

森林防疫

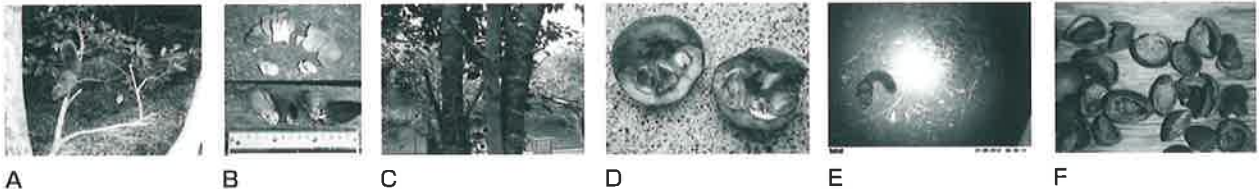
FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

速報	
埼玉県草加市の‘染井吉野’におけるカミキリムシ外来種クビアカツヤカミキリ <i>Aromia bungii</i> の発生と被害 【加納正行・野中俊文・桐山 哲・岩田隆太郎】	3
論文	
伊豆大島におけるクリハラリスのツバキ被害の実態と対策 【繁田真由美・藤井友紀子・繁田祐輔】	8
短報	
中国北東部の <i>Anaglyptus subfasciatus</i> とされている種について 【楨原 寛】	19
解説	
マツノマダラカミキリ近縁種のフェロモンに関する最近の研究について 【中牟田 潔】	21
学会報告	
IUFROユニット7.02.10マツ材線虫病会議2013(ドイツ)報告 【中村克典】	25
読者の広場	
中国福建省のマツ林における害虫防除, 粉炮—糸状菌爆弾—の施用について 【佐藤大樹・島津光明】	34
新刊紹介	
「植物病原菌類の見分け方 ～身近な菌類病を観察する～」 【金子 繁】	37
都道府県だより：山口県	38
森林病虫獣害発生情報：平成26年3月・4月受理分	40
林野庁だより：人事異動（平成26年4月1日）	40
森林防疫ジャーナル：(独)森林総合研究所生物関連人事異動（平成26年4月1日）	40
協会だより	41



[表紙写真] さまざまなツバキの部位を利用するクリハラリス（東京都大島町）

写真A：調査枝を訪れたクリハラリス。鼻先がツバキの花粉で黄色い。
 写真B：蕾と花の食痕：ツバキの花蜜や花粉，花の基部を食べる。花卉をはずす場合（上）と花全体を枝から切り離す場合（下）がある。
 写真C：環状の剥皮痕：滲み出した樹液をなめる。
 写真D：食害果実：未成熟な果実の内部にある硬化していない種子中のゼリー状の胚乳を食べる。食べられて間もないため，緑色をしている。
 写真E：落下種子を食べに来たクリハラリス。
 写真F：食害種子：硬い殻を割って中の油脂分に富む子房を食べる。

クリハラリス（齧歯目リス科）は特定外来生物に指定されており，日本では少なくとも16ヶ所で定着している。定着した地域では，農作物や林業への被害，生活環境等への被害，生態系被害などさまざまな問題を引き起こしている。伊豆大島では，ツバキに対する被害が毎年繰り返されており，季節に応じてツバキのさまざまな部位がクリハラリスに利用されている。冬から春にかけては，花と樹液が利用され，初夏には未成熟な果実が食害される。特に秋から春までの長い期間，落下した種子が食べ続けられる（詳細は本文8ページ参照）。

((株)野生生物管理 繁田真由美)

速報

埼玉県草加市の‘染井吉野’におけるカミキリムシ 外来種クビアカツヤカミキリ *Aromia bungii*の 発生と被害

加納正行¹・野中俊文²・桐山 哲³・岩田隆太郎⁴

1. はじめに

2013年7月12日付けの埼玉新聞に「草加で外来カミキリムシ発見、樹木に寄生、被害」(<http://ceron.jp/url/www.saitama-np.co.jp/news/2013/07/12/06.html>)という記事が掲載されるとともにネット配信された。本記事によれば、埼玉県草加市の葛西用水の両岸にある‘染井吉野’(*Cerasus × yedoensis* ‘Somei-yoshino’: 以下サクラ)の木にカミキリムシ外来種*Aromia bungii*の発生が確認され、分布拡大が進んでおり、被害防止に向け情報提供を求めているとのことであった。

本種はカミキリムシ科Cerambycidae-カミキリ亜科Cerambycinae-アオカミキリ族Callichromatini-ジャコウカミキリ属*Aromia*に属し、成虫は大型で全体は艶のある黒色、前胸背板が赤色タイプと黒色タイプの2型を有する(写真-1a)。Okamoto (1927)は朝鮮半島のカミキリムシ相の報告において前者をクビアカツヤカミキリ*Aromia cyanicornis*、後者をクロツヤカミキリ*Callichroma bungii*としているが、本種の学名は、Gressitt (1942)により整理された*Aromia bungii* (Faldermann)の名称が現在用いられている。本報告の当該地域では前胸背板が赤色のタイプのみが得られていることを考慮し、本報告では本種の和名にクビアカツヤカミキリを採用する。

クビアカツヤカミキリは、元来アジア大陸(中国、台湾、朝鮮半島、ロシア)に分布し、モモ、アンズ、スモモ、ウメ、サクラ類、ナシ、ザクロ(以上バラ科)、ヤナギ類、イチイガシ、カキノキ、クワ等々を宿主とする一次性の1~3年1化性のカミキリムシである(Gressitt 1942; 胡・他 2007; 他)。中国

ではモモ、アンズ、スモモの重要害虫として知られ、成虫・幼虫生態や防除に関する研究が集中的に行われている(呂 1995; 劉ら 1999; 張ら 2000; 余・高 2006; 馬ら 2007; 王ら 2007; 他)。本種は近年、ヨーロッパ(ドイツやイタリア)にも侵入し、スモモ、アンズ、サクラの害虫として警戒されている(Sama and Rapuzzi 2011; Burmeister *et al.* 2012; Garonna *et al.* 2013)。日本では2012年7月に愛知県海部地域のサクラ、ウメで本種の成虫、虫孔、フラスの確認が報告されている(愛知県 2013)。

2. 葛西用水沿いでの状況

筆者の一人野中は、新聞記事の配信翌日の2013年7月13日に当該地域を訪れ、実地検証を行った。当日は筆者以外にも当地に本種を求める採集者が数名いたが、確認された生きた個体は1♂1♀(写真-1b)のみであった。しかしながら周辺のサクラには、本種の食害を示すフラス(写真-2)がかなりの本数のサクラで確認され、根元には駆除した成虫個体が散乱するなど、当該地域において多数の個体数が発生しているものと推察された。サクラの中にはおそらく本種の加害によって完全に枯死した個体(写真-3)もあり、多年1化性の本種の生態から察して、数年前から当該地域に本種が侵入していたことを示唆している。葛西用水のサクラにおける本種の発生状況については中村(2013)も報告している。

一方、筆者の一人加納は、2013年7月2日の本種の最初の確認以降、当該地域において表-1に示す期間、調査・捕獲・駆除を行った。調査は主に6:00~18:00の昼間に行い、1日1回を基本とした。この

Aromia bungii (Coleoptera: Cerambycidae), an invasive cerambycid, found at Soka, Saitama Pref., Japan, infesting cherry trees, *Cerasus × yedoensis* ‘Somei-yoshino’

¹KANO, Masayuki, 埼玉県生態系保護協会草加・八潮支部; ²NONAKA, Toshifumi, 草加市;

³KIRIYAMA, Satoshi, 日本大学生物資源科学部; ⁴IWATA, Ryūtarō, 日本大学生物資源科学部

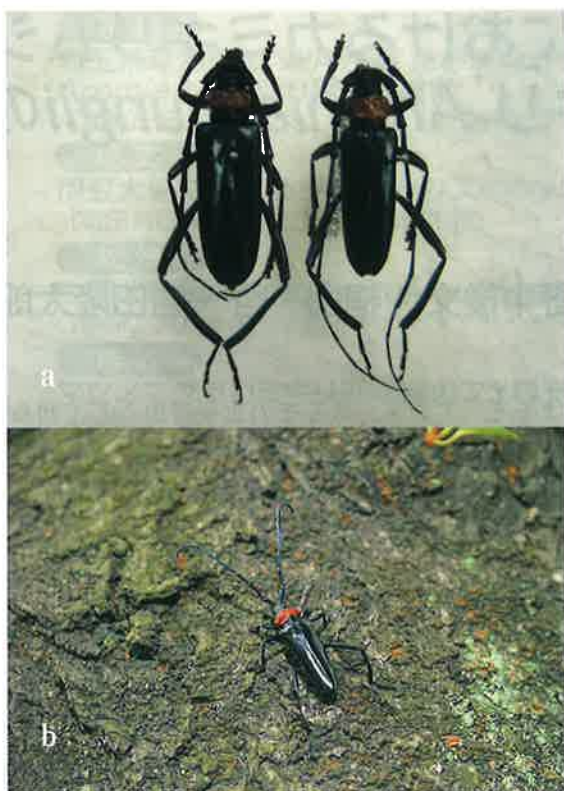


写真-1 クビアカツヤカミキリ *Aromia bungii* 成虫
 a: 中国・北京市産 (右, 雄; 左, 雌).
 b: 埼玉県草加市葛西用水沿いの '染井吉野' 樹幹.



写真-2 クビアカツヤカミキリの食害を受けた埼玉県草加市葛西用水沿いの '染井吉野'. 幼虫フラス排出の状況 (2013年7月13日).

a: 地際に大量に排出された赤褐色のフラス.
 b: 形成層を穿孔する幼虫が排出して間もないと思われる幹上のフラス.

調査期間中に捕獲駆除した個体は、表-1に示す58個体であった (雌雄を区別せず)。

葛西用水には、多くのサクラが植樹されており、春にはサクラの名所となっている。筆者の一人加納が所属する埼玉生態系協会は、2013年7月17日～9月8日に葛西用水および周辺 (草加市および八潮市の一部) のサクラを対象に67箇所調査を行い、24箇所138本で本種によると思われるフラス排出を確認している。これらの結果からは、当該地域周辺にかなりの個体数が生息しているものと推察される。ただしこれまでのところ、成虫が確認されているのは葛西用水周辺のみである。しかし、調査地区を含む草加市の管理しているサクラは2,618本 (国土交通省管理の国道沿いのサクラは含まない) であり、今後の本種の拡散により、甚大な被害に及ぶことが懸念される。

2013年末現在、フラス排出が見られるサクラは、



写真-3 クビアカツヤカミキリの被害により枯死したと見られる埼玉県草加市葛西用水の '染井吉野' (2013年7月13日)

表-1 2013年埼玉県草加市葛西用水沿いのサクラ並木におけるクビアカツヤカミキリ成虫捕獲個体数と捕獲日の気象^{a)}

日付	捕獲個体数	気温 (°C)			降水量 (mm)	備考
		AM9:00	最高	最低		
7月3日	3	24.5	27.9	21.3	0.0	農水省横浜植物防疫所へ送付. <i>A. bungii</i> と同定.
7月6日	10	30.4	34.5	27.1	0.0	
7月7日	15	31.1	35.9	25.5	0.0	
7月8日	12	30.7	37.3	23.7	20.5	降雨は (16 ~ 19時)
7月9日	5	28.9	36.1	23.1	0.0	
7月10日	12	31.3	36.4	25.4	0.0	
7月11日	4	30.8	36.1	24.8	0.0	
7月12日	0	31.4	35.4	25.0	0.0	
7月13日	0	30.1	32.2	24.0	0.0	本文中で述べた2個体を除く

^{a)} 気温・降水量は気象庁HP (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>) による埼玉県越谷観測所のデータ.

埼玉県草加市稲荷4丁目・6丁目・5丁目および青柳1丁目・3丁目・2丁目を中心に、その周辺各地域の草加市松江1丁目、八潮市八條、草加市稲荷5丁目、青柳4丁目、青柳7丁目および新栄町で見られる。このように当地域一帯が本種の本格的蔓延の初期の様相を呈しているものと推察される。

3. 発生木の状況

2013年8月に草加市では特に被害が著しいサクラを4本伐採、八潮市では八條の1本のサクラ被害木

を伐採している。伐採時には、筆者の一人加納を含む埼玉県生態系保護協会のメンバーが立ち会った。その結果、いずれの被害木においても、幼虫穿孔は樹木の樹皮下と木部深くの双方が見られ、木部深くで蛹になっている個体も観察された。穿孔された樹木からはフラスの排出が見られるが、フラス排出が見られた箇所周辺の樹皮が膨らんで裂け、内樹皮と辺材部が枯損しているのが認められた。2013年12月現在、草加市葛西用水沿いのサクラ並木では、完全に枯死したサクラから今後数年で枯死すると思われるサクラまで様々な被害の段階が見られた。フラ

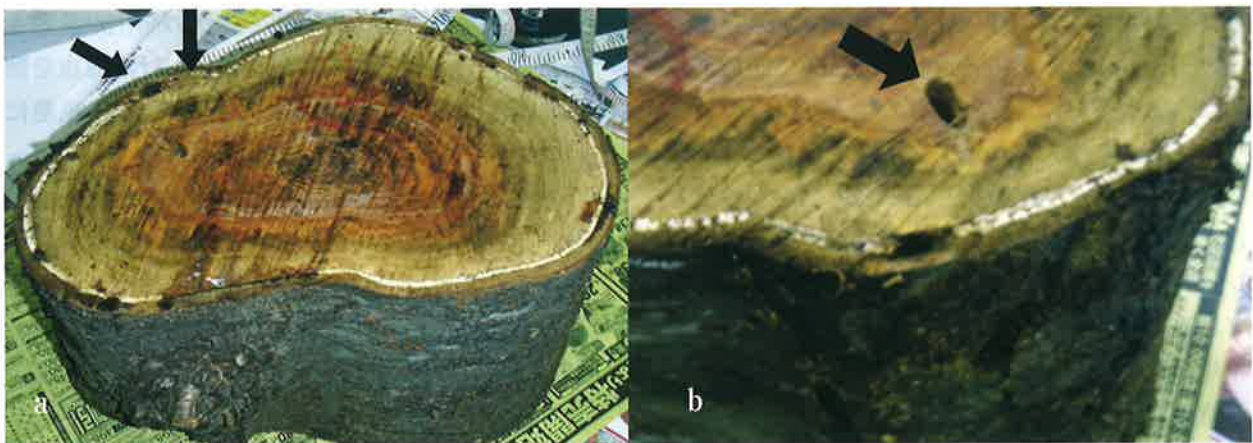


写真-4 埼玉県草加市国道298号線沿いの‘染井吉野’のクビアカツヤカミキリ被害木と食坑道 (矢印)

- a: 左後方樹皮下に食坑道, その手前辺材・心材境界部に別の食坑道.
- b: 心材部に見られる食坑道.

スを排出している箇所は、地際から約0～1.5mが最も多い(写真-2)が、一部では地上高2m以上でも排出が見られた。

成虫発生時期については、2013年の観察では7月上旬に最も多くの個体が確認されている。葛西用水周辺での本種の発生時期は6月下旬～7月中旬で、おそらく7月上旬がそのピークであると考えられる。また筆者の一人加納の観察によれば、羽化脱出成虫は高い箇所で活動することは少なく、ほとんどが地表近くの人の手の届く範囲で活動していた。飛翔個体を目撃することは少なかったが、サクラの樹上を超え飛翔している個体を見ることもあった。調査期間中で、本種の成虫を最もよく観察できたのは午前中の時間帯であった。筆者の一人野中は、2013年7月13日以降の夜間にも何度か観察を行ったが、本種の活動は一切見られなかった。加納は、サクラの樹皮の割れ目に、メスが腹部末端を押し付けて産卵する行動を観察した。

2013年10月には、国土交通省(関東地方整備局北首都国道事務所戸田維持出張所)管理の国道298号沿い(草加市青柳4丁目)で、フラスの確認されたサクラを伐採して丸太を玉切りにし、材内の幼虫および食坑道を確認した(写真-4)。

4. 侵入経路の推定

上述のように、海外ではドイツやイタリアなど欧州でもすでに本種の侵入が記録されている。The Food & Environment Research Agencyの2012年のウェブサイト情報によると、その侵入経路については、原産地から輸入された工業用パレットの材に穿孔していた個体が羽化脱出したことによるものと考えられている。葛西用水周辺にある工場でも多くのパレットを使用しているため、欧州と同様の侵入経路である可能性も考えられる。外国産梱包材からカミキリムシ科一次性種が発生し、これが他国への侵入と重要害虫化へと至った例としては、広葉樹一次性穿孔性害虫であるツヤハダゴマダラカミキリ *Anoplophora glabripennis* (フトカミキリ亜科)の例がある。この種は中国から米国に移入して甚大な

被害を引き起こしており (Haack *et al.* 1997), ヨーロッパでも警戒されている (MacLeod *et al.* 2002)。

5. 今後の対応について

本件については、埼玉県生態系保護協会から農林水産省横浜植物防疫所に報告の後、2013年7月上旬に草加市葛西用水沿いで合同調査が行われ、本種の種同定を行うとともに、埼玉県および草加市に防除を含めた適切な対応を求めた。今後、本種の発生抑制をはじめ駆除に向けた各種の対策が、関係諸機関により実施される予定である。

葛西用水以外の埼玉県草加市や隣接する八潮市の一部でもフラス排出が確認されている状況を勘案すると、本種の潜在的な発生域はすでに比較的広範囲に及んでいる可能性も否定できない。さらに周囲に分布が拡大することで、サクラだけでなくモモやウメなどの農作物への加害も懸念される。本種は、中国(呂 1995; 余・高 2006; 馬・他 2007; 王・他 2007)における生活史と同様、日本でも概ね2年ないし3年1化性と考えられる。当該地域での発生の継続、分布の拡大は日本の街路樹と農作物に大きな被害を及ぼす可能性を孕んでいるため、日本国内における本種に対する駆除や防除は緊急を要する課題である。

現在のところ、本種の最も効果的な拡散防止・駆除の方法は成虫の捕獲である。2014年以降も、草加市葛西用水およびその周辺で本種の発生が予想されるため、発生初期から当該地域における成虫を観察し、その生態を解明するとともに、駆除・根絶に向けた対策の検討と実施が必要であろう。

本種の生息密度が最も高い草加市葛西用水沿いのサクラ並木は人々の憩いの場であり、地域の財産でもある。現地において本種を観察・採集される方々には、無許可の伐採や剥皮行為は器物破損の罪に問われることを念頭におき、節度ある活動をお願いしたい。

謝辞

本報告に際し、多大な御協力を賜った農林水産省

横浜植物防疫所, 埼玉県生態系保護協会草加・八潮支部, 国土交通省関東地方整備局北首都国道事務所戸田維持出張所, 埼玉県草加市, 埼玉県八潮市ならびに日本大学生物資源科学部森林動物学研究室の方々に深く御礼申し上げます。

引用文献

- 愛知県 (2013) 平成25年度病害虫発生予察特殊報 (2): 1 ~ 2
- Burmeister E-G, Hendrich L, Balke M (2012) Der Asiatische Moschsbock *Aromia bungii* (Faldermann, 1835): Erstfund für Deutschland (Coleoptera: Cerambycidae). Nachrichtenblatt der Bayerischen Entomologen 61(1/2): 29 ~ 31
- Garonna AP, Nugnes F, Espinosa B, Griffio R, Benchi D (2013) *Aromia bungii*, nuovo tarlo asiatico ritrovato in Campania. Informatore Agrario 69: 60 ~ 62
- Gressitt JL (1942) Destructive long-horned beetle borers at Canton, China. Special Publication, Lingnan Natural History Survey and Museum (1): 1 ~ 60
- Haack RA, Law KR, Mastro VC, Ossenbruggen HS, Raimo BJ (1997) New York's battle with the Asian long-horned beetle. Journal of Forestry 95(12): 11 ~ 15
- 胡 長効・丁 永輝・孫 科 (2007) 国内桃紅頸天牛研究進展. 農業与技術 27(1): 63 ~ 67
- 劉 奇志・王 玉柱・周 傑良 (1999) 桃紅頸天牛蛀道及排糞特性的研究. 中国農業大学学報 4(5): 87 ~ 91
- 呂 印譜 (1995) 桃紅頸天牛生物学特性及不同虫態防治技術研究. 河南農業科学 1995(7): 25 ~ 27
- 馬 文会・孫 立禱・於 利国・王 景濤・陳 江玉 (2007) 桃紅頸天牛發生及生活史的研究. 華北農学报 22(S2): 247 ~ 249
- MacLeod A, Evans HF, Baker RHA (2002) An analysis of pest risk from an Asian longhorn beetle (*Anoplophora glabripennis*) to hardwood trees in the European community. Crop Protection 21: 635 ~ 645
- 中村裕之 (2013) 埼玉県で発生したアオカミキリの一種 *Aromia bungii*. 月刊むし (513): 14 ~ 15
- Okamoto H (1927) The longicorn beetles from Corea. Insecta Matsumurana 2: 62 ~ 86
- Sama G, Rapuzzi P (2011) Una nuova checklist dei Cerambycidae d'Italia. Quaderno di Studi e Notizie di Storia Naturale della Romagna 32: 121 ~ 164
- 王 景濤・孫 立禱・劉 鉄錚・張 立烟 (2007) 桃紅頸天牛發生特点及防治措施研究. 河北農業科学 11(2): 41 ~ 43, 79
- 余 桂萍・高 幫年 (2006) 桃紅頸天牛生物学特性觀察. 中国森林病虫 24: 15 ~ 16
- 張 旭・曾 超・張 金良 (2000) 桃紅頸天牛生物学特性及防治技術研究. 中国森林病虫 (=森林病虫通訊 19(2): 9 ~ 11
- (2014.2.17受付, 2014.3.8掲載決定)

論文

伊豆大島におけるクリハラリスのツバキ被害の実態と対策

繁田真由美¹・藤井友紀子²・繁田祐輔³

1. はじめに

伊豆大島（東京都大島町）では、特定外来生物に指定されているクリハラリス *Callosciurus erythraeus*（通称：タイワンリス）が1935年に逃亡・定着してからすでに79年が経過している（宇田川 1954）。クリハラリスは、伊豆大島の特産物であり現在は観光資源として花の鑑賞や採油に利用されているツバキ *Camellia japonica* に対して、定着当初から多大な被害を与え続けている。ツバキへの被害は1946年にはすでに看過できない状況にあり、クリハラリスは花蜜を吸うために花を落とし、結実した実を食害し、樹液をなめるために樹幹を激しく剥皮することが報告されている（宇田川 1954）。伊豆大島におけるクリハラリスは、特にツバキに対する依存度が高く、5月～6月に果実（未熟な種子）、7月～10月に種子、冬季に花を採食することが知られている（園田ら 2001）。しかし、クリハラリスがツバキの花や果実・種子、樹皮の各部位に対して、どの時期にどの程度の被害を与えるのかという詳細で具体的な情報は少ない。

一般に、樹木種子の生産量は年による変動が大きく（松岡 2012；滝谷ら 1998）、果実や種子の生産量の増加はそれらを餌資源とする哺乳類の個体数増加をもたらすことが示唆されている（星崎 2006；箕口 1988；安田 1998）。伊豆大島においても、クリハラリスの個体群動態にツバキの果実生産量が影響を与えている可能性がある。主要な餌資源の動態を把握することは、現在進められている防除捕獲の効果の向上につながるだろう。

そこで、本研究は、クリハラリスによるツバキ被害の実態を明らかにするため、ツバキのフェノロジーに応じて、花期（1月～3月）、果実期（5月～

9月）、果実収穫後の落下種子期（10月～3月）のそれぞれの期間に、被害時期や被害量を把握する調査を行った。さらに、ツバキの豊凶に伴う被害の年変動を明らかにするため、剥皮被害や被害量の年比較を行ったのでここに報告する。

2. 調査地

伊豆大島は、伊豆諸島北部に位置する島で、面積は91.1km²である。調査地は、大島町泉津字伊東無の「泉津開拓地」に位置するツバキ園（以下 泉津とする）と、大島町元町字上山の「椿の森公園」に位置するツバキ園（以下 椿森とする）の2ヶ所である（図-1）。各ツバキ園の概要は以下の通りである。

・泉津のツバキ園 - 面積約0.79haで標高235mにあり、約730本のツバキ（樹高約4～5m、樹齢約

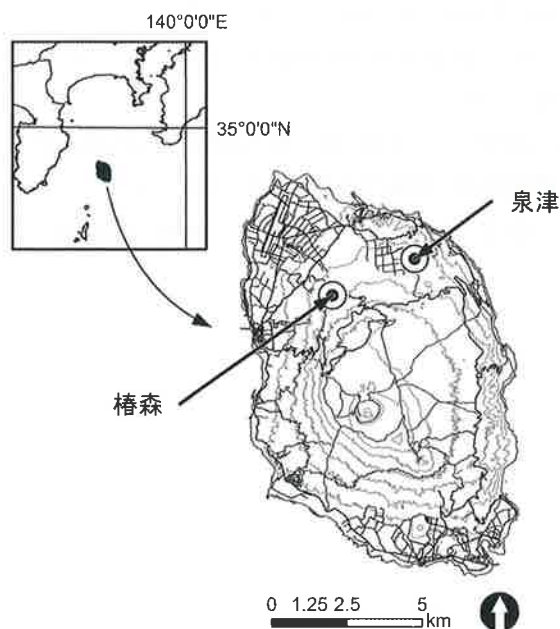


図-1 調査地

表-1 泉津と椿森に設定した調査木と調査枝の計測データ

調査地	調査木				調査枝			
	本数	萌芽幹数	胸高直径(cm)	基底面積(cm ²)	本数	長さ(cm)	枝元径(mm)	ひと枝の繁殖器官数
泉津	30	4.0±2.1	4.5±1.4	16.1±6.7	30	175.8±46.9	28.3±6.1	35.9±14.3
椿森	30	2.1±1.4	5.9±3.6	9.7±4.2	29	197.1±53.0	29.4±9.1	33.9±18.1
検定方法		Wilcoxon 順位和検定	Wilcoxon 順位和検定	Wilcoxon 順位和検定		t検定	t検定	Wilcoxon 順位和検定
検定結果		W=190 <i>p</i> <0.01	W=503 <i>p</i> =0.30	W=175 <i>p</i> <0.01		<i>t</i> =1.63 df=55.7 <i>p</i> =0.11	<i>t</i> =1.42 df=56.4 <i>p</i> =0.16	W=386.5 <i>p</i> =0.47

※それぞれの値は平均±標準偏差 (SD) を示す。

※園路整備のため、椿森の調査枝の1本が2011年3月に伐採されたことから、調査枝は泉津が30本、椿森が29本としてデータを整理した。

40年) が等間隔に植栽されている。林冠が繋がっており、周囲は林地に囲まれている。ツバキの収穫時期は9月から10月にかけてで、開裂前の果実が収穫される。

・椿森のツバキ園 - 面積約9.3haで標高275mにあり、三原山登山道路沿いに広がる「椿の森公園」の一区画である。日当たりの良い園路沿いに植栽された単木のツバキや、樹齢の異なるツバキの植栽地がモザイク状に見られ、周囲は林地に囲まれている。収穫時期は9月から11月上旬にかけてで、大島商工会主催の収穫イベントが催され、開裂して落下した種子が収穫される。

なお、これらのツバキ園は、ツバキへの被害が大きい区域としてクリハラリスの重点駆除区域にされている。2010年7月からクリハラリスの捕獲が行われ、泉津では2013年2月までに453頭、椿森では2011年11月までに226頭が捕獲された(大島町2013)。椿森では、当初、本調査のツバキの調査木(後述)の周辺で捕獲が行われていたが、2011年12月以降は園内の別の場所で行われるようになった。

泉津と椿森において、約1年間(2011年1月～2012年3月)実施したラインセンサス法によると、1km当たりのクリハラリスの目撃個体数は、それぞれ3.4±4.03頭(平均±標準偏差、以下同様)と5.1±4.03頭で、生息密度は椿森でやや高かった(大島町2013)。

3. 調査方法

1) 調査枝の花の調査

ツバキの繁殖器官(蕾が開花し結実して果実となるまでの一連の成長過程の期間を本稿では「繁殖器官」と表記する)の被害状況を調べるため、泉津と椿森にそれぞれ30本の調査木を選定し、そのうちのひと枝を調査枝とした。泉津と椿森それぞれの調査木と調査枝の計測データを表-1に示す。調査木としたツバキの多くは幹の低い位置から複数本に萌芽していた。調査木の萌芽幹数と基底面積は泉津のほうが有意に大きかったが、胸高直径は差が見られなかった。調査枝については、長さ、枝元径、ひと枝の繁殖器官の数のいずれも、泉津と椿森で有意な差は見られなかった。

調査は、調査枝についているすべての繁殖器官(この時点ではほとんどが蕾)に印をつけ、花期(1月～3月)は月1回の頻度で、蕾数、花数、落花(雌しべ)数、枯れ数(蕾枯れ、花枯れ、子房枯れ)、食害数(蕾食害、花食害、子房食害)を記録した。果実期(5月～9月)は2ヶ月に1回の頻度で、果実数や消失原因(虫害、食害、枯れなど)を記録した。花期の調査は2011年1月12～15日、2月14～17日、3月23～25日に、果実期の調査は2011年5月16～21日、7月11～14日、9月14～16日に実施した。さらに、ツバキ果実の豊凶をみるため、2011年と2012年の7月における両調査地の調査枝の果実数を比較した。



写真-1 未成熟な果実内部の未硬化の種子中のゼリー状の胚乳(左)と食害果実(右)

2) コドラート調査

果実期の被害時期や被害量を調べるため、泉津と椿森の地上に各10地点のコドラート(2×2m)を設定した。果実期においてクリハラリスは、未成熟な果実の内部にある硬化していない種子中のゼリー状の胚乳を食害する(表紙写真D, 写真-1)。クリハラリスは枝から果実を切り取って中の種子を食べ、果実の残りの部分を地面に落とす。被害量の把握を容易にするため、この未成熟な食害された果実(「食害果実」とする)をひとつの単位としてカウントした。食べられて間もない食害果実は緑色をしており、古い食害果実は茶色に変色するので区別がつく。調査は、コドラート内の食害果実の個数と新旧を記録した。コドラート内に落下した果実と食害果実は調査のたびにすべて取り除いた。食害果実の調査は2011年6月24～25日、7月11～12日、8月22～23日、9月16～17日、2012年7月8～9日、7月24～25日に実施した。

ツバキの果実は開裂して中の種子(3～9個)が地上に落下する。収穫後、地上に残された落下種子の実態と被害量を調べるため、コドラート内の落下種子の個数と食害種子(表紙写真F, クリハラリスによって硬い殻を割って中の油脂分が食害された種子を「食害種子」とする)の個数を記録した。無傷の落下種子は個数を記録したあとそのままコドラート内に戻し、食害種子のみを取り除いた。食害種子の調査は2011年10月6日、12月10～11日、2012年2月8～9日、3月23～24日、12月26～27日に実施した。

3) 調査木の剥皮痕調査

冬季に見られるツバキ樹皮への剥皮被害の年変動

を調べるため、2010～2012年度の3年間にわたって冬から春にかけて調査を行った。泉津と椿森に設定した繁殖器官の調査木各30本を対象に、地上高2m以内につけられたクリハラリスに特徴的な新しい環状の剥皮痕(表紙写真C)の有無と剥皮痕の数を数えた。剥皮痕の調査は2011年1月12～15日、2月14～17日、3月23～25日、2012年2月8～9日、3月23～24日、12月26～27日、2013年2月22日に実施した。

4. 結果と考察

1) 花期

花期(1月～3月)における開花の進行は泉津と椿森では異なり、椿森のほうが泉津に比べて開花のはじまりが早かった(図-2, 3)。1月から3月にかけて、泉津では9.0%(97個)の繁殖器官が、椿森では30.1%(296個)の繁殖器官が消失した。クリハラリスによって枝についたままの蕾や花、子房の各部位が食害されたものの割合は、泉津では繁殖器官の総数の0.6%(6個)、椿森では2.1%(21個)であった。

クリハラリスによるツバキの蕾と花の採食方法は、以下の4つのパターンが観察された(大島町 2011)。(1)蕾を枝から切り離してその基部を食べる(表紙写真B上)、(2)花の中に吻部を入れ、花蜜のみをなめる(この場合、繁殖器官は被害を受けない)、(3)花弁だけはずして花弁と花の基部を食べる(表紙写真B上)、(4)枝から花全体を切り離して花弁と花の基部を食べる(表紙写真B下)。(1)や(4)のように蕾や花を枝から切り離して食べる場合は本調

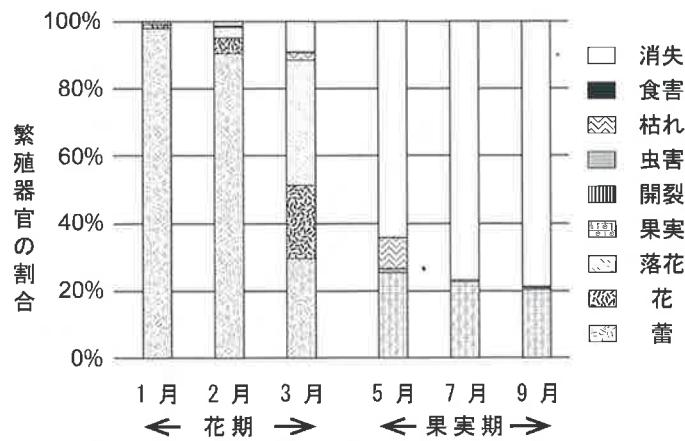


図-2 泉津における花期から果実期の推移

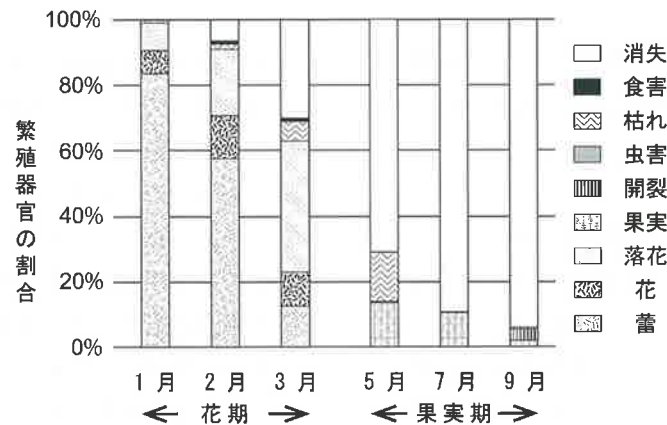


図-3 椿森における花期から果実期の推移

査では消失数にカウントされてしまうため、花期におけるクリハラリスの食害は、一部しか把握できていない可能性がある。食害された繁殖器官の割合はどちらの調査地でも低かったが、椿森のほうがクリハラリスによる繁殖器官への影響が強いと推測された。

2) 果実期

①食害果実

両調査地間で花期に差がみられたことを反映して、果実期（5月～9月）における果実の成熟の進行は両調査地間で異なり、果実が開裂する時期に差がみられた（図-2, 3）。3月から9月にかけて、泉津では69.9%（753個）の繁殖器官が、椿森では64.1%（631個）の繁殖器官が消失した。調査枝の調査では、花期から果実期への移行期（3月～5月）に、成長中の子房を齧られた食害は両調査地でそれぞれ1個

ずつ確認されただけであった。

クリハラリスによる果実期の食害は、前述のように、果実を枝から切り取って中の種子を食べ、果実の残りの部分を地面に落とす。このように果実が枝から切り取られて地面に落とされてしまうと果実の親木が分からなくなるため、正確な食害果実の個数は把握できなかった。しかし、7月と9月の調査の際、調査枝の下にはたくさんの食害果実があった。泉津では30本の調査木のうち、7月に2ヶ所、9月に12ヶ所で、このような新しい食害果実が認められた。また、椿森では29本の調査木のうち、7月に20ヶ所、9月に18ヶ所で新しい食害果実が認められた。これらのことから、泉津では7月から9月にかけて消失した1.9%（21個）の果実の大部分が、椿森では5月から7月にかけて消失した18.4%（181

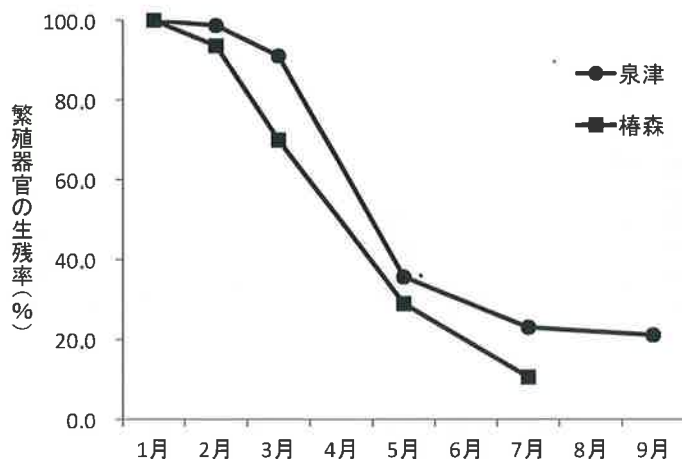


図-4 泉津と椿森における繁殖器官の生残率

※椿森では9月に果実が開裂していたため、9月の生残率は求めなかった。

個)のうち枯れ数15.0% (148個)を除いた33個の果実の大部分がクリハラリスによって食害された可能性が高い。

②生残率と消失原因

1月から9月まで継続して調査枝を調べたところ、生残率(生き残った繁殖器官の割合)は両調査地で違いがみられ、椿森のほうが低く推移した(図-4)。3月から5月にかけて繁殖器官の生残率は急に低下した。これは子房の萎凋やニホンケブカサルハムシ *Lypsthes japonicus* による虫害が原因と考えられる。子房の萎凋は、受粉の失敗などによるツバキの果実の生育不良と考えられた。この時期の子房の萎凋と虫害は消失原因の17.0% (泉津)と26.0% (椿森)を占めた。繁殖器官の消失原因のほとんどは不明(泉津79.6%, 椿森68.1%)であり、この中にクリハラリスが関わるものが含まれている可能性がある。消失数のうち、確実にクリハラリスの食害が原因と判断されたものの割合は泉津3.3% (28個, 繁殖器官の総数の2.6%), 椿森5.9% (55個, 繁殖器官の総数の5.6%)であった。両調査地を比べてみると、センサスでクリハラリスの生息密度がやや高かった椿森のほうが、クリハラリスによる繁殖器官への影響が強かったと言える。

結実数をみると、泉津では調査開始時に存在した1,077個の繁殖器官から274個が結実し、7月に残った果実は243個、9月に残った果実は217個であった。

一方、椿森では984個の繁殖器官から133個が結実し、7月に残った果実は102個、9月に残った果実は開裂した果実数と合わせて52個であった。果実期(5月~9月)には繁殖器官の生残率はゆっくりと低下する。しかし、この時期にクリハラリスの食害が起こることで生残率の低下が顕著になると考えられた。

③被害量の推移と被害時期

6月以降はコドラート内の食害果実を調査することで、果実期の被害量を定量的に評価した。6月下旬では、新しい食害が見られたのは両調査地のコドラート中、1ヶ所(0.5個/m²)であった。食害果実数を1日当たりに換算して各月の被害量を比較すると、調査期間を通じて、椿森は泉津と比べて高く、特に椿森の6月から7月の被害量は0.26±0.33個/m²と最も高かった(図-5)。椿森の被害量は9月にかけて減少したが、泉津では7月から8月にやや増加し、8月から9月にかけて横ばいとなった。次に、各月の調査時における食害果実の新旧の割合をみると、7月中旬は新しい食害果実の割合が泉津、椿森の順に、それぞれ100%, 70.3%と高かった。8月下旬になると、それぞれ1.1%, 2.5%と低くなり、両調査地とも古い食害果実がほとんどを占め、被害のピークは過ぎていた。9月中旬になると、新しい食害果実の割合はそれぞれ11.1%, 0%に低下した。

これらのことから、クリハラリスによるツバキ果実への食害は長期にわたること、そのピークは7月

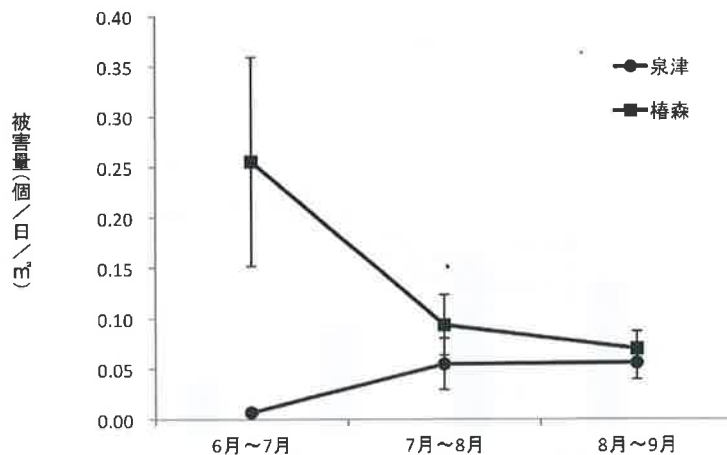


図-5 泉津と椿森における果実の被害量の推移

※それぞれのバーは標準誤差を示す。

中旬から8月上旬であること、調査地によって被害の程度が異なることが明らかとなった。

④累積食害果実数

各コドラートの累積食害果実数について両調査地の平均をみると、泉津では 12.4 ± 15.39 個（範囲：1～52個）、椿森では 38.8 ± 38.50 個（範囲：7～122個）と椿森の方が多かった。両調査地ともにコドラート間のばらつきが大きかった。コドラートごとにみると、毎月多くの食害果実が確認されるコドラートとそうでないコドラートがあった。これはツバキの木によるばらつきが大きいことを意味し、被害を受けている木とそうでない木があること、被害を受ける木は継続して被害を受けること、すなわち同じツバキの木に被害が集中する傾向を示している。ツバキの木による果実生産量の多少は被害量に影響している可能性がある。ツバキの結実数は個体ごとに大きく異なる（0～418個、平均90個；久林ら 2010）ことから、ツバキの個体によっては結実数のほとんどが食害されてしまう場合も起こりうるだろう。

3) 落下種子期

2011年の椿森では、9月に落下種子の食害種子が見られはじめた。2011年10月の調査時点で、椿森ではほとんどの果実は開裂して種子が落下していたが、一部樹上に残されている果実も見られた。一方、同じ時期に泉津では樹上に多くの果実が未開裂で残っていた。

泉津では樹上の果実が開裂して種子が落下したため、コドラート内の落下種子数は10月から12月にかけてやや増加した（図-6）。椿森では10月の落下種子数が最も多く、両調査地ともその後3月にかけて少しずつ減少した。調査期間を通じて、ひとつのコドラート内の無傷の落下種子と食害種子を合わせた最大密度は椿森の89.3個/㎡であった（写真-2）。

椿森の10月の無傷な落下種子数は 14.9 ± 18.03 個/㎡であった。単純に、この値に椿森のツバキ園の面積をかけると、10月の時点で1,385,700個の落下種子が園内に残されていたことになる。これは、種子1個を約0.8g（久林ら 2010）として重量に換算すると、約1,109kgに相当する。同様に、泉津で最も多



写真-2 椿森のコドラートに放置されていた無傷な落下種子（左）と食害種子（右）

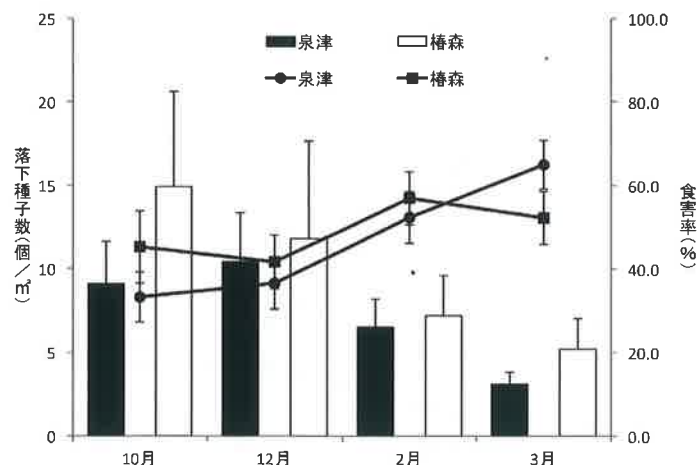


図-6 泉津と椿森における落下種子数と種子食害率の推移
 ※棒グラフは落下種子数を表し、折れ線グラフは食害率を表す（それぞれのバーは標準誤差を示す）。

かった12月の無傷な落下種子数 10.4 ± 9.31 個/m²から、12月の時点で82,160個、約66kgの落下種子が残されていたことになる。

泉津では翌年3月にかけて種子の食害率が33.2%から64.9%へと緩やかに上昇し、椿森では41.6%から56.9%の間で推移した(図-6)。3月の調査時点でも泉津で 3.1 ± 2.31 個/m²、椿森で 5.2 ± 5.77 個/m²の落下種子が食べられずに残されており、2011年の冬季はツバキ種子という餌資源が豊富であったことが示唆された。新しい食害は5月の調査でも見られた。これらのことから、大量の落下種子が長い期間、ツバキ園に放置されることで、餌資源が不足する冬季の餌として、クリハラリスがツバキの落下種子を長期間利用できる状況になっていると考えられる。

クリハラリスにとって、ツバキの種子は高カロリーで長期間保存の効く餌資源として利用価値が高いと考えられる。これを放置することは、冬季におけるクリハラリスの死亡率を低めるだけでなく、翌春の繁殖率を高めることで、個体数を増加させる要因となるため、除去する必要がある。

4) 年変動

①ツバキ果実の豊凶について

2012年には、枝打ちなどツバキ園の管理作業により、泉津では調査枝が30本から26本に、椿森では29本から23本に減少した。調査枝当たりの果実数を

2011年と2012年で比較すると、泉津では 8.1 ± 6.51 個から 1.2 ± 2.41 個に大きく減少した。2012年は有意に少なく(Wilcoxon順位和検定, $w=705.5$, $p<0.01$), 2011年は豊作, 2012年は凶作と考えられた。椿森では、2011年 3.5 ± 3.11 個, 2012年 4.0 ± 5.57 個と、果実数に大きな差は見られなかった(Wilcoxon順位和検定, $w=363.5$, $p=0.58$)。椿森ではツバキの個体差が大きく、エリア内での豊凶は同調していないと考えられた。

②果実被害量

2011年夏と2012年夏の被害量について比較した(図-7)。これを見ると、泉津はほぼ横ばいで有意差はなかったが(Wilcoxon順位和検定, $w=32.0$, $p=0.409$)、椿森は被害量が有意に増加した(Wilcoxon順位和検定, $w=18.0$, $p=0.017$)。2012年の椿森では、7月上旬にひとつのコドラートで最大126個の食害果実が確認された。2011年6月から9月までの椿森での累積食害果実数の最大値は122個であることから、それよりも多い数の被害が及んでいた。2012年夏の椿森の被害量の増加は、ツバキの果実生産量が増加し、局所的に被害が増えたことによる可能性がある。果実被害量はツバキの豊凶(果実生産量の増減)だけでなく、ツバキ以外の餌資源量等のさまざまな要因に影響されることが予想された。

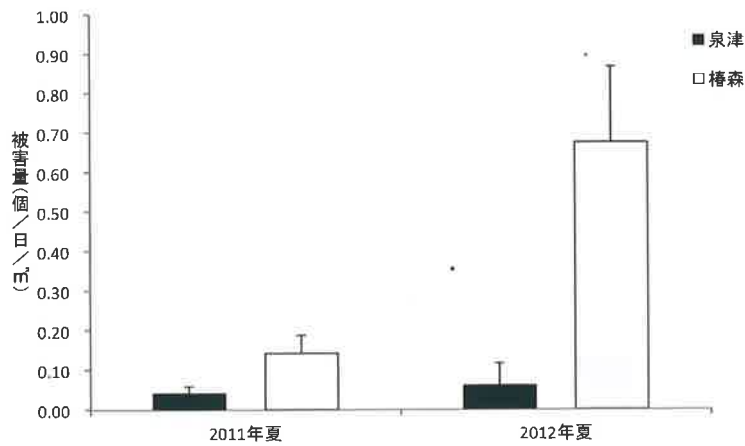


図-7 泉津と椿森における果実被害量の年変化

※2011年夏は6月下旬から8月下旬までの60日間を対象に、2012年夏は7月上旬から下旬までの15日間を対象に、コドラート内の食害果実数を1日当たりに換算し各年の被害量とした。それぞれのバーは標準誤差を示す。

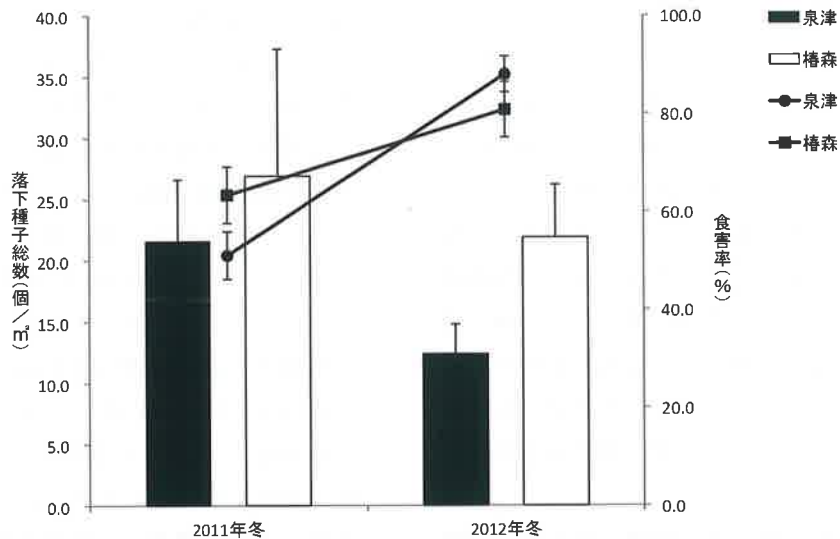


図-8 泉津と椿森における落下種子総数と種子の食害率の年変化

※棒グラフは落下種子総数を表し、折れ線グラフは食害率を表す（それぞれのバーは標準誤差を示す）。調査の際、食害種子はコドラートから取り除いてしまうため、2011年冬は10月の食害種子の個数と12月の結果を合わせたものを、2012年冬は12月の結果を使用した。

③落下種子と食害率

2011年と2012年の12月の落下種子総数（無傷の落下種子と食害種子を合わせた数）について比較すると、泉津では 21.6 ± 15.98 個/m²から 12.4 ± 7.69 個/m²へ減少した（図-8）。これは、泉津において2012年がツバキの凶作年であったことと関係があると考えられる。同様に、椿森では 26.9 ± 32.83 個/m²から 21.9 ± 13.55 個/m²へ減少したが、標準偏差が大きい

ことから、通常の変動幅の中に収まっていたと考えられる。

種子の食害率についてみると、両調査地とも2012年に高く、12月の調査の時点で落下種子のそれぞれ88.0%、80.8%がクリハラリスに食害されていた。2012年の冬季はツバキ以外の餌資源量が少なく、落下種子が冬季の餌として早めに食べつくされてしまった可能性が高い。

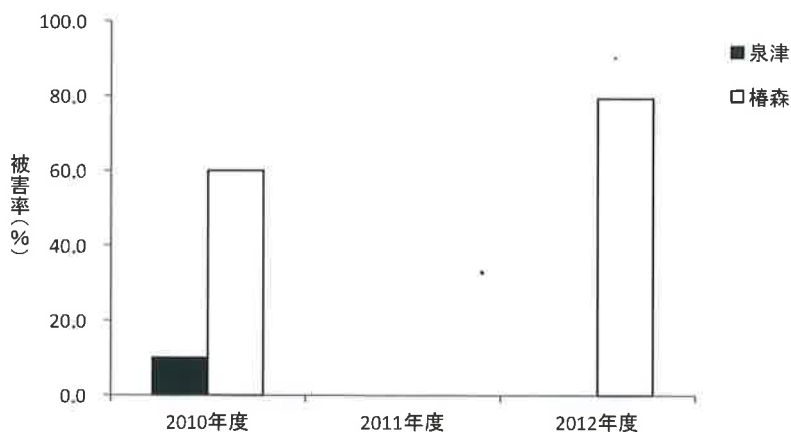


図-9 泉津と椿森におけるツバキ剥皮被害率の年変化

④剥皮被害

剥皮被害について、3年間同一の調査木で調査を行い比較した。

2010年度は、泉津で調査した30本のうち3本に、椿森で調査した30本のうち18本に剥皮被害が認められた。被害率で見ると、それぞれ10.0%、60.0%であった(図-9)。新たな剥皮痕は両調査地とも1月から確認されはじめ、被害のピークは2月で、特に椿森では急激に増加した。被害木1本当たりの剥皮痕数は、泉津平均26.0本、椿森平均17.2本であった。泉津ではツバキ園北側の林縁部でも被害が見られた。

2011年度は、2月、3月のいずれの調査でも調査木への新たな剥皮痕は確認されず、被害木本数はいずれも0本であった。

2012年度は、12月にはすでに椿森で剥皮被害が確認されはじめ、椿森の被害木本数は23本で、被害率は79.3%と高い値であった。被害の多い木では地上から高さ2mまでの範囲に最高270本の剥皮痕が見られた。調査木全ての剥皮痕数は計2,169本で、被害木1本当たりの剥皮痕数は平均94.3本であった。椿森では調査木のみならず、周囲のほとんどの木に剥皮被害が及んでいた。一方、泉津では剥皮被害は12月、2月ともに見られず、2010年度に被害の見られたツバキ園北側の林縁部でも被害はなかった。

クリハラリスによるツバキ樹皮に対する剥皮は滲み出てくる樹液をなめるためといわれている(瀬戸口1984)。このような剥皮は、特に餌資源の不足す

る冬から春先に多く発生し(篠原1999)、樹皮中の糖分量の増加との関連が指摘されている(Tamura and Ohara 2005)。ツバキに対する剥皮被害について、3年間にわたり調査を行った結果、剥皮被害は年変動が大きいことが判明した。すなわち、年によって被害量や発生時期に違いがみられた。ツバキの豊凶が個体間で同調しなかった椿森でも年変動が大きかったことから、剥皮被害の増減や発生時期の違いは、ツバキ以外の樹木が供給する餌資源量に左右されている可能性がある。伊豆大島で餌資源として報告のあるスダジイ *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* やエゴノキ *Styrax japonica*、クロマツ *Pinus thunbergii* (園田ら2001)などの種子生産量の変動と関係しているのかもしれない。発生する時期も年度によって異なり、2012年度に関していえば、落下種子の消費量の増加と連動し、ツバキの剥皮被害の被害発生が早かったことから、秋季から冬季の島内の餌資源量に大きな変動があった可能性がある。

2012年度、椿森では被害が増大したが、泉津で剥皮被害がなかった理由として、次のことが考えられる。泉津は重点駆除区域として、ツバキ園の狭い範囲内で継続した駆除が行われ、2013年2月までに453頭が捕獲された。そのため、捕獲圧によってクリハラリスの個体数が減少し、被害発生が抑えられた可能性がある。一方、椿森では2011年12月から捕獲区域が園内の別の場所へ移動された。調査木のある区域からクリハラリスの重点駆除区域まで

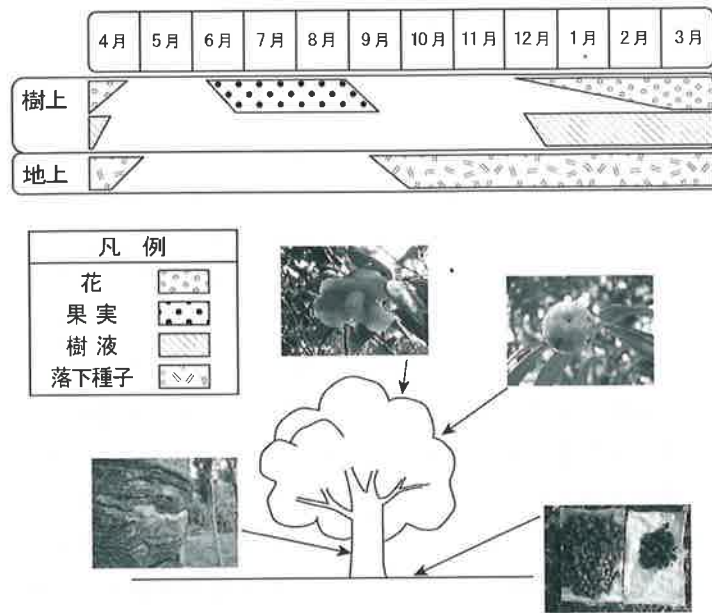


図-10 クリハラリスの餌資源としてのツバキの部位と利用期間

約200mの距離があったため、被害の減少が認められなかった可能性がある。このことから、被害軽減のための捕獲は有効であることが明らかとなったが、捕獲個体のホームレンジ外では、被害減少の効果が認められないことも明らかとなった。

5. まとめと今後の対策—餌資源としてのツバキ

餌資源としてのツバキの採食部位と利用期間を整理した(図-10)。ツバキ園のツバキは、一年を通じてさまざまな部位がクリハラリスの餌として利用されている。クリハラリスはツバキの繁殖器官の成長や周囲の餌資源の状況に応じて採食部位を変えながら、ツバキを最大限に利用していることが示唆された。花期におけるクリハラリスの被害は不明な点が多いものの相対的には低いと考えられた。しかし、果実期における果実の消失の多くにクリハラリスが関与している可能性が明らかになった。また、クリハラリスの生息密度が高い地域では、ツバキの被害が大きくなる傾向がみられた。したがって、ツバキの種子収穫量に及ぼす被害を軽減するためには、特に果実の成熟する時期にあわせて、クリハラリスの生息密度を抑えるため、捕獲などの防除を重点的に実施することが必要であると考えられる。

また、果実、種子、花、樹液といったこれまで指摘されてきた採食部位(宇田川 1954; 園田ら 2001)のほかに、落下種子がクリハラリスの冬季の餌資源となっていることがわかった。落下種子は両調査地とも10月から3月にかけて長期間残置され、林床にはクリハラリスに食害された種子が多量に認められた。冬季の生残率を上げ、妊娠率を上げる餌資源を放置することは、クリハラリスの個体数増加を促すことになるため、早急な対策が必要である。

ツバキの樹液を食するための剥皮被害は、落下種子が乏しくなる時期に多く認められる。また、剥皮被害は年変動が大きく、ツバキ自体の豊凶やツバキ以外の樹木の餌資源の増減など、秋季から冬季にかけての餌資源全体の量の増減に左右される可能性がある。

伊豆大島では、2012年度までに165,091頭のクリハラリスが捕獲され、ここ5年の年間捕獲数は1万頭前後で推移している(大島町 2013)。従来、特定外来生物の排除には捕獲が第一の防除の方策と考えられてきた(農林水産省 2010)。捕獲を強化することで、生息個体数を減少させ、被害の軽減や根絶への道筋へとつなげることができる。しかし、実際には捕獲の効果が出にくい状況もある。内的自然増加率

が高い種では、餌資源をコントロールすることによって、それを抑えることができると考えられる。これは捕獲のみで防除を進めるよりも効果的であると考えられる。

今回、ツバキ被害の実態を調査することで、冬季の餌資源の残置がクリハラリスの個体数を増加させる要因となっている現状が浮かび上がってきた。冬季の餌資源をコントロールする試みは、伊豆大島を含め、日本に定着したクリハラリスではまだ試行されていない。生息密度が高く、捕獲の効果が出にくい伊豆大島のクリハラリスの現状を考慮すると、捕獲のみに依存しない個体数管理の手法を模索しなければならない。落下種子の残置をやめることによって、どれだけクリハラリスの個体数増加を抑えられるのか、また落下種子が無くなることで起こりうるツバキや、その他の在来樹木やクロマツ植栽林などへの剥皮被害（大島町 2013）はどれだけ問題となるのかなど、今後の調査が必要である。

謝辞

本稿は、東京都の補助事業により大島町が実施した「平成24年度タイワンリス生態調査および計画策定委託 生態調査報告書」より抜粋し、加筆修正したものである。本誌への投稿については、大島町役場観光産業課に許可をいただいた。調査を遂行するにあたり、株式会社野生動物保護管理事務所の白井啓氏には便宜を図っていただいた。調査の進め方全般については、森林総合研究所多摩森林科学園の田村（林）典子氏にご指導いただいた。またツバキ園での調査に際し、地権者の阿部円次郎氏や、大島町商工会の方々には大変お世話になった。この場を借りて厚く御礼申し上げる。

引用文献

久林高市・田嶋幸一・西 幸子・松本周三・野崎孝浩・松尾哲也・城山武彦（2010）畑地へ植栽したヤブツバキの結実数と種子の状況(I)－植栽後11年目の状況－。長崎農林技セ研報 1：135～144
星崎和彦（2006）トチノキの種子とネズミとの相互作用

用－ブナの豊凶で変わる散布と捕食のパターン－。森林の生態学 長期大規模研究からみえるもの（種生物学会編），pp63～82，文一総合出版，東京
大島町（2011）平成22年度タイワンリス生態調査および計画策定委託－生態調査報告書－。大島町
大島町（2013）平成24年度タイワンリス生態調査および計画策定委託－生態調査報告書－。大島町
松岡 茂（2012）鳥類が採食する樹木果実生産量の年変動－札幌市羊ヶ丘における2000～2009年の記録－。森林総研研報 11：181～196
箕口秀夫（1988）ブナ種子豊作後2年間の野ネズミ群集の動態。日林誌 70：472～480
農林水産省（2010）野生鳥獣被害防止マニュアル－特定外来生物編－。農林水産省生産局農業生産支援課鳥獣被害対策室，東京
瀬戸口美恵子（1984）友ヶ島に移入されたタイワンリスの植生への影響について。友ヶ島学術調査 79～91
篠原由紀子（1999）タイワンリスに樹皮食いされた樹木。横浜自然観察の森調査報告 5：1～4
園田陽一・木崎卓平・倉本 宣・田村典子（2001）伊豆大島におけるタイワンリス（*Callosciurus erythraeus thaiwanesis*）の食性について。明治大学農学部研究報告 129・130：31～38
滝谷美香・水井憲雄・寺渾和彦・梅木 清（1998）落葉広葉樹35種の結実豊凶に関する資料。北林試研報35：31～41
Tamura N, Ohara S（2005）Chemical components of hardwood barks stripped by the alien squirrel *Callosciurus erythraeus* in Japan. J For Res 10: 429～433
宇田川龍男（1954）伊豆大島におけるタイワンリスの生態と駆除。林試研報 67：93～102
安田雅俊（1998）マレーシア熱帯雨林における小型哺乳類の群集生態：ハビタット選好性，果実食性，および個体群動態。東京大学農学生命科学研究科学位論文
(2013.12.3受付，2014.2.28掲載決定)

短報

中国北東部の*Anaglyptus subfasciatus*と
されている種について楨原 寛¹

2003年に原色中国北東天牛志というカミキリ図鑑が刊行された (Wang 2003)。その図鑑に*Anaglyptus subfasciatus* Pic, 1906が記述されている (図-1A)。

*Anaglyptus subfasciatus*は日本ではスギノアカネトラカミキリの名前で知られるスギ・ヒノキ穿孔性害虫の一つである。これまで本種は中国から報告がなかったので、本当にこの図鑑に掲載されている種が日本でいうスギノアカネトラカミキリと同じ種かどうかについて形態的に簡単に検証を試みた。

スギを加害する*Anaglyptus*属は下記の4種が知られ、いずれも近縁で同一種群に属すと思われ、異所的に分布している。

- スギノアカネトラカミキリ*Anaglyptus subfasciatus*: 日本 (四国, 本州, 北海道南部)。
- サツマスギノアカネトラカミキリ*A. yakushimanus* Hayashi, 1968: 日本 (屋久島, 鹿児島市, 喜界島)。
- タイワンスギノアカネトラカミキリ*A. higashiyamai* Makihara et Hayashi, 1987: 台湾の1500m以上の高地。
- A. producticollis* Gressitt, 1951: 中国 (福建省) (Makihara and Hayashi 1984, 1987)。

このように異所的に分布し、日本だけに生息するといわれている種が中国北東部に分布することは、誤同定か、侵入種である可能性が高い。

これら4種の形態を比較すると、日本のスギノアカネトラカミキリの雄は触角が短く、体長とほぼ同長であり、上翅端部外縁のとげはやや内側を向き、短い (図-1B)。しかし、他の3種の雄は何れも触角が体長よりも長く、上翅端部外縁のとげは内側を向かず、真っ直ぐで長い。そして、Wang (2003)の図鑑に図示された標本 (図-1A)の雄個体は触

角が長く、上翅端部外縁のとげは真っ直ぐで長く、*subfasciatus*でないことは明らかである。それではどの種に該当するのであろうか。この種群の分布の特徴から考えると、*producticollis*の可能性が最も高い。そこで、中国から最近出版された図鑑 (Hua et al. 2009)を見ると、*A. producticollis*として福建省産の雄個体が図示されていた (図-1C)。ところが、分布地として、福建省と台湾が挙げられている。これはこの図鑑 (Hua et al. 2009)の編者がスギノアカネトラカミキリ種群のことを理解していないことによると思われる。

中国におけるスギの天然分布地は華中 (浙江省)、華南 (福建省)である (佐橋ら 1995)。日本ではスギノアカネトラカミキリの分布はスギ・ヒノキの天然分布地か、その周辺地域の人工林に限られる (楨原 1987)。新たな人工林での侵入が確認されている地域は札幌市、新潟県粟島、茨城県八溝山山頂部であり、サツマスギノアカネトラカミキリは鹿児島市、喜界島である。そこで、中国でも*producticollis*の幼虫の入った材がスギ人工林のある地域に運ばれ、分布を拡大したと思われる。また、中国北東部に屋久島や台湾の標高1500m以上の高地から被害材が持ち込まれることは不可能なので、中国北東部の*subfasciatus*とされている種は*producticollis*であると推定できる。

正確な同定は標本の比較が最も望ましいが、中国北東部の標本を比較することは困難である。中国北東部のカミキリ図鑑を見る機会のある人は少ないと思うが、このままでは中国にもスギノアカネトラカミキリがいるという判断をされることが危惧されるために、ここに報告しておく。ただ、Wang (2003)により中国の*producticollis*の生態が示されたこと

Note on *Anaglyptus subfasciatus* in Northeastern China

¹MAKIHARA, Hiroshi, いずみ市日在20033-5

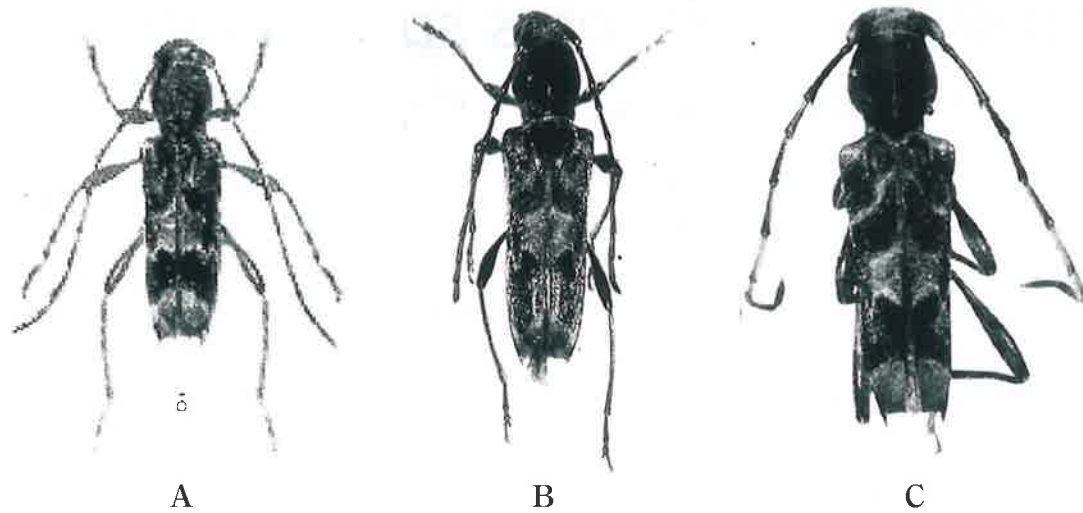


図-1 スギノアカネトラカミキリとその近縁種, 全て雄個体

A: 中国北東部の"*Anaglyptus subfasciatus*"とされる種 (Wang, 2003); B: *A. subfasciatus* スギノアカネトラカミキリ ♂ (本州産, 触角は下を向いているので短く見えるが体長と同長); C: *A. producticollis* (Hua et al, 2009, 触角は下を向いているので短く見えるが, 体長よりかなり長い)。

は, 初知見であり, それなりに価値のある文献である。ちなみに食樹としてはスギ, シダレイトスギが挙げられている。また, この仲間の分布と食樹の分布の特徴を把握している人がこの図鑑を見ると, *producticollis*は中国国内で福建省以外に河南省, 遼寧省南部のスギ人工林にも被害材の移動で分布を拡大したと理解されるであろう。

引用文献

- Gressitt JL (1951) Longicorn beetles of China. Longicornia, II, 667 pp, 22 pls
Hua L, Nara, H, Samuelson GA, Lingafelter SW (2009) Iconography of Chinese Longicorn Beetles (1406 species) in Color. Sun Yan-sen University Press, 474 pp
楨原 寛 (1987) スギノアカネトラカミキリの被害と防除. わかりやすい林業研究解説シリーズ, 林

振, 65pp.

- Makihara H, Hayashi M (1984) A study on three species of *Cryptomeria* twig borers, *Anaglyptus subfasciatus* species group (Col., Cerambycidae) in Japan and Taiwan with description of a new species. Elytra, Tokyo, 11(1/2): 1 ~ 7.
Makihara H, Hayashi M (1987) New name for longicorn beetles of Taiwan (Coleoptera, Cerambycidae). Entmol Rev Japan, 42(1): 62.
Pic M (1906) Nouveaux longicornes de Chine et du Japon. Mat Long 60: 17.
佐橋紀男・高橋裕一・村山貢司 (1995) スギ花粉のすべて. メディカル・ジャーナル社. 東京, 117pp
Wang Z (2003) Monography of original colored longicorn beetles of China's Northwest. Jilin Science and Technology Publishing House, 419pp (2014.1.31受付, 2014.4.8掲載決定)

解説

マツノマダラカミキリ近縁種のフェロモンに関する最近の研究について

中牟田 潔¹

1. はじめに

生物の同種や異種の個体間コミュニケーションに化学物質が利用されている例は数多い。このような働きを有する化学物質を信号化学物質あるいはセミオケミカルと呼び、同種間に働くものをフェロモン、異種間に働くものをアレロケミカルと呼ぶ。フェロモンと聞くと、読者の多くは雌雄間のコミュニケーションに用いられる性フェロモンを連想されるであろうが、厳密には表-1にあるようにフェロモンがフェロモンを受け取った個体に引き起こす行動によって異なる複数のフェロモンが定義されている。

マツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) のフェロモンについては、1980年代に日本で繁殖行動の研究がなされ、雄が放出して近距離から雌を誘引する性フェロモンの存在が示唆された (Fauziah *et al.* 1987; Kim *et al.* 1992)。しかし、活性の低さから最終的に化学構造を決めるには至っていなかった。ところが、ポルトガルにマツノザイセンチュウが侵入したことが1999年に報告され (Mota *et al.* 1999)、さらにヨーロッパに分布するマツノマダラカミキリと同属の *Monochamus galloprovincialis* がマツノザイセンチュウのベクターになり得ることが判明してから、本種を中心に信号化学物質の研究が

盛んになった。その結果、マツノマダラカミキリを含めて *Monochamus* 属数種において、性的に成熟した雄成虫が放出する集合フェロモンの化学構造が明らかにされたので、本稿にて紹介する。

2. *Monochamus galloprovincialis* のフェロモン

ヨーロッパおよび北アフリカに分布する *M. galloprovincialis* は元来、二次性害虫であった。しかし、1999年にマツノザイセンチュウがポルトガルに侵入したことが明らかになり、本種がベクターになりうることが確認されると、材線虫病の拡大が懸念され、本種も一気に注目されることとなった。以来、本種のモニタリングや直接防除を目指して繁殖行動およびフェロモンの研究が活発に行われている。

フェロモンに関しては、室内でY字型オルファクトメーターを用いた実験により、成熟した雌成虫が雄成虫由来の揮発成分に誘引されることが報告された (Ibeas *et al.* 2008)。その後、成熟した雌雄成虫から放出される揮発成分を、ガスクロマトグラフで化学分析を行うと同時に触角の電気生理学的応答を同時に記録するGC-EAG解析を行ったところ、フェロモンは成熟した雄成虫のみから放出され、成熟

表-1 おもなフェロモンの定義と例

フェロモン	役割	例
性フェロモン	雌が放出して雄が誘引される、あるいは雄が放出して雌を誘引する	ガ
集合フェロモン	雄雌関係なく誘引されて、集団を形成・維持する	ゴキブリ、カメムシ、キクイムシ
警報フェロモン	同種他個体に逃避行動を引き起こす	アブラムシ
道しるべフェロモン	コロニーを形成する昆虫に見られ、巣のなかまに帰巣のためや採餌のための経路を知らせる	アリ、シロアリ
産卵抑制フェロモン	他個体によるさらなる産卵を抑制する	ミバエ

Review of recent studies on pheromones of genus *Monochamus* (Coleoptera: Cerambycidae)

¹ NAKAMUTA, Kiyoshi, 千葉大学大学院園芸学研究科

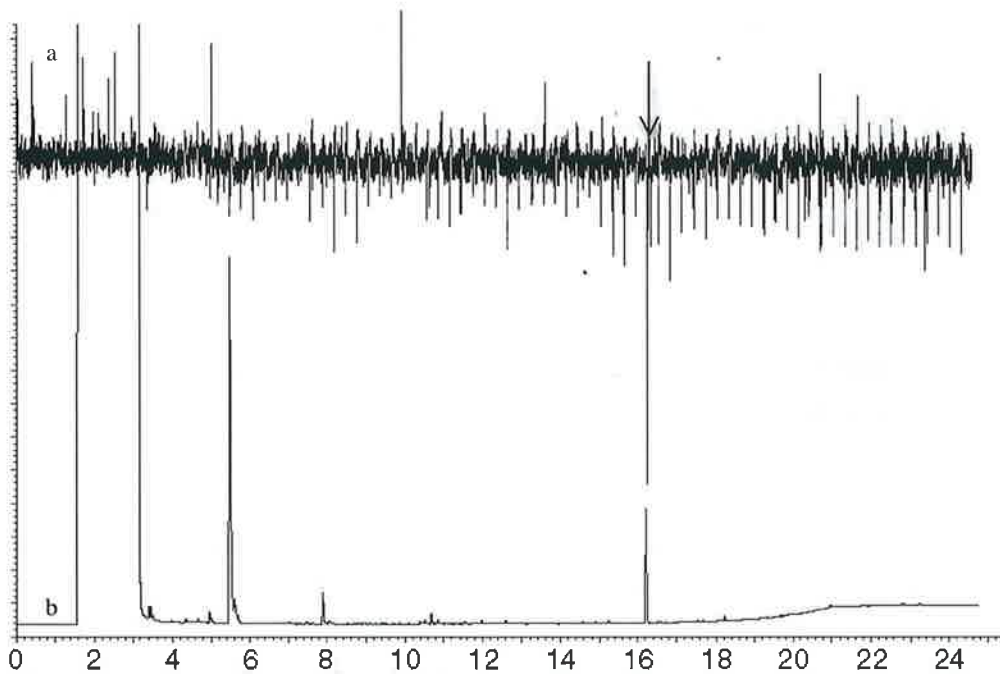


図-1 *Monochamus galloprovincialis*雄成虫由来揮発成分に対する雌成虫触角のGC-EAG解析結果
a: 雌触角の電気生理学的応答, b: 雄成虫由来揮発成分のガスクロマトグラム. ↓のピークがmonochamolとそれに対する触角の応答 (Pajares 2010を改変).



図-2 2-undecyloxyethan-1-ol (monochamol)の化学構造

した雌雄成虫の触角に電気生理応答を引き起こす化学成分が特定された (図-1)。さらなる化学分析の結果, この活性成分は2-Undecyloxyethan-1-ol (図-2, 以下, monochamolと記す) というアルコールの1種であることが明らかになり, *Monochamus* 属から初めて集合フェロモンが同定された (Pajares *et al.* 2010)。

本化合物の合成品を用いてスペイン南部のアレップマツ (*Pinus halepensis*) の林でトラップ試験を行った結果, フェロモントラップには雌雄の成虫が誘引された。したがって, この結果は, 雄成虫が放出するフェロモンは集合フェロモンであることを示唆している。さらに, monochamolにマツ由来の樹木成分やキクイムシの集合フェロモン成分である

ipsdienolおよび2-methyl-3-buten-2-olを組み合わせると, 共力作用により誘引される雌雄成虫がフェロモン単独よりも有意に増加することも示されている (Pajares *et al.* 2010)。

3. マツノマダラカミキリ*Monochamus alternatus*のフェロモン

中国のマツノマダラカミキリからも*M. galloprovincialis*と同じmonochamolが, 雄由来の集合フェロモンとして同定されている (Teale *et al.* 2011)。中国・福建省内のマツ材線虫病の被害がある30年生の台湾アカマツ (*Pinus massoniana*) 林において合成フェロモンの誘引性が調べられた。その結果, フェロモン単独ではコントロールと有意差のあ

るほど多くの個体は捕獲されないが、 α -ピネン、エタノールを誘引源に組み合わせることにより、 α -ピネン、エタノールを誘引源にしたときよりもさらに数倍多くの成虫が誘殺された。しかも、フェロモン以外のトラップでは、捕獲された雌雄の性比は1:1であったが、フェロモンを用いたトラップでは、雌が雄の2倍以上捕獲され、このフェロモンが繁殖に関与している可能性も示唆された。

なお、日本ではマツノマダラカミキリがmonochamolをフェロモンとして用いているかは不明である。

4. *Monochamus scutellatus scutellatus* と *Monochamus notatus* のフェロモン

アメリカ北東部に分布する *M. scutellatus scutellatus* と *M. notatus* に関してフェロモンの分析と合成品を誘引源とした誘引試験が行われ (Fierke *et al.* 2012), やはり monochamol がフェロモンとして結論づけられた。

monochamol は、*M. s. scutellatus* 雄成虫から放出が確認されたが、*M. notatus* 雄からは検出できなかった。また、いずれの種においても雌からは検出されなかった。しかし、ニューヨーク州内の5カ所の森林における誘引試験では、monochamolのみを誘引源としたトラップに両種の雌雄成虫が誘引された。誘殺された個体の性比は *M. s. scutellatus* では雌:雄 = 2:1 で飼育個体の羽化時の性比 1.8:1 と差がなかったが、*M. notatus* ではフェロモントラップの捕獲個体では 4:1 と羽化時の 1:1 と大きく異なり、雌が多く誘引された。したがって、*M. notatus* では monochamol が繁殖に関与している可能性がある。

また、この2種では、上述の *M. galloprovincialis* やマツノマダラカミキリと異なり、キクイムシの集合フェロモンやマツ由来のテルペン等を組み合わせなくても、フェロモン単独でかなりの成虫がトラップに誘殺されている。なぜ monochamol の誘引性に種によって違いがあるのかは不明であるが、monochamol にテルペン類を組み合わせた誘引試験も実施されているようなので、近々結果が報告されるであろう。

5. まとめ

これまでの報告から、*Monochamus* 属3種において雄成虫から monochamol が放出され、雌雄成虫を誘引することが明らかになった。さらに、*M. notatus* においては雄成虫から検出されなかったものの、合成した monochamol に雌雄成虫が誘引された。したがって、monochamol は *Monochamus* 属共通の集合フェロモンと考えてよいだろう。さらに、ごく最近、ミャンマー国境に近い中国の雲南省にて熱帯雨林に monochamol を誘引源にしたトラップを設置したところ、*Monochamus* 属ではないカミキリムシが4種捕獲されたとの報告 (Wickham *et al.* 2014) があり、monochamol の誘引性が属をこえて示された。このように同属の種、あるいは同じ亜科のカミキリムシが共通の化合物をフェロモンとして用いている例が複数知られている。Fuscumol は *Tetropium fuscum* の集合フェロモンとして同定された (Silk *et al.* 2007) が、同属のカミキリムシに加えて Lamiinae (フトカミキリ亜科) の他属をも誘引することが報告されている (Mitchell *et al.* 2011)。また、3-Hydroxyhexan-2-one は Cerambycinae (カミキリムシ亜科) 約20種のフェロモンであることが知られている (<http://www.pherobase.com>)。なぜ、一つの化合物がこのような属や亜科をこえて共通にフェロモンとして働いているのかはとても興味深い。

Teale *et al.* (2011) はマツノマダラカミキリの繁殖行動について以下のようなシナリオを描いている。すなわち、マツ由来の揮発物質によって雌雄成虫が遠距離から摂食場所であるマツ樹上に集まり、雄はマツにたどりつくると近距離で働くフェロモンを放出して、近くにいる雌を誘引する。この根拠としてマツ由来のテルペン類を誘引源に用いたトラップには雌よりも雄が有意に多く誘殺される (Fan *et al.* 2007) のに、フェロモンを組み合わせると、雌の比率が有意に高くなることをあげている。Hanks (1999) は、成虫が後食する性質を有するカミキリムシにおいては餌となる樹の匂い成分を手がかりに雌雄が摂食場所に集まるので、ガ類の性フェロモン

のように遠距離で働く性フェロモンは存在しないと示唆した。この意味では、monochamolは近距離で働く性フェロモンと言えるのかも知れない。この結論を得るためには、フェロモン単独での活性を観ることが必要である。

今回紹介した*Monochamus*属のフェロモンに関する研究は、いずれもマツノザイセンチュウを媒介する*Monochamus*属カミキリムシのモニタリングツール、あるいは可能なら防除手段としての利用を目指しているが、現時点はまだ実用には至っていない。

引用文献

- Fan J, Kang L, Sun J (2007) Role of host volatiles in mate location by the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae). *Environ Entomol.* 36: 58 ~ 63
- Fauziah BA, Hidaka T, Tabata K (1987) The reproductive behavior of *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae). *Appl Entomol Zool* 22: 272 ~ 285
- Fierke MK, Skabeikis DD, Millar JG, Teale SA, McElfresh JS (2012) Identification of a male-produced aggregation pheromone for *Monochamus scutellatus scutellatus* and an attractant for the congener *Monochamus notatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *J Econ Entomol* 105: 2029 ~ 2034
- Hanks LM (1999) Influence of the larval host plant on reproductive strategies of cerambycid beetles. *Ann Rev Entomol* 44: 483 ~ 505
- Ibeas F, Díez JJ, Pajares JA (2008) Olfactory sex attraction and mating behaviour in the pine sawyer *Monochamus galloprovincialis* (Coleoptera: Cerambycidae). *J Insect Behav* 21: 101 ~ 110
- Kim GH, Takabayashi J, Takahashi S, Tabata K (1992) Function of pheromones in mating behavior of the Japanese pine sawyer beetle, *Monochamus alternatus* Hope. *Appl Entomol Zool* 27: 489 ~ 497
- Mitchell RF, Graham EE, Wong JC, Reagel PF, Striman BL, Hughes GP, Paschen MA, Ginzel MD, Millar JG, Hanks LM (2011) Fuscumol and fuscumol acetate are general attractants for many species of cerambycid beetles in the subfamily Lamiinae. *Entomol Exp Appl* 141: 71 ~ 77
- Mota MM, Braasch H, Bravo MA, Penas AC, Burgermeister W, Metge K, Sousa E (1999). First report of *Bursaphelenchus xylophilus* in Portugal and in Europe. *Nematology* 1: 727 ~ 734
- Pajares JA, Álvarez G, Ibeas F, Gallego D, Hall DR, Farman DI (2010) Identification and field activity of a male-produced aggregation pheromone in the pine sawyer beetle, *Monochamus galloprovincialis*. *J Chem Ecol* 36: 570 ~ 583
- Silk PJ, Sweeney J, Wu J, Price J, Gutowski JM, Kettela EG (2007) Evidence for a male-produced pheromone in *Tetropium fuscum* (F.) and *Tetropium cinnamopterum* (Kirby) (Coleoptera: Cerambycidae). *Naturwissenschaften* 94: 697 ~ 701
- Teale SA, Wickham JD, Zhang F, Su J, Chen Y, Xiao W, Hanks LM, Millar JG (2011) A male-produced aggregation pheromone of *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae), a major vector of pine wood nematode. *J Econ Entomol* 104: 1592 ~ 1598
- Wickham JD, Harrison RD, Lu W, Guo Z, Millar JG, Hanks LM, Chen Y (2014) Generic lures attract cerambycid beetles in a tropical montane rain forest in southern China. *J Econ Entomol* (107: 259 ~ 267)

(2013.12.17受付, 2014.2.13掲載決定)

学会報告

IUFRO ユニット 7.02.10 マツ材線虫病会議
2013(ドイツ)報告中村克典¹

1. はじめに

前世紀末のマツ材線虫病（以下 材線虫病）のヨーロッパ侵入を受けて2001年にポルトガルで開催された国際ワークショップ以降、韓国、ポルトガル、中国と定例的に開催されるようになっていた IUFRO Unit 7.02.10 (Pine Wilt Disease) の公式会合が、2013年10月15日～18日に、ドイツのブラウンシュバイク (Braunschweig) で開催された。実は、前回2009年中国南京でのシンポジウムの際に行われた運営会議において、次回ドイツでの開催は決定事項となっており、筆者あたりは「いつになるんだろう」とここ数年をそわそわと過ごしていたのだが、開催通知は突然であった。メールの着信は2013年3月26日、森林学会岩手大会で松くい虫テーマ別シンポジウムが開催されていたまさにその日のことであり、しかも開催時期は約半年後の10月ということで、メールが届かなかったり、準備期間が足りなかつたり、別の用務と日程の調整ができなかつたりで参加不可の憂き目に遭われた方も多かったことと思う。これについては、国内連絡係であるべき筆者も努力不足が問われるところと反省している。

材線虫病の国際会議がドイツで行われたからと言って、ドイツに材線虫病被害が発生したわけではない。材線虫病のヨーロッパ侵入以降、EU諸国を中心にヨーロッパ圏内では材線虫病への研究対応が活発化しており、既侵入のポルトガルでなくともこのような会議のホストを果たせる素地は整っているという、うらやましい(?) 状況の表れである。実際、この会議はEUによる材線虫病研究プロジェクト (Research Extending Plant Health Risk And Monitoring Evaluation, 略してREPHRAME) の成果報告会を兼ねたものであり、23カ国約90名とされ



写真-1 ブラウンシュバイク中心部の広場。ハインリヒ獅子公の町として知られ、広場のライオン像は町のシンボルになっている。

る参加者も大半がヨーロッパ圏に偏っていた。ただし、国別で見ると中国からの参加者が12名で最多であった。日本からの参加者は6名と寂しく、韓国からの参加者は飛び入りの1名のみだった（のちに聞いたところによると、KFRIの皆さんはメールによる連絡がうまくとれなかったために涙を飲んだとのことである）。

開催地のブラウンシュバイク（写真-1）は、日本人からすると観光ガイドにもほとんど記載のない、馴染みのうすい地名である。至近に主要空港はないので、日本からだとはノーファ、ベルリンなどから鉄道を乗り継いでたどり着くことになる。ドイツ語圏で鉄道旅行というのはお気軽旅行者にはハードルが高いが（時刻表から切符の券売機までちんぷんかんぷんの連続）、乗れてしまえばオツなものではあった。そんなブラウンシュバイクが開催地になった理由は、そこにドイツ食糧・農業・消費者保護省所管の研究機関Julius Kühn Institute (JKI) の森

Report on Pine Wilt Disease Conference (Germany 2013), a scientific meeting IUFRO unit 7.02.10

¹NAKAMURA, Katsunori, (独)森林総合研究所東北支所

林・園芸植物保護部門の研究所が置かれているからで、これを含め5つの研究所と付属施設が集められた一帯は、さながら郊外の森林公園であった。このようなロケーションなので、参加者は毎朝8時のバスでホテルから会場に送られると中座することは叶わず、帰りのバスの時間までみっちり学会漬けとなるのであった。初日に送迎バスを使わず、路線バスで構内入り口までやってきた京都大から参加のお二人は、徒歩で会場にたどり着くまでに広い構内で遭難しかかったそうである。

2. 会合の内容

10月15日 (火)

会場のForum of the Thünen Institute (写真-2) は、ガラス張りの正面口から建物に入ると広々としたエントランスホールが広がり、正面に150人程度収容の大ホール、左右に小ホールないし会議室を備えた、この規模の学会にうってつけの施設であった。朝8:30に到着するとすぐ小ホールにポスターを掲示し(発表ポスターは会期間中を通して掲示)、レジストレーションから大ホールに進む。開会式(写真-3)では、JKIの研究者であり、IUFROユニット7.02.10の今期のコーディネーターであるT. Schröder氏による開会挨拶に続き、JKIの副所長G. Gündermann氏から2008年に農林水産関係研究機関を再編して設立されたJKIの概要説明、さらにREPHRAMEコーディネーターのH. Evans氏よりプロジェクトの経緯の説明があった。

参加者集合写真(写真-4)撮影の時間をはさんで、媒介昆虫に関する最初のセッションが始まった。このセッションを通じ、近年スペインで開発された*Monochamus*属カミキリに対するフェロモン-カイロモン混合誘引剤(Pajares et al. 2010; 以下、混合誘引剤と略)を使った研究が花盛りであった(*Monochamus*属のフェロモン研究については、伊藤(2013)による解説を参照されたい*)。M. Schroeder(スウェーデン)は、材線虫病が拡大しにくい北欧で危険因子としての*Monochamus*属カミキリの生息密度を推定する方法を検討した。スウェ



写真-2 会場となったForum of the Thünen Instituteの外観。



写真-3 開会式の様子。

ーデンには、ヨーロッパでの主要なマツノザイセンチュウの媒介者である*M. galloprovincialis*(以下、「ガロプロ」)は少なく、ヒメシラフヒゲナガカミキリ(*M. sutor*)が媒介者の候補になる。彼は、マツ林とその新規伐採地、数年前の伐採地で混合誘引剤トラップと林地残材の樹皮下観察の2つの方法を試し、虫のよく採れる伐採地での残存伐採木梢端部の観察により、統計的に信頼性のある生息情報が得られるとした。また、ヒメシラフヒゲナガカミキリとシラフヨツボシヒゲナガカミキリ(*M. urssovi*)のゲンタリア形態には差がなく、後者は前者の亜種と考えられるとのことであった。J. Haran(フランス)らは、12座のマイクロサテライトによりヨーロッパ

*編集部注: *Monochamus*属のフェロモンについては、中牟田氏による解説(マツノマダラカミキリ近縁種のフェロモンに関する最近の研究について)も本号21ページに掲載されています。



写真-4 参加者集合写真 (IUFRO 2013-Pine Wilt Disease Conferenceホームページより)

各地のガロプロの遺伝構造を解析し、スペインで最大となる allelic richness が北上につれ減少すること、ピレネー山脈を境に大きな分化が見られること、マツ樹種 (*Pinus pinaster* と *P. nigra*) の分布との対応が見られることを示し、ガロプロの分布拡大を考える際にランドスケープの効果に注目することの重要性を指摘した。G. Álvarez (スペイン) らは、混合誘引剤によりガロプロを高効率に生け捕り捕獲するためのトラップのデザインを考案した。捕獲頭数は、生け捕りより毒殺 (DDVP 使用) の方が一貫して多いが、多層ファンネルトラップと衝突版トラップ (マダラコールの衝突板を縦に延ばしたもの) では差がなく、いずれの場合も捕獲容器内面にテフロンを塗布すると逃亡が少なくなった。この結果をもとに、すでにテフロンコートをしたトラップ (商品名 Econex Multifunnel-12[®] 及び Econex Crosstrap[®]) が市販されているとのことである。H. Jactel (フランス) はガロプロ捕獲のための混合誘引剤トラップの最適な配置間隔を Effective Attraction Radius

の概念を用いて数学的に解析し、30~100m という値を提示した。I. Etxebeste (スペイン) らはマツ林内に最大56のトラップを同心円状に配置し、ガロプロ成虫の標識再捕することで、トラップの有効範囲を0.77ha (半径約50mの円に相当) と推定した。G. David (フランス) らはフライトミルで計測されたガロプロ成虫の飛翔能力について、体サイズに影響されるが、性や日齢、線虫保持数によっては影響されなかったとした。この結果を受けて C. Robinet (フランス) らは成虫の個体ベースの確率論的モデルを構築し、ガロプロの分散過程の解明を試みた。H. Mas (スペイン) らは2009年から2011年にかけて、イベリア半島東部のマツ林で混合誘引剤トラップをさまざまな距離に配置し、標識再捕試験によりガロプロ成虫の長距離移動を証明した。2009年の試験では、放虫した243頭の内5頭が1000~1800m離れたトラップで捕獲された。その後、トラップ配置距離と放虫数を増やしてゆくと、2010年には放虫18日後に7km離れたトラップで、2011年には放虫75日後に

22km離れたトラップで成虫が捕獲された。この事実から、彼らは幅数kmに過ぎない防護帯の効用に強い疑念を表明した。混合誘引剤の強い誘引力とガロプロの高い移動分散能力を示す実験結果には筆者も驚嘆したが、未被害地（衰弱木という最強の「誘引剤」の不在下）で多数の成虫をリリースした結果をそのまま被害地からの媒介昆虫の拡大過程に当てはめるのは適切でないだろう。F. Chinellato（イタリア）らはモニタリングのために広範囲に多数設置されたトラップで捕獲虫を確実に回収する技術として、回収容器にネットワークカメラを取り付け、ガロプロ成虫の捕獲を遠隔で確認してから現地に向かう手順を提案した。誘引トラップがモニタリング用途に利用される場面での問題に正面から取り組んだ興味深い方法であるが、会場での質疑からうかがうところ、カメラ付きトラップの経費については未検討のようである。さらに彼らは成虫捕獲の現地でのLAMP法によるマツノザイセンチュウ検出を提案したが、コンタミ対策がネックになるであろう。E. Sánchez-Husillos（スペイン）らは断層映像法を用いてガロプロ成虫の性成熟と脂肪量、飛翔筋量を調べ、性成熟に雄で8～14日、雌で16日を要すること、脱出成虫はすでに持続的な飛翔を行えるだけの脂肪と飛翔筋を備えていることを明らかにした。C. Boone（ベルギー）らは、混合誘引剤トラップにより国内に低密度で生息するガロプロと*M. sartor*のモニタリングをするのみならず、侵入の恐れのある北米の*Monochamus*属カミキリへの有効性を評価するため、北米各地にトラップを送って捕獲を試みた。混合誘引剤トラップは北米でも成績が良く、捕獲昆虫の90%以上が*Monochamus*属カミキリで占められるが、トラップ設置高さにより採れる種は変わることである。M. DayiとS. Akubult（トルコ）は、ニセマツノザイセンチュウを含む*Bursaphelenchus*属線虫の分布が知られているがそれらの媒介昆虫が不明だった自国で、マツ林に餌木を設置し材から検出される線虫と脱出する昆虫の関係を調べ、ニセマツノザイセンチュウのいた材からはガロプロが脱出したことを報告した。

セッションのまとめとして短い討論時間が設けられ、ヨーロッパの参加者から「ガロプロの線虫保持率・保持数と線虫媒介の関係を明らかにすべき」との指摘があった。日本的にはすでに公理・定理とも言えるTogashi（1985）の業績が頭をよぎり、こんなことも知られていないのかと落胆したのだが、その後ポルトガルの研究者と話してみたところによると、これまで調べられた範囲でガロプロ成虫の線虫保持は全般に少ないと言う。一方で、当地での成虫発生期には土壤乾燥が激しく、水分環境的に不利な状態にあるマツは日本より少ない線虫の侵入で枯れている可能性がある。とすると、日本で知られている媒介昆虫の線虫保持数とマツの枯死発生の数量的な関係はヨーロッパでは通用しないかも知れない。いずれにせよ、ガロプロの線虫保持状況の解明は重要な課題として残されている。

途中昼食休憩を含め8時間にわたる媒介昆虫のセッションを終えた参加者には夜のブラウンシュバイク市内見学が用意されていたのだが、この期に及んで発表準備が終わっていなかった筆者は宿にこもって夜なべ仕事にいそむしむしかなかった。

10月16日（水）

この日は終日エクスカーションに当てられていた。訪問先のハルツ（Harz）山地は「ブロッケン現象」で有名なブロッケン山を最高峰とし、魔女の棲む神秘的な山として知られているとのことだが、我々の見学先は人工植栽でドイツトウヒだらけになった山をヨーロッパブナの広葉樹林に復元しようと試みている地域やら、ヤツバキクイ*Ips typographus*の被害地やらと、神秘には縁の遠い林学、森林保護研究者向けにカスタマイズされていた（写真-5, 6）。

あちこち山歩きをして日も暮れかけたところからさらに、世界文化遺産の町ゴスラーの散策が用意されていた。銀、銅、鉛が採掘され、1988年まで稼働していたというランメルスベルク鉱山のおかげで栄えていた時代の名残の石瓦の町並みは、一見の価値のあるものだった。その日の夕食は、お城だか教会だかの古い建物を改装したと思われるレストランでの会食となっていた。会場のマスターのおじさんが



写真-5 ハルツ国立公園内のドイツウヒ林の風倒被害地におけるヤツバキクイ被害。公園ではこの状況を放置し、森林における自然の循環の一部として来訪者に公開している。



写真-6 エクスカーションで説明するSchöder氏。手にしている落ち葉に黒斑を生じさせた菌は大気汚染に弱く、一時見られなくなっていたが環境の改善により復活してきていると言う。

廻ってきて、「中国人か」と聞くので「日本から」と答えると、即座に「かんばーい」と反応が帰ってきた。ドイツのこんな奥地まで日本人観光客が入り込んできているんだなあ、と感慨を覚えた。メインディッシュは、マスターのお友達の猟師のおじさんが、自分で獲ってきて自分で調理したmountain sheepの丸焼きを自ら切り分けるという趣向になっており、おじさんの前には長蛇の列ができたが、生前の姿が偲ばれる料理を敬遠する人も少なくなかつ

た。

10月17日（木）

この日はマツノザイセンチュウの検出法に関するセッションから始まった。G. AnthoineとA. Chappe（フランス）はヨーロッパで報告されたリアルタイムPCRの3つの手法のうち鑑定業務の現場ではFrançoisら（2007）の手法が有効であることを示し、R. Landeweert（オランダ）はその方法を適用した開発中の検出キットの有効性について述べた。W. YeとR. M. Giblin-Davis（アメリカ）は、ノースカロライナ州農業・消費者局に設置された線虫検出セクションでの近年のマツノザイセンチュウ検出業務の現状を報告した。鑑定料が他より安いいため全米から試料が送り込まれるというこの施設では、2013年度のマツノザイセンチュウ鑑定業務は約4千件にも及んだが、検出率は0.89%に過ぎなかった。7名の専属スタッフが試料調製からリアルタイムPCR、検鏡確認、データベース入力までをシステムティックにこなす体制には感服した。I. Leal（カナダ）らは木材検疫の現場で必要な検出技術を求め、線虫が活着している時のみ遺伝子が増幅されるRT-LAMP法に基づく検出キットを開発した。日本の検出キットと使用する遺伝子増幅法は異なるが、手順的には瓜ふたつのものであった。最後にG. Anthoine（フランス）が再登場し、ヨーロッパでのマツノザイセンチュウ検出技術に関わる新しいプロジェクトEUPHRESKOの概要を紹介した。その初回会合は、関係者が集まるこの機会を利用し当日夕刻に開催された。

貿易と検疫に関するセッションに移り、S. Prospero（スイス）らは自国のマツ林（主にヨーロッパアカマツ*P. sylvestris*）での検出調査の概要を報告した。ニセマツノザイセンチュウを含む*Bursaphelenchus*属線虫8種が見つかり、*B. vallesianus*が最頻であったがマツノザイセンチュウは検出されなかった。国際空港等の要注意エリアで採取した試料の内、ポルトガルから輸入された「パーク」でマツノザイセンチュウが検出された。パークはヨーロッパではガーデニング資材として広く流

通しているのだが、バーク（外樹皮）とは言いつつも処理の過程で多少の材部が残り、そこにマツノザイセンチュウが潜んでいるらしい。ポルトガルにとっては重要な輸出品であるバークからマツノザイセンチュウを完全除去すべく、L. Fonseca（ポルトガル）らは生産されるバークを蒸気加熱する装置を開発した。すでに6社に採用され、今では輸用のバークは全て蒸気加熱処理が施されるようになっていたとのことである。A. HopfとT. Schröder（ドイツ）は3～4年生ヨーロッパアカマツ苗を植えた鉢にいろいろな条件でマツノザイセンチュウ感染木から作ったチップを施用し、25℃の条件下で苗の幹や根に傷をつけると感染が起こることを確認した。L. Bonifácio（ポルトガル）らはフッ化スルフリル（SF）による梱包材のくん蒸処理のための基準策定に向け、その効果を検証した。45cm×10cm×5cmに製材された感染木中のマツノザイセンチュウは20℃以下または30℃以上の条件ならSF24時間の処理で死滅するが、20～30℃ではごく少数の若齢幼虫（多分、卵として処理期間を生き延びた）が検出されたので、この温度条件下では48時間のくん蒸が必要と結論した。T. Schröder（ドイツ）らは乾燥処理（kiln dry）による線虫死滅処理について検討し、低温処理（35℃）では効果が完全ではなく、この方法を防疫に使うには適正な温度と処理時間が必要であると示した。

午後のセッションではマツノザイセンチュウとバクテリアの関係が取り扱われた。O. A. Kulinich（ロシア）らは、2010～2012年に自国で行われた包括的な調査でマツノザイセンチュウは非検出、ニセマツノザイセンチュウは5.6～11.5%の検出に過ぎなかったとしながらも、バクテリア病原説の可能性を考慮してニセマツノザイセンチュウの随伴バクテリア相を調べ、中国で病原の可能性が指摘されている*Pseudomonas fluorescens*の生息を確認したことから、被害発生への懸念を表した。J. Tan（中国）らは、マツノザイセンチュウ体または馬尾松（*P. massoniana*）健全木から分離された*Bacillus firmus*と無菌化したマツノザイセンチュウを用い、クロマ

ツ3年生苗への線虫単独、バクテリア単独、線虫－バクテリア混合の接種を試みた。その結果、線虫単独と線虫－バクテリア混合の接種区でマツの発病が認められ、バクテリアは発病を「促進する」と結論した。P. V. Morais（ポルトガル）らは16s rRNAの塩基配列によりマツノザイセンチュウの随伴バクテリアの種類相を調べ、地域ごとに大きな違いがあることを確認した。また、検出された*Serratia*属バクテリアの一部が生産する物質に強い殺線虫活性を認めた。C. Vicente（ポルトガル）らは、無菌化した強病原力と弱病原力のマツノザイセンチュウを単独または随伴*Serratia*属バクテリアの共存化で酸化ストレスに曝したところ、強病原力線虫はバクテリアの有無に因らず高い生存率を示したが、弱病原力線虫はバクテリアが付与された場合にのみ生存率が高くなった。酸化ストレスは植物の抵抗性反応のひとつなので、この結果は随伴バクテリアが材線虫病の発症を促進することを示唆する。一方で、彼女らはマツノザイセンチュウとバクテリアの結合がさほど強くないことを示しており、随伴バクテリアの「随伴の仕方」について疑問を提起した。続けてC. Vicenteらはガロプロから分離されるバクテリアの種類相について報告し、*Serratia*が普遍的に分離されることから、先の疑問について「マツノザイセンチュウの随伴*Serratia*は媒介昆虫から持ち出される」との解を提示した。なお、これら2題（および後述の1題）の意欲的な研究は中部大学長谷川浩一氏らとの共同研究によるものである。

この日の夕方はポスターセッションにあてられていた。22件の発表があり、日本からは秋庭満輝（森林総研）らがITS1-5.8RNA-ITS2とCOIの解析により明らかにされた日本のマツノザイセンチュウの遺伝構造を、池田武文（京都府大）らが天橋立での調査結果に基づきマツノマダラカミキリは衰弱木に誘引されるより取りつきやすい大径木に飛来・定着しやすいであろうことを、中村克典（森林総研東北）らが東日本大震災津波で衰弱したアカマツとそこから発生したマツノマダラカミキリからのマツノザイセンチュウ検出結果を、赤見亜衣（東京大）ら

がマツノザイセンチュウを接種された感受性と抵抗性のクロマツでのエンボリズム発生経過の違いを報告した。赤見氏のポスターの前で悩んでいたフランスの方がはたと気づいて「フランスではMRIではなくIMRだ」と話されたのには驚いた。この程度の略語のレベルでも国際理解の阻害要因が転がっているものだと認識を新たにした。加藤徹朗（京都大）らは中国のバクテリア病原説に相對し、マツノザイセンチュウの随伴バクテリア相とその病原性について報告した。鳥取と京都で採取されたマツノザイセンチュウの随伴バクテリア相は中国で報告されているものとは異なり、優占した2種のバクテリアについて病原性は確認されなかった。一方、バクテリア病原説の老家であるB. G. Zhao（中国）のグループは、彼らが病原性とするバクテリアから毒素生産に関わる遺伝子を*E. coli*に導入し、これと無菌化したマツノザイセンチュウの混合接種で病徴を再現できたとする研究をポスターで発表していた。

ポスターセッションと平行してワーキングユニットの運営会議が行われた。最重要議題は次期開催地の決定で、通常なら開催地の担当者が時期のユニットのコーディネーターとなるのだが、次期開催地に内定していた韓国から担当者が参加していなかったため、微妙な雰囲気の中での会議となった。ヨーロッパアジアでの交互開催という既定の合意があったので、会議に参加した唯一のアジア人の筆者は退路を断たれてコーディネーター就任要請を受けることになった。勢いで「次回は日本開催を」と持ちかけられたが、「それは韓国に問い合わせから」ということで決定を延期したが、会議後に問い合わせをしたら韓国ではすでに次回開催を準備していたところだったので、安易に引き受けなくて正解だった。

10月18日（金）

最終日。朝の防除のセッションでは、既被害地の3カ国から各1題の報告があった。中村克典（森林総研東北）らは日本で北限未侵入域となっている青森県を対象に実施した加害生物生息実態、媒介昆虫の侵入経路、材線虫病侵入に対するマツ林の応答に関する調査の概要と、これに基づいて策定した対応

戦略について説明した。F. Xu（中国）らは天敵昆虫を利用したマツノマダラカミキリの防除について報告した。従来より取り組んできたアリガタバチの一種*Sclerodermus guani*の利用に加え、最近ではサビマダラオオホソカタムシの利用が検討されているとのことである。P. Naves（ポルトガル）らは、エマメクチン製剤の樹幹注入と市販の殺虫剤ネットによる媒介昆虫飛散防止という、ポルトガルでの材線虫病防除に向けた2つの取り組みについて述べた。

最後のセッションは、マツノザイセンチュウに関わる広汎な話題を扱うものだった。M. TomalakとA. Filipiak（ポーランド）はマツノザイセンチュウが地理的分布を拡大する際に生じるニセマツノザイセンチュウとの競争置換に注目し、両種を苗木や丸太に接種したところ、回収される線虫はどちらかの種に偏るが、勝者はマツノザイセンチュウの場合もニセマツノザイセンチュウの場合もあった。Z. Han（中国）らは中国産および日本産のマツノザイセンチュウと中国、日本、フランス産のニセマツノザイセンチュウの交雑実験を行い、高い親和性をもつ組み合わせがあることを確認した。加藤徹朗（京都大）らはマツノザイセンチュウの強病原力1系統と弱病原力1系統から作成した一群の組み換え自殖系統（RIL）について病原性に関わる形質を定量し、増殖力や病原力は量的遺伝の傾向を示すが、媒介昆虫への乗り移り能力は単遺伝子的な遺伝様式を示すことを明らかにした。L. Zhu（中国）らがアカマツ4年性苗と6ヶ月実生を用いて無菌化マツノザイセンチュウの病原力や増殖を調べたところ、無菌化線虫と非無菌化線虫で病原力に差はなく、「発病に随伴バクテリアは必須でない」と結論した。Zhao氏のお膝元である南京林業大学の研究者からのこの報告に、筆者はむしろたじろいだ。R. Gao（中国）らは近年材線虫病被害が拡大している三峡保護地区での被害量と環境因子との関係、および植生の動態について報告した。H. Evans（イギリス）らは蒸発散モデルによる材線虫病被害発生予測について説明した。これによると、高温乾燥のポルトガルでは被害は容易に発生するが、フランスでは潜在的にな

り、スウェーデンでは発生しないことになるが、温暖化によりフランスでも被害が顕在化する可能性があるという。R. Huang (中国) らは、寒冷な陝西省から温暖な広東省に至る4地域で採取したマツノザイセンチュウの寒冷耐性を調べたが、大きな違いはなかった。H. Zheng (中国) らは馬尾松の感受性木と抵抗性木にマツノザイセンチュウを接種し、接種前と接種後の針葉のタンパクを同定し、過酸化水素の除去に関わる酵素の発現ないしアップレギュレーションが抵抗性を決定している可能性を示唆した。C. Egas (ポルトガル) らは、性や発育段階や食餌源(マツ内-菌叢上)の異なるマツノザイセンチュウおよびニセマツノザイセンチュウについてトランスクリプトーム解析を行った。異なった条件下で異なった遺伝子が発現している例があれこれ示されて、その方面に詳しくない筆者がそれだけを聞いても単なる羅列なのだが、解析結果の中には発病機構や線虫の発育段階制御の本質を理解するためのカギが潜んでいるのだろう。L. Huang (中国) はマツノザイセンチュウのmajor sperm protein (MSP) 3種の遺伝子をクローニングした。MSPは線虫に特異的なタンパクであり、これを特定することで増殖の制御を介し新たな防除手法につながる可能性があると言う。3度目の登場となるC. Vicente (ポルトガル) は植物の防御反応としての酸化ストレスへの耐性を病原力の異なるマツノザイセンチュウおよびニセマツノザイセンチュウについて調べ、強病原力線虫は酸化ストレスに耐性だが弱病原力線虫とニセマツノザイセンチュウは耐性がないことを示した。さらに、酸化ストレス下に置かれたそれらの線虫における抗酸化および解毒酵素群の発現状態を明らかにした。

会合を締めくくる討論の時間がとられ、筆者はこの会合を通じて感じた率直な感想と要望として、「材線虫病がヨーロッパに飛び火して新たにこの問題に取り組む研究者が多くなった。それは良いことだが、材線虫病に関する過去の研究の蓄積が十分にわきまえられていない部分もある。今はZhaoら(2008)のようなアクセスしやすいテキストがあるので活用

して欲しい」と述べ、旧来から?の研究者を中心に心強い支持を受けた。また、ヨーロッパにおける抵抗性育種の必要性の議論では、「成果が出るまで数十年もかかる事業をする意味があるのか」「遺伝的多様性の観点からかえって問題がある」といった意見が出された。このことについて、経験を有する日本からの見解を求められたので、「抵抗性育種は防除対策のオプションを増やす上で有効で価値が高い。遺伝的多様性に関しては多分に植栽配置の問題であり、一期的に広大な面積で植栽を展開するような極端な状況でなければ問題にはならない。ただし、育種には専門の機関とスタッフを相当の時間に渡って維持する必要がある」と答えた(正確には、そのように伝えるべく努力した)。材線虫病研究、材線虫病対策に関する知識や経験の蓄積という点で日本の果たすべき役割、責任はまだ大きく、またそれを伝えられる英語コミュニケーション能力の必要性を痛感した場面であった。

3. おわりに

ポルトガルの材線虫病被害がすでに「侵入」から「蔓延」の状態となり、ヨーロッパ各国の研究対応もモニタリングや防除手法のような具体的なテーマに移行してきている。そのようなテーマの中にあって、混合誘引剤によるガロプロの捕獲は現在最も注目され、期待されている技術となっている。実際、会合の中で混合誘引剤トラップを使った研究が報告される時、演者はほぼ例外なくモニタリング用途のみならず大量捕獲の可能性に言及していた。しかし、いかに強力な効果を示そうとも、混合誘引剤で捕獲されるのは性成熟した成虫であって、性成熟前の成虫によるマツノザイセンチュウの伝播を阻止することはできない。また、ポルトガルを除くヨーロッパの現状とは異なり、材線虫病による自然枯死木が発生する状況下では、枯死木の強力な誘引効果の前に誘引剤の効力は大幅な減衰を余儀なくされる。筆者は2006年の会合で日本の誘引トラップを紹介した際に、トラップはモニタリングには有効だが防除には向かないと強調したのだが(Nakamura, 2008)、従

来より高性能な誘引剤を開発して意気込むヨーロッパの研究者には、そんな常識論は届かない。しかし一方で、材線虫病被害と防除の現実によく向き合ってきたポルトガルの研究者の間では、誘引トラップの限界が明確に認識されるようになっていた。トラップによる大量捕獲に限らず、夢の防除技術は夢に終わる（場合が多い）ことは、結局自分で経験しなければわからないものなのかもしれない。

バクテリア病原説は、材線虫病の発病機構に関わる研究に新たな視点からの展開をもたらすものとして、日本以外の研究者の間でちょっとした流行になっていたが、今回の会合ではそのような流れは一部を除いて沈静化に向かっていると感じられた。ただし、そのことは材線虫病研究の世界でバクテリアに関わる問題の重要度が低下したことを意味するわけではない。会合の中でも、バクテリアが材線虫病発症の促進因子となっている可能性を指摘した研究がいくつもあった。バクテリア病原説が出される以前の研究で注目されることの少なかったバクテリア関連のテーマは、材線虫病研究の中で適正な位置に落ち着きつつあるものと思われた。

さて、上にも述べた通り、このワーキングユニットの次回会合は今後3～4年のうちに韓国で開催される予定である。マツノサイセンチュウないし *Bursaphelenchus* 属線虫とその媒介者に関する専門深化した研究のみならず、各地の地域特性に根ざした材線虫病対策の取り組みやヨーロッパでも関心が高まりつつある抵抗性育種に関わる研究など、日本の材線虫病研究の幅と奥行きを世界に示すべく、多くの皆様のご参加と活発な研究発表を期待するところである。

本稿を執筆するにあたって原稿を校閲していただ

いた秋庭満輝氏、竹内祐子氏、島津光明氏に、この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- François C, Castagnone C, Boonham N, Tomlinson J, Lawson R, Hockland S, Quill J, Vieira P, Mota M (2007) Satellite DNA as a target for TaqMan real-time PCR detection of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. *Mol Plant Pathol* 8: 803 ~ 809
- 伊藤賢介 (2013) マツノマダラカミキリ類におけるフェロモン研究の現状. *林業と薬剤* 206: 1 ~ 5
- Nakamura K (2008) Attraction trap for monitoring *Monochamus alternatus* adults: its usefulness and limitations. *Pine wilt disease: a worldwide threat to forest ecosystems* (Mota MM, Vieira P eds, Springer), pp 369 ~ 378
- Pajares JA, Alvarez G, Ibeas F, Gallego D, Hall DR, Farman DI (2010) Identification and field activity of a male-produced aggregation pheromone in the pine sawyer beetle, *Monochamus galloprovincialis*. *J Chem Ecol* 36: 570 ~ 583
- Togashi K (1985) Transmission curves of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) from its vector, *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae), to pine trees with reference to population performance. *Appl Entomol Zool* 20: 246 ~ 251
- Zhao BG, Futai K, Sutherland JR, Takeuchi Y (2008) *Pine wilt disease*. Springer, Tokyo. 459pp (2014.2.5受付, 2014.3.25掲載決定)

読者の広場

中国福建省のマツ林における害虫防除，粉炮 —糸状菌爆弾—の施用について

佐藤大樹¹・島津光明²

2013年11月10から14日まで中国福建省からの招聘により訪問し、森林害虫に対する微生物的防除の情報交換を行った。福建省は、森林面積の約50%が馬尾松 (*Pinus massoniana*) である。片桐 (1983) は、中国で昆虫の昆虫病原菌 (例えば白きょう菌: *Beauveria bassiana*) を花火のように打ち上げ、空中で炸裂させて森林に散布する方法があることを紹介しており、以前から気になっていた。今回の訪問で、福建省林業科学研究院森林保護研究所において、炸裂により昆虫病原菌の胞子 (正確には分生子) を散布する資材の説明を受けると共に実演を見学する機会を得たのでここに紹介する。

昆虫病原菌の胞子の林冠への導入方法の1つとして、福建省では打ち上げ以外に、胞子を形成した昆虫病原菌の培養物を爆竹と共に紙に包み、林冠に向かい放り投げ、爆発により胞子を散布する方法も行っている。この糸状菌爆弾を中国では「粉炮 (fen pao)」(写真-1) と呼んでおり、手榴弾式ないし爆竹式とでも表現するのが適切であると感じ

た。対象害虫は、主として馬尾松毛虫 (*Dendrolimus punctatus*, マツカレハの近縁種) とマツノマダラカミキリである。

福建省南部ではマツノマダラカミキリは3月から10月、北部では5月から9月に出現し、馬尾松毛虫は年2~3化するので幼虫は通年認められる。投げ上げは4~6月に、昼の高温時間帯を避けて、朝か夕方に行われる。小雨の 때가よりよい。空中で爆発した破片と胞子は、直径約20~30mに飛び散り枝葉の上に付着する。木の密度にもよるが45~60発/ha程度の個数を投入する。人力によるため、投げ上げられる高さは異なるが、投てきせずに長い竹の先端にぶら下げて爆発させる方法も同時に行われている。山林の場合には、斜面の下方向に向かって投げることもあるそうである。また、防除対象の昆虫により、それぞれ適した菌種、菌株を用いるとのことである。

粉炮を作るために、まず、ふすま、サトウキビの絞りかすの破碎物の混合物を培養基として白きょう



写真-1 粉炮

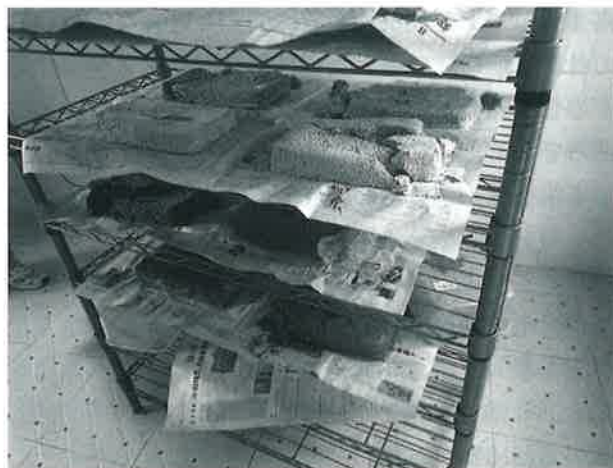


写真-2 粉炮に込められる糸状菌培養物



写真-3 導火線に点火して投げ上げられた粉炮 (矢印)

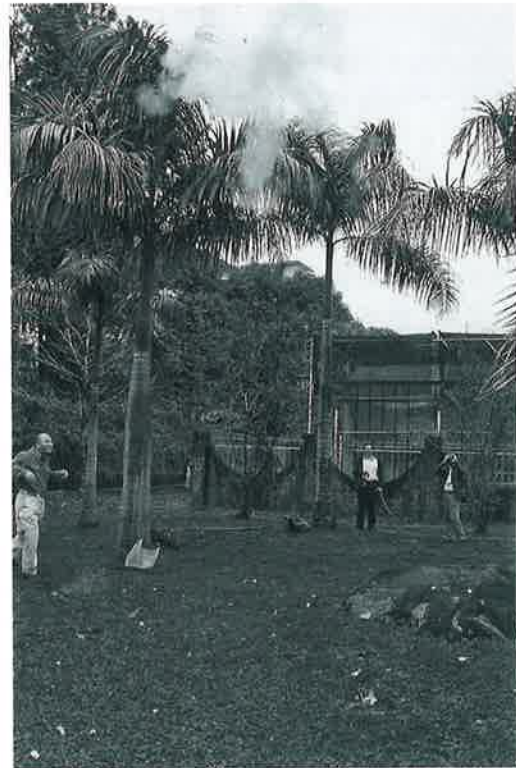


写真-4 爆発直後の様子

菌等の昆虫病原菌を培養する (写真-2)。25℃が一番よいが、温度管理なしでも福建省では問題なく培養できるそうである。むしろ、温度管理のコストの方が問題かもしれない。実際の粉炮は1個当たり、3~4元 (日本円で60~70円くらい) で販売されており、国の補助を受けた粉炮を製造する専門の会社が存在するそうである。一方、森林保護研究所では、防除実験のために粉炮を自作している。粉炮の実物を見てみたいという我々の要望に対し、親切にも森林保護研究所の方々が準備してくださった。全体は円筒形で直径、高さ共に10cm足らず、1個の重さは125gである (写真-1)。研究所構内の空き地で行われた実演では、導火線に火を付けて投げ上げると (写真-3)、上空で爆発して培養物が四方に飛び散った (写真-4)。粉炮は何個も用意されており、筆者ら2名も実際に火を付けて空中に放り投げる体験をさせていただいた。火を着けてから爆発までの時間が短く素早い動作が必要なこと、粉炮は思いの外軽いので、高く投げ上げるにはコツが必要

だと感じた。

粉炮による害虫防除は、福建省のみならず、安徽省、江西省、湖南省をはじめその他の省でも行われているそうである。粉炮を利用して白きょう菌を散布すると、施用環境にもよるが、馬尾松毛虫に対しては最高80%程度の死亡率が得られた。

また、この方法でマツノマダラカミキリ成虫の白きょう菌による死亡率は、最大30%程度ということであった。マツ材線虫病と永年にわたって戦ってきた日本人から見ると、マツノマダラカミキリ成虫を防除の標的としてマツ材線虫病を抑制することは、単に成虫を殺せばすむ話ではないので気にかかった。マツの樹冠に来るマツノマダラカミキリ成虫は、後食時にマツノサイセンチュウを媒介するので、化学殺虫剤による予防散布で明らかなおとり、即効的に後食を防止する効果が必要とされる。マツノマダラカミキリに対し白きょう菌剤 (*B. bassiana* 剤) を開発してきた我々としては、殺虫率以前の問題として、即効性のない昆虫病原菌が予防散布に使えるの

かどうが大いに心配であった。福建省森林保護研究所とのディスカッションの場や、研究員との話の中で、何度かこの問題を指摘したが、どの程度理解されたかわからない。実際の福建省のマツ林では、健全木には化学薬剤による予防散布が行われ、また材線虫病の被害材は、翌年の3月までに全て伐倒し燻蒸処理を行うことが徹底されているということで、実際に被害地と燻蒸の様子を見せてもらった。また、現地を見ても、1980年代の日本の激害地のような枯死状況は見られなかった。

今回、昆虫病原菌を空中で炸裂させて散布する方法として、新たに投げ上げ方式があることを知り、それを体験できた。人力の方が目的の場所に行って導入できる利点があるかもしれない。そして、何よりも中国において爆竹が身近な文化であることが、この資材の開発の源になっているように感じる。日

本で同様のことを行うことは困難かもしれないが、粉炮の実際を知る機会を得たことにより、文献だけでは分からない有意義な経験ができたと考えている。以上簡単ではあるが、粉炮についての紹介とさせていただく。多分我々は、粉炮を投げた最初の日本人であろう。

今回の渡航に際し、招聘頂いた福建農林大学生物科学研究所の邱君志博士、関雄博士、現場の案内と多くの解説を頂いた、福建省林業科学院森林保護研究所の何学友博士、黄金水同所所長をはじめ職員の皆様に深謝する。

引用文献

片桐一正 (1983) 中国における天敵利用の現状. 森林防疫 32 : 158 ~ 162

(2013.11.17受付, 2013.11.21掲載決定)

新刊紹介

植物病原菌類の見分け方

～身近な菌類病を観察する～

第Ⅰ編（上巻）植物病原菌類の所属と形態的特徴、
第Ⅱ編（下巻）植物の病気およびその診断—とくに
菌類病の見分け方—

編著：堀江博道，上下巻合計 450頁・分売不可（カ
ラー図版100頁を含む）

2014年2月発行，B5判，定価18,000円（税込）

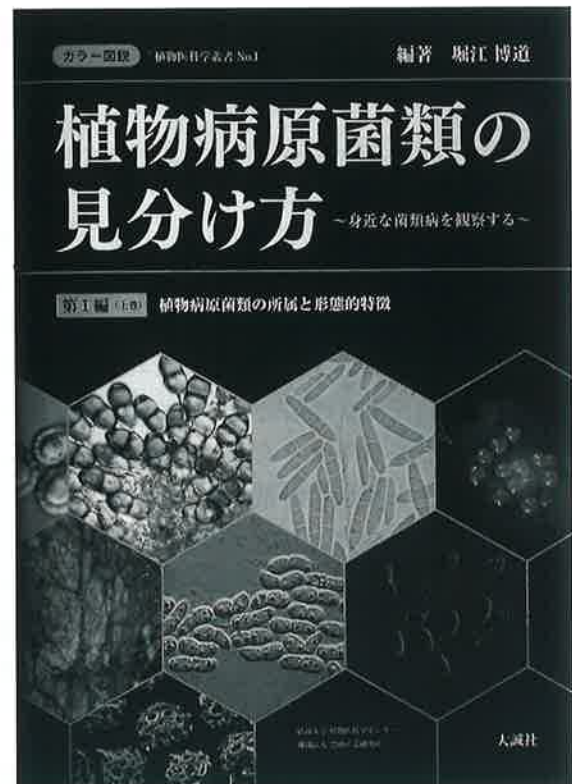
ISBN 978-4-86518-008-4

発行元：一般財団法人農林産業研究所

発売元：(株)大誠社

本書は「植物医科学叢書 No.1」とあるように、
法政大学生命科学部植物医科学専修のこれまでの活
動の最初の成果物として刊行されている。著者であ
る堀江さんは、東京都農業試験場の技術者、そして
東京大学農学部および法政大学生命科学部の教授と
して、緑化樹を含む農作物全般の病害診断とその防
除について研究・実践、そして学生指導をしてこら
れた方であり、まさに長い活動の成果と思いを感
じる著書になっている。

本書は2編からなり、第Ⅰ編では身近に存在し、
観察しやすい植物の病気とその病原菌をターゲット
に、病原菌類の所属とその形態的特徴が、用語や技
術内容の専門性を維持しながらわかり易く解説され
ている。特に *Nectria* 菌の仲間や、うどんこ病菌の
仲間などを含めて、第一線の研究者による最新の成
果も的確に取り入れられている。写真、図なども各
部門の専門の研究者によるものが豊富に取り入れら
れているのも大きな特徴である。特に、過去に出版
され、わかり易い図説として評価が高い「植物病原
菌類図説」（全国農村教育協会）などからも、正式
な了解を得て属の解説図などが随所に取り入れられ
ているのも、本書を見やすくしている。カラー図版
も、個々の写真は大きくはないが、見やすく美し
い。主要な菌群の検索表も示されている。第Ⅱ編で
は、まず1章に診断の最大の問題点と指摘する生理



的障害や虫害なども含めた原因別生育障害の診断の
ポイントが詳細に記述され、2章では菌類病の発生
生態と防除方法、代表的菌類の観察方法、分離・接
種方法、機器による樹木腐朽病害の診断方法などが
詳細に解説されている。また章の合間には、「ノート」
として、病害診断から防除までの流れに関わる事項
が随所に解説されており、結果として著者のいう「総
合診療」の体系が理解できるようになっている。た
だ、本書は2冊に分冊されているが、1冊にまとめ
られている方が使い易いように感じる。

以上のような内容から、本書は大学の菌類に関す
る学生実験のテキストとして非常に役に立つ本と思
われる。また、実際に植物の病気を診断している技
術者や、中学・高校の生物・科学実験やクラブ活動
の指導者、さらに、樹木医の方々、樹木医を目指す
方々にも非常に参考になる本と思われる。

(元 (独)森林総合研究所 金子 繁)

都道府県だより

環境に配慮した松くい虫駆除対策について

○はじめに

山口県内の松くい虫被害量は昭和53年度の約7万1千m³をピークに、平成24年度は約2万3千m³と減少傾向にあるものの、依然として多くの被害が発生している状況です(図-1)。これらの被害に対し、本県では、関係市町と連携しながら保全すべき松林の重点化を行うとともに、実施箇所の特性に応じた各種松くい虫被害対策を行っています。

その中で、ここではマツノマダラカミキリ(以下「カミキリ」とします)の天敵微生物であるボーベリア菌や粘着資材を用いた新たな伐倒駆除手法の開発等、化学薬剤によらない環境に配慮した新たな松くい虫駆除対策の概要を紹介します。

○ボーベリア菌を利用した伐倒駆除の実施状況

ボーベリア菌を利用した伐倒駆除は、公共施設等の周辺で利用者等への配慮から環境に配慮した被害



写真-1 ボーベリア菌(製剤)の設置状況

対策を行う必要がある松林において、平成23年度から年間50～100m³程度実施してきました(写真-1)。

この伐倒駆除手法については、施工時にシートの裾を埋設しなくてよいことや化学薬剤と比べて安全に取り扱うことができること、施工後にシートが破

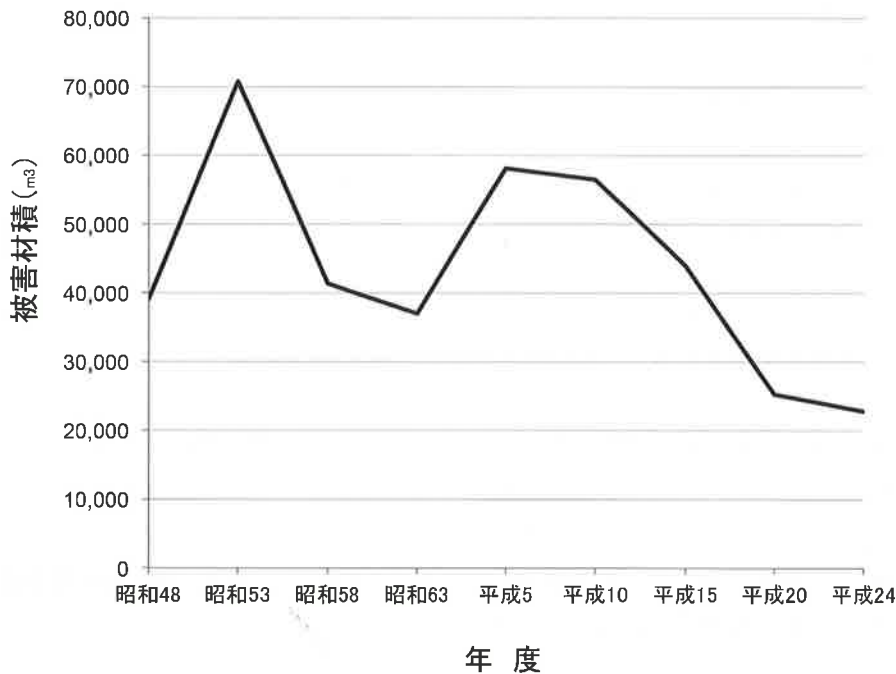


図-1 松くい虫被害材積の推移



写真-2 粘着資材による伐倒駆除の実施状況（シートの裾を石等で固定）

損しても駆除効果が期待できることが利点として挙げられます。

一方、実施できる期間がカミキリの羽化脱出する前の4月から5月頃と短いことが課題としてあげられています。また従来の伐倒駆除に比べて全体的な費用が割高となりますが、国による「環境に配慮した松林保全対策事業」において補助対象となっていることから、予算面での負担は軽減することができます。

○粘着資材を用いた伐倒駆除の開発

化学薬剤を用いない環境に配慮した新たな駆除対策として、平成21年度から試験研究機関により粘着資材を利用したカミキリの駆除手法の開発に取り組んでいます。この手法は、春先に従来の伐倒駆除と同様に被害材を伐倒・集積し、粘着資材（粘着ネット）を設置した上で、透明のビニールシートで被覆をするといったものです（写真-2）。なお、粘着資材と被覆シートの間には互いの接着を防止してカミキリの捕殺効果を高めるため、枝条等を利用して

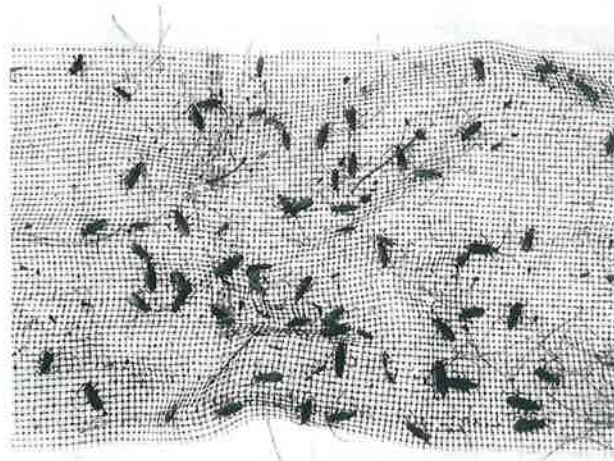


写真-3 粘着資材により捕殺されたマツノマダラカミキリ

空間を設けることが重要です。

試験研究機関ではこの手法によりカミキリをほぼ100%駆除できることを確認しているほか、現地試験では周辺の松林において枯死被害が軽減するといった効果を確認しており、実際の防除に十分活用できる手法であると考えています（写真-3）。

この手法については国の「環境に配慮した松林保全対策事業」における補助対象となっていませんが、資材が比較的安価であること、ポーベリア菌を利用した手法と同様にシートの裾を埋設する必要がないこと等に加え、粘着資材にカミキリの成虫が付着することから、実施者により駆除効果を確認しやすいことが利点としてあげられます。一方で、獣害等によりシートが大きく破損した場合は駆除効果が低下するおそれがありますので、獣害の多い地域などで実施する際には留意が必要です。

今後、地域の特性等に応じて、これら環境に配慮した松くい虫駆除手法も活用しながら、より効果的な被害対策に取り組んでいくこととしています。

（山口県農林水産部 森林整備課造林保護班）

森林病虫獣害発生情報：平成26年3～4月受理分

病害

なし

獣害

なし

(森林総合研究所 窪野高德/伊藤賢介/大井 徹)

虫害

なし

林野庁だより

人事異動（平成26年4月1日）

林さおり（森林整備部研究指導課課長補佐（保護企画班担当））

- 森林整備部研究指導課課長補佐（森林除染技術指導班担当）

中島朝長（関東森林管理局会津森林管理署南会津支署長）

- 森林整備部研究指導課課長補佐（保護企画班担当）

森林防疫ジャーナル

(独)森林総合研究所生物関連人事異動

(平成26年4月1日)

窪野高德（企画部研究評価科長）

- 森林微生物研究領域・領域長

佐橋憲生（森林微生物研究領域・領域長）

- 森林微生物研究領域チーム長（樹木病害担当）

赤間慶子（森林微生物研究領域主任研究員）

- 企画部研究管理科 研究管理室長（森林微生物研究領域 微生物生態研究室併任）

堀野眞一（東北支所・生物多様性研究グループ長）

- 野生動物研究領域・鳥獣生態研究室長

島田卓哉（東北支所・生物多様性研究グループ主任研究員）

- 東北支所・生物多様性研究グループ長

お知らせ

森林防疫編集委員は次の通りです（平成26年4月1日現在）。

佐橋憲生 森林総合研究所樹木病害担当チーム長

田端雅進 森林総合研究所微生物生態研究室長

伊藤賢介 森林総合研究所森林昆虫研究領域長

北島 博 森林総合研究所広葉樹害虫担当チーム長

大井 徹 森林総合研究所野生動物研究領域長

堀野眞一 野生動物研究領域・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

協会だより

森林保護業務必携（平成25年度版）発行のご案内

平成16年2月に「森林保護業務必携（平成15年度版）」を刊行してから10年が経過いたしました。この間、様々な法律が改正され、新法律に対応する防除必携発刊の依頼が関係者より多く寄せられました。

また、近年の被害状況をみると、松くい虫被害やナラ枯れ被害に加え、シカやイノシシ、クマ等の鳥獣害による被害が深刻化しております。そのため平成23年度以降、鳥獣害に関する制度が大きく改正され、全国各地で鳥獣害被害対策が早急に進められております。

このような状況下で病虫獣害等防除事業の一層の推進を図るため、関係法令の改正、廃止、新設等を踏まえ旧版を全面的に改め「森林保護業務必携（平成25年度版）」を発刊することといたしました。この機会に新版を是非ご購入ください。

目次

- 第1章 森林病虫害等防除関係
 - 森林病虫害等防除法 等
- 第2章 防除事業実施関係
 - 森林病虫害等防除実施要領
 - 国有林における松くい虫等防除処理 等
- 第3章 森林保全管理
 - 森林環境保全対策事業実施要領
 - 森林被害報告について 等
- 第4章 防除事業関連事業関係
 - 森林環境保全整備事業実施要領 等
- 第5章 その他関係法令等
 - 森林法（抄） 等
- 参考 関係法令サイト一覧

平成26年4月1日発売 A5版 678ページ

定価 5,556円（税込6,000円）送料込

10冊以上の一括申込、一括送付の場合は、10% OFF（税込5,400円/冊）

森林防疫 第63巻第3号（通巻第702号）
平成26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 1,302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.main.jp/>