

六演習林スギ品種試験地のスギ在来品種および精英 樹クローン間の材質変動

矢幡, 久

宮島, 寛

西林寺, 隆

古家, 宏俊

他

<https://doi.org/10.15017/10827>

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 57, pp.149-173, 1987-03-30. 九州大学農学部附属演習林
バージョン :
権利関係 :

六演習林スギ品種試験地のスギ在来品種および 精英樹クローン間の材質変動

矢幡 久・宮島 寛・西林寺 隆
 古家宏俊・児玉 貴・汰木達郎
 山本福寿・久保田 茂・渡部 桂
 野上寛五郎・黒木晴輝

Wood Quality Variations of Native Cultivars and the
 Clones of Plus Trees in the Experimental Areas of
 Cultivars of *Cryptomeria Japonica* in Kyushu

Hisashi YAHATA, Hiroshi MIYAJIMA, Takashi SAIRINJI,
 Hirotosi HURUIE, Takashi KODAMA, Tatsuro YURUKI,
 Hukuju YAMAMOTO, Shigeru KUBOTA, Katsura WATANABE,
 Kangoro NOGAMI and Haruteru KUROKI

要 旨

材質を表わす指標として幹材容積密度、晩材率および年輪内の容積密度分布パターンなどの年輪構造について、スギ在来品種や精英樹クローン間の変異を調べた。供試木は、同一条件で植栽、管理されている六演習林共同スギ品種試験地の中から3演習林で採取した従来の6品種、および6演習林に植栽された25の精英樹クローンで、いずれも供試木は、植栽後12~13年生で若い。年輪構造の解析は、軟X線・デンストメータ法によりおこなった。まず、品種をもちいて容積密度の樹幹内の高さ、髄からの年輪数ないし距離の違いによる変動を調べた結果、髄周囲の年輪内の密度は大きく樹皮側に向かい減少し不安定であったが、外周の数年輪はかなり安定した値を示し、また、胸高部位の測定値のみで、幹全体の容積密度の傾向が把握できることが明らかとなった。品種においては、平均密度、晩材率ともにアヤスギおよびヤブクグリが大きく、オビアカは小さい値を示した。両者の特性値とも年輪幅の増加にともなって減少する傾向がみられた。これは品種のもつ生長特性（年輪幅）の違いの反映に過ぎないと考えられるが、共分散分析によって年輪幅の影響を除外した修正平均値においても有意な差がみられた。年輪内の容積密度の変化には、品種固有の特徴があり、アヤスギ、ヤブクグリは、早材形成初期から次第に密度が増加するが、オビアカなどの品種は、最低密度を持続し、急に晩材化する傾向がみられた。この変化パターンをべき乗式に当てはめ、その係数bの値でくらべる方法を提案し、品種間で比較した結果、品種間で有意な差がみられた。精英樹25クローンについても同様であったが、同一の在来品種に同定されているクローン間の年輪構造の違いは小さくその他のクローンと区別でき、品種で調べたことと矛盾しないことが明らかとなった。

1. はじめに

木材の品質（広義の材質）に関する遺伝・育種学的研究の歴史は未だ浅く、一部の樹種については、木材の品質に関する形質についての選抜効果が認められているが、今後の研究が必要とされているのが現状である。木材品質を改良することの可能性の追求、育林技術との関連について多くの情報を集積しておくことは、再生産可能な森林資源の造成と利用を効率的に展開するために必要となる。

我が国において主要造林樹種であるスギは、構造用材としての利用が多く、その木材の品質として、樹幹形、枝の大きさと数、各種の強度や寸法安定性などが重要であり、また内装材としての役割も担うことから生長の均一性、材色、年輪構造などの形態的特性についても品種や系統、あるいは保育法との関係で明らかにしなければならないことが多い。

このような多くの品質指標の中で、材質指標として、幹材の容積密度、晩材率、早・晩材形成パターンなどの年輪構造は、力学的性質や材面の光沢などの美観的な性質に影響する因子と考えられ、その遺伝的な変異性や生育状態との関係を明らかにすることの意義は大きいと考えられる。すなわち、容積密度は、一般に木材の各種強度との関係が深く、例えば、曲げや引張あるいは圧縮の強度やヤング率に対して直線関係、かたさや衝撃吸収エネルギーに対しては指数曲線関係が成り立ち、容積密度の増大によって強度が増すことが認められている（蕪木ら、1981）。スギの場合は、幹の髓付近の材の容積密度は大きいのに材の強度は低いとされている。これは髓から10～15年輪目、距離で約45 mmまでは未成熟材とされ（加納ら、1959）、成熟材とくらべて仮道管が短く、二次膜中層のフィブリル傾角が大きいため強度は低下しているのであって、成熟材部では、強度と正の相関が認められている（渡部ら、1963）（渡部ら、1964）（太田、1965）。

そこで、本研究では、スギの材の品質を表わす指標として幹材容積密度、晩材率、早・晩材形成パターン等の年輪構造について、在来品種や精英樹クローン間でどの程度異なるのか、あるいはその生育地や生長状態によってどのような変動を示すかを調べ、スギ幹材について育種による改良の効果の可能性を検討した。

2. 材料と方法

材質の遺伝的な変異性を調べるためには、立地条件がそろい、しかも、同じような施業条件下で生育した個体間で比較することが望まれる。鹿児島大学、宮崎大学、愛媛大学、日田林工高校、および九州大学2演習林（粕屋および宮崎演習林）に設定された六演習林共同スギ品種試験地（木梨ら、1973）は、林齢が若いのを除けば、この目的からみると好都合な試験地であり、本研究では、この試験地から材料を採取して測定を行った。

2.1. 供試林分

昭和43年から4年間にわたって愛媛大学（米野々演習林）、九州大学（粕屋演習林）、日田林工高等学校（三花演習林）、九州大学（宮崎演習林）、宮崎大学（田野演習林）、鹿児島大学（高隈演習林）の各演習林に設定した六演習林共同スギ品種試験地は、5種類の試験地からなるが、今回対象とした試験地は、九州に在来する主要な6品種を植栽した第Iお

よび第II試験地と、九州林木育種場の精英樹の中から25クローンを選定し植栽した第V試験地である。

第Iおよび第II試験地は、昭和43年3月および昭和44年3月にそれぞれ同一の実験計画によって設定されたもので、乱塊法により6品種×5ブロック=30プロットから構成され、植栽本数は1プロット当り30本、植栽間隔1.6mの植栽が行われている。在来品種は、早生品種としてクモトオシ、ヤイチ、中生品種としてオビアカ、ヤブクグリ、晩生品種としてメアサ、アヤスギの6品種である。

第V試験地は、昭和46年3月に九州林木育種場産の表1に示す25クローンを二重格子法として設定したもので、X1, X2, Y1, Y2の4群からなり、各群は、5クローンを含む擬似ブロック5個(5×5=25クローン)をもって1群を構成し、1プロットに同一クローン12本が、縦、横2m間隔で植栽されている。試験地は六演習林ともに全く同一規模配置である(木梨ら, 1973)(宮島ら, 1982)。

2.2. 実験1：樹幹内容積密度の変異の測定

個体間の比較を行う場合に樹幹を代表するような測定部位を明らかにするために、樹幹内の垂直的、水平的な位置による年輪構造、とくに容積密度の変異を調べる必要がある。そこで、予備的な実験として九州大学粕屋演習林の第II試験地の6品種を測定対象として材料を採集した。昭和53年に間伐が実施されており、試験木を採取した昭和55年時点では、1プロットの成立本数は25本であった。試料の採取は、昭和55年10月に実施したので、植栽後12生長期間を経過している。第4および第5ブロックから、各品種ごとに生長の良好なプロットおよび不良なプロットから胸高断面積で平均値に近似できる標準木を1個体選定し、それぞれを供試木AおよびBとして地上高0.2mから、1m間隔で樹幹解析と同じ要領で円板を採取した。各円板は、東西南北の4方位毎に後述の方法で年輪構造の測定を行った。

2.3. 実験2：在来品種間の年輪構造の比較

供試木は、鹿児島大学高隈演習林、宮崎大学田野演習林、および九州大学粕屋演習林のそれぞれ第I試験地から採取した。各試験地において、各品種毎に生長の良好なプロット、不良なプロットおよび平均的なプロットを選び、各プロット内の個体の胸高直径の測定によって胸高断面積平均値を求め、これに等しい個体を標準木として1本を選定し、地上1.2mから円板を採取した。したがって、6品種×3地方×3個体の合計54本の供試木について解析を行った。試料の採取は、昭和56年であったので、植栽後13年目の年輪を有していた。年輪構造の測定は後述の方法にしたがった。

2.4. 実験3：クローン間の年輪構造の比較

六演習林全ての第V試験地を対象とし、設定後10年目に生長量の測定を終えて2年目になる昭和58年12月に、場所によって差があるものの第一回目の間伐の時期に達したために、この間伐をかねて材料を採取することにした。したがって、供試木は、設定後13年目の生長期を過ぎている。供試木の選定については、10年目の測定資料(宮島ら, 1982)をもとに各演習林毎に25種のクローン別の胸高直径平均値に最も近い個体の番号を調べて

表1 供試した精英樹クローン名と対応在来品種名
Table 1 Name of clone used for analysis and the identified cultivar name by morphological characteristics and isozyme.

番号・記号 No	クローン名 Clone name	在来品種* Cultivar name*
1 A	東臼杵 12号 Higashiusuki No12	トサアカ Tosaaka
2 B	大分 5号 Oita No5	— —
3 C	薩摩 5号 Satsuma No5	ハアラ Haara
4 D	福岡署 1号 Fuokasho No1	アヤスギ Ayasugi
5 E	始良 6号 Aira No6	トサアカ Tosaaka
6 F	始良 26号 Aira No26	メアサ Measa
7 G	東臼杵 4号 Higashiusuki No4	トサアカ Tosaaka
8 H	始良 25号 Aira No25	メアサ Measa
9 I	鹿児島 1号 Kagoshima No1	— —
10 J	竹田 4号 Takeda No4	ヤブクグリ Yabukuguri
11 K	竹田 6号 Takeda No6	ヤブクグリ Yabukuguri
12 L	長崎 1号 Nagasaki No1	実生 Seedling
13 M	藤津 14号 Fujitsu No14	— —
14 N	都城署 5号 Miyakonojoshō No5	オビアカ Obiaka
15 O	竹田 9号 Takeda No9	ヤブクグリ Yabukuguri
16 P	始良 15号 Aira No15	メアサ? Measa?
17 Q	竹田 12号 Takeda No12	— —
18 R	阿蘇 1号 Aso No1	アヤスギ Ayasugi
19 S	始良 21号 Aira No21	— —
20 T	佐賀 3号 Saga No3	イワオ Iwao
21 U	綾署 1号 Ayasho No1	— —
22 V	大根占署 1号 Oonejimesho No1	オビアカ Obiaka
23 W	宮崎署 4号 Miyazakisho No4	オビアカ Obiaka
24 X	浮羽 11号 Ukiha No11	— —
25 Y	大口署 2号 Ookuchisho No2	— —

* : 在来品種はスギ精英樹特性一覧表（九州林木育種場，1976）による。

— : 由来未確認。 ? : アイソザイムパターンが類似しない。

* : Identified cultivar name is after the report of the characteristics of Sugi elite trees (Kyushu Tree Breed. Inst., 1976).

— : Not identified

? : Different pattern of isozyme of the identified cultivar.

候補木とし、現地の状況に応じて候補木の中から1個体を標準木として選定した。昭和58年12月に地上高1.2mより厚さ5cm程度の樹幹円板を採取した。合計150本の個体の胸高部(1.2m)から円板試料を採取した。

2.5. 年輪構造の測定方法

ここで年輪構造としてとりあげた年輪内の容積密度の測定は、樹幹円板から幅約1cm、厚さ 5 ± 0.05 mmの切片をとり、気乾状態の試料の小口片に軟X線を照射、透過させ、露光した軟X線フィルムの濃度をデンストメータで解析する方法を用いた(太田, 1970)(林ら, 1976)。

供試切片の調整は、実験1と2では、およその大きさに切片を切断したのちにナイフおよびサンドペーパーを用いて行ったが、実験3では、建具木工用のとくに薄刃で鋭利な丸鋸をもちいて切断したものをもちいたので、特に厚みの調整は必要としなかった。いずれも、作成後に厚みを検定した。

軟X線による撮影条件はつぎのとおりである。使用した軟X線発生装置は日本ソフテックス社製LMBW特型で、管球電圧および電流はそれぞれ30kV、15mAに設定し、フィルムと線源との距離は1.3mとした。フィルムは、フジソフテックスFine Grainを使用し、気乾状態においた試料と同じ厚さの標準吸収体とを並べて撮影を行った。標準吸収体は、カツラ、イスノキ辺材、およびイスノキ心材であり、実験時によって異なるが、実験1では、それぞれ、0.431, 0.737, 0.944 g/cm³、実験2では、0.418, 0.676, 0.899 g/cm³、さらに、実験3では、0.423, 0.714, 0.914 g/cm³である。実験3では、さらにバル

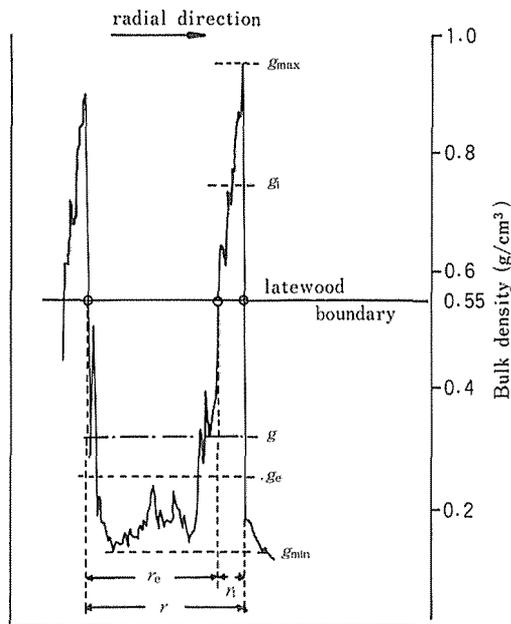


Fig. 1 Example of the densitometric records of annual ring from X-ray negatives and the measured items by the desitizer with a personal computer.

図1 軟X線写真による一年輪内の濃度変化とデジタイザーによる測定対象項目

サ材 0.188 g/cm^3 も併用した。照射時間は3分間で、撮影後フィルムの現像、定着は、所定通り行った。試料の容積密度に応じて得られる濃度変化は、マイクロデントメータ (Joice Loebel 社製, モデル MKIICS) を使用し、記録紙に記録した。フィルムの濃度測定時のスリット幅は、約 0.0818 mm であり、記録紙に記録される試料の半径方向の長さは、実験1と2では5倍、実験3では2倍に拡大して記録した。同一フィルム内に撮影された3ないし4種の標準試料の容積密度と記録紙の濃度との一次的関係から、試料の容積密度を求めた。記録紙からの読み取りは、パーソナルコンピュータ(ソード社製, M232 マークII) に接続したディジタイザーを使用することによって、図1に示すように各年輪の年輪幅 (r)、早材幅 (r_e)、晩材幅 (r_l)、晩材率 (r_l/r)、最低密度 (g_{\min})、最高密度 (g_{\max})、早材部、晩材部ならびに1年輪の平均密度 (g_e, g_l, g) が容易に求めることができる (矢幡, 1983)。なお、早晩材の区分は、細胞の形態から決定する MORK の定義が一般的であるが、太田 (1970) によれば密度を基準に早晩材を区分することが PHILIPS, POLGE らによって提唱されていて、スギでは 0.55 g/cm^3 を早晩材の境界とするのが妥当であるとしており、本研究でもこれに従った。なお、最外周の年輪の晩材部は、フィルム上では師部との区分が明確でないため、測定の対象から除外した。

3. 結果と考察

3.1. 樹幹内の材の容積密度の変動 (実験1)

一般に、スギ幹材は樹心部で未成熟材と呼ばれる不安定な材部を形成し、髓から年輪数で、10~15年、距離で5~7cm以上になると安定した成熟材の特性を示すといわれている (加納ら, 1959) (渡辺ら, 1963)。本研究において対象とした林分は12~13年生の若い林分であるために、当然ながら材特性の不安定な未成熟材を多く含むために、品種やクローン間の比較を行う場合に問題となる。しかし、全供試木についてこのことを検討してみると、図2にクモトオシの例を示すように、容積密度の髓から外周に向かっての変化パターンは、5~6年輪目までは最低密度と早材密度は減少し、逆に最高密度と晩材密度は増加したが、外周でほぼ安定する傾向がみられた。供試木の高さ別および方位別の容積密度の変動を明らかにするため、各部位における各年輪の平均密度 (g) の4方位平均値を求めて、

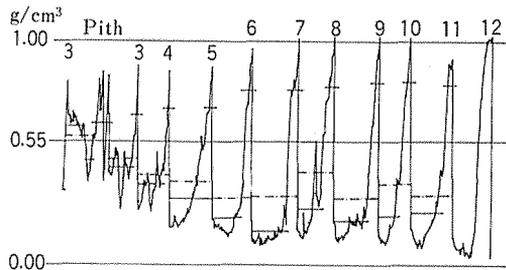


Fig. 2 Example of the bulk density records across the radius of the disk. Number indicate the annual ring number from the pith.

図2 半径方向の各年輪の容積密度変化の例
数字は髓からの年輪番号を示す

髓からの年輪数と距離の増加にともなう平均密度の変化を検討すると、いずれの高さの材でも胸高部位の変化と類似した変化を示した。図3には胸高部位のみを示したが、髓から5~6年輪以上になると容積密度はほぼ安定した値を示し、比較的早くから安定する傾向のあることがわかった。なお、0.2 m 部位の容積密度は各品種ともに根張材の影響と思われる高い値を示し、他の部位とは明らかに異なる傾向がみられた。

以上のことから、このように若い個体において年輪構造の品種やクローン間の比較を行うには、樹幹の部位については0.2 m は根張材の影響があること、部位が高くなると年輪数が不足することから、胸高部位で比較するのがよく、また、樹幹外周部の数年輪の平均値をもちいるのが妥当であると判断された。

本実験の供試木について、根張材である0.2 m 部位を除く幹全体について求めた全年輪の容積密度の算術平均値 (G) と胸高部位の各年輪の容積密度の算術平均値 (G_B) との間には、相関係数 $r=0.980$ (1% レベルで有意) の高い相関関係があり、さらに、 G_B は、胸

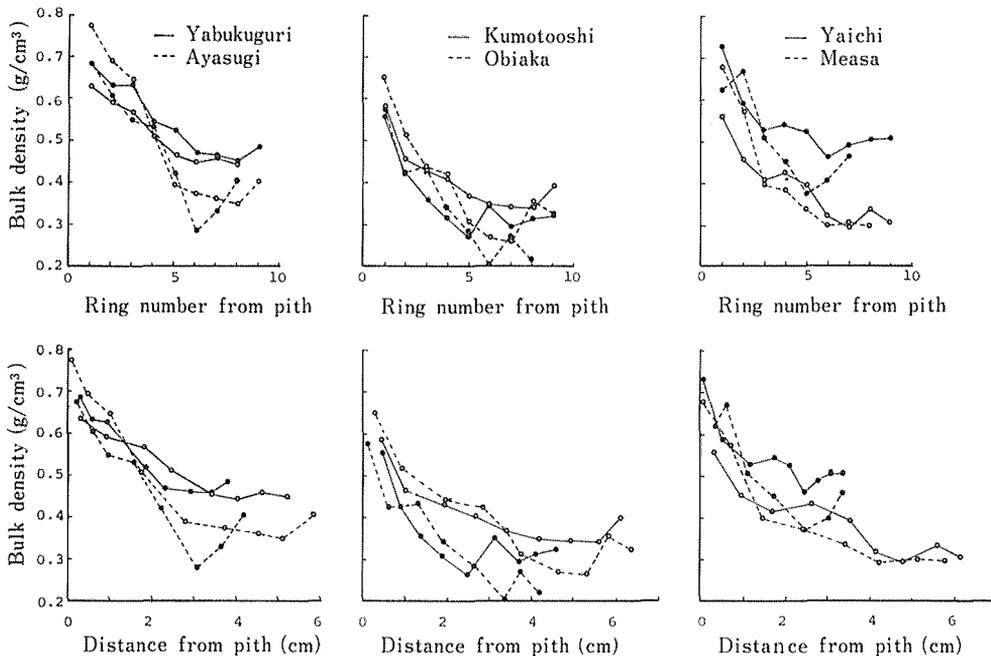


Fig. 3 Variation of bulk density among annual rings at the breast height (1.2 m) of stem for the experiment 1.

○, Sample tree A ; ●, Sample tree B

図3 胸高部位の各年輪の容積密度の変化(実験1)

高部位の4方位、外周4年輪の平均値 (G_{B-4}) との間にも高い相関 ($r=0.919$) が認められ、したがって、 G と G_{B-4} との間にも高い相関があることが明らかとなった(図4)。このことから、 G_{B-4} は、全樹幹の容積密度の指標と考えてもよいことがわかる。このことから、胸高部の幹材の値を調べるだけで、全樹幹の容積密度の傾向が判断できると考えられる。

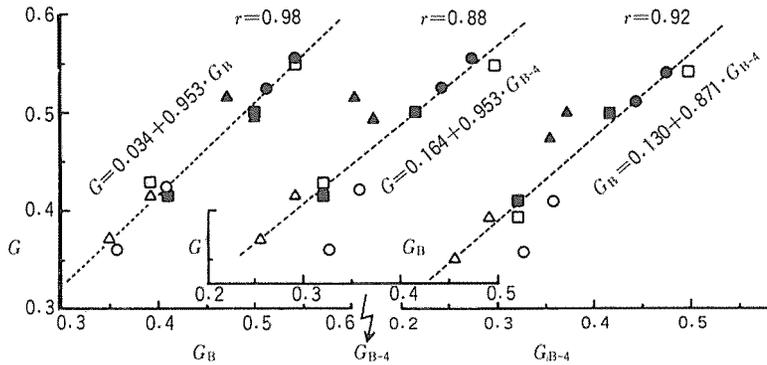


Fig. 4 Relationship among the average values of bulk densities for the experiment 1.

G ; the average bulk density of all annual rings excluding the ones from the stem disk at 0.2 m

G_B ; the average bulk density of annual rings of the disk at 1.2 m

G_{B-4} ; the average bulk density of annual rings of outer 4 annual rings of the disk at 1.2 m

○, kumotooshi; □, Yaichi; △, Obiaka,

●, Yabukuguri; ■, Measa; ▲, Ayasugi

図4 胸高部位の各年輪の容積密度の変化 (実験1)

3.2. 在来品種間の年輪構造の比較 (実験2)

在来スギ品種の容積密度, 晩材率, 容積密度の変化のパターンなどの年輪構造の比較を行うために, 最外周の年輪を除外した外周5年輪の4方位の平均値を用いることにした。さらに, 実験1の第II試験地の結果もまとめて検討した。

3.2.1. 供試木の樹高と胸高直径

スギ品種は, 初期の生長の遅速によって, 早晩生を区分できる。供試した6品種の各個体は, 生長の異なるプロットから選ばれているために, 図5に示すように樹高および胸高直径ともかなりの変異を示しているが, ヤイチ, クモトオシ, オビアカは, ヤブクグリ, メアサ, アヤスギに比べて, 樹高や直径の生長が優れ, 後者に対し, 早生型と判断される。3試験地間の比較では, 九州大学粕屋演習林, 鹿児島大学高隈演習林, 宮崎大学田野演習林の順となり, 生長に差がみられた。

3.2.2. 平均密度と晩材率

各品種の平均密度 (平均容積密度) と晩材率は, 図6に示した。アヤスギおよびヤブクグリの平均密度の平均値は, それぞれ 0.415 g/cm^3 , 0.404 g/cm^3 と大きく, 一方, オビアカは, 0.318 g/cm^3 で最も小さいことが明らかとなった。また, 晩材率についても同様の傾向が認められ, アヤスギおよびヤブクグリでは, それぞれ 26.9%, 25.7% で大きいのに対し, オビアカは 14.1% でかなり小さい値を示した。分散分析の結果, 品種間に有意な差があることが認められた。

一方試験地間の違いが平均密度や晩材率に影響する程度は品種によって差があり, 平均

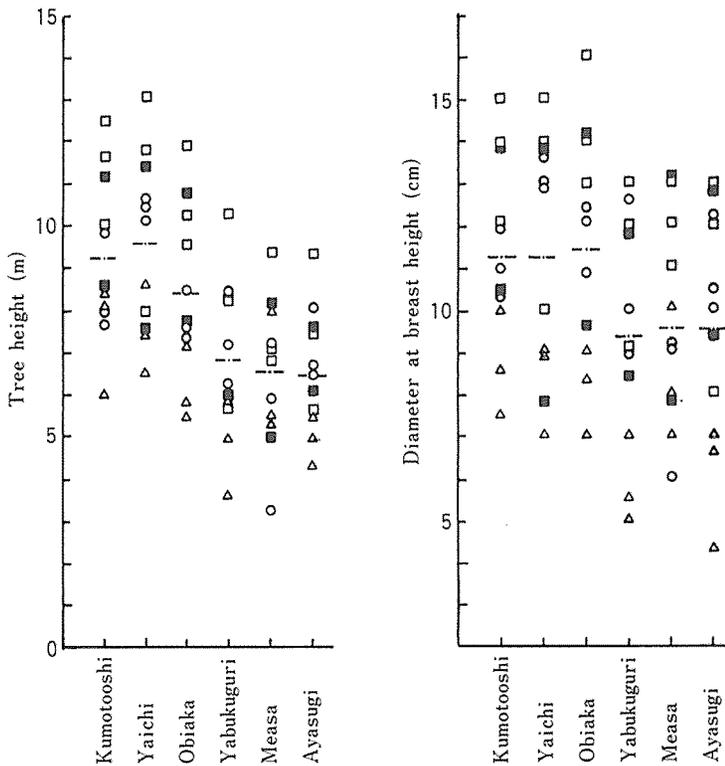


Fig. 5 Variation and the mean of tree height and stem diameter at breast height of the sample trees of the cultivars for the experiments 1 and 2.

○, Kagoshima Univ.; △, Miyazaki Univ.; □, Kyushu Univ. (Kasuya); ■, Kyushu Univ. (Kasuya) of Exp. 1

図5 供試木の樹高および胸高直径 (実験1と2)

密度はクモトオシ, アヤスギ, メアサについて, また晩材率はメアサ, アヤスギにおいてのみ試験地間に有意な差が認められたが, その他の品種では不明であった. 試験地間に有意差を示した品種は, 年輪幅にも試験地間差が存在することから, 平均密度や晩材率の試験地間差は年輪幅の違いが反映されている可能性がある. すなわち, 生長条件の違いが, 平均密度や晩材率に影響したに過ぎないのかもしれない.

そこで, 図7は, 各品種の年輪幅に対する平均密度の傾向を示したが, 年輪幅の増加にともなって明らかに平均密度は減少し, 生長が良くなれば材は軽くなる傾向がみられた. 同様に晩材率についても, 図8に示すように年輪幅の増加に伴い減少した. したがって, 平均密度と晩材率の品種間差は年輪幅の違いを考慮にいれても, すなわち, 年輪幅の影響を除外しても存在するのかどうかを明らかにしておく必要があると考えられる. このために, 品種を層化し, 年輪幅との共分散分析を行った. 表2と表3は, それぞれ平均密度と晩材率について, 年輪幅との共分散分析結果を示した. いずれも, 年輪幅との関係を示す回帰係数は, 品種間に有意差がなく, 全品種に共通の回帰係数が成立すると判断され, また, Y方向の高さの差は, いずれも1%レベルの危険率で有意差があることが明らかとなった. 供試木の年輪幅の全平均値から計算される各品種の平均密度および晩材率の修正され

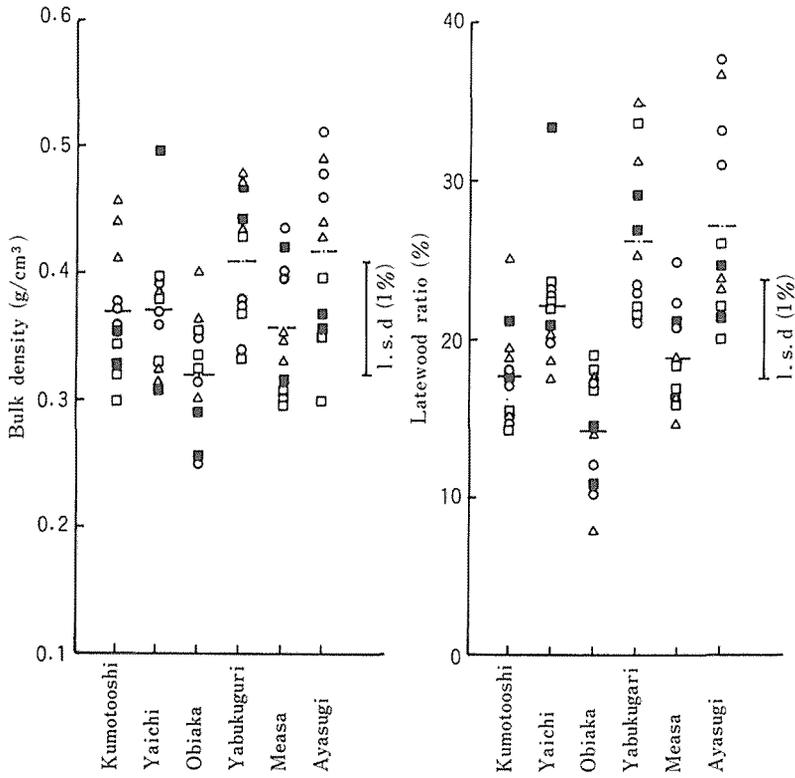


Fig. 6 Variation and the mean of the averages of bulk density (left) and latewood ratio (right) of the sample trees of the cultivars. Symbols as in Fig. 4.
 図6 品種別の平均密度と晩材率

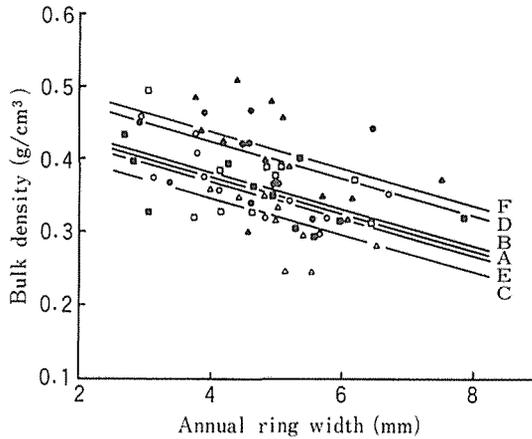


Fig. 7 Comparison of the bulk density among the cultivars in the correlation with the annual ring width.
 ○, A: kumotooshi; □, B: Yaichi; △, C: Obiaka;
 ●, D: Yabukuguri; ■, E: Measa; ▲, F: Ayasugi
 図7 年輪幅との共分散分析による品種間の平均密度の比較

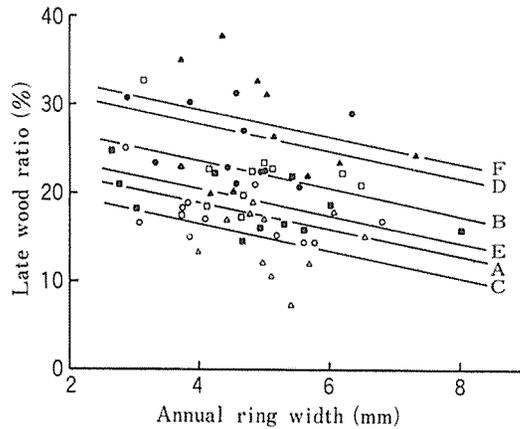


Fig. 8 Comparison of the latewood ratio among the cultivars in the correlation with the annual ring width. Symbols as in Fig. 6.

図8 年輪幅との共分散分析による品種間の晩材率の比較

表2 品種を層化した場合の平均密度と年輪幅との共分散分析

Table 2 Analysis of covariance between bulk density and ring width by grouping the cultivar

Item	f	S _{xx}	S _{xy}	S _{yy}	b	f	S _e
級内 Within						54	0.113669
共通 Common	60	97.192170	-1.819347	0.151455	-0.018719	59	0.117398
合計 Total	65	101.380900	-2.109650	0.219044		64	0.175144

回帰係数の有意差検定 $F = (0.003729/5) / (0.113669/54) = 0.3543NS$

Test of significance of regression coefficient

Y方向の高さの差の有意差検定 $F = (0.057746/5) / (0.117398/59) = 5.8042^{**}$

共通の回帰係数 $b = -0.0187191$

Common regression coefficient

品種 Cultivar	記号 Symb.	平均密度平均値 Mean of bulk density (g/cm ³)	修正平均値 Corrected mean	95%レベル信頼区間 Confidence limit of 95% level
Kumotooshi	A	0.3676	0.3651 ± 0.0270	
Yaichi	B	0.3617	0.3590 ± 0.0270	
Obiaka	C	0.3179	0.3270 ± 0.0273	
Yabukuguri	D	0.4044	0.3990 ± 0.0271	
Measa	E	0.3570	0.3558 ± 0.0269	
Ayasugi	F	0.4148	0.4175 ± 0.0270	

表3 品種を層化した場合の晩材率と年輪幅との共分散分析

Table 3 Analysis of covariance between latewood ratio and ring width by grouping the cultivar

Item	<i>f</i>	<i>S_{xx}</i>	<i>S_{xy}</i>	<i>S_{yy}</i>	<i>b</i>	<i>f</i>	<i>S_e</i>
級内 Within						54	983.71500
共通 Common	60	97.192170	-114.763900	1121.7950	-1.180794	59	2.56714 986.28220
合計 Total	65	101.380900	-152.042000	2483.7720		64	5 1269.47000 2255.75300

回帰係数の有意差検定 $F = (2.567139/5) / (983.715000/54) = 0.0282NS$

Test of significance of regression coefficient

Y方向の高さの差の有意差検定 $F = (1269.470000/5) / (986.282200/59) = 15.1881**$

共通の回帰係数 $b = -1.180794$

Common regression coefficient

品種 Cultivar	記号 Symb.	平均密度平均値 Mean of bulk density (g/cm ³)	修正平均値 Corrected mean	95%レベル信頼区間 Confidence limit of 95% level
Kumotooshi	A	17.37	17.21 ± 2.47	
Yaichi	B	21.92	21.75 ± 2.47	
Obiaka	C	14.06	14.64 ± 2.50	
Yabukuguri	D	25.72	25.38 ± 2.48	
Measa	E	18.76	18.68 ± 2.47	
Ayasugi	F	26.89	27.05 ± 2.47	

た平均値, およびその95%信頼区間は表2および表3にそれぞれ示したとおりである。各品種とも年輪幅に偏りが少ないために, 単純な平均値と修正平均値の差をt検定すると, アヤスギは, ヤブクグリとは有意差はないが, 他の品種とは1%レベルで有意差がみられ, 最小値を示したオビアカは, メアサ, ヤイチ, クモトオシと有意差はない。一方, 晩材率については, 平均密度の場合と同様にアヤスギが最大値を示し, ヤブクグリと差はないが, 他の残りの品種とは有意差がみられた。しかし, 最小のオビアカはクモトオシとの間に有意差はないが, その他の品種との間には有意差があり, クモトオシについて晩材率の小さいメアサとは5%レベルで, その他の残りの品種とは1%レベルの危険率で有意な差が認められ, 晩材率は平均密度よりさらに明確に品種間差が認められた。

3.2.3. 容積密度の変化パターン

品種間の年輪構造の違いは, 容積密度, 晩材率だけでなく, さらに各年輪内の容積密度変化のパターンによっても品種の特徴を明らかにできる。すなわち, 実験1で得た各品種の容積密度の変化について検討すると, 早材部から晩材部への密度の変化の仕方に特徴がみられた。その典型的な例として, 図9には生長の良かった供試木Aの南側の胸高部位4年輪についての容積密度のパターンを示した。ヤブクグリとアヤスギは, 早材が形成され始めてからその後の早材部での密度の増加が早くから徐々に進み, 偽年輪状に密度の高い材が早材部に出現しやすいが, オビアカとヤイチの場合には, 早材の形成開始時の低い密度の材が早材部のほとんどを占めていて, その後の晩材形成時に急に密度が増大すること

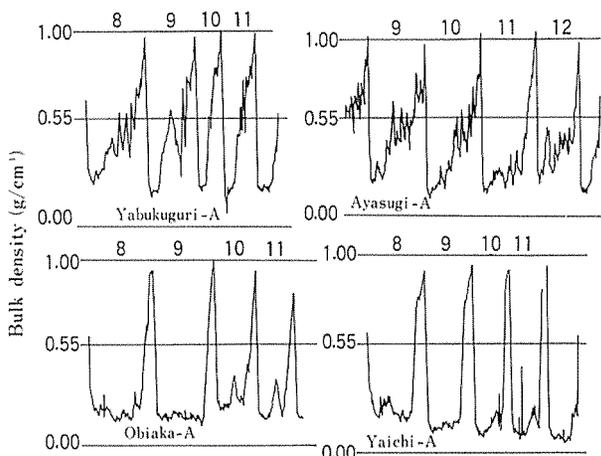


Fig. 9 Examples of the pattern of bulk density in the outer 4 annual rings at 1.2 m in the direction of the south for the experiment 1.

図9 胸高部位4年輪における容積密度変化(南方向)の一例(実験1)

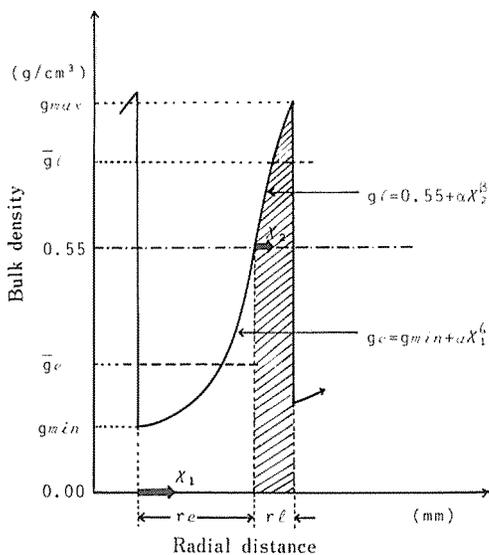


Fig. 10 Modeling of the pattern of bulk density in a ring and the equations

図10 一年輪内の容積密度変化のモデル式と条件

が認められた。

そこで、多数計測した各年輪内の容積密度の変化パターンについて、各品種間の比較を容易にするために、図10に示すように早、晩材部の容積密度をそれぞれべき乗式で表わし、モデル化することを試みた。すなわち、早材部、晩材部の密度変化式として、それぞれ早材形成初期に最低密度 (g_{min}) を、晩材部の終端で最高密度 (g_{max}) を示すものと仮定し次式を用いる。

$$g_e = a \cdot X^b + g_{min} \quad (1)$$

ただし, $0 \leq x \leq r_e$

$$g_i = \alpha \cdot x^\beta + 0.55 \quad (2)$$

ただし, $0 \leq x \leq r_i$

そこで, (1) 式, (2) 式についてそれぞれの積分値が早材部, 晩材部の平均密度と早材部幅, 晩材部幅の積になるように係数 a, b, α, β を決定することにした. すなわち, 早材部では,

$$0.55 = g_{\min} + \alpha \cdot r_e^b \quad (3)$$

$$\int_0^{r_e} g_e \cdot dx = r_e \cdot g_e \quad (4)$$

が成り立ち, 晩材部では,

$$g_{\max} = 0.55 + \alpha \cdot r_i^b \quad (5)$$

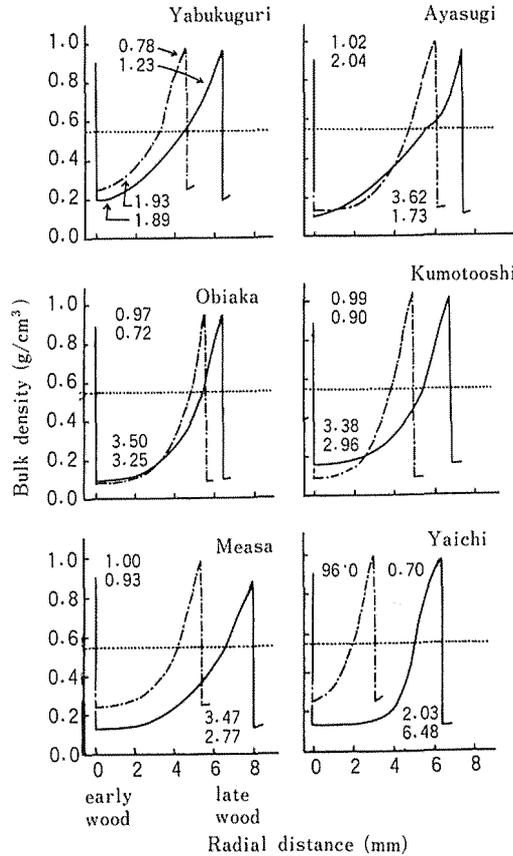


Fig. 11 Modeled pattern of bulk density for the samples from the experiment 1. Numerals denotes the values of coefficients b and β for the the equation. Solid line indicates the sample tree A and broken line the sample tree B, respectively.

図 11 年輪内の容積密度変化のモデル図 (実験 1)

$$\int_0^{r_1} g_1 \cdot dx = r_1 \cdot g_1, \tag{6}$$

が成り立つと仮定することで、係数は、次式で簡単に求められる。

$$a = (0.55 - g_{\min}) / r_e^b, \tag{7}$$

$$b = (0.55 - g_e) / (g_e - g_{\min}), \tag{8}$$

$$\alpha = (g_{\max} - 0.55) / r_l^{\beta}, \tag{9}$$

$$\beta = (g_{\max} - g_l) / (g_l - 0.55). \tag{10}$$

ここで、早材部の密度パターンに影響する係数 b についてみると、(7) 式で明らかのように早材部平均密度と最低密度との 2 因子のみで決定され、早材部幅の影響を受けない変数であるので、早材部の密度変化パターンを品種間で比較するうえで好都合と考えられる。 b の値は、 $b=1$ において早材部密度は直線的に変化し、1 より大きくなるにつれて早材形成開始時の密度がしばらく持続して、その後に急激に立ち上がる傾向を示すことになり、年輪内の容積密度の変化パターンを簡便に表わすことができる。

そこで、図 11 は、実験 1 で得られた各品種の 4 方位の外周 4 年輪、計 16 年輪の平均的な密度変化のパターンを図化したものである。図中では係数 b と β のみの値を示したが、特に b の値が小さいヤブクグリ A, B の 2 個体は、 b の値の大きいオビアカと比べて、早い時期から密度の増加がみられることを示している。同様に、図 12 は、実験 2 のデータを加えた 6 品種の 11 個体の胸高部位の外周 4~5 年輪の諸特性値の総平均値を用いて、密度変化パターンを模式化したものである。この図だけから、各品種毎の最低密度、最高密度、早材幅、晩材幅、年輪幅、早材部密度、および晩材部密度のそれぞれの平均値が読み取れ

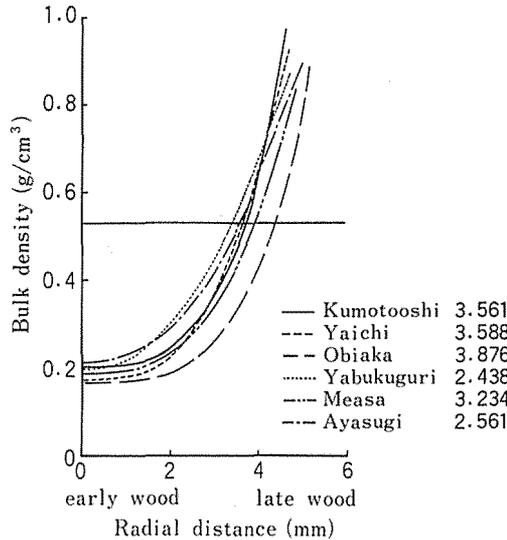


Fig. 12 Modeled pattern of bulk density for the cultivars. Numerals denotes the values of coefficients b for the equation for the experiment 1 and 2.

図 12 モデル化した一年輪内の容積密度変化の品種間の比較 (実験 1 と 2)

る性格の図であり、オビアカは、ヤブクグリにくらべて年輪幅が大きいが、早材幅も大きくて早材密度が小さい値で持続するという図 11 の傾向をさらに確認できたことになる。

また、係数 b について品種間の違いを供試木毎にみると図 13 のようになり、分散分析をおこなった結果品種間に 1% レベルの危険率で有意差が認められ、その最小有意差は、1% レベルでは 1.149、5% レベルでは、0.864 となり、最大の b の値をもつオビアカ、さらについてヤイチ、クモトオシは、最小のヤブクグリおよびアヤスギと比べて有意な差がみられた。中位にあるメアサは、どの品種とくらべても有意な差はみられなかった。 b の値が大きいというのは、早材部と晩材部が明瞭に区分できる品種であることをさしており、密度

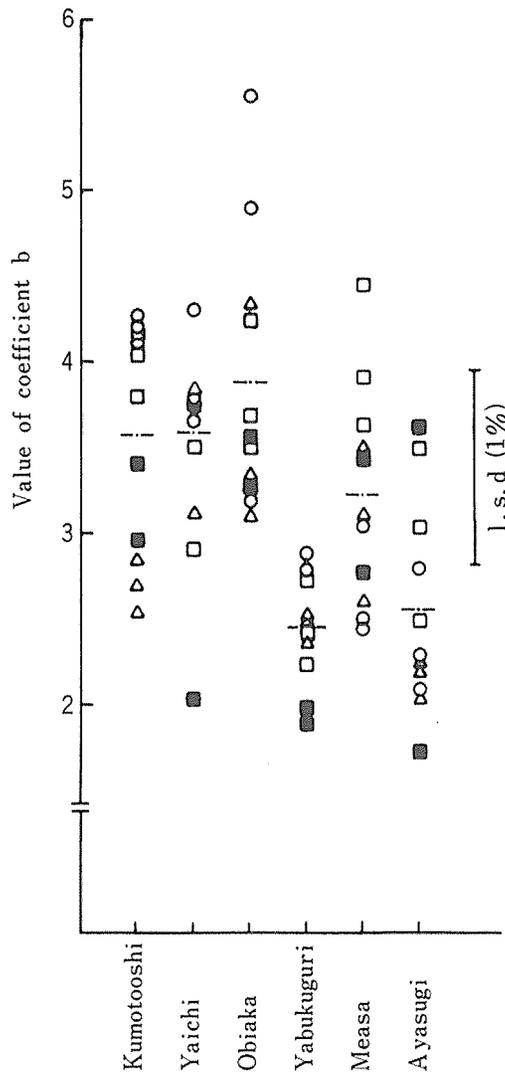


Fig. 13 Variation of the values of b in the equation for the cultivars. Symbols as in Fig. 6.

図 13 各品種におけるモデル式の係数 b の値

変化のパターンは品種固有のものであることが明らかとなった。

3.3. 精英樹 25 クロンの年輪構造の比較 (実験 3)

精英樹 25 クロンについても、品種の場合と同様に胸高部位の樹幹について髄周辺および最外周は年輪構造の比較から除くことにした。しかし、品種の場合と比べて樹高生長の遅く 5 m に満たない個体が多く含まれていたために、未成熟材特有の髄周囲の密度変化の大きい不安定な年輪が相対的に広く占める個体が多く、実験 2 のように 5 年輪を比較するには問題が多いと判断して、3 年輪 (10, 11, 12 年目の年輪) に限定して比較をおこなった。

各形質について精英樹クローン間ならびに試験地間の二元配置による分散分析を行なった結果表 4 に示すように年輪幅、平均密度、晩材率では、クローン間および試験地間とも

表 4 年輪幅、平均容積密度、晩材率、*b* の値についての 2 元配置による分散分析表
Table 4 Analysis of variance for ring width, bulk density, latewood ratio, and the value of coefficient of *b*

1. 年輪幅 Annual ring width					
要因	Factor	SS	df	V	F
クローン間	Clone	39.70227	24	1.654261	2.33**
試験地間	Plot	114.25819	5	22.851639	32.16**
誤差	Error	85.25623	120	0.710469	
全体	Total	239.11668	149		
2. 平均容積密度 Bulk density					
要因	Factor	SS	df	V	F
クローン間	Clone	0.35438	24	0.014766	8.70**
試験地間	Plot	0.16229	5	0.032458	19.13**
誤差	Error	0.20362	120	0.001697	
全体	Total	0.72029	149		
3. 晩材率 Percentage of latewood					
要因	Factor	SS	df	V	F
クローン間	Clone	4795.0963	24	199.79568	10.74**
試験地間	Plot	1216.9126	5	243.38252	13.08**
誤差	Error	2232.8033	120	18.60669	
全体	Total	8244.8122	149		
4. <i>b</i> の値 Coefficient <i>b</i>					
要因	Factor	SS	df	V	F
クローン間	Clone	34.06133	24	1.419222	3.67**
試験地間	Plot	3.35879	5	0.671759	1.74NS
誤差	Error	46.39160	120	0.386597	
全体	Total	83.81172	149		

** : Significant at 1% level, * : at 5%, NS : Not significant

に1%レベルの危険率で有意差のあることが認められた。密度変化パターンを示す係数 b の値は、クローン間のみにおいて有意差がみられた。したがって、クローンの遺伝的性質に影響されるが、環境の影響を受けにくい性質をもつと考えられる。また、この b は、最

表5 クローンを層化した場合の平均密度と年輪幅との共分散分析
Table 5 Analysis of covariance between bulk density and ring width by grouping the clone

Item	f	S_{xx}	S_{xy}	S_{yy}	b	f	S_c
級内 Within						100	0.198625
共通 Common	125	199.514500	-4.869537	0.365903	-0.024407	124	0.048428 0.247053
	24	39.702090	-1.510194	0.354382		24	0.303090
合計 Total	149	239.216600	-6.379730	0.720285		148	0.550143

回帰係数の有意差検定 $F = (0.048428/24) / (0.198625/100) = 1.0159NS$

Test of significance of regression coefficient

Y方向の高さの差の有意差検定 $F = (0.009182/3) / (0.045656/95) = 6.3686^{**}$

Significant difference among level

共通の回帰係数 $b = -0.0244069$

Common regression coefficient

クローン記号 Clone symbol	平均密度平均値 Mean of bulk density (g/cm ³)	修正平均値 Corrected mean (g/cm ³)	95%レベル信頼区間 Confidence limit of 95% level
A	0.3533	0.3607	± 0.0361
B	0.2898	0.2829	± 0.0361
C	0.3127	0.3250	± 0.0362
D	0.4050	0.4106	± 0.0361
E	0.3283	0.3413	± 0.0362
F	0.4195	0.3905	± 0.0368
G	0.3463	0.3376	± 0.0362
H	0.3468	0.3466	± 0.0361
I	0.3733	0.3713	± 0.0361
J	0.4323	0.4367	± 0.0361
K	0.4213	0.4086	± 0.0362
L	0.3832	0.3716	± 0.0362
M	0.4465	0.4442	± 0.0361
N	0.3372	0.3520	± 0.0363
O	0.4033	0.3859	± 0.0364
P	0.2905	0.2971	± 0.0361
Q	0.3513	0.3822	± 0.0369
R	0.4577	0.4558	± 0.0361
S	0.3088	0.3230	± 0.0363
T	0.3847	0.3911	± 0.0361
U	0.3145	0.3045	± 0.0362
V	0.3552	0.3580	± 0.0361
W	0.3255	0.3346	± 0.0365
X	0.3700	0.3553	± 0.0363
Y	0.4360	0.4271	± 0.0362

表6 クローンを層化した場合の晩材率と年輪幅との共分散分析

Table 6 Analysis of covariance between latewood ratio and ring width by grouping the clone

Item	f	S _{xx}	S _{xy}	S _{yy}	b	f	S _c
級内 Within						100	2128.2700
共通 Common	125	199.514500	-402.274300	3449.71600	-2.016266	24	510.3538
合計 Total	24	39.702090	-148.538200	4795.08100		124	2638.6240
	149	239.216600	-550.812500	8244.79700		24	4337.8900
						148	6976.5140

回帰係数の有意差検定 $F = (510.3538/24) / (2128.270/100) = 0.9992NS$

Test of significance of regression coefficient

Y方向の高さの差の有意差検定 $F = (4337.8900/24) / (2638.6240/124) = 8.4940^{**}$

共通の回帰係数 $b = -2.01627$

Common regression coefficient

クローン記号 Clone symbol	晩材率平均値 Mean of latewood percentage (%)	修正平均値 Corrected mean (%)	95%レベル信頼区間 Confidence limit of 95% level
A	16.70	17.26 ± 3.73	
B	11.70	11.12 ± 3.73	
C	15.36	16.38 ± 3.74	
D	25.99	26.45 ± 3.73	
E	13.50	14.58 ± 3.74	
F	22.90	20.50 ± 3.81	
G	18.51	17.79 ± 3.74	
H	14.39	14.37 ± 3.72	
I	16.95	16.78 ± 3.73	
J	24.59	24.95 ± 3.73	
K	24.08	23.02 ± 3.74	
L	19.37	18.41 ± 3.74	
M	29.37	29.18 ± 3.73	
N	14.81	16.03 ± 3.75	
O	22.62	21.18 ± 3.76	
P	10.77	11.31 ± 3.73	
Q	17.47	20.02 ± 3.82	
R	29.42	29.26 ± 3.73	
S	14.67	15.84 ± 3.75	
T	22.47	23.00 ± 3.73	
U	11.55	10.72 ± 3.74	
V	14.15	14.38 ± 3.73	
W	14.42	15.17 ± 3.74	
X	21.38	20.17 ± 3.75	
Y	28.84	28.10 ± 3.74	

低密度と早材部平均密度とから計算され、本来的には早材幅の影響を受けないので、試験地によって年輪幅が有意に異なることの影響を受けなかったためとみることもできる。

品種間の比較において、年輪幅が大きくなるにつれて、平均密度や晩材率は減少することが認められたが、年輪幅はクローン間で有意差があるので、これらの形質のクローン間

の差異は単に年輪幅の違いによるものか、年輪幅の影響を除外してもクローン間に有意な差があるといえるかを品種の場合と同様に検討する必要がある。

そこで、平均密度と年輪幅、晩材率と年輪幅のそれぞれについて共分散分析を試みた(表5, 表6)。その結果, 図14, 図15に示すように, 各クローンともに年輪幅の増加にともない平均密度, 晩材率ともに減少する傾向を示した。しかし, それでも, いくつかクローン間には明瞭な差が認められ, クローン間では, 阿蘇1号(R)の平均密度が最も大きく, 修正平均値は0.458であり, 最小値の大分5号(B)の61%増しであった。また, 晩材率についても同様で, クローン間の比較では, 阿蘇1号(R)の晩材率が最も大きく, 修正平均値が29.3%で, 最小値の綾署1号(U)の173%増しであった。

各クローンで得られた年輪内密度変化を表わす指数 a, b, α, β を用いて放射方向の年輪内の密度の変化を検討したところ(図16), それぞれ在来品種のオビアカ, トサアカ, およびハアラと同一クローンと判定される精英樹クローンは, 晩材へ向かっての密度の立ち上がりが遅く, 晩材率が低く, 平均密度が低い傾向を示し, 逆に, それぞれヤブクグリおよびアヤスギと同一クローンと考えられる精英樹クローンは, 晩材への立ち上がりが早く, 晩材率が高く, 平均密度が高い傾向にあることが認められた。このことは, 前節において, 在来品種で調べられたことと矛盾していないと認められた。

各材質指標毎にその大小順に精英樹クローンをならべ, クローン番号で示すと表7となる。なお, 表中で同系統のクローンは同一のマークで示し, さらに, 最上位のクローンよ

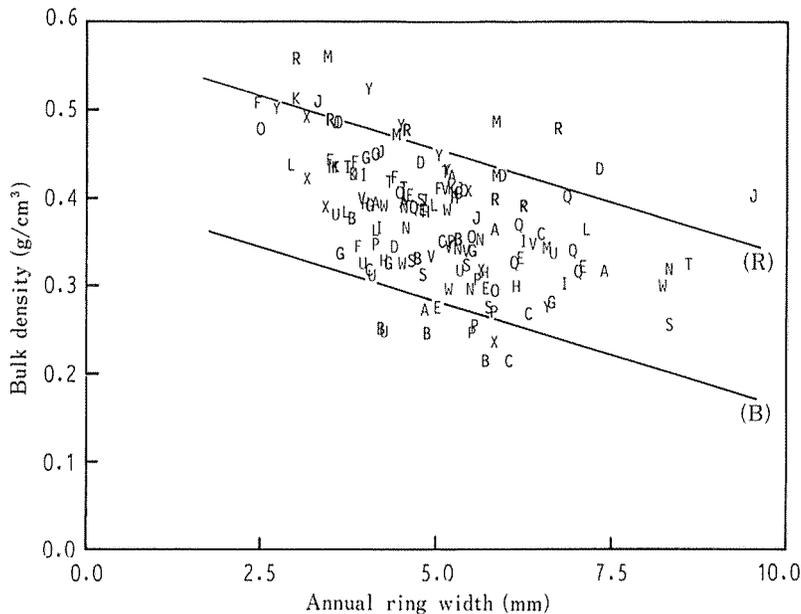


Fig. 14 Comparison of the bulk density among 25 clones in the correlation with the annual ring width.

Alphabet denotes the clone shown Table 1. Linear regression lines are shown only for the clones which had the maximum and minimum values of the corrected mean of the bulk density

図14 年輪幅との共分散分析による25精英樹クローン間の平均密度の比較

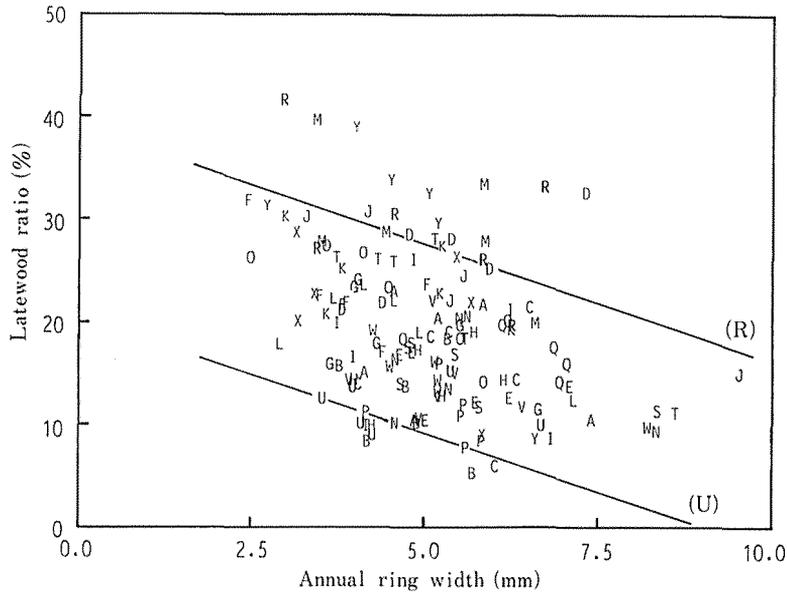


Fig. 15 Comparison of the latewood ratio among 25 clones in the correlation with the annual ring width. Alphabet denotes the clone shown Table 1. Linear regression lines are shown only for the clones which had the maximum and minimum values of the corrected mean of the latewood ratio.

図 15 年輪幅との共分散分析による 25 精英樹クローン間の晩材率の比較

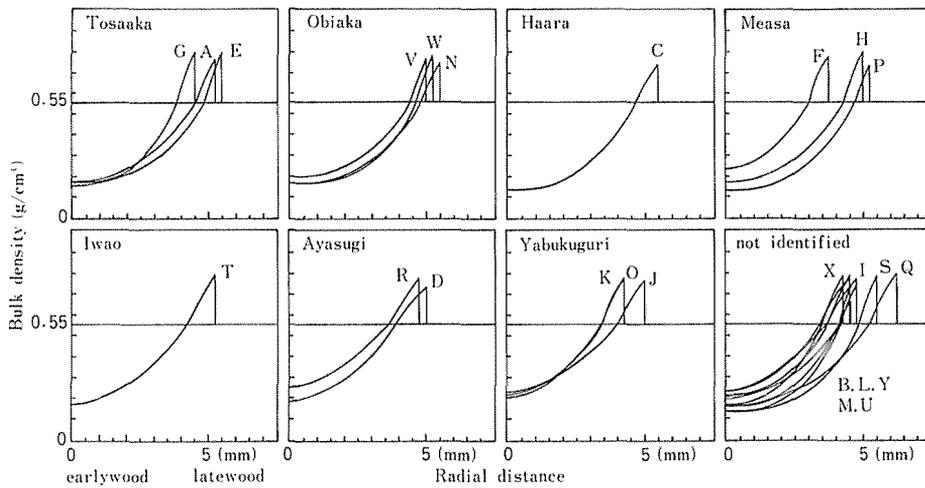


Fig. 16 Modeled pattern of bulk density for the samples of 25 clones. Alphabet denotes the clone shown Table 1 and the cultivar name on each diagram indicates the group of clone which were identified by the morphological characteristics and the isozyme pattern.

図 16 モデル化した一年輪内の容積密度変化の精英樹クローン間の比較

表7 各材質指標における各クローン間の大小順位
 Table 7 The order of clones in relation to the wood quality characteristics

年輪幅 Annual ring width	平均密度* Bulk density	晩材率* latewood*	bの値 coeff. b	在来品種名 Identified cultivar
(小) Small	(大) Large	(大) Large	(小) Small	
F ■	R ▲	R ▲	M	
O ●	M	M	J ●	Yabukuguri
X	J ●	Y	R ▲	Ayasugi
K ●	Y	D ▲	T ☆	Iwao
L	D ▲	J ●	D ▲	Ayasugi
U	K ●	K ●	K ●	Yabukuguri
Y	T ☆	T ☆	O ●	Yabukuguri
G ▽	F ■	O ●	Y	
B	O ●	F ■	F ■	Measa
M	Q	X	I	
I	L	Q	A ▽	Tosaaka
R ▲	I	L	Q	
H ■	A ▽	G ▽	H ■	Measa
V △	V △	A ▽	V △	Obiaka
J ●	X	I	X	
D ▲	N △	C ◎	L	
T ☆	H ■	N △	G ▽	Tosaaka
P ■?	E ▽	S	C ◎	Haara
A ▽	G ▽	W △	E ▽	Tosaaka
W △	W △	E ▽	U	
C ◎	C ◎	V △	P	Measa
E ▽	S	H ■	W △	Obiaka
S	U	P ■?	B	
N △	P ■?	B	S	
Q	B	U	N △	Obiaka
(大) Large	(小) Small	(小) Small	(大) Large	

* : 修正平均値

** : 線で区分される群中の最大のクローンは、次の群の最大クローンと5%レベルで有意差があることを示す。

* : Corrected mean

** : Line indicates the top clone within a group is significantly different (5% level) from the next top clone.

り有意差以内のクローンを境界線で示し、便宜上これを1グループとして、次のグループの最上位から再び有意差内のクローンまでを次のグループとして表わした。したがって、グループの2番目以降のクローンが次のグループの上位と必ずしも有意差があることにならないので注意を要するが、年輪幅を除いて、どの形質についても、同系統のクローンは近似した値を示し、例えばヤブクグリ系統の10, 11, 15のクローンは、オビアカ系統の14, 22, 23とくらべて、明確に区分できることが明らかとなった。

このことは、供試木の樹齢が若く、未成熟材の範囲にあってやや不安定な部位と考えられるが、平均密度、晩材率、ならびに早晩材形成パターン(すなわち、bの値)などの年輪

構造は、品種やクローンのもっている遺伝的特性を十分反映していることが明らかとなった。

4. お わ り に

スギ在来品種の中から6品種、また、6地域に植栽された25の精英樹クローンについて、容積密度、晩材率、早晚材形成パターンについて調べると、若い段階ですでに遺伝的な変異にもとづいた変動があり、材質による選抜の効果が期待できることが明らかとなった。

供試した25精英樹クローンの中で、ヤブクグリやアヤスギと同一クローンとみられる精英樹は、オビアカやトサアカと同一クローンと判定されている精英樹とくらべて、晩材率や平均密度は大きい傾向を示し、この傾向は、それぞれの在来品種で調べたことと違いはなかった。前者の品種が両特性とも大きい値をとるのは、年輪内の早材部密度の増大が早期から始まり、疑年輪的な高密度の材が出現しながら晩材化していくためであることが明らかとなった。この傾向は、べき乗式のべき乗数 b によって表現でき、この係数 b も品種間差の大きいことが調べられた。

平均密度の大きいヤブクグリとアヤスギは、力学的には縦圧縮強度は必ずしも大きくないが、この原因は晩材の仮道管長が短く、フィブリル傾角が大きいことが原因とみられ、むしろクモトオシやイワオが強度の大きい傾向にあることが報告されている（小野, 1982 a）（小野, 1982 b）（山本ら, 1982）。このことからみると年輪内の平均密度を材の強度にただちに結び付けることはできず、強度と関係付けるためには同時に仮道管長やフィブリル傾角を明らかにする必要があるが、平均密度の大きいことが各種の強度の向上につながると考えられる。また、ヤブクグリやアヤスギは材の光沢などの面で評価を受けているといわれているが、これは平均密度が平均的に大きいことが関与しているように思われる。

平均密度や晩材率が、生長量の良否を示す年輪幅と負の関係がみられるものの、その中で、これらの指標が他とくらべて大きい品種が存在することは、生長量を施肥や選抜によって高めても必ずしも材質を低下させない遺伝形質を供えた優良系統の選抜が可能であることが示唆された。今回使用した供試木の樹齢は若いために、測定した外周部の数年輪はいずれも未成熟材の範囲にあったが、容積密度に関してはほぼ安定した範囲の値が得られていると考えられる。しかし、今後さらに成熟材についても検討していくことが必要である。

引 用 文 献

- 林 弘也・松本 勗・甲斐和男 (1976) : 軟X線による木材の密度測定. 九大演集報 26 : 127~139
 蕪木自輔・中野達夫 (1981) : 材質指標としての木材の比重. 熱帯林業 59 : 1~10
 加納 孟・松枝信之・蕪木自輔 (1959) : 製材原木としてのスギ造林木の品質 (第1報). 林試研報 112 : 49~88
 木梨謙吉・宮島 寛・吉良今朝芳・常岡雅美・宮崎安貞・加藤退介・汰木達郎・荒上和利・首藤三吾・辻本克己・黒木晴輝・林 重佐・黒木嘉久・中村徳孫・緒方吉箕・金丸勇二・渡部 桂・江崎次夫・山畑一善・佐藤義明・神川建彦・溝田実雄 (1973) : 九州産スギ品種の特性に関する実験統計

- 学的研究, 九大演報 47: 21~76
- 九州林木育種場 (1976): スギ精英樹特性一覽表, : 36
- 宮島 寛・木梨謙吉ほか六演習林共同研究班 (1982): 六演習林スギ品種試験地の 10 年目の結果について (IX) —二重格子法による 25 クロウンの成績—, 93 回日林論: 209~210
- 宮島 寛・矢幡 久・西林寺隆 (1982): スギ幹材部における容積密度の品種間差異, 日林九州支研論 35: 55~56
- 宮島 寛・矢幡 久・古家宏俊 (1983): スギ幹材部における容積密度の品種間差異 (2), 日林九州支研論 36: 111~112
- 太田貞明 (1970): 軟 X 線・デンストメーターによる木材密度の測定, 木材工業 25(3): 27~29
- 太田貞明 (1972): スギ・ヒノキ樹幹内における未成熟材の力学的特性に関する基礎的研究, 九大演報 45: 1~77
- 小野和雄 (1982 a): 日田スギの材質について (VII) —10 品種の力学的品質指標—, 日林九支研論 35: 247~248
- 小野和雄 (1982 b): 日田スギの材質について (VIII) —10 品種の組織構造—, 日林九支研論 35: 249~250
- 矢幡 久 (1983): デジタイザ利用によるアナログ記録データの処理—幹材容積密度の計測などへの適用—, 日林九支研論 36: 121~122
- 山本福寿・汰木達郎・今田盛生・荒上和利・中井武司 (1982): スギの冠雪害に関する研究 (II) —冠雪害の品種間差と材質—, 93 回日林論: 251~252
- 渡部治人・堤 壽一・小島敬吾 (1963): 未成熟材に関する研究 (第 1 報), スギ樹幹についての実験, 木材誌 9 (6): 225~230
- 渡部治人・堤 壽一・松本 島・太田貞明 (1964): 未成熟材に関する研究 (第 2 報), スギ樹幹内の比圧縮強度と比圧縮ヤング率の分布, 木材誌 10 (4): 125~130

Summary

In order to investigate the wood quality variation of *Cryptomeria japonica*, bulk density, late wood ratio, and the distribution pattern of bulk density within annual ring were determined using the soft X-ray and densitometric method for 6 native cultivars and 25 clones of plus trees selected in Kyushu. The test trees were obtained from the experimental areas of *C. japonica* cultivars, which had been established 6 different location in Kyushu in a same experimental design and had been treated homogeneously. Although the ages of trees were young (12 or 13 years after plantation), it is considered to be able to compare the clonal difference using those several outer annual rings at breast height which showed rather stable variation of wood density and the mean was representative of the whole trunk. Cultivars Ayasugi and Yabukuguri showed the greatest bulk density and latewood ratio among the native cultivars, while Obiaka showed the smallest. The values of the both characteristics were decreased accompanied with an increase of ring width. Although the clonal difference of the characteristics seemingly resulted from the clonal difference of the annual ring growth, it was clarified that even after an exclusion of the dependence on annual ring width using the covariance analysis, the corrected mean of bulk density and latewood ratio were still significantly different among some cultivars. The distribution pattern of bulk density within an annual ring was specific to the cultivar, that is, Obiaka and Ayasugi increased the bulk density in the beginning of the early wood formation, whereas Obiaka maintained the lower density as same as the minimum density within

early wood and increased drastically to latewood. To compare the pattern obtained from all annual density among cultivars, a simple model was suggested to express the curve of the pattern and the coefficient b of power function could indicate the pattern difference. The b values were significantly different among some cultivars. Almost same results were obtained for the 25 clones of plus trees. 15 out of 25 clones were reportedly identified as equivalent to each of 7 native cultivars, and their tendencies of bulk density and latewood ratio were similar to the identified cultivars. It is suggested that the tree breeding for faster radial growth and higher wood density at the same time might be possible for *C. japonica*.