

中国における林木育種プロジェクト 12年間の成果と今後の方向

生方正俊*1・岡村政則*2

はじめに

1996年に湖北省を対象に「湖北省林木育種計画」として始まった(独)国際協力機構(JICA)の林木育種に関する技術協力プロジェクトは、2002年から安徽省も含め「日中協力林木育種科学技術センター計画」として発展・拡大し、2008年10月17日をもって、その12年間にわたる活動を終了するに至った。この間、日本側、中国側の関係者、関係機関の多大なる努力により、林木育種にかかる一連の事業、研究に関する技術移転が順調に進捗し大きな成果を収めることができた。湖北省及び安徽省は、これらの成果を基礎として、林木育種事業を継続し、さらに発展させる計画である。本稿では、両省においてプロジェクトであげた主な成果と今後の研究・技術協力について紹介する。

なお、本誌の前身である「熱帯林業」には、「湖北省林木育種計画」について栄花氏¹⁾、「日中協力林木育種科学技術センター計画」について宇津木氏²⁾、安徽省のマツノサイセンチュウ抵抗性育種について戸田氏³⁾が寄稿されている。プロジェクトの経緯や活動内容の詳細については、これらをご覧ください。

1. 湖北省における12年間の技術協力の成果

1) プロジェクトの目標

プロジェクトの目標は、「湖北省林木育種センター

で、主要造林樹種の遺伝的改良(育種)が進められるとともに、将来の継続的な育種に利用可能な遺伝資源を保存する技術基盤が整う。」(湖北省林木育種計画)、「日中協力林木育種科学技術センターが、林木育種事業の持続に必要な技術能力を獲得している。」(日中協力林木育種科学技術センター計画)、「日中協力林木育種科学技術センターが、林木育種事業を主体的にかつ計画的に実施するために必要な能力を獲得している。」(日中協力林木育種科学技術センター計画・延長プロジェクト)、と変遷してきたが、一貫して林木育種事業を進める基盤となる、材料、技術、計画、人材等を育成、開発し、自主的に事業を実施できる体制をつくることを目標としている。この目標に沿って様々な活動が行われてきた。

2) 育種材料の養成、試験地の設定

プロジェクトでは、ポプラ、バビショウ、コウヨウザン、カラマツ、ユリノキ等多くの樹種を育種の対象としており、12年間でこれらの樹種の次代検定林、産地試験林、適応性試験林等の試験林を湖北省内に約80箇所設定した。このうち、アメリカクロポプラの品種比較試験地(写真1)からは、従来の品種に比べ成長性に優れたクローンが選抜され、既に一般造林用に用いられている。王子製紙から提供いただいたポプラ交雑種(ドロノキ×アメリカクロポプラ)による適応性試験地、カラマツの産地試験地等からも成長優良個体が選抜されている。また、これ

Masatoshi Ubukata and Masanori Okamura: Progress and Perspective of 12-Years Forest Tree Improvement Project in China

*1(独)森林総合研究所林木育種センター、*2同左 林木育種センター関西育種場



写真 1 ポプラの品種比較試験地（湖北省潜江市）

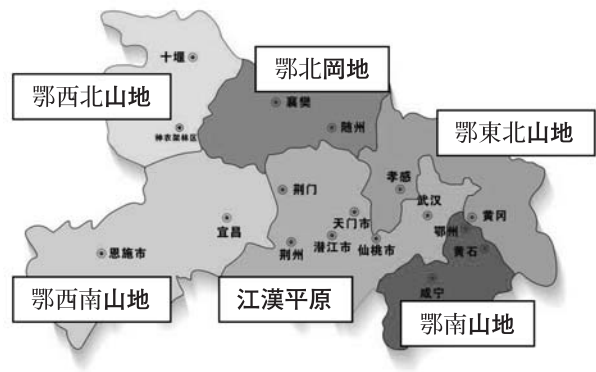


図 1 湖北省の育種区分



写真 2 まとめられた林木育種技術選集全 7 巻

らの試験地は、成長、材質等様々な調査が行われ、今後、二酸化炭素固定能力の向上に向けた育種をはじめ、多様な育種事業のための貴重な材料となるものである。

3) 技術開発

林木育種事業を推進するためには、対象樹種に応じた技術を開発する必要がある。日本で開発された技術や中国で以前から行われていた技術を基に、育種の対象となる樹種に適した技術を開発した。この中には、選抜技術、人工交配技術、採種・穂園の管理技術等の野外の試験地で必要とされるものや、組織培養技術、DNA 分析技術、アイソザイム分析技術等の実験室内で行うものなど林木育種事業の大半

をカバーするものである。なお、これらの開発された技術は、今まで個別の冊子として利用されてきたが、プロジェクト終了に当たり「林木育種技術選集全 7 巻」(写真 2)として再編集され、より体系的に活用されることが期待されている。

4) 育種計画の策定

成果が出るまで長期間を要する林木育種事業を計画的・効率的に実行していくためには、対象樹種、育種目標、育種の進め方等が明示された基本となる計画の策定が必須である。日本の林木育種基本計画等を参考にしながら、日本へのカウンターパート研修、日本からの短期専門家の招聘等を行いプロジェクト内で計画の内容について検討した。さらに林業局の種苗管理部門や大学等の関係する諸機関との協議を重ね、「湖北省林木育種事業計画」が策定された。

この事業計画で湖北省内を 6 つの育種区に区分し(図 1)、それぞれの育種区の実状にあった林木育種事業を進めていくこととしたが、これらの育種区ごとに「育種区別の推進計画」及び「年次別の実施計画」が策定された。

5) 遺伝資源の保存、遺伝的多様性の解明

生物多様性の保全という観点からも、また様々な育種材料の供給源という観点からも、林木遺伝資源を適切に保存することは重要である。プロジェクトの 12 年間でユリノキ、サッサfrasノキ等の遺伝資源が湖北省林木種苗場をはじめ各地に生息域外保

存された。また、バビショウ、コナラ属、希少樹種のサッサfrasノキ及びユリノキの天然林を対象に、遺伝資源の保存や収集のために必要な遺伝的多様性、遺伝構造の解明等が行われ、林木遺伝資源保存林が設定された。

6) 研修の実施

プロジェクトで開発された育種技術や成果を中国南方各省に普及すること、また、その結果として、これらの各省で優良品種と育種技術を用いた造林事業が展開されることを目的として、林木遺伝育種研修を13回行った。その結果、中国南方17省等の中堅、責任者クラスの育種技術者693名が養成され、それぞれの地域で研修成果を活用している。

7) 人材の育成

長期間を要する林木事業を計画的に進めていくためには、中核となって推進していく人材が必要不可欠である。プロジェクトが実施された12年間ずっとプロジェクト活動に関わった中国側の担当者（カウンターパート）をはじめ、多くの若い人材が育ち、林木遺伝育種研修ではそれぞれの分野で講師を務めるまでになった。今では、これらプロジェクトで育成された人材を中心に、様々な育種活動が自主的に行われるまでに至っている。

8) 成果の広報

プロジェクトで取り扱った育種材料を多くの林業関係者に活用してもらうため、成長性、材質、着花性等の評価によるバビショウ、コウヨウザン、ポプラの特性表（評価項目：樹高、胸高直径、着花量、種子形質、材質形質（繊維長、強度、容積密度）、DNA分析によるクローン識別等）を作成した。さらに、プロジェクト活動を林業関係者のみならず多くの一般の人達に知ってもらうため、樹種別の成果パンフレットの作成、各種講演会やセミナーの開催等を行った。2007年12月に武漢市で行われた日本を紹介する催しである「ジャパンウィーク」に参加し、1,000名以上の武漢市民がプロジェクトの成果を見学した（写真3）。

以上のことを通じ、湖北省林木育種センターは、林木育種の事業・研究に関して中国でも最先端の技



写真3 ジャパンウィークでのプロジェクト成果の展示（武漢市）

術能力及び事業実施能力を有する機関に成長した。

中国では、国家レベルで育種基地の建設とそこを中心とした林木育種事業の推進、普及を図ることが検討されており、湖北省林木育種センターは、中国南方における林木育種事業推進の牽引機関として、その中核的な機能をより一層高めることが期待されている。

2. 安徽省における7年間の技術協力の成果

2001年10月より2006年10月までの5年間、JICAプロジェクトの「日中協力林木育種科学技術センター計画」において「バビショウのマツノザイセンチュウ抵抗性育種技術の開発」が実施された。安徽省林業庁の組織内に安徽省松材線虫抵抗性育種センターを設立し、日本で行われている「東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業実施要領」に準じて技術移転が進められた。この手法は抵抗性個体を実生家系から選抜するもので、5年間のプロジェクト期間中、母樹からの球果採取、選抜母集団の育成、一次接種検定、二次接種検定を行い251系統、1,209本のマツノザイセンチュウ抵抗性候補木（以下候補木）が選抜された³⁾。これに引き続き、2006年10月より2008年10月までの2年間、延長プロジェクトが実施され、クローン検定を行うため



写真 4 抵抗性候補木集植所



写真 5 マツ材線虫病による被害状況

の候補木のつぎ木等を実施した（写真 4）。以下に中国でのマツ材線虫病の現状と併せてこれまでの成果を紹介する。

1) 中国でのマツ材線虫病の被害の現状

中国におけるマツ材線虫病は、1982年に江蘇省南京市のクロマツにおいて初めて発見された。被害の進行状況は、第一段階の発生初期（1982～1987年）には、被害面積と枯損木は少なかった。第二段階（1988～1997年）には被害面積、枯損木共に速いスピードで増加した。第三段階（1998～2003年）にはピークの状態が持続した。2004年以降は枯損木の伐

倒処理、薬剤の空中散布等により被害が抑えられた。それでも毎年新たに10～20の市県においてマツ材線虫病が発生している（写真 5）。被害は、これまでに上海市、江蘇省、浙江省、安徽省、福建省、江西省、山東省、湖北省、湖南省、広東省、広西壮族自治区、重慶市、四川省、貴州省、雲南省（計12省2市1自治区）で発生している。年間の発生面積は10万 ha であるが、発生している地域には3,400万 ha の松林があることから厳しい状況である。中国でのこの病害は主に人為的な原因で広がっている。その内容は梱包材からが42%、枯損材からが38%、松材で作られたケーブルを巻くドラムからが20%を占めている⁴⁾。

プロジェクトを実施している安徽省においては森林面積が360万 ha で森林率は26.06%である。このうち、マツ林は140万 ha で、省森林面積の39%を占めている。マツ林の大半はバビショウで、残りをテーダマツ、スラッシュマツ、クロマツ、コウザンマツが占めている。マツ材線虫病は、1988年に馬鞍山市、和県、滁州において発生した。当時の被害面積は約120 ha、枯損木は4.6万本であった。その後被害は拡大し、1999年には5,000 ha、13.6万本とこれまでの最大を記録した。その後の正式な情報は無いが、毎年被害が発生している。被害は大量の松を枯らすだけでなく、自然景観及び生態保全にも大きな影響を与えている。そのため、世界文化・自然遺産である黄山も脅威にさらされている⁵⁾。対策としては薬剤の散布、枯損木の伐倒・搬出、伐倒材の熱処理やチップ化等の処理、マツノマダラカミキリの誘引捕殺、検疫体制の強化等が実施されている。

2) プロジェクト延長期間中の活動

延長プロジェクトにおいては「安徽省マツノサイセンチュウ抵抗性育種事業の推進支援」を目標に以下の課題について技術移転を進めた。

(1) 接種検定用つぎ木苗の育成技術の開発

抵抗性クローンの選抜は、候補木のつぎ木苗に接種検定（クローン検定）をするため、つぎ木苗の増殖は重要である。つぎ木の手法は、日本で行われている割つぎ法の要領により実施した。つぎ木を行う



写真 6 クリップを用いたつぎ木

に当たり、2008年2月に穂木が多く採取できる候補木136系統、474本について荒穂を採取し、ポリ袋に入れ0～4℃の冷蔵庫に保存した。つぎ木は3月上旬に貯蔵した穂木を順次取り出して実施した。つぎ穂の固定はテープで巻く方法とクリップで止める方法で行った(写真6)。その結果、つぎ木本数9,530本のうち、5,360本が活着し、活着率は56.2%であった。つぎ木の台木にはバビショウとスラッシュマツを用いたが、活着率に差が見られないため、スラッシュマツについだ方が台木の立ち上がりが見分けやすいので便利である。今回実施したクリップを用いる方法は初めての経験のため、戸惑いもあったが、慣れれば作業効率も良いので今後も実施していく計画である。活着した穂木は良好な伸長をしているので、2009年夏にクローン検定ができる見通しがたった。2009年のクローン検定は10本以上活着した114系統、269本の候補木について行う計画である。

(2) 抵抗性クローンの検定技術の開発

クローン検定では、つぎ木をして穂木が伸長した部分にマツノザイセンチュウ(以下ザイセンチュウ)を接種して抵抗性を検定するため、プロジェクトでこれまで実施してきた実生苗の検定方法とは接種部位等が異なる場合も少なくない。そのため、これらの検定技術について検討した。その結果、接種

位置については、つぎ木部位に近い場合、台木の部分にザイセンチュウが直接進入する危険性があるため、つぎ木を行った位置から30cm以上離れた上部の当年に伸長した主軸部に行く。接種頭数については、1本当たり0.1ml、1万頭を接種する。ザイセンチュウのアイソレート(培養個体群)についてはこれまで用いてきた「KS3B」(広徳県産)を接種する。ザイセンチュウの病原力の確認については、新たな枯損木よりザイセンチュウを分離増殖し、それらのアイソレートと比較しながら進めることとした。

(3) バビショウ抵抗性暫定種苗の生産技術の開発

抵抗性個体が確定した後に、抵抗性採種園を設定して本格的な抵抗性種苗の生産をするのはかなり先になる。そのため、候補木の原母樹由来の苗木に接種検定を行い、生き残った健全苗を「暫定抵抗性マツ」として造林に用いる目的で育苗を行った。この手法は日本においても早期に抵抗性種苗を供給するために実施され、一次検定合格クローンの親木から種子を採取して養苗し、この苗木にザイセンチュウの接種検定を行って合格した苗木を抵抗性苗木として供給した。しかし、研究を進めてきた結果、正式な抵抗性個体の中でも子孫群の抵抗性が異なることが明らかになった。そのため、安徽省松材線虫抵抗性育種センターにおける「暫定抵抗性マツ」の取り扱いは、正式に抵抗性種苗が供給されるまでの間、あくまでも試験的な植栽にとどめるよう指導した。

(4) 抵抗性候補木系統管理のためのDNA分析等による個体識別技術の開発

多くの候補木を取り扱っているうちに、系統管理等の不手際から生じる同種異名、異種同名も起きることも予想されるため、候補木の全個体についてDNA分析技術を用いて個体識別を行う目的で開発を進めた。現在保存している251系統、1189個体の候補木すべてについて、DNA抽出と精製を行い、森林総合研究所林木育種センターで開発されたMuPS(Multiplex-PCR of SCAR markers)分析による解析手法の提供及び短期専門家による指導を受け、全個体についてMuPS型を決定し、データベースを作成した。実験の結果、今回使用した

表 1 マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の実施計画表

作 業	実施年次												
	2001	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
母樹選定・球果採取	○	○											
選抜母集団の育成	○	○											
一次接種検定			○	○									
二次接種検定				○	○								
抵抗性候補木の選定					○	○							
つぎ木増殖							○	○	○	○			
クローン検定									○	○	○		
抵抗性クローンの確定									○	○	○		
クローン採種・穂園の造成										○	○	○	○
品種登録・抵抗性苗の普及												○	○

MuPS による分析システムは高い識別能力を示した。

(5) 安徽省のマツノザイセンチュウ抵抗性育種事業の計画策定支援

今後、安徽省松材線虫抵抗性育種センターではクローン検定を行い、抵抗性種苗の普及へと進んでゆく。安徽省において抵抗性育種事業を計画的、合理的に推進するためには、抵抗性種苗の生産から普及に至るまでの進め方や事業の推進体制を規定した林木育種実施計画を策定し、関係者に対して公表する必要がある。そのため、今後の事業の推進方法や、望ましい推進体制を盛り込んだ実施計画について、日本で行われている抵抗性育種事業実施要領を参考に案を作成し検討を進めた。その結果、抵抗性育種事業は当面の間、安徽省林業庁管内で実施する。これから行うクローン検定、採種園の設定は表1のとおりに進めてゆく。その後の普及については林業庁において下部組織と逐次検討を進めながら実施することとなった。

3. 今後の研究・技術協力の方向

2008年10月17日をもって、JICAのプロジェクトは終了したが、翌10月18日より新たに日本の森林総合研究所と湖北省林業局及び安徽省林業庁との間で国際共同研究が開始された。この共同研究は、

今まで行われた JICA プロジェクトの成果を基に、林木育種を更に発展させることを目的にしている。

湖北省においては、以下の二課題について、共同研究を行っている。

- 1) 二酸化炭素固定能力向上に向けた新品種の開発に係る技術開発
- 2) ケヤキ及びブナ属樹種等の林木遺伝資源に関する系統地理学的研究

1) では、中国湖北省の主要な造林樹種であるポプラ、コウヨウザン等について、二酸化炭素固定能力の高い品種を開発するために必要な調査・解析手法に係る技術開発を行うことを目的とし、2) では、ケヤキ属及びブナ属樹種等の適正な林木遺伝資源の保全や種苗等の配布に資するため、系統地理学手法を用いて、中国湖北省内において、地域集団間の類縁関係に関する研究を実施することを目的としている。

安徽省においては、プロジェクト終了時点で抵抗性育種事業は完結しておらず、今後、抵抗性クローンを確定し、採種園の造成を進めてゆくことが必要である。そこで、以下の課題について共同研究を行っている。

- 1) バビショウのマツノザイセンチュウ抵抗性種苗の普及に係る採種園の造成技術の開発
 今後は表1のとおり ①クローン検定のための



写真 7 クロウン検定に用いるつぎ木苗

候補木のつぎ木（2009～2010年）② クロウン検定（2009～2011年）③ 抵抗性クロウンの確定（2009～2011年）④ 採種園の設計・設定（2010年～）を実施する（写真7）。その間には、日本からの短期出張も計画し、共同で推進することとなった。今後、新たにさし木増殖技術の開発や、コウザンマツからの抵抗性個体の選抜も進めてゆく計画である。以上のとおり、抵抗性個体を確定し、普及するまでには今後相当の年数を要する。そのため、関係する皆様にはこれまで以上のご協力をお願いする。

4. おわりに

プロジェクトの首席顧問を勤められた宇津木嘉夫氏の2008年の国家友誼賞（中国に目覚しい貢献をした各分野の外国人専門家に与えられる荣誉ある賞）の受賞、長らく長期専門家として勤められた河村嘉一郎氏の2008年のJICA理事長賞（JICAの業務の推進に長年、支援・協力した個人や団体に対して贈られる賞）の受賞などをみても、プロジェクト活動は内外の様々な機関から高く評価されたといえ

る。

プロジェクトで行われた林木育種事業を森林にたとえるならば、今はぐんぐんと成長し続けている若齢林から壮齢林といったところだろう。しかしながら、ここまでの道は決して平坦でなく、様々な被害をくぐり抜けてやっと、大きな収穫を楽しみに待つところまでたどり着いたといった感じがする。このような良い時期に長期専門家としてプロジェクトに関わったことは、大変光栄なことであり、かつとても運が良かったと思う。種をまき、育苗し、植林した人がいなければ今のこの森林（プロジェクトの成果）は、到底考えられなかったろう。プロジェクトを支えていただいた、日中両国の関係者の皆様に心から御礼を申し上げたい。特にプロジェクトの舵取りとして活躍された、日本側長期専門家の歴代リーダーである、齊田佳昭氏、栄花茂氏、宇津木嘉夫氏、増田巳喜男氏に心から感謝申し上げます。

最後に、プロジェクト活動を直接支えてくださり、様々な問題の解決にご尽力いただきながらも、プロジェクトの終了を見届けることなく志半ばに急逝されたJICA中国事務所の故西村暢子さんに深謝するとともに哀悼の意を表します。

〔引用文献〕 1) 栄花 茂 (2002) 中国湖北省の林木育種事情. 熱帯林業 54号, 46-53. 2) 宇津木嘉夫 (2004) 日中協力林木育種科学技術センタープロジェクト. 熱帯林業 59号, 42-50. 3) 戸田忠雄 (2006) 中国に定着するかマツノザイセンチュウ抵抗性育種—安徽省松材線虫抵抗性育種センターの活動と成果—. 熱帯林業 65号, 74-81. 4) 叶 建仁 (2008) 中国におけるマツ材線虫病の流行方式と防除の研究. 日中協力林木育種科学技術センター計画プロジェクト成果発表会 講演要旨, 5) 張 曉渡 (2008) 中日協力安徽省松材線虫抵抗性育種プロジェクト, 日中協力林木育種科学技術センター計画プロジェクト成果発表会 報告概要.