

松くい虫激害地の被害拡大現状に関する研究

—マツ材線虫病被害の被害減少要因の検討—

岡田充弘・小山泰弘

マツ材線虫病被害が激害化したのち被害が減少した長野市松代地域、若槻地域を対象として、被害の減少原因を自然環境および被害駆除圧などから関係解析したところ、標高 800m 以上、あるいは MB 指数 21 未満という温度条件(低温)が被害発生を抑制していた。また、初期感染源からの距離も罹病の制限要因であるといえた。なお、標高 800m 以上、MB 指数 21 未満であっても、猛暑などで被害が発生する可能性が認められた。調査地域で被害発生が減少した主な要因は、被害木全量伐倒駆除等の被害防除努力(被害抑制圧)と判断された。

キーワード マツ材線虫病、アカマツ、伐倒くん蒸、標高、被害沈静化

1. 研究の背景

1.1 長野県におけるマツ材線虫病被害の拡大

マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) を病原とするマツ材線虫病によるマツ枯れ被害(以下、材線虫病被害という)は、1905 年(明治 38 年)に長崎市で記録されて以降、西日本から拡大の一途をたどり、1980 年代には青森県と北海道を除く地域が被害地域となった(岸 1988)。

長野県では、1981 年(昭和 56 年)に当時の木曾郡山口村(現岐阜県中津川市)で材線虫病被害が初認され、翌 1982 年(昭和 57 年)には山口村から離れた長野市、1983 年(昭和 58 年)には飯田市、高山村、小布施町で確認された。その後、媒介昆虫のマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) による周辺地域への伝搬や、被害木の移動によると考えられる飛び火的な被害の発生により、県内各地に被害が拡大した。なお、2006 年(平成 18 年)3 月現在の被害市町村は 44 市町

村(平成の大合併以前の 59 市町村)となっている。

1.2 材線虫病被害対策と被害量の推移

本県では、材線虫病被害の拡大阻止を目標として、被害木の伐倒駆除(焼却処理、くん蒸処理)を中心に対策を進め、1980 年代は被害量の増加を抑えてきた(図-1)。しかし、1988 年春の冠雪害等の影響により長野市などで被害量が急増し、1995 年(平成 7 年)には被害が過去最高の 5 万 7 千 m³ に達した。被害はその後一旦減少傾向を示したが、2000 年(平成 12 年)からは被害地域が再び拡大するとともに被害量も増加傾向になっている(図-1)。

1.3 材線虫病被害に関する研究

長野県は寒冷なため、マツノザイセンチュウの感染から枯死までに時間がかかる年越し枯れ木が多く発生するなど特有の被害状況を呈する。そのため、被害発生当初から本県における被害木発生特性などの調査を行うとともに、マツノマダラカ

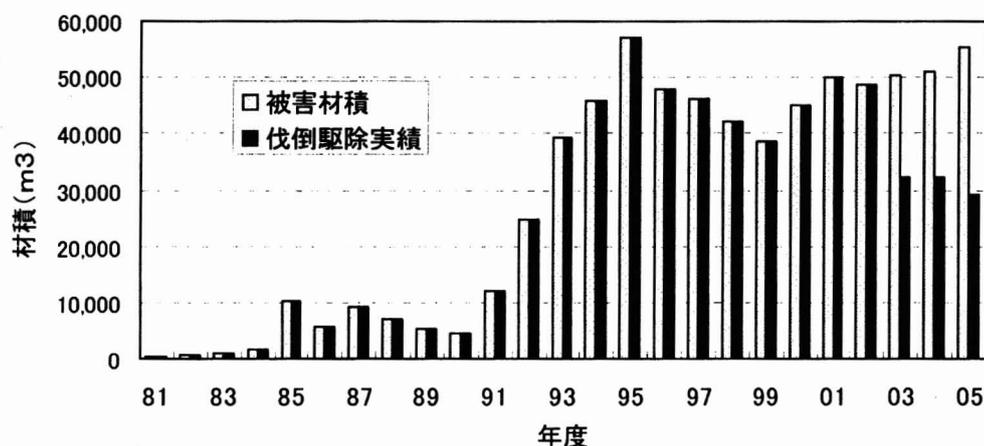


図-1 長野県におけるマツ材線虫病被害の推移

*1981~2002年度までは被害木全量駆除を実施。2003年度以降は、被害木全量駆除から保全マツ林のみを対象とした対策に変更

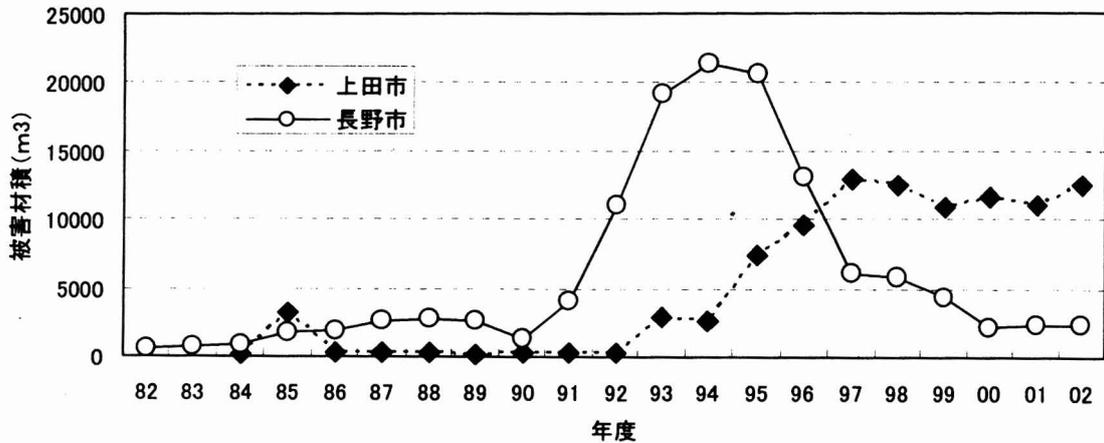


図-2 上田市と長野市における材線虫病被害量の推移

*被害材積と被害木伐倒駆除実績は、被害木全量駆除のため同量。

ミキリの生活環、感染源徹底駆除による被害防除効果の検証、および効果的な伐倒くん蒸方法の開発などの研究(小島ら1987、小島ら1989、小島ら1993、小島ら1996)を進めてきた。その成果として、微害林分での感染源徹底駆除の有効性を明らかにするとともに、駆除効果が高いカーバム剤による伐倒くん蒸処理が実用化された。

1.4 被害市町村における被害発生の違い

本県における被害は、1980年代後半に急増し増加し、現在も被害量は5万m³近くで推移している(図-1)。しかし、市町村ごとの被害量をみると、被害量が増加の一途をたどり、アカマツ林が急激に失われるような箇所がみられる上田市のような地域がある一方で、1990年代前半には県内の全被害材積の3割から5割近くを占めていたが、その後被害が大きく減少し、現在も被害が少ない状態が続いている長野市もみられ、被害発生の経過に大きな違いが生じている(図-2)。

1.5 研究の目的

県内の市町村ごとの被害発生経過には、大きな違いが生じており、特に被害量の減少が大きい長野市では、「一時期はアカマツ林が激害化したが、ここ数年はマツが残っているのに激害の心配が消えた。」との話も聞かれている。このような状況が生じている要因について、立地環境、残存するアカマツ立木のマツノザイセンチュウに対する抵抗性、これまでの防除対策の効果など様々なことが考えられるが、明らかになっていない。

このため、長野市を対象として、過去の被害履歴などを把握し、立地条件、被害木駆除実績(以下、駆除実績という)、気象条件などとの関係から被害沈静化の要因を検討するとともに、現在の被害発生状況を調査し、今後の被害発生の推移を検討し、今後の防除対策に反映させることを目的として調査を行った。

なお、本報告は平成13年から15年に実施した「松くい虫激害地の被害変化現状と抵抗性苗木に関する研究」(県単)で得られた成果の一部である。

2. 調査方法

2.1 被害沈静化要因の検討

2.1.1 調査地域

調査地域は、長野市役所、ならびに長野県林務部の森林保護担当者からの聞き取りにより、過去に被害が著しく発生したが、近年は被害発生がなくなった松代地域と、一部に激害地が存在したものの、地域全体では以前から被害発生が少なかった若槻地域とした(図-3、表-1)。



図-3 調査地域の位置(長野市)

調査地域：——で囲んだ箇所

調査は、両地域の被害の推移と立地環境など各種要因の関係を解析とともに、現在の被害発生状況などを把握するための固定調査地における被害状況調査により実施した。

表-1 調査対象小班の概要

調査地域	小班数	平均面積 (ha)	平均傾斜 (°)	主な土壌型	主な混交樹種	平均林齢 (年)	推定アカマツ立木密度(本/ha)
松代	203	14.0	30	BB, BD	スギ カラマツ	49	1500
若槻	90	7.4	23	BD(d)	スギ その他広葉樹	53	1500

2.1.2 解析に用いたデータ

過去の被害発生状況、および駆除実績は、長野市役所に保存されていた1995年(平成7年)度以降のマツ材線虫病被害に関する「被害木調査野帳(平成7~14年度)」を用い、小班単位に整理した。

立地環境は、長野県森林簿の標高、傾斜、土壌型、方位、斜面形状、林齢、アカマツ林面積などを小班単位で整理して利用した。両地域のアカマツ林の残存状況は、2002年(平成14年)11月に現地踏査を行い確認した。

気象データとして、各小班を含む気象庁メッシュ統計値(気象庁1997)の月平均気温、最高気温、最低気温、降水量、積雪のメッシュ値を用いた。なお、月別気温関係のデータは、気象庁の月平均気温推定法(気象庁1960)を用いて小班の中心標高で補正した。月平均気温からMB指数(竹谷1975)を求め検討した。

MB指数は、15℃を越える月平均気温から15℃を差し引いた残差の合計値として算出した。

2.1.3 方法

小班単位の被害木発生の推移と被害木処理実績(防除履歴)、および標高などの各種要因との関係を分析した。小班単位の被害発生の経年変化、および被害発生と立地環境・地理的位置の関係を、信州大学農学部AFC 加藤正人教授の協力により、地図情報システム(以下GISという、使用ソフトESRI ArcView9)を用いて解析した。

2.2 長野市における今後の被害推移の検討

2.2.1 調査地

長野市の今後の被害推移を検討するため、松代地域と若槻地域に固定調査地を設定した(表-2)。

松代地域では、過去に激害地だった長野市松代清野のアカマツ林に調査地を設けた(松代調査地:面積1.0ha、立木本数600本)。若槻地域では被害が少なかったとされる長野市若槻田子のアカマツ林に調査地を設けた(若槻調査地:面積0.5ha、立木本数600本)。

2.2.2 方法

2003年(平成15年)7月に各調査地2カ所に方形区(20×20m)を設定し、毎木調査により林分構造を調査した。

松代、若槻調査地のアカマツ立木各600本の枯損木発生状況を調査するとともに新鮮な枯損木の辺材部から電動ドリルにより試料を採取し、ベールマン法(常法)によりマツノザイセンチュウの有無により材線虫病被害の確認を行った。枯損木調査は、2003年7月から2006年まで春季と秋季の2回ずつ実施した。

3. 結果

3.1 被害沈静化要因の検討

3.1.1 被害の現状

1995年度から2002年度までの松代における被害木の発生量を図-4に示した。被害量は1997年(平成9年)以降激減しており、激害化した箇所が一部であった若槻では1996年に大きく減少していた(図-4)。

現地踏査では、両地域には、以前に激害化した林分であってもアカマツがまだ残っており、被害が減少した原因が、被害対象となるアカマツ立木がなくなったためとはいえなかった。

また、枯損木発生はまだ継続しており、残存している立木群が抵抗性個体群とはいえなかった。

表-2 固定調査地

調査地	場所	標高 (m)	傾斜 方位	山腹傾斜 (°)	微地形	土壌
松代	長野市松代清野 (99-は-1)	550	N~W	25	山腹中部凹地形	褐色森林土
若槻	長野市若槻田子 (297-は-11)	570	SE	0~20	尾根~山腹上部凸地形	黒色土

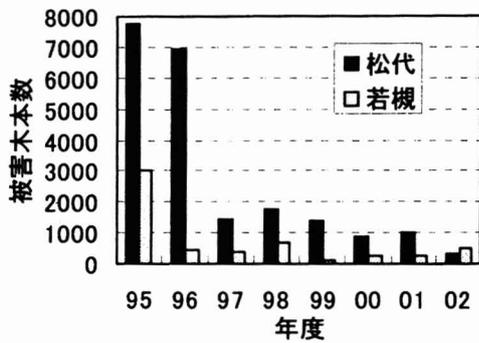


図-4 被害木発生量の推移
(長野市松代、若槻)

*被害本数と被害木伐倒駆除実績は、被害木全量駆除のため同量。

マツノマダラカミキリの捕食性天敵であるキツキ類の生息状況を確認したところ、松代、若槻ともにキツキ類の生息は確認できたが、その個体数が多いとはいえず、捕食性天敵の増加が材線虫病被害の増加を抑えているとはいえなかった。

3.1.2 被害と立地環境

被害発生量と、標高、地形、傾斜、林相などの自然環境の関係を林小班単位で解析した。被害木発生本数と平均標高との関係を見ると、松代、若槻ともに標高800m以上では被害が発生していなかった(図-5)。次に被害木発生本数とMB指数との関係を見るとMB21以下では被害が発生していなかった(図-6)。

しかし、標高を除く土壌型、方位、山腹傾斜、斜面形状、林齢、林相など他の環境因子は被害量と相関がみられなかった。

標高、MB指数は、温度環境を示す指標であり、被害拡大には温度環境が大きく関与していることが明瞭だった。

3.1.3 被害発生の地理的解析

1996年から2002年にかけての小班別被害程度の変化をGISで解析した。

松代地域における解析結果をみると、被害小班は標高800m未満にみられ、特に平地に近い600m以下の小班に多い(図-5、7)。この傾向は、若槻地域においても同様である。

また1996年の被害本数が401本以上発生した小班(以下、激害小班という)からの距離と小班別被害木本数の関係を見ると、激害小班に近接した林分で被害木が多い傾向がみられた(図-8)。

図-9に松代で激害化した区域(松代東条・大室区域)の小班別被害程度の推移を示した。ここでは、1996年に被害程度の最も大きかった「59口小班」に注目し、その後の被害推移を周辺小班にも注目しながら解析した。

この結果は以下のようにまとめることができた。

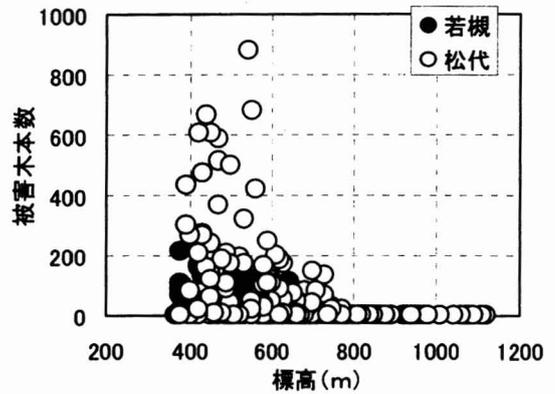


図-5 小班平均標高と被害木本数
(1996-2002)の関係

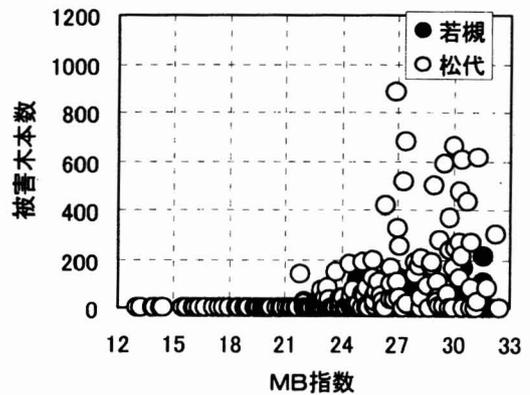


図-6 小班別MB指数と被害木本数
(1996-2002)の関係

- ① 59口小班は1996年に駆除本数が401本以上発生する激害小班だったが、1998年には被害が減少し、2002年には駆除すべき枯損木は発生しなかった。
- ② 59口小班周辺で201~400本の駆除木が発生した小班が3カ所あったが、これらは激害に移行することなく、沈静化した。
- ③ 駆除木が200未満の小班が13カ所あり、これらのうち1小班が被害程度を1ランク上げたのちに沈静化した。他の12小班は中害あるいは激害に移行することなく沈静化した。
- ④ これらを総合すると、対象地域は1996年以降、松くい虫被害は激害化することなく沈静化し、現在にいたっているといえた。
- ⑤ 59口小班を地域被害の発生源としてみた場合、激しい被害拡大はおよそ500m以内にとどまったといえた。

この傾向は、若槻でも同様であったが、2001年に発生した雪害以降、若干の被害量の増加、被害小班の分散がみられた。

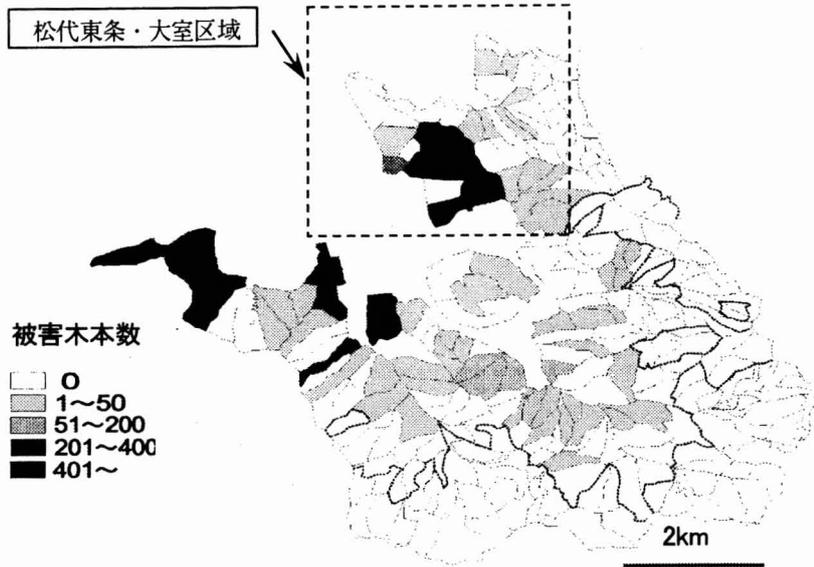


図-7 松代地域における小班別被害木発生状況 (1996~2002年)
平均標高 800m以上の小班：———で囲んだ箇所

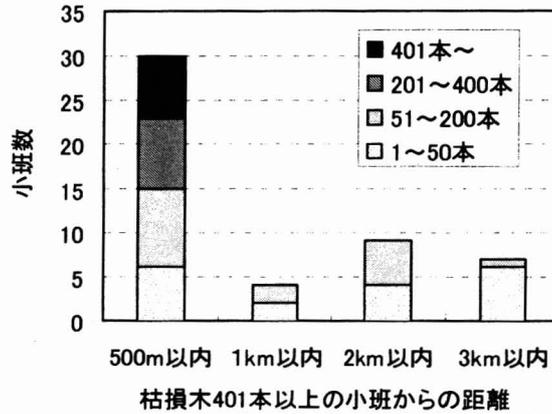


図-8 激害林分から距離と枯損本数別小班数 (松代 1996年)

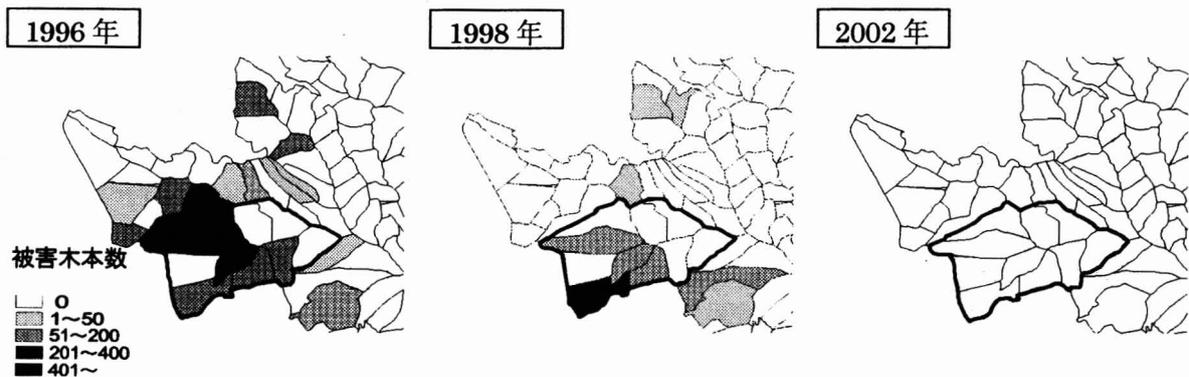


図-9 激害化した小班周辺の被害木本数の推移 (長野市松代東条・大室区域)

* : 黒実線内が1996年の被害木本数401本以上の小班(59口小班)から500m範囲の小班を示す

3.2 長野市における今後の被害推移の検討

3.2.1 固定調査地の現況

松代調査地：27年生アカマツ人工林(植栽)であった(表-3)。

調査地には、激害時に行われた被害木伐倒処理により生じた無立木地(最大100m²程度)が林内に点在していた。2002年から、毎木調査を実施した2003年7月までに新たに枯損したとみられる被

表-3 固定調査地の林況 (2003年7月調査)

調査地	樹種	林齢(年)	立木密度 (本/ha)	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	地位級	収量比数 (Ry)	調査時の新規 被害木本数
松代	アカマツ	27	450~850	17.5	12.2	Ⅲ	0.51~0.68	0本
若槻	"	53	1200	21.8	17.5	Ⅲ	0.91	0本

注) 胸高直径、樹高は平均値である

表-4 固定調査地の林分構造 (2003年7月調査)

調査区	高木層 (15m以上)		亜高木層 (5~15m)		低木層 (2~5m)		草本層 (1m未満)	
	樹種	植被率	樹種	植被率	樹種	植被率	種類	植被率
松代	アカマツ	30~70% (最大100㎡程度 の無立木地有)	-	-	-	-	フジ、ワラビ、モミ ジイゴ、スキなど	75~80%
若槻	"	60~70%	-	-	オオヤマザクラ など	70~90%	ヤマウルシ、コナラ、 ヤマツツジなど	30%

害木はなく、近年は被害が沈静化していると考えられた(表-4)。下層植生は、伐倒処理時の整理伐、およびスギの植栽後の下刈りの影響などから高木性樹種が少なく、林床はワラビなどの草本類に被われていた(表-3)。

若槻調査地：数年前に被圧などで枯損した立木や古い伐倒処理木がみられるのみで新しい枯損木がなく、立木密度も低下していなかった(表-3)。低木層には、オオヤマザクラなどの高木性樹種が多くみられ、樹高も5m前後であり、以前の被害木処理に伴う整理伐等の影響がみられず、過去の被害も少なかったと考えられた。(表-4)。

なお、調査地内には新たな枯損木はみられなかったが、調査地から半径2km程度の範囲に被害で立木密度が大きく低下した激害林分や新しい枯損木がみられた。

3.2.2 被害発生状況

松代調査地：2003年7月の調査地設定時点には被害木はみられなかったが、2003年11月に3本、2004年に7本、2005年5月に11本、2006年3月に3本の枯損木が確認された。

若槻調査地：2006年3月までに新たな被害木は確認されなかったが、隣接地で2006年3月に被害木1本が確認された。

両試験地すべての被害木からマツノサイセンチュウが検出され、被害は終息していなかった。

4. 考察

4.1 被害沈静化要因の検討

4.1.1 環境条件

松代、若槻ともに標高800m以上で被害は発生していなかった。これまでの本県における被害発生標高をみると、初発地の旧山口村の標高900mが最も高かったが、防除で被害はなくなった(小島1993)。その後の山口村以外の被害はすべて800m未満で発生しており(小島ら1987、小島1993)と一致した(表-5)。

また、松代、若槻では、MB指数21未満で被

表-5 被害発生時の標高範囲
(長野県)

発生年度	標高範囲 (m)
81	410 ~ 900
82	360 ~ 620
83	350 ~ 590
84	330 ~ 650
85	380 ~ 700
86	350 ~ 760
87	400 ~ 600
88	320 ~ 650
89	330 ~ 700
90	440 ~ 440
91	500 ~ 620
92	340 ~ 630
93	365 ~ 760
94	480 ~ 780
95	400 ~ 570
96	550 ~ 775
97	600 ~ 730
98	450 ~ 740

小島ら(1993)に加筆

害が発生していなかったことは、標高800m付近で材線虫病被害の拡大がおさまっている鹿児島県

霧島の標高 800m の MB 指数が 20 であること (小島ら 1987、中村 2004)、および福島県で MB 指数 20 が被害発生に明瞭な差を示す (在原 2001) こととおよそ一致した。

中村は、高緯度・高標高の寒冷地域へ拡大を続けるマツ材線虫病について、その拡大が生物的・非生物的条件によって抑制される地域と、抑制が十分でなく激害化する地域との境界を「材線虫病自然抑制限界域」として、MB 指数を用いて広域的にこの境界域を把握することを検討し、その値を 19 以上 22 未満とすることを提案している (中村 2005)。

これらのことから、長野市の標高 800m (MB 指数 21) が材線虫病被害を防除努力で効果的に抑制できる標高境界線と考えた。

しかし、今回 MB 指数の算出に用いた月平均気温は、気象庁メッシュ統計値 (気象庁 1997) の年平均値であり、実際の気温は年により大きく変動する。そのため、気象庁の www サイト* から標高の異なる県内の気象観測所 (29ヶ所) の 1981~2001 年までの気温データを入手し、年ごとの MB 指数を算出し、標高と MB 指数との関係を検討した。

* (<http://www.data.kishou.go.jp/etrn/index.html>)

図-10 に示したとおり、気象データから算出した MB 指数は大きな年変動をもっており、標高 900m でも、猛暑が続く年に被害が侵入すれば、被害拡大の危険性が高いと考えられた。なお、この結果から、標高 1000m 以上では、MB 指数が 21 を越えることはまず考えられないため、松くい虫

が侵入しても被害が激害化することはないと考えられた。

4.1.2 地理的解析

松代における被害状態推移の解析結果から、激害小班を被害拡大源と仮定した場合、被害の拡大はおよそ 500m の範囲にとどまり、近接小班で被害発生が多かった (図-8、9)。

媒介昆虫であるマツノマダラカミキリの飛翔能力は、野外では週数十 m であり大きくなく (富樫 1989)、生涯を通じて 10 数 m である (Shibata 1986) ともされる。なお、一部個体は 1~2 km 移動すること (藤岡 1993) も知られている。

今回の調査地でも、被害木から発生した成虫の多くは、近距離移動により小班内または近接小班で多数の被害をさせると考えられる。その範囲は約 500m 以内と考えられた。

福岡県における感染源マツ林から距離と被害木発生数の調査では、500m では約 80 本/10ha の被害木が発生するが、2km 離れると 1.4 本となり、感染源からの距離が遠いほど被害木の発生が少なくなる (小河ら 1980) としており、今回の結果と類似している。

4.1.4 感染源の徹底除去効果の検討

被害発生に関与する制限要因として、温度条件と激害林分 (感染源) からの距離の 2 要因が抽出されたが、これらの 2 要因を満たさずに被害減少した小班がみられ、これら 2 要因以外の制限要因として、防除事業効果が考えられた。

長野県では、被害発生当初から 2002 年までは被害木全量駆除が実施されており、長野市が全県

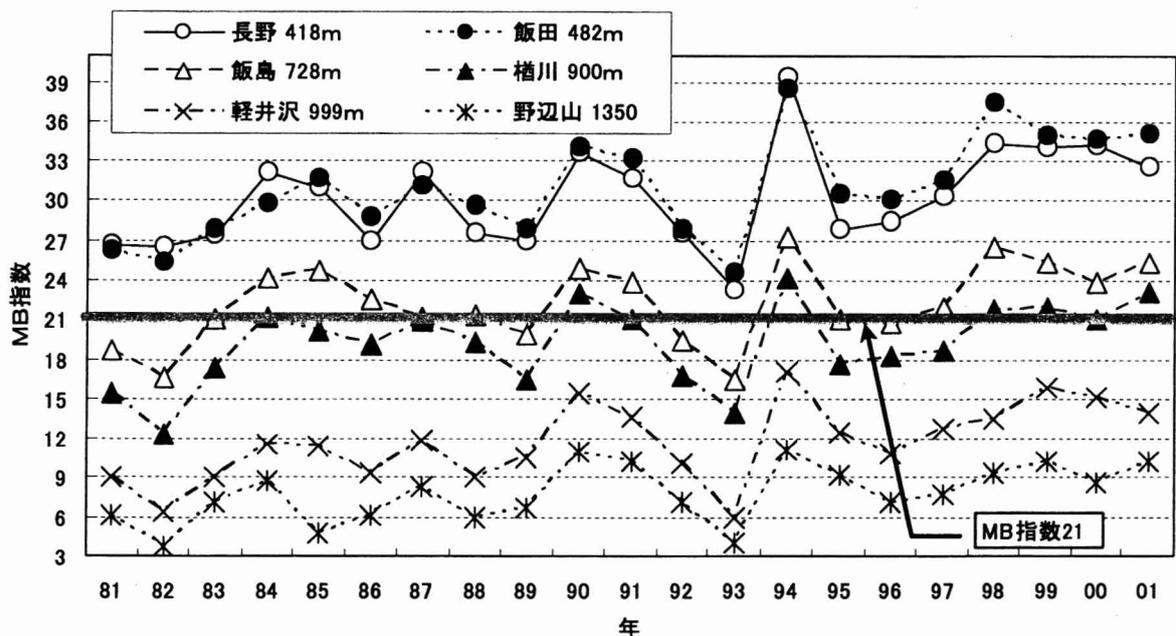


図-10 観測地別にみたMB指数の年変動(1981-2001)

被害量の5割近くを占めた1995年には9億8千5百万余円の防除対策費で多額の予算が投入された(図-11)。伐倒後の処理方法として効果が確実な焼却処理または、くん蒸処理を行った。

また長野市では、マツノマダラカミキリ成虫の活動期を除き、通年的に被害木の枝条を含めた伐倒くん蒸処理、およびマツノマダラカミキリの増殖源となる雪害木などの伐倒処理などの徹底した感染源除去を実施した。

長野市の防除事業は、通年的に被害木等の伐倒くん蒸処理を実施したので、被害木の発見と駆除が一環作業で行われ、被害木の駆除漏れが起りにくかったと推定される。

長野県では、被害初期林分の被害木、ならびにマツノマダラカミキリの増殖源となる被圧木、除間伐木などの感染源除去を3ヶ年連続して行ったところ、被害木がほとんど発生しなくなった例(小島ら1989)がある。

また吉田は、マツノマダラカミキリの産卵を受けた被害木から発生する次世代成虫を増加させない防除率(駆除した被害木数/全被害木数×100)として、93%という値を提案し、見落としなどで処理されない被害木があるため、伐倒処理では被害木の100%処理を目指すべきとしている(吉田2004、吉田2005)。

多く発生する年越し枯れ木の見落とし、駆除漏れも極めて少なかったと判断される。

また松代、若槻の被害発生の推移をみても、徹底した防除が進むに連れて、被害木の減少、ならびに被害発生箇所の縮小傾向が確認できる。

これらのことから、被害木の大幅な減少、および被害発生箇所の縮小は、防除事業で被害地域における感染源をほとんど無くして、マツノマダラカミキリの密度を著しく低下させたことによる効果と判断された。

さらに福岡県の田園地帯に散在する庭木、寺社林などの材線虫病被害拡散を感染源の徹底除去により防止した事例(小河ら1980)、ならびに福島県の材線虫病被害が多発した箇所で感染源除去により、枯損木が観察されない微害状態になっている事例(在原2001)でも同様の報告がなされており、徹底した防除事業の実施は、明らかに材線虫病被害の拡大を抑止するものと考えられた。

なお、県内では、上田市、下伊那郡内などで防除を実施しているが被害が抑止できていない例があり、これらの箇所では、被害量の激増に伴い防除予算が不足して、数年間同じ箇所での被害木の駆除残しが発生し、その箇所から急激に激害化したことが確認されている。

4.2 長野市における今後の被害推移の検討

松代調査地の被害木は、2003年度に3本、2004年度に7本、2005年度14本と徐々に増加してきていた。松代地域は、保全するマツ林の対象外となったために、2003年度以降被害木伐倒駆除などの防除は行われていない。

このため、今後松代地域では、被害木伐倒駆除などの防除を行わず放置した場合、被害が再び拡大する可能性が高いと考えられる。

若槻調査地内に被害木発生はなかったが、2006年3月に調査地隣接地等で被害木発生がみられた。また、平成18年豪雪(2006年)により調査地内に冠雪害木が8本発生した。こうした雪害木はマツノマダラカミキリの密度を高め、材線虫病を激害化させる(小林2004)ことが指摘されており、今後、被害再発の可能性はある。

これらのことから、長野市では現在被害が減少しているが、今後、被害木除去など防除作業が実施されないと、現状の微害状態の継続が困難になると考えられた。

5. まとめ

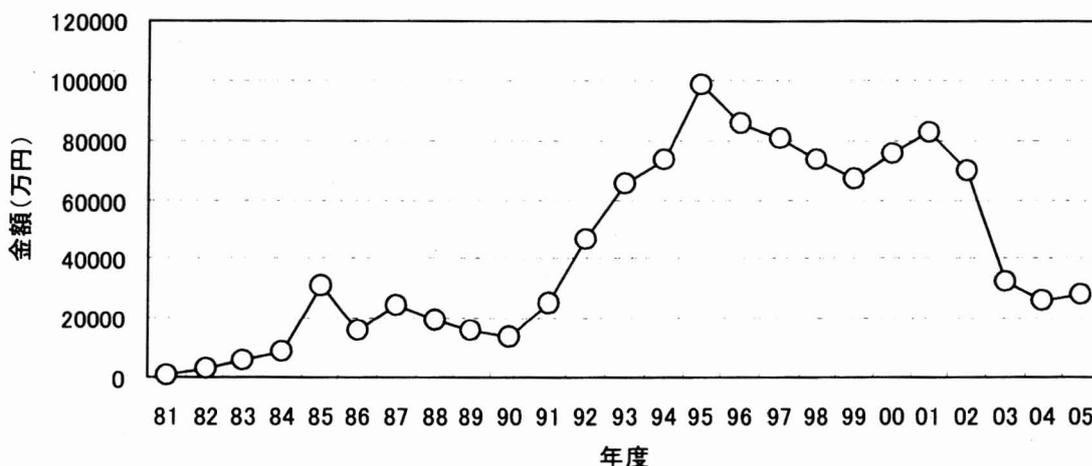


図-11 長野県における材線虫病防除対策予算額の推移

1990年代に材線虫病被害が激害化した、その後被害が著しく減少した長野市を対象として、被害沈静化の要因を検討した。

最も大きな被害拡大の制限因子は、MB指数あるいは標高で表現される温度条件だった。

林分間距離も制限因子として評価でき、およそ500mが被害の急激拡大限界距離と推定された。

人為による防除圧が被害拡大の制限因子として評価された。

現在、被害が沈静化（微害化）している長野市で、今後発生する被害木を放置すると被害が再び激害化する危険性が残されている。

本研究にあたり、GISによる地理的解析で御協力いただいた信州大学農学部AFC 加藤正人教授、大地純平氏、被害木資料の提供をいただいた長野市役所農林課、現地調査の協力をいただいた長野地方事務所林務課の方々に深謝いたします。

引用文献

- 在原登志男 (2001) 松くい虫の総合防除. 福島県林業研究センター研究報告 34, 73-99.
- 藤岡浩 (1993) 秋田県におけるマツノマダラカミキリの生息可能範囲の解明. 秋田県林業技術センター研究報告 2, 40-56.
- 岸洋一 (1988) マツ材線虫病—松くい虫—精説. 292pp, トーマスカンパニー, 東京
- 気象庁(1960)任意地点の月平均気温(累年平均値)の推定方法. 気象庁技術報告 2, 1-33.
- 気象庁(1997) 気象庁観測平年値 (1961-1990). 気象業務支援センター, 東京
- 小林一三 (2004) 東北寒冷地におけるマツ材線虫病対策. グリーンエージ 2004.4, 18-21.
- 小島耕一郎・唐沢清・岡田充弘(1993)マツ枯損の激化抑止技術. 長野県林業総合センター研究報告 7, 41-74.
- 小島耕一郎・岡田充弘 (1996) マツノマダラカミキリの生物的防除法の究明. 長野県林業総合センター研究報告 10, 1-26.
- 小島耕一郎・奥村俊介 (1989) 松の年越し枯れ等新症状を踏まえた被害拡大防止技術の開発. 長野県林業総合センター研究報告 5, 23-31
- 小島耕一郎・王鷲幸一 (1987) 長野県における松くい虫被害とその防除対策. 森林防疫 vol36, 199-203.
- 小河誠司・萩原幸弘 (1980) 材線虫病によるマツ枯損被害拡大の様相. 森林防疫 vol29, 115-117.
- 中村克典 (2004) 平成 15 年度林野庁委託調査松くい虫被害新防除技術開発調査報告書. 1-23, 林野庁
- 中村克典 (2005) 平成 16 年度林野庁委託調査松くい虫被害新防除技術開発調査報告書. 1-39, 林野庁
- Shibata, E (1986) Dispersal movement of the adult Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae), in a young pine forest. *Applied Entomology and Zoology* 21, 184-186.
- 竹谷昭彦・奥田素男・細田隆治 (1975) マツの激害型枯損木の発生環境—温量からの解析. 日林誌 57, 169-175.
- 富樫一巳 (1989) マツノマダラカミキリの個体群動態とマツ材線虫病の伝搬に関する研究. 石川県林業試験場研究報告 20, 1-142.
- 吉田成章 (2004) 松枯れ対策の最新戦略／マツ材線虫病のしくみ. *グリーンエージ* 2004.4, 12-17.
- 吉田成章 (2005) マツ材線虫病の防除にあたって必要な防除率の提案. 森林防疫 vol54, 111-115.