

森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

論文

- 福島県只見町ブナ天然林に多産するクワカミキリ
【榎原 寛・滝 久智・中野陽介】 3
- ヒノキ壮齢木の剥皮害に対する伸縮性ポリエチレンネットの防除効果
【福本浩士】 8
- 長野県のアカマツ林をマツ枯れから守るために
【二井一禎・岡田充弘】 14

解説

- 日本産*Lymantria*属のミトコンドリアDNAのPCR-RFLP分析による識別
【有本 誠】 26

新刊紹介

- 奇妙な菌類—ミクロ世界の生存戦略—
【金子 繁】 34

都道府県だより：千葉県・神奈川県 35

森林防疫ジャーナル 40

森林病虫害発生情報：平成28年3月・4月受理分 41



A



B



C



D

[表紙写真] ブナ天然林に多産するクワカミキリ

クワカミキリ（写真A）は広食性のカミキリで、これまで確実な食樹は21科50種以上にのぼる。最近、ブナが低地に植栽されるようになり、本種のブナに対する被害が目立つようになってきた。なお、ブナへの加害は1960年頃より知られていたが、それは二次林か低地に植栽されたブナに限られていた。2015年8月に福島県只見町西部の浅草岳登山道沿いのブナ天然林（写真B、標高600m）、東部の梁取地区学びの森ブナ二次林（写真C、標高680m）、中央部の杉沢ヤナギ林（写真D、標高380m）などで夜間採集を行った結果、ブナ天然林で16個体、ブナ二次林で2個体と多数の本種を採集することができた。これらの調査結果から、ブナ天然林にクワカミキリが多産することが明らかになった。（本文3～7ページ参照）

((研)森林総合研究所 榎原 寛)

論文

福島県只見町ブナ天然林で多産するクワカミキリ

楨原 寛¹・滝 久智²・中野陽介³

I はじめに

クワカミキリ *Apriona japonica* Thomson, 1878 (表紙写真A) は多種の生木を加害するが (小島・中村 2011), 産卵および幼虫の穿孔が認められた樹種のうち針葉樹はスギのみで (山崎 1996), 他は全て広葉樹であり, 21科50種以上にのぼる (江崎 2015)。クワカミキリ属 *Apriona* の種は東南アジアを中心に広く分布し, 1958年時点で35種6型が報告されていた (Gilmour 1958)。その後整理され (Breuning 1962), 多少の追加種もあり, 現在では34種とされている (Jiroux 2011)。そして, この文献では, 日本のクワカミキリを *Apriona rugicollis* Chevrolat, 1952として取り扱っている。しかし, 本文では従来通りの分類体系を踏襲する。日本のクワカミキリはその北限に分布する種である。そのクワカミキリがブナを食害することは1960年から知られていたが (小島・岡部 1960), その記録 (永幡 1994; 岡田・永幡 1996; 布川 1999; 山野辺・細田 2002; 近藤 2008) はブナ二次林と植栽木のものである。しかし, 筆者らが, 2015年の福島県只見町で昆虫相調査を実施した際に, ブナ天然林内で多数のクワカミキリを採集したので, ここにその内容を報告する。なお, 報告に先立ち, 調査に協力していただいた福島県只見町ブナセンターの河原崎里子, 鈴木和次郎両博士に厚く, お礼を申し上げます。

II 福島県只見町の天然ブナ林および周辺林分でのカミキリムシ調査

福島県只見町で当地に生息するカミキリムシ類の目録作りの一環と, ブナ林の指標種とされるヨコヤマヒゲナガカミキリ *Dolichoprosopus yokoyamai* (Gressitt) (写真-1; 楨原 2010) が, ブナ天然林に多く生息していることの確認のために調査を行っ



写真-1 ヨコヤマヒゲナガカミキリ

た。ヨコヤマヒゲナガカミキリの発生時期である8月に, 夜行性で灯火によく飛来する (楨原 2007) という習性を利用して, ブナ天然林を含め, いくつかの林分で夜間採集を実行した。調査日は新月を挟んで前後1週間のうち雨天でない日を選んだ。

1. 調査地, 調査日程および方法

調査地は只見町東部梁取地区学びの森 (図-1 A), 中央部杉沢 (図-1 B) および西部浅草岳登山道 (図-1 C) である。

梁取地区ブナ二次林のブナは平均胸高直径30cm, 樹高20m以上, 浅草岳登山道ブナ天然林のブナは平均胸高直径100cm, 樹高30m以上。

○2015年8月6日 (月齢21.1日)

梁取地区学びの森: ブナ二次林+ミズナラ+キタゴヨウマツ混交林 (表紙写真C, 標高710m); ブナ+ミズナラ混交林 (標高710m)

○8月11日 (月齢26.1日)

High population densities of *Apriona japonica* Thomson (Coleoptera, Cerambycidae) in natural beech forests of Tadami, Fukushima Pref.

¹MAKIHARA, Hiroshi, (研)森林総合研究所森林昆虫研究領域; ²TAKI, Hisatomo, (研)森林総合研究所森林昆虫研究領域;

³NAKANO, Yosuke, 福島県只見町ブナセンター

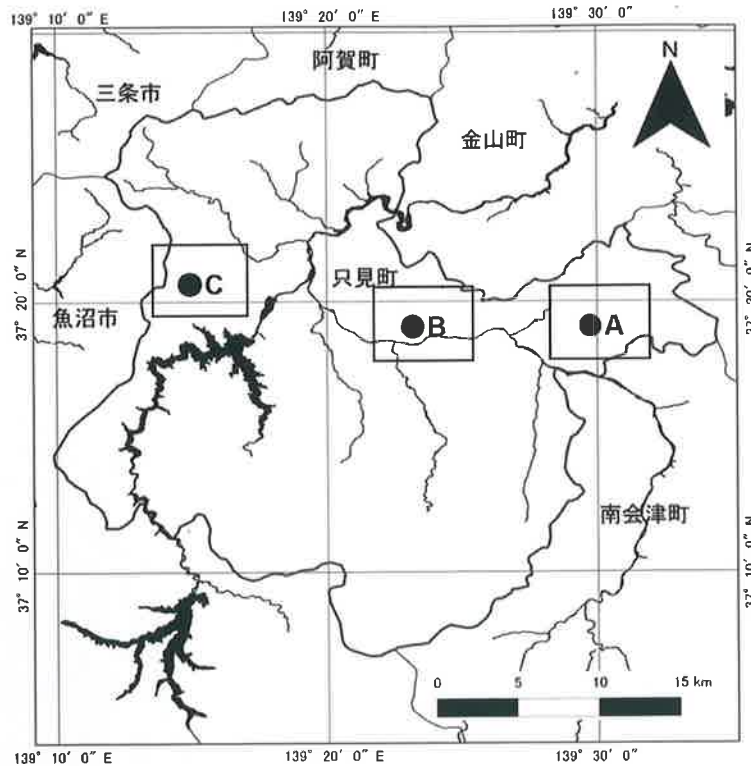


図-1 クワカミキリ調査地

A：学びの森， B：杉沢， C：浅草岳登山道

梁取地区学びの森：カラマツ人工林+ミズナラ林（標高700m）；ブナ二次林+ミズナラ混交林（標高710m）

○8月12日（月齢27.1日）

梁取地区学びの森：ブナ二次林A， B 2か所（表紙写真C， 標高680m）

杉沢：ヤナギ類を主とした河畔林（表紙写真D， 標高380m）

○8月18日（月齢3.5日）

浅草岳登山道：ミズナラ林横の倒木の多い空き地（標高570m）

浅草岳登山道：ブナ天然林C（表紙写真B， 標高600m）

○8月19日（月齢4.5日）

浅草岳登山道：ブナ天然林横の空き地（標高590m）

浅草岳登山道：ブナ天然林D（標高600m）

2. 調査方法

調査は乾電池式ブラックライト（アルカリ乾電池

6個使用，約15時間点灯可能）の下に，白色衝突板に黒色バケツを取り付けたトラップを地上2～3mに吊るし，午後4～5時に点灯し，回収は翌朝とした。捕獲用バケツにはプロピレングリコールを約1リットル入れた。標本は台所三角コーナー用の濾し紙袋（ダスポン）に入れて回収し，持ち帰った。

3. 得られたカミキリムシ類（表-1）

①ホソカミキリ *Distenia gracilis gracilis* (Blessig)

梁取地区学びの森：1♀，ブナ二次林+ミズナラ混交林，6.VIII，H. Makihara leg.

浅草岳登山道：1♀，ミズナラ林横の倒木の多い空き地，18.VIII；1♂，ブナ天然林C，1♂，18.VIII；1♂1♀，ブナ天然林D，19.VIII.

②ウスバカミキリ *Aegosoma sinicum sinicum* White

学びの森：1♂1♀，ブナ二次林+ミズナラ+キタゴヨウマツ混交林，6.VIII；1♂1♀，ブナ二次林+ミズナラ混交林，6.VIII；1♂1♀，ブナ二次林A，12.VIII；1♂，ブナ二次林B，12.VIII.

表-1 8月只見町の森林に設置したライトトラップで捕獲されたカミキリムシ類

	学びの森 カラマツ 人工林+ コナラ林	学びの森 ブナ+コ ナラ混交 林	学びの森 ブナ+コ ナラ+キ タゴヨウ マツ混交 林	学びの森 ブナ+コ ナラ混交 林	学びの森 ブナ林A	学びの森 ブナ林B	杉沢ヤナ ギ類を主 とした河 畔林	浅草岳コ ナラ林横 の倒木の 多い空き 地	浅草岳ブ ナ林横の 空き地	浅草岳ブ ナ林C	浅草岳ブ ナ林D	個体数	
ホソカミキリ				1				1		1	2	5	
ウスバカミキリ			2	3	2	1		1	2			11	
ノコギリカミキリ		1	1		2							4	
クロカミキリ			4									4	
ツシمامナクボカミキリ			4									4	
ミヤマカミキリ				1								1	
カタシロゴマフカミキリ				1								1	
ヒゲナガカミキリ			4	1								5	
ピロウドカミキリ									1			1	
ヨコヤマヒゲナガカミキリ				1								1	
クワカミキリ					1	1				5	8	3	18
ヒゲナガモモフトカミキリ	2		2										4
ハンノアオカミキリ				1									1
種数	1	1	5	6	3	2	0	2	3	2	2		
個体数	2	1	18	8	5	2	0	2	8	9	5		

浅草岳登山道：2♂♂，ブナ天然林横の空き地，
19.VIII.

③ノコギリカミキリ *Prionus insularis insularis*
Motschulsky

学びの森：1♂，ブナ二次林+ミズナラ+キタゴヨウマツ混交林，6.VIII；1♂，ブナ+ミズナラ混交林，11.VIII；2♂♂，ブナ林A，12.VIII.

④クロカミキリ *Spondylis buprestoides* (Linnaeus)

学びの森：2♂♂2♀♀，ブナ二次林+ミズナラ+キタゴヨウマツ混交林，6.VIII.

⑤ツシمامナクボカミキリ *Cephalallus unicolor* (Gahan)

学びの森：2♂♂2♀♀，ブナ二次林+ミズナラ+キタゴヨウマツ混交林，6.VIII.

⑥ミヤマカミキリ *Massicus raddei* (Blessig)

学びの森：1♂，ブナ二次林+ミズナラ混交林，6.VIII.

⑦カタシロゴマフカミキリ *Mesosa (Perimesosa) hirusuta hirusuta* Bates

学びの森：1♀，ブナ二次林+ミズナラ混交林，6.VIII.

⑧ヒゲナガカミキリ *Monochamus (Monochamus)*

grandis Waterhouse

学びの森：3♂♂1♀，ブナ二次林+ミズナラ+キタゴヨウマツ混交林，6.VIII；1♀，ブナ二次林+ミズナラ混交林，6.VIII.

⑨ピロウドカミキリ *Acalolepta fraudatrix fraudatrix* (Bates)

浅草岳登山道：1♀，ブナ天然林横の空き地，19.VIII.

⑩ヨコヤマヒゲナガカミキリ *Dolichoprosopus yokoyamai* (Gressitt)

学びの森：1♀，ブナ二次林+ミズナラ混交林，6.VIII.

⑪クワカミキリ *Apriona japonica* Thomson

学びの森：1♂，ブナ二次林A，12.VIII；1♂，ブナ二次林B，12.VIII.

浅草岳登山道：8♂♂，ブナ天然林A，18.VIII；4♂♂1♀，ブナ天然林横の空き地，19.VIII；2♂♂1♀，ブナ天然林B，19.VIII.

⑫ヒゲナガモモフトカミキリ *Acanthocinus orientalis* Ohbayashi

学びの森：2♂♂，ブナ二次林+ミズナラ+キタ

ゴヨウマツ混交林, 6.VIII; 2♀♀, カラマツ人工林+ミズナラ林, 11.VIII.

⑬ハンノアオカミキリ *Eutetrappa chrysochloris chrysochloris* (Bates)

学びの森: 1♀, ブナ二次林+ミズナラ混交林, 6.VIII.

上記のようにカミキリムシ類は13種60個体捕獲された。そのうち最も多く捕獲された種はクワカミキリ18個体, 次いでウスバカミキリの11個体で, 当初の調査目的としたヨコヤマヒゲナガカミキリは1個体だけであった。

クワカミキリはブナ天然林内かそれに接した空き地で16個体, ブナ二次林で2個体の捕獲であった。ウスバカミキリはブナ天然林では捕獲されず, 全てブナ二次林や混交林であった。クワカミキリは前述のように広食性のカミキリムシであるが, なかでもヤナギ類は食樹としてよく知られている(小島・中村 2011)。しかしながら, 今回の調査では, 月齢が新月という夜間採集の好条件下にもかかわらず, 杉沢のヤナギ類を主とした河畔林から, クワカミキリを捕獲することができなかった。さらに同地点のヤナギ類を調査したが本種の食害の特徴である, 枝や幹からの虫糞は認められなかった。このような状況から判断すると, 少なくとも福島県只見町ではクワカミキリはヤナギ類を食害していないか, 食害していても数少ないと推定される。そして, 当地で本種はブナ天然林に多産すると考えた方がよさそうである。

4. クワカミキリの分布と最近の分布拡大

クワカミキリは温暖な地域に分布する種であり, 卵は10℃条件下では孵化しないし, 幼虫は15℃条件下では発育しない(北島ら 1997)。そのためか, 北海道には自然分布していないとされ, 本州, 四国, 九州とその多くの属島から記録されている。ただし, 対馬, 種子島, 屋久島からは記録がない(楨原 2007)。本州で最も寒冷な地域での捕獲例は秋田県鹿角市の標高約500mとされる(丸屋・樋口 1996;

江崎 2015)。

近年, クワカミキリの分布拡大が顕著になってきている。奄美大島には近縁種であるオキナワクワカミキリ *Apriona nobuoi* Breuning et Ohbayashiが分布しているが, 最近の記録はなく, むしろ本土域から移入したと思われるクワカミキリが侵入分布し(楨原・武田 2008), 置き換わっている可能性がある。北海道では2011年9月に松前町で暖地性で大型カミキリムシである本種が多数捕獲され, 話題になっている(江崎 2015)。それ以前にも1956年8月に函館市赤川での捕獲記録がある(函館市立博物館 1986)。これらの記録地点は北海道でも最も暖かい場所である。海外では, ヨーロッパにドウダンツツジについて侵入したと思われるクワカミキリの報告がある(江崎 2015)。

5. 考察

クワカミキリはこれまでブナを食害はするが, 天然林での加害報告はなかった。今回調査した只見町のブナ林は天然林と二次林で, よく捕獲された浅草岳の天然林は近くに二次林や植栽林のない林分である。これまでに, ブナ天然林にクワカミキリ被害はないと考えられてきたため, その被害実態を目的に天然林での調査は行われてこなかった。ただ, ブナ天然林は昆虫愛好家にとって, 垂涎の地であるため, もし, クワカミキリが多産していれば, これまでに採集されていてもおかしくない。ブナ加害のクワカミキリでは産卵から脱出までの孔道の長さ, すなわち食害距離は5mと推定されている(岡田・永幡 1996; 布川 1999)。それに対してクワでは, 2年1回発生で約2m, 3年1回発生で約4m(村上 1960), ケヤキで最大2.93mという報告がある(江崎 1996)。調査したブナ天然林にはクワカミキリが食樹として好んでいるケヤキはなく, 食樹の一つであるヤマゲワは林縁部には少数見られたが, 本種の加害は認められなかった。主な食樹と予想されたブナは大径木ばかりの同地の天然林では被害部は上部にあるためか, 本調査では, 食害痕を確認することはできなかった。過去のデータがないために推測の域を出ない

が、上述のようにクワカミキリは最近、人為的な影響も含めて分布が南北に拡がりつつある状況からみて、ブナ天然林にかなり以前から侵入していた可能性が考えられる。

以上のように、福島県只見町においてクワカミキリの多産が確認された、今回の観察例は日本で温暖化の影響が言われ始めた1990年以降に、本種のブナ二次林や植栽木の被害等の報告が増えたことと無関係ではないと考えられる。今後は本種がどのくらいの高標高地のブナ天然林まで生活圏を拡げているかを調べる必要があるだろう。

引用文献

- Breuning S (1962) Catalogue des Lamières du Monde (Col. Céramb.). Verlag des Museums G. Frey, 6: 387 ~ 459
- 江崎功二郎 (1996) クワカミキリ *Apriona japonica* Thomsonのケヤキ造林地における被害実態. 森林防疫 45: 69 ~ 72
- 江崎功二郎 (2015) クワカミキリの産卵と樹種選択. カミキリムシの生態 (岩淵喜久男編), 98 ~ 118, 北隆館, 東京
- Gilmour EF (1958) Revision of the Genus *Apriona* Chevrolat (Coleoptera, Cerambycidae, Lamiinae, Batocerini). IDEA, Journal of the Entomological Society of Indonesia, 11 (2 ~ 4): 35 ~ 131, 1 ~ 5 pls
- 函館市立博物館 (1986) 市立函館博物館蔵品目録 6・動物編 II・動物標本・昆虫類: 104 ~ 112
- Jiroux E (2011) Révision du genre *Apriona* Chevrolat, 1852 (Coleoptera, Cerambycidae, Lamiinae, Batocerini). Les Cahiers Magellanes, (NS) 5: 1 ~ 103, 221 figs
- 北島 博・橋本正伸・榎原 寛 (1997) クワカミキリ成虫の産卵数と卵・幼虫における温度と発育の関係. 日林論 108: 379 ~ 380
- 小島圭三・中村慎吾 (2011) 日本産カミキリムシ食樹総目録(改訂増補版)(小島圭三・中村慎吾編著), 比婆科学教育振興会, 庄原市, 広島
- 小島圭三・岡部正明 (1960) 日本産カミキリムシ食樹総覧, 330pp, 高知弘文堂, 高知
- 近藤啓子 (2008) 秋田県における海拔ゼロメートル地のブナ林でのクワカミキリ被害. 樹木医学研究 12: 20 ~ 22
- 榎原 寛 (2007) ヒゲナガカミキリ族, シロスジカミキリ族. 日本産カミキリムシ (大林延夫・新里達也編著), 576 ~ 607, 東海大出版会, 神奈川
- 榎原 寛・武田雅志 (2008) 奄美大島に侵入したクワカミキリ. 森林防疫 57: 92 ~ 95
- 榎原 寛 (2010) 森をはかる, 42. カミキリムシで森林環境の自然度をはかる. 森林科学 58: 44
- 丸屋良博・樋口 誠 (1996) 秋田県におけるカミキリ4種の採集例. 月刊むし (299): 33
- 村上美佐男 (1960) クワカミキリ *Apriona rugicollis* Chevrolatの食害生態と防除について. 蚕糸試験場業務報告 77: 25 ~ 41
- 永幡嘉之 (1994) 兵庫県北部においてブナ生立木を加害するカミキリムシについて. 鳥取大学森林生産学講座造林学研究室卒業論文, 92pp
- 布川耕一 (1999) ブナにおけるクワカミキリの加害様式. 新潟県森研研報 41: 21 ~ 32
- 岡田 滋・永幡嘉之 (1996) 兵庫県北部においてブナ生立木を加害するカミキリムシについて. 日林関西支論 5: 151 ~ 154
- 山野辺隆・細田浩司 (2002) 低地に植栽されたブナにおけるクワカミキリの高い生存率. 応動昆 46: 256 ~ 258
- 山崎三郎 (1996) スギに寄生するクワカミキリ *Apriona japonica* Thomsonについて. 平成7年度森林総合研究所四国支所年報, 30 ~ 32
(2015.12.21受付, 2016.3.4掲載決定)

論文

ヒノキ壮齡木の剥皮害に対する伸縮性ポリエチレンネットの防除効果

福本浩士¹

1. はじめに

近年、ニホンジカ（以下 シカ）の分布拡大や個体数増加による林業被害の増加や森林生態系への影響が大きな社会問題となっている（荒木・横山 2011；堀野 2014；小泉 2011；Takatsuki 2009）。とくに林業被害については、スギ、ヒノキの植栽苗木に対する枝葉採食害に加えて、若齢～壮齡木における剥皮害が年々増加している（池田ら 2010；幸田ら 2015；小泉 2009；野口 2005；Oi and Suzuki 2001；尾崎 2004；佐野 2009；Ueda *et al.* 2002）。古来、剥皮害を回避する方法として、つるや檜皮などを樹幹に巻き付ける方法が行われてきたが（土倉 1983）、現在は、これら自然由来の物に替わりテープやネット等の化成製品、針金等の金属製品が被害防止のために用いられ、その有効性の検証が各地で行われている（金森ら 1998, 2007；尾崎 2015）。

佐野・金田（2009, 2010）は、樹幹部でテープが交差するようにらせん状に2周巻く方法を採用し剥皮害の防止を試みたが、不整形な根張り部分の剥皮を回避することができなかった。そこで、福本・佐野（2011）はポリエチレンネット（商品名：サブリガードHP-40、大一工業株式会社製）を根張り部分を含めて樹幹に巻き付ける方法により剥皮害を回避できることを実証した。しかしながら、使用したポリエチレンネットは加工や運搬が容易でなく資材も高価であるため、現場に普及させるためにはこれらの点を改善した資材の探索、施工方法の開発が急務である。そこで、施工性が良く、資材コストも低い伸縮性ポリエチレンネット（商品名：サブリガードSL-20L、大一工業株式会社製、以下 伸縮性PEネット）（大橋ら 2012）を用いて、根張り部分を含めて樹幹に巻き付けることで剥皮害の発生を回避可能か

どうか実証試験を行った。

2. 調査地の概要と調査方法

(1) 調査地の概要

2011年3月、三重県三重郡菰野町の42年生ヒノキ人工林（標高260～270m、以下 菰野）内において、20m四方のプロットを3カ所設置した。調査プロットの傾斜は12.8～16.5°で緩やかな北東向き斜面である（表-1）。3カ所のプロットを、A：伸縮性PEネット処理、B：無処理、C：交互処理（伸縮性PEネット、無処理、他の資材を交互に配置）に割り当てた。プロット内の下層植生は乏しく、わずかにヒサカキ等が生育しているのみであった。

同年4月、三重県津市美杉町の36年生ヒノキ人工林（標高800～830m、以下 美杉）内に、20m四方のプロットを3カ所設置し、菰野と同様に3つの処理に割り当てた。プロットの傾斜は26.8～32.0°で菰野よりも急峻な斜面である。プロット内の下層植生は乏しく、木本植物はほとんど生育していない。

(2) 調査方法

各プロットにおいて、伸縮性PEネットを設置する前に全ての立木に番号を付け、胸高直径、被害形態別の剥皮の有無を記録した。被害形態については、樹幹部のみの剥皮害（角こすりを含む）をタイプ1（写真-1 a）、根張り部分のみの剥皮害（佐野・金田（2009, 2010）におけるタイプI）をタイプ2（写真-1 b）、根張り部分から樹幹部に広がる剥皮害（佐野・金田（2009, 2010）におけるタイプII）をタイプ3（写真-1 c）とした。

伸縮性PEネットを長さ1mに切断し、根張り部分を含めて地際から樹幹に巻き付けた（写真-2）。伸縮性PEネットはナイロン製バンドで結束し、ス

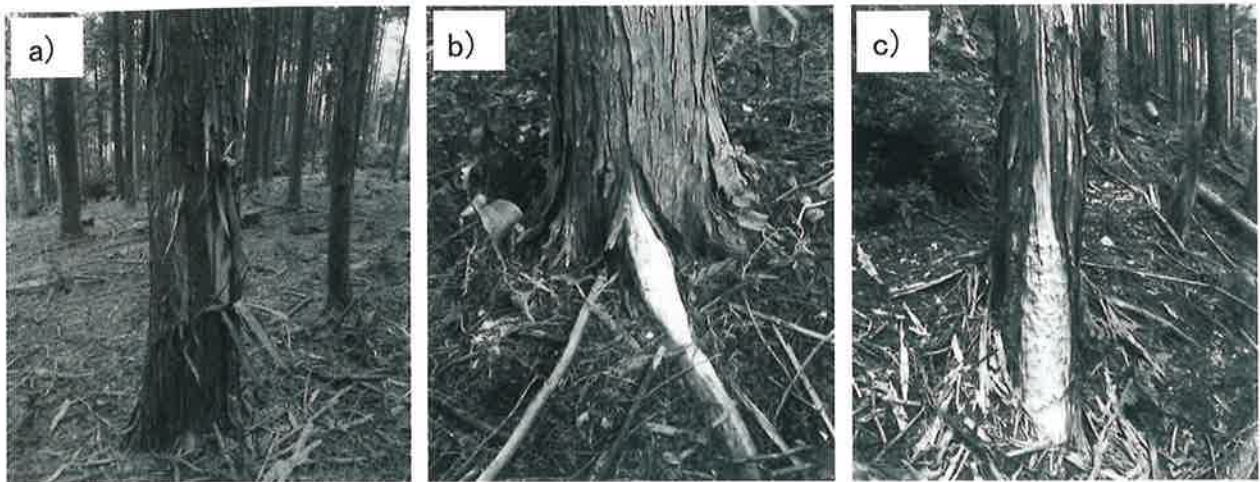


写真-1 被害形態別の剥皮のタイプ

a): タイプ1, 樹幹部のみ剥皮の剥皮害。b): タイプ2, 根張り部分のみの剥皮害。c): タイプ3, 根張り部分から樹幹部に広がる剥皮。



写真-2 伸縮性PEネットを根張り部分を含めて樹幹部に巻き付けたヒノキ壮齢木

チール製ヘアピン杭で地面に固定した。資材設置後、定期的に新たに発生した剥皮を被害形態別に記録した。前回の調査までに発生した剥皮と区別するために、新たに発生した剥皮の外周部分に白色チョークで印を付けた。剥皮の発生調査は、2011年9月上旬～10月上旬、2012年4月中旬～5月下旬、2013年1月上旬～3月上旬に実施した。それ以降は、ヒノキの成長期にあたる3～10月に90%以上の剥皮が発生する(佐野 2009)ことから、成長期の前半(4月中旬～6月上旬)、成長期の後半(8月上旬～9月上旬)、非成長期(10月下旬以降)に実施した。

(3) シカ密度指標の算出

本稿では、調査地におけるシカの密度指標として出猟報告データから算出される目撃効率 (SPUE) を採用した。目撃効率は出猟者1人当たり1日当たりのシカ目撃数を示す。調査プロットを含む5km×5kmメッシュにおける2006年から2014年にかけての9年間の目撃効率を算出した。

(4) 施工歩掛の調査

菰野において、伸縮性PEネットを施工した人数及び本数、施工に要した時間を計測した。その結果と資材費を組み合わせることで施工歩掛の作成を試みた。

3. 結果と考察

(1) 菰野と美杉におけるシカ密度と剥皮害の実態

図-1に両調査地域における目撃効率の年次変化を示す。菰野では目撃効率の値に大きな年変動はなく(最小値0.9(2007, 2009年), 最大値2.4(2006年)), 2006年からの9年間の平均値は1.4であった。一方、美杉における目撃効率の値は年変動が大きく(最小値3.4(2009年), 最大値7.5(2007年)), 9年間の平均値は5.3であった。2006年からの9年間のシカ密度は美杉の方が菰野よりも高い傾向にあった。

伸縮性PEネット設置前の被害形態別の剥皮害の状況を表-1に示す。菰野, 美杉ともに, タイプ1の剥皮の発生頻度は少なく(本数被害率0～2.6%),

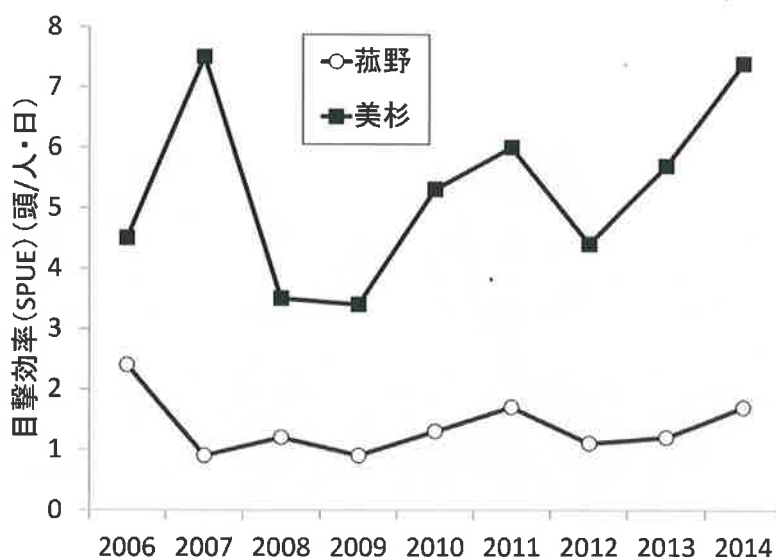


図-1 菰野及び美杉におけるニホンジカの日撃効率の年次変化

表-1 調査プロットの概要

調査地域	プロット	処理	平均傾斜 (°)	方位 (°)	調査本数 (本)	立木密度 ^a (本/ha)	胸高直径 ^b (cm)	ネット設置時の剥皮害率 ^c		
								タイプ1 (%)	タイプ2 (%)	タイプ3 (%)
菰野	A	伸縮性PEネット	13.0	40.0	42	1050	22.0±2.8	0	50.0	52.4
	B	無処理 (対照)	12.8	45.0	42	1050	21.4±2.6	2.4	57.1	50.0
	C	伸縮性PEネット	16.5	40.5	12	1075	23.2±3.2	0	50.0	50.0
		無処理 (対照)			16					
美杉	A	伸縮性PEネット	27.5	340.0	46	1150	22.8±3.2	0	63.0	60.9
	B	無処理 (対照)	26.8	350.0	38	950	22.6±2.3	2.6	44.7	78.9
	C	伸縮性PEネット	32.0	335.0	14	1075	21.0±3.0	0	28.6	64.3
		無処理 (対照)			15					

^a プロットCでは他の資材も設置しており、立木密度の算出にはその供試木を含めている。

^b 平均値±標準偏差

^c 1本の調査木に複数の被害タイプが確認された場合、それぞれの被害タイプごとに本数被害率を算出している。

全て角こすりによるものであり、樹皮採食は生じていなかった。タイプ2の剥皮の本数被害率は菰野で18.8～57.1%、美杉で26.7～63.0%、タイプ3の剥皮は菰野で37.5～52.4%、美杉で53.3～78.9%であった。また、タイプ2とタイプ3の剥皮が同一の調査木で確認される事例が観察された。佐野 (2009) は三重県内9カ所で剥皮発生調査を実施しており、今回の結果と同様に角こすり被害の発生事例が少な

いことを報告している。したがって、三重県では、福岡県 (池田ら2009) や島根県 (金森ら1998) とは異なり、角こすり被害が発生しにくい条件であると考えられる。

芝原ら (2014) はヒノキの剥皮被害本数と過去4年間の目撃効率の平均値の間に有意な正の相関関係があることを見出している。本調査地の菰野と美杉ではシカ密度は大きく異なるが、剥皮の本数被害率

表-2 菰野の各処理区における新たな剥皮の発生本数

プロット	処理	被害形態	2011	2012	2013	2014			2015			合計 (述べ合計)			
			9/8	4/12	1/9	6/4	9/6	11/25	4/22	8/18	10/20		5/7	8/3	11/5
A	伸縮性PEネット	タイプ1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
		タイプ2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		タイプ3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
B	無処理	タイプ1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
		タイプ2	1	1	0	0	0	0	1	8	0	2	12	0	25
		タイプ3	1	1	2	0	0	0	0	5	0	5	8	0	22
C	伸縮性PEネット	タイプ1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		タイプ2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		タイプ3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	無処理	タイプ1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		タイプ2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	3
		タイプ3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3

表-3 美杉の各処理区における新たな剥皮の発生本数

プロット	処理	被害形態	2011	2012	2013	2014			2015			合計 (述べ合計)		
			10/4	5/21	3/7	8/30	11/26	4/11	8/26	11/11	5/8		8/4	1/15
A	伸縮性PEネット	タイプ1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		タイプ2	0	0	1	2	0	0	5	0	0	1	0	9
		タイプ3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	無処理	タイプ1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		タイプ2	4	1	4	4	0	1	9	1	0	1	0	25
		タイプ3	6	0	2	3	0	0	4	0	0	2	0	17
C	伸縮性PEネット	タイプ1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		タイプ2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		タイプ3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	無処理	タイプ1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		タイプ2	0	0	1	1	0	0	1	1	0	2	0	6
		タイプ3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2

は同様の水準であった。菰野は美杉に比べて傾斜が緩く農地に近い林分であることから、シカ密度が低くても剥皮が発生しやすい環境であったのかもしれない(芝原ら 2014)。

(2) 剥皮害の発生時期

表-2 及び 3 に各調査日ごとに確認された新たな剥皮の発生本数を示す。なお、同一の調査木が繰り返して剥皮されるため、調査期間中の合計数は延べ合計数で表した。成長期の前半、成長期の後半、非成長期に新たに発生した剥皮を調査した2013年6月以降の結果をみると、菰野、美杉ともに樹木の成長期においてタイプ2 及び 3 の剥皮害が多く発生した。佐野 (2009) は三重県におけるヒノキ剥皮害の

発生時期を調査し、高標高域を除き樹皮食害は樹木の成長期に発生することを確認している。池田ら (2010) は福岡県におけるヒノキの根張り剥皮(本論文におけるタイプ2 及び 3)の発生時期を調査し、剥皮は1年をとおして発生するが、6月に集中することを報告している。一方、Ueda *et al.* (2002) は栃木県の高標高域(640~890m)においてヒノキ剥皮害の発生状況を通年観察し、1~2月の冬期に発生することを報告している。これらのことから、剥皮被害の発生時期には地域差があることが確認された。

(3) 伸縮性PEネットによる被害軽減効果

調査期間中、伸縮性PEネットを設置したプロッ

表-4 伸縮性PEネット設置にかかる施工歩掛

100本あたり

	単価	数量	金額	備考
普通作業員	16,900	0.95	16,055	2015/6/1適用単価 (三重県)
伸縮性PEネット	210	100	21,000	切断手間は含まない、造林木1本あたり1 m使用
結束バンド (ナイロン製 150mm)	2	300	600	造林木1本あたり3個使用
固定アンカー (スチール製ヘアピン杭 200mm)	18	300	5,400	造林木1本あたり3個使用
100本あたり			43,055	
1本あたり			431	

トでは、タイプ1の剥皮が延べ2本、タイプ3の剥皮が1本の調査木で確認された。一方、無処理のプロットでは、タイプ1の剥皮が延べ3本、タイプ2の剥皮が延べ25本、タイプ3の剥皮が延べ22本の調査木で確認された。交互配列のプロットにおける伸縮性PEネット処理では、新たな剥皮は確認されなかったが、無処理ではタイプ1の剥皮が延べ2本、タイプ2の剥皮が延べ3本、タイプ3の剥皮が延べ3本の調査木で確認された。

美杉では、伸縮性PEネットを設置したプロットでは、タイプ2の剥皮が延べ9本の調査木で確認され、タイプ1及び3の剥皮は確認されなかった(表-3)。一方、無処理のプロットでは、タイプ2の剥皮が延べ25本、タイプ3の剥皮が延べ17本の調査木で確認された。交互配列のプロットにおける伸縮性PEネット処理では、菰野と同様に新たな剥皮は確認されなかったが、無処理ではタイプ2の剥皮が延べ6本、タイプ3の剥皮が延べ2本の調査木で確認された。以上の結果から、伸縮性PEネットは根張り部分から樹幹部へ広がるタイプ3の剥皮の発生を抑制することが可能であると考えられた。

美杉では、伸縮性PEネット処理のプロットでタイプ2の剥皮が延べ9本の調査木で確認された。これは、美杉は菰野に比べて傾斜が急で、根張りが斜面下方へ伸長していたため、その部分を伸縮性PEネットで覆うことができなかったためであると思われる。福本(2012)はヒノキにおけるシカによる剥皮の最大地上高と材変色の最大地上高の関係を調査し、剥皮の最大地上高が13~70cmの範囲の場合、材変色の最大地上高は55~225cmの範囲であったこ

とを報告した。根張りの先端部のみに剥皮が生じた場合、材として利用する樹幹部分へ腐朽菌による変色・腐朽が拡大したとしても造材時に切り捨てる範囲で収まるものと考えられ、今回の施工方法でも十分に被害を軽減することが可能である。

(4) 伸縮性PEネットの設置にかかる工程調査

2011年3月、菰野において伸縮性PEネットを施工した人数及び本数、施工に要した時間を計測した。2人の作業員が80分間で35本のヒノキに伸縮性PEネットを巻き付けた。1人あたり1日(8時間)あたりに換算すると、105本巻き付けることが可能である。そこで、1日あたりの施工本数を105本として、施工にかかる人件費と資材費を組み合わせた歩掛表を作成した(表-4)。造林木1本あたり伸縮性PEネットを1m、結束バンド(ナイロン製、長さ150mm)を3本、固定アンカー(スチール製ヘアピン杭200mm)を3本使用すると仮定した。今回の施工歩掛には、伸縮性PEネットの切断にかかる手間は計上していないが、伸縮性PEネットが1mごとに折りたたんで梱包されていることから切断に要する経費は無視できると判断した。菰野のような緩傾斜地で立木密度約1,000本程度の林分では、造林木1本あたりの施工単価は約430円と算出された(表-4)。現在の木材価格から算出される50年生ヒノキ1本あたりの価格は1,000円程度であり、伸縮性PEネットの施工単価430円は公共事業等での採択は可能な水準であるが、民間の現場に普及させる水準には達していない。今後、伸縮性PEネットの使用量を縮減する、あるいは別の資材を用いて異なる施工法で剥皮害を軽減する手法を考案する必要があるだろう。

引用文献

- 荒木良太・横山典子 (2011) ニホンジカが森林生態系に与える影響. 森林科学 61: 25 ~ 29
- 土倉梅造 (1983) 完全復刻 吉野林業全書-現代語訳付き. 日本林業調査会, 東京
- 福本浩士 (2012) ニホンジカによるスギ・ヒノキ剥皮害と材変色の関係. 三重県林業研究所研究報告 4: 1 ~ 8
- 福本浩士・佐野 明 (2011) ヒノキ造林木における剥皮害防止資材の検討-根張り部分の剥皮に着目して-. 三重県林業研究所研究報告 3: 13 ~ 17
- 池田浩一・小泉 透・桑野泰光 (2009) スギ, ヒノキ人工林におけるシカによる角こすり害の発生要因. 森林防疫 58: 206 ~ 211
- 池田浩一・小泉 透・桑野泰光 (2010) 福岡県におけるニホンジカによる人工林剥皮害発生要因の解明. 福岡県森林林業技術センター研究報告 11: 21 ~ 32
- 堀野真一 (2014) ニホンジカの生態と管理-現状と課題-. 山林 1563: 19 ~ 25
- 金森弘樹・井ノ上二郎・周藤靖雄 (1998) 島根半島弥山山地におけるニホンジカの角こすり剥皮害回避試験. 森林防疫 47: 48 ~ 52
- 金森弘樹・澤田誠吾・藤田 曜 (2007) 樹幹への障害物巻きつけによるニホンジカの角こすり剥皮害の回避試験 (II) -針金, ポリプロピレン帯の巻きつけによる効果-. 島根県中山間地域研究センター研究報告 3: 33 ~ 42
- 幸田良介・小林徹哉・辻野智之・石原委可 (2015) ニホンジカによるスギ・ヒノキ人工林剥皮害の広域分布状況. 大阪府立環境農林水産総合研究所研究報告 2: 9 ~ 13
- 小泉 透 (2009) 拡大する「沈黙の被害」: ニホンジカによる剥皮害. 森林防疫 58: 204 ~ 205
- 小泉 透 (2011) 拡大するシカの影響. 森林科学 61: 2 ~ 3
- 野口琢郎 (2005) 熊本県におけるニホンジカによる剥皮害の発生動向. 林業と薬剤 171: 4 ~ 6
- 大橋正孝・大竹正剛・大場孝裕・山田晋也・鈴木忠治 (2012) 天城山地の落葉広葉樹林におけるニホンジカによる樹皮剥ぎの実態と伸縮性ポリエチレンネットによる防除効果. 中部森林研究 60: 139 ~ 140
- Oi T, Suzuki M (2001) Damage to sugi (*Cryptomeria japonica*) plantations by sika deer (*Cervus nippon*) in northern Honshu, Japan. Mammal Study 26: 9 ~ 15
- 尾崎真也 (2004) 兵庫県におけるニホンジカによるスギ壮齢木の樹皮摂食害の実態. 森林応用研究 13: 69 ~ 73
- 尾崎真也 (2015) 兵庫県におけるニホンジカによるスギ壮齢木樹皮摂食害とその防除. 森林防疫 64: 174 ~ 182
- 佐野 明 (2009) ニホンジカによるスギ, ヒノキ若・壮齢木の剥皮害の発生時期と被害痕の特徴. 哺乳類科学 49: 237 ~ 243
- 佐野 明・金田英明 (2009) ニホンジカによるスギ剥皮害に対するテープ巻の防除効果. 森林防疫 58: 11 ~ 13
- 佐野 明・金田英明 (2010) ニホンジカによるスギ剥皮害に対するテープ巻の防除効果: 処理後20ヶ月目の評価. 三重県林業研究所研究報告 2: 29 ~ 33
- 芝原 淳・境 米造・井上巖夫・安藤正規 (2014) 京都府におけるニホンジカによる天然林および人工林被害の広域モニタリング. 日本緑化工学会誌 39: 389 ~ 394
- Takatsuki S (2009) Effects of sika deer on vegetation in Japan: A review. Biol Conserv 142: 1922 ~ 1929
- Ueda H, Takatsuki S, Takahashi Y (2002) Bark stripping of hinoki cypress by sika deer in relation to snow cover and food availability on Mt Takahara, central Japan. Ecol Res 17: 545 ~ 551
(2016.2.19受付, 2016.3.8掲載決定)

論文

長野県のアカマツ林をマツ枯れから守るために

二井一禎¹・岡田充弘²

はじめに

マツ材線虫病, いわゆる「マツ枯れ」はこれまでに日本各地のアカマツ林, クロマツ林に壊滅的な打撃を与え, 植生を一変させるような大きな影響を日本の森林におよぼしてきた。この森林流行病は1905年に九州の長崎県で発見され, 最初はあまり大きな被害を起こすことなく密かに分布域を広げ, 太平洋戦争中および終戦後の混乱の中で急激に被害を顕在化させた。

「マツ枯れ」による枯死木から未知の線虫が発見されたのは1969年, その線虫がマツ枯れの病原体であることが大規模かつ精緻な試験研究の結果確認されたのは1971年のことである。さらに, 1972年には病原体を枯死木から健全木に伝播し, 被害を伝染病化させている張本人がマツ類の穿孔性害虫の一種マツノマダラカミキリであることが明らかにされた。この伝播昆虫を対象にした殺虫剤の空中散布を推奨する防除法が施行されたが, 皮肉なことにそれまで主に西日本を中心に猛威をふるっていたマツ枯れは1970年代になると一挙に東北諸県にまで広がりを見せ, 1978年から1981年にかけての4年間, 被害量は年間200万 m^2 を超えるピークを示すことになった。しかし, 本州の中央部に位置していながら全般に標高が高く, 寒冷な長野県への本病の侵入は遅く, 東北地方の秋田県とともに1980年代になってからのことであった。

かつて, 西日本の主要植生であったアカマツはほとんど西日本から姿を消し, 海岸線を美しく縁取っていたクロマツも激害を受け, 多くの海岸林が消滅した。そんな中で長野県を訪れると, 今も美しいアカマツ林を見ることができる。かつて我々のすぐ近くの山々を覆っていたアカマツ林への郷愁もあって, 林立する赤い幹にひどく感動する。なんとかこ

の美林を残せないものかと。しかし, 現実にはマツ枯れは長野県の多くのマツ林にも侵入し, その美しい景観を醜く変貌させている(本誌65巻4号表紙写真)。長野県に残された美しいアカマツ林をマツ枯れの惨禍から守るため, 今何が必要なのかを検討してみた。

1. 長野県におけるマツ枯れ被害の推移

長野県における最初のマツ枯れの記録は1981年にさかのぼる。県南西部に位置する山口村(現在は岐阜県中津川市に編入された)で発生したマツ枯れがその最初の記録である。その翌年には山口村に近い南木曾町と, 県北部の長野市, 千曲市(旧更埴市)からマツ枯れが報告された。つまり, 長野県へのマツ枯れの侵入経路は, 岐阜県との県境の南からのルートと, 被害材などの持ち込み等によると考えられる北からのルートがあり, その後の被害進展はこの2つの被害地を中心に南北から県中央部に次第に広がるという経過をたどってきた。

長野県は南北に長く, 県内には西部県境に飛騨山脈(北アルプス), その南に木曾山脈(中央アルプス), さらに南東県境には赤石山脈(南アルプス)が南北に走り, 県を地理的に分断しているため, 伝染病であるマツ枯れの進展もこれら複雑な地形に阻まれ, それぞれの土地で固有の経過を示している。例えば, 県北部の長野市や千曲市では1980年代から始まったマツ枯れが90年代半ばにピークを迎え, 1998年に長野市およびその周辺で開催が予定されていた冬季オリンピックを控えて, 懸命なマツ枯れ防除が実行された結果, 被害の沈静化に向かった(図-1)。しかし, 長野市の南東に隣接する上田市におけるマツ枯れの被害経過は全く異なり, 1980年代半ばからマツ枯れが発生したものの, その後の防除努力が功を

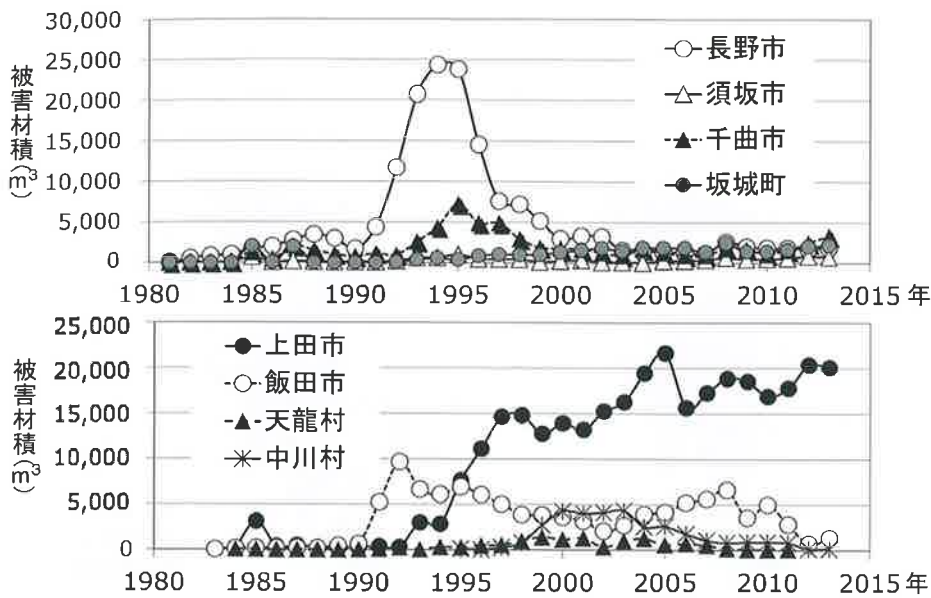


図-1 長野県下5市, 1町, 2村のマツ枯れ推移

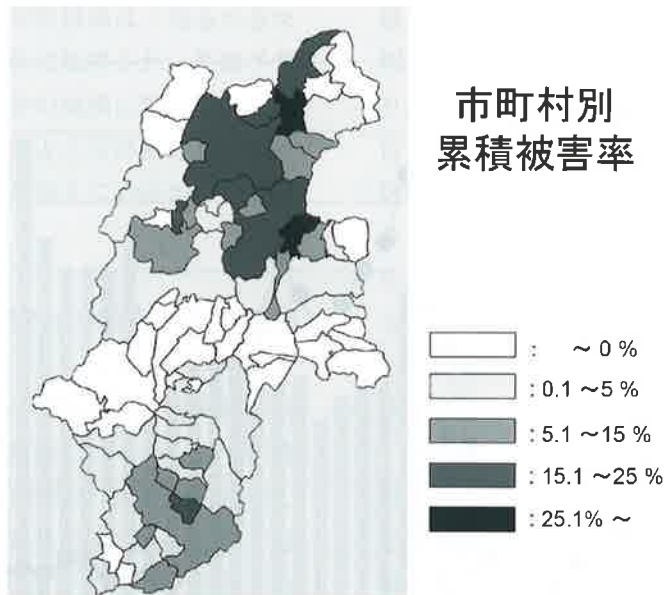


図-2 長野県各市町村におけるマツ枯れ累積被害率

奏し、ほとんど被害が顕在化しなかった。ところが、90年代に入ると被害が急激に増加し、一時的な小康状態を経て、2005年には同市だけで枯死木材積2万m³を超える被害が発生した(図-1)。

現在、長野県では道路沿いや、鉄道の沿線に広がる人里に近いアカマツ林にマツ枯れの惨状が目立つ。しかし、単年度ごとのマツ枯れ被害量は県全体

のアカマツ資源量という巨視的な観点からすれば大きくない。さらに、アカマツは年月を経るうちに成長し、そのバイオマスを増加させる。したがって、林況を5年ごとに調査記録した森林簿レベルで見れば、マツ枯れ被害による資源量の減少はマツ林の生育によって覆い隠されてしまう。ここでは、マツ枯れ被害が長野県のアカマツ資源に及ぼしたインパク

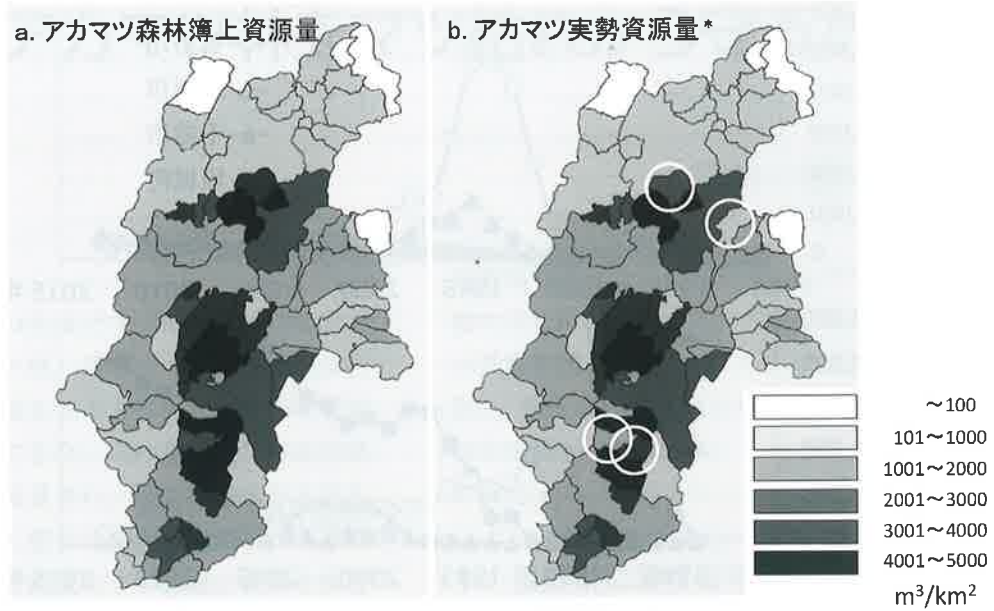


図-3 マツ枯れによるアカマツ資源量の減衰

*実勢資源量 = 森林簿上材積量 - 累積マツ枯れ被害量

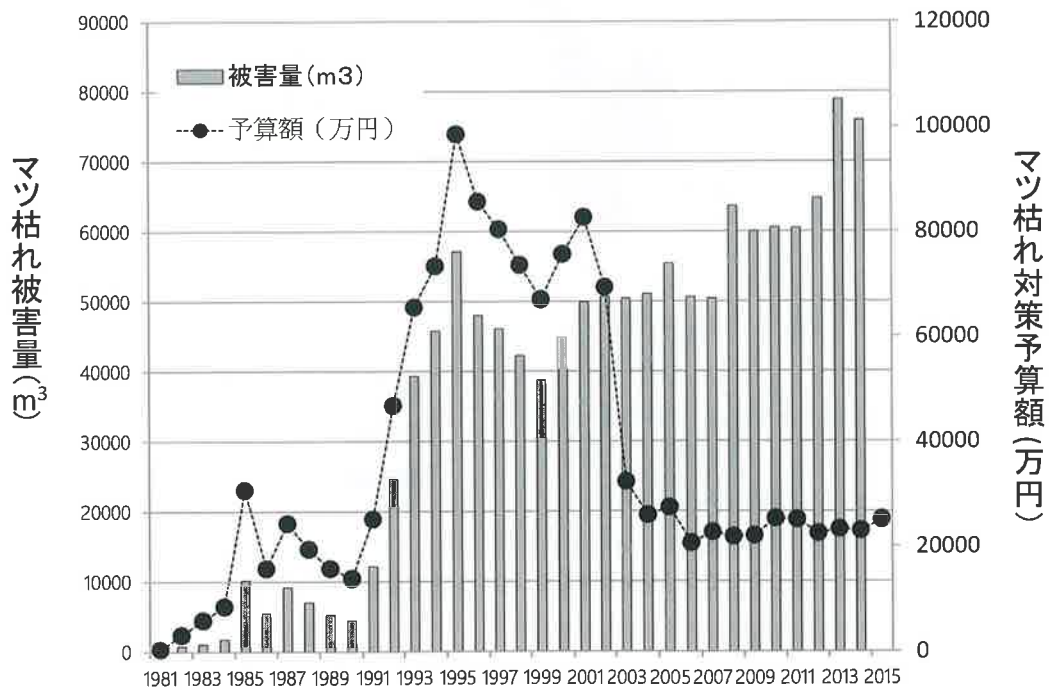


図-4 長野県におけるマツ枯れ被害量と対策予算の推移

トを評価するため、行政区毎の過去30年あまりの累積被害量を調べ、1981年頃に存在したアカマツ資源に対する割合として累積被害率を求めた(図-2)。この図で明らかになったのは、累積的なマツ枯れ被害

害は県北部で甚だしく、県南部では少ないということである。次に、森林簿から現存するアカマツ資源量を求めた(図-3a)。アカマツ林の資源量は該当する行政区の面積で割ることにより密度で表現し

た。さらに、この森林簿上の記録からもれているマツ枯れ被害による資源量の減少量（累積被害量）を差し引いて書き直したのがアカマツの実勢資源量（図-3b）である。これら a, b 二つの図からマツ枯れ被害はもともとアカマツの少ない北信地区だけでなく、アカマツ林が多く分布する上伊那地区、下伊那地区でもアカマツ密度の減少をもたらしていることが明らかになった（図中白いサークルで示す）。このように、森林の成長量をを超えて資源量の減少を顕在化させている点にマツ枯れ被害の大きさが実感される。

これまで長野県がマツ枯れ防除に費やした防除費用や防除努力は膨大なものであるが、その費用は被害が拡大するに従い大きなものとなった（図-4）。長野県では、2002年まで枯損木をすべて伐倒駆除する「全量駆除」が励行されてきたが、防除の先行きに見通しが立たない中、2002年以降は「守るべきマツ林を守る」という防除方針に転換され、防除予算も2003年以降それまでの半分の規模に削減されることになった。本稿では、このような防除方針の転換が被害量にどのように影響を与えているかについても検討してみたい。

2. 各行政区でのマツ枯れの推移と被害進展パターン

長野県におけるマツ枯れは地域ごとに特異性が顕著で、全体としての傾向を把握しにくいという問題がある。因みに、長野県の市町村の数は現在77あり、この数は北海道に次ぎ、2番目の数である。県ではこれを10の行政区（以下 地区）に分け、それぞれ広域連合としている（図-5）。これら10の地区でのマツ枯れ被害進展パターンを比較することにより、長野県の各地区におけるマツ枯れの地域特性を明らかにしてみよう。

平成27年度の各地区のマツ枯れ被害量を比較すると（図-5）、上小地区と松本地区で被害が激しいことがわかるが、それぞれの地区での被害経過や他地域との関係は明らかでない。それぞれの地区へいつ頃マツ枯れが侵入し、いつ頃この病気による被害

がピークに達したのか、またこの伝染病がそれぞれの地区で現在どのようなステージにあるのか、つまり、流行が拡大期にあるのか、定常期にあるのか、あるいは鎮静期に達しているのかといったことを判断するためには、それぞれの地区での累積被害量を100とした上で、各年の被害量を全被害量に対する割合（%）で表示すれば良い。このような計算を施した上で、現在もマツ枯れが未侵入の諏訪地区を除く9地区のマツ枯れ被害パターンを比較した（図-6）。

この図でまず目につくのは北安曇と松本両地区における急激な被害進展パターンである。マツ枯れは北安曇地区では1996年になって侵入が確認され、松本地区では2000年になって初めて確認されている。いずれも、マツ枯れが比較的新しく侵入してきた地区といえることができる。しかも、最近の5年間で累積被害量の90%を占めるような急増を示している。明らかにマツ枯れは現行の防除レベルを超えており、緊急に防除レベルの改善が必要な地区であると言えよう。同じく長野県中部の上伊那と佐久の両地区にも1990年代の中頃になってマツ枯れが侵入してきたが、以後最近に至るまで被害の急激な進展は見られない。これらの地区では一応防除が機能していると考えられる。一方、マツ枯れが早い時期に侵入した北信と長野地区では90年代半ばに被害はピークに達したが、その後沈静化に向かった。

マツ枯れが早期に侵入したもう一つのルート、県南部の木曾や下伊那地区では最近に至るまで持続的な被害発生が続いていることがわかる。ただし、木曾地区と下伊那地区では事情は全く異なり、木曾地区*ではマツ枯れ侵入当初より被害発生量は少ないままに推移していたが、2013年より被害が増加傾向に転じており、緊急の防除対策の必要性を示唆している。他方、下伊那地区では1991年から被害が急増し、以来被害量が高い状態で流行していたが、2000年以降被害は抑制されている。

*木曾地区に関しては被害初発の山口村が2005年に岐阜県の中津川市と合併したため、被害発生量の取り扱いは一様でないことに留意する必要がある。なお、山口村での

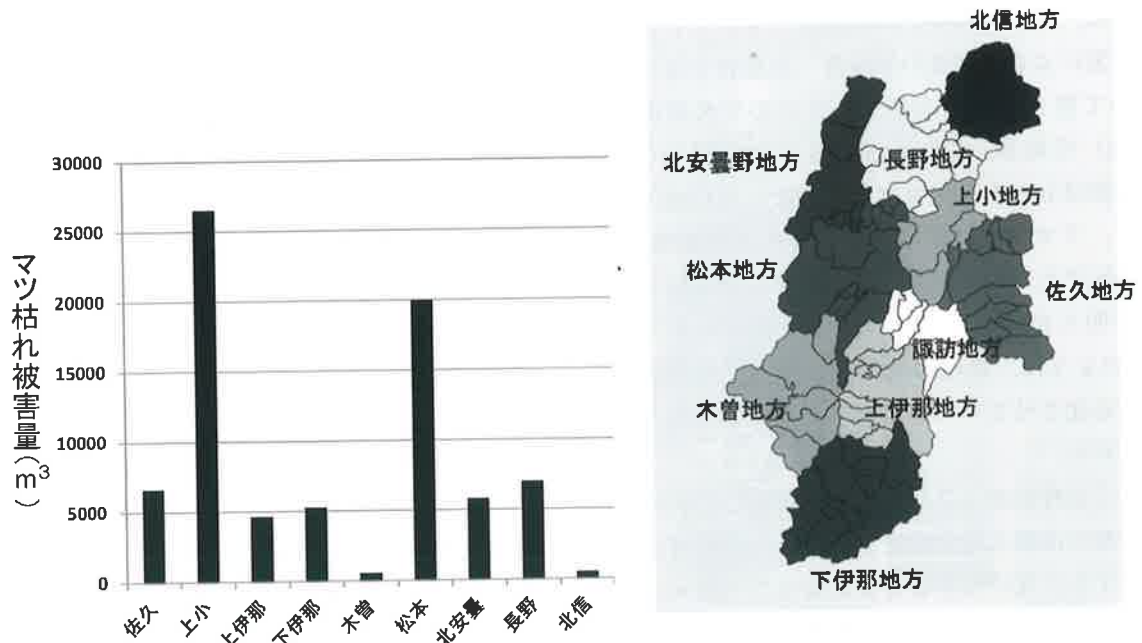


図-5 長野県の10の行政区（広域圏）の平成27年度のマツ枯れ被害量

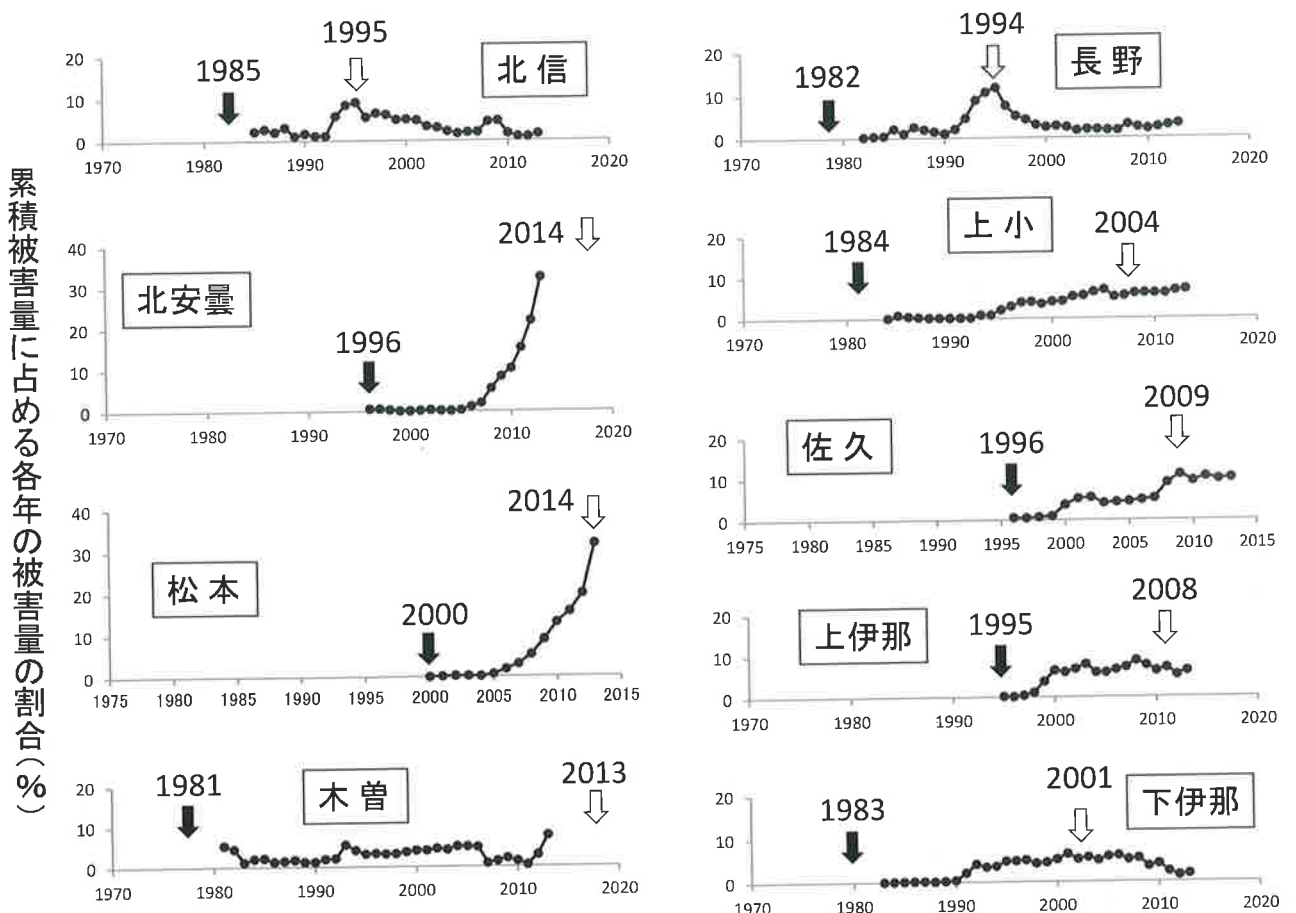


図-6 9つの行政区におけるマツ枯れ発生パターン (↓流行初年、↓被害ピーク年)

被害は1981年に突然250m³を記録しており、これが長野県での最初の記録となっている。この原因として、潜在感染木など、既に感染しながら発病が遅延していたものが、その年の感染木と合わせて一斉に発病し、高い被害量になった可能性がある。

このように、被害経緯をパターン化して比較すると県全体における侵入の経路や各地区での被害経過の中での現状の把握が可能になるが、一方で、被害の絶対量が無視されているため被害の増減傾向を全体のパターンの中で過大・過小評価する可能性がある。この点を補うため、被害量変動の指標として対前年被害量変動比（以下 被害量変動比 δ ）を用い、地区ごとの被害の増減を追跡した。ここではマツ枯れ侵入が相前後しながらその後の被害経過が著しく異なる長野市と上田市を例に被害量の変動傾向を比較してみよう。なお、両市のマツ枯れ被害経過とともに、それぞれの行政区、長野地区と上小地区の被害経過を主導している。

3. 被害量変動比(長野市と上田市を例にして)

長野市の場合（図-7）マツ枯れ侵入の初発年で

ある1982年の翌年から6年間 δ の値は1を超えており、この間防除が有効に機能しなかった可能性がある。しかし、1990年にはこの値は1を下回り、一旦防除が有効に働いたように見えた。ところが翌1991年から4年間はこの値が1よりはるかに大きくなり、長野市における被害量のピークを迎える。オリンピックを数年後に控え、県をあげての必死の防除努力の結果、長野市ではそれ以後 δ の値は1以下を維持し、被害量は急速に減少した。つまり、防除は成功裏に推移していると考えられていた。また、2002年に行われた「全木駆除」から「守るべきマツ林を守る」という防除方針の転換後も被害は低レベルで推移しているが、2008年の δ の上昇を経て、被害量が増加傾向にある点には警戒を要するであろう。

一方、上田市の場合（図-8）マツ枯れ侵入の2年目、1985年に δ 値が20を超える被害量の急増が見られる。その後1992年まで δ 値は1前後を推移するが1993年と1995年にその値が異常に高まり、以後1999年を除き常に δ 値は1の値をわずかに超え、被害量の増加が続くことになり、その傾向は2014年に至っても変わっていない。つまり、上田市では1985年と1993年、1995年の3回の年に防除に失敗してお

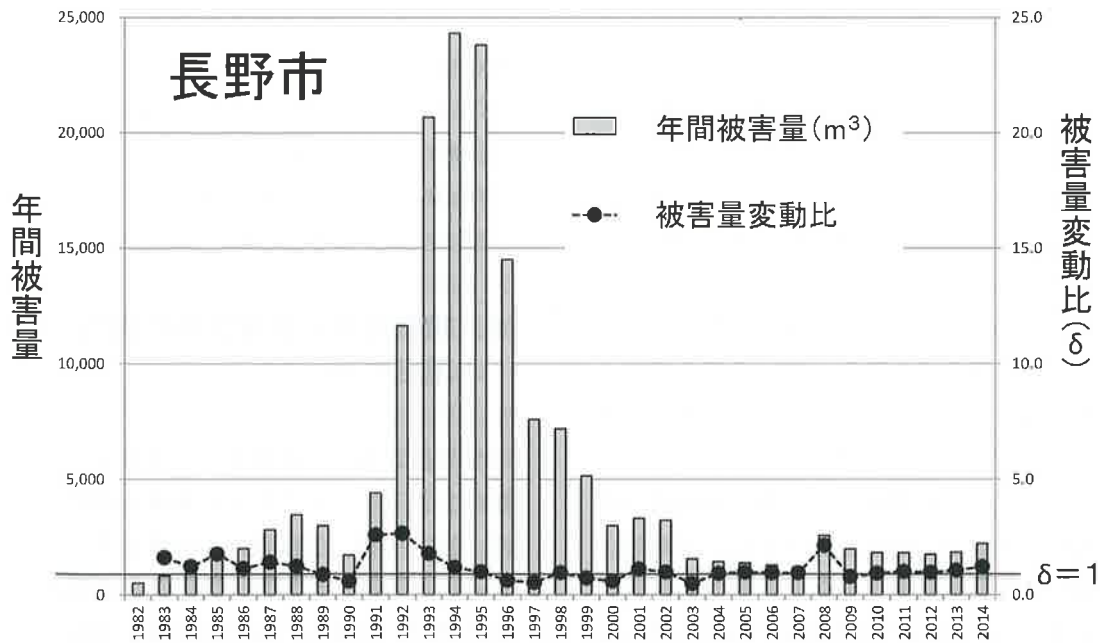


図-7 長野市におけるマツ枯れ被害推移

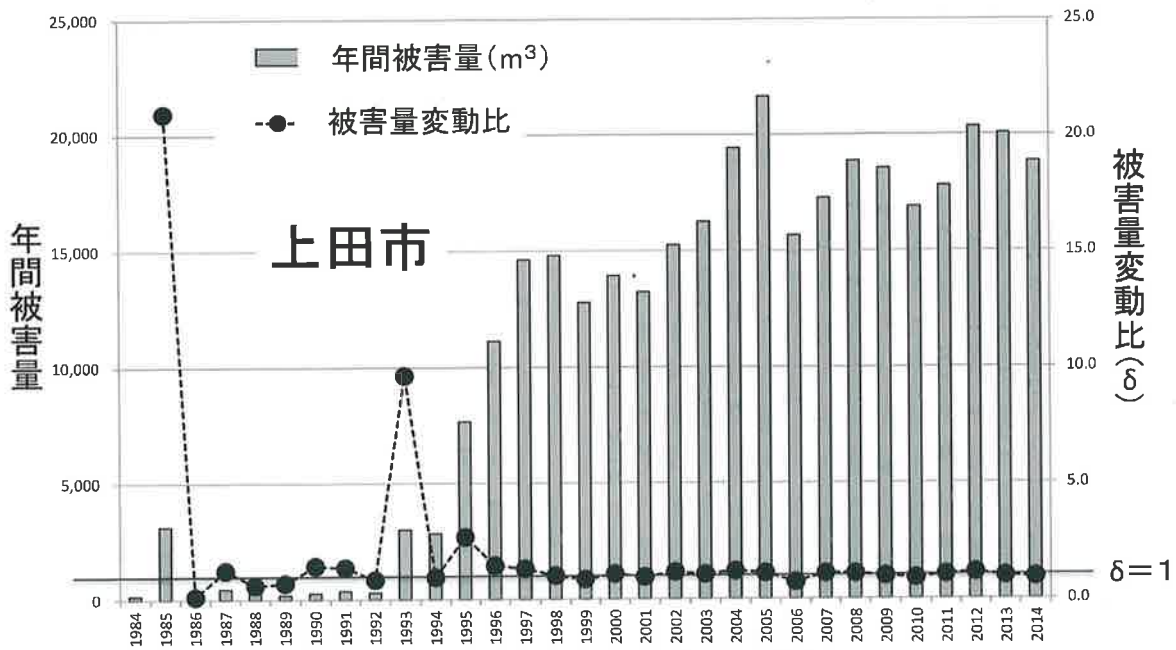


図-8 上田市におけるマツ枯れ被害推移

り（連年防除を続けているにも関わらず、被害レベルが防除努力を大きく超えたため）、また、その後も防除努力がわずかに必要な防除量を下回るため、今日に至るも毎年大きな被害発生を許してしまっているものと考えられる。

この2つの都市の例から防除に関して2つのことが言えよう。1つは、被害量が防除のレベルをはるかに超えて急増するような事態が起こりうるという点である。その原因としては年々の経済的、社会的制約などを受けた防除そのものの失敗もあげられるが、雪害や台風などによるマツノマダラカミキリ産卵対象木の急増なども δ 値の突発的な上昇の原因となった可能性がある。さらに、流行ステージ初期の段階での被害量の急増は、防除対象とされることがないまま経年的に密度を上昇させていた潜在感染木（Futai 2003）が、高温、乾燥などの条件下で一斉に発病することで生じた可能性がある。

もう1つの点は、防除が成功して被害を減衰させるか、失敗して被害量の増加を許すかは、防除努力の小さな違いによって左右されるだろうという点である。例えば、かなり徹底して防除に努めていても、最後の詰めを欠くと被害の増加につながることにな

る。このことは、防除の網の目をかいくぐって枯死木から羽化脱出した1頭のマツノマダラカミキリがたまたま膨大な数の病原線虫を保持しているケースを考えれば理解出来る。この1頭のカミキリが周辺に残っている健全な木々に飛来・後食して、数十本のマツの木を枯らすことは決して意外なことではない*。防除の徹底は被害の沈静化にまさに必要不可欠な条件なのである。

* 1頭のマツノマダラカミキリは最大で20万頭以上のマツノザイセンチュウを保持している。一方、500頭のマツノザイセンチュウを接種すれば1本のマツ樹を枯らすことができるという報告がある（Kishi 1995）。

4. 被害推移と気象条件の関係（MB指数と温度要因）

マツ枯れ被害の推移を考察する上で δ の値は被害量の大きさに左右されない重要な指標となる。例えば、被害推移と気象要因の関係を考える場合、被害量そのものは一旦増加すると急激に減少することは考え難い。つまり、温度の変化と平行して変動することはない。しかし、毎年 δ の値は被害量の絶対

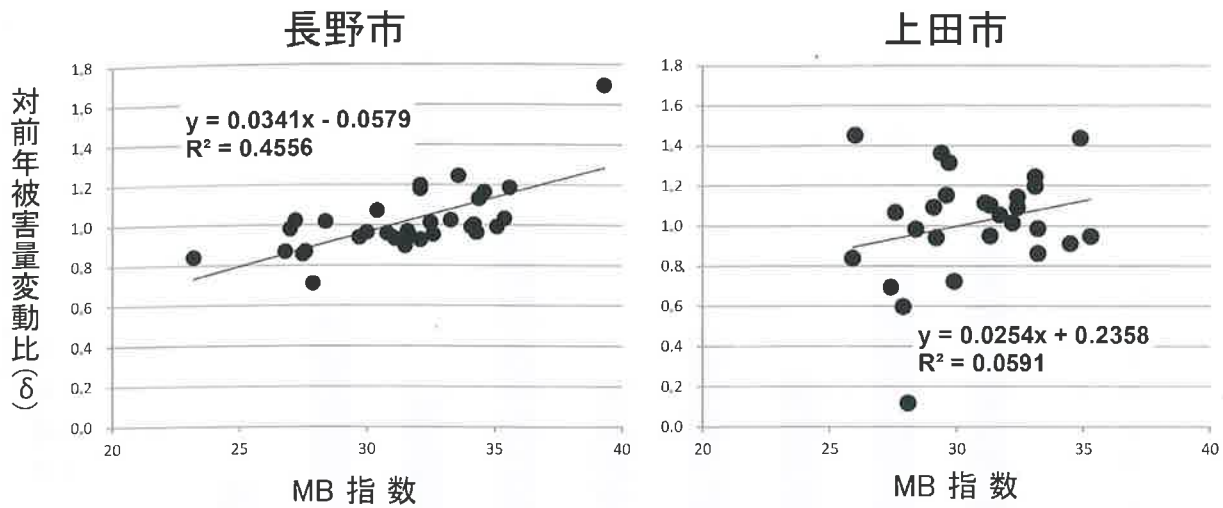


図-9 マツ枯れ被害量変動比とMB指数の関係

値とは関係がなく、温度と平行して変動する可能性がある。そこで、温度要因がマツ枯れ被害量の推移に及ぼす効果を、長野市と上田市の δ 値の変動との関係から検討してみることにした。温度指標としては竹谷(1975)が提唱したMB指数を用いた。MB指数は15℃を超える月平均気温から15℃を差し引いた差の1年分の合計として計算した(岡田・小山2006)。長野市についてはそのまま各年についてMB指数と δ 値の間で回帰係数を求めたが、上田市については、1985、1993、1995の3年について δ 値が異常に高い値を示したので、これらの年のデータを除いて回帰分析を施した(図-9)。その結果、長野市の δ 値はMB指数と正の相関を示し、相関係数も0.67と高かった。このことは、 δ の値がMB指数、つまりは温度要因に支配されていることを示している。一方上田市では、異常な3年分の δ 値を除いても相関関係は弱く($r = 0.24$)、 δ の値にはMB指数以外の要因の寄与が大きいと判断できる。温度要因(MB指数)以外で、マツ枯れ被害発生に大きく影響すると考えられる幾つかの要因のうちでも防除量は重要であろう。つまり上田市における δ 値の変動には防除努力の多寡が大きく影響していたものと考えられる。

もう1つ、被害量変動比(δ)とMB指数の関係の回帰から興味深いことが分かる。図-9の各グラ

フの回帰直線と $\delta = 1$ の直線の交点のx座標はMB指数がこれより大きければ現行の防除法では被害が上昇し、これより小さければ被害が減少する境界値を示している。その値は長野市で31、上田市で30となり、大差が無い。

中村・野口(2006)は防除なしでもマツ枯れ被害を微害の状態に維持できる区域と防除をしなければ材線虫病が増大する区域との境界の温度条件としてMB=19~22を提案している。つまり、ここで得られた境界MB=30という値は、現行の防除法により、その境界MBを30まで上昇させ得ること、すなわちMB=30の地域なら微害状態を維持できることを示唆している。

5. 季節別被害発生量

長野県は全体に高標高地に位置するため、他府県に比べ気温が冷涼である。そのため、マツ枯れの発生経過も全般に遅く、被害発生経過も他府県に比べ遅くなる傾向がある。平成26年の長野県の各地区ごとの被害量を1~3月、4~6月、7~9月、10~12月の4期に分けて調べてみると、どの地区でもほぼ年間を通じてマツ枯れによる枯死木が発生しており、中でも4~6月期に枯死する木の割合が一番高い(図-10)。4~6月期に枯死する個体には一部被圧枯死木が含まれるが、大半は前年以前に感

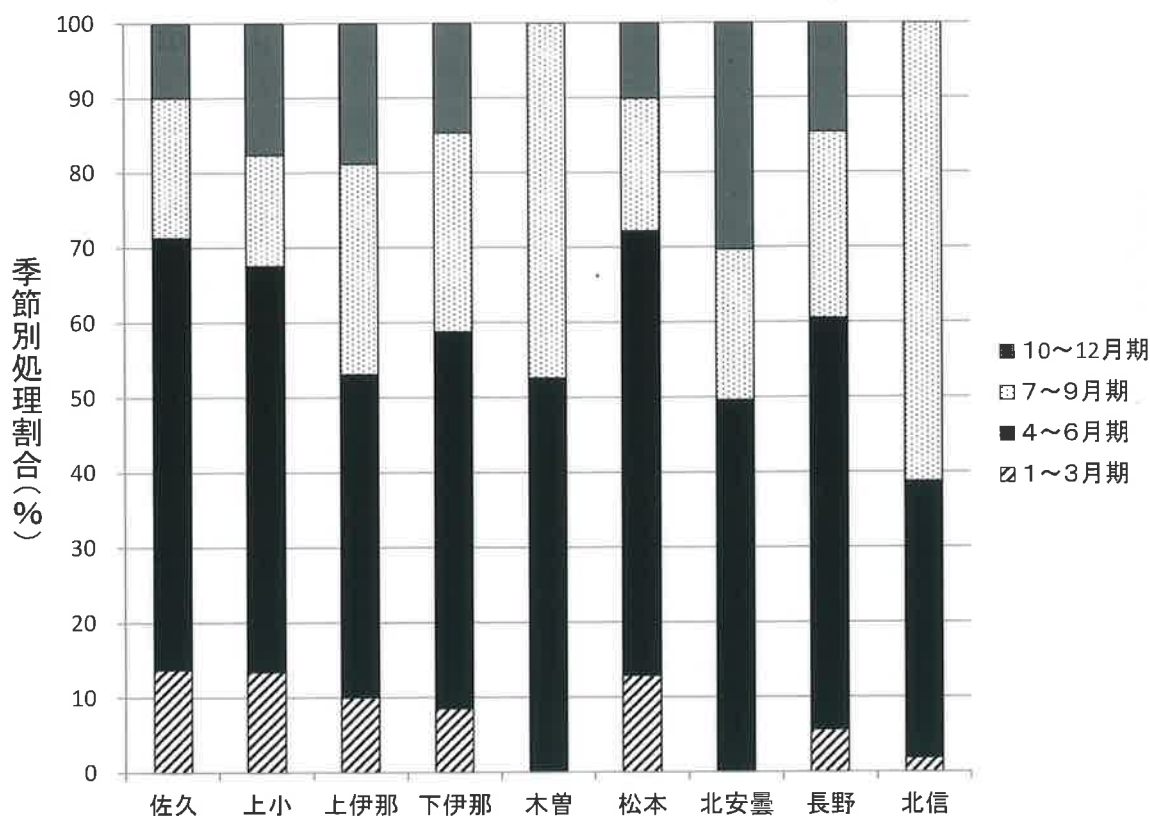


図-10 9つの行政区における季節別枯死木処理量

染した個体，すなわちいわゆる年越し枯れ木か，発病の遅れた潜在感染木である可能性が高い。長野県ではこのように潜在感染木が多数存在することが示唆され，このことが防除の難しさの一因となっている。

6. 防除法について—まとめに代えて—

他府県よりずっと遅れてマツ枯れが侵入した長野県においても，すでに被害の歴史は30年以上になる。県の南北から侵入したマツ枯れは懸命の防除努力にもかかわらず，被害量を増加させながら被害範囲を広げ，今や県内でマツ枯れが及ばない行政区は諏訪地区のみを残すだけになった。この間，それぞれの地区で進展度合いは異なるものの，マツ枯れはそれまでであったアカマツの美林をひとつひとつ壊滅させながら，県全域に被害を拡大させてきた。それでは，上で述べてきた被害の推移や被害進展パターンの解析から考えられる防除の要点とは何であろうか。

長野県ではその地理的な特徴から被害がそれぞれの地区固有の経過を示している。このことは，それぞれの地理的障壁や気象条件を利用してマツ枯れをそれぞれの地域内で処理できる可能性を示唆している。この点を脅かすのは被害材の移動である。1975年に沖縄で開催された海洋博に際し，本土から持ち込まれた被害材が沖縄にマツ枯れを侵入させ，現地のリュウキュウマツ林に壊滅的な打撃を与えてきた例は人間がマツ枯れ被害材を移動・搬入することがいかに危険なことであるかを物語っている。長野県においても，他府県からの被害材の持ち込みに限らず，県内の被害材の移動はマツ枯れ被害の未被害地への拡大を招くことになることを周知徹底し，厳密な監視と指導を実施することが不可欠であろう。

本論文では被害量変動比 (δ) の動きを検証したが，この値が急激に上昇するような原因，例えばマツノマダラカミキリの個体数増加の温床となる雪害による折損枝や折損木が増加した時，さらに林内に

蓄積した潜在感染木を一斉に発症させるような高温や乾燥が観測される時には柔軟に予算処置をして、防除圧を強め被害の急増を阻止する必要がある。

マツ枯れ防除における徹底防除については、戦後のいわゆるファーニス勧告に基づく占領軍総司令部 (GHQ) の強権的な命令によって広域、一斉に実施された「徹底的な」枯損木の伐倒・剥皮・焼却や、被害木の移動の制限が劇的な被害量減少をもたらした歴史的事実がその有効性を証明している。本論文での解析によれば、被害量変動比 (δ) の微妙な違いに反映される被害量の増減はその後の被害の推移を左右することが強く示唆された。この結果は防除の徹底が極めて重要であることを改めて示したものとと言える。

被害量変動比 (δ) を通して長野市と上田市のマツ枯れの被害推移を比較したが、両市の間には大きな違いがあった。しかし、両市とも県が行った2002年の防除対策の転換の前後で δ 値に大きな変化は生じていない (図-7, 8)。つまり、防除予算の半減を伴う、防除対策の転換後も被害量は急増していない。この結果を見る限り新しい防除戦略は成功しているように見える。しかし、「守るべきマツ林を守る」という現在の防除戦略は長野県のようにいまだに広大なマツ林を残している地域には不適切な戦略であると考えられる。なぜなら、この戦略では特定の守るべきマツ林は薬剤の予防散布で守り、その周辺マツ林ではマツの伐採を行い他樹種への転換を図ることによりマツノマダラカミキリの飛来源であるマツをなくすことを基本方針としているが、長野県では現在も残存するマツ林が広すぎて、とても短時日のうちに樹種転換など簡単にはできそうにないからである。駆除対象からもれた周辺マツ林は必ずマツノマダラカミキリの発生源となり、マツ枯れを周囲のマツ林に拡散させることになるのではないかと。幸い防除方針の転換後も被害量に急増が起っていない理由はマツノマダラカミキリの飛翔や増殖を阻む地理的な障壁と冷涼な気温のおかげであろう。だが、防除に有利なこのような条件にいつまでも依存しておられるわけではない。

次に、本論文の随所で取り上げた潜在感染木が本病流行において果たしている役割について考えてみよう。感染源を完全駆除したマツ林や、まだ被害が発生していないマツ林で、潜在感染木は気温の上昇に伴ってシーズン初期に発病し、衰弱木の特徴である揮発性ガスを発散することにより、近隣からのマツノマダラカミキリの飛来を誘引する。また、逆に発病時期が遅れることによって、一斉防除の網目から逃れるマツノマダラカミキリを発生させる可能性が考えられる。さらに、小康状態が続く被害推移から急に被害量が増加する時、そして、徹底防除後も続く恒常的被害発生において潜在感染木が果たしている役割は大きいと考える。まさに潜在感染木は現行のマツ枯れ防除の盲点と言える。その実態について解明し、この潜在感染木も対象にした防除戦略の構築が急務で、この点については、研究面の遅れも問題であろう。

防除に関してもう一点心配なことがある。それは、長野県下の46市町村で平成25年に実施されたマツ枯れ枯死木の駆除に関し、それぞれの市町村での駆除率 (= 駆除本数/枯損本数) と翌平成26年の被害量変動比 (δ) の関係を調べると、駆除率100%とされている市町村でも翌年の δ の値が1より大きくなる場合が多い点である (図-11)。もっとも、報告上100%の駆除とは言っても、実際の駆除率は100%に達していない可能性が高く、その小さな駆除漏れが原因で被害の増加をもたらしたと考えれば良いのかもしれない。ただ、この図-11の示す問題はそれにとどまらない。その問題とは駆除率を高めたほうがむしろ翌年の δ 値を高めている (被害量が増えている) に見える点である。相関係数が低い ($r=0.34$) ことから、この傾向を鵜呑みにするわけにはいかないが、激害林化した林分で大量の枯死木を全量処理することは林相を激変させ、急激な疎林化による林床の乾燥は萎凋病であるマツ枯れの病状進展、あるいは林内に潜在する感染木の発症をうながした可能性がある。さらに、周辺の林分からのマツノマダラカミキリの飛来、発症した潜在感染木へのアクセスを容易にした可能性も考えられる。いずれ

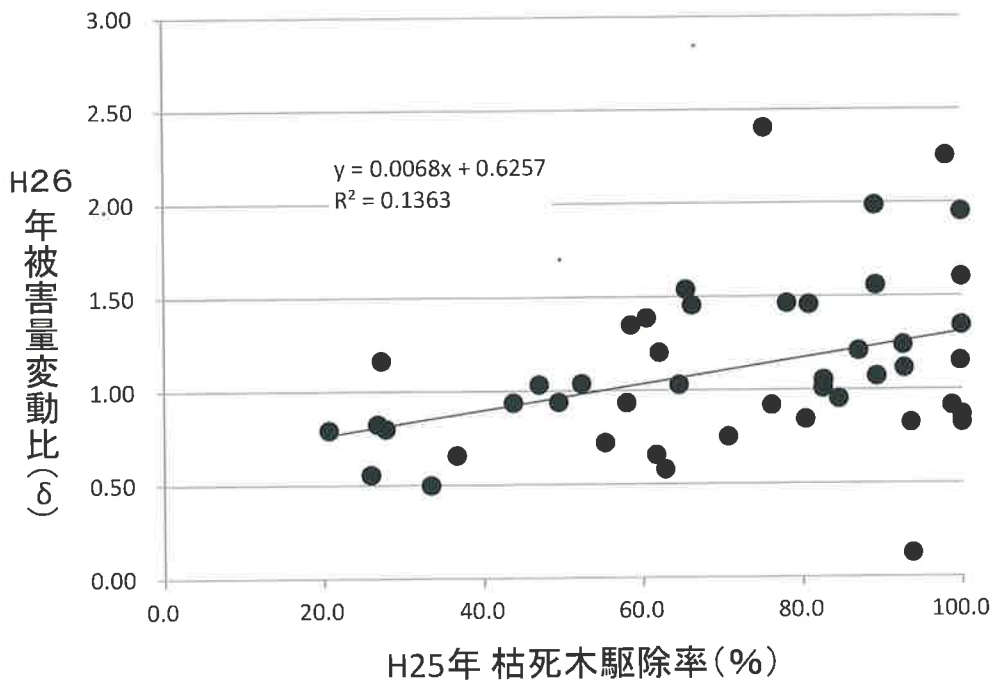


図-11 H25年 枯死木駆除率(%)とH26年 被害量変動比(δ)

も推測の域を出ておらず今後の解明が待たれる。なお、枯死木の高い駆除率にもかかわらず翌年以降の被害率が高くなるというこれとよく似た研究結果が鳥取からも報告されている(西垣・西 2007)。

さらに、徹底した駆除を伴わない被害林分の伐開は却って被害を周辺に拡散させる可能性がある点についてもここで指摘しておきたい。なぜなら、繁殖の場を失ったマツノマダラカミキリは15~20kmを移動する可能性があるからで(Togashi and Shigesada 2006; Kishi 1995), 周辺マツ林は予防散布をするなど防除体制を敷いておかないと、新たな被害林になる恐れがあるからである。このことはまた、マツ枯れ防除の実施にあたっては半径15~20kmの隣接自治体との調整が不可欠であることを教えている。

限られた予算や、労働力、森林における作業の困難さなど多くの困難を伴いつつも、長野県は本腰を据えて日本で最後まで残ったアカマツの美林を県のみならず、日本の文化的資源と考えて保護・育成しようとして努力している。2002年に行われた防除戦略の大転換後も県全体で見ると被害の急激な増加は起こっていないように見える。しかし、2008年と2013年

に被害量変動比(δ)の値が1.2~1.3と大きな値を示し、全般的に被害は現在も増加傾向にある(図-4)。特に、北安曇地区や松本地区のような被害が急増中の地域も存在する(図-6)。防除体制の整備も含めた迅速な対応が求められている。

最後になるが本稿をまとめるにあたり長野県林務部森林づくり推進課の松尾一穂氏には長野県のマツ枯れ状況に関する多くの情報の提供をいただいた。同氏は長野県のマツ枯れ問題の担当者で、県内の被害状況や防除の実勢について最も正確に把握しておられ、同氏の情報や同氏との意見交換無くしてはこの稿の取りまとめは不可能であった。ここに深謝の意を表す。また、同県林務部からはマツ枯れに関する多くの情報の提供をいただいた。心より感謝の意を表したい。本稿を執筆するにあたっては二井と岡田の頻繁な意見交換に基づいて修正、加筆を行ったが、最後にまとめた防除に関する見解はあくまで二井の私見であることを断っておきたい。

引用文献

Futai K (2003) Role of asymptomatic carrier trees

- in epidemic spread of pine wilt disease. JFR 8: 253 ~ 260
- Kishi Y (1995) The pine wood nematode and the Japanese pine sawyer. Thomas Co.Ltd. Tokyo, Japan. 302pp.
- 中村克典・野口絵美 (2006) 温量指数によるマツ材線虫病自然抑制域・自然抑制限界域の推定-MB指数のリニューアルを通して-第117回日林講要 (PF16)
- 西垣眞太郎・西 信介 (2007) 松くい虫被害対策事業に関する調査. 鳥取県農林水産部農林総合研究所林業試験場平成19年度業務報告 33 ~ 34
- 岡田充弘・小山泰弘 (2006) 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-長野県林業総合研究センター報告 21: 1 ~ 9
- 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
- Togashi K, Shigesada N (2006) Spread of the pinewood nematode vectored by the Japanese sawyer: modeling and analytical approaches. Popul Ecol 48: 271 ~ 283
(2016.1.25受付, 2016.3.25掲載決定)

解説

日本産*Lymantria*属のミトコンドリアDNAのPCR-RFLP分析による識別

有本 誠¹

1. はじめに

ドクガ科*Lymantria*属には、マイマイガ等多くの重要な森林害虫種が含まれる。現在、世界で167種 (Schintlmeister 2004)、日本で12種が報告されている (Pogue and Schaefer 2007)。Pogue and Schaefer (2007) は、ヨーロッパ型マイマイガ (European Gypsy Moth, 以下 EGM) とアジア型マイマイガ (Asian Gypsy Moth, 以下 AGM) を改めて定義した。彼らの分類によれば、EGMは、ウラル山脈より西のヨーロッパに分布し、北米に誤って移入された *Lymantria dispar dispar* (Linnaeus) 1 亜種から成る。一方、AGMは、日本を含む温帯アジアに分布する *Lymantria dispar* の 2 亜種とその他の 3 種の総称として定義されている。それらの内、*Lymantria dispar asiatica* Vnukovskij は中国、韓国、極東ロシア等に分布している。日本には、*Lymantria dispar japonica* (Motschulsky) (狭義のマイマイガ, 写真-1) が本州、四国、九州及び北海道南西部に、*Lymantria umbrosa* (Butler) (エゾマイマイ, 写真-2) が北海道の特に東部に、*Lymantria albescens* Hori and Umeno (シロシタマイマイ, 写真-3) が琉球諸島南部に、*Lymantria postalba* Inoue (コシロシタマイマイ) が九州南部、対馬、屋久島及び琉球諸島北部に分布している。

AGMの生態的特徴は、EGMとは異なる。例えば、AGMの雌成虫は飛翔することが出来る (Baranchikov 1989; Schaefer *et al.* 1984) のに対し、EGMの雌成虫は飛翔することが出来ない (Keena *et al.* 2008; Wallner *et al.* 1995)。また、AGMの幼虫は、より広い寄主範囲を持つ (Baranchikov 1989)。加えて、AGMの卵は、EGMの卵に比べて、休眠を完結するために必要な低温への暴露の期間がより短い (Keena

1996)。さらに、AGMの抱卵した雌成虫は飛翔することが出来るため、港湾で照明に誘引され、船舶に卵塊を産卵する (Wallner *et al.* 1995)。これらのことから、米国及びカナダ政府は、自国の領域へのAGMの侵入を非常に警戒し (Myers *et al.* 2000)、AGMの発生国に対し、米国及びカナダ向けの船舶にAGMの卵塊が付着していないことの証明を求めている (NAPPO 2009)。そのため、日本の港湾管理者は、港湾におけるAGM個体群を減少させることを目的として、2007年から防除を開始した (横地 2007)。

AGMと呼ばれる 4 種に加えて、日本には他の *Lymantria* 属 8 種が分布している (Pogue and Schaefer 2007)。これらの種の生態 (寄主範囲、雌成虫の飛翔能力等) は種間で異なるため (Iwaizumi and Arakawa 2010; Keena *et al.* 2008; Pogue and Schaefer 2007)、港湾周辺における適切な防除法や防除範囲を決定するために、これらの種を同定することが重要である。

これまで、*Lymantria* 属の種は成虫の形態的特徴に基づいて記載されてきた (井上 1982; 岸田 2011; Pogue and Schaefer 2007; Schintlmeister 2004)。しかしながら、これらの種の成虫期間は短く、長い期間を卵塊で過ごす。*Lymantria* 属の種の卵塊は種間で形態が非常に類似しているため、これらの種を卵塊の形態により種まで同定することは出来ない。従って、種を同定するためには、野外で採集された卵塊を成虫が羽化するまでの間、個別に飼育しなければならない。これらの種は年 1 化であるため、この方法は多くの時間と労力を要する。そのため、*Lymantria* 属の種を同定するための迅速かつ正確な同定法を開発することが必要である。

Identification of Japanese *Lymantria* species based on PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA

¹ ARIMOTO, Makoto, 農林水産省横浜植物防疫所

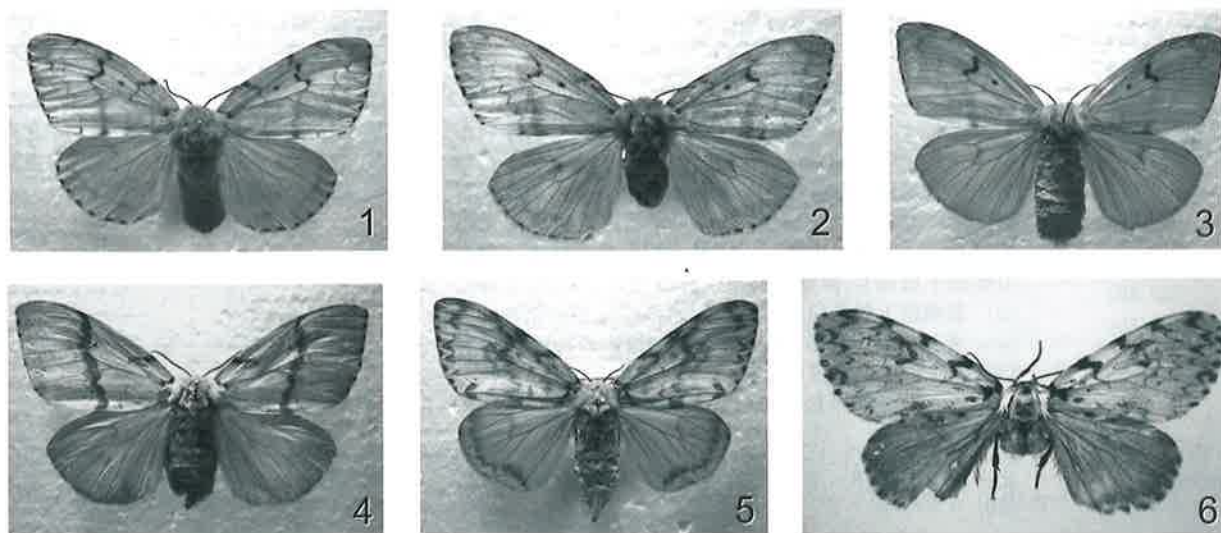


写真-1~6 *Lymantria*属の雌成虫

1: *Lymantria dispar japonica* (マイマイガ), 2: *Lymantria umbrosa* (エゾマイマイ), 3: *Lymantria albescens* (シロシタマイマイ), 4: *Lymantria xyliana* (マエグロマイマイ), 5: *Lymantria mathura* (カシワマイマイ), 6: *Lymantria monacha* (ノンネマイマイ)

ミトコンドリアDNA (mtDNA) をポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) により増幅し, PCR増幅産物を制限酵素で切断して得られる断片長の多型 (RFLP) に基づく識別法 (PCR-RFLP法) が, ハダニ (Lee and Lee 1997), ミバエ (Muraji and Nakahara 2002), シロアリ (Szalanski *et al.* 2003), ハモグリバエ (Kox *et al.* 2005), スカシバガ (McKern and Szalanski 2007) を含む経済的に重要な多くの分類群の種の識別に有用であることが明らかにされてきた。しかしながら, mtDNAを用いたPCR-RFLP法の*Lymantria*属の種の識別における有用性は不明なままであった。

今回, 日本産*Lymantria*属を識別するために, mtDNAを用いたPCR-RFLP法を開発し (Arimoto and Iwaizumi 2014), その有用性を明らかにしたので紹介したい。

2. 材料と方法

(1) 標本

日本産*Lymantria*属 7種45個体群の合計291個体をPCR-RFLPの検出に用いた (表-1)。これらの標本は, AGM 4種 (*L. dispar japonica*, *L. umbrosa*, *L. albescens*および*L. postalba*) 及び他の*Lymantria*

属3種 [*Lymantria xyliana* Swinhoe (マエグロマイマイ 写真-4), *Lymantria mathura* Moore (カシワマイマイ 写真-5) 及び*Lymantria monacha* (Linnaeus) (ノンネマイマイ 写真-6)] である。後3者は, 広い分布と寄主範囲を持つ (Pogue and Schaefer 2007) ため, 本研究の材料に加えた。

全ての標本は, 1994年から2012年の間に, 野外で成虫, 蛹, 幼虫または卵塊として採集した。成虫以外のステージの標本は, 実験室で飼育して成虫を得た。全ての成虫の標本はDNA抽出までの間, 乾燥標本として20℃, または冷凍標本として-20℃で保存した。これらの標本は北海道で採集された*L. dispar japonica*及び*L. umbrosa*を除き, Pogue and Schaefer (2007) による種の再記載に従って形態学的に同定した。北海道から採集された*L. dispar japonica*及び*L. umbrosa*は, 雌雄成虫共に種間で形態的特徴が非常に類似していたため, 形態学的に識別することが出来なかった。そのため, 両種の一部の個体のCOII領域の塩基配列をBogdanowicz *et al.* (2000) 及びHigashiura *et al.* (2011) において解析されたCOII領域の塩基配列と比較した。そして, 両種の残りの個体については, PCR-RFLPのバンド

表-1 材料に用いた *Lymantria* 属の産地及び個体数

種名(和名)	RFLP	シーケンス
	産地及び個体数	産地及び個体数
<i>L. dispar japonica</i> (マイマイガ)	北海道小樽市(12); 北海道札幌市(13); 北海道苫小牧市(2); 北海道室蘭市(26); 北海道函館市(5); 宮城県石巻市(6); 宮城県利府町(3); 宮城県塩竈市(5); 宮城県多賀城市(4); 秋田県秋田市(14); 山形県酒田市(2); 千葉県成田市(1); 千葉県千葉市(3); 神奈川県横浜市(9); 神奈川県逗子市(5); 神奈川県横須賀市(6); 新潟県新潟市(2); 新潟県上越市(4); 富山県射水市(3); 富山県高岡市(6); 愛知県名古屋市(10); 愛知県岡崎市(7); 兵庫県神戸市(6); 奈良県奈良市(13); 広島県広島市(11); 徳島県徳島市(1); 愛媛県松山市(1); 福岡県北九州市(10); 大分県大分市(5)	北海道小樽市(1); 北海道札幌市(1); 北海道苫小牧市(1); 北海道室蘭市(1); 北海道函館市(1); 愛知県名古屋市(1)
<i>L. umbrosa</i> (エゾマイマイ)	北海道小樽市(8); 北海道札幌市(5); 北海道苫小牧市(10)	北海道小樽市(1); 北海道札幌市(1); 北海道苫小牧市(1)
<i>L. albescens</i> (シロシタマイマイ)	沖縄県那覇市(18)	沖縄県那覇市(1)
<i>L. postalba</i> (コシロシタマイマイ)	長崎県対馬市(4)	長崎県対馬市(1)
<i>L. xyliana</i> (マエグロマイマイ)	千葉県富山町(2); 大分県大分市(4); 沖縄県那覇市(13)	沖縄県那覇市(1)
<i>L. mathura</i> (カシワマイマイ)	北海道小樽市(6); 北海道苫小牧市(16); 岩手県盛岡市(1); 神奈川県横浜市(1); 神奈川県横須賀市(2); 山梨県小淵沢町(2)	北海道苫小牧市(1)
<i>L. monacha</i> (ノンネマイマイ)	北海道苫小牧市(3); 山梨県小淵沢町(1)	北海道苫小牧市(1)

(Arimoto and Iwaizumi 2014を改変)

パターンをCOII領域の塩基配列を比較した個体のバンドパターンと比較することにより識別した。全ての証拠標本は横浜植物防疫所に保管されている。

(2) DNA抽出及びPCRによる増幅

成虫の各個体からランダムに選択した脚1本を取り外し、1.5mlチューブ内の80µlのPBSバッファーの中で磨砕した。続いて、QIAamp DNA mini kit (QIAGEN Sciences, Maryland, USA) を用いてDNAを抽出した。PCRによるmtDNA (COI領域の一部, tRNA-Leu, COII領域, 及びtRNA-Lysの一部) の増幅には、プライマー S2994 (forward), 5'-GAACATTCITATAATGAACT (C/T) CCT-3', 及びA3772 (reverse), 5'-GAGACCATTACTTGCTTTCAGTCATCT-3' (Bogdanowicz *et al.* 2000) を用いた。材料, 方法の詳細については, Arimoto

and Iwaizumi (2014) を参照いただきたい。

(3) 塩基配列の決定, 制限酵素の認識部位の解析及びPCR-RFLPの検出

Lymantria 属7種の各1個体を用い(表-1), mtDNAのPCR産物をダイレクトシーケンスし, 塩基配列を決定した。さらに, 北海道から採集された *L. dispar japonica* 及び *L. umbrosa* を同定するために, 北海道の5カ所で採集された *L. dispar japonica* 各1個体及び2カ所で採集された *L. umbrosa* 各1個体(表-1)のPCR産物もダイレクトシーケンスし, 塩基配列を決定した。次に, 得られた塩基配列における制限酵素の認識部位及び制限酵素処理の結果得られる断片長を遺伝子解析ソフトを用いて解析し, 種の識別に有用な3種類の制限酵素 (*DraI*, *AluI*, 及び *SspI*) を選択した。続いて, 各個体のmtDNA

表-2 *Lymantria*属のPCR産物, 断片長 (bp) 及びバンドパターン

種名	PCR産物 ^a	<i>Dra</i> I		<i>Alu</i> I*		<i>Ssp</i> I	
		バンドパターン	断片長	バンドパターン	断片長	バンドパターン	断片長
マイマイガ	817	A	749, 68	A	495, 214, 108	A	432, 368, 17
エゾマイマイ	817	B	423, 326, 68	A	495, 214, 108	A	432, 368, 17
シロシタマイマイ	817	C	375, 374, 68	B	393, 316, 108	B	449, 368
コシロシタマイマイ	817	C	375, 374, 68	B	393, 316, 108	C	817
マエグロマイマイ	817	D	374, 326, 68, 49	C	709, 108	A	432, 368, 17
カシワマイマイ	817	E	593, 156, 68	D	505, 312	D	588, 229
ノンネマイマイ	818	A	750, 68	D	505, 313	E	368, 242, 208

^aPCR産物はフォワード及びリバースプライマーを含む。

(Arimoto and Iwazumi, 2014を改変)

のPCR産物を選択した各3種類の制限酵素を用いて消化し, RFLPのバンドパターンを検出した。

3. 結果

本研究で解析された塩基配列データは, DDBJ/EMBL/GenBankデータベースにおいてAccession Nos. AB839867 ~ AB839880により入手出来る。プライマー配列を含むPCR産物のサイズは, *L. monacha*で818bp, 残りの種で817bpだった(表-2)。

北海道から採集された*L. dispar japonica* 5個体及び*L. umbrosa* 3個体のCOII領域の345bpの塩基配列は, Bogdanowicz *et al.* (2000) 及びHigashiura *et al.* (2011) により解析されたハプロタイプと同じ2種類のハプロタイプを示した。

*Lymantria*属7種のmtDNAの塩基配列及び3種類の制限酵素(*Dra*I, *Alu*I及び*Ssp*I)の認識部位を図-1に示す。

表-2は*Lymantria*属7種のmtDNAの塩基配列を制限酵素*Dra*I, *Alu*I及び*Ssp*Iにより別々に処理した際に予想される断片長及びバンドパターンを示す。全ての種を識別出来る制限酵素はなかったが, 異なる制限酵素の処理の結果を組み合わせた場合, 全ての種において種特異的なパターンが観察された。これらの結果に基づき, *Lymantria*属の種を識別するための方法をデザインした(図-2)。図-2に示したフローチャートでは, 7種中3種が*Dra*Iを用いて得られるバンドパターンにより明確に識別出来, 残りの種もさらなる分析により識別出来る。

図-3は7種のシーケンスした個体のmtDNA

を図-1に示した制限酵素によって処理して得られたバンドパターンを示す。この分析において, 7種の45個体群の291個体のバンドパターンを比較した結果, 種内変異は観察されなかった。

4. 考察

本研究では, AGM 4種(*L. dispar japonica*, *L. umbrosa*, *L. albescens*および*L. postalba*)を含む日本産*Lymantria*属7種を, mtDNAのRFLPパターンにより識別することに成功した(表-2; 図-2, 3)。これらの結果は, 日本産*Lymantria*属の種の識別において, mtDNAを用いたPCR-RFLP法が有用であることを示唆する。

Bogdanowicz *et al.* (2000) は, *L. dispar*の世界各地の個体群のmtDNAの3つの領域(COI, COII, 及びND1)の塩基配列を解析し, ハプロタイプを以下の4つに分類した:(1)沖縄;(2)北海道;(3)本州, 九州及びアジア大陸;及び(4)ヨーロッパ, チュニジア及び北米。Pogue and Schaefer (2007)による近年の分類では, これらのハプロタイプはおそらく(1)*L. albescens*, (2)*L. umbrosa*, (3)*L. dispar japonica*及び*L. dispar asiatica*, (4)*L. dispar dispar*に結びつけられる。従って, Bogdanowicz *et al.* (2000)により解析されたmtDNAの変異は, 種を同定するために有用である可能性がある。実際, 本研究では, *L. albescens*, *L. umbrosa*及び*L. dispar japonica*を含む日本産*Lymantria*属7種をmtDNAのPCR-RFLP法により識別することが出来た。

本研究では, 日本産*Lymantria*属7種の45個体群

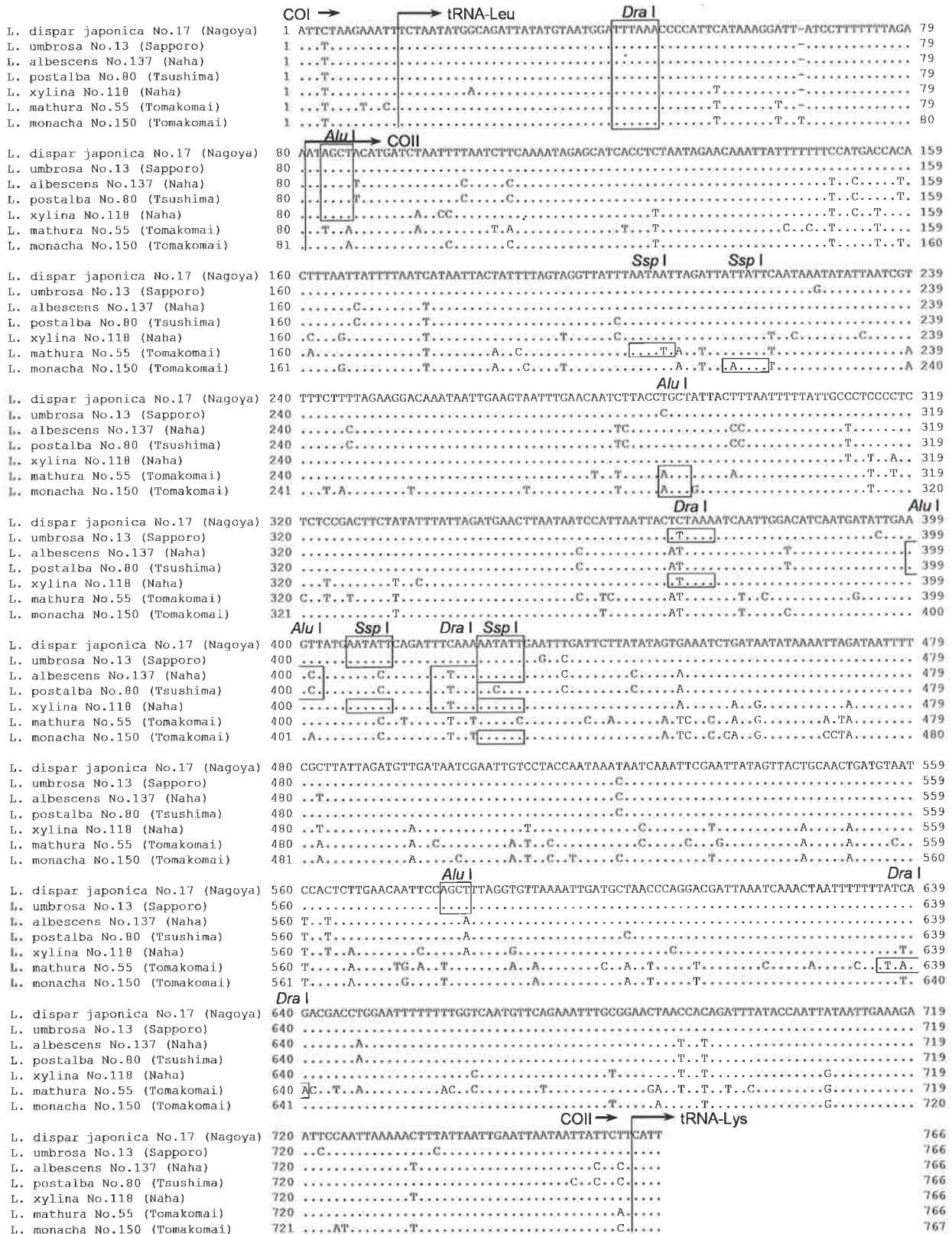


図-1 *Lymantria*属7種のmtDNA (COI領域の一部, tRNA-Leu, COII領域, tRNA-Lysの一部)の塩基配列
*L. dispar japonica*と同じ塩基は「 」で示し、「-」はギャップを示す。選択した制限酵素の認識部位を四角で囲んだ。(Arimoto and Iwaizumi (2014)を改変)

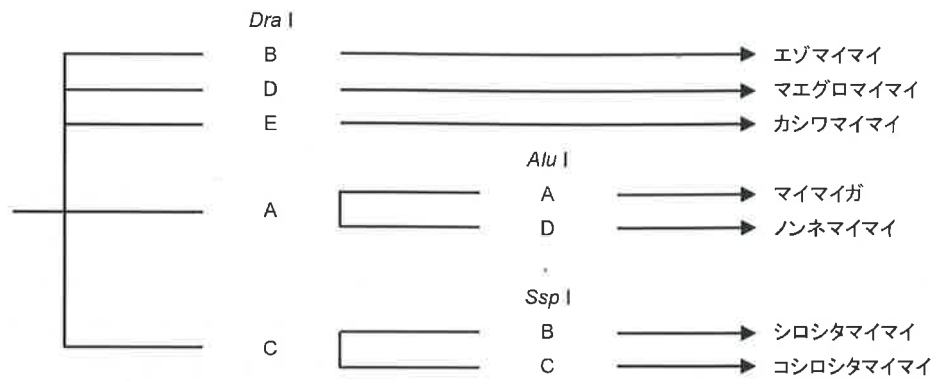


図-2 mtDNAの推定されたPCR-RFLPパターンに基づくLymantria属の種の識別のためのフローチャート
A-Eは表-2で定義したバンドパターンを参照。識部位を四角で囲んだ。(Arimoto and Iwaizumi (2014) を改変)

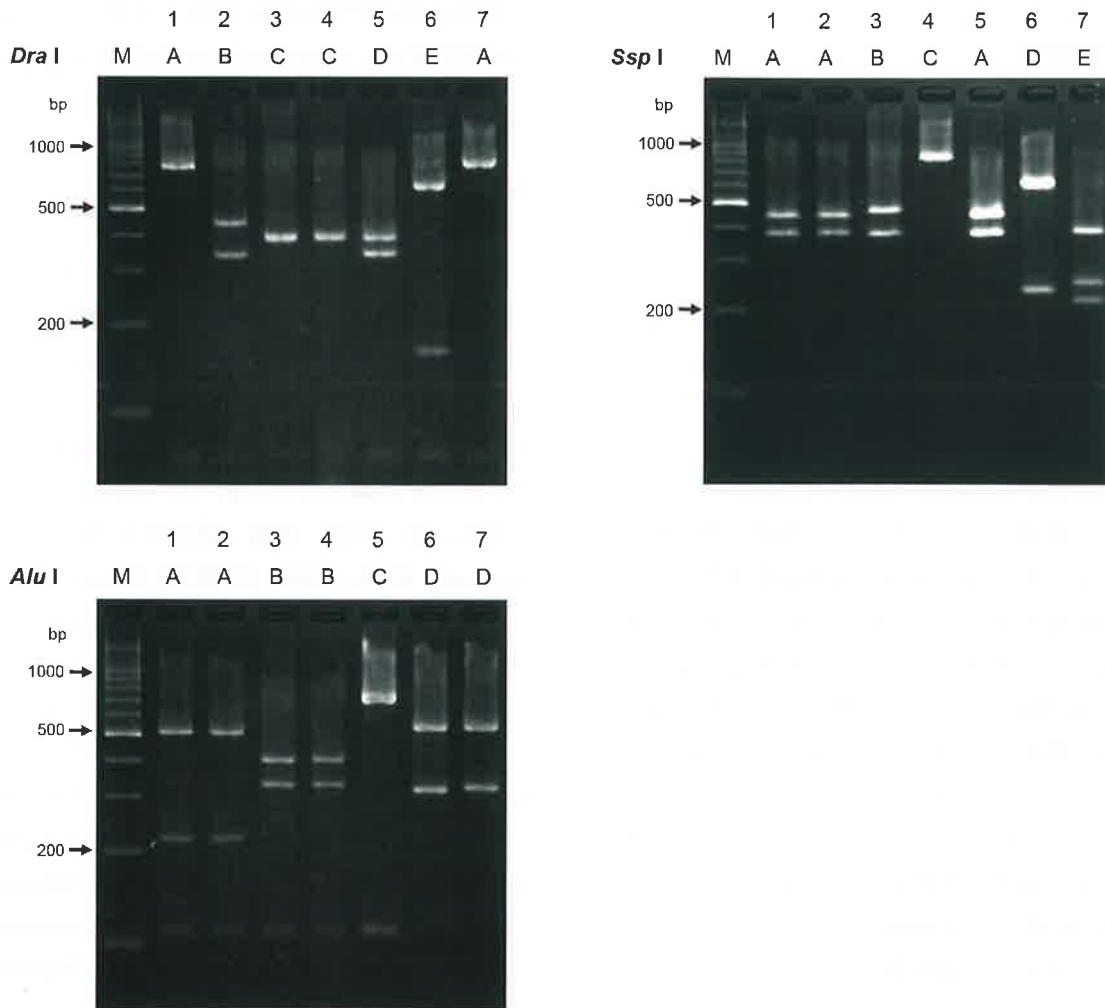


図-3 Lymantria属のPCR-RFLP バンドパターン

1: *Lymantria dispar japonica* (マイマイガ); 2: *Lymantria umbrosa* (エゾマイマイ); 3: *Lymantria albescens* (シロシタマイマイ); 4: *Lymantria postalba* (コシロシタマイマイ); 5: *Lymantria xyliina* (マエグロマイマイ); 6: *Lymantria mathura* (カシワマイマイ); 7: *Lymantria monacha* (ノンネマイマイ). M: 100-bpラダー DNAサイズマーカー。A-Fは表-2で定義したバンドパターンを参照。(Arimoto and Iwaizumi (2014) を改変)

291個体のバンドパターンにおいて、種内変異は検出されなかった。従って、本研究において開発したPCR-RFLP法が日本に分布する*Lymantria*属の種を識別するために有用であることを確認した。しかしながら、本研究で使用しなかった個体群の中に、バンドパターンにおける変異が存在する可能性がある。そのため、RFLPパターンにおける変異を調査するために、それぞれの種のさらなる個体群を調査することが望まれる。さらに、本研究で開発したmtDNAのPCR-RFLP法が、本研究で使用しなかった日本産*Lymantria*属の残り5種の識別に適用可能か検証することが望まれる。

5. おわりに

近年、米国及びカナダだけではなく、ニュージーランドやチリも船舶を経路としたAGMの侵入を警戒しており (MPI 2013; SAG 2013), これらの国々が実施する入港時の船舶検査でAGM卵塊が発見された場合、入港の遅延等が起こりうる。従って、これらの国々に向けて出航する船舶が停泊する港湾において、AGMを対象とした防除を行うことが重要である。種の生態に応じた的確な防除を行うためには、発生している種を識別する必要があるが、本稿で紹介した技術が種識別の一助となれば幸いである。

最後に、本研究を行うにあたり、有益な助言をいただいた元東京薬科大学教授の東浦康友博士及び農業環境変動研究センターの吉松慎一博士、岩手県盛岡市で採集されたカシワマイマイの標本をご提供いただいた元森林総合研究所東北支所の松本和馬博士、本研究で解析した残りの*Lymantria*属の標本を採集していただいた各植物防疫所の植物防疫官の方々に心より感謝申し上げます。また、本稿作成にあたり、基となる論文の共著者である横浜植物防疫所の岩泉連統括調査官には的確なアドバイスをいただいた。この場を借りて御礼申し上げます。

引用文献

Arimoto M, Iwaizumi R (2014) Identification of Japanese *Lymantria* species (Lepidoptera:

Lymantriidae) based on PCR-RFLP analysis of mitochondrial DNA. *Appl Entomol Zool* 49: 159 ~ 169

Baranchikov YN (1989) Ecological basis of the evolution of host relationships in Eurasian gypsy moth populations. In: *Proceedings, Lymantriidae: a comparison of features of new and old world tussock moths*. Wallner WE, McManus KA (eds) United States Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 319 ~ 338

Bogdanowicz SM, Schaefer PW, Harrison RG (2000) Mitochondrial DNA variation among worldwide populations of gypsy moths, *Lymantria dispar*. *Mol Phylogenet Evol* 15: 487 ~ 495

Higashiura Y, Yamaguchi H, Ishihara M, Ono N, Tsukagoshi H, Yokobori S, Tokishita S, Yamagata H, Fukatsu T (2011) Male death resulting from hybridization between subspecies of the gypsy moth, *Lymantria dispar*. *Heredity* 106: 603 ~ 613

井上 寛 (1982) ドクガ科. (日本産蛾類大図鑑 第1巻: 解説編. 井上 寛・杉 繁郎・黒子 浩・森内 茂・川辺 湛編, 講談社). 628 ~ 638

Iwaizumi R, Arakawa K (2010) Report on female flight activity of the Asian gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) and flight suppression with a yellow light source in Japan. *Res Bull Pl Prot Japan* 46: 9 ~ 15

Keena MA (1996) Comparison of the hatch of *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae) eggs from Russia and the United States after exposure to different temperatures and durations of low temperature. *Ann Entomol Soc Am* 89: 564 ~ 572

Keena MA, Côté M-J, Grinberg PS, Wallner WE (2008) World distribution of female flight and genetic variation in *Lymantria dispar* (Lepidoptera:

- Lymantriidae) Environ Entomol 37: 636 ~ 649
 岸田泰則 (2011) ドクガ科. (日本産蛾類標準図鑑 2. 岸田泰則編, 学研教育出版). 139 ~ 147
- Kox LFF, van den Beld HE, Lindhout BI, de Goffau LJW (2005) Identification of economically important *Liriomyza* species by PCR-RFLP analysis. EPPO Bulletin 35: 79 ~ 85
- Lee M-L, Lee M-H (1997) Amplified mitochondrial DNA identify four species of *Tetranychus* mites (Acarina: Tetranychidae) in Korea. Korean J Appl Entomol 36: 30 ~ 36
- McKern JA, Szalanski AL (2007) Molecular diagnostics of economically important clearwing moths (Lepidoptera: Sesiidae). Florida Entomol 90: 475 ~ 479
- Ministry for Primary Industries (MPI) (2013) Requirements for Vessels Arriving in New Zealand. Ministry for Primary Industries Biosecurity and Environment Group Standards Branch, Wellington. 16pp
- Muraji M, Nakahara S (2002) Discrimination among pest species of *Bactrocera* (Diptera: Tephritidae) based on PCR-RFLP of the mitochondrial DNA. Appl Entomol Zool 37: 437 ~ 446
- Myers JH, Simberloff D, Kuris AM, Carey JR (2000) Eradication revisited: dealing with exotic species. Trends Ecol Evol 15: 316 ~ 320
- North American Plant Protection Organization (NAPPO) (2009) NAPPO regional standards for phytosanitary measures (RSPM) No. 33, Guidelines for regulating the movement of ships and cargo from areas infested with the Asian gypsy moth. The Secretariat of the North American Plant Protection Organization, Ottawa, Ontario, 11pp
- Pogue MG, Schaefer PW (2007) A review of selected species of *Lymantria* Hübner [1819] including three new species (Lepidoptera: Noctuidae: Lymantriinae) from subtropical and temperate regions of Asia, some potentially invasive to North America. United States Department of Agriculture Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team, Morgantown, West Virginia, 223pp
- Schaefer PW, Weseloh RM, Sun X, Wallner WE, Yan J (1984) Gypsy moth, *Lymantria* (= *Ocneria*) *dispar* (L.) (Lepidoptera: Lymantriidae), in the People's Republic of China. Environ Entomol 13: 1535 ~ 1541
- Schintlmeister A (2004) The taxonomy of the genus *Lymantria* Hübner, [1819] (Lepidoptera: Lymantriidae). Quadrifina 7: 1 ~ 248
- Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) (2013) Establece requisitos fitosanitarios para el ingreso de naves provenientes de áreas con presencia de Polilla Gitana Raza Asiática (PGRA) *Lymantria dispar asiática* Vnukovskij y *Lymantria dispar japónica* (Motschulsky) (Lepidoptera, Lymantriidae). Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero, Dirección Nacional, Chile. <http://normativa.sag.gob.cl/Publico/Normas/DetalleNorma.aspx?id=1053556>, 2016.2.17参照
- Szalanski AL, Austin JW, Owens CB (2003) Identification of *Reticulitermes* spp. (Isoptera: Reticulitermatidae) from south central United States by PCR-RFLP. J Econ Entomol 96: 1514 ~ 1519
- Wallner WE, Humble LM, Levin RE, Baranchikov YN, Cardé RT (1995) Response of adult Lymantriid moths to illumination devices in the Russian far east. J Econ Entomol 88: 337 ~ 342
- 横地 洋 (2007) 輸出検疫協議の現状と課題について. 植物防疫 61: 451 ~ 456
 (2016.3.17受付, 2016.3.25掲載決定)

新刊紹介

奇妙な菌類 —マイクロ世界の生存戦略—

NHK出版新書484, 217頁

著者：白水 貴

2016年4月10日発行, 定価780円(税別)

ISBN 978-4-14-088484-3

発行所：NHK出版

本書は、様々な菌類の生態系での役割を、豊富な文献情報や自身の研究に基づいて幅広い分野にわたり、最近明らかになった事実も加えて解説したものである。日陰者の菌類に対する著者の情熱が随所にほとばしっており、面白い読み物になっている。著者は現在国立科学博物館の日本学術振興会特別研究員として、菌類の多様性や生態について研究している気鋭の研究者であり、NatureあるいはScienceのような国際的雑誌からの引用も多く、内容が説得力あるものになっている。著者は、「菌類について知ることは、見えない物の存在を感じ、不思議に思い、理解しようとすることである」と記している。本書を「森林防疫」で紹介するのは、森林の生物被害問題への対処に際し、ここに記されたような見方は、問題の根本的な解決へ通じるのではないかと感じたからである。

本書は5つの章から構成されている。第1章「菌類の奇妙で面白い世界」では、分解者としての菌類が進化しなければ、現在見られる陸上生態系は存在しなかっただろうという考えや、菌類は昆虫に匹敵する多様性を誇るが、未知の種は昆虫より多いだろうと言うようなことなど、菌類の世界は新たな発見に満ち溢れていることが紹介されている。第2章「菌類のしたたかな社会生活」では、菌根菌の菌糸が岩を砕き、動植物が生きる基盤となる土壌がゆっくりと作られてきたこと、菌類によって掘られる土壌中の坑道の長さを調べると、1年間に土壌1リットルあたり150mもの坑道が形成されていること、植物と菌根菌の養分のやりとりには、人間の市場経済の下での協力関係のように、利益をきっちり計算した上での打算的な関係があること、菌根菌を介した植物間での情報伝達には、まさに人間が開発したインターネットさながらのシステムが地下の菌糸によって張り巡らされていること、さらにナラ枯れで



のキクイムシと菌との関係、ハキリアリと担子菌との共生関係、シロアリと担子菌との関係など、様々な興味ある現象が紹介されている。第3章「変幻自在の巧みなサバイバル術」では、冬虫夏草のような昆虫寄生菌、疑似花をつくり昆虫を呼び繁殖を助けて貰うさび病菌、世界最大の生物としてのナラタケ菌、アリをゾンビのように変えてしまう菌、線虫を罠で補食する菌、銃を使って獲物をハンティングする菌、キノコに寄生する菌など、巧みなサバイバル術が紹介されている。第4章「生態系を支える驚異の能力」では、内生菌の感染の有無によって、トマトやハクサイの放射性セシウムの吸収量が変わってくること、分解者である菌類は豊かな生物相を誇る陸上生態系を陰で支えていることなど、第5章「人類にとって菌類とは何か」では、樹木寄生菌を利用したスギ花粉飛散の抑制技術の開発、微生物農薬の将来や、内生菌を作物に感染させて、病原菌への抵抗性を増加させる試みなどの紹介もある。

本書に記された内容については、それぞれ元の文献が明記されているので、さらに詳細を知りたい場合は内容を追うことが可能である。著者が、ミクロな視点を持つことで、自然の見え方が随分と変わってくるのではないかと書いているように、森林の生物被害や生物多様性と関係した仕事をされている方々に、自然の見方を広める本としてぜひ本書をお薦めしたい。(元(独)森林総合研究所 金子 繁)

都道府県だより

「サンプスギ」における非赤枯性溝腐病被害対策と再生への取組

○千葉県概况

千葉県は、県の北部、北総地帯には地味肥沃な平野が広がり、南部は愛宕山の408mを筆頭に、200～300m級の丘陵が連なっています。

森林資源に目を向けると、千葉県の森林面積は157,798ha、森林率は30.6%と、全国平均の半分以下、第46位となっています。樹種の構成はスギの占める割合が最も高く82%、以下ヒノキ、マツ類、クヌギと続きます（※数値は平成27年3月末時点）。

今回は、その千葉県の主要樹種であるスギの一品種「サンプスギ」において発生している「スギ非赤枯性溝腐病」とその対策を紹介します（図-1）。

○スギ非赤枯性溝腐病とは

(1) サンプスギとは

千葉県には、「サンプスギ」と呼ばれる、県東部

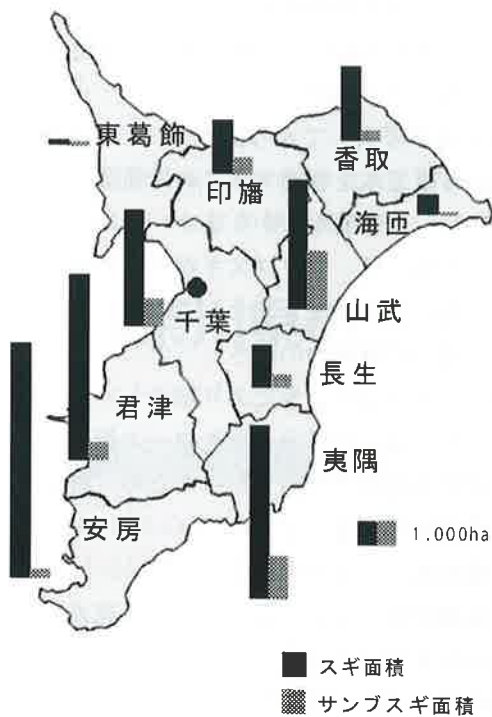


図-1 サンプスギ分布図



写真-1 成長がよくそろったサンプスギ林

の山武地方において古くから育てられてきた挿し木スギの一品種（クローン）があります。材は通直・完満であり、材色は淡紅色で美しく、枝は細く枯れ上がりが早く、雄花（花粉）をほとんど着けないといった優れた特長があり、昭和30～40年代から盛んに植林されてきました（写真-1）。

(2) 非赤枯性溝腐病の発見

1960年代に茨城県南部のサンプスギに溝腐れ症状が多発しているという報告を受け、国立林業試験場が調査を行い、病原菌等が究明されました。スギ苗木の病気である赤枯病が原因で起こる溝腐病とは異なる病気であることから、この病名がつけられました。

(3) 被害発生のメカニズム

「非赤枯性溝腐病」は、チャアナタケモドキ (*Fomitiporia torreyae*) というキノコ（担子菌）の一種による、生立木の辺材腐朽病です。千葉県北部から茨城県南部にかけて「黒ボク土（くろぼくど）」といわれる火山灰に植栽されたサンプスギに被害が多く見られます。

- ① 病原菌は、枯枝や枯枝痕から侵入し、形成層や辺材部を腐らせる。

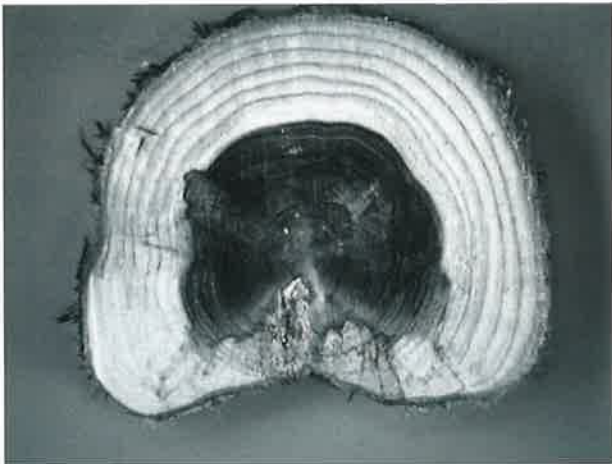


写真-2 罹病木の断面



写真-4 中折れした被害木



写真-3 チャアナタケモドキ子実体

- ② 形成層が枯死するため、肥大成長は停止し、枯枝等を中心に上下方向に溝ができる。
- ③ 周辺からの巻き込みがほとんどないため偏平なへこみとなる（写真-2）。
- ④ 腐朽が進行すると、まれに膏薬状の子実体が発生し、夏季に胞子を放出させて新たな感染源となる（写真-3）。
- ⑤ 腐朽した材は褐色雲型の帯線ができ、もろくなっているため風や雪で折れやすくなる（写真

- 4）。

(4) 千葉県における被害

平成7年度に行ったサンプスギ一斉林（当時15～70年生）での調査において、北総地域において甚大な溝腐病被害が生じていることが確認されました。

○被害が大きくなった理由

なぜここまで被害が大きくなってしまったのでしょうか。それにはいくつかの理由があります。

(1) 発現までの時間

病原菌が侵入してから溝が形成され腐朽に至り、外観から被害木を判別できるのは植栽後約20年経過してから、と時間がかかります。そのため、植林を進めた当時には、サンプスギが本病に罹病しやすいという欠点を認識できませんでした。

(2) 本病への抵抗力の弱さ

サンプスギは挿し木により増やし、植栽が進められました。遺伝的に同一なクローン個体であり、本病に対する感受性も同じだったため、林分全体が被害に遭う結果となりました。

(3) 個体同士の競争の生じにくさ

一品種の挿し木苗による造成は、成長がよくそろうというメリットもあります。しかし、それは実生に比べ個体差がなくなり、間伐が遅れると形状比が高く樹冠が小さくなり、活力が低下することにつな

がります。サンプスギの特徴である「樹冠の幅が狭い」という点がマイナスに作用してしまった可能性があります。

(4) 自然落枝を期待した枝打ちの未実施

サンプスギの特徴として、「枝が細く枯れ上がりやすく早く自然落枝しやすい」という点があります。そのため、生枝打ちを行わず、自然落枝に期待した保育が行われていました。しかし、腐朽菌は枯枝や枯枝痕から侵入していました。

○被害対策

これ以上被害を広げないために、千葉県では、『スギ非赤枯性溝腐病の拡大防止』『公益的機能の回復』『木質資源の循環利用』を目的として、被害率が高く、かつ、緊急的に整備する必要があるサンプスギ林を対象に、伐倒、搬出及び資源の有効活用のための運搬を支援しています。

(1) 被害木の伐倒、搬出

被害木は子実体発生の予備軍となるため、林内から除去しなければなりません。抜き切りでは、罹病していても症状が発現していない段階の木が林内に残り、後々の被害につながる可能性があるため、被害林分の皆伐による被害材の伐倒、搬出を後押ししています。

(2) 伐採跡地の植栽

市町村森林整備計画に定められた人工造林の対象樹種として、スギ・ヒノキ等の針葉樹や、クヌギ・

コナラ等の広葉樹が植栽されています。ただし、伐採跡地にサンプスギを植えると、植栽後20年経過した頃から再度本病の被害を受ける可能性があるため、スギを植える場合はサンプスギ以外の品種を選択することとしています。

(3) 木質資源の循環利用

本病に罹病した木の腐朽部分はもろいため、建材としての利用は一部に限られますが、炭・薪・チップ等での利用も可能です。そのため、被害木を木材加工施設等まで運搬をする場合、その経費の一部を補助し、材の有効活用を促進しています。

○サンプスギ林の今後

材価の低迷等による所有者の森林経営意欲の減退、再造林やその後の保育経費負担へのためらいなど、被害森林の更新を進めることは容易ではありません。しかし、被害林を放っておけば、周囲へ被害が広がるおそれもあります。今後は、被害材の木質バイオマス等への活用なども視野に入れながら、市町村等と連携の上、森林所有者の理解を得ながら、本病への対策を図っていきます。また、被害を受けていないサンプスギ林については、枯枝痕からの病原菌の侵入を防ぐための生枝打ちや、形状比を適正にして活力ある林分を形成するための間伐など、適切な保育を推進していきます。

(千葉県農林水産部 森林課)

神奈川県の子ホンジカ管理捕獲について

○シカ問題のこれまでの経緯

神奈川県の子カの生息域である丹沢大山地域では、1953～1954(昭和28～29)年に子カの狩猟を解禁したことにより子カは激減したことから、1955(昭和30)年から15年間にわたって子カ猟は全面的に禁止され、また、1961(昭和36)年には高標高域を中心に鳥獣保護区が設定され、子カの保護が図ら

れました。

一方で1950年代後半から1970年代に広範囲の人工造林が実施され、子カのご食環境が急速に向上したこと等により、山地内で子カの個体数は増加し分布域が拡大しました。その結果、造林木への被害や農業被害も発生するようになり、1967(昭和42)年から有害獣駆除の実施や造林地に防護柵設置等の被害防除対策が講じられました。

その後、防護柵の設置と造林木の成長により、シカが造林地を餌場として利用できなくなる状態が進んだことや高標高域を中心に鳥獣保護区が設定されたこと、加えて近年の暖冬の影響で積雪量が減少したこと等により、シカは高標高域の天然林、鳥獣保護区内を中心に高密度化することとなりました。

シカが高密度化している地域では、累積的な利用圧により下層植生の消失や森林土壌の流出、不嗜好性植物の分布拡大、大木の樹皮剥皮の発生など自然植生の劣化が顕著となり、極めて憂慮すべき事態が生じています。

神奈川県では、生物多様性の保全と再生及び農林業被害の軽減を目指すとともに、長期的な観点からシカ地域個体群の安定的な存続を図ることを目的として2003（平成15）年度から第1次ニホンジカ保護管理計画を策定し、以降対策に取り組んでいます。

○シカ捕獲数の推移について

神奈川県のシカ捕獲数は、第1次ニホンジカ保護管理計画以降、第2次計画（2007～2011年度）から3次計画（2012～2016年度）と段階的に捕獲強化を実施しており、第3次計画開始以降は、毎年度2000頭以上の捕獲が行われています（図-1）。

特に、自然植生回復・生息環境の基盤づくりを目的とした管理捕獲（図-1「植生回復」部分）については、自然環境保全センターが、丹沢大山地域における森林の下層植生の回復を図るため、神奈川県



写真-1 平成27年5月高標高域捕獲（不動の峰から丹沢山西側斜面 距離200m）

猟友会の協力により、シカ管理捕獲を実施しています。

全国的に見ても、国立、国定公園などの山岳地における継続した管理捕獲は、神奈川県独自の取組であり、3次にわたる取組の強化は、県猟友会の協力によるところが大きいと言えます。

自然環境保全センターでは、こうした猟友会への委託による管理捕獲とともに、行政でも捕獲実施体制を強化すべく、2012（平成24）年度に国内では初めてワイルドライフレンジャーとして、シカ管理捕獲を専従的に行う5名を配置し、丹沢山地の中高標高域でのシカ捕獲（写真-1）を進め、配置後4年目に入り序々に捕獲実績を上げてきています。

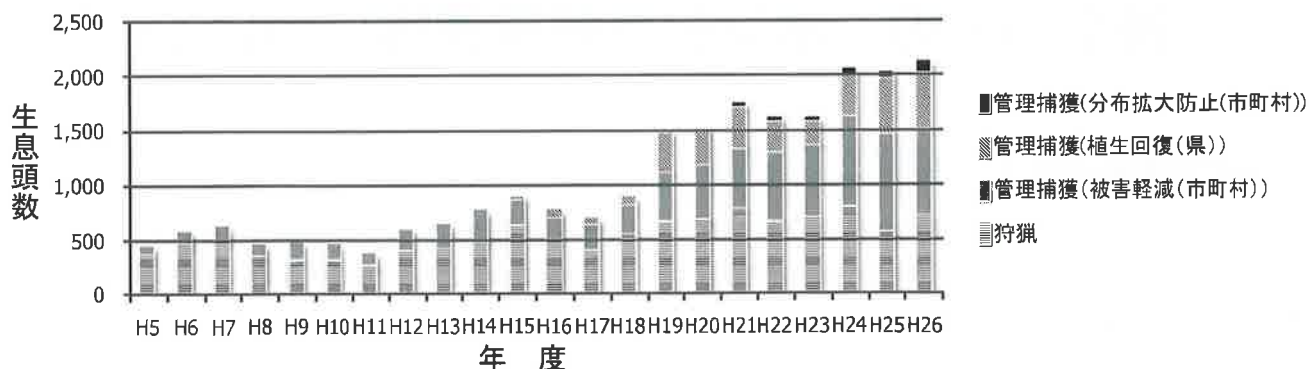


図-1 管理捕獲実績

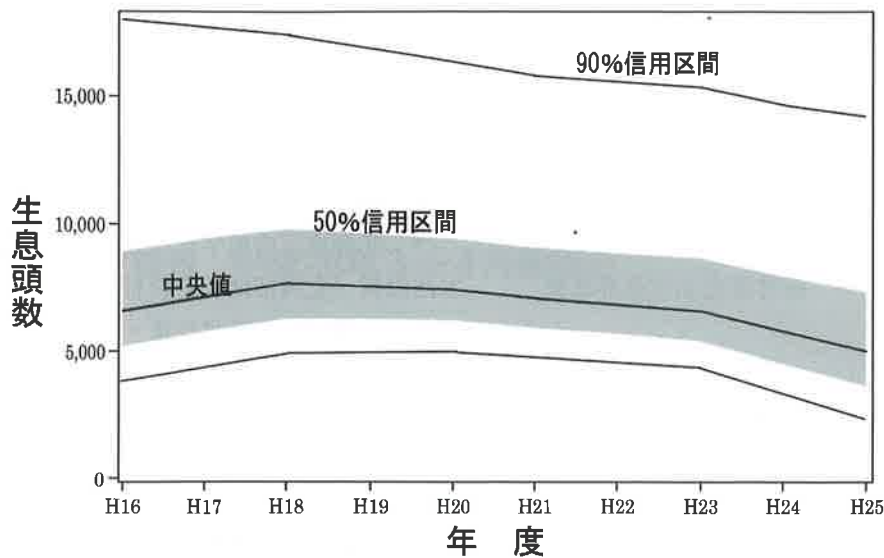


図-2 生息数の推計値

○シカ推定個体数の推移について

このようなシカ捕獲強化に並行して、実施状況に応じて見直しを実施していくために、例えば場所ごとの生息数を区画で区切って目視カウントする区画法、シカの糞を計測する糞粒法・糞塊法、下層植生の生育状況を調査する植生調査などの継続的なデータ収集を、全国の中でも綿密に行っています。

一方、昨年度までに環境省と学識者によりシカ生息数推計方法として、新たに検討が進められた「階層ベイズモデル」が公表されています。この新たな推計手法により、これまでに取得した基礎データを元に、丹沢大山地域の生息数の推計を行ったところ図-2のような結果となりました。

この推計結果を見ると、第2次計画期間における毎年1500頭レベルの捕獲実施により、シカ生息数の緩やかな減少が始まり、第3次計画からの毎年2000頭レベルの捕獲実施により、さらに減少傾向が大きくなっていることが読み取れます。この推計値と実

際の生息数との推計誤差は、引き続き検証していく必要がありますが、これまでのシカ捕獲強化により保護管理区域内の生息数が減少に向かっている可能性があることが、こうした統計的な解析手法でも明らかとなりました。

○今後のニホンジカ管理事業について

2003(平成15)年度より、3次にわたり捕獲強化を進めてきたニホンジカ保護管理事業により、丹沢大山地域の全体生息数の減少傾向が明らかになり始めており、場所によっては下層植生の回復が見られるなど、自然再生の兆しが見え始めてきたところです。

山域全体の植生回復にはまだ道のりは遠いといえますが、今後は現行の捕獲体制を継続しつつ、低密度化したうえでもシカが溜まり易い、比較的まとまった傾斜のゆるい南向き斜面の森林など、場所ごとに必要な切れ目のない対策を、シカの生息状況に応じて進めて行く必要があると考えています。

(神奈川県自然環境保全センター)

森林防疫ジャーナル

名称変更（平成28年4月1日）

- （森林微生物研究領域） → 森林研究部門きのこ・森林微生物研究領域
- （野生動物研究領域） → 森林研究部門野生動物研究領域
- （森林昆虫研究領域） → 森林研究部門森林昆虫研究領域

森林総合研究所生物関連人事異動

（平成28年3月31日）

太田祐子（森林微生物研究領域チーム長）

→ 退職

牧野俊一（北海道支所長）

→ 退職

奥村栄朗（四国支所チーム長）

→ 退職

（平成28年4月1日）

小泉 透（研究コーディネータ（生物多様性・森林被害研究担当））

→ 研究ディレクター（生物多様性・森林被害研究担当）

根田 仁（きのこ・微生物研究領域長）

→ 森林研究部門きのこ・森林微生物研究領域長
森林研究部門副部門長併任

岡部貴美子（森林昆虫研究領域チーム長（昆虫多様性担当））

→ 戦略研究部門生物多様性研究拠点長

矢部恒晶（九州支所森林動物研究グループ長）

→ 北海道支所産学官民連携推進調整監

大西尚樹（企画部研究企画科主任研究員）

→ 内閣府総合科学技術・イノベーション会議事務局

森林研究部門野生動物研究領域鳥獣生態研究室併任

中村充博（野生動物研究領域主任研究員）

→ 森林研究部門野生動物研究領域チーム長（鳥獣管理担当）

永田純子（野生動物研究領域主任研究員）

→ 森林研究部門野生動物研究領域主任研究員
企画部研究企画科ダイバーシティ推進室併任

川上和人（野生動物研究領域主任研究員）

→ 森林研究部門野生動物研究領域主任研究員
戦略研究部門生物多様性研究拠点併任

神崎菜摘（森林微生物研究領域主任研究員）

→ 森林研究部門きのこ・森林微生物研究領域主任研究員

戦略研究部門生物多様性研究拠点併任

安田雅俊（九州支所主任研究員）

→ 九州支所森林動物研究グループ長

お知らせ

森林防疫編集委員は次の通りです（平成28年4月1日現在）。

佐橋憲生 森林総合研究所森林病害担当チーム長
服部 力 森林総合研究所森林病理研究室長

浦野忠久 森林総合研究所生物的制御担当チーム長
北島 博 森林総合研究所広葉樹害虫担当チーム長
堀野眞一 森林総合研究所野生動物研究領域長
岡 輝樹 森林総合研究所鳥獣生態研究室長
島津光明 全国森林病虫獣害防除協会技術顧問

森林病虫獣害発生情報：平成28年3～4月受理分

病 害

なし

虫 害

なし

獣 害

なし

（森林総合研究所 佐橋憲生／尾崎研一／堀野眞一）

森林防疫 第65巻第3号（通巻第714号）
平成28年5月25日 発行（奇数月25日発行）

編集・発行人 佐藤重芳
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 1,339円（送料込，消費税込）
年間購読料 6,696円（送料込，消費税込）

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.main.jp/>