

【解 説】

優良品種の開発について－花粉症対策品種－

田村 明^{*1}、高橋 誠¹・星 比呂志¹

はじめに

わが国の林木育種事業は、精英樹の選抜を中心に進められてきた。精英樹は品種改良を進めるための、主要な育種素材（系統）である。精英樹選抜育種事業は昭和32年に林野庁の事業として始められ、人工林や天然生林の中から成長が優れ、幹が通直で、病虫害等の被害のない表現型の優れた個体が精英樹として選抜され、スギでは約3,600個体、ヒノキでは約900個体、カラマツでは約600個体、それ以外の樹種を含め合計で約9,100個体が選抜された。これらの精英樹は第一世代と位置付けられる。その後、これら第一世代精英樹の検定（系統評価）が進められ、その結果に基づき、第二世代精英樹の選抜を目的として、第一世代の精英樹同士を交配して育種集団林の造成・調査が進められた。現在は、成長等が優れた第二世代の精英樹（以後、エリートツリーとする）の選抜が推進されている。

エリートツリーのほかに、近年、施策上の普及の仕組みとして「特定母樹」も指定されるようになり、またこれらとは別に少花粉スギやマツノザイセンチュウ抵抗性マツ等の「優良品種」もある。一部の林木育種事業に関係する方から、「エリートツリーと特定母樹、優良品種の関係性が分かりにくい」という感想が聞かれたので、本報では、エリートツリー、特定母樹と優良品種の関係について解説するとともに、優良品種のうち、今後需要が高まると考えられる花粉症対策品種、マツノザイセンチュウ抵抗性品種及び初期成長に優れた品種のうち、本報では花粉症対策品種について、最近の開発状況や品種開発の基準等について述べる。

エリートツリー、優良品種および特定母樹の関係

冒頭でも述べたが、第一世代の精英樹の種子等で育成された苗木を用いて造成された次代検定林の調査結果から、それぞれの精英樹の遺伝的な能力を評価（系統評価）し、育種基本区ごとに精英樹特性表として取りまとめられてきた。そして、優れた精英樹は育種集団の次世代化を進めるため、第二世代精英樹の選抜に向けた交配親として用いられた（図-1）。

また、その一方で、一定の基準を満たす優れた系統は、外部有識者を加えた優良品種・技術評価委員会における審議を経て、優良品種として認定されてきた（優良品種の開発）。そして、優良品種となったものについては、都道府県からの要望に基づき、それらの原種が林木育種センターから都道府県に配布され、採種園や採種園（以後、採種徳園）の新規設定や改良（体質改善）という形で採種徳園に導入され、山行苗（造林用種苗）の生産に貢献してきた（図-1）。

林木育種においては、交配、検定、選抜を繰り返すことによって改良を進めていく育種集団と、改良の成果を普及するために山行苗を生産する生産集団の二つに分ける考え方がある（Zobel and Talbert 1984）。林木育種を進める際に、育種集団と生産集団の2つに分けることにより、改良効果の増大と遺伝的多様性の維持の両立を図ることができる。第一世代精英樹やエリートツリーは育種集団を構成する系統であるのに対し、優良品種は生産集団を構成する系統として位置付けられる（図-1）。優良品種は、系統評価を経て精英樹等の中から一定の性能を備えた優良系統として選抜されている。なお、マツノザイセンチュウ抵抗性品種や雪害抵抗性品種のように、精英樹から選抜することが困難な育種形質の場合には、被害地から健全個体を候補木として選び、これらの抵抗性を評価することにより優良品種を開発

*E-mail: akirat@affrc.go.jp

¹ たむらあきら、たかはしまこと、ほしひろし 森林総合研究所林木育種センター

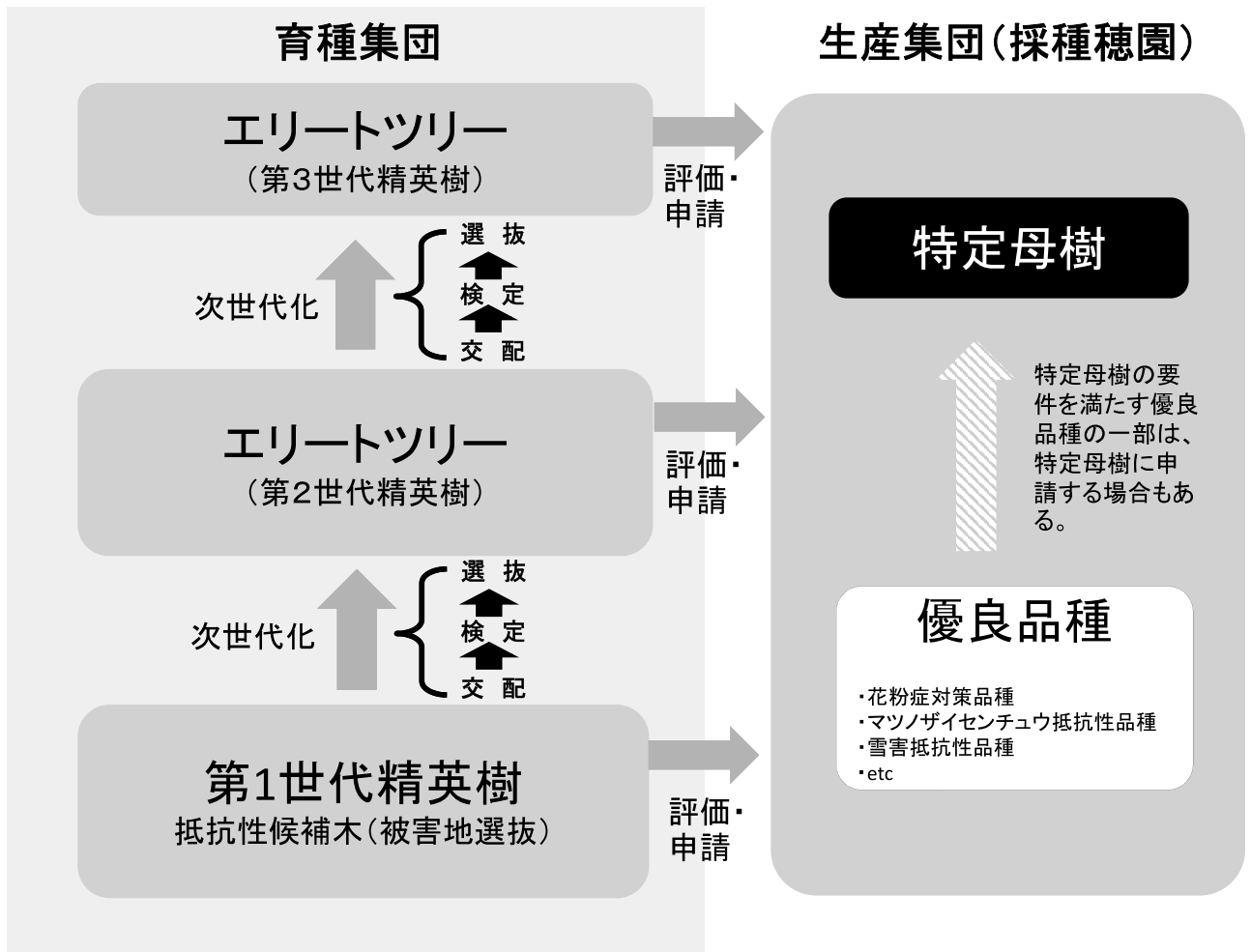


図-1 エリートツリー、優良品種および特定母樹の関係

するものもある。

続いて、特定母樹について説明する。平成25年に、森林の間伐等の促進に関する特別措置法（以後、間伐等特措法とする）が一部改正され、特定母樹制度が新たに設けられた。特定母樹とは、「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」である。具体的には、成長量、材質（剛性）、幹の通直性及び雄花着生性（スギ、ヒノキの場合）について、林野庁の定めた基準を満たす個体であり、農林水産大臣が指定する。成長の優良性による炭素の吸収・固定の促進を通して、森林吸収源対策や下刈り省力化への貢献が期待されている。現在のところ、エリートツリーや少花粉スギ、北海道が開発したグイマツ雑種F₁の「クリーンラーチ」の母樹であるグイマツ精英樹中標津5号などが特定母樹として認定されている。間伐等特措法の基本指針では、地域特有のニーズ以外は、今後の再造林は特定母樹からの苗木により行うとされている。このため、今後の生産集団は、

特定母樹を中心とした構成に移行していくと考えられ、特定母樹で構成する新規採種穂園の計画・造成が多くの都道府県で推進されている（図-1）。

今後の林木育種の推進と優良品種の開発の方向性

将来にわたって林業種苗の継続的な改良を確保する観点から、林木育種センターでは、今後も都道府県及び国有林と連携しつつ、育種集団の構成要素となるエリートツリーの選抜を引き続き行っていく計画である。エリートツリーの選抜はスギ、ヒノキ、カラマツ、グイマツ、トドマツ等において推進することとしており、今後も育種集団の主たる部分を占めることになる。樹種特性の違いから樹種によって進捗状況は異なるが、進捗が早いスギでは、第二世代精英樹の選抜・検定とともに、第二世代精英樹同士の人工交配等、第三世代の育種集

団の創出にも着手している。第二世代の系統評価が進めば、林野庁や都道府県からのニーズに応じて、第二世代精英樹からの優良品種の開発も進める（たとえば、第二世代の少花粉スギの開発等）。

花粉症対策品種とその開発状況について

スギ・ヒノキ花粉症は、国民の約3割が罹患していると言われており、社会的な問題となっている。林野庁はスギ花粉発生源対策推進方針を定め、花粉発生源対策を強力に推進している。林木育種センターは、その方針を受け、花粉症対策品種の品種開発実施要領（林木育種センター2015a）と品種評価基準（林木育種センター2015b）を定め、花粉症対策品種の開発を行っている。

表-1にこれまでに開発された花粉症対策品種の育種基本区別優良品種数を示した。花粉症対策品種の開発は、平成8年度に関東育種基本区で少花粉スギ品種を開発したのが始まりである。その後、平成13年度～17年度（当時の林木育種センターの第一期中期計画期間）に、関東育種基本区以外の基本区での少花粉スギ品種の開発が始まり、無花粉スギ品種についても関東育種基本区で初めて開発された。平成18年度～22年度（同第二期中期計画期間）には、関西育種基本区で無花粉スギ品種開発され、少花粉ヒノキ品種も全国的に開発された。平成23年度～27年度（同第三期中期計画期間）には、花粉発生源対策をより一層推進するため、追加的に少

花粉スギ品種が開発されるとともに、低花粉スギ品種が開発された。平成28年3月現在、無花粉スギ品種2品種、少花粉スギ品種140品種、低花粉スギ品種6品種、少花粉ヒノキ品種56品種が花粉症対策品種となっている。平成21年度には89万本であったスギの花粉症対策苗木の生産本数は、5年後の平成26年度には205万本にまで増大している（林木育種センター2010,2015）。

花粉症対策品種開発に必要な特性データ

花粉症対策品種では、雄花の着生がない、あるいは少ないという特性を有することが要件となる。だが雄花の着生量の特性だけでなく、成長や通直性、繁殖性といった特性も林業用種苗として適当であることが同時に求められる。表-2に花粉症対策品種への申請に必要な特性とその調査方法、評価基準を一覧として示す。

無花粉スギ品種について

無花粉スギ品種は、普通のスギと同様に雄花を着けるが、雄花の成熟過程で花粉が正常に発達せず、正常花粉が生産されないものである。優良品種の開発のためには、雄性不稔性を確認する必要がある。候補となる個体について、複数のクローン苗を作り、これらの苗木それぞれについて複数年にわたって雄性不稔を確認する。これは候補木1本だけの情報にもとづいて判断することによる誤認を防ぐためである。

表-1 各中期計画期間中に開発された花粉症対策品種の育種基本区別開発品種数（平成28年3月末日現在）

花粉症対策品種	育種基本区	第一期前 (H8～12)	第一期 (H13～17)	第二期 (H18～22)	第三期 (H23～27)	合計
無花粉スギ品種	関東		1			1
	関西			1		1
	小計		1	1		2
少花粉スギ品種	東北		11	10	2	23
	関東	57		1		58
	関西		14	12	2	28
	九州		30		1	31
	小計	57	55	23	5	140
低花粉スギ品種	関西				5	5
	九州				1	1
	小計				6	6
少花粉ヒノキ品種	関東			17		17
	関西			22		22
	九州			17		17
	小計			56		56
	合計	57	56	80	11	204

表-2 花粉症対策品種の調査方法と評価基準について

品種開発の種類	調査方法	評価基準
無花粉スギ品種	無花粉スギ品種候補クローンの複数ラメートの複数雄花を対象に、複数年にわたって成熟期の雄花を顕微鏡等で観察することにより調査を行う。	原則2年以上のクローン検定により、花粉を全く生産しない特性
少花粉スギ品種	スギ花粉発生源対策推進方針に定める雄花着花性に関する特性調査要領の方法またはそれと同等の方法で調査する。 (調査対象木) 複数箇所の検定林等×3ブロック×5個体×5年以上(自然状態) (調査対象林分) 原則15年次以上	原則として総合評価値で1.1以下の評点となったもの及びそれと同程度のもの。
低花粉スギ品種	スギ花粉発生源対策推進方針に定める雄花着花性に関する特性調査要領の方法またはそれと同等の方法で調査する。 (調査対象木) 複数箇所の検定林等×3ブロック×5個体×5年以上(自然状態) (調査対象林分) 原則15年次以上	原則として総合評価値で1.3以下の評点となったもの、及びそれと同程度のもの。
少花粉ヒノキ品種	スギ花粉発生源対策推進方針に定める雄花着花性に関する特性調査要領の方法またはそれと同等の方法で調査する。 (調査対象木) 複数箇所の採種園等×3個体(ジベレリン処理)以上×5年以上と1個体(自然状態)以上×5年以上 (調査対象林分) 特に定めなし	自然着花で平年では雄花をつけないか、または僅かであり、かつ原則としてジベレリン処理後の総合評価値で2.2以下のもの、およびそれと同程度のもの。

具体的には以下のとおりである。候補木からの無性繁殖で得た複数ラメートについて顕微鏡等で観察する等の調査を行い、雄性不稔を確認する必要がある。「顕微鏡等による観察」とは、たとえばカミソリ等でそれぞれ複数個の雄花の縦断面を作り、実体顕微鏡等で観察する方法が考えられる。また、雄花を観察する時期が花粉の成熟期前だと、可稔であるにも関わらず不稔と誤認する可能性があるため、雄花の成熟期の花粉を観察することが重要である。さらには、無花粉性の形質発現の安定性を確認するため、連年である必要はないが複数回の着花シーズンにおける観察にもとづいて確認することが求められる。これらの調査で雄性不稔が確認できた候補木は、無花粉の特性を有すると考えられる。

しかし、先に説明したように林業用種苗として利用されるためには、成長や通直性等の特性も一定基準以上である必要がある。成長に関しては、一般の林業用種苗と同程度かそれ以上の成長特性が求められる。林業用種苗としての成長特性を確認する必要があることから、候補木やそのラメートを植栽する箇所には、比較対照として、例えば現在の造林種苗である都道府県採種圃産種苗であるとか、精英樹系統では第一世代精英樹の平均的な成長特性(精英樹特性表において評価が3以上)を有する精英樹系統等を複数植栽するとよい。スギやヒノキでは、ジベレリン処理を行うと処理した箇所が徒長するため、頂端部に処理を行うと成長特性を

適正に評価することができなくなる。このため、雄花着花性を評価する際には、側枝にジベレリン処理を行い、苗木の主軸には処理しないようにする。

また繁殖性とは、さし木発根性や種子生産性などの増殖特性を指す。これは、事業的に生産可能な増殖特性が求められるためである。さし木で普及する場合には、苗木生産業者が事業的に生産可能な発根特性をもつ必要がある。一方、実生苗で普及する際には、無花粉スギ品種を母樹として利用するため、事業的に生産する上で支障の無い程度の種子生産性が求められる。

少花粉スギ品種と低花粉スギ品種について

少花粉スギ品種と低花粉スギ品種については、どちらも雄花が自然に着生し始める15年次以上の複数箇所の検定林等で、複数個体の雄花着花性を調査する必要がある(表-2)。例えば、2箇所の検定林で評価する場合、2箇所×3ブロック×5個体、計30個体の雄花の自然着花の調査データが最低限必要である。さらに原則5年間以上の調査が必要となっているため、最低のべ150の調査データが必要である。

一方、品種開発実施要領には、スギ花粉発生源対策推進方針に定める調査要領と同等の方法で調査しても良いとしている。例えば、林野庁が社団法人林木育種協会に委託し、各地の次代検定林等において雄花の自然着花性を調査した「雄花着花性に関する調査報告書」(林

野庁 2002) を活用することができ、実際に今まで認定されてきた少花粉スギ品種と低花粉スギ品種の中には、これら過去のデータを活用しているものがある。雄花着花性の総合評価値において、少花粉スギ品種は 1.1 以下、低花粉スギ品種は 1.3 以下という基準となっているが、ある年の総合評価値が 1.1 あるいは 1.3 を仮に上回っても、5 年間以上の雄花着花性の総合評価値の平均値がこの基準を下回っていれば良い。

また両品種は林業用種苗として利用されることを想定しているので、例えば利用地域として想定される種苗配布地域に設定された検定林等の解析結果において、同一世代の精英樹と同等以上の林業的特性(成長、材質、増殖特性等)をもつことが求められる。なお、精英樹の成長や材質、さし木発根性に関する特性は、林木育種センターや各育種場のホームページに掲載されている(例えば、林木育種センターの場合は、

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/sinhijnnsyu/seiejyutokuseihyo.html>)。

ところで、平成 15 年前後に多数の少花粉スギ品種が開発された。しかし、当時において、雄花着花性について優良品種評価基準をクリアしていても、林業用種苗としての成長や材質等の特性評価値が十分整っていなかったために見送られた候補系統が存在した。近年、林木育種センターと関係県とが連携・協力して開発した少花粉スギ品種、低花粉スギ品種の中には、当時より 10 年以上経過して特性評価値が整ったことにより、花粉症対策品種として認定されたものが複数含まれている。

少花粉ヒノキ品種について

少花粉ヒノキ品種では、ジベレリン処理による着花評価と自然着花による評価の両方が必要である。調査対象個体は何年生以上でなければならないという基準はないが、原則として、自然に雄花が着生する樹齢や樹体サイズに達した複数の採種園等において調査することとされている。例えば、千葉県が少花粉ヒノキ品種(小林・遠藤 2012)を開発した際は、約 30 年生になった自県の採種園の採種木を用いて評価している。

またヒノキについても、スギと同様に雄花着花性に年変動があるため、原則 5 年以上の調査を行う必要があり、自然着花については、平年では雄花を着けないか、または僅かに着くものを品種の条件に課している。

ジベレリン処理については、採種園や育種素材保存園等の複数箇所において、それぞれ 3 個体以上に対して、枝単位でジベレリン処理を行い、雄花の着花性の総合評価値が 2.2 以下のものを品種の条件としている。

林業用種苗としての利用を想定しているため、たとえば、複数箇所に設定した検定林等での成長性や通直性の解析結果から、同一世代の精英樹と同等以上の特性を有するものが品種として認定される。

なお、林野庁が定めたスギ花粉発生源対策推進方針では、「開発品種の特性を科学的・統一的に評価し、都道府県を跨いだ利用の推進に資する観点から、都道府県は森林総合研究所に開発品種の評価を申請するように努める」こととなっている。精英樹特性表や過去の雄花着花性のデータ等もご活用頂き、開発した花粉症対策品種について、積極的に森林総合研究所優良品種・技術評価委員会に評価を申請いただくことをお願いしたい。

引用文献

- 小林沙希・遠藤良太 (2012) 千葉県に適した花粉の少ないヒノキの選抜. 千葉県農林総合研究所研究報告 4: 101-106
- 林木育種センター (2010) 平成 22 年版林木育種の実施状況及び統計. 日立
- 林木育種センター (2015) 平成 27 年版林木育種の実施状況及び統計. 日立
- 林木育種センター (2015a) 国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センター品種開発実施要領－花粉症対策品種－. <https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/sinhijnnsyu/yuryouhinsyu/hinsyukaihatu.html> (2016 年 11 月 24 日アクセス)
- 林木育種センター (2015b) 国立研究開発法人森林総合研究所林木育種センター優良品種・技術評価委員会品種評価基準－花粉症対策品種－. <https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/sinhijnnsyu/yuryouhinsyu/hinsyuhyakakijyun.html> (2016 年 11 月 24 日アクセス)
- 林野庁 (2002) 雄花着花性に関する調査報告書. 東京
- Zobel B, Talbert J (1984) Applied forest tree improvement. John Wiley & Sons, New York