

新しい組織による林木育種の推進

独立行政法人森林総合研究所 林木育種センター育種部長 宮 田 増 男

林木育種センターでは、森林総合研究所と統合し新たな森林総合研究所となつてはや半年近くが過ぎ、統合前とはだいぶ様子が変わりました。約100 km離れた森林総合研究所本所での会議が頻繁に行われるなど時間的には厳しいものがありますが、情報量が格段に増えました。これも統合効果の一つと考えており、従来に比べ、林木育種の推進をより広い観点から捉えることができます。

また、森林総合研究所の内部組織として、研究関係での統合の象徴として作られた「森林バイオ研究センター」を核としつつ、旧林木育種センターと旧森林総合研究所との研究の多方面での連携を推進するため、育種事業・森林バイオ担当理事を委員長とした遺伝・育種分野連絡会も継続的に開催していくこととなっています。

新たな「森林・林業基本計画」に沿って、今後10年間を見通した「林木育種戦略」が平成19年2月に策定されました。その中において、「林木育種は、広義には森林において林木を遺伝的に管理すること」と明記されました。林木育種は、単に既存の品種よりも優れた品種を作り出すことのみではなく、森林の施業、管理や広葉樹を含む種苗の適切な流通などをも念頭に推進しなければなりません。

また、林木育種は、将来を見据え、かつ社会的ニーズに対応しつつ効率的、効果的に推進していくためには、今までに選抜し、長年にわたる調査により個々の特性がかなり明らかになってきた精英樹約9千本や松食い虫やスギカミキリ、雪害などの各種被害に対する抵抗性品種、広葉樹優良形質候補木などの育種素材や遺伝資源を有効に活用していくことが重要です。すなわち、今までの50年にわたる林木育種事業における成果の蓄積を活用しながら、都道府県や森林管理局、大学、民間等と連携し、また、DNA分析技術等の先端技術をも有効に活用しつつ、今後の社会的ニーズに適時適切に応えていくことです。

将来への夢として、森林の多様性を確保しつつ、農作物や果樹のように林木についても個々の品種の特性が明かで、かつ品種内の特性にバラツキが少なく、また、注文に応じ必要な品種の山行き苗木を1年以内の短期間で提供できるシステムの開発を可能にしたいと思っています。スギ、ヒノキ、マツ類などについて、開発した品種の育種効果をより十分に発揮することができるクローンの苗木を短期間に工場の生産ができるシステムの開発、技術革新を行っていくことです。初期成長が旺盛、成長が持続、ヤング率が非常に高い（E90）、雄花生産量が極めて少ない、幹が通直、スギカミキリに強い、適応地域は何々、等々の特性を明らかにしたメニューにより苗木の注文を受けて、即座に苗木を生産し、提供するシステムで、しかも、それぞれの注文ごとの育成・生産される木材の品質までをも管理していく林業を目指せないと考えています。

二酸化炭素吸収・固定能力の高い スギ品種開発の考え方

1. はじめに

森林は二酸化炭素の吸収・固定源として期待されており、当センターではその能力をさらに高め、森林・林業の価値を高めるために、二酸化炭素吸収・固定能力の高いスギ品種の開発を進めています。本稿では、その背景や品種開発の考え方について解説します。

2. 地球温暖化と二酸化炭素濃度との関係

地球温暖化問題はますます顕在化しています。2007年に公開されたIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の報告書⁽¹⁾によれば、「気候システムの温暖化は疑う余地がなく明確（unequivocal）^{注1}」とされています。そして、人為起源の温室効果ガスが、現在の世界平均気温の上昇を引き起こしている可能性が「かなり高い（very likely）^{注1}」としています。その中でも二酸化炭素は「最も重要な（the most important）^{注1}人為起源の温室効果ガス」とされており、その温暖化効果（放射強制力）は最も高いとされています。したがって、二酸化炭素の排出量の削減および大気中の二酸化炭素の吸収・固定は地球温暖化問題を緩和するために重要な意味を持ちます。

^{注1}：カッコ内は、英語原文で使われている表現。

3. 森林による二酸化炭素吸収

森林は、葉における光合成反応により大気中の二酸化炭素を吸収・固定します。森林を構成する樹木は、同じく光合成を行う草本植物と比較すると、吸収した二酸化炭素を幹の中に長期間固定し続けるという特徴があります。気候変動枠組条約に基づいた日本の報告書⁽²⁾では、森林中の生体バイオマス（生物体量）中に含まれる炭素のストック量は、

$$C = \sum_j \{V_j \cdot D_j \cdot BEF_j \cdot (1 + R_j) \cdot CF\}$$

として計算されています。ここで、 C は炭素ストック量（トン・炭素）、 V は材積（ m^3 ）、 D は容積密度（トン・乾物重/ m^3 ）、 BEF はバイオマス拡大係数（地上部バイオマス/幹バイオマス、無次元数）、 R は地上部に対する地下部の比率（無次元数）、 CF は炭素含有率、 j は樹種です。そして、ある期間における炭素のストックの増加量は、その期間の始まりと終わりの炭素ストック量を上記式により計算し、その差を求めることとされています。2005年度の日本の森林の炭素吸収量は、二酸化炭素に換算して約8750万トン・ CO_2 で、日本における二酸化炭素排出量12億9300万トン・ CO_2 の約6.7%とされています。また、森林による吸収量は、日本における温室効果ガス吸収量の約9割を占めています。総排出量に対する森林による吸収量は、決して高いわけではありませんが、有効な吸収源が他にない現状では、排出量を削減するとともに森林による吸収量を高めていくことが地球温暖化の緩和に有効である

と言えます。

また、伐採されたあとの木材製品中に含まれる炭素の評価については2007年7月現在ではまだ国際的に議論されているところです。樹木は伐採されたあとも分解されるまでは炭素を保持し続けます。また、若い森林は単位時間あたりの二酸化炭素固定量が老齢林に比べて多いことが知られています。積極的に造林・伐採を行い、収穫した木材製品を長期間利用することも炭素ストックを増加させることとなり、有効な二酸化炭素吸収源対策となり得ます。

4. 林木育種における炭素固定量の高い品種の考え方

さて、当センターにおいては、上記の森林中の生体バイオマス算出式の中で、材積（ V ）と容積密度（ D ）に主眼をおいてスギの炭素固定量の高い系統の選抜を進めています。炭素含有率（ CF ）についてはその遺伝的変異を検討しましたが、変異幅が非常に小さく二酸化炭素吸収・固定能力の選抜には有効ではないと結論づけられました。樹幹部は森林バイオマスの大部分を占め、また木材として長く使われる部分であるため、樹幹部を二酸化炭素吸収・固定能力の選抜の対象としました。バイオマス拡大係数（ BEF ）および地上部に対する地下部の比率（ R ）に関しては、その測定および系統ごとの評価が困難であることから選抜の対象とはしませんでした。

スギを含む林業樹種では、品種ごとに異なる成長速度を示すことがこれまでの研究で明らかとなっています。したがって、成長速度の大きい品種を選抜すれば、期間あたりの炭素固定量は大きくなります。

また、スギの容積密度（ D ）は、現在では0.314（トン・乾物重/ m^3 ）を使うこととされています⁽²⁾。しかし、容積密度は同じスギでも品種によって変異があり、既報⁽³⁾によれば、スギの容積密度は品種間で0.200から0.510（トン・乾物重/ m^3 ）までのバラツキがありました。容積密度の高い品種を選抜し利用することによりスギの容積密度の平均値を上昇させてスギ林における二酸化炭素吸収・固定量を増大させることが可能であると考えられます。

品種開発に先立って行われた研究⁽⁴⁾により、単木あたりのスギの二酸化炭素吸収・固定量は、事例として、23%の遺伝的改良が可能であることが示されました。この結果に基づき、現在当センターでは、東北育種基本区から九州育種基本区までの4育種基本区において、スギの精英樹の中から炭素固定能力の高いスギ品種の開発を進めています。

引用文献

- (1) IPCC, IPCC 第4次評価報告書第1作業部会報告書 政策決定者向け要約, 気象庁訳 (2007)
- (2) 環境省, 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (2007)
- (3) 平川ら, 森林総合研究所研究報告, 2(1), 31-41 (2003)
- (4) 田村, 林木の育種, 224, 25-28 (2007)

(林木育種センター育種第一課 武津英太郎)

材質の早期検定技術の開発

1. 林木育種による材質の改良

木材は柱や床板などの製材として、あるいはパルプの原料として様々な形で利用されています。様々な木材が利用されるそれぞれの場面で求められる品質や性能を「材質」と呼びます。例えば、柱に使う場合には見かけよりは強さが重要でしょうし、化粧材として利用する場合には色や木目などの見かけが重要になるでしょう。言いかえれば、1万とも2万とも言われる木材の利用場面の数だけ材質のとらえ方があり、そこに材質改良の難しさがあります。

今行われているスギの材質優良品種の開発では、スギを柱等の製材として利用する場合に求められる材質の向上を目標としており、これに関係の深いヤング率、容積密度、心材含水率を指標として材質に優れたクローンの選抜を進めています。

2. 早期検定とは

材質の良いクローンを選ぶためには最低でも20年生以上の樹齢の個体によって木材の性質を測定するのが一般的です。それは、髄から10数年輪までの間は未成熟材と呼ばれ、特有の性質を示すことによります。

未成熟材部分では、密度をはじめとして多くの木材の性質が大きく変化します。例えばスギの仮道管の長さは、髄では1mm足らずのものが年輪毎に長さを順次増し、10数年輪目では3mmもしくはそれ以上の長さになり、それより外側の年輪ではこのような変化の傾向はなくなって相対的に安定します。同様の変化の傾向は多くの性質で認められます。このため、髄に近い変化の大きい部分をそれより外側の安定した部分と区分し、若く未成熟な形成層から生み出された木材という意味で未成熟材と呼ばれています。

ところで、木材を収穫する林齢を伐期と呼び、スギのそれは概ね40～60年生です。そのため、伐期の木材は成熟材の占める割合が多くなります。一方、未成熟材部と成熟材部との間で、多くの木材性質は相関関係が弱いとされています。このようなことから、材質は成熟材がある程度蓄積された20年生以上の個体を対象として測定することになってい

るのです。

一方で、グローバル化の影響等から林木育種事業の効率化、わけても長期間が必要な育種の年限の短縮は、至急の課題となっています。そこで、できるだけ若い時期に材質の評価を行うことで、これに必要な期間の短縮が求められており、これを材質の早期検定と呼んでいます。

3. これからやろうとしていること

木材性質は未成熟材部と成熟材部の間で相関関係が弱く、そのために成熟材が蓄積されるまで待たなければならないことは先に示したとおりです。では、どのようにすれば若齢期の木材性質から壮齢期のそれを評価できるのでしょうか？下図はスギの髄から1年輪目の密度値と18年輪目の密度値との間の相関関係を個体毎の測定値とクローン毎に平均した値の双方で示したものです。はっきりとした相関関係が無い個体単位とは対照的にクローン平均値では正の相関関係が認められます。このことは、クローン単位であれば若齢期に壮齢期の材質を推定して評価できる可能性を示唆します。そこで、今中期計画ではスギ等を対象としてクローン等の単位で若齢木と壮齢木間における木材性質の相関関係を調べ、どの程度まで若齢の林木を材質評価の対象とできるのかを検討します。これによってより効率的に材質を評価できるようになるものと期待しています。

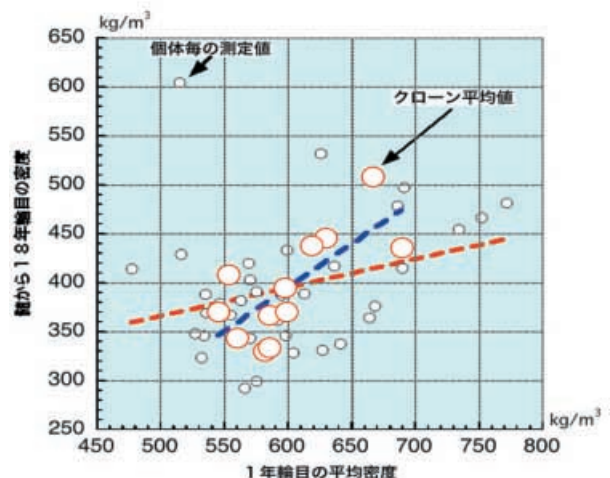


図 年輪毎の密度値の幼老相関

(林木育種センター育種第一課 藤澤義武)

新しい育種研究の取り組み（１）

分子遺伝学的手法を利用した マツノザイセンチュウ抵抗性育種

1. はじめに

昭和53年より行われているマツノザイセンチュウ抵抗性育種事業では、これまでにアカマツ142品種、クロマツ64品種（平成19年3月現在）が開発されており、大きな成果を挙げています。一方で、地域によっては抵抗性品種の開発数がまだ少なかったり、形態的特徴が利用目的に合わない場合があったりと、今後の課題も出てきています。そのために、さらなる追加選抜や第2世代化が進められています。このような従来型の育種により、着実に抵抗性品種を開発していく一方で、農業分野ではすでに品種開発に取り入れられている「分子育種」による大きな育種効果に対する期待も寄せられています。

森林バイオ研究センターでは、林木育種センターとともに、新たな育種手法の開発を手がけています。その一環として、マツノザイセンチュウ抵抗性育種への分子遺伝学的手法の利用を目指した研究を行っています。そのために「QTL解析」と「候補遺伝子解析」の2つの異なるアプローチで研究を進めています。ここでは、まず、それぞれについての概要を紹介して、次に、得られた結果の育種的利用の可能性について考察したいと思います。

2. QTL解析

形質には質的形質と量的形質があります。質的形質は無花粉のような明確に定性的に識別できる形質で、量的形質は成長量や材質特性などのように連続的に変化するような形質です。量的形質は遺伝要因

と環境要因の交互作用によって決まりますが、その遺伝要因の部分を決める遺伝子座のことをQTLといいます。このQTLを分子遺伝学的に解析するときには連鎖地図を利用します。連鎖地図は遺伝子や遺伝マーカーが染色体上にどのような順番で並んでいるかを示すものです。連鎖地図上で近くにある遺伝子や遺伝マーカーは、共に子供に受け継がれる可能性が高くなります。したがって、有用なQTLの近くにある遺伝マーカーを見つければ子供がどのような遺伝的性質を持つかが推察できます。

マツノザイセンチュウ抵抗性も量的形質にあたり、その遺伝要因を決めるQTLに関する分子遺伝学的情報を得ることが分子育種への第一歩となります。そこで、現在、抵抗性アカマツおよびクロマツの交配家系を用いた連鎖地図の作成を行っています。図1は抵抗性アカマツ・熊山ア-25の連鎖地図です。さらにQTL解析を行ったところ、図中の矢印の位置に弱い効果のQTLが検出されました。実際に分子育種に利用するには、強い効果のQTLを検出する必要があるため、現在、さまざまな交配家系を作成し、試験を行う予定としています。また、QTL解析で、精度の高い結果を得るためには形質の評価法が重要となります。各個体の保有する抵抗性のレベルを正しく評価するために、現在、さし木クローンを用いた評価手法の開発を行っています。

3. 候補遺伝子解析

QTL解析と同時に進めている候補遺伝子解析は、マツノザイセンチュウの人工接種後に発現している

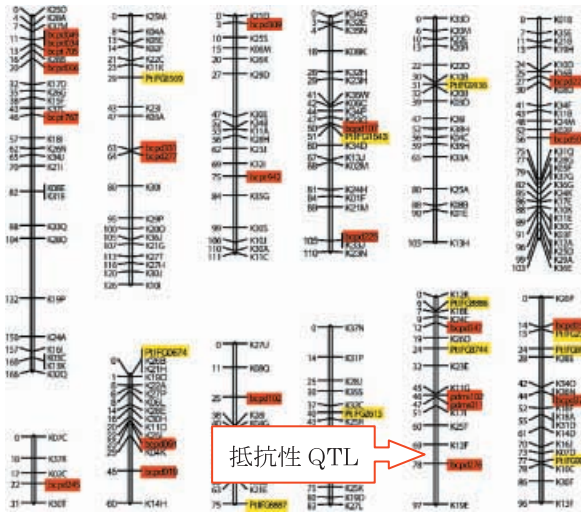


図1 熊山A-25の連鎖地図

線の右側に遺伝マーカー、左側に距離(センチモルガン)を示した。矢印の位置に弱いQTLが検出された。

遺伝子を単離して、その中から抵抗性に関与している遺伝子を探していくというものです。マツノザイセンチュウを人工接種すると、マツはさまざまなタンパク質や化学物質を合成します。これらの多くは非抵抗性のマツでも合成されるのですが、抵抗性マツでは、なにかしら線虫の増殖を阻害し身を守るような物質も合成されていると考えられます。したがって、抵抗性マツでは発現していて非抵抗性マツでは発現していないような遺伝子が抵抗性遺伝子の候補となります。これまでに、サブトラクション法という手法を用いて、クロマツの接種個体に特異的に発現するEST(発現している遺伝子の一部分のこと)を単離しています。この中には、病害虫侵入時に発現していると言われているソーマチンやキチナーゼ、その他のPR遺伝子(病傷害関連遺伝子)等が含まれていました。さらに、これらのうちのいくつかについて発現量の解析を行ったところ、多くが線虫接種後に発現していることが確認されました。

このようにして単離した候補遺伝子については、実際に抵抗性に関与しているのか、また、どの程度関与しているのかを調べる必要があります。そのために、発現形質のQTL(e-QTL)解析を行い、連鎖

地図上に位置づける予定です。これと前述の抵抗性形質のQTLの位置とを比較することにより、その遺伝子の発現量が抵抗性にどの程度関与しているかが推定できると考えられます。さらに、遺伝子自体の連鎖地図上の位置づけを行うなど、より詳しい解析を行っていくことにより、抵抗性を決定する遺伝子に近づくことができると考えています。

4. 分子育種

このように、分子遺伝学的にマツノザイセンチュウ抵抗性を調べていくことにより、これまでブラックボックスの中にあった抵抗性アカマツ・クロマツの抵抗性メカニズムを解明するための糸口がつかめると考えています。QTL解析では、抵抗性に関与している遺伝子の数や種類などが明らかになると思われます。これにより、抵抗性マツの系統ごとに抵抗性のタイプが整理され、遺伝様式が推定されると、より詳細な遺伝解析が可能となり、育種を行ううえでの視野が広がると考えられます。

さらに、マーカーや遺伝子による選抜を行うことにより、数世代先を見越した交配計画を立てることが可能となります。これにより、抵抗性を集積したきわめて高い抵抗性を持つ品種の開発や、優良形質木への抵抗性遺伝子の導入なども現実的となります。このように分子育種が可能となると、従来の方法では非常に長い年月を要するような育種計画も選択肢に入ってくると考えています。

(森林バイオ研究センター 磯田圭哉)

シリーズ 採種(穂)園の経営 (1)

需要に対応した採種 (穂) 園へ

1. はじめに

林木育種事業が始まって50年が経過し、優良な木材生産を行うための品種の開発・普及を主体に行ってきた従来の林木育種事業から、ニーズの多様化に対応した地球温暖化防止や花粉症対策などに有効な品種の開発なども進めています。この間に、森林・林業の情勢が大きく変化し、木材の輸入増大による国産材価格の低迷から、国内の毎年のスギ、ヒノキなどの造林面積が少なくなっています。

林木育種事業の中で、林木の増殖技術や採種(穂)園造成・管理などの技術が一応確立されていますが、苗木需要量の減少により都道府県が行う採種(穂)園からの種子等の生産も減少しているため、その運営に係る都道府県の予算が厳しい状況となっています。このような状況下で、多様な品種のニーズに応えるため、今後はどのように採種(穂)園を効率的に管理・運営していくかが大きな検討課題となっています。

2. 林木育種センターにおける動き

独立行政法人森林総合研究所林木育種センター(以下「センター」という。)では、従来型の採種園、ミニチュア採種園(現在はスギのみ)及び採穂園の造成改良方法について指導や講習を行っています。採種園については、現在はミニチュア型が主体となり講習等の要望も多くなっています。また、センターが昨年から行っているマイクロカッティング(ミニ挿し穂)による増殖についても、今年度から広域連携優良苗木確保対策の中の「花粉症対策苗木クローン増殖技術高度化モデル事業」として、林野庁から委託を受けた全国山林種苗協同組合連合会が花粉の少ないスギのマイクロカッティングによる苗木の大量生産に取り組んでいることから、要請に応じて技術指導を行うこととしています。

3. 従来型の採種園とミニチュア採種園

(1) 従来型の採種園

都道府県が所有する採種園のほとんどは、都道府県及び森林管理局と連携し、センターがこれまで蓄積してきた検定林等の特性評価の結果により、不良クローンの除去や新品種の入替えによる改良等が行われて来ました。これによって以前の採種園より良質な種子を提供できる状況となってきたところです。採種園は1,600本/ha植栽を基本として2回の間伐により最終的に400本/haとして、年間にスギで30kg、ヒノキで40kg、アカマツとクロマツで30kgの生産量を目標に造成されてきました。ここで生産された種子量とは精選後の充実種子を意味しています。そのため、従来行ってきた間引きは行わないよう、床面積に応じて播種量を少なくし、全ての種子を有効に使うことができます。

従来から維持管理している採種園についても、時代の要請に対応していくことが必要です。

(2) ミニチュア採種園

これからの採種園は、必要に応じた特性を有する種子を適時適切に提供していくことが求められるようになってきています。新植等の造林面積が減少していること、森林のあり方や植栽木に対する国民の意識・要望が多様化してきたことなどから、それに対応する必要があります。そのために、センターではミニチュア採種園といった手法も指導しています。ただし、ミニチュア採種園については従来型より維持管理費や着果促進などの技術が必要となります。1年間でも手を抜いてしまうと、樹形維持(整枝剪定)や種子生産に大きな影響を与えてしまいます。1年間手入れを怠ると、例えば、植栽幅が狭いため樹体全体に陽光が当たらなくなって着果量が減ってしまったり、徒長により作業効率が悪くなってしまうことなどが考えられます。また、温暖な地域では成長が早いことなどから、

寒冷地である東北育種基本区で作られたスギミニチュア採種園技術マニュアルを各地域に合わせて修正し、施業・管理をしていくことが必要となります。スギ以外についても短期間で種子の生産可能な手法の技術開発が必要となっています。

4. 新たな苗木増殖の方法

採種園については前項で述べたとおりですが、品

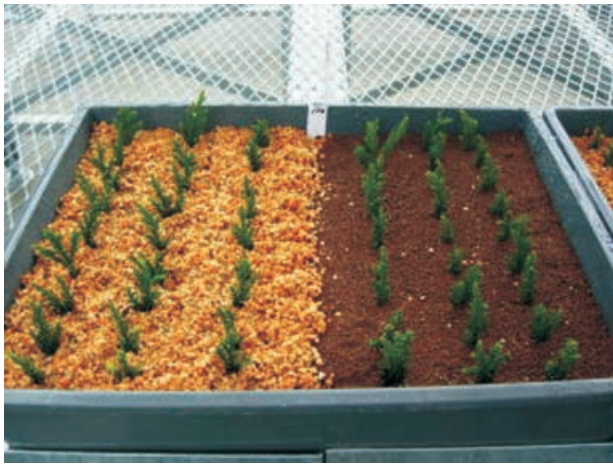


写真1 ミニさし穂作りと用土試験

種によっては遺伝的性質を完全に受け継いだクローンの苗木生産を行うことが求められる場合もあります。

センターが開発した無花粉スギ品種「爽春」のように、100%同じ性質の苗木を必要とする場合があります。このような苗木を大量にかつ早急に提供する方法として、センターでは組織培養とともに、技術の改良を進めながらマイクロカッティングによるさし木苗作りに取り組んでいます（写真1）。今までのような大きなさし穂では、穂を得られるまでの採穂木作りに時間がかかってしまいます。

5. これからの採種(穂)園経営

毎年の造林面積が、少なくなっている今日、造林量は増加が見込まれるとしても、拡大造林が盛んであったような時代にはなり得ないでしょう。

このような状況下において、特にスギについては、従来型の採種園と新たなミニチュア採種園との組み合わせをどうしていくべきなのか、また、各都道府県で樹種ごと、場合によっては用途ごとに保有してい

る採種園や採穂園をどのように維持、管理、改良していくべきなのかが大きな課題となっています。

ところで、樹種により品種の種類が大きく異なります。スギは品種数が特に多く、成長や材質の優れた品種、花粉の少ない品種、スギカミキリ抵抗性品種、日本海側の雪害抵抗性品種、今後開発予定の二酸化炭素吸収・固定能力の優れた品種などがあります。各樹種ごとに多くの形質に優れたスーパーツリーを開発できればよいのですが、その開発には、相当の年月がかかります。しかし、現状においても、例えばスギの成長の優れた品種の開発においては、その他の材質や花粉の生産量（花粉症対策面で）なども精英樹の中で中程度以上に優れているものを選定するように考慮しています。

スーパーツリーが開発できるまでには、ある程度用途別を考慮しながら採種園や採穂園を造成、改良していくことが重要と考えます。

可能であれば、当面は、従来型の採種園を面積や箇所数の減少を図りながらも確保しつつ、ミニチュア採種園の造成を進めることが望まれます。

また、品種の種類が多くなっていくなか、それほど種苗の生産量は多くならないと見込まれる状況下で、各都道府県ごとに保有している採種園や採穂園の将来のあり方については、育種区単位などで保有する方式やその他の仕組みなどをそろそろ林野庁が中心となり、関係機関で論議、検討を進める必要があると考えられます。

最後に、地球温暖化防止や松くい虫対策、林業の活性化等の面で、林木育種に科せられた役割は、極めて大きいものがあると思います。今後とも林木育種事業を着実に進めることが重要であると考えています。

(林木育種センター指導課 植田 守)

スポット 系統評価のための統計的手法 (3)

次代検定による精英樹の系統評価では、最小二乗法により各系統の推定値を求め、特性表を作成しています。より高い精度で系統の評価を行うためには、育種価を予測することが必要となります。育種価とは、親から子に伝えられる能力（遺伝的能力）を数値で示したものです。林木では育種価を目にすることは、まだ少ないですが、家畜の育種では、例えば種雄牛の評価表に予測育種価が載せられているなど、広く活用されています。育種価の予測法の前に、育種価について佐藤（1996）の説明をもとに紹介します。

一般に形質の発現には遺伝と環境の両方が関与しているので、表現型値（実際に測定できる値）は、遺伝子による影響（遺伝的效果）と環境による影響（環境効果）を受けています。ある形質 Q の表現型値を P とし、その遺伝的效果を G、環境効果を E とすると、以下の式で表すことができます。

$$P = G + E \quad (1)$$

量的形質では、多数の遺伝子が形質の発現に関与しています。多数あるなかの i 番目の遺伝子の遺伝的效果 (G_i) は、遺伝子の相加的效果 (A_i) と優性効果 (D_i) に分けることができ、以下の式のとおりで

$$G_i = A_i + D_i \quad (2)$$

最も単純な例として、形質 Q に関与している一つの遺伝子座に二つの対立遺伝子 (A₁, A₂) があり、ともに遺伝子頻度が等しい場合を考えます。A₁, A₂ の遺伝子頻度 p, q は、ともに 0.5 です。遺伝子型が A₁A₁ のとき形質 A に対して + a の効果、A₂A₂ のとき - a の効果、A₁A₂ のとき + a の効果があるとすると、集団平均 μ は、

$$\mu = p^2 \cdot a + 2pq \cdot a + q^2 \cdot (-a) = a/2$$

となります。したがって、それぞれの遺伝子型における効果（遺伝子型値）を集団平均からの偏差によって表すと以下ようになります。

$$\begin{aligned} A_1A_1 : & \quad a - a/2 = 1/2 \cdot a \\ A_1A_2 : & \quad a - a/2 = 1/2 \cdot a \\ A_2A_2 : & \quad -a - a/2 = -3/2 \cdot a \end{aligned}$$

集団内において遺伝子型 A₁A₁ の個体が無作為交配を行うと、集団内の A₁ と A₂ の遺伝子頻度は等しいので、A₁A₁, A₁A₂ を持った子が等しい頻度で生まれてきます。同様に、それぞれの遺伝子型を持った親が無作為に交配することにより、生まれてくる子の遺伝子型とその頻度は、表のとおりです。

表 親の遺伝子型と子の遺伝子型の頻度

親の遺伝子型	子の遺伝子型		
	A ₁ A ₁	A ₁ A ₂	A ₂ A ₂
A ₁ A ₁	1/2	1/2	0
A ₁ A ₂	1/4	1/2	1/4
A ₂ A ₂	0	1/2	1/2

A₁A₁ から生まれてくる子の遺伝子型値の平均は、

$$(a/2) \cdot 1/2 + (a/2) \cdot 1/2 = a/2$$

となります。同様に、A₁A₂ の子の遺伝子型の平均は 0, A₂A₂ の子供の遺伝子型値の平均は - a/2 です。ある親が、その集団と無作為に交配することによって生まれてくる子の遺伝子型値の平均と集団平均との偏差は、その親の持つ遺伝的能力の 1/2 に等しいとされています。つまり、この偏差の 2 倍がその親の育種価です。遺伝子型が A₁A₁, A₁A₂ および A₂A₂ の育種価は、それぞれ a, 0, - a となります。A₁A₁ および A₁A₂ を持つ親は、ともに同じ遺伝子型値 a/2 ですが、育種価は a と 0 と違って

います。この差は優性効果によるものです。選抜育種では、育種価の高い個体を選抜することによって集団の遺伝的レベルを高めていきます。しかし、育種価は、直接測定することができないため、表現型値を手がかりとして、予測することが大切です。今回は、育種価を予測する方法として最適線型予測 (BLP 法) について紹介します。

引用文献

佐藤正寛:最良線形不偏予測の話(第3版), 畜産試験場, 110pp(1996)

(林木育種センター保存評価課 久保田正裕)