

# スギ同齡林における樹皮厚率とその推定について

梶原 幹 弘

MIKIHIRO KAJIHARA

On the relative bark thickness and its estimation in even-aged stands of sugi (*Cryptomeria japonica* D. DON)

**要旨：**奈良，京都，大分，宮崎の各地方の林分における多数の伐倒木での測定値を用いて，樹皮厚率を調べた。その結果，幹の利用対象となる範囲では，樹皮厚率の垂直的变化はほとんど無く，また林分内の木では樹皮厚率の差が少ない上に幹直径との相関も無いが，あっても比較的低いという状態であった。これらより，胸高での林分の平均樹皮厚率を地上高にも関係なくすべての木に適用して無皮直径を推定するというさきに提案した方法が確かなものになった。胸高での林分の平均樹皮厚率は，必ずしも各林分で直接測定する必要はない。一つの地方に限らず，樹皮厚率が有意な差を示さなかった奈良，京都，大分といった複数の地方の範囲内でも，その誤差は林分の利用材積推定上は十分に許容できるものであったので，現実にはそれらにおける樹皮厚率の平均値を一律に各林分に適用するとう方法をとってもよい。

## ま え が き

立木での林分利用材積（素材材積）の推定では，有皮直径から樹皮厚を差し引いて無皮直径を求めることが必要になる。この場合，樹皮厚表や樹皮厚率表があればそれを利用すればよいが，わが国ではこれらの表はまだほとんど整備されていないために，一般にはこのような方法は採用できない。そこで筆者<sup>1-3)</sup>は，幹の利用対象となる範囲では樹皮厚率がほぼ一定しており，しかも同一林分内の木では樹皮厚率の差異が少なく，その幹直径による変化もほとんど認められないことから，胸高での林分の平均樹皮厚率を求め，これがすべての木のどの地上高にも通用するものとして有皮直径から樹皮厚を差し引く方法を提案した。

この報告では，その後得た多数の資料も加えて，さきに提案した方法の基礎となっている樹皮厚率の垂直的变化と同一林分内の木における差異の実態を再確認するとともに，林分と地方による樹皮厚率の差異についても調べる。そして，その結果を基に，一つの地

方，さらには異なる地方も含めた多くの林分に対してこの方法を適用しようとした場合の胸高での林分の平均樹皮厚率の推定について検討する。

## 資 料

資料林分の概要は，Table 1 の通りである。奈良地方の資料林分は吉野林業地帯を含む奈良県下の民有林全体にわたっており，その品種はヨシノスギである。京都地方の資料林分は山国林業地帯のもので，品種はヤマグニスギである。大分地方の資料林分はある会社が経営する森林のもので，挿木苗によるヤブクグリが主体である。宮崎地方の資料林分は飫肥の国有林のもので，品種は不明である。資料木はいずれも立木材積表作成のために伐倒，測定したもので，林分ごとの資料木数は林分により13～63本とかなり異なる。奈良地方では，他の地方にくらべて林分あたりの平均資料木数は少ないが，資料林分数は多い。これらの資料林分の中，大分地方の5林分と宮崎地方の8林分中の3林分の資料はさきの報告<sup>1)</sup>でも用いたが，その他はここ

京都府立大学農学部森林経理学研究室

Laboratory of Forest Management, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan

昭和60年8月16日受理

Table 1. Sample stands

District	Number of sample stands	Age (years)	Average d.b.h. (cm)	Average height (m)	Total number of sample trees
Nara Pref.	26	19~78	10~48	9~30	482
Kyoto Pref. (Yamaguni)	5	25~57	15~25	13~19	184
Ohita Pref. (Kusu)	5	35~40	19~34	15~24	171
Miyazaki Pref. (Obi)	8	40~48	9~45	8~22	307

で追加したものである。

樹皮厚率として、有皮直径に対する樹皮厚の2倍の値の百分率を用いた。各資料木で、地際から樹高の10分の1, 3, 5, 7, 9の各相対高 0.1h, 0.3h, 0.5h, 0.7h, 0.9h における樹皮厚率  $b_{0.1h}$ ,  $b_{0.3h}$ ,  $b_{0.5h}$ ,  $b_{0.7h}$ ,  $b_{0.9h}$  を求めた。京都地方の資料木では、これらの相対高の有皮直径と樹皮厚が直接測られていた。しかし、他の地方の資料木では、有皮直径と樹皮厚の測定は2m間隔の各地上高で行われていたので、比例配分により各相対高の樹皮厚を推定した後、樹皮厚率を求めた。なお、京都と奈良地方の資料木では、相対高0.9hとその付近の位置での樹皮厚の測定値がなかったので、 $b_{0.9h}$  は求められなかった。

## 結果と考察

### 1. 樹皮厚率の垂直的变化

各資料木の値より、相対高ごとに林分別、さらには

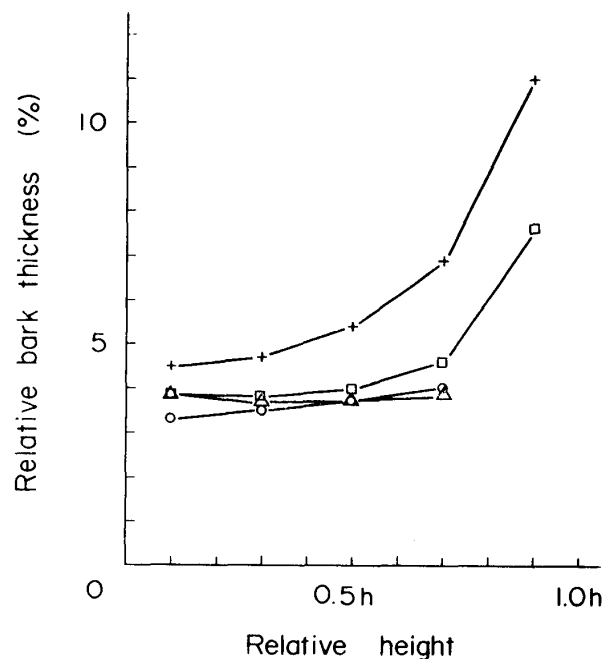


Fig. 1. Vertical changes of relative bark thicknesses

○ : Nara    △ : Kyoto    □ : Ohita  
+ : Miyazaki

地方別の樹皮厚率の平均値を求めた。そして、地方別の樹皮厚率の垂直的变化を示すと Fig. 1 のようになる。

同一林分内の樹木や同一地方の林分について、樹皮厚率の垂直的变化を比較してみると、ある相対高で樹皮厚率が大きいものは他の相対高でも全体的に樹皮厚率が大きく、各樹木や各林分での樹皮厚率の垂直的变化は互にほぼ並行していた。したがって、樹皮厚率の大きさには違いがあるにしても、同一地方の樹木や林分での樹皮厚率の垂直的变化のパターンは、Fig. 1 にほぼ集約されている。

Fig. 1 に見られるように、相対高 0.7h 以上では樹皮厚率は急に増加する。しかし、この部分は現実にはほとんど利用対象とならない。主な利用対象である相対高 0.7h 以下の範囲では、宮崎地方のように樹皮厚率が相対高とともにある程度増加することもあるが、奈良、京都、大分の三つの地方では相対高による樹皮厚率の差異は1%に満たない。樹皮厚率に1%の誤差があった場合、これより生ずる無皮直径の誤差は有皮直径 10 cm につき 1 mm であることを考えると、この範囲での樹皮厚率は実用上同じであるとみなして差支えなからう。

### 2. 林分内における樹皮厚率の差異

林分内の木における樹皮厚率の変動の指標として、林分ごとに各相対高での樹皮厚率の標準偏差を計算し、地方別にその平均値を求めた。この結果を示したのが Fig. 2 である。これによると、利用対象となる相対高 0.7h 以下の範囲での樹皮厚率の林分内変動は、相対高に関係なく、どの地方でも標準偏差で 0.8~1.0% である。

林分ごとに、各相対高における有皮直径と樹皮厚率との相関係数を計算し、その結果を地方別にまとめたのが Table 2 である。ここには、地方別の相関係数の平均値とともに、半数以上の資料林分に危険率 5% で有意な負の相関が認められたものをマークしておいた。なお、奈良地方では、どの相対高においても、約 3 分の 1 の林分に危険率 1% で有意な負の相関が認め

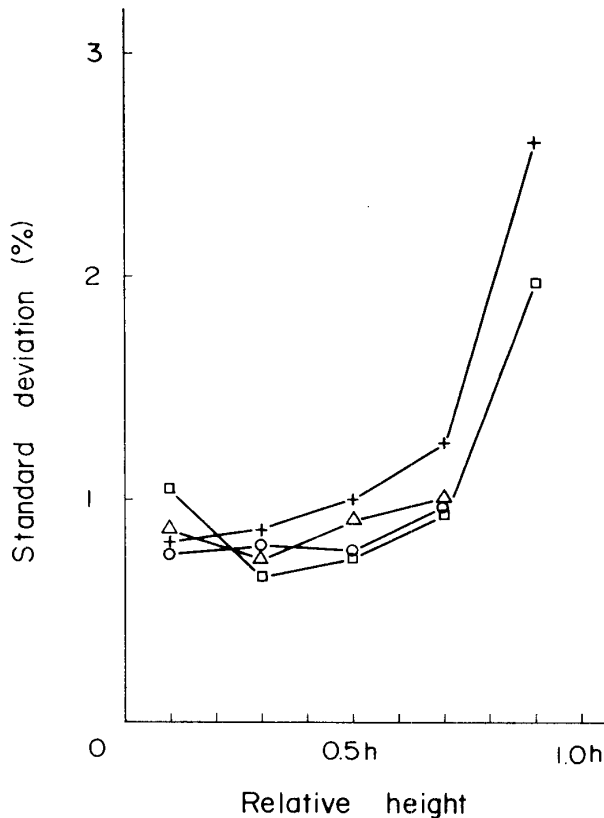


Fig. 2. Vertical changes of the standard deviations of relative bark thicknesses within stands

○ : Nara △ : Kyoto □ : Ohita  
+ : Miyazaki

られた。また、同一地方の林分における相関係数の標準偏差は、ほぼ 0.2~0.4 であった。Table 2 によると、奈良地方とそれ以外の三つの地方とでは相関の状態が異なる。すなわち、前者では過半数の林分に相関が認められているのに対し、後者では相関のない林分の方が多く、平均的な相関の程度も低い。

多くの林分で相関が認められ、平均的に最も高い相関の程度を示す奈良地方について、有皮直径に従属させて各木の樹皮厚率を推定した場合との対比で、林分の平均樹皮厚率を林分内のすべての木に一律に適用した場合の誤差を求めてみよう。有皮直径と樹皮厚率と

の間に負の相関がある林分で平均樹皮厚率をすべての木に一律に適用した場合、樹皮厚率は有皮直径が平均値より大きい木では過大に、平均値より小さい木では逆に過小に与えられることになる。そして、その偏りの絶対値は平均値との差に比例して大きくなり、林分内における最大または最小の直径の木で最も大きい。このような最大の偏りの奈良地方における平均値は、次のように計算される。林分ごとに、各相対高での有皮直径に対する樹皮厚率の回帰直線式を求め、その勾配の平均値を算出すると、相対高 0.1h, 0.3h, 0.5h, 0.7h でそれぞれ  $-0.079$ ,  $-0.092$ ,  $-0.128$ ,  $-0.291$  となった。一方、林分ごとに有皮直径の標準偏差を求め、その平均値を算出すると各相対高でそれぞれ 5.0 cm, 3.9 cm, 3.2 cm, 1.9 cm となった。いま、これらの標準偏差の 2 倍を平均有皮直径にプラス、マイナスしたものが林分内における最大と最小の有皮直径であるとみなし、これと回帰直線の平均勾配とより最大の偏りを計算すると、相対高により少し異なるがいずれも  $\pm 1\%$  前後と意外に小さかった。これから考えると、相関の程度がもっと低い京都、大分、宮崎の各地方ではもちろんのこと、奈良地方でも、実用上は林分の平均樹皮厚率をすべの木に一律に適用しても十分であろう。

### 3. 林分と地方による樹皮厚率の差異

同一地方の林分間における樹皮厚率の変動の指標として、相対高ごとに林分の平均樹皮厚率の標準偏差を計算し、地方別にその平均値を求めた。この結果を示したのが Fig. 3 である。これによると、地方や相対高による多少の違いはあるが、主な利用対象である相対高の 0.7h 以下の範囲では、同一地方の林分間での樹皮厚率の変動は標準偏差でほぼ 1% 以下である。

資料林分が多い奈良地方について、相対高ごとに林分の平均樹皮厚率と平均有皮直径との相関係数を求めると、相対高 0.1h で  $-0.288$ , 0.3h で  $-0.236$ , 0.5h で  $-0.121$ , 0.7h で  $-0.130$  となり、いずれも

Table 2. Averages of the correlation coefficients between relative bark thicknesses and stem diameters within stands

District	Relative height				
	0.1h	0.3h	0.5h	0.7h	0.9h
Nara	$-0.410(-)$	$-0.448(-)$	$-0.452(-)$	$-0.548(-)$	—
Kyoto	$-0.105$	$+0.001$	$+0.066$	$+0.020$	—
Ohita	$-0.205$	$-0.204$	$-0.306$	$-0.262$	$-0.291$
Miyazaki	$+0.019$	$-0.072$	$-0.072$	$-0.159$	$-0.260$

(-) : More than half of the total stands had the negative, significant correlation coefficients at 5% level

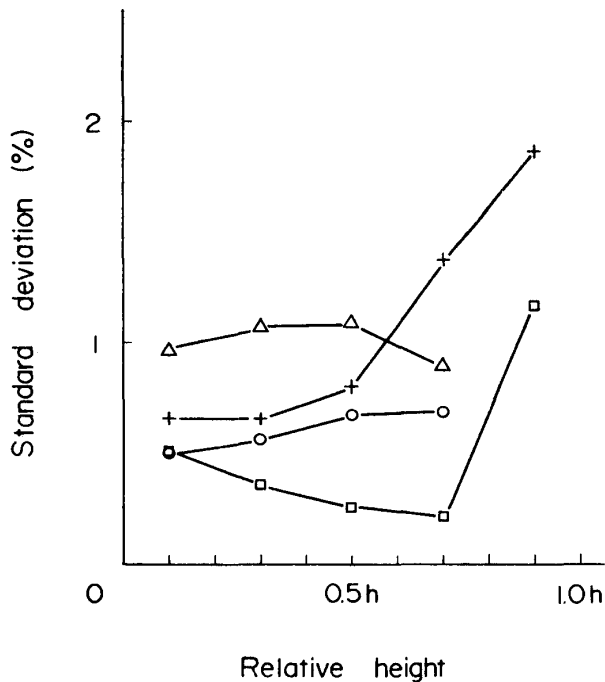


Fig. 3. Vertical changes of the standard deviations of the relative bark thicknesses of stand within districts  
 ○ : Nara △ : Kyoto □ : Ohita  
 + : Miyazaki

有意とは認められなかった。これよりすると、林分の平均樹皮厚率を平均有皮直径に関係づけて推定することは無意味である。奈良地方の林分ではすべて樹皮厚率が同じであるとみて、その平均値を一律に適用した場合の最大誤差を計算すると次のようになる。Fig. 3に示したように、相対高 0.7h 以下での樹皮厚率の標準偏差はほぼ 0.5~0.7% であるので、これの2倍を平均値にプラス、マイナスしたものがこの地方の林分での樹皮厚率の上、下の限界値であるとみると、最大誤差は ±1.0~1.4% となる。これより生ずる無皮直径での誤差は有皮直径 10 cm につき ±1.0~1.4 mm で、実用上は許容できる程度である。

Fig. 1 に示した各相対高における地方別の平均樹皮厚率について、地方間における差の検定をすると Table 3 のようになった。すなわち、奈良、京都、大分の各地方の間には差がなく、宮崎地方のみがこれらと異なるという結果である。品種は違っても、奈良、京都、大分の三つの地方で樹皮厚率が近似していることは興味深い。これについては後述する。

樹皮厚率に差が認められなかった奈良、京都、大分の三つの地方の林分を込みにして、相対高ごとに林分の平均樹皮厚率の平均値と標準偏差を求めると相対高 0.1h で 3.5% と 0.6%、0.3h で 3.6% と 0.6%、0.5h で 3.7% と 0.7%、0.7h で 4.1% と 0.7% となった。そ

Table 3. Tests of the differences of relative bark thicknesses among districts

Relative height	District	Kyoto	Ohita	Miyazaki
0.1h	{ Nara			**
	{ Kyoto			
	{ Ohita			
0.3h	{ Nara			**
	{ Kyoto			*
	{ Ohita			*
0.5h	{ Nara			**
	{ Kyoto			**
	{ Ohita			**
0.7h	{ Nara			**
	{ Kyoto			**
	{ Ohita			**

\* : Significant at 5% level  
 \*\* : Significant at 1% level

して、これらの相対高での林分の平均樹皮厚率と平均有皮直径との相関係数はそれぞれ -0.154, -0.103, 0.004, 0.080 となり、いずれも有意ではなかった。これらの地方の林分ではすべて樹皮厚率が同じであるとみて、一律にその平均値を適用した場合の最大誤差を前と同様に計算すると、±1.2~1.4% となり、前記の奈良地方だけにおけるそれとほとんど変わらない。

以上のような結果からすると、奈良地方に限らず、奈良、京都、大分の各地方の林分を込みにした場合でも、現実には各林分にその平均値を一律に適用してよいといえよう。

4. 胸高での林分の平均樹皮厚率の推定

多くの資料における結果として、幹の利用対象となる範囲では樹皮厚率の垂直的变化はきわめて少なく、また同一林分内の木では樹皮厚率は有皮直径と無関係ないしは低い負の相関を示すことが分った。これよりすると、同一林分内の木では幹直径と地上高に関係なく一定の平均的な樹皮厚率が適用でき、現実には最も便利な胸高での林分の平均樹皮厚率を用いればよいことになる。これで、さきに提案<sup>1-3)</sup>した有皮直径からの樹皮厚の差し引き方法が実用的に成立することが確認できた。

この方法で用いる胸高での林分の平均樹皮厚率は、各林分で直接測定するのが望ましいが、これには手間がかかる。前述のように、奈良地方、さらにはこれに京都と大分を加えた三つの地方の林分では、その平均値を各林分に一律に適用して林分の樹皮厚率を求めた場合でも、その誤差は十分に小さかった。これと同様のことが、胸高での林分の平均樹皮厚率についても可

能であるとみられる。以下、これを具体的に検討してみよう。

奈良地方の林分における胸高での林分の平均樹皮厚率の平均値は3.4%，標準偏差は0.5%となる。一方、胸高での林分の平均樹皮厚率  $\bar{b}_b$  と平均有皮直径  $\bar{d}_b$  の関係は Fig. 4 の通りで、その相関係数は  $-0.281$  と有意ではない。また、有皮直径 ( $x$ ) と樹皮厚率 ( $y$ ) との間によく用いられる関係式  $y=ax^b$  を適用した場合でも、Fig. 4 に示すように樹皮厚率の直径による減少は僅かで、 $\log \bar{b}_b$  と  $\log \bar{d}_b$  との相関係数は  $-0.319$  とやはり有意ではない。そして、この地方の林分の胸高での平均樹皮厚率を一律にその平均値3.4%とおさえた場合の各林分での最大誤差は、前と同様に標準偏差の2倍とみると、 $\pm 1\%$ となる。また、奈良、京都、大分の各地方における胸高での林分の平均樹皮厚率の平均値はそれぞれ3.4%、4.0%、3.8%で、これらの間には有意差が認められない。そして、これら三つの地方の林分を込みにした時の胸高での林分の平均樹皮厚率の平均値は3.5%、標準偏差は0.6%となる。この場合の胸高での林分の平均樹皮厚率と平均有皮直径との相関係数は  $-0.156$  と有意ではない。これらの地方の林分では胸高での林分の平均樹皮厚率が一律に平均値3.5%であるとおさえた時の各林分での最大誤差は、 $\pm 1.2\%$ となる。以上のような樹皮厚率の最大誤差から生ずる無皮直径での誤差は、有皮直径 10 cm につき奈良地方で 1.0 mm、奈良、京都、大分の三つの地方を包括した場合で 1.2 mm となり、実用上許容できないほどの大きさではない。したがって、一つの地方のみならず、樹皮厚率が差を示さない複数の地方についても、その平均値をすべての林分に一律に適用するという方法で各林分における胸高での林分の平均樹皮厚率を与えても、実用的には十分であろう。

一般に胸高での樹皮厚率は有皮直径とともに減少するとみられているが、前述のように奈良地方のスギではそれが目立たなかった。そこで、これに関して少し検討してみたい。Fig. 5 は、単木における胸高での樹皮厚率と有皮直径との平均的關係について、わが国の主要樹種に関する過去の調査結果<sup>4-8)</sup>をとりまとめたものである。いずれの場合も樹皮厚率が減少するのは直径の小さい範囲に限られ、直径が大きくなるにつれて一定化するという双曲線的な関係にある。しかし、その具体的な状態は場合によって異なり、同じスギでも鳥取地方のものは全体的に奈良地方よりも樹皮厚率の減少が著しい。一方、カラマツのように、奈良地方のスギと同様樹皮厚率の減少があまり目立たないものもある。このように、現実には直径による樹皮厚率の

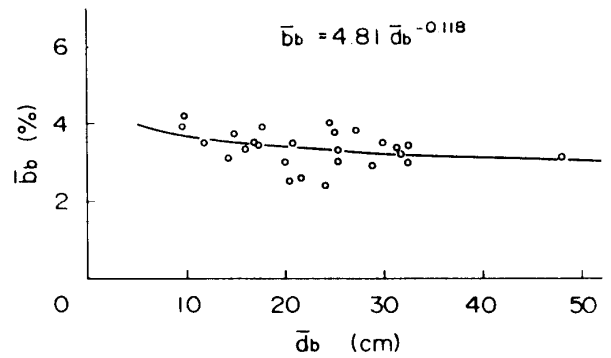


Fig. 4. Relationship between average stem diameter,  $\bar{d}_b$ , and average, relative bark thickness,  $\bar{b}_b$ , of stand in Nara district

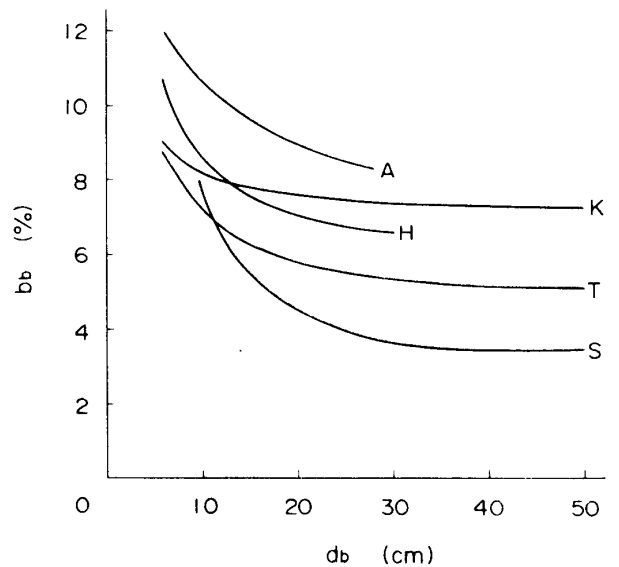


Fig. 5. Bygone results on the relationship between stem diameter,  $d_b$ , and relative bark thickness,  $b_b$ , at breast height  
S : Sugi<sup>4)</sup> H : Hinoki<sup>5)</sup>  
A : Akamatsu<sup>6)</sup> K : Karamatsu<sup>7)</sup>  
T : Todomatsu<sup>8)</sup>

減少がほとんど認められないこともあることは留意すべきである。また、小さい直径の範囲での樹皮厚率の減少はそれとして、主伐木の大部分を占め、利用材積の推定上重要であるとみられる胸高直径 20~30 cm 以上という大きい直径の範囲では、スギ、カラマツ、トドマツのいずれの例でも樹皮厚率がそれぞれにほぼ一定であることも注目される。

奈良、京都、大分の三つの地方では樹皮厚率に差がなく、これらの地方の林分での胸高の平均樹皮厚率は3.5%であることを前述したが、この3.5%という数値は Fig.5 の鳥取地方の胸高直径 30 cm 以上の木での値とも一致している。このように同じ樹種では地方が異なっても樹皮厚率が変わらないという状態は、過去の

カラマツ<sup>7,9)</sup>やトドマツ<sup>8,10)</sup>における調査結果にも現われている。これからすると、宮崎地方のスギのような特別なものはあるが、Fig. 5 に示す過去の調査結果、とくに胸高直径 20~30 cm 以上の木での各樹種の樹皮厚率の値は、林分の利用材積推定における胸高での林分の平均樹皮厚率の目安になるかも知れない。このような各樹種の樹皮厚率の値に関しては、その地方による差の有無も含めて、今後検討を要する。

### む す び

林分内の樹木を対象とする場合でも、あるいは一つまたは複数の地方にある林分の平均値を対象とする場合でも、樹皮厚率の推定で問題になるのは、その地上高と有皮直径による変化である。幹の利用対象となる範囲ではこれらの変化は実用上無視できるほど小さいので、地上高や有皮直径と無関係に樹皮厚率は一定であるとして有皮直径から無皮直径を推定して差支えないことを明らかにした。これは実用性を重視したやり方で、きわめて正確とはいえないが、林分の利用材積推定を目的とする場合には、これで十分であろう。

最後になったが、貴重な資料を快く提供して下さいました奈良県林業試験場、農林水産省林業試験場および京都府立大学森林経理学研究室の大隅真一教授、資料の

収集に便宜をはかっていただいた九州林産<sup>6)</sup>、ならびに資料の整理計算を手伝ってくれた京都府立大学森林経理学研究室の昭和57年度専攻生竹原豊君に対して、深謝する。

### 引用文献

- 1) 梶原幹弘 (1973): 相対幹曲線と関連しての樹皮厚率について, 日林誌, **55**, 132-139.
- 2) \_\_\_\_\_ (1973): 林分相対幹曲線による林分細り表の作成方法, 同上, **55**, 379-387.
- 3) \_\_\_\_\_ (1974): 相対幹曲線による林分の全幹材積ならびに利用材積の推定について, 同上, **56** 353-360.
- 4) 益子謙一・大北英太郎・大森一男 (1957): 智頭地方における所謂「元木計算」による立木評価法に関する研究(Ⅱ), 鳥取県林試研報, **2**, 29-36.
- 5) 後藤亮 (1967): ヒノキの細り表, 広島県林試報, **2**, 2-8.
- 6) 中山博一 (1957): 林木材積測定学, 金原, 164頁
- 7) 林 亀 (1959): 信州カラマツの細り表について, 第69回日林講, 75-76.
- 8) 大金永治 (1956): 樹幹の形状と細り表の調製(I), 第65回日林講, 73-76.
- 9) 柿原道喜 (1967): 九州地方におけるカラマツ林の施業上の特性に関する研究, 九大演報, **41**, 1-107.
- 10) 辻 正 (1951): トドマツに関する二・三の研究, 第59回日林講, 57-59.

### Summary

The relative bark thicknesses were examined by using the measurements of many felled trees in the stands of Nara, Kyoto, Ohita and Miyazaki districts. So far as the merchantable limits of stem, the vertical changes of relative bark thickness were scarcely recognized and within a stand the relative bark thicknesses varied little among trees and, moreover, had no or a looser correlation with stem diameters. These results ascertained the method of estimating stem diameters inside bark, proposed in the author's previous report, by means of applying the average, relative bark thickness of

stand at breast height to every tree regardless of the height above the ground. Here, it is not always necessary to measure directly the average, relative bark thickness of each stand. In practice the mean value of all stands may be equally applied to each stand not only within one district, but also within such plural ones as Nara, Kyoto and Ohita without the significant differences of relative bark thickness, because the errors of relative bark thickness by this procedure were acceptable enough to estimate the merchantable volume of stand.