

氏名	みやした ともひろ 宮下 智弘
授与学位	博士(生物資源科学)
学位授与年月日	令和3年3月23日
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第1項
研究科専攻	秋田県立大学大学院生物資源科学研究科 博士後期課程 生物資源科学専攻
学位論文題目	雪圧害によるスギの根元曲がりに対する林木育種学的研究
指導教員	教授 高田 克彦
論文審査委員	主査 教授 高田 克彦 副査 准教授 足立 幸司 学外 国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター育種部育種第二課課長 田村 明 特別 助教 工藤 佳世

論文内容要旨

スギの根元曲がりとは雪圧害による被害形態の一つであり、積雪の多い地域に植栽されたスギには一般的に観察できる。幹の根元部分の原木丸太は最も高い材価で取引されるが、根元曲がりが発生するとこれらの木材は利用されず、あるいは曲がり材として安価に取引される。多雪地帯のスギ林業において根元曲がりによる経済的損失は極めて深刻であり、その改善が強く望まれている。

このような根元曲がりを軽減するため、根元曲がりの少ない系統の開発とそれらの種苗の普及を目指した林木育種学的な取り組み「気象害抵抗性育種事業」が実施されている。この事業によって各地の雪害激害地から雪害抵抗性候補木が選抜され、これら候補木の抵抗性を評価するための検定林が造成された。これらの検定林での調査を通じて、複数の優良系統が雪害抵抗性品種として開発された。その結果、これらを母樹に用いることで抵抗性が高く、遺伝的多様性の高い種苗の供給が可能となった。また、開発された抵抗性品種等の実生後代が植栽されている検定林から第二世代個体の選抜が進められており、選抜された個体は第三世代集団の作出のために人工交配が行われている。

このように、根元曲がりに対する抵抗性育種事業は着実に成果を上げているが、未だに以下の課題が残されている。すなわち、1) 抵抗性品種からの最適な種苗供給方法が確立されていない。また、2) 第二世代個体等の選抜精度を向上するための知見が充分でない。さらに、3) 林木育種で多用されるハーフダイヤレル交配等の交配様式の適用が妥当であるか検証されていない。そこで本学位論文では、抵抗性品種からの最適な種苗供給方法を明らかにするとともに、優良個体の新たな選抜方法の提案と、次世代集団の最適な作出方法を提示することを目的とした。

最初に、本学位論文では最適な種苗供給方法を明らかにした。同一系統から育成した

実生苗と挿し木苗の多雪地帯における成育特性を比較した結果、実生苗は挿し木苗と比べて初期成長が優れ、根元曲がり大きいものの致命的被害である折損被害を受けにくいことを実証した(図-1)。このことから、積雪の多い地域では実生苗を用いることが望ましいと考察した。次に、抵抗性の遺伝性を観察した結果、実生苗の根元曲がりの大きさは親の表現型によって説明されたため、抵抗性は遺伝する形質であることを明らかにした(図-2)。また、19交配セットを遺伝解析したところ、過半数の交配セットでは遺伝分散に占める相加的遺伝分散の割合が80%以上であった(図-3)。このことから、抵抗性は相加的に遺伝する傾向が強い形質であることが示された。さらに、抵抗性品種を両親とする集団は一般苗と比べ、傾幹幅のみならず生存率と成長形質も望ましい方向に改良されていた(図-4)。根元曲がりが小さく成長の良い個体と定義した優良個体の出現頻度は一般苗と比べて2.5~7.3倍と有意に多かった。以上の結果から、多雪地帯に用いる種苗は、抵抗性の優れた系統を両親とする実生苗が望ましいと考えられた。また、事業的に種子生産を行う場合、種子の安定的な大量生産を効率的に行う必要があることから、採種園方式が望ましいと結論できた。

次に、本学位論文では優良個体の新たな選抜方法を提案した。多雪地帯に植栽したスギは成長とともに埋雪木から雪上木へと移行する。そこで本学位論文では、埋雪木に対して予備選抜を行い、雪上木まで数年間育成してから本選抜を行うことを提案した。埋雪木である林齢5年次に傾幹幅を樹高で除した b/h を指標に選抜を行うと、樹高の小さかった個体は林齢20年次において樹高(図-5A)と胸高直径(図-5B)が小さく、傾幹幅(図-5C)が大きくなった。また、抵抗性苗と一般苗の傾幹幅は春に測定した場合のみ集団間に有意差が認められ、回復量よりも倒伏量の影響が強いことが示唆された。これらのことから、埋雪木からの選抜では倒伏量が小さく樹高の大きな個体を選抜するべきであると考えられた。これに加えて、特に幼齢期のMFAは根元曲がりの大きさと高い相関関係が認められたことから(図-6A, D)、MFAも調査項目に加えることによって選抜精度の向上が期待できる。一方、傾幹幅指数の遺伝率は林齢20年次にかけて向上し、樹高との遺伝相関も0.95と高い値を示した。すなわち、抵抗性に対する選抜は雪上木を対象とすることで精度が高く、さらに樹高も間接的に改良できる。以上の結果から、本学位論文で提案した抵抗性個体の新たな選抜方法では、最初に埋雪木を対象として倒伏量と樹高、MFAに着目した予備選抜を行う。倒伏量は雪起こしの軽減に、樹高は下刈り期間の短縮に寄与するため、予備選抜した個体は育林コストの軽減が期待できる形質を有している。その後、これらの個体を雪上木まで育成させてから根元曲がりに着目した本選抜を行うことで、抵抗性の高い個体を精度良く選抜でき、さらに成長形質も改良できると考えられた。

最後に次世代集団の作出方法として、本学位論文では我が国の林木育種で用いられる代表的な交配様式であるハーフダイヤレル交配や要因交配の適用が妥当であるか検討した。これらの交配様式では、次世代集団の作出と各交配親の一般組み合わせ能力(GCA)の推定を同時に行うことができる。しかしながら、これらの交配様式では交配規模を小さくするために各交配親の性の頻度が異なっている。このため、各交配親のGCAを適正に推定するには、対象形質に親の性別による影響、すなわち正逆交配間差が存在しないことを事前に明らかにする必要がある。そこで本学位論文では、フルダイヤレル4交配

セットを用いて正逆交配間差を GCA と特定組み合わせ能力 (SCA) に分割して分散分析を行った。その結果、GCA の正逆交配間差の影響はきわめて小さいことが明らかとなった (表-1)。また、これらの交配セットを用いて交配親の GCA と実生後代の抵抗性を調べた結果、両親の GCA を足し合わせるだけで実生後代の抵抗性を高い精度で予測できることが示された (図-7)。以上の結果から、根元曲がり抵抗性種苗の次世代集団の作出には、林木育種において通常用いられているハーフダイヤレル交配や要因交配を問題なく適用できると結論した。

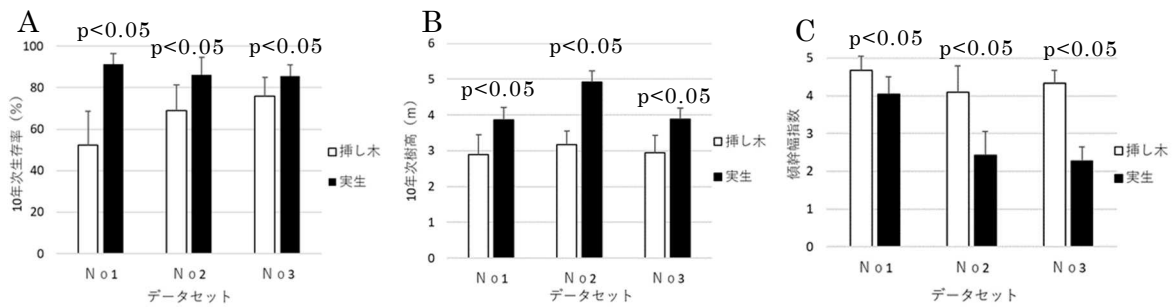


図-1 林齢 10 年次における挿し木苗と実生苗の形質の比較

A は生存率, B は樹高, C は傾幹幅指数を示す。p<0.05 は苗木の種類の違いにより 5%水準の有意差が認められたことを示す。

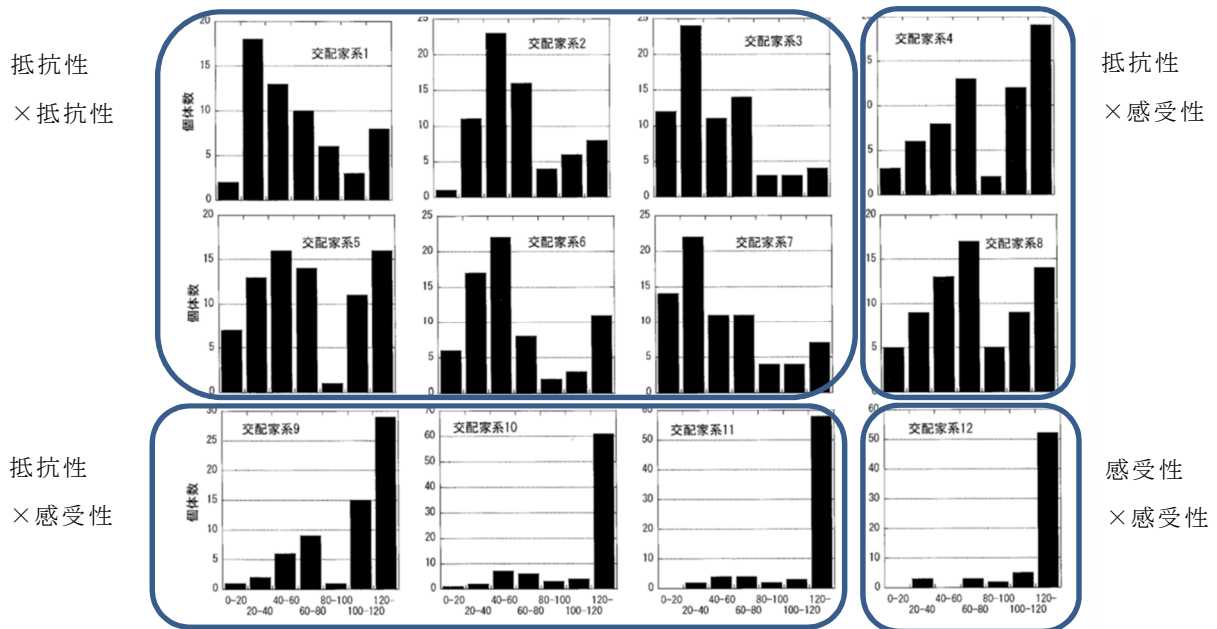


図-2 交配家系ごとの傾幹幅の頻度分布

交配家系 1~3 と 6~7 は抵抗性×抵抗性を, 交配家系 4 と 8~11 は抵抗性×感受性, 交配家系 12 は感受性×感受性を示す。

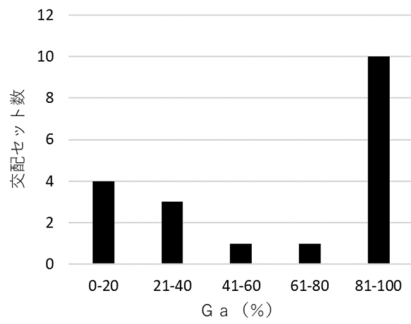


図-3 19 交配セットの Ga の頻度分布

Ga は遺伝分散中の相加的遺伝分散の割合を示す。

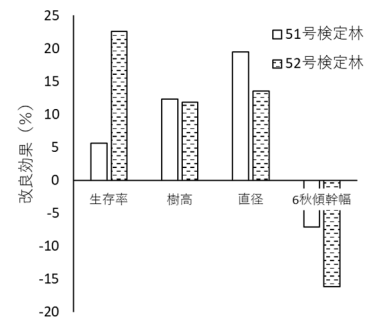


図-4 各形質の改良効果

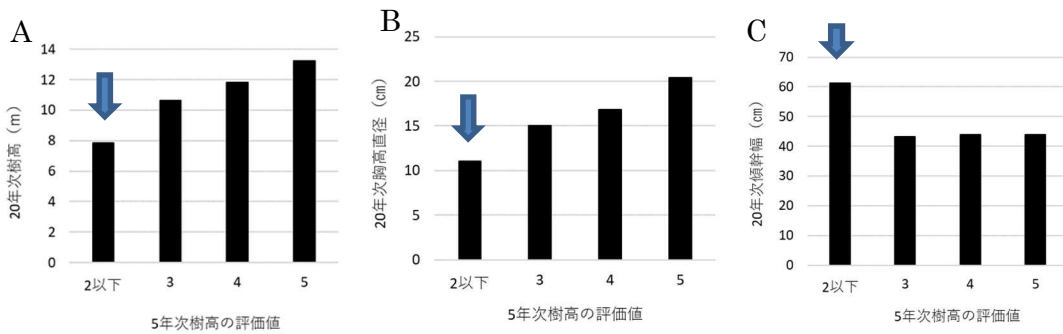


図-5 b/h 選抜集団の 5 年次樹高の評価値と 20 年次形質の関係

矢印は 5 年次樹高が小さかった評価値 2 以下の集団を示す。

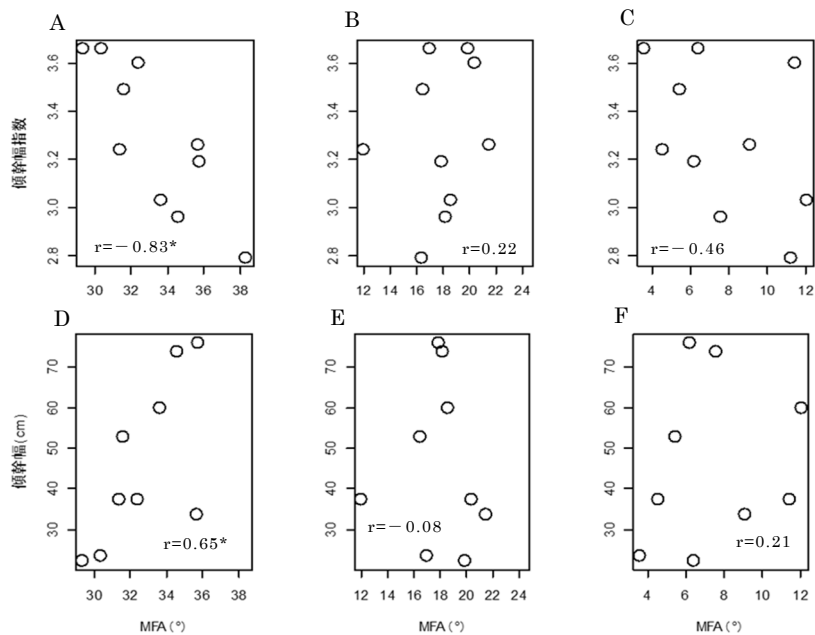


図-6 耐雪試験林および検定林での根元曲がりと MFA の相関関係

傾幹幅は胸高部における植栽点と幹の間の水平距離である。また、傾幹幅指数は傾幹幅を 5 段階に区分した値であり、指数が大きいほど根元曲がりは小さい。すなわち、傾幹幅と傾幹幅指数は負の相関関係となることに注意されたい。図 A, B, C は検定林における傾幹幅指数であり (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。

表-1 傾幹幅指数に対する分散分析によるデータセットごとの平均平方

要因	21号検定林		23号検定林		33号検定林		34号検定林	
	自由度	平均平方	自由度	平均平方	自由度	平均平方	自由度	平均平方
B	2	7.69**	2	3.52**	2	10.88**	2	3.19**
GCA	4	0.70	4	1.60**	4	4.93**	4	0.54**
SCA	5	0.30	5	0.21	5	0.13	5	0.01
GR	4	0.67	4	0.14	4	0.14	4	0.01
SR	6	0.29	6	0.16	6	0.55*	6	0.04
E	35	0.29	21	0.36	24	0.19	29	0.09

**および*はそれぞれ 1%と 5%水準の有意差が認められたことを示す。

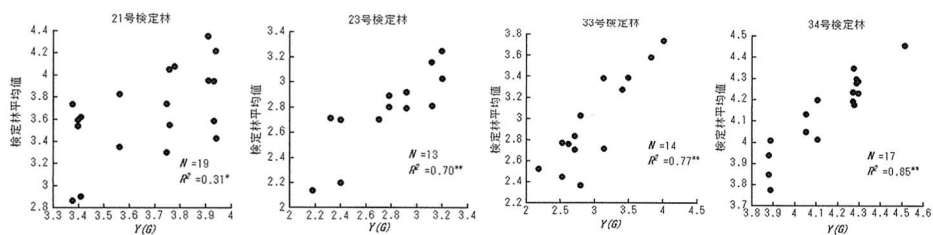


図-7 GCA から推定した各交配家系の期待値による検定林平均値への回帰

論文審査結果要旨

宮下智弘氏は山形県森林林業研修センターに勤務する社会人で、令和2年4月に秋田県立大学大学院生物資源科学研究科博士後期課程に入学、今回、特別早期修了制度の適用を受けて博士学位論文を作成・提出した。

本論文の審査は、秋田県立大学・木材高度加工研究所・教授の高田克彦が主査をつとめ、副査として秋田県立大学・木材高度加工研究所・准教授の足立幸司博士、学外審査員として国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター育種部育種第二課課長・田村明博士、特別審査員として秋田県立大学・木材高度加工研究所・助教の工藤佳世博士の4名が担当した。

以下、秋田県立大学大学院生物資源科学研究科学学位論文審査基準の論文審査項目に照らして、本論文の審査結果を記す。

1 専門性

生物資源科学分野の博士として、広範な専門知識と高度な問題発見・解決能力を身に付けており、特に林木育種学の分野において「雪圧害によるスギの根元曲がり」という未解決な課題に対し、先端的なアプローチ方法や解決方法を開拓して、独創的な研究を進展させていく能力を身に付けていると判断した。

2 研究テーマの適切性

「雪圧害によるスギの根元曲がりに対する林木育種学的研究」という本論文のテーマは、生物資源科学研究科の博士学位に対して適切であると判断した。

3 研究方法の適切性

上記のテーマを研究するにあたり、明確な研究目的を持ち、適切な調査・実験・解析方法を用いており、また得られた結果に基づいて博士学位にふさわしい分析と考察がなされていると判断した。

4 独創性

本論文は、博士論文の成果が対象とする林木に対する遺伝学及び育種学の研究領域において、優れた研究業績であり、かつ独創性を有していると判断した。

5 論旨の適切性

本論文は、研究背景と研究目的をふまえて、得られた研究結果から考察に至るまで一貫した論考がなされており、生物資源科学研究領域で、博士学位の水準に達していると判断した。

6 発表・質疑応答

令和3年2月18日に実施した学位論文発表審査会において、発表と質疑応答が適切になされていると判断した。

7 研究者倫理・技術者倫理

本論文は、研究計画の立案及び遂行、研究資料の収集及び管理、学位論文の作成及び発表に関して適切な倫理的配慮がなされており、学内の研究活動の不正行為防止に関する規程や研究テーマに関連する学会や団体の倫理基準等を遵守していると判断した。

(研究科様式 博7添付)

以上のように、本研究は研究課題の設定及び研究方法が適切であり、得られた実験データの信頼性は高く、研究成果の新規性、実用性及び発展性も高いと認められ、林木を対象にした遺伝学及び育種学に寄与するところが大きいと考えられる。よって、本論文は博士学位論文として価値があると認める。