

森林遺伝育種学会

第 10 回大会講演要旨集

令和三年（2021 年）11 月 5 日（金）
オンライン開催

大会プログラム

- 開催日 2021 年 11 月 5 日（金）午後
- 開催場所 LINC Biz を使用したオンライン開催
- 発表方法 ポスター発表
- 大会スケジュール

- 12：30～ 通信テスト開始
- 13：30～ 開会 会長挨拶
 学会賞の発表・受賞講演など
- 14：15～ 第 1 グループ発表内容の紹介（フラッシュトーク）
- 14：30～ 第 1 グループコアタイム（奇数番号）
- 15：15～ 第 2 グループ発表内容の紹介（フラッシュトーク）
- 15：30～ 第 2 グループコアタイム（偶数番号）
- 16：15～ 閉会 挨拶

令和三年度 森林遺伝種学会賞

後藤 晋 （東京大学大学院農学生命科学研究科）

北海道における有用針葉樹トドマツの環境適応に関する研究と
その遺伝研究基盤の構築

齋藤 央嗣 （神奈川県自然環境保全センター）

無花粉ヒノキの発見及びスギ・ヒノキ花粉症対策品種の実用化

令和三年度 森林遺伝種学会奨励賞

松下 通也 （森林総合研究所林木育種センター）

柔軟性の高い統計モデリングを用いた林木の生態生理学的研究

石塚 航 （北海道立総合研究機構林業試験場）

葉緑体ゲノム解析によるカラマツ属種内系統分化の解明と
次世代育種への遺伝情報の提供

受賞講演要旨

北海道における有用針葉樹トドマツの環境適応に関する研究と

その遺伝研究基盤の構築

後藤 晋 （東京大学大学院農学生命科学研究科）

北海道に天然分布するマツ科針葉樹トドマツは、生態的にも経済的にも重要な樹種である。本種は、低地から高山帯までの幅広い標高域に分布しており、高標高(1200m 以上)と低標高(600m 以下)に生育している個体は、生長パターンや生理生態形質が大きく異なることが知られている。異なる標高の個体を同一環境で育成した実験などから、各個体が自生している標高に遺伝的に適応していることが示唆されていたが、そのメカニズムはよく分かっていなかった。私たちの研究グループでは、元東京大学講師の倉橋昭夫博士が作出した約 30 年生のトドマツの高標高と低標高に生育する個体を親として、それらの交配後代(F1 個体)を交配し、環境適応に関連する量的遺伝子座 (QTL) を検出できる分離集団を作出した。この分離集団を用いて QTL 解析を行った結果、フェノロジー、生態生理形質、成長に関連する QTL を検出することができた。これらの QTL から適応的な遺伝子を同定するにはまだ多くのステップが必要であるが、倉橋昭夫博士の慧眼に端を発した交配から 30 年以上の歳月をかけ、針葉樹における環境適応に関連する遺伝基盤の解明につながる重要な一歩を踏み出せたと考えている。

受賞講演要旨

無花粉ヒノキの発見及びスギ・ヒノキ花粉症対策品種の実用化

齋藤 央嗣 （神奈川県自然環境保全センター）

首都圏に位置する神奈川県では、スギ・ヒノキの花粉症の関心が高く、対策が求められている。このため 1997 年に精英樹及びその家系の着花調査から花粉の少ないスギを選抜し、2000 年には全国で初めて花粉の少ないスギ採種園を造成し、2004 年春山行苗から全量を花粉症対策品種に転換した。ヒノキも 2004 年に精英樹の着花調査結果から全国で初めて花粉の少ないヒノキを選抜し、2014 年には県内で生産する苗木を花粉症対策に転換した。さらに 2004 年に雄性不稔となる無花粉スギ（田原 1 号）を選抜し、ガラス温室の閉鎖系採種園を 2007 年に造成し、種子を苗木生産者に配布し、袋に入れて漬す簡易な検定方法を開発して、2010 年に無花粉スギ実生苗約 600 本を出荷した。その後、検定手法を改良し 2020 年春には無花粉スギ苗生産量が 1 万本となった。

さらに無花粉ヒノキの探索を進め、4,000 個体以上のヒノキ造林木から 2012 年に全国で初めて無花粉個体を発見した。発見した個体は、その後両性不稔であることが判明し、原因は減数分裂時の不等分裂であると推定された。あわせてコンテナ苗によるさし木増殖法、材質特性も明らかにして実用化を進め、2021 年春には初めて出荷するに至った。一連の研究成果は、首都圏の花粉発生源対策の推進に繋がると期待される。

受賞講演要旨

柔軟性の高い統計モデリングを用いた林木の生態生理学的研究

松下 通也 （森林総合研究所林木育種センター）

樹木は、森林という幅広く多様な環境傾度にわたって柔軟に適応して生育し、長命な生育ステージの各段階において成長や繁殖といった表現型特性をその環境に応じて発揮する。育種を進めるうえでは、表現型にあらわれるバラツキのうち、各系統の備える遺伝的特性によって説明される寄与と、環境によって変動する影響とを、より良く説明できる統計モデルを用いることによって育種評価の精度を向上させることができる。近年では、蓄積された大規模なデータセットを有効活用して柔軟に解析することで、育種年限の短縮に資する有益な知見を提供することが出来ると期待される。樹木の成長や繁殖特性といった多様なビッグデータについて、そのデータの特性に応じて柔軟に解析し、スギやカラマツ等の林木育種分野に発展的に適用し、統計モデリングにより様々な生態生理学的研究を行ってきた。それら一連の研究概要を紹介する。

受賞講演要旨

葉緑体ゲノム解析によるカラマツ属種内系統分化の解明と

次世代育種への遺伝情報の提供

石塚 航 （北海道立総合研究機構林業試験場）

北海道では、グイマツを母親種、ニホンカラマツを父親種とした交雑育種が実践され、優良な雑種苗の普及やさらなる育種の推進を図っている。このうち、グイマツは自生地が千島列島とサハリンに限られ、かつて北海道に導入された遺伝資源の中より精英樹等の選抜が進められてきたが、そのルーツの多くは不確かだった。そこで、先人らの知見の集積を基にグイマツ遺伝資源の来歴情報を整理した上で、分子遺伝的手法を活用し、遺伝学的な観点からグイマツの系統構成の解明に取り組んできた。

まず、千島列島由来、サハリン南部由来の複数の材料を用いてグイマツ葉緑体ゲノム配列を解読するとともに、その遺伝的変異を特定し、由来地を反映しうる遺伝的系統を見出した。続いて、由来地が確かな植物標本、来歴が不確かな遺伝資源を対象にこれらの変異を網羅的に調べた結果、グイマツは種内の遺伝的分化が不明瞭ではあるが、サハリンにおける遺伝的多様性が高く、遺伝資源もサハリン由来が多いことを明らかにした。

また、ニホンカラマツの葉緑体ゲノム解読、種間・種内変異の特定、分子マーカーの開発にもつなげ、採種園産種子の雑種率に年次変動が少ないといった有用な知見を得た。成果は、これからのカラマツ属育種の効率的な推進のための礎として期待できる。

ポスター発表タイトル・筆頭著者一覧

No	発表タイトル	筆頭著者
P01	一塩基多型を用いたシデコブシの遺伝的多様性・構造およびコブシとの遺伝的関係の解明	久田和磨
P02	ミズナラの種苗移動による成長低下と産地間交雑	永光輝義
P03	一塩基多型を用いたイヌブナの遺伝的多様性と集団構造の解明	久保田裕太
P04	東京都多摩地域におけるミズナラの集団遺伝構造	久保田将之
P05	ダケカンバ産地試験を用いた葉形質の種内変異と気温上昇による変化の検出	相原隆貴
P06	富士山で発見された新種樹木フガクヤシャビシャク：その種特性と遺伝的特徴	阪口翔太
P07	ダケカンバ産地試験を用いた標高の異なる2試験地における形態形質の産地間変異と表現型可塑性	荒木響子
P08	新種クマノザクラ (<i>Cerasus kumanoensis</i>) の遺伝構造	的場彬通
P09	The selection of paternal clones by Breeding without Breeding strategy in hybrid larch open-pollinated seed orchard	Shufen CHEN
P10	ミトコンドリア DNA 塩基配列に基づくグイマツおよびチョウセンカラマツ精英樹の遺伝変異	福田陽子
P11	宇都宮大学構内で生育したユリノキの肥大成長と容積密度の関係	根津郁実
P12	日本産樹木の DNA バーコードデータベースの構築	鈴木節子
P13	クリの樹形の系統間変異とその決定要因、および生産力への影響	瀬木晶帆
P14	関西育種基本区におけるスギ精英樹の生存率に基づく検定林区分の試み	河合慶恵
P15	夏季の野外試験地におけるスギ針葉のトランスクリプトーム解析	伊原徳子
P16	スギにおける不定胚誘導遺伝子の探索	伊津野彩子
P17	カラマツつぎ木増殖の効率化に向けた管穂の利用と貯蔵方法の検討	井城泰一
P18	スギ精英樹交配家系集団の形質に関するゲノミック予測モデルの適合性の検討	永野聡一郎
P19	関西育種基本区におけるマツ精英樹集団の遺伝的多様性：抵抗性マツ・野外集団との比較	岩泉正和
P20	5年生スギの実生苗における立木の応力波伝播速度による材質の早期評価	吉岡さんご
P21	ヒノキ実生コンテナ苗のサイズと初期成長	袴田哲司

P22	関東育種基本区内のヒノキ検定林における遺伝パラメーターの年次変化および地理的変動	高橋優介
P23	高温ストレスがスギの成長および電子伝達速度に及ぼす影響	高島有哉
P24	少花粉品種の雄花着花特性を保有するヒノキ特定母樹の開発の取り組み	三浦真弘
P25	カラマツ属遺伝資源の遺伝子情報基盤の構築	三嶋賢太郎
P26	裸苗とコンテナ苗へのマツノザイセンチュウ接種による生存率の相関	大平峰子
P27	ヒノキ採種園管理に向けた雄花発達過程の観察および光強度と着果の関係	坪村美代子
P28	ヒノキミニチュア採種園の管理技術の開発にむけて	田村 明
P29	千葉県に植栽されたマツノザイセンチュウ抵抗性等マツ類の木材性質	田邊 純
P30	引き倒し試験によるコウヨウザン萌芽枝基部の靱性の評価	藤澤義武
P31	産地試験地を用いたスギの環境適応遺伝子の検出	内山憲太郎
P32	クローンと環境によるスギ初期樹高成長のモデリング -九州育種基本区のさし木における検討事例-	武津英太郎
P33	ヒノキにおける薬剤感受性に関する遺伝的特性	平尾知士
P34	関西育種基本区において選抜したセンダン優良個体の発芽率の比較	宮下久哉
P35	オープンソース GIS を用いた国有林林班界表示システムの構築	宮本尚子
P36	薬用のつる性木本植物カギカズラの成長と薬用部位の収量の調査	谷口 亨
P37	種子の発芽活性に対する保存温度と湿度の影響	木村 恵

P01

一塩基多型を用いたシデコブシの遺伝的多様性・構造およびコブシとの遺伝的関係の解明

○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遺伝学的研究が行われており，アロザイムや核マイクロサテライト，葉緑体マイクロサテライトを用いて遺伝的多様性が調べられている．しかし，これまでに，一塩基多型（SNP）を遺伝マーカーとしてシデコブシ集団の遺伝的多様性を調査した研究はない．多数の SNP を用いることでより詳細な遺伝的多様性・構造が明らかになる可能性がある．また，シデコブシはコブシから分化したと考えられているため，それらの遺伝的関係を調べることで，シデコブシの祖先的な集団を推定できる可能性がある．本研究は分布全域のシデコブシ集団を対象に，多数の SNP を遺伝マーカーとし，遺伝的多様性と遺伝構造およびコブシとの遺伝的な関係を調べた．その結果，シデコブシ集団の詳細な遺伝的多様性と遺伝構造が明らかになるとともに，三重県北部の集団が最もコブシに近縁であることから最も祖先的な集団である可能性が示された．得られた結果をもとに，本研究ではシデコブシの具体的な保全策について議論を行った．

P02

ミズナラの種苗移動による成長低下と産地間交雑

○永光輝義（森林総合研究所）

環境保全のための広葉樹の植林では，地域環境に適応して成林すること，次世代以降もその環境に適応すること，その地域の遺伝的固有性に影響を与えないことが求められています．そのため，地元の種苗を用いることを推奨する「広葉樹の種苗移動に関する遺伝的ガイドライン」が提唱されています．ブナ科広葉樹であるミズナラのガイドラインの科学的根拠を得るため，全国の地域に由来する種苗が植栽された北海道と岡山県の試験地を用いました．それぞれの試験地で，地元と他所の地域に由来する植栽木と試験地で生じた次世代の実生を調べたところ，他所の地域に由来する植栽木の成長（生育面積あたり幹断面積）は地元とくらべて約 40%低下し，異なる地域に由来する植栽木の間の交雑によって実生が生じたことがわかりました．よって，広葉樹の種苗移動では，地域環境への適応に配慮した遺伝的ガイドラインの科学的根拠が得られました．

P03

一塩基多型を用いたイヌブナの遺伝的多様性と集団構造の解明

○久保田裕太・三須直也（名古屋大学大学院生命農学研究科）・

内山憲太郎（森林総合研究所樹木分子遺伝研究領域）・戸丸信弘（名古屋大学大学院生命農学研究科）

岩手県から宮崎県南部・鹿児島県北部にかけて分布するイヌブナでは、アロザイムやマイクロサテライトを遺伝マーカーとして集団遺伝学的研究が行われ、遺伝的多様性と集団構造が明らかにされてきた。ゲノムワイドに多数の SNP を得ることができるようになった現在、多数の SNP を遺伝マーカーとして用いれば、これまでに不可能であったゲノム全体での遺伝的多様性と集団構造だけでなく、適応的遺伝変異も明らかにすることができると期待される。そこで本研究では、ゲノムワイドな多数の SNP を遺伝マーカーに用いて、まずは地理的スケールにおけるイヌブナ集団の遺伝的多様性と集団構造を明らかにすることを目的とした。分布全域にわたる 16 集団の合計 192 個体（集団あたり 12 個体）を用いて ddRAD シーケンシングを行い、各種フィルタリングを行った結果、2952 座の SNP を得ることができた。これらの SNP の遺伝子型データに基づき集団遺伝学的解析を行ったところ、東北地方の系統と中国・四国・九州地方の系統の 2 系統が存在することが確認されたが、さらに異なるもう 1 つの系統が存在する可能性が示唆された。

P04

東京都多摩地域におけるミズナラの集団遺伝構造

○久保田将之・新井一司（東京都農林総合研究センター）・松下範久・福田健二（東京大学大学院）

近年、広葉樹造林において、地域性種苗の使用が提唱されている。地域性種苗を育成する際には自生集団の遺伝構造に配慮する必要がある。本研究では、東京都多摩地域の高標高域に多く自生するミズナラについて、母樹林の設定のため、11 座のマイクロサテライトマーカーを使用して遺伝構造を調査した。STRUCTURE 解析の結果、多摩地域のミズナラは南北にかけて遺伝構造をもち、程度は弱いながらも分化していたことから、多摩地域において、ミズナラを大量に植栽する際には、この遺伝構造に配慮する必要があると考えられた。

P05

ダケカンバ産地試験を用いた葉形質の種内変異と気温上昇による変化の検出

○相原隆貴（筑波大学生命環境科学研究科）・荒木響子（筑波大学山岳科学学位プログラム）・
後藤晋（東京大学大学院農学生命科学研究科）・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）・
久本洋子（東京大学大学院農学生命科学研究科）・津村義彦（筑波大学生命環境系）

植物は葉の形質を変え、様々な環境へ適応してきた。気候変動の影響を受けやすい山岳地上部の樹木の適応・不適応のメカニズムを探るため、ダケカンバの葉形質の種内変異とその気温上昇による形質の変化を、11産地・8試験地からなる産地試験を用いて分析した。対象は各試験地の生存している全ダケカンバ苗木953個体の春葉とし、乾燥葉重・葉面積・SLA(比葉面積)を測定し、産地・産地と試験地の年平均気温の差との関係を解析した。また、4試験地にて開葉日を記録し、産地の緯度との関係を解析した。その結果、北の産地の苗木ほど乾燥重が重く、葉面積の広い葉を持つことが分かった。また、いずれの産地の苗木も北の試験地で生育するほど重く広い葉を形成した。さらに、産地と試験地の気温差が大きい苗木ほど軽い葉を形成していたが、葉面積は一定であった。また、SLAは産地と試験地の気温差が大きい苗木ほど大きな値を示した。開葉日は4試験地いずれの記録でも、北の産地の苗木ほど早い傾向が把握できた。これらのことから、乾燥葉重・葉面積・開葉日に産地ごとの選択の影響が伺われた。また、ダケカンバは気温上昇に対して葉の面積は変えずに、葉を薄くするもしくは葉内の密度を減らす変化を行うことがわかった。

P06

富士山で発見された新種樹木フガクヤシャビシヤク：その種特性と遺伝的特徴

○阪口翔太（京大院・人環）・大石満（静岡市）・高橋大樹・廣田峻・松尾歩・陶山佳久（東北大院・農）・
山下由美（科博）・沢和浩（天童市）・田村淳（神奈川県自然環境セ）・玉木一郎（岐阜森林アカデミー）・
渡辺洋一（千葉大院・園芸）・井鷲裕司（京大院・農）・瀬戸口浩彰（京大院・人環）

富士山周辺には年降水量3000mmに達する多雨地域があり、その林分は雲霧林様の景観を呈する。著者が本地域で植物調査を行った際、苔むした落葉樹の樹幹に着生する未知のスグリ科樹木を見出した。この植物はヤシャビシヤクに類似するが、萼片の色・葉形・腺毛および枝上の棘の有無等の複数形質で区別され、側所分布するヤシャビシヤクとは雲霧林内外でのすみ分けが見られた。そこで本種をフガクヤシャビシヤク（*Ribes fujisanense* S. Sakag. & Mit. Oishi; 以後、フガク）として新種記載した。本種の遺伝的特徴を調査するため、近縁種のヤシャビシヤクを含めて集団遺伝分析を実施した。その結果、核SNPマーカーでは異なるアレルに固定するほど2種が分化していたのに対し、フガクの葉緑体ハプロタイプは同地域のヤシャビシヤクと共通していた。また広域分布性のヤシャビシヤクは太平洋側－日本海側間で系統分化しており、主要な着生樹であるブナなどの冷温帯樹種に対応する遺伝構造を示した。そのため第四紀後期の気候変動に呼応して冷温帯林が各地で拡大・縮小を繰り返すなかで、ヤシャビシヤクもそれに追従し地域分化したと推察される。そしてその過程でフガクとヤシャビシヤクの間で浸透性交雑が生じ、狭固有種であるフガクの葉緑体ハプロタイプがヤシャビシヤク型に置換されたと考えられた。

P07

ダケカンバ産地試験を用いた標高の異なる 2 試験地における 形態形質の産地間変異と表現型可塑性

○荒木響子（筑波大学山岳科学学位プログラム）・相原隆貴（筑波大学生命環境科学研究科）・
後藤晋（東京大学大学院農学生命科学研究科）・飯尾淳弘（静岡大学農学部）・
津村義彦（筑波大学生命環境系）

現在地球温暖化が進んでいるが、樹木の分布移動速度では気温上昇の速度に追従できないため、環境変化に強い集団が存在するか否かを評価することでその種の適応を議論することができる。また、表現型可塑性による環境適応の可能性も指摘されており、異なる環境で産地試験を行うことでこれらを評価することができる。そこで、気温上昇の影響を強く受ける高山帯亜高山帯に生育するダケカンバの産地試験を用いて、生長量に加え、環境による可塑性の大きい葉の形態（葉面積・乾燥葉重・SLA（比葉面積））、葉フェノロジーの変化を 2 年にわたり測定した。試験地は、ほぼ同緯度だが標高の異なる 2 箇所（つくば試験地（標高 30m）・八ヶ岳試験地（標高 1350m））を対象とし、全国 11 産地由来の個体の形態形質の変化を分析した。

その結果、開葉日は 2 年間を通してつくば試験地で早く、両試験地ともに高緯度出身産地ほど早かった。生長量・葉の形態は 2 年間を通してつくば試験地が八ヶ岳試験地を上回り、植栽 2 年目において両試験地ともに SLA が高緯度出身産地ほど大きいという結果であった。

P08

新種クマノザクラ(*Cerasus kumanoensis*)の遺伝構造

○的場彬通（和歌山県林業試験場）・加藤珠理（森林総合研究所多摩森林科学園）・
内山憲太郎（森林総合研究所）・松本麻子（森林総合研究所）・
松下範久（東京大学）・藤原敬太（東京大学）

クマノザクラは日本において約 100 年ぶりに新種記載されたサクラ属の野生種であるが、サクラ属の他種との正確な識別方法は未だ確立していない。そこで、本種の分布域広域（和歌山、三重、奈良県）からクマノザクラを中心に、ヤマザクラ、カスミザクラ、オオシマザクラ、‘染井吉野’を含む計 97 個体を採取し、既報の 28 座のマイクロサテライトマーカーを用いて遺伝解析を行った。また、2019 年から始まった和歌山県の優良個体選抜研究において県内各地で収集された優良候補木 56 個体も解析に用いた。個体間の遺伝距離を元にした主座標分析の結果、クマノザクラは他のサクラ属とは明瞭に異なる位置にプロットされ、識別が可能であった。一方で、形態的に識別が困難であった個体の中には、本種と他種との中間にプロットされた個体もあり、他種との交雑が疑われた。純粋なクマノザクラのみを用いてクラスタリング解析を行った結果、クマノザクラ内には明瞭な遺伝構造は認められず、一つのジーンプールから構成されていることが示唆された。一方で、和歌山県で収集した優良候補木内には、分布広域のクマノザクラの遺伝的変異のほとんどが含まれていることも明らかとなった。

The selection of paternal clones by Breeding without Breeding strategy in hybrid larch open-pollinated seed orchard

○Shufen CHEN (The University of Tokyo) ・ Wataru ISHIZUKA (Hokkaido Research Organization)
Yamato UNNO ・ Kazutaka KUSUNOKI (Sumitomo Forestry Co., Ltd.)
Susumu GOTO (The University of Tokyo)

Marker-based pedigree reconstruction of offspring produced through natural mating which is called as “BWB (Breeding without Breeding)” strategy, has been proven to be helpful for avoiding expensive and laborious controlled mating. However, it was lacking empirical data for this strategy. We performed paternity analysis of 360 progenies derived from open-pollinated hybrid larch (*Larix gmelinii* var. *japonica* × *L. kaempferi*), with candidate male parents (*L. kaempferi*) located within 0~ around 50 meters from 11 mother trees (*L. gmelinii* var. *japonica*). We were able to assign fathers to 62% of all progenies by paternity analysis with SSR markers, furthermore, assigned fathers sired different number of progenies. We evaluated assigned 19 male parent clones with more than four progenies. As the result, the average volume genetic gain of the top 2 clones was about 24%, being regarded as superior paternal clones. In contrast, the average volume genetic gain of the bottom 5 inferior clones was about -14%. Superior clones can be expected to be candidates for new F₁ cultivars. Inferior clones should be removed from seed orchard and/or be replaced by other superior clones. Thus, our empirical data supported the idea that BWB strategy could contribute advances in breeding of this hybrid larch based on an open-pollinated seed orchard.

ミトコンドリア DNA 塩基配列に基づく グイマツおよびチョウセンカラマツ精英樹の遺伝変異

○福田陽子・花岡創（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）・
三嶋賢太郎・永野聡一郎・平尾知士（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）

造林への利用を目的として北海道に導入されたカラマツ、グイマツ、チョウセンカラマツは、形態的特徴が異なるもののその変異は連続的であり、雑種も形成することから、種の判別が困難な場合がある。精英樹をはじめとする育種母材の中には、少数ではあるが雑種や異樹種の混在が示唆されてきたことから、北海道育種場ではオルガネラ DNA の変異に基づく樹種判定手法の開発を進めてきた。

北海道育種場内に保存されているグイマツおよびチョウセンカラマツの育種母材 102 クローンおよび 29 クローン、対照としてカラマツ 4 クローンについて *fl3* (1242bp) と *nad4* (471bp) の 2 領域の塩基配列をダイレクトシーケンスにより取得して比較した結果、*fl3* では 8 箇所、*nad4* では 4 箇所の一塩基多型 (SNP) を検出し、14 のハプロタイプを得た。グイマツではこのうちの 1 つのハプロタイプが 68.6% を占めていたのに対し、チョウセンカラマツでは多様なハプロタイプが見出された。両樹種で検出されたハプロタイプも存在し、これらのハプロタイプを示したクローンについて形態、フェノロジーなど表現型特性を改めて確認する必要があると考えられた。

P11

宇都宮大学構内で生育したユリノキの肥大成長と容積密度の関係

○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）

ユリノキは、北米原産の落葉広葉樹であり、日本では庭園樹や街路樹として広く植栽されている。一方、日本における早生樹林業の樹種としても注目を集めており、この種の優良種苗の生産技術の開発等が進められている。しかしながら、日本で生育したユリノキの材質に関する情報は限られており、今後、ユリノキの材質育種を進める上で、木材の基礎的な情報や成長と材質との関係を明らかにする必要がある。本研究では、宇都宮大学構内の苗畑で萌芽により生育したユリノキ 9 個体（胸高直径 11.7~26.4 cm）を対象として、年輪幅と容積密度を調査した。得られた結果から、肥大成長曲線および容積密度の半径方向変動の回帰モデルをそれぞれ作成した。容積密度は、髄から 5 年輪目まで増加し、その後、樹皮に向かってほぼ一定の値を示した。また、連年肥大成長速度と平均肥大成長速度は、それぞれ髄から約 5 および 7 年輪目で最大を示した。このことから、ユリノキは、肥大成長速度が低下するタイミングで、比較的安定した木部を形成し始める可能性があることが示唆された。

P12

日本産樹木の DNA バーコードデータベースの構築

○鈴木節子・吉村研介・上野真義・ワース ジェームス・伊原徳子（森林総合研究所）・
勝木俊雄（森林総合研究所多摩森林科学園・現九州支所）・能城修一（森林総合研究所・現明治大学）・
藤井智之（森林総合研究所・現フェロー）・新井孝尚（東北大学・現環境省）・
吉丸博志（森林総合研究所・現フェロー）

DNA バーコードとは、特定の遺伝子領域の DNA 断片の塩基配列を読むことにより、様々な生物種を遺伝子レベルで正確に識別しようとするものである。本研究では日本産樹木を対象とした DNA バーコードデータベースの構築を行った。遺伝子領域は International Barcode of Life により推奨されている葉緑体 DNA の rbcL, matK の 2 領域に trnH-psbA を加えた計 3 領域の配列を取得した。日本全国から 43 目、99 科、303 属、834 種（953 分類群）、計 6216 個体を採取した。各遺伝子領域の増幅率は、rbcL が 96.2%、matK が 59.1%、trnH-psbA が 76.4%であり、計 14,404 配列が取得できた。これらの配列を用いた属レベルの識別能力（異なる属間で塩基配列が一致しない確率）は、1 領域のみでは 96-99%、3 つの領域をあわせると 100%、種レベルの識別能力（異なる種間で塩基配列が一致しない確率）は、1 領域のみでは 57-79%、3 つの領域をあわせると 99%であった。これらのデータは国際的な DNA バーコードデータベースである BOLD (Barcode of Life Database)、GeneBank および ForestGEN に登録され、近日中に公開予定である。

P13

クリの樹形の系統間変異とその決定要因，および生産力への影響

○瀬木晶帆（京都大学農学研究科）・岩泉正和（林木育種センター・九州育種場）・
三浦真弘（林木育種センター・関西育種場）・山田浩雄（林木育種センター）・
北山兼弘（京都大学農学研究科）・小野田 雄介（京都大学農学研究科）

林木育種においては針葉樹が主な対象となっており，通直性に劣る広葉樹はあまり注目されていない。しかし広葉樹は天然林の大部分を占め，また材強度が高いため，優れた樹形であれば潜在的な利用価値は高いと考えられる。本研究では，林木育種センター関西育種場に植栽されているクリ8系統を対象に，樹形の系統間変異とその決定要因，また生産への影響や幼老相関を解析し，クリの育種の可能性について検討した。樹形の指標である個体形状比（＝樹高/平均樹冠幅），幹形状比（＝樹高/胸高直径）は系統間に約3倍の違いがあった。形状比が高い（細長い樹冠）系統ほど，分枝角度がより垂直で，主軸の優勢度（主軸と横枝断面積合計における主軸断面積）が高い傾向があり，特に後者が重要であった。また形状比が高い系統ほど，樹冠面積が小さく，個体の現存量や成長速度は低い傾向があったが，樹冠面積あたりの成長速度は同等かむしろ高かった。また，1年目の接木苗の樹形を計測し，親木の樹形と比較した結果，主軸の優勢度には決定係数で0.36の相関があった。これらの知見は，広葉樹育種に役立つことが期待される。

P14

関西育種基本区におけるスギ精英樹の生存率に基づく検定林区分の試み

○河合慶恵・三浦真弘（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）・山田浩雄（森林総合研究所林木育種センター）・岩泉正和・久保田正裕（森林総合研究所林木育種センター九州育種場）

主要な造林樹種であるスギは植栽する環境条件の変動に伴って，成長・生存における系統や産地間の順位関係が変動することが知られている（西村・田島 1993；三浦ら 2009）。スギ育種種苗の能力を引き出すには，順位が変動しない地域内で造林に用いる必要がある。そこでスギ精英樹の環境適応性について成長量と生存率から評価を試みた。関西育種基本区内の2府14県から選抜された16系統が共通植栽されているスギ地域差検定林データ（樹高：5, 10, 15, 20年次，DBH：10, 15, 20年次，生存率：0～1, 5, 10, 15, 20年次）を用いた。系統順位の検定林間変動が大きい生存率に基づいた検定林区分法を検証するため，生存率から算出した系統偏差値を用いてクラスター区分（ward法）を試行した。また，クラスターによる区分を検定林の環境条件から判別できるか検証するため，各検定林の属するメッシュ気候値を用いて区分間で多重比較を行った。解析の結果，全年次で樹高とDBHの系統間順位は検定林間で概ね共通したが，生存率では相対的に順位変動が大きかった。生存率についてクラスター区分を実施した結果，15年次には瀬戸内・近畿地方を中心に同じ区分の検定林が集中した。しかしクラスター区分間の違いを全て説明する気候値は検出されなかった。

P15

夏季の野外試験地におけるスギ針葉のトランスクリプトーム解析

○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）

温暖化に対するスギの適応メカニズムを理解するためには、より複合的な環境ストレスを受けている自然条件下において、地域集団間の発現遺伝子の違いを把握することが有効であると考えられる。本研究では、まず年間で最も気温の高い夏における遺伝子発現を調べるため、熊本県及び宮城県に設置された天然林由来のスギの産地試験地において、真夏日の日中に 24 個体から当年シュートをサンプリングして RNA-Seq を行った。解析に用いた個体は、スギの天然林集団における 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）を含むよう選抜した。

取得したデータから参照遺伝子配列を構築し、RNA-Seq のリードをマップして各遺伝子の発現量を推定した。全体の遺伝子発現パターンにより各サンプルをクラスタリングしたところ、熊本試験地、宮城試験地とも同じ集団・クラスター由来の個体において発現パターンが類似する傾向があった。また、屋久島のサンプルは両方の試験地において、非常に特徴的なパターンを持っていた。この結果から同一の環境条件下における各地域集団のスギの遺伝子発現応答には分化が生じていることが示唆された。

P16

スギにおける不定胚誘導遺伝子の探索

○伊津野彩子・丸山 E. 毅・上野真義・伊原徳子（森林総合研究所）・森口喜成（新潟大学）

植物の体細胞から全能性を持つ「不定胚」を誘導すれば、効率的にクローン個体を得ることができる。スギの場合、不定胚誘導の可否は培養する細胞塊ごとに異なり、細胞塊の形状から予測することは難しい。遺伝子発現特性に基づいて、正常に不定胚を形成する細胞塊を選別できるようになれば、培養作業の工程管理が容易になり、不定胚を用いた多様な育種や資源管理が実現すると考えられる。そこで本研究では、スギの不定胚が形成される過程で機能する遺伝子を明らかにすることを目的とした。複数の未分化な細胞塊に対して、同条件で不定胚の誘導処理を行い、5~7 週間後に発現している遺伝子の配列を網羅的に解読した。その結果、正常に不定胚を形成した細胞塊では、異常なものと比較して、742 個の遺伝子が高く発現していた。その中には、不定胚形成を多面的に制御する Leafy cotyledon や、分裂組織の維持に必要な Wuschel 等の遺伝子が含まれていた。これらの遺伝子は、スギにおいて、正常な不定胚を形成する細胞塊を選別するための遺伝マーカーとして有用である可能性がある。

P17

カラマツつぎ木増殖の効率化に向けた管穂の利用と貯蔵方法の検討

○井城泰一・竹田宣明・笹島芳信・矢野慶介・谷口亨（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）・遠藤圭太・田村明（森林総合研究所林木育種センター）

現在、カラマツ第1世代精英樹の実生家系から成長と材質の優れたカラマツ第2世代精英樹の選抜が進められている。このようなカラマツ第2世代精英樹の原種配布は、主につぎ木で増殖された原種苗木を配布している。東北育種場では2014年からカラマツ第2世代精英樹の選抜を開始したため、原種苗木配布用の採穂台木のサイズがまだ小さく、増殖に用いる穂木の採取数や採取できる荒穂の大きさに制限がある。そのため、東北育種場では、先端部以外の基部から採取した管穂を用いたつぎ木増殖の検討を進めている。また、通常、つぎ木に用いるよりも長い枝を採取し荒穂として保存しているが、上記のように採穂台木のサイズが小さく、長い枝を採取できない場合もあることから、短い穂木を用いた複数の貯蔵方法を検討している。今回の発表では、管穂の利用や複数の貯蔵方法における活着率やつぎ木後の成長について報告する。なお、本報告は、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－カラマツの増殖効率の改善－」の支援を受けて実施した。

P18

スギ精英樹交配家系集団の形質に関するゲノミック予測モデルの適合性の検討

○永野聡一郎・安田悠子・平尾知士（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）・松下通也・三嶋賢太郎（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）・石栗 太（宇都宮大学 農学部）・平岡裕一郎（静岡県立農林環境専門職大学 生産環境経営学部）・高橋 誠（森林総合研究所林木育種センター）

林木育種の効率化のため、遺伝子型から形質を予測・選抜する技術の開発を進めている。我々はスギにおいて約3千SNPsを複数検体で同時検出可能なAmpliSeqカスタムパネルにより茨城県日立市の育種集団林一ヵ所の精英樹F₁集団576個体の遺伝子型を決定し、形質のゲノミック予測モデルを構築してきた。本研究では、この形質予測モデルの適合性を検討するため、集団内の遺伝的構造を考慮したモデルの予測精度の評価を行った。まず、全個体を対象として作成した形質予測モデルの場合、成長形質である樹高や胸高直径よりも材質関連形質の予測精度が高い傾向が認められた。次に遺伝子型を用いて主成分分析により集団の遺伝的構造を明らかにし、得られた3つのグループを分集団として各分集団ごとに形質予測モデルの作成を行った。その結果、分集団によって傾向は異なるものの、材質関連形質を中心として全個体を対象とした場合よりも予測精度の向上が見られた。このことは、i) 育種集団内の交配ではマーカーによる予測能力に偏りが生じうること、ii) 実際の交配家系集団を用いたゲノミック予測の際には集団内の遺伝的構造を考慮する必要があることを示唆している。

P19

関西育種基本区におけるマツ精英樹集団の遺伝的多様性：抵抗性マツ・野外集団との比較

○岩泉正和（森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター九州育種場）・河合貴之（森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター関西育種場）・今野敏彦（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）・平尾知士（森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター）

精英樹選抜育種事業によって、スギやヒノキ等と同様、クロマツ・アカマツについても成長・形質等に優れた精英樹が選抜され、保存が行われている。現在のマツの主な育種ニーズは材線虫病に対する抵抗性であるが、将来増加しうる（本来の）成長・形質等への育種ニーズへ対応するためには、精英樹集団についても遺伝資源として滅失することなく、遺伝的多様性や地域性に配慮し効果的に維持していくことが不可欠である。本研究では、保存園でのマツ材線虫病被害等により保存・管理の検討が急務となっている、関西育種基本区内のクロマツ・アカマツ精英樹を対象に核 SSR 分析を行い、遺伝的多様性を評価するとともに、抵抗性マツ集団や、過去に遺伝的多様性の評価が行われた野外集団（種内の遺伝的変異）との比較を行った。その結果、両樹種ともに、精英樹集団における対立遺伝子の有効数（ N_e ）等の遺伝的多様性の統計量は、抵抗性集団や野外集団とほぼ同等の値が認められた。また、精英樹集団と野外集団の間の固定指数（ F_{ST} ）はいずれの樹種も 0.01 前後であり、両者はほぼ同様の遺伝的組成を保持していると考えられた。多様性確保の観点では、現時点で生残する精英樹系統をこれ以上滅失することなく維持管理することが重要と考えられた。

P20

5 年生スギの実生苗における立木の応力波伝播速度による材質の早期評価

○吉岡さんご・奈良雅代（東京都農林総合研究センター）・根津郁実・石栗 太（宇都宮大学農学部）

無花粉（雄性不稔、以下省略）スギの作出は、花粉症対策に非常に有望である。東京都では、他県で発見された無花粉スギと東京都精英樹の交配育種を行い、東京都の精英樹の性質を有する無花粉スギの家系を多数作出した。木材利用を目的とする場合は、無花粉スギの形質を有することと同時に、優良な材質を有することが必要となる。そこで、5 年生の立木状態における応力波伝播速度と生長初期の材質（容積密度、曲げヤング率（MOE）、曲げ強さ（MOR）など）の相関関係を明らかにし、優良な材質を有する家系を早期に選抜することを目的とした。立木状態で測定した個体ごとの応力波伝播速度と髓から 4 年輪目を含む試験片の MOE 及び MOR との間に、それぞれ有意な相関関係が認められた。このとき、MOE と MOR の相関は $r=0.654$ であった。

このことから、若齢木時点における立木状態の応力波伝播速度を測定することにより、材質評価が可能であることが強く示唆された。

P21

ヒノキ実生コンテナ苗のサイズと初期成長

○袴田哲司（静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター）・

近藤 晃（静岡県立農林環境専門職大学）

ヒノキコンテナ苗の植栽時のサイズと若齢期の成長の関係を明らかにするため、2～3 年生で苗高 17～116cm のMスターコンテナ苗を浜松市天竜区佐久間町の民有林に植栽し、植栽時、1 成長期後、2 成長期後、3 成長期後の樹高と根元径を測定し、データを解析した。下刈り回数低減の観点から、植栽から 2 成長期後に樹高 150cm を超えることを目標にして一般化線形モデルでの解析を行ったところ、植栽時の苗齢、出荷規格、樹高（苗高）が 2 成長期後の樹高に有意に影響していた。また、林野庁のコンテナ苗標準規格 1 号苗（苗高 50cm 以上、根元径 6.0mm 以上）や苗高 80cm 以上の苗は、2 成長期後に平均樹高 150cm を超えていた。静岡県のコンテナ苗の規格では苗高は 30～45cm となっているが、これよりも大きい苗を植栽することは、初期の樹高成長に有利であることが示唆された。本研究の一部は、農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」の支援を受けて行った。

P22

関東育種基本区内のヒノキ検定林における遺伝パラメーターの年次変化および地理的変動

○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）

林木育種において、成長形質は最も重要な育種対象形質の一つである。この改良を着実に進めるためには、これまでに蓄積されてきた検定林データを活用して、遺伝率および遺伝相関等の遺伝パラメーターを推定し、評価することが重要である。しかしながら、これらの遺伝パラメーターは、母集団および試験環境等の影響を受け、また、気象や施業の影響により、年次間においても変動する。そのため、それらの影響の程度、年次変化および地理的な変動を調査する必要がある。本研究では、我が国の育種対象樹種であるヒノキを対象とし、関東育種基本区内に設定された 24 カ所の検定林における自然交配家系、全 214 系統の 5 年次、10 年次、20 年次および 30 年次における樹高および胸高直径のデータを用いて、各検定林における遺伝率等の遺伝パラメーターを推定し、それらの年次変化と地理的変動について調査した。樹高における遺伝率は 5 年次と比較して、30 年次の遺伝率の値が有意に高かった。胸高直径では遺伝率に、有意な年次間差は認められなかった。この結果から遺伝的要因が樹高成長に及ぼす影響は、幼齢時と比較して、老齢時の方が大きいことが示唆された。

P23

高温ストレスがスギの成長および電子伝達速度に及ぼす影響

○高島有哉（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）・能勢美峰・永野聡一郎・松下通也・平尾知士・三嶋賢太郎（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）・高橋 誠（森林総合研究所林木育種センター）

気候変動による気温の上昇が、樹木の成長や健全性に及ぼす影響が懸念されている。高温ストレスは、一般的に、光化学系 II の活性低下、呼吸速度の増大などを引き起こし、炭素収支の悪化の要因になるとされている。本研究では、日本における主要な造林樹種であるスギを対象樹種として、関東育種基本区選抜の精英樹 4 クロウンのさし木苗を昼夜の気温をコントロールした人工気象室内で育成し、高温が成長および電子伝達速度（ETR）に及ぼす影響について調査した。気温の条件設定は、昼 32℃、夜 25℃の温度条件を基本とし（対照区）、昼を 37℃に上昇させた昼高温区および夜を 32℃に上昇させた夜高温区の 3 パターンとした。これらの 3 条件下でスギさし木苗を育成したところ、両高温区において成長および ETR の低下が認められ、その低下は昼高温区よりも夜高温区で顕著であった。これらのことから、高温は光存在下よりも暗所において、より強いストレス要因として作用する可能性が示唆された。

P24

少花粉品種の雄花着花特性を保有するヒノキ特定母樹の開発の取り組み

○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（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・四国地方を擁する関西育種基本区では、スギ以上に造林面積が広い。ヒノキもスギ同様花粉症対策が必要であり、関西育種基本区では、府県の協力のもと平成 19 年度に 22 品種の少花粉品種が開発されている。これらは現在多くの府県で採種園が設定され、山行き苗の主力になりつつある。一方、改正間伐特措法で成長に優れた特定母樹が平成 26 年から農水大臣により指定され、一部について特定母樹の採種園造成に利用されている。特定母樹は花粉症に資する苗木として利用できるが、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 処理による評価を始めたので、その取り組みについて報告する。

P25

カラマツ属遺伝資源の遺伝子情報基盤の構築

○三嶋賢太郎（森林総合研究所林木育種センター）・平川英樹（かずさ DNA 研究所）・井城泰一（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）・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）・福田有樹（森林総合研究所林木育種センター九州育種場）・宮本尚子（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）・平尾知士（森林総合研究所林木育種センター）・花岡創（森林総合研究所林木育種センター北海道育種場）・永野聡一郎（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

カラマツ属樹種は、造林対象樹種として初期成長が優れる、材の剛性が高いなどの優良な形質を備えており、近年需要が高まっている。そのため、効率的な種苗生産技術や優良な品種の開発が求められている。当センターでは、遺伝資源として全国で選抜された数百のカラマツ・グイマツ第 1 世代精英樹を保有しており、これらを活用した次世代化や着花性等の特性の評価・改良を目指した取り組みを進めている。これらの取り組みには、ゲノム解析技術および複数の植栽箇所での調査を踏まえた表現型評価を取り入れ、高速かつ省力化された分子育種技術の開発を試みている。本報告では、カラマツ・グイマツの遺伝子情報の収集及び多型情報の収集から大規模ジェノタイピングシステムの構築について報告し、これらの基盤情報を用いて明らかになった解析結果の一部についても報告する。

P26

裸苗とコンテナ苗へのマツノザイセンチュウ接種による生存率の相関

○大平峰子・木村恵・高橋優介・山野邊太郎（森林総合研究所林木育種センター）・松永孝治（森林総合研究所林木育種センター九州育種場）

アカマツ・クロマツの抵抗性を早期に判定するため、マルチキャビティコンテナで 8 ヶ月育成したの実生苗（コンテナ苗）と、苗畑で 1 年 3 ヶ月育成した実生苗（裸苗）へのマツノザイセンチュウの接種を行い、両者の生存率を比較した。材料として、抵抗性アカマツ 8 家系、抵抗性クロマツ 7 家系および精英樹クロマツ 3 家系を使用した。これらの自然受粉種子（同一のシードロット）を 2020 年 4 月に苗畑へ、2020 年 11 月にコンテナへ播種して育成し、2021 年 7 月下旬にマツノザイセンチュウ Ka-4 を接種した。なお、接種頭数はコンテナ苗で 500 頭、裸苗で 10,000 頭とし、どちらも剥皮接種法とした。2021 年 10 月に接種による生死の判定を行い、コンテナ苗と裸苗の健全率と生存率の比較を行った。家系の健全率は、コンテナ苗で平均 42.4%（最高 82.4%～最低 12.5%）、裸苗で平均 35.4%（最高 76.8%～最低 2.6%）であった。家系の生存率は、コンテナ苗で平均 71.5%（最高 96.9%～最低 31.8%）、裸苗で平均 39.4%（最高 81.7%～最低 2.6%）であった。コンテナ苗と裸苗の家系の健全率および生存率の間には正の相関がみられ、相関係数は 0.68 および 0.64 であり、いずれも 5%水準で有意であった。この結果から、コンテナ苗への接種により実生苗の抵抗性のおおまかな評価が可能であると考えられる。

P27

ヒノキ採種園管理に向けた雄花発達過程の観察および光強度と着果の関係

○坪村美代子・三嶋賢太郎・松下通也・田村 明（森林総合研究所林木育種センター）

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，多くの研究が進められている．ヒノキにおいても，少花粉ヒノキのミニチュア採種園整備が進められ，着花促進処理手法の検討等，効率的な経営を行うための基礎情報が蓄積されつつある．

本研究では採種園経営を進める上で基礎情報となるヒノキ雄花の発達過程を明らかにすること，球果着花に必要な光強度の関係を明らかにすることを目的とした．2020年10月上旬から3月下旬まで精英樹2クローンの雄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．また，球果が着生した枝の光強度を段階的に測定し，球果着果に必要な光強度の検討を行った．

P28

ヒノキミニチュア採種園の管理技術の開発にむけて

○田村明・高橋誠・大平峰子・木村恵・坪村美代子・松下通也（森林総合研究所林木育種センター）・栗田学・三浦真弘・宮下久哉・高島有哉・坂本庄生・大城浩司（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）・小林沙希（千葉県農林総合研究センター森林研究所）・中村健一・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緑化森林科）・西川浩己（山梨県森林総合研究所）・狩場晴也（愛知県森林・林業技術センター）・山中豪（三重県林業研究所）・

新原一海（岡山県農林水産総合センター森林研究所）・西原寿明（愛媛県農

スギではミニチュア採種園による種子生産が広く行われている．ヒノキにおいても各地にミニチュア採種園の造成が進められており，スギでの採種園管理技術を活用する形で，採種園管理が進められてきた．しかし，ヒノキはスギとは異なる樹種特性を有するため，ミニチュア採種園の管理に適した植栽間隔や整枝・剪定技術や着花促進処理等，ヒノキに適した技術へと改良し，ヒノキミニチュア採種園管理技術として今後体系化していく必要がある．そこで，林野庁補助事業の花粉発生源対策推進事業のうち花粉症対策品種の円滑な生産支援事業により，1都6県と林木育種センター及び育種場が共同で，少花粉ヒノキミニチュア採種園における着花促進，採種園の管理，効率的なカメムシ防除方法等の技術開発を進めており，最終的には，単位面積当たりの発芽可能種子の生産量を多くするための管理技術について提案していきたいと考えている．本発表では，本事業の概要について説明する．

P29

千葉県に植栽されたマツノザイセンチュウ抵抗性等マツ類の木材性質

○田邊 純（千葉大学教育学部）・

遠藤良太（千葉大学教育学部；元 千葉県農林総合研究センター森林研究所）

マツノザイセンチュウ抵抗性育種は、マツ枯れ対策に確かな実績を残しつつある。一方、マツノザイセンチュウ抵抗性品種（以下、抵抗性マツ）について、抵抗性以外の二次的な形質に関する情報は少ない。アカマツおよびクロマツは我が国における重要な林業樹種であることから、抵抗性マツについて木材性質を調査することは重要であると考え、本研究では、抵抗性マツの木材性質に関する基礎的なデータを蓄積することを目的に、千葉県木更津市に植栽された20年生抵抗性アカマツ2クローンおよび抵抗性クロマツ等5クローン計18個体について丸太の動的ヤング率および容積密度を調査した。両樹種の丸太の動的ヤング率において、クローンを要因とした分散分析の結果、有意差が認められた。このことは、抵抗性マツについて、適切な育種目標を立てることでヤング率も併せて改良できる可能性を示唆している。

P30

引き倒し試験によるコウヨウザン萌芽枝基部の靱性の評価

○藤澤義武・近藤禎二・磯田圭哉（森林総合研究所林木育種センター）

旺盛な萌芽力はコウヨウザンの特徴の一つであり、これを造林コスト削減につなげる向きがある。しかし、萌芽枝は基部が弱く、本数間引きを行うと強風で折れやすいとされ、確実な萌芽更新に向けた適切な施業技術の確立が求められる。しかしながら、萌芽の発生機構や発生量に関する報告例はあるものの、折損害に関連した物理・力学特性に関する報告例はない。そこで、萌芽枝を基部で固定した片持ち梁と仮定し、地面に平行に加力する引き倒し試験によって基部の靱性の評価を試みた。測定は廃材で作成した治具上でロードセル（東京測器研究所：容量 5kN）を牽引・平行移動させて行い、萌芽枝の加力点（基部から20cm もしくは30cm 高）とロードセルをスリングでつなぎ、牽引による移動量とそれに伴う反力の変化を読み取った。その結果から応力-歪み曲線を作成することで、弾性率および降伏点までの応力の積分量などを算出し、それらによって靱性を評価した。また、萌芽基部の折損面の観察を行った。これらによって萌芽枝基部の靱性に関するいくつかの知見を得た。

P31

産地試験地を用いたスギの環境適応遺伝子の検出

○内山憲太郎・韓慶民・楠本倫久（森林総合研究所）・中尾勝洋（森林総合研究所関西支所）・金谷整一（森林総合研究所九州支所）・上野真義（森林総合研究所）・
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）

スギのように広域に分布する植物種では、局所適応により自生環境で高いパフォーマンスを示すホームサイトアドバンテージが認められることが多い。スギにおいても、遠方への移植により、成長量が低下する例が報告されている。しかしながら、環境が変わることによって生じるそれらのパフォーマンスの変化が、どのような形質の違いにより生じているかは明らかになっていない。そこで、全国の天然スギ由来の産地試験地において、植物のストレス応答物質の一つであるテルペノイドとカロテノイドの測定を行い、各種物質の地理的変異の有無、ならびにそれら物質の組成と量を左右する遺伝的変異の検出を試みた。その結果、一部のカロテノイドの含有量は集団間で大きく異なり、北限の集団では冬季のキサントフィルサイクル量が他の集団よりも有意に高いことなどが示された。また、モノテルペンの含有量と冬季の最低気温との間に相関があることもなども示された。ゲノムワイド SNP との関連解析の結果からは、数十の候補遺伝子が検出され、その中には光合成関連および脂質代謝関連タンパク質も複数含まれた。これらはスギのストレス応答ならびに環境適応において重要な役割を果たしている可能性があると考えられた。

P32

クローンと環境によるスギ初期樹高成長のモデリング -九州育種基本区のさし木における検討事例-

○武津英太郎・松下通也・倉本哲嗣・高橋誠（森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター）
松永孝治・福田有樹・久保田正裕（森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター九州育種場）

植栽された個体の初期樹高成長の予測は、林業の低コスト化に向けて下刈り等の施業を考える上で重要となる。そのためには、林齢、植栽場所、遺伝系統情報を入力した場合に出力として樹高が得られることが望ましい。これまでの検定林解析では、環境の違いは試験地の効果としてモデルに含め、対象とした地域・試験地における育種価の予測とクローン評価を行っており、解析に含まれない植栽場所における任意の樹齢の成長量を予測する取り組みはあまり行われて来なかった。本報告では、九州育種基本区におけるスギさし木を対象とし、最大8年次までの樹高調査結果まで含む8試験地を対象とした。UAV撮影画像より個体位置を推定し、各個体のTPIやTWI等の環境指標を得た。林齢、環境指標およびクローンをパラメータとして、混合モデルの枠組みで樹高をモデリングし予測する手法についての検討を行った。

P33

ヒノキにおける薬剤感受性に関する遺伝的特性

○平尾知士・稲永路子・弓野奨・竹中拓馬・小川広大（森林総合研究所林木育種センター）・山口秀太郎（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）・山田浩雄（森林総合研究所林木育種センター）

ヒノキには、フェニトロチオン（商品名ではスミチオン）をはじめとする有機リン酸化合物に反応し、異常落葉現象を示す薬剤感受性個体が存在する。これまでの先行研究から、この落葉現象の発生率はヒノキ全体のおよそ 10%前後であり、ヒノキ精英樹の中にも感受性クローンが存在することが報告されている。現在、我々は日本全国のヒノキ精英樹における薬剤感受性クローンのスクリーニングとその遺伝的特性を明らかにするために研究を進めている。これまでに関東育種基本区の関東平野区で選抜されたヒノキ精英樹 128 クローン及び複数の感受性クローンの自殖家系とオープン家系を対象とした感受性形質の評価と遺伝学的検証から、感受性クローンの出現頻度は 8.6%であり、メンデルの遺伝の法則に則って顕性遺伝する形質であることを明らかにした。また、感受性クローンのオープン家系を対象とした DNA 分析を行うことで、感受性形質に関連する候補遺伝子座を少数の遺伝子座に絞りこむことができ、本発表ではこれまでの研究結果について報告する。

P34

関西育種基本区において選抜したセンダン優良個体の発芽率の比較

○宮下久哉・山本あゆみ・河合貴之・坂本庄生（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、2020 年度に兵庫県、鳥取県、岡山県、島根県および広島県において、センダン優良個体を 15 個体選抜した。これら 15 個体と 2019 年度に福井県で選抜した 9 個体から核果を採取し、発芽試験を実施したので報告する。発芽試験は関西育種場(岡山県勝央町)において実施した。播種は温室内で育苗箱に果肉を取り除いて核果を培土に埋め込み 1 cm 覆土した。核果は 2021 年 1 月に採取し、果肉が付いたままの状態 で 4°C で保存した。1 系統あたり 50 個の核果を埋め込んだ。2021 年 2 月 12 日に播種し 5 月 6 日から発芽が観察され、7 日おきに 6 月 10 日まで発芽率を調査した。センダンの核には 1~8 個の種子があり、ほとんどの核から複数の種子が発芽したが、その場合も発芽数を 1 と数えた。発芽率は、8%から 100%であり中央値は 48%であった。発芽開始時期と播種 4 か月後の発芽率との関係には相関は認められなかった。地域性(選抜県別)の傾向について検討したが、差異は認められなかった。ただし、系統間(個体間)においては差異が認められた。

オープンソース GIS を用いた国有林林班界表示システムの構築

○宮本尚子（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）・
那須仁弥（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）

林木遺伝資源の探索収集業務の効率化・確実化・高精度化を目的として、GPS による現在地、国有林の林班界、一般の地形地図を合成して表示することの可能なプラットフォームの整備に取り組んだ。国有林の林班界については国土数値情報「国有林野データ」を、林道・作業道については林野庁より貸与された国有林 GIS のデータを用いた。全国の都道府県および市町村の境界線については、国土数値情報「行政区域データ」を使用し、地形地図画像としては、電子地形図 25000 および OpenStreetMap のデータを使用した。ESRI の GIS プラットフォームである ArcGIS を使用し、これらのデータからマップタイルを作成し、Android 端末向けのフィールド調査用のオープンソース地図アプリケーションである Geopaparazzi（ジオパパラッチ）上で表示した。また各ズームレベルに対してそのレベルでのレイヤの表示・非表示の関係を検討し、情報量が適正になるように調整した。タイル形式のファイルは事前に端末に取り込んでおけば、オフラインでも地図を表示することができる。これらのデータおよびプラットフォームの整備は、国有林内の林小班への安全かつ確実なアクセスに貢献できるものと考えている。

薬用のつる性木本植物カギカズラの成長と薬用部位の収量の調査

○谷口亨（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）・小長谷賢一（森林総合研究所森林バイオ研究センター）・今野敏彦（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）・
山口秀太郎・岩井大岳（森林総合研究所林木育種センター関西育種場四国増殖保存園）

カギカズラは房総半島以西から九州の比較的温暖な環境に自生するつる性の木本植物であり、釣り針に似た形状のカギを付けた小枝が薬用に用いられる。アルカロイドが主要な薬用成分であり、ストレス、不眠症、高血圧症の随伴症状、認知症の周辺症状などの改善のための漢方薬の原料であり、ここ 10 年で使用量は 2.5 倍以上増加している。江戸時代は国産のカギカズラが薬用に使用されていたとされるが、現在は全てが中国産である。漢方薬原料の安定供給の確保のためにカギカズラの国内栽培が必要であり、その一環として、カギカズラ優良系統を選抜するため、千葉県、高知県、宮崎県、鹿児島県の自生地から収集し、組織培養でクローン化した 25 系統の栽培試験を四国増殖保存園（高知県香美市）で実施している。成長量と薬用部位（カギを付けた小枝）の収量を調査したので、その結果を報告する。本研究は、生研支援センター「イノベーション創出強化研究推進事業」の支援を受けて行った。

種子の発芽活性に対する保存温度と湿度の影響

○木村恵・弓野奨・小川広大

(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)

種子の長期保存は多様な森林遺伝資源を長期的に確保するうえで有効な方法のひとつである。これらの遺伝資源を必要な時に生物体として再生して活用するためには、保存中に種子が失活して発芽能力を失わないよう、適切に管理する必要がある。本研究では種子の活性に影響する要因として保存時の温度と湿度に着目した。まず、2°Cまたは-20°Cで5年以上保存されているシラベについて保存種子の相対湿度と保存前後の発芽率の変化を調べた。その結果、2°C保存の種子は相対湿度が高く発芽率も低下する傾向がみられた。そこで、スギの種子を用いて相対湿度を4段階（93, 66, 33, 15%）に調整し、17°C, 2°C, -20°Cで1年間保存し、発芽率を調べた。相対湿度が高く含水率が高い種子ほど、保存温度が高いほど発芽率は低下した。湿度と温度が高い場合は種子の生理活性を低く保てないだけでなく、菌害も生じたためと考えられた。乾燥耐性を持つ種子の長期保存のためには含水率を低下させ、より低温で保存することが重要である。