

# 林木育種情報

No.46  
2024.7

## 令和5年度白書の特集は「花粉と森林」！ —関係者と連携して取組を推進—

林木育種センター審議役 小島 健太郎

6月4日、農林水産省は「令和5年度森林・林業白書」を公表しました。白書は、森林・林業基本法に基づき、政府が毎年作成して国会に提出するもので、森林・林業の動向と政府の施策について記述されています。第一部「森林及び林業の動向」の冒頭には、国民の関心事等をテーマとして、その詳細な分析等を行う「特集」が設けられています。

今回の特集のテーマは「花粉と森林」です。

戦後、国土緑化による災害の防止や木材供給に対する国民的要請に応える形でスギをはじめとする針葉樹人工林が造成されてきた経緯など、我が国における森林資源の利用と造成の歴史から始まり、スギ等による花粉症の顕在化とこれまでの花粉症・花粉発生源対策、更に、令和5年5月に「花粉症に関する関係閣僚会議」において策定された「花粉症対策の全体像」、同年10月に取りまとめられた「花粉症対策初期集中対応パッケージ」、森林・林業基本計画の目指す多様な森づくりなどについて詳しく解説されています。

林木育種関係では、花粉の少ないスギ等の開発などの取組が大変わかりやすく記述されています。なお白書は林政審議会の意見を聴いて作成されますが、昨年11月の審議会に林木育種センターの研究者が招致され、花粉発生源対策のこれまでの知見や花粉の少ない品種の開発について説明を行いました。説明に用いた資料や審議の過程も林野庁のWebサイトに公表されております。

で、是非、白書と併せてご覧ください。

さて、「花粉症対策の全体像」においては、10年後には、花粉発生源となるスギ人工林を約2割減少させることを目指し、①スギ人工林の伐採・植替え等の加速化、②スギ材需要の拡大、③花粉の少ない苗木の生産拡大、④林業の生産性向上及び労働力の確保等の取組を集中的に推進することとしています。これらの取組は、相互に関係しているため、どれか一つでも滞ってしまうと目標にたどり着けません。行政機関、森林所有者、林業経営体、木材産業関係者、種苗生産関係者等幅広い関係者が、同じ目的の下、適切に役割分担をしつつ、それぞれの役割を着実に進めていくことが必須となります。

「花粉の少ない苗木の生産拡大」については、10年後に花粉の少ないスギ苗木の生産割合をスギ苗木全体の9割以上に引き上げるという目標が示されています。林木育種センターは、この目標の達成に向けて、都道府県や種苗生産関係者のみなさんと連携しつつ、新たな無花粉スギ品種及び少花粉スギ品種の開発や特定母樹の指定、原種苗木を早急かつ安定的に供給するための施設整備や技術開発、新しい品種を森林所有者等へ普及するための取組等を進めてまいります。（白書や審議会資料は、林野庁のWebサイト <https://www.rinya.maff.go.jp/> で公開されています。）

### 【紙面紹介】

ヒノキの開花特性について……………2  
カラマツエリートツリーの開花について……………3  
採種園等における種子採取開始日の見直しに向けた  
調査委託事業……………4  
林木遺伝子銀行110番—貴重な樹木の  
後継樹の保存と里帰り 令和5年度の実績 ……5

国民参加の森林づくりにより造成した  
「ガールスカウト・丸和早生樹の森」における  
早生樹植栽後3年間の成長……………6  
IUFRO 2024に参加して  
日本とケニアの育種事業の活動発表他……………7  
バイオテクノロジーを活用したカラマツの  
増殖・育種技術の試み……………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

# ヒノキの開花特性について

## 1. はじめに

花粉症対策として、雄花着花量の少ない「少花粉ヒノキ品種」の選抜が進められ、現在までに56品種が開発されています。現在これらの品種を用いてミニチュア採種園が造成され、効率的に種子生産が進められています。しかし、スギと比較してヒノキではミニチュア採種園における着花促進処理、交配手法等の技術開発が途上であり、種子生産に関わる雄花・雌花の開花特性等の基礎的な情報の整備も必要な状況にあります。そこで、林野庁補助事業「花粉発生源対策推進事業のうち花粉症対策品種の円滑な生産支援」では、ヒノキミニチュア採種園管理技術の開発を目指して関係各機関が連携して調査等を行なっています。スギでは花粉は冬にはすでに成熟し、休眠を経て2月から3月に飛散しますが、ヒノキは3月から4月の飛散直前に花粉が成熟します。また雌花の開花期間はスギでは2ヶ月程度あるのに対し、ヒノキは1ヶ月程度と、雄花・雌花の発達過程は樹種間で異なっています。このため、ヒノキは花粉採集や交配の適期を見極めるのがスギの場合より難しく、課題となっています。そこで、上記事業の1課題として、林木育種センターは神奈川県自然環境保全センターと連携して、ヒノキの効率的な交配のための授粉適期を調査するため、雄花・雌花の開花時期・期間、それらのクローン間差等を調査しています。

## 2. ヒノキの雄花・雌花の開花時期や期間のクローン間差

林木育種センター構内に植栽されているヒノキ少花粉品種や特定母樹等について、2021年7月にジベレリンペーストによる着花促進処理を行い、2022年3月中旬から4月にかけて数日おきに雄花・雌花の開花状況をデジタルカメラで撮影して調査を行いました。開花のステージは、雄花は花粉の飛散の有無を観察してステージ0と1に分けました(図-1)。雌花の開花ステージは、開花した雌花の中にきらきらと光って見える珠孔液と呼ばれる花粉をキャッチするための浸出液の有無等を基準として5ステージに分けました(図-2)。



図-1 開花前の雄花(左)と花粉飛散が確認できる雄花(右)



図-2 開花前の雌花(左)と珠孔液が確認できる雌花(右)

雄花の開花時期が最も早いクローンと遅いクローンの差は7日程度、雌花の開花時期が最も早いクローンと遅いクローンの差は10～12日程度でした。ヒノキの雄花は開花直前に花粉採集用の枝を切り取り、水に差して開花を促す処理を行う必要がありますが、雄花の開花ステージのクローン間差はさほど大きくはないため、雄花を観察しながら1～2回の枝採取で多くのクローンの花粉は採集できると考えられました。また、授粉時期が遅くなると結果率が低下するため、人工交配等を行う際には、各クローンの雌花の開花状況を確認しながら、最適な授粉時期を見極めるか、複数回の授粉作業を行うのが望ましいと考えられました。

## 3. おわりに

ヒノキの雄花・雌花の開花は開花前の気温などの気象条件にも影響されるため、年によって開花時期が大幅に早まる場合もあります。今後複数年にわたり開花状況の調査を継続し、効率的な交配手法開発に必要な基礎データを整備する予定です。

(育種部 育種第二課 坪村美代子)

## カラマツエリートツリーの開花について

カラマツは、成長が優れ、強度にも優れた林業樹種です。近年木材加工技術が大きく進歩したことにより、合板や集成材等の素材として注目されています。このため、カラマツ造林への意欲が再び高まりつつあり、長野増殖保存園でも特定母樹原種園(写真1)の整備により原種の供給体制を強化しております。



写真1. カラマツ特定母樹原種園

カラマツは豊凶が著しく、また豊作年は数年に一度程度であることから、種苗生産におけるカラマツ優良苗木の生産・普及や、林木育種における次世代精英樹選抜のための苗木育成において種子の安定的な生産が課題となっていま



写真2. 断幹を行ったカラマツ



写真3. スコアリング処理の様子

す。現在、各地でカラマツの着花促進に向けた試験・研究が進められていますが、未だ確実な着花促進の確立には至っておらず、引き続き調査・研究が必要な状況です。

当園では、昨年2月にカラマツ交配園で断幹を行うとともに(写真2)、昨年4月には着花促進のために幹に鋸でらせん状に傷をつけるスコアリング処理(写真3)を行いました。

その後、今春にはカラマツエリートツリー数系統で開花がみられました(写真4)。

この開花がスコアリング処理の結果によるものであるかについては今後さらに事例を積み重ねて明らかにしていく必要がありますが、ここからの種子を確実に採取し、第三世代精英樹の選抜につなげていきたいと考えています。



写真4. カラマツエリートツリーの雌花

(長野増殖保存園 井上 晃)

# 採種園等における種子採取開始日の見直しに向けた 調査委託事業

## 1. はじめに

優良種苗の安定的な生産のためには、その元となる種穂の確保が重要です。実生苗の生産には採種園等から発芽能力を有した種子を採取することが必要であり、未成熟な種子の採取を回避する観点から、林業種苗法の施行規則により主要な林業樹種の種子採取開始日が定められています。スギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツ、リュウキュウマツは9月20日、エゾマツは9月10日、カラマツ、トドマツは9月1日が種子採取開始日とされています。

雌花は春に開花し受粉した後、幼球果となり、幼球果内では種子が成熟していきませんが、その過程には、気温等の気象条件が影響する可能性が考えられます。近年、気候変動によると考えられる夏季の高温がしばしばみられます。特に昨夏は、各地で高温が続き、東京都心では真夏日(日最高気温が30℃以上の日)日数は累積で90日と過去最多となりました。また9月28日にも真夏日が観測されるなど、残暑が長い年でもありました。そのような中、一部の都道府県においてヒノキやカラマツの球果の裂開などの時期が例年とは異なるといった現象がみられました。

このような状況を受け、林野庁委託事業として、主要樹種において球果の裂開時期や種子の発芽率の経時変化等を調査することとなり、林木育種センターが本事業を受託しました。本稿では、この事業の取組概要を紹介します。

## 2. 事業で実施する調査の概要

令和6年度は、調査対象樹種を、主要な樹種のうち、例年とは異なる現象が既にみられているヒノキとカラマツ等としました。調査を行うにあたっては、年次変動の影響を考慮し、複数年、少なくとも3回以上の着果年について調査を行うことが必要と考えられます。また各樹種の種子採取開始日とそれ以前の時期を含むように、種子が成熟するまでの1シーズンに3回以上上球果を採取し、各採種時期の球果の状態を調



写真 ヒノキの幼球果

査するとともに、得られた種子の発芽試験等を実施します。これらの情報と各地域の気温等との関係性を解析することにより、ヒノキ・カラマツ等の現在の種子の成熟時期を明らかにするとともに、気温等の影響の有無を解明します。

## 3. 本事業の実施体制

ヒノキは主たる造林地域が東北地方南部から九州地方まで、カラマツは北海道から中部地方の広域にわたるため、主要な造林地域を網羅するよう多地点で調査を行う必要があると考えられます。そこで、今年度の事業の実施にあたっては、林木育種センター(育種場を含む)、18道府県(北海道、青森県、岩手県、宮城県、茨城県、群馬県、山梨県、長野県、岐阜県、愛知県、京都府、和歌山県、島根県、広島県、山口県、高知県、長崎県、熊本県)、1大学(秋田県立大学)が連携して調査を行います。

現在、主伐・再造林が進みつつあり、優良種苗増産のために安定的に種子を確保することが必要です。種子生産は毎年実施する事業ですので、現在の気候に合わせて適切な時期に種子採取日を設定することが重要と考えられます。

本調査委託事業を実施することにより、種子の成熟時期に関する知見を集積し、安定的な種子生産、ひいては安定的な優良種苗生産・供給に貢献することを目指します。

(育種部 高橋 誠)

# 林木遺伝子銀行 110 番

## — 貴重な樹木の後継樹の保存と里帰り

### 令和 5 年度の実績

#### 1. 森林・林業に関するジーンバンク事業

林木育種センターは、国内唯一の林木ジーンバンク事業の実施機関として、利用上の重要度、保存の必要性や優先度を総合的に勘案して探索した樹木について、成体や種子、花粉を遺伝資源として収集、保存しています。成体の保存では、枝(穂木)を採取して、さし木やつぎ木で同じ遺伝子を受け継ぐクローン苗木を増殖して、圃場に植栽しています。これらの遺伝資源は、Ⅰ：我が国の主な造林樹種や新たな需要が期待できる樹種などの林木育種の素材となる遺伝資源、Ⅱ：脆弱な希少遺伝資源、Ⅲ：その他の多様な樹種の3つの分類区分に仕分けられています。

#### 2. 巨樹・名木・老齢個体

巨樹や古木は、病気、害虫や気象による被害を乗り越えて生き残り、大きく成長したと考えられ、病虫・気象害に対する抵抗性や長寿に関連する遺伝的な特性を持っている可能性があります。私たちは、このような樹木を無二の貴重な遺伝資源と捉え、後世に継承する必要があると考えています。そこで、分類区分Ⅱの遺伝資源として、天然記念物や国有林で選ばれた「森の巨人たち百選」など、巨樹・名木・老齢個体のクローンを増殖し保存しています。

#### 3. 林木遺伝子銀行 110 番

巨樹や古木には、地域によって大切に守られ今も元気に育っている個体もありますが、枯損の危機に瀕しているものも少なくありません。林木育種センターでは、このような遺伝資源をなるべく多く保存するため、「林木遺伝子銀行 110 番」に取り組んでいます。この取り組みでは、所有者や地方公共団体などから要請を受け、保存する価値と緊急性が特に高いと判断された個

体について、クローン苗木を増殖して保存するとともに、後継樹として現地に里帰りさせています。平成15年の開始から現在(令和6年3月31日)までに333件の要請を受け255件で後継樹が里帰りしました。

#### 4. 令和5年度の実績

令和5年度には、7件の申請を受け増殖に取り組みるとともに、これまでに増殖した7件の後継樹を里帰りさせました。里帰りの様子はテレビや新聞などで報道され、また、鉄道の車内誌でも林木遺伝子銀行110番が紹介されるなど、私たちの取り組みが広く周知される機会が得られました。

林木遺伝子銀行110番は、林木育種センターの林木育種に関わる技術を活用して、各地に現存する貴重な林木遺伝資源を保存するだけでなく、地域・社会に貢献する取り組みでもあります。これからも経験を積み、多種多様な樹木を対象としてクローン増殖技術を磨き、貴重な遺伝資源を保存していきたいと思えます。



「仙鳳寺の双龍杉」(左)とその後継樹(右)

仙鳳寺(北海道釧路郡釧路町)では、明治41年に本堂の建立を記念して約30本のスギ苗木が境内に植えられました。今も残る3本は、昭和49年に北海道の記念保護樹木に指定され、このうちの2本には、並んで本堂の前に立つ姿から「双龍」の名が付けられています。樹齢が100年を超えて根元に腐食が見られるために、申請を受けてさし木で増殖された3本のスギのクローン苗木が、後継樹として里帰りを果たしました。

(探索収集課 織部雄一郎)

# 国民参加の森林づくりにより造成した 「ガールスカウト・丸和早生樹の森」における 早生樹植栽後3年間の成長

## 1. はじめに

早生樹は、スギやヒノキに比べて初期の樹高成長量や伐期までの材積成長量が大きな樹種で、コウヨウザン・センダン・チャンチン等の種類があります。コウヨウザンはスギやヒノキに比べて短期間で伐採し木材として利用することが期待されること、センダンやチャンチンは、材質が優良で家具材等としての利用も期待されることから、現在造林面積が増えてきています。林木育種センターでは、それら早生樹の特性評価のため、試験地を造成し調査を進めています。今回は林木育種情報 No.38 (2021) でご紹介した、「ガールスカウト・丸和早生樹の森」(関東森林管理局千葉森林管理事務所が国民参加の森林づくりの協定により造成)に植栽した苗木の成長状況についてご紹介します。

## 2. 設定後3成長期を経過した状況

「ガールスカウト・丸和早生樹の森」には、日本各地の林分を産地としたコウヨウザン、チャンチン、センダンの優良系統等から種子や穂木等を採取して苗木を育成し、植栽しました。なお植栽本数は、コウヨウザン3産地263本、チャンチン19系統127本、センダン7系統45本です。なお、対照としてスギ61本を植栽しています。

図1に、各樹種の平均樹高を示しました。植栽当初は一般造林用のスギに比べて小さな苗でしたが、2年次ではセンダンが、3年次ではコウヨウザンとチャンチンもスギの樹高を大きく超えました。3年次においては、最も成長の良い系統の平均樹高がコウヨウザンでは290cm、センダンでは480cm、チャンチンでは340cmで、スギの平均樹高の177cmを大きく上回る

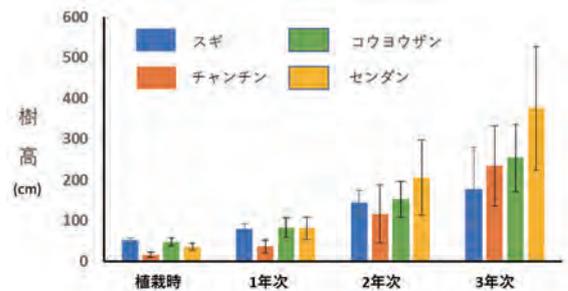


図1 「ガールスカウト・丸和早生樹の森」に植栽した各樹種の平均樹高の推移



図2 現地における各樹種の成長状況

左：コウヨウザン、中：チャンチン、右：センダン

優れた樹高成長を示してきています。

早生樹は、過去にも注目され、何度となく造林が試みられてきましたが、成功事例は多くありませんでした。この原因としては、立地条件によって成長が大きく変化する種類の早生樹を植栽したことや、植栽する苗木に係る知見が得られていなかったこと等が考えられます。そこで今後は、他の場所に設定した試験地の調査データとも併せて、各樹種・系統の成長特性や立地条件への適応性、材質等についても検証していきたいと考えています。

(遺伝資源部 保存評価課 倉本 哲嗣)

# IUFRO 2024 に参加して 日本とケニアの育種事業の活動発表他

## 1. IUFRO 2024 の状況

IUFRO (International Union of Forest Research Organizations; 国際森林研究機関連合)では、5年に一度、世界大会を実施しています。今回はストックホルムで開催され、「Forests and Society Toward 2050 (2050年に向けた森林と社会)」という大テーマの下、「Forests for sustainable societies (持続的な社会のための森林)」、「Strengthening forest resilience and adaptation to stress (環境ストレスに対する森林のレジリエンスと適応性の強化)」、「Towards a responsible forest bioeconomy (責任ある森林バイオエコノミーに向けて)」、「Forest biodiversity and ecosystem services (森林の生物多様性と環境サービス)」、「Forests for the future (未来のための森林)」というサブテーマを掲げ、4000人以上の世界各国の研究者、国際機関関係者、事業者等が参加しました。

センターでは2012年よりJICA技術プロジェクトとして研究してきた成果を共同研究者である、ケニア森林研究所(KEFRI)の研究者(写真1)とともに、ケニアの郷土樹種であるメリア(*Melia volkensii*)育種研究の状況を発表しました。



写真1. KEFRI 研究者と JICA 専門家

なお、会場でのポスター発表のタイトルの多くは、ここ数十年の温暖化による世界、EU諸国等の植生の変化や、樹種別の炭素貯留に関するものが目につきました。

## 2. スウェーデンの森林

本会議の開催中にスウェーデンの森林を紹介するエクスカージョンに参加しました。

スウェーデンは、我が国とほぼ同じ国土の68%が森林であり、針葉樹が大半を占めています。視察した場所では、樹種はヨーロッパシラカバ、ノルウェースプルース、オウシュウアカマツが、人工林施業または天然下種更新施業により経営されています。収穫は、1990年以前は択伐方式でしたが、1990年以降は大面積皆伐を行っており、平坦な地形から機械化林業が進んでいます(写真2)。また、近年はスプルースビートルによる枯死が激増しているとのこと。



写真2. スウェーデンの森林経営の説明

## 3. IUFRO 2029開催地他

次回大会の開催地はケニアのナイロビと決まりました。次回の大会に向けて、当センターとKEFRIでは、引き続き研究を進め、共同研究成果を発表できるように準備を進めていきたいと考えております。

(海外協力課 山下 正輝)

# バイオテクノロジーを活用した カラマツの増殖・育種技術の試み

## 1. はじめに

カラマツは成長性や木材の強度に優れた樹種であり、近年、ニーズの高まりを受けてスギに次ぐ造林面積に拡大しています(森林・林業統計要覧2023)。しかし、カラマツの開花は安定的ではないため、種子生産には顕著な豊凶があります。このことは、苗木の供給不足に加え、計画的な交配による育種を困難としています。そこで我々は、新たな取り組みとしてバイオテクノロジーを活用したカラマツの増殖および育種技術の開発に取り組んでいます。本稿では、現在開発中の技術の一部をご紹介します。

## 2. 組織培養によるクローン増殖

組織培養は、ガラス瓶等の容器内で組織や細胞に適切な養分を与えて無菌的に培養する技術です。針葉樹の組織培養においては、未成熟な種子の中にある胚(芽の元になるもの)から増殖させた細胞が効率よく植物体に再生できることが明らかとなっています。そこで、カラマツにおいても種々の培地組成を検討し、未成熟の種子胚から効率的に細胞を誘導できる培養条件を決定しました(写真-A)。この細胞塊は分割しながら繰り返し植え継ぐことで、大量に細胞を増殖させることができ(写真-B)、さらに、植物ホルモン等を含む特殊な培地で培養すると、僅か数ミリの細胞塊1個から約1ヶ月半で数十個の胚に再生できます(写真-C)。この胚は種子の中の胚と区別して「不定胚」と呼ばれ、この不定胚一つ一つが種子と同様に発芽を経て(写真-D)、植物体に育成できます(写真-E)。細胞はほぼ無限に増殖させることができるため、このように増殖させた細胞から大量にクローン(植物体のコピー)を得ることが可能です。本技

術により苗木生産の効率化が期待できますが、組織培養は無菌的な作業や培養を行うための道具・設備が必要なため、今後の実用化には生産コストの課題を克服する必要があります。

## 3. ゲノム編集による改良に向けて

ゲノム編集は、DNAを切断するハサミのようなタンパク質(DNA切断酵素)を用いて、特定の遺伝子に対して変異を誘導する技術です(詳細は本誌No.20, 21, 31をご参照ください)。これまでに、スギにおいてゲノム編集技術を確立し、花粉の形成に必要な遺伝子に変異を誘導することで無花粉化に成功しています。カラマツにおいてもゲノム編集技術を確立し、また、有用な形質に関与する遺伝子が明らかになれば、従来の交配による育種に代わる新たな育種法として利用が可能です。

ゲノム編集に必要なDNA切断酵素は、その酵素遺伝子を一旦細胞に導入する必要がありますが、その遺伝子導入には先述の組織培養技術が活用されます。そこで、カラマツにおける遺伝子導入技術を開発するため、モデルケースとして緑色蛍光タンパク質(GFP)の遺伝子を選択し、DNA転移能力を持つ細菌であるアグロバクテリウムを利用してカラマツの細胞にGFP遺伝子を導入しました。導入された細胞から不定胚を誘導したところ、GFPによる緑色の蛍光が観察され(写真-C)、スギと比較して高効率に遺伝子導入できることが確認されました。

現在、ゲノム編集に必要なDNA切断酵素の遺伝子導入を試みています。本技術により、カラマツにおけるゲノム編集を利用した育種が実現することを期待しています。

(森林バイオ研究センター 小長谷賢一)

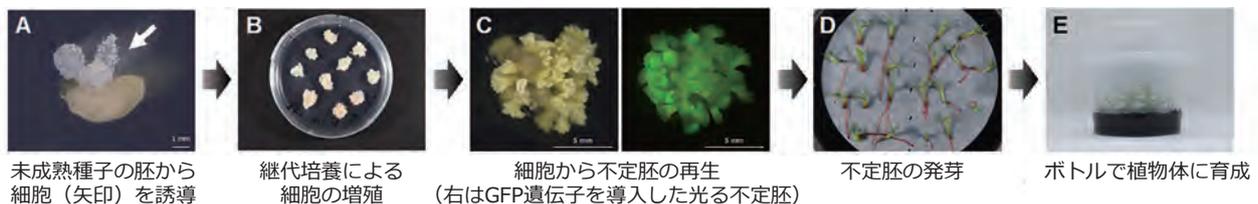


写真 カラマツの組織培養によるクローン増殖と遺伝子導入の流れ

## 表紙タイトル写真

少花粉スギ「神崎 15 号」(葉先の写真)



## 林木育種情報 No. 46

令和 6 年 7 月 31 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>