

スギ高齢林分の樹冠構造について

吉田 茂二郎・石井 弘
(森林資源学講座)

Studies on the Morphology and Structure of the Tree Crowns in the Old-aged Stand of Sugi.

Shigejiro YOSHIDA and Hiroshi ISHII
(Laboratory of Forest Resources)

はじめに

近年、長伐期施業による大径優良材の生産が各地で検討され、長伐期施業への移行傾向があるが、十分に高齢林分の特性を把握しての長伐期施業ではなく、現状逃避的な意味で長伐期施業を選択する傾向が見受けられる。これまで短伐期施業を行ってきた林分を長伐期施業林へ誘導する過程では、施業を行わないことも考えられており、実際に放置されたままの森林は林業の健全な発展と資源の有効利用を妨げるとともに、森林災害等にも重要な影響を与えるので、目標とする森林の特性を活かし、森林の持つ諸機能を最大限に発揮するような健全な森林を育成するための総合的な施業体系の確立が重要な課題である。

この施業体系を確立するにあたって重要な課題は、各林分の成長の根源である生産構造の解明であろう。本報告は、その生産構造の解明の基礎となる樹冠の構造、特に生理生態的な知見を実際の施業へ応用する際に必要と思われる形態的な構造様式について南九州地方の高齢のスギ人工林を対象に解析を行った結果を報告する。

本研究は、平成元年度、2年度文部省科学研究費補助金（課題番号01304018）により行ったものである。

研究対象林分の概況と測定の方法

1) 研究対象林分の概況

研究対象林分は、鹿児島県下の高齢林分で Table 1 にその林分構造を示す。表から明らかなように、本来は80年生以上の林分を対象に予定し現地踏査を行ったが、面積が非常に狭く林分としての広がりをもつものがなかったので、対象を60年以上に引き下げ研究を行った。対象林分の40年生時の地位指数と鹿児島地方のスギ林分収穫表の値との比較によれば、すべての林分の地位は中以上であった。

プロット1と2は、植栽時の生産目標が特殊な材を生産することであったため植栽本数が非常に少なく、現在も ha あたり 300本以下で、相対幹距も約21%と非常に疎な林分であるが、樹冠の発達は良く樹冠被覆率は非常に高い。一方、プロット9は非常に植栽本数が多く、近年までほぼ無間伐

表-1 対象林分の林分構造
Table 1 Stand-structure of study stands

プロット番号 Plot No.	林齢 Age	平均直径 Average of D.B.H. (cm)	平均樹高 Average tree- height (m)	haあたり本数 Number of stems (/ha)	haあたり材積 Stem volume per ha (m ³ /ha)	地位指数 Site index (m)	相対幹距 Relative stem- distance (%)	備考 Remark
1	69	58.0	27.9	270	879	23	21.0	YO-1
2	69	55.1	28.1	248	742	23	21.1	YO-2
3	74	40.2	23.9	352	481	19	21.3	NI-1
4	60	28.6	18.2	978	603	18	11.2	0104002(s-10)
5	60	32.3	21.3	944	785	20	13.6	0104001(s-12)
6	60	23.6	14.9	1256	485	17	13.4	s-14
7	60	30.5	17.9	811	555	17	13.7	0104003(s-36)
8	65	35.0	21.3	688	690	23	14.0	0102001
9	75	36.5	19.8	778	797	19	14.4	0115001

の状態 (ha あたり本数1200本, 相対幹距は約12%) であったが, 複層林を想定しての伐採が1985年に行われ現在の構造 (ha あたり本数 778本, 相対幹距14.4%) になり, 1990年現在, 樹冠のうっぺいは未回復の状態でありかなり林冠にも空隙があり, かつ最近, 側枝の発生が認められる。プロット3も同様に複層林を造成するために1989年に伐採が行われ, ほぼ伐採した状態 (完全に林冠に空隙がある) 林冠構造を呈している。プロット4は相対幹距11.2%と密な状態であるが, その他のプロットは相対幹距が13~14%と中庸の密度を持つ南九州における一般的な高齢の林分であると考えられる。

2) 測定の方法

原則として, 対象林分内に0.09ha (30m×30m) のプロットを設定し, プロット内の胸高直径と樹高の毎木調査を行った。また, 樹冠 (ほぼ陽樹冠に相当) に関する測定は, 原則として4方向均等に枝のついている樹冠を持つ林木について行うこととし, 全直径級かつ樹冠形態の正常な標本木を20本程度抽出し, それらの樹冠直径と枝下高 (陽樹冠基部高) の測定を行った。樹高と枝下高は測高器を用いて0.1m 括約で, 直径は輪尺を用いて2 cm 括約で, そして樹冠直径については対象木の樹冠下で20m 巻尺を用いて0.1m 括約で地上からそれぞれ測定を行った。なお, 樹冠長は樹高から枝下高を引いて求めた。

樹冠形と樹冠表面積の計算

近年, 樹冠と成長量に関する研究が行われ, 樹冠が林木の成長と非常に密接な関係にあると考えられるようになった (竹下1985 梶原1985 吉田1988, 1990 白石1989)。とくに, 梶原 (1985) は生態的な葉重量と密接な関係があるものは樹冠の表面積であることを明らかにしている。吉田 (1988) も択伐林の林分単位の成長量について林冠表面積 (林分単位の総樹冠表面積合計) を利用して解析を行い比較的よい結果を得ている。

一方, 樹冠の形について竹下 (1985) は放物線形を, 梶原 (1975) は陽樹冠と陰樹冠を区別して陽樹冠は円錐および放物線形, 陰樹冠は円柱形であると規定し, これまで2つの形が用いられてい

る。

本研究の対象の高齡林分では、比較的光条件がよく、若齡林にみられるような完全な陰樹冠は存在しないため、上記のように原則として4方向に枝のついている樹冠を対象にし、竹下のように一つの樹冠とみなし、さらにそのかたちを放物線と仮定した。竹下(1985)によればそれは次式で与えられる。

$$y = \alpha \cdot x^{0.5} \quad (1)$$

ただし、 y : 樹冠半径(m)

α : 樹冠拡張係数

x : 梢端からの長さ(m)

一方、単木の樹冠表面積(KMF)は(1)式から次式のように表される。

$$\begin{aligned} \text{KMF} &= 4/3 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot ((cl + \alpha^2/4)^{1.5} - (\alpha^2/4)^{1.5}) \\ &\doteq 4/3 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot (cl + \alpha^2/4)^{1.5} \end{aligned} \quad (2)$$

以下の分析は(2)式を利用して行うこととする。

解析の結果

1) 樹冠に関する諸要因の関係

まず、高齡林の樹冠に関する諸要因とこれまでの研究結果との比較を行う。樹冠に関する研究のまとめは梶原(1977a, 1978, 1985)に詳しいので、この結果を引用して比較検討を行う。

樹高と胸高直径の関係は、後者の増加にしたがって前者も増大する傾向にあるが全体としては上に凸の関係が認められ、これまでの結果と相違がない。樹冠直径と胸高直径の関係は、かなりの散らばりがあるが、前者は後者と共にほぼ直線的に増大する傾向を示している。樹冠長(全樹冠長)と胸高直径の関係も、前者は後者と共に増大することが指摘されており(梶原1978)、本研究の場合もほぼ直線的に上昇あるいは上に凸の関係が存在しているように思われる。枝下高と胸高直径の関係は前述の樹冠長の裏返しであり、多少上に凸あるいは直線の上昇の関係が認められる。樹冠拡張係数(α)については、若齡および壯齡の林分内ではほぼ一定の値をとることが指摘されている(竹下1985)が、本研究の場合は若壯齡林分の場合より散らばりが大きくしかもその値も0.6~1.2と大きい傾向を示しており(Fig. 1)、これは高齡林分の樹冠が若壯齡林分ほど形態的に斉一ではなくかつ樹冠の膨らみが多いことを表しており、これまでの観察結果と一致するものである。

(2)式を用いて、各プロットの単木毎に樹冠表面積を計算し、胸高直径と樹高の両変数に対する関係を求めたところ、どのプロットも胸高直径および樹高の両変数に対してかなりの散らばりを持つものの、ほぼ一次の相関が認められたので両者に対する単木の樹冠表面積の関係に一次式をあてはめた。その結果をTable 2に示す。寄与率等から判断すると、胸高直径の方が幾分関係が強いように思われ、しかも樹高は胸高直径より変動が小さいため間伐林分ではまったく変動がなくなる可能性があり、独立変数としては好ましくない場合が存在する。さらに、著者のこれまでの研究によれば若齡および壯齡におけるその関係は、胸高直径の方が関係が強く、測定および応用の容易さから高齡林でも胸高直径を樹冠表面積推定の独立変数とすることが良いと思われる。

これまで、胸高直径と樹冠表面積の関係が一次式として表されること(吉田 1988)について、胸高直径に対する樹高の関係のように上に凸の関係が成立しないのは生物として不自然ではないかの指摘があったが、今回のスギの高齡林分も同様の関係が認められた。樹冠表面積は前述のように

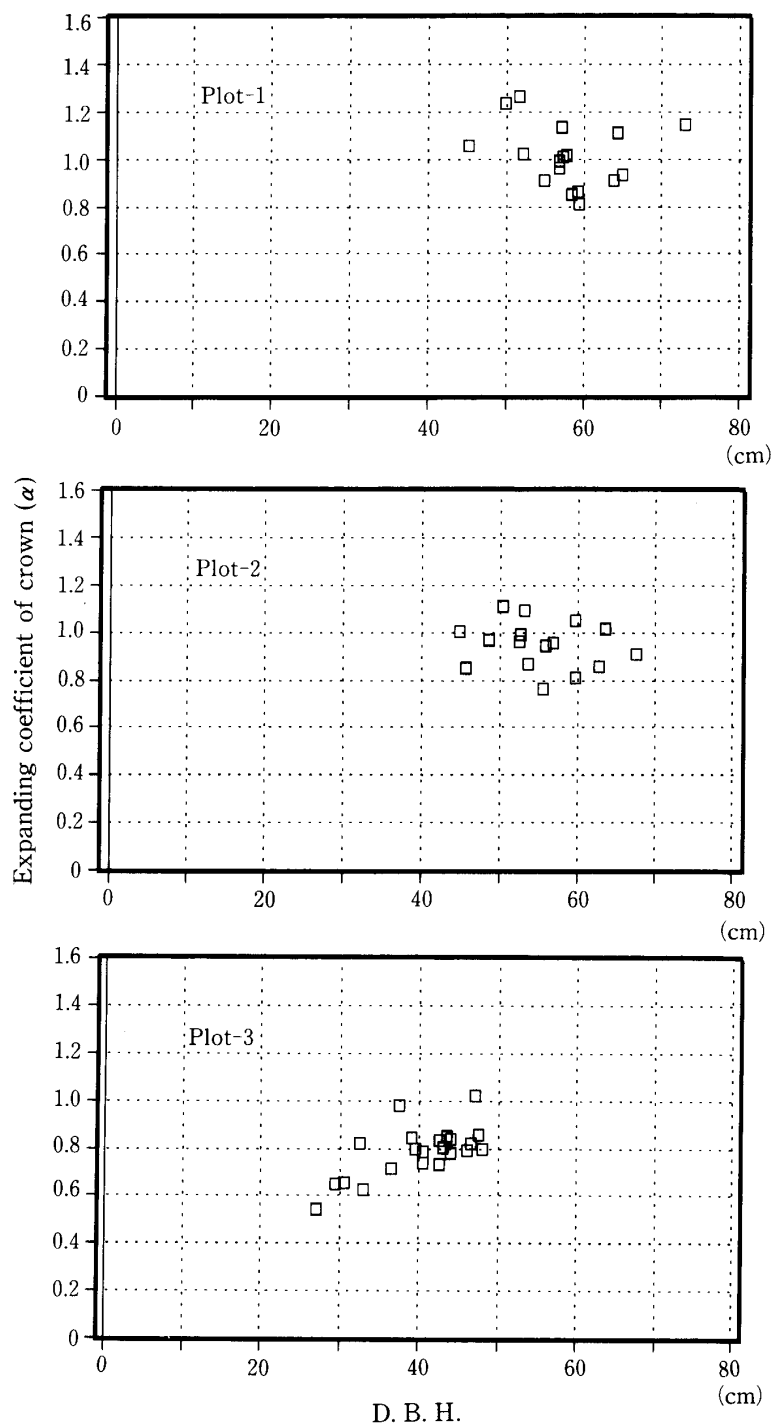


図-1 (a) 樹冠拡張係数 (α) と胸高直径の関係.
 Fig. 1 (a) Relation between expanding coefficient of crown (α) and D. B. H. .

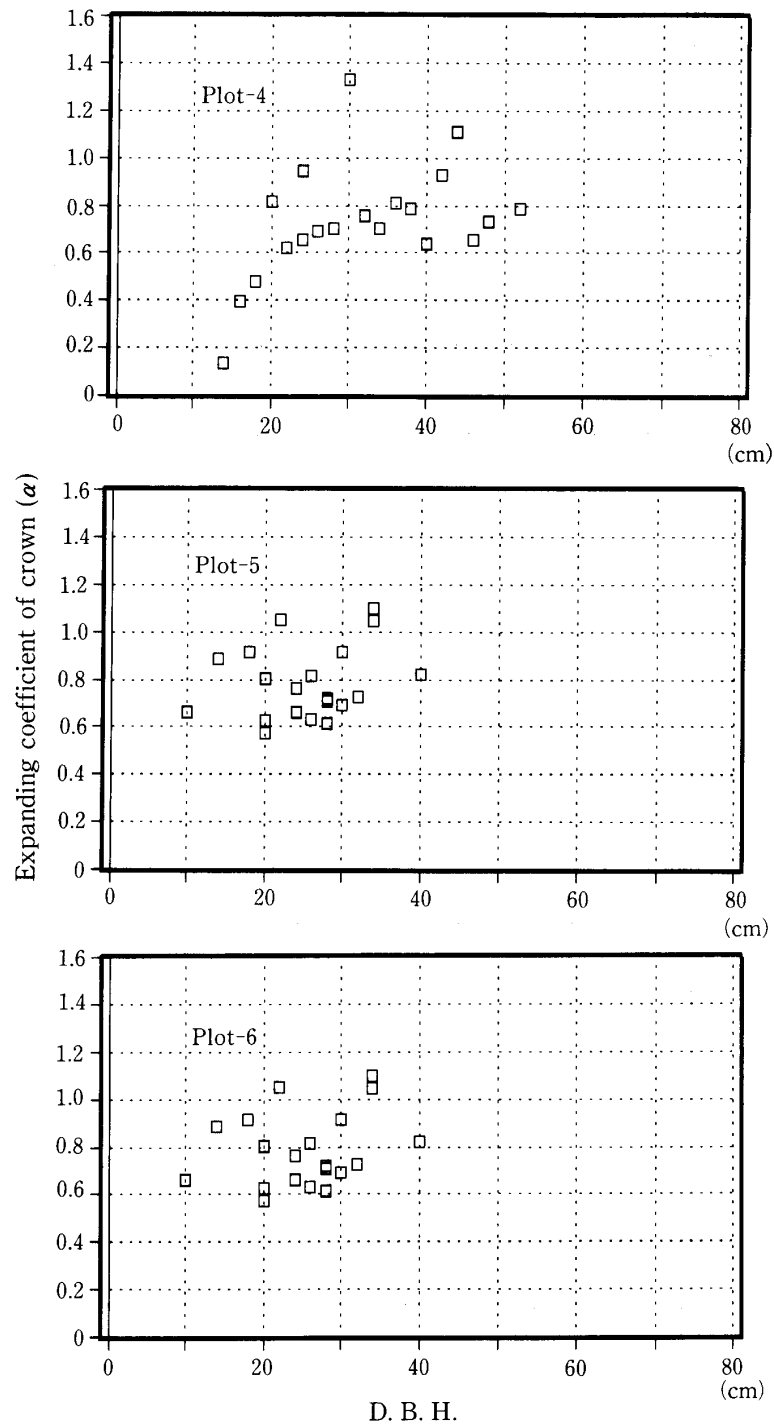


図-1(b) 樹冠拡張係数 (α) と胸高直径の関係.

Fig. 1(b) Relation between expanding coefficient of crown (α) and D. B. H. .

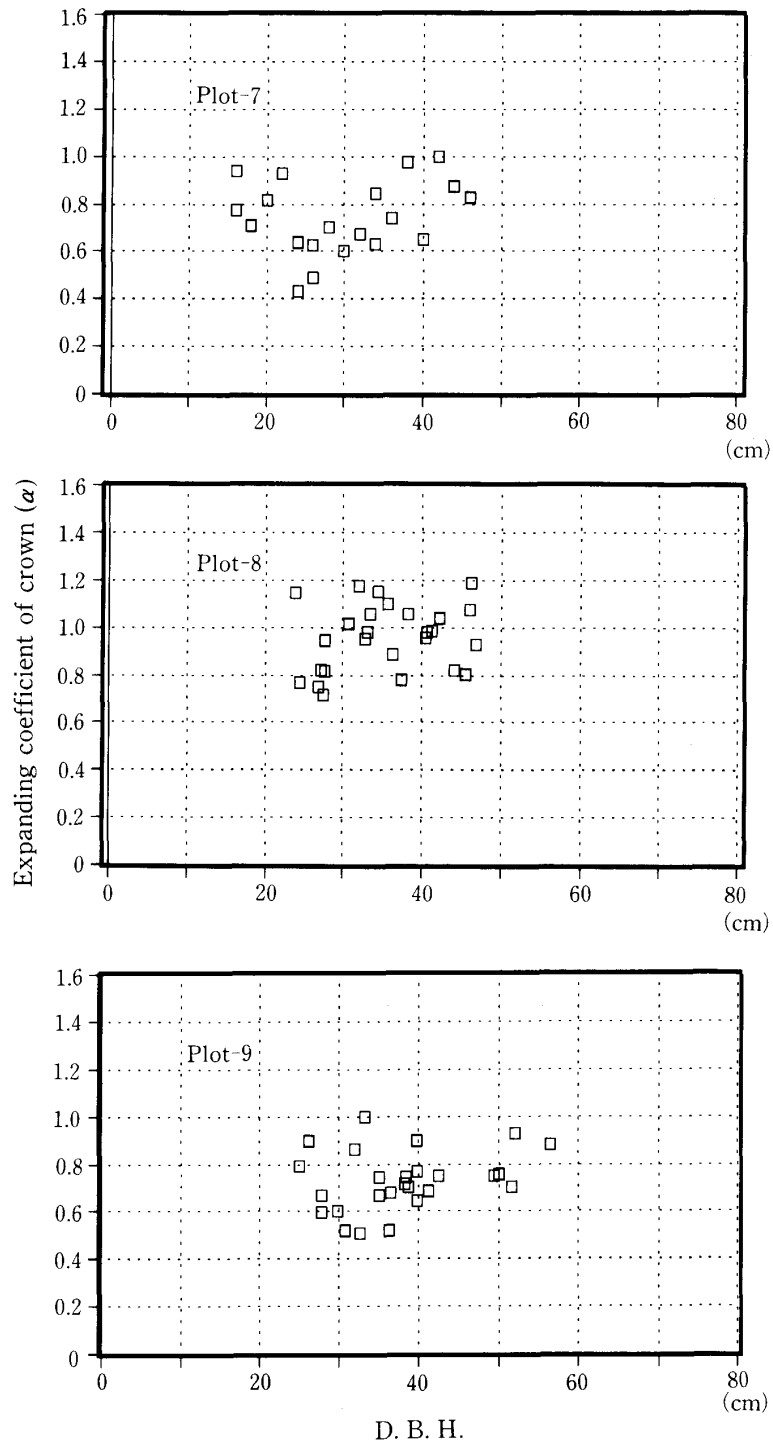


図-1 (c) 樹冠拡張係数 (α) と胸高直径の関係.
 Fig. 1 (c) Relation between expanding coefficient of crown (α) and D. B. H. .

厳密には(2)式で表されるが、近似的には樹冠表面積は樹冠直径と樹冠長の積の形をとるためこのような単純な関係が成立していると考えられる。

プロットごとの林冠表面積(樹冠表面積合計)をTable 3に示す。間伐を実行した林分を除いてha当りの林冠表面積は20880から27192m²となり、梶原(1977b)とほぼ同じ値であった。

表-2 直径および樹高と樹冠表面積との直線回帰
Table 2 Linear regression between the crown surface area and the D. B. H., and the tree height

プロット番号 Plot No.	胸高直径 D. B. H			樹高 tree height			
	y=a+bx		df	R ²	y=a+bx		R ²
	a	b			a	b	
1	0.44	63.19	15	0.033 ^{ns}	3.29	-3.14	0.112*
2	1.58	-9.48	14	0.301*	6.35	-80.57	0.418**
3	0.65	0.45	20	0.347**	2.63	-36.30	0.125 ^{ns}
4	1.80	-23.58	18	0.778**	6.06	-92.23	0.736**
5	1.86	-37.36	18	0.755**	7.12	-139.30	0.571**
6	1.22	-12.10	18	0.462**	2.40	-21.91	0.403**
7	1.19	-5.47	18	0.691**	2.15	-6.77	0.355**
8	2.05	-34.91	28	0.696**	4.46	-57.38	0.457**
9	2.62	-68.28	24	0.841**	7.30	-117.80	0.666**

ns: Not significant * : Significant at 5%

** : Significant at 1% level R² : Ratio of contribution

表-3 研究対象林分の林冠表面積
Table 3 Total crown surface areas of study stands

プロット番号 Plot No.	林冠表面積 Total crown surface areas (m ² /ha)
1	23928
2	24096
3	9320*
4	27192
5	21498
6	20880
7	24987
8	24958
9	19455*

* : denotes the thinning stands

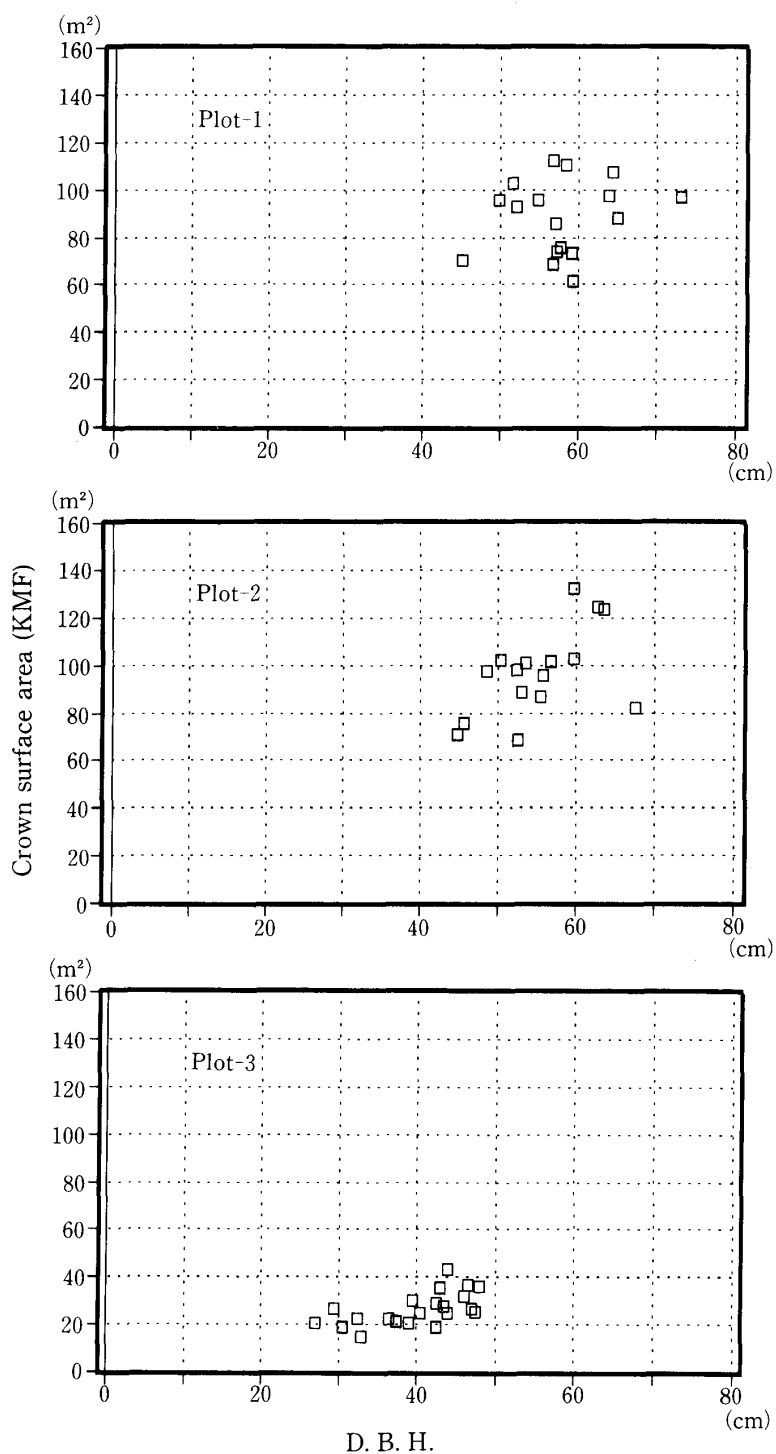


図-2 (a) 樹冠表面積 (KMF) と胸高直径の関係.
 Fig. 2 (a) Relation between crown surface area(KMF) and D. B. H..

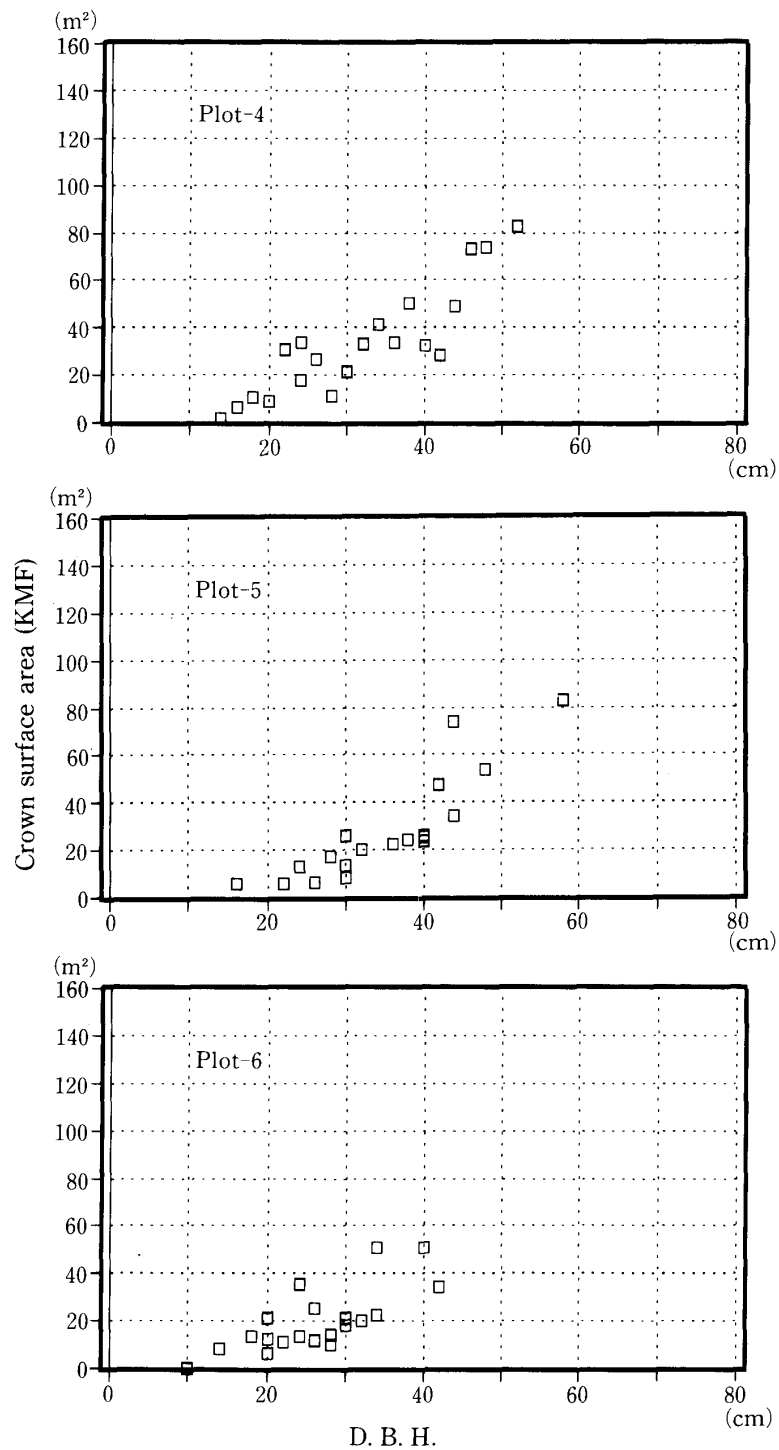


図- 2 (b) 樹冠表面積 (KMF) と胸高直径の関係.
 Fig. 2 (b) Relation between crown surface area (KMF) and D. B. H. .

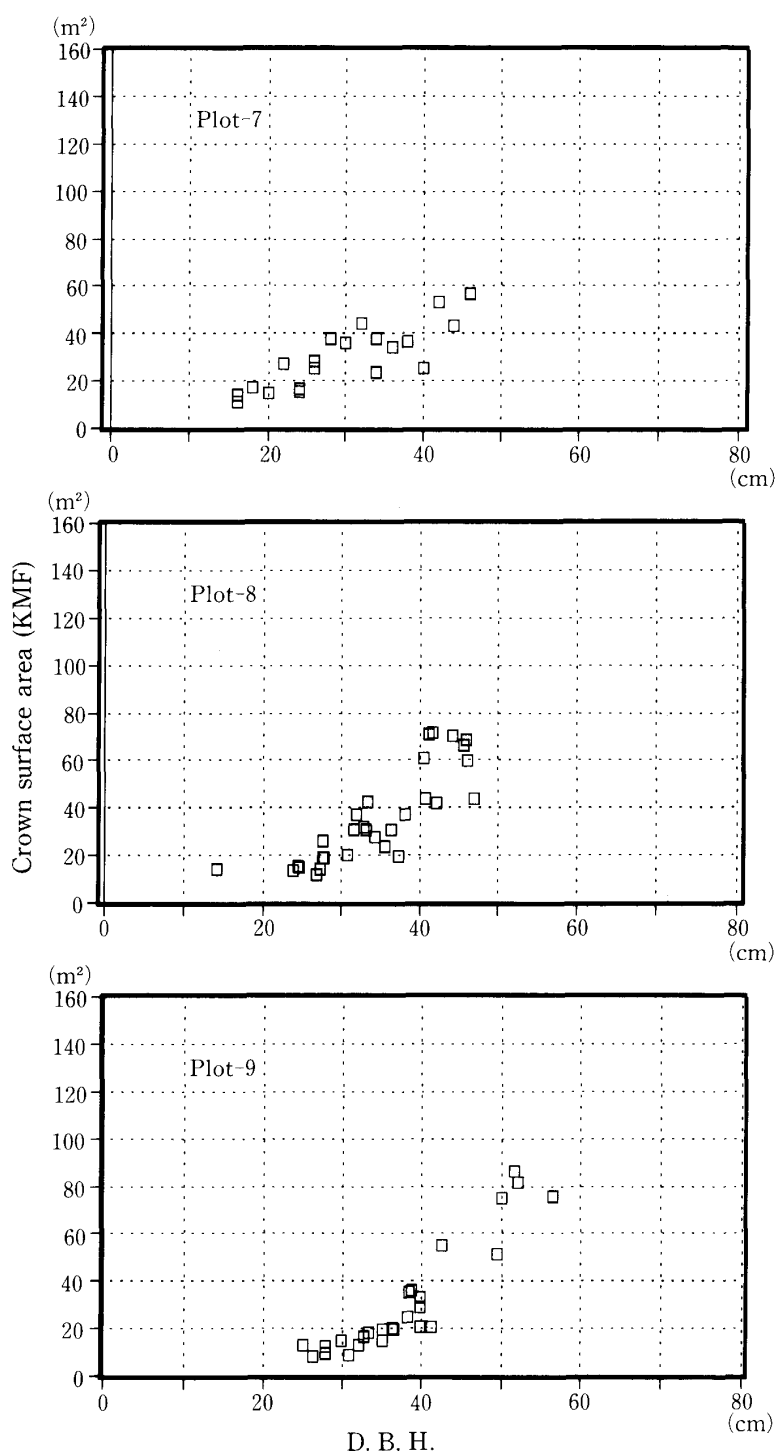


図-2(c) 樹冠表面積 (KMF) と胸高直径の関係.
 Fig. 2(c) Relation between crown surface area (KMF) and D. B. H..

おわりに

今回はスギ高齢林の樹冠の形態的な構造様式，特に成長に直接関わりがあると考えられる樹冠表面積に注目し，それを構成する樹冠要素と従来の林木要素等の関係および林分単位の総量について数林分を対象に分析を行ったが，これまで得られている若齢および壮齢林分の結果と比較すると，多少散らばりが大きいがほぼ同様の関係が認められた。

以上の結果はあくまでも形態的な樹冠構造に関するものであって，生態的な葉重量および生理的な光合成能力はまったく考慮しておらず，それらは樹冠が形態的に同じであっても高齢林分とその他の林分ではかなりの相違があると考えられる。

したがって今後は，林分単位での樹冠表面積と胸高直径の関係の分析および林齢による形態的な樹冠構造と生態的な葉重量の関係の解析を進め，林木および林分単位での生産構造の解明を行う予定である。

引用文献

- 梶原 幹弘：スギ同齢林における樹冠の形態と量に関する研究（I），日林誌57：425-431，1975
 —————：過去の樹冠測定とその結果，京都府大演報21：51-58，1977a
 —————：スギ同齢林における樹冠の形態と量に関する研究（V），日林誌59：233-240，1977b
 —————：スギ同齢林における樹冠と幹の大きさの関係，京都府大演報22：54-63，1978
 —————：樹冠量と幹材積生長量との関係に関する過去の調査結果，京都府大演報29：83-90，1985
 白石 則彦：新たな幹曲線式の理論的導出，日林誌71：435-441，1989
 竹下 敬司：バラボラ樹冠形モデルによるスギ林の構造解析，九州大演報55：55-104，1985
 吉田茂二郎：スイス択伐試験地の林分構造・成長解析，日林論99：109-110，1988
 —————：スギの樹冠の変化量と幹材積成長量の関係，鹿大農学術40：29-35，1990

Summary

The aim of this study is to describe the morphology and structure of the tree-crowns in the old-aged stands of Sugi. In particular, here are described the relationships between tree-height, height to living branch, crown-length and crown-diameter, and D. B. H., respectively.

The relationship between the crown surface-area and D. B. H. is described, too. These study-stands are located in Kagoshima Pref. (Table 1). Square plot of 0.09ha is established in each stand and all the measurements of D. B. H. and tree-height are conducted. In each plot, about 20 sample-trees are selected and the respective crown-diameters and the heights to living branches are measured.

The crown-form is to be expressed by parabolic shape (Takeshita 1985).

$$y = \alpha \cdot x^{0.5}$$

where y : radius of crown (m)

x : distance from crown-top (m)

α : expanding coefficient of crown-radius

The crown surface-area (KMF) is to be expressed by the following equation:

$$\begin{aligned} \text{KMF} &= 4/3 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot ((cl + \alpha^2/4)^{1.5} - (\alpha^2/4)^{1.5}) \\ &\cong 4/3 \cdot \pi \cdot \alpha \cdot (cl + \alpha^2/4)^{1.5} \end{aligned}$$

Both of the relationships between tree-height and D. B. H. and between height to living branch and D. B.

H. are recognized to be the same ones as the relationships observable in case of the young-and middle-aged stands.

The relationship between crown-diameter and D. B. H. and between crown-length and D. B. H. denote a sort of linear relationship in each study-stand.

The expanding coefficients of crowns in the respective study-stands are shown in Fig.1. According to these figures, the expanding coefficients of the crowns in the respective stands show larger variances and values (ranging in the extent from 0.6 to 1.2) than those in the young-and middle-aged stands. The linear relationship between crown surface-area and D. B. H. denotes a better relationship than the one between crown surface-area and tree-height (Table 2), and is recognized to be same as the relationship in the previous study results of young-and middle-aged stands (Fig. 2).

The total crown surface-areas per ha in the respective stands are calculated, based on the above mentioned relationship between the crown surface-area and D. B. H., and are shown in Table 3. These values denote the figures varying from 20880 to 27192 m²/ha, and are recognized to be same as the previous result by Kajihara (1977b).