

## 林木育種について

— IUFRO 遺伝部研究集会の概要 —

九州林木育種場 大庭 喜八郎

IUFRO (国際林業研究機関連合) は国際協力により林業研究を促進し、林業の発展をはかることを目的とした国際組織であり、林業の各部門別に部会と研究班がある。林木育種に関する遺伝部会には、① 集団遺伝および生態遺伝、② 育種理論、③ 次代検定、④ 細胞遺伝 および ⑤ 生化学遺伝の5研究班が組織されている。今回は、①～③の研究班の合同研究集会であり、1974年8月25日から9月8日までの15日間、スウェーデンのストックホルムで開催された。この集会に、19か国から72名が参加したが、我が国から、戸田(林試・遺伝育種科長、IUFRO 遺伝部会長)および大庭の2名が参加した。

会議は、8月25日～29までの前期視察旅行および9月6日～8日の後期視察旅行とその間の8月30日～9月6日までの研究集会とにより構成され、研究集会には38編の論文が提出された。論文はそれぞれの内容により項目別にまとめられ、シンポジウム形式で活発な討論がおこなわれた。なお、このほかに、王立林科大学森林遺伝部の試験地の見学があった。以下、項目別に発表および討議内容の概要をのべる。

### 1. 林木育種および林木の遺伝に応用する場合の集団遺伝学諸概念の再吟味

ベルギーの A. NANSON は、家畜の育種で開発された集団遺伝学の遺伝力、遺伝相関などの諸概念は、林木の場合、集団の定義、地方品種の問題、親と子孫の生育環境条件、比較調査時の成熟度や年齢あるいは繁殖様式など家畜のそれらと非常に異なっており、単純な適用には問題があることを指摘した。また、GREGORIUS により遺伝子頻度に基づく集団間の遺伝的距離の数理的解析の発表があった。

### 2. 各種育種方法の得失

将来の育種集団を育成する交配様式について、アメ

リカの NAMKOONG の詳細な論文が提出された。林木育種の基本的原則として、① 長期的な選抜効果を期待するには、有効集団を大きくとるの必要があり、それに伴い各世代の選抜差は小さくなる。② 短期的に育種効果を上げるには選抜差を大きくとることになり、必然的に有効集団の大きさは小さくなるという相反するものがある。結局、選抜差の効果と近親交配の防除という面から長期的な林木育種計画を立案する必要がある。単純に量的遺伝を考えた場合、自然受粉集団について、各世代100個体を選抜すると、有効集団が50,000個体のときにもっとも高い選抜効果がえられる。人工交配集団の場合は、単純対交配組合せ(Simple pair mating)、いとこ間交配組合せなどにより選抜差を大きく、かつ、近親交配を防ぐ手法が考えられる。結局、部分ダイアル交配がもっとも望ましい。大庭は日本での5樹種(スギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツ、サワラ)について発見されたメンデル遺伝子の種類と頻度およびそれらの地理的分布をのべ、集団および個体における遺伝子構成に関する情報は、将来の育種計画、とくに同系交配を防ぐために必要であると報告した。WEIR はテーダマツおよびスラッシュマツについて第2代目の改良を旨とする育種計画を報告し、家系選抜と集団選抜を組合せることにより、より育種の成果が上るとしている。そして、近親交配の障害を防ぐことが大切であり、そのためには両親の明らかな家系において、上位個体を選抜する必要性をのべている。そして材積生長で、20%程度の遺伝獲得量を予測している西ドイツの KLEINSCHMIT は欧州トウヒのさし木増殖による育種計画の有利性を報告した。すなわち、電算機によるシミュレーションにより産地選択、採種圃方式による個体選抜およびさし木繁殖の場合の個体選抜の事例を解析し、収量増による純益、個体あたりの経費、利率を計算した。

### 3. 遺伝力

酒井らはクローンあるいは家系を育てることなく、遺伝力を推定する方法を開発した。この場合、遺伝分散と競争分散の共分散は零と仮定して推定がおこなわれたが、実際には零ではないといわれる。西ドイツの HÜHN はこの共分散が零でないとした場合の遺伝力の推定方法を開発した。

### 4. 多形質選抜

フランスの ARBEZ らはフランス海岸松の育種において判別関数を用いて選抜している。その使用形質は経済的見地から材積、材質、抵抗性などの形質がある。同系交配を排除するとともに、また、遺伝的面からは相加的效果のある形質、老幼相関の高い形質、遺伝相関の高い形質を選ぶべきだとしている。

この判別関数による選抜は多形質の選抜に有効なことは理論的に証明されているが、実際の使用にあたっては、各世代毎の正確な遺伝パラメーターの推定値が必要である。

アメリカの BEY らはいくつかの形質について同時に選抜する新しい方法を提案した。これは判別関数による方法と次の3点にちがいがあある。(1) 複数の評点と選抜を用いる。(2) 選抜は常に1形質についてもっともすぐれた個体をとる。(3) 形質間の相関は選抜された家系にもとづいている。*Juglans nigra* のみしような採種園において萌芽時期、直径、枝下高、頂枝数について調査し、上記の手法により、何通りかの選抜を試み、遺伝力、選抜差、形質間相関により、それぞれの選抜法での遺伝獲得量を計算した。西ドイツの RECK は *Populus trichocarpa* の乾物生産量の遺伝力は0.68、材比重のそれは0.09と推定し、年輪幅および繊維長の遺伝力は両者の中間であると報告した。

### 5. 同系交配

林木において多数の自殖系をつくり、これらの間の交配により雑種強勢を期待することは労多くして効果が少いと、アメリカの FRANKLIN により報告された。一方、育種効果が高いと考えられることから、これに反論があったが、雑種強勢育種では自殖系の育成に時間と経費がかかること、また、集団の遺伝的柔軟性にかける恐れがあり、効率が悪いようである。

欧州アカマツと欧州トウヒの天然分布地域の周辺部（北極地方）と中央部における自然自殖率は同じであることがフィンランドの KOSKI により報告された。遺伝的な片よりが生じ、分布の周辺部など近親個体が

多くなり、自殖率の高い個体が生存するという仮定は成立しなかったが、高海拔高の分布限界地域での再調査が望まれた。

### 6. 雑種強勢

*Populus euroamericana* (*P. tremula* × *P. deltoides*) は自然雑種ですぐれた  $F_1$  がえられた好例である。韓国の玄は *Populus alba* × *P. glandulosa* の  $F_1$  が重粘質土壌の山地においてすぐれた生長をしめすことを報告した。これは現在、年間数百万本の造林がおこなわれているといわれる。スウェーデンでは中部スウェーデン産トウヒと中央ヨーロッパ産のトウヒの交配により、雑種強勢をえたが、これは中部スウェーデンのみで好結果が得られ、北部に植栽すると凍害を受けた。こうして、雑種の適応性について限界があることをしめした。欧州カラムツと日本カラムツの種間雑種の生長がすぐれていることはよく知られている。リギダマツとテータマツの  $F_1$  もすぐれているが、 $F_2$  においても雑種強勢が保持されることから、この雑種強勢にはポリジーンが関与していることが推定されている。

### 7. 老幼相関

林木のように寿命の長い生物の育種にとり老幼相関の情報は非常に重要である。しかし、まだ資料は少ない。老幼相関に関係のある文献探索の結果が、カナダの SZIKLAI によりまとめられた。ポーランドの GIERTYCH は59年生の欧州アカマツ試験林の調査の結果、少くとも16年生までの生長は種子の重さの影響を受けること、また、この産地集団はそれらの初期生育と逆の相関があり、早期検定の危険性を強調した。アメリカの STEINHOFF は50年生のボンデローサマツおよびモンチコラマツについて産地試験、または、次代検定の結果、15年～20年生までの結果はあまり信頼できないとしたが、しかし、悪い家系や産地を除去することは10年生位のもの調査結果で可能であると報告した。いろいろな論議があったが、少くとも負の相関がないかぎり、選抜の効果は期待できるし、今後の重要な研究分野である。

### 8. 繁殖集団の大きさ

この部会には8編の論文が提出された。フィンランドの KOSKI 紹介論文が発表されたが、まず、自然集団について、すべてに適用される一定の大きさの有効集団はない。すなわち、樹種、環境条件により有効集

団の大きさは変動する。大きな連続的な広がりをもった集団では有効集団は十分に大きく、遺伝的浮動は起らない。この有効集団の大きさを決定する際には、花粉の飛散、人工自殖、同位酵素分析など、種々の手法を併用することが望ましい。育種集団（次期の優良個体群を選抜するための集団）は大集団ほどよい。大きな遺伝変動を保有するには、非常に小さな集団ではだめである。一般に針葉樹では自殖をおこなえば非常に大きな自殖弱勢がみられる。これは有効集団の大きさが小さいと考えると説明できない。

フィンランドの TIGERSTEDT は同位酵素の研究により *Picea abies* 集団の遺伝的構造を明らかにした。ロシアンミノペプチダーゼ、エステラーゼ、フオスファターゼ、アルコール脱水素酵素について Hardy Weinberg の平衡式が極めてよく適合することをのべた。分布の周辺部の集団においても総体的な遺伝子型のヘテロ性は非常に高く、緯度変異をしめた。西ドイツの MÜLLER はトウヒとマツの花粉および種子の飛散の結果から遺伝子の移動を考えた。この外にスウェーデンの LINDGREN は採種園における適切な構成クローン数について検討した。クローン数が多い方がよいという理由の一つは集団内に大きな遺伝変動を保つためであり、もう一つの理由は自殖を少なくすることにある。しかし遺伝獲得量を高めるには選抜強度を高めクローン数を少なくすることになる。これにともない自殖率が高まる恐れがあり、結局、この両者のかね合いで、適切なクローン数を決定する方法が報告された。

平面的に連続的な林木集団の遺伝的分化は遺伝子流入が制限されることにある。そしてこれは花粉および種子の飛散様式により決まる集団の移動様式に依存する。西ドイツの MÜLLER は一つの林分内の各個体からの花粉および種子の飛散を測定し、MALEROT の連続移動モデルを変形して近縁係数と同系交配係数を推定した。

Racz らは Lower Saxony の造林区を設定するため、まず、電算機を利用し、気象要因により分類、地域区分をおこなった。欧州トウヒ、欧州アカマツ、ダグラスファーおよびカラマツについて、1881年から1930にわたる気象資料から14種類の要因をとり上げ分析計算をした。

フランスの BIROT は米国ワシントン州から導入されたダグラスファーの集団間の萌芽期のちがいと凍害回避の問題を報告した。またイスラエルの GRUNWALD らは、オーストラリアから導入された *Eucalyptus camaldulensis* の葉、芽、樹皮等の形質について二つの異なる集団があることを認めた。

## 9. 遺伝資源の保存

スウェーデンの EHRENBURG が自国の現況と将来の計画を紹介論文として発表した。遺伝資源の保存方法としては、現地林分保存あるいは樹木園、産地試験等の樹木集植による方法と種子、花粉保存等の方法がある。農作物、家畜の育種の成功は基本集団に十分な遺伝変異を保持していたことによるが、育種はこれらの遺伝変異の選抜、再組合せ、ついで分離と選抜により、自然の変異を減らしていることになる。林木についても育種集団に十分に大きな遺伝変動を保持させることは育種担当者の目標である。前述のとおり、遺伝資源の保存はいろいろな方法で実行されている。しかし、これらの相対的な有効性は明らかにされていない。この外に経済上の問題、データ収集および森林生態系における遺伝的組成の解明の問題がのこされている。まず、遺伝資源を保存すべき生態区あるいは育種区の設定が先決である。さらに、次のような項目の研究が必要である。

- ① 集団の遺伝的組成およびその価値
- ② 保存あるいは増殖のためのサンプルの大きさ
- ③ 種々な保存方法の経済的効率
- ④ これらの遺伝資源の将来の利用方法
- ⑤ 植物組織、花粉、種子などの保存と培養方法
- ⑥ データ収集と保存

また、遺伝資源保存の成果を上げるためには国際協力が必要である。

## 10. 実験計画

スコットランドの JOHNSTONE らは林木の次代検定についてもっとも有効、かつ適切なプロットの大きさとその形に関する交験のレビューをおこなった。その結果、まだ多く不明な点があるとしている。カラマツおよびシトカトウヒについてプロットの大きさおよびプロットの形を検討する設計でおこなわれた結果、10年生まで単木混植あるいは1プロット4本植栽の方が大きなプロットよりよい結果がえられた。直径についても、同じく単木プロットの方がよかった。変異係数から判定した最適なプロットの大きさは、10年生まで5~10本のプロットとみられた。プロットの形の影響は一層複雑であり、立地の不均質性が非常に大きな影響があるものと思われる。

## 11. 次代検定

スウェーデンの JOHNSON は次代検定の利用は採種

園での不良クローンの伐除および次世代の採種園のための親クローンを選ぶことにあることを強調した。すなわち、次代検定の結果、上位10%を選び、次代の採種園を造成することを基本方針としている。しかし、実際には、従来、4花粉親による交配種苗により検定していたのを、同一花粉親が5雌親に交配される部分ダイアレル交配様式に変更し、次代検定集団からも次世代の精英樹の選抜ができるように配慮されている。

造林の見地から林地での抵抗性、生長能力、質的形質など多数の形質について検定をおこなう。形態に関する質的形質として、幹の通直性、樹皮の厚さ、枝の太さ、幹の細り、自然落枝性が重要である。検定期間は伐期の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ 程度が現実的であろう。単位面積当たりの材積を推定するには $6 \times 6 = 36$ 木/プロットが適当である。間伐について、普通、列状などの機械的間伐が考えられるが、いろいろな樹種についての試験林、約100haについて間伐を実行した結果、大体、造林の間伐の方がよいという結論になった。造林の間伐を注意しておこなえば各系統の間伐前と後との関係の変化は極めて小さい。プロット間競争を除くため、プロット周縁部の個体を測定から除外する必要はない。不完全ブロック計画とランダムプロット計画の精度を比較すると、樹齢が高くなるにつれ、不完全ブロック計画の精度は後者の精度に近くなる。検定林あたりの検定家系統は交配計画と密接な関係があるが、面積、家系あたりの個体数、植栽間隔などにより部分ダイアレルあるいは多交配により検定をおこなう。種内の特定組合能力の検定にあまり力をいれる必要はない。単木混植の方がプロット植栽より実験精度が高いのが普通であるが、単木混植でも家系間の個体数に大きなちがいがあがる場合、結果に間違いを生ずる恐れがある。各家系と植栽地域間の交互作用を明らかにするのも次代検定の大きな目的である。少くとも3個所以上に同一セットのクローン構成で、検定林を設けることが望ましい。一つの検定林における早期と後期の相関は早期検定とは関係がないことを強調したい。そのような相関は、系統間の初期のちがいがどの程度、遺伝的要因あるいは環境的要因によって生じたかを示すだけであり、後から見て、どの時期からの選抜が成功するかを云えるだけである。耐凍性および耐病性について特殊検定法を開発する必要がある。

オーストラリアのELDRIDGEは1951年から1973年までに設定された*Pinus radiata*の次代検定林、270個について、まちまちのデータを解析する手法の開発について報告した。まず、プラス木の登録を統一した

規格とし、情報交換を容易にした。数値化により、検定林が設定された州、同検定林に用いた家系統、交配様式、植栽年次等をまとめ、一覧表にした。標準的な評価方式は1～5点の評点方法により、樹高、直径、分岐、枝の特性および幹の通直性をしめた。自然受粉家系について、一つのとりまとめ方として使用家系統の上位、 $\frac{1}{4}$ に+1、中位、 $\frac{1}{2}$ に0、下位、 $\frac{1}{4}$ に-1を配点し、その頻度はより特性の良否を見た。人工交配家系の検定は数検定林に共通は用いた系統を基準にし、上記と同様の手法により順位づけをおこなう、こうしてまとめた次代検定の結果は遺伝獲得量の判定にも利用することができる。

MATYÁSはハンガリーでの欧州アカマツの次代検定の結果を報告した。事業用の採種圃産種子はより材積で10%以上の増収が期待される。また、適応性が産地間で有意にちがうことが判った。一方、産地内分散は小さかった。このため、選抜は産地、林分間に拡大するよう計画が立てられた。

西ドイツのWEISGERBERは*Alnus glutinosa*の8年生の次代検定の結果により、一般組合せ能力の高いクローンを検出した。同じく、HATTEMERらは日本カラマツと欧州カラマツの種間雑種がすぐれた生長をしめすことを明らかにし雑種強勢育種の重要性をのべた。

スウェーデンのDORMLINGらは欧州トウヒの冬芽形成におよぼす短日処理時間の長さは主動遺伝子により決まる例が報告された。また西ドイツのBAUMEISTERは欧州アカマツ採種圃の種子生産量の予測について報告した。

## 12. 造林・育種地域区分（育種区）

ノルウェーのDIETRICHSONを紹介者とし、育種区の設定について討論がなされた。現在、育種区の区分は気候的要因、土壌的要因により決定されている。将来の林木育種をより円滑に進めるため、早急に、それぞれの樹種の反応にもとずく育種区を決定する必要がある。

一般農作物と比較し、林木の生育環境は非常に不均質であり、育種区を狭くした方が有利という議論と、適応性の育種という観点からある程度広い育種区を考える方がよいという議論があった。

以上、会議の概要をしめた。最後に、この会議に出席する機会を与えていただいた日本学術会議、日本林学会、林野庁、農林省林業試験場および九州林木育種場の各位に心からお礼を申し上げる。