



林木育種情報

No.24
2017.3

西表熱帯林育種技術園における技術開発

海外協力部長 川戸 英騎

西表熱帯林育種技術園は、平成8年に設置され、これまで20年にわたり、亜熱帯海洋性気候の西表島で、熱帯樹種のさし木やつぎ木の適期、着花習性、花粉の貯蔵方法などを調べ、熱帯樹種に関する育種技術の開発を進めてきました。

これまでの成果として、熱帯の主要な造林樹種であるアカシア属やユーカリ属の複数樹種のクローン増殖技術を確立するとともに、理論と実践例、発芽試験、クローン増殖、樹形誘導の4分冊からなる熱帯産等早生樹種の育種マニュアルを公開しています。さらに、アカシア属については、成長が良く病気にも強いアカシア・ハイブリッドを作るための効率的な人工交配技術を開発しており、こちらもマニュアルを公開しています。

西表島は、日本列島の最南西端に位置し、年平均気温23.7℃、年間降水量2,180mm、台風が年平均4.1回接近します。こうした西表島の気候を活かした屋外試験も行っています。

熱帯から亜熱帯の海岸域に広く分布しているテリハボクという常緑広葉樹は、沖縄でも防風林として用いられています。木材は家具等に、種子から抽出される油は化粧品等に利用できます。技術園では、防風・防潮効果に優れたテリハボクの品種を開発するため、台湾林業試験所やフィジーなど南太平洋の国々から構成される太平洋共同体と共同研究を行っています。これまでに、南太平洋地域、台湾、八重山諸島・宮古諸島のテリハボクには遺伝的分化があり、

幹形状比などの形質に産地間差・家系間差がありそうなのことが分かりました。相互に種子を交換して試験地を造成し、産地間の初期成長の違い等も調べているところです。

さらに、郷土樹種についても試験等を進めており、沖縄の重要な造林樹種であるイジュや防風林に用いられるフクギの増殖試験、ヤエヤマシタンなど絶滅危惧種を含む八重山の遺伝資源について現地外保存を行っています。

こうした中、昨年11月に発効したパリ協定には、温室効果ガスの人為的な排出と吸収を今世紀後半に均衡させることが掲げられています。森林造成の他には温室効果ガスを大量に吸収する技術が確立していませんので、排出と吸収を均衡させようとするれば、多くの森林を造成する必要が生じると考えられます。

途上国の森林減少及び劣化に由来する温室効果ガスの排出の削減等に向けた取組を奨励する条項も、パリ協定には盛り込まれています。

また、国際連合食糧農業機関の報告によると、最近の5年間でも、アフリカと南米ではそれぞれ年平均200万ha以上の森林が減少しています。

以上のように熱帯林の保全・造成は依然として大きな課題であり、途上国政府をはじめNPOや企業など熱帯林の保全や造成に取り組む皆様に熱帯樹種の育種技術がご活用頂けるよう、今後とも技術開発に努めて参ります。

【紙面紹介】

平成28年度に開発した新品種 2～3
「コウヨウザン」について(2) 4
イジュの開花習性について 5

「アンヒドロビオシス」状態の
スギ種子の高温・低温耐性 6
新たな無花粉スギ品種「林育不稔1号」の開発 7
平成28年度林木育種成果発表会の開催 8



国立研究開発法人 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

平成28年度に開発した新品種

はじめに

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28年度は、新たな無花粉スギ「林育不稔1号」を含む花粉症対策品種や第2世代の抵抗性アカマツを含むマツノザイセンチュウ抵抗性品種等、合計47品種を開発しました。ここでは、その概要について紹介します。

1. 花粉症対策品種

日本人の約3割がスギ・ヒノキ花粉症の症状があるという統計があります。花粉の発生源対策を推進するため、林野庁では花粉症対策スギの山行き苗木を一千万本にするという目標を掲げて施策を推進しています。こういった施策にもみられるように、花粉症対策の重要性は高まりをみせています。林木育種センターでは、平成27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140品種、低花粉スギ6品種、少花粉ヒノキ55品種と、またこの他に無花粉スギ2品種を開発し、採種穂園に導入するための原種を都府県に配布してきました。今年度は、去年に引き続き各県がこれまでに蓄積してきたデータも含めて検討し、少花粉スギ2品種、低花粉スギ5品種を開発するとともに(表1、2)、「爽春」と精英樹との交配を重ねることにより、新たな無花粉スギ「林育不稔1号」を開発しました(表3)。「林育不稔1号」は、品種開発のための調査の中で、植栽後

6年目の樹高が6.6mで、成長が優れている精英樹と同等であることが確認されました。

「爽春」が発見されたのは平成16年度のことでした(その後、平成20年3月に品種登録)。そこから10余年の歳月をかけ、精英樹との人工交配によりヘテロF₁個体を作出し、初期成長が優れた異なるF₁個体間で交配を行い、作出されたF₂個体群の中から新たな無花粉スギを開発することができました。

林木育種センターでは、今後も多様な無花粉スギの普及に向けて、新たな無花粉スギの開発を進めます。

2. マツノザイセンチュウ抵抗性品種

アカマツ、クロマツは里山や海岸部の環境の保全等の役割を担い、またわが国の景観を特徴付ける重要な樹種ですが、マツ材線虫病による長年にわたる甚大な被害により大面積のマツ林が失われてきました。この被害を軽減するため、マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業を推進していますが、今年度は新たにアカマツで21品種、クロマツで12品種を開発しました(表4)。アカマツの21品種の中には、アカマツで初めてとなる17の第2世代品種が含まれています。これらの17品種は、平成15年度に当時の関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会(現在の育林・育種部会)において検討を開始したのを始まりとして、関西育種基本区の県と関西育種場が共同で交配設計や人工交配、接種検定を進め、13年の歳月をかけて品種開発となったものです。また、クロマツの12品種についても九州育種基本区において開発された第2世代の抵抗性品種となっています。

今年度開発された第2世代の抵抗性クロマツ品種の抵抗性のレベルを第1世代のものと比較した

ところ、第1世代品種の健全率(線虫の人工接種後、病徴が表れない健全な苗の割合)が69%だったのに対し、第2世代品種の健全率は20%以上改善して85%となり、今年度開発された第2世代品種の抵抗性のレベルも格段に優れていることが示されました。このような第2世代の抵抗性マツが普及することにより、今後、より枯れにくい、つよいマツ林造成に貢献することが期待されます。

この他に、幹重量(二酸化炭素吸収・固定能力)の大きいヒノキを6品種を開発しました(表5)。

表1 少花粉スギ品種

育種基本区	番号	選抜地	品種名
九州	1	長崎県	県長崎1号
	2	宮崎県	加久藤署1号

表2 低花粉スギ品種

育種基本区	番号	選抜地	品種名
九州	1	佐賀県	県藤津25号
	2	宮崎県	県東臼杵5号
	3	宮崎県	県東臼杵8号
	4	宮崎県	県日南2号
	5	宮崎県	県日南3号

表3 無花粉スギ品種

育種基本区	番号	品種名
関東	1	林育不稔1号

表4 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
東北	1	岩手県	岩手(藤沢)アカマツ54号
	2	岩手県	岩手(花泉)アカマツ94号
	3	岩手県	岩手(花泉)アカマツ114号
	4	新潟県	新潟(上越)アカマツ41号
関西	1	岡山県	岡山(勝央)アカマツ1号
	2	岡山県	岡山(勝央)アカマツ2号
	3	岡山県	岡山(勝央)アカマツ3号

	4	岡山県	岡山(勝央)アカマツ4号
	5	岡山県	岡山(勝央)アカマツ5号
	6	岡山県	岡山(勝央)アカマツ6号
	7	岡山県	岡山(勝央)アカマツ7号
	8	和歌山県	和歌山(上富田)アカマツ1号
	9	高知県	高知(香美)アカマツ1号
	10	高知県	高知(香美)アカマツ2号
	11	高知県	高知(香美)アカマツ3号
	12	高知県	高知(香美)アカマツ4号
	13	高知県	高知(香美)アカマツ5号
	14	高知県	高知(香美)アカマツ6号
	15	高知県	高知(香美)アカマツ7号
	16	高知県	高知(香美)アカマツ8号
	17	高知県	高知(香美)アカマツ9号
九州	1	熊本県	熊本(合志)クロマツ19号
	2	熊本県	熊本(合志)クロマツ20号
	3	熊本県	熊本(合志)クロマツ21号
	4	熊本県	熊本(合志)クロマツ22号
	5	熊本県	熊本(合志)クロマツ23号
	6	熊本県	熊本(合志)クロマツ24号
	7	熊本県	熊本(合志)クロマツ25号
	8	熊本県	熊本(合志)クロマツ26号
	9	熊本県	熊本(合志)クロマツ27号
	10	熊本県	熊本(合志)クロマツ28号
	11	熊本県	熊本(合志)クロマツ29号
	12	熊本県	熊本(合志)クロマツ30号

(注) 関西育種基本区及び九州育種基本区の系統については第2世代品種、選抜地については一次検定を実施した地域を記載している

表5 幹重量(二酸化炭素吸収・固定能力)の大きいヒノキ品種

育種基本区	番号	選抜地	品種名
関東	1	栃木県	宇都宮1号
	2	栃木県	大間々2号
	3	長野県	妻籠3号
	4	岐阜県	高山2号
	5	静岡県	富士4号
	6	静岡県	富士6号

(育種部 育種第一課 高橋 誠)

「コウヨウザン」について(2)

林木育種センターで取り組んでいる早生樹種の「コウヨウザン」について、前号では、成長特性、材質特性及び生育特性を取り上げました。今回は苗木生産等に関する増殖特性とDNA分析等で得られた遺伝的特性を紹介します。

(1) 増殖特性

コウヨウザンの優良な遺伝資源を確保し育種を進めていく上でも、また苗木を生産し、普及させていく上でも、増殖特性を踏まえた有効な増殖技術の開発は、不可欠なものです。

無性繁殖については、コウヨウザンはさし木増殖可能との過去の情報を基にさし木試験を行いました。成木からの穂を用いた試験では、高い発根率が見られるものの「枝性」(苗木に枝としての特徴が残ってしまい、芯が立たないこと)が問題となりました。そこで根元付近から発生する萌芽枝をさし穂としたところ、さし木苗の9割以上が芯の立った苗となりました。この方法を発展させ、現在では、さし木によるコンテナ苗生産に取り組んでいます。(写真1)



写真1 さし木によるコウヨウザンのコンテナ苗

有性繁殖については、種子の精選法の検討を行い、市販の洗剤を加えた水選を行うことにより、シイナ等を効率よく選別でき、発芽率が大幅に向上

できることがわかりました。また、球果や種子の形状、サイズ、重量といった基本的な情報も蓄積しています。さらに今後の育種や種苗増産に備え、植物ホルモン等を用いた着花促進技術の開発にも着手しています。

(2) 遺伝的特性

日本国内に生育するコウヨウザン林分の遺伝的な特性をDNA分析を用いて解析しています。遺伝的多様性の程度には林分間に大きな違いがあり、解析対象とした中には、非常に限られた種子源が由来と考えられる林分やさし木による造林が行われたと考えられる林分もありました。さし木によると考えられる林分は多くのクローンがランダムに林分内に配置されているため、クローン検定林のようにクローンごとの成長や材質等の特性を解析することにより、ここから優良クローンを選抜することも可能です。

前号でも紹介したとおり、コウヨウザンは中国本土と台湾に分布しています。日本国内の林分間の遺伝的な類縁関係を解析したところ、中国本土由来の林分と台湾由来の林分とに大きく分かれることがわかりました。このことにより、由来の不明な林分の起源の遡及やそれぞれの由来ごとの成長や材質等の諸特性や我が国での適応性などを明らかにすることが可能と考えられます。

コウヨウザンに関する研究は、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(発展融合ステージ、産学機関結集型)として平成29年度まで行う予定です。林木育種センターでは、この事業で得られた知見を発展させ、これ以降も早生樹種等の新需要開拓に取り組んでいく考えです。

(遺伝資源部 生方 正俊)

イジュの開花習性について

1. イジュについて

イジュ (*Schima liukuensis*) は奄美諸島から沖縄県の西表島にかけて分布しており、ヒマラヤ、中国南部、インドネシアから日本までの広い分布域を持つ有用な造林樹種であるヒメツバキ (*Schima wallichii*) の変種とする見方もあります。沖縄県では精英樹36本が選抜された重要な造林樹種です。

西表熱帯林育種技術園(以下、技術園)では、これまでに自然受粉系統による試験地の造成や人工交配技術の開発を実施してきました。

ここでは、人工交配等に関連する情報を得るために行った、イジュの開花習性に関する調査結果を紹介します。(写真1)



写真1 イジュの開花の様子

2. 調査方法

調査は技術園内で、2014～2016年迄の3開花期について行いました。調査個体数は調査年によって異なりますが、34個体から48個体です。調査は数日おきに個体毎の開花数を計数し、表1に示した開花指数に当てはめました。

表1 開花指数

指数	開花数
0	0
1	1～10
2	11～20
3	21～50
4	51～100
5	101～200
6	201～500
7	501以上

3. イジュの開花期間

イジュの開花期間は、年によって異なり、調査年によっては年に数回開花しました。各調査年で最も長く開花した期間は、43～73日間と大きく異なり、その開花開始は4月9～27日、開花終了は6月8～20日の間でした。図1に調査年毎の開花指数の合計値の推移を示しました。

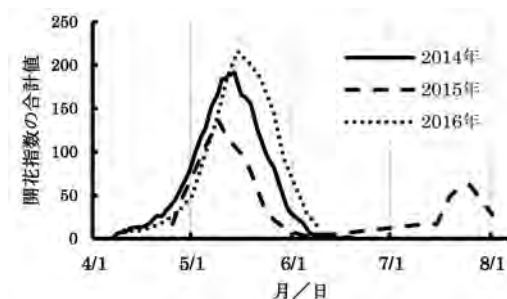


図1 調査年毎の開花指数の合計値の推移

4. イジュの開花のピーク

開花指数の合計値が最も高かった日は、2014年、2015年及び2016年の順に5月16日、11日及び16日でした。開花した個体数が最も多い日は、調査年により異なるものの、5月11～23日の間でした。また、開花個体数が最も多い調査日には、全ての調査年で全個体の80%以上が開花していました。これらのことから、技術園内のイジュの開花のピークは、5月中旬頃と思われました。

その他に、各開花指数の個体数の構成は調査年によって、大きく異なりました。例えば、各年度の開花指数の合計値のピークの日、101以上開花した個体が全調査個体に占める本数割合は25～68%と大きく異なりました。

5. おわりに

この調査で得られた知見は、イジュの効率的な人工交配計画の立案や採種園の設計等に活用できると考えられます。

また、イジュの人工交配等に関連する一連の技術開発でこれまでに蓄積された知識と経験は、ヒメツバキなど近縁種も含めた海外との育種技術協力にも応用できると考えられます。

(西表熱帯林育種技術園 千吉良 治)

「アンヒドロビオシス」状態のスギ種子の高温・低温耐性

1. スギ種子のアンヒドロビオシス

生物にとって“水”は生きるために必須の物質であり、多くの生物は極度に体内水分を損失すると致命的な障害を受けます。しかし、生物の中には、乾燥してほぼ全ての体内水分を失っても生存可能な種が存在します。そして、このような極限的な乾燥状態下での生存をアンヒドロビオシス（無水生存）と呼びます。

スギの種子もアンヒドロビオシス能力を持つ生き物のひとつで、厳しい乾燥条件下においても発芽力を維持することができます。2016年秋に採取したスギ種子を乾燥器内で1週間乾燥した後、発芽率を調べました。すると、スギ種子は含水率が5%程度まで低下しても、乾燥前の水分を多く含んだ種子と同程度の発芽率を示しました（図1：処理前）。

2. 乾燥スギ種子の高温・低温耐性

アンヒドロビオシス能力を持つ生物として、ネムリユスリカという昆虫の幼虫が特に有名です。この幼虫は、アンヒドロビオシス状態になると、高温、極低温、放射線、有機溶媒への浸漬など、乾燥以外のストレスに対しても耐性を示すようになります。そこで、スギ種子においても、乾燥によって高温や低温に対する耐性を獲得するかを調べました（図1）。

高温耐性試験では、種子を90℃で10分、もしくは20分間加温して発芽率を調べました。すると、乾燥前の種子を加温した場合には種子は全く発芽しなかったのに対し、乾燥した種子は加温前と同程度の発芽率を示しました。

低温耐性試験では、種子を-20℃、もしくは-196℃で1週間ほど静置した後、発芽率を調べました。すると、乾燥前の種子はどちらの温度でも発芽率が著しく低下しました。これに対

し、乾燥した種子は両低温下でも発芽率を維持していました。

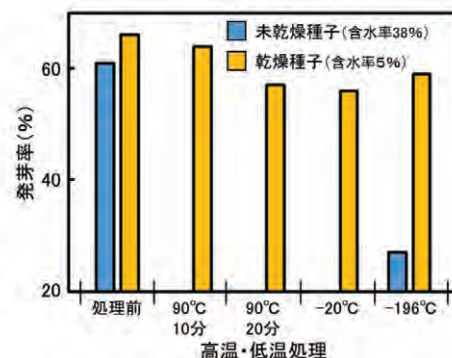


図1 高温および低温処理をしたスギ種子の発芽率

以上のことから、スギ種子は乾燥してアンヒドロビオシス状態になると、高温および低温に対して耐性を持つようになることがわかりました。

3. おわりに

生物材料を扱う際、それらの性質を理解することは極めて重要なことです。本研究結果は、スギ種子を保存・管理するうえで、種子を乾燥させることが非常に重要であることを明示しています。乾燥したスギ種子は、高温下に多少曝されても障害を受けず、発芽力を維持した状態で冷凍および超低温保存が可能であることがわかります。

今後、“なぜスギの種子は極度の乾燥に耐えることができるのか？”など、そのメカニズムを明らかにすることで、現在は長期保存が困難な、乾燥に弱い樹木の種子などに乾燥耐性を付与し、保存するための知見を得ることができると考えています。

本稿を執筆するにあたり、農研機構 生物機能利用研究部門 黄川田隆洋博士にご助言頂きました。心より感謝致します。

(遺伝資源部 保存評価課 遠藤 圭太)

新たな無花粉スギ品種「林育不稔1号」の開発

1. はじめに

林木育種センターでは、このたび、初期成長が精英樹と同程度に優れた無花粉スギ品種「林育不稔1号」を開発しました。以下にその概要を説明します。

2. 林育不稔1号の特性と開発経過

林育不稔1号は、すでに開発した無花粉スギ品種「爽春」と同じく、雄花は着けますが、正常な花粉を全く生産せず、花粉を出しません(写真1)。

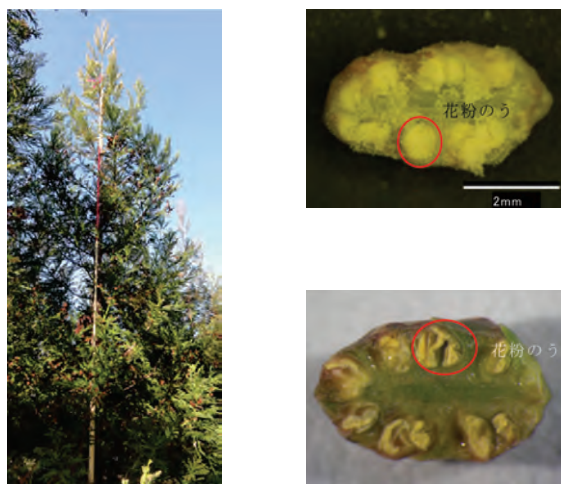


写真1 林育不稔1号(左)と成熟期雄花の断面(右)

通常のスギ(右上)は雄花にある花粉のうの中に多数の花粉が形成されているのに対して、無花粉スギ(右下)では、花粉が全く形成されていない。

また、林育不稔1号は、初期成長にも優れており、原木では定植後6年の樹高(育種用統計ソフトウェアASRmelによって推定された値)6.6mで対照として植栽した精英樹の6.7mに対して98%、原木から育成したさし木個体では定植後3年の樹高2.5mで対照として植栽した精英樹の2.2mに対して114%と、精英樹と同等またはそれ以上の初期成長を示します。また、通直性や材質もこれまでの調査において精英樹と同等です。

林育不稔1号は林木育種センターが平成16年に選抜し20年に品種登録された無花粉スギ品種

「爽春」を改良したものです。育成経過を図1に示します。最初に爽春(遺伝子型aa)を母親に2種類の精英樹(それぞれAA)を父親として交配を行い、雄性不稔(無花粉)遺伝子をヘテロ(Aa)で有するF₁世代を育成しました。次にF₁個体同士を交配して、F₂世代を作りました。F₂世代のうち25%の個体は無花粉(aa)の性質を持つので、その個体群の中から成長や通直性等が優れたものを選抜しました。

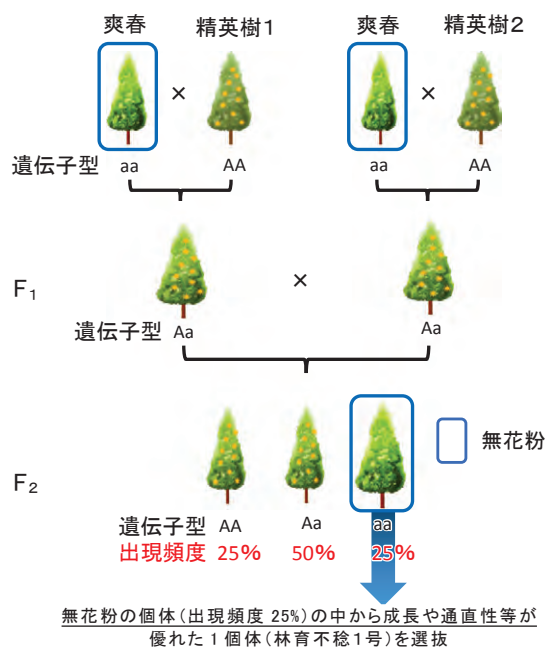


図1 林育不稔1号の開発の流れ

3. 今後の進め方

今後は、早期の普及に向けて、原種苗木の育成と原種園の造成を進めます。また、林育不稔1号等のF₂世代にエリートツリー等の優良個体を交配し、さらに改良を進めます。その際には、今年度新たに開発した爽春の雄性不稔DNAマーカーを活用し、育種期間の大幅な短縮を図ります。

(育種部 育種第二課 大平 峰子・坪村 美代子・育種部 星 比呂志)

平成28年度林木育種成果発表会の開催

平成29年2月2日(木)に、東京都江東区の木材会館において、「新品種が産みだす森林の未来」をテーマに、林木育種成果発表会を開催し、都道府県等から、約150名の方にご来場いただきました。



写真1 成果発表会会場の様子

名古屋大学大学院 戸丸信弘教授から、「森林の遺伝的管理を考える」の特別講演、静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター 山田晋也上席研究員から、「静岡県における特定母樹選抜の取組」の特別報告をいただきました。

林木育種センター・育種場からは、各研究分野の研究者から8課題について発表しました。

●平成28年度開発品種の解説

育種第一課 育種調査役 田村 明

●カラマツ種苗の安定供給に向けた技術開発の取組

育種第一課長 高橋 誠

●爽春と精英樹の交配による新たな無花粉スギ品種開発の取組

育種第二課 主任研究員 大平 峰子

●有用な樹木の凍結保存技術の開発に向けて

- 種子から冬芽まで -

保存評価課 研究員 遠藤 圭太

●ケニアにおける林木育種技術協力

- 郷土樹種を対象とした優良種苗の開発に向けた取組 -

海外協力課 主任研究員 宮下 久哉

●薬用樹木カギズラの生産効率化手法の開発

森林バイオ研究センター 室長 谷口 亨

●東北(第二区)の抵抗性クロマツ採種園におけるジベレリンを用いた着花促進試験

東北育種場 主任研究員 玉城 聡

●九州のスギ特定母樹とエリートツリーについて

九州育種場 育種研究室長 栗田 学



写真2 特別講演中の名古屋大学大学院 戸丸教授

また、質疑応答では、今回開発された「林育不稔1号」の特性やアカマツでの着花促進試験の実施等について、行政の担当者及び都道府県研究機関の研究者から、多くの質問が出され、参加者の林木育種への関心の高さが伝わってきました。



写真3 林木育種センター各部長等からの報告

最後に、平成28年度林木育種成果発表会の締めくくりとして、「優良品種等の早期普及に向けた取組」をテーマに当センターの各部長等から、優良品種を早期に普及させるため、品種開発の段階から育苗に至るプロセスにおいて、ネットワークの構築や民間企業との共同研究などに取り組んでいることなどを紹介しました。

国や都道府県、各研究機関・企業等たくさんの方にご来場をいただきましたことに感謝申し上げます。

(企画部 育種企画課 栗田 喜則)