

豊
か
に
多
様
な
森
林
の
恵
み
を
未
来
に



Forestry and Forest Products Research Institute

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
森林バイオ研究センター

林木育種のプロフェッショナル



林木育種センターと森林バイオ研究センターは、遺伝的に優れた特性を持つ種苗の品種開発、先端技術を用いた育種期間の短縮、遺伝資源の収集・保存、林木育種の海外協力などに取り組んでいます。

特徴

【国内最大の林木育種機関】

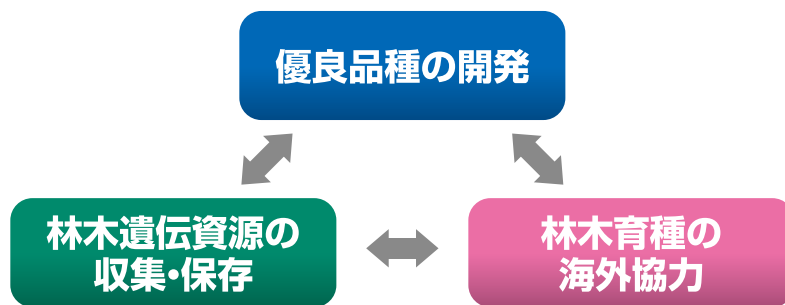
- ・ 林木育種センターは、遺伝的に優れた特性を持つ林業用種苗をこれまでに約2,000品種開発してきた「国内最大の林木育種機関」です。
- ・ また、開発した優良品種の原種を都道府県等に配布する林木育種の「中核機関」です。
- ・ 林木育種センター（茨城県日立市）は本部機能と関東地域での育種場機能を果たしています。
- ・ 北海道、東北、関西、九州の4育種場、西表熱帯林育種技術園を設置し、地域の気候、樹種等に応じた林木育種を推進しています。
- ・ 森林バイオ研究センターは、組織培養、遺伝子組換え、ゲノム編集等の森林バイオ分野の先端技術を用いた育種技術の開発を行っています。
- ・ 花粉症対策品種、雪害抵抗性品種等の開発は、他国では開発事例のない優れた成果です。
- ・ 国際的にも先進的林木育種機関の一翼を担っており、マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発で世界をリードしています。

【国内唯一の林木ジーンバンク】

- ・ 林木遺伝資源に係る国内唯一のジーンバンクで、木本類の保存規模は、国内最大級です。
- ・ 成体（約 29,000系統）、種子（約 11,000系統）、花粉（約 4,000系統）、DNA（約 400系統）を保存するとともに、全国の国有林に林分として保存しています。

【国内の林木育種をリードする研究の推進】

- ・ 「ゲノム育種研究施設」による育種の高速化を図るために遺伝子レベルで優良個体の選抜が可能となる研究を進めています。
- ・ 「F₂世代開発推進交雑温室」による第3世代精英樹の開発を行っています。
- ・ 「林木遺伝資源保存棟」等では種子、花粉等の長期保存を行うとともにその方法を研究しています。
- ・ 国内最大級の遺伝子組換え研究用の「特定網室」「隔離ほ場」等を活用した遺伝子組換えに係る研究を推進しています。



01

【優良品種の開発】

- 成長、形質等の優れた品種 <成長が良い、通直性・強度に優れる>
- 花粉症対策品種 <少花粉・無花粉等>
- 病虫害・気象害に強い品種 <松枯れ、雪害等に強い>

優良品種開発の取組と成果	1
林木育種事業の進め方	2
成長等の優れた品種の開発	3
花粉症対策品種の開発	7
マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発	9
DNA による林木の系統管理	11
林木育種におけるバイオテクノロジーの開発	12

02

【林木遺伝資源の収集・保存】

- スギ、ヒノキ等の優良品種の開発材料
- 絶滅危惧種、天然記念物等(生物多様性国家戦略の一翼)

国内唯一の「林木ジーンバンク」	14
林木遺伝資源の保存状況	14
林木ジーンバンク事業の流れ	15
林木遺伝資源の新需要の創出	16
希少樹種の保全に向けて	17
巨樹・名木等の遺伝資源のクローン増殖サービス	18

03

【林木育種の海外協力】

- 気候変動への適応策等に資する国際的な技術協力・共同研究

国際的な技術協力・共同研究	19
熱帯・亜熱帯樹種の育種技術開発拠点	21
海外の先進的な育種技術の情報収集	21

国内の林木育種をリードする主要施設	22
-------------------	----

優良品種の開発

優良品種開発の取組と成果

成長・形質に優れた品種の 選抜・開発等

- スギ、ヒノキ、マツ類等約9,000個体の「精英樹※1」を選抜・保存
- これら精英樹の中から、検定により特に成長・通直性等に優れた298の優良品種を開発
- 精英樹間の交配によりスギ506系統、ヒノキ301系統、カラマツ93系統の第2世代精英樹(エリートツリー)を選抜
- ねじれの少ないカラマツ229品種を開発
- 特定母樹としてスギ175系統、ヒノキ42系統、カラマツ61系統、グイマツ1系統が農林水産大臣指定※2

※1 成長や形質が優れた系統

※2 林木育種センターが申請して指定されたもの

花粉症対策品種の開発

- 無花粉スギ 5 品種
- 少花粉(雄花着花量が通常の約1%以下)スギ146品種、ヒノキ55品種
- 低花粉(雄花着花量が相当量低い)スギ11品種

病虫害・気象害に強い品種の開発

- マツノザイセンチュウ抵抗性494品種(第2世代77品種を含む)
- 雪害抵抗性46品種

先端技術の林木育種への応用

- 林木の遺伝子組換え技術、ゲノム編集技術、組織培養技術の開発

(各品種・系統数は平成31年3月31日現在)

育種苗木の普及率：スギ、ヒノキの約7割
(育種山行苗数／総山行苗数)

(林木育種とその歴史)

森林に植栽された林木は、何十年以上にもわたって、厳しい自然条件のもとで生育するため、美しく豊かな森林づくりには、遺伝的に優れた特性を持つ種苗の確保が重要です。

400年以上も前から九州の飫肥、日田地方等において、地域に適した良い木を何代にもわたって選りすぐり、さし木で植栽してきた例がありますが、国家的規模での林木育種事業が始まったのは約60年前です。

林野庁は、森林の生産性の向上や公益的機能の高度発揮を図るため、昭和29年から国家的事業として、全国で成長・形質の優れた木(精英樹)を選抜する事業を開始しました。

その中核機関として、昭和32年度に国立林木育種場が設置され、その後、平成3年度に林木育種センターとして再編整備、平成13年度に独立行政法人化し、平成19年4月に独立行政法人森林総合研究所と統合し、平成29年4月には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に名称変更しました。

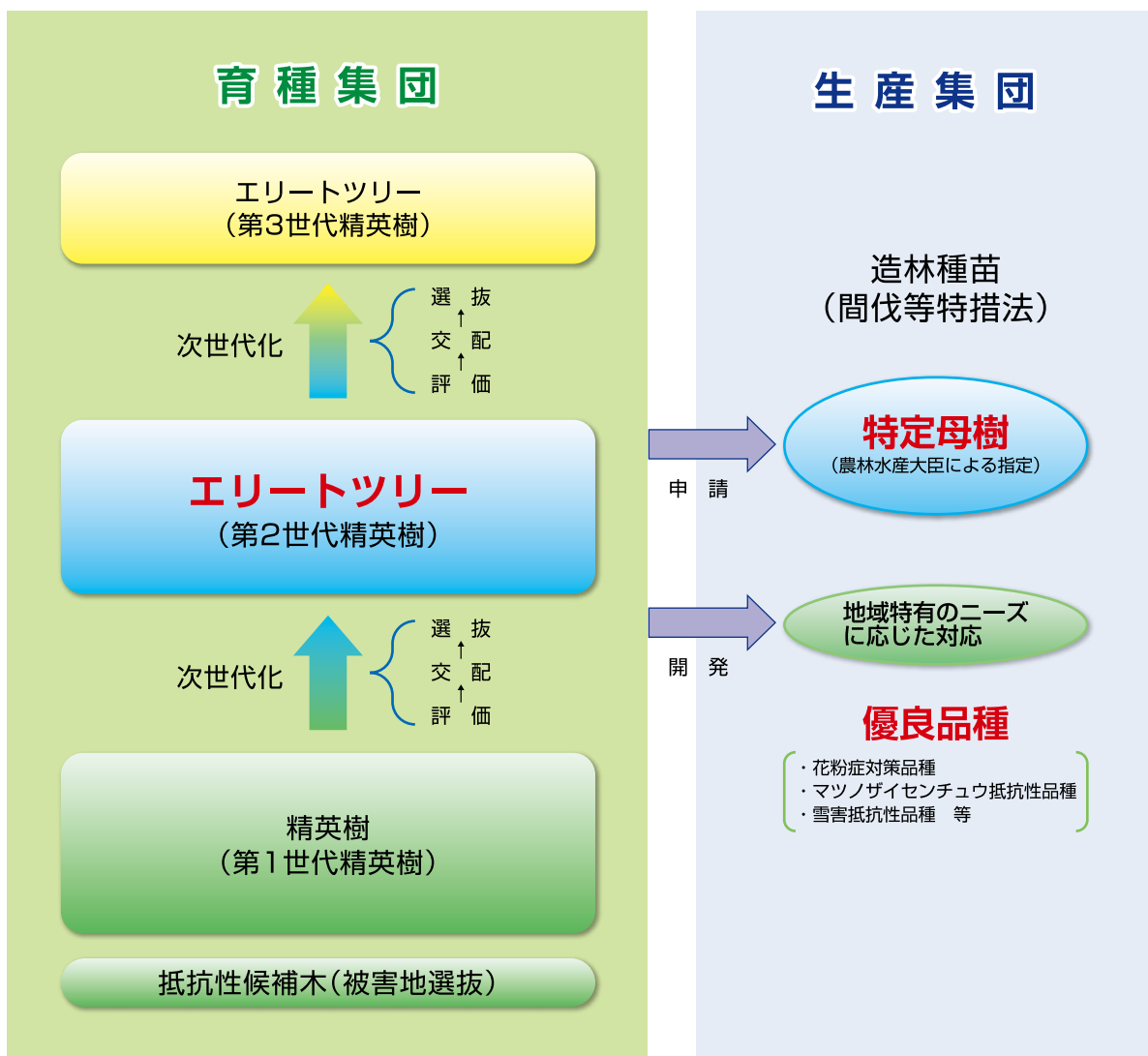
成長等の優れた精英樹選抜から始まった林木育種ですが、その後、時代の要請に応え、松枯れの原因であるマツノザイセンチュウ等病虫害への抵抗性品種、雪害等気象害への抵抗性品種、花粉の少ない花粉症対策品種等の開発にも取り組んでいます。

林木育種事業の進め方

育種の効果を何世代にもわたり持続させるとともに、世代ごとにその効果を森林整備の現場で最大限発揮させるため、育種の基幹となる集団(育種集団)と、実際の森林整備に用いる造林種苗を生産するための集団(生産集団)の二つの集団により、林木育種事業を推進しています。

育種集団は、成長等の基本的な性質が優れたものの集まりで、精英樹等により構成されます。集団内において大規模な交配と選抜を行い、改良を進めています。第2世代以降の精英樹を**エリートツリー**といいます。

生産集団は、育種集団の中から、森林整備の目的に応じて優れた形質を持つものを選んだものです。**特定母樹**は、特に成長等に優れ、スギ等では雄花着花量が少ないものであって、平成25年に改正された「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」(間伐等特措法)に基づき、農林水産大臣が指定する品種で今後の森林整備の中核とされています。**優良品種**は、地域特有のニーズに対応して開発されたもので、花粉症対策品種、マツノザイセンチュウ抵抗性品種、雪害抵抗性品種等があります。



優良品種、エリートツリー及び特定母樹の関係

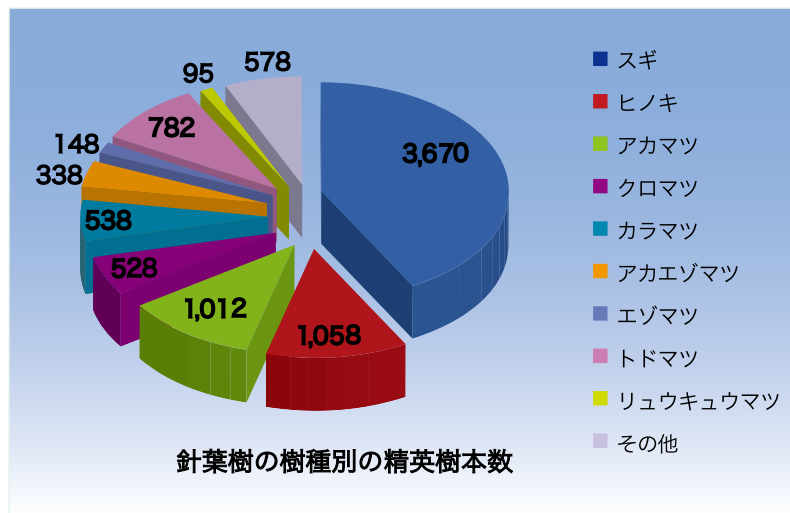
成長等の優れた品種の開発

① 精英樹の選抜

全国の森林から、周囲の大木3本と比べて成長等、材積で3割以上優れた木を「精英樹」として約9,000個体選抜しています。

これら「精英樹」の中には、成長の早い個体、材質の優れた個体、通直性の良い個体等、林木育種事業を根幹から支えるような、それぞれの特性に優れた特色ある個体が含まれています。

全国の森林から選抜された精英樹のうち、針葉樹の樹種別内訳は以下のとおりです。



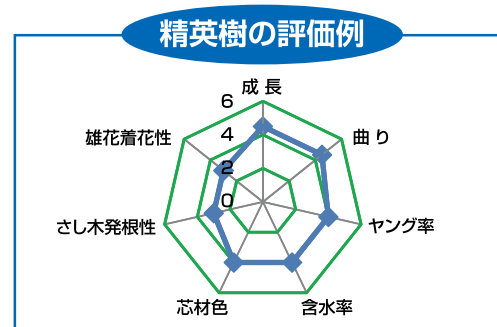
② 精英樹の特性評価

「検定林」は、成長等の優れた個体として選抜された「精英樹」が遺伝的にどの程度優れているのかを検定するもので、実際の山に「精英樹」のさし木苗や種子から育成した苗を植栽することにより造成しています。「検定林」には、検定の目的に応じて数種類あり、全国におよそ2,200箇所、2,900ha(1箇所1～6ha)あります。

精英樹(親)の評価を目的としてその子供を植栽し、検定を行っている「次代検定林」では、10年目、20年目、30年目に定期的に調査を行い、調査データを解析して、それぞれの精英樹について成長や曲がり、材質等の形質の評価を行い、これを「精英樹特性表」として公表しています。



スギの一般次代検定林



精英樹特性表では、各形質毎の調査データから偏差値を算出し、5段階の指数で評価しています。その評価例を上図に示します。例えば、指数「5」には全体の7%が入ります。

③優良品種の増殖と普及

開発した優良品種を適切な系統管理の下で原種として保存するとともに、これらを増殖して採種園・採穂園の造成等を行う都道府県等※に提供しています。

また、都道府県等を対象として採種穂園の造成や管理等についても講習会を行っています。

※都道府県等：都道府県及び「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」（平成25年改正）に基づき都道府県に認定された「認定特定増殖事業者」をさす。

優良品種の原種を保存(原種園)



スギ原種園

原種の増殖



さし木等により増殖し
原種を都道府県等に配布

都道府県等の採種(穂)園の造成・改良



少花粉スギ品種によるミニチュア採種園※

※ミニチュア採種園：採種木のサイズを小さく保ち、植栽間隔も狭くした採種園。作業効率が上がり、種子が早く採れるという利点がある。

種子や穂木の供給

種苗生産業者等による苗木の生産

森林・林業の現場での造林用等に活用

技術講習会

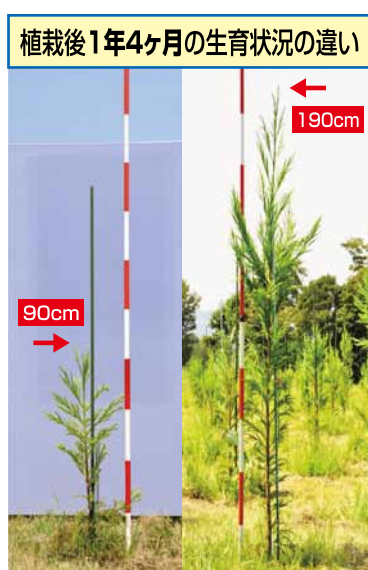


採種園の造成・管理等の
技術講習会

④第2世代精英樹の選抜

精英樹同士を交配した家系の中から、さらに成長等に優れた第2世代精英樹(エリートツリー)の選抜を行うため、120箇所、74haの検定林を造成しました。9,000以上の交配組合わせ、20万個体以上の中から現在、第2世代精英樹の選抜を進めています。

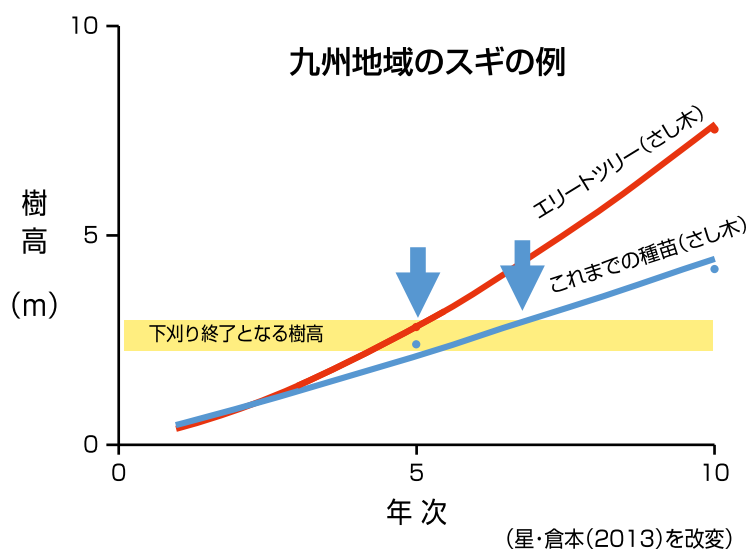
成長等に優れることから、植栽本数や下刈りの回数を減らすことができ、造林初期投資の削減につながる事が期待されています。



現在普及しているもの エリートツリー



5年で樹高8mの第2世代精英樹候補木



左の図は、九州地域におけるスギ・エリートツリーの上位10系統のさし木苗を植栽した試験地のデータを取りまとめたものです。

エリートツリーは、これまでの品種と比べ、特に成長等が優れていることから、下刈り施業終了の目安となる樹高に到達する期間が、これまでの種苗より2年程度短縮され、初期保育の経費の節約に貢献できるものと期待されます。

⑤特定母樹による普及

平成25年に改正された「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」(間伐等特措法)に基づき、森林のCO₂吸収能力を高めるため、農林水産大臣が特に成長等に優れた花粉の量が一般的なスギ・ヒノキに比べて概ね半分以下のものを特定母樹として指定し、普及を図ることとされ、エリートツリーを中心として、特定母樹の指定が進められています。なお、特定母樹はスギ、ヒノキ以外にカラマツ等が指定されています。

今後の人工造林は基本的に※特定母樹により行うこととされており、特定母樹として指定されたエリートツリー等の原種の配布によりその普及を進めています。

※「基本的に」とは、特定母樹から採取する種穂によっては生産ができない地域特有のニーズ等に応じた種苗を除くことを意味します。



グイマツ・中標津5号
(北海道育種基本区)
グイマツ雑種F₁(グイマツ
×カラマツ)の母樹
31年次樹高22.3m
胸高直径 22cm



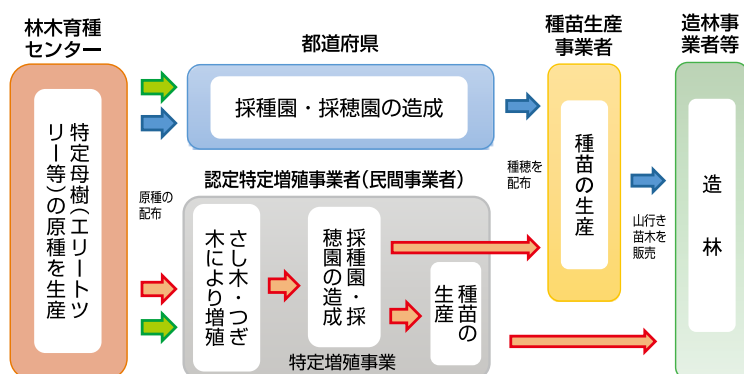
スギ東育2-260
(東北育種基本区)
エリートツリー
31年次樹高18.4m
胸高直径 28cm



カラマツ林育2-83
(関東育種基本区)
エリートツリー
20年次樹高19.4m
胸高直径 21cm



スギ西育2-1
(関西育種基本区)
エリートツリー
30年次樹高22.1m
胸高直径 24cm



➡ 都道府県による特定母樹の増殖等の流れ

➡ 民間活力による特定母樹増殖等の流れ

➡ 採種園・採穂園の造成等に係る技術指導

特定母樹の普及体制(間伐等特措法)



植栽後4年の特定母樹「スギ九育2-203」(左)
と従来のスギ品種(県唐津8号[少花粉スギ])(右)

花粉症対策品種の開発

①開発状況

花粉症が社会的に大きな問題となっています。都府県と連携し、スギ及びヒノキについて、成長や幹の通直性等に優れた精英樹の中から、平年では雄花が全く着かないか、極めてわずか、花粉飛散量の多い年でもほとんど雄花が認められない品種として、「少花粉スギ・ヒノキ」を開発しています。

また、普通のスギと同様に雄花を着けるものの、花粉を全く生産しない「無花粉スギ品種」の開発を進めており、平成16年度には通直性に優れた「爽春」、平成19年度には精英樹と同等の形質を示す「スギ三重不稔(関西)1号」を開発しました。

さらに、無花粉スギ品種「爽春」と精英樹等の人工交配を行い、平成28年度及び29年度は成長・材質等に優れた無花粉スギ「林育不稔1号」及び「林育不稔2号」を、平成30年度には関係都県と連携し「三月晴不稔1号」を開発しました。

少花粉スギ・ヒノキ品種の開発



一般的なスギ



一般的なヒノキ



少花粉スギ品種(天竜4号)

少花粉スギ品種
146品種を開発



少花粉ヒノキ品種(西川4号)

少花粉ヒノキ品種
55品種を開発

無花粉スギ品種の開発

無花粉スギ品種
(花粉ができません)
7品種を開発

そのうちの1品種は
「爽春(そうしゅん)」と
して品種登録

一般のスギ



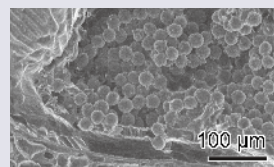
無花粉スギ



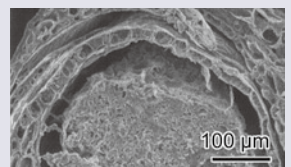
どちらも同じように
雄花を着けます



雄花の断面を顕微鏡で見ると...



葯の中には丸い粒状の花粉が見えます



葯の中には花粉が全く見えません

原種の供給

② 精英樹との交配による無花粉スギの品種改良

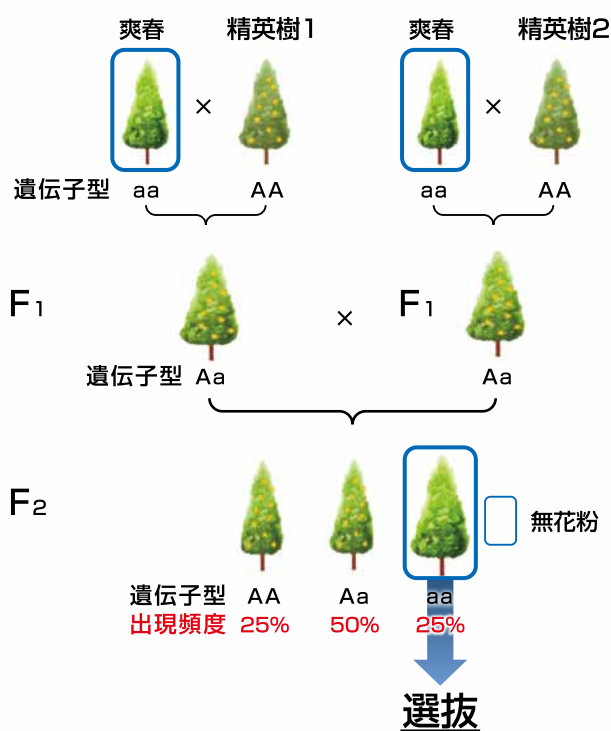
無花粉スギ品種「爽春」の雌花に、成長や材質等に優れた精英樹等の花粉を受粉させ、人工交配を重ねることで、成長や材質等に優れた無花粉スギの開発を進めています。

無花粉となる遺伝子は劣性なので、メンデルの法則で示されているとおりF₁（雑種第1代）では無花粉となる遺伝子を持つ個体（Aa）ができ、これらを交配させたF₂（雑種第2代）では無花粉となる個体（aa）が出てきます。作出されたF₂（雑種第2代）を試験地に植栽し、花粉の有無と成長・材質等を調査し、それらF₂ 個体（aa）の中から成長等に優れた無花粉スギの開発を進め「林育不稔1号」「林育不稔2号」を開発しました。

また、関係機関と連携し、無花粉遺伝子（Aa）を有し、今後の品種開発や採種園における種子生産のための花粉親等としての利用が期待されるスギ2品種「無花粉遺伝子を有するスギ品種」を令和元年度に初めて開発しました。

さらに、「爽春」の無花粉遺伝子を高精度に検出できる遺伝子マーカーの開発により、無花粉となる遺伝子を持つ個体（Aa）の探索が容易となり、無花粉スギ品種開発の大幅な効率化が可能となりました。

これまでの無花粉スギの品種改良の方法

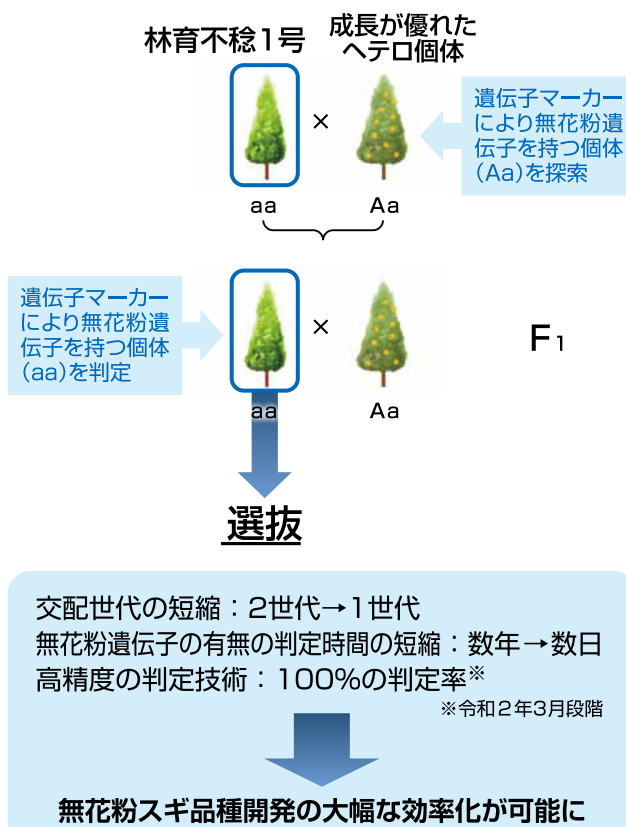


爽春のF₂（雑種第2代）から、花粉を全く出さない特性と、精英樹の優れた成長性を兼ね備えた、初期成長に優れた無花粉スギ2品種を開発



無花粉スギ品種「林育不稔1号」
6年次樹高6.6m
※スギの精英樹とほぼ同等

遺伝子マーカーの活用による新たな方法



エリートツリー等、より成長に優れた系統との交配を行い、さらに成長に優れた無花粉スギ品種の開発を目指します

マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発

①松くい虫被害状況

松くい虫被害(マツ材線虫病)は、マツノマダラカミキリにより運ばれた体長約1mmの線虫であるマツノザイセンチュウがマツの樹体内に侵入することにより引き起こされるマツの伝染病です。

被害は明治時代から発生していたのですが、昭和40年代後半以降西日本各地で激甚な被害をもたらし、その後北上を続け、現在は北海道を除く全国で被害が発生しています。

林木育種センターでは、府県と連携しマツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発を進めており、令和元年度までに517品種を開発しています。



松枯れ被害の状況



マツノマダラカミキリ

マツノマダラカミキリの成虫は、マツノザイセンチュウをマツからマツへと運びます。



マツノザイセンチュウ

(体長0.6mm~1.0mm)
マツノザイセンチュウは、マツノマダラカミキリがマツの若い小枝の樹皮を食べてできた傷口から侵入・繁殖し、松枯れの原因となります。

<国内における松くい虫の被害と対応>

明治38年(1905年)	長崎県において最初の被害報告
昭和16年(1941年)	「松虫害防除対策研究委員会」兵庫県の被害地で対策検討
昭和26年(1951年)	「松くい虫等その他の森林病害虫の駆除予防に関する法律」公布
昭和46年(1971年)	清原・徳重(国立林業試験場[現森林総合研究所])が接種試験によりマツノザイセンチュウが枯損の原因であることを解明
昭和52年(1977年)	「松くい虫防除特別措置法」公布
昭和53年(1978年)	マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業を開始
昭和57年(1982年)	「松くい虫被害対策特別措置法」公布 抵抗性品種の育成と供給体制の充実が盛り込まれる
昭和60年(1985年)	マツノザイセンチュウ抵抗性のアカマツ92品種、クロマツ16品種を開発
平成4年(1992年)	「松くい虫被害対策特別措置法」改正 東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業を開始
平成22年(2010年)	マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの第2世代品種の開発
平成29年(2017年)	マツノザイセンチュウ抵抗性アカマツの第2世代品種の開発
平成30年(2018年)	マツノザイセンチュウ抵抗性検定技術の改良及びその技術を活用した品種の開発

② マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発方法

① 激害地から抵抗性候補木を選抜



激害地で生き残った個体から抵抗性候補木を選抜



抵抗性候補木から小枝や種子を採取

② マツノザイセンチュウの人工接種による抵抗性の検定



抵抗性候補木の苗木



マツノザイセンチュウの人工接種



抵抗性品種
(健全)

抵抗性のないマツ
(枯れかけている)

マツノザイセンチュウ接種後のマツの幼木

合格判定

マツノザイセンチュウ
抵抗性品種
アカマツ298品種
クロマツ219品種※
(令和2年3月31日現在)

※マツノザイセンチュウ抵抗性品種同士の交配による第2世代品種アカマツ47品種、クロマツ40品種を含む

④ 抵抗性苗木の普及



海岸防砂林へのマツノザイセンチュウ抵抗性苗木の植栽

③ 抵抗性採種園の造成

東北、関東、関西、九州地方の府県にアカマツ36箇所、クロマツ52箇所(平成31年3月31日現在)の採種園が造成され、抵抗性マツの種子生産が行われています。



マツノザイセンチュウ抵抗性品種により造成した府県の採種園

DNAによる林木の系統管理

スギ精英樹
選抜地

スギ
原種園

スギは全国から3,000系統以上の精英樹が選抜されており、これらの精英樹を用いた検定林や採種穂園が設定されています。これらの系統を外観から見分けることは難しいので、DNAを用いることにより正確な系統管理を進めています。

方法



サンプル採取

①



液体窒素で粉碎



DNA抽出

②



③



DNAの特定部位を増幅 (PCR)

④

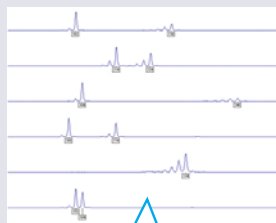


増幅部位を確認



(一部)
DNAを保存

成果



系統A 102/130
系統B 114/124
系統C 104/148
系統D 100/114
系統E 134/134
系統F 102/104

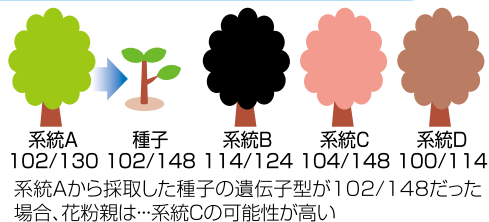
系統によって増幅されるDNAの長さが異なるので、その部分をシーケンサーという機械で泳動度の違いとして可視化することにより、目に見える形で検出

活用例その1 系統管理 系統Aの場合

おかしい!!



活用例その2 採種園管理 系統Aからの種子の場合



DNAを使えば、ある系統に別の系統が混入してしまうという間違いが防げ、また親子解析が可能になるので、異なる系統間での交配を管理することもできます

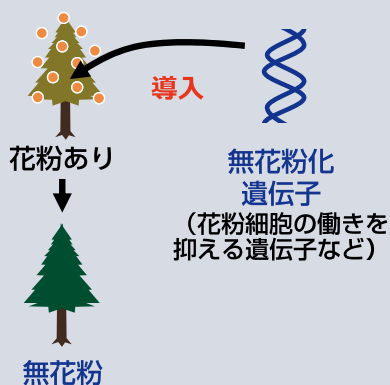
林木育種におけるバイオテクノロジーの開発

① 遺伝子組換え・ゲノム編集による無花粉スギの開発

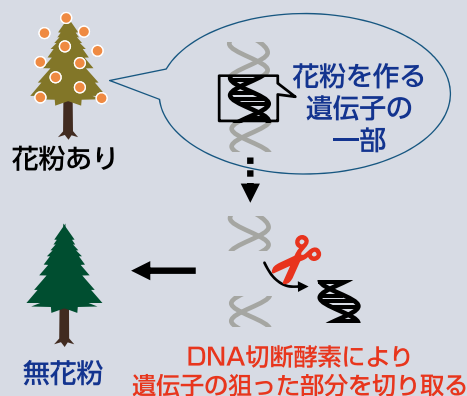
遺伝子組換え技術は目的とする遺伝子のみを導入する技術であり、効率良く短期間に品種改良することができます。また、植物自身が持つ遺伝子そのものを狙って、その機能を改変できるゲノム編集技術も近年注目されています。これらの先進的バイオテクノロジーを用いて、スギ花粉症対策に有効で、かつ優れた成長や材質を兼ね備えた無花粉スギ品種を開発する研究に取り組んでいます。

遺伝子組換えとゲノム編集の違い

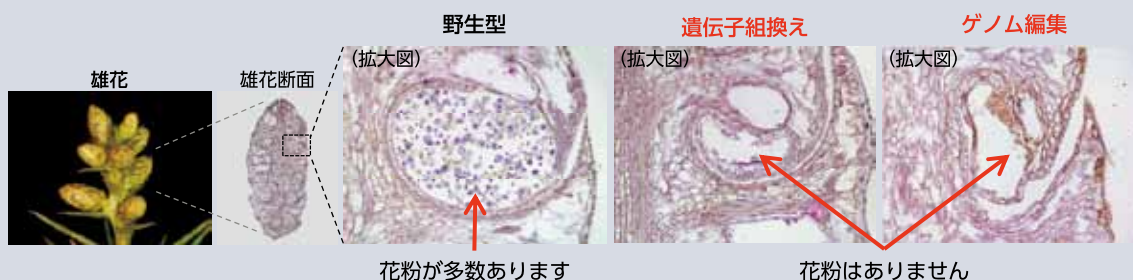
遺伝子組換えによる育種



ゲノム編集による育種



開発した無花粉スギの雄花内部の様子



無花粉スギ作製の実際の手順



②カギカズラの組織培養と栽培技術の開発

カギカズラは、国内に自生するつる性の常緑樹木です。カギカズラの側枝には釣り針状のトゲがあり、このトゲを付けた側枝を乾燥させたものが生薬「チョウトウコウ」です。チョウトウコウは神経過敏、不眠などの精神神経症状の他、高血圧症や認知症の改善に効果があるとされる漢方薬の原料です。国内で流通しているチョウトウコウは全てが中国産ですが、国産のチョウトウコウの生産を目指すため、カギカズラの組織培養による優良系統のクローン苗作製や、栽培技術の開発に取り組んでいます。



生薬「チョウトウコウ」



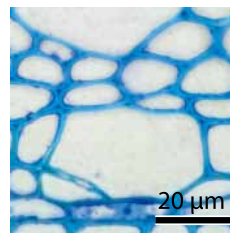
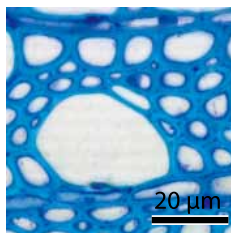
側枝の組織培養により作製したカギカズラのクローン苗



組織培養で作製したカギカズラの栽培試験

③木質の改変技術の開発

樹木は何十年・何百年と成長する中で二酸化炭素を吸収し、樹体に大量の木質を蓄積します。木質とは細胞が産生した細胞壁のことであり、細胞壁はセルロース、ヘミセルロース、リグニンなどから構成されます。私たちは、遺伝子組換え技術を利用してモデル樹木であるポプラに遺伝子を導入し、木質バイオマスの増産や細胞壁成分の改質を行っています。また、ゲノム編集技術を用いてポプラが元々持つ遺伝子を改変することにより、木質の形成過程の解明に取り組んでいます。



木質が増強され細胞壁が厚くなった組換えポプラ(左)と非組換えポプラ(右)



非組換えポプラ(左)とゲノム編集により目的の遺伝子を破壊したポプラ(右)



リグニン量が低減し幹が赤くなった組換えポプラ(左)と非組換えポプラ(右)

木質形成の遺伝子を破壊したため、幹の強度が弱くなり匍匐性を示す

国内唯一の「林木ジーンバンク」

林木遺伝資源の保存の必要性

林木遺伝資源は、古くから私たちに大きな恩恵を与えてきました。そして、科学技術の発展に伴って、これからは様々な恩恵を与えてくれるものと期待されます。また、近年、森林における生物多様性の保全が強く求められています。これらの林木遺伝資源は、失われてしまえば同じものを再生することができない貴重なものであることから、保存し後世へ継承していくことが必要です。

林木ジーンバンク事業の概要

林木育種センターは、国内唯一の林木ジーンバンク事業の実施機関であり、木本類では国内最大級の保存規模を有しています。林木遺伝資源については、利用上の重要度や保存の必要性・優先度を総合的に勘案して探索・収集を行い、種子や穂木から増殖した成体（個体）あるいは種子・花粉・DNAとして保存しています。これらの林木遺伝資源については、利用価値を高めるための成長性等の特性評価や情報提供を行うとともに、試験研究用としての配布も行っています。

林木遺伝資源の保存状況

保存方法と保存形態

林木遺伝資源の保存は、対象とする樹木の特徴（樹種が多様、長寿命、植物体が極めて巨大であるなど）から、「生息域内保存」と「生息域外保存」を組み合わせを行っています。

生息域内保存

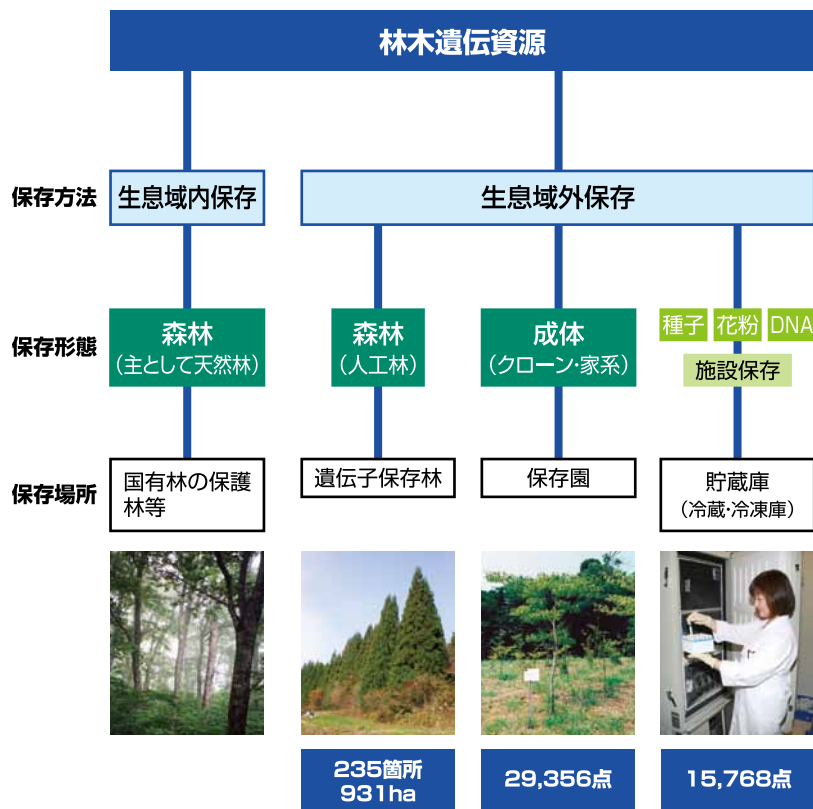
生息域内保存は、樹木が元々生育している森林、すなわち生息域そのものを保全することによって、森林を構成する林木遺伝資源全体の保存を図る方法です。国有林に設定された保護林等で保存を行っています。

生息域外保存

生息域外保存は、本来の生息域の外に遺伝資源を持ち出して行う保存方法です。この保存は次の三つの方法を組み合わせて行っています。

- ① 生息域から持ち出した遺伝資源により人工林を造成して、遺伝資源を集団として森林の形態（遺伝子保存林）で保存する方法
- ② 生息域から母樹別に遺伝資源を収集して、クローンや家系として林木育種センター・育種場の構内の保存園に成体（樹木として）の形態で保存する方法
- ③ 生息域内外から採取した種子や花粉といった生殖質、あるいはDNAとして、冷凍庫等の貯蔵庫で施設保存する方法

林木遺伝資源保存の方法と形態



(令和2年3月31日現在)

林木ジーンバンク事業の流れ



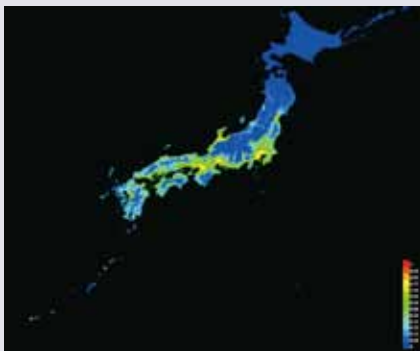
林木遺伝資源の新需要の創出

コウヨウザンの取組

コウヨウザンは、中国南部や台湾に自生する針葉樹で、江戸時代以前に我が国に導入されたと言われています。早生樹として成長が早く、材質が優れているものもあることから、新たな造林用樹種の一つとして注目を集めています。林木育種センターでは、関係各機関と連携して、コウヨウザンの生育環境、成長特性、材質特性、増殖特性等の調査を行うとともに、優良系統の選定や優良種苗生産技術の開発に取り組んでいます。

生育環境

■ 照葉樹林帯に多く生育



コウヨウザンの生育可能地域
(気候要因から作成【水色、緑、黄色の地域が可能地域】)

成長特性

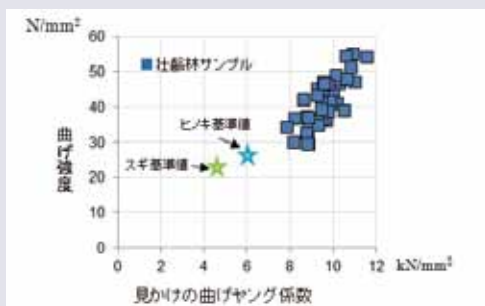
■ 生育適地では旺盛な成長



林木育種センター構内のコウヨウザンの成長(材積)のスギとの比較(21年生時点)
(スギについては関東森林管理局第3次国有林野施業実施計画書より引用)

材質特性

■ 壮齡林の材料ではヒノキ並みの強度



試作した角材の強度
(広島県立総合技術研究所林業技術センター提供)

増殖特性

■ 伐根から萌芽枝が多く発生し、これを用いたさし木増殖が可能



伐根からの萌芽枝(左)と萌芽枝を用いたさし木苗(右)

優良系統の選定と優良種苗生産技術の開発

希少樹種の保全に向けて

オガサワラグワとヤクタネゴヨウを例に

オガサワラグワ



母島桑の木山のオガサワラグワ

小笠原諸島の父島、母島及び弟島に自生しているオガサワラグワは、環境省から絶滅危惧種IA類に指定されています。

材質が優れていることから、かつて盛んに伐採され、現在では小集団や孤立木として3島合わせても約150個体しか残っていません。また、島外から導入されたアカギやヤギ等の影響で、自然に更新することが難しい状況にあります。

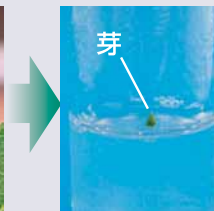
そこで、オガサワラグワを保全するため、現存する個体から組織培養によりクローン苗を育て、小笠原に返す取組を進めています。



母島の保存林等に植栽・保存



冬芽



りん片を除いて芽を
培地に植付



小枝に成長



増殖・発根

小笠原へ



容器から出し、外の環境に慣らして養苗

ヤクタネゴヨウ



花粉



交配の状況

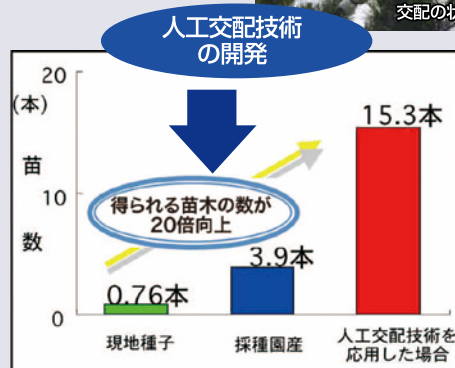


球果

屋久島・種子島に自生しているヤクタネゴヨウは、環境省から絶滅危惧種IB類に指定されています。

これまでマツ等で培ってきた採種園・人工交配技術を応用することにより、自然の状態にあるヤクタネゴヨウに比べ、1個の球果から得られる苗木の数が20倍に向上しました。

これらの苗木等を用いることにより、遺伝資源の生息域外保存をより効率的に進めています。



1個の球果から得られる苗木の数



ヤクタネゴヨウの芽生え

巨樹・名木等の遺伝資源のクローン増殖サービス

林木遺伝子銀行 110 番

天然記念物の樹木や巨樹・名木等は、生物学的に貴重であるとともに、地域のシンボルや信仰の対象として文化的にも重要です。このような樹木の後継クローン苗木の増殖の要請があった場合に、親木から採取した穂を使ってさし木やつぎ木により増殖し、後継苗木を里帰りさせるとともに、林木育種センターにおいて保存し研究材料として活用しています。

これまでに、289件の要請があり、222件341本について後継クローン苗木を里帰りさせました。里帰りの例を図に示します。里帰した後継苗木の中には、親木が台風や病気により倒れたり枯れたりしたものもあります。

(令和2年3月31日現在)



国際的な技術協力・共同研究

国際的な技術協力や共同研究を通じて、気候変動に適応するための林木育種技術を開発しています。

技術協力

ケニアにおける林木育種プロジェクト

ケニア国気候変動への適応のための乾燥地耐性育種プロジェクト

相手方：ケニア森林研究所（KEFRI）等（2012-2017年）

樹種：センダン属 メリア・ヴォルケンシ (*Melia volkensii*)
アカシア属 アカシア・トルティリス (*Acacia tortilis*)
概要：国土の約8割を乾燥地や半乾燥地が占めるケニアにおいて、乾燥に強い郷土樹種(メリア、アカシア)の遺伝変異分析、優良品種開発及び普及について、JICAを通じた5年間の技術協力をを行い、メリア採種園等の造成とともに、優良品種の遺伝的多様性保全のための遺伝資源ガイドラインを作成しました。



メリア
(家具等の良質材)



アカシア
(薪炭材、家畜飼料[果実])



研修員の受入
(左:当センター、右:九州大学[乾燥耐性])



専門家の派遣



遺伝資源保全
ガイドライン

ケニア国持続的森林管理のための能力開発プロジェクト (育種コンポーネント)

相手方：ケニア森林研究所（KEFRI）（2017-2021年）

樹種：センダン属 メリア・ヴォルケンシ (*Melia volkensii*)
アカシア属 アカシア・トルティリス (*Acacia tortilis*)
概要：乾燥地耐性プロジェクトを引き継ぎ、メリア、アカシアの育種研究についての技術協力を継続しています。メリア検定林やアカシア採種林(検定林を兼ねる)の調査・分析、メリア第2世代作出のための人工交配、優良品種選抜、増殖技術の開発等に取り組んでいます。



人工交配試験



メリア検定林



アカシア採種林兼検定林



メリアさし木増殖指導

共同研究

防風・防潮効果に優れたテリハボクの育種研究

相手方：台湾林業試験所（2011-2021年）
太平洋共同体（SPC）*（2012-2022年）

樹種：テリハボク属 テリハボク
(*Calophyllum inophyllum*)

概要：沖縄県の先島諸島で防風・防潮林として植栽されているテリハボクは、海流散布樹木で、太平洋等の熱帯・亜熱帯地域に広く分布しています。このため、様々な地域のテリハボクの遺伝変異を解析し、地球温暖化に伴う暴風や高潮等の激甚化にも対応できるよう、成長が早く材質も良好な品種の開発を行っています。

*The Pacific Community：
ニューカレドニア、フィジー、トンガ、パプアニューギニア等の島嶼国がメンバー



テリハボク(フィジー)



台湾林業試験所



太平洋共同体事務局



台湾の試験地



フィジーに設定した試験林

ベトナムでのアカシア属人工交配技術の実証試験

相手方：王子グリーンリソース株式会社（2013-2022年）

樹種：アカシア属
アカシア・マンガウム (*Acacia mangium*)
×

アカシア・アウリカリフォルミス (*Acacia auriculiformis*)

概要：林木育種センターが開発したアカシア属の人工交配技術を用いて新たな雑種（ハイブリッド）を効率よく創り出し、造成した試験地から成長や材質等に優れた品種の候補木を選抜しています。



効率的な人工交配技術



アカシアハイブリッドを創出



試験林を造成し、成長性等を評価



優良な候補木を選抜

フィンランドとの林木育種共同研究

相手方：フィンランド自然資源研究所 (Luke) (2010-2020年)

樹種：トウヒ属 ヨーロッパトウヒ (*Picea abies*)
×

アカエゾマツ (*Picea glehnii*)

マツ属 ヨーロッパアカマツ (*Pinus sylvestris*)

概要：北海道の主要造林樹種で荒廃地等への環境適応性を備えたアカエゾマツと、初期成長に優れたヨーロッパトウヒとの優れた雑種を創り出すため、日本とフィンランドで花粉を交換して人工交配を行い、交配家系の成長、形質等を調査しています。

また、ヨーロッパ南部では既にマツノザイセンチュウによる被害が報告されているため、北欧等の重要な造林樹種であるヨーロッパアカマツについて、複数の家系のマツノザイセンチュウ抵抗性を調査しています。



ヨーロッパアカマツのマツノザイセンチュウ抵抗性の検定 (当センター)



マツノザイセンチュウ接種作業を見守るフィンランド研究者 (2012年9月)



ワークショップでの研究成果発表 (フィンランド)

熱帯・亜熱帯樹種の育種技術開発拠点－西表熱帯林育種技術園－



庁舎



展示ホール



温室

1 研究・技術開発

増殖技術



さし木



とり木



実生

交配技術



花粉採取



樹型誘導 (左:処理木)

特性評価



調査



<成果> 熱帯産等早生樹種の育種マニュアル (左)
アカシア属の育種技術マニュアル (右)

2 技術指導



海外研修生への実技指導 (さし木、つぎ木等)

3 遺伝資源の保存



保存林



希少種

海外の先進的な育種技術の情報収集

アイルランド施設内採種園

外部花粉の混入を防ぎながらシトカスブルースの優良個体同士の交配を行い、さらに優良な次世代品種を開発 (平成28年10月調査)。



シトカスブルースの開閉式施設内採種園 (交配時期以外はオープン)



ニュージーランドの効率的な苗木生産

ラジアータマツの実生苗及びさし木苗を年間700万本生産している民間事業者は、育苗箱への覆土自動化等の効率的な苗木生産技術を実施 (平成29年10月調査)。



自動土詰機による覆土の様子



ムービングベンチ

次世代品種開発のための 「F2世代開発推進交雑温室」



外部からの花粉をシャットアウトして交雑を行うことや、自動で灌水・施肥を行うことのできる閉鎖系交雑ブースを備えた温室です。これまでに選抜してきた第2世代精英樹の交雑を行い、育種の次世代化を進めます。

ゲノム育種の拠点となる 「ゲノム育種研究施設」



環境要因に応じて活性化する遺伝子を調べるため環境要件を自由に設定できる育成環境調整室、一度に大量の塩基配列を読むことが出来る次世代シーケンサー、形質の表現型の詳細かつ迅速な測定を可能にする二次元クロロフィル蛍光測定器、近赤外分光計(NIR)等を備えた実験室です。優良品種を早期に開発するためのゲノム育種の研究に取り組んでいます。

原種苗木増産のための「人工育苗装置」



優良品種を開発から早期に都道府県等に原種として供給できるように、苗木増産システムの開発に取り組んでいます。

この施設では、気温・日長・二酸化炭素濃度を制御可能で、季節を問わず苗木の成長を促進することが可能です。

安全性に配慮した「遺伝子組換え実験棟」



遺伝子組換え林木に係る実験、育成、安全性等を評価するための実験棟です。

遺伝子組換えを行うための実験室、遺伝子組換え林木を外部から封じ込めて栽培するための閉鎖系温室等からなっています。

国内最大の「特定網室」「隔離ほ場」



「特定網室」は、実験室や閉鎖系温室で試験した遺伝子組換え林木を、より自然環境に近い環境で育てて評価するための温室で、花粉を媒介する昆虫の侵入を防止するため、窓に網を張っています。

「隔離ほ場」は、「特定網室」で試験した遺伝子組換え林木の野外での特性を評価するための施設で、林木用としては国内最大の60m×54mの広さで、高さ8mのフェンスと深さ1mのコンクリート壁で囲んでおり、外部からの人の侵入を監視するためのセンサーも設置しています。

国内唯一の林木ジーンバンク 「林木遺伝資源保存管理棟」「林木遺伝資源保存棟」



種子(−20℃)

花粉(−80℃)

国内唯一の林木に係るジーンバンクとして、種の多様性、種内の遺伝的多様性の確保等に資するため林木遺伝資源の探索・収集・保存を行っています。種子、花粉等については、長期間安全に保存するため、超低温冷凍庫等に保存しています。

所在地 map



森林総合研究所

〒305-8687 茨城県つくば市松の里1
Tel. 029-829-8372
URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/ffpri.html>

北海道育種場

〒069-0836 北海道江別市文京台緑町561-1
Tel. 011-386-5087 Fax. 011-386-5420
E-Mail hokkaidokusyu@ffpri.affrc.go.jp
URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/hokuiku/index.html>

東北育種場

〒020-0621 岩手県滝沢市大崎95
Tel. 019-688-4518 Fax. 019-694-1715
E-Mail touhokuikusyu@ffpri.affrc.go.jp
URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/touiku/index.html>

関西育種場

〒709-4335 岡山県勝田郡勝央町植月1043
Tel. 0868-38-5138 Fax. 0868-38-5139
E-Mail kansaiikusyu@ml.affrc.go.jp
URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/kaniku/index.html>

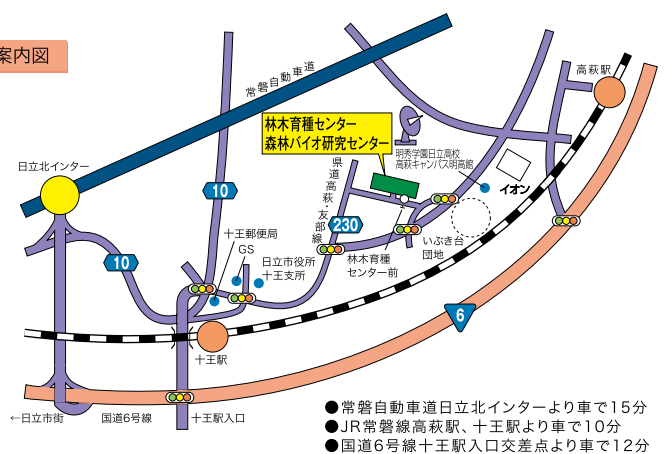
九州育種場

〒861-1102 熊本県合志市須屋2320-5
Tel. 096-242-3151 Fax. 096-242-3150
E-Mail kyusyuikusyu@ml.affrc.go.jp
URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/kyuiku/index.html>

西表熱帯林育種技術園

〒907-1432 沖縄県八重山郡竹富町字古見地内
Tel. 0980-85-5007 Fax. 0980-85-5035
E-Mail iriomote@ml.affrc.go.jp
URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/kaigai/iriomote.html>

案内図



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 森林総合研究所森林バイオ研究センター

〒319-1301 茨城県日立市十王町伊師3809-1
Tel. 0294-39-7000 Fax. 0294-39-7306
E-Mail ikusyu@ffpri.affrc.go.jp
URL <https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/index.html> (林木育種センター)
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/fbrc/index.html> (森林バイオ研究センター)