

相対幹曲線と関連しての樹皮厚率について

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	梶原, 幹弘
巻/号	55巻4号
掲載ページ	p. 132-139
発行年月	1973年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



論 文

相対幹曲線と関連しての樹皮厚率について

梶原幹弘*

On the Relative Bark Thickness Connected with the Relative Stem Curve

Mikihiro KAJIHARA*

Summary: In this paper, the author deals with the development of relative bark thickness over relative distance from tip and the method for estimating the relative stem curve inside bark.

The following items were ascertained:

- (1) About the longitudinal development of the mean of relative bark thickness in a stand, it bears approximately the same for the middle and lower portions of stem, though this is not the case for the higher portion of it.
- (2) The mean of relative bark thickness at a fixed relative distance varies amongst tree species and also within a tree species according to district and average tree size.
- (3) Within an even-aged stand of one tree species, the discrepancy of relative bark thickness among individuals of different tree size is not so remarkable, because of the narrow range of tree size.

When we establish the hypothesis that, within a stand, the relative bark thickness is the same everywhere on the stem for all trees, the relative stem radius inside bark $y_{i.b.}$ is given by the following formula:

$$y_{i.b.} = \left(1 - \frac{B_p}{200}\right) y_{o.b.} = \left(1 - \frac{B_p}{200}\right) f(x)$$

Here, the relative stem radius outside bark $y_{o.b.}$ is determined by the average relative stem curve outside bark $f(x)$ in a stand where x is the relative distance from tip and the relative bark thickness B_p (%) is the average at any position on the lower portion of stem.

After the experimental examination, this method was sufficiently precise for the average relative stem curve inside bark and the error in actual dimension of diameter was small enough to be negligible in practical use.

要 旨: この報告では、梢端からの相対位置に対する樹皮厚率の変化と、無皮の相対幹曲線の推定方法を扱った。

確かめられた事項はつぎのとおりである。

- (1) 林分の平均樹皮厚率の縦断的变化についてみると、樹幹の上部ではそうはいかないが、中央部と下部とでは平均樹皮厚率はほぼ等しい。
- (2) 一定の相対位置における平均樹皮厚率は、樹種によって変化するとともに、同じ樹種にあっても地方や平均的な樹幹の大きさによっても異なる。
- (3) 同一の単純同齡林内にあつては、樹幹の大きさの変域が小さいために、大きさを異にする樹幹の間での樹皮厚率の差異はさして大きくない。

同一林分内にあつては、すべての木で、樹幹上のすべての位置において、樹皮厚率が同じであるとすると、無皮の相対半径 $y_{i.b.}$ はつぎのように与えられる。

$$y_{i.b.} = \left(1 - \frac{B_p}{200}\right) y_{o.b.} = \left(1 - \frac{B_p}{200}\right) f(x)$$

ここで、皮付の相対半径 $y_{o.b.}$ は、梢端からの相対位置を x としたときの皮付の林分相対幹曲線 $f(x)$ で定められるものである。そして樹皮厚率 B_p (%) は、樹幹下部の任意の位置での平均値である。

実験的に検討した結果、この方法は無皮の林分相対幹曲線を十分正確に与え、現実の直径値での誤差は実用上無視し得るほど小さいことがわかった。

* 京都府立大学農学部 Fac. of Agr., Kyoto Prefectural Univ., Kyoto

I. ま え が き

この報告は、先の二つの報告^{1,2)}と同様に、立木での利用可能な丸太量の推定法に関する一つの基礎をなすものである。

前報²⁾で与えたスギの相対幹曲線も含めて、一般に相対幹曲線は皮付の樹幹のものとして与えられる。しかし利用される丸太量としては、樹皮部分は除かれるのが普通である。わが国でも、日本農林規格によって、丸太量は無皮のものについて計量されることになっている。このため、相対幹曲線を利用しての丸太量の推定にあっても、樹皮部分の差引きが必要である。この場合、たとえば胸高というような特定位置のみにおけるものではなく、樹幹上のすべての位置にわたり、その位置と関連したいわゆる縦断的变化という形で樹皮厚あるいは樹皮厚率に関する知識が不可欠となる。この種の研究は、諸外国ではかなり行なわれ、その成果にも見るべきものが多いが、わが国ではその数も少なく、内容も十分とはいえない現状にある。

樹皮厚や樹皮厚率のとりあげ方としては、その目的とも関連して、いくつかのものが考えられよう。ここで樹皮厚率をとりあげた目的は、相対幹曲線における樹皮部分の差引き方法、すなわち皮付の相対幹曲線から無皮の相対幹曲線への変換方法の開発にある。したがってここでは、相対幹曲線との関連をもたせ、皮付のものから無皮のものへの変換を容易にするために、相対位置に対する樹皮厚率という形でとりあげ方をした。樹皮厚率としては、樹皮厚の2倍した量の皮付直径に対する百分率を用いた。また相対位置というのは、樹高に対する梢端からの距離の比である。そして樹皮厚率の取り扱いにおける単位としては、先の報告¹⁾で林分相対幹曲線の変動を扱った時と同様に、現実の測定上もっとも重要な区分となる林分を用いた。

II. 林分樹皮厚率の縦断的变化

樹皮厚率の各相対位置における大きさおよびその縦断的变化の状態は、いくつかの要因により影響を受けると考えられる。これに関連するこれまでの研究成果をみてみると、つぎのようなものがある。

BOLSINGER³⁾は、Douglasie, Europ. Lärche および Forche について、直径級を同じくする樹幹の樹皮厚を地上高に対応させて示している。これによると、各地上高での樹皮厚は樹種によりかなり差がある。また、ALTHERR⁴⁾は、断面積での樹皮の割合について、Fichte と Tanne との間では差があり、前者より後者が大きいことを指摘している。EH⁵⁾は、同じ Fichte でも、生育地域を異にするとみられる彼自身が求めたものと FLURY が求めたものとの間では樹皮厚率に差を生ずることを報じ、さらに胸高直径や樹高が大きくなるにつれて樹皮厚率は減少するとしている。

これらはいずれも、相対位置と関係づけての樹皮厚率という形でのとりあげ方をしておらず、また林分を単位としてのものでもない。しかし、これらからすると、林分を単位としての平均樹皮厚率の相対位置に対する縦断的变化を示す曲線（以下これを林分樹皮厚率曲線と呼ぶ）に影響を与える要因としては、まず樹種があげられ、そして同一の樹種にあっても生育地域や林分を構成する平均的な樹幹の大きさを異にすれば、林分樹皮厚率曲線はまた異なるものになるとみられる。

先の報告^{1,2)}で用いたスギの資料林分の中の大分地方の5林分と飯肥地方の3林分について、表-1に示すような標本木に基づき、林分を単位にしての各相対位置における樹皮厚率を求めると、表-2のようになる。そして表-2より、林分樹皮厚率の縦断的变化を図示すると、図-1のようになる。

表-2 または図-1 からうかがえるように、すう勢としては、林分により多少の差異はあるが、樹皮厚率は相対

表-1. 各林分での標本木の年齢, 数, 大きさ (スギ)

Table 1. Age, number and size of sample trees in each stand (Sugi)

地 方 District	林 分 Stand	年 齢 Age	D.B.H. (cm)	樹 高 Height (m)	標本木数 Number of sample trees	$\bar{d}_{0.0}$	$\bar{d}_{0.7}$	$\bar{d}_{0.8}$	$\bar{d}_{0.8}$	$\bar{d}_{0.1}$
大 分 Oita	O-1	35	28~40	19~26	15	31.9	26.4	21.5	14.9	4.9
	O-2	36	14~28	13~22	41	18.4	15.7	13.4	10.2	3.9
	O-3	40	16~32	12~17	50	21.4	18.3	15.2	10.5	3.8
	O-4	40	20~40	19~28	29	27.5	23.3	19.5	14.3	5.4
	O-5	40	18~36	17~25	36	26.1	22.3	18.7	13.9	5.5
宮 崎 (飯肥) Miyazaki (Obi)	M-7	43	22~40	13~20	43	31.4	26.5	21.7	15.9	7.3
	M-8	43	20~38	13~19	38	28.2	23.1	19.1	14.1	5.8
	M-9	48	16~32	16~22	40	25.9	22.1	18.2	13.4	5.8

表-2. 各林分での樹皮厚率
Table 2. Relative bark thickness in each stand (%)

林分 Stand		梢端からの相対位置 Relative distance from tip (%)				
		0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
O-1	m	3.5	3.5	4.0	4.9	9.2
	s	0.5	0.5	0.5	0.6	1.1
O-2	m	4.4	4.2	4.3	4.8	8.4
	s	0.7	0.5	0.5	0.7	1.8
O-3	m	4.1	4.0	4.1	4.7	6.8
	s	0.8	0.8	0.8	1.0	2.5
O-4	m	3.8	4.0	4.0	4.6	6.5
	s	0.8	0.8	1.1	1.4	2.4
O-5	m	3.2	3.4	3.6	4.3	7.0
	s	0.5	0.7	0.9	1.0	2.0
M-7	m	4.3	4.2	4.7	5.2	8.8
	s	0.8	1.0	0.9	0.9	1.0
M-8	m	5.2	5.2	5.9	6.9	10.8
	s	0.7	0.7	0.9	1.1	2.0
M-9	m	4.7	4.5	4.6	5.4	9.7
	s	0.7	0.8	0.8	1.0	1.9

m: 平均値 Mean s: 標準偏差 Standard deviation

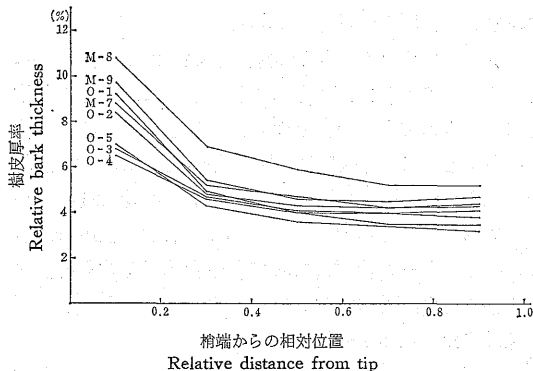


図-1. 林分平均樹皮厚率の縦断的变化 (スギ)
Fig. 1. Longitudinal development of the mean of relative bark thickness in a stand (Sugi)

位置が 0.1 から 0.3 に移ると急激に小さくなり、0.3~0.5 ではその減少はわずかになり、0.5~0.9 ではほとんど変化がなくほぼ一定になるという傾向を示す。

樹皮厚率の縦断的变化のすう勢に関連するこれまでの報告としては、つぎのようなものがある。

本吉, 本城, 妹尾⁹⁾は、京都府下の京都府立大学大野演習林のスギについて、梢端からの相対位置(%)と樹皮厚率(%)との間の平均的関係を示す回帰式

$$\log y = 0.81775943 - 0.20784840 \log x$$

を得ている。これによると、各相対位置での樹皮厚率はつぎのようになる。

相対位置	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
樹皮厚率(%)	(6.7)	5.3	4.8	4.45	4.2

なおこの場合、相対位置 0.1 については、測定がな

されておらず、したがって回帰式の算出においてもこの位置のデータは入っていないので、()をつけて示した。資料木の大きさは、ほぼ胸高直径で 10~50 cm、樹高で 10~30m で、表-1 に示すものとあまり差がない。

EH⁵⁾ は、Fichte の断面積での樹皮の百分率および樹皮厚率の縦断的变化について調べ、地際から樹高の 1/4 まではわずかではあるが減少傾向を示し、その後はしだいに増大してゆくことを認めている。

ALTHERR⁴⁾ は、Tanne の断面積での樹皮の百分率について、地際から樹高の 7/10 あたりまではほぼ一定の値を示し、その後急に増大する傾向を示す、すなわち樹幹の大部分については断面積での樹皮の百分率はほぼ同じであるとしている。断面積での樹皮の百分率が同じであれば樹皮厚率の値も同じになるから、(これについては後でふれる) この指摘は樹皮厚率についてもそのままあてはまる。

これらの諸結果を比較してみると、図-1 に示すスギと ALTHERR⁴⁾ の Tanne とでは、単位が林分と単木の違いはあるが、すう勢はきわめてよく似た結果となっている。そして EH⁵⁾ の Fichte にあっても、全体的なすう勢はこれらに近い。ただ本吉ほか⁶⁾ のスギにあっては、 $y = ax^b$ なる関係式の適合を前提としているせいもあって、特に樹幹下部において、やや異なるすう勢を与えている。

表-2 に示す各林分での相対位置と平均樹皮厚率との関係を、両対数方眼紙上にプロットしてみると、ほぼ直線に近いとみられたのは林分 O-5 のみで、他の林分ではすべて右下がりの上に凹の曲線状に並んだ。そして ALTHERR⁴⁾ の Tanne ではもちろん、EH⁵⁾ の Fichte においても、その状態は同じであった。このような事実は、相対位置 x と樹皮厚率 y との間において、 $y = ax^b$ なる関係式の適合が一般に十分でないことを示すとともに、大分や鉄肥地方のスギにあっては、本吉ほか⁶⁾ の大野演習林におけるスギよりも、樹幹下部における相対位置の変化に伴う樹皮厚率の変化がより小さく、逆に樹幹上部ではその変化がより大きくなる傾向があることをも示している。

樹皮厚率の縦断的变化を示すものとして、どのような数式がより適切かという問題については、本研究の主題から外れるのでここでは立入らないが、 $y = ax^b$ なる関係式の適用に検討の余地があることは確かであろう。

これまで述べたことからわかるように、樹皮厚率は樹幹下部から中央部にかけてほぼ一定で変化が少なく、その後やや増加し、梢端に近づくると急激に増大する、というすう勢を示すとみられる。このようなすう勢をたど

りながら、前述したような樹種、生育地域、樹幹の大きさなどの要因の影響により、具体的な林分樹皮厚率曲線はそれぞれに与えられることになる。

樹皮厚率の変化が小さい樹幹の下部および中央部の平均的な樹皮厚率の大きさについてみると、つぎのようである。

表-2 および図-1 に示すように、飢肥地方と大分地方とでは樹皮厚率にやや差がみられる。すなわち前者では平均約 5.0% とおさえられるのに対し、後者では約 4.0% と、両者には 1% ほどのへだたりがある。そして前記した本吉ほか⁶⁾の京都府下の場合では、その値はこれらの中間にあり、約 4.5% である。これらスギにおいては、前述したように樹幹の大きさはほぼ似ており、いずれも平均して胸高直径で 25~30 cm、樹高で 20m 前後である。これらとほぼ同じ大きさの樹幹の場合について、EH⁵⁾ の Fichte での結果をみてみるとつぎのようになっている。すなわち、彼自身が Württemberg の Oberschwaben で得た結果では、ほぼ 6.0% であるのに対し、これとは地域を異にすると推察される FLURY が得ているものでは、これよりやや小さく 5.5% ほどである。また、ALTHERR⁴⁾ は、これらよりいくぶん大きい樹幹についてであるが、Tanne では断面積での樹皮部分の百分率は 12~13% であると報じている。これを樹皮厚率に換算すると、つぎのようになる。皮付直径を $d_{0.b.}$ 、無皮直径を $d_{i.b.}$ 、断面積での樹皮の百分率を $B_{p(O)}$ とすると、

$$B_{p(O)} = \frac{\frac{\pi}{4}d_{0.b.}^2 - \frac{\pi}{4}d_{i.b.}^2}{\frac{\pi}{4}d_{0.b.}^2} \times 100 = \left(1 - \frac{d_{i.b.}^2}{d_{0.b.}^2}\right) \times 100$$

一方、樹皮厚率 $B_{p(D)}$ (%) は、

$$B_{p(D)} = \frac{d_{0.b.} - d_{i.b.}}{d_{0.b.}} \times 100 = \left(1 - \frac{d_{i.b.}}{d_{0.b.}}\right) \times 100$$

したがって、これらより $d_{i.b.}/d_{0.b.}$ を消去すると、つぎのような関係式が得られる。

$$B_{p(D)} = \left(1 - \sqrt{1 - \frac{B_{p(O)}}{100}}\right) \times 100$$

すなわち、 $B_{p(O)}$ の値が同じであれば $B_{p(D)}$ も同じ値を示し、 $B_{p(O)} = 12 \sim 13\%$ の時には $B_{p(D)}$ はほぼ 6.5% となる。

これらの結果が示すように、樹幹の下部および中央部での樹皮厚率の平均的な大きさは、樹幹の大きさは同じであっても、樹種や生育地域が異なる時には差異を示す

傾向が認められる。

樹幹の大きさと樹皮厚率との関係については、EH⁵⁾ の報告があり、一定の地域の同じ樹種にあっては、樹幹の大きさの増大につれて樹皮厚率は減少することが認められている。

大分および飢肥地方における前記のスギの 8 林分の資料に基づいて、生育地域や平均的樹幹の大きさと関係づけながら、各林分の平均樹皮厚率について、もう少しつつこんでみてみよう。

生育条件が近似するものという意味で地方による区分をし、各地方別に林分間での平均樹皮厚率の差の有無を分散分析により検定してみると、表-3 に示すような結果を得た。

表-3. 同一地方内の林分間における平均樹皮厚率の差の有無 (分散分析による)

Table 3. Significant difference of the mean of relative bark thickness among stands within a district (By means of analysis of variance)

梢端からの相対位置 Relative distance from tip	大分地方の 5 林分間 Among 5 stands in Oita district	飢肥地方の 3 林分間 Among 3 stands in Obi district
0.9	**	**
0.7	**	**
0.5	**	**
0.3		**
0.1	**	**

** : 危険率 1% で有意 Highly significant

この結果からすると、大分地方では相対位置 0.3 における場合は、なんらかの事情による特殊なもので、一般には同一地方の林分にあっては樹皮厚率の平均は、いずれの相対位置においても、すべての林分で同じではないとみられる。そして大分地方の 5 林分について、表-1 と表-2 に示す結果より、各相対位置別に平均樹幹直径と平均樹皮厚率との関係をみてみたところ、相対位置 0.9、0.7 および 0.5 では、直径が増大するにつれて樹皮厚率は減少するという傾向がみられた。これは前述した EH⁵⁾ の指摘に合致している。しかし、相対位置 0.3 と 0.1 にあっては、直径の変域がせまいせいか、このような傾向は明らかではなかった。

林分 O-1 と M-7、林分 O-4 と M-8 および林分 O-5 と M-9 の各組み合わせにおいては、表-1 に示すように、地方は異にするが各相対位置での平均樹幹直径はほぼ等しい。そこで、これら各組み合わせにおける二つの林分間での平均樹皮厚率の差について検定すると、表-4 に示すようになった。

表-2 にみられるように、林分 O-4 と M-8 および林分 O-5 と M-9 にあっては、いずれの相対位置において

表-4. 各相対位置での平均樹幹直径は同じであるが地方を異にする林分間での平均樹皮厚率の差の有無

Table 4. Significant difference of the mean of relative bark thickness between stands in different districts in spite of the same average diameter at each relative distance

梢端からの相対位置 Relative distance from tip	林分の組合せ Combination of stands		
	O-1, M-7	O-4, M-8	O-5, M-9
0.9	**	**	**
0.7	*	**	**
0.5	**	**	**
0.3		**	**
0.1		**	**

*: 危険率 5% で有意 Significant

** : 危険率 1% で有意 Highly significant

も平均樹皮厚率の差は 1% をこえている。林分 O-1 と M-7 の場合には、相対位置 0.9, 0.7, 0.5 においては、両者の差が 0.7% ほどあるが、相対位置 0.3, 0.1 では差は 0.3~0.4% と小さくなっている。これが表-4 に示す検定結果にも反映している。この結果からすると、平均的な樹幹の大きさは同じであっても、地方を異にすれば平均樹皮厚率は相異なるものになるといえる。このような事態を生じた原因としては、生育条件の差異、生育地域と結びつきのいわゆる品種の違いなどがあげられよう。

最後に、林分樹皮厚率曲線において、樹皮厚率が変化が小さくなり始める相対位置について、樹幹の大きさとの関連でみてみよう。

大分や飯肥地方のスギの資料では、相対位置 0.3 あたりから樹皮厚率の変化が小さくなり始めることは、前述したとおりである。これらの林分での平均的な樹幹の大きさは表-1 に示すとおりで、林分間でのその差はあまり大きなものではない。このためか、これら林分に関しては、樹幹の大きさと樹皮厚率の変化が小さくなり始める相対位置との関係もはっきりしない。しかし、AL-THERR⁴⁾ と EH⁵⁾ がそれぞれ Tanne と Fichte について、断面積での樹皮厚率を地上高に対応させて与えているが、これによるとつぎのようである。地上高を梢端からの相対位置に換算し、これと樹皮厚率の変化が小さくなり始める位置との関係をみると、いずれの樹種の場合も、樹幹の大きさが増すにつれてその位置はより梢端に近づいてゆくことが認められる。なおこれらにおける樹幹の大きさを樹高についてみた場合、Tanne では 24m, 27m, 30m, 33m の樹高級に、Fichte では 17.5m, 22.5m, 27.5m, 32.5m の樹高級にわたっている。これは単木的にみた時の結果であるが、林分を単位とした

場合にもあてはまるとみられる。

以上、林分樹皮厚率曲線を樹種、生育地域および樹幹の大きさに関連させてみてきたが、これらから明らかのように、具体的な曲線の変化状態や位置は、厳密には林分毎に異なると考えるべきであろう。しかし曲線の型としては、普通伐採の対象となる大きさの樹幹の林分においては、樹種や生育地域をある程度超越したものとみられる。すなわち主要な利用対象である樹幹の下部および中央部においては、樹皮厚率の変化量はきわめて小さい。これは後述するように、相対幹曲線における樹皮部分の差引きにあたって、実用上大きな意味を持つ好都合な事実である。

III. 林分内での樹皮厚率の変化

一林分内における各木の樹皮厚率曲線についてみたところ、現実にはほぼ並行することが認められた。すなわち、ある相対位置でより大きい樹皮厚率を示す木では、他の相対位置でも樹皮厚率はより大きかった。そして林分を単位として、各相対位置での樹皮厚率の標準偏差を求めると、表-2 に示すようになる。すなわち、相対位置が 0.1 から 0.3 に移ると樹皮厚率の変動は著しく減少し、その後はわずかに減少ないしはほとんど変化がない状態になる。この状態での標準偏差は、林分によりいくぶん異なるが、1% ないしはそれ以下である。

EH⁵⁾, PRODAN⁷⁾, 中山⁸⁾が、Fichte, Tanne, アカマツについて、胸高における直径と樹皮厚率との関係について示した結果からすると、一般に胸高直径の増大につれて樹皮厚率は双曲線的な減少傾向を示すとみられる。そして樹皮厚率の変化が小さくなり始める胸高直径の大きさは、Fichte ではほぼ 30cm とみられ、Tanne では 20cm ですでに樹皮厚率は変化しなくなっている。アカマツでは 30cm 以上のものが示されていないが、これまではまだ減少の傾向を維持している。

樹幹の下部および中央部の各相対位置における直径と樹皮厚率との間の相関係数についてみると、表-5 のような結果になる。

胸高直径と樹皮厚率の関係からすると、比較的小さい樹幹の林分では、直径と樹皮厚率の間には負の相関の存在が、そして樹幹がある直径以上になると相関が存在しなくなることが予想される。しかし現実の結果は表-5 にみられるとおりで、林分 O-3 や O-4 のように、各相対位置を通じて、予想されたような相関の存在がうかがえる林分もあるが、林分 M-8 のように予想とは逆の相関が認められる林分もある。そして表-1 に示す相対位置別の平均直径と表-5 に示す結果とをつき合わせてみ

表-5. 林分内における樹幹直径と樹皮厚率との間の相関係数

Table 5. Correlation coefficient between stem diameter and relative bark thickness within a stand

林分 Stand	梢端からの相対位置 Relative distance from tip			
	0.9	0.7	0.5	0.3
O-1	-0.002	-0.317	-0.613*	-0.386
O-2	-0.522**	-0.169	-0.293	-0.114
O-3	-0.326*	-0.325*	-0.236	-0.333*
O-4	-0.369*	-0.247	-0.457*	-0.235
O-5	0.126	0.038	0.076	0.137
M-7	0.018	-0.015	-0.090	-0.185
M-8	0.379*	0.386*	0.428**	0.571**
M-9	0.395*	0.185	0.095	-0.092

*: 危険率 5% で有意 Significant

**: 危険率 1% で有意 Highly significant

でも、直径の大きさと相関の程度や有無についてははっきりした関連は認められない。このような林分を単位とした場合の結果について、その原因を十分明らかにすることはできないが、一林分内という限定があることと、これに伴い直径の変域が限られたせまいものになることが、大きく関与していることは確かであろう。ともかく、現実には林分内での樹皮厚率の変動を直径の大きさと関連させて規制できないこともあるとともに、場合によっては一部規制できることもあるといえる。

相対位置 0.9 で、直径 $d_{0.9}$ と樹皮厚率 $B_p(\%)$ の間に危険率 5% で有意の相関が認められた林分について、回帰直線式を求めるとつぎのようになる。

$$O-2 \quad B_p = 7.1 - 0.147d_{0.9}$$

$$O-3 \quad B_p = 5.4 - 0.062d_{0.9}$$

$$O-4 \quad B_p = 5.4 - 0.057d_{0.9}$$

$$M-8 \quad B_p = 3.3 + 0.068d_{0.9}$$

$$M-9 \quad B_p = 2.6 + 0.082d_{0.9}$$

これらの林分での $d_{0.9}$ における最小値と最大値の差は、標本木での値からすると、いずれもほぼ 20 cm とおさえられた。そこで、上記の回帰式を用いて、 $d_{0.9}$ に従属させて B_p を推定した場合の、最小径木と最大径木における樹皮厚率の差を計算してみると、林分 O-2 でもっとも大きく約 3% その他の林分では 1.1~1.6% となる。これらの林分で、いま仮に樹皮厚率は $d_{0.9}$ の大小に無関係に一定であるとして推定したとする。この場合、樹皮厚率としては、林分の平均すなわち平均直径での樹皮厚率が用いられることになろう。この場合には、先の場合に比べて、林分 O-2 では最小径木および最大径木においてそれぞれ 1.5% ほどの誤差を生ずることになり、その他の林分ではそれは 0.6~0.8% となる。無皮直径 $d_{i.b.}$ は、皮付直径 $d_{o.b.}$ と樹皮厚率 $B_p(\%)$ に

よりつぎのように与えられる。

$$d_{i.b.} = d_{o.b.} \left(1 - \frac{B_p}{100} \right)$$

表-1 に示す各林分での $\bar{d}_{0.9}$ と前述したこれら林分内での最大直径値と最小直径値との差より、最大および最小の直径値を求め、これらにおける無皮直径値での最大誤差を上式に基づいて計算したところ、いずれの林分でもその大きさは 0.5 cm をこえなかった。

他の相対位置についても、相対位置 0.9 におけると同様にして計算してみたが、林分内での最大径木と最小径木とにおける直径差ならびに樹皮厚率の差は、ともにより小さくなった。それに加えて皮付直径の大きさも相対位置が樹幹の上部に移るにつれて小さくなってゆく。その結果、これらの相対位置における無皮直径値での誤差は、相対位置 0.9 におけるよりもさらに小さいものとなった。

立木での利用可能な丸太量の推定を目的とする時には、直径の大きさに対する相対量としての誤差よりも、直径値における絶対値としての誤差のほうがより重要である。樹幹の大きさ、特に直径、と樹皮厚率との関連を無視することにより生ずるこの種の誤差は、林分を単位とした時には、ほとんど問題にならないといえる。

IV. 無皮相対幹曲線の推定

樹皮厚の推定にあたっては、胸高直径や樹高で示された樹幹の大きさの階級別に与えられた樹皮厚表や樹皮厚率表を利用するという方法が、これまで普通に用いられている。相対幹曲線に基づく場合にもこのような方法は適用でき、たとえば ALTHERR⁴⁾ は、皮付の相対幹曲線から皮付のままの現実の幹曲線をまず求め、しかる後樹皮厚表を利用して無皮の現実の幹曲線を推定するという手順をとっている。このような方法は、樹皮厚ないしは樹皮厚率を示す表があらかじめ準備されていることを前提としてはじめて成立するわけで、この種の表がまだほとんど作られてない現状にあるわが国では、広く実用に供せる方法ではない。

林分を単位としての樹皮厚率曲線の縦断的变化の実態は、すでに明らかにしたとおりである。樹皮厚率推定の方法は、このような実態に忠実であるにこしたことはなく、より忠実であるほど方法自体のもつ正確さは増すであろう。しかし方法としては実用性もきわめて重要視されるべきことで、もし実用的見地からそれが必要であるならば、現実に許容できる誤差の限度内で、実態からのいくぶんの逸脱も許されてよからう。このような見地から

すると、同一林分内の木にあっては、樹幹の大きさおよび樹幹上の位置とは無関係に樹皮厚率は一定である、としてこれを推定することが実用的な一つの考え方として成立するとみられる。すなわち無皮の相対幹曲線はつぎのように与えられることになる。

林分内のすべての木に共通するものとして林分相対幹曲線があることや、それがスギでは具体的にどのようなことになるかということについては、前報^{1,2)}で明らかにした。いまこの林分相対幹曲線を $f(x)$ で表わす。そして林分の平均樹皮厚率を $B_p(\%)$ 、皮付の半径を $y_{0.b.}$ とすると、無皮の半径 $y_{i.b.}$ はつぎのように与えられる。

$$y_{i.b.} = \left(1 - \frac{B_p}{200}\right) y_{0.b.} = \left(1 - \frac{B_p}{200}\right) f(x)$$

これによると相対幹曲線の段階ですでに樹皮部分の差引きが行なえ、林分内のすべての木の無皮の現実の幹曲線の原型が得られる。この原型を現実の樹幹の大きさに応じてふくらませば、目的とする無皮の現実の幹曲線となる。

このような方法において、方法自体の正確さという面からすると、二つの問題がある。一つは樹幹の大小に関係なく樹皮厚率は一定であるとしたことであり、他の一つは樹幹上の位置の変化による樹皮厚率の差がないとしたことである。前者により生ずる誤差については、現実にはまず無視しうることをすでに明らかにした。ここでは後者に起因する誤差について、実験的に検討してみよう。

表-1 に示す8林分において、各林分での各相対位置における平均直径 $\bar{d}_{0.9}$ 、 $\bar{d}_{0.7}$ 、 $\bar{d}_{0.5}$ 、 $\bar{d}_{0.3}$ 、 $\bar{d}_{0.1}$ より、それぞれの $\bar{d}_{0.9}$ に対する比として得たものを、各林分での皮付林分相対直径列とする。そしてこれらと表-2 に示す各林分での各相対位置における平均樹皮厚率とより、無皮林分相対直径列を算出し、これを実測による正しいものとみなす。一方、梢端から樹高の9/10の位置における各林分での平均樹皮厚率を、樹幹上のどの位置にもあてはまるものとして、先に求めた各林分の皮付林分相対直径列より樹皮部分を差引いたものを、無皮林分相対直径列の推定値とする。このようにして求めた実測値と推定値および両者の差を示したのが表-6である。

この結果からすると、樹幹の下半分については推定値の誤差はほとんどなく、梢端に近づくにつれて誤差はいくぶん大きくなり、しかも推定値はやや過大に偏する、という樹皮厚率の縦断的变化の実態からして予想されるような傾向を示している。しかし梢端寄りの位置における相対直径値での誤差は、表-6においてみられるよう

表-6. 平均無皮相対直径の実測値と推定値の差
Table 6. Difference between the average relative diameter inside bark measured and that estimated

林分 Stand		梢端からの相対位置 Relative distance from tip				
		0.9	0.7	0.5	0.3	0.1
O-1	I	0.965	0.799	0.647	0.444	0.140
	II	0.965	0.799	0.650	0.451	0.149
	II-I	0	0.000	+0.003	+0.007	+0.009
O-2	I	0.956	0.817	0.697	0.527	0.194
	II	0.956	0.815	0.696	0.530	0.203
	II-I	0	-0.002	-0.001	+0.003	+0.009
O-3	I	0.959	0.821	0.681	0.468	0.166
	II	0.959	0.820	0.681	0.471	0.171
	II-I	0	-0.001	0.000	+0.003	+0.005
O-4	I	0.962	0.813	0.681	0.496	0.183
	II	0.962	0.815	0.682	0.500	0.189
	II-I	0	+0.002	+0.001	+0.004	+0.006
O-5	I	0.968	0.825	0.690	0.510	0.196
	II	0.968	0.827	0.693	0.516	0.204
	II-I	0	+0.002	+0.003	+0.006	+0.008
M-7	I	0.957	0.809	0.650	0.480	0.212
	II	0.957	0.808	0.653	0.484	0.222
	II-I	0	-0.001	+0.003	+0.004	+0.010
M-8	I	0.948	0.776	0.637	0.465	0.184
	II	0.948	0.776	0.642	0.474	0.195
	II-I	0	0.000	+0.005	+0.009	+0.011
M-9	I	0.953	0.815	0.671	0.489	0.202
	II	0.953	0.813	0.670	0.493	0.213
	II-I	0	-0.002	-0.001	+0.004	+0.011

I: 実測値 Measured II: 推定値 Estimated

に、量的には意外に小さい。相対位置0.1での樹皮厚率は、樹幹の下部や中央部におけるそれと比べるとかなり大きくなることは前述したとおりである。しかし相対直径での樹皮部分の大きさは、皮付相対直径と樹皮厚率の積として与えられ、皮付相対直径は梢端寄りではかなり小さい値となる。このため、梢端寄りの位置でも、樹皮厚率における差の割に相対直径値での誤差が小さくなったとみられる。そして現実の直径値での誤差をみると、つぎようになる。相対直径 η_i と現実の直径 d_i との間には、 $d_i = \eta_i \times d_{0.9}$ なる関係が成立する。いま η_i に0.01の誤差があったとして、 $d_{0.9}$ が20cm、40cm、60cmの場合の d_i での誤差は、それぞれ0.2cm、0.4cm、0.6cmとなる。これと表-6に示した相対直径での推定誤差とを考え合わせると、とくに利用対象とされる範囲の樹幹については、現実の直径での誤差は問題になるほどのものではないといえる。

これまでの検討結果からして、樹皮厚率の縦断的变化に厳密に忠実であるわけではないが、ここでとりあげたような皮付相対幹曲線から、無皮相対幹曲線への変換法は実用上十分な正確さをもつものであるといえる。

この方法では、樹皮厚率や樹皮厚率をあらかじめ準備しなくてもよいが、その代わりに林分の平均樹皮厚率 $B_p(\%)$ の推定を必要とする。前述した樹皮厚率の変化の実態からすると、平均樹皮厚率は樹種、生育地域、樹幹の平均的大きさなどを異にする林分ごとに推定するこ

とが望ましい。そしてその推定は標本木での皮付直径と樹皮厚の測定結果によることになるが、これらの測定位置は樹幹の下部であれば任意の位置でよい。測定実行上の便利さからすると、たとえば胸高という位置が考えられてもよい。なおこれの具体的方法については、次の報告で相対幹曲線に基づく無皮の現実の幹曲線の具体的な推定方法を扱う予定であるので、そこで述べる。

ここでとりあげたような樹皮厚率の推定方法は、相対幹曲線におけるのみでなく、その他の場合にも適用できるもので、樹皮厚に関するわが国での研究成果の現状を考えると、普遍性の高い実用上有効な一つの方法であるといえよう。

引用文献

- 1) 梶原幹弘: スギ同齡林における相対幹曲線の変動について。日林誌 54: 340~345, 1972
- 2) 梶原幹弘: スギの相対幹曲線について。日林誌 55: 63~70 1973
- 3) BOLSINGER, E.: Inhalt und Schaffform der grünen Douglasie. II. Ausbauchungsreihen, Rindenstärke und Sortierungstafel der grünen Douglasie. Mitt. Württ. Forstl. Versuchsanst. 13(2): 20~55, 1956
- 4) ALTHERR, E.: Untersuchungen über Schaffform, Berindung und Sortimentsanfall bei der Weißtanne. Allg. Forst- und Jagdztg. 134: 111~122, 140~151, 1963
- 5) EH, H.: Untersuchungen über die Rindenstärke der Fichte in einigen Wuchsbezirken des württ. Oberschwabens. Allg. Forst- und Jagdztg. 132: 104~109, 1961
- 6) 本吉瑠璃夫, 本城尚正, 妹尾俊夫: 樹皮厚率の表わし方について。京府大演報 10: 28~33, 1966
- 7) PRODAN, M.: Holzmesslehre. S. 15~18, J.D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt, 1965
- 8) 中山博一: 林木材積測定学。163~167頁, 金原出版, 東京, 1969

(1972年11月13日受理)