

機関番号：82105

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20780132

研究課題名 (和文) ミクロフィブリル傾角の樹幹内変動に及ぼす樹木の力学特性の解明

研究課題名 (英文) Mechanical properties affecting the within-tree variation of microfibril angle

研究代表者

山下 香菜 (YAMASHITA KANA)

独立行政法人森林総合研究所・木材特性研究領域・主任研究員

研究者番号：60353900

研究成果の概要 (和文)：

樹幹材のミクロフィブリル傾角 (MFA) は、若齢時に形成される未成熟材で大きい、MFA の値と MFA が大きい範囲は樹種やクローンによって異なることから、MFA は遺伝的形質でありながら、その形質の発現には、成長にともなって変化する要因が影響を及ぼしていると考えられ、力学特性が作用している可能性がある。本研究では、未成熟材の MFA が異なるスギクローンおよび MFA が小さいトウヒを用いて、地上部と根系の構造を調べるとともに、重力影響下にある樹幹材・枝材と重力の影響を無視できる根材の性質を比較した。根系構造は、樹幹材の MFA や強度の性質が異なるスギクローン間および樹種間で異なった。スギ若齢木における MFA のクローン間差は、樹幹材で大きく、根材で小さかったことから、MFA の樹幹内変動は地上部での現象であることが明らかになった。根材は、あて材を形成せず、偏心成長し、成長応力解放ひずみの分布は、中心に対して対称ではなかった。

研究成果の概要 (英文)：

Microfibril angle (MFA) is large in the juvenile wood within stem, and is different by species and clones within the same species. It suggests that MFA is genetic component, but also it is affected by a factor changing by tree growth such as tree mechanical properties. Tree structure including the root system was examined, and the wood properties were compared between the stem and branch wood formed under gravitation and the root wood formed under gravity-free state, using sugi (*Cryptomeria japonica*) clones having different MFA and spruce having small MFA. The root systems were different by clones or species having different MFA and strength properties in the stem. The MFA difference between young sugi clones were large in the stem wood, but small in the root wood, which suggested that the large MFA variation in the sugi juvenile wood is observed only above the ground. The root wood was eccentric, didn't form the compression wood and its growth stress distribution was not symmetric about the center.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	2,200,000	660,000	2,860,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・木質科学

キーワード：材質、物性、ミクロフィブリル傾角、力学的性質、樹幹内変動、根材

1. 研究開始当初の背景

日本の主要造林木であるスギは主として構造用材として用いられているが、その強度的性質および寸法安定性にはバラツキがある。その主な変動要因は、マイクロフィブリル傾角 (MFA) が同一個体の樹幹内で大きく変動し、若齢時に形成される未成熟材で大きいこと、そして、MFA の値と大きい範囲が品種やクローンによって異なるためであることが明らかにされてきた。一方で、スギ以外にはトウヒのように MFA 変動が小さい樹種もある。しかしながら、なぜスギの樹幹内やクローン間で MFA 変動が大きいのかは未解明である。

2. 研究の目的

MFA は遺伝的形質でありながらも、その形質の発現には、樹齢や成長にともなって変化する何らかの要因が影響を及ぼしていると考えられ、重力や応力といった力学特性が木部形成時にマイクロフィブリルの配向に作用している可能性がある。成長段階に伴う材質の変化を予測するためには、これを定量的に評価する必要がある。また、これまでに根系構造や根材についての知見は少ないが、樹木全体の力学的バランスを考える上で、根系を含める必要があるかどうかは明らかでない。重力影響下にある地上部で形成される樹幹材・枝材の性質と、重力の影響が無視できる地下部で形成される根材の性質を比較することによって、重力が木部形成に与える影響について知見を得られると期待される。

本研究では、樹幹材の MFA が異なるスギクローンと、MFA が小さいトウヒを用いて、根系を含めた樹体の構造や、根材と樹幹材の MFA と力学的性質の相違を調べた。また、生立木に生じている成長応力が、クローン間や成長段階でどのように異なるかを調べた。

3. 研究の方法

試料として、森林総研苗畑 (茨城県) に生育するスギクローンと西岳国有林 (長野県) に生育するヤツガタケトウヒを用いた。

樹体構造を調べるために、地上部 (樹冠と樹幹) の重量と寸法を測定した。また、根系を採取し、その分岐構造を調べた。

軸方向の成長応力解放ひずみは、伐採前に樹幹材・枝材・根材の表面に切り込みを入れて測定するとともに、伐採後に生材柁目板を作成し、半径方向分布を測定した。

樹幹材と根材の、MFA、仮道管長、密度を測定した。縦振動法と引張試験によりヤング率を測定した。

4. 研究成果

(1) 根系の構造

同樹齢で同一林地に生育し、樹幹材の MFA

とヤング率が異なるスギクローン (B,K) の根系を比較した結果、分岐構造に違いがあった。樹幹材の MFA が大きく、ヤング率が小さいクローンの方が、1 次側根の分岐数が多く、1 本の断面積が小さかった (表 1, 図 1,2)。同一林地で同条件下で生育していても、品種によって根系構造が異なることが明らかになった。また、スギに比べてトウヒは浅根性であった。根系構造は樹幹の MFA や強度的性質と関連している可能性がある。

表 1 スギクローンのヤング率と MFA

	Clone B	Clone K
樹幹材ヤング率 (GPa)	1.19	2.12
樹幹材 MFA (°)	59.6	42.1
根材 MFA (°)	39.9	37.0

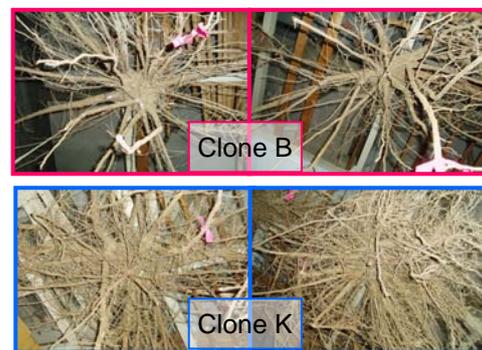


図 1 スギクローンの根系

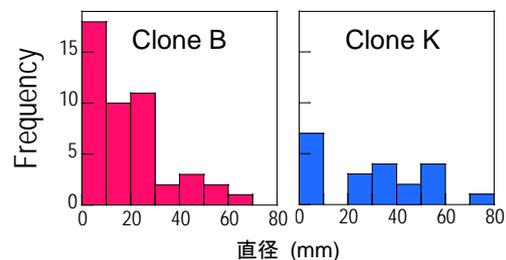


図 2 根株から分岐した一次根直径の頻度分布

(2) 根材の MFA

根材は、スギ、トウヒともに、偏心成長をし、あて材を形成していなかった。成長量が大きい方向と小さい方向とで、MFA はほぼ同じであった。スギクローン間で比較すると、樹幹材の MFA とヤング率は異なったが、根材の MFA のクローン間差は小さかった (表 1)。

樹幹材と根材を用いて、異なる半径方向位置から試験片を作成し、引張試験を行った結果、樹幹材では髄周辺の未成熟材でヤング率が低かったのに対して、根材では中心付近で低い傾向がみられなかった。また、密度と引張ヤング率との相関は、樹幹材に比べて根材で高かった。これは、樹幹材では MFA が未成熟材で大きく、MFA がヤング率変動に影

響を及ぼすのに対して、根材内では MFA の変動が小さいため、ヤング率に及ぼす影響が小さく、ヤング率は密度の影響を受けるためと考えられた。根材内で MFA の変動が小さく、根材 MFA のクローン間差が小さかったことから、スギ樹幹未成熟材で MFA 変動が大きいのは、地上部独特の現象であると考えられた。

(3) 成長応力解放ひずみ

樹幹材の成長応力解放ひずみをスギクローン間、若齢木と成木間、成木の異なる地上高で比較した。若齢木では、樹幹材の MFA が大きくヤング率が小さいクローンの方が、樹幹外側、内側ともに、応力解放ひずみが小さかった(図4)。成木では、若齢木に比べて樹幹の外側、内側ともに、応力解放ひずみが大きかった。また、成木のクローンを用いて、応力解放ひずみの地上高変化を調べた結果、MFA とヤング率の地上高変動が大きく、樹幹下部で MFA が大きくヤング率が低いクローンでは、樹幹下部での応力解放ひずみが小さかったのに対し、MFA とヤング率の地上高変動が少ないクローンでは、応力解放ひずみの地上高変化も小さかった(図5)。

枝材は、下側にあて材を形成し、上側では引張応力、下側では圧縮応力を生じていた。一方、根材では、表面の応力解放ひずみは、上側、下側ともに、伸びと縮みを示す場合があった。根材柱目板を用いて応力解放ひずみを測定した結果、その分布は、中心に対して対称的でなく、通直な樹幹材や圧縮アテ材を形成する傾斜木や枝材の分布と異なった(図6)。



図3 根材の表面応力解放ひずみと柱目板を用いた応力解放ひずみ分布の測定

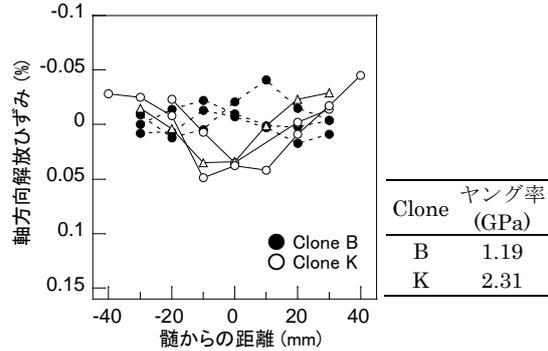


図4 スギ若齢木の応力解放ひずみの半径方向分布

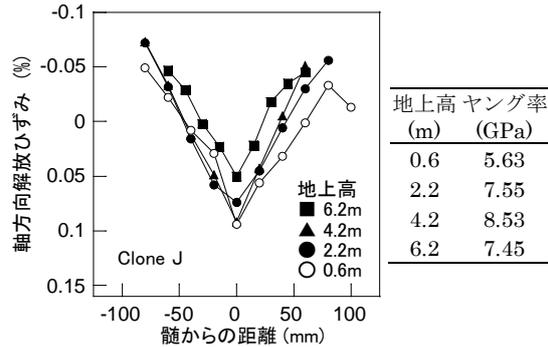
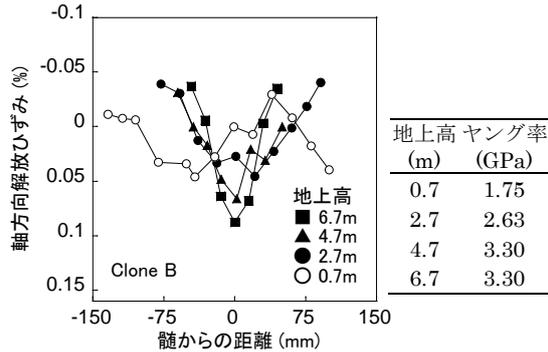


図5 スギ成木の応力解放ひずみの半径方向分布

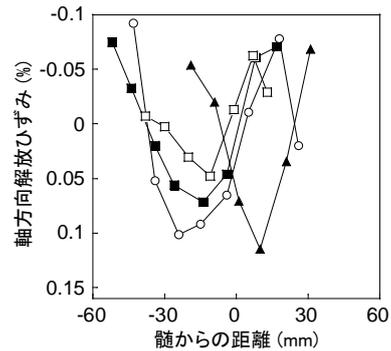


図6 スギ根材の応力解放ひずみの半径方向分布

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

① Yamashita K, Katsuki T, Akashi K,

Kubojima Y, Wood properties of *Picea koyamae*: within-tree variation of grain angle, tracheid length, microfibril angle, wood density and shrinkage, Bulletin of Forestry and Forest Products Research Institute, 2010, 9(2):19-29, 査読有

- ② 久保島吉貴、勝木俊雄、明石浩司、山下香菜、鈴木養樹、外崎真理雄、絶滅危惧種ヤツガタケトウヒの木材特性の半径方向の変動、木材学会誌、2010、56(4):258-264、査読有

〔学会発表〕(計4件)

- ① 山下香菜、ボカスギにおける軸方向の応力解放ひずみの樹幹内分布、第61回日本木材学会大会、京都大学(京都市)2011.03.19
- ② 山下香菜、勝木俊雄、藤原健、外崎真理雄、明石浩司、応力波伝播速度によるヤツガタケトウヒ生立木の内部腐朽の推定、第61回日本木材学会大会、京都大学(京都市)2011.03.18
- ③ Yamashita K, Microfibril angle and tracheid length in root wood of *Cryptomeria japonica* clones, 7th Pacific Regional Wood Anatomy Conference, Legend hotel (Kuala Lumpur) 2009.08.05
- ④ 山下香菜、スギ根材の応力解放ひずみ、第30回根研究集会、足寄町銀河ホール(足寄町)2009.05.09

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山下香菜 (YAMASHITA KANA)

独立行政法人森林総合研究所・木材特性研究領域・主任研究員

研究者番号：60353900