

ISBN 978-4-905304-55-5

林木育種の最前線

- 2011年度～2015年度の主要成果 -

FRONTIERS
in
FOREST TREE BREEDING



国立研究開発法人 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

はじめに

「林木育種の最前線」は、森林総合研究所の第3期中期計画期間（平成23～27年度）における、林木育種センター及び森林バイオ研究センターでの研究開発の主要成果をまとめたものです。この5年間に林木育種事業は大きな節目を迎え、また林政上においても林木育種に大きな影響を与える動きがあった時期であったと考えています。

林木育種事業は昭和29年（1954年）の精英樹選抜事業によって開始され、昭和39年（1964年）以降次代検定林を設けて精英樹の評価を行ってきました。その後、平成元年（1989年）からは、精英樹同士の交配によるF₁の検定林（育種集団林）を設けて評価を行ない、平成24年（2012年）から優良系統であるエリートツリー（第二世代精英樹）の開発が開始されました。林木育種事業が開始されてから半世紀を超えたところですが、このタイミングでエリートツリーの開発が可能となったのは、第一世代精英樹の次代検定林において蓄積したデータにより、育種集団林からの優良系統の選抜までの期間を大幅に短縮できたことによります。長期に亘る着実な取組がもたらした大きな成果であり、林木育種の歴史にとって大きな節目であろうと考えています。

一方、平成25年には「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」の一部が改正され、森林の二酸化炭素吸収能力を強化するため、成長に優れた種苗を「特定母樹」として農林水産大臣が指定することとなり、林木育種センター（森林総合研究所）には「特定母樹」の原種を配布する努力が求められました。平成26年度までに指定された「特定母樹」のうち、8割以上がエリートツリーから指定されたものとなっています。また、同年度に林木育種センターがこれまでに開発してきた品種数が2000を超えました。

これらのことは、林木育種と原種の配布の必要性について、法律の改正等を通じて改めて国民の皆様に認めていただいたものとも考えられ、林木育種に大きな影響を与える動きであったと考えています。

この期間中には、このような林木育種を巡る動きのほか、育種の高速化など品種開発に関する研究開発、育種素材や希少種などの遺伝資源の収集・保存に関する研究開発、遺伝子組み換えなどの新技術による品種開発に向けた研究開発、海外協力や海外との共同研究における育種技術の研究開発など、様々な成果が生まれています。このような林木育種の最新の成果をまとめた本誌をご覧ください、林木育種の必要性和その取組内容について、ご理解をいただければ幸いです。

2015年8月

国立研究開発法人 森林総合研究所林木育種センター

所長 渡邊 聡

「林木育種の最前線」の構成

- 本成果集は、研究・事業の成果だけでなく、この研究や事業がどのように社会に還元し、利用できるか、今後この研究・事業をどのように展開していくかを具体的に記載しています。
- 第1章では、今中期計画(2011～2015年度)の育種関連の研究・事業の成果と、今後の方向性の概要を示しました。第3章では育種関連の16の個別研究・事業課題の成果および今後の活用について紹介しています。
- 第2章では、遺伝資源、森林バイオ研究センターでの研究・事業の成果と、今後の方向性の概要を示し、第4章では12の個別研究・事業の課題の成果および今後の活用について紹介しています。
- 第5章では、特に行政施策や社会に大きく貢献した5の研究・事業の成果を紹介しています。
- 第6章では、林木育種事業と研究を推進・普及するための、他機関との連携や成果の発信について紹介しています。
- 第7章では、専門用語を解説しています。

写真はスギエリートツリー候補木
5年で樹高7m

林木育種の最前線 2011年度～2015年度の主要成果

目次

第1章 林木育種に関わる研究・事業の主な成果及び今後の方向性	2
1. 品種開発、エリートツリーおよび特定母樹	3
2. 林木育種の高速化に向けた研究	4
3. 多様なニーズに対応する育種技術の開発	5
4. 世界とつながる林木育種	6
第2章 遺伝資源・バイオテクノロジーの研究・事業の主な成果及び今後の方向性	7
1. 遺伝資源の収集・保存・評価技術の開発	8
2. バイオテクノロジーの育種への利用技術の開発	9
第3章 林木育種に関わる研究・事業での個別成果	10
1. 開発品種の紹介	11
2. エリートツリーの紹介	12
3. 特定母樹の紹介	13
4. 系統管理の精度を高めるためのトレイサビリティ・システム	14
5. エリートツリー等の優良種苗の普及に向けて—コンテナ苗の育苗条件の検討—	15
6. 精英樹の次世代化に向けた取り組み	16
7. 系統評価の統計解析手法の高度化	17
8. スギの遺伝子発現情報の蓄積と統合	18
9. ゲノム情報を活用した新たなスギ育種	19
10. 地上3次元レーザ計測によるフェノタイピング技術の高度化	20
11. 花粉症対策スギ・ヒノキの育種と普及	21
12. マツノザイセンチュウ抵抗性品種の次世代化に向けた基盤技術の開発	22
13. ケニア乾燥地耐性育種プロジェクト—JICA技術協力—	23
14. 防風・防潮効果に優れたテリハボクの育種研究	24
15. ベトナムでアカシア属人工交配の実証試験—アカシアハイブリッドの育種—	25
16. フィンランド自然資源研究所との共同研究—ハイブリッドトウヒの育種—	26
第4章 遺伝資源・バイオテクノロジーの研究・事業での個別成果	27
1. 標準樹種リストの作成と林木育種センター保有の遺伝資源の評価	28
2. GIS技術を用いた林木遺伝資源の保存状況の可視化	29
3. アカマツの地理的変異の解明	30
4. アカマツ生息域内保存林における散布種子の遺伝的多様性—保存林スケールでの評価—	31
5. スギコアコレクションの作成	32
6. 種子等の長期保存技術の開発—スギ、ヒノキとコナラ亜属種子について—	33
7. 絶滅が危惧される小笠原固有樹種—オガサワラグワの保全—	34
8. 希少樹種の大量結実とジーンバンク収集—トガサワラとシコクシラベ—	35
9. 遺伝子組み換えによる花粉発生制御技術	36
10. クロマツにおけるマツノザイセンチュウに対する抵抗性メカニズムの解明	37
11. 木質の改変に利用可能な二次壁特異的プロモーターの同定—ポプラにおいて—	38
12. 薬用系樹木カギカズラとワダツミノキの増殖技術の開発	39
第5章 行政施策や社会に大きく貢献した成果	40
1. 抵抗性クロマツの大量生産体制の確立	41
2. スギの生育環境への適応性の評価	42
3. カラマツ育種種子不足への林木育種の寄与	43
4. 巨樹・名木等のクローン増殖サービス—「林木遺伝子銀行110番」—	44
第6章 林木育種事業・研究の推進と普及	45
1. 専門分野を活かした社会貢献	46
2. 成果の発信	47
第7章 用語集	48

第1章

林木育種に関わる研究・事業の
主な成果及び今後の方向性



1-1 開発品種*、エリートツリー*および特定母樹*

林木育種センター育種部、北海道育種場、東北育種場、関西育種場、九州育種場

1

今中期計画で得られた成果

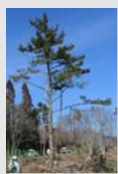
① 中期計画における目標

林木の優良種苗の早期確保に向けて、林業の再生と国土・環境保全に資する250品種の開発を行うとしています。

② 開発品種の成果

2014年度までの4年間に、林業の再生に資する品種(初成長に優れた品種、材質優良品種等)と国土・環境保全に資する品種(マツノザイセンチュウ抵抗性品種、幹重量の大きい品種等)201品種を開発。2015年度まで2011～2015年度までの5年間の累計で250品種以上を開発する見込みです。

マツノザイセンチュウ抵抗性品種 70品種



宮城(石巻)
クロマツ259号



京都(和知)
アカマツ36号

特徴
ザイセンチュウ抵抗性大

・日本のマツ林景観保全
・震災による海岸林復興

アカマツ 東北 3品種
関東 2品種
関西 9品種

クロマツ 東北 28品種
関東 4品種
関西 19品種
九州 5品種

③ エリートツリーと特定母樹の成果

2014年度までの4年間に、エリートツリー(第二世代以降の精英樹の総称)をスギ、ヒノキ及びカラマツで526系統を開発し、エリートツリー116系統を含む134系統が特定母樹に指定されています。

2015年3月末日現在

基本区	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ
北海道				(347)
東北	9			
関東	81	11	60	
関西	76	87		
九州	124	78		
計	290	176	60	(347)

数値はエリートツリー本数

() 内の数値はエリートツリー候補木の本数



特定26-41 スギ東育2-15号 特定25-49 スギ九育2-162号 カラマツ林育2-62号 特定26-58 ヒノキ西育2-3号 特定26-65
(東北育種基本区)(九州育種基本区)(関東育種基本区)(関西育種基本区)
2.1倍 2.0倍 2.4倍 1.9倍

(注) 赤字の数値は在来の系統に対する幹材積の倍率を表します。

図1 特定母樹に指定されたエリートツリーの事例

- ・**特定母樹**は、間伐等特措法において定められた、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、成長に係る特性の特に優れたものとして農林水産大臣が指定するものです。
- ・間伐等特措法の農林水産大臣基本指針では、今後の造林において必要な種苗は、地域特有のニーズ等に応じたものを除き特定母樹種苗により行えるよう、その生産体制を整えることとされています。
- ・このため、当研究所では、成長が格段に優れている**エリートツリー**を特定母樹に申請してその普及を進めるとともに、地域のニーズに応えるため、当研究所の**開発品種**(花粉症対策品種、マツノザイセンチュウ抵抗性品種、雪害抵抗性品種等)を開発・普及しています。
- ・さらに、大臣の基本指針においては、スギ・ヒノキ以外の第二世代精英樹の選抜、スギ及びヒノキの第三世代精英樹の選抜等の林木の育種の推進に努めることが定められています。

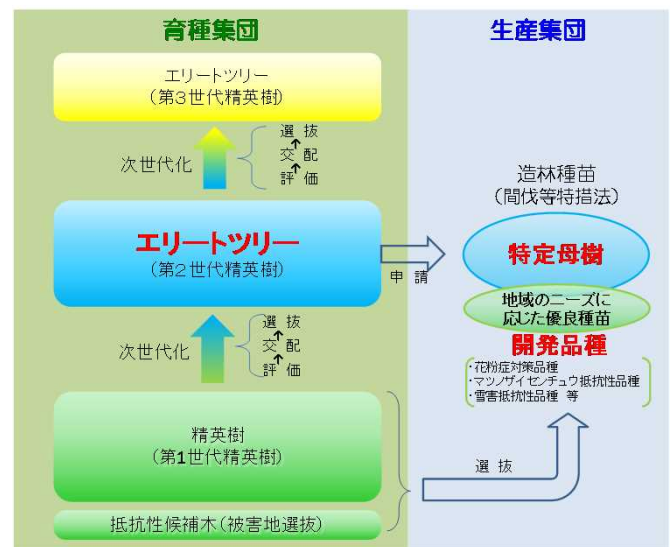


図2 開発品種、エリートツリー及び特定母樹の関係

2

今後の方向性

- ・将来にわたって十分な改良効果を確保するため、エリートツリーを中心とした育種集団の次世代化を進めていきます。例えば、マツノザイセンチュウ抵抗性品種の第二世代化、スギではエリートツリーの第三世代化を進めていく予定です。
- ・林木の優良な種苗を早期に確保するため、林業の再生と国土保全に資する品種を開発していきます。例えば、マツノザイセンチュウ抵抗性品種等の開発、成長が一段と優れたスギ花粉症対策品種の開発を進めていきます。
- ・間伐等特措法において示された新しい造林の将来像の実現に向け、エリートツリーの開発と特定母樹への申請・普及を進めていきます。

* については、巻末の用語集をご覧ください。



1-2 林木育種の高速化に向けた研究

林木育種センター育種部・九州育種場

1

今中期計画で得られた成果

林木育種で優良種苗を作出するには、長期間を要するため、育種の高速化が求められます。そこで今中期計画では、系統・個体評価の統計手法の導入、フェノタイピング技術の高度化、遺伝子情報の蓄積とDNAマーカーの開発、DNAマーカーによる形質予測手法の開発に取り組みました。

① 系統・個体評価における統計手法の導入

家畜育種等で利用されている「育種価^{*}」を導入し、第二世代精英樹候補木の選抜時点での評価の正確性を高めました。さらに、立地の微環境要因を取り除く統計手法により、評価精度をより高めることが可能になりました。

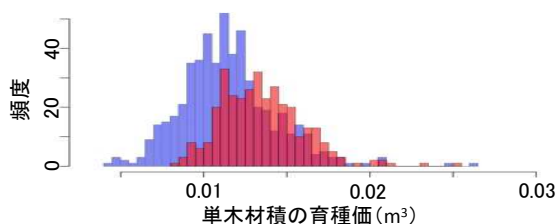


図1 第一世代精英樹(青)と第二世代候補木(赤)の単木材積の育種価の比較

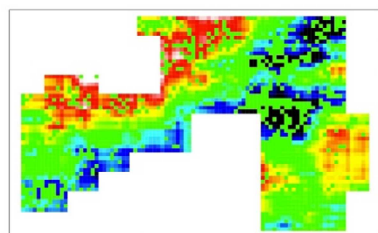


図2 立地の微環境要因(空間自己相関誤差)の検定
林内における分布

暖色(赤等)は正の立地の効果、寒色(青等)は負の効果があることを示す

② フェノタイピング技術の高度化

検定林等におけるフェノタイピング技術を高度化することで、フェノタイピングの高速化、高精度化ならびに多形質情報の同時取得を可能にしました。



図3 地上型レーザスキャナで取得した3次元点群データ

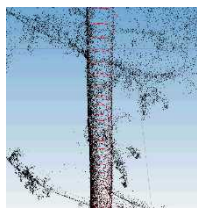


図4 樹幹の点群データの真円近似によるモデリング

③ 遺伝子情報の蓄積とDNAマーカーの開発

育種目標形質に関する器官から網羅的に発現遺伝子のEST^{*}情報を収集し、SNP^{*}の検出、SNPマーカー^{*}の開発および遺伝子発現パターンの解析を行いました。



図5 有用形質と遺伝子の配列情報を取得した関連器官

④ DNAマーカーによる形質予測手法の開発

EST情報を基に開発した、7万を超えるSNPマーカーから、形質に関連するマーカーを検出するとともに、形質値予測モデルを構築し、マーカー情報から形質値を予測できる可能性が示唆されました。

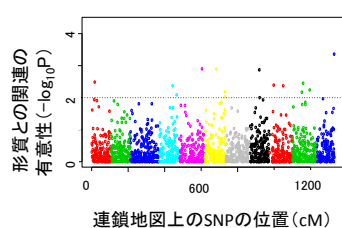


図6 GWAS^{*}による形質関連マーカーの検出
プロットはマーカー毎の値を、色の違いは連鎖群を示す

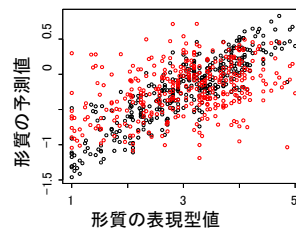


図7 構築した形質値予測モデルの精度検証
黒はモデルの説明力の大きさを、赤はモデルによる予測精度を示す

2

今後の方向性

- ・ 本成果を活用して、効果的かつ効率的に林木育種事業を進めていきます。
- ・ 従来の育種ならびに新たな育種技術である分子育種^{*}のため、フェノタイピング技術のさらなる高度化を進めます。
- ・ 育種基本区を超えて、精英樹の形質評価およびマーカー情報の蓄積を進めます。
- ・ 第二世代以降の精英樹の、第二世代以降の精英樹の分子育種の事業化に向けた取り組みを進めていきます。
- ・ ゲノムや遺伝子発現の情報を利用した、林木育種に資する研究をさらに推進していきます。

^{*} については、巻末の用語集をご覧ください。



1-3 多様なニーズに対応する育種技術の開発

林木育種センター育種部・東北育種場・関西育種場・九州育種場

1

今中期計画で得られた成果

林木育種事業では、成長や材質等の改良のほかに、花粉症対策に關係する雄花着花量やマツノザイセンチュウ抵抗性といった社会的に重要な形質についても品種改良を進めてきました。それらの育種の基盤となる技術の開発等に取り組みました。

① 雄花着花量の遺伝性

雄花着花性の明らかな系統を用いた交配家系の調査から雄花着花量は遺伝性が高く、交配親の特性が交配後代に伝わりやすい形質であることを明らかにしました。

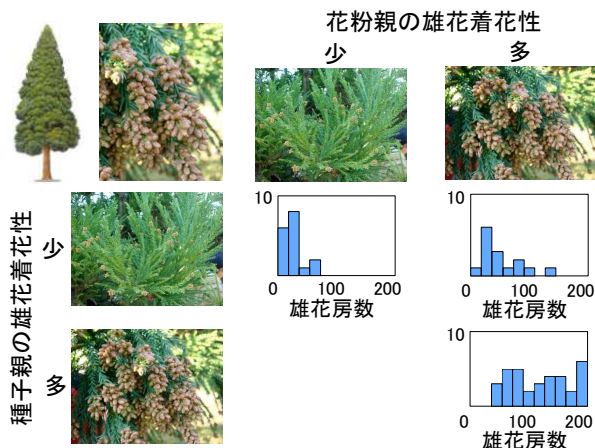


図1 雄花着花性が異なる精英樹間での人工交配から得られた交配後代個体の雄花着花量(雄花房数)のヒストグラム

② 無花粉スギリソースの整備

成長等の優れた無花粉スギ*を開発するために、爽春*と精英樹との交配により、無花粉遺伝子を有したリソースの整備を進めました。

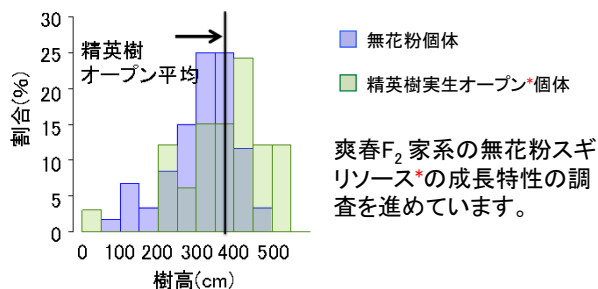


図2 爽春F₂無花粉個体4年目樹高

③ マツノザイセンチュウ抵抗性メカニズムの解明

マツ材線虫病は、アカマツ、クロマツなどを枯死させる、日本のマツ類に深刻な被害をもたらしてきた病気です。



マツノザイセンチュウ
(病原体)



マツノマダラカミキリ
(媒介者)



写真1 マツ材線虫病による被害林分

マツノザイセンチュウ抵抗性品種は、樹体内に線虫が侵入しても一般のマツに比べて枯れにくい性質を有しています。なぜ抵抗性マツは枯れにくいのか？それを解明すべく遺伝子レベルからアプローチする研究を進め、複数の特徴的な遺伝子を見いだしました。

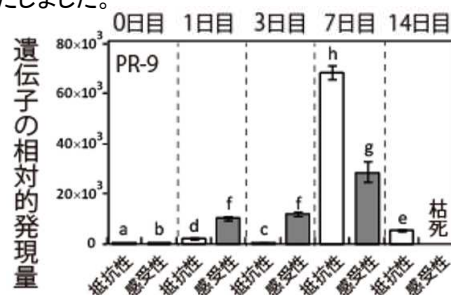


図3 抵抗性と感受性個体に線虫接種した後のPR9遺伝子*の発現量の時系列変化

2

今後の方向性

- 得られた成果を活用して、少花粉スギ*等の花粉症対策品種の次世代化を進めます。また、マツノザイセンチュウ抵抗性育種については、選抜技術の高度化を図ります。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

1-4 世界とつながる林木育種

林木育種センター育種部・遺伝資源部・海外協力部・北海道育種場・東北育種場・西表熱帯林木育種技術園

1

今中期計画で得られた成果

林木育種センターでは、林野庁「森林・林業・木材産業分野の研究・技術開発戦略」を踏まえ、今中期計画の「多様なニーズに対応するための育種技術の開発」の中で、地球温暖化に伴う気候変動の影響を受ける国々との海外技術協力や国際共同研究を行いました。

① ケニア乾燥地耐性育種プロジェクト (JICA技術協力)

森林率7%のケニア共和国からの要請に基づき、ケニア森林研究所と協力して、乾燥に強く成長と材質に優れた郷土樹種メリア(センダン属)ほかの選抜育種を2012年7月から開始し、①精英樹の選抜、②採種園の造成、③検定林の設定等を進めるとともに、DNA分析、育種理論、増殖技術などの指導を行いました。



写真1 新設したメリア採種園 (植栽から2年2ヶ月)



写真2 DNA分析の研修

② 防風・防潮効果に優れたテリハボクの育種 (台湾、太平洋共同体との共同研究)

先島諸島(沖縄県)で防風・防潮林として用いられているテリハボクは、種子から良質の精油が採取できるなど用途が広い樹種です。このため、台湾や太平洋共同体(26の国や地域が加盟)との共同研究により、暴風や高潮の被害を軽減しながら地域住民の生活改善にも資するテリハボクの育種研究を進めました。



図2 台湾および日本におけるテリハボク島集団間の系統樹

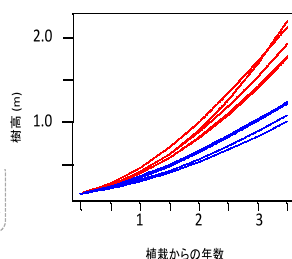


図1 テリハボク55系統の樹高成長の傾向の例 (上位、下位各系統の結果を图示)

③ ベトナムでのアカシア属人工交配技術の実証試験

西表熱帯林木育種技術園で開発した人工交配技術を用いて、アカシア・ハイブリッドの優良品種の開発に向けて王子グリーン・リソース社との共同研究によりベトナムでの実証試験を開始しました。



写真4 人工交配



写真5 設定した検定林

④ フィンランドとの林木育種共同研究

フィンランド自然資源研究所との共同研究により、双方の精英樹の人工交配によるハイブリッドトウヒの育種やヨーロッパアカマツのマツノザイセンチュウ抵抗性試験に取り組みました。



写真6 トウヒ属の交配作業



写真7 さし木発根調査 (左がアカエゾマツ、右がハイブリッドトウヒ。)



写真8 マツノザイセンチュウ抵抗性試験



写真9 試験後の生存個体

2

今後の方向性

・地球温暖化の影響を受ける国々の関係機関と協力して気候変動などへの適応策に資する育種技術の開発に取り組みます。

・気候変動への適応方策や国内林業に資する海外林木育種情報の収集、協定等に基づく国際共同研究の推進に取り組みます。



第2章

遺伝資源・バイオテクノロジーの研究・
事業の主な成果及び今後の方向性



2-1 遺伝資源の収集・保存・評価技術の開発

林木育種センター遺伝資源部

1

今中期計画で得られた成果

遺伝資源の収集・保存・評価技術の開発に関しては、今中期計画では、3つの達成目標を設定し、重点課題の達成に向けた研究を行ってきました。達成目標ごとの主要な成果は表1のとおりです。

このほかに、カラマツ類の効率的な採取時期判別手法の開発、増殖困難樹種のさし木増殖技術の開発、土地利用の変化に基づく優良遺伝資源の生息域外保存^{*}の緊急性の評価等の成果を上げました。

表1 達成目標別の主要な成果一覧

達成目標	主要な成果
1. 遺伝資源の収集・保存手法の高度化	(1) 標準樹種リスト [*] の作成と林木育種センター保有の遺伝資源の評価(p28) (2) GIS [*] 技術を用いた林木遺伝資源の保存状況の可視化(p29) (3) アカマツの地理的変異 [*] の解明(p30) (4) アカマツ生息域内保存林 [*] における散布種子の遺伝的多様性の解明(p31)
2. ジーンバンク機能の充実と利用推進に資する技術開発	(1) スギコアコレクションの作成(p32) (2) 種子等の長期保存技術の開発(p33) (3) 絶滅が危惧される小笠原固有樹種の保全(p34) (4) 希少樹種の大量結実とジーンバンク収集(p35)
3. 主要広葉樹の地理的な遺伝変異の解明	(1) 天然林の地理変異と遺伝的多様性の評価

2

今後の方向性

開始から30年を迎えた林木ジーンバンク事業は、2015年に多岐にわたる林木遺伝資源のより一層の効率的な収集・保存等を進めるための課題を検討し、新たな方向性を示しました(図1)。

次中期計画において、この方向性を基本とし、①主要樹種の育種素材の補完、②有用樹種の新需要の創出への貢献、③脆弱な希少遺伝資源の保全に向け、関係する遺伝資源の収集、保存、特性評価、技術開発等を行っていく予定です。

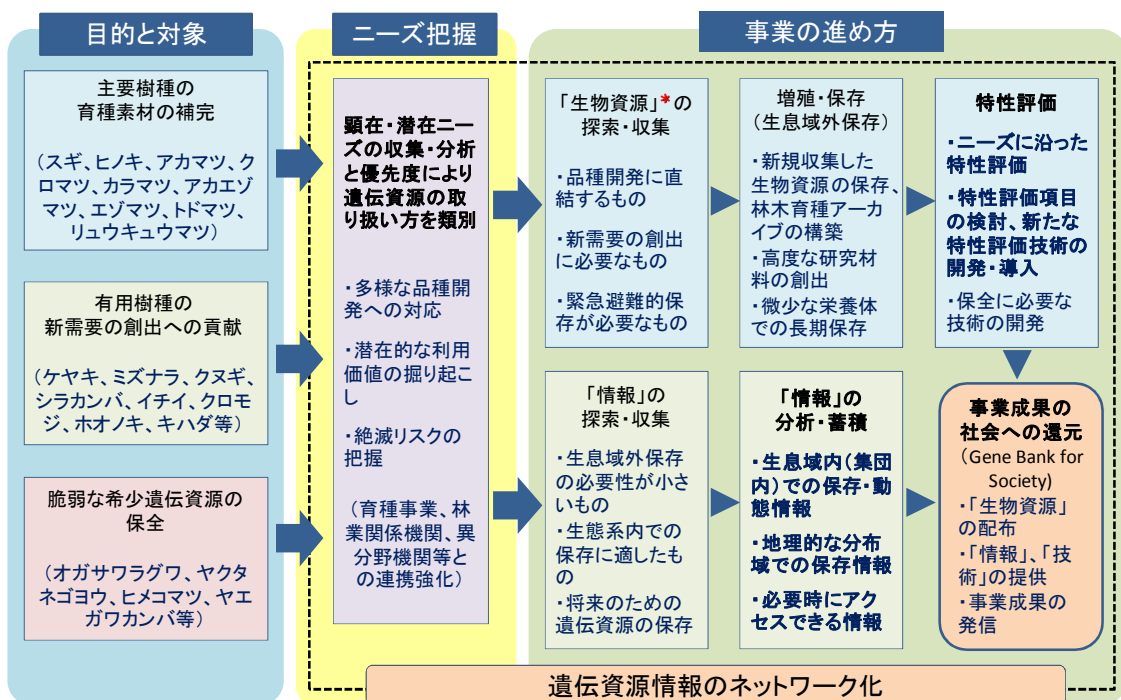


図1 林木ジーンバンク事業の対象及び進め方

林木ジーンバンク事業の新たな方針の詳細については、林木育種センター遺伝資源部のホームページに掲載しています。(http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/iden/rinbokugenebank.html)

^{*} については、巻末の用語集をご覧ください。

2-2 バイオテクノロジーの育種への利用技術の開発

森林バイオ研究センター

1

今中期計画で得られた成果

社会の様々な要請に応える優れた性質をもつ林木の品種を短期間で選抜・作出するためには、バイオテクノロジーの活用が有効と考えられます。そこで、有用な遺伝子情報の探索、林木への有用形質の付与技術の開発及び増殖技術の開発に取り組みました。

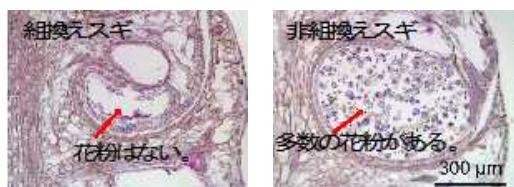


図1 組換えスギと非組換えスギの雄花の断面

スギ花粉症対策に役立てるため、遺伝子組換えによる雄性不稔(無花粉)スギの作出技術を開発しました。

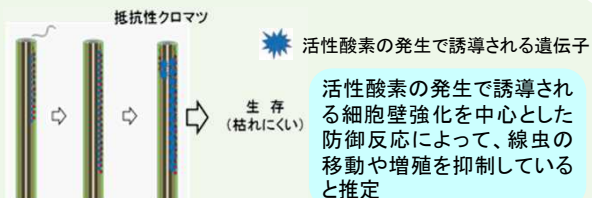


図2 マツノザイセンチュウに対する抵抗性クロマトの生体防御反応のイメージ

マツノザイセンチュウ抵抗性品種の育種を促進するため、マツノザイセンチュウ感染時に発現する遺伝子の機能解析を行い、抵抗性の分子機構の一端を明らかにしました。

(出典: 森林総合研究所 研究成果選集2012)

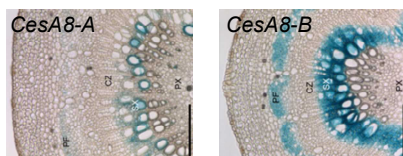


図3 ポプラの茎における遺伝子の発現様式

林木の木質を改変する技術の開発に向けて、細胞壁の主要な部分を占める二次壁の合成に関わるセルロース合成酵素遺伝子の発現様式を明らかにしました。



図4 組織培養による増殖が可能となった薬用樹木

漢方薬の原料として用いられるカギカズラと医薬品の原料成分を含むワダツミノキの組織培養による大量増殖法を開発しました。

2

今後の方向性

林木育種へのバイオテクノロジーの適用を着実に進め、成果を社会実装に結びつけることを目指します。そのために、林木への新形質付与技術の高度化や、薬用樹木の生産効率化手法の開発、マツの連鎖地図*の高密度化等の研究開発に取り組みます。



図5 新育種技術*による変異の導入の概念

実用的な新品种の開発を加速するため、遺伝子組換え技術や新育種技術による林木への新形質付与技術の高度化を進めます。



図6 組織培養で作製した苗木(左:カギカズラ、右:ワダツミノキ)

漢方薬や医薬品の原料となる薬用樹木の安定供給に貢献するため、優良個体の選抜と増殖法の確立、栽培特性の解明によって薬用樹木の生産効率化手法の開発に取り組みます。

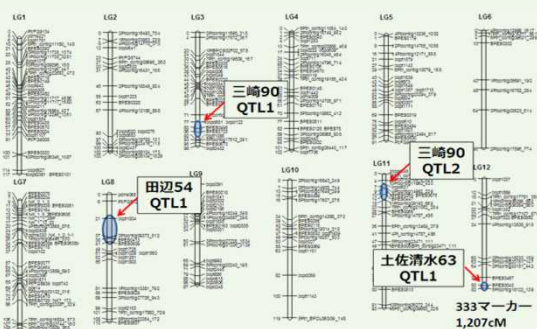


図7 クロマトの連鎖地図と抵抗性遺伝子座の推定位置

マツノザイセンチュウ抵抗性品種の育種を促進するため、抵抗性遺伝子座の特定に向けたマツの連鎖地図の高密度化と抵抗性の分子機構の解明を進めます。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

第3章

林木育種に関わる研究・事業での 個別成果





3-1 開発品種*の紹介

田村明²・星比呂志¹・高橋誠¹・加藤一隆¹・中田了五²・織部雄一郎³・久保田正裕⁴・倉本哲嗣⁵

1: 林木育種センター育種部、2: 北海道育種場、3: 東北育種場、4: 関西育種場、5: 九州育種場

林木の優良な種苗を早期に確保するためには、林業の再生と国土・環境保全に資する品種を開発する必要があります。林木育種センターは国有林、各都道府県と協力し、今中期計画(2011年度から2015年度)の間に250品種を開発することを目指してきました。2014年度までに201品種を開発しましたので、その品種の特徴と活用の主な目的を説明します。

1

幹重量の大きい品種 33品種



草津6号 (カラマツ) 県山田2号 (ヒノキ)

特徴
幹重量大
=CO₂吸収量大

・地球温暖化防止
・林産業再生

カラマツ	関東	10品種
ヒノキ	関東	10品種
	関西	12品種
	九州	11品種

2

マツノザイセンチュウ抵抗性品種 70品種



宮城(石巻) クロマツ259号 京都(和知) アカマツ36号

特徴
ザイセンチュウ抵抗性大

・日本のマツ林景観保全
・震災による海岸林復興

アカマツ	東北	3品種	クロマツ	東北	28品種
	関東	2品種		関東	4品種
	関西	9品種		関西	19品種
				九州	5品種

3

花粉症対策品種(少花粉)2品種



三好6号 (スギ) スギ 関西 2品種

特徴
花粉生産量が一般的スギに比べ、約1%以下

・スギ花粉症低減

4

材質優良品種37品種



白老8号 (トドマツ)

特徴
ヤング率大(スギ)
=建築構造材等利用
心材含水率少(トドマツ)
=低質材からの脱却

・林産業再生

スギ	東北15品種
	関西17品種
トドマツ	北海道5品種

5

初期成長に優れた品種 59品種



県八女8号 (スギ)

特徴
初期成長大
=下刈りコスト削減

・林業再生

スギ	東北	8品種
	関東	14品種
	関西	15品種
	九州	22品種

表1 2011年度から2014年度の間に開発された品種

品種名	樹種	開発品種数
幹重量の大きい品種	カラマツ	10
	ヒノキ	23
マツノザイセンチュウ抵抗性品種	アカマツ	14
	クロマツ	56
花粉症対策品種(少花粉)	スギ	2
材質優良品種	スギ	32
	トドマツ	5
初期成長に優れた品種	スギ	59

6

今後に向けて

今後は、複数形質が優れた品種(例えば、無花粉で初期成長が優れたスギ)の開発や、萌芽が旺盛で初期成長が優れるヤナギの中から、バイオマス生産量の大きい品種を開発するなど、社会情勢やニーズの多様化に応じた品種の開発を進めていきます。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

3-2 エリートツリー*の紹介

星比呂志¹・加藤一隆¹・中田了五²・織部雄一朗³・久保田正裕⁴・倉本哲嗣⁵・
小野雅子¹・西岡直樹²・辻山善洋³・篠崎夕子⁴・福山友博⁵

1: 林木育種センター育種部、2: 北海道育種場、3: 東北育種場、4: 関西育種場、5: 九州育種場

エリートツリーとは、第二世代以降の精英樹のことをいい、第二世代の精英樹は、第一世代の精英樹のうち成長等が優れたもの同士を交配し、その子供群から特に成長等が優れたものを選んだものです。なお、現在開発しているエリートツリーは第二世代の精英樹です。これらは、第三世代育成のための育種集団であるとともに、一部は特定母樹*として都道府県等の採種園・採穂園用の原種として配布され生産集団として活用されます。配布に際しては、確実な系統管理が重要であり、そのための技術開発も進めています。

1 精英樹の選抜からエリートツリーの開発まで

第一世代精英樹の選抜(1954年～)



○ 比較の対照として立つ調査員

スギ精英樹岩手5号



スギ精英樹の選抜地の分布

全国でスギ、ヒノキ、カラマツ等約9,100本を選抜

採種園・採穂園の造成と種苗生産(1957年～) 検定林による第一世代精英樹の評価(1964年～)



スギ採穂園



次代検定林

※成長の違いがモザイク模様になっている

普及しながら検定・評価を実施

優良第一世代精英樹同士の交配・F₁の育成(1980年～)、 育種集団林の造成(1984年～)、エリートツリーの開発(2012年～)



人工交配



育種集団林



エリートツリー候補木

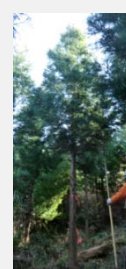
優良精英樹F₁による育種集団林からエリートツリーを選抜

2 エリートツリーの特性と開発状況



スギ西育2-1

(関西育種基本区)



スギ九育2-136

(九州育種基本区)

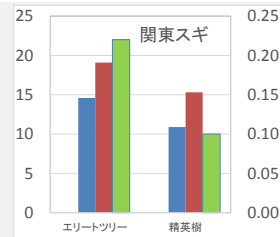


図1 エリートツリーと精英樹の特性比較(20年次)

青バーは樹高(m)
赤バーは胸高直径(cm)
緑バーは材積(m³)

表1 エリートツリーの開発状況

2015年3月末日現在

基本区	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ
北海道				(347)
東北	9			
関東	81	11	60	
関西	76	87		
九州	124	78		
計	290	176	60	(347)

数値はエリートツリー本数

() 内の数値はエリートツリー候補木の本数

全国でスギ、ヒノキ、カラマツ、トドマツについて開発を推進

3 系統管理技術の開発



図2 二次元バーコードを利用したサンプル管理システム

DNA遺伝子型に基づいたICタグ*・ラベルシステムによる高度な系統管理技術の開発を推進

4 今後に向けて

全国でエリートツリーの開発をさらに進めるとともに、育種期間の短縮技術の開発を進めながら、第二世代同士の交配による第三世代の育成を進めていきます。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

3-3 特定母樹*の紹介

星比呂志¹・高屋敷元木¹・塚本徹¹・高橋誠¹・加藤一隆¹・田村明²・中田了五²・織部雄一朗³・久保田正裕⁴・倉本哲嗣⁵
・植田守²・細川齊³・大江博⁴・佐藤省治⁵・佐藤亜樹彦²・長谷部辰高³・笹島芳信⁴・大城浩司⁵・高倉良紀³・藤原優理¹・
弓野奨¹・林田修¹・村上丈典⁴・屋森修一⁴・河合貴之⁴・澤村高至⁵・松永順⁵

1: 林木育種センター育種部、2: 北海道育種場、3: 東北育種場、4: 関西育種場、5: 九州育種場

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)の改正に伴い、森林吸収源対策として、成長に優れた種苗の母樹である「特定母樹」の増殖を支援する措置が新設されました。林木育種センターでは、第一世代以降の精英樹同士の交配で、特に成長が優れた第二世代以降の精英樹をエリートツリー*とし、この中で特に成長や剛性が優れ、花粉の発生量が少ない系統が特定母樹に指定されました。また第一世代の精英樹等からも成長が優れ、花粉の少ない系統も特定母樹が指定されました。これらから生産される種苗は、成長が大変優れているため、下刈り回数が少なく済むことによる育林経費の削減、伐期的大幅な短縮等、低コスト林業への貢献が期待されています。特定母樹から生産される優良種苗の普及拡大を、国や都道府県等と連携して進めていきます。

1

背景と目的

2013年5月に、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)の改正に伴い、森林吸収源対策として、従来の間伐に加え、成長に優れた種苗の母樹である「特定母樹」の増殖を支援する措置が新設されました。都道府県に加え、認定を受けた民間事業者も特定母樹の原種苗木等の配布を受け、採種圃園を造成できるようになったため、より成長等が優れた種苗の生産を早期に拡大できる仕組みができました。



特定26-41 スギ東育2-15号 特定25-49 スギ九育2-162号 特定26-58 カラマツ林育2-62号 特定26-65 ヒノキ西育2-3号
(東北育種基本区) (九州育種基本区) (関東育種基本区) (関西育種基本区)
2.1倍 2.0倍 2.4倍 1.9倍

注) 赤字の数値は在来系統に対する幹材積の倍率を表します。

2

特定母樹の指定

森林所有者、都道府県、林木育種センター等

申請

林木育種センター等からは主に

エリートツリーが申請されています。

林野庁の審査

特定母樹の指定基準

- 単木材積が在来系統の **1.5倍** 以上(全樹種)
- 剛性が同様の林分の **平均以上** (全樹種)
- 幹の通直性が **良い** (全樹種)
- 雄花着生性が一般的なスギの **半分以下** (スギ・ヒノキ)

選定

農林水産大臣が特定母樹指定

4

成果の活用と今後

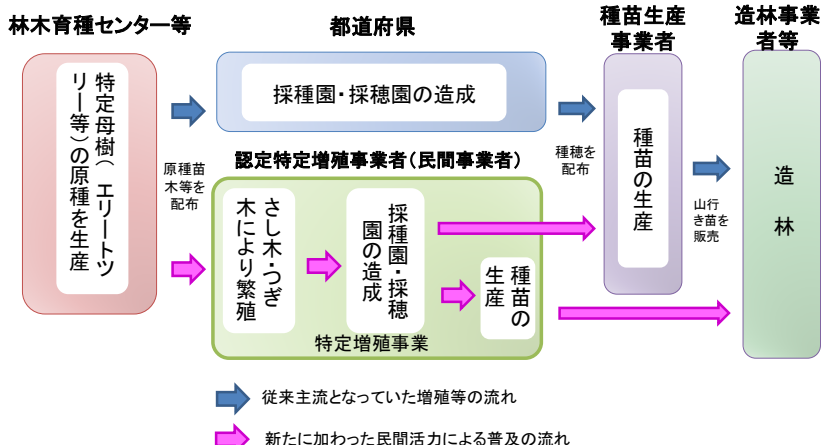


図1 特定母樹の普及体制

3

得られた成果

2015年3月でスギ85系統、ヒノキ16系統、カラマツ15系統のエリートツリーが特定母樹に指定されています。また第一世代精英樹等の中からも2樹種18系統が特定母樹に指定されました。

2015年春には、全国で6県及び9認定特定増殖事業者に対して、特定母樹の原種配布と要望に応じ増殖に関する技術指導を行いました。林木育種センターでは、今後も特定母樹の申請を進めるとともに、特定母樹に指定されたエリートツリー等について、その原種苗木等を都道府県等の要望に応じて配布して普及を進め、林業の低コスト化に貢献していきます。

* については、巻末の用語集をご覧ください。



3-4 系統管理の精度を高めるためのトレーサビリティ・システム

高橋誠¹・宮本尚子²・小野雅子¹・栗田祐子²・平尾知士³・山野遼太郎⁴・松永孝治⁵・竹田宣明⁵・渡辺敦史⁶

1: 林木育種センター育種部、2: 林木育種センター遺伝資源部、3: 森林バイオ研究センター、4: 東北育種場、5: 九州育種場、6: 九州大学

品種改良において系統を正確に管理することが重要です。その重要性は林木育種においても同様で、育種事業開始当初から系統管理が行われてきましたが、従来はラベルによる系統管理でした。近年、系統管理にDNAタイピング*技術が適用できるようになり、従来の系統管理におけるヒューマンエラーをチェックできるようになりました。また、ヒューマンエラーを未然に防止するためのツールとして、バーコードやICタグ*の利用やそれらの読み取りによるラベル自動再発行などのシステムを開発しました。これらのシステムを効果的に運用することにより、系統管理の制度を飛躍的に高めることができます。

1

背景と目的

林木の品種改良の推進には
正確な系統管理が重要



従来、ラベルによる系統管理が中心

ヒューマンエラー
のリスク

2

取り組み内容

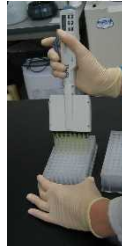
① DNAタイピングによる系統の確認



試料採取



DNA分析



DNAタイプにより系統管理の状態をチェック

② ヒューマンエラー防止策ツールの開発

- ・ ICタグやバーコードの利用
- ・ モバイルPC搭載型システムの構築
- ・ ラベルの自動発行

3

得られた成果

① DNAタイピングによる系統管理の状況をチェック

- ・ 精英樹のDNAタイプを分析
- ・ DNAタイプ情報のデータベース化

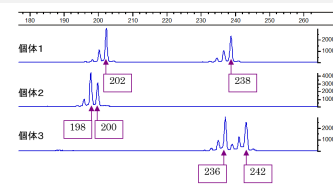
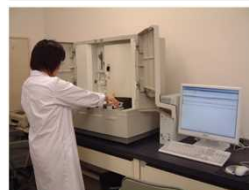


図1 DNA分析機器(左)と得られたDNAバンドパターンデータ(右)

② ICタグやバーコードを利用した系統管理情報のハンドリング・ツールの開発

- ・ 増殖現場等で利用可能な携帯型のバーコード発行システム
- ・ 画面タッチ型の端末を利用した電子野帳



図2 幹に取り付けたICタグと読み取り・書き込み用のモバイル端末



図3 二次元バーコードを利用したサンプル管理システム

4

成果の活用と今後

- ・ DNAタイピングによる系統管理や多様な利用場面への対応を考慮したICタグやバーコードを使用したシステムの活用による正確性の高い系統管理の実現に向けて取り組みを進めていきます。
- ・ 特定母樹*等の育種系統の増殖・配布等の精度を高めます。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

3-5 エリートツリー*等の優良種苗の普及に向けて —コンテナ苗*の育苗条件の検討—

加藤一隆¹・田村明²・大平峰子¹

1: 林木育種センター育種部、2: 北海道育種場

林木育種センターではエリートツリーの開発を進め、その一部は間伐等特別措置法の改正によって新たに定められた特定母樹*の指定を受けています。今後、特定母樹等から育成される優良な種苗が広く普及していくと予想されます。一方、北欧・北米を中心にコンテナ*で適切な方法で育成された苗木は、成長量や生存率等が優れるため、大量に生産・造林されています。このコンテナで遺伝的に成長が優れる特定母樹等の優良種苗を育成することによって、育苗コストを削減できる可能性があります。スギでは、基本培地と施肥条件によって苗長が大きく変わり、エリートツリー産のコンテナ苗は、在来系統より大きくなることを確認できました。エゾマツでは、成長期に長日処理で育成したコンテナ苗は、自然日長で育成した苗よりも大きくなることを明らかにしました。

1

背景と目的

コンテナ育苗技術 + 特定母樹等優良種苗

優良種苗を短期間に供給

育苗コスト削減、需給ギャップの減少

しかし・・・

樹種に応じたコンテナ苗の育苗方法は？
特定母樹等優良種苗の育苗特性は？

2

取り組み内容

① エゾマツにおける育苗期間短縮技術の開発

材料: エゾマツ

方法: 長日処理による成長促進効果の検証

② スギにおける育苗期間短縮技術開発の開発

材料: スギエリートツリー等

方法: 基本培土の種類(コナツハスク、黒土)・緩効性肥料濃度(0～4倍量)の組み合わせによる成長量の比較

③ スギエリートツリーの育苗特性の把握

材料: スギエリートツリー等

方法: 成長量の比較

4

成果の活用と今後

- 上記の育成条件は、コンテナ苗の育苗期間を短縮できる方法の一つとして活用できる可能性があります。さらに、他の要因について条件を検討することで、より成長を促進できる可能性があります。
- 今後は、樹種ごとに特定母樹等の優良種苗の特性に合わせたコンテナ苗の育苗条件を検討します。

エゾマツに関する研究は、農林水産業・食糧産業科学技術研究推進事業(北海道固有の森林資源再生を目指したエゾマツの早出し健全苗生産システムの確立)の中で実施しました。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

3

得られた成果

① エゾマツにおける育苗期間短縮技術の開発



写真1 異なる日長処理で育成したエゾマツ2年生コンテナ苗

長日処理によって成長が促進

苗畑にある裸苗では人工光照射による長日処理が難しいですが、コンテナは移動が簡単のため、施設内での長日処理が容易にできます。

② スギにおける育苗期間短縮技術開発の開発

黒土: コナツハスクの割合 0:10 ■ 3:7 ■ 7:3

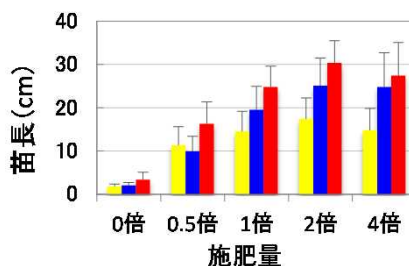


図2 基本培土と肥料濃度の組み合わせによる成長量の比較

基本培土・肥料濃度の組み合わせによって苗長が変わります。

③ スギエリートツリーの育苗特性の把握

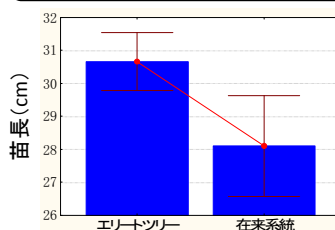


図3 育苗9か月の苗長の比較
縦線は95%信頼区間を示します。

エリートツリーの苗木は在来系統に比べて成長量大きい。



3-6 精英樹の次世代化に向けた取り組み

平岡裕一郎¹・高橋誠¹・栗田学¹・井城泰一¹・田村明²・福田陽子²・
三浦真弘³・玉城聡³・久保田正裕⁴・磯田圭哉⁴・武津英太郎⁵

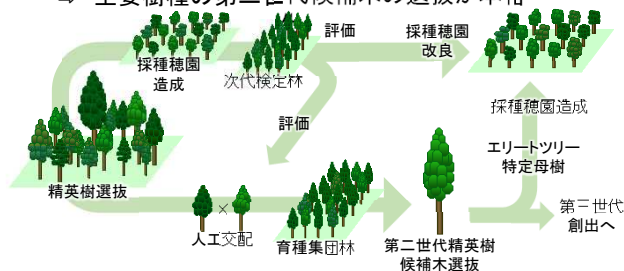
1: 林木育種センター育種部、2: 北海道育種場、3: 東北育種場、4: 関西育種場、5: 九州育種場

精英樹選抜育種事業が開始されてから50年以上が経過し、主要樹種については、第二世代精英樹候補木の選抜が本格化しつつあります。これらは今後、次の育種の母材となる「育種集団」を構成することになるため、その選抜や利用の方法について議論が必要です。本課題では、世代を超えた評価を可能にする手法として「育種価^{*}」を導入し、第二世代候補木の選抜効果を明らかにしました。また選抜効果と遺伝的多様性を両立する育種集団の形成について、実データを用いた解析を行うとともに、シミュレーションモデルを構築し、適切な選抜および分集団^{*}形成の方法を検討しました。本成果を活用し、今後の林木育種事業を推進していきます。

1

背景と目的

精英樹選抜育種事業から50年以上が経過
⇒ 主要樹種の第二世代候補木の選抜が本格



次世代の精英樹候補木集団 = 育種集団 における...

選抜効果の継続性

遺伝的多様性の維持

育種集団としての次世代の精英樹候補
選抜とその利用をいかに進めるか？

2

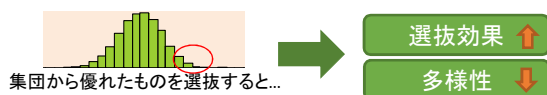
取り組み内容

① 系統・個体評価における統計手法の導入



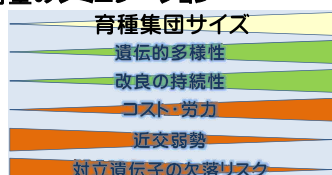
これまでに選抜した第二世代候補木は
どれだけの遺伝的獲得量^{*}を実現したか？

② 候補木の選抜方法と次世代化の構想



遺伝的獲得量と多様性をどう両立するか？

③ 遺伝的獲得量のシミュレーション



多世代を経たとき育種集団はどうなるのか？
適切な分集団サイズは？

3

得られた成果

① 系統・個体評価における統計手法の導入



図1 第一世代精英樹(青)と
第二世代候補木(赤)の
単木材積の育種価の比較

スギ10年次の遺伝的獲得量(関東の例):
樹高:4.7%、胸高直径:4.9%、単木材積:13.3%

第二世代候補木の獲得量が明らかに

② 候補木の選抜方法と次世代化の構想

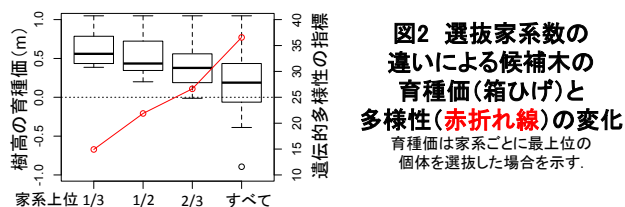


図2 選抜家系統の
違いによる候補木の
育種価(箱ひげ)と
多様性(赤折れ線)の変化
育種価は家系ごとに最上位の
個体を選抜した場合を示す。

獲得量と多様性を両立する選抜方法を検討

③ 遺伝的獲得量のシミュレーション

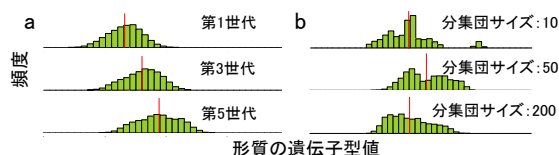


図3 世代推移および分集団サイズの違いによる
遺伝子型値の変化のシミュレーション結果

赤線は平均値を示す。(a) 分集団サイズを50として世代を推移させた結果、(b) 世代数を10として分集団サイズを変化させた結果

分集団サイズや世代ごとに将来の獲得量が推定可能に

4

成果の活用と今後

- 本課題で得られた知見は、効果的かつ効率的な育種事業の推進に貢献します。
- 本成果を活用して、精英樹の次世代化を進めていきます。

^{*} については、巻末の用語集をご覧ください。

3-7 系統評価の統計解析手法の高度化

武津英太郎¹・平岡裕一郎²

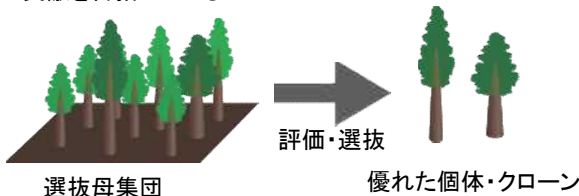
1:九州育種場、2:林木育種センター育種部

林木育種センターでは、精英樹同士の交配などにより育成された選抜母集団から、従来のものより高い遺伝的能力を持った個体やクローンの選抜を進めています。しかしながら、日本の複雑な地形や気象環境の影響により、遺伝的能力の正確な評価は難しく、その能力の検証に長い時間が必要でした。本研究では、より多くの情報を遺伝的能力の予測モデルに組み入れることにより、遺伝的能力の評価精度の向上を目指しました。個体の位置情報をや複数年次・複数試験地の測定データを利用することにより、遺伝的能力の予測精度が向上し、また任意の年次の遺伝的能力が予測できることが示されました。本成果は、今後の次世代精英樹の選抜・評価に大きく貢献します。

1

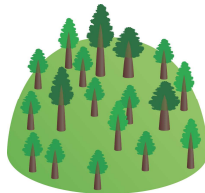
背景と目的

林木育種では、遺伝的に優れた能力を持つ個体・クローンを選抜し、それを林業の現場に普及することにより林業への貢献を目指している



遺伝的能力の正確な評価は難しい

- ・試験地内の微小な環境の影響
- ・試験地間のマクロな環境の影響
- ・評価年次の影響
- ・利用できるデータが不揃い
- etc



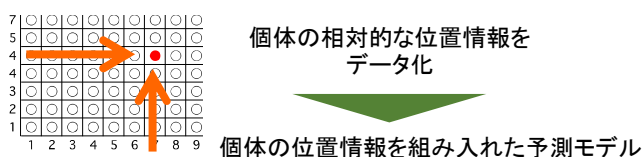
より多くの情報 → 予測モデル $y = X\beta + Zu + e$

遺伝的能力の評価の精度を向上を目指す

2

取り組み内容

① 個体の位置情報の利用



② 複数年次・複数検定林の調査データの利用

	5年	10年	15年	20年	35年	...
試験地A	○	○		○		
試験地B		○	○	○	○	
試験地C		○		○		
...						

従来は5～10年間隔の測定年次毎に評価

すべての年次・試験地のデータを同時に解析できる予測モデル

3

得られた成果

① 個体の位置情報の利用

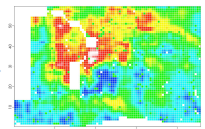
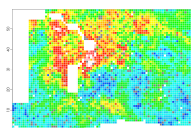


図1 試験地内の微小環境の影響と、その調整の様子

微小環境の効果調整したデータ

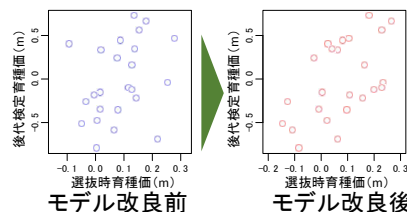


図2 モデル改良による予測精度の向上

選抜時の評価値と、その後後代検定による評価値との関係

個体の位置情報の利用により遺伝的能力の予測精度が向上

② 複数年次・複数検定林の調査データの利用

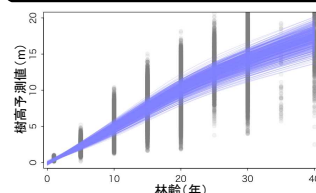


図3 クローン毎の樹高の予測値
九州育種基本区の約450クローンについての推定例。各青線が各クローンを表す。

複数年次・試験地のデータの利用により
任意の年次の遺伝的能力が予測可能に

4

成果の活用と今後

- ・林木育種センターで進めている次世代精英樹選抜の取り組みにこの成果を適用して、次世代精英樹選抜の精度・効率を向上させていきます。
- ・今後、土地の土壌条件やマクロの気象環境などを予測モデルに組み入れていくことにより、遺伝的能力の評価精度のさらなる改良や、植栽環境に適合した品種の予測などを目指していきます。



3-8 スギの遺伝子発現情報の蓄積と統合

高橋誠¹・栗田学¹・平岡裕一郎¹・井城泰一¹・三嶋賢太郎¹・能勢美峰¹・坪村美代子¹・大平峰子¹・近藤禎二¹・星比呂志¹・花岡創²・平尾知士³・武津英太郎⁴・渡辺敦史⁵・田村美帆⁵・藤澤義武⁶

1: 林木育種センター育種部、2: 林木育種センター海外協力部、3: 森林バイオ研究センター、4: 九州育種場、5: 九州大学、6: 鹿児島大学

スギの品種開発には、これまで30年以上の年月を要しました。ゲノム情報を活用した新たな選抜技術を開発することにより、育種に要する期間を短縮することが必要です。そのために、基盤となる遺伝子情報の蓄積が重要です。本研究では、遺伝子情報の蓄積、得られた塩基配列からの1塩基多型の同定とマーカー化、各遺伝子の発現パターンの解析を行いました。研究を進めた結果、約3万5千の遺伝子の配列情報が得られ、それらの配列情報から7万を超えるマーカーを開発しました。また、木部とシュート（針葉）における遺伝子の発現パターンについても明らかにしました。今後、これらの成果を、長い年月を要してきた林木の品種開発の高速化に活用します。

1

背景と目的

従来のスギの育種では新たな品種開発に30年以上の年月が必要



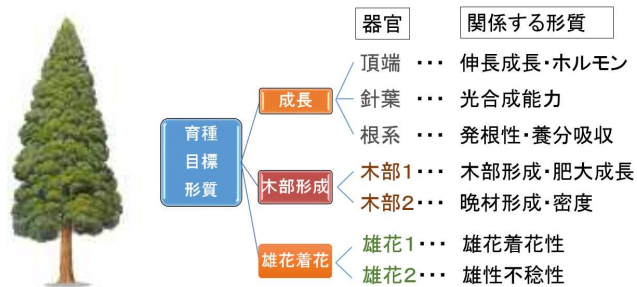
ゲノム情報を活用した新たな選抜技術により育種に要する期間を短縮する必要性

基盤となる遺伝子情報の蓄積が重要

2

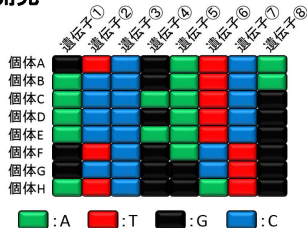
取り組み内容

①有用形質に関する遺伝子の塩基配列の収集



育種目標形質に関する器官から網羅的に発現している遺伝子の塩基配列情報を収集

②1塩基多型(SNP*)の検出とマーカー開発 ③器官別の遺伝子発現パターンの解析



3

得られた成果

① 発現遺伝子の塩基配列情報を取得

- 各器官から収集した約52万の発現遺伝子の部分配列を約3万5千の遺伝子(Isotig*)に統合

② 1塩基多型(SNP)の検出とSNPマーカー*の開発

- 7万を超えるSNP(一塩基多型)マーカーの開発

③ 器官別の遺伝子発現パターンを解析

- 器官別の遺伝子発現パターンを解析

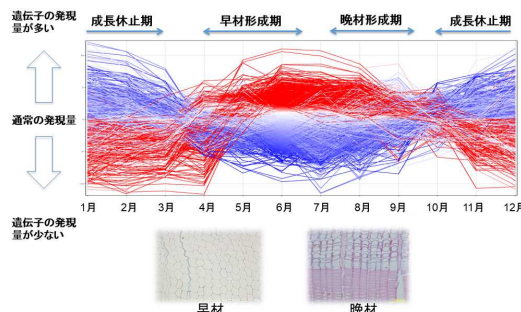


図1 スギ木部組織における遺伝子発現の年間変化

(出典: 森林総合研究所主要成果選集2014)

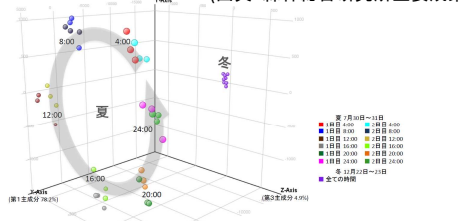


図2 夏と冬のスギのシュートにおける遺伝子発現の日周性

(出典: 森林総合研究所主要成果選集2014)

4

成果の活用と今後

- ゲノム情報を活用したスギの新しい育種の基盤となる遺伝子の情報を集積・統合をさらに進めます。
- 有用形質の変異を生み出すメカニズム解明につながる研究を推進していきます。
- 長い年月を要してきた林木の品種開発の高速化に向けて成果を活用していきます。

本研究の一部は、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」による成果です。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

3-9 ゲノム情報を活用した新たなスギ育種

高橋誠¹・星比呂志¹・栗田学¹・平岡裕一郎¹・井城泰一¹・三嶋賢太郎¹・能勢美峰¹・坪村美代子¹・大平峰子¹・
近藤禎二¹・花岡創²・平尾知士³・武津英太郎⁴・渡辺敦史⁵・田村美帆⁵・藤澤義武⁶

1: 林木育種センター育種部、2: 林木育種センター海外協力部、3: 森林バイオ研究センター、4: 九州育種場、5: 九州大学、6: 鹿児島大学

スギの遺伝的改良において、林業上重要な成長や材質といった特性の把握に、これまで30年以上の年月が必要でした。本研究では、スギゲノム基盤を整備し、従来よりも大幅に期限を短縮する分子育種手法の開発を目指しました。複数の器官から遺伝子情報を網羅的に取得し、約3万5千の塩基配列に統合しました。この情報をもとに遺伝子マーカーを開発し、スギの精英樹およびその後代の遺伝子型を決定しました。有用形質の評価値を整理し、遺伝子型と統合することで、形質に関連する遺伝子マーカーの検出と、遺伝子型から形質を予測するモデルの構築を行いました。本成果は、今後のスギの育種事業や遺伝子研究に大きく貢献します。

1

背景と目的

従来の方法では新たな林業用種苗の作出には
30年以上の年月が必要



ゲノム情報を活用した新たな選抜技術により
スギ育種に必要な期間を短縮

2

取り組み内容

① SNPマーカー*の開発



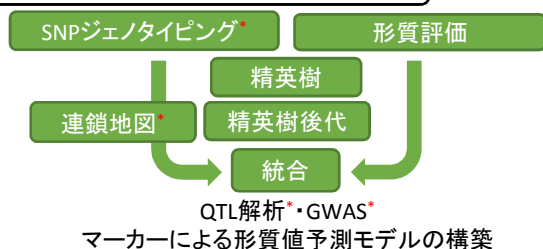
育種目標形質に関連する器官のEST*情報から
DNAマーカーを開発

② 有用形質の詳細な計測と評価



ゲノム育種に資する
成長、材質、雄花着花性等の評価

③ 遺伝子情報と形質評価値との統合



本研究の一部は、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」による成果です。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

3

得られた成果

① SNPマーカーの開発

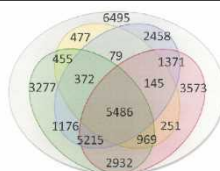


図1 Isotig*の器官特異性を示したベン図
精円は各器官を、数字はそれぞれの位置におけるIsotig数を示す

7万を超えるSNPマーカーを開発

② 有用形質の詳細な計測と評価

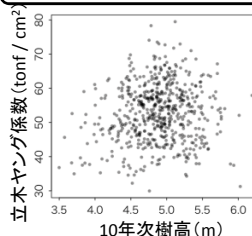


図2 第一世代精英樹の
樹高とヤング係数の
評価値の関係

第一世代精英樹およびその後代の
網羅的な有用形質評価を推進

③ 遺伝子情報と形質評価値との統合

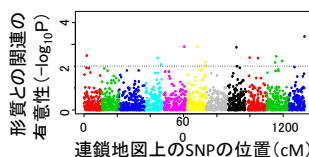


図3 GWASによる形質関連
マーカーの検出

プロットはマーカー毎の値を、
色の違いは連鎖群を示す

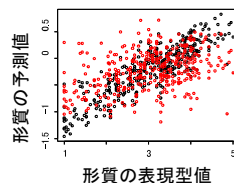


図4 構築した形質値予測
モデルの精度検証

黒はモデルの説明力の大きさを、
赤はモデルによる予測精度を示す

形質に関連したSNPを検出

モデルによる
形質値予測の可能性

4

成果の活用と今後

- 育種基本区を超えて、第一世代精英樹の評価を行います。
- 第二世代以降の精英樹の、ゲノム情報を利用した分子育種の事業化に向けて、さらに取り組みを進めていきます。
- ゲノムや遺伝子発現情報を利用した、形質の変異を生み出すメカニズムの解明に関する研究の発展が期待されます。



3-10 地上3次元レーザ計測によるフェノタイピング*技術の高度化

平岡裕一郎¹・高橋 誠¹・渡辺敦史²

1: 林木育種センター育種部、2: 九州大学

これまで、林木育種事業の一環として、次代検定林の成長量等の調査が進められてきました。これら調査は人の手により行われ、多大な労力を必要とします。本研究では、試験林の地上レーザスキャンで得た3次元点群データを基に、専用ソフトウェアによる樹幹モデリングを行い、個体ごとに幹の3次元情報を取得しました。樹幹モデルから、個体ごとの樹高、胸高直径が高精度で推定できました。また、完満性、材積や幹の通直性といった形質値も推定し、得られた形質値の遺伝性を確認しました。本手法の林木育種における有用性は高く、今後は検定林調査の効率化・高精度化や、分子育種*に資する表現型計測手法としても期待されます。

1

背景と目的

樹体大きい
植栽面積が広大 → 測定に労力がかかる
測定精度の低下



地上型3次元レーザスキャナによる
広範囲における高精度・高効率な計測の実現

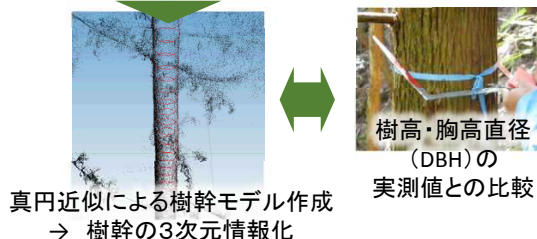
2

取り組み内容

① 点群データに基づく樹幹モデルの作成



試験林の3次元情報を網羅的に取得



真円近似による樹幹モデル作成
→ 樹幹の3次元情報化

樹高・胸高直径
(DBH)の
実測値との比較

② 樹木モデルに基づく様々な樹幹形状の把握



林木育種において重要な諸形質値の推定

材積
完満性
幹の通直性

③ 諸形質の狭義の遺伝率の算出

数値化した樹幹の諸形質の遺伝性の確認

3

得られた成果

① 点群データに基づく樹幹モデルの作成

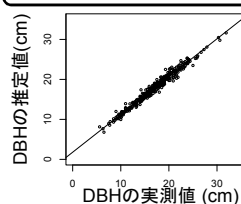


図1 DBHにおける
実測値と推定値の比較

樹高・DBHとも高精度な推定が可能に

② 樹木モデルに基づく様々な樹幹形状の把握

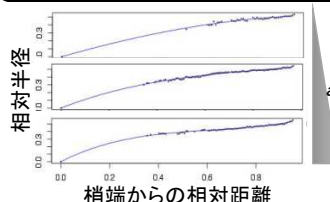


図2 相対幹曲線*による
完満性の数値化
図中の回帰曲線は、
式: $y = ax^2 + bx^2 + cx$ にあてはめたもの。
下の図ほど完満で係数aが大きい



図3 樹幹モデルからの矢高
推定のイメージ

地上高1mと5mの近似真円を結んだ線から最も離れた真円までの距離を矢高とした

幹の完満性や曲がりの程度の数値化が可能に

③ 諸形質の狭義の遺伝率の算出

- 成長形質(樹高・DBH・材積): 0.1~0.2
- 完満性(幹曲線の係数): 0.05~0.1
- 幹の通直性(幹曲がり): 0.4

推定した形質の遺伝性が明らかに

4

成果の活用と今後

- これまでの試験地調査の効率化や高精度化のために活用することができます。
- 新たな育種技術である分子育種では、多数の形質情報を網羅的かつ高精度に取得することが必要であるため、本手法の活用が期待されます。

本研究の一部は、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」による成果です。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

3-11 花粉症対策スギ・ヒノキの育種と普及

坪村美代子¹・高橋 誠¹・平岡裕一郎¹・栗田 学¹・渡辺敦史²

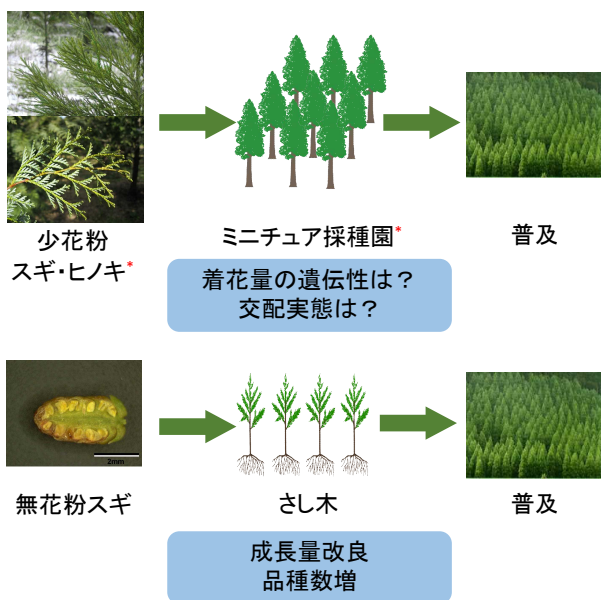
1: 林木育種センター育種部、2: 九州大学

花粉症対策品種の普及をより効率的に行うために、スギの雄花着花性の遺伝性の調査、採種園での交配実態の調査を行いました。その結果、雄花の着花性の遺伝性は高く、子供の着花性も低くなることが分かりました。また、採種園の交配実態では、外部の花粉と交配しても採種母樹の効果で花粉量は少なくなることが分かりました。今後はさらに着花量が少なく成長も改良されたスギの開発を目指して次世代化を行っていく予定です。

無花粉スギ^{*}については、様々な精英樹(成長の良い品種)との人工交配を行い、無花粉スグリソース^{*}を整備しました。今後は成長が良好な新たな無花粉スギの開発を行っていく予定です。

1

背景と目的



2

取り組み内容

① 人工交配家系の雄花着花量調査



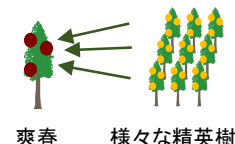
少花粉スギの子供の着花性は？

② DNA分析による採種園内交配実態調査



どの木から花粉がかかっているのか？

③ 無花粉スギ「爽春」^{*}と精英樹との人工交配



爽春×精英樹の
リソース整備

3

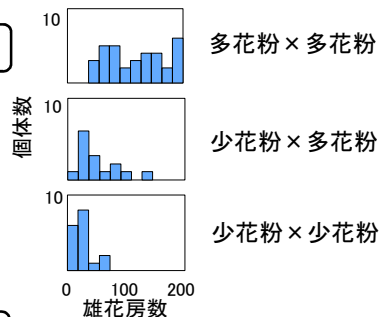
得られた成果

① 雄花着花量の遺伝率

0.78~1.00

雄花着花性は
遺伝性が高い

図1 交配区分ごとの子供の雄花着花量



② 採種園内の交配実態

採種園外部からの花粉率: 55~63%

花粉の多い個体、近隣の個体が採種園内交配に寄与
対策: 簡易な覆い、採種母樹の選定、花粉散布

→ミニチュア採種園から品質良好な種子生産可能

③ 無花粉スグリソースの整備

爽春と精英樹とのF₁(雑種第一代)、F₂(雑種第二代) 家系整備

F₁: 117系統作出

F₂: 戻し交雑^{*}家系: 53系統1700本以上を作出 (不稔484本)

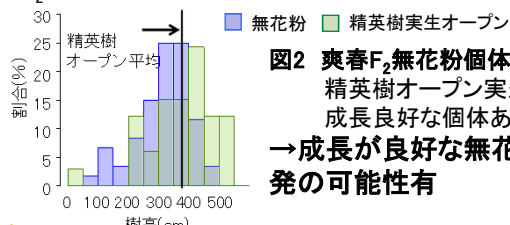


図2 爽春F₂無花粉個体4年目樹高

精英樹オープン実生^{*}平均よりも
成長良好な個体あり

→成長が良好な無花粉スギの開発の可能性有

4

成果の活用と今後

- 雄花着花量の遺伝性が高いことから、少花粉スギの次世代化を進め、成長が良好で花粉の少ない品種の開発を進めます。
- 今後のより良い採種園経営のために、得られた成果を普及していきます。
- 成長が良好な無花粉スギの開発を進めます。

本研究の一部は林野庁委託 花粉症対策品種開発促進事業および 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 花粉症対策ヒノキ・スギ品種の普及拡大技術開発と雄性不稔品種開発によって実施されました。

^{*} については、巻末の用語集をご覧ください。



3-12 マツノザイセンチュウ抵抗性品種の次世代化に向けた基盤技術の開発

平尾知士¹・高橋誠²・井城泰一²・大平峰子²・山野邊太郎³・磯田圭哉⁴・岩泉正和⁴・松永孝治⁵・渡辺敦史⁶

1: 森林バイオ研究センター、2: 林木育種センター育種部、3: 東北育種場、4: 関西育種場、5: 九州育種場、6: 九州大学

現在、クロマツでは154品種、アカマツでは221品種がマツノザイセンチュウ抵抗性品種として開発されています。近年、マツ林を取り巻く環境は大きく変化しつつあり、線虫の病原力の多様化や環境ストレスの影響などを考慮した、これまで以上に多角的な視点に基づいた取組が必要です。また、より強い抵抗性を有する品種・種苗を従来の方法よりも効率的に開発・普及するためには基盤となる材料・技術・情報を取得し、集積する必要があります。そこで、①日本各地から新たな線虫系統を収集、②抵抗性形質に影響を与える環境要因の抽出、③効率的な抵抗性判定手法の開発を行うための遺伝子情報の収集を行いました。

1

背景と目的

- マツ材線虫病による松枯れは、依然として我が国最大級の森林病虫害です。我々は、マツ林の健全化を目指し、マツノザイセンチュウ抵抗性候補木の選抜並びに抵抗性品種の開発を進めてきました。
- 近年、マツ林を取り巻く環境は大きく変化しつつあり、線虫の病原力の変異や環境ストレスが抵抗性に及ぼす影響を考慮し、これまで以上に多角的な視点に基づいた取組が必要です。
- また、より強い抵抗性品種を効率的に開発するため、基盤となる材料・技術・情報を充実させる必要があります。それらの課題に対応するため、以下の研究を進めてきました。

①日本各地から新たな線虫系統を収集

②抵抗性形質に影響を与える環境要因の抽出

③クロマツの遺伝子情報の収集

2

得られた成果

① 日本各地から新たな線虫系統の収集

日本全国320本の被害木から材片を収集し、線虫を分離しています。



図1 収集した線虫系統の位置

赤丸と黒丸はそれぞれアカマツとクロマツから材片を収集した位置を示します。分離した線虫は保存株として、今後の育種事業・研究に用います。

② 抵抗性形質に与える環境要因の抽出

抵抗性家系を利用して、環境との相互作用を検証しています。

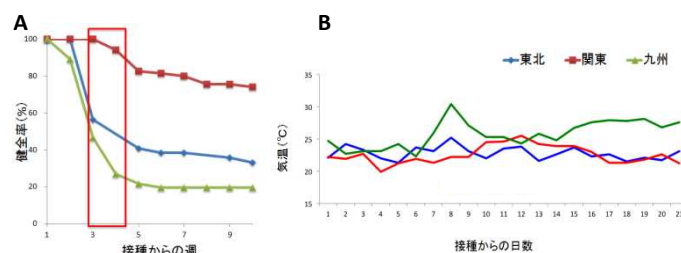


図2 抵抗性形質と温度との関連性

抵抗性家系の健全率(A)と感染時の気温(B)に関連性が示唆されます。

③ クロマツの遺伝子情報の収集

DNAマーカーを作成し、クロマツの連鎖地図*を構築しました。

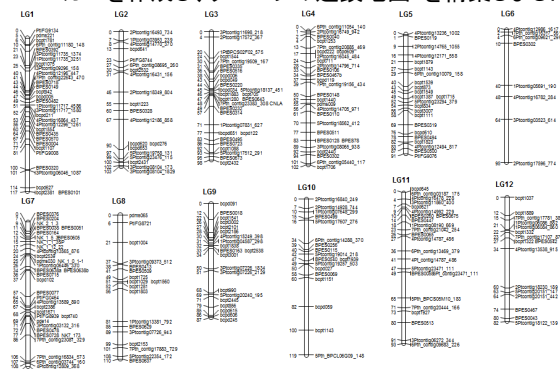
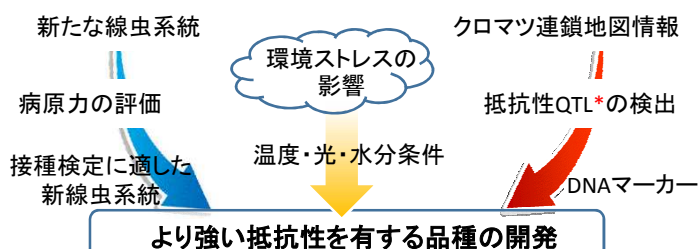


図3 クロマツの連鎖地図情報

3

成果の活用と今後



本課題の一部は林野庁委託 マツノザイセンチュウ抵抗性品種開発技術高度化事業によって実施されました。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

3-13 ケニア乾燥地耐性育種プロジェクト —JICA技術協力—

生方正俊¹・宮下久哉²・花岡創³

1: 林木育種センター遺伝資源部、2: 林木育種センター育種部、3: 林木育種センター海外協力部

アフリカのケニア共和国においては、気候変動に伴う乾燥地の拡大や森林の減少が懸念されています。そのため、ケニア政府からの要請により、ケニアの郷土樹種であるセンダン属のメリア・ヴォルケンシー (*Melia volkensii*) およびアカシア属のアカシア・トルティリス (*Acacia tortilis*) を対象として、成長量および乾燥地耐性を目的とした林木育種に関するJICA技術協力プロジェクトを実施しています。このプロジェクトでは、対象樹種についてケニア国内での母集団の遺伝変異を解析し、遺伝的多様性や地域的な遺伝的分化等に配慮した遺伝的多様性保全ガイドラインの作成を計画しています。これらの取り組みを通して、林木育種に関する研究開発能力をケニアに移転させ、遺伝的多様性の維持に配慮した優良な育種種苗による植林体制をケニアに構築することを目指しています。

1

背景と目的

乾燥地の拡大

気候変動の影響を受けやすい国とされ、早魃等の異常気象が強度を増し、さらに頻繁に起こる可能性が高い

国土の80%が乾燥地および半乾燥地
森林面積は国土の7%(KFS 2010)
農地転換による森林資源の荒廃

乏しい森林資源

国際協力機構(JICA)の技術協力プロジェクトとして、ケニアの郷土樹種を対象に成長および乾燥地耐性を目的とした林木育種事業を実施する。

2

取り組み内容

遺伝変異の解析

林木育種事業

耐乾燥性の解明

共同研究機関: 九州大学

優良種苗の普及体制の構築

郷土樹種による植林



Melia volkensii
センダン科センダン属
半乾燥地に分布
用途: 家具や内装材



Acacia tortilis
マメ科ネムノキ亜科アカシア属
乾燥地に分布
用途: 薪炭や家畜の餌

3

得られた成果

遺伝変異の解析

DNAマーカーを開発し、遺伝的多様性や遺伝的分化を解析しました。
→ *M. volkensii* では、ケニア北部、中部、南部における明瞭な遺伝的分化を明らかにし、これらの情報は検定林設計等にも活用されました。



写真1 DNA分析の指導



写真2 研修生による解析

林木育種事業

M. Volkensii および *A. tortilis* について、精英樹をそれぞれ100個体選抜しました。
M. Volkensii の採種園を2カ所造成し(1箇所あたり100系統3,000本)、*M. Volkensii* の検定林を8カ所造成しました。
A. Tortilis の実生採種林を2箇所造成しました。



写真3 *M. Volkensii* の採種園



写真4 採種を開始します

4

成果の活用と今後

遺伝的多様性や地域的な遺伝的分化等に配慮した遺伝的多様性保全ガイドラインの作成に着手しました。さらに、これら科学的知見に基づいた優良種苗普及ガイドラインの作成に取り組み、ケニアにおける育種種苗による植林体制の構築を目指します。



3-14 防風・防潮効果に優れたテリハボクの育種研究

花岡創¹・加藤一隆²・松下通也²・板鼻直榮³・楠城時彦³・千吉良治⁴

1: 林木育種センター海外協力部、2: 林木育種センター育種部、3: 西表熱帯林育種技術園、4: 九州育種場

テリハボク(*Calophyllum inophyllum*)は亜熱帯の海岸域に広く分布し、防風林としての有効性や津波等の被害軽減に役立った事例が報告されています。林木育種センターでは、海外の研究機関とも連携して、防災林として活用するにあたって優良な系統(耐風性、耐塩性等に優れる系統)の選抜を開始しました。日本、台湾、南太平洋諸国からの育種素材および遺伝資源の収集を実現するとともに、その形質評価を行うための試験地を設定しました。現在までに初期成長や樹形等をはじめとする複数の形質を評価して家系間差があることを明らかにするとともに、台湾および日本のテリハボク天然集団の遺伝的多様性や分化の状況なども明らかにしました。

1

背景と目的

① テリハボクの活用実態

- 沖縄の主要造林樹種の一つ
- 防風林用樹木として有用
- 家具材等としての需要
- 海外では種子オイルの需要



② 研究の目的

- 防風林に資する優良品種開発
 - ・耐風性に関わる成長、形態等の形質
 - ・耐塩性
- 共同研究を通じた育種技術の海外への波及

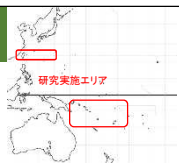


2

取り組み内容

育種素材・遺伝資源の収集

- ・沖縄(八重山諸島、宮古諸島、大東諸島の各島)
- ・台湾
- ・南太平洋(フィジー、バヌアツ、ソロモン、トンガ)



各種形質評価



- ・試験地設定
- ・各種形質評価
 - 成長形質
 - 形態形質
 - 耐塩性

遺伝的多様性等評価

- ・DNAマーカーの開発
- ・集団遺伝学的解析
 - 遺伝的多様性
 - 遺伝的分化
 - 系統地理

台湾、日本における遺伝的多様性や分化を評価
各種形質評価とその遺伝性(家系間差)を評価

3

得られた成果

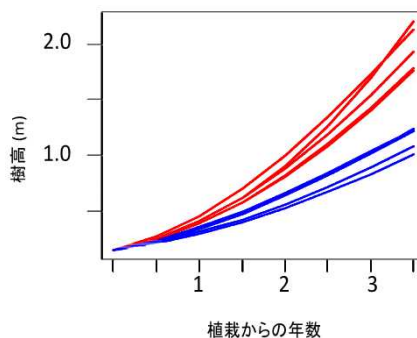


図1 テリハボク55系統の樹高成長の傾向の例
(上位、下位それぞれ5系統の結果を图示)

各種形質の家系間差を明らかに: 育種改良の可能性を導きました。

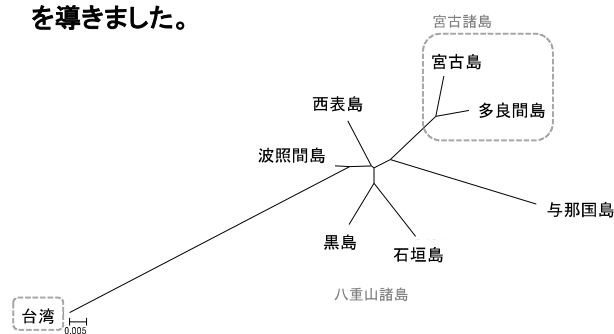


図2 台湾および日本におけるテリハボク島集団間の系統樹*

諸島間の遺伝的分化を明らかに: 遺伝資源保存や開発品種の普及の参考にします。

4

成果の活用と今後

- ・気候変動等を見据え、遺伝的に多様な優良系統の選抜及び育種技術開発に取り組みます。

本課題の一部はJSPS科研費25871088の助成を受けました

* については、巻末の用語集をご覧ください。



3-15 ベトナムでアカシア属人工交配の実証試験 —アカシアハイブリッドの育種—

板鼻直栄¹・加藤一隆²・千吉良治³・古本良¹

1: 西表熱帯林育種技術園、2: 林木育種センター育種部、3: 九州育種場

アカシアハイブリッド(*Acacia hybrid*)は、オーストラリア北部やニューギニアなどに分布するアカシヤマンガウム(*A. mangium*)とアカシヤアウリカリフォルミス(*A. auriculiformis*)の雑種です。植林地の中で成長が良い個体が発見され、それらのさし木苗が東南アジアで植林されています。より優れた*A. hybrid*を創出するためには人工交配が必要なことから、林木育種センターでは前中期計画期間に効率的な人工交配技術を開発しました。2013年から王子グリーンリソース社と共同でこの技術を応用して成長や材質の優れた品種の開発に取り組んでします。

1

背景と目的

アカシアハイブリッド(*Acacia hybrid*)とは・・・

A. mangium *A. auriculiformis*

成長: 良、幹: 通直、病気: 弱 成長: 遅、幹: 曲り、材質: 良

↓

A. hybrid

成長は良、他は優れている方の親と同等以上
植林されている系統は自然にできた雑種個体に由来

人工的に*A. Hybrid*を創出するため
チューブ法による効率的な人工交配技術を開発



写真1 チューブ法による人工交配

チューブ法の実用化に向けた検証

2

取り組み内容

2013年にベトナムにおける共同研究を開始



目的: 優良品種の開発
期間: 2013年～2022年
サイト: ビンディン省クイニョン市

2014年までの取り組み

- ① 交配母樹の選定
- ② チューブ法による人工交配
- ③ 交配種子の採種、育苗
- ④ 検定林造成
- ⑤ 交配材料のクローン増殖と保存

図1 研究サイトの位置

3

得られた成果

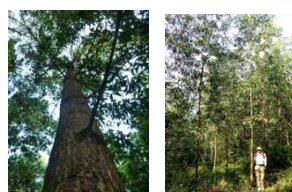


写真2 交配材料の例

A. mangium(左)、
A. auriculiformis(右)



写真3 人工交配果実の採取と種子の精選

果実採取(左)、果実を入れて
吊した袋(右)、割れた果
実から取出した種子(右上)

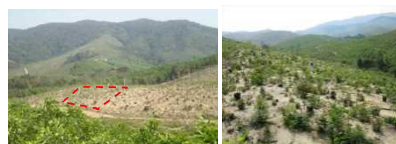


写真4 試験地の造成

交配種子から育苗し、2014
年に造成した試験地の遠景
(左)と検定林内(右)



写真5 交配材料のクローン増殖と保存

とり木の発根状況(左)と鉢
に移植した交配材料(右)

4

成果の活用と今後

アカシアハイブリッドの育種は、人工交配種子から育てた苗木で試験地を造成し、生育状況を調査している段階です。今後調査データを基に優良個体を選出し、それらのさし木苗の生育状況の調査を行い、優良品種の開発を目指します。

本研究は、王子グリーンリソース社との共同研究です。



3-16 フィンランド自然資源研究所との共同研究 ーハイブリッドトウヒの育種ー

田村明¹・生方正俊²・山田浩雄²・福田陽子¹・矢野慶介¹

1:北海道育種場・2:林木育種センター遺伝資源部

アカエゾマツ (*Picea glehnii*) は、北海道の代表的造林樹種の一つです。広域で生育可能という長所がありますが、その一方で初期成長が遅いという性質があります。このため、下刈り期間で10年を要する場合があります。そこで、ヨーロッパトウヒ (*P. abies*) との雑種 (ハイブリッドトウヒ) により初期生長が優れ、材の剛性 (生材丸太のヤング係数) もアカエゾマツと同等以上のものが開発可能かについて検討しました。その結果、ハイブリッドトウヒは初期成長と材質に優れていることが分かりました。また、将来の普及のため、増殖性についても検討し、3年生実生苗を台木に用いたさし木の発根率は88%と高く、効率的にハイブリッドトウヒの苗木を生産できることが分かりました。初期成長の優れたハイブリッドトウヒは、下刈り期間の短縮による低コスト化に貢献できると期待されます。

1

背景と目的

アカエゾマツ



(長所) 広い地域でも生育可能
晩霜害に強い (開葉時期が遅いため)
(短所) 初期成長が遅い

ヨーロッパトウヒ



(長所) 初期成長が早い
(短所) 場所によって成長が悪い

ハイブリッドトウヒ (アカエゾマツ × ヨーロッパトウヒ)



ハイブリッドトウヒは、両親種の優れた特性をもつ可能性がある

両親種の優れた特性をあわせ持つ系統の開発は可能か？

3

得られた成果

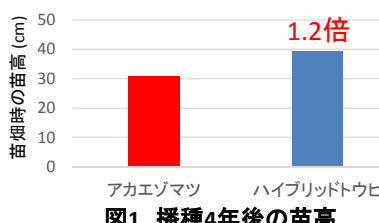


図1 播種4年後の苗高

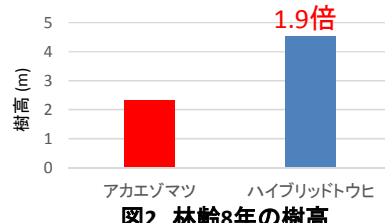


図2 林齢8年の樹高

育苗および下刈り等の初期コストを削減できる可能性あり

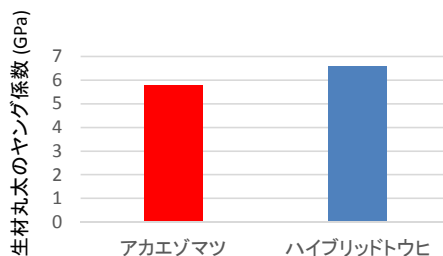


図3 生材丸太のヤング係数

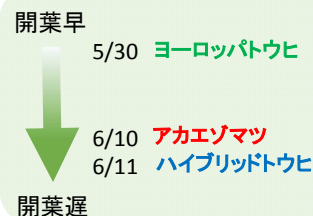


図4 樹種別の平均開葉時期

材質はアカエゾマツ同等以上、開葉時期がアカエゾマツと同様に遅いため、晩霜害に強い可能性あり

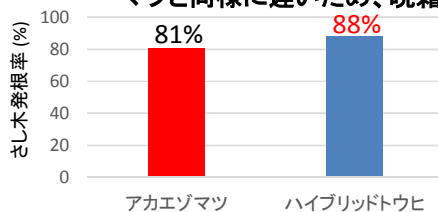


図5 さし木発根率

3年生ハイブリッド実生苗を台木にしたさし木では、発根率88%でした。

さし木増殖が容易

2

取り組み内容

ハイブリッドトウヒの特性調査



① 苗高調査 (4年生時)



② 初期成長調査 (林齢: 8年次)



③ 材質調査 (林齢20年次)



⑤ さし木発根調査 (左がアカエゾマツ、右がハイブリッドトウヒ)



④ 開葉調査 (開葉が遅いと晩霜害を受けにくい)

4

成果の活用と今後

ハイブリッドトウヒは下刈り等の造林コストを低減できる北海道における有望樹種であることが分かりました。また、材質もアカエゾマツと同等以上で、利用面でも期待できます。一方、ハイブリッドトウヒを介したヨーロッパトウヒの遺伝子のアカエゾマツへの移入の可能性があるため、今後、遺伝子移入の可能性評価もした上で品種開発を進めていきます。

本研究はフィンランド共和国自然資源研究所との共同研究の成果です。



第4章

遺伝資源・バイオテクノロジーの
研究・事業での個別成果



4-1 標準樹種リストの作成と 林木育種センター保有の遺伝資源の評価

大谷雅人¹・宮本尚子¹・生方正俊¹・山田浩雄¹

1: 林木育種センター遺伝資源部

林木育種センターは、林木ジーンバンク事業の一環として、これまで膨大な数の遺伝資源を収集・保存してきました。今後は、より目的性・戦略性の高いサンプリングを展開していくことが望まれています。収集・保全戦略の新たな基準にすべく、全ての国産樹種および主だった海外樹種について、名称や分類、分布域等の情報をまとめた「標準樹種リスト」を作成いたしました。これをもとに林木育種センター各拠点における遺伝資源の成体での保存状況を整理したところ、国産樹種に関しては、既知種の3割、環境省第4次レッドリスト掲載種の2割をカバーできていることが分かりました。また、カバー率が一部の系統グループ（例：針葉樹、ブナ科）で特に高いこと、保存点数が多い種であっても生育環境を網羅したサンプリングが行われているとは限らないこと等、幾つかの重要な特色が明らかになりました。

1 背景と目的

林木ジーンバンク事業に伴う遺伝資源の収集・保存の進展

- ▶ 2015年春現在での保存系統数は約35,000に達しています。
- ▶ 保存にかかる労力は保存数に比例し、保存スペースも有限なので、今後は、より明瞭な目的・戦略の下で収集を進める必要があるといえるでしょう。

新たな収集・保存戦略の策定のためには、既に保存されている遺伝資源の評価が有効

2 取り組み内容

① 「標準樹種リスト」の作成

- ▶ 全ての国産樹種と主な海外樹種を対象に、各種名称や分類学的位置づけ、国内外の分布域等の情報をまとめたデータベースを作成しました。

② 林木育種センター各拠点における遺伝資源の保存状況の俯瞰

- ▶ 各拠点の成体パスポート*と標準樹種リストを照合し、表記ゆれや分類の解釈の相違を整理しました。
- ▶ 樹種ごとに収集・保存の進展状況を評価し、保存が進んでいる・遅れている系統グループを抽出しました。

3 得られた成果

① 標準樹種リスト

- ▶ 国産樹種1,482分類群（種・亜種・変種、ただし雑種を除外して計数）、海外樹種810分類群について整理できました。

② 保有されている遺伝資源の種数

- ▶ 国産樹種は70科172属405分類群（国産樹種全体に対するカバー率：64.8%、43.2%、27.3%）、海外樹種49科111属252分類群を保存済みです。
- ▶ 系統数の多い上位樹種の多くはスギ、ヒノキ、カラマツ等の針葉樹の主要育種対象樹種で占められており、ケ

ヤキ、ミズナラ等の有用広葉樹がそれらに続きました（図1）。

- ▶ 絶滅危惧種については、環境省第4次レッドリスト掲載樹種のうち64種（20.4%）がカバーされています。絶滅リスクランクは絶滅危惧IA類（CR）からIB類（EN）、II類（VU）、準絶滅危惧（NT）まで様々です（図2）。

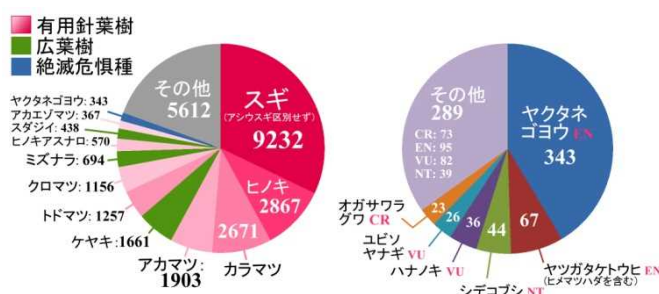


図1 センター各拠点で保存されている国産樹種の系統数の内訳

図2 センター各拠点で保存されている絶滅危惧種の系統数の内訳

③ 系統グループごとの保存カバー率の違い

- ▶ 科ごとの種のカバー率はマツ科で最も高く、ブナ科、ヒノキ科が続きました（図3）。針葉樹（球果植物門）は保存の達成度が高く、既知の科・属・分類群の100%、100%、82.7%をそれぞれカバーできています。

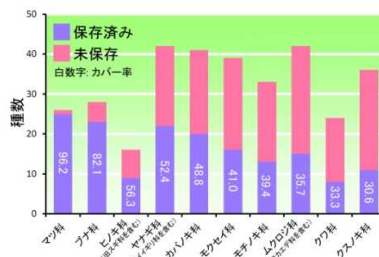


図3 保存の達成率が最も高い上位8科における分類群ベースのカバー率
（既知の国産樹種が15種以上の科のみで集計）

4 成果の活用と今後

林木育種センターが保有している遺伝資源のもつ特色の一端を明らかにすることができました。本研究で得られた知見を用いてさらに詳細な分析をすることで、今後は、より具体性・目的性の高い収集・保存のための戦略の立案を目指します。例えば、保存達成度の高い針葉樹について生育環境のカバー率をさらに底上げする、等の戦略が想定されます。

* については、巻末の用語集をご覧ください。



4-2 GIS技術を用いた林木遺伝資源の保存状況の可視化

宮本尚子¹・山田浩雄¹・生方正俊¹・那須仁弥¹・木村恵¹・大谷雅人¹

1: 林木育種センター遺伝資源部

有用で貴重な林木遺伝資源を効果的かつ効率的に収集・保存し、その利便性を向上させるためには、現在までの収集・保存状況の評価し、それらを「見える化」させておくことが大切です。そこで、林木ジーンバンク事業でつぎ木などにより樹木そのもの(成体)を保存している遺伝資源について、現在の収集・保存状況を整理・分析しました。樹木の生育に関係が深い気温や降水量などの気候条件を用いて、成体保存されている遺伝資源の収集地点と対象種の生育範囲との比較を行い、成体保存の少ない地域や気候条件をGIS*技術により地図上で可視化し、今後、収集・保存に重点を置く必要のある地域を明らかにしました。この結果は、林木遺伝資源の収集・保存計画の策定に活用されます。

1

背景と目的

林木ジーンバンク事業

「育種素材の供給源の確保」、「絶滅に瀕している種の確保」等を目的に、遺伝資源としての林木を収集・保存する事業。

2015年度末現在で約2万6千系統の樹木そのものを増殖して保存園などで保存(成体保存)。

戦略的な収集が必要

林木遺伝資源の可視化手法の開発

現在までに収集・保存している林木遺伝資源を「見える化」して、収集・保存計画を策定。

2

取り組み内容

・現在保存している成体の遺伝資源

・対象種の分布データ、巨樹・巨木*データ

未
収
集
地
域

・収集地点を地図上に表示
・環境条件(気温・降水量等)の抽出・表示
・地理的な遺伝分化

成体保存されている系統の収集地点と対象樹種の生育範囲・環境条件を重ね合わせて、今後、収集が必要な地域を抽出。

4

成果の活用と今後

今回の結果は、林木遺伝資源の効果的で効率的な収集・保存計画の策定に活用できるだけでなく、一般に広く公開することで、遺伝資源の利用者が試験研究に用いる遺伝資源の来歴を地図上で具体的にイメージできるようになり、利便性の向上にも寄与するものと考えています。

3

得られた成果

① 地理的条件からの検討

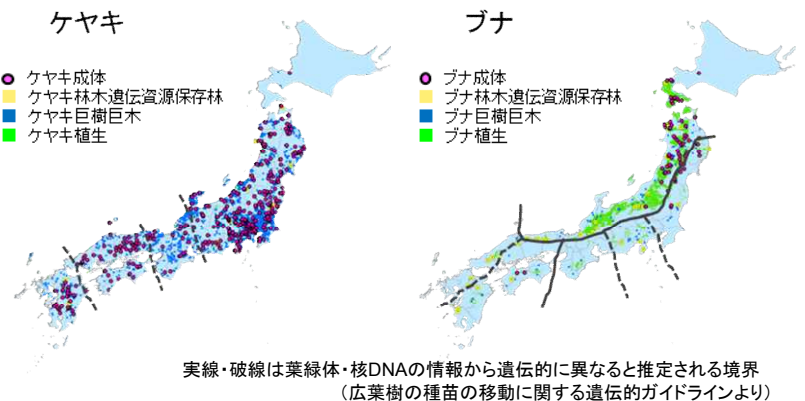


図1 ケヤキおよびブナの分布域と成体保存されている系統の収集地点(赤丸)

ケヤキは分布域を網羅するように収集・保存されているのに対し、ブナは北海道・東北に偏っています。ブナは北陸からも収集・保存した方がよいことが分かりました。

② 環境条件からの検討

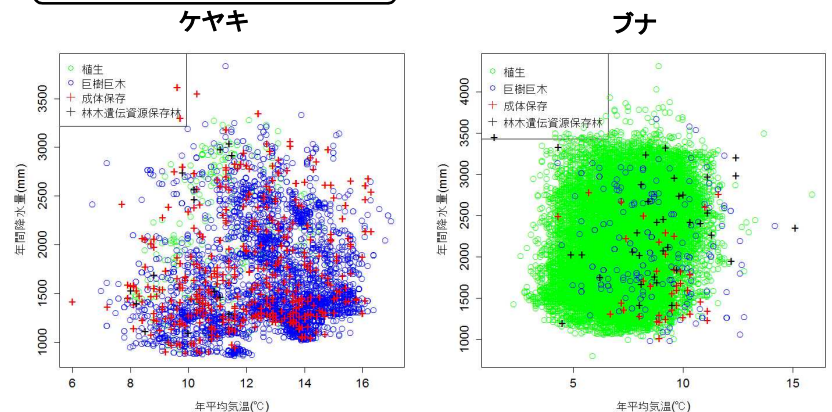


図2 ケヤキおよびブナの分布域と成体保存された系統の収集地点(赤)の年平均気温と年間降水量

ケヤキの収集・保存地点は均等ですが、ブナの収集・保存地点は、気温が高く降水量が少ない地域に偏っています。今後、気温の低い地域や降水量の多い地域からも収集・保存した方がよいことが分かりました

* については、巻末の用語集をご覧ください。



4-3 アカマツの地理的変異*の解明

岩泉正和¹・大谷雅人²・高橋誠³・津田吉晃⁴・津村義彦⁵

1: 関西育種場、2: 林木育種センター遺伝資源部、3: 林木育種センター育種部、4: 千葉大学、5: 筑波大学

アカマツ (*Pinus densiflora*) は主要な造林樹種のひとつですが、近年マツ材線虫病被害などによる天然資源の滅失、それに伴う遺伝的多様性の喪失が危惧されています。マツノザイセンチュウ抵抗性育種や生息域内外でのアカマツの遺伝資源保存の効果的な推進に資するためには、種内の地理的変異に関する知見が不可欠です。そこで、全国のアカマツ天然林を対象に、種内の遺伝的変異や、適応形質(繁殖特性: 球果形態)の変異について調査しました。

DNAマーカーを用いて地理的な遺伝的構造を解析したところ、緩やかで連続的な遺伝的変異が認められ、アカマツは大きく分けて 西南日本、中部日本、東北日本 の3地域間で遺伝的に異なっていることがわかりました。また、球果形態も地理的に異なり、東北日本ほど球果サイズや種子の充実率が大きい傾向が見られました。

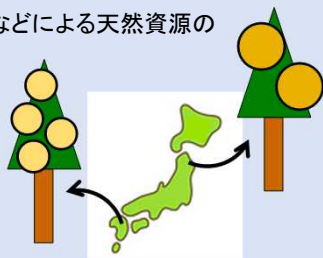
1

背景と目的

アカマツ: 我が国の主要な造林用針葉樹種

→ マツ材線虫病被害などによる天然資源の滅失の危惧

- ・ 抵抗性アカマツ品種開発の区分など
- ・ 生息域内外での遺伝資源保存戦略



種内の地理的変異に関する知見が不可欠

2

取り組み内容

分析試料のサンプリング

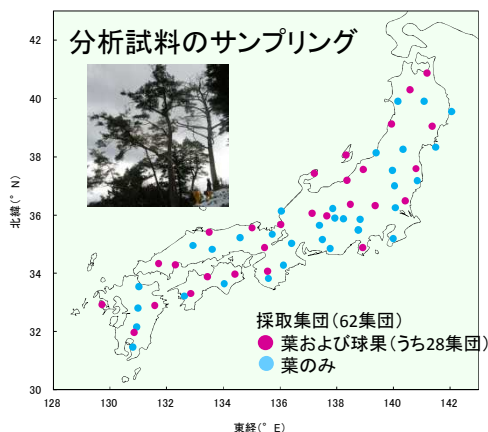


図1 調査したアカマツ天然林の位置

① DNAマーカーに基づく遺伝的変異
計1,883個体から針葉を採取



② 繁殖特性の変異(球果形態)
計628個体→サイズや種子の充実率等を測定



3

得られた成果

① DNAマーカーに基づく遺伝的構造

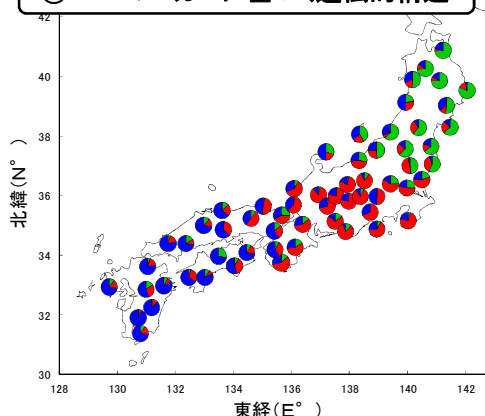


図2 DNA分析したアカマツ62集団における3つの遺伝的要素(異なる色で区別)の推定割合
(出典: 森林総合研究所主要成果選集2012)

西南日本—中部日本—東北日本にかけて緩やかで連続的な遺伝的変異

→ 集団形成や変遷の歴史的背景の違いに起因するアカマツの地域性を示唆

② 球果サイズの変異

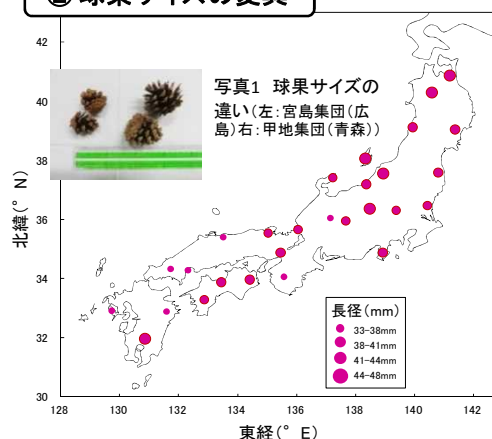


図3 球果形態を調査したアカマツ28集団における球果サイズ

同様に緩やかな地理的変異
東北日本のほうが球果サイズ大

→ 多様な生息域間での気候環境などの違いに起因するアカマツの遺伝的または環境的応答を示唆

4

成果の活用と今後

得られた知見は、抵抗性マツ種苗の配布区域の妥当性の検討や、天然林の保存単位の設定などに資すると期待されます。現在、種苗移動や地球温暖化などのより実質的な影響を評価するため、上記変異に基づき選定した10集団の種苗を対象に、全国規模の広域産地試験を実施中です。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

4-4 アカマツ生息域内保存林*における散布種子の遺伝的多様性 — 保存林スケールでの評価 —

岩泉正和¹・大谷雅人²・那須仁弥²

1: 関西育種場、2: 林木育種センター遺伝資源部

アカマツ (*Pinus densiflora*) は主要な造林樹種のひとつですが、近年マツ材線虫病被害などによる各地域集団の衰退、それに伴う遺伝的多様性の喪失が危惧されています。アカマツの天然資源を各地域内で確実に保存するためには、保存する地理的スケールの検討や保存林の設定面積などのガイドラインに資する知見が不可欠です。そこで、アカマツの生息域内保存林内の尾根上に断続して生育する9集団を対象に、DNAマーカーを用いて次世代(散布種子)の遺伝的多様性を解析し、集団サイズとの関係性を評価しました。その結果、散布種子の遺伝的多様性は、成木個体数が200未満の集団で低下しやすい傾向が見られました。また、種子の遺伝的組成は概ね200m範囲内の採取地点間で類似性が高く、この範囲内で遺伝的な交流の頻度が大きいことが示唆されました。

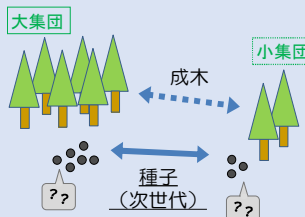
1

背景と目的

アカマツ：我が国の主要な造林用針葉樹種

→マツ材線虫病被害などによる各地域集団の損失が危惧

・集団サイズの減少や
近接集団の喪失などが
次世代の多様性に影響？



集団間での種子の遺伝的多様性の違い
や遺伝的交流の程度を理解する必要

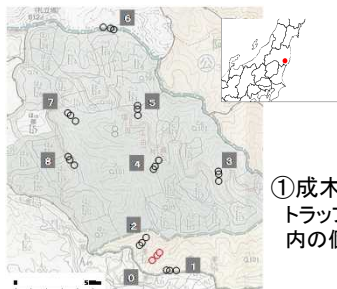
生息域内保存の指針づくりに資する
(保存林の設定面積、必要な林内の成木個
体数・近接集団数など)

2

取り組み内容

調査地：福島県いわき市の
アカマツ生息域内保存林

アカマツは主に尾根上に生育
→9集団を対象(約225ha範囲内)



①成木個体数の把握
トラップから100m範囲
内の個体数を計測

集団サイズ
に違い

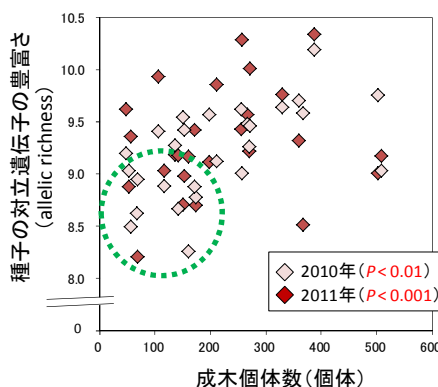
②散布種子の
収集・DNA分析
各集団3箇所、
計27地点



3

得られた成果

① 種子の遺伝的多様性

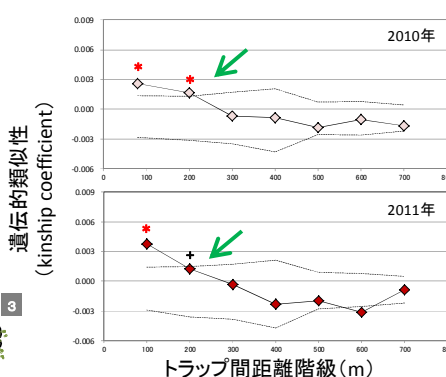


個体数200未満の小集団で種子の遺伝的多様性が低下しやすい

小集団では繁殖可能な個体数などが年により不足しやすい
⇔ある程度以上の集団サイズでは多様性が安定

図1 集団の成木個体数と散布種子の遺伝的多様性(対立遺伝子の豊富さ: allelic richness)の関係

② 種子の遺伝的類似性*



種子の遺伝的組成は
200m範囲内で類似性が高い

活発な遺伝的交流*
のある範囲を示唆

図2 種子のトラップ間距離階級毎の遺伝的類似性(kinship coefficient: 破線は95%信頼区間)

4

成果の活用と今後

生息域内保存林の設定面積はしばしば数ha程度と、アカマツでは1尾根程度のスケールであり、近接集団との遺伝的交流を考慮した管理が必要です。得られた知見は、例えば①保存林内の成木個体数を200以上維持する、②200m範囲内に近接する集団を確保する、といった具体的な管理指針を検討する上で有用と期待されます。

本課題は科学研究費助成事業「アカマツ天然集団の景観スケールにおける遺伝的動態の解明」によって実施されました。

* については、巻末の用語集をご覧ください。



4-5 スギコアコレクションの作成

宮本尚子¹・小野雅子²・渡辺敦史³・那須仁弥¹・大谷雅人¹・生方正俊¹・藤澤義武⁴

1: 林木育種センター遺伝資源部、2: 林木育種センター育種部、3: 九州大学、4: 鹿児島大学

日本を代表する針葉樹であるスギは、北海道から鹿児島県まで広く植栽され、地域や個体ごとに様々な変異を持っています。スギの持つ特性を明らかにし、新品種の開発等をより迅速に推進するためには、様々な分野の研究を関連づけ、効率よく研究を進める必要があります。少数の個体でスギ全体を代表できる共通の研究材料の整備・提供が欠かせません。そこで、林木ジーンバンク事業で保存しているスギ遺伝資源約3,600系統の持つ遺伝的な情報や元々の生育地の環境要因の情報を総合的に解析し、スギ遺伝資源全体を代表する品種・系統のセットである「スギコアコレクション」および「スギコアコレクション96」を作成しました。

1

背景と目的

ジーンバンク事業では

- ・有用かつ貴重な遺伝資源を収集・保存
(2015年度末現在で約3万5千系統を保存)
- ・新品種の開発・科学技術の発展に寄与するための研究材料を提供



コアコレクション

- ・少数で全体の変異を代表し、効率的に情報提供のできる**系統のセット**
(必要なサンプルサイズは研究目的により異なるため本取り組みでは2種類のコアコレクションを作成)
- ・様々な分野の研究を関連づける**共通の材料**

2

取り組み内容

スギ遺伝資源

精英樹
(3,579系統)

- ・情報の整理・重複の排除
- ・来歴地情報でグループ化

コアコレクション
(539系統)

- ・SNP*約5,300座の
遺伝子型情報
- ・メッシュ気候値*
- ・来歴地情報
でさらにグループ化

コアコレクション96
(96系統)

3

得られた成果

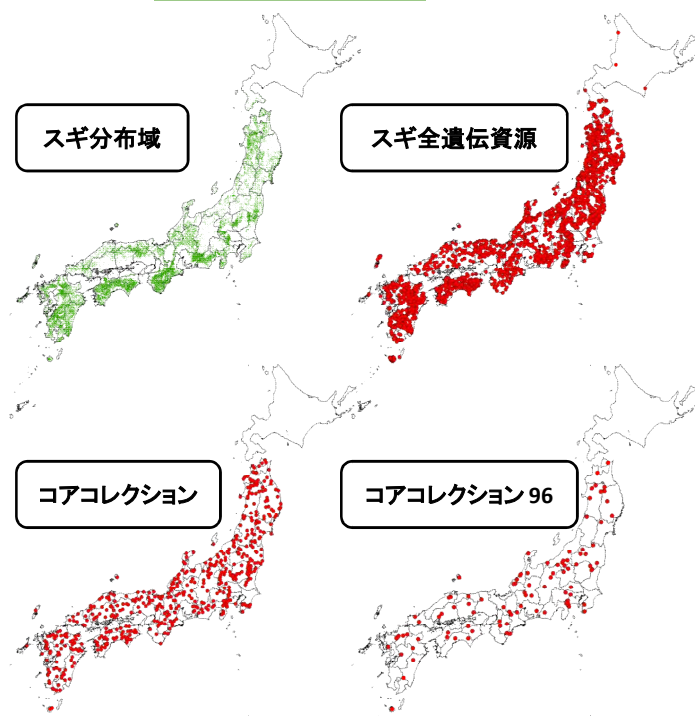


図1 スギの分布域(左上)およびスギ全遺伝資源・コアコレクション・コアコレクション96の来歴地

今回作成したコアコレクション・コアコレクション96では、評価した環境要因のうち、ほとんどの要因で母集団であるスギ遺伝資源3,579系統が**環境空間において占めている変異幅の8割以上を保持するコレクション**となっていること、また、**遺伝的に見ると母集団と同等の多様性を持つコレクション**であることが明らかになりました。

4

成果の活用と今後

今回作成したコアコレクションの情報を森林総合研究所のホームページ等により広く公開し、スギの品種開発等の様々な研究のスタンダード素材になるように利用促進を図っていきます。

* については、巻末の用語集をご覧ください。



4-6 種子等の長期保存技術の開発 —スギ、ヒノキとコナラ亜属種子について—

生方正俊¹・木村恵¹・栗田祐子¹・加藤智子¹

1: 林木育種センター遺伝資源部

種子の保存性は、植物種によって異なり、「乾燥に強く長期貯蔵が可能な種子(普通種子)」と「乾燥に弱く貯蔵が困難な種子(貯蔵困難種子)」の大きく2つのタイプに分類されます。今中期計画の成果として、普通種子であるスギおよびヒノキ種子の保存試験の結果、両樹種の種子とも-20℃の乾燥条件で、10年間は発芽率を維持することが分かりました。次に貯蔵困難種子であるコナラ亜属樹種の種子(堅果)の保存に関する問題点について文献等を用いて分析・整理し、温度や湿度などの保存条件を精査するとともに、虫害などの生物学的な害をいかに取り除くかがこれらの種子貯蔵の鍵となることが分かりました。これらの成果は、樹木種子の長期保存技術の開発に生かされ、林木遺伝資源の確実な保存と利用の促進に役立つことが期待されます。

1

背景と目的

植物の種子は、貯蔵性の観点から、表1の通り大きく2つに分類されます。

表1 貯蔵性からみた種子の区分

	乾燥耐性	低温耐性	樹種例
貯蔵困難種子 (リカルシトランド種子)	含水率20-30%以下で死亡	温度10-15℃で損傷	熱帯性樹種、コナラ亜属のドングリ等
普通種子 (オーソドックス種子)	含水率2-5%でも生存	温度0℃以下でも生存	スギ、ヒノキ、マツ類、カンバ類等

目的

- スギおよびヒノキの種子(普通種子)について10年間発芽率を維持できるかどうか明らかにする。
- コナラ亜属種子(貯蔵困難種子)について既存の文献等の情報を取りまとめ、取り扱いに関する問題点を明らかにする。

2

取り組み内容

① スギ及びヒノキ種子の保存試験

2001年種子の採取

-20℃の冷凍庫
乾燥剤とともに密封

2011年発芽率調査

発芽率比較



写真1 保存中の種子

② コナラ亜属樹種の種子の貯蔵に関する問題点の整理

2014年までに公表された文献等を利用して、コナラ属樹種などの難貯蔵種子の取り扱いに関する問題点を生理的要因と生物的要因の面からまとめました。

3

得られた成果

① スギ及びヒノキ種子の保存試験

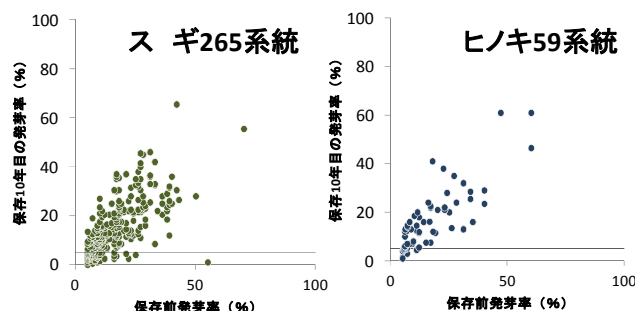


図1 保存前と保存10年後の発芽率の比較

- ・10年後に発芽率が0%になった系統
スギの1系統のみ、ヒノキなし
- ・10年後に発芽率が5%以下になった系統(図-1)
スギ40系統(15%)、ヒノキ7系統(11%)のみ

スギ、ヒノキの種子は**10年間保存**が可能

② コナラ亜属樹種の種子の貯蔵に関する問題点の整理

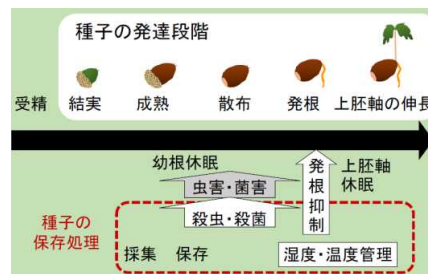


図2 コナラ亜属種子の発達段階と保存処理の模式図

種子を長期間保存するためには、種子が生理的な活性を保てる温度と湿度において、いかに生物学的な害(虫害、菌害)を取り除くかが重要であると考えられました。

4

成果の活用と今後

これらの研究成果は、貯蔵困難種子の長期保存技術の開発や普通種子の保存技術の改良等に生かされ、林木遺伝資源の確実な保存と利用の促進に役立つことが期待されます。



4-7 絶滅が危惧される小笠原固有樹種 —オガサワラグワの保全—

大谷雅人¹・生方正俊¹・板鼻直榮²

1: 林木育種センター遺伝資源部、2: 西表熱帯林育種技術園

オガサワラグワ (*Morus boninensis*) は、小笠原諸島の限られた地域にのみ自生するクワの仲間です。かつては諸島内の湿った高木林を構成する主要な樹種のひとつでしたが、戦前までの大規模な伐採により、その個体数をいちじるしく減らしました。近年では外来樹種シマグワとの交雑による実生更新の困難さも懸念されており、同諸島の在来の高木の中では、最も高い絶滅のリスクに晒されている種のひとつです。林木育種センターでは、2001年以降、本種の保全・再生のための取り組みを多方面から進めてきました。残存木および実生の継続的なモニタリングを行うとともに、組織培養による残存木の系統保存、栽培下での純粋なオガサワラグワ実生苗の生産、および母島における培養苗と実生苗の現地植栽試験などを行い、保全・再生の基礎となる成果をおさめることができました。

1

背景と目的

希少植物の包括的保全のためには、**生息域内・生息域外の双方**において、多面的な保全策を講じる必要があります。オガサワラグワの場合、小笠原諸島の特殊性も考慮すると、対処すべき課題は以下のように要約することができます。



2

取り組み内容

関東森林管理局、小笠原野生生物研究会などとの連携により、以下のような取り組みを行いました。



- ▶ 弟島は残存木の枯死率が低く、多くの実生が見られる唯一の生息域
- ▶ 同島の実生が純粋なオガサワラグワであるか、残存木の遺伝的性質を受け継いでいるかを検証



- ▶ 栽培温室の鉢上げ苗において自然結実をたびたび確認
- ▶ 育苗し、純粋なオガサワラグワであるかを検証



- ▶ 林木育種センターで冬芽を培養し、系統保存
- ▶ 一部を発根、馴化後に温室で保存



- ▶ 母島産の実生苗・培養苗を母島の国有林内に植栽、成長などをモニタリング

3

得られた成果

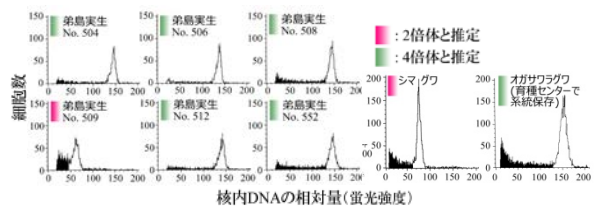


図1 フローサイトメーターによる弟島実生の倍体性分析の結果の一部（オガサワラグワは4倍体*、シマグワは2倍体）

弟島で確認されたほぼ全ての実生と、栽培下で得られた全ての実生苗は純粋なオガサワラグワ

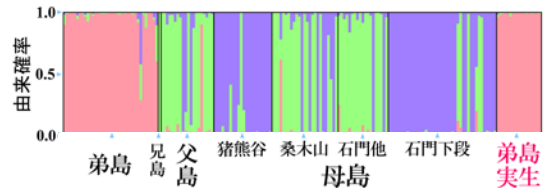


図2 小笠原諸島各島の残存木と弟島の実生の遺伝的性質（色が同じであれば遺伝的に似ている）

弟島のオガサワラグワ実生は同島の残存木と遺伝的に類似

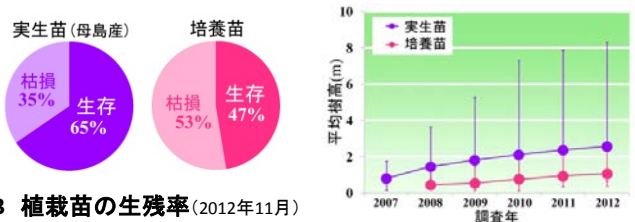


図3 植栽苗の生残率(2012年11月)

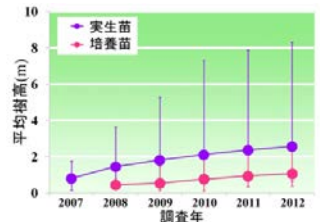


図4 植栽苗の樹高の推移

母島に植栽した苗は7年後も約半数が生存、一部個体は樹高10m近くにまで成長

4

成果の活用と今後

オガサワラグワについて、弟島で健全な実生更新が進みつつある可能性が示唆されました。また、栽培下での純粋な実生苗育成も含めた包括的な生息域外保存*が十分に可能であることが分かりました。今後は、未保存個体の収集・保存を行うとともに、効率的な技術の開発や、父島への野生復帰の試みを進めていく予定です。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

4-8 稀少樹種の大量結実とジーンバンク収集 トガサワラとシコクシラベ

岩泉正和¹・磯田圭哉¹・檜木野俊昭¹・笹島芳信¹

1: 関西育種場

森林総合研究所林木育種センターでは、絶滅の危機に瀕する稀少樹種の生息域外保存に向けた取り組みを行っています。関西育種基本区では特に、トガサワラとシコクシラベの2樹種を対象に、育苗技術の確立のため、生育試験の材料となる種子の収集を試みてきました。両樹種ともに結実周期がほとんど知られていないことから、これまで十分な種子を収集することが出来ませんでした。2014年は、両樹種ともに近年の中では最も大量の結実が観察されました。この貴重な結実年を受けて、最大限多くの集団にわたり種子の収集に取りくんだ結果、トガサワラは6集団の計116個体、シコクシラベについては2集団の計75個体から多数の種子を収集することができました。得られた種子は遺伝資源として、実生の生育試験やその他保全のための各種試験研究材料に活用されることが期待されます。

1

背景と目的

稀少樹種の生息域外保存のために

・クローンによる個体保存

・実生後代による集団保存

育苗技術の確立必要

育苗技術の確立のため 種子の収集を行う必要

チャンス!

難点: 結実の豊凶差大
豊凶周期が未解明

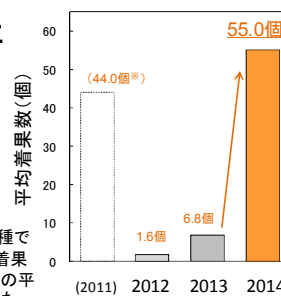
しかし 2014年 大量結実

② シコクシラベ

- ・マツ科モミ属の常緑針葉樹 本州シラベの変種
- ・四国のわずか3山頂周辺にのみ遺存的に分布
- ・地球温暖化などによる集団の滅失が危惧



～2013年



※2011年は採種できた個体のみ着果数を計測し、その平均値を示しました。

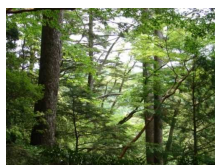
図2 石鎚山集団におけるモニタリング個体の着果量の推移

2

取り組み内容

① トガサワラ

- ・マツ科トガサワラ属の常緑針葉樹
- ・紀伊半島と四国の一部地域にのみ隔離分布
- ・伐採・拡大造林などにより天然資源が減少



～2013年

表1 2013年までのトガサワラ種子収集実績

集団 \ 年次	2005年	2009年	2013年
紀伊半島			
大又	-	-	-
三之公	-	8	-
大塔山	-	6	-
川又親音	-	10	2
四国			
魚梁瀬	-	-	-
安田川山	-	-	-
西ノ川山	1	1	-
計	1	25	2※

→ 隔年で少数個体からしか得られなかった

2014年

図1 2014年におけるトガサワラ種子の収集実績



紀伊半島で98個体、四国で18個体の計116個体から採種

2014年



過去最多の計75個体から採種

図3 2014年度におけるシコクシラベ種子の収集実績

3

成果の活用と今後

これまでの小規模な育苗試験の結果などから、特にトガサワラでは、発芽や当年次での成長が遅く床替に弱い傾向が見られています。当該年度で得られた両樹種の種子を利用して、関西育種場では、播種からの据置期間などの育苗方法の検討のための生育試験に着手しました。将来的には生息域外保存試験地を設定し、原産地と異なる環境下での保存の可否を検討していく予定です。



4-9 遺伝子組換えによる花粉発生制御技術

小長谷賢一¹・谷口亨¹・栗田学²

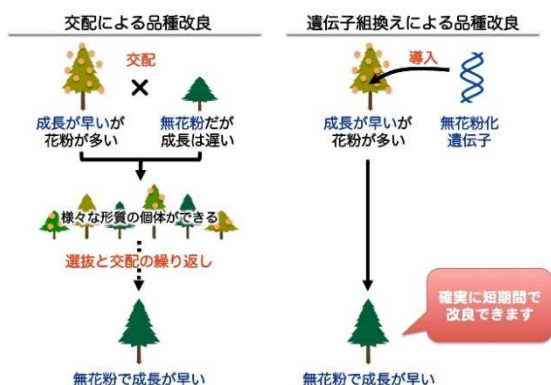
1: 森林バイオ研究センター、2: 林木育種センター育種部

林業分野におけるスギ花粉症対策としては、花粉発生源を減少させることが重要です。現在、無花粉スギ等の花粉症対策品種が開発されていますが、これまで森林所有者等に受け入れられてきた地域になじんだ品種を無花粉化していくためには、交配育種による膨大な時間を必要とする問題があります。このため、新たな手法として、遺伝子組換えにより花粉発生を抑制する技術を開発することに成功しました。開発された遺伝子組換えスギは野外栽培試験を実施するため、隔離ほ場^{*}における栽培等の承認申請（第一種使用規程承認申請）を文部科学大臣及び環境大臣へ行いました。2014年11月17日に、本栽培試験は生物多様性に影響しないと判断され、第一種使用規程の承認を得ました。2015年4月より隔離ほ場栽培を開始し、実用化に向けた安全性の検証を行っています。

1

背景と目的

遺伝子組換えでは目的となる遺伝子のみを導入するため、従来の交配と比べて確実に短期間で品種改良できます。本研究では遺伝子組換えによってスギを無花粉化させる技術を開発しました。



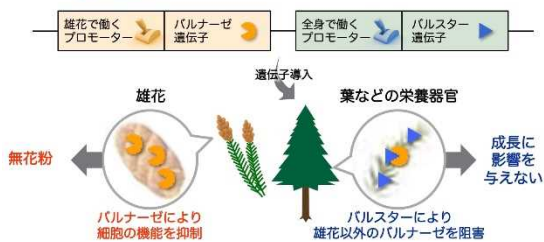
2

取り組み内容

どのように無花粉化させるか。

導入した遺伝子

- バルナーゼは細胞の活動に必要なRNAを分解
- プロモーターは特定の場所で遺伝子を働かせるスイッチ
- バルスターはバルナーゼの働きを阻害



パチルス菌^{*}が持つバルナーゼ遺伝子を雄花で働かせて無花粉化させます。雄花以外で働いてしまうバルナーゼはバルスター遺伝子で阻害し、成長への影響を防止します。

アグロバクテリウム（細菌）^{*}を用いて遺伝子導入します。



3

得られた成果

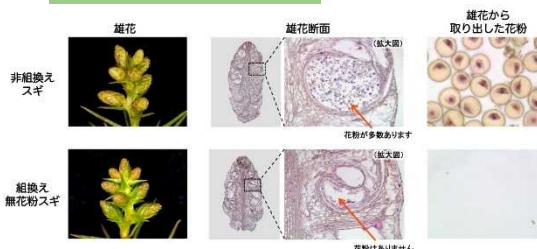


図1 遺伝子組換えスギの雄花と花粉

遺伝子組換えスギは非組換えスギと同様に雄花を着花します。しかし、雄花断面を観察すると花粉は検出できませんし、雄花を潰しても花粉は全く出てきません。（出典：森林総合研究所主要成果選集2013）



図2 袋がけした雄花の開花期の様子

非組換えスギ（左）は袋の中が黄色い花粉で満たされますが、遺伝子組換えスギ（右）は花粉が観察されません。



図3 隔離ほ場へ植栽した遺伝子組換えスギ（2015年4月9日）

4

成果の活用と今後

遺伝子組換え技術による花粉症対策品種の開発は、今後十分に時間をかけて効果と安全性の検証を行った後に、将来的には花粉症対策の選択肢の一つとなり得ると考えています。

本研究は、林野庁「遺伝子組換えによる花粉発生制御技術等の開発事業」および農林水産省新農業展開ゲノムプロジェクト「遺伝子組換えの産業利用における安全性確保総合研究」の支援を受けました。

^{*} については、巻末の用語集をご覧ください。

4-10 クロマツにおけるマツノザイセンチュウに対する抵抗性メカニズムの解明

平尾知士¹・渡辺敦史²

1: 森林バイオ研究センター、2: 九州大学

マツノザイセンチュウ抵抗性育種を促進するため、マツノザイセンチュウ感染時に発現する遺伝子の発現解析を行い、クロマツ抵抗性の分子機構の一端を明らかにしました。現在、マツノザイセンチュウ抵抗性育種では、クロマツで154品種、アカマツで221品種が抵抗性品種として開発されていますが、本研究の推進によって得られた発現遺伝子を分子マーカーとして利用することで、様々な線虫系統に対する抵抗性反応の調査や今後新たに開発されるより強い抵抗性品種の評価に利用できます。

1

背景と目的

- 一般のクロマツは、マツノザイセンチュウに対して感受性を示し、非常に枯れやすいといった特徴を持っています。
- 一方で、マツノザイセンチュウ抵抗性育種から開発された抵抗性品種は、マツノザイセンチュウが樹体内に侵入しても一般のマツに比べて枯れにくい特徴を持っています。
- 我々は、「マツノザイセンチュウの感染によってなぜ一般のマツは枯れやすいのか。また、なぜ抵抗性マツは枯れにくいのか。」という疑問に対し、「**遺伝子レベル**」から解明する研究を進めてきました。

2

取り組み内容

感受性クロマツ(一般のマツ)とクロマツ抵抗性品種(波方73号)に線虫1万頭を接種し、接種後1日目、3日目、7日目、14日目の幹からRNA*を抽出し、感受性クロマツと抵抗性品種とで発現している遺伝子の種類と量を比較しました(図1)。

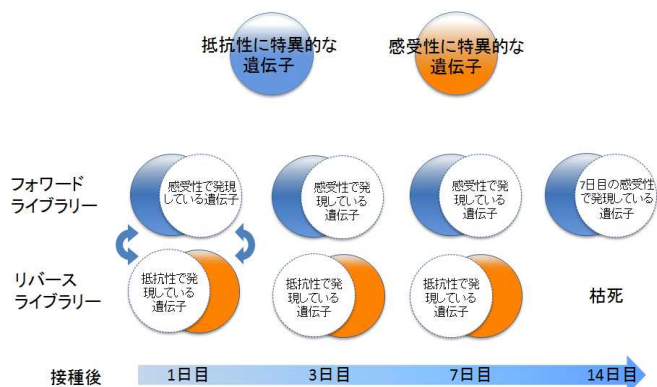


図1 cDNAサブトラクション法を使った遺伝子発現解析

各時系列において感受性クロマツと抵抗性品種のサンプル間で発現している遺伝子を差分化(引き算)することで、特異的に発現している遺伝子や発現量に差がある遺伝子を特定することができます。ここでは抵抗性で発現している遺伝子から感受性で発現している遺伝子を差分したものがフォワードライブラリー、感受性で発現している遺伝子から抵抗性で発現している遺伝子を差分したものがリバースライブラリーとしています。

3

得られた成果

- 感受性クロマツの特徴として、接種後1日目には感染特異的タンパク質(PRタンパク質)や抗微生物ペプチド(AMP)と呼ばれる生体防御関連遺伝子*が多く発現し、接種後3日目、7日目と日を経るごとにそれら遺伝子の発現量が増加しました(図2上段)。
- 一方で、抵抗性品種では感受性クロマツと同様にPRタンパク質やAMPが発現しますが、その発現量は感受性と比較すると低く(図2上段)、接種後7日目には活性酸素によって誘導されるペルオキシダーゼ(PR-9)の発現が増加し、14日目には細胞壁を強化する遺伝子(Extensin)が感受性に比べて格段に多く発現していることが分かりました(図2下段)。

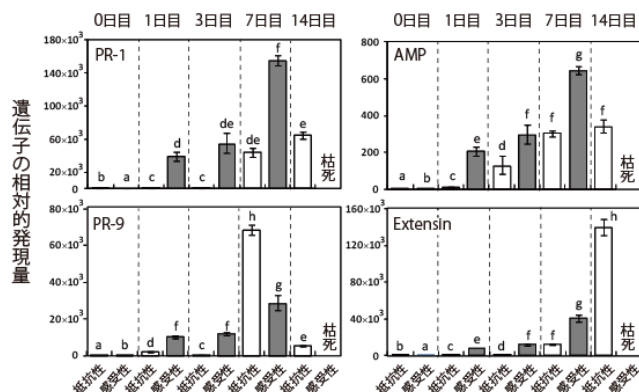
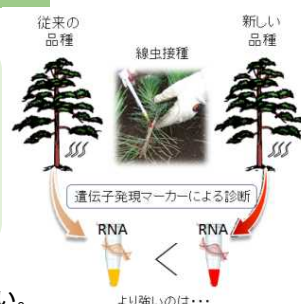


図2 感受性クロマツで特徴的な遺伝子(上段)と抵抗性クロマツで特徴的な遺伝子(下段)における遺伝子発現量の比較
線虫を接種していない時の発現量を1とした場合の遺伝子の相対的な発現量を示します。

4

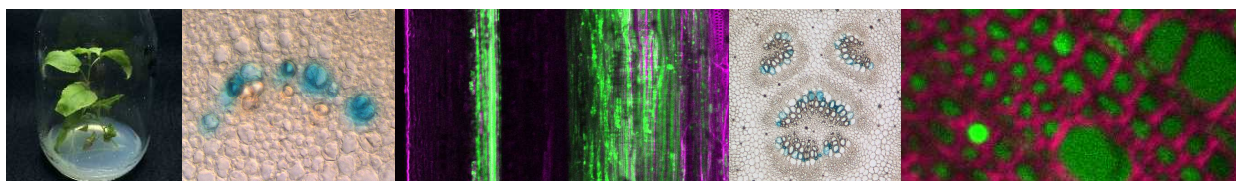
成果の活用と今後

本研究の推進によって得られた抵抗性に特徴的な発現遺伝子を分子マーカーとして利用することで、様々な線虫系統に対する抵抗性反応の調査や今後新たに開発されるより強い抵抗性品種の評価への利用に向けて検討する予定です。



* については、巻末の用語集をご覧ください。

より強いのは...



4-11 木質の改変に利用可能な二次壁特異的プロモーターの同定ーポプラにおいてー

高田直樹¹・谷口亨¹

1: 森林バイオ研究センター

遺伝子組換え技術を利用することにより、樹木に目的の形質を短期間に付与することができます。しかし、遺伝子組換え体を作製すると、目的形質とは別に望ましくない影響が現れることがあります。その原因の1つとして、導入遺伝子が意図しない組織で発現・機能してしまうことがあげられます。この課題を解決するには、導入遺伝子を目的の組織のみで発現させる制御配列(プロモーター*)の利用が必要になります。本研究では樹木の木質改変を行うために、木部組織で強く発現するプロモーターの同定を行いました。その結果、モデル樹木であるポプラにおいて、二次木部*および師部繊維*で高い転写活性*を示す二次壁特異的プロモーターを5種類同定しました。

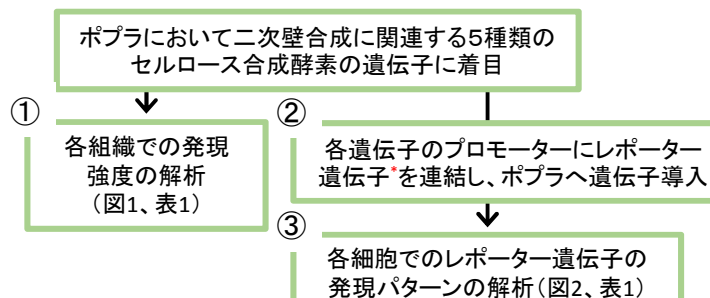
1

背景と目的

遺伝子組換え技術を利用することで、糖化性に優れた木質系バイオエタノールの効率的な製造に適した樹木の開発に取り組んできました。しかし、作製した組換え体では導入遺伝子が植物全体で発現・機能してしまうことにより、成長が劣るという問題が生じています。そこで、望ましくない影響を軽減し木質のみの糖化性を向上させるために、導入遺伝子を木部で発現させる制御配列(プロモーター)の利用が求められています。本研究では、**木部組織で高い活性を持つプロモーター**を同定し、その発現特性を詳細に解析しました。

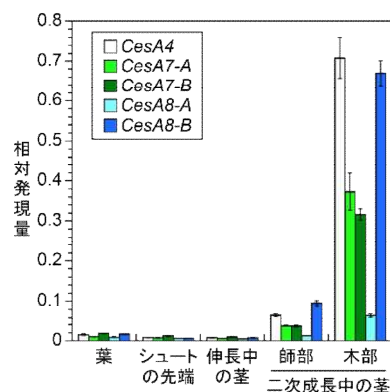
2

取り組み内容



3

得られた成果



5種類のセルロース合成酵素は主に二次成長中の木部組織で発現

図1 各組織でのセルロース合成酵素の相対発現量

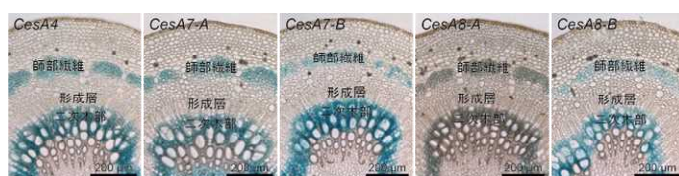


図2 レポーター遺伝子(GUS)を用いたセルロース合成酵素の発現特性(第10節間目の茎の横断面、青色部分が発現部位を示します)

セルロース合成酵素は主に二次木部と師部繊維で発現

表1 5種類のセルロース合成酵素の各組織での発現強度

	CesA4	CesA7-A	CesA7-B	CesA8-A	CesA8-B
茎					
一次木部	+	+	+	+	+
木繊維(二次木部)	+++	+++	+++	++	+++
放射柔細胞(二次木部)	+++	+++	+++	++	+++
師部繊維	+++	+++	+++	+	+++
葉					
葉脈の木部	+	+	+	+	+
葉柄の木部	+	+	+	+	+
毛状突起	+		+	+	+
根					
維管束	+	+	+	+	+
根端	+	+	+	+	

発現強度: +++、強; ++、中; +、弱

4

成果の活用と今後

本研究では5種類のセルロース合成酵素遺伝子のプロモーターについて、転写活性の組織特異性を解析しました。その結果、すべてのプロモーターが木部組織と師部繊維で強く発現しており、その発現強度は各プロモーター間で異なっていました。今回同定した**二次壁特異的プロモーター**を利用することにより、成長性を維持し高い糖化性を示す樹木の開発が可能になります。

詳しくは: Takata and Taniguchi (2015) Planta, 241:29-42
をご覧ください。

* については、巻末の用語集をご覧ください。



4-12 薬用系樹木カギカズラとワダツミノキの増殖技術の開発

谷口亨¹・石井克明²

1: 森林バイオ研究センター、2: 森林総研フェロー

生薬の自給率は11.7%と低く、国内栽培による自給率向上が必要です。本研究では、漢方薬の原料であるつる性の常緑樹木カギカズラ(*Uncaria rhynchophylla*)と抗がん剤原料を含有する鹿児島県奄美大島固有のワダツミノキ(*Nothapodytes amamianus*)の組織培養による増殖技術を開発しました。薬用成分含有率が高いなどの優良な形質をもつ個体の増殖に本研究の成果である組織培養技術を活用し、薬用樹木を栽培すれば栽培地域の活性化と薬用原料の自給率向上に資すると期待しています。また、組織培養は絶滅危惧種ワダツミノキの保全にも利用可能な技術です。

1

背景と目的

日本で使用されている漢方薬などの原料となる生薬は、22,006トン(264品目)であり、そのうち、日本産が11.7%、中国産が80.8%とされています。このように自給率が低いため、原料の安定確保の観点から、自給率を高める必要があります。

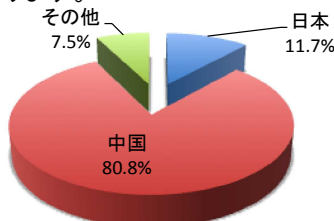


図1 生薬の生産国(H22年度)
(日本漢方生薬製剤協会による調査結果)

そこで、薬用成分含有率が高いなどの優良な個体を大量増殖するため、組織培養による増殖方法の開発に取り組みました。

2

取り組み内容

植物の育成に必要な栄養分などを含む培地で茎や芽などを人工的に培養して植物体を作る技術を組織培養と呼びます。カギカズラとワダツミノキについて組織培養による増殖技術の開発に取り組みました。

カギカズラ

つる性の常緑樹木で、中国南部と日本(房総半島以南～九州)に自生します。鉤形のつげを付けた茎を乾燥させたものは釣藤鉤(チョウトウコウ)と呼ばれる、神経過敏や不眠などの精神神経症状に効果がある漢方薬の原料です。また、高血圧症や認知症の改善に効果があるとされています。薬効成分はリコフィリンやヒルスチンなどのアルカロイドです。

ワダツミノキ

鹿児島県奄美大島に自生する高さ10m程度になる小高木で、2004年に新種として発表されました。環境省のレッドリストでは絶滅危惧IAに分類されています。葉や枝に含まれるアルカロイドの一種であるカンプトテンシンは、抗がん活性があり、がん化学療法に用いられる抗がん剤の原料となっています。

3

得られた成果



図2 カギカズラの組織培養
葉腋に発生する鉤(赤棒)を培養して伸びてきた小枝を発根させた植物体の写真です。



図3 ワダツミノキの組織培養
茎頂(赤棒)を培養して誘導した小枝の塊の写真です。小枝を切り取り、発根培地で培養すると発根し、植物体となります。

組織培養により、カギカズラとワダツミノキの苗木の増殖技術を開発しました。

4

成果の活用と今後

組織培養による増殖技術を優良個体のクローン増殖と栽培に活用することができれば、栽培地域の活性化と薬用原料の自給率向上に資すると期待しています。また、組織培養は絶滅危惧種ワダツミノキの保全にも利用可能な技術です。

本研究の一部は、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「薬用系機能性樹木の生産効率化手法の開発」の成果です。

第5章

行政施策や社会に
大きく貢献した成果



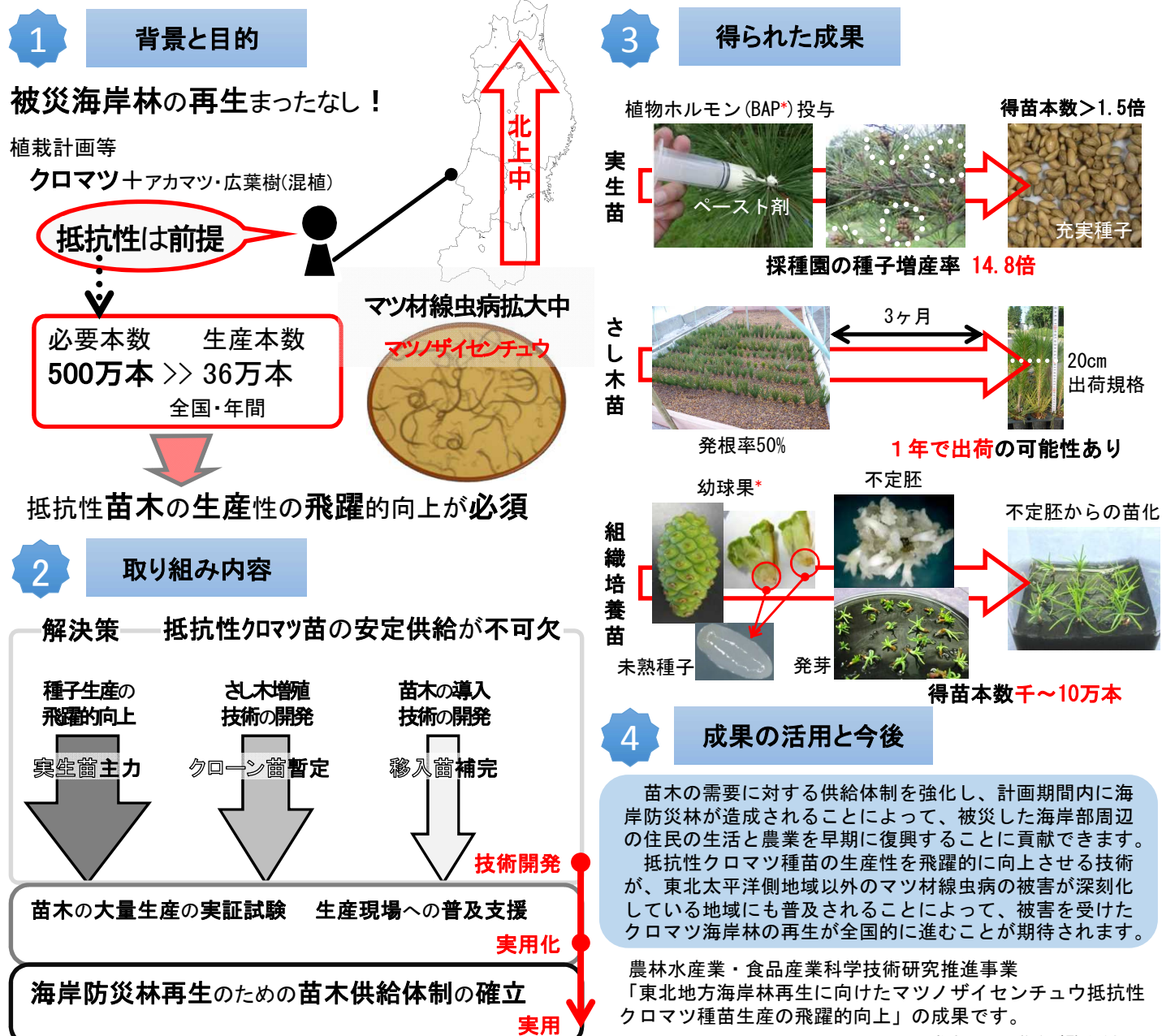
5-1 抵抗性クロマツの大量生産体制の確立

織部雄一朗¹・山野邊太郎¹・丸山毅²・田中功二³・今野幸則⁴・小澤創⁵・大西昇⁶・太田清蔵⁷

1：東北育種場、2：森林総研本所、3：青森県産業技術センター林業研究所、4：宮城県林業技術総合センター、5：福島県林業研究センター、6：麒麟（株）R&D本部基盤技術研究所、7：宮城県農林種苗農業協同組合

東北日本大震災では、東北太平洋側地域において1,000ha以上の海岸防災林が津波による壊滅的な被害を受けました。海岸周辺部の被災地における住環境の改善と経済活動としての農業の復興には、樹種特性として耐塩性に優れたクロマツを主に植栽し、潮・風・飛砂への防備機能を持つ海岸防災林を再生する必要があります。一方、マツ材線虫病の最前線である東北では、病原体のマツノザイセンチュウに対して抵抗性を持つ苗木を植栽することが望ましいのですが、東北産マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ（以下、抵抗性クロマツ）種苗の供給量には限りがあり、海岸防災林の再生計画で予定されている需要に応えるためには、西日本等の温暖地から抵抗性クロマツ種苗を導入して補完することも検討する必要があります。

本研究では、抵抗性クロマツの種苗生産を飛躍的に向上させる技術と、温暖地産の抵抗性クロマツ苗木を東北へ導入する技術の開発を目指しています。





5-2 スギの生育環境への適応性の評価

三浦真弘¹・高橋誠²・平岡裕一郎²・井城泰一²・能勢美峰²・山田浩雄³・花岡創⁴・中田了五⁵・久保田正裕⁶・磯田圭哉⁶・倉本哲嗣⁷・千吉良治⁷・武津英太郎⁷・渡辺敦史⁸

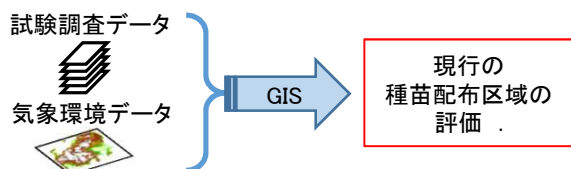
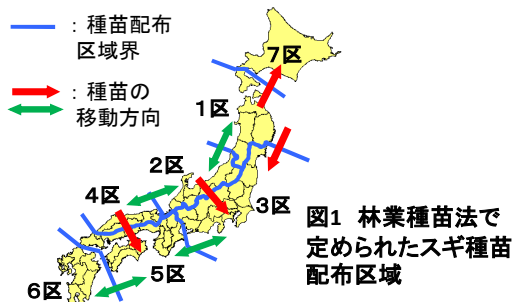
1: 東北育種場、2: 林木育種センター育種部、3: 林木育種センター遺伝資源部、4: 林木育種センター海外協力部、5: 北海道育種場、6: 関西育種場、7: 九州育種場、8: 九州大学

スギは、異なる環境に種苗を移動すると適応性が下がる可能性があるため、林業種苗法では、種子や穂木が採取または育成された地域ごとに、種苗が配布可能な地域(配布区域)の範囲が定められています。近年、GIS*技術を用いた解析手法の発達により、調査地(次代検定林)の調査データと地理情報の統合的な解析が可能になり、種苗の移動が成長等に及ぼす影響を調べることができます。解析の結果、全国の気象環境の違いと現在のスギ種苗配布区域の区域分けは概ねよく対応していることが明らかになり、また、異なる気象環境にスギを植栽した場合の成長パフォーマンスは、冷涼環境から温暖環境、多雪環境から温暖・寡雪環境への種苗の移動は同等またはそれ以上なのに対し、逆方向への種苗の移動では低下することが分かり、これらは現在の種苗が移動可能な区域と概ねよく対応していました。

1

背景と目的

スギは、異なる環境に植えると適応性が下がる可能性
→ 種苗配布区域の設定(1934年)・・・図1



2

取り組み内容

環境条件

気象環境データ

GIS

日本の環境区分

実証試験

気象環境データ

+

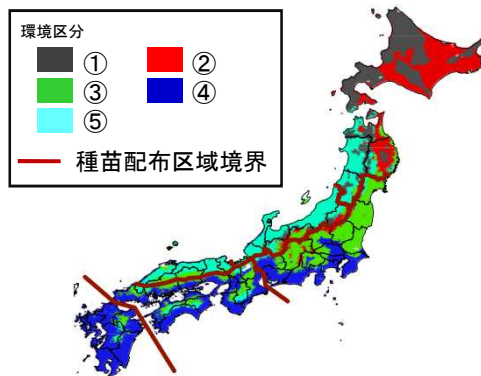
次代検定林調査データ

GIS

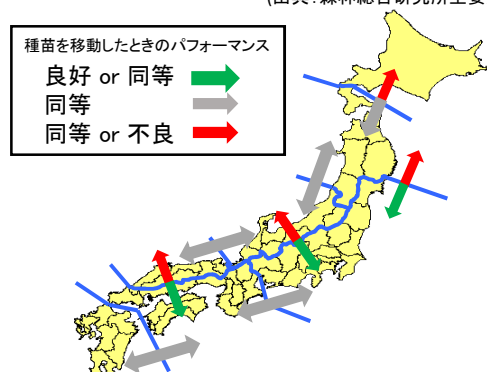
異なる環境へのスギの適応

3

得られた成果



環境区分は種苗配布区域の境界線と良い対応を示しました。
(出典: 森林総合研究所主要成果選集2015)



実証データからの種苗移動の方向は、現行の移動方向とよく合いました。

4

成果の活用と今後

本研究により、スギの種苗配布区域を実際の植栽試験の結果を基に実証的に検討することができました。本研究は、林野庁補助事業「森林環境保全総合対策事業(拡充)」のうち「造林木の生育環境への適応性の評価」による成果です。

* については、巻末の用語集をご覧ください。

5-3 カラマツ育種種子不足への林木育種の寄与

田村明¹・中田了五¹・坂本庄生¹・佐藤亜樹彦¹・久保田権²・生方正俊³・山田浩雄³・竹田宣明⁴・黒丸亮⁵・来田和人⁵・内山和子⁵・出口隆⁶・畑欣明⁷・田之畑忠年⁸・阿部正信⁸・藤生浩史⁸・足立康成⁸・三上敬一⁸・坂後浩⁸・山口和久⁹

1: 北海道育種場、2: 林木育種センター育種部、3: 林木育種センター遺伝資源部、4: 九州育種場、5: 北海道立総合研究機構林業試験場、6: 北海道山林種苗協同組合、7: 林野庁、8: 北海道森林管理局、9: 北海道庁

北海道の林業種苗関係機関が一丸となって既存のカラマツ属採種園の再生に取り組んできました。ここでは上川中部森林管理署管内の雨紛グイマツ雑種 F_1 採種園での取り組みを紹介します。東西方向に列状間伐を行い、間伐後に残存木の雌花の着花量を調べた結果、直達光が当たる最前列の球果の着生量が増加しました。これは間伐による光環境の改善によるものと考えられます。また、伐採跡地の一部を、高所作業車が入ることができる路網として利用することで、増加した球果を安全かつ効率的に採取できると考えられます。また、伐採跡地に優良クローンを植栽し、残存木を花粉源に利用することで、今後、優良な育種種子を生産できる可能性があります。

1

背景と目的



間伐前の採種園の様子
樹冠が混んで光条件が悪い

北海道におけるカラマツ育種種子の普及率はわずか**2%**、他は未改良種子



カラマツ林の生産性の低下

採種園産種子が少ない主な理由

- 球果の着生量の減少
- 樹高が高すぎて、安全に採取しづらい

早急に、既存採種園の球果を増産し、効率的かつ安全に採種できる施業方法を開発する必要がある

2

取り組み内容



図1 雨紛採種園の位置

採種園は1958～1960年に設定
2011年春 豊作 着花調査実施
2011年秋 列状間伐実施
2012年春 凶作 萌芽枝調査
優良クローンを植栽
2013年春 並下 優良クローンを植栽
2013年秋 萌芽枝調査
2014年春 並上 着花調査実施

3

得られた成果

表1 間伐前後の各列の着花率の推定値

列	2011年		2014年	
	雌花率(%)	雄花率(%)	雌花率(%)	雄花率(%)
5	4	47	19	43
4	4	47	10	43
3	4	47	8	43
2	4	47	7	43
1	4	47	9	43

列5で雌花率が
他の列の**2倍**

注意) 雌花率は3年生枝以上の部位の総芽数(葉芽数+雄花数+雌花数)に対する雌花数の割合(%)として算出しました。



間伐跡地に優良グイマツクローンを植栽

伐採跡地にグイマツ優良クローン(例、中標津5号、留萌1号等)を植栽。
優れたグイマツ雑種 F_1 の種子を持続的に生産する計画



2012年6月撮影 2013年10月撮影

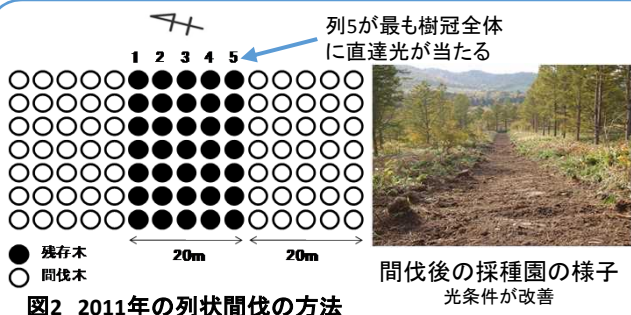
10本中5本から、萌芽枝が発生!
将来の採種枝に!
写真のオレンジ色で囲まれた位置に多くの萌芽枝が発生していました。

4

成果の活用と今後

既存の採種園に高所作業車が入れるように列状間伐することで光環境が改善し、安全かつ安定的に種子を採取できる可能性が出てきました。今後は、採種園全体の球果の収量を最大化できる具体的な環境条件を明らかにしていきたいと考えています。

本研究は、上川中部森林管理署と北海道育種場との「雨紛採種園(カラマツ雑種)の取り扱いに関する覚書」に基づいて行いました。





5-4 巨樹・名木等のクローン増殖サービス ―「林木遺伝子銀行110番」―

大塚次郎¹・大久保典久¹・山田浩雄¹・湯浅真²・長谷部辰高³・檜木野俊昭⁴・濱本光⁵

1: 林木育種センター遺伝資源部、2: 北海道育種場、3: 東北育種場、4: 関西育種場、5: 九州育種場

全国には、学校や神社など身近な場所で長い年月にわたって地元の人々に親しまれ、ふるさとのシンボルとなっている巨樹・名木等が数多く存在します。

こうした樹木は、数百年もの歳月の間、風雪に耐え生き続けてきた貴重な遺伝資源でもあります。このため、林木のジーンバンク事業の一環として、天然記念物や巨樹・名木などの樹木が衰弱し、所有者等の方からの申請があった場合に、さし木やつぎ木により後継樹を増殖、保存するとともに、その一部を里帰りする「林木遺伝子銀行110番」によるクローン増殖サービスを実施しています。このサービスにより、2014年度までに194点の巨樹・名木等について、後継樹を里帰りしています。

1

背景と目的



巨樹・名木等は・・・
地元のシンボルであるとともに、長い年月にわたって、風雪に耐え生育し続けているので、自然環境に対する適応性や抵抗性に優れている可能性が高く、林木遺伝資源として貴重。

林木のジーンバンク事業において、増殖・保存することで、将来、育種素材等に活用可能。

2

取り組み内容

巨樹・名木等が例えば・・・

病気や台風などの被害等により枯損の危機に瀕している場合など

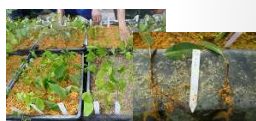


老齢化により、枯損が懸念される場合など



後継樹の増殖・育成について、所有者や地元から要請

接ぎ木やさし木により増殖



苗木を育成



林木遺伝資源として保存

無償で後継樹苗木を里帰り

3

得られた成果

里帰りの例



石川県金沢市
国指定特別名勝
兼六園「根上松」



京都市東山区
名木「清水寺
仁王門のウメ」



熊本県菊池市
指定天然記念物
「相生の棕と榎」
のうちのエノキ



北海道乙部町
林野庁指定
森の巨人たち百選
「縁柱」



岩手県滝沢市指定
天然記念物
「五龍のフジ」



柴又帝釈天題経寺の
江戸時代の図絵にも
記載のあるクロマツ
東京都葛飾区保存木
「瑞龍松」



第18代アメリカ合衆国大統領が、約120年前に植えた
ローソンヒノキ
東京都台東区、記念樹「グ
ラントヒノキ」

注) 地図上の●は、里帰り場所を示す。

表1 林木遺伝子銀行110番の受入れ点数と里帰り点数の推移

	2003～ 2010	2011	2012	2013	2014	合計
受入れ点数	215	22	17	29	29	312
里帰り点数	120	11	36	17	10	194

4

成果の活用と今後

増殖・保存した巨樹・名木等は、自然環境に対する適応性や抵抗性に優れている可能性が高く、増殖したクローン苗木は遺伝的に同じものであるため、林木育種等への活用が今後期待されます。



第6章

林木育種事業・研究の推進と普及



6-1 専門分野を活かした社会貢献

久保田 権¹・坂本 庄生²・千葉 信隆³・柏木 学⁴・竹田 宣明⁵

1: 林木育種センター育種部、2: 北海道育種場、3: 東北育種場、4: 関西育種場、5: 九州育種場

林木育種センターが開発した品種の利用を促進するため、都道府県等に対し、つぎ木増殖、採種(穂)園の造成・改良・管理、着花促進等について技術講習会を開催するとともに、各種協議会等における指導を行いました。本中期計画期間では、講習会を合計100回以上開催し目標を達成しました。また、研究・技術開発推進ブロック会議育種分科会や特定母樹等普及促進会議を通じて、林木育種関連技術を活かした社会貢献に努めています。

1

北海道育種場

特定母樹グイマツのつぎ木増殖技術

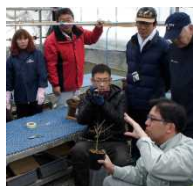


写真1 穂を接ぐ位置を説明

北海道内にある国・民有林採種園は設定後50年以上経過していることからその再整備が必要となっています。一方、グイマツ雑種F₁の「クリーンラーチ」は需要が多く見込まれ、その種子親である「グイマツ中標津5号」が特定母樹に指定されました。このため、特定母樹による採種園再整備や造成に向けたつぎ木増殖技術について講習会を開催しました。

4

関西育種場

マツノザイセンチュウ接種検定の技術



写真4 マツノザイセンチュウ接種実演の様子

マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ、アカマツの品種開発には、センチュウの取扱いや接種検定の技術は不可欠なものとなっています。このため、接種技術水準の維持などを目的として、「マツノザイセンチュウ接種法」の講習会を毎年開催しており、各機関から新任の林木育種担当者などが多数参加しています。

2

東北育種場

抵抗性クロマツのさし木技術開発



写真2 さし木苗発根の様子

さし木による抵抗性クロマツの増殖は、温暖地で先行して取り組まれてきました。東北では寒冷な地方に適したさし木技術の開発を目指して、県への講習指導に取り組んでいます。この成果のひとつとして、東日本大震災で甚大な被害を受けた海岸防災林を再生するために、抵抗性クロマツさし木苗の大量生産が進められています。

5

九州育種場

さし木苗確保のためのスギ採穂園の管理技術



写真5 採穂木の樹形誘導講習

主伐の増加に伴い、造林用スギさし木苗の確保が重要な課題となっています。このため、各県からの要請に応じて、スギ採穂園の管理や採穂木の樹形誘導等についての講習会を開催しました。

3

林木育種センター

カラマツの着花促進技術



写真3 環状剥皮後の様子

カラマツ材の需要の高まりによる種子、苗木の確保に対応するため、高木になった採種園を利用する講習会を国有林と連携して実施しました。

陽光不足で採種木の下枝が枯れてしまった場合、受光伐を行う前に環状剥皮により着花促進をすることで、球果採取が効率的に行えることを説明し、剥皮の実演後、参加者全員が40本のカラマツで実技を行いました。

6

各種会議等



写真6 ブロック会議育種分科会の様子

林木育種推進地区協議会(H23)及び研究・技術開発推進ブロック会議育種分科会(H24~26)

林野庁主催で育種事業の推進のため、各育種基本区ごとに開催しています。林野庁、林木育種センター、都道府県等が参加しています。

高速育種運営会議(H25、26)及び特定母樹等普及促進会議(H27)
エリートツリーや特定母樹の普及のため、林木育種センター主催で各育種基本区ごとに開催しています。

6-2 成果の発信

安樂勝彦¹・辻祐司¹・藤田彰宏¹・沖義裕¹・増山真美¹・天野里美¹・上田雄介²・黒沼幸樹³・林勝洋⁴・原田美千子⁵

1: 林木育種センター、2: 北海道育種場 3: 東北育種場 4: 関西育種場 5: 九州育種場

林木育種センターでは、研究及び事業の成果を、林木育種情報等の刊行物として発行するとともに、ホームページ上で積極的に公表しています。重要な成果については積極的なプレスリリースを実施するなど効果的な広報活動を行っています。新品種等の普及については、利用者である種苗生産者、森林所有者等にまで情報が伝わるよう、林業関連団体の機関誌への記事掲載や、広報誌の配布に取り組んでいます。

1

研究・事業の発表会

林木育種成果発表会（年1回）



写真1 平成25年度林木育種成果発表会の様子

林野庁及び都道府県の林務行政担当者をはじめ、中央団体関係者及び民間企業、学識経験者の方々に毎年テーマを決めて林木育種の成果を紹介しています。

また大学や都道府県の方々に講師として特別講演と特別報告を頂いています。

テーマ

2011年度	エリートツリーと造林初期投資の軽減
2012年度	林木育種がつむぐ森林の未来
2013年度	新たな森林・林業と林木育種－エリートツリーの開発と普及－
2014年度	国民の多様なニーズに応えるために林木育種ができること

林木育種開発品種説明会（2014年3月）



林木育種開発品種説明会のパンフレット

特定母樹や開発品種の普及を進めるため、新たに、苗木の生産者や、森林所有者などの山行き苗の利用者に、開発品種の成長や形質の特性等を説明しました。

2

広報

林木育種情報（年3回）発行



林木育種に関する調査・研究、技術開発等の技術情報、林木遺伝資源の収集・保存事業及び林木遺伝資源の収集、分類・同定、保存、特性評価技術等に関する情報、海外協力のための林木育種技術等に関する情報、林木育種及びセンターの活動等に関する一般的な情報を紹介しています。

年報（年1回）HPへ掲載



林木育種センターの現況、林木の育種事業、種苗の生産・配布、調査・研究、講習・指導、その他（関係機関との連携、行政・学会等への協力、広報・普及活動等）について、単年度の成果・実績を掲載しています。

一般公開



写真2 林木育種センターで行われた親林の集いの様子

一般の方に林木育種への興味と理解をもってもらうとともに、木工工作等を通じて樹木とふれあうイベントを開催しています。

各育種場の広報誌



野幌の丘から（年2回）発行



東北の林木育種（年3回）発行



関西育種場だより（年3回）発行



九州育種場だより（年2回）発行

ホームページ（随時更新）

年報、技術情報紙、広報紙等の内容及びその他の一般的な情報を掲載しています。林木育種センターと各育種場のホームページは以下の通りです。

- 林木育種センター
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/>
- 北海道育種場
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/hokuiku/index.html>
- 東北育種場
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/touiku/index.html>
- 関西育種場
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/kaniku/index.html>
- 九州育種場
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/kyuiku/index.html>

プレスリリース

林木育種センターでは、開発した技術や研究成果、育種事業を国民に知ってもらうと同時に、育種事業や技術が正しく社会に受け止められるよう、マスコミを通じて積極的にプレスリリースしています。

第7章

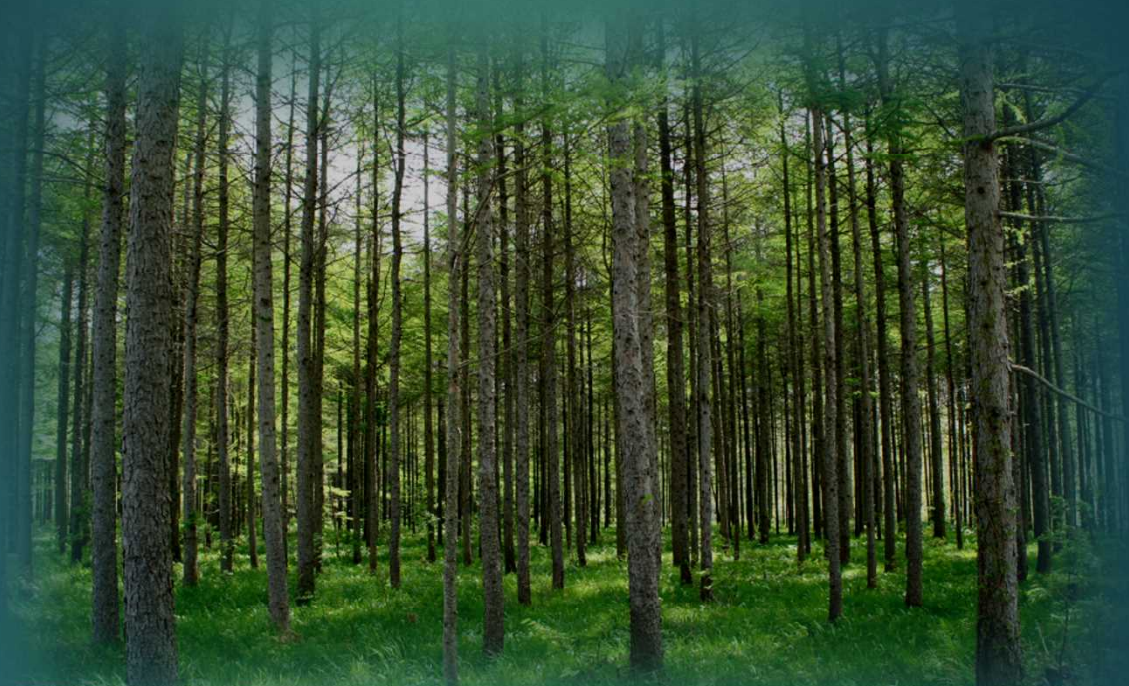
用語集



BAP	サイトカイニン系合成植物ホルモンの一種である6-ベンジルアミノプリン <small>の略称</small> 。クロマツでは、花序分化期に頂芽に投与すると、通常は雄性花序へ分化する側生花序が雌性花序へと性転換する。
EST	Expressed Sequence Tag <small>の略称</small> 。ある組織で発現している遺伝子のmRNA配列に由来するcDNA配列の部分配列。
GIS	地理情報システム (Geographic Information System) <small>の略称</small> 。地理的位置情報を持った異なる種類のデータ (空間データ) を、地理的位置を手がかりに統合的に管理・加工して、視覚的に表示するとともに、地理的な情報に基づく解析が可能なシステム。
GWAS	Genome-Wide Association Study <small>の略称</small> 。ゲノム全体に分布する多数のDNAマーカーの遺伝子型と形質との関連を統計的に調べる方法。
ICタグ	データの読み取りや書き換えが可能なICが埋め込まれており、電波で情報の読み書きを行うことができるタグ。
Isotig	ESTの塩基配列の相同性に基づいて異なるESTを統合し、遺伝子の全長に近い塩基配列情報を再構築したもの。
PR9遺伝子	植物が病原体に感染した際に生成される感染特異的タンパク質の一つで、ペルオキシダーゼ (生物体内の過酸化水素を分解する酵素の一種) の生成に係わる遺伝子。
QTL	量的形質を支配する遺伝子座の略称 (Quantitative Trait Loci)。
QTL解析	量的形質を支配している遺伝子を探索するための統計手法。QTLが連鎖地図上に所在する位置等を推定する。
SNP	一塩基多型 (Single Nucleotide Polymorphism) <small>の略称</small> 。DNAの塩基配列上の1塩基の違いを指す。
SNPマーカー	SNPのDNA型 (A、T、G、C) を分析するためのDNAマーカー。
SNPジェノタイピング	SNPの遺伝子型を分析により決定すること。
SSR	1～6塩基の長さの短いモチーフが何回も繰り返されているDNA領域をいう。
アグロバクテリウム法	土壤中に生息する微生物の一種であるアグロバクテリウムのDNAが植物のDNAに入り込む性質を利用して、組み込みたい遺伝子を植物細胞に導入する遺伝子組換え技術。
育種価	任意の個体の任意の形質に働く相加的遺伝子効果の総和。
遺伝的獲得量	育種によって得られる改良効果の大きさを表す指標。任意の形質における選抜差 (選抜母集団と選抜集団の平均値の差) と遺伝率の積で表される。
遺伝的交流	異なる集団の個体間での交配により、集団間で遺伝子の受け渡しが起こること。集団間での花粉や種子の移動によって生じる。
遺伝的類似性	異なる集団または個体において保有している遺伝変異が似通っている (類似している) 程度。
エリートツリー	第一世代精英樹の後代 (子孫) の中から選ばれた優良な第二世代精英樹あるいはそれ以降の世代の精英樹の総称。
開発品種	林木育種センター、都道府県等が選抜し、優良品種・技術評価委員会で評価・認定を受けた系統 (クローン)。
隔離ほ場	文部科学省等の認可の下で、遺伝子組換え植物を一般環境を模した条件下で栽培を行うために区画されたほ場のこと。遺伝子組換え植物が意図せずに持ち出されること等を防止するため、フェンス等の設備を有している。
花穂	花が稲穂のように、長い花軸に群がってつく花序のこと。
環境応答	生物が生育環境の違いや変化に対応して特性に変化を生じること。
巨樹・巨木	原則として、地上から130cmの位置で幹周り (幹の円周) が300cm以上の樹木。
系統樹	生物間の類縁関係や生物集団間の分化の関係を樹枝状の線でつなぐように表現したもの。
コンテナ苗	多数のセルがある硬質樹脂などで作られた容器 (コンテナ) で育成され、根鉢が成形された鉢付き苗。
師部繊維	樹皮に存在する繊維細胞。
少花粉スギ・ヒノキ	花粉の生産量が一般のスギ・ヒノキに比べ極端に少ない品種。

新育種技術	近年発展している、高い精度で効率的にゲノムの改変や育種を促進することができる多様な技術。
生息域外保存	特定の遺伝的変異を生息域外(現地外)で保存すること。主に、利用頻度の高い有用遺伝資源や生息域内では滅失の危険性が高い遺伝的変異などの保存に用いられる。
生息域内保存	地域の遺伝的変異を生息域内(現地内)で保存すること。保存対象樹種の個体が多く生育する森林を保存林に指定することによって行われる。
成体パスポート	ジーンバンク事業で保存している樹木に関する選抜地等の来歴情報。
生体防御関連遺伝子	病虫害や環境ストレスに対応するための生理的応答を制御する遺伝子群を指す。
生物資源	現在または将来利用され、あるいは人類にとって潜在的な価値を有する遺伝資源、生物またはその部分(成体、種子、花粉、DNA)。
爽春	森林総合研究所林木育種センターが開発した無花粉スギ品種の一つ。
相対幹曲線	幹の形状を表す曲線。樹木の大きさによらず、幹の完満性を評価することができる。
タイピング	任意の個体のDNA配列を分析して決定すること。また、他の個体のDNA配列や基準となるDNA配列と比較して、遺伝子型の同一性を確認すること。
地理的変異	分布域の全域において任意の形質を調査した時に、地域ごとに明らかにされた変異、あるいはその変異が緯度や経度などの地理的な位置に応じて異なること。
転写活性能	遺伝子の発現を活性化させる能力
特定母樹	「森林の間伐等の促進に関する特別措置法」の平成25年5月の改正により創設された、農林水産大臣が指定する成長に優れた種苗の母樹。
二次木部	形成層により作られた木部。
バチルス菌	自然界に一般的に存在するグラム陽性桿菌で枯草菌や納豆菌の類縁菌。
フェノタイピング	任意の形質について表現型(大きさや数、角度、色合いなど)を定量的・定性的に評価すること。
プライマー	DNAポリメラーゼ(酵素)を使ってサンプルDNAの特定の領域を増幅する実験手法(PCR法)において、増幅範囲を特定するために用いるDNAの断片(多くの場合、20~30塩基の長さ)のこと。2種類(1対)のプライマーを組み合わせて用いる方法が多い。
プロモーター	遺伝子の発現を制御する塩基配列。
分子育種	分子遺伝学的な手法等を用いつつゲノム情報を利用した育種。
分集団	育種集団を分割したもの。分集団内で交配・選抜を繰り返すことにより、分集団内の血縁度は上昇するが、分集団間の血縁関係は無い状態が保たれる。これにより、育種集団全体の遺伝的多様性を維持しながら、選抜の効果も高めることが可能になる。
実生オープン	任意の個体から得られた、不特定多数の花粉と交配した種子、あるいはその種子から育成した子供群。
ミニチュア採種園	断幹及び整枝剪定により採種木の樹高を1.2m程度に抑え、植栽間隔も1.2m程度とした採種園。樹体が小さいことから作業が容易であり集約的な管理を行うことが出来る。多様なニーズに対応した新品種の開発から短期間で種子を普及することが出来る。
無花粉スギ	雄花は着けるが、正常な花粉を全く生産せず、花粉を飛散させない品種。
無花粉スギリソース	無花粉となる遺伝子を(ヘテロ型で)潜在的に持つ個体群。多様な無花粉スギを創出するための遺伝資源として位置づけられる。
メッシュ気候値	日本全国を約 1km 四方のメッシュに分割し、各メッシュ内の気候値(月平均気温や月降水量、日照時間など)を推定した数値データ。
戻し交雑	雑種第一代の個体を親と交配すること。

幼球果	林業種苗法施行規則によって定められている採種時期(クロマツでは9月20日以降と定められている)よりも前に採取した球果。幼球果に入っている種子は未成熟なものを含んでいると考えられる。
4倍体	基本数の四倍の染色体(通常個体(2倍体)の2倍量)を有する個体。
レポーター遺伝子	遺伝子組換え実験において、導入した遺伝子の発現場所などを可視化するために用いる外来の遺伝子(GFPやGUSなど)。
連鎖地図	染色体地図ともいう。染色体上での遺伝子の相対的な位置を示した地図のこと。



発行日 2015年（平成27年）8月

国立研究開発法人 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

編集・発行 国立研究開発法人 森林総合研究所
林木育種センター 茨城県日立市十王町伊師3809-1
電話 0294 (39) 7000(代表)

お問い合わせ先 育種部育種第一課

メールアドレス ikusyu@ffpri.affrc.go.jp

ホームページ

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/issue/rinboku/documents/frontiers2015.pdf>

※本誌掲載内容の無断転載を禁じます。