



多様な樹種の優良種苗生産技術の開発に向けて

遺伝資源部長 生方 正俊

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としてスタートした林木ジーンバンク事業は、育種素材の確保や絶滅危惧種の保全などを目標として進めてきましたが、事業発足後30年が経過し、社会のニーズにより的確に応えるため、事業の方向性に関する検討を行い、平成26年に「林木ジーンバンク事業の方針」を取りまとめ公表しました。この中で、有用樹種の新需要の創出に貢献することを事業の重点課題に位置づけ、これ以降の事業を進めています。この方針の詳細については、森林総合研究所林木育種センター遺伝資源部のホームページ(<http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/iden/index.html>)に掲載しています。

近年、コウヨウザンやセンダンといった早生樹への関心が高まり、林業関係者や関係機関から「実際に造林したいのだが、種子や苗木はどこで入手できるのか」、「〇〇地域では、造林が可能か」といった問い合わせが多く寄せられるようになりました。

このような情勢を踏まえ、林木育種センターでは、農林水産省の農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業として、平成27年度から早生樹として期待されるコウヨウザンについて、鹿児島大学農学部、広島県立総合技術研究所林

業技術センター及び中国木材株式会社と連携して、成長、材質、生育等の各種特性の評価、優良系統の選定等を行ってきました。この中で、実用化を見据えたコウヨウザンの苗木生産に関する技術開発にも着手しています。また、国立研究開発法人森林研究・整備機構の第4期中長期計画期間(平成28～32年度)においては、コウヨウザンやキハダなどの新需要が期待できる有用樹種について、優良系統の選抜が可能となる母集団の作成を行うため、生育地からの遺伝資源の収集、保存、評価を進めています。さらに、平成29年度からは、一般財団法人日本森林林業振興会の森林林業振興助成事業として、全天連(全国天然木化粧合単板工業組合連合会)、九州大学及び大分県と連携し、チャンチンとユリノキを対象に、国産早生広葉樹の優良種苗の生産技術の開発を進めています。

以上のように、林木育種センターでは、様々な樹種について優良種苗の生産に必要な技術開発を精力的に進めています。このような技術開発が、スギ、ヒノキ、カラマツ等の主要樹種に加えて、新たな造林用樹種の選択肢を増やすことにつながれば、森林所有者の造林意欲の向上による森林整備の推進、ひいては中山間地域の活性化や林業の成長産業化に貢献できると考えています。

【紙面紹介】

平成29年度に開発した優良品種	2
マツノザイセンチュウ抵抗性品種開発技術高度化事業 —より強い抵抗性マツの開発—	4
薬用樹木「キハダ」について	5

海外育種事情調査 (ニュージーランド(NZ)及びオーストラリア(AU))	6
国際学会 Plant & Animal Genome XXVI に参加して	7
林木育種事業60周年記念シンポジウムの開催	8



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

Forest Tree Breeding Center, Forestry and Forest Products Research Institute

平成 29 年度に開発した優良品種

はじめに

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（以下、林木育種センター）では、平成 28 年度から新たにスタートした第 4 期中長期計画（平成 28 ～ 32 年度；5 年間）において「第 2 世代マツノザイセンチュウ抵抗性品種、成長に優れた少花粉品種等の優良品種 150 品種（系統）の開発を行う」という目標を掲げて、優良品種開発のための調査・研究を進めています。

平成 29 年度は、アカマツとクロマツにおける第 2 世代のマツノザイセンチュウ抵抗性品種及び無花粉スギなどの合計 39 品種を開発しました。本稿では今年度開発した優良品種の概要について紹介します。

1. マツノザイセンチュウ抵抗性品種

アカマツ、クロマツでは長年にわたりマツ材線虫病による被害が続いており、北海道を除く全ての都府県に被害が及んでいます。平成 28 年度末現在で、アカマツで 246 品種、クロマツで 183 品種のマツノザイセンチュウ抵抗性マツが開発され、当該品種の採種園からの種子の生産により、抵抗性マツ苗が普及していますが、その一方でより強い抵抗性マツが求められています。こうした背景を受け、林木育種センターでは九州大学、岡山県、広島県、山口県と共同で林野庁委託事業「マツノザイセンチュウ抵抗性品種開発技術高度化事業」（平成 25 ～ 29 年度）を推進しました。

この事業では、より強い抵抗性品種の開発に向けて、より病原性の強いマツノザイセンチュウの探索と評価等に取り組み、事業の成果としてアカマツとクロマツでより強い抵抗性品種を開発しました。

アカマツについては関西育種基本区で、クロマツについては九州育種基本区で、それぞれ第 2 世代の抵抗性マツの品種開発を推進していま

すが、従来より強い線虫は、今後ともこのような第 2 世代品種開発のための接種検定を中心に活用していく予定です。

昨年度、関西地区林試協の育林・育種部会での取り組みとして関西育種場と和歌山県、岡山県、広島県、徳島県、香川県、愛媛県の 6 県との協力によりアカマツの第 2 世代品種 17 品種を開発しましたが（林木育種情報 No.25 で紹介）、昨年度に引き続き今年度も関西育種場と県との共同開発によりアカマツの第 2 世代品種 14 品種を開発しました。これは人工交配や接種検定を参画した機関間で分担する等、平成 15 年度からの十余年に及ぶ関西育種基本区における地域連携の成果が抵抗性品種の開発という形で結実したものです。このような地域連携により、短期間に多くの第 2 世代の抵抗性品種の開発を行うことができました。

また、クロマツについては九州育種基本区で第 2 世代のマツノザイセンチュウ抵抗性品種 10 品種を開発しました。

2. 無花粉スギ品種

日本人の約 3 割がスギ・ヒノキ花粉症に罹患していると言われています。このため、林野庁では花粉発生源対策の一環として、花粉症対策品種の植栽を進めています。林木育種センターでは、花粉発生源対策に貢献するため、平成 28 年度までに花粉症対策品種として、成長等が優れている精英樹の中から少花粉スギ 142 品種、低花粉スギ 11 品種及び少花粉ヒノキ 56 品種、さらに無花粉スギ 3 品種を開発し、採種園に導入するための原種を都府県に配布してきました。現在、植栽されている花粉症対策品種の大半は少花粉スギや低花粉スギですが、今後は無花粉スギの普及が進むことが期待されています。成長等も優れ、林業的にも魅力がある無花粉スギの品種を増やしていくことが、無花粉スギの普及を推進する上では重要で

す。今年度は、昨年度に開発した無花粉スギ「林育不稔1号」に続き、「林育不稔2号」を開発しました。「林育不稔2号」は、植栽後7年目の樹高が7.6mで、「林育不稔1号」と同様に、成長が優れている精英樹と同等の成長を示しています。

林木育種センターでは、今後も花粉発生源対策の推進に向けて、無花粉スギを始めとする花粉症対策品種の開発に取り組んでいきます。

表1 マツノザイセンチュウ抵抗性品種

育種基本区	番号	選抜地	品種名
関東	1	静岡	静岡(浜松)クロマツ16号
	2	愛知	愛知(田原)クロマツ1号
	3	愛知	愛知(田原)クロマツ5号
	4	愛知	愛知(岡崎)クロマツ1号
	5	愛知	愛知(岡崎)クロマツ22号
関西	1	京都	京都(京丹後)クロマツ114号
	2	京都	京都(京丹後)クロマツ117号
	3	京都	京都(京丹後)クロマツ120号
	4	京都	京都(京丹後)クロマツ124号
	5	京都	京都(京丹後)クロマツ127号
	6	和歌山	和歌山(上富田)アカマツ2号
	7	和歌山	和歌山(上富田)アカマツ3号
	8	和歌山	和歌山(上富田)アカマツ4号
	9	和歌山	和歌山(上富田)アカマツ5号
	10	和歌山	和歌山(上富田)アカマツ6号
	11	島根	島根(西ノ島)クロマツ360号
	12	高知	高知(香美)アカマツ3号 ※1 ※2
	13	高知	高知(香美)アカマツ10号
	14	高知	高知(香美)アカマツ11号
	15	高知	高知(香美)アカマツ12号
	16	高知	高知(香美)アカマツ13号 ※1
	17	高知	高知(香美)アカマツ14号 ※1
	18	高知	高知(香美)アカマツ15号 ※1
	19	高知	高知(香美)アカマツ16号 ※1
	20	高知	高知(香美)アカマツ17号 ※1
	21	高知	高知(香美)アカマツ18号 ※1
	22	高知	高知(香美)アカマツ19号 ※1
	23	高知	高知(香美)アカマツ20号 ※1
	24	高知	高知(香美)アカマツ21号 ※1

九州	1	熊本	熊本(合志)クロマツ31号 ※1
	2	熊本	熊本(合志)クロマツ32号 ※1
	3	熊本	熊本(合志)クロマツ33号 ※1
	4	熊本	熊本(合志)クロマツ34号 ※1
	5	熊本	熊本(合志)クロマツ35号 ※1
	6	熊本	熊本(合志)クロマツ36号 ※1
	7	熊本	熊本(合志)クロマツ37号 ※1
	8	熊本	熊本(合志)クロマツ38号 ※1
	9	熊本	熊本(合志)クロマツ39号 ※1
	10	熊本	熊本(合志)クロマツ40号 ※1

(※1) 従来よりも病原性が強いマツノザイセンチュウを用いた接種検定を行い、従来よりも抵抗性レベルが高い抵抗性品種
 (※2) 平成28年度にすでに従来マツノザイセンチュウ抵抗性品種として開発済みのもの
 (注) 第2世代品種については、一次検定を実施した地域を選抜地として記載

表2 無花粉スギ品種

育種基本区	番号	品種名
関東	1	林育不稔2号
	2	静神不稔1号 ※1

(※1) 静岡県が作出・申請した品種



写真1 マツノザイセンチュウ抵抗性品種「熊本(合志)クロマツ34号」



写真2 無花粉スギ品種「林育不稔2号」

(育種部 育種第一課 高橋 誠)

マツノザイセンチュウ抵抗性品種開発技術高度化事業

ーより強い抵抗性マツの開発ー

1. はじめに

林木育種センターは平成 25 年度から 29 年度にかけて、国立大学法人九州大学および岡山県、広島県、山口県と共同で「マツノザイセンチュウ抵抗性品種開発技術高度化事業」に取り組んできました。本事業は、今後の気候変動等の環境変化によって、被害のさらなる拡大が懸念されるマツ材線虫病について、環境要因やマツノザイセンチュウ（以下、線虫）の多様性に考慮しつつ、また最新の分子生物学的手法を適用することにより、品種開発技術の高度化を図ること、さらにより強い抵抗性クローンを開発することを目的としています。ここでは本事業で得られた成果の一部を紹介します。

2. 新たな線虫の収集と病原力の評価

昭和 53 年に始まる抵抗性育種事業は野外のマツ材線虫病被害林分において、健全な個体から穂木や球果を採取し、苗畑で増殖した苗に「島原」や「Ka4」という線虫系統を人工的に接種することで抵抗性に優れたクローンを選抜してきました。この選抜手法によって平成 29 年 3 月までに、野外林分から第 1 世代の抵抗性クローンをアカマツでは 229 品種、クロマツでは 153 品種選抜しました。本事業では第 1 世代の抵抗性クローン間の子どもから、より強い抵抗性を持つクローンを選抜するため、従来の線虫より病原力の強い線虫を探索しました。

平成 25 年から 27 年にかけて日本全国のマツ材線虫病被害木 361 本から材片を収集し、新たに 186 の線虫の培養系統を作出しました（図 1）。全国の育種場でこれらの線虫をマツの苗木に接種して線虫の病原力の評価を進め、従来の線虫より病原性が強い線虫の系統を見いだしました。



図 1 本事業で確立した培養線虫系統の採取地
凡例の色は線虫を採取した被害木の樹種を示す。

3. より強い抵抗性クローンの選抜

より強いアカマツ及びクロマツ抵抗性クローンの候補木はそれぞれ関西育種場と九州育種場で、抵抗性品種同士の人工交配によって作出しました。これらの候補木に新たに選び出した線虫を接種して、より強い抵抗性クローンとして選抜し、平成 30 年 1 月に林木育種センターの優良品種・技術評価委員会における審査を経て、アカマツおよびクロマツでそれぞれ 10 クローンの抵抗性マツが認められました（写真 1）。

本事業ではここでご紹介した内容以外にも研究成果が得られており、今後、論文や学会発表等を通じて公表していく予定です。



写真 1 新たに開発されたより強い抵抗性クローン
熊本（合志）クロマツ 33 号（左）と高知（香美）アカマツ 20 号（右）

（九州育種場 育種課 松永 孝治）

薬用樹木「キハダ」について

1. はじめに

キハダ (*Phellodendron amurense*) は、ミカン科キハダ属の落葉高木でアジア北東部、日本では北海道から九州に分布します(写真1)。比較的成長が早い広葉樹で、20年で直径20cmを超えることもあります。鮮やかな黄色を呈する内樹皮には、抗菌・抗炎症の作用があるベルベリンが含まれます。内樹皮を乾燥させたものが生薬「オウバク」であり、胃炎や二日酔いに効果がある漢方薬に配合されています。また、長野県の「百草丸」、奈良県の「陀羅尼助丸(ダラニスケガン)」、鳥取県の「煉熊丸(ネリグマガン)」はキハダのエキスを丸く固めた丸薬であり、伝統的な民間薬として古くから使われています。これら伝統薬は山岳修験者の常備薬として愛用され、広められたとされています。



写真1 キハダ
(福島県南会津町)

2. 国産オウバク

昭和40～60年代には主要産地である長野県だけでも40～80tが生産されていたとされていますが、平成26年度のオウバクの国内生産量は2.5t(国産率は1.3%)にまで激減し、現在では輸入品の全量が中国産となっています。キハダ生産は主に林業の副業として天然資源の採取により行われてきましたが、生産者の高齢化や減少、キハダの天然資源の減少や奥地化により国内生産が衰退したと考えられます。栽培も行われていますが、十分な生産が見込まれる規模ではないようです。このような中、北海道夕張市ではキハダの産地形成を目指し、キハダ植林を進めています。

キハダを生薬とする場合、日本薬局方により

主要成分であるベルベリンの含有率が決められており、また、製薬メーカーは独自の基準を設けているようです。ベルベリン含有率については寒冷地のキハダでは含有率が低くなる傾向があるとされています。ベルベリン含有率は成長とも関係し、樹齢が大きくなるに従い、これらに加え、同じ樹齢でもよく成長した個体ほどベルベリン含有率が高くなる傾向があります。国産オウバクは、エキス化した際に適度な粘性があり、丸剤に適しているとされています。

3. 多用途樹種であるキハダ

キハダは薬用以外にも用途の多い樹種です。内樹皮は鮮やかな黄色の天然染料として使われるとともに、材は美しい光沢を出し、家具や器具(写真2)などの用材になります。また、キハダは直径が1cmほどの大きさの果実を多数つけ、同じミカン科の山椒のような強い苦味を持ち、アイヌ民族では食用としていました。花は北海道で良質な蜂蜜の蜜源となっています。



写真2 キハダ材の湯のみ茶碗

4. 終わりに

このように成長が比較的早く、薬用として古くから利用され、他にも多くの用途があるキハダは、重要な森林資源であり、今後の利用拡大が期待されます。利用においては成長が早く、品質が優れる優良な個体の栽培が有利になります。そこで、優良な個体を組織培養によって増殖するための技術の開発に取り組んでいます。

(森林バイオ研究センター 谷口 亨)

海外育種事情調査 (ニュージーランド (NZ) 及びオーストラリア (AU))

1. はじめに

林木育種センターでは、海外の先進的な林木育種技術の調査を行っており、今年は NZ 及び AU において、両国の育種事情及び短期間に大量の苗木を生産する増殖・育苗技術等を調査しました。

2. NZ (北島 ロトルア周辺等)

NZ では、研究機関 (SCION)、育種実施機関 (RPBC)、育種種苗を生産している林業会社 (PF OLSEN 及び Timberlands) を訪問しましたが、紙面の都合で、ロトルア一帯で最大規模 (生産本数 700 万本) の Timberlands の苗畑について紹介します。

ここでは、NZ の主な造林樹種であるラジアータマツの苗木を生産しています。ラジアータマツは実生だけでなくさし木でも増殖されており、さし木発根性の低下を防ぐため、不定胚の凍結保存、組織培養から育成した苗の順化、採穂園の剪定および3年毎の更新等が行われていました。また、コンテナ苗の生産も行われており、自動土詰・播種機、ムービングベンチ及び自動灌水装置等を見学しました。これらの苗木は育成段階に応じて集約的に施肥や灌水等の管理が行われ、全て1年で出荷されるということです。



写真1 自動土詰機による覆土の様子



写真2 ムービングベンチ

3. AU (クイーンズランド (QLD) 州)

QLD 州は AU 北東部に位置し、海岸に近い地域は比較的降水量が多くスラッシュマツとカリピアマツの雑種の造林が多く行われています。

訪問した林業会社 (HQ Plantations) は、州有林の経営を行うとともに、州が行っていた育種に関する研究や検定林の調査などを 2010 年から引継いでいます。

スラッシュマツは 1926 年、カリピアマツは 1948 年に AU 外から導入され、1956 年に両種間の雑種 F_1 が初めて育成されました。スラッシュマツは通直性、耐風性、材質に優れ、カリピアマツは成長及び枝の少なさに優れており、その雑種 F_1 は両種の優れた形質を併せ持つということです。また、 F_1 同士を交配して世代を進める育種も行われており、植林して4年目で成長・通直性を評価して候補木を選び、6年目で成長・通直性に加え材質やねじれを評価してさらに数を絞り、最終的には10年目の形質評価で選抜を行っています。また、選抜した系統を早期に開花させるための高接ぎも行われています。このように AU では短期間で選抜及び交配のサイクルを回し、時間あたりの育種による改良効果がより大きくなるよう育種が進められているようです。

4. おわりに

今回の調査で両国から得られた育種戦略及び育苗技術などの情報を基に、育種の効率化ならびに原種苗木の効率的な増殖技術開発に取り組んで行く予定です。

(海外協力部 中島 正彦・
育種部 育種第二課 大平 峰子・
東北育種場 育種課 井城 泰一)

国際学会 Plant & Animal Genome XXVI に参加して

1. はじめに

2018年1月13日から17日にかけて、アメリカ合衆国カリフォルニア州サンディエゴ市において、国際学会 Plant & Animal Genome XXVI が開催されました。この学会は、森林樹種を含む幅広い動植物種を対象としたゲノム研究について発表される学会です。26回目にあたる本大会では、3,000人を超える参加者が集まり、7件の基調講演と2,000件以上の研究発表、100社以上の企業による研究機器等の展示が行われました(写真1)。林木育種センターからは三嶋、平尾、福田の3名が参加し、それぞれ「カラマツにおける完全長 EST 取得と形成層帯及び針葉の年周における遺伝子発現解析」、「クロマツにおけるマツノザイセンチュウ抵抗性遺伝子の単離」、「スギの不定根形成における遺伝子発現解析」に関する研究発表を行いました。

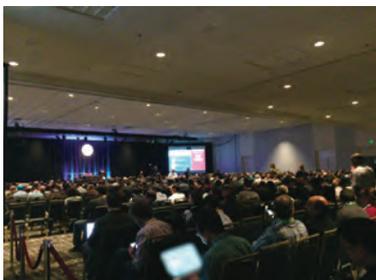


写真1 基調講演の様子

2. ゲノム解析技術

分子育種についてのワークショップでは、ゲノミックセレクション(ゲノム情報を利用した優良個体の選抜手法)に関する数多くの研究成果が報告されました。この選抜手法が様々な種において進展している背景には、ゲノム解析技術の発達があることが伺えました。特に、NRGene社が提供する DeNovoMAGIC のように新規のアセンブリ技術(短い DNA 断片を塩基配列情報の相同性に基づいて繋ぎ合わせる技術)も開発されており、多くの注目を集めていました。シーケンサー(塩基配列情報を得るための機器)についても、一度により多量の、あるいは、より長い塩基配列情報が得られるようになっており、アセンブリの精度が向上することが期待されます。また、本大会に合わせて、Illumina 社から比較

的安価なシーケンサーである iSeq 100 (約 200 万円) が発表されたように、様々な目的、規模のゲノム研究に対応する形で、分析機器の多様化が進んでいるという印象を受けました。

3. 森林樹種におけるゲノム研究

森林樹種におけるゲノム研究を対象としたワークショップでは、ブラジルの Grattapaglia 博士より、ユーカリにおける研究事例をもとに、栽培作物などとは異なる特徴(生育する環境、個体の大きさ、世代の長さ、ゲノムサイズの大きさなど)を有する森林樹種を対象としたゲノミックセレクションに際して、データを収集するための集団の造成や遺伝子型情報と表現型情報を結びつける予測モデルの構築などにおける要点について発表がありました。

針葉樹種において最もゲノム研究が進んでいるテダマツについて、一分子シーケンサーを利用した分析により、70,064 個の遺伝子を特定するとともに、大規模な SNP 探索から 84,769 個の高精度な SNP マーカーを開発したという発表がありました。その他にも、ゲノム配列において機能的により重要であるとされるエクソン(タンパク質をコードする領域)を集中して分析することにより、効率よくゲノムデータを充実させることのできるエクソームシーケンスや、細胞内の微細な構造を採取することが可能な技術であるレーザーマイクロダイセクション法を適用して単一の染色体レベルでシーケンスを行うことにより、アセンブリの精度を高める試みなど、ゲノムデータの充実に向けた研究についても報告されました。

4. おわりに

本学会では、森林樹種を含めた様々な生物種におけるゲノム研究やその成果を利用した育種に関する最新技術の動向など、スギなどの育種においても大いに参考となる多くの情報を得ることができました。次回は、2019年1月12日から17日にかけて、本年と同じ会場において開催される予定となっています。

(育種部 育種第一課 福田 有樹)

林木育種事業 60 周年記念シンポジウムの開催

森林総合研究所林木育種センターの前身である国立林木育種場が昭和 32 年に設立されて、今年度で 60 周年を迎えたことを記念し、平成 30 年 2 月 16 日(金)に東京都江東区の木材会館において、「豊かで多様な森林の恵みを未来につなげる林木育種」をテーマに、林木育種事業 60 周年記念シンポジウムを開催しました。当日は、国、都道府県、大学等研究機関、関係団体等から 200 名を超える参加がありました。



写真1 沢田理事長による主催者挨拶

シンポジウムでは、森林研究・整備機構沢田理事長からの主催者挨拶、林野庁織田森林整備部長から祝辞をいただいた後、東京大学の井出教授からは、「再造林時代の林木育種」をテーマに基調講演をいただきました。続いて、林木育種センター・育種場から、最近の主な研究成果として次の7課題について発表が行われました。

- これまでの品種開発の取組 育種第一課 田村 明
- 林木育種の次世代化に向けて 育種第一課 高橋 誠
- 林木ジーンバンク事業の成果と今後の方向
探索収集課 山田浩雄
- 県との連携による第二世代抵抗性アカマツ品種の開発
関西育種場 岩泉正和
- 特定母樹の普及に向けた取組
北海道育種場 坂本庄生
- 海外における林木育種の展開
西表熱帯林育種技術園 千吉良治
- 林木育種におけるバイオテクノロジーのこれまでとこれから
森林バイオ研究センター 谷口 亨



写真2 東京大学 井出教授による基調講演

さらに、パネルディスカッションでは、岐阜大学の向井教授をコーディネーターとして、5名のパネリストの皆様（網田 全国林業試験研究機関協議会会長、岸 全国山林種苗協同組合連合会会長、後藤 東京大学大学院准教授、星 林木育種センター育種部長、森谷 林野庁研究指導課長）により、今後の林木育種のあり方などについて幅広い観点からご議論をいただきました。



写真3 パネルディスカッションの様子

参加者の皆様からの様々なご意見等を通して、林木育種事業に携わる私どもの責務がこれまで以上に重いものとなっていることを再認識したところです。あらためてご来場いただいた皆様方に感謝申し上げます。

(企画部 育種企画課 藤田 彰宏)

表紙タイトル写真は、林木育種事業 60 周年記念シンポジウムの様子。

※紙ヘリサイクル可



林木育種情報 No. 27

平成30年3月20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 <http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/index.html>