HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | ミズナラ材密度の樹幹内変動に及ぼす年齢効果 |
| 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, 29(2), 171-188 |
| Issue Date | 1972-12 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/20904 |
| Type | bulletin (article) |
| File Information | 29(2)_P171-188.pdf |

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# ミズナラ材密度の樹幹内変動に及ぼす年齢効果

深沢和三* 大谷 諄*

# The Effect of Age on Density Variation within one Stem of *Quercus crispula*

By

Kazumi FUKAZAWA* and Jun OHTANI*

目 次

1. 緒 言 …… 171
2. 実験方法 …… 172
2.1 供試木 …… 172
2.2 密度の測定 …… 173
2.3 夏材部における道管群の割合の測定 …… 173
3. 結果および考察 …… 174
3.1 密度と年輪幅（年輪密度）との関係 …… 174
3.2 年輪幅（年輪密度）による材の密度区分 …… 176
3.3 密度の樹幹内分布 …… 180
3.4 夏材部道管群割合の変動 …… 182
4. 結 論 …… 184
5. 摘 要 …… 185
文 献 …… 186
Summary …… 187

## 1. 緒 言

ミズナラ材のような環孔材は，年輪幅が変化しても孔圏幅はあまり変化しない。したがって材の密度は年輪幅と比較的密接な関係を有し，年輪幅（年輪密度）を材質区分の指標値とすることができ，具体的な区分限界値についての試みも発表されている[1,2]。

一方ミズナラ材密度の樹幹内変動は，上記のことから年輪幅の樹幹内分布に支配されると考えられる。ごく一般的なミズナラ樹幹の年輪幅分布をみると，水平方向では中心部の 10～20

* 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.

年輪は広く，外側は狭い。ただ地上高の低いところでは外側まで十分広い年輪幅をもつ。垂直方向でみると，同一齢階内では地ぎわから上方へ，年輪幅はいったん減少し，以後ほぼ均一の年輪幅を示すが，樹梢部で若干増加する傾向がみられる。密度は年輪幅が広いほど高い値を示すので，ミズナラ材の密度分布の一般傾向は，上述のことから (1) 同一齢階で垂直方向にみると中央部で低い密度を示し樹幹上方および下方へ増加する。(2) 同一横断面の水平方向では髄から外側へ密度は低下すると報告されている[3]。

針葉樹の場合，年輪幅が増加すると密度は低下するという一般的な法則がみられるが，密度の樹幹内分布は，年輪幅のそれと対応しないことが多くみられている。たとえばスギについて密度は生長様式のいかんにかかわらず，その樹幹内分布はほぼ一定である。この一定性は年齢効果すなわち未成熟材と成熟材の概念で説明される。したがってスギの年輪幅と密度の関係は，この年齢効果と年輪幅の樹幹内変動（生長特性），さらに未成熟材と成熟材の密度の違いの程度（生長あるいは遺伝的特性）などの因子が複雑にからみ合って，材部べつにさまざまな傾向を現出させる[4]。

未成熟材の概念は，繊維長やフィブリル傾角など組織学的面でより明確であるが，材の密度その他物性との関連も順次明らかにされてきた[4]。しかしこのような未成熟材と成熟材の概念すなわち年齢効果（あるいは位置効果ともよばれよう）が，上述の環孔材の密度の樹幹内分布にどのように反映されているかについての報告はまだみあたらない。本研究はミズナラ材について上記の年輪幅と密度との関係において，樹幹内の年齢効果がどのように結びつくかを知ることを目的とした。

本研究の内容は，ミズナラ大径木の未成熟材範囲と材質の一部特徴を明らかにしただけでなく，年輪幅による密度区分と関連させてミズナラ材質評価についての考えかた，また組織構造と物性との関連性についての考えかたを進めるための基礎的な資料を提供するものであり，意義あるものと考えられる。なお本研究では，従来用いられている比重あるいは容積重の用語を用いず，質量/容積であらわされる密度の用語で統一した。

本研究は，1969年7月の第19回日本木材学会大会におけるシンポジウム—北海道産ナラ材の利用開発—の資料として使用し，また内容の一部は北方林業誌の［講座］ナラ材の性質と利用の記事中に記載した[5]。研究費の一部は1969年度北海道科学研究費補助によった。研究の内容と取りまとめには，終始石田茂雄教授の指導助言を賜わった。また実験の一部は当時の北海道大学農学部林産学科学生　大友　優氏（現北新合板 K.K.）があたった。記して感謝の意を表する。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試木

北海道大学雨竜地方演習林からミズナラの大径木3本を，1968年11月19日に伐採した。

**Table 1.** Description of sample trees*

| Sample tree No. | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| Age (year) | 180 | 200 | 190 |
| Height (m) | 29.4 | 28.3 | 23.9 |
| B.H.D. (cm) | 53 | 52 | 65 |
| Clear length (m) | 13.6 | 10.3 | 5.3 |
| Total volume ($m^3$) | 2.6171 | 3.0269 | 2.8676 |
| Heartwood volume ($m^3$) | 1.8748 | 2.2981 | 1.9124 |
| Percentage of heartwood (%) | 71.6 | 75.9 | 66.7 |
| Number of specimens for density measurement | 833 | 820 | 913 |

* *Quercus crispula* BLUME grown at natural forest in Uryu College Experiment Forest, Hokkaido University

供試木の概況は Table 1 のとおりである。

生育地は泥川事業区 22 林班いの 1 小班である。1, 2 号木の林相は，標高 360 m，北に面した傾斜地 (平均 19°) で，トドマツ (約 55%)，ミズナラ，シナノキ，カンバを主体とした天然林である (ha 当り 70～80 本，80～90 $m^3$ の蓄積)。3 号木も同様の林相であるが，西に面した約 15° の傾斜地，ha 当り約 120 本，蓄積約 150 $m^3$ の針広天然林であった。なお伐採直後の心材色は，1, 2 号木ではみずっぽい赤みがかった茶色であったが，3 号木はやや紫がかったこげ茶色を示した。前者は年輪幅の狭い普通のやわらかい材の色，後者は年輪幅の広いかたい材の色，俗にイシナラとよばれているものに相当していた。供試木はいずれも変色腐朽や欠点のない代表的な優良木である。

### 2.2 密度の測定

各供試木について，地上 0.7, 1.3, 3.3 m 以下原則として 2 m ごとに厚さ 2～4 cm の円板を採取し，山側 (M)，谷側 (V) とその直角方向 (R), (L) の 4 方向から幅 3 cm のストリップを採取した。各ストリップにつき，外側から 1 cm ずつの連続試片を分割した。試験片総数は 1 号木で 833 個，2 号木で 820 個，3 号木で 913 個である

試片の全乾重量の測定後,十分に飽湿させ,ブルイュの水銀測容器で容積を測定した。飽湿状態のとき,試片の半径方向距離(中央基線)と,それに含まれる年輪数を測定した。これから各試験片について容積密度数 $R$ (kg/$m^3$), 年輪幅 (年輪密度) および髄からの距離の算定を行なった。

### 2.3 夏材部における道管群の割合の測定

密度の年齢効果の解析の結果，孔圏外 (夏材部と表現する) の比較的細胞径の大きい小道管群と径の小さい密な木繊維群との比率と，その樹幹内変動とを測定する必要性をみた。超軟 X 線写真の濃淡は，平面密度差にしたがうので[6]，み易さおよび簡便さからこの写真を利用した算点法により，夏材部における両者の比率を求めた。

試料は 3 号木の L 方向 (山—谷側方向と直角方向の一つ) だけに限定し，髄から樹皮にわ

たる前記ストリップからできるだけ正確に厚さ3mmの試片を鋸断した。この試料と遮光紙に入れたX線フイルムを密着させ，X線管球から1mの距離におき撮影した。使用機器はソフテックスIE型，撮影条件は管電圧15kVP，管電流5mA，照射時間1分である。ストリップ全域にわたり鮮鋭なフイルムを得ることは繊維傾斜などからなかなか困難であった。得られたフイルムを10倍に拡大した陽画写真を用い，髄から連続して各年輪ごとに算点法で，夏材部の領域（放射組織，春材部を除く）中の小道管群の割合を測定した。

## 3. 結果および考察

### 3.1 密度と年輪幅（年輪密度）との関係

Fig. 1～3に，各供試木ごとの年輪幅と容積密度数の関係を，すべての試験片の数値についてプロットしたものを示す。また年輪幅のかわりに年輪密度（1cm当りの年輪数）を用いると，狭年輪幅の多い天然材の場合には，その範囲が図上で拡大され解析に都合がよい。Fig. 1～3と内容の点において重複するが，後記の年輪幅による密度区分の境界値を求めるため用いたのでFig. 4～6に示した。

これらの関係図は，既存の文献[1,2,7]にみられるものと同様であり，環孔材の一般傾向をよく示している。

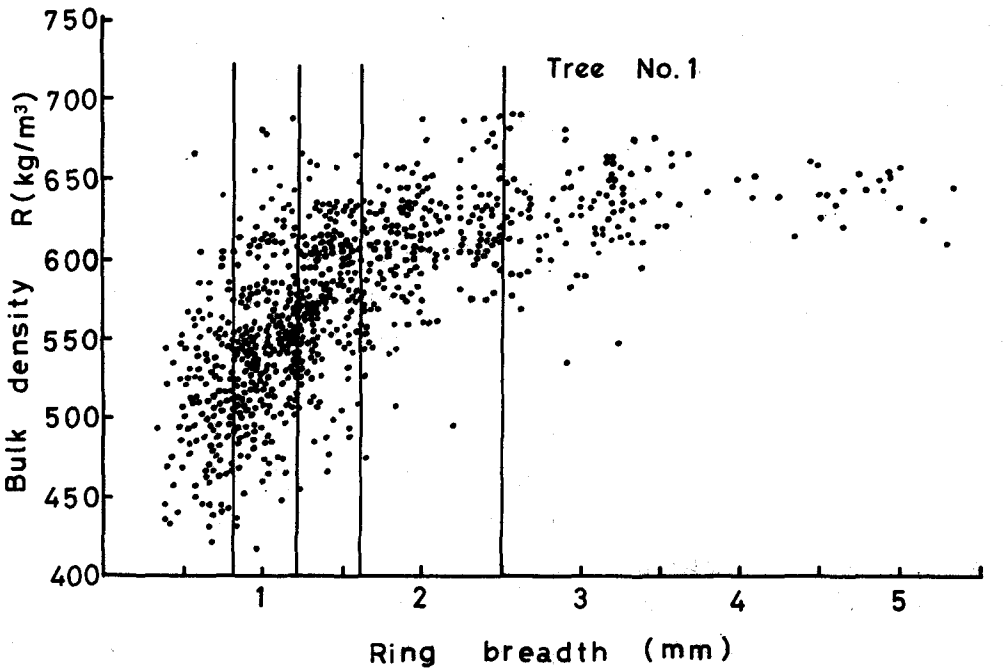


**Fig. 1.** Scatter diagram of the relation between bulk density* and ring breadth (Tree No. 1).

* oven-dry weight (kg)/green volume ($m^3$)

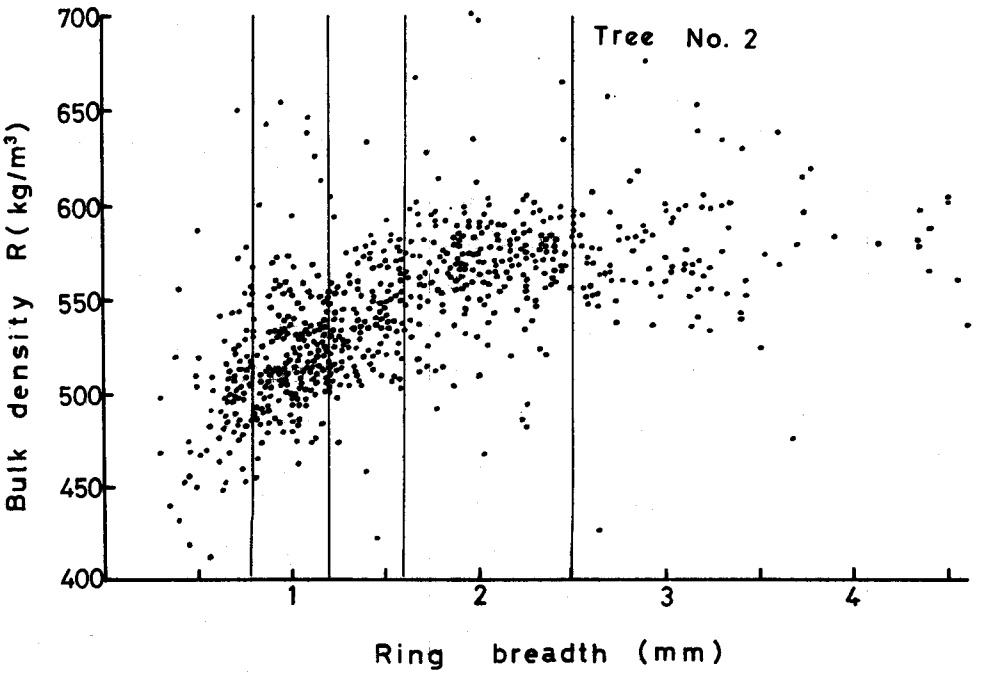


**Fig. 2.** Scatter diagram of the relation between bulk density and ring breadth (Tree No. 2)

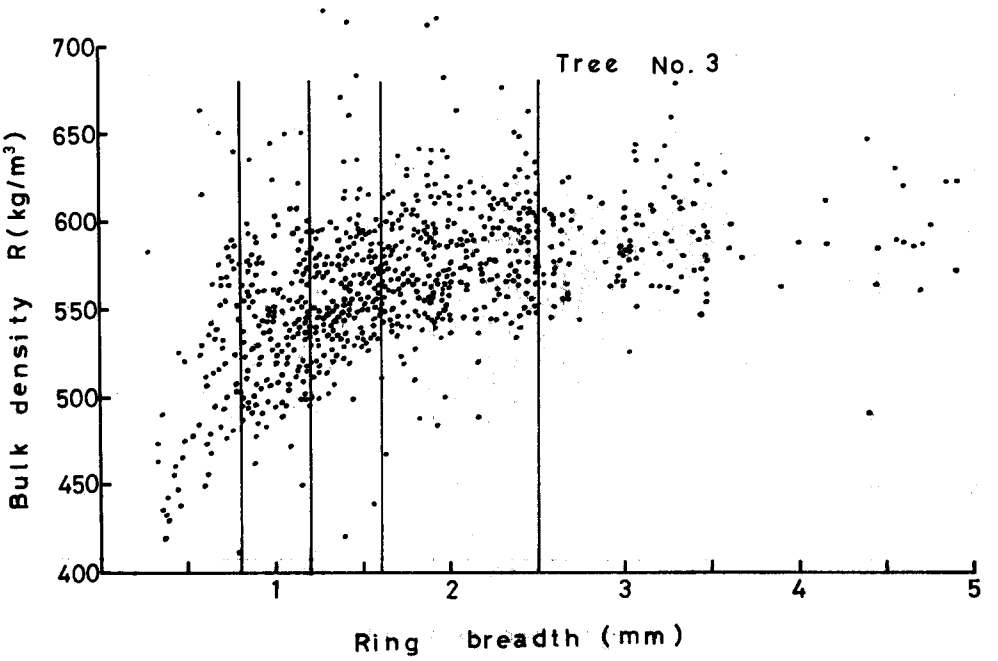


**Fig. 3.** Scatter diagram of the relation between bulk density and ring breadth (Tree No. 3).

### 3.2　年輪幅（年輪密度）による材の密度区分

Fig. 1～6 からみられるように，年輪幅（年輪密度）と容積密度数の関係は，同一年輪幅でもかなりのバラツキが認められるが，その平均傾向として両者間に密接な関係がある。そのためミズナラの材質を考える場合には，まず年輪幅あるいは年輪密度を考える必要があり，それによる密度区分を設定してみた。いまバラツキを消去した平均的曲線を，年輪幅については Fig. 7，年輪密度については Fig. 8 に，各供試木ごとに示してみた。

年輪幅と密度との関係図（Fig. 1～3, 7）と年輪密度と材密度との関係図（Fig. 4～6, 8）の違いは，狭年輪幅域でその範囲が前者では圧縮されたかたちとなり，後者では逆に拡大されたかたちとなることである。また広年輪幅域ではその範囲が前者では拡大されたかたち，後者では圧縮されたかたちを示すことである。両図のこの性質の違いを利用して，まずある年輪幅以上で容積密度数が変化を示さないでほぼ一定の値を示す領域（Fig. 1～3, 7 で認められる）を高密度飽和域，およびある年輪密度以上で容積密度数が変化せずほぼ一定域の変動を示してくる領域（Fig. 4～6, 8 で認められる）を低密度飽和域と名づけて区分してみた。Fig. 7, 8 で示した A, E 域である。残りの年輪幅域が材密度の顕著な変化域である。この変化域で各供試木の密度範囲をほぼ3等分に分割し，それに対応する年輪幅より低，中，高密度域に分けてみた。Fig. 7, 8 に図示したB, C, D の区分である。したがって密度域の3区分だけを考えると，高密度飽和域は高密度域，低密度飽和域は低密度域にそれぞれ含まれると考えてもさしつかえな

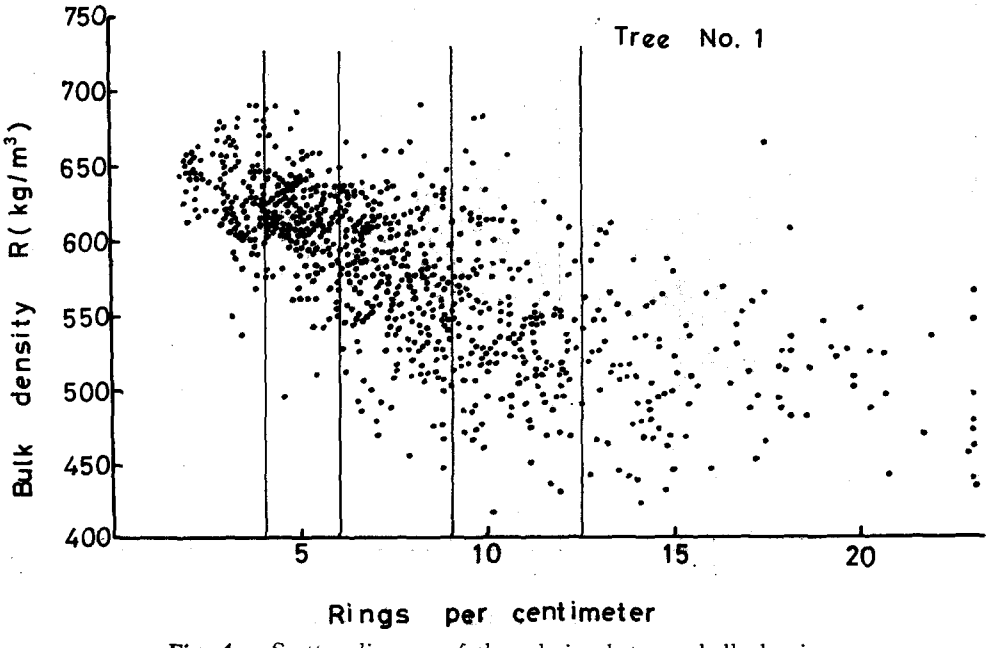


**Fig. 4.**　Scatter diagram of the relation between bulk density and rings per centimeter (Tree No. 1).

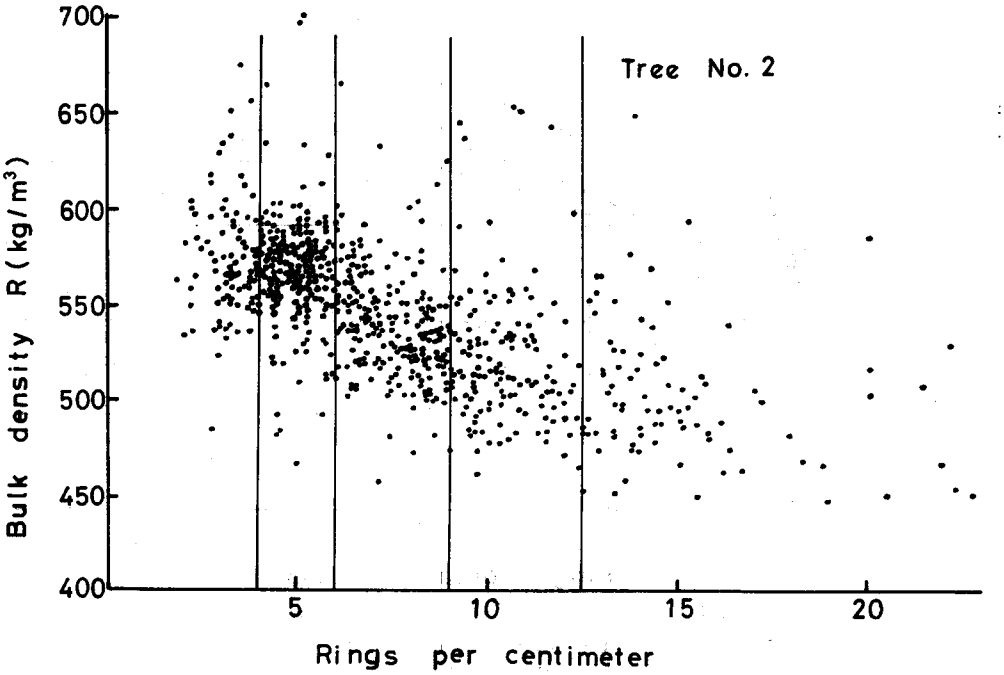


**Fig. 5.** Scatter diagram of the relation between bulk density and rings per centimeter (Tree No. 2).

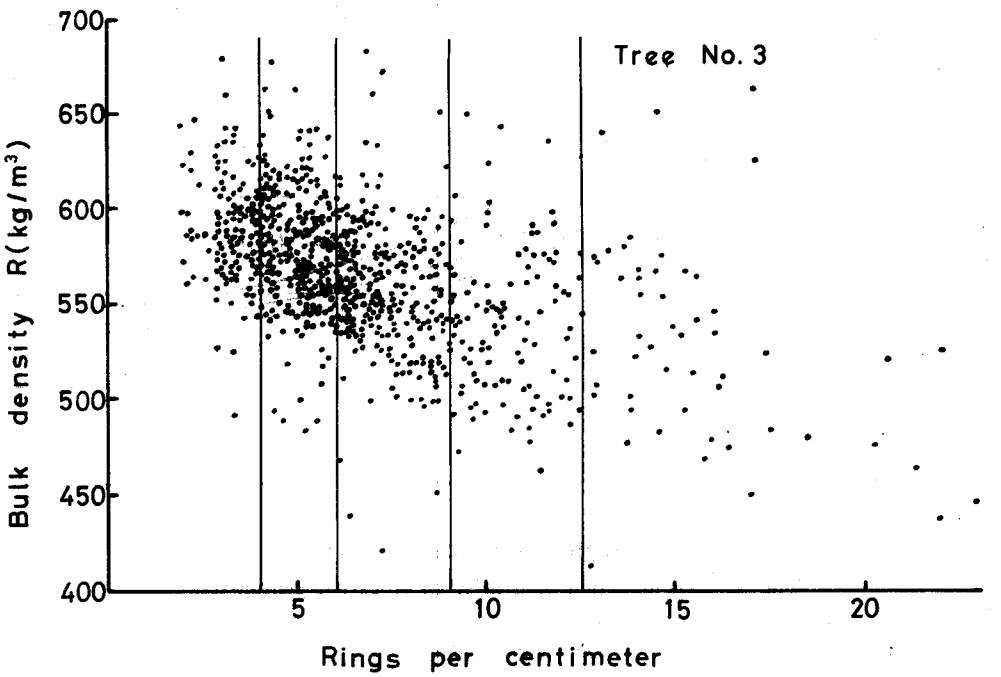


**Fig. 6.** Scatter diagram of the relation between bulk density and rings per centimeter (Tree No. 3).

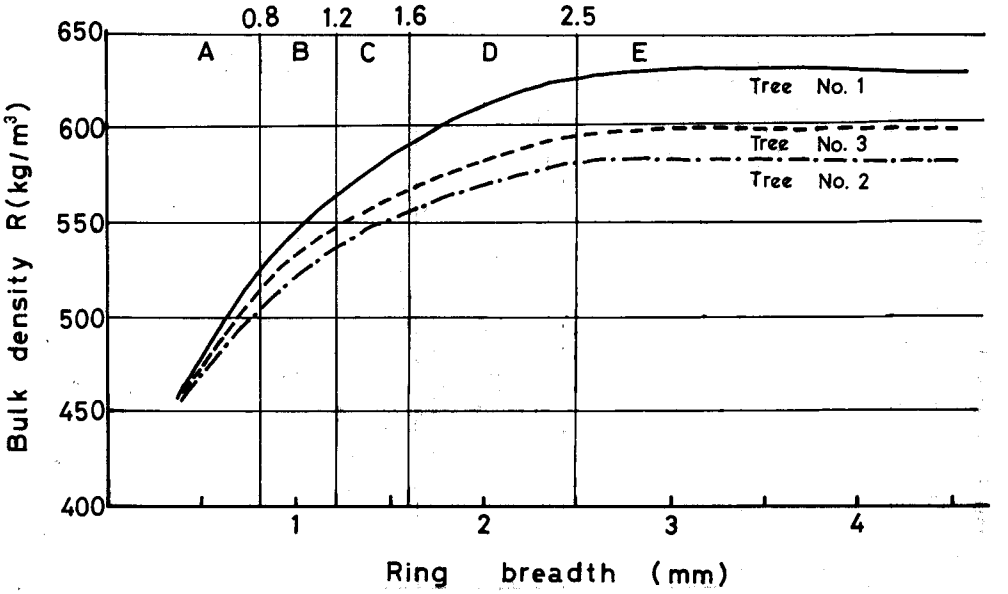


**Fig. 7.** Demarcation of density by ring breadth.

A: Low density, saturate C: Medium density E: High density, saturate
B: Low density D: High density

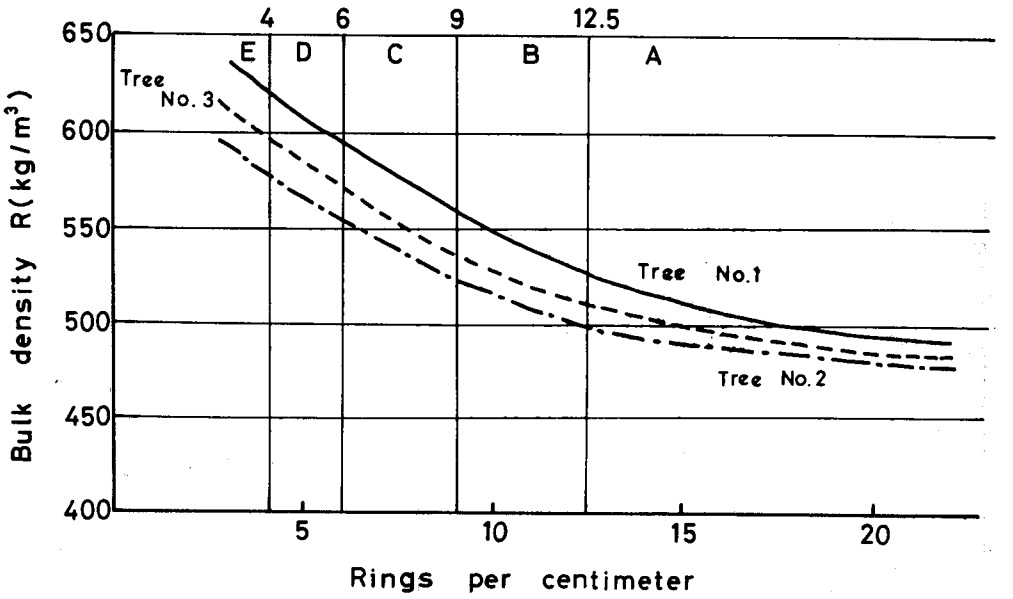


**Fig. 8.** Demarcation of density by rings per centimeter.

A: Low density, saturate C: Medium density E: High density, saturate
B: Low density D: High density

**Table 2.** Demarcation of density by ring breadth.

| | ring breadth (mm) | rings per centimeter | average bulk density (kg/m³) No. 1 | No. 2 | No. 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| High density, saturate | 2.5～ | ～4 | 632 | 576 | 588 |
| High density | 1.6～2.5 | 4～6 | 611 | 568 | 578 |
| Medium density | 1.2～1.6 | 6～9 | 577 | 539 | 562 |
| Low density | 0.8～1.2 | 9～12.5 | 547 | 519 | 548 |
| Low density, saturate | ～0.8 | 12.5～ | 515 | 496 | 511 |

い。この区分は，1～3号木の平均的な変化曲線から決定したものであるが，精密な計算区分は行なっておらず，若干の主観的な判断の入ることは止むを得ないものとした。まとめてみると Table 2 のとおりである。

Table 2 には，各供試木のその年輪幅域における平均値を計算して示した。Fig. 7, 8 からもみられたように，密度の高い樹木と低い樹木がみられ，たとえば1号木の中密度域の値は，2, 3号木の高密度域の値に相当している。ここに区分した高中低密度域は，1樹幹内における密度の年輪幅による変動傾向から求めたものであり，ミズナラ1樹種内の密度絶対値を考慮したものではない。しかし樹木により密度の高低はあったが前述の密度区分でさして困難を感じなかったように，変動傾向から求めた年輪幅境界値はほぼ共通値を示していた。このことからミズナラでは密度と年輪幅の関係において，年輪幅の絶対値における変動傾向はほぼ同一であり，ある年輪幅域における密度の絶対値は樹木の生育条件その他で異なってくるとみてさしつかえないようである。本研究で区分した密度の直線的に急激に変化する年輪幅域0.8～2.5 mm (年輪密度域4～12.5) は，内外の文献でみられるナラ類の年輪幅と密度の関係曲線からみても，ほぼ一致しているのが認められる[1,2,7]。

高低密度飽和域は，ある年輪幅以上になると，孔圏幅 (ほぼ一定) の寄与率が低くなり，またある年輪幅以下では孔圏だけとなり，あたかも散孔材と同様な挙動を示すものとして考えれば納得がいこう。ドイツ産アカナラで，比重と年輪幅の間に何らの関係も示されなかったという報告があるが[8]，このアカナラは平均年輪幅 2.5 mm であり，上述の高密度から高密度飽和域に相当して分散していたものであろう。小野寺ほかは北海道産アカナラの調査で，年輪幅 4.3～10.5 mm (平均 6.7 mm) の範囲で比重は年輪幅の増加とともに僅かに減少する傾向をみいだしている[9]。上述の高密度飽和域での年輪幅延長部分の挙動として示され得るのかもしれない。

ミズナラ材の年輪幅による材質区分の限界値の設定については大沢ほかの報告がある[1,2]。次の3区分である。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| A 種 材 | 年 輪 幅 | 1.2 mm 以上 | 年輪密度 | 8 以下 |
| B 種 材 | 〃 | 0.8～1.2 | 〃 | 8～13 |
| C 種 材 | 〃 | 0.8 以下 | 〃 | 13 以上 |

この区分は主に構造材としての適性，またかたさからみた工作性の容易性から定められたものであり，密度変化域を考慮したものではない。A種材は本研究の中密度域以上に相当するが，工作しがたく狂いやすいが構造材に適する。またB種材は本研究の低密度域に相当するが，加工性，強さの両方の要求に応ずる優良材であり，C種材は本研究の低密度飽和域に相当しているが，工作専用材であると記載されている。

### 3.3　密度の樹幹内分布

前項でミズナラ材密度の年輪幅による区分を行なったが，緒言でも述べたとおり，樹幹内では樹木の生長様式に応じた年輪幅分布に密度は概略支配される。しかしFig. 1～6にみられるように，同一年輪幅内での密度のバラツキは相当に大きい。とくに低年輪幅域において著しいのが認められる。このようなバラツキが樹幹内で全くランダムに出現することによるのか，またはある規則性たとえば樹幹内の位置の違いによる変動が原因であるのかどうかを調べることが必要になる。

Fig. 9～11に，1本の樹木で地上高に関係なく，前述の5つの密度区分による年輪幅階級べつに髄から2cm間隔ごとに含まれる試片の密度平均値を求め，水平変動として示してみた。図中の数値は試片個数を示し，また各年輪幅階級の平均値も横線で図示してみた。

各年輪幅階級の水平変動は，なめらかな曲線として図上に示したが，各供試木とも一致し

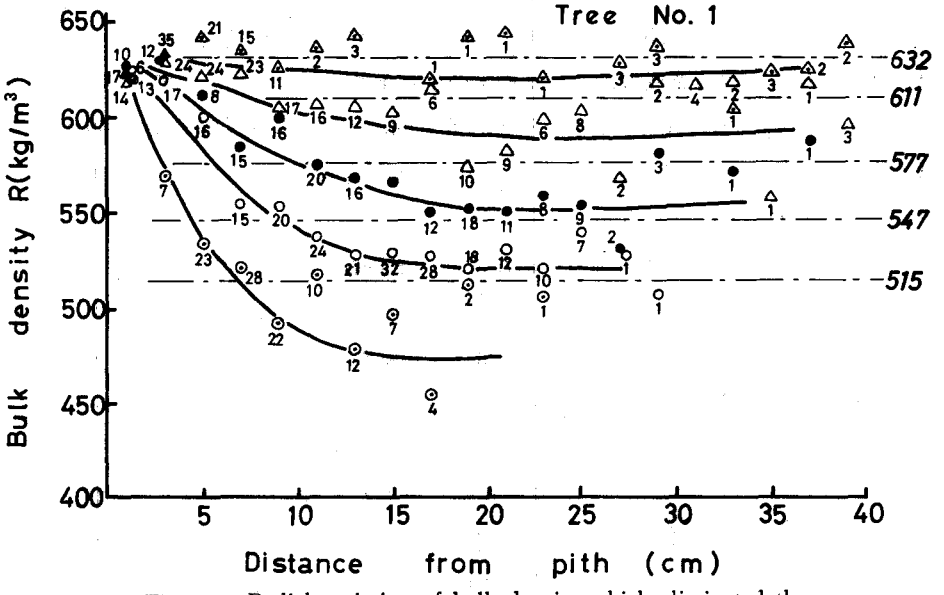


**Fig. 9.**　Radial variation of bulk density which eliminated the effect of ring breadth (Tree No. 1).

Ring breadth classes concerning density variation;
△: High density, saturate　　●: Medium density
△: High density　　○: Low density
⊙: Low density, saturate　　values: number of specimens

た傾向を示すことが認められた。すなわち髄近辺は年輪幅に関係なく，ほぼ同一の高い密度を有している。髄から樹皮の方へ減少の傾向があり，広年輪幅ではそう大きく変化しないが年輪幅の狭いものほど急激に減少しているのが認められる。減少の傾向は半径約7 cm ぐらいまで急激であり，以後ゆるやかな減少傾向か，またはほぼ一定範囲の変動を示している。各年輪幅

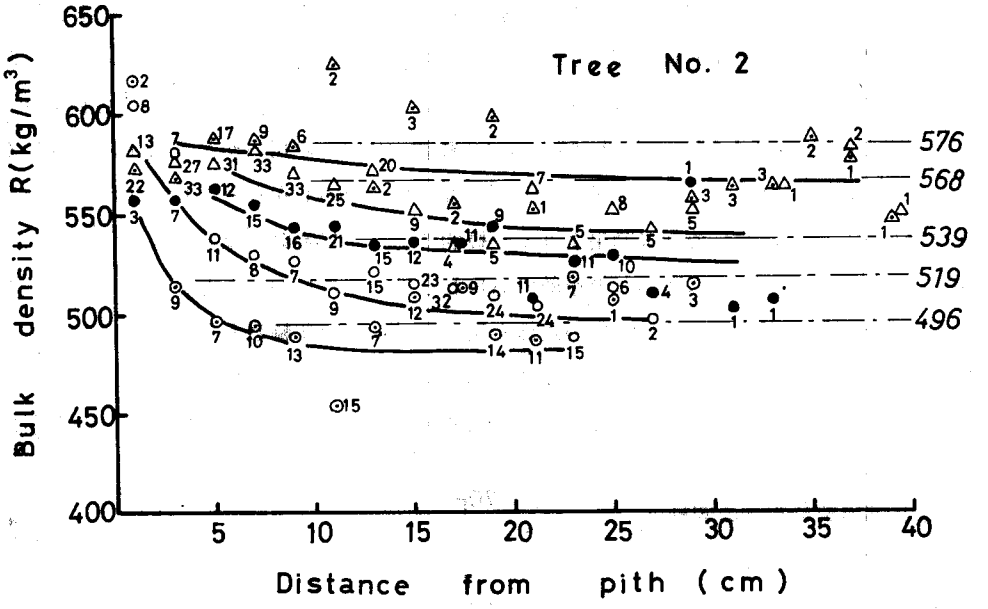


**Fig. 10.** Radial variation of bulk density which eliminated the effect of ring breadth (Tree No. 2).

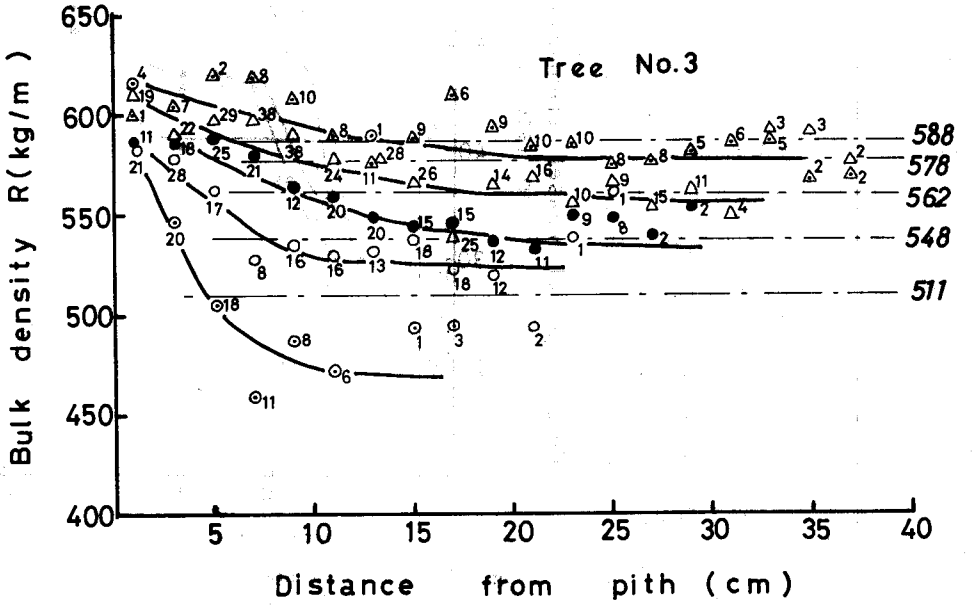


**Fig. 11.** Radial variation of bulk density which eliminated the effect of ring breadth (Tree No. 3).

階級の密度平均値からみると，半径6～10 cm までは平均値より高い値，それ以上の距離では平均値より低い。

これらのことから，同一年輪幅階級内のバラツキの主要な原因として，水平方向の変動すなわち樹幹内の位置あるいは年齢による効果（影響）のあることが確かめられた。いわゆる未成熟材の範囲として，この密度の急激な変化域が示される。この原因および範囲の限界値については後述する。ただ未成熟材の範囲が，髄からの距離で示され得るのか，あるいは髄からの年輪数で示すのが妥当なのか，意見のわかれているところであり[10]，用語として位置効果（髄からの距離の影響），または年齢効果（髄からの年輪数の影響）の用いかたも厳密になされる必要があるのかもしれない。しかし本研究で年齢効果 Age Effect を題目として用いたのは，未成熟材をあらわすものとして位置効果よりも一般的であり，年齢効果は必ずしも年輪数だけで示されるものでなく，広義に髄からの距離であらわしても，さしつかえないと考えたからである。また水平変動の指標として髄からの距離を用い，髄からの年輪数を用いなかったことは，天然林産スギ，人工林産スギの未成熟材範囲に関する深沢の研究結果[4]からみて，このような天然林産の大径広葉樹の場合，利用上からもまた考えかたのうえでも妥当であるという判断に基づくものである。

### 3.4　夏材部道管群割合の変動

上記の密度の水平変動における年齢効果の原因を組織構造的に検討してみた。密度に及ぼす構造的因子として多くのことが考えられるが，ここでは年輪幅同一として夏材率がそう大きく変動しないとすると，孔圏外の厚膜である木繊維（膜厚 3.5～5 μ）と，薄膜（膜厚 2～3 μ）の小径道管や仮道管より成る火焔状紋様（夏材道管群）との割合の変動が主な原因ではないかと推察し，測定に着手した。2.3 で述べたとおり超軟 X 線写真は濃度が密度と比例するものであり，顕微鏡で連続切片を観察測定するよりも容易な方法である。実験の都合上ごく一部のストリップ試片について測定した。すなわち 3 号木の 3.3, 9.3, 13.3 m 部の 10 倍写真

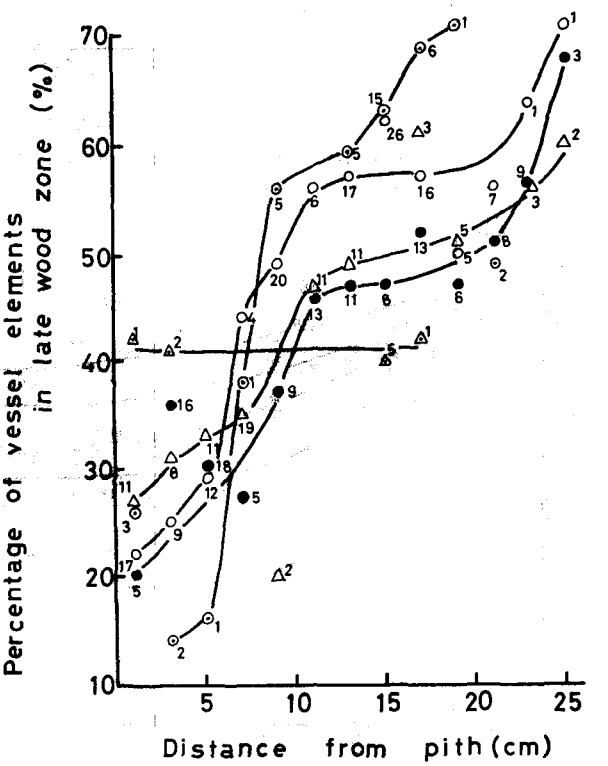


**Fig. 12.**　Radial variation of the percentage of vessel elements within the late wood zone excepted ray area.

から，髄から樹皮にかけ計 407 年輪について，夏材部の道管群と木繊維との割合を調査した。

測定値を髄から 2 cm 間隔のクラスにわけ，前述の密度区分による 5 つの年輪幅階級で平均値を求めた。図示すると Fig. 12 のとおりである。また測定に用いた超軟 X 線写真の一例

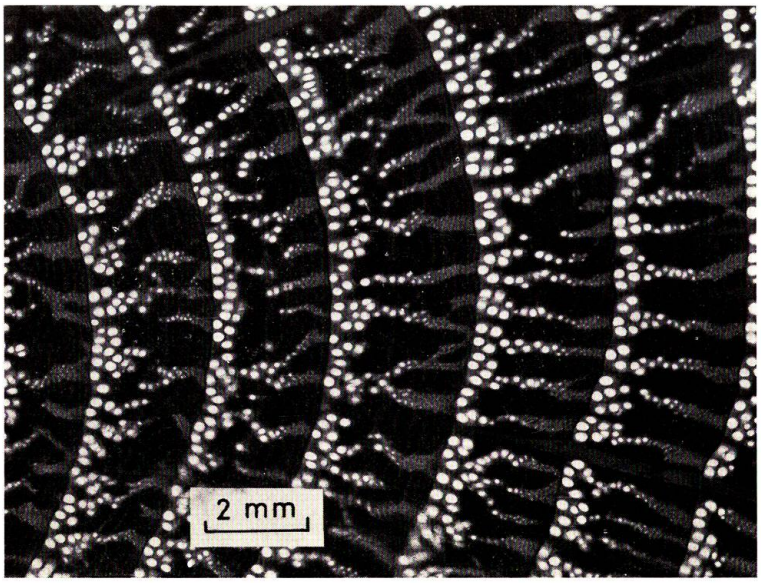


**Photo 1.** Ultra-soft X-ray photograph of cross section. (×10)
Distance from pith: 0.5～2 cm
Percentage of vessel elements within the late wood: about 30%

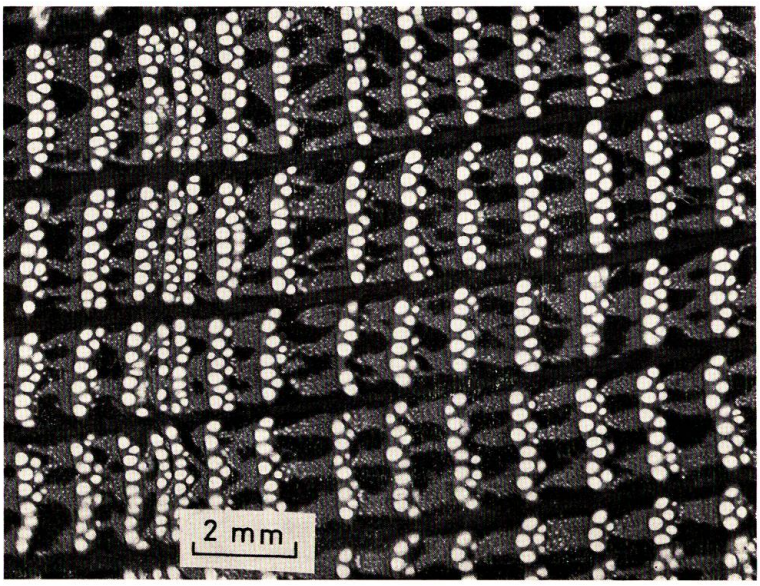


**Photo 2.** Ultra-soft X-ray photograph of cross section.
Distance from pith: 7～8.5 cm
Percentage of vessel elements within the late wood: 30～50%

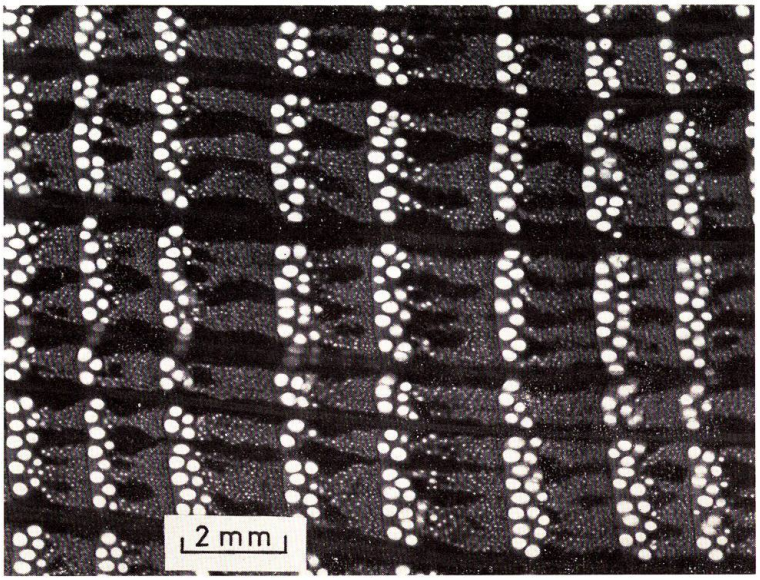


**Photo 3.**　Ultra-soft X-ray photograph of cross section.
Distance from pith: 24～25.5 cm
Percentage of vessel elements within the late wood: 60～70%

を，髄からの距離に応じて示すと Photo 1～3 のとおりである。

Photo 1～3 でみられるように，夏材部の木繊維と小道管群はその密度差により，極めて明瞭に区別でき，また髄からの距離に応じてその割合の変動しているのがよく認められよう。顕微鏡写真よりも両者の区別はより明瞭である。ただこの方法は，比較的長いストリップで超軟 X 線のコンタクトフイルムを得る場合，焦点（鮮鋭度）の確保に問題がある。

測定結果をみると Fig. 12 に示されるとおり，夏材道管群割合は髄近辺で最小値を示し，樹皮側へ急激に増加してある値以後では大きく変化していない。急激な増加傾向の終了する位置は，髄からの距離 7～10 cm に相当するのが認められる。またこの増加の割合は，狭い年輪幅ほど著しく，年輪幅の増加にしたがって順次勾配が下がり，高密度飽和域の年輪幅域ではほとんど変化しない。この変動は密度の水平変動（Fig. 9～11）とよく対応しており予想どおりの結果を得た。

## 4. 結　　論

年輪幅区分べつの材密度の水平変動で求めた髄近辺の変化域，ならびに夏材の小道管要素の割合が急激に増加する領域は，ミズナラ材のいわゆる未成熟材の範囲として限定される。本研究の結果から，この範囲は髄からの距離 7～10 cm と考えてよいであろう。

未成熟材の範囲は，解剖学的諸性質すなわち繊維長，フィブリル傾角，細胞寸法などの水平変動により比較的正確に限定される。ナラ類について直接未成熟材を目的とした研究はみあたらないが，ドイツ産の植栽アカナラでは，繊維長が半径 4～8 cm まで増加すること，また春

材道管径も半径5～10 cm まで，髄近辺の 0.1 mm 径から 0.2 ないし 0.25 mm へ急激に増加することが示されており[8]，未成熟材の範囲を示唆している 。広葉樹について構成要素率の変動は，直接材質を左右する因子となるものであり，本研究の結果でも未成熟材の特徴をきわめてよくあらわすものとしてつかみ得た。未成熟材の限定や異常材の材質などと関連して，今後各樹種についてさらに調査されるべきものと考えられよう。

一方，材密度の樹幹内変動は，強さなど物理的性質の基礎でありよく求められる。しかし解剖的性質と異なり，密度の変動だけで未成熟材を区分することは，なかなか困難である。深沢は同一齢階の垂直変動からは，どのような因子によってでも未成熟材を区分し得るのではないかと考えた[4]。このことは樹木の形成生理からも，また基部材を区分することができることからも合理的であると思われるが，連続してサンプリングすることの困難性，またその変動曲線からの境界判定などに問題があり，でき得れば水平方向の変動から解釈する方が実用的に望ましい。本研究では，環孔材の密度に影響する因子として考えられる年輪幅 (生長因子) を消去することにより，密度に対する年齢効果をとりだし，未成熟材を区分した。また深沢は，カラマツやグイマツのように密度が比較的均質な樹種でも，密度 ($R$) に影響する因子として夏材率 ($S$) の変動を求め，$R/S$ を誘導し，その変動から未成熟材が区分できることを示した[10]。このような手段は一つの工夫であるかもしれないが，密度と組織構造の関係の考えかたの発展に，示唆を与えるものとして有効である。たとえば本研究でも，密度の年齢効果からその原因である構成要素率の変動を推定し，それを確かめたものであり，要素率の変動をまず求めてそれから密度の変動を推測したものではない。

本研究の結果，ミズナラ材は年輪幅分布に関係なく，樹幹中央部で重いことを示した。以後未成熟材から外側へ，密度の減少のしかたは，その樹幹の生長の程度にしたがうであろう。すなわち生長のおそい樹木ほど外側へ急激に軽くなり，生長のよい樹木では，あまり軽くならないことが推察される。狭い年輪幅ほど年齢効果が大きくあらわれることは興味深い。材質評価の手段として，年輪幅による密度区分をみるとき，狭年輪幅材の挙動については今後の研究が必要であろう。

## 5. 摘　　要

北海道大学雨竜地方演習林から欠点のない優良大径木のミズナラ3本 (Table 1) を伐採，樹幹内の密度 (容積密度数) 分布におよぼす年齢効果について調査した。

1) ミズナラの材密度におよぼす年齢効果をとりだすには，年輪幅影響 (生長効果) を消去することを考える必要がある。Fig. 1～6 に密度におよぼす年輪幅影響を全測定試片について示した。

2) 年輪幅との関係図 (Fig. 1～3) では広い年輪幅域が，年輪密度との関係図 (Fig. 1～6) では狭い年輪幅域が拡大されたかたちとなり，この両域では密度の変化傾向はない。これを

高・低密度飽和域として区別したあと，残る密度の変化域を高中低域に3分した (Fig. 7～8)。

3) 供試木により密度絶対値の高低はあるが，変化域の年輪幅境界値はほぼ共通であり，次の限界値を定めた。

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 高密度飽和域 | 年輪幅 | 2.5 mm 以上 | 年輪密度 | 4 以下 |
| 高密度域 | 〃 | 1.6～2.5 | 〃 | 4～6 |
| 中密度域 | 〃 | 1.2～1.6 | 〃 | 6～9 |
| 低密度域 | 〃 | 0.8～1.6 | 〃 | 9～12.5 |
| 低密度飽和域 | 〃 | 0.8 以下 | 〃 | 12.5 以上 |

この限界値は，文献からみて内外のミズナラ材に共通するものと考えられる。高低の密度飽和域は，散孔材的挙動を示すものとして考えられよう。材質区分として考える場合には，飽和域はとくに区分せず，それぞれ高密度域，低密度域に含める方が実用的であろう。

4) 5つの年輪幅区域べつに，髄からの距離と密度の関係を示した (Fig. 9～11)。その結果，年輪幅影響を消去した密度の年齢効果 (位置効果) が示された。髄近辺では年輪幅に関係なくほぼ同一の高い密度を示し，髄から遠ざかるにしたがい広年輪幅材ではそう大きく変化しないが，狭年輪幅材ほど半径約7 cm ぐらいまで急激に減少し，以後安定してくる。この半径7～10 cm までが，ミズナラ材の密度変化からみた未成熟材範囲として認められよう。前述の年輪幅影響で，同一年輪幅域でのバラツキの大きな原因として年齢効果があり，とくに狭年輪幅材ほどその影響が著しいことが認められた。

5) 密度におよぼす年齢効果の原因の一つとして構成要素率の変化が考えられる。夏材における小道管群と木繊維との比率の変動を，Fig. 12 に示した。超軟 X 線の写真 (Photo 1～3) からもよく認められるように，夏材における小道管群の占有面積率は，髄近辺で極端に小さく半径7～10 cm まで急激に増加する。

## 文　　献


1) 大沢正之・石田茂雄：札幌営林局管内のナラ材に関する研究 (第1報)．日林会北海道支部講演集，**1**，67–68 (1952).
2) 大沢正之・宮島　寛・東山一男：北海道産ナラ材の材質に関する研究．I．産地別ナラ材の材質の比較．北大農演報，**17** (2)，793–869 (1955).
3) 堤　寿一・渡辺治人：九州大学・北海道演習林産ミズナラ材材質試験．第1報　比重について．九大農演集報，**15**，167–185 (1961).
4) 深沢和三：スギ樹幹内の材質変動に関する研究　—産地を異にする林木樹幹の未成熟材などの区分とその材質特徴—．岐阜大農研報，**25**，47–128 (1967).
5) 深沢和三：ナラ材の物理的性質．北方林業，**22** (4)，125–133 (1970).
6) 石田茂雄・大谷　諄・黒沢厚基・今川一志：超軟 X 線による木材内部構造に関する研究．北大農演報，**25** (1)，25–60 (1967).
7) KOLLMANN, F., and CÔTÉ, W. A. Jr.: Principles of Wood Science and Technology. I. Solid Wood, Springer-Verlag, Berlin, p. 177, 178 (1968).
8) GÖHRE, K., und WAGENKNECHT, E.: Die Roteiche und ihr Holz, Deutscher Bauernverlag, Berlin, p. 190, 192, 217 (1955).

9) 小野寺重男・高橋政治・川口信隆: 東京大学北海道演習林産レッドオークの材質試験. 北海道林産試試験結果報告書, 未印刷 (1971).
10) 第22回木材学会大会シンポジウム: 樹幹内における材質の変動 (1972).
11) TSUOMIS, G.:Wood as Raw Material, Pergamon Press, Oxford, pp. 123-136 (1968).

## Summary

The term, "the effect of age" within one trunk is used as a meaning of the formation of juvenile and adult wood[11]. In general, juvenile wood reveals as a region near the pith which shows a rapid change of wood structures and qualities and is expressed by distance from pith or by number of rings from pith. In this paper, we investigated the age effect on density variation within a trunk of *Quercus crispula* BLUME grown at natural forest in Uryu College Experiment Forest, Hokkaido University (Table 1). Bulk density used in this paper, was calculated from the values of oven-dry weight and green volume.

The results are as follows;

1) The effect of ring breadth on density is significant in the ring porous woods (Fig. 1~6)[7]. In order to eliminate this effect on density variation, we made a trial for demarcation of density using ring breadth classes.

2) First, we recognized 2 no-changed zones of density concerning ring breadth; One was observed above 2.5 mm of ring breadth in Fig. 7, as high density-saturated zone, and the other observed above 12.5 rings per centimeter in Fig. 8, as low density-saturated zone. It would be supposed that the relation between structure of wood and density variation in these saturated zones is quite similar to that of the diffuse porous wood. Namely, extremely wide- or narrow-ringed wood appears diffuse porous.

Second, we divided the range of density variance into three equal parts in the zone of correlation between density and ring breadth. Then we classified into high, medium and low density area by ring breadth from the conversion of ordinate into abscissa (Figs. 7, 8).

3) Radial variation of density in each of the class of ring breadth divided into 5 were illustrated for each tree (Figs. 9~11). It might be quite all right to consider that these characteristic curves of density variation show the effect of age, eliminating the effect of ring breadth.

4) The region where density decrease rapidly outward near the pith would be defined as juvenile wood. The size of juvenile wood can be limited to radius 7~10 cm from Figs. 9~11. And we can see from the Figs. that the narrower ring breadth, the more decrease of density becomes remarkably in this region. From this result, it became clear that the large variance of density at narrow-ringed wood as shown in Figs. 1~6, would be caused by the age effect.

5) Anatomical factors were discussed concerning the age effect on density. In general, growth ring structures of juvenile wood are characterized by less pronounced latewood, shorter cells, and larger microfibrillar angles in comparison to adult wood[11]. In ring porous wood, the variation of pore radius in earlywood or of ring porous character (first rings appear diffuse porous) are pointed out too[8,11]. In this paper, we

investigated the radial variation of percentage of vessel elements within the latewood. The amount of small vessel elements within the latewood increased rapidly outward near the pith, and the rate of increase is remarkable at narrow-ringed wood as shown in Fig. 12. Growth ring structure is clearly seen from ultra-soft X-ray photographs 1~3, prepared for the measurement of the percentage mentioned above. The size of juvenile wood from this point of view, corresponded well to that from the density variation described above.