

## ヒノキ人工林の物質生産の検討

山倉 拓夫・斎藤 秀樹・四手井綱英

Investigations on the Primary Productivity and Production Structure of  
*Chamaecypris obtusa* Sieb. et Zucc. Stands.

Takuo YAMAKURA, Hideki SAITO and Tsunahide SHIDEI

## 目 次

要 旨 .....	106	4. 2) 幹・枝の生長量について	
1. はじめに .....	107	4. 3) 根の生長量について	
2. 調査林分の概況 .....	107	4. 4) 純生産量の推定	
3. 調査方法 .....	108	4. 5) 林分の垂直構造について	
4. 結果と考察 .....	109	引用文献 .....	121
4. 1) 現存量について		Résumé .....	122

## 要 旨

1. 綿向山々麓（滋賀県蒲生郡日野町）に成立するヒノキ人工林について伐倒調査を行ない、その物質生産について調べた。調査林分は林令40年と30年の2林分である。両林分とも良く閉鎖し、枝の枯れあがりも良好で、地位に大きな差はないと思われる（表1参照）。

2. 調査方法は13本（40年生林分は7本、30年生林分は6本）の伐倒木を1m巾の層別刈取で調べた。他にリタートラップによる落葉枝量の測定、個体別の落葉量の測定、また樹幹解析と同じ手法による根と枝の生長量の測定を行なった。

3. 林分の現存量、生長量は樹体を構成する各器官の間に成立する相対生長関係と毎木調査結果とから推定した（表1参照）。枝生長量は40年生林分で1.8 ton/ha・yr、30年生林分で1.7 ton/ha・yrと、両林分に大きな差はなく、また幹生長量の約20%に相当する。30年生林分の根生長量は2.3 ton/ha・yr、トレンチ法で推定した直径2mm以下の細根量を加えると3.0 ton/ha・yrと推定された。これは根量の約6%、幹生長量の約33%に相当する。

4. 林分の純生産量 ( $\Delta P_N$ ) は次の2つの式から推定し、データによる推定法の検討を試みた。

$$I) \Delta P_N = \Delta y + \Delta L + \Delta G$$

$$II) \Delta P_N = y_{2N} + \Delta L_N + \Delta G_N$$

I) を用いると、 $\Delta P_N$  は 21.9 ton/ha・yr (40年生林分)、16.9 ton/ha・yr (30年生林分) となった。II) を用いると、14.9 ton/ha・yr (40年生林分)、15.9 ton/ha・yr (30年生林分) となった。

5. 林分の垂直構造を、枝の生長量を中心にして論じた。地上高  $Z'$  m における枝の生長率を  $\lambda(Z')$  とすると、両者の間に

$$\lambda(Z') = \alpha \cdot \exp[-\beta(H_{\max} - Z')]$$

の関係が認められた。ただし、 $\alpha, \beta$  は定数、 $H_{\max}$  は林分ごとに定まる最高樹高。 $\alpha$  は個体の優劣をあらわし、 $\beta$  はその林分のみ合い方をあらわす。

## 1. はじめに

森林の物質生産力を測定することは森林の有機的生産過程に、合理的基礎を与えるために重要である。すなわち森林の物質生産力は土地生産力の反映であり、それを定量的に把握することは、土地のもつ物質生産力を最適の状態に馴致することに基礎的な手がかりを与えようとするものである。わが国におけるこの種の森林生産力の研究は、10数年前にはじまり、現在もI.B.P.などを中心として国際的規模で調査研究が行なわれている。そして多様な生活型をもった各地の森林について、生産力の概略が明らかにされてきている。

しかし、これら森林の生産力についての既往の研究報告は、現存量の推定が中心であって、生産量といえば、幹が中心に考えられ、その他葉、枝、根などの生長量は、なんらかの仮定を用いた間接的方法で行なわれてきた。これは幹が重要で、かつ他の器官にくらべその占める割合が大きいばかりでなく、長期間残存し、比較的簡単なある時点の測定で、過去の生長量を知ることができるからであろう。一方、葉、枝、根の生長量も決して無視しえるほど、少なくないのだから、本調査ではこれら間接的方法にたよっていた部分の生長量を、長期にわたる測定や、労力をかけて、できる限り直接的に測定しようと努めた。例えば、枝、根に樹幹解析の原理を適用して生長量を推定したり、また、リタートラップにより、高い精度で各部分の枯死量を測ったり、資料木のクローネをサランネットの袋でおおって個体ごとの落葉量を測ったりした。

そして積み上げ法における森林生産力の推定法を確立する一助とするため、その方法論的な検討も試みた。さらに、同じヒノキ林分の研究報告<sup>1)~4)</sup>とも比較検討を加えた。

本調査を行なうにあたり、ヒノキ林分を提供していただいた、滋賀県日野町綿向森林生産組合の山田興一組合長、向坂幸夫氏をはじめ、組合員の皆様、また調査に御協力いただいた京大森林生態学研定室の皆様深く感謝する。

## 2. 調査林分の概況

調査林分は滋賀県蒲生郡日野町の綿向山々麓に成立する40年生と30年生のヒノキ人工林である。40年生林分は西向きゆるやかな斜面(約6°)に成立し、クローネは十分に閉鎖し、ここ10年近く保育施業はまったく行なわれていない。したがって落枝の困難なヒノキでは、付着する枯枝も多く、胸高断面積合計も60.4m<sup>2</sup>/haと大きい。この林分では1966年以来、リタートラップを設置し、月々のリター量を調べている<sup>5)</sup>。下層植生は非常に疎で、高さも低い。樹種はナガバノモミジイチゴ、ウルシ、コウヤボウキ、ヤブムラサキなどが主で、他にクロモジ、カナクギノキ、シキミ、クサギ、などを若干含んでいる。土壌は褐色森林土で深さ約1mで母岩に達する。30年生林分は40年生林分と近接していて、西向の斜面(約9°)に成立し、両林分は地位に大差はない。この林分もクローネが良く閉鎖し、下層植生は皆無である。土壌は褐色森林土で、土の深さは約1mである。なお、立木密度、平均樹高、平均胸高直径、胸高断面積合計などの概要を表1に示す。

### 3. 調査方法

#### 3. 1) 40年生林分

1966年に設けた標準地(20×25 m)の過去2年間の毎木調査結果をもとにして、胸高直径の全範囲にわたるように、標準地の付近で標準地とほぼ同じ林相を呈した部分から7本の資料木を選び伐倒し、1 m巾で層別刈取を行なった。そして各層に含まれる、幹、枝、葉の生重量を現場で計測した。他に胸高直径、樹高の1割直径、生枝下直下の直径、樹高、生枝下高、着いている枯枝の重量、クローネ巾を測定した。各部の絶乾重量を求めるために、各器官を各々数100～数kg資料として研究室に持ち帰り、105°C下で絶乾にし、乾物率を求め、絶乾重を求めた。葉面積(片面)は葉を適量研究室に持ち帰り、自動面積計(AAM4型)により単位重量あたりの面積を求め、それを葉量に乗じて求めた。なお伐倒は1968年8月末に行なった。

幹の生長量は樹幹解析により求めた。

枝の生長量については7本の資料木中、大、小径木各1本と中径木2本の計4本を選び、各層から4本の枝をサンプリングして研究室に持ち帰った。そして主軸と分岐軸に分けた後、主軸については基部の所から10 cmごとに切断し年輪巾を読み取った。分岐軸は直径の大きさに従って4階級(0.2以下、0.2～0.5、0.5～0.8、0.8 cm以上)に分けた後、各分岐軸を約5 cmの長さに切断し、各階級から5本のサンプルを抽出して年輪巾を読み取った。そして層別の材積生長量を求め、層ごとの現存量とサンプルの枝の生長率によって、枝の重量生長量を推定した。

地下部はテルホールを使って抜き取った。根を引き抜く際、切れた直径2 mm以下の細根については、1×1 mの穴を母岩のあらわれるまで掘り、その中にあらわれる細根量を調べた。トレンチは合計10個作った。

#### 3. 2) 30年生林分

1968年5月に15×10 mの標準地を設け毎木調査を行なった。この毎木調査をもとにして、標準地内から6本の資料木を全直径階をおおうようにして選んだ。この資料木に9月中旬、寒冷紗製の袋をクローネにかけ、個体ごとの落葉量を測った。このヒノキの葉は毎年10月上旬に一斉に枯れて黄変した葉が漸次秋から春にかけて落葉する。したがって、葉の黄変前に袋をかけ、黄変後にそれらの葉を人為的に集めれば、年間落葉量の90%以上を採集できるはずである。残りの10%近くは風や雪による物理的な力で落下する緑色をした葉である<sup>5)</sup>。また9月に掛ければ、袋による被陰効果を少なくし、葉の異常枯死が起こる心配が少くないものと考えられる。1968年12月のはじめ、袋内の落葉と着いている黄変の葉を集め、さらに毎木調査も行なった。そしてこの資料木6本を40年生林分と同様な方法で伐倒調査した。

地下部も40年生林分と同様な方法で調べた。トレンチ(0.5×0.5×1 m)は合計10個掘り、細根量を調べた。また幹、枝の生長量も40年生林分と同様な方法で調べた。

根の生長量<sup>6)</sup>は次のようにして調べた。まずテルホールによって引き抜いた6本の資料木の根を、研究室に持ち帰り、根株、支根、それ以外の根(細根)の3つに大別した。根株の生長量を直接測定するのは、一定の厚さで根株を切断するのが困難であることや、根株が円形でなく不定形で、一定の形に近似して区分求積することができないので、非常に困難である。そこで、根株の生長量は間接的に推定することにした。一般に幹の生長率は梢端から下方に向かって双曲線的に減少するので、地上高0.0～0.3 mの部分の幹生長率を根株に乗じて推定した。しかし、支根を切断したその断面積が根株の表面積のうち、かなり高い割合をしめるから、この方法は過大推定量を得るであろう。支根の生長量は各個体から、5本のサンプルを選び、それを10 cmの長さごと

に切断して年輪巾を読み取った。細根は直径の大きさによって4階級 (0.2以下, 0.2~0.5, 0.5~2.0) に分けた。そして各直径階の根を5cmの長さに切断した後, 直径階ごとに5本のサンプルを抽出して年輪巾を読み取った。

#### 4. 結果と考察

##### 4. 1) 現存量について

単位面積 (ha) あたりの現存量は層別刈取, 抜根を行なった資料木の相対生長関係を基礎として, 各個体の現存量を求め, その合計値として推定した。

使った相対生長関係は次のとおりである (図1~図5)。

$$\text{幹 } V_s = 2.320 w_s \quad \left. \begin{array}{l} \dots 40, 30\text{年} \\ \dots \text{生林分} \end{array} \right\}$$

$$V_s = 0.05143 (D^2 H)^{0.9760} \quad \dots \text{生林分}$$

$$\text{枝 } w_B = 0.02027 w_s^{1.333} \quad \dots 40\text{年生林分}$$

$$w_B = 0.03095 w_s^{1.333} \quad \dots 30\text{年生林分}$$

$$\text{葉 } w_L = 0.0860 w_s \quad \dots 40\text{年生林分}$$

$$w_L = 0.1040 w_s \quad \dots 30\text{年生林分}$$

(12月の調査時)

$$w_L = 0.1240 w_s \quad \dots 30\text{年生林分}$$

(8月時に換算)

$$\text{根 } w_R = 0.3390 w_s \quad \dots 40, 30\text{年生林分}$$

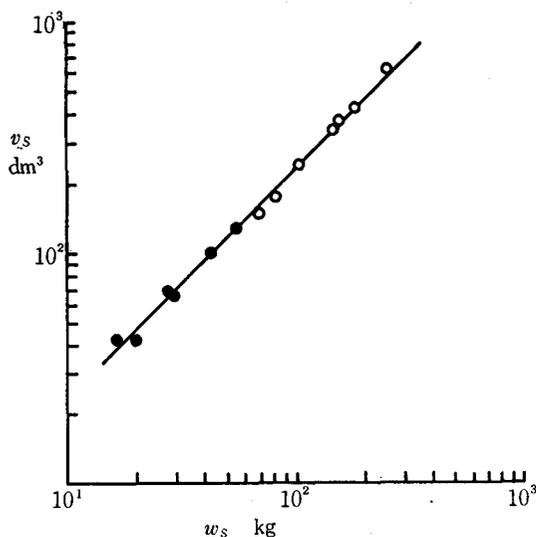


Fig. 2. Allometric relation between stem volume ( $V_s$ ;  $\text{dm}^3$ ) and its stem dry weight ( $w_s$ ; Kg) of sample tree.

●; 30-year-old-stand, ○; 40-year-old-stand

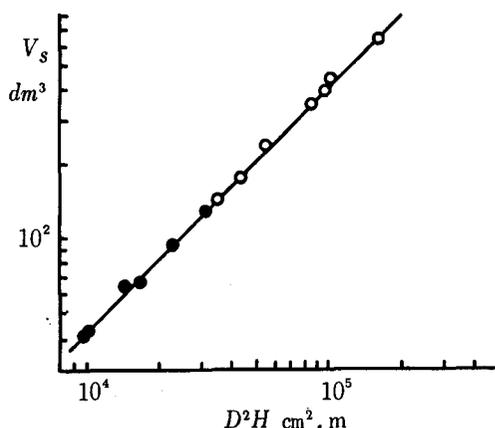


Fig. 1. Simple allometric relation between stem volume ( $V_s$ ;  $\text{dm}^3$ ) and its  $D^2H$  of sample tree, where  $D$  and  $H$  indicate D.B.H and tree height respectively.

●; 30-year-old-stand, ○; 40-year-old-stand

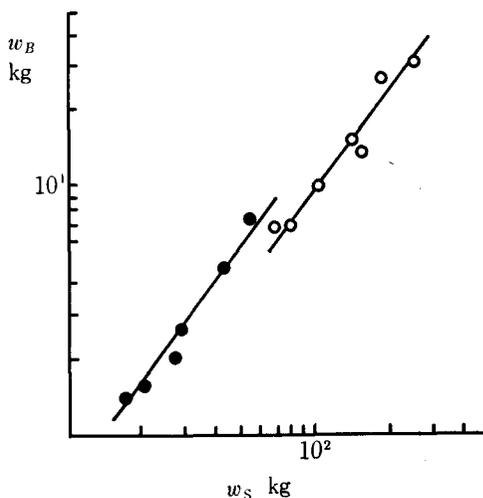


Fig. 3. Simple allometric relation between branch dry weight of sample tree ( $w_B$ ; Kg) and its stem dry weight ( $w_s$ ; Kg).

●; 30-year-old-stand, ○; 40-year-old-stand

$V_s$ ; 幹材積 ( $\text{dm}^3$ ),  $D^2H$ ;  $(DBH)^2 \times (\text{樹高}) (\text{cm}^2 \cdot \text{m})$ ,  $w_s$ ; 幹乾重 (kg),  $w_B$ ; 枝乾重 (kg),  $w_L$ ; 葉乾重 (kg),  $w_R$ ; 根乾重 (kg)

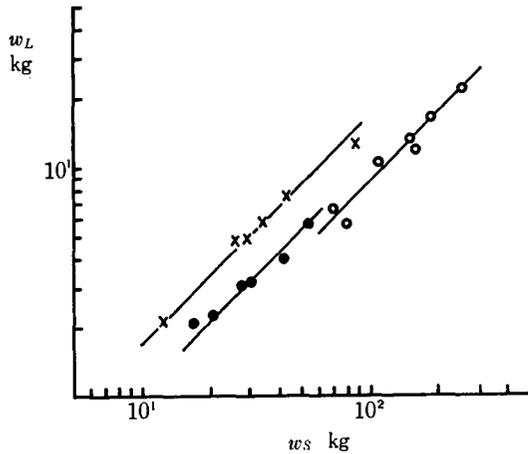


Fig. 4. Allometric relation between leaf dry weight of sample tree ( $w_L$ ; Kg) and its stem dry weight ( $w_s$ ; Kg).

●; Amount in 30-year-old-stand at December, ×; Amount in 30-year-old-stand at August, ○; Amount in 40-year-old-stand at August

てすら、とらえられるほどの変化があらわれているのである。葉量の季節的な変動が主となって生起する  $w_s \sim w_L$  関係の分離は、回帰の勾配が変らない平行移動の形であられる。そして、その分離は林冠の閉鎖した壮合林の段階において、

林令の進行による分離よりも激しいと思われる。従って、このことは層別刈取を実施する季節の選定について注意を要することを示している (図-4)。

$w_s \sim w_R$  関係は勾配 1 の良い回帰がみられた。山田<sup>8)</sup> は、 $w_R$  と  $D^2$  の間に勾配 1 で林分々離のない回帰が認められることを報告している。本報告で取扱った 2 林分では、林分の状態などが似ていることも原因しているであろうが、 $w_s \sim w_R$  関係にも林分々離は認められず、勾配 1 の回帰がみられた (図-5)。しかしこの結果は只木のブナ人工林の報告とも異なっている<sup>9)</sup>。

以上から樹体各器官の ha あたり現存量を計算した結果を表 1 に示す。

幹量の蓄積を比較するために、管<sup>10)</sup> は  $y_s/\bar{H}$  ( $y_s$ ; 幹現存量,  $\bar{H}$ ; 平均樹高) ton/ha·m を誘導した。40 年生林分の  $y_s/\bar{H}$  は 14 ton/ha·m, 30 年生林分の  $y_s/\bar{H}$  は 11.1 ton/ha·m である。

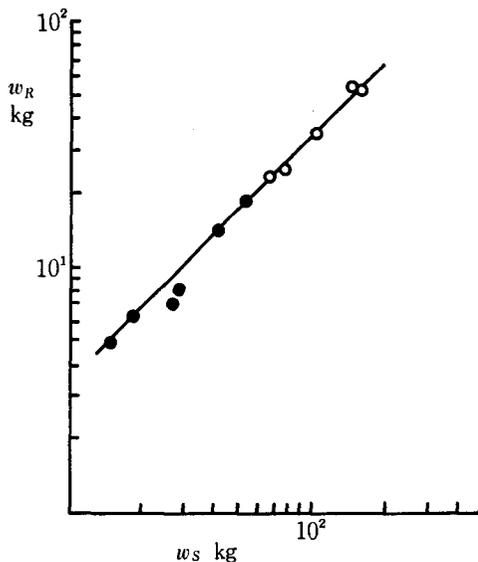


Fig. 5. Allometric relation between root dry weight of sample tree ( $w_R$ ; Kg) and its stem dry weight ( $w_s$ ; Kg).

●; 30-year-old-stand, ○; 40-year-old-stand

表1. 現存量その他  
Table 1. Biomass and other properties in plantations of *Chamaecyparis obtusa*

材 分	Stand			
林 令	Ages	years	40	30
立 木 密 度	Number of trees	$\rho$ /ha	1300	3500
平 均 胸 高 直 径	Mean diameter at breast height	$\bar{D}$ cm	23.9	12.8
平 均 樹 高	Mean tree height	$\bar{H}$ m	15.9	10.4
胸 高 断 面 積 合 計	Basal area at breast height	$m^2$ /ha	60.4	45.6
平 均 生 枝 下 高	Mean clear bole length	$\bar{H}_B$ m	8.6	—
ha あたり現存量	Biomass in oven dry weight per hectare			
幹	Stem	$y_S$ ton/ha	219	115
枝	Branch	$y_B$ ton/ha	25	12
葉	Leaf	$y_L$ ton/ha	19	12(14*)
根	Root	$y_R$ ton/ha	76	43
果 実	Corn	$y_C$ ton/ha	0.2	0
全 体	Total	$y$ ton/ha	338	183
幹 材 積 合 計	Stem volume	$V_S$ $m^3$ /ha	507	268
葉 面 積	Leaf area	$m^2/m^2$	6.9	5.5(6.4)*
枯 枝 量	Dead branch	ton/ha	9.1	—
ha あたり最近1年間の生長量	Annual increment in oven dry weight per hectare			
幹	Stem	$\Delta y_S$ ton/ha·yr	7.8	8.9
枝	Branch	$\Delta y_B$ ton/ha·yr	1.8	1.7
根	Root	$\Delta y_R$ ton/ha·yr	2.0(0.4)**	2.3(0.7)**

(\*)\*; Amount in August 8月時に換算した推定量

(\*\*)\*\*; Estimated amount of broken root less than 3 mm in diameter 直径3 mm以下の細根の量

これは只木の報告している高密度のヒノキ林分 14.4 ton/ha·m に匹敵するもので、これまでに報告されたものの中でも大きな蓄積を持ち、同樹高を持つスギの蓄積を上まわっている<sup>7)</sup>。菅<sup>10)</sup>は  $y_S/\bar{H}$  の上限を 14.9 ton/ha·m としているが、今回報告するものは、この理論値に近い。

葉量、枝量は両林分とも大きく、とくに40年生林分の葉量 19 ton/ha は今までのヒノキ林の調査ではみられなかった大きな値である。ここで葉とは、緑色部を手でしごいて、枝から分離したものをさし、小枝の軸が混入し葉量が過大にならぬように注意した。30年生林の葉量は 12 ton/ha で、これは落葉が終わった直後の値である。これに8月頃の最大葉量を推定するために8月時に換算した式  $w_L=0.124 \cdot w_S$  を使って推定すると 14.3 ton/ha となる。したがって8月と12月の葉量の差がこの30年生林分の落葉量となる。この量は夏季の葉量の約1/6で日野地方ヒノキ林の葉合は約6年と考えられる。これは40年生林分のリタートラップによる調査結果とまったく一致する。また両林分の間には重量において、約5 ton/haの差があるが、葉面積(片面)で比較すると 6.9 ha/ha (40年生林分)、6.4 ha/ha (30年生林分) となり、その差はほとんどみられなくなる。

#### 4. 2) 幹、枝の生長量について

樹幹解析によって得た幹材積生長量に、幹比重を乗じて幹重量生長量 ( $\Delta w_S$ ; kg/yr) を計算し、 $w_S$  との関係を求めると次のようになる (図-6)。

$$\Delta w_S = 0.01013 w_S^{1.242} \dots \text{(40年生林分)}$$

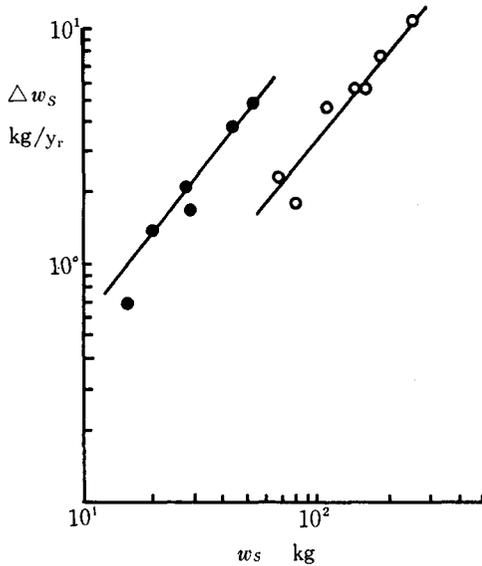


Fig. 6. Allometric relation between annual growth increment of stem of sample tree ( $\Delta w_s$ ; Kg/yr.) and its stem weight ( $w_s$ ; Kg).  
●; 30-year-old-stand, ○; 40-year-old-stand

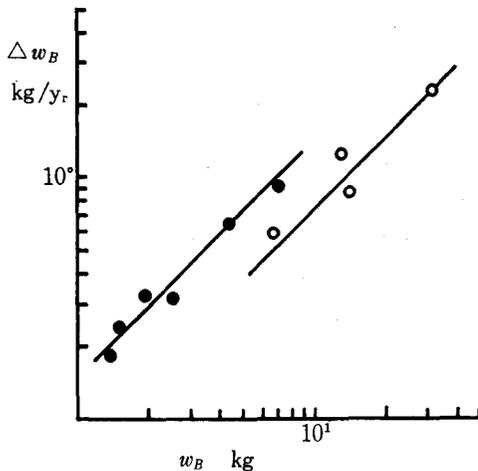


Fig. 7. Allometric relation between annual growth increment of branch of sample tree ( $\Delta w_B$ ; Kg/yr.) and its branch weight ( $w_B$ ; Kg).  
●; 30-year-old-stand, ○; 40-year-old-stand

の根は、幹と同様に枯れ落ちる現象のない、年々森林に蓄積していく、蓄積器官としてとらえられる。回帰式は次のようになる。

$$\Delta w_R = 0.0322 w_R^{1.242}$$

$$\Delta w_s = 0.03222 w_s^{1.242} \dots \text{(30 年生林分)}$$

$$\Delta w_s; \text{kg/yr}, w_s; \text{kg}$$

また枝解析によって得た当年の枝材積生長量に枝比重を乗じて枝重量生長量 ( $\Delta w_B$ ) を計算し、 $w_B$  との関係を求めると次のようになる (図-7)。

$$\Delta w_B = 0.0174 w_B \dots \text{(40 年生林分)}$$

$$\Delta w_B = 0.140 w_B \dots \text{(30 年生林分)}$$

$$\Delta w_B; \text{kg/yr}, w_B; \text{kg}$$

図7にみられるように  $w_B \sim \Delta w_B$  関係は勾配1で、このことは同一林分内で、個体ごとの枝生長率は、ほぼ一定であることを示す。しかし両林分で明確な林分分離がみられ、枝の生長率には、林分の生育段階が異なることによって、大きな変化が生ずる。おそらくこの林分分離は立木密度など、枝の枯れあがりに大きな影響を及ぼす要因と密接な関係があると考えられる。 $\Delta w_s \sim w_s$ ,  $\Delta w_B \sim w_B$  の関係を使って ha あたりの  $\Delta w_s$ ,  $\Delta w_B$  を求めると40年生林分でそれぞれ 7.7, 1.8 ton/ha·yr, 30年生林分でそれぞれ 8.9, 1.7 ton/ha·yr となる。幹の生長量には 1 ton ほどの差がみられるが、枝の生長量の差は少ない。枝の ha あたり生長量は幹のその約 20% 前後 (40年生林分; 23%, 30年生林分; 19%) にあたる。

また幹生長量を只木<sup>1)</sup> (12.3 ton/ha·yr), 菅<sup>4)</sup> (15.5 ton/ha·yr) らが調べたそれと比較するとやや小さい。

#### 4. 3) 根の生長量について

根の生長解析を試みて得た当年の根材積生長量に、比重を乗じて根の重量生長量 ( $\Delta w_R$ ) を計算し、根量との関係で考察したものが図8である。この図から明らかなように、 $\Delta w_R \sim w_R$  関係は  $\Delta w_s \sim w_s$  関係と同じ回帰となる。このことは今回試みた。チルホールで抜根後、根の年輪解析を行なう方法でとらえられた根の動態がどのような性質を持つかを物語るものである。すなわちチルホールで引き抜かれるような太さ

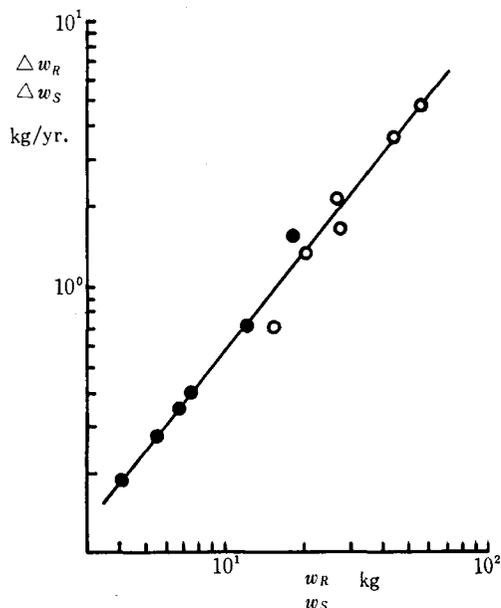


Fig. 8. Allometric relation between annual growth increment of root of sample tree ( $\Delta w_R$ ; Kg/yr.) and its root weight ( $w_R$ ; Kg).  
 ●;  $\Delta w_R \sim w_R$ , ○;  $\Delta w_S \sim w_S$

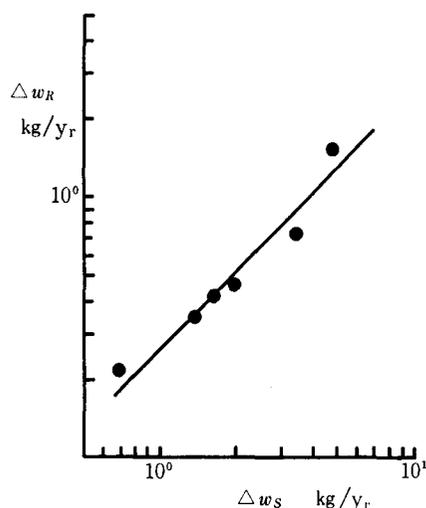


Fig. 9. Allometric relation between annual growth increment of root of sample tree ( $\Delta w_R$ ; Kg/yr.) and its stem increment ( $\Delta w_S$ ; Kg/yr.) Amount in dry weight.  
 ●; 30-year-old-stand

図9は  $\Delta w_S \sim \Delta w_R$  の関係を示すものである。勾配は  $w_S \sim w_R$  関係と同様に1で、回帰式は次のようになる。

$$\Delta w_R = 0.2610 \Delta w_S \dots\dots\dots (1)$$

ところで、2つの積分量  $w_S, w_R$ , 2つの微分量  $\Delta w_S, \Delta w_R$  からなる計4つの変数間の上述のような関係は  $\Delta w_R$  の推定をより容易にする。とくに微分量と積分量の関係、すなわち  $w_R \sim \Delta w_R$ ,  $w_S \sim \Delta w_S$  の両関係が、同一の関係式で近似することが他の林分においても判明するならば、根の生長量の推定方法として有力な武器になると思われる。ただし、チルホールで抜根する時に、引きちぎられた根は、ここでは無視されているから、細根についてはその他の間接的方法で推定する必要がある。

上に述べた相対生長関係から、各個体の根生長量を求め、その合計値から求めた ha あたり根の生長量は 2.0 ton/ha·yr (40年生林分), 2.3 ton/ha·yr (30年生林分) となる。また抜根の際、引きちぎられた細根(直径 2 mm 以下)の量をトレンチ法で推定し、根の年輪解析から得た細根の生長率をそれに乗じて、ちぎれた細根の生長量を推定すると、0.4 ton/ha·yr (40年生林分), 0.7 ton/ha·yr (30年生林分) となる。従って2方法で推定した根生長量を加えると 40, 30年生両林分は、それぞれ 2.4, 3.0 ton/ha·yr となる。この根の生長量は幹の生長量の約 27% に相当し、その構成は、直径 2 mm 以下の細根; 約 11%, 直径 2 mm 以上の根と支根; 約 64%<sup>6)</sup>, 根株; 約 25% からなる。根株の部分への分配が根生長量の約 1/4 であることは予想したよりも小さな値であった。

根の生長量を幹や葉の生長量との関連で、個体方向で考察すると、優勢木になるほど、根の部分への分配が増大し、葉への分配はそれとは逆に減少してくる(図-10)。葉の生長量は個体ごとに、クローネをサランネットの袋で包む袋掛法によって集めた枯死葉(落葉)を代用したもので

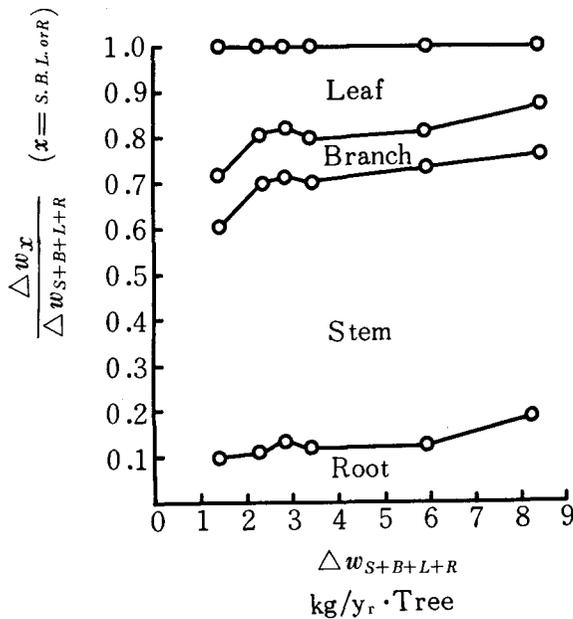


Fig. 10. Distribution diagram of new component ( $\Delta w_s + \Delta w_b + \Delta w_l + \Delta w_r$ ; Kg/yr.) into each organ.  $\Delta w_s$ ; stem increment (Kg/yr.),  $\Delta w_b$ ; branch increment,  $\Delta w_l$ ; leaf increment,  $\Delta w_r$ ; root increment.

速度の比が変化せず、始原生長指数も変化しないということである。すなわち、生長系の2つの部分  $X, Y$  の間に  $Y = A \cdot X^h$  が成立する時に、 $h, A$  の値が時間方向で変化しないということである。森林においては必ずしも、 $A$  が一定ではないが、多くの場合これら定数の変化が無視できるほどに小さい、すなわち林分分離が一年という短期間では無視できるほどに小さいと仮定されてきた。それでこの方法によって根の生長量を求めてみる。まず  $w_s \sim w_r$  関係を時間方向で微分して次の式を得る。

$$\frac{\Delta w_r}{\Delta t} = 0.339 \frac{\Delta w_s}{\Delta t} \dots\dots\dots (2)$$

上の式にしたがって根の生長量を推定すれば、3.9 ton/ha·yr (40年生林分), 3.0 ton/ha·yr (30年生林分)となる。この値は根の解析をして得た値より大きく推定されている (この3.9, 3.0 ton/ha·yrには抜根の際に切れた根の生長量を含んでいない)。このことは(2)式が(1)式と始原生長指数( $A$ )を異にしていることから明らかである。今回の報告においても  $w_r \sim w_s$  関係に林分分離がないとしているのに、このような差異のでてきたことは、 $w_r \sim \Delta w_r$  と  $w_s \sim \Delta w_s$  の両関係の相対生長係数( $h$ )が1でなく、1.242であることによって、 $\Delta w_r \sim \Delta w_s$  の  $A$  が(1)と(2)の式で異なってしまったことに起因している。すなわち微分量と積分量の関係が比例関係でないことにその原因がある。それ故に比生長速度の比  $h$  と、始原生長指数  $A$  が時間方向で変化しないという仮定だけで、生長量を推定することは妥当ではない。それ故に(2)式を使った方法が許されるには、もう一つ他の条件が満たされねばならないことになる。

今  $w_r, w_s, \Delta w_r, \Delta w_s$  の4個の変数間の関係を次のように置く。

$$w_r = A_1 w_s^{h_1} \dots\dots\dots (3)$$

あるから、厳密な意味では生長量とは言えない。しかしながらよく閉鎖して、立木密度などがあまり変化のない林分においては、かなりの精度で近似されていると考えても良いであろう。この根の生長量と葉の生長量の相補性は、川那辺<sup>11)</sup>が苗木で観察した現象と相似た結果となっている。

枝の生長量は葉量と密接な関係があると考えられるが、葉への分配に比して、枝への分配率が優勢木でも劣勢木でも変りが少ないのは、被圧された劣勢木ほど生産能率の低くなっていることが原因と考えられる。

従来、根や枝などの生長量の推定が困難なものに対しては、他の部分との間に成立する相対生長関係を時間方向で微分し、その生長量を推定する方法がとられてきた<sup>12)</sup>。その場合に一つの前提となるのは、比生長

$$\Delta w_R = A_2 w_s^{h_2} \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta w_s = A_3 w_s^{h_3} \dots\dots\dots (5)$$

(3)を時間方向で微分した根の生長量の推定式,  $\Delta w_R \sim \Delta w_s$ ,  $\Delta w_R \sim w_s$  関係は,

$$\Delta w_R = A_1 \cdot h_1 \cdot \left( \frac{\Delta w_s}{A_3} \right)^{\frac{h_1+h_3-1}{h_3}} = A_1 \cdot A_3 \cdot h_1 \cdot w_s^{h_1+h_3-1} \dots\dots\dots (6)$$

(3), (4), (5)より得られる  $\Delta w_R \sim \Delta w_s$ ,  $\Delta w_R \sim w_s$  関係は

$$\Delta w_R = A_2 \cdot (A_1)^{h_2} \cdot \left( \frac{\Delta w_s}{A_3} \right)^{\frac{h_1 \cdot h_2}{h_3}} = A_2 \cdot (A_1)^{h_2} w_s^{h_1 \cdot h_2} \dots\dots\dots (7)$$

(6)と(7)が同じ回帰式となるためには数多くの条件が必要となるが, ここに今回得られた回帰式の値を入れる。

$$\text{すなわち, } h_1=1, h_2=h_3, A_2=A_3 \dots\dots\dots (8)$$

(8)を(6), (7)に代入すると

$$\Delta w_R = A_1 \cdot \Delta w_s = A_1 \cdot A_2 w_s^{h_2} \dots\dots\dots (6)'$$

$$\Delta w_R = (A_1)^{h_2} \cdot \Delta w_s = A_2 \cdot (A_1)^{h_2} w_s^{h_2} \dots\dots\dots (7)'$$

(6)', (7)'の比較より明らかなように, 調査林分において  $w_s \sim w_R$  関係を時間方向で微分した式から生長量を推定する方法が許されるためには, もう一つ  $h_1=h_2(=1)$  の条件が前提とされねばならない。すなわち,  $w_s \sim w_R$  関係に林分分離が生じないのみならず, 微分量と積分量の関係も, 積分量と積分量と微分量の間の関係と同じ相対生長係数をもつという仮定がなければならぬ。

#### 4. 4) 純生産量の推定

積み上げ法で純生産量を推定するために, IBP では2つの方法を提案した<sup>13)</sup>。まず第1の方法は, 異なった2時点  $t_1, t_2$  における現存量と  $t_1 \sim t_2$  の期間における枯死量, 被食量を測定することにより算出する方法である。第2の方法は, ある時点で現存量を測定し, 各部分の当年中に生産された新部分量を測定し求めようとする方法である。そして, その基本的概念は次の式によってあらわされる。

$$\text{I) } \Delta P_N = \Delta y + \Delta L + \Delta G$$

$$\text{II) } \Delta P_N = y_{2N} + \Delta L_N + \Delta G_N$$

$\Delta P_N$ ; 純生産量,  $\Delta y$ ;  $y_2 - y_1$  ( $y_1$ ; 任意の時点  $t_1$  における現存量,  $y_2$ ;  $t_2$  における現存量),  $\Delta L$ ;  $t_2 \sim t_1$  期間の枯死量,  $\Delta G$ ;  $t_2 \sim t_1$  の被食量,  $y_{2N}$ ;  $t_2$  における新部分量,  $\Delta L_N$ ; 新部分の枯死量,  $\Delta G_N$ ; 新部分の被食量

表2は上述の方法をもとにして  $\Delta P_N$  を推定した試算表である。ここで表中の数値を計算した操作を述べる。

##### a) 40年生林分における(I)法について

幹の  $\Delta y$  は  $D_2 H \sim w_s$  関係に林分々離はないから, 1年前の毎木調査資料により生長開始前の幹現存量を計算し, 現在の幹現存量の差として求めた。

枝と葉の  $\Delta y$  は  $w_s \sim w_b, w_s \sim w_L$  関係が林分々離を生ずるので, 40年生林分と30年生林分(8月時に換算)の始原生長指数を10等分し, 1年前の相対生長関係を推定した後, 1年前の枝, 葉の現存量を推定し, それぞれの現存量の差として求めた。

根の  $\Delta y$  は,  $w_s \sim w_R$  関係に林分々離はないとして, 幹と同じ考え方で求めた。

球果は生産されてから一年以内に落下するので, この方法では無視する。調査年は結実年の翌年あたり, 量的にはわずかであろう。また皮は幹の  $\Delta y$  に含まれる。

次に  $\Delta L$  であるが, 幹の枯死量はなかったので0とした。枝, 葉の  $\Delta L$  はリタートラップの3

表2. 純生産量の推定  
Table 2. Net production per hectare (ton/ha·yr)

40-year-stand							
(I)		$y$	$L$	(II)		$y_{2N}$	$L_N$
幹	Stem	11.5	0.00	幹	Stem	7.7	0
枝	Branch	1.0	0.62	枝	Branch	1.8	0
葉	Leaf	0.1	4.07	葉	Leaf	3.1	0
根	Root	3.9	?	根	Root	2.4	?
果 実	Corn	0.0	0.60	果 実	Corn	0.2	0
純生産量	Pn	21.79		純生産量	Pn	15.2	

30-year-stand							
(I)		$y$	$L$	(II)		$y_{2N}$	$L_N$
幹	Stem	9.8	0.0	幹	Stem	8.9	0
枝	Branch	0.6	0.0	枝	Branch	1.7	0
葉	Leaf	0.9	2.3	葉	Leaf	2.3	0
根	Root	3.3	?	根	Root	3.0	?
果 実	Corn	0.0	0.0	果 実	Corn	0.0	0
純生産量	Pn	16.9		純生産量	Pn	15.9	

(I);  $Pn = \Delta y + \Delta L + \Delta G$ ,  $\Delta G = 0$

(II);  $Pn = \Delta y_{2N} + \Delta L_N + \Delta G_N$ ,  $\Delta G_N = 0$

カ年分のデータを検討して求めた。根の  $\Delta L$  は不明で推定の方法もないので?とした。

b) 40年生林分における(II)法について

新部分の  $y_{2N}$  についてみよう。幹の  $y_{2N}$  は  $\Delta w \sim w_s$  関係より推定した。枝の  $y_{2N}$  も  $\Delta w_B \sim w_B$  関係より推定した。葉の  $y_{2N}$  はヒノキの葉を新旧两部分に分ける作業が困難であることから、以下の間接的方法によった。すなわち、過去3年間にわたるリター調査と、袋掛法による個体別落葉量測定から、葉令は約6年と考えられる。そこで、もし林分の葉量がほぼ一定であるならば、葉の新部分量は現存量のほぼ1/6と考えられるから、この量を  $y_{2N}$  とした。根は  $\Delta w_R \sim w_R$  関係を用いて推定した量を使用した。皮の  $y_{2N}$  は幹の  $y_{2N}$  に含まれる。球果は層別刈取調査の資料をもとにして、断面積推定法により、その  $y_{2N}$  を求めた。

次に幹、枝、葉の  $\Delta L_N$  は調査期間中、毎木調査やリタートラップなどのデータによれば皆無または無視できる程に小さかった。根の  $L_N$  は推定の仕方がないので?とした。

c) 30年生林分における(I),(II)法についてはa), b)で述べたと同様な方法によって求めた。

ところで本調査では、ここで述べた  $t_2$  時点に相当する時期に1度しか伐倒調査をしていないので、上の純生産量を推定する2つの方法(I),(II)の各項目について、測定し、推定し得たかどうか検討してみる。

まず(I)の方法  $\Delta y + \Delta L + \Delta G$  について考えてみる。

$\Delta y$ ; 幹は  $D_2H \sim V_s$  関係が生育段階にかかわらず成立することが認められているので、 $t_1, t_2$  時点で毎木調査がしてあるから幹の  $\Delta y_s$  は比較的高い精度で推定することができる。この場合は皮量も  $\Delta y_s$  内に含まれる。葉および枝については最も回帰性の大きな幹との間の相対生長関

係についてみると、生育段階などで、林分々離が顕著にあらわれ、一回の伐倒調査では  $t_1$  時点の相対生長関係式は決定し難い。またヒノキ林の調査資料が少ないので、文献から推定することも非常に難しい。したがって1度の伐倒調査では、枝葉の  $\Delta y$  の推定精度は低い。しかし、安定した林分の場合、枝葉の  $\Delta y$  は非常に小さい量と考えられ、この精度の悪さが、 $\Delta P_N$  にはそれほど大きく影響しないのではなかろうか。

$\Delta L$ ; 枯死する量と落下する量とがほぼ等しい林、たとえば、十分に成熟した林分では、リタートラップで得た量をもって、その同一期間に枯死した量と考えることができる。しかし今回のヒノキ林の枝のように、枯枝が非常に落ちにくく、40年という壮年期の林分では、年々樹体についている枯枝量（調査時の量は、断面積推定法によると 9.1 ton/ha あった。）は増加しているかもしれないから、落下する量はその分だけ少ないかもしれない。またリタートラップでとらえられる量は、腐食して重量的に減少したものである。またリタートラップでとらえられる葉の枯死量は葉令分だけ時間的にづれたものである。球果は豊年と凶年の差が倍以上あり、かつ落果する量は必ずしも  $t_1 \sim t_2$  期間内に生産されたものではない。根の  $\Delta L$  は現在、信頼しうる資料がない。従ってトラップでこの  $\Delta L$  を推定する以上、どの樹体部分についても、すこし過少値であると思われる。

$\Delta G$ ; 未測定であるが、ヒノキ人工林の場合には ton/ha のオーダーで無視できると考えた。虫などの第一次消費者による、摂食量については、現在、糞トラップを設置して調査を進めているので、資料があつまり次第報告するつもりである。

次に(II)の方法  $\Delta P_n = y_{2N} + \Delta L_N + \Delta G_N$  について考える。

$y_{2N}$ ; 幹は樹幹解析で得た生長量を  $y_{2N}$  としたら、かなり精度高く求まると思う。最近1年間に以内に枯死する枝は、ほとんど生長しないと考えて良いから、 $t_2$  に生きていた枝の年輪解析をして得た生長量を枝の  $y_{2N}$  としてもさしつかえないと思われる。葉は平均葉令を知り、その林分葉量を割って新葉量を求める方法を行なった。平均葉令、林分葉量の推定に、誤差がなくても、求めた  $y_{2N}$  は過去3年間に調べた落葉量の変動からみて、最大50%程度の誤差が生ずる危険性がある。従って、新部分量を別測する必要があるだろう。根の  $y_{2N}$  は、直接年輪巾を解析する方法で得た根生長量をあてた。このことは今回初めて試みたわけであるが、従来の間接的推定法と比較して、かなり信頼がおける。今回の推定による根の生長量には白根の動態が、まったく無視されている。この白根の件については、更に調査をする必要がある。

$\Delta L_N$ ; 幹は調査期間中枯死木はなかった。枝、皮では無視してもよいだろう。ヒノキの葉は約6年くらい着いているから、葉の  $\Delta L_N$  は量的には少ないと思われるが、これを無視すると過少評価になろう。根の  $\Delta L_N$  については、細根を除いて量的に少ないと考えられる。

$\Delta G_N$ ; 前と同様に無視する。大きく過少とはならないだろう。

最後に(I)法と(II)法を比較してみると得られた  $\Delta P_N$  は、40年生林分で 21.8 (I法), 15.2 ton/ha·yr (II法), 30年生林分で 16.9 ton/ha·yr (I法), 15.9 ton/ha·yr (II法) となった。(I), (II)法の間はかなり差が生ずるが、表2からも明らかなように、主として、この差は幹量の推定の違いによって生じている。これは相対生長関係の回帰性の良否、樹幹解析の精度などによって、差が生じたものと思われる。しかし、大きな目でみれば、(I), (II)法とも、あまり差はないといえよう。

#### 4. 5) 林分の垂直構造について

幹、枝、葉、幹生長量の垂直構造を図11に示す。綿向山のヒノキ林が他の報告にみるヒノキ林の生産構造に比して特徴的なことは、クローネの深さが大で、生枝下の位置が低いことである。

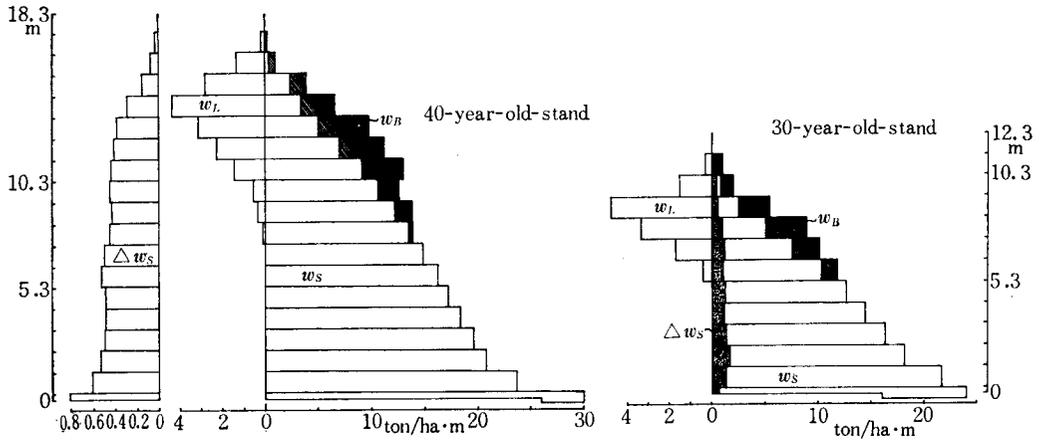


Fig. 11. Production structure diagrams showing vertical distribution of biomass of stem ( $w_S$ ; ton/ha·m), branch ( $w_B$ ; ton/ha·m), leaf ( $w_L$ ; ton/ha·m) and growth increment of stem ( $\Delta w_S$ ; ton/ha·m·yr.).

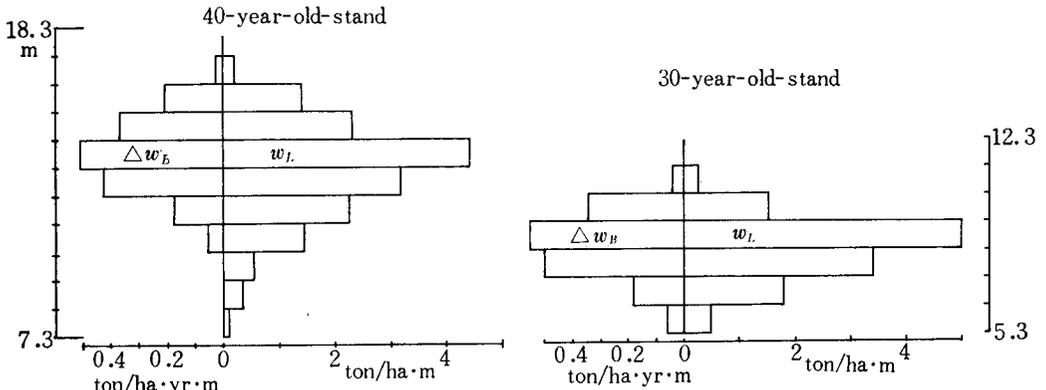


Fig. 12. Vertical distribution profiles showing relation between branch increase of respective layer ( $\Delta w_B$ ; ton/ha·m·yr) and leaf density ( $w_L$ ; ton/ha·m·yr.).

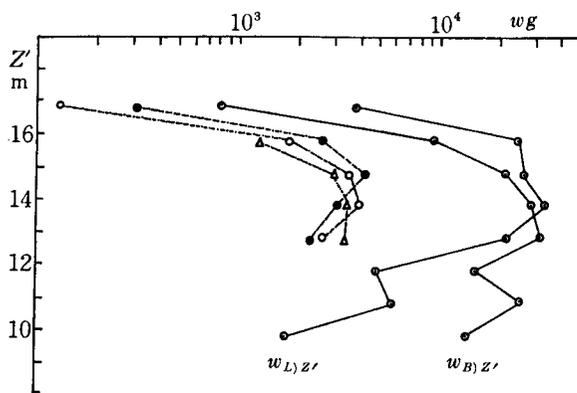


Fig. 13. Profiles of branch increase of respective layer for the last three years, where  $Z'$  indicates above ground height, and then,  $w_{L,Z'}$  and  $w_{B,Z'}$  indicate leaf density of each layer (g/m) and branch density (g/m) respectively.

●; one year ago, ○; Two years ago, △; Three years ago

このことは綿向山のヒノキの葉量が非常に多いということを示しているものである。

枝生長量の垂直構造と、葉の垂直構造の関係を図 12 に示す。枝の層別生長量は、葉の層別現存量の分布と平行している。すなわち、葉の現存量の垂直分布と枝生長量の垂直分布は、ほぼ左右対象の集中分布をなし、枝の層別生長量の垂直方向の変化は、葉の層別現存量の変化と一緒に生じている。枝の生長量は、葉の現存量が最大の層において、最大の生長量をもつ。また、これと同じような現象は図 13 でも明らかになる。

この図は過去3カ年の枝生長量を時間方向で追跡したグラフである。すなわち、林分の発達とともに下方から枝が枯れあがり、それに平行して枝の生長量も年々上方へ移動していく。そこで、葉の量と枝の生長量の関係をさらに明確にするために、両対数グラフを使って、ある層に含まれる葉量を横軸に、その層の枝生長量を縦軸にとると、良い回帰がみられる(図14)。図14では、同一林分内の個体や層のちがいによる分離はみられないが、林分ごとに分離のある回帰関係が確認される。勾配は1よりやや大きい。またその一次相関  $r$  は0.97となり、葉量と枝生長量の密接な関係が考えられる。そこで層別葉量と、層別枝生長量の関係を求めると次のようになる。

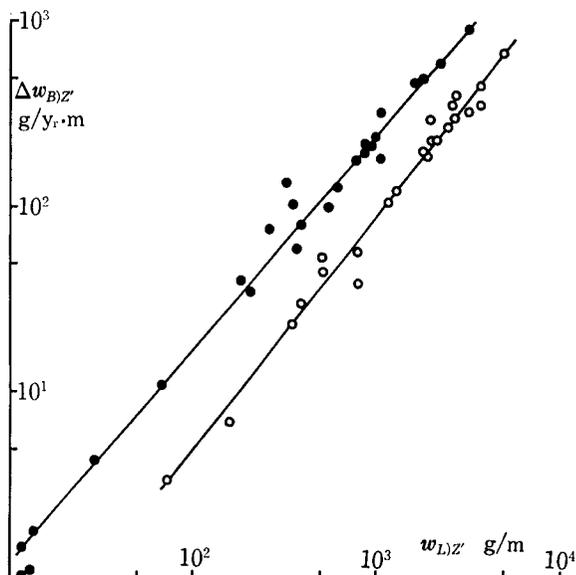


Fig. 14. Allometric relation between branch increment of respective layer ( $\Delta w_{B)z'}$ ; g/yr. m) and leaf mass of its layer ( $w_{L)z'}$ ; g/m)

$$\Delta w_{B)z'} = 7.36 \times 10^{-3} w_{L)z'}^{2.503} \quad (40 \text{ 年生林分})$$

$$\Delta w_{B)z'} = 3.81 \times 10^{-2} w_{L)z'}^{2.703} \quad (30 \text{ 年生林分})$$

$\Delta w_{B)z'}$ ; 地上高  $z'$ m における枝生長量 (g/yr.)  $w_{L)z'}$ ; 地上高  $z'$ m における葉の現存量 (g)

枝の層別生長量と層別枝量の関係をみようとする時、 $\Delta w_{B)z'} \sim w_{L)z'}$  にみられたような関係はみられなかった。そこで試に  $\Delta w_{B)z'}/w_{B)z'}$  ( $w_{B)z'}$ ; 地上高  $z'$ m における枝の現存量) と  $z'$  の関係を調べた。片対数グラフを用いて、対数軸に  $\Delta w_{B)z'}/w_{B)z'}$  を、方眼目盛の軸に  $H_{\max} - z'$  ( $H_{\max}$ ; 最大樹高) を取ると、直線に近い回帰を示す。すなわち、枝の層別生長率が層の上からの深さが増すにしたがって、ほぼ指数関数的に減少していく。これは光の葉層における減衰現象と似ている。この枝の生長率にみられる現象は、個体についても、ha あたりの量についてもみられる(図15, 16)。

今、関数形を次のようにおくことができる。

$$\lambda_{B)z'} = \alpha \exp[-\beta(H_{\max} - z')] \dots\dots\dots (9)$$

$\lambda_{B)z'}$ ;  $\Delta w_{B)z'}/w_{B)z'}$  すなわち地上高  $z'$  における枝の生長率 (g/g·yr),  $\alpha, \beta$ ; 定数,  $H_{\max}$ ; 林分ごとに定まる最大樹高 (30年生林分で12.3 m, 40年生林分で18.3 m)

$\alpha$  の値は  $(H_{\max} - z') \sim \lambda_{B)z'}$  のグラフにおいて、 $H_{\max} - z' = 0$  の条件を満足する  $\lambda_{B)z'}$  ( $\lambda_{B)z'}$  軸の切片) の値である。生長の良い、今回取扱ったような壮令の人工林において、梢端の部分の  $\lambda_{B)z'}$  はほぼ1に近いと考えられるから、 $H_{\max}$  樹高を持つ個体と、ha あたりに換算した関係においては同じ  $\alpha$  の値が得られる。また図12からも明らかなように、個体方向で  $\lambda_{B)z'} \sim (H_{\max} - z')$  関係を考察すると、 $\alpha$  の値は一般的に樹高が低くなる程大きくなる。個体の大きさは樹高の大きさをもって、一つの指標として考えられるだろうから、 $\alpha$  の値は個体の優劣をあらわすものと考えられる。

$\beta$  の値は図15, 16において回帰直線の勾配としてとらえられる。ha あたりに換算して林分ごと

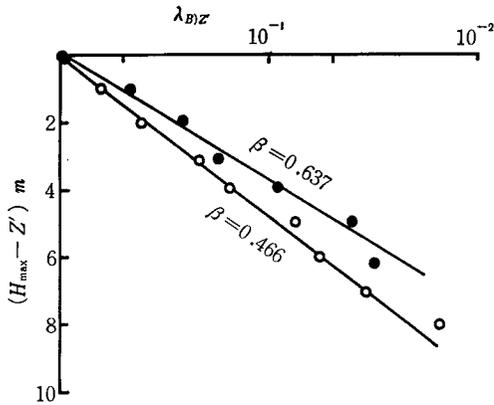


Fig. 15. Relation between branch growth rate of each layer ( $\lambda_{B/Z}$ ;  $\frac{\text{ton/ha}\cdot\text{m}\cdot\text{yr}}{\text{ton/ha}\cdot\text{m}}$ ) and depth of layer from tree top ( $H_{\max}-Z'$ ;  $m$ ), where  $H_{\max}$  and  $Z'$  indicate maximum tree height of stand and above ground height of each layer respectively.  
 ●; 30-year-old-stand, ○; 40-year-old-stand

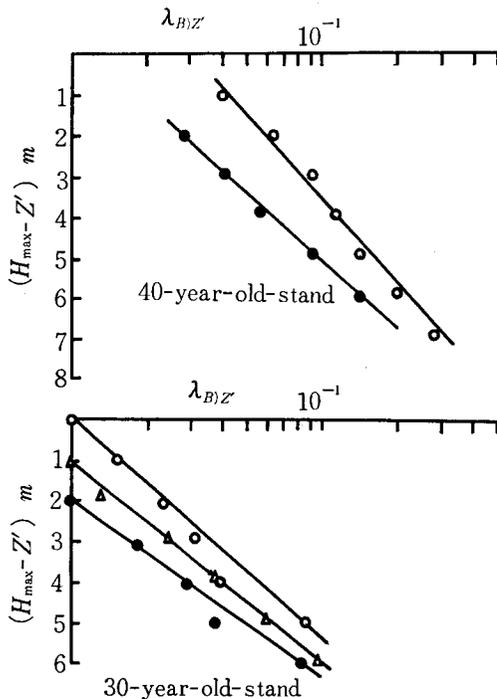


Fig. 16. Relation between branch growth rate of each layer ( $\lambda_{B/Z}$ ;  $\frac{\text{g/m}\cdot\text{yr}}{\text{g/m}}$ ) and depth from tree top ( $H_{\max}-Z'$ ;  $m$ ), where  $H_{\max}$  and  $Z'$  indicate maximum tree height of stand and above ground height of each layer respectively.

に比較してみると図 15 にみられるように明らかな林分分離が生じた。40 年生林分, 30 年生林分の  $\beta$  の値は, 各々 0.466, 0.637 となり, 立木密度が小さく, 生枝下の低い 40 年生林分において  $\beta$  の値が小さくなった。それゆえに,  $\beta$  は枝の枯れあがり方と大きな関係を持つことが推測される。枝の枯れあがり方は立木密度をはじめとした個体間の干渉の程度や, 林令その他の要因によって決定される。今特に立木密度の影響について考えてみると, 密度が増大するにしたがって, 個体どうしの干渉が激しくなり, 枝の枯れあがり方も激しくなるから,  $\beta$  は立木密度が増大するほど大きくなるであろう。また同一林分内の個体方向で考察すれば, 個体が劣勢になる程  $\beta$  は大きくなるであろう。それ故に  $\lambda_{B/Z}$  を規定する  $\alpha$ ,  $\beta$  の 2 つのパラメーターは, 個体間の優劣や立木密度などによって, 個体ごとに林分ごとに定まる。表 3 に, 30, 40 年生林分の資料木から得た個体ごとの  $\alpha$ ,  $\beta$  の値を示す。

$\alpha$ ,  $\beta$  の傾向について述べてきたが, 表 3 の  $\alpha$ ,  $\beta$  の値を用いてもう少し詳しい検討を試みよう。

(9)式より  $\alpha$ ,  $\beta$  は次の意味を持つ

表 3.  $\alpha$  と  $\beta$  の値  
 Table 3. Value of  $\alpha$  and  $\beta$

Tree No.	$\alpha$	$\beta$	$W_L$ kg
1*	0.32	0.241	21.6
2*	0.57	0.425	13.1
3*	1.13	0.515	11.7
4*	1.10	0.449	5.56
5**	1.00	0.428	5.66
6**	1.60	0.452	3.99
7**	1.10	0.433	3.08
8**	1.90	0.439	3.06
9**	3.20	0.589	2.16
10**	2.80	0.527	2.30

\*; Tree of 40-year-stand

\*\*; Tree of 30-year-stand

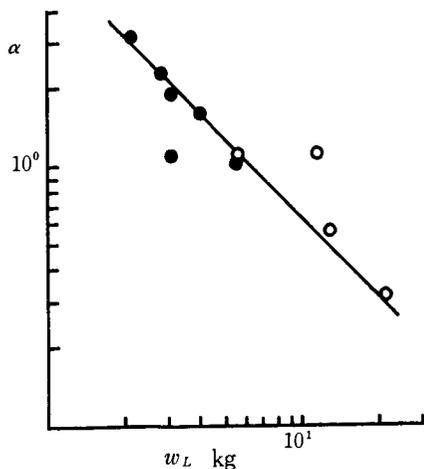


Fig. 17 Relation between  $\alpha$  and oven dry weight of leaves of sample tree ( $w_L$ ; kg), where  $\alpha$  indicates parameter in equation (9).  
●; 30-year-old-stand ○; 40-year-old-stand

$$\alpha = \lim_{z' \rightarrow H_{\max}} \lambda_{B,z'}, \quad \beta = \frac{1}{\lambda_{B,z'}} \cdot \frac{d\lambda_{B,z'}}{dz'}$$

この  $\alpha$ ,  $\beta$  と  $w_L$  の間に成立する関係は次のようになる (図 17, 18)。

$$\alpha = 0.640 \frac{1}{w_L}$$

$$\frac{1}{\beta} = 0.125 w_L + \frac{1}{0.660}$$

$w_L$  は個体の優劣をあらわすから、個体が劣勢になるにつれて、 $\alpha$ ,  $\beta$  の値が増大していくことがわかる。 $\alpha$  は  $w_L$  と逆比例的関係であるが、 $\beta$  は  $w_L$  方向では飽和型の曲線となる。

また  $\alpha$  と  $\beta$  の間の関係は、横軸に  $\alpha$ 、縦軸に  $\beta$  をとると飽和型の曲線となる (図 19)。その関係式は次のようになる。

$$\frac{1}{\beta} = \frac{0.800}{\alpha} + \frac{1}{0.660}$$

枝の生長は上下の物質の移動のみならず、横方向の物質の移動も考えなければならない。すなわち、枝の生長は3次元にわたる現象であり、葉の生活と密接にかかわりあって複雑な運動を生起する。今回は手はじめに枝の生長率の垂直分布をとりあげたが、まだ不十分な所が多い。この枝の生長の問題については後に機会をみて論ずるつもりである。

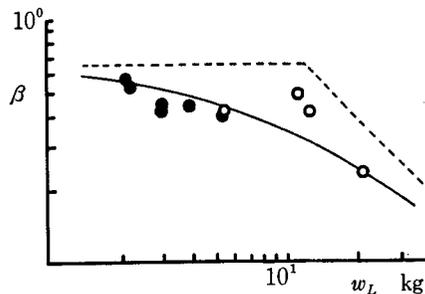


Fig. 18. Hyperbolic relation between  $\beta$  and dry weight of leaves of sample tree ( $w_L$ ; Kg), where  $\beta$  indicates parameter in equation (9).  
●; 30-year-old-stand ○; 40-year-old-stand

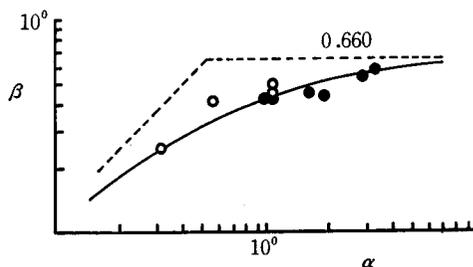


Fig. 19. Asymptotic relation between  $\alpha$  and  $\beta$ , where  $\alpha$  and  $\beta$  indicate two parameters of equation (9) showing  $\lambda_{B,z'}-z'$  relation.  
●; 30-year-old-stand, ○; 40-year-old-stand

## 引用文献

- 1) 只木良也・尾方信夫ほか：森林の生産構造に関する研究 (X)，無間伐の45年生ヒノキ林の生産力。日林誌 48 (11)，387～393，(1966)
- 2) 湯浅保雄・伊藤悦夫：天龍地方ヒノキ林の生産力。77回日林講，220～222，(1966)
- 3) 佐藤大七郎・扇田正二：林分生長論資料4，わかいヒノキ人工林における葉の量と生長量の関係。

- 東大演報 54, 71~100, (1958)
- 4) 菅 誠・四手井綱英ほか：常緑広葉樹林の生産力について (2), シイ林について。74 回日林講, 171~172, (1963)
  - 5) 斎藤秀樹・堤 利夫：ヒノキ林の落葉枝量の空間分布について。森林の一次生産測定法の研究中間報告, 61~64, JIBP-PT-F, (1967)
  - 6) 山倉拓夫・斎藤秀樹：ヒノキ林の樹根生長量と枝生長量について。森林の一次生産力の比較研究中間報告, 1~6, JIBP-PT-F, (1970)
  - 7) 四大学合同調査：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について。日本林業技術協会育林技術研究会, (1966), 東京
  - 8) 山田 勇・四手井綱英：スギ林の根の現存量について。京大演報 40, 67~80, (1968)
  - 9) 只木良也・蜂屋欣二ほか：森林の生産構造に関する研究, ブナ林の一次生産, 日林誌 51 (12), (1969)
  - 10) 菅 誠：人工一斉林の林分密度に関する生態学的研究。学位論文, (1967)
  - 11) 川那辺三郎・四手井綱英：陽光量と樹木の生育に関する研究 (III), 針葉樹苗木の生育におよぼす被陰の影響。京大演報 40, 111~121, (1968)
  - 12) 荻野和彦・四手井綱英：若生ブナ林の現存量・生長量, 森林の一次生産測定法の中間報告, 12~20, JIBP-PT-F, (1967)
  - 13) Newbould, P. J.: IBP Handbook No. 2, Method for Estimating the Primary Production of Forests. 6-11, (1967)

### Résumé

1) To investigate the primary productivity and production structure of *Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc. forest, two test plots of even aged plantation of 40 and 30 years old and situated continuous to each other were settled. The sample trees were cut down in the fall of 1968 and analyzed. As the site quality of the two plots were seemed to be same, so the data earned by the experiments could be compared with each other.

2) The biomass of tree organs of root, branch, stem in the forests and current annual increments of dry weight of them were tabulated on table 1, which were estimated by using the allometric relations and census of experimental plots (Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 and 9). The leaf biomasses were 19 ton/ha for 40 year-old stand and 14 ton/ha for 30 year-old stand, in which the value of 19 ton/ha was the largest among all stands of *Chamaecyparis obtusa* hitherto investigated. The branch increments in dry weight were 1.8 ton/ha. yr for 40 year-old stand and 1.7 ton/ha. yr for 30 year-old stand respectively, and these values were about 20% of the stem increments. The value of dry weight increment of root was estimated about 3.0 ton/ha yr for 30 year-old stand, and its value was about 6% of root biomass and 33% of stem increment.

3) The dry weight density of stem ( $y_s/\bar{H}$ ; ton/ha. m) in 40-year-old stand were larger than that in 30-year-old stand, and the value in 40-year-old stand was agreed with the maximum value theoretically derived by Dr. M. Kan. The difference of the values of the two forests seemed to be reduced to the difference of age of the stands.

4) Net primary productions ( $P_n$ ; ton/ha. yr) of each stand were estimated as following

$$(1) P_n = \Delta y + \Delta L + \Delta G$$

$$(2) P_n = y_{2N} + \Delta L_N + \Delta G_N$$

where

$\Delta y$  = Biomass change during one year

$\Delta L$  = Plant losses by death and shedding during one year

$\Delta G$  = Plant losses by consumer organism during one year

$y_{2N}$  = Amount of plant matter newly formed during one year

$\Delta L_N$  = Amount of losses of new components by death and shedding during one year

$\Delta G_N$  = Amount of grazing of new components by consumer organism during one year

Between the estimation method (1) and (2), there was little differences caused by the differences of calculation procedure of each item in the formula mentioned before (Table 2)

5) Vertical distribution patterns of weight density of each organ were discussed. Especially, the problem on the branch increment of respective layers was analysed relating to the weight density of leaf and branch. Following relation was found out between the growth rate of branch weight in respective layer ( $\lambda_B)_{z'}$ ) and height of each layer ( $z'; m$ ).

$$\lambda_B)_{z'} = \alpha \exp(-\beta(H_{\max} - z'))$$

where  $\alpha$  and  $\beta$  are constant,  $H_{\max}$  is maximum tree height.

The two parameters in the above mentioned formula were analysed from the biological point of view.