

琉球大学学術リポジトリ

広葉樹散孔材 6

樹種の要素成長と要素率(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): 散孔材, 面積率, 道管直径, 道管, 木部繊維, 柔細胞 キーワード (En): diffuse porous wood, area fraction, vessel diameter, vessel, wood fiber, parenchyma 作成者: 林, 弘也, 屋我, 嗣良, 金城, 一彦 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3780

広葉樹散孔材 6 樹種の要素成長と要素率

林 弘也*・屋我嗣良*・金城一彦*

Hiroya HAYASHI, Shiryou YAGA and Kazuhiko KINJYOU : The element growth and the area fraction of 6 diffuse porous woods

キーワード : 散孔材, 面積率, 道管直径, 道管, 木部繊維, 柔細胞

Key words : diffuse porous wood, area fraction, vessel diameter, vessel, wood fiber, parenchyma

Summary

The secondary growth of the woody plant depends on the cell division and the cell enlargement in cambial zone. The understanding of cell growth rate is an important problem to analyze the grown-up process of the woody plant. There is a destructive way of the marking method in the cell growth. measuring However, the measuring skill is difficult for this method and measurement takes long. This method is disadvantageous in technique and in time to apply to the analysis study of the grown-up process of plants for the above reasons. It is desirable to measure the grown-up rate in the non-destructive method of a growing plant. This report had a purpose of getting knowledge about the basic factor to examine an non-destructive method. It examined the changes of the diameter of a vessel and area fraction of vessels of woody plant. It is considered theoretically that the area fraction is the index which shows relative growth among elements. It is described the experimental results. The area fraction of the ray parenchyma cells is constant and is unrelated to the grown-up rate. The area fraction of the vessel changed with the vessel diameter but the relation of both depends on the tree species. Investigated tree species was classified into three groups based on the relation of both factors.

Prior group-Kusunoki (*Cinnamomum camphora*) -had constnt area fraction irrespective of the vessel diameter and the grown-up rate was constant. 2nd group-Isunoki (*Distylium racemosum*), Hounoki (*Magnolia obovata*) -had constant vessel diameter but the area fraction changed. Grown-up rate is ruled by the dividing times of cell in the cambial zone. 3rd group-Yabunikkei (*Cinnamomum japonica*), Shibanickei (*Cinnamomum doede rleinii*), Katsura (*Cercidiphyllum japonicum*) -had in the proportional relation between the vessel diameter and the area fraction. The grownup rate is ruled by both with the divideing times and enlargement of the cells in the cambial zone. The

*琉球大学農学部生物資源科学科

vessel and the wood fiber are the main element of the broadleaf wood. The area fraction of both elements was in the inverse proportion relation and the summation with the area fraction of both elements was nearly constant in the range of the examined tree species.

はじめに

高等植物の成長量は植物体の生産量や収穫量、成長の過程等を把握するのに重要であり、伝統的に空間的な位置すなわち直径とか高さなどの測定値によって表現されている。高等植物の成長は分裂組織の細胞の増加によるので、頂端分裂組織や二次形成層の形成層帯に於ける成長方向と成長速度を特定しておくことが必要である。また、この様な成長データは器官の成長及び発達を解析するのにもまた植物全体の成長を把握する上でも重要なことである。木本植物の二次成長は樹幹周囲にある形成層の分裂によるが、成長の過程は、始原細胞の分裂および娘細胞を分裂する細胞分裂期と分裂した細胞の断面や長さを拡大する細胞成長期を経て細胞の外形が形成される。その後細胞壁が肥厚する過程にはいり、細胞壁が十分に肥厚すると細胞として完成される。二次成長の成長量は始原細胞から分裂して木部となる細胞の数と細胞の拡大率によって決定される。すなわち、二次成長は分裂と拡大の二つの過程によって影響されている。成長速度の測定は、木本植物に樹幹についても草本植物の葉や根の場合と同じように破壊的な計測方法（例えばマーキング法や切断による方法）^{5,7)}が実験的に試みられている。しかし破壊的な方法は必ずしも同じ試験植物の同一の部位では行われなく、異なるサンプリング位置からデータが取られるので、全てのサンプリング位置が同じ成長をしているという仮定が含まれていたり、測定に多くの時間と手間を必要とするが、そのわりには測定精度上の問題が残されているといった問題点がある。本報告は、成長している過程に破壊的なダメージを与える方法を避け、細胞の分裂と拡大の過程を終了して形成された細胞列について、木部の成長輪内の細胞形態の変化から成長を推定する相対的な測定の可能性を検討した。

実験試料及び実験方法

Table 1 Species of sample trees

Japanese vernacular name	Scientific name	Density at air dry (g/cm ³)
KUSUNOKI	<i>Cinnamomum camphora</i>	0.52
SIBANIKKEI	<i>Cinnamomum doederleinii</i>	0.68
YABUNIKKEI	<i>Cinnamomum japonica</i>	0.50
KATURA	<i>Cercidiphyllum japonicum</i>	0.46
HOUNOKI	<i>Magnolia obovata</i>	0.45
ISUNOKI	<i>Distylium racemosum</i>	0.92
EGONOKI	<i>Styrax japonica</i>	0.59

供試材料は広葉樹散孔材のエゴノキなどの7種であり、Table 1に示した。試験片は地上約1mの樹幹から約1cm³のブロックを切り出し、水・グリセリン混合液で加熱軟化し、通常の方法でパラフィン包埋をした。スライディングマイクロームで20~25μm厚の横断面切片を作成し、サフラニンで染色した後通常の方法で永久プレパラートを作成した。オリンパス光学製の画像解析装置を使用し、細胞の内腔径、8方向の細胞径、細胞面積を計測した。測

定点は成長輪を4~20に等分割した点に配置した。分割の数は成長輪幅を顕微鏡の視野を基準単位に分割したものであり、成長が早い成長輪は分割数が多くなり、成長輪を細かく検討できる。一成長輪に測定点が多数設定されたときには2~4測定点ごとに測定した。ただし早材の最初の測定点と晩材の最後の測定点は測定点間隔に関係なくすべて測定した。

サンプリングした細胞の放射方向列は6列であり、これら6個の測定値を平均した。顕微鏡の測定倍率は道管、放射組織は20倍、軸方向柔細胞、木部繊維は50倍である。繊維状仮道管は木部繊維に含めて計測した。

実験結果及び考察

材を構成する細胞には軸方向の細胞と水平方向の細胞があり、異なった二つの軸方向の成長がある。この様な異なった方向の細胞成長を単一軸方向の細胞直径や細胞壁の増加率等の同一基準で判定することは問題があり、特に放射方向の細胞（組織）成長量は樹幹軸方向の成長と異なった基準軸を持つ測定量が必要である。放射組織始原細胞の細胞分裂方向は軸方向の細胞と同一であるが、細胞の拡大方向がまったく異なることに起因する。一成長輪を基準に、成長輪内の位置に対する細胞数の関係から成長速度を推定することができる。針葉樹材の仮道管については成長速度と成長輪内の位置との間には、両対数グラフ上で直線の相関関係が認められている²⁾。この相関式から仮道管の成長量を計算できる。しかし広葉樹材は、ほぼ単一の細胞から構成されている針葉樹とは異なり、横断面の細胞形状を異にする細胞が混在している。この様な材では分裂した細胞の拡大方向が異なる細胞を含んでいるばかりでなく、例え拡大方向が同じであっても一断面内の各要素の細胞拡大率が大きく異なり、特に道管とその他の要素との細胞拡大率の差異は著しく大きい。また道管配列によって要素の配置が異なっているため、解析を一層困難にする。広葉樹材のある断面を仮定すると、円形や多角形など細胞の断面形状や細胞直径が細胞の種類ごとに異なり、また断面が多角形の細胞の場合どの方向の細胞直径によって細胞の拡大率を決定するかということとは難つかしい。また細胞分裂速度は木部を形成する細胞個々の細胞拡大率がわからないので、一定面積に含まれる細胞数から決定することは始原細胞からの拡大率の異なった細胞を単一の基準で物理的に判定することになり、種類の異なる細胞間の相互比較には問題点を内包することになる。従って細胞の直径や単位面積当りの細胞数などによって全ての種類の細胞を同一の測定基準に基づいて測定し、成長量を相互に比較することは難しいと考えられる。材部の各構成要素の容積または断面内の面積は形成層細胞の分裂頻度と分裂した細胞の拡大率との積の和として表される。ある断面内で各要素毎の容積または面積は異なった細胞種間の成長量を比較する基準にすることが考えられる。したがって一定面積のサンプル点を選定して計測されるならば、各要素の面積率は各成長過程における各要素の相対的な成長量を示す指標になる。容積率も同様である。

一定した測定面積内にある構成要素の細胞断面積を求め、容積率を計算し、一成長輪内の要素容積率を Fig. 1 に示した。各要素ごとにみると、道管は、早材形成の開始時期には直径はやや小さいが、時間と共に増加し成長輪内の最大値になる。その後晩材に向けて低下して行き、ある条件が整うとその他の構成要素と同じくついに成長を中止する。放射組織は成長期を通じて一定である。軸方向柔細胞は存在しない樹種もあるが、存在する樹種では10%以下の面積率であった。木部繊維は樹種により面積率が変動しており、一定した傾向は認められない。放射組織の面積率は一定値であり、成長速度に無関係であった。木部細胞と道管の面積率はそれぞれ10%~70%であり、木部繊維と道管の面積率は75~85%を占めていることを考慮すると、軸方向柔細胞の面積率は10%以下の値であり、成長量への影響は少ないと考えられる。成長量はこの両要素によってほぼ決定されていると考えられる。木材の成長量は成長因子である植物ホルモンの分泌量により制御されている。その中でも主要なホルモンであるオーキシン(NAA)を投与し、投与点からの距離と道管数および道管直径の関係が検討されている^{1,6)}。その結果では道管径が大きくなると分布数は減少する関係が認められた。同じ成長ホルモンが道管の成長速度とその他の構成要素の成長を支配していると考えられるので、木部繊維についても同様の関係があると考えられる。そこで細胞拡大の状況が把握しやすい道管の直径について分布状態を検討した。5種の広葉樹散孔材について一成長輪内の道管直径を Fig. 2 に示した。道管の放射方向直径は接線方向直径と一

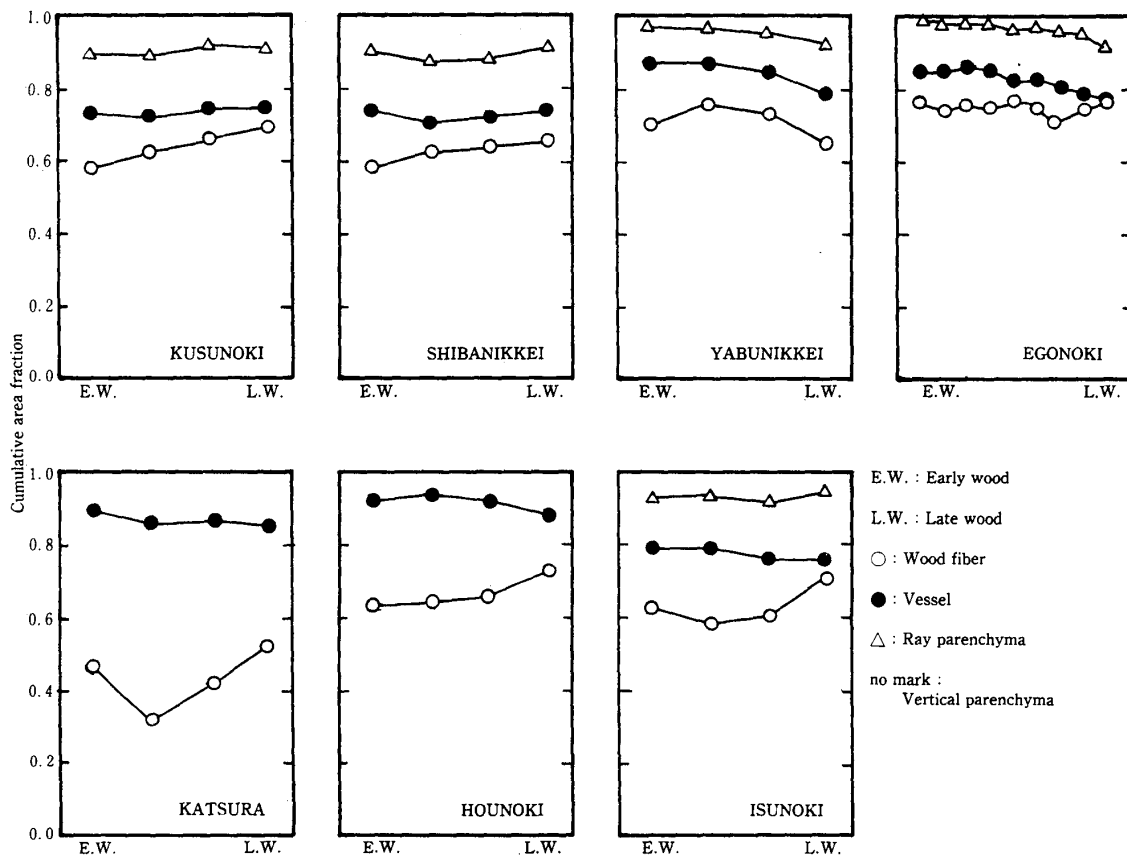


Fig. 1 Element area fraction in one growth ring of some diffuse porous woods

次の高い相関関係にあるので⁴⁾、図には放射方向直径を示した。直径は樹種による変動はあるが、早材の成長開始直後に限定はされないが、早材部に直径の最大値があり、晩材に向け減少していく変化を示した。この傾向は針葉樹材の仮道管に認められており³⁾、植物体のオーキシン分泌量が成長開始期には成長期間中の最大量でないことを示している。しかし直径が大であることは分布量の減少を生じることになると考えられるので、分布量減少の状態によって成長量に対する効果が異なることになる。比較的均一な形状を示す道管の面積率と道管直径の関係を検討した。Fig. 3に直径に対する面積率の関係を示した。イスノキ、ハウノキは直径がほぼ一定であるので、面積率が高くなると、道管数が増加している。クスノキは面積率が一定であ

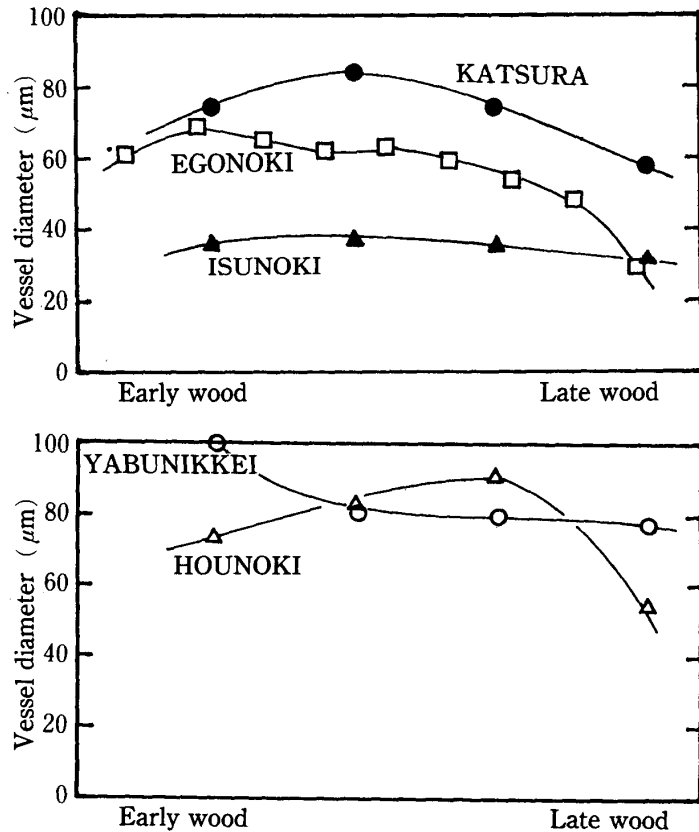


Fig. 2 Radial vessel diameter of some diffuse porous woods

り、直径の増大による道管数の減少が確認できた。シバニッケイ、ヤブニッケイ、カツラ、エゴノキは両者の中間にあり直径増大の割合よりも道管数の減少の割合が小さく、道管の面積率が增大していることが認められた。直径の増加が完全に面積の増加になるとすれば直径と面積率との相関は二次の相関になるが、これらの樹種の相関式は一次の相関を示した。従って道管分布数の減少が推定できた。単純なオーキシンの効果がほとんど認められない樹種と道管面積が一定になるように直径と道管数が制御される樹種及び両者の中間にある樹種が区分された。次に、道以外の要素との相互作用を検討した。道管と木部繊維との面積率の関係を示したのが Fig. 4 である。木部繊維と道管の面積率の間には負の相関関係が認められ、その相関係数は 0.85 であった。道管の面積率が減少した値は木部繊維の面積の増加になると考えられる。しかしホウノキ、イスノキは木部繊維と道管で構成されているので、相関（相関の決定係数は 0.93 である。）は非常に高いが、その他の樹種は軸方向柔細胞があるので、相関が低いことから推定できるが、構成条件が異なっていると考えられた。相関式は全ての樹種を含んだ相関式であるので、相関式の係数が 1 以下であることは、面積減少量が全てが木部繊維になるのではないが、大部分はやはり道管面積の増加に依っていると考えられる。研究対象樹種に限られ、成長過程は、樹種特性が認められるので、樹種分類に基づいたさらに広範囲な研究が必要である。

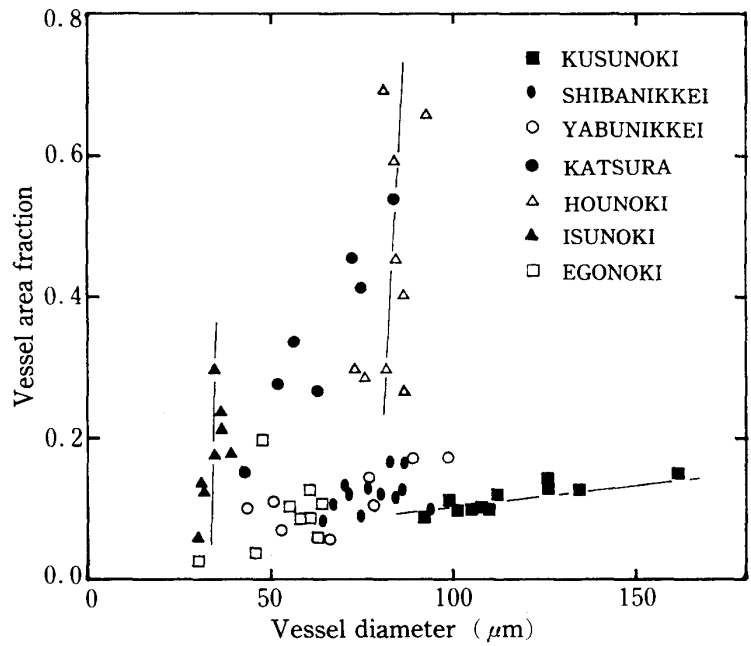


Fig. 3 Relationship between area fraction and vessel diameter in some diffuse porous woods

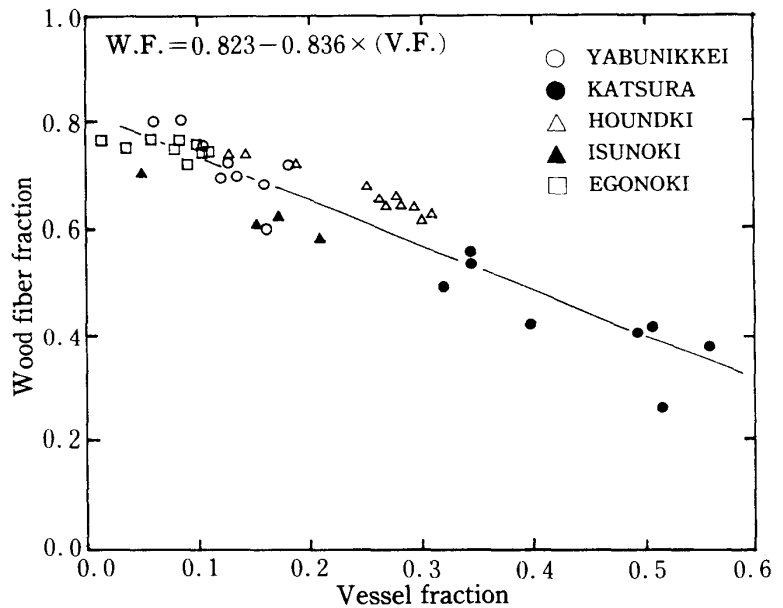


Fig. 4 Relationship between vessel fraction and wood fiber fraction in some diffuse porous woods

結 論

広葉樹散孔材の成長輪について構成細胞の面積率を検討し、次の様な結論をえた。

1. 面積率は構成要素相互間の成長比較基準として用いる。
2. 成長ホルモンの作用による要素の拡大と分布数は反比例関係にあるとされているが、道管につい

ては両者の関係は樹種によって異なる。道管の直径と面積率と相関は次の様に類型区分された。

- a 直径は変化するが、一定した面積率を示し、成長量が一定である樹種。
 - b 直径変化量の一部が分布数の変化量になり、面積率が増大する樹種。
 - c 直径は一定値であり、面積率は分布数の増加または減少による樹種。
3. 道管の面積率と木部繊維の面積率は負の相関があり、道管の面積率の増減の大部分は木部繊維の面積率の増減によって補われていると考えられた。

摘 要

木本植物二次成長量の測定には破壊的な方法が採られるが、同一の部位で測定できない欠点がある。成長量の無破壊的な測定法の確立が期待されている。広葉樹散孔材の樹種について、成長量を成長の終わった材部から得たデータによって推定する方法を検討する目的で、構成細胞の面積率、直径について基礎的な検討をした。最初に道管の直径は早材、晩材など成長速度によって変化する。道管の直径と面積率との関係を検討し、直径が変化しても面積率が一定である樹種、直径が一定で面積率が変化する樹種、直径と面積率とは比例関係にあり、両者の中間の樹種を確認した。また面積率は要素の相対的な成長量を示す指標になると考え、面積率を検討した。放射柔細胞の面積率は一定しており、成長速度との関係はなかった。木部の主要な構成要素である道管と木部細胞の面積率には、負の相関が認められた。道管の面積率変化量の大部分は木部繊維の成長量の変化で補われていることが結論された。

参考文献

1. Aloni, R., H. Zimmermann 1983 Control of vessel size and density along the plant axis. A new hypothesis, *Differentiation*, **24**, 203-208
2. Briand, C. H., U. Poslaszu, D. W. Larson 1993 Influence of age and growth rate and radial anatomy of annual ring of *Thuja occidentalis*. *Int. J. Plant. Sci.*, **154**, 406-411
3. Fujiwara, S., S. Iwagami 1990 Tree growth and cell dimensions III. Variation of tracheid cross sectional dimensions across growth ring in Sugi. *I. A. W. A. Bull. New Ser.* **11**, 97-101
4. 林 弘也, 平川明彦, 1993 センダン材, シパニッケイ材の成長輪の細胞構造, 日林九支論集, No. **46**, 227-228
5. Pahlavanian, A. M., W. K. Silk 1987 Effect of temperature on spatial and temporal aspect of growth in the primary maize root. *Plant. Physiol.* **188**, 529-532
6. Roberts, L. W., P. B. Gahan, R. Aloni 1988 Vascular differentiation and plant growth regulator, 63-68, Berlin, Springer-Verlag
7. Silk W., T. Halao, U. Diederhofen, C. Matson 1986 Spatsial distribution of potassium solutes and their deposition rates in the growth zone of the primary corn root. *Plant Phys.*, **82**, 853-858