

# **森林遺伝育種学会 第5回大会講演要旨集**

**平成28年（2016年） 11月11日（金）**

**東京大学農学部キャンパス**

**弥生講堂アネックス・セイホクギャラリー**



## 森林遺伝育種学会第5回大会プログラム

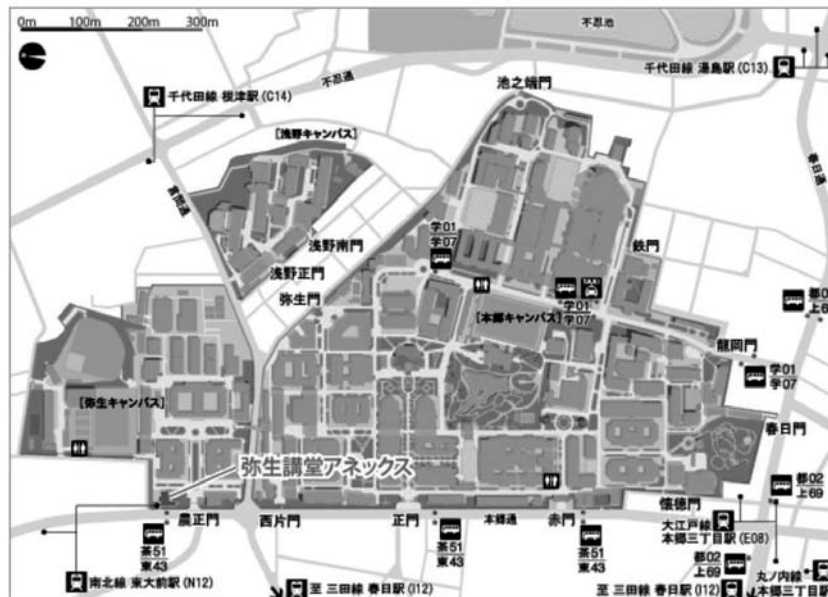
■開催日 平成28年11月11日(金) 午後

### ■大会スケジュール

- 13:00～ 受付
- 13:00～13:30 ポスター掲示
- 13:30～14:05 開会 会長挨拶  
学会賞および学会奨励賞の表彰、受賞講演など
- 14:05～14:15 ロゴマーク原案・受賞式
- 14:15～14:30 第1グループ発表内容の紹介(1人1分程度)
- 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(1人1分程度)
- 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兼懇親会(ドリンク・つまみ付)
- 17:30 閉会

■会場 東京大学農学部キャンパス  
弥生講堂アネックス・セイホクギャラリー

### 案内図



## ■ポスター発表課題・講演者一覧

1	分布域を網羅した全国有名クロマツ林の遺伝的変異	岩泉正和
2	エリートツリーの性能評価試験 - 初期成長における家系間差 -	加藤一隆
3	鉢植えのスギ若齢個体集団における立木の動的ヤング率の評価	宮下千枝子
4	樹幹解析によるコウヨウザンの成長パターンの解析	近藤禎二
5	グイマツ葉緑体の完全長ゲノム配列の解読と構造変異の推定	石塚航
6	温暖地域に移植した北方針葉樹3種のストレス応答プロセス	後藤晋
7	ブナにおける種子発芽速度の地理的変異	小山泰弘
8	国産針葉樹の採種適期は、どこまで解明されているか	生方正俊
9	千葉県内採種園クローンと人工林におけるヒノキ花粉主要アレルゲン Chao1のアミノ酸配列の多型の調査	館野実
10	少花粉ヒノキ人工交配のマニュアル化に向けた雌花開花に関する知見	遠藤良太
11	SNP マーカーを利用したユーカリの選抜育種技術の開発	新屋智崇
12	SSR 解析からみた静岡県天竜地域スギ若齢人工林の遺伝的特徴	木村恵
13	1910年代における荒川堤のサクラの同名異種と異名同種	勝木俊雄
14	グルタチオン施用がスギ・ヒノキ実生苗の成長に及ぼす影響	大平峰子
15	マツ材線虫病抵抗性クロマツ大須賀系統実生苗の抵抗性と挿し木発根性	袴田哲司
16	トランスクリプトームデータから探る種分化の歴史-島嶼生態系での適応 放散の事例から-	内山憲太郎
17	両性不稔ヒノキ「秦野1号(仮称)」のさし木特性	齋藤央嗣
18	遺伝子発現から見たスギのさし木発根	福田有樹
19	次世代シーケンサーを用いた塩基配列決定によるSSR マーカーのジェノ タイプング	長谷川陽一
20	スギの発根に影響を及ぼす環境因子の調査 - 光質と日長について -	栗田学

21	トドマツにおける開花およびストレス関連遺伝子発現の季節変動	久本洋子
22	凍結貯蔵したヒノキ花粉の解凍方法の比較	幸由利香
23	赤外線サーモグラフィーによるスギの蒸散速度評価手法の検討	高島有哉
24	カラマツ採種園における受光伐による後生枝の発生について	西川浩己
25	スギにおけるジベレリン処理から雄花着花までの遺伝子発現プロファイル	三嶋賢太郎
26	環境条件の異なるカラマツの着花特性について	田村明
27	カラマツ採種園で条件を変えた環状剥皮及び施肥の着果量に対する影響	蓬田英俊
28	カラマツ人工交配家系におけるマイクロフィブリル傾角の変異	相蘇春菜
29	4年生スギ精英樹さし木クローンをを用いた早期選抜の検討 第2報	井城泰一
30	ターゲットリシーケンスによるクロマツ遺伝子多型の検出	平尾知士
31	高 O3 及び高 CO2 環境下におけるスギクローンの成長と光合成	平岡裕一郎
32	コンテナ育苗した少花粉ヒノキさし木苗の植栽後の成長比較	茂木靖和
33	TodoFirGene: トドマツのトランスクリプトームデータベースの構築	上野真義
34	さし木造林されたコウヨウザン林における成長形質のクローン間変異の解析	磯田圭哉
35	フタバガキ科リュウノウジュ属 ( <i>Dryobalanops</i> ) 二種、 <i>D. aromatica</i> と <i>D. beccarii</i> の間の雑種形成について	原田光
36	サクラにおける高密度な塩基多型の解析	加藤珠理
37	不織布製交配袋内で夏越したスギ・ヒノキ球果由来種子の発芽諸特性	山野邊太郎
38	間伐が次世代精英樹候補木の選抜に与える影響	武津英太郎
39	電熱温床によるさしつけ床の加温条件下で育成したスギさし木苗の得苗率と植栽後の成長の違い	倉本哲嗣

森林遺伝育種学会奨励賞 受賞講演  
希少種シデコブシの保全遺伝学的研究

玉木一郎（岐阜県立森林文化アカデミー）

シデコブシはモクレン科モクレン属の小高木で、東海地方の湿地に固有に分布する希少種である。近年、生育地の開発や植生遷移により絶滅が危惧されている。同樹種に関しては、演者が研究に着手するよりも以前から、多くの生態学的・遺伝学的研究がなされており、また自生地の情報も豊富で、その上、遺伝マーカーも既に開発済みであった。これらの豊富な情報・ツールをタイミング良く用いることができたおかげで、今回受賞となった一連の保全遺伝学的研究をなすことができた。本講演では、分布全域を対象とした集団内の遺伝的多様性と集団サイズ、孤立の程度との関係に関する研究成果、交配様式と後期近交弱勢に関する研究成果。さらに遺存的な隔離集団群における遺伝構造の形成時期の解明とシミュレーションによる遺伝的多様性の将来予測に基づく具体的な保全策の考案に関する研究成果などを紹介する。

## 分布域を網羅した全国有名クロマツ植栽林の遺伝的変異

岩泉正和（森林総研林育セ関西）、宮田翔介（広島県）、平尾知士、山野邊太郎、磯田圭哉（森林総研林育セ）、井城泰一（森林総研林育セ東北）、松永孝治（森林総研林育セ九州）、田村美帆、渡辺敦史（九大院農）

クロマツ (*Pinus thunbergii*) は日本固有の造林用針葉樹種であり、主に海岸林として植栽され多岐の公益的機能を発揮している。しかし、マツ材線虫病被害により天然資源の大半が滅失し、現在はほぼ有名松原等の近世より維持・更新されている植栽林を残すのみとなったことから、これら残存資源の遺伝的変異の現況を把握し保全する必要がある。上記植栽林の成立過程では、その多面的機能から優良種苗等の広域流通があったと言われており、天然生林を対象としてきた他の主要樹種では見られない、特異な遺伝的パターンを示す可能性がある。本研究では、全国各地の有名クロマツ植栽林を対象に核 SSR マーカーを用いて集団毎の遺伝的多様性や集団間の遺伝的構造を解析し、種の人為的背景がもたらす遺伝的影響について考察した。49 集団の計 2,755 個体を分析した結果、全体的には西南日本～東北日本にかけて緩やかな遺伝的組成の変化が見られ、連続的な遺伝的構造が示された一方で、一部地域ではやや強度の遺伝的固定が観察された他、幾つかの集団では近隣の周辺集団と全く異なる遺伝的変異を呈することが明らかになった。このことから、現存する有名松原の多くは過去の各地域の天然生林の遺伝的変異を保持していることが考えられた一方で、歴史的種苗流通による遺伝的痕跡の存在も示唆された。

## エリートツリーの性能評価試験 —初期成長における家系間差—

加藤一隆・大平峰子（森林総合研究所林木育種センター）

森林総合研究所林木育種センターでは、成長形質に優れ雄花着生量も少ないエリートツリー（第二世代精英樹）を選抜中であるが、今後これらの種苗を普及するためには性能評価を行い公表する必要がある。そこで、エリートツリー同士の交配によって得られた 12 家系の種子を 2014 年春に苗畑及びコンテナにまき付け、翌年の春とその秋に苗畑及び 2 箇所のコンテナ苗野外植栽試験地において樹高（苗高）及び地際径を測定し、樹高及び形状比（苗高／地際径）に関して家系間で比較を行った。分散分析の結果、樹高及び形状比とも植栽場所及び調査時期にかかわらず有意な家系間差がみられた。また、各調査地の調査時期ごとに樹高及び形状比の家系平均を計算し相関関係を解析したところ、樹高間の相関係数は調査地及び調査時期に関わらず有意な正の相関を示す場合が半数以上であった。さらに、樹高と形状比間の相関係数も有意な正の相関を示す場合が半数近くあった。したがって、各家系の初期成長は環境条件に関わらず順位があまり変動しないこと、また伸長成長が早い家系ではその分肥大成長が遅いということが明らかとなった。

### 鉢植えのスギ若齢個体集団における立木の動的ヤング率の評価

宮下千枝子・中村健一（東京都農林総合研究センター）

立木の動的ヤング率は、応力波速度測定器（FAKOPP）により非破壊的に測定できる材質評価指標であり、スギでは遺伝率が高く、10年生の若齢木でも利用できることが報告されている。これを10年生未満の個体でも利用できれば、交配育種における早期選抜指標となり得る。そこで、若齢木の材質評価の基礎資料とするため、若齢の実生個体集団でヤング率を調査した。試験には、鉢栽培で維持している、樹齢の異なる3つの実生個体集団（①7年生、②6年生、③4年生）を供試し、2014年9月にヤング率および生育量を調査した。根元径が15mm未満の小径木では、打ち込んだFAKOPPセンサーが安定化しなかったため、調査対象を根元径15mm以上の個体としたところ、集団①②では全個体、③では174個体中170個体（98%）を調査できた。また、各個体のFAKOPP測定値の変動係数はいずれも6.8%以下、各集団の平均は0.7～1.4%であり、概ね安定した測定値が得られた。いずれの個体集団においてもヤング率には大きな個体・系統間差が認められ、遺伝的要因が大きく影響することが示唆された。各個体・系統のヤング率の傾向について今後の調査で再現性が得られれば、ヤング率を若齢木の材質評価の参考指標として利用できると考えられた。

### 樹幹解析によるコウヨウザンの成長パターンの解析

近藤禎二・山田浩雄・磯田圭哉・大塚次郎・  
生方正俊（森林総合研究所林木育種センター）

広島県庄原市の約52年生のコウヨウザン林分では、林分材積が1006 m<sup>3</sup>/haと、同じ林齢のスギ1等地に比べて倍以上の格段に優れた成長を示している。そこで、樹幹の高さ別に円板を採取して樹幹解析を行ったところ、優勢木では旺盛に成長し、50年を過ぎても成長が続いていた。中には途中から急に成長した個体が見られ、補植と思われる個体も他の優勢木に追いついていた。このことから、コウヨウザンは光が十分にあれば旺盛に成長できると考えられた。一方、劣勢木では、被圧のため、樹高はある程度伸びているが直径の増加が少なく、材積が少なかった。



### グイマツ葉緑体の完全長ゲノム配列の解読と構造変異の推定

石塚航（道総研林業試）、田畑あずさ、小野清美（北大低温研）、  
福田陽子（育セ北海道育種場）、原登志彦（北大低温研）

北方系針葉樹の1種であるカラマツ属グイマツ (*Larix gmelinii*) は、かつて北海道にも分布していたものの、現在は地域絶滅しており、千島列島の一部と樺太（サハリン島）の南部という、地理的に離れた2地域に現在の分布が限られている。北海道では近年、その初期成長の早さや耐鼠性の高さから、グイマツを母樹、かつて本州から導入したカラマツを花粉親とした雑種F<sub>1</sub> 苗の需要が高まっている。ところが、育種的利用が進むグイマツ母樹の正確な系統情報、とくに千島と樺太のどちらに由来するかの情報が不正確であった。そこで本研究では、グイマツの系統推定のため、葉緑体DNAの全ゲノム解読を試みた。

代表3家系を対象として、純粋な葉緑体DNAを抽出し、次世代シーケンサーにて塩基配列を解読した。その結果、グイマツ葉緑体の完全長ゲノム配列を決定することができ、122,552~122,597塩基対の環状構造であることが確認された。また、家系間に19ヶ所の変異が見つかった。興味深いことに、既に報告されているヨーロッパカラマツ (*L. decidua*) とのゲノム比較から、IR (Inverted Repeat) 領域に挟まれたゲノムが逆位構造となっており、IR領域を介した構造変異の存在が推定された。

### 温暖地域に移植した北方針葉樹3種のストレス応答プロセス

後藤 晋・久本洋子・平尾聡秀（東京大学農学生命科学研究科）  
・伊原徳子（森林総合研究所）・種子田春彦（東京大学理学部生物学科）

本研究では、温暖地域に移植した北方針葉樹3種のストレス応答プロセスを評価するために、北海道富良野で育苗したトドマツ、エゾマツ、アカエゾマツの3年生苗を2016年5月に富良野、冷温帯の秩父、暖温帯の千葉に植栽し、8月に頂芽伸長量、健全率、Fv/Fm値、葉の窒素濃度、 $\delta^{13}C$ を測定した。頂芽伸長量と葉の窒素濃度は、3種ともに富良野>秩父>千葉の順であり、温暖な地域ほど値が小さかった。健全率は、エゾマツでは同様に温暖な地域ほど低かったが、アカエゾマツではほとんどが健全で植栽地間差がなかった。トドマツでは富良野と秩父では健全率が高かったが、千葉では多くの苗木で頂芽異常が生じていた。またストレス指標となるFv/Fm値は、3種ともに千葉だけで低い値となった。 $\delta^{13}C$ はどの種も富良野で高くなる傾向があった。 $\delta^{13}C$ から換算した葉内CO<sub>2</sub>濃度と窒素濃度の関係から考えると、トドマツとエゾマツでは、富良野と秩父では高い窒素濃度による高いCO<sub>2</sub>固定速度によって葉内CO<sub>2</sub>濃度が低下していたのに対して、千葉では、気孔閉鎖により葉内CO<sub>2</sub>濃度が増加していた可能性が示唆された。以上のように、温暖化の影響は、樹種によっても、調べる形質によっても異なることが示された。

### ブナにおける種子発芽速度の地理的変異

小山泰弘・清水香代（長野県林業総合センター）、小谷二郎（石川県農林総合研究センター）、中島春樹（富山県農林水産総合技術センター）、井田秀行（信州大学教育学部）、戸丸信弘（名古屋大学生命農学研究科）

ブナに見られる地理的変異は日本海側と太平洋側で異なる事例が多い。今回太平洋側の愛知県と、日本海側の石川県、富山県、長野県北部産のブナ種子を収集し、10月下旬から12月中旬から翌年の4月上旬まで発芽試験を実施したところ、日本海側の種子は1月中旬から発根し2月下旬までで発根は終了したが、太平洋側の種子は、2月上旬から、3月下旬まで発根を続けており、日本海側に比べて太平洋側の種子は、発根時期が遅かった。発芽試験の開始時期からの経過日数で見るとこの傾向は異なっており、日本海側でも11月5日から発芽試験を行った富山県産より12月18日に発芽試験を開始した石川県産種子は速く発芽しており、試験開始からの発芽速度で見ると地理的傾向はわからなかったことから、種子の落下時期による違いも考えられた。とはいえ、ほぼ同じ日に採種し、同時に発芽試験を開始した長野県柄山と愛知県面の木峠で比較すると、長野県の発芽時期が早かったことから、発芽速度にも地理的変異がある可能性が認められた。

### 国産針葉樹の採種適期は、どこまで解明されているか

生方正俊（森林総合研究所林木育種センター）

近年、カラマツ等の苗木の需要の高まりに対応して、採種園産等の優良種苗の供給不足が顕在化している。供給不足を解消するためには、球果の着生量を増やす技術開発が必要であることは言うまでもないが、得られた貴重な種子を効率的に採取するためには、採種適期を判断する技術が必要である。

我が国の主要造林樹種であるスギ、ヒノキ、アカマツ等は、種子の採取適期である成熟時期について1960年代までに多くの研究成果が報告されているが、その後研究例は激減し、現在はほとんどないのが現状である。これらの国産針葉樹の現在までの種子成熟に関する研究例を精査することに加え、演者らがカラマツやグイマツで行っている最近の研究成果を紹介し、地球温暖化が進行する中での採種適期を判断するために必要な研究の方向性を提示する。

## 千葉県内採種園クローンと人工林におけるヒノキ花粉主要アレルゲン Cha o 1 のアミノ酸配列の多型の調査

館野 実<sup>1</sup>, 江波 綾佳<sup>1</sup>, 藤波 宏治<sup>1</sup>, 遠藤 良太<sup>2</sup>, 福島 成樹<sup>2</sup>, 太田 尚<sup>1</sup>  
 (<sup>1</sup>鳥居薬品株式会社研究所, <sup>2</sup>千葉県農林総合研究センター森林研究所)

スギ花粉症は約 25%の国民が罹患する疾患であるが、近年ヒノキ花粉症の合併も注目されている。現在、我々はヒノキ花粉アレルゲンに関する情報収集とその測定系の構築に取り組んでいる。ヒノキ花粉からは主要アレルゲンとして Cha o 1 および Cha o 2 が単離、同定されている。抗原抗体反応を利用した定量法では、アミノ酸配列の多型はその定量性に影響を与える可能性があるが、Cha o 1 および Cha o 2 のアミノ酸配列の多型の報告はまだ無い。そこで我々は Cha o 1 のアミノ酸配列の多型の有無を調査した。千葉県農林総合研究センター森林研究所（山武市）のヒノキ採種園 23 クローン、大多喜町の採種園 24 クローン、および約 100 年前に造林された千葉県内ヒノキ人工林 28 個体について針葉から DNA を抽出し、Cha o 1 遺伝子のゲノム DNA 配列を決定、アミノ酸配列を推定した。採種園クローンおよび人工林の Cha o 1 タンパク質に同一のアミノ酸置換を検出した。以上より、千葉県では採種園クローンから造林された人工林およびそれ以前に造林された人工林の両方にこのアミノ酸置換が含まれると考えられた。Cha o 1 の定量にはこのアミノ酸置換を含まない領域を認識する抗体を使用することが必要と考えられた。

## 少花粉ヒノキ人工交配のマニュアル化に向けた雌花開花に関する知見

遠藤良太（千葉県農林総研森林）・小林沙希（千葉県南部林業）・幸由利香（千葉県農林総研森林）・廣瀬可恵（元千葉県農林総研森林）

少花粉ヒノキミニチュア採種園産種子は、カメムシの吸汁、園内花粉密度の不足による発芽率の低下が懸念されている。近年、採種時期まで設置可能でカメムシ防除もできる、通気性が良く、耐久性に優れた不織布製交配袋が開発されており、この交配袋を用いた人工交配により、従来の自然交配による方法と遜色のない経費で種子を生産できる可能性が出て来た。不織布製交配袋を用いた人工交配を事業的に行うためには、これまで雌花の開花状況を観察して判断していた花粉注入のタイミングを数値化し、マニュアル化する必要がある。そこで、花粉注入タイミングのマニュアル化に向けて、関東育種区で選ばれた少花粉ヒノキ16クローンを用いて、2011～2014年、2016年の5回、雌花の開花調査を行った。この結果、花粉注入時期の判断に有効な開花の早生性クローンは「鬼泪4号」、「王滝103号」、「富士6号」であること、開花期間における花粉注入作業のための最適な開花期間は5～10日間であることなどが明らかとなった。

### SNP マーカーを利用したユーカリの選抜育種技術の開発

新屋 智崇<sup>1,3\*</sup>、福田 雄二郎<sup>1</sup>、陶山 健一郎<sup>1</sup>、岩田 英治<sup>1</sup>、林 和典<sup>2</sup>、Antonio C. Rosa<sup>2</sup>、Rodrigo Furtado dos Santos<sup>3</sup>、Matias Kirst<sup>3</sup>、河岡 明義<sup>1</sup>  
 (<sup>1</sup>日本製紙(株)アグリ・バイオ研究所,<sup>2</sup> Amapa Florestal e Celulose S.A. (AMCEL), Forest Research Division, Brazil, <sup>3</sup> University of Florida, School of Forest Resources and Conservation, USA)

ユーカリは、高成長かつパルプ化適性に優れるため、パルプ生産を目的として、世界中の様々な地域で植栽されている重要な樹種である。ブラジルでのユーカリの通常の育種プログラムでは、複数回の選抜試験を実施し、12年以上の期間をかけて各形質に優れたクローンを選抜している。近年、遺伝子解析技術の向上により、多くの作物や家畜を中心に DNA マーカーを利用した育種技術の開発が進んでおり、DNA マーカーを用いた選抜を導入することで、大幅な育種期間の短縮につながると考えられる。

今回、ブラジル AMCEL 社で交雑育種により得られた実生個体のゲノムデータと形質データを利用し、優良個体を早期に選抜する GS (Genomic Selection) から、成長性、容積重、 $\alpha$ -セルロース量について予測式を構築した。また、形質に関連している遺伝子を明らかにするため、GWAS (Genome-Wide Association Study) についても取り組んだ。

GS においては、容積重の予測精度が  $R=0.30$  である予測式を作成した。GWAS では、成長性において、カルコンフラバノンシンテース遺伝子の SNP に強い関連があることが明らかになった。

### SSR 解析からみた静岡県天竜地域スギ若齢人工林の遺伝的特徴

木村恵 (森林総合研究所林木育種センター)、内山憲太郎 (森林総合研究所)、袴田哲司 (静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター)、齊藤陽子 (東京大学大学院農学生命科学研究科)、岩崎隼 (東京大学農学部)、井出雄二 (東京大学大学院農学生命科学研究科)

1950 年代以降の精英樹選抜育種事業によって造林用種苗の多くは精英樹由来となり、安定した成長と材質が期待されている。一方で、実生苗による造林では遺伝的多様性が高い種苗ほど成林に至るまでのリスクが軽減されることが指摘されている。そこで本研究では静岡県天竜地域のスギ人工林において採種園からの種子生産によって成立したと考えられる 20 年生 (6 林分) および 40 年生 (7 林分) の林分について SSR (マイクロサテライト) マーカー 8 遺伝子座を用いて遺伝的特徴を明らかにするとともに、遺伝的多様性の評価をおこなった。SSR 解析の結果 20 年生と 40 年生のそれぞれ 1 林分において挿し木苗による種苗が存在することがわかった。遺伝的多様性の指標であるアレリックリチネスやヘテロ接合度の期待値の平均値に林齢間で大きな違いはみられなかった。Nei の遺伝距離を用いて主座標分析を行ったところ、家系構造が強くみられる林分 (40 年生 1 林分および老齢林 3 林分) は他の林分とは遺伝的に離れる傾向がみられた。

### 1910年代における荒川堤のサクラの同名異種と異名同種

勝木俊雄（森林総合研究所多摩森林科学園）

サクラは古くから花を觀賞するために栽培され、江戸時代に数多くの栽培品種が作出された。明治時代に伝統的な栽培品種が消失することが危惧され、1886年東京府江北村（通称荒川堤）に、コレクションが設置された。荒川堤からは小泉源一などによって73分類群のサクラが1910年代に記載されている。これまで、筆者は荒川堤由来の生きたサクラの異同を検討してきた。しかし学名の適用には、学名の基礎異名の記載文とともに、タイプ標本を用いた詳細な形態の検討が必要である。荒川堤で記載されたサクラのタイプ標本は確認されていなかったが、同時代に牧野富太郎と根本完爾が荒川堤から採集した標本が国立科学博物館に保存されていることが明らかとなった。そこで、この標本を観察することによってサクラの異同を検討した。その結果、「一葉」や「白雪」などは当時も現在も同じ名称・種類と考えられた。一方、牧野・根本の「薄墨」は現在の「薄墨」や、三好学が記載した「薄墨」と異なるものであった。また牧野・根本の「紅普賢」は現在の「関山」であった。これらのことから、当時から同名異種や異名同種の混乱が生じており、荒川堤由来のサクラの名称には注意する必要があると考えられた。

### グルタチオン施用がスギ・ヒノキ実生苗の成長に及ぼす影響

大平峰子・三嶋賢太郎・平岡裕一郎（森林総合研究所林木育種センター）・  
高部圭司（京都大学大学院農学研究科）

グルタチオンとは、グルタミン酸、グリシンおよびシステインから構成されるトリペプチドである。近年、岡山県農林水産総合センターの小川健一氏によってグルタチオンを植物へ施用する有効性が見出され、各種植物で成長促進や収量増加の可能性が示されている。スギ・ヒノキ等林木でグルタチオン施用による成長促進が可能になれば、喫緊の課題となっている優良品種の早期普及ならびに造林用種苗の増産に資すると考える。そこで、スギ・ヒノキの実生苗にグルタチオンおよびグルタチオンを構成する3種のアミノ酸を施用し、成長に及ぼす影響を検討した。

当年生スギ実生苗（コンテナ苗）、1年生スギ・ヒノキ実生苗（大型ポット苗）および3年生スギ実生苗（地植え）にグルタチオン（顆粒）および構成アミノ酸（溶液）による施肥を行った。その結果、スギ・ヒノキの大型ポット苗およびスギ地植え苗では、施肥区の苗高・地際直径は対照区のそれより大きくなり、7月中旬以降に施肥区と対照区の差が大きくなる傾向が認められた。スギで7月に樹高成長速度が一旦低下することが報告されている（武津ら2014）ことから、グルタチオンあるいはその構成アミノ酸をスギ・ヒノキ実生苗に施用することで7月以降の成長を持続し、年間の成長量を増大させる可能性があると考えられる。

## マツ材線虫病抵抗性クロマツ大須賀系統実生苗の抵抗性と挿し木発根性

袴田哲司（静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター）、井城泰一（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）、山野邊太郎（森林総合研究所林木育種センター）、山本茂弘（静岡県立農林大学校）

海岸防災林の整備や機能強化のため、全国的にマツ材線虫病抵抗性クロマツ苗の需要が高まっている。抵抗性品種の実生苗にマツノザイセンチュウを接種しても健全である苗を選抜する方式と、抵抗性が確認された母樹から挿し木苗を育成する方式で抵抗性苗の生産が進められているが、その生産性には、高い健全率が得られることや、挿し木による発根性が優れるといった品種の特性が大きく影響する。そのため、静岡県の林分から選抜された抵抗性クロマツについて、実生苗への接種検定による健全率と、健全であった苗から採穂した場合の挿し木発根性を検討した。2013～2016年に接種検定を行ったところ、大須賀15号の実生苗は、4年間のうち3年間で60%以上の健全率が得られ、西南日本から選抜された品種と同等以上の抵抗性を有する品種であると考えられた。また、2015～2016年の挿し木試験で、大須賀15号は60%以上の発根率が認められ、有望な品種であることが明らかになった。

## トランスクリプトームデータから探る種分化の歴史 –島嶼生態系での適応放散の事例から–

内山憲太郎（森林総合研究所）、上野真義（森林総合研究所）、Gildas Gâteblé (Institut agronomique néo-calédonien)、陶山佳久（東北大学）、井鷲裕司（京都大学）

オーストラリアの東1,200kmに位置するニューカレドニア（NC）は、四国程度の面積に3,000種の維管束植物を有する生物多様性の宝庫である。本研究では、NCで著しい適応放散を示すシソ科の*Oxera*属を対象に、発現遺伝子の網羅的解析を行い、種分化に関わる遺伝子の検出を試みた。本属は、NC内で35種以上に分化しており、ほとんどが固有種である。その多様化は著しく、植物体のサイズ(10cmから数m)、生活型(ツル、矮低木、灌木)、花の位置(頂生、幹生、地上生)、花色、花型、生育地の土壌などに及ぶ。系統関係の明らかになっている*Oxera*属4種の葉や花などの組織からRNAを抽出し、次世代シーケンス解析を行った。各種から得られた約4,500万塩基の配列情報を元にアセンブルを行った結果、約7万のコンティグにまとめられ、平均配列長は818～890bpとなった。得られた配列情報から種間の塩基多型を検出し、同義置換、非同義置換の比を計算した。遺伝子系統樹のある枝で正の自然選択が働いたかどうかを判定する枝モデルの元で解析した結果、それぞれの種を分ける枝において、計102座の正の自然選択のかかった遺伝子が検出された。これらは本属の多様化に重要な役割を果たした遺伝子群であると考えられる。

### 両性不稔ヒノキ「秦野1号（仮称）」のさし木特性

齋藤央嗣、毛利敏夫、久保典子（神奈川県自然環境保全センター）

神奈川県では、スギ同様に花粉症の原因となるヒノキの花粉症対策として、無花粉の性質を持つ両性不稔ヒノキ「秦野1号（仮称）」を2013年に発見し（齋藤、投稿中）、その実用化研究を進めている。「秦野1号」のさし木特性を明らかにするため、コンテナ容器への直さし試験を実施した。コンテナは、サイドスリット付きの150ccタイプ（東北タチバナ製）を用い、比較品種としてナンゴウヒ、少花粉品種「中10号」を使用し、用土はココピートに肥料の入った市販品（トップ社）、採穂は育苗した苗を用いた。手法の比較を行うため、育苗箱、赤玉土を用い「秦野1号」の通常さし木を実施した。この結果、「秦野1号」のコンテナへの直さしは、活着率が5%にとどまり比較品種より低くなった。原因として肥料入りの用土を用いたこと、サイドスリット入りコンテナは、用土が乾きやすく、さし木直さしに不向きであると考えられた。一方、「秦野1号」の通常さし木は、活着率が100%となった。選抜時に原木から採穂した試験では70%程度であったが、苗畑で育苗した苗から採穂した穂を用いたことにより高率になったと思われ、充実した穂を用い通常さし木による苗木生産は容易であると示唆された。

### 遺伝子発現から見たスギのさし木発根

福田有樹（森林総合研究所林木育種センター）、平尾知士（森林総合研究所森林バイオ研究センター）、三嶋賢太郎、大平峰子、平岡裕一郎、高橋誠（森林総合研究所林木育種センター）、渡辺敦史（九州大学大学院農学研究院）

さし木増殖は、スギなどの樹木において遺伝的に均一な苗木を生産するうえで最も有効な手法の一つである。優良な形質を有するスギの苗木の増産に向けて、安定的かつ効率的なさし木増殖技術を確立していくためには、さし木発根過程における生理的変化を分子レベルで理解し、それらの知見を踏まえたうえで諸条件を検討することが有効であると考えられる。そこで本研究では、スギのさし木発根メカニズムの解明に向けて、さし木発根過程における遺伝子発現挙動を明らかにすることを目的とした。そのために、安定したさし木発根性を示す筑波1号を用いて、採穂時からさし付け後6週目までの計8時点においてさし穂の基部を対象とした遺伝子発現解析を行った。その結果、外見上は発根がさし付け後5週目に確認できた一方で、遺伝子発現はさし付け後3日目までに大きな変動を示し、なかでも植物ホルモンの受容体遺伝子群や光合成関連遺伝子群では特徴的な発現挙動が確認された。

### 次世代シーケンサーを用いた塩基配列決定による SSR マーカーのジェノタイピング

長谷川陽一（秋田県立大学 木材高度加工研究所）、浅野亮樹・小林弥生・福島淳  
（秋田県立大学 生物資源科学部）、高田克彦（秋田県立大学 木材高度加工研究所）

SSR(マイクロサテライト)マーカーは、最も重要な遺伝マーカーのひとつであり、遺伝学や育種学、分子系統地理学、分子生態学など様々な研究に使われている。SSR マーカーは、一般に、リピート配列を含む DNA 断片を PCR 増幅し、キャピラリー式の DNA シーケンサーを用いたフラグメント解析によって DNA 断片の長さを検出して多型を明らかにする。しかしながら、DNA 断片の長さは、リピート配列以外の挿入・欠失の影響を受けて変化するため、フラグメント解析によって正確にリピート回数を数えられているかどうか明らかではない。そこで本研究では、SSR マーカーの遺伝子型をより正確に決定するために、次世代シーケンサーを用いてリピート配列を含む DNA 断片の塩基配列を直接決定した。MiSeq シーケンサーの 1 回のランによって、SSR マーカー 22 座におけるリピート回数を、ヒバ(*Thujopsis dolabrata* var. *hondae*)およびアスナロ(*T. dolabrata*)の 81 個体について欠損値なしで決定することができた。本研究の手法は、SSR マーカーのより正確な遺伝子型の決定と、遺伝子型データの再現性の確保、およびデータの共有において有用であると考えられる。

### スギの発根に影響を及ぼす環境因子の調査 ー光質と日長についてー

栗田学（森林総研林育セ九州）、福山友博（森林総研）、竹田宣明、佐藤譲治（森林総研林育セ九州）、大平峰子（森林総研林育セ）、武津英太郎、倉原雄二、松永孝治、倉本哲嗣（森林総研林育セ九州育種場）、渡辺敦史（九大院農）

近年、気候変動や季節に影響されることなく農作物等の安定供給を可能とする植物工場を利用した生産技術が実用化されている。植物工場を活用したスギ苗木の安定生産手法の開発を目的に、スギの発根に影響を及ぼす環境因子の調査を行った。今回我々は「光」に着目し、光質及び日長の差異がスギの発根に及ぼす影響を評価した。3 種類の異なる植物育成用 LED ライト（赤色単色、青色単色、赤・青混合色）を設置したさしつけ環境を準備し、それぞれの波長とスギの発根率の関係性を調査した。また、明期を 8 時間、12 時間、16 時間、24 時間と変化させることによって、発根と日長の関係性について調査した。さらに、試験区に用いる LED ライトの数を 1 台もしくは 2 台にすることによって、発根と光量の関係性について調査を行った。その結果、青色光区 24 時間の連続明期条件下において高い発根率を示すこと、また、発根率が単に試験区内の光量に規定されているのではないという可能性が示唆された。これらの結果を基に、光環境の制御による効果的なスギの苗木生産の可能性について考察を行う。



## トドマツにおける開花およびストレス関連遺伝子発現の季節変動

久本洋子（東京大学附属演習林）、北村系子（森林総合研究所）、  
上野真義（森林総合研究所）、後藤晋（東京大学附属演習林）

自然条件下での開花遺伝子発現の季節変動について、近年、主に草本植物での研究が報告されているが、北方針葉樹トドマツにおいてどのようなタイミングで開花が誘導されるかは不明である。そこで本研究では開花関連遺伝子および環境ストレス関連遺伝子の季節変動を調べることを目的とした。森林総合研究所北海道支所構内に植栽されているトドマツ単木を対象に、2013年7月から2016年9月まで週1回、11時に同枝から針葉をサンプリングした。結実状況は2014年は豊作、2015年および2016年は凶作であった。モデル植物および *Picea abies* の開花遺伝子および環境ストレス関連遺伝子の塩基配列情報を基に、ハウスキーピング遺伝子を含む19個のリアルタイム RT-PCR 用のプライマーを設計した。本発表では、このうち11個の遺伝子について2013年8月～2016年9月までの月ごとの発現変動について報告する。開花促進遺伝子 FT ホモログは、3年間とも4月ごろから発現量が上昇し、6月ごろに最大となり、その後減少した。豊作前年が凶作前年よりも発現量が高かった。UV ストレス関連遺伝子 UVR8 の発現も明確な季節変動が見られた。

## 凍結貯蔵したヒノキ花粉の解凍方法の比較

幸由利香（千葉県農林総研森林）、小林沙希（千葉県南部林事）、森口喜成  
（新潟大自然科学）、遠藤良太（千葉県農林総研森林）

近年、採種園における外部花粉混入の実態が明らかとなり、人工交配による種子生産の必要性が指摘されている。ヒノキで事業規模の人工交配を行うためには、凍結貯蔵した花粉を交配に利用する必要がある。そこで、凍結貯蔵したヒノキ花粉の利用技術の確立に向けて、さまざまな解凍方法の発芽率を比較した。

平成26年と27年の4月に採取し、-20℃で凍結貯蔵したヒノキ精英樹「鬼泪4」、「片浦6」、「箱根3」の花粉を用い、28年8月に以下の方法で解凍した後発芽試験を行った：1) 発泡スチロール容器に濡れタオルでくるんだ保冷剤を入れ、6時間密封して解凍、2) 24時間5℃に静置した後、15℃に5時間静置して解凍、3) タッパーに濡れタオルと花粉を入れて密封し、16時間5℃に静置して解凍、4) 5ml チューブに入れ、流水で解凍、5) そのまま使用。花粉の発芽率はシヨ糖 10%寒天培地に7日間置床後に調査した。その結果、26年「片浦6」はいずれの方法であっても発芽しなかったが、それを除外した全クローン平均発芽率は、1) 4%、2) 14%、3) 8%、4) 15%、5) 11%となり、4) で最も高い値となった。各クローンについても同様に、2) と4) で高い傾向となった。

### 赤外線サーモグラフィによるスギの蒸散速度評価手法の検討

高島有哉、平岡裕一郎、松下通也、山野邊太郎、大平峰子、三嶋賢太郎、高橋 誠（林木育種センター）、平尾知士（森林バイオ研究センター）、栗田 学、武津英太郎（九州育種場）、花岡 創（北海道育種場）

将来、気候変動による気温の上昇や無降水日数の増加により、地域によっては樹木にとって乾燥ストレスとなる期間の拡大が予想される。日本の主要な造林樹種であるスギは、比較的湿潤な環境を好む樹種であり、植栽時や成長期の乾燥が、活着や成長量に影響を与えることが考えられる。そのため、今後、スギを中心に乾燥耐性の評価を進めていく必要がある。植物は乾燥ストレスを受けると、気孔を閉鎖し蒸散量を抑制することで、植物体内における水分量を維持しようとする。一方、蒸散量の抑制は、葉面における気化熱の減少を引き起こし、結果として葉面温度は上昇する。本研究では、この葉面温度の変化を赤外線サーモカメラ（InfReC R300SR、FLIR i5）により測定し、光合成速度測定装置（LI-6400）により測定した気孔コンダクタンスと比較することで、スギの乾燥耐性に関わる指標である蒸散速度を簡易的に評価するための手法を検討した。

### カラマツ採種園における受光伐による後生枝の発生について

西川浩己（山梨県森林総合研究所）・松下通也・田村明  
（森林総合研究所林木育種センター）

カラマツ材の需要は高まっているが、カラマツの種子結実率は年ごとの豊凶差が著しいため、苗木生産用種子は全国的に不足傾向にあり、今後の造林用カラマツ苗木不足が懸念されており、安定的な種子確保と苗木生産量の増産が課題となっている。現在採種が行われているカラマツ採種園は、造成されてから長期間経過している場合が多い。成熟したカラマツ木は、後生枝による樹冠修復を通じて個体を維持しているが、陽光不足により高齢化した採種木下部の後生枝の発生能力が低下しており、継続した樹型管理が困難になっている。そこで、受光伐を行うことにより後生枝の発生を促進し、高齢化した採種木の維持管理について検討した。採種木は昭和 35～36 年にかけて植栽され、現在の植栽密度は縦横 5m 間隔になっている。2013 年春、2016 年春に、縦列 1 残 1 伐の強度で受光伐を実施し、2016 年秋に樹高 5m 以下の位置に発生した後生枝数を測定した。2013 年受光伐区では多数の後生枝が発生していたが、2016 年受光伐区では発生数が少なく、無伐採区よりわずかに増加しただけであった。これらのことから、後生枝は、伐採当年ではほとんど発生せず、翌年以降に発生していると推察された。

### スギにおけるジベレリン処理から雄花着花までの遺伝子発現プロファイル

三嶋賢太郎、栗田学、坪村美代子、平尾知士、能勢美峰、高島有哉、大平峰子（森林総合研究所林木育種センター）

育種において交配のコントロールは重要である。スギではジベレリン処理により着花誘導が可能で、関東地方では一般的に6月の終わりから7月上旬にかけて処理を行うと雄花が誘導できる。これまで、雄花形成過程の遺伝子発現プロファイリングや無花粉個体を利用した研究等により、雄花形成について理解が進みつつある。その一方で、ジベレリン処理による雄花形成については、処理後から雄花形成に至るまでのプロセスやGA3がどのような影響を及ぼしているのかについて知見が十分でない。本研究では、GA3処理個体と無処理個体について、複数のタイムポイントで試料採取を行い、マイクロアレイによる網羅的遺伝子発現解析を用いて処理間の比較を行うことにより、GA3処理の影響について検討した。

### カラマツの着花促進と日長・光強度の効果

田村明（林育セ）、山田浩雄（林育セ）、  
福田陽子（林育セ北海道）、矢野慶介（林育セ北海道）

近年、全国的にカラマツの育種種苗が不足しており、優良種苗の安定供給を行う上で大きな問題となっている。カラマツの着果は年によって豊凶があり、その着花メカニズムも分かっていない。しかし、気象学的な解析によって雌花の着花には花芽分化期の光条件や高温が影響しているとの報告がある。そこで筆者らは2011年と2014年に日長、気温、光強度の異なる複数の環境条件下でカラマツ苗を育成し、翌年の着花量を調べた。その結果、長日条件下で花芽（特に雄花）の形成率が増加する傾向がみられた。また強い光環境下では雌花の着花率が増加する傾向がみられた。一方、高温下では花芽の形成率は増加しなかった。以上の結果から、カラマツの雌花の着花量には長日と強光条件が重要であることが示唆された。

## カラマツ採種園で条件を変えた環状剥皮及び施肥の着果量に対する影響

蓬田 英俊（岩手県林業技術センター）

【はじめに】カラマツ採種園の種子生産量を増大させるため、着花促進作業の最適化を試みている。環状剥皮実施時期の検討は2012年から、施肥成分の検討は2014年から実施し一度報告を行っているが、今回これらの結果に2015年の処理結果を加え考察した。【材料と方法】岩手県南の奥州市江刺区と金ヶ崎町にある2カ所の採種園（以下前者を「江刺採種園」、後者を「千貫石採種園」という）で、環状剥皮は4月から5月の間に2012年と2013年は2回、2014年と2015年は3回に分けて、施肥は2013年と2014年の5月にマルモリ11号、過リン酸石灰、硫酸カリの3種類の施肥を1回行った。それぞれの処理の翌年に着果量の調査を行った。【結果】環状剥皮時期ごとに翌年の着果量を比較すると、千貫石採種園で5月に処理した場合に着果量が多く、江刺採種園では4月下旬処理または5月下旬処理で着果量が多かった。江刺採種園で5月下旬に着果量が多くなった年もあることから、それ以降の時期についても試験を続ける必要がある。施肥成分ごとに着果量を見ると、江刺採種園ではマルモリ11号を施肥した区画で他の肥料と比べ着果量が多かったが、千貫石採種園では、明確な傾向は認められなかった。

## カラマツ人工交配家系におけるマイクロフィブリル傾角の変異

相蘇春菜、小松菜緒、石栗 太、横田信三（宇都宮大学農学部）、高島有哉、井城泰一、平岡 裕一郎、宮下久哉（森林総合研究所林木育種センター）

本研究では、カラマツにおけるマイクロフィブリル傾角の変異を明らかにするために、長野県浅間山国有林の次代検定林で生育した、36年生カラマツ (*Larix kaempferi*) 人工交配30家系のマイクロフィブリル傾角を測定した。実験に供試した個体数は、228個体とし、髄からの年輪数が5および15年目の晩材部仮道管について、S<sub>2</sub>層マイクロフィブリル傾角をヨウ素法により測定した。全家系の平均値 ± 標準偏差は、5年輪目で  $16.2 \pm 0.6$  であり、15年輪目では  $9.8 \pm 0.5$  であった。5および15年輪目で得られた結果のそれぞれについて、家系を要因として分散分析をした。その結果、5年輪目では、家系間に有意差が認められなかったが、15年輪目においては、5%水準で有意差が認められた。

#### 4年生スギ精英樹さし木クローンを用いた早期選抜の検討 第2報

井城泰一（東北育種場）、平岡裕一郎、三嶋賢太郎、高島有哉  
（林木育種センター）、渡辺敦史（九州大学）

林木は、植栽してから収穫まで長期間を要する。そのため、次世代化など育種を効率的に進めるためには、ターゲットとする形質をいかに早く評価するかが重要となる。スギを用材として利用する際、重要となる木材性質の一つにヤング率がある。ヤング率は、樹幹内において変動することが知られており、幼齢時において低い値を示し加齢とともに高くなり安定する傾向にある。このためヤング率の育種を効率的に進めるためには、幼齢時において成熟期の評価が可能かどうかを検討する必要がある。そこで本研究では、4年生のスギ精英樹さし木クローンを用いて、生材状態および気乾状態、また材長が1mおよび50cmといった様々な状態や長さでタッピング法によりヤング率を測定し、14年生の応力波伝播速度と比較することにより、ヤング率を早期に評価できるか検討した。

#### ターゲットリシーケンスによるクロマツ遺伝子多型の検出

平尾 知士（森林総合研究所森林バイオ研究センター）  
村上 聡（サーモフィッシャーサイエンティフィック）

一塩基多型（SNP ; Single Nucleotide Polymorphism）をターゲットにしたゲノムワイドなジェノタイピング手法には、主に SNP アレイと次世代シーケンサーを使った方法がある。SNP アレイは高い精度で多数の多型情報を比較的短時間で得ることができるが、マルチアリの検出や搭載する SNP マーカー数が両極化しており、中規模（数百～数千規模）のジェノタイピングを行うことが困難な状況にある。一方で、次世代シーケンサーを使ったターゲットリシーケンスによるジェノタイピングは、それらの問題を解決するだけでなく、Indel の検出やターゲットアリル以外の新規アリの検出にも有効な方法として注目されている。今回、クロマツを対象に Ion Ampliseq™ 法によるターゲットリシーケンスを利用したターゲット SNP の検出と SNP アレイとの比較、さらに新規アリの検出について検討したので報告する。

### 高 O<sub>3</sub> 及び高 CO<sub>2</sub> 環境下におけるスギクローンの成長と光合成

平岡裕一郎（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）、能勢美峰（森林総合研究所林木育種センター）、飛田博順・矢崎健一（森林総合研究所）、渡辺敦史（九州大学大学院農学研究院）、藤澤義武（鹿児島大学農学部）、北尾光俊（森林総合研究所北海道支所）

対流圏オゾン（O<sub>3</sub>）濃度の上昇は樹木の生育に深刻な影響を及ぼす可能性がある一方で、将来予測される高 CO<sub>2</sub> 環境では、一般に気孔の閉鎖、光合成速度の促進が起こると考えられている。本研究では、将来の大気環境下におけるスギの成長予測のため、高 O<sub>3</sub>・CO<sub>2</sub> のスギクローンの成長及び光合成への影響を調べた。スギ 12 クローンのさし木苗を開放型 O<sub>3</sub>・CO<sub>2</sub> 暴露装置（FACE）内に植栽し、コントロール、高 O<sub>3</sub>（通常大気の 2 倍の濃度）、高 CO<sub>2</sub>（約 550 ppm）、高 O<sub>3</sub>+CO<sub>2</sub> の 4 処理において 2 成長期間育成した。高 O<sub>3</sub> 処理によるスギの成長や光合成には顕著な負の効果は認められず、むしろ 1 成長期目の成長が促進する傾向にあった。高 CO<sub>2</sub> 環境下では光合成速度および成長は増大したが、Rubisco のカルボキシレーション能力の低下が認められた。成長や光合成に対する高 O<sub>3</sub> と高 CO<sub>2</sub> の複合的な効果は有意ではなかった。また、クローン×処理の交互作用は有意でなかった。これらの結果に基づき、スギの高 O<sub>3</sub>・高 CO<sub>2</sub> に対する成長及び光合成の反応性の種特性や、将来のスギ育種のあり方について議論する。

### コンテナ育苗した少花粉ヒノキサシ木苗の植栽後の成長比較

茂木靖和、渡邊仁志（岐阜県森林研究所）

少花粉ヒノキ品種さし木苗の植栽後の成長を把握するため、マルチキャビティコンテナ（JFA-300）で約 1 年間育苗した少花粉ヒノキ品種 4 種類（益田 5 号、小坂 1 号、富士 6 号、西川 4 号）と対照品種（ナンゴウヒ）のさし木苗を、ヒノキ人工林の皆伐跡地に植栽し（2015 年 6 月）、植栽後 1 年目（2016 年 3 月）と 2 年目（2016 年 10 月）の樹高、根元直径、比較苗高（樹高／根元直径）を調査した。1 年目と 2 年目の樹高および根元直径成長量の平均値はナンゴウヒが少花粉ヒノキ品種より大きく、2 成長期目のナンゴウヒと小坂 1 号との間には両成長量で、ナンゴウヒと西川 4 号との間には直径成長量で違いがあった。ナンゴウヒと益田 5 号および富士 6 号との間や少花粉ヒノキ品種相互の間には違いがなかった。比較苗高の平均値は、植栽時が 93～107、1 成長期目が 82～91、2 成長期目 10 月時点が 81～92 で、すべての時点で品種間に違いがなかった。今回供試した少花粉ヒノキ品種さし木苗の初期成長は、西川 4 号と小坂 1 号がナンゴウヒより劣り、両者の間に富士 6 号と益田 5 号があると推察された。

### TodoFirGene: トドマツのトランスクリプトームデータベースの構築

上野真義（森林総合研究所）、中村幸乃・小林正明・寺島伸（明治大学農学部）、石塚航（北海道立総合研究機構林業試験場）、内山憲太郎（森林総合研究所）、津村義彦（筑波大学生命環境系）、矢野健太郎（明治大学農学部）、後藤晋（東京大学農学生命科学研究科）

トドマツ (*Abies sachalinensis*) は樺太、千島列島および北海道に分布するマツ科モミ属の針葉樹である。北海道では海岸沿いから標高 1600m 以上までの広範な環境で生育し、その環境に適応している可能性がある。例えば高標高に生育する母樹に由来する実生（高標高産実生）は、低標高の良好な環境で生育させても、低標高産実生よりも成長が劣ることが示されている。本研究では、このような表現型に関する遺伝子を探索し、今後の研究に活用するためにトドマツ遺伝子カタログ（データベース：TodoFirGene）の作成を行った。遺伝子の配列は RNA-Seq 法により、針葉、雄花、雌花、内樹皮の各組織から新型シーケンサーで収集した。収集した配列から、トドマツの遺伝子を網羅した代表配列（レファレンス配列）を構築し、各レファレンス配列に対して、推定される機能や特徴の関連づけ（アノテーション）を行った。TodoFirGene を利用することで、他のモデル植物で知られている候補遺伝子に対応するトドマツの遺伝子配列などを容易に検索することが可能である。

### さし木造林されたコウヨウザン林における成長形質のクローン間変異の解析

磯田圭哉、山田浩雄、近藤禎二、大塚次郎、生方正俊  
（森林総合研究所林木育種センター）

近年、西日本地域において、新たな造林樹種としてコウヨウザンが注目されている。コウヨウザンは中国南部、台湾原産で、成長、材質ともに優れ、中国南部では 600 万 ha を超える造林面積がある。日本国内においては、寺社に大木が多く見られるのに加え、国有林、大学演習林、森林公園などに数十年生の林分が見られる。その中でも、広島県庄原市の民有林にあるコウヨウザン林は、約 50 年生で林分材積が 1,000m<sup>3</sup>/ha を超える、非常に立派な林となっている。この林分において DNA 分析を行ったところ、複数の同一遺伝子型、すなわちクローンが植栽されていることが明らかになった。そこで、成長形質について、クローン間差の解析を行うこととした。

植栽されている 600 個体のうち 165 個体を、既報の SSR27 マーカー（Wen et al. 2013）で分析した。その結果、35 の遺伝子型が検出され、そのうち 21 が複数個体で検出された。成長形質を解析するにあたっては、比較的多くの個体が検出された 6 クローンをを用いた。また、本林分は作業道により斜面上部、中部、下部に分かれているため、それを反復として考えた。成長形質について分散分析を行ったところ、樹高、材積において有意なクローン間差 ( $p < 0.05$ ) が検出された。

## フタバガキ科リュウノウジュ属 (*Dryobalanops*) の 2 種、*D. beccarii* と *D. aromatica* の間の雑種形成について

原田光 (愛媛大学農学部)、Fifi Gus Dwiyanti (ボゴール農科大学)・  
上谷浩一 (愛媛大学農学部)

フタバガキ科の優占樹種の一つであるリュウノウジュ属(*Dryobalanops*)の 2 種、*D. beccarii* と *D. aromatica* について、遺伝的変異の解析を行った。前者についてはボルネオ島およびマレー半島の 16 集団 235 個体のサンプリングを行い、後者についてはマレー半島、スマトラ島、ボルネオ島の 9 集団 223 個体のサンプリングを行った。マイクロサテライトを用いた STRUCTURE 解析から、2 種が同所的に成育するマレー半島 Gunung Panti、およびサラワク州 Similajau では *D. beccarii* の全個体が *D. aromatica* のゲノム部分を含む雑種である可能性が示唆された。さらに、Similajau に隣接する Niyabau でも同様に雑種個体の存在が示唆された。葉緑体 *petL/psbE* 領域の種特異的な塩基置換について、Gunung Panti および Similajau の *D. beccarii* 個体は *D. aromatica* タイプの変異を持っていたのに対し、Niyabau の個体は *D. beccarii* 固有のタイプを持っていた。この結果に基づいて 2 種の間での雑種形成過程について考察する。

## サクラにおける高密度な塩基多型の解析

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)・  
上野真義 (森林総合研究所)・松本麻子 (森林総合研究所)

これまで、サクラを対象とした DNA 分析では SSR マーカーを用いてきたが、今後、より詳細な DNA 分析を行うためには、ゲノム全体から高密度な塩基多型を効率的に集積する必要がある。RAD-Seq 法は制限酵素の認識サイト近傍の塩基配列を解読する手法であり、ゲノム全体から塩基多型を効率的に検出することが可能である。特に 2 種類の制限酵素を組み合わせる DNA を断片化する ddRAD 法は、制限酵素の組み合わせ方によって、データ量を調節できるので、研究目的に応じた実験条件の設定が可能である。このため、予備実験として、8 検体を 9 通りの制限酵素組合せで断片化処理したものを解析して、実験条件によって得られるデータ量がどのように変化するかを検討したので、その結果について報告する。RAD-Seq 法ではサクラの塩基多型を高密度で検出できるので、野生種における詳細な種間関係を評価することも可能になるだろう。また、得られた塩基配列データに基づいて DNA マーカーも開発できるので、サクラの栽培品種にみられる花の色や形、開花期などの多様な形質に関連する遺伝子の効率的な解析が可能になるだろう。



### 不織布製交配袋内で夏越ししたスギ・ヒノキ球果由来種子の発芽諸特性

山野邊太郎（森林総合研究所林木育種センター）

スギおよびヒノキの種子では、カメムシの吸汁により発芽率が極端に低下すること、および、受粉後の雌花にカメムシ防虫用の網袋（以下、防除袋）をかけることでこの発芽率の低下が防げることが報告されている。一方、人工交配は精英樹の各種形質における遺伝性や育種価を調べる上で重要な林木育種技術である。風媒により受粉するスギやヒノキでは、目的外花粉を遮断するために交配袋で開花期以前に雌花を覆い、開花後受粉適期に、花粉銃をもちいて目的となる花粉のみを受粉させる。発芽率の良い人工交配種子を得るために、従前では、新規の開花が終息する時期に交配袋を除去し、防虫用網袋に取り替えてきた。ただ、近年では、通気性が良く摩擦に強い目の細かい不織布製の交配袋が入手できる。発表者は、第3回森林遺伝育種学会において、この交配袋を人工授粉のあと秋の採種時期まで放置することで得られる種子の発芽率が良好であることを紹介した。今回はそれら発芽の詳細について、交配組み合わせごとの発芽特性、1000粒重と発芽率および発芽勢との関係等を中心に発表する。

### 間伐が次世代精英樹候補木の選抜に与える影響

武津英太郎・松永孝治・倉原雄二・栗田学・倉本哲嗣  
（森林総合研究所林木育種センター九州育種場）

次世代精英樹候補木の選抜のため、林木育種センターでは各育種基本区において精英樹同士の人工交配家系により構成された育種集団林が設定しており、初期に設定されたものは林齢が30年を越えようとしている。検定林の施業については、周囲の同齢林分と同様の施業を依頼するが多く、切り捨ての定性間伐が行われることが多い。育種集団林において定性間伐が行われた後に選抜を試みたところ、遺伝率の推定値が大幅に低下する事例があったことから、本発表では間伐が次世代精英樹候補木の選抜に与える影響について検討を行った。15年次から20年次の間に定性間伐が行われたある試験地においては、樹高の遺伝率が15年次は0.50だったものが20年次には0.03に低下し、遺伝的獲得量も低下していた。家系平均値と家系毎の間伐率との関係には明瞭な負の関係があり、成長が小さい家系がより多く間伐されたことによる影響と考えられた。シミュレーションによってもやはり間伐による平均的な遺伝率の低下と獲得量の低下が認められ、選抜時には間伐の影響を考慮する必要性が示された。

## 電熱温床によるさしつけ床の加温条件下で育成したスギさし木苗の得苗率と植栽後の成長の違い

倉本哲嗣(森林総合研究所林木育種センター九州育種場)、千吉良治(森林総合研究所林木育種センター西表熱帯林育種技術園)、栗田学・竹田宣明・武津英太郎・倉原雄二・松永孝治(森林総合研究所林木育種センター九州育種場)

九州では今後再造林に用いるスギ苗が大量に必要であると見込まれているが、主に造林に使用されているスギさし木苗の得苗率が年により変動するといった課題がある。この得苗率の安定させるための一つの方法として、電熱温床でさし床を加温して発根率を向上させることが考えられる。しかし、さし床の加温による発根率の変化について、系統毎に検討した事例は少ない。また、電熱温床によるさし床を加温した条件下では、より短い時間で根が発生することから、苗の根量も多い傾向となり、植栽後の成長や活着率に影響する可能性が予想される。そこで、スギエリートツリーや精英樹について、通常さし床と電熱温床を設置したさし床でさし木を行った後の得苗率、及びそれぞれの条件で発根させた苗の造林地に植栽した後の活着率及び成長を調査したので報告する。



