

森林の現存量推定法の検討 —伐倒によらない推定法—

大島 誠一

A Study to Estimate the Forest Biomass
—A Non-cutting Method to Use the Piled up Data—

Sei-ichi OOHATA

要 旨

森林の保有する機能量を測定するためには、幹、枝、葉、葉面積などの量を推定する必要がある。その際、伐倒調査による森林破壊を伴わずに推定できれば、それにこしたことはない。そこで、過去に森林の生産力調査によって開発された現存量の推定の方法およびその際に蓄積された資料をもとにそれらの推定方法を検討した。その結果、以下の方法によって大まかな推定が可能である。その場合、森林調査では最小限の測定項目として調査区内の胸高直径 (D) を全木、サンプル木については生枝下直径 (D_B)、樹高 (H)、樹高の10%の高さの幹直径 ($D_{0.1}$) を測定しておく必要がある。

1. 幹重量の推定：種類を問わず $V_S - D^2H$ 関係 (1) 式によって V_S を推定し、種類によって決められた幹比重によって w_S を推定する。D が 5 cm 以下の場合には $V_S - D_{0.1}^2 \cdot H$ 関係 (4) 式による。 $D_{0.1}$ は調査した森林ごとに決定し、 $D - D_{0.1}$ 関係 (2) 式により換算する。
2. 枝量の推定： $V_B - D_B^2$ 関係 (5-7) 式によって枝容積を推定し、種類により幹比重で補正して枝重量を計算する。 D_B を得るために、サンプル木での $D_B - D$ 関係を測定する必要がある。
3. 葉量の推定：種類によって異なる $w_L - D_B^2$ 関係 (表1) によって葉重量を推定する。個体の D_B の推定は枝の場合と同様である。
4. 葉面積 (u) の推定：この方法は検討が不十分であるが、 $u - w_L$ 関係 (9, 10) 式によって w_L からブナ林またはシイ林の個体の葉面積が推定できそうである。他の種の場合、このような関係が得られていないので、表2によって単位葉重量当りの面積から u を換算する。

は じ め に

森林の現存量推定は、単に生産力の推定だけでなく、森林のもつ様々な機能 (例えば蒸散速度など) を調べるための基本的な測定項目として重要である。すでに、物質生産と物質循環の側面から、現存量推定の方法が開発、検討されてデータの蓄積がなされてきた。その際の有力な方法として相対成長関係を利用する方法がとられてきた。その方法は森林の生産力の推定^{1,6)}の際に使

われ、すでに方法として完成した感がある。

その方法は、ある森林からサンプル個体を伐倒して個々の部分を測定し、葉、枝、幹などの重量を計測し、個体間の相対成長関係を利用し、森林全体の量を推定する方法である。この関係は、主に毎木調査によって調べた同じ森林内で使用される方法である。新たに森林の現存量を調べる際には、まず、伐倒調査を実行する必要がある。この調査には、多くの人手が必要で、個人的努力ではどうにもならない仕事量である。種構成が単純な人工林でさえ個人では手に負えないが、多種から構成される天然林ではさらに多数のサンプル個体を処理する必要がある。このような仕事量の問題を除いても、場所によっては、伐採が禁止された森林もある。このため、伐倒調査によらない推定方法の検討が必要とされる。

過去に、生産力調査に関連して、すでに多くの森林でのサンプル個体の資料が整理され公表^{7,8)}されている。これらの資料を利用することで、様々な森林、または個体の諸量を推定する方法が確立された場合には、伐倒調査が省け、労力も少なくてすむ。以上から、過去に調べられた資料整理によって、できるかぎり簡単な方法について検討した。また、種、年齢、林分などの違いに関係なく推定できる方法として、最低どのような測定項目が必要かを検討した。なお、報告に際して、ヒノキ林の資料を借用させて戴き、資料収集の段階で協力を戴いた京都府立大学農学部斎藤秀樹博士に謝意を表したい。

資料の出典

使用した資料は、主に京都大学、東京大学、新潟大学、信州大学による総合研究「物質循環よりみた森林生態系の生産力」資料 No.1 (1963) によるコジイ林、ブナ林、カラマツ林、アカマツ林、資料 No.2 (1965) によるウバメガシ林、ツバキ林、シラベ林、スギ林、ブナ林の個体サンプルの資料である。一部に IBP, JIBP. '66, Ashiu のブナ林の資料、安藤⁹⁾ のスギ林の資料を借用した。葉量に関連してヒノキ林は斎藤・古野¹⁰⁾ により、クロマツ林資料は筆者が和歌山県で調査したものである。

結果と検討

1 $D^2 \cdot H$ と幹材積との関係

単木の幹材積 (V_s) は、一般に胸高直径 (D) によって推定するが、種類が同じであっても年齢、土地条件、密度などが異なる森林の個体間では、相対成長関係の定数が異なる。この欠点を改善するために、高さを含めた量として $D^2 \cdot H$ の採用が提案され (四大学合同調査班^{1,2)}, KIRA & SHIDEI⁴⁾), 幹材積の推定に使われている。この方法の使用によって、同じ種内または生活形の似た種群であれば、密度、林齢が異なってもひとつの関係が成立し、利用できることが確認された。

幹材積推定に $D^2 \cdot H$ に対する相対成長関係を利用する方法は、林学での材積推定方法としても定着¹¹⁾ し、 D と H の二変数の材積表¹²⁾ も作成されている。異種間の問題に関しては、エゾマツ、トドマツの森林¹⁾, ミズナラ、イタヤカエデ (依田¹³⁾) で一本の直線関係で示された例、様々な種類からなる熱帯林でも同様の結果を示した例 (OGAWA et al.¹⁴⁾) などがある。

今回、日本の樹種で調べた $V_s - D^2 \cdot H$ 関係は針葉樹、広葉樹を問わず、種類に関係なく多数の種類で一本の線で示された (Fig. 1)。種による差異はあっても些細である。この結果から、幹材積の推定は D と H を測定したのみで、次の関係式によってかなり精度よく推定できること

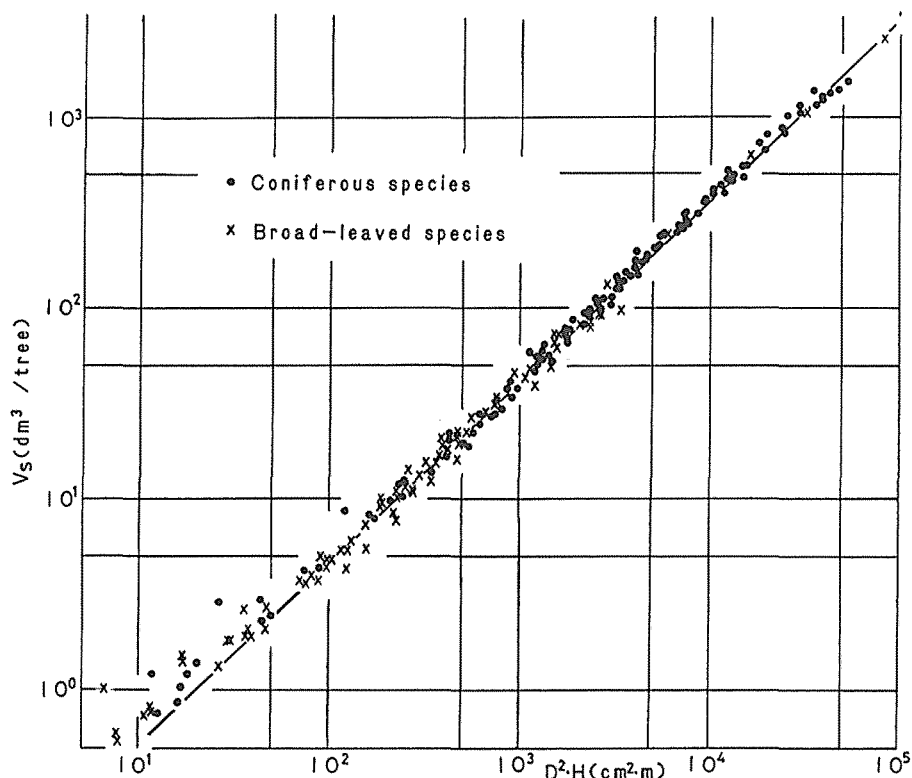


Fig. 1 Allometric relation of stem volume (V_s) on $D^2 \cdot H$ in individual trees of coniferous three species from three artificial forests and broad-leaved ten species from four natural forests. The symbols H and D are tree height and stem diameter at breast height. Stem volume is obtained from Eq.1 even in different species excepting the range of small trees.

になる。

$$V_s = 0.05672 (D^2 \cdot H)^{0.9506} [\text{dm}^3, \text{cm}, \text{m}] \quad (1)$$

しかし、この方法でも十分ではない点がある。それは、(1)式のあてはまる領域が、胸高直径(D)が約5 cm以上の個体に限られる点である(Fig. 1)。この点は、すでに森林の生産力調査の初期の時点(例えば、四手井綱英編¹⁻³⁾)で指摘されているが、森林の研究が主に大型の森林または人工林を対象としていたためか、下層の個体が示すこの傾向は具体的な問題とされなかった。Dが5 cm程度以下の個体では、樹高に対するDの測定高が相対的に高くなることが原因して、回帰線から傾向的に上へずれる。このために、Dが小さな個体では、(1)式では過小の推定をすることになる。

幹の現存量推定の問題として、この点を具体的に検討したのがNAGANO & KIRA¹⁵⁾であった。かれらは天然生コジイ林を対象に、一定の高さの幹直径(D)のかわりに樹高の10%の位置の幹直径($D_{0.1}$)を採用し、 $w_s - D_{0.1}^2 \cdot H$ の関係によって幹重量の推定式を提案した。ここで、サンプル木から得られた $D_{0.1} - D$ 関係には一次式があてはめられ、毎木調査から得られたDはすべて $D_{0.1}$ に置き換えられた。

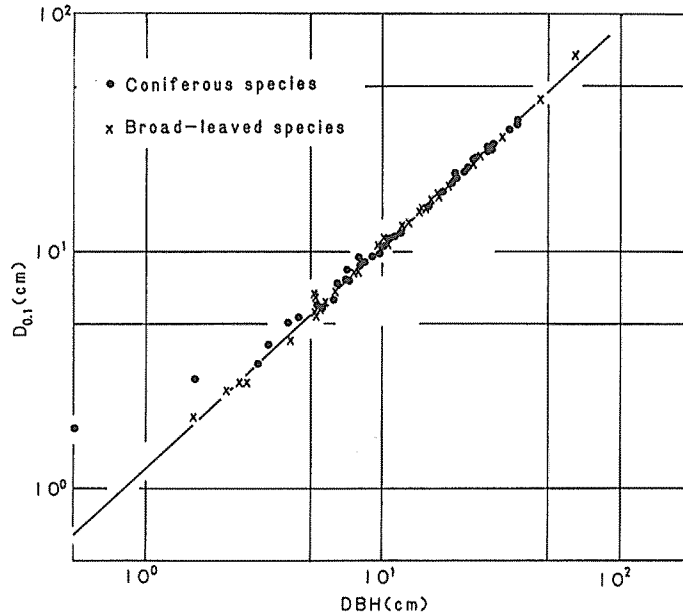


Fig. 2 Allometric relation of $D_{0.1}$ on D (DBH) in many species of conifers and broad-leaved species. The symbol $D_{0.1}$ is stem diameter at 10 percent of tree height. They are convertible each other by Eq. 2.

今回、 $D_{0.1}$ と D とが測定された資料から、様々な樹木での $D_{0.1}$ - D 関係を調べると、 D が2 cm以上ではlog-log直線関係が得られた。これ以下の範囲ではNAGANO & KIRA¹⁵⁾が指摘した性質のように、回帰線からはずれ、一次式の性質が現れる (Fig. 2)。この例では、特にシラベの小個体で回帰線からそれ、タイミンタチバナでは D が2 cm以下でも回帰線からそれることはなかった。この回帰線は、

$$D_{0.1} = 1.2157 D^{0.9313} \text{ [cm, cm]} \quad (2)$$

となった。NAGANO & KIRA¹⁵⁾によるコジイ林での $D_{0.1}$ - D 関係は

$$D_{0.1} = 0.941 D + 0.734 \text{ [cm, cm]} \quad (3)$$

が得られている。(2)、(3)の関係は種間に大きな差異がないものと推測されるので、 $D_{0.1}$ の推定は、両式のどちらでも可能と思われる。

同じ資料から、様々な種の $V_S - D_{0.1}^2 \cdot H$ 関係を調べると、幹の材積は簡単に次の式 (Fig. 3) となった。

$$V_S = 0.0400 (D_{0.1}^2 \cdot H) \text{ [dm}^3, \text{cm, m]} \quad (4)$$

Fig. 3を種類ごとに詳細に調べると、針葉樹が回帰線よりやや上にずれる傾向は認められた

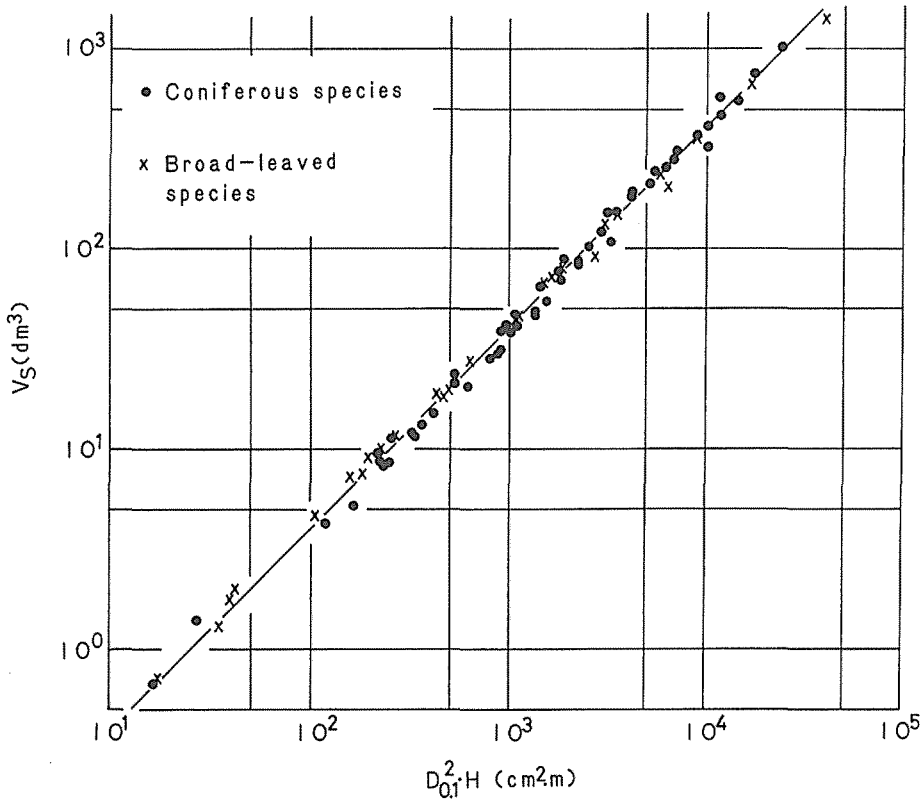


Fig. 3 Allometric relation of stem volume (V_S) on $D_{0.1}^2 \cdot H$ in individuals. Stem volume is obtained from Eq.4 by the measurements of $D_{0.1}$ and H in spite of different species and tree size.

がその差は極くわずかであった。以上の検討から、幹材積の推定は D が小さな個体を含む森林で、それらの材積まで算出したい場合、サンプル個体の $D_{0.1}$ 、 H を測定することで、 V_S は計算式から得られることになる。

幹の比重は樹木の種類によってほぼ一定の性質がある。その平均的な値（皮なし材の気乾、絶乾比重）はすでに得られているので（貴島¹⁶⁾ら）、精度上は問題は残るが、材積（ V_S ）から様々な種類の幹重量に換算することは可能である。

2 枝量の推定

個体の枝量は、個体密度の影響を受け、幹とはかなり独立的に変化するので、 $D^2 \cdot H$ に対する V_S の推定法と同様には扱えない。その例として、広葉樹4林分の幹の個体の重さ（ w_S ）と枝重（ w_B ）の関係を Fig. 4 に示した。両者間に log-log 直線関係が成立するが、同じ種内でも同じ林分内の個体間に成り立つ関係である。幹材積のように、 $D^2 \cdot H$ 、 $D_{0.1}^2 \cdot H$ によって林分、種類に関係なく簡便に推定する方法はなさそうである。

パイプ・モデル理論¹⁷⁻¹⁹⁾によれば、樹冠の大きさは枝下直径（ D_B ）または断面積（ D_B^2 ）に関係するので、ここでは、 D_B^2 に対する枝容積（ V_B ）の関係を検討した。 V_B は実質的に調べられていない項目であり、重さには材の比重が関与するので、幹の比重によって換算し枝容積（ V_B ）

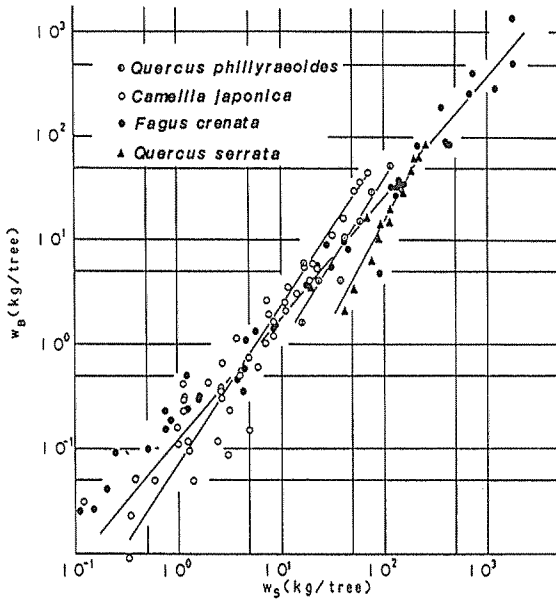


Fig. 4 Allometric relation between branch weight (w_B) and stem weight (w_S) in individuals from four natural broad-leaved forests. These relations are different respectively by species and stands.

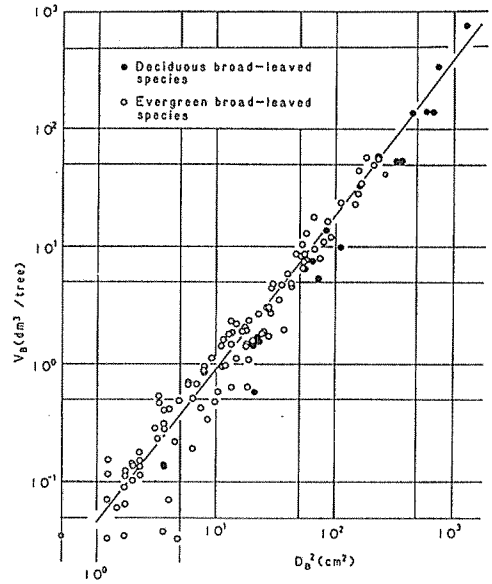


Fig. 5 Allometric relation between branch volume (V_B) and D_B^2 . The symbol of D_B is stem diameter just below at the lowest living branch. Branch volume of broad-leaved species are obtained from D_B^2 (Eq.5). Branch weight may be estimated by the volume and specific gravity of tree species.

によって検討した。広葉樹種での D_B^2 に対する V_B の関係には、ほぼ直線関係が得られた (Fig. 5)。調べられた種類は、ウバメガシ、タイミンタチバナ、コジイ、ツバキ、カシ類、ブナその他である。バラツキは大きい、この関係から常緑種、落葉種を問わず広葉樹での大まかな枝容積が次の式で推定される。

$$V_B = 0.0470 (D_B^2)^{1.310} [\text{dm}^3, \text{cm}^2] \quad (5)$$

針葉樹に関しても、 $V_B - D_B^2$ 関係に直線関係が認められる (Fig. 6)。カラマツ、シラベ、アカマツでは広葉樹の関係とほぼ同じ関係が得られたが、広葉樹に比べて V_B がやや低い。スギは他の針葉樹に比べても明らかに枝量が少なく (Fig. 6)、別の関係を求める必要がある。資料では D_B が測定されていない場合が多く、他の針葉樹の結果を検討できないのは残念である。針葉樹の上記3種でひとつの関係が得られたので、これを示すと

$$V_B = 0.0329 (D_B^2)^{1.310} [\text{dm}^3, \text{cm}^2] \quad (6)$$

となり、スギ個体の場合は、

$$V_B = 0.0179 (D_B^2)^{1.310} [\text{dm}^3, \text{cm}^2] \quad (7)$$

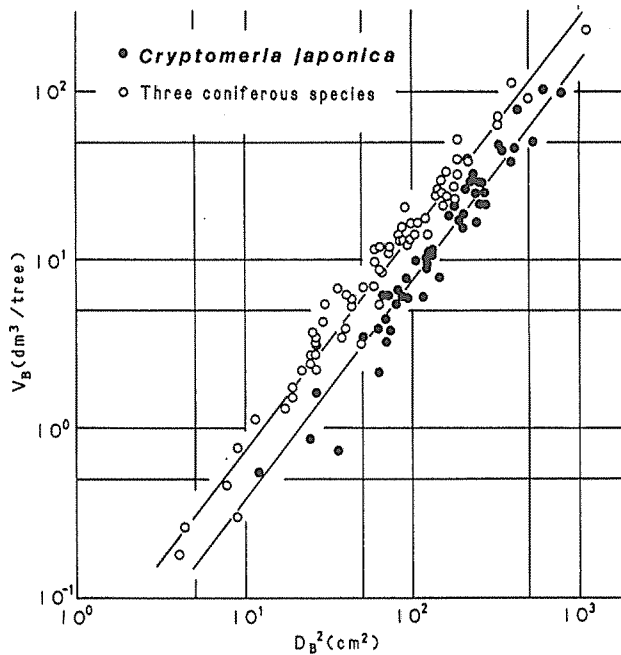


Fig. 6 Allometric relation between V_B and D_B^2 in individuals in *Cryptomeria* and the other three conifers. Values of V_B are obtained from Eqs.6,7. Branch weight (w_B) may be estimated by the specific gravity of the stems.

で推定される。枝の重量を計算する場合には、幹と同様、材の比重によって換算が可能である。

調査に当たっては、森林内でのサンプル個体での D_B の測定が不可欠である。毎木調査による D とサンプル個体の D_B をもとに、林分ごとに $D - D_B$ 関係を調べ、各個体の D を推定すれば、その値から枝量 (V_B) は計算され、さらに幹比重から枝重量が推定されることになる。

3 葉量の推定

葉量 (w_L) の推定は、種類によって葉の寿命が異なり、それに伴って葉量が異なるのでやっかいな問題である。林分内では一般に $D^2 \cdot H$ または w_S によって推定されるが、この関係は他の林分に適用できない。天然生ブナ3林分の資料から $D^2 \cdot H - w_L$ 関係を調べると、相似則である $2/3$ 乗の回帰線が得られ、林分間に違いはないようにみえる (Fig. 7)。また、樹形の相似則から考えてもこの方法は妥当のようにみえる。しかし、これは天然林から得られた資料によるもので、人工林の個体に拡大することは危険である。一例として、安藤⁹⁾らによる吉野地方のスギ人工林資料から、年齢の異なる林分を分けて $w_S - w_L$ 関係を示すと Fig.8 となる。全個体をこみにして回帰線を求めると相似則である $2/3$ 乗の線があてはめられるが、個々の林分ごとに分かれた関係が認められ、全体の回帰線ではあまりにも精度が低いことは図から明かである。葉量の推定にも、 $D^2 \cdot H$ や w_S の使用が適当でないのは枝量の場合と同様である。

パイプ・モデル理論は、本来は同化部 (葉) と非同化部を結ぶ量的関係である。この理論展開において、すでに葉量 (w_L) と非同化部のパイプを束ねた断面積 (D_B^2) との比例関係が提案されていた。この方法によれば葉量の推定は、 D_B^2 に対する比例定数を示すことで済む。

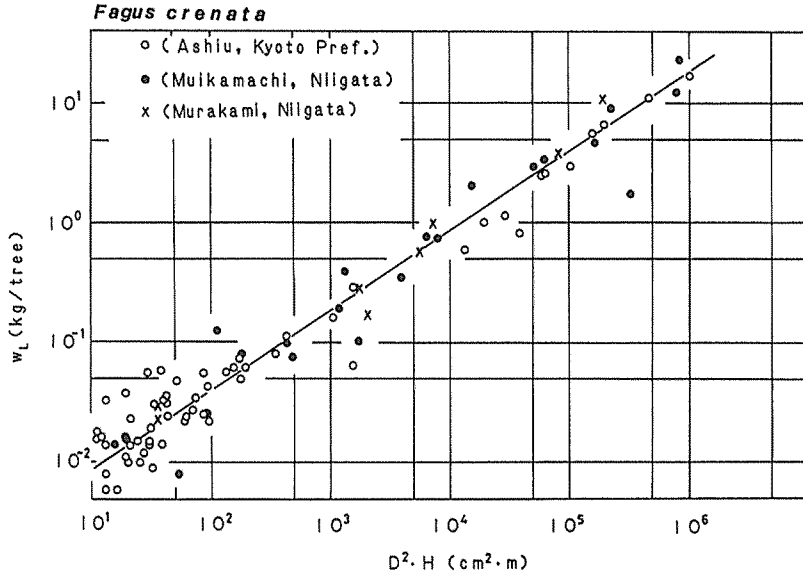


Fig. 7 Allometric relation between leaf dry weight (w_L) and $D^2 \cdot H$ in three natural beech forests. Although the inclination of the line is $2/3$ and fitted to the three stands, this relation can not fit to the artificial forests as the sample of *Cryptomeria* (Fig. 8).

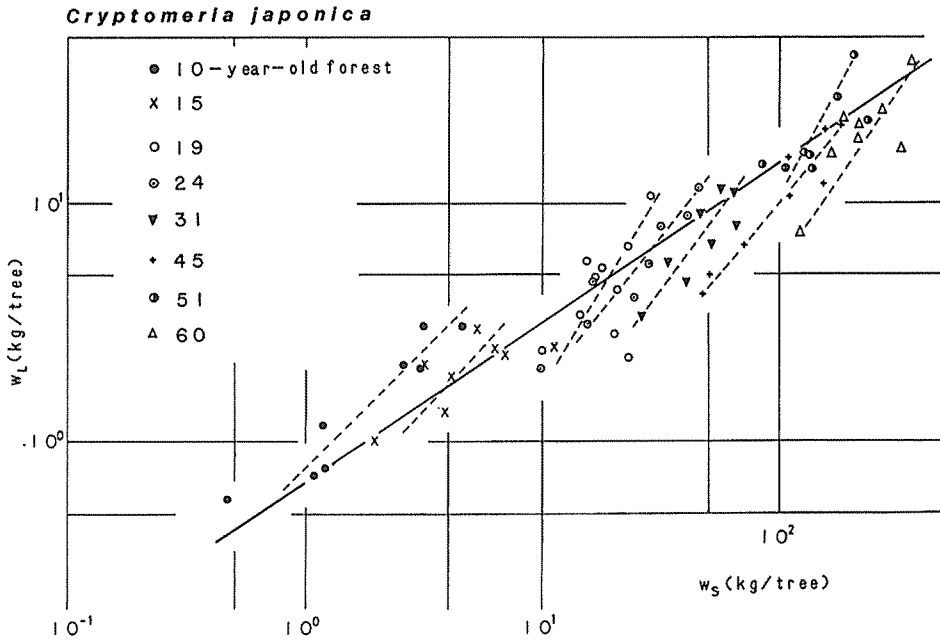


Fig. 8 Allometric relation between w_L and stem dry weight (w_S) from different aged forests of *Cryptomeria* investigated by ANDO⁹⁾ et al. This relation is not appropriate to estimate the leaf weight.

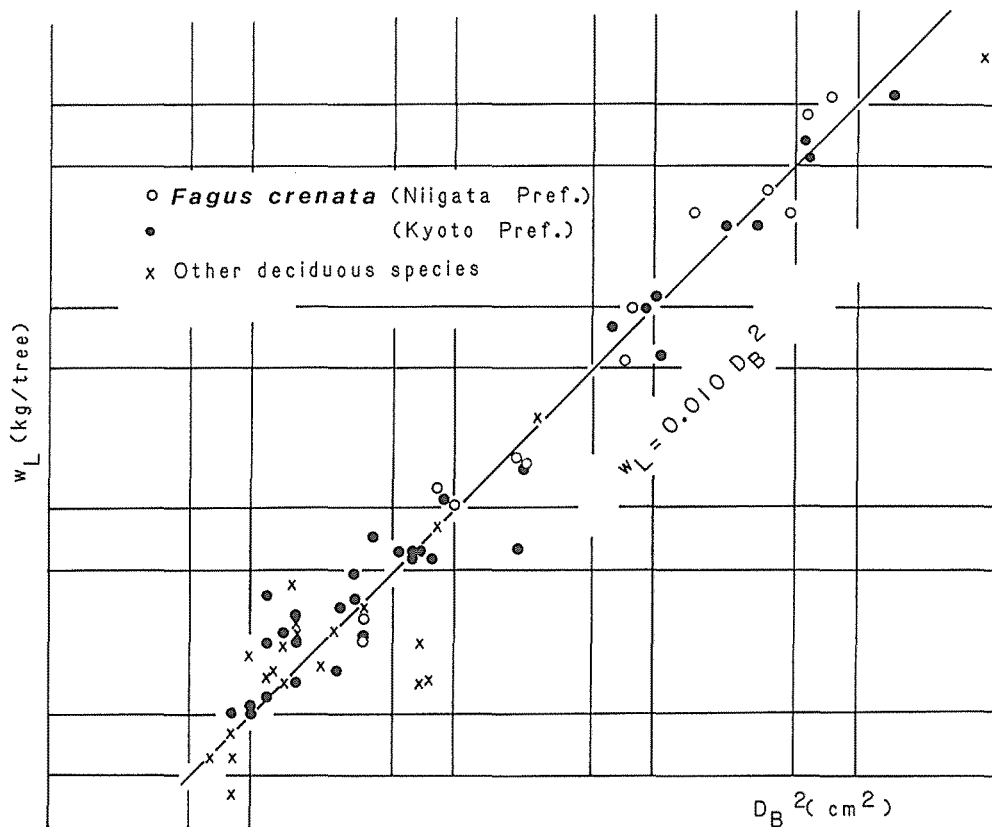


Fig. 9 Proportional relationship between w_L and D_B^2 in individual trees of two beech forests in Kyoto and Niigata Pref. The symbol of D_B is stem diameter at the height just below the lowest live branch.

ブナでの $w_L - D_B^2$ 関係は Fig. 9 に示した。この関係は、ブナ林に共存していた他の落葉広葉樹種にもほぼあてはまり、次の比例定数で推定できそうである。

$$w_L = 0.010 (D_B^2) \text{ [kg, cm}^2\text{]} \quad (8)$$

種類によって比例定数が変わるので、表 1 には、それぞれほぼ同じ比例定数にまとめられる種グループとその際の定数が示されている。これらの定数から、それぞれの種の葉量が計算されることになる。常緑広葉樹のコジイ、カシ類での $w_L - D_B^2$ 関係、針葉樹3種の同関係を Fig. 10, Fig. 11 に示した。これまでの生産力調査では、しばしば D_B の測定が省略されていたので、既存資料による葉重量の推定は、これらの種に限られる。

Table 1 Proportional constants shown by Eq.8 to estimate leaf dry weight (w_L , kg) of individual tree in different species from relation between w_L and D_B^2 (cm^2)

species	proportional constants	Data source
Coniferous Species		
<i>Cryptomeria japonica</i> (スギ)	0.0750	SHIDEI T. et al. (10)
<i>Abies veitchii</i> (シラベ)	0.0400	SHIDEI T. et al. (10)
<i>Larix leptolepis</i> (カラマツ)	0.0238	SHIDEI T. et al. (9)
<i>Pinus densiflora</i> (アカマツ)	0.0193	SHIDEI T. et al. (9)
<i>Pinus thunbergii</i> (クロマツ)	0.0264	OOHATA S.
<i>Chamaecyparis obtusa</i> (ヒノキ)	0.0445	SAITO H. & FURUNO T. (8)
Evergreen broad-leaved species		
<i>Castanopsis cuspidata</i> (コジイ)	0.0370	SHIDEI T. et al. (9)
<i>Camellia japonica</i> (ヤブツバキ)	0.0228	SHIDEI T. et al. (10)
<i>Quercus glauca</i> (アラカシ)	0.0138	SHIDEI T. et al. (10)
<i>Q. salicina</i> (ウラジロガシ)		
<i>Q. phillyraeoides</i> (ウバメガシ)	0.0515	SHIDEI T. et al. (10)
<i>Rapanaea nerifolia</i> (タイミンタチバナ)		
<i>Cinnamomum japonicum</i> (ヤブニクケイ)		
<i>Distylium racemosum</i> (イスノキ)		
<i>Cleyera japonica</i> (サカキ)		
<i>Eurya japonica</i> (ヒサカキ)		
Deciduous broad-leaved species		
<i>Fagus crenata</i> (ブナ)	0.010	JIBP '66 Ashiu
<i>Prunus species</i> (サクラ類)		
<i>Acer species</i> (カエデ類)		
<i>Clethra barbinervis</i> (リョウブ)		
<i>Viburnum species</i> (ガマズミ類)		
<i>Lindera species</i> (クロモジ類)		

4 葉面積の推定

葉面積は、通常、得られた個体の葉量 (w_L) から推定される。しかし、単位重さ当りの葉面積は光条件に対応して変化し、直射光を受ける上層の葉では厚く、下層部に向かうにしたがって薄く、単位重さ当りの面積が大きくなる。この変化は森林内における個体の高さ (位置) によっても、また個体内でも葉の着生する高さによって変わるので、任意の森林で様々な種類の葉面積を個体ごとに推定する問題は意外と困難な問題である。葉の重さは D_B^2 によって推定できると考えられるが、葉面積にはパイプ・モデル理論が応用できない。例えば、ブナ林で個体ごとに調べられた面積 (u) は、パイプの束としての生枝下幹断面積 (ここでは D_B^2) に比例するとはかぎらない (Fig. 12)。上層を占める個体では、面積が小さく、 $u - D_B^2$ 関係は上限値をもつ関係で示される。この結果、林分が異なると $u - D_B^2$ 関係の定数が異なると予想されるので、この方法は今回の目的に合わない。

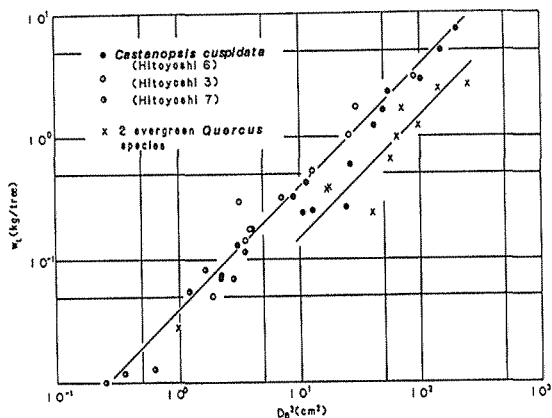


Fig. 10 Proportional relationships between w_L and D_B^2 in individuals of three *Castanopsis* and samples of two evergreen *Quercus* species.

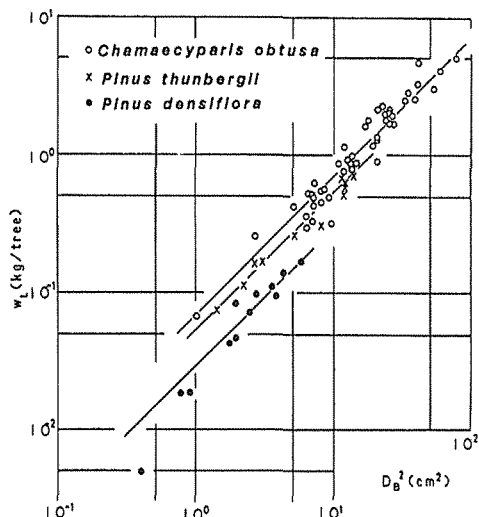


Fig. 11 Proportional relationships between w_L and D_B^2 in individuals in three different conifers.

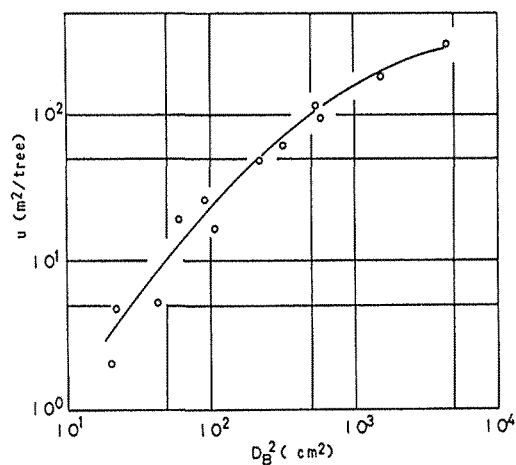


Fig. 12 Relation between leaf area (u) and D_B^2 in individual trees of beech forests. This relation is not suitable to estimate the leaf area. Data from JIBP '66 Ashiu and from Four Universities.

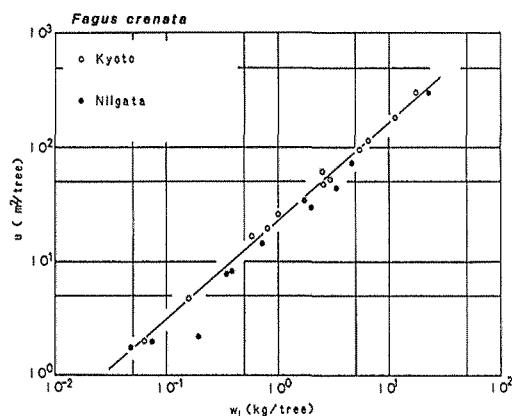


Fig. 13 Relation between leaf area (u) and leaf dry weight (w_L) in beech trees of two forests. This relation may be suitable to estimate the leaf area in beech trees. Data source is the same to Fig. 12.

NAGANO & KIRA¹⁵⁾ は上層木が12種からなる水俣のコジイ天然林で、個体の葉面積 (u) と個体の葉重量 (w_L) との関係に簡単な直線関係を見いだした。OGINO²⁰⁾ による京都府、芦生のブナの天然林でのこの関係は、樹冠層によって異なるふたつの直線関係があるとされる。しかし、層によるこの差異は大きな違いではなく、一本の直線として扱うこともできそうである。芦生ブナ林での資料に、新潟県、六日町の資料 (四大学) を加えて $u - w_L$ 関係を画くと Fig. 13 になり、コジイ林での結果と同様に直線関係になる。ふたつのブナ林での差異は大きくない。以上の関係

は次式で示される。

$$\text{ブナ林 } u = 22.55 w_L^{0.8651} [\text{m}^2, \text{kg}] \quad (9)$$

$$\text{コジイ林 } u = 1.181 w_L^{0.879} [\text{m}^2, \text{kg}] \quad (10)$$

これらの計算式は、直線の傾斜は1.0より小さく、大きな個体ほど単位重さ当りの葉面積が小さくなる性質を表している。その傾きを示す定数はほとんど同じである。もうひとつの定数には大きな差異が認められ、種類に関連した値であるらしい。そこで葉重量の推定の際のように、種類ごとにこの定数を定めておけば個体の葉面積推定は可能であるかもしれない。しかし、それを確認する資料がない。(9)、(10)式が他の常緑、落葉広葉樹林にそのまま採用できるかは別の問題である。ブナ林については地方の異なるふたつの林分の個体間で、ほぼ同じ直線関係が成立することを確認したので、他のブナ林でも成立する可能性がある。

森林の葉面積推定例はすでにながりの調査例がある (TADAKI²¹⁾)。それらの大部分は、森林全体の面積に換算された値、または森林全体の換算比であり、個体ごとの面積推定には直接利用できないことはすでに調べた。しかし、面積推定の第一次近似としては換算が可能であろう。そこで、様々な森林、樹種での重量-面積の換算比を表2に示しておきたい。

Table 2 Mean leaf area per weight in different forest types

Dominant species	Leaf area (m ²) / weight (kg)	Data source
Evergreen coniferous		
<i>Cryptomeria japonica</i> (スギ)	3.1	TADAKI Y. (21)
	6.5-7.6	KATUNO & HOZUMI (23)
<i>Chamaecyparis obtusa</i> (ヒノキ)	3.6-3.7	TADAKI Y. (21)
<i>Abies veitchii / mariesii</i> (シラビソ, オオシラビソ)	6.1	TADAKI Y. (21)
<i>Abies</i> (モミ属平均)	5.9	TADAKI Y. (21)
Evergreen broad-leaved		
<i>Quercus phylliraeoides</i> (ウバメガシ)	7.8	TADAKI Y. (21)
<i>Q. glauca</i> (アラカシ)	11.3	TADAKI Y. (21)
<i>Q. myrsinaefolia</i> (シラカシ)	9.5	TADAKI Y. (21)
<i>Castanopsis cuspidata</i> (コジイ)	10.4	TADAKI Y. (21)
<i>Machilus thunbergii</i> (タブ)	7.4	TADAKI Y. (21)
<i>Camellia japonica</i> (ツバキ)	7.1	TADAKI Y. (21)
<i>Acacia</i> (アカシア2種)	12.5	TADAKI Y. (21)
Deciduous broad-leaved		
<i>Quercus serrata</i> (コナラ)	30.3	SEGAWA & KATO (22)
<i>Fagus crenata</i> (ブナ)	15.0	TADAKI Y. (21)
<i>Betula ermanii</i> (ダケカンバ)	15.5	TADAKI Y. (21)
<i>B. platyphylla</i> var. <i>japonica</i> (シラカンバ)	25.5	TADAKI Y. (21)
<i>Betula</i> (カンバ類平均)	14.5	TADAKI Y. (21)
<i>Alnus</i> (ハンノキ類5種)	16.4-18.6	TADAKI Y. (21)
<i>Populus</i> (ハコヤナギ類4種)	22.5	TADAKI Y. (21)

以上、個体を伐倒することなく基礎の資料から様々な森林の個体ごとの幹、枝、葉の現存量の推定方法について検討した。個体の値を積算すれば、当然森林全体の値が推定できる。具体的な森林の調査に際しては、Dの毎木調査、サンプル木での H , $D_{0.1}$, D_B の測定が最低限必要であり、多数種からなる天然林では、種類ごとに諸計算式を使いわけの必要がある。なお、今回の検討では諸計算式の使用の際の精度の問題が残された。

文 献

- 1) 四大学合同調査班(四手井綱英編): 森林の生産力に関する研究. 第1報北海道主要針葉樹林について. pp100. 国策パルプ工業株. 東京. 1960
- 2) 四大学および信大合同調査班: 森林の生産力に関する研究, 第II報 信州産カラマツ林について. 日林協育林研究会. 東京. pp60, 1964
- 3) 四大学および信大合同調査班: 森林の生産力に関する研究. 第III報 スギ人工林の物質生産. 日林協育林研究会. 東京. pp63, 1966
- 4) KIRA T. & T. SHIDEI: Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the Western Pacific. 日生態誌. 17. 70-87, 1967
- 5) SHIDEI, T. & T., KIRA (ed.): Primary productivity of Japanese forest. JIBP synthesis vol.16. pp289. Tokyo Univ. Press. Tokyo, 1977
- 6) KIRA, T., Y., Ono & T., Hosokawa (ed.): Biological production in a warm-temperate ever-green oak forest of Japan. JIBP synthesis vol.18. pp288. Tokyo Univ. Press, Tokyo, 1978
- 7) 京大・東大・新潟大・信州大学林学教室(四手井 綱英編): 物質循環よりみた森林生態系の生産力. 資料 No.1. 1963
- 8) ———: 同上. 資料 No.2. 1965.
- 9) 安藤貴・蜂屋欣二・土井恭次・片岡寛純・加藤善忠・坂口勝美: スギ林の保育形式に関する研究. 林試報. 209. 1-76, 1968
- 10) 斎藤秀樹・古野東洲: 尾鷲および上北山にあるヒノキ林の物質生産, 日林誌. 64: 209-219, 1982
- 11) 大隅真一(編著): 森林計測学講義. 287pp. 養賢堂. 東京, 1987
- 12) 柴田正善: 和歌山演習林における天然生モミ, ツガの立木幹材積表. 京大演集報. 10. 127-134, 1972
- 13) 依田恭二: 森林の生態学. pp331. 築地書館. 東京, 971
- 14) OGAWA, H., K., YODA. K. OGINO & T. KIRA: Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant biomass. *Nature & Life in SE Asia* 4. 49-80, 1965
- 15) NAGANO, M. and K., KIRA: Biological production in a warm-temperate evergreen oak forest of Japan. Chapter 2. Above-ground biomass. JIBP synthesis vol. 18. pp288. Tokyo Univ. Press, Tokyo, 1978
- 16) 貴島恒夫・岡本省吾・林昭三: 原色木材大図鑑(二刷) pp204, 保育社. 東京, 1962
- 17) SHINOZAKI, K., YODA, K., HOZUMI, K. & T., KIRA: A quantitative analysis of plant form—the Pipe Model Theory. I. Basic analysis. *Jap. J. Ecol.* 14: 97-105, 1964.
- 18) ———. ———. ———. ———: Ibid. II. Further evidence of the theory and its application in forest ecology. *Jap. J. Ecol.* 14: 133-139, 1964
- 19) OOHATA, S. & K., SHINOZAKI: A statical model of plant form—Further analysis of the Pipe Model Theory. *Jap. J. Ecol.*, 29: 323-335, 1979
- 20) OGINO, K.: A beech forest at Ashiu—biomass, its increment and net production. SHIDEI, T. & T., KIRA (ed.): JIBP Synthesis vol.16. pp289. 172-186. Tokyo Univ. Press. Tokyo, 1977.
- 21) TADAKI, Y.: Primary productivity of Japanese forests. Chapter 3. Leaf biomass. SHIDEI, T. & T., KIRA ed. JIBP SYNTHESIS vol.16. 39-44, 1977, Univ. Tokyo Press, Tokyo
- 22) 瀬川幸三・加藤亮助: 好魔実験林におけるコナラ萌芽林の成長. 林試東北支年報. 11, 188-198, 1970
- 23) KATUNO, M. & K., HOZUMI: Estimation of leaf area at the level of branch, tree and stand in *Cryptomeria japonica*. *Ecol. Res.* 5. 93-109, 1990

Résumé

The estimation of tree biomass is fundamentally important to evaluate the primary production,

thermal dynamics and evaporation of the forest communities. The estimation of the biomass concerns the individual tree in a forest. Because it was difficult to cut and weigh each forest tree, in this study, a non-cutting method was examined to estimate the biomass using data piled up after forest production researches. Stem volume (V_S) is estimated from $D^2 \cdot H$ relation in the large range of stem diameter of more than 5cm and not differs with the tree species, and forest stage (Eq.1, Fig.1). When small trees are contained, the V_S is estimated by the $V_S - D_{0.1}^2 \cdot H$ relation (Eq.4, Fig.3). The stem weight (w_S) may be converted using the specific gravity of stem according to tree species.

Branch volume is estimated from $V_B - D_B^2$ relations (broad leaved species: Eq.5, Fig.5, coniferous: Eq.6, Fig.6, *Cryptomeria*: Eq.7, Fig.6). In these relations, $D_B - D$ relation is needed to arrange the measurement of the respective forest. Branch weight (w_B) is estimated from the specific gravity of the stem.

The amount of leaf (w_L) is estimated from the relation between w_L and D_B^2 using the proportional relation. Table 1 shows the proportional constants which differ with the species. The leaf area (u) of individual trees is difficult to estimate from leaf weight. Table 2 shows the conversion values of them in total amount of the forest in some species.