

中国に定着するかマツ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—

1. はじめに

「材線虫が出ています！」。出勤した私にカウンターパートの高景斌が興奮気味に言った。ロートに取り付けた管に材線虫が溜まっていた。安徽省の各地で集めた枯損木の試料から材線虫が分離された。これで検定用の接種源が手に入った。ほっとした。中国に着任して間のない2002年1月のことであった。

2001年10月から5年間、「安徽省松材線虫抵抗性育種センター」において、中国で初めての中日技術協力による材線虫抵抗性育種が開始された。実施期間中に材線虫病に対して遺伝的に抵抗性の強い馬尾松抵抗性候補木200系統を選抜する。選抜の選択肢はいくつかあるが、本センターの特徴は馬尾松の林分の中から成長が平均以上で、球果の着生が多い個体を採種母樹として選定し、これらの種子で育成した選抜母集団に材線虫を人工接種して生き残った健全な苗の中から抵抗性候補木を選抜する。これは実生家系から抵抗性個体を選抜する育種手法で、日本ではクロマツ抵抗性個体の選抜で実証されている（戸田ら1997, 1998, 岡村ら2002）。選抜までの期間が短いこと、選抜個体の着花性が良好で種子生産までの期間が短いなどの利点がある。接種検定は一次、二次の2回行い、一次検定では苗木1本当たり5千頭の材線虫を人工接種する。抵抗性のないものは2週間前後で枯損するが強いものは生き残る。生き残った苗は翌年さらに1万頭接種する。この2回の検定をクリアーした検定合格苗の中から抵抗性候補木を選抜する。

安徽省松材線虫抵抗性育種センターの活動も終盤にさしかかったところである。これまでの活動と成果について紹介する。

2. 中国における材線虫病の発生

中国において材線虫病が確認されたのは、1982年に南京市の中山陵で枯損したクロマツ (*Pinus thunbergii*) から材線虫が検出されたのが最初の記録である（孫、1982）。この被害は、またたく間に江蘇省の南京市および鎮江市に拡大した。被害は、当初クロマツが標的となっていたが、やがて馬尾松 (*Pinus massoniana*) にまで感染し、1988年に

---

Tadao Toda : Can Breeding Efforts of Wilt Disease Resistant Pines Take Root in China? —Project Activities and Results Achieved so far at Anhui Province Breeding Center for Wilt Disease Resistant Pines—  
JICA 日中協力林木育種科学技術センター計画派遣専門家

は安徽省、広東省に、1991年には浙江省に被害は拡大し、2004年には中国の14省で発生している。

### 3. 安徽省における松の分布と材線虫病の発生

安徽省の森林面積は332万ha、うち140万ha(42%)がマツ林である。マツ林の大半は馬尾松であり、残りをテーダマツ(*Pinus taeda*)、スラッシュマツ(*Pinus elliottii*)、クロマツ、黄山マツ(*Pinus taiwanensis*)が占める。黄山マツは標高が600m以上に分布する。材線虫病は、1988年に馬鞍山市、和県、滁州の3県で発生した。当初、面積で120ha、枯損木4.6万本であった被害は1999年には5,000ha、13.6万本に拡大した(平成12年度日中農業科学技術交流報告書2000)。

材線虫病の被害跡地では、材線虫病に対して抵抗性が強いスラッシュやテーダといったマツ類のほかにコウヨウザン(*Cunninghamia lanceolata*)などが造林されている。しかし、環境的に松しか育たない地域では、材線虫病の脅威にさらされながら依然として馬尾松が造林されており、材線虫抵抗性馬尾松の開発に期待が寄せられている。

安徽省には黄山(1,873m)という中国を代表する名山がある。1990年に世界遺産に登録された。この黄山マツを守ることは国家及び安徽省の重要な課題とされており、被害の拡散を防ぐため、省内の115箇所に検疫検査所が設けられ、マツ材の移動を制限するなど、材線虫病に対する防除啓蒙活動が行われている。

### 4. 安徽省松材線虫抵抗性育種プロジェクトの進め方

馬尾松抵抗性候補木を選抜するためにはいくつかのハードルをクリアしなければならない(図1)。「接種用材線虫の確保」一つとっても、(1)枯損木からの無菌の材線虫の分離、(2)材線虫増殖用の餌(糸状菌)、(3)材線虫の病原性、(4)大量増殖の可否等について解明しなければならない。一般に開発された新技術は実証試験を経て実用化されるが、ここでタイムリミットの関係もあってぶっつけ本番という具合であった。

#### 1) 接種検定用の材線虫の確保

##### (1) 材線虫増殖用の糸状菌の分離

材線虫の培養には糸状菌(*Botrytis cinerea*)が餌として用いられているが、中国では材線虫の増殖用糸状菌の情報が少なく、プロジェクトではまず、餌を探すことから始めた。リンゴ、バナナ、キューアイ、葡萄、干しうどう、アワビ等から発生した糸状菌をか

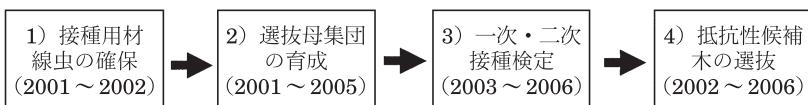


図1 抵抗性候補木を選抜するまでのおもな技術開発(年度)  
(2006年度の接種検定は湖北省馬尾松精英樹の抵抗性評価)

## ◎熱帯林業講座①

たっぽしから分離して馬鈴薯のエキスと寒天、蔗糖で調整した寒天培地(PDA 培地)で増殖を試みた。アワビから発生した菌は増殖途中で黒色に変色したが他の糸状菌は順調に増殖した。中でも葡萄、干しうどうからの糸状菌は外観や増殖速度が日本のそれと良く似ており、24°C~26°Cで成長し、材線虫の増殖にも問題がなかたため最終的に干しうどうから分離した糸状菌を増殖用の餌として用いた。

### (2) 材線虫の分離

安徽省の広徳県、和県、滁州の11林分から、材線虫病で枯損したと思われる馬尾松19本の枝を採集してベルマンロートで材線虫を分離した。材線虫は全ての試料から分離され19種類(個体群)の材線虫が得られた。分離した材線虫は表面殺菌のため1.5%の乳酸溶液に約1時間浸漬した。19種類の中、3種類は汚染によって廃棄したが、残り16種類は順調に増殖した。

### (3) 接種源の病原力

材線虫抵抗性育種では検定に用いる材線虫(接種源)の選定は重要である。接種検定において材線虫の病原力の強弱は選抜される個体の抵抗性の強弱を左右する。例えば、検定に用いた材線虫の病原力が低いと選抜される個体の抵抗性は低く、その逆の場合、抵抗性が高くなる。このような検定誤差を避けるため、接種源として用いる材線虫は「安定した強い病原力」と「旺盛な増殖率」が要求される。本プロジェクトでは野外とハウス内の2箇所で、16種類の材線虫をクロマツ2年生苗に接種(5,000頭/本)して病原力を確かめた。その結果、野外の枯損率は26.1~94.9%に分布し、16種類の平均枯損率は72.5%，ハウス内は同じく84.4~100%，平均は97.5%であった。このうち、広徳県で採集した材線虫KS3Bは野外で94.9%，ハウス内で100%と強力な病原力を発揮とともに、増殖能力も高く、10頭の元種が13日間で170万頭にも増殖するなど、接種源としての条件を満たした。

### 2) 選抜母集団の育成

球果採取にあたっては、過去に材線虫病による被害の有無、球果の着生状況を勘案して採種地域を選定した。採種林分は、林分面積が広いこと、球果が着生した個体が多いこと、林分の成長や外部形質が良好なこと、材線虫病による被害林分であることを条件とし、市や県(区)の林業局が管理する面積が50ha前後を対象とした。作業は11月初旬から母樹別に採種した。2001年は広徳県、滁州、和県の3県、2002年は宣州区、泾县、休寧県、黄山区、全椒県、潜山県、太湖県の7県、合計10市県の31林分288母樹から採種した(図2、写真2)。馬尾松の球果は日本のマツのように自然乾燥では鱗片が開かな



写真1 材線虫の増殖



図 2 安徽省球果採取地



写真 2 球果採種母樹

い。少々乱暴だが38度の恒温器で48時間乾燥させた。平均発芽率は2001年が56%，2002年が32%であった。実生家系からの選抜では、選抜母集団の育成の良否は接種検定結果に影響を与える。病虫害の発生した苗、生育が不良な苗はたとえ抵抗性があったとしても枯損し易くなる。このため、「抵抗性候補木選抜母集団の育成」はプロジェクトの副主任が担当するとともに育苗専門の苗畑管理者を1名配置するなどの配慮を行った。

### 3) 接種検定

接種検定は、2003年（一次）、2004年（一次、二次）、2005年（二次）の3年間実施した。接種方法は苗木の幹を生け花用の小刀で剥皮し、鋸で引っかき傷を付けてその面に一次検定は5,000頭、二次検定は10,000頭の材線虫を接種する。一次、二次検定とも毎年7月中旬に2人1組で行うが、暑い中の根気がいる作業である。（写真3）。2003年と2004年の一次検定の生存率はそれぞれ20.8%，18.6%であった（表1）。この値は日本で実施された接種検定の生存率（40～80%）に較べてかなり低い値である。この差は気象条件などの検定環境が過酷であったためなのか、材線虫の病原力が強かったためなのかは明らかではない。

一方、二次検定は一次検定で生き残った健全苗に対して2004年と2005年の2度実施した。両年の生存率はそれぞれ57.0と92.6%であった。一次検定で抵抗性の弱いものが淘汰されているため、二次検定の生存率は当然高くなる。

## ◎熱帯林業講座◎

### 4) 抵抗性候補木の選抜

抵抗性候補木は二次検定で生き残った各家系の中から5本を選抜するが、2004年度は84系統、393本を選抜した。2005年度は157系統、785本の選抜が確実となっている。これに安徽省が独自に育成した家系から選抜した10系統31本を含めると、プロジェクト実施期間中に収集される抵抗性候補木は、合計251系統、1,209本となり、目標数値の200系統を上回る（表1、写真4）。

### 5) 現地適応試験林および抵抗性実生採種園の設定

材線虫を人工接種して生き残った苗木は検定合格苗であり、造林地においても材線虫病に対して抵抗性を発揮すると考えられるが、これを実証するため、被害跡地に造林して植栽後の成長や枯損の状況を把握することは、抵抗性育種成果の普及と事業を進める上で重要である。一方、実生採種園の設定は、「抵抗性クローン」（図2参照）を用いて造成される正規の抵抗性採種園から種子が生産されるまでの間、検定合格苗で暫定的に実生採種園を設定し、そこからの種子を活用しようというものである。

「現地検定試験林」は、2004年に和県（14系統674本）、2005年に全椒県（29系統950本）の2箇所に設定し（写真5）、2006年春には滁州市に1箇所設定する。実生採種園は2005年に合肥市に1箇所設定し、2006年春に1箇所全椒県に設定する（写真6）。

## 5. プロジェクトにおけるその他の活動

### 1) 材線虫抵抗性育種現地セミナーの開催

2003年、2004年の両年、安徽省合肥市で「松材線虫抵抗性育種セミナー」を開催し、検定苗畑の視察、報告会、討論会を行った。報告会では、カウンターパートが成果を発表しているが、2004年は「接種検定結果の早期活用」と題して、正規の抵抗性種苗が生産されるまでの間、検定合格木の中から生存率の高い25家系をピックアップし、



写真3 材線虫接種作業

表1 安徽省松材線虫抵抗性育種センター接種検定の結果（個体数）

検定の種類	系統数	接種数（本）	生存率（%）	候補木系統数	備考
一次検定	92	23,771	20.8	—	2003.7接種
二次検定	92	4,219	57.0	84系統（393）	2004.7接種
一次検定	226	20,646	18.6	—	2004.7接種
二次検定	211	3,816	92.6	157系統（785）	2005.7接種



写真4 抵抗性候補木の集植見本園、3年生個体にはすでに雌雄花が着床している

これらの原母樹由來の種苗を造林に用いることを提唱した。討論会では、検定合格苗の分譲依頼、現地検定試験地、採種園の誘致もあって、抵抗性育種に対する期待が伺われる。

2) カウンターパートの資質の向上  
当センターには4名のカウンターパート(CP)がそれぞれの課題を担当している。そこで得られた成果はその都度まとめて国内外の関係誌に報告しており、これまでに13編を数える。また、「材線虫の分離方法と大量増殖」、「選抜母集団の育成方法」といった開発された技術はマニュアルを作成して関係機関に配布している。当センターのCP全員が訪日研修において材線虫抵抗性育種に関する技術を修得しており、CPの中の一人は安徽農業大学に材線虫に関するテーマで修士号(修士)を取得し、一人は南京林業大学で修士号を取得予定である。

## 6. おわりに

本プロジェクトが終了する2006年10月には目標である200系統の抵抗性候補木が選抜される。この抵抗性候補木は一定の抵抗性はもっているが、実用化するためには、「ク



写真5 現地検定試験林（全椒県）



写真6 検定合格木で造成した実生採種園

## ◎熱帯林業講座◎

ローン検定」を行い「抵抗性クローン」を確定することが必須である。これをスポーツにたとえるならば、抵抗性候補木は安徽省の地区予選を勝ち抜いてきた選手達であり、安徽省を代表する選手ではない。代表選手を選ぶには、もう一度本大会を開催しなくてはならない。これが「クローン検定」である。本フェーズではクローン検定は実施されない状況にあるが、抵抗性クローンを確定するまでの必要最小限の活動と年次を図3に示した。

安徽省松材線虫抵抗性育種センターが、中国における松材線虫抵抗性育種の先進的な基地として発展的に定着するためには、マツノザイセンチュウに強い抵抗性馬尾松の原種、すなわち「抵抗性クローン」を選抜し、保存しておくことである。

最後に本センターの松材線虫抵抗性育種を効果的に進めるために日中の関係機関の皆

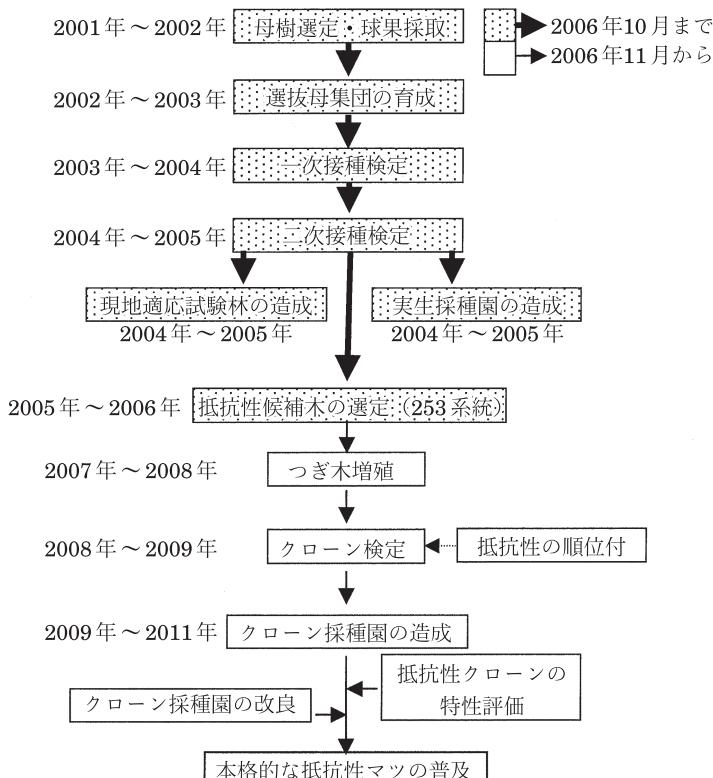


図3 安徽省松材線虫抵抗性育種センターにおける馬尾松抵抗性クローンの選定までの活動（年）

様方の一層のご支援とご協力をお願いする。

〔引用文献〕 平成12年度日中農業科学技術交流報告書(2000).  
(2002)九州森林研究55, 151-152. 孫(1982)江蘇林業科技7, 47.  
日林九支研論50, 41-42. 戸田ら(1989)日林九支研論51, 41-42.  
岡村・戸田  
戸田ら(1997)

## “熱帶林業”誌の発行目的及び投稿規定等

- ・本誌は海外林業研究会会員並びに海外における森林・林業（林産業を含む）に関する協力事業等に参画あるいは関心のある官民の方々に、海外の森林・林業に関わる広範な情報を提供することを目的としている。
  - ・本誌への投稿原稿は、本誌発行目的にそった内容であると本誌編集委員会が判断する、一般海外森林・林業記事、森林・林業に関わる国際会議やシンポジューム等の内容紹介、熱帯林業講座（技術解説）、その他（新刊図書紹介、会員の広場等）などに限る。また、本誌の名は“熱帯林業”としているが、国際的な問題であれば、温帯林や北方林の話題でもよい。
  - ・投稿者の資格は特に規定しないが、海外林業研究会会員の投稿は優先的に採用する。
  - ・本誌は年3回（1月、6月、9月）発行する。発行月の2ヶ月前までに投稿受理された原稿の中から編集委員会で掲載原稿を決定する。
  - ・本誌掲載原稿の版権は国際緑化推進センターに属する。
  - ・投稿者は執筆要領にそって原稿を仕上げ、“熱帯林業”事務局に送付する。執筆要領は下記に問い合わせください。下記に問い合わせください。

問い合わせ先：国際緑化推進センター 「熱帯林業」編集係

東京都文京区後楽 1-7-12 林友ビル 3F

電話 : 03-5689-3450, Fax : 0-56893360

e-mail : tokunori@jifpro.or.jp

## 海外林業研究会のご案内

当研究会は海外森林・林業に関心のある林業技術者、研究者、教官等からなる団体で、年1~2回の研究会、セミナー等の開催のほか、「熱帯林業」(年3回)及び「緑の地球」(年4回)を会員に配布しております。

入会申込み等問い合わせは、国際緑化推進センターへ（年会費3,000円）。「熱帯林業」のみの購読料は、年2,500円です。皆様の周囲の方々にも勧誘して下さいますようお願いします。