

# 琉球大学学術リポジトリ

センダン,シバニッケイ材の成長輪構造(生物資源科学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 林, 弘也 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/3820">http://hdl.handle.net/20.500.12000/3820</a>

## セندان、シバニッケイ材の成長輪構造\*

林 弘也\*\*

Hiroya HAYASHI: Growth ring constitution of SENDAN - and SHIBANIKKEI - wood

### Summary

A growth ring structure of soft woods was investigated in anatomical analysis such as late wood ratio, tracheid length and tracheid wall thickness, and in qualitative analysis such as specific gravity and fibril angle. And the results obtained from both analysis related to wood quality.

On hard woods, it was only investigated geometical arrangement of elements by microscopical observation and average element dimension such as diameter of elements, vessel element and wood fiber length, cell wall thickness.

A growth ring was the most smallest unit to investigate the relation between a anatomical factor and a wood quality. But it was not proved sufficiently the growth ring structure of hard woods on element distribution. A ring porous wood - SENDAN - wood (*Melia azedarach*) - and a diffuse porous wood - SHIBANIKKEI - wood (*Cinnamomum doederleinit*) - was investigated the dimensional distribuion of elements in a growth ring in this report.

The results obtained from this envestigation were as follows:

1. A vessel diameter was more larger in radial direction than tangential direction. But in SENDAN-wood, vessels which were smaller diameter than 50  $\mu\text{m}$  in tangential diameter, had not the above tendency.
2. When a cell had large enlargement ratio like a vessel, enlargement ratio of srounding cells were smaller ratio than the same kind of cells.
3. Dimentional chang of SENDAN-wood was larger than SHIBANIKKI-wood in a growth ring.
4. A maximum diameter of a vessel was formed at the early stage of a growth ring. Maximum diameter of other elements were formed at the position of 0.3-0.5 of a growth ring from the ealry wood ring border.

---

\* 広葉樹散孔材の成長輪構成 第2報とする。

\*\* 琉球大学農学部生物資源科学科

琉球大学農学部学術報告 39: 149~156 (1992)

In SENDAN-wood, the diameter of elements was decrease both early wood side and late wood side. But in SHIBANIKKEI-wood, the diameter of elements was decreased in early wood side and held constant at maximum diameter in late wood side.

## 緒 言

針葉樹材は建築構造用材に用いられ、材質や品質に対する要求が厳しいことや材の構造が比較的規則的であることなどの理由から、構成要素と材質の関係は比較的広範囲に解析されている。針葉樹材の成長輪構造は晩材率<sup>4,9)</sup>、仮道管長<sup>1,10,11,14,15)</sup>、細胞壁の厚さ<sup>4)</sup>などの形態的な解析や容積密度<sup>5,11,13,14,15)</sup>、フィブリル傾角<sup>10,11,14,15)</sup>などの質的な解析が行われ、材質と関連した解析が検討されている。これに対し、広葉樹材の構成要素は針葉樹材の構成要素に比較し、構成要素の種類が多岐にわたり、配列や形状も複雑であり、規則性の無い因子を多量に含んでおり、広葉樹材は組織学的な観察による要素の配置、配列状態<sup>12)</sup>や要素の直径<sup>8)</sup>、道管要素長<sup>3,8,12)</sup>、木部繊維長<sup>2,3,8,16)</sup>、細胞壁厚<sup>8)</sup>など要素の平均的な形態測定が行われているに過ぎない。広葉樹材を効率的に利用するには、組織学的因子がどのような過程を経て材質に影響するのか、各要素が樹幹内でどのように分布しているのかという問題を明らかにする必要がある。このことによって組織学的因子と材質との関係が明らかにされなければならない。組織因子と材質との関係を解析する最小の単位として成長輪が考えられる。しかし広葉樹材成長輪の構成要素については長さ、大きさの分布状態<sup>6,7)</sup>も余り明らかにされていない。また樹幹内の分布についても余り明らかにされていない。本研究では、広葉樹材の環孔材のセンダン材 (*Melia azedarach*) と散孔材のシバニッケイ材 (*Cinnamomum doederleinit*) について1成長輪の構成要素の形態や分布状態を検討し、広葉樹材の成長輪の細胞構造を明らかにしようとするものである。

## 実験材料及び実験方法

供試材のセンダン材とシバニッケイ材は宮崎大学附属演習林産(宮崎県宮崎郡田野町)の材であり、地上高約1.0~1.5mの位置から円盤を採取した。偏心成長をしていない材の成熟材部である辺材から約1cm<sup>3</sup>のブロックを繊維軸方向に連続して4個切り出し供試体とした。供試体は水・グリセリンの2:1の混合液で約160時間加熱軟化した後、スライディングマイクロトームを用いて、厚さ18~25 $\mu$ mの切片を切り出した。切片はアルコール系列で脱水し、サフラニンで染色した後に常法により永久プレパラートを作成した。プレパラートの観察は日本光学製の生物顕微鏡を使用した。

諸種の形態計測は成長輪を放射方向に等間隔に区分し、その中から計測点を決定した。早材にある第一計測点と晩材にある最後の計測点はそれぞれ成長輪界に接した点とした。計測点の数は計測点の面積を一定面積にしたので成長輪幅によって異なり、本実験のセンダン材は、道管の計測では8区分点から6点(1, 2, 4, 6, 7, 8番計測点)、木部繊維、軸方向柔細胞の計測では19区分点から8点(1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 19番計測点)を、シバニッケイ材は道管の計測では4区分点の全てを、木部繊維、軸方向柔細胞は8区分から4区分(1, 3, 5, 8計測点)を計測対象にした。計測点は材の接線方向に任意の点で6放射方向列を選んだ。

永久プレパラートを用いた計測の顕微鏡倍率は、道管では50倍、その他の要素では100倍を用いた。細胞の計測は道管では重心を通る4方向直径、道管壁厚であり、木部繊維と軸方向柔細胞は重心を通る4方向直径、細胞壁厚である。参考値として各要素の面積も測定した。測定はブラウン管上で画像の周辺にある画像境界と交差する分割された要素を削除し、更に対象要素以外の要素を削除して、更にプレ

パパート作成過程で生じた変形、破損した要素を削除、修正した後に自動計測を行った。細胞壁厚はブラウン管の画像上でマニュアルで計測した。細胞計測はオリンパス光学工業製のイメージアナライザXL-500型を使用した。

実験結果及び考察

1. 道管直径

環孔材は早材の道管直径が著しく大きい、この大直径の道管のある材部を孔圏としている。孔圏内の道管直径が著しく大きく、顕著であるので、一般に道管直径は孔圏内の道管について表示されるが、孔圏外の道管直径は余り表示されない。本研究では孔圏外の道管直径も計測し、成長輪全体の直径分布状態について検討した。センダン材の放射方向の直径をFig. 1に示した。Fig. 1の中のA測定列の第二計測点では21~273 μmの直径の道管、D測定列では320 μmの道管がある。他の測定列の道管直径は19~130 μmの範囲にあり、A列のデータは孔圏の道管径(252~356 μm、平均284.8 μm)と

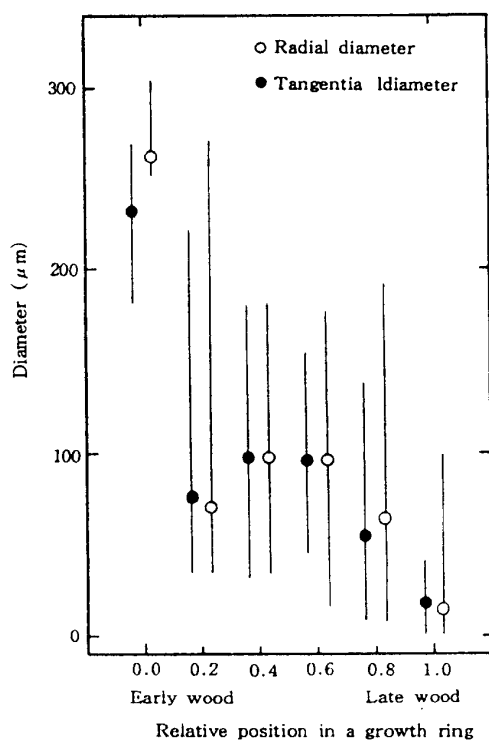


Fig. 1 Average vessel diameters in a growth ring of SENDAN-wood  
Legend : ——— : a range of measured diameter

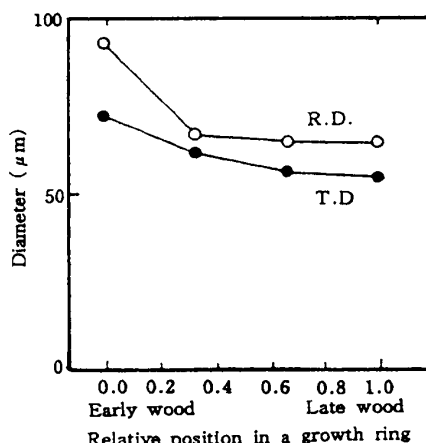


Fig. 2 Average vessel diameter in a growth ring of SHIBANIKKEI-wood  
Legend : R. D. : Radial diameter, T. D. : Tangential diameter

同じ大きさの道管と孔圏道管直径の約1/3である孔圏外の道管群が含まれている。各計測点の面積が一定であるので、このことは孔圏の幅が一定した幅でなく成長輪の位置により異なっていることを示している。幅が広いところでは第二計測点中に孔圏部分と孔圏以外の部分が含まれ、道管径が大きくバラついたのである。他の測定列では孔圏の幅が狭く、両者がそれぞれ第一計測点と第二計測点に分割されたのであろう。道管直径の放射方向の配列は孔圏外では孔圏の道管直径に比較して極端に減少し、第二計測点は第三計測点よりも小さい直径の道管であり、放射方向に波型の直径変動を示している。シバニッケイ材の道管直径をFig. 2に示した。成長輪内の道管の最大直径と最小直径との差は小さく、早材部と晩材部との道管の放射方向直径の比はセンダン材が約11.9であるのに対して約1.3であった。接線方向の道管直径でも同様の成長輪内変化が認められた。

放射方向と接線方向の道管直径の間には、センダン材、シバニッケイ材共に、Fig. 3に示すように直

線関係が認められた。放射方向の直径と接線方向の直径の相関を求め、Table 1 に示した。相関式は共に相関係数が高く、道管は放射方向に直径が大きくなっていることが認められた。この接線方向直径と放射方向直径との関係を検討するために両直径の比を取ると、両者の比は道管の大きさによって異なっている。センダン材では、直径100  $\mu\text{m}$ 以上の道管は1.06~1.10の値を示し、50 $\mu\text{m}$ 以下の道管は1.0以上

Table 1. Correlation of diameter between radial and tangential direction

Species	Emprical equation	Coefficient of correlation
Vessel		
SENDAN—wood	$Y=1.145 X-4.400$	0.980
SHIBANIKKEI—wood	$Y=1.300 X-4.588$	0.779
Wood fiber		
SENDAN—wood	$Y=0.365 X+0.402$	0.484
SHIBANIKKEI—wood	$Y=6.890 X+4.047$	0.291

Y : radial diameter

X : tangential diameter

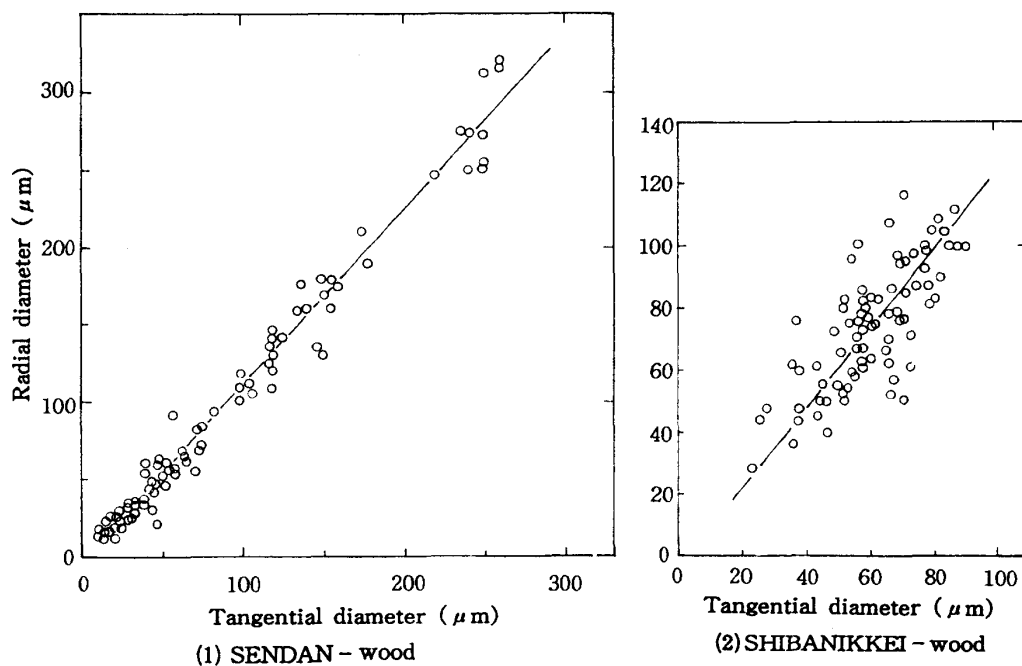


Fig. 3 Correlation between radial and tangential diameter of vessels

の道管が数的には多いが、1.0以下の道管も多数認められ、一定した比の値を示さなかった。従って、センダン材の道管は放射方向の細胞分裂後の拡大割合が接線方向の拡大割合よりも大きき道管と道管の拡大方向が一定の傾向を示さない比較的直径の小さい（直径はほぼ50  $\mu\text{m}$ 以下である。）孔圏外の道管から成っている。シバニッケイ材の道管は、全直径範囲にわたり、接線直径と放射直径との比が1.0以上の道管であり、全般的に放射方向の直径が大きい結果を得た。シバニッケイ材の直径は平均的には50~100  $\mu\text{m}$ であるが、小さな道管は約20  $\mu\text{m}$ のものもある。しかし50  $\mu\text{m}$ 以下の道管でも放射方向直径が大である。一方センダン材の道管直径は大部分の道管が50  $\mu\text{m}$ より大きい、年輪界に近い晩材部にある道管の直径は平均値で25  $\mu\text{m}$ であり、この付近にある道管の直径比が一定した傾向を示さない。50  $\mu\text{m}$ 以下の道管は断面が円形でないことや接線方向直径と放射方向直径の比のばらつきから判断される。

ように、直径の拡大方向は道管によって異なり、道管の周囲にある要素の影響を受け、細胞拡大の方向が決められるものと考えられる。従って道管はセンダン材とシバニッケイ材とでは、道管の直径が同じであっても直径成長の形式に差異があると考えられた。

## 2. 木部繊維の直径

センダン材の接線、放射両方向の直径変動は、早材では直径が小さく、第三計測点（成長幅の約16%）までは直径が増大し、これ以上の計測点では直径は減少する。第一計測点と第二計測点の値には有意差は認められず、統計的には同一レベルにある。第三計測点以降の値には1%の危険率で有意差があり、明らかに直径は減少する。シバニッケイ材では、センダン材と同様に早材部の直径は小さいが、第2計測点（成長輪幅の約30%）以降の早材が晩材へ以降する材部は直径が大きくなる。統計的な有意差の検定によると、第一計測点と第二計測点は危険率1%で有意差が認められた。第二計測点から晩材の最終計測点までの相互間では有意差は認められず、統計的には一定の直径であると考えられた。直径の成長輪内の変動をFig. 4示した。接線直径と放射直径の両者の相関係数はTable 1に示したように低く、セン

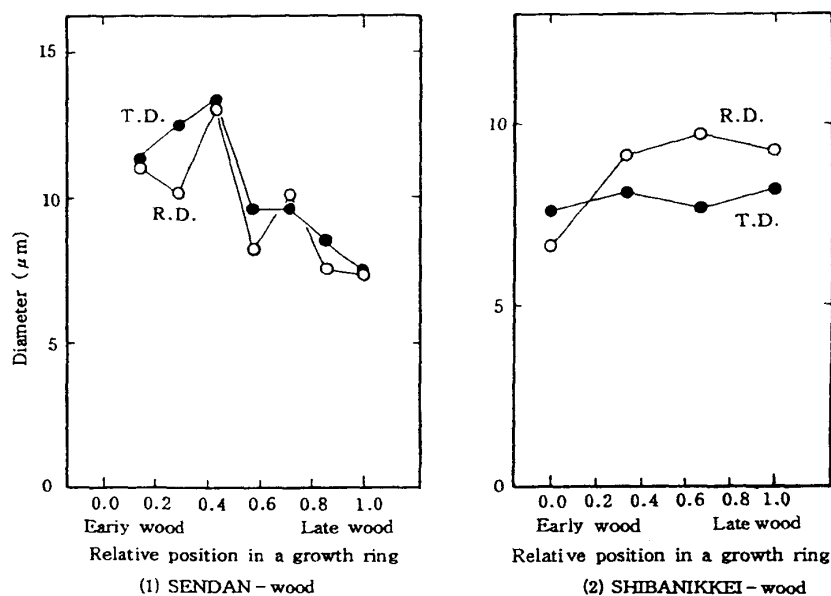


Fig. 4 Average diameter of wood fibers in a growth ring

Legend : R.D. : Radial diameter, T.D. : Tangential diameter

ンダン材では相関係数が0.484であり、またシバニッケイ材は相関係数が約0.3付近にあり、明白な相関があるとは断定できない。木部繊維の断面形は針葉樹仮道管のような長方形の形ではなく、多様な形をしているので、両者の直径の相関が得られないものとなったのであろう。早材部は形成層の活動が最も盛んであり、細胞の拡大割合も一成長輪内で最も大きいと考えられるが、早材部の第一計測点の直径が第二計測点以降の計測点の直径よりも小さい結果が得られた。このことは木部繊維の成長は本来一定した拡大割合を持っており、たとえ生育環境条件が悪くても細胞の拡大する時期に他の要素からの影響がなければ、一定した大きさに拡大するが、春期に成長を開始した直後の成長初期の間に、道管や軸方向柔細胞の直径や容積割合が大きいことに影響されて木部繊維の直径が小さくなる。センダン材は早材では道管の拡大割合の影響を、晩材では道管と柔細胞の容積割合の影響を受け、直径が一定値にならないが、シバニッケイ材はこれらの要素の影響が少ないので、晩材で直径が一定値となる。木部繊維はセンダン材とシバニッケイ材では異なった成長過程を採ると考えられる。

## 3. 軸方向柔細胞の直径

センダン材、シバニッケイ材の軸方向柔細胞の接線直径および放射直径をFig. 5に示した。シバニッケイ材は、接線直径はほぼ一定の値を示すが、放射直径は早材から晩材に向け増加する。しかし成長輪幅の大略0.5の位置から晩材側成長輪界までは測定値相互に有意差が認められず一定の値となる。センダン材は、接線、放射の両直径とも成長輪のほぼ0.5~0.6付近に最大の直径があり、晩材側成長輪界に向けて直径は減少する。早材の直径と最大直径の間には統計的な有意差は認められず、ほぼ一

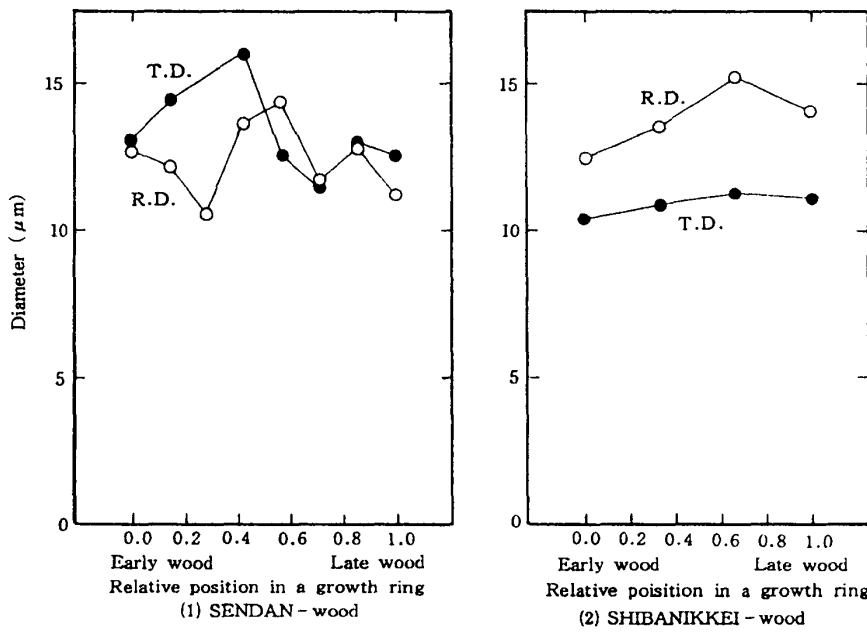


Fig. 5 Average diameter of vertical parenchyma cells in a growth ring  
Legend : R.D. : Radial diameter, T.D. : Tangential diameter

4. 細胞壁厚

道管、木部繊維、軸方向柔細胞の成長輪内の変化をFig. 6に示した。道管の細胞壁厚はセンダン材では、早材部で厚く、晩材部に向けて薄くなるが、段階的に減少した。シバニッケイ材では、細胞壁厚の

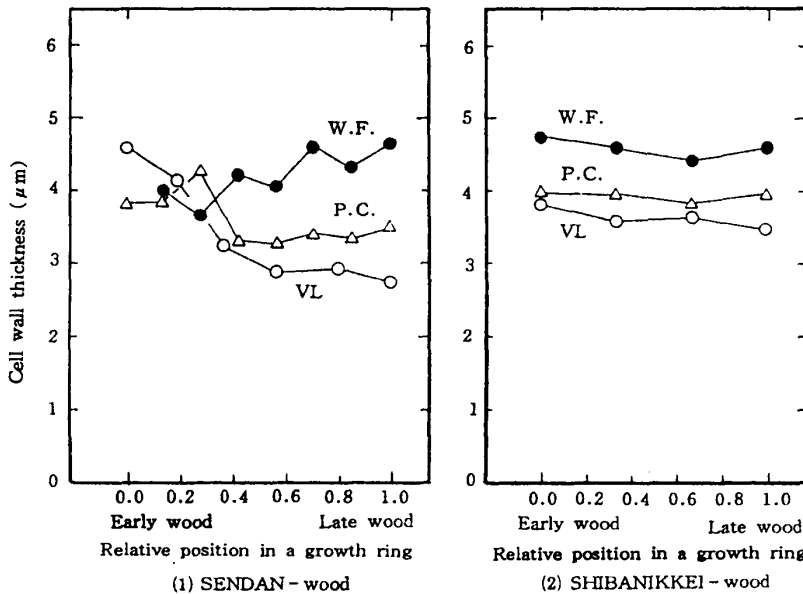


Fig. 6 Cell wall thickness of elements  
Legend : W.F. : Wood fiber, P.C. : vertical parenchyma cell, VL : Vessel

材とシバニッケイ材とは要素の拡大成長の過程が異なっているばかりでなく、細胞壁の肥厚過程でも成長過程が異なり、両樹種の成長過程の違いが明らかになった。

以上の結果から次のように考えられる。

道管の直径は放射直径と接線直径の間に有意差が認められ、かつ相関係数0.90以上の高い相関が認められた。放射直径を従属変数とした相関式の係数はセンダン材が1.145シバニッケイ材が1.300であった。相関式の係数から判断されるように放射直径が接線直径より大きく、分裂した細胞が機能分化を生じ、細胞の形状が拡大する時期には放射方向への拡大が大である。またこの傾向は環孔材のセンダン材よりも散孔材のシバニッケイ材で顕著であった。この傾向は木部繊維のような木部での細胞配列状態が針葉樹の仮道管のように一定の様式に従っていない細胞に於いても計測点の平均直径が接線方向よりも放射方向に大きいことと両者の値に有意差がある計測点が認められたことによっても確かめられた。また軸

定の値であったが、晩材側の直径と最大直径との間には有意差が認められ、散孔材の分布とは逆に、早材の柔細胞が一定の直径を持ち、晩材になると直径は小さくなった。この成長過程は木部繊維の直径成長過程と同じであった。

差はなく、一定の細胞壁厚であると考えられる。木部繊維では、センダン材は早材から晩材に向かって増大するが、シバニッケイ材では、一定の細胞壁厚である。軸方向柔細胞は両樹種とも一定の値を示した。細胞壁厚に変動が認められたのはセンダン材であり、シバニッケイ材の全ての要素は細胞壁厚の値は一定であった。センダン

方向柔組織はセンダン、シバニッケイ材とも随伴柔組織であり、翼状に分布する。さらにセンダン材はターミナル柔組織があり、横断面に於ける柔細胞の形状や配列方向が一定しておらず種々の方向に拡大するので、分裂した細胞の拡大の方向を決定することは困難である。柔細胞が含まれる割合は5～15%と少ないので、成長輪の主要な構成要素である道管と木部繊維について考察する。樹木の肥大成長量を決定する因子としては、一つは形成層始原母細胞の数であり、二つは形成層始原母細胞の分裂と娘細胞の分裂を含めた細胞分裂速度があり、三つには細胞分裂後の細胞が細胞の寸法を拡大する時期の拡大の割合である。この細胞寸法が拡大する時期に細胞の機能分化が起こり、同時に細胞の寸法が決定されると考えられる。その後に細胞壁が肥厚し、木化の過程をえて木材の細胞が完成される。完成された木部の細胞から細胞分裂速度を推定することは難しいが、分裂した細胞が機能分化後に、寸法を拡大し、木部の要素の何れかになる。形成層細胞分裂時に総数は決められているので、機能分化した各要素の数は相互に補完的な関係にあるものと考えられる。一方細胞寸法は、樹幹周囲にある形成層の細胞によって樹幹周囲長や新しく分裂した細胞数によって、細胞が拡大できる木部の体積が制限されているので、各要素の寸法拡大も相互補完的な関係にあるものと考えられる。従ってある細胞の拡大の割合が大きいつきには、周囲にある他の細胞の寸法拡大割合が小さく抑えられ、細胞拡大時の細胞全体の体積バランスが取られると考えられる。環孔材孔圏の非常に大きな道管要素は周囲の細胞の拡大を圧迫し、道管では、孔圏内ばかりではなく、孔圏外の第二計測点の道管直径が第三計測点の直径よりも小さくなり、非常に大きな圧迫を受けていると考えられる。軸方向柔細胞の直径も、木部繊維の放射直径も第三計測点の直径よりも小さくなり、この圧迫の影響が小さくなる早材からの成長輪幅0.5付近に最大直径の細胞が存在するのであろう。同じことは散孔材のシバニッケイ材でも認められ、早材初期の成長が活発な時期には道管の直径が大きくなり、同じ材部にある周囲の木部繊維や柔細胞を圧迫し、成長の活発な時期にも係わらずこれらの細胞の直径が小さくなっている。このような細胞拡大の影響は両材とも一致して認められ、木部繊維では成長輪幅の早材部側の約30%、軸方向柔細胞では約50%の位置まで認められた。センダン材は、この位置以降の晩材側の材部では直径が小さくなっているが、シバニッケイ材は一定値になり、センダン材、シバニッケイ材特有の成長形式であると思われる。

## 結 論

センダン、シバニッケイ材の成長輪内の要素の配列状態を検討し、次のような結果が得られた。

1. 道管の直径は、センダン材の場合には、接線直径が50 $\mu$ m以上では放射直径が接線直径よりも大きくなる。シバニッケイ材の場合は、放射直径が全道管とも接線直径より大きくなる。
2. 道管要素のように細胞分裂後の細胞の拡大割合が大きい場合に、同じ材部にある他の要素の拡大割合が小さくなる。
3. センダン材は一生長輪の構成要素の寸法変動が大きい、シバニッケイ材は同じ様に要素の寸法に変動があるが、その変化量はセンダン材よりも小さい。
4. 道管の直径は早材の初めに最大値があるが、他の要素の直径は、センダン材では早材側の成長輪界から成長輪幅の0.3～0.5の位置に最大値があり、シバニッケイ材では成長輪幅の0.3～0.5の位置に最大値がある。以降の材部ではセンダン材では直径が減少するが、シバニッケイ材では一定値である。

## 参考文献

1. Dinwodie, J. M.,: Tracheid and fiber length in timber, *Forestry*, **34**, 125～144, (1961)
2. 古川郁夫、世古口昌子、松田雅子、作野友康、岸本潤：1983、小径広葉樹の材質（第二報）、広葉樹研究, No.2, p103～134



3. 古川郁夫、福谷繁樹、岸本潤：1989, ケヤキ樹幹内の材質変動特性、年輪幅、繊維長、道管要素長、気乾比重、縦圧縮強度の水平変動、広葉樹研究, No.5, p197~206
4. 藤原新一、中山義雄、岩神正明：1984, 林木の成長と細胞のデイメンジョンに関する研究、第一報、木材誌、30 (1), p9~16
5. 藤原新一、岩神正明：1987, 四国産スギ材の成長と材質、第一報、高知大学演林報、p43~52
6. 林弘也、垂内朋美：1988, 散孔材の細胞構成、日林九支論集, No.41, p217~218,
7. 林弘也、垂内朋美、古橋健一：1989, 散孔材成長輪の細胞構造、琉大農学報、No.36, p123~129, (1989)
8. 木材工業編集委員会編：1960, 日本産主要木材, p1~101, 日本木材加工技術協会, 東京
9. 佐伯浩：1963, 針葉樹材の年輪構造に関する研究 (第二報)、木材誌、9(6), p231~236,
10. 塩倉高義、渡部治人：1972, カラマツ材の品質に関する基礎的研究 (第三報)、東農大集報、17 (1), p81~86,
11. 塩倉高義、渡辺治人：1973, 未成熟材に関する研究 (第五報) 東農大集報, 18 (2), p139~144,
12. 島地謙、須藤彰司、原田浩：1976, 木材の組織、p34~39, p129~199, 森北出版、東京
13. 渡辺治人、堤寿一、小島敬吾：1963, 未成熟材に関する研究 (第一報)、木材誌、9 (6), p225~230,
14. 渡辺治人：1967, 木材理学教室研究資料, No.67, p1~21
15. 渡辺治人：1971, 林木の未成熟材、木材工業、26, p197~200
16. 山田希仁、作野友康、古川郁夫、岸本潤：1988, ニセアカシヤに於ける繊維長の樹体内変動、広葉樹研究, No.3, p107~p120

### 和文摘要

木材の組織因子と材質との関係を解析するために、成長輪を材解析の一つの単位として考え、成長輪内の構成要素について各要素の形態や分布状態など成長輪の構造を検討した。環孔材のセンダン材と散孔材のシバニッケイ材の道管、木部軸方向柔細胞について成長輪内の直径、細胞壁厚の分布状態を明らかにし、次ような結果を得た。

- 1、道管の放射直径は接線直径より大きい、センダン材は接線直径50  $\mu$ m以下の道管では、この傾向は認められなかった。
- 2、細胞分裂後の細胞の拡大割合が大きい場合に、同じ材部にある他の要素の拡大割合が小さくなる。
- 3、センダン材の要素の寸法変動はシバニッケイ材に比較して大きい。
- 4、道管の直径は早材が最も大きい、他の要素は、センダン材では成長輪の0.3~0.5の位置に最大値があり、シバニッケイ材も0.3~0.5の位置に最大値がある。この位置以降の材部では、センダン材は要素の直径を減少するが、シバニッケイ材は最大値と同じ直径であった。