

林木育種情報

No.40
2022.7

65年を振り返って ー育種サイクルの短縮に向けた取組ー

審議役 畑 茂樹

森林総合研究所林木育種センターは、前身となる国立中央林木育種場等が昭和32年に設置されてから、本年で設立65周年を迎えました。

この間、全国に配置された育種場とともに、森林管理局(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、これら品種開発等の育種素材や希少な種等の林木遺伝資源の収集・保存、林木育種の海外協力などに取組んで参りました。

その成果として、林業で植林されるスギ・ヒノキなどの山行苗木は、既にそのほとんどを精英樹の種穂から生産された苗木が占めるようになっており、さらに最近では平成23年から選抜を進め都道府県等への原種配布を進めてきた第2世代の精英樹(第2世代以降の精英樹をエリートツリーと呼ぶ)や、これらの中で一定の基準を満たして農林水産大臣により指定された「特定母樹」から生産される山行苗木も徐々に出荷されるようになってきたところです。

改めてこの65年間を振り返ってみると、育種技術を巡っては様々なめざましい進展がありました。なかでも、大きな成果の一つとして挙げられるのは、育種サイクルの短縮だと考えています。

通常、品種改良等の育種を行う際には、形質の改良効果を評価するために、利用時期まで育てた上で形質等を計測する必要があります。スギなど、伐採・利用できるようになるまでに植栽してから数十年

もの長い期間を要する林木では、少なくとも利用時期(伐期)の半分程度、すなわち20～30年程度は育てながら計測をする必要がありました。このため、育種には非常に長い年月を必要としてきました。

しかし、第1世代精英樹について、何十年にもわたり地道に計測を繰り返してデータを蓄積したおかげで、15年程度での形質調査結果と壮年(30年頃)の形質調査結果の相関が高いことが科学的に立証され、第2世代の精英樹の選抜のための評価は15年程度で実施できるようになりました。このような育種サイクルの短縮にかかる調査・研究の成果が実際の事業に貢献し、現在エリートツリーの原種配布が本格化しているところです。

そして、現在、このサイクルのさらなる短縮にむけて技術開発研究の取組を進めています。ゲノム情報と形質とを関連付けることで、苗木の葉等から取得できるゲノム情報を活用して形質を早期に予測しようとする取組です。現時点では、予測精度を高めるための様々な研究を進めているところで、まだまだ多くの課題がありますが、今後、精度よく形質の予測ができるようになれば、品種改良のスピードが一段と加速することが期待されます。

林木育種センターでは、このような研究・技術開発を進めながら、今後も、社会のニーズに対応した優れた林木の系統・品種の開発に一層邁進していくこととしておりますので、関係者各位のご理解ご協力をお願い申し上げるとともに、今後の私どもの取組に、是非、ご期待ください。

【紙面紹介】

早生樹チャンチンの増殖…………… 2
林木育種に関する国際会議等への参加…………… 3
原種生産・配布の取組…………… 4～5

成長の早いスギの植栽地での初期成長…………… 6
都道府県等への技術指導について…………… 7
異所的な維管束細胞誘導システムを用いた樹木の細胞壁形成過程で機能する分子機構へのアプローチ…………… 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

早生樹チャンチンの増殖 ー繁殖特性を利用して新たな増殖法を開発するー

1. はじめに

遺伝資源部が担当する林木のジーンバンク事業では、将来の多様なニーズに対応した林木の新品種の開発やバイオテクノロジー等の先端技術の開発に役立てるため、また森林が保有する貴重な遺伝資源が環境変動等によって滅失することを防ぐために、さまざまな樹種を収集し、保存しています。

今回は、早生広葉樹として今後の活用が期待されているチャンチンについて、その繁殖特性に注目した新たな増殖法を開発する取組を紹介します。なお、チャンチンについては、本誌No.33「センダン、ユリノキ、チャンチン」その先へ」とNo.35「早生広葉樹の育苗技術の開発に向けてーユリノキ、チャンチンの効果的な種子精選方法ー」においてもチャンチンの取組を紹介していますので、こちらもご覧下さい。

2. チャンチンの増殖

チャンチンの大木の周りに草の茎のような細い幼苗(写真1、矢印)がたくさん生えていることがあります。これらは親木の根から発生する根萌芽で、鉢植えにした若い苗木でも確認されます(写真2、矢印)。そこでわれわれは、このチャンチンの繁殖特性に注目し、人為的に根萌芽を発生させてクローン苗を大量に増殖することを目指しています(写真3)。

これまでの調査で、根萌芽を利用した場合、樹木の一般的なクローン増殖法であるさし木よりも良い苗木が得られることが明らかになっています。また、親木から採取した根萌芽を土に寝かせるようにして挿しつけること(寝伏せ挿し)で新たな根萌芽を発生させることに成功し(写真4、矢印)、発生する根萌芽の量は親木によって違うこともわかりました。

3. おわりに

ご紹介した取組は、育成している苗木を観察

して偶然見つけた根萌芽からはじまりました。樹木を育てる業務において、観察することの大切さを改めて感じました。



写真1 大木の周りで見られる根萌芽



写真2 鉢植えにした若い苗木から発生した根萌芽

・土を除くと根から増殖したことがわかる(右)。



写真3 根萌芽(写真2)から得られたクローン苗



写真4 寝伏せ挿しで人為的に発生させた根萌芽

(遺伝資源部 探索収集課 弓野 奨)

林木育種に関する国際会議等への参加

1. 国際会議への参加

令和3年度は、新型コロナウイルス感染症の拡大により、林木育種センターが参加した国際会議はすべてオンラインでの開催でした。今回参加した3つの国際会議の概要をお伝えし、林木育種に関し話題になった事項等について紹介します。

2. 食料及び農業のための遺伝資源委員会 (CGRFA: Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture)

本委員会は、植物遺伝資源について取り扱う委員会としてFAOに設置されています。2021年9月27日～10月1日まで開催された第18回通常会合では、気候変動の緩和及び適応のための食料農業遺伝資源の役割、食料農業遺伝資源のアクセスと利益配分及び生物多様性などについて議論されました。

森林遺伝資源分野では、森林遺伝資源の保全、持続的利用・発展のための世界行動計画の実施及び世界森林遺伝資源白書第2版の作成の準備について議論され、世界行動計画については、森林遺伝資源に関する新たなグローバル情報システムの開発と試行を進めるとともに、データの供与の推奨が各国に求められました。また、白書第2版については、世界行動計画の実施のレビューを踏まえ作成され、2023年に公表する予定となっており、その進捗について確認されました。

3. 学会での成果発表と情報収集

(1) オーストラレイシアン種子科学会議 (ASSC 2021: Australasian Seed science Conference)

本会議は、植物の保全と食糧生産における種子科学の重要性に焦点を当て、研究者・技術者がアイデアを共有する機会として企画された国際会議で、「Linking seeds with needs: securing future in a changing world」(ニーズに応えるシーズ(種子)を。変わりゆく世界の未来を拓く(林

木育種センター仮訳))のテーマのもと2021年9月6～10日に開催されました。種子科学、利用、シードバンク管理、文化の各セッションに基づき多様な発表がなされました。なかでも、難貯蔵種子の保存は世界的な課題であり、日本を含む温帯域のコナラ属では液体窒素での凍結保存技術が確立しつつあること、またこうした種の遺伝的多様性の確保には花粉の保存が重要という興味深い報告がありました。当方からは「琉球列島に自生する樹木種の種子特性」について発表しました。

(2) 東アジア生態学連合 (EAFES2021: East Asian Federation of Ecological Societies)

東アジア生態学連合は、中国・韓国・日本の3つの生態学会の連合で、3国の生態学会が相互に連携して、共通の問題に取り組むことを目的としています。第1回は2004年に韓国で開催され、その後、定期的に2年に1回実施されています。2021年7月10～13日開催された今大会では「人と自然が調和するより良いアジアをめざして」をテーマに開催されました。印象に残った話題としては、中国北部の緑化政策として乾燥地域に農地・平野部・オアシスの森林ネットワークを構築し土壌と水の浸食を減少させ、砂漠化の抑制及び生産・生活の条件改善を行うとの発表がありました。当方からは「コウヨウザンの着花特性に影響する内的及び外的要因」について発表しました。

4. おわりに

各国際会議において、気候変動緩和・適応対策、生物多様性保全などの国際的な課題を踏まえた話題が取り入れられるとともに、その地域・分野における課題に対して最新の研究成果が発表されています。このことから、今後も国際会議に参加し、情報収集を行い、業務に活かしていきたいと考えます。

(指導普及・海外協力部 海外協力課 高濱 美樹、
育種部 育種第二課 木村 恵、
遺伝資源部 探索収集課 稲永 路子)

原種生産・配布の取組

我が国の森林は主伐期を迎えており、森林の多面的機能を維持するためには主伐後の再生林が不可欠です。

再生林にあたっては、成長が早い、花粉が少ない、病虫害に強いなどの優れた特徴を持つ、優良な苗木を植栽することが重要です。優良な苗木として、下刈り省力化等の低コスト化が期待できるエリートツリー由来の特定母樹から生産される特定苗木や、従来のスギ・ヒノキよりも花粉が少ない花粉症対策苗木、松くい虫被害の低減に資するマツノザイセンチュウ抵抗性マツ（以下、抵抗性マツという）の苗木等を挙げることができます。

林木育種センターでは、優良な苗木の生産に貢献するため、林木育種事業により開発した新品種の原種苗木を生産（増殖）し（写真1,2,3）、都道府県及び都道府県が認定する認定特定増殖事業者（以下、都道府県等という）に穂木や苗木を配布しています（認定特定増殖事業者には、特定母樹の原種を配布しています）。都道府県等では、この原種を用

いて採種園・採穂園の造成や改良を行います。採種園の場合には、採種母樹から得られた種子から実生苗を育成します。採穂園では、採穂木から穂木を生産し、その穂木を用いたさし木増殖によりさし木苗を育成します。そして、これらの生産された苗木が山行苗木として実際の造林に供せられます。

全育種基本区における令和3年度の原種配布数は、スギ、ヒノキ、カラマツ、グイマツ、アカマツ、クロマツ、トドマツの7樹種について、穂木及び苗木計19,551本となりました。内訳としては、特定母樹が11,867本（スギ、ヒノキ、カラマツ、グイマツ特定母樹と花粉症対策品種の両方に該当する1,362本含む）と約6割を占め、花粉症対策品種は4,693本（スギ、ヒノキ）、抵抗性マツは589本（アカマツ、クロマツ）となっています（表）。

今後も都道府県等の要望に応じ、優良な苗木の安定的な生産・供給に貢献できるよう、着実な原種の生産・配布に努めていきます。



写真1. スギの原種園（林木育種センター）

ここからさし木、つぎ木に用いる穂木を採穂します。



写真2. カラマツの原種園（長野増殖保存園）

つぎ木に用いる穂木を採穂します。



写真3. 苗畑で養苗中のスギ苗木

品種名	樹種	育種基本区					計
		北海道	東北	関東	関西	九州	
特定母樹	スギ		1,478	626	1,740	3,405	7,249
	ヒノキ			960	2,941	5	3,906
	カラマツ		270	345			615
	グイマツ	97					97
小計		97	1,748	1,931	4,681	3,410	11,867
花粉症対策品種	スギ		1,198	708	932	30	2,868
	ヒノキ			131	1,636	58	1,825
小計		0	1,198	839	2,568	88	4,693
抵抗性マツ	アカマツ				96		96
	クロマツ		141	28	110	214	493
小計		0	141	28	206	214	589
その他	スギ		1,098	20	30	164	1,312
	カラマツ	541	20	80	123		764
	グイマツ	48					48
	トドマツ	278					278
小計		867	1,118	100	153	164	2,402
計		964	4,205	2,898	7,608	3,876	19,551

表. 令和3年度の配布実績(単位:本)

注) 特定母樹と花粉症対策品種の両方に該当する九州育種基本区のスギ1,362本については特定母樹に含めている。

(育種部 原種課 井上 晃)

成長の早いスギの植栽地での初期成長

1. はじめに

令和3年6月に策定された森林・林業基本計画のうち、森林の有する多面的機能の発揮に関する施策では、期待される機能に応じたゾーニング(区域分け)により、各々の区域において期待される機能が発揮される適切な森林施業を行うこととされています。林野庁のモデル事業により、ゾーニングに基づく市町村森林整備計画の事例も増えてきているようです。とりわけ、再造林においては、災害リスクと収益性によるゾーニングに基づく造林予定地の選択が健全な森林整備のカギになるとのことです。一方、造林に供する苗木には、従前から「適地適木」という考え方があり、これもゾーニングと合わせて森林経営において考慮されてきました。近年、エリートツリーの開発・普及が進んでいますが、成長性等が遺伝的に改良されたエリートツリーにおいてもこの考え方は引き続き重要なのでしょうか？

2. 成長の早い苗木の検定林への植栽

林木育種情報の38号の巻頭言にありますように、林木育種センターでは、エリートツリーの選抜とそれらを用いた次世代育種集団の作出を進めています。エリートツリーは、精英樹を親として創出された成長等の優れた系統です。これらは特定母樹として普及されるとともに、次世代選抜のための交配親に供され、得られた苗木の試験地(検定林)への植栽が始まっています。今回はこれらの検定林の中から、前生樹種がそれぞれスギとヒノキであった林分に設定した2箇所の検定林における、植栽後3年間の樹高成長を調査した事例を紹介します。

3. 適地への植栽で初期保育省力化に貢献

前生樹種がスギおよびヒノキであった検定林は、福島県いわき市と茨城県常陸太田市にそれぞれ位置しています(以下「前生スギ」および「前生ヒ

ノキ」)。植栽に供した苗木は1年2ヵ月生の実生コンテナ苗です。3成長期後の樹高中央値は、前生スギと前生ヒノキでそれぞれ2.8m、1.3mとなりました(図)。このように前生スギの林分では4成長期目以降の下刈りが不要な樹高に達しましたが、前生ヒノキの林分では従来の森林施業で標準的な5成長期目までの下刈りが必要な成長に留まりました。森林経営にかかるコストは、その大半が初期保育費であることから、成長の優れたスギエリートツリーは、スギ適地に植栽することで森林経営の収益性の増大に貢献できると考えられました。

4. おわりに

林木育種センターではスギのほか、ヒノキ、カラマツ、トドマツなど林業種苗法施行令で指定されている樹種のエリートツリー選抜を進めており、今後も種苗の品質向上に貢献していきます。

本報告の一部は農林水産省戦略的プロジェクト研究推進事業(18064868)により得られた成果です。

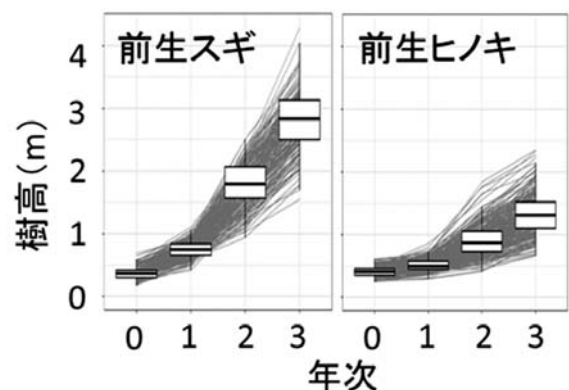


図 2つの検定林における植栽後の樹高の推移

横軸(年次)は植栽時を0年次とし、以降1成長期経過するごとに年次が1ずつ増加するとしている。山野邊ら(2022)関東森林研究73:49-52の図を改変。図中の折線は、各個体の樹高の推移を表し、箱ひげ図の箱の下端、横太線、および上端はそれぞれ第1四分位、中央値および第3四分位。ひげの上端以上および下端以下の値は外れ値として扱われることが多い。

(育種部 育種第一課 山野邊 太郎)

都道府県等への技術指導について

林木育種センターでは、都道府県等からの要請等に応じて、種苗の増殖や採種園等の造成改良に関する技術指導を行っています。今回は令和3年度に実施した技術指導について紹介します。

1. スギミニチュア採種園管理

3月に、栃木県林業センターの育種担当者と作業員、認定特定増殖事業者1者を対象にスギミニチュア採種園管理の技術指導を行いました。まず、室内でスギミニチュア採種園の施業サイクル(整枝剪定による萌芽枝育成→着花促進処理→採種)や樹形誘導に関する講義を行い、次いで採種園が造成されている塩野室育種地で実技を行いました。採種木の生育状況にもよりますが、植栽後3年目にジベレリンを用いて着花促進を行い、翌年に種子採取ができます。このように植栽後、短期間で種子生産できるのがスギミニチュア採種園のメリットの1つです。

整枝剪定については、1回目は着果促進前に種子採取など作業がしやすい高さの調整を目的として、2回目は球果採取後に枝の長さ調整や間引きなどによる採種木の骨格決めに目的として、3回目以降は球果採取後に樹形の維持と採種量を確保するための萌芽枝の育成を目的として行うことを説明しました。今回の対象地は2回目に当たることから、骨格作りに重点を置き、枝の長さ調整などの指導を行いました(写真-1)。また、ここで強度の剪定を行うと採種木の樹勢が衰えたりその後に着花させる枝が少なくなるなど採種量にも影響を



写真-1 実技指導の様子

与えるため注意が必要なことや、剪定やジベレリン処理後に樹勢が衰えるため施肥による回復も重要であることの説明も行いました。

2. 採種園造成管理

3月、群馬県林木育種場において、群馬県林業試験場の育種担当者と採種園管理者を対象にスギミニチュア採種園とカラマツ採種園の管理に関する技術指導を行いました。前者についてはその施業サイクルや樹形誘導に関する概要説明の後、採種木を用いて剪定のポイントなどを説明し、後者については、植栽5年程度の若齢であり採種木を施肥によって充実させる時期であるため、今後、整枝剪定作業によって採種木に仕立てるタイミングや他県の仕立て事例の紹介などを行いました。また、試験場担当者を対象に、採種園造成時のクローン配置の設計についてソフトウェアによる作業の説明を行いました(写真-2)。間伐を想定する場合など、複雑なクローン配置も短時間で簡単に行えることに感心されていました。



写真-2 操作方法の説明

3. 優良な苗木の安定供給に向けて

今回は初任職員の方々を対象に技術指導を実施しましたが、引き続き、各都県の担当者が異動しても採種園から安定的に種穂が供給されるよう、また、認定特定増殖事業者についても事業を着実に進められるよう支援していきたいと考えていますので、ご要望があれば各都県の担当者を通じてご連絡をいただきたいと思います。

(指導普及・海外協力部 指導課 千葉 信隆)

異所的な維管束細胞誘導システムを用いた 樹木の細胞壁形成過程で機能する分子機構へのアプローチ

1. 背景

CO₂等の温室効果ガスの増加による気候変動は国際的に大きな課題となっており、この問題への対応として、CO₂の排出量と吸収量を均衡させるカーボンニュートラル、更には、CO₂削減(ビヨンド・ゼロ)を達成することが求められています。森林は炭素吸収源として大きな役割を果たしており、森林によるCO₂吸収量拡大に向けた林木育種面での取組として、林木の育種期間を大幅に短縮し、炭素貯留能力に優れた樹木の開発を進めています。

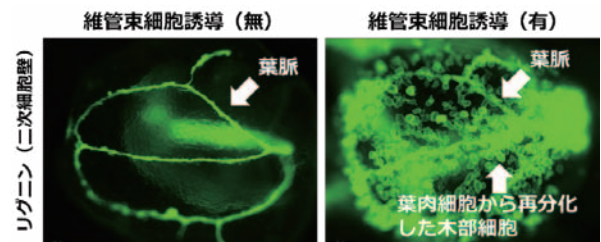
2. 炭素貯留の場

樹木における炭素貯留の場、すなわち、地上部に存在する豊富なバイオリソースとして、樹木における木部組織の細胞壁が挙げられます。細胞壁のバイオマテリアルとしての利用性を向上させるため、細胞壁形成の分子機構に関する研究が盛んに行われており、ここ数十年で、モデル植物等で細胞壁形成に関わる転写因子群や酵素等に関する理解が深まっています。一方で、樹木、特に針葉樹では細胞壁形成の分子機構の解明は進んでいません。炭素貯留能力に優れた樹木の開発には、樹木における細胞壁形成の分子機構の解明が重要になってきます。

3. 異所的な維管束細胞誘導系

細胞壁の形成機構に関する研究の一つに、モデル植物シロイヌナズナの子葉を用いて、葉肉細胞から維管束を構成する道管および篩管の細胞を作

り出す方法「Vascular Cell Induction Culture System Using Arabidopsis Leaves (VISUAL)」が開発されています(Kondo *et al.*, 2016)。この方法では、維管束幹細胞から木部や篩部組織を人為的に誘導でき、経時的に細胞の変化を調べることができます。また、トランスクリプトーム解析、イメージング解析、プロテオーム解析などを組み合わせることで木部や篩部への分化を制御する遺伝子やタンパク質を同定することが可能です。シロイヌナズナで確立された維管束細胞誘導系(VISUAL)を樹木で開発することができれば、樹木の細胞壁形成を制御している転写因子群や生合成酵素の探索が可能となります。



写真「シロイヌナズナのVISUAL実験」

写真左側は維管束細胞を誘導していない結果であり、右側は維管束細胞を誘導した結果である。また写真はリグニン(二次細胞壁)を染色したものを示しており、誘導処理を行った子葉では葉肉細胞が維管束細胞に再分化している。

4. おわりに

現在は、スギ等の樹木でVISUALを確立するため研究を進めており、最終的には炭素貯留能力に優れた樹木の開発に繋がたいと考えています。

(森林バイオ研究センター 佐藤 良介)

表紙タイトル写真

令和4年3月に、原種苗木の安定供給のための特定母樹等育成温室を建設しました。この温室は4つの育成温室と1つの準備室、出荷まで原種苗木を長期貯蔵するための2つの大型冷凍コンテナで構成されています。



林木育種情報 No.40

令和4年7月29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>