

琉球大学学術リポジトリ

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 (*Castanopsis lutchuensis* Nakai) 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/20.500.12000/4556

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 (*Castanopsis lutchuensis* Nakai) 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 I
On the Okinawashii (*Castanopsis lutchuensis* Nakai)

I 緒 言

森林は産業の保護、国土保全、人類の保健やレクリエーションなど、いわゆる間接的な効用も有するが、林業経営の究極的な目標は経済性の獲得にある。

林業の生産目標は、従来、生産材の用途によって用材林と薪炭林に区分されている。しかしながら、近年木材を原料とする第2次産業が発達し、原料材としての木材の需要が著しく増加したために、木材の需要構造は、従来の用材、薪材の区分よりは、むしろ構造材、原料材、燃料材の区分が適当だと考えられる。そのため、林業の生産目標も、木材の需要構造の変化に対応して、構造材生産林、原料材生産林、燃料材生産林の3つに区分される。この場合、構造材生産林は木材の原形的利用を目的とし、原料材生産林は木材組成物質すなわち有機物の利用を目的とし、燃料材生産林は木材の有する熱量の利用を目的とする。

従来の用材、薪材の区分においては、評価の単位はいずれも材積であらわされ、林業経営においても材積の生長に主眼がおかれている。しかしながら、生産目標を構造材生産林、原料材生産林、燃料材生産林の3つに分けるならば、それらの評価単位は、それぞれ材積、重量、熱量が用いられるであろう。したがって、林業の経営は、生産目標にしたがって、それぞれの生長量を最大にするような施業法を確立する必要がある。

沖縄の森林は、そのほとんどが天然生の常緑広葉樹で占められているが、燃料材は、経済性に乏しく、その需要が漸減する傾向にあるので、生産目標を構造材生産林と原料材生産林の2つにしばって考えることができる。この場合、構造材は、沖縄に現存する天然生広葉樹林分の林分構成の面から考えると、その生産が限定され、ほとんどの林分は、パルプ材およびその他の工業用原料を生産の目標とする、いわゆる原料材生産林の対象となるであろう。

原料材は、木材の組成物質を利用するものであるから、材積よりもむしろ単位容積当りの重量に生産の重点がおかれる。したがって原料材生産林においては、重量生長が最大になるような生産技術が確立されるべきである。しかるに、沖縄に生育する広葉樹の重量生長に関する研究は、全然報告されておらない。そのため、本研究は、沖縄に生育する有用な広葉樹の重量生長を、測樹学的な立場から把握し、原料材生産林の合理的な生産技術を確立することを目的としておこなったものである。

本稿においては、沖縄に生育する天然生広葉樹の代表的な樹種であるオキナワシイについて報告する。

* 琉球大学農学部付属演習林

** 琉球大学農学部林学科

なお、調査は1968年12月におこなった。

II 調査地の概況

本調査地は、琉球大学農学部付属与那演習林78林班に小班に位置し、南東と北西へ傾斜(約15度)している。

林相はオキナワシイ(本数にして約40%)を主体とした広葉樹林分で、林令は10~35年である。

オキナワシイの胸高直径別樹高別立木本数は第1表のとおりであり、平均胸高直径は9.0cm、平均樹高は5.8mである。また、ha当り立木本数は1384本、ha当り材積は約53m³、連年生長量はha当り平均6.4m³である。したがって、生長率は平均12.1%となり、生育は良好である。

第1表 胸高直径別樹高別立木本数

Table 1. Number of trees in each diameter and in each height

D(cm) \ H(m)	4	6	8	10	12	14	16	18	26	30	Total
3	4	6	2	1							13
4	3	10	2	2							17
5	4	19	10	7	1						41
6		3	13	2	5	2					25
7	1	2	5	10	3		3			1	25
8				2	2	2	2	1			9
9				1	1	2			1		5
10						1		2			3
11								1			1
12								1			1
Total	12	40	32	25	12	7	5	5	1	1	140

III 試験方法および結果

1. 供試木の選定

胸高直径4cm以上の立木について毎木調査(胸高直径は2cm括約、樹高は1m単位で測定)をおこない、ウーリッヒ第2法にもとづいて調査林分の胸高直径を5個の直径級に区分し、各直径級より2本あての計10本の供試木を選定した。さらに、オキナワシイ以外の樹種について同様に5本の供試木を選定した。

2. 円板採取および生材重量の測定

供試木は地際から伐倒し、普通の樹幹析解法により円板を採取するとともに樹幹の重量を竿秤で測定した。

3. 供試片の抽出

採取された各円板について、直交する4方向から約2cm間隔で供試片を抽出した。

4. 供試片の測定

各供試片を定温乾燥器に入れ、100°Cで全乾状態にして重量を秤量し、その後気乾状態にもどして

第2表 各種
Table 2. Measurements

供試木番号	年 令	胸高直径 (cm)	樹 高 (m)	皮内幹材積 (m ³)	皮付幹材積 (m ³)
1	25	7.8	8.10	0.01999	0.02242
2	15	6.4	7.10	0.01135	0.01299
3	22	9.0	8.80	0.02740	0.03165
4	19	9.8	10.00	0.03577	0.04054
5	31	16.9	9.70	0.10454	0.12251
6	13	5.0	6.70	0.00706	0.00783
7	10	5.3	5.85	0.00691	0.00755
8	21	5.0	6.20	0.00644	0.00707
9	13	5.3	7.00	0.00909	0.00994
10	30	15.6	8.00	0.07330	0.08440
11	24	8.6	7.50	0.02398	0.02615
12	19	6.2	7.45	0.01027	0.01069
13	25	7.4	7.15	0.01505	0.01742
14	18	4.9	5.30	0.00564	0.00678
15	34	15.3	7.70	0.06929	0.07620

次のような方法で容積を測定した。

- 1) 気乾状態での供試片の重量を化学天秤で測定する。
- 2) 供試片の表面にパラフィン塗布し、その時の重量を測定する。
- 3) 1)と2)の差(供試片にぬられたパラフィンの重量)をパラフィンの比重(0.925)で除することにより供試片に塗布されたパラフィンの容積を求める。
- 4) 次にパラフィンをぬったままの供試片の容積をメスシリンダーにより測定(0.1cm³単位)し、3)で求めたパラフィンの容積を差し引き供試片の容積を算定する。

以上のようにして求めた供試片の容積当りの重量を全乾比重として、各断面高の平均比重を算定し、それぞれの断面高により算定される材積に乗じて全乾重量を求め、これらを合計して全幹の全乾重量とした。単木標準比重は、全乾重量を皮内材積で除して算定した。

以上の方法で算定された結果をまとめて示すと第2表のとおりである。

IV 考 察

第2表の数値をもとにして単木生材重量、単木標準比量、および単木全乾重量とそれぞれに関する各測定因子との関係を検討し、さらに、重量生長量の計算を試みる。

1. 単木生材重量

1) 胸高直径との関係

単木皮付生材重量と皮付胸高直径との関係を図示すると第1図のようになり、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算定すると次式がえられる。

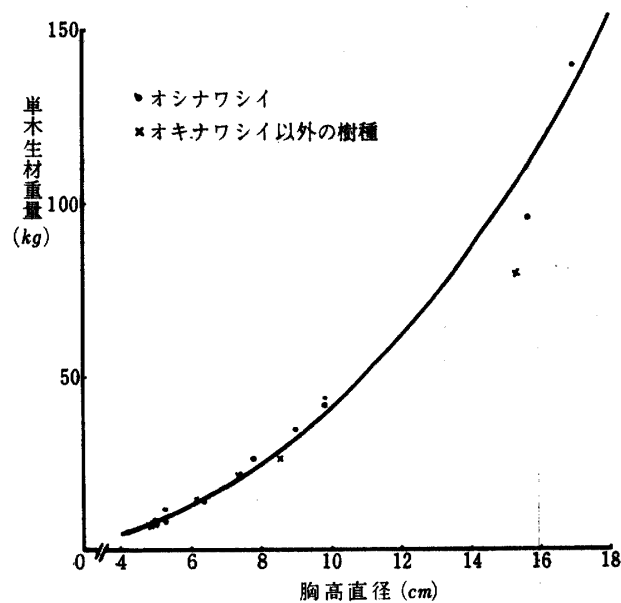
$$y=0.23121x^{2.25901}$$

ここに y : 単木生材重量

x : 皮付胸高直径

測定値
of sample trees

樹皮率 (%)	皮付生材重量 (kg)	皮内全乾重量 (kg)	単木標準比 (g/cm ³)	胸高平均比重 (g/cm ³)	備考
10.84	26.501	12.096	0.605	0.629	オキナワシイ
12.63	14.387	6.956	0.613	0.617	"
13.43	35.362	16.888	0.616	0.614	"
11.77	42.037	20.444	0.572	0.585	"
14.67	140.104	68.376	0.654	0.652	"
9.83	8.749	3.919	0.555	0.565	"
8.48	8.318	4.039	0.585	0.537	"
8.91	7.675	3.860	0.599	0.598	"
8.55	11.996	5.632	0.620	0.622	"
13.15	96.043	46.133	0.629	0.625	"
8.30	26.421	12.960	0.540	0.542	ナンバンアワブキ
3.93	14.733	8.056	0.784	0.850	モチノキ
13.61	21.837	9.816	0.652	0.678	イジユ
16.81	7.746	3.501	0.621	0.637	"
9.07	80.040	44.916	0.648	0.634	シバニッケイ



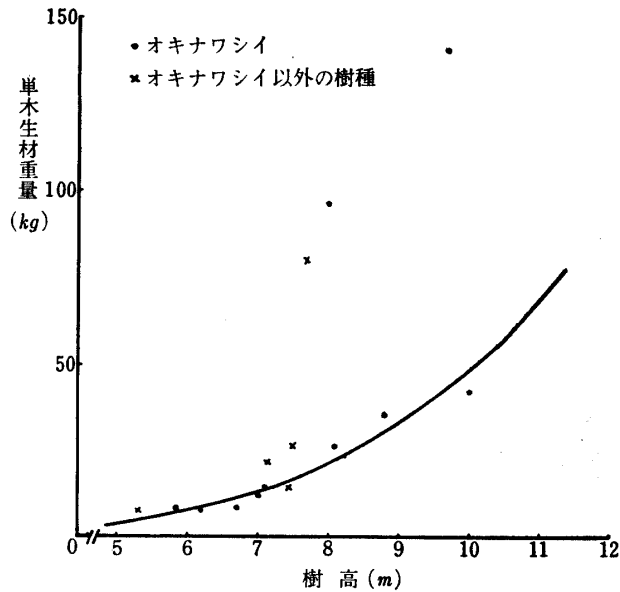
第1図 胸高直径対単木生材重量
Fig. 1. Relation of D.B.H. to green weight of stem with bark

この式は、実測値によく適合しており、両者の対数での相関係数は0.993で相関度が高い。したがって胸高直径より生材の重量を推定することは可能であろう。さらに、両者の関係は、オキナワシイ以外の樹種（第1図において×印で示されている）においても同様な傾向が認められる。

つぎに、両者の関係は、胸高直径対幹材積の関係（第16図）に類似した傾向を示す。このことは、単木生材重量と幹材積が類似の特性を有しているということを示すものである。

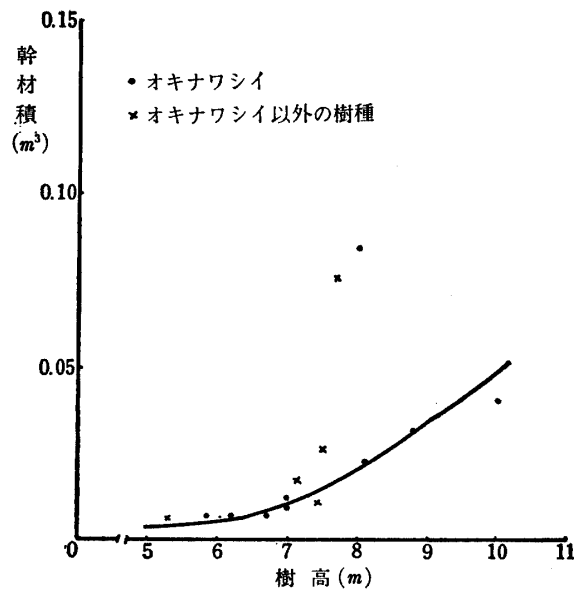
2) 樹高との関係

第2図は単木生材重量と樹高との関係を図示したものである。この図から見ると、単木生材重量と樹高との関係は、胸高直径の大きさによって2分され、各グループ内においては、胸高直径の場合と同様に曲線で示される。2つのグループに区分する胸高直径の大きさは、およそ10~15cmの範囲にあるものと推定される。ここで、上のグループは上層木(主林木)、下のグループは下層木(副林木)



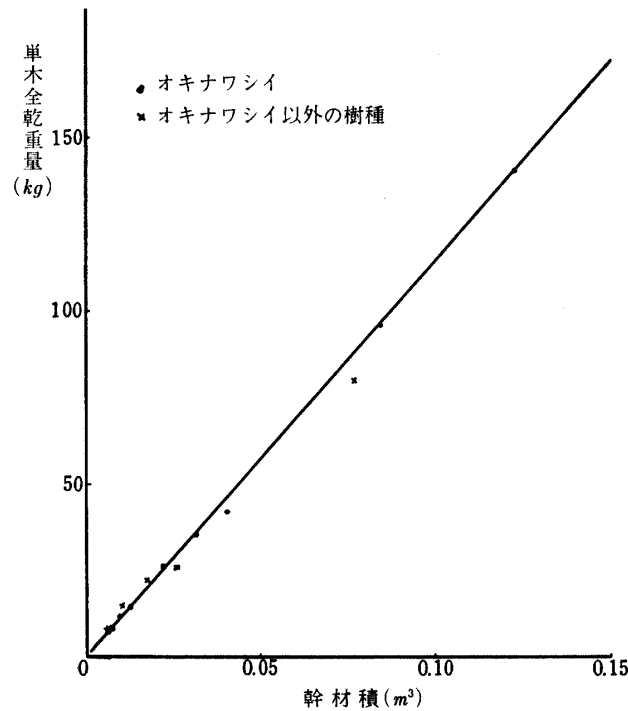
第2図 樹高対単木生材重量

Fig. 2. Relation of tree height to green weight of stem with bark



第3図 樹高対幹材積

Fig. 3. Relation of tree height to volume with bark



第4図 幹材積対単木生材重量

Fig. 4. Relation of volume with bark to green weight of stem with bark

と考えることができるであろう。なお、他の樹種においても同様な傾向が認められる。

いま、胸高直径 10 cm 以下の林木について、単木生材重量と樹高との関係式を求めると次式のようになり、実測値とよく適合し、相関度も高い（対数での相関係数 0.970）。

$$y=0.0194x^{3.04337}$$

ここに y : 単木生材重量

x : 樹高

また、両者の関係は、樹高対幹材積の関係（第3図）とほぼ平行的な関係にあるものと思われる。したがって、このことから単木生材重量と幹材積が類似の特性を有することが認められる。

3) 幹材積との関係

単木生材重量と皮付幹材積との間には、第4図に示すごとく直線的な関係が認められる。回帰式の係数を計算すると、

$$y=-0.4608+1140.9052x$$

ここに y : 単木生材重量

x : 皮付幹材積

となり、実測値とよく適合している。相関係数は、0.999 で、きわめて相関度が高い。したがって、単木生材重量は、幹材積の増加にともなって増加し、幹材積より単木生材重量を推定することは可能であろう。また、オキナワシイ以外の樹種においても、この関係はほぼ一致するものと思われる。

以上要するに、胸高直径対単木生材重量は胸高直径対幹材積に、樹高対単木生材重量は樹高対幹材積の関係に類似した傾向を示し、幹材積とは比例的な関係を示す。これらのことは、オキナワシイの生材重量が幹材積の影響を強く受けていることを示すものである。また、いずれの関係も相関度が高く、回帰式は実測値とよく適合している。したがって、いずれの測定因子からでも単木生材重量を推定することができよう。

2. 単木標準比重

1) 胸高直径との関係

単木標準比重と皮付胸高直径との関係は、直線で示され、図示すると第5図のとおりである。第2表の資料にもとずき回帰式を計算すると、

$$y = 0.5679 + 0.004286x$$

ここに y : 単木標準比重

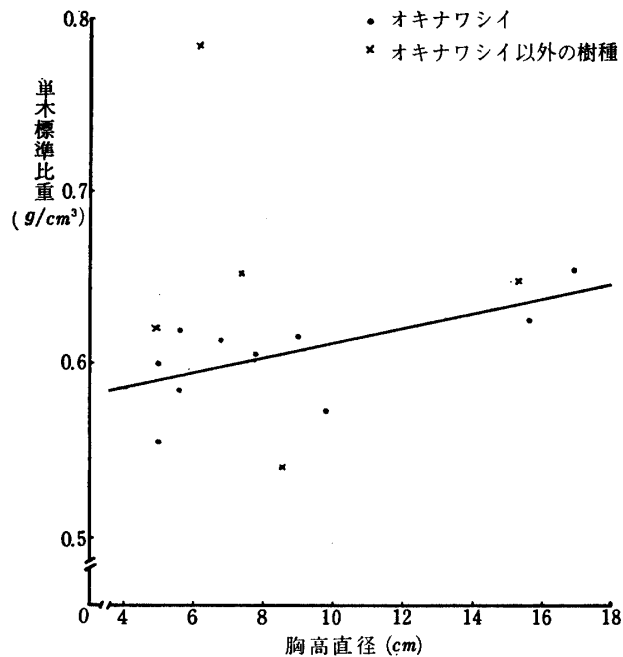
x : 皮付胸高直径

となり、胸高直径の増加にともなって単木標準比重も増加する。すなわち、材積生長の大きい林木ほど標準比重も大となる。このことは、老令木の資料を欠くことに起因するものと思われる。

なお、両者の関係は、樹種によりかなりの変動があるものと思われる。

2) 樹高との関係

第6図は、単木標準比重と樹高の関係を図示したものである。第6図から、両者の間には、曲線的

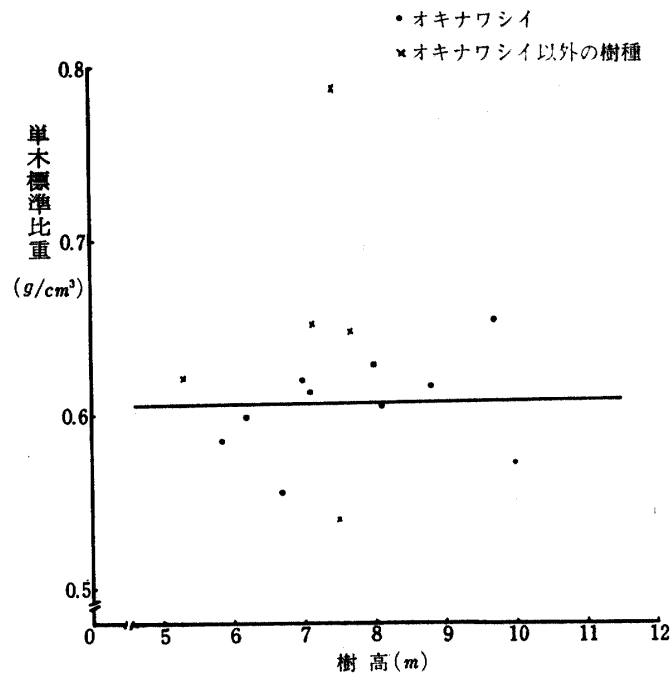


第5図 胸高直径対単木標準比重

Fig. 5. Relation of D.B.H. to mean specific gravity

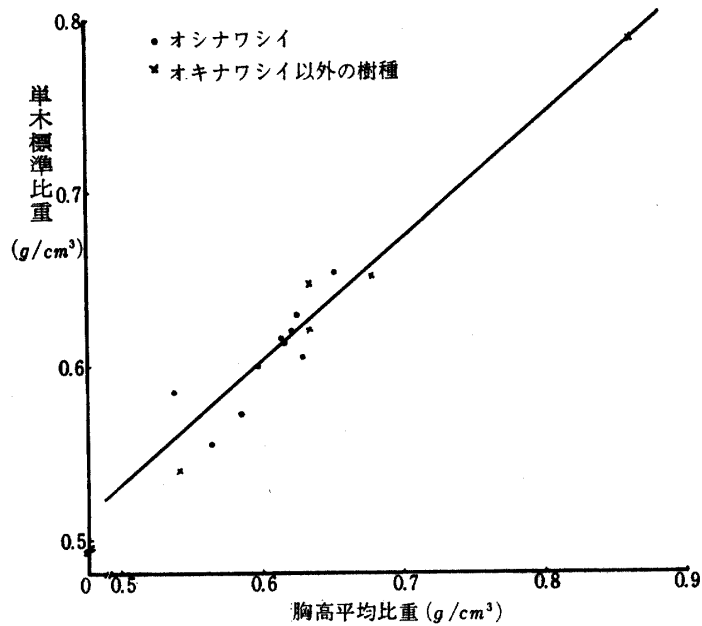
第3表 分散分析表
Table 3. Analysis of Variance

Source	S. S.	D. F.	M. S.	F.
1	3.65783040	1		**
x	0.00081800	1		0.993 non. sig.
x ²	0.00082863	1		1.006 non. sig.
Error	0.00576497	7	0.00082357	
Total	3.66524200	10		



第6図 樹高対単木標準比重

Fig. 6. Relation of tree height to mean specific gravity



第7図 胸高平均比重対単木標準比重

Fig. 7. Relation of average specific gravity at breast height to mean specific gravity

な関係が認められるけれども、分散分析の結果、第3表に示すごとく x の項も x^2 の項も有意でないことがわかった。したがって、回帰式は x 軸に平行な直線となり、次式のように計算される。

$$y = 0.6048$$

ここに y : 単木標準比重

すなわち、単木標準比重は、樹高の大きさに関係なく一定の値をとる。

なお、両者の関係においても、樹種によりかなりの差があるものと思われる。

3) 胸高平均比重との関係

単木標準比重と胸高平均比重との関係を図示すると第7図のようになる。第7図より両者の間には比例的な関係が認められる。回帰係数を最小二乗法により計算すると次式がえられる。

$$y = 0.17963 + 0.70346x$$

ここに y : 単木標準比重

x : 胸高平均比重

両者の相関係数は0.832で相関度が高く、上式は実測値によく適合している。したがって、単木標準比重は胸高平均比重ともなって増加し、胸高平均比重を測定することにより単木標準比重を推定することは可能であろう。

また、この関係においては、樹種による差は認められない。

4) 幹材積との関係

皮付幹材積との関係は、直線で表われる。図示すると第8図のようになり、回帰式は、

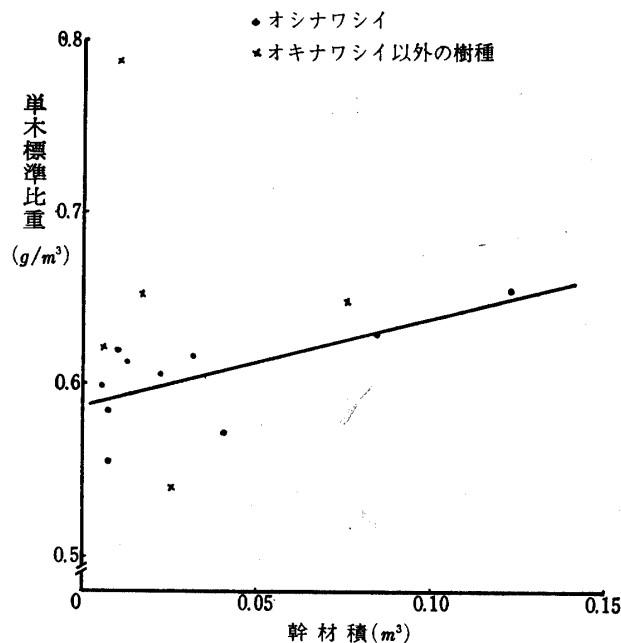
$$y = 0.5876 + 0.4953x$$

ここに y : 単木標準比重

x : 皮付幹材積

と計算される。すなわち、幹材積が増大するにしたがって標準比重も増大する。これは、胸高直径との関係において、直径の増加にもなって標準比重も増加したと一致するものである。すなわち、このことは、大径木の資料を欠くことに起因するものと考えられる。

以上要するに、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したがって増加する。また、樹高の大きさには影響されず一定となり、胸高直径と幹材積が増大するにつれて増大する傾向を示すが、これは大径木の資料を欠くためだと思われる。今後は大径木の資料を補充することにより、これらの関係を究明することにした。



第8図 幹材積対単木標準比重

Fig. 8. Relation of volume with bark to mean specific gravity

3. 単木全乾重量

1) 胸高直径との関係

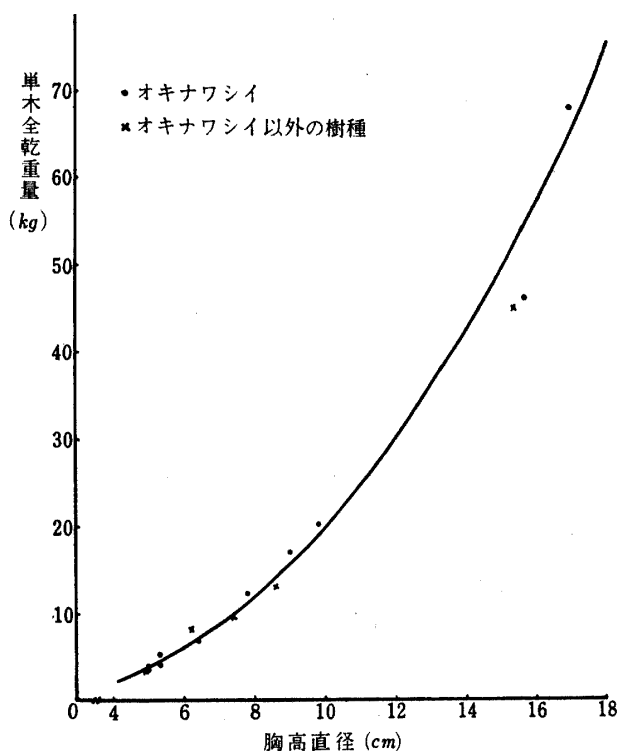
単木全乾重量と皮付胸高直径の関係を図示すると第9図のとおりである。第9図から、両者の関係は、単木生材重量の場合と同様に曲線式で示することができる。回帰式を計算すると次式のようなになる。

$$y = 0.1071 x^{2.2039}$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 皮付胸高直径

この式は、実測値とよく適合しており、相関度も高い(対数での相関係数0.994)。したがって、皮付胸高直径より単木全乾重量を推定することは可能である。



第9図 胸高直径対単木全乾重量

Fig. 9. Relation of D.B.H. to dry weight of stem without bark

第4表 単木皮内全乾重量表

Table 4. Dry weight of stem without bark in each diameter

胸高直径 (cm)	全乾重量 (kg)	胸高直径 (cm)	全乾重量 (kg)
2	0.515	18	75.067
4	2.418	20	95.288
6	6.221	22	118.280
8	11.940	24	144.080
10	19.801	26	172.770
12	29.940	28	204.400
14	42.468	30	238.920
16	57.460	32	276.510

上の回帰式を用いて胸高直径別の単木全乾重量を算出し、表示すると第4表のとおりである。ただし、第4表の数値は、樹皮の重量を含まない、いわゆる単木皮内全乾重量である。

さらに、両者の関係は、単木生材重量の場合と同様に胸高直径対幹材積の関係(第16図)に類似した傾向を示す。このことは、単木全乾重量が幹材積にかなり影響されていることを示すものと思われる。

つぎに、第9図から見ると、両者の関係においては、オキナワシ以外の樹種もオキナワシと同様な傾向を示すものと思われる。

2) 樹高との関係

樹高との関係は、樹高対幹材積および樹高対単木生材重量の関係とほぼ平行的な関係を有するものと考えられる。すなわち、胸高直径の大きさ(本調査においては10cm)によって、上層木、下層木の上下2つのグループに区分され、各グループ内においては曲線的な関係が認められる。これを図示すると第10図のようになる。

いま、胸高直径10cm以下の供試木について回帰式を計算すると、

$$y = 0.0054 x^{3.6217}$$

ここに y : 単木全乾重量

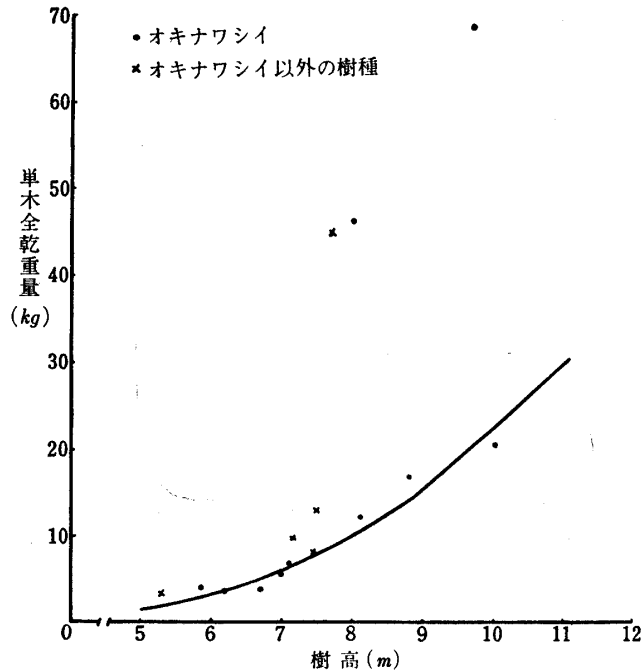
x : 樹高

となり、実測値と一致する。

なお、第10図からは、両者の関係は、オキナワシ以外の樹種においてもほぼ一致するものと思われる。

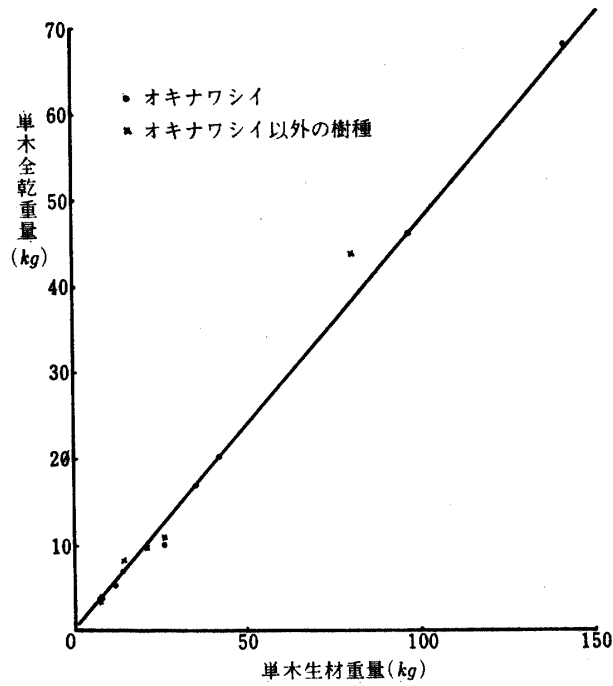
3) 単木生材重量との関係

単木全乾重量と単木生材重量とは、かなり相関度が高く、相関係数は0.9999となり、ほぼ完全相関となる。この関係を図示すると第11図のようになり、回帰式は、



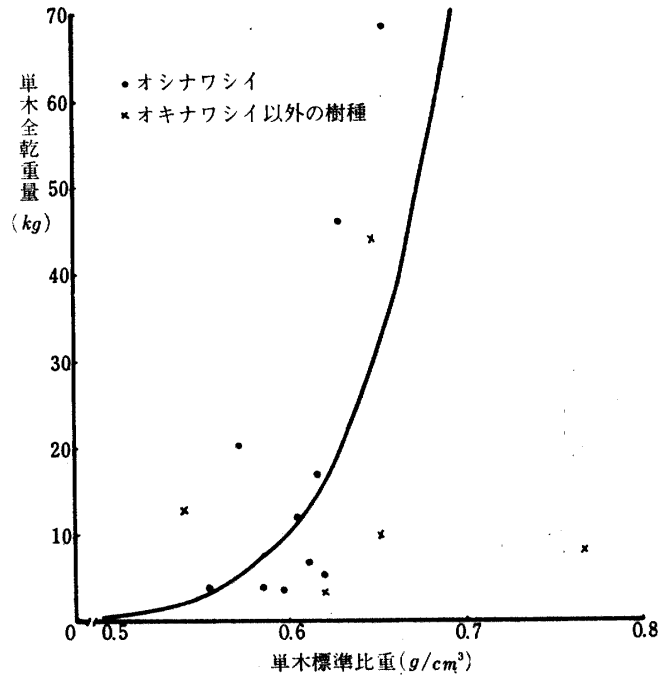
第10図 樹高対単木全乾重量

Fig. 10. Relation of tree height to dry weight of stem without bark



第 11 図 単木生材重量対単木全乾重量

Fig. 11. Relation of green weight of a tree to dry weight of stem without bark



第 12 図 単木標準比重対単木全乾重量

Fig. 12. Relation of mean specific gravity to dry weight of stem without bark

$$y = -0.223 + 0.487x$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 単木生材重量

と計算され、実測値とよく適合している。したがって、オキナワシイの単木全乾重量は単木生材重量の増加に比例して増加し、単木生材重量の値より単木全乾重量を推定することができるであろう。

なお、この関係においても、樹種による差は認められない。

4) 単木標準比重との関係

単木標準比重との関係は、第12図に示すごとく曲線で表われるが、変動が大きく、他の測定因子との関係に比較して相関度も低い(対数での相関係数 0.630)。

回帰式は、

$$y = 11522x^{13.7643}$$

ここに y : 単木全乾重量

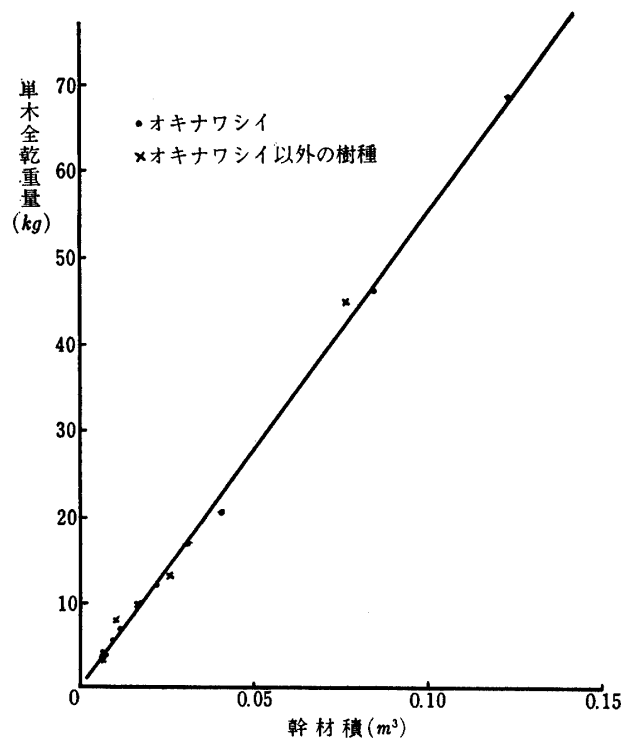
x : 単木標準比重

となり、単木標準比重が増加するにつれて急激に増大する。しかしながら、実測値との適合がわるく、バラツキが大きいため、上式により単木全乾重量を推定することは困難であると思われる。

5) 幹材積との関係

単木全乾重量と皮付幹材積の関係を図示したのが第13図である。すなわち、両者の関係は、単木生材重量の場合と同様に直線で表われる。両者の相関係数は0.995で非常に相関度が高い。

回帰式を計算すると、



第13図 幹材積対単木全乾重量

Fig. 13. Relation of volume with bark to dry weight of stem without bark

$$y = -0.450 + 555.923x$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 皮付幹材積

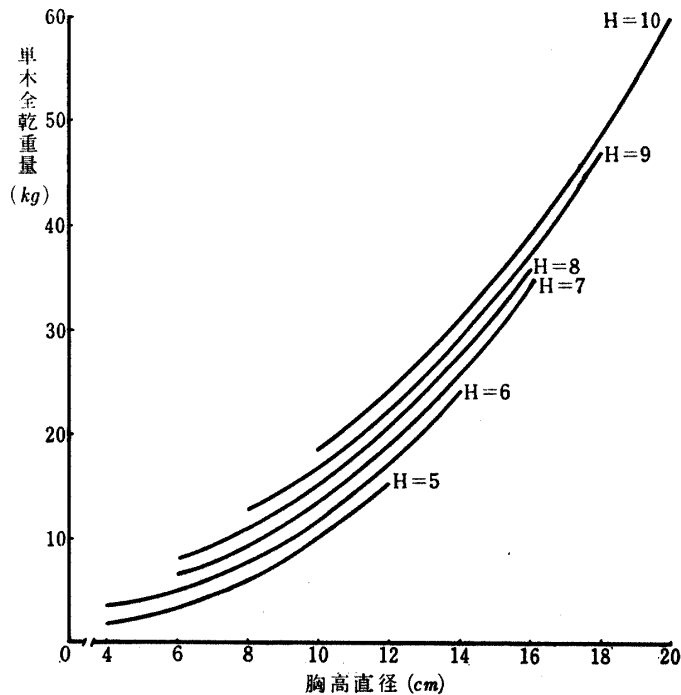
がえられ、実測値との適合はよい。すなわち、単木全乾重量は、幹材積の増加にともなって直線的に増加するといえることができる。

以上のことから、単木全乾重量は、単木標準比重との関係のほかは、いずれの測定因子とも相関度が高く、また、これらの回帰式は実測値とよく適合している。したがって、単木全乾重量は、単木標準比重を除けばいずれの測定因子からも推定が可能であろう。

標準比重は、本調査の結果からは、全乾重量を推定するための因子としてさして重要ではないよう

第 5 表 分散分析表
Table 5. Analysis of Variance

Source	S. S.	D. F.	M. S.	F
I	3547.3839	1		**
D	4037.5030	1		**
DH	14.8563	1		**
D ² H	174.7014	1		**
D ²	1.1910	1		3.526 non. sig.
H	2.7447	1		*
Error	1.3511	4	0.3378	
Total	7779.7314	10		



第 14 図 単木全乾重量式による曲線
Fig. 14. Curves by tree dry weight formula

に思われるが、本調査においては資料が不足であり、今後資料を十分収集した上で検討する必要があるであろう。

6) 単木全乾重量式

単木全乾重量は材積と密接な関係がある。したがって、単木全乾重量を表現する式として、材積式 $y=a+bD+cDH+dD^2H+eD^3+fH$ が適用されるものと考えられる。いま、分散分析法により各項の有意性を検定すれば、第5表に示すごとく、定数、D、DH、 D^2H および H の各項が有意と表われた。したがって、単木全乾重量式は次式で与えられる。

第6表 直径生長量計算表 (cm)
Table 6. Calculation of diameter growth

No.	D	2B	d=D-2B	L	x=d-L	y=2L/5	X=K·x	Y=K·y
1	7.8	0.4	7.4	1.19	6.21	0.476	6.5	0.500
2	6.4	0.4	6.0	0.97	5.03	0.388	5.3	0.408
3	9.0	0.4	8.6	1.07	7.53	0.428	7.9	0.350
4	9.8	0.4	9.4	1.20	8.20	0.480	8.6	0.505
5	16.9	1.1	15.8	1.67	14.13	0.668	14.9	0.702
6	5.0	0.3	4.7	1.07	3.63	0.428	3.8	0.450
7	5.3	0.3	5.0	0.77	4.23	0.308	4.5	0.324
8	5.0	0.4	4.6	0.82	3.78	0.328	4.2	0.345
9	5.3	0.2	5.1	0.76	4.34	0.304	4.6	0.320
10	15.6	0.7	15.1	1.82	13.28	0.728	14.0	0.765
Total	86.1		81.9					

$$K = \Sigma D / \Sigma d = 1.05128$$

D: 胸高直径 B: 樹皮厚 d: 皮内胸高直径 L: 最近5年間の年輪巾 x: 期間中央皮内直径 y: 連年皮内生長量 X: 期間中央皮付直径 Y: 連年皮付直径生長量

第7表 直径生長量回帰式計算表
Table 7. Calculation of regression equation of diameter growth

	n	x	y	check
1	10	74.3	4.769	89.069
x		698.21	40.5692	813.0792
y			2.480919	47.819119
7.43		146.161	5.13553	151.29653
0.4769			0.2065829	5.3421129
0.03513611702			0.02614031	0.02614031

$$b = 0.035136 \quad a = 0.2158 \quad Y = 0.2158 + 0.035136X$$

$$S^2 y \cdot x = 0.02814031/8 = 0.003517538750$$

$$c_{22} = 1/146.161 = 0.006841770376$$

$$c_{12} = -0.006841770376 \times 7.43 = -0.05083435389$$

$$\text{check: } 74.3 \times (-0.05083435389) + 698.21 \times 0.006841770376 = 1.0000000020196 = 1$$

$$c_{21} = c_{12} = -0.05083435389$$

$$c_{11} = 1/10 - (-0.05083435389) \times 7.43 = 0.4776992494$$

$$\text{check: } 10 \times 0.4776992494 + 74.3 \times (-0.05083435389) = 1.000000000$$

$$V(Y) = S^2 y \cdot x \cdot c_{11} + c_{22} X^2 + 2(c_{12} X)$$

$$= 0.003517540.47769925 + 0.00684177X^2 + 2(-0.05083435X)$$

$$y = -4.6186 + 0.2449 D - 0.2650 DH + 0.0345 D^2 H + 1.6743 H$$

ここに y : 単木全乾重量

D : 胸高直径

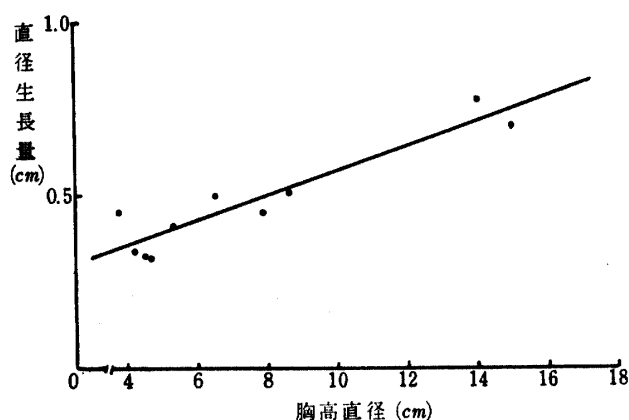
H : 樹高

すなわち、単木全乾重量は胸高直径、樹高およびその相乗積による重回帰式で示される。
この回帰式をもとにして単木全乾重量を計算し図示すると第 14 図のようになる。

4. 重量生長量の計算

1) 直径生長量の計算

供試木 10 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



第 15 図 連年直径生長量回帰直線

Fig. 15 Linear regression of current annual growth of diameter at breast height

第 8 表 直径生長量回帰式にもとづく直径階別直径生長量および信頼帯計算表
Table 8. Calculation of diameter growth and confidence band in each diameter by regression equation

X	Y	V(Y)	V(Y)	t 0.05 V(Y)
2	0.286	0.0010613436	0.0326	0.075
4	0.356	0.0007348905	0.0252	0.058
6	0.427	0.0004009671	0.0200	0.046
8	0.497	0.0003595732	0.0190	0.044
10	0.567	0.0005107090	0.0226	0.052
12	0.637	0.0008543743	0.0292	0.067
14	0.708	0.0013905693	0.0373	0.086
16	0.778	0.0021192938	0.0460	0.106
18	0.848	0.0030405480	0.0551	0.127
20	0.919	0.0041543317	0.0645	0.149
22	0.989	0.0054606450	0.0739	0.170
24	0.998	0.0069594880	0.0834	0.192
26	1.029	0.0085771610	0.0926	0.214
28	1.200	0.0105347626	0.1026	0.237
30	1.270	0.0126111943	0.1123	0.259
32	1.340	0.0148801556	0.1220	0.281

た。その結果は、第 6 表に示してある。

第 6 表にもとずいて連年直径生長量回帰式を計算したのが第 7 表である。また、これを図示すると第 15 図のようになる。第 15 図によると、連年直径生長量は、胸高直径の増加とともに増加する。

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 $t_{0.05}$ を乗じて計算した。その結果を示すと第 8 表のとおりである。

2) 材積式の計算

各供試木の胸高直径に対する幹材積の関係を図示すると第 16 図のようになる。

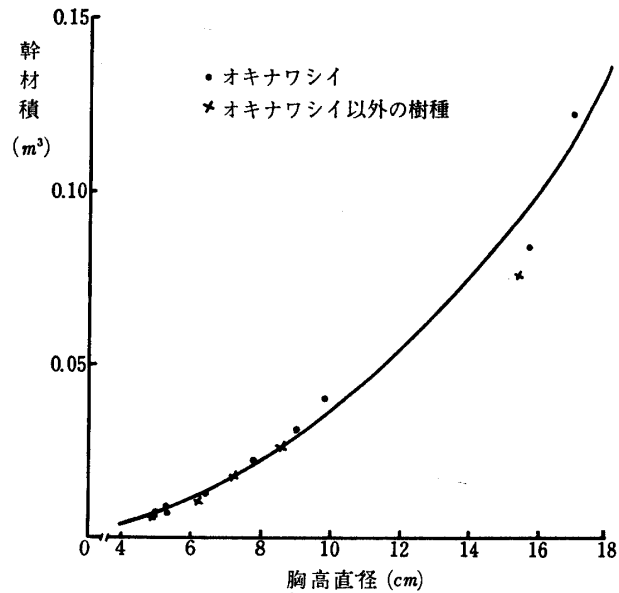
材積式 $V=aD^b$ を用いて回帰式を計算すると、

$$V = 0.00021 D^{2.24998}$$

ここに V : 材積

D : 胸高直径

となる。この材積回帰式にもとずいて、胸高直径階別の材積を計算し表示すると第 9 表のとおりであ



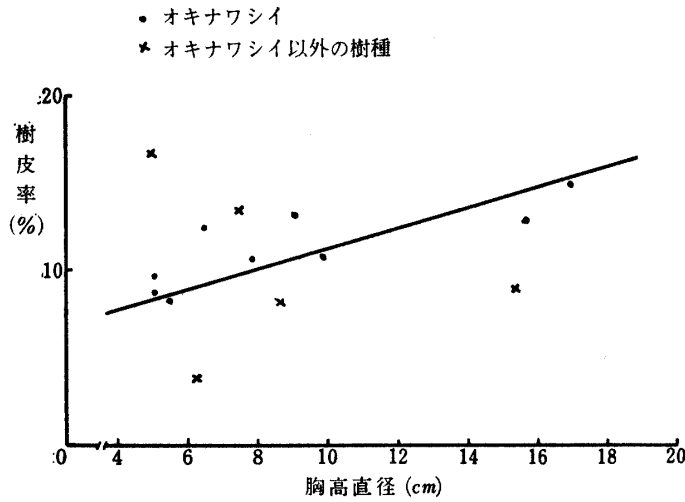
第 16 図 胸高直径対幹材積

Fig. 16. Relation of D.B.H. to volume with bark

第 9 表 立木材積表

Table 9. Volume table

胸高直径 (cm)	材積 (m³)	胸高直径 (cm)	材積 (m³)
2	0.0010	18	0.1380
4	0.0047	20	0.1749
6	0.0117	22	0.2167
8	0.0223	24	0.2636
10	0.0368	26	0.3157
12	0.0554	28	0.3730
14	0.0784	30	0.4355
16	0.1059	32	0.5035



第 17 図 胸高直径対樹皮率
Fig. 17. Relation of D.B.H. to bark volume percentage

第 10 表 分散分析表
Table 10. Analysis of Variance

Source	S. S.	D. F.	M. S.	F
1	1250.23076	1		**
x	30.07566	1		**
x ²	3.61132	1		2.264 non, sig.
Error	11.16386	7	1.59484	
Total	1305.08160	10		

第 11 表 胸高直径階別樹皮率
Table 11. Bark volume percentage in each diameter

胸高直径 (cm)	樹皮率 (%)	胸高直径 (cm)	樹皮率 (%)
2	8.47	18	15.14
4	9.30	20	15.98
6	10.14	22	16.81
8	10.97	24	17.65
10	11.81	26	18.48
12	12.64	28	19.32
14	13.47	30	20.15
16	14.31	32	20.99

る。

3) 樹皮率の計算

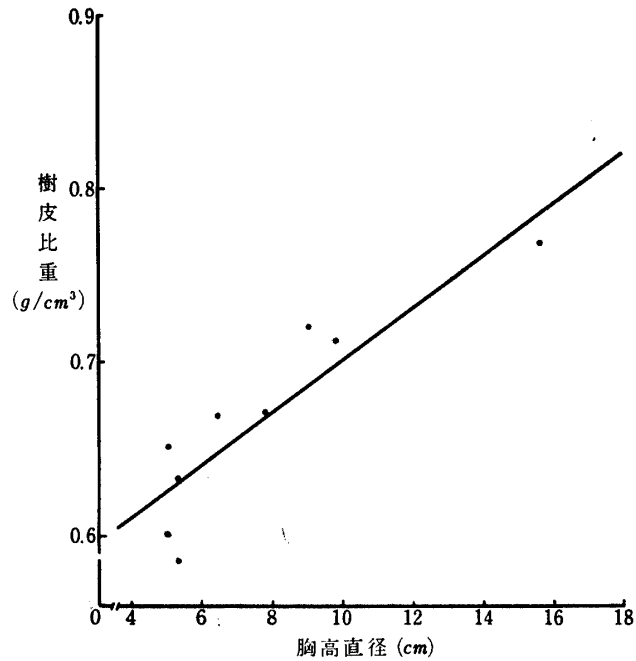
胸高直径と樹皮率の関係を図示すると第 17 図のようになる。

両者の間に曲線的な関係があるか否か、有意性の検定をおこなった。その結果第 10 表に示すごとく、定数と x の項が有意となった。つまり、両者の関係は直線で示されることになる。

回帰式を計算すると、次式のようになる。

第 12 表 樹皮比重測定値
Table 12. Specific gravity Measurement of bark in each height in stem

供試木番号	断面高 (m)	0.2	1.2	3.2	平均
1		0.655	0.677	0.678	0.670
2		0.674	0.663	0.669	0.669
3		0.714	0.723	0.720	0.719
4		0.708	0.703	0.724	0.712
5		0.800	0.816	0.799	0.805
6		0.615	0.586	0.599	0.600
7		0.546	0.568	0.639	0.585
8		0.630	0.632	0.692	0.651
9		0.628	0.638	0.630	0.632
10		0.734	0.772	0.795	0.767



第 18 图 胸高直径对樹皮比重
Fig. 18. Relation of D.B.H. to specific gravity of bark

第 13 表 分散分析表
Table 13. Analysis of Variance

Source	S. S.	D. F.	M. S.	F
1	4.637610	1		**
x	0.039057	1		**
x ²	0.001190	1		1.950 non. sig.
Error	0.004273	7	0.000610	
Total	4.682130	10		

$$y = 7.6326 + 0.4173x$$

ここに y : 樹皮率

x : 胸高直径

すなわち、オキナワシイの樹皮率は、胸高直径の増加にしたがって増大する。

いま、上式により、胸高直径別樹皮率を計算し、表示すると第 11 表のとおりである。

4) 樹皮比重の計算

10 本の供試木について、0.2m, 1.2m, 3.2m の各断面高における樹皮の供試片を抽出し、木材部と同様にして全乾比重を測定した。その結果は第 12 表のとおりである。

第 12 表における樹皮比重の平均値と胸高直径の関係を第 18 図に示した。

第 18 図によると両者の関係は、2 次曲線で示されるものごとくであるが、分散分析の結果、第 13 表に示すごとく、 x^2 の項が有意でない。したがって、両者の関係は上昇直線で示され、回帰式は、

$$y = 0.5515 + 0.0150x$$

ここに y : 樹皮比重

x : 胸高直径

と計算される。

第 14 表 胸高直径階別樹皮比重
Table 14. Specific gravity of bark in each diameter

胸高直径 (cm)	樹皮比重 (g/cm ³)	胸高直径 (cm)	樹皮比重 (g/cm ³)
2	0.582	20	0.821
4	0.611	18	0.851
6	0.641	22	0.881
8	0.671	24	0.911
10	0.701	26	0.941
12	0.731	28	0.971
14	0.761	30	1.001
16	0.791	32	1.031

第 15 表 樹皮全乾重量および単木皮付全乾重量の計算
Table 15. 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)	樹皮比重 (g/cm ³) (4)	樹皮全乾重量 (kg) (5)	皮内全乾重量 (kg) (6)	皮付全乾重量 (kg) (7)
			(1) × (2)		(3) × (4)		(5) + (6)
2	0.0010	8.47	0.00008	0.582	0.047	0.515	0.562
4	0.0047	9.30	0.00044	0.611	0.269	2.481	2.750
6	0.0117	10.14	0.00119	0.641	0.763	6.221	6.984
8	0.0223	10.97	0.00245	0.671	1.644	11.940	13.584
10	0.0368	11.81	0.00435	0.701	3.049	19.801	22.850
12	0.0554	12.64	0.00700	0.731	5.117	29.940	35.055
14	0.0784	13.47	0.01056	0.761	8.036	42.468	50.504
16	0.1059	14.31	0.01565	0.791	11.984	57.460	69.444
18	0.1380	15.14	0.02089	0.821	17.151	75.067	92.218
20	0.1749	15.98	0.02795	0.851	23.785	95.288	119.073
22	0.2167	16.61	0.03643	0.881	32.095	118.080	250.175
24	0.2636	17.65	0.04653	0.911	42.489	144.080	186.469
26	0.3157	18.48	0.05834	0.941	54.898	172.770	227.668
28	0.3730	19.32	0.07206	0.971	69.970	204.400	274.370
30	0.4355	20.15	0.08775	1.001	87.840	238.920	326.758
32	0.5035	20.99	0.10568	1.031	108.956	276.510	385.466

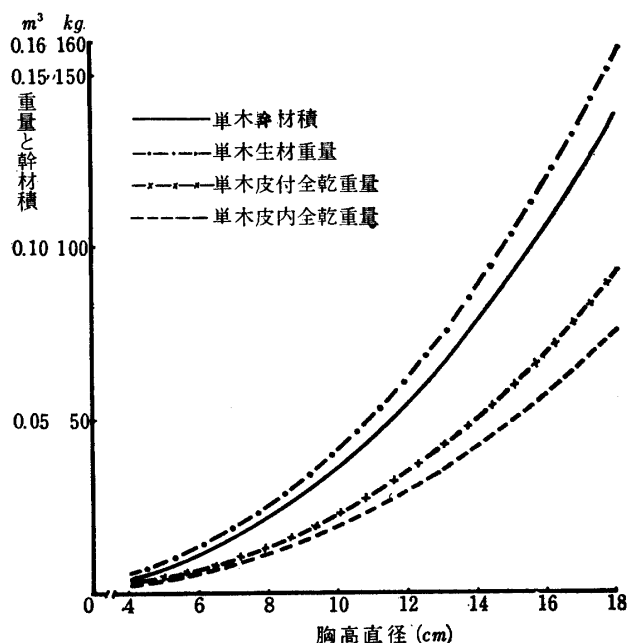
上式から樹皮比重を計算し、表示すると第14表のとおりである。

5) 樹皮重量および単木皮付全乾重量の計算

各胸高直径階に対応する樹皮重量は、単木材積に樹皮率を乗じて樹皮材積を計算し、この樹皮材積に樹皮比重を乗ずることにより求められる。

単木皮付全乾重量は、単木皮内全乾重量に樹皮全乾重量を加算することにより算出される。これらの計算を表示すると第15表のとおりである。

なお、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、こ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19図のようになる。第19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。第16表は、お互の比率を計算したものであるが、それらの比率の内、生材重量/幹材積は生材比重と考えられ、皮内全乾重量/幹材積および皮付全乾重量/幹材積は、それぞれ皮内および皮付の単木標準比重と考えることができる。第16表から、お互の比率を見ると、皮内重量/皮付重量の比率が胸高直径の増加にしたがって漸減しているの



第19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. 19. 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16表 各種測定値の比率

Fig. 16. Ratios as to various factor

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	1.117	0.528	0.585	0.473	0.524	0.902
6	1.118	0.532	0.598	0.476	0.534	0.891
8	1.121	0.535	0.609	0.478	0.543	0.879
10	1.123	0.538	0.621	0.479	0.553	0.867
12	1.124	0.540	0.633	0.480	0.563	0.854
14	1.124	0.542	0.644	0.482	0.573	0.841
16	1.124	0.543	0.656	0.483	0.583	0.827
18	1.125	0.544	0.668	0.484	0.594	0.814

に対してその他の比率は、逆に胸高直径の増加とともに漸増している。すなわち、どの比率も一定ではない。このことは、お互に完全に平行的ではないということを示すものである。

つぎに、皮付全乾重量と皮内全乾重量の差は、樹皮全乾重量であり、生材重量と皮付全乾重量の差は、林木に含まれる水分の量を示すものと考えられる。いま、この水分量の皮付全乾重量に対する比率を含水率として計算すると第 17 表のようになり、胸高直径が増加するにしたがって漸減する。

6) 材積生長量の計算

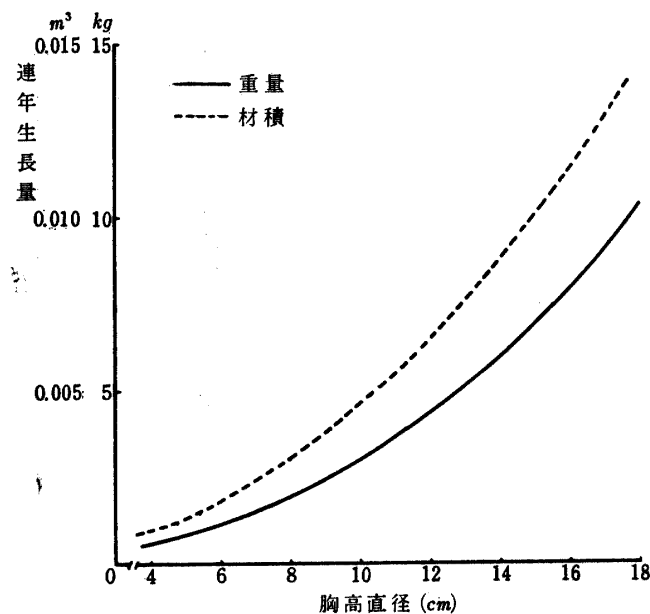
第 8 表の連年直径生長量と第 9 表の単木材積をもとにして、単木当りの材積生長量を計算し、これに本数を乗じて調査面積 (0.1012 ha) 当りの材積生長量を計算するとともに、単木材積に本数を乗じ合計することにより 0.1012 ha 当りの材積を算出した。これを表示したのが第 18 表である。

第 18 表から、本調査地の ha 当り全生長量は平均 $6.43 m^3$ で $7.20 \sim 5.65 m^3$ の間にあるということが 95% 信頼度でいえる。この場合の推定精度は 12.14% である。また、ha 当り材積は $52.79 m^3$ で、生長率は 12.18% となる。

各胸高直径階の単木当り材積生長量の平均値を図示すると第 20 図の点線で示された曲線となる。

第 17 表 含水率
Table 17. Percentage of water contents

胸高直径 (cm)	含水率 (%)
4	90.84
6	87.24
8	84.03
10	8.077
12	77.68
14	74.47
16	71.40
18	68.32



第 20 図 単木当り連年材積生長量および連年重量生長量

Fig. 20. Average current annual volume growth of a tree and average current annual dry weight growth of a tree

第 18 表
Table 18. Estimation

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)		
				上 限	平 均	下 限
2	0.0010	0.0037				
4	0.0047	0.0070	0.0054	0.414	0.356	0.298
6	0.0117	0.0106	0.0088	0.473	0.427	0.381
8	0.0223	0.0146	0.0126	0.541	0.497	0.453
10	0.0368	0.0186	0.0166	0.619	0.567	0.515
12	0.0554	0.0230	0.0208	0.704	0.637	0.570
14	0.0784	0.0275	0.0253	0.794	0.708	0.622
16	0.1059	0.0321	0.0268	0.884	0.778	0.672
18	0.1380	0.0369	0.0345	0.975	0.848	0.721
20	0.1749	0.0418	0.0394	1.068	0.919	0.770
22	0.2167	0.0469	0.0444	1.159	0.989	0.819
24	0.2636	0.0521	0.0449	1.251	1.059	0.867
26	0.3157	0.0573	0.0547	1.343	1.129	0.915
28	0.3730	0.0625	0.0599	1.437	1.200	0.963
30	0.4355	0.0680	0.0653	1.529	1.270	1.011
32	0.5035					

第 19 表
Table 19. Estimation

胸高直径 (cm)	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	0.562	2.188				
4	0.750	4.234	3.211	0.414	0.356	0.298
6	6.984	6.600	5.477	0.473	0.427	0.381
8	13.584	9.266	7.933	0.541	0.497	0.453
10	22.850	12.205	10.736	0.619	0.567	0.515
12	35.055	15.449	13.827	0.704	0.637	0.570
14	50.504	18.940	17.195	0.794	0.708	0.622
16	69.444	22.774	20.857	0.884	0.778	0.672
18	92.218	26.855	24.815	0.975	0.848	0.721
20	119.073	31.102	28.979	1.068	0.919	0.770
22	150.175	36.294	33.698	1.159	0.989	0.819
22	186.469	41.199	38.747	1.251	1.059	0.867
26	227.668	46.702	43.951	1.343	1.129	0.915
28	274.370	52.388	49.545	1.437	1.200	0.963
30	326.758	58.708	55.543	1.529	1.270	1.011
32	385.466					

7) 全乾重量生長量の計算

第 15 表の各胸高直径に対する単木皮付全乾重量と連年直径生長量から、材積生長量と全く同様に
して全乾重量生長量を計算した。これを表示したのが第 19 表である。

第 19 表の計算結果より、ha 当り全全乾重量生長量は平均 4.358 トンで、4.898~3.817 トンの範囲
にあるといふことができる。推定精度は 12.40% である。また、ha 当り全乾重量は 34.142 トンで、

材積生長量の推定
of volume growth

単木当り材積生長量 (m^3)			本数	全材積生長量 (m^3)			全材積 (m^3)
上 限	平 均	下 限		上 限	平 均	下 限	
0.00112	0.00096	0.00080	12	0.01344	0.01152	0.00960	0.0564
0.00208	0.00188	0.00168	40	0.08320	0.07520	0.06720	0.4680
0.00341	0.00313	0.00285	32	0.10912	0.10016	0.09120	0.7136
9.00514	0.00471	0.00427	25	0.12850	0.11775	0.10675	0.9200
0.00732	0.00662	0.00593	12	0.08784	0.07944	0.07116	0.6648
0.01004	0.00896	0.00787	7	0.07028	0.06272	0.05509	0.5488
0.01317	0.01159	0.01001	5	0.06885	0.05795	0.05005	0.5295
0.01682	0.01463	0.01244	5	0.08410	0.07315	0.06220	0.6900
0.02104	0.01810	0.01517					
0.02573	0.02196	0.01818					
0.03096	0.02621	0.02146					
0.03673	0.03088	0.02503	1	0.03673	0.03088	0.02503	0.3157
0.04304	0.03594	0.02884					
0.04992	0.04147	0.03301	1	0.04922	0.41447	0.03301	0.4355
合計			140	0.72898	0.65024	0.57129	5.3423
ha 当り			1384	7.20334	6.42528	5.64515	52.7894

全乾重量生長量の推定
of dry weight growth

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	
0.6647	0.5716	0.4784	12	7.9864	6.8592	5.7408	33.000
1.2811	1.1565	1.0319	40	51.2440	46.2600	41.2760	279.360
2.1459	1.9814	1.7968	32	68.6688	63.0848	57.4976	434.688
3.3228	3.0437	2.7645	25	83.0700	76.0925	69.1125	571.250
4.8671	4.4039	3.9407	12	58.4052	52.8468	47.2884	420.660
6.8264	6.0870	5.3476	7	47.4878	42.6090	37.4332	353.528
9.2188	8.1134	7.0080	5	46.0940	40.5670	35.0400	347.220
12.0973	10.5216	8.9458	5	60.4685	52.6080	44.7192	461.090
15.4748	13.3159	11.1569					
19.5280	16.6637	13.7993					
24.2362	20.5165	16.7968					
29.5116	24.8103	20.1076	1	29.5131	24.8103	20.1076	227.668
35.5981	29.7270	23.8559					
42.4626	35.2698	28.0770	1	42.4625	35.2698	28.0770	326.758
合計			140	495.7053	441.0074	386.3021	3455.222
ha 当り			1384	4898.2624	4357.7705	3817.2056	34142.431

ha 当り材積が $52.79m^3$ であるから本林の標準比重は $0.647 t/m^3$ となる。さらに、全乾重量の生長率は 12.76% となり、材積の生長率をわずかにうわまわる。

各胸高直径階に対する単木当り全乾重量生長量の平均を図示すると第 20 図の実線のようになる。

第 20 図から、単木当り連年材積生長量と連年全乾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ものと思われる。これを明らかにするために、重量対材積の比率、すなわち、標準

第20表 単木当りの連年重量生長が単木当り
連年材積生長量に対する比率

Table 20. Ratio of current annual dry weight growth
to current annual volume growth

胸高直径 (cm)	標準比重 (g/cm ³)
4	0.595
6	0.615
8	0.630
10	0.646
12	0.665
14	0.679
16	0.700
18	0.719
20	0.736

比重のかたちで計算すると第20表のようになる。

第20表より、この比率は胸高直径が増加するにしたがって漸増する。このことは、単木標準比重と胸高直径の関係が上昇直線で示されることから当然のことと考えられる。したがって、材積と全乾重量の連年生長は、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、沖縄の代表的な広葉樹であるオキナワシイの重量生長を測樹学的な立場から把握し、原料材生産林の生産技術確立のための基礎資料にする目的でおこなったものである。

調査の結果を要約するとおおよそつぎのとおりである。

1. 単木生材重量

1) 単木生材重量と胸高直径との間には次式のような関係が認められる。

$$y = 0.23121 x^{2.95201}$$

ここに y : 単木生材重量

x : 皮付胸高直径

この式は、実測値とよく適合し、相関度も高い (対数での相関係数 0.993)。したがって、胸高直径を測定することにより単木生材重量を推定することは可能であろう。

2) 単木生材重量と樹高の関係においては、上層木と下層木の区分が明確にあらわれる。それらを区分する胸高直径の大きさは、10~15cm の範囲にあるものと推定される。

胸高直径 10cm 以下の林木について両者の関係式を求めると、

$$y = 0.01094 x^{3.64337}$$

ここに y : 単木生材重量

x : 樹高

となり、実測値によく適合する。

3) 単木生材重量と皮付幹材積とは直線的な関係があり、相関係数は 0.999 で相関度がきわめて高い。回帰式は次式であたえられる。

$$y = -0.4608 + 1140.9052 x$$

ここに y : 単木生材重量

x : 皮付幹材積

すなわち、幹材積の増加にともなって単木生材重量も増加する。

以上要するに、単木生材重量は、胸高直径、樹高および幹材積と密接な関係があり、いずれの測定因子からも推定が可能である。

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。また、樹高の大きさには影響されず一定の数値をとり、胸高直径や幹材積が増大するにつれて増大する。これらの関係を式で表わすと次のとおりである。

胸高直径との関係	$y = 0.5679 + 0.004286x$ ここに y : 単木標準比重 x : 胸高直径
樹高との関係	$y = 0.6048$ ここに y : 単木標準比重
胸高平均比重との関係	$y = 0.17963 + 0.70346x$ ここに y : 単木標準比重 x : 胸高平均比重
幹材積との関係	$y = 0.5876 + 0.4953x$ ここに y : 単木標準比重 x : 幹材積

3. 単木全乾重量

1) 胸高直径と単木全乾重量との関係は、単木生材重量の場合と同様に曲線式で示すことができる。回帰式は、

$$y = 0.1071x^{2.2660}$$

ここに y : 単木全乾重量
 x : 皮付胸高直径

と計算され、実測値とよく適合し、相関度も高い(対数での相関係数 0.994)ので、胸高直径より、単木全乾重量を推定することは可能である。

2) 単木全乾重量と樹高との関係は、樹高対単木生材重量の関係に類した傾向を示す。すなわち、上層木と下層木の区分が明確にあらわれ、各グループ内においては曲線的な関係が認められる。

胸高直径 10 cm 以下の林木については、次式が適用される。

$$y = 0.0054x^{9.6217}$$

ここに y : 単木全乾重量
 x : 樹高

3) 単木全乾重量は、単木生材重量の増加にともなって増加し、相関係数は 0.9999 でほぼ完全相関となる。

両者の関係は次式で与えられる。

$$y = -0.223 + 0.487x$$

ここに y : 単木全乾重量
 x : 単木生材重量

4) 単木全乾重量は、単木標準比重が増加するにつれて急激に増大する傾向を示すが、変動が大きく相関度も低いので、単木標準比重のみから単木全乾重量を推定することは困難であろう。

5) 単木全乾重量と幹材積との関係は上昇直線であられる。すなわち、幹材積が増加するにしたがって単木全乾重量も増加する。この関係を数式で示すと次のとおりである。

$$y = -0.450 + 555.923x$$

ここに y : 単木全乾重量

x : 皮付幹材積

以上要するに、単木全乾重量は、単木標準比重との関係を除けば、いずれの測定因子とも相関度が高く、また、これらの関係式も実測値とよく適合する。したがって、単木標準比重を除けばいずれの測定因子からも推定が可能である。

6) 単木全乾重量は次式のように、胸高直径、樹高およびその相乗積による重回帰式で表わすことができる。

$$y = -4.6186 + 0.2449D - 0.2650DH + 0.0345D^2H + 1.6743H$$

ここに y : 単木全乾重量

D : 胸高直径

H : 樹高

4. 各種重量の関係

単木生材重量、単木皮内全乾重量、単木皮付全乾重量および単木皮付幹材積の胸高直径に対する変化は、お互にはば平行的な関係を有する。

5. 全乾重量生長量

1) ha 当り連年全乾重量生長量は平均 4.358 トンで 4.898~3.817 トンの範囲にある。なお、推定精度は 12.40% である。

2) ha 当り全乾重量は 34.142 トンで、ha 当り材積は $52.79 m^3$ である。したがって、本林の林分標準比重は $0.647 t/m^3$ となる。

3) 全乾重量の生長率は 12.76% で、材積の生長率 12.18% をわずかにうまわる。

4) 単木当り連年材積生長量と連年全乾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。

調査方法ならびにとりまとめに関しては、九州大学関屋雄偉博士の現地でのご指導ならびに粗稿を閲覧されてのご助言をいただき、供試片の測定に当っては、琉球大学仲宗根平男助教授、同屋我嗣良講師のご助言とご協力をいただいた。また現地調査においては、琉球大学農学部付属演習林岸本文男氏、同金城原一郎氏、同比嘉久信氏、同比嘉康勝氏、同宮城久隆氏各職員のご協力を得た。記して深謝の意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 飯塚 寛 1964. 成長曲線にもとづく樹幹の重量成長の研究. 九大演習林集報第 20 号.
- 2) 柿原道喜 1967. 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第 41 号.
- 3) 西沢正久 1959. 森林測定法.
- 4) 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第 38 号.
- 5) 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第 14 号.
- 6) 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第 13 号.

Summary

The study was done in order to grasp the growth of dry weight of Okinawashii which is representative species of broad-leaved species in Okinawa, from the view point of the forest measurement. The obtained data from the results of the study will be useful for the establishment of production technique in the forest for production of timber for raw material.

The results of the study are as follows:

1. Green Weight of Stem with Bark

- 1) The relation of the diameter at breast height to the green weight of stem is expressed by

$$y = 0.23121x^{2.25201}$$

where x : diameter at breast height

y : green weight of stem with bark

This equation is in conformity with the actual measurements, and the green weight has a high correlation with the diameter at breast height (the coefficient of correlation expressed in logarithm is 0.993).

Namely, it is possible to estimate the green weight of a tree from the diameter at breast height.

- 2) In the relation between the green weight of a tree and the tree height, the division of the main tree-crop and the dominated tree is observed clearly. The size of diameter which divide the main tree-crop and the dominated tree is estimated to be from 10 cm to 15 cm.

For the trees which have less than 10 cm in diameter at breast height, the relation between the green weight of a tree and the tree height is expressed by

$$y = 0.01094x^{3.64337}$$

where x : tree height

y : green weight of a tree

This equation is in conformity with the actual measurements.

- 3) The green weight of a tree is expressed by a linear regression equation of the volume with bark, and the correlation is very high as seen from 0.999 of the coefficient of correlation. The regression equation is

$$y = -0.4608 + 1140.9052x$$

where x : volume with bark

y : green weight of a tree

Namely, the green weight of a tree increases with the increase of the volume with bark.

From the above results, the green weight of a tree is closely related to the diameter at breast height, the tree height and the volume with bark, and it is said that it is possible to estimate the green weight of a tree from the above 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 tree height, but it increases with the increase of the volume with bark and the diameter at breast height.

They are given in equations as follows:

for the relation with the diameter at breast height

$$y=0.5677+0.004286x$$

where y : mean specific gravity

x : diameter at breast height

for the relation with the tree height

$$y=0.6048$$

where y : mean specific gravity

for the relation with the average specific gravity at breast height

$$y=0.17963+0.70346x$$

where y : mean specific gravity

x : average specific gravity at breast height

for the relation with the volume with bark

$$y=0.5876+0.4953x$$

where y : mean specific gravity

x : volume with bark

3. Dry Weight of Stem without Bark

1) The relationship between the dry weight of stem and the diameter at breast height, as in the case of the green weight of a tree, is expressed by a curvilinear regression equation.

The regression equation is calculated as follows:

$$y=0.1071+x^{2.2669}$$

where y : dry weight of stem without bark

x : diameter at breast height

This equation is in conformity with the actual measurements, and the dry weight of stem has a high correlation with the diameter at breast height (the coefficient of correlation expressed in logarithm is 0.994). Therefore, it is possible to estimate the dry weight of stem from the diameter at breast height.

2) The relation between the dry weight of stem and the tree height has a tendency that is similar to the relation of the green weight of stem and the tree height, that is, the division of the main tree-crop and the dominated tree is clear, and a curvilinear relation is recognized in each group.

The regression equation for the trees which have less than 10 cm in diameter at breast height is given as follows:

$$y=0.0054x^{3.6217}$$

where y : dry weight of stem without bark

x : tree height

3) The dry weight of stem increases with the increase of the green weight of stem, and this relation shows fairly a perfect correlation as seen from 0.9999 of the coefficient of correlation.

This relation is given in following equation.

$$y=-0.233+0.487x$$

where y : dry weight of stem without bark

x : green weight of stem with bark

4) The dry weight of stem shows a tendency that increases sharply with the increase of the mean specific gravity, but the variation is so great and the correlation is not high. Therefore, it is considered to be better to avoid the estimation of the dry weight of stem from the mean specific gravity.

5) The relationship between the dry weight of stem and the volume with bark is expressed

as a rising linear line. Namely, the dry weight of stem increases with the increase of the volume with bark.

The regression equation is as follows:

$$y = -0.450 + 555.923x$$

where y : dry weight of stem without bark

x : volume with bark

According to the above results, the dry weight of stem has a high correlation in each measurement factor excepting the relation with the mean specific gravity, and their relations are in conformity with the actual measurements. Therefore, it is considered that it is possible to estimate the dry weight of stem from each measurement factor.

6) The dry weight of stem is expressed as a multiple regression equation by the diameter at breast height, the tree height and the product of a mass of the diameter at breast height and the tree height.

The regression equation is shown as follows:

$$y = -4.6186 + 0.2449 D - 0.2650 DH + 0.0345 D^2H + 1.6743 H$$

where D : diameter at breast height

H : tree height

y : dry weight of stem without bark

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

5. Growth of Dry Weight

1) The range and the mean of current annual growth of the dry weight per hectare are from 4.898 ton to 3.817 ton, and 4.358 ton respectively. The precision of estimate is 12.40%.

2) The dry weight per hectare is 34.142 ton, and the volume per hectare is $52.79 m^3$. Therefore, the mean specific gravity of the stand is $0.647 ton/m^3$.

3) The growth percentage of the dry weight is 12.76% which is slightly higher than 12.18% for the volume.

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