森林遺伝育種学会
第 13 回大会講演要旨集

令和 6 年（2024 年）11 月 8 日（金）
東京大学農学部キャンパス　弥生講堂　一条ホール

森林遺伝育種学会第 13 回大会プログラム

- 開催日　　2024 年 11 月 8 日（金）
- 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

- 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	学会賞の表彰
13:40～14:00	受賞講演 1（学会賞受賞者）
14:00～14:20	受賞講演 2（学会賞受賞者）
14:20～14:35	第 1 グループ（ポスター番号：奇数） 発表内容の紹介（各人 35 秒）
14:35～15:20	第 1 グループコアタイム
15:20～15:35	第 2 グループ（ポスター番号：偶数） 発表内容の紹介（各人 35 秒）
15:35～16:20	第 2 グループコアタイム
16:20～17:20	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６年度　森林遺伝育種学会賞

来田 和人　（北海道立総合研究機構　森林研究本部林業試験場）

グイマツ F_1 の育種と種苗生産技術に関する研究

大平 峰子　（森林研究・整備機構　森林総合研究所林木育種センター）

優良種苗の普及促進に向けた効率的な種苗生産技術の開発研究

受賞講演要旨

グイマツ F_1 の育種と種苗生産技術に関する研究

来田和人　（北海道立総合研究機構　森林研究本部林業試験場）

林木育種は優良品種の選抜とその普及の両輪からなる。野鼠食害を受けやすい、幹の通直性が劣るカラマツの欠点を克服するために、北海道では 1960 年頃よりグイマツ雑種 F_1 の開発に着手した。そしてグイマツ雑種 F_1 のなかでも成長が優れ炭素固定能が高い系統「クリーンラーチ（CL）」を選抜し、現在（令和 4 年度）、57 万本の挿し木苗が生産されている。この一連の取り組みの中で、私は、CL の選抜と造林特性の解明、グイマツ雑種 F_1 や CL の種苗生産技術の開発に関わってきた。検定林データの解析から炭素固定が高い系統「グイマツ精英樹『中標津 5 号』×カラマツ精英樹」（CL）」を選抜し、野鼠害や雪害抵抗性が高く、初期成長が早いことを明らかにした。グイマツ雑種採種園では種内交配種子もできるが、それらを DNA で識別し苗木の形態と関連づけて、苗畑で雑種苗木を精度よく識別できる方法を開発し、共同研究で CL やグイマツ雑種 F_1 の生理特性の解明にも取り組んだ。また、近赤外光選別により発芽率を高めたカラマツ種子を用いてコンテナ 1 年生実生苗の育苗技術や、制御された環境下で 1 年を通して CL 挿し木苗を生産する技術の開発に取り組んだ。これらの種苗生産技術は、選抜した優良系統の普及に貢献できるものと考えている。

受賞講演要旨

優良種苗の普及促進に向けた効率的な種苗生産技術の開発研究

大平峰子　（森林研究・整備機構　森林総合研究所林木育種センター）

林木育種事業により、特定母樹、花粉症対策品種およびマツノザイセンチュウ抵抗性品種等、様々な優良品種が開発されてきた。優れた優良品種を普及するためには、まず原木からクローン増殖を行って原種園に確保し、再度クローン増殖によって原種苗木を生産する必要がある。さらに、次世代品種の開発のためには、優良品種から得た種子から速やかに実生苗を育成する技術が必要になる。一方、コンテナという新しい増殖のツールが導入され、これを活用した種苗生産技術の開発が盛んに行われている。こうした背景から、優良種苗の普及を促進するため、効率的な種苗生産技術の開発を行ってきた。

まず、マツノザイセンチュウ抵抗性品種について、次世代集団から抵抗性およびさし木発根性の選抜を行い、さらに簡易なビニールトンネルを使った密閉ざしによって、難発根性樹種のクロマツで新たなさし木苗生産方式を提案した。スギについては、さし木増殖を最適化するための用土の理学的特性の検討、増殖期間を短縮するためのさし穂サイズの検討を行なった。また、コンテナを用いて実生苗を 1 年で育成するための技術を開発した。これらの研究成果により、優良種苗の普及をより迅速に行うことへ貢献できると考えている。

ポスター発表タイトル・筆頭著者一覧（*：学生発表賞審査対象の発表）

No	講演タイトル	筆頭著者
P01	オオヤマザクラ南限とカスミザクラ北限の交雑帯では遺伝的混合と表現型浸透が異なる	永光輝義
P02*	エゾユズリハとユズリハの推定交雑集団における形態・遺伝解析による交雑実態解明	遠藤向赳
P03	ケヤキの樹形および応力波伝播速度に及ぼす植栽密度と遺伝の影響	照井琢仁
P04	ケヤキ遺伝－密度試験地における 19 年生と 30 年生次の応力波伝播速度の比較	田邊　純
P05*	秋田県内のブナ林におけるブナ堅果の成長と堅果食性昆虫の関係	柵山玲奈
P06*	四国・紀伊半島地方の 2 倍体ダケカンバの詳細な分布域とその要因の解明	白谷紗英
P07	集団遺伝解析によって明らかになったヒカゲツツジ群の種分化史	阪口翔太
P08*	ハイマツの気候変動レジリエンス：種間浸透交雑由来の適応的遺伝子	樽澤優芽子
P09*	同所的に生育するカエデ属 *Palmata* 節 6 種の核及び葉緑体 DNA を用いた系統解析と防御戦略の種間差	戸口侑紀
P10	小笠原産雌雄異株性ムラサキシキブ属における雄性不稔因子の探索	増田和俊
P11*	七座山自然観察教育林における天然秋田スギ林の林分構造	鈴木陽生
P12	耐雪性品種とっとり沖の山の現地植栽試験	赤井広野
P13	産地試験地におけるスギの遺伝子発現比較	伊原徳子
P14	集団 DNA を利用したスギ育種集団内における有用遺伝子頻度推定技術の開発	平尾知士
P15	高不定胚形成能を持った細胞系統の早期選抜に向けたスギの不定胚形成細胞における発現変動遺伝子の探索	鶴田燃海
P16	簡易 DNA 抽出とスギ雄性不稔遺伝子（MS4)の PCR-RFLP 法の開発	上野真義
P17	関西育種基本区で新たに開発した無花粉スギ品種の特性	河合慶恵
P18*	東京都で育成された無花粉スギ人工交配家系における成長および木材性質	和地恭宏

P19	無花粉スギ採種園設計に必要なスギ系統の着花及び種子生産特性に関する基礎情報の収集	倉本哲嗣
P20	スギ幼苗において雄花を成熟させる育成条件の検討	坪村美代子
P21	関西育種基本区における花粉症対策スギ品種の開発	山野邉太郎
P22	機能性展着剤を添加したジベレリン処理によるスギ及びヒバの着花促進効果	田中功二
P23	施設型採種園における少花粉スギ種子の充実率およびカメムシ防除効果の検証	奈良雅代
P24	実生スギ採種量とコンテナ苗出荷本数の関係	藤井　栄
P25	開放空間における二酸化炭素の局所添加がスギコンテナ苗の成長に及ぼす影響	林田尚幸
P26	スギのさし穂の長さが発根および当年コンテナ苗の成長に与える影響	大平峰子
P27	スギさし木コンテナ苗を用いた低コスト造林試験 －岩手県岩手郡雫石町の事例における 5 年間の成長経過報告－	井城泰一
P28	２世代のスギ選抜集団を対象としたゲノミック予測に関する研究	江島　淳
P29	関西育種基本区におけるスギ次世代育種の検討	岩泉正和
P30	９年生スギエリートツリーの応力波伝播速度	田口裕人
P31	スギの炭素貯留能力の改良に向けた複数試験地におけるゲノミック予測の試行	平岡裕一郎
P32	スギのゲノミック選抜実用化のための集団・対象形質・モデル化手法の比較	永野聡一郎
P33*	スギ精英樹の樹冠の光環境評価における計測手法の検討	日下真桜
P34	UAV LiDAR による 25 年生スギ精英樹の系統間の樹冠形質と成長速度の関係の評価	亀井啓明
P35	遺伝的能力の評価に向けた UAVLiDAR による樹高推定の精度と正確度の検証	武津英太郎
P36*	モバイル LiDAR を用いた遺伝試験林における樹高の高速フェノタイピング －2016 年植栽のトドマツ分離集団を例にして	Xinjie Cai
P37	東北育種基本区におけるカラマツ特定母樹の成長経過の比較	那須仁弥
P38	カラマツ連年雌花着花系統における雌花着花に関わる原因遺伝子座の探索	三嶋賢太郎

P39	マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ 24 家系における抵抗性の遺伝性に関する検討	高島有哉
P40	北海道におけるアカマツ種子の発芽と苗木の成長	生方正俊
P41	８月下旬の早期に収穫したヒノキ種子は本当に 4 月以降の発芽率が低下するのだろうか	西原寿明
P42	日本・台湾のヒノキ分布全域における遺伝構造と遺伝的多様性	相原隆貴
P43	4 カ所の検定林に植栽されたヒノキの成長形質、生存率および生産性に及ぼす遺伝と環境の影響	高橋優介
P44*	オオバアサガラとカラマツの混植による影響の検討	戸田翔子
P45	グイマツ雑種 F_1 挿し木造林の安全性の検証	今　博計
P46	グイマツ育種母材の葉フェノロジーと雑種形成率の関係性	福田陽子
P47*	アカエゾマツの半径方向成長，容積密度およびミクロフィブリル傾角のクローン間差異に寄与する産地の環境要因	加治屋杏奈
P48	新たな家具用材として期待される早生樹チャンチンの植栽試験	磯田圭哉
P49	4 年生キリの丸太材積および容積密度の軸方向変動に基づく樹幹の全乾重量の推定	根津郁実
P50*	Chemical composition of the inner and outer heartwood from the third-generation *Acacia mangium* in Indonesia	Masendra
P51*	インドネシア有用樹種・*Falcataria falcata* の遺伝構造と気候変動下での遺伝的強靭性の解明	小沼佑之介

P01

オオヤマザクラ南限とカスミザクラ北限の交雑帯では遺伝的混合と表現型浸透が異なる

永光輝義（森林総研）

交雑帯における遺伝型・表現型の勾配は、交雑と選択によって異質な環境で異なる。温帯種のカスミザクラと冷温帯種のオオヤマザクラは、標高傾度に沿って交雑帯を形成する。カスミとオオヤマの地理的分布は大きく重なり、日本の広い緯度範囲に渡って交雑帯が位置する。交雑帯における遺伝型・表現型の変異を、オオヤマの南限（南サイト）、カスミの北限（北サイト）、両種の中央部（中サイト）で調べた。 北・中サイトよりも南サイトで、核マイクロサテライト遺伝型におけるカスミとオオヤマの遺伝的分化が低く、両種の交雑個体の割合が高かった。葉のトライコームの密度の種間差は、北・中サイトよりも南サイトで小さかった。同じ標高における開花期は、中サイトでオオヤマがカスミより約７日早く、北・南サイトでは約９日早かった。 これらの結果は、南サイトでのより激しい遺伝的な混合が、開花期の違いが維持されているにもかかわらず、ある葉形質の表現型の浸透をもたらしていることを示している。この知見は、最終氷期以降の温暖化にともない分布が後退してきた南限の交雑帯において、生殖隔離に寄与する形質を除き、遺伝的な混合と表現型の浸透が促進されていたことを示唆する。

P02*

エゾユズリハとユズリハの推定交雑集団における形態・遺伝解析による交雑実態解明

遠藤向赳（千葉大院園芸）、石塚　航（道総研）、花岡　創（静大農）、渡辺洋一（千葉大院園芸）

日本海側の多雪環境に分布の中心をもつ植物群（日本海要素）の一つであるエゾユズリハ（変種）は低木・匍匐性、小さく薄い葉を有しており、太平洋側の温暖な地域に生育し、亜高木性、大きく厚い葉を有する母変種ユズリハから進化したとされる。これら２変種間の遺伝的分化の程度は低く、特に富士写ヶ岳（石川県）と菅山寺（滋賀県）のエゾユズリハ集団では形態的特徴にばらつきがあることや、近接するユズリハ集団との遺伝的分化の程度が顕著に小さいことから交雑の影響を受けていることが疑われる。本研究では、この２集団における交雑の実態について、交雑の影響がないと期待されるエゾユズリハ集団（北海道）とユズリハ集団（静岡県・愛知県）を含めた形態・遺伝解析により解明を試みる。形態解析は樹形・葉の大きさ・厚さに関連する複数項目の測定、遺伝解析は MIG-seq 法による SNPs の検出を行い、対象集団の遺伝構造の分析と交雑の進行度の推定を行った。また、上記の結果を総合的に比較することで、より詳細な集団の交雑実態の解明を試みた。結果として、対象集団は交雑集団であること、両種の交雑は世代数を重ねていること、富士写ヶ岳と菅山寺の交雑の進行度には違いがあることが示唆された。

P03

ケヤキの樹形および応力波伝播速度に及ぼす植栽密度と遺伝の影響

照井琢仁（千葉大教育）、田邊　純（千葉大教育）、山田誠太郎（千葉大院園芸）

有用広葉樹は経済的機能と公益的機能の両面に優れており、造林に期待がされている。しかし、育種を進めるうえでの研究が針葉樹と比較して多くない。本研究では、有用広葉樹であるケヤキの人工林材の効率的な生産方法を提案するために、樹形と応力波伝播速度への植栽密度と遺伝の影響を明らかにすることを目的とした。試験地は 13 系統のケヤキが 3 つの密度区分別に植栽されている千葉県農林総合研究センター森林研究所上総試験園内のケヤキ密度管理試験林とした。試験地において、地上 LiDAR を利用した点群データの取得と胸高直径および応力波伝播速度の測定を行った。取得した点群データは、単木に分離した後、TreeQSM によって樹幹や枝全体の体積や長さ、樹冠の面積や直径などの推定に供した。線形混合モデルにより分散成分を推定した結果、胸高直径の分散成分は植栽密度について 10%、遺伝型について 7%ほどであり、応力波伝播速度では遺伝型について 23%、植栽密度について 0.6%であると見積もられた。これらの値は、約 10 年前に同一林分で調査された先行研究の値よりも小さい値であった。この相違は、扱った系統数や反復数の影響、当時と現在の枯死率の差などが考えられる。

P04

ケヤキ遺伝―密度試験地における 19 年生と 30 年生次の応力波伝播速度の比較

田邊　純（千葉大教育）、遠藤良太（房総ヒメコ研）、石栗　太（宇大農）

樹幹の応力波伝播速度は、丸太や製材品のヤング率と高い相関係数を示すことから，非破壊的材質評価方法として広く用いられてきた。応力波伝播速度の測定値は年次間変動を示し，この要因の一つは樹幹に占める未成熟材率の影響と考えられている。林分の成長に伴う未成熟材率の変化は応力波伝播速度の年次間変動にも影響すると考えられるが，この変化に関与する，植栽密度等の環境や遺伝型の影響はあまり知られていない。本研究では，応力波伝播速度の年次間変動に及ぼす遺伝および環境の影響を明らかにすることを目的に，ケヤキについて 19 年生と 30 年生次に測定した応力波伝播速度を比較した。試験地は千葉県木更津市に設定され，この試験地には 13 系統が異なる三つの初期植栽密度で配植されたケヤキ遺伝―密度試験地とした。全個体の応力波伝播速度の平均値は，19 年生で 2.92 ± 0.23 km/s（n = 796），30 年生で 3.40 ± 0.29 km/s (n = 589)であり，樹幹の未成熟材率の減少による増加と推察される。19 年生と 30 年生次の応力波伝播速度との相関係数は，0.526 となり，胸高直径との相関係数（0.893）よりも低かった。このことは，ヤング率の樹幹内変動の遺伝的な違いを示唆している。

P05*

秋田県内のブナ林におけるブナ堅果の成長と堅果食性昆虫の関係

柵山玲奈（秋田県大生物資源）、関本翔太（秋田県大生物資源）、木村　恵（秋田県大生物資源）

ブナは、堅果の生産が年変動することが知られており、秋田県内での豊凶現象は、積雪に応じて地域的に異なることが示唆されている。ブナ堅果の生産を阻害する主な要因は、昆虫による食害であるが、豊凶パターンが異なる秋田県内のブナ林において、どのような昆虫が加害し、いつ出現するのかは明らかにされていない。本研究では、秋田県内 3 か所のブナ林において、ブナ堅果の成長を記録し、加害昆虫と出現時期、虫害率を調べた。調査に用いた殻斗は、田沢湖、森吉、八森の、それぞれ 3 母樹を対象に、5 月から 9 月にかけて月に 1 回、母樹あたり 40 個以上を樹上から採取した。採取した 10 個の殻斗と、その堅果について、3 方向の幅をノギスで測定し、その幾何平均をサイズとして用いた。また、殻斗と堅果それぞれの乾重量を測定した。その結果、殻斗と堅果のサイズは、測定開始の 5 月から目立った成長は見られなかったが、重量は殻斗が 7 月、堅果が 8～9 月に増加した。また、堅果の 3 地点合計 3221 個当たり 104 個で虫害が見られた。虫害は 5 月から見られたが、胚が成長し始める 8 月から 9 月に虫害率が増加した。

P06*

四国・紀伊半島地方の 2 倍体ダケカンバの詳細な分布域とその要因の解明

白谷紗英（筑波大生命環境）、相原隆貴（筑波大生命環境）、津村義彦（筑波大生命環境）

一般的にダケカンバの倍数性は四倍体であるが、先行研究により四国地方と紀伊半島地方のダケカンバは例外として二倍体のダケカンバも存在することが知られている (Aihara et al 2024)。また、同様に二倍体ダケカンバが標高の高い位置に、四倍体ダケカンバが標高の低い位置に分布し、すみ分けが起こっていること、二倍体のダケカンバは分布辺縁部(森林限界付近)に分布していることがわかっている。しかし、調査されている山の母数が少ないこともあり、四国・紀伊半島地方において二倍体ダケカンバの詳細な分布域は分かっていない。また、 2 倍体と 4 倍体の正確な分布要因は分かっていない。 したがってこの研究では、四国・紀伊半島地方のダケカンバの葉を採取し、倍数性解析を行うことによって詳細な分布域を解明を目的とし、データ解析を行っている。 調査と解析により 2 倍体のダケカンバは主に 1700m 以上に生育しており、また、すべての山において 2 倍体と 4 倍体のダケカンバのすみ分けが起こっているとまでは言えないが、2 倍体ダケカンバのほうが 4 倍体のダケカンバより高標高に生育しているということが分かった。

P07

集団遺伝解析によって明らかになったヒカゲツツジ群の種分化史

阪口翔太（京大院人環）、Hee-Joo Choi (Sungkyunkwan Univ.)、渡辺洋一（千葉大院園芸）、髙橋大樹（東北大院農）、廣田　峻（大阪公大植物園）、牧　雅之（東北大植物園）、村上将希（東北大院生命科学）、原田泰地（東北大院生命科学）、小林伸雄（島根大院自然科学）、倉重祐二（新潟県立植物園）、Jun-Ho Song (Chungbuk National Univ.)、Hyeok-Jae Choi (Changwon National Univ.)、Seung-Chul Kim (Sungkyunkwan Univ.)

ヒカゲツツジ群は日本周辺に分布する常緑性ツツジで、広域にみられる狭義ヒカゲツツジと局所分布を持つ変種（ウラジロヒカゲツツジ）から構成される。興味深いのは、ウラジロが非常に稀な植物でありながら、関東地方と韓国南部の無人島の間で約 1,100km にわたる分断分布を示す点である。本研究では、希少樹種であるウラジロの分断分布を生んだ進化的背景を解明するために、ヒカゲツツジ群の集団遺伝解析を実施した。SNP マーカーに基づく集団動態解析の結果、約 260 万年前に日本のウラジロが分岐し、その後に狭義ヒカゲと韓国南部の「ウラジロ」が分岐するモデルが支持された。この結果は、2 地域のウラジロ集団は独立した進化起源を持ち、ウラジロの見かけ上の分断分布が形態的収斂によって生じた可能性を示している。また、日本国内で狭義ヒカゲとウラジロが同所的に分布する地域において分類群間の遺伝的交流は認められなかった。以上より、韓国南部の「ウラジロ」を日本産のウラジロとは独立した新種・チョウセンヒカゲツツジ（*R. tyaihyonii* S.Sakag., H.J.Choi & S.-C.Kim）、関東地方のウラジロを狭義ヒカゲから隔離された独立種（*R. kantoense* S.Sakag. & W.Yoichi）として、ヒカゲツツジ群に 3 種を認めるのが適当であると考えられた。

P08*

ハイマツの気候変動レジリエンス：種間浸透交雑由来の適応的遺伝子

樽澤優芽子（京大農院）、伊東拓朗（東北大植物園）、井鷺裕司（京大農院）

種間浸透交雑は、さまざまな生物種でみられる普遍的な現象であり、突然変異の蓄積や種内の遺伝子流動に比べて迅速な新規形質の獲得や環境適応をもたらすことが明らかになってきた。高山帯の植物は地球温暖化に対して脆弱とされるが、種間浸透交雑による他種からの適応的遺伝子の獲得についてはこれまで調べられてこなかった。そこで本研究では、日本の高山帯に優占するハイマツ（*Pinus pumila*）と比較的温暖な環境に生育するキタゴヨウ（*Pinus parviflora* var. *pentaphylla*）の間のゲノムワイドな交雑パターンを調べた。64 個体、それぞれ 11,436 SNPs からなるデータを用いて、f_3統計、F_{ST}、イントログレッションパターン解析を実施し、キタゴヨウ型アレルがハイマツに浸透した遺伝子座を特定した。これらの遺伝子座と関連する代謝経路は、リグニン生合成、UV 耐性、乾燥耐性および病虫害抵抗性に関連していた。ハイマツは、気候変動下の高山帯における雪融けの早期化や病害虫の分布拡大によって増大する生物的・非生物的ストレスに対する耐性を、キタゴヨウからの遺伝子浸透を通して獲得し、地球温暖化に対する適応可能性を高めている可能性がある。

P09*

同所的に生育するカエデ属 *Palmata* 節 6 種の核及び葉緑体 DNA を用いた系統解析と防御戦略の種間差

戸口侑紀（日女大院理）、上田実希（日女大院理）、中村琢磨（九大農 附属福岡演習林）、平尾聡秀（東大院農学生命 附属演習林　フォレスト GX/DX 協創セ）、芝野萌菜実（那須どうぶつ王国 ）、齊藤陽子（東大院農学生命）

同所的に生育する近縁種間の系統関係や種間の形態と形質の相違について理解することは、種の分化の要因や共存機構の解明につながるため、進化生物学や生態学において重要な命題である。秩父山地ではカエデ属 *Palmata* 節が 6 種生育し、先行研究では交雑の可能性が指摘されている。しかし、6 種を全て網羅した研究がないため、未だ 6 種の関係性は明らかでない。本研究では、秩父山地において同所的に生育する *Palmata* 節 6 種全てで、(Ⅰ)核及び葉緑体 DNA の解析により系統関係や種間交雑の有無を把握すること、(Ⅱ)物理的な防御であるトライコームの密度計測と化学防御物質の濃度分析により各種の防御戦略の特徴を明らかにすることを目的とした。遺伝解析結果から、*Palmata* 節 6 種は一部の種間で交雑するが、調査地で現在浸透交雑が起っている可能性は低いことが示唆された。また各種の防御機構に関する形質比較の結果、物理的な防御と化学的な防御に対して一方を低くしもう一方を高くする種や、いずれも高いあるいは低い種など、種によって戦略が異なっていた。

P10

小笠原産雌雄異株性ムラサキシキブ属における雄性不稔因子の探索

増田和俊（京大院人環）、瀬戸口浩彰（京大院人環）、長澤耕樹（農研機構）、鈴木節子（森林総研）、久保田渉誠（株式会社ファスマック）、佐藤　真（株式会社ファスマック）、阪口翔太（京大院人環）

オオバシマムラサキ（シソ科）は小笠原諸島に固有な雌雄異株性の樹木であり、本種は両全性の祖先種が島に移入した後に、新規に雄性不稔因子と雌性不稔因子を獲得したと考えられている。これまでの研究から本種が雄ヘテロ (XY) 型の性決定様式であること、全ゲノム中の約 0.2%にあたる 800kb の性決定領域を持つことが示された。しかし、この領域内に含まれるどの遺伝子が性決定に関与するかについては不明であった。本研究では性決定領域における雌雄の塩基配列比較から、特に雄性不稔との関連が疑われる候補因子の探索を行った。性決定領域内における遺伝子予測の結果から、雌株がホモで持つ X ハプロタイプでは 29 個、雄株のみがヘテロで持つ Y ハプロタイプでは 32 個の遺伝子が見つかった。その中で両ハプロタイプが持つ遺伝子 CsINP1 は、モデル植物において花粉稔性に関わることが報告されていたため、有力な雄性不稔因子だと考えられた。そこでこの遺伝子のエクソン配列を調べたところ、Y は雄株で保存されていた一方で、X では複数の非同義置換が確認された。また X でのみ CsINP1 の 3'UTR に転移因子の挿入変異が見つかった。以上の結果から、転移因子挿入による CsINP1 の機能喪失が本種の雄性不稔と関連している可能性が示唆された。

P11*

七座山自然観察教育林における天然秋田スギ林の林分構造

鈴木陽生（秋田県大生物資源）、星崎和彦（秋田県大生物資源）、木村　恵（秋田県大生物資源）

日本三大美林の一つである天然秋田スギは、大量伐採による資源の枯渇が危惧され、2012 年度に国有林での伐採が中止された。現存する天然スギ林を今後どう維持していくのか考えるためには、その成立過程と動態を理解する事が重要である。そこで、秋田県能代市の七座山自然観察教育林内に 50×150 mの調査プロットを設置し、胸高直径 5 cm 以上の立木を対象に、2013 年と 2024 年に胸高直径、樹種、位置を記録した。また林分の樹種組成、サイズ構造を示した。プロット内には、14 種の樹種が存在した。最も本数が多かった樹種はトチノキで、2013 年、2024 年それぞれ 96.0、94.7 本 ha^{-1} であった。本数ではスギはトチノキに次いで 86.7、84.0　本 ha^{-1} だったが、胸高断面積比では全体の 8 割以上を占めて優占していた。胸高直径階分布は、広葉樹は小径木が多い L 字型分布であったのに対し、スギは一山型分布を示した。胸高断面積の成長量は、11 年間でスギは 3.2 m^2ha^{-1}、広葉樹は 1.3 m^2ha^{-1} であった。2024 年における新規加入は広葉樹 2 個体のみであった。枯死個体は 12 個体あり、そのうち 3 個体が胸高直径 60~70 cm のスギであった。これらの結果からこの調査区内では、スギの胸高断面積は増加しているものの、本数は減少し、更新木も見られないことがわかった。

P12

耐雪性品種とっとり沖の山の現地植栽試験

赤井広野（鳥取林試）

鳥取県は豪雪地帯であり、育林においては雪起こしが必要となる。雪起こしを省略できる品種として、平成 14 年に鳥取県耐雪性品種「とっとり沖の山」が品種登録された。しかし、当該品種を植栽した現地では、植栽直後に雪による倒伏事例が見られた。このため、「とっとり沖の山」の耐雪性を再評価することを目的に本試験を行った。 平成 26 年 5 月、鳥取県八頭郡若桜町糸白見（標高 730m、平均勾配 29 度）の試験地に「とっとり沖の山」と在来品種を各 131 本ずつ列状に植栽した。平成 26 年 10 月から令和 2 年 4 月までの春秋ごとに、樹高及び倒伏幅を調査した。期間中は毎年積雪があり、最大で 200cm の積雪が観測された。その後、令和 5 年 10 月に、樹高及び傾幹幅を調査した。なお、雪起こしは平成 27 年 5 月に一部の個体に対してのみ行った。 結果として、植栽 2 年目以降の平均倒伏幅は、「とっとり沖の山」の方が小さく、令和 5 年 10 月時点の傾幹幅も「とっとり沖の山」の方が小さかった。これらのことから、積雪地において「とっとり沖の山」を植栽することで、雪起こしを省略し、根元曲がりの少ない材の生産が可能であるといえる。

P13

産地試験地におけるスギの遺伝子発現比較

伊原徳子（森林総研）、内山憲太郎（森林総研）、金谷整一（森林総研九州支所）、陶山佳久（東北大農）、津村義彦（筑波大生命環境）

スギにはウラスギ、オモテスギ、ヤクスギの主要な遺伝的グループがある。本研究では天然林集団が植栽された3箇所（茨城、熊本、宮城）の産地試験地で真夏日に採取した当年シュートの遺伝子発現データを用い、遺伝的グループ間でどのような遺伝子群に発現の違いが生じているか検討した。 各試験地で24個体（ウラ16、オモテ6、ヤク2）のRNA-Seqを行ってゲノム参照配列にリードをマッピングし、1塩基変異（SNP）データを得た。SNPによる主成分分析（PCA）により3つの遺伝的グループは明瞭に分けられた。また、3 試験地における各遺伝子の発現量に基づくWeighted Gene Coexpression Network Analysis (WGCNA)を行い、共発現遺伝子のモジュールを構築した（共発現遺伝子は機能的に関連する可能性が高い)。遺伝的差異の指標を SNP による PCA の第1、第2主成分とし、各遺伝子モジュールを代表する発現パターンとの相関関係を検出した結果、ウラスギではテルペノイド代謝系の遺伝子群、オモテ・ヤクスギでは防御反応に関わる遺伝子群が3試験地で共通して高く､遺伝子発現量変化に関わる固定した適応的変異があると推測された。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。

P14

集団DNAを利用したスギ育種集団内における有用遺伝子頻度推定技術の開発

平尾知士（森林総研林育セ)、武津英太郎（森林総研林育セ)、澤口　穣（サーモフィッシャー）

スギにおける無花粉遺伝子座（MS1）の無花粉対立遺伝子の頻度は1％に満たない極めて稀な変異であり、その対立遺伝子を保有する個体を選抜するためのマーカー開発には多大な労力と予算を費やしてきた。最近、針葉樹でもゲノム情報の基盤整備とともに大規模なジェノタイピング技術が適用できるようになり、連鎖解析や一部の集団を対象とした関連解析から育種上有用な形質に関する遺伝的変異を検出できるようになってきた。特定された有用遺伝子において有用形質を示す対立遺伝子（有用な対立遺伝子）について、その頻度がどの程度であるか、それらの有用な対立遺伝子（もしくは個体）をいかに効率よく集団内から選抜するのか、それに向けた戦略性が非常に重要となる。集団内における有用な対立遺伝子の頻度を推定する方法を確立することができれば、集団内に存在する有用な対立遺伝子をより効率的かつ迅速に選抜し、育種集団や生産集団へ導入することが可能となる。現在、スギ精英樹を含むスギの育種集団のプール化されたDNA（集団DNA）を構築し、その集団DNAにおいて有用な対立遺伝子の頻度をより確実かつ迅速に推定し、有用個体を特定するための技術を開発しているので、その内容を報告する。

P15

高不定胚形成能を持った細胞系統の早期選抜に向けた スギの不定胚形成細胞における発現変動遺伝子の探索

鶴田燃海（森林総研）、丸山 E.毅（森林総研）、上野真義　（森林総研）

組織培養の中でも somatic embryogenesis（SE）は最も効率的な植物体増殖技術の一つで、造林用の苗木生産への応用も期待されている。SE では、カルス状の不定胚形成細胞（embryogenic cells, ECs）を誘導したのち、不定胚（cotyledonary embryos）の形成を経て、再生植物体を大量増殖する。しかし、不定胚の形成は細胞系統によって大きく効率が異なることが知られている。本研究では、SE 初期において高い不定胚形成能を持った系統を選抜することを目的に、EC の時点での遺伝子発現の違いを調べた。不定胚形成能の高い系統（MKT-02, -23, -33）と低い系統（MKT-04, -40, -63）において RNA-seq を行い、差次的発現遺伝子（DEGs）を同定した。これら DEGs の遺伝子の機能を KEGG、GO、Pfam から予測し、不定胚形成との関連を調べた。DEGs のうち不定胚形成能の低い系統において高発現していた遺伝子 *SUGI_1014060* は、ヒストンの脱アセチル化に関わることが示され、他の遺伝子発現を抑制することで不定胚形成に負に影響すると予測された。*SUGI_1014060* の発現が選抜の指標に使えるかを、今後他の系統を用いて検証する。

P16

簡易 DNA 抽出とスギ雄性不稔遺伝子（MS4)の PCR-RFLP 法の開発

上野真義（森林総研）、伊藤由紀子（新潟森林研）、長谷川陽一（森林総研）、森口喜成（新大農）

スギを対象に簡易 DNA 抽出法を開発した。また、この方法で得られた DNA が分析に使えることを確認するため、スギの雄性不稔遺伝子（MS4）の遺伝子型を判定する PCR-RFLP 法を新たに開発し検証した。植物の DNA 抽出法として CTAB 法が広く利用される一方で、クロロホルムなどの有害な化学物質や高速遠心機が必要で実験環境を選ぶ必要があり、取り組みやすさに課題があった。そこで本研究では、家庭用の台所洗剤、塩化ナトリウム、ポリビニルピロリドンを用い、CTAB やクロロホルム、液体窒素も用いずに DNA を抽出する方法を開発した。さらに得られた DNA が分析に使用できることを示すために PCR-RFLP 法を適用した。雄性不稔の原因となる SNP 部位を含む領域を増幅するプライマーを設計し、得られた PCR 産物を制限酵素 HaeIII で切断することで、MS4 遺伝子の遺伝子型を識別した。その結果、この DNA 抽出法と PCR-RFLP 法は再現性が高く安定して判定結果が得られることが確認された。今後は、本法で抽出された DNA を、ハイスループットシーケンサーを活用した分析方法（RADseq 法など）に応用することも期待できる。

P17

関西育種基本区で新たに開発した無花粉スギ品種の特性

河合慶恵（森林総研林育セ関西）、岩泉正和（森林総研林育セ関西）、高島有哉（森林総研林育セ関西）、宮下久哉（森林総研林育セ関西）、村田時生（森林総研林育セ関西）、中上真治（森林総研林育セ関西）、平田慶至（森林総研林育セ関西）、山口秀太郎（森林総研林育セ関西）、岩井大岳（森林総研林育セ北海道）、山野邊太郎（森林総研林育セ関西）、磯田圭哉（森林総研林育セ）、山田浩雄（森林総研林育セ関西）

関西育種場では成長等に優れた無花粉スギ品種の開発に取り組み、2023 年度に 3 品種を開発した。品種の利用にあたって有用と考えられる形態的・生理的特性を評価したので報告する。無花粉スギ「三重不稔（関西）1 号」と精英樹との交配により無花粉遺伝子をヘテロで持つ個体（F_1）を作出し、これらヘテロ個体同士、またはヘテロ個体とヘテロ精英樹「上浮穴 16 号」を交配し無花粉個体（F_2）を作出した。これら F_2 個体の中から成長や材質等の優良な個体を選抜するため成長試験を行った。これら選抜個体について、2019 年 4 月にさし木増殖を行い、さし木発根性について評価するとともに、2021 年 5 月に温室内の苗床 2 基に植栽した。1 基を乾燥区、もう 1 基を対照区とし、当年生さし木苗（系統当たり 4～6 本）を対照 5 系統とともに各区に植栽した。2022 年 4 月から翌年 4 月まで、対照区では 3～7 日おき、乾燥区では 15 日～2、3 月おきに灌水した。その間、定期的に苗サイズを測定した。2023 年 4 月、全個体を掘り取り樹体部位別の乾燥重量を測定した。本発表では、2023 年度に開発した無花粉品種のさし木発根性、成長試験地での成長・生存特性に加えて、温室内苗床で評価した樹形および冬季の乾燥耐性等の特性について報告する。

P18*

東京都で育成された無花粉スギ人工交配家系における成長および木材性質

和地恭宏（宇大農）、根津郁実（宇大農）、石栗　太（宇大農）、畑　尚子（東京農林研セ）、奈良雅代（東京農林研セ）、宮下智人（東京農林研セ）、大島潤一（宇大農）、横田信三（宇大農）

東京都では、他県で発見された無花粉スギと東京都の精英樹を交配することで、無花粉スギ家系を多数作出している。本研究では、無花粉スギの成長形質および基礎的木材性質を評価するため、種子親 3 家系（無花粉スギ×東京都精英樹）と花粉親 2 系統（無花粉遺伝子をヘテロで有する精英樹）から作出された 10 年生無花粉スギ 5 家系において、胸高直径、樹高、気乾密度、曲げヤング率（MOE）、曲げ強さ（MOR）およびミクロフィブリル傾角（MFA）を測定した。その結果、家系ごとの平均値は、胸高直径で 13.2～16.3 cm、樹高で 10.7～12.7 m、気乾密度で 0.30～0.32 g/cm^3、MOE で 4.84～6.20 GPa、MOR で 52.4～61.6 MPa および MFA で 23.5～31.2 度の範囲を示した。また、各性質の家系平均の値を用いて変動係数を算出した結果、ほぼすべての性質で 15%前後の値が得られた。このことから、限られた数の親から作出された無花粉スギにおいても、成長形質および木材性質は家系間で変動する可能性が示唆された。

P19

無花粉スギ採種園設計に必要なスギ系統の着花及び種子生産特性に関する基礎情報の収集

倉本哲嗣（森林総研林育セ）、齋藤央嗣（神奈川保全セ）、田波健太（埼玉県川越農林振興センター）、石川衡志朗（元埼玉県寄居林業事務所）、飯泉佳世（埼玉県寄居林業事務所）、室　紀行（埼玉県寄居林業事務所）

無花粉スギ苗木等の生産量をより一層増大するためには、効率的な種子の生産が可能な採種園設計法を確立する必要がある。採種園における効率的な種子生産のためには、採種園内で確実に交配が行われるよう、無花粉遺伝子をヘテロで有する個体の雄花着花量が多いこと、採種園において、母樹と花粉親の雌雄花の開花時期が一致することが重要である。また各系統が産する種子生産量等の特性を把握しておくことも重要である。そこで、それら必要な情報を収集する目的で、林野庁補助事業「エリートツリー等の原種増産技術の開発事業のための調査等委託業務のうち無花粉スギの生産・増殖効率の改善」において、茨城県日立市、埼玉県寄居町、神奈川県厚木市にあるスギ採種園等の無花粉遺伝子を有するスギ等合計 30 系統の着花量、開花フェノロジー及び種子特性について 4 年間調査を行ってきたので、その結果を紹介する。

P20

スギ幼苗において雄花を成熟させる育成条件の検討

坪村美代子（森林総研林育セ）、大平峰子（森林総研林育セ）

これまでに、DNA マーカーにより全国の精英樹から 20 系統以上の無花粉遺伝子をヘテロで保有する精英樹が明らかになった。一方で、ヘテロ個体が実際に無花粉遺伝子を保有しているかどうかは、検定交配を行い、形質での確認を行うことが不可欠である。検定交配した実生家系は 1 年生あるいは 2 年生の苗木段階でジベレリンによる着花促進処理を行い、着生した雄花の中の花粉の有無を調査し確認している。しかし、1 年生では雄花の着花は容易に着生できるにも関わらず、雄花内部の発達が止まり、成熟した花粉が形成されないものが多くある。未成熟な雄花において正常な花粉が観察されない場合、無花粉の雄花なのか未熟な雄花なのか判別できず、検定を翌年に持ち越すこともある。本研究では、スギにおいて 1 年生の苗木で成熟花粉を有する雄花を着生させる育成環境を検討することを目的として、施肥条件、頂芽を摘み取る芽摘み等の条件を検討した。2022 年は 1 家系、2023 年には 3 家系の無花粉ヘテロ交配家系を用いて検証を行った結果を報告する。

P21

関西育種基本区における花粉症対策スギ品種の開発

山野邊太郎（森林総研林育セ関西）、河合慶恵（森林総研林育セ関西）、高島有哉（森林総研林育セ関西）、宮下久哉（森林総研林育セ関西）、岩泉正和（森林総研林育セ関西）、三浦真弘（森林総研林育セ）、玉城　聡（森林総研林育セ）、河合貴之（森林総研林育セ関西）、山口秀太郎（森林総研林育セ関西）、磯田圭哉（森林総研林育セ）、山田浩雄（森林総研林育セ関西）

森林総合研究所林木育種センターでは、外部有識者を加えて品種を評価する委員会を設け、一定の基準を満たしたものを優良品種として開発し、普及を進めている。本発表では、関西育種基本区における優良品種の中から、少花粉スギ品種、低花粉スギ品種および無花粉スギ品種について、これまでの開発状況を紹介する。なおこれらは、林野庁のスギ花粉症発生源対策推進方針において花粉の少ない品種として定義されている。少花粉スギ品種および低花粉スギ品種は、雄花が着花しにくいスギをさす。関西育種基本区内では、平成８年度から調査を開始し、現在までにそれぞれ２９品種および５品種を開発している。無花粉スギ品種は、雄花の中の花粉の元となる細胞が花粉にまで発達しない雄性不稔スギをさす。林木育種センターでは、保有している多数のスギ遺伝資源から雄性不稔スギを網羅的に探索した。うち、関西育種場では、平成１９年度に無花粉スギ品種「三重不稔（関西）１号」を開発し、その交配家系の中から成長や材質等の優良性を検定し、令和５年度に「スギ西育不稔１号」、「スギ西育不稔２号」および「スギ西育不稔３号」の３品種を開発した。

P22

機能性展着剤を添加したジベレリン処理によるスギ及びヒバの着花促進効果

田中功二（青森産技術）

花粉症対策品種や二酸化炭素吸収能が高いスギ種苗の増産が急がれている。しかし採種園の拡大には経済的・時間的制約が多いことから、採種園の採種木１本当たりの種子生産量の増加方法を検討した。着花促進剤として使用しているジベレリン（以下 GA_3 とする）水溶液に機能性展着剤３種類を添加し、８月上旬に葉面散布処理した。その後、雌雄花量及び球果量を指数評価（４段階：４が最大）した。令和４年度処理結果について、本学会第 12 回大会で、機能性展着剤の着花促進効果を報告したところであるが、令和５年度処理結果は、GA_3 のみ処理と機能性展着剤添加処理ではその効果に差が見られなかった。このことは、令和５年度の着花量が GA_3 単体の使用で十分であったことから、機能性展着剤の加用効果が発揮されなかったものと考えられた。またヒバでも令和 4～5 年度にスギと類似の処理試験を行った結果、スギと同様に令和４年度処理は機能性展着剤の加用効果あり、令和５年度は効果なしであった。

P23

施設型採種園における少花粉スギ種子の充実率およびカメムシ防除効果の検証

奈良雅代（東京農林研セ）、畑　尚子（東京農林研セ）、中村健一（東京農林研セ）

東京都では、採種園外から飛来する花粉の混入やカメムシによる球果への加害の影響を低減するため、2023 年 3 月、既存の少花粉スギミニチュア採種園にビニルハウスを設置（以下、ハウス設置区）し、施設型採種園へと改良した。また、カメムシ侵入防止効果をさらに高めるため、ハウス設置区の 1 棟の内側に、目合い 0.8mm ポリエチレン製ネットを蚊帳状に設置する区（以下、蚊帳ネット設置区）を設けた。 これらによるカメムシの防除効果を検証するため、ハウス設置区、蚊帳ネット設置区およびハウス設置外区における少花粉スギ種子の充実率とカメムシの各設置区への侵入状況を同年 6 月から 9 月まで調査した。同年 10 月に採種した種子について、充実種子選別装置により充実率を計測した結果、充実率は、ハウス設置区では 33.6%、蚊帳ネット設置区では 43.1%、ハウス設置外区では 9.8%となった。また、調査期間中におけるカメムシの延べ侵入頭数は、ハウス設置区では 31 頭、蚊帳ネット設置区で 0 頭であった。これらのことから、ビニルハウスの設置によりカメムシの防除効果が認められ、ビニルハウス内に蚊帳ネットを設置することにより防除効果がさらに高まる可能性が示唆された。

P24

実生スギ採種量とコンテナ苗出荷本数の関係

藤井　栄（徳島農技セ）

林野庁では、花粉発生源対策として 2033 年度までに全スギ苗木生産量に占める「花粉の少ない苗木」の割合を約 9 割とすることを目指している。これを早期達成するためには、新たな採種園整備に加え、苗木生産者の育苗効率を向上させることが重要である。コンテナ苗では、種子量あたりの適切な生産本数が示されていないことから、生産者に対して、明確に生産本数を依頼することができず、生産者の育苗技術を評価することができなかったが、種子選別装置により、種子数及び発芽率を正確に把握できるようになった。そのため、生産者に配布する種子数に対する適切な生産本数を明らかにすることを本研究の目的とした。①種子数、発芽率は種子選別装置で計測した。②播種後、コンテナに苗が移植されるまでの割合を裸苗の成苗率×保残率に置き換え、残存率とした。③コンテナ移植後、出荷される苗の割合は過去の試験結果及び生産者アンケートから決定した。その結果、本県採種園で 2023 年採種した特定母樹種子においては、約 10kg(3,191,937 粒)から 579,190 本、少花粉は約 2.7kg(740,583 本)から 95,722 本が生産可能である事が分かった。

P25

開放空間における二酸化炭素の局所添加がスギコンテナ苗の成長に及ぼす影響

林田尚幸（林田樹苗農園）、林田洋子（林田樹苗農園）、蔡　昕傑（東大院農学生命）、後藤　晋（東大院農学生命）

開放空間で二酸化炭素の局所添加を試みたところ、開始から２か月ほどで、成長がよくなる傾向にあったが、樹高が大きくなる品種、直径が大きくなる品種、反応しない品種と品種による応答が見られた。二酸化炭素、気温、湿度等の環境センサーの結果をもとに、二酸化炭素添加に反応しない要因についても検討し、地域内のカーボンネガティブの実現に向けて議論をしたい。

P26

スギのさし穂の長さが発根および当年コンテナ苗の成長に与える影響

大平峰子（森林総研林育セ）

主伐の増加に伴い，さし木苗の不足が懸念されるため，さし木苗生産においては採穂木あたりの採穂数の増大と育苗期間の短縮が同時に求められる。さし穂を短くすることで採穂数の増大が見込めることから，さし穂の長さが発根性およびコンテナ苗の成長に及ぼす影響を調査した。スギ６クローンの長さ 10、15、20 および 30 cm のさし穂を、鹿沼土小粒を入れた育苗箱にさしつけ、育苗箱を電熱温床あり・なしで設置した。1 月下旬にさしつけ、3 月中旬から毎週発根の有無を調査した。長さ 5 mm 以上の根があれば発根とし、M スターコンテナに移植した。電熱温床による加温があれば３月中旬以前，加温がなければ４月下旬から発根した。また、さしつけから発根までの日数が短いほど，また穂が長いほど苗高が大きくなる関係が示された。移植日から成長可能日数を推定し，苗高との関係を解析した結果，茨城県日立市で平均苗高 30 cm のコンテナ苗を得るためには，10 cm の穂では５月中旬までに，15 cm の穂では６月下旬までに移植が必要と推定された。10～15 cm の穂は定法の穂より短く採穂数の増大が見込めるため，本研究で示した方法でさし木苗の生産を行うことにより，さし木苗の増産に貢献できると考える。

P27

スギさし木コンテナ苗を用いた低コスト造林試験
―岩手県岩手郡雫石町の事例における５年間の成長経過報告―

八木　修（東北森林管理局）、○ 井城泰一（森林総研林育セ東北）、谷口　亨（森林総研バイオ）、三嶋賢太郎（森林総研林育セ東北）、竹田宣明（森林総研林育セ東北）、福田友之（森林総研林育セ東北）

低コスト造林技術の開発を目指して、コンテナで育成したスギ第一世代精英樹３系統の挿し木クローン苗と一般的な実生苗を植栽し、下刈区（毎年）と無下刈区を設けて、成長および倒伏角度を調査した。さし木クローン苗と実生苗を比較したところ、樹高、根元直径および倒伏角度に差があったが、さし木クローン苗の系統によっては実生苗と同等程度の初期成長を示した。また、挿し木クローン苗の結果から、樹高及び根元直径、倒伏角度に系統間差が認められた。これらの結果から、積雪地におけるさし木造林では、下刈回数を少なくするために初期成長が良い系統を選択することだけでなく、雪による倒伏からの立ち上がりに優れる系統を選択することの重要性が示された。

P28

２世代のスギ選抜集団を対象としたゲノミック予測に関する研究

江島　淳（佐賀林試）、内山憲太郎（森林総研）、森　英樹（森林総研）、津村義彦（筑波大生命環境）

佐賀県では 1960 年代から人工交配により育成・選抜してきたスギの第２世代 101 クローンと、その親世代である第１世代 47 クローンからなる２世代の選抜集団を構築している。これらの表現型データを活用し、ゲノム予測（以下 GP）の有用性について検証した。　GP は、上記 148 クローンを対象に、DNA 情報は dd-RAD 法により得られた 8,664 座の SNP を利用し、形質データは３形質（樹高・木材剛性・雄花量）の clonal value を用いた。形質と各 SNP の関連は、５つの異なる確率分布を用いてモデル化され、その予測精度を交差検証によって評価したところ、形質ごとに最適なモデルが異なった。また、GP は従来の血統に基づく予測方法よりも正確であり、これはメンデリアンサンプリング効果をモデル化する能力に起因すると考えられた。一般的にはトレーニング集団と予測集団の遺伝的な関係は、血縁関係がある方が予測に有利に働くとの報告が多いが、世代間の血縁関係の影響を分析した結果、選抜圧の影響を強く受けた形質では、親子関係が GP の精度に悪影響を及ぼした。まとめると、GP は対象とする集団の遺伝的背景と形質の特性を考慮して、予測結果を検証し解釈しながら運用すれば、林木育種に有望なツールになることを示した。

P29

関西育種基本区におけるスギ次世代育種の検討

岩泉正和（森林総研林育セ関西）、宮下久哉（森林総研林育セ関西）、高島有哉（森林総研林育セ関西）、河合慶恵（森林総研林育セ関西）、山野邉太郎（森林総研林育セ関西）

スギは北海道南部から九州で植栽されている我が国の主要林業樹種であり、関西育種基本区内のほぼ全域で植栽ニーズがある。次世代育種において、継続的な形質の改良と遺伝的多様性の維持を図る上では、分集団の構築やその維持管理といった育種集団の体系化が必要であるが、これまで関西育種基本区のスギ育種集団については、基本区内の複雑な地域区分もあり、育種戦略の検討は難航してきた。本研究では、関西育種基本区におけるスギの育種戦略について検討し、第一世代精英樹の交配家系から選抜した第二世代精英樹候補木を、18 の次世代育種分集団に編成した。分集団の編成にあたってはまず、四国、近畿および瀬戸内側地域（スギ種苗配布第五区に相当）と中国山地、山陰および北陸地域（スギ種苗配布第二区および四区に相当）の 2 区域において、それぞれ 9 つの分集団を設定した。さらに分集団の構築においては、①分集団に寄与する第一世代精英樹数の確保、②分集団間の血縁関係の最小化（親系統の複数分集団への寄与を可能な限り避ける）、③第三世代化スケジュール（選抜・場内保存の時期が近い候補木をグループ化）といった観点を考慮して分集団化を検討した。

P30

9 年生スギエリートツリーの応力波伝播速度

田口裕人（愛媛県林業研）、西原寿明（愛媛県林業研）

愛媛県では、エリートツリーによるミニチュア採種園を造成し、2018 年度から種子生産を開始している。エリートツリーは、再造林コスト低減のため今後更なる普及が求められるが、成長が早い反面、収穫期における材質強度が懸念される。そこで、従来種苗に対するエリートツリーの材質強度面での優位性を実証するため、立木状態で非破壊的に強度性能を調査した。 県有林皆伐跡地に植栽した、エリートツリー由来及び愛媛県従来系統のスギを対象とした。第 9 成長期末となる 2023 年 12 月に、合計 159 個体の応力波伝播速度（以下 Vp）を測定した結果、従来系統と比べエリートツリーの方が有意に高かった（$p < 0.01$）。したがって、エリートツリー由来のスギは、遺伝的に動的ヤング率が高く、愛媛県従来系統よりも優れた材質強度性能を持つと考えられた。また、エリートツリーの Vp と成長形質には、有意な負の相関（$p < 0.01$）が認められた。そこで、SSR 遺伝子型に基づき親子鑑定を行った結果、同一母樹系統内では、Vp と成長形質に有意な相関関係は認められなかったことから、エリートツリーの Vp は、母樹の系統間による差があると考えられる。 したがって、今後 V p が比較的高い系統をミニチュア採種園の母樹として導入することで、材質に優れた種子の生産に寄与できると考えられる。

P31

スギの炭素貯留能力の改良に向けた複数試験地におけるゲノミック予測の試行

平岡裕一郎（静岡農環専大）、袴田哲司（静岡森林研セ）、松下通也（森林総研林育セ）、永野聡一郎（森林総研林育セ）、平尾知士（森林総研林育セ）

地球温暖化の緩和に向け、森林の二酸化炭素吸収源機能の強化は重要な課題であり、その手段のひとつに育種による炭素貯留能力の改良がある。早期の機能強化のためには、育種年限の短縮が求められる。そこで本研究では、主要造林樹種であるスギにおいて、炭素貯留能力に関する形質のゲノミック予測モデルの作成を試みた。対象林分は、静岡県内に設定された、精英樹同士の交配による第 2 世代および第 3 世代にあたる実生が植栽された 2 試験地である。表現型として、それぞれ 7 年次の樹高（TH）と胸高直径（DBH）、8–9 年次のピロディン陥入量（PP）と応力波伝搬速度（SWV）の測定を行い、DNA 抽出用のサンプルを採取した。SNP ジェノタイピングは AmpliSeq により実施した。各表現型値の実測値から空間自己相関誤差を差し引くことで立地環境の影響を補正し、モデル化手法として GBLUP と HBLUP を適用した。ゲノミック予測精度は表現型の補正値と予測値の相関係数とし、10 分割交差検証法によって検証した。2 箇所の試験地での予測精度はいずれの試験地においても PP あるいは SWV で比較的高く、TH で中庸、DBH で低い傾向が認められた。これら予測精度の差異には各形質の遺伝率が寄与していると考えられる。

P32

スギのゲノミック選抜実用化のための集団・対象形質・モデル化手法の比較

〇永野聡一郎（森林総研林育セ）、安田悠子（森林総研林育セ、鹿大農）、平尾知士（森林総研林育セ）、高島有哉（森林総研林育セ関西）、松下通也（森林総研林育セ）、三嶋賢太郎（森林総研林育セ東北）、井城泰一（森林総研林育セ東北）、石栗 太（宇大農）、平岡裕一郎（静岡農環専大）、高橋 誠（森林総研林育セ）

林木は世代時間が長く、形質評価に長い時間を必要とする。ゲノムワイドな遺伝的多型をもとに形質の遺伝子型値を予測し選抜を行うゲノミック選抜は、実際の形質評価を行わずに選抜ができるため、林木育種への導入効果が大きいと期待される。しかし、ゲノミック選抜の実用化のためには、i）対象育種集団、ii）対象形質、iii）モデル化手法等を比較し、より確度の高いゲノミック選抜が可能な場面を想定した導入計画が必要となる。そこで本研究では、スギ精英樹同士の交配による複数の交配家系集団が植栽された茨城県日立市の育種集団林を対象に成長および材質関連形質のゲノミック予測モデルを構築し、複数のモデル化手法の比較も併せて行い、形質値と予測値の相関係数として定義したゲノミック予測精度を評価した。SNP ジェノタイピングは AmpliSeq カスタムパネルを用いて実施した。また、材質関連形質はピロディン陥入量や応力波伝搬速度等の立木評価値に加え、木材材料学的評価値、および軟 X 線解析による年輪毎の早材・晩材の評価値を用いた。交配家系集団の組み合わせや対象形質およびモデル化手法によるゲノミック予測精度の傾向に基づいて、スギのゲノミック選抜実用化に向けた議論を行う。

P 33*

スギ精英樹の樹冠の光環境評価における計測手法の検討

日下真桜（京大院農）、松下通也（森林総研林育セ）、亀井啓明（京大院農、森林総研林育セ）、小野田雄介（京大院農）

樹木の成長量の違いにおいて、樹冠での光獲得や利用が強く影響することが知られており、光環境の評価は重要であるといえる。これまで樹冠の光環境を評価するために光量子計や日射計、カメラなど複数の手法が用いられてきた。中でも小型光量子計は、測竿に取り付けることにより、樹冠内の高さごとに光強度を容易に測定することができる。しかし光量子計で得られる測定値は瞬間値であるため、長期的な光環境を反映しているかどうかはわからない。 本研究では、茨城県の林木育種センターに植栽されている 5 年生のスギ精英樹を対象に、光量子計と日光により退色するフィルム OptoLeaf を用いて樹冠内の光環境をそれぞれ測定した。光量子計では樹冠での瞬間的な光強度から相対光強度を算出し、OptoLeaf では樹冠内に設置したフィルムの退色率を基に、各フィルムの積算日射量、全天で獲得できる積算日射量に対する相対値を算出した。両者の測定データは個体差や環境条件に起因する誤差が認められたものの、全体として概ね整合性が見られた。

P 34

UAV LiDAR による 25 年生スギ精英樹の系統間の樹冠形質と成長速度の関係の評価

亀井啓明（京大院農、森林総研林育セ）、松下通也（森林総研林育セ）、武津英太郎（森林総研林育セ）、高島有哉（森林総研林育セ関西）、安田悠子（鹿大農）、田村　明（森林総研林育セ）、Rahman Md Farhadur（京大院農）、日下真桜（京大院農）、小野田雄介（京大院農）

スギの重量成長速度は系統間で大きな差異が見られ、その違いは樹冠面積と樹冠面積当たりの重量成長速度（空間利用効率）に分割して解析することが出来る。スギの樹冠形質（形状や葉群の分布など）は系統によって大きく異なり、光の獲得や利用を介して空間利用効率に影響していると考えられる。しかし、樹冠形質は計測に要する労力が大きく、これまで十分に研究されてこなかった。本研究では、技術革新が進む UAV LiDAR を用いて、25 年生のスギの第一世代精英樹 429 系統について個体ごとに樹冠の高密度三次元点群データを取得し、樹冠形質（樹冠形状、樹冠内の光減衰率、葉量、葉群密度）を定量し、また樹高、直径、材密度から重量成長速度を算出した。立地効果を考慮したうえでの各形質の広義の遺伝率は、成長速度 0.289、樹冠面積 0.064、空間利用効率 0.190、材密度 0.423、樹冠形状 0.270、光減衰率 0.417、葉量 0.298、葉群密度 0.342 であった。個体の成長速度には、樹冠面積が 16.6%、空間利用効率が 83.4%寄与した。高い空間利用効率を持つ系統は樹冠が尖り、光が緩やかに減衰していたが、材密度、葉量、葉群密度との間に相関はみられなかった。光の減衰率は他の樹冠形質と高い相関を示し、樹冠における鍵となる形質であることが分かった。

P 35

遺伝的能力の評価に向けたUAVLiDARによる樹高推定の精度と正確度の検証

武津英太郎（森林総研林育セ）、松下通也（森林総研林育セ）、稲永路子（森林総研林育セ）、玉城　聡（森林総研林育セ）、栗田　学（森林総研林育セ）、 松永孝治（森林総研林育セ九州）、倉原雄二（森林総研林育セ九州）、久保田正裕（森林総研林育セ九州）、 袴田哲司（静岡森林研セ）、平岡裕一郎（静岡農環専大）、鵜川　信（鹿大農）

成長性は林木育種における主要な改良目標であり、樹高は成長を評価する上で重要な測定形質である。樹高はこれまで測竿や測高器により計測されてきた。しかし数百から数千個体の計測は大きなコストがかかり、また測定精度についても課題があった。近年、レーザーを用いた検知・測距装置（Light Detection And Ranging）を搭載したUAV（以下、UAVLiDAR）が比較的安価に入手可能となり、林木育種分野でも活用が期待される。そこで、従来の測高器による計測とUAVLiDARによる推定で、その精度と正確度を比較した。一試験地における複数人の測定者間のRMSEの平均0.7m程度に対し、UAVLiDARによる複数の試行間のRMSEの平均は0.2m程度とより高い精度であった。複数人の測定値平均を真値と仮定すると、それに対するUAVLiDARの値のRMSEが、一人の測定者によるRMSEよりも小さい飛行条件が存在し、正確度が高いことが示唆された。さらに狭義の遺伝率はUAVLiDARでより高く、より少ない誤差で測定されていることが示唆された。一方で、周囲より低い個体が検出されにくいなどの課題も示された。

P 36*

モバイルLiDARを用いた遺伝試験林における樹高の高速フェノタイピング
―2016年植栽のトドマツ分離集団を例にして

蔡 昕傑（東大院農学生命）、郭 威（東大院農学生命）、石塚 航（道総研）、津山幾太郎（森林総研北海道）、後藤 晋（東大院農学生命）

表現型データの取得は、林木育種における次代検定で極めて重要である。しかし、従来の測定方法では多くの時間と労力を要していた。近年、モバイル LiDAR で樹高や胸高直径を測定することが比較的容易になってきた。そこで、本研究では、北海道富良野に 2016 年に植栽されたトドマツ遺伝試験林において、LiDAR技術を用いて樹高等の測定を試みた。現地でLiDARを使用し、ルートを設定後、トドマツの点群データを取得した。その後、データ処理ソフトを用いて、樹高等の表現型データを取得した。その結果、約250本の樹高と個体位置を15分で測定できた。従来型の測定方法による結果と比較すると、精度は5cm未満であり、十分に実用可能と判断された。このLiDARでは短時間で多個体の樹高測定が可能であり、林木育種や森林管理において新たな測定技術となりうると考えられた。

P37

東北育種基本区におけるカラマツ特定母樹の成長経過の比較

那須仁弥（森林総研林育セ東北）、三嶋賢太郎（森林総研林育セ東北）、井城泰一（森林総研林育セ東北）

森林資源の循環利用を実現するためには、主伐後の再造林の実施が必要とされる。再造林を進めるには育林経費の低減を図る必要があり、エリートツリー・特定母樹などの成長に優れた苗木に利用により造林初期経費の 7 割を占める下刈り等の作業コストの低減が期待されている。これに対応して林木育種センターでは成長に優れた第 2 世代品種を開発している。一方、エリートツリー等の成長特性は長期にわたって充実することが望ましい。今回、東北基本区カラマツ次代検定林の 1 から 30 年次の調査結果を用いて個体別に成長曲線を推定し、特定母樹との比較の結果を報告する。

P38

カラマツ連年雌花着花系統における雌花着花に関わる原因遺伝子座の探索

三嶋賢太郎（森林総研林育セ東北）、白澤健太（かずさ DNA 研究所）、井城泰一（森林総研林育セ東北）、平川英樹（九大院農）、平尾知士（森林総研林育セ）、小長谷賢一（森林総研バイオ）、福田陽子（森林総研林育セ北海道）、永野聡一郎（森林総研林育セ）、平岡裕一郎（静岡農環専大）、倉本哲嗣（森林総研林育セ）、田村　明（森林総研林育セ）、高橋　誠（森林総研林育セ）

カラマツは、我が国における主要造林樹種である。近年、造林面積が増加しており、種苗の安定供給に加え、優れた林業形質の持った次世代品種の開発が望まれている。しかし、カラマツには雌花着花に顕著な豊凶があり、安定的・効率的な種苗生産および育種的改良を行うためには、雌花着花特性の改良が必要であり、重要な育種目標となっている。カラマツ遺伝資源の中には連年雌花着花する系統が知られており、これらの雌花着花の原因の解明を通じて、カラマツの雌花着花機構の理解を進めることが重要な研究課題であると考えている。本発表では、雌花着花形質が分離するマッピング集団を用いた解析に加え、カラマツのリファレンスゲノムの構築についても報告する。

P39

マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ 24 家系における抵抗性の遺伝性に関する検討

高島有哉（森林総研林育セ関西）、岩泉正和（森林総研林育セ関西）、山野邊太郎（森林総研林育セ関西）

クロマツにおけるマツノザイセンチュウ抵抗性育種において次世代化を進めるためには、交配親における抵抗性のランキング評価や遺伝性について検討する必要がある。本研究では、抵抗性クロマツ 9 系統およびクロマツ精英樹 2 系統を交配親に含む 8×3 要因交配家系 24 家系を対象として、抵抗性の遺伝性試験を実施した。 マツノザイセンチュウを接種してから 13 週後に、目視による 3 段階での枯損調査を実施した。24 家系における生存率および健全率の平均値（最小値 - 最大値）は、それぞれ 0.31（0.00 – 0.78）および 0.13（0.00 – 0.39）であった。 これらのデータについて、統計解析を行った結果について発表する。

P40

北海道におけるアカマツ種子の発芽と苗木の成長

生方正俊（森林総研林育セ北海道）、中田了五（森林総研林育セ北海道）、花岡　創（静大農）

林木育種センターでは、有用樹種の貴重な遺伝資源を環境変動下で適切に保存していく技術を開発するため、アカマツを対象に、日本各地に分布する林分から採取した種子由来の苗木を用いた試験地を各地に設定し、調査・研究を進めている。アカマツの天然分布域以北である北海道育種場（江別市）において、2021 年 5 月 14 日に青森県から宮崎県までの 11 産地 55 系統の種子を播種し、3 年間苗畑で養苗した後、2024 年春に試験地を設定した。種子は、一昼夜流水処理した後にまき付けた。全体の発芽率は 29.6%であり、同じ種子を用いた既往の報告に比べ大幅に低く、産地間に 0～63.7%、系統間に 0%～81.8%と大きな差がみられた。発芽は 5 月 31 日に始まり、9 月 3 日まで 3 か月以上にわたっていた。発芽した日が早い個体ほど 1 年目の成長が良かったが、年次が進むにつれ、発芽が遅かった個体との差が縮まる傾向がみられた。また、発芽時の子葉の枚数は 3～8 枚まで変異があり、6 枚が最も多く全体の約 7 割を占めていた。子葉の枚数が多いほど 1 年目の成長が良い傾向がみられ、この傾向は 2024 年春の試験地定植時点まで認められたが、4 成長期後では差がみられなくなった。

P41

８月下旬の早期に収穫したヒノキ種子は本当に４月以降の発芽率が低下するのだろうか

西原寿明（愛媛林業研）、田口裕人（愛媛林業研）

近年、気候変動による温暖化により、ヒノキ球果の収穫適期が変動している可能性があり、労働力の分散といった面からも、林業種苗法等による 9 月 20 日以前の期間における種子採取の可能性について検討の余地がある。しかし、9 月上旬の種子採取では、翌春以降の発芽率が低下するといった報告があり、種子の充実とは別の次元での問題も残されている。そこで本研究では、8 月下旬、9 月下旬、10 月下旬に採取した球果について、採取後すぐに温風乾燥を行い、その直後の種子と乾燥後インキュベーター内において 3.8℃の設定で 4 月まで保存した種子の発芽率の変化を検証した。その結果、採取直後と 4 月まで保存した種子で発芽率に有意な差は認められなかった。また、種子の含水率は 8、9、10 月の順に高くなり、逆に発芽率は低くなった。既報では 8 月採取でも発芽率は著しく下がらないことが示されており、本研究において 8 月採取種子で発芽率が下がっていたのは、温風乾燥による過乾燥によるものと考えられた。8 月下旬では外気温が 35℃以上の場合もあることから、温風乾燥を行う場合、採種時期よりも乾燥条件の再検討が必要になるのではないかと考えられた。

P42

日本・台湾のヒノキ分布全域における遺伝構造と遺伝的多様性

相原隆貴（筑波大生命環境）、Chih-Hsin Cheng（NTU, Taiwan）、Chiou-Pin Chen（NTU, Taiwan）、Chieh-Ting Wang（NTU, Taiwan）、内山憲太郎（森林総研）、高橋大樹（九大農）、陶山佳久（東北大農）、津村義彦（筑波大生命環境）

ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* は通直で木目が美しく，加工性が良いことから優良建築材として用いられ，我が国の第二の造林面積・素材生産量を誇る．その天然分布は，福島県以南の本州，四国，九州，屋久島，台湾である．台湾のヒノキは変種タイワンヒノキ *C. obtusa* var. *formosana* として扱われ，樹齢 1000 年を越すような大木がいまなお残る．ヒノキの天然林は，遺伝資源として保全すべき対象であり，各集団の遺伝的な情報は重要である．本研究では，日本・台湾のヒノキ分布全域における集団遺伝構造と遺伝的多様性を MIG-seq 法を用いて調べた．最尤法による系統解析の結果，ヒノキは日本と台湾で大きく分化していた．ADMIXTURE による遺伝構造の推定では，交差検証法による最適分割数は 4 であり，本州中部以東・以西，屋久島，台湾で大きく区分された．近交係数 FIS はいずれの集団も 0 に近く，任意交配が行われていることが推定された．ヘテロ接合度の観察値 Ho，期待値 He，塩基多様度 π はいずれも日本より台湾の集団で低い値を示した．Tajima's D を算出したところ，北限・南限以外の日本の集団では，0 以下の値を示し，最近の集団の拡大が示唆されたことから，過去～現在にかけての集団動態が日本と台湾で異なったことが考えられる．

P43

4 カ所の検定林に植栽されたヒノキの成長形質、生存率および生産性に及ぼす遺伝と環境の影響

高橋優介（森林総研林育セ）松下通也（森林総研林育セ）、田村　明（森林総研林育セ）、坪村美代子（森林総研林育セ）、高橋　誠（森林総研林育セ）

林木育種により森林の生産性を向上させるためには、遺伝要因、環境要因およびそれらの交互作用の影響を理解することが不可欠である。本研究では、関東育種基本区内の気候の異なる 4 カ所の検定林に植栽されたヒノキの第一世代精英樹に由来する自然交配家系 28 家系を用いて、胸高直径、樹高および生存率を調査し、成長と生存率の両方を考慮した生産性の優れた家系選抜の可能性を評価した。冬期の降雪量が多い場所と少ない場所では、肥大成長パターンが異なっていた。また、特に若年次における生存率は、降雪量の増加に伴い減少する傾向が示された。30 年次における材積と生存率から算出した各家系の生産性を変数として主成分分析およびクラスター分析により、28 家系を環境適応性の異なる 4 つのグループに分類した。結果として、全ての検定林において優れた生産性を示す家系の存在が認められ、このことは、より多様な環境へ適応でき、優れた成長を示す家系を選択的に植栽することで、ヒノキにおける生産性を向上できる可能性を示唆している。

P44*

オオバアサガラとカラマツの混植による影響の検討

戸田翔子（東農大院地域環境）、上原　巌（東農大地域環境）

造林樹種の 1 つであるカラマツは、初期成長が優れ、下刈回数削減など造林コストの低減が期待されている一方、カラマツの種子は着果の豊凶の影響を受けるため恒常的に不足している状況にあり、安定的な種子の生産と供給が課題となっている。その解決方法として挿し木で育成する方法も考えられるが、カラマツの挿し木は困難とされている。そこで本研究ではカラマツ林内で共生がみられるオオバアサガラを同一プランターで育成することで、お互いの生存などにどのような影響を与えるかについて調べた。挿し床は鹿沼土を用い、プランター内には 1 列 5 本、2 列に挿し穂を挿しつけた。条件としては、カラマツのみのもの、オオバアサガラとカラマツを 1 列ずつ植えたもの（以下“混植”とする）、オオバアサガラのみのものを準備した。挿し穂の太さの違いによる影響が考えられるため、太さを大きく 2 つに分け、各樹種 60 本準備した。2024 年 3 月 16 日に挿しつけ、同年 9 月 25 日までに全て掘り取った。カラマツは挿しつけてから 1 か月ほどで全て枯死したが、オオバアサガラは生存した個体もあった。カラマツは混植することで生存日数が増加したが、オオバアサガラは生存日数が減少した。

P45

グイマツ雑種 F_1 挿し木造林の安全性の検証

今　博計（道総研）、石塚　航（道総研）、来田和人（道総研）、黒丸　亮（道総研）

本研究の目的は 4 つあり、(1)挿し木造林の安全性の確認、(2)成長に関するクローン間差の検証、(3)採穂台木の樹齢が成長に及ぼす影響評価、(4)挿し穂の着生位置が成長に及ぼす影響評価である。試験地は北海道三笠市の挿し木造林試験林で、挿し木苗を植栽した国内 2 例目の林である。造成は 1999 年 5 月に挿し木苗 48 クローン 414 個体、実生苗 129 個体、2000 年 5 月に 1 年生台木由来 25 クローン 213 本、2 年生台木由来 15 クローン 87 個体、3 年生台木由来 9 クローン 60 個体を乱塊法により植栽した。それぞれ 14 年生・15 年生にあたる 2014 年 5 月に樹高と胸高直径の測定を行った。挿し木苗が実生苗に比べて成長が劣る傾向はなく挿し木造林の安全性を確認できた。しかし、挿し木苗の成長はクローン間差が大きく、成長に 2 倍以上の差が生じること、また、クローン間差は、採穂台木の樹齢に関係なく固定していた。さらに、2 年生と 3 年生由来の挿し木苗は 1 年生台木由来の挿し木苗に比べて成長が劣っており、樹齢が挿し木の発根率や枝性の発生だけでなく、その後の成長にも影響が及ぶことがわかった。一方、採穂した時の着生位置による成長差はなかった。

P46

グイマツ育種母材の葉フェノロジーと雑種形成率の関係性

福田陽子（森林総研林育セ北海道）、花岡　創（静大農）、三嶋賢太郎（森林総研林育セ東北）、永野聡一郎（森林総研林育セ）、平尾知士（森林総研林育セ）

グイマツを母樹、カラマツを花粉親とするグイマツ雑種 F_1 は北海道において最も重要な林業樹種のひとつである。発表者らはこれまでに核 SNP 解析により育種母材の遺伝構造を明らかにし、UAV 空撮画像を用いて黄葉フェノロジーにおけるクローン間変異および遺伝構造との関係を検討してきた。本研究ではさらに、開葉フェノロジーのクローン間変異および遺伝構造との関係について検討した。その結果、黄葉が早い系統は開葉も早い傾向が見出された。グイマツはグイマツ雑種 F_1 の母樹として利用されるため、カラマツと開花時期が近いことが望ましい。開葉が早いグイマツクローンは開花も早い傾向があることから、開葉の早晩と雑種形成率の関係性についても検討した。その結果、開葉が遅い系統において雑種形成率が高い傾向があった。したがって、UAV を用いて開葉を評価することによって、効率的に雑種形成率の高い個体を選抜できる可能性がある。落葉性樹種であるグイマツでは、UAV 画像を用いた葉フェノロジーの評価は開葉よりも黄葉の方が容易であることから、今後は黄葉フェノロジーによる雑種形成率評価の可能性についても検討したい。

P47*

アカエゾマツの半径方向成長，容積密度および ミクロフィブリル傾角のクローン間差異に寄与する産地の環境要因

加治屋杏奈（千葉大教育）、田邊　純（千葉大教育）、花岡　創（静大農）、福田陽子（森林総研林育セ北海道）

アカエゾマツは、開葉時期や容積密度などに産地間変異があることが報告されてきた。このことは、由来する産地の環境条件が遺伝的変異に影響を与えてきたと解釈できる。本研究では、アカエゾマツの半径方向成長、容積密度およびミクロフィブリル傾角（MFA）におけるクローン間差と選抜地の気象因子との関連性を明らかにすることを目的とした。産地が既知のアカエゾマツ精英樹 23 クローンについて、半径方向成長、容積密度および MFA を 5 年輪ごとに測定した。産地の気象因子による主成分分析の結果、第一主成分に対しては気温、標高および春の日射量、第二主成分に対しては積雪深と季節ごとの降水量、第三主成分に対しては降水量と日照時間の主成分負荷量が高い値を示した。各形質について 5 年輪ごとに得られた変量効果であるクローン値と、主成分分析から得られた各産地の主成分得点との相関係数を算出した結果、第一主成分と各形質の相関は小さく、第二および第三主成分と各形質間には最大で±0.4 程度の相関係数となった。このことから、積雪と季節ごとの降水量や日照時間などの産地の気象要因が、木材形質のクローン間差に遺伝的に影響をもたらしている可能性が示唆された。

P48

新たな家具用材として期待される早生樹チャンチンの植栽試験

磯田圭哉（森林総研林育セ）、倉本哲嗣（森林総研林育セ）、弓野　奨（森林総研林育セ）、山田浩雄（森林総研林育セ関西）、山口秀太郎（森林総研林育セ関西）、生方正俊（森林総研林育セ北海道）

林木育種センターでは、新需要の創出を目的として早生樹等の選抜、植栽試験を進めている。今回紹介するチャンチン（*Toona sinensis*）は、中国原産のセンダン科落葉高木で日本には江戸時代に渡来したと言われている。全天連（全国天然木化粧合単板工業協同組合連合会）がチェアを作成し国際見本市 IFFT へ出展したところ、出品作品中最も高い評価を得たとのことで、新たな家具用材として期待されている。2021 年 5 月に、関東森林管理局千葉森林事務所が実施する「国民参加の森林づくり」に協力して、ガールスカウト千葉市協議会及び有限会社丸和建材社と共同で、「ガールスカウト・丸和早生樹の森」を造成し、その中で、チャンチンの植栽試験を実施した。2024 年春に行った 3 年次調査では、樹高 4 m を超す個体もみられ、ポテンシャルの高さがうかがえた。今回、3 年次調査の結果を紹介する。

P 49

4 年生キリの丸太材積および容積密度の軸方向変動に基づく樹幹の全乾重量の推定

根津郁実（宇大農）、澤田のどか（宇大農）、田口木乃霞（宇大農）、石栗　太（宇大農）、仁平昌志（KKBC）、漆島芳滝（KKBC）、加藤　茂（KKBC）、大島潤一（宇大農）、横田信三（宇大農）

キリ属樹種（*Paulownia* spp.）は、成長が早いことから、近年、東アジアおよび欧米を含む広い地域において植栽されている。本研究では、キリの燃料材・用材としての利用可能性を明らかにするため、栃木県内の 4 年生キリ林分内で平均的な胸高直径を有する 15 個体を対象に、樹幹基部から頂端に向かって、2 m 丸太の材積および円盤の容積密度を測定した。得られた結果から、各性質について、個体を変量効果に含む軸方向変動モデルを作成し、各丸太の全乾重量を推定した。軸方向変動モデリングの結果、丸太材積では個体の効果を含まない対数モデルが選択されたが、容積密度では初期値（樹幹基部における値）および変化率のパラメータに個体の効果を含む指数モデルが採択された。また、容積密度において選択されたモデルから推定された全分散に占める個体の分散成分比は、64.3%と高い値を示した。これらの結果から、材密度に関して、樹幹基部の値が高く変化率が大きい個体を選抜し、単木あたりの質的向上を図ることによって、収穫量を増加できる可能性が示唆された。

P 50*

Chemical composition of the inner and outer heartwood from the third-generation *Acacia mangium* in Indonesia

Masendra (TUAT, Utsunomiya Univ.), Ikumi Nezu (Utsunomiya Univ.), Futoshi Ishiguri (Utsunomiya Univ.), Jyunichi Ohshima (Utsunomiya Univ.), Shinso Yokota (Utsunomiya Univ.), Fanny Hidayati, (UGM, Indonesia), Arif Nirsatmanto(NRIA, Indonesia), Sri Sunarti (NRIA, Indonesia)

The tree breeding of *Acacia mangium* in Indonesia has entered in the third-generation cycle. In the present study, the chemical components from the inner and outer heartwood were determined for 10-year-old *A. mangium*. Total 99 individuals from 20 half-sib families originating from four sub-lines from two provenances were collected. The mean values of the inner and outer heartwood in each sub-line ranged from 5.1 to 6.3% and 7.9 to 8.7% for ethanol (EtOH)-toluene extract content, 24.9 to 25.7% and 26.0 to 27.8% for Klason lignin content, 77.9 to 79.7% and 77.6 to 78.9% for holocellulose content, respectively. The broad-sense heritability (H^2) values of inner and outer heartwood for Klason lignin and holocellulose contents were relatively higher (H^2 = 0.068 – 0.894) than those of EtOH-toluene extract content (H^2 = 0.000 – 0.198). These results suggest that among-family variations of lignin and polysaccharides are larger than that in extractive content.

P51*

インドネシア有用樹種・*Falcataria falcata* の遺伝構造と気候変動下での遺伝的強靭性の解明

小沼 佑之介（筑波大院生命地球）、Sawitri（UGM, Indonesia）、Liliana baskorowati（NRIA, Indonesia）、Widiyatno（UGM, Indonesia）、Sapto Indrioko（UGM, Indonesia）、Mohammad Na'iem（UGM, Indonesia）、谷 尚樹（国際農研）、津村 義彦（筑波大生命環境）

ファルカタ（*Falcataria falcata*）は成長が早く約7年で伐期を迎えるため木材として換金効率が高く、30年程前からインドネシア・ジャワ島の住民林業において最も植栽される樹種であり、その住民林業は木材生産の 20%を占める重要な生産形態である。そして気候変動下の林業では生育不良による木材生産量低下が危惧され、気候変動への強靭性を考慮した植林方法の検討が求められている。しかし産業上重要な樹種でありながら、ファルカタは大規模ゲノムデータを用いた集団遺伝学的解析が行われていないため、地域ごとの遺伝構造や気候変動に対する強靭性等の遺伝的背景が明らかになっていない。そこで強靭性を考慮した植林方法を検討するため、遺伝構造の解明と気候変動下での遺伝的強靭性の解析を行った。解析対象は天然林22集団351個体、ジャワ島人工林28集団354個体であり、DNA抽出後にdd-RAD seq法により作成したDNAライブラリーをNGSで読み取りSNPデータを用いたデータ解析を行った。データ解析の結果、大きく諸島ごとに遺伝構造が5つに分かれ、ジャワ島人工林はインドネシア・Timur 地域に由来する可能性が高いことが分かった。また Genetic offset によりPapua内陸以外の集団で遺伝的強靭性を有する可能性が示唆された。