

I 令和元年度の業務実績

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

(元年度計画)

- 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 65 系統、初期成長が優れた品種等の優良品種については概ね 25 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の開発を進める。

(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 65 系統に対して、スギで 59 系統、カラマツで 10 系統、合計 69 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 25 品種に対して、初期成長が優れた第二世代カラマツ品種 4 品種、成長が優れた少花粉スギ、初期成長が優れた無花粉スギ等花粉症対策品種 10 品種、マツノザイセンチュウ抵抗性アカマツ 5 品種、クロマツ 8 品種、第二世代アカマツ 10 品種、合計 37 品種を開発した。さらに、エリートツリーを中心としてスギ 4 系統、ヒノキ 11 系統、カラマツ 15 系統、合計 30 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。また、初期成長に優れた第二世代カラマツ品種は初めての開発であり、初期成長に優れた品種は山行き苗木の成長性が改良されることにより、下刈りの省力化等の造林コストの低減等への貢献が期待できる。
- ② 高速育種技術等の育種技術の開発については、スギにおいて、平成 29 年度に開発した育種統計モデルを用いて東北・関東・関西・九州育種基本区における温暖化に伴う乾燥が成長に与える影響の系統評価を行うとともに、さし木苗を用いた乾燥試験を進めたほか、乾燥に強い個体を選抜するための遺伝子発現マーカー開発に向けた遺伝子の絞り込みを進め、気候変動適応スギ品種の開発に資する育種素材候補を 530 系統の中から 19 系統を抽出した。また、平成 28 年度に開発した無花粉マーカーを活用し、スギ精英樹 3,312 系統を含むスギ育種素材 4,241 系統の分析を行い、無花粉スギ品種開発等のための花粉親として必要であり、表現型の調査だけでは解らない無花粉遺伝子をヘテロで有するスギ 21 系統をスクリーニングしたほか、無花粉スギとヘテロ系統の類縁関係を明らかにし、その成果を無花粉スギ採種園の造成等の参考となるマニュアルとしてまとめた。
- ◎ その他の成果として、今後の品種開発や採種園において花粉木としての利用が期待される無花粉遺伝子を有するスギのヘテロ品種 2 品種を全国で初めて県と共同で開発した。また、都県と連携して初期成長が優れた無花粉スギ品種「三月晴不稔 2 号」、「心晴れ不稔 1 号」の 2 品種についても都県と連携して共同開発した。このほか、成長が優れた少花粉スギ品種 1 品種も開発した。
- ◎ また、これまで全国規模で推進してきた第 1 世代スギ精英樹の検定林調査の総括として、全国に設定された 429 検定林の成長データを解析し、改良効果と年次相関を明らかにし、10 年次以降に早期選抜が可能であることを明らかにしたほか、無花粉遺伝子の保有の有無を PCR 反応とゲル電気泳動のみで安価で簡易に識別できる簡易 DNA マーカーを開発した。
- ◎ 令和元年 9 月の天皇皇后両陛下の御視察の折にエリートツリー等の成果について両陛下に説明した。

○ 令和元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37品種を開発しました。

初期成長に優れた第二世代品種 4系統

(関東育種基本区) 4系統

初期成長に優れた第二世代品種 (F) カラマツ 林育2-30号

初期成長に優れた第二世代品種 (F) カラマツ 林育2-206号

初期成長に優れた第二世代品種 (F) カラマツ 林育2-207号

初期成長に優れた第二世代品種 (F) カラマツ 林育2-213号

※ (F) の品種については前方選抜で開発された系統

花粉症対策品種 10系統

(関東育種基本区) 4系統

無花粉スギ 三月晴不稔2号

無花粉スギ 心晴れ不稔1号

無花粉遺伝子を有するスギ 中4号

無花粉遺伝子を有するスギ 箱根4号

(九州育種基本区) 6系統

少花粉スギ 県佐伯10号

低花粉スギ 県八女3号

低花粉スギ 県八女12号

低花粉スギ 県日田1号

低花粉スギ 県日田15号

低花粉スギ 県日田18号

マツノザイセンチュウ抵抗性品種 23系統

(東北育種基本区) 5系統

マツノザイセンチュウ抵抗性 岩手(藤沢)アカマツ56号

マツノザイセンチュウ抵抗性 岩手(藤沢)アカマツ58号

マツノザイセンチュウ抵抗性 岩手(花泉)アカマツ120号

マツノザイセンチュウ抵抗性 岩手(千厩)アカマツ3号

マツノザイセンチュウ抵抗性 岩手(千厩)アカマツ5号

(関東育種基本区) 3系統

マツノザイセンチュウ抵抗性 静岡(大須賀)クロマツ31号

マツノザイセンチュウ抵抗性 愛知(岡崎)クロマツ10号

マツノザイセンチュウ抵抗性 愛知(岡崎)クロマツ16号

(関西育種基本区) 15系統

マツノザイセンチュウ抵抗性 島根(西ノ島)クロマツ19号

マツノザイセンチュウ抵抗性 島根(西ノ島)クロマツ20号

マツノザイセンチュウ抵抗性 島根(西ノ島)クロマツ341号

マツノザイセンチュウ抵抗性 島根(西ノ島)クロマツ342号

マツノザイセンチュウ抵抗性 島根(西ノ島)クロマツ344号

第二世代品種

マツノザイセンチュウ抵抗性	高知(香美)アカマツ 22 号	※
マツノザイセンチュウ抵抗性	高知(香美)アカマツ 23 号	※
マツノザイセンチュウ抵抗性	高知(香美)アカマツ 24 号	※
マツノザイセンチュウ抵抗性	高知(香美)アカマツ 25 号	※
マツノザイセンチュウ抵抗性	高知(香美)アカマツ 26 号	※
マツノザイセンチュウ抵抗性	高知(香美)アカマツ 27 号	※
マツノザイセンチュウ抵抗性	高知(香美)アカマツ 28 号	※
マツノザイセンチュウ抵抗性	高知(香美)アカマツ 29 号	※
マツノザイセンチュウ抵抗性	高知(香美)アカマツ 30 号	※
マツノザイセンチュウ抵抗性	高知(香美)アカマツ 31 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。

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

(元年度計画)

- ① 優良品種等の遺伝子型の決定と原種苗木配布システムの開発を引き続き進めるとともに、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の開発を進める。
- 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進める。
- ③ 無花粉スギの創出にかかるゲノム編集技術の開発を行うため、スギの花粉形成に関与する遺伝子の改変を進める。
- 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）の検定林のデータ収集及び解析を進めるとともに、成長量等の特性評価に着手する。

(実績)

- ① 育種センター等に保存されている個体及びエリートツリー等の新たに選抜された個体について、DNA マーカーによるジェノタイピングを行い、個体への IC タグによるラベリングを行うことで、適切な系統管理に努めた。また、原種苗木増産技術として早期発根と発根率の向上が期待できる水耕栽培を実施し、コンテナに移植した挿し木苗を定植した結果、活着率は 100%であった。スギ実生コンテナ苗の用土に混入する肥料の施用量を変えた試験を行い、育成に適する施肥量を明らかにし、追肥も合わせて実施することでスギ実生コンテナ苗を 1 年で育成可能であることを示した。
- ② コウヨウザンについて、千葉県、京都府及び高知県内の林分の全個体を調査し、成長、材質、形状等に優れた 87 系統の候補系統を予備選抜し、これらの中からさし木発根性や萌芽性の高い 20 系統を選抜した。さらに、採穂用の苗木を寝かせて固定すること（寝伏処理）で通常植栽に比べ 3 倍程度のさし穂が得られることを明らかにした。
- ③ 花粉形成に関与する遺伝子の中から、ゲノム編集により無花粉化可能な遺伝子を新たに 1 つ確認した。点変異を導入するモデル遺伝子としてスギのアセト乳酸合成酵素（ALS）遺伝子を選択し、遺伝子組換えによって変異型遺伝子を導入し除草剤耐性を付与することに成功した。さらに、点変異をゲノム上に生じさせるゲノム編集ベクターを作製し、スギへの導入を行った。
- ④ 国際的な技術協力等を通じた林木育種技術の開発については、ケニア国内の 8 カ所のメリアの次代検定林の調査結果を解析し、育種開始から 7 年目で第 2 世代の優良個体を選抜した。世代を進めることによる改良効果は 114%と推定された。
- ◎ その他の成果として、スギさし木苗の育苗段階における初期成長には、根量に関連する形質の大きさに加えて、根系構造や根系に関連する形質である分枝密度や細根率の高さも重要であることが明らかになった。
- ◎ コウヨウザンについて、全国各地の林分の心材含水率及び容積密度の変異や薬剤による野兎害の防除効果を明らかにし、植栽地の 7 年目の成長から自殖家系は他殖家系に比べ樹高、胸高直径とも劣ることを明らかにした。
- ◎ シラカンバ冬芽の凍結に対する応答メカニズムを細胞レベルで解明した。全国のアカマツ天然林における球果形質の地理的変異を明らかにした。モミのマイクロサテライトマーカーを開発し、天然林内の遺伝子流動を明らかにした。
- ◎ ベトナムのアカシア属の人工交配家系のクローン検定林から、高標高造林地で従来クローンの中で最も成長が優れたクローンと同等以上の林分生産量が見込める複数の新たな優良候補クローンが確認された。
- ◎ ゲノム上の SNP 情報をもとに種子親及び花粉親それぞれの連鎖群を含む 26 連鎖群からなるクロマツの連鎖地図を構築した。

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

(元年度計画)

薬用等の機能性樹木として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の作成に着手するとともに、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、配布申請に従い、林木遺伝資源を配布する。

(実績)

機能性樹木として需要が期待できるキハダと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 54 点と 95 点収集し、優良系統の選抜のための母集団の作成を進めたほか、スギ、ヒノキ等を含めた育種素材として利用価値の高いもの 1,113 点、絶滅に瀕している種等 86 点の計 1,199 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）523 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 772 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、カラマツ、トドマツ、シコクシラベ等の多様な樹種を対象として、成体 6,196 点、種子 1,274 点、花粉 68 点、計 7,538 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、29 件 158 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。令和元年度の実績は、9 件受諾、11 件の里帰りを行った。

令和元年度 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 ユリノキとキハダの穂木と種子は括弧内に別記:(ユリノキ, キハダ)	穂木	146(27, 27)	コウヨウザン、キハダ、ユリノキ等
		種子	143(68, 27)	ユリノキ、キハダ、センダン等
		花粉	0	
		小計	289(95, 54)	
	育種素材の補完に資するもの	穂木	67	アカエゾマツ、スギ等
		種子	639	ヒノキ、スギ、アカマツ等
		花粉	118	スギ、クロマツ、カラマツ等
		小計	824	
		計	1,113	
	絶滅に瀕している種、天然記念物、巨樹・名木等	穂木	42	ユビソヤナギ等
種子		29	クロマツ等	
花粉		2	サクラバハヒノキ	
計		73		
その他森林を構成する多様な種	穂木	1	アオギリ等	
	種子	12	ニワウルシ等	
	計	13		
合 計	穂木	256		
	種子	823		
	花粉	120		
	計	1,199		

令和元年度 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	4,709	スギ、カラマツ、トドマツ、コウヨウザン等	樹高、胸高直径、DNA遺伝子型、さし木発根性、着花性等
	種子	563	スギ、コウヨウザン、キハダ、ユリノキ等	発芽率、100粒重
	花粉	68	スギ等	発芽率、含水率
	計	5,340		
絶滅に瀕している種等	成体	298	ヤツガタケトウヒ、ハリモミ、ヒメマツハダ等	樹高、胸高直径、着花性
	種子	211	シコクシラベ等	発芽率、100粒重
	計	509		
その他森林を構成する多様な樹種	成体	1,189	カラマツ、アカマツ等	樹高、胸高直径、各種被害
	種子	500	チョウセンゴヨウ、ヒメコマツ、クロビイタヤ等	発芽率、生存率、充実率
	計	1,689		
合計	成体	6,196		
	種子	1,274		
	花粉	68		
	計	7,538		

(2) 種苗の生産及び配布

(元年度計画)

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するため、スギ 13, 152 本 (658 系統)、ヒノキ 2, 650 本 (276 系統)、カラマツ 2, 178 本 (209 系統)、その他 688 本 (78 系統) 合わせて 18, 688 本について、都道府県等の要望する期間内に全件数の 99. 3%を配布した。

令和元年度種苗（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	21	344	7, 324
	花粉の少ないスギ	20	256	4, 737
	低花粉スギ	1	1	5
	無花粉スギ	2	3	21
	第 2 世代精英樹	1	1	2
	精英樹	5	35	762
	推奨品種	1	4	21
	雪害抵抗性	1	9	255
	スギカミキリ抵抗性	1	5	25
ヒノキ	特定母樹	9	93	601
	花粉の少ないヒノキ	11	102	1, 530
	第 2 世代精英樹	4	41	163
	精英樹	2	25	206
	推奨品種	2	15	150
アカマツ	マツノザイセンチュウ抵抗性	2	2	5
クロマツ	マツノザイセンチュウ抵抗性	11	63	519
カラマツ	特定母樹	6	114	1, 282
	精英樹	1	95	896
グイマツ	特定母樹	1	9	124
	第 2 世代精英樹候補木	1	4	40
合計		103 (43)	1, 221	18, 668

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。