

# 広葉樹の樹幹形について

中 川 一

## 目 次

はじめに .....	1	3.2.3 $D_{0.5}/D_{0.9}$ との関係 .....	10
1 試験方法 .....	2	3.2.4 樹高との関係 .....	10
1.1 樹幹解析資料 .....	2	3.2.5 樹種との関係 .....	10
1.2 樹幹形の解析方法 .....	2	3.2.6 階層との関係 .....	12
2 樹幹解析木の概要 .....	2	3.2.7 樹齢との関係 .....	12
2.1 採取地域 .....	2	3.2.8 林齢との関係 .....	13
2.2 大きさ .....	2	3.3 形状比と形数 .....	14
2.3 樹齢、林齢 .....	2	3.3.1 $D_{0.9}$ との関係 .....	14
2.4 樹種 .....	3	3.3.2 $D_{0.5}/D_{0.9}$ との関係 .....	14
3 結果と考察 .....	3	3.3.3 樹高との関係 .....	15
3.1 直径、樹高、幹材積の関係 .....	3	3.3.4 樹種との関係 .....	15
3.1.1 胸高直径と位置別直径 .....	3	3.3.5 階層との関係 .....	16
3.1.2 直径と樹高 .....	4	3.3.6 樹齢との関係 .....	16
3.1.3 直径と幹材積 .....	6	3.3.7 林齢との関係 .....	17
3.2 幹の細り .....	7	まとめ .....	17
3.2.1 胸高直径との関係 .....	7	引用文献 .....	18
3.2.2 $D_{0.9}$ との関係 .....	9		

## はじめに

岐阜県内には、良質な木材の生産が期待できる樹種であるスギ、ヒノキの育成に不適な地域が広く分布する。この中には広葉樹材生産に適した多雪地域等も広く分布する。一方、急傾斜地、やせ地、都市近郊、奥地等では、木材生産のみならず水土保全、保健、休養、景観、教育、文化等の機能が十分発揮されることが要求されている。これらの地域では、針葉樹の単純一斉林よりも複層林、広葉樹林、針広混交林等の多様な森林育成が要求されている。現在、広葉樹林施業では、人工更新、天然更新、育成天然林施業について技術開発が進められているところである。しかし、広葉樹を用材として利用する場合、林分蓄積、材積成長量、木材利用率等の推定が正確に、しかも簡単にできることが望まれる。このためには樹幹形の特性を基礎知識として知っている必要がある。また、樹幹形の特性が判れば、育成目標に応じた森林育成方法の確立に役立てることができる。ところが、広葉樹の樹幹形に関する研究(4、7、8)は、未だ非常に少ない。

そこで、岐阜県内における広葉樹の樹幹解析資料に基づいて、樹種、林分構造等の違いによる樹幹形の変化を相対幹形、幹曲線式、形状比、形数から検討した。

樹幹解析資料の収集に御助力いただいた岐阜県林政課鈴木勝副検査官、森林整備課中林幹夫技術課長補佐兼森林計画係長、林業センター川尻秀樹主任技師、林業振興課(1983年以前は経営普及課)資源調査係および寒冷地林業試験場普及係の方々に深く謝意を表す。

## 1 試験方法

### 1.1 樹幹解析資料

用いた資料は、合計294本の樹幹解析木である。200本は、1981年度から1985年度に実施した広葉樹賦存状況調査において、主に調査地の林齢を推定するために伐採されたものである。94本は、1986年度から1988年度に実施した広葉樹施業体系調査において広葉樹の成長量を知るために伐採されたものである。

### 1.2 樹幹形の解析方法

解析は、樹幹形を示す因子として直径、樹高、幹材積について行った。直径は、皮付き直径とし胸高直径(D)、梢端から樹高に対する比率0.9の位置(以下 $D_{0.9}$ とする)、0.7の位置(以下 $D_{0.7}$ とする)、0.5の位置(以下 $D_{0.5}$ とする)、0.3の位置(以下 $D_{0.3}$ とする)について調べた。また、これらから各位置別直径を $D_{0.9}$ で割った値で示す相対幹形(1)を調べた。ただし、各位置別の直径が採取した円盤でない場合には樹幹解析図から求めた。幹材積は、高さ0.2mから梢端までとし、枝条材積は除外した。材積の計算は、梢端部を三角錐、その他の部分をスマリアン式で行った。

樹幹形は、直径、樹高、幹材積から求められる樹幹の細り、形状比、形数について検討した。

幹の細りは、 $D_{0.9}$ を1とする比率、三次の幹曲線式 $Y = aX + bX^2 + cX^3$ の定数を検討した。さらに、幹曲線式は、幹直径をYとし、樹高を1とした場合の梢端からの樹幹位置をXとする幹曲線式である。したがって、この幹曲線式は、原点を梢端とし $D_{0.9}$ の幹直径を1とした曲線である。a、b、cは、定数で、 $X=0$ の場合 $Y=0$ 、 $X=0.3$ の場合 $Y=D_{0.3}/D_{0.9}$ 、 $X=0.5$ の場合 $Y=D_{0.5}/D_{0.9}$ 、 $X=0.7$ の場合 $Y=D_{0.7}/D_{0.9}$ 、 $X=0.9$ の場合 $Y=1.0$ に近似する定数である。なお、定数は、 $D_{0.9}$ ができるだけ1に近くなるようにして、 $D_{0.9}$ 、 $D_{0.7}$ 、 $D_{0.5}$ で近似する曲線の定数と、 $D_{0.9}$ 、 $D_{0.5}$ 、 $D_{0.3}$ で近似する曲線の定数との平均値としておおよそ求められる。

形状比は、樹高/胸高直径を算定した。形数は、立木のある高さの直径と等しい直径を持ち樹高と等しい高さを持つ円柱体容積に対する幹材積の割合であるが、胸高直径と $D_{0.9}$ の位置で比較した。

樹幹形は、立木の大きさだけでなく成育状況によっても大きく影響されるため、樹種、林分内における階層、樹齢、林齢による違いも検討した。

## 2 樹幹解析木の概況

### 2.1 採取地域

樹幹解析木は、飛騨川計画区47本、木曾川計画区45本、揖斐川計画区89本、宮庄川計画区62本、長良川計画区51本とほぼ岐阜県全域で採取した。

### 2.2 大きさ

樹幹解析木の胸高直径は、4.8~71.3cmで、10cm未満が112本、10~20cmが105本、20~30cmが14本、30~40cmが38本、40cm以上が24本である。

樹幹解析木の樹高は、4.7~27.0mで、8m未満が41本、8~12mが108本、12~16mが66本、16~20mが39本、20m以上が39本である。

樹幹解析木の幹材積は、0.005~3.067 $m^3$ である。

### 2.3 樹齢、林齢

樹幹解析木の樹齢は、9~301年で、20年未満が39本、20~40年が136本、40~60年が62本、60~80年が33本、80~100年が13本、100年以上が20本である。

樹幹解析木の林齢は、14年から140年で、20年未満が12本、20~40年が102本、40~60年が49本、60~80年が14本、80年以上が15本である。なお、林齢が判った解析木は、192本と全体の約2/3であった。

表-1 樹幹解析木

樹種		本数	樹齡	林齡	樹高	胸高直径
主 な 樹 種	ブナ	22本	100±65年	66±32年	17.3±5.9m	33.6±15.1cm
	コナラ	56	36±13	37±13	11.4±3.3	13.1±8.1
	ミズナラ	28	60±29	52±20	14.6±4.7	21.5±12.4
	クリ	17	38±20	35±9	12.2±4.5	17.9±14.2
	アベマキ	11	32±11	37±11	13.1±3.2	15.5±7.2
	カンバ類	17	50±29	47±30	16.0±5.2	22.8±11.1
	サクラ類	19	38±19	34±17	13.1±4.2	15.1±9.3
	ホオノキ	14	53±27	50±26	15.7±4.4	21.4±11.5
	カエデ類	19	46±30	43±28	12.4±4.2	15.6±11.3
	シデ類	9	31±11	33±7	9.1±1.3	10.5±2.6
	ソヨゴ	9	30±10	31±8	7.8±1.8	8.0±2.5
	全 体	294	47±34	42±22	12.9±5.1	17.5±13.0

#### 2.4 樹種

樹幹解析木の樹種別状況は、表-1に示すとおりである。コナラ56本、ミズナラ28本、ブナ22本、サクラ類19本、カエデ類19本が多く、岐阜県内に多く分布する樹種(6)が多い。各樹種の平均樹齡は30~100年であり、ブナを除くと約30~60年である。各樹種の平均林齡は、約30~65年で岐阜県内の広葉樹の樹齡(6)に近い。このことは、県内の齡級配置に従ってサンプリングされた広葉樹賦存状況調査資料が今回の資料の2/3を占めるためである。なお、アベマキ、サクラ等の萌芽性の強い樹種でも樹齡と林齡が大きく異なるのは、林齡が判った解析木の比率が少なかったためと、広葉樹林には皆伐されないものがあり林齡の正確性が欠けるためと考えられる。

各樹種の平均樹高は、約8~17mで差が大きい。シデ類、ソヨゴは樹高がやや低いが、その他の樹種はほぼ樹齡に相応した高さである。各樹種の平均胸高直径も樹高と同様、シデ類、ソヨゴは8~11cmでやや細いがその他の樹種では13~34cmとほぼ林齡に相応した太さである。

樹幹解析木の林分内における階層は、上層の大径木が22本、上層の中径木が84本、中層の中径木が81本、中層の小径木が9本である。なお、上層木は、林分内において陽樹冠を持つもので植生調査の高木層、亜高木層である。中層木は、上層木の平均樹高の1/2以上のものである。大径木は、上層木の平均胸高直径の1.5倍以上のものである。中径木は、上層木の平均胸高直径の1/2以上のものである。小径木は、上層木の平均胸高直径の1/2以下のものである。

### 3 結果と考察

#### 3.1 直径、樹高、幹材積の関係

##### 3.1.1 胸高直径と位置別直径

胸高直径と $D_{0.9}$ は、胸高直径約10cm未満では $D_{0.9}$ が大きく、10cm以上では $D_{0.9}$ が小さくなるが、ほぼ等しい。胸高直径と $D_{0.9}$ との関係は、相関係数0.9426と相関が高く、直線回帰式で $D_{0.9}=1.5654+0.8766D$ である。胸高直径に対する $D_{0.9}$ の割合(以下 $D_{0.9}/D$ とする)と胸高直径との関係は、

図-1のとおりである。 $D_{0.9}/D$ は、0.7~1.25の範囲にあり、胸高直径が大きくなれば $D_{0.9}/D$ が減少する傾向である。この関係は、相関係数-0.7134、直線回帰式 $D_{0.9}/D=1.0722-0.00389D$ である。

胸高直径と $D_{0.7}$ との関係は、相関係数0.9828と相関が高く、直線回帰式で $D_{0.7}=0.9477+0.7176D$ である。

胸高直径と $D_{0.5}$ との関係は、相関係数0.9658と相関が高く、直線回帰式で $D_{0.5}=1.1694+0.5204D$ である。 $D_{0.5}$ に対する $D_{0.9}$ の割合（以下 $D_{0.5}/D$ とする）と胸高直径との関係は、図-2のとおりである。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ は、0.28~0.83と広い範囲にあり、胸高直径に関係なく $D_{0.5}/D_{0.9}$ が一定である。この関係は、相関係数-0.0197、直線回帰式 $D_{0.5}/D_{0.9}=0.6123-0.00013D$ である。 $D_{0.7}/D_{0.9}$ が0.48~0.97で平均0.79、 $D_{0.3}/D_{0.9}$ が0.18~0.69で平均0.39であり、 $D_{0.5}/D_{0.9}$ と同様に胸高直径の大きさによる影響が認められなかった。したがって、広葉樹の幹形は、相対幹形で良く示される。

胸高直径と $D_{0.3}$ との関係は、相関係数0.9194と相関が高く、直線回帰式で $D_{0.3}=1.4523+0.2733D$ である。

### 3.1.2 直径と樹高

胸高直径と樹高との関係を図-3に示した。図中の曲線は、平均的な線を描いた。バラツキが多いが、おおそ胸高直径30cm以上では樹高の伸びが認められない。したがって、平均的な形状比（ $H/D$ ）は、胸高直径10cmで100と大きい、胸高直径が大きくなると急激に低下し、20cmで80、30cmで62、40cmで50、50cmで42と小さくなる。また、形状比（ $H/D$ ）と胸高直径との関係を図-4に示した。

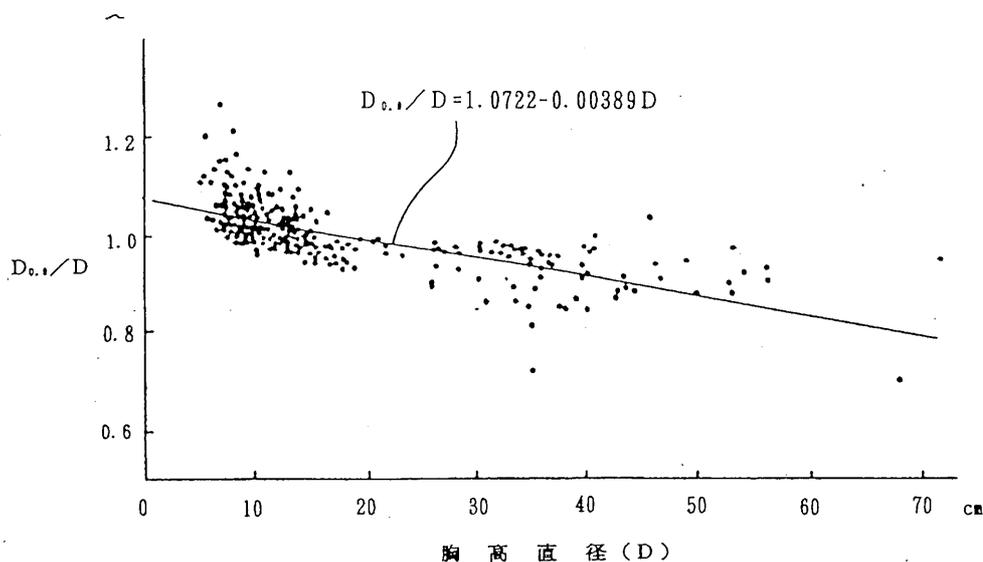


図-1 胸高直径と $D_{0.9}/D$

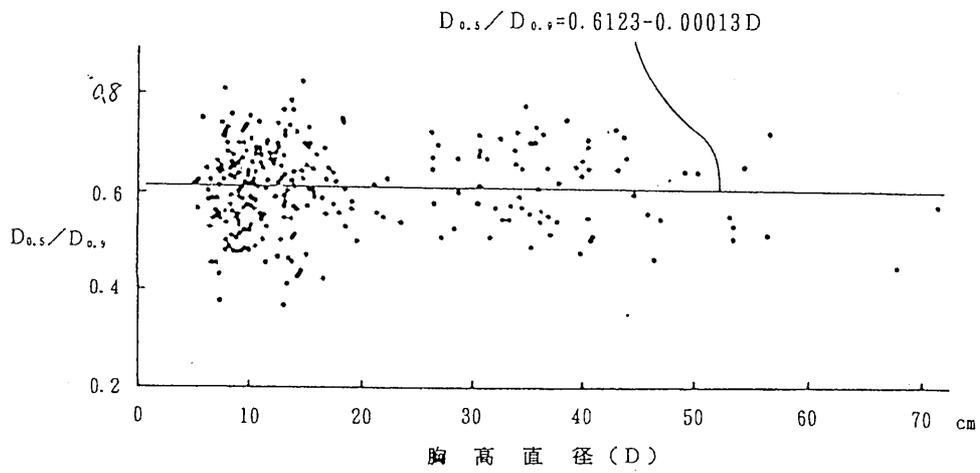


図-2 胸高直径と  $D_{0.5} / D_{0.9}$

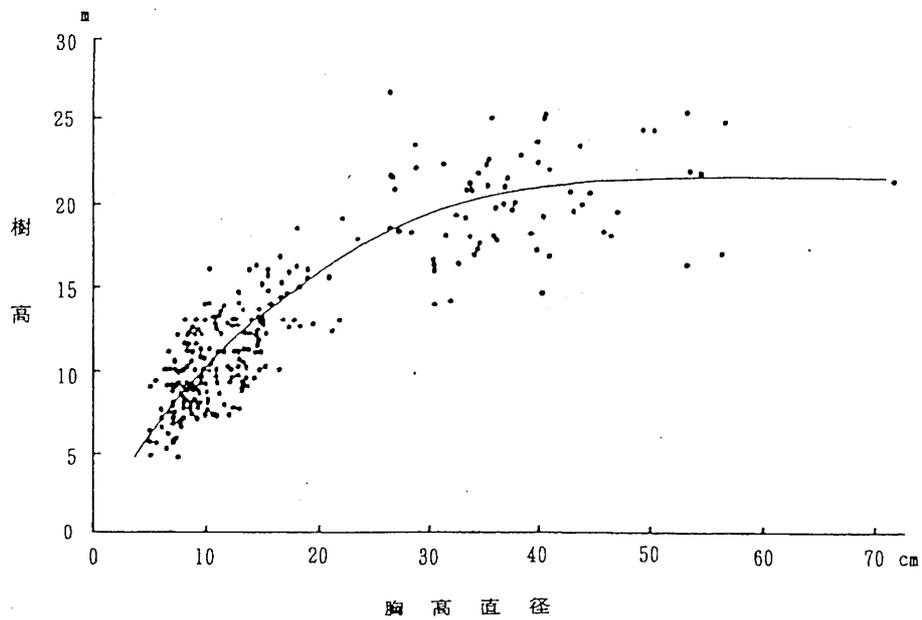


図-3 胸高直径と樹高

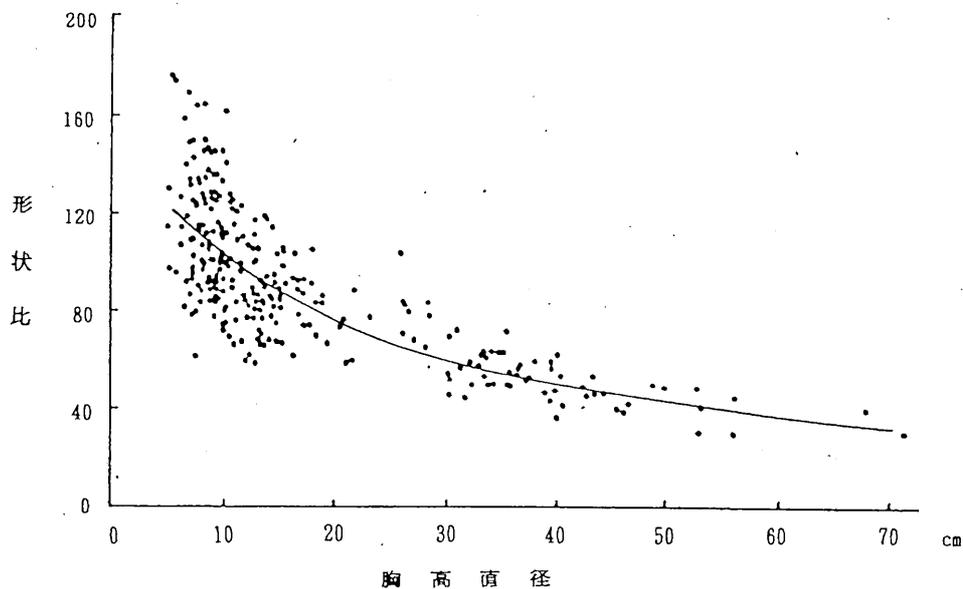


図-4 胸高直径と形状比

形状比のバラツキは、胸高直径10cm未満では60~180と小径木で大きく、胸高直径40cm以上では30~65と大径木で小さい。

### 3.1.3 直径と幹材積

胸高直径と幹材積の関係を図-5に示した。両者は、両対数グラフで直線関係が強く認められ、相関係数0.9869、回帰式  $\log V = -3.8260 + 2.3772 \log D$  である。

現在、岐阜県において広葉樹の幹材積を求める場合、名古屋営林局作成の広葉樹幹材積表(7)を適用している。そこで、この幹材積表の適合性を調べるため、図-6に樹高別に胸高直径と幹材積をプロットした両対数グラフにこの幹材積表の材積式の曲線を入れて検討した。胸高直径20cmまでの材積式はやや多めであるがおおよそ適合しているが、22cmを越えると材積式の幹材積が更に多過ぎ適合が非常に悪くなっている。22cmを越えるものの差は、今回の幹材積が高さ0.2m以上であることによる差を考えてもかなり大きい。今回の資料によって材積式を近似するならば、胸高直径22~50cmにおいては、勾配を下げ樹高ごとの間隔をやや広げて適合を良くすると  $\log V = 1.6920 \log D + 1.0840 \log H - 4.1500$  であった。

胸高直径と胸高形数(F)の関係を図-7に示した。両者は、相関係数-0.5557で胸高直径が大きくなれば胸高形数もわずかず減少する。実線は、直線回帰式を示し、 $F = 0.4845 - 0.00296 D$  である。この回帰式は、胸高直径10cmで0.45、20cmで0.43、30cmで0.40、40cmで0.37、50cmで0.34である。

破線は、名古屋営林局作成の広葉樹幹材積表を今回の資料の平均的な形状比を当てはめた胸高形数である。今回の資料と名古屋営林局作成の広葉樹幹材積表との差は、胸高直径10cmで0.04、20cmで0.03、30cmで0.06、40cmで0.07、50cmで0.08と胸高直径が大きくなるに従って大きくなる傾向である。この傾向は、図-6で名古屋営林局作成の広葉樹幹材積表の材積式が胸高直径22cm以上で、あてはめ

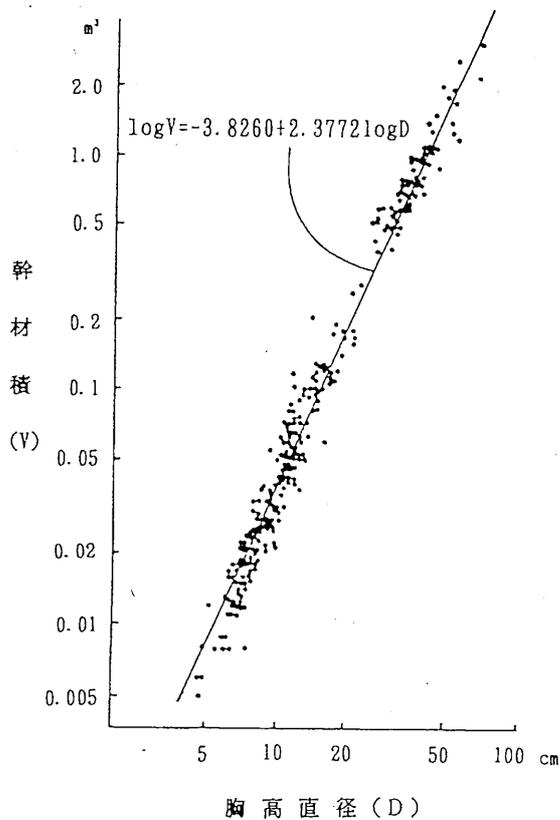


図-5 胸高直径と幹材積

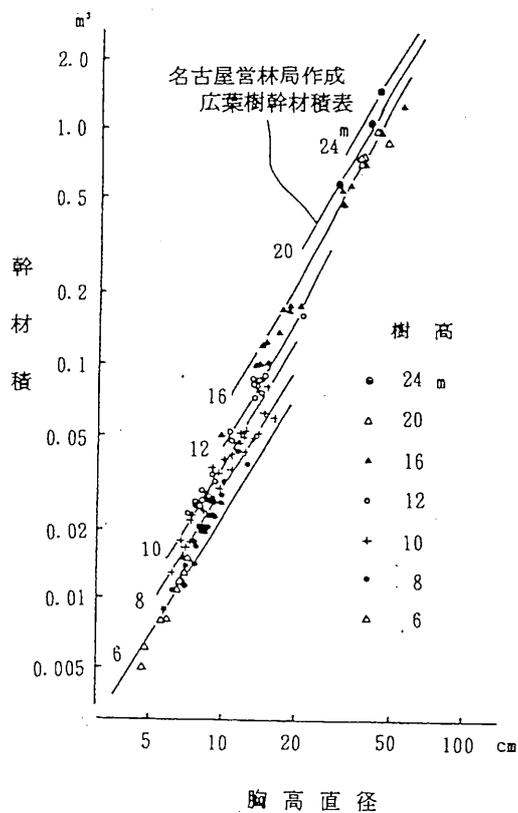


図-6 樹高階別の幹材積

の悪くなる経過を示している。今回の資料では、高さ0.2m以上の幹材積であり名古屋営林局の表の幹材積よりはやや少なくなるが、直径の大きい立木は樹高も高くなり、直径の大きい木で適合が悪いことは胸高係数の適用が異なるためと考えられる。

胸高直径と $D_{0.9}$ における形数( $F_{0.9}$ )との関係を図-8に示した。両者は、相関係数0.0610と相関が無く、直線回帰式が $F_{0.9} = 0.4251 + 0.000281D$ であった。したがって、 $D_{0.9}$ で形数をとれば、立木によって0.25~0.60と大きな幅はあるが、胸高直径の大きさに関係なく平均値として0.43が適用できる。

### 3.2 幹の細り

#### 3.2.1 胸高直径との関係

幹曲線式は、3次式と4次式で検討した。しかし、4次式は、幹形が円錐形に近い場合には非常に良い近似が得られたが、樹冠部に大きい枝が多くこの部分で急激に梢殺となる広葉樹では良い近似が得られなかった。そこで3次の幹曲線式について検討した。

胸高直径別の幹の細りと幹曲線式の定数を表-2に示した。幹の細りは、全体の平均値でみると $D_{0.7}/D_{0.9}$ が0.79、 $D_{0.5}/D_{0.9}$ が0.61、 $D_{0.3}/D_{0.9}$ が0.39であった。胸高直径別でみると、 $D_{0.7}/D_{0.9}$ は0.78~0.83で胸高直径20~40cmでわずかに大きい傾向である。なお、t検定では、20cm未満と20~40cmとの組み合わせに有意差が認められた。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ は、0.59~0.62とバラツキが少ない。t検定においても有意差が認められなかった。 $D_{0.3}/D_{0.9}$ は、胸高直径30cm未満では0.38~0.

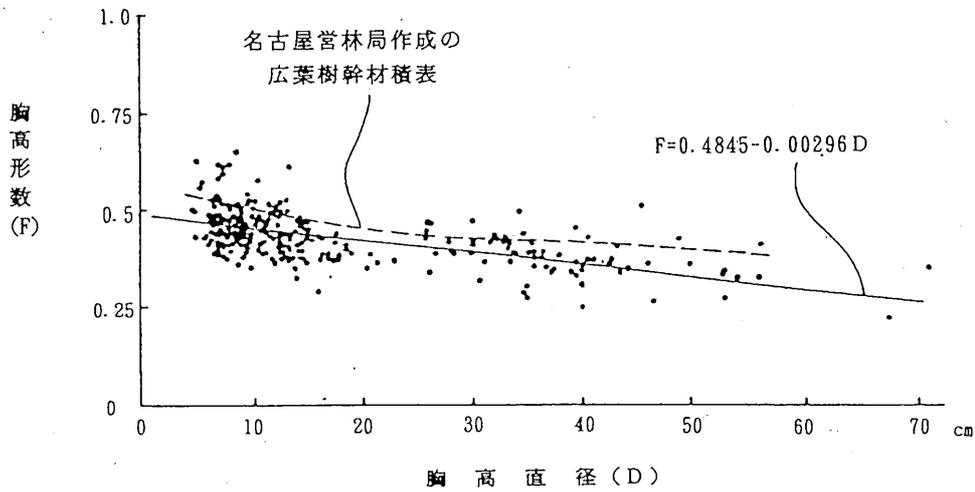


図-7 胸高直径と胸高形数

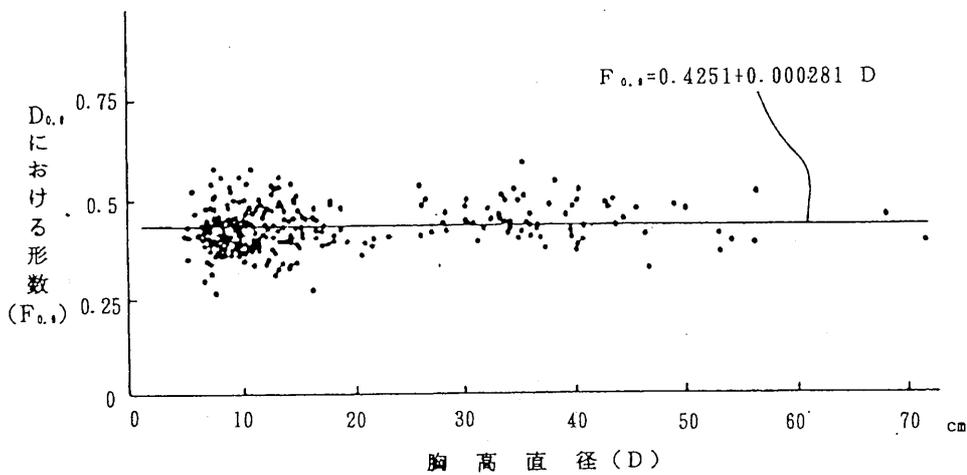


図-8 胸高直径と  $D_{0.1}$  における形数

41と大きく30cm以上では0.33、0.34と小さい。なお、t検定では、30cm未満と30cm以上の組み合わせにおいて有意差が認められた。すなわち、図-8に示された太い直径で胸高形数が小さいことは、 $D_{0.1}/D_{0.9}$ の小さいことによる影響が大きく、梢端に近い部分で梢殺であることを示している。

幹曲線式の定数 a、b、cは、それぞれの立木の定数を計算して平均すると、全体の場合では定数

表-2 胸高直径別の細り

胸高直径	幹の細り			幹曲線式の定数		
	$D_{0.7}/D_{0.9}$	$D_{0.5}/D_{0.9}$	$D_{0.3}/D_{0.9}$	a	b	c
10cm未満	$0.78 \pm 0.05$	$0.60 \pm 0.08$	$0.39 \pm 0.09$	1.57	-1.04	0.56
~ 20	$0.78 \pm 0.08$	$0.62 \pm 0.09$	$0.41 \pm 0.08$	1.70	-1.35	0.77
~ 30	$0.83 \pm 0.05$	$0.61 \pm 0.07$	$0.38 \pm 0.07$	1.31	-0.07	-0.16
~ 40	$0.83 \pm 0.06$	$0.62 \pm 0.08$	$0.34 \pm 0.05$	0.84	1.32	-1.14
40cm以上	$0.80 \pm 0.08$	$0.59 \pm 0.09$	$0.33 \pm 0.07$	1.00	0.57	-0.50
全体	$0.79 \pm 0.07$	$0.61 \pm 0.08$	$0.39 \pm 0.09$	1.50	-0.78	0.39

表-3  $D_{0.9}$ 別の細り

$D_{0.9}$	幹の細り			幹曲線式の定数		
	$D_{0.7}/D_{0.9}$	$D_{0.5}/D_{0.9}$	$D_{0.3}/D_{0.9}$	a	b	c
10cm未満	$0.78 \pm 0.05$	$0.61 \pm 0.08$	$0.40 \pm 0.09$	1.64	-1.19	0.66
~ 20	$0.78 \pm 0.08$	$0.61 \pm 0.09$	$0.41 \pm 0.08$	1.73	-1.51	0.90
~ 30	$0.83 \pm 0.06$	$0.63 \pm 0.07$	$0.36 \pm 0.06$	1.11	0.57	-0.64
~ 40	$0.83 \pm 0.05$	$0.62 \pm 0.08$	$0.34 \pm 0.06$	0.84	1.31	-1.13
40cm以上	$0.79 \pm 0.09$	$0.56 \pm 0.08$	$0.31 \pm 0.08$	0.82	0.91	-0.65

aが $1.57 \pm 0.70$ 、bが $-1.09 \pm 1.96$ 、cが $0.69 \pm 1.37$ と定数のバラツキが大きくなった。また、これらから幹の細りを再計算すると幹直径で合わない場合がある。そこで、表中の定数a、b、cは、幹の細りの平均値から求めた値で示した。全体の平均の幹曲線式は、aが1.50、bが-0.78、cが0.39である。

定数aは、正の値をとり $D_{0.3}/D_{0.9}$ が大きいと大きい値をとる。定数bは、樹幹上部の形を示し、 $D_{0.5}/D_{0.9}$ の値が梢端と $D_{0.3}/D_{0.9}$ を結ぶ直線上(円錐形)にあれば0、直線より大きい値(梢殺)であれば正、直線よりも小さい値(完満)であれば負の値をとる。定数cは、 $D_{0.7}/D_{0.9}$ より樹幹下部で直径増加が大きい(梢殺)と正、直径増加が小さい(完満)と負の値をとる。

胸高直径別の樹幹形は、定数a、b、cから、20cm未満では樹幹上部が完満で下部が梢殺の傾向で、20~30cmでは円錐形に近く、30cm以上では樹幹上部が梢殺で下部が完満な傾向である。

### 3.2.2 $D_{0.9}$ との関係

$D_{0.9}$ 別の幹の細りと幹曲線式の定数を表-3に示した。 $D_{0.9}$ の分布は、10cm未満103本、10~20cm 114本、20~30cm 26本、30~40cm 36本、40cm以上14本と20cm以下が大部分を占める。 $D_{0.7}/D_{0.9}$ で胸高直径の場合と同様20~40cmで0.83とやや大きい傾向が認められる。なお、t検定では、20~40cmと他との組み合わせで有意差が認められた。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ では、40cm以上で0.56と小さい。なお、t検

表-4  $D_{0.5}/D_{0.9}$ 別の細り

$D_{0.5}/D_{0.9}$	幹の細り		幹曲線式の定数		
	$D_{0.7}/D_{0.9}$	$D_{0.3}/D_{0.9}$	a	b	c
0.5未満	$0.70 \pm 0.08$	$0.29 \pm 0.06$	1.16	-0.94	0.99
~ 0.6	$0.77 \pm 0.06$	$0.34 \pm 0.05$	1.22	-0.37	0.28
~ 0.7	$0.81 \pm 0.05$	$0.42 \pm 0.06$	1.62	-0.87	0.34
0.7以上	$0.85 \pm 0.04$	$0.47 \pm 0.10$	1.80	-0.79	0.02

定では、40cm以上と他との組み合わせで有意差が認められた。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ では、20cm未満では約0.40と変わらないが20cm以上では直径が大きくなると小さい値となり、40cm以上では0.31と小さい。なお、t検定では、20cm未満と20cm以上との組み合わせに有意差が認められた。

$D_{0.9}$ 別の樹幹形は、定数a、b、cから、20cm未満では樹幹上部が完満で下部が梢殺な傾向で、20cm以上では樹幹上部が梢殺で下部が完満な傾向である。

### 3.2.3 $D_{0.5}/D_{0.9}$ との関係

樹幹中央部の幹形は、樹幹全体の形に大きく影響する(2、3)ため、 $D_{0.5}/D_{0.9}$ 別の幹の細りと幹曲線式の定数を表-4に示した。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ の分布は、0.5未満29本、0.5~0.6が102本、0.6~0.7が114本、0.7以上が48本と0.5~0.7が大部分を占める。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ は、幹全体の細りと密接な関係があり、 $D_{0.5}/D_{0.9}$ が大きくなれば $D_{0.7}/D_{0.9}$ 、 $D_{0.3}/D_{0.9}$ も大きくなっている。なお、t検定においても $D_{0.7}/D_{0.9}$ 、 $D_{0.3}/D_{0.9}$ の全ての組み合わせに有意差が認められる。したがって、 $D_{0.5}/D_{0.9}$ によって樹幹形の区分ができることを示している。

表-4の幹曲線式を図に示したものが図-9である。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ 別の樹幹形は、定数a、b、cから、全てが樹幹上部が完満で下部が梢殺の傾向である。特に、 $D_{0.5}/D_{0.9}$ の0.7以上は非常に完満な形である。

### 3.2.4 樹高との関係

樹高別の幹の細りと幹曲線式の定数を表-5に示した。 $D_{0.7}/D_{0.9}$ は、樹高が高くなれば大きくなり8m未満が0.76と最も小さく、20m以上が0.83と最も大きかった。なお、t検定では、8m未満と8~12mとの、16~20mと20m以上との組み合わせを除いて有意差が認められた。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ は、0.58~0.64で特に傾向は認められない。なお、t検定では、8m未満と12~16m、20m以上との、8~12mと12~16mとの組み合わせには有意差が認められた。 $D_{0.3}/D_{0.9}$ は、8~16mで0.40~0.42と他よりもやや大きい傾向である。なお、t検定では、16m未満と16m以上との組み合わせに有意差が認められた。

樹高別の樹幹形は、定数a、b、cから、16m未満では樹幹上部が完満で下部が梢殺の傾向で、16m以上では樹幹上部が梢殺で下部が完満な傾向である。

### 3.2.5 樹種との関係

樹種別の幹の細りと幹曲線式の定数を表-6に示した。 $D_{0.7}/D_{0.9}$ は、シデ類が0.73と小さく、サクラ類が0.66と大きい傾向である。なお、t検定において、シデ類は7樹種と、カエデ類は5樹種と、ミズナラ、カンバ類、サクラ類は4樹種との組み合わせで有意差が認められた。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ は、シデ類が0.54、ブナ、カエデ類が0.57と小さい傾向である。なお、t検定において、シデ類は7樹種と、ブナ、カエデ類、ソヨゴは4樹種との組み合わせで有意差が認められた。 $D_{0.3}/D_{0.9}$ は、ブナが0.33、

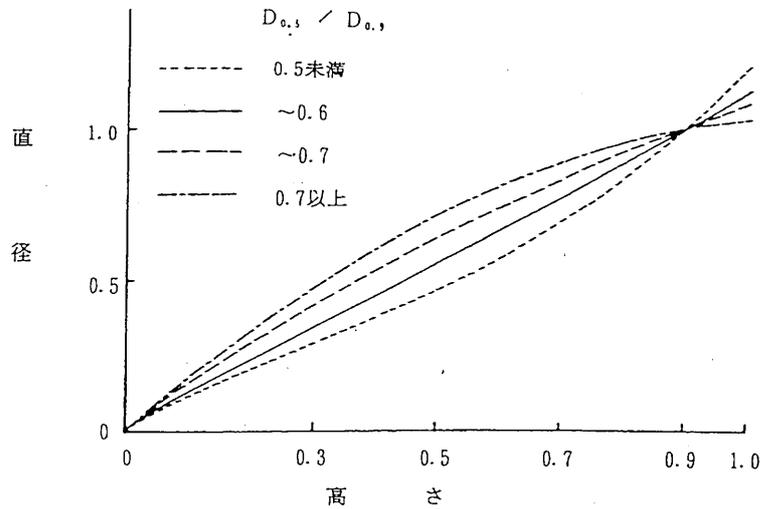


図-9  $D_{0.5} / D_{0.9}$  の平均幹形

表-5 樹高別の細り

樹高	幹の細り			幹曲線式の定数		
	$D_{0.7} / D_{0.9}$	$D_{0.5} / D_{0.9}$	$D_{0.3} / D_{0.9}$	a	b	c
8m未満	$0.76 \pm 0.06$	$0.58 \pm 0.08$	$0.38 \pm 0.09$	1.57	-1.25	0.83
~12	$0.77 \pm 0.07$	$0.60 \pm 0.09$	$0.40 \pm 0.09$	1.69	-1.45	0.90
~16	$0.80 \pm 0.06$	$0.64 \pm 0.07$	$0.42 \pm 0.07$	1.69	-1.14	0.55
~20	$0.82 \pm 0.06$	$0.61 \pm 0.09$	$0.34 \pm 0.08$	0.89	1.06	-0.91
20m以上	$0.83 \pm 0.07$	$0.63 \pm 0.08$	$0.36 \pm 0.06$	1.01	0.87	-0.85

カエデ類、シデ類が0.35で小さい傾向である。なお、t検定において、ブナは7樹種と、カエデ類、シデ類は4樹種との組み合わせで有意差が認められた。 $D_{0.7} / D_{0.9}$ 、 $D_{0.5} / D_{0.9}$ 、 $D_{0.3} / D_{0.9}$ でいずれも平均値を越える樹種は無かったが、いずれも平均値未満の樹種はミズナラ、カエデ類、シデ類であった。

樹種別の幹形は、定数a、b、cから、ブナ、カンバ類では樹幹上部が梢殺で下部が完満の傾向で、ホオノキでは円錐形に近く、その他の樹種では樹幹上部が完満で下部が梢殺な傾向である。なお、北海道のミズナラ林(8)の平均値は、半径で示された $Y = 0.9161X - 0.8857X^2 + 0.5390X^3$ の定数を2倍すると大きく、今回調べたミズナラの平均よりもやや完満である。

表-6 樹種別の細り

樹種	幹の細り			幹曲線式の定数			
	$D_{0.7}/D_{0.9}$	$D_{0.5}/D_{0.9}$	$D_{0.3}/D_{0.9}$	a	b	c	
主な樹種	ブナ	0.79±0.10	0.57±0.08	0.33±0.08	0.99	0.45	-0.35
	コナラ	0.78±0.07	0.62±0.08	0.39±0.07	1.50	-0.75	0.34
	ミズナラ	0.78±0.06	0.59±0.06	0.38±0.05	1.48	-0.88	0.52
	クリ	0.78±0.09	0.63±0.10	0.41±0.09	1.67	-1.20	0.64
	アベマキ	0.80±0.05	0.61±0.08	0.42±0.10	1.79	-1.59	0.93
	カンバ類	0.82±0.09	0.62±0.10	0.37±0.09	1.18	0.30	-0.42
	サクラ類	0.81±0.05	0.66±0.07	0.42±0.10	1.60	-0.74	0.21
	ホオノキ	0.82±0.04	0.63±0.07	0.39±0.08	1.37	-0.18	-0.12
	カエデ類	0.77±0.07	0.57±0.08	0.35±0.07	1.26	-0.38	0.24
	シデ類	0.73±0.05	0.54±0.06	0.35±0.06	1.46	-1.26	0.97
	ソヨゴ	0.76±0.04	0.59±0.08	0.39±0.10	1.64	-1.41	0.92

表-7 階層別の細り

階層	幹の細り			幹曲線式の定数		
	$D_{0.7}/D_{0.9}$	$D_{0.5}/D_{0.9}$	$D_{0.3}/D_{0.9}$	a	b	c
上層大径	0.78±0.07	0.57±0.08	0.35±0.07	1.23	-0.27	0.15
上層中径	0.80±0.07	0.61±0.09	0.39±0.08	1.48	-0.68	0.30
中層中径	0.76±0.06	0.60±0.07	0.39±0.07	1.61	-1.26	0.78
中層小径	0.78±0.05	0.65±0.10	0.44±0.13	1.92	-1.82	1.02

### 3.2.6 階層との関係

階層別の幹の細りと幹曲線式の定数を表-7に示した。 $D_{0.7}/D_{0.9}$ は、中層中径が0.76とやや小さい傾向である。なお、t検定では、上層中径と中層中径との組み合わせに有意差が認められた。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ 、 $D_{0.3}/D_{0.9}$ は、いずれも上層大径で0.57、0.35と小さく、中層小径で0.65、0.44と大きかった。なお、t検定では、上層大径と中層小径との組み合わせに有意差が認められた。このことは、相対幹形が枝下高によって大きく影響される(4)ため、上層大径が枝を多く出して枝下高率が小さいため樹冠上部で梢殺となり、中層小径が被圧されて枝下高率が大きくなり完満となっていると考えられる。なお、t検定では、上層大径と他との組み合わせ、中層中径と中層小径に有意差が認められた。

階層別の樹幹形は、定数a、b、cから、樹幹上部が完満で下部が梢殺である。この傾向は、中層小径が最も強く、上層大径が円錐形に近い形で最も弱い。

### 3.2.7 樹齢との関係

樹齢別の幹の細りと幹曲線式の定数を表-8に示した。 $D_{0.7}/D_{0.9}$ は、60~80年の0.83まで樹齢

表-8 樹齡別の細り

樹 齡	幹 の 細 り			幹 曲 線 式 の 定 数		
	$D_{0.7}/D_{0.9}$	$D_{0.5}/D_{0.9}$	$D_{0.3}/D_{0.9}$	a	b	c
20年未満	0.77±0.06	0.60±0.07	0.40±0.07	1.69	-1.45	0.90
~ 40	0.78±0.07	0.61±0.08	0.40±0.09	1.63	-1.19	0.68
~ 60	0.79±0.07	0.61±0.10	0.38±0.10	1.33	-0.20	-0.06
~ 80	0.83±0.07	0.63±0.07	0.36±0.05	1.02	0.86	-0.84
~ 100	0.82±0.07	0.62±0.10	0.33±0.06	0.75	1.52	-1.24
100年以上	0.80±0.08	0.58±0.08	0.35±0.07	1.15	0.09	-0.15

表-9 林齡別の細り

林 齡	幹 の 細 り			幹 曲 線 式 の 定 数		
	$D_{0.7}/D_{0.9}$	$D_{0.5}/D_{0.9}$	$D_{0.3}/D_{0.9}$	a	b	c
40年未満	0.77±0.06	0.60±0.09	0.40±0.08	1.69	-1.45	0.90
~ 60	0.80±0.05	0.61±0.07	0.37±0.09	1.20	0.21	-0.35
60年以上	0.81±0.08	0.60±0.08	0.37±0.06	1.27	-0.09	-0.09

が増すごとに大きくなり、その後小さくなっているがその理由は不明である。なお、t検定では、60~100年と60年未満との組み合わせで有意差が認められた。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ は、100年以上で0.58とやや小さい傾向である。なお、t検定では、60~80年と、20年未満、100年以上との組み合わせで有意差が認められた。 $D_{0.3}/D_{0.9}$ は、60年以上で0.33~0.36と小さい傾向である。なお、t検定では、40年未満と80年以上との組み合わせで有意差が認められた。100年以上で $D_{0.5}/D_{0.9}$ 、 $D_{0.3}/D_{0.9}$ で小さいのは、これだけ老齢となり得る樹木は上層大径木が多く、樹幹が梢殺になっているためと考えられる。

樹齡別の樹幹形は、定数a、b、cから、40年未満では樹幹上部が完満で下部で梢殺の傾向で、60~100年では樹幹上部が梢殺で下部が完満な傾向で、40~60年、100年以上では円錐形に近い傾向である。

### 3.2.8 林齡との関係

林齡別の幹の細りと幹曲線式の定数を表-9に示した。 $D_{0.5}/D_{0.9}$ では傾向が認められないが、 $D_{0.7}/D_{0.9}$ では林齡が増すと大きくなり、 $D_{0.3}/D_{0.9}$ では林齡が増すと小さくなる傾向がある。

林齡別の樹幹形は、定数a、b、cから、40年未満では樹幹上部が完満で下部で梢殺の傾向で、40~60年では樹幹上部が梢殺で下部が完満な傾向で、60年以上では円錐形に近い傾向である。なお、 $D_{0.7}/D_{0.9}$ のt検定では、40年未満と40~60年、60年以上との組み合わせで有意差が認められた。 $D_{0.3}/D_{0.9}$ 、 $D_{0.5}/D_{0.9}$ におけるt検定では、表中の全ての組み合わせで有意差が認められなかった。

### 3.3 形状比と形数

#### 3.3.1 $D_{0.5}$ との関係

$D_{0.5}$ 別の形状比と形数を表-10に示した。全体の平均値は、形状比において胸高直径が91、 $D_{0.5}$ が90と胸高、 $D_{0.5}$ でほとんど差がなく、形数においては胸高形数、 $D_{0.5}$ ともに0.43と差がなかった。なお、t検定において、形状比の胸高直径と $D_{0.5}$ との間に有意差が認められたが、形数では有意差が認められなかった。

$D_{0.5}$ 別にみると、形状比は胸高直径が41~117、 $D_{0.5}$ が45~112とともに直径が増すと減少する。なお、形状比のt検定では、胸高直径、 $D_{0.5}$ ともに表の中の各組み合わせにおいて有意差が認められた。 $D_{0.5}$ が40cm以上の場合は形状比が約40とかなり低い値であり、広葉樹の最大樹高の低いことが示されている。

胸高形数は、 $D_{0.5}$ が大きくなると小さくなり、 $D_{0.5}$ が10cm未満0.47、40cm以上0.36である。なお、胸高形数のt検定では、20cm未満と20cm以上との組み合わせに有意差が認められた。 $D_{0.5}$ の形数は、 $D_{0.5}$ に関係なくほぼ一定である。ただし、 $D_{0.5}$ のt検定では、10cm未満と20~40cmとの組み合わせにおいて有意差が認められた。

#### 3.3.2 $D_{0.5}/D_{0.9}$ との関係

表-10  $D_{0.5}$ 別の形状比と形数

$D_{0.5}$	形状比		形数	
	D	$D_{0.5}$	D	$D_{0.5}$
10cm未満	117±24	112±26	0.47±0.06	0.42±0.05
~20	90±16	89±18	0.45±0.09	0.44±0.10
~30	70±13	76±15	0.37±0.09	0.44±0.09
~40	54±7	58±8	0.39±0.04	0.45±0.04
40cm以上	41±6	45±8	0.36±0.07	0.42±0.05
全体	91±30	90±28	0.43±0.07	0.43±0.06

表-11  $D_{0.5}/D_{0.9}$ 別の形状比と形数

$D_{0.5}/D_{0.9}$	形状比		形数	
	D	$D_{0.5}$	D	$D_{0.5}$
0.5未満	81±25	78±22	0.42±0.15	0.39±0.14
~0.6	87±31	85±30	0.41±0.08	0.40±0.06
~0.7	94±28	94±27	0.45±0.06	0.44±0.04
0.7以上	96±31	98±29	0.48±0.07	0.51±0.07

$D_{0.5}/D_{0.9}$ 別の形状比と形数を表-11に示した。形状比は、胸高直径、 $D_{0.9}$ ともに約80~100で $D_{0.5}/D_{0.9}$ が大きくなると大きくなる。なお、胸高直径のt検定は、0.5未満と0.6~0.7、0.7以上との、0.5~0.6と0.6~0.7との組み合わせに有意差が認められた。 $D_{0.9}$ では、0.5未満と0.5~0.6との、0.6~0.7と0.7以上との組み合わせを除いて、有意差が認められた。

形数は、胸高形数、 $D_{0.9}$ ともに0.6未満では約0.4であるが、0.6~0.7では約0.45、0.7以上では約0.5と $D_{0.5}/D_{0.9}$ が大きくなると大きくなる。なお、胸高形数のt検定では、0.5未満と0.5~0.6、0.6~0.7との組み合わせを除いて、有意差が認められた。 $D_{0.9}$ のt検定では、0.5未満と0.5~0.6の組み合わせを除いて他の組み合わせでは有意差が認められた。

### 3.3.3 樹高との関係

樹高別の形状比と形数を表-12に示した。形状比は、胸高直径、 $D_{0.9}$ ともに8m未満では80~90、8~16mでは約100と最大となり、16m以上では60~68と減少する。樹高の16~20mでは変異係数で0.43とバラツキが非常に大きい。なお、t検定では、胸高直径、 $D_{0.9}$ ともに8~12mと12~16mとの、16~20mと20m以上との組み合わせを除いて、有意差が認められた。

胸高形数は0.36~0.50で樹高が高くなると減少する。 $D_{0.9}$ の形数は、0.42~0.46で樹高が高くなるとやや増加する傾向が認められる。なお、胸高形数のt検定では、8~12mと12~16mを除いた他の組み合わせで有意差が認められた。 $D_{0.9}$ のt検定では、8m未満と16~20mとの、8~12mと12~16m、20m以上との組み合わせで有意差が認められた。

### 3.3.4 樹種との関係

樹種別の形状比と形数を表-13に示した。形状比は、樹種による差が大きく、胸高直径、 $D_{0.9}$ ともに同じ傾向であり、ブナが約60と小さく、その他の樹種が約80~100である。なお、樹種別にt検定を行った結果、ブナは胸高直径、 $D_{0.9}$ ともに他の樹種との組み合わせで有意差が認められた。ブナを除く樹種の間においては、有意差が認められた組み合わせはわずかであった。

形数も樹種による差が大きく、胸高形数は、ブナ0.38が最も小さくアベマキ0.50、ソヨゴ0.47が大きい。 $D_{0.9}$ の形数では、シデ類0.37が最も小さく、アベマキ0.51、サクラ類0.48が大きい。胸高形数のt検定において、ブナは5樹種との、カンバ類は3樹種との組み合わせにおいて有意差が認められた。 $D_{0.9}$ のt検定において、シデ類は5樹種との、アベマキとブナ、コナラとの組み合わせ、サクラ類とブナ、コナラとの組み合わせにおいて有意差が認められた。

ブナの形状比、形数は、本来の樹種特性に加えて、平均樹齢が高く木が大きいいため、他の樹種よりも一段と小さくなっている可能性がある。

表-12 樹高別の形状比と形数

樹 高	形 状 比		形 数	
	D	$D_{0.9}$	D	$D_{0.9}$
8m未満	90±18	82±18	0.50±0.09	0.42±0.08
~ 1 2	104±25	100±24	0.45±0.05	0.42±0.07
~ 1 6	103±28	104±28	0.45±0.09	0.46±0.09
~ 2 0	65±28	68±29	0.41±0.05	0.44±0.04
2 0 m以上	60±14	68±16	0.36±0.07	0.45±0.08

表-13 樹種別の形状比と形数

樹種		形状比		形数	
		D	D <sub>0.9</sub>	D	D <sub>0.9</sub>
主 な 樹 種	ブナ	57±16	58±16	0.38±0.05	0.41±0.06
	コナラ	100±30	98±30	0.45±0.05	0.43±0.05
	ミズナラ	80±26	81±25	0.42±0.12	0.42±0.10
	クリ	87±35	86±35	0.43±0.12	0.42±0.12
	アベマキ	92±22	92±23	0.50±0.18	0.51±0.19
	カンバ類	79±23	82±22	0.41±0.05	0.45±0.07
	サクラ類	100±30	101±29	0.46±0.07	0.48±0.12
	ホオノキ	88±34	91±32	0.42±0.07	0.45±0.05
	カエデ類	95±28	94±27	0.43±0.07	0.42±0.05
	シデ類 ソヨゴ	89±14 107±30	84±12 102±24	0.42±0.04 0.47±0.06	0.37±0.02 0.41±0.04

表-14 階層別の形状比と形数

階層	形状比		形数	
	D	D <sub>0.9</sub>	D	D <sub>0.9</sub>
上層大径	62±23	62±22	0.42±0.09	0.43±0.05
上層中径	89±24	87±24	0.45±0.09	0.44±0.09
中層中径	95±27	92±26	0.45±0.07	0.42±0.06
中層小径	113±30	111±28	0.46±0.08	0.44±0.06

### 3.3.5 階層との関係

階層別の形状比と形数を表-14に示した。形状比は、胸高直径、D<sub>0.9</sub>ともにほとんど差がなく、上層大径の62が最も小さく、上層中径、中層中径の約90がほぼ平均値で、中層小径の約110が最も大きい。なお、形状比のt検定では、胸高直径、D<sub>0.9</sub>ともに上層大径と他の階層との、上層中径と中層小径の組み合わせにおいて有意差が認められた。したがって、階層による形状比の差が大きい。

形数は、胸高形数は上層大径が0.42、その他の約0.45よりやや小さい傾向である。D<sub>0.9</sub>の形数は、階層による差が認められない。なお、形数のt検定では、胸高形数、D<sub>0.9</sub>の形数ともに表中の組み合わせで有意差が認められなかった。

### 3.3.6 樹齢との関係

樹齢別の形状比と形数を表-15に示した。形状比は、胸高直径、D<sub>0.9</sub>でほとんど差がなく、40年未満で約100、40~60年で約85、60~80年で約65、80年以上で50~60と樹齢が増すと小さくなる。なお、形状比のt検定では、胸高直径の20年未満と20~40年との、80~100年と60~80年、100年以上との組み合わせを除いて有意差が認められた。D<sub>0.9</sub>では、40~60年と20年未満との、80~100年と60~80年、

表-15 樹齢別の形状比と形数

樹 齢	形 状 比		形 数	
	D	D <sub>0.9</sub>	D	D <sub>0.9</sub>
20年未満	103±21	98±22	0.46±0.06	0.41±0.05
～40	105±25	103±26	0.46±0.09	0.44±0.10
～60	85±26	88±25	0.44±0.06	0.42±0.07
～80	63±19	68±20	0.37±0.10	0.43±0.11
～100	52±9	58±12	0.36±0.08	0.44±0.05
100年以上	47±10	51±12	0.38±0.05	0.43±0.05

表-16 林齢別の形状比と形数

林 齢	形 状 比		形 数	
	D	D <sub>0.9</sub>	D	D <sub>0.9</sub>
40年未満	102±24	98±25	0.46±0.08	0.42±0.08
～60	79±25	79±25	0.44±0.08	0.44±0.06
60年以上	59±16	62±16	0.41±0.07	0.44±0.04

100年以上との組み合わせを除いて有意差が認められた。

形数は、胸高形数で60年未満が約0.45と大きく、60年以上で0.36～0.38と小さくなる傾向である。なお、胸高形数のt検定では、60年未満と60年以上との組み合わせで有意差が認められた。D<sub>0.9</sub>の形数は、樹齢による差が認められない。また、t検定においても表中の組み合わせで有意差が認められなかった。

### 3.3.7 林齢との関係

林齢別の形状比と形数を表-16に示した。林齢の形状比、形数は、樹齢の場合とほぼ同じ傾向である。形状比は、胸高直径、D<sub>0.9</sub>ともに40年未満が約100と大きく、40～60年が80、60年以上が約60と小さくなっている。なお、t検定では、胸高形数、D<sub>0.9</sub>の形数ともに表の中の組み合わせにおいて有意差が認められた。

形数は、胸高形数で60年未満が約0.45と大きく、60年以上で0.41とやや小さくなる傾向である。D<sub>0.9</sub>の形数は、樹齢による差が認められない。なお、t検定では、胸高形数、D<sub>0.9</sub>の形数ともに有意差が認められなかった。

## ま と め

岐阜県内の広葉樹について、294本の樹幹解析資料によって樹幹形の違いを相対幹形、3次の幹曲線式、形状比、形数と樹種、林分内の成育階層、樹齢、林齢、樹木の大きさとの関係から検討した。

1 幹材積は、名古屋営林局作成の幹材積表を適用すると胸高直径20cm以上で過大な値となる。その原

因は胸高形数の過大によっており、今回の資料による材積式は  $\log V = 1.6920 \log D + 1.0840 \log H - 4.1500$  であった。

- 2 相対幹形は、幹中央の形状を示す  $D_{0.5}/D_{0.9}$  によっておおよそ幹形区分ができる。
- 3 形状比は、胸高直径、 $D_{0.5}/D_{0.9}$ 、階層の違いによって大きく異なる。
- 4 形数は、胸高よりも  $D_{0.9}$  の方が樹木の大きさ、樹種による差が少なかった。また、形数は、階層、樹種、樹高、 $D_{0.5}/D_{0.9}$  の違いによって大きく異なる。

#### 引用文献

- (1) 大隅真一 (1959) 幹形に関する研究 (1) 相対幹形について. 日林誌41 (12) : 471~479.
- (2) 梶原幹弘 (1969) 樹幹中央断面積による林分材積の推定について. 日林誌51 (2) : 33~40.
- (3) — (1969) 正形数の推定とその林分材積測定への応用について. 日林誌51(3) : 49~56.
- (4) — (1983) 相対幹形とその幹材積推定への利用に関する研究 (1) 相対幹形変化のメカニズム動向. 日林誌65 (3) : 82~88.
- (5) — (1987) 相対幹形と正形数に関する既存の成果の、他の地域樹種への転用について. 京府大学術報39 : 52~61.
- (6) 中川 一 (1989) 岐阜県の民有広葉樹林について. 岐阜林セ研報17 : 1~41.
- (7) 名古屋営林局 (1959) 広葉樹立木材積表. 20 P P.
- (8) 富田顕数、菅野高穂、和 孝雄、比屋根哲 (1991) 相対幹曲線式を用いた細り表の調整—ミズナラのシイタケ原木材への応用—. 北大演報48-1 : 81~99.