

# 1 激しい松枯れはなぜ起きる？

## 身近で発生する激しい松枯れ

夏を過ぎる頃になると、身近な松林や庭でマツが突然枯死する。これは、マツ材線虫病<sup>\*1</sup>と呼ばれるマツノザイセンチュウ（写真 - 4）を病原体とする激害型の伝染病で、マツノマダラカミキリ成虫（写真 - 1）の媒介によって伝染し、通水障害<sup>\*2</sup>を引き起こし、急激にマツを枯死させる。

## 増殖力の著しいマツノザイセンチュウ

このセンチュウの増殖力は著しく、通導組織<sup>\*3</sup>等を通して樹木の全体に移動分散し樹脂細胞等を破壊する。大量増殖によって、枝や幹のどの部分でもマツノザイセンチュウが検出される。このセンチュウの検出方法はベールマン法と言われ、ロートに水を入れてドリル等で採取した木くずを浸し（写真 - 6）這い出たセンチュウを垂下させて実体顕微鏡で確認する。

## マツノマダラカミキリ成虫は病原体を媒介する

病原体のマツノザイセンチュウはマツノマダラカミキリの蛹室（写真 - 11）に集まり、蛹室内で羽化したマダラカミキリ成虫の気門<sup>\*4</sup>に入り込む。ザイセンチュウは自分ではマツからマツへと移動できないが、羽化脱出したマダラカミキリがマツの若枝を後食<sup>\*5</sup>（写真 - 2）すると、ザイセンチュウはマダラカミキリから離脱して樹皮の傷口から材内へ侵入し、増殖してマツを枯らす。

## 枯らしたマツを利用して子孫を増やすマツノマダラカミキリ

マツノマダラカミキリにとって枯れたマツは産卵場所として好適で、枯れ始めるとすぐに飛来し産卵する（写真 - 3）。そして幼虫は、樹皮下で成長して（写真 - 5）越冬前に材内に穿入し（穿入孔、写真 - 7）穿入孔側を木くずで塞ぎ、蛹室（写真 - 11）を作る。翌年、5月下旬から8月上旬までの期間、成虫となって飛び出し（写真 - 8）健全なマツの若枝を後食する。

通常1年1世代であり、同じ被害木が数年にわたって産卵され、マツノマダラカミキリが羽化することはない。

---

\* 1 マツ材線虫病：ツチクラゲ病とともにマツ激害型枯死の原因となる病気で、朝鮮半島・中国・ヨーロッパへ被害が拡大しており、世界的流行病と言われる

\* 2 通水障害：通導組織で気泡等によって水分や養分が通らなくなる現象

\* 3 通導組織：仮導管や導管など水分や養分が通る組織

\* 4 気門：呼吸するために昆虫の体表にできた空気孔

\* 5 後食：マツノマダラカミキリ成虫が成熟するために行う摂食で、幼虫時代の摂食を前食という

## 2 マツ材線虫病（マツ激害型枯死）に効果的なマツノマダラカミキリ成虫の駆除

マツノマダラカミキリ成虫は、県内の松林のどこにでも生息している。経験的には、羽化成虫の 93 %以上を駆除しなければ、いずれ松林は消滅してしまう（参考文献 11）。

この激しい伝染病からマツを守る方法として、次の三つの方法がある。

後食防止剤によるマツノマダラカミキリ成虫の駆除は、病原体の感染を阻止し、松枯れ防止効果が高い

マツを枯らさないために行われる一般的な予防法は、後食防止剤の散布である。これによりマツノマダラカミキリ成虫がマツ枝を後食する際に駆除され、マツノザイセンチュウがマツに侵入し枯死させるのを防ぐ。この方法により、周辺の被害林から飛来する成虫も確実に減少させることができる。

散布方法としては、鉄砲ノズルを使用した散布（写真 - 13）、ターボファン式噴霧機（スパウター）を使用した散布（写真 - 14）、ヘリコプターによる散布（有人ヘリと無人ヘリ）などの方法が実施されている。

マツノザイセンチュウの増殖を阻止する樹幹注入剤

マツの樹体内に殺線虫剤を注入する方法で、少なくとも成虫が羽化する 3ヶ月前に樹幹部に注入し、後食時の傷口から侵入したマツノザイセンチュウの増殖を抑える。現在は 6 種類の樹幹注入剤が市販されている。

マツノマダラカミキリ成虫の羽化個体数を減少させる幼虫駆除

枯死したマツの多くには、幼虫が生息している。翌年羽化する成虫を減少させるためには、発生源となる枯れたマツを伐採・除去し、材内の幼虫を駆除することが必要である。

それには、次の方法がある。

- ・ 薬剤散布による幼虫駆除
- ・ くん蒸剤による幼虫駆除
- ・ 破碎による幼虫駆除
- ・ 焼却による幼虫駆除

\* 細い枝にも生息する幼虫

細い枝にも幼虫が穿入し、翌年の羽化を待っている。樹皮の割れ目から確認できる木くず（写真 - 7）や木口に現れる孔道（写真 - 10）によって生息を確認し、徹底的に駆除することが大切である。

### 3 環境保全型の後食防止剤アセタミプリド液剤

今までの後食防止剤（松枯れ防止剤）は有機リン系殺虫剤

マツノマダラカミキリ成虫を駆除する薬剤としては、成虫に対して殺虫効果が高く、羽化した成虫を後食時に殺すとともに、マツ枝に長期間残存し殺虫能力を持続する有機リン系殺虫剤が多く使用されてきた。最近では、危被害の軽減と残効の延長を目的として薬剤のマイクロカプセル化も実施され、一部で使用されている。

**\* 松枯れ防止剤・後食防止剤・摂食阻害剤**

紛らわしい名前だが、時々に応じて使い分けている。松枯れ防止剤には、マツノマダラカミキリ成虫を駆除する殺虫剤のほかマツノザイセンチュウの増殖を阻止する樹幹注入剤が含まれる。マツノマダラカミキリの羽化初期の後食を抑えるのが「後食防止剤」で、餌として樹皮をかじるのを抑える「摂食阻害剤」と基本的には同じ働きである。マツノマダラカミキリでは、後食防止剤という名称が使用されている。

**環境保全型の後食防止剤はネオニコチノイド系殺虫剤**

ネオニコチノイド系薬剤のうちアセタミプリド液剤は、甲虫類のシバオサゾウムシに殺虫効果があり、摂食を阻害すると言われてきた。そこで、散布したマツ枝でマツノマダラカミキリ成虫を飼育したところ、低濃度でもまひによる後食阻害を引き起こして餓死し、しかも効果が長期にわたることが明らかとなった。この特性を利用し、低濃度での後食防止剤の開発が可能となった。

従来の後食防止剤と、環境負荷の軽減に結びつく環境保全型後食防止剤の特徴の比較は、次表のとおりである。

従来の後食防止剤と環境保全型後食防止剤の比較

項目	環境保全型後食防止剤	従来の後食防止剤
薬剤の種類	ネオニコチノイド系殺虫剤	有機リン系殺虫剤
有効成分濃度	低い	高い
残存部位	内樹皮に浸透移行	樹皮に付着
後食防止能力	まひによる後食阻害・餓死	殺虫による後食阻害
後食防止効果の持続性	1～2か月	1～2か月
殺虫能力	後食阻害効果に優れるが、接触毒性は低い	後食阻害や接触毒など殺虫力に優れる
個体数削減能力	有機リン系殺虫剤より若干劣る	優れる
異臭	無臭	特有な臭いがある
変色・汚染	無い	自動車の塗装や墓石に変色が見られる

## 4 アセタミプリド液剤の特徴と使用上の注意点

アセタミプリド液剤は浸透移行性の強い殺虫剤で、農業分野では吸汁性害虫に効果が高い。マツノマダラカミキリ成虫への使用は、下記の安全性のもとに農薬登録されているが、使用に当たってはいくつかの注意が必要である。

### アセタミプリド2%液剤（商品名 マツグリーン液剤2）の安全性

- ・人畜毒性：普通物  
急性経口毒性 ラット( )LD<sub>50</sub> > 5000mg/kg  
ラット( )LD<sub>50</sub> > 5000mg/kg
- ・魚毒性：原体A類 コイTML(48hr) > 100mg/リットル  
ミジンコTML(3hr) > 1000mg/リットル
- ・刺激性(原液) 眼刺激性(ウサギ)：軽度の刺激性あり  
皮膚刺激性(ウサギ)：刺激性なし
- ・感作性モルモット：皮ふ感作性なし
- ・有用昆虫への影響 ミツバチ・マルハナバチ：少ない  
ケナガカブリダニ：少ない
- ・鳥類に対する影響(ウズラ)：少ない  
亜急性毒性：LC<sub>50</sub> > 5000ppm

### アセタミプリド液剤使用上の注意点

農薬は、有効成分が同じでも、有効成分濃度と希釈倍数が対象となる害虫や作物（植物）により異なる。そのため、使用に当たっては、農薬名と適用害虫・植物そして希釈倍数を常に確認することが大切である。

（例）マツノマダラカミキリ：アセタミプリド2%液剤（商品名 マツグリーン液剤2）の60～100倍

アブラムシ類・アザミウマ類：アセタミプリド20%液剤（商品名 モスピラン水和剤）の2000～4000倍

シバオサゾウムシ：アセタミプリド30%水溶剤（商品名 イールダーSG）の2000倍

### 散布上の注意点

現在は、農薬の安全使用が強く求められている。マツノマダラカミキリ成虫の駆除には農作物より高い濃度の薬剤が使用されており、散布に際しては周辺地域の住民に対し周知徹底するとともに農作物等へ飛散しないよう、十分注意して散布しなくてはならない。

どうしても飛散してしまう場所では、薬剤散布以外の方法を選択するか周辺部の樹種を変更して緩衝地帯を設ける必要がある。

## 5 実際の松林での松枯れ防止効果

農薬登録されたアセタミプリド液剤がどのように松枯れ防止効果を発揮するかを検討するため、長生郡一宮町の海岸松林において実証試験を実施した。薬剤の効果を十分に発揮させるため、重ね散布として2回散布及びいねい散布としてターボファン式噴霧機（スパウター）を使用し（写真 - 14）、1ヘクタール当たり1200リットルの薬液を散布した。

### ア．試験方法

薬剤を散布する時期を確定するため、過去10年間の発消長調査結果を利用した。試験地は、被害が多発している海岸松林に道路を挟んでアセタミプリド液剤区と対照区各0.25ha（100m×25m）を設定し、散布前年の枯死率を調査した。

散布1年目は、成虫発生初期の6月上旬と最盛期直前の6月下旬の2回、アセタミプリド20%液剤の1000倍液を散布した。2年目は、成虫発生初期の6月上旬に次いで2回目を7月中旬に実施し、アセタミプリド2%液剤の60倍液を散布した。そして3年目は、6月上旬と下旬の2回、アセタミプリド2%液剤の100倍液を散布した。

### イ．試験結果

過去10年間の時期別羽化割合を求めると、羽化は5月下旬から開始し、6月中旬に10%羽化日があり、7月上旬に50%羽化日があり、8月上旬に終了した。

アセタミプリド液剤散布前年の試験地のマツ枯死率は、アセタミプリド液剤区と対照区共に28～29%と高率であった。散布1年目は、アセタミプリド20%液剤の1000倍液を2回散布し、枯死率が8%まで低下した。散布2年目は、アセタミプリド2%液剤の60倍液を2回散布することで、枯死率を2%にまで低下させることができた。散布3年目は、アセタミプリド2%液剤の100倍液を2回散布したところ、枯死率は0.3%と低率を維持できた（図 - 1）。

マツ材線虫病は激しい伝染病で、対照区は前年の枯死木をすべて伐採、搬出したにもかかわらず枯死被害は継続した。これに対して、アセタミプリド液剤区は、枯死木の伐採・搬出と薬剤散布によって被害を低率に抑えることができた。

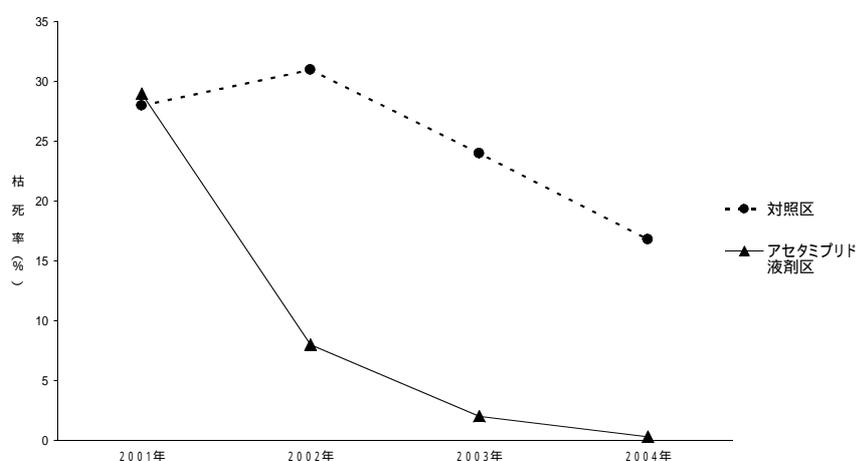


図 - 1 枯死率の推移

## 6 実際の松林での後食防止剤散布作業 (地上散布する場合の注意点)

松枯れを低率に抑えるためには、羽化成虫の93%以上を駆除することが必要で、予防散布による徹底した成虫駆除が必要となる。その注意点は、次のとおりである。

### アセタミプリド液剤の使用量

環境保全型となるネオニコチノイド系マツノマダラカミキリ後食防止剤は、現在5薬剤が農薬登録されており(15ページ参照)アセタミプリド剤では「マツグリーン液剤」と「マツグリーン液剤2」が農薬登録されている。

希釈倍数はマツグリーン液剤の場合が1000倍、マツグリーン液剤2の場合が60~100倍であり、その使用液量は単木の場合が樹高10mのマツで1本当たり3リットル、林分の場合が1ヘクタール当たり1200リットルとなっている。

### 食害部分(若い枝)にむらなくかけるていねい散布

マツノマダラカミキリ成虫は、若いマツ枝の樹皮を後食する(写真-2)。そのため、薬剤散布も樹木の先端部分にむらなくかかるようにていねいに散布する。一方向だけから散布すると反対側に散布されない部分が残る。二方向以上から散布すると、全面にむらなく薬液が付着する。

実際の松林は、傾斜地であったり、ホースを移動させにくい状況であったりするので、現地に合わせて散布方法を選択する。散布方法は、鉄砲ノズル(写真-13)による散布が一般的であるが、ターボファン式噴霧機(スパウター、写真-14)やヘリコプターなど実際の松林の状況にあわせた方法を選択することが必要である。

### 激害地区では、2回散布の実施

現在は、後食防止剤の能力向上や散布経費の観点から1回散布が主流となっている。

松枯れの被害を低率に抑えるためには、幼虫の駆除とともに徹底した成虫の駆除が必要であり、薬剤の有効成分がマツ枝に十分付着している場合には長期間後食防止効果が発揮されるが、散布むらが生じた場合には、マツ枝が後食されてマツが枯れる。

そのため、マツノマダラカミキリ成虫の発生が多いと推察される激害地区や徹底した駆除を望む松林では、2回の散布が必要である。

#### \*安全使用上の注意

アセタミプリド剤は眼に対して刺激性があるので眼に入らないように注意する。眼に入った場合には直ちに水洗し、眼科医の手当てを受けるようにする。

## 7 アセタミプリド液剤の後食防止能力 (室内での飼育試験及び屋外での網室試験から)

アセタミプリド液剤の基礎的後食防止能力を試験するため、室内での飼育試験及び屋外での網室試験を実施した。

### ア．飼育試験

マツ苗木に薬剤を散布して直射日光の当たる裸地で生育させ（写真 - 21）、8週間後と9週間後にマツ枝を採取した。この枝を使用し、飼育容器（写真 - 23）で7日間マツノマダラカミキリ成虫を飼育し、生死と後食痕面積を測定した。その結果、アセタミプリド2%液剤区とMEP80%乳剤区ともに、散布後8週間と9週間後でも後食阻害効果を示し（図 - 2）すべてのマツノマダラカミキリ成虫が4日以内に死亡した（図 - 3）。

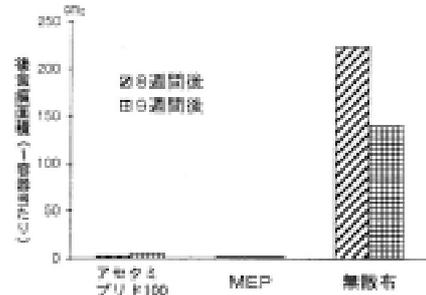


図 - 2 後食痕面積

### イ．網室での放虫試験

アセタミプリド2%液剤区、MEP80%乳剤区及び無散布区を設定し、各網室（写真 - 15）に高さ約1mのクロマツを9本植栽した。薬剤を散布した当日から、各網室に毎週5頭づつ8週間後までマツノマダラカミキリ成虫を放虫した。そして、マツノマダラカミキリ成虫の生死及び後食痕の箇所数と面積を測定した。また、散布5か月後に、クロマツの生死の確認とマツノザイセンチュウの検出を実施した。

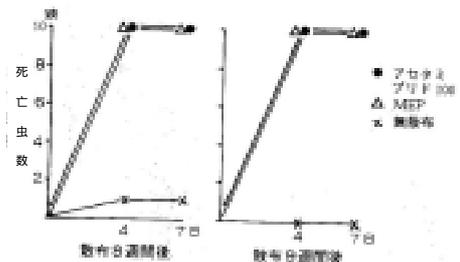


図 - 3 死亡虫数

その結果、薬剤散布区は、放虫後ほとんどの成虫が翌週には死亡した。1本当たりの後食痕箇所数と面積は、8週間の合計でアセタミプリド液剤区が1.8箇所及び0.3cm<sup>2</sup>、MEP乳剤区が0.7箇所及び0.3cm<sup>2</sup>で、薬剤間に差が認められず、無散布区の111.9箇所及び85.3cm<sup>2</sup>と比較すると顕著な差が認められた（図 - 4）。クロマツの枯死率は、アセタミプリド液剤区が5%、MEP乳剤区が20%であったが、いずれの枯死木からもザイセンチュウは検出されなかったため、マツ材線虫病以外で枯死したものと判断した。無散布区の枯死率は70%で、すべての枯死木からザイセンチュウが検出された。

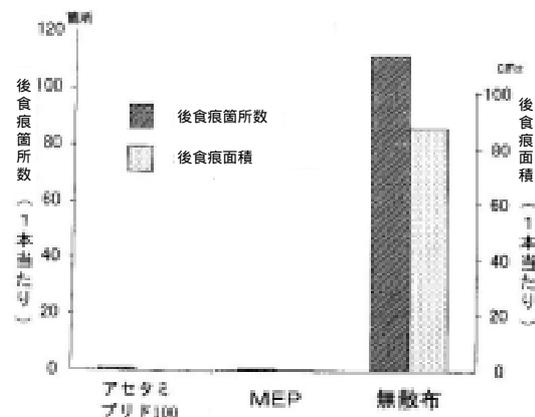


図 - 4 後食痕箇所数と面積