

林木育種情報

No.6

2011.3



独立行政法人 森林総合研究所 林木育種センター

『林木育種センター』に求められるもの

理事（林木育種センター所長） 平野 秀樹

「高速育種」への期待が大きい。

50年近くを要し、第一世代から第二世代へたどり着いたが、これを短縮し、10年をメドに第三世代開発へ進化させようという構想だ。併せて、材積にして1.5倍。剛性（ヤング率）において、110%以上の性能を確保しようとしている。開発スピードが速く、また成長が早いという意味での「高速化」である。

重要なことは、森林所有者に信頼される原種を提供しつづけることであり、成長量、剛性にとどまらず、気象害、病虫害など諸被害に耐性をもつ品種を創出すること。それらの性能や植栽適地情報を加味した「仕様書（特性表）」がわかりやすく表示されていくことだ。いわば鑑定書、血統書に当たるもので、それらを信頼される機関が発行していく……これは、当組織に求められる第一の使命であろう。

2011年3月。新しい施設—ジーンバンクの増設によって施設内保存が充実した。施設外保存（生息域内外保存）については、林野庁と連携しつつ国有林を活用し、計画的な保存に着手することとなった。遺伝子資源のより一層の確保と活用により、生物多様性保全への貢献が期待されている。

このほか海外先進育種情報の充実、導入育種の検討、先進国も含めた海外での技術協力・交流活動を展開するとともに、バイオ技術を駆使した生物機能の解明や応用技術の開発、機能性樹木の創出など、当センターの役割は重要性を増しつつ活動領域が広がっている。

こうした中、新中期計画が策定されつつあり、当組織についてはさらなる飛躍と機能化・効率化が求められている。

【紙面紹介】

今年度開発した新品種 2

高速育種の推進に向けて
—次世代育種促進研究会中間報告— 4絶滅危惧種トガサワラの遺伝的多様性と
地理的変異 8ポルトガルにおけるマツノザイセンチュウ被害の
現状視察 10林木育種におけるDNA分析技術(3)
—SSRマーカーについて— 12

今年度に開発した新品種

はじめに

森林総合研究所林木育種センターは事業の目標や推進方策を示した「林木育種戦略」や平成18年から22年までの5カ年間の事業計画を示した「中期計画」に沿い、国民の安全で安心できる暮らしの実現に寄与する森林の機能の向上を目的として、花粉症対策に有効な品種、国土保全、水源かん養及び自然環境保全機能の向上に資する品種、地球温暖化防止に資する品種、林産物供給機能の向上に資する品種と4つの分野に分けて、新品種の開発を進めてきました。これらの中でも国民病とも言えるほどに深刻な社会問題となった花粉症対策に有効な品種の開発については、この5カ年間の重点項目として特に力を入れて開発を進めてきた結果、花粉の少ないヒノキを開発する等多くの成果を得ることができたところです。

5カ年間の中期計画の最終年度に当たる平成22年度においては、材質に優れたスギ品種をはじめとして、マツノザイセンチュウ抵抗性品種等を計55品種開発することができました。また、花粉症対策に有効な品種の分野の新品種の開発はありませんが、成長等に優れた無花粉スギの開発等を鋭意進めております。

分野ごとの開発品種の内訳を次に示しました。

1. 国土保全、水源かん養及び自然環境保全機能の向上に資する品種

トピックスとしては、九州育種基本区において第二世代の候補木から開発したマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ品種2品種の開発があります。これらはクロマツ抵抗性品種同士の交配で育成した第二世代の抵抗性候補木に接種検定を行って開発したものであり、二次検定での

結果は生存率、健全率ともに100%を示し、高い抵抗性が期待できます。また、関西育種基本区では、北陸地方で初めてのマツノザイセンチュウ等抵抗性クロマツ品種を開発することができました。これらを含め、アカマツ(表1)及びクロマツ(表2)のマツノザイセンチュウ抵抗性品種を11品種開発しました。

また、スギカミキリによる加害は、枯死には至らないものの、材を劣化させ、その被害が伐期に至るまでわからないことがある点において、経営面からはより深刻な被害と言えますが、これまでの選抜、検定データを分析・評価し、東北、関東の育種基本区で、スギカミキリ抵抗性品種を計10品種開発しました(表4)。

さらに、関西育種基本区で、スギ耐陰性試験地についてのこれまでの調査データを解析・評価し、スギ耐陰性2品種を開発しました(表3)。本品種は樹下植栽に適した品種として開発されたものであり、樹下植栽の被陰に耐えるだけではなく、上層木の伐採後は速やかに成長することが期待できます。複層林施業で活用されることを期待しております。

2. 地球温暖化防止に資する品種

九州育種基本区において、材積成長量と材の密度を評価し、幹重量(二酸化炭素吸収・固定能力)の大きいスギ品種を20品種開発しました(表5)。

本品種は材積成長量と材の密度に優れることから、樹幹の木部に蓄積する炭素の量が単木当たりで最大50%程度大きくなることが期待できます。実際の施業技術によって最大の効果を得るための研究を現在進めているところであり、我が国の森林の炭素吸収能力の向上に本品種が活用されることに期待しています。

3. 林産物供給機能向上に資する品種

東北、関東の育種基本区ではスギ精英樹の材質を検定林で評価し、材質優良スギ品種を合わせて9品種開発しました(表6)。これらは、スギ材を利用するうえで最大の欠点であるヤング率(剛性)を改善したものであり、成長、通直性等についても平均以上の性能が期待できます。

(育種部 育種第一課 藤澤義武)

表1 アカマツの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	岩手県	マツノザイセンチュウ抵抗性 岩手(藤沢) アカマツ34号
	2	宮城県	マツノザイセンチュウ抵抗性 宮城(大郷) アカマツ193号
	3	宮城県	マツノザイセンチュウ抵抗性 宮城(山元) アカマツ208号

表2 クロマツの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
関東	1	茨城県	マツノザイセンチュウ抵抗性 茨城(内原) クロマツ5号
	2	千葉県	マツノザイセンチュウ抵抗性 千葉(富浦) クロマツ7号
	3	静岡県	マツノザイセンチュウ抵抗性 静岡(大須賀) クロマツ23号
関西	4	石川県	マツノザイセンチュウ抵抗性 石川(小松) クロマツ99号
	5	島根県	マツノザイセンチュウ抵抗性 島根(大田) クロマツ39号
九州	6	福岡県	マツノザイセンチュウ抵抗性 福岡(岡垣) クロマツ20号
	7	熊本県	マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志) クロマツ1号
	8	熊本県	マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志) クロマツ2号

表3 耐陰性スギ品種

育種基本区	番号	選抜地	品種名
関西	1	和歌山県	新宮署7号
	2	岡山県	新見7号

表4 スギカミキリ抵抗性品種

育種基本区	番号	選抜地	品種名
東北	1	青森県	スギカミキリ抵抗性青森営14号
	2	青森県	スギカミキリ抵抗性青森営49号
	3	岩手県	スギカミキリ抵抗性岩手県31号
	4	宮城県	スギカミキリ抵抗性宮城県2号
	5	宮城県	スギカミキリ抵抗性宮城県16号
	6	新潟県	スギカミキリ抵抗性前橋営9号
	7	秋田県	スギカミキリ抵抗性秋田県37号
	8	秋田県	スギカミキリ抵抗性秋田県47号
	9	山形県	スギカミキリ抵抗性山形県23号
	10	山形県	スギカミキリ抵抗性新潟県14号
	11	新潟県	スギカミキリ抵抗性新潟県42号
関東	12	茨城県	スギカミキリ抵抗性茨城県33号
	13	茨城県	スギカミキリ抵抗性茨城県34号

表5 幹重量(二酸化炭素吸収・固定能力)の大きいスギ品種

育種基本区	番号	選抜地	品種名
九州	1	福岡県	県八女12号
	2	佐賀県	県唐津7号
	3	大分県	県佐伯13号
	4	大分県	県竹田10号
	5	大分県	県竹田14号
	6	大分県	県日田15号
	7	宮崎県	九林産11号
	8	宮崎県	県西臼杵4号
	9	熊本県	県球磨5号
	10	宮崎県	県東臼杵8号
	11	宮崎県	県児湯2号
	12	宮崎県	県児湯3号
	13	宮崎県	日向署2号
	14	宮崎県	高岡署1号
	15	鹿児島県	県始良1号
	16	鹿児島県	県始良3号
	17	鹿児島県	県始良4号
	18	鹿児島県	県始良34号
	19	鹿児島県	県薩摩5号
	20	鹿児島県	県指宿1号

表6 材質優良スギ品種

育種基本区	番号	選抜地	品種名
東北	1	山形県	東南置賜3号
	2	山形県	東蒲原6号
関東	3	福島県	富岡3号
	4	福島県	若松3号
	5	群馬県	碓氷2号
	6	茨城県	久慈18号
	7	岐阜県	武儀8号
	8	愛知県	東加茂2号
	9	愛知県	新城4号

高速育種の推進に向けて

— 次世代育種促進研究会中間報告 —

はじめに

成長等が画期的に優れたエリートツリー（第2世代以降の精英樹）の活用をねらい、その開発と普及の適切な推進を諮問するための「次世代育種促進研究会」の立ち上げと第二回研究会までの活動概要については、すでに紹介したところです。これに続き、平成23年1月19日の第三回の研究会において、中間報告の案が採択されました。本案はホームページ等に掲示され、一般から意見・情報を求め、それらを考慮したうえで決定されることとなります。また、この意見・情報の公募と並行して、2月10日には「平成22年度林木育種成果発表会」を東京で開催し、林木育種センターと育種場が展開しているエリートツリーの開発の現状を一般にアピールしました。これらの概要を紹介します。

1. 中間報告(案)の概要

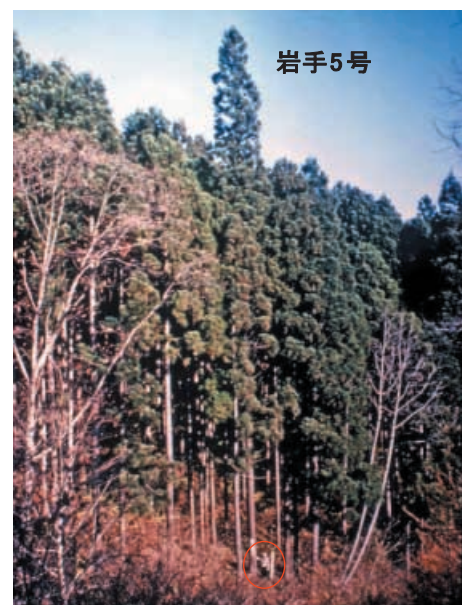
中間報告(案)の概要を次に示します。

1) 求められる高速育種

我が国の林木育種は、優良な種苗の確保を通じて林木の成長量の増大と品質の改良を図ることを目的として、成長の早いこと、単位面積当たりの収穫量が多いこと、幹が通直であること、病気や虫の害がないこと等を基準に「精英樹」（第1世代精英樹）を約9,100本選抜したことに始まる。都道府県は精英樹の原種苗の供給を受けて採種園・採穂園を造成し、種穂を種苗生産者へ供給してきており、現在、スギ・ヒノキの山行苗の70%をこうした育種種苗が占めている。同時に、検定林を各地に造成し、精英樹の成長等の特性を評価



図1 スギ精英樹の選抜地の分布



○ 比較の対照として立つ調査員

写真1 スギ精英樹岩手5号

し、この結果に基づき、多様な品種の開発、採種園の原種の入替を行うとともに、成長、材質等に優れた精英樹を選択してそれらの相互間で人工交配を行い、エリートツリー（第二世代以降の精英樹）の選抜母集団となる21万個体のF₁を育成、検定林を造成してきた。

北米・オセアニア諸国では、経営のコスト意識が高く、育種の効果に対する認識も広く行き渡っており、最コスト低減に見合った苗木向け対価を払うのが当然であるとの認識がある。このようなことから、欧米・オセアニア諸国では成長形質を重視し、世代を重ねることで育種効果を上げること成功しており、我が国は伐期の長い北欧と比べても次世代化が遅れている状況にある。

一方、林業収益性の悪化から造林未済地の増加が問題化しており、植林・保育に係る初期投資の縮減において、特に初期成長の優れた苗木の開発が期待されている。この面において、検定林の10年次の平均材積で比較すると、第1世代に比べて2倍以上となるエリートツリーの候補木たるF₁が現れており、初期成長の優れた第2世代品種の開発によって、下刈り等の省力化に寄与していくことが期待できる。

このように、低コスト林業・林業再生に資するためには初期成長に優れた品種の早期開

発が必要不可欠であり、育種については従来の手法を繰り返すのではなく、育種そのものを高速化していくことが極めて重要である。この高速育種を実現するためには、あらたな評価技術の実用化及び開発のための研究インフラを整備していく必要がある。

2) 原種・種苗供給体制の基本的方向

①造林面積の減少による苗木需要の減少とそれに伴う苗木生産業者の減少、②採種園・採穂園を管理している都道府県の予算・要員の減少による採種園・採穂園の管理水準の低下等が林木育種に係るアンケート調査（都道府県）から窺えた。

我が国の現状と海外との比較において、我が国の採種園は1箇所当たりの面積はスギで2.2haと小規模であるのに対し、北米では30ha前後、オーストラリアでは100haを超え、大規模な種子精選施設を保有している。種子価格は我が国のものよりも高く、改良度合いのグレードによって異なっている。また、苗木の生産規模は、我が国の苗木生産者あたり平均生産本数が約5万本であるのに対し、アメリカでは年間1千万本以上を生産する大規模生産者も存在する。コンテナ苗の普及も進んでいる。

このように、林業生産活動が停滞し、種苗



写真2 広く平坦な採種園

アメリカ、CTC社の採種園(ダグラスファー)、面積は28ha



写真3 大規模な種子精選施設

カナダBC州立種子センターでは州内種子の90%を精選・貯蔵・管理



写真 4 広大なダグラスファーの苗畑
年間2,500万本を生産するアメリカ、W社の苗畑

供給体制が弱体化する中で、次世代種苗の早期普及とそのための種苗供給体制の確立が求められる。このため、次の方策を講じていくことが必要である。

①第2世代精英樹を早期の普及を目的とし、林木育種センターは原種の配布計画を立てるとともに、各都道府県においては、広域連携を含めた受入体制の整備、②品質の高い次世代種子を早期に提供するため、外来花粉の影響の排除、ヒノキ採種園のミニチュア化等のための技術開発、③第2世代精英樹の優れた成長等を実証するとともに、植栽方法等を検証するため、植え付け本数を変えて植栽するなどの展示効果を狙った試験の実施、④次世代種苗にあった育苗期間の短縮化による先進的なコンテナ苗の育苗技術の開発、⑤苗木規格にはじまり、植栽本数、下刈り回数から収穫表の作成等まで、施業技術の体系化。

3) エリートツリーの原種・種苗供給体制

種苗供給体制の強化を図り、第2世代精英樹の早期普及を図るため、新たに設置するプラットフォーム（高速育種運営会議：仮称）の中で関係機関が緩やかに連携し、広域的な協調を図る必要がある。採種（穂）園の改良等が難しくなっている状況を踏まえ複数都道府県が広域連携しつつ運営をしていくべきとの意見もある中で、林業再生に資するよ

う、林業用種苗の需要増加に対応できる供給体制を強化するとともに、現在選抜が進んでいる成長が格段に優れた第2世代精英樹等の早期普及を図るためには、新たな原種・種苗の供給体制を構築することが重要である。

原種、種苗の供給体制について、これまでの経緯を踏まえ、次世代精英樹等の普及促進に意欲のある様々な関係組織が、新たに設置するプラットフォーム「高速育種運営会議」の中で連携しつつ、広域的な協調を図っていくことが必要である。

また、第2世代精英樹の早期普及を図るためには、採種園における早期の種子採取技術、コンテナ苗による育苗期間の短縮化技術等の開発、植栽本数・植栽方法、下刈回数等の施業方法の確立、収穫予想表等の作成が必要であり、学識経験者等からなる「技術戦略委員会」の意見を踏まえつつ、高速育種運営会議において共同研究・連携についても連絡及び協議・調整を行っていくことが必要である。

同時に第3世代精英樹についても、育種技術の高度化による育種期間の短縮化を図り、早期の開発が必要である。なお、「高速育種運営会議」は種子の配布区域等を考慮し、育種基本区毎に設置すべきである。

一方、第2世代精英樹の原種については当初は供給量が少ないことから、ある程度集中して配布することが必要であり、第2世代精英樹の普及PR等を図る観点から、原種配布を希望する都道府県を公募し、提案書の提出を受けた上で決定するほか、複数の都道府県による共同提案を導入していくことも必要と考えられる。なお、民間からの配布希望については、都道府県を通じた申請とすることも必要と考えられる。

2. 平成22年度林木育種成果発表会の概要

1) 成果発表

「エリートツリーが変える新林業 ―高速育種と新世代種苗―」と銘打ち、次世代育種促進研究会の中間報告の概要の説明と林木育種センターと各育種場から報告を行いました。

林木育種センターからは、エリートツリーの候補となるのは、植栽2年目で樹高3mを越えるスギや植栽5年目で7mに達するような成長の早いスギ等であり、これらは第1世代の精英樹の中でさらに成長等に優れたもの同士を交配して育成したF₁であること、F₁から開発したエリートツリー（第2世代）の実用と普及を進めるとともに、優れたF₁同士の交配でF₂を育成してそこから第3世代のエリートツリーをしかも開発期間を画期的に短縮して創り出そうとしていること等を紹介しました。九州育種場からは、エリートツリーの活用による林業経営の改善策として、成長の早さを活かした「短伐期施業」を提案し、大学等を含めた共同体制を構築し、平成18年から実現に向けた取り組みをすでに始めていること等を紹介しました。また、東北育種場からは、雪害に負けないスギエリートツリーの開発を紹介しました。東北地方では、長年、雪による根曲がりで大きな経済的損失を被ってきましたが、これまでに開発した雪害抵抗性品種同士、精英樹同士の交配家系から、雪に負けない成長や生存率が格段に優れたエリートツリーの開発が可能であることを示し、これを直まき実生コンテナ苗生産技術と組み合わせた新たな育苗・造林・育林システムで活用することで、儲かる林業を実現するための取り組みを進めています。

また、スギ以外の取り組みとして関西育種場からは、西日本で最も一般的な林業用樹種であるヒノキについて紹介しました。初期成長の優良なエリートツリーの中からさし木発根性の高いものをクローン苗の生産に用い、これによって下刈り期間の短縮によるコスト削減を図る取り組みが始められています。さらに、カラマツ類と並び北海道の重要な増進

樹種であるトドマツについては、近年人工林材の材質的な欠点が問題視されるようになってきましたが、北海道育種場からは立木状態のまま迅速かつ簡便に材質評価ができる技術の開発によって、次代検定林等から成長・材質の優れた次世代精英樹（エリートツリー）を効率的に選抜し、トドマツの復権を図ろうとしている取り組みを紹介しました。

2) 特別報告

速水林業の川端氏と王子製紙の伊藤氏から特別報告をいただきました。

速水林業では造林経費削減の試みとして、原木生産、植栽方法の改良等、慣習的方法の見直しを重点課題として、その改善を進めており、特にビニールチューブを用いたさし木コンテナ苗の生産と造林への応用を中心に、川端氏から情報を提供していただきました。

また、伊藤氏は王子製紙の海外植林における林木育種の活用状況を紹介しました。王子製紙では30万haの海外植林地造成という目標達成に向け、世界各国でユーカリやアカシアなどの早生樹を中心にクローン植林を拡大しており、パルプ材中心から用材利用など植林木の多角的利用へと方針が変化中、その育種目標を変えながら、それぞれの地域に適したクローンの開発を行っているとのこと、特に東南アジアにおける取り組みについての情報を提供していただきました。

このように、各育種基本区におけるエリートツリー開発と活用に関する取り組みを、林業関係者や報道関係者を含む一般の皆様を紹介するとともに、意見の交換を行うことができました。これによって皆様のエリートツリーに対する関心がより深まることを期待しております。これに留まらず、今後もあらゆる機会を通じて皆様にエリートツリーを理解していただくための情報提供等に努めていくことにしております。

（育種部 育種第一課 藤澤義武）

絶滅危惧種トガサワラの遺伝的多様性と地理的変異

1. はじめに

トガサワラはマツ科トガサワラ属の常緑針葉樹で、分布域は紀伊半島と四国東部に限定されています(図-1)。トガサワラの分布地は土壌の浅い急斜面や尾根状地で、なおかつ降水量が多い地域に限られています。紀伊半島南東部と高知県の魚梁瀬地域は急峻な地形条件と多雨な気候条件を兼ね備えており、それがこの2地域に隔離分布する大きな要因と考えられています。

トガサワラの個体数は、森林伐採を主要因とする人為的影響から減少しており、環境省のレッドデータブックでは絶滅危惧Ⅱ類(VU)に指定されています。保護対象になっている自生地もありますが、もともとの生息地を網羅しているとは言えません。個体数の減少や生育場所の分断化は、種内の遺伝的変異の減少や近親交配による近交弱勢につながることで危惧されます。また、保全方法を検討する上で、種内の遺伝変異がどのように保持されているか、つまり地理的な遺伝変異を明らかにすることが重要です。本稿では、トガサワ



写真-1 大又国有林のトガサワラ自生地の様子(写真提供 岡村政則氏)

ラの自生地7集団について、1)集団ごとの遺伝的多様性の指標と近交係数の算出、2)集団間の遺伝的分化の程度の推定、3)集団間の遺伝的な距離をもとにした系統関係の推定をした結果について報告します。

2. 集団ごとの遺伝的多様性と近交係数

DNAマーカーとして、核マイクロサテライト8マーカーを用いました。自生地7集団からそれぞれ30~101個体のサンプリングを行い、抽出したDNAをもとに遺伝子型を決定し、解析に用いました。集団ごとの遺伝的多様性の指標と近交係数の値を表-1に示します。遺伝的多様性の指標であるアレリック・リッチネス(A_R)と平均ヘテロ接合体率の期待値(H_e)は、三之公と大塔山が他の集団よりもやや高い傾向が認められました。これら2集団は、林(1960)の天然分布図において自生する個体数が多い地域に位置しています(図-1)。集団サイズが小さい集団では、個体数が極端に減少したときに遺伝的浮動の効果が大きく、集団サイズが回復した後も多様性が回復するまでに非常に多くの世代を必要とします。一方、大きな集団では多少の個体

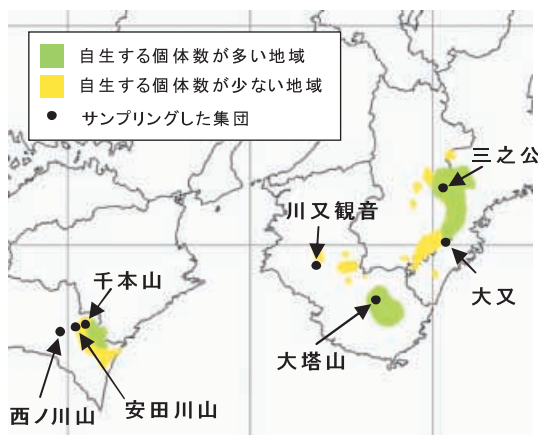


図-1 トガサワラの天然分布域と分析した7集団(林(1960)を改変)

表－１ 集団ごとの遺伝的多様性と近親交配の程度

集団	N	A_R	H_e	F_{IS}
三之公	66	5.927	0.612	-0.016
大又	90	4.712	0.543	-0.017
川又観音	101	5.434	0.581	-0.015
大塔山	55	5.716	0.647	0.000
千本山	30	5.125	0.504	0.025
安田川山	59	4.872	0.567	-0.051
西ノ川山	50	5.369	0.597	-0.050
平均	64.4	5.308	0.579	-0.018

数の変動は遺伝的多様性にほとんど影響を与えません。トガサワラの集団間の遺伝的多様性の違いは、このような集団サイズの推移で説明できると考えられます。

近親交配の程度を示す指標である近交係数(F_{IS})はいずれの集団とも低い値であり、近親交配の影響は認められませんでした。

3. 集団間の遺伝的分化と系統関係

集団間の遺伝的分化の指標である G_{ST} を求めた結果、値は0.085でした。針葉樹の G_{ST} の値は0.05以下であることが多く、例えばス

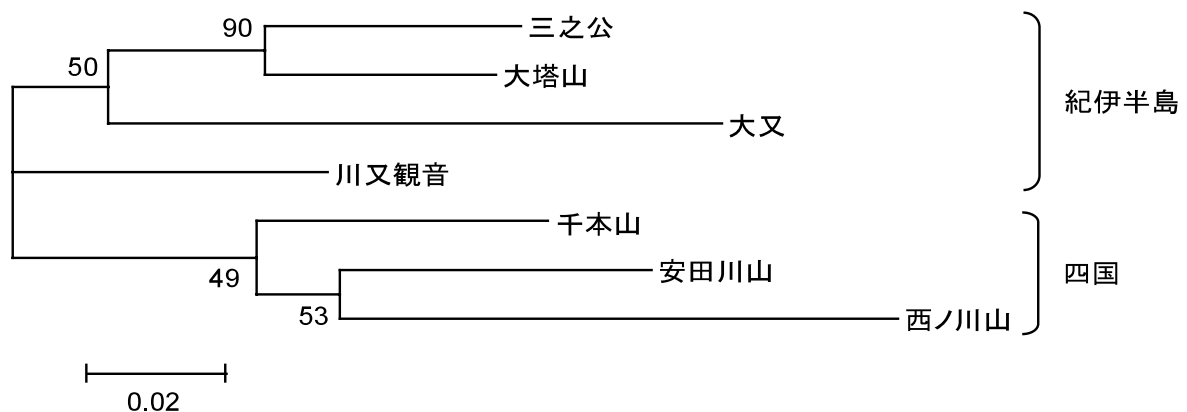
ギでは0.034、ヒノキでは0.039という報告があります。トガサワラは針葉樹の中では、集団間の遺伝的分化が比較的大きい樹種であることが示されました。

集団ペア間の遺伝的距離をもとに近隣結合法で作成した系統樹を図－2に示します。紀伊半島の集団と四国の集団は別のグループにまとめ、遺伝的な系統関係は地理的な位置関係と概ね対応していることがわかりました。

4. おわりに

以上の結果から、1)集団によって遺伝的多様性に幅があり、それは集団サイズの推移との関連性が示唆されること、2)集団間の遺伝的距離の系統関係から、紀伊半島と四国で遺伝的分化が示唆されること、の2点が明らかになりました。今後のトガサワラの絶滅リスクを下げるには、トガサワラの種内の遺伝変異を維持していくことが重要です。そのためには、分布域の中心集団を生息域内保全することに加えて、辺縁部の小集団についても生息域外保全をするなど、きめ細かな保護策を検討すべきと考えます。

(関西育種場 育種課 玉城 聡)



図－2 トガサワラ7集団における集団間の遺伝距離(DA)に基づく系統樹(NJ法)

ポルトガルにおけるマツノザイセンチュウ被害の現状視察

1. はじめに

2010年10月18～21日にかけて、ポルトガルのINRB(生物資源研究所)を訪問し、ポルトガルにおけるマツノザイセンチュウ被害の状況とその対策、現在取り組まれている研究についての情報収集を行うと共に、ポルトガルをはじめとするEUとの共同研究体制の可能性について議論を行いました。

2. ポルトガルにおける森林の現況

ポルトガルの国土面積は日本の約四分の一に相当する888万haであり、森林面積は国土全体の39%となる346万haです。フランスカイガンショウ(*Pinus pinaster*, maritime pine)を始め、イタリアカサマツ(*P. pinea*, umbrella pine)などマツ類が優占し、続いてユーカリ類、コルクガシを代表とするナラ類で森林は構成されています。ポルトガルでは原因不明の枯損が多く、深刻な問題となってきた一方で、マツノザイセンチュウ被害による直撃は更なる深刻な被害をもたらしているのが現状です。

3. マツノザイセンチュウ被害状況

ポルトガルでマツノザイセンチュウによる被害が確認されたのは、1999年のことです。詳しい経緯は中村(2002、2006、2009)に記載されていることから、ここでは概略に留めますが、Setubal半島におけるフランスカイガンショウ数個体の枯損個体からマツノザイセンチュウが検出される事態に、直ちにポルトガル政府は防除プログラム「PROLUNP」を発動し、被害地周辺を汚染地域、周囲を緩

衝地域とすることで蔓延を防ぐ手段を講じました。しかし、被害は拡大の様相を呈し、現在は当初設定よりも広い範囲が防除対象となっています。最近、北部コインブラ周辺に被害発生が認められたことを受けて事態は深刻さを増しており、ヨーロッパアカマツ(*Pinus sylvestris*)への飛び火は確実との懸念を示していました。一方で、実際の被害地を視察しましたが、すでに枯損個体が駆除されており、日本で認められる劇害状態は見ることとはできませんでした(写真1)。



写真1 セツバル半島におけるマツノザイセンチュウ被害

4. マツノザイセンチュウ抵抗性個体選抜の試み

視察した地域ではもともと20年以上前にフランスカイガンショウが植栽されたとのことでした。残存する個体は被害を逃れた個体と考えられます。INRBではこの地域に4カ所のモニタリング試験地を設定し、全個体の位置情報をGISによって把握するほか、4月から12月まで毎月被害状況を継続調査していました。さらに、残存個体の中から成育に優れ、病兆進展が認められない504個体を抵抗性候補個体として選抜しており、一部個体からは種子の採取が行われていました。これら取り組みのうち、GISを活用したモニタリングは当セ

ンターでも導入すべきです。また、INRBでは防除対策の一つとして媒介昆虫の制御の可能性を模索しており、ホルモン等誘引物質によるトラップに関する研究が進められていました。防除対策については日本でも様々な方法が検討されてきましたが、効率的かつ有効な方法はまだ確立されていません。我々もまた、防除に奮闘する関連部署と共同戦線を張り、我々が開発する抵抗性種苗を基軸とした総合防除手法の提唱とその確立に積極的に携わる必要があります。一方で、ポルトガルでは日本で行われている人工接種による抵抗性個体の選抜手法が活用されているわけではなく、INRBの研究官及び行政担当官の皆さんは日本の選抜手法に興味を示していました(写真2)。



写真2 会議風景

また、INRBでは分子育種的アプローチを行う計画にあることが明らかとなりました。すでにAFLPマーカーを利用した連鎖地図作成に着手していましたが、SSRなどのマーカーを開発する技術はなく、予算等が獲得できるという条件付きで協力を要請されました。現時点で、抵抗性種苗の選抜から分子育種にかけての技術は、当センターに一日の長があると考えられます。それ以外にも、マツノザイセンチュウ研究に携わる一研究者として見たとき、ポルトガルにおける研究はそれほど進んでいるわけではありません。しかし、樹木分野の世界的進展具合を考慮すれば、日本が試行錯誤した時間を一気に埋め、マツノザイセンチュウ研究の先端に躍り出る可能性を彼らの熱意から感じました(写真3)。



写真3 研究所のメンバーによる研究所内の案内。一番左端がエドモント所長

5. 共同研究の可能性

ポルトガルではすでに昨年度からプロジェクトが立ち上がっており、前述の媒介昆虫のコントロール手法の確立や分子育種学的研究が進行しています。来年度からはEU9カ国が連携して、遺伝子単離を含む研究プロジェクトの開始も予定されていました。これらプログラムはポルトガルまたはEU中心で行う予定であり、このプログラムとの連携の可能性はこの会議からは窺えませんでした。一方で、ポルトガルからは分子育種や接種検定手法での協力を要請されました。本件をEUとの連携を深める最初のステップとして考えることも可能ですが、マツノザイセンチュウに関する研究は韓国・中国も含めて国際的な競争が激化する傾向にあり、安易な協力は技術の流出につながる可能性もあることから慎重な対応が必要です。特に、材料流出に関する規制を考慮する必要があります。前述したように、当センターは国内の学術機関と連携を深め、マツノザイセンチュウ抵抗性品種を軸とした「総合防除」体制を確立し、内外へアピールすることを重要視すべきであり、マツノザイセンチュウ研究の先端に行く森林総合研究所の今後の取り組みの更なる重層化と成果こそが、ポルトガル等マツノザイセンチュウ被害新興国への貢献につながると考える契機となりました。

(育種部 育種第一課 渡邊敦史)

林木育種における DNA 分析技術 (3)

— SSR マーカーについて —

1. はじめに

DNA マーカーは大きく2つの性質に分けられており、RAPDやAFLPマーカーは優性マーカー（ホモ接合型AAとヘテロ接合型Aaの遺伝子型が区別できないマーカー）として、SSRやSNP（一塩基多型）は共優性マーカー（ホモ接合型AAとヘテロ接合型Aaの遺伝子型を区別して検出できるマーカー）として知られています。共優性マーカーは優性マーカーと比較して情報量が多いため、個体識別や染色体地図の作製、遺伝的多様性の研究に有効的に利用されています。今回は、DNAマーカーの中でも、林木育種の分野で最もよく利用されているSSRマーカーについて紹介します。

2. SSRマーカーの種類

SSR (Simple Sequence Repeat) はその名の通り塩基配列の繰り返しの変異をターゲットにしたDNAマーカーです（図-1）。SSRマーカーには大きく3種類あり、核ゲノムの遺伝子領域ではない部分にあるゲノミックSSRと遺伝子領域をコードしている領域にあ

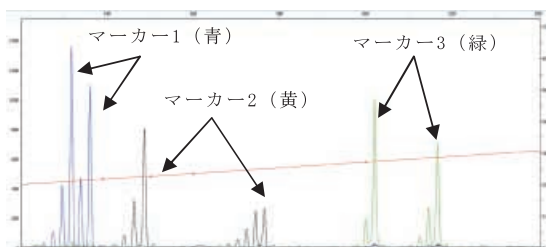


図-1 クロマツのゲノミックSSRマーカー

ここでは3つの蛍光色素(青、黄、緑)でラベル化されたプライマー対のPCR産物をキャピラリーシーケンサーで電気泳動したイメージを示しています(いずれもヘテロ接合型)。Y軸はシグナル強度を示し、X軸はフラグメントサイズ(bp)を示しています。

るEST (Expressed Sequence Tag) -SSR、さらにオルガネラゲノム（葉緑体やミトコンドリア）のSSRマーカーがあります。スギではこの3種類のSSRマーカーが豊富に開発され、利用されています。

3. SSRマーカーの開発

現在、ゲノミックSSRマーカーの開発では、切断したゲノムDNAからSSRを含む領域を濃縮するエンリッチメント法と呼ばれる方法を採用しています。この方法によって多くのSSRマーカーを開発することができますが、多少の時間と労力を必要とします。特に、スギやマツなどゲノムサイズが大きな針葉樹ゲノムではSSR様領域が多数存在し、繰り返し数の変異が高く、またゲノム中に複数個所存在する遺伝子座が多いため、最適なマーカーの開発に多大な労力を必要とします。一方で、広葉樹などの比較的小さなゲノムサイズの種に関しては、比較的労力をかけず簡単にマーカーを開発することができます。

4. SSRマーカーの利点と欠点

SSRマーカーは再現性が高く、遺伝子型を数値化することができるので、決定した個体の遺伝子型情報（個体識別の情報）は他の研究機関と容易に共有することができます。SSRマーカーは非常にパワフルなツールですが、検出には多少高価な試薬や検出機器、及びソフトウェアを必要とするという点において欠点があります。

（森林バイオ研究センター 平尾 知士）