

マダケ,ハチクおよびモウソウチクの稈の細胞構造(1)

誌名	京都大学農学部演習林報告
ISSN	0368511X
著者名	今井,友也 間島,重道 藤田,稔 佐伯,浩
発行元	京都大学農学部附属演習林
巻/号	67号
巻号補足	
掲載ページ	p. 147-157
発行年月	1995年12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



マダケ、ハチクおよびモウソウチクの稈の細胞構造 (1)

今井 友也・間島 重道・藤田 稔・佐伯 浩

Cellular Structures in Culm Internodes of Three *Phyllostachys* Species,
Madake, Hachiku and Mosochiku (1)

Tomoya IMAI, Shigemichi MAJIMA, Minoru FUJITA and Hiroshi SAIKI

要 旨

マダケ、ハチクおよびモウソウチクの3種の節間稈壁の細胞構造を調べ、その概要と3種間で認められた相違点について報告した。

- 1) 表皮には主構成要素である厚壁長細胞の外に2種の薄壁短細胞があり、その一方がケイ酸細胞で、ケイ素化合物を含むことがEDXAにより確認された。
- 2) 後生木部の道管は普通単せん孔であるが、時に多孔せん孔が認められた。また、一対の大径道管の間に小径道管が認められた。
- 3) 稈壁の内側に髄腔に沿って髄冠細胞層が形成され、それらの細胞は接線方向に長く、小径で、成熟にともない壁が肥厚・木化する。壁肥厚と木化はモウソウチクで特に顕著に認められた。
- 4) 横断面で計測された維管束、維管束鞘、道管ならびに基本組織柔細胞の径は、モウソウチクで最も大きく、マダケがそれに次ぎ、ハチクで最も小さい値を示した。
- 5) マダケでは、基本組織柔細胞は樽形を示し、円筒形の柔細胞が軸方向に整然と並んでいるハチクと明瞭に区別された。モウソウチクでは、基本組織柔細胞はやや樽形でマダケに似るが、厚壁であった。また、マダケ、ハチクに比べ髄冠層が厚く、その細胞はやや小径であった。

1. は じ め に

日本に自生する竹類の種類はササ属などの小型種を含めて13属、95種で、これに変種、品種を加えれば237種類と言われる^{1,2)}。これらの中でマダケ、ハチクおよびモウソウチクはマダケ属(*Phyllostachys*)の代表的な種であり、それぞれの特性に応じて広範に利用され、従ってその比重や強度、収縮率、さらには加工について様々な研究がなされている^{3~8)}。顕微鏡的構造についても概要はよく知られ^{8~12)}、節部の研究もなされているが^{13,14)}、マダケ、ハチクおよびモウソウチクの個々の種の細胞構造の差異については繊維を除き十分に調べられていない。ここでは、これら3種の節間稈壁における表皮、維管束、基本組織などの細胞構成の概要と相違点などについて調査・検討した結果を報告する。

2. 試 料 と 方 法

2.1 供試竹稈および節間試料の概要

供試竹稈として、京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地に生育していたマダケ(*Phyllostachys*)

chys bambusoides Sieb. et Zucc.), ハチク (*P. nigra* Munro var. *Henonis* Stapf), モウソウチク (*P. pubescens* Mazel ex Houz. de Leh.) の稈を各1本, 1994年6月20日地際より伐採した(学名は文献1)による)。それぞれの竹稈年齢は正確には判っていないが, 3~4年あるいはそれ以上の年を経ていると思われるものが選定された。

細胞構造の観察試料は各稈の胸高節間, 最長節間およびそれより上部で節間長が胸高節間とほぼ等しい節間(以下, 単に上部節間と呼称)の3節間を選び, それら節間の上部, 中央部および下部から稈壁を軸方向3cm幅に切り出した。試料は直ちに4%グルタルアルデヒドに浸漬し, 冷蔵保存した。供試した稈と節間の概要はTable 1の通り。

Table 1 Internodes examined in sample culms of three bamboo species.

Species	Internode	No.	Length (cm)	Diam. (cm)	Culm wall thickness Up. - Mid. - Lr. (mm)
Madake	B. H.	7	2.6	5.3	7.2 - 6.0 - 7.1
	Lmax	17	3.5	4.9	5.0 - 4.1 - 5.3
	Upper	30	2.6	2.8	3.2 - 2.5 - 4.5
Hachiku	B. H.	11	2.4	5.2	5.9 - 5.3 - 6.3
	Lmax	24	3.6	3.8	4.3 - 4.0 - 5.5
	Upper	36	2.4	1.6	2.9 - 2.6 - 3.0
Mosochiku	B. H.	8	2.3	10.5	11.8 - 11.0 - 12.0
	Lmax	27	2.9	6.6	7.0 - 6.2 - 8.2
	Upper	41	2.3	2.7	3.4 - 3.4 - 4.8

Madake (*Phyllostachys bambusoides*), **Hachiku** (*P. nigra* var. *Henonis*), **Mosochiku** (*P. pubescens*); **B. H.**: internode at breast height, **Lmax**: the longest internode, **Upper**: upperinternode having the same length of B. H. internode; **No.**: number of internode from buttend of each culm; **Diam.**: diameter at the middle of each internode; **Up. - Mid. - Lr.**: culm wall thickness at the upper, middle and lower part of each internode.

Sample culm height: madake 12.10m, hachiku 11.75m, mosochiku 12.85m.

2.2 試料作製および観察方法

成熟した竹稈の壁は堅く, 特に光顕用横断切片の作製が困難であるため, エチレンジアミン(以下ETD)により次のように軟化処理を行った。

固定保存されていた稈壁試料より小ブロック(T: 5mm, L: 20-30mm)を切り出し, 水洗, 4%ETD水溶液に浸し, 45°C 3日間処理の後, 処理液を新しい液に換え, 合計7~10日間処理し(稈壁の厚さにより日数を加減する), 取り出して80°Cの50%エタノールに5時間以上浸し, スライディングマイクロトームで20μm厚切片の作製に用いた。放射・接線切片の作製ではETD処理は1~2日とした。B. F. Kukachka¹⁵⁾はフッ化水素酸による軟化処理の前処理にETDを用いているが, ETD単独の処理でも有効であった。

光顕切片はサフラニン・ファストグリーン二重染色し, カナダバルサムに封入して観察した。また, 一部の試料では氷酢酸——過酸化水素による解繊などを行った。細胞要素の寸法は, 顕微鏡写真上で目盛付ルーペ(0.1mm)を用いるか, 万能投影器上で計測した。

走査電子顕微鏡観察では, 片刃のカミソリ刃で観察面を切り出し, アンチホルミン1:1水溶液で15分処理し, 金コーティングして観察した。さらに, 表皮細胞について, 炭素コーティングしてEDXAによりケイ素の分布を調べた。

3. 結果と観察

稈壁の組織構成を見ると、外側から表皮、下表皮、皮層、次いで柔組織とそこに散在する維管束・維管束鞘の繊維からなる厚い中心柱、さらに最内側に厚壁の細胞層があり、髓腔に至っている (Fig. 1)。なお、最内側の厚壁細胞層については、髓層、内壁あるいは内皮層などと呼称されているが^{4,9)}、髓層は他の意味でも用いられる用語であり¹⁰⁾、「髓の辺縁部で維管束に接する部分にやや小形の細胞層の分化する場合、これを髓冠 (medullary sheath) という」¹¹⁾との記述もあるので、以下、本論文では髓冠と呼ぶこととする。

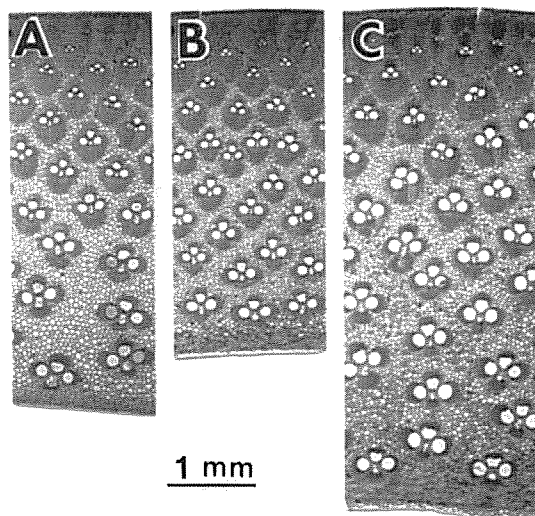


Fig. 1. Transverse sections of culm walls.

A: madake; B: hachiku; C: mosochiku
(Sections from mid. of Lmax internode)

3.1 表皮と皮層

表皮は1層、下表皮もおおむね1層 (局部的に2層)、皮層は4~7層の細胞層からなり、表皮から皮層下部までの厚さはマダケとハチクでは60~70 μm 、モウソウチクでは約100 μm であった。

- (1) 表皮の細胞 表皮は基本的には厚壁の長細胞と2種の薄壁の短細胞からなり、他に気孔を構成する細胞や毛状突起の根部 (毛先は脱落) などが散在していた。厚壁長細胞は、短冊形で接線径 (以下T径) 10~15 μm 、放射径 (以下R径) 15~20 μm 、軸方向長さ (以下L長さ) 40~50 μm 、壁孔が多く、稈表面から見ると著しい凹凸を示す (Fig. 2)。

薄壁細胞はケイ酸細胞とコルク細胞とされている⁸⁾。薄壁細胞の一つは接線面で見てT, L径とも10~15 μm 程度の方形~樽型で、他の一つの薄壁細胞は、厚壁細胞と上記の薄壁細胞の間にくさび型に割り込んでいて (Fig. 2A, C, D)、稈表面ではTまたはL径8~10 μm の長円形を示し、内容物を含む。この内容物をEDXAで調べると、ケイ素のみ存在が顕著に認められ (Fig. 3)、この細胞がケイ酸細胞であることがわかった。EDXAスペクトルは木材中のシリカのそれ¹²⁾に類似し、二酸化ケイ酸含水物と推測される。ケイ素の存在は3種で認められたが、3種間の差異を論ずるには、まだ観察数が少ない。今後、堆積経過を含めて精査する必要がある。ケイ酸細胞は軸方向に見てコルク細胞の上側に位置し、この点はイネの節間表皮の場合¹³⁾と同様である。なお、もう一方の薄壁細胞のコルク化の状況については、今回は調査できなかった。表皮の細胞構造の稈内変動や種の特徴などについては、さらに詳細な調査が必要である。

- (2) 皮層の細胞 短冊型で厚壁の細胞からなり、下表皮直下から内方へややR径が増大する。3種間の差は不明瞭で、T径15~25 μm 、R径10~20 μm 、L長さ20~50 μm 程度であった。

3.2 維管束と維管束鞘

基本組織の柔組織中に繊維群 (維管束鞘) を伴った維管束が散在している。本論文では、便宜上、繊維群を除き木部と師部を中心とする細胞群を単に維管束と呼び、維管束と随伴する繊維群

の全体を繊維・維管束と記述することとする。

(1) 維管束と繊維・維管束 3種の基本組織中では、繊維群は2個の後生木部大径道管の側方と、師部の外側ならびに原生木部空隙の内側の4箇所に発達して維管束鞘を形成し、それ以外に付随する繊維群は分布していない。稈壁の中央から外方に向かうにつれ維管束は縮小し、皮層近くでは維管束を欠き繊維群のみとなる (Fig. 1)。この領域 (表皮から約0.1mm付近) では繊維群が密に並び、線分法で求めた繊維率は95%にも達する。繊維率は内方に向い急減し、0.3mmで80~85%, 0.5~0.7mmで45~70%となるが、モウソウチクでは高繊維率の領域の幅が他の2種より広い傾向が伺われた。一方、稈壁中央から内方にかけては、維管束はしばしば拡大し、繊維群はやや縮小する傾向が認められる。そこで、稈壁の中央で維管束ならびに繊維・維管束の寸法 (T径とR径) を調べ、相互の比較を行った。また、稈壁横断面における繊維・維管束の分布数および面積割合についても検討した (Table 2)。

Table 2に見られるように、維管束の径は胸高節間と最長節間では差が小さく、上部節間で減少するのに対し、繊維・維管束の径は、胸高節間から最長節間、上部節間へと減少する傾向を示している。3種の値を比較すると、モウソウチク・マダケ・ハチクの順に小さくなるが、

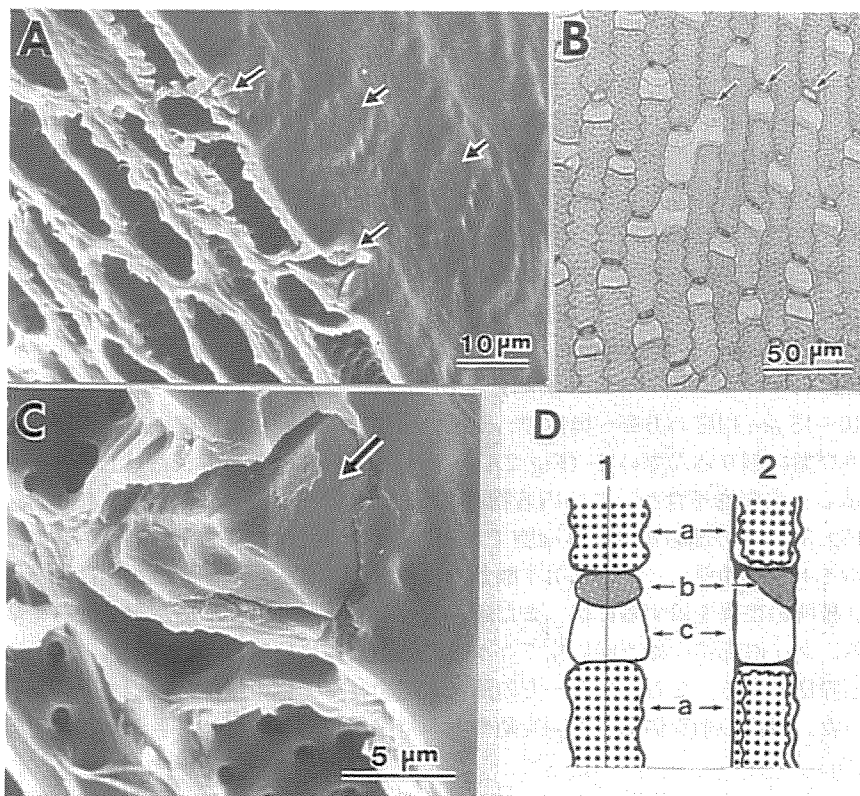


Fig. 2. The silica cells in madake epidermis at the middle of B. H. internode.

A: surface and radial section of epidermis. Arrows indicate silica cells; B: epidermal cells in a tangential section. Arrows indicate silica cells; C: an enlarged view of a silica cell. Arrow indicates siliceous inclusion; D: a schema of epidermal cells. 1: surface view, 2: sectional view along the dot line in 1. a: thick-walled long cell; b: silica cell; c: thin-walled short cell (cork cell).

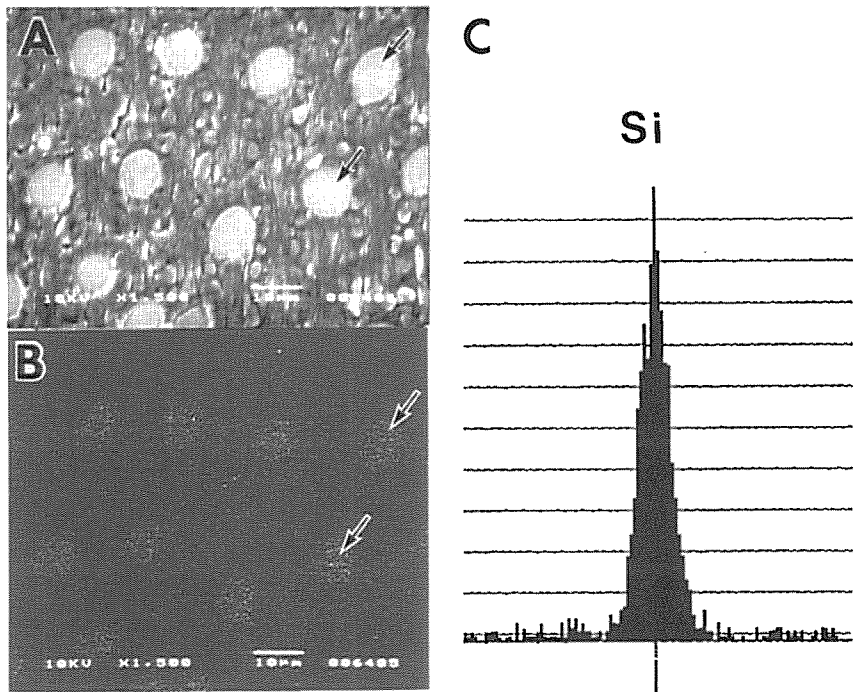


Fig. 3. An EDS examination on mosochiku epidermis at the middle of the Upper internode.

A: surface view of carbon-coated epidermis. Arrows indicate silica cells brightened by their siliceous inclusion; B: Si mapping on the same area of epidermis shown in A; C: EDXA spectrum on a silica cell.

Table 2 Diameters, number and areal percentage of vascular bundles with fiber groups on the transverse section of culm wall.

Species	Internode	R-diam. (mm)		T-diam. (mm)		Number of Vs+F (/sq.mm)	Area of Vs+F (%)
		Vs	Vs+F	Vs	Vs+F		
Madake	B. H.	0.2 1	0.5 1	0.3 1	0.4 3	4.1	4 5
	Lmax	0.2 4	0.4 7	0.3 4	0.4 2	4.6	4 6
	Upper	0.1 9	0.3 7	0.2 8	0.3 9	6.8	5 4
Hachiku	B. H.	0.2 1	0.4 8	0.2 7	0.4 4	4.8	4 6
	Lmax	0.2 0	0.3 9	0.2 4	0.3 7	6.2	5 2
	Upper	0.1 6	0.3 0	0.2 4	0.3 4	8.9	5 4
Mosochiku	B. H.	0.2 5	0.5 7	0.3 3	0.5 1	2.4	3 6
	Lmax	0.2 6	0.4 6	0.3 5	0.4 8	3.2	4 1
	Upper	0.2 1	0.3 8	0.2 9	0.4 1	6.5	5 1

R-diam.: radial diameter; T-diam.: tangential diameter; Vs: vascular bundle, Vs+F: vascular bundle with fiber groups.

モウソウチクとマダケの差はわずかである。なお、同一節間内では、多くの場合、節間下部における径が最も大きく、上部における径がこれに次ぎ、節間中央における径が最も小さい値を示した。この変動は節間上部および下部の稈壁厚さに関係しているようであった。

稈壁横断面上における繊維・維管束の分布数（横断面 mm^2 当り）を見ると、どの節間においてもハチクが最も高く、次いでマダケ、モウソウチクの順であった。面積割合（切抜き秤量法による）においても、分布数ほどの差はないが、3種の順は同様であった。マダケやモウソウチクの繊維・維管束の径は大きいので、面積割合ではハチクとの差が縮まっている。

- (2) 木部構成要素 木部には一対の大径の後生木部道管がある。その直径は皮層近くの維管束では小さいが、内方に向かい大きくなり、稈壁中央から内方では、マダケ $100\sim130\ \mu\text{m}$ 、ハチク $90\sim110\ \mu\text{m}$ 、モウソウチク $120\sim150\ \mu\text{m}$ であった（最長節間中央での測定値）。なお、R径とT径の差に一定の傾向は見られなかった。

ハチクが最も小径であるが、マダケとの差は小さく、モウソウチクが他の2種より大径と言える。道管要素の長さでは、モウソウチクが短く約 0.3mm であるのに対し、マダケとハチクは $0.7\sim1\text{mm}$ ぐらいであった。

上述の大径道管は網紋道管で、普通は単せん孔であるが、多孔（階段）せん孔も認められた。階段せん孔のバーの間隔は狭く、せん孔板で対応するバーが交差して網状を示す例が見られた（Fig. 4）。道管壁には多数の壁孔があり、ハチクでは対列状に並ぶが、マダケでは交互状となる傾向が認められた（Fig. 5）。内孔口は水平方向に長い長楕円形～線形を示すが、その長径は、SEM写真上の測定

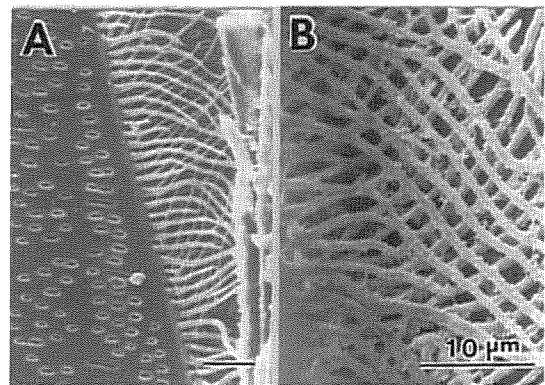


Fig. 4. Occasional multiple (scalariform) perforation plates in metaxylem vessels.

A: multiple perforation (hachiku, up. of Lmax); B: an enlarged view shows mismatching of bars in a scalariform perforation plate (mosochiku, up. of B. H.).

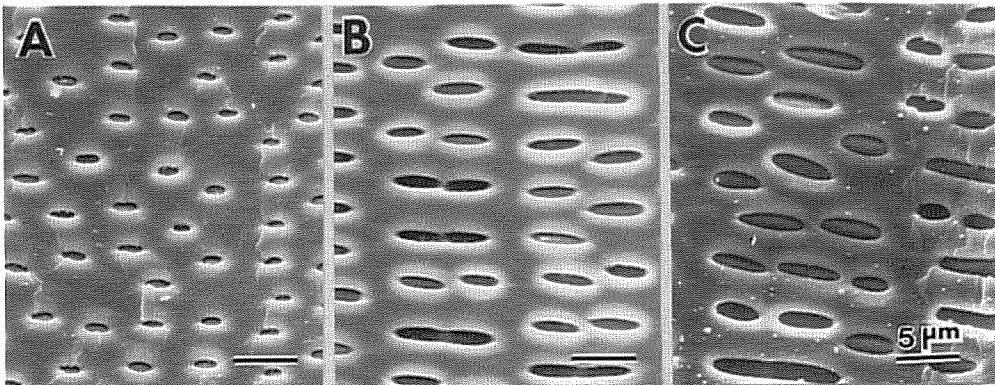


Fig. 5. Pitting on the metaxylem vessel walls.

Views on radial sections of the central region of each culm wall (mid. of B. H.). A: madake, alternate type; B: hachiku, opposite type; C: mosochiku, opposite to alternate type.

で、マダケでは小さく $1 \sim 2 \mu\text{m}$ 、ハチクとモウソウチクでは $2 \sim 3 \sim 7 \mu\text{m}$ (いずれも胸高節間中央、稈壁中央での測定) であった。また、縦断面の SEM 観察でしばしば小径道管 (直径 $10 \sim 15 \mu\text{m}$ 、おおむね単せん孔) が認められた。

原生木部に由来する間隙はチロソイドでふさがれているが、モウソウチクのチロソイドはやや厚壁で泡状を示すものが多いのに対し、マダケとハチクで薄壁で隔壁状のものがしばしば認められた。モウソウチクの厚壁チロソイドでは時に有縁壁孔が認められた。

- (3) その他の要素 維管束内には師部の要素、柔細胞、柔細胞と外形は類似するが有縁壁孔をもつ細胞などが認められたが、3 種ごとに詳細に観察するには至っていない。維管束鞘を構成する繊維の寸法については既往の報告²⁰⁾があり、また、繊維壁構造の研究には透過電顕での観察が必要で、今回は実施しなかった。

3.3 基本組織柔細胞

基本組織の柔細胞は、縦断面で見るとやや厚壁で L 方向に長い細胞が軸方向に連なり、その並びの所々に薄壁の短細胞が介在している (Fig. 6)。これらの柔細胞の寸法を最長節間中央の稈壁中央部で測定した結果は次の通りである。

横断面で測定した長細胞の径は (R 径と T の差は不定)、マダケとモウソウチクでは差がなく $40 \sim 55 \mu\text{m}$ 、ハチクではやや小径で $35 \sim 45 \mu\text{m}$ であった。一方、長さは、マダケとモウソウチクでは $50 \sim 135 \mu\text{m}$ (平均 $90 \mu\text{m}$)、ハチクでは $60 \sim 155 \mu\text{m}$ (平均 $100 \mu\text{m}$) であった。なお、壁厚さは、マダケとハチクでは $1.5 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 、モウソウチクでは $3 \sim 4 \mu\text{m}$ 程度であった。薄壁の短細胞の径は長細胞より $5 \sim 10 \mu\text{m}$ 小さく、長さ (軸方向) は $6 \sim 25 \mu\text{m}$ 、平均して約 $10 \mu\text{m}$ で、3 種ともほぼ類似していた。

3 種の基本組織柔細胞には、縦断面における形・配列においても特徴が見られた (Fig. 6)。Fig. 6B に見られるようにハチクの長細胞は軸方向に幅 (径) の変化が少なく短冊型であるのに対し、他の 2 種、特にマダケで著しいが、細胞が中程で膨らみ、樽形を示す (Fig. 6A, C)。長細胞の末端における幅 (径) に対する細胞中央における幅 (径) の比を調べてみると、放射断面では、マダケ 1.39、ハチク 1.06、モウソウチク 1.15、接線断面では、マダケ 1.27、ハチク 1.11、

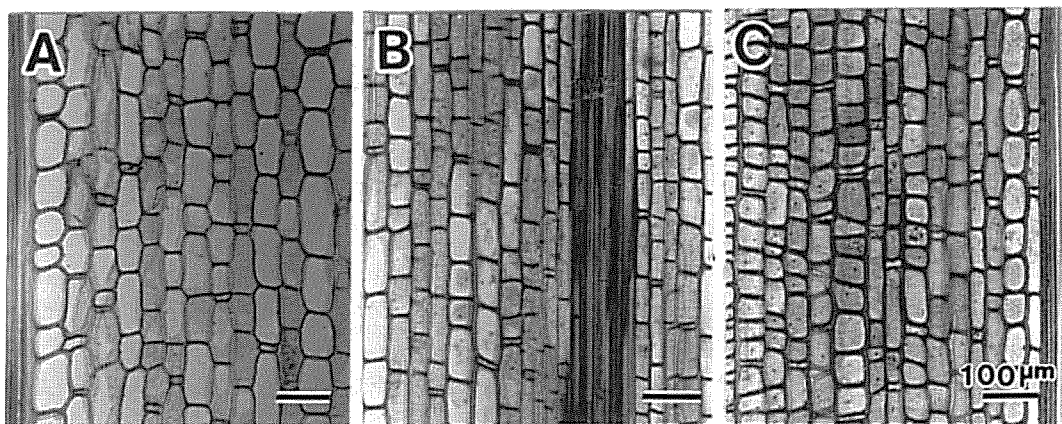


Fig. 6. Comparison of the shape of parenchyma cell in the ground tissue.

Views of radial sections at the central region of each culm wall (mid. of Lmax).

A: madake, barrel type; B: hachiku, cylinder type; C: mosochiku, barrel type.

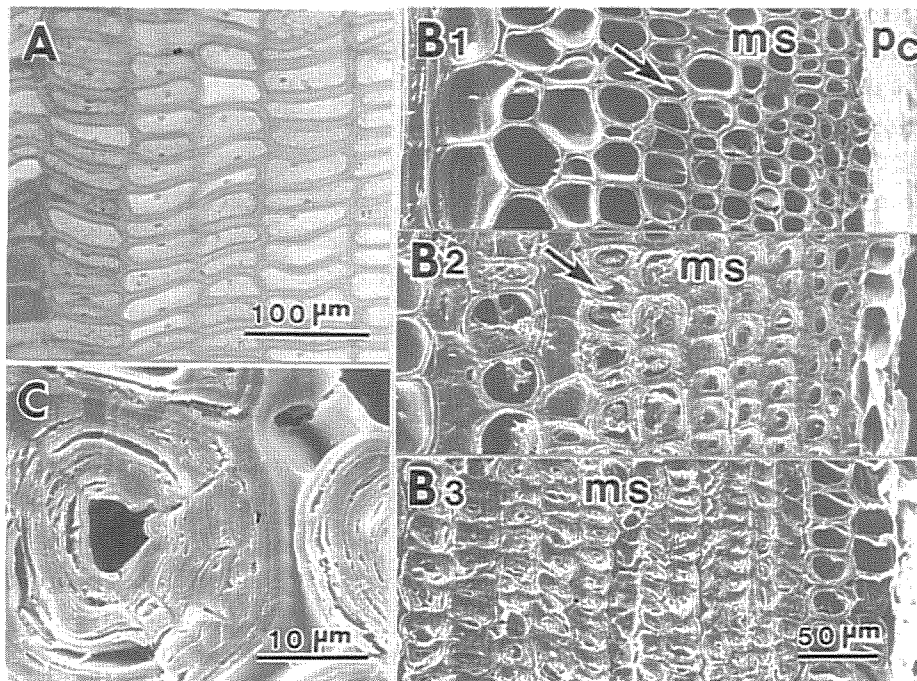


Fig. 7. Medullary sheath cells.

- A: Medullary sheath cells in a tangential section of mosochiku (mid. of Lmax) ;
 B: radial sections of medullary cells (mid. of Lmax), B1: madake, B2: hachiku,
 B3: mosochiku;
 C: an enlarged view of medullary cells in mosochiku (lr. of B. H.)

モウソウチク1.18であった。マダケとモウソウチクでは放射・接線両断面で膨らみが認められ（樽型）、ハチクでは膨らみが少なく、細胞はほぼ円筒形を示していることが判る。

3.4 髓冠の細胞

稈壁の最内側には基本組織の柔細胞とは明かに異なった細胞層（本論文では髓冠と呼称）が認められる。髓冠細胞層は接線方向に長い細胞からなるが（Fig. 7A），その幅は節間中央でマダケで5～6層，ハチクで5～8層，モウソウチクでは10～14層であった。層数では，胸高，最長，上部の各節間の間の差はあまり認められなかったが，節間内では，下部から上部へ減少するようであった。

髓冠の細胞は放射断面ではおおむね方形で（Fig. 7B 1～3），最長節間の中央で測定した寸法は Table 3 のようであった。3 種の間で多少の差があり，マダケでは，長さ（T 方向）が他の 2 種より大きく，モウソウチクでは，L 径がやや小さめである。一方，壁厚と木化の程度には差があり，特にモウソウチクではすべての節間で著しく肥厚（Fig. 7C）・木化していた。一方，マダケとハチクでは，上部節間では髓冠細胞は肥厚し，木化も進んでいたが，最長節間や胸高節間では，肥厚・木化が少し進んでいるか，ほとんど進んでいない状態であった。マダケとハチクでの観察結果から，髓冠細胞の肥厚・木化が稈の上部から下部に向かって進むことが示唆される。

Table 3 Dimension of medullary sheath cells at the middle of Lmax internode.

Dimension	Madake			Hachiku			Mosochiku		
	μm			μm			μm		
Tangential	50	87	130	50	73	95	60	76	100
Radial	25	28	30	20	28	38	20	25	30
Axial	15	26	30	20	30	45	12	17	25

Numerals are the minimum, mean and maximum values of measurements.

4. ま と め

竹稈の細胞構造の概要は知られているが、今回の観察で表皮にケイ素化合物を含む細胞を確認することができた。また、後生木部道管に多孔せん孔が認められ、小道管の存在も明かとなった。髄冠の細胞についての報告は少なく、今回も概要を観察したに過ぎないので、その形成・成熟経過、細胞壁構造など名称を含めて今後さらに追究する必要がある。

マダケ、ハチクおよびモウソウチクの3種の竹稈の細胞構造は極めて類似しているが、要素の寸法や形から3種の間に差が認められた。

モウソウチクでは、皮層と髄冠の細胞層数が多く、維管束、道管、柔細胞の径も他の2種より大きい。しかし、髄冠の細胞はやや小さく、また、髄冠の細胞層が厚く、壁の肥厚・木化が顕著で、髄冠層はモウソウチクの細胞構造の一つの特徴点となっている。

ハチクではモウソウチクとは逆に維管束、道管、柔細胞の径が3種の中で最も小さいが、繊維・維管束の分布数、面積割合は最も高い値を示した。また、柔細胞は円筒形で長く、縦断面で整然と並ぶという特徴が認められた。

マダケでは維管束、道管、柔細胞の径はおおむねハチクより大きく、モウソウチクに近い値を示した。また、柔細胞は樽形の傾向を示し、ハチクとの差が明瞭であった。モウソウチクとは髄冠細胞の寸法と、壁肥厚で異なっていた。

後生木部の大道管の壁孔を見ると、マダケでは交互状配列の傾向が現れ、内孔口径は最小であり、ハチクでは対列状で孔口径が大きいなどの特徴が認められた。観察箇所による変異などをさらに検討する必要があるが、道管壁孔は3種の識別に役立つように思われる。

ハチクでは、繊維・維管束の径が小さく、分布数は高く、また基本組織柔細胞が円筒形で軸方向に整然と並んでいるが、これらは茶筌のように細割する加工²⁾に適していると考えられる。八十本立、百本立の茶筌の穂先はT方向0.3~0.5mm、R方向0.15~0.2mm程度まで細割されるので、繊維率が高いことと組織の通直性が要求されるであろう。

これまで竹稈の組織構造では、維管束鞘を構成する繊維についての研究が多くなされてきたが、表皮から皮層までの稈の表層部と髄腔に面する髄冠層は、竹稈の工芸的利用や加工とも関わりが深いと考えられる。種々の竹稈の利用との関連を踏まえた細胞構造の研究が望まれる。本論文が3種の竹の細胞構造と利用・加工との関連を考える上で、多少とも役立つことを願って結びとする。

引 用 文 献

- 1) 鈴木貞雄 (1978) 日本タケ科植物総目録. 学習研究社.
- 2) 上田弘一郎 (1981) 日本の竹産業, 現状と将来. 第17回国際林業研究機関連合 (IUFRO) 世界大会論文集. 697-699.

- 3) 鈴木 寧 (1948) 竹材の研究 第1報 伊豆産モウソウチクの部分による材質の相違——比重, 繊維率, 曲げ強さ, ヤング率, セン断強さに関して. 東大農演習林報告. No.36. 135-156.
- 4) 太田 基 (1951) 竹材の性質に関する研究 (第7報) 竹片の構成因子と比重及び圧縮強度. 九大農演習林報告. No.19. 25-47.
- 5) 室井 紳 (1963) 有用竹類図説. 六月社.
- 6) HIGUCHI, T. (ed.) (1981) BAMBOO PRODUCTION AND UTILIZATION. Proc. of Congress Group 5. 3A, XVII IUFRO World Congress Kyoto, Japan.
- 7) 森 光正 (1988) マイクロ波加熱による竹の平板加工法に関する研究. 京都大学学位論文.
- 8) 竹内叔雄 (1932) 竹の研究. 養賢堂.
- 9) 木材工業編集委員会 (1957) 日本産主要木材 モウソウチク. 木材工業. 12 (126), 同, マダケ. 木材工業. 12 (127).
- 10) GROSSER, D. and W. LIESE (1971) On the Anatomy of Asian Bamboos, with special Reference to their Vascular Bundles. *Wood Sci. Technol.* 5. 290-312.
- 11) 島地 謙 (1985) 竹材およびヤシ材. “木材の構造”. 島地 謙ほか著. 文永堂出版. 218-223.
- 12) LIESE, W. (1987) Research on Bamboo. *Wood Sci. Technol.* 21. 189-209.
- 13) 太田 基, 杉 修吉 (1953) 竹稈における維管束の配列状態について. 九大農演習林集報. No.1.
- 14) 林大九郎, 杉山 滋 (1969) モウソウチクの顕微鏡的構造. 節部及び隔壁における維管束の配列状態について. 木材工業. 24. 418-421.
- 15) KUKACHKA, B. F. (1978) Sectioning refractory woods for anatomical studies. *MICROSCOPY ACTA*. 80 (4). 301-307.
- 16) 文部省・日本植物学会 (1990) 学術用語集 植物学編 (増訂版). 丸善.
- 17) 山田常雄ほか6氏編 (1983) 岩波生物学辞典 第3版. 岩波書店. p. 646.
- 18) SAIKI, H. (1985) SEM studies on silica inclusions in woods from tropical Asia. Mem. Coll. Agric. Kyoto Univ. No. 127. 13-27.
- 19) 松尾孝嶺ほか8氏編 (1990) 稻学大成 第1巻 形態編. 農林漁村文化協会.
- 20) 宇野昌一 (1935) 文献5) による
- 21) 黒木康雄 (1957) 奈良の茶釜 (高山茶釜). 木材工業. 12 (128). 520-523.

Résumé

The cellular structure of culm wall was investigated in the internodes of madake (*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc.), hachiku (*P. nigra* Munro var. *Henonis* Stapf) and mosochiku (*P. pubescens* Mazel ex Houz. de Leh.). The sample culms were grown in the Kamikamo Experimental Station of the Kyoto University Forests, Kyoto City and were three or more years old. The internode at breast height, the longest inter-node in the culm and the upper internode having the same length as that of the breast height were collected from each sample culm (Table 1).

- 1) Major elements of the epidermis are thick-walled long cells and thin-walled short cells of two types. One of the latter is a silica cell which was confirmed by EDXA.
- 2) Vessels in metaxylem ordinarily have simple perforation plates but occasionally have multiple perforation plates. Small-diametral functional vessels are found between a pair of large-diametral vessels in metaxylem. Vessel wall pitting may have a diagnostic value to identify these species.
- 3) A cellular layer, a medullary sheath, is formed in the inner side of culm wall along the pith cavity, and the cells composing the layer are long in tangential direction, small-diametral in radial and longitudinal direction. The cell walls of them are thickened and lignified in maturation. Heavily thickened and lignified cells of medullary sheath are found in mosochiku culm walls.
- 4) Cross-sectional dimensions of the vascular bundles, metaxylem vessels and parenchyma cells in ground tissue are largest in mosochiku and smallest in hachiku.
- 5) The culm wall of madake is distinguished by barrel type parenchyma cells from that of hachiku,

by inferior medullary sheath from that of mosochiku.

- 6) The culm wall of hachiku has smallest vascular bundles and is highest in the number of bundles per unit area. It is distinguished by cylindrical parenchyma cells from those of madake.
- 7) The culm wall of mosochiku is distinguishable by thick-walled, barrel type parenchyma cells, and by a wider medullary sheath composed of small-diametral, heavily thickened and lignified cells.