

林木育種にかかる技術開発及び成果普及の推進

育種部長 高橋 誠

令和元年度は、第4期中長期計画(平成28年度 ~令和2年度)の4年目となっています。この中長 期計画において、林木育種分野においてはエリー トツリーやニーズに対応した優良品種等の開発、 優良品種等の普及のための技術開発、育種期間短 縮のための高速育種技術の開発を進めています。

エリートツリーについては、平成30年度末現在、全国における開発数はスギで506、ヒノキで301、カラマツで93となりました。また、平成25年の間伐等特措法改正により特定母樹の制度が創設されたことを受け、林木育種センターでは特定母樹の基準を満たすエリートツリー等の特定母樹への申請を進め、令和元年9月末現在、林木育種センターが申請したものについてはスギ175、ヒノキ48、カラマツ61等、合計285が特定母樹として指定されています。

優良品種の開発については、林業の成長産業化に資する初期成長に優れたスギ品種や、花粉発生源対策に資する少花粉スギ、低花粉スギや成長の優れた無花粉スギ品種等の開発を進めています。成長の優れた無花粉スギ品種「三月晴不稔1号」やマツノザイセンチュウ抵抗性アカマツ第二世代品種の開発等については、各地域の都県と連携して品種開発を進めました。

特定母樹や新たに開発した優良品種については、都道府県等の要望に応じる形で、都道府県等の採種穂園への導入を図るため、原種の配布を行っています。原種配布本数は特定母樹の創設以前は年間約5千本で推移していたものが年々増加し、平成30年度は2万本を超えました。今後の特定母樹等の優良種苗の普及のためには、採種穂園における種穂の生産と、それらを用いた種苗生産が円滑に進むことが重要となりますが、それらをサポートするために採種穂園の育成・管理等の指導等を行っていきます。また、原種の増殖効率を高めるための技術開発も推進していきます。

このほか、高速育種のための技術開発の中で、 無花粉遺伝子を高精度に判定できるDNAマーカーを開発し、このマーカーの活用による無花粉遺伝子をヘテロで保有する精英樹のスクリーニングを進め、ヘテロ精英樹8系統を明らかにしました。これらのヘテロ精英樹は、今後の形質が優れた無花粉スギ品種の開発を高速化するための重要なリソースとなります。

今後も我が国の森林整備に林木育種分野から貢献すべく調査・研究を推進して参りますので、引き続き皆様の御理解と御協力をよろしくお願い申し上げます。

【紙面紹介】

天皇皇后両陛下が森林総合研究所林木育種センターを
初めて御視察されました
原種苗の効率的な増殖のための施設整備3
ケニア林木育種プロジェクトの現状 4
フィンランド自然資源研究所(Luke)との共同研究 … 5
林木遺伝子銀行110番
~「市毛小のアカマツ」と「奇跡の一本松」が里帰りしました~・・・ 6

隣り合う細胞が辿る異なる運命

~植	木の巨	大性を支え	る木部総	裁維の新.	たな不思詞	義~	···· 7
林美	美研究	・技術開	発推進	ブロッ	ク会議で	育種分科	会と
特別	已母樹	等普及促	進会議	を開催			8
— 舟	设公開	「親林の	集い」	を開催			8



天皇皇后両陛下が 森林総合研究所林木育種センターを 初めて御視察されました

第74回国民体育大会御出席のため茨城県を 御訪問された天皇皇后両陛下は、令和元年9月 29日、日立市に所在する(国研)森林研究・整 備機構森林総合研究所林木育種センターを初め て御視察されました。



天皇皇后両陛下を沢田理事長がお出迎え

同機構沢田理事長から機構の概要、また、上林 木育種センター所長からセンターの概要をそれぞ れパネルで説明した後、育種素材保存園でエリー トツリー (特定母樹)を御覧いただきました。

植栽後7年で、親世代に当たる第一世代精英 樹の2倍に成長した状況に、天皇陛下は「成長 が大分違いますね。(エリートツリーと精英樹 を比較されて)」との御感想を述べられました。 また、「エリートツリーは今後どうしていくの ですか。」との御質問があり、高橋育種部長か ら、林業の現場に届けるための普及推進や更な る改良を目指した第三世代開発の取組を説明し ました。

皇后陛下からは、「第一世代はどのように選んだのですか。」との御質問があり、昭和30年代当時、林野庁や都道府県等が連携して、全国各地の「山一番の木」を精英樹として選抜した



御熱心に説明を聞かれる両陛下



エリートツリー (第二世代精英樹)について説明 右から上所長、髙橋育種部長(御説明者)、沢田理事長 左端は大井川茨城県知事

旨を説明しました。

林木ジーンバンク保存施設では、約1万種類の種子をそれぞれに適した温度条件(プラス2℃からマイナス160℃)で冷蔵・冷凍庫に保存している状況を御覧いただきました。ブナ種子の長期保存に取り組み、成功したことを説明したところ、天皇陛下からは、「どれくらいの期間保存できるのですか。」との御質問があり、産労遺伝資源部長から、理論的には半永久的に保存が可能で、長期保存した種子を播種すると正常に発芽し苗木になることを説明したところ、両陛下は驚かれた御様子でした。

(企画部 育種企画課)

原種苗の効率的な増殖のための施設整備

1. 施設整備の目的と改修の必要性

林木育種センターでは、特定母樹の申請、エリートツリーの選抜、無花粉品種等の優良品種の開発を進めています。普及の初期において、多くの場合これらの系統は原木1本のみであるため、採種穂園用として都道府県に配布する原種を生産するには、限られた数量の穂から速やかに効率的に増殖する必要があります。そこで、既存の温室を改修し、原種苗を効率的に増殖するための施設を整備しました。

政修した温室は、平成18年度に整備された順化温室です。この温室は、当時開発されたばかりの無花粉品種「爽春」を増殖するために整備されたものです。順化温室には、組織培養で増殖した爽春のクローン苗木を順化させるため、またさし木で増殖を行うため、ミストによる散水設備ならびに遮光率の高い寒冷紗が備え付けられています。組織培養苗の順化やさし木の発根に適した環境条件に設定しているため、湿度が高く暗く、苗木の成長は抑制されます。原種苗を効率よく増産するためには、順化・さし木発根だけでなく、苗木の成長を促進するための環境が必要でした。

2. 改修により整備した新たな施設の特徴と 今後の研究

改修して新たに整備した施設は、主に各種環境制御装置を備えたガラス温室(図1)及び植物工場から構成されています。

育成する原種苗としてはコンテナ苗を想定しており、コンテナ苗を成長促進することができる設計としました。ガラス温室内の栽培室では、光強度、飽差、風等の植物の生育に関連する環境要因を制御し、統合環境制御を行う予定です。コンテナ苗の生産に適した環境条件に整えることで、光合成速度の増大による成長量増加、湿度に起因する病害発生の抑制、労力の削



図 1 環境制御装置を備えたガラス温室

減等が可能になり、ひいては原種苗の生産量及び効率性の向上が期待されます。例えば、環境制御装置の1つとして、細霧冷房装置を導入しました(図2)。この装置はドライミストを発生させ、夏季の高温を抑制するだけでなく、植物に水滴が付かないようにしながら同時に植物育成に適した飽差条件に近づくよう制御する仕組みになっています。また、新たに植物工場を1棟整備しました。既存の植物工場と条件を変えて比較しながら稼働することで、成長促進する条件を調べる予定です。



図2 環境制御装置の1つである細霧冷房装置

これらの施設を活用して、苗木の成長促進・ 増殖の研究を行い、その成果を活用して原種苗 の効率的な生産に繋げたいと考えています。

(育種部 育種第二課 大平 峰子)

ケニア林木育種プロジェクトの現状

1. はじめに

林木育種センターでは、2012年から国際協力機構(JICA)の技術協力「気候変動への適応のための乾燥地耐性育種プロジェクト」に短期専門家の派遣等を行い、ケニアの郷土種種であるメリア(Melia volkensii)とアカシア(Acacia tortilis)を対象として、日本で培ってきた林木育種の技術・体系の導入、指導等を行い、ケニアの林木育種の進展に大きく貢献してきました。

2016年からは、JICA技術協力「ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクト(略称:CADEP)」において、これまで得られた成果を更に進展させるべく取組を進めています。ここでは、CADEPの主要な取組と今後の活動内容について紹介します。

2. プロジェクトの主要な取組

(1) 育種

メリアについては、前身のプロジェクトで2 箇所の採種園造成や12箇所の検定林の設定、 遺伝資源保全ガイドラインの作成等、林木育種 事業及び研究に必要な基盤整備が終了し、基 礎的なデータ収集が開始されました。CADEP では、ケニア側が自立して林木育種事業・研究 を実施できるようにするため、これらの採種園 の改良や検定林調査等の育種技術に関する技術 移転を行っています。また、検定林等から得ら れるデータの解析手法等の指導や精英樹の次世 代化等、林木育種のサイクルを進展させるため の技術指導を通じて、研究者のさらなるレベル アップと林木育種事業及び研究について次段階 へのステップアップを図っています。

アカシアについてもメリアの研究活動を応用 し、2箇所の実生採種林を用いた実生検定と優 良種苗生産基盤の整備に取り組んでいます。

(2) 增殖技術

前身のプロジェクトにおいて、メリアのつぎ 木増殖技術はほぼ確立されました。一方、ク ローン増殖を最も効率的に行えるさし木技術 については、可能であることが数回にわたる 試験によって確認されていますが、まだ育種事 業で活用するレベルまでには到達できていませ ん。このため、CADEPではメリアさし木技術 の確立を目指すとともに、アカシアについても クローン増殖技術の開発に取り組んでいます。

(3)メリア人工交配

メリアについては第2世代以降の精英樹の作出に向けた人工交配の研究を行っています。虫媒花であるメリアの人工交配については初めての試験研究となることから、開花フェノロジーや種子生産性等の基本データ収集及び花粉採取や貯蔵等の技術開発、人工交配の研究に取り組んでいきます。



写真 成長の良いメリア検定林(植栽後4年経過)

3. 今後の活動

CADEPでは、2021年6月までのプロジェクト実施期間終了時までに、メリアについては、若齢時期の次代検定林データによる採種園の改良に加えて、第2世代集団の選抜まで行うことにしています。また、アカシアについては2015年と2016年にそれぞれ植付けを行った実生採種林の改良を予定しています。

また、ケニア国内では農家を中心にメリア種子の需要が年々高まってきていることから、同じCADEP内のメリア植林の普及を進めるグループや現地の民間企業等との連携を通じ、改良メリア種子の生産拡大・普及を支援することにしています。

(海外協力部 海外協力課 市川 秀隆)

フィンランド自然資源研究所(Luke)との共同研究

1. はじめに

林木育種センターでは、フィンランド自然資源研究所(Luke)と共同研究契約を締結し、平成22年からトウヒ類の交雑育種、並びにヨーロッパアカマツ(Pinus sylvestris)のマツノザイセンチュウ抵抗性検定について共同研究を行うとともに、気候変動への適応のための林木育種をめぐるグローバルな課題等について情報交換を行っています。

2. フィンランドの林木育種

フィンランドは森林率75%と世界有数の森林国であり、年間7千万㎡の木材を産出する林業国でもあります。Lukeは、フィンランドにおける農林水産関係の研究機関であり、その中の生産システム部林木育種課が林木育種に関する研究を行っています。

主な対象樹種は、ヨーロッパアカマツ、ヨーロッパトウヒ(Picea abies)、シルバーバーチ(カンバ)(Betula pendula)で、精英樹の選定とそれを用いた採種園を造成し、人工交配による次世代化や原種の配布等を行っています。

北方圏にあるフィンランドですが国土は南北に1千kmと長く、種苗の配布区域をゾーン1から6に分け、それぞれのゾーンの気候に適した林木の育種を行っています。

3. 共同研究の課題

(1)トウヒ類の交配技術の開発

北海道における主要造林樹種であるアカエゾマツは、成長の遅さと開花調整の難しさから育種研究が難しい樹種です。前述のとおりLukeではヨーロッパトウヒの育種を行っており、両種の交配により成長特性や気候変動への適応性といった様々な特徴の改良を図るため、平成23年から共同研究を行っています。

両種の精英樹から採取した花粉を交換して Lukeと北海道育種場で人工交配を実施し、得 られたハイブリッド種子を再度交換して発芽 率、生長量を調査しています。

(2) ヨーロッパアカマツの抵抗性の研究

北欧でのマツノザイセンチュウ被害は確認されていませんが、ヨーロッパでは1999年にポルトガルにおいてフランスカイガンショウ(Pinus pinaster)に最初の被害が報告されています。 Lukeは、将来の気候変動に伴うマツノザイセンチュウ被害を危惧しており、マツノザイセンチュウ抵抗性育種の先進機関である林木育種センターと共同研究を行うこととしました。

林木育種センターにおいて、Lukeから送られた種子を育成した苗木(65家系4,665個体)に2回のマツノザイセンチュウ接種検定を行ったところ、24家系45個体が生存し、ヨーロッパアカマツにおけるマツノザイセンチュウの抵抗性の可能性が確認されました。

(3) 林木育種をめぐる情報交換

お互いの研究者が相手の研究所を訪問し、共同研究の進捗や関心事項について情報交換を行ってきました。これまでに3回行われ、本年9月にはLukeから3名の研究者が森林総合研究所、林木育種センター、北海道・東北育種場、岩手県林業技術センターを視察し、フィンランドにおける林木育種について紹介いただくとともに、研究成果について情報交換しました。



写真 Lukeの研究について説明を行うALONEN博士

共同研究は、今年度末で終了しますが、気候変動への対応などグローバルな課題へ対応するため、Lukeをはじめとする海外の研究機関との交流を継続していく必要があります。

(海外協力部 海外育種情報主幹 小林 大樹)

林木遺伝子銀行110番

~「市毛小のアカマツ」と「奇跡の一本松」が里帰りしました~

1. 林木遺伝子銀行110番とは

林木のジーンバンク事業では、所有者等からの要請を受け、滅失のおそれがある貴重な樹木について後継樹をクローン増殖し現地に里帰りさせています。林木遺伝子銀行110番が開始した平成15年以来、平成31年3月31日現在で280件の要請があり、211件307本の後継樹が里帰りしています。



里帰りしたおもな樹木の所在地(●)と事例

2. 令和元年度の事例

1)「市毛小のアカマツ」

この松は、茨城県ひたちなか市立市毛小学校の校庭にあった樹高20m、直径90cmの巨木で、校歌に「桜明るく松清き」と歌われたシンボル的な存在でした。枯損により倒木の危険が生じたため平成29年に伐倒されました。現校長は、卒業生等から「市毛小のシンボルだったアカマツがなくなって淋しい。」という声をよく聞かされたそうです。

実は、衰弱の兆しが認められていた平成28年には、市毛小学校からの依頼を受けた林木育種センターが、つぎ木による後継樹のクローン増殖に取り組んでいました。そして、後継樹は、増殖に着手してから3年が経過した令和元年9月17日に開催された第78回創立記念集会において、全校児童の前で児童代表に手渡され、無事に里帰りしました。児童からは、「アカマツが帰ってきてくれてうれしい。」、「大切に育てていきます。」という言葉をもらいました。





市毛小のアカマツと(左)と後継樹の里帰り(右)

2) 「奇跡の一本松」

令和元年9月22日、岩手県陸前高田市において、高田松原津波復興祈念公園国営追悼・祈念施設 道の駅高田松原及び東日本大震災津波伝承館のオープン式典が行われました。式典において、高円宮妃殿下及び関係者により、津波から唯一生き残った「奇跡の一本松」の後継樹が記念植樹され、東北育種場で育苗し4月に陸前高田市へ里帰りした苗木も植樹されました。



「奇跡の一本松」(左)と植樹された後継樹(右)

3. おわりに

遺伝子銀行110番により、巨樹・銘木や身 近なシンボルツリーを保存したいという人々の 要望に応えることによって、利用価値が見込ま れる林木の遺伝資源を保存する意義が広く認知 され、林木のジーンバンク事業の重要性が理解 されることを期待しています。

(遺伝資源部 探索収集課 山口 秀太郎 東北育種場 遺伝資源管理課 井上 晃)

隣り合う細胞が辿る異なる運命

~樹木の巨大性を支える木部繊維の新たな不思議 ~

1. 木材は細胞の集合体

木材は樹木が長い年月をかけて作り出した自然の産物です。木材を顕微鏡で観察してみると、膨大な数の細胞が精緻に並んだ構造体であることが分かります。多くの細胞はすでに生理活性を失った死細胞であり、細胞壁が抜け殻のように残っています。蜂の巣のように整然と配置した細胞壁は一定以上の厚みを持つことによって物理的な強度を獲得し、木材の硬さを生み出します。細胞壁はセルロース、ヘミセルロース、リグニンが主要な成分であり、それらの生合成には多くの遺伝子が関わっています。さらに、ここ数十年の研究から、それらの遺伝子の働きを統御する「キー遺伝子」の存在も明らかになってきています。

2. 木質を作る遺伝子

広葉樹の木材を構成する細胞には、木部繊維、道管要素、軸方向柔細胞、仮道管、放射柔細胞があります。このうち木部繊維は特に厚い細胞壁を持っており、それにより樹木は重い自重を支えることができます。

モデル植物であるシロイヌナズナを用いた研究から、木部繊維の細胞壁形成過程ではNST/SND転写因子遺伝子が「キー遺伝子」になっていることが2007年に報告されました(詳細は林木育種情報No.18を参照)。例えば、NST/SND転写因子遺伝子の機能を失わせたシロイヌナズナでは木部繊維の細胞壁が著しく薄くなり、自立できなくなります。樹木もNST/SND転写因子遺伝子に類似した遺伝子を持っており、これらの遺伝子が木材を構築する細胞壁の形成に関わっていると考えられています。

3. 木質を作る遺伝子を破壊する

私たちは樹木のNST/SND転写因子遺伝子の機能を調べるために、モデル樹木であるポプラにおいてNST/SND転写因子遺伝子の機能を失わせることにしました。ポプラにはNST/SND転写因

子遺伝子が4つあります。そこで、近年着目されているゲノム編集技術(CRISPR/Cas9システム)を用いて、それらの遺伝子に変異を導入することにしました(CRISPR/Cas9システムは林木育種情報No.20と21を参照)。その結果、4つ全てのNST/SND転写因子遺伝子の機能を失わせたポプラ変異体の作成に成功しました。

4. 木質を作る遺伝子を壊したポプラ変異体

作成したポプラ変異体を鉢上げし生育させた ところ、変異体は自立することができず地面を 這うように成長しました(図1)。次に、変異体 の主幹の組織構造を顕微鏡により観察しまし た。その結果、木部繊維、木部放射柔細胞、師 部の繊維細胞の細胞壁が著しく薄くなっていま した。さらに詳細に観察を行なったところ、全 てのNST/SND転写因子遺伝子の機能を破壊し た変異体においても一部の木部繊維では厚い 細胞壁を維持していることを発見しました(図 2)。この細胞は全細胞の中で約1%という非常 に低い頻度で見つかり、さらに組織内では道管 に隣接して存在することが分かりました。これ らの結果は、一見同じように見える木部繊維で も組織内の場所により細胞壁形成に関わる遺伝 子が異なることを示しています。本成果の詳細 は、Takata et al. (2019) Tree Physiology をご参 照ください。

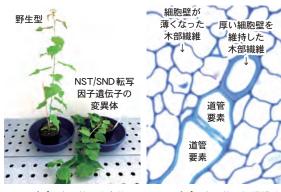


図1 ポプラ変異体の生育状況 図2 ポプラ変異体の組織構造

(森林バイオ研究センター 高田 直樹)

林業研究・技術開発推進ブロック会議育種 分科会と特定母樹等普及促進会議を開催

9月から10月にかけて、林業研究・技術開 発推進ブロック会議育種分科会が、林野庁、(国 研)森林研究・整備機構共催で開催されました。 この会議は、林野庁、林木育種センター、都道 府県等の連携による林木育種の推進を目的とし て毎年、北海道、東北、関東・中部、近畿・中 国・四国、九州の5ブロックで開催されていま す。林木育種センターからは成長に優れたスギ 無花粉品種の開発にかかる情報提供や原種苗木 の計画的な配布等について説明しました。

関東・中部ブロック育種分科会では、室内協 議の翌日に愛知県で現地検討が開催され、愛知 県森林・林業技術センターで設定・管理してい る少花粉スギ採種園(写真1)等を視察し、活発 な意見交換が行われました。



写真 1 少花粉スギ採種園での現地検討の様子

また、北海道、東北、近畿・中国・四国ブロッ クについては、この会議と併せて特定母樹等普 及促進会議を開催し、特定母樹の普及等につい て議論を行いました。なお、関東地区特定母樹 等普及促進会議は8月に山梨県富士吉田市で開 催し、主にカラマツ特定母樹等を普及するため の取組について、林野庁、都県等の関係機関、 民間事業体が参加し、意見交換と現地検討を行 いました。

※紙ヘリサイクル可

表紙タイトル写真

スギ精英樹等をさし木で増殖しています。



一般公開「親林の集い」を開催

10月26日(土)に、林木育種センターの一般 公開「第24回親林の集い」を開催しました。 前日は豪雨でしたが、天気が急速に回復し約 1,100名と多くの方々にご来場いただきました。



写真 1 研究紹介コーナ

研究紹介コーナー(写真1)やクイズラリーの他、 近隣の中学校等にご協力をいただき、吹奏楽等の 演奏を行いました。また、茨城森林管理署、常陸 の森クラブ、森林総合研究所、森林整備センター、 森林保険センターにも出展いただき、リース作り、 木の鉛筆立て作り、ランプシェード作り(写真2)、 漢字当てクイズ、葉書作りなど、来場者に楽しく 体験していただきました。



写真 2 ランプシェード作り (森林総合研究所)

来年も同時期に「親林の集い」を開催する予 定ですので、是非ご来場下さい。

(企画部 育種企画課)

林木育種情報 No.32

令和元年 11月 29日発行

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 〒 319-1301 茨城県日立市十王町伊師 3809-1 TEL: 0294-39-7000(代) FAX: 0294-39-7306 ホームページ https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/index.html