

I 令和2年度の業務実績

林木育種の推進

国立研究開発法人森林研究・整備機構中長期計画(第4期:平成28～令和2年度)における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及び各育種場で行っている課題は次のとおりである。

1 研究の重点課題

a エリートツリーと優良品種の開発及び高速育種等の育種技術の開発

林業種苗における多様なニーズに対応するため、エリートツリーを300系統及び第二世代マツノザイセンチュウ抵抗性品種、成長に優れた少花粉品種等の優良品種を150品種(系統)の開発を行うとともに、これらの早期開発にも対応可能な高速育種技術等の育種技術の開発を行う。

課 題	育セ等	北海道	東北	関西	九州	期間
1 エリートツリーと優良品種の開発						
(1) 新品種の開発目標数	1課					H28～R2
(2) 次世代育種集団の構築及びエリートツリー等の選抜	2課	○	○	○	○	H28～R2
(3) 病虫害等抵抗性に係る新たな育種素材の創出	2課					H28～R2
(4) 初期成長等に優れた品種の開発	2課			○	○	H28～R2
(5) 木質バイオマス生産量の大きいヤナギ品種の開発		○				H28～R2
(6) マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発	2課		○	○	○	H28～R2
(7) 成長等に優れた花粉症対策品種の開発	2課		○	○	○	H28～R2
2 ゲノム情報を活用した高速育種等の育種技術の開発						
(1) ジベレリン処理等を用いた簡易な雄花着花特性評価手法の検討	1課					H28～R2
(2) 第2世代における材質改良手法の検討	1課		○		○	H28～R2
(3) より強いマツノザイセンチュウ抵抗性品種の選抜手法の開発	1課		○	○	○	H28～R2
(4) 雪害抵抗性個体選抜技術の高度化			○			H28～R2
(5) 遺伝子型情報の整備とゲノミック予測技術の開発	1課					H28～R2
(6) 有用形質と関連する遺伝子マーカーの開発	1課					H28～R2
(7) 育種価等の予測精度の向上のための評価技術の開発	1課				○	H28～R2
(8) 温暖化適応策に適した育種技術の開発	1課	○	○	○	○	H28～R2

b 林木遺伝資源、バイオテクノロジー、国際協力等による育種・普及技術の開発

トレーサビリティを確保した原種苗木配布システム等の普及技術の開発を行うとともに、早生樹種等の収集・評価技術や栄養体等を対象とした施設保存技術等林木遺伝資源の利用促進に向けた技術の開発を行う。また、遺伝子組換え雄性不稔スギの野外での特性評価、薬用系機能性樹木の増殖技術の開発等バイオテクノロジーを利用した育種技術の開発を行う。さらに、国際的な技術協力や共同研究を通じて気候変動への適応策等に資する林木育種技術の開発を行う。

課 題	育セ等	北海道	東北	関西	九州	期間
1 適正かつ早期の普及に必要な技術の開発						
(1) 原種苗木増産技術の開発	1課		○			H28～R2
(2) スギさし木苗の育成の最適化					○	H28～R2
(3) 採種圃管理技術の高度化	2課			○	○	H28～R2
(4) カラマツ等に適した採種圃管理技術の高度化	2課	○				H28～R2
(5) 開発品種の特性情報の提供	2課	○	○	○	○	H28～R2
(6) トレーサビリティ・システムの実用化	2課	○	○	○	○	H28～R2
2 林木遺伝資源の利用促進に向けた探索・収集技術の開発						
(1) 新需要の創出に向けた遺伝資源の収集・評価技術の開発	探索	○				H28～R2
(2) 将来に向けた新たな育種素材の収集・作出技術の開発	探索					H28～R2
3 林木遺伝資源の利用促進に向けた保存・評価技術の開発						
(1) 地球温暖化に対応した遺伝資源の評価技術の開発	保存	○	○	○	○	H28～R2
(2) 栄養体および種子等の長期保存技術の高度化	保存					H28～R2
4 林木育種におけるバイオテクノロジーの開発						
(1) 遺伝子組換えによる林木の育種技術の高度化	バイオ					H28～R2
(2) 林木の有用形質発現の分子機構の解明	バイオ					H28～R2
(3) バイオテクノロジーによる機能性樹木の活用技術の開発	バイオ					H28～R2
5 国際的な技術協力や共同研究を通じた林木育種技術の開発						
(1) 国際的な技術協力や共同研究を通じた林木育種技術の開発	海外					H28～R2
(3) 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(林木育種コンポーネント)」	海外					H28～R2

2 長期的な基盤情報の収集、保存、評価並びに種苗の生産及び配布

新需要等が期待できる有用樹種3樹種以上において、優良系統の選抜が可能となる母集団の作成等を行うとともに、主要樹種の育種素材、脆弱な希少遺伝資源を対象に林木遺伝資源の収集、保存、特性調査を行う。また、試験研究用としてこれらの遺伝資源を配布する。

さらに、開発された優良品種等の種苗について、都道府県等の要望する期間内に全件数の90%以上を配布することを目標に、計画的な生産と適期配布に努める。

課 題	育セ等	北海道	東北	関西	九州	期間
1 林木遺伝資源の収集、保存及び配布						
(1) 探索・収集	探索	○	○	○	○	H28～R2
(2) 増殖・保存	探索	○	○	○	○	H28～R2
(3) 特性評価	保存	○	○	○	○	H28～R2
(4) 情報管理及び配布	保存/探索	○	○	○	○	H28～R2
2 種苗の生産及び配布						
(1) 種苗の計画的生産、適期配布	指導	○	○	○	○	H28～R2
(2) 都道府県に対するアンケート調査	指導	○	○	○	○	H28～R2
3 講習及び指導						
(1) 都道府県等に対する林木育種技術の講習・指導	指導	○	○	○	○	H28～R2
(2) 海外の林木育種に関する技術指導	海外					H28～R2

※ 略称について

育セ等 → 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

北海道 → 北海道育種場

東北 → 東北育種場

関西 → 関西育種場

九州 → 九州育種場

1課 → 育種第一課

2課 → 育種第二課

指導 → 指導課

探索 → 探索収集課

保存 → 保存評価課

海外 → 海外協力課

バイオ → 森林総合研究所森林バイオ研究センター

1 研究の重点課題

a エリートツリーと優良品種の開発及び高速育種等の育種技術の開発

(2年度計画)

- ① 検定等の進捗状況を踏まえ、エリートツリーについては概ね 70 系統、マツノザイセンチュウ抵抗性第二世代品種等の優良品種については概ね 20 品種を目標として開発する。
- ② また、地球温暖化や花粉症等に対応するための優良品種等の早期開発に対応可能な高速育種技術等の育種技術を開発する。

(実績)

- ① エリートツリーについては、年度計画における目標の概ね 70 系統に対して、スギで 46 系統、カラマツで 6 系統、トドマツで 33 系統、合計 85 系統を開発した。優良品種については、年度計画における目標の概ね 20 品種に対して、マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツ 12 品種（第 1 世代、2 品種、第 2 世代、10 品種）、成長が優れた無花粉スギ品種 11 品種、木質バイオマス生産量の大きいヤナギ品種 17 品種、合計 40 品種を開発した。さらに、全国初となるトドマツ 20 系統を含め、エリートツリーを中心としてスギ 11 系統、ヒノキ 5 系統、合計 36 系統を特定母樹に申請し、農林水産大臣により指定された。マツノザイセンチュウ抵抗性品種は、マツ材線虫病被害による森林被害の軽減への、初期成長が優れた無花粉品種は花粉発生源対策への、木質バイオマス生産量が大きいヤナギ品種は森林吸収源として気候変動対策への貢献がそれぞれ期待できる。
- ② 高速育種技術等の育種技術の開発については、これまで 4 年間にわたって実施した 252 系統のスギさし木苗を用いた乾燥ストレス試験の実施結果に基づき、乾燥ストレス評価の頑健性を評価し、2 回以上の評価により系統評価値の変動係数が大幅に減少することを明らかにした。平成 28 年度に開発した無花粉マーカーと同じ遺伝子上に爽春とは異なる無花粉要因と連鎖する変異を明らかにし、その変異と爽春の無花粉形質に連鎖する変異を同時に 1 回の実験で分析可能な新たな DNA マーカーを開発した。また、スギ及びカラマツについて、15 年次と 22 年次にヤング率等の材質形質を測定して 0.8 以上の幼老相関があることを明らかにし、材質形質の早期選抜の可能性を示す結果が得られた。
- ◎ その他の成果として、都県と連携して初期成長が優れた無花粉スギ品種「心晴れ不稔 2 号」、「立山 森の輝き 1 号」から「同 10 号」の 11 品種を共同開発した。
- ◎ また、気候変動適応に係る高速育種技術の開発において、乾燥耐性に優れるスギを選抜するための遺伝子発現マーカーセットを開発するとともに、耐乾燥性に優れる育種素材スギ 19 系統を作出した。

○ 令和2年度に開発した品種について

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は、国有林野事業及び関係都道府県と連携して下記の40系統を開発しました。

花粉症対策品種 11系統

(関東育種基本区) 1系統

無花粉スギ 心晴れ不稔2号

※東京都、神奈川県、富山県、静岡県及び林木育種センターが共同で開発

(関西育種基本区) 10系統

無花粉スギ 「立山 森の輝き」1号

無花粉スギ 「立山 森の輝き」2号

無花粉スギ 「立山 森の輝き」3号

無花粉スギ 「立山 森の輝き」4号

無花粉スギ 「立山 森の輝き」5号

無花粉スギ 「立山 森の輝き」6号

無花粉スギ 「立山 森の輝き」7号

無花粉スギ 「立山 森の輝き」8号

無花粉スギ 「立山 森の輝き」9号

無花粉スギ 「立山 森の輝き」10号

※富山県、東京都及び林木育種センターが共同で開発

マツノザイセンチュウ抵抗性品種 12系統

(関東育種基本区) 1系統

マツノザイセンチュウ抵抗性 千葉(白子)クロマツ1号

(関西育種基本区) 1系統

マツノザイセンチュウ抵抗性 岡山(勝央)クロマツ1号

(九州育種基本区) 10系統

第二世代品種

マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志)クロマツ41号 ※

マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志)クロマツ42号 ※

マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志)クロマツ43号 ※

マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志)クロマツ44号 ※

マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志)クロマツ45号 ※

マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志)クロマツ46号 ※

マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志)クロマツ47号 ※

マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志)クロマツ48号 ※

マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志)クロマツ49号 ※

マツノザイセンチュウ抵抗性 熊本(合志)クロマツ50号 ※

(※) 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品種開発実施要領「マツノザイセンチュウ抵抗性品種」の第5条の別表2に掲げるクローンを対照系統とし、第8条二のマツノザイセンチュウを用いて開発した品種である。

木質バイオマス生産量の大きいヤナギ品種 17系統
(北海道育種基本区)

オノエヤナギ北育1号

オノエヤナギ北育5号

オノエヤナギ北育9号

オノエヤナギ北育10号

オノエヤナギ北育13号

オノエヤナギ北育15号

オノエヤナギ北育16号

オノエヤナギ北育27号

オノエヤナギ北育30号

エゾノキヌヤナギ北育9号

エゾノキヌヤナギ北育20号

エゾノキヌヤナギ北育22号

エゾノキヌヤナギ北育23号

エゾノキヌヤナギ北育32号

エゾノキヌヤナギ北育201号

エゾノキヌヤナギ北育212号

エゾノキヌヤナギ北育214号

b 林木遺伝資源、バイオテクノロジー、国際協力等による育種・普及技術の開発

(2年度計画)

- ① 優良品種等の遺伝子型の決定と QR コードの活用等によるトレーサビリティを確保した原種苗木配布システムを開発するとともに、特定母樹等原種苗木の需要の増大に対応するため、施設等を用いた原種苗木増産技術を開発する。
- ② 林木遺伝資源の利用促進に資するため、新たな需要が期待できる早生樹種のコウヨウザンについて、優良系統の選抜及び効果的な増殖方法の開発を行う。
- ③ 遺伝子機能を改変するゲノム編集技術を開発するため、DNA の塩基を置換するゲノム編集をスギで実施し、ゲノム編集による変異の効率や形質の評価を行う。
- ④ 地球温暖化に伴う気候変動への適応策に資するため、ケニア森林研究所との共同研究（JICA 技術協力事業）により、乾燥に強いケニアの郷土樹種（メリア及びアカシア）の育種技術を開発する。

(実績)

- ① システムの開発に関しては、スギ、ヒノキ、カラマツ精英樹等のタイピングを進め、母樹や苗木への QR コードラベルの設置、配布先と配布原種のデータを連携するための苗畑電子野帳の稼働、配布データのデータベースへの格納などを行い、原種苗木管理・配布システムを構築した。さらに、九州では、このシステムが稼働しトレーサビリティを確保した原種配布を開始した。
- ② 国内のほとんどのコウヨウザン林分の成長等を解析し増殖特性も加味し、熊本県、広島県、高知県、京都府、静岡県及び千葉県内の 8 林分から優良系統を合計 13 系統選抜した。実生苗の生産の各ステージでの用土等の最適化、さし木に用いる穂の採取時期やサイズを適正にすることで、コウヨウザンに適した実生及びさし木増殖技術を開発した。
- ③ スギのアセト乳酸合成酵素（ALS）遺伝子の 4 箇所の標的領域について、除草剤耐性を付与する塩基置換を誘導する Target-AID ベクターを導入したところ、どの領域でも形質転換系統が得られたが、設計したベクターではゲノム編集効率が低く、除草剤耐性がみられた系統はわずかであった。
- ④ JICA の技術協力事業により、ケニア森林研究所（KEFRI）と連携して、集団選抜育種を基本とし、両種の増殖特性に適合した育種技術を開発し、メリアにおいては、クローン採種林や次代検定林、アカシアにおいては、実生採種林を造成した。
- ◎ その他の成果として、スギの用土を用いない画期的な増殖法である「エアざし」を開発し、特許を取得した。この手法によりさし木発根率が大幅に向上した。
- ◎ マツノザイセンチュウについて凍結保存法を確立し、絶滅危惧種のオガサワラグワについて、培養茎頂の凍結保存に成功した。
- ◎ これまで計測した国産樹木種 129 種の種子形質の情報を生態学、森林学に関わる様々な研究で活用できるようにデータペーパーとして Ecological Research に公開した。
- ◎ クロマツのマツノザイセンチュウ抵抗性遺伝子の候補領域の検出と原因遺伝子の特定に向けた情報をより効率的かつ迅速に得ることができるシステムを確立した。
- ◎ 機能性樹木カギカズラについて、無菌培養体から調製した節外植体からのシュート形成率が約 100 %となる培養方法を見出し、野外植栽約 6 ヶ月後において 180cm 以上に成長することを確認した。
- ◎ 透過型電子顕微鏡を用いて細胞壁形成に影響を与える 2 遺伝子の機能を欠損させたポプラ変異体の二次壁の壁層構造を詳細に観察することにより、当該変異体では二次壁 S2 層の形成が著しく抑制されていることを発見した。
- ◎ 鳥取大学との共同研究で、遺伝子組換えを介さずゲノム編集を行う技術を開発した。ベトナムのアカシア属において、林分生産性の高い優良な 2 クローンを選定した。
- ◎ フィンランドとの共同研究において、ヨーロッパアカマツのマツノザイセンチュウ抵抗性個体の選抜に目処が立った。

2 林木遺伝資源の収集、保存及び配布並びに種苗の生産及び配布

(1) 林木遺伝資源の収集、保存及び配布

(2 年度計画)

薬用等の機能性樹木としての需要が期待できるキハダ及び突き板等での利用が期待されているユリノキについて、優良系統の選抜が可能な母集団を作成するとともに、育種素材等の収集、保存及び発芽特性等の調査を進める。また、配布申請に基づき、林木遺伝資源を配布する。

(実 績)

薬用等の機能性樹木としての需要が期待できるキハダ及び突き板等での利用が期待されているユリノキについて、穂木と種子を合わせてそれぞれ 32 点と 67 点収集し、優良系統の選抜が可能な母集団を作成するとともに、スギ等を含めた育種素材として利用価値の高いもの 790 点、絶滅に瀕している種等 124 点、その他森林を構成する多様な樹種 22 点の計 936 点を探索・収集した。

収集した遺伝資源について、さし木、つぎ木又は播種により増殖し、養苗してきた成体（苗木）497 点を保存園等に植栽し保存した。また、探索・収集した種子、花粉 382 点を適切に温度管理できる貯蔵施設に集中保存した。

林木遺伝資源保存園等に保存している遺伝資源の特性調査について、スギ、ヒノキ、シコクシラベ、ハリモミ等の多様な樹種を対象として、成体 11,033 点、種子 364 点、花粉 68 点、計 11,465 点の成長形質、さし木発根率、着花性、種子発芽率等の調査を実施した。

林木遺伝資源の配布について、配布希望に対して利用目的を確認した上で、26 件 675 点の配布を実施した。

各地の天然記念物や巨樹・名木等の収集・保存と併せて、所有者等の要請により後継樹を増殖するサービス「林木遺伝子銀行 110 番」を実施した。令和 2 年度の実績は、17 件受諾、7 件の里帰りを行った。

令和2年度 林木遺伝資源の探索・収集の概要

区分		形態	収集点数	樹種
育種素材として利用 価値の高いもの	新需要の創出に資するもの コウヨウザン、キハダ、ユリノキの穂木と 種子は括弧内に別配:(コウヨウザン、キ ハダ、ユリノキ)	穂木	84(0, 24, 18)	イタヤカエデ、チャンチン等
		種子	126(22, 8, 49)	クスギ、センダン等
		花粉	1	コウヨウザン
		苗木	1	ケンボナシ
		小計	212(22, 32, 67)	
	育種素材の補完に資するもの	穂木	46	スギ、ヒノキ
		種子	427	トドマツ、クロマツ等
		花粉	105	カラマツ、グイマツ等
		小計	578	
		計	790	
絶滅に瀕している種、天然記念物、巨樹・名木等		穂木	72	エゾヒョウタンボク、フクギ等
		種子	40	ダイセンキョロボク、ヤクタネゴヨウ等
		花粉	12	ヤクタネゴヨウ
		計	124	
その他森林を構成する多様な種		穂木	2	クスノキ、ネジキ
		種子	20	ウワミズザクラ、モミ等
		計	22	
合 計		穂木	204	
		種子	613	
		花粉	118	
		苗木	1	
		計	936	

令和2年度 林木遺伝資源の特性調査の概要

区分	形態	調査点数	樹種	特性調査項目
育種素材として利用価値の高いもの	成体	9,365	コウヨウザン、スギ、ヒノキ等	樹高、胸高直径、萌芽性、分岐性、獣害
	種子	334	キハダ、ユリノキ等	発芽率、1000粒重
	花粉	68	スギ	稔性
	計	9,767		
絶滅に瀕している種等	成体	768	シコクシラベ、トガサワラ、ハリモミ等	樹高、胸高直径、着花性、着果性
	種子	3	ノカイドウ	100粒重
	計	771		
その他森林を構成する多様な樹種	成体	900	アカマツ、シラカンバ等	樹高、胸高直径、被害、生存、繁殖性
	種子	27	アオハダ、シラベ等	色、発芽率、含水率、粒数/リットル
	計	927		
合計	成体	11,033		
	種子	364		
	花粉	68		
	計	11,465		

(2) 種苗の生産及び配布

(2年度計画)

開発された優良品種等の原種苗木等について、都道府県等の要望する期間内に全件数の90%以上を配布することを目標に、計画的な生産と適期配布に努める。

(実績)

都道府県等からの種苗の配布要望に対応し、都道府県等の要望する期間内に全件数(20,807本)の99.4%となるスギ12,279本(730系統)、ヒノキ3,463本(387系統)、カラマツ3,278本(333系統)、その他1,653本(63系統)合わせて20,673本を配布した。

令和2年度 種苗(原種)の配布実績

樹種	特性等	都道府県数	数量等	
			系統数	本数
スギ	特定母樹	20	411	7,080
	花粉の少ないスギ	20	215	3,204
	無花粉スギ	1	1	4
	精英樹	6	84	1,551
	雪害抵抗性	1	11	320
	スギカミキリ抵抗性	1	8	120
ヒノキ	特定母樹	11	239	1,640
	花粉の少ないヒノキ	10	99	1,517
	第2世代精英樹	2	30	124
	精英樹	1	18	177
	推奨品種	1	1	5
クロマツ	マツノザイセンチュウ抵抗性	6	39	239
カラマツ	特定母樹	7	82	927
	精英樹	2	251	2,351
グイマツ	特定母樹	1	22	1,394
	精英樹	1	2	20
合計		91 (40)	1,513	20,673

注1：都道府県数のうち裸書は延べの数値、()は重複を除いた数値。

注2：系統数は、配布形態(さし木苗、つぎ木苗等)の区分の延べ数である。