

森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

論文

西之表市わかさ公園におけるマツ材線虫病対策
[奈尾正友・美坂達也・金谷整一・中村克典・秋庭満輝] 3

イエシロアリの生立木に対する加害能力
[沖濱宗彦・岸 洋一] 9

霧島神宮神宮林における哺乳類の生息地利用とそれに影響を与える環境要因
[内川宗久・畑 邦彦・曾根晃一] 15

地球温暖化によるトドマツオオアブラムシの世代数増加と被害拡大の予測
[尾崎研一] 23

学会報告

第43回 ONTA annual meeting とヨーロッパのマツ枯れ
[神崎菜摘] 29

読者の広場：マツノザイセンチュウのスペインへの侵入確認（真宮靖治） 33

都道府県だより：岐阜県・兵庫県 35

森林病虫獣害発生情報：平成24年1月・2月受理分 38



A



B

[表紙写真] マルバマンサクを食べるオビカレハ

写真A：巣網上の若齢幼虫（おそらく2齢末期）

写真B：写真Aの巣網（右の矢印）と放棄された前齢期の巣網（左の矢印）がついたマルバマンサク

オビカレハ (*Malacosoma neustria* L.) はサクラ、ウメ、モモ等のバラ科樹木の害虫としてよく知られている。春先に孵化した幼虫が枝の股にテント状の巣網を作って集合して生活し、「天幕毛虫」とも呼ばれる。本種はバラ科以外にもマツ科のカラマツやヤナギ科のネコヤナギ、イヌコリヤナギ、ポプラ、ブナ科のミズナラ、カシワ、クヌギ、カバノキ科のハンノキ等の樹木も加害するという記録があり、このようなバラ科以外の樹木を加害するか否か、またどのような樹種を加害するかは地域によって異なるらしい。新潟県十日町市（旧松之山町）では写真のようにマンサク科のマルバマンサク (*Hamamelis japonica* var. *Obtusata* Matsumura) を食べているオビカレハが見られる。2005年以来毎春見ているので、偶発的なものではなく、確かにこの地域の個体群の通常の食樹である。（森林総合研究所 松本和馬）

西之表市わかさ公園におけるマツ材線虫病対策

奈尾正友¹・美坂達也²・金谷整一³・中村克典⁴・秋庭満輝⁵

1. はじめに

マツ材線虫病は、病原体であるマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) が、マツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) に媒介されマツ樹体内に侵入することによって引き起こされるマツの伝染病である (清原・徳重, 1971; 岸, 1988)。本病によって、アカマツ (*P. densiflora*)、クロマツ (*P. thunbergii*)、リュウキュウマツ (*P. luchuensis*)、ヒメコマツ (*P. parviflora*) およびヤクタネゴヨウ (*P. armandii* var. *amamiana*) といった日本に産するマツ属樹種に深刻な被害が生じており、各地の景観あるいはマツ林の森林生態系への影響が懸念されている (岸, 1988)。

一般的にマツ材線虫病への対策として、被害枯死木を処理する「駆除」と生残木への感染を防ぐ処置を行う「予防」が実施される (岸, 1988; 吉田, 2006)。前者には、枯死したマツ樹体内に生息しているマツノマダラカミキリの幼虫を駆除することを目的に、伐倒した枯死木を焼却、破砕および薬剤処理等を実施する方法がある。後者には、マツノマダラカミキリの成虫が羽化脱出する時期に、空中あるいは地上からマツ健全木の樹冠に薬剤を散布し、成虫による後食を防止する方法と、あらかじめ薬剤をマツの樹幹に注入し、マツノザイセンチュウが樹体内で増殖しないようにする方法がある (松浦, 1984; 田畑ら, 1997)。マツ材線虫病の被害を抑制するためには、「駆除」と「予防」を組み合わせた防除が効果的であるとされるが、どちらか一方のみの作業では徹底した防除はできないと考えられている (吉田ら, 1997; 吉田, 2006)。

マツ材線虫病への対策は各地で精力的に実施されてきているが、保護の対象とするマツ林が広域であることから経済的コストが多大であったり、伐倒駆

除の漏れ (見過ごし)、あるいはマツノマダラカミキリの対象地域外からの飛び込み等といった問題があるため (吉田, 2006)、防除は困難を伴っている。そのためマツ材線虫病被害の撲滅、抑制あるいは低減といった、いわゆる防除の成功例は少ない。そのような少ない防除成功事例 (例えば, Muramoto, 1999; 田實ら, 2000; Nakamura and Yoshida, 2003; 森田, 2005; 仲邑・池田, 2006; 吉田, 2006) に共通していることとして、対象地域のゾーニングを徹底し (ただし、沖永良部島は離島であることから全島を対象, Muramoto, 1999) (図-1)、被害拡大に関わる要因を集中的かつ継続的に排除してきたことが挙げられる。このことから、日本各地で実施されているマツ材線虫病被害の対策も、防除あるいは予防が可能なコアゾーンを設定して予算を集中的かつ継続的に手当すれば、成功へ導ける可能性を含んでいると言える。

今回の対象地である種子島の西之表市わかさ公園では、周辺マツ林まで対象を広げて集中的なマツ材線虫病防除対策を継続して実施した結果、被害発生をほぼ終息させることができた。貴重なマツ枯れ被害対策の成功例として、その概要を以下に報告する。

2. 種子島およびわかさ公園の概要

種子島は九州本土南端の佐多岬より南東約50kmにある南北57km、東西5~12km、面積約445km²、最高標高は282.4mの島嶼であり、琉球列島の最北端部に位置する (図-1)。種子島は1市2町からなり、西之表市はその北部にあり、面積は島全体の約45%に達する (図-1)。

本報告の対象地であるわかさ公園 (西之表市西之表、北緯: 30° 43' 19", 東経: 130° 59' 39", 標高: 3~30m, 面積: 11.9ha) は、市内中心部よ

Control of pine wilt disease at Wakasa-koen Park in Nishino-omote City, Tanega-shima Island, southwestern Japan.
¹NAO, Masatomo, 元西之表市役所農林水産課; ²MISAKA, Tatsuya, 西之表市役所農林水産課; ³KANETANI, Seiichi, 佃森林総合研究所九州支所; ⁴NAKAMURA, Katsunori, 佃森林総合研究所東北支所; ⁵AKIBA, Mitsuteru, 佃森林総合研究所

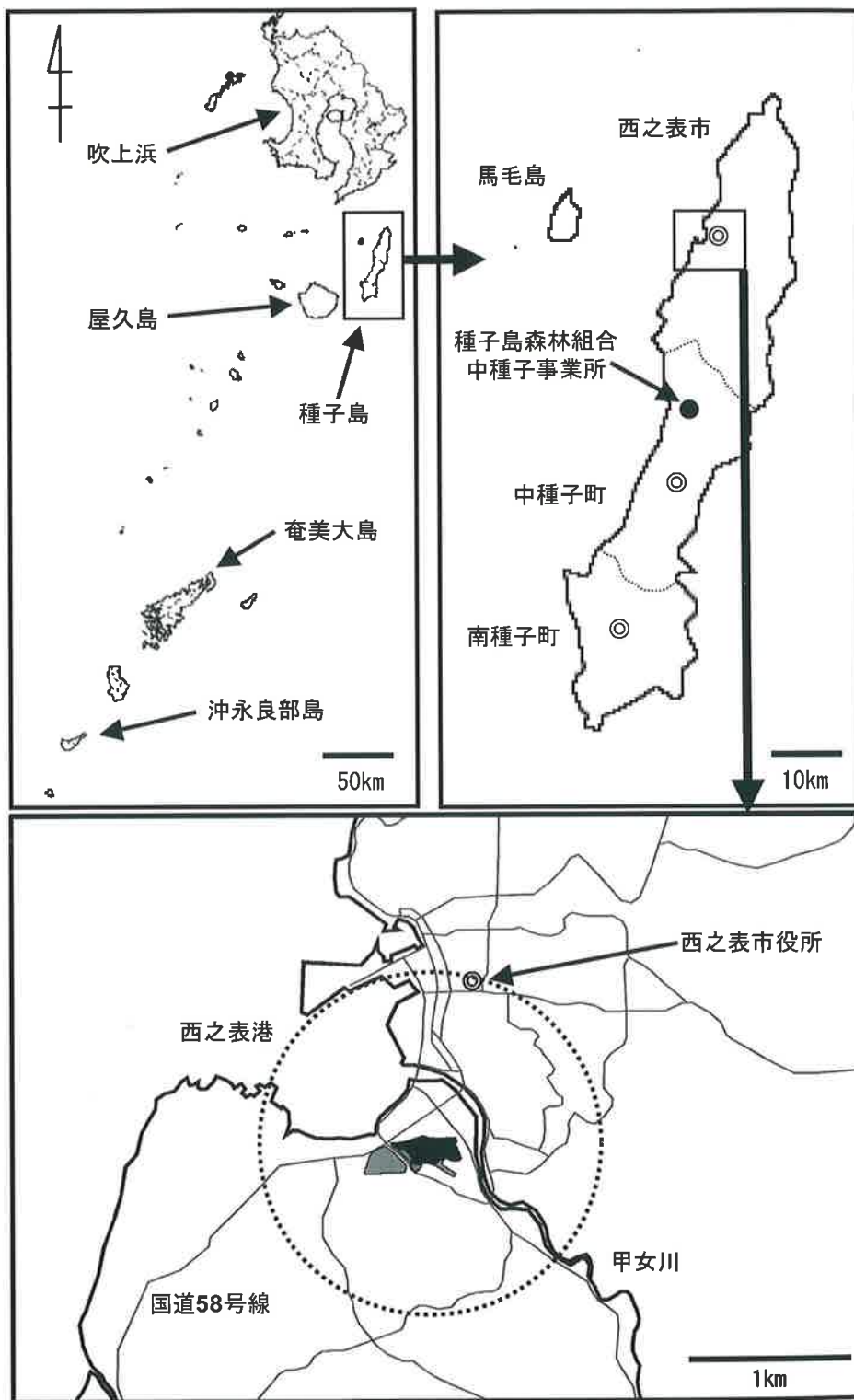


図-1 調査対象地

左上：鹿児島県全体，右上：種子島，下：西之表市わかさ公園（グレーで塗りつぶしている範囲）。
 下図の黒く塗りつぶしているところはマツが生育している範囲，太線は海岸線を，細線は主要道路，
 点線は伐倒駆除の対象範囲を示す。

り南西に位置し、甲女川（こうめがわ）下流の左岸段丘上にある（図-1）。

公園一帯は、古くから自然公園として親しまれ住民の憩いの場であったことから、昭和37（1962）年より整備が進められた。わかさ公園は、鉄砲伝来を記念して、そのヒロインである「若狭姫」にちなんで名づけられており、園内には日本・ポルトガル修好記念碑などのほか、戦没者慰霊塔や相撲場、テニスコートがある。

わかさ公園内には、クロマツとテーダマツ (*P. teada*) の2種のマツ属樹種が約1,800本生育し（植栽含む）、公園内の森林面積（約3ha）のほとんどを占める。そのうちテーダマツは、約10aに60本ほどが植栽されている。公園内の林齢は20～50年である。

わかさ公園周辺の民有地、甲女川沿いならびに海岸の防波堤沿いにクロマツが植林されている。甲女川河口付近一帯は、かつて「城の浜」と呼ばれる砂浜であり、飛砂の影響が大きかった。現在、わかさ

公園内外にあるマツ林は、当該地域の飛砂防備の役割を果たし、公益性が高く保全すべき対象である。

3. 西之表市におけるマツ材線虫病被害の状況

種子島では、昭和40年代後半頃からマツ材線虫病の被害が発生しはじめ、各地で被害が深刻化、激害の様相を呈していた（農林水産技術会議事務局，1977）。西之表市では、昭和49（1974）年度以降、防除事業として薬剤の地上散布を実施してきたが、マツ材線虫病の終息には至っていない。

図-2に平成9（1997）年度以降のマツ材線虫病による被害量（㎡）を示す。西之表市では、平成10（1998）年度まで20㎡前後で推移していたが、平成11（1999）年度以降は増加に転じた。平成15（2003）年度の140㎡をピークに一山型分布を示し、平成22年度は1㎡にまで減少した（図-2；平成22年度鹿児島県環境林務部調べ）。

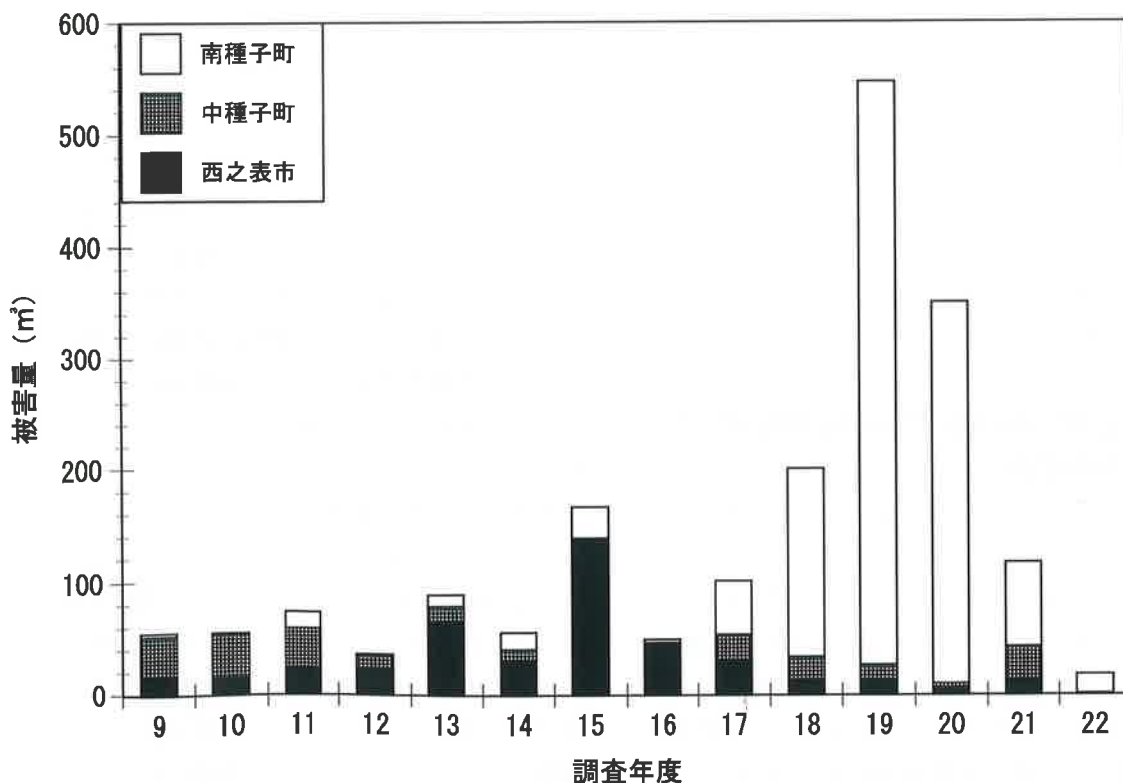


図-2 種子島におけるマツ材線虫病被害量の推移（平成9～22年度）
平成22年度鹿児島県環境林務部資料をもとに作図。

表-1 西之表市わかさ公園内外におけるマツ材線虫病の被害状況と防除対策

年度 (平成)	マツ材線虫病の被害				防除対策 ^{*1}			
	公園内		公園外		予防		伐倒駆除	
	被害数 (本)	被害量 (m ³)	被害数 ^{*2} (本)	被害量 (m ³)	樹幹 注入	地上 散布	薬剤 処理 ^{*3}	焼却 ^{*4}
～11	概ね10	—	—	—	○	○	○	×
12	概ね10	—	—	—	×	○	○	×
13	概ね20～30	—	—	—	×	○	○	×
14	概ね20～30	—	—	—	×	○	○	▲
15	304	97.2	概ね30	—	×	○	×	○
16	100	27.2	概ね10	—	×	○	×	○
17	32	13.0	概ね3～4	—	×	○	×	○
18	7	2.8	7	1.5	×	○	×	○
19	6	3.1	2	0.5	×	○	×	○
20	概ね3～4	—	0	0	×	○	×	○
21	概ね3～4	—	0	0	×	○	×	○
22	概ね3～4	—	0	0	×	○	×	○

○：実施，×：未実施，▲：一部実施，—：未確認（資料なしおよび未集計も含む）

*1 防除対策は，わかさ公園内およびその2km範囲で実施した。

*2 平成15～17年度の本数は，わかさ公園内の概ね10%程度であった。

*3 伐倒した主幹に対し浸透性薬剤を使用した。

*4 平成14年度の焼却は，試験的に種子島焼の窯元に依頼した。平成15年度以降の焼却は，種子島森林組合で実施した。

なお，平成19年度に種子島全体で被害量は500m³を超え，そのほとんどが南種子町であった（図-2）。最近は減少傾向にあるが，依然として被害が生じており，島内での再拡散が懸念され，今後の適切な防除事業の実施が望まれる。

4. わかさ公園におけるマツ材線虫病被害の発生とその対策

わかさ公園におけるマツ材線虫病被害は，平成11（1999）年度まで概ね10本/年程度で推移していた（表-1）。この時期は，園内の健全木50本/年程度に対し樹幹注入剤（グリーンガード，ファイザー^株）を注入するとともに，例年5～6月に予防散布として，平成20年度まではエコワン3フロアブル（井筒屋化学産業^株），平成21年度以降はモリエートSC（住友化学^株）の地上散布を実施した。平成12（2000）年度からは，樹幹注入を取り止め，地上散布のみを

実施した（表-1）。

平成13（2001）年度以降，マツ材線虫病被害が徐々に増加しはじめ，20～30本/年程度の枯死が生じるようになった。この頃に発生した枯死木は，伐倒後に主幹を玉切りにして公園内の各地に集積し，浸透性薬剤（薬剤名不明）による伐倒駆除を実施していた。なお細い枝等は，駆除の対象とはしていなかった。

平成15（2003）年度は，予防散布も継続して行っていたにもかかわらず被害が急激に拡大し，公園内だけで304本の枯死が確認され，被害量（材積）は97.2m³に達した（表-1）。この被害拡大を受け，西之表市では島内に分布する希少樹種ヤクタネゴウの自生地で開催されていた徹底したマツ材線虫病防除手法（金谷ら，2005）を参考にして，枯死木の伐倒駆除の作業手順を大幅に改良した。伐倒した枯死木は，玉切りにした主幹部とともに直径1cm程度

の細い枝まで、土嚢袋等を活用して全量を搬出し、種子島森林組合中種子事業所（熊毛郡中種子町納官）に運搬し、穴を掘って焼却した。また併せて、翌年度の公園内へのマツノマダラカミキリの飛び込みを防ぐため、周囲2 km（半径1 km）の範囲（図-1）にあるクロマツ枯死木についても、上記と同様の方法により徹底した伐倒駆除を実施した。

この取り組みの結果、平成16（2004）年度のわかさ公園内外の枯死木本数および被害量（材積）はいずれも前年比30%以下に減少した。平成16年度以降も、公園内外のクロマツ枯死木の伐倒駆除を継続して実施したところ、平成19（2007）年度には、枯死木は6本（対平成15年度比：2.0%）、被害量3.1m³（同：3.2%）まで減少した。平成20（2008）年度以降、枯死木本数はさらに減少し、年間3～4本程度に抑えられている。被害が激減したことから、以前は森林組合に委託して行っていた伐倒等の作業は、市役所の担当職員で実施できるようになり、現在、市の予算にこれらに関する対策費等は計上されていない。

5. 今後の対策

わかさ公園は西之表市民の憩いの場として、また観光スポットの一つとして位置づけられ、その魅力は飛砂防止防備機能を有した公益性の高いマツ林が引き出している。そのマツ林で大量に発生していたマツ材線虫病による枯死木が、平成15年度以降に実施した対策により激減し、景観が保全されていることは、市民に好評のようだ。このような市民に関心の高いマツ林の保全は、行政が実施するマツ材線虫病被害対策事業に地元住民がボランティアとして参加する活動が大きな力となる（下新原，1995；金谷ら，2005；吉田，2006）。種子島では、今から200年程前の住民による病虫害被害駆除の記録が残されている。江戸時代の古文書『種子島家譜』に「虫あり。松葉を喰らひて、樹まさに枯れんとす。故に庶民をして虫を駆らしむ。」という記述がある（鮫島，1962）。これは、「食葉性であるマツカレハ（*Dendrolimus spectabilis*）のような害虫が大発生し、住民総出で

駆除してマツに対する被害を抑え込んだ」ものと推察される。最近でも、種子島・屋久島のみ分布する絶滅危惧種ヤクタネゴヨウに関し、種子島内の自生地におけるマツ材線虫病被害対策が、関係諸機関と地元市民の協働のもと継続して実施されている（金谷ら，2005，2007）。現在はマツ材線虫病被害が下火となっている西之表市およびわかさ公園においても、今後の被害状況によっては、市民参加型の防除作業が検討されてもよいであろう。

今回の事例では、枯死木の焼却を、種子島森林組合の事業所敷地内に穴を掘って実施したが、容易な作業ではなかった。特に平成15年度は処理すべき枯死木が多く、全てを焼却するのに4～5日要した上、消火のため夕方に散水をはじめたがなかなか火が消えず、作業は夜中までかかり、重労働であった。今後の枯死木の焼却処分にあたっては、西之表市内に複数ある焼物の窯元に協力を求め、種子島におけるマツノマダラカミキリの羽化脱出時（5月）までに薪として利用してもらうという手法（金谷ら，2005）が、焼却処分の選択肢として考慮されるとよいであろう。また、伐倒駆除手法として、くん蒸剤による処理やチップパーによる破碎等、焼却以外の手法も適宜も併用されるべきであろう。

6. おわりに

今回報告した内容は、公園内のマツ林（約3 ha）をコアゾーン、周辺の地域（公園から半径1 km内）をバッファゾーンとし（図-1）、両地域内で徹底した伐倒駆除を継続して実施することにより、マツ材線虫病被害の流行を終息させた防除成功事例の一つである。

防除成功の理由として、わかさ公園周辺には大きなマツ林がなかったことに加え、周囲の所有者や区長等の理解と協力を十分に得ることができたため被害翌年度の感染源を徹底的に無くすことができたことが挙げられる。

また伐倒～搬出～焼却の一連の作業は、関係者に非常な労力を強いるものであったが、徐々に被害量が減少し、目に見えるような成果が得られたことが、

継続して伐倒駆除に取り組む気力の糧となった。マツ材線虫病への対策では、関係諸機関ならびに対象地域周辺の住民の熱意と根気が必要不可欠であり、これに勝る被害抑制への近道はないことを、改めて今回の事例からうかがい知ることができる。なお、種子島内でのマツ材線虫病被害が終息に至ったわけではないので、今後も気を緩めることもなく粘り強い対策の実施が不可欠であると考えている。

謝辞

本報告をまとめるにあたり、鹿児島県環境林務部には種子島におけるマツ材線虫病被害に関する情報を教示していただいた。また、西之表市役所建設課ならびに農林水産課には、わかさ公園における管理および防除に関する情報を提供していただいた。ここに謝意を表する。

引用文献

- 金谷整一・中村克典・秋庭満輝・寺川眞理・池亀寛治・長野広美・浦辺菜穂子・浦辺 誠・大山末広・小柳 剛・長野大樹・野口悦士・手塚賢至・手塚田津子・川上哲也・木下大然・斉藤俊浩・吉田明夫・吉村充史・吉村加代子・平山未来・山口恵美・稲本龍生・穴井隆文・坂本法博・古市康廣 (2005) 種子島木成国有林におけるマツ材線虫病で枯死したヤクタネゴヨウの伐倒駆除。保全生態学研究 10: 77~84.
- 金谷整一・吉丸博志・中村克典・秋庭満輝・手塚賢至・池亀寛治 (2007) 屋久島と種子島におけるヤクタネゴヨウの保全の現状について。林木の育種 特別号: 33~36.
- 岸 洋一 (1988) マツ材線虫病—松くい虫—精説。トーマスカンパニー, 東京.
- 清原友也・徳重陽山 (1971) マツ生立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* sp. の接種試験。日林誌 53: 210~218.
- 松浦邦昭 (1984) 樹幹注入法によるマツ材線虫病の防除。植物防疫 38: 27~31.
- 森田 茂 (2005) 吹上浜における松くい虫防除について。山林 1456: 22~31.
- Muramoto, M. (1999) Ending of pine wilt disease in Okinoerabu Island, Kagoshima prefecture. Proceedings of Symposium on Sustainability of pine forests in relation to pine wilt disease and decline: 193~195.
- Nakamura, K. and Yoshida, N. (2003) Successful control of pine wilt disease in Fukiage-hama seacoast pine forest in southern Japan. Nematology Monographs & Perspectives Vol.1: 269~281.
- 仲邑 勝・池田武史 (2006) 天橋立のマツ枯れ対策とマツ林の保全。森林防疫 55: 250~254.
- 農林水産技術会議事務局 (1977) マツノザイセンチュウの地理的分布。マツ類材線虫の防除に関する研究, pp.15~23, 農林水産会議事務局 研究成果96.
- 鮫島宗美 (訳) (1962) 種子島家譜。熊毛文学会, 西之表市.
- 下新原博也 (1995) 吹上浜の「白砂青松」を取り戻せ。森林防疫 44: 21.
- 田畑勝洋・島津光明・埤田 宏 (1997) 防除対策。「松くい虫 (マツ材線虫病)—沿革と最近の研究—」, pp.122~167. 全国森林病虫獣害防除協会, 東京.
- 田實秀信・吉元英樹・大迫康弘 (2000) 奄美におけるマツ材線虫病 (松くい虫) の防除に関する研究。鹿児島県林試研報 5: 32~38.
- 吉田成章 (2006) 研究者が取り組んだマツ枯れ防除—マツ材線虫病防除戦略の提案とその適用事例—。日森林誌 88: 422~428.
- 吉田成章・中村克典・埤田 宏 (1997) 実用化された防除手法の評価とマツを取り巻く環境等の検証。「松くい虫 (マツ材線虫病)—沿革と最近の研究—」, pp.95~121. 全国森林病虫獣害防除協会, 東京.
- (2011. 10. 11 受理)

論文

イエシロアリの生立木に対する加害能力

沖濱宗彦¹・岸 洋一²

1. はじめに

日本のシロアリ目害虫の主要種は、ヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus*) とイエシロアリ (*Coptotermes formosanus*) である。ヤマトシロアリは北海道名寄市以南の日本各地に分布し、湿った木造建築物や伐根などに生息する (森本, 1993; 森ら, 2002)。イエシロアリは九州と四国では低地に、本州では神奈川県、千葉県以西の主に海岸地域に生息し、木造建築物などを加害する (森本, 1993)。

シロアリ目害虫の生立木に対する加害能力について、イエシロアリがマツ老樹1, 2本を食害する程度であり (矢野, 1913), 日本におけるシロアリ目害虫は、緑化樹木の枯死部または腐朽部を加害して健全部を加害しない (滝沢, 2001), と否定的に報告された。一方、ヤマトシロアリは根の腐朽部から樹幹内部に食入して生立木を加害することがあり、イエシロアリは生立木に大害を与えている (森本, 1993), と加害能力を積極的に肯定する報告もあった。また、イエシロアリやヤマトシロアリのような地下性シロアリは、通常二次性だが樹木が弱ると一見一次性的様相を呈する穿孔虫とも位置づけられた (岩田・児玉, 2007)。

日本における樹木のシロアリ被害は、マイナーな虫害との認識のもとにほとんど考察されなかったが (岩田, 2006), 現在および地球温暖化の時代には相当の被害量と重要性を伴うと考えられた (岩田・児玉, 2007)。なお、森林樹木の害虫全般を扱った主要な著作6編 (伊藤・藍野, 1976; 小林, 1977; 岸, 2007; 日本樹木医会, 2010a, 2010b; 林業薬剤協会, 2010) でも、シロアリについて、4編には種名すら記載されず、2編に生態が簡単に記述されただけで、加害能力は全く述べられていない。

筆者らは九州や関東地方で、森本 (1993) と同様

に、ヤマトシロアリが生立木に稀に営巣することを経験した。イエシロアリについては、九州地方を中心に生立木88本に対する営巣の実態を調査したさい、薬剤の使用によりイエシロアリを排除した後の営巣していた樹木の生育状況を調べ、イエシロアリの加害能力を検討したのでここに報告する。

2. 調査方法

筆者らの一人沖濱が、樹木医などとして調査と防除を依頼された時、①調査年月日、②調査場所、③樹種、④樹高 (目測でm単位)、⑤胸高直径 (5 cm 括約)、⑥イエシロアリ営巣の部位と容積 (数個所の土壌試掘やドリル穿孔により10cm括約で推定)、⑦営巣樹木を衰弱させるイエシロアリの食害以外の要因、⑧伐採など防除作業の有無、⑨イエシロアリ排除のため注入した試薬名と注入年月日、⑩試薬注入後のイエシロアリ個体群の動態、⑪調査後5年経過した調査木の生育状況、⑫その他、を記録した。

なお、イエシロアリの排除に用いた薬剤は、生立木に使用が認められたシロアリ防除剤は現在ないので、家屋に認められたシロアリ防除剤のクロルフルアズロン剤 (脱皮阻害剤)、クロルフェナピル剤、イミダクロプリド剤を試薬として営巣個所に注入した。

3. 結果と考察

イエシロアリは (写真-1), 樹木の根元や根元周辺に営巣するだけでなく (写真-2), 樹幹下部や樹幹上部 (写真-3, 4) などにも営巣を拡げ、個体数の増加に対応する。そのため巣は様々に形成されるが、根元では球状 (写真-5), 樹幹下部では筒状になることが多い。営巣場所では、蟻道が目立つ (写真-6)。



写真-1 イエシロアリ

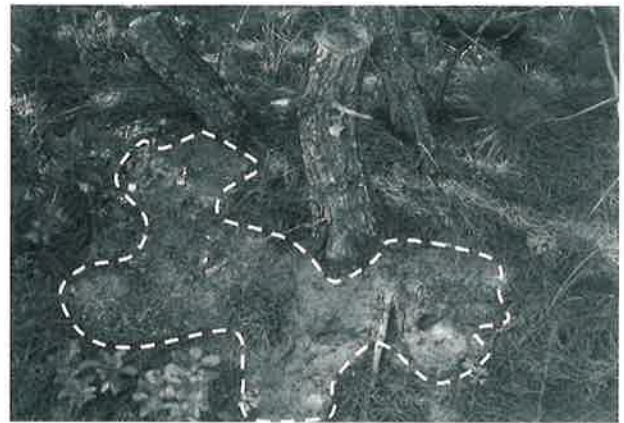


写真-2 土中のイエシロアリ巣 (白点線内)



写真-3 樹幹下部のイエシロアリ巣 (白点線内)



写真-4 樹幹上部のイエシロアリ巣 (白点線内)



写真-5 土中のイエシロアリ巣 (直径30cm×高さ40cm)



写真-6 蟻道 (白矢印)

表-1 伐採されたイエシロアリ営巣樹木の概況

No.	樹種	場所 (県名)	樹高 m	DBH cm	営巣推定容積 直径cm×高さcm	無防除 伐採年月	伐採後の営巣	
							死滅	移動
76	リュウキュウマツ	沖縄	不明	不明	根元球状 50	2010/11		○
77	〃	沖縄	不明	不明	根元球状 80	2010/11		○
69	クロマツ	福岡	5	30	根元球状 50	2007/ 9		○
81	〃	福岡	6	40	根元球状 30	2010/11		○
12	ヒマラヤスギ	福岡	6	45	根元球状 30	2003/ 2		○
20	ヒノキ	鹿児島	10	40	根元 30×200	2003/ 5		○
34	クスノキ	鹿児島	15	100	幹下部 80×120	2003/10	○	
71	〃	福岡	22	370	根元 150×150	2010/ 3		○
11	サクラ	沖縄	2	8	根元球状 30	2002/12		○
13	〃	福岡	3	10	根元球状 30	2003/11		○
67	〃	長崎	4	65	樹上 40×150	2006/ 6		○
7	ウメ	長崎	3	40	根元 50 球状	2002/ 8		○

イエシロアリ被害についての調査本数は、2002～2011年に23樹種88本であった。外部からの観察では、ほとんどの調査木はイエシロアリの食害を除くと、落雷被害や他の病害虫被害などの樹勢衰退要因を特に持たなかった。

営巣樹木の樹種別本数は、クロマツが14本、クスノキ・サクラが各12本、リュウキュウマツが7本、スギが6本、ヤマモモが5本、アラカシ・センダンが各4本、イチヨウ・マキ・ケヤキ・ウメが各3本、メタセコイアが2本、ソテツ・ヒマラヤスギ・アカマツ・ナンヨウスギ・ヒノキ・カイズカイブキ・シイノキ・ガジュマル・ホルトノキ・アカギが各1本であった。アラカシ・マキ・メタセコイア・アカマツ・ナンヨウスギの5種は、岩田・見玉(2007)の纏めたイエシロアリ営巣の57樹種に含まれていない。クロマツ・クスノキ・サクラ・リュウキュウマツ4種の合計本数は調査総本数の半数を越え、これら4種は岩田・見玉(2007)でも営巣の多い樹種とされた。

樹幹が複数であったり伐採後に搬出されたため、計測困難な9本を除いた79調査木の胸高直径は、9本が10～25cm、28本が30～55cm、23本が60～85cm、

19本が100cm以上であった。胸高直径60cm以上の老齢木が53%、25cm以下の壮齢木が11%を占め、営巣樹木は老齢による衰弱木に限らず発生していた。

調査木88本における営巣の中心部位は、根元が55本と63%を占め、樹幹下部が24本、樹幹上部が5本、枝が4本であった。

調査木88本のうち12本は、調査開始時に巣は巨大であり着葉量は極めて少ないため、枯れると推察されて直ちに伐採された。伐採木に営巣していたイエシロアリ個体群のほとんどは、その後伐採木周辺で死亡個体を含めてほとんど観察されなかったため、他の生立木や家屋に移動したと考えられた(表-1)。殺虫剤などによるイエシロアリの駆除作業が、伐採時に必要である。

調査木88本のうち42本に対し、薬剤を注入してイエシロアリ個体群を排除し、排除後の調査木の生育状況を注入から5年経過後に調べた(表-2)。イエシロアリ個体群は、クロルフルアズロン剤を注入した39調査木では営巣内で全滅した。クロルフェナピル剤を注入した1調査木とイミダクロプリド剤を注入した2調査木では、営巣していたイエシロアリ個体群は、死亡個体を含めてほとんど観察されなかつ

表-2 イエシロアリ営巣に対する薬剤注入と注入後5年経過した樹木の生育状況

No.	樹種	場所 (県名)	樹高 m	DBH cm	営巣推定容積 直径cm×高さcm	薬剤注入年月			注入後の営巣		注入5年後の樹木		
						C剤	F剤	I剤	死滅	移動	生育	枯死	調査中
10	ソテツ	鹿児島	2	15	根元球状 30	2002/12			○		○		
1	イチョウ	宮崎	10	100	幹下部 50×40		2002/6		○		○		
41	〃	鹿児島	4	100	根元不定形 70	2004/4			○		○		
51	〃	鹿児島	15	110	根元不定形 70	2005/5			○		○		
43	マキ	福岡	7	50	根元球状 50	2004/4			○		○		
56	〃	宮崎	7	25	根元球状 50	2005/12			○		○		
15	リュウキュウマツ	沖縄	3	20	根元球状 50	2003/3			○		○		
2	クロマツ	福岡	4	30	幹下部 30×40	2002/6			○		○		
16	〃	長崎	6	30	根元球状 50	2003/4			○		○		
42	〃	鹿児島	3	25	根元不定形50	2004/4			○		○		
86	〃	福岡	15	85	幹下部 60×60	2011/7			○				○
87	〃	福岡	12	70	幹下部 50×50	2011/7			○				○
80	ナンヨウスギ	沖縄	3	45	根元球状 50	2010/11			○				○
31	スギ	宮崎	20	60	根元球状 50	2003/7			○		○		
54	〃	宮崎	15	150	枝3m高	2005/11			○		○		
55	〃	宮崎	20	120	枝3m高	2005/11			○		○		
68	〃	鹿児島	15	60	根元球状 30	2006/9			○		○		
83	メタセコイア	鹿児島	8	40	根元球状 30			2010/12		○			○
84	〃	鹿児島	8	40	根元球状 30			2010/12		○			○
3	カイズカイブキ	福岡	3	25	根元球状 50	2002/6			○		○		
63	ヤマモモ	鹿児島	4	80	幹下部 30×150	2006/5			○		○		
72	〃	福岡	3	複数	根元球状 30	2010/6			○				○
85	〃	鹿児島	6	100	幹下部 50×150	2011/8			○				○
74	アラカシ	福岡	12	複数	根元球状 50	2010/7			○				○
24	シイノキ	福岡	20	150	幹下部 100×120	2003/7			○		○		
8	ケヤキ	岡山	4	20	根元球状 70	2002/11			○		○		
23	〃	熊本	4	50	根元球状 50	2003/6			○		○		
49	ガジュマル	鹿児島	4	150	根元不定形100	2005/1			○		○		
5	クスノキ	福岡	20	120	根元球状 100	2002/6			○		○		
9	〃	鹿児島	7	50	幹下部 30×40	2002/11			○		○		
30	〃	宮崎	25	350	根元不定形100	2003/7			○		○		
60	〃	福岡	20	170	根元不定形100	2006/3			○		○		
70	〃	福岡	20	120	幹下部 50×50	2009/11			○				○
88	〃	福岡	5	30	幹下部 20×150	2011/7			○				○
4	サクラ	福岡	7	60	幹下部 40×40	2002/6			○		○		
44	〃	宮崎	5	70	幹上部 20×100	2004/5			○		○		
64	〃	福岡	5	60	根元球状 30	2005/6			○		○		
65	〃	福岡	5	60	根元球状 30	2005/6			○		○		
73	〃	大分	4	40	幹上部 20×100	2010/6			○				○
75	〃	大分	7	70	幹下部 30×30	2010/11			○				○
66	ウメ	福岡	3	30	根元球状 50	2005/6			○		○		
39	センダン	長崎	8	30	根元球状 30	2004/2			○		○		
計	—	—	—	—	—	39	1	2	39	3	30	0	12

注) C剤-クロルフルアズロン剤, F剤-クロルフェナビル剤, I剤-イミダクロプリド剤

表-3 イエシロアリ営巣を放置した樹木の放置後5年経過した樹木の生育状況

No.	樹種	調査年月	場所 (県名)	樹高 m	DBH cm	営巣推定容積 直径cm×高さcm	注入5年後の樹木		
							生育	枯死	調査中
57	マキ	2005.12	宮崎	8	200	根元不定形 100	○		
17	リュウキュウマツ	2003.7	沖縄	8	40	幹下部 20×20		○	
32	〃	2003.7	沖縄	10	55	幹下部 30×40	○		
78	〃	2010.11	沖縄	15	80	不明			○
79	〃	2010.11	沖縄	20	120	幹下部 50×50			○
6	クロマツ	2002.7	鹿児島	15	70	幹下部 40×50	○		
18	〃	2003.5	鹿児島	15	70	幹下部 40×50	○		
19	〃	2003.5	鹿児島	20	80	幹下部 30×40	○		
46	〃	2004.7	鹿児島	15	70	根元不定形 70	○		
47	〃	2004.7	鹿児島	15	45	根元不定形 20	○		
52	〃	2005.7	鹿児島	13	80	幹下部 20×30		○	
82	〃	2010.11	福岡	13	60	根元球状 50			○
61	アカマツ	2006.4	鹿児島	15	80	幹上部 20×40	○		
22	スギ	2003.6	福岡	20	80	幹下部 30×200		○	
28	〃	2003.7	宮崎	20	150	根元球状 30	○		
59	ヤマモモ	2006.3	福岡	5	複数	根元不定形 100	○		
62	〃	2006.4	鹿児島	5	50	枝 4m高	○		
25	アラカン	2003.7	宮崎	10	複数	根元球状 50	○		
29	〃	2003.7	宮崎	5	25	幹下部 20×20	○		
33	〃	2003.10	宮崎	8	複数	根元球状 40	○		
45	ケヤキ	2004.6	沖縄	3	60	根元不定形 50		○	
26	クスノキ	2003.7	宮崎	15	100	根元球状 30	○		
37	〃	2004.1	宮崎	20	150	根元球状 100	○		
38	〃	2004.1	宮崎	10	40	根元球状 50	○		
40	〃	2004.4	鹿児島	15	60	根元球状 50	○		
21	サクラ	2003.6	福岡	6	複数	幹下部 30×150		○	
36	〃	2003.10	福岡	5	45	根元球状 30	○		
53	〃	2005.11	宮崎	5	40	幹上部 20×40	○		
50	ウメ	2005.3	鹿児島	3	40	根元球状 30		○	
14	センダン	2003.2	福岡	10	60	根元球状 50	○		
27	〃	2003.7	宮崎	15	40	根元球状 30	○		
35	〃	2003.10	福岡	6	40	根元球状 30	○		
58	ホルトノキ	2006.1	宮崎	8	複数	根元球状 50	○		
48	アカギ	2004.7	沖縄	10	50	根元不定形 100	○		
計	—	—	—	—	—	—	25	6	3

たので、他の生立木や家屋に移動したと考えられた。

薬剤によりイエシロアリ個体群を全調査木から排除した5年後の調査では、健全に生育を続けていた調査木は42本中30本、枯死した調査木は0本、5年経過しないため調査中の木は12本であった。調査中の木に樹勢衰退の徴候はほとんど観察されなかったため、試薬注入によるイエシロアリの排除は枯損を防止した。なお、試薬を注入した営巣樹木に、イエシロアリが再び移動して営巣することは、一度も観察されなかった。

調査木88本のうち34本は、所有者または管理者の意向によりそのまま放置された。その後イエシロアリは、食害箇所を年々拡大し、樹勢衰退を着実に進行させた。最初の調査から5年経過後に観察したところ、生育を続けていた調査木は34本中25本、枯死した調査木は6本、5年経過しないため調査中の木は3本であった(表-3)。イエシロアリの生立木に対する営巣と食害を放置すると、枯損の発生率は九州地方では5年間に19%(調査木31本中枯損木6本)に達したので、加害能力は高いと考えられた。すなわち、イエシロアリの生立木に対する加害能力は、本実験では存在すると考えられた。

調査中の木を5年経過したら調査し、試薬注入区と放置区の生存率をさらに検討する計画である。

イエシロアリの生息地域は40年以上南関東以西に限られており、生立木に対する被害は温暖な地域にのみ発生すると考えられる。しかし、昔からいたカシノナガキクイムシが全国的な大害虫に近年変貌したように、イエシロアリの生立木に対する被害は、地球温暖化などを機に今後大発生するかもしれない。

生立木に対するイエシロアリ被害に関する報告は少ないので、各地における資料の蓄積と発表が望まれる。また、生立木を加害するイエシロアリやヤマトシロアリに対する適用農薬はないので、現場で生立木からシロアリを排除する際に使用する薬剤には、農薬登録が必要であり、その開発が望まれる。

4. まとめ

家屋用のシロアリ防除剤の注入により、イエシロアリ個体群を排除した生立木は、枯れずに健全に生育を続けた。無注入の場合、イエシロアリが営巣した生立木の枯損率は5年間に19%に達したので、イエシロアリの生立木に対する加害能力は高いと考えられた。

引用文献

- 伊藤一雄・藍野祐久(1976)原色樹木病害虫図鑑. 192pp., 創文, 東京.
- 岩田隆太郎(2006)日本のシロアリ研究の最前線. 家屋害虫 28: 35~47.
- 岩田隆太郎・児玉純一(2007)シロアリによる樹木の被害. 環動昆 18: 55~66.
- 岸 洋一(2007)森林害虫. 森林・林業実務必携(東京農工大学農学部編), pp.77~85, 朝倉書店, 東京.
- 小林富士雄(1977)緑化樹木の病害虫(下)害虫とその防除. 341pp., 日本林業技術協会, 東京.
- 森 満徳・吉村 剛・竹松葉子(2002)北海道北部におけるしろあり事情と生息環境に関する一考察. しろあり 127: 12~19.
- 森本 桂(1993)シロアリ. 森林昆虫(小林・竹谷編), pp.259~261, 養賢堂, 東京.
- 日本樹木医会(2010a)樹木医必携(基礎編). 446 pp., 日本樹木医会編, 東京.
- 日本樹木医会(2010b)樹木医必携(応用編). 444 pp., 日本樹木医会編, 東京.
- 林業薬剤協会(2010)緑化木の病害虫-見分け方と防除薬剤. 145pp., 林業薬剤協会編, 東京.
- 滝沢幸雄(2001)食材性昆虫による虫害(白蟻). 最新・樹木医の手引き・改訂3版(日本緑化センター編), pp.288~289, 日本緑化センター, 東京.
- 矢野宗幹(1913)福岡県下松樹枯死原因調査. 山林広報4号付録: 1~14.

(2011. 12. 9 受理)

霧島神宮神宮林における哺乳類の生息地利用とそれに影響を与える環境要因

内川宗久¹・畑 邦彦²・曾根晃一³

1. はじめに

日本の森林は国土の約3分の2を占め、緯度、標高、土壌、人間の活動などによって様々なタイプの森林が成立している。森林は哺乳類にとって重要な生活の場で、わが国に生息する陸生哺乳類の約8割が、森林を生活の場としている(大井, 2003)。森林性哺乳類は、種子散布などを通して、樹木の分散や更新を促進している一方で、種子や枝葉、樹皮の摂食、角擦りなど、樹木や植生に対し、様々な負の影響を与えている(Oi and Suzuki, 2001; Yokoyama *et al.*, 2001; Sone *et al.*, 2002; Shibata and Terazawa, 2008ほか)。現在わが国の農林業にもっとも深刻な被害を及ぼしているシカとイノシシでは、それぞれの都道府県が策定した特定鳥獣保護管理計画に基づき、個体数管理を行っている。その地域の個体群を林業や森林に対し破壊的な影響を与えない程度のレベルで適切に管理していくには、生息数を正確に把握するだけでなく、対象地域内での彼らの生息環境の利用実態を明らかにすることも重要である。

森林内の環境は複雑で、同一林分内においても、光、水分、気温、植生、地形など環境条件の異なる場所が混在する。そのことは、これらの環境要因に反応して、各種哺乳類の出現頻度が高い環境や低い環境が森林内に存在する可能性を示唆する。また、開発に伴い、森林内に自動車道が通り、森林に隣接するところまで集落や農耕地、牧草地、レクリエーション施設などが存在する。したがって、哺乳類の生息地利用とその周囲の環境要因の関係を解析する際には、野生動物の生息・出現状況に影響を与える要因に、上記の自然条件のみならず、自動車道や集落の存在なども含む必要がある。そこで、今回鹿児島県霧島市に位置する霧島神宮境内林の森林タイプ

や道路ならびに集落からの距離が異なる地点に自動撮影カメラを設置し、各調査地点における哺乳類の出現頻度を調査した。また、各調査地点の周辺環境を調査し、多数撮影された6種の哺乳類の撮影回数(出現頻度)と調査地点周辺の環境要因との関係について一般化線形モデルによる解析を行い、各種の哺乳類の出現頻度に与える環境要因の影響について考察した。さらに、それぞれの種の各調査地点での撮影回数をモデルから推定し、それらを実際の撮影回数と比較することで、モデルの有効性を検証した。

2. 調査地の概要

調査は、鹿児島県霧島市に位置する霧島神宮境内林(以後、神宮林)で行った。霧島神宮から高千穂河原を経てえびの高原に通じる県道霧島公園線、霧島公園小林線が、神宮林を通過している。神宮林では、広葉樹や広葉樹と天然生のモミヤアカマツとが混交する天然林とスギやヒノキの人工林がモザイク状に分布している。天然林に出現する広葉樹は、標高とともに、スダジイ、ウラジロガシ、サカキ、タブノキ、クロキなどの常緑樹から、カナクギノキ、ミズキ、ネジキ、カエデ類などの落葉樹へ移行している。

霧島神宮周辺には、集落と田畑が存在している。さらに、神宮林の北に位置する高千穂河原ビジターセンターやキャンプ場にも、一年を通して観光客が訪れる。そのため、霧島神宮からえびの高原へと続く県道は、昼間は車の交通量が比較的多い。

今回は、霧島神宮の北東に位置する約2km×1kmの地域を調査対象とした。そこに開設されている林道のうち、高千穂河原までの区間に500m~1kmの間隔で開設されている5つの林道(4, 5, 8, 10, 11

Microhabitat utilization of mammals and its determinant environmental factors in the Kirishima Jingu Forests, Kagoshima.

¹UCHIKAWA, Hirohisa, 鹿児島大学大学院農学研究科(現:滋賀県湖北森林整備事務所); ²HATA, Kunihiko, 鹿児島大学農学部;

³SONE, Koichi, 鹿児島大学農学部

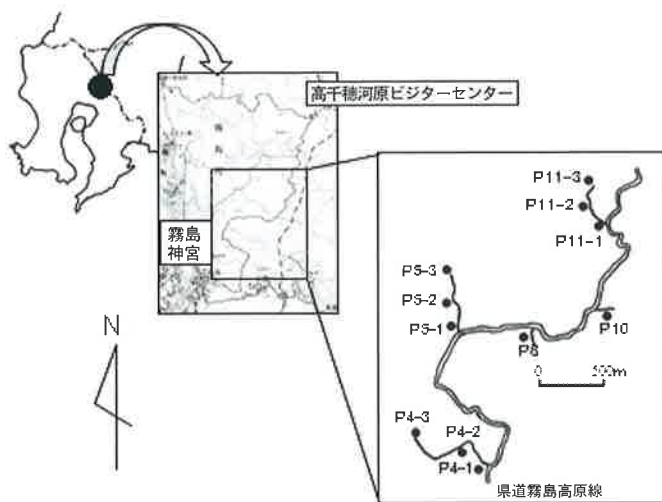


図-1 調査地と調査地点

号林道)に沿って、合計11ヶ所の調査地点を設定した。4, 5, 11号林道では、県道から約50m入った地点に1カ所、そこから4号林道では約200m, 5号林道と11号林道では約100~200m間隔で、2カ所の調査地点を追加した(それぞれ、P4-1, 2, 3, P5-1, 2, 3, P11-1, 2, 3)。8号林道と10号林道では、県道から50~100m入った場所に、各1ヶ所の調査地点を設定した(それぞれ、P8とP10)(図-1)。いずれの調査地点も、林道から10~数十m林内に入った場所に設定した。

P4-1を設定した場所では、最大樹高16mのスダジイ、ウラジロガシ、イチイガシ、ヤブニッケイなどが優占していた。P4-2は樹高約14mのヒノキ植栽木とウラジロガシ、スダジイ、モミが混交している場所に、P4-3は樹高8~14mのスダジイ、ヤブツバキのほかにウラジロガシやサカキが林冠を形成する場所に設定した。P5-1では、2008年9月28日のフィルム交換時に、設置したカメラとフィルムが盗まれていた(旧P5-1)。そこで、2008年12月27日に、旧P5-1から数十m離れた場所へ調査地点を移動した(新P5-1)。旧P5-1ではモミとスダジイ、新P5-1ではスダジイ、タブノキ、ホソバタブ、クロキが優占していた。両設置場所の林冠を形成する樹木の樹高は、最大17mであった。P5-2は、樹高約15mのスギ人工林内に設定した。

調査開始1年前に間伐が実施されており、林内は比較的明るかった。P5-3の設定場所では、樹高8~26mのアカガシ、ヤブツバキ、ウラジロガシ、サカキなどの常緑広葉樹が優占していた。P8は最大樹高約21mの天然生アカマツとスダジイ、ミズキが林冠を構成する場所に、P10はシロダモ、ホオノキ、ミズキなどの広葉樹にアカマツやモミが混交する場所に設定した。これらの上層木の最大樹高は22mであった。P11-1は最大樹高23mのイタヤカエデ、コハウチワカエデ、カナクギノキ、ミズキ、ネジキなどの落葉広葉樹が多く生育する場所に、P11-2は平均樹高23mのスギ人工林内に、P11-3は樹高11~15mのアカマツ、モミ、カナクギノキが優占する場所に設定した。

3. 調査方法

哺乳類の出現頻度およびそれに及ぼす周辺環境の影響を解析するため、各調査地点での哺乳類の出現頻度と環境要因を、以下の手順で調査した。

(1) 哺乳類の出現頻度

2008年7月9日に、各調査地点に撮影日時が記録されるように設定した赤外線センサー付き自動撮影カメラ(Fieldnote IIa, 麻理府商事, 岩国)(以後、カメラ)を地上約1mの位置に設置し、哺乳類を撮影した。その際、餌による動物の誘引は行わなかった。その後2010年1月6日まで、カメラの電池とフィルムの残量を2~3週間ごとに確認し、必要に応じて新しいものと交換した。回収したフィルムを現像し、各調査地点で撮影された種と撮影日時を記録した。今回、一見して同一個体と判断できる個体が、最長で20~30分間連続して撮影された。このような場合は、撮影回数は1回としてカウントした。各調査地点におけるそれぞれの種の撮影回数および撮影頻度(撮影回数/カメラ稼働日数)を、出現頻度の指標とした。また、撮影頻度を算出する際、調査日に電池が枯渇していた、またはフィルムが全て撮影されていた場合は、フィルムの交換日から最後の写真の撮影日までの日数を、その期間の稼働日数とした。2008年9月28日にカメラの盗難が確認されたP5-1

のデータは、盗難前のデータは旧P5-1, 新たにカメラを設置した2008年12月27日以降のデータは新P5-1として別個に集計した。

(2) 植生調査 (森林タイプ, 立木密度, ベーサルエリア)

調査は2009年1月9日, 4月9日, 5月14日に行った。カメラ設置地点を中心に, 半径8m以内に出現するDBHが5cm以上のすべての樹木 (枯死木も含む) を対象に, 樹種, 本数, DBHを記録した。また, 樹木が胸高より低い部位で分枝していた場合, DBHが5cm以上のものは, それぞれを1本の樹木として計測し, 記録した。この結果を基に, 各調査地点の森林タイプを, ほとんど人手の入っていない「天然林」, スギやヒノキの「人工林」, 植栽されたスギやヒノキに広葉樹が混交した「混交林」の3つに分類した。立木密度はha換算し, 胸高断面を円と仮定して計算したベーサルエリアは, 林分1m²あたりの値として表現した。また, 立木密度とベーサルエリアは, 樹種は考慮せず記録したすべての樹木を用いて算出した。

(3) 開空率

調査は落葉樹の葉が展開する前の2009年4月9日と展開した後の2009年9月21日に行った。デジタルカメラ (Nikon CoolPix8700) に魚眼レンズ (Nikon fish-eye FC-E9) を装着し, カメラの設置点とそこから東西南北にそれぞれ8m離れた地点の計5ヶ所で, 地上1mの高さから林冠の全天写真を撮影した。撮影した写真を画像解析ソフトHemi View 2.1 (Delta-T) を用いて画像解析し, 各調査地点の開空率を求めた。データ解析の際は, 5ヶ所の平均値を変数として用いた。ただし, 落葉広葉樹が優占していたP11-1とP11-3では, 落葉前後で開空率は著しく異なったので, 2回の測定値の平均を調査期間全体の開空率とした。

(4) 標高および建物, 車道までの距離

GPS (Mobile Mapper Pro, Thales Navigation) を用いて, カメラ設置地点の標高, および緯度と経度を記録した。これらの値を国土地理院が公表している電子基準点データ (<http://fgd.gsi.go.jp/down/>)

を用いて誤差補正し, 解析に用いた。また, 調査地周辺で多くの人を訪れる霧島神宮と高千穂河原ビジターセンター, そして神宮林内の県道の位置データを, 国土地理院の基盤地図情報 (<http://sokuservice1.gsi.go.jp/datums/>) から取得し, 各調査地点との最短距離を求めた。その際, 4, 5, 8, 10号林道沿いの調査地点は霧島神宮までの距離を, 11号林道沿いの3調査地点は高千穂河原ビジターセンターまでの距離を建物までの距離とした。

(5) データ解析

撮影された哺乳類のうち, 多数撮影された6種の地上徘徊性哺乳類について, 一般化線形モデルによる撮影回数と調査地点周辺の環境要因の回帰分析を行った。それぞれの調査地点における哺乳類の撮影回数を目的変数, 森林タイプ (混交林と天然林の2つ), 立木密度, ベーサルエリア, 開空率, 標高, 建物までの距離 (以後, 建物距離), 車道までの距離 (以後, 車道距離) を説明変数とした。また, 各カメラの稼働日数の違いを考慮するため, カメラ稼働日数をオフセット項としてモデルに組み込んだ。目的変数の確率分布はポアソン分布に従うと仮定した。説明変数に用いた環境要因は, 回帰分析の前に相関を調べ, それぞれに強い相関が無いことを確認した後, 説明変数として用いた。

回帰モデルを作成するにあたり, 適合度が最大になるようにステップワイズ法によって変数選択を行い, 赤池情報量基準 (AIC) が最小となった説明変数の組み合わせのモデルを最適モデルとして採用した。今回作成したモデルは, 種ごとに選択された環境要因の回帰係数 (a~g) を下記の式にあてはめたものである。

$$\begin{aligned} \text{Log(撮影回数)} = & a \times (\text{森林タイプ}) + b \times (\text{ベーサルエリア}) + c \times (\text{立木密度}) + d \times (\text{開空率}) \\ & + e \times (\text{標高}) + f \times (\text{建物距離}) + g \times (\text{車道距離}) \\ & + \text{log(稼働日数)} + \text{切片} \end{aligned}$$

モデルで採択された環境要因のうち, 天然林や混交林の回帰係数が正の場合, そこでの撮影回数が人工林より多かったことを示す。その他の環境要因の回帰係数が正の場合は, 標高, ベーサルエリア, 立

表-1 各調査地点における6種の哺乳類の撮影頻度(回/日)

調査地点	シカ	イノシシ	テン	アナグマ	タヌキ	ウサギ	計
P4-1	0.092	0.023	0.042	0.046	0.040	0.025	0.267
P4-2	0.066	0.010	0.023	0.021	0.018	0.008	0.146
P4-3	0.124	0.034	0.054	0.040	0.034	0.002	0.289
旧P5-1	0.493	0.164	0.075	0.239	0.030	0.000	1.000
新P5-1	0.055	0.021	0.043	0.122	0.015	0.076	0.331
P5-2	0.023	0.012	0.004	0.004	0.002	0.023	0.068
P5-3	0.187	0.064	0.018	0.039	0.025	0.018	0.351
P8	0.144	0.010	0.014	0.019	0.002	0.000	0.189
P10	0.124	0.021	0.023	0.013	0.009	0.002	0.192
P11-1	0.214	0.018	0.081	0.059	0.027	0.068	0.406
P11-2	0.104	0.009	0.043	0.015	0.031	0.007	0.211
P11-3	0.275	0.035	0.004	0.035	0.052	0.046	0.469
全体	0.134	0.026	0.034	0.038	0.023	0.018	0.273

木密度、開空率(林冠の疎開度)、建物や県道からの距離が増すと、撮影回数が多くなったことを示す。

最適モデルを用いて各調査地点でのそれぞれの種について撮影回数の期待値を算出し、各調査地点の撮影回数の「差(=期待値-実数)」と「誤差率(=差/期待値)」を求めた。また、それぞれの種について、各調査地点での撮影回数の実数と期待値の関係を、Spearmanの順位相関を用いて解析した。これらの解析はR2.8.1(R Development Core Team)を用いて行った。

4. 結果

(1) 哺乳類の撮影状況

今回の調査では、キュウシュウジカ(以後、シカ)、ニホンイノシシ(以後、イノシシ)、ホンドテン(以後、テン)、ニホンアナグマ(以後、アナグマ)、ホンドタヌキ(以後、タヌキ)、キュウシュウノウサギ(以後、ウサギ)、ホンDOIタチ(以後、イタチ)、アカネズミ属ネズミ(以後、ネズミ)、ネコ、コウモリ類の10種の哺乳類が撮影された。延べ4978日のカメラの稼働で、コウモリを除いた地上徘徊性の哺乳類は1366回撮影された。撮影回数の内訳は、

シカが665回と最も多く、全体の約5割を占めた。シカ以外では、アナグマが190回、テンが167回、イノシシが129回、タヌキが116回、ウサギが91回撮影されたが、ネズミ、イタチ、ネコの撮影回数は少なく、それぞれ2回、3回、3回撮影されただけであった。

撮影回数の多かった6種を込みにした撮影頻度は、旧P5-1で1.00回/日と最も高く、カメラ稼働日数が少なかった旧P5-1を除くと、P11-3の0.469回/日からP5-2の0.068回/日まで変動した。シカ、イノシシ、テン、アナグマ、タヌキの5種はすべての調査地点で、ウサギは旧P5-1とP8以外の調査地点で撮影された。撮影頻度は、調査地間でばらつきが大きく、シカでは21.4倍、イノシシでは17.9倍、テンでは20.9倍、アナグマでは61.5倍、タヌキでは27.0倍、ウサギでは撮影された調査地点間で37.8倍の差が見られた(表-1)。

(2) 環境要因の選択および回帰モデルの決定

解析に用いた説明変数の値を表-2に、それらの値を用いて行ったシカ、イノシシ、テン、アナグマ、タヌキ、ウサギについて行った回帰分析の結果を表-3に示す。今回の解析では、シカでは立木密度と建

表-2 各調査地点で説明変数として用いた環境要因の値とカメラの稼働日数

調査地点	ベ-サルエリア (cm ² /m ²)	密度 (本/ha)	標高 (m)	開空率	車道距離 (m)	建物距離 (m)	森林タイプ	稼働日数(日)
P4-1	58	2389	522	0.115	35	811	天然林	480
P4-2	47.5	2140	539	0.124	245	657	混交林	487
P4-3	22.4	1642	532	0.117	425	326	天然林	498
旧P5-1	67	2090	662	0.033	76	1191	天然林	67
新P5-1	98.7	1891	672	0.150	61	1212	天然林	329
P5-2	52	1443	677	0.149	195	1340	人工林	515
P5-3	74.7	1294	693	0.137	323	1486	天然林	487
P8	56.2	4031	704	0.123	36	1551	天然林	418
P10	68.2	1393	754	0.144	47	2115	天然林	469
P11-1	29.7	1294	835	0.191	47	1526	天然林	443
P11-2	49.9	1493	833	0.137	174	1484	人工林	327
P11-3	38.1	1294	829	0.120	202	1358	天然林	458

表-3 6種類の哺乳類の撮影回数についての一般化線形モデルによる回帰解析の結果

説明変数	シカ		イノシシ		テン		アナグマ		タヌキ		ウサギ	
	回帰係数	Pr(> z)	回帰係数	Pr(> z)	回帰係数	Pr(> z)	回帰係数	Pr(> z)	回帰係数	Pr(> z)	回帰係数	Pr(> z)
植生												
(混交林)*	0.77496	1.66×10 ⁻³	-0.03927	9.46×10 ⁻¹	0.12794	7.60×10 ⁻¹	0.87957	7.60×10 ⁻¹	0.39159	4.21×10 ⁻¹	—	—
(天然林)*	1.19201	1.50×10 ⁻⁴	0.95960	6.79×10 ⁻³	0.63572	1.95×10 ⁻²	1.58755	5.00×10 ⁻⁵	0.65351	4.61×10 ⁻²	—	—
ベ-サルエリア	-0.00596	7.09×10 ⁻³	0.01111	1.54×10 ⁻²	—	—	0.02115	1.35×10 ⁻⁸	—	—	0.03842	9.11×10 ⁻¹¹
立木密度	—	—	-0.00055	5.92×10 ⁻³	-0.00038	3.68×10 ⁻³	-0.00033	5.42×10 ⁻²	-0.00072	2.64×10 ⁻²	-0.00284	3.74×10 ⁻²
開空率	-9.23130	8.52×10 ⁻¹⁰	-16.45000	5.05×10 ⁻⁷	—	—	-6.76621	1.37×10 ⁻²	-9.77552	7.87×10 ⁻³	-11.28000	4.22×10 ⁻²
標高	0.00390	2.00×10 ⁻⁶	—	—	0.00364	4.07×10 ⁻³	0.00588	2.55×10 ⁻⁵	0.00402	9.72×10 ⁻³	0.00425	1.18×10 ⁻¹
車道距離	0.00064	7.11×10 ⁻²	0.00134	8.57×10 ⁻³	-0.00305	3.07×10 ⁻⁴	-0.00269	1.04×10 ⁻³	-0.00245	3.60×10 ⁻³	-0.00666	1.62×10 ⁻²
建物距離	—	—	—	—	-0.00165	4.39×10 ⁻⁶	-0.00213	7.41×10 ⁻⁶	-0.00185	1.28×10 ⁻⁴	-0.00333	1.07×10 ⁻⁵
切片	-4.32782	2.00×10 ⁻⁶	-2.18500	6.89×10 ⁻³	-3.24387	8.36×10 ⁻⁴	-5.33834	3.79×10 ⁻⁶	-2.10581	1.90×10 ⁻¹	2.34900	6.49×10 ⁻¹

*:人工林を基準(0)としたときの値

物距離, イノシシでは標高と建物距離, テンではベ-サルエリアと開空率, タヌキではベ-サルエリア, ウサギでは森林タイプ以外の要因が選択され, アナグマでは全ての要因が選択された。

選択された環境要因とその回帰係数の符号, およびその有意性をもとに, それぞれの種が嗜好する生息環境は, 以下のものであったと推察された。シカは, 人家や道路から離れた, 標高の高い場所にある

天然林や混交林で, 林冠が閉鎖し, 林内の見通しが比較的良好な場所を好んでいた。イノシシは, 道路から離れた, ベ-サルエリアが大きい(大径木が多い)天然林を好んでいたが, 林冠が疎開した場所や, 立木密度が高い場所は避けていた。テンは, 標高の高い場所にある天然林で, 立木密度が低く, 車道や建物に近いところで地上での活動が活発であった。アナグマは, 標高の高い場所にある大径木が多い天然

表-4 各調査地点における撮影回数(実数)と回帰モデルによる撮影回数の推定値との比較

調査地点	シカ			イノシシ			テン			アナグマ			タヌキ			ウサギ		
	実数	期待値	誤差率 (%)	実数	期待値	誤差率 (%)	実数	期待値	誤差率 (%)	実数	期待値	誤差率 (%)	実数	期待値	誤差率 (%)	実数	期待値	誤差率 (%)
P4-1	44	40.0	-10	11	11.5	4	20	22.7	12	22	28.1	22	19	12.7	-49	12	7.1	-70
P4-2	32	32.0	0	5	5.0	0	11	11.0	0	10	10.0	0	9	9.0	0	4	3.9	-3
P4-3	62	67.2	8	17	19.7	14	27	21.9	-23	20	18.0	-11	17	19.8	14	1	6	83
旧P5-1	33	20.0	-65	11	8.5	-29	5	2.8	-79	16	8.3	-93	2	4.2	52	0	3.2	100
新P5-1	18	28.4	37	7	9.5	26	14	15.5	9	40	40.7	2	5	7.9	36	25	26.9	7
P5-2	12	20.0	40	6	5.2	-14	2	8.3	76	2	3.1	35	1	5.3	81	12	6.9	-74
P5-3	91	70.2	-30	31	26.2	-19	9	8.9	-2	19	15.0	-27	12	7.4	-62	9	7.7	-18
P8	60	66.5	10	4	3.5	-14	6	6.1	2	8	7.8	-3	1	1.9	48	0	0	0
P10	58	70.0	17	10	13.7	27	11	8.5	-30	6	9.2	35	4	5.5	27	1	4	75
P11-1	95	73.9	-29	8	4.1	-95	36	29.4	-23	26	16.3	-60	12	13	7	3	6.8	56
P11-2	34	26.0	-31	3	3.8	20	14	7.7	-82	5	3.9	-28	10	5.7	-76	3	5.6	46
P11-3	126	151.0	17	16	18.4	13	12	24.4	51	16	29.6	46	24	23.6	-2	21	13.1	-61

林の、特に林冠閉鎖度が低く、車道や建物に近い場所ほど多く利用する傾向があった。タヌキは、大径木が多い場所を回避することを除いて、アナグマと同様の傾向を示した。ウサギは、森林タイプにかかわらず、建物や道路に近く、そして大径木の多い、林冠閉鎖度の高い場所で多く見られた。

(3) 回帰モデルによる撮影回数の推定と実数との比較

表-4に、それぞれの種の各調査地点での撮影回数の実数とモデルからの推定値、そして誤差率を示す。それぞれの種の誤差率(以後、絶対値表示)は、シカが0~65%、イノシシが0~95%、テンが0~82%、アナグマが0~93%、タヌキが0~81%、ウサギが0~100%と、調査地点間でのばらつきが著しかった。誤差率が50%以上の調査地点は、シカとイノシシでは1地点、タヌキ、テン、アナグマでは、それぞれ4、3、2地点、ウサギは7地点であった。

全ての種で、各調査地点での撮影回数の実数と推定値の間には有意な正の相関が認められた(Spearmanの順位相関係数、シカ： $r_s=0.902$, $P<0.001$ ；イノシシ： $r_s=0.904$, $P<0.001$ ；テン： $r_s=0.761$, $P<0.005$ ；アナグマ： $r_s=0.998$, $P<0.001$ ；タヌ

キ： $r_s=0.898$, $P<0.001$ ；ウサギ： $r_s=0.887$, $P<0.001$)。

5. 考察

今回の調査で撮影された10種類の哺乳類のうち、シカ、イノシシ、テン、アナグマ、タヌキ、ウサギの6種は、調査期間中ほとんどの調査地点で撮影された。このことから、これら6種は各調査地点付近に恒常的に出没していたことがわかる。これら6種を込みにした撮影頻度は、調査地点間で約7倍の差が認められた。また、それぞれの種の撮影頻度も、調査地点間で18~62倍の違いが見られた。さらに、回帰モデルで選択された環境要因は種間で異なり、回帰係数の符号が種により異なる要因もみられた。これらのことから、これら6種の哺乳類は調査地内の森林を等しく利用しているわけではなく、環境要因の異なる場所を選択的に利用していることがうかがえる。

今回それぞれの種で選択された環境要因のいくつかは、撮影回数に与える効果が、その種の生態により、ある程度説明できると考えられた。シカは、前方の視界が遮断されると、その場所への進入をため

らう傾向がある(井上ら, 2007)。また, 神宮林内のシカは, 観光客に餌を求めて車道に集まってくるえびの高原に生息するシカと異なり, 人や車との遭遇を避けていた。開空度の増加により下層植生が発達した場所や車の通行が多い県道付近での活動を避け, その結果, 開空度や車道距離の効果がマイナスとなったと考えられる。夜間に多く撮影されたタヌキやアナグマは, 人間が出したゴミを利用することが知られている(金子, 2002; 金子ら, 2008)。また, 夜間は県道の車の通行量は決して多くなく, 彼らは車道の側溝を移動経路として利用する。このような習性が, 建物距離や道路距離の効果がマイナスとして現れたのではないかと推察される。北海道や中国で行ったクロテンの生息地利用調査では, 立木密度の違いが休息場としての利用や移動に影響を与え, 立木密度が中程度の場所の利用頻度が最も高かった(Buskirk *et al.*, 1996; Miyoshi and Higashi, 2005)。今回, 立木密度の効果がマイナスであったテンは, 立木密度が高い場所では樹上を移動する頻度が高くなり, 地上での撮影頻度が低くなったのかもしれない。

天然林は選択された場合は全ての種で撮影回数に対しプラスの効果を示した。天然林では, 針葉樹人工林に比べ, 堅果や果実生産量のほかに, 昆虫や土壌動物のバイオマスも多い(渡辺, 1983)など, 餌資源の量や質が優れていることが, 天然林の効果がプラスとなった原因の一つであると考えられた。今回の調査でも, 天然林で堅果や広葉樹の稚樹に残った採食痕や, イノシシ, アナグマ, タヌキが土壌動物などを採食するために地面を掘り返した跡を多く確認した。

一方, 環境要因の効果が, 種の生態だけでは説明しにくい場合もみられた。イノシシとタヌキは, 自らの体が周囲にさらされないような環境を好んで利用する(江口, 2003; 金子ら, 2008)。したがって, これらの種は, 開空度が低く下層植生があまり発達していない場所よりも, 開空度が高く下層植生が発達した場所を好むと推察された。しかし, 開空度の効果はマイナスで, 開空度が高くなるほど, 撮影回

数は減少した。これ以外にも, 哺乳類の生態と環境要因の効果の関連性が明らかにできなかったものも多く, これらは今後の課題として残る。

今回, 予測モデルで算出された撮影回数の推定値と実数との間に, 6種全てでかなり大きい差が見られた調査地点が存在した。誤差率の大きかった調査地点数は, シカとイノシシでは少なかったが, ウサギでは半数以上の調査地点で, 誤差率は50%以上であった。撮影頻度は, 6種のうちシカが最も高く, ウサギが最も低かった。テン, アナグマ, タヌキの撮影頻度と誤差率が高かった調査地点数は, 両者の中間であった。これらのことから, 撮影頻度がモデルの誤差率に影響を与えた可能性が示唆される。ところが, 誤差率の高い調査地点数が少なかったイノシシの撮影頻度は, シカ以外の4種に比べ決して高くはなかった。イノシシが中型獣に比べ広いエリアを活動し, 撮影頻度の調査地点間の差が6種の中で最小であった(表-1)ことが, 少ない誤差率の高い調査地点数として現れたのではないかと考えられる。

誤差率が高かった調査地点が見られた他の原因として, 説明変数として今回は使用しなかった環境要因が, 出現頻度に影響を与えていたことも考えられる。例えば, 調査期間中, 4号林道と10号林道沿いの人工林で間伐作業が行われていた。そのような場合, 作業の頻度や規模, そして作業場所からの距離などが出現頻度に影響を与える可能性がある。また, 水場までの距離や詳細な餌条件, 調査地点周辺の傾斜などの地形的な条件も考慮する必要があるかもしれない。しかし, 各調査地点での撮影回数の推定値と実数の順位には, 6種すべてで有意な正の相関が見られた。このことは, 少数の比較的測定が容易な環境要因を含むモデルでも, 哺乳類の地域内での出現頻度の高い場所や低い場所を推測することができることを示している。

林業と野生動物の保護管理の両立には, 野生動物の正確な個体数はもとより, 出現頻度の高い場所あるいは低い場所の傾向を把握することも重要である。今回, 森林性哺乳類は種ごとに森林内の環境に異なっ

た反応を示し、林内の比較的狭い範囲で測定した環境条件が、哺乳類の出現に大きな影響を持っていることが示された。ある地域内の比較的狭い面積を対象とした環境要因を多くの地点で測定することで、野生動物の生育環境のより詳細な情報の収集が可能になり、よりきめの細かい野生鳥獣の保護管理計画策定の一助となることが期待される。

謝辞

今回、霧島神宮林を調査地として使用させていただき、鎌宮武義氏をはじめ、関係各位には、研究遂行に多大な便宜を図っていただいた。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- Buskirk, S.W., Yiqing, M., Li, X., and Zhaowen, J. (1996) Winter habitat ecology of sables (*Martes Zibellina*) in relation to forest management in China. *Ecol. Application* 6(1): 318~325.
- 井上友樹・村上拓彦・光田 靖・宮島淳二・溝上展也・吉田茂二郎 (2007) ニホンジカによる人工林剥被害と下層植生との関連性. *日林誌*89(3): 207~216.
- 金子賢太郎・丸山将吾・永野 治 (2008) 国営昭和記念公園周辺に生息するタヌキの生息地利用について. *ランドスケープ研究*71(5): 859~864.
- 金子弥生 (2002) 日の出町のアナグマの行動圏の内部構造. *日生誌*52: 243~252.
- Miyoshi, K., and Higashi, S. (2005) Home range and habitat use by the sable *Martes Zibellina*

brachyura in a Japan cool-temperate mixed forest. *Ecol. Res.* 20: 95~101.

- 大井 徹 (2003) 「森林の多面的機能」解説シリーズ. 森林総研所報No.23: 2.
- Oi, T., and Suzuki, M. (2001) Damage to sugi (*Cryptomeria japonica*) plantations by sika deer (*Cervus nippon*) in northern Honshu, Japan. *Mammal Study* 26: 9~15, 2001.
- Shibata, E. and Terazawa, Y. (2008) Effects of bark stripping by sika deer, *Cervus nippon*, on wind damage to coniferous trees in subalpine forest of central Japan. *J. For. Res.* 13: 296~301.
- Sone, K., Hiroi, S., Nagahama, D., Ohkubo, C., Nakano, E., Murao, S., and Hata, K. (2002) Hoarding of acorns by granivorous mice and its role in the population processes of *Pasania edulis* (Makino) Makino. *Ecol. Res.* 17: 553~564.
- 矢部恒晶 (1995) 野生動物の生息地管理に関する基礎的研究—知床半島におけるエゾシカの生息地利用形態と植生変化—. *北大農演研報*52(2): 115~180.
- Yokoyama, S., Maeji, I., Ueda, T., Ando, M., Shibata, E. (2001) Impact of bark stripping by sika deer, *Cervus nippon*, on subalpine coniferous forests in central Japan. *For. Ecol. Manage.* 140: 93~99.
- 渡辺弘之 (1983) 森の動物学. pp181, 講談社, 東京 (2011. 11. 18 受理)

論文

地球温暖化によるトドマツオオアブラムシの世代数増加と被害拡大の予測

尾崎 研一¹

1. はじめに

地球温暖化は昆虫の分布、発育、個体群動態に大きく影響すると予測されている(桐谷・湯川, 2010)。例えば、温暖化による気温の上昇は越冬生存率の増加、繁殖開始時期の早期化、世代数の増加等を通して昆虫の増殖に有利に作用する可能性がある一方で、高温による発育障害、植物の餌としての質の低下、寄主植物のフェノロジーとの同調性の喪失といった昆虫に有害な効果をもたらす可能性もある。その中でも温暖化による世代数の増加は、発育ゼロ点と有効積算温度のデータから多くの昆虫種で予測されている(Yamamura and Kiritani, 1998)。それによると世代数が最も増加するのはアブラムシ類であり、温暖化はアブラムシ類の増殖に有利に働くと考えられている(桐谷, 2010)。

トドマツオオアブラムシ(*Cinara todocola* Inouye)はトドマツ幼齢造林地の害虫である(図-1)。本種は植栽後10年くらいまでの造林木を加害し、高密度に寄生された木は枯死に至る。そのため1960年代から薬剤散布による防除が広く行われている。現在ではトドマツの造林面積が減少したため防除面積も少なくなったが、それでも2009年には386haの造林地で薬剤散布が行われた(北海道水産林務部森林整備課, 2010)。

本種の札幌周辺での生活史は次のようである(山口, 1976)。まず、越冬卵は5月上旬にふ化する。ふ化幼虫(幹母, 第1世代)はトドマツの幹や枝から吸汁し、すべて無翅の成虫となって胎生で幼虫(第2世代)を産む。第2世代は6月下旬に有翅または無翅の成虫となる。造林地内での寄生の拡大はこの有翅虫の移動分散による。第3世代以降はほとんどが無翅虫であり、雌のみの胎生で8月末までに5~6



図-1 トドマツオオアブラムシ

世代をくり返す。胎生世代(第1世代から有性世代の直前まで)の発育適温は20℃付近であり、25℃以上では産子数が著しく減少する上、熱興奮による異常行動等の高温障害を引き起こす。9月になると短日条件により有性世代が出現し、有性世代は交尾後、越冬卵を産卵する。

本種については、北海道内の広範な被害調査と、本種の生態に関する知見をもとに、被害よりみた危険地帯区分がなされている(山口, 1976)。すなわち、4月から8月までの5℃以上の月平均気温の積算温度が45月度以上の地域は危険地帯、40月度以下の地域は安全地帯とされ、後者では本種が発生しても被害許容限界を越す恐れがないとされている(図-2)。

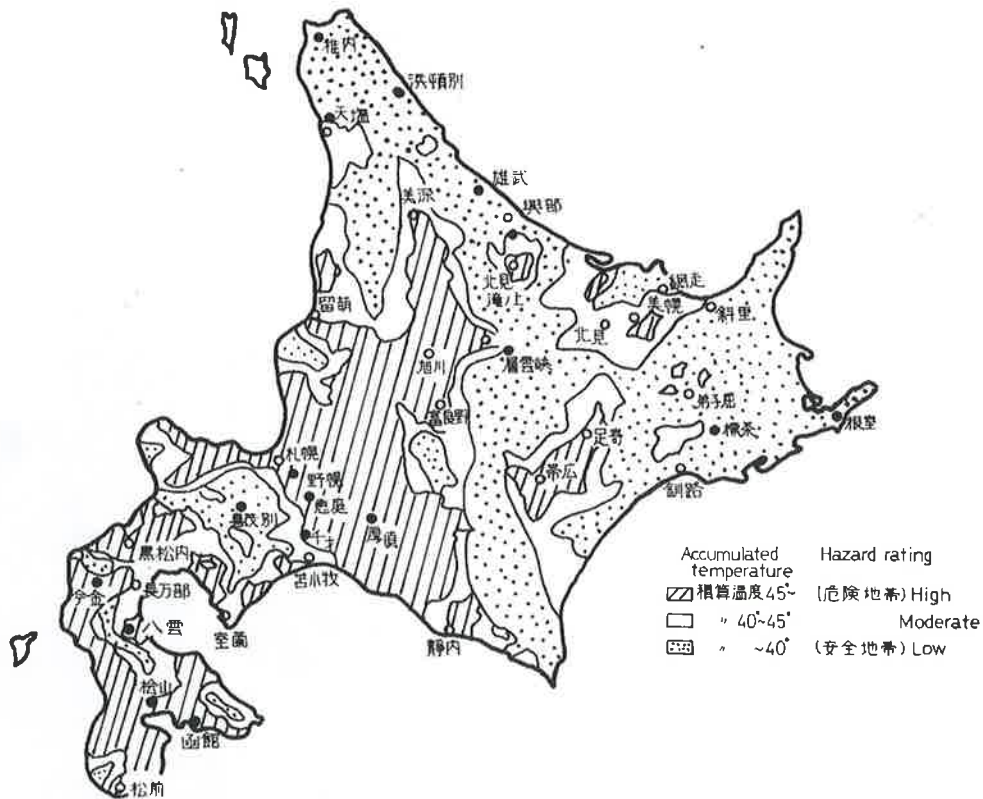


図-2 トドマツオオアブラムシの被害よりみた危険地帯区分 (山口・高井, 1977より)

安全地帯では、春先の低温によって越冬卵のふ化時期が遅れる上、その後の胎生世代の発育も遅延する結果、胎生世代の年間世代数が3~4世代にとどまり、林分成長に悪影響が現れるほどの密度に増加することはない(山口・高井, 1977)。しかし温暖化により気温が上昇すると安全地帯での胎生世代の世代数が増加し、危険地帯が拡大する可能性がある。その一方で、本種は25℃以上で高温障害を引き起こすため、温暖化による危険地帯の拡大を予測するには、高温障害による世代数や密度の減少を考慮する必要がある。

本稿では、温暖化がトドマツオオアブラムシによる被害にどのような影響を及ぼすのかを、気温と年間世代数の変化の面から考えることにする。そのために、まず越冬卵と胎生世代の温度反応定数を計算し、それを用いて胎生世代の世代数を推定する方法を考案した。この世代数の推定にあたっては、高温障害による発育遅延を考慮した。そして考案した方

法を用いて気温上昇時の世代数を予測し、危険地帯の拡大予測を行った。また、温暖化にともなう防除適期の変化も予測した。

2. 胎生世代の世代数

(1) 温度反応の解析

越冬卵と胎生世代の温度反応の解析には、山口(1976)の温度別の飼育データを用い、池本・高井(2001)の方法により、発育ゼロ点と有効積算温度を計算した。池本・高井(2001)の方法は発育日数と温度の積をY軸変数に、発育日数をX軸変数にとり、両者の間の直線関係を不偏長軸法で推定するものである。この方法では、分散の不均一性による低温部のデータの過小評価と、X軸変数に誤差があるデータに回帰分析を行うという従来の方法の問題点が解消されている。

計算の結果、越冬卵の休眠後ふ化までの期間の発育ゼロ点は3.0℃、有効積算温度は120日度であった。

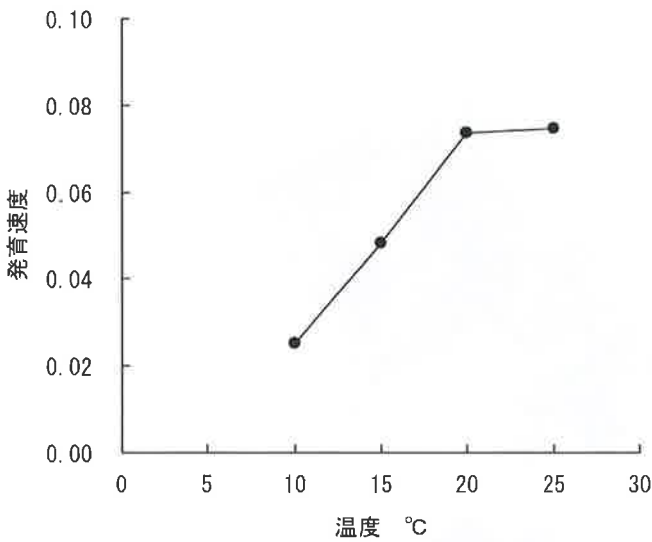


図-3 胎生世代のふ化から産子開始までの発育速度と温度の関係

次に胎生世代のふ化から産子開始までの発育速度をみると、10~20°Cの間は発育速度が直線的に増加したが、20°Cと25°Cでは違いがなかった(図-3)。そのため20°Cまでのデータで計算した結果、発育ゼロ点は4.8°C、有効積算温度は209日度となった。

(2) 胎生世代の世代数推定方法

以上の温度反応定数と3~8月の日別平均気温(気象庁, 2011)を用いて、胎生世代の世代数を計算した。まず、越冬卵の発育ゼロ点と有効積算温度から、ふ化日を計算した。次に、ふ化翌日から胎生世代の有効温度(日別平均気温-発育ゼロ点)を積算した。その際、20~25°Cでは発育速度が一定(つまり有効温度=20-発育ゼロ点)とし、25°C以上では高温障害により発育が停止する(有効温度=0)とした。また、近縁種であるヨーロッパアカマツオオアブラムシ(*Cinara pinea* (Mordvilko))では、胎生世代の発育速度は夏に遅くなることが知られている(Kidd, 1990)。これは、伸長が完了した枝よりも、伸長途上の枝から吸汁した方が発育が速いからである。そこでKidd (1990) 同様、7月以降は有効積算温度が1.4倍に増加するとした。9月になると、短日のため胎生世代から有性世代に切り替わる。そのため、越冬卵ふ化推定日の翌日から8月末までの有効温度の積算値を、胎生世代の1世代が発

育を完了するのに必要な有効積算温度(209日度)で割ることにより、胎生世代の世代数を算出した。

以上の方法を用いて計算した結果、札幌の1963年と1964年の世代数はそれぞれ5.7と5.6世代となり、札幌の南に位置する喜茂別(標高700m)の1967年と1968年の世代数は4.0と3.7世代となった。これは山口(1976)がこれらの年に行った調査結果(札幌の世代数は5~6世代、喜茂別は3~4世代)と一致している。

(3) 北海道各地の世代数の推定

そこで、この方法を用いて北海道内10地点の世代数を推定した。この10地点は山口(1976)が危険地帯区分のために被害調査を行った場所に近く、かつ道内全域に分布するよう気象台や測候所から選んだ。また、気温データは、山口(1976)の被害調査時期(1964~1968年)のうち、年平均気温が最小(1964年)と最大(1968年)の2年分とした。北海道内10地点の世代数と、4月から8月までの5°C以上の月平均気温の積算温度との関係を図-4に示した。この積算温度が45月度以上の場所が危険地帯とされている。世代数は積算温度とともにほぼ直線的に増加

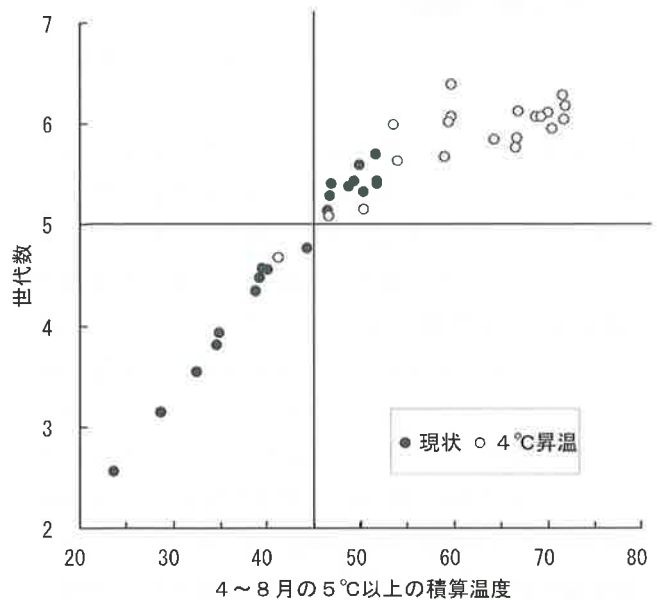


図-4 北海道内10地点における胎生世代の世代数と、4月から8月までの5°C以上の月平均気温の積算温度との関係。現状：1964年と1968年の気温データで計算。4°C昇温：両年の気温データに4°Cを加えて計算。

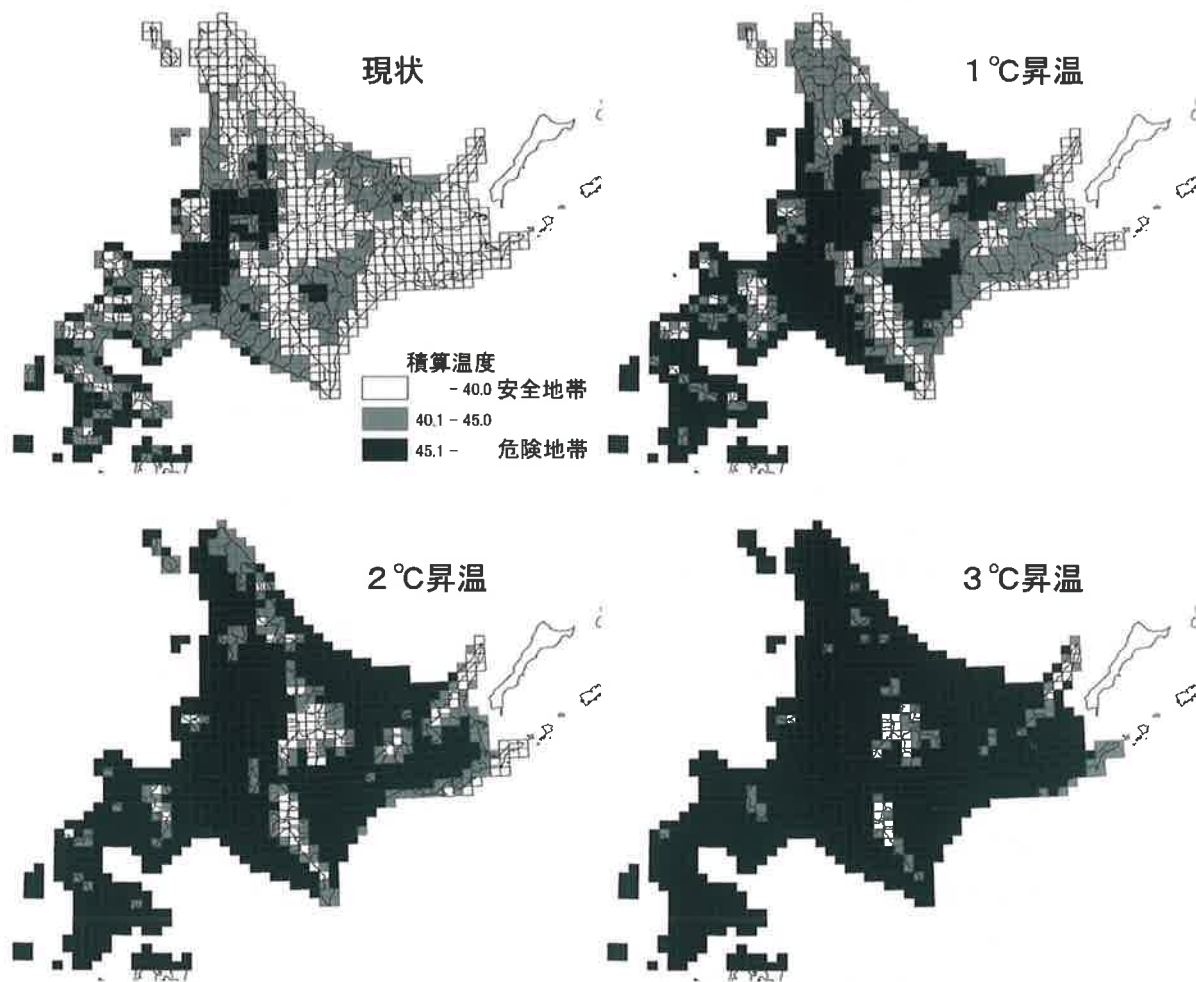


図-5 気温の上昇に伴う危険地帯の拡大予測

し、積算温度が45月度を越えると5世代以上となった。このことから、世代数からみた被害許容限界は4世代であり、5世代以上だと激害の恐れがあると考えられる。これは前述の札幌（激害地）と喜茂別（微害地）の世代数の違いと一致している。

次に、これら10地点の気温データに一定の値を加えることで、温暖化後の世代数を予測した。温暖化により気温が4°C上昇した場合（IPCCのA1Bシナリオによる予測）、積算温度が55月度以上では高温障害のため世代数の増加は頭打ちになった。しかし、積算温度が45月度を越えると世代数は常に5世代以上であった（図-4）。つまり、4°Cの気温上昇では、高温障害により世代数が被害許容限界以下になることはなく、積算温度が45月度以上の地域は全て

危険地帯になると予測された。

3. 危険地帯の拡大予測

温暖化後の世代数からは、高温障害が危険地帯の変化に影響しないと予想されたので、積算温度から危険地帯の拡大を予測した。まず、温暖化前の北海道内の危険地帯を気象庁の1953～1982年の月平均気温（気象庁、1996）を用いて図化した（図-5）した。その結果は図-2に示した山口（1976）のものと同様であり、危険地帯は北海道全域の18%となり、道央と道南の平野部に限られていた。この危険地帯は気温が1°C上昇すると46%、2°C上昇すると75%の地域に拡大し、3°C以上の上昇ではほとんど全域が危険地帯となった。このことから、数度の気温上

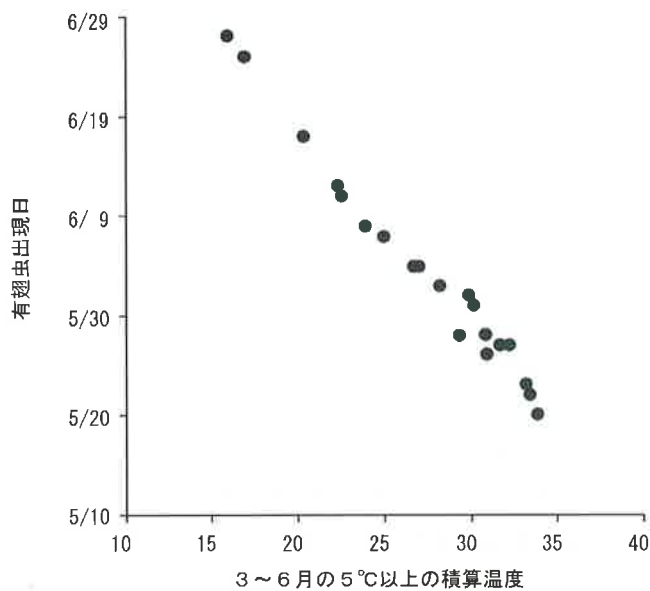


図-6 気温が4°C上昇した場合の有翅虫の出現日と、3月から6月までの5°C以上の月平均気温の積算温度との関係

昇でも危険地帯は大幅に拡大すると予測された。

4. 防除適期の変化

本種の薬剤防除は、有翅虫の分散によって他の木に寄生が拡大する前（札幌では6月中旬頃まで）に実施するのが良い（山口，1994）。この防除適期は温暖化によってどのように変化するだろうか。世代数を推定したのと同様の方法で、気温が4°C上昇した場合の北海道内10地点における有翅虫（第2世代成虫）の出現日を計算した。図-6にこの出現日と、3月から6月までの5°C以上の月平均気温の積算温度との関係を示した。ここでは図-4で用いた4月から8月までの気温ではなく、有翅虫の出現に直接関係する3月から6月までの気温を積算した。その結果、有翅虫の出現日は積算温度の増加とともに早くなった。札幌の場合、4°C昇温すると積算温度が約30月度になるので、図-6より有翅虫の出現は5月下旬となり、温暖化前よりも防除適期が1カ月ほど早くなると予想された。札幌以外の地域でも、温暖化後の気温が予測できれば、図-6を用いて防除適期の判定が可能である。

5. 考察

本稿では、温暖化によってトドマツオオアブラムシの世代数がどう変化するかを予測し、それをもとに危険地帯の拡大予測を行った。その結果、温暖化による気温上昇により、危険地帯は大幅に拡大すると予想された。一方、加害樹種であるトドマツの潜在生息域も温暖化により変化し、北海道内の分布適域は18~52%に縮小すると予測されている（田中ら，2009）。こういったリスクを考慮して将来のトドマツ造林計画を立てることが、温暖化への適応策として有効だと考えられる。

今回、温暖化後の世代数を予測する際に、9月に入ると短日のため胎生世代から有性世代に切り替わるとした。有性世代の生産は第一義的に日長条件により規定されている。このような日長反応は越冬のための季節適応だと考えられ、温暖化後には適切な時期に越冬ステージを生産するように日長反応が変化する可能性がある。実際、関東地方では有性世代は10月に生産される（古田，1984）ので、これらの個体が北海道に移住してくるにより有性世代の出現時期が遅くなり、ひいては胎生世代の世代数が予測よりも多くなるかもしれない。

また、温暖化は世代数以外の面からも本種の個体群動態に影響する。例えば、25°C以上の気温は産子数の低下や異常行動を引き起こすため、これらの要因により密度が減少する可能性がある。しかし関東地方での研究では、産卵数や世代数は北海道よりも多く、密度も同程度あるいはそれ以上に高いため、本種は北海道よりも暖かい地方に適応した昆虫であると考えられている（古田，1984）。このことから、世代数以外の要因を考慮に入れても温暖化は本種の密度の増加をもたらすと予想される。

温暖化は気温上昇以外にも、大気中のCO₂濃度の上昇や、降水量の変化をもたらすと予測されている。CO₂濃度の上昇は、植物にとって利用できる炭素量の増加をもたらすものの窒素の量は変わらないため、植物体内のC/N比が高くなり、昆虫にとって餌の質が悪くなると考えられる（松村・桐谷，2010）。しかし、アブラムシのように篩管液を吸汁する昆虫

では、CO₂濃度の上昇による植物の質の低下の影響を受けにくいという研究もある。Newman *et. al.* (2003) は、CO₂濃度の上昇により、穀類を加害するアブラムシの密度がどう変わるのかを植物生理、水、アブラムシ個体群から構成される複雑なプロセスモデルで予測した。その結果、CO₂濃度の上昇によってアブラムシの密度が増加するかどうかは、土壌窒素量、アブラムシの窒素要求性、有翅虫生産に対する密度依存性によって決まるとした。一方、同じプロセスモデルにより気温の上昇、降水量の変化、高CO₂等の影響を調べた研究では、イギリスにおける穀類のアブラムシは、主に気温と降雨の変化のために今世紀末までに激減すると予測されている (Newman, 2005)。このように、気温上昇以外の要因もアブラムシ個体群に影響すると考えられるため、温暖化の影響をより高い精度で予測するには、今後、CO₂濃度の上昇や降水量の変化がドトマツオオアブラムシに及ぼす影響を調べる必要がある。また、寄生蜂等の天敵や、アブラムシを保護する共生アリに及ぼす影響も重要であろう。

本研究は農林水産技術会議委託プロジェクト「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和及び適応技術の開発」の助成を受けた。また、松井哲哉氏には気温データについてご教示頂いた。ここに感謝する。

引用文献

古田公人 (1984) 関東地方におけるトドマツオオアブラムシの生態. 応動昆 28 : 244~249.
北海道水産林務部森林整備課 (2010) 平成21年度北海道森林保護事業実績書. 札幌.
池本孝哉・高井憲治 (2001) 有効積算温度法則パラメータの新しい推定法. 植物防疫 55 : 311~315.
Kidd, N.A.C. (1990) The population dynamics of the large pine aphid, *Cinara pinea* (Mordv) 1. Simulation of laboratory populations. Res. Popul. Ecol. 32: 189~208.

桐谷圭治 (2010) 温暖化が昆虫群集にどんな影響を与えるか. 地球温暖化と昆虫 (桐谷圭治・湯川淳一編), pp.198~209, 全国農村教育協会, 東京.
桐谷圭治・湯川淳一編 (2010) 地球温暖化と昆虫. 全国農村教育協会, 東京.
気象庁 (1996) 気象庁観測平年値 (CD-ROM). 気象業務支援センター, 東京.
気象庁 (2011) 気象統計情報. 気象庁ホームページ (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>), 2011. 10. 28ダウンロード.
松村正哉・桐谷圭治 (2010) 植物を通しての影響—CO₂濃度の上昇による植物~昆虫相互作用の変化—. 地球温暖化と昆虫 (桐谷圭治・湯川淳一編), pp. 310~314, 全国農村教育協会, 東京.
Newman, J.A., Gibson, D.J., Parsons, A.J. and Thornley, J.H.M. (2003) How predictable are aphid population responses to elevated CO₂? J. Anim. Ecol. 72: 556~566.
Newman, J.A. (2005) Climate change and the fate of cereal aphids in Southern Britain. Glob. Change Biol. 11: 940~944.
田中信行・中園悦子・津山幾太郎・松井哲哉 (2009) 温暖化の日本産針葉樹10種の潜在生息域への影響予測. 地球環境 14 : 153~164.
山口博昭 (1976) トドマツオオアブラ個体群動態と多型の出現機構. 林試研報 283 : 1~102.
山口博昭 (1994) トドマツオオアブラムシ. 森林昆虫 (小林富士雄・竹谷昭彦編), pp.395~399, 養賢堂, 東京.
山口博昭・高井正利 (1977) トドマツオオアブラの総合防除. 林試研報 295 : 61~96.
Yamamura, K. and Kiritani, K. (1998) A simple method to estimate the potential increase in the number of generations under global warming in temperate zones. Appl. Entomol. Zool. 33: 289~298.

(2011. 11. 22 受理)

学会報告

第43回ONTA annual meetingとヨーロッパの
マツ枯れ神崎 菜摘¹

2011年9月4日から8日まで、ポルトガルのコインブラ (Coimbra) で開かれた第43回ONTA annual meetingに参加した。ONTAというと聞き覚えのない学会名だが、Organization of Nematologists in Tropical Americaの略で、熱帯アメリカ線虫学会連合とでもいえばいいだろうか。熱帯アメリカ、というからにはおおむね中南米で学会が開催されているのだが、言語が共通だからだろうか、何回かに一回、スペインやポルトガルで開催されることもあるらしい。なお、会議の公用語は、英語、またはスペイン語で、スペイン語による講演もいくらか見られた。コインブラはリスボンから特急列車で2時間ほどのところにある古都で、中心部には古い街並みがあり、今回会場となったコインブラ大学はヨーロッパ最古の大学の一つだということである。もともとは大学の町だったところだが、現在はその古い街並みを目当てに観光客が多く訪れる観光の町になっている。

今回は開催者からの依頼を受け、マツノザイセンチュウ近縁種とその周辺の線虫の分類、形態、進化に関する講演を行ったのだが、依頼を受けた際、熱帯アメリカ線虫学会なら、期間中に会場を抜け出して熱帯林で昆虫採集（実際は昆虫嗜好性線虫採集）のひとつもできるかと引き受けたものの、会場はポルトガルだった。中南米からしか報告されていないゴキブリ寄生線虫がほしかった自分としては幾分当てが外れたが、会場周辺でマツ材線虫病被害の実態を見る機会も得られたので、良しとしておこう。学会そのものは、150~160人程度の参加規模で、Opening lectureの他、12の口頭発表セッションとポスター発表があり、かなり盛況だった。農業関連線虫が中心で、正直なところ、何の話をされているのか、聞

いてもよくわからなかったのだが、その中で丸一日を使って、「Pine wilt disease in Europe」というセッションがあった。ここではヨーロッパ、実質的にはポルトガルとスペインのマツ材線虫被害と、研究の現状に関して、合計16題の講演があった。1999年にポルトガルでヨーロッパ初検出として報告されたマツノザイセンチュウは、これまでの様々な防除努力にもかかわらず、ゆっくりと、ではあるが確実に拡大している。この対応策として、EU主導の大型プロジェクト「REPHRAME」が今年度より始まっており、病害の拡大防止と撲滅を明確な目的とした研究が進められている。今回のセッションでの各演題は本稿の最後にリストしたが、セッション前半では現状の問題や、より一般的な話題が中心で、ポルトガル国内での被害拡大、マデイラ島への侵入、スペインへの侵入（現在までに2か所で感染確認）が現状の重要課題として考えられていた。また、将来的な問題として、温暖化（気候変動）による、より北方への被害拡大可能性などについて論議されていた。午後は、主に若手研究者らによる、基礎研究に関する発表があった。数年前の段階では、分類、同定法に関する研究が多かったのだが、今回は、生理学、理学的な研究が中心であった。たとえば、Moreiraらによる、ザイセンチュウのミトコンドリアゲノムの解析や、Santosらによる、次世代シーケンサーを用いた線虫感染フランスカイガンショウ (*Pinus pinaster*) における発現遺伝子解析、また、発現遺伝子プロファイルを指標とした系統解析によるポルトガル国内への侵入経路、国内での拡大経路の解析 (Figueiredoら) といった、最新技術を用いた研究が発表されていた。興味深かったのは、Moraisらによる、マツノザイセンチュウとバクテリアの関係

についての発表で、これまでに何度か提唱されている「バクテリア病原体説」ではなく、植物内生菌として、バクテリアによる植物防御効果を検証したものである。ここでは、常に線虫と同時に検出されるという菌種はなく、また、一部のバクテリアに殺線虫効果があるという結果が示された。現状では、バクテリアの役割が病害にとってポジティブかネガティブかといった点についての結論は出されていないが、新たな視点として面白いと思った。

実際のマツ材線虫病被害に関しては、日本における被害とは幾分様相が異なっていた。まず、造林は、リスボンからコインブラまでの列車から見た様子では、フランスカイガンショウとなぜかユーカリの仲間が多かった。また、その移動中、マツ材線虫病被害現場を見ることができたのだが、日本で見られるような広範囲にわたって林分全体で大きな被害がみられるという状況ではなく、病害分布の範囲は広いものの、林分あたりの被害率はそれほど高くはない。小規模な枯死被害が広い面積にわたって広がっているということになり、日本でいうとやや涼しい場所での被害様相に似ていた。この理由として一つ考えられるのは、主要感受性樹種の感受性、もしくは抵抗性の程度である。主に被害を受けているのは、フランスカイガンショウの造林であり、古野ら(1993)が日本国内に植栽された各種外国産マツ類で調査した際には、感受性と判断された種類だが、実際に現地での感受性は、アカマツよりも低く、典型的な枯死の発現時期や、媒介昆虫の出現時期は東アジアの場合と変わらないものの、現地の研究者から感染後の経過を聞いてみても日本で見られるような急激な枯死も見られるが、徐々に衰弱、枯死していくことも多いらしい。その一方で、本来の自生地ではなく、本土に比べて高温、乾燥したマデイラ島の造林地では、被害様相は日本のものと類似しているとのことであった。日本での実験や圃場調査では、当然のことながら現生地と土壌条件、気象条件が異なっており、実際の原産地における枯れやすさとは異なっているのは当然かもしれない。実際には、重要病原体ということでの取り扱いの難しさはあるのだが、現地



コインブラ大学構内でのマツ枯れ(矢印が枯死木)。15本ほどの並木の中で3本が枯死症状を呈していた。

の気候条件下での主要造林樹種に対する接種試験、感受性程度の判定など、基礎的な試験が再度必要ではないかと感じた。また、年越し枯れの発生や、無病徴感染木といった、現地での長期的観察が必要な現象に関する情報は少なく、病原性に関する詳細な研究と同様、被害現場での長期的な観察や、防除に直接つながる情報の蓄積も必要であると考えている。今回の報告を書くにあたって、現地の研究者らに問い合わせると同時に、著者自身でも文献情報の収集、調査に努めたが、上に述べたような基礎的な情報、例えば発病や、媒介昆虫発生の季節性に関する詳細な現地調査などは意外に少ないことがわかった。ひとつには、大規模な薬剤散布が禁じられている状況下では季節性などの詳細な情報にそれほどの価値がないということかも知れないが、研究が大学主導のプロジェクト体制で進められており、研究に従事するのがポストク、大学院生中心となっていることから、より短期的に論文業績につながりやすい方向にシフトし、過去、日本において国や、都道府県の「試験場」が行っていた地道な調査などは敬遠される傾向があるのかも知れないと感じた。

また、現状の病気の広がり方、すなわちポルトガルでは防除帯を超えて広い範囲に拡大し、スペインでも検出されているという状態を考えると、媒介昆虫がどのような形で移動しているのか(列車や自動

車に付着して運ばれる可能性), また, 実際に潜在感染がどの程度起こっているのかといった基礎情報を明らかにし, それに基づいて防除手段についても再度検討の必要があるのではないかと考える。特に, 線虫感染の安価で高感度な簡易検出法の実用化が強く望まれる。森林総研で開発した検出同定キットは現在, 特許の関係からヨーロッパでは市販されていないが, これが一般に使えるようになれば有用なものになると考えている。感受性が低い, もしくは抵抗性が高い樹種は無病徴感染期間が必然的に長くなり, 気が付かないうちに広範囲に感染が拡大する可能性が高い。すなわち, 実際の被害地域と感染拡大地域との間に隔たりがあり, 被害地域をもとに防除帯, 特定防除地域の設定をした場合, その外側に潜在的な感染が広がっているということも起こりやすい。現状では簡易感染検出法の開発を急ぐと同時に, 地形, 植生などを考慮したうえで, 潜在的感染が考えられる地域, モニタリング範囲を広くとり, たとえば, 地形的に陸地がやや狭まるスペイン・フランス国境などに最終防除帯, 拡大防止重点地域を設定するなど可能性としてはあると思う。

マツ材線虫病の感染拡大はアジア温帯地域での感染から枯死までが比較的短い状況を想定して, モデル化されている。ヨーロッパで見られるような潜在感染の起こりやすい状況は日本国内の寒冷地などでも同様であり, 今後のヨーロッパの被害様相の推移を見守ると同時に, 国内でも, Futai (2003) が指摘しているように潜在感染の存在を考慮する必要があるのではないかと考えられる。

なお, 今回の学会講演要旨の詳細は「XLIII ONTA Annual Meeting Abstract Book」に掲載されているが, 正式な出版ではないため, 引用文献からは除外した。

「Pine wilt disease in Europe」演題 (著者) 一覧
Coordinators: Isabel Abrantes & Manuel Mota

1. The pinewood nematode problem: current status of research in Europe (Castagnone-Sereno, P.)

2. Pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* under northern skies-forest resources, perspectives and strategies (Magnusson, C.)
3. Prevention, control and eradication of the pinewood nematodes in Spain (Sánchez, G.)
4. Portuguese national action plan for pinewood nematode control: strategy, actions and results (Rodrigues, J.M.)
5. Pine wilt disease in Portugal: control strategies (Sousa, E., *et al*)
6. PURSUE®: Long lasting prevention of pine wilt disease (Delgado, R.)
7. Composting for wood bark heat treatment to control pinewood nematode (dos Santos, J.A.)
8. Control measures of the pinewood nematode on pine wood and wood derivatives (Serra, C., *et al*.)
9. Socio-economic and environmental aspects of the pine wilt disease problem in Portugal (Reva, V., *et al*.)
10. Thermal imaging, a new approach to detect pine wilt disease in *Pinus pinaster* (Santos, M., *et al*.)
11. Direct detection of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, from the insect vector, *Monochamus galloprovincialis* and *Pinus pinaster* (Fonseca, L., *et al*.)
12. The pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in Portugal: possible introductions and spread routes of a serious biological invasion revealed by molecular methods (Valadas, V., *et al*.)
13. Genetic diversity within the mitochondrial genome of *Bursaphelenchus xylophilus* (Moraes, C. *et al*.)
14. Transcriptomic approach to understand the pathogenicity of *Bursaphelenchus xylophilus*, the pinewood nematode (Figueiredo, J., *et al*.)

15. Searching for resistance genes to the pine-wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in pine using subtractive suppression hybridization and high throughput sequencing (Santos, C.S., *et al.*)
16. Are bacteria positive or negative for *Bursaphelenchus xylophilus*? Nematicidal activity found in bacteria associated with the pine-wood nematode (Morais, P.V., *et al.*)

引用文献

- 古野東洲・中井 勇・上中幸治・羽谷啓造 (1993)
上賀茂および白浜試験地における外国産マツのマツ枯れ被害—マツ属のマツノザイセンチュウに対する抵抗性—。京大演習林集報 25: 29~34.
- Futai, K. (2003) Role of asymptomatic carrier trees in epidemic spread of pine wilt disease. J. For. Res. 8: 253~260.

(2011. 9. 25 受理)

マツノザイセンチュウのスペインへの侵入確認

真宮 靖治¹

2011年6月にでたNematology Newsletter (アメリカ線虫学会: Society of Nematologists発行) にポルトガル・Evora大学のMota教授投稿によるスペインにおけるマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) 分布確認の記事がのった (Mota, 2011)。スペイン北西部のガリシア地方 (Galicia region) での線虫検出であった。筆者は2010年11月にMota教授から、スペインでのマツノザイセンチュウ検出に関する情報をメールで得ていた。ポルトガル国境に近いAs Nevesのマツ林で見つかったフランスカイガンショウ (*Pinus pinaster*) の枯死木7本からマツノザイセンチュウを検出したという内容であった。その場所は北緯42度8分、西経8度23分となっていた。

その後、Nematology誌 (Vol.13, No.6) にマツノザイセンチュウ発見の経緯とその同定の結果について記述したスペイン国立科学博物館のRobertsonらによる論文が掲載された (Robertson *et al.*, 2011)。この論文の内容に沿って、スペインへのマツノザイセンチュウの分布拡大を再確認したい。

2008年10月、ポルトガル国境から20km北のVillanueva de la Sierraでマツ枯死木から採取した材片試料にマツノザイセンチュウが検出された。検出線虫は*Botrytis cinerea*で培養後、増殖線虫について作製した標本につき、綿密な形態観察が行われた。その結果、形態的な特徴や計測値の一致でマツノザイセンチュウであると同定された。同時に、分子生物学的な分析がPCR-RFLP法によって行われた。DNA解析の結果はマツノザイセンチュウに関する既往の結果と一致した。これらの結果から、検出線虫はマツノザイセンチュウであることが最終的に確認された。本文には、雌成虫尾端および陰門部フラップ (vulval flap), 雄成虫の交接刺 (male spicule)

それぞれの形態的特徴を示す写真が付され、また、ITS-RFLP分析結果の映像が示されている。線虫分布の確認後は、EUの規定に従って、スペイン政府は緊急対応プログラムのもとで防除に取り組んでいる。このようなプログラムによる体系的な線虫分布調査の結果、2010年にはポルトガル国境から10kmはなれたSierra de las Nievesでマツノザイセンチュウが発見された。スペインで見つかった線虫については、ポルトガルから搬入されたマツ材中のマツノザイセンチュウと分子レベルでの比較を行うことになっている。線虫を伝播する媒介者に関しては、スペインに広く分布する*Monochamus galloprovincialis*に注目して調査を進める計画である。フランスカイガンショウはスペインの森林植生に占めるマツの中心的樹種である。マツノザイセンチュウ感受性のこのマツの分布と、気候条件をあわせて考えると、スペインにおけるマツ材線虫病被害の拡大への警戒を強める必要があることを論文は強調している。

マツノザイセンチュウの分布が確認された地域は、インターネット検索の結果によると年平均気温は13°C、8月の最高平均気温は23°Cとなっていて、日本の東北地方に近い温度条件である。媒介者の生態にもよるが、急激な被害拡大にはいたらないと予測される。

Mota教授はさきにあげたNematology Newsletterの記事で、Madeira島におけるマツ材線虫病による被害写真も付している。それらからは激甚な被害様相が見てとれる。ポルトガル領のMadeira島は、リスボンから南西に1000kmはなれた大西洋上の島であり、観光地として名高い。また、この島の照葉樹林は世界自然遺産に指定されている。その被害実態などの詳細は不明であるが、ポルトガル領内の問題とはいえ、地理的にはマツノザイセンチュウの分布拡

Detection of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, in Spain
¹MAMIYA, Yasuharu, 元玉川大学

大といった観点から見過ごせない事態である。今後の情報を待ちたい。なお、島の位置は北緯30度22分で年平均気温は20℃前後、マツ材線虫病進展には好条件の自然環境といえる。

引用文献

Mota, M. (2011) News from Portugal. Nematology News Letter 57(2), 6.

Robertson, L., Arcos, S.C., Escuer, M., Merino, R.S., Esparrago, G., Abelleira, A., and Navas, A. (2011) Incidence of the pinewood nematode *Bursaphelenchus xylophilus* Steiner & Buhrer, 1934. (Nickle, 1970) in Spain. Nematology 13(6), 755~757.

(2011. 10. 10 受理)

岐阜県におけるナラ枯れ被害の現状と対策について

○被害状況について

岐阜県におけるナラ枯れ被害は、平成8年に県西部の旧坂内村（現揖斐川町）で最初に確認され、その後被害は県東部へ拡大しました。また平成14年には県北部の白川村でも被害が確認され、その後被害は南下し、現在では32市町村（市町村森林整備計画策定34市町村）で被害が確認されています。

被害量は増加傾向にあり平成21年度には初めて1万㎡を超え、平成22年度には過去最高の25,919㎡の被害が発生しました（図-1）。

県内における被害樹種は、主にコナラ、ミズナラとなりますが、そのほかにはコナラ属8種（フモトミズナラ、アベマキ、アカガシ、アラカシ、ウラジロガシ、シラカシ、イチイガシ、ツクバネガシ）、クリ属（クリ）、シイ属（ツブラジイ）、マテバシイ属（マテバシイ）がそれぞれ1種、ブナ属2種（ブナ、イヌブナ：2種とも枯死はしていない）の合計5属15種の被害が、確認されています。

被害調査は、県の現地機関、研究機関、市町村、森林組合等と連携しながら、目視による確認を基本

としていますが、広範囲な被害の状況を把握するために、県の防災ヘリコプターも利用しています。

○被害対策の現状について

ナラ枯れ被害対策については、国の事業である政令指定病害虫等防除事業や森林整備加速化・林業再生基金事業を活用し、伐倒駆除、立木くん蒸等による駆除や殺菌剤注入（写真-1）、粘着剤塗布による予防を実施していますが、それでも防除対策が追い付いておらず、被害が拡大しているのが現状です。

その要因としては、県内においてはすでに被害が蔓延しているうえ、山奥や傾斜の急な箇所においては防除が実施できないことから、駆除を徹底することが事実上不可能であること、また、現在の防除手法では、面的な防除を実施することができないため、単木的な防除しかできず広範囲な防除を実施するには、時間と手間が必要となるが、昨今の厳しい財政状況では多額の事業費をつぎ込めないこと等があげられます。

これらの要因が重なり、費用対効果の点から防除を取り止める市町村も出てきています。

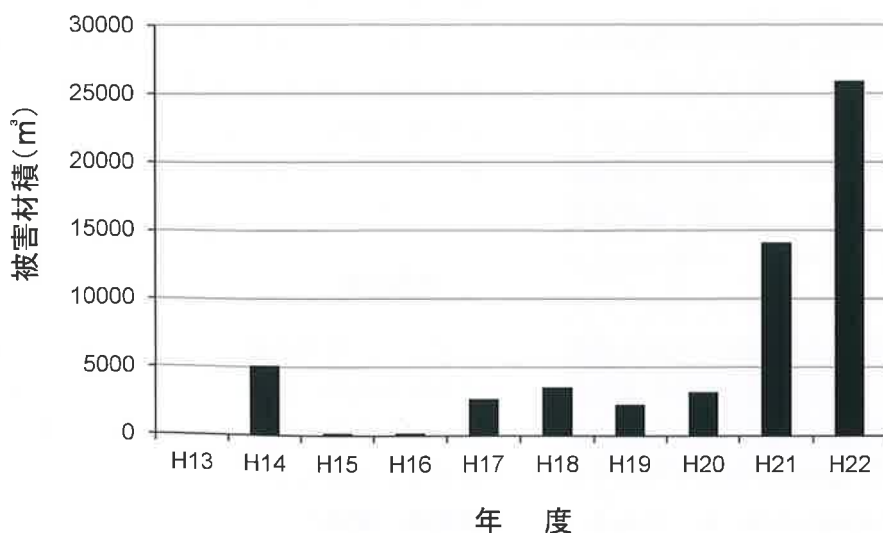


図-1 過去10年のナラ枯れ被害量推移



写真-1 殺菌剤注入状況

こうしたことから、現在県内で実施している防除は、景観や公益的機能の保全の観点から特に守るべき森林における予防が中心となり、駆除については、被害の先端地域などの微害地で実施しています。

〇おわりに

今後、被害がさらに拡大すると、被害跡地での侵食や崩壊等も懸念されます。こうしたことから定点観測による経年変化を把握するとともに、枯損木については、倒木等の危険性や景観上の必要に応じて、県の単独事業にて伐倒を支援しています。

加えて、防除の重要性を呼びかけるとともに、被害状況や適切な防除方法等の情報を共有することを目的とした県・市町村担当者を対象とした森林保護研修を毎年開催しており、今後も引き続き実施していく予定です。

また、県の森林研究所においては、天敵微生物を使用した新たな防除手法の開発にも取り組んでいます。

被害拡大を抑えることは容易ではありませんが、地域の実状にあった防除に努めていきたいと考えています。

(岐阜県林政部森林整備課)

兵庫県における新たなナラ枯れ対策の取り組みについて ～カシナガ粘着シート「かしながホイホイ」～

〇被害状況

兵庫県におけるナラ枯れは、昭和23年に城崎郡西気村栗栖野（現豊岡市日高町）で被害がはじめて記録されています。昭和27年から昭和29年までにコナラ、ミズナラなどの老齢広葉樹を中心に被害面積約400町、1,350本が枯死しました。その後、昭和49年に城崎郡竹野町（現豊岡市竹野町）で400haの被害記録があります。

近年の被害は、昭和60年ごろ県北部に位置する但馬地域の北部で確認され、日本海側を中心に被害が発生していましたが、被害は年々南下により拡大しています。平成19年には但馬地域を越えて丹波市で、平成21年は宍粟市で、平成22年は神戸市、川西市、篠山市で被害が発生し、被害発生市町数は10市町、

被害材積2,688 m^3 と、これまでで最も多い被害量、被害発生市町数となりました（図-1）。

平成23年9月現在では、被害発生市町数8市町、被害材積1,901 m^3 と、前年度より被害発生市町数、被害量は減少しているものの、被害先端地の一部では被害が増加しており、今後の被害拡大が懸念されます（図-2）。

〇被害対策

県では、被害の拡大を防ぐため、被害先端地での重点的な防除に努めるとともに、保安林等公益的機能の高い森林で防除を実施し、森林機能の低下を防止することとしており、伐倒駆除（くん蒸）、粘着材塗布、樹幹注入による被害対策を実施しています。

被害対策の実施にあたっては、県内関係機関との

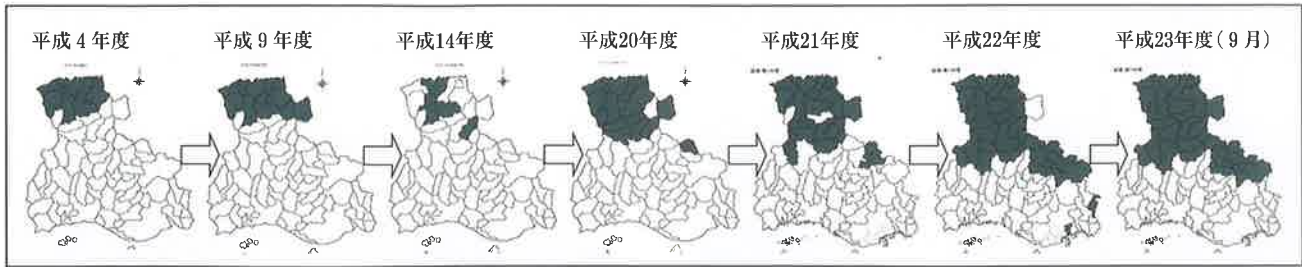


図-1 被害発生市町(旧町単位)の推移

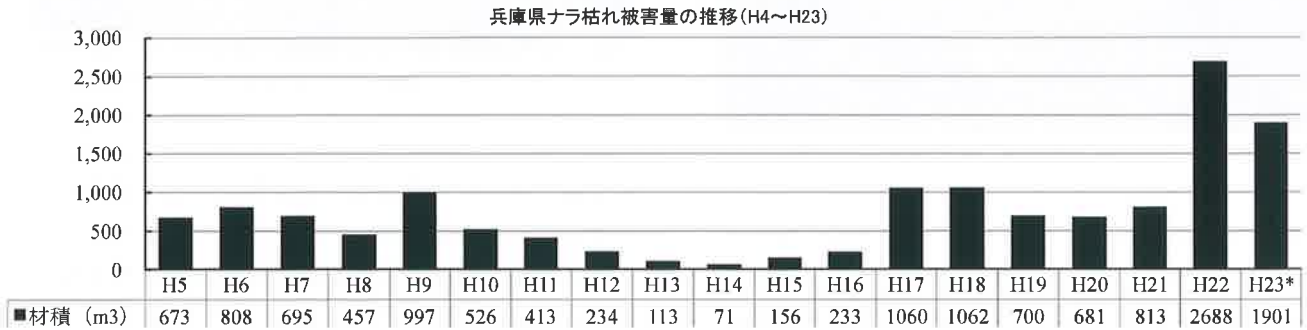


図-2 被害量の推移

連携を深めて、効果的かつ迅速な被害対策を実施するため、毎年10月に「兵庫県ナラ枯れ被害対策連絡会議」を開催し、関係市町や兵庫森林管理署等と、被害対策の実施方針や防除手法等について協議しています。また、より広範囲な被害情報の収集と被害対策の連携を図るため、近隣府県と「近畿府県ナラ枯れ被害対策連絡会議」による情報交換も行っています。

○新たな被害対策の取り組み

現在のナラ枯れ対策は、効率的・効果的な防除方法が確立されておらず、新たな防除手法の開発が課題となっています。

兵庫県では、伐倒駆除(くん蒸)や粘着材塗布による被害対策を実施していますが、急傾斜での伐倒作業や集積は困難で現場条件が限られることや、山林内での粘着材の人力運搬は作業が厳しく、改善が求められています。

このような現状を改善するため、「誰にでもできる簡易で安価な防除」をコンセプトに、新たな防除方法として、カシナガ捕獲用粘着シート「かしなが

ホイホイ」をアース製薬(株)と共同で開発しました。

「かしながホイホイ」の粘着面は長さ100cm、幅約20cmの粘着シートで、ガンタッカー(大型ホッチキス)で立木に設置します。屋外での粘着持続試験では6カ月以上の粘着効果が確認されています。

使用方法は、被害木には粘着面を樹木側内向きに設置(写真-1)することで繁殖したカシナガの脱



写真-1 被害木脱出防止効果の調査状況(粘着面内向き設置)。カシナガの捕獲調査のため「かしながホイホイ」の周辺にネットを設置。



写真-2 生息状況の調査状況（粘着面外向き設置）

出防止効果が（写真-3）、健全木には粘着面を外向き設置（写真-2）することでカシナガの穿入予防効果があります。また、カシナガの生息状況調査への活用も考えています。今後の実用化に向け、鳥取県を交えて防除効果や使用方法等（設置時期・設置枚数）についての検証を行っています。

〇おわりに

ナラ枯れは突発的で広範囲に散在するため、これまでの手法による被害対策の実施にあたっては、山林奥地や急傾斜地等の厳しい現地条件により、防除が困難となるケースが多く見られました。一方、地域住民や森林所有者のナラ枯れに対する意識が低く、

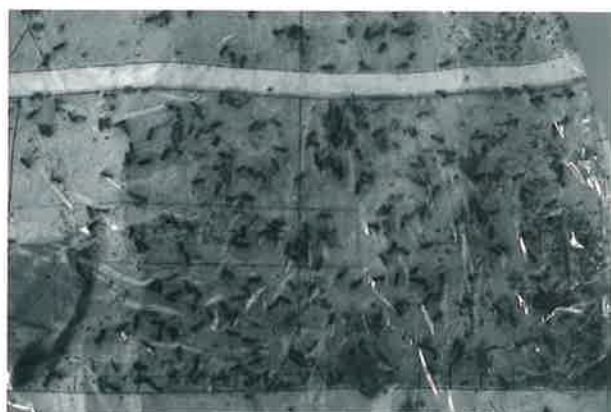


写真-3 カシナガ捕獲状況（粘着面内向き設置）

被害地の森林所有者特定や承諾取得が進みにくく、迅速な防除が実施しにくい状況が見られます。このような現状を改善するためには、効率的・効果的な防除方法の開発・普及とあわせ、ナラ枯れ対策の重要性について、県民へ周知啓発していく必要があります。

「かしながホイホイ」は簡易な防除方法で、現地条件の制約を受けにくいと、より広範囲の防除が可能になると考えています。また、被害対策は行政だけでは限界がありますが、簡易で安価な防除方法であれば、森林ボランティア団体等一般県民による自主防除の推進も可能となり、被害拡大防止につながるものと期待しています。

（兵庫県農政環境部環境創造局森林保全室）

森林病虫獣害発生情報：平成24年1～2月受理分

病害

〔輪紋葉枯病…宮崎県 南那珂郡〕

サザンカ庭木，2011年5月発見（宮崎県林業技術センター・齊藤真由美）

〔葉ふるい病…宮崎県 宮崎市〕

マツ庭木，2012年1月（宮崎県林業技術センター・齊藤真由美）

〔白紋羽病…宮崎県 東臼杵郡三郷町〕

シキミ人工林，2011年11月発見（宮崎県林業技術センター・齊藤真由美）

〔葉ふるい病…宮崎県 小林市〕

ゴヨウマツ庭木，2011年11月発見（宮崎県林業技術センター・齊藤真由美）

〔葉ふるい病…宮崎県 東臼杵郡〕

マツ庭木，2011年5月発見（宮崎県林業技術センター・齊藤真由美）

虫害

〔カラマツハラアカハバチ…北海道 常呂郡及び北見市置戸町及び留辺蘂町〕

壮齡カラマツ人工林, 2011年9月発見, 被害面積483.5ha, 被害本数226,675本 (北海道森林管理局森林整備第一課保護係・津山 藍)

〔コキクイムシ…北海道 紋別郡遠軽町〕

苗木トドマツ人工林, 2011年7月発見, 被害面積11.29ha, 被害本数11,386本 (北海道森林管理局森林整備第一課保護係・津山 藍)

〔カラマツカサアブラムシ…北海道 斜里郡小清水町〕

12年生アカエゾマツ人工林, 2011年7月発見, 被害面積0.1ha, 被害本数100本 (北海道森林管理局森林整備第一課保護係・津山 藍)

〔エゾマツオオアブラムシ…北海道 斜里郡清里町及び斜里町〕

若齢人工林, 2011年発見, 被害面積4.14ha, 被害本数3,726本 (北海道森林管理局森林整備第一課保護係・津山 藍)

〔ツノロウカイガラムシ…宮崎県 西都市〕

サクラ庭木, 2012年1月発見 (宮崎県林業技術センター・齊藤真由美)

〔スギケブカサルハムシ…宮崎県 西諸県郡〕

スギ苗木, 2011年5月発見 (宮崎県林業技術センター・齊藤真由美)

〔アブラムシ類…宮崎県 東臼杵郡美郷町〕

サクラ庭木, 2011年5月発見 (宮崎県林業技術センター・齊藤真由美)

〔マツツマアカシムシ…宮崎県 東臼杵郡〕

マツ, 2011年6月発見 (宮崎県林業技術センター・齊藤真由美)

〔ヤシオオオサゾウムシ…宮崎県 日南市〕

カナリーヤシ緑化樹, 2011年6月発見 (宮崎県林業技術センター・齊藤真由美)

〔クワカミキリ…宮崎県 日向市〕

ケヤキ庭木, 2011年7月発見 (宮崎県林業技術センター・齊藤真由美)

〔タケスゴモリハダニ…宮崎県 児湯郡高鍋町〕

ササ類苗木, 2011年8月発見 (宮崎県林業技術センター・齊藤真由美)

〔ヤシオオオサゾウムシ…宮崎県 延岡市〕

カナリーヤシ, 2011年9月発見 (宮崎県林業技術センター・齊藤真由美)

〔アコウハマキモドキ…宮崎県 宮崎市〕

アコウ庭木, 2011年9月発見 (宮崎県林業技術センター・齊藤真由美)

〔ルリチュウレンジ…宮崎県 宮崎市〕

ツツジ庭木, 2011年11月発見 (宮崎県林業技術センター・齊藤真由美)

獣害

〔ノウサギ及びニホンジカ…宮崎県 西都市〕

スギ人工林 (宮崎県林業技術センター・齊藤真由美)

(森林総合研究所 窪野高徳/伊藤賢介/小泉 透)

メールアドレスが変わりました

3月5日より森林防疫編集部メールアドレス(投稿用)が、下記の通り変わりました。旧アドレスは使えませんので、お間違いのないようお願いいたします。

新アドレス(投稿用): boujo@zenmori.org

森林防疫 第61巻第2号(通巻第689号)
平成24年3月25日 発行(奇数月25日発行)

編集・発行人 林 正博
印刷所 松尾印刷株式会社
東京都港区虎ノ門 5-8-12
☎ (03) 3432-1321

定価 1,302円(送料共)
年間購読料 6,510円(送料共)

発行所 全国森林病虫獣害防除協会
National Federation of Forest Pests Management
Association, Japan

〒101-0047 東京都千代田区
内神田 1-1-12(コープビル)

☎ (03) 3294-9719 FAX (03) 3293-4726

振替 00180-9-89156

http://bojyokyokai.web.infoseek.co.jp/