ISSN 1883－311X

林木育種情報

No.41
2022.11

海外林業協力における『能力』『関与』『共感』

指導普及・海外協力部長　稲本　龍生

最近の新聞に掲載された海外の識者の論説によると、他国へのアプローチには「能力」「関与」「共感」の３つの側面があるそうです。

「能力」は相手国にはない技術や知見やそれを移転･実行するための設備や財政支援、人的体制、「関与」は支援を約束し、人が出向いて関わること、「共感」は相手国の事情を理解することだそうです。

当センターは、ケニアにおいて20年以上続いたJICA社会林業プロジェクト(農民に対し、作物の間に木を植えて毎年の農業収入と伐期の木材収入を奨励し、樹木のある国土の面積比率を拡大)の終了後、農民が農地以外への植林により収入を得ることや、企業が造林に投資することを目的として、成長が速く市場で好まれる品種を開発するプロジェクトを実施してきました。社会林業から商業的林業を通じた森林面積拡大へ、しかも郷土樹種でというケニア政府の方針転換が育種プロの開始につながりました。自生種を商業ベースに乗せるには、野生個体からの改良と組織的な種苗供給が必要でした。

そこでは、日本における70年近くにわたる林木育種事業で培ったスギやヒノキの集団選抜技術＝「能力」を、ケニアの郷土樹種メリア(センダン科)やアカシア(マメ科)に適用すべく、遺伝的多様性の把握、選抜の基本となる集団の形成(精英樹の選定)、交配や選抜を行う試験地の造成、統計解析など必要な技術をケニアの森林研究機関へ移転してきました。

また「関与」として、やはりJICAの技術協力プロジェクト＝相手国政府との国際約束のもとに活動を２期10年間継続することができました。また、伐期が15年程度と短いこともあって育種開始後７年で第２世代を選抜し、その成果をもって第３期プロジェクトを開始し、次世代に向け品種開発を継続しています。

このような枠組みの下、当センターには協力開始からずっと現地指導に携わっている研究者・技術者がいます。部署異動があっても自らのテーマとして関わり、或いは前任から引き継いで従事する人もいます。このような人的介入の継続も「関与」の重要な要素です。そこでは我々とケニア側との信頼が形成され、資金や機材目当てではなく、技術の確立を目指して不要なものは不要、失敗も隠さず次のステップに向け努力する姿勢が共有できています。

ただ、信頼関係があっても、事業は常に予定より遅れていきます。日本人のようにきちんと計画をたて、物事を運び計画を遵守する態度はあまりありません。あてにならない政府予算、急に変わるルール、乏しいインフラの中で詳細な計画は意味が薄いとケニア人は知っています。こうした事情を理解し、しかし相手に合わせるのではなく、手段を一つ一つ用意しながら、ゴールまでの逆算も示しつつ次のステップを促していく「共感」の繰り返しです。

海外担当としては、これら３要素のいずれが欠けても技術協力はうまくいかないと実感しています。これからも効果の高いプロジェクトを目指し、努力を重ねていきたいと考えています。

【紙面紹介】

コンテナ苗による集団林造成……2
エリートツリーの材質調査について……3
シラカンバ冬芽の越冬メカニズム……4～5
特定母樹の指定・配布状況について……6
Webセミナー「薬用樹木の栽培と利用」を開催……7
令和４年度林業研究・技術開発推進
　関東・中部ブロック会議育種分科会と
　関東地区特定母樹等普及促進会議等を開催 ほか
……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

コンテナ苗による集団林造成

林木育種センターでは、第二世代スギ精英樹等を交配して、第三世代精英樹候補木を選抜するための集団林を造成しています。造成にあたり、コンテナで育成した１年生実生苗を使用していますので、その苗木育成等の概要について紹介します。

１．交配による第三世代集団林の材料創出

集団林とは、エリートツリーの選抜をする母集団となっている検定林の代表的なものです。現在、関東育種基本区では主に第二世代のスギ同士を交配して、第三世代の精英樹候補木を選抜するための母集団を創出しています。集団林の基本設計は、成長が上位の精英樹を交配する親として24クローン選び、うち４クローンを１セットにしてハーフダイアレル交配を行っています。１セットからハーフダイアレル６家系、全体では６セット×６家系で合計36家系を創出します。これに対照となる成長が上位・中位の精英樹を加え、家系あたり30本程度を植栽し、合計で1,440本程度となります。ただし、交配に使用する親の数、対照家系の数、植栽する場所のブロックの数等により、検定林ごとの植栽本数は前後します。

２．スギ実生コンテナ苗の育成

交配して得られた種子を、１～３月に育苗箱あるいはセルトレイに播種し、ガラス温室内で乾かないようミスト散水で管理します。１ヶ月～１ヶ月半で発芽しますので、ピンセットで芽生えを抜いてコンテナへ移植します。なお、上述したように１家系あたり30本の苗木を出荷するため、１家系を１コンテナ(40穴)に移植して管理しています。移植に使う用土には、ココピートに緩効性肥料と炭酸苦土石灰を混ぜたものを使用しています。移植したばかりの芽生えは直射日光や乾燥に弱いので、しばらくガラス温室に置き、梅雨中に屋外へ出して梅雨の間に屋外の環境に順化させます。屋外に出した後は育苗机の上に置き、１日１回の散水で管理します(写真1)。また、用土に入れた緩効性肥料の肥効期間(100日)が過ぎた後、緩効性肥料を追肥します。こうして育成したコンテナ苗の多くは、播種した当年の冬には出荷サイズの苗高35cm、直径3.5mm（林野庁の山林用主要苗木標準規格の５号苗相当)に達します。

写真１　屋外でのコンテナ苗育成の様子

３．コンテナ苗の活着率

育成したスギ実生コンテナ苗は、主に播種翌年の５～７月に出荷します。2017年から2020年にかけて造成した検定林での活着率を図１に示しました。裸苗で造成した検定林の活着率は、年・場所によって変動があり、高い活着率を示す場合もありますが、植栽時期に乾燥気味であった検定林では活着率が低下しました。一方、コンテナ苗で造成した検定林の活着率は85%以上であり、場所・年を通して高い活着率であると言えます。今後もスギ実生コンテナ苗により集団林を造成しつつ、ヒノキについても育苗技術の開発を進めます。

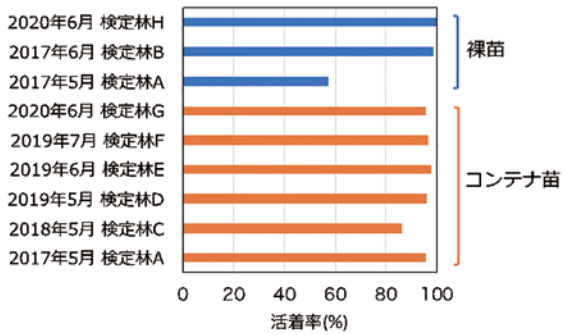

図１　2017年～2020年に設定した検定林における１成長期後の活着率

（育種部　育種第二課　大平　峰子）

エリートツリーの材質調査について

1．はじめに

農林水産省は2021年5月に策定した「みどりの食料システム戦略」のKPIとして、林業用苗木に占めるエリートツリーの比率を2030年までに3割、2050年までに9割以上に引き上げる目標を掲げました。林木育種センターでは、エリートツリーの普及に資するため、各地域で多様なエリートツリーの開発を進めています。エリートツリーの開発は、エリートツリー選抜実施要領に基づき、成長量、剛性、通直性等、スギ、ヒノキの場合は雄花着生性も調査し、基準を満たすものを開発しています。

本報告では、エリートツリー開発のための剛性の調査について紹介します。

2．剛性の調査について

家を建てるためには、地震や台風などの外力が加わっても変形が小さい頑丈な木材を使う必要があります。木材等の建築資材の剛性は、弾性係数(ヤング率)という指標で表され、数値が大きいと、外力が加わった時の変形が小さいことを意味します。エリートツリーは、将来、柱や梁等の建築用構造材として利用されることが想定されるため、従来の種苗と同等以上のヤング率を有する個体を選抜することが重要です。なお、ヤング率は、スギ、ヒノキ等において成長等の形質に比べて遺伝性の高い形質であることが知られており、品種改良により得られる改良効果は高い傾向にあります。

エリートツリーのヤング率の調査は、育種集団林等の試験地に植栽され、成長が優れていた数十から数百の個体を対象として、立木の状態で測定します。以前は対象個体を伐倒して、丸太の状態で測定を行っていましたが、この方法では伐倒によりその個体が失われてしまうため、さし木等での増殖・保存ができなくなってしまいます。しかし、その後の技術開発により、現在では立木の状態でヤング率を推定することが可能になっています。幹の中を伝わる音波(応力波)の速度を応力波伝播速度といいますが、スギ、ヒノキ等の育種対象樹種においては、応力波伝播速度が速いほどヤング率が高くなることが明らかになっています。写真1のように、立木の状態でこの応力波伝播速度を測定し、その測定値からエリートツリーの剛性を評価しています。この方法は、立木の状態で簡易的に行うことができるため、限られた調査期間内に多数の個体を調査することができます。

図1は、林木育種センターが申請したスギの内、特定母樹に指定されたエリートツリーの対照個体に対する応力波伝播速度の比率の頻度分布です。特定母樹に指定されたエリートツリーは応力波伝播速度が平均で1.14と大きな値となっていました。エリートツリーから生産される種苗は、従来種苗と同等以上の剛性をもつ材が生産できるものと期待されます。

写真1．応力波伝播速度測定の様子

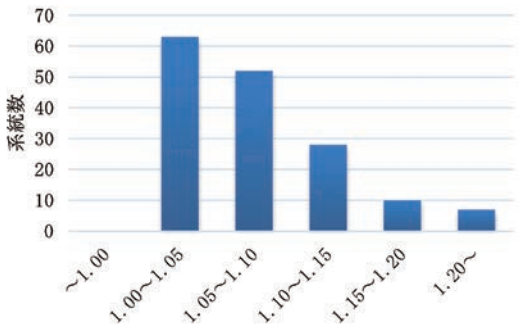

図1．エリートツリーの対照個体の応力波伝播速度の平均値に対する比率※の頻度分布

※エリートツリーと同一林分内の個体を対照とし、対照個体の平均値に対する比率として算出している。

（育種部　育種第二課　田村　明、高橋　優介）

シラカンバ冬芽の越冬メカニズム

１．はじめに

遺伝資源部では、より多くの林木遺伝資源を確実に長期保存するために、樹木の凍結保存技術の開発に取り組んでいます。この技術を効率的に開発するためには、保存サンプルの生物的特性をよく理解することが極めて重要です。

本稿では、寒冷な地域に広く分布する有用な北方樹木であるシラカンバ(*Betula platyphylla var. japonica*)の冬芽の越冬メカニズム研究について紹介します。

２．耐凍性

厳冬期（１～２月）に北海道でシラカンバの冬芽を採取して耐凍性を調べました(図1)。自然界で起こるような、緩やかな温度低下をプログラムフリーザーで再現して冬芽を凍結しました。そして、凍結によって傷害を受けた細胞からの電解質漏出量を測定するイオンリーケージ法によって、凍結した冬芽の生存率を調べました。その結果、-30℃以下まで凍結しても冬芽の生存率はほとんど低下しないことがわかりました(図1a)。さらに、厳冬期の冬芽の付いた枝を-30℃まで緩やかに凍結し、解凍後に水差しをすると、２週間後には多くの冬芽が展葉を開始しました（図1b)。これらの結果から、シラカンバの冬芽は-30℃以下までの凍結に耐えるほどの非常に高い耐凍性をもつことがわかりました。

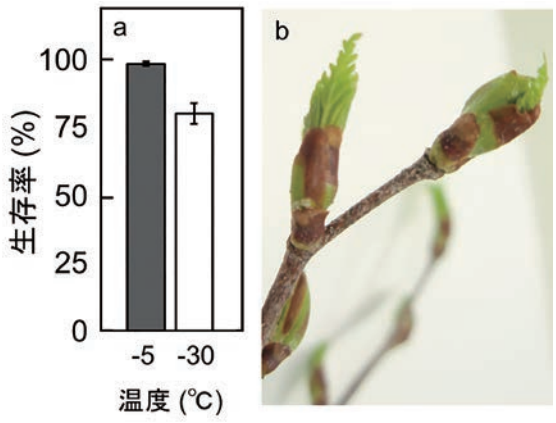

図1．シラカンバ冬芽の耐凍性
(a) イオンリーケージ法で調べた冬芽の生存率
(b) −30℃まで凍結した冬芽の開芽

３．Cryo-SEM（クライオセム）を用いた越冬メカニズム解析

氷点下の温度では、致死的な傷害となる細胞内での氷晶形成を防止することが細胞の生存にとって最も重要です。寒冷な地域に生育する植物は、この氷晶形成を防ぐ越冬メカニズムによって冬の氷点下温度に適応しています。

シラカンバの冬芽の越冬メカニズムを明らかにするためにCryo-SEM（クライオセム）を用いました。Cryo-SEMは、凍結した生物組織を細胞レベルで観察することのできる走査型電子顕微鏡です(写真1a)。観察するサンプルを載せるステージが-160℃以下に維持されてお

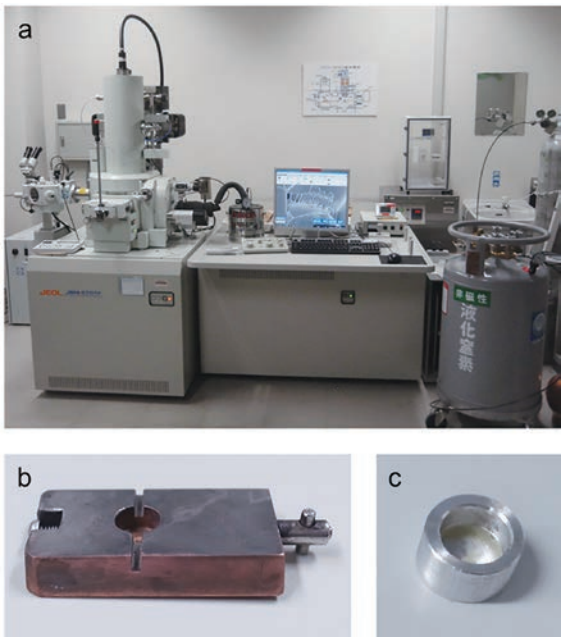

写真1. Cryo-SEM (a)と自作したサンプルマウント(b)およびホルダー（c)
冬芽をホルダーに固定して凍結処理し、マウントに設置して顕微鏡内のステージ上で観察を行う。

り、凍結状態のサンプルを観察することができます。操作に慣れるまで相当な時間を要しますが、他の顕微鏡では見ることのできない様々な生命現象を観察できるとても有用な研究ツールです。越冬メカニズムの研究だけでなく、形態観察、組織内外の水分分布の可視化、樹木では、道管や仮道管内の水の有無などを調べたりすることにも利用されています。

本研究で観察したシラカンバの冬芽のように、生物から採取したサンプルは大きさや形がそれぞれ異なり、既製の顕微鏡用治具だけでは観察することが困難です。そのため、本研究は観察用治具の自作からスタートしました。単にサンプルを固定するだけでなく、装置内での操作性などの性能が求められ、0.1mm単位でサイズを微調整して、冬芽の形態に適したサンプルマウント（写真1b）とホルダー（写真1c）を試行錯誤して完成させました。

この自作の治具を用いてCryo-SEMでシラカンバの冬芽の凍結挙動を細胞レベルで観察しました（写真2）。シラカンバの冬芽（葉芽）には、数層の芽鱗に囲まれた内部に、折りたたまれた数枚の葉原基があります（写真2a）。また、冬芽の基部に近いところには成長点があります。組織の間は非常に粘度の高い未同定の物質で満たされています。このような多様な組織からなる冬芽の構造をCryo-SEMで観察すると、凍結前には組織内部の細胞間に空隙（矢印：細胞間隙）があることがわかりました（写真2b）。また、細胞レベルでの観察では、円形や楕円形の細胞と細胞内に水分が確認されました。これに対し、-30℃まで緩やかに凍結した冬芽では、組織内部の細胞間隙に析出した氷晶（★）と著しく収縮、変形した細胞が観察されました（写真2cとd）。これらの細胞は-30℃まで緩やかに凍結される過程で完全に脱水し、収縮した細胞の内部には水分がないことがわかりました。このように、細胞が水分を内から外へ脱水し、その近傍部位へ氷晶を析出させる越冬メカニズムを「細胞外凍結」と言います。すなわち、シラカンバ冬芽の細胞は、「細胞外凍結」によって冬季の氷点下温度に適応し、越冬していることが明らかとなりました。

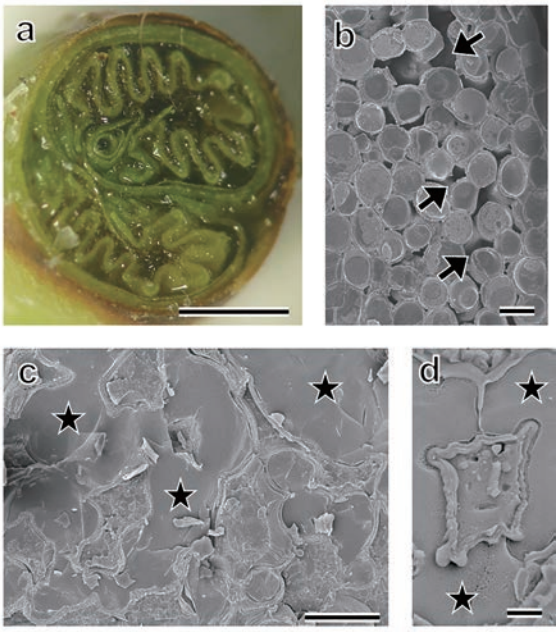

写真2．シラカンバ冬芽の凍結挙動
(a)冬芽の横断面
(b)凍結前の葉原基　矢印、組織内部の細胞間隙
(cとd)凍結した冬芽の葉原基(c)と細胞(d)。
★：析出した細胞外氷晶。
Bar(a) = 1 mm. Bars (bとc) = 10 μm
Bar(d) = 1 μm.

「細胞外凍結」は、多くの草本植物にも共通のメカニズムであり、樹木の常緑葉や皮層組織の細胞では「細胞外凍結」が見られます。一方、冬芽が「細胞外凍結」する樹種は珍しく、多くは「器官外凍結」と呼ばれる異なった越冬メカニズムを持ちます。“なぜ冬芽は樹種によって異なる越冬メカニズムを持つのか？”、この大変興味深いテーマについて現在も研究中です。

ここで紹介した内容は、Endoh and Fujikawa (2021) Tree Physiology 41: 606-618で公表しています。

（遺伝資源部　保存評価課　遠藤　圭太）

特定母樹の指定・配布状況について

1．はじめに

「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」（間伐等特措法）（平成20年法律第32号 最終改正：令和3年法律第15号）では、特に成長に優れ、花粉量が一般的なスギやヒノキに比べて概ね半分以下のものを、農林水産大臣が「特定母樹」として指定し、その増殖の実施の促進を図ることとされています。

林木育種センターでは、都道府県と認定特定増殖事業者（都道府県知事が認定した民間事業体等）による採種穂園の造成等の目的のため、特定母樹の原種を配布しておりますので、ご紹介いたします。

2．特定母樹の指定状況

制度が開始された平成25年度から令和3年度末までに、林木育種センターが開発したエリートツリー等の中から、特定母樹指定基準を満たした382系統が農林水産大臣から特定母樹に指定されています。そのうちの約8割がエリートツリーから選ばれています（表1）。

なお、県から選抜され特定母樹に指定された系統数と合算した全国での総計は456系統です。

表1　特定母樹の指定状況（系統数）

育種基本区	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ	合計
北海道			1	29 (29)	30 (29)
東北	85 (45)		18 (18)		103 (63)
関東	40 (40)	17 (17)	62 (62)		119 (119)
関西	50 (50)	40 (40)			90 (90)
九州	39 (18)	1 (1)			40 (19)
合計	214 (153)	58 (58)	81 (80)	29 (29)	382 (320)

（注1）各欄下段の（ ）内の数値はエリートツリー数で内数
（注2）カラマツのうち、北海道はグイマツ

3．特定母樹の原種苗木の生産と配布状況

林木育種センターでは、都道府県等から要望のあった特定母樹等について、原種苗木の生産配布を行っています。スギ、ヒノキは、要望のあった特定母樹等の穂木を林木育種センター内に植栽している個体から採取し、つぎ木やさし木により、増殖を行っています。カラマツは、長野増殖保存園（長野県御代田町）内に植栽している特定母樹等の個体から採穂を行っています。また、増殖した全ての原種苗木についてラベルを表示するとともに、苗木1本1本から試料（葉）を採取し、ＤＮＡ鑑定を行い、系統を確認した上で都道府県等に配布するなど、系統管理の徹底を図っています。

特定母樹の原種については、平成25年から令和3年度までの9年間に全国で約56千本を配布しています。内訳はスギ約40千本、ヒノキ約8千本、カラマツ約4千本、グイマツ約4千本です。

また、毎年度に配布本数の3～4割を認定特定増殖事業者に配布しています（図1）。

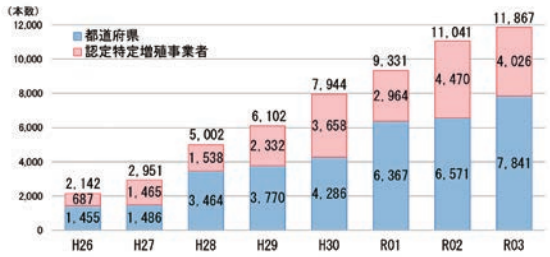

図1　特定母樹の原種配布本数の推移

4．今後について

新たな森林・林業基本計画において、カーボンニュートラルの実現のため、引き続き間伐等特措法に基づきエリートツリー等で再造林を行うこと等が掲げられています。

林木育種センターでは開発したエリートツリー等の中から、今後も特定母樹に申請し特定母樹を普及することで貢献してまいります。

（指導普及・海外協力部　指導課　澤村　高至）

Webセミナー「薬用樹木の栽培と利用」を開催

令和４年10月13日(木)にWebセミナー「薬用樹木の栽培と利用」を開催しました。都道府県や民間企業、大学、研究所等から、93名の方にご参加いただきました。

当日は、国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所 薬用植物資源研究センター長 吉松嘉代氏より「薬用植物、生薬、漢方薬、生薬生産の現状、薬用植物資源研究センターの業務内容について」と題した特別講演、また、奈良県産業振興総合センター 産業技術研究部バイオ・食品グループ統括主任研究員 立本行江氏より「奈良県研究分野統合本部におけるキハダの取り組み」と題した特別講演をそれぞれいただきました。

講演中の薬用植物資源研究センター　吉松センター長

講演中の奈良県産業振興総合センター　立本統括主任研究員

吉松センター長からは、薬用植物に関する全般的な基礎から生薬生産の国内外における現状についての説明、薬用樹木であるシナニッケイの組織培養による増殖方法、カンゾウなどの地下部を利用部位とする薬用植物用の特殊な水耕栽培装置の紹介など、基本から応用に至る幅広いお話をいただきました。

また、立本総括主任研究員からは、奈良県の「漢方のメッカ推進プロジェクト」で進めている薬用樹木キハダについて、実と葉の栄養・香気成分やビタミン含量、機能性や安全性評価、加工食品への応用等、薬用利用以外の部位を食品とするための技術開発を中心に薬用成分、育苗、木材利用や生育地調査についても、幅広く大変興味深いお話をいただきました。

続いて、森林バイオ研究センターが研究総括として実施している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薬用樹木カギカズラに関する研究の成果報告が行われました。

1．事業の概要説明
　谷口亨(研究総括者　森林バイオ研究センター長)
2．カギカズラの組織培養やさし木によるクローン苗生産
　小長谷賢一・谷口亨(森林バイオ研究センター)、
　伊藤哲男(有限会社イトウグリーン)
3．カギカズラの栽培、収穫、加工調整の効率化の試み
　小林泰子・服部侑・三井友宏(三重農業研究所)、
　伊藤哲男(有限会社イトウグリーン)
4．カギカズラの薬用部位の収量と成分の系統評価
　谷口亨・小長谷賢一(森林バイオ研究センター)、
　岩島誠(鈴鹿医療科学大学)、
　中村賢一(九州保健福祉大学)、
　磯田圭哉(林木育種センター)
5．カギカズラの人工交配と凍結保存
　遠藤圭太(林木育種センター)、
　小長谷賢一(森林バイオ研究センター)
6．カギカズラの葉のお茶の試作
　野村茂広(三重農業研究所)
7．カギカズラの葉の成分分析
　今井貴規・山本有菜・水谷仁哉(名古屋大学)
8．カギカズラの葉の機能性探索と安全性の評価
　森田直樹・坂下真実・奥澤亜美(産業技術総合研究所)
9．国産カギカズラのビジネス戦略
　加藤宏明(伊勢くすり本舗株式会社)

事業概要説明中の森林バイオ研究センター　谷口センター長

発表後の質疑では、エチレンを用いたカギカズラの落葉処理後の品質に変化は無いか、種子の最も適した保存方法は何かなどについて質問がありました。

本セミナーを通じて、薬用樹木の利用に対する意見交換を踏まえながら、さらなる技術開発と普及を進めていく考えです。

（森林バイオ研究センター　小長谷賢一）

令和４年度林業研究・技術開発推進関東・中部ブロック会議育種分科会と関東地区特定母樹等普及促進会議等を開催

９月13日、令和４年度林業研究・技術開発推進関東・中部ブロック会議育種分科会を、林野庁と(国研)森林研究・整備機構の共催により開催しました。この会議は、林野庁、林木育種センター、都県等の連携による林木育種の推進を目的として毎年開催しています。

今年度の関東・中部ブロック会議は新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から、対面とオンラインの併用で開催されました。

会議では林木育種センターから、優良品種の開発・普及の状況等に加え、林木育種推進計画の改訂について、エリートツリーと特定母樹及び開発品種の関係、林木遺伝資源の保存・収集について等の説明をしました。

また、都県より特定母樹に関する取組や花粉症対策品種に対する取組、林木遺伝資源に対する取組などの紹介がありました。

ブロック会議育種分科会終了後には引き続き、静岡県による現地情報交換会として特定苗木の早期安定供給に向けた閉鎖型採種園による種子生産の説明がオンラインにより行われ、静岡県が閉鎖型採種園を導入した経緯から現状と今後の課題等の説明がありました。

なお、北海道、東北、近畿・中国・四国、九州の各ブロックについても９月から10月にかけてブロック会議育種分科会が開催され道府県、森林管理局との討議が行われました。

また、７月29日には関東地区特定母樹等普及促進会議がオンラインにより開催され、主にカラマツについての取組、採種園の管理等の議題について説明が行われました。

今年度はカラマツをテーマとしていることから、カラマツ育種技術連絡会との共催となり関東育種基本区内の都県及び北海道、青森県、岩手県、山形県、鳥取県、伊那市等、全国山林種苗協同組合連合会、都県山林種苗協同組合、ほか林業関係の企業・団体、林野庁、東北、関東及び中部森林管理局、森林総合研究所、森林整備センター、森林保険センターに参加いただきカラマツ特定母樹の増殖に関わる技術情報、山梨県のカラマツの既存採種園の再生への取組や岩手県でのカラマツ採種園の管理技術、クリーンラーチの開発の経緯や苗木生産、普及など、カラマツにかかる情報について、参加者と情報交換をしました。

また、特定母樹の採種園における種子生産やそこから得られた種子から育成した苗木の成長性等について活発な質疑応答が行われました。

一般公開「第25回親林の集い」を開催

10月22日(土)に林木育種センターの一般公開「第25回親林の集い」が開催されました。新型コロナウイルス感染拡大防止のため令和2年度、3年度と中止となっていたので3年ぶりの開催となり今年度は人数を制限しての事前予約制で午前の部は88名、午後の部は55名の方々に参加いただきました。

研究施設探索ツアーや森の迷路、森のクイズラリー等のほか森林総合研究所による樹木精油の香り体験や森林整備センター、森林保険センターによる木製品の絵付け、茨城森林管理署によるリース作り等、来場者に楽しく体験していただくとともに当センターの事業や日頃の研究成果を紹介することができ、また森林の大切さや木材利用に対する理解を深め、森の恵みとのふれあいを通じて、地域住民との交流を図ることのできた一般公開となりました。

（企画部　育種企画課　千葉　一美）

表紙タイトル写真

第３期プロジェクトに携わるケニア森林研究所の研究者・技術者と。ケニアTiva検定林にて令和４年２月。

間伐は みどりを育てる 深呼吸
間伐材用紙を使用しています
リサイクル適性Ⓐ
この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。

林木育種情報　No.41　令和 4年 11月 30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