

ベトナム・メコンデルタの酸性硫酸塩 土壤地帯における造林木の病虫害

河辺祐嗣¹⁾・伊藤賢介²⁾

1. はじめに

メコンデルタは、世界最大の産米地のひとつであるように、豊穣をイメージさせる。しかし現実には、メコンデルタの面積の40%にあたる160万haは酸性硫酸塩土壤（acid sulphate soil）地帯にあり、極めて強い酸性土壤と毎年の洪水のために「葦の原」と呼ばれる原野としてほとんど手つかずのまま残されている。これを農林業用地として有効に利用し、ベトナム南部における近年の急激な人口増加とともになう農地の需要拡大に対応することをめざして、JICAプロジェクト方式技術協力によりメコンデルタ酸性硫酸塩土壤造林技術開発計画が実施された（1997年3月～2000年3月、その後2年間のフォローアップ）。本プロジェクトは、ハノイ市にあって農業地域開発省国際協力局に属する森林科学研究所（Forest Science Institute of Vietnam, FSIV）を相手国実施機関として、ホーチミン市にある森林科学研究所南部支所（Forest Science Sub-Institute of South Vietnam, FSSIV）にプロジェクトオフィスを置き、そこから約60km離れたタインホア（Thanh Hoa）試験地において、土壤・環境・造林・育苗の各分野で技術開発に取り組んでいる。このうち造林・育苗分野では、造林樹種の選定、地拵え法や植付け法の検討、山火事や病虫獣害の防除法の検討、展示林の設置などを行っている。

著者のうち河辺は病害分野の短期専門家として1998年6月中旬と1999年2月下旬から約1ヶ月間を2回、伊藤は虫害分野の短期専門家として1999年11月初旬から約1ヶ月間、本プロジェクトに派遣された。派遣目的は、タインホア試験地で主要な造林樹種とされている *Eucalyptus* spp. と *Melaleuca* spp. の

Yuji Kawabe and Kensuke Ito : Disease and Insect Pest Damage in Afforested Areas on Acid Sulphate Soil in the Mekong Delta, Vietnam

¹⁾(独)森林総合研究所森林微生物研究領域、²⁾(独)森林総合研究所九州支所

林木の生育阻害要因となる病虫害について、現地調査と情報収集およびカウンターパート指導を行ない、本プロジェクト達成のために病虫害の回避と軽減の観点から育林・育苗の基本指針を作成・提案することであった。その経験をもとに酸性硫酸塩土壤地帯で発生している病虫害の一端を紹介する。なお、気象や土壤などの記述については、本プロジェクトに関する事前調査団報告書(1995.10, JICA)を参考にした。また、害虫の学名は必ずしも確定したものではなく、聞き取り調査に基づいた記述には若干の誤解があるかもしれないことを断っておく。

派遣と調査の実施にあたってご尽力いただいたJICAの中林リーダー、宮武長期専門家、鈴木長期専門家、高橋調整員、FSSIVのHiep所長、Dung副所長、Quynh博士、Co研究員、Le研究員、Nguyen研究員に深く感謝する。また、有益な情報をご提供いただいたFSIVのMach博士、Thu博士とDo研究員ならびにカントー(Can Tho)大学のCuc博士とHuynh博士にお礼申し上げる。

2. 酸性硫酸塩土壤地帯

メコンデルタは、数十万年かけて主にメコン河の運搬と堆積作用によって形成され、堆積場所や時期、堆積環境によりそれぞれ異なる地質が形成された。そのうちパイライト(pyrite, 黄鉄鉱, FeS_2)を含む地質に由来するのが酸性硫酸塩土壤地帯である。かつては潮汐の影響下にあったメコン河の後背湿地であり、メコンデルタ低地部に分布している。

パイライトは、土壤が停滞水で被われる無酸素状態では極めて安定であるが、酸素に触れると硫酸およびジャロサイト(jarosite, 塩基性硫酸第二鉄, $\text{Fe(OH)}\text{SO}_4$)に変化する。パイライトの酸化により生成される硫酸の影響により、表層土壤は強い酸性を示す。また、塩基類や窒素、リン酸などの養分に乏しく、 Al イオン(Al^{3+})や Fe(II) イオン(Fe^{2+})、硫化水素(H_2S)など有害物質の含有量が高く、重粘で通気透水性が不良であるなど理化学性は不良であり、植物の成育のためには極めて不適当な土壤である。

酸性硫酸塩土壤は、重度・中度・軽度に分類され、そのpHは一般にそれぞれ3.5~4.0, 4.0~4.5, 4.5~5.5程度を示す。重度の土壤地帯では、強い酸性、養分の欠乏、有害物質の生成に対して耐性を有すると言われるサトウキビやサツマイモなどの農作物でも成育は極めて不良であり、キャッサバとヤムイモだけが栽培可能であるとされる。中度~軽度の土壤地帯では、先の耐性を有

すると言われる農作物の栽培が可能になり、*Melaleuca* spp.だけではなく、*Eucalyptus* spp. や*Acacia* spp. の樹種の栽培も可能である。植栽した樹木の良好な成育を期待するためには、状況に応じた土壤改良が必要である。

3. タインホア試験地における病虫害

3-1. 試験地の概況

タインホア試験地は、メコンデルタの北東部にあってロンアン(Long An)省に属し、ホーチミン市中心部から西南西方向に直線距離で約 60km に位置する。約780ha, ほぼ平坦地で、試験植栽地と農林業入植事業予定地(約500ha)に大別される。試験地周囲に沿って導水路が建設され、内部にも水路が網目状に適宜めぐらされている(写真1)。

現地の年平均気温は約 27°C、年間降水量は 2,000mm 弱、降水は 5 月から 10 月までの雨季に集中する。例年雨季の終わりの 10 月頃から、メコン川の増水により水位が急上昇して氾濫し、試験地は水没する。その水位は年により異なるが、通常最高で 1m 程度が 3 日から 1 週間続き、数年に一度は 4m 近くに達することもある。逆に乾季には乾燥が激しく、水路の水深が低下して舟の通行が困難になることもある。試験地は表層土壤の pH は 3.5~4.5 で、重度~中度の酸性硫酸塩土壤地帯にあり、限られた数種類の草本類と、樹木では *Melaleuca cajuputi* の灌木だけが自生している。

強い酸性土壤と長期の冠水という立地条件を考慮すると、植栽可能な樹種は自ずと限られる。適応力があり、入植事業による社会林業を考慮して経済性も有する *Eucalyptus camaldulensis*, *E. tereticornis*, *M. cajuputi*, *M. leucadendra*, *M. viridiiflora* が主に植栽され、*Acacia auriculiformis* と *A. mangium*, その hybrid がわずかに植栽されている。一般に *Melaleuca* spp. は冠水に耐え、酸性硫酸塩土壤や塩類土壤にも耐性を持った樹種であるが、そのうち *M. cajuputi* はメコンデルタの自生樹種で、農民により薪炭材や柱資材、枝葉からの油採取などに利用されている。それ以外は導入樹種である。

苗木生産は、公道近くの管理施設に付設された施設苗畑で行われている。専用の播種床で発芽させ、ビニールポットに移植された苗はタイル張りの育苗床



写真 1 火の見櫓から撮影したタインホア試験地の俯瞰、平坦地がパノラマに広がる、左には水路試験地周囲に沿って建設された導水路が見える

に置かれる。培養土は表層土壤、砂、ココナツ繊維、焼モミ殻を混合したものである。

土壤の酸性と冠水の影響を和らげるために、植栽地には水路または溝、およびそれを掘った土による盛り土とが帯状に交互に配置される。苗高40~50cmの苗が冠水期の前後を選んで植栽される。盛土帯に植栽することで、苗が冠水する時の水位が低くなり、冠水期間も短くなる。雨季の降雨と冠水により土壤から溶脱された酸性物質や有害物質が水路に流入し、さらに幹線水路を通じて排水されることで、土壤の酸性が改良される。盛土帯の高さと幅、水路帯の深さと幅を違えた植栽地が試験設計されている。

3-2. 苗畑と造林地の病害

調査時点では育苗と造林が始まったばかりで、苗畑と造林地ともに特に病害の発生は認められなかった。本試験地ではFSSIVにより、現在の試験地になる前の1989年から*Eucalyptus* spp., 1994年から*Melaleuca* spp.の試験造林が行われている。これらの造林地も調査したが、病害の発生は特に認められなかつた。

播種床では立枯病(damping-off)の防除が必要なので、薬剤散布ではなく、日光をあてるか、焼いて消毒した表土に使用することを薦めた。限られた樹種の苗木が大量に育成される苗畑では、病気がいったん発生すると蔓延しやすい。現在は病気の発生は見られないが、育苗を継続するにつれて病害が発生する可能性が充分あるので、監視が必要である。病害の防除には薬剤散布を行うことになるが、その際には病気の診断を行い、病原菌の生態などの知見に基づいた散布計画を立てる必要がある。

派遣された後に研修で訪日したカウンターパートから、植栽された*Acacia* spp.はほとんど枯死したことを聞いた。強い酸性土壤と冠水の影響による根系の生理的障害による立枯れ被害が発生したと考えられた。

3-3. 苗畑の害虫

苗畑では*Melaleuca* spp.の新梢に対するハマキガ(鱗翅目ハマキガ科)2種の加害が深刻であった。そのうち1種のハマキガはしんくい虫である。メス成虫は葉上に卵塊を産卵する。孵化幼虫は新梢の軸に穿入してその内部を食べて育ち、そのまま新梢内で蛹になる。羽化成虫は孵化幼虫が穿入したときの孔から脱出する。世代長は不明だが、1年間に多数の世代を経過するようである。5月から11月にかけての食害が激しい。苗畑における本種の加害は苗高50cm以上の苗木に多く、新梢を枯死させて苗高成長を遅らせる(写真2)。本種の加害は造林

地の *Melaleuca* spp. でも見られ、特に植栽後3年目に多い。*M. viridiflora* や *M. cajuputi* よりも *M. leucadendra* で被害が大きい。しかし造林地被害の場合、側枝が速やかに伸びて成長を回復するので実害には至らない。本種を防除するためには、穿入前の孵化幼虫期にタイミング良く殺虫剤を散布しなければならないので、本種の活動を常時モニタリングする必要がある。被害新梢および卵塊の摘み取りも有効である。ただし、摘み取り後の卵塊については寄生バチが脱出するのを待って焼却処分すべきである。

もう1種のハマキガは葉を綴るもので、幼虫が苗木の新梢部周囲の数枚の葉を綴ってシェルターを作り、その上で葉と新梢を食害する。30日で1世代を完了し、1年間に多数の世代を経過する。5月から11月にかけて食害が激しい。本種の加害は苗高10cm以上の苗木に多く、苗高成長を阻害して苗木生産を遅らせる。本種を防除するためには、シェルターを完成する前の若齢幼虫期に殺虫剤を散布しなければ効果は薄い。シェルター形成後はシェルターの摘み取りによって幼虫を駆除できる。

ハスモンヨトウ (*Spodoptera litura*, 鱗翅目ヤガ科) の幼虫は、苗畠で *Eucalyptus* spp. と *Melaleuca* spp. の葉を食害するが、*Eucalyptus* spp. のほうを好むようであった。37日で1世代を完了し、1年間に多数の世代を経過する。11月から翌年2月にかけて食害が激しい。若齢幼虫は最初は葉の裏面だけを食べているが、やがて穴状に食べるようになり、早朝は苗木の地際部にいる。老齢の幼虫は日中は地下部に隠れて夜間にだけ葉を食害し、地下部で蛹になる。本種の加害は苗高10cm以上の苗木が多い。幼虫密度が30~35頭/m²以上になると苗木の成長が著しく阻害される。本種の防除法としては、摂食量が小さく地上部にいることが多い若齢幼虫に対する殺虫剤散布が有効である。また、十分な灌水によって地下部の蛹を殺すことができる。

3-4. 造林地の害虫

カレハガの一種 (*Trabala vishnou*, 鱗翅目カレハガ科) で大型の幼虫(写真3)は、造林地の *Melaleuca* spp. と *Eucalyptus* spp. の葉を食害する。本種は



写真2 しんくい虫被害によって萎れた *Melaleuca* sp. 苗木の新梢

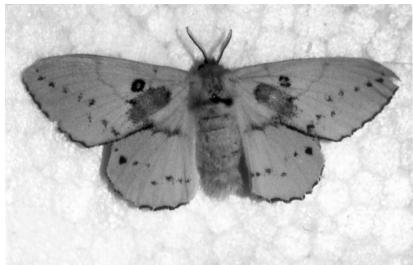


写真 3 カレハガの一種(*Trabala vishnou*)
のメス成虫、造林地で *Melaleuca*
spp. と *Eucalyptus* *spp.* の葉を食
害する

では 1 本当たり 17 頭の幼虫が見られた。1 頭の摂食量が大きいので、この食害によって造林木の成長が大きく阻害された。本種は *Melaleuca* *spp.* 造林地の最も深刻な害虫と考えられる。本種の防除方法としては、摂食量の小さい若齢幼虫をターゲットとする殺虫剤散布が有効と考えられる。一度大発生すると大きな被害をもたらすので、性フェロモントラップやその他の方法によって本種個体数の動向を継続的に監視することが望ましい。また、本種の大発生を防止するためには、単一樹種の大面積植栽を避けて食物条件を多様化することが望ましい。

これらの虫害に対して、苗畑では頻繁に殺虫剤を散布していたが、造林地では特に対策を講じていなかった。造林地は冠水期間が長く、薬剤による水質汚染も懸念され、またコスト面からも殺虫剤散布は不適当と思われる所以、その他の手段によって虫害発生を予防することが必要である。

4. *E. camaldulensis* の大面積造林地における病虫害

4-1. 造林地の概況

造林地は、カンボジアの国境に近いメコンデルタの西側に位置し、タインホア試験地と同様に酸性硫酸塩土壤地帯にある。1991年に発足したキンザン (Kien Giang) 省と台湾の合弁企業であるキンタイカンパニー (Kien Tai International Cooperation) により、パルプ材生産を目的として、*E. camaldulensis* 一種だけが約 20,000ha に造林されている。造林地内には水路がくまなく張り巡らされている。

植栽地には専用の大型重機により造成された幅 2.6m の盛土帯と溝帯が交互

約 50 日で 1 世代を完了し、1 年間に 5 世代を経過する。成虫は灯火に誘引されない。メス成虫は 350 個の卵を産むことができる。幼虫は若葉の葉裏において葉の縁から中心に向かって食害する。枝や樹幹の表面にマユを作つて蛹になる。本試験地では

1999 年 1

月から 7 月にかけて *M. leucadendra* と *M. cajuputi* の当年植栽造林地で激しい食害が発生した。5 月の調査

に並び、盛土帯に2mの植栽間隔で2列に植栽されている。植栽密度は1,600本/ha。年間降雨量2,000mm以上。メコン川の増水による冠水期間は約1~2ヶ月間で、造林木の冠水水位は約30~50cmに達する。重度の酸性硫酸塩土壤である。

4-2. 立枯れ被害

強度の酸性土壤と長期の冠水の立地条件下において、生理的障害を受けた根系の根腐れが原因となって立枯れ被害が発生していた。激害の發

生地を調査したのだが、根株部から倒伏した多数の立枯れ被害木が見られ、当初の造林木で生立木として残っているものは数少なかった。生立木は4~5年生であるが、樹高は5~6mしかなく、葉量の減少や枝枯れなどの衰弱症状が見られた。生立木と立枯木の根系も調査したが、土壤伝染性病害は認められなかった(写真4)。

立枯れ被害の発生は植栽後数年してから始まる。毎年の被害の発生は冠水が引いた時期から始まる。土壤の酸性度と冠水の程度の違い、特に後者との関連により、植栽地によって被害程度に差がある。

タインホア試験地では、立枯れ被害は *Acacia* spp. で発生しているが、*Eucalyptus* spp. では発生が認められない。この造林地はタインホア試験地と比べてより冠水の程度が強いので、それが主な原因となって立枯れ被害が発生したと考えられた。

造林地周辺の農民が薪や用材にするために屋敷周りや田畠の周囲に小規模植栽したものが良好に成育していることから、*E. camaldulensis* を植栽樹種に選択したという。十分な試験植栽などを行わないままに大面積造林を行ったことも被害発生の原因のひとつである。

4-3. カミキリムシ (*Aristobia approximator*) による食害

1994年に大規模な造林が開始されたが、その翌年からカミキリムシ(*Aristobia approximator*)による食害(写真5, 6)が発生し始め、その後急激に被害が拡大して1997年には4,000haが激害状態となった。さらに20,000haの造林を予定していたが、この虫害のために*E. camaldulensis* の植栽を断念したとのこと



写真4 *E. camaldulensis* 造林地の立枯れ被害、被害木が根株倒れしている、当初植栽の生立木が少数残る、小木は被害木跡への補植木である



写真5 カミキリムシ(*Aristobia approximator*)による*E. camaldulensis* 樹幹部の穿孔被害



写真6 カミキリムシ(*A. approximator*)の成虫
カントー大学 Cuc 博士標本提供

ど多くの樹木に寄生・加害するが、*Melaleuca* spp.に対する加害は確認されていない。

樹皮下で食害中の幼虫は糞を排出するために樹幹表面にいくつかの孔を作るので、ここから殺虫剤を注入して幼虫を殺すことが可能である。また、新しい糞が排出されている立木が見つかったらただちに伐採・焼却するのも幼虫駆除に有効である。キンタイカンパニーのような*E. camaldulensis* だけの大面積植栽（モノカルチャー）は避けなければならない。長期的には抵抗性個体の選抜育種が有効と考えられる。なお、カントー大学では性フェロモンを利用して成虫の防除法を開発しようとしているが、資金不足のため研究を中断しているとのことであった。

であり、*Eucalyptus* spp. 造林地の最も深刻な害虫と言える。本種の被害はタインホア試験地が所在するロンアン省で最も激しいと言われており、タインホア試験地での今後の被害発生が危惧されている。

本種は1年に1~2世代を経過するが、1年を通じて成虫が活動している。成虫は昼行性で生立木の枝の樹皮を食べ、樹高2~3mまたは直径6~10cmの生立木の梢端部の樹幹または枝に産卵する。幼虫が樹幹の形成層部を食害するので、そこから上部が枯れて風折れしやすくなる。木全体が枯れることはないが、樹形や樹高成長に著しい悪影響を与える。*E. camaldulensis* の激害造林地における被害木率は10%に達する。また、水路に面した立木ほど被害を受けやすい。本種は*Eucalyptus* spp. のほかチーク(*Tectona grandis*)な

5. おわりに

酸性硫酸塩土壌地帯への植栽木は、*E. camaldulensis* の大面積造林地で発生した立枯れ被害を起こすほどではなくても、土壌の酸性と冠水の影響でかなりのストレスを受けており、その分抵抗力が弱く、病虫害が発生しやすいと推測される。タインホア試験地では、今後、造林地面積が拡大するにつれて、また造林地の齢が高まるにつれて、既存の病虫害が激害化したり、新たな病虫害が発生することが予想される。

一般に、単一樹種による急激な造林面積の増加は、病虫害の発生と蔓延を助長する要因になる。*E. camaldulensis* の大面積造林地で発生したカミキリムシによる樹幹木部の食害はその危険性を示す良い事例である。単一樹種の林分面積を小さくしたり、異なる樹種を帶状に混植したりされているが、酸性硫酸塩土壌に植栽可能な樹種は *Melaleuca* spp. と *Eucalyptus* spp. しかないのでそれも限界がある。

盛土と水路の植栽木の成育に対する効果は認められるが、一方では、土壌から溶脱される硫酸が水路を通じて流出すると、幹線水路や河川の水を強酸性化するなどの環境汚染が発生することがある。

現地調査により酸性硫酸塩土壌の立地条件の厳しさは強く印象に残り、病虫害の発生だけでも造林の成功にはかなり困難が伴うのではないかと実感した。