

# 森林遺伝育種学会 第7回大会講演要旨集

平成30年（2018年）11月9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



# 大会プログラム

## ■開催日

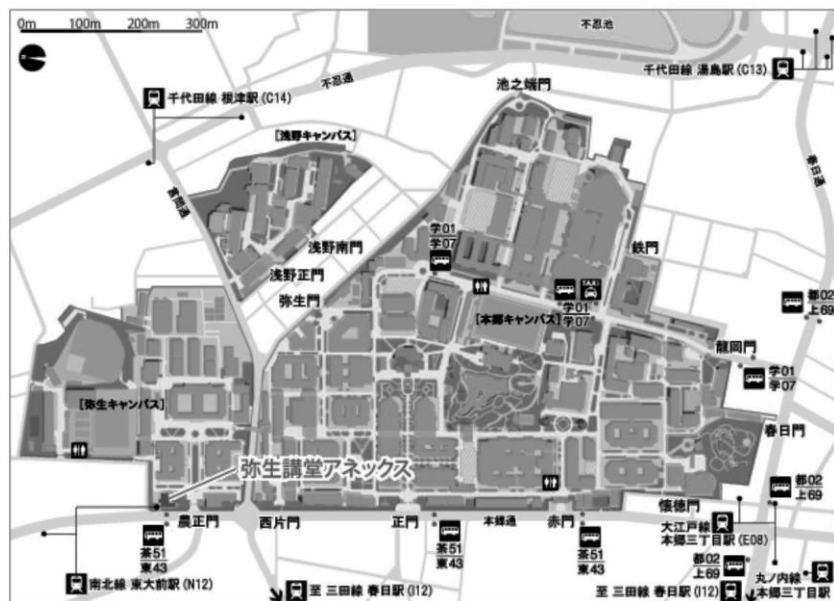
平成 30 年 11 月 9 日 (金) 午後

## ■大会スケジュール

- 13:00～ 受付
- 13:00～13:30 ポスター掲示
- 13:30～14:15 開会 会長挨拶  
学会賞の表彰、受賞講演など
- 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



## 平成 30 年度 森林遺伝育種学会学会賞

- ・ 陶山佳久（東北大学大学院農学研究科）  
森林遺伝育種学的研究のための MIG-seq（multiplexed ISSR  
genotyping by sequencing）法の開発

## 受賞公演要旨

### 森林遺伝育種学的研究のための MIG-seq (multiplexed ISSR genotyping by sequencing) 法の開発

陶山佳久（東北大学大学院農学研究科）

MIG-seq 法は、次世代シーケンサー（NGS）を利用した手軽なゲノムワイド一塩基多型（SNP）ジェノタイピング技術として、受賞者らにより開発された新手法である。その特徴として、対象生物種を問わず広く適用が可能で、例えば1度に数百サンプルの少量のDNA試料を用いて、迅速（3日）・簡単（2回のPCRとNGSラン）・経済的（消耗品は～1000円／サンプル）に数百座以上を対象としたSNP分析を行うことができる。本講演では、その原理から最新の改良法を簡単に紹介した上で、森林遺伝育種学的な適用研究として、個体・種識別、集団遺伝、分子系統解析等の事例を紹介し、本研究分野発展の一助としたい。

## ポスター発表タイトル・筆頭講演者一覧

1	エリートツリーの性能評価試験 – コンテナ苗植栽 4 年後及び裸苗植栽 3 年後における樹高に関する家系間の相関性について –	加藤一隆
2	休耕田における底面吸水シートを活用した無花粉スギ・セル苗の省力的な育苗法	斎藤真己
3	トドマツ連鎖地図構築に有用な EST-SSR マーカーの開発	後藤 晋
4	産地標高で異なる形態形質はどのように遺伝するか? : トドマツの交雑実験による検証	山崎 有
5	グイマツ雑種 F <sub>1</sub> 挿し木の発根に及ぼす光強度の影響	今 博計
6	採種園に補植したカラマツ若齢接ぎ木苗の着花特性	田中功二
7	An admixture with <i>Quercus dentata</i> characterizes genetic background of the coastal ecotype of <i>Q. mongolica</i> var. <i>crispula</i> in northern Hokkaido and effects of the genetic background and coastal stress on their leaf and shoot traits	永光輝義
8	根域制限栽培法を用いたスギ採種園母樹の育成条件の検討	山本茂弘
9	ビニールハウス内に造成したスギ採種園の温度管理の検討	山田晋也
10	オルガネラゲノム情報を用いた <i>Larix</i> の交配樹種・系統判別	石塚 航
11	マルチプレックス SNP タイピングシステムを用いたスギ精英樹 F <sub>1</sub> 集団の遺伝子型同定と形質予測モデルの構築	永野聡一郎
12	アカエゾマツの根元曲がりと幹曲がりが生じる確率に対する環境および遺伝的効果	花岡 創
13	北方針葉樹 3 種の温暖化ストレス応答に関わるトランスクリプトーム解析	久本洋子
14	異なる光強度下で生育したカラマツの着花と遺伝子発現量解析	三嶋賢太郎
15	花粉症対策品種「静神不稔 1 号」、「三月晴不稔 1 号」(申請中) の開発	袴田哲司
16	関西育種基本区におけるヒノキ第一世代および第二世代精英樹集団の多様性評価と血縁評価	岩泉正和
17	一粒直接播種コンテナ苗育苗を目的とした近赤外選別及びコーティング種子活用の可能性	藤井 栄
18	コンテナ苗の利用に向けたスギとヒノキの種子精選方法の比較	幸 由利香
19	遺伝子発現レベルからみたスギの乾燥ストレス応答のクローン間差	能勢美峰

20	遺伝子発現解析による針葉樹の炭素代謝酵素群の探索	伊原徳子
21	丹沢山地で一斉開花したスズタケの発芽試験	齋藤央嗣
22	関東北部における1年生コンテナ苗育成の試行	山野邊太郎
23	全国の実生検定林データに基づくスギの遺伝パラメータの年次変化と選抜効果の推定	平岡裕一郎
24	スギさし木苗における根系形質に関する遺伝的特性評価	福田有樹
25	ドロノキの葉形質の年次間差	生方正俊
26	グルタチオンを用いたカラマツさし木増殖技術の開発	井城泰一
27	発現遺伝子情報を用いたトドマツの環境適応候補遺伝子のマッピング	内山憲太郎
28	タイ東北部に植栽された12年生 <i>Eucalyptus camaldulensis</i> の成長形質および木材性質の家系間変異	根津郁実
29	小笠原諸島固有種タコノキの遺伝構造と集団動態 -小笠原群島と硫黄列島の比較-	鈴木節子
30	中部地方におけるコナラおよびミズナラの遺伝的境界線に関する研究	小野里 談
31	由来の異なるコウヨウザンの成長および材質特性の比較	磯田圭哉
32	36年生カラマツ ( <i>Larix kaempferi</i> ) 人工交配家系における曲げ物性の半径方向変動とその家系間変異	高橋優介
33	久留米ツツジ品種の系譜解明に向けたマイクロサテライトマーカーの開発	山口莉未
34	光環境はスギ挿し木発根にどのように影響するか?	吉村知也
35	青葉山スギ個体群の集団遺伝学的解析	小沼佑之介
36	UAV による若齢スギ個体の樹高計測の推定誤差の検討	武津英太郎
37	花粉の少ない岐阜県産ヒノキ精英樹の培養苗のセル苗化による順化	茂木靖和
38	野生樹木における葉形質多型関連遺伝子の探索	伊津野彩子
39	スギ集団内における葉緑体 DNA ハプロタイプ組成と核 DNA ジェネット組成の比較	長谷川陽一
40	窒素施肥後のカラマツ採種園採種木の反応と施肥方法の違いによる効果の確認	蓬田英俊
41	茨城県に設定した植栽密度試験地における20年生スギの成長解析	高島有哉
42	複数環境下におけるスギの有用形質の QTL 解析	森 英樹
43	MYB80, a transcription factor conserved in Spermatophyta	ウェイ フージン

## エリートツリーの性能評価試験 ーコンテナ苗植栽4年後及び裸苗植栽3年後における 樹高に関する家系間の相関性についてー

加藤一隆・山野邊太郎・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スギエリートツリー（第二世代精英樹）を開発中であるが、後代検定を行いその性能の評価を行う必要がある。今回は、エリートツリー同士の交配によって得られた12家系の種子及び在来系統のオープン種子を苗畑及びコンテナにまき付け、2箇所のコンテナ苗野外植栽試験地及び1箇所の裸苗野外植栽試験地において植栽直後、一成長期後、二成長期後、およびコンテナ苗については三成長期後にも樹高を測定し、在来系統との比較を行うとともに、試験地間及び年次間で家系間での順位相関係数を算出した。その結果、どの試験地においてもエリートツリー由来の苗木の平均樹高は在来系統の苗木に比べて優位に高い樹高を示した。また、エリートツリーにおける順位相関係数は年次を追うごとに3試験地とも徐々に高まり、環境分散が小さくなることが示唆された。一方、試験地間で比較した場合には、その係数は徐々に高まる傾向はみられたものの値は低く、植栽環境や育苗方法の違いによって各家系の特性により初期の成長量が異なることが示唆された。

## 休耕田における底面給水シートを活用した 無花粉スギ・セル苗の省力的な育苗法

斎藤真己（富山県農林水産総合技術センター森林研究所）

富山県では無花粉スギ品種「立山 森の輝き」の実生苗を再生林に活用しており、その苗木生産量を増加させるためには、できるだけ低コストで省力的な育苗技術が求められる。このことから、新たな技術として農業用の底面給水シートを活用したセル苗の省力的な生産方法を考案した。底面吸水シートは水の吸水性や拡散性に優れた繊維で作製されたマットであり、このシートを大型の発泡スチロールにかぶせて休耕田に浮かべた後、発芽したセルトレー（200穴）をこの上に乗せた。6月から10月までの育苗期間中、一度も散水を行わなかったにもかかわらず、苗の生存率は95%以上と高く順調に成長した。以上のことから、本技術は底面吸水シートのうえにセルトレーを乗せて水に浮かべておくだけの省力的かつ低コストなセル苗の育苗法であり、休耕田の有効活用や稲作農業との連携にも繋がると期待された。

（本研究は、イノベーション創出強化研究推進事業「革新的技術による無花粉スギ苗木生産の効率化・省力化と無花粉品種の拡大」で行われた。）



## トドマツ連鎖地図構築に有用な EST-SSR マーカーの開発

後藤 晋 (東京大学大学院農学生命科学研究科)、内山憲太郎・  
上野真義 (森林総合研究所樹木分子遺伝研究領域)・石塚 航  
(北海道立総合研究機構林業試験場)・北村系子 (森林総合研  
究所北海道支所)

近年、ゲノムサイズの大きな針葉樹でも、多数の SNP マーカーを用いて連鎖地図を作成することが可能になっている。私たちも、トドマツの高標高×低標高の分離集団を用いて、1200 以上の SNP マーカーを用いて連鎖地図を作成し、初期成長とフェノロジーに関する QTL を検出した。現在、形態や生理形質などのフェノタイピングを行っているが、さらに詳細な解析を行うためには、情報量が多く、共優性の SSR マーカーなどをトドマツの連鎖地図に載せる必要がある。近年、次世代シーケンサーの普及と EST ライブラリの充実に伴い、EST-SSR マーカーが集団遺伝学ではしばしば使われるようになった。そこで本研究では、分離集団の親 2 個体の RNA-seq を行い、EST ライブラリを作成した。そして、親間に多型のある 48 の EST-SSR プライマーを設計し、先の QTL 分析に用いた 252 個体の分離集団でジェノタイプを決定した。ジェノタイピングの結果、19 のマーカーで明瞭なピークが検出され、矛盾のある遺伝子型はなかった。カイ 2 乗検定を試みた結果、18 のマーカーでは期待される分離比と有意な違いがなく、連鎖地図構築に有効だと考えられた。

## 産地標高で異なる形態形質はどのように遺伝するか？ ：トドマツの交雑実験による検証

山崎 有 (東京大学大学院農学生命科学研究科)、舟山幸子・  
種子田春彦 (東京大学大学院理学系研究科)、後藤 晋 (東  
京大学大学院農学生命科学研究科)

マツ科モミ属の常緑針葉樹であるトドマツは、標高 200m~1600m 程度まで幅広い分布域を持っている。これまでにトドマツは、標高間の相互移植実験により自生標高に適應していることが示されている。この実験において、高標高産個体はより温暖な低標高地に植栽しても、低標高産個体と比較して成長が悪く、標高適應に関連する形質は遺伝的に支配されていると考えられる。しかしながら、どのような形質が成長に影響しているかについては、これまで詳しく調べられてこなかった。本研究ではトドマツの標高間相互交雑試験地 (1986 年植栽) を用いて、①低標高産個体と高標高産個体で形態形質がどのように異なるのか、また、試験地に植栽された標高間の雑種個体を用いて、②これらの形質がどのように遺伝するかを明らかにすることを目的としている。これまでの測定・分析の結果、SLA、葉の縦横比において、標高間で有意に値が異なることが確認された。また、交雑個体では同じ家系の自生個体よりも値が有意に異なることが確認され、これらの形質が次代へと遺伝することが示された。今後は高速液体クロマトグラフィー (HPLC) を用いたカロチノイド等の色素濃度測定や、PAM 法を用いた光合成活性の測定など、生理形質の分析も行う予定である。

## グイマツ雑種 F<sub>1</sub> 挿し木の発根に及ぼす光強度の影響

今 博計・石塚 航・成田あゆ（北海道立総合研究機構林業試験場）

グイマツ雑種 F<sub>1</sub>（グイマツ×グイマツ）の挿し木発根苗の効率的な生産を目的として、光強度が発根および成長に及ぼす影響を調査した。本研究では母株として1年生実生苗を用い、7月に側枝を挿し穂として供試した。ココピート、鹿沼土、バーミキュライトを混ぜた用土に挿し付け、農業用ハウスと人工気象器の2箇所で8週間育成した。それぞれ被覆資材により3段階の明るさに調整し、農業用ハウスでは平均PPFDを140、53、36 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ 、人工気象器では78、34、19 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ （日長12時間、80%RH、明23°C-暗13°C）とした。いずれの箇所でも、光強度が高いほど発根量が多くなり、根元径も太く、葉量も増加した。また、挿し付け後に展葉した葉は、光強度によって、葉面積当たりの葉重量、着生角度が変化し、PPFDが低いほど葉が薄く下垂するなど受光態勢に変化がみられた。以上の結果から、必要以上に遮光することなく、高い光合成活性条件下で育成することが挿し木発根苗生産に適していると考えられた。なお、本研究は生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」の支援を受けて進めた。

## 採種園に補植したカラマツ若齢接ぎ木苗の着花特性

田中功二（青森県産業技術センター林業研究所）

松下通也・田村 明（森林総合研究所林木育種センター）

昨今の加工技術の発達で、その材の強度から合板や集成材への需要が高まり、青森県では平成20年頃から急激にカラマツ造林が増加し、苗不足が問題となっている。その理由として、カラマツは種子の豊作年が5年に1度程度、またスギ等のGA3処理の様な効果的な着花促進技術が開発されていないことから、全国的に種子が不足し入手が困難な状況になっている。そこで、採種園での着花促進に関するデータを収集するため、補植したカラマツ若齢接ぎ木苗（接ぎ木後1年及び3年生苗）の着花調査を行った。調査対象の接ぎ木苗は、昭和35年に造成された採種園に、平成26年春に補植した材質優良木の32クローン合計251本である。28年春から着花調査を行い、28年は着花なし、29年は1本にのみ少量の雄花が観察され、30年は生存木196本のうち34%に雄花、2%に雌花が着生した。30年の着花と樹高、クローン、光量（30年度測定）の関係を検討した結果、クローンによる影響が大きかった。なお光量と着花の関係は再度31年春に確認する。本研究は農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」の支援を受けて行った。

An admixture with *Quercus dentata* characterizes genetic background of the coastal ecotype of *Q. mongolica* var. *crispula* in northern Hokkaido and effects of the genetic background and coastal stress on their leaf and shoot traits

永光輝義（森林総研北海道）

In northern Japan, coastal oak forests consist of *Quercus dentata* (*Qd*) on the coastal side and *Q. mongolica* var. *crispula* (*Qc*) on the inland side. In northern Hokkaido, *Qd* is rare in these forests, and a coastal ecotype of *Qc* grows on the coastal side. Nuclear microsatellite genotypes were obtained from *Q. mongolica* var. *mongolica* on the Eurasian continent, *Qc* in Sakhalin, *Qc* in coastal and inland Hokkaido, *Qd* in coastal Hokkaido, and *Q. serrata* in inland Hokkaido. Clustering of these genotypes suggests an admixture from *Qd* to coastal *Qc*. Additional findings suggest that not only coastal stress but also genetic background admixed with *Qd* is responsible for leaf and shoot traits of the coastal ecotype of *Qc* in northern Hokkaido.

## 根域制限栽培法を用いたスギ採種園母樹の育成条件の検討

山本茂弘・山田晋也・猿田けい（静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター）、山口 亮（静岡県庁研究開発課）、石川佳寛（静岡県西部農林事務所）大平峰子・平岡裕一郎・山野邊太郎・高橋 誠（森林総合研究所林木育種センター）

ビニールハウスによる閉鎖系のスギ特定母樹採種園において、根域制限栽培法を応用し、母樹の早期育成、種子の早期生産と高品質化のための施肥条件および水分管理について検討した。約 50cm に育成した採種母樹を 2017 年 10 月に容量 40 リットルのコンテナに赤玉土、鹿沼土、バーク堆肥を等量混合した用土に植栽した。施肥は、2018 年 4 月中旬に行った。施肥量の算出は、施肥時の母樹の乾燥重量の 1.75 倍の重量増に必要な窒素 (N) 量に相当する緩効性肥料 (窒素：リン酸：カリ＝14：11：13%) を基準量とし、無施肥区および基準量の 0.5 倍、1 倍、2 倍、3 倍の 4 施肥区を設けた。さらに各施肥区ごとに窒素、リン酸、カリ成分のみの同量追加区を設け、合計 17 処理区とした。その結果、伸長量、根元肥大量は、いずれの施肥区も無施肥区を上回り、成長促進効果が伺われた。球果の肥大量は、施肥区の多くの処理区で無施肥区を上回らず、施肥効果は明らかではなかった。コンテナ重量測定による水分の蒸発量は、7 月等の晴天日で多く最大 2 l 程度であった。

## ビニールハウス内に造成したスギ採種園の温度管理の検討

山田晋也・山本茂弘・猿田けい（静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター）、山口 亮（静岡県庁研究開発課）、石川佳寛（静岡県西部農林事務所）、大平峰子・平岡裕一郎・山野邊太郎・高橋 誠（森林総合研究所林木育種センター）

ビニールハウスを用いたスギの人工交配は、交配時期に高温多湿になることが課題とされている。静岡県浜松市内に設置したビニールハウス（5.4m×18m、H=3.0）において交配時期である2月からビニールハウスを閉鎖すると、ビニールハウス内の日中温度は徐々に上昇し4月には50°C近い温度となった。針葉樹では高温障害が起こる温度が44～50°Cとされているため、交配時期にビニールハウス内の温度を44°C未満に保つ必要がある。そこで本研究では、温度上昇を抑えるために必要な寒冷紗の遮光率を約75%（銀色）、約90%（白色）とし、4月下旬の晴天日のハウス内温度を計測したところ、それぞれ約50°C、約35°Cとなった。この結果を基に、2018年にビニールハウス内に造成したスギ採種園において、約90%の寒冷紗を用いて温度管理を行いながら人工交配を実施した。採種母樹は順調に生育し発芽能力のある種子を生産したことから、静岡県浜松市の環境において、ビニールハウスを用いたスギの人工交配を行うためには遮光率90%程度の寒冷紗を使用することが適当であると考えられた。

## オルガネラゲノム情報を用いた *Larix* の交配樹種・系統判別

石塚 航（北海道立総合研究機構林業試験場）田畑あずさ・小野清美（北海道大学低温科学研究所）、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）、原登志彦（北海道大学低温科学研究所）

北方系針葉樹のカラマツ属グイマツ (*Larix gmelinii* var. *japonica*) は、千島列島の一部（色丹島、択捉島）と樺太（サハリン）のみに自生地が限られるが、ニホンカラマツとの交雑次代が初期成長や耐鼠性に優れることから、自生地外の北海道において林業利用が進む。ところが、用いられる多くのグイマツの来歴が不明だったため、発表者らのこれまでの研究では、葉緑体全ゲノム配列をグイマツ複数家系で解読するとともに、同種別変種や同属別種についても解読し、ゲノム比較による系統群推定に取り組んできた。

本発表では、上記に続いて、葉緑体全ゲノム比較によって得られた変異情報を精査することで、グイマツ系統群内の変異を抽出するとともに、父性遺伝する葉緑体だけではなく、母性遺伝するミトコンドリアについても新たにゲノム配列の解読と種間変異の抽出を試みた。これらから、交配樹種・系統判別のための分子マーカーを開発することができた。とくに交配樹種判定に関しては、このマーカーによって簡便・確実な判定ができることを確認した。

## マルチプレックス SNP タイピングシステムを用いた スギ精英樹 F<sub>1</sub> 集団の遺伝子型同定と形質予測モデルの構築

永野聡一郎・平岡裕一郎・平尾知士・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）、高島有哉（森林総合研究所林木育種センター）、石栗 太（宇都宮大学農学部）、高橋 誠（森林総合研究所林木育種センター）

DNA 解析技術の高度化やゲノム・遺伝子配列情報の整備に伴い、個体の遺伝子型から形質を予測し、選抜を行う分子育種の技術が発達してきている。我々は、スギにおいて複数組織由来の EST 情報から得られた系統間の遺伝子型多型を検出する Axiom カスタムアレイを開発し、精英樹を対象として得られた SNPs によりゲノミック予測を行い、形質と有意な相関を示す SNPs を多数検出してきた。本研究では、約 3,000 SNPs を複数検体で同時検出可能な AmpliSeq カスタムパネルを作成し、精英樹 F<sub>1</sub> 集団合計 576 個体の遺伝子型を決定し、形質の予測モデルを構築した。その結果、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。本研究により、実際の交雑集団におけるゲノミックセレクションの可能性が示唆された。

## アカエゾマツの根元曲がりや幹曲がりが生じる確率に対する 環境および遺伝的効果

花岡 創（林木育種センター北海道育種場）、伊東宏樹（森林総研北海道支所）

根元曲がりや幹曲がりは材価に影響する重要な要素である。本研究では、北海道における主要造林樹種の一つであるアカエゾマツを対象に、同一の家系が植栽された 9 試験地における植栽から 20 年次の根元曲がりや幹曲がりの 5 段階評価値を供試し、どのような環境条件の試験地で採材に影響するレベルの大幅な曲がり（評価値 2 以下）となる確率が高くなるのか、あるいは、遺伝的な効果（家系間差）の有無について順序ロジットモデルを用いて検証した。その結果、アカエゾマツは基本的に大幅な根元曲がりや幹曲がりを生じにくいですが、寒冷かつ多雪（積雪深 1m 以上）な数試験地でのみ大幅な根元曲がりや幹曲がりが生じる確率が高くなること、また、それら試験でのみ有意な家系の効果が検出され得ることが示された。以上より、アカエゾマツについてもスギ等と同様に厳しい環境条件の試験地で選抜することにより、根元曲がりや幹曲がりの抵抗性に改良が見込まれるのではないかと考えられた。

## 北方針葉樹 3 種の温暖化ストレス応答に関わる トランスクリプトーム解析

久本洋子（東京大学千葉演習林）、伊原徳子（森林総合研究所樹木分子遺伝研究領域）、種子田春彦（東京大学大学院理学系研究科）、平尾聡秀（東京大学秩父演習林）、後藤 晋（東京大学附属演習林教育研究センター）

北方針葉樹が温暖条件に曝された際のストレス応答を解明することを目的に、2015年5月に北海道富良野で育苗したトドマツ、アカエゾマツ、エゾマツの3年生苗を自生地である富良野、やや温暖な秩父、温暖な千葉に移植した。2017年、2018年8月に生存率を、同年10月に樹高と地際直径を測定した。また、2017年8月に千葉および富良野において3種から1個体ずつ葉のRNAを抽出し、ストレス応答に関わるトランスクリプトーム解析を行った。トドマツは温暖地でも十分生育可能で高い生存率を示したが、エゾマツは千葉と秩父の両方で生存率が大きく低下し、温暖化によるストレスを受けている可能性が示唆された。そこで、エゾマツについて千葉と北海道の二群間で遺伝子発現量を比較したところ、発現量が大きく異なる752遺伝子が認められた。これらについて相同性検索により機能を推定した結果、シロイヌナズナの水ストレスや菌抵抗性に関わる遺伝子が含まれており、気温の差だけでなく、他の環境の違いによる影響も示唆された。

## 異なる光強度下で生育したカラマツの着花と遺伝子発現量解析

三嶋賢太郎・田村 明・栗田 学・松下通也・高島有哉・井城泰一・高橋 誠（森林総合研究所林木育種センター）

近年、カラマツは国内針葉樹として需要が高まっているが、着花および種子生産に豊凶があり、開花の制御が困難であるため、種子生産および種苗の供給不足が社会的に大きな問題となっている。そのため、着花メカニズムの解明とその知見を活用した効果的な着花促進技術の開発が必要かつ急務の課題となっている。これまで、カラマツ属では、樹体に傷をつける環状剥皮やスコアリングが着花誘導のための処理技術として行われているが、対象個体の損傷を伴うために長期的かつ安定的に行うことは難しい。また、BAP等やGA4/7のようなホルモン処理も効果が十分に実証できていない。一方で、受光伐による光環境の改善が雌花着花量の増加に効果があることが報告されている。本発表では、カラマツにおける花芽分化に対する光条件の影響を明らかにするため、実験材料に連年着花することが知られている自然変異体であるFL系統を用いて、人工環境室において雌花分化期の光環境をコントロールすることにより、着花量および遺伝子発現パターンがどのように変化するのかを明らかにすることを試みた。

## 花粉症対策品種「静神不稔1号」、「三月晴不稔1号」（申請中）の開発

袴田哲司・山本茂弘（静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター）、齋藤央嗣（神奈川県自然環境保全センター）、畑 尚子（東京都農林総合研究センター）、斎藤真己（富山県農林水産総合技術センター森林研究所）、高橋 誠（森林総合研究所林木育種センター）

雄性不稔（無花粉）スギは花粉症対策に極めて有効なため、全国的にも注目されているが、造林木としても優れた特性を有する必要がある。そのため、雄性不稔遺伝子をヘテロで有する静岡県精英樹の大井7号と神奈川県精英樹の中4号の交配によって作出した雄性不稔スギの若齢期の評価を行った。交配によって作出した苗（原木）、および原木からさし木によって増殖したクローン苗（さし木苗）について、樹高、胸高直径、立木の応力波伝播時間を測定し、対照とした精英樹系のスギを上回る優良な1クローン「静神不稔1号」（しずかみふねんいちごう）を優良品種・技術評価委員会へ品種申請したところ、2018年2月に花粉症対策品種として認定された。また、別の1クローンも対照とする精英樹系を上回る評価が得られたため、2018年に花粉症対策品種「三月晴不稔1号」（みつきはれふねんいちごう）として5機関の共同で申請する予定である。本研究は、農研機構生研支援センター「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ている。

## 関西育種基本区におけるヒノキ第一世代および第二世代精英樹集団の多様性評価と血縁評価

岩泉正和・河合慶恵・三浦真弘・山田浩雄（森林総研林育セ関西）、磯田圭哉（森林総研林育セ）、久保田正裕（森林総研林育セ九州）

次世代育種を進める上では、世代の進行に伴う育種集団サイズの減少による遺伝的多様性の低下を回避し、近親交配や血縁の偏り等の防止に配慮した候補木の選抜や交配親の選定を行う必要がある。林木育種センターでは第二世代精英樹を多数作出しているが、選抜した次世代集団の遺伝的管理に必要な、遺伝的多様性や血縁関係の把握はあまり進んでいない。こうした背景から、本研究では、関西育種基本区において需要が高く、精英樹のDNA 遺伝子型データの整備が進んでいるヒノキを対象として、SSR マーカー12座に基づき第一世代および第二世代精英樹集団の遺伝子型の確定を行い、遺伝的多様性を評価するとともに、親子解析により第二世代に寄与する第一世代親を特定し、血縁関係について解明した。世代間の遺伝的多様性を比較した結果、Allelic richness は第一世代に対して第二世代の値が下回ったが（第二世代/第一世代=0.9程度）、ヘテロ接合体率では殆ど差はなく（ほぼ1.0）、また近交係数の上昇も見られなかった。確定した遺伝子型を用いて、第一世代を親候補として（主に一般次代検定林の自然交配家系からの選抜木である）第二世代の親子解析を行った結果、父親が第一世代の中で特定された第二世代の割合は4割台であったとともに、母親に比べて特定の花粉親の寄与が大きい傾向が見られた。

## 一粒直接播種コンテナ育苗を目的とした近赤外選別及びコーティング種子活用の可能性

藤井 栄（徳島県立農林水産総合技術支援センター）、藤本浩平（高知県立森林技術センター）、松田 修（九州大学大学院理学研究院）、小川健一（岡山県生物科学研究所）、飛田博順（森林総合研究所）

コンテナ苗は乾燥に強く、従来の植栽時期を拡大させることが可能であり、植栽事業者の労務負担分散など、再造林を効率的に進めるための重要な技術として普及が進んでいる。スギ実生コンテナ苗を安定供給するためにいくつかの育苗方法が試行されているが、スギ種子の発芽率が低いこと、種子の形状が扁平で取り扱いにくいことから、多粒播種し、発芽後に間引きする方法や育苗箱等に播種し、発芽後、育苗容器に移植する方法などが採用されることが多く、最も効率的と想定される一粒を育苗容器に直接播種する方法は行われていない。そうした中、近赤外光により充実種子を選別する技術が開発されたことから、育苗容器に充実種子を一粒直接播種した場合の種子の発芽やその後の生育について評価した。また、種子の取り扱いを改善するため、農業分野で普及が進むゲルコーティングを施した種子を用いた播種試験を行った。本報告では一粒直接播種した場合の労務を評価し、技術普及の可能性について検討した。

## コンテナ苗の利用に向けたスギとヒノキの種子精選方法の比較

幸 由利香・遠藤良太（千葉県農林総合研究センター森林研究所）

近年コンテナ苗が注目されているが、スギ、ヒノキは、種子の平均発芽率が 20～30%と低く、一粒播種を行うと無駄なセルが多量に発生する。そのため、発芽率が向上する種子精選方法を検討した。スギ、ヒノキともに3家系の種子を供試し、精選方法は、表面張力を小さくして種子を浮きにくくする界面活性剤液に3時間静置する界面活性剤選（0.025、0.05、0.075、0.1、0.2%）、エタノールに1分間静置するエタノールを用いた比重選（0～99.5%）、種子の変性を防ぐ殺菌剤ベンレート液に19時間静置するベノミル選（0.1、0.2%）、水選（1分間、3時間、19時間静置）を比較した。各試験区、約200粒を1回行い、沈下種子と浮遊種子に分けて、発芽試験を行った。平均回収率は、沈下種子数を全種子数で割ったものとした。精選前の平均発芽率はスギ12%、ヒノキ26%であった。スギは、水選で平均発芽率が41%と最も高く、エタノール選の濃度20、40%、ベノミル選で平均発芽率が高かった。また、エタノール選（60～99.5%）の沈下種子、浮遊種子合計の平均発芽率が精選前より低く、発芽率の低下がみられた。一方、ヒノキは、エタノール選の濃度40%で平均発芽率が92%と最も高く、平均回収率は21%で、得られる種子が多くなった。



## 遺伝子発現レベルからみたスギの乾燥ストレス応答のクローン間差

能勢美峰・高島有哉・永野総一郎（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）

スギの乾燥に対する応答とクローンによる応答の違いを遺伝子発現レベルから明らかにすることを目的として研究を進めている。植物材料として、スギ精英樹4クローンの挿し木のポット苗を用い、灌水を停止した乾燥区と灌水を続けたコントロール区を設定した。時系列サンプル（灌水停止から0、7、14、21、35、49日後の当年葉）から total RNA を抽出して cDNA ライブラリを作成し、次世代シーケンサー（Illumina HiSeq4000）を用いて RNA-seq 解析を行なった。得られた配列を用いて乾燥応答における発現遺伝子の動態を網羅的に解析した。その結果、いずれのクローンにおいてもストレス関連遺伝子群（アブシジン酸、サリチル酸、エチレンなどストレスに関わるホルモン関連の遺伝子、塩、低温、傷害などのストレス応答に関わる遺伝子）の発現量が増加した。一方、成長関連や光合成関連の遺伝子群の発現量が減少することが明らかになった。これらの遺伝子の発現パターン（発現時期や発現量）はクローンによって異なっていたことから、スギの乾燥応答には種内変異が存在し、それを遺伝子発現解析によって評価できる可能性が示唆された。

## 遺伝子発現解析による針葉樹の炭素代謝酵素群の探索

伊原徳子・西口 満・飛田博順・深山貴文・田原 恒（森林総合研究所）、  
鈴木雄二（岩手大学農学部応用生物化学科）、宮澤真一（森林総合研究所）

炭素代謝は植物にとって成長に直結する重要な代謝であり、様々な環境刺激に対し調節されている。針葉樹では炭素代謝において被子植物と異なるメカニズムの存在が示唆されているが、遺伝子レベルでの包括的な研究例はほとんどない。本研究ではスギを主な材料として針葉樹の炭素代謝に関連する遺伝子を明らかにし、その調節メカニズムを明らかにすることを目的としている。

まずスギの炭素代謝酵素に関連する遺伝子を網羅するため、KEGG Pathway Database に基づき、シロイヌナズナの主要な炭素代謝酵素をコードする 1,101 遺伝子のアミノ酸配列情報を取得した。これらの遺伝子との類似性に基づき、公開された発現遺伝子塩基配列等を統合して構築したスギの 89,752 発現遺伝子配列から、2,317 の炭素代謝酵素遺伝子候補を選抜した。これらについて、異なる CO<sub>2</sub> 濃度（200 ppm, 800 ppm）下での発現を RNA-Seq により解析した。また、この RNA-Seq データを用いて CO<sub>2</sub> 濃度条件の違いにより発現が変化する遺伝子を探索したところ、2,262 遺伝子で発現が変動している可能性が見出された。

## 丹沢山地で一斉開花したスズタケの発芽試験

齋藤央嗣・久保典子・河野明子（神奈川県自環保セ）

丹沢山地では、1970年代からニホンジカ等の採食の影響によりブナ林の林床を広く覆っていたスズタケの退行が報告され、土壌流出等の影響が懸念されている。このため稜線部の一部は植生保護柵よりその保全が図られている。しかし2013年頃から開花が観察され、保護柵内で繁茂していたスズタケの開花枯死が観察された。そこで2014年に結実した種子を2地点で採取し発芽試験を行った。発芽試験は23°Cインキュベーター内で1ヶ月以上発芽試験後、発芽終了した時点で5°Cの湿層低温下で3ヶ月以上処理し、その後も検定を繰り返して実施した。その結果通常の種子では3回目のくり返しから発芽が始まり6回目までで18%となったのに対し、種皮の剥皮処理区では2回目から発芽が始まり、6回目までの発芽率は55%と高くなった。発芽数をデータとして剥皮処理と産地を因子とした分散分析では、有意に剥皮処理区が高くなったが、産地との交互作用も有意であった。しかし2産地の剥皮処理の発芽率の差は2%以内であり、剥皮処理による効果は高いと考えられた。この結果から通常でも3年後から発芽が始まる可能性があること、剥皮により発芽率が高まることが明らかになった。

## 関東北部における1年生コンテナ苗育成の試行

山野邊太郎、大平峰子、平岡裕一郎（森林総研林育セ）

コンテナ苗生産技術は、育種＝遺伝的改良とは独立の関係にあるが、検定林造成を効率化できる技術と考えられる。特に、4月～6月に造林を行う森林経営者に検定林設定を依頼する場合、裸苗で育成した検定木の活着率が低くなる事例が過去に散見されることから、夏期にも比較的良好な活着率を示す事例が認められるコンテナ苗の活用は効率的な林木育種事業推進に寄与する可能性が高い。苗木生産事業者におけるコンテナ苗の育苗期間については、保安林の区域での造林に供する苗木苗齢に12ヶ月生以上の制限があるためか、2成長期以上をかけて育成する事例が大多数を占める。しかし、ここ数年、西日本を中心に1年生コンテナ苗の育苗技術を確立しつつある機関が見られるようになった。検定木の育成コスト低減を考えれば、12ヶ月生未満での育苗技術を諸機関で確立することは林木育種上の意義がある。今回は、茨城県日立市において、検定林造成のためにスギの1年生コンテナ苗を育成した事例を紹介する。なお、本研究は、農林水産省委託プロジェクト「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」の支援を受けて行われた。

## 全国の実生検定林データに基づく スギの遺伝パラメータの年次変化と選抜効果の推定

平岡裕一郎（森林総研林育セ）、三浦真弘（森林総研林育セ関西）、武津英太郎・栗田 学・久保田正裕（森林総研林育セ九州）、井城泰一（森林総研林育セ東北）、山野邊太郎・磯田圭哉・高橋 誠（森林総研林育セ）

本研究は、スギの成長形質における育種的改良の可能性を定量的に判断するための基礎情報を得ることを目的とし、全国各地のスギ実生検定林を対象に、検定林・年次（5～30年）毎に遺伝パラメータを算出するとともに、第1世代精英樹の選抜効果を明らかにした。樹高における狭義の遺伝率は5、10年次と比較して15～30年次の値が有意に高かった。樹高の年次間の遺伝相関（幼老相関）は、相関を算出する際に組合せた年次の差が大きいほど低下し、組合せの年次差が同一であれば異なる検定林間で同等の値を示した。胸高直径では、狭義の遺伝率には年次間の有意差は認められなかったが、遺伝相関は樹高と同様の傾向が得られた。目標とする年次を30年次に設定した場合の年当たりの遺伝獲得効率は、樹高・胸高直径ともに若齢時ほど値が高かった。ただし樹高について5年次で選抜した場合の遺伝獲得効率はバラツキが大きく、10年次以降の選抜が望ましいと考えられた。

## スギさし木苗における根系形質に関する遺伝的特性評価

福田有樹・平岡裕一郎・大平峰子・高橋 誠（森林総研林育セ）、井城泰一（森林総研林育セ東北）、三浦真弘（森林総研林育セ関西）、栗田 学（森林総研林育セ九州）、渡辺敦史（九大院農）

植物の地下部器官である根系は、養水分の吸収機能を通して、地上部器官の成長に関与する。地上部器官の成長に関与する地下部器官の形質として、根の数や長さ、根の分枝構造や直径等の重要性が指摘されている。本研究は、スギさし木苗において、これら複数の根系形質の遺伝的特性と形質間の関係性及び地上部の成長性との関連性を明らかにすることを目的として行った。スギ精英樹193クローンのさし木苗を用いて、さし付けてから1成長期後に、根量（総根長、表面積及び体積）、根径（平均直径及び細根率）、根系構造（根端密度及び分枝密度）の3カテゴリーに分類される7つの根系形質と、その1成長期後における地上部の初期成長量を測定した。解析の結果、いずれの形質においてもクローン間差が認められたが、広義の遺伝率については、根系構造に関連する形質において最も高かった。また、相関解析及び主成分回帰分析の結果から、初期成長量には、平均直径を除く根系形質が有意に関連することが明らかとなり、総根長、表面積、体積、分枝密度は特に強く関連していることが示唆された。

## ドロノキの葉形質の年次間差

生方正俊・福山友博（森林総合研究所林木育種センター）

近年、林業の成長産業化に貢献できる造林用樹種としてコウヨウザンやセンダンといった早生樹が注目されているが、これらのほとんどは西南日本地域が植栽適地と考えられており、東北日本地域に適した樹種の発掘が求められている。ドロノキは、東北日本地域を中心に日本全国に天然分布する落葉広葉樹であり、成長性や通直性に優れているため、かつて早生樹として注目され、優良個体の選抜も行われていた樹種である。森林総合研究所林木育種センターでは、このドロノキを対象に、成長特性、さし木発根性等、様々な特性調査を行っている。昨年（2017年）の第6回森林遺伝育種学会において、同一試験地に植栽されている27年生の栃木県産4家系各3個体と岐阜県産5家系各3個体の実生個体を用いて葉の諸形質を解析したところ、葉のサイズに有意な産地間差が検出され、岐阜県産個体の葉は、栃木県産個体に比べ約2倍の葉面積を示すことを示した。今回はこの結果を受け、2018年に前年と同一の個体から葉を採取し、葉形質の年次間差を調査した。前年の結果と同様に、葉のサイズ（面積）は、岐阜県産が栃木県産に比べ有意に大きく、葉のサイズと個体の成長との間に有意な相関は認められなかった。

## グルタチオンを用いたカラマツさし木増殖技術の開発

井城泰一（森林総合研究所林木育種センター東北育種場）、小川健一（岡山県農林水産総合センター生物科学研究所）、今博計（北海道立総合研究機構林業試験場）、田村明（森林総合研究所林木育種センター）

グルタチオンは、グルタミン酸とシステイン、グリシンが直鎖上に結合したトリペプチドであり、植物の光合成能力を向上させる。グルタチオン施用により、各種植物において根系の発達、シュート生産能の向上、バイオマス量の増加などが認められる。ユーカリやポプラなどの樹木においてもバイオマス生産性が向上する。このようなグルタチオンの効果によって挿し木に用いる実生採穂台木の成長が促進され、挿し穂数を増加させることができれば、近年のカラマツ苗木不足の解決に資する技術となる可能性がある。

本研究では、東北育種場において2017年度にカラマツ精英樹半兄弟4家系を用いてマルチキャビティコンテナ（150cc、サイドスリット付き、東北タチバナ製）でグルタチオンを施用して採穂台木を育成し、2018年度にさし木試験を行ったので、その結果を報告する。なお、本研究は「革新的技術開発・緊急展開事業」（うち地域戦略プロ）の「カラマツ種苗の安定供給のための技術開発」の支援を受けて行った。

## 発現遺伝子情報を用いたトドマツの環境適応候補遺伝子のマッピング

内山憲太郎・上野真義・森 英樹（森林総合研究所）・  
後藤 晋（東京大学大学院）

トドマツの標高適応に関する形質の QTL 解析に用いるため、他の針葉樹で報告されている環境適応候補遺伝子のトドマツの連鎖地図へのマッピングを行った。まず、*Pinus taeda* および *Abies alba* の耐寒性および耐乾燥性に関する候補遺伝子 316 座について、トドマツの発現遺伝子情報 (TodoFirGene) から相同性のある遺伝子を選抜した。次に、トドマツの分離集団（高標高×低標高）の親の RNA-seq の情報から、上記の遺伝子のうち親間に多型のある遺伝子を抽出した。その結果、57 の遺伝子内に 403 個の SNP が検出された。各遺伝子につき 1 つの SNP をマーカー化し、分離集団のジェノタイプングを行ったところ、32 座で明瞭な遺伝子型が決定できた。先行して開発されていた EST-SSR37 座と合わせた計 69 座の遺伝子についてマッピングを行ったところ、12 連鎖群にまとめ、各連鎖群 2~9 個のマーカーが座乗した。これらの中には *A. alba* の標高適応の関連解析において、冬季の乾燥との間に強い相関が認められた遺伝子なども含まれており、トドマツとの比較が可能である。今後は先行して行われた RAD-seq の連鎖地図と合わせて QTL 解析に用いる予定である。

## タイ東北部に植栽された 12 年生 *Eucalyptus camaldulensis* の 成長形質および木材性質の家系間変異

根津郁実・石栗 太・大島潤一・横田信三（宇都宮大学農学部）、  
相蘇（眞田）春菜（森林総研）、サピット ディロクスムブン（カ  
セサート大森林）

本研究では、タイ東北部の半家系次世代検定林に植栽された *Eucalyptus camaldulensis* 精英樹 15 家系（個体数 78）の木材性質を調査した。実験の対象とした *E. camaldulensis* は 12 年生であり、すべての個体について、胸高直径、樹高、応力波伝播速度およびピロディン打込み深さを測定した。また、各家系から選抜した 3 個体よりコアサンプルを採取し、生材含水率、容積密度およびフラクトメータによる縦圧縮強さを測定した。その結果、胸高直径、樹高、応力波伝播速度および容積密度において、有意な家系間差が認められた。また、胸高直径と樹高の間に正の相関関係が認められた ( $r=0.631$ ) が、成長形質（胸高直径および樹高）と木材性質（応力波伝播速度および容積密度）との間に有意な相関関係は認められなかった。このことから、*E. camaldulensis* において、成長形質と木材性質は独立した関係にあり、肥大成長が優れた家系から、用途に応じた最適な木材性質を有する家系を選抜できる可能性が示唆された。

## 小笠原諸島固有種タコノキの遺伝構造と集団動態 -小笠原群島と硫黄列島の比較-

鈴木節子（森林総合研究所）、須貝杏子（島根大学）、  
玉木一郎（岐阜県立森林文化アカデミー）、高山浩司（京都  
大学）、加藤英寿（首都大学東京）、吉丸博志（森林総合研  
究所）

小笠原諸島は第三紀に陸化した小笠原群島（聳島・父島・母島列島）と第四紀に陸化した硫黄列島から成り、固有種タコノキは全域に分布する。本発表ではタコノキの遺伝的多様性、遺伝構造、集団動態を調べ、古い島と若い島で比較すると共に、多様性と構造の成因に迫った。EST-SSR、核および葉緑体シーケンスの結果、硫黄列島の多様性が低かった。クラスタリング解析の結果、硫黄列島は小笠原群島と遺伝的に明確に分かれていた。EST-SSRを用いたABC解析の結果、集団サイズは小笠原群島で拡大、硫黄列島では縮小していた。小笠原諸島全体で遺伝子流動は南から北への方向性があること、聳-父島列島間では双方向に遺伝子流動が多いのに対し、父-母島列島間は母島列島から父島列島方向に遺伝子流動が多いことが明らかとなった。葉緑体ハプロタイプの多様性は一番北の聳島列島で高く、南からの遺伝子流動の多さによるものと考えられた。また、STRUCTURE解析では、小笠原群島の中央に位置する父島列島で遺伝的クラスタの混合が見られ、南北両方向からの遺伝子流動が多いためだと考えられた。タコノキの多様性と構造には海流による遺伝子流動が大きく影響していることが示された。

30

## 中部地方におけるコナラおよびミズナラの遺伝的境界線に関する研究

小野里 談（筑波大学大学院山岳科学学位プログラム）・  
松本麻子（森林総合研究所）・津村義彦（筑波大学生命環境系）

遺伝子攪乱は、遺伝的に由来の異なる集団を同じ場所に植栽することなどで起こり得る。これを未然に防ぐためには、まず各地の集団遺伝的に有意に異なる遺伝子型の遺伝的境界線を明確にする必要がある。本研究ではコナラ (*Quercus serrata*) と及びミズナラ (*Q. crispula*) を対象種として用いた。いずれも日本の温帯林及び冷温帯林を構成する生態学的に重要な種で、植生回復などでも広く植林に用いられている。コナラと及びミズナラの遺伝的組成は中部地方を堺に南北タイプに大別されるが、詳細な境界線は分かっていない。そこで、両種における南北タイプの境界線の詳細を明らかにすることを目的とした。昨年は中部地方全体の詳細な調査を行った。今年は南北タイプの混在する地域にてより詳細な調査を行い、コナラ 305 個体、ミズナラ 139 個体を得た。南北タイプの判別には葉緑体ゲノム上の 3'to\_rps2 の SNP を用いた。本発表では 2 年間の調査結果と今後の指針について境界線成立の原因及び今後の展開について報告する。

## 由来の異なるコウヨウザンの成長および材質特性の比較

磯田圭哉（森林総研林育セ）、藤澤義武（鹿児島大学農学部）  
大塚次郎（森林総研林育セ九州）、山田浩雄（森林総研林育セ  
関西）、近藤禎二・生方正俊（森林総研林育セ）

コウヨウザンは中国南部および台湾の温暖な地域原産のヒノキ科針葉樹で、成長、材質ともに優れていることから、造林における新たな選択材として近年注目されている。日本国内では、寺社に大木が単独的に植栽されているのに加え、国有林、大学演習林、森林公園等に数十から数百本が植栽された数十年生の林分も見られる。林木育種センターでは、これら林分の成長、材質特性を調査するとともに、DNA分析により由来の推定を行ってきた。DNA分析の結果から、国内のコウヨウザンは3つの遺伝的クラスターに分けられることが明らかとなり、産地が既知の林分の分析結果から、中国中南部（C）、中国東部（E）、台湾（T）が由来であることが推定された。また、国内コウヨウザン林分の多くは、いずれかの産地由来と判定されたが、一部の林分は、それらが混植されていることが明らかになった。今回、複数の遺伝的クラスターが植栽されている林分を対象に、由来の異なる個体間での成長（樹高、直径）、材質（ファックアップ）特性の比較を行った。対象とした林分は5林分で、林分によってCとEの混植、CとEとTの混植、EとTの混植がみられた。成長形質については $T > C > E$ という傾向がみられ、材質については明瞭な差はみられなかった。

## 36年生カラマツ (*Larix kaempferi*) 人工交配家系における 曲げ物性の半径方向変動とその家系間変異

高橋優介・石栗 太・大島潤一・横田信三（宇都宮大学農学部）、  
高島有哉・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）、  
宮下久哉（森林総合研究所林木育種センター関西育種場）

本研究では、群馬県吾妻山国有林内に植栽された精英樹6クローンのダイアレル交配から作出された、36年生カラマツ (*Larix kaempferi*)、269個体を用いて、年輪幅、晩材幅、気乾密度および曲げ物性（曲げヤング率、曲げ強さ、および曲げ仕事量）の半径方向変動、そしてこれらの家系間変異を調査した。各木材性質の半径方向変動を明らかにするために、髄から5年輪毎に平均値を算出した。各曲げ物性について、家系を要因とした分散分析を行った結果、曲げヤング率では、髄から20年輪目まで5%水準で有意差が認められたが、それ以降は、認められなかった。一方、曲げ強さでは、髄から数えて6年輪目から20年輪目までの範囲においてのみ、5%水準で有意差が認められた。これらの結果から、曲げヤング率および曲げ強さの家系間差は、成長が進むにつれて小さくなる可能性が示唆された。

## 久留米ツツジ品種の系譜解明に向けた マイクロサテライトマーカーの開発

山口莉未（九州大学大学院生物資源環境科学府）、  
本田あかり（九州大学農学部）、伊藤貫太（九州大  
学農学部）、田村美帆（九州大学農学研究院）、  
高松利行（久留米市世界ツツジセンター）、  
渡辺敦史（九州大学大学院農学研究院）

ツツジは万葉集にも歌が認められるほど、日本では古来よりその花形態が観賞されてきた。江戸期には、キクや、ツバキなどと並んで園芸が盛んに行われ、多種多様な花形態を示すようになった。クルメツツジは、ウィルソン株で著名なウィルソンが選抜した「wilson 50」に代表される江戸後期から久留米市を中心として発達したツツジ品種群である。かつては700以上の品種名が記録されるほど様々な品種が作出された。しかし、サクラに代表される江戸期から作出されてきた多くの園芸品種同様に、クルメツツジの系譜も一部を除いて不明であり、これら品種群の関係を時代に応じて変遷する花形態で再構成することが出来れば、クルメツツジについてさらに市民の興味を引くと考えられる。そこで、クルメツツジを対象とした核ゲノム SSR マーカーの開発を試みた。クルメツツジ品種「夢かすり」と「紅かすり」のゲノム DNA を用いたエンリッチメント法により得られたクローンについてシーケンス情報を取得し、プライマーを設計した。各 SSR マーカーの有効性についてクルメツツジ品種を利用し評価した結果、複数のマーカーが選抜されたので報告する。

## 光環境はスギ挿し木発根にどのように影響するか？

吉村知也（九州大学大学院生物資源環境科学府）、栗田 学  
（森林機構 森林総合研究所林木育種センター九州育種場）、  
尾上竜一（九州大学大学院生物資源環境科学府）、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）

スギの利用と生産の不均衡は、我が国の林業における重大な課題の一つである。安定した形質のスギ苗木を短期間に確保できる挿し木増殖は、この課題に対する有効な手段と考えられる。しかし、挿し木発根に影響する環境要因の詳細は明確となっていない点が多い。本研究では、特に人工光と自然光の差異に着目した上で、①試験期間中に光量を制限した試験、②光量を試験期間にて段階的に変化させる試験を実施した。さらに、③人工光（赤色光・青色光・白色光）を照射（ $40 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ）した際に発現する遺伝子の相違について明らかにした。これらの研究に、温度環境が光環境と相互作用する可能性を考慮した上で、スギ挿し穂に生じている生理的変化が挿し木発根に与える影響を特に光環境に焦点を当てて考察した。さらに、スギ挿し木の不適期における環境処理とその可能性についても言及する。



## 青葉山スギ個体群の集団遺伝学的解析

小沼佑之介（筑波大学）、内山憲太郎（森林総研）・  
木村 恵（森林総研林育セ）、津村義彦（筑波大学）

最終氷期におけるスギ天然林の大きな逃避地として伊豆半島周辺、若狭湾沿岸から隠岐の島、室戸岬及び屋久島が挙げられる。これらの逃避地のうち若狭湾に面する沿岸部でのみ天然林の報告がなかったが、3年前に若狭湾沿岸の福井県青葉山にて天然スギの可能性のある個体群が見つかった。そこで、生育状況や樹齢・遺伝学的解析を通じて、天然個体であるかの推定を行い、遺伝情報に基づいた保全策の提案を行った。青葉山スギ個体群のうち、胸高直径（DBH）60cm以上の198個体を対象に、位置情報の記録、DBH測定、DNA解析用の針葉サンプルの採取を行った。採取したサンプルについて、SNP249、核SSR8、EST-SSR14遺伝子座の遺伝子型を決定し、遺伝構造解析を行った。また、このうちの38個体について年輪コアを抜き、樹齢を推定した。遺伝構造解析の結果、139個体がウラスギ系統であり、他の天然林との遺伝的關係や生息環境及び分布が多様だったことなどから天然個体群であると考えられた。一方で59個体はオモテスギ系統と推定され、その多くは特定の谷筋に集中して分布し樹齢もほぼ同じであったことから、特定の時期に行われた人工植栽由来である可能性が高いと考えられた。本地域のスギ天然林は氷期の逃避地の生き残りとして重要であり、天然個体群は生息域内保全区を設定して保全し、一部は遺伝子資源として生息域外保全をすべきであると考えられる。

## UAVによる若齢スギ個体の樹高計測の推定誤差の検討

武津英太郎（森林総合研究所林木育種センター九州育種場）、  
平岡裕一郎（森林総合研究所林木育種センター）、栗田 学  
（森林総合研究所林木育種センター九州育種場）、米康 充  
（島根大学学術研究院農生命科学系）

林木育種分野では表現型評価のために個体の樹高を高精度で大量に計測する必要があり、その効率化が求められている。本研究では複数の撮影条件で繰り返しを設けて無人航空機（UAV）による撮影を行い、SfM技術による樹高推定の精度とバラツキの評価を目的として行った。平坦な地形で3年生スギ約500個体を対象とした。飛行高度25m・画像重複率90%で撮影角度を鉛直下向き0度から20度まで5度間隔で比較した場合、10度傾斜時に若干精度が上がる傾向があったが、有意な差ではなかった。最も精度が高かった試行ではR<sup>2</sup>値で0.97、RMSEで0.27mという精度が得られたが、それと同様の撮影条件でもR<sup>2</sup>値で0.87、RMSEで0.74mとなる試行もあり、同一撮影条件下でも大きなバラツキが見られた。平均風速と推定精度との負の關係が原因と考えられ、実用的利用に向けては平均風速に代表される撮影時の天候と撮影条件の両者を考慮に入れる必要があることが示された。

## 花粉の少ない岐阜県産ヒノキ精英樹の培養苗のセル苗化による順化

茂木靖和（岐阜県森林研究所）

益田5号（花粉の少ない岐阜県産ヒノキ精英樹）のクローン苗を効率的に育成するため、約8年間継代培養を繰り返した培養シュートを①IBA100mg/Lを加えた1/2濃度のWP（1/2WP）培地で24または48時間培養（温度25°C、照度4000Lux、16時間日長）、②ホルモンフリーの1/2WP培地へ移植し22日間培養、③水道水で十分に湿らせたセル培地（エクセルソイル・288穴：イワタニアグリグリーン(株)製）へ移植し、その上面を厚さ11 $\mu$ mのポリメチルペンテン製フィルムで覆ったプラスチック容器に入れて27日間培養、④③終了時にセル培地表面に発根を確認したもの（セル苗）を鉢上げすることで、培養苗の順化を試みた。鉢上げ4か月後の苗生存率は95%と高く、今回の方法により益田5号の培養苗の順化が可能であった。①の培養時間が24時間では②終了時の発根率65%からセル苗率（セル苗数/供試数 $\times$ 100）85%へ上昇したのに対し、48時間では②終了時の発根率85%からセル苗率65%へ低下した。セル培地移植時の培養シュートの発根の有無がセル苗率に及ぼす影響は、IBA100mg/Lを加えた1/2WP培地の培養時間により異なると考えられた。本研究は平成29年度一般財団法人越山科学技術振興財団の研究助成金により実施した。

## 野生樹木における葉形質多型関連遺伝子の探索

伊津野彩子（森林総合研究所）、小野田雄介・甘田 岳・井鷲裕司（京都大学農学研究科）、清水健太郎（University of Zurich）

ハワイ諸島の多様な環境に優占して生育するハワイトモモは、葉トリコーム（毛）量に著しい種内多型を示す。本研究では、樹木における形質進化の遺伝的機構を理解するために、ハワイトモモの葉トリコーム形成に関わる遺伝子を探索した。ハワイ島マウナロアの亜高山帯において、優占して生育する有毛型個体の発現遺伝子プロファイルを、低頻度に生育する無毛型個体と比較したところ、741遺伝子における発現が増加し、553遺伝子における発現が減少していた。有毛型個体において発現が増加していた遺伝子群には、*TBL* (*Trichome birefringence-like protein*)、*FLA* (*Fasciclin-like arabinogalactan protein*)などが含まれ、これらは本種の葉トリコーム形成に関わると考えられる。一方、無毛型においては、エチレン応答性の転写因子 *ERF* (*Ethylene-responsive transcription factor*) や、気孔形成を制御する *FAMA* などの発現が増加していた。このことから、無毛型は、有毛型よりも強いストレスを受けており、より多くの気孔を発達させることによりガス交換効率を増加させている可能性が示唆された。

## スギ集団内における葉緑体 DNA ハプロタイプ組成と 核 DNA ジェネット組成の比較

長谷川陽一（新潟大学自然科学研究科）、吉田明弘（鹿児島大学  
法文学部）、三嶋賢太郎（森林総合研究所林木育種センター）、  
高田克彦（秋田県立大学木材高度加工研究所）

スギの集団において、葉緑体 DNA は父性遺伝するので、両性遺伝する核 DNA とは異なる遺伝的組成を示す可能性がある。しかしこれまで、多型性の高い葉緑体 DNA マーカーを用いた葉緑体ハプロタイプ組成の調査はスギ天然林であまり行われてこなかった。同じ集団内で異なる遺伝様式を持つ2つのゲノムの遺伝的組成を明らかにすることで、その集団における更新の履歴(クローン繁殖または種子繁殖)が明らかになる可能性がある。種子繁殖によって更新した集団では、同じ葉緑体ハプロタイプを共有する個体が集団内に存在すると考えられる一方で、クローン繁殖によって更新した集団では、個体間で異なる葉緑体ハプロタイプを共有する機会が無いと考えられる。そこで本研究では、葉緑体 SSR マーカー17 座と核 SSR マーカー5 座を用いて、7 集団の葉緑体 DNA ハプロタイプおよび核 DNA ジェネットの組成を調べた。葉緑体 DNA ハプロタイプ数( $N_{chl}$ )と核 DNA ジェネット数( $N_{nuc}$ )の比は、集団ごとに異なった( $N_{chl}/N_{nuc} = 0.69 \sim 1.00$ )。このことから、 $N_{chl}/N_{nuc}$  の値は、スギ集団の更新の履歴(クローン繁殖・種子繁殖)を反映している可能性があると考えられた。

## 窒素施肥後のカラマツ採種園採種木の反応と 施肥方法の違いによる効果の確認

蓬田英俊（岩手県林業技術センター）

【はじめに】カラマツの着果や環状剥皮後の巻き込みに対する肥料の効果、また効果的な施肥方法を検証するため、窒素量を変えた肥料を、方法を変えて施し、その後の肥大成長量と葉成分の変化、翌年の着果量を調査した。【材料と方法】施肥は、岩手県奥州市江刺と金ケ崎町にある採種園（それぞれ江刺、千貫石と呼ぶ）で、2016年から2018年にかけて窒素とリン酸を主体とする肥料を各年2回実施した。この際、ばらまき、肥料水溶液の土壌注入の2方法、2017年から液肥の葉面散布で実施した。施肥前後に肥大成長量をデンドロメーターで測定するとともに2017年には千貫石採種園の針葉の成分分析、2017年と2018年に採種園の着果量調査を実施した。【結果】施肥方法による肥大成長量の違いは、江刺では土壌注入による施肥した場合、やや成長量が大きい傾向が認められたが、千貫石では傾向は観察されなかった。針葉成分と着果量の関係を見ると、針葉内の硝酸態窒素の量はクローン間の差が大きく、量が少ないクローンで着果量が多くなる傾向が認められた。さらにクローン内では、葉面散布、土壌注入、ばらまきの順で着果量が多くなる傾向が認められた。（生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」の支援研究）

## 茨城県に設定した植栽密度試験地における 20 年生スギの成長解析

高島有哉・山野邊太郎・加藤一隆（森林総研林育セ）

造林コスト低減に向けた取り組みの一つとして低密度植栽が注目されてきており、今後、低密度植栽による造林が増えることが予想される。植栽密度は、成長、外観的形質および材質等に影響を与えることが報告されている。一方、遺伝変異が成長および材質等に与える影響についても数多く報告されている。しかしながら、植栽密度および遺伝変異の影響を同時に扱った報告は少なく、各形質に対する両者の影響の関係性に関する知見を蓄積していく必要がある。

本研究では、茨城県城里町に設定された 20 年生スギ植栽密度試験地における成長データを用いた。対象試験地には、スギ第 1 世代精英樹さし木クローン 16 系統および地スギ実生が 6,000、3,000 および 1,500 本/ha の密度で植栽されており、20 年次の樹高および胸高直径の平均値は、6,000、3,000 および 1,500 本区で、それぞれ、10.2、11.2 および 10.4 m および 9.8、11.5 および 12.0 cm であった。これらのデータを用いて植栽密度、クローンおよび植栽密度とクローンの交互作用の分散成分を推定することにより、成長に対する植栽密度および遺伝変異の影響を解析した。

## 複数環境下におけるスギの有用形質の QTL 解析

森 英樹・上野真義・藤原 健・山下香菜・吉田貴紘・内山憲太郎・伊原徳子・金谷整一・酒井佳美（森林総合研究所）、森口喜成（新潟大学）、草野僚一（熊本県県北広域本部）、松井由佳里（熊本県天草広域本部）、小林沙希（千葉県南部林業事務所）、遠藤良太（千葉県農林総研森林研）、松本麻子（森林総合研究所）、津村義彦（筑波大学）

成長や材質に関する形質は樹木の育種において有用な形質である。QTL 解析（量的形質遺伝子座解析）は、樹木の有用形質に影響する遺伝子座を明らかにする有効な手法である。しかし、QTL は環境の影響を強く受ける可能性があるため、複数の環境を対象に QTL 解析を行う必要がある。そこで本研究は、複数環境下におけるスギの有用形質に影響する QTL の特定を目的とした。研究材料は、九州地方における在来品種の交配家系の分離集団（139 個体）である。全ての個体を挿し木で増殖し、環境の異なる 3 か所（茨城県、千葉県、熊本県）の試験地に 3 反復ずつ植栽し、11～13 年育成後に伐採して形質を測定した。測定された形質は胸高直径、樹高、枝下高、ヤング率、辺材・心材の含水率および材密度の計 8 種類である。QTL 解析の結果、ヤング率と辺材密度において全環境に共通した QTL が 1 座ずつ検出された。その一方で、ほとんどの QTL は単一の環境で検出された。

## MYB80, a transcription factor conserved in Spermatophyta

ウェイ フージン・上野真義・伊原徳子（森林総合研究所）、戸塚 聡子・岩井淳治（新潟県森林研究所）、袴田哲司（静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター）、森口喜成（新潟大学大学院自然科学研究科）

MYB80, a transcription factor who plays a critical role in microsporogenesis, which can determine whether male fertile by control pollen development. Besides two MYB domains, MYB80 has its two signature-like short sequences. Both of them have been proven mandatory for normal function of MYB80 in Arabidopsis. We used this character to mine 109 MYB80s from open databases, NCBI-protein and ConGenIE, and our assembled sugi EST database. Most of these MYB80s are angiosperms, but there are two gymnosperms, one from *Pinus taeda* and one from sugi. The sugi EST library was assembled by us and has not yet been released. To confirm it is MYB80 in sugi, we have done the homologous analysis across angiosperms and gymnosperms. A plot of WebLogo would be used to demonstrate. The conserved introns among Arabidopsis, rice, and sugi is another evidence in-silico since this is another character of most MYBs. Because microsporogenesis is a fundamental step of reproduction in Spermatophyta, the conservation of MYB80 seems to be reasonable and expectable. However, we filled the void of gymnosperm by this study.

森林遺伝育種学会 第7会大会講演要旨集  
平成30(2018)年11月9日  
編集・発行 森林遺伝育種学会 大会事務局



