



Title	北海道産ブナ材の構成要素率に関する一研究
Author(s)	石田, 茂雄; 堀川, 洋; 三谷, 邦彦
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 23(1), 31-44
Issue Date	1964-02
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/20831">http://hdl.handle.net/2115/20831</a>
Type	bulletin (article)
File Information	23(1)_P31-44.pdf



[Instructions for use](#)

# 北海道産ブナ材の構成要素率 に関する一研究

石田茂雄\*  
堀川洋\*\*  
三谷邦彦\*\*\*

A Study on Volumetric Composition of Beech  
Wood, *Fagus crenata*, grown in Hokkaido

By

Shigeo ISHIDA, Hiroshi HORIKAWA  
and Kunihiko MITANI

## 目次

序	31
実験方法	33
実験成績ならびに考察	34
要約	41
引用文献	42
Summary	43

## 序

木材はいろいろな細胞から構成されているので、それら細胞の種類、性状、年輪内における配列、材部を構成する容積割合などによって、その材質が著しい影響を受けるものと考えられる。木材利用における根本的問題の一つである木材材質の多様性は、その構成細胞要素の多様性にもとづくところ大なりといわなければならない。一方、たとえば、われわれは木材の見掛上の一性質たる年輪幅あるいは夏材率と材の理学性との間に、しばしば相関の関係が存在するのを認めることができるが、これをもう一歩さかのほれば、この関係は、主としてそれらの木材を構成する諸細胞要素（膜量を考えた）の材構成割合と材質の相関であると考えることができる。そこで、この事情にかんがみ、木材材質の多様

\* 石田茂雄：北海道大学農学部林産学科 助教授 林学博士

\*\* 堀川 洋：天塩川木材株式会社

\*\*\* 三谷邦彦：池内ベニア株式会社

性、その中に見出される法則性の実体を、その構成要素率にまでさかのぼって明らかにすることは、木材利用の観点からも極めて必要なことといわなければならない。われわれが、この問題に関心を持つ所以もまたここにある。

いろいろの細胞が木材を構成している割合すなわち木材構成要素の比率については古くから関心もたれ、植物学的立場から、木材利用の立場から、あるいは造林学の立場などから研究がおこなわれた。その方法に関しても、たとえば、木材組織の拡大写真について要素の面積を直接測定する方法 (W. J. De SMIDT 1922)、拡大写真の印画紙から測定すべき要素を切抜いて重量を測る方法 (J. E. MYER 1922)、あるいは顕微鏡による拡大像から、線、格子などを用いて要素を読みとり、統計的に推測する方法 (HUBER/PRÜTZ 1938, H. SCHULZ 1957) など、いろいろな方法がとられ、それによって測定された要素率に関する多くの報告がある。本邦においても平井、長友、貴島、小林、丸山氏らの報告がある。

木材の要素率、すなわち、木材構成各要素の容積の比率は、それを直接測定することは極めて困難と考えられる。したがって、従来、上述のように間接的な、いろいろな方法が用いられているのであるが、測定の目的に応じた簡便さと精度をもつ、統一的な方法の確立が望ましい。これに関連する丸山氏の報告 (1957)<sup>4)</sup> があるが、なお今後の検討が必要であろう。

ここに筆者らが報告するのは、おおむね SCHULZ (1957)<sup>7)</sup> の方法に準じ、氏の報告との比較の意味をも兼ねて、日本産の重要な広葉樹材の一つであるブナ (*Fagus crenata* BL.) 材の要素率を算点法 (Dot counting method) によって測定した結果をとりまとめたものである。測定点の数、その他についての予備的検討が十分でなく、また、実験技術の面、たとえば、プレパレート<sup>8)</sup>の作製とくに切片の切取り、格子の交点の大きさ、鮮明さなどで不十分な点がすくなくなかった。この点は実際の読み取りに際して慎重を期し、すくなくとも膜、内腔を合わせた各要素細胞の測定に関しては、できるだけ精度を上げるよう努力したが、膜率については高い測定精度を期待できなかつた。この点はなほだ不満足であるが、膜率したがって孔隙率については更に方法を検討してよい測定をおこないたい。

なお、本実験の発案、総括的な指導は北大林学教室大沢正之元教授がなされ、石田は測定技術の面で予備実験を重ね、その上で、全く同法によって、著者の一人三谷は地上高 0.8 m の断面(後述)を、堀川は 2.8 m の断面の測定を担当した。もちろん個人差の入らないよう十分注意した積りであるが、この点についてもいろいろ問題はあろうと思う。最後の取纏めは石田が担当した。ここに、指導をいただいた大沢北大名誉教授に厚く御礼を申し上げる。

実験方法

実験に供したブナ材は、北海道道有林上ノ国事業区(桧山支庁管内)にあり、松前林務署の管轄) 57 林班 ろ小班産の、俗にアオブナあるいはシロブナと呼ばれているもので、いわゆるアカブナに比べて偽心材の非常にすくない材\*である。試験木は、胸高直径 34 cm、樹高約 20 m、樹令約 100 年の、林分の優勢木であった。これを伐採して、地上高 0.8 m および 2.8 m の位置から、それぞれ供試円板一枚ずつを切取った。

供試円板について生長状況その他の所要の調査をおこなった後、円板の南東側から、測定に供すべき横断面の検鏡用切片を、その半径上に、ほぼ連続的に取り、サフランインで染色し、常法に従って永久プレパラートを作った。切片の厚さは 10~15 μ が適当と考えられたが、ミクロトームの調子その他の事情で、実際に測定に供したのものには、それより幾分厚いものが多かった。

測定対象とした構成要素の種類は、木繊維 (Wood fibers)、道管 (Vessels)、仮道管 (Tracheids)、柔細胞 (Longitudinal parenchyma) および射出線 (Wood rays) で、射出線以外は、さらに細胞膜 (Cell wall) と内腔 (Lumen) にわけたが、これらを材組織の横断面拡大像だけで判定しなければならないので、細胞の種別判定に木材組織学的な厳密さを望むことは困難であった。とくに“仮道管”という項には、SCHULZ (1957)<sup>7)</sup> の場合と同様、仮道管の外に、小道管の一部、大形の木繊維などが含まれているものと思われる。

これらの構成要素についての観測はすべて顕微鏡の視野の中でおこなわれた。すなわち Fig. 1-a に示すように、横断面切片の各年輪の早材部 (Earlywood : E)、中間部 (1 年輪幅の中央部、Middle : M)、晩材部 (Latewood : L) の各々について、顕微鏡による 480 倍 (対物 60×、接眼 8×) の拡大像を観察しながら、接眼鏡に挿入された Fig. 1-b に示すような格子マイクロメーターの 5 つの交点の直下の細胞の名前を、その膜、内腔の別に記録した。測定手順をもうすこし具体的に述べよう。たとえば、図に示す年輪の早材部測定

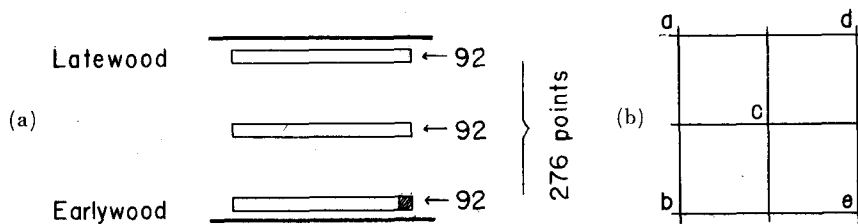


Fig. 1. (a): Location of basic measuring belts in an annual ring and (b): grid showing 5 cross points used for the counting.

\* 宮島氏の報告 (1959, 北大演・報. 20 卷 1 号) の供試材は、本報告の供試材といろいろの点でかなり近い性質をもつものと考えられる。

帯の要素率を求めるため、その帯の右端(斜線部)を最初の測定視野にしたとする。この部分を480倍に拡大し、接眼鏡の中の格子をその上に重ね合わせる(superpose)。まず、格子の交点a, b, c, d, eの直下の測定要素を細胞の種類、膜、内腔別に記録し、しかる後に格子の点aおよびbの直下にあった部分が、それぞれ、dおよびeの直下に来るように、プレパラートを測定帯の長さの方向すなわち年輪方向に移動し、新たに、a, b, c直下の測定要素を記録する。このような操作を30回繰返し、早材部について測定すべく予定された測定帯の全長の測定記録を終了する。同様にして中間部、晩材部の測定をおこない、次の年輪に移る。

各要素の材構成比率は、その対象とする材部横断面について記録された全度数  $N$  に対する、それぞれの要素の度数  $n$  の比  $n/N$  で与えられる。たとえば、ある年輪の早材部測定帯における木繊維の要素率すなわち木繊維率は、その測定帯について記録された全度数(本実験においては  $N=92$ ) に対する、木繊維として記録された度数  $n_f$  の比  $n_f/N$  (92) で示される。これらの数値は、材を構成する諸要素の容積比を示すものと解されるので、これを材の構成要素率 (Volumetric composition, Cellular percentage) と呼ぶ。

本測定では、上述のように、1年輪内の早材部、中間部、晩材部に、年輪方向に長い要素率測定帯を設け、測定・計算をおこなった。このおのおの測定帯が、この実験における測定・計算の基本の単位となるものである。一測定帯の実際の大きさをその端点間距離で表わすと、年輪方向の両端点間距離は3.3 mm、半径方向のそれは0.33 mmである。測点間距離(測定に際し、格子のa—c, b—c……などに重なってみえる材部の実際の長さ)は0.118 mmである。

#### 実験成績ならびに考察

はじめに、測定成績全体を総括的に整理したものを第1表(Table 1)に示す。表の中に樹高別に示された要素率の数値は、樹高別各円板の1年輪毎に求められたそれぞれの要素率(各要素の、年輪内部分別ならびに1年輪全体としての要素率)の値を、円板別に、測定対象となった全年輪について算術平均した値であり、平均(av.)の欄には2円板についての算術平均値を示す。たとえば、木繊維の早材部における比率48%なる数値は、地上高0.8 mから取られた円板の測定対象年輪の早材部測定帯における木繊維率を、対象全年輪について算術平均した値である。また、たとえば、合計(Total)における木繊維率の52%は、各年輪の測定帯について測定された値を合算し、1年輪として求められた木繊維率の、全年輪についての平均値、さらに早材部av.の43%は両樹高における値48%と37%の平均値である。( )内は変化の範囲を示す。

まず、Totalの欄から知りうるように、この測定におけるブナ材の容積の約8割は木

Table 1. Average cellular percentage of beech wood.

	Height above the ground (m)	Cellular percentage				
		E*	M*	L*	Total	SCHULZ**
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Wood fibers	0.8	48	47	61	52	
	2.8	37	40	53	43	
	av.	43	44	57	<b>48</b> (26...63)	42 (32...59)
Vessels	0.8	36	36	17	29	
	2.8	46	44	24	38	
	av.	41	40	21	<b>34</b> (18...54)	31 (17...45)
Tracheids	0.8	2	2	3	2	
	2.8	3	3	3	3	
	av.	3	3	3	<b>3</b> (0...8)	5 (1...9)
Longitudinal parenchyma	0.8	1	3	5	4	
	2.8	2	2	7	3	
	av.	2	3	6	<b>4</b> (0...7)	5 (1...11)
Wood rays	0.8	13	12	15	13	
	2.8	12	11	14	12	
	av.	13	12	14	<b>13</b> (5...20)	17 (10...25)

\* E: Earlywood. M: Middle part of annual ring width.

L: Latewood.

\*\* See references 7

繊維と道管から成り、また1割強が射出線から、そして残りが仮道管、柔細胞からなっている。この値は SCHULZ (前出)<sup>7)</sup> が報告したものに比べ、木繊維、道管において幾分大きく、射出線において幾分小さい。木繊維および道管の要素率は樹高の違いによって異なり、木繊維では地上高 0.8 m における比率が 2.8 m の値に比べて約 10% 高く、道管は反対に 0.8 m の値が 2.8 m の値よりも約 10% 低かった。樹高別にはこの点が一番いちじるしい違いである。上述 (32 頁) のように、0.8 m の資料についての測定は三谷、2.8 m は堀川が担当したが、木繊維と道管の大部分を占めるそれぞれの普通形とみなされるものの形態はかなり異なるので、両樹高における違いが測定の個人差にもとづくものとは云いえず、また、その他の測定手段にもとづく誤差としては大きすぎると考えられるので、樹高の違いによる測定対象の違いを示すものというべきであろう。BROWN/PANSHIN/FORSAITH (1949)<sup>1)</sup> は、とくに散孔材において、道管率が樹幹の上部に高いことを述べているが、本報との一致を断断することはむずかしい。上述の諸要素率の値を線状統計法 (Line proportional method)<sup>4)</sup> によって測定された“日本産主要木材”(1950)<sup>5)</sup> 所載のブナ材の要素率に比べると、後者の数値は道管および射出線、木柔組織の要素率が本測定に比べて高く、仮道管を含む木繊維量がかかなり低い。Holz als Roh- u. Werkstoff (1939)<sup>2)</sup> によれば、ドイツ産 Rotbuche

(*Fagus sylvatica* L.) の道管の要素率は 31 (15…65)% で筆者らの値に近く、また同樹種についての HUBER PRÜTZ (1938)<sup>9)</sup> の測定では木繊維 37%、射出線 27%、道管 31%、柔細胞 5% で、本報告に比べ木繊維率が低く、射出線の比率は著しく高い。MYER (1922)<sup>6)</sup> が接線断面の拡大写真印画からの重量測定法によって求めた北アメリカ産ブナ材 (*Fagus atropunicea* SUDW) の射出線率は 20% で、筆者らの測定よりかなり高い。

年輪内における各要素率の放射方向への推移は、Table 1 から大体の傾向をつかむことができる。すなわち、木繊維と道管はともに、年輪の中央部までは平均(av.)において各その要素率約 40% で変らない。晩材部においては、木繊維は中央部に比べてかなりその比率を増して 60% 近い値を示すのに対し、道管は逆に著しく減少して約 20% となり、道管率に対する木繊維率の比は早材部、中間部で 1:1 であるのに対し晩材部では 3:1 になる。後述のように、木繊維の膜率は道管に比べて遙かに大きいから、道管率に対する木繊維率の比のこのような傾向は、年輪内部の材質的不均質性とくに比重の著しい相異を結果するものと考えられる。柔細胞は年輪の内方から外方へゆくにつれ、その要素率を増す傾向を示す。射出線は、その差がわずかながら、中間部において低い要素率を示すが、このことは定性的にはブナ材横断面の一年輪内における広射出線の中細の形と一致する。仮道管の項に含まれる要素率には、年輪内の位置による変化は認められない。比較のために、SCHULZ (前出)<sup>7)</sup> の報告を大まかにみると、木繊維、仮道管の要素率は年輪の内方から外方に向ってかなり増大、道管はかなり著しく減少、柔細胞および射出線は幾分増大する。仮道管率の増大は筆者らの測定結果と異なるが、これは筆者らの場合と、晩材部における小道管と看做されるものの取扱いの違いによるものであるかも知れない。

次に各要素細胞の細胞膜量とその内腔量との比、すなわち膜腔比 (Wand-Lumen Verhältnis, Wall-lumen ratio) を全測定値について総括した数値を Table 2 に示す。全体の平均では、木繊維、仮道管、柔細胞が、それぞれ 6:1 (膜量:内腔)、1:1、2:1 で、木繊維、柔細胞は膜量の割合が大であり、これに対し道管は内腔の割合が膜量のそれより大で、その膜腔比は 1:3 である。木繊維および道管の膜腔比は樹高によって違いがあり、とくに木繊維においてその傾向が著しく、0.8 m の値が 2.5 m のその 3 倍に達し、逆に、道管では約 0.8 倍であった。これが樹高の違いによる一般的傾向であるかどうかは、はじめに述べたように膜の測定の精度の問題、比重との関係をも含めてさらに検討する必要がある。なお、SCHULZ (前出) の報告では木繊維の膜率が筆者らの測定より大きく、逆に道管の膜率は小さい。

年輪内における膜腔比の放射方向への推移は Table 2 からわかるように、何れの要素細胞もとくに目立った変化を示していないが、晩材部における道管は他の部分のものに比べて内腔の比率が幾らか小さい傾向がある。

**Table 2.** Average wall:lumen ratio of different cellular types of beech wood.

	Height above the ground (m)	Wall:lumen ratio				
		E W:L	M W:L	L W:L	Total W:L	SCHULZ W:L
Wood fibers	0.8	9:1	10:1	9:1	9:1	
	2.8	3:1	3:1	3:1	3:1	
	av.	6:1	6:1	6:1	<b>6:1</b>	10:1
Vessels	0.8	1:4	1:4	1:3	1:4	
	2.8	1:3	1:3	1:2	1:3	
	av.	1:4	1:4	1:2	<b>1:3</b>	1:6
Tracheids	0.8	1:1	1:1	1:1	1:1	
	2.8	2:1	1:1	2:1	2:1	
	av.	1:1	1:1	2:1	<b>1:1</b>	2:1
Longitudinal parenchyma	0.8	2:1	2:1	2:1	2:1	
	2.8	2:1	1:1	2:1	2:1	
	av.	2:1	2:1	2:1	<b>2:1</b>	

**Table 3.** Cellular percentage of beech wood in relation to annual ring widths (0.8 meter height only).

		Annual ring width (mm)							
		0.0— 0.50	0.51— 1.00	1.01— 1.50	1.51— 2.00	2.01— 2.50	2.51— 3.00	3.01— 3.50	3.51— 4.00
Wood fibers	E	46	46	49	48	50	46	42	55
	M	48	43	50	49	48	51	44	39
	L	49	63	62	62	61	64	60	59
	Total	47	50	54	53	53	54	49	51
Vessels	E	39	39	36	36	34	32	40	28
	M	26	38	32	34	35	34	36	45
	L	24	28	17	13	16	12	12	14
	Total	33	35	28	28	29	26	29	29
Tracheids	E	1	2	1	1	3	2	2	3
	M	2	2	1	2	2	3	3	1
	L	3	3	3	3	4	2	5	2
	Total	2	2	2	2	3	2	4	2
Longitudinal parenchyma	E	0	1	1	2	2	3	2	0
	M	2	3	3	3	2	4	4	7
	L	1	4	5	8	4	9	5	5
	Total	1	2	3	4	3	5	4	4
Wood rays	E	14	13	13	13	11	17	15	13
	M	12	13	13	12	12	8	13	9
	L	23	15	13	14	15	13	18	20
	Total	16	13	13	13	12	13	16	14
Number of annual rings examined		1	21	16	9	5	3	2	1



各要素率と年輪幅の関係を早材部, 中間部, 晩材部別に要約した値を Table 3 に示す。但し使用データは地上高 0.8 m の円板の分のみ。本表から, 木繊維は年輪幅 1 mm 以下, 3 mm 以上で幾らかその比率が小さくなる傾向がみられ, 1~3 mm の間では数値が安定し, 年輪幅の増大にかかわらず変化がみられない。道管は 1 mm 以下の年輪でその比率がやや高く, とくにその晩材部における道管率が, 1 mm 以上の年輪に比べて大分大きい。柔細胞の比率は年輪幅が広がると大きくなる傾向があり, 射出線は 0.5~3.0 mm までは年輪幅の増大とは関係なく安定し, それ以外の領域で幾分大なる比率を示した。SCHULZ(前出)は年輪幅の増大にともなって木繊維, 射出線の要素率は増し, 道管は減少し, 仮道管, 柔細胞は年輪幅の中間的な広さの領域で幾分大きな比率を示すことを報告している。

Table 4 は 0.8 m の材の年輪と要素の膜腔比との関係を示す。木繊維の膜率が年輪幅 2~3 mm 附近で低い値を示す。しかし, この区分に属する年輪は樹令の極く低い部分のものが比較的によく, しかも後述の Table 5, Table 7 などからわかるように, 樹令区分における低い階級はどちらかと云えば年輪幅にあまり関係なく全般的に低い膜腔比を示す点から, ここでは樹令の影響をも併せ

**Table 4.** Average wall:lumen ratio of wood fibers and vessels in different annual ring widths (0.8 meter height).

Class of annual ring width (mm)	Specimen number	Wall:lumen ratio	
		Wood fibers (W:L)	Vessels (W:L)
0.0—0.50	1	9:1	1:4
0.51—1.00	21	9:1	1:4
1.01—1.50	16	11:1	1:4
1.51—2.00	9	10:1	1:4
2.01—2.50	5	6:1	1:3
2.51—3.00	3	5:1	1:5
3.01—3.50	2	8:1	1:3
3.51—4.00	1	10:1	1:6

**Table 5.** Cellular percentage and wall:lumen ratio in beech wood specimens with about the same annual ring width, from various tree ages at which the wood was built.

		Tree age (year)							
		13**	23	32	41	55	66	75	86
Wood fibers	C.P. (%)*	47	57	53	56	43	56	47	63
	W:L	3:1	10:1	16:1	10:1	13:1	14:1	14:1	30:1
Vessels	C.P. (%)	34	31	32	27	35	21	32	18
	W:L	1:6	1:4	1:3	1:3	1:3	1:9	1:4	1:8
Tracheids	C.P. (%)	4	1	1	2	3	1	1	3
	W:L	1:1	—	2:1	1:1	1:1	3:1	1:1	1:1
Longitudinal paranchyma	C.P. (%)	3	3	3	2	1	5	5	4
	W:L	1:1	1:1	—	5:1	—	4:1	3:1	2:1
Wood rays	C.P. (%)	12	8	12	13	18	16	15	13
Annual ring width (mm)		1.6	1.2	1.3	1.1	1.1	1.1	1.3	1.3

\* C.P.: Cellular percentage.

\*\* Number of the annual ring counted from the pith outward.

て考えなければならない。

各要素の要素率および膜腔比と樹令の関係をみるために、樹高0.8 mの円板についての測定成績から所要の数値を抽出して Table 5 に示す。上述のように、年輪幅と要素率の間には特別の関係がみられなかったが、一年輪毎の比重が測られていないので、一応できるだけ年輪幅の近いものを揃えるように配慮しながら10カ年もしくはそれに近い間隔の樹令の部分の年輪を連続的に選び出し、各要素の要素率、膜腔比を調べた。この表からは、年令に関係づけられるはっきりした傾向を抜き出すことは困難であるが、木繊維の膜腔比が年令とともにいくぶん増大する傾向がみられる。このことは SCHULZ (前出) も指摘しているところである。

Table 6 は年輪幅に関係なく全測定成績を樹令25年毎に区分し、その中に含まれる材部の要素率と区分年令との関係を示した表である。Table 5 と同様にとくべつのはっきりした関係は両者の間にみられない。

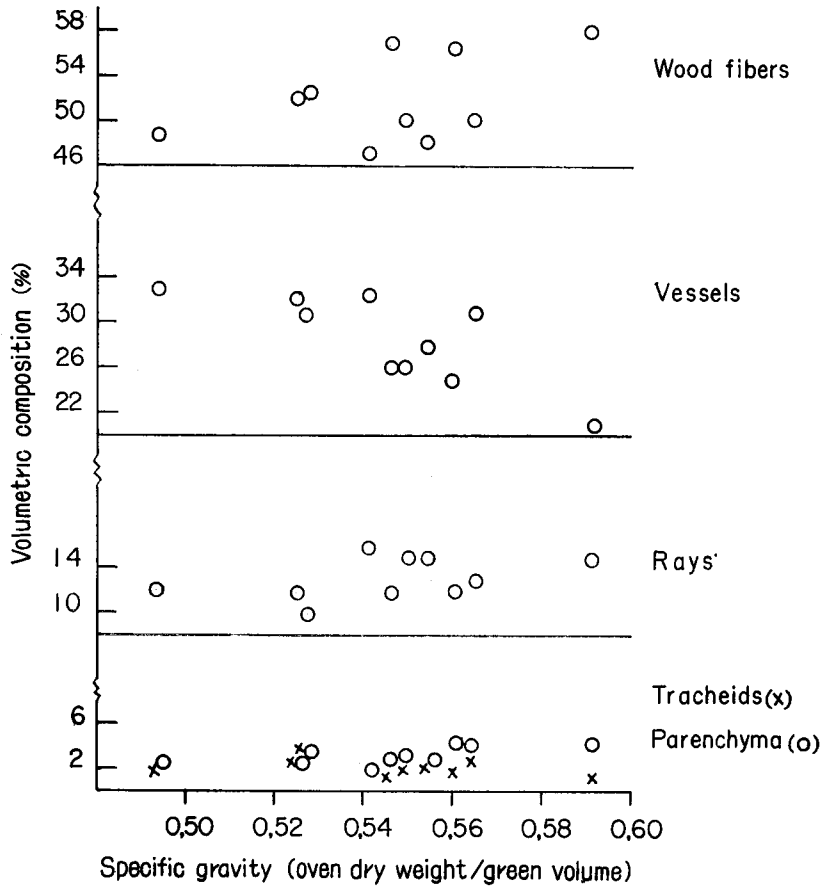
**Table 6.** Relationship of cellular percentage with the class of tree ages.

	Height above the ground (m)	Tree age (year)			
		0—25 (%)	26—50 (%)	51—75 (%)	76—100 (%)
Wood fibers	0.8	45	51	51	54
	2.8	54	40	44	41
	av.	50	46	47	48
Vessels	0.8	29	32	29	25
	2.8	33	40	40	40
	av.	31	36	34	33
Tracheids	0.8	2	2	2	2
	2.8	5	3	2	2
	av.	4	3	2	2
Longitudinal parenchyma	0.8	4	2	4	4
	2.8	5	3	3	3
	av.	4	3	4	4
Wood rays	0.8	11	13	15	15
	2.8	12	14	12	14
	av.	12	13	13	14

Table 7 は、Table 6 と同様の関係を各要素の膜腔比について整理したものである。Table 4 と同様に0.8 mの断面について測定された木繊維の膜率が、樹令とともにはじめは急激に、後には徐々に増大してゆく傾向がみられる。しかし、2.8 mでは全くその傾向を認めることができない。他の諸要素における値は、樹高、樹令の如何にかかわらず、おおむね一定である。

**Table 7.** Relationship of wall:lumen ratio with the class of tree ages.

	Height above the ground (m)	Age (year)			
		0—25 W : L	26—50 W : L	51—75 W : L	76—100 W : L
Wood fibers	0.8	4 : 1	9 : 1	13 : 1	14 : 1
	2.8	3 : 1	5 : 1	3 : 1	3 : 1
	av.	3 : 1	7 : 1	8 : 1	9 : 1
Vessels	0.8	1 : 4	1 : 4	1 : 5	1 : 4
	2.8	1 : 3	1 : 3	1 : 2	1 : 3
	av.	1 : 3	1 : 3	1 : 4	1 : 3
Tracheids	0.8	1 : 1	2 : 1	1 : 1	1 : 1
	2.8	2 : 1	2 : 1	2 : 1	1 : 1
	av.	2 : 1	2 : 1	2 : 1	1 : 1
Longitudinal parenchyma	0.8	2 : 1	2 : 1	2 : 1	2 : 1
	2.8	2 : 1	2 : 1	2 : 1	2 : 1
	av.	2 : 1	2 : 1	2 : 1	2 : 1



**Fig. 2.** Relation between volumetric composition of different cellular types of wood and the specific gravity in oven dry weight and green volume.

比重と要素率、とくに膜腔比との関係は検討すべき重要なテーマであるが、本測定では1年輪単位の小試片の比重測定をおこなわなかったため、この関係の細かい検討を見送った形になった。Fig. 2は、0.8 mの断面の要素率測定に用いた10枚の切片を切取ったそれぞれの材片の容積比重と、それぞれのブロックに含まれた測定対象年輪について平均した各要素率との関係を示すものである。おおよその傾向としては、比重の増大にともない木繊維率は増大、道管率は減少する。射出線その他には変化がみられない。比重と膜腔比の関係については、木繊維の膜腔比は、比重の増大にともないかなり増加する傾向があるのに対し、道管の膜腔比は比重には関係がないようである。すなわち、木繊維は容積比重の増大に対し、木繊維そのものの量が増すこととそれらの膜腔比が増すこととで二重に寄与し、道管はその要素率の減少によってのみ寄与すると云い表わすことができよう。しかし、このことを一般的に結論することにはなお無理があり、比重と要素率との細かい検討をおこなうことが必要である。

## 要 約

木材のいろいろの性質が、それを構成する細胞の種類、量、材の中での分布などによって著しく影響されると考えられるので、木材の材構成要素率に関する知見を得ることは木材利用上極めて必要なことといわなければならない。このような意味で、筆者らは木材構成要素率の問題に関心を持ち、日本産主要広葉樹の一つであるブナ材を対象に、横断面切片の顕微鏡による拡大像から算点法によってその要素率を求める実験をおこなった。

北海道道有林上ノ国事業区内で伐採したブナの樹幹の地上高0.8 mおよび2.8 mの二カ所から試験円板を切り取り、その南東側の一半径上に、おおむね連続的に材横断面の検鏡用切片を取り、永久プレパラートを作って測定に供した。480倍の拡大像を検しつつ、接眼鏡に挿入された格子の5つの交点(Fig. 1-b)に重なってみえる要素名を、その膜、内腔別に記録し、それらの記録から、どの要素細胞が何回でたか、それが膜であったか内腔であったかを整理し、全体の測定数に対するそれぞれの測定要素の出現数の比を求め、これら要素の要素率とした。対象要素は、木繊維、道管、仮道管、柔細胞および射出線である。測定は原則として各年輪の早材部、中間部および晩材部(Fig. 1-a)についてそれぞれ92点ずつ、すなわち1年輪276点についておこなった。測定した年輪数は2円板を併せて約120、測定点合計は約30,000点であった。測定結果は次のとおりである。

1) 本実験の全測定値から求められた各要素率はTable 1に示されるとおりで、木繊維48%、道管34%、仮道管3%、柔細胞4%、射出線13%であった。但し木繊維、道管は測定対象となった地上高によってその要素率が異なり、木繊維は地上高0.8 mにおいて、2.8 mより約10%高く、道管は逆に2.8 mにおいて0.8 mより約10%高い値を示した。

2) 構成要素率の、1年輪内における放射方向への推移は Table 1 の如く、木繊維、道管において或る明らかな傾向がみられる。すなわち、両樹高の平均において両者は年輪の早材部、中間部ではほとんど同じ値を示すが、晩材部では木繊維が著しく増大、道管は減少し、両者の比が、ほぼ 3(木繊維):1(道管)になる。しかし、両要素の要素率は地上高の違いによってかなり異なり、木繊維率は 0.8 m において道管率より、道管率は 2.8 m において木繊維率よりそれぞれ大なる値を示した。柔細胞は早材から晩材に向って幾分増加する傾向あり、射出線は中央部において幾分その比率が小さい。

3) 各要素の細胞膜と内腔の比(膜/内腔)すなわち膜腔比は Table 2 のとおりで、全平均で木繊維 6(膜):1(内腔)、仮道管 1:1、柔細胞 2:1、道管 1:3 である。木繊維および道管の膜腔比は、本測定では地上高によって異なり、両者とも 0.8 m において大であった。

4) 各要素の膜腔比の年輪内における推移は Table 2 に示されるとおり、とくに目立った傾向は認められないが、晩材部道管の値が幾分高い。

5) 年輪幅と要素率の間には、Table 3 に示されるとおり、年輪幅の増大にともない柔細胞の比率が幾らか増す傾向がみられた以外に特別の関係はなかった。年輪幅と膜腔比についても、Table 4 に示されるとおり、明らかな関係は認められない。

6) 各要素率と樹齢の間には関係が認められなかったが、0.8 m における木繊維の膜腔比が樹齢の増大に伴ない(すなわち髓から樹皮方向に向って)増大する傾向がみられた。(Table 5~7)。

7) 材の容積比重が大きくなるにつれてその木繊維率が大きくなり、同時に道管率が低下する。道管の膜率は比重が増加しても変化しないが、木繊維の膜率は比重の増加にともない明らかに増大する。

#### 引用文献 References

- 1) BROWN, H. P., A. J. PANSHIN & C. C. FORSAITH: Textbook of wood technology. 1. Ed. Vol. 1. *New York/Toronto/London* 1947: McGraw-Hill Book Co.
- 2) Holzeigenschaftstafeln: Rotbuche. *Holz als Roh- und Werkstoff* Jg. 2 (1939) H. 2, S. 95-96.
- 3) HUBER, B. & G. PRÜTZ: Über den Anteil von Fasern, Gefäßen und Parenchym am Aufbau verschiedener Hölzer. *Holz als Roh- und Werkstoff* Jg. 1 (1938) H. 10, S. 377-381.
- 4) 丸山幸平: 木材構成要素比率の二、三の推定方法. 新潟大学農学部学術報告, 第10号, 138-145, (1958).  
Koohei MARUYAMA: Some conjecture methods for volumetric percentage of various xylem elements in wood. *Bull. Fac. Agri. Niigata Univ.* No. 10, 138-145 (1958).
- 5) 日本産主要木材: 日本木材加工技術協会. 56-57 頁 (1960).
- 6) MYER, J. E.: Ray volumes of the commercial woods of the United States and their significance. *Journal of Forestry* Vol. 20 (1922), 337-351.
- 7) SCHULZ, H.: Der Anteil der einzelnen Zellarten an dem Holz der Rotbuche. *Holz als Roh- und Werkstoff* Bd. 15 (1957) H. 3, 113-118.

### Summary

An experiment was made of the volumetric composition of beech wood, *Fagus crenata* BL., grown in Hokkaido. Beech is named "Buna" and is one of the most important hardwoods in Japan.

A standing tree of beech was felled and two disks were cut off from its trunk at 0.8 and 2.8 meter height above ground level. About ten cross sections of  $15 \mu$  in thickness were cut off from each of the disks continuously from the pith to the sapwood. These were prepared to be put under the microscope, being stained with safranin and mounted in canada balsam.

The frequency of occurrence of the different types of wood elements, such as wood fibers, vessels, tracheids, longitudinal parenchyma and wood rays, was counted by means of a dot grid (fig. 1-b) with 5 cross points which had been superposed on the microscopic image of the wood elements. The grid was built in ocular of the microscope. A total magnification of  $480\times$  was used with a  $8\times$  ocular and a  $60\times$  objective.

A count of the frequency was taken at 276 points for an annual ring. These 276 points were divided equally to three zones in the annual ring, viz., earlywood, middle part and latewood of the ring as shown in figure 1-a. A total of about 30,000 counts was taken for 125 rings in this work.

Results obtained are as follows :

1) As shown in table 1, on the average the volumetric composition of the elements of beech wood is; 48% wood fibers, 34% vessels, 3% tracheids, 4% longitudinal parenchyma and 13% wood rays. These figures indicate that about 80% of the volume of beech wood is composed of both wood fibers and vessels. Table 1 also indicates that the percentages of wood fibers and vessels in a tree trunk vary at different heights above the ground, that is, wood fiber percentage at 0.8 meter height above the ground is about 10% higher than that at 2.8 meter height, while vessel percentage at 0.8 meter height is about 10% lower than that at 2.8 meter height.

2) Numerical values on the wall : lumen ratio of the various types of cells are shown in table 2. The values on the average are; wood fibers 6 (wall) : 1 (lumen), vessels 1 : 3, tracheids 1 : 1, longitudinal parenchyma 2 : 1. It is pointed out that wood fibers have a considerably higher ratio at 0.8 meter than that at 2.8 meter height above the ground.

3) As may be seen from table 1, there are some changes in the volumetric percentage of some elements at varying stage of each annual growth. The percentage of wood fibers and vessels does not change from the part of earlywood to middle part and the percentage of both elements is nearly equal. But the wood fibers increase strongly in the percentage from middle to latewood, while, on the contrary, vessels decrease very strongly in the same wood part. Longitudinal parenchyma tends to increase in the percentage at latewood part, and wood rays to decrease slightly at middle part. The percentage of tracheid type cells seems to make no changes from early- to latewood.

4) Table 3 shows the relation of the percentage of various types of cells to annual ring width, and table 4 shows that of wall : lumen ratio of both wood fibers and vessels to annual ring width. From the tables it may be concluded that the change of annual ring width has no influence on the values of the percentage and the ratio.

5) As shown in tables 5, 6 and 7, the influence of tree age at which the wood was formed on the volumetric composition of the various wood elements, with a single exception, is not clear. Longitudinal parenchyma has a tendency to increase slightly in the volumetric percentage with a higher tree age, viz., from the pith outward.