

常緑広葉樹林の物質生産力について

菅 誠・斉藤 秀樹・四手井綱英

Studies of the Productivity of Evergreen Broad Leaved Forests

Makoto KAN, Hideki SAITO, Tsunahide SHIDEI

目 次

要 旨.....	55	4. 現存量の推定ならびに結果と考察.....	58
1. はじめに.....	56	引用文献.....	73
2. 調査林分について.....	56	Résumé	74
3. 調査方法.....	57		

要 旨

わが国の暖帯に広く分布する常緑広葉樹林の物質生産力を知る目的で、次の4種の林分について調査を行なった。

コジイ林（熊本県，1961年10月調査）

ウバメガシ・タイミン・タチバナ混交林（高知県，1962年11月調査）

アラカシ・ツバキ混交林（三重県，1963年8月調査）

ツバキ林（三重県，1963年8月調査）

それぞれの林分に数プロットずつの標準地を設け、胸高直径の毎木調査を行った。プロット内より合計159本の標準木を伐倒した。

その後標準木について樹体各部のサイズおよび重量を測定し、それらの間に成立する相対生長関係を求めた。この結果と毎木調査の結果とから林分の樹体各部の現存量ならびに生長量を推定した。

各相対生長関係については林分分離型が成立し、特に葉量・枝量・生長量に関するものでは1林分内でも、上層木・下層木による林分内分離が認められた。

林分の幹の現存量はかなりのバラッキが認められるが、林分平均樹高の10m前後の林分のみで比較すれば、150 ton/ha ぐらいの値となり、樹種による差はきわめて少い。ただしツバキの林分においてはいくぶん少いようである。また林分葉量についてみると、7～10 ton/ha 程度となり樹種による差は非常に少い。葉面積にするとツバキ林をのぞく各林分は8 ha/ha 程度の値を示し、ツバキ林はそれより少く6 ha/ha 程度の値を示す。枝の量は葉に比べると林分による差がかなり見られ10～40 ton/haの値であった。幹の生長量はツバキ林4 ton/ha・yr のをのぞく林分では10 ton/ha・yr 程度の値を示し、この値は地上部の生産量にすると約25 ton/ha・yr 程度の値となる。

葉量、生長量は複層林の方がいくぶん単層林に比べ多いようである。その関係と対応すると思われるが、みかけの吸光係数は複層林では0.4、単層林では0.6程度となり、複層林の方が小さい傾向がみられる。

十分に閉鎖した常緑広葉樹林での物質生産力は、スギ等の人工林の物質生産力におとらないものと思われる。

1 はじめに

近年、種々の森林についてその物質生産力が調査されているがあまり実用に走りすぎ、日本の暖帯に広く分布するが利用価値の低い常緑広葉樹林の物質生産力全般についての研究は少なく、¹⁾²⁾³⁾⁴⁾ 2, 3 みられるにすぎない。

わが国においては常緑広葉樹は、薪炭に利用されるのみで、最近ようやくパルプ等、セルローズ資源としての利用が開発されてきたが、比較的、用材としての利用価値が低く、物質生産も比較的少いとばかりと考えられ、その林分は針葉樹へ樹種変換され、いたずらに不成積造林地を造ることが多かった。しかし現在のように木材をセルローズ源と考えるようになってくると、常緑広葉樹林の物質生産力も改めて調べてみる必要が出てきた。

我々の研究グループはここ数年にわたって日本南部の常緑広葉樹林の物質生産力の調査を行い、そのつど報告しているが、ここにそれらの結果を総括して比較検討し、2, 3 の知見を得たので報告する。⁵⁾⁶⁾⁷⁾

なお本研究の大部分は文部省総合研究費によったもので、調査には京都大学のほかに、大阪市立大学、東京大学、北海道大学の研究グループが参加し、取りまとめは、菅・斎藤が行ったものである。

調査に参加された各大学の研究グループのかたがたに深く感謝する。

2 調査林分について

i 調査箇所ならびに樹種について

調査を行った森林は熊本県人吉市付近のコジイ林 (1961年10月調査)、高知県大月町付近のウバメガシ・タイミンタチバナ混交林 (1962年11月調査)、三重県伊勢神宮備林のツバキ林ならびにアラカシ・ツバキ混交林 (1963年8月調査) の4林分である。

ii 調査林分の概況

イ コジイ林について

調査を行なった林分は熊本県玖磨郡錦村にある住友林業人吉事業区内のコジイ天然生林のうち、比較的コジイの成立本数の多い6林班の一部と、3林班の一部である。

6林班のコジイ天然生林は、と小班にあり海拔約500m、ほぼ尾根通りに近い斜面上部の南西斜面で、傾斜は約30°でかなり急斜面である。直径10~25cmにわたるコジイ (*Castanopsis cuspidata*) が上層をしめ、一方タブ (*Machilus thunbergii*)、その他カシ類などが混交している。下層にはヒサカキ (*Eurya japonica*)、イスノキ (*Distylium recemosum*)、ヤブニッケイ (*Cinnamomum japonicum*) などが相当密に成立し、樹高のよくそろった上層木と、その下に種々の高さの下層木を持つ二段林状の林分である。

3林班のコジイ天然生林は、海拔約200m、斜面下部の幼齢林で、直径1~10cm程度の、下ばえを数年前に整理したという、林分である。

この他6林班の近くにある7林班の一部で、胸高直径3cm以下の稚樹の密生した部分について、1.8m²の全伐を行った。ただしこの部分ではコジイは約半数しか存在せず、ヒサカキがかなりの本数をしめている。

ロ ウバメガシ・タイミンタチバナ混交林について

調査を行った林分は高知県幡多郡大月町の豊後水道に面した弦場山ウバメガシ保護林である。傾斜約35°程度で南西向きの斜面である。この林分の上層はウバメガシ (*Quercus phylliracoides*) を主体とし、下層はタイミンタチバナ (*Rapanea neriifolia*) を主体とする耐陰性の強い樹種で構成され、

典型的な二段林を形成している。他の樹種の混交度は本数で上層は5~15%, 下層で6~10%である。林令は正確には不明であるが、80年以上のものと思われる。

ハ ツバキ林ならびにアラカシ・ツバキ混交林について

この林分は五十鈴川の水源地である神路山と島路山とからなる、三重県伊勢市の伊勢神宮備林の一部にある。調査したツバキ林は神路山28林班（略称 K-28 とよぶ）と島路山 70 林班（略称 S-70 とよぶ）、アラカシ・ツバキ混交林は神路山32林班（略称 K-32 とよぶ）である。

いずれの林分も海拔300~400m, 傾斜約25°であり, K-28 は北東斜面, S-70 は東南東斜面, K-32 は東向斜面である。

ほとんど全部の林地は褐色森林土に属し、腐植もかなり多い。

K-28 は伊勢市から五カ所に、S-70 は経礎部にそれぞれ至る県道ぞいに位置し、また K-32 は床木峠の直下に位置している。いずれの林分も明治31年に薪炭材として伐倒し、その後主に萌芽更新によって成林したものと考えられる。

K-28, S-70 の林分はツバキ(*Camellia japonica*) を主体とする。このほかカラスザンショウ(*Zanthoxylum ailanthoides*)、ヒサカキなどが本数にして1割程度ふくまれているがほぼツバキの純林状の林分となっている。K-32 は、上層はアラカシ(*Quercus glauca*) を主体とし、ウラジロガシ(*Quercus salicina*)、アカガシ(*Quercus acuta*) を含み、下層はツバキを主体としヒサカキ、シキミ(*Illicium religiosum*)、サカキ(*Cleyera japonica*) を2~3割程度含む混交二段林状の林分である。

(なお年平均気温は、いずれの林分も15~18°C程度で、年降水量は2000mm以上である。)

3 調 査 方 法

まず各林分に数プロットの標準地を設け（各林分の林木の大きさにより、25m²~400m²の大きさの標準地を取った。）、その中に含まれる胸高直径1cm以上の全林木の胸高直径の毎木調査を行った。その後、標準地内または付近より、6~45本程度標準木を全直径階に分散するようにとり、その標準木について次の各量を実際に測定した。

(胸高直径・枝下直径・樹高・枝下高・幹重・葉重・枝重・葉面積。)

このうち重量の測定は現場において生重を測定し、その中から数百g~数kgの試料を研究室にもちえり、乾燥器で乾燥し、実質率をもとめそれにより乾重を求めた。

幹の生長量については樹幹解析により材積の生長量を求め、それに比重を乗じて幹の生長量とした。

葉面積は数本の標準木からとった100~200gの葉を点数法⁸⁾で単位重量あたりの葉面積を求め、各林分葉量に乘じて各林分の葉面積を求めた。

それぞれの標準木の各量について相対生長関係を調べた。各標準地の現存量ならびに生長量は、毎木調査の結果と標準木の相対生長関係をもちいて推定した。

その外に、照度計（第5号型東芝照度計）を用いて林内の照度を測定し、付近の裸地の照度と比較した。

4 現存量の推定ならびに結果と考察

記号のつけ方

胸高直径 (DBH)	D (cm)
生枝下直径 (Diameter at the living lowest branch)	D_R (cm)
樹高 (Total height)	H (m)
生枝下高 (Clear bole height)	H_R (m)
個体材積 (Volume)	V (dm ³)
個体乾重量 (Dry weight)	w (kg)
乾物現存量 (Standing crop)	y (ton/ha, m ³ /ha)
部分をあらわす記号	
幹 (Stem)	S
枝 (Branch)	B
葉 (Leaf)	L
非同化器管 (地上部) (Woody shoot)	TC
地上部 (Top)	T
幹材積生長量 (Stem volume increment)	ΔV_R (dm ³ /yr)
林分乾重量生長量 (Standing crop increment in terms of weight)	Δy (ton/ha·yr)

Explanation of Marks in Figures

- △ Castanopsis cuspidata stand (NO. 6) upper story
- △ Castanopsis cuspidata stand (NO. 6) lower story
- ▲ Castanopsis cuspidata stand (NO. 3)
- Quercus phylliaeoides-Rapanea neriifolia mixed stand
(upper story; Quercus phylliaeoides)
- ▣ Quercus phylliaeoides-Rapanea neriifolia mixed stand
(lower story; Rapanea neriifolia)
- × Camellia japonica stand (NO. K-32)
- ⊙ Camellia japonica stand (NO. S-70)
- Quercus spp.-Camellia japonica mixed stand
(upper story; Quercus spp.)
- Quercus spp.-Camellia japonica mixed stand
(lower story; Camellia japonica)
- H Unpublished Data by Ogawa, H. et al.¹⁰⁾
- T Data by Tezuka, Y. et al.³⁾
- Y Data by Tadaki, Y. et al.⁴⁾

i 相対生長関係について

イ 幹の量について

$D^2H \sim w_s$ の相対生長関係を見ると, Fig. (1) のように分散の中はきわめて小さいが, 林分ごとの分離がみられ, コジイ林の 6 林班, 3 林班の間にも分離がみられることを考えると, この林分による分離は樹種だけによるものとは考えられない。

またその勾配についてみると林分による差はきわめて小さく, ウバメガシ-タイミンタチバナ混交林のみが 1 をしめし, 他は 0.933 となっている。しかもウバメガシ-タイミンタチバナ混交林についても, 上層のウバメガシと下層のタイミンタチバナをわけて考えて見ると, それぞれの勾配はほとんど同じで, その分離型はほぼ平行移動と考えられる。

そこで $D^2H \sim V_s$ の相対生長関係を見ると, Fig. (2) のように, 林分による分離はほとんど見られず, D^2H が約 $20\text{cm}^2 \cdot \text{m}$ 以下でやや上にずれる傾向が見られる。勾配はほぼ 1 に近く, $D^2H \sim w_s$ におけるツバキ林・コジイ林の勾配 0.933 に近い。 V_s/D^2H は 0.04~0.05 程度であり, おおまかにいえば樹幹胸高形数はほぼ 0.4~0.5 となり大径木ほどいくぶん小さくなる傾向がみられる。

また $w_s \sim V_s$ の関係をみると, Fig. (3) のように $D^2H \sim w_s$ の間に見られるのと同じように林分に

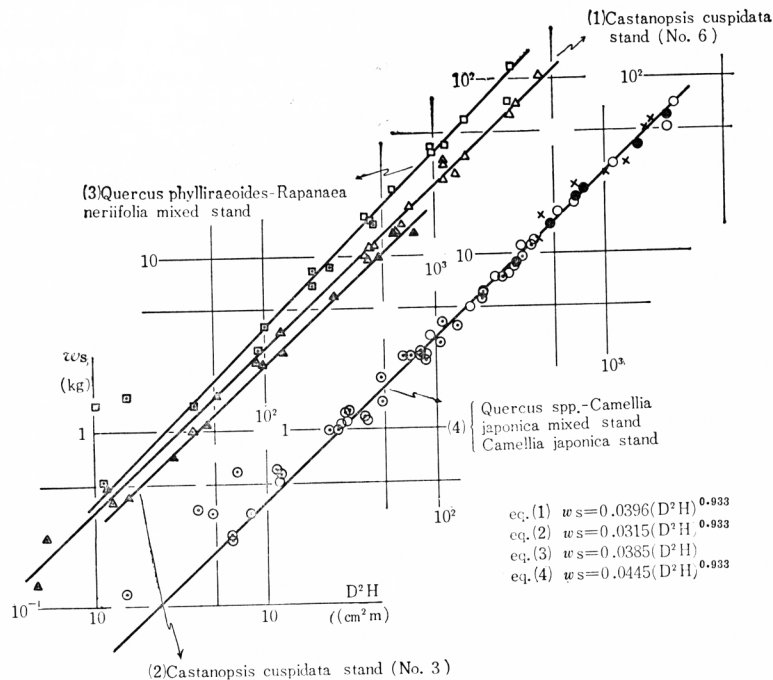


Fig. 1 Allometric relations between (D^2H) and stem dry weight (w_s)

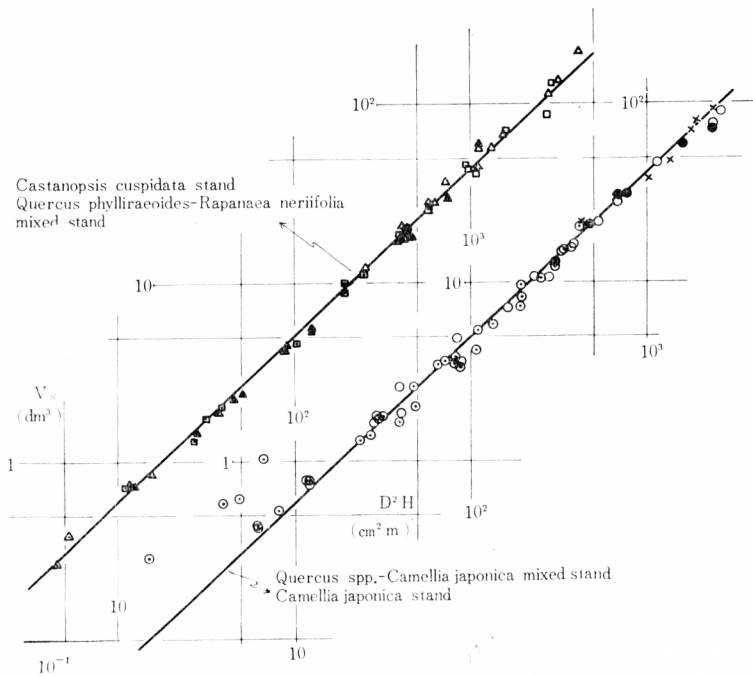


Fig. 2 Allometric relations between (D^2H) and stem volume (V_s)

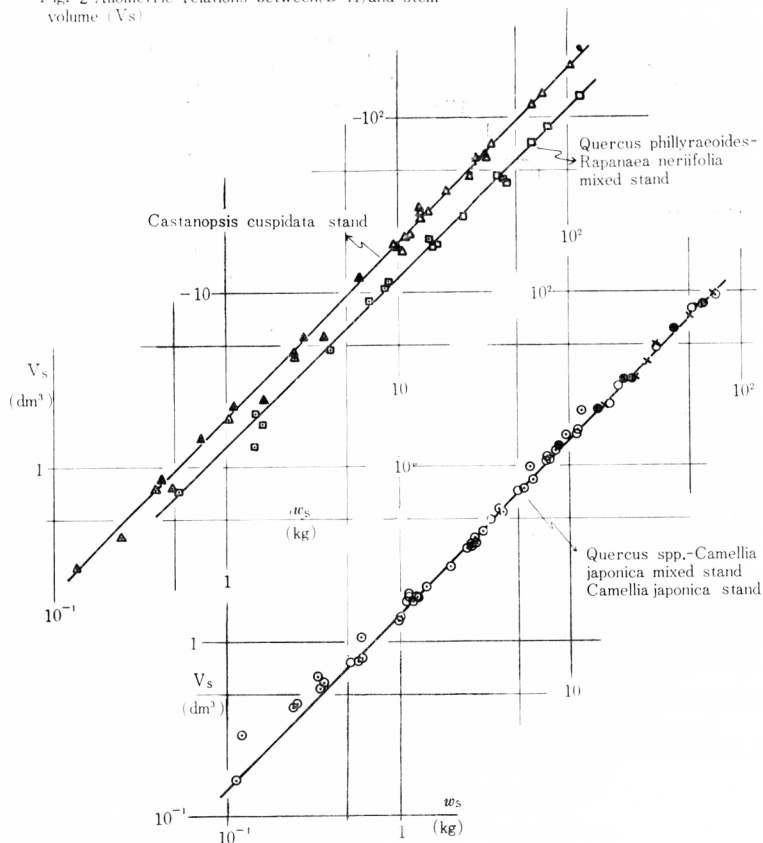


Fig. 3 Allometric relations between stem dry weight (w_s) and stem volume (V_s)

より分離するが、勾配はどの林分でもほぼ1に近く、 w_s の小さい所でのこの直線からのずれもほとんど見られない。この切片が比重の逆数を示すと考えれば、 $D^2H \sim w_s$ の林分による分離はほとんど林木の比重のちがいによるものと考えてよいであろう。

一方 $D^2 \sim V_s$ の相対生長関係を見ると、Fig. (4)のように(勾配による分離がある程度みられるが)、林分による分離がはっきりしなくなり、S字型曲線となって大径木において直線より下側にずれる傾向がみられる。標準木としてその林分の最大級の木をとっている場合には、この関係から現存量を推定してもあまり問題はないと思われるが、そうでない場合には大径木の現存量にしめる割合が大きいので過大値をうる場合が考えられる。

これは $D \sim H$ 関係、Fig. (5)に見られるHの頭打ちの現象に対応している。したがってHの測定が可能であれば、 $D^2H \sim w_s$ の相対生長関係から w_s の現存量を求める方がよいと考えられる。

Fig. (5)のように標準木の $D \sim H$ 関係から D を通して H を推定することはある程度可能であると思われる、この間の関係は D も H も logistic 曲線で生長するとし、 H は D に比べて頭打ち

が早く来るとすると,

$$\frac{1}{H} = -\frac{A}{D} + B$$

で表すことが出来る。

そこでこの曲線をつかって回帰曲線を求め、DよりHを推定し、これより D^2H をもとめて w_s の現存量を推定することが出来る。この場合においても小径木ではバラッキが大きくなる傾向が見られるが、小径木の現存量にしめる割合が小さいことを考えあわせと、多少のバラッキは無視して現存量を推定してもよからう。この小径木における測点のバラッキの原因は、胸高が小径木では適当な位置でないために起るものと思われる。

またコジイ林6林班の下層木は、上層木とはことなつたD~H関係がみられる。したがって幹の現存量の推定に関しては、 $D^2H \sim w_s$ の関係または $D^2H \sim V_s$ の関係を利用の方が精度が高いものと思われる。そこでこの場合は $D^2H \sim w_s$ との関係により y_s を求め、 yV_s は y_s を比重で割って求めることとする。しかし人工林の場合のようにHの巾が小さい場合には、 $D^2 \sim w_s$ または $D^2 \sim V_s$ の関係を利用することも可能であると思われる。

□ 葉の量について

葉の量と幹の量との関係を求めるには、 D^2H に間に入れるとDに胸高直径をと

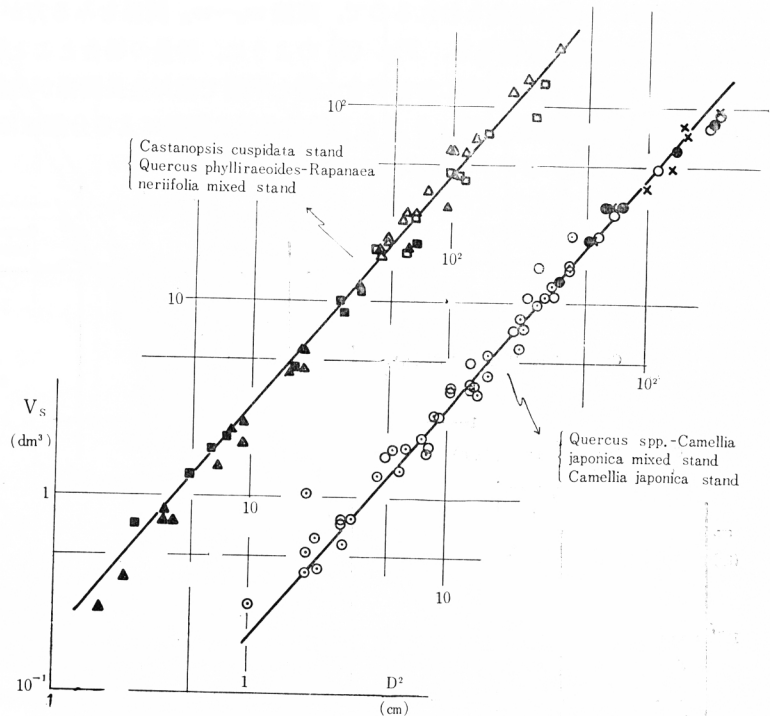
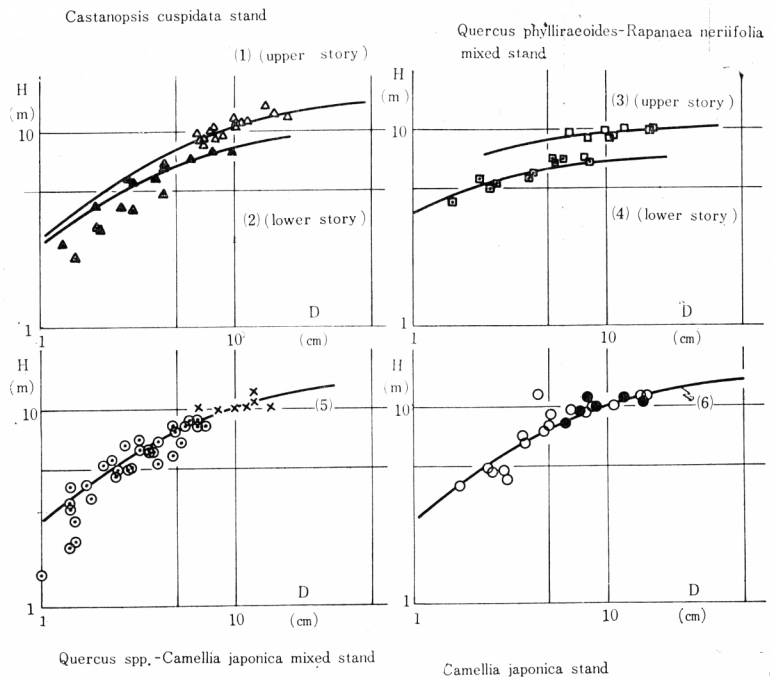


Fig. 4 Allometric relations between D^2 and stem volume (V_s)



$$\begin{aligned} \text{eq. (1)} \quad \frac{1}{H} &= -\frac{0.288}{D} + 0.0654 & \text{eq. (3)} \quad \frac{1}{H} &= -\frac{0.0943}{D} + 0.0943 & \text{eq. (5) \& (6)} \quad \frac{1}{H} &= -\frac{0.307}{D} + 0.0714 \\ \text{eq. (2)} \quad \frac{1}{H} &= -\frac{0.288}{D} + 0.0926 & \text{eq. (4)} \quad \frac{1}{H} &= -\frac{0.133}{D} + 0.133 \end{aligned}$$

Fig. 5 Allometric relations between D and H

ったためにおこるずれがあらわれるので、直接 $w_s \sim w_L$ 関係を見る方がよいと思われる。そこで $w_s \sim w_L$ の相対生長関係をみると、Fig. (6) のように、幹量の場合とことなつて林分ごとの相対生長の分離ばかりでなく、1 林分内においても上層と下層で相対生長関係が分離してくる。(ツバキ林、コジイ林 3 林分では認められない。) また 1 林分中での樹種による分離はほとんど認められない。

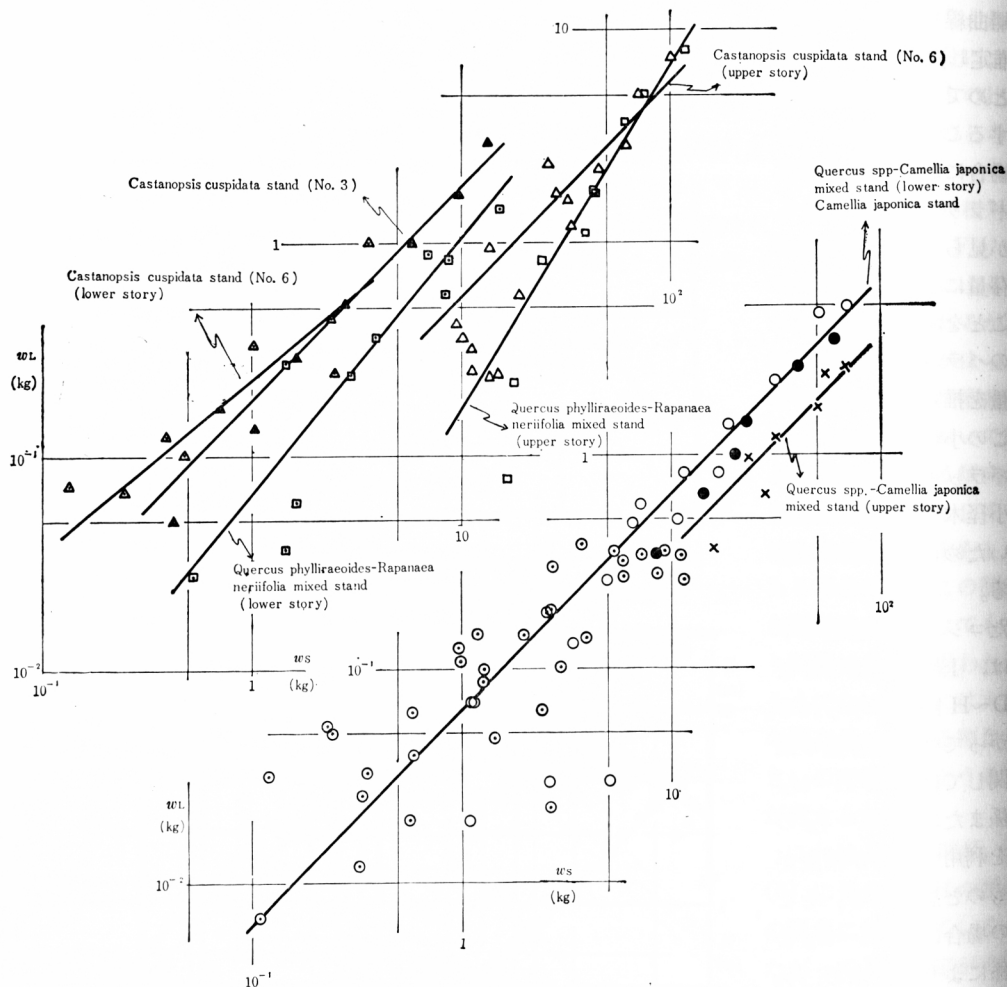


Fig. 6 Allometric relations between stem dry weight (w_s) and leaf dry weight (w_L)

その勾配についてみると、ウバメガシ-タイミンタチバナ混交林を除く他の林分ではほぼ 1 に近く、林分または上層・下層による分離は単に平行移動と考えてもよい。ウバメガシ-タイミンタチバナ混交林ではその勾配は 1 よりいく分大きい傾向が見られ、下層よりも上層の方がやや大きいように見られる。この傾向は他のどの林分にも同様に見られるが、上層・下層による勾配のちがいはウバメガシ-タイミンタチバナ混交林ほど顕著ではない。この林分による相対生長のちがいは葉の比重、幹の比重などによっても異なるものと思われるが、その影響は小さく、むしろクローネの枯れ上りの仕方の違いによっているものと考えてよからう。

これは $D_R^2 \sim w_L$ 関係 (Fig. (7)) において測点のバラッキは大きい、ほとんど林分ごとの分離が認められず、 $w_L \sim w_s$ の関係の分離が $H \sim H_R$ 関係 (Fig. (8)), の分離と対応していることから

理解出来ると思われる。

そこで葉の現存量の推定は $D^2H \sim w_s$ 関係を考慮して、次の回帰式を用い推定を行った。

コジイ林 6 林班 (上層)

$$w_L = 0.00218 (D^2H)^{0.933}$$

コジイ林 3 林班

$$w_L = 0.00564 (D^2H)^{0.933}$$

ウバメガシ・タイミンタチバナ

ナ混交林 (上層)

$$w_L = 0.0000230 (D^2H)^{1.596}$$

ウバメガシ・タイミンタチバナ

ナ混交林 (下層)

$$w_L = 0.00152 (D^2H)^{1.160}$$

アラカシ・ツバキ混交林 (上層)

$$w_L = 0.00160 (D^2H)^{0.933}$$

ツバキ林・アラカシ・ツバキ混交林

$$w_L = 0.00285 (D^2H)^{0.933}$$

ハ 枝の量について

$w_s \sim w_R$ の関係をみると、Fig. (9) のように、 $w_s \sim w_L$ 関係と同様な分離の仕方がみられるが、 $w_s \sim w_L$ 関係にくらべて点のバラッキも大きい傾向が見られ、その勾配は 1 よりもいくぶん大きいようである。このことは大径木ほど 1 林分内では枝の幹に対する割合が大きくなっていることを示すものと思われる。

その他は葉量における関係と非常によくにている。

そこで $w_R \sim w_L$ 関係をみてみる、Fig. (10) とに示すように勾配は 1 よりいくぶん小さくなり、点のバラッキは大きい。林分および上層・下層による分離がはっきりしなくなる。このことは単位量の葉を支えるためには大径木ほど多くの枝を要するが、林分・層・樹種などによってはあまり差がないことを示すものと考えてよからう。そこで枝の現存量の推定については、 $w_R \sim w_L$ 関係ならびに $D^2H \sim w_s$ 関係を考慮して、次の回帰式を用いて y_R の推定を行った。

コジイ林 6 林班

$$w_R = 0.000561 (D^2H)^{1.278}$$

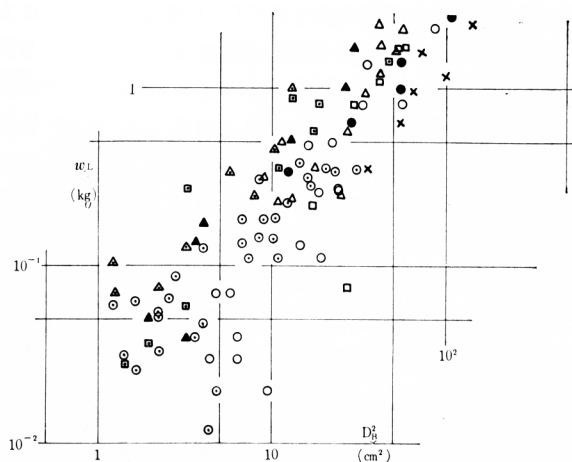


Fig. 7 Allometric relations between square of diameter at the living lowest branch (D_b^2) and leaf dry weight (w_L)

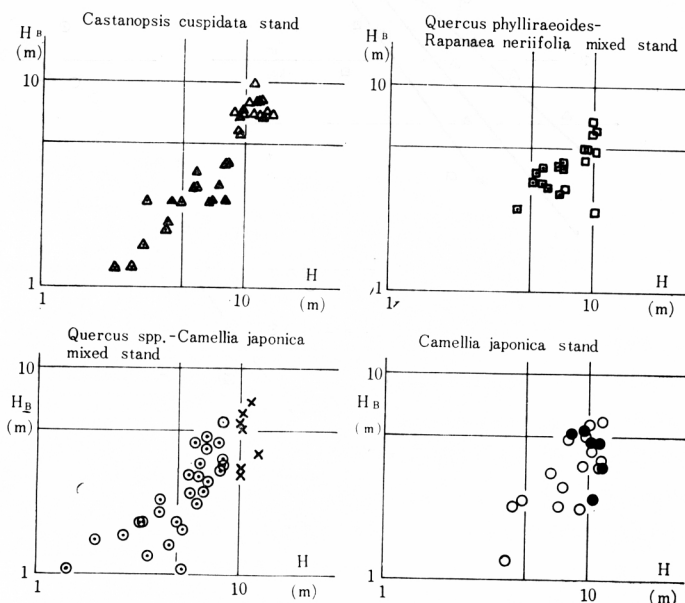


Fig. 8 Allometric relations between H and clear bole length (H_B)

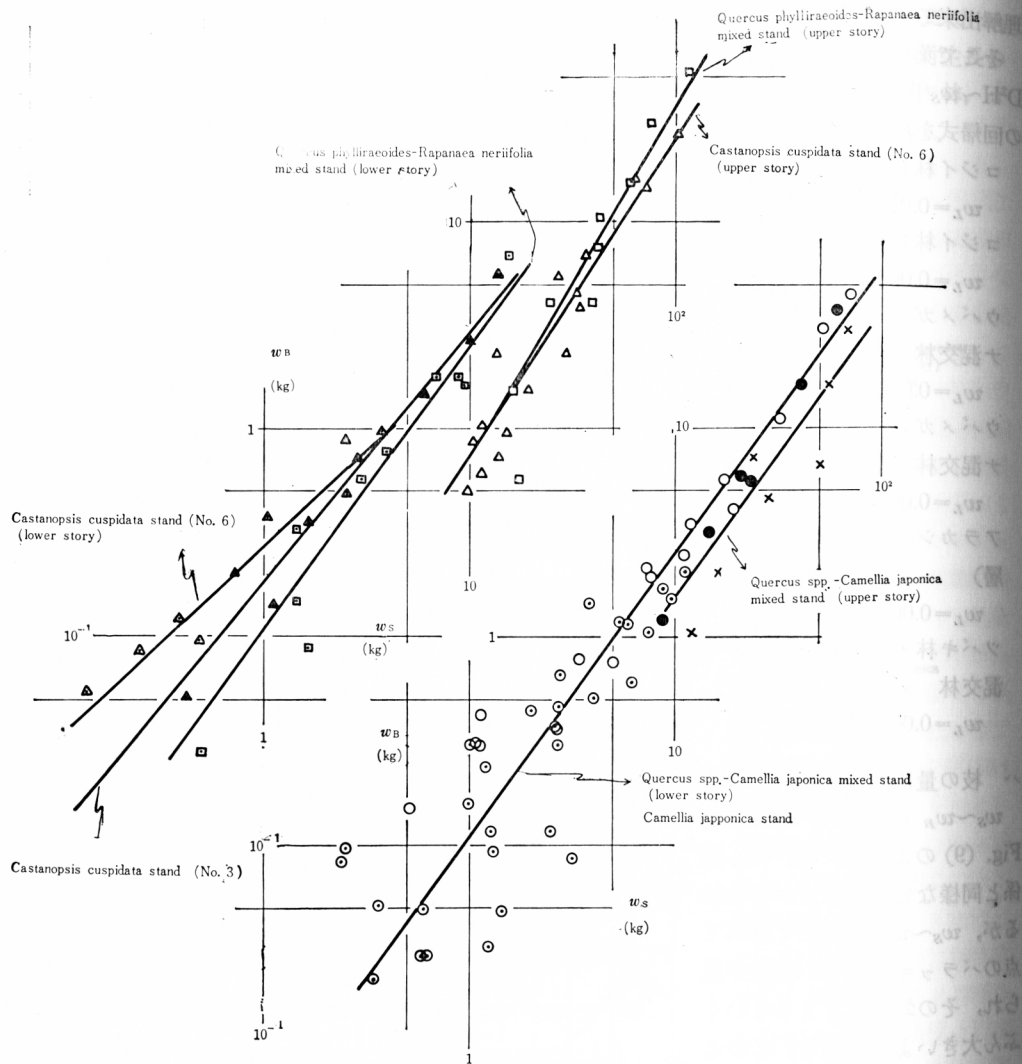


Fig. 9 Allometric relations between stem dry weight (w_s) and branch dry weight (w_B)

コジイ葉3林班

$$w_B = 0.00281 (D^2H)^{1.127}$$

ウバメガシ・タイミン・タチバナ混交林 (上層)

$$w_B = 0.0000559 (D^2H)^{1.703}$$

ウバメガシ・タイミン・タチバナ混交林 (下層)

$$w_B = 0.00116 (D^2H)^{1.381}$$

アラカシ・ツバキ混交林 (上層)

$$w_B = 0.00101 (D^2H)^{1.265}$$

ツバキ林・アラカシ・ツバキ混交林 (下層)

$$w_B = 0.00162 (D^2H)^{1.265}$$

ニ 幹の生長量について

$V_s \sim \Delta V_s$ の関係を見ると, Fig. (11) にみられるように, 林分による分離がみられ, コジイ林でみ

られるように同じ樹種の間でも林分による分離が見られる。また葉の量の場合と同じように、上層木と下層木の間で分離している。勾配についてその分離をみると上層の木の方が勾配が急な傾向がみられ、どの林分でもほぼ1に近い。3林班のコジイ林もほぼ1に近い点を考えると、一斉林状をなす林分では勾配は1に近くなるのではないかと思われる。下層木についてはその勾配は1より小さい傾向がみられる。

また切片についてみると、単木のもつ葉の幹に対する割合によるもののようであり、密度・樹齢などに密接な関係がみられるようである。

また一般に、

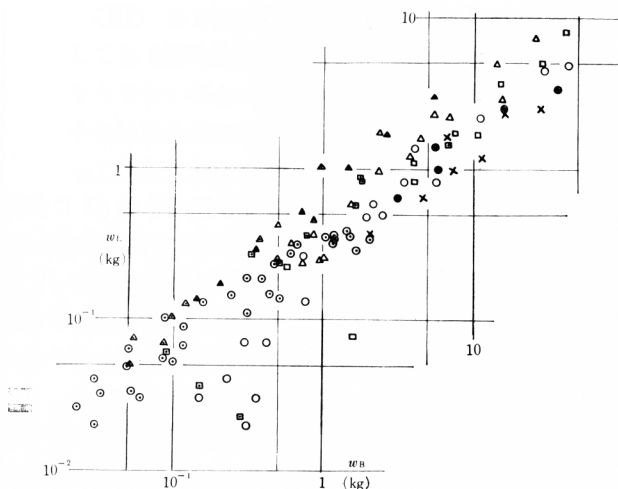


Fig. 10 Allometric relations between branch dry weight (w_B) and leaf dry weight (w_L)

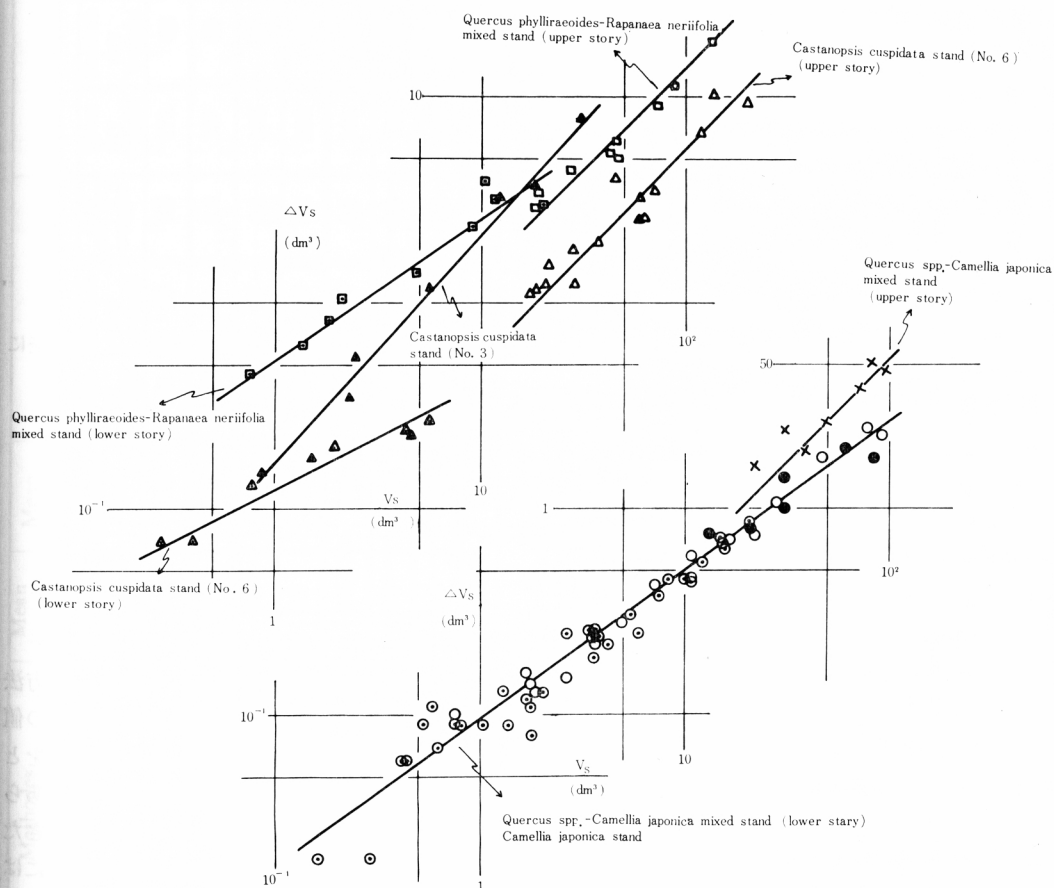


Fig. 11 Allometric relations between stem volume (V_S) and annual stem volume increment (ΔV_S)

$$\Delta w = (a-r) \cdot w_L - R \cdot w_{TC}$$

Δw : 1年当りの個体の重量生長量

a : 葉の同化率

r : 葉の呼吸率

R : 非同化部分の呼吸率

の関係が成立することを考慮してみると、 R は D に依存して変化し、大径木ほど小さくなる傾向があるものであり、 $(a-r)$ も上層木・下層木では異なるものと考えられるから、 $V_s \sim \Delta V_s$ の関係はある曲線の直線近似であると認めてよかろう。したがって林分の幹の生長量を推定するためにもちいる場合には、各林分ごとに回帰曲線を考えればよいものと思われる。

そこで上層・下層での分離のはっきりしないウバメガシ林については、林分内分離はないものとして回帰曲線を決めた。

その他コジイ林3林班、ツバキ林については各々1つの相対生長関係をもちいた。その他のものについては、上層木と下層木によって2つの相対生長関係をもちいた。

その各回帰式は次のとおりである、

コジイ林6林班(上層)

$$\Delta V_s = 0.00394 (D^2H)^{0.933}$$

コジイ林3林班

$$\Delta V_s = 0.0138 (D^2H)^{0.933}$$

ウバメガシ・タイミン・タチバナ混交林

$$\Delta V_s = 0.0363 (D^2H)^{0.519}$$

アラカシ・ツバキ混交林(上層)

$$\Delta V_s = 0.00301 (D^2H)^{0.958}$$

ツバキ林・アラカシ・ツバキ混交林(下層)

$$\Delta V_s = 0.0112 (D^2H)^{0.700}$$

ii 現存量の推定方法による誤差について

現存量の推定に関しては今までに色々の方法がとられたが、ここで2, 3の推定方法による誤差についてのべよう。

1例としてアラカシ・ツバキ混交林⁷⁾、ツバキ林⁷⁾の場合についてのべる。

すなわち、

(I) 毎木調査と $D^2 \sim w$ の相対性長関係による。

(II) 毎木調査と $D^2H \sim w$ の相対生長関係による。

(III) 毎木調査と階級別標準木による方法。

(IV) 全伐による方法(実数を知るために)

これらによって求められたそれぞれの現存量を、幹・枝・葉について示すと次のようになる。

この表からわかるように、幹の量についてみると、 D^2 との相対生長関係をもちいて推定した方法は、他のどの方法によるよりも大きい値を示す場合が多く、アラカシ・ツバキ混交林の全伐林分の値と比較してみるとわかるように過大評価になっているものではないかと思われる。しかも標準木をとっていない。プロット、K-32-1 や K-32-2 のように大径木の多い区においてはこの傾向が強くあらわれている。これは相対生長関係の個所でも述べたが、S字型曲線を直線で近似したために出てきたものと思われる。前にも述べたように小径木での回帰曲線からのずれは、1林分の現存量の推定にはあまり問題にならないようである。しかしこの場合のように最大級の木が標準木として測定されている場合には、 D^2 との相対生長関係から現存量を推定してもその誤差は極めて小さい。

Table 1. Estimates of standing crop on various methods

Methodes of estimation	Mean diameter of breast height of dominant trees	Mean height of dominant trees	(I)			(II)			(III)			(IV)		
			Stem dry weight	Branch dry weight	Leaf dry weight	Stem dry weight	Branch dry weight	Leaf dry weight	Stem dry weight	Branch dry weight	Leaf dry weight	Stem dry weight	Branch dry weight	Leaf dry weight
Mixed Stand <i>Quercus Spp.</i> <i>Camellia</i>	K-32-1	9.2	191	50	7.5	173	48	7.1						
	K-32-2	10.5	167	54	6.3	157	49	5.9						
	K-32-3	9.3	161	37	6.4	155	37	6.3	153	38	6.0	153	39	5.4
Stand <i>Camellia</i>	K-28-1	9.7	130	47	7.3	128	49	7.5	112	45	7.5			
	K-28-2	9.3	107	37	6.1	101	43	7.1						
	S-70-1	5.9	86	23	5.0	85	24	5.3						
	S-70-2	9.8	128	44	7.4	122	47	7.6	122	43	7.1			

(III) の方法は最大級の木を標準木として測定してある場合にはかなり良い推定方法であろうが、そうでない場合には過少評価になる傾向がある。それは最大級を木の推定がそれより小さい木によって代表されるために起るものと思われる。

これらの傾向は葉、枝の量においても現われるが、必ずしも $D^2 \sim w$ との相対生長関係から推定したものが、 $D^2 H \sim w$ との相対生長関係から推定したものよりも大きくはなっておらず、その差も小さい。このことは上層木と下層木とをわけて別の相対生長関係をつかったためであろう。

ツバキ林では (I) の推定方法による場合の方が (II) の方法によるよりも小さく出ているのは、上層木と下層木とを区別をせずに推定したためと思われる。(他の林分からもわかるように、大径木では相対生長関係の勾配が大きい傾向がある。この傾向は $D^2 \sim wL$ 関係の方が H の考慮がないために強くあらわれているようである。)

しかしどの方法によるにしても供試木が十分であれば、推定方法による誤差は非常に小さいものようである。

iii 林分現存量

幹の現存量についてみると、コジイ林では 170 ~ 300ton/ha, ウバメガシ—タイミンタバナ混交林では 140 ~ 180 ton/ha, アラカシ—ツバキ混交林では 120 ~ 150 ton/ha, ツバキ林では 80 ~ 130 ton/ha, となっている。

この結果ではコジイ林では非常にばらつきが大きいようであるが、樹高が10m前後の林分どおしで比較してみると、どの林分も 150ton/ha 前後でその差は非常に少い。その他コジイ林の 6-F, 7-G のプロットは 91 ~ 92ton/ha となり現存量が非常に小さいが、胸高断面積合計ならびに葉量などからみるとこの林分は十分に閉鎖していないものと考えられ、林分が十分に閉鎖しておれば、高さの同じ程度の林分では樹種によって幹の現存量はあまり変わらないのではないと思われる。

y_{rc} についてみると、その傾向がさらに強く表われているようである。 $\rho \sim y_{rc}$ の図を見れば (Fig. (12)), その傾向をはっきりと知ることが出来る。この値は熱帯の常緑広葉樹の 250 ~ 300ton/ha の値よりいくぶん低いようである。

Table 2. Standing Crop of aerial Shoots

Plot number	sample area	stand age	Tree density	Basal area	Mean diameter at breast height	Mean Height of dominant trees	Stem dry weight	Branch dry weight	Woody Shoot dry weight $y_{TC} =$	Leaf dry weight	Top dry weight $y_T =$	Leaf area index	Stem volume	Light extinction coefficient K	Note
	m × m	yrs	ρ No/ha	m ² /ha	$\bar{D}$ cm	$\bar{H}$ m	y_s ton/ha	y_B ton/ha	$y_S + y_B$ ton/ha	y_L ton/ha	$y_{TC} + y_L$ ton/ha	F	y_{VS} m ³ /ha		
Castanopsis stand	6-A	20 × 20	Ca. 40	12,500	46	—	159	33	191	12	203	11.	305		
	lower story			7,800	5.9	2.7	12	3.4	15	2.4	17	2.1	23		
	upper story			4,700	40	11	147	29	176	10	186	8.6	282		
	6-B	20 × 20	Ca. 40	10,100	46.	—	159	37	197	12.	209	10.	305		
	lower story			7,200	4.6	3.0	8.3	2.5	11	1.9	13	1.6	16		
	upper story			2,900	41.	14.	151	35	186	9.9	196	8.5	290		
	6-C	10 × 20	Ca. 40	7,400	52.	—	181	46	227	11.	239	9.7	347	0.37	*
	lower story			4,450	3.7	3.3	7.4	2.2	19.6	1.5	11	1.3	14		
	upper story			2,950	48.	15.	174	44	218	9.8	228	8.5	334		
	6-D	10 × 10	Ca. 40	8,000	49.	—	157	31	188	9.9	198	8.5	301	0.37	*
	lower story			3,000	2.7	3.2	0.5	1.6	2.1	1.1	3.1	0.9	1		
	upper story			4,700	46.	11.	156	30	186	8.8	195	7.6	299		
	6-E	20 × 10		2,900	44.	14.	153	35	188	8.6	196	7.4	294		
	6-F	10 × 10		3,100	27.	11.	91	16	107	5.1	112	4.4	175		
	7-G	20 × 10		3,150	27.	11.	92	17	109	5.2	114	4.4	177		
	7-H	1.2 × 1.5		150,000	17.	2.3	29	9.1	38	6.4	44	5.5	56	0.69	+
	3-I	10 × 10	Ca. 12	13,800	18.	4.0	33	8.4	41	6.0	47	5.2	63	0.67	*
	3-J	10 × 10	Ca. 12	20,900	25.	3.9	47	11.	58	8.4	66	7.2	90	0.67	*

<i>Quercus-Rapanaca</i> Mixed stand	0-1	20 × 15	Ca. 80	18,600	40.	—	—	172	37	209	8.8	218	6.9	190.		*
	lower story			14,600	11.	3.1	5.7	34	6.1	40	2.8	43	2.7	40.		
	upper story			4,000	29.	9.6	9.6	137	31	168	6.0	174	4.2	150.		
	0-2	10 × 16.4	Ca. 80	17,100	49.	—	—	205	48.	253	12.	265	9.4	229.		*
	lower story			13,400	16.	3.9	6.0	50	11.	61	4.4	65	4.4	59.		
	upper story			3,700	33.	11.	9.7	155	38	193	7.4	201	5.1	170.		
	0-3	10 × 9.8	Ca. 80	15,000	48.	—	—	211	43.	254	9.9	264	7.7	234.		*
	lower story			9,800	11.	3.7	6.0	33	6.7	39	2.8	42	2.8	39.		
	upper story			5,200	38.	9.6	9.6	178	37.	214	7.1	222	4.9	195.		
<i>Quercus spp-Rapanaca</i> Mixed Stand	K-32-1	10 × 9	Ca. 70	13,600	48.	—	—	173	48.	221	7.1	228	7.5	251	0.45	*
	lower story			8,300	12.	4.3	7.2	37	7.9	45	2.3	47	1.4	53.		
	upper story			5,300	36.	9.2	9.9	136	40.	176	4.8	181	6.1	198.		
	K-32-2	10 × 9	Ca. 70	5,500	41	—	—	157	49.	206	5.9	212	7.0	228.	0.45	*
	lower story			1,200	2.9	5.6	8.2	9.7	2.7	12	0.7	13	0.5	14.		
	upper story			4,300	38.	10.5	10.4	147	46.	193	5.2	198	6.6	214		
	K-32-3	5 × 5	Ca. 70	15,600	44.	—	—	155	37.	192	6.3	199	6.8	225.	0.45	*
	lower story			10,800	11.	3.6	6.5	32	6.2	39	2.0	41	1.4	46.		
<i>Camellia</i> Stand	upper story			4,800	33.	9.3	10.0	123	31	154	4.3	158	5.4	179		
	K-32-3	5 × 5	Co. 70	15,600	44.	—	—	153	39	192	6.4	198	6.2	221		* +
	K-28-1	20 × 9	Ca. 70	4,400	33.	8.1	10.1	128	49	177	7.5	185	6.2	184	0.59	* +
	K-28-2	20 × 9	Ca. 70	4,600	27.	8.7	10.0	101	43	144	7.1	152	5.6	145	0.59	*
	S-70-1	10 × 8.7	Ca. 70	9,000	25.	5.9	8.4	85	24	109	5.3	114	3.7	122		
	S-70-2	10 × 9	Ca. 70	4,300	33.	9.8	10.2	122	47	169	7.6	177	6.8	176	0.51	*

* : Stands where the sample trees were taken

+ : Clear-felled stand (actually measured)

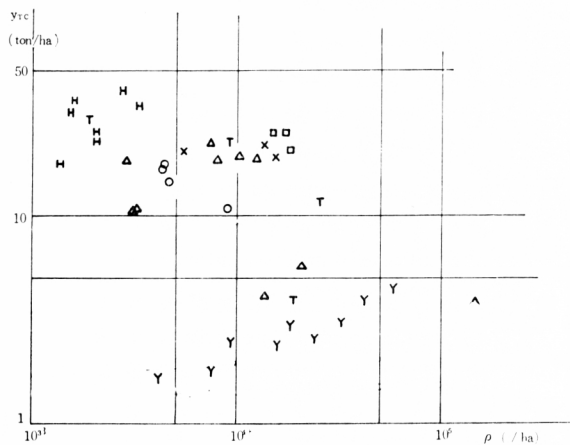


Fig. 12 Relation between tree density (ρ) and standing crop of woody shoot (y_{rc})

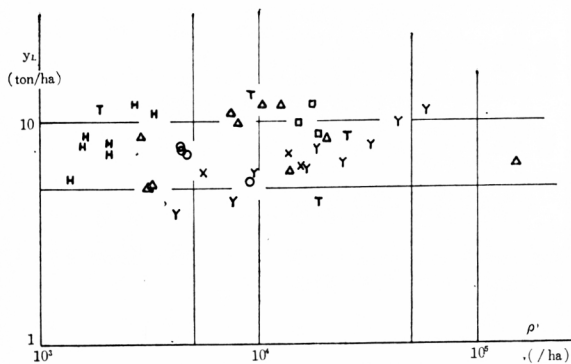


Fig. 13 Relation between tree density (ρ) and standing crop of leaves (y_L)

葉の現存量についてみると (Fig. (13)), 5~12ton/ha 程度となり幹の量にくらべて林分による差は非常に少ない。その中で樹種による差を見てみると、コジイ林・ウバメガシ・タイミンタチバナ混交林では11ton/ha 前後であり、アラカシ・ツバキ混交林・ツバキ林ではいくぶん少なく7ton/ha 前後となっている。これを葉面積についてみると、Table 2 のように樹種による差はさらに少なくなり、コジイ林では10ha/ha 前後となり、その他のものでも7~8ha/ha 前後になっており、いまだ良くいわれているように、葉の量は十分に閉鎖している場合には林分による差は非常に少ないということを良く示している。

樹種による差はある程度みられるが、葉の厚い樹種で葉重量が多い傾向があり、したがって葉面積指数にしてみると、その差は非常に少なくなるようで常緑広葉樹林ではほぼ8~10層程度になるのではないかとと思われる。

しかしこの場合にもツバキ林は葉の厚い樹種であるにもかかわらず、葉量が少なく、葉面積指数にするとさらに少なくなる。

Table 2 のように、生長量も非常に少ない。これは閉鎖が十分でないのか、あるいは

は立地条件によるのか、樹種そのものの影響によるものか不明であるが、林令・密度・土壌などの関係から考えると、ツバキという樹種の性質によるのではないと思われる。

その他現在までに多くの研究者によって測定されたデータ³⁾⁴⁾¹⁰⁾を、 $\rho \sim y_L$ の図にのせてみると、Fig. (13)のように、ほぼ6~11ton/ha の程度であり今回の測定値とよく一致している。また樹種による差はきわめて少ないようである。(しかし全体としてみると複層林分では単層林分よりいくぶん多い傾向がみられる。)

枝の量についてみると、 $\rho \sim y_R$ をみてもわかるように、われわれの調査した林分ではあまり林分による差はなく、コジイの数林分が少なくだけで、30~50ton/ha 程度であるが、その他のデータと比較してみるとこの値は中くらいの値で、樹齢あるいは林分の平均樹高によってかなり違うものであり、幹の量の場合とよく似た傾向を示し、しかもその傾向はさらに幹よりも強くあらわれているようである。これは密度の低い個所では枝の占める割合が高くなるということと関係があるのではないと思われる。

枝も幹と同様に、ウバメガシ・タイミンタチバナ混交林だけは密度に比して他の林分にくらべて大きい値を示しているようである。これは耐陰性、樹齢などの影響があらわれているのではないと思われる。

そこで y_S と y_R との比をみると、 ρ の低い林分 (林分現存量の多い林分) の方がいくぶん高くなっているようである。

そこで各部分の現存量の割合が、林分の発達とともにどのように変るかをみると、Fig. (14)にみるように、 y_L の増大と共に y_L の占める割合は少なくなり、 y_T が 250ton/ha 程度の所では5%前後となる。幹の割合はいくぶん増える傾向がみられ、70%前後から増大して80%前後となる。この差が枝の占める割合であって、いくぶん増大する傾向がみられるがそれほど明瞭ではない。

現存量の項でも述べたが、これは林分の発達とともに幹・枝は増大し、葉は変化しないということに対応している。

iv 生長量について

イ 幹の生長量

材積生長ではコジイ林が 15~20m³/ha・yr となり、ウバメガシ・タイミンタチバナ混交林の 8~9 m³/ha・yr、アラカシ・ツバキ混合林の 12~13m³/ha・yr、ツバキ林の 5~6m³/ha・yr にくらべて非常に多く、コジイ林の生長が非常に旺盛であるようにみえるが、重量にしてみるとツバキ林の 3~4 ton/ha・yr を除く他の林分では 8~11ton/ha・yr となって樹種による差は非常に少なくなってくる。しかし上層林冠を形成するものについてみると、コジイ林・アラカシ・ツバキ混交林が他にくらべて多く、ウバメガシ・タイミンタチバナ混交林では上層のみで考えると、ツバキ林の値とにてくる。ここでは葉量の場合と同様に、単層の林分では林分全体の幹の生長量はいくぶん少い傾向がみられる。

またこの幹の生長量 8~11ton/ha・yr という値は、スギ人工造林の生長量10~12 ton/ha・yr という値にくらべて決しておとるものではない。したがって今まで針葉樹にくらべて生産力が低いとばかりで考えられていたが、現実には決しておとるものではないようである。これは単に量のみのことであって、貨幣価値について述べているものではない。パルプ原料のように木材をセルロース源と考えるのであれば、常緑広葉樹林も決して針葉樹林に比べておとらないと考えられる。

ロ 葉と枝の生長量

仮りに樹木を構成する各部分間の相対生長関係が、現時点と一年前とで変わらなかったとすると、

$$w_L = A_L \cdot w_S^{h_L} \dots \dots \dots (1)$$

$$\Delta w_S = A' \cdot w_S^{h'} \dots \dots \dots (2)$$

の関係が成立する。

(1)式の両辺を時間 t で微分すると、

$$\frac{dw_L}{dt} = A_L \cdot h_L \cdot w_S^{h_L-1} \cdot \frac{dw_S}{dt} \dots \dots \dots (1)'$$

$dw_L \div \Delta w_L$, $dw_S \div \Delta w_S$ が成立するとすると、両辺に dt を乗じ、

$$\Delta w_L = A_L \cdot h_L \cdot w_S^{h_L-1} \cdot \Delta w_S \dots \dots \dots (1)''$$

(1)'' に(2)式を代入して、

$$\Delta w_L = h_L \cdot A_L \cdot A' \cdot w_S^{h_L+h'-1} \dots \dots \dots (1)'''$$

が求まる。

同様に Δw_R をも求められる。

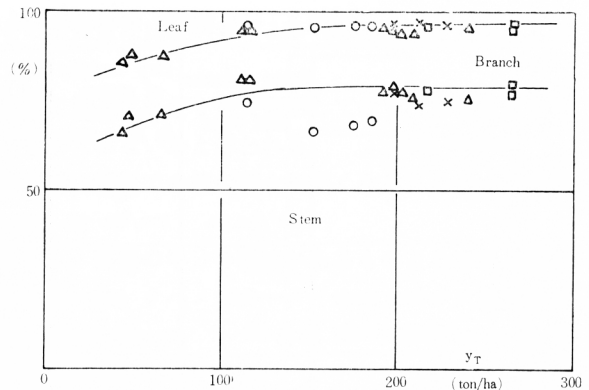


Fig. 14 Relation between standing crop of top (y_T) and the standing crop percentage of each part to the top

Table 3. Dry matter production of aerial shoots in sample plots

Sample plot		Stem volume increment in this year Δy_s m ³ /ha.yr.	Dry weight of stems, produced in this year Δy_s ton/ha. yr.	Dry weight of branches, increased in this year Δy_B ton/ha. yr.	Dry weight of leaves, increased in this year Δy_L ton/ha. yr.	Dry weight of aerial shoots, increased in this year $\Delta y_s + \Delta y_B +$ Δy_L ton/ha. yr.	Net production ton/ha. yr.
Castanopsis stand	6-C	21.	11.	3.2	0.55	14.5	31.
	lower story	0.81	0.42	0.025	0.021	0.47	2.7
	upper story	20.	10.	3.1	0.53	14.	28.
	6-D	18.	9.4	2.1	0.48	12.	26.
	lower story	0.59	0.31	0.025	0.015	0.35	1.9
	upper story	17.	9.1	2.1	0.47	12.	24.
	3-I	15.	7.7	2.3	1.3	11.	18.
	3-J	21.	11.	3.2	1.9	16.	26.
Quercus-Rapanea Mixed Stand	0-1	8.4	7.4	2.1	0.54	10.	23.
	lower story	3.8	3.2	0.7	0.29	4.2	7.9
	upper story	4.6	4.2	1.4	0.25	5.9	15.
	0-2	9.3	8.3	2.6	0.67	12.	28.
	lower story	4.6	3.9	1.0	0.37	5.3	11.
	upper story	4.8	4.4	1.6	0.29	6.3	17.
	0-3	9.2	8.2	2.5	0.58	11.	25.
	lower story	3.2	2.7	0.7	0.25	3.6	7.5
	upper story	6.1	5.5	1.8	0.33	7.7	18.
Quercus spp.-Camellia Mixed Stand	K-32-1	13.	9.0	0.33	0.039	9.4	20.
	lower story	2.7	1.7	0.03	0.012	1.8	5.2
	upper story	11.	7.3	0.31	0.027	7.6	15.
	K-32-2	12.	8.5	0.37	0.032	8.9	18.
	lower story	0.59	0.41	0.012	0.0026	0.43	1.5
	upper story	12.	8.1	0.36	0.029	8.5	16.
	K-32-3	12.	8.4	0.25	0.036	8.7	18.
	lower story	2.6	1.8	0.020	0.011	1.8	4.9
	upper story	9.7	6.7	0.23	0.024	6.9	13.
Camellia Stand	K-28-1	5.8	4.0	0.20	0.027	4.2	15.
	K-28-2	5.0	3.4	0.19	0.023	3.6	14.
	S-70-2	6.0	4.2	0.21	0.027	4.4	16.

そこで $D^2H \sim w_s$ の関係を考慮すれば、毎木調査より Δy_L , Δy_B が求められる。

Table 3 より、林分葉量も林分枝量もわずかながら生長していることがわかる。

しかし葉についてみると、その量は 0.6ton/ha・yr 以下であり林齢の高い林分ではさらにその量は少なくなっている。したがって 1 割以下の本数減少で生長量と枯損量がつり合い、葉量が年齢とともにあまり増えていないということの傍証になると思われる。しかしコジイ林の 3 林班・7 林班のよう

に十分に閉鎖していないと思われる林分では、その生長量は比較的多く $1.5 \sim 2 \text{ ton/ha} \cdot \text{yr}$ となり、林分葉量がふえているようすがみられる。

枝についてみると、 $0.2 \sim 3.2 \text{ ton/ha} \cdot \text{yr}$ となり葉に比べてかなり生長を示しており、林分あたりの枝の量は林分の発達とともにある程度ふえてゆくものではないかと思われる。

これは林分密度との関係も考えられ、林分密度の低い個所での枝の割合が高くなることの一つの傍証となるものと思われる。

ところで現在の葉量のすべてが一年で交代するとし、落葉の半分の落枝があるものとして地上部の純生産量を計算してみると、コジイ林は $20 \sim 30 \text{ ton/ha} \cdot \text{yr}$ 、ウバメガシ・タイミンタチバナ混交林は $23 \sim 28 \text{ ton/ha} \cdot \text{yr}$ 、アラカン・ツバキ混交林は $18 \sim 20 \text{ ton/ha} \cdot \text{yr}$ 、ツバキ林は $15 \sim 16 \text{ ton/ha} \cdot \text{yr}$ となり、ツバキ林をのぞく他の林分ではかなり大きい量を示している。

v 生産構造図について

生産構造図についてみると、Fig. (15) のように、ウバメガシ・タイミンタチバナ混交林、コジイ林 6 林班は林冠層をみてもわかるように明らかに二層に別れており、二段林状を示している。とくにウバメガシ・タイミンタチバナ混交林では上層のウバメガシと下層のタイミンタチバナが良くわかれ、樹種のことになった二段であることがはっきりしている。

その他葉の垂直の分布は、イネ型とソバ型の中間の分布を示し、最多層は比較的上層にあるが、最多層より下層にもかなりの葉が分布している。その分布状態は針葉樹林に非常によくにているが、針葉樹林と異なることは最多層以下の葉が下層木の葉で占められ、その間に林冠層の層別れがみられることであろう。このことは Fig. (16) のように、単木の葉の分布型はソバ型で上層に良く集中していることと対応して、常緑広葉樹が針葉樹と落葉広葉樹の中間の光の利用型を示しているものと思われる。その他層わかれのはっきりしていないコジイ林 3 林班・7 林班およびツバキ林では、その分布状態

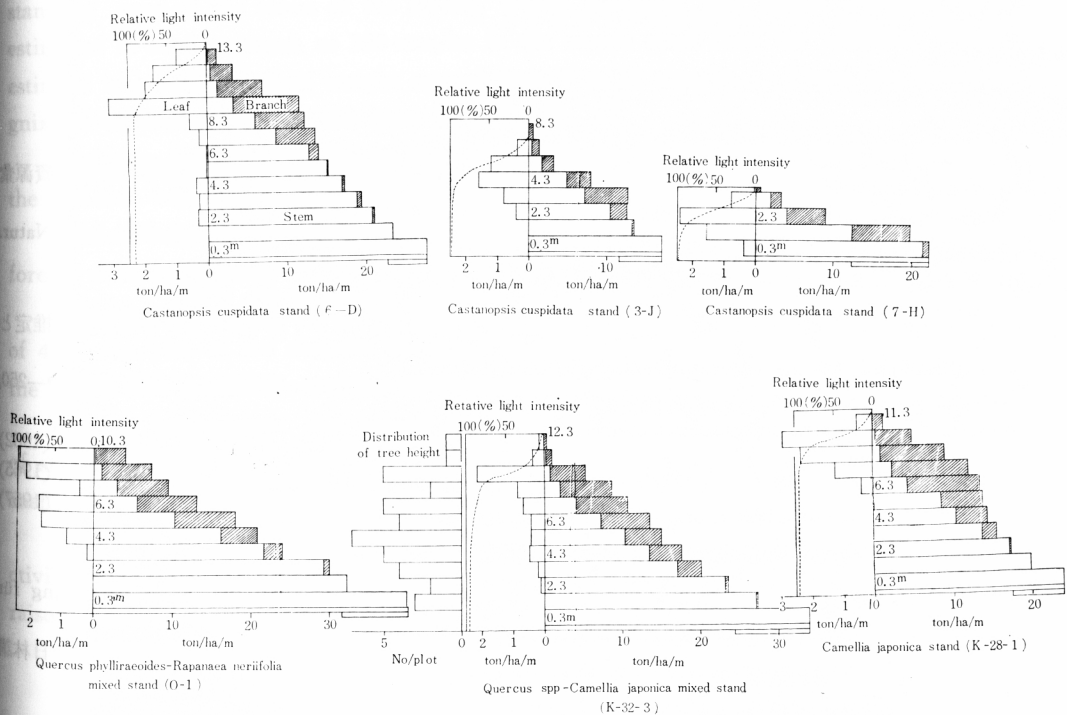


Fig. 15 Productive structure profile in each plot

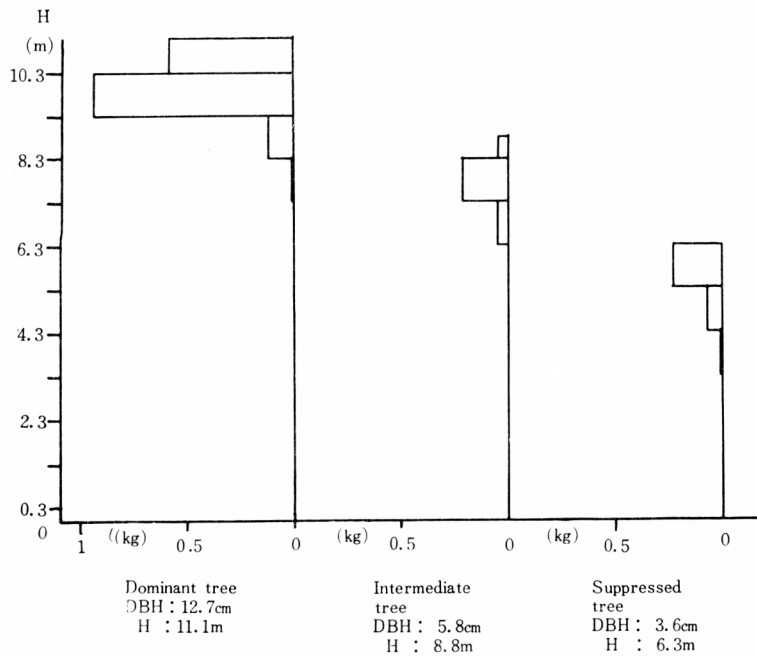


Fig. 16 Vertical distribution of leaf dry weight of sample trees

は落葉広葉樹と非常によくにている。

そこでみかけの吸光係数 K をみると、Table 2 のように、複層林であるコジイ林6林班、アラカンツバキ混交林では0.4前後であり、単層林であるコジイ林3林班・7林班、ツバキ林では0.6前後となつて、複層林の方が光の利用状態が良いように思われる。これはそれらの林分の生長が良いことと対応しているのではないかと思われる。

筆者らの行った施肥¹²⁾試験によると、施肥区

の方が複層化し、吸光係数が小さくなる傾向がみられ、光の利用状態からみると、吸光係数が小さいほど林分生長は良くなるのではないかと思われる。補償点よりは光の同化の飽和点に生長量が強く影響されるものとすればこのことは説明がつくであろう。

引用文献

- 1) 北沢右三・木村允・手塚泰彦・倉沢秀夫・坂本允・吉野みどり：大隅半島南部の植物生態学的研究，資源彙報，49,19—36，(1959)
- 2) Kimura, M; Primary Production of the Warm-Temperate Laurel Forest. Misc. Rep. Res. Inst. Natur. Resources, 52—53, 36—47, (1960).
- 3) 手塚泰彦・楠木司：大隅半島南部の二次林について，資源彙報，52—53, 48—56, (1960)
- 4) 只木良也・尾方信夫・高木哲夫：森林の生産構造に関する研究(Ⅲ)，コジイ幼令林における現存量の推定と生産力についての若干の解析，日林誌 44 (12) 350—359, (1962)
- 5) 菅誠・四手井綱英・堤利夫：常緑広葉樹林の生産力について(シイ林について予報)，日林講，72,249—250, (1962)
- 6) 菅誠・四手井綱英・堤利夫：常緑広葉樹林の生産力について(2)(シイ林について)日林講，74,171—172, (1962)
- 7) 斎藤秀樹・四手井綱英・吉良竜夫：ツバキ林の生産構造と物質生産量：日生態会誌，15(4), 131—138, (1965)
- 8) 根岸賢一郎・佐藤大七郎・八木喜徳郎：ハのヒロサをはかる一方法(点数法)，日林誌39 (10) 380—384, (1957)
- 9) 吉良竜夫：熱帯多雨林の物質代謝，自然，221 (9), 22—29, (1964)
- 10) 未発表データ
- 11) Monji, M and T. Saeki: Über die Lichtfactor in den pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die Stoffproduktion. Jap. Jour. Bot., 41, 22—52, (1953)
- 12) 菅誠・四手井綱英：施肥密度試験〔第1報〕イイギリ苗を用いた模型林分における施肥密度試験，日林講 71, 210—211, (1961)

RÉSUMÉ

The evergreen broad-leaved forest in Japan which is a dominant type widely distributed over the temperate zone was studied for their productivity of dry matter. The sample stands were chosen from four types of forests;

A *Castanopsis cuspidata* stand, in Kumamoto Pref., in Oct. 1961.

A *Quercus phillyraeoides*-*Rapanea neriifolia* mixed stand, in Kochi Pref., in Nov. 1962.

A *Quercus* spp.-*Camellia japonica* mixed stand, in Mie Pref., in Aug. 1963.

A *Camellia japonica* stand, in Mie Pref., in Aug. 1963.

In each stand, several sample plots were taken in order to measure the diameter at breast height. Sample trees were selected from the sample plots and at the ground level for further investigation. The weight of the stem, the branches and the leaves were taken separately; the total length, the diameter at breast height also were measured. The annual increment of the stem volume was enumerated by means of stem analysis.

Taking the allometric equation the stem weight into account, it seemed that a single regression was applicable to the sample trees from the plots of the same type. On the other hand those of the branch weight, leaf weight and annual increment varied widely. On closer examination, these revealed the detachments of coefficient of the equation in accordance not only to the varieties of types of the stands but also to the micro-habitat or stratification.

Utilizing the regression equation of allometry, the standing crop and the annual increment of stem weight of the stands were estimated in terms of tons/ha and tons/ha/year. The standing crop of the stems of the forests, whose dominant tree height averaged 10 m were estimated to total as much as 150 tons/ha in the stands other than the camellia, where lower estimate was obtained. Leaf weight ranged from 7 to 10 tons/ha. There was found no recognizable difference between the types of forests.

Leaf area averaged 8 ha/ha in cases of those types of forests other than the camellia, where the leaf-area was 2 ha/ha less than that of the others.

Branch weight ranged from 10 to 40 tons/ha. Marked differences between the types of forests were discernible.

The annual increment of stem weight was estimated at 10 tons/ha/year with the exception of 4 tons/ha/year at the camellia stand. The annual increment of the above-ground parts of the stands was estimated at about 25 tons/ha/year.

Greater leaf amount and annual increment of weight were always found in the stands of stratified crown layers over that in the stand of single crown layers. The light extinction coefficient was 0.4 in the stratified crown stand 0.6 in single crown stands.

Generally the evergreen broad-leaved forest seems to build a stratified crown and productivity of the dry matter of the stands of this type of forest is as great as that of artificially raised Japanese cryptomeria stands.