



Title	シナノキ材密度の樹幹内変動に及ぼす年齢及び生長効果
Author(s)	深沢, 和三; 大谷, 諄
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 36(3), 609-622
Issue Date	1979-11
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/21017
Type	bulletin (article)
File Information	36(3)_P609-622.pdf



[Instructions for use](#)

シナノキ材密度の樹幹内変動に 及ぼす年齢及び生長効果*

深沢和三** 大谷 諄**

The Effects of Age and Growth on Density Variation
within one Stem of *Tilia japonica* SIMK.*

By

Kazumi FUKAZAWA** and Jun OHTANI**

目 次

1. 緒 言	609
2. 実験方法	610
2.1 供 試 木	610
2.2 密度の測定	611
2.3 構成要素の観察と測定	611
3. 結果と考察	611
3.1 密度の水平変動 (年齢効果)	611
3.1.1 全試験片での変動	611
3.1.2 地上高べつの変動	611
3.1.3 未成熟材と成熟材	615
3.2 密度と年輪幅との関係 (生長効果)	615
3.3 年齢効果と生長効果	618
3.4 構成要素の変動	618
4. 結 論	619
5. 摘 要	620
文 献	621
Summary	621

1. 緒 言

材密度—比重—の樹幹内分布に影響する因子として主に次の2つが挙げられる^{1,2)}。

(1) 年齢効果—形成層年齢に支配される。この場合、具体的には髓からの年輪数だけが因

1979年1月31日受理

* 本報の一部は、1976年4月の第26回日本木材学会大会(静岡)で発表した

** 北海道大学農学部林産学科木材理学教室

Laboratory of Wood Physics, Dept. of Forest Products, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

子になるのではなく、髄からの距離も同じ因子として含まれる。

(2) 生長効果—年輪幅の広狭に支配される。

この2つの因子を樹幹内で抽出し、その影響を明らかにしておくことにより、個体間の変動に及ぼす因子すなわち遺伝因子、環境因子などが次の段階で考察され得るようになる。

著者らは先にミズナラ、カツラ材の密度分布について調査し、未成熟材の密度は生長効果に関係なく年齢効果に支配されることを明らかにした^{1,2)}。そしてこの樹幹内の密度分布に及ぼす年齢効果と生長効果は、材の構成要素率の変動から説明できることを報告した。広葉樹は機能的に針葉樹より進化した形態であり、構成要素率の変動とくに道管と木繊維(仮道管)の比率から上記の効果を確認づけられることは、樹木の年齢あるいは生長に伴う生理的機能の変化をうかがい知ること興味深い。また前報で散孔材であるカツラにおいて、従来の定説(散孔材では密度と年輪幅の関係は認められない^{3,4)})にかかわらず、生長効果がはっきり表れた。しかしながら広葉樹はその進化の程度がそれぞれ異なり、樹種固有の遺伝子の影響が大きい。そのため上記の年齢及び生長効果は、樹種べつに体系づけることが必要となる³⁾。このような見地から本報では、北海道産有用広葉樹の一つであるシナノキを取り上げ同様な調査を行った。カツラは未成熟材部が重い樹種であるが、シナノキはこれとは逆に未成熟材部が成熟材部よりも軽い樹種である。

本研究で密度の変化に及ぼす構成要素の影響についても調査したが、シナノキの場合とくに未成熟材において木口面で要素の種類を確認できなかった。構成要素の変動に及ぼす年齢効果については、別に報告する予定である。

本研究の内容は1976年4月の第26回日本木材学会大会(静岡)で発表した。また実験は当時の北海道大学農学部林産学科学学生、諏訪靖人氏(現 K. K. クワザワ勤務)の努力による。記して感謝の意を表す。

2. 実験方法

2.1 供試木

供試木は北海道大学中川地方演習林(中川郡中川町)産のシナノキ(*Tilia japonica* SIMK.) 2本である。供試木の概況を Table 1 に示す。

1号木は76林班の標高約80mの尾根に生育していたもので、林道造成のため1974年に伐開された跡地の孤立木である。周囲の森林はトドマツと広葉樹の混交林で蓄積は約100 m³/haであった。2号木の生育地は75林班、標高約60mの丘陵地帯であり、トドマツ80%、シナ10%、ハリギリ、ハルニレ、イ

Table 1. Sample trees of *Tilia japonica* SIMK.

Sample tree No.	1	2
Age (year)	150	108
Height (m)	22	20
B.H.D. (cm)	44	36
Clear length (m)	8	11
Diameter of Crown (m)	6.0	3.6
Number of specimens for density measurement	321	344

チイが10%を占める混交林で、蓄積は約200 m³/haであった。1, 2号木とも樹幹が通直な優良木であるが、1, 2号木を比較すると、1号木は枝下が低く、枝条は太く樹冠径も大きい。また2号木の方が完満である。1975年4月25日に伐採した。

2.2 密度の測定

両供試木から地上高1.3, 3.3 m以下原則として2 mごとに厚さ約2 cmの円板を採取した。円板採取後直ちに東西南北の4方向から半径方向に幅約2 cmの材を割りとった。それぞれの材は髓から樹皮までの年輪を含んでいるが、木口面を鉋削後水中にて保存し、順次年輪幅を測定した。測定はニコンV-16A型万能投影器(10倍)で行った。測定後髓から1 cmごとに連続試験片を分割し、水中浮力法により生材容積を測定した。その後全乾にして重量を測定し、各試験片の容積密度数R(kg/m³)を算出した。各試験片の年輪幅は、上記の連続測定値を各試験片に対応させて求めた。

2.3 構成要素の観察と測定

2号木の7.3 m南方向の全試験片について、15 μ厚の木口面切片を作成し、構成要素率測定用のプレパラートとした。他のところからも、観察用として随時プレパラートを作成した。

構成要素率は、125倍の写真(万能投影器で撮影)上で算点法により求めた。道管、木繊維、放射組織の3群に分けたが、柔細胞ストランド、繊維状仮道管などは木繊維中に含めた。シナノキの成熟材部分では、道管と木繊維群は明瞭に区別できるが、後述のように未成熟材部分では両者の区別は木口面上でほとんど不可能であった。そのため本研究では、その中である大きさ以上の要素を道管、それ以下の要素を木繊維群として測定してみた。これはこ息な手段であり、参考値にしかならないが、詳細な検討は先にゆずることにした。道管、木繊維の断面径及び壁厚の測定は、1,500倍の顕微鏡下で接眼マイクロメータにより行った。

3. 結果と考察

3.1 密度の水平変動(年齢効果)

3.1.1 全試験片での変動

Fig. 1及びFig. 2は、1号木及び2号木の容積密度数の水平変動を、すべての測定試験片の数値について、地上高に関係なくプロットしたものである。

1号木の容積密度数は250~520 kg/m³、2号木では200~450 kg/m³の範囲にあり、2号木の方が軽い。測定値のバラツキはかなり大きいですが、髓から5~7 cmぐらいから外側の材部では、1号木で400~500 kg/m³、平均約450 kg/m³、2号木で350~430 kg/m³、平均約400 kg/m³を示しているいわゆる安定域となるのが認められる。これに対して髓から5~7 cmまでは、密度の増加域として示され、しかも測定値のバラツキは外側の材部より大きい。

3.1.2 地上高べつの変動

Fig. 1及び2において見られた密度のバラツキの原因を調べるために、各地上高の4方向

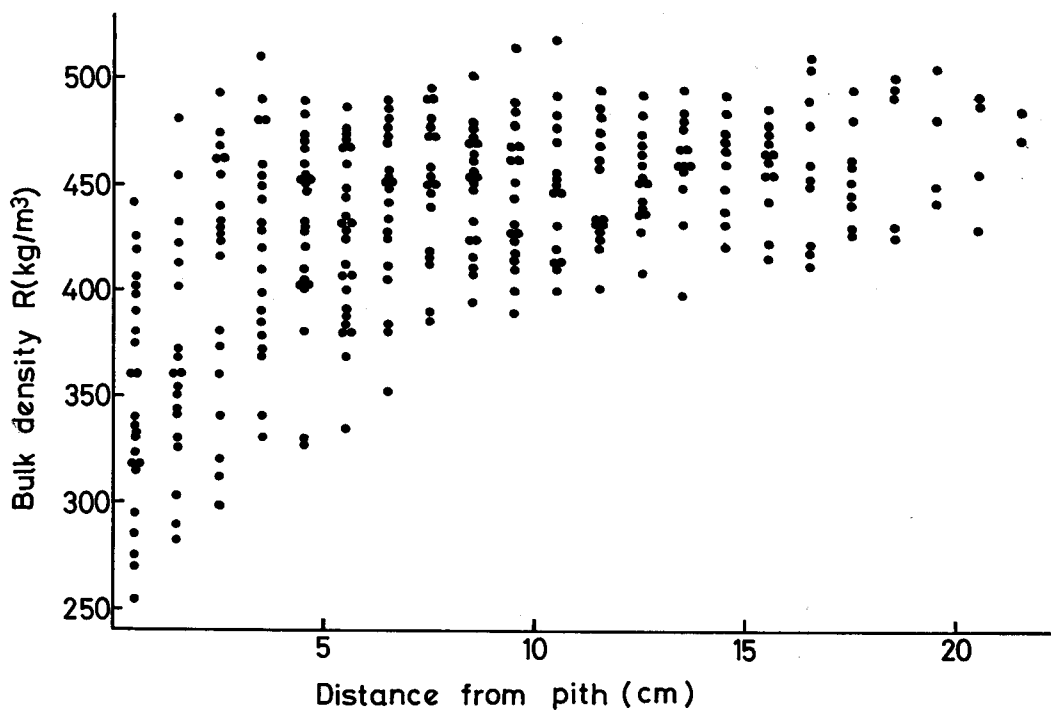


Fig. 1. Scatter diagram showing radial variation of bulk density (Tree No. 1).

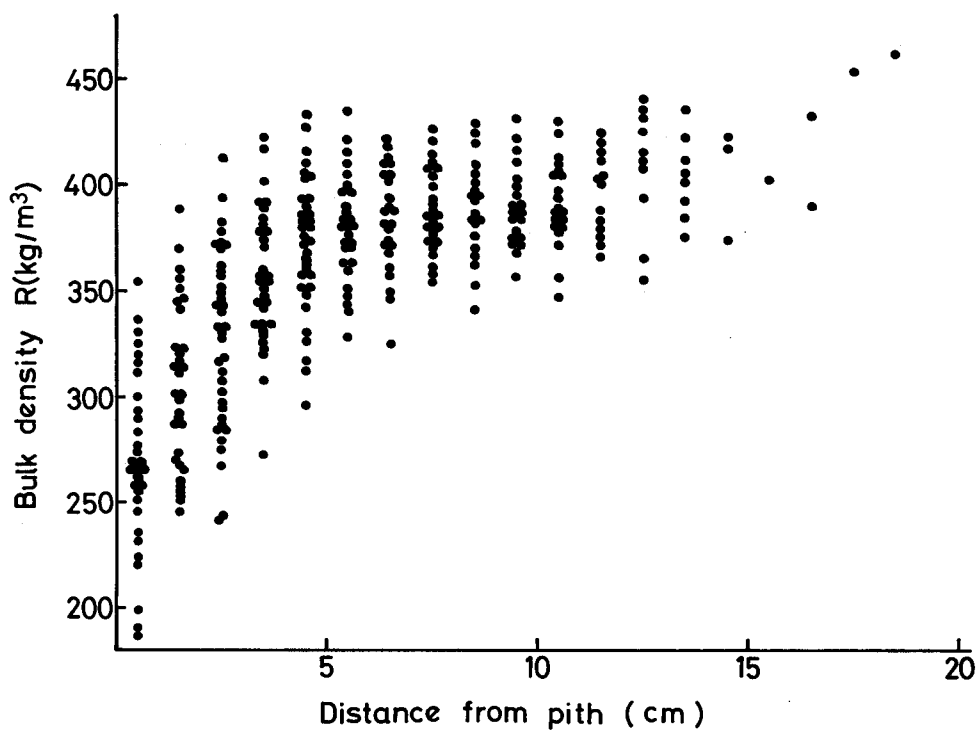


Fig. 2. Scatter diagram showing radial variation of bulk density (Tree No. 2).

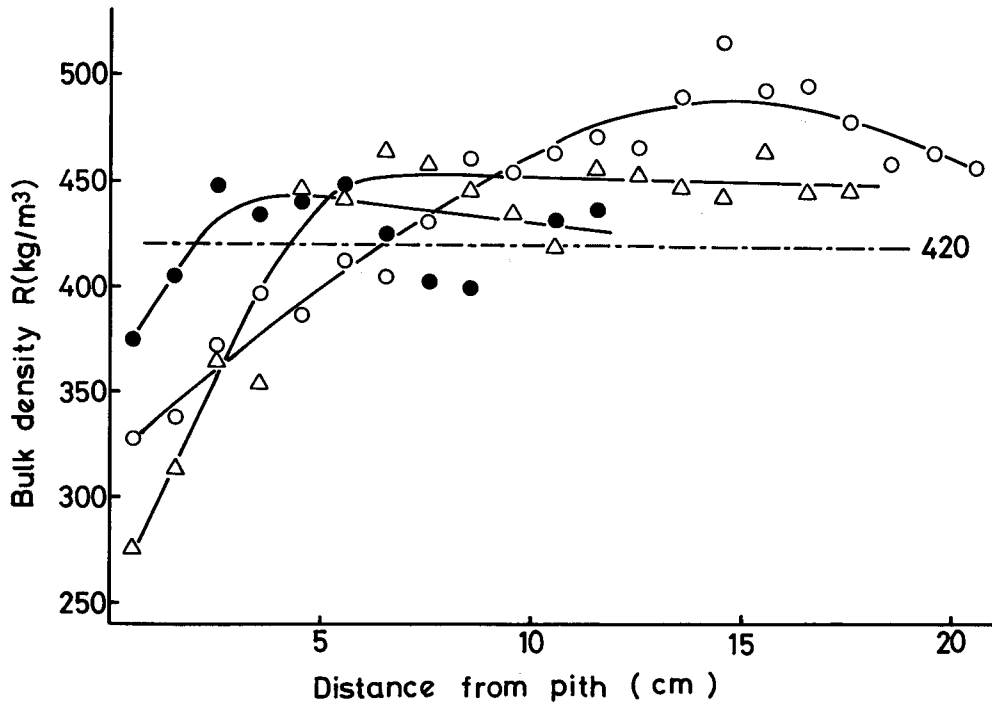


Fig. 3. Radial variation of bulk density for each of different heights (Tree No. 1).
Height; ○: 1.3 m, △: 7.3 m, ●: 11.3 m

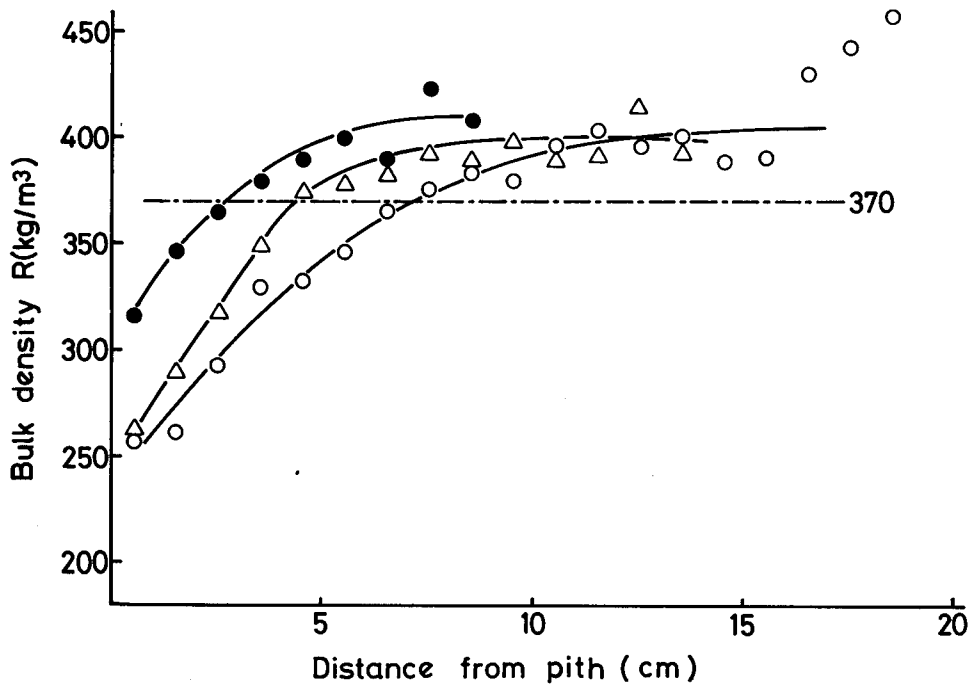


Fig. 4. Radial variation of bulk density for each of different heights (Tree No. 2).
Height; ○: 1.3 m, △: 7.3 m, ●: 13.3 m

での測定値を平均し、地上高べつに密度の水平変動を求めてみた。Fig. 3 及び Fig. 4 に1号木及び2号木の3つの地上高における密度の水平変動を示した。1号木では、1.3, 7.3, 11.3 m, 2号木では1.3, 7.3, 13.3 m 部であり、それぞれ根張りのある地上高、枝下の部位、樹冠内の地上高を代表させてきたものである。他の地上高での変動は煩雑のため省略した。

前述したように密度は髓から外側へ増加し、あるところから一定域に入るが、密度の最内部の値、その増加こう配及び一定域に入る位置(髓からの距離)は地上高により異なるのが認められた。

地上高1.3 m では最内側の密度の値は低く、また増加こう配も緩い。安定する密度の値は他の地上高と同じか、むしろ高い値を示すために、安定域に入るまでの髓からの距離は、他の地上高より長い。他の地上高の水平変動では、髓から密度の増加するこう配は変わらないが、最内側の密度の値は樹冠内の方が高い値を示す。そのため密度の一定域に入るまでの髓からの距離は、樹冠内の方が短いように見受けられる。すなわちいわゆる未成熟材部分の髓から5~7 cmの範囲での密度のパラッキは、地上高と大きく関連しているのではないかということがうかがわれる。このことをもっとはっきりさせるために、次の作業を行ってみた。成熟材部分の密度は、各地上高とも同じような数値の範囲内にあるため、その下限の容積密度数の値を1号木では420 kg/m³、2号木では370 kg/m³と Fig. 1~4 から読み取り、これを境界値として1本の幹の中で、高密度域と低密度域とに区分してみた。

Fig. 5 及び 6 に示すとおりである。Fig. 5 及び 6 の外側の線は、幹の最外側の半径、すなわち幹曲

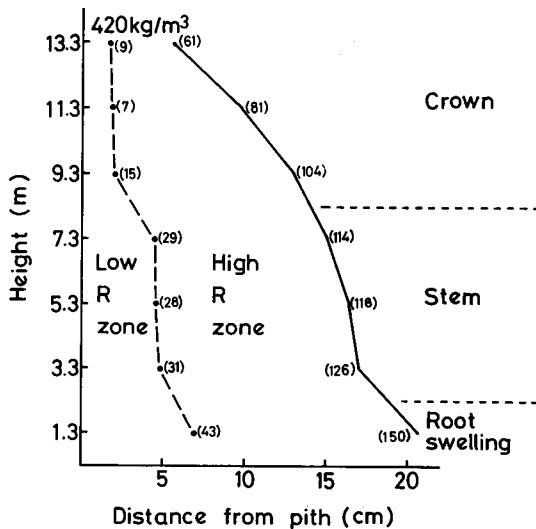


Fig. 5. Division of low and high density (R) within the trunk (Tree No. 1). (Numbers in parentheses show ring number from the pith.)

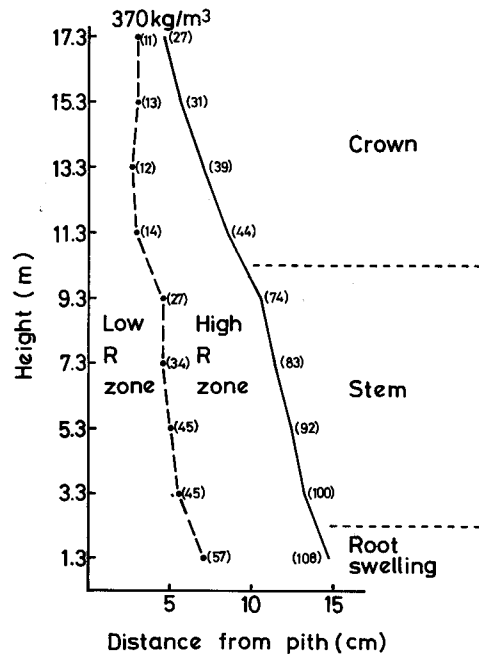


Fig. 6. Division of low and high density (R) within the trunk (Tree No. 2). (Numbers in parentheses show ring number from the pith.)

線を示し、中の破線が幹中の密度の区分線を表わしている。参考のため各位置での髓からの年輪数を図中の括弧中に示した。各供試木の枝下高の位置(1号木-8 m, 2号木-11 m)を考慮に入れると、樹幹内の高・低密度域の区分は、根張域、主幹域、樹冠域の3つの地上高部分に分けて考えることが可能になる。

3.1.3 未成熟材と成熟材

Fig. 5 及び 6 で区分した高・低密度域はそのまま成熟材、未成熟材の区分に置き換えられる。本報告の結果から、シナノキでは未成熟材の範囲(髓からの距離)及びその材部での密度の値は、地上高によって影響を受けていると考えられる。この影響を本報では、年齢効果・生長効果にならって、地上高効果と名付けてみた。シナノキの密度に及ぼす年齢効果には、2次的に地上高効果も入ってくると言うことができよう。未成熟材の範囲は、本報の密度の変動の範囲内であれば、根張り部では半径7 cm, 枝下の主幹部は半径5 cm, 樹冠内では半径2 cmである。また未成熟材の密度は樹冠内で高く、根張り部で低い。密度以外の他の材質指標、とくに年齢効果を端的に表現できる繊維長の変動などにも、この地上高効果が表われてくるかどうか興味深く、今後の研究にまちたい。広葉樹の幹の形質は、上達幹(針葉樹のように幹と枝がはっきりしているもの)と枝分幹の2つに分かれ、この性質は遺伝的に固定していること、また樹齢と共に上達幹から枝分幹に変化していくものが多い⁵⁾。事実、広葉樹の樹冠内では主幹か枝かの区別ははっきりとしない。枝下以下の高さを上達幹、樹冠内を枝分幹として考えると、枝分幹では年齢効果は変化し、あたかも針葉樹の枝と同じような性質をもってくるのかもしれない。TAILOR は Yellow-poplar について、比重は髓から外側へある年輪数の間、急激に増加するが、この増加のしかたは低地上高の方が顕著である。幹が高くなると、増加のしかたは緩やかになり、65 フィートでは逆に髓から外側へ直線的に減少することを報告している。また最内側の比重は40 フィート以上で高い数値を示している⁶⁾。本報の傾向と若干異なるが、地上高効果が本報と同様に、表われていると言うことができよう。

3.2 密度と年輪幅との関係(生長効果)

密度に及ぼす生長効果をみるためには、前述の年齢効果を消去することが必要である^{1,2)}。供試木べつの全試験片を未成熟材(低密度域)、成熟材(高密度域)にわけ、容積密度数と年輪幅の関係をプロットしてみた。Fig. 7 及び 8 のとおりである。

未成熟材では密度範囲も広く、両者の間には何らの関係も認められない。成熟材部での両者の関係を明らかに示すため、0.2 mm 間隔の年輪幅階級での密度の平均値及びそれを結ぶならかな線を書いてみた。1, 2号木共、年輪幅1~2.5 mm の範囲では平坦であり、ほぼ同一の密度の変動と言える。年輪幅1 mm 以下(1号木に多い)、及び2.5 mm 以上(2号木に多い)では密度の減少している傾向が認められた。シナノキではほぼ大部分の材が持つと思われる1~2.5 mm の年輪幅では、密度はほぼ均一であり、この限りで言えば散孔材でこれまで言われてきたように、生長効果は表われない。しかし1号木で顕著に認められたように、1 mm 以下の狭年輪幅

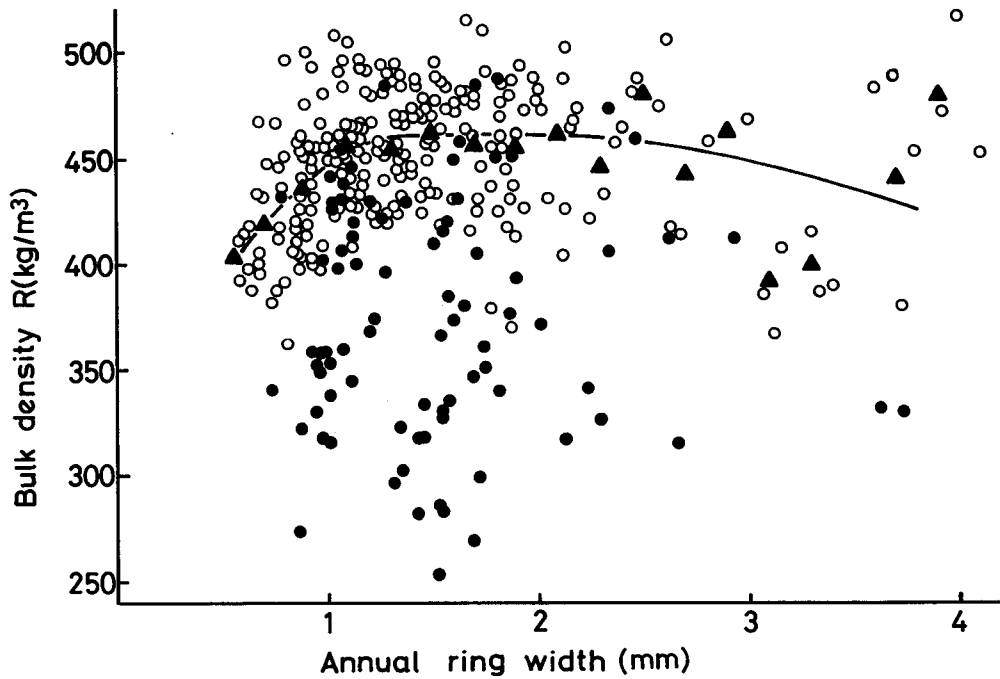


Fig. 7. Scatter diagram of the relation between bulk density and annual ring width (Tree No. 1).

○ : high R zone (adult wood), ● : low R zone (juvenile wood),
▲ : mean value of each ring width

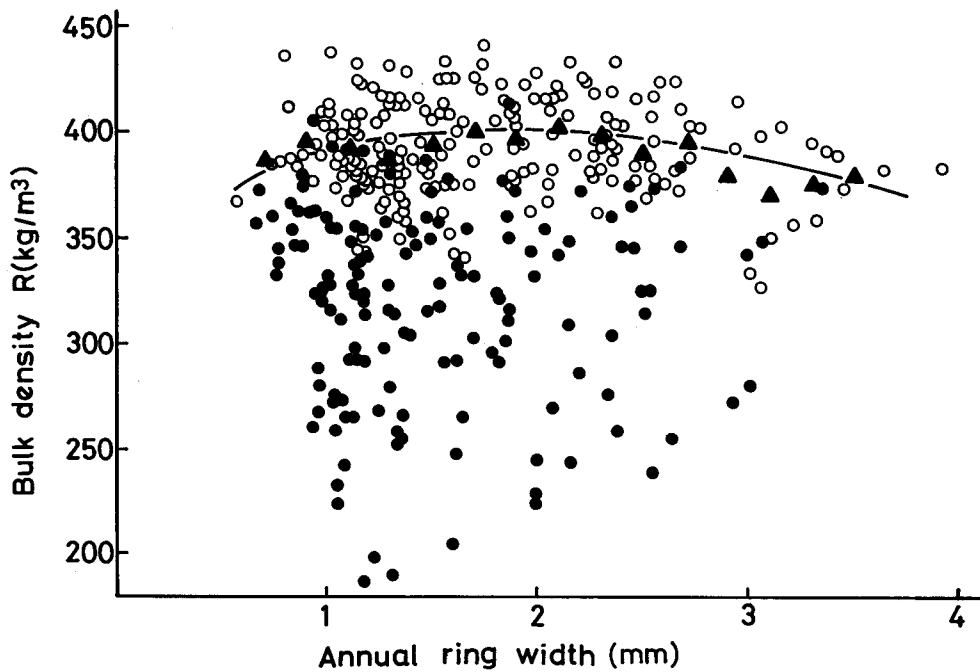


Fig. 8. Scatter diagram of the relation between bulk density and annual ring width (Tree No. 2).

○ : high R zone (adult wood), ● : low R zone (juvenile wood),
▲ : mean value of each ring width

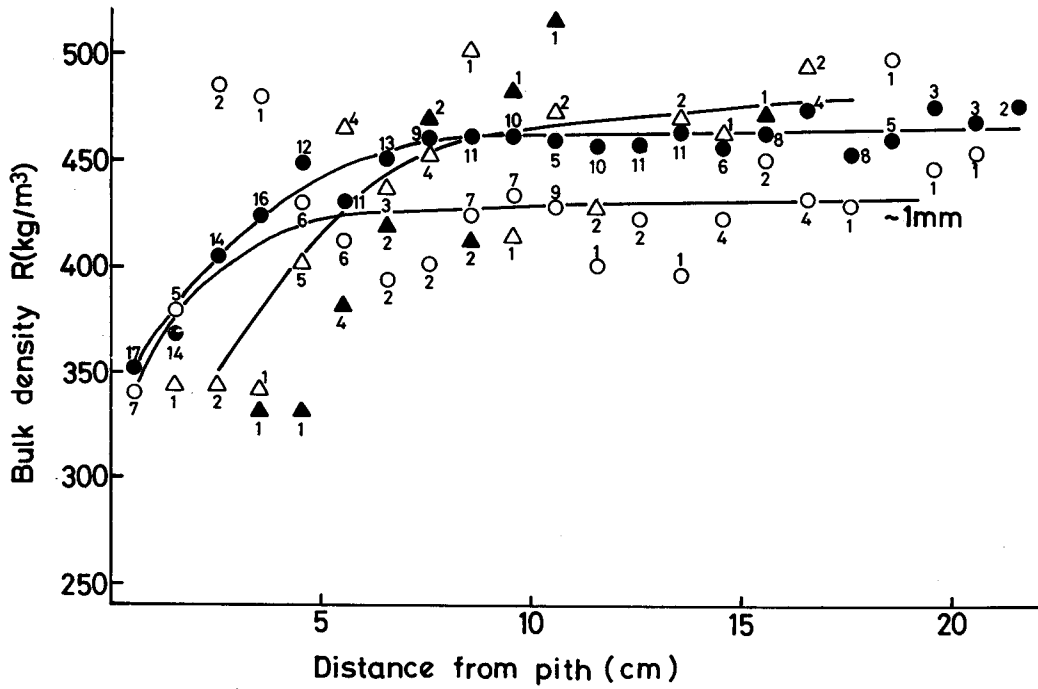


Fig. 9. Radial variation of bulk density for each of ring width classes (Tree No. 1).
 Ring width classes; ○ : ~1 mm, ● : 1~2 mm, △ : 2~3 mm, ▲ : 3~4 mm
 Values; number of specimens

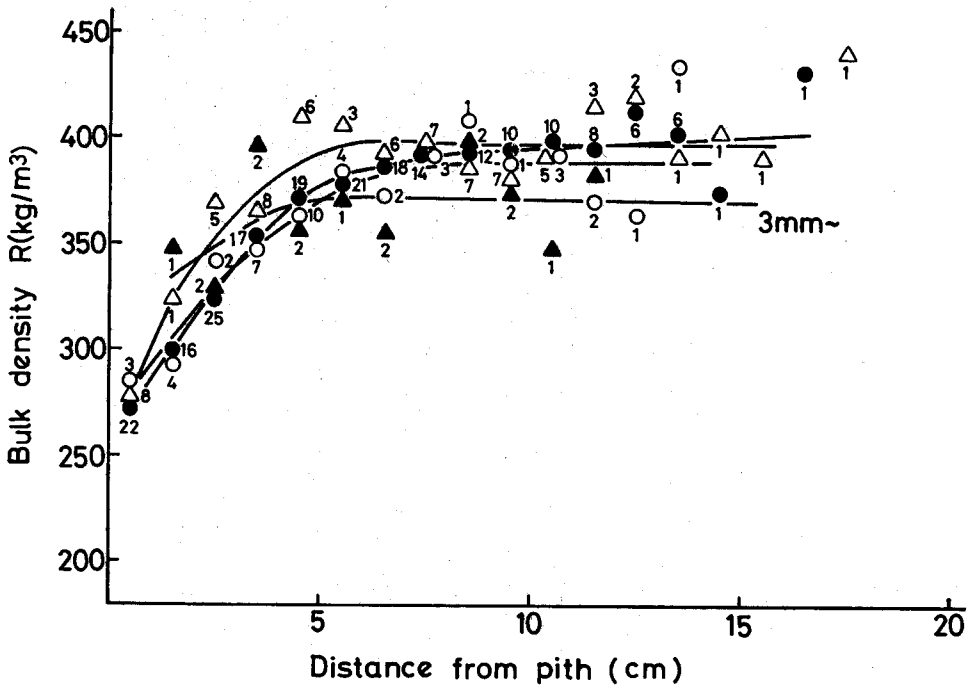


Fig. 10. Radial variation of bulk density for each of ring width classes (Tree No. 2).
 Ring width class; ○ : ~1 mm, ● : 1~2 mm, △ : 2~3 mm, ▲ : 3~4 mm
 Values; number of specimens

の材は明らかに密度が低下している。さらに試片数の関係からはっきりと確認するまでには至らないと思うが、2.5 mm以上の広年輪幅の材でも密度が低下する傾向があるようである。まとめてみると、シナノキの密度に及ぼす生長効果は、極端に生長の悪いときと、良いときのみ、表われてくると言うことができる。

3.3 年齢効果と生長効果

Fig. 9及び10は、1号木と2号木について1 mm以下、1~2 mm、2~3 mm、3 mm以上の4つの年輪幅階級べつに、密度の水平変動を示したものである。地上高は区別していない。各階級、各位置の平均値を示したが、試験片数も図中に書き入れた。

前述したように髓から約5 cmまでは、生長効果の表われない年齢効果のみ示される未成熟材であり、シナノキでは低密度材域として明らかに区分できる。これより外側の成熟材では年齢効果は存在せず密度の安定域として示されるが、1号木の1 mm以下、2号木の3 mm以上の年輪幅で低密度材となり、この範囲での生長効果が表われているのが認められる。

3.4 構成要素の変動

Photo 1のA, Bは、2号木1.3 mの地上高の髓から1~2 cm、及び5~6 cmの部位の顕微鏡写真である。

道管及び木繊維の出現率と、それらの断面径と壁厚の水平変動を、2号木の7.3 mの地上高

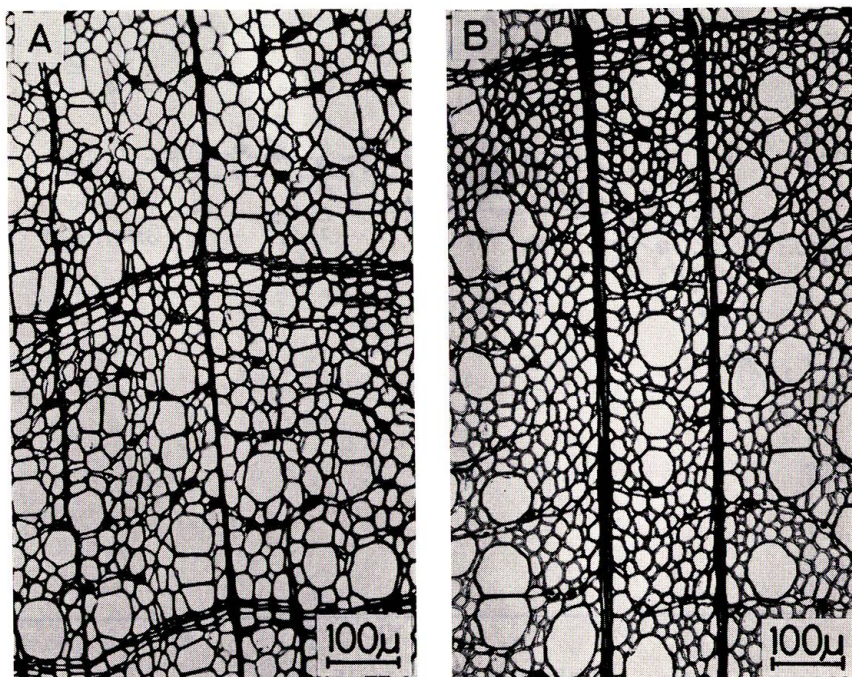


Photo 1. Cross sections showing the structural difference at 1.5 cm (A) and 5.5 cm (B) from the pith (Tree No. 2, height: 1.3 m).

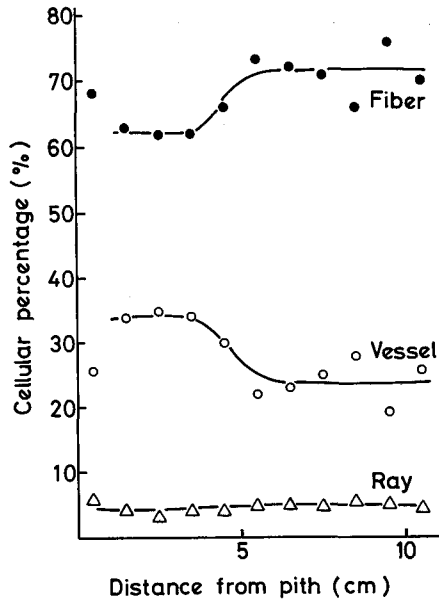


Fig. 11. Radial variation of the percentage of wood elements (Tree No. 2, height: 7.3 m, cardinal direction: south).
○: vessel, ●: fiber, △: ray

から得た連続切片で測定した。その結果は Fig. 11 及び 12 のとおりである。

成熟材部での道管率は 24%、木繊維 (柔細胞を含む) 率は 71%、放射組織率は 5% であり、ほぼ安定した数値を示した。また壁厚は道管 1.8μ 、木繊維 2.8μ の数値、断面径は道管 65μ 、木繊維 26μ を示しており、同様に安定している。

未成熟材は要素の断面径は小さく、壁厚は薄く、その増加域で示されることは確かである。しかしながら Photo 1 の A から見られるように、未成熟材部とくに最内側の木口面切片から道管、木繊維を区別することは非常に困難である。本報では便宜上、断面径のある大きさ以下を木繊維として自動的に数え、その出現率を測定してみた。Fig. 11 で未成熟材の道管率は成熟材より高く、木繊維率は低く求められたが、この値はあくまで参考値であり正しい値と言えない。

構成要素の形態及び寸法についての変動の詳細については、マセレーション試料で別に検討した。続報で報告する予定である。

4. 結 論

PANSHIN 他は、比重の水平変動を次の 4 種に分類している³⁾。(1) 髓から樹皮にかけて増加、

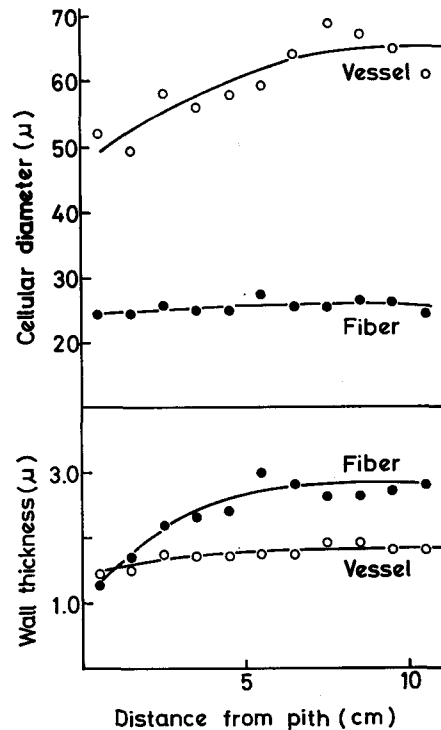


Fig. 12. Radial variation of diameter and wall thickness of wood elements (Tree No. 2, height: 7.3 m, cardinal direction: south).
○: vessel, ●: fiber

(2) 髓から外側へ2~3年減少, 次いで樹皮にかけて増加, (3) 髓から外側へある範囲増加し以後一定となる。時に樹皮近くで減少, (4) 髓から樹皮にかけて減少する。

この4つの分類は, 本来の年齢効果に生長効果さらには地上高効果も含まれたものと考えられる。もし水平変動で, 年齢効果のみが抽出されるなら, もっと単純に次の2種の分類でよいのではないかと考えられる。

(1) 髓から外側へある範囲減少し, 以後一定となる。(2) 髓から外側へある範囲増加し, 以後一定となる。この範囲は樹種, 地上高により変動はあるが, 生長にかかわらず髓から5~7cmで表わされよう。

生長効果(比重と年輪幅の関係)は成熟材部に限って現われるが, はっきりする樹種とはっきりしないものがある。広葉樹の環孔材及び1部の散孔材では, この効果は非常に大きい^{1,2)}。散孔材の大部の樹種では生長効果ははっきりしないものと思われる。しかしながらシナノキで見られたように, 極端な狭あるいは広年輪では違った挙動があるようである。樹種ごとに広く調査する必要がある。年輪幅の幹内における出現傾向は, 環境要因に左右され複雑に見えるが, ある定まった出現のパターンもあるのではないかとと思われる³⁾。生長効果のはっきり現われる樹種では, 天然林産大径木の年輪幅変動の規則性について追求する必要がある。

広葉樹は構成要素が複雑であり, 各要素の占有率は年齢効果及び生長効果により変動する。密度の変動は, 道管と木繊維の比率の変動から説明し易く, 針葉樹の場合よりもわかり易い。また道管と木繊維の持つ機能の相違から, 年齢効果なり, あるいは生長効果の生理的役割を追求するのに非常に好都合であると思われる。ただ本報のシナノキのように未成熟材での要素の種類識別が木口面で困難な樹種もあり, 他の研究手法一例えばマセレーションと併用して調査することが必要となる。

5. 摘 要

北海道大学中川地方演習林からシナノキ2本 (Table 1) を伐採し, 樹幹内の密度分布に及ぼす年齢効果と生長効果について調べた。

1) 地上高に関係なく全試験片の密度の値を, 髓からの距離でプロットした散布図から, 密度の年齢効果が認められた。ただし, 未成熟材部における密度のバラツキはかなり大きい (Fig. 1 及び 2)。

2) 未成熟材部での密度のバラツキの原因は, 密度の水平変動を地上高べつに整理してみると明瞭になった。樹冠域の最内側の密度の値は枝下部位より大きく, 密度の一定域に入る髓からの距離は短い (Fig. 3 及び 4)。

3) 密度の一定域を高密度域, 密度の増加域を低密度域として境界を定め, 樹幹内に投影すると, この関係はより明瞭になった (Fig. 5 及び 6)。高密度域を成熟材, 低密度域を未成熟材と定義すると, 未成熟材の範囲は根張域で髓から約7cm, 枝下の主幹部で約5cm, 樹冠内で

2~3 cm の距離で示された。未成熟材の密度は高い地上高ほど大きい。年齢効果に及ぼすこの地上高の影響を、本報では地上高効果と定義した。

4) 未成熟材, 成熟材に区別してプロットした密度と年輪幅の関係図から, 成熟材において若干の生長効果が認められた。1 mm 以下の狭年輪幅, 2.5 mm 以上の広年輪幅で, 密度は他より小さい。ただし材の大部分を占める 1~2.5 mm の年輪幅範囲では生長効果は認められず密度は均一である (Fig. 7 及び 8)。

5) 密度の全測定値を年輪幅階級べつに整理し, 髄からの距離の関係で示した (Fig. 9 及び 10)。シナノキ材密度の年齢効果と, 若干の生長効果が同時に示されている。

6) 構成要素について, 出現率, 断面径, 壁厚の水平変動が調べられた (Fig. 11 及び 12)。密度の年齢効果の主要な原因として, 要素率及び壁厚の変動が挙げられる。ただし未成熟材部の木口面切片では, 構成要素の種類の識別が困難であり (Photo 1), 本報ではべんぎ的な手段をとった。他の手法の確認が必要である。

文 献

- 1) 深沢和三・大谷 諄: ミズナラ材密度の樹幹内変動に及ぼす年齢効果. 北大農演報, 29(2), 171-188 (1972).
- 2) 大谷 諄・深沢和三・金野滋典: カツラ材密度の樹幹内変動に及ぼす年齢効果. 北大農演報, 31(3), 467-480 (1974).
- 3) PANSIN, A. J. and DE ZEEUW, C.: Textbook of wood technology. 3rd Ed., McGraw-Hill Book Co., 237-275 (1970).
- 4) KOLLMANN, F. and CÔTÉ, W. A. Jr.: Principle of wood science and technology. 1. Solid wood. Springer-Verlag, 179 (1968).
- 5) ZIMMERMANN, M. H. and C. L. BROWN: Tree structure and function. Springer-Verlag, 134 (1971).
- 6) TAILOR, F. W.: Specific gravity differences within and among yellow-poplar trees. F.P.J. 18(3), 75-80 (1968).
- 7) 堀場義平: 老大木年輪幅の規則性について. 三重大農学報, 54, 117-136 (1977).

Summary

The age and growth effects on density variation within one stem were investigated on the two trunks of *Tilia japonica* SIMK. grown at natural forest in Nakagawa College Experiment Forest, Hokkaido University (Table 1).

1) The age effect that the density increased from pith outward within a certain extent was clearly found from the scatter diagram of radial direction in all specimens regardless of height (Figs. 1 and 2). The wide scattering of density in these figures, however, shows that there are other effects besides age effect.

2) As shown in Figs. 3 and 4, radial variations of density at three different heights which represent root swelling, main stem and crown part respectively differed in each trend of increasing outward. In the root swelling part, density increased gradually over longer distance than in the others. While, in the crown part, density near pith is so high and

increasing zone is narrow. Thus, the wide variation of density in juvenile wood zone within one stem might be caused principally by the height from the ground in a trunk.

3) The height effect on density in juvenile wood goes clear by dividing one trunk into high density zone (constant zone) and low density zone (increasing zone) as illustrated in Figs. 5 and 6. Juvenile wood (low density zone) may be defined as the region up to 7 cm from pith in roots swelling part, 5 cm in main stem, and 2-3 cm in crown part.

4) Some growth effect on density may be cleared in the adult wood from the scatter diagram showing the relation between density and ring width in each of the juvenile and adult woods. Namely, density is low at narrower rings than 1 mm, and wider rings than 2.5 mm in the adult wood. But the growth effect on density was not found at the limit of 1-2.5 mm of ring width which occupied most part of stem (Figs. 7 and 8).

5) Variation in radial direction of density in each of ring width classes (-1, 1-2, 2-3, 3- mm) was illustrated as in Figs. 9 and 10. Both age and growth effects on the density variation are shown coincidentally in these figures.

6) We tried to investigate the variation of cellular percentage, wall thickness and lumen diameter in radial direction (Figs. 11 and 12). The radial variations of cellular percentage and wall thickness are possibly main factors to account for the age effect on density. But it was not easy to distinguish the kind of wood cells in cross section taken from the juvenile wood in *Tilia japonica*, as shown in Photo 1. Therefore, the values of juvenile wood in these figures are not necessarily reliable, so much further detailed research will be needed.