

森林遺伝育種学会

第 11 回大会講演要旨集

令和四年（2022 年）11 月 11 日（金）

東京大学農学部キャンパス 弥生講堂 一条ホール

大会プログラム

■ **開催日** 2022年11月11日（金）午後

■ **開催場所** 東京大学農学部キャンパス 弥生講堂 一条ホール

・ キャンパスへのアクセス：https://www.a.u-tokyo.ac.jp/access/access_map.html

・ キャンパス内地図：<https://www.a.u-tokyo.ac.jp/campus/overview.html>

■ **大会スケジュール**

13:00～	受付
13:00～13:30	ポスター掲示
13:30～13:35	開会 会長挨拶
13:35～13:40	学会賞および学会奨励賞の表彰
13:40～14:00	受賞講演1（学会賞受賞者）
14:00～14:15	受賞講演2（奨励賞受賞者）
14:15～14:30	第1グループ発表内容の紹介
14:30～15:15	第1グループコアタイム
15:15～15:30	第2グループ発表内容の紹介
15:30～16:15	第2グループコアタイム
16:15～17:15	フリーディスカッション
17:20～17:30	学生発表賞の発表・賞状授与
17:30	閉会

令和四年度 森林遺伝育種学会賞

武津 英太郎 (森林総合研究所林木育種センター)

カラマツにおける材質形質の遺伝性の解明と育種的改良に関する研究

令和四年度 森林遺伝育種学会奨励賞

渡辺 洋一 (千葉大学)

ツツジ属を対象とした日本列島の種多様性創出過程の解明

受賞講演要旨

カラマツにおける材質形質の遺伝性の解明と育種的改良に関する研究

武津 英太郎（森林総合研究所林木育種センター）

木材は、再生可能な資源として重要であり、その材質の遺伝的向上が求められている。カラマツは日本の主要な造林樹種の一つであり、その材質育種を進める上での基礎情報を得る目的で、特に材密度について、その遺伝的ばらつきの形成機構の解明を目指して行った。

人工交配家系を供試材料として、遺伝分散の大部分が相加的遺伝分散により説明されること、材密度は成長形質および応力波伝播速度との間に正の遺伝相関があることを明らかにし、材密度の遺伝的改良は、材質と成長の両者の改良に寄与することを示した。さし木クローンを供試材料として、材密度は晩材率と高い遺伝子型値の相関を示すことを示した。さらに、早材形成期から晩材形成期への移行は7月上旬であり、クローン間差はないこと、細胞分裂停止時期は、7月下旬から9月までバラついており、クローン間差が存在することを示した。本研究において、細胞分裂停止の時期に遺伝的差異があり、これが晩材率および材密度の遺伝的差異を引き起こす要因である可能性を示した。本研究により材密度の遺伝的差異の形成メカニズムの解明のための知見が得られたと考えている。

受賞講演要旨

ツツジ属を対象とした日本列島の種多様性創出過程の解明

渡辺 洋一（千葉大学大学院園芸学研究院）

日本は種多様性の高い地域であり、いくつかの科や属は日本列島で種が多様化し、多くの固有種が存在している。そのような属の1つにツツジ属があり、日本には66種が分布し、そのうち52種が日本の固有種である。ツツジ属には、園芸上重要な種や花の百名山に記載されるような自然生態系を特徴づける種が多く含まれている。一方で、希少種や環境省指定の絶滅危惧種も多く含まれる。これらを重要な遺伝資源として管理するため、日本列島における種多様性の創出過程や遺伝的変異の特徴について、系統学、系統地理学、集団遺伝学、種分布モデルの最新的手法を駆使して解明し、その保全管理に資する研究を行ってきた。

これまでにツツジ属全体の系統関係、ツツジ属ミツバツツジ節の多様化過程、オンツツジ、ジングウツツジ、アマギツツジ、ツクシアケボノツツジ、シロヤシオ、サツキ、ヤマツツジ、ハコネコメツツジの種内遺伝的多様性、コメツツジ類の新種記載などを論文報告している。これらの研究成果はツツジ属の多様化過程の理解に貢献するものであり、今後の研究は樹木の適応進化を理解する上で重要な貢献をするものと期待される。

ポスター発表タイトル・筆頭著者一覧 (*：発表賞審査対象の発表)

No	講演タイトル	著者名
P01*	シデコブシ集団における歴史的な集団動態の推定	久田和磨
P02	小笠原諸島に生育する樹木種子の乾燥耐性	木村恵
P03*	海洋島で雌雄異株化したムラサキシキブ属はどのような性決定ゲノム基盤を獲得したのか？	増田和俊
P04	複数の方法で冷蔵保存したケヤキ種子の発芽率	井城泰一
P05*	鬼の目山スギ群の遺伝解析	弓削直樹
P06	マメザクラの発芽試験	齋藤央嗣
P07*	森林限界および南限集団のダケカンバ苗木の生存率・生長の低下:気候環境・遺伝的多様性の影響	相原隆貴
P08	伐開地に分布拡大したユリノキの繁殖状況	那須仁弥
P09*	Patterns of Survival and Growth of <i>Betula ermanii</i> After Transplanting to Warm Sites	Aye Myat Myat Paing
P10	クルメツツジ品種群における開花フェノロジーに基づいた整理	石橋璃沙
P11*	Screening and insecticidal mechanism study of <i>Bacillus thuringiensis</i> Cry toxins against pinewood nematode	Yajie Guo
P12	クルメツツジ品種成立過程の推定に向けた品種群の整理	田村美帆
P13*	Growth characteristics and wood properties in the third generation of <i>Acacia mangium</i> in Indonesia	Masendra, Dwi Sukma Rini
P14	検定林データから明らかにする気候要因がヒノキの成長形質に及ぼす影響とその交互作用	高橋優介
P15*	栃木県産スギクローン4品種の年輪幅と容積密度	高崎美月
P16	エリートツリー実生ポット大苗の初期成長と第7成長期末における単木材積	西原寿明
P17*	早生樹としてのキリ(<i>Paulownia tomentosa</i>)の基礎的な木材性質と肥大成長との関係解明	根津郁実
P18	スギ第二世代精英樹候補木を母樹とするコンテナ苗の植栽初期の樹高成長における家系の効果	山野邊太郎
P19*	スギ不定根形成に対する光量の影響	村田淳之介
P20	コンテナ育苗によるマツノザイセンチュウ接種検定(クロマツ)の試み	藤井栄
P21*	スギ精英樹における成長と光獲得様式 の系統間差と幼老相関	日下真桜

P22	UAV 可視画像を用いたマツノザイセンチュウ接種苗木の抵抗性評価手法の検討	高島有哉
P23*	LiDAR リモートセンシングを用いたカラマツの個体ベースの表現型計測手法の開発	佐野春香
P24	2003 年以降に選抜されたマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ家系の千葉県における抵抗性評価	小林沙希
P25	カシワの枯れ葉はどのようにして落ちないのか- marcescence(着葉性)の至近要因と究極要因-	永光輝義
P26	関西育種基本区において選抜したセンダン優良木の系統間における成長の比較	宮下久哉
P27	ミズナラの開葉時期の年次間差および家系間差	生方正俊
P28	豪雪地帯に植栽されたスギ挿木系統ヤブスギの成育特性	宮下智弘
P29	繁殖にみるトドマツ天然集団の標高間差	石塚 航
P30	スギ溶液授粉の実効性の検証	宮本尚子
P31	有用広葉樹ケヤキの遺伝的多様性とフェノロジー等特性の評価	矢野慶介
P32	ヒノキ特定母樹から少花粉品種を開発する取り組み	三浦真弘
P33	トランスクリプトーム解析によるスギ環境適応遺伝子の探索	伊原徳子
P34	ヒノキ雄花・雌花発達過程の観察	坪村美代子
P35	分子レベルからみたスギの耐凍性の季節変化	能勢美峰
P36	無花粉スギの形質評価と新品種開発 -クラウドファンディングを活用しての調査研究-	袴田哲司
P37	スギの幼苗段階における水分生理特性および形態的特性と成長・生存との関連性を経時的に評価する試み	河合慶恵
P38	ピロディン 4J によるスギ材密度の評価	平岡裕一郎
P39	カラマツ属のゲノムデータ基盤の構築	三嶋賢太郎
P40	カラマツ次代検定林におけるエゾヤチネズミ食害面積の家系間差について	米澤美咲
P41	九州の無花粉遺伝子保有スギ交配家系における無花粉遺伝子の保有度と成長特性との関連性	岩泉正和
P42	血縁関係のある系統を含む採種園における植栽配置の設計支援プログラムの開発	松永孝治
P43	遺伝的に多様なスギ精英樹交配家系集団を用いた成長・材質のゲノミック予測	永野聡一郎
P44	コウヨウザンにおける有用遺伝子の探索に向けたゲノム情報の収集	平尾知士
P45	充実種子選別装置により計測した種子充実率と発芽率の関係	奈良雅代

P01*

シデコブシ集団における歴史的な集団動態の推定

久田和磨（名古屋大学大学院生命農学研究科）、玉木一郎（岐阜県立森林文化アカデミー）
戸丸信弘（名古屋大学大学院生命農学研究科）

シデコブシは愛知、岐阜、三重という限られた地域にのみ分布する日本固有種であり、自生地の消失や里山利用の減少に伴う植生遷移により絶滅が危惧されている。これまでに、シデコブシの保全を目的とした集団ゲノミクス研究が行われており、三重県北部のシデコブシ集団はコブシと最も近縁であることから最も祖先的な集団であること（仮説）が示唆された。しかし、この近縁性は過去にコブシからの遺伝子浸透によって生じたものである可能性も考えられる。多数の SNP を用いてシデコブシの歴史的な集団動態を調査することでこの仮説が裏付けられる可能性がある。そこで、本研究では、シデコブシの集団遺伝構造に基づいて岐阜県南部から愛知県中部にかけての集団、渥美半島の集団、三重県北部の集団の 3 つに分け、多数の SNP を遺伝マーカーとし、fastsimcoal2 によってシデコブシの歴史的な集団動態を調べた。その結果、三重県北部の集団がシデコブシの祖先集団から最も初期に分岐し、その後、岐阜・愛知の集団と渥美半島の集団が分岐したことが示された。この結果は三重県北部の集団が最も祖先的なシデコブシ集団であるという仮説を強く支持するものであった。

P02

小笠原諸島に生育する樹木種子の乾燥耐性

木村恵（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）

絶滅危惧種を含む林木遺伝資源の保存において種子による生息域外保存は、限られたスペースに多様な種を保存できる有効な方法のひとつである。しかし、この保存の可否に関わる種子の乾燥耐性については未だ情報が限られている。また、保存された種子を再導入などに活用するにはこれらの樹種の発芽特性を明らかにする必要がある。本研究では小笠原諸島に生育する固有樹木種などを対象に、種子の乾燥耐性と発芽特性を調べた。まず、TTC 溶液による胚の生存調査と種子の発芽調査から、21 種中 3 種で乾燥後に生存率や発芽率が低下したことから、この 3 種は乾燥耐性を持たないリカルシトラント種子であると考えられた。さらに、十分に種子を採取出来た 22 樹種について寒天培地（テリハボクなど大型の種子は土壌）に播種し、インキュベータ内（25°C の恒温条件）で発芽実験を行った。発芽数の確認は週に 1 度、最終の発芽から 4 週間後まで行った。発芽実験を行った樹種の中には、種子が健全にもかかわらず 6 週間育成しても発芽がみられなかった樹種も存在した。これら樹種にはなんらかの発芽促進処理が必要であると考えられる。

P03*

海洋島で雌雄異株化したムラサキシキブ属は どのような性決定ゲノム基盤を獲得したのか？

増田和俊、瀬戸口浩彰、長澤耕樹（京都大学大学院人間・環境学研究科）
鈴木節子（森林総合研究所）、久保田涉誠、佐藤真（株式会社ファスマック）
阪口翔太（京都大学大学院人間・環境学研究科）

海洋島で見られる植物相の特徴の1つに雌雄異株植物の割合が大陸と比べて高いことが挙げられる。小笠原諸島でもこの”アイランドシンドローム”が当てはまり、雌雄異株植物の割合が高い。オオバシマムラサキを含む小笠原諸島固有のムラサキシキブ属（シソ科）3種は世界で約140種を有する本属で唯一の雌雄異株であることから、両全性の祖先種が島に移入した後に雌雄異株化したと考えられる。本研究ではオオバシマムラサキを対象として、両全性から雌雄異株への進化の過程でどのような性決定システムを新規に獲得したのかを全ゲノム解析から明らかにすることを目的とした。最初にオオバシマムラサキの性決定領域を特定するため、新規に染色体規模の参照ゲノム配列を雌雄別に構築し、Pool-seq法で雄雌の全ゲノム比較を行った。その結果、10番染色体上に約800kbpにわたる高分化領域が検出され、この領域がオオバシマムラサキの性決定領域であることが示唆された。この性決定領域のアレル頻度や構造変異を雌雄間で比較したところ、本種は雄ヘテロ型の性決定様式を持つことが推定された。さらに遺伝子予測から性決定に関与している候補遺伝子を探索したところ、本種の表現型変異との関連が疑われる、花粉稔性や雌蕊の発達に関わる遺伝子が性決定領域上に存在することが明らかになった。

P04

複数の方法で冷蔵保存したケヤキ種子の発芽率

井城泰一（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）
中田了五（森林総合研究所林木育種センター北海道育種場）、山田浩雄（森林総合研究所林木育種センター）

ケヤキの種子は豊凶があり、また種子の遺伝資源保存の観点から、種子の長期保存方法について検討されてきた。ケヤキ種子の保存については、種子を乾燥密封して1~3°Cの低温で保存する方法が良いと報告されている¹⁾。また、低温湿層処理の効果についても報告されている²⁾。このようなケヤキ種子の保存に関する報告では、2~3年程度保存した種子で発芽率を検討した例が多く、より長期に保存した種子については報告が少ない。そこで、2005年11月に山形県東根市で採取したケヤキ種子を、乾燥後、複数の方法で冷蔵保存し、2022年4月に播種し発芽率を調査した。その結果、保存方法により発芽率に0~32%の差があったので報告する。

¹⁾石井幸夫 日林誌 60(6):209-212, 1978、²⁾石井幸夫 日林誌 61(10):362-366, 1979

P05*

鬼の目山スギ群の遺伝解析

弓削直樹（九州大学大学院生物資源環境科学府）、渡辺敦史（九州大学大学院農学研究院）
田村美帆（九州大学大学院農学研究院）、武津英太郎（森林総合研究所林木育種センター）

宮崎県北部に位置する鬼の目山には九州本土で唯一の天然と考えられるスギ個体群が分布している。過去に花粉分析や周囲環境等生態学的観点から鬼の目山スギ個体群の調査が行われてきたが、遺伝構造に関する研究は行われていない。そこで、本研究では鬼の目山にて実地調査を行い、確認できたすべての個体に対して樹高、DBH、GPS データの測定およびサンプリングを行い、サンプルから抽出した DNA を利用して遺伝構造解析を実施した。8 SSR マーカーを用いて PCR 増幅、3700Genetic アナライザによる電気泳動を行い、GeneMapper を利用して遺伝子型の決定を行った。決定した遺伝子型に基づいて、ヘテロ接合体率等基本的な遺伝的パラメータに加え遺伝構造解析や主座標分析を行い鬼の目山スギ群を遺伝的観点から評価した。九州スギ在来品種および西日本を中心とした天然スギと比較した結果、鬼の目山一帯のスギ個体群は特異的な遺伝構造を持つことが明らかとなった。本研究の結果は、九州スギが遺存した可能性を検討する一つの材料になると考えられる

P06

マメザクラの発芽試験

齋藤央嗣・河野明子・久保典子・大津喜代美（神奈川県自環保セ）

マメザクラ（フジザクラ、*Prunus incisa*）は、別名のとおり富士山周辺の関東から東海の山地を中心に分布する国内に自生するサクラであり、この地域に特異的ないわゆる“フォッサマグナ要素”の代表的な植物の 1 つである。神奈川県では、水源林広葉樹苗木育成事業により、県内に自生する広葉樹の自給のための事業を展開しており、県の委託事業で種子を採取し、県山林種苗協同組合に種子を配布して苗木を生産しているが、十分な発芽が得られていなかった。そのため無処理と湿層低温 2 カ月の発芽試験を行ったところ、無処理では全く発芽せず湿層低温 2 カ月で $5.0 \pm 5.0\%$ （±は標準偏差）であった。そこでこの無処理区を冷蔵庫内で湿層低温処理 6 か月間行ったところ、処理中に発芽し発芽率は $54.0 \pm 10.1\%$ と高率の発芽が得られた。このため湿層低温の期間が発芽に影響すると思われたため、再度湿層低温 2 カ月と 4 カ月で検定したところ、2 カ月では $16.0 \pm 8.6\%$ であり 4 カ月では、湿層低温期間の 3 か月で発芽が始まり 4 カ月処理時点の低温下で $22.0 \pm 9.5\%$ の発芽が得られた。このため、3 か月以上の湿層低温処理自体で発芽が始まることが明らかになった。

P07*

森林限界および南限集団のダケカンバ苗木の生存率・生長の低下 :気候環境・遺伝的多様性の影響

相原隆貴（筑波大学生命環境科学研究科）、荒木響子（筑波大学生命地球科学研究群）、Ragini Sarmah（筑波大学生命地球科学研究群）、蔡一涵（北海道大学地球環境科学院）、AYE MYAT MYAT PAING（東京大学大学院農学生命科学研究科）、後藤晋（東京大学大学院農学生命科学研究科）、久本洋子（東京大学大学院農学生命科学研究科）、種子田春彦（東京大学大学院理学系研究科）、戸丸信弘（名古屋大学生命農学研究科）、本間航介（新潟大学佐渡自然共生科学センター）、高木正博（宮崎大学農学部）、吉田俊也（北海道大学北方生物圏フィールド科学センター）、飯尾淳弘（静岡大学農学部）、永松大（鳥取大学農学部）、小林元（信州大学農学部）、内山憲太郎（森林総合研究所樹木分子遺伝研究領域）、廣田充（筑波大学生命環境系）、津村義彦（筑波大学生命環境系）

種の分布辺縁は厳しい気候環境であり、しばしば小集団・孤立化する。厳しい環境への適応や遺伝的浮動の影響により、分布辺縁の個体は低い生存率や生長を示すことが知られている。環境適応と遺伝的浮動それぞれが生存率・サイズ・生長に与える効果は異なる可能性があるが、知見は限られている。そこで本研究は日本のダケカンバ 11 産地由来の苗木の生存率・樹高・幹径・生長量を 8 試験地で測定し、推定した気候的ポジション・遺伝的多様性との関係性を検証した。MaxEnt で推定した日本のダケカンバ分布域のうち、森林限界に位置する中央アルプス産地（以下 APW）は低温側、分布南限の釈迦ヶ岳産地（以下 SHK）は多雨側の 95% 区間外に位置した。また SHK は遺伝子多様度 H_e ・塩基多様度 π ・有効集団サイズ N_e が著しく小さかった。両集団ともに生存率・樹高・幹径が全集団の平均以下であり、SHK はそれらに加え生長量も平均以下であった。SHK は厳しい環境条件であり著しく小集団・孤立化しており、遺伝的浮動の影響で近交弱勢もしくは有害遺伝子の蓄積が生じ、苗木の生存率・生長量が低いと推測された。APW の苗木は低温・多雪環境への適応により小さな個体サイズなど生育地外での生育に不利な形質が選択されていると考えられた。

P08

伐開地に分布拡大したユリノキの繁殖状況

那須仁弥、宮本尚子、中村隆史

東北地方に適した早生樹としてユリノキが注目されている。ユリノキは北米原産の“外来種”であり、その産業利用にあたっては地域の生態系に与えるリスクを最小にするための適正な管理が求められる。しかし、国内におけるユリノキの自然繁殖の報告は少ない。今回、岩手県内の伐開地に分布拡大したユリノキの繁殖状況の調査を行った。Plot 調査では植生高より高い苗高のユリノキ稚樹の本数密度は 1ha あたり 15000 本以上と多く、稚樹群の年齢は複数で構成されていると推定された。ユリノキの稚樹が複数回にわたって発生したと考えられた。

P09*

Patterns of Survival and Growth of *Betula ermanii* After Transplanting to Warm Sites

Aye Myat Myat Paing, Shufen CHEN (The University of Tokyo), Kyoko ARAKI, Takaki AIHARA, Mitsuru HIROTA, Yoshihiko TSUMURA (University of Tsukuba), Nobuhiro TOMARU (Nagoya University), Kousuke HOMMA (Niigata University), Toshiya YOSHIDA (Hokkaido University), Hajime KOBAYASHI (Shinshu University), Atsuhiko IIO (Shizuoka University), Dai NAGAMATSU (Tottori University), Masahiro TAKAGI (University of Miyazaki), Haruhiko TANEDA, Yoko HISAMOTO, Susumu GOTO (The University of Tokyo)

There is no doubt that global warming has become a serious problem for ecosystems, especially high-latitude and altitude forest ecosystems. Tree species respond individually to global warming. Different response patterns to warming might be observed among species and/or populations within a species. Range-wide provenance trials of *Betula ermanii*, a representative species of cool-temperate ecosystem in Japan, were established to examine the response pattern of survival and growth of the species to elevated temperature. In general, *B.ermanii* responded negatively to elevated temperature through different patterns in terms of survival and growth. The intensity of negative responses depended on populations. In case of warming, survival rates were higher in saplings of northern populations than those of southern and tree-line populations, whereas saplings of southern populations performed better in height growth compared to those of northern and tree-line populations. Assisted migration of southern populations to north and conservation of tree-line populations should be appropriate conservation strategy for *B.ermanii* in the future.

P10

クルメツツジ品種群における開花フェノロジーに基づいた整理

石橋璃沙（九大生資環）、黒安耕佑（九大農）、田村美帆（九大院農）、渡辺敦史（九大院農）

ツツジ属 (*Rhododendron*) は日本において江戸時代中期から園芸品種として好まれ、品種改良が盛んであり、現在でも多数の品種が現存する。2022年4~6月にクルメツツジ124品種、サツキ70品種、クルメツツジとサツキの交雑品種である桑野交配6品種の開花調査を行ったところ、ツツジ品種は4月から5月上旬、サツキ品種は5月上旬から6月中旬と開花時期の違い見られた。桑野交配品種は両者の開花期の間期的な時期である4月下旬から5月中旬に開花が見られた。これまでの研究から、いくつかの開花フェノロジーに関与する遺伝子が報告されている。しかし、それぞれの品種で認められた開花期の多様性が開花関連遺伝子の塩基配列に依存するのか、日照時間などの外部環境が要因となり遺伝子発現に影響した結果であるのか、その詳細については明らかになっていない。そこで、本研究では開花フェノロジーに關与すると考えられる遺伝子を対象としてツツジ・サツキから各遺伝子を単離した。

P11*

Screening and insecticidal mechanism study of *Bacillus thuringiensis* Cry toxins against pinewood nematode

Yajie Guo (The University of Tokyo), Songqing Wu (Fujian Agriculture and Forestry University),
Chunlan Lian (The University of Tokyo)

Bursaphelenchus xylophilus causes pine wilt disease, which results in severe ecological and economic losses. Effective control methods for the pinewood nematode are urgently required. *Bacillus thuringiensis*, a widely used microbial insecticide, produces toxins that are toxic to several species of parasitic nematodes; but the nematocidal activity to pinewood nematodes is unknown. Therefore, the effects of nine nematocidal toxins on pinewood nematodes were studied. First, the results showed that six toxins with high toxicity, including App6Aa2 (LC50 = 49.71 $\mu\text{g}/\text{mL}$), Cry13Aa1 (LC50 = 53.17 $\mu\text{g}/\text{mL}$), Cry12Aa1 (LC50 = 58.88 $\mu\text{g}/\text{mL}$), Cry5Ba3 (LC50 = 63.99 $\mu\text{g}/\text{mL}$), Xpp55Aa1 (LC50 = 65.14 $\mu\text{g}/\text{mL}$), and Cyt8Aa1 (LC50 = 96.50 $\mu\text{g}/\text{mL}$). Then, the results of enzymatic activation indicated insufficient processing or non-specific enzymatic digestion of nematocidal toxins by the gut proteases of *B. xylophilus*. Besides, App6Aa1, Xpp55Aa1, and Cyt8Aa1 toxins can bind more proteins in BBMV to other toxins, and all nine toxins could bind with a protein size is about 35 kDa. The results of this study provide basic information to study the action mechanism of nematocidal toxins on the pinewood nematode and the direction for the use of nematocidal toxins in the biological control of *B. xylophilus*.

P12

クルメツツジ品種成立過程の推定に向けた品種群の整理

田村美帆（九州大学大学院農学研究院）、黒安耕佑（九州大学農学部）
渡辺敦史（九州大学大学院農学研究院）

クルメツツジは、江戸末期に久留米藩で成立したとされる。ミヤマキリシマ・ヤマツツジ・サタツツジなど霧島や大隅半島、薩摩半島に自生する野生種およびその交配個体がクルメツツジ品種群の成立に関与したと推測されている。品種作出の最盛期は明治であり、現在でも久留米市世界ツツジセンターには、江戸期以降作出された品種群が多数保存されている。花器を主要な対象として育種が行われてきたクルメツツジ品種群の成立過程の推定は日本の園芸史・文化史の一端の推定に寄与できると考えられる。特に、利用されてきた遺伝子リソースの規模の理解は、これまでの品種改良における園芸家の嗜好性や今後の新品種開発の可能性などを知る上で重要な知見となる。本研究では、クルメツツジ品種群を対象として品種成立過程を遺伝子リソースの観点から明らかにする前段階としてとして現存クルメツツジ品種群の SSR マーカーによる整理を試みた。その結果、クルメツツジ品種群は大きく 3 グループに分けられる可能性が示唆され、一部の品種はグループ間を横断して作出されたと考えられるもののその数は必ずしも多くなかった。

P13*

Growth characteristics and wood properties in the third generation of *Acacia mangium* in Indonesia

Masendra, Dwi Sukma Rini, Ikumi Nezu (Tokyo University of Agriculture and Technology, Utsunomiya University), Futoshi Ishiguri, Jyunichi Ohshima, Shinso Yokota (Utsunomiya University), Fanny Hidayati, Agus Ngadianto (Universitas Gadjah Mada), Arif Nirsatmanto, Sri Sunarti (National Research and Innovation Agency, Indonesia)

The breeding of *Acacia mangium* in Indonesia has entered in the third-generation cycle. In order to fulfill timber industry needs, wood property should be improved by conducting appropriate tree breeding program of this species. In the present study, growth characteristics [stem diameter (D) and tree height (TH)] and wood properties [Pilodyn penetration (P) and the stress-wave velocity (SWV)] were measured for 650 individual trees of 10-year-old *A. mangium* from 40 half-sib families originated from four different provenances (each 10 families) in Indonesia. Variance components in each trait were estimated by intercept only mixed effects model with random effects of provenance and family. The results exhibited that variance components of the families for D , TH, P , and SWV were 7.37%, 5.10%, 8.32%, and 11.35%, respectively. In addition, the variance components of provenance for D , P , and SWV were 16.01%, 4.87%, and 5.51%, respectively. These results indicate that the effects of provenance on D , and family on SWV were relatively large. Therefore, even in the third generation, the wood properties can be improved through family selection.

P14

検定林データから明らかにする気候要因がヒノキの成長形質に及ぼす影響とその交互作用

高橋優介、松下通也、田村 明、大平峰子、高橋 誠（森林総合研究所林木育種センター）

樹木の成長は、気温や降水量等の気候要因の影響を受ける。林木育種を推進するにあたり、その影響の程度および交互作用、系統の応答性の変異を理解する必要がある。ヒノキは、我が国の主要な造林樹種の1つであり、育種対象樹種となっている。しかし、ヒノキの成長と気候要因の影響の程度および交互作用、系統の応答性の変異についての知見は、スギと比較してまだ限られている状況にある。本研究では、関東育種基本区内に設定された24カ所の検定林を対象とし、20年次における胸高直径および樹高の成長量データとメッシュ気候値を用いて、気候要因が成長形質に及ぼす影響を解析した。各月の平均気温および降水量と成長形質との相関関係を算出した結果、4月、8月、9月および10月の降水量と胸高直径との間に有意な正の相関が得られた。このことから、ヒノキの肥大成長量は、特に晩材形成期である夏季の降水量の影響を受けることが示唆された。

P15*

栃木県産スギクローン 4 品種の年輪幅と容積密度

高崎美月、根津郁実、石栗 太、大島潤一、横田信三（宇都宮大学農学部）

高島有哉（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）、大谷直希（栃木県林業センター）

栃木県林業センターでは、1963年に栃木県産スギクローンを含む22クローンを用いて見本林が造成されたが、2022年、この見本林が伐採されることとなった。本研究では、栃木県産スギクローンの基礎的木材性質を明らかにするため、伐採された4クローン全17個体を対象に年輪幅および容積密度を調査した。得られた結果から、クローンごとに、対数式または二次式に基づく容積密度の半径方向変動モデルを作成し、AICによりモデルを選択した。その結果、4クローンのすべてにおいて、二次式に基づくモデルが選択された。従って、容積密度の半径方向変動パターンは、クローンの違いにかかわらず同様であることが示唆された。さらに、全データを用いて、二次式に基づく容積密度の半径方向変動モデルを作成したところ、クローン、個体および樹高位置を切片の変量効果としたモデルが採択された。このモデルから推定されるクローンの反復率は0.40であり、容積密度の値にはクローン特有の値があると考えられる。また、得られた回帰モデルの各係数の値から、容積密度は髓から27年目まで減少し、その後、樹皮に向かって緩やかに増加することが示唆された。

P16

エリートツリー実生ポット大苗の初期成長と第7成長期末における単木材積

西原 寿明（愛媛県林業研究センター）、田口 裕人（愛媛県林業研究センター）

近年、再造林経費の多くを占める、下刈りの省力化に関する研究に多くのリソースがさかれるようになってきた。その一つとして、初期成長が早い系統の苗木を用いた下刈り回数の削減が提案されている。そこで、愛媛県松山市の標高500mの皆伐地において、エリートツリー自然交配苗の大苗、第1世代精英樹のうち特に成長の良い系統同士の人工交配苗の大苗、愛媛育種混合苗の大苗と150ccコンテナ苗を植栽し、初期成長等を調査したので報告する。コンテナ苗区では下刈りを4回行ったのに対し、エリートツリー大苗は、第2成長期末には樹高約2.2mに達し、下刈りを1回に省力化することができたが、愛媛育種混合大苗では第3成長期末に雑草木との競合状態（山川ら2017）を示す指数C3、C4が45%以上となったため、灌木の除伐が必要であった。エリートツリー大苗と愛媛育種混合大苗の比較では、樹高、胸高直径に差が見られ、単木材積では7年生時に平均で約1.4倍の差がみられた。なお本調査は、関西林試協育林育種環境部会での共同研究として、林木育種センター関西育種場から種子の提供を受けて実施した。

P17*

早生樹としてのキリ (*Paulownia tomentosa*) の基礎的な木材性質と肥大成長との関係解明

根津郁実 (東京農工大学大学院、宇都宮大学農学部)

石栗 太、大島潤一、横田信三 (宇都宮大学農学部)

キリは、成長が早いことが知られており、古くから箆笥などの工芸用材に用いられてきている。これらの用途に関連してキリ材の熱伝導性や寸法安定性などのデータは数多く存在している。一方、キリを最近議論が進められている早生樹の一つとして捉え、用材利用のための基礎的な木材性質と成長の関係を調査した例はほとんどない。本研究では、福島県大沼郡金山町に植栽された 24~25 年生のキリ 4 個体を用いて、基礎的な木材性質 (年輪幅、気乾密度、曲げヤング率、曲げ強さおよび縦圧縮強さ) の半径方向変動および成長との関係を調査し、その材の新たな利用可能性および材質育種を検討することとした。実験の結果、累積年輪幅の回帰モデルから推定される連年および平均肥大成長速度は、5.4 および 7.3 年目で最大を示した。気乾密度、曲げヤング率および縦圧縮強さは、髓から樹皮に向かってほぼ一定の値を示した。このことから、キリは肥大成長に関係なく、成長初期から比較的安定した密度・強度を有する木部を形成すると考えられる。これらの性質が優れた個体を早期に選抜することで、高い密度・強度を有するキリ材を得られる可能性が示唆された。

P18

スギ第二世代精英樹候補木を母樹とするコンテナ苗の 植栽初期の樹高成長における家系の効果

山野邊太郎 (森林総合研究所林木育種センター)、大平峰子 (森林総合研究所林木育種センター)、千葉一美 (森林総合研究所林木育種センター)、永野聡一郎 (森林総合研究所林木育種センター)、坪村美代子 (森林総合研究所林木育種センター)、高島有哉 (森林総合研究所林木育種センター関西育種場)、宮下久哉 (森林総合研究所林木育種センター関西育種場)、加藤一隆 (森林総合研究所林木育種センター北海道育種場)、高橋誠 (森林総合研究所林木育種センター)

スギの第二世代精英樹候補木を母樹とする種子からコンテナ苗を育成し、関前 8 1 号検定林に植栽した後、3 成長期経過後まで樹高を調査した。交配はブース内で複数系統の混合花粉を用いて行い、苗木育成時に SSR により親子鑑定を行い花粉親を推定した。3 成長期経過時点で 8 個体以上生存している 23 交配組み合わせ (以下、「家系」) を解析対象とした。3 成長期後の樹高の中央値は 2.8m に達し、良好な成長が見られた。樹高における家系分散の割合は成長とともに増大したが、2 成長期経過時と 3 成長期経過時との差は小さかった。BLUP 法により算出した家系推定値の順位は、植栽直後から 2 成長期経過時まで大きく変動したが、2 成長期経過時と 3 成長期経過時での変動は小さかった。植栽直後の樹高の大小は苗高の大小と概ね同義と考えられるため、上記の結果から、苗高が大きく育った家系が必ずしも 2 成長期経過時以降の樹高が大きくなるわけではなく、徐々に交配親の遺伝的能力が顕在化している可能性が考えられた。なお、本研究は農林水産省による戦略的プロジェクト研究推進事業「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」(18064868) による支援により推進した。

P19*

スギ不定根形成に対する光量の影響

村田淳之介（九州大学農学部生物資源環境学科）、栗田学（森林総合研究所林木育種センター）
田村美帆（九州大学大学院農学研究院）、渡辺敦史（九州大学大学院農学研究院）

本研究では、光量がスギ不定根形成に与える影響を評価するため、遮光度を変化させてさし木試験を行った。その結果、発根率は遮光度が高いほど低くなる傾向を示し、春挿しでは特に遮光度が75%、秋挿しでは50%を超えると発根率が低下することが明らかとなった。この結果は、光量はスギの不定根形成に重要な要素であることを示している。春挿しと秋挿し期間中の光量を比較した結果、季節によって最適な光量は変化させる必要があること、不定根形成に必要となる光量に基準値が存在する可能性が示唆された。さし木試験終了後の不定根量を測定したところ、遮光度が低くなるに従って不定根量は増加し、光量は糖代謝に影響することが示唆された。光量が光合成による糖代謝とそれに引き続く不定根形成に影響することを示唆する一方で、光が内在性オーキシン誘導に関与することも報告されている。そこで、オーキシン受容体遺伝子を単離し、光量に対するオーキシン受容体遺伝子の発現変動を明らかにした。これらの結果から、光量とスギの不定根形成の関係について考察する。

P20

コンテナ育苗によるマツノザイセンチュウ接種検定(クロマツ)の試み

藤井栄（徳島県立農林水産総合技術支援センター）
高島有哉、三浦真弘（林木育種センター関西育種場）、岩泉正和（林木育種センター九州育種場）

マツノザイセンチュウ抵抗性品種（クロマツ）の効率的な選抜を目的として、従来の苗畑での接種一次検定と同時に、普及が進むマルチキャビティコンテナ苗に対する接種試験を実施した。2020年10月に徳島県内のクロマツ海岸林から選定した健全木のうち22本から球果を採取し、精選した種子を得た。翌2021年4月に徳島県立農林水産総合技術支援センター（徳島県石井町）のガラスハウス内育苗施設で候補木家系ごとに1.5gの種子を育苗箱に播種し、発芽した幼苗は2021年5月にマルチキャビティコンテナ（JFA300）に家系あたり2コンテナ（48本）～3コンテナ（72本）移植した。移植後、コンテナはセンター内露地育苗棚で育苗した。2022年7月にクロマツコンテナ苗の樹高、直径を計測した結果、全体の平均樹高は41cm、平均根元直径は6.4mmであった。同月に剥皮接種法によりマツノザイセンチュウKa-4系統を家系あたり1～2コンテナに1000頭/本、残りの1コンテナには2000頭/本接種した。今回の発表では接種後の結果を四国増殖保存園（高知県香美市）内の苗畑で同一家系に対して実施した従来手法と比較して報告する。

P21*

スギ精英樹における成長と光獲得様式 の系統間差と幼老相関

日下真桜（京都大学農学部）、松下通也、武津英太郎（森林総合研究所林木育種センター）
亀井啓明（京都大学大学院農学研究科）、小野田雄介（京都大学農学研究科）

材木育種においては、効率的な育種を進めるために生産性の高い樹木をなるべく短期間で選抜することが求められている。そのために成木での生産性を決定する形質を特定し、その形質の良し悪しを可能な限り早期に評価・選抜するフレームワークが必要である。本研究では、茨城県日立市の大久保育種素材保存園に植栽されている25年生のスギ精英樹と、林木育種センター場内の4年生の精英樹を対象に、成長や樹冠構造、光獲得様式の系統間変異を解析している。成長や樹冠構造、光獲得様式には大きな系統差が認められた。また地上部成長速度は樹冠サイズだけでなく、光獲得様式とも相関していた。さらに、若木と成木で光獲得様式には弱いながらも相関があった。これらのことから、育種に関わるスギの選抜においてはその光獲得様式も一つの評価指標として利用できる可能性があると考えている。

P22

UAV 可視画像を用いたマツノザイセンチュウ接種苗木の抵抗性評価手法の検討

高島有哉（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）、岩泉正和（森林総合研究所林木育種センター九州育種場）、三浦真弘（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）、宮下久哉（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）、河合慶恵（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）
磯田圭哉（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）

マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発では、苗畑においてマツの実生または接ぎ木苗にマツノザイセンチュウを人工接種し、接種後10週以上経過した後に、健全、部分枯および枯死苗の本数から健全率および生存率を算出し、対照系統と比較することにより検定合格木判定を行っている。個体の枯損程度は連続的である一方で、目視による枯損度（3段階）の判定にはばらつきが生じうるため、数値的かつ機械的な枯損評価は重要と考えられる。本研究では、UAVで撮影した可視画像のRGBバンドの各画素値を用いて、接種苗の健全率および生存率等の枯損状況を正確かつ簡便・早期に推定可能か検討した。

2022年7月に、林木育種センター関西育種場（岡山県）および四国増殖保存園（高知県）の苗畑において、クロマツおよびアカマツの2または3年生接ぎ木苗に、マツノザイセンチュウ1万頭を接種し、その3か月後に枯損調査を行った。また、接種から3か月後までの間、1か月毎にUAVによる空撮を実施し、苗畑のオルソ画像を取得した。オルソ画像のRGB値から、Visible atmospherically resistant index (VARI)等のいくつかの活性指標を系統ごとに算出し、枯損調査の結果と比較した。その結果、UAV可視画像から、接種苗の枯損状況が推定できる可能性が示された。

P23*

LiDAR リモートセンシングを用いたカラマツの個体ベースの表現型計測手法の開発

佐野春香（東京大学大学院農学生命科学研究科）、海野大和（住友林業）、郭威（東京大学大学院農学生命科学研究科）、三浦直子（東京大学大学院農学生命科学研究科）、楠和隆（住友林業）
伊藤寛規（住友林業）、岩田洋佳（東京大学大学院農学生命科学研究科）

育種において個体の表現型の計測は不可欠である。近年着目されているリモートセンシング（RS）を使った計測では、手動計測に比較して必要な労力が大幅に低減され、より多くの個体の高精度な計測・評価が可能になる。本研究は樹木の表現型を RS で計測する手法を開発することを目的とする。

1965 年に富士癒しの森研究所に植栽されたカラマツの交配後代 567 個体を使用し、胸高直径と樹高を計測対象形質とした。RS 手法の 1 種であるバックパックライダー（B-LiDAR）およびドローン搭載型ライダー（D-LiDAR）にて点群データを取得した。植栽位置を推定したのち、各個体の幹の点群に円をフィッティングして、直径を推定した。また、計測した形質についてゲノムワイドマーカー遺伝子型を基にしたゲノミック遺伝率を算出した。

胸高直径については、手計測結果に対する RMSE で、B-LiDAR を使用した場合は 2.4 cm、D-LiDAR では 4.3 cm の精度で計測可能であった。推定された遺伝率は、B-LiDAR の方が、手計測データにおける遺伝率（0.58）に近い値をとった。

今後は得られた表現型とゲノムワイドマーカー遺伝子型間の関連をもとにしたゲノミック予測モデルを構築する。

P24

2003 年以降に選抜されたマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ家系の 千葉県における抵抗性評価

小林沙希、福原一成（千葉県農林総合研究センター森林研究所）、遠藤良太（千葉大学教育学部）

2003 年以降に追加選抜された抵抗性クロマツ品種の、実生家系の抵抗性に関する知見はほとんどない。そこで、2018 年から 2021 年の 4 年間、追加選抜品種を導入した抵抗性クロマツ採種園産の初期選抜品種 16 家系、追加選抜品種 18 家系、及び対照として感受性在来の 2 年生苗を用い、マツノザイセンチュウ接種試験を実施した。その結果、生存率は接種年により変動したが、追加選抜品種の 4 か年平均生存率は 49.0%と、初期選抜品種の 44.1%と同程度であり、在来の 15.0%と比較して明らかに高くなった。また、接種年と家系を要因とした二元配置の分散分析を行った結果、接種年及び家系間ともに有意な差が認められた。4 か年すべてで接種試験を実施した 18 家系（初期選抜 9 家系、追加選抜 9 家系）について、接種年ごとの生存率順位の相関を総当たりで確認した結果、6 通りの組み合わせの内、5 通りで有意な正の相関がみられ、比較的安定して上位の生存率順位を示す家系があることが示唆された。

P25

カシワの枯れ葉はどうして落ちないのか - marcescence(着葉性)の至近要因と究極要因-

永光輝義 (森林総研)

枯れた葉を一定期間、ふつう休眠期のあいだ、植物体に保持する現象をマルセセンス (marcescence) と呼ぶ (適切な訳語がないので、着葉性と訳す)。着葉性は、維管束植物の器官脱落の変異として位置づけられる。種子が脱落する性質、すなわち脱粒性の喪失によって栽培植物が生み出されたように、維管束植物の器官脱落は重要な現象として注目されてきた。そのため、器官脱落を制御する至近要因は何か、器官の脱落・保持の究極要因 (適応的意義) は何かを問う、多くの研究がなされてきた。コナラ属の着葉性の至近要因と究極要因の科学的知見は、維管束植物の器官脱落の理解や有用植物の収穫・管理への応用につながるかもしれない。コナラ属の着葉性は、古くから知られ、今も注目されているにもかかわらず、日本語の論文や総説がほとんどない。そこで、コナラ属の離層の発達過程を概説したあと、その着葉性の至近要因と究極要因を解説し、今後の研究の展開について言及したい。

P26

関西育種基本区において選抜したセンダン優良木の系統間における成長の比較

宮下久哉 (森林総合研究所林木育種センター関西育種場)、高島有哉 (森林総合研究所林木育種センター関西育種場)、河合貴之 (森林総合研究所林木育種センター関西育種場)、宮島盾二 (森林総合研究所林木育種センター関西育種場)、堀口和真 (森林総合研究所林木育種センター関西育種場)

森林総合研究所林木育種センター関西育種場は、2019年に近畿中国森林管理局及び福井県総合グリーンセンターと連携してセンダン優良木を12本選抜した。これら12本のうち9本から核果が採取出来たことから発芽試験を実施し第9回大会(2020)でその結果を報告した。その後、発芽した実生苗を苗畑で育成し、2021年4月に山陰増殖保存園(鳥取県智頭町)に試験地を設定して9系統を植栽した。2021年(1成長期経過後)と2022年(2成長期経過後)の成長休止後の秋季に樹高、地際径および胸高直径を測定した。1成長期経過後の樹高の中央値は1.08m、地際径の中央値は14.5mmであった。2成長期経過後の樹高の中央値は2.68m、地際径の中央値は29.5mm、胸高直径の中央値は19.6mmとなった。今回は、これら測定データを用いて、2成長期経過後の系統間における成長を比較したので報告する。

P27

ミズナラの開葉時期の年次間差および家系間差

生方正俊（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北海道育種場）

林木育種センター北海道育種場では、ミズナラの育種や遺伝資源保存に活用するため、同樹種の遺伝的多様性の解明に向けた調査・研究を継続的に行っている。その一環として、北海道育種場内（江別市）に設定したミズナラ産地試験園において開葉時期の年次間差及び家系間差の調査を行った。北海道内各地から収集した家系のうち、8産地11家系を対象に、1993年から2022年までの間に8回、4月下旬から6月上旬にかけて目視で開葉の進行状況を調査した。開葉時期は、同一年内でも家系により半月から1か月程度の差がみられ、年次間においても17日程度の差があった。試験園に最も近いアメダスデータから各調査年の有効積算気温を算出し、開葉時期との関係を解析したところ、閾値を1°C、積算期間を1月1日から4月15日とした有効積算気温とミズナラの平均開葉日との間に強い負の相関が検出され、暖かい春ほどミズナラは早く開葉することがわかった。さらに11系統の採種地（産地）の春先の気温と開葉時期との関係を解析した結果、春先の気温が低い地域に生育していた個体由来の家系ほど、開葉時期が遅いという結果が得られた。

P28

豪雪地帯に植栽されたスギ挿木系統ヤブスギの育成特性

宮下智弘、村川直美子、渡部公一（山形県森林研究研修センター）

本発表では、豪雪地帯である山形県小国町内の41年生検定林において、通直性が優れ、生存率も高かったスギの挿木系統である「ヤブスギ」について報告する。この系統は、山形県森林研究研修センターが遺伝資源として選抜したようであるが、選抜台帳が無く、その詳細は不明である。本検定林は、スギの挿木苗と実生苗を植栽しており、乱塊法により三つの反復を設けて設定された。これまでの研究では、スギの挿木苗は豪雪地帯での成林が難しいと報告されているが、本検定林においても挿木苗の多くは枯損が激しく、生存率は極めて低かった。一方、ヤブスギは全ての反復を通して生存率が高かった。また、通直性も優れていることから、幼齢期に受けた根元曲がり被害も少なかったと推察される。材積に注目すると、ヤブスギの検定林平均値は、他の挿木系統の検定林平均値や実生系統の検定林平均値と比べて、同等かやや大きい傾向が観察された。本発表では、これらの生存率や材積に加えて、応力波伝播速度や雄花着花性についても報告する予定である。

繁殖にみるトドマツ天然集団の標高間差

石塚 航（北海道立総合研究機構林業試験場）、北村系子、中西敦史、津山幾太郎（森林総合研究所北海道支所）、内山憲太郎（森林総合研究所）、種子田春彦（東京大学理学部）
久本洋子（東京大学千葉演習林）、後藤 晋（東京大学演習林）

北海道の森林の主要構成種である常緑針葉樹トドマツ（モミ属）は、低地から標高 1,600 m に至る幅広い標高に自生し、成長や繁殖に関連した形質、耐凍性や枝形態などに種内変異が知られる。なかでも繁殖は生育環境へ適応するような変異があり、標高間変異が明瞭だと予想されるが、天然集団での知見が限られる。そこで本研究では、個体の開花特性に着目して、標高の異なる天然集団の繁殖関連形質の実態を調べた。現地調査は、北海道中央部に位置する十勝岳（上富良野町）において標高 600 m、900 m、1,200 m 階に分布する 3 天然集団を対象に実施した。各集団において、①固定観察木の雄花の開花状況観察、②空撮による林冠木の全数把握、③抽出木の着花痕の確認をし、i) 開花期、ii) 繁殖個体サイズ、iii) 繁殖個体密度を明らかにし、標高間差を評価した。その結果、標高に沿った違いが見出され、開花日は生育環境の違いに伴って推移したが、高標高集団ほど長期間開花していたこと、また、高標高集団ほど着花が個体サイズに強く規定され、他標高域の集団よりも小さいサイズから繁殖したことがわかった。

スギ溶液授粉の実効性の検証

宮本尚子、那須仁弥（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）、永野聡一郎（森林総合研究所林木育種センター）、竹田宣明（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）

スギにおいて少量の花粉を有効活用するための人工交配技術として、果樹で研究が盛んに行われている溶液授粉の適用条件を検討した。溶液授粉は花粉を懸濁した溶液をスプレー等で雌花に散布することで授粉を行う方法で、液体を花粉のベクターとすることで作業性を高める効果が期待できる一方、樹種ごとに条件検討の必要がある。そこで一般的な野外、目的外の花粉濃度が非常に高い野外、および交配袋内で溶液授粉を行い、効果のある交配成功率を得るために最低限必要な花粉懸濁液の濃度、授粉効果の高い雌花開花ステージなどを検証した。DNA 遺伝子型および黄金スギの出現率から花粉親を特定した結果、0.2% の懸濁液では効果が認められなかったが、0.5% および 1.0% 濃度の溶液授粉には効果が認められた。一方、目的外の花粉濃度が非常に高い場所では効果はあるが限定的であった。また、交配袋内での溶液授粉はうまくいかなかったものが多かった。また、雌花の開花のステージに関しては「全開」よりも「半開」のステージで授粉処理を行うと交配成功率が高い傾向があり、「半開」の雌花に 1.0% の懸濁濃度の溶液授粉を行うことにより 36.2% の交配成功率が予測された。

P31

有用広葉樹ケヤキの遺伝的多様性とフェノロジー等特性の評価

矢野慶介（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）、岩泉正和（森林総合研究所林木育種センター九州育種場）、生方正俊（森林総合研究所林木育種センター北海道育種場）
高橋誠（森林総合研究所林木育種センター）、山田浩雄（森林総合研究所林木育種センター）

ケヤキは青森県から鹿児島県北部まで天然分布する広葉樹である。建築材や家具材に使われる有用樹であり、育種素材として遺伝資源の保存が進められている。遺伝資源の保存には種の持つ遺伝変異を幅広く保存することが重要であり、そのためには対象種の持つ遺伝的変異のパターンを把握する必要がある。今回はケヤキを対象に、遺伝子型は SSR マーカーを用いて、表現型は開葉・紅葉フェノロジーおよび紅葉色における遺伝性の強さや遺伝変異のパターンを解析し、ケヤキの効率的な遺伝資源保存の手法を確立することを目的とした。

SSR マーカーでの解析から地理的な遺伝構造が検出され、東日本では太平洋側と日本海側で遺伝的に分化する、ブナなどと共通する傾向が見られた。開葉・紅葉フェノロジーは遺伝性が高く、有意な産地間変異が検出された。紅葉フェノロジーは産地の気温と有意な相関が認められ、寒冷な産地の方が紅葉は早い傾向であり、環境勾配に応じた遺伝変異の地理的分布が考えられた。また、紅葉時の葉色を画像から解析した結果、ケヤキの種内でも紅葉の色は赤、橙色、黄色にばらつくが、同じクローンでの紅葉色はほぼ同じであった。そのため、紅葉色の変異は遺伝的な要因が強いことが推察された。これらの変異パターンは、系統関係や環境への適応などを反映していると考えられる。

P32

ヒノキ特定母樹から少花粉品種を開発する取り組み

三浦真弘（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）、斉藤雅一（和歌山県林業試験場）
新原一海（岡山県森林研究所）、西原寿明、田口裕人（愛媛県農林水産研究所林業研究センター）

ヒノキは日本を代表する造林樹種で、近畿・中国・四国地方では、スギ以上に造林面積が広い。関西育種基本区では、ヒノキの花粉症対策品種の一つとして少花粉品種があり、平成 19 年度に 22 品種が開発され、これらは現在山行き苗の主力になりつつある。もう一つの花粉症対策品種として特定母樹があり、これらは平成 26 年から農水大臣により指定され、一部の府県で特定母樹の採種園が設定され、種子生産が開始されている。特定母樹は、雄花着花特性については少花粉品種に比べ評価が緩やかになっており、府県から雄花着花特性について少花粉品種同等の特定母樹の開発の要望が上がっている。ヒノキ少花粉品種の開発は、5 か年の GA 処理による雄花着生評価が複数か所で行われる必要がある。そこで、関西育種場では、和歌山、岡山、愛媛の 3 県とともに、雄花着花性について、特定母樹を含む第二世代精英樹候補木に GA 処理による評価を昨年引き続き行ったので、その取り組みについて報告する。

P33

トランスクリプトーム解析によるスギ環境適応遺伝子の探索

伊原徳子、内山憲太郎（森林総合研究所）、金谷整一（森林総合研究所九州支所）
陶山佳久（東北大学大学院農学研究科）、津村義彦（筑波大学生命環境系）

スギの天然林集団には4つの代表的な遺伝グループ（クラスター：北東北、オモテ、ウラ、屋久島）がある。スギ産地試験地において真夏日に採取した当年シュートのトランスクリプトーム解析では、一部の遺伝子の発現量に遺伝グループ間で差があることが示唆された。こうした遺伝子は地域環境への適応に関わる可能性がある。

自然条件下でのトランスクリプトームは、微環境の差等により生じるノイズを多く含む。加えて、ヘテロ性が高く風媒で遺伝子流動が大きいスギでは、特定の閾値で分割した遺伝的グループ間で発現の異なる遺伝子を検出する方法は妥当ではない可能性がある。そこで本研究では改良 K-means 法と bi-clustering 法を用いて、発現量に地域間差が見られるスギ遺伝子の検出を試みた。改良 K-means 法では熊本試験地で 4859、宮城試験地で 5363 の候補遺伝子が検出された。一方、bi-clustering 法では熊本で 578、宮城で 236 の候補遺伝子が検出された。また、両手法で重複して検出されたのは 35 遺伝子であった。

本研究は、環境省・（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（JPMEERF20S11808）により実施した。

P34

ヒノキ雄花・雌花発達過程の観察

坪村美代子（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）
白澤健太（公益財団法人 かずさ DNA 研究所）

三嶋賢太郎（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東北育種場）

スギ・ヒノキ花粉症は社会問題化しており、林木育種からの対策として少花粉スギ・ヒノキの開発が進められてきた。近年では無花粉スギや無花粉ヒノキの開発も盛んに行われている。スギではこれまでに雄花着花の発達過程を詳細に調査した報告や、遺伝性の確認、発現遺伝子の取得等、多くの研究が行われてきた。ヒノキにおいても、現在ゲノム・遺伝子情報の収集が進められつつある。

本研究ではヒノキの遺伝子情報収集を進める上で基礎情報となるヒノキ雄花・雌花の発達過程を明らかにすることを目的とした。2021年9月から2022年3月まで雄花・雌花を定期的に採取し、FAAにより組織固定を行った後、凍結切片を作成した。実体顕微鏡および光学顕微鏡による観察結果を報告する。

P35

分子レベルからみたスギの耐凍性の季節変化

能勢美峰、遠藤圭太、大平峰子、田村 明（林木育種センター）

耐凍性は、スギが越冬するための重要な生理形質の一つである。耐凍性が不十分な状態で低温ストレスに晒されると凍害を受けやすくなる。しかし、スギがどのようにして冬季に耐凍性を獲得するのか明らかになっていない。本研究では、耐凍性の制御に関わる分子メカニズムを明らかにするため、オミックス解析を行なった。屋外に生育しているスギのクローン苗（郷台1号）を用いて2018年10月から2019年5月まで定期的に9回シュートを採取し、それぞれの時期の耐凍性を評価した。同時にオミックス解析のためのシュートを採取し、マイクロアレイ法による網羅的な遺伝子発現解析とガスクロマトグラフ質量分析装置（GC-MS）による網羅的な代謝物解析を行なった。その結果、スギの耐凍性は11月頃から徐々に上がりはじめ、1～2月にかけて最も高い値を示した。一部の発現遺伝子や代謝産物は耐凍性と極めて高い相関を示し、これらの分子が耐凍性の制御において重要な役割を果たしているとは推定された。

P36

無花粉スギの形質評価と新品種開発

-クラウドファンディングを活用しての調査研究-

袴田哲司（静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター）

静岡県の新たな取組として、クラウドファンディングを活用して研究資金を確保する事業を2022年度から始めた。年度当初に県経済産業部産業イノベーション推進課が学術系クラウドファンディング事業者に委託契約を結び、森林・林業研究センターからは「花粉の出ないスギで林業の発展と花粉症の緩和に貢献したい!」として、770,000円を募集する内容で事業参加した。募集期間中に、92名（団体）の皆様から目標額を上回る御支援をいただき、無花粉スギに対する期待が大きいことを認識した。この資金を活用して、ドローンによる無花粉スギ植栽地の空撮や種苗生産者による苗木育成を行うとともに、無花粉スギ植栽地での形質調査や整備を行っている。また、これまでに取得したデータを精査し、神奈川県産精英樹中4号と静岡県産精英樹大井7号の交配で作出した無花粉スギが比較対照とした精英樹系統と同等以上の特性を有していたため、神奈川県自然環境保全センター、東京都農林総合研究センター、富山県農林水産総合技術センター森林研究所、森林総合研究所林木育種センターとの共同で、新品種「三月晴不稔3号」として優良品種・技術評価委員会へ申請した。

P37

スギの幼苗段階における水分生理特性および形態的特性と成長・生存との関連性を経時的に評価する試み

河合慶恵（林育セ関西）、岩泉正和・久保田正裕（林育セ九州）、笹島芳信（林育セ東北）、三浦真弘・高島有哉（林育セ関西）、五十嵐秀一（愛媛大院・連合農）、市栄智明（高知大農）、池田武文（京都府大）

【目的】主要造林樹種であるスギは水分生理特性に系統間変異を示すことが明らかにされており（河合ら 2018a,b）、この特性の優劣は適応に影響する可能性がある。そこで、スギの水分生理特性および樹形などの形態的特性と、成長・生存の良否との関係を幼苗段階と成木段階それぞれで検証する。【材料】スギ精英樹 15 系統のさし木苗を 2015 年 12 月に関西育種場（岡山県勝央町）温室内の苗床 2 床に系統当たり 10～15 本ずつ植栽した。土壤水分を制限する乾燥区と、通常灌水する対照区を設け、両区で冬季乾燥耐性の指標となる飽水時浸透ポテンシャル（ ψ_s, sat ）などの水分生理特性と形態的特性を測定した（河合ら 2021）。2017 年 4 月と 12 月に測定した苗長の比から伸長成長率を算出し、これを従属変数、水分生理・形態的特性を説明変数として単相関係数を算出した。また、上述のスギ 15 系統が共通植栽された複数の検定林における成長・生存の系統偏差値を従属変数として解析を行い、最適モデルに貢献する説明変数を検討した。

【結果】成育段階によらず ψ_s, sat が強いほど成長量は増加した。また、乾燥群で強い ψ_s, sat を示す系統ほど、検定林での生存率が高くなった。以上の結果から、幼苗段階の水分生理特性は幼苗のみならず、成木段階での成長・生存の良否とも関連性があると考えられた。

P38

ピロディン 4J によるスギ材密度の評価

平岡裕一郎、相蘇春菜（静岡県立農林環境専門職大学）
野末尚希、袴田哲司（静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター）

立木状態での材密度の評価方法として、林木育種分野では一般にピロディン 6J が用いられる。しかし、若齢木等、サイズの小さな個体において適用する場合、測定時のピンの陥入による傷が幹サイズに対して相対的に大きくなり、その後の成長や生育に影響が生じる恐れがある。このため本研究では、ピンの陥入に用いるバネのエネルギーを小さく（6J から 4J）かつピンの径を小さいもの（2.5mm から 2.0mm）に変更したピロディン 4J を用いてスギ立木の材密度の評価を行い、従来の 6J による測定との比較を行った。スギ精英樹全兄弟家系由来の 38 個体をさし木クローン化し、植栽後 8 年が経過した 187 個体を用いた。ピロディン 4J による陥入量は 6J と比べて平均で 3mm 程度大きかった。ピロディン 6J および 4J の両機器による個体測定値間の相関係数は 0.89 と高かったが、両者の値が大きくやや大きく異なる個体もいくつかみられた。一方、クローン平均値間の相関係数は 0.99 となり、両機器によるクローン評価は同等であった。また両機器によるクローンの反復率は 4J の方がわずかに低かったもののほぼ同等であり、ピロディン 4J は 6J と同等に材密度のクローン評価に利用可能と考えられた。

P39

カラマツ属のゲノムデータ基盤の構築

三嶋賢太郎（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）、白澤健太（かずさ DNA 研究所）、平川英樹（かずさ DNA 研究所）、平尾知士（森林総合研究所林木育種センター）、井城泰一（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）、永野聡一郎（森林総合研究所林木育種センター）、福田陽子（森林総合研究所林木育種センター北海道育種場）、花岡創（森林総合研究所林木育種センター北海道育種場）、坪村美代子（森林総合研究所林木育種センター）、平岡裕一郎（静岡県立農林環境専門職大学）、田村明（森林総合研究所林木育種センター）、高橋誠（森林総合研究所林木育種センター）

カラマツ属樹種は造林樹種としての需要が高まっており、効率的な種苗生産や優良な品種の開発が求められている。一方、ゲノム解析技術の急速な進展によって、これらの技術を適用した精英樹等の育種素材の評価と、それらの基盤情報に基づいた高速かつ省力化された分子育種技術の開発が可能になってきている。従って、そこで林木育種センターでは、カラマツ属樹種において、これらのゲノムデータ基盤の構築を進めている。これまでに、カラマツ・グイマツの遺伝子情報の収集、高精度なリファレンスゲノム配列の決定、多型情報の収集による大規模ジェノタイピングシステムの構築を進めている。本報告では、これらのゲノムデータの整備状況について報告する。

P40

カラマツ次代検定林におけるエゾヤチネズミ食害面積の家系間差について

米澤美咲（北海道総合研究機構林業試験場）、石塚 航（北海道総合研究機構林業試験場）

カラマツは造林のため北海道に移植され、現在では主要造林樹種ではあるものの、北海道に天然分布するエゾヤチネズミに対する抵抗性が低く、食害被害が問題となっている。空知西部で記録的にネズミの捕獲数が多かった 2020 年の翌春に、美唄のカラマツ次代検定林で程度が大きくばらつく食害被害を確認した。また、カラマツ類 3 種においてはネズミへの抵抗性と樹皮中特定テルペノイド量がともにグイマツ>グイマツ雑種 F₁>>カラマツの順であることがわかっており、忌避物質として働いている可能性がある。程度がばらつく野外被害が人工交配林で生じたことで、食害程度に 1) 遺伝的な要因が影響しているのか、2) 樹皮中特定テルペノイド含有量が忌避物質として働いているか、を検証することが可能になった。そこで、食害面積と樹皮成分量を測定し親の系統情報を加味する解析を行うことで、カラマツにおいてネズミ食害程度に寄与する要因について考察した。

P41

九州の無花粉遺伝子保有スギ交配家系における無花粉遺伝子の保有度と成長特性との関連性

岩泉正和（森林総研林育セ九州）、武津英太郎、栗田学（森林総研林育セ）
福田有樹、松永孝治、倉原雄二、久保田正裕（森林総研林育セ九州）

九州地域において無花粉スギに対するニーズは高まってきており、優良無花粉スギ品種を効果的に開発していく必要がある。無花粉スギ品種の開発には、優良スギ系統と雄性不稔遺伝子保有スギ系統の交配家系の中から優良かつ不稔遺伝子を保有する個体を選抜する必要があるが、効率的な交配規模や選抜率等の検討に重要な、家系内での不稔遺伝子の保有度と成長等の優良性との関連性についてはまだ知見が十分でない。本研究では、九州育種基本区内のエリートツリー等と不稔遺伝子保有スギ系統間の F1 または F2 数家系を対象に、不稔遺伝子判定 DNA マーカー（坪村ら 2019）を用いて個体毎の不稔遺伝子の保有度（可稔ホモ、ヘテロ、不稔ホモ）を識別するとともに、九州育種場内または育種集団林に植栽後の初期成長を評価した。

その結果、いずれの交配家系においても、不稔遺伝子の保有度グループ（可稔ホモ／ヘテロ、ヘテロ／不稔ホモ）間での成長特性（2～3 年次樹高）に有意な違いは見られなかった。このことから現時点では、家系内での不稔遺伝子の保有度と成長特性の間に関連性は認められず、交配により優良かつ不稔遺伝子が（ヘテロまたはホモヘ）集積された個体を選抜できる可能性が示唆された。

P42

血縁関係のある系統を含む採種園における植栽配置の設計支援プログラムの開発

松永孝治（林木育種センター九州育種場）、武津英太郎（林木育種センター）、井城泰一（林木育種センター東北育種場）、平尾知士、岩泉正和、大平峰子、山野邊太郎、木村恵、高島有哉（林木育種センター関西育種場）、三浦真弘、福田有樹、倉原雄二、久保田正裕、高橋誠

令和 3 年度までに実施されてきたマツノザイセンチュウ抵抗性育種事業によって、林木育種センターは関係府県と協力して第一世代 448 品種、第二世代 117 品種を開発している。近交弱勢が知られている樹種では第二世代品種を採種園に導入する場合、第二世代品種間の兄弟関係や第一世代品種との親子関係といった血縁関係に配慮して採種園の構成系統及び採種園内の植栽配置を決める必要がある。ここでは血縁関係のある系統で構成される採種園における植栽配置の設計を支援するプログラムの開発について紹介する。

P43

遺伝的に多様なスギ精英樹交配家系集団を用いた成長・材質のゲノミック予測

永野聡一郎¹、安田悠子¹、平尾知士¹、高島有哉²、松下通也¹、三嶋賢太郎³、井城泰一³
石栗太⁴、平岡裕一郎⁵、高橋誠¹

(¹森林総合研究所林木育種センター、²森林総合研究所林木育種センター 関西育種場、³森林総合研究所林木育種センター 東北育種場、⁴宇都宮大学 農学部、⁵静岡県立農林環境専門職大学 生産環境経営学部)

個体の遺伝子型から形質を予測することができれば、長い年月を必要とする林木育種を効率的に進めることができると期待される。我々はこれまでスギにおいて約3千SNPsを複数検体で同時に検出可能なジェノタイピングシステムを開発するとともに、主に東海育種区由来の第一世代精英樹を親とするF₁集団を用いて形質のゲノミック予測を試行してきた。本研究では解析対象家系を増やすため、関東平野育種区由来の第一世代精英樹を親とするF₁集団についても遺伝子型を決定し、これらの交配家系集団を統合して、あるいはサブセットに分割して成長・材質に関する10形質のゲノミック予測を行い、予測精度の比較・評価を行った。その結果、交配家系集団を統合してモデル作成した場合に、多くの形質でゲノミック予測の精度が最も高くなる傾向が見られた。また、空間自己相関誤差により補正した形質値を用いたモデルでは全ての形質で予測精度の向上が見られた。このことは、i) 遺伝的に多様な複数の交配家系集団を用いることで予測精度が向上しうること、ii) 個体の遺伝的特性を反映した形質値を用いることがゲノミック予測に重要であることを示唆している。

P44

コウヨウザンにおける有用遺伝子の探索に向けたゲノム情報の収集

平尾知士（森林総合研究所林木育種センター）、白澤健太（かずさDNA研究所）、平川英樹（かずさDNA研究所）、三嶋賢太郎（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）、磯田圭哉（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）、稲永路子（森林総合研究所林木育種センター）
山田浩雄（森林総合研究所林木育種センター）

コウヨウザン (*Cunninghamia lanceolata*) は、中国・台湾原産のヒノキ科コウヨウザン属の常緑針葉樹で、中国では重要造林樹種として利用されている。本種は、幹が通直で成長が早く、さし木による増殖が可能であることから、西南日本における新たな造林樹種の一つとして期待されている。現在は、日本国内における植栽適地や成長量、製材品の材質についての調査が進められており、造林用種苗を生産するための優良系統の選抜も進んでいる。また並行して、日本国内に存在するコウヨウザンの遺伝資源において有用系統の選抜及び有用遺伝子の探索を目的として、コウヨウザンのゲノム情報も収集しており、本発表ではその現状について報告する。

充実種子選別装置により計測した種子充実率と発芽率の関係

奈良雅代（公益財団法人東京都農林水産振興財団 東京都農林総合研究センター）

赤外波長域における反射率に基づいて、発芽が期待される樹木の充実種子を非破壊的に選別することができる充実種子選別装置が開発された（松田ら 2019）。林業の省力化や低コスト化に貢献するとされるコンテナ苗の生産においては、発芽率の低いスギやヒノキの種子では一粒直接播種による生産が難しいため、別に発芽させた苗をコンテナに移植する必要があるが、装置を用いた選別により高い発芽能を有する充実種子を一粒直接播種することで、コンテナ苗の効率的な生産が可能となっている。本発表では、発芽率調査の効率化を図るため、装置により選別し得られた種子の充実率と、選別前の種子の発芽率との関係について調査した結果を報告する。調査には、東京都青梅市にある青梅ミニチュア採種園において 2021 年 10 月に採取した少花粉スギ・ヒノキの種子を用いた。調査の結果、両者には高い相関がみられた。これまで種子生産現場においては、種子の品質を示す発芽率を調べるために、シャーレに種子を散布し、約一ヶ月におよぶ発芽試験を行わなければならなかったが、装置を用いることで、種子を無駄にすることなく、省力的に品質を示すことが可能になると考えられた。