

## タテヤマスギ幼齡林の生産力

阪上 俊 郎

Productivity of a Young Tateyamasugi (*Cryptomeria japonica* D.DON) Plantation

Toshio SAKAUE

**要旨：**富山県で植栽されているタテヤマスギ (*Cryptomeria japonica* D.DON) の18年生の人工林で、現存量とその生産構造を解析した。4m×5mのプロットを設け、その中の全個体11本を層別刈取法を用いて調査した。林分の現存量は、幹が69.76 ton/ha、葉が24.46 ton/ha、枝が5.70 ton/haであった。優勢木の幹比重は0.38 kg/dm<sup>3</sup>で、一般のスギ人工林での値0.35 kg/dm<sup>3</sup>よりわずかに大きい。単位高さ当たりの幹現存量( $Y_s/\bar{H}$ )は9.70 ton/ha・mであった。葉と枝の生長量は、幹量との間で成立する相対生長関係式の両辺を時間で微分した式から算出した。根の生長量は、生長率が幹と等しいとして求めた。各器官の生長量は、幹が10.11 ton/ha・yr、葉が3.27 ton/ha・yr、枝が0.94 ton/ha・yr、根が3.65 ton/ha・yrであり、枯死量を約9 ton/ha・yrとして純生産量を求めると約27 tan/ha・yrとなった。葉の幹生産率は0.95 dm<sup>3</sup>/kg・yrであった。

## I はじめに

タテヤマスギ (*Cryptomeria japonica* D.DON) は、富山県中新川郡の立山と剣岳一帯の海拔500~2000mのところに生育している天然スギの属称である。このスギは裏日本系統に属し、耐雪、耐寒性が強く、うつ閉林内でも稚樹を発生するほど耐陰性が大きい<sup>1)</sup>。

スギ人工林について、生産生態学的手法を用いた報告もかなり多いが、<sup>2)~9)</sup>そのうち裏日本系統のスギを扱った例は少ない。特に本県において最も一般的に造林されているタテヤマスギも生産的立場からは調査されていない。本調査はタテヤマスギ人工林の造林上の基礎資料を得る目的で、1978年から着手された。

## II 調査林分の概況および調査方法

調査地は富山県中新川郡立山町吉峰の県林業試験場構内にある18年生スギ実生林分で、標高約240mの北西向きの斜面上にあり、傾斜は約25°、土壌は丸礫を含むBd(d)型土壌である。林冠は完全に閉鎖し、下層植生は存在し

ない。

林分の状況は表-1に示す通りである。林分高は5~9m、立木本数は5,500本/haで、過去に除間伐、枝打ちが行われた形跡はない。

標高238mの當場における気象状況は、年平均気温約13.2℃、暖かさの指数106℃、年降水量2,740mmで、積雪深は1~1.5mである。

調査は1978年11月に行ない、4m×5mのプロット内の全個体を地際より伐倒した。伐倒した供試木は樹高、当年伸長量、枝下高を測定した後、層の厚さを1mとして、層別刈取法を用いて、幹、枝、葉に分けて生重量を測定した。なお葉は緑色部としたので緑枝を含んでいる。供試木の各層から各々少量のサンプルを採り、研究室に持ち帰って105℃で乾燥し、含水率を求め、生重量を絶乾重量に換算した。また樹幹解析用に各層の下部から円板を採取した。

なお、この報告では重量データはすべて絶乾重量で示してある。

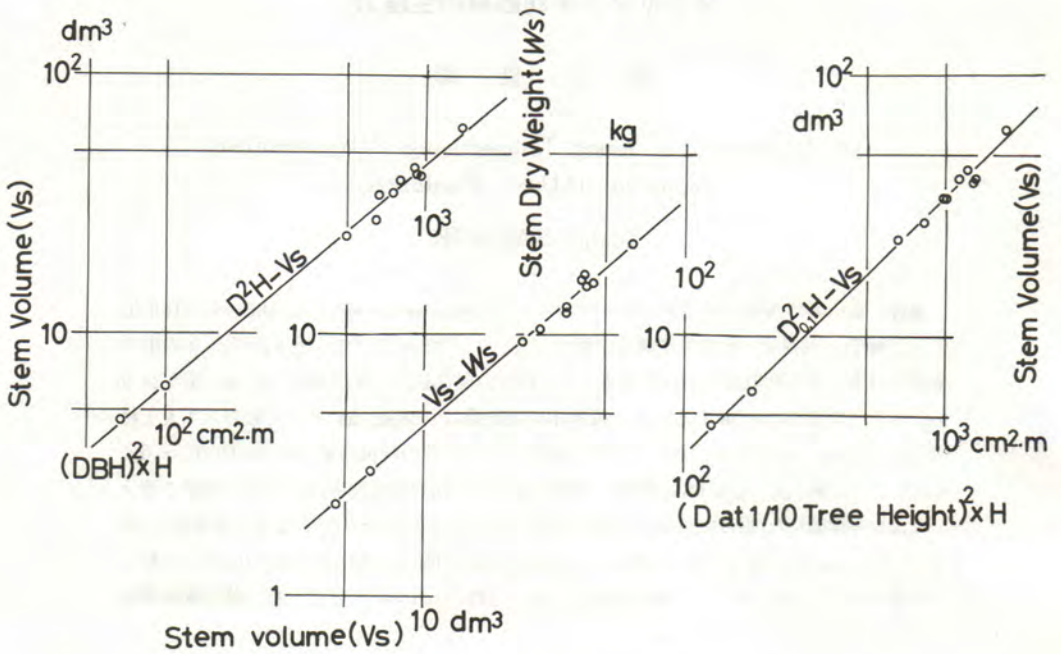


図-1 胸高直径の2乗×樹高( $D^2H$ )と幹材積( $V_S$ ), 幹材積と幹乾重( $w_S$ ), 1割直径の2乗×樹高( $D_{0.1}^2H$ )と幹材積の相対生長関係

Fig. 1. Allometric relations between (square of DBH) × (tree height) and stem volume ( $V_S$ ), stem volume and stem dry weight ( $w_S$ ), and (square of diameter at 1/10 tree height) × (tree height) and stem volume.

$$\begin{aligned} \log V_S &= 0.859 \log D^2H - 0.919 \\ \log w_S &= 0.882 \log V_S - 0.229 \\ V_S &= 0.036 D_{0.1}^2H \\ V_S (\text{dm}^3), D^2H \text{ \& } D_{0.1}^2H (\text{cm}^2 \cdot \text{m}), w_S (\text{kg}) \end{aligned}$$

### III 調査結果と考察

#### 1. 相対生長関係

生物個体の任意の2つの部分量X, Yの間に成立する相対生長法則は

$$\log Y = h \log X + k \quad (h, k \text{ は係数}) \dots\dots\dots(1)$$

で示され、樹木の各部分の関係にも適用されている。スギ人工林に関しても、この相対性長関係を用いて、単位面積あたりの現存量を推進するのに応用され、すでに多くの報告がある。<sup>2)-9)</sup>

この報告では、相対生長関係を他のスギ人工林と比較して簡単に述べる。

幹材積 ( $V_S$ ) と胸高直径の2乗×樹高 ( $D^2H$ ) の関係は図-1の通り回帰性は非常によい。

$$\begin{aligned} \log V_S &= 0.859 \log D^2H - 0.919 \quad \dots\dots\dots(2) \\ V_S (\text{dm}^3), D^2H (\text{cm}^2 \cdot \text{m}) \end{aligned}$$

この林分では四大学合同調査班<sup>2)</sup>の報告で示される勾配0.921より小さく、切片も大きい。これは小径木において胸高の意味が樹形的に異なるためであろう。<sup>10)</sup>

幹材積と幹乾重 ( $w_S$ ) の関係は

$$\begin{aligned} w_S &= 0.591 V_S^{0.882} \quad \dots\dots\dots(3) \\ w_S (\text{kg}), V_S (\text{dm}^3) \end{aligned}$$

で示され(図1)、生長の良し悪しで幹比重に差がみられ

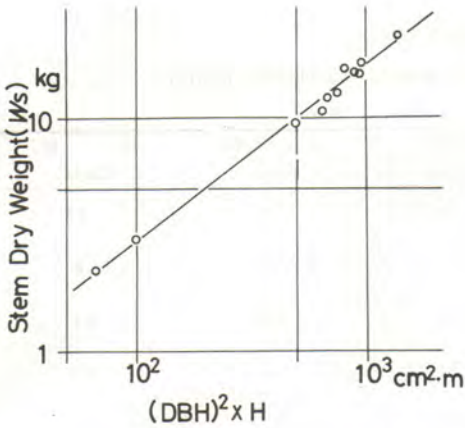


図-2 胸高直径の2乗 ( $D^2H$ ) と幹乾重 ( $w_s$ ) との相対生長関係

Fig. 2. Allometric relation between (square of DBH)  $\times$  (tree height) and stem dry weight ( $w_s$ ).  
 $\log w_s = 0.758 \log D^2H - 1.042$

る。優勢木の平均は $0.38\text{kg}/\text{dm}^3$ であって、一般のスギ林での値 $0.35\text{kg}/\text{dm}^3$ に比べて大きい傾向にある。

また、 $D^2H$ と幹乾重 ( $w_s$ ) との関係は図-2 に示す通りで、

$$\log w_s = 0.758 \log D^2H - 1.042 \quad \dots\dots\dots(4)$$

樹高の1割高における幹直径 ( $D_{0.1}$ ) の2乗 $\times$ 樹高と幹材積の関係は図-1 のように勾配1 で直線回帰する。

$$V_s = 0.036 D_{0.1}^2 H \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$V_s(\text{dm}^3), D_{0.1}^2 H(\text{cm}^2 \cdot \text{m})$$

この関係式の比例定数は幹形が同じならば一定で、一般のスギ林では $0.042$ であるといわれている。<sup>8)10)</sup> (5)式で、 $0.042$  より小さいということは歩どまりが悪いことを示している。これは、根曲りのために幹の下部が肥大したことによって、一般のスギと幹形が異なったためだと考えられる。

葉乾重 ( $w_L$ ) と幹乾重の関係は、

$$\log w_L = 0.992 \log w_s - 0.453 \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$w_L(\text{kg}), w_s(\text{kg})$$

となり(図-3)、勾配は1に近い。この $w_s-w_L$ 関係の比例定数は林齢、平均樹高との相関がかなり深く、林分の発達にもなう相対密度の増大と共に減少していくようである。<sup>2)</sup>

枝乾重 ( $w_B$ ) と幹乾重との関係は、

$$\log w_B = 1.142 \log w_s - 1.277 \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$w_B(\text{kg}), w_s(\text{kg})$$

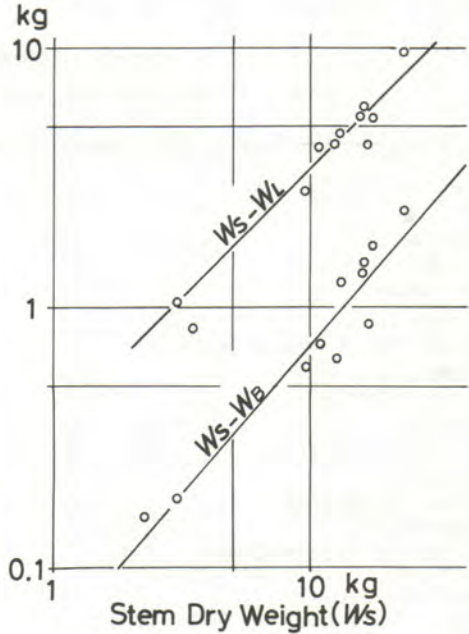


図-3 幹乾重 ( $w_s$ ) と葉乾重 ( $w_L$ ), 幹乾重と枝乾重 ( $w_B$ ) との相対生長関係

Fig. 3. Allometric relations between stem dry weight ( $w_s$ ) and leaf dry weight ( $w_L$ ), stem dry weight and branch dry weight ( $w_B$ ).

$$\log w_L = 0.992 \log w_s - 0.453$$

$$\log w_B = 1.142 \log w_s - 1.277$$

である(図-3)。この関係は図-3にみられるように、点のバラツキが大きい。これは緑枝も葉も含めていることも一因であろう。勾配は $w_s-w_L$ 関係の場合より大きく、大径木ほど単位葉量をささえるに要する枝が多く必要であることを示している。

## 2. 林分現存量

この調査ではプロット内の全立木を伐倒したので、その実測値をha当りに換算した値を表-1に示す。なお比較のために秋田<sup>2)</sup> および高知<sup>7)</sup> の2林分のデータをあわせて示した。

幹現存量( $y_s$ )は $69.76\text{ton}/\text{ha}$ (材積では、 $180.67\text{m}^3/\text{ha}$ )であり、単位高さ当たりの幹現存量 $y_s/\bar{H}$ は $9.70\text{ton}/\text{ha} \cdot \text{m}$ であった。 $y_s/\bar{H}$ の値はクローン化が非常に進んだスギサシ木品種で $13\text{ton}/\text{ha} \cdot \text{m}$ になるが、一般のスギ林では最多密度時で $11\text{ton}/\text{ha} \cdot \text{m}$ 程度である。<sup>2)5)8)</sup> この値は、極端に生育の悪い場合を除いて、林齢や林分高にかかわらず一定な値をとる。 $y_s/\bar{H}$ の最大値の70~80%あれば十分な蓄積をもっている<sup>11)</sup>といわれるから、本調査地の林

表-1 スギ幼齢林分の現存量・その他  
Table 1 Biomass and other properties of the young *Cryptomeria japonica*

場所および林分 Locality & Stand		立山町吉峰 Tateyama	秋田大曲 <sup>2)</sup> Akita	高知 <sup>7)</sup> Kochi
林 齢 Stand age		18	20	12
立木密度 Stand density		5,500	2,090	5,946
平均樹高 Average height of dominant trees		7.19	9.6	8.1
平均胸高直径 Average of DBH		9.14	—	9.5
平均枝下高 Average of clear bole length	$\bar{H}_B$ m	2.43	—	—
平均生長量 Average of height growth	$\Delta \bar{H}$ m/yr	0.50	—	—
胸高断面積合計 Total basal area at breast height	$\Sigma \frac{\pi}{4} D^2$ m <sup>2</sup> /ha	38.60	33.2	44.9
現 存 量 Biomass per hectare	ton/ha			
幹 Stem	$y_S$	69.76	61	65.7
材 積 (Volume)	$y_{VS}$ m <sup>3</sup> /ha	180.67	—	168.5
枝 Branch	$y_B$	5.70	9	9.1
葉 Leaf	$y_L$	24.46	29	26.2
生殖器官 Sex organs	$y_{SO}$	0.01	—	—
根 Root	$y_R$	24.98*	25*	33.1
地上部合計 Aboveground parts	$y_T$ ton/ha	99.93	99	101.0
合 計 Total	$y$	124.91	124	134.1

地上部現存量の $\frac{1}{4}$ として推定

\* Estimated as  $\frac{1}{4}$  of aboveground parts

分は蓄積としては十分であるといえる。

葉現存量 ( $y_L$ ) は24.46ton/haであった。林分葉量は林齢が15~16年前後のところに最大値がみられる<sup>12)</sup>ので、本調査地の値は只木<sup>12)</sup>がいろいろなスギ人工林で調査した平均値19.6±4.4ton/haと同じ程度とみてよいであろう。球果や雄花の現存量 ( $y_{SO}$ ) は0.01ton/haであった。

枝現存量 ( $y_B$ ) は5.70 ton/haであった。枝の量は林分によるバラツキが多く、しかも立木本数に影響されるが、15~20年生の若いスギ人工林では6~10ton/ha程度の値

をとる<sup>2)</sup>。本調査地の値が小さい方に属するのは、立木本数が5,500本/haと比較的多いためだと思われる。

胸高直径と地上部現存量に対する各器官の分配割合は図-4に示す通りである。一般的には葉と枝の割合は胸高直径の増大ならびに地上部現存量の増大と共に減少していく傾向がみられる<sup>2)4)</sup>。しかし幼齢林の場合、各個体が樹冠を拡張する段階であるために葉の割合は、逆に大きくなる。また、枝の割合も胸高直径が大きくなるにつれてわずかに増加する傾向がみられる。

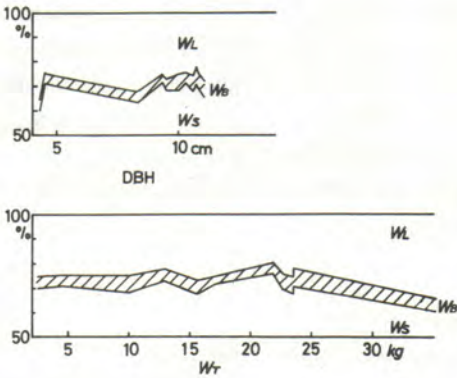


図-4 胸高直径 (DBH) ならびに地上部現存量 (WT) と各器官の割合との関係  
 Fig. 4. Percentages of stem dry weight ( $w_s$ ), leaf dry weight ( $w_L$ ) and branch dry weight ( $w_B$ ) to total top in dry weight ( $w_T$ ) per tree related to DBH and total top in dry weight respectively.

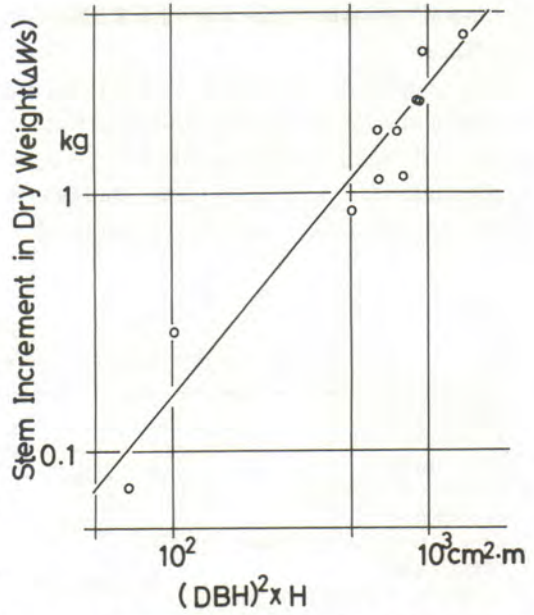


図-6 胸高直径の2乗×樹高 ( $D^2H$ ) と幹重量生長量 ( $\Delta w_s$ ) との相対生長関係

Fig. 6. Allometric relation between (square of DBH) × (tree height) and stem increment in dry weight ( $\Delta w_s$ )

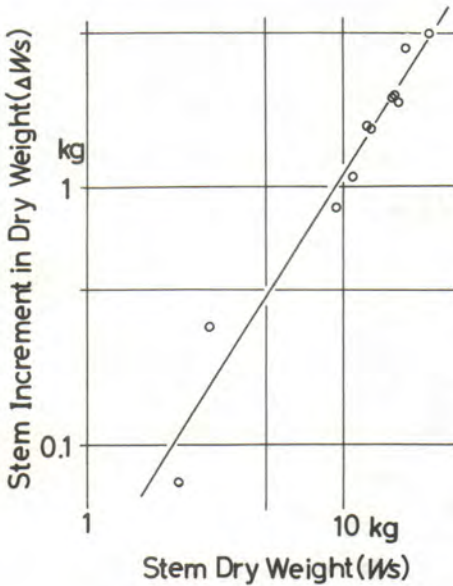


図-5 幹乾重 ( $w_s$ ) と幹重量生長量 ( $\Delta w_s$ ) との相対生長関係

Fig. 5. Allometric relation between stem dry weight ( $w_s$ ) and stem increment in dry weight ( $\Delta w_s$ )  
 $\log \Delta w_s = 1.582 \log w_s - 1.529$

### 3. 生産量

幹重量生長量 ( $\Delta w_s$ ) は、樹幹解析から最近1年間の幹材積生長量 ( $\Delta V_s$ ) を求め、

$$\Delta w_s = w_s \times \frac{\Delta V_s}{V_s'} \dots\dots\dots(8)$$

から計算した。 $w_s$ は幹乾重(皮つき)、 $V_s'$ は皮なしの幹材積である。

幹重量生長量 ( $\Delta w_s$ ) と幹重 ( $w_s$ )、 $\Delta w_s$  と  $D^2H$  との関係は、

$$\log \Delta w_s = 1.582 \log w_s - 1.529 \dots\dots\dots(9)$$

$$\log \Delta w_s = 1.198 \log D^2H - 3.174 \dots\dots\dots(10)$$

$$\Delta w_s, w_s (\text{kg}), D^2H (\text{cm}^2 \cdot \text{m})$$

で示される(図-5、図-6)。これらの回帰線の勾配は1より大きく、大きな個体ほど盛んな生長をしていることを示している。

葉と枝の生長量は、最近1年間の相対生長関係が変わらないものとして、(6)式と(7)式の両辺を時間で微分して

$$\Delta w_L = 0.992 \Delta w_s \cdot \frac{w_L}{w_s} \dots\dots\dots(11)$$

$$\Delta w_B = 1.142 \Delta w_s \cdot \frac{w_B}{w_s} \dots\dots\dots(12)$$

として計算した。<sup>13)</sup>

根乾重 ( $w_R$ ) は地上部現存量の  $\frac{1}{4}$  として推定した。<sup>6)-9)14)15)</sup> また根重量生長量は根の生長率が幹の生長率と等しいとして算出した。

これらの結果は表-2の通りである。葉は3.27ton/ha・yr, 枝は0.94ton/ha・yr, 幹は10.11ton/ha・yr, 根は3.65ton/ha・yrで, 林分全体では17.98ton/ha・yrとなった。

調査時に樹体についている枯死した葉, 枝, 球果の量は, それぞれ5.82ton/ha, 1.54ton/ha, 0.10ton/haであつ

た。本調査ではリター・フールの計測はしていないが, 齊藤ら<sup>9)</sup>によると若いスギ林では1~2ton/ha・yrになるとしている。この値を加え, 枯死量を9ton/ha・yr, 被食量を見做せるとして, 純生産を概算すると27ton/ha・yrとなる。この値は只木<sup>5)</sup>がスギ人工林92林分で調査した18.1±5.6ton/ha・yrに比べても多い方である。しかし, 純生産量に占める幹重量生長量の割合は37%で, 幹への配分率は低い。

表-2 スギ幼齢林の林分生長量  
Table 2. Biomass increment of young *Crytomeria japonica* plantations.

場所および林分 Locality & Stand		立山町吉峰 Tateyama	秋田大曲 <sup>2)</sup> Akita	高知 <sup>7)</sup> Kochi
幹材積生長量 Stem increment in volume	$\Delta V_S \text{ m}^3 / \text{ha} \cdot \text{yr}$	23.30	—	31.1
幹重量生長量 Stem increment in dry weight	$\Delta y_S \text{ ton} / \text{ha} \cdot \text{yr}$	10.11	13.5	12.2
葉重量生長量 Production of leaves	$\Delta y_L \text{ ton} / \text{ha} \cdot \text{yr}$	3.27	6.8	4.2
枝重量生長量 Branch increment in dry weight	$\Delta y_B \text{ ton} / \text{ha} \cdot \text{yr}$	0.94	2.1	2.0
根重量生長量 Root increment in dry weight	$\Delta y_R \text{ ton} / \text{ha} \cdot \text{yr}$	3.65	—	6.8
地上部合計 Aboveground total	$\Delta y_T$	14.32	22.4	18.4
林分生長量 Total biomass increment	$\Delta y$	17.98	—	25.2

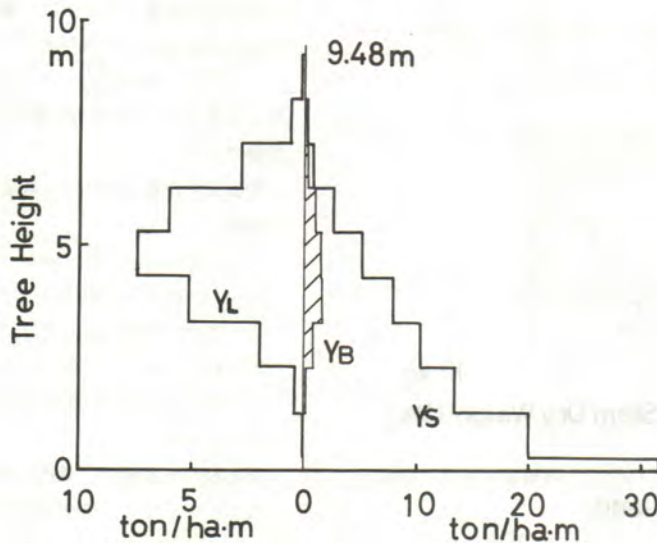


図-7 葉現存量 ( $y_L$ ), 幹現存量 ( $y_S$ ), 枝現存量 ( $y_B$ ) の垂直分布  
Fig. 7. Vertical distribution of leaf biomass ( $y_L$ ), stem biomass ( $y_S$ ) and branch biomass ( $y_B$ ).

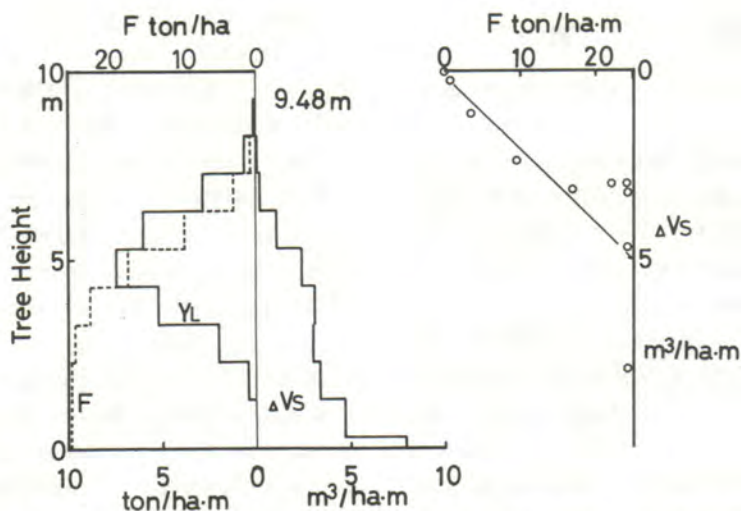


図-8 葉現存量 (YL), 積算葉量 (F), 幹材積生長量 ( $\Delta V_s$ ) の垂直分布および層ごとの幹材積生長量 ( $\Delta V_s$ ) と積算葉量との関係

Fig. 8. Vertical distribution of leaf biomass ( $Y_L$ ), stem volume increment ( $\Delta V_s$ ) and accumulated leaf amount (F), and relation between accumulated leaf amount and stem volume increment at  $z$  m layer ( $\Delta V_s(z)$ ).

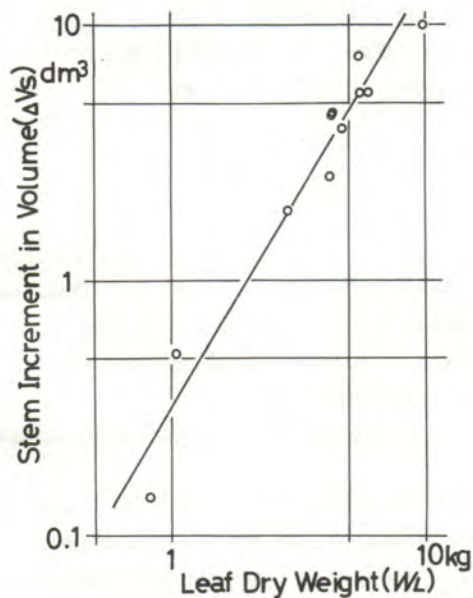


図-9 葉乾重 ( $W_L$ ) と幹材積生長量 ( $\Delta V_s$ ) との相対生長関係

Fig. 9. Allometric relation between leaf dry weight ( $W_L$ ) and stem increment in volume ( $\Delta V_s$ ).  
 $\log \Delta V_s = 1.662 \log W_L - 0.500$

#### 4. 林分の垂直構造

本調査地は皆伐したので、層ごとの各器官を合計して生産構造図を作成した(図-7)。この林は枝打ちが全くなされていないため、葉層は地上0.3 mから9.5 mにわたって分布している。

林齢の大きい森林では、非同化組織の大半を占める幹の現存量には過去の蓄積が含まれるために、現在の生産器官である葉に対する生産機構を知るのに不便である。そこで、只木・四手井<sup>16)17)</sup>の提案した材積生産構造図を作成した(図-8)。群落表面からある深さ  $z$  m までの積算葉量を  $F(z)$ 、深さ  $z$  における層の最近1年間の材積生長量を  $\Delta V_s(z)$  とすると、葉の生産能力が上層と下層で変わらなければ、根ばりの部分を除いて、 $F(z)$  と  $\Delta V_s(z)$  は比例する。しかし本林分の場合、林冠の下層では比例関係にならない。これは生産能力の低い葉が下層に多くついているためだと考えられる。

#### 5. 葉の生産能力

現在の葉乾重 ( $W_L$ ) と最近1年間の幹材積生長量 ( $\Delta V_s$ ) との関係は

$$\log \Delta V_s = 1.662 \log W_L - 0.500 \dots\dots\dots (13)$$

となる(図-9)。勾配は1.662で葉量の多い個体ほど、その幹材積生産能力が急に大きくなることを示している。葉の幹生産能力は、0.95  $dm^3/kg \cdot yr$  であって、高知<sup>16)17)</sup>の1.9~1.2  $dm^3/kg \cdot yr$ 、一志<sup>19)</sup>の1.2~1.3  $dm^3/kg \cdot yr$  に比べて悪い。

## 文 献

- 1) 坂口勝美：スギのすべて，全国林業改良普及協会，450pp., (1969)
- 2) 四大学（北大・東大・京大・大阪市立大）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について，日林協63pp.,(1966)
- 3) 只木良也・尾方信夫・長友安男：九州スギ林の物質生産力，林試研報，173，45—63，(1965)
- 4) ————・—————・—————・吉岡清・宮川良幸：森林の生産構造に関する研究(VI)，足場丸太生産スギ林の生産力について，日林誌，46，246—253，(1964)
- 5) TADAKI, Y. and Y. KAWASAKI: Studies on the production structure of forest IX. Primary productivity of a young *Cryptomeria* plantation with excessively high stand density. J.Jap. For. Soc. 48, 55—61, (1966)
- 6) 千葉喬三：高知大学農学部附属演習林における森林生産力調査(I)，16年生スギ造林地の生産力について，高知大演報3，40—51(1971)
- 7) 西村武二・川村奉文：高知大学農学部附属演習林における森林生産力調査(II)，12年生スギ造林地の生産力について，高知大演報6，45—54，(1978)
- 8) 齊藤秀樹・山田勇・四手井綱英：高立木密度のスギ幼齡林の物質生産量に関する若干の検討，京大演報44，121—139，(1972)
- 9) ————・四手井綱英：スギ幼齡林の一次生産力とその推定法の検討，日林誌55，52—62，(1973)
- 10) 菅誠：カラマツ人工林の林分管理と生産力に関する研究，長野営林局：1—49，(1965)
- 11) 四手井綱英・赤井龍男・齊藤秀樹・河原輝彦：ヒノキ林，地球社，375pp., (1974)
- 12) 只木良也：森林の現存量—とくにわが国の森林葉量について—，日林誌58，416—423，(1976)
- 13) OGAWA, H. : Principles and method of estimating primary production in forests, JIBP Synthesis Vol. 16. 29—35, University of Tokyo Press (1977)
- 14) 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)
- 15) 苅住 昇・寺田正男：スギ林の地下部の構造に関する研究(III)，日林誌41，279—284，(1959)
- 16) 只木良也・蜂屋欣二：森林生態系とその物質生産，わかりやすい林業解説シリーズ29，林業科学技術振興所，64pp., (1968)
- 17) ————・四手井綱英：材積生産構造図の提案(1)，日林講，70，294—295，(1960)
- 18) 四手井綱英・只木良也：材積生産構造図の提案(2)，日林講，70，295—297，(1960)

## Summary

The biomass and productivity of a 18-year-old Tateyamasugi (*Cryptomeria japonica* D.DON) plantation in Toyama Prefecture was investigated. A plot of 5m × 4m was delimited, of which all trees were felled according to the stratified clip technique. The stem biomass, leaf biomass and branch biomass amounted to 69.76 ton/ha and 5.7 ton/ha in dry weight respectively.

The bulk density of stem wood in dominant trees were 0.38 kg/dm<sup>3</sup>, and it exceed slightly the average value, 0.35 kg/dm<sup>3</sup>, of *Cryptomeria* plantations.

The value of  $Y_s/H$  was 9.70 ton/ha·m. The annual biomass increments of leaf and branch were calculated by differentiating both sides of the allometric equations,  $w_s-w_L$  and  $w_s-w_B$ , by time. The values of stem, leaf, branch and root increment were 10.11 ton/ha·yr, 3.27 ton/ha·yr, 0.97 ton/ha·yr and 3.65 ton/ha·yr in dry weight respectively. With the assumption that the amount of dead parts is 9 ton/ha·yr, a rough estimation of the net production is 27 ton/ha·yr.

The annual stem volume per unit dry weight of leaves was 0.95 m<sup>3</sup>/kg·yr.