

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：81503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K07850

研究課題名(和文) 耐雪性スギ系統に見られる特異的な年輪構造が根元曲がり抵抗性に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Effects of the characteristic annual ring structure in snow resistant Japanese cedar on basal bending

研究代表者

宮下 智弘 (Miyashita, Tomohiro)

山形県森林研究研修センター・森林資源利用部・研究員

研究者番号：80370849

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：積雪地に植栽したスギに生じる根元曲がりに対して抵抗性を有する系統が存在する。抵抗性メカニズムについては不明な点が多いが、木材強度が寄与している可能性が考えられている。そこで本研究では、耐雪性スギ系統の木材強度に関連する様々な形質を測定して抵抗性との関係を調査した。仮道管長、ミクロフィブリル傾角(MFA)、容積密度、応力波伝播速度を測定した結果、抵抗性系統と対照との間に有意差が認められた形質はMFAと応力波伝播速度であった。両形質は曲がりにくさを示すヤング率と関係する。特に幼齢期に形成されたMFAは抵抗性と強い関係性があったことから、幼齢期にヤング率の高い系統は抵抗性が高いと考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

耐雪性スギの従来の選抜方法は根元曲がりの大きさに注目して行われている。しかし、根元曲がりは環境の影響を受けやすい形質であるため、遺伝的に抵抗性が低いにも関わらず根元曲がりが小さな個体を誤って選抜することがあった。

一方、木材強度は環境の影響を受けにくい形質である。このため、根元曲がりの大きさに加えて、応力波伝播速度や幼齢期のMFAを調べることにより、抵抗性が低いにも関わらずたまたま通直であった個体を誤選抜するリスクの軽減が期待できる。すなわち、抵抗性に対する優良系統の選抜において、根元曲がりの大きさと木材強度の2形質を採用することにより、選抜精度を向上できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Some cultivars are resistant to basal bending that occurs on Japanese cedar planted in regions with heavy snowfall. The mechanism of resistance is not fully clarified. However, it has been pointed out that wood strength traits may contribute to the resistance. Therefore, in this study, we investigated the relationship between various wood traits and resistance in snow resistant cultivars.

Tracheid length, microfibril angle (MFA), basic density, and stress-wave velocity were measured. The traits that were significantly different between resistant cultivars and controls were MFA and stress-wave velocity. Both traits are related to modulus of elasticity. In particular, MFA formed in juvenile age were strongly associated with resistance. This suggests that cultivars with a high modulus of elasticity in juvenile age should be more resistant to basal bending.

研究分野：林木育種学

キーワード：根元曲がり 木材強度 抵抗性育種 雪害

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

スギの根元曲がりは積雪地帯に恒常的に発生する気象被害である。幹の根元部分が湾曲するため、本来であれば最も高い材価となる根元部分の木材が曲がり材として安価に取引される。根元曲がりを軽減するため、施肥、雪起こし、階段植栽、除間伐、裾枝払い等の育林技術を用いた対策が古くから行われてきた。これらの作業を行えば根元曲がりの軽減に一定の効果が認められるが、林業従事者の高齢化や育林経費の低コスト化が望まれている現在の我が国の林業実態を考慮すると、これらの作業を実施することは今後ますます困難になると考えられる。一方、育種により開発した根元曲がりの小さい系統を植栽すれば、根元曲がりは省力的に軽減できることが期待される。

根元曲がりの大きさはスギ系統によって異なることが古くから観察されている。根元曲がり抵抗性と関係の深い形質として、根の形状、枝の長さ、枝の着生角度、幹のヤング率などが考えられている。これらの形質の多くは環境の影響を受けやすい形質と考えられるが、特に幹のヤング率については系統と環境の交互作用が小さく環境の影響を受けにくい形質であることが知られている。環境の影響を受けにくい形質を選抜形質として採用すれば、抵抗性系統の選抜精度は向上できると期待される。

しかし、木材強度に関連する様々な木材形質と抵抗性の関係を研究した事例は多くない。統一的な見解を得るためには、抵抗性が既知の系統を対象に木材強度との関係を検討した事例を積み重ねていくことが必要である。また、木材強度は樹齢によって変動する。すなわち、どの樹齢の木材強度が抵抗性に影響を与えているのかについても明らかにするべきであるが、この点についてこれまでほとんど検討されていない。

2. 研究の目的

本研究では、抵抗性が既知の複数の系統を用いて抵抗性と様々な木材形質の関係を検討することを目的とする。また、抵抗性と関係が強い木材強度と樹齢の関係についても明らかにする。これらの知見を用いて、抵抗性系統の最適な選抜方法について考察する。

3. 研究の方法

山形県森林研究研修センター林木育種園等に保存されている雪害抵抗性候補木や根元曲がりの大きい感受性系統等のスギ系統を研究対象とした。これらのスギ系統の中から、積雪地帯に植栽した時の根元曲がりの大きさを報告した既存の情報をもとに、抵抗性集団と対照集団を選別した。抵抗性集団は山地における根元曲がりが小さい系統の集団であり、対照集団は根元曲がりの大きい系統および天然スギ等の根元曲がりに対する選抜をこれまでに受けていない系統である。

これらの集団を対象にヤング率と相関が高い応力波伝播速度を測定した。また、木材形質を詳細に調べるために、地上高 1.2m の胸高部から木材試料(年輪コア)を採取した。年輪コアは、系統内の中で幹の直径が平均的な 3 ラメットから採取した。なお、年輪コアの採取前に DNA を調べて系統内の 3 ラメット全ての遺伝子型が一致していることを確認している。また、一部の系統は実生系統であったため、系統当たり 5 個体を対象とした。年輪コアは径 10 mm の成長錘によって採取した。1 個体につき等高線方向から 2 本の年輪コアを採取した。

年輪コアを利用して木材形質を測定した。対象とした木材形質は、仮道管長、マイクロフィブリル傾角(MFA)、容積密度とした。仮道管長とMFAは、年輪コアから晩材をトリミングした解繊試料を用いて測定した。年輪コアについて、髄から樹皮に向かって晩材である年輪部分をカウントし、その値を年輪番号と定義した。各年輪コアにつき、2 年輪と 3 年輪、それ以降は 2 年輪ごとに 17 年輪まで、そして 26 年輪と 31 年輪の計 11 年輪の晩材をトリミングした。トリミングした晩材は解繊し、顕微鏡下で仮道管長とMFAを測定した。MFAは壁孔口の傾きとした。各年輪番号について 50 本の仮道管を測定対象とした。容積密度はもう一つの年輪コアを用いて X 線デンストメトリー法によって測定した。これらの木材形質について集団間に有意な違いが認められるかを解析し、抵抗性と関係が強い形質を明らかにした。

次に、年輪ごとに得た木材形質の値から、山地における根元曲がりの大きさとの相関関係を検討した。今回の研究に用いた年輪コアは胸高部から採取したものであり、個体毎の植栽年も不明な場合があったことから、年輪番号を大まかに三つのステージに分けた時の平均値を用いた。すなわち、2~5 年輪と 7~15 年輪、そして 17~31 年輪の値の平均値を用いて根元曲がりの大きさとの間の相関係数を算出した。山地における系統毎の根元曲がりの大きさについては、既存の二つの報告で引用されている値を用いた(鈴木・佐藤, 1991; 宮下, 2009)。前者は年輪コアを採取した耐雪試験地において過去に傾幹幅を調べた報告であり、後者は秋田・山形・新潟 3 県の実生検定林で系統毎の傾幹幅指数の最小二乗推定値を調べた報告である。傾幹幅とは地上高 1.2m における植栽位置と幹との間の水平距離であり、傾幹幅指数は傾幹幅を 5 段階の指数(0-25 cm, 5; 26-50 cm, 4; 51-75 cm, 3; 76-100 cm, 2; 101 cm 以上, 1) で表した測定値である。

4. 研究成果

(1) 応力波伝播速度

抵抗性集団と対照集団について応力波伝播速度を測定した結果を図 1 に示す。応力波伝播速度は抵抗性集団が有意に早かった。応力波伝播速度はヤング率と高い相関が認められることか

ら、抵抗性集団のヤング率は対照集団よりも高いと考えられた。根元曲がりとは幹のヤング率と関係が深いことを示した過去の報告と同様の結果を得ることができた。

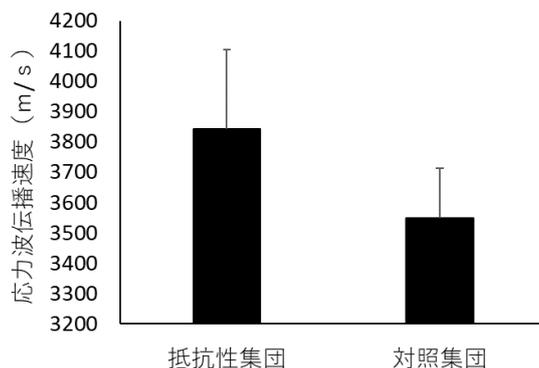


図1 抵抗性集団と対照集団に対する応力波伝播速度

(2) 仮道管長

晩材仮道管の仮道管長を年輪番号毎に測定した結果を図2に示す。仮道管長は解析対象とした全ての年輪において集団間に有意な差は認められなかった。仮道管長の増加率をもとに未成熟材から成熟材に切り替わる年齢を検討したところ、抵抗性集団では23年生、対照集団では22年生とほとんど変わらなかった。

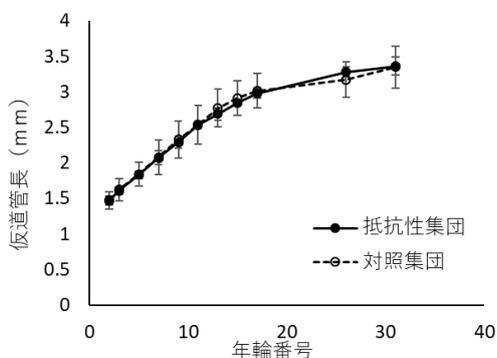


図2 仮道管長の年次推移

(3) MFA

各年輪についてMFAの平均値を求めたところ、抵抗性集団に特徴的な傾向が見られた。すなわち、解析対象とした全ての年輪において抵抗性集団のMFAは対照集団よりも小さい値を示していた(図3)。また、特に幼齢期のMFAでは対照集団と有意な違いが認められた。

系統ごとに2~5年輪、7~15年輪、17~31年輪のMFAを平均し、その値と各試験地における根元曲がりの大きさとの関係を図4に示す。図4のA~Cに示した複数検定林における傾幹幅指数の最小二乗推定値とMFAとの関係に注目すると、2~5年輪のMFAとの間に有意な相関が認められた(図4A)。一方、図4のD~Fに示した耐雪試験地における傾幹幅との関係では、全ての年輪において無相関となったが、幼齢期のMFAとの相関係数が最も高い値を示した(図4D)。

これらのことから、MFAは抵抗性に影響を及ぼしており、特に幼齢期に形成された晩材仮道管のMFAの影響は強いと考えられた。

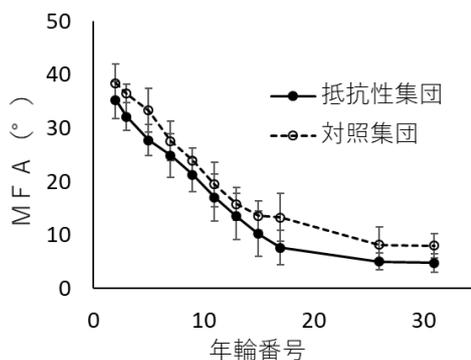


図3 MFAの年次推移

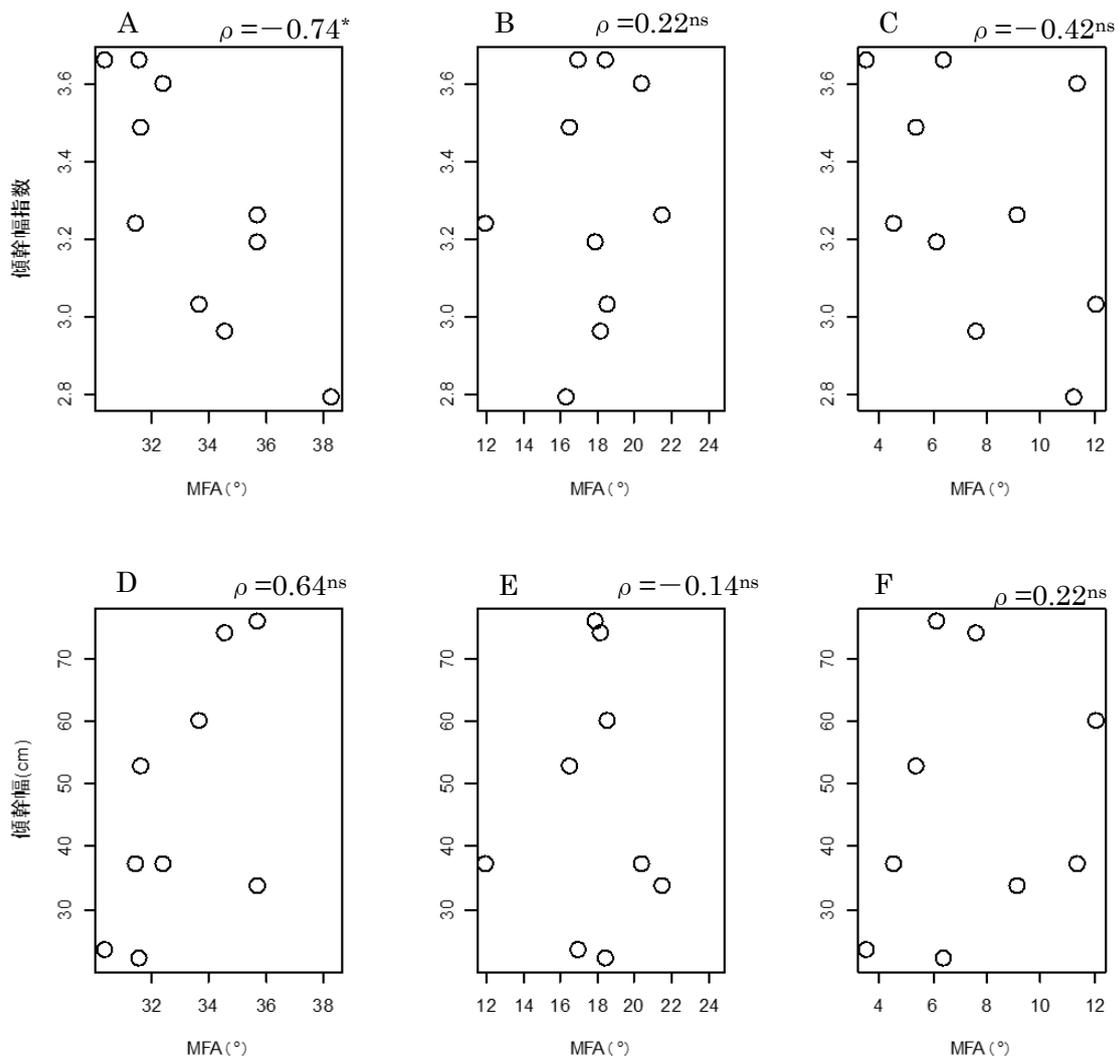


図4 耐雪試験林および検定林での根元曲がりの大きさと年輪毎のMFAの相関関係

図A, B, Cは検定林における傾幹幅指数の最小二乗推定値であり (N=10), 図D, E, Fは耐雪試験林における傾幹幅である (N=9)。また, 図A, Dは2から5年輪, 図B, Eは7から15年輪, 図C, Fは17から31年輪のMFAの平均値を用いている。 ρ はSpearmanの相関係数を示し, *は5%水準で有意であることを, n. s. は有意でないことを示している。また, 傾幹幅が大きいほど, あるいは傾幹幅指数が小さいほど, 根元曲がりは大きいことを示す。

(4) 容積密度

各年輪における晩材の容積密度を図5に示す。それぞれの容積密度を年輪毎に測定した結果, 集団間に有意な差は認められなかった。このことから, 容積密度が抵抗性に与える影響は小さいと考えられた。また, ヤング率は容積密度とMFAの二要因によって多くを説明できるが, 応力波伝播速度の測定により明らかとなった抵抗性集団の優れたヤング率は, 容積密度よりもMFAの寄与が大きいと示唆された。

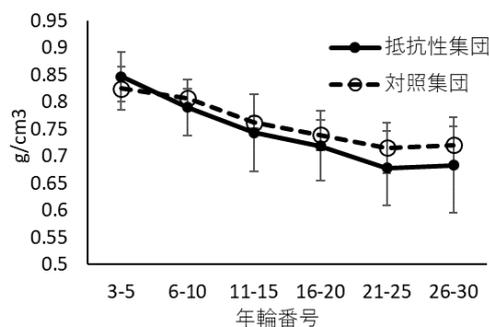


図5 晩材の容積密度

(5) 木材強度を加味した選抜方法の検討

これらの木材形質の測定値をもとに根元曲がり抵抗性に対する選抜方法を検討した。これまで行われてきた抵抗性候補木の選抜では、周囲の個体よりも根元曲がりの小さい個体が選抜される。一方、新たな選抜方法として、応力波伝播速度またはMFAの情報を加味した選抜を行うことによって選抜精度は向上できると期待される。そこで本研究では、これまで調べてきた抵抗性集団と対照集団の系統の中から異なる方法によって根元曲がりの小さい系統を選抜することを試みた。

原木と周囲個体の根元曲がりの大きさ、および実生後代の検定林における傾幹幅指数が既知である9系統を対象とした。選抜方法1は従来の選抜方法と同義の方法であり、候補木の原木と周囲の個体の根元曲がりの比(根元曲がり比と呼ぶ)のみに着目して3系統を選抜する方法である。選抜方法2は、根元曲がり比により選抜した6系統の中からMFAの優れる3系統を選抜する方法である。選抜方法3は、根元曲がり比により選抜した6系統の中から応力波伝播速度の優れる3系統を選抜する方法である。これらの方法によって選抜された系統の実生後代について検定林における傾幹幅指数を検討すると、選抜方法1では4.1%改良されたのに対して、選抜方法2と3ではともに8.8%となり、木材強度を加味することによって選抜精度は2倍に向上した。

〈引用文献〉

- ① 宮下智弘, 東北育種基本区西部育種区における根元曲がりが少ないスギ雪害抵抗性品種の開発, 平成21年度林木育種センター年報, 2009, 58-61
- ② 鈴木基修・佐藤啓祐, 若齢期におけるスギの雪害抵抗性クローンと精英樹クローンの形質特性, 山形県林業試験場研究報告21, 1991, 27-38

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 宮下智弘・瀧誠志郎・高田克彦
2. 発表標題 スギの根元曲がり抵抗性に対する木材強度の影響
3. 学会等名 第129回日本森林学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮下智弘・渡部公一・井城泰一・工藤佳世・高田克彦
2. 発表標題 ミクロフィブリル傾角と応力波伝播速度がスギの根元曲がりを与える影響
3. 学会等名 東北森林科学会第23回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮下智弘・井城泰一・瀧誠志郎・工藤佳世・高田克彦
2. 発表標題 スギの根元曲がりにも影響を与える木材形質の検討
3. 学会等名 日本森林学会第130回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮下智弘・渡部公一・瀧誠志郎・工藤佳世・高田克彦
2. 発表標題 耐雪性スギの材質指標に関する樹幹内半径方向の変動
3. 学会等名 日本森林学会第131回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	高田 克彦 (Takata Katsuhiko) (50264099)	秋田県立大学・木材高度加工研究所・教授 (21401)	