

# 樹冠の年令構成に関する研究 (IV)

## 葉の令構成が生長におよぼす影響

西 田 仁・堤 利 夫

### Studies on the Age Composition of Canopy (IV)

A study of the influence of needle upon tree growth in  
relationship to the differences in longevity.

Hitoshi NISHIDA and Toshio TSUTSUMI

#### 目 次

要 旨.....	15	3. 結果と考察.....	21
はじめに.....	16	(1) 直径生長量 ( $\Delta D$ ) と $W_L/S$ の関係	
1. 調査林分の概況と調査資料.....	16	(2) 定数 $k_1, k_2$ の検討	
2. 解析方法ならびに測定方法.....	17	(1) $k_1$ の性質	
(1) 解析方法		(2) $k_2$ の性質	
(2) 直径生長量の垂直的な分布とその		4. 引用文献.....	24
指標		5. Résumé .....	25
(3) 非同化部分の表面積の大きさ			

#### 要 旨

日本産マツ属の着葉年数は、種によっても、生育環境によってもかなりの長短がある。この着葉年数のちがいは、葉の現存量に影響をあたえていることは言うまでもないが、樹木の生長にどのように関与しているかという問題を、各地のアカマツ林分の調査結果や資料を用いて、個体の葉量と非同化器管の表面積の関係から2, 3解析を試みたものである。

その結果は次のようであった。

1) 個体の葉量 ( $W_L$ ) と非同化部分の表面積 ( $S$ ) との比 ( $W_L/S$ ) と、生枝下の幹の直径生長量 ( $\Delta D$ ) の間には次式で表わされる関係がみられた。

$$\Delta D = k_2 (W_L/S - k_1) \dots\dots\dots(1)$$

ここで  $k_1, k_2$  は林分できまる定数

2) (1)式中の定数  $k_1, k_2$  はともに林分の着葉年数と密接な関係をもっており、 $k_1$  は個体の生存を維持する限界の、生産と消費のバランスを示す値と考えられ、 $k_2$  は生枝下の幹における肥大生長の速度定数と解せられる。

## はじめに

筆者らは、これまで林木樹冠の年令構成に関する一連の研究として、葉の支持器管である幹、枝の解析を進め、枝の生産にはたす針葉の役割を明らかにしてきた。今回は日本各地のアカマツ林の着葉年数のちがいに注目し、これが林木の生長にどのような影響をおよぼしているかということについて、報告したものである。

日本産マツ属の着葉年数は、ハイマツで2～5年<sup>4)</sup>、あるいは3年<sup>5)</sup>、アカマツやクロマツで1～3年程度と言われているが、同じ樹種でも生育する場所によって、かなりのちがいがみられ、アカマツを例にとると、満4年葉までつけているものから、当年葉のみのものまでである。

このように生育する場所によって着葉年数にかなりのちがいがみられるが、高冷地に生育するもの程着葉年数が長くなる<sup>5)</sup>という例があり、その原因は標高がますことにもなう生育期間の短縮と林内の陽光量の変化によるものと推論されている。

このほか立木密度によって影響を受けることがある<sup>6)</sup>。また個体においても、樹冠上部の枝よりも下部の枝で旧葉の残存率が大きいことが観察される。

同一樹種内における着葉年数のちがいは、葉の現存量を通して物質生産に影響していることは、明らかな事実と考えられる。

これまで着葉年数や葉令に着目した研究はかなりみられるが、生理学的な問題として扱えられることが多く<sup>7)~11)</sup>、生態学的な見地から取り上げられているものは比較的少ない<sup>12), 13)</sup>。

スギやヒノキでは枝葉を年令別に分けるのが困難であるため、葉令に関する研究は難かしいが、日本産マツ属は年一回分枝するのが普通であるため、年令の判定が容易にでき、このような研究には好適な材料である。

本論文は各地のアカマツ林の資料を用い、着葉年数のちがいが、生長にどのような影響を与えているかについて、簡単なモデルを用いて解析したものである。

最後に本論文を作成するにあたり、有益な助言と調査に協力して下さった京都大学農学部森林生態学研究室の皆様へ深い感謝の意を表わすとともに、調査についていろいろの便宜を与えて下さった京都大学農学部演習林ならびに西部舞鶴牧場の関係各位に深く感謝する。

### 1. 調査林分の概況と調査資料

本報告で用いた調査結果ならびに資料は、次のアカマツ5林分のものである。

#### 1) 鳥取県大山山麓のアカマツ人工林

林分の概況については既報<sup>2)</sup>を参照されたい。以後、大山アカマツと呼ぶ。

#### 2) 京都府舞鶴市のアカマツ人工林

京都府舞鶴市北部に位置する西部鉄道舞鶴牧場内に設けられた現地産アカマツ小林分で、1974年11月初旬、伐倒調査をおこなった。調査林分は自然間引によると思われる枯死個体もかなりみられ完全に閉鎖しているようであった。調査地は標高260～270メートル、南東面の緩傾斜地で、下層植生はダンコウバイ・コバノガマズミ・ムラサキシキブ・キンキマメザクラ・ササ類が侵入し、サルトリイバラが比較的多かった。

以後、舞鶴アカマツと呼ぶ。

#### 3) 東大千葉県演習林の天然下種によって成立したアカマツ林

四大学合同調査班による「物質循環面より見た森林生態系の生産力」資料 No. 1 (1961年度) に

よる。

以後、千葉アカマツと呼ぶ。

4) 長野県諏訪営林署管内金沢山国有林のアカマツ人工林

東大・信大・京大の合同調査資料ならびに「金沢山国有林アカマツ林分の生産力に関する調査報告」を参考にした。

以後、金沢山アカマツと呼ぶ。

5) 茨木県笠間営林署管内にあるアカマツ天然生林

東大・京大の合同調査資料ならびに「笠間事業区北山国有林アカマツ林分の生産力に関する調査報告」を参考にした。

上記5林分の概況を Table-1 に示した。以後、笠間アカマツと呼ぶ。

Table-1. Descriptions of Japanese pine stands tested (*Pinus densiflora*)

Location	Age yr	$\rho$ No./ha	$\bar{H}$ m	$\bar{D}$ cm	$\frac{\sum \pi D^2}{4}$ m <sup>2</sup> /ha	Longevity of needle* yr	Height of investigated area m
Daisen	18	3325	11.1	11.7	50.5	1.68	200
Maizuru	17	3890	6.4	7.1	16.3	1.33	300
Chiba	12-15	3550	6.9	7.1	26.0	1.00	—
Kasama	32-37	1991	12.5	13.7	29.2	1.34	< 100
	19-22	3300	6.2	8.1	17.0		
Kanazawayama	C. 40	2040	14.5	10.7	33.6	3.22	1000-1200
		3120	13.4	9.7	32.5		
		1320	18.1	15.3	34.0		
		930	22.7	17.7	37.6		

$$* = \frac{Y_{LN} + Y_{LO}}{Y_{LN}}, \quad Y_{LN}: \text{Current needle amount}$$

$$Y_{LO}: \text{Old needle amount}$$

## 2. 解析方法ならびに測定方法

### (1) 解析方法

枝や幹では被圧が激しくなると、その基部で年輪が不完全となったり、全く欠くという、いわゆる年輪欠除の現象がみられる。<sup>14)~19)</sup>

しかし一方、顕微鏡レベルの観察では、すべての葉を除去したクロマツ幼令木でも、新生の細胞層が認められ、<sup>20)</sup>年輪欠除はないとする考え方もなりたつ。

しかしいずれにしろ顕微鏡レベルで認められる程度の生長は、生長量という点からは問題にならず、この論文では肉眼ないし低倍率のルーペによる観察で、正常な年輪数の認められないものを年輪欠除枝としておく。

年輪欠除の原因として、衰弱した下部の枝では、非同化器管の量にたいして、葉の量が少なく、葉によって生産される同化物質の量より、呼吸による損失が大であるという物質経済的な説明がなされているが、<sup>6)</sup>具体的なデータに基づいた原因の解明はなされていないようである。

筆者らはさきに日本産マツ属の枝の表面積と葉量の関係から、正常に生育している枝と年輪欠除枝とを区別する可能性のあることを指摘したが、<sup>21)</sup>このことは同時にこれら2つの量の比が、枝

の生長状態を示すよい尺度であることを意味している。

たとえば樹冠上部の枝などでは、その表面積 ( $S_B$ ) に対して、相対的に葉量 ( $W_{BL}$ ) が多く、余剰の物質生産をおこなっていると予想されるのに対して、樹冠下部の衰弱枝では、この比が小さくなりやがて年輪欠除にいたるものと思われる。また林分で年輪欠除枝の  $W_{BL}/S_B$  がほぼ一定であることは、この比が枝の物質収支を表わす指標として、生理的な意味をもっていると考えてよからう。

ただし単純にこの比をもって、枝の生長状態を推測しようとする時、いくつかの仮定の検討を要する。例えば樹冠の上下で、葉の同化能力や非同化部分の呼吸速度に大きなちがいがいないかということなどである。これらの仮定についての検討は別の機会に譲るとして、ここでは、アカマツやクロマツは比較的陽樹であり、従って陽樹冠と陰樹冠の生理・生態的な差の小さいことが、上述の仮定をほぼ満たすものと考えておく。

上述のような考えを1本の樹木に拡張してみると、その葉量 ( $W_L$ ) と非同化部分表面積 ( $S$ ) との比 ( $W_L/S$ ) は、模式的にみると、一定面積の非同化部分にあてられた葉量となり、その部分での生産と消費のバランスを表わす数値とみなせるであろう。

そこで個体の葉量と非同化部分の表面積を測定して、その比でもって個体の生長状態を表わしてみた。個体の生長の指標として、後述するように、生枝下の幹における直径生長量 ( $\Delta D$ ) をとり、林分間の着葉年数のちがいから解析を進めたものである。

なお各林分の着葉年数は、全葉量を当年生の葉量で除すことによって便宜的に定めたため、実際の観察より短かめにでてくることを断わっておく。また葉の年令は、当年葉 (1年葉)、2年葉、3年葉……と呼ぶことにする。

## (2) 直径生長量の垂直的な分布とその指標

樹木の直径生長量は、従来から習慣的に、胸高における幹の測定値を用いているが、葉で生産された同化物質の垂直的な配分は、個体によっていろいろな形をとることが知られており、従って胸高における測定値をもって個体の直径生長量を代表させ、個体間の比較にもちいることは、生物学的な裏づけは少ないように思われる。

年輪巾の高さによる変化を詳細に検討した尾中<sup>20)</sup>、篠崎らによるパイプ・モデル説や齊藤らのモデルで共通することは、樹冠内の幹では、樹冠の発達状態や葉の分布状態によって、直径生長量はさまざまな形をとるが、樹冠下の幹においては、樹冠直下の幹で最大の直径生長量を示すという。(但し、地際の根ばりの部分は除く。)

今1つの例として大山アカマツのいろいろな高さにおける幹の直径生長量を Fig. 1 に示す。×印の位置が最下生枝の位置であるが、6個体とも上述の事実を表わしているようである。また強度に被圧された個体 (No. 1, No. 7) では、胸高ではともに年輪欠除の現象を示しているものの、最下生枝の位置では、比較的生長のよい No. 7 の方が、No. 1 に比べて明らかに直径生長量がすぐれていることを示しており、従来の胸高における観察よりも、この部分での観察の方が、樹木の生長状態とよく対応していると考えられる。

また Fig. 1 からわかるように直径生長量の垂直的な分布は、ほぼ幹の上部から下部に向かって減少するパターンをとる。×印付近の生長量と他の高さにおける生長量の平均値との関係を見たのが Fig. 2 である。いろいろな高さにおける直径生長量の平均値 ( $\overline{\Delta D}$ ) と×印の位置の直径生長量 ( $\Delta D$ ) とは、1対1に対応しているようである。いづれの資料ともほぼ同令の立木密度も似た閉鎖林分であるため、樹形の相似性から得られた結果だと思われる。

以上の理由から最下生枝直下の幹の直径生長量 ( $\Delta D$ ) をもって個体の直径生長量の指標とみ

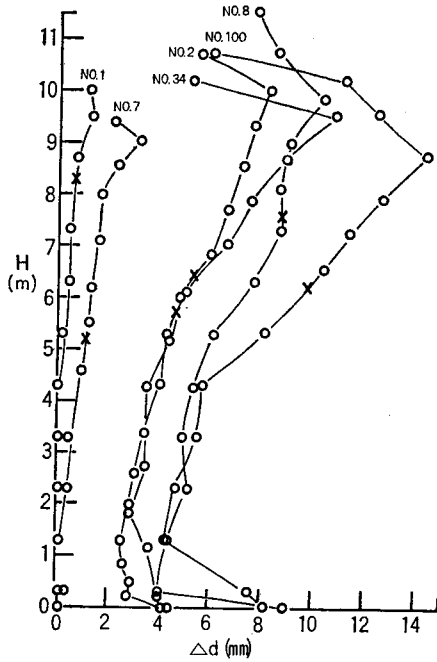


Fig. 1. Vertical distributions of diameter growth of trunks ( $\Delta d$ ) in a 18-years old Japanese red pine stand at Mt. Daisen. X: The location of the lowest branch.

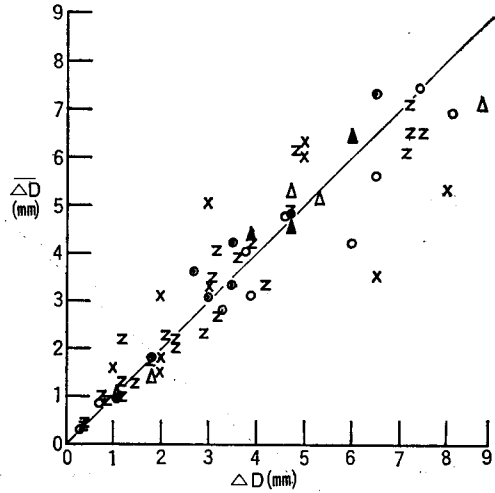


Fig. 2. The relation between the diameter growth of trunks measured at about the lowest branch ( $\Delta D$ ) and averaged diameter growth of trunks at various heights. ( $\Delta D$ ).

なす。

(3) 非同化部分の表面積の大きさ

樹木の非同化部分の表面積の測定は、呼吸や雨水、無機物の捕かくと関連して、森林の重要な測定項目であると指摘されているが、一般的に生物体の外部表面積を正しく測定するのが困難であり、樹木の場合、枝の分岐の複雑な樹冠部分の表面積の測定は、ほとんど不可能であり、何らかの推定法を用いざるをえない。

これまで、樹木の非同化部分の表面積の推定は、多くの研究者によっていろいろな方法が試みられているが、まだ定まった推定法は確立されていないようである。

しかし、いずれの研究者も、樹木を枝（樹冠）と幹の2つの部分に分けて推定をおこなっているようである。そして幹の場合は、いずれの推定法によってもその精度は高いが、形態の複雑な枝の場合は、乾重から推定するのが、簡便で精度もよいようである。

本論文では個体を中心とした取り扱いをしているため、幹表面積については、一定の長さに切り分けられた幹を円柱とみなすことにより、

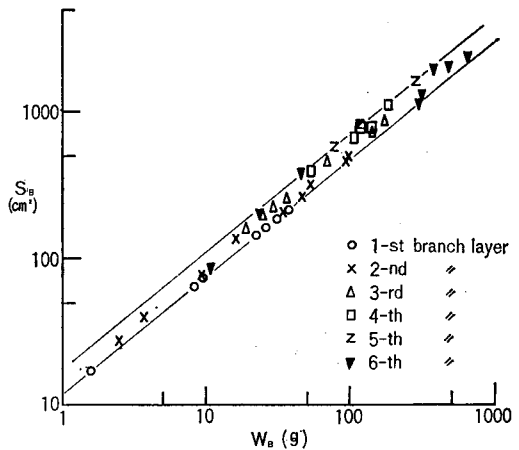


Fig. 3. The relation between the surface of a branch ( $S_B$ ) and its fresh weight ( $W_B$ ) in each branch layer in the logarithmic scale.

直接に算出した。枝の表面積推定について、若干検討してみる。

枝の場合、同じ枝重をもつ枝どうしでも、多くの小枝を分岐している枝の方が、大きな表面積をもつことになる。一例として京大農学部上賀茂試験地の天然性アカマツ1個体のもっている枝1本1本の重さと、各年枝の中央直径と長さを実測し、算出された表面積の関係を、枝の属する枝階別に表わしたものが、Fig. 3 である。同じ枝重でも、分枝数の多い4~6枝階に属する枝の表面積が、分枝数の少ない上層の枝や、先端の小枝の枯死、出生率の低下で分枝数の減少している下層の枝のそれよりも、大であることがわかる。このように1本1本の枝でみた場合、枝重に対して幾分、変動がみられるが、1本の木についている枝の重さ ( $\sum W_B$ ) と表面積 ( $\sum S_B$ ) の間には、両対数軸上で林分分離のない直線関係が得られた。(Fig. 4) 両者の関係式は次のようである。

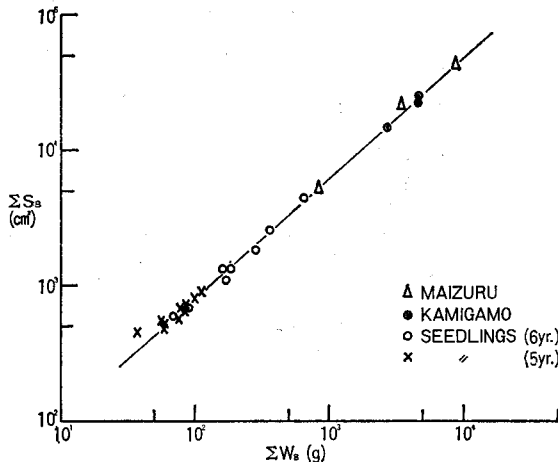


Fig. 4. The relation between the observed surface area of branches attached to a tree ( $\sum S_B$ ) and the fresh weight of them ( $\sum W_B$ ) in the logarithmic scale.

$$\sum S_B = 10.5 \sum W_B^{0.928}$$

$$(r = 0.998)$$

恐らく1本1本の枝の大きさや分枝数のちがいが、たがいに打ち消されて、全体として一つの直線関係が得られたものと思われる。

参考までに同じ図上に、京大農学部本部苗畑に植栽されたアカマツ幼令林分(林令5, 6年, 立木密度9本/m²)の枝重と枝表面積の測定値をプロットしてみると、個体の大きさや生育環境などのちがいかかわらず、上述した壮令林とほぼ同じ直線で近似されるようである。

さらに枝重が10kgを越える個体の測定値があれば、ここに用いた資料のすべての個体の枝重と枝表面積の関係を完全に満足することができるのであるが、このような大きな個体の枝表面積を測定するのは労力的に無理であり従って金沢山アカマツと笠間アカマツの一部の個体の枝表面積の推定は、この直線の延長上に外挿することによって求めた。既述したように、かなり小さい個体から、壮令個体まで1本の直線で近似されることから、このような大径木においても、孤立木で大枝を派生している個体でなければ、この直線から枝表面積を推定しても、大きな誤差はないと仮定しておきたい。

このようにして得られた枝表面積と、

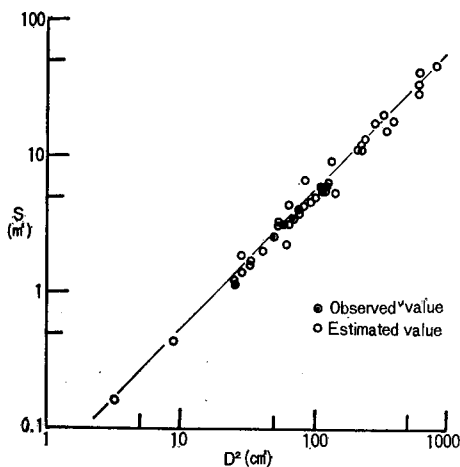


Fig. 5 The relation between the surface area of non-photosynthetic organs of a tree ( $S$ ) and the square of its diameter breast height ( $D^2$ ) in the logarithmic scale.

樹幹解析の結果から算出された幹表面積を加え、個体の非同化部分の表面積 (S) として、胸高直径の二乗 ( $D^2$ ) との関係を見たのが、Fig. 5. である。両対数軸上で傾きがほぼ 1 の直線が得られ、林分による分離は明らかではなかった。各地のアカマツ林とも、同様の生育段階にあることによるものかも知れない。最小二乗法による両者の関係式は次のようであった。

$$S = 487.5D^{2.034} \quad (r = 0.989)$$

また本論文で取り扱ったアカマツでは、地上部の非同化部分表面積に占める枝表面積の割合は、30~70%に達し、個体が大きくなるにつれて高まるようである。

### 3. 結果と考察

#### (1) 直径生長量 ( $\Delta D$ ) と $W_L/S$ の関係

アカマツ供試個体の  $W_L/S$  と生枝下の幹の直径生長量 ( $\Delta D$ ) の関係を示したのが、Fig. 6 である。5 林分ともそれぞれ、ほぼ 1 次の直線関係を満足した。

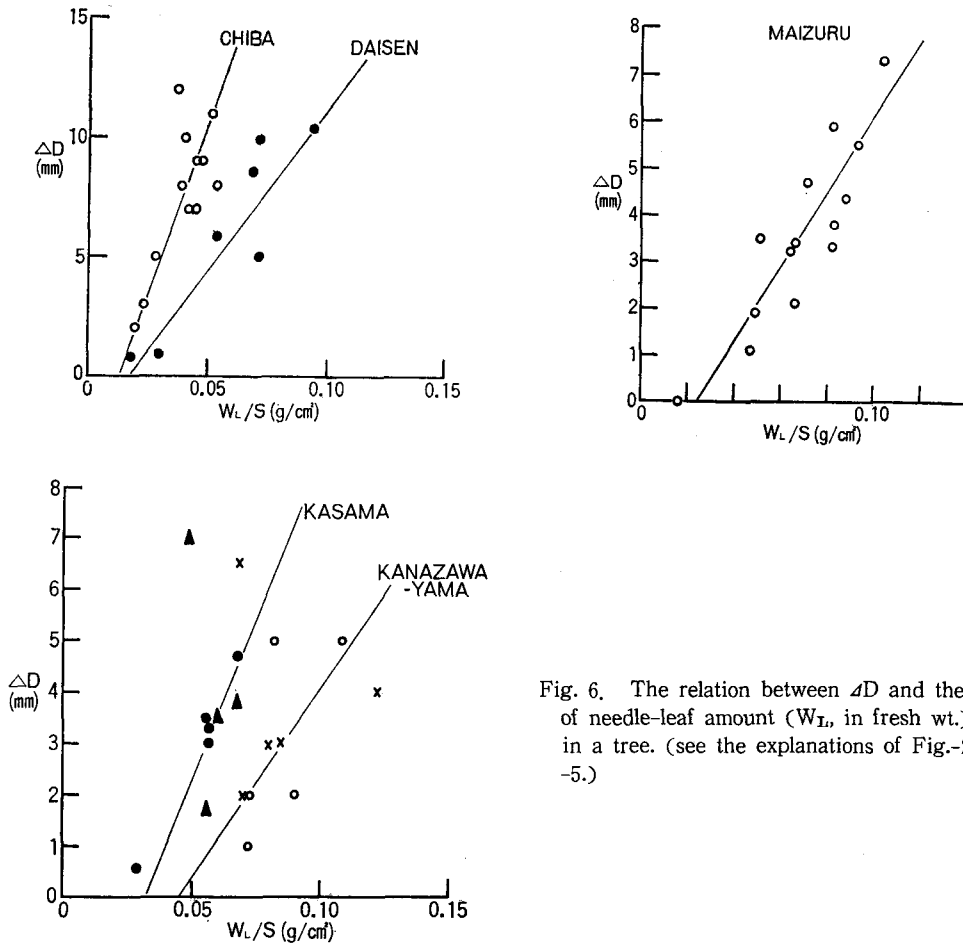


Fig. 6. The relation between  $\Delta D$  and the ratio of needle-leaf amount ( $W_L$ , in fresh wt.) to S in a tree. (see the explanations of Fig.-2 and -5.)

一林分内における個体の  $W_L/S$  の値は、3～5倍の変動のはばをもっているが、個体の大きさと被圧の度合という2つの要因が作用すると考えられ、大きな個体が必ずしも大きい値をもっているとは言えないようである。

筆者らは、さきに5段階の密度をもつアカマツ・クロマツの模型林分において、 $W_L/S$  の密度による変化について考察した。<sup>27)</sup> それによると  $W_L/S$  は1つの密度区内では、変動のはばが小さく、ほぼ一定の値をもっているようであり、密度が高くなるにつれて小さくなる。しかし無制限に小さくなるのではなく、一定の限界値をもっているようである。調査林分が樹高のよくそろった共倒れ型に近い苗木林分という特殊性があるが、この密度試験の結果からは、 $W_L/S$  の大小は、個体の生活空間の大小と関連しているものと結論してよい。一方、時間方向での  $W_L/S$  の変化を、個体の地上部非同化部分重と葉量の拡張相対生長関係からみると、現実の林分を構成している程度の大きさの樹木では、両者はほぼ比例して大きくなるので、 $S$  が非同化部分重の3分の2乗に比例し、胸高直径の2乗に比例するものとする、 $W_L/S$  は胸高直径についての増加関数となるものと考えられる。そして巨大な老令木では周囲の木からの被圧や風などの物理的影響のため、非同化部分は年々蓄積されていくのにたいして、葉量には限界がみられることは広く知られているので  $W_L/S$  は、一定ないしは減少することが予想される。しかしこれらはいずれも林分を構成する上層木についての、 $W_L/S$  の経時変化であり、被圧された個体は上層木よりもさらに早いテンポで  $W_L/S$  が変化していくものと思われる。

Table-2. The value of  $k_2$ ,  $k_1$  and  $r^*$  in the formula  $\Delta D = k_2 (W_L/S - k_1)$

Stand	$k_2$	$k_1$	$r$
Daisen	128.22	0.016	0.962
Maizuru	81.05	0.025	0.920
Chiba	287.18	0.013	0.866
Kasama	93.48	0.027	0.983
Kanazawayama	73.93	0.045	0.730

$r^*$ : Simple correlation coefficient

前述したように、いくつかの仮定を含みながらも、 $W_L/S$  と  $\Delta D$  の間に直線性が認められることから、日本産マツ属の場合、 $W_L/S$  による生長解析は、かなりの妥当性があるようである。

最小二乗法によって、両者の関係式を次のように表現した。(Table-2)

$$\Delta D = k_2 (W_L/S - k_1) \dots\dots\dots(1)$$

ここで  $k_1$ ,  $k_2$  は林分によって決まる定数

## (2) 定数 $k_1$ , $k_2$ の検討

### (イ) $k_1$ の性質

$k_1$  は(1)式からわかるように、 $\Delta D$  がゼロになる時の  $W_L/S$  の値、すなわち隣接木の被圧によって樹冠の発達がおさえられ、かろうじて個体を維持している限界の生産と消費のバランスを表わす値と考えられ、林分によって一定の値をもっているようである。この報告のアカマツ供試個体では舞鶴アカマツに1個体、 $\Delta D$  がゼロであるものが見い出されている。また筆者らの測定した京大白浜試験地に高密度に植栽されていたクロマツで、3個体見い出され、それぞれの  $W_L/S$  は0.017, 0.021, 0.025 と、この白浜クロマツ林分の  $\Delta D \sim W_L/S$  関係の  $k_1$  の値(0.020) とほぼ一致している。

いづれにしろ  $\Delta D$  が0の個体は、非常に被圧された個体で、短期間で枯死するものと考えられる。

今単位表面積の非同化部分において、かろうじて生存を保っている時の代謝量というものは、各個体であまり大きなちがいはないと仮定し、各林分における  $k_1$  のちがいは、葉の質的なちがいが、すなわち着葉年数にもとづく、葉の生産能率のちがいに由来するものと判断した。物質のつくり手としての葉の内容によって  $k_1$  が影響を受け、能率の高い葉からなる林分では、個体の生存の



限界値  $k_1$  は小さくなるものと予想される。葉令に伴う生産能率の変化は、一般に、葉のある成熟の限界までは年令とともに増加し、十分な大きさに達した後は低下するという。平松によるとアカミノイヌツゲで2年葉が1年葉に較べて50%以上同化量が大きく、同じくヒメモチでは2年葉が最大の同化量を示すが3年葉では急激に減少するという。Larson<sup>8)</sup>によるとモミとトウヒの2年葉と6年葉の光合成能率を比較したところ、2年葉が前者で2倍、後で3倍高いことを報告している。アカマツは普通、京都地方では9月中旬に伸長生長を終えると言われているが、ハイマツのように翌春さらに伸長するらしいと考えられている例もあるように、高標高に生育しているアカマツ（たとえば金沢山アカマツ）では京都地方のアカマツのような生長経過をとらない場合も予想され、一概に若い年令の葉程、光合成能率が高いとは判断できない。

実際のデータから林分ごとの  $k_1$  と着葉年数の関係を調べたのが Fig. 7-1 である。おおまかにみれば両者は、着葉年数の長い林分ほど大きい  $k_1$  の値をもっているようであり、比例的な関係がみられる。すなわち着葉年数の長い林分は、旧葉の占める率が大きであり、それだけ単位重さあたりの葉の生産能率は、低下するものと考えられる。着葉年数の一番長い金沢山アカマツと最短の千葉アカマツでは、 $k_1$  の値に約3倍のひらきがみられる。

葉の生産能率を葉の単位重さあたりの材生産能率 ( $\Delta V/W_L$ ) で代用し、 $k_1$  との関係のみたのが Fig. 8-1 である。着葉年数の短い林分ほど材生産能率は大きく、なめらかな双曲線をえがく。

以上、着葉年数や材生産能率から  $k_1$  について検討してきたが、各林分の環境のちがいにかわらずアカマツでは、一般に着葉年数の長い林分ほど材生産能率が低く、大きい  $k_2$  の値をもつ

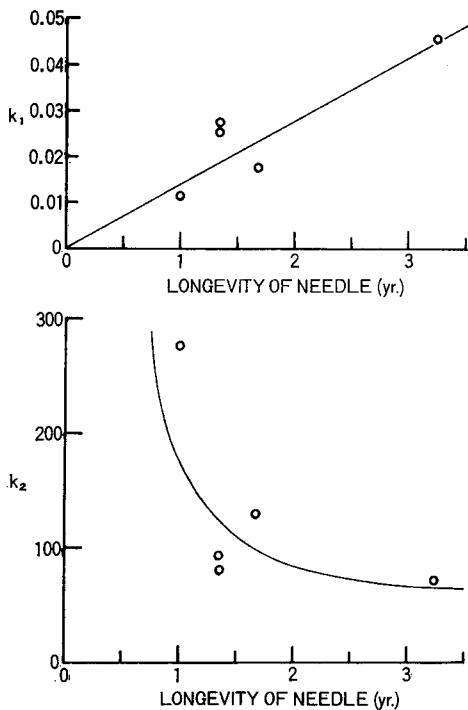


Fig. 7. The relation between the values of  $k_1$  and  $k_2$  in the formula  $\Delta D = k_2(W_L/S - k_1)$  and the longevity of needle-leaf of each pine stand.

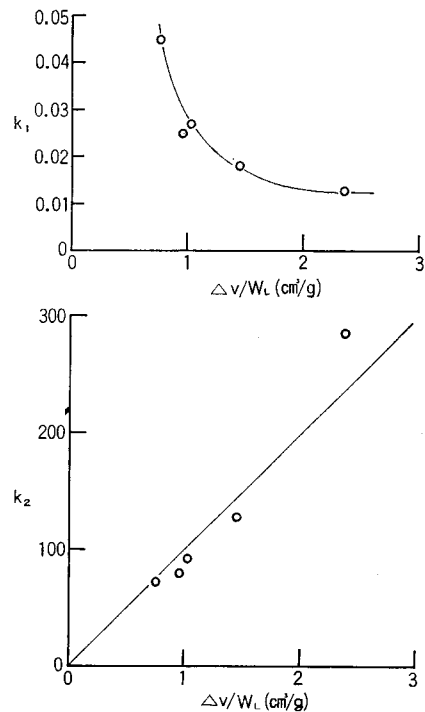


Fig. 8. The relation between the values of  $k_1$  and  $k_2$  in the formula  $\Delta D = k_2(W_L/S - k_1)$  and the volume increment per unit weight of needle-leaf of each pine stand ( $\Delta V/W_L$ ).

ていると言えそうである。

(ロ)  $k_2$  の性質

先程みたように  $k_1$  は生存の生理的な限界値を示しているのに対して、 $k_2$  は(1)式からわかるように、個体の直径生長の速度を表わす定数と考えられ、 $k_1$  同様、葉の生産能率と密接な関係をもっていることは、明らかである。

各地のアカマツ林分の  $k^2$  の値は、Table-2. に示すように3~4倍のひらきがあり、 $k_1$  とは逆に千葉アカマツで最大の値をもち、金沢山アカマツで最も小さな値をもっていることが知られ、林分の着葉年数、葉の材生産能率との関係は、Fig.7-2 と Fig. 8-2 であるが、 $k_1$  の場合と全く逆の挙動をとっている。

以上の結果から、樹木の直径生長量を全般的に考えてみると、着葉年数の長い林分では、(1)式における  $k_2$  の値が小さく、 $k_1$  の値が大きいため、直径生長に不利な要因となっているが、一方個体の葉量や林分葉量が多くなるため、大きな  $W_L/S$  の値をもつことにより、この生長の不利さを補うというしくみがみられる。

これまで、単木の生長、とくに肥大生長を、生産の主体である葉量と消費の主体として材表面積をとり、それらの量的関係から解析を進め、着葉年数の長短が大きな意味をもつことを明らかにしてきた。呼吸の主体として材の表面積をとった事については、いろいろ問題が残るが、樹木という巨大な植物体全体のガス対謝を測定することが不可能な現状では、樹木が多年生の木本植物であるということから、従来の  $C/F$  や、呼吸の主体として材の重さをとった四大学の式<sup>31)</sup>よりも合理的だと思われ、さらに数種のマツの模型林分を用いて、単位土地面積あたりの葉量と非同化部分の表面積<sup>32)</sup>の関係を調べた大畠<sup>27)</sup>、筆者らの調査結果によると、樹令、個体の大きさ、密度などという生育条件や時期のちがいににかかわらず、自然間引をおこす程の閉鎖林分では、この両者の比が一定となるが、 $C/F$  比は一定にならず、個体が大きくなるにつれて増大していく。また MÖLLER<sup>33)</sup> によるヨーロッパブナの測定データを書き直した大畠<sup>25)</sup>によると、全体の呼吸速度は、材の重さよりも表面積に比例していると考えの方がよいと思われる事などによる。

今後さらに、樹木の生長に及ぼす立地条件の影響・枝や樹木の老衰・枯死の問題、林分という集団の中の自然間引の機構や、林分の生産量の問題にも、このような考え方からのアプローチが可能と思われる。

#### 4. 引用文献

- 1) 西田仁・四手井綱英：樹冠の年令構成に関する研究 (I)，京大演報，**43**，140—151，(1972)
- 2) ————：樹冠の年令構成に関する研究 (II)，京大演報，**44**，88—99，(1973)
- 3) ————：樹冠の年令構成に関する研究 (III)，京大演報，**45**，52—66，(1974)
- 4) 俣野敏子ほか：ハイマツの生長と環境に関する研究，第1報，日生態講(千葉)，**135**，(1974)
- 5) 東大，信大，京大合同調査班：金沢山国有林アカマツ林分の生産力に関する調査報告
- 6) 佐藤大七郎ほか：林分生長論資料1，立木密度のちがう若いアカマツ林，東大演報，**48**，65—90，(1955)
- 7) R. O. Freeland: Effect of Age of Leaves upon the Rate of Photosynthesis in some Conifers, *Plant Physiol.*, **27**, 685—690, (1952)
- 8) Philip R. Larson: Contribution of Different-aged Needles to Growth and Wood Formation of Young Red Pines, *Forest Science*; **10**, 2, 224—238, (1964)
- 9) 平松計之助：常緑植物の葉の年令に伴う同化作用の変化について，生態研，**5**，25—32，(1939)
- 10) Clark, J.: Photosynthesis of White Spruce and Balsam Fir, *Bi-m. Progr. Rep. Div. For. Biol. Dep. Agric. Can.* **12** (5) 1—2, (1956)
- 11) 戸沢俊治ほか：スギ苗の生長と年次別枝葉のはたらき，第81回日林講要旨集，236—237，(1970)
- 12) Monsi, M.: Dry-Matter Reproduction in Plant I. *Shemata of Dry-Matter Reproduction*, *Bot. Mag. Tokyo*, **73**, 81—91, (1960)

- 13) 只木良也, 蜂屋励二: 森林生態系とその物質生産, わかりやすい林業研究解説シリーズ, No. 29, 林業科学技術振興所, (1968)
- 14) 藤岡光長: すぎノ樹令査定及植栽年度鑑定法ニ関スル研究, 林試報, **20**, 1—285, (1920)
- 15) 小出良吉: 枝打に関する研究 1, 枝打の高さに就ての予備的考察, 日林大会講, 146—166, (1938)
- 16) 沼田大学: 針葉樹生枝の枝打, 植及動, **4**, 48—52, (1936)
- 17) 桜木嘉久: アカマツに於ける針葉量と樹幹及枝条の生長状態との関係に就ての調査, 御料林, **147**, 24—42, (1940)
- 18) H. W. Turberville and A. F. Hough: Errors in Age Counts of Suppressed Trees: Journal of Forestry, **37**, 417—418, (1939)
- 19) 四手井綱英: 自然保護, 森林, 森林生態, 農林出版, (1975)
- 20) 尾中文彦: 樹木の肥大成長の縦断的配分, 京大農演報, **18**, 1—51, (1950)
- 21) 西田仁, 四手井綱英: 肥大生長についての2, 3の考察 (予報), 第25回日林関西支講, 136—138, (1974)
- 22) Shinozaki, K. Yoda, K. Hozumi and T. Kira.: A quantitative analysis of plant form—the pipe model theory. I. Basic analysis. Jap. J. Ecol. **14**, 97—105 (1964)
- 23) 斎藤秀樹ほか: 樹幹形についての考察, 2, 3の幹形の表わし方および幹における同化物質の垂直的配分についての考え方, 京大農演報, **40**, 93—110, (1968)
- 24) R. H. Whittaker and G. M. Woodwell: Surface Area Relations of Woody Plants and Forest Communities, Amer. J. Bot. **54**, 931—939, (1967)
- 25) 大畠誠一, 四手井綱英: 森林の純生産量の経年推移に関する検討, 京大農演報, **46**, 40—49, (1974)
- 26) 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, 東大農演報, **54**, 71—100, (1958)
- 27) 西田仁・大畠誠一, 四手井綱英: 苗木における非同化部分表面積の大きさ (アカマツ, クロマツについて), 第86回日林講 (1975) (投稿中)
- 28) 古野東州, 四手井綱英: 伸長期に切断されアカマツおよびクロマツ針葉の伸長について, 日林誌, **42**, 435—440, (1960)
- 29) 尾中文彦: 摘葉, 摘芽, 輪截, 光の遮断等処理が常緑針葉樹の成長, 特に肥大生長に及ぼす影響, 京大農演報, **18**, 55—95, (1950)
- 30) 川那辺三郎・四手井綱英: アカマツとクロマツの針葉の生長について, 第24回日林関西支講, 3—5, (1973)
- 31) 四大学合同調査班: 森林の生産力に関する研究, 第1報 北海道主要針葉樹林について, 1—85, (1960), 国策パルプ工業株式会社
- 32) 大畠誠一: 苗木における非同化部分表面積の大きさ, 第25回日林関西支講, 144—147 (1974)
- 33) Möller, C. M., D. Müller & J. Nielsen: Respiration in stem and branches of beech, Det forslige Forsøgsuaesen i Danmark, **21**, 273—301, (1954 a)

## Résumé

The longevity of the needle-leaf of Japanese pines varies to their growth environment. It therefore has a direct effect on leaf-biomass of the stand and thus some effect on tree growth. In order to understand the influence of leaf longevity upon tree growth, five Japanese red pine (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.) stands were investigated. The outlines of the stands are shown in Table-1.

The quantitative relationship between the needle-leaf amount ( $W_L$ ) and the surface area of non-photosynthetic organ (S) in a tree was analyzed and the index ( $W_L/S$ ) was much related to tree growth. The results obtained were as follows:

- 1) The relationship between  $W_L/S$  and the trunk diameter growth measured at the lowest branch ( $\Delta D$ ) was approximated by the subsequent regression line. (Fig.-6)

$$\Delta D = k_2(W_L/S - k_1)$$

Where,  $k_1$  and  $k_2$  are constants of each stand.

- 2)  $k_1$  and  $k_2$  depend upon the longevity of the needle-leaf of each stand or the average wood volume production per  $1g$  needle per year ( $\Delta V/W_L$ ) (Fig.-7, -8).  $k_1$  represents the limiting value of ( $W_L/S$ ) or the point at which a plant barely maintains its existence and  $k_2$  the wood production effect of needle.