

海外林木育種・遺伝資源 (2)

富 田 啓 治

ベトナムにおける早生樹育種

1. はじめに

王子製紙(株)は30年以上前から製紙用原料の枯渇を予測し、広葉樹資源の確保を目的として、オーストラリア、アジア、ブラジルなどにおいて約15万haの海外植林を行ってきた。近年では地球温暖化問題や天然林伐採の制限、二酸化炭素排出権取引なども絡めて、海外植林の重要性はさらに高まっている。当社森林資源研究所では1991年から熱帯林再生技術研究組合(2001年3月終了)に参加し、早生樹のクローン化技術の開発など、熱帯林再生技術の研究・開発に取り組んできた。さらにDNAマーカーを利用した育種の効率化や優良クローンの管理技術の育種現場への導入を試みている。ここでは、王子製紙のベトナムでの植林事業とともに、早生樹育種の取り組みを紹介する。

2. QPFLの植林事業

1995年に広葉樹チップ原料の確保を目的として、日商岩井(株)(現双日(株))、大日本印刷(株)とともにベトナム中部Binh Dinh省Quy Nhon市(図1)にQPFL(Quy Nhon Plantation Forest Company of Vietnam Limited)を設立し、1995年から植林に着手した。伐期を7年とし、無立木の丘陵地に年平均約1,300haの規模で植林している。2002年7月から伐採を開始し、その跡地にはアカシアの再植林を行っている。当初はユーカリ・カマルドレンシス(*Eucalyptus camaldulensis*)とアカシア・アウリカリフォルミス(*Acacia auriculiformis*)が主体であったが、その後、ハイブリッド・アカシア(*A. mangium*×*A. auriculiformis*)に重点が置かれ、2002年からはすべての新植地でハイブリッド・アカシアを植林している(図2, 3)。植林用地はBinh Dinh省人民委員会より借地し、作業はBinh Dinh省の木材公社PISICO(Binh Dinh Production Investment Service Import-Export Company)に委託している。

3. ハイブリッド・アカシアの導入

QPFLでは前述したように、主にアカシア・アウリカリフォルミスとユーカリ・カマルドレンシスを植林していたが、病害虫による被害あるいはQPFL植林地での適応性が低いなど、当初の予想に反して、極めて低い成長量を示していた。そこで1996年から、

Keiji Tomita : Overseas Forest Tree Breeding and Genetic Resources (2) Forest Tree Breeding in Vietnam

王子製紙株式会社 研究開発本部 森林資源研究所



図 1 QPFL 所在地 (Binh Dinh 省 Quy Nhon)

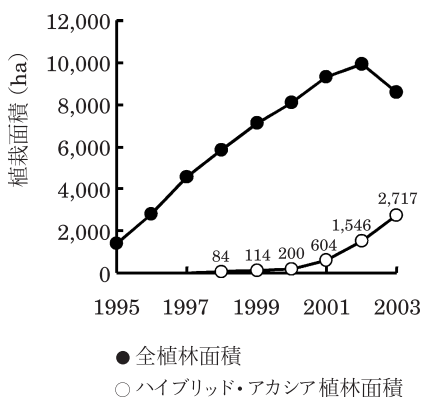


図 2 QPFL における全植林面積とハイブリッド・アカシアのクローン植林面積

当時 FSIV (Forest Science Institute of Vietnam) において研究が行われていたハイブリッド・アカシア 3 クローンを導入し、試験植林を開始した。FSIV より導入した 3 クローンについて QPFL 植林地内に設定したクローン試験の結果、当初主体とした 2 樹種より成長量が極めて良好であることがわかってきた¹⁾。この結果を受け 98 年度よりハイブリッド・アカシアによるクローン事業植林を開始した。さらに 1997 年からは積極的に自社植林地からも優良木の選抜をはじめた (写真 1)。具体的には、樹形 (通直性、単幹性) の良い個体について、その周囲 25~30 本の個体の胸高直径と樹高を測定し、平均値と標準偏差を算出し、平均値 + 2 × 標準偏差以上の胸高直径を持つ個体を優良木とした。さらに挿し木した場合の発根性などでスクリーニングしている。

QPFL 社では現在 2 ヶ所に約 2.6 ha の採穂園を所有しており (写真 2)、独自に選抜したものを中心に、FSIV, FSPMC (Forest Seed and Planting Material Company; 林業省下部機関)、マレーシアから導入したものを合わせて 55 クローンを植栽されている。クローン苗木の生産量も拡大し、現在では毎年約 110 万本のクローン (挿し木) 苗が生産されている。

4. ハイブリッド・アカシアの育種

ハイブリッド・アカシアはもともとマレーシアやパプアニューギニア

において、アカシア・マンギウム (*A. mangium*) とアカシア・アウリカリフォルミスとの間に生じた自然雑種個体が旺盛な成長性を示すという報告から、オーストラリアやベトナム、マレーシアで研究が行われ、広く注目されるようになった^{2,3)}。これまでに形態的な特徴、特に葉の形態（葉脈数等）などから雑種識別が行われてきたが（写真3）、最近ではDNA マーカーによる雑種鑑定法が確立され⁴⁾、より正確な判別が可能となった。

ハイブリッド・アカシアは両親より成長が旺盛で、雑種強勢の現象が現れており、雑種第一代である優良木をクローンとして利用することが行われている。このため挿し木によるクローン増殖技術の確立が必要となった。森林資源研究所では熱帯林再生技術研究組合に参加し、クローン化技術の開発を行った。アカシア

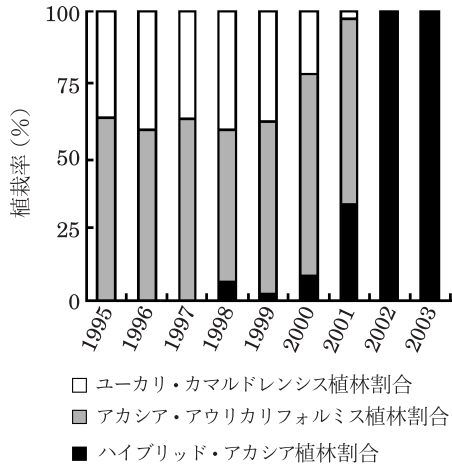


図 3 QPFL 植林地における各樹種の植林面積割合



写真 1 マンギウム植林地内で選抜されたハイブリッド・アカシア



写真 2 挿し木用栽穂園



写真 3 葉の形態的特徴
(左からマンギューム、ハイブリッド、
アウリカリホルミス)



写真 4 DNA マーカーによる個体識別

混じっていることが以前よりしばしば観察されていた。そこで一部の採穂母樹の葉をサンプリングし、九州大学で開発された MuPS (multiplex PCR of SCAR markers) システムを利用した個体識別を行った (写真 4)。MuPS は PCR 法を用いた DNA 鑑定法の一つで、より長いプライマー、より高いアニーリング温度を用いて特異的に目的 DNA 領域を増幅することで、再現性、信頼性を高めた複数の SCAR マーカーを一回の PCR でタイピングする方法である⁶⁾。その結果、異なる母樹由来のクローンであるにもかかわらず、同一の DNA 型を示したり、逆に同じ母樹由来のクローンであるにもかかわらず、異なる DNA 型を示したりするなど、複数の母樹群においてクローンのコンタミネーションを起こしていることが明らかとなった。また、導入された 55 種類以上の DNA 型が存在していることも判明した。

初期に導入したハイブリッド・アカシア優良クローンについては、他の研究機関などから 1 クローンあたり数百ラメート (分株体) を購入しているが、この時点で既にコンタミネーションを起こしていた可能性が高い。実際にマレーシアから導入した 10 クローンについて分析を行ったところ、7 クローンが同一の DNA 型を示し、1 クローンは

は加齢により挿し木発根率が低下するが、挿し付け用土の含水率の検討や、挿し付け後の生育環境の高湿度維持などにより、挿し木発根率を大幅に向上させることに成功した⁵⁾。現在では 70% 以上の得苗率で挿し木苗生産を行っている。

アカシアは花器が雌雄同花で、かつ花の大きさがきわめて小さいため、人工交配を行うことが容易ではない。さらに虫媒花であるため、採穂園外からの花粉の混入が考えられる。そのため QPFL では他の研究機関から多種類の優良クローンを導入することで遺伝的多様性を保っていく計画である。

5. DNA マーカーの育種への導入

5. 1. DNA マーカーによる採穂園の管理

採穂園に植栽されている優良木の採穂台木の中に、同じクローンであるにもかかわらず異なる形態の葉が

2種類のDNA型が混在しているという結果が出ている（未発表）。また、採穂台木は発根率の低下を防ぐために5年ごとに植え替えを行っているが、その際にコンタミネーションを起こしたり、実生個体などハイブリッドとは異なるクローンが混入したりした可能性がある。現在、MuPS分析によってそれぞれのクローンのDNA型を決定し、採穂園の再整理を行っている。

5.2. DNA マーカーを利用した検定林レス次代検定

選抜された優良木の遺伝的優良性を評価するために、これまで次代検定林と呼ばれる試験地を多数造成する必要があった。しかし、一般植林とは別に次代検定林を造成することは、その維持・管理、経費等の制約から数が限られ、様々な立地条件に設定することはできない。九州大学は「DNA鑑定による家系・クローン管理を用いることで、一般植林地を次代検定林として利用することが可能である」ことを提唱した⁷⁾。今後はDNAマーカーによる個体識別を利用し、各植林地で成長性の優れた個体をスクリーニングし、DNA識別によって、DNA型を決定することで、各植林地に適したクローンを特定することが可能となり、逆に不良クローンについては採穂園から排除するなどにより、それぞれの植林地に適したクローンを選んで植林することが可能となる。多様な立地に植林された一般植林地での次代検定が可能となることから、立地条件—クローンの交互作用に関するより詳細な情報を得ることができる。この情報を活用することにより、きめ細かく、高いレベルで育種されたクローン林業への展開が可能となる⁸⁾。この理論に基づき、現在QPFLクローン植林地内で成長性良好な個体のスクリーニングを行っており、優良クローンのみによる採穂園の再構築を計画している。

さらに紙・パルプ原料として利用する場合、アカシアはユーカリに比べ、ピッチトラブル（紙に黒い斑点が現れる現象）や、ワックス成分による高速印刷時の紙すべり、パルプ収量に強く影響する容積密度が低い、等の欠点が指摘されている。今後はこれらの欠点を克服すべく、材質特性やパルプ化特性に優れた優良木の選抜も必要となってくる。

6. おわりに

ベトナムは現在、猛烈な勢いで経済発展が進んでいる。一方で、戦災などで失われた森林を回復するため、国を挙げて植林事業を進めている。中国を含むアジアの経済発展とともに紙の需要が大幅に増え、紙パルプ生産のための木質資源の枯渇が予想されている現在、QPFLの植林事業の重要性がますます高まっていくことは想像に難くない。今後はより経済価値の高い植林木が求められる。一方で、古くから交配や選抜が繰り返されてきた栽培作物と比較して、林木の育種が遅れていることは否めない。現在、様々な国で実施されている林木育種プロジェクトにおいても、組織的な優良個体の選抜、その繁殖（着花、結実までの年限）などに起因して、一朝一夕に成果を求めることはできない。林木は、逆にきわめて高い多様性を保有していることから、育種による効果は非常に大きいことが予想される。今後、DNAマーカーを導入した新しい育種システムを積極的に取り入れ、林木育種事業の効率化、短縮化を図っていく必要がある。

◎熱帯林業講座◎

〔参考文献〕 1) 鶴見和恒 (2003) ベトナムにおける土壌管理とクローン植林に関する研究, 熱帯林業, 57, 34-41. 2) 古越隆信 (2003) 「ハイブリッド・アカシア」の育種とその利用, 熱帯林業, 58, 8-16. 3) 近藤禎二 (2004) 海外の林木育種事情 (4) —マレーシア, 林木の育種, 212, 47-49. 4) 白石 進, 富田啓治 (2004) アカシア属植物由来の新規 DNA 配列, 特許願 P04-0321. 5) 鶴見和恒ら (2002) 熱帯早生樹のクローン化技術の開発, 熱帯林育成利用技術研究成果報告書, 88-109, 熱帯林再生技術研究組合編. 6) Shiraishi, S. and Widyatmoko AYPBC, An efficient and reliable DNA typing of cultivars and plus trees in *Acacia mangium* using multiplex-PCR of SCAR markers. (投稿中) 7) 白石進 (1996) クローナルフォレストリー—21 世紀の新たなクローン林業をめざして—, pp. 21-25, 林木育種協会. 8) 白石 進ら (2004) *Eucalyptus globulus* 育種における検定林レス次代検定およびクローン管理のための MuPS システムの開発, 第 115 回林学会大会講演要旨集, 214.

図書紹介

◎マングローブの管理と保全—現在と未来 (Marta Vannucci 編集, 2004 : Mangrove Management and Conservation : Present and Future-United Nations University Press. Tokyo. 324 pp. 国連大学から 21.95 \$ で購入可能)

2000 年 3 月に国連大学 (UNU), ユネスコの人と生物圏計画 (UNESCO-MAB), 沖縄に本部のある国際マングローブ生態系協会 (ISME) が, 沖縄県那覇市でマングローブに関するワークショップを開催した。その時の講演を, 国連大学が本として出版したいとのことで, 講演者に, この本に合わせて原稿を書き直して戴いた。原稿の校正と編集はマングローブを調査・研究している仲間の中で “Mother of Mangroves” などの愛称で呼んでいる Marta Vannucci 博士にお願いした。当初はワークショップ開催 1 年後の 2001 年 3 月に出版の予定であったが, 最終的には 4 年間もかかって出版された。

本の構成としてはマングローブ生態系の構造と機能, 機能の管理, 利用と政策から成っており, タイ, 中国, インドネシア, インド, パキスタンなどの 19 のケーススタディー等が紹介されている。この本の特徴としては, マングローブを植物としてではなくて, 生態系ととらえ, 社会経済学的なマングローブ研究, マングローブ生態系での海生生物の役割, マングローブ林の地下部の炭素蓄積量などが易しく記述されている。したがって, これからマングローブに関する調査や研究を指向する人にとっては, マングローブに関する研究の現状を概観する意味でも, お奨めしたい本である。また, それぞれのケーススタディーはそれで完結しているので, 読者は全ページを読む必要はなく, それぞれの興味のあるテーマについて目を通すだけでよいであろう。

なお, 巻末には, これからのマングローブ調査や研究への提言もまとめられており, マングローブを取り巻く今日的な問題点, 今後取り組まなければならない問題点や調査・研究の方向性も列挙されている。したがって, それらを参考にすると, これからマングローブの調査・研究に取り組もうとされる人達の方向性も見出すことができるかもしれない。

(馬場繁幸)