ＩＳＳＮ　１８８３－３１１Ｘ

林木育種情報

No.17
2015.1

林木育種におけるバイオテクノロジーの実用化

森林バイオ研究センター長　　吉田　和正

森林バイオ研究センターでは、遺伝子組換えや組織培養などのバイオテクノロジーを樹木へ応用し、森林や林業にかかわる社会的な問題解決への貢献を目指した研究開発を行っています。最近のトピックを紹介します。

まずは、遺伝子組換えによる無花粉スギについてです。無花粉スギの開発は優良個体の選抜による従来の育種法でも進められていますが、遺伝子組換え技術を用いると、いろいろな用途や地域で求められる品種を、品種ごとの特性を変えずに無花粉化できる利点があります。これまでに、精英樹の交配で得られた種子をもとに、花粉の形成だけを阻害するように遺伝子を導入した組換えスギを作製し、実験施設内で栽培して花粉ができないことを確認しています。そのスギについて、昨年11月、野外での特性を解明するための隔離ほ場での栽培試験の実施が文部科学省と環境省に承認されました。今後、地元自治体、関係団体および周辺住民への説明を経て、野外試験を行います。これにより遺伝子組換え樹木の実用化への歩みが１歩前進すると考えています。

もう一つは、薬用系機能性樹木に関する研究です。漢方薬や医薬品製造の原料となる薬用植物は大部分が中国などから輸入されており、原料の安定確保の観点から自給率を高める必要があります。そこで、薬用樹木の効率的な生産手法を開発する取組を開始しました。国内に自生しているキハダやカギカズラ、絶滅危惧種であるワダツミノキを対象として、薬用成分の含有率が高い優良個体の選抜、組織培養等によるクローン増殖法の確立並びに野外での栽培特性等の解明を計画しています。その研究成果は、薬用樹木の栽培による経済効果から中山間地域の活性化へもつながることが期待できます。

また、これまで継続してきたスギやクロマツの遺伝子情報の収集と併せて、遺伝子組換えに対する規制の対象外となる可能性のある新育種技術の導入を図ります。

このように林木育種へのバイオテクノロジーの適用は着実に進んでおり、今後も成果を実用化に結びつけることを念頭に置いて、精力的かつ慎重に研究開発を推進していきます。

【紙面紹介】

東北育種基本区におけるエリートツリーの開発 …… 2
林木ジーンバンク事業収集・保存、特性評価戦略検討会について … 3
スギの器官別EST情報の統合…… 4
木質の構造と遺伝子（１） …… 5
ケニア国JICAプロジェクト研修員の受入 …… 6
開発品種のパンフレットを作成 …… 7
林業研究・技術開発推進ブロック会議育種分科会を開催 …… 8
植物紹介「クロビイタヤ」 …… 8

FFPRI
独立行政法人　森林総合研究所　林木育種センター
Forest Tree Breeding Center,　Forestry and Forest Products Research Institute

東北育種基本区におけるエリートツリーの開発

1．はじめに

近年、東北育種基本区においても低コスト林業の実現が喫緊の課題となっており、育林経費の中で最も負担が大きい下刈り経費の軽減に貢献できる初期成長が優れた種苗に対するニーズが高まっています。森林総合研究所林木育種センターが開発を進めているエリートツリー(第２世代精英樹)は、初期段階を含めて成長が優れており、下刈り回数の軽減等、低コスト林業への貢献が期待できます。東北育種基本区では、現在スギを対象にエリートツリーの選抜を進めています。平成25年度には、当基本区で初となるエリートツリー9個体を開発しました。ここでは、東北育種場におけるスギのエリートツリーの選抜に向けた取組状況について紹介します。

2．エリートツリーの選抜方法

エリートツリーの選抜は、成長が優れており、通直性、材質等の林業上重要な特性および雄花着花性を考慮して、総合的に優れた個体を選ぶことにしています。

成長については、まず優良な次世代を生む可能性の高い親を選ぶため、第１世代精英樹の家系ごとの成長の良否を評価しました。20年次まで調査した検定林データをもとに、約600家系の中から成長の良好であった66家系を選抜しました。次に、これらの家系内からエリートツリーを選抜しました。具体的には、まず初めに検定林データをもとにした机上選抜により成長形質の良好な有望個体を絞り込みました。次に、それらの個体について現地調査を行い、個体の確認、通直性と材質の調査を行いました。材質調査は、ヤング率と相関が高い応力波伝播速度をファコップを用いて立木状態で測定しました。通直性と材質に欠点が認められなかった個体を候補木として選抜しました。また、検定林において雄花着花性の評価を行い、雄花着花量が検定林と概ね同林齢の周囲林分と比較してより多いクローンについては、たとえ成長・材質等に優れているものでも不合格としました。

3．エリートツリーの普及は特定母樹で

今後は、これまでに東北育種場が選抜したエリートツリー候補木338個体について雄花着花性等を評価し、平成30年度までにエリートツリーを100個体程度選抜する計画です。

また、これらの中から、間伐等特措法に定められた特定母樹に申請し、普及(原種苗木の配布)は特定母樹により行っていく考えです。

（東北育種場　育種課　玉城　聡）

写真　開発されたエリートツリー（スギ東育2-1号）

林木ジーンバンク事業収集・保存、特性評価戦略検討会について

１．検討会開催の目的

林木ジーンバンク事業は、昭和60年（1985年）に農林水産省ジーンバンク事業の林木遺伝資源部門の発足からスタートしました。以降、利用上の重要度や保存の必要性、優先度を勘案し、主に育種素材の確保と絶滅危惧種等の保全を目標として進められてきました。事業開始から約30年が経過し、育種事業の次世代化の推進、バイオリソース（生物遺伝資源）の整備、絶滅の危機に瀕している遺伝資源の保全等、林木ジーンバンク事業の一層の戦略的な整備が求められています。

このため、林木育種センターでは、新たな戦略の策定に向け、有識者等による検討会を設置し、多岐にわたる林木遺伝資源のより一層の効率的な収集・保存等を進めるための技術的な課題を検討することとしました。

２．検討会の構成

有識者として、東京大学の井出教授、宇都宮大学の逢沢准教授、東京農業大学の大林教授、（株）王子ホールディングスの鶴見上級研究員、静岡県森林・林業研究センターの袴田上席研究員、宮田元育種部長、オブザーバーとして、林野庁研究指導課課長補佐、経営企画課課長補佐等に参加いただきました。

３．開催日程

平成26年2月26日、第１回検討会では、「課題、認識の共有化」を、平成26年6月23日、第２回検討会では、「対応の方向性、戦略の素案の検討」を、平成26年10月6日、第３回検討会では、「中間報告のとりまとめ」を、それぞれテーマとして検討を進めていきました。

４．検討会の概要と今後の方向性

第１回及び第２回検討会においては、林木ジーンバンク事業の30年間の経緯、成果、問題点等を説明し、各委員から、林木育種の次世代化に必要な遺伝資源の収集戦略の必要性、情報収集の重要性、温暖化を視野に入れた希少遺伝資源の保全、地域の関係機関等とのネットワーク構築の必要性等についての検討が行われました。

第３回検討会では、これまでの議論を踏まえ作成した「林木ジーンバンク事業戦略（案）」を委員会に提案しました。図－１に戦略（案）の骨子を示します。各委員からは、全体的な方向性についての異論はありませんでしたが、用語の再検討、ニーズや方向性をしっかりと議論した上での新需要創出の必要性、育種事業との役割分担の明確化等についての意見が出されました。

今後、これらの意見を踏まえ修正した戦略を作成し、平成28年度より開始される次期中期目標・中期計画等の策定に反映させる予定です。

（遺伝資源部 遺伝資源管理主幹 木下　敏）

図－１　林木ジーンバンク事業戦略（案）の骨子

林木ジーンバンク事業で実施する重点課題等

（１）主要樹種の育種素材の補完－林木育種を支える基盤の整備－

（２）有用樹種の新需要の創出への貢献－遺伝資源の充実と活用の強化－

（３）脆弱な希少遺伝資源の保全

（４）遺伝資源情報のネットワーク化

（５）事業成果の社会への還元

スギの器官別 EST 情報の統合

１．スギの品種改良の高速化に向けて

スギの遺伝的改良のために、林業上重要な成長や材質といった特性の把握にこれまで20～30年の生育期間が必要でしたが、ゲノム情報の活用によってこの育種に必要な期間を短縮することを目的として、スギの発現遺伝子の基盤情報を整備しました。

２．異なる器官からのEST情報の収集

スギの成長や材質、雄花着花性に関係すると考えられる、頂端、針葉、根系、木部、雄花といったそれぞれの器官から時期別に試料を採取し、それらからRNAを抽出して、RNAから逆転写酵素によりcDNAを作成し、cDNAの塩基配列を解析しました。この塩基配列のことをESTと呼びますが、25年度までに52万収集しました。これは、世界的にゲノム育種が最も進んでいるテーダマツ等に匹敵する数です。各ESTの塩基配列の相同性に基づいて、元の遺伝子の長い塩基配列情報を再構築しました。これをIsotigといいますが、Isotigはほぼ「遺伝子」全長に近いイメージです。器官ごとのIsotig数は約5,000から約14,000となりました。

３．器官別EST情報の統合

異なる器官で共通的あるいは特異的に発現している遺伝子を明らかにするため、器官別Isotigを統合しました。その結果Isotig数は約22,000に収束することが明らかになり(図)、発現遺伝子には、各器官で特異的に発現しているもの、複数の器官で発現しているもの等、様々なものが見られました。例えば、木部で特異的に発現している遺伝子は約5,600あり、これらは、木部特有の生物学的事象に関連するものと考えられ、材質形質に関する遺伝子などは、この中にある可能性があります。一方、各器官で共通に発現している遺伝子が約2,600あり、これらは、樹木の生存に不可欠な代謝関連等の遺伝子であることが考えられます。さらに、発現遺伝子の塩基配列を異なる個体で比較することにより、Isotigから一塩基多型(SNP※）を同定し、SNPマーカーの開発に着手しました。

※任意の遺伝子における突然変異に由来する個体間での一塩基の違い(変異)

４．統合した器官別EST情報の活用

統合された発現遺伝子の情報は、効率的なSNPマーカーの開発や遺伝子機能の解明、材形成や雄花形成といった生理プロセスの解明等に活用し、今後のマーカー選抜育種に向けた研究を加速する考えです。またこれら基盤となる情報を利用し、育種目標に適したDNAマーカーの選定、マーカーを指標とした優良個体の早期選抜技術の開発を進め、従来、長期間を要していた特性評価にかかる期間を短縮すること等によって、育種の高速化を推進していきます。

（育種部　育種第一課　高橋　誠）

約52万のEST→22,250 Isotig（平均長：1,469.62bp）

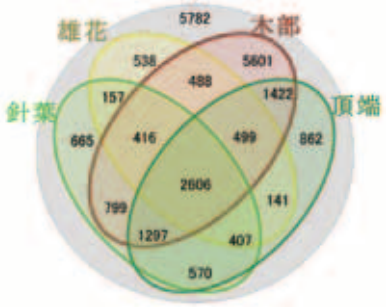


図　Isotigの器官特異性

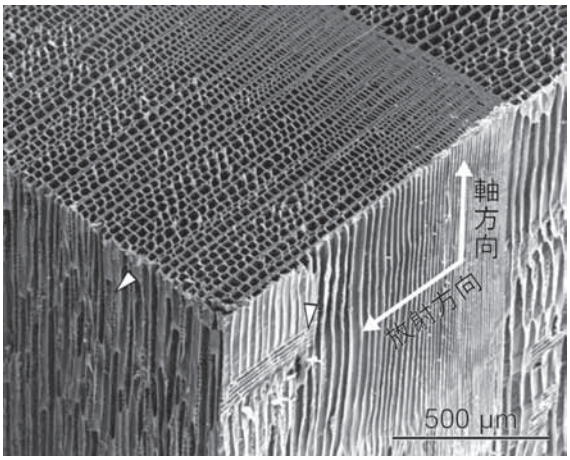
木質の構造と遺伝子（１）

１．はじめに

樹木の樹幹を構成する細胞は、形成層細胞の活動により作り出されます。木材は幾種類かの細胞から成る集合体であり、細胞分裂により生じた細胞は分化の過程を経て個々の機能を持つようになります。また、樹木では死細胞となることで機能を発揮する細胞もあります。形成層細胞から生じた細胞がどのように運命付けされ分化していくのかという疑問は、長年研究者を魅了してきた生命現象の１つです。近年、この疑問に答える大きな発見が立て続けになされています。そこで、本号と次号で木材を構成する細胞とそれを制御する遺伝子について紹介します。１回目となる本号では、木材を構成する細胞について概説します。

２．針葉樹材の細胞

木材の細胞は軸方向（樹幹軸の方向）に配列するものと、放射方向（髄から外向きの方向）に配列するものがあります（図）。針葉樹材を構成する細胞の大部分は、軸方向に配列する仮道管です。仮道管は細胞分裂後に直ちに分化が進行し、二次壁形成終了後に細胞質が分解され、水分の通道機能を有するようになります。また、仮道管は厚い細胞壁を持っており、樹体の支持機能も持っています。放射方向に配列する細胞の多くは放射柔細胞であり、辺材部では生細胞として存在します。放射柔細胞の機能は、転流物質の輸送と貯蔵、心材成分の合成・蓄積・貯蔵などです。その他の細胞として、ストランド仮道管、軸方向柔細胞、放射仮道管、エピセリウム細胞が樹種によっては観察されます。



図．スギ木部組織のSEM写真（中田了五氏提供）
矢頭（▻）は放射柔細胞を指す

３．広葉樹材の細胞

広葉樹材を構成する細胞は針葉樹材と比べて種類が多く、各細胞の大きさ・形状・分布の組み合わせによって材の構造が変化に富んでいます。広葉樹材の特徴は、道管と木部繊維を持つことです。道管は道管要素から構成され、水分通道に特化した一連の管として機能します。道管要素は、細胞分裂後に急速に分化が進行し死細胞となることで機能を果たす細胞です。一方、樹体の支持機能は木部繊維が担っています。木部繊維は紡錘形の細長い細胞であり、厚い細胞壁を有しています。特異な例（living wood fiber）を除き、細胞壁の形成終了とともに細胞質が消失します。その他、軸方向に配列する細胞として、軸方向柔細胞、仮道管があります。ほとんどの広葉樹では、放射方向に配列する細胞は放射柔細胞のみから構成されます。放射柔細胞は軸方向柔細胞とともに辺材部では生細胞として存在し、針葉樹材の放射柔細胞と同様の機能を有しています。

４．次回の予告

近年、道管要素や木部繊維への分化を決定する遺伝子が発見されました。次号では、それらの遺伝子について紹介します。

（森林バイオ研究センター　高田直樹）

ケニア国 JICA プロジェクト研修員の受入

1．はじめに

林木育種センターでは、（独）国際協力機構（JICA）を通じ、平成24年7月からケニア森林研究所（KEFRI）への技術協力「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」を進めています。プロジェクトでは、毎年各分野の専門家を派遣して現地で技術指導を行うとともに、研修員の受け入れを行い、乾燥に強く生産性の高いケニアの郷土樹種であるメリア（センダン科）などの優良品種の開発・普及に取組み、現地にメリア採種園2箇所（各10ha規模）を造成するなど大きな成果をあげています。

今年度は5月から6月にかけて4コース（プロジェクト管理、DNA分析、育種理論、普及）計7名の研修員を受け入れました。

2．今年度の研修概要

（1）プロジェクト管理コース（6月1日～14日）

プロジェクト後半を迎え普及活動が重要になっていく中でKEFRI普及活動部門のトップであるチャガラKEFRI副所長を受け入れ、我が国の育種事業の概要、民間苗畑や木材加工企業の視察など幅広い研修を行いました。また、関西育種場による育種研究やジーンバンクの取組などの研修を行いました。

写真　KEFRI 副所長への検定林の説明

（2）DNA分析コース（5月18日～6月14日）

昨年度に引き続き2名の研修員を受け入れ、これまで習得してきた実験手順の再確認を行うとともに、得られたデータの解析手法について学習しました。また、林木遺伝資源の保存と評価、活用等についての取組を学習しました。

写真　DNA 分析技術指導

（3）育種理論コース（5月18日～6月14日）

昨年度同様2名の研修員を受け入れ、採種園の管理手法、プロジェクトが計画する優良候補木100本の選抜手順、造成予定の次代検定林の作業手順等の指導を行いました。研修後、現地では優良候補木の選抜が無事完了するなど研修成果が早々に現れました。

（4）普及コース（6月1日～6月28日）

今年度初めて普及コース研修員を受け入れました。プロジェクト成果の普及活動に貢献できるよう造林地の視察、地域材利用の取組、木製家具を対象としたマーケティング手法の学習など川上から川下を意識した幅広い研修を行いました。

3．今後の取組

プロジェクトは後半を迎え、研修成果の発現が求められます。来年度も現地の状況を踏まえ適切な研修となるよう取組んでいくことにしています。

（海外協力部　海外協力課　清水俊二）

開発品種のパンフレットを作成

1．はじめに

林木育種センターでは、森林の保全と健全な森林の整備に資するため、多様なニーズに対応する優れた品種等を開発し、採種園や採穂園造成用の原種として、都道府県に供給してきました。

開発した品種等の特性等の情報については、これまでは主に採種園や採穂園を造成・管理する都道府県に向けて提供を行ってきましたが、今後は造林事業者や苗木生産者の方にも情報提供することで、開発した品種等をよく知っていただき、林業経営に活用していただきたいと考え、エンドユーザーに向けたパンフレットを作成することにしました。

2．このパンフレットの特徴

このパンフレットでは、林木育種センターが近年開発した代表的な以下の品種等について紹介しています。

エリートツリー、少花粉スギ、無花粉スギ、少花粉ヒノキ、マツノザイセンチュウ抵抗性マツ、雪害抵抗性スギ、材質優良スギ、幹重量の大きいスギ・ヒノキ・カラマツ・トドマツ、材質優良カラマツ等

また、間伐等特措法の改正により新たに創設された**特定母樹**に係る制度についても解説しています。

それぞれの品種等について、特長や利用例、特性データ（樹高と胸高直径の他、特長である幹重量やヤング率等）とその開発に際しての選定基準を掲載しています。

また、品種について問合せがしたい時や、苗木を入手したい時に役立つように、各都道府県にどの品種の採種園・採穂園が造成されているか（どの都道府県でその品種の苗木が入手できるか）が分かる一覧表と、育種センターや都道府県の担当部署の連絡先も掲載しています。

3．パンフレットを使った普及

作成したパンフレットは林木育種センターのホームページに掲載して、どなたでも見られるようにしました。また、このパンフレットを使った品種説明会を昨年度から育種センターや各育種場で開催しています。

こうした取組により、造林を行う地域や目的に合った品種の苗木を選んで植栽していただくことによって、当センターで開発した品種等が、その能力をよりいっそう発揮し、林業に貢献できることと考えています。

パンフレットは育種センターの HPからダウンロードできます。

http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/kankoubutu.html

（企画部　育種企画課　天野里美）

パンフレットの表紙とエリートツリーの紹介ページ

林業研究・技術開発推進ブロック会議育種分科会と高速育種運営会議を開催

9月～10月に、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、北海道、東北、関東・中部、近畿・中国・四国、九州の全国5ブロックにおいて、林野庁・森林総合研究所共催の林業研究・技術開発推進ブロック会議育種分科会を開催しました。

近畿・中国・四国、九州ブロックでは特定母樹への関心が高く、原種配布の要望が多く出されました。

北海道、東北、関東・中部ブロックではカラマツの造林地が伐期を迎え、需要も高いことから、苗木の増産が求められています。

また、この会議と併せて各ブロックで高速育種運営会議を開催しました。

9月16日に開催した関東・中部ブロック会議育種分科会

一般公開「親林の集い」を開催

10月25日（土曜日）、一般公開「第19回親林の集い」を開催しました。

林木育種への理解を深めていただくとともに、地域との交流を図るために行っている行事で、今年は天候にも恵まれ、約1,100人の方々にご来場いただきました。

育種センターの研究を紹介する展示や案内ツアー、工作、クイズ、迷路などのほか、地域の皆様のご協力により鼓笛隊、和太鼓、吹奏楽の演奏も行われ、楽しい秋の一日となりました。

林木育種センターの植物紹介

林木育種センターで研究・保存している植物をご紹介いたします。

クロビイタヤは、北海道の西南部と本州の東北地方北部および中部地方の内陸部に分布するカエデ科（最新の分類体系ではムクロジ科）の高木です。波打つような粗い切れ込みの入った葉が特徴的で、メープルシロップの原料になるサトウカエデに似ています。

日本は面積の割にカエデの仲間の種多様性が高い地域で、二十数種の自生が知られていますが、クロビイタヤはその中でも比較的珍しい部類といえるでしょう。環境省のレッドリストでは絶滅危惧Ⅱ類（VU）の指定を受けている他、5つの県のレッドリストに名前が挙がっています。まとまった数の成木を観察できる場所は少なく、開発の影響を受けやすい渓畔林・河畔林を好むこともあって、将来の衰退が心配されています。こうした現状を鑑みて、林木育種センターでは本種の生息域外保存に取り組んでいます。

クロビイタヤ

学名:*Acer miyabei*

文責・イラスト：
遺伝資源部 保存評価課 大谷雅人

表紙タイトル写真は、平成19～23年に行った遺伝子組換えポプラの隔離ほ場での栽培試験

※紙へリサイクル可

林木育種情報　No.17　　平成27年1月7日発行

独立行政法人　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　http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/index.html