クロマツ26号 F₁ 家系の木材性質の樹幹内変動*¹石栗 太*², 陸 聡*², 飯塚和也*², 横田信三*², 吉澤伸夫*²Within-tree Variation of Wood Properties
in the Kuromatsu (*Pinus thunbergii*) No. 26F₁ Family*¹Futoshi ISHIGURI*², Satoru KUGA*², Kazuya IZUKA*²,
Shinso YOKOTA*² and Nobuo YOSHIZAWA*²

Within-tree variation (at the positions of 0.2, 2.2, 4.2, and 6.2 m above the ground) of wood properties was investigated in the 59-year-old kuromatsu (*Pinus thunbergii*) No. 26F₁ family, an open-pollinated family of kuromatsu No. 26 selected by growth characteristics in the tree breeding program. Trees of akamatsu (*P. densiflora*) of the same age were used for comparing wood properties. No significant differences in basic density (BD) and latewood tracheid length (TL) at 4 different heights, except for BD at 6.2 m, were recognized between kuromatsu No. 26F₁ and akamatsu. In addition, significant differences between kuromatsu No. 26F₁ and akamatsu were not found in microfibril angle of the S₂ layer in latewood tracheids (MFA), modulus of elasticity and modulus of rupture in static bending, and compressive strength parallel to grain at 2.2 m height. On the other hand, the boundary between juvenile wood (JW) and mature wood (MW), which was determined by TL and MFA, was within the 15th to the 20th annual ring from the pith in both kuromatsu No. 26F₁ and akamatsu. In addition, significant differences in mean values of wood properties in JW and MW were not found between kuromatsu No. 26F₁ and akamatsu, except for BD of MW at 6.2 m

Keywords: *Pinus thunbergii*, tree breeding, basic density, microfibril angle, strength property.

本研究では、成長形質により選抜されたクロマツ26号 F₁ 家系の59年生における木材性質の樹幹内変動（地上高0.2, 2.2, 4.2及び6.2 m の位置）を調査した。また、得られた結果を、同樹齢の天然生アカマツの木材性質と比較した。容積密度は、6.2 m 部位を除いて、両者に大きな差は認められなかった。また、晩材仮道管長は、いずれの部位においても、両樹種の間に大きな差は認められなかった。さらに、2.2 m 部位における、ミクロフィブリル傾角、静的曲げ物性及び縦圧縮強さも、両樹種の間に大きな差は認められなかった。一方、未成熟材と成熟材の境界は、両樹種ともに髄から15～20年輪目であった。また、未成熟材、成熟材ごとに求めた木材性質の平均値は、成熟材の6.2 m 部位の容積密度を除いて、クロマツ26号 F₁ とアカマツの間に有意な差は認められなかった。

1. はじめに

一般に、育種材料として選抜・増殖されてきた精英樹は、量的向上が主な目的であり、成長及び樹形

の優れた樹木が選抜されることが多く、そのため、精英樹の中には、成長は良いが、材質の劣る個体もある¹⁾。そこで、スギ、カラマツ、トドマツなどの造林樹種は、精英樹の材質評価が進められている²⁻⁴⁾。しかしながら、30年生以下の若齢木での評価が多く、50年生を超えた長伐期化に対応した材質評価も必要である。

クロマツ (*Pinus thunbergii* Parl.) は、北海道及び沖縄を除く日本各地に天然分布しており、アカマ

*¹ Received February 14, 2011; accepted December 16, 2011.

*² 宇都宮大学農学部 Faculty of Agriculture, Utsunomiya University, Utsunomiya 321-8505, Japan

ツ (*P. densiflora* Sieb. et Zucc.) と同様に, 建築用材としてだけでなく, パルプ材など幅広く利用されてきた⁵⁾。一方, クロマツやアカマツなどの育種に関しては, 古くは建築用材及びパルプ材生産のための研究が進められてきたが⁶⁾, 近年では, マツノザイセンチュウに対する抵抗性⁷⁾ などに関する研究がほとんどであり, 木材利用の観点からの材質に関する研究はそれほど多くない。

クロマツ26号は, 1936年に鳥取県内で巨大球果を持つ優れた個体として選抜された⁸⁾。クロマツ26号 F₁ 家系は, このクロマツ26号を母樹とした天然交配家系である。1950年代に行われたマツ品種改良試験において, クロマツ26号 F₁ は, 選抜された32品種の中で最も良好な初期成長を示した⁸⁾。この結果を踏まえて, 1952年に宇都宮大学農学部附属船生演習林内にクロマツ26号 F₁ 試験地が設定された。設定にあたっては, 演習林内にクロマツの天然林がなかったため, 演習林内のアカマツ天然林から同樹齢の山引き苗を採取し, これを比較木とした。これまでに, 20年生程度の比較的若齢期におけるクロマツ26号 F₁ の組織構造及び強度特性に関する調査が行われてきた⁹⁻¹¹⁾。その結果, クロマツ26号 F₁ 家系は, アカマツと比較して成長に優れるが, 材質はほぼ同程度であることが明らかにされてきた。最近, 59年生における立木の成長と材質を調査した結果, クロマツ26号 F₁ 家系は, アカマツと比較して, 直径, 材積ともに大きい値を示した¹²⁾。また, 平均年輪幅の測定結果から, クロマツ26号 F₁ 家系は, 初期成長のみでなく11~40年輪目まで, 比較的長期にわたって肥大成長が優れていることを報告した¹²⁾。さらに, 2×4 材の曲げ特性を調べた結果, クロマツ26号 F₁ 家系は, アカマツと比較して, 曲げヤング率が高い値を示した¹²⁾。

本研究では, 成長形質により選抜され, 初期成長

に優れていたクロマツ26号 F₁ 家系の, 主に構造材としての利用を考えた場合の材質を明らかにするため, 59年生のクロマツ26号 F₁ 家系及び比較木として天然生アカマツにおける基礎的な木材性質の樹幹内変動を調査した。なお, クロマツ26号 F₁ 家系の木材性質を明らかにするためには, 他のクロマツ品種や家系との比較が必要と考えられるが, クロマツ材の材質育種に関する情報は少なく, また, 同樹齢の材料の入手も困難である。そのため, 本研究では, 同属で材質が類似していると考えられ, これまでの研究⁹⁻¹²⁾ においても比較木とされてきた, 同じ試験地に植栽されている同林齢のアカマツを比較木とした。

2. 材料と方法

供試木として, 宇都宮大学農学部附属船生演習林に植栽され, 成育した59年生のクロマツ26号 F₁ を用いた。本試験林は, 1952年にクロマツ26号 F₁ 試験林として設定された。また, これまでに岡本⁹⁾, 岡本・吉沢¹⁰⁾ 及び吉沢・岡本¹¹⁾ が, 比較木として同試験林で成育したアカマツを用いており, 本研究においても, 対照木として同小班内の59年生アカマツを用いた。なお, 本試験林における59年生の平均胸高直径及び標準偏差は, クロマツ26号 F₁ 及びアカマツで, それぞれ44.8±7.1 cm 及び39.6±5.0 cm であった¹²⁾。

供試木は, クロマツ26号 F₁ 及びアカマツを林分から各3個体ずつ, 計6個体をランダムに選定・伐採した (Table 1)¹²⁾。伐採後, 容積密度及び晩材仮道管の樹幹内変動を調査するために, 地上高0.2, 2.2, 4.2及び6.2 m 部位から厚さ10 cm の円盤を採取した。また, 晩材仮道管 S₂ 層ミクロフィブリル傾角 (以下「ミクロフィブリル傾角」と略す), 静的曲げ物性及び縦圧縮強さの半径方向変動を調査するため

Table 1. Stem diameter, tree height, and clear stem height of sample trees.¹²⁾

Species	Sample	Stem diameter (cm)	Tree height (m)	Clear stem height (m)
Kuromatsu No. 26F ₁	A	34.9	19.9	11.0
	B	39.3	27.9	17.5
	C	48.0	22.1	16.9
	Mean	40.7	23.3	15.1
Akamatsu	A	35.5	22.0	16.7
	B	36.8	21.9	13.0
	C	35.8	22.2	13.0
	Mean	36.0	22.0	14.2

Note: Sample trees were randomly selected from a stand.

に、地上高2.2 m 部位より厚さ20 cm の円盤を採取した。

容積密度の測定のために、各円盤から、まず、髄を中心とした角度約30度の扇形の試験片を切り出し、髄から5年輪ごとのブロックを作製した。生材容積は、浮力法¹³⁾により測定し、全乾重量を生材容積で除することによって容積密度を求めた。

晩材仮道管長は、解離法¹³⁾により測定した。まず、髄から5年輪ごとに切り出したブロックの晩材部から、マッチ棒状の試験片を作製した。この試験片を試験管に入れ、シュルツ氏液に浸漬後、ドラフト内で一晩放置した。その後、70℃のウォーターバスで2時間加熱後、蒸留水で洗浄し、解離試料を得た。この試料を時計皿に移し、ピンセットで解離した後、スライドガラス上にのせ、75%グリセリンで封入し、解離一次プレパラートを作製した。解離一次プレパラートを万能投影機（ニコン、V-12）のスクリーンに拡大投影（×50）し、デジタルノギスを用いて、1試料当たり30本の晩材仮道管長を測定し、その測定値の平均値を晩材仮道管長とした。

マイクロフィブリル傾角測定のために、髄から5年輪ごとに、晩材部がブロックの中心となるように5×5×5 mm のブロックを作製し、スライディングミクロトームを用いて、厚さ20 μm の放射断面切片を作製した。その後、ヨウ素法¹³⁾によって処理し、一次プレパラートを作製した。作製した切片を、システム顕微鏡（オリンパス、BX51）に装着した顕微鏡用デジタルカメラ（オリンパス、E-330）を用いて撮影し、画像データをコンピュータに取り込んだ。画像処理ソフトImageJ（National Institute of Health）を用いて、晩材仮道管 S₂ 層のセルロースマイクロフィブリルの配向面に沿って析出した¹⁴⁾、ヨウ素の針状結晶と細胞長軸との角度を測定した。各部位ごとに30本ずつ測定し、その平均値をマイクロフィブリル傾角とした。

静的曲げ試験のために、材長20 cm の円盤から、無欠点試験片（10(R)×10(T)×160(L) mm）を作製した。なお、試験片は、試験片の木口面中央の年輪齢がわかるように作製した。クロマツ26号 F₁ 及びアカマツで、それぞれ156個及び129個作製した。静的曲げ試験は、小型卓上試験機（東京試験機、MSC-5/500-2）を用い、スパン140 mm、荷重速度2 mm/min に設定し、中央集中荷重方式で行なった。得られたデータより曲げヤング率（MOE）及び曲げ強さ（MOR）を算出した。また、試験前に気乾密度を測定するとともに、曲げ試験終了後、試験片の一部を切り出し、含水率を全乾法により求めた。

縦圧縮試験のため、材長20 cm の丸太から、無欠点試験片（20(R)×20(T)×60(L) mm）を作製した。また、静的曲げ試験片と同様に、試験片の木口面中央の年輪齢がわかるように作製した。縦圧縮試験は、万能材料試験機（A&D、RTC-2410）を使用し、試験片を鋼製平板の間に挟み、荷重速度0.5 mm/min で荷重を加えることにより行った。縦圧縮強さは、最大荷重を試験片の断面積で除することにより算出した。また、試験終了後、試験片を用いて含水率を全乾法により求めた。

3. 結果と考察

3.1 木材性質の樹幹内変動

Fig. 1 に、容積密度の樹幹内変動を示す。いずれの個体及び部位においても、容積密度は、髄側で最も低い値を示し、樹皮側に向かって増加した後、ほぼ一定の値を示す傾向が認められた。これまでに、アカマツの容積密度の半径方向変動は、2パターンに分類できることが報告されている⁶⁾。すなわち、髄から20年輪付近まで急激に増加し、その後、不規則であるが0.44～0.47 g/cm³ でほぼ一定の値を示す

Fig. 1. Longitudinal and radial variations of basic density.

Note: Symbols of circles, triangles, and squares in this figure indicate sample A, B, and C in Table 1, respectively.

パターン I と、髄から樹皮側に向かって急激に増加するのはパターン I と同じであるが、安定した変動が認められず、最大値が 0.40 g/cm^3 程度となるパターン II である。本研究では、いずれの樹種及び部位においても、6.2 m 部位のアカマツを除いて、容積密度の最大値は、 0.45 g/cm^3 を超えており、これまでに報告されているパターン I に類似していた。一方、クロマツ26号 F₁ とアカマツの容積密度の平均値を比較すると、6.2 m 部位を除いて、いずれの部位においてもほとんど同じ値を示し、6.2 m 部位においては、クロマツ26号 F₁ の方が高い値を示した (Table 2)。岡本⁹⁾ は、15年生のクロマツ26号 F₁ 及びアカマツの樹幹内の容積密度を調査し、平均値は、それぞれ 0.35 及び 0.33 g/cm^3 であり、大きな差が認められないことを報告している。本研究において、クロマツ26号 F₁ とアカマツの容積密度の平均値に大きな差は認められなかったことから、15年輪目以降の木部においても、クロマツ26号 F₁ とアカマツの容積密度に大きな差は認められないことが明らかとなった。

晩材仮道管長の樹幹内変動を Fig. 2 に示す。晩材仮道管長は、いずれの個体、部位においても、髄側で最も短い値を示し、樹皮側に向かって増加し、20年輪目付近以降は、ほぼ一定もしくはやや増加する傾向を示した。この傾向は、一般的に針葉樹材で知られている半径方向変動¹⁴⁾と一致している。一方、クロマツ26号 F₁ とアカマツの晩材仮道管長の平均値は、いずれの部位においてもほとんど差は認められなかった (Table 2)。また、容積密度においてと同様に、クロマツ26号 F₁ とアカマツの晩材仮道管

Fig. 2. Longitudinal and radial variations of latewood tracheid length.

Note: Symbols refer to Fig. 1.

長において、22年生までで大きな差は認められていないが¹¹⁾、この傾向は、それ以降に形成された木部においても同様であった。

Fig. 3 に、クロマツ26号 F₁ 及びアカマツにおける、地上高2.2 m 部位のマイクロフィブリル傾角の半径方向変動を示す。マイクロフィブリル傾角は、晩材

Table 2. Mean values of wood properties at different sampling positions.

Property	Sampling height (m)	Kuromatsu No. 26F ₁			Akamatsu		
		<i>n</i>	Mean	SD	<i>n</i>	Mean	SD
BD (g/cm^3)	0.2	3	0.48	0.01	3	0.47	0.07
	2.2	3	0.46	0.01	3	0.44	0.03
	4.2	3	0.45	0.01	3	0.44	0.03
	6.2	3	0.44	0.01	3	0.40	0.01
TL (mm)	0.2	3	4.11	0.63	3	3.82	0.35
	2.2	3	4.29	0.31	3	4.13	0.31
	4.2	3	4.15	0.41	3	4.06	0.41
	6.2	3	4.23	0.27	3	4.21	0.23
MFA (degree)	2.2	3	13.2	0.2	3	13.2	1.4
MOE (GPa)	2.2	3	9.56	1.78	3	9.47	0.84
MOR (MPa)	2.2	3	93.6	15.2	3	93.8	6.5
CS (MPa)	2.2	3	58.1	9.4	3	58.1	7.8

Note: *n*, the number of trees; SD, standard deviation; BD, basic density; TL, tracheid length; MFA, microfibril angle; MOE, modulus of elasticity; MOR, modulus of rupture; CS, compressive strength.

Fig. 3. Radial variations in microfibril angle from S₂ layer of latewood tracheid at 2.2 m above the ground level.

Note: Symbols refer to Fig. 1.

仮道管長とは対照的に、いずれの個体も髄側で最も高い値を示し、樹皮側に向かって減少する傾向を示した。これらの傾向は、これまでに他の針葉樹種で得られているミクロフィブリル傾角の半径方向変動¹⁵⁾と一致していた。また、クロマツ26号 F₁ では、20年輪目以降で10°前後の安定した値を示した。一方、アカマツでは、10°前後で安定した値を示す個体と約30年輪目以降で10°以下でほぼ一定の値を示す個体が認められた。さらに、ミクロフィブリル傾角の平均値は、クロマツ26号 F₁ 及びアカマツで、いずれも13.2°であった (Table 2)。

3.2 強度的性質の半径方向変動

Fig. 4 に、地上高2.2 m 部位における強度的性質の半径方向変動を示す。静的曲げヤング率は、クロマツ26号 F₁ では、髄から樹皮側に向かって徐々に増加し、その後、20年輪以降でほぼ一定の値を示す個体と、髄から樹皮側に向かって緩やかに増加する個体が認められた。一方、アカマツにおいては、いずれも髄から20年輪目付近まで増加し、その後、ほ

Fig. 4. Radial variations of mechanical properties at 2.2 m above the ground level.

Note: CS, compressive strength parallel to grain; MOE, modulus of elasticity in static bending; MOR, modulus of rupture in static bending. Symbols refer to Fig. 1.

ぼ一定の値を示した。曲げ強さにおいては、クロマツ26号 F₁ では、20年輪目付近まで変動しながら増加する傾向を示し、その後100 MPa 付近でほぼ一定の値を示す個体と、髄から樹皮側までほぼ一定の値を示す個体が認められた。また、アカマツにおいては、髄から10年輪目付近まで急激に増加し、その後はほぼ一定の値を示すもしくは緩やかに増加した。縦圧縮強さは、クロマツ26号 F₁ 及びアカマツのいずれも、髄から樹皮側に向かってほぼ一定の値を示した。

強度的性質の平均値を Table 2 に示す。クロマツ26号 F₁ における、静的曲げヤング率及び曲げ強さの平均値は、それぞれ9.56 GPa 及び93.6 MPa であった。アカマツにおいては、それぞれ9.47 GPa 及び93.8 MPa であった。また、クロマツ26号 F₁ 及びアカマツの縦圧縮強さの平均値は、いずれも58.1 MPa であった。これらの値は、これまでに、クロマツやアカマツの強度的性質として報告されている値¹⁶⁾と比較して、曲げヤング率ではやや低い値を示したが、曲げ強さ及び縦圧縮強さにおいては、高い値を示した。岡本・吉沢¹⁰⁾ は、20年生クロマツ26号 F₁ とアカマツの樹幹内の平均縦圧縮強さは、それぞれ43.6及び37.2 MPa であり、両者に大きな差はないこ

とを報告している。一方, 前述したように, 静的曲げヤング率の平均値は, クロマツ26号 F₁ では, やや低い値を示す傾向が認められた。本研究で使用した供試木から得られた2×4材の実大静的曲げ物性を調査した結果, 静的曲げヤング率は, クロマツ26号 F₁ 及びアカマツにおいてそれぞれ, 8.73及び7.31 GPaであり, クロマツ26号 F₁ の方が高い値を示した¹²⁾。このことから, 実際の製材品の製造においては, 大きな影響がないものと考えられる。

3.3 未成熟材と成熟材

本研究では, 塩倉¹⁷⁾の方法を参考にして, 未成熟材と成熟材の境界年輪について検討した。すなわち, 3個体の平均晩材仮道管長の半径方向変動から対数回帰曲線を算出し, 得られた回帰曲線から各年輪の晩材仮道管長の伸長率を求め, 伸長率1%の部位を未成熟材と成熟材の境界とした。その結果をTable 3に示す。クロマツ26号 F₁ の0.2 m部位を除いて, いずれの部位及び樹種においても, 未成熟材と成熟材の境界は15~20年付近に存在していた。一

方, 未成熟材における晩材仮道管長は, 肥大成長の影響を受けるが, ミクロフィブリル傾角の半径方向変動は, 肥大成長の影響を受けないことが推定されている¹⁴⁾。そのため, 未成熟材と成熟材を区分する際, 一つの指標だけでなく, いくつかの指標を組み合わせて用いる必要がある。本研究では, Fig. 3に示したように, ミクロフィブリル傾角は, いずれの個体も, 髄側で最も高い値を示し, その後樹皮側に向かって減少し, 20年輪目以降で約10°前後の安定した値を示した。従って, 晩材仮道管長及びミクロフィブリル傾角の2つの指標における半径方向変動から考えて, クロマツ26号 F₁ における地上高0.2 m部位を除いて, いずれの個体においても未成熟材と成熟材の境界は15~20年輪に存在し, 少なくとも20年輪以降では, 成熟材を形成することが明らかとなった。

未成熟材と成熟材の境界を20年輪とした場合の, 木材性質の平均値をTable 4に示す。クロマツ26号 F₁ 及びアカマツにおいて, 晩材仮道管長, 曲げヤ

Table 3. Boundary between juvenile wood and mature wood determined by mean latewood tracheid length.

Sampling height (m)	Kuromatsu No. 26F ₁			Akamatsu		
	Regression formula	r ²	Boundary	Regression formula	r ²	Boundary
0.2	y = 1.95 log(x) + 0.91	0.942	26	y = 1.23 log(x) + 1.78	0.870	18
2.2	y = 1.13 log(x) + 2.47	0.884	15	y = 1.22 log(x) + 2.08	0.857	17
4.2	y = 1.34 log(x) + 2.07	0.925	18	y = 1.19 log(x) + 2.15	0.815	16
6.2	y = 1.49 log(x) + 2.01	0.958	19	y = 1.57 log(x) + 1.76	0.922	20

Note: r², coefficient of determination. Boundary is indicated by annual ring number from pith.

Table 4. Mean values of wood properties in juvenile wood (JW) and mature wood (MW).

Property	Sampling height (m)	Kuromatsu No. 26F ₁					Akamatsu					Significance of mean value between kuromatsu No. 26F ₁ and akamatsu	
		JW		MW		Ratio of MW/JW	JW		MW		Ratio of MW/JW		
		Mean	SD	Mean	SD		Mean	SD	Mean	SD		JW	MW
BD (g/cm ³)	0.2	0.44	0.01	0.50	0.02	1.12	0.45	0.06	0.49	0.07	1.10	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	2.2	0.43	0.01	0.48	0.01	1.11	0.44	0.05	0.44	0.01	1.01	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	4.2	0.44	0.02	0.47	0.00	1.06	0.43	0.02	0.44	0.03	1.02	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	6.2	0.43	0.02	0.45	0.00	1.04	0.40	0.01	0.41	0.01	1.01	<i>ns</i>	*
TL (mm)	0.2	3.24	0.32	4.93	0.80	1.52	3.24	0.29	4.26	0.44	1.31	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	2.2	3.90	0.24	4.65	0.41	1.19	3.60	0.28	4.56	0.39	1.27	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	4.2	3.75	0.30	4.61	0.61	1.23	3.62	0.24	4.50	0.61	1.24	<i>ns</i>	<i>ns</i>
	6.2	3.81	0.22	4.82	0.64	1.26	3.72	0.22	4.74	0.23	1.27	<i>ns</i>	<i>ns</i>
MFA (degree)	2.2	16.3	0.7	10.6	0.1	0.65	16.7	0.7	10.4	2.0	0.62	<i>ns</i>	<i>ns</i>
MOE (GPa)	2.2	8.77	1.82	10.62	1.45	1.21	8.53	0.47	11.46	1.34	1.34	<i>ns</i>	<i>ns</i>
MOR (MPa)	2.2	88.9	14.2	99.8	15.2	1.12	84.9	2.9	106.1	11.8	1.25	<i>ns</i>	<i>ns</i>
CS (MPa)	2.2	56.0	10.6	60.2	9.9	1.08	54.8	11.5	60.8	9.1	1.11	<i>ns</i>	<i>ns</i>

Note: SD, standard deviation; BD, basic density; TL, tracheid length; MFA, microfibril angle; MOE, modulus of elasticity; MOR, modulus of rupture; CS, compressive strength. *, significance at 5% level; ns, no significance. Boundary between JW and MW was defined at 20th annual ring from pith.

ング率、曲げ強さ及び縦圧縮強さは、未成熟材の方が成熟材と比較して小さい値を示し、マイクロフィブリル傾角は反対の傾向を示した。一方、容積密度においては、クロマツ26号 F₁ では、いずれの部位においても成熟材の方が未成熟材よりも大きい値を示したが、アカマツにおいては、0.2 m 部位を除いて、未成熟材と成熟材でほとんど同じ値を示した。晩材仮道管長及びマイクロフィブリル傾角を除く、各測定値の未成熟材と成熟材の比率をみると、容積密度における比率は、アカマツに比べて、クロマツ26号 F₁ において、いずれの部位においても大きい値を示した。しかしながら、強度的性質においては、反対に、いずれもアカマツよりもクロマツ26号 F₁ の方が小さい比率を示した。これは、強度的性質が、クロマツ26号 F₁ の方がアカマツよりも半径方向においてより均一であることを示しており、強度性能が必要な部材を生産する上で大きな利点となりうる。また、未成熟材と成熟材別に、クロマツ26号 F₁ とアカマツにおいて得られた木材性質の平均値を比較すると、6.2 m 部位の成熟材における容積密度以外で有意な差は認められず、6.2 m 部位の成熟材の容積密度においては、クロマツ26号 F₁ の方がアカマツよりも高い値を示した。

4. ま と め

本研究では、成長形質により選抜されたクロマツ26号 F₁ 家系の構造材としての利用のための材質特性を明らかにするために、59年生のクロマツ26号 F₁ 家系の木材性質の樹幹内変動を調査した。また、比較のために、同じ林分に植栽された同林齢のアカマツの木材性質を調査した。得られた結果は以下の通りである。

1. 容積密度において、6.2 m 部位を除くすべての部位において、クロマツ26号 F₁ とアカマツの間に有意な差は認められなかった。
2. 晩材仮道管長及びマイクロフィブリル傾角は、これまでに報告されている針葉樹材の半径方向変動と同様のパターンを示し、平均値においてクロマツ26号 F₁ とアカマツの間に有意な差は認められなかった。
3. 曲げヤング率、曲げ強さ及び縦圧縮強さにおいて、クロマツ26号 F₁ とアカマツの間に平均値の有意な差は認められなかった。
4. 晩材仮道管長及びマイクロフィブリル傾角の測定結果から、未成熟材と成熟材の境界は両樹種とも髓から15～20年輪目であり、未成熟材と成熟材ごとに求めた各木材性質の平均値のほとんどにおいて、クロマツ26号 F₁ とアカマツの間に有意な差は認められなかった。

謝 辞

試料の採取に関してご協力頂いた、宇都宮大学農学部附属演習林の技術系職員の皆様に感謝致します。

文 献

- 1) 藤本吉幸：“林木育種学”，大庭喜八郎，勝田 枉編，文永堂，東京，1991，pp. 201-205.
- 2) 藤澤義武，太田貞明，西村慶二，田島正啓：木材学会誌 38, 638-644 (1992).
- 3) 小泉章夫，高田克彦，上田恒司，片寄 籾：木材学会誌 36, 98-102 (1990).
- 4) 井城泰一，福士達央，反保早代，田村 明，石栗太，飯塚和也：木材学会誌 56, 265-273 (2010).
- 5) 貴島恒夫，岡本省吾，林 昭三：“原色木材大図鑑”，保育社，大阪，1962，p. 14.
- 6) 材質育種研究班：林業試験場研究報告 No. 222, 1-248 (1969).
- 7) 戸田忠雄：林木育種センター研究報告 No. 20, 83-217 (2004).
- 8) 外山三郎：林業試験場研究報告，No. 66, 1-269 (1954).
- 9) 岡本健治：宇都宮大農演林報 No. 11, 49-58 (1974).
- 10) 岡本健治，吉沢伸夫：宇都宮大農演林報 No. 14, 13-22 (1977).
- 11) 吉沢伸夫，岡本健治：宇都宮大農演林報 No. 14, 23-33 (1977).
- 12) 石栗 太，陸 聡，飯塚和也，横田信三，吉澤伸夫：木材工業 66, 105-109 (2011).
- 13) 小野和雄：“木材物理実験書”，農業図書，東京，1973，pp. 1-196.
- 14) 平川泰彦，藤澤義武：木材学会誌 41, 123-131 (1995).
- 15) 古川郁夫：“木材科学講座 2 組織と材質”，古野 毅，澤辺 攻編，海青社，大津，1994，pp. 113-118.
- 16) 中井 孝，山井良三郎：林業試験場研究報告 No. 319, 13-46 (1982).
- 17) 塩倉高義：木材学会誌 28, 85-90 (1982).