

幹の平均比重をしめす位置について

加 納 孟⁽¹⁾

近年、林木の品種改良やパルプ材としての材質判定のために、立木から小試片を採取し、これによつてその材質を推定する方法が要求されている。このような場合には、一般に、Sampling される立木の本数はかなり多数であることがおおく、したがつて、この小試片の解析に用いられる方法は、出来るだけ簡便であるとともに、十分、精密な結果が要求される。

この要求にたいして、まず、成長錐 core による比重の測定方法が検討され、core で測られた容積密度数 (coreの直径を一定とし、採取されたcoreの長さを測つて、試片の体積をもとめ、これを基準にしてもとめた容積密度数) は、これに近接して採取された試験片 (供試木を伐倒後、成長錐が挿入された位置で円板を採取し、この円板についてcoreの方向にそつて木取られた試験片) について測定された容積密度数にくらべて、その誤差は5%程度で、実用上、きわめて近似していることをしめした¹⁾。

しかし、幹のなかの比重のパラツキは、同一の樹種内においてもかなり大きく、2~3倍近い変異をしめすことが普通である。このような幹のなかの比重の分布については、すでに、おおくの研究がおこなわれているが、なお、法則的な関係を抽出する段階には至っていない。したがつて、幹のどの部位が、幹全体の比重の平均値をしめすかという課題にたいしては、従来の研究結果からは、なお、十分満足すべき解答があたえられていない。

一方、立木の成長調査等においては、古くから胸高位置が測定の基準とされており、成長錐を用いる場合にも、この位置に挿入することが普通である。しかし、この位置が材質調査にさいして、どのような意味をもつものであるかは、不明なことがおおく、ただ、習慣的に胸高位置での調査がおこなわれているにすぎない。

この研究においては、幹のどの位置で測つた容積密度数が、幹全体の平均値に近い値をしめすかを検討しておくために、すでに調査済みのスギ造林木の資料について、取り纏めをおこなつたものである。

供 試 木 の 概 要

この取り纏めに用いた供試木は、釜淵スギ (3本)、西川スギ (10本) であり、これらについては、幹のなかの容積密度数の分布の様相、幹の枝下材と樹冠材の材部べつの材質的な特徴などが、総てこれまでの報告^{2), 3)}に記載されているものである。

取 り 纏 め の 方 法

(1) 各供試木の地上高べつの円板について、その樹齡階 (樹皮側から、5年おきの齡階) と幹の方位 (幹

(1) 木材部材料科材質第二研究室長・林学博士

Table 1. 地上高べつの円板における R_1 , R_2 , R
 The values of R_1 , R_2 and R obtained at each disk, and

円板における部位 Division in disks	供 試 木 No. of sample trees	地 上 Height in					
		0.2	1.2	3.2	5.2	7.2	9.2
枝 下 材 Stem-formed wood (R_1)	No. 595 (Kamabuchi)	232	271	280	267	270	269
	No. 611 (//)	255	267	304	295	294	297
	No. 815 (//)	309	349	344	340	345	326
	No. 5 (Nishikawa)	314	343	365	359	356	344
	No. 6 (//)	300	377	408	416	415	412
	No. 13 (//)	312	342	343	337	343	359
	No. 19 (//)	416	449	495	481	497	474
	No. 21 (//)	290	328	344	343	358	370
	No. 26 (//)	269	301	324	338	339	334
	No. 39 (//)	348	360	350	360	356	356
	No. 40 (//)	342	357	376	383	391	403
	No. 43 (//)	334	365	387	405	409	431
	No. 45 (//)	327	371	391	412	418	457
樹 冠 材 Crown-formed wood (R_2)	No. 595 (Kamabuchi)	372	367	304	293	299	294
	No. 611 (//)	344	351	346	317	334	329
	No. 815 (//)	438	432	372	330	347	356
	No. 5 (Nishikawa)	367	310	337	326	345	336
	No. 6 (//)	327	335	374	340	372	396
	No. 13 (//)	325	345	352	372	348	357
	No. 19 (//)	458	478	426	401	422	477
	No. 21 (//)	380	317	302	310	330	345
	No. 26 (//)	348	299	322	332	342	362
	No. 39 (//)	336	358	336	341	347	336
	No. 40 (//)	311	320	316	333	332	330
	No. 43 (//)	372	382	350	372	378	418
	No. 45 (//)	384	372	360	402	402	424
全 円 板 Disk as a whole (R)	No. 595 (Kamabuchi)	246	281	282	272	277	278
	No. 611 (//)	271	283	313	301	302	308
	No. 815 (//)	341	373	352	336	346	339
	No. 5 (Nishikawa)	319	335	356	348	350	341
	No. 6 (//)	329	362	396	394	398	403
	No. 13 (//)	313	342	346	345	345	345
	No. 19 (//)	418	457	455	439	451	477
	No. 21 (//)	293	327	334	337	344	354
	No. 26 (//)	290	301	324	336	341	355
	No. 39 (//)	348	359	346	347	351	343
	No. 40 (//)	320	345	348	354	368	356
	No. 43 (//)	343	369	373	391	396	421
	No. 45 (//)	338	372	380	407	406	438

注 R_1 : 各円板の枝下材部における容積密度数の平均値

Note

R_2 : // 樹冠材部 // //

R : 各円板における容積密度数の平均値

R_{s1} : 各供試木の幹の枝下材における容積密度数の平均値

R_{s2} : // 樹冠材 // //

R_s : 各供試木の幹の容積密度数の平均値

および各供試木における R_{s1} , R_{s2} , R_s the values of R_{s1} , R_{s2} and R_s averaged at each sample stem.

高 (m)								
stems	11.2	13.2	15.2	17.2	19.2	21.2	23.2	25.2
275	259	275						272
305	312	311						297
335								337
362	362							350
384								395
360								341
								464
374	368	368						336
348								322
348								354
411								368
426								386
435								391
303	291	291	289	288	301	315	390	302
326	324	322	330	353	353			340
332	354	362						367
364	385	375	365					347
395	422	440						370
363	373	362	375	402				366
477	461	469						440
362	373	357	374	518				346
387	418	413						359
346	363	369	334					346
346	371	381						333
423	428	440						395
434	427	435						408
289	282	286	289	288	301	315	390	283
309	317	330	353	353				310
333	354	362						347
363	375	375	365					349
393	422	440						387
359	362	373	362	375	402			349
477	461	469						454
365	372	362	374	518				339
376	418	413						336
346	363	369	334					350
362	371	381						353
424	428	440						389
435	427	435						398

 R_1 : Average values of bulk density obtained at stem-formed portion in each disk. R_2 : Average values of bulk density obtained at crown-formed portion in each disk. R : Average values of bulk density obtained at each disk as a whole. R_{s1} : Average values of bulk density obtained at stem-formed wood in each stem. R_{s2} : Average values of bulk density obtained at crown-formed wood in each stem. R_s : Average values of bulk density obtained at each stem as a whole.

の山一谷側とこれに直交する合計 4 位) べつに木取つた供試片についてもとめた容積密度数の測定値について、同一の地上高の同一の齢階に属する 4 方位のものを平均して、各地上高における齢階べつの容積密度数とした。

(2) 各円板における齢階べつの容積密度数を、これまでの報告で、すでにもとめられている円板の枝下材部と樹冠材部の区分にしたがい、それぞれの材部べつの平均値と円板全体についての平均値としてもとめた。

この円板の部位べつにおける容積密度数の平均値のうち、枝下材部のものを R_1 、樹冠材部のものを R_2 、円板全体における平均値を R としてしめた (Table 1)。

(3) R_1 , R_2 , R の計算にたいしては、各円板における齢階べつの容積密度数 (4 方位の測定値の平均

Table 2. 地上高べつの円板における

The values of $\frac{R_1 - R_{s1}}{R_{s1}} \times 100$,

	供 試 木 No. of sample trees	地 Height				
		0.2	1.2	3.2	5.2	7.2
枝 下 材 Stem-formed wood $\left(\frac{R_1 - R_{s1}}{R_{s1}} \times 100\right)$	No. 595 (Kamabuchi)	-14.7	-0.4	+2.9	-1.8	-0.7
	No. 611 (//)	-14.1	-10.1	+2.4	-0.7	-1.0
	No. 815 (//)	-8.3	+3.6	+2.1	+0.9	+2.4
	No. 5 (Nishikawa)	-10.3	-2.0	+4.2	+2.6	+1.7
	No. 6 (//)	-24.1	-4.6	+3.3	+5.3	+5.0
	No. 13 (//)	-8.5	+0.3	+0.6	-1.2	+0.6
	No. 19 (//)	-10.3	-3.2	+6.7	+3.7	+7.1
	No. 21 (//)	-13.7	-2.4	+2.4	+2.1	+7.7
	No. 26 (//)	-16.5	-6.5	+0.6	+5.0	+5.3
	No. 39 (//)	-1.7	+1.7	-1.1	+1.7	+0.6
	No. 40 (//)	-12.0	-3.0	+2.2	+4.1	+6.2
	No. 43 (//)	-13.5	-5.4	+0.3	+4.9	+6.0
	No. 45 (//)	-16.4	-5.1	0	+5.4	+6.9
樹 冠 材 Crown-formed wood $\left(\frac{R_2 - R_{s2}}{R_{s2}} \times 100\right)$	No. 595 (Kamabuchi)	+23.2	+21.5	+0.7	-3.0	-1.0
	No. 611 (//)	+1.2	+3.2	+1.8	-6.8	-2.1
	No. 815 (//)	+19.3	+17.7	+1.4	-10.1	-8.2
	No. 5 (Nishikawa)	+5.8	-10.7	-2.9	-6.1	-0.6
	No. 6 (//)	-11.6	-9.5	+1.1	-8.1	+0.5
	No. 13 (//)	-11.2	-5.7	-3.8	+1.6	-4.9
	No. 19 (//)	+4.1	+8.6	-3.2	-8.9	-4.1
	No. 21 (//)	+9.8	-8.4	-12.7	-10.4	-4.6
	No. 26 (//)	-3.1	-16.7	-10.3	-7.5	-4.7
	No. 39 (//)	-2.9	+3.5	-2.9	-1.4	+1.4
	No. 40 (//)	-6.6	-3.9	-5.1	0	+0.3
	No. 43 (//)	-5.8	-3.3	-11.4	-5.8	-4.7
	No. 45 (//)	-5.9	-8.8	-11.8	-1.5	-1.5
全 円 板 Disk as a whole $\left(\frac{R - R_s}{R_s} \times 100\right)$	No. 595 (Kamabuchi)	-13.1	-0.7	-0.4	-3.9	-2.1
	No. 611 (//)	-12.6	-8.7	+1.0	-2.9	-2.6
	No. 815 (//)	-1.7	+7.5	+1.4	-3.2	-0.3
	No. 5 (Nishikawa)	-8.6	-4.0	+2.0	-0.3	+0.3
	No. 6 (//)	-15.0	-6.5	+2.3	+1.8	+2.8
	No. 13 (//)	-10.3	-2.0	-0.9	-1.1	-1.1
	No. 19 (//)	-7.9	+0.7	+0.2	-3.3	-0.7
	No. 21 (//)	-13.6	-3.5	-1.5	-0.6	+1.5
	No. 26 (//)	-13.7	-10.4	-3.6	0	+1.5
	No. 39 (//)	-0.6	+2.6	-1.1	-0.9	+0.3
	No. 40 (//)	+9.3	-2.3	-1.4	+0.3	+4.2
	No. 43 (//)	-11.8	-5.1	-4.1	+0.5	+1.8
	No. 45 (//)	-15.1	-6.5	-4.5	+2.3	+2.0

また、地上高べつに、この較差の絶対値について、最大、最小、平均値をもとめた (Table 3)。

$$\frac{R_1 - R_{s1}}{R_{s1}} \times 100, \quad \frac{R_2 - R_{s2}}{R_{s2}} \times 100 \quad \text{および} \quad \frac{R - R_s}{R_s} \times 100$$

$$\frac{R_2 - R_{s2}}{R_{s2}} \times 100 \quad \text{and} \quad \frac{R - R_s}{R_s} \times 100$$

上 in stems		高 (m)						
9.2	11.2	13.2	15.2	17.2	19.2	21.2	23.2	25.2
— 1.1 0 — 3.2 — 1.7 + 4.3 + 5.3 + 2.2 +10.1 + 3.7 + 0.6 +12.2 +11.7 +16.9	+ 1.1 + 2.7 — 0.6 + 3.4 — 2.8 + 5.6 +11.3 + 8.1 — 1.7 +11.7 +10.4 +11.3	— 4.8 + 5.1 + 3.4 + 9.5	+ 1.1 + 4.7 + 9.5					
— 2.6 — 3.2 — 3.0 — 3.2 + 7.0 — 2.5 + 8.4 — 0.3 + 0.8 — 2.9 — 0.9 + 5.8 + 3.9	+ 0.3 — 4.1 — 9.5 + 4.9 + 6.8 — 0.8 + 8.4 + 4.6 + 7.8 0 + 3.9 + 7.1 + 6.4	— 3.6 — 4.7 — 3.5 +11.0 +14.1 + 1.9 + 4.8 + 7.8 +16.4 + 4.9 +11.4 + 8.4 + 4.7	— 3.6 — 5.3 — 1.4 + 8.1 +18.9 — 1.1 + 6.6 + 3.2 +15.0 + 6.6 +14.4 +11.4 + 6.6	— 4.3 — 2.9 + 5.2 + 2.5 + 8.1 — 3.5	— 4.6 + 3.8 + 9.8 +49.7	— 0.3 + 3.8	+ 4.3	+29.1
— 1.8 — 0.6 — 2.3 — 2.3 + 4.1 + 2.9 + 5.1 + 4.4 + 5.7 — 2.0 + 0.8 + 8.2 +10.1	+ 2.1 — 0.3 — 4.0 + 4.0 + 1.6 + 3.7 + 5.1 + 7.7 +11.9 — 1.1 + 2.5 + 9.0 + 9.3	— 0.4 + 2.3 + 2.0 + 7.4 + 9.0 + 6.9 + 1.5 + 9.7 +24.4 + 3.7 + 5.1 +10.0 + 7.3	+ 1.1 + 6.5 + 4.3 + 7.4 +13.7 + 3.7 + 3.3 + 6.8 +22.9 + 5.4 + 7.6 +13.1 + 9.3	+ 2.1 + 4.2 + 4.5 + 7.4 +10.3 — 4.6	+ 1.8 + 4.2 +15.2 +52.8	+ 6.4	+11.3	+37.8

Table 3. 地上高べつの円板における $\frac{R_1-R_{s1}}{R_{s1}} \times 100$, $\frac{R_2-R_{s2}}{R_{s2}} \times 100$ および $\frac{R-R_s}{R_s} \times 100$ の絶対値の最大, 最小, 平均

The maximum, minimum and mean values in the absolute values of $\frac{R_1-R_{s1}}{R_{s1}} \times 100$, $\frac{R_2-R_{s2}}{R_{s2}} \times 100$ and $\frac{R-R_s}{R_s} \times 100$ obtained at every disk taken at regular intervals in every stem.

(1) 釜淵スギ (供試本数: 3) Sample Sugi trees at Kamabuchi (Number of samples: 3).

地上高 Height in stems (m)	$\frac{R_1-R_{s1}}{R_{s1}} \times 100$			$\frac{R_2-R_{s2}}{R_{s2}} \times 100$			$\frac{R-R_s}{R_s} \times 100$		
	Max. %	Min. %	Av. %	Max. %	Min. %	Av. %	Max. %	Min. %	Av. %
0.2	14.7	8.3	12.4	23.2	1.2	10.9	13.1	1.7	9.1
1.2	10.1	0.4	4.7	21.5	3.2	9.4	8.7	0.7	5.6
3.2	2.9	2.1	2.5	2.1	0.7	1.5	1.4	0.4	0.9
5.2	1.8	0.7	1.1	6.8	0.9	3.6	3.9	2.9	3.3
7.2	2.4	0.7	1.4	2.4	1.0	1.8	2.6	0.3	1.7
9.2	3.2	0	1.4	3.2	2.6	3.0	2.3	0.6	1.6
11.2	2.7	0.6	1.5	4.1	0.6	1.7	4.0	0.3	2.1
13.2							2.3	0.4	1.6
15.2							4.3	1.1	2.6

(2) 西川スギ (供試本数: 10) Sample Sugi trees at Nishikawa (Number of samples: 10)。

地上高 Height in stems (m)	$\frac{R_1-R_{s1}}{R_{s1}} \times 100$			$\frac{R_2-R_{s2}}{R_{s2}} \times 100$			$\frac{R-R_s}{R_s} \times 100$		
	Max. %	Min. %	Av. %	Max. %	Min. %	Av. %	Mix. %	Min. %	Av. %
0.2	24.1	1.7	12.7	11.6	2.9	6.7	15.1	0.6	10.6
1.2	6.5	0.3	3.4	16.7	3.5	7.9	10.4	0.7	4.4
3.2	6.7	0	2.1	12.7	1.1	6.5	4.5	0.2	2.2
5.2	5.4	1.2	3.6	10.4	0	5.1	3.3	0	1.1
7.2	7.7	0.6	4.7	4.9	0.3	2.7	4.2	0.3	1.6
9.2	16.9	1.7	6.9	8.4	0.3	3.6	5.1	0.8	4.6
11.2	11.7	2.8	7.4	8.4	0	5.1	11.9	1.1	5.6
13.2				16.4	1.9	8.5	24.4	1.5	8.5
15.2				18.9	1.1	9.2	22.9	3.3	9.3

結 果

(1) 枝下材においては, 地上高べつの円板における容積密度数 (R_1) とこの材部の標準値 (R_{s1}) との差 ($\frac{R_1-R_{s1}}{R_{s1}} \times 100$) は胸高以下の位置においては, ほとんど (−) の符号をとっており, この位置における容積密度数は枝下材の標準値 (R_{s1}) にくらべて過小であることをしめしている。胸高をこえると, この符号は一定しないが, 地上高を増すにつれて, 次第に (+) になる傾向があらわれ, 地上高の比較的高い位置 (11.2m 以上) では, この材部の標準値にくらべて, その容積密度数は過大になる傾向があきらかである。

(2) 釜淵, 西川スギとも, $\frac{R_1-R_{s1}}{R_{s1}} \times 100$ の絶対値の平均値は, 地上高 0.2m では12%以上であるが,

地上高 12.~7.2m の範囲では、いずれの断面においても 5% 以下であった。

(3) 樹冠材においては、地上高べつの円板における容積密度数 (R_2) とこの材部の標準値 (R_{s2}) との差 ($\frac{R_2 - R_{s2}}{R_{s2}} \times 100$) は地上高べつには、必ずしも一定の符号をしめさない。

(4) ($\frac{R_2 - R_{s2}}{R_{s2}} \times 100$) の絶対値の平均値は、地ぎわに近い地上高 0.2m においては 6.7~10.9% で、この位置の枝下材部におけるよりやや小さいが、胸高位置においては、7.9~9.4% で枝下材部にくらべてかなりたかい。

また、胸高以下の位置においては、この絶対値の最大が 20% 以上になる例（釜淵スギ No. 595）もみられている。

(5) 全樹幹における地上高べつの $\frac{R - R_s}{R_s} \times 100$ の符号は、枝下材の場合に類似しており、この絶対値の平均値は、地上高 1.2~9.2m の範囲では、ほぼ 5% 以下のものがおおい。

(6) 従来の研究結果²⁾³⁾ から、枝下材を幹の代表的な材部であると考え、この材部の容積密度数は胸高もしくはこれより若干たかい位置における Sampling で、ほぼ推定することができる。この場合の推定誤差は、枝下材の容積密度数の標準値の 5% 以下である。

(7) 成長錐 core による比重の推定では、樹心に近いほどその誤差は大きく、したがって、この方法による場合でも、枝下材の測定は誤差が小さいことになる。

文 献

- 1) KANÔ, T.: Method of evaluating wood quality by means of small specimens. Fifth world Forestry Congress. G.P 25, VI, B, (1960).
- 2) 加納 孟: スギの材質 (第 1 報) 釜淵産スギ, 林試研報, 125, (1960).
- 3) 加納 孟: スギの材質 (第 2 報) 西川産スギ, 林試研報, 134, (1961).
- 4) ZOBEL, B. J., C. WEBB and F. HENSON: Core or juvenile wood of Loblolly and Slash pine trees. TAPPI, 40, 5, (1959).

The Position in Stems indicating the Average Values of Bulk Density.

Takeshi KANÔ

(Résumé)

In the method of evaluating wood qualities for pulp wood, there is recently increasing interest in wood property analyses of small samples which can be taken from living trees by nondestructive means.

For this purpose, we are studying the bulk density obtained with samples of increment core. In measuring the bulk density of increment core, the error was less than 5% in the average measurement values of specimens taken from the disks of felled trees.

These results were reported as one of the general papers at the Fifth World Forestry Congress. Then, it is necessary to decide that the values of bulk density made from increment cores may serve as usefully accurate indications of average levels in the stem as a whole. In this case, one of the most important problems in deciding the values of bulk density is whether the

test sample represents its variation within the stem. For this purpose, the study of the diagrammatic distribution of bulk density within the stems will give us accurate information about it (research on Sugi and Todo-fir is being carried out).

In this work, we are studying the standard values of bulk density within the stems and its deviations obtained at different parts of stem. Thus, there has been developed a method for measuring the bulk density of stems by means of small specimens.

The sample trees

The 13 Sugi trees (*Cryptomeria japonica* D. Don) sampled at Kamabuchi and Nishikawa districts are selected for this study. The values of bulk density measured at every disk taken at regular intervals of 1~2 m, show the variations of bulk density in the stem for the preparation of diagrams of longitudinal section. In these diagrams, we divided the stem into the so-called stem- and crown-formed wood by means of demarcation where branches had died within the stems.

Result

In this paper, the average values of bulk density on the part of stem-formed wood (R_1), crown-formed wood (R_2) and disks as a whole (R) are calculated on every disk taken at regular intervals.

Then, the average values of R_1 , R_2 , R are calculated on every part of stem, and are shown respectively as Rs_1 , Rs_2 and Rs .

The values of the deviation of $\frac{R_1 - Rs_1}{Rs_1} \times 100$, $\frac{R_2 - Rs_2}{Rs_2} \times 100$, and $\frac{R - Rs}{Rs} \times 100$ are shown in Table 2, and in Table 3 the absolute values of these deviations are indicated for its maximum, minimum and mean values. In stem-formed wood, the deviation values of $\frac{R_1 - Rs_1}{Rs_1} \times 100$ are almost negative under the breast height of sample trees, but this strain has a tendency of diminishing over the breast height and these gradually become positive with the increase of height in stems.

The average absolute values of $\frac{R_1 - Rs_1}{Rs_1} \times 100$ are more than 12% on the disks taken at the height of 0.2m above ground, but less than 5% at the height of 1.2~7.2m above ground.

In crown-formed wood, the deviation values of $\frac{R_2 - Rs_2}{Rs_2} \times 100$ do not always become a definite sign at the different height in disks. The average absolute values of $\frac{R_2 - Rs_2}{Rs_2} \times 100$ are about 7~11% on the disks in height 0.2m, which are less than the values in stem-formed wood, but these are 8~9% at the breast height, which are more than the values in stem-formed wood.

In disks as a whole, the average absolute values of $\frac{R - Rs}{Rs} \times 100$ are about 5% at the height of 1.2~9.2m, which are almost the same as those in stem-formed wood.

As a result of this study, it has become evident that specimens taken at the sampling point which is a little higher than breast height, approximately represent the bulk density in stems as a whole. In this case, specimens should be sampled exclusive of the crown-formed wood, since the crown-formed wood is mostly irregular in bulk density.