

よくわかる
石川の森林・林業技術 No.8

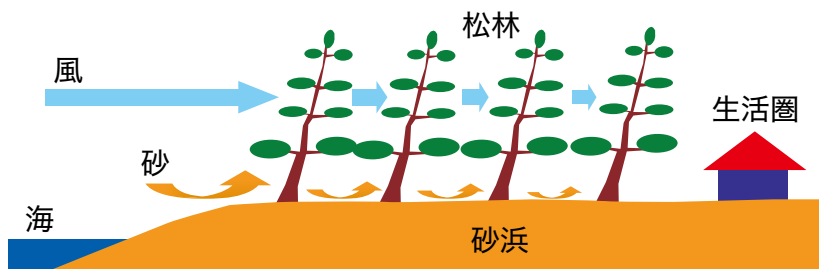
海岸マツ林の 松くい虫対策 [改定新版]



石川県農林総合研究センター林業試験場

はじめに

石川県の海岸マツ林は、先人の苦労によって造成・維持されてきました。そして、現在では年間を通じての景観的な価値、冬季の防風・防砂林としての重要な役割を担っています。昭和40年代から松くい虫被害が発生し、地域によっては現在までに壊滅的なダメージを受けています。その一方で、保全事業を通じてマツ林が維持・復元されている地域もあります。



松くい虫被害からマツ林を保全するためには、流行病の生態を理解して、適切な管理を行うことが重要です。さらに、地域と行政一体の保全活動が、これからのマツ林を守ります。



昭和30年代の海岸林造成作業

本誌は松くい虫の生態を紹介して、様々な防除の目的や方法について理解できるように編集しました。この冊子がマツ林保全のお役に立てることを期待しています。

目次

ページ

- 1 被害木の特徴 1
- 2 被害の拡大 2
- 3 繁殖木の見分け方 3
- 4 被害木の伐倒駆除（くん蒸、破碎） 7
- 5 予防法 9
- 6 樹種転換 11



マツ集団枯損被害林

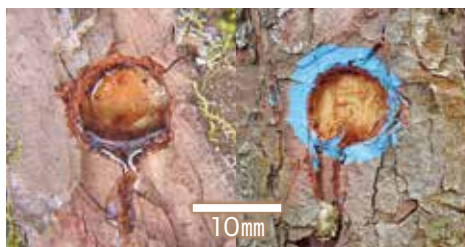
1 被害木の特徴

マツ材線虫病(以下、松くい虫)によるマツの枯損は、ほぼ1年中発生します。年ごとに若干、異なりますが、8~10月が被害木の発生ピークになります。

松くい虫被害が発生すると、健全であったマツの針葉が急に変色し、そのマツの材片から病原体のマツノザイセンチュウ(以下、センチュウ)が分離されます。この病気は枯死と針葉の変色がほとんど同時進行し、針葉が褐色になったマツは既に枯死しています。下記の樹脂(ヤニ)による健全度の判定法を用いると、正確に被害木を判断することが出来ます。



マツ材線虫病の進行(加賀市片野、単木枯死木)



健全木

枯死木

樹脂による健全度の判定法

マツの樹幹に直径10mm程度の穴をポンチであけて、樹脂(ヤニ)の出方を観察します。春~秋は穴あけ後、数時間~半日程度で判定でき、樹脂が出ないマツは、枯死木と判定されます。冬季の暖かい日であれば、1日後に判定できます。

2 被害の拡大

マツノマダラカミキリ（以下、カミキリ）のメス成虫は衰弱～新鮮な枯れマツの幹や太枝に産卵します。松くい虫の被害木だけでなく、雪折れや被圧木にも産卵します。材を食べて成長したカミキリの幼虫は、センチュウを体につけて成虫になり、健全なマツへ移動し、松くい虫被害を拡大させます。在来種であるカミキリは日本のマツに特化しており、センチュウが見られない場所でも分布しています。



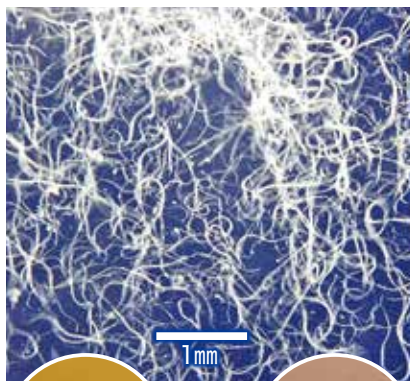
マツノマダラカミキリの成虫

カミキリの成虫は、生命維持や性成熟のために、餌として健全なマツの若い枝をかじり、センチュウはその傷から侵入します。成虫は夜行性で、日中は樹冠の枝などで静止しています。センチュウの伝搬は産卵を通しても行われることが分かっています。



マツに特化したカミキリ成虫のカムフラージュ

体色のまだら模様はマツの樹皮（左）、体型はマツの若い球果（中）、触角はマツの枯れた針葉（右）によく似るため、林内で成虫（矢印）を見つけることはとても困難です。

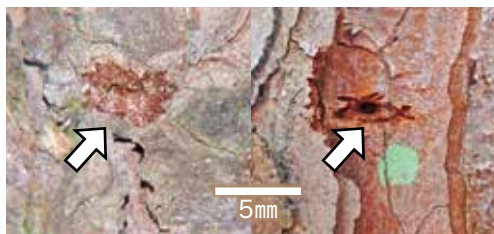


マツノザイセンチュウ

センチュウはマツの樹体内で爆発的に増殖し、マツを枯死させます。被害木内のセンチュウの密度にはムラがあり、全く分離されない箇所もあります。センチュウは自ら他のマツに移動する能力はありません。明治時代に木材の移動によって北米から日本に侵入したとされています。マツの枯死木から様々な種類のセンチュウが分離されます。

3 繁殖木の見分け方

カミキリの繁殖木が駆除対象になります。繁殖木は樹皮表面の産卵マークや樹皮下の木屑で見分けます。



産卵マーク

カミキリは産卵時に噛み傷（産卵マーク）をつけます。この中に1個ずつ卵があり、1日に5個程度産卵します。



樹皮下の卵(左)と初齢幼虫(右)

カミキリの産卵痕がある樹皮下には乳白色の卵が見つかります。卵は1週間ほどでふ化し、若い幼虫は樹皮下を食べて成長します。



幼虫の特徴的な樹皮下の木屑(左)と材内の幼虫(右)

カミキリの幼虫はマツの樹皮下をキバでむしりとり食い進みます。幼虫が進んだ後にはむしった材と茶色のフンが混じりあった特徴的な木屑(フラス)が見られます。マツの枯死木の中には、他の種類の幼虫も多数同時に生息しています。他の種類も似たような形態をしているため、見た目にはほとんど区別できません。

秋までに十分に成長した幼虫は、越冬のために蛹室を材中に掘ります。5月初旬ごろから蛹になり6月上旬～7月下旬ごろに成虫が羽化・脱出します。



蛹(左)と成虫の脱出(右)

カミキリの蛹室の周りにセンチウが集合し、蛹から成虫に羽化すると同時に乗り移ります。蛹室内で成虫になってしばらくすると、7mm前後の円形の穴を開けて野外に脱出します。脱出時間は夜間に集中します。雨天は避ける傾向があります。

松くい虫の発生サイクル

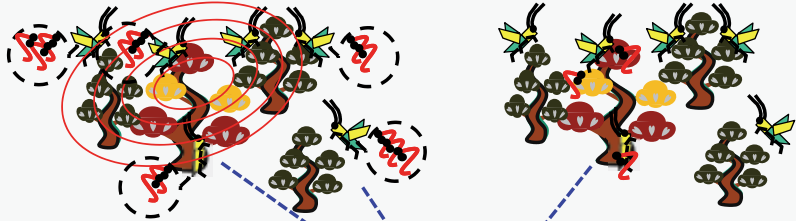
羽化脱出～性成熟前(飛翔・摂食)



性成熟後の誘引(交尾・産卵)

初期(6月上旬～)

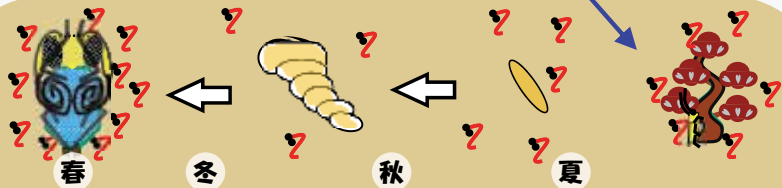
後期(7月下旬～)



センチュウを保持したカミキリが、**自然発生した枯死木**へ集中飛来する。枯死木を中心に周囲のマツで密度が高まり、**センチュウがマツを衰弱させ増殖する。**

センチュウを保持しないカミキリが、**松くい虫の枯死木(単木)**へ飛来する。枯死木の周囲では新たな枯死木は発生しない。

塊状枯死木の発生 8~10月



増殖したセンチュウが蛹の周りに集まる。



雪折れ木(左)と梢端枯死木(右)

マツ林では競争や遷移などで毎年、自然枯死木が発生します。北陸の海岸マツ林が大雪に見舞われた時には、雪折れ木や梢端枯死木も発生します。これらの枯死木はカミキリを産卵誘引し、塊状枯死木を発生させる原因となるので、速やかに処理する必要があります。

塊状枯死木の発生

林分では単木枯死木だけでなく、小集団的な塊状枯死も発生します。前者はセンチウを保持して脱出したカミキリ新成虫が健全なマツへのランダムな飛翔をすることによって発生しますが、後者は性成熟した成虫が新しい枯死木に交尾や産卵のために集まり、その周囲の健全なマツで成虫密度が高まることによって発生します。



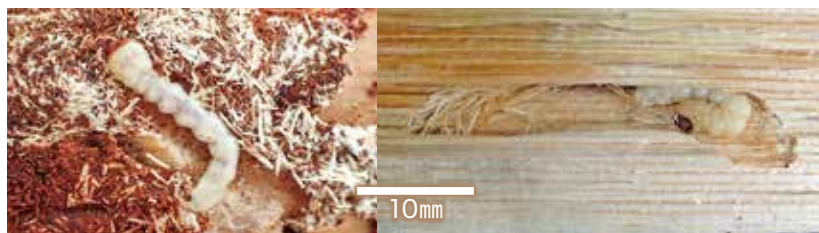
4 被害木の伐倒駆除（くん蒸、破碎）

被害木からカミキリの成虫が脱出する前に、幼虫を駆除します。県内では成虫が脱出する5月下旬頃までに処理しなければなりません。カミキリの幼虫密度は夏季に枯れた被害木で最も高く、冬～春季に枯れた木で低くなります。そのため、季節別に被害木調査を行い、幼虫密度が高い夏季に枯れた木を優先し処理すると効率の良い防除になります。



あめ玉式(A方式)とかぶせ式(B方式)の伐倒くん蒸処理

伐倒くん蒸処理では100%の幼虫駆除が求められます。被覆シートの破れやめくれによってガス濃度が低下し、駆除率の低下の原因になるため、きめ細かい被覆作業が求められます。



くん蒸処理によって殺虫された樹皮下幼虫(左)と材内幼虫(右)

くん蒸処理後の割材調査では、外見だけでは生死の判断が難しい個体が出現します。



ガラパゴス化した“あめ玉式”伐倒くん蒸処理

驚くことに、石川県で30年以上松くい虫伐倒くん蒸処理として実施して来た「あめ玉式」がいつの間にか石川県方式と呼ばれています。海岸砂浜マツ林での伐倒くん蒸作業で、投入薬剤の土壌への浸透・逸出を防止するという考えがあり、あめ玉式を主方式として採用してきました。一方、全国的にはかぶせ式が広く普及していますが、その最大の理由はシート1枚あたりの処理材積が多いことです。

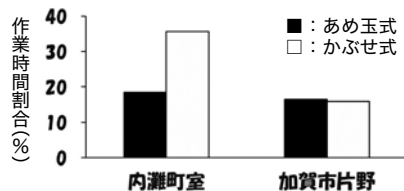
材積が大きい大径のマツが多く枯れていた時代には、高価なシート1枚当たりの処理材積を最大化できることは大きなメリットでした。しかし、現在では比較的若齢のマツが主な駆除対象になっている被害地も多く、このメリットが発揮されない場所が増えています。あめ玉式は、物理的に溝を掘れない岩場や地面を掘ることが好まれない公園等でも施工可能であり、冬季の強風にさらされてもシートがはがれることはないというメリットがあります。作業時間もかぶせ式と比べて大差はなく、手慣れた方が早くなるようです。



あめ玉式伐倒くん蒸処理の手順

- ① 地面にシートを広げる
- ② 被害材をシートの上に積む
- ③ シートの1辺を持ち上げ、薬剤を散布する
- ④ シートの2辺を合わせ、3回折り曲げる
- ⑤ ステープラーで張り合わせる
- ⑥ シートの両端を捻じり、ロープで固定する
- ⑦ 完成（外観）

ビニールの破れた箇所には布テープで補修します。



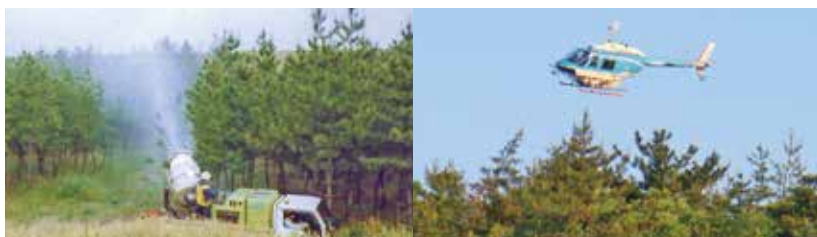
各被覆式の専用作業時間の比較

この調査を行ったとき、内灘町室の作業班はかぶせ式の作業ははじめてでしたが、加賀市片野の作業班は両被覆式に熟練していました。

5 予防法

1. 地上・空中散布

散布によって薬剤が染込んだマツの枝をかじったカミキリ成虫を殺虫します。センチウの伝播はカミキリが脱出してから5日程度して始まるので、石川県では6月第1週目に散布(1回目)を行います。必要に応じて6月20日ごろに2回目散布を行います。散布の機会が1回のみ散布では、雨風を避け天候に十分配慮して慎重に散布することが必須です。また、地上散布では薬液を樹冠上方にも散布しないと効果が半減します。



地上散布(左)と空中散布(右)

2. 樹幹注入

健全なマツの薬剤注入によって、樹体内に侵入するセンチウを増殖できないようにします。マツの健全性を判断するために樹脂調査は必ず実施してください。樹脂の滲出が減少する12～2月の厳冬期に施工します。薬剤が樹体内に拡散するまでに3ヶ月程度必要です。



樹幹注入(左)と形成層障害(右)

専門的な研修等を受講した作業者が施工します。適切な注入作業は、形成層障害を防止し、最長の持続効果を可能とします。



マツノマダラカミキリ成虫の大量誘引と捕獲試験



誘引木上のオス成虫(左)と交尾(右)

まず、林内の被圧木などの不要なマツに2～4ccのパラコート主成分に含む除草剤を注入して、カミキリの誘引木を作ります。成虫の発生時期の夜間に、これら誘引木を見回ります。誘引木上では産卵および交尾行動が見られます。オスの割合がメスよりも高くなります。手の届く高さの成虫は手づかみで直接捕獲しますが、それ以上高い位置にいる個体はマダラスイープで捕獲します。

3年間の試験では、林分の約20本のマツにパラコート注入処理して、2,000頭以上の成虫が捕獲されました。日没から数時間が捕獲のピークです。雨天や雨上がりなど林内が濡れた日はほぼ捕獲されず、調査には蒸し暑い日が適していました。6月上旬から7月末まで効率良く捕獲されましたが、マツ材線虫病の被害木が目立つようになる8月には、誘引されるカミキリが分散し、捕獲効率は著しく低下しました。また、初期に出現する成虫はより多くのセンチウを保持しており、6月には10,000頭以上のセンチウを保持する個体も捕獲されます。



マダラスイープによる成虫(矢印)の捕獲



加賀市片野マツ林に設置した誘引木で捕獲した成虫(188頭、令和2年6月21日)

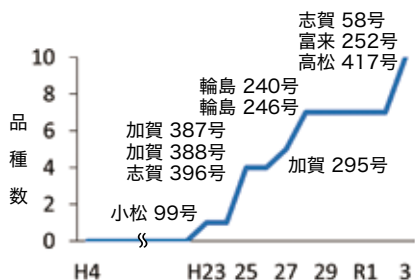
6 樹種転換

1. 抵抗性マツの植栽

25年以上かけて、県内各地の松枯れ激害地で生き残ったマツから育種されたマツ材線虫病抵抗性品種が10品種に到達しました。これらで造成された採種園では、令和2年に30万粒以上の種子が採取され、苗木生産が始まりました。抵抗性マツは枯れにくく、植栽地では被害木が少なくなり駆除費用の大幅な削減が期待されます。さらに県内品種は、冬季の低温、強風や積雪等の厳しい自然環境に適応できることが期待されます。



抵抗性クロマツ採種園



石川県産抵抗性クロマツ品種(合格)数

抵抗性マツ候補木からのサンプリング



松枯れ激害地で生き残ったマツ(矢印)

99%以上のマツが枯れた激害地で生き残ったマツが、センチュウに抵抗性をもつかどうか？試験するために、穂のサンプリングを行います。不思議と、これらのマツは樹高が高く、急傾斜地か絶壁に位置していました。また、これらのマツの穂は厳しい生育環境で生育しているため、採取した穂の接ぎ木の活着率が低く、検定に何年もかかったこともありました。上記の抵抗性マツ品種名はサンプリングした場所を示し、数字は母樹の番号を示します。



2. 広葉樹林への誘導

最初にカミキリの産卵を防ぐために、10～2月に不要なマツを予防伐倒します。そして、林床のシイ・カシ類、タブノキ、コナラ、アベマキなどの広葉樹にテープで印を付け、それらの生育を妨げる草本・灌木は下刈りします。補植が必要な場合は、付近で自生している高木樹種を選ぶようにします。砂丘地でも潮風が直接あたらず、腐植に富む土層ができている場所では、広葉樹が植栽できます。



樹種転換作業

松くい虫被害の温床となるマツ生立木の予防除去は、被害拡大の予防とともに、林床広葉樹の生長に促進効果があります。

地域活動による海岸林整備



地域活動による海岸林整備は、地域住民が主体となり、行政や民間企業などとの協働で行います。マツ林として維持するためには、確実にしかも効率的に松くい虫の防除が実施できることが重要であり、必要最小限のマツ林を対象とします。そのため、十分な管理が行えず松枯れが進行している場所や今後進行が予想される管理できない場所では、広葉樹への樹種転換を考えます。石川県ではいくつかの地域で積極的な活動が行われています。



高坂の会

能美市根上地区の地域住民は、積極的なマツ林の整備を行っています。被害木防除やマツの植栽も行っており、松枯れ被害もほとんどありません。



この普及資料に関する問い合わせは、最寄りの県農林総合事務所
森林部または農林総合研究センター林業試験場にお尋ねください。

よくわかる
石川の森林・林業技術 No.8 (改訂新版)
海岸マツ林の松くい虫対策

平成18年3月初版発行

平成25年3月改訂版発行

令和4年3月改訂新版発行

石川県農林総合研究センター林業試験場

執筆担当 江崎功二郎

【問合せ先】

〒920-2114 白山市三宮町ホ1

Tel. 076-272-0673

Fax. 076-272-0812

<http://www.pref.ishikawa.lg.jp/ringyo/>

E-mail. fes@pref.ishikawa.lg.jp