

## 11. リュウキュウマツ材線虫病（松くい虫）

病原：マツノザイセンチュウ *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner et Buhrer) Nickle

媒介者：マツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus* Hope

### 基本データ

#### 1) 原産地

(病原) マツノザイセンチュウ：北米

(媒介昆虫) マツノマダラカミキリ：日本在来

#### 2) 沖縄県における発生地域と宿主植物

(発生地域) 沖縄島・屋我地島・古宇利島・伊江島などの周辺離島、南・北大東島

(宿主植物) リュウキュウマツ (*Pinus luchuensis* Mayr) に被害発生が認められる。

#### 3) 被害木の症状

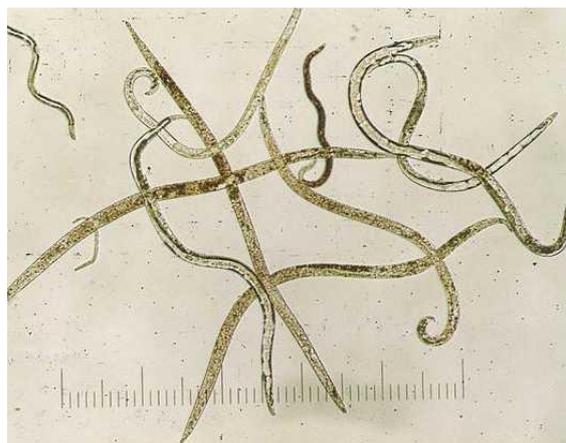
旧葉から針葉の変色が始まり、短期間のうちに全身的な萎凋症状を呈して枯死に至る。樹脂滲出異常を引き起こすことも本病の特徴である。本病による枯死木は、主に7月～9月にかけて集中的に発生するものの、枯死木の発生や病徴の進展は、春を除きほぼ年間を通して見られる。

#### 4) 伝播の方法

マツノマダラカミキリが松の若枝を後食する間に、マツノマダラカミキリの気門に侵入していたマツノザイセンチュウが後食の傷口に落下し松樹体内に侵入する。



マツノマダラカミキリ



マツノザイセンチュウ

### 日本国内（沖縄県外）における発生地域と主な宿主植物

北海道を除く全都府県で被害が確認されている。主要な宿主は、クロマツ (*P. thunbergii* Parlatore.) やアカマツ (*P. densiflora* Sieb. et Zucc.)、リュウキュウマツ。

### 海外における病虫害の発生地域と主な宿主植物

アメリカ：ヨーロッパアカマツ *P. sylvestris* (L.) 等の外来樹種。ポルトガル：フランスカイガンショウ *P. pinaster* (Aiton)。中国：クロマツ、台湾アカマツ *P. massoniana* (Lambert)。韓国：アカマツ、クロマツ、チョウセンゴヨウ *P. koraiensis* (Sieb & Zucc.)。台湾：クロマツ、台湾アカマツ、リュウキュウマツ。

#### 1) 特徴

リュウキュウマツ材線虫病は、媒介者であるマツノマダラカミキリが、病原であるマツノザイセンチュウを媒介する伝染性の樹木病害である（図-1）。本病に感染したリュウキュウマツは、旧葉から針葉の変色が始まり、短期間のうちに全身的な萎凋症状を呈して枯死に至る。本病に感染した松では、

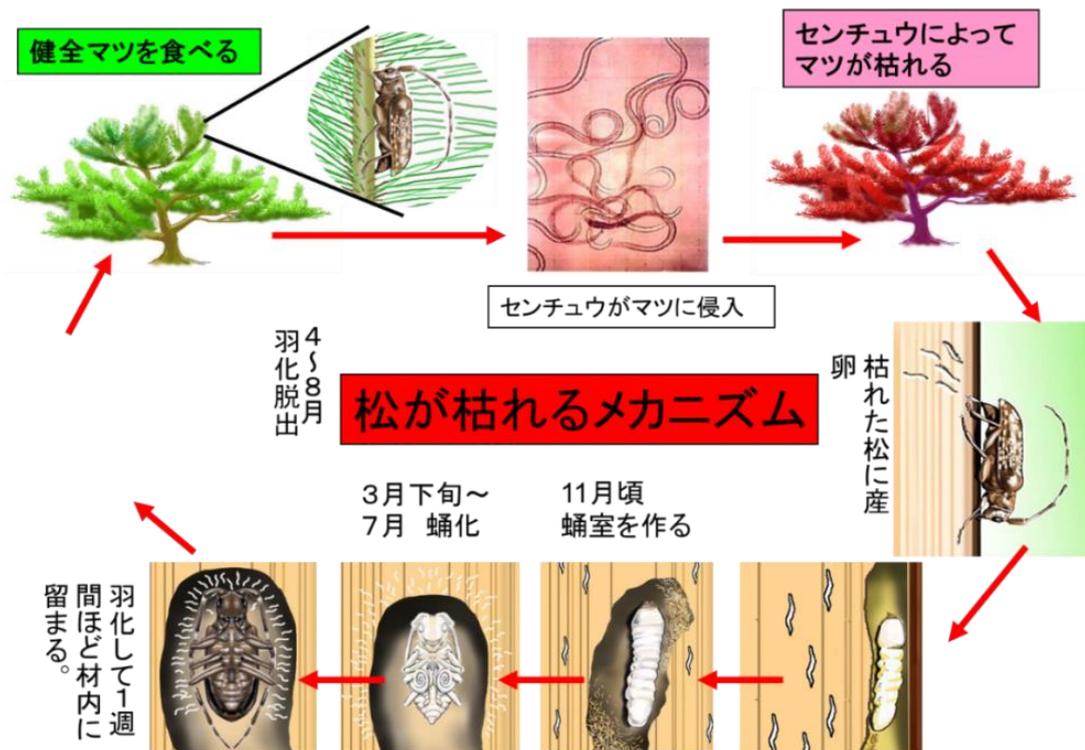


図-1 リュウキュウマツ材線虫病の感染サイクル

樹脂滲出異常を引き起こすことも本病の特徴である。被害木は単木で発生することもあるが、周辺に松林がある場合、翌年の被害が集団的に発生することが多い（写真-1）。

本病による枯死木は、主に7月～9月にかけて集中的に発生するものの、枯死木の発生や病徴の進展は、春を除きほぼ年間を通して見られ、リュウキュウマツ材線虫病の発生様式の顕著な特徴である（中村ら，2005）。



写真-1 本部半島におけるリュウキュウマツ集団枯損の状況（着葉が見られない前年の枯死木と針葉が赤変した当年の枯死木）

## 2) 病原と媒介昆虫の形態及び生態

### ①マツノザイセンチュウ

マツノザイセンチュウは、Aphelenchoideidae 科の一種で、同属中で唯一植物寄生性を示す（真宮，1992）。成虫の体長は約 1mm、体幅 0.03mm、口針を有する。また、成熟した成虫の段階では、食道球が明瞭で、雄の交接刺が鈎状を呈し、雌の尾部は丸く、陰門に蓋（陰門蓋）があるのが特徴である。本病により枯死した松材からはベールマン法により大量のマツノザイセンチュウが分離される。線虫は、25℃の状態では4日間で1世代を終える。

松の樹体内に侵入した線虫は、仮導管や樹脂道をとって松樹体内を移動する。その後、大量に増殖するが、松自体の病徴進展はマツノザイセンチュウが増殖する前に発生する（山田，1997）。その後、マツノザイセンチュウはマツノマダラカミキリの蛹室の周辺に誘引され、カミキリの気門から体内に侵入する。翌年4月～5月にカミキリが松樹体外へ脱出し、松の若枝を後食する間に傷口に落下したマツノザイセンチュウが松樹体内に侵入することで、新たな被害が発生する。

我如古 (1977) によるリュウキュウマツへの接種試験により、亜熱帯環境下でもリュウキュウマツ成木に病原性を示すことが確認された。

## ②マツノマダラカミキリについて

マツノマダラカミキリの成虫は体長 18~28mm、体は暗赤褐色ないし黒褐色。頭部と前胸背面には黄褐色微毛でできた斑紋がある。上翅は暗褐色と赤褐色。白色の微毛で覆われたモザイク状の小紋がある。雄の触角は体長の 2~2.5 倍。雌は 1.5 倍以下で、第 3 節より先の各節の基半部に灰白色の微毛がある。卵は黄白色で長楕円形、長さ約 4mm、最大幅 1mm。幼虫は、終齢幼虫の体長が 20cm~42mm、体重は 170~1,200mg、平均 550mg。

沖縄のマツノマダラカミキリ成虫の発生時期は 4 月上旬から 8 月、活動時期は 4 月から 11 月中旬である (伊禮ら, 2004)。羽化脱出した成虫は、健全な松の枝の樹皮を後食 (摂食) する。この際に、マツノザイセンチュウはマツノマダラカミキリの気門から移動し、樹皮にできた傷から松樹体内に侵入する。

成虫は昼夜を問わず活動するが、夕方から夜間に活発になる。

産卵の際、雌は樹皮に約 3mm のかみ傷をつけ、樹皮下に産卵する。1 雌の産卵数は平均 100 粒で、5~7 日で孵化する (25℃条件下)。

孵化幼虫は樹皮下の内樹皮を摂食する。その際に発生したフラス (食べかす) が材外に大量に排出される。1~4 齢幼虫までで、卵から 40~60 日 (25℃条件下) で終齢幼虫に发育する。その後、材内に移動して蛹になり、翌月の 4 月~8 月に脱出する。

沖縄のマツノマダラカミキリは、本土と比較して活動期間が早く始まり、長く続くという特徴がある (中村ら, 2005)。

## 3) 沖縄県における侵入の経緯と発生の現状について

沖縄への本病の侵入から 2013 年に至るまでのリュウキュウマツ材線虫病被害の推移と各種施策等を図-2に、被害の面的広がりを図-3に示した。

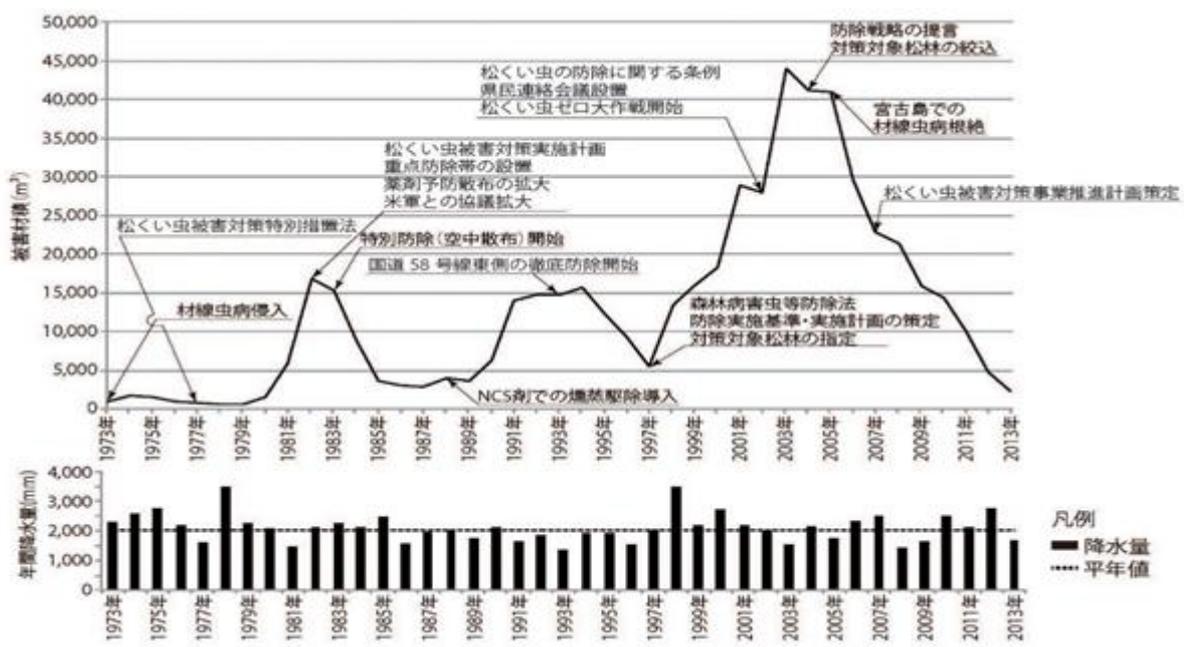


図-2 リュウキュウマツ材線虫病の推移と施策

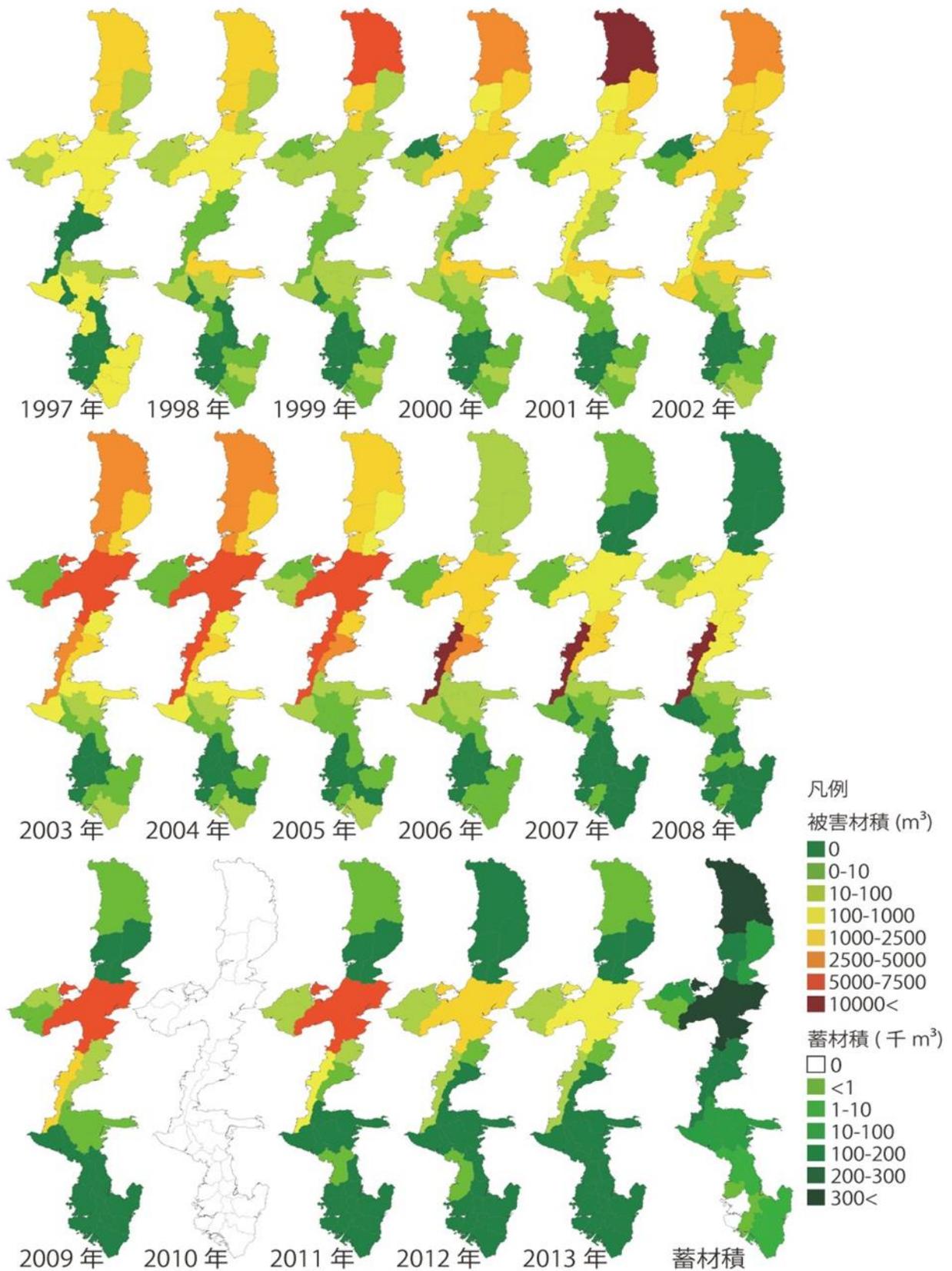


図-3 リュウキュウマツ材線虫病被害の面的推移と2010年時点での蓄材積  
 被害材積は、市町村単位で集計された被害材積に基づき作図した。なお2010年の被害材積は記録が欠落。  
 リュウキュウマツの蓄材積は、沖縄北部、中南部地域森林計画書掲載の市町村別針葉樹材積に基づき作図した。

1973年に東村平良から名護市二見に至る海岸沿いに枯死木が発生し（国吉，1974）、枯死したリュウキュウマツ17本中13本からマツノザイセンチュウが検出されるとともに、本土から移入された松丸太からも多数のマツノザイセンチュウが確認された（我如古，1974）。侵入当初は、徹底駆除を基本として、枯死木の伐倒焼却や薬剤処理等の駆除及び薬剤散布等の防除対策を講じたことから、被害は限定的でかつ低位に維持されていたものの根絶には至らず、1980年代には被害は沖縄島全域に広がった。1990年代には、被害は松資源量の多いやんばる地域が被害の中心となり、被害量は増大した（図-2、3）。

1998年以降は、「森林病虫害等防除法」（農林水産省，1950）に基づき、対策対象松林（高度公益機能森林、地区保全松林等）を指定して、重点的な防除を実施している（沖縄県，1998）。

しかし、本県では、リュウキュウマツの密度が高く、高度公益機能森林以外の松林が多く存在するため、被害は増加し続け、2003年にはピークとなる4万4千 $\text{m}^3$ の被害量が発生した。

この間、沖縄県松くい虫の防除に関する条例が施行され、広域・全量駆除を目指した防除対策が実施された（沖縄県，2003）。

2007年には、「第3次松くい虫被害対策事業推進計画（2007～2011）」が策定され、公益的機能の高い松林に対しては重点的な防除対策を実施するとともに、景観対策として、幹線道路沿いの被害木処理及び巨樹、老木等貴重な松への樹幹注入が実施された（沖縄県，2007）。

2005年には、中村（2005）、中村ら（2010）によって宮古島でのリュウキュウマツ材線虫病の根絶が確認された。

#### 4) 診断

針葉の変色という外観的な病徴の進展の前に、樹脂滲出の低下もしくは停止が起こる。そして、7月～9月に旧葉から針葉の変色が始まり、2～3週間という短期間に枯死に至る。針葉の赤変や萎凋が見られるようになると、松樹体内では、マツノザイセンチュウの急激な個体数増加が始まる。この頃に枯死したリュウキュウマツから材片を採取しマツノザイセンチュウの有無を調べることで本病の診断が可能である。マツノザイセンチュウの有無を調べる方法は、ベールマンロート法により分離された線虫類を顕微鏡下で観察・同定する方法や、診断キット（マツ材線虫病診断キット（株式会社ニッポンジーン製））を活用した方法がある。

本病と台風などの潮風害による枯死は、潮風害の場合、当年生の針葉から変色が始まること、樹脂滲出の低下は起こらないことから見分けることができる。

#### 5) 防除

##### ①方針

本病による被害は枯死木から線虫を保持したマツノマダラカミキリが脱出することにより拡大する感染性病害である。そのため、枯死木の徹底駆除が重要であり、そのための監視体制の充実、防除の持続性が求められる。保全対策松林では、将来的に松林としての維持が必要な森林や松を保全しなければ森林機能が失われると判断される森林を指定して継続的な防除を重点的に実施しているところである。

一方、保全対策松林以外の松林等でも本病による被害は発生している。本県では、古くからリュウキュウマツを重要な造林樹種として活用してきたこと、林縁部や空地などに自生する先駆植物で、海岸から内陸部まで連続した分布が確認されることから、保全対策松林をその他松林から隔離することが困難である。

また、本県における本病による被害は、松林の壊滅的な被害をもたらす前に移動していることが示唆されることから、被害地域の拡大又は移動を食い止めることが重要である。

このため、被害の先端地域において被害木の徹底駆除する必要があり、保全対策松林だけでなく、その他松林を含めた戦略的な防除が求められる。

被害拡大のリスクは被害発生年や周辺森林の状況により、変化することから、被害状況及び松林の分布等を検討して、防除対象を決定する必要がある。

## ②方法

防除方法は、被害材内のマツノマダラカミキリ幼虫を対象としたもの、羽化脱出後のマツノマダラカミキリ成虫を対象としたもの、リュウキュウマツへのマツノザイセンチュウの侵入を阻止するものに大別できる。

マツノマダラカミキリの幼虫を対象とした防除対策は、被害木の伐倒駆除である。伐倒後の被害木は、焼却、破碎、薬剤による燻蒸処理によって材内の幼虫を殺虫する。

マツノマダラカミキリの幼虫を対象とした防除対策は、成虫が羽化脱出する春から初夏にリュウキュウマツの樹冠部に殺虫剤を散布し、媒介者であるマツノマダラカミキリの成虫を殺すことで線虫の伝搬・感染を防ぐというものである。沖縄での薬剤散布は、4月と5月の2回実施する。

リュウキュウマツへのマツノザイセンチュウの侵入阻止は、樹幹注入剤の施用により行われる。樹幹注入剤の施用は樹幹からの樹脂滲出が低下する冬季に行う。ただし、樹冠注入剤の連年施用は、水分通導の阻害を引き起こす場合がある。

表-1にマツノマダラカミキリに対する農薬一覧、表-2にマツノザイセンチュウに対する農薬一覧を示す。いずれも2017年3月時点で登録されている農薬の一覧を示す。

表-1 マツノマダラカミキリに対する農薬登録情報

| 登録番号  | 農薬一般名            | 農薬商品名            |
|-------|------------------|------------------|
| 6272  | カーバム剤            | NCS              |
| 12989 | MPP乳剤            | T-7.5バイセフト乳剤50   |
| 13385 | BPMC・MPP乳剤       | T-7.5バイサン乳剤      |
| 15042 | MEP乳剤            | 住化スミパイン乳剤        |
| 15043 | MEP乳剤            | サンケイスミパイン乳剤      |
| 15044 | MEP乳剤            | ヤシマスミパイン乳剤       |
| 15823 | MPP油剤            | マウントT-7.5A油剤     |
| 15824 | MPP油剤            | マウントT-7.5B油剤     |
| 17141 | MEP乳剤            | 井筒屋スミパイン乳剤       |
| 19146 | MEPマイクロカプセル剤     | スミパインMC          |
| 19147 | MEPマイクロカプセル剤     | サンケイスミパインMC      |
| 19148 | MEPマイクロカプセル剤     | ヤシマスミパインMC       |
| 19249 | カーバム剤            | ヤシマNCS           |
| 19680 | カーバムナトリウム塩液剤     | キルパー40           |
| 20330 | アセタミプリド液剤        | マツグリーン液剤         |
| 20696 | チアクロプリド水和剤       | エコワンプロアブル        |
| 20697 | チアクロプリド水和剤       | エコファイターフロアブル     |
| 20838 | アセタミプリド液剤        | マツグリーン液剤2        |
| 20897 | チアクロプリド水和剤       | エコワンプロアブル        |
| 20898 | チアクロプリド水和剤       | エコファイターフロアブル3    |
| 21267 | クロチアニジン水和剤       | モリエートSC          |
| 21905 | ボーベリア バシアーナ剤     | バイオリサ・マダラ        |
| 21906 | ボーベリア バシアーナ剤     | ボーベリアン           |
| 22391 | クロチアニジンマイクロカプセル剤 | モリエートマイクロカプセル    |
| 22392 | クロチアニジンマイクロカプセル剤 | ヤシマモリエートマイクロカプセル |
| 23801 | アセタミプリド液剤        | イマージ液剤           |

注) 2017年3月末時点で登録されている農薬の一覧を示す。使用にあたっては、登録が失効されていないことを確認すること。

表-2 マツノマザイセンチュウに対する農薬登録情報

| 登録番号  | 農薬一般名         | 農薬商品名            |
|-------|---------------|------------------|
| 6272  | カーバム剤         | NCS              |
| 15278 | 酒石酸モランテル液剤    | グリーンガード          |
| 16441 | 酒石酸モランテル液剤    | グリーンガード・エイト      |
| 18531 | 塩酸レバミゾール液剤    | ホドガヤセンチュリーエース注入剤 |
| 19249 | カーバム剤         | ヤシマNCS           |
| 19325 | ネマデクチン液剤      | メガトップ液剤          |
| 19680 | カーバムナトリウム塩液剤  | キルパー40           |
| 19878 | エマメクチン安息香酸塩液剤 | ショットワン液剤         |
| 20238 | エマメクチン安息香酸塩液剤 | ショットワン・ツー液剤      |
| 20403 | ミルベメクチン乳剤     | マツガード            |
| 21971 | ホスチアゼート液剤     | ネマバスター           |
| 22028 | 酒石酸モランテル液剤    | グリーンガード・NEO      |
| 22571 | 塩酸レバミゾール液剤    | マッケンジー           |
| 23637 | 酒石酸モランテル液剤    | エースグリーン          |
| 23638 | 酒石酸モランテル液剤    | パインレスキュー         |
| 23772 | ミルベメクチン乳剤     | マツガードクイック        |

注) 2017年3月末時点で登録されている農薬の一覧を示す。使用にあたっては、登録が失効されていないことを確認すること。

### ③研究

#### (1) 防除戦略の策定

マツ材線虫病の防除法は、既往の技術がすでに確立されており、これらを適期に確実に実施すれば、沖永良部島や宮古島のように松くい虫被害は収束に向かう（中村ら，2010）。しかし、薬剤による防除や、伐倒駆除には多大な労力、時間、費用を要することから、保全すべき松林を絞り込み、防除の重点化を図る必要があった。そのため、森林資源研究センターでは、防除戦略を策定し、①駆除の継続性、②駆除の容易性、③松林の経済的、歴史的的重要性に着目して絞り込みを行うことを提案した（伊禮ら，2007）。

#### (2) 抵抗性リュウキュウマツの育種選抜

抵抗性を有する個体の選抜のため、激害地で生き残った個体、成木に対する強制線虫接種を実施して生き残った個体から苗木を作出し、線虫接種検定を行って、高い生存率を示した親個体を抵抗性候補木としてこれまでに11個体の抵抗性候補木を選抜した。今後も引き続き抵抗性候補木の検索を行い抵抗性品種開発の取り組みを進める。

#### (3) マツノマダラカミキリの天敵昆虫クロサワオオホソカタムシ (*Dastarcus kurosawai*) の大量増殖

マツノマダラカミキリの天敵昆虫を探索したところ、沖縄島に生息する天敵昆虫は12種確認できた（喜友名・伊禮，2006）。このうちクロサワオオホソカタムシは、人工飼料による増殖が可能であること等により有望な天敵として摘出された（喜友名・伊禮，2006）。

その後、森林資源研究センターでは、クロサワオオホソカタムシの大量増殖技術の開発および網室内における放飼試験を実施し、実用化に向けた技術開発に取り組んでいる。

#### [引用文献]

我如古光男（1974）．沖縄本島に侵入したマツノザイセンチュウ．森林防疫23，42-44．

我如古光男（1977）．リュウキュウマツ成木による2系統マツノザイセンチュウを用いた頭数別接種試験．沖縄県林業試験場研究報告20，75-77．

- 伊禮英毅, 宮城健, 喜友名朝次, 具志堅允一, 中平康子, 森高, 亀山統一, 中村克典, 秋庭満輝, 佐橋憲生, 石原誠 (2004). 沖縄におけるリュウキュウマツ材線虫病の流行様式IV 沖縄島におけるマツノマダラカミキリの発生回数と時期. 第115回日林学術講. 719.
- 伊禮英毅, 酒井康子, 喜友名朝次, 宮城健, 具志堅允一, 吉田成章 (2007) 沖縄県の松くい虫防除戦略の策定とGISを活用した戦術(既存防除技術の適応法)の構築. 森林防疫56, 204-210.
- 国吉清保 (1974). マツノザイセンチュウによる被害沖縄に発生. 森林防疫23, 40-42.
- 中村克典, 秋庭満輝, 佐橋憲生, 亀山統一, 三上敦, 元重智治, 伊藤俊輔, 水真洋子, 森高, 前田大輔, 伊禮英毅, 喜友名朝次, 中平康子, 宮城健, 具志堅允一 (2005). 沖縄におけるリュウキュウマツ材線虫病の流行様式VI 経年調査から見えてきたこと. 第116回日林学術講. 630.
- 中村克典 (2005). 宮古島におけるリュウキュウマツ材線虫病汚染状況の解明. 平成16年度森林総合研究所年報, 131
- 中村克典, 秋庭満輝, 相川拓也, 小坂肇, 伊禮英毅, 喜友名朝次 (2010). 沖縄県宮古島のリュウキュウマツ枯死木およびマツノマダラカミキリからの*Bursaphelenchus*属線虫検出調査. 日本森林学会誌92, 45-49.
- 沖縄県 (1998) 森林病虫害. 34 (沖縄県、沖縄の林業 平成10年版. 沖縄県)
- 沖縄県 (2003) 森林病虫害. 35 (沖縄県、沖縄の森林・林業 平成15年版. 沖縄県)
- 沖縄県 (2007) 森林保護. 30 (沖縄県、沖縄の森林・林業 平成19年版. 沖縄県)
- 沖縄県 (2008) (附) 参考資料. 65-66 (沖縄県、沖縄北部地域森林計画書. 沖縄県)
- 沖縄県 (2010) (附) 参考資料. 66-67 (沖縄県、沖縄中南部地域森林計画書. 沖縄県)
- 山田利博 (1997). “マツノザイセンチュウの樹体内での動態と病気の進行、発病に伴うマツの反応” 松くい虫(マツ材線虫病)ー沿革と最近の研究ー274p. 森林病虫獣害防除協会, 73-89.