



林木育種情報

No.26
2018.1

林木育種事業 60 周年を迎えて

林木育種センター所長 川野 康朗

昭和 32 年に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設置されて、今年度で 60 周年を迎えました。

この間、林木育種センターでは全国に配置された育種場とともに、国有林や都道府県等との連携のもと、成長・形質の優れた品種や病虫害・気象害に強い品種、花粉症対策品種等の開発を進めるとともに、これら品種開発の素材や希少な種等の遺伝資源としての収集・保存に取り組んで参りました。この結果、これら開発品種が我が国の育種山行苗木に占める割合は全体で約 5 割（スギ、ヒノキでは約 7 割）にいたっています。

一方、林木育種を巡る森林・林業全体の情勢をみますと、戦後、先人たちが営々として築いてきた人工林が本格的な利用期を迎える中、これらの森林資源を循環利用し、林業の成長産業化及び地球温暖化防止のための森林吸収源対策に着実につなげていくための第一歩となるのが、主伐後の再生林の低コスト化です。その一環として、「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）に基づく特定母樹を始めとする成長・性能の優れた苗木の安定

供給が求められており、私ども林木育種関係者の責務はこれまで以上に重いものがあります。

このような林木育種への期待に応えるべく、これまで全国のおよそ 9 千個体の精英樹を育種素材として検定と交配を進めてきた成果として、第二世代精英樹（エリートツリー）を主要な育種集団として位置づけ、そこから特定母樹等として選抜した上で、生産集団としての都道府県等における採種園・採穂園の整備を通じて普及を図るとともに、さらなる改良効果の発揮を目指して、第三世代への世代交代に向けて取り組んでいるところです。

また、地球温暖化による気候変動への対応、花粉を出さず成長に優れたスギ品種の開発、あるいは新たな需要が期待されるコウヨウザン等早生樹の開発など、高度化・多様化する社会的要請に応えるべく、近年、進歩の著しいゲノム解析技術等を活用した高速育種技術の開発や新たな育種素材の選抜・評価等にも積極的に取り組んでいます。

さらに、これら増大する開発品種等を拡大しつつある再生林の現場に円滑に供給していくためには、その適切な系統管理を含め、都道府県

【紙面紹介】

無花粉スギの種苗生産拡大に向けた技術開発…… 2	国際会議 IUFRO Tree Biotechnology 2017 に参加して…… 6
アカマツ広域産地試験： 植栽環境への適応性の解明に向けて…… 3	スウェーデンで開催された国際会議 IUFRO Seed Orchard …… 7
林木遺伝資源所在地データベースの 作成について…… 4	林業研究・技術開発推進ブロック会議育種分科会と 特定母樹等普及促進会議を開催…… 8
「ケニアの林木育種プロジェクト」 新たなステージへ…… 5	一般公開「親林の集い」を開催…… 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

や間伐等特措法に基づき認定された特定増殖事業者等の皆様による採種園等の適切な整備・管理が重要となっています。このため、新たに立ち上げた「特定母樹等普及促進会議」や「林木育種連携ネットワーク」等を通じた技術情報の提供や研修会の開催等により、これら関係者と一体となった取組をさらに進めていきたいと考えます。

森林資源の有効活用による地域の活性化や気

候変動への対応など様々な課題に対応しながら、それぞれの地域に根ざした豊かで多様な森林の恵みを持続的に未来につないでいくためには、林木育種事業にゴールはなく、これまでの60周年の歩みを新たな立脚点とし、都道府県や国有林、大学等研究機関、その他関係者各位のご理解とご協力のもと、林木育種のさらなる発展を目指して努めて参る所存です。

無花粉スギの種苗生産拡大に向けた技術開発

1. 花粉発生源対策と無花粉スギ

スギ花粉症は国民の約3割が罹患しているとされており、大きな社会的問題となっています。毎年、1月頃から天気予報などでスギ花粉の飛散時期や飛散量についての話題が多くなり、私達の生活にとって大変身近となっています。原因となっているスギ花粉の飛散量を抑制するため、少花粉スギや低花粉スギと並んで無花粉スギの開発と普及が進められていますが、平成27年度の花粉尘対策苗木全体の生産本数が約426万本とされている中で無花粉スギの本数は約1万本余に留まっています。

2. 無花粉スギの普及拡大を図るための技術開発

無花粉スギの苗木生産量を短期間で増大させるためには、無花粉種子を増産する必要があります。また、無花粉スギの場合、苗木を育成する段階で、花粉を出さない不稔の苗木と通常のスギのように花粉を生産する苗木を選別する必要がありますが、これまでこの選別作業に多大な労力とコストを要しており、省力化・効率化が必要となっています。この他、現段階では成長性等が優れた林業的に魅力のある無花粉スギの種類が限られており、また各地の気候にあった無花粉スギの苗木生産のためには無花粉スギのリソースを拡大する必要があります。

3. プロジェクトでの技術開発の概要

このような無花粉スギの苗木生産量の拡大に向けた課題を解消することを目的として、今年度より、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業の実用技術開発ステージ

の新規課題として、林木育種センターが代表機関となり、青森県、山形県、東京都、神奈川県、富山県、静岡県、青森県森林組合連合会、神奈川県山林種苗協同組合とコンソーシアムを形成し、「革新的技術による無花粉スギ苗木生産の効率化・省力化と無花粉品種の拡大」(平成29～31年度)を開始しました。このプロジェクトでは、1) 種子生産、2) 苗木生産、3) 無花粉リソースの拡大の3つの段階のそれぞれで技術開発を行います。技術開発にあたっては、農業分野で開発された技術の導入や、休耕地を活用した苗木生産の省コスト化など、これまでにない新しい視点からの取り組みも進めます。この内、林木育種センターでは、これまでに各都府県や林木育種センターで開発してきた無花粉スギを採種園で有効に活用するために、DNA分析により無花粉スギの関係性(類縁関係)を明らかにし、採種園設計などに活用できるよう、無花粉スギの類縁関係や特性をカタログとして取りまとめることに取り組みます。

(育種部 育種第一課 高橋 誠)



図1 無花粉スギにかかる農食研事業における技術開発のための課題構成の概要

アカマツ広域産地試験：植栽環境への適応性の解明に向けて

1. はじめに

アカマツは東北から九州まで広く分布する針葉樹で、我々日本人にとって非常になじみ深い樹種です。用途も広く、建築用材とくに梁や桁といった横架材に重宝されるほか、盆栽や庭園木、マツタケ林、陶芸や刀工の薪や炭としても不可欠となっています。しかしながら、1970年代から激害化したマツ材線虫病により甚大な被害を受け、遺伝資源の減少が著しくなっています。将来的にアカマツ遺伝資源を保存していくためには、管理の行いやすい保存林や生息域外への人為的移住（アシステッド・マイグレーション）といった措置が必要になると考えられます。そこで、林木育種センターでは、各地のアカマツを生育地とは異なる環境下に植栽した際の反応や適応性を明らかにするため、全国規模の広域産地試験を開始しました。

2. アカマツ広域産地試験地の造成

試験地を造成するにあたり、全国の有名マツ林を中心にアカマツの種子を収集しました。産地の選定では、地理的な位置に加え、遺伝変異や環境条件も加味して、アカマツの変異を良く包含するようにしました。収集した種子は、林

木育種センターおよび各育種場で育苗した後、試験地に植栽しました。これまでに、関東（茨城県日立市）、中部山岳（長野県御代田町）、山陰（鳥取県智頭町）および九州（熊本県合志市）の4試験地を造成しました。今後、東北（岩手県滝沢市）および四国（高知県いの町）試験地も造成予定です。また、天然分布域外の試験地として、北海道（北海道江別市）へのアシステッド・マイグレーション試験も計画しているところです（図1）。

3. 関東試験地での生育状況

関東試験地（茨城県日立市）における生育状況は良好で、特に目立った被害等も現れていません。各産地の成長は、温暖な産地ほど良いという傾向がみられています（図2）。日立市は地理的には各産地の中間に位置しますが、温量指数（暖かさ指数および寒さ指数）では最も温暖な浜北と同程度の気候になります。温暖な試験地で温暖な産地の成長が良いことから、ホームサイトアドバンテージという地元系統が有利となる現象と同様の効果の表れではないかと考えられます。



図1 広域産地試験に用いた産地（●）と試験地（★）

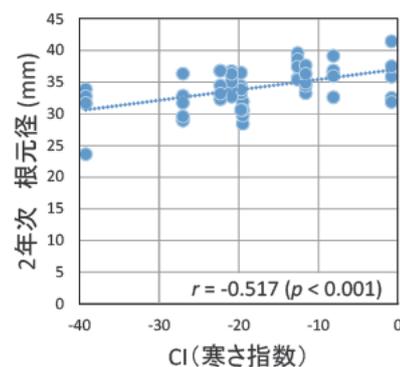


図2 産地の寒さ指数と関東試験地での根元径

今後は、他の試験地における成長の解析も進め、アカマツの環境変化に対する反応を明らかにしていきたいと思えます。

（遺伝資源部 探索収集課 磯田 圭哉）

林木遺伝資源所在地データベースの作成について

1. はじめに

第4期中長期計画(平成28年度からの5年間)の林木ジーンバンク事業では、これまでの①スギ、ヒノキ等造林樹種の品種改良に必要な育種素材の収集・保存、②絶滅危惧種等の希少樹種の収集・保存に加えて、林木遺伝資源の更なる利用を念頭に、③新たな需要の創出が期待できるコウヨウザン等の早生樹種や日本の伝統的な産業を支えてきたキハダ等の薬用樹種等を対象に収集・保存を行うこととしています。

これらの林木遺伝資源を効率的・効果的に収集するためには、対象となる遺伝資源の所在地情報を探索・収集してデータベース化し、その中から、重要性、将来性、滅失の危険性、増殖性等を勘案して、収集する遺伝資源を決定することが重要です。また、それ以外の遺伝資源についても、必要となった時に確実にアクセスできることが望まれます。これらのことから、“林木遺伝資源所在地データベース”を作成して遺伝資源の収集を進めています。

2. 所在地データベースの作成方法

所在地データベースの作成にあたっては、対象樹種の所在が掲載されている文献のほか、対象樹種をホームページで検索し、所在情報を探索して取りまとめています。

これまでに取りまとめた所在情報は、国有林の保護林、大学演習林の見本林や保存樹木、研究機関や植物園の保存樹木、都道府県や市町村が指定している天然記念物、保存樹木、名木、環境省が取りまとめている巨樹巨木のほか、学校、森林公園、神社仏閣の社叢林、登山やハイキングコース等の紹介記事、製薬会社や民間企業の紹介記事、生産者からの情報発信、生産組合やNPO法人の活動報告、試験研究機関の研究報告等です。

また、得られた所在情報から緯度、経度を求

め、国土数値情報と関連づけることによって、所在地の気候条件等を抽出できるようにしています。

以下にコウヨウザンの所在地データベースの事例を紹介します。

3. コウヨウザンの所在地データベース

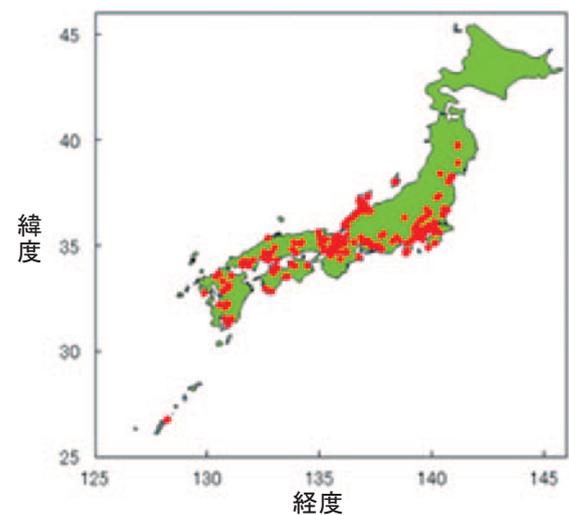


図1 コウヨウザンの所在地マップ

コウヨウザンはヒノキ科コウヨウザン属の常緑針葉樹で、江戸時代に渡来したとされる中国・台湾原産の外来樹種であり、成長が早く、早生樹種の一つとして注目されています。これまでに青森県から沖縄県までの243件の所在地が確認され(図1)、神社・仏閣の社寺林や都道府県・市町村の公園や植物園に単木的に植栽されている個体が多く、巨樹巨木や天然記念物として登録されている個体もありました。

所在地データベースの解析により、主な所在地の気候条件は、年平均気温が約12℃以上、温量指数が約90℃・月以上であり、主に照葉樹林帯に広く植栽されていることがわかりました。

(遺伝資源部 探索収集課 山田 浩雄)

「ケニアの林木育種プロジェクト」 新たなステージへ

1. はじめに

2012年からケニアで行われてきた国際協力機構(JICA)の「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」が2017年7月に終了しました。林木育種センターは、短期専門家の派遣等を通して国内で培われた林木育種の技術・制度の導入、指導等を行い、ケニアの林木育種の進展に大きく貢献しました。終了後は、2016年より行われている同機構の「ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクト(略称:CADEP)」において、得られた成果を更に進展させる計画です。これから今までに得られたプロジェクトの主要な成果と今後の活動内容について紹介します。

2. 今までの成果

育種対象樹種は、ケニアの郷土樹種であるメリア(*Melia volkensii*)とアカシア(*Acacia tortilis*)です。メリアは日本のセンダン(*Melia azedarach*)と同属の近縁種で、成長と材質が優れ、家具材や内装材としての利用が期待できます。アカシアは、半乾燥地・乾燥地に分布し、ケニアで需要の多い薪炭材や家畜の飼料としての利用が期待できる樹種です。

メリアにおいては、ケニア国内の分布域から100本の優良候補木(CPT)を選抜し、これらをつぎ木増殖し2箇所にて採種園を造成しました。種子の生産性や採種作業効率の向上のため、この採種園で整枝・剪定等の樹形誘導を行いました。造成後まもなく着果がみられ、クローンごとに採種し、次代検定林を12箇所造成し(写真1)、定期的に成長、生存率等の調査を行っています。また、CPTのDNA分析を行い、選抜地のGIS情報等とあわせて解析することにより、遺伝的多様性の評価を行い、「遺伝的多様性ガイドライン」としてまとめたほか、次代検定林の設定箇所の選定等に生かされました。

アカシアにおいては、メリアと同様に分布域から100本のCPTを選抜し、クローン増殖

が困難なことから、各CPTから種子を採取、養苗し、実生採種林を2箇所造成しました。アカシアについてもDNA分析を行い、前出の「遺伝的多様性ガイドライン」としてまとめました。

林木育種を開始してからわずか5年間という短期間でメリアにおいてCPT選抜、採種園及び次代検定林の造成まで進んだことは、担当した長期専門家、短期専門家の方々の尽力が大きいことは言うまでもありませんが、これに加えて、日本のケニアに対する30年にわたる林業技術協力という基盤があったからこそということも忘れてならないと思います。



写真1 メリアの次代検定林（植栽後2年6ヶ月）

3. 今後の活動

ケニアでの林木育種活動は、2016年から始まったCADEPプロジェクトに林木育種コンポーネントとして引き継がれることになりました。ここでは、①メリア採種園の改良、②メリアの第2世代に向けた人工交配の研究、③アカシア採種林の改良が主な活動内容です。林木育種センターは、前プロジェクトと同様に、ケニアでのさらなる林木育種の進展に向け、技術協力を行っていく予定です。

(プロジェクト総括責任者
 遺伝資源部 生方 正俊)

国際会議 IUFRO Tree Biotechnology 2017 に参加して

1. はじめに

国際会議 IUFRO Tree Biotechnology は、IUFRO (国際森林研究機関連合) の公式会議として、1985 年から隔年ごとに世界各地で開催されています。18 回目にあたる本大会は、2017 年 6 月 4～9 日にわたり、チリ共和国の中部に位置するコンセプションにて開催されました。今回、私はスギでのゲノム編集についての成果を発表すると共に、樹木におけるバイオテクノロジーの利用に関する情報収集を行いました。

2. 本大会の構成

本大会は世界 22 か国から 130 名を超える研究者が参加し、招待講演 3 件、基調講演 17 件、口頭発表 33 件、ポスター発表 38 件が行われました。日本からは私を含め 3 名が参加しました。本大会は、研究分野に基づいた 4 つのセッションから構成されていました。

3. 各セッションにおける発表概要

“セッション I：組織培養を用いたクローン増殖技術”では、主にグローバルな種苗企業による、オートメーション化された最新の苗生産システムや、優良クローンの選抜育種の最新知見等が紹介されました。

“セッション II：ゲノム情報を活用した育種”では、ポプラ、ユーカリ、テーダマツ、ヨーロッパトウヒ、ダグラスファーにおいて、近年発展が著しい次世代シーケンサーを活用したゲノム育種等が紹介されました。

“セッション III：遺伝子組換え技術とバイオセーフティ”では、材質向上や除草剤耐性、不稔化(無花粉化)などの形質を付与した、遺伝子組換え樹木の野外試験の結果等について報告されました。

“セッション IV：成長・木質の形成・気候変

動への適応における分子機構の理解”では、ゲノム情報が公開されているポプラやユーカリ等を対象とした、網羅的遺伝子発現解析による木部形成の鍵因子の探索やリグニン生合成経路の解明、リグニン成分の改変等が報告されました。

4. 樹木における新育種技術の利用状況

ゲノム編集とは、人工のゲノム切断酵素を利用しゲノム DNA の狙った場所を切断することで、標的遺伝子への変異誘発や狙った場所への外来遺伝子の導入を可能にする技術です。現在は CRISPR/Cas9 システムがゲノム編集技術の中心となっています。私は本大会で、緑色蛍光タンパク質 (GFP) を導入したスギにおける、CRISPR/Cas9 システムを利用した GFP 遺伝子の破壊の成功について発表しました。また、他にも以下のような成果が紹介されていました。

ポプラやユーカリにおいて、無花粉化やバイオマス増産等の機能付加を目的としたゲノム編集個体が作製されていました。また、CRISPR/Cas9 システムをタンパク質-RNA 複合体の形で一過的に導入する方法(直接導入法)により、内在遺伝子を破壊したポプラの個体の作製が報告されました。直接導入法は、従来の方法とは異なり遺伝子組換え技術を用いておらず、社会実装やパブリックアクセプタンスの観点から注目されています。

5. 総合討論

組織培養や形質転換技術の技術継承、遺伝子組換え樹木の商用栽培の先行きについて議論されました。次回は 2019 年に米国ノースカロライナ州の Raleigh で開催される予定です。

(森林バイオ研究センター 七里 吉彦)

スウェーデンで開催された国際会議 IUFRO Seed Orchard

2017年9月4日より6日まで、スウェーデンの首都ストックホルム郊外の Bålsta 市内で、採種園の国際会議「IUFRO Seed Orchard 2017」が開催されました。本会議は IUFRO の公式会議と位置づけられ、2007年より隔年開催されています。世界 21 の国・地域から 110 名を超える参加者が集まり、林木育種センターから 3 名が参加しました。松下、田村は、本州および北海道のカラマツ属の着果の年変動に影響する気象条件の解析結果について研究発表し、松永は日本におけるマツノザイセンチュウ抵抗性育種の取り組みについて研究発表しました。

McKeand 教授(米国)は、テーダマツ採種園の動向を紹介しました。米国南部では遺伝的に改良された苗木により年 40 万 ha 植栽され、大半が採種園産です。10 年ほど前から遺伝的価値の高い種苗への投資が林業の利益向上に重要だと強く認識され、造林地の約 15% で花粉親も管理した人工交配由来の種苗(1.16 億本)が利用されています。自然受粉由来の苗は千本 50 ドルですが、遺伝的に高い性能が期待される人工交配苗は千本 229 ドルと 4 倍以上の価格であり、性能に応じた価格が設定されています。人工交配による種子生産は手間とコストがかかりますが、苗の価値を最大化するよう採種園の設計・管理の改良が常になされています。

El-Kassaby 教授(カナダ)は「Tree Improvement in the Genomics Era」と題して高速育種の潮流について講演しました。従来育種は、選抜 Selection・育種 Breeding・検定 Testing のサイクルで構成されます。同教授は、近年の分子生物学の進展により、人工交配(Breeding)を省略する新たな育種(Breeding)の手法である Breeding without Breeding (BwB) が考案され、更に検定 Testing も省略して育種を高速化する手法 Genomic Selection を説明しました。また、遺伝情報から次世代の性能を高精度に予測可能となれば、林業市場や環境の急激な変化にも迅速に対応可能となると論じ、高速育種の潮流に

適した新たな採種園設計・管理による種苗生産の必要性を指摘しました。

Umeå 大学の X.-R. Wang 教授は気候変動に対する採種園のパフォーマンスを把握する研究プロジェクトを紹介しました。地理的に異なる採種園由来の苗に対するジェノタイプング(遺伝情報の評価)とフェノタイプング(形質評価)を行い、適応性(例えば耐凍性)の大規模な評価を進めています。環境・形質・遺伝に関する膨大な情報を蓄積・統合し、気候変動に適応した育種種苗生産に寄与する狙いです。

「Seed orchards are the cradle for the future (採種園は将来へのゆりかご)」という閉会講演の Lindgren 博士のメッセージが印象的でした。遺伝的に改良された育種種苗は、優れた成長により高い炭素固定能を発揮でき、気候変動緩和策という命題において重要な役割を担うと博士は論じました。また、同博士は、市場構造やニーズの変化に柔軟に対応しつつ、改良された優良種苗の効率的かつ確実な生産を可能とするため、森づくりの第一ステップとしての採種園の重要性を強調しました。

着花促進や樹型誘導といった採種園の基礎的技術の高度化だけでなく、施設内採種園等の新たな取組みの双方が重要な課題であることを再認識した国際会議でした。



写真1 本大会オーガナイザー T. Funda 氏の講演

(海外協力部 海外協力課 松下 通也、
育種部 育種第一課 田村 明、
九州育種場 育種課 松永 孝治)

**林業研究・技術開発推進ブロック会議
育種分科会と特定母樹等普及促進会議を開催**

9月から10月にかけて、林業研究・技術開発推進ブロック会議育種分科会が、林野庁、(国研)森林研究・整備機構共催で開催されました。この会議は、林野庁、林木育種センター、都道府県等の連携による林木育種の推進を目的として毎年、北海道、東北、関東・中部、近畿・中国・四国、九州の5ブロックで開催されています。林木育種センターからは無花粉スギの品種開発にかかる情報提供や原種苗木の計画的な配布等について説明しました。また、5年間の林木育種の推進に関する基本的な事項についてとりまとめた「林木育種推進計画」が各ブロックで改定されました。

関東・中部ブロックの育種分科会では、室内協議の翌日に長野県で現地検討が開催され、長野県の中箕輪採種園においてカラマツの採種園(写真1)等を視察しました。

また、北海道、東北、近畿・中国・四国ブロックについては、この会議と併せて特定母樹等普及促進会議を開催し、特定母樹の普及等について議論を行いました。なお、関東・中部の特定母樹等普及促進会議は7月に林木育種センター(茨城県日立市)で、九州では11月に大分県玖珠土木事務所他(大分県玖珠町)で開催し、関東・中部では主にヒノキ特定母樹等を普及するための取組について、林野庁、都県等の関係機関、民間事業者が参加し、協議を行いました。



写真1 関東・中部ブロックの現地検討の様子
カラマツ採種園を視察

表紙タイトル写真は、林木育種センター(茨城県日立市)内にあるアカマツ広域産地試験地(本紙P3で紹介している関東試験地:植栽後3年)

※紙へリサイクル可



一般公開「親林の集い」を開催

10月21日(土)に、林木育種センターの一般公開「第22回親林の集い」(しんりんのつどい)を開催し、雨の中にもかかわらず約780名と多くの方々にご来場いただきました。



写真1 研究紹介コーナー

研究紹介コーナー(写真1)やクイズラリーの他、近隣の保育園や中学校に協力をいただき、鼓笛隊、和太鼓、吹奏楽の演奏を行いました。また、茨城森林管理署、森林整備センター、森林保険センター、常陸の森クラブにも協力いただき、リース作り、漢字当てクイズ(写真2)、葉書作り、木の鉛筆立て作りなど、来場者に楽しく体験していただきました。

来年も同時期に「親林の集い」を開催する予定ですので、是非ご来場下さい。



写真2 森林整備センターによる「漢字当てクイズ」

(企画部 育種企画課 小野 雅子)

林木育種情報 No. 26

平成30年1月10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>