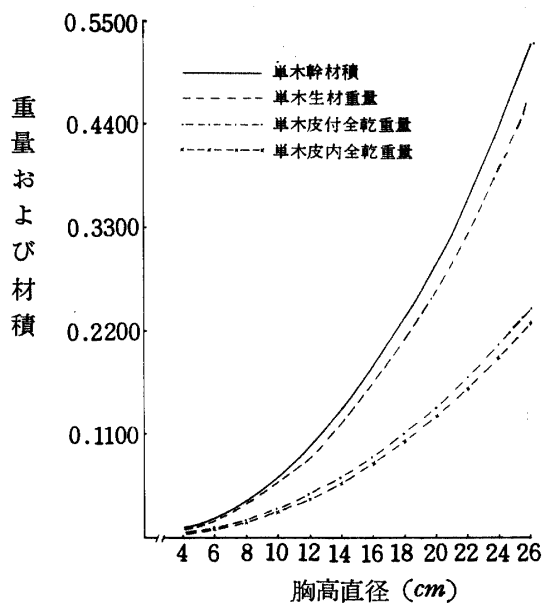
第7表の各胸高直径階に対応する幹材積に、各直径階の本数を乗じて合計し、その合計材積を全本数で除することにより平均材積を求め、この平均材積を胸高直径と幹材積の関係式 $y=0.00037 D^{2.19616}$ に代入し、逆算することによって材積平均木の胸高直径を算出した。その結果は、15.4cm (log D=1.18666)となる。一般に、材積平均木の胸高直径は、その林分の算術平均胸高直径よりも大きくなるといわれる。本林分における算術平均胸高直径は、14.4cmであるから、やはり材積平均木の胸高直径が大きくなる。

つぎに、重量平均木の胸高直径は、生材重量と全乾重量の両因子から計算した。生材重量平均木の胸高直径は、第3表と胸高直径対単木生材重量の関係式 $y=0.3869x^{2.1505}$ より、材積平均木の場合と同様にして算出した結果 15.3cm (log x=1.18603)を得た。全乾重量平均木の胸高直径も同様に、第4表および胸高直径と全乾重量の回帰式 $y=0.1801x^{2.1647}$ より逆算して求めた。それによると、全乾重量平均木の胸高直径は、対数で1.18507となり、胸高直径は15.3cmとなる。つまり重量平均木の胸高直径は、生材重量から計算しても全乾重量から計算しても同値となる。この値は、材積平均木の胸高直径と比較するとわずかに0.1cmの差でしかない。この程度の差は誤差とみなしうるから、重量平均木の胸高直径と材積平均木の胸高直径とは一致する。

さらに、本林分の断面積平均木の胸高直径を毎木調査の結果より計算すると15.4cmとなり材積平均木の胸高直径と一致する。

単木当り連年重量生長量 (kg)			本 数	全重量生長量 (kg)			全 重 量 (kg)
上 限	平 均	下 限		上 限	平 均	下 限	
3.3480	2.5025	1.6571	1	3.3480	2.5025	1.6571	3.883
5.0719	3.9959	2.9200	4	20.2876	15.9836	11.6800	37.352
6.7346	5.5814	4.4283	7	47.1422	39.0698	30.9981	121.912
8.4001	7.2360	6.0719	11	92.4011	79.5960	66.7909	380.651
10.2545	8.9443	7.6341	15	153.8175	134.1645	114.5115	628.845
12.5480	10.7075	8.8670	12	150.5760	128.4900	106.4040	702.420
15.3305	12.5210	9.7114	11	168.6355	137.7310	106.8254	860.079
18.4938	14.3503	10.2068	10	184.9380	143.5030	102.0680	1009.430
22.0616	16.2234	10.3852	11	242.6776	178.4574	114.2372	1394.723
26.0079	18.1425	10.2772	3	78.0237	54.4275	30.8316	467.673
30.2993	20.0918	9.8843	2	60.5986	40.1836	19.7686	376.482
34.9764	22.0658	9.1552	2	69.9528	44.1316	18.3104	447.880
			89	1272.3986	998.2405	724.0828	6431.330
			2225	31809.9650	24956.0125	18102.0700	160783.250

以上のことから、本林分の材積平均木、生材重量平均木、全乾重量平均木および胸高断面面積平均木の胸高直径は、同値であると考えてよい。



第24図 単木幹材積、単木生材重量、単木皮付全乾重量および単木皮内全乾重量曲線

Fig. 24. Curves of volume with bark, green weight of stem with bark, dry weight of stem without bark and dry weight of stem with bark.

第15表 各種測定値の比率量の推定
 Table 15. Ratios as to various factor weight growth

胸高直径 (cm)	生材重量 材積 (g/cm ³)	皮内全乾重量 材積 (g/cm ³)	皮付全乾重量 材積 (g/cm ³)	皮内全乾重量 生材重量	皮付全乾重量 生材重量	皮内全乾重量 皮付全乾重量
4	0.966	0.458	0.492	0.475	0.509	0.933
6	0.955	0.456	0.489	0.477	0.512	0.933
8	0.941	0.451	0.484	0.479	0.514	0.932
10	0.932	0.448	0.481	0.481	0.516	0.932
12	0.924	0.446	0.479	0.482	0.518	0.932
14	0.918	0.444	0.476	0.483	0.519	0.931
16	0.912	0.442	0.474	0.484	0.520	0.931
18	0.907	0.440	0.473	0.485	0.521	0.931
20	0.903	0.439	0.471	0.486	0.522	0.931
22	0.899	0.437	0.470	0.486	0.523	0.930
24	0.895	0.436	0.469	0.487	0.524	0.930
26	0.892	0.435	0.468	0.488	0.524	0.930

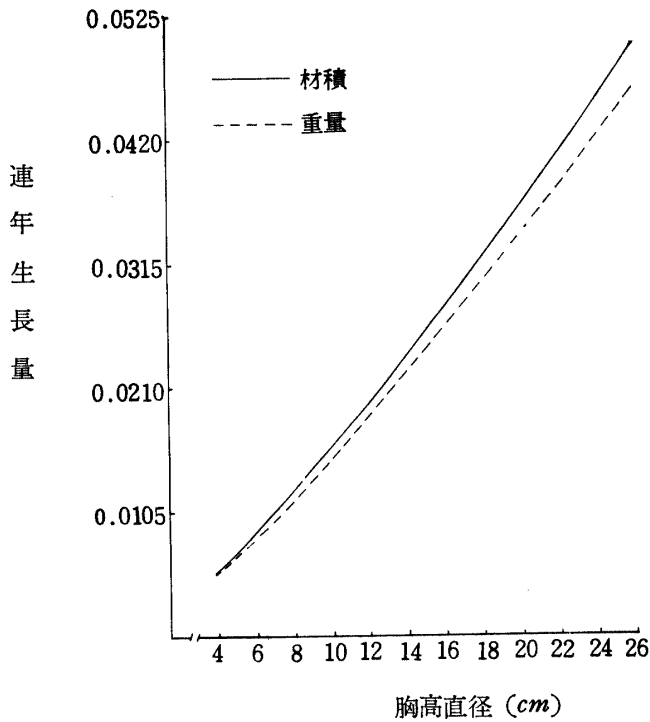
つぎに、単木皮内全乾重量、単木皮付全乾重量、単木生材重量および幹材積を比較するために、それらの胸高直径に対する変化を1つの図にまとめて示すと第24図のようになる。第24図から、それらの関係は、お互にほぼ平行的な関係を示すものと思われる。いま、お互いの比率を計算し表示すると第15表のようになる。第15表における比率の内、材積に対する重量の比率は、それぞれ標準比重の形で示した。第15表から、お互の比率をみると、生材重量に対する皮内および皮付全乾重量の比率は、胸高直径の増加にともなって漸増しているが、その他の比率は、逆に胸高直径の増加にともない漸減している。すなわち、どの比率も一定ではなく、お互に完全に平行的であるとはいえない。

つぎに、生材重量と皮付全乾重量の差は、林木内に含有される水分の量を示すものと考えられる。この水分量の全乾重量に対する比率を含水率として計算し、表示すると第16表のようになり、胸高直径の増加にともない漸減する。

つぎに、第13表および第14表より、単木当りの連年材積生長量と連年重量生長量の胸高直径に対する変化を比較してみると、第25図のように、お互にほぼ平行的な関係にある。そこで、いま両者の比率を標準比重として計算し表示すると第17表のようになる。第17表の比率は、胸高直径が増加するにつれて漸減している。すなわち、連

第16表 含水率
 Table 16. Percentage of water contents.

胸高直径 (cm)	含水率 (%)
4	96.45
6	95.37
8	94.42
10	93.73
12	93.17
14	92.69
16	92.24
18	91.87
20	91.55
22	91.24
24	90.98
26	90.72



第25図 単木当り連年材積生長量および連年重量生長量
 Fig. 25. Curves of average current annual volume growth and average current annual dry weight growth.

第17表 単木当り連年材積生長量と連年重量生長量の比率

Table 17. Ratios of current annual dry weight growth to current annual volume growth

胸高直径 (cm)	標準比重 (g/cm ³)
4	0.487
6	0.480
8	0.477
10	0.475
12	0.472
14	0.470
16	0.468
18	0.466
20	0.465
22	0.463
24	0.462
26	0.461

年材積生長量と連年重量生長量は、完全に平行的であるとはいえないであろう。

V 摘要

本調査は、台湾ハンノキの重量生長を測樹学的な立場から把握することによって台湾ハンノキの原料材としての特性を検討し、台湾ハンノキの合理的な施業法を確立する目的でおこなった。

調査の結果を要約するとおよそ次のとおりである。

1 単木生材重量

単木生材重量と胸高直径、樹高および幹材積との間には、次式のような関係が認められる。

$$1). \quad y=0.3869x^{2.1505}$$

ここに y : 単木生材重量

x : 胸高直径

$$2). \quad y=0.00046x^{4.35191}$$

ここに y : 単木生材重量

x : 樹高

$$3). \quad y=0.6789+907.5358x \quad (r=0.999)$$

ここに y : 単木生材重量

x : 幹材積

すなわち、単木生材重量は、胸高直径および樹高の増加にともなって曲線的に増加し、幹材積に対しては比例的に増加する。また、これらの回帰式は、いずれも実測値とよく適合し、相関度も高い。とくに幹材積との関係においては、相関係数が0.999とほぼ完全相関を示す。したがって、いずれの測定因子からも単木生材重量を推定することは可能である。

2 単木標準比重

単木標準比重は、胸高平均比重と最も相関度が高く、胸高平均比重の増加にともなって増加する。胸高直径、樹高および幹材積の大きさには影響されず一定の数値をとる。

3 単木全乾重量

単木全乾重量と各測定因子との関係を数式で示せば次のようになる。

$$1). \quad y=0.1801x^{2.1647}$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 胸高直径

$$2). \quad y=0.0002x^{4.3894}$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 樹高

$$3). \quad y=-1.1322+450.9167x \quad (r=0.997)$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 幹材積

$$4). \quad y=12.2000+2379.9935x \quad (r=0.964)$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 枝条材積

$$5). \quad y=-1.5491+0.4974x \quad (r=0.999)$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 単木生材重量

$$6). \quad y=9.8618+2.0658x \quad (r=0.969)$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 枝葉重量

すなわち、単木全乾重量は、胸高直径および樹高とは曲線的な関係を示し、幹材積、枝条材積、生材重量および枝葉重量の各因子とは直線的な関係を示す。また、それらの関係式は、実測値とよく適合しているため、いずれの因子からも単木全乾重量は推定できよう。

4. 全乾重量生長量

- 1). 本林分のha当り連年重量生長量は, $31.810\text{ton} \sim 18.102\text{ton}$ の範囲にあり, 平均は 24.956ton である。また, この場合の推定精度は 27.46% である。
- 2). ha当り全乾重量は 160.783ton でha当たり材積は 335.84m^3 である。したがって本林の林分標準比重は 0.479ton/m^3 である
- 3). 全乾重量の生長率は 15.52% で材積の生長率 15.87% よりわずかにおとる。

5. 材積生長量と重量生長量の比較

- 1). 本林分の材積平均木, 生材重量平均木, 全乾重量平均木および胸高断面積平均木の胸高直径は, それぞれ 15.4cm , 15.3cm , 15.3cm および 15.4cm となり, その差はわずか 0.1cm である。その程度の差は誤差とみなしうるので, 本林分のそれぞれの平均木の胸高直径は, 一致するといえよう。
- 2). 単木皮内全乾重量, 単木皮付全乾重量, 単木生材重量お幹材積の胸高直径に対する変化は, お互いにはほぼ平行的である。
- 3). 単木当り連年材積生長量と連年重量生長量の胸高直径に対する変化は, ほぼ平行的な関係を示す。

なお, 比重測定に当っては, 琉球大学農学部畜産学科宮城常夫助教授, 同林学科学学生富永実誠君のご協力をいただき, 現地調査においては, 琉球大学農学部附属演習林岸本文男, 比嘉達弘両氏のほか各職員のご協力を得た。記して感謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 平田永二, 砂川季昭 1969 沖縄に生育する有用広葉樹の重量生長に関する研究 (I) —オキナワシイについて—。 琉球大学農学部学術報告16
- 2) 飯塚 寛 1964 成長曲線にもとづく樹幹の重量成長の研究。 九大演習林集報20.
- 3) 柿原道喜 1957 九州地方におけるカラマツ林の施業上の特性に関する研究。 九大農学部演習林報告14.
- 4) 中村賢太郎編 1955 これからの林業経営
- 5) 西沢正久 1959 森林測定法
- 6) 坂口勝美, 伊藤清三監修 1965 造林ハンドブック
- 7) 関屋雄偉 1964 アカマツ同令単純林における材積, 重量, 熱量の成長に関する研究。 九大農学部演習林報告38.
- 8) 砂川季昭 1967 沖縄に生育する広葉樹林の Bitterlich 法による材積推定ならびに収穫予測に関する研究。 琉大農学部学術報告14.
- 9) 砂川季昭 1969 タイワンハンノキ (*Alnus formosana Makina*) の施業に関する研究 [I] (資料)。 琉球大学農学部学術報告16
- 10) 辻本克己 1963 リュウキュウマツの重量成長量に関する研究。 鹿大農学部学術報告13

Summary

The study was done in order to grasp the growth of dry weight of Taiwanhannoki (*Alnus formosana Makino*), from the view point of forest measurement.

The results of the study are as follows:

1. Green weight of stem

The relations of the diameter at breast height, the tree height and the volume to the green weight of stem are expressed by following equations.

$$1). \quad y=0.3869x^{2.1505}$$

where y : green weight of stem (kg)

x : diameter at breast height (cm)

$$2). \quad y=0.0005x^{4.3519}$$

where y : green weight of stem (kg)

x : tree height (m)

$$3). \quad y=0.6789+907.5358x$$

where y : green weight of stem (kg)

x : stem volume (m^3)

Namely, the relations of the diameter at breast height and the tree height to the green weight of stem are expressed by a curvilinear regression, and the relation with the volume is expressed as a rising linear line. And the green weight increases with the increase of the diameter at breast height, the tree height and the volume.

The equations are in conformity with the actual measurements, and the green weight has a high correlation with each factor. Particularly, the relation with the volume shows fairly a perfect correlation as seen from 0.999 of the coefficient of correlation. Therefore, it is considered that it is possible to estimate the green weight of stem from each measurement factor.

2. Mean specific gravity

The mean specific gravity has a high correlation with the average specific gravity at breast height, and it increases with the increase of the average specific gravity at breast height. And the mean specific gravity is almost constant in spite of the increase of the diameter at breast height, the tree height and the volume.

3. Dry weight of stem

The regression equations of the relations of each measurement factor to the dry weight are shown as follows:

$$1). \quad y=0.1801x^{2.1647}$$

where y : dry weight of stem (kg)

x : diameter at breast height (cm)

$$2). \quad y = 0.0002x^{4.3894}$$

where y : dry weight of stem (kg)

x : tree height (m)

$$3). \quad y = -1.1323 + 450.9167x \quad (r=0.997)$$

where y : dry weight of stem (kg)

x : stem volume (m^3)

$$4). \quad y = 12.2000 + 2379.9935x \quad (r=0.964)$$

where y : dry weight of stem (kg)

x : branch volume (m^3)

$$5). \quad y = -1.5491 + 0.4974x \quad (r=0.999)$$

where y : dry weight of stem (kg)

x : green weight of stem (kg)

$$6). \quad y = 9.8618 + 2.0658x \quad (r=0.969)$$

where y : dry weight of stem (kg)

x : green weight of branches and leaves (kg)

Namely, the relations with the diameter at breast height and the tree height show a curvilinear regression and the relations with the volume, the branch volume, the green weight and the weight of branches and leaves show a rising linear regression.

The regression equations are in conformity with the actual measurements, therefore, it is considered that it is possible to estimate the dry weight from each measurement factor.

4. Growth of dry weight

1). The range and the mean of the current annual growth of the dry weight per hectare are from 31.810 ton to 18.120 ton and 24.936 ton respectively. The precision of estimate is 27.46% in probability 95 %.

2). The dry weight per hectare is 160.783 ton, and the volume per hectare is 335.84 m^3 . Therefore, the mean specific gravity of the stand is 0.479 ton/m^3 .

3). The growth percentage of the dry weight is 15.52 % which is slightly lower than 15.97 % in the volume growth.

5. Comparison of the growth of the volume and dry weight

1). The diameters at breast height of the average volume tree, the average green weight tree, the average dry weight tree and the average basal area tree are 15.4 cm , 15.3 cm , 15.3 cm , and 15.4 cm respectively, differing by only 0.1 cm . As this much of difference is considered to be an error in measurement, it may well be considered that the diameters at breast height of each factor agree one another.

2). The interrelation among the green weight of stem, the dry weight of stem without bark, the dry weight of stem with bark and the stem volume to the diameter at breast height is nearly shown by a parallel lines.

3). It is recognized that the change of the current annual growth of the volume and dry weight of a tree to diameter at breast height shows nearly a parallel relation.