



## 気候変動適応策としての海外との技術・研究協力の展開

海外協力部長 川島 裕

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書（AR5）によると、21世紀末に向けて世界の平均気温の上昇が予測されており、気候変動の影響により、海面上昇や異常気象の増加等による深刻な影響が懸念されています。また、気候変動対策については、緩和策による温室効果ガスの削減とともに、気候変動の影響による被害の回避・軽減等を図る適応策の取組が一層重要となっています。このような情勢の下、森林総合研究所林木育種センターでは、気候変動への適応策等に資するため、国際的な林木育種の技術開発や共同研究を進めています。

その一つとして、国土の約8割を乾燥地や半乾燥地が占め、気候変動の影響により干ばつなどの頻発が懸念されているケニアにおいては、国際協力機構（JICA）技術協力事業「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」（2012～2017年）をケニア森林研究所（KEFRI）と協力して実施し、乾燥に強く、用材や薪、飼料等として利用されるケニアの郷土樹種（メリア、アカシア）の育種を進めました。その成果の一つとして、この度、優良品種の遺伝的多様性保全のためのガイドラインを作成しました。2017年からは、JICA 技術協力事業「持続的森林管理のための能

力開発プロジェクト（林木育種コンポーネント）」に移行し、さらにメリア、アカシアの育種研究に関する技術協力を進めています。

また、海面上昇の影響に対して特に脆弱な太平洋島嶼国や、台風等の災害リスクの高い台湾の間では、耐風・耐塩性が高く防風林として広く植栽されるとともに、材質が優れ化粧品原料等としても利用されているテリハボクについて、早期成林を可能にする育種に関する共同研究（台湾：2011～2021年、太平洋共同体：2012～2022年）を進めています。この他、温暖化によるマツノザイセンチュウ被害の北上が懸念されるフィンランドとの間では、フィンランド自然資源研究所と共同で、北欧等の主要な造林樹種であるヨーロッパアカマツのマツノザイセンチュウ抵抗性に関する共同研究（2010～2020年）を進めています。

2015年の国連サミットでは、貧困対策や気候変動対策、持続可能な森林の経営、砂漠化への対処等を含む17の目標からなる持続可能な開発目標（SDGs）が採択されました。森林総合研究所林木育種センターでは、引き続き海外の研究機関、国際機関と連携し、国際的な技術協力や共同研究を通じて、地球規模の課題に対する国際貢献に取り組んで参ります。

### 【紙面紹介】

特定母樹の活用に向けて……………	2～3	遺伝子組換えスギの隔離ほ場栽培試験の成果……………	6
エリートツリー等の原種増産技術の開発に向けて…	4	ゲノム育種推進拠点施設の整備……………	7
アオダモの地理的変異の研究……………	5	「コウヨウザンの特性と増殖の手引き」を公表……………	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

# 特定母樹の活用に向けて

## 1. はじめに

特定母樹については、平成25年に改正された「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」(平成20年法律第32号)(間伐等特措法)に基づき、特に優良な種苗を生産するための種穂の採取に適する樹木であって、成長や雄花着生性等に係る基準(注)を満たす個体を農林水産大臣が「特定母樹」として指定しています。林木育種センターでは、平成25年度から特定母樹の指定を受けるとともに、都道府県等の採種園・採穂園の整備を推進するため特定母樹の原種苗木(苗木・穂木)を生産・配布しています。今回は、この取組を紹介します。

(注)成長量が同様の環境下の対照個体と比較しておおむね1.5倍以上、雄花着生性が一般的なスギ・ヒノキのおおむね半分以下等。

## 2. 特定母樹の指定状況

平成30年3月末現在、全国で274系統の特定母樹が指定されています。このうち、林木育種センターではエリートツリー(注)を中心(約8割)に特定母樹の申請を行っており、現在まで246系統が指定されています(表1)。

(注)エリートツリーとは、第2世代以降の精英樹。

表1 特定母樹の指定状況(林木育種センター)

育種基本区	樹種				計
	グイマツ	スギ	ヒノキ	カラマツ	
北海道	1				1
東北		42 (32)		9 (9)	51 (41)
関東		47 (36)	14 (14)	44 (44)	105 (94)
関西		26 (26)	24 (24)		50 (50)
九州		38 (18)	1 (1)		39 (19)
計	1	153 (112)	39 (39)	53 (53)	246 (204)

注:( )内は、エリートツリーで内数。

## 3. 特定母樹の原種苗木の生産

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、原種苗木の配布を行っています。スギ、ヒノキの場合、要望のあった特定母樹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。

カラマツの場合、特定母樹の指定から日が浅く、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の個体から採穂できないため、国有林内にある検定林の原木から直接、穂木を採取し、同園にて、つぎ木増殖を行っています(写真1)。



写真1 つぎ木増殖中のカラマツ特定母樹

また、林木育種センターでは、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(写真2)。



写真2 ラベル表示と試料採取(長野増殖保存園)

## 4. 特定母樹の原種苗木の配布状況

林木育種センター・各育種場(以下、「林木育種センター等」という。)では、特定母樹の原種苗木の配布を平成26年度から開始しました。平成29年度における特定母樹を含めた原種苗木の配布実績は、17,866本となり、特定母樹の配布を行う

前の平成25年度と比較すると、約1.8倍となっています(図1)。

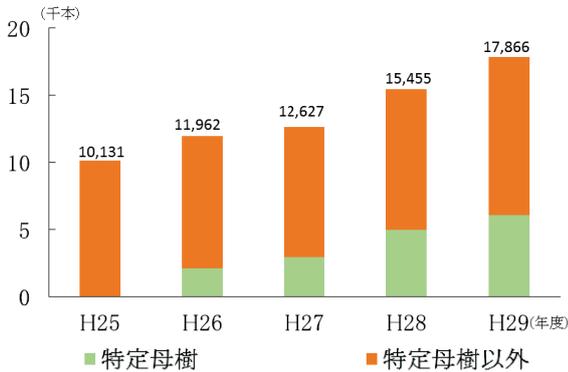


図1 原種苗木の配布状況

特定母樹の原種苗木の配布状況は、平成26年度約2,000本程度だったものが、平成29年度は、その約3倍にあたる6,102本となりました。樹種別に見ますと、平成29年度における特定母樹の配布実績は、スギ4,256本、ヒノキ464本、カラマツ204本、グイマツ1,178本となっています(図2)。

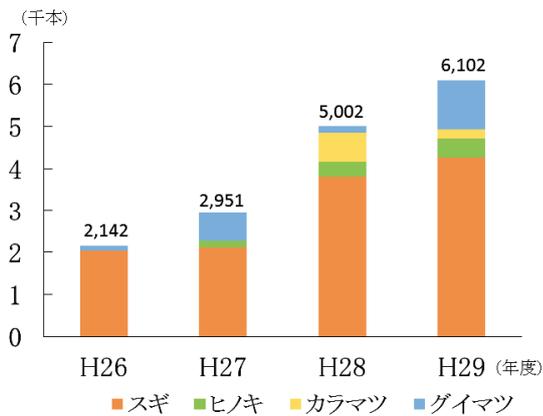


図2 特定母樹の原種苗木配布状況(樹種別)

民間事業者等である認定特定増殖事業者(注)への特定母樹の配布も平成26年度から行っており、平成29年度は、18事業者に特定母樹2,332本を配布しました。これは、前年度と比較し、1.5倍となっています(図3)。

なお、平成29年度には、関東育種基本区内では初めてカラマツ特定母樹つぎ木苗木204本を3県に配布しました。

(注)認定特定増殖事業者は、間伐等特措法に基づき都道府県知事が認定した民間事業者等。

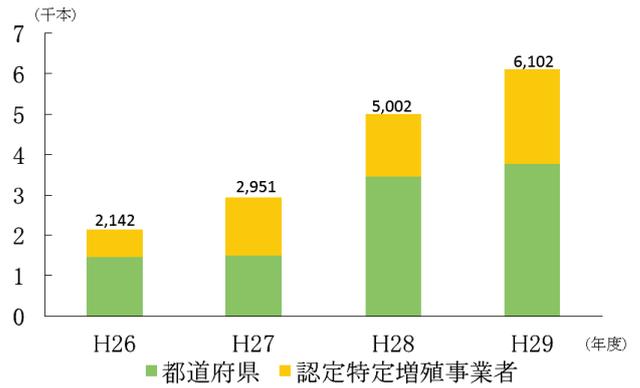


図3 特定母樹の原種苗木配布状況(配布先別)

このほか林木育種センター等では、特定母樹や開発した品種の早期普及を図るため、都道府県等からの要請により、技術指導を行っています。

特に、育種基本区内に認定特定増殖事業者が多い北海道育種場では、北海道庁との連携のもと、つぎ木増殖や採種園の造成等の現地指導等を年50回程度行うなど、特定母樹の普及促進を技術面からも支援しています。

## 5. 特定母樹の今後について

本格的な利用期を迎えつつある人工林の主伐・再造林の増加が見込まれている中、本年4月に、「スギ花粉発生源対策推進方針」(林野庁長官通知)が改正され、花粉症対策品種のスギ苗木とともに、特定母樹から採取された種穂から生産されたスギ苗木が花粉症対策に資するスギ苗木として位置づけられました。

林木育種センターでは、今後も、エリートツリーを主体に特定母樹の申請を行うとともに、適切な系統管理のもと、効率的な増殖を行いながら、都道府県等が整備している採種園・採穂園へ確実に原種苗木を提供していくことにより、林業の成長産業化や地球温暖化防止、花粉発生源対策等に貢献できるよう取り組んでまいります。

(育種部 指導課 山田 徹)

# エリートツリー等の原種増産技術の開発に向けて

## 1. 事業の趣旨

我が国の人工林の半数以上は、一般的な主伐期である10歳級以上となっており、それに伴って更新期を迎えています。主伐後の再生林を着実に進めていくためには、優良な種苗を低コストで安定的に供給する必要があり、種苗を生産する基となる健全な原種苗木を安定的に供給することが重要となっています。このため、農林水産技術会議委託プロジェクト研究「新世代林業種苗を短期間で開発する技術の開発」(平成24～27年度)の成果を受け、平成30年度の「エリートツリー等の原種増産技術の開発事業」(林野庁補助事業)に、森林総合研究所林木育種センターと京都大学が取り組んでいます。

## 2. 事業の概要

本事業では、スギを対象としエリートツリーの原木等から、3年の育成期間で原木1本あたり300本の原種苗木を生産する技術の開発を目標としています。開発にあたっては、これまで林木育種センターが培ってきた、採穂台木の管理技術、さし木技術、つぎ木技術及び採穂台木やさし木・つぎ木苗木の育成技術を基本とし、農林水産技術会議委託プロジェクト研究で得られた、原木から採取した20本の穂から3年間で100本以上の原種苗木を生産できる技術と、近年改良が進んでいる環境制御による育成技術等を組み合わせることにより、原種苗木の生産性を向上させることとしています。

エリートツリーは、系統あたりの原木の本数が1本～数本しかない場合が大半です。また、さし木林業地帯である九州育種基本区では、さし木発

根性が高いスギエリートツリーが選ばれていますが、他の基本区では、さし木等の増殖特性は様々であり、これらについても、3年という短い育成期間において多くの原種苗木を生産することを目標としています。このため、様々な技術開発課題を設定しています。例えば、従来はエリートツリーの原木や採穂台木から発生した勢いのある枝を採取し、先端のみを穂木としてさし木あるいはつぎ木を行ってきました。ここから得られる穂木は、これまでは、多くても20本程度でしたが、より多くの穂木が活用できるような技術開発を行っています。また、系統によっては、さし木発根性が低いことが予想されますので、そのような場合への技術的対応も検討しています。

また、原種苗木は、育成された場所(苗畑)と植栽する場所(造林地)では、気象などの環境条件が異なる場合がしばしばあります。また、短期間で育成される原種苗木については、植栽後の成長や生存率についての懸念もあります。このため、多様な環境条件に耐えうる健全な原種苗木を生産するための技術開発にも取り組む考えです。

さらに、本事業で開発される技術は、都道府県や認定特定増殖事業者が採種園・採穂園の採種木・採穂木を育成する際に活用されることも念頭に置いています。このため、有益な技術情報については随時提供していきたいと考えています。

様々な課題を解決しなければならない開発事業ですが、急増する原種苗木の需要に応え、かつ質の高い健全な原種苗木の安定的な供給に向けて技術開発を進めていく考えです。

(育種部 育種第一課 田村 明)

# アオダモの地理的変異の研究

## 1. アオダモとは

アオダモはモクセイ科トネリコ属の亜高木性樹木で、日本では北海道から九州に分布します。樹高は10～15m程度で林内で目立つ樹種ではありませんが、5月から6月初めには白い円錐形の花が目を惹きます。材の強度が高く粘りが強いいため、特に北海道産のアオダモは優良な野球バットの原料として知られていますが、過去の伐採、シカやササによる更新阻害による資源の減少が危惧されています。このため、国産材バットの持続的な生産に向けて、NPO法人「アオダモ資源育成の会」などによる植樹活動が進められています。

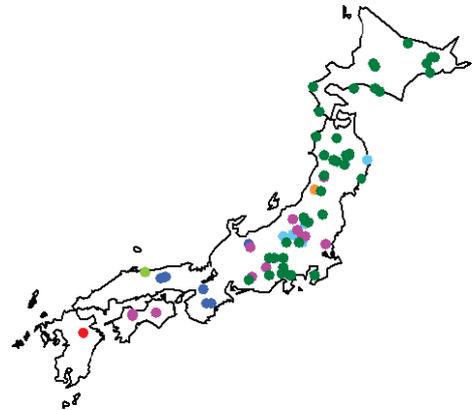


図1 アオダモにおける葉緑体DNAのハプロタイプマップ(色ごとに異なるハプロタイプを示す)

## 2. アオダモの葉緑体DNA塩基配列による地理的変異の解明

アオダモの着花(果)には豊凶があり、5～8年に一度豊作となる比較的長い豊凶周期が見られます。豊作の年に十分な量の種子が確保できればよいのですが、地元産種子が不足すれば他産地の苗木を植栽する必要があります。しかし環境が大きく異なる地域間で種苗を移動すると、周辺の天然集団と遺伝的に異なる種苗を持ち込んでしまう可能性があります。この場合、植栽木が環境に適応できずに枯死したり、成長して周囲に自生する個体と交雑することにより天然集団を衰退させてしまったりすることが懸念されます。そこで私たちは、アオダモの生育地による遺伝的な違いを検討するため、全国66カ所に生育するアオダモを対象に葉緑体DNAの塩基配列の変異を調べました。

葉緑体DNAの6領域において13か所の塩基置換が検出され、その組み合わせにより7種類のハプロタイプ(葉緑体やミトコンドリアDNAの遺伝子タイプのこと)が見出されました。それぞれのハプロタイプの分布を見ると、中部地方から北関東にかけて多様なハプロタイプが検出されたほか、北日本と西日本とは遺伝的に異なる系統が分布することが示唆されました(図1)。一方で北海道内では1種類のハプロタイプのみが検出されていることから、道内での種苗の移動が問題となる可能性は低いと考えられます。

また、北海道育種場では北海道内の6産地で採取した種子から育成した実生苗を用いて3か所の産地試験地を設定しており、成長に関する産地間変異についても調査を進めています(図2)。5年次の苗高では、家系による差異は認められるものの産地による差異は認められず、北海道内では産地による違いは小さいものと推測されます。



図2 産地試験地の種子の採取地(青)と試験地の位置(赤)

## 3. 国産材バットの持続的な生産に向けて

北海道育種場では本稿で紹介した地理的変異に関する研究だけでなく、優良クローンの収集や保存、コンテナを用いた苗木の育成方法の検討にも取り組んでいます。今後も産地試験地での調査の継続や優良クローンを利用した種子生産手法の検討などによるアオダモ資源の充実を通して、国産材バットの持続的な生産に貢献したいと考えています。

(北海道育種場 育種課 福田 陽子)

## 遺伝子組換えスギの隔離ほ場栽培試験の成果

### 1. はじめに

遺伝子組換え技術は、目的の遺伝子を導入して特定の性質を付与することにより、短期間で確実に品種を改良できる育種技術の一つです。森林バイオ研究センターではこの技術を活用し、花粉症対策の一つとしてスギを無花粉化させる技術を開発し、これまでは温室で試験栽培を行ってきましたが、国の承認を得て野外での試験栽培を3年間実施しました。なお、本研究は針葉樹の遺伝子組換え林木を野外栽培した国内初の研究事例です。

### 2. 遺伝子組換え無花粉スギと隔離ほ場栽培試験について

スギ花粉は雄花の中で作られますが、雄花の花粉形成に関わる細胞が破壊されると、花粉ができなくなります。そこで、バルナーゼと呼ばれる細胞の活動を抑える遺伝子をスギへ導入し、雄花で働かせたところ、元々花粉のできるスギが花粉を全く作らなくなり、遺伝子組換えによってスギを無花粉化できることが確認できました。

遺伝子組換え無花粉スギの実用化にあたっては、野外でも無花粉性が維持され、通常の子組換えスギと同じように成長するかどうかを明らかにする必要があります。そこで、国の承認を得て、平成27年4月に隔離ほ場と呼ばれるフェンスで囲まれた試験ほ場に遺伝子組換えスギと非遺伝子組換えスギを植栽し、野外試験を開始しました(写真1)。

ジベレリンへの浸漬処理による着花誘導を毎年行い、雄花の花粉のう(花粉をためる袋状の器官)を顕微鏡で観察したところ、非遺伝子組換えスギの花粉のうの中には花粉が無数に形成されていましたが、遺伝子組換えスギでは試験した3系統ともに調査した雄花のすべてにおいて花粉が全く観察されませんでした(写真2)。このように、遺伝子組換えにより付与した無花粉性は野外でも安定し

て維持されることがわかりました。また、樹高は3年間でおよそ5mに達し、遺伝子組換えスギの成長は樹高・根元直径ともに非遺伝子組換えスギと大きな差がないことも確認できました。

### 3. おわりに

平成29年12月には隔離ほ場栽培試験を終了し、栽培したスギは不活化のため伐採・チップ化後、隔離ほ場内にすき込みました。本研究において、遺伝子組換え技術によりスギに意図したとおりの性質を付与し、野外栽培においても実証できた意義は大きく、これらの技術が今後スギの品種開発に役立つ可能性を示しています。本技術を礎に、さらにゲノム編集等の新しい育種技術(林木育種情報No.20参照)へ活用する研究を進めています。



写真1 隔離ほ場における遺伝子組換え無花粉スギの栽培試験(平成29年10月撮影)

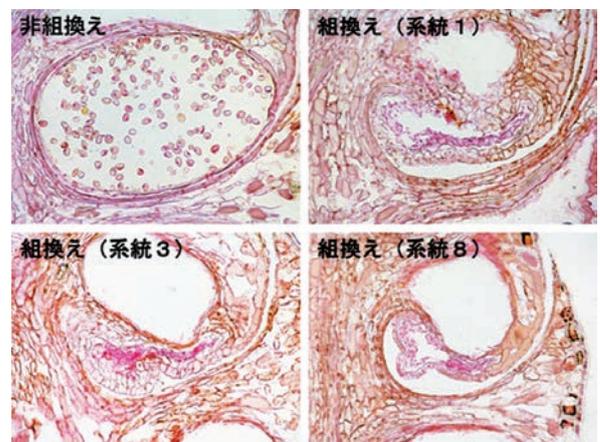


写真2 隔離ほ場で栽培した遺伝子組換え無花粉スギの雄花断面の顕微鏡像(平成29年10月に採取した雄花について花粉のうの部分拡大した)

(森林バイオ研究センター 小長谷 賢一)

## ゲノム育種推進拠点施設の整備

### 1. 林木のゲノム育種

林木育種の成果として、これまで様々な優良品種が開発されてきました。林木は成木になるまで時間がかかるため、品種開発には非常に長い年月を要してきました。一方で、林木育種に求められるニーズは多様化しており、これらに適切に対応するため、育種年限の短縮、つまり林木育種の高速化が求められています。その方法のひとつとして有望視されているのが「ゲノム育種」です。

あらゆる生物は、設計図としてDNAにすべての遺伝情報(ゲノム)をもちます。ゲノム育種とは、こうした情報を利用して行う育種を指します。これまでの研究成果から、林木におけるゲノム育種の実用化の可能性が見出されつつあります。これらの状況を踏まえ、林木育種センターでは平成29年度にゲノム育種を推進するための施設整備を実施しました。ここではその概要を紹介します。

### 2. ゲノム育種推進拠点施設の概要

ゲノム育種では、表現型を左右する遺伝子型の変異の目印となるDNAマーカーを見つけ、育種における情報として利用します。有効なDNAマーカーを開発するためには、大量の遺伝子型情報だけでなく、それと対になる表現型情報を多数の系統や個体で取得する必要があります。このため、本施設整備では「シーケンス解析室」と「ゲノム育種実験室」の2つの実験室を整備し、遺伝子型情報と表現型情報を高効率に取得するための実験機器を配置しました。

### 3. 新たに導入した分析機器

遺伝子型情報の取得のための機器として、育種素材や研究材料の個体識別や親子鑑定、シーケ

ンス解析(塩基配列の決定)を効率的に行うための最新のキャピラリーシーケンサーを整備しました。さらに、DNA・RNAの抽出、品質チェックならびに分析までの一連の実験工程を効率化するための機器類を整備しました。これらの分析機器と既に設置している次世代シーケンサーを連携して運用することにより、大量の遺伝子型情報を迅速に取得することが可能になります。

表現型情報の取得のための機器としては、最新の光合成速度測定装置や、樹木個体のストレス状態を明らかにできるクロロフィル蛍光測定装置を導入しました。これにより樹木個体の成長性と関連の深い生理学的パラメータの迅速な測定が可能になります。また、照射した近赤外光の吸収波長の違いにより試験体に含まれる物質の種類や量を推定するための近赤外分析計と、試験体に外力を加えた時の試験体の変形量をCCDカメラにより測定する非接触伸び歪み計を整備しました。これらにより、木材の強度や含有成分量の迅速・簡便な測定が可能になります。

今後は、これらの施設により林木におけるゲノム育種を推進し、育種の高速化に取り組んで参ります。



写真1 シーケンス解析室内の様子

(育種部 育種第一課 平岡 裕一郎)

# 「コウヨウザンの特性と増殖の手引き」を公表

## 1. はじめに

近年、林業関係者の間で早生樹の「コウヨウザン」が注目されていますが、それに伴い「コウヨウザン」について様々な方から問い合わせを受ける機会が多くなってきました。「コウヨウザン」については、成長や材質等、実際にどのような特性を有しているのか、どのような地域が植栽に適しているのか、種子の取扱いはどうしたら良いのか等について、詳しい情報が限られているためです。そこで、林木育種センターは我が国のコウヨウザンについて初めてとなる総合的な事業（研究プロジェクト）を推進し、そこで得られた研究成果について、この情報誌（No.23 及び No.24）や様々な媒体で研究成果を紹介してきました。今年3月に本研究プロジェクトが終了したため、このプロジェクトで得られた成果を「コウヨウザンの特性と増殖の手引き」としてとりまとめ、Web上に公開しました（URL:<http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/documents/koyozantebiki.pdf>）。本稿では、この手引きの作成の経緯と概要について簡単に紹介します。

## 2. 作成・公表の経緯

西南日本地域では、東北日本地域に広く植栽されているカラマツのような優れた木材強度と成長性を併せ持つ造林用樹種が少ない状況にあります。このため、これらの地域に適し、かつ植栽から収穫までの期間が短く、木材強度が高い新たな造林用樹種として、コウヨウザンに着目し、平成27年度から29年度にかけて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「西南日本に適した木材強度の高い新たな造林用樹種・系統の選定及び改良指針の策定」により研究を实

施してきました。

この研究プロジェクトでは、林木育種センターが主体となってコウヨウザンの成長特性の解明及び優良系統の選定と品種改良指針の策定を行うとともに、材質特性のとりまとめと材質の系統間変異の解明を鹿児島大学農学部が、木材製品の試作及びその過程での性能評価については中国木材株式会社が、さらに、その試作品を用いた性能評価については広島県立総合技術研究所林業技術センターが、それぞれ担当しました。この研究プロジェクトを進めていく中で大きな関心、多数の問合せが寄せられました。得られた研究成果をいち早く林業関係者に還元するためには、林業関係者が必要な情報をわかりやすくまとめた「手引き書」の作成・公表が不可欠と考え、プロジェクトの終了と同時に公表したものが「コウヨウザンの特性と増殖の手引き」です。

## 3. 今後に向けて

この手引きでは、コウヨウザンに適した気候を始め、成長、材質、育苗等の特性についてわかりやすく取りまとめています。特に実際に苗木を生産するために必要な種子の取扱いや、さし木の方法といった苗木生産に役立つ実務的な情報に多くのページを割きました。

一方、苗木の育成、造林、施業等については、まだ研究を継続している段階であり知見も少ないため、この手引き書では充分に取り扱うことができませんでした。今後、さらにこれらの調査・研究を進め、この手引き書がより実用的なものとなるようバージョンアップしていく予定です。

（遺伝資源部 生方 正俊）

表紙タイトル写真は、2012年12月にケニア・キブエジに設定したメリア採種園。(2018年5月撮影)

林木育種情報 No.28

平成30年7月24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>