

林木育種情報

No.30
2019.3

林木育種におけるバイオテクノロジーの開発

森林バイオ研究センター長 藤原 健

森林バイオ研究センターは、第4期中長期計画において林木育種におけるバイオテクノロジーの開発に取り組んでいます。遺伝子組換えによる林木の育種技術の高度化、林木の有用形質発現の分子機構の解明、バイオテクノロジーによる機能性樹木の活用技術の開発の3つの課題を柱に、科学研究費助成事業等の競争的資金を活用しながら研究を進めています。

遺伝子組換えに関する課題では、組織培養や遺伝子組換え技術の開発を行ってきており、林業樹種として重要なスギについても、培養細胞による個体再生と遺伝子組換えを効率的に行う技術を開発し、平成27年度から29年度にかけて隔離ほ場において遺伝子組換え無花粉スギの野外栽培試験を実施したところです。平成30年度においては、これまで開発してきた遺伝子組換え技術を活用し、ゲノム編集技術をスギに適用するための技術開発を行い、ゲノム編集がスギに適用可能であることを明らかにしました。ゲノム編集技術は、DNAを狙った部位で切断し、その修復の過程で生じる塩基の欠失や挿入により遺伝子の機能を改変する技術です。

有用形質の発現機構の解明では、クロマツのマツノザイセンチュウ抵抗性に関与する遺伝子の探

索を目的として、クロマツ人工交配家系を用いた連鎖解析に取り組んでいます。各個体の塩基配列を解読し、同じ場所の塩基配列が個体によって1塩基異なる一塩基多型を利用して作成した連鎖地図を元に抵抗性との関連解析により抵抗性に関与する遺伝子領域の絞り込みを行っています。

薬用系機能性樹木の活用技術の開発においては、薬効成分を含む側枝がチョウトウコウと呼ばれる生薬として利用されているカギカズラに着目しています。チョウトウコウは、精神の高ぶりを鎮める効果があるとされ、国内での使用量が増加傾向にありますが、その全てを国外からの輸入に頼っています。カギカズラの国産化を推進するために、組織培養による増殖技術の開発を進めてきました。これまで、組織培養苗の野外栽培を行い、栽培特性の評価にも着手しています。今後、国産カギカズラの活用に向けた取組を行っていきます。

以上のように、森林バイオ研究センターではバイオテクノロジーを林木育種に活用すべく研究を行っています。これまでの研究を発展させるべく努めて参りますので、引き続き皆様の御理解と御協力をよろしくお願い申し上げます。

【紙面紹介】

平成30年度に開発した優良品種 2 ~ 3
人工育苗装置を利用したスギさし木苗増殖技術の開発 4
スギにおける環境ストレス応答性の評価手法 5

小笠原諸島返還50周年記念事業
「オガグワの森プロジェクト」植樹会 6
海外育種事情調査
(ソロモン諸島国およびフィジー共和国) 7
平成30年度林木育種成果発表会を開催 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

平成 30 年度に開発した優良品種

1. はじめに

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(以下、林木育種センター)では、第4期中長期計画(平成28～32年度;5年間)において「第2世代マツノザイセンチュウ抵抗性品種、成長に優れた少花粉品種等の優良品種150品種(系統)の開発を行う」という目標を掲げて、優良品種開発のための調査・研究を進めています。

平成30年度は、無花粉スギ品種、マツノザイセンチュウ抵抗性品種及び初期成長に優れた第2世代品種などの合計35品種を新たに開発しました。本稿では今年度開発した優良品種の概要について紹介します。

2. 花粉症対策品種

スギ花粉症は、国民の約3割が罹患していると言われ、社会的・経済的に大きな影響を与えています。そのため、林野庁では花粉の少ない苗木等による植替えを進めています。林木育種センターとしても花粉発生源対策に貢献するため、平成29年度までに花粉症対策品種として、成長等が優れている精英樹の中から少花粉スギ142品種、低花粉スギ11品種及び少花粉ヒノキ55品種を開発するとともに、さらに無花粉スギ4品種を開発し、採種穂園に導入するための原種を都府県に配布してきました。平成30年度は、成長等に優れ、花粉を全く生産しない無花粉スギ1品種を開発したので紹介します。

開発された無花粉スギ品種の名前は「三月晴不稔1号」で、花粉症の患者にとって最も辛い2月から4月の3か月間、特に3月に晴れやかな気持ちで過せるようにという願いが込められています。「三月晴不稔1号」は、静岡県、神奈川県、東京都、富山県、林木育種センターの5機関が共同で開発した品種で、静岡県産精英樹の大井7号と神奈川県産精英樹の中4号の無花粉遺伝子をヘテロで有す

る精英樹同士の交配によって得られた家系の中から選抜され、初期成長が精英樹と同等である個体を品種としています。さらに、さし木発根率も良好(80%以上)であることから、原種や苗の生産が容易な優れた増殖特性を有する品種です。

林木育種センターでは、今後も花粉発生源対策の推進に向けて、他機関とも協力しながら無花粉スギ品種を始めとする花粉症対策品種の開発に取り組んでいきます。

3. マツノザイセンチュウ抵抗性品種

松くい虫被害は、体長約1mm以下のマツノザイセンチュウがマツノマダラカミキリに運ばれて、マツ類の樹体内に侵入することによって、マツ類を枯死させる現象です。平成29年度の被害材積は40万m³の被害で、依然として松枯れ被害が続いています。平成29年度末現在で、アカマツで263品種、クロマツで204品種のマツノザイセンチュウ抵抗性マツが開発され、当該品種の採種園からの種子の生産により、抵抗性マツ苗が普及しています。

京都市では日本古来の里山景観の保全のため、地元産の抵抗性アカマツ品種の開発が求められていました。そこで、京都市と林木育種センターが連携し、金閣寺周辺の松枯れ被害を受けている松林からマツノザイセンチュウ抵抗性品種(アカマツ)10品種を平成30年度に開発しました。これらの品種を使った採種園の造成や、抵抗性種苗の生産を通じて、京都地域のアカマツ林の景観再生に、貢献していきたいと考えています。

4. 初期成長に優れた第2世代品種

林業の成長産業化には、主伐後の再造林における育林コスト、特に下刈りコストの削減が必要です。スギの下刈り経費は、育林経費全体の1/3から1/4を占めると言われており、主伐期を迎えているこのタイミングで、再造林の省コスト化

に資する初期成長に優れた品種を開発することが必要です。そこで、スギ精英樹同士の交配でできた第2世代の中から初期成長に優れた優良品種を開発することとしました。

特に、優良品種をさし木苗で普及することにより、優良な遺伝子があるまま引き継がれるため、実生苗で普及する場合より高い改良効果が期待できます。今回開発した3品種のさし木苗による5年次の樹高は、第2世代の平均と比べて約2割アップとなっていました。また特定母樹として既に指定されている品種ですので、10年次以降の成長についても期待できます。さし木の発根率も良好(80%以上)ですので、さし木苗による普及にも適しています。関東育種基本区では、今のところ、実生苗による造林が主流ですが、今後、関東育種基本区でさし木苗による造林を志向する森林経営者にとって有望な品種になるものと考えます。



初期成長に優れた
第2世代品種(スギ)
スギ林育2-256号

表1 無花粉スギ品種

育種基本区	番号	品種名
関東	1	三月晴不稔1号

(※1) 静岡県、神奈川県、富山県、東京都、林木育種センターで共同申請した品種

表2 少花粉スギ品種

育種基本区	番号	品種名
九州	1	県浮羽8号
	2	県八女6号
	3	県八女9号
	4	県甘木4号

表3 マツノザイセンチュウ抵抗性品種

育種基本区	番号	選抜地	品種名
東北	1	岩手	岩手(藤沢)アカマツ40号
	2	岩手	岩手(花泉)アカマツ1号
	3	岩手	岩手(花泉)アカマツ59号
	4	岩手	岩手(花泉)アカマツ63号
	5	岩手	岩手(花泉)アカマツ72号
	6	岩手	岩手(花泉)アカマツ78号
	7	岩手	岩手(花泉)アカマツ128号
	8	山形	山形(酒田)クロマツ247号
	9	山形	山形(酒田)クロマツ259号
	10	山形	山形(遊佐)クロマツ157号
	11	山形	山形(遊佐)クロマツ166号
	12	山形	山形(鶴岡)クロマツ40号
関西	1	広島	広島(庄原)アカマツ1号 ※
	2	広島	広島(庄原)アカマツ2号 ※
	3	広島	広島(庄原)アカマツ3号 ※
	4	京都	京都(金閣寺)アカマツ22号
	5	京都	京都(金閣寺)アカマツ23号
	6	京都	京都(金閣寺)アカマツ24号
	7	京都	京都(金閣寺)アカマツ26号
	8	京都	京都(金閣寺)アカマツ29号
	9	京都	京都(金閣寺)アカマツ31号
	10	京都	京都(金閣寺)アカマツ32号
	11	京都	京都(金閣寺)アカマツ33号
	12	京都	京都(金閣寺)アカマツ35号
	13	京都	京都(金閣寺)アカマツ37号
	14	京都	京都(京丹後)クロマツ99号
	15	島根	島根(西ノ島)クロマツ346号

※ 第2世代品種であり、一次検定を実施した地域を選抜地として記載

表4 初期成長に優れた第2世代品種

育種基本区	番号	品種名
関東	1	スギ林育2-68
	2	スギ林育2-92
	3	スギ林育2-256

(育種部 育種第一課 田村 明)

人工育苗装置を利用したスギさし木苗増殖技術の開発

1. はじめに

近年、伐採適齢期を迎えた林分の増加に伴い、伐採後の更新を行うための種苗の需要が高まっています。同時に、更新にかかるコストを低減するため、成長が早い品種が求められています。これらの需要に応えるには、優れた品種を短期間に作出するとともに、その原種を早期に普及し、造林用種苗の生産に結びつける必要があります。そのため、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作出する技術の開発」において、画期的な性能を持つ新世代林業種苗を短期間で作出する技術開発を行うとともに、開発した品種を短期間で大量増殖するための研究開発に取り組みました。今回は、このプロジェクトで開発に取り組んだ人工育苗装置を利用したスギさし木苗増殖技術の内容についてご紹介します。

2. 開発した技術の内容

スギのさし木苗の増殖効率を高めるためには、まずさし木発根率を向上させることが重要です。そこで、採穂木の状態、穂作り、さし床の環境等で発根率に影響を与える要因について検討しました。その結果、1年のうち6月にさし木すると特異的に発根率が低下すること、さし穂の長さが発根率に影響を及ぼすこと、さし木用土の理化学性のうち気相と液相の割合が発根率に大きな影響を及ぼすこと等が明らかとなりました。これらの諸条件を最適化することで、発根率を向上させることができると考えられます。

次に、得られたさし木苗を促成栽培することに取り組みました。関東地方では、さし木は栄養分のない用土にさしつけ、1年間据え置いた後に苗畑に床替して1年間育苗するため、採穂して山出

しするまでに2年間を要します。この期間を短縮するため、発根したさし木苗を速やかにポットに移植し、人工育苗装置で育成する試験を行いました。具体的には、この人工育苗装置内を明期(昼の長さ) 16時間、気温25度、CO2濃度1,000ppmに保ち、毎日液肥灌水を行いました。発根に適した環境から成長促進に適した環境に速やかに移行することで成長を促し、より早くさし木苗を成長させることに成功しました。また、この育成条件下で再増殖に必要な萌芽数も多く発生させることができました。

3. 成果の普及について

今回開発したスギさし木苗増殖技術は、「新世代種苗の増殖マニュアル」としてまとめ、林木育種センターのホームページで公開しています(<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/issue/rinboku/sinsedaisyubyo.html>)。この増殖技術が種苗生産の様々な局面で参考になれば幸いです。また、今後も苗木の増殖・生産に関する研究開発を進めていきたいと考えています。

(育種部 育種第二課 大平 峰子)



人工育苗装置内で成長するさし木苗

スギにおける環境ストレス応答性の評価手法

1. 気候変動と林木育種

気候変動に伴い予想される高温や乾燥ストレスにより、スギの生育が不適となる地域の増加が懸念されています。今後の人工林での生産性の維持に資することを目的として、林木育種センターは農林水産技術会議委託プロジェクト研究「気候変動に適応した花粉発生源対策スギの作出技術開発」(平成28～32年度)において、高温や乾燥ストレスに耐性を有するスギの品種改良を推進するために必要となる育種素材の作出と育種技術の開発に取り組んでいます。

育種素材の作出のためには、多数の系統について高温や乾燥ストレス耐性に関わる形質を評価する必要があります。このような形質評価を効果的に進めるには、定量的・高精度・高速な評価手法が求められます。ここでは、新たに開発・改良した表現型評価手法の概要について紹介します。

2. 成長量の評価

これまでの成長量の評価は、1成長期間の成長量を地表面から樹頂点までの高さを苗高あるいは樹高として測定することが一般的でしたが、ストレスへの反応として精密に評価するため、時期別の成長量を把握できるように調査方法を改めました。時期別の成長量を把握するためには、測定誤差を小さくする必要があるため、測定する部位ごとにマーカー(目印)をつけ、マーカーと頂端との距離の変化として、成長量を測定することにしました。これにより、従来の10倍の精度で系統ごとの経時的な成長量の変化を把握できるようになりました。

3. 気孔応答性の評価

植物は、乾燥などのストレスを感じると気孔を閉鎖し、植物体内の水分損失を抑えることが知られています。この気孔応答による蒸散量の変化の測定には様々な手法がありますが、測定に多くの時間や労力を必要とするものが多く、多数個体を

一斉に測定するためには不向きでした。そこで、赤外線サーモカメラを用いて蒸散熱による葉温の変化を捉え(図1)、蒸散量を評価する手法を開発しました。この手法により一回の測定に必要とする時間が10秒程度まで短縮でき、多数の個体における気孔応答性の評価が可能となりました。

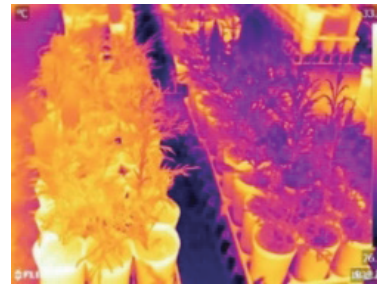


図1 乾燥ストレス試験中のスギ苗を撮影した赤外線サーモグラフ
左列が乾燥区、右列が灌水区。乾燥区では気孔が閉じ葉の温度が高温となっているため、明るい色となっている。

4. クロロフィル蛍光法による光合成活性の評価

クロロフィル蛍光とは、光合成の際に光エネルギーを吸収する役割をもつクロロフィルが発する蛍光のことで、この蛍光強度の変化から植物の状態について様々な情報を得ることができます。また、短時間かつ非破壊での測定が可能のため、多数の個体の調査に適しています。今回の系統評価では、クロロフィル蛍光の測定により、植物のストレス状態を把握可能な光化学系II^{*}の最大量子収率と光合成の状態に関係する光化学系IIより下流の電子伝達速度を評価しています。

※一般的な植物における光合成に関与する2つの光化学系の1つで、光と水から電子と酸素を作り出す反応系。

5. おわりに

ここで紹介した評価手法等を用いて、スギのストレス耐性に関わる形質評価を進めています。これらの調査・研究の推進により、気候変動適応策に資するスギ育種素材の作出を目指します。

(育種部 育種第二課 高島 有哉)

小笠原諸島返還50周年記念事業 「オガグワの森プロジェクト」植樹会

1. 絶滅危惧種オガサワラグワ

東京の南1,000Kmに位置する小笠原諸島は、一度も大陸と地続きになったことがない海洋島で、独自に進化した固有種が数多く生息していることで有名です。オガサワラグワも小笠原諸島の固有種で、かつては小笠原諸島の原生林(湿性高木林)を構成する主要な樹木でした。しかし、木目が緻密で美しいため、高級材として取引され、開拓初期にほとんどが伐りつくされました。残された個体も移入種のアカギやシマグワの影響で存続の危機に陥り、絶滅危惧種となってしまいました。そこで、林木育種センターでは、組織培養技術を利用し、クローンの生息域外保存を進めてきました(写真1)。今では、現存個体の約7割をクローン保存するに至っています。

2. オガグワの森プロジェクト

小笠原諸島は、戦後米国統治下に置かれ、昭和43年に日本に返還されました。平成30年は返還50周年にあたり、さまざまな記念事業が行われました。「オガグワの森プロジェクト」もその一つで、

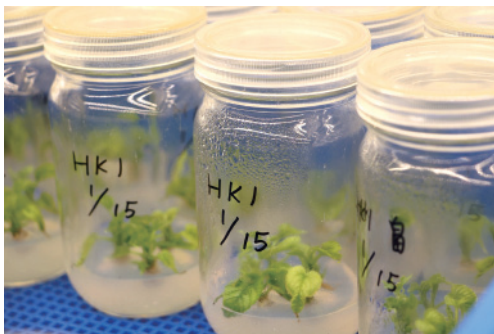


写真1 組織培養による生息域外保存



写真2 小笠原で馴化・育成された苗木



写真3 「オガグワの森」植樹会の参加者

父島の村有林を整備し、村民の手でオガサワラグワを植栽し、育成していくことで、小笠原の自然を身近に感じてもらうというものです。このプロジェクトのために、林木育種センターと小笠原村は覚書を締結し、生息域外保存しているオガサワラグワの苗木を里帰りさせることとしました。小笠原諸島は固有生物の宝庫であり、土付きの苗木を持込めないなど多くの制限があるため、組織培養苗から無菌発根苗木を作成し、それを小笠原に運び、約1年かけて馴化・育成しました(写真2)。

3. 植樹会

平成30年12月9日に、里帰りした苗木を植栽のために整備していた区画に植栽しました。植樹会には、島民と関係スタッフ合わせて100名近くが参加しました(写真3)。12月とはいえ亜熱帯の小笠原はとても暑く、滴り落ちる汗をぬぐいながら楽しく約70本を植栽しました(写真4)。これからしばらくの間は水やりなどの手入れが必要となりますが、今後、立派なオガグワの森になることが期待されます。

(遺伝資源部 探索収集課 磯田 圭哉)



写真4 オガサワラグワの苗木の植栽

海外育種事情調査 (ソロモン諸島国およびフィジー共和国)

1. はじめに

林木育種センターは、太平洋共同体(以下、SPCという。)&「防風効果の高いテリハボクの育種研究」を進めています。

本年1月、SPC加盟国であるソロモン諸島国及びフィジー共和国に出張し、テリハボク等の育種事情等を調査しました。

2. ソロモン諸島国

ソロモン諸島国(以下、「ソロモン」という。)における林業は、同国の総輸出額の50%以上、国家歳入の30%以上を占める主要産業です。輸出される木材は、大半が天然林由来の原木丸太です。しかし、天然林資源の減少が深刻であり、人工林施業の推進が求められています。ソロモンの主要な造林樹種は、チーク、マホガニーやユーカリなどの早生樹です。同国では、森林の90%以上が民地であり、民有林造林が主体となるという特色があります。

一方、ソロモンでは、集落が主として島々に囲まれた内側に位置し暴風や高波から守られていること、また、国の禁伐政策によって保護されたマングローブ林が一定の防潮機能を発揮していることから、防風・防潮林造成に対する国民の関心はあまり高くないとのことでした。

テリハボクについては、1990年代には産地試験が行われていましたが、研究は中断され、現在は当時の資料が残っていないとのことでした。しかしながら、材が建材として使われ、薬用等に種子油を販売していたこともあり、今後、生計向上や気候変動適応策としての防災に寄与するテリハボク植林に対する潜在的な需要は高いと考えられます。



ソロモン森林研究省でのミーティング

3. フィジー共和国

フィジー共和国(以下、「フィジー」という。)の人工造林は、民間企業が主体で進めており、主な造林樹種はカリビアマツやスラッシュマツです。政府主導の造林は、マホガニーやサンドルウッドなどの広葉樹を中心に進められています。

フィジー森林省は、今後4年間で400万本の植林を目指すこととしており、海岸部では、防風林造成を目的としてテリハボク等の植林を行っています。

このため、同省はテリハボクをはじめとする造林樹種の試験地の設定や苗畑施設の改善に高い関心を持っており、また、これらの取組を推進する上で、森林省の研究開発部門の強化が課題とのことでした。



SPC土地資源部でのミーティング

(海外協力部 西表熱帯林育種技術園 楠城 時彦)

平成30年度林木育種成果発表会を開催

平成31年2月13日(水)に、東京都江東区の木材会館において、平成30年度林木育種成果発表会を開催し、国や都道府県の行政関係者、各研究機関等から、約130名の方にご来場いただきました。



写真1 当日の会場の様子

当日は、東京農工大学大学院連合農学研究科 船田良教授から、「木材の形成と環境変動」の特別講演、富山県農林水産総合技術センター森林研究所 斎藤真己主任研究員から、「富山県における無花粉スギの品種開発と実用化」の特別報告をいただきました。



写真2 特別講演中の東京農工大学 船田教授

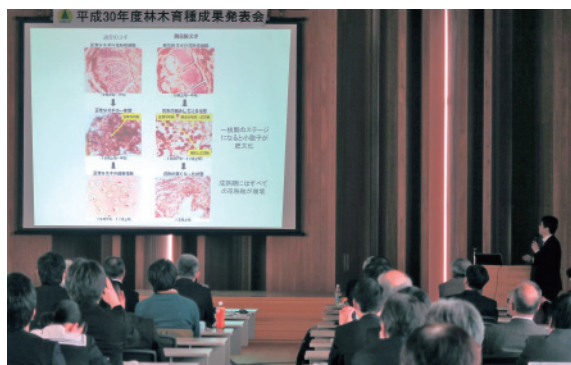


写真3 特別報告中の富山県 斎藤主任研究員

表紙タイトル写真

林木育種センター(茨城県日立市)内にある隔離ほ場に植栽した遺伝子組み換え 無花粉スギです。野外環境においても、無花粉性が維持され、成長も良好でした。

林木育種センター・森林バイオ研究センター・育種場の研究者から、次の8課題について発表しました。

○平成30年度開発品種について

育種部 育種第一課 育種調査役 田村 明

○気候変動に適応したスギ優良品種の開発に向けた取組

育種部 育種第一課 基盤技術研究室長 平岡 裕一郎

○多様な無花粉スギ品種の開発に向けた取組

育種部 育種第一課 高橋 誠

○雪害抵抗性第2世代スギ等の開発と普及について

東北育種場 育種課 主任研究員 玉城 聡

○成長に優れたスギのエリートツリーの開発と普及について

九州育種場 育種課 久保田 正裕

○早生広葉樹の優良種苗の生産技術の開発に向けた取組

遺伝資源部長 生方 正俊

○有用な樹木の凍結保存技術の開発に向けた取組

遺伝資源部 保存評価課 研究員 遠藤 圭太

○ゲノム編集によるスギの遺伝子改変技術の開発に向けた取組

森林バイオ研究センター 主任研究員 七里 吉彦



写真4 発表中の九州育種場 久保田育種課長

また、質疑応答では、気候変動に適応するスギの開発に関する試験の進め方、初期成長に優れたエリートツリー(九育2-203)、早生樹の増殖などについて、国や都道府県の行政担当者や研究機関の研究者から多くの質問が出され、最近の林木育種の動向への関心の高さが伝わってきました。

林業の成長産業化や地球温暖化森林吸収源対策、あるいは花粉発生源対策など、林木育種に対する社会的ニーズが高まっている今日、この成果発表会を本年度の取り組みの一つの区切りとし、これらに対するご来場いただいた皆様からのご意見、ご要望等も踏まえながら、次のステップに向けてさらに研究開発を進めて行く考えです。

(企画部 育種企画課 立花 紀之)

林木育種情報 No.30

平成31年3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 <http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/index.html>