

森林の生産構造に関する研究 VI

サシキスギと実生スギの28年生造林地の 物質生産力

只 木 良 也⁽¹⁾

尾 方 信 夫⁽²⁾

長 友 安 男⁽³⁾

森林の物質生産力についての研究は、近年盛んに行なわれているが、わが国における最重要造林樹種であるスギについての報告もかなり多く、只木たち²⁵⁾の密植林、只木たち²⁶⁾の九州の2品種と実生スギ林、TADAKI and KAWASAKI²⁷⁾の幼齢高密度林、蜂屋・安藤³⁾の若い人工林、吉岡・宮川³⁴⁾の本数别人工林、四大学・信大合同調査班³⁵⁾の日本各地での調査、佐藤・扇田¹⁴⁾の若い人工林などのほかにも若干を数える。

九州では、古くからサシキ苗によるスギの造林が盛んで、スギの品種分化も進んでおり、造林地の広く分布する代表的な品種だけでも10数種におよぶ。また、一部には実生苗による造林も行なわれており、サシキスギと実生スギの造林技術上、成長問題上、材利用上、両者の優劣、利害はつねに論ぜられるところである。

われわれは、九州支場で行なっている「立木密度と生産構造に関する研究」の一部として、九州地方スギ品種の物質生産力について検討してきたが、今回は九州のスギ林業地として著名な日田地方で調査した、互に隣接するサシキスギ林（品種はアオスギ）と実生スギ林の生産力について報告したい。

調査にあたっては、大分県林業試験場河野恕平元場長、佐藤利彦次長、小野森林組合権藤鎮雄氏には種々便宜を与えられ、田中 晋、和田昭二郎両氏からは、その所有林を調査林として提供していただいた。また、大分県林業試験場河野俊光技師および元九州支場河津昭雄技官が外業に協力され、大分県林業試験場千原賢次技師および九州支場上中作次郎技官は、日田地方の気象データ収集に尽力された。以上の方々に深く感謝する次第である。

調査地の概況

調査地は、大分県日田市大字小野である。日田市中心部の市街地より北方約10kmの地点で、筑後川の1支流である小野川に合流する谷川沿いの通称五分坂に、Stand A, B を設定した。ともに28年生のスギ造林地で、Stand A はサシキ苗により、Stand B は実生苗により造林されている。両林分は、浅い枯沢をはさんで向いあい、Stand A は傾斜約20°の南斜面、Stand B は傾斜約10°で北斜面、標高は約400mである。母岩は安山岩と推定されたが、両林分とも谷筋の崖錐地で、土壌は石礫を多く含み、団粒構造もかなりよく発達し、スギの適地と考えられた。閉鎖状態は、両林分ともほぼ完全で、林床

(1) 造林部造林科造林第2研究室・元九州支場造林研究室・農学博士

(2) 九州支場造林研究室長 (3) 九州支場造林研究室

植物をほとんど欠き、わずかにネザサ、イヌツゲなどが認められる程度であった。

サシキ苗による Stand A の品種組成は、日田地方の主要品種であるアオスギが主体で、このほか、ホンスギ、アヤスギなどの混在が認められた。

調査地より約 10 km 離れた日田測候所の観測によれば、年平均気温は 14.5°C、5~10 月の夏半年の平均気温は 21.4°C である。調査地は、測候所より約 300 m 標高が高いから、調査地の気温はこれらより約 2°C 低いと考えられ、現地の温量指数は 100°C 前後である。冬期は、気温が -5°C 以下に下ることも多く、しばしば霜をみるが、積雪をとまなう降雪はまれである。年雨量は約 2,000 mm、このうち 70%が夏半年の降水量である。

調査方法

調査は 1964 年 12 月に行なった。Stand A, B とも 200 m² の標準地を設け、胸高直径を毎木調査し、樹高は数本ずつを選んで測定した。林内の相対照度を測定したのち、胸高直径分布とみあわせて、各直径階を代表するように 6 本ずつの供試木を選んだ。供試木は 1 本ごとに根際から伐倒し、樹高、当年伸長量、枝張、枝下高などを記載した後、枝下部は高さ 2 m、樹冠部は 1 m の層に分け、それぞれの層に含まれる幹、枝、葉、球果を分けて生重量を測定した。葉は緑色部としたので、緑軸の小枝をも含んでいる。各器官は少量の試料を研究室に持ち帰り、含水率を求め、野外データを絶乾重量に換算した。幹は樹幹析解した。

なお、この報告では、特に記す場合を除いて重量データはすべて絶乾重量で示している。林分調査、供試木の測定値などは末尾付表に記した。

林分の現存量

両林分の現存量は、2つの方法を用いて推定した。1つは断面積配分法(断面積比推定法)である。供試木は、各直径階を代表するように選ばれているから、標準地の現存量、胸高断面積合計を y, G 、その標準地の供試木合計のそれを y', G' とするとき、

$$y=y'G/G' \dots\dots\dots(1)$$

として胸高断面積の比例配分で y を求めるわけである。

もう1つの方法は相対成長法である。相対成長法則は、最近樹木にも適用され、多くの報告があるが、生物体の2つの部分の量 X, Y が

$$\log Y=h \log X+k \dots\dots\dots(2)$$

で近似される法則である。ここで、 h, k は X, Y の組みあわせ、その他で決まる係数である。供試木 1 本ごとの胸高直径 D (cm)、樹高 H (m) を用いて個体の大きさを表わす D^2H を変数とし、幹重 w_s 、枝重 w_B 、葉重 w_L (いずれも kg)、幹材積 v_s (dm³) との相対成長関係を図にすると Fig. 1, 2 となる。 $D^2H \sim v_s$ の関係を除いては、回帰線は Stand A と B で分離している。 $D^2H \sim w_B, \sim w_L$ の関係では、あまり直線性はよくないが、(2)式を適用して係数 h, k を求めた。これら係数の値は、後出の相対成長式の係数ともあわせて Table 2 に示した。一方供試木および数本の測定データから、林分ごとに $D \sim H$ の関係を図上で求め、標準地内の D 分布から D^2H 階別本数分布を作製し、これに(2)式で D^2H 階ごとに計算した樹木各部分量を投入して林分の現存量を求めた。

Table 1. 記号
Notations

樹高 Tree height	$H(m)$	そえ記号 Suffix	
胸高直径 DBH	$D(cm)$	幹 Stem	S
単木の乾重量 Dry weight per tree	$w(kg)$	枝 Branch	B
単木の幹材積 Stem volume per tree	$v(dm^3)$	葉 Leaf	L
ha あたりの乾重量 Dry weight per ha	$y(t/ha)$	球果 Cone	F
ha あたりの幹材積 Stem volume per ha	$V(m^3/ha)$	根 Root	R
ha あたりの枯死量 Litter per ha	$L(t/ha)$	地上部 ($S+B+L+F$) Above ground part	T
ha あたりの増加量 Increment per ha	$\Delta(1/yr)$	材部 ($S+B+R$) Woody part	C
		1年前の量 Amount in the last year	O

例: ΔV_S : ha あたりの年間幹材積成長量 ($m^3/ha/yr$)

y_{OO} : 1年前の ha あたり材部現存量 (t/ha)

Example: ΔV_S : Stem volume increment per ha per year ($m^3/ha/yr$)

v_{OC} : Biomass of woody part per ha in the last year (t/ha).

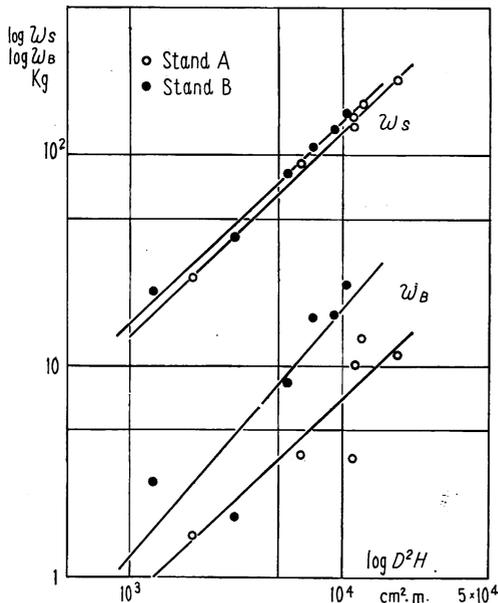


Fig. 1 D^2H に対する w_s , w_L の相対成長関係
Allometric relations of w_s and w_L to trunk size given by D^2H .

Better linearity is obtained on $w_s \sim D^2H$ relation than on $w_L \sim D^2H$ one. Open circles denote the trees of cutting origin (Stand A) and closed ones those of seedling origin (Stand B).

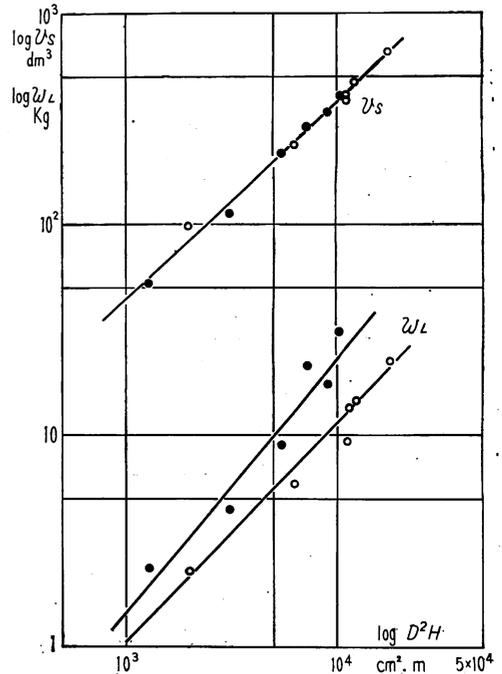


Fig. 2 D^2H に対する w_L , v_s の相対成長関係
Allometric relations of w_L and v_s to D^2H . The relation between v_s and D^2H seems to be irrespective of stands. The constants of allometry in Figs. 1 and 2 are given in Table 2.

Table 2. 相対成長式—(2)式の係数值
The values of the constants in the allometry ;
 $\log Y = h \log X + k \dots\dots\dots(2)$

Y	X	Stand A		Stand B		
		h	k	h	k	
D^2H (cm ² ・m)	w_s (kg)	0.97	- 1.771	0.95	- 1.646	Fig. 1
D^2H (cm ² ・m)	w_B (kg)	0.96	- 2.995	1.18	- 3.456	Fig. 1
D^2H (cm ² ・m)	w_L (kg)	1.03	- 3.070	1.21	- 3.479	Fig. 2
D^2H (cm ² ・m)	v_s (dm)*	0.93	- 1.146	0.93	- 1.146	Fig. 2
D^2H (cm ² ・m)	w_O (kg)	0.98	- 1.658	0.98	- 1.590	Fig. 5

* Stand A, B に共通。Common values to Stand A and B.

林分の現況と、(1)および(2)式で推定した現存量を Table 3 に示した。2つの推定値は1~2を除けば誤差は5%以下で適合するが、Stand B で適合度が悪いようだ。ただし、以下に用いる数値は主として(1)式による推定値を用いた。なお、根重量は実測していないが、荻住・寺田⁶⁾、塘²⁹⁾、その他のデータを参考にして、地上部全重の1/4として算定した。

全林の現存量は、Stand A の方が B より多いが、これは、Stand A の y_s が、B のその1.6倍以上に達していることに起因していて、 y_B では Stand B の方が多く、また y_L でも B の方がやや多い。

閉鎖林分の葉量は、樹種によってほぼ一定値をもつ¹⁸⁾²²⁾といわれているが、Stand A, B で y_L に林分全体の現存量 y におけるほどの大きな差がないのは興味深い。 y_L について、只木たち²⁶⁾は九州地方スギ林で17~22 t/ha の、また、四大学・信大合同調査班³³⁾は九州のスギ林で17~20 t/ha の概数を与えているが、Stand A, B ともこの値をわずかに下まわっている。このほか、四大学・信大合同調査班³³⁾は吉野地方で17~20 t/ha、秋田地方で30 t/ha、TADAKI and KAWASAKI²⁷⁾は若い密生林で26.5 t/ha、佐藤・扇田¹⁴⁾は千葉地方の若い人工林で14~18 t/ha のスギ林の y_L を報告しているが、これらの数値からみて、今回の調査林の葉量は、閉鎖したスギ林の葉量としては、すくないものといえよう。しかし、Stand A, B の y_L は、針葉樹林としてはかなり多い。これは、スギの葉として測定したものは緑色部であって、内部の材化の進んだ緑軸をも含むためである。したがって、汰木³⁵⁾の提示した係数によって葉重量を葉面積指数(全面)に換算すると、Stand A, B でそれぞれ8.6, 10.0 となり、藤井²⁾のヒノキ林の11.04, WEETMAN and HARLAND³⁰⁾の *Picea mariana* 林の9.8, 只木たち²⁸⁾のヒノキ林の10.2 などの針葉樹林の値とよく似ている。

Fig. 3 には、 y_s, y_B, y_L, y_F に分けた各部分の現存量の垂直分布を示した。Stand A, B ともその現存量垂直分布の型には大きな違いはない。 y_L の比較的多い層は、ともに5層(垂直距離5 m)におよび、林冠層上下に正規分布的な着葉量がみられ、針葉樹林の特徴的な型²⁰⁾となっている。 y_B の垂直分布は y_L のそれよりもややずれて、 y_B の最大層は y_L の最大層より下層に出現する。林分内の下枝は、かなり上方まで枯れ上がっているが、枝葉着生層の深さは林分高の半分、あるいはそれ以上となっていて、針葉樹林の樹冠層の深いことを示している。

図の点線は、林冠層内での相対照度 (I/I_0) の減衰をあらわすが、この曲線については BEER-LAMBERT

Table 3. 林分の現存量・その他
Standing crop and other properties of the stands.

林分 Stand	A (サシキ苗造林地 of cuttings origin)			B (実生苗造林地 of seedlings origin)		
林齢 Stand age (yr)	28			28		
立木密度 Stand density (No./ha)	1,250			1,150		
胸高断面積 Basal area (m ² /ha)	54.91			36.99		
平均胸高直径 Mean DBH (cm)	22.8			19.6		
平均樹高 Mean height (m)	18.5			15.0		
平均枝下高 Mean clear length (m)	12.0			7.5		
推定法 Estimation method	(1)	(2)	(1)/(2)	(1)	(2)	(1)/(2)
幹乾重 Stem dry weight (t/ha)	177.5	177.2	1.00	110.6	106.6	1.04
枝乾重 Branch dry wt. (t/ha)	9.8	9.6	1.02	14.6	12.9	1.13
葉乾重 Leaf dry wt. (t/ha)	15.0	15.7	0.96	17.3	16.1	1.07
球果乾重 Cone dry wt. (t/ha)	0.07			0.44		
地上部乾重 Above ground dry wt. (t/ha)	202.4	202.6	1.00	142.9	136.0	1.05
根乾重 Root dry wt.* (t/ha)	50.6	50.6	1.00	35.7	34.0	1.05
全乾重 Whole plant dry wt. (t/ha)	253.0	253.2	1.00	178.6	170.0	1.05
幹材積 Stem volume (m ³ /ha)	501.3	511.3	0.98	288.6	282.1	1.02
全面葉面積 Whole side leaf area** (ha/ha)	8.64			10.00		

* Estimated as 1/4 of above ground weight⁽⁶⁾²⁹⁾.

** Estimated by YURUKI's constants³⁵⁾.

推定法 (1) : (1)式による。

推定法 (2) : (2)式による。

Estimation method (1) : By Eq. (1), $y=y'G/G'$, where y and y' respectively denote the total biomass on the sample area and that of the sample trees, while the corresponding values of the sum of basal area are represented by G and G' .

Estimation method (2) : By allometric relation (Eq. (2)), $\log y=h \log x+k$, y , x , h and k of which are shown in Table 2.

の法則

$$I/I_0=e^{-KF} \dots \dots \dots (3)$$

によって推測した。ここで I は林冠層内のある任意の高さにおける照度、 F はその層より上部に存在する葉面積、 K は葉の吸光係数、 I_0 はその群落に対する入射光の照度、 e は自然対数の底である。Stand A, B の林冠層下の相対照度はそれぞれ 1.9, 1.35% であったので、(3)式によって葉の吸光係数 K を計

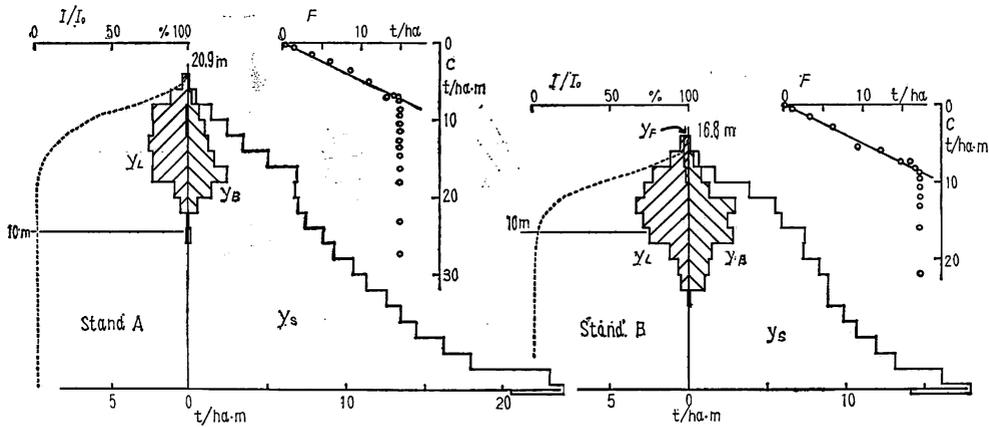


Fig. 3 林分ごとの y_s , y_B , y_L , y_F の垂直分布および層ごとの非同化器官量 (C) と積算葉量 (F) の関係

Vertical distributions of y_s , y_B , y_L and y_F per stand. The patterns of the distribution of each organ are found to be same between stands. Dotted lines express the course of the extinction of the relative light intensity (I/I_0) along the community profile. The amount of leaves existing in and above a certain horizontal layer (F) is observed in the canopy layers to be directly proportional to the amount of non-photosynthetic organs in that horizon (C).

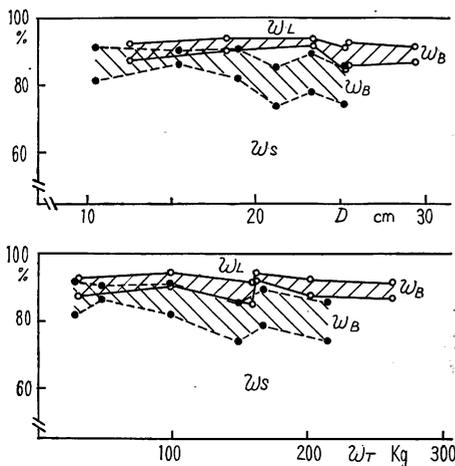


Fig. 4 D および w_T に対する w_T 中での w_L , w_B , w_S の重量比

Percentages of w_L , w_B and w_S to w_T per tree in the relation of the variations of D and w_T . Open and closed circles are explained in Fig. 1. Ratios of w_L and w_B to w_T are larger in trees of Stand B than in those of Stand A and the tendency that w_L/w_T and w_B/w_T increase with larger D and w_T is more obvious in Stand B than in Stand A.

算すると、全面葉面積に対して Stand A では 0.46, B で 0.43 (ha/ha) となる。なお、(3)式の F の代わりに y_L を用いて計算すると、Stand A で 0.27, B で 0.25 (ha/t) であって、両者にはあまり大きな差は認められない。これらの値は、只木たち²⁵⁾の実生スギ林の y_L に対する $K=0.26$ (ha/t) とよく一致している。

SHINOZAKI *et al.*¹⁷⁾ は、植物群落のある層に存在する非同化組織 (幹+枝) は、力学的にも機能的にも、それより上層にある葉全部を保持しているものと考え、両者間に比例関係を見いだした。比例常数は長さの単位をもち、Specific pipe length と名づけられた。今回の調査林分での上記の関係は、Fig. 3 の $F \sim C$ にあらわした。 F はある層より上部の葉量合計、 C はその層における非同化組織の量である。 F が増加する範囲、すなわち林冠層内では、 F と C とは比較的きれいな比例関係となっていて、その比例常数、すなわち Specific pipe length は Stand A で 208 cm, B で 201 cm である。

つぎに、供試木1本ごとの w_s , w_B , w_L の w_T 中での配分の状態をしらべたのが Fig. 4 である。一般

に、 D が大きくなるほど、また w_T が大きくなるほど、 w_T 中の w_R, w_L の占める比率が大きくなる傾向がみられる。しかし、この傾向は、Stand A ではあまり目立たないが、Stand B で顕著である。また、 w_R, w_L の w_T に対する比率は、Stand B の方で大きいことも明らかである。林分全体の配分比でも、 y_S, y_R, y_L の比率は Stand A ではほぼ 88:5:7 であるのに対して、Stand B では 77:11:12 となっていて、Stand B の y_R, y_L の比率が相対的に高いことを示している。なお、 y_F の y_T に対する比率は Stand A で 0.0%、B で 0.3% で無視しうる程度に小さい。

純生産量

ここでいう林分の純生産量 $4y$ とは、その林分の最近1年間の現存量の増分 $y-y_0$ 、枯死量 ΔL 、動物による被食量 ΔG の合計

$$4y = y - y_0 + \Delta L + \Delta G \dots\dots\dots(4)$$

であると定義しよう。 y は現在の、 y_0 は1年前の現存量である。現在および1年前の材部(幹+枝+根)、葉、球果の現存量をそれぞれ $y_O, y_L, y_F, y_{OO}, y_{OL}, y_{OF}$ とし、この1年間に枯死した個体が認められなかったので、 ΔL を年間の落葉量 ΔL_L 、落枝量 ΔL_R 、落果量 ΔL_F の和とすれば、(4)式はつぎのように書きなおせる。

$$4y = (y_O + y_L + y_F) - (y_{OO} + y_{OL} + y_{OF}) + (\Delta L_L + \Delta L_R + \Delta L_F) + \Delta G \dots\dots\dots(5)$$

ここで、林分の葉量はすでに安定期に達し、ほぼ一定量を保つと考えると、 $y_L = y_{OL}$ であり、年間の葉生産量は年間落葉量に等しいはずである。また、球果量は、林分全体の現存量にくらべてごくわずかであるが、 $y_F = y_{OF} \div \Delta L_F$ と仮定し、 ΔG を無視すると、(5)式は

$$4y \div (y_O - y_{OO}) + \Delta L_L + \Delta L_R + y_F \dots\dots\dots(6)$$

となる。この報告では、(6)式の各項目を合計して純生産量 $4y$ を推定した。

材部増加量 根の重量を前述のとおり w_T の 1/4 として、供試木1本ごとの材部重 w_O を決め、 D^2H との相対成長関係を図にすると Fig. 5 となる。 D^2H に対する w_O の関係は、Stand A, B で明らかに分離してお

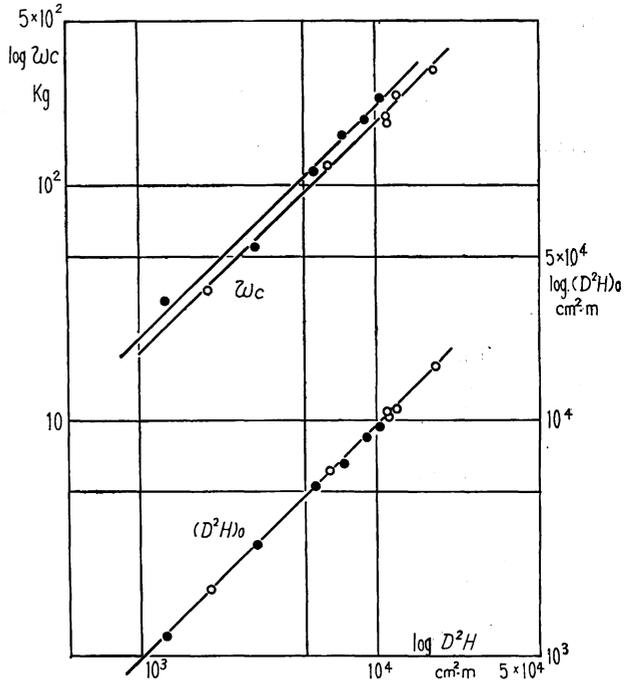


Fig. 5 D^2H に対する w_O および $(D^2H)_0$ —1年前の D^2H —の関係

Allometric relations between w_O and D^2H , constants of which are given in Table 2. When the notation $(D^2H)_0$ stands for the value of D^2H one year before, $(D^2H)_0 \sim D^2H$ relation per tree is approximated by Eq. (7) in the text.

り、その回帰式の係数は Table 2 に示すとおりである。こうした林分差は、Stand A, B の幹の比重の差——Aの平均の絶乾比重 w_s/v_s が 0.35 に対し、Bのそれは 0.38——および、同一の D^2H 対して Stand B の方が w_B は大きい (Fig. 1) ことなどによるものであろう。只木たち²⁶⁾ のサシキスギと実生スギでも同様の傾向があらわれ、 D^2H が $10^2 \sim 10^4 \text{cm}^2 \cdot \text{m}$ の範囲では D^2H に対する w_o はサシキスギの方が小となっていて、その回帰線も今回の調査のそれとほぼ同じである。サシキスギが実生スギにくらべて D^2H に対する w_o が小さいこと、さらにこれが両者の幹の比重の差であるかどうかは、今後検討すべき問題であらう。

さて、 D^2H に対する1年前の $D^2H - (D^2H)_0$ の関係も、Fig. 5 にあわせて示した。1年前の D は、樹幹析解によって1年前の皮なし直径を現在の樹皮率によって皮つき直径に換算した。1年前の H は、実測の ΔH を現在の H から差し引いたものとした。 $D^2H \sim (D^2H)_0$ 関係は直線性良好で林分差も認められない。

$$(D^2H)_0 = 0.95 D^2H \dots\dots\dots(7)$$

$D^2H \sim w_o$ 関係と毎木調査結果から y_o が求められ、また、この関係が1年前にも成立していたと仮定すれば、これに(7)式を適用すれば y_{o0} を推定することができる。 $y_o - y_{o0}$ は1年間の材部増加量 Δy_o である。

落葉量 落葉量 ΔL_L は実測していないが、葉生産量 Δy_L に等しいと考えた。スギ林の Δy_L は、汰木³⁵⁾によれば y_L の1/4、四大学・信大合同調査班³³⁾によれば 15/64 であるので (佐藤・扇田¹⁴⁾ は 3/10 としている)、ここでは y_L の 1/4 を Δy_L 、すなわち ΔL_L と仮定した。

落枝量 これも実測されていないが、 y_B の更新率は y_L のそれと等しく、かつ、1年間では y_B/y_L の

Table 4. 純生産量と幹材積成長量
Net production and stem volume increment.

		Stand A	Stand B
1964年の材部現存量 Wood biomass in 1964	(t/ha)	252.7	158.6
1963年の材部現存量 Wood biomass in 1963	(t/ha)	240.3	150.8
材部生産量 Wood production	(t/ha/yr)	12.4	7.8
落葉量 Leaf fall	(t/ha/yr)	3.8	4.3
落枝量 Branch fall	(t/ha/yr)	2.5	3.7
球果生産量 Cone production	(t/ha/yr)	0.07	0.44
純生産量 Net production	(t/ha/yr)	18.8	16.2
1964年の幹材積 Stem volume in 1964	(m^3/ha)	511.3	282.1
1963年の幹材積 Stem volume in 1963	(m^3/ha)	487.6	269.0
幹材積成長量 Stem volume increment	($\text{m}^3/\text{ha/yr}$)	23.7	13.1

率はあまり変わらないものと考え、 y_B の 1/4 を ΔL_B とした。

球果生産量 現存の緑球果量 y_F を生産量、同時に ΔL_F に等しいとみなした。

以上のように(6)式の各項を求め、これらを合計して Δy とした。その結果は Table 4 のごとく、Stand A で 18.8 t/ha/yr, Stand B で 16.2 t/ha/yr となった。

幹 成 長 量

年間幹材積成長量 ΔV_s も Δy_G の場合と Fig. 2 の $D^2H \sim v_s$ の関係および(7)式を用いて算定し Table 4 にあわせて示した。

林分の幹成長量の垂直分布を示したのが Fig. 6 である。すでに Fig. 3 では、現存量の垂直分布が検討された。しかし、林齢の大きい森林の場合は、非同化組織とくに幹の現存量には、過去の成長量の蓄積が含まれ、その大部分を占めているのが普通である。現在の生産器官である葉で生産された物質の配分を知るためには、葉と非同化組織の成長の関係を知る必要があるので、只木・四手井²¹⁾、TADAKI²⁰⁾ が提示したように、葉の現存量と幹成長量の垂直分布をこのスギ林について図示した。ここでは、地上部の非同化組織の大部分を占め、成長量の推定も容易で、かつ林業的にももっとも意味のある幹についてのみ取り上げているが、幹成長量は年輪を読んで層ごとに体積で求め、これを乾重量に換算してある。 y_L と幹乾重成長量 Δy_s の垂直分布を対比すれば、林冠層内での各層の Δy_s は下層ほど増加する傾向がみられるが、林冠層より下の各層では層ごとの Δy_s の差は小さくなる。点線で示した F はある層より上部の葉量合計、換言すれば林冠最上層よりその層までの葉量——積算葉量——を示しているが、 F の垂直分布型は Δy_s のそれとよく似ている。いま、各層の F と Δy_s の関係を見ると、Fig. 6 の中央部に示したように、 F の小さい方、すなわち林冠上層での $F \sim \Delta y_s$ の間には比例関係が認められるが、下層になると適合は悪くな

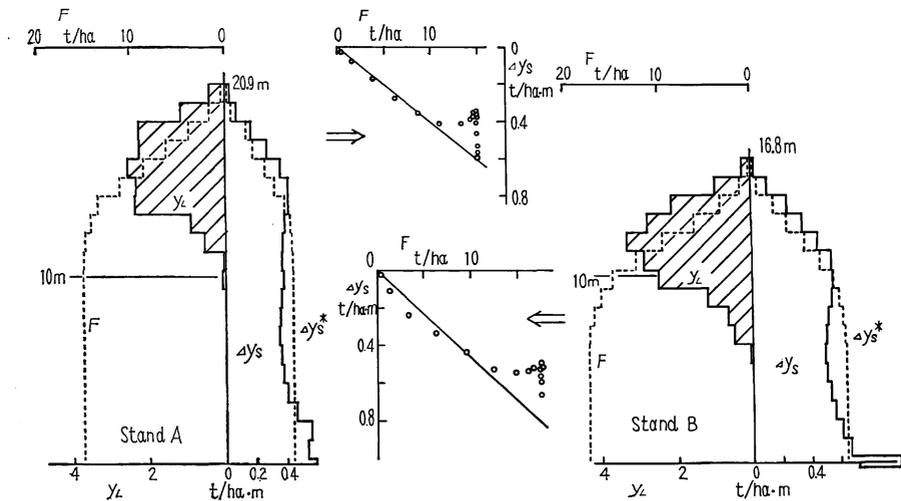


Fig. 6 林分ごとの y_L と Δy_s の垂直分布および層ごとの Δy_s と積算葉量 (F) の関係

Vertical distribution of Δy_s in correspondence with that of y_L per stand. The type of vertical distribution of F , which denotes the amount of leaves existing in and above a certain horizon, seems to be more or less similar to that of Δy_s . Dotted lines Δy_s^* show the calculated values of stem increment on the assumption that the annual stem increment in a certain horizon is proportional to F of that horizon.

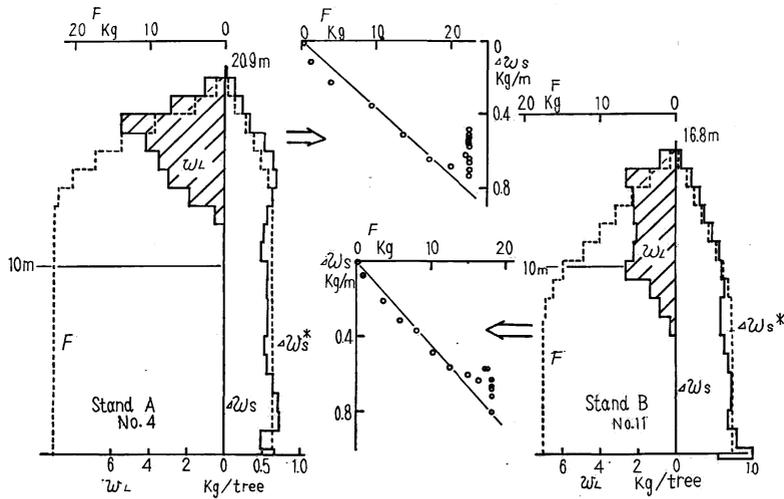


Fig. 7 単木の場合の w_L と Δw_s の垂直分布および層ごとの Δw_s と F の関係

Vertical distribution of Δw_s in correspondence with that of w_L per tree. The type of the vertical distribution of F in single tree seems to be similar to that of Δw_s in the same way as per stand given by Fig. 6. Dotted lines Δw_s^* are also the calculated values of Δw_s from F .

る。つぎに、 F と Δy_s の平均的な比を求めて、各層の Δy_s を F から逆算すると、点線で示した Δy_s^* となる。計算による Δy_s^* と実測の Δy_s とは比較的良好に似ているが、 Δy_s^* は上層部で過少推定、中層（葉層より下層）で過大推定となる。しかし、概括的には、ある層における Δy_s は、それより上層に存在する葉量全部 F によって支配されているといえよう。林冠層上部で Δy_s^* が過少推定となるのは、スギ林のような林冠層の深い林分での葉量を上下層とも一率に取り扱ったためであろう。比較的林冠層の浅かったヒノキ壮齡林²⁸⁾では Δy_s^* は Δy_s とよく一致した。

上記の関係は、単木の場合にも同様である。供試木のなかから、Stand A, B それぞれの最大木を選んでその w_L と幹重成長量 Δw_s の垂直分布を Fig. 7 に示した。林分の場合と同様に、樹冠内の各層の Δw_s は、その層より上部に存在する葉重 F と比例的に下層ほど増加し、樹冠層より下の各層での Δw_s 間にはあまり差が認められない。 F の垂直分布から逆算した Δw_s^* と Δw_s はかなりよく似た垂直分布を示すが、 Δw_s^* は樹冠上層で過少、葉層より下層で過大推定になる傾向があるのも Fig. 6 の林分の場合と同様である。

なお、葉の幹生産能率、すなわち、単位葉量あたりの幹成長量は、幹材積にたいして Stand A で $1.38 \text{ dm}^3/\text{kg}/\text{yr}$ 、B で $1.14 \text{ dm}^3/\text{kg}/\text{yr}$ であった。これを幹重成長量に換算すると、Stand A, B で、それぞれ $0.49 \text{ kg}/\text{kg}/\text{yr}$ 、 $0.44 \text{ kg}/\text{kg}/\text{yr}$ となる。

総生産量の概算

総生産量の推定には、林分の呼吸消費量を求めなければならないが、これについては実測していないので、仮定部分の非常に多い推定となり、その推定値も信頼できる数値とはいえないが、一応の概算値を示しておく。

根岸・佐藤¹⁰⁾によれば、20°Cにおけるスギ1年生苗の地上部乾重に対する呼吸率は、夏期 0.51, 冬期 0.58 mgCO₂/g/hr であり、呼吸作用の温度係数 Q₁₀ は 1.5 である。また、依田 (未発表) の吉野地方での測定によれば、スギ壮齢木 (緑色部) の呼吸率は 20°C で 0.554 mgCO₂/g/hr である。スギ1年生苗の地上部はほとんど緑色であること、その呼吸率が依田の壮齢木の葉における呼吸率とよく似ていることなどから、ここでは 20°C におけるスギの葉の呼吸率を 0.55 mgCO₂/g/hr, その Q₁₀ は 1.5 を用いることにした。

林分の葉量のうち半分を陽葉、残り半分を陰葉と考え、前者には上記呼吸率、後者には上記の半分の呼吸率を適用し、日田測候所の月平均気温から標高差を用いて換算した現地の月平均気温変化を基礎として、調査前1年間の葉の呼吸 CO₂ 量を計算した。CO₂ 量は、植物質の平均的組成 (C₆H₁₀O₅)_n をもつ乾物重に換算し、Stand A で 26.8 t/ha/yr, B で 30.9 t/ha/yr の葉による呼吸消費量を得た。

材部の呼吸量は、只木たち²⁶⁾ が求めた九州地方のスギの材重に対する呼吸率 0.03~0.04 t/t/yr, また、四大学・信大合同調査班³³⁾ の九州地方スギ林の材部呼吸率 0.032 t/t/yr などから考え、0.035 t/t/yr を用いて計算した。この結果、材部の呼吸消費量は、Stand A, B でそれぞれ、8.8, 5.5 t/t/yr と求められた。

すでに推定されている林分の純生産量 (Table 4) に、葉および材の呼吸消費量を加えて、総生産量は Stand A, B でそれぞれ、54.4, 52.6 t/ha/yr と概算された。

エネルギー効率

ここでいうエネルギー効率とは LINDEMAN の率であって、林分に投下される太陽エネルギーのうち、植物が固定するエネルギーの比率をいう。

まず、乾物生産量をグルコース量に換算し、これに単位グルコース量合成に必要なエネルギー量を乗じ

Table 5. エネルギー効率
Energy efficiency.

林分 Stand	純生産量 Net production		総生産量 Gross production	
	A	B	A	B
乾物生産量 Dry matter produced (t/ha/yr)	18.8	16.2	54.4	52.6
グルコース換算量 Equivalent in glucose (t/ha/yr)	20.9	18.0	60.4	58.4
エネルギー固定量 (×10 ¹⁰ cal/ha/yr) Energy fixed	7.8	6.8	22.7	22.0
太陽輻射量 Solar radiation	全年 Whole year 1,300 × 10 ¹⁰ cal/ha/yr 生育期間 Growth period 890 × 10 ¹⁰ cal/ha/yr			
エネルギー効率 Energy efficiency	全年 Whole year 0.006 0.005 0.017 0.017 生育期間 Growth period 0.009 0.008 0.026 0.025			

Growth period : Apr. ~ Oct.

てエネルギー固定量をえる。

一方、日田測候所の観測によれば、この調査を行なう前1年間の日田市における太陽輻射量は、約130,000 cal/cm²/yr (1,300×10¹⁰cal/ha/yr)、また、植物の生育期間を4~10月とすれば、この間の輻射量は約89,000cal/cm²/7か月 (890×10¹⁰cal/ha/7か月)に達するという。

したがって、乾物生産におけるエネルギー固定量と、太陽輻射量の比を、Table 5のように求めた。生育期間内のエネルギー効率純生産量に対して1%以下、総生産量に対しても2.5%である。

検 討 I (生産量)

只木たち²⁶⁾はいろいろな樹種についての報告を検討し、温暖帯における森林の純生産量は、落葉樹林で5~10 t/ha/yr、常緑樹林ではこれの倍といえるとしている。しかしながら、その後の資料を加えると、常緑樹林では落葉樹林の3倍にも及ぶことも多いようだ。スギ林の純生産量については、只木たち²⁶⁾は大分(品種はヤブクグリ)、宮崎(品種はアカ)のサシキスギ林や、長崎の高密度管理の実生スギ林での純生産量を10~16 t/ha/yrとし、四大学・信大合同調査班³⁸⁾によれば、大分(ヤブクグリ)、熊本(アヤスギ)、吉野での純生産量の平均をほぼ18 t/ha/yr、秋田でのそれは25 t/ha/yrと概数を示し、佐藤・扇田¹⁴⁾は若い人工林で地床植生をも含めて12.1 t/ha/yrと推定している。また、TADAKI and KAWASAKI²⁷⁾は、好条件の立地に密生したクロン数種の若いスギ林で29.1 t/ha/yrの純生産量を推定している。この例や、四大学・信大合同調査班³⁸⁾の生産力の高い林分の例などからみて、スギ人工林の純生産量の最大は30 t/ha/yr前後になるのではないと思われる。

しかし、普通のスギ人工林では、その純生産量は10~20 t/ha/yrといってもよいようである。ここで注目したいのは、針葉樹林とくにスギ林では、他の樹種に対して幹材積成長でみられるほどの優位性を純生産力については示さないことである。これは、広葉樹と比較すれば枝の成長割合がすくなく、成長量の幹への集中度がスギ林では高いことが一つの原因である。その上、成長量といえば、幹材積成長によって判断を下しやすいが、これを乾重成長でみた場合、スギの幹材の絶乾比重は広葉樹にくらべて低いから、スギ林では見かけ上の材積成長ほど乾重成長は大きくないのである。たとえば、いま幹材積成長量30m³/ha/yrの成長良好なスギ林を想定しても、その絶乾比重がStand Aのごとく0.35とすれば、その乾重成長量は10.5 t/ha/yrにすぎず、これは絶乾比重0.50のコジイ林¹⁹⁾の21 m³/ha/yr、また絶乾比重0.55のモリシマアカシア林¹⁸⁾の19 m³/ha/yrに匹敵するにすぎない。

九州地方の林分の純生産量については、前記のスギ林のほかに、KIMURA⁷⁾のイスノキ林の21.6 t/ha/yr、只木たち²⁸⁾およびTADAKI¹⁹⁾のコジイ幼齢林の16.5 t/ha/yr(地上部のみ)、18.7 t/ha/yr、菅たち⁵⁾のコジイ林の20~30 t/ha/yr(地上部のみ)、只木たち²⁴⁾および只木¹⁸⁾のモリシマアカシア林の23.4~27.8 t/ha/yr(地上部のみ)、35.3 t/ha/yr、只木たち²⁸⁾のヒノキ林の15.4 t/ha/yrなどが推定されていて、今回調査のStand Aの18.8 t/ha/yr、Stand Bの15.4 t/ha/yrの純生産量より上まわるものが多い。しかし、ここに記した常緑広葉樹林は極盛相のものや、外来樹種など特殊な林分が多いから、今回調査のスギ林の生産力が低いというわけではなく、常緑樹林としてはまず平均的な生産力といってもよいだろう。針葉樹林の純生産量としては、今回調査林はOVINGTON¹²⁾の*Pinus sylvestris*林の最大22 t/ha/yrや、四大学合同調査班³²⁾のトドマツ林の21 t/ha/yrよりはやや下まわるが、MÖLLER⁹⁾の*Picea abies*林の18 t/ha/yrや、四手井¹⁵⁾のハイマツ林の16 t/ha/yr、浅田・赤井¹⁾のシラベ林の生産力の比較的高

い林分の 15~19 t/ha/yr, 蜂屋たち⁴⁾の若い密生したアカマツ林の 17 t/ha/yr などと似ている。

総生産量は確実性のある推定値とはいいがたいが、四大学・信大合同調査班³⁹⁾は、スギ林の総生産量は 50~60 t/ha/yr に達するものと推測し、只木たち²⁶⁾の九州地方スギ林での総生産量は、特殊な林分を除けば 40~60 t/ha/yr であった。Stand A の 54.4 t/ha/yr, Stand B の 52.6 t/ha/yr の総生産量はこれらの範囲にはいる。しかし、閉鎖直後で葉量の多いスギ林での総生産量が 73.3 t/ha/yr²⁶⁾あるいは 84.1 t/ha/yr²⁷⁾と推定された例がある。また九州地方ではイスノキを主とする極盛相の林分⁷⁾の総生産量は 73.1 t/ha/yr と推定され、今回調査を上まわるが、コジイ幼齢林¹⁹⁾での 45.3 t/ha/yr, ヒノキ壮齢林²⁸⁾での 40.9 t/ha/yr などは今回調査林の推定値に近い。このほか、北海道のトドマツ壮齢林⁸⁾での総生産量は 50.2 t/ha/yr と報告されていて、今回のスギ林とよく似た値である。

検 討 II (サシキスギと実生スギ)

この報告は、隣接するサシキスギ品種の林と実生スギ林の物質生産を平行的に追求したものであって、サシキスギと実生スギの造林の利害得失について論ぜられるような資料が得られているわけではないが、一応の検討を進めたい。

まず、一般にサシキスギ品種の造林地では造林木間の個体差がすくなく、いわゆるよくそろった林分となることが認められている。今回の調査林でも、サシキスギ林は一見よくそろった林型とみられたが、実測値で変動係数を計算してみると、 D , H , D^2H などでも Stand A, B でかなりよく似た数値となり、サシキスギの Stand A がとくによくそろった林分だとはいいがたい。これは、今回調査の実生スギ林が、実生スギ林としては比較的良好にそろっていたというべきで、むしろ特殊ケースであるかもしれない。また、純生産量、総生産量でも、両林分間に大きな差はない。しかし、この生産量の中での各器官への配分量となると多少意味が違うようで、Fig. 4 に示したように、幹、枝、葉の配分率に大きな差があり、とくに実生林では枝の比率が高いことが注目される。枝の比率は、もちろん、立木密度や林分の現存量自体にも影響されるが、実生林の平均樹高や立木密度はサシキ林のそれらの 80 および 90% 程度である点からみて、一般常識としていわれるとおり、実生スギ林では枝重が多くなるとしてもよさそうだ。しかし、四手井¹⁶⁾は、実生スギにくらべてサシキスギは枝数が多くなるとし、サシキスギの高さ 1 m あたりの枝数は実生スギのそれの倍になるという例をあげている。つまり、サシキスギ林では、実生スギ林にくらべて、枝重はすくないが一次枝数が多い、すなわち小枝が多いといえるようである。四手井¹⁶⁾は、こうした現象を、サシキ品種ではサシキのくり返しにより地上部自体に枝の性質が残るためであろうと推測している。

林分全体の枝重は、地上部全重に対してサシキ林では 5% であるのに対し、実生林では 11% に達している。このように、枝の配分率が高ければ生産物の幹への集中度が悪くなるのは当然であろう。葉の幹生産能率——単位葉量あたりの 1 年間の幹材積成長量——はサシキ林で 1.38 dm³/kg/yr であるのに対し、実生林では 1.14 dm³/kg/yr である。しかし、尾方¹¹⁾によれば、9~15 年生では実生スギの方が葉の能率がよいようで、以上の傾向が林分ごとに特質的なものであるか、林齢その他の因子で変わるものであるかはわからない。

つぎに、サシキと実生の差として、幹材の絶乾比重の違いを上げたい。幹の絶乾比重はサシキの方が小で 0.35, 実生は 0.38 である。両者の差はわずかであり、また材の比重には秋材率が関係するから、相対的に材積成長のよかったサシキ林での材の比重が低くなるのかもしれないが、只木たち²⁶⁾の報告から計

算すれば、九州地方のサシキスギ品種（ヤブクグリ、アカ）の平均の絶乾比重が 0.31 であるのに対し、実生スギのそれは 0.37 となっている。これらから考えて、サシキスギでは幹材の絶乾比重が実生スギより小さいといえるようだ。もし、この仮定が正しいとすると、同材積だけ生産しても、乾重成長では実生スギがまさるといことになる。

そのほか、球果の生産量は実生スギ林で多く、また、四手井¹⁶⁾が指摘したように実生スギ林の葉量はサシキスギ林のそれより若干多かった。

以上のほかには、サシキ林と実生林の差でとくに顕著なものは見あたらなかった。われわれが行なうようなオーダーでの調査では、サシキと実生の差を知ろうとするのが無理であるのかもしれない。なお、今回の調査でいうサシキと実生の意味とはすこし異なるが、楊²¹⁾は吉野スギの実生苗とサシキ苗で育成された林木の胸高直径、樹高、樹冠直径、材積などには、11年生まででほとんど差が認められないと報告している。

摘 要

大分県下で、隣接する28年生のサシキスギ（品種はアオスギ）と実生スギ造林地の生産力についてしらべた。

調 査 両林分のプロット調査ののち、6本ずつの供試木を伐倒して層別刈取法によって幹、枝、葉、球果の生重量を測定した。生重量は絶乾重に換算し、幹は樹幹析解した。

現存量 断面積配分法と相対成長法（Fig. 1, 2, Table 2）で Table 3 のとおり推定したが、2法による推定値間には大きな差はなかった。林分の地上部各部の垂直分布（Fig. 3）は、両林分でよく似ているが、幹、枝、葉の地上部重中での比率は両者間で異なる。実生林では枝、葉の占める比率が大きく、これは単木でしらべても同じである（Fig. 4）。葉の吸光係数は、全面葉面積に対してサシキ林で 0.46、実生林で 0.43、Specific pipe length はサシキ林で 208 cm、実生林で 201 cm とあまり差はない。

純生産量 材部増加量を D^2H と材部重の相対成長関係（Fig. 5）を用いて、現在と1年前の材部現存量の差として求め、これに年間の落葉量、落枝量、球果生産量を加えて純生産量とした（Table 4）。

幹成長量 林分の幹材積成長量は、現在と1年前の幹材積の差として求めた。幹成長量の垂直分布は林冠層内では下層ほど大きく、林冠層より下では層ごとにより差が認められず、上層よりの積算葉量の垂直分布の型によく似ている（Fig. 6）。これは単木の場合も同様である（Fig. 7）。

総生産量 陽葉の呼吸率を 20°C において 0.55 mg CO₂/g/hr、材の呼吸率を 0.035 kg/kg/yr として呼吸消費量を概算し、これに純生産量を加えて、サシキ林で 54.4 t/ha/yr、実生林で 52.6 t/ha/yr と総生産量を推定した（Table 5）。

エネルギー効率 Table 5 のとおり、生育期間内のエネルギー効率は純生産量に対して 1% 以下、総生産量に対しても 2.5% である。

検 討 以上の生産量を、他のスギ林や他樹種と比較した。今回のスギ林の生産力は、常緑樹林として、まず常識的な値といえよう。サシキスギと実生スギの物質生産についての優劣はとくに認めがたい。実生林ではサシキ林と比較して枝重が多くなる傾向のあること、幹材の絶乾比重が大きいこと、球果生産量が多いこと、葉の幹生産能率が劣ることなど以外には、特徴的な実生とサシキの差については、結論的に確認することはできなかった。

付表 1. 標準地の構成
Composition of the plots.

Stand A 200 m ²				Stand B 200 m ²			
<i>D</i>	<i>H</i> *	<i>D</i>	<i>H</i> *	<i>D</i>	<i>H</i> *	<i>D</i>	<i>H</i> *
cm	m	cm	m	cm	m	cm	m
10.7	12.1	24.1	19.6	7.6	10.0	21.1	15.8
12.0	13.2	25.1	19.9	10.8	11.7	21.2	15.8
12.3	13.4	25.7	20.0	12.8	12.7	21.3	15.9
14.1	14.7	25.7	20.0	14.6	13.5	22.2	16.1
16.0	16.0	26.1	20.1	15.1	13.8	22.8	16.2
16.0	16.0	26.1	20.1	15.3	13.8	23.3	16.3
20.6	18.4	27.8	20.5	16.8	14.4	23.5	16.4
21.1	18.6	29.9	20.8	18.1	14.9	26.7	16.7
21.3	18.7	30.3	20.8	18.1	14.9	27.0	16.7
22.3	19.1	31.1	21.0	19.5	15.4	30.6	16.8
22.5	19.2	31.3	21.0	19.7	15.4		
23.1	19.3	31.6	21.0	20.6	15.7		
24.0	19.6			21.0	15.8		
			25本				23本

* *D*~*H* 曲線で推定。 Estimated by *D*~*H* curves.

付表 2. 供試木
Sample trees

Stand A							
No.		1	2	3	4	5	6
<i>H</i>	m	12.7	18.9	20.4	20.9	17.5	18.9
<i>D</i>	cm	12.5	18.3	23.4	29.4	25.3	25.5
ΔH	cm/yr	12	35	65	55	20	50
<i>w_S</i>	kg	26.69	92.20	150.68	228.82	135.55	175.60
<i>w_R</i>	kg	1.57	3.80	3.65	12.23	10.19	13.46
<i>w_L</i>	kg	2.26	5.82	9.33	22.59	13.51	14.68
<i>w_F</i>	kg	—	—	—	—	0.15	0.17
<i>w_R</i> *	kg	7.63	25.46	40.92	65.91	39.85	50.98
<i>v_S</i>	dm ³	99.63	238.81	389.49	667.45	417.72	472.99
ΔvS	dm ³ /yr	1.14	6.19	12.52	32.54	17.47	24.03
Stand B							
No.		7	8	9	10	11	12
<i>H</i>	m	11.7	16.3	15.2	13.0	16.8	16.1
<i>D</i>	cm	10.5	25.2	19.0	15.5	23.3	21.2
ΔH	cm/yr	30	40	45	42	35	40
<i>w_S</i>	kg	22.67	159.63	81.83	41.23	132.21	110.86
<i>w_R</i>	kg	2.81	24.53	8.34	1.93	17.54	17.23
<i>w_L</i>	kg	2.37	30.81	9.05	4.53	17.51	21.48
<i>w_F</i>	kg	—	0.15	0.65	—	1.13	0.23
<i>w_R</i> *	kg	6.96	53.78	24.97	11.92	42.10	37.45
<i>v_S</i>	dm ³	52.93	412.24	219.02	112.95	341.19	292.83
ΔvS	dm ³ /yr	2.58	33.83	7.04	3.45	23.34	27.37

記号 Notations : 本文 Table 1 を見よ。 See Table 1 in the text.

* 推定値。 Estimated values.

文 献

- 1) 浅田節夫・赤井龍男：亜高山帯の森林の取扱いについて，長野林友，**38**，7，pp. 2~49，(1963)
- 2) 藤井真一：ヒノキ林の遮断雨量に関する試験，日林誌，**41**，pp. 262~269，(1959)
- 3) 蜂屋欣二・安藤 貴：スギ人工林の密度と生長，日林講，**75**，pp. 340~342，(1964)
- 4) 蜂屋欣二・土井恭次・小林玲爾：アカマツ林の林分成長の解析——岩手地方壮齡人工林の一例——林試研報，176，pp. 75~88，(1965)
- 5) 菅 誠・斉藤秀樹・四手井綱英：常緑広葉樹林の物質生産力について，京大演報，**37**，pp. 55~75，(1965)
- 6) 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**，pp. 279~284，(1959)
- 7) KIMURA, M.: Primary production of the warm-temperate laurel forest in the southern part of Osumi Peninsula, Kyushu, Japan. Misc. Rep. Res. Inst. Nat. Resources, **52~53**, pp. 36~47, (1960)
- 8) 吉良龍夫：原生林保護の必要とその生態学的意義，日生態誌，**13**，pp. 67~73，(1963)
- 9) MÖLLER, C. M.: Untersuchungen über Laubmenge, Stoffverlust und Stoffproduktion des Waldes. Det forstl. Forsøgsv. i Danmark, **17**，pp. 1~287，(1945)
- 10) 根岸賢一郎・佐藤大七郎：温度とアカマツ・スギ・ヒノキのナエの同化・呼吸，日林誌，**43**，pp. 336~343，(1961)
- 11) 尾方信夫：実生スギと挿スギの生長状態について二，三の考察，山林，**971**，pp. 22~27，(1965)
- 12) OVERTON, J. D.: Dry-matter production by *Pinus sylvestris* L. Ann. Bot. N. S., **21**，pp. 287~314，(1957)
- 13) 佐藤大七郎：林木の生長の物質的基礎，育林学新説，pp. 116~141，朝倉書店，(1955)
- 14) 佐藤大七郎・扇田正二：林分生長論資料6，わかいスギ林における物質の現存量，生産量および葉の量と生長の関係，東大演報，**62**，pp. 117~146，(1966)
- 15) 四手井綱英：立山付近に分布するハイマツの物質生産について，日林誌，**45**，pp. 169~173，(1963)
- 16) 四手井綱英：スギのサシキ苗造林について2つの疑問，山林，**979**，pp. 11~15，(1965)
- 17) SHINOZAKI, K., K. YODA, K. HOZUMI and T. KIRA: A quantitative analysis of plant form—The pipe model theory. 1. Basic analysis. Jap. J. Ecol., **14**，pp. 97~105，(1964)
- 18) 只木良也：森林の生産構造に関する研究(Ⅷ)，立木密度の高いモリシマアカシヤ林の生産力，日林誌，**47**，pp. 384~391，(1965)
- 19) TADAKI, Y.: Studies on production structure of forest (Ⅶ), The primary production of a young stand of *Castanopsis cuspidata*. Jap. J. Ecol., **15**，pp. 142~147，(1965)
- 20) TADAKI, Y.: Some discussions on the leaf biomass of forest stands and trees. Bull. Gov. For. Exp. Sta., Tokyo, **184**，pp. 135~161，(1966)
- 21) 只木良也・四手井綱英：材積生産構造図(仮称)の提案，日林講，**70**，pp. 294~297，(1960)
- 22) 只木良也・四手井綱英：数量的間伐に関する生態学的研究，京大演報，**34**，pp. 1~31，(1963)
- 23) 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) コジイ幼齡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**，pp. 350~359，(1962)
- 24) 只木良也・尾方信夫・長友安男：同上，(Ⅴ)，モリシマアカシヤ人工林の生産力について，同上，**45**，pp. 293~301，(1963)
- 25) 只木良也・尾方信夫・長友安男・吉岡 清・宮川良幸：同上，(Ⅵ)，足場丸太生産スギ林の生産力について，同上，**46**，pp. 246~253，(1964)
- 26) 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，pp. 45~66，(1965)
- 27) TADAKI, Y. and Y. KAWASAKI: Studies on production structure of forest (Ⅸ), Primary

- productivity of a young *Cryptomeria* plantation with excessively high stand density. J. Jap. For. Soc., 48, pp. 54~60, (1966)
- 28) 只木良也・尾方信夫・長友安男・吉田武彦：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, pp. 387~393, (1966)
- 29) 塘 隆男：わが国主要造林樹種の栄養および施肥に関する基礎的研究, 林試研報, 137, pp. 1~158, (1962)
- 30) WEETMAN, G. F. and R. HARLAND: Foliage and wood production in unthinned black spruce in Northern Quebec. For. Sci., 10, pp. 80~88, (1964)
- 31) 楊 榮啓：台湾における吉野杉の実生苗と挿木苗で育成された林木の生長量, 林分構成状態およびその樹形に関する比較, 日林誌, 46, pp. 63~67, (1964)
- 32) 四大学合同調査班：森林の生産力に関する研究 I, 北海道主要針葉樹林について, 国策パルプ, p. 100, (1960)
- 33) 四大学および信大合同調査班：同上, III, スギ人工林の物質生産について, 日林協育林技術研究会, p. 63, (1966)
- 34) 吉岡 清・宮川良幸：スギ林の本数密度別生産力, 長崎農林試報, 1, pp. 34~43, (1965)
- 35) 汰木達郎：林木の成長を支配する要因に関する解析的研究, 九大演報, 37, pp. 85~178, (1964)

Studies on Production Structure of Forest. XI

Primary productivities of 28-year-old plantations of *Cryptomeria* of cuttings and of seedlings origin.

Yoshiya TADAKI, Nobuo OGATA and Yasuo NAGATOMO

(Résumé)

In Kyushu district, there are many cultivars of *Cryptomeria japonica* for cuttings and the plantations of cuttings origin are widely distributed. The advantages of cuttings or seedlings have been discussed as one of the important aspects in silvicultural researches. This report is concerned with the dry matter productivities of *Cryptomeria* plantations of cuttings origin and seedlings origin, both of which are 28-year-old and situated contiguous to each other.

Field work : The present investigation was made in November of 1964 near Hita City, Kyushu. In each plantation, plots of 200 m² were delimited for DBH measurement and each six sample trees of various sizes covering the whole range of DBH were felled. The stem, branches, leaves (green parts including scaly leaves and green twigs) and cones of each sample tree were separately weighed according to the stratified clip technique. In the laboratory, weight data were converted into oven-dry weight basis (all weight data in this paper are expressed in oven-dry unit), and also the stems of the sample trees were measured by means of stem analysis.

Standing crop : The biomass per stand was estimated in two different ways, the basal area proportional allotment, and the allometric relation. The former is expressed by the following :

$$y = y'G/G' \dots\dots\dots(1)$$

where y and y' respectively denote the total biomass on the plot and that of the sample trees, while the corresponding values of the sum of basal area are represented by G and G' . For

the latter, the following relation is employed when the amounts of two different tree parts are denoted by X (D^2H in this paper, D : DBH, H : tree height) and Y ,

$$\log Y = h \log X + k \dots\dots\dots(2)$$

in which h and k are the constants decided by X and Y (Figs. 1, 2 and Table 2). In general, the estimates of the biomass in the stand calculated in two different ways were similar to each other (Table 3).

The same patterns of the vertical distribution of stems, branches and leaves per stand were found between the investigated stands (Fig. 3), but the stem biomass in Stand A (of cuttings origin) was larger than that in Stand B (of seedlings origin) and, on the other hand, the branch biomass in Stand B larger than that in Stand A. The percentages of both branches and leaves to above ground part in weight per tree of Stand B were higher than those of Stand A (Fig. 4).

The relative light intensities (I/I_0) under the canopy layers averaged 0.019 in Stand A and 0.0135 in Stand B, so the light extinction coefficients of leaves (K) based on the whole side leaf area were respectively calculated at 0.46 in Stand A and 0.43 in Stand B by the formula,

$$I/I_0 = e^{-KF} \dots\dots\dots(3)$$

where I expresses the light intensity under the leaf area index F , and I_0 the incident light intensity.

The specific pipe length presented by SHINOZAKI *et al.*, which indicates the constant of a direct proportionality between the weight of stem and branches contained in a horizontal stratum and that of leaves appearing in and above that stratum, were calculated at 208 cm in Stand A and 201 cm in Stand B.

Net production : The regressions between D^2H and weight of woody part per tree were found as shown in Fig.5 and also D^2H in the latest year represented by $(D^2H)_0$ to D^2H at present (Fig.5) was approximated by

$$(D^2H)_0 = 0.95 D^2H \dots\dots\dots(7)$$

These relations made it possible to estimate the wood biomass in the preceding year and hence the total increment of woody part in the latest one year period. The amounts of leaf- and branch-fall per stand in the same period were assumed to be equal to 1/4 of the biomass of living leaves and branches per stand, and all green cones were regarded as those produced in the latest one year period.

The estimates of net production per stand reached by these procedures are presented in Table 4, 18.8 t/ha/yr in Stand A and 16.2 t/ha/yr in Stand B.

Stem increment : The stem volume increment per stand was also estimated as the difference of stem volume per stand in this year and that in the preceding year (Table 4).

The increment of stem wood in a certain horizontal stratum was nearly the same in amount at any height under the canopy layers, whereas it decreased upwards inside the canopy layers, and, moreover, the stem increments per year at different heights appeared to be more or less proportional to the corresponding values of accumulated leaf amount, which means the total leaf weight above a certain height. Those tendencies were observed in both cases per stand (Fig. 6) and per tree (Fig. 7).

The annual stem increment per unit leaf weight came to 1.38 dm³/kg/yr in Stand A and 1.14 dm³/kg/yr in Stand B.

Gross production : Assuming that the respiration rates averaged at 0.55 mg CO₂/g/hr

at 20°C in sun leaves and 0.035 kg dry matter/kg/yr in woody parts, the annual respiratory loss in leaves, 26.8 t/ha/yr in Stand A and 30.9 t/ha/yr in stand B, and in woody parts, 8.8 t/ha/yr in Stand A and 5.5 t/ha/yr in Stand B, were tentatively estimated. These values led to the gross production 54.4 t/ha/yr in Stand A and 52.6 t/ha/yr in Stand B.

Energy efficiency : LINDEMAN'S ratios for both net and gross productions were calculated as given in Table 5, based on the incident solar radiation $1,300 \times 10^{10}$ cal/ha/yr for the whole year and 890×10^{10} cal/ha/seven months for the growth period from April to October. The efficiencies for the growth period in the net productions were less than one percent and those in the gross productions came to 2.5 percent.

Discussion : In the comparison with the stands of *Cryptomeria* and of other tree species which have been reported, the primary productivities in Stands A and B may be considered ordinary as in evergreen leaved forests.

The advantages and differences between trees of cutting origin and of seedling origin on the dry matter productivity can not be expressly observed. Neither can we point out the distinctive difference between them except that the plantation of seedlings origin tends slightly to have larger weight of branches per stand, higher rate in dry weight per unit volume of stem, higher productivity of cones, and lower rate of stem increment per unit leaf weight than the plantation of cuttings origin.