

研究資料 (Research Material)

関東育種基本区から選抜されたスギ精英樹クローンの 材質に関する解析資料

平川 泰彦^{1)*}・藤澤 義武²⁾・中田 了五³⁾・山下 香菜¹⁾

Analyzed Data Relative to Wood Properties of Sugi Clones Selected from Plus Trees in Kanto Breeding Region

HIRAKAWA Yasuhiko^{1)*}, FUJISAWA Yoshitake²⁾,
NAKADA Ryogo³⁾ and YAMASHITA Kana¹⁾

Abstract

Wood properties of plus tree clones (the clones totaled 563 and trees 1,060 respectively) of sugi (*Cryptomeria japonica*) which were thirty years old and planted in the Forest Tree Breeding Center at Mito city were investigated. Analyzed data relative to annual ring width, latewood percentage, basic density, moisture content of green wood, heartwood percentage, heartwood color indexes, modulus of elasticity (MOE) and modulus of rupture (MOR) in bending, tracheid length, microfibril (Mf) angle of S2 layer in tracheids and dynamic modulus of elasticity (E_{fr}) of logs were shown in forty-five figures. This extensive study indicated property averages, ranges, and major relationships between wood properties in plantation-grown sugi trees.

Key words : Sugi tree, Wood property data, Plus tree clone, Plantation-grown tree

要 旨

水戸市の旧林木育種センター育種素材保存園に植栽されていた約30年生のスギの精英樹クローン、563クローン1060個体を対象に基礎材質を調べた。年輪幅、晩材率、密度、生材含水率、心材率、心材色、無欠点小試験体の曲げヤング係数と曲げ強度、仮道管長、仮道管の二次壁中層のマイクロフィブリル傾角及び丸太の動的ヤング率について測定を行い、解析した結果をFig. 1 ~ Fig. 45に示した。本研究資料では、スギの材質に関連する多くの性質の標準的な値と変動の幅、さらには各性質間の関係を明らかにした。

キーワード：スギ、材質、精英樹クローン、造林木

1. はじめに

スギ材の利用促進を図る上で、各地のスギの材質評価のための基準となるデータの公表が求められている。そのためには、スギの基礎材質に関連する各性質の変動の幅や変動のパターン、さらには各性質間相互の関係など

について、遺伝的に異なる多くの個体群について解析、整理したデータが必要である。しかし、これまでは、スギの品種等に関する多くの報告があるものの、遺伝的に異なる多くのスギの試験体を使って分析した報告は極めて少なく、したがって多くの性質についてデータが取り

原稿受付：平成14年11月22日 Received Nov. 22, 2002 原稿受理：平成15年1月7日 Accepted Jan. 7, 2003

* 森林総合研究所 木材特性研究領域 〒305-8687 つくば市松の里1

Department of Wood Properties, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 1 Matsunosato, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan;
e-mail : hirakawa@ffpri.affrc.go.jp

1) 森林総合研究所 木材特性研究領域 Department of Wood Properties, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) 林木育種センター九州育種場 Forest Tree Breeding Center, Kyusyu Regional Breeding Office

3) 林木育種センター東北育種場 Forest Tree Breeding Center, Tohoku Regional Breeding Office

まとめられて公表された例も少なかった。

著者らは、スギの遺伝的に異なる多くの精英樹クローンについて、材質試験を行い解析した結果を本号に掲載された論文「関東育種基本区から選抜されたスギ精英樹クローンの材質」で報告した。しかし、解析結果としてまとめた図の多くは論文では収録しきれなかったため、それらを研究資料として取りまとめ公表することとした。

したがって、本資料中における材料及び実験方法は本号に収録されている論文に同じであり、結果についての考察も既に論文において行われたものである。しかし、本資料だけを参考にする場合においても基礎材質についての全体的な変動傾向および各性質間相互の関係が把握できるように、一部の図は論文と重複して収録した。

材質研究では、未成熟材と成熟材を区分して解析される場合が多いが、両者の境界を明確に定めるのは難しい。そこで本研究では、髄から約10年輪と外側10年輪に分けて前者をコアウッド、後者をアウターウッドと便宜的に呼んで解析を行った。

なお、単相関係数については、有意である場合のみについて、5%の危険率で有意な場合を(*)、1%の場合には(**)と表示した。

2. 図の説明

ここで解析対象とした木材性質は、年輪幅、晩材率、容積密度、生材含水率、心材率、心材色、丸太の動的ヤング係数、曲げヤング係数、曲げ強度、気乾密度、仮道管長およびマイクロフィブリル傾角（以下、Mf傾角と略す）である。

2.1 年輪幅 (Fig. 1 ~ Fig. 2)

年輪幅のクローン間の違いを140クローン（各クローン1個体、計140個体）のサンプルを用いて解析した結果をFig. 1 ~ Fig. 2に示した。

コアウッドとアウターウッドに分けてクローンごとの平均年輪幅の違いを頻度分布で示したのがFig. 1である。また、コアウッドの10年輪の年輪幅の平均値とアウターウッドのそれとの関係をFig. 2に示した。

2.2 晩材率 (Fig. 3 ~ Fig. 7)

年輪幅と同じサンプルで晩材率を測定し解析した結果をFig. 3 ~ Fig. 7に示した。晩材区分の基準は気乾密度で0.55 (g/cm³)以上とした。全年輪の晩材率を平均した値のクローン間における変動をFig. 3に示した。また、コアウッドとアウターウッドに区分したクローン間変動をFig. 4に示した。

年輪幅と晩材率との関係を解析した結果をFig. 5 ~ Fig. 7に示した。コアウッドとアウターウッドの全てを含んだ全年輪における年輪幅と晩材率の関係をFig. 5に、またコアウッドだけで比較した結果をFig. 6に、さらにアウターウッドだけで比較した結果をFig. 7に示した。

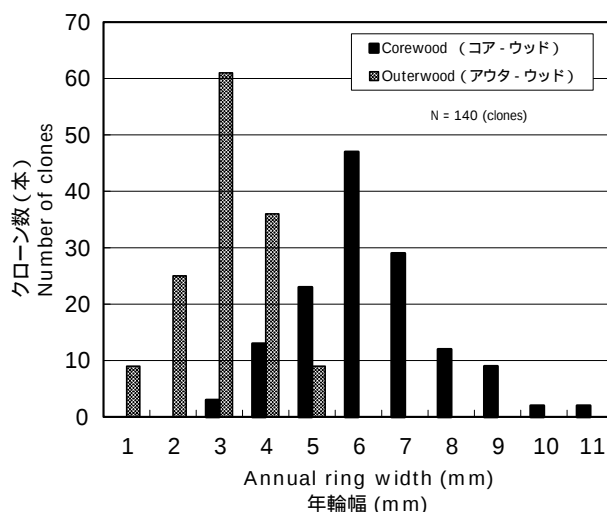


Fig. 1. コアウッドとアウターウッドの年輪幅のクローン間変動

Clonal variation of annual ring width in corewood and outerwood

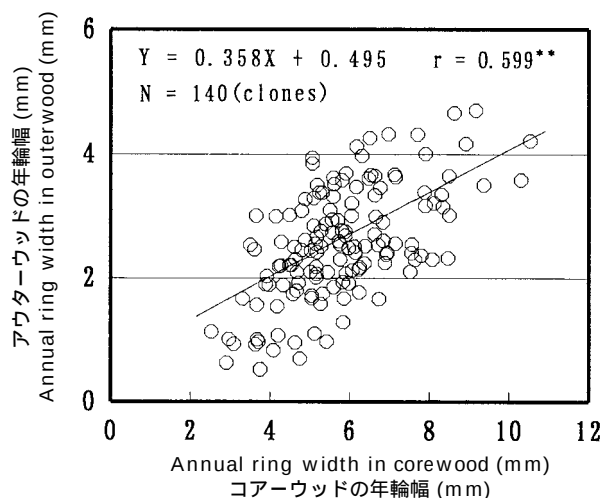


Fig. 2. コアウッドとアウターウッドとの間における年輪幅の関係

Relationship of annual ring width between corewood and outerwood.

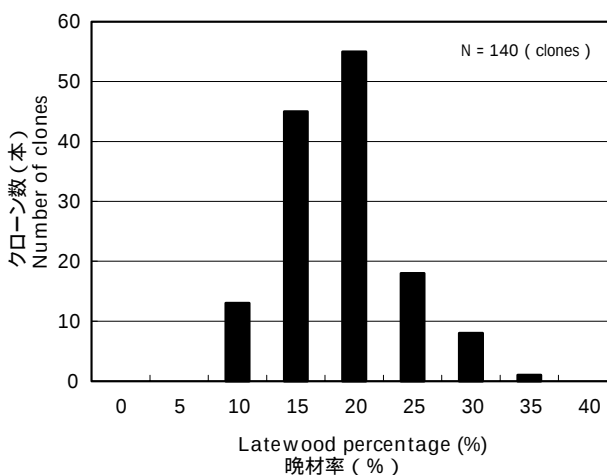


Fig. 3. 晩材率のクローン間変動
Clonal variation of latewood percentage.

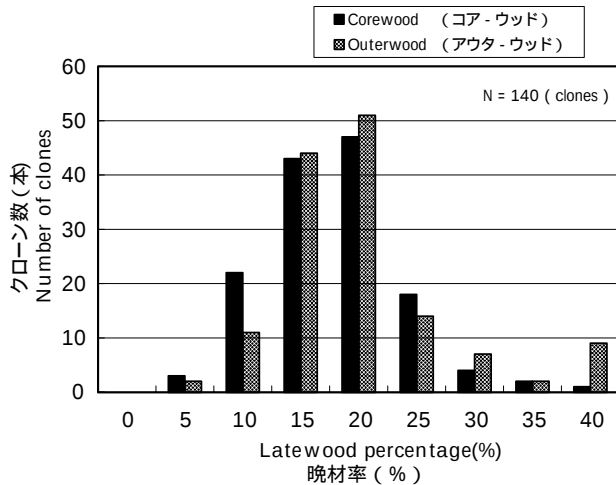


Fig. 4. コア-ウッドとアウト-ウッドの晩材率のクローン間変動
Clonal variation of latewood percentage in corewood and outerwood.

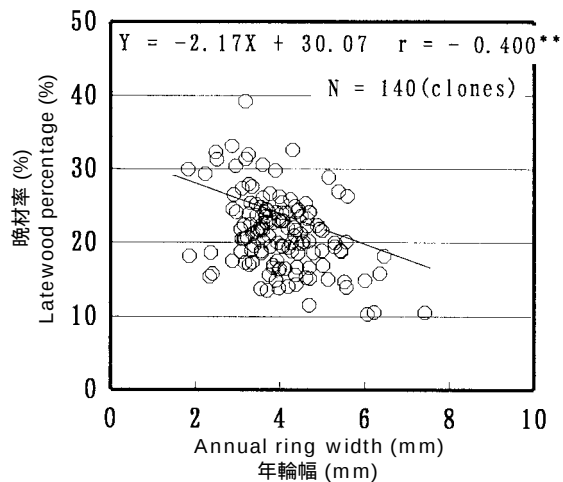


Fig. 5. 年輪幅と晩材率との関係
Relationship between annual ring width and latewood percentage.

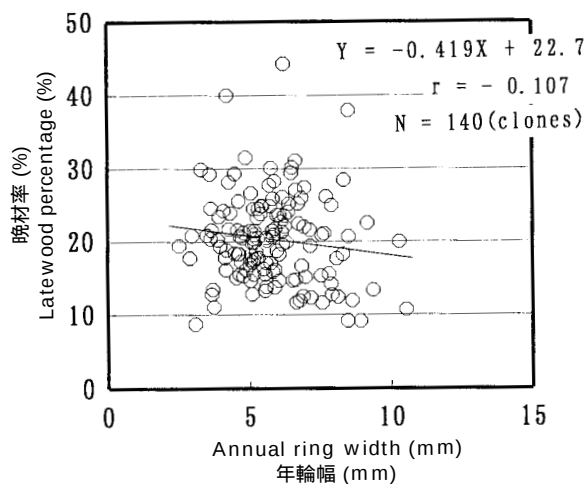


Fig. 6. コア-ウッドにおける年輪幅と晩材率との関係
Relationship between annual ring width and latewood percentage in corewood.

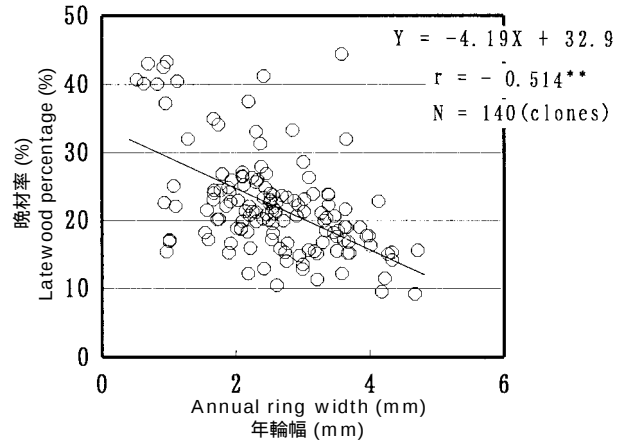


Fig. 7. アウターウッドにおける年輪幅と晩材率との関係
Relationship between annual ring width and latewood percentage in outerwood.

2.3 容積密度 (Fig. 8 ~ Fig. 12)

容積密度 (生材の容積に対する全乾重量) を、558クローン1050個体について測定し解析した結果を Fig. 8 ~ Fig. 12 に示した。

容積密度のクローン間変動を心材と辺材とに区分して Fig. 8 に示した。また、年輪幅及び晩材率と容積密度との関係を、2.1と同じ140クローンのサンプルについて解析した結果を Fig. 9 ~ Fig. 12 に示した。年輪幅と容積密度 (心材と辺材との平均値) との関係を Fig. 9 に示した。また、晩材率と容積密度 (心材と辺材の平均値) との関係を Fig. 10 に示した。さらに、コア-ウッドの年輪幅と心材の容積密度との関係、アウターウッドの年輪幅と辺材の容積密度との関係をそれぞれ Fig. 11 と Fig. 12 に示した。

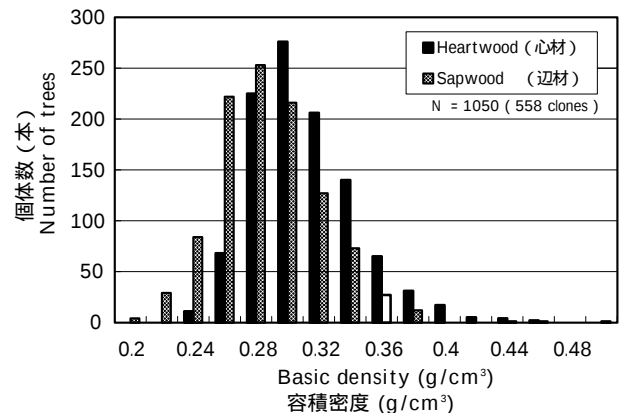


Fig. 8. 辺材と心材における容積密度のクローン間変動
Clonal variation of basic density in sapwood and heartwood.

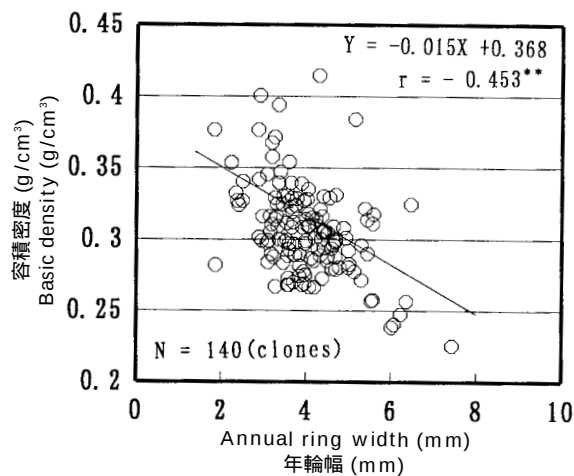


Fig. 9. 年輪幅と容積密度との関係
Relationship between annual ring width and basic density.

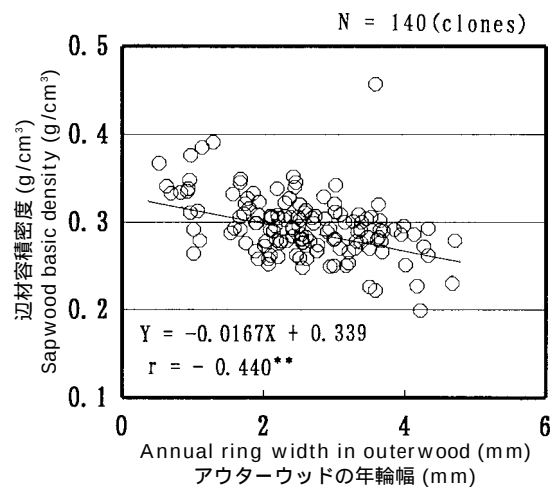


Fig. 12. アウターウッドにおける年輪幅と容積密度との関係
Relationship between annual ring width and basic density in outerwood.

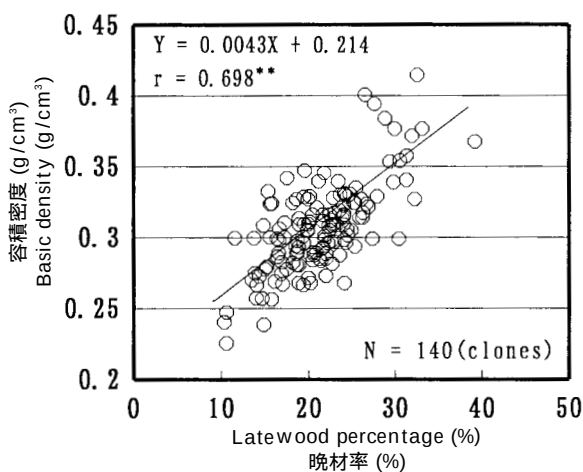


Fig. 10. 晩材率と容積密度との関係
Relationship between latewood percentage and basic density.

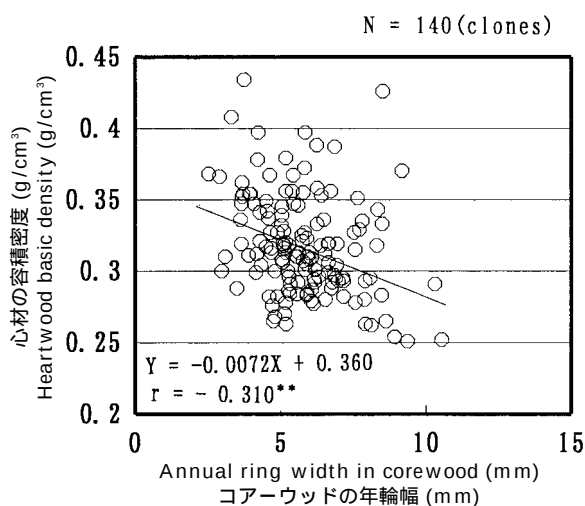


Fig. 11. コアウッドにおける年輪幅と容積密度との関係
Relationship between annual ring width and basic density in corewood.

2.4 生材含水率 (Fig. 13 ~ Fig. 15)

518クローン945個体の辺材と心材の生材含水率の測定および解析結果をFig. 13 ~ Fig. 14に示した。辺材含水率と心材含水率のクローン間における変動をFig. 13に示した。また、辺材含水率と心材含水率との関係をFig. 14に示した。白線帯については、511クローン929個体について測定を行い、生材含水率のクローン間変動をFig. 15に示した。

2.5 心材率 (Fig. 16 ~ Fig. 18)

211クローン393個体について心材率を測定し解析した結果及び心材含水率との関係を解析した結果をFig. 16 ~ Fig. 18に示した。心材率のクローン間における変動をFig. 16に示した。また、直径と心材率との関係をFig. 17に示した。さらに、心材率と心材含水率との関係をFig. 18に示した。

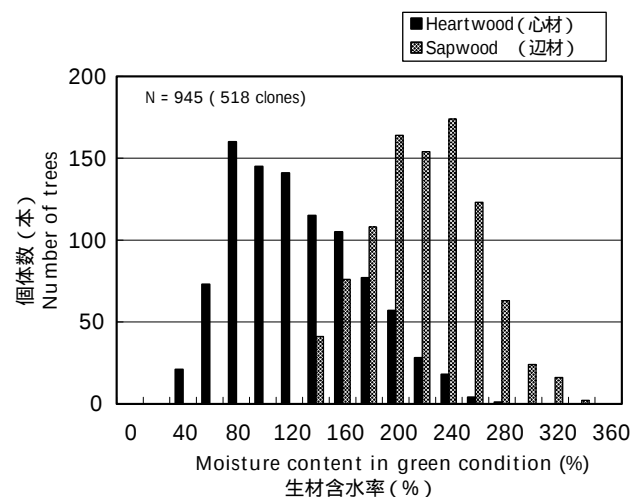


Fig. 13. 辺材と心材における生材含水率のクローン間変動
Clonal variation of moisture content in sapwood and heartwood.

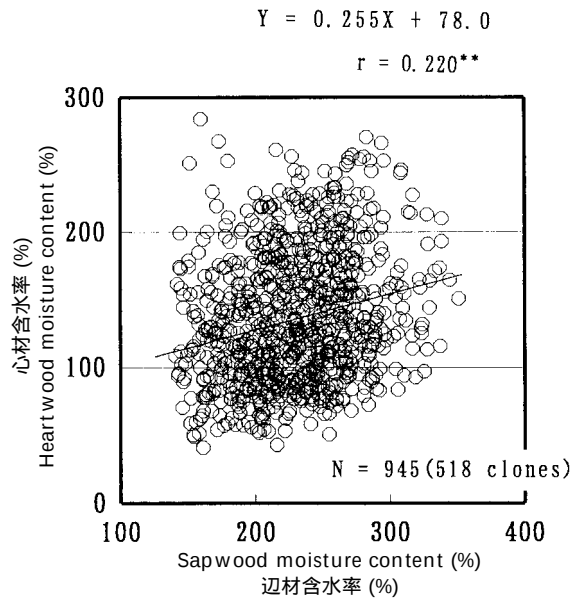


Fig. 14. 辺材と心材間における生材含水率の関係
Moisture content relationship between sapwood and heartwood.

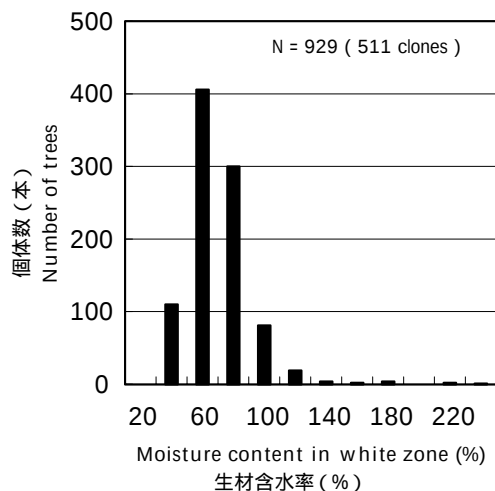


Fig. 15. 白線帯における生材含水率のクローン間変動
Clonal variation of moisture content in whitezone(intermediate wood).

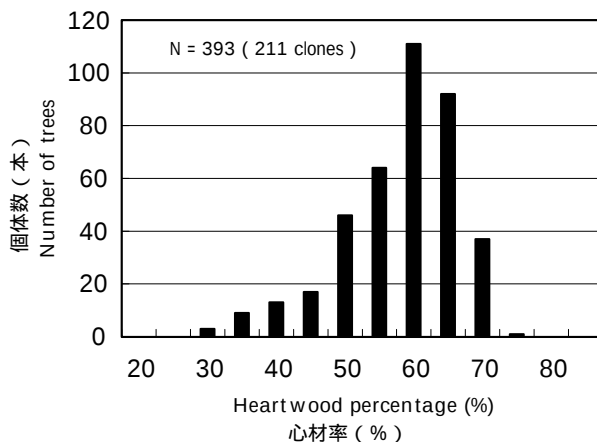


Fig. 16. 心材率のクローン間変動
Clonal variation of heartwood percentage.

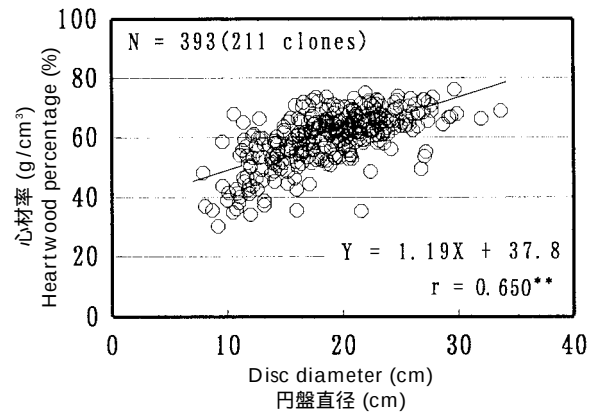


Fig. 17. 円盤直径と心材率との関係
Relationship between tree diameter and heartwood percentage.

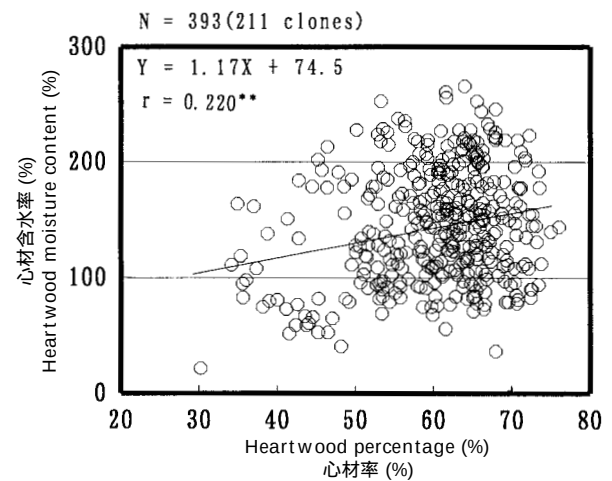


Fig. 18. 心材率と心材含水率との関係
Relationship between heartwood percentage and heartwood moisture content.

2.6 心材色 (Fig. 19 ~ Fig. 24)

212クローン378個体について心材色を測定し解析した結果及び心材含水率との関係を解析した結果をFig. 19 ~ Fig. 24に示した。明度を示す L^* 値、赤色と緑色を表す色指数の a^* 及び黄色と青色を表す b^* 値のクローン間における変動をそれぞれFig. 19、20及び21に示した。また、心材含水率と心材色の明度値 L^* との関係、同様に色指数の a^* 及び b^* との関係をそれぞれFig. 22、23及び24に示した。

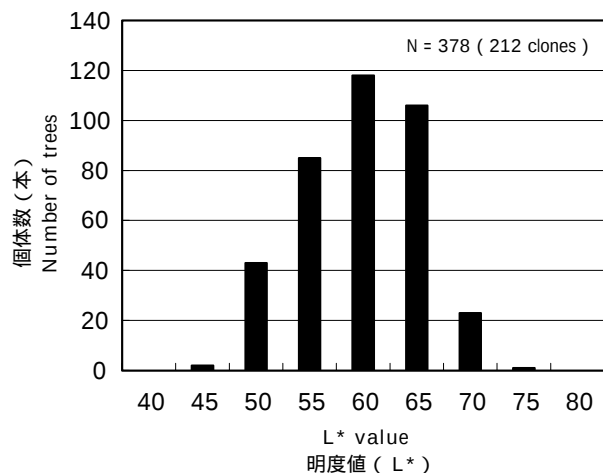


Fig. 19. 心材明度値(L*)のクローン間変動
Clonal variation of heartwood color index(L*).

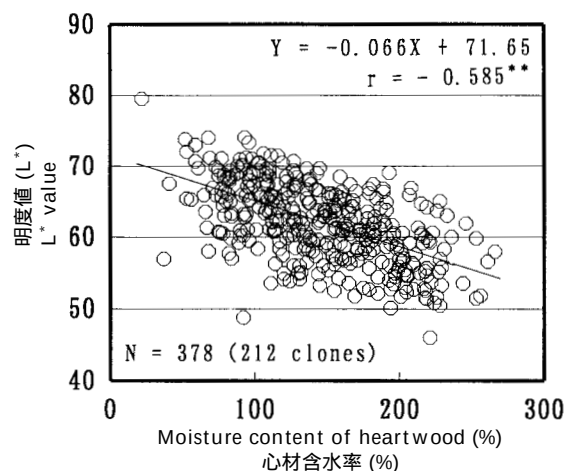


Fig. 22. 心材における心材含水率と明度値(L*)との関係
Relationship between moisture content and L* in heartwood.

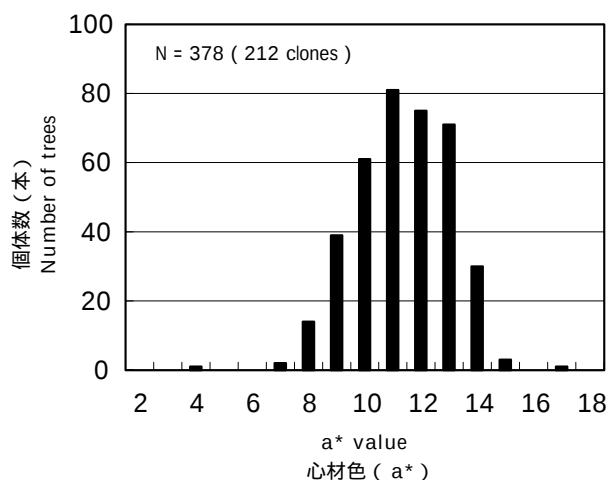


Fig. 20. 心材色(a*)のクローン間変動
Clonal variation of heartwood color index(a*).

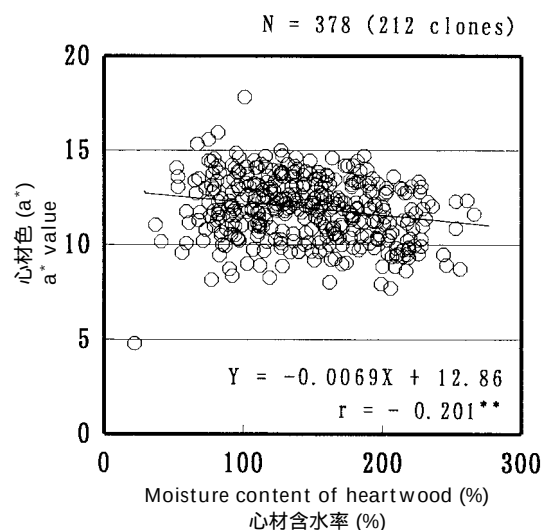


Fig. 23. 心材における心材含水率と心材色(a*)との関係
Relationship between moisture content and a* in heartwood.

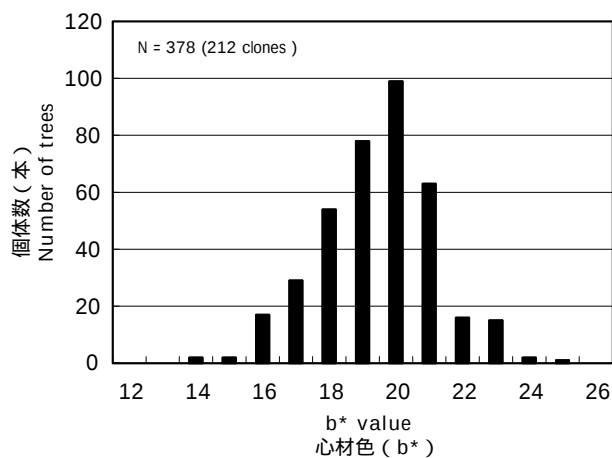


Fig. 21. 心材色(b*)のクローン間変動
Clonal variation of heartwood color index(b*).

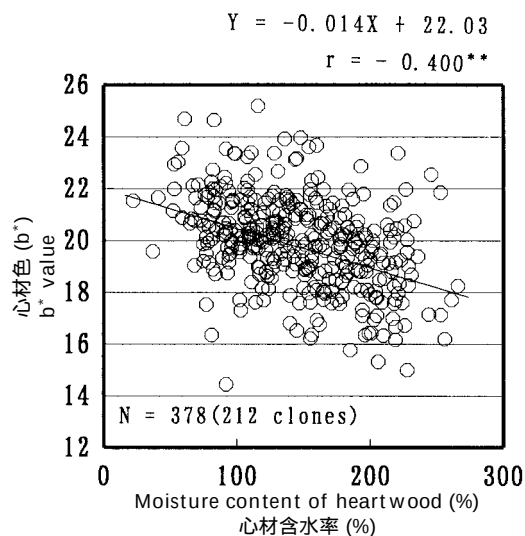


Fig. 24. 心材における心材含水率と心材色(b*)との関係
Relationship between moisture content and b* in heartwood.

2.7 丸太の動的ヤング係数 (Fig. 25 ~ Fig. 26)

丸太の動的ヤング係数を420クローン736本について測定し解析した結果及び丸太の平均直径との関係を解析した結果をFig. 25 ~ Fig. 26に示した。丸太のヤング係数のクローン間における変動をFig. 25に示した。また、丸太の直径と丸太の動的ヤング係数との関係をFig. 26に示した。

2.8 曲げヤング係数、曲げ強度及び気乾密度 (Fig. 27 ~ Fig. 38)

214クローン392個体のサンプルから採取した2479本の無欠点小試験体について曲げヤング係数、曲げ強度及び気乾密度の測定を行い解析した結果及びそれら相互の関係について解析した結果をFig.27 ~ Fig. 38に示した。

曲げヤング係数、曲げ強度及び気乾密度の変動をFig. 27、28及び29に示した。また、曲げヤング係数、曲げ強度及び気乾密度の相互の関係をFig. 30、31及び32に示した。これらには、コアウッドとアウターウッド双方の値が含まれている。

さらに、これらの試験体の中からアウターウッドの1137本の試験体を選び解析した結果をFig. 33 ~ Fig. 38に示した。アウターウッドにおける曲げヤング係数、曲げ強度及び気乾密度の変動をFig. 33、34及び35に示した。また、アウターウッドにおける曲げヤング係数、曲げ強度及び気乾密度の相互の関係をFig. 36、37及び38に示した。

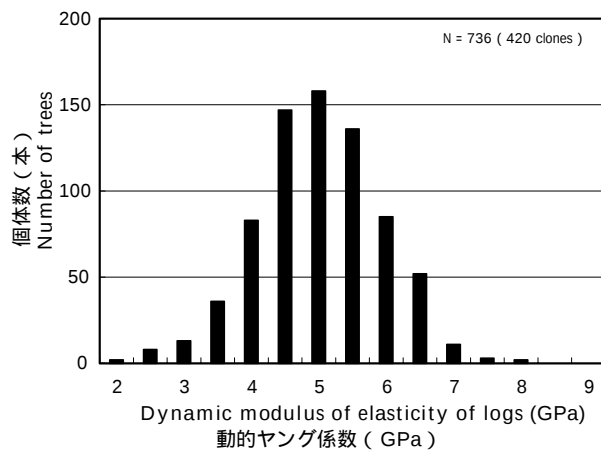


Fig. 25. 丸太の動的ヤング係数のクローン間変動
Clonal variation of dynamic modulus of elasticity(E_{tr}) in logs.

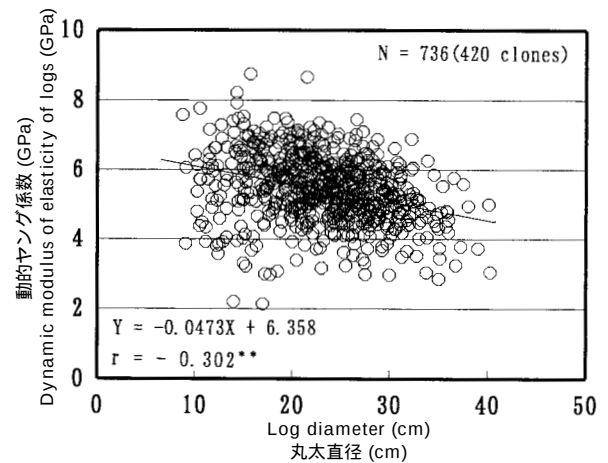


Fig. 26. 丸太直径と動的ヤング係数との関係
Relationship between log diameter and dynamic modulus of elasticity(E_{tr}).

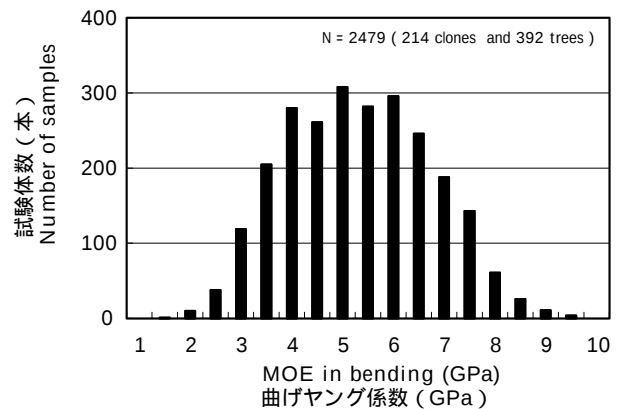


Fig. 27. 無欠点小試験体における曲げヤング係数の変動
Variation of modulus of elasticity in bending in small clear samples.

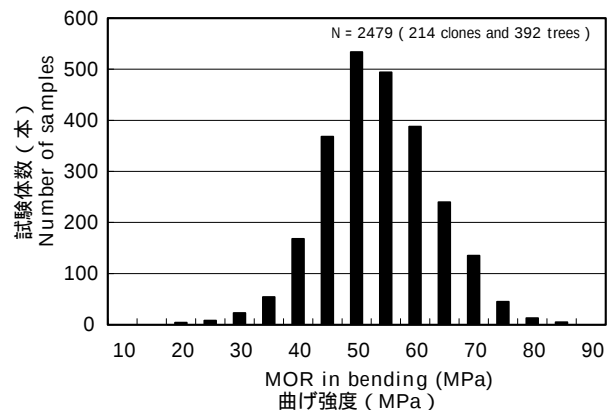


Fig. 28. 無欠点小試験体における曲げ強度の変動
Variation of modulus of rupture in bending in small clear samples.

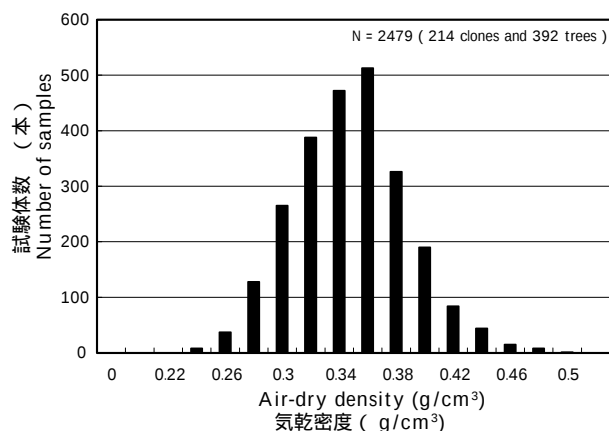


Fig. 29. 無欠点小試験体における気乾密度の変動
Variation of air-dry density in small clear samples.

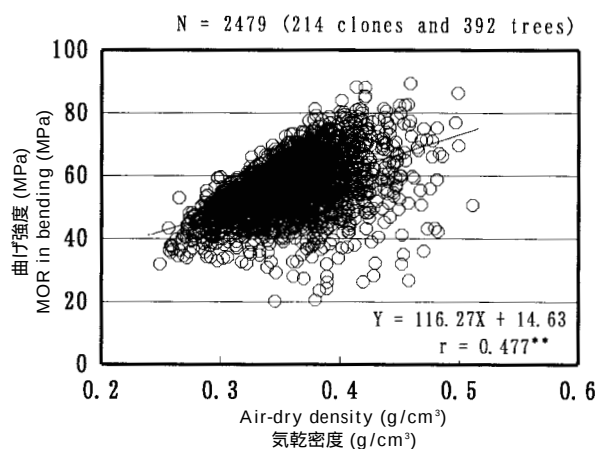


Fig. 32. 無欠点小試験体における気乾密度とMORとの関係
Relationship between air-dry density and MOR in bending in small clear samples.

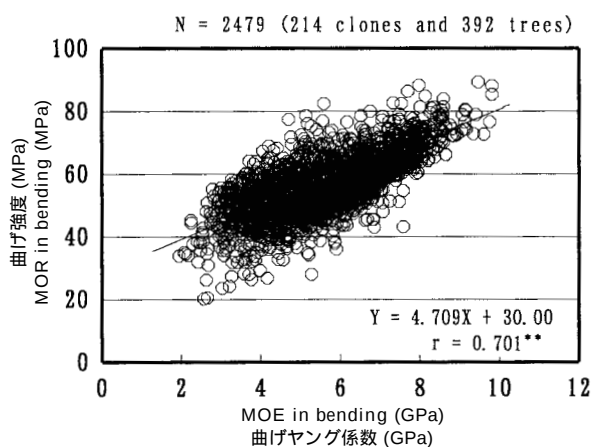


Fig. 30. 無欠点小試験体におけるMOEとMORとの関係
Relationship between MOE and MOR in bending in small clear samples.

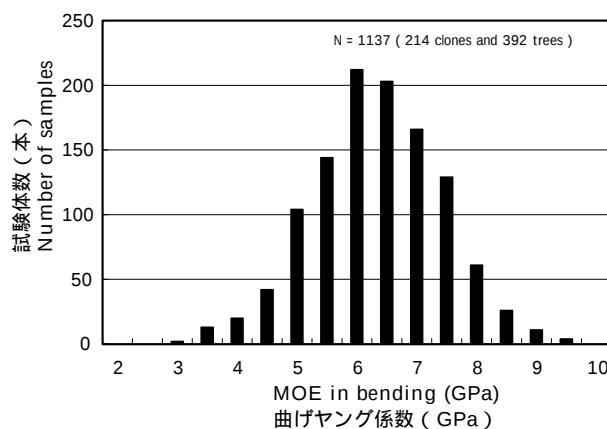


Fig. 33. アウターウッドの無欠点小試験体における曲げヤング係数の変動
Variation of modulus of elasticity in bending in outerwood small clear samples.

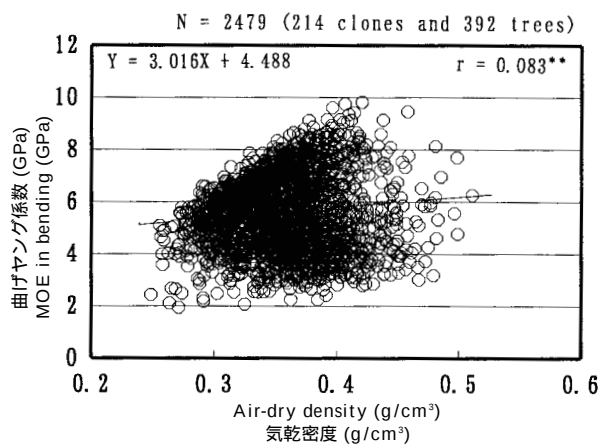


Fig. 31. 無欠点小試験体における気乾密度とMOEとの関係
Relationship between air-dry density and MOE in bending in small clear samples.

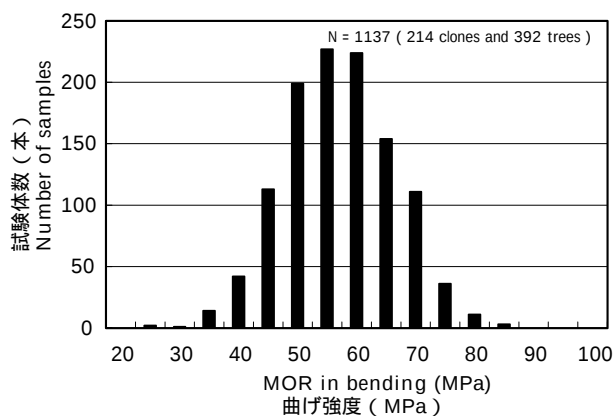


Fig. 34. アウターウッドの無欠点小試験体における曲げ強度の変動
Variation of modulus of elasticity in bending in outerwood small clear samples.

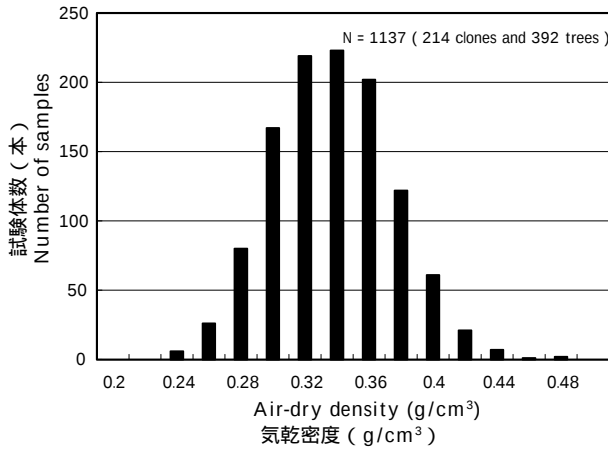


Fig. 35. アウターウッドの無欠点小試験体における気乾密度の変動
Variation of air-dry density in outerwood small clear samples.

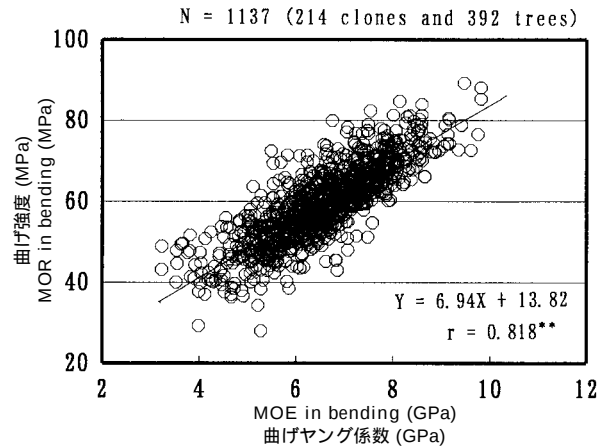


Fig. 38. アウターウッドの無欠点小試験体におけるMOEとMORとの関係
Relationship between MOE and MOR in bending in outerwood small clear samples.

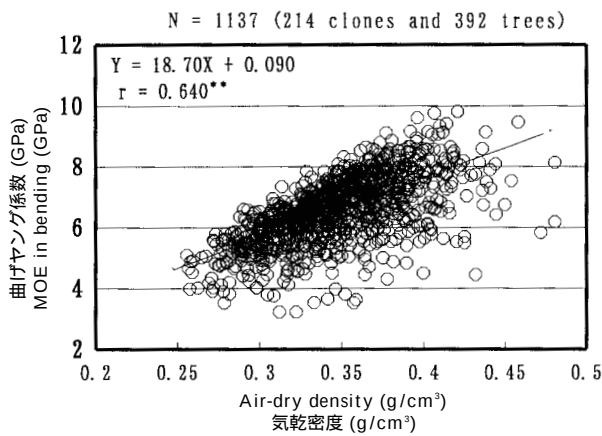


Fig. 36. アウターウッドの無欠点小試験体における気乾密度とMOEとの関係
Relationship between air-dry density and MOE in bending in outerwood small clear samples.

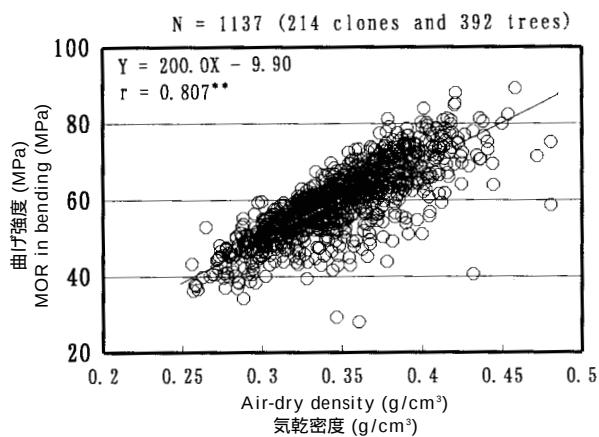


Fig. 37. アウターウッドの無欠点小試験体における気乾密度とMORとの関係
Relationship between air-dry density and MOR in bending in outerwood small clear samples.

2.9 仮道管長 (Fig. 39 ~ Fig. 40)

53クローン100個体を対象に仮道管長を測定し解析した結果をFig. 39 ~ Fig. 40に示した。2年輪目、10年輪目及び20年輪目における仮道管長のクローン間の変動をFig. 39に示した。また、2年輪目と20年輪目との間における仮道管長の関係をFig. 40に示した。

2.10 ミクロフィブリル (Mf) 傾角 (Fig. 41 ~ Fig. 45)

60クローン各1個体、計60個体を対象に、3、10および20年輪目のMf傾角を早材と晩材仮道管について測定し解析した結果をFig. 41 ~ Fig. 45に示した。3年輪目、10年輪目および20年輪目のクローン間における早材と晩材のMf傾角の変動をFig. 41、42及び43にそれぞれ示した。また、3年輪目と20年輪目との間における晩材Mf傾角の関係をFig. 44に示した。さらに、3年輪目、10年輪目及び20年輪目の晩材Mf傾角に対する早材のMf傾角の関係をFig. 45に示した。

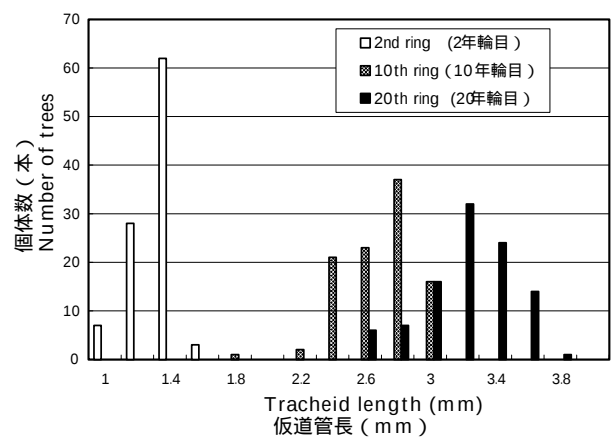


Fig. 39. 2、10および20年輪目における晩材仮道管長のクローン間変動
Clonal variation of latewood tracheid length in second, tenth and twentieth rings.

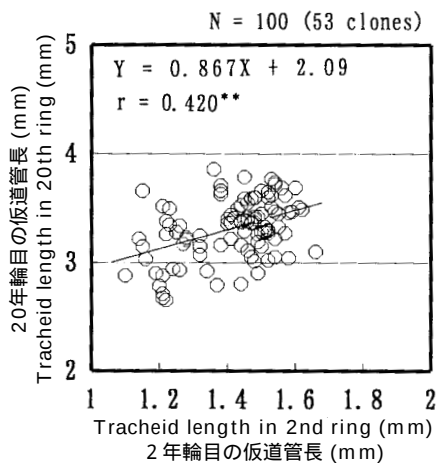


Fig. 40. 2年輪目と20年輪目との間における晩材仮道管長の関係
Tracheid length relationship between second ring and twentieth ring.

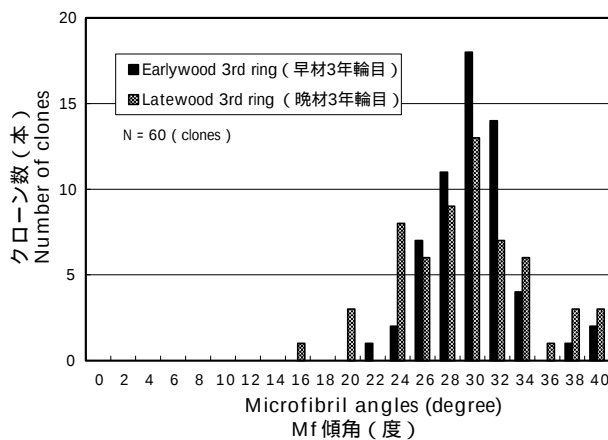


Fig. 41. 3年輪目における早材と晩材仮道管のM f 傾角のクローン間変動
Clonal variation of earlywood and latewood tracheids microfibril angles in third ring.

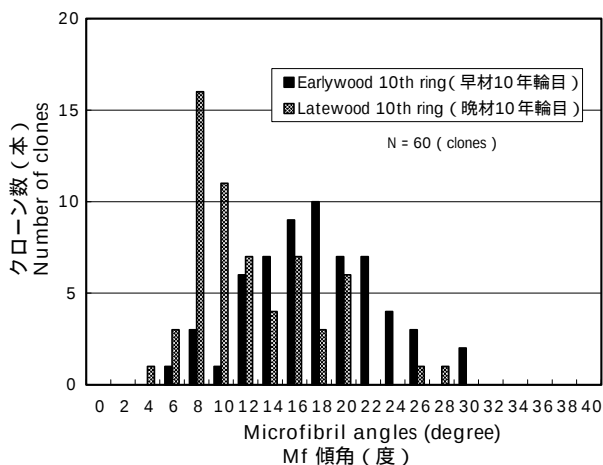


Fig. 42. 10年輪目における早材と晩材仮道管のM f 傾角のクローン間変動
Clonal variation of earlywood and latewood tracheids microfibril angles in tenth ring.

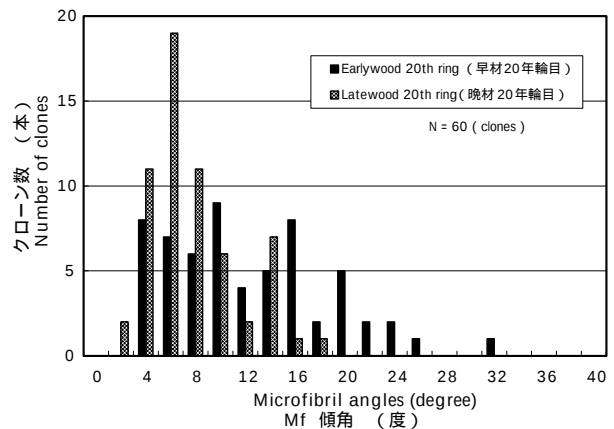


Fig. 43. 20年輪目における早材と晩材仮道管のM f 傾角のクローン間変動
Clonal variation of earlywood and latewood tracheids microfibril angles in twentieth ring.

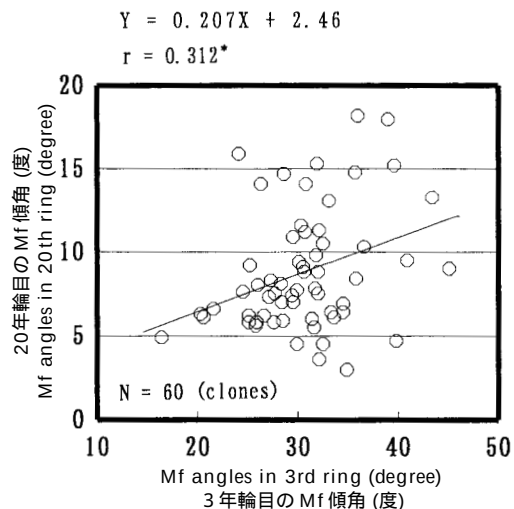


Fig. 44. 3年輪目と20年輪目との間における晩材仮道管のM f 傾角の関係
Microfibril angle relationship between third ring and twentieth ring in latewood tracheids.

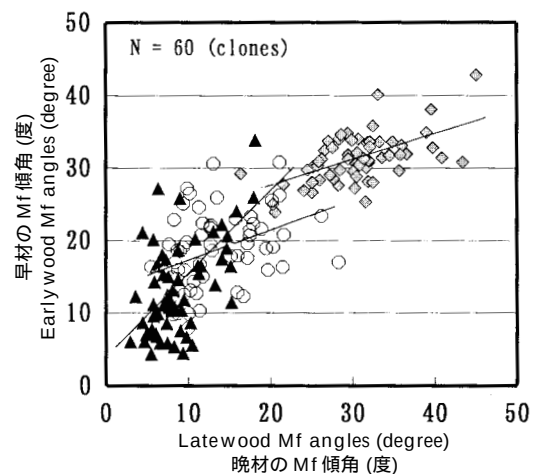


Fig. 45. 晩材仮道管と早材仮道管との間におけるM f 傾角の関係
Microfibril angle relationship between latewood and earlywood tracheids.

Legend: 3rd ring $Y=0.353X+20.4$ $r=0.571^{**}$
10th ring $Y=0.328X+14.3$ $r=0.322^{*}$
▲ 20th ring $Y=0.983X+4.8$ $r=0.546^{**}$