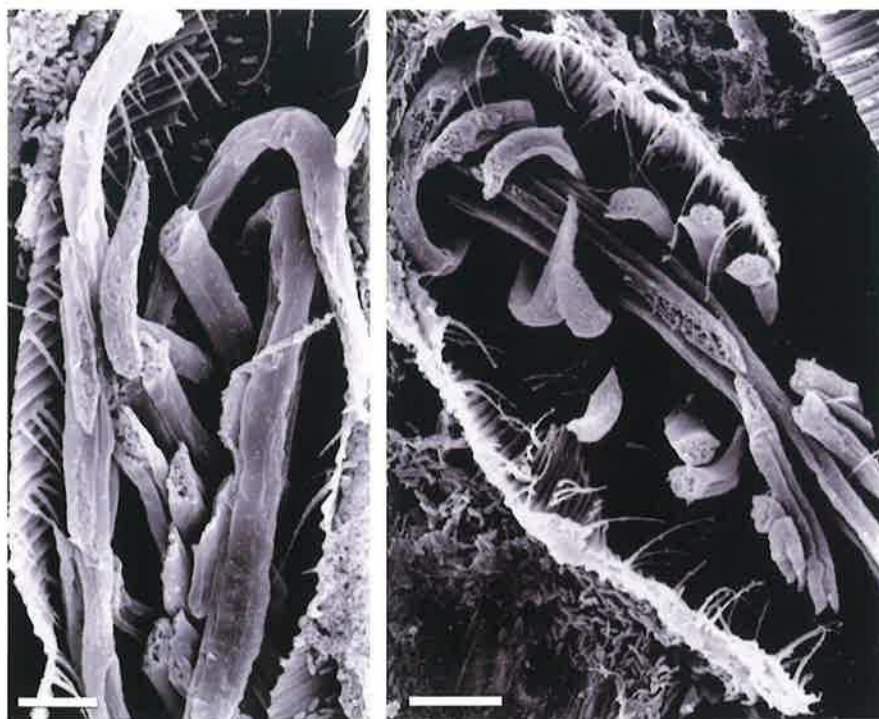


森林防疫

FOREST PESTS

— 森の生物と被害 —



目次

論文

- 大台ヶ原におけるニホンジカの採食がミヤコザサの現存量、形態および窒素含有率におよぼす影響
 [松本全弘・柴田叡弼] 3
- 千葉県におけるケブカトラカミキリの発生初確認
 [武田 藍] 12
- 人工林における冠雪害の発生要因に関する一考察—京都府南丹市美山町で発生した被害から—
 [野口貴士・小林正秀] 16

速報

- 菌床シイタケ栽培施設におけるヨコヤマクシバキノコバエ *Sciophila yokoyamai* Sasakawa et Kimura, 1976 (ハエ目キノコバエ科) による被害
 [杉本博之・末吉 昌宏] 28

読者の広場

- 津波と海岸松林, そして松くい虫
 [禎原 寛] 33

訃報

- 在りし日の遠田暢男さんを偲んで
 [山根明臣] 35

- 都道府県だより：北海道・群馬県 38
- 森林病虫獣害発生情報：平成23年7～8月受理分 41
- 60巻4号掲載論文へのご意見と訂正について 42



A



B



C

[表紙写真] マツノサイセンチュウのマツノマダラカミキリ成虫体内からの方向転換による脱出

写真A：光学顕微鏡による写真(顕微鏡倍率400倍), 気管内の線虫はファストグリーンで青く染まっている。

写真B, C：走査電子顕微鏡による写真(スケールバーは20 μm)。

マツノサイセンチュウの分散型4期幼虫(以下線虫)は、マツ枯死木から羽化脱出したマツノマダラカミキリ成虫の気管内に保持されて運ばれる。気管内では、線虫が整然と同じ方向に頭部をそろえて入り込んでいる様子が観察されている。これはすべての線虫が頭部から虫体内部へと侵入した結果である。では、虫体からはどのようにして離脱するのであろうか。気管内で方向転換して、やはり頭部から脱出することが明らかにされている。その方向転換は、線虫が気管内でらせん状に動いて行なうことを、ここに提示した写真が示唆している。写真は羽化脱出後4日以上経過したマツノマダラカミキリ成虫を、パラフィン包埋して行なった組織解剖標本によるものである。写真Aは光学顕微鏡, BとCは走査電子顕微鏡による観察結果である。標本はマイクローム切片であるため、線虫の体は削られている。走査電子顕微鏡の使用にあたり懇切なご指導を賜った玉川大学農学部渡辺京子博士に感謝申し上げます。

(元玉川大学 真宮靖治)

大台ヶ原におけるニホンジカの採食がミヤコザサの現存量、形態および窒素含有率におよぼす影響

松本全弘¹・柴田叡式²

1. はじめに

近年、ニホンジカ (*Cervus nippon*, 以下シカ) 個体群の増加にともなって、日本各地で自然植生への影響が問題化している (常田, 1997)。シカのような草食獣の採食は、植生の種構成 (Feber *et al.*, 2001), 補償作用や誘導防御反応といった植物の形質 (Danell and Huss-Danell, 1985; Martinsen *et al.*, 1998, Olofsson and Strengbom, 2000; Shimazaki and Miyashima, 2002), さらに物理的構造 (Miyashita *et al.*, 2004) などを変化させている (柴田, 2007)。このような変化は間接的に植食性昆虫や植食性昆虫を利用する動物に影響をおよぼしている (柴田, 2008)。シカによる間接効果を明らかにすることは、シカの採食をとおして生態系がうける影響を明らかにすることになり、シカの個体群管理をおこなうことにより生態系が受ける影響を考慮する際に示唆を与えるものだと考えられる (日野・柴田, 2009)。このような間接効果を考慮するためには、まず草食獣が植物におよぼす影響を明らかにする必要がある。

奈良県大台ヶ原ではシカによる剥皮によってトウヒなどの針葉樹の枯死が進み (Yokoyama *et al.*, 2001; Ando *et al.*, 2003), ミヤコザサ (*Sasa nipponica*) 草原が拡大している (Ando *et al.* 2006; 横田ら, 2009)。大台ヶ原では糞分析調査によってミヤコザサがシカの主な餌であることが明らかにされている (Yokoyama *et al.*, 1996)。環境省は植生の保全と復元を目的として、1986年から防鹿柵の設置などのトウヒ林保全対策事業を実施している (樋口・樋口, 2009)。そこでシカの採食がミヤコザサの諸形質におよぼす影響を明らかにするために、シカを排除した柵内とシカが自由に採食できる柵外

のミヤコザサの地上部現存量、形態および形質について違いを比較した。地上部現存量として稈と葉の重量を、また形態の指標として稈密度、稈高、稈1本あたりの生葉数および葉面積の経時変化を調査した。さらに質の指標として葉の乾重あたりの窒素含有率を調査した。

2. 調査地の概要

大台ヶ原は紀伊半島南東部に位置する台高山脈に属し、標高は約1400~1700mの隆起準平原状の地域である。また年平均気温は約6℃、年間降水量約4800mmと冷涼多雨な地域である (土永ら, 1989)。大台ヶ原には西日本最大級の広大なブナ林と日本における分布の南限であるトウヒ林が存在している (井出・亀山, 1972)。大台ヶ原はその植生から東大台地域と西大台地域に大きく二分される。東大台地域はトウヒやウラジロモミの優占する針葉樹林であり、林床にはミヤコザサが優占する。西大台地域はブナやウラジロモミが優占する針広混交林である。

調査は東大台地域の正木峠付近でおこなった。ここには環境省によって2000年秋から高さ2.4m、面積約8,600㎡のステンレス製の防鹿柵が設置されている。1982年から1999年までの東大台地域でのシカの密度は14.4~64.3頭/㎢で推移している (安藤・合田, 2009)。

3. 材料

調査の材料としたミヤコザサの稈は細く、高さ30~90cm、基部で1~2回分枝し、無毛で、上部で枝を出すことがない。節は球状にふくれる。葉は薄く、線状長楕円形~狭被針形、長さ10~25cm、幅2~5cm、裏面には軟毛がある。葉は冬季、縁が白く枯れ

ることが多く、翌年の夏には全部更新する。北海道（日高南部）、本州（太平洋側）、四国および九州に分布する（村田，1989）。

ここでは秋山ら（1977a）にしたがって前年から存在する稈を越冬稈、葉を越冬葉とし、当年新たに生えてきた稈を当年稈、葉を当年葉とした。福島県の標高約800m地点におけるミヤコザサの当年葉は5月末から7月にかけて展開し、越冬葉はこの頃に急速に脱落する。これに対して当年稈は6月上旬までにほとんど伸長しつくし、越冬稈はその後徐々に枯死していく（秋山ら，1977a）。

4. 方法

地上部現存量、葉重量、稈密度、稈高、稈1本あたりの生葉数および葉の乾重あたりの窒素含有率

ミヤコザサ当年葉の展開時期である2004年6月26日および生長停止後の10月23日に、防鹿柵内外それぞれにおいて30cm×30cmのコドラートを任意に5ヶ所ずつ設定し、各コドラート内のミヤコザサをすべて地際から刈り取った。刈り取ったミヤコザサは実験室に持ち帰り、稈数、稈高、稈1本あたりの生葉数を測定した。稈が途中で分枝していた場合、分枝した枝ごとに別の稈として測定した。稈高および稈1本あたりの生葉数は、各コドラートから任意に約50本選んだ後に越冬稈と当年稈に分けて測定した。その後、葉と稈に分離し、80℃で48時間乾燥させた後、コドラートごとに越冬稈、当年稈、越冬葉、当年葉それぞれの乾燥重量を測定した。越冬葉および当年葉はコドラートごとにまとめ、越冬葉および当年葉のそれぞれについて乾重あたりの窒素含有率をCNコーダ（ジェイ・サイエンス・ラボ、Macro Corder JM1000CN）を用いて計測した。なお、各コドラートから採集された残りのミヤコザサについては、越冬稈および当年稈の各本数を測定した。その後、80℃で48時間乾燥させた後、コドラートごとに越冬稈、当年稈、越冬葉、当年葉それぞれの乾燥重量を測定した。任意に約50本選んだミヤコザサおよび残りのミヤコザサの越冬稈、当年稈、越冬葉、当年葉それぞれの乾燥重量から、越冬稈および越冬

葉と当年稈および当年葉それぞれについて現存量を算出し、さらに稈と葉の重量を合計して地上部現存量とした。地上部現存量、葉重量および稈高については、1コドラートの平均値を算出した後に1㎡あたりの平均値に換算した。また稈高および稈1本あたりの生葉数については5コドラートの計約250本の稈を当年稈と越冬稈に分けた後、平均値を算出した。葉の稈重あたりの窒素含有率については5コドラートの平均値を算出した。

生葉面積の経時変化

2004年および2005年の4月から11月まで毎月1回（2004年：4月20日、5月29日、6月26日、7月16日、8月17日、9月25日、10月23日、11月19日、2005年：4月26日、5月27日、6月17日、7月23日、8月30日、9月22日、10月28日、11月18日）、柵内外でミヤコザサの越冬稈と当年稈を約30本ずつランダムに採集し、大学に持ち帰った。ただし、当年稈は4月の時点では伸長していなかったため、5月から採集した。また10月以降は越冬葉のほとんどが枯れ落ちており採集が困難であったため、越冬稈の採集をおこなわなかった。稈から葉を切り離し、柵内外で越冬葉と当年葉を各50枚ずつ計200枚を任意に抽出し、1枚ごとの葉の枯死部分を除いた生葉面積を測定した。生葉面積の測定は、葉をスキャナーで画像化してコンピューターに取り込み、Photoshop 5.0（Adobe, California, USA）を用いて葉の画像から枯死部分を除いた後に面積解析ソフトウェア（Lia32 for windows）を用いておこなった。なお葉を画像化してコンピューターに取り込むまでの作業は採集後24時間以内におこなった。

統計解析

各月ごとにおけるミヤコザサの地上部現存量、葉重量、稈密度、稈高、稈1本あたりの生葉数、葉の窒素含有率および生葉面積の柵内外の違いをMann-WhitneyのU検定を用いて検定した。

5. 結果

地上部現存量および葉重量

当年稈および当年葉の地上部現存量は6月では柵

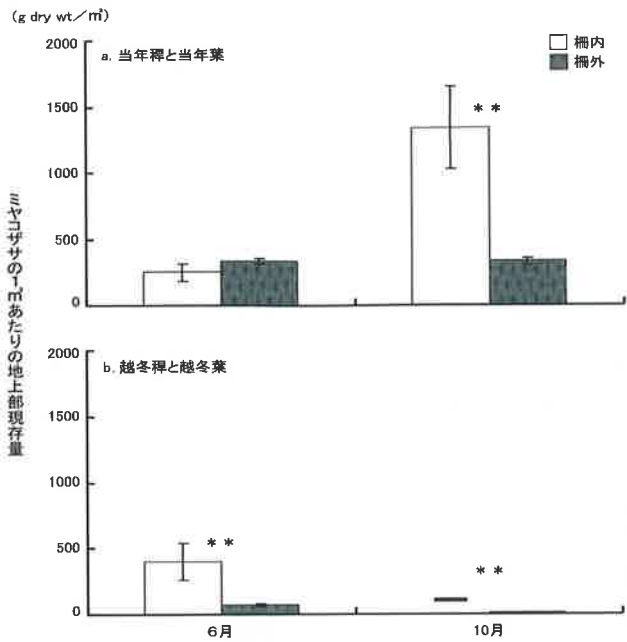


図-1 2004年6月と10月における柵内外のミヤコザサの地上部現存量。

5 コドラートの0.09㎡あたりの地上部現存量の平均値を1㎡あたりに換算したものを示した。エラーバーは標準誤差を示す。-は枯死しており採集できなかったことを示す。**：Mann-WhitneyのU検定で有意差があったことを示す (**： $p < 0.01$)。

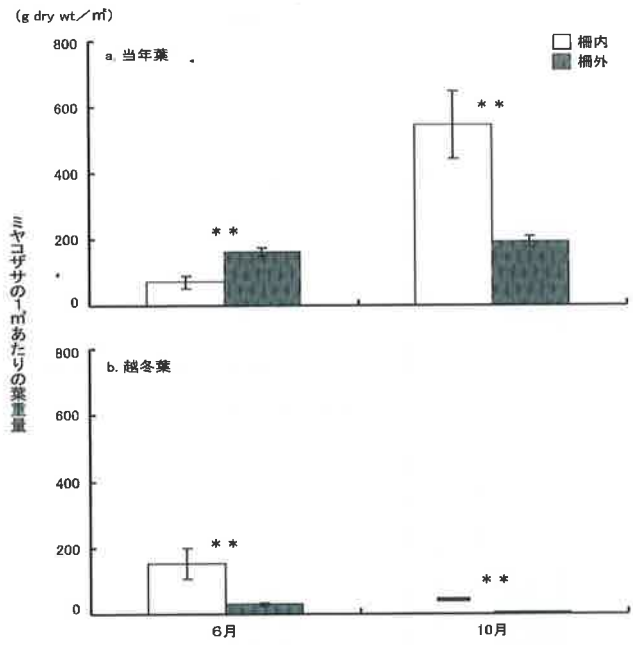


図-2 2004年6月と10月における柵内外のミヤコザサの葉重量。

5 コドラートの0.09㎡あたりの葉重量の平均値を1㎡あたりに換算したものを示した。エラーバーは標準誤差を示す。-は枯死しており採集できなかったことを示す。**：Mann-WhitneyのU検定で有意差があったことを示す (**： $p < 0.01$)。

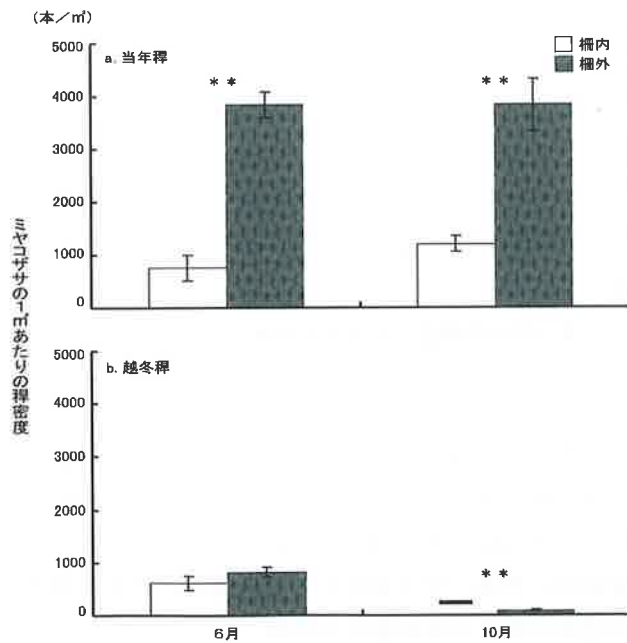


図-3 2004年6月と10月における柵内外のミヤコザサの稈密度。

5 コドラートの0.09㎡あたりの稈密度の平均値を1㎡あたりに換算したものを示した。エラーバーは標準誤差を示す。-は枯死しており採集できなかったことを示す。**：Mann-WhitneyのU検定で有意差があったことを示す (**： $p < 0.01$)。

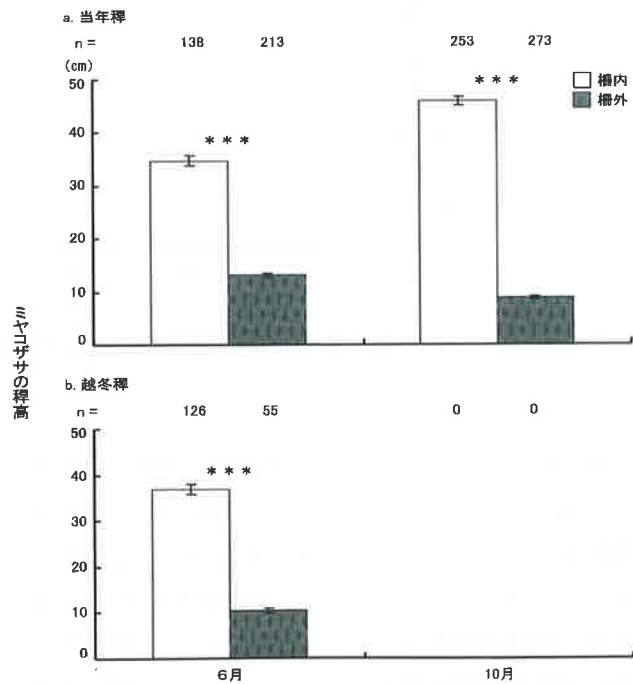


図-4 2004年6月と10月における柵内外のミヤコザサの稈高。

nは稈高を測定した稈の本数をあらわす。エラーバーは標準誤差を示す。***：Mann-WhitneyのU検定で有意差があったことを示す (***)： $p < 0.001$)。

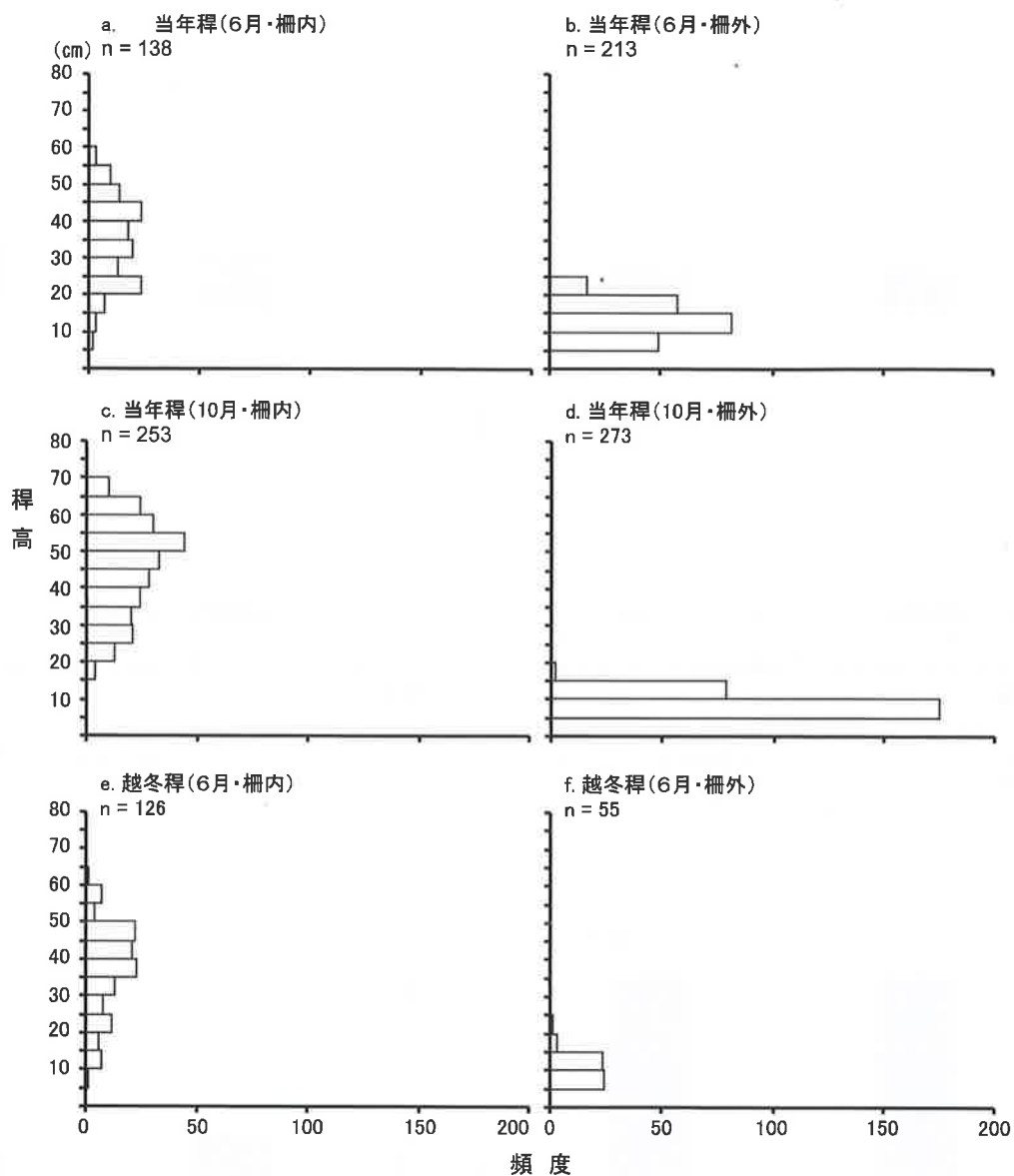


図-5 2004年6月と10月における棚内外のミヤコザサの稈高のヒストグラム。
nは稈高を測定した稈の本数をあらわす。

内外で有意差はないものの、10月には棚内より棚外で有意に小さかった (図-1 a)。越冬稈および越冬葉の現存量は6月では棚内より棚外で有意に小さかった (図-1 b)。10月における越冬稈および越冬葉の地上部現存量は棚内では 0 g/m^2 、棚外では 8 g/m^2 と棚内外でほとんどみられなかった (図-1 b)。

当年稈の葉重量は6月には棚内より棚外で有意に大きかった (図-2 a)。一方で10月の当年稈および6月の越冬稈の葉重量は棚内より棚外で有意に小

さくなった (図-2 a, 図-2 b)。10月には越冬稈は棚内外ともにほぼすべてが枯れており、ほとんど採集されなかった (図-2 b)。

稈密度、稈高、稈1本あたりの生葉数、生葉面積の経時変化および葉の窒素含有率

当年稈の稈密度は6月と10月ともに棚内よりも棚外で有意に高かった (図-3 a)。6月における越冬稈の稈密度は棚内外で有意差はなかった (図-3 b)。10月における越冬稈の稈密度は棚内では 0 本/m^2 、

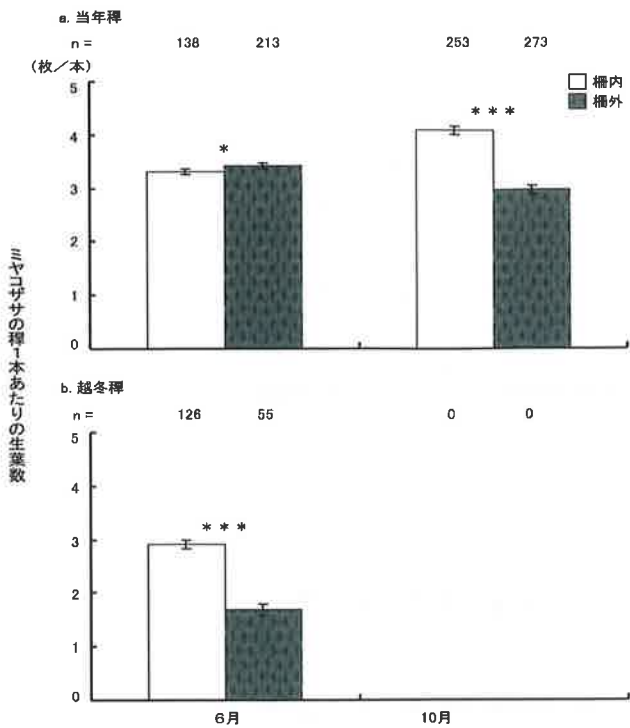


図-6 2004年6月と10月における罫内外のミヤコザサの稈1本あたりの生葉数。

nは稈1本あたりの葉数を測定した稈の本数をあらわす。エラーバーは標準誤差を示す。*, ***: Mann-WhitneyのU検定で有意差があったことを示す (*: $p < 0.05$, ***: $p < 0.001$)。

罫外では91.1本/㎡と罫外で有意に高かった (図-3 b)。しかしながら、10月における当年稈の稈密度と比較すると、罫内外ともに越冬稈の稈密度は当年稈の稈密度の3%以下であるため、10月には越冬稈は罫内外ともにほとんどみられなかった (図-3 a, b)。本調査では2004年のみの調査なので越冬時の稈の枯死量がわからない。そこで、かわりに10月の当年稈と6月の越冬稈の稈密度を比較することで、越冬時の稈の枯死量の指標とした。6月の越冬稈の稈密度は、罫内では10月の当年稈の約51%であったのに対し、罫外では約21%であった (図-3 a, b)。

6月の当年稈、10月の当年稈および6月の越冬稈の稈高は罫内より罫外で有意に低かった (図-4 a, b)。罫内では6月の当年稈、10月当年稈および6月の越冬稈の稈高は10~70cmと様々な高さの稈が存在した (図-5 a, c, e)。一方で、罫外では6月の当年稈、10月当年稈および6月の越冬稈の稈高は5~25cmと

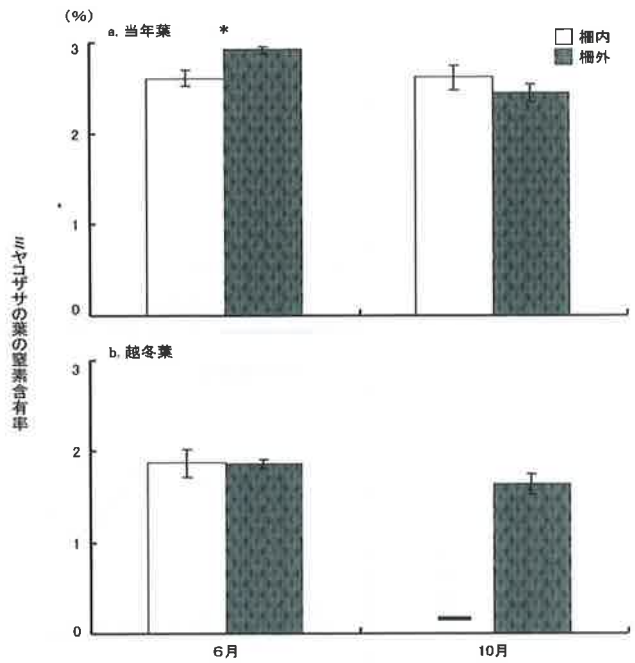


図-7 2004年6月と10月における罫内外のミヤコザサの葉の窒素含有率。

エラーバーは標準誤差を示す。-は枯死しており採集できなかったことを示す。*: Mann-WhitneyのU検定で有意差があったことを示す (*: $p < 0.05$)。

比較的稈高の小さい稈しか存在していなかった (図-5 b, d, f)。

6月の当年稈の稈1本あたりの生葉数は罫内より罫外で有意に値が大きかった (図-6 a)。10月の当年稈および6月の越冬稈の稈1本あたりの生葉数は罫内より罫外で有意に値が小さくなった (図-6 a, b)。

6月の当年葉における葉の窒素含有率は罫内で2.6%、罫外で2.9%と罫外で有意に高かった (図-7 a)。その一方で、10月の当年葉における葉の窒素含有率は罫内では2.6%であったが、罫外で2.4%に減少したため、罫内外で有意差がみられなかった (図-7 a)。6月の越冬葉における葉の窒素含有率は罫内外ともに1.9%で有意な差はみられなかった (図-7 b)。

罫内外ともに4月には当年葉は展葉しておらず、5月になって当年葉の展開がみられた (図-8 b, c)。

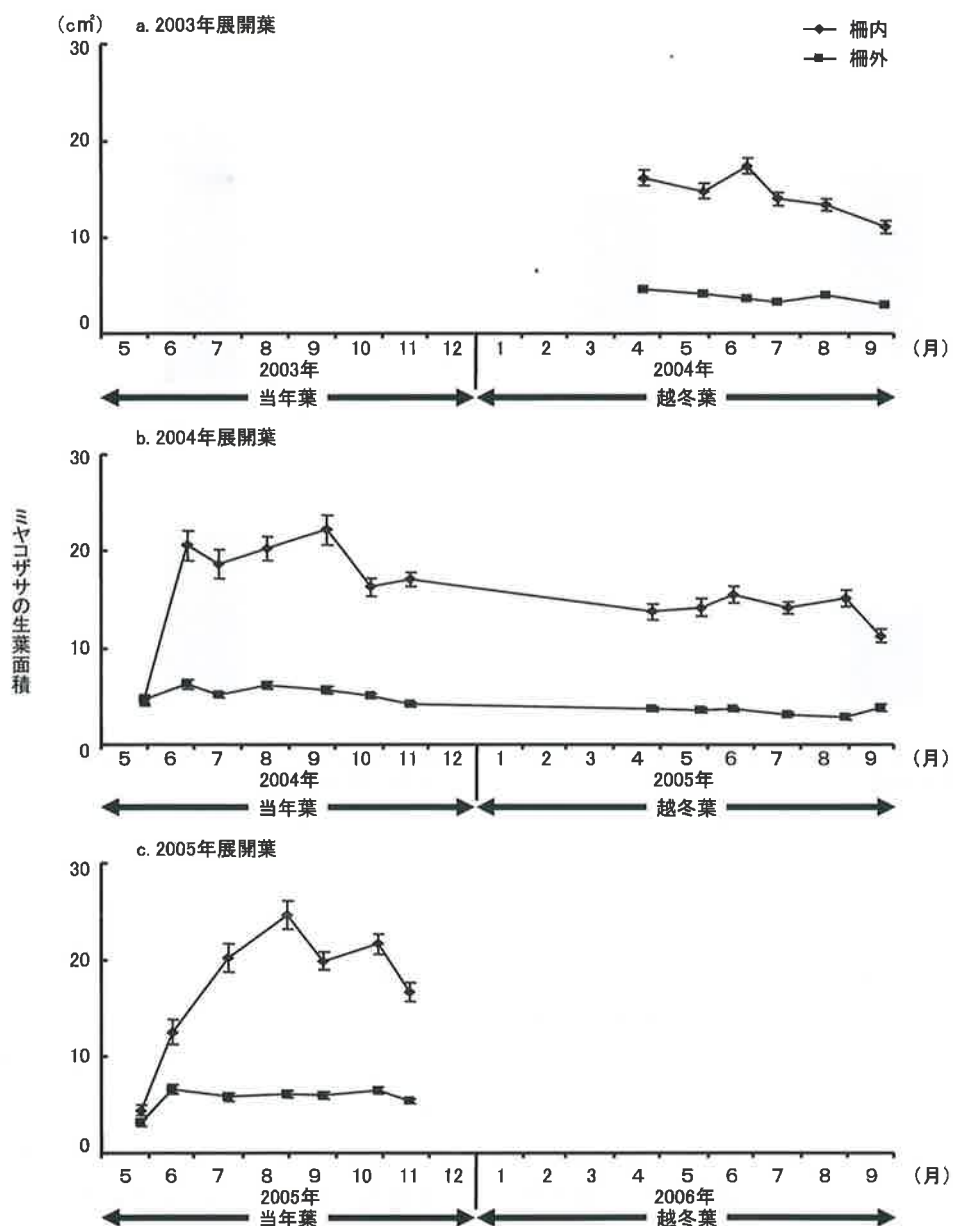


図-8 柵内外における生葉面積の経時変化。

柵内外における2003年葉、2004年葉および2005年葉の各50枚の生葉面積の平均値の経時変化を示した。生葉面積とは葉の枯死部分を除いた状態の面積を指す。10月以降は越冬葉はほとんど枯れていたため、採集をおこなわなかった。4月は当年稈が伸長しておらず、当年葉は採集できなかった。エラーバーは標準誤差を示す。

柵内の当年葉の面積は5月から6月と7月にかけて増加し、以降18.7~24.6cm²の範囲にあった(図-8 b, c)。10月および11月に当年葉の面積の減少がみられ、16.3~17.1cm²の範囲にあった(図-8 b, c)。越冬葉の面積は11.1~17.3cm²であった(図-8 a, b)。柵外の当年葉の面積は5月から6月にかけて増加し、

以降5.1~6.6cm²の範囲にあった(図-8 b, c)。10月および11月に当年葉の面積の減少がみられ、4.2~5.4cm²となった(図-8 b, c)。越冬葉の面積は2.8~4.5cm²の範囲にあった(図-8 a, b)。2003年展開葉の生葉面積は調査期間を通じて柵内より柵外で有意に小さかった(図-8 a)。2004年展開葉および2005

年展開葉の生葉面積はそれぞれ2004年5月および2005年5月には柵内外で有意な差はみられなかったものの、他の月ではすべて柵内よりも柵外で有意に小さかった (図-8b, c)。

6. 考察

10月の当年稈と6月の越冬稈の地上部現存量および葉重量は柵内より柵外で有意に小さかった (図-1, 図-2)。大台ヶ原ではYokoyama and Shibata (1998), 田中ら (2006), Shibata *et al.* (2008) もシカの採食を受けている柵外のミヤコザサは採食を受けていない柵内のものと比べて地上部現存量が小さいと報告している。これらのことから、シカの採食がミヤコザサの地上部現存量に損失を与えていると考えられた。

6月および10月の当年稈の稈密度は柵内より柵外で有意に高かった (図-3)。6月の当年稈, 10月の当年稈および6月の越冬稈の稈高は柵内より柵外で有意に低かった (図-4)。ミヤコザサの生葉面積は当年稈の展葉時期である5月を除き, すべての月で柵内よりも柵外で有意に小さかった (図-8)。以上から柵外のミヤコザサは, 個体レベルでは小型化し, 群落レベルでは高密度化していることが明らかになった。シカの採食圧が高い地域におけるササの小型化や高密度化現象は, 宮城県金華山島におけるアズマネザサでも指摘されている (Takatsuki, 1980)。以上からミヤコザサはシカの採食に対して個体の小型化と群落の高密度化という反応をしていると考えられた。

稈1本あたりの生葉数は10月の当年稈および6月の越冬稈で柵内より柵外で有意に値が小さかった (図-6)。この要因として, 柵外ではシカの採食によって葉が減少していることが考えられた。また柵内外でミヤコザサの形態が異なっていることから, 柵外では形態の変化により稈1本あたりの展葉数が柵内よりも減少している可能性が考えられた。これを明らかにするためには, シカの採食を受けていない柵外の稈を用いて比較する必要があるだろう。

柵内では様々な高さの稈が存在していたのに対し,

柵外で25cm以下の比較的稈高の低い稈しか存在していなかった (図-5)。このことから, ミヤコザサの空間構造は柵内では階層状になっているのに対し, 柵外ではミヤコザサの稈高がほぼ一定の高さになっていることが示唆された。

6月の当年葉における乾重あたりの窒素含有率は柵内よりも柵外で有意に高かった (図-7a)。森 (2004) もシカの採食を受けている柵外のミヤコザサの当年葉は採食を受けていない柵内のものと比べて窒素含有率が高いと報告している。これらのことから, シカの採食によって当年葉の窒素含有率が高くなったと考えられた。一方で, 6月の越冬葉では柵内外で有意な差はみられなかった (図-7b)。また当年葉よりも越冬葉で窒素含有率が低くなる傾向がみられた (図-7)。ミヤコザサは季節的に地上部と地下部で相互に窒素を移動させており, 葉の窒素含有率は展葉直後をピークにして冬までに減少し, 越冬後はほとんど変わらない (秋山ら, 1977b)。このことは, 冬までに当年葉の窒素が葉の生存に必要な最低限の量を残して地下部に蓄積され, 春にはその窒素が新たに伸長した当年稈の当年葉に移動し, 前年の当年葉, すなわち越冬葉には窒素が移動しないからだと考えられる。

柵内外ともに4月には当年葉は展葉しておらず, 5月になって当年葉の展開がみられた (図-8b, c)。柵内の当年葉の生葉面積は5月から7月にかけて増加したのち, 10月および11月に減少がみられた (図-8b, c)。このことから本調査地においては5月から7月にかけて当年葉が展葉し, 10月から11月にかけてミヤコザサの葉縁の枯れ上がりが起こると考えられる。

柵外のミヤコザサはシカによる採食を受けているのにもかかわらず, 6月の当年稈の現存量は柵内外で有意差はみられず, 葉重量は柵内よりも柵外で有意に大きくなった (図-1a, 図-2a)。また6月の当年稈の稈1本あたりの生葉数は柵内よりも柵外で有意に値が高かった (図-6a)。以上の結果は柵内よりも柵外で当年稈および当年葉の生長が早く, 柵外の方で当年稈および当年葉の成長が早くなった

ためだと考えられる。横山 (1996) も柵内よりも柵外でミヤコザサの生長が早いことを指摘しており、これらの結果は横山の説を支持するものと考えられる。

6月および10月の当年稈の稈密度は柵内よりも柵外で高かったが、6月における越冬稈の稈密度は柵内外で有意差はなかった (図-3)。また6月の越冬稈の稈密度は、柵内では10月の当年稈の約51%であったのに対し、柵外では約21%であった (図-3 a, b)。これは柵内外で越冬稈の枯死時期が異なることを示唆している。越冬葉は当年葉が展葉する時期に急速に脱落する (秋山ら, 1977a)。このため、当年稈の生長が柵内よりも早いと考えられる柵外では、越冬稈の枯死時期も早いと考えられた。

6月から10月にかけての当年葉の窒素含有率は、柵内では2.6%のままであったのに対し、柵外で2.9%から2.4%に減少したため、柵外の方が有意に低くなった (図-7a)。ミヤコザサは季節的に地上部と地下部で相互に窒素を移動させており、春先と秋には窒素現存量の60%以上が地下部に、夏季には3分の2以上が地上部に集中している (秋山ら, 1977b)。このことから、柵内に比べて柵外では地上部から地下部への窒素の移動をおこなう時期が早いことが示唆された。

本研究で、大台ヶ原ではシカの採食によって餌であるミヤコザサの地上部現存量が低下したり、稈高が低くまた生葉面積が小さくなっていること示された。さらに稈の密度や生葉の窒素含有率も増加していることが明らかになった。上田・田淵 (2009) はミヤコザサのこうした変化がゴール昆虫の生活史に間接的に影響していることを明らかにしている。今後ミヤコザサを利用する他の昆虫についても注視していく必要がある。

本研究は環境省自然保護局近畿地区自然環境保護事務所の許可を得て実施しました。また本研究は日本学術振興会科学研究費補助金 (14206019, 18380090, 18380097) に基づいておこなわれました。

引用文献

- 秋山 侃・大久保旦・高橋繁男 (1977a) 放牧草地のエネルギー効率 第3報 ミヤコザサ群落の物質生産. 日本草地学会誌 23: 43~51.
- 秋山 侃・大久保旦・高橋繁男 (1977b) 放牧草地のエネルギー効率 第4報 ミヤコザサにおける窒素と熱量の動態. 日本草地学会誌 23: 52~59.
- 安藤正規・合田 禄 (2009) 大台ヶ原のニホンジカ. 大台ヶ原の自然誌 (柴田叡弼・日野輝明編著), pp.46~59, 東海大学出版会, 東京.
- Ando, M., Yokota, H. and Shibata, E. (2003) Bark stripping preference of sika deer, *Cervus nippon*, in terms of bark chemical contents. *Forest Ecology and Management* 177: 323~331.
- Ando, M., Itaya, A., Yamamoto, S. and Shibata, E. (2006) Expansion of dwarf bamboo, *Sasa nipponica*, grassland under feeding pressure of sika deer, *Cervus nippon*, on subalpine coniferous forest in central Japan. *Journal of Forest Research* 11: 51~55.
- Danell, K. and Huss-Danell, K. (1985) Feeding by insects and hares on birches earlier affected by moose browsing. *Oikos* 44: 75~81.
- 土永智子・土永浩史・菅沼孝之 (1989) 大台ヶ原山山域の植物相 I. 南紀生物 31: 13~18.
- Feber, R.E., Brereton, T.M., Warren, M.S., and Oates, M. (2001) The impacts of deer on woodland butterflies: the good, the bad and the complex. *Forestry* 74: 271~276.
- 樋口高志・樋口香代 (2009) 森林生態系保全再生の取り組み. 大台ヶ原の自然誌 (柴田叡弼・日野輝明編著), pp.234~244, 東海大学出版会, 東京.
- 日野輝明・柴田叡弼 (2009) シカとササの相互作用の動態にもとづく森林生態系管理. 大台ヶ原の自然誌 (柴田叡弼・日野輝明編著), pp.255~270, 東海大学出版会, 東京.
- 井出久登・亀山 章 (1972) 大台ヶ原の植生. 応用植物社会学研究 1: 1~48.
- Martinsen, G.D., Driebe, E.M. and Whitham,

- T.G. (1998) Indirect interactions mediated by changing plant chemistry: beaver browsing benefits beetles. *Ecology* 79: 192~200.
- Miyashita, T., Takada, M. and Shimazaki, A. (2004) Indirect effects of herbivory by deer reduce abundance and species richness of web spider. *Ecoscience* 11: 74~79.
- 森さやか (2004) ニホンジカ (*Cervus nippon*) による被食に対するミヤコザサ (*Sasa nipponica*) の応答. 85pp. 奈良女子大学修士論文
- 村田 源 (1989) イネ科. 日本の野生植物木本II. (佐竹義輔ら編), pp.254~261, 平凡社, 東京.
- Olofsson, J. and Strengbom, J. (2000) Response of galling invertebrates on *Salix lanata* to reindeer herbivory. *Oikos* 91: 493~498.
- 柴田叡弼 (2007) 鳥獣による加害と植物の反応. 樹木医学研究 11: 223~229.
- 柴田叡弼 (2008) ニホンジカによる被害は森林での生物間相互作用を明らかにする. 日本森林学会誌 90: 313~314.
- Shibata, E., Saito, M. and Tanaka, M. (2008) Deer-proof fence prevents regeneration of *Picea jezoensis* var. *hondoensis* through seed predation by increased woodmouse populations. *Journal of Forest Research* 13: 89~95.
- Shimazaki, A. and Miyashita, T. (2002) Deer browsing reduces leaf damage by herbivorous insects through an induced response of the host plant. *Ecological Research* 17: 527~533.
- Takatsuki, S. (1980) The effects of Sika deer (*Cervus nippon*) on the growth of *Pleioblastus chino*. *Japanese Journal of Ecology* 30: 1~8.
- 田中美江・斎藤麻衣子・大井圭志・福田秀志・柴田叡弼 (2006) 大台ヶ原におけるササの繁殖とネズミ類の生息状況—特に防鹿柵の設置と関連づけて—. 日本森林学会誌 88: 348~353.
- 常田邦彦 (1997) ニホンジカ問題の全国的な状況. ニホンジカ保護管理の現状と課題 (財団法人自然環境研究センター編). pp.2~5, 財団法人自然環境研究センター, 東京.
- 上田明良・田淵 研 (2009) シカがササを食べると針の短い寄生蜂が得をする. 大台ヶ原の自然誌 (柴田叡弼・日野輝明編著), pp.178~188, 東海大学出版会, 東京.
- 横田岳人・中村紗映・柴田叡弼・佐藤宏明 (2009) ニホンジカが高密度に生息する奈良県大台ヶ原における1983-2001年の植生の変化. 保全生態学研究 14: 263~278.
- 横山昌太郎 (1996) ニホンジカの採食がミヤコザサの現存量と形態に及ぼす影響. 132pp. 名古屋大学大学院修士論文.
- Yokoyama, S. and Shibata, E. (1998) The effects of sika-deer browsing on the biomass and morphology of a dwarf bamboo, *Sasa nipponica*, in Mt. Ohdaigahara, central Japan. *Forest Ecology and Management* 103: 49~56.
- Yokoyama, S., Koizumi, T. and Shibata, E. (1996) Food habits of sika deer as assessed by fecal analysis in Mt. Ohdaigahara, central Japan. *Journal of Forest Research* 1: 161~164.
- Yokoyama, S., Maeji, I., Ueda, T., Ando, M. and Shibata, E. (2001) Impact of bark stripping by sika deer, *Cervus nippon*, on subalpine coniferous forests in central Japan. *Forest Ecology and Management* 140: 93~99.

(2011. 4. 25 受理)

論文

千葉県におけるケブカトラカミキリの発生初確認

武田 藍¹

はじめに

イヌマキ (*Podocarpus macrophyllus* (Thunb.) D. Don) は千葉県において県の木に指定されている非常に身近な樹木である。特に海岸沿い地域の生け垣はマキ塀と呼ばれて名高く、神社仏閣や民家で庭木としても多用されている他、県内124ヘクタールで生産されている。ところが、2008年11月、イヌマキの一大生産地である匝瑳市において、ケブカトラカミキリ (*Hirticlytus comosus* (Matsushita, 1941)) (写真-1) の食害によりイヌマキが衰弱・枯死する被害が発見された (千葉県農林総合研究センター, 2008; 武田, 2010)。本種による被害は九州地方などでは確認されていたが、本州では初めての確認となった。

1. ケブカトラカミキリ

本種は体長が8~11.5mmで、ケブカトラカミキリ属に属する1属1種の日本特産種である (新里, 2007)。食樹としてはチョウセンマキ (イヌガヤ科)、ナギ (マキ科)、イヌマキ (マキ科) の3種が知られるが、



写真-1 ケブカトラカミキリの成虫。

イヌマキの被害が顕著である。2008年に千葉県で発見されるまでは屋久島、種子島、四国 (高知県南部)、九州 (鹿児島県、宮崎県南部、熊本県南部) にのみ分布しているとされており、主に九州で生態などの知見が蓄積されている (臼井ら, 2007)。

本種は基本的には年1化で、九州地方における観察では、4~5月に幼虫は樹皮下で孵化、内樹皮と樹皮下の木質部表面を食害、10月に材内の蛹室で蛹化・羽化して越冬、翌年4~5月に材外に脱出し、脱出直後から交尾が可能で大半の雌個体が10日以内に交尾産卵するとされている (小林・竹谷, 1994; 佐藤, 1999; 臼井ら, 2007)。

2. 県下発生状況

当初の調査では匝瑳市のみが発生が確認されていたが、その後の県内各地域の農林振興センター (現農業事務所) の調査で、匝瑳市に隣接する横芝光町及び山武市においても発生が確認された (図-1)。被害本数は2010年8月時点で、約1000本と推定され

写真-2 激発圃場
枯死木はすべて被害木。イヌマキはほとんど枯死している。



図-1 2010年8月時点における発生市町村
(北から匝瑳市、横芝光町、山武市)



写真-3 大きさにばらつきがある脱出成虫，図中の目盛は1mm。



写真-4 幼虫による樹皮下の食害痕と蛹室（脱出孔）。

ている。現在のところ生産圃場における発生は少なく、放棄圃場や民家・神社などにおける発生が多い(写真-2)。直径3cm程度の生け垣の木における発生も報告されている。ケブカトラカミキリの最大飛行距離は1km程度と短いとされていることから(佐藤, 2005), 既発生地から寄生木とともに移動してきた可能性が高く、相当以前からすでに千葉県に侵入していたと推定された。

県下で採取された成虫の体長は7.5~14mmとばらつきがあり、九州における報告に比べて大型の個体が観察された(写真-3)。また、孵化幼虫はイヌマキの内樹皮と樹皮下の木質部表面を不規則に食害していた(写真-4)。基本的には年1化と考えられているが、当県の調査では2月に被害木中で幼虫が1頭発見されており、1世代に1年以上かかる個体もいる可能性が示唆された。

県下における成虫脱出時期は、2009年は4月16日

から5月16日であった。過去に鹿児島県において調査された脱出時期と比較すると(佐藤, 1999), 1997年では4月16日から5月16日, 1998年では4月10日から4月29日であり, 1997年における脱出時期とはよく一致していたが, 1998年はこれらの年に比べて脱出時期が早く, 期間も短かった。佐藤(1999)は鹿児島県の2カ年における脱出時期の違いを4月の平均気温が影響していると考えしている。脱出時期は後述する薬剤散布時期の判断にも関わる重要なポイントのため, 千葉県においても脱出時期データの蓄積を行い, 脱出時期の推定を行う必要がある。

3. 防除

幼虫による食害が形成層を一周すると枯死に至るが, これには複数個体による食害が必要で数年かかると考えられる。しかしながら本種は食害時に食べ

カスや虫糞を外部に出さず、食害は樹皮を剥いで観察しないと確認できないため、被害の早期発見が困難である。外観からの識別点は成虫の脱出孔（直径3mm程度、写真-4）があり、その他の識別点としては、葉の退色や食害痕の融合による樹皮表面の隆起が見られる場合もある。

(1) 伐採処理

現時点では、生木中で加害している幼虫に対して、高い殺虫効果が得られる薬剤はない。そのため、樹皮下の幼虫被害をできるだけ早期に発見し、成虫の脱出期以前に伐採、処分することが重要となる。枯死木への産卵は行われないことから、すでに枯死して年数が経過している木に対して防除する必要はない。しかしながら成虫の移動性が低く、産卵は脱出木に集中していると考えられるため（佐藤，2004）、特に当年度の枯死木や、脱出孔が多数開いた生木からは次年度に大量の成虫が羽化する可能性がある。これらは成虫脱出期までに伐採し、焼却するか、チップ化や薬剤によるくん蒸処理が必要である。

イヌマキの伐倒木に対するくん蒸剤としては、カーバム剤（商品名：ヤシマNCS）が平成23年2月に登録拡大となり、使用可能となった。本県において冬場に行った現地試験では、原液0.5ℓ/m³を14日以上処理及び原液1ℓ/m³を7日以上処理で、いずれも脱出成虫数がゼロとなり、蛹室内で休眠中の成虫に対して効果が認められた。

なお、千葉県では被害拡大防止を目的とし、ケブカトラカミキリ緊急防除事業を平成21年度と22年度の2年間立ち上げた。この事業により被害木の伐採・集積運搬及び破碎処理にかかる費用が補助され、平成21年度は182本、平成22年度は382本が処理された。

(2) 薬剤散布

加害初期の被害木に対する防除及び予防的措置としては、成虫脱出時期におけるMEP乳剤80（商品名：スミパイン乳剤）の散布が有効である。MEP乳剤80は平成21年4月に登録対象作物が樹木類に拡大され、イヌマキにも使用が可能となった。

薬剤散布による防除時期は成虫脱出時期の1か月程度であるが、成虫は材外に脱出するとその日のう

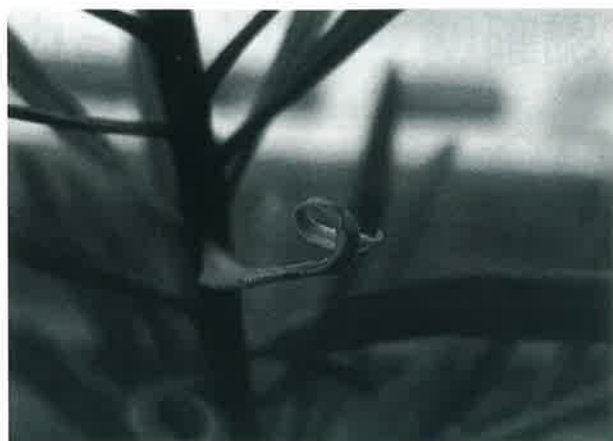


写真-5 MEP乳剤80の150倍液散布によるイヌマキ新葉の薬害。

ちに交尾・産卵することから、交尾前に薬剤により殺虫することが望ましい。あらかじめ樹幹部に散布された薬剤上を成虫が歩行して死亡することを想定した場合、本県における試験結果では150倍液の残効は2週間程度と考えられ、脱出期間中の定期的な散布（登録上は6回以内）が必要と考えられる。

さらに、MEP乳剤80の登録は50～150倍と高濃度であり、イヌマキの新葉へ付着した場合には葉の周辺部が褐変し、葉が巻く薬害が確認されている（写真-5）。本虫は葉を食害しないため、散布の際は樹幹部のみとし、周辺への飛散防止に注意する必要がある。

おわりに

千葉県農林総合研究センターではケブカトラカミキリによる被害の発生を受け、ケブカトラカミキリの脱出時期の推定や薬剤防除方法の確立に取り組んでおり、現在、エトフェンプロックスの登録拡大に向けて試験中である。

引用文献

- 千葉県農林総合研究センター 病虫害防除課（2008）平成20年度病虫害発生予察特殊報 第3号。
- 小林富士雄・竹谷昭彦編（1994）森林昆虫。pp230. 養賢堂，東京。
- 新里達也（2007）トラカミキリ族。日本産カミキリ

ムシ (大林延夫・新里達也共編), 481~512, 東海大出版会, 東京.

佐藤嘉一 (1999) ケブカトラカミキリの生態と防除 I - 分布・脱出消長・産卵消長 -. 日林九支研論 52: 89~90.

佐藤嘉一 (2004) 粘着バンドによるケブカトラカミキリ成虫の捕獲消長と空間分布調査. 日林誌 86: 225~229.

佐藤嘉一 (2005) ケブカトラカミキリによる被害木

の空間分布およびその成立要因としての成虫の走光性. 日林誌 87: 247~250.

白井陽介・楨原 寛・森田 茂・佐藤嘉一 (2007) ケブカトラカミキリに関する知見および文献目録. 森林防疫, 56(3): 3~12.

武田 藍 (2010) イヌマキを加害するケブカトラカミキリの発生生態と防除. 千葉の植物防疫. 132: 13~15.

(2011. 4. 26 受理)

論文

人工林における冠雪害の発生要因に関する一考察
—京都府南丹市美山町で発生した被害から—野口貴士¹・小林正秀²

1. はじめに

我が国は、四季の変化が明瞭で、梅雨期に雨量が多く、秋季に台風がしばしば襲来し、冬季に雪が降る地域が多い。このため、我が国の林業は、古くから気象害に悩まされており、中でも、風害と冠雪害は、多大な経済的損失を発生させてきた。風害の直接の原因は、台風などの強風であり、冠雪害の直接の原因は、重たい湿雪である。このように両者の原因は異なるが、被害の現れ方は類似しており、いずれも、立木の根返りや倒伏、幹の曲がりや折損が生じる被害である（飯塚、1964；豪雪協、1984）。

京都府中部に位置する南丹市美山町では、2009年1月10～11日にかけての降雪により、広範囲の人工林で冠雪害が発生した（図-1）。同じ美山町では、2004年10月に上陸した台風23号による大規模な風害も発生している。両被害とも、幹の折損が大半であり、雪害地40箇所で行地調査を実施したところ、台風23号による風害木が確認された。このため、台風23号による風害を免れた残存木は、見た目には健全であっても、幹内部が強風によって破壊されており、



図-1 スギ人工林における幹の折損（美山町下平屋）

幹の強度が低下していたために、2009年の冠雪害によって多数が折損した可能性がある。

風害を受けた立木は、風によって幹がたわむ際、幹内部にもめや目廻りが生じる（友松ら、1984；池田ら、1992；見尾・中神、1992；藤本ら、1994；宮崎、2002）。もめとは、強風や積雪などによって幹内部に生じる圧縮破壊の部分を指し（日林協、1970）、製材品の材面に傷として現れるだけでなく、材の強度低下をもたらす（友松ら、1984；見尾・中神、1992；村松ら、1993；藤本ら、1995；Sonderegger and Niemz, 2004）。一方、目廻りとは、幹内部の不均一な収縮によって生じる年輪に沿った割れであり、強風による幹の動揺の他に、成長応力や凍結によっても生じる（日林協、1970）。目廻りは、製材時の割れの原因となり、目廻りがある材は構造材としての利用は困難になる（Ward and Pong, 1980）。もめや目廻りは、風害による倒伏や幹の折損を免れた残存木からも検出されることから（Ward and Pong, 1980；前田・坂下、1993；穴水・前田、1997）、見た目には健全であっても、もめや目廻りが生じた残存木の幹は強度が低下することになる。

風害を免れた残存木に二次被害が発生する事例は多く、例えば、1991年に上陸した台風19号による風害では、その後の弱風によって残存木が倒れ、復旧作業の障害となっている（加賀、1995）。また、風害を免れた残存木は、風によって幹が動揺した際に水分通導部が破壊され、これが原因で数年後に枯れることもある（Ueda and Shibata, 2004）。風害を免れた残存木の幹内部に、もめや目廻りが生じて強度が低下していれば、冠雪害も受けやすいはずである。ところが、風害が冠雪害を助長するという指摘は見当たらず、石井ら（1980）が1978年に島根県

で発生した冠雪害が、降雪前の暴風による風害との複合害である可能性を指摘している程度である。そこで、本研究では、2009年に美山町で発生した冠雪害を対象に、風害が冠雪害を助長するかどうかを検証した結果を報告する。

2. 方法

(1) 調査地

京都府中部に位置する南丹市美山町(図-2)の全域を調査対象とした。美山町は日本海側へ流れる由良川水系の上流部にあたり、総面積は34,047ha、森林面積は32,394haで、森林面積の36.9%に相当する11,968haが民有のスギやヒノキを主体とする人工林である。美山町では、スギやヒノキなどの針葉樹が大規模に植栽されたのは戦後のことであり、造林が盛んであった1960~1970年の造林面積は年間約480haに達していた(京都府京北事務所林務課, 1968; 1975)。

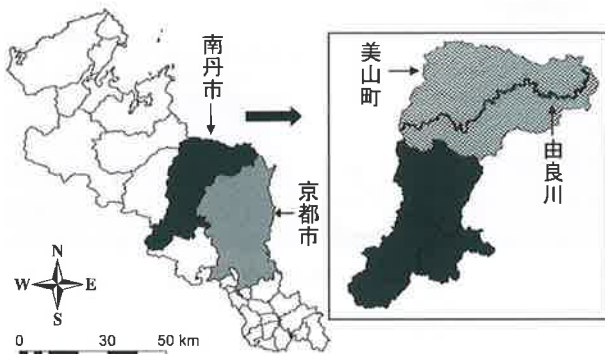


図-2 京都府南丹市美山町の位置

美山町は日本海側気候に属しており、中部の宮島地区静原に設置されている気象庁京都地方気象台美山観測所(以下、美山観測所)の気象データによると、年平均気温は12.7°C、1月の平均気温は1.7°C、8月の平均気温は24.9°C、年平均降水量は1,747.5mmである。冬季には毎年積雪が観測されており、年最大積雪深の平均値は33.4cmである。

(2) 風害地と雪害地の発生場所の把握

2004年10月に上陸した台風23号による風害地は、南丹市役所に保管されていた風害地の位置図(激甚

災害の指定を受け、森林災害復旧事業などの対象地となった場所を記した森林計画図)を用いて把握した。

雪害地を把握するための調査は、2009年6月20日~7月19日の間に実施した。車幅1.4mの軽トラック(富士重工製;スバル・サンバートラックTB)で走行可能な美山町内のほぼすべての道(道路と林道)と、走行不可能な場合は徒歩で通行した道から目視で雪害地を把握した。すなわち、幹が折損した被害木が10本以上存在する林分を雪害地とみなし、その範囲を森林計画図に記入するとともに、範囲内の被害本数を付記した。なお、調査の際に、軽トラックまたは徒歩で通行した道を国土地理院の5万分1地形図上に記入した。

このようにして作成した風害地と雪害地の位置図をGIS(ESRI社製ArcView 9.3)に取り込んで、国土地理院発行の2万5千分1地形図に重ねて位置合わせを行い、風害地と雪害地の範囲をトレースしてポリゴンを作成した。なお、GISを用いて解析する場合、同じ条件の範囲をトレースして作成した多角形のことをポリゴンと呼び(田中, 1996)、各ポリゴンに特徴を示す属性データを付与することで解析が容易となる。本研究では、風害地のポリゴンには整理番号を、雪害地のポリゴンには整理番号と被害本数を属性として与えた。

(3) 被害地の地形解析

2009年に美山町で発生した冠雪害の多くは、軽トラックまたは徒歩で通行した道から見える場所で発生していたが、林道入り口が施錠されていたために通行できなかった道の近くでも発生していた。このため、美山町全域を解析対象にすると、実際には冠雪害が発生していた場所を、冠雪害が発生していなかった場所として解析することになり、解析結果が不正確になる。そこで、軽トラックまたは徒歩で通行した道(総延長約250km)から直線距離300m以内の約4,300haの範囲(調査で把握した雪害地の97.1%を含む範囲)を解析対象とした。

地形解析には、国土地理院の10mDEM(Digital Elevation Model)を用いた。10mDEMとは、2万

5千分1地形図の等高線データを基に、地表を0.4秒(約10m)間隔で区切った格子の中心点の標高を2次元的に配置したデータである。本研究では、解析対象内の人工林、風害地および雪害地のポリゴンを、さらに10m四方の格子であるメッシュに区切り、このメッシュを単位として標高と斜面方位を解析した。標高の解析は、人工林、風害地および雪害地が、どの標高に多いのかを把握するため、標高を50m括約で区分し、人工林、風害地および雪害地の別に、標高50mごとのメッシュ数を集計し、その数が全メッシュ数に占める割合を求めた。斜面方位の解析も、人工林、風害地および雪害地が、どの斜面方位に多いのかを把握するため、斜面方位を北、北東、東、南東、南、南西、西および北西の8方位に分類し、人工林、風害地および雪害地の別に、8方位ごとのメッシュ数を集計し、その数が全メッシュ数に占める割合を求めた。

(4) TPIを用いた解析

2004年10月に上陸した台風23号は、中心が通過した後北風が吹き荒れ、美山観測所から北西に約30km離れた舞鶴海洋気象台では、10月20日に最大瞬間風速51.9m/sの北風が記録された。このため、由良川沿いや幅の広い道路沿いなどの開けた地形では、北向き斜面ほど強い北風を直接受けたと考えられる。一方、谷川沿いや小さな林道沿いなどの閉じた地形では、吹き込んだ風が様々な向きの斜面に当たりながら進むことから、北向き以外の斜面でも、幹にもめや目廻りを生じさせる程度の強風を受けたと考えられる。このため、台風23号による強風によって幹内部に破壊が生じて幹の強度が低下したことが今回の冠雪害を助長していたならば、北風が直接当たる開けた地形と、直接は当たらない閉じた地形とでは、前者のほうが北向き斜面において冠雪害が多発したはずである。そこで、これを確かめるため、TPI (Topographic Position Index) を用いて地形を分類し、地形別に雪害地の斜面方位を解析した。なお、TPIとは、ある地点の標高から、その地点の周辺の平均標高を差し引いた値を四捨五入した整数値で求められ (Jenness, 2006)、この値が正の場合は尾

根であることを、負の場合は谷であることを、0の場合は平衡斜面または平地であることを示す (図-3)。ただし、ある地点の周辺の平均標高を、その地点を中心とした円内の平均標高とした場合、その円の大小によって平均標高が変化するため、TPIも変化する。すなわち、TPIは、同じ地点でも、比較する周辺の面積の大小によって値が変化する。そこで、各メッシュを中心とした半径50m, 100m, 200mおよび300mの異なる4つの円を作成し、これらの円内の平均標高との差によって4つのTPIを算出した。そして、算出されたTPIと、実際の地形とを比較した結果、半径200mの円を用いてTPIを算出するのが最適であると判断し、半径200mの円内の平均標高との差によって求めたTPIの値が-32以上のメッシュを開けた地形、-32未満のメッシュを閉じた地形と判定した (図-4)。

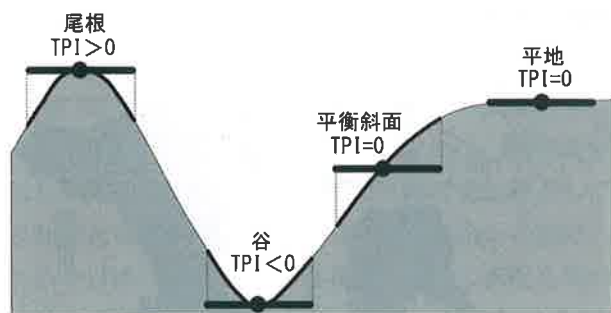


図-3 TPIと地形の関係

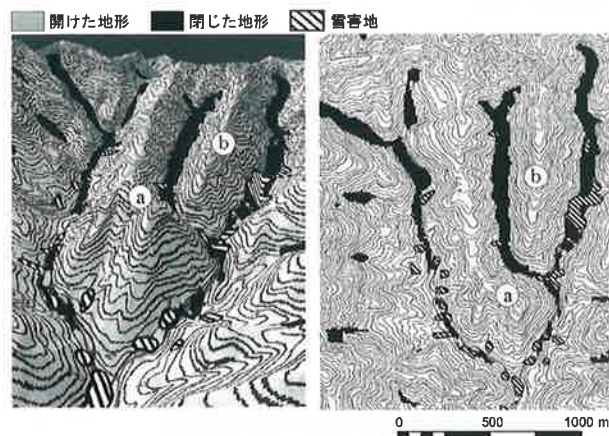


図-4 半径200mの円を用いて算出した TPIによる地形の分類結果 (図中のⓐとⓑは同じ場所を示す)

(5) 年輪解析

立木は、生育初期は成長が旺盛で年輪幅が広いが、やがて肥大成長が抑制され、年輪幅が狭くなる (Schweingruber, 1988)。特に、肥沃な土壌に密植された人工林において間伐が遅れると、混み合った立木同士が影響し合い、年輪幅は生育初期には広いが、生育後期には顕著に狭くなり、不均一になる。このような不均一な年輪幅が目廻りの成因の一つとして指摘されている (古野・澤辺, 1994)。このため、台風23号による強風によって幹内部に目廻りが生じて幹の強度が低下したことが今回の冠雪害を助長していたならば、冠雪害によって幹が折損した被害木の多くは年輪幅が不均一になっていた可能性が高い。そこで、これを確かめるため、被害木の年輪解析を実施した。

20箇所の雪害地において、被害木を1本ずつ伐倒して根元から厚さ10cm程度の円板を採取し、円板の髄から4方向の年輪幅を計測した。そして、植栽からの10年間 (植栽後10年間) と、その立木の最も新しい10年間 (最近10年間) の年輪幅を求め、それぞれの年輪幅が全年輪幅 (円板の半径) に占める割合 (以下、年輪幅率) を求めた。また、比較のために、美山町大野地区に位置する京都府立大学大野演習林において、2001年、2002年、2004年に実施された樹幹解析の結果 (吉井, 2002; 伊藤, 2003; 北野, 2005)、並びに2006年、2008年、2009年に実施された樹幹解析の結果から、樹齢34年を超える8本の無被害木について、同様に年輪幅率を求めた。

3. 結果

(1) 冠雪害発生時の気象状況

美山観測所における冠雪害発生時の積雪深と気温の推移を図-5に示す。冠雪害が発生した2009年1月10日は、19~20時までの1時間で積雪深が7cmも増えるなど、多量の降雪があった。また、10日11時~11日9時までは気温が-1.3~0℃の間を推移していた。さらに、10日15時~11日8時までは無風状態であった。このような気象条件は、高橋 (1952) が指摘する冠雪害が発生しやすい気象条件、つまり、

多量の降雪があること、0℃前後の気温が長時間続くこと、無風であることの3条件を満たしている。さらに、今回の冠雪害発生時には日照もなかったことから、冠雪害発生時には重たい湿雪が樹冠に積もりやすい気象条件が揃っていたことになる。

(2) 風害地と雪害地の発生場所

激甚災害の指定を受けた風害地は57箇所、総面積は13.1haであった。一方、雪害地は702箇所、総面積は201.3ha、被害本数は69,220本であった。冠雪害の実態調査では、被害本数が10本未満の雪害地は除外しており、解析対象外にも被害木が存在していたことから、実際の被害本数は10万本近くに達していたと考えられる。

風害地と雪害地の位置を図-6に示す。風害と冠雪害は、いずれも美山町内で一様に発生したのではなく、町東部の知井地区の東側と町西部の大野地区では発生が少なく、町中央部 (鶴ヶ岡地区、平屋地区および宮島地区) で多発していた。特に、冠雪害による被害木が1箇所500本以上であった激害地は、風害地の近くで多発していた。

(3) 被害地の地形解析

風害地と雪害地の標高の解析結果を図-7に示す。風害地の平均標高 (326.8m) と雪害地の平均標高 (327.2m) はほぼ同じで、人工林の平均標高 (398.0m) よりも70mほど低く、両被害とも比較的低い場所 (尾根や中腹よりも谷部) に位置する人工林で多発していた。特に、標高250~400mの範囲内で多発しており、この範囲内に位置する割合は、風害地では82.5%、雪害地では83.0%に達していた。

風害地と雪害地の斜面方位の解析結果を図-8に示す。人工林は、8方位にほぼ均等に分布しているが、風害地と雪害地は、いずれも北向き斜面に位置する割合が高かった。ただし、北向き斜面に多発する傾向は、雪害地よりも風害地のほうが顕著であり、北、北東および北西の3方位に位置する割合は、雪害地では53.2%であったが、風害地では73.0%に達した。逆に、南、南東および南西の3方位に位置する割合は、雪害地では27.7%であったが、風害地では6.8%に留まった。

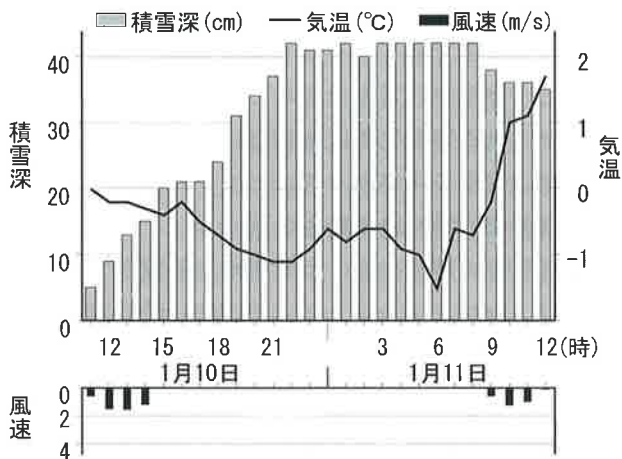


図-5 冠雪害発生時の気象状況

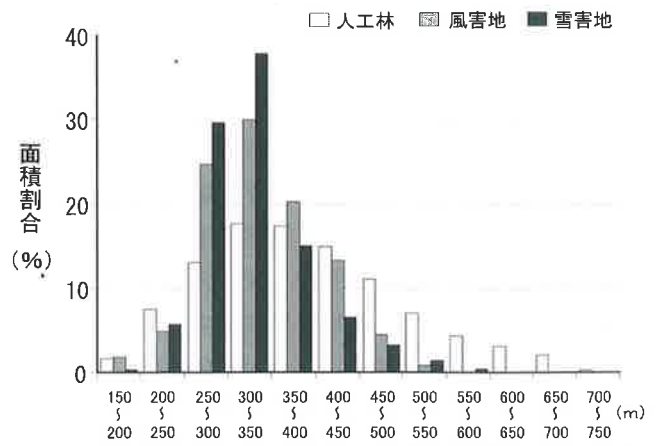


図-7 人工林、風害地および雪害地の標高階別面積割合

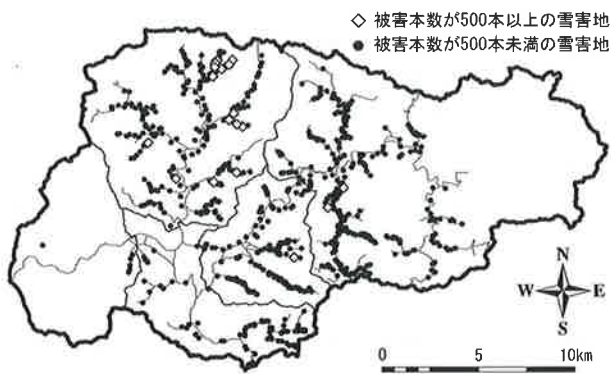


図-6 風害地(上)と雪害地(下)の位置

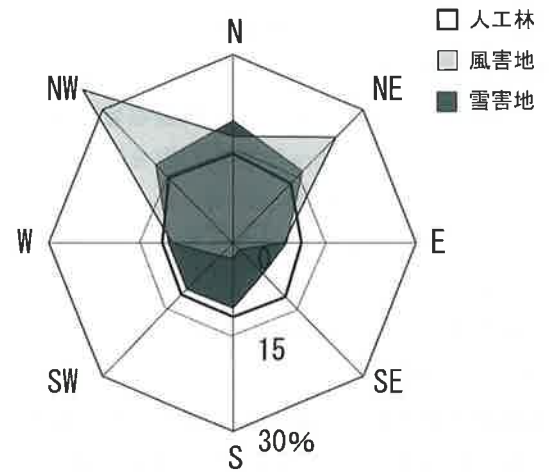


図-8 人工林、風害地および雪害地の斜面方位別面積割合

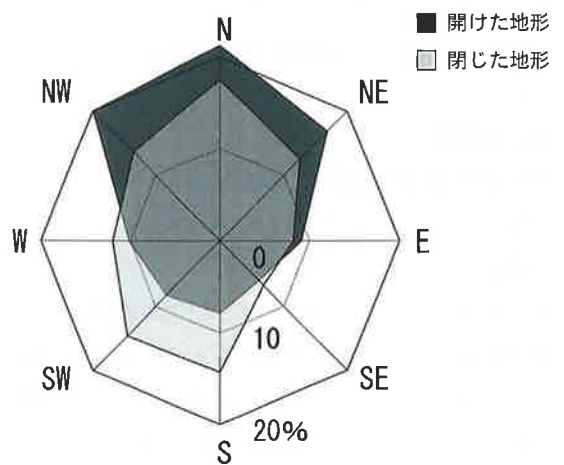


図-9 開けた地形と閉じた地形における雪害地の斜面方位別面積割合

(4) TPIを用いた解析

TPIを用いて開けた地形と閉じた地形に分類し、それぞれに位置する雪害地の斜面方位を解析した結果を図-9に示す。開けた地形に位置する雪害地は、北、北東および北西の3方位に位置する割合は58.2%と高く、南、南東および南西の3方位に位置する割合は22.2%と低かった。一方、閉じた地形に位置する雪害地は、北、北東および北西の3方位に位置する割合は43.7%に留まり、南、南東および南西の3方位に位置する割合は35.7%に達した。このよう

に、開けた地形のほうが閉じた地形よりも、北向き斜面において冠雪害が多発する傾向が顕著であった。

(5) 年輪解析

雪害地20箇所から採取した円板を対象に実施した年輪解析の結果を表-1に示す。全ての調査木で、植栽10年間の年輪幅率は、最近10年間の年輪幅率を上回っており、被害木と無被害木のいずれでも、植栽後10年間の年輪幅率の平均値は、最近10年間の年輪幅率の平均値よりも有意に高かった (Mann-WhitneyのU検定, $p < 0.001$)。ただし、植栽後10年間の年輪幅率と最近10年間の年輪幅率の差の平均値は、被害木 (0.30) のほうが無被害木 (0.17) よりも有意に高く (対応のない検定; $t = 2.841, p < 0.001$)、被害木は無被害木に比べ、年輪幅がより不均一になっていた。

表-1 被害木と健全木の年輪幅率

区分	調査木 No.	樹齢 (年)	根元径 (cm)	年輪幅率		
				植栽後 10年間 (A)	最近 10年間 (B)	差 (A-B)
被害木	1	27	14.8	0.55	0.24	0.31
	2	48	16.2	0.22	0.10	0.12
	3	46	34.3	0.45	0.07	0.38
	4	36	22.0	0.30	0.19	0.11
	5	36	19.8	0.52	0.06	0.46
	6	42	21.2	0.44	0.12	0.32
	7	51	31.0	0.35	0.07	0.28
	8	48	21.3	0.46	0.08	0.38
	9	52	24.2	0.45	0.06	0.39
	10	44	29.0	0.34	0.15	0.19
	11	54	27.5	0.53	0.04	0.49
	12	31	23.3	0.53	0.10	0.43
	13	46	35.7	0.47	0.13	0.34
	14	50	30.1	0.39	0.13	0.26
	15	44	26.2	0.43	0.05	0.38
	16	46	27.0	0.37	0.07	0.30
	17	51	37.6	0.39	0.11	0.28
	18	52	24.6	0.28	0.17	0.11
	19	45	34.1	0.26	0.13	0.13
	20	39	28.7	0.43	0.19	0.24
平均値		44.4	26.4	0.41	0.11	0.30
無被害木	21	50	39.9	0.22	0.18	0.04
	22	50	35.1	0.33	0.11	0.22
	23	44	35.2	0.32	0.15	0.17
	24	44	25.5	0.37	0.12	0.25
	25	51	36.2	0.37	0.10	0.27
	26	53	22.9	0.44	0.25	0.19
	27	38	28.2	0.27	0.14	0.13
	28	34	26.9	0.15	0.10	0.05
平均値		45.5	31.2	0.31	0.14	0.17

4. 考察

(1) 仮説の検証

本研究では、2004年10月に上陸した台風23号による風害を免れた見たいには健全な残存木が、幹内部にもめや目廻りといった破壊が生じて幹の強度が低下していたために冠雪害を受けやすくなっていたとの仮説を立て、これを検証するために様々な解析や調査を実施した。

風害と冠雪害の発生場所を把握した結果、いずれも美山町内の東部や西部ではあまり発生しておらず、中央部で多発していた。特に、激しい冠雪害は、台風23号による激烈な風害が発生した場所の近くで発生していた。このように風害と冠雪害が同じような場所で多発していたことは、台風23号による風害が今回の冠雪害を助長したとする仮説を支持するものである。ただし、冠雪害が東部と西部で発生が少なかったのは、標高の違いも影響した可能性がある。冠雪害を引き起こすような比重の大きい雪は、気温 -0.3°C のときに最も降りやすいことから (高橋, 1952)、標高が高い由良川源流の東部では気温が低く、粘着性の弱いサラサラしたかわき雪が降ったために冠雪害が発生せず、逆に、標高が低い由良川下流の西部では気温が高く、雪が降らなかったために冠雪害が

発生しなかったと考えられる。

風害地と雪害地の地形解析を実施した結果、いずれも標高250~400mの比較的低位で発生しており、北向き斜面で多発していた。強風下で激害化する冠雪害も報告されているが(石井ら, 1980; 後藤・新田, 1990; 妹尾ら, 1996), 一般的に冠雪害は無風条件下で発生しやすく(高橋, 1952), 今回の冠雪害も無風条件下で発生していた。また, 今回の冠雪害発生時には日照もなかった。冠雪害の発生時に, 風や日照による影響がなければ, どの斜面方位にも偏りなく被害が発生するはずであるが, 今回の冠雪害は北向き斜面で多発していた。これは, 北向き斜面に位置する立木ほど, 台風23号による強い北風の影響を受け, 幹内部に破壊が生じて幹の強度が低下したためと考えられる。これが正しければ, 台風による北風が直接斜面に当たりやすい開けた地形のほうが閉じた地形よりも, 北向き斜面において冠雪害が多発するはずである。そこで, これを確かめるため, TPIを用いて開けた地形と閉じた地形に分類して解析した結果, 予想どおり, 開けた地形のほうが, 北向き斜面において冠雪害が多発する傾向が顕著であった。以上のように, 今回の冠雪害は, 台風23号による風害地と同じ地形条件の場所で多発しており, しかも北向き斜面で多発する傾向は, 開けた地形においてより顕著であった。このような地形解析の結果は, 台風23号による風害が今回の冠雪害を助長した

とする仮説を強く支持するものである。

不均一な年輪幅が目廻りの成因の一つとして指摘されている(古野・澤辺, 1994)。このため, 台風23号による強風によって幹内部に破壊が生じて幹の強度が低下したことが今回の冠雪害を助長したとする仮説が正しければ, 冠雪害によって幹が折損した被害木の多くは年輪幅が不均一になっていたはずである。そこで, これを確かめるため, 被害木の年輪解析を実施した結果, 予想どおり, 被害木は無被害木に比べて年輪幅が不均一になっていた。被害木の年輪幅が不均一でも, 実際に目廻りが発生していなければ, 仮説は否定される。そこで, 被害木を搬出して製材したところ, 目廻りが生じているものが多く, 材面にもめによる白色の文様も確認できた(図-10)。



図-10 被害木に認められたもめ(左)と目廻り(右)

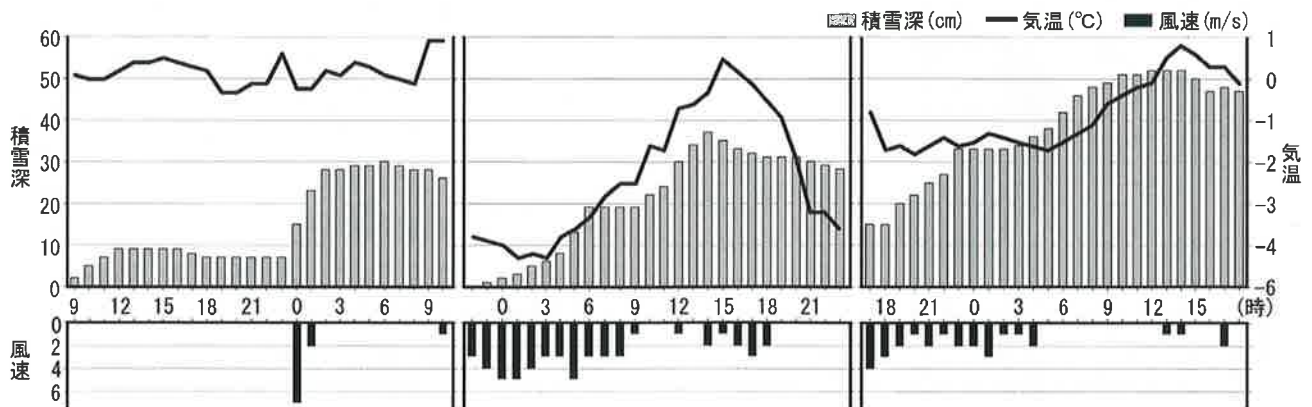


図-11 2004年10月20日~2009年1月10日の間に24時間以内の降雪量が30cm以上に達した日の気象状況 (左: 2004年12月31日~2005年1月1日, 中: 2005年2月1~2日, 右: 2005年12月18~19日)

これらの目廻りやもめは、台風23号による強風によって生じたものなのか、冠雪害によって幹が折損する際に生じたものなのかは区別できなかった。このため、被害木から目廻りやもめが確認できたことは仮説の裏付けにはならないが、少なくとも、目廻りやもめが確認できたことで、仮説は否定されなかった。

台風23号による風害が今回の冠雪害を助長したとする仮説が正しければ、台風23号が通過した5年後の2009年になるまでも、冠雪害に至る気象条件が揃っていれば、その時に冠雪害が発生したはずである。逆に、2009年1月10日までに冠雪害が発生していなければ、それまでには冠雪害に至る気象条件は揃わなかったはずである。そこで、これを検証するため、美山観測所の気象データを基に、台風23号が通過した2004年10月20日から、今回の冠雪害が発生した2009年1月10日までの気象状況を確認した。その結果、24時間以内の降雪量が30cm以上に達したことが3回あった(図-11)。そのうち、2004年12月31日~2005年1月1日は、ほぼ無風状態で、気温も0℃前後で推移していたことから、冠雪害が発生しやすい気象条件が揃っていた。実際に、聞き取り調査でも、この時に小規模な冠雪害が発生したとの証言が得られた。これ以降では、2005年2月1~2日と、2005年12月18~19日に、降雪量が30cmを上回っていたが、いずれも雪の降り始めに風があり、気温も-1℃を下回っていたことから、冠雪害が発生しやすい気象条件は揃っておらず、これらの時には冠雪害も発生していなかった。このように、台風23号が通過した後、冠雪害が発生しやすい気象条件が揃ったことが今回の他に1度あり、その時にも冠雪害が発生していたことが確認できた。

以上のように、現地調査、GISを利用した地形解析、年輪解析、過去の気象状況の調査、聞き取り調査などの結果から、2009年1月に発生した冠雪害は、2004年10月に美山町を通過した台風23号による強風が助長したとする仮説の傍証が得られた。風害が冠雪害をどの程度助長するのかなどの実証的なデータは得ておらず、全ての冠雪害に風害が影響しているかどうかは不明である。しかし、少なくとも、今回

の冠雪害は風害の影響を受けており、台風23号が通過していなければ、被害木の多くは幹の折損を免れ、幹曲がりや根返りを起こす割合が高くなっていたと推察される。

(2) 冠雪害の発生要因

物事が起こる原因は一つとは限らず、むしろ複数の因子が絡み合って起こるのが通常である。例えば、植物の病気は、主因、誘因、素因の全てが揃った場合に発病するとされている(浅田ら, 1996)。そこで、今回の研究結果から、冠雪害の発生要因についても、主因、誘因、素因に分けて考察してみる。

冠雪害は、重たい湿雪が樹冠に降り積もり、その重みに絶えかねた幹が折れたり曲がったりする被害であることから、主因は重たい湿雪である。

冠雪害の誘因としては、地形条件が指摘されている。冠雪害は風下斜面に集中する傾向があるが(岩城, 1924; 平田・堀田, 1951; 杉山・佐伯, 1963; 高橋・新田, 1984)、この原因は、冠雪害は風速3m/s以下で発生しやすいことから(高橋, 1977)、風上側の山体による防風効果が高い場所で冠雪害が発生しやすいためと考えられている(図子, 2010)。また、急傾斜地ほど枝張りが偏る(樹冠の偏倚が大きくなる)ため、冠雪によって幹が湾曲しやすく、急傾斜地ほど土壌も浅いため、冠雪によって根返りが生じやすいことも指摘されている(川口, 1962; 平川ら, 1979; 石橋, 1989; 嘉戸ら, 1992; 妹尾ら, 1996)。

人工林の不適切な管理も冠雪害の誘因になり得る。直径に対する樹高の比である形状比が大きい立木ほど冠雪害を受けやすく(河田・佐多, 1930; 四手井, 1954; 大原ら, 1992)、特に、形状比が70以上の立木が冠雪害を受けやすいことが知られている(池本, 1976; 平川ら, 1979; 石井ら, 1983)。美山町では、1950年代以降に造林が盛んとなり、斜面下部の肥沃な場所にスギやヒノキが密植された。スギが密植されたのは、床柱などとして利用される磨丸太の生産地である北山地域に近く、通直完備な立木が得られれば、磨丸太として出荷可能なことも一因になっている。しかし、木材価格の低迷などにより、間伐が

実施されない林分が増加し、そのような林分では形状比が高くなった。実際に、今回の冠雪害の現地調査でも、40箇所のうち34箇所で、林分形状比が70を上回っていた。肥沃な場所に密植された針葉樹は、間伐が遅れると直径成長が抑えられ、年輪幅が顕著に狭くなる。実際に、年輪解析の結果でも、被害木の年輪幅は不均一で、目廻りによる幹の強度低下が生じやすくなっていた。これらのことから、過度の密植や間伐の遅れなどの人工林の不適切な管理は、立木の形状比を高くし、年輪幅を不均一にすることで、冠雪害の誘因になると考えられる。

風害が冠雪害を助長するとの仮説が正しければ、風害を起こしやすい人工林の管理も冠雪害の誘因になる。下枝が少ない立木が林縁部を構成する林分は、林内に強風が吹き込みやすく、風害を受けやすい。このため、林縁部を構成する立木の枝を繁茂させて防風樹としての役割を与えることで、風害が緩和されてきた(森, 1898; 川口, 1962; 飯塚, 1964; 糸屋ら, 1992)。美山町でも、林縁部を構成する立木に対しては、強度な枝打ちは避けられてきた。しかし、美山町では、シカやイノシシなどの野生動物の人里への侵入被害が深刻となっており、このような獣害を軽減するため、野生動物が隠れ場所として利用可能な人家周辺の立木が伐採されている。このような対策では、下枝が多い林縁部の立木が伐採されることから、下枝が少ない立木が林縁部を構成する林分が増えている。今回の冠雪害は、そのような林分で多発していたことから、林縁部の立木の下枝を少なくする施業も冠雪害の誘因になると考えられる。また、強度の間伐も風害を助長することから、冠雪害の誘因になり得る。間伐直後の林分は風害を受けやすく(糸屋ら, 1992; Slodičák, 1995; Zhu *et al.*, 2003)、特に、間伐率を高くして樹冠の閉鎖を大きく破ると風害に対する抵抗性が低下する(玉手, 1967; Savil, 1983)。このため、風害の軽減策として、弱度の間伐を繰り返して実施することが提案されている(飯塚, 1964; 嘉戸・図子, 2008)。現在、各地で間伐が推進されているが、間伐に要するコストを低減するためには一回あたりの間伐本数を増や

す必要があり、強度に間伐された林分が増えている。今回の冠雪害は、そのような林分で多発していた。

冠雪害の素因については、ヒノキよりもスギが冠雪害を受けやすく(豪雪協, 1984)、同じスギでも、品種によって冠雪害に対する抵抗性が異なることが知られている(杉山・佐伯, 1963; 近藤, 1983; 中島ら, 1989; 嘉戸, 2001)。今回の冠雪害でも、ヒノキ林よりもスギ林で被害が多発しており、特に、磨丸太の生産に適した品種の挿し木苗を密植した場所で、激的な被害が発生していた。

5. まとめ

2009年に美山町で発生した冠雪害では、10万本近い針葉樹が短期間のうちに折損した。多数の篤林家の方と議論したが、ほとんどの方は、異口同音に、「多数の立木が大きな音を立てながら次々に折れた。こんな被害は初めて経験する」とおっしゃった。また、北向き斜面で被害が多発したことや、幹の折損が大半であることに疑問を抱いている方も多く、雪が重かったことや、被害木の形状比が高かったことだけでは、今回の冠雪害が説明できないと感じた。そこで、2004年に上陸した台風23号によって幹の強度が低下していたのではないかとの仮説を立て、様々な解析や調査を実施して仮説の検証を試みた。その結果、以下のことから、今回の冠雪害は、風害が助長したと考えられた。

- ①台風23号による風害と今回の冠雪害の発生場所はほぼ一致しており、特に、激しい冠雪害は、激的な風害が発生した場所の近くで多発していた。
- ②風害地と雪害地は、いずれも標高250~400mの比較的低位で発生しており、北向き斜面で多発していた。しかも、北向き斜面で多発する傾向は、台風23号による北風の影響を直接受けやすい開けた地形で顕著であった。
- ③冠雪害によって幹が折損した被害木は、年輪幅が不均一で、目廻りによる幹の強度低下が生じやすくなっており、実際に、目廻りやもめが観察された。
- ④台風23号が通過した後、冠雪害が発生しやすい気象条件が揃ったことが今回の他に1度だけあり、そ

の時にも小規模な冠雪が発生していた。

今回の研究結果を基に、冠雪害の発生要因についても考察を加えた。すなわち、冠雪害の主因は、重たい湿雪であるが、強風による幹の強度低下が誘因になり得ることを指摘した。また、この他の誘因として、地形条件、過度の密植や間伐の遅れなどの人工林の不適切な管理、風害を助長する施業（林縁部の立木の下枝を少なくする施業や、強度の間伐）を指摘した。さらに、素因としては、磨丸太の生産に適したスギ品種の植栽を指摘した。

2010年の年末に発生した冠雪害の際に、林内にビデオカメラを持ち込んで幹が折損する様子を撮影した結果、重たい湿雪が樹冠に降り積もって幹が湾曲しても直ぐには折れず、樹冠に積もった雪が落下して幹の湾曲が緩和され、これを何度も繰り返すうちに、幹がミシミシと小さな音を立て、ついにはバリバリと大きな音を立てて一気に折れる様子が撮影できた。この様子からも、幹の強度が十分であれば、被害木の多くは幹の折損を免れ、幹曲がりや根返りを起こす割合が高くなると推察された。

これらを総合すると、今回の美山町での冠雪害は以下のようにして発生したと推察される。すなわち、①造林が盛んになり始めた1950年代以降、斜面下部の肥沃な場所に針葉樹（主にスギ）が密植され、それらが壮齢期を迎えても間伐されず、形状比が高くなり、年輪幅も不均一になった。②獣害対策によって下枝が少ない立木で林縁部が構成されている林分が増えた。また、間伐の推進によって強度に間伐された林分も増えた。③このような状況下で、2004年10月、数十年に一回の生起確率を持つ猛烈な台風23号が襲来し、多数の立木の幹が折損する風害が発生した。④台風23号による風害を免れた残存木は、見た目には健全であっても、強風による動揺によって幹がたわむ際にもめや目廻りといった破壊が生じ、幹の強度が低下した。⑤このような状況下で、2009年1月、重たい湿雪が樹冠に降り積もり、強度が低下していた立木の幹が雪の重みに耐えかねて次々に折損した。

6. おわりに

地球温暖化の影響によって猛烈な台風の襲来数が増えることが予想されており（勝地ら、2004）、冠雪害を発生させる重たい湿雪も降りやすくなっている。我が国では、戦後の木材需要の高まりにより、針葉樹の造林が大規模に進められたが、長引く林業不振により、間伐などの保育作業が適切に行われていない人工林が増加し、立木の形状比が高くなるだけでなく、年輪幅も不均一になっている。また、コスト低減のために、強度の間伐が実施される林分も増えており、風害や冠雪害を受けやすくなっている。すなわち、地球温暖化や林業不振に伴って、風害や冠雪害が発生するリスクが高くなっている。温暖化の進行は急には止められないことから、冠雪害を防ぐためにも、人工林の適切な管理が一層重要になっている。

本研究に対して有益なご助言を下された森林総合研究所関西支所の大原偉樹氏、富山県農林水産総合技術センターの嘉戸昭夫博士、京都府立大学の上田正文博士、林野庁整備課の村上幸一郎課長補佐、資料を提供して下さった南丹市役所の谷裕之林務係長、気象に関してご教示下さった木戸吉行気象予報士、現地調査に協力して下さった京都府立大学森林計画学研究室の皆様、聞き取り調査への協力の他、現地の案内や林道の通行を許可して下さった美山町の住民の皆様には厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 穴水義徳・前田純一（1997）台風被害林分内残存生立木の材質的被害実態．山口県林業指導センター試験報 11：76～90.
- 浅田泰治・井上忠男・後藤正夫・久能 均（1996）第2次改訂版 最新 植物病理学概論．295pp., 養賢堂, 東京.
- 藤本登留・久富浩人・又木義博（1994）台風被害木の被害形態別モメ発生分布．九大演習林報 70：75～88.
- 藤本登留・久富浩人・藤元嘉安・河辺純一・又木義博（1995）スギ台風被害木の材質および利用適性.

- 九大演習林報 73 : 35~42.
- 古野 毅・澤辺 攻 (1994) 木材科学講座 2 組織と材質. 190pp., 海青社, 大津.
- 後藤義明・新田隆三 (1990) 強風雪により激害を受けたスギ人工林の被害要因の解析. 日林誌 72(5) : 406~414.
- 豪雪地帯林業技術開発協議会 (1984) 雪に強い森林の育て方. 170pp., 日本林業調査会, 東京.
- 平川 昇・渡部政善・橋本武雄 (1979) 福島県における異常降雪によるスギ林木の被害について. 日林東北支誌 31 : 103~106.
- 平田種男・堀田雄次 (1951) 千葉県演習林の風雪害に就いて. 東大演習林報 8 : 45~55.
- 飯塚 肇 (1964) 森林防災学—山地・海岸および森林の保全—. 358pp., 森北出版株式会社, 東京.
- 池田元吉・前田健彦・坂下一則 (1992) 台風19号 (平成3年) によるスギ被害木の材質について (第2報) —欠点 (もめ、目回り) —. 熊本県林業研究指導所業務報告 30 : 78~82.
- 池本 隆 (1976) 冠雪害と胸高直径及び樹幹形状比の関係. 鳥取県林試研報 19 : 16~27.
- 石橋秀弘 (1989) 強風下のスギ人工林の冠雪害. 氷雪51(2) : 91~99.
- 石井 弘・片桐成夫・三宅 登・赤塚金治・高見宗臣 (1980) 昭和53年1月異常降雪によって冠雪害をうけたスギ人工林の解析 I. 二つの被害林分の比較と冠雪害調査方法の検討. 島根大農研報14 : 50~59.
- 石井 弘・片桐成夫・三宅 登 (1983) 冠雪害をうけたスギ人工林の直径分布, 形状比分布と被害の関係. 日林誌65(10) : 366~371.
- 伊藤幸介 (2003) 大野演習林第1施業試験地におけるミョウケンスギ林分の成長について. 62pp., 平成14年度京都府立大学卒業論文.
- 糸屋吉彦・中村松三・小野寺弘道・大原偉樹・石田秀雄・保坂明雄 (1992) 1991年台風によるスギ人工林被害と林分構造—秋田県森吉町, 五城目町, 大内町の事例から—. 日林東北支誌 44 : 115~116.
- 岩城敬治 (1924) 四月中旬の晩雪と院内地方の森林の被害. 森林治水気象報 3 : 114~116.
- Jenness, J. (2006) Topographic Position Index (tpi_jen.avx) extension for ArcView 3.X,v.1.3a. <http://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm>
- 加賀英昭 (1995) 台風災害と林業経営—九州林産株式会社事例—. 森林計画学会誌 24 : 51~57.
- 嘉戸昭夫・中谷 浩・平 英彰 (1992) ボカスギ林の冠雪害と林木および地形要因の関係. 日林誌 74(2) : 114~119.
- 嘉戸昭夫 (2001) スギ人工林における冠雪害抵抗性の推定とその応用に関する研究. 富山県林技セ研報 14 : 1~77.
- 嘉戸昭夫・岡子光太郎 (2008) 2004年台風23号により富山県西部のスギ林で発生した風害の要因解析. 富山県林技セ研報 21 : 1~8.
- 勝地 弘・山田 均・宮田利雄・斎藤智久 (2004) 海面水温の影響を導入した台風シミュレーション. 日本風工学会論文集100 : 1~17.
- 川口武雄 (1962) 森林物理学 気象編. 161pp., 地球出版株式会社, 東京.
- 河田 杰・佐多一至 (1930) アカマツ、クロマツ人工林植栽木の雪害調査. 林學會雑誌 12(2) : 128.
- 北野 憲 (2005) 大野演習林第3施業試験地 (スギ) の林分構造とその変化. 45pp., 平成16年度京都府立大学卒業論文.
- 近藤正治 (1983) 生長および耐雪性からみたスギ地域適合品種に関する研究(1). 昭和57年度京都府林試業報 : 3.
- 京都府京北事務所林務課 (1968) 昭和43年度北桑の林業統計. 30pp.
- 京都府京北事務所林務課 (1975) 昭和50年度北桑の林業統計. 31pp.
- 前田健彦・坂下一則 (1993) 台風19号 (平成3年) によるヒノキ被害木の材質について (第1報)—欠点 (もめ、目回り)—. 熊本県林業研究指導所業務報告 31 : 68~73.
- 見尾貞治・中神照太 (1992) 台風19号による被害木について(1)—被害の発生状況の調査—. 岡山県木材加工技術センター平成3年度業務報告 : 49~52.

- 宮崎潤二 (2002) 針葉樹幹腐朽被害の発生要因の解明と効果的な被害木除去手法の開発に関する調査. 佐賀県林試平成13年度業報: 19~20.
- 森庄一郎 (1898) 吉野林業全書. 441pp., 大阪石版合資會社, 大阪.
- 村松順司・小田一幸・高田清次・堤 壽一 (1993) 台風被害を受けたスギ, ヒノキ材の破壊形態と力学的性質. 九大農芸誌 48: 27~33.
- 中島 清・新田隆三・藤森隆郎・勝田 柁 (1989) スギの冠雪害抵抗性の要因解析—人工冠雪装置による実験—. 森林総研研報 356: 1~28.
- 日本林業技術協会 (1970) 林業百科事典. 1168pp., 丸善株式会社, 東京.
- 大原偉樹・小野寺弘道・樋口裕美 (1992) 1991年2月の異常降雪によって発生した冠雪害(III) —北上山地北部のスギ人工林の事例—. 日林東北支誌 44: 125~126.
- Savil, P.S. (1983) Silviculture in windy climates. Forest abstracts 44(8): 473~488.
- Schweingruber, F.H. (1988) Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology. 276pp., D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- 妹尾俊夫・松田頼子・大手桂二・中尾嘉治 (1996) 京都北山スギ冠雪害の発生に及ぼす地形要因の影響. 京都府大演習林報 40: 27~37.
- 四手井綱英 (1954) 雪圧による林木の雪害. 林試研報 73: 1~89.
- Slodičák, M. (1995) Thinning regime in stands of Norway spruce subjected to snow and wind damage. Wind and Trees (eds. M.P.Coutts and J.Grace), pp.436~447., Cambridge University Press, Cambridge.
- Sonderegger, W. and Niemz, P. (2004) The influence of compression failure on the bending, impact bending and tensile strength of spruce wood and the evaluation of non-destructive methods for early detection. Holz als Roh-und Werkstoff 62: 335~342.
- 杉山利治・佐伯正夫 (1963) 昭和35年12月末の大雪による北陸地方の森林の冠雪害調査報告. 林試験報 154: 73~95.
- 高橋啓二 (1977) 造林地の冠雪害とその対策 (わかりやすい林業解説シリーズ61). 46pp., 日林協, 東京.
- 高橋喜平 (1952) スギの冠雪害に就て. 林試研報 54: 140~148.
- 高橋亀久松・新田隆三 (1984) 強風時の冠雪発達をもたらす被害分布の特徴. 日林論 95: 309~310.
- 玉手三稟寿 (1967) 森林の暴風害とその防除法. 森林技術 367: 21~25.
- 田中和博 (1996) 森林計画学入門. 192pp., 森林計画学会出版局, 宇都宮.
- 友松昭雄・岡野 健・浅野猪久夫 (1984) 昭和56年15号台風によるエゾマツおよびトドマツ風害木の材質について. 東京大演習林報 73: 263~275.
- Ueda, M., and Shibata, E. (2004) Why do trees decline or dieback after a strong wind? Water status of Hinoki cypress standing after a typhoon. Tree Physiology 24: 701~706.
- Ward, J.C., and Pong, W.Y. (1980) Wetwood in Trees: A Timber Resource Problem. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station General Technical Report 112. 56pp.
- 吉井謙太郎 (2002) 大野演習林第2施業試験地におけるヤマゲニスギ林分の成長について. 58pp., 平成15年度京都府立大学卒業論文.
- Zhu, J.J., Li, F.G., Gonda, U., Matsuzaki, T., and Yamamoto, M. (2003) Effect of thinning on wind damage in *Pinus thunbergii* plantation —Based on theoretical derivation of risk-rations for assessing wind damage—. Journal of Forest Research 14(1): 1~8.
- 図子光太郎 (2010) 富山県におけるスギ生育適地の空間分布推定のための数値地形解析に関する研究. 富山県森林研究所研報 別冊2010年: 33~62. (2011. 6. 27 受理)

速報

菌床シイタケ栽培施設におけるヨコヤマクシバキノコバエ *Sciophila yokoyamai* Sasakawa et Kimura, 1976 (ハエ目キノコバエ科) による被害

杉本博之¹・末吉昌宏²

1. はじめに

菌床シイタケ栽培が全国的に普及するに伴い、原木栽培では問題にならなかった昆虫が害虫として報告されるようになった(後藤・伊藤, 1995; 岡部, 2006)。チョウ目では、全国的に被害が発生しているムラサキアツバ(岩澤・石谷, 2005; 川島, 2009; 新田, 2004; 杉本・井上, 2006; 吉松・仲田, 2003)や、一部地域で被害が発生しているナミグルマアツバ(杉本, 未発表; Yoshimatsu & Nakata, 2006), ウスグロセニジモンアツバ(川島, 私信)が害虫化している。なお、ムラサキアツバについては、幼虫がカワラタケなど硬い野生きのこを食餌することから、被害発生以前から害虫化が懸念されていた(古川・野淵, 1986; 中村, 1950)。ハエ目では、ヒメガガンボ類, クロバネキノコバエ類, ケツメカ類, ショウジョウバエ類と、近年、全国的に問題になっているキノコバエ類のナガマドキノコバエがいる(堀田ら, 1996; 後藤・伊藤, 1995; 石谷・笹川, 1994; 岩澤, 1999; 岩澤・石谷, 2005; 新田, 2004; 宗田, 2006; 北島ら, 2011; 坂田ら, 1999; 末吉・北島, 印刷中)。

今回、新たに被害が確認されたのはキノコバエ科のヨコヤマクシバキノコバエ(新称) *Sciophila yokoyamai* Sasakawa et Kimura, 1976(写真-1 a, b)である。本種はチャハリタケ(イボタケ科)から発生することと(Sasakawa & Kimura, 1976), 海外産のクシバキノコバエ属(新称) *Sciophila* Meigenの種が様々な野生キノコ類から発生することが確認されている。しかし、菌床シイタケ栽培施設での被害報告はない。そこで、本種の菌床シイタ

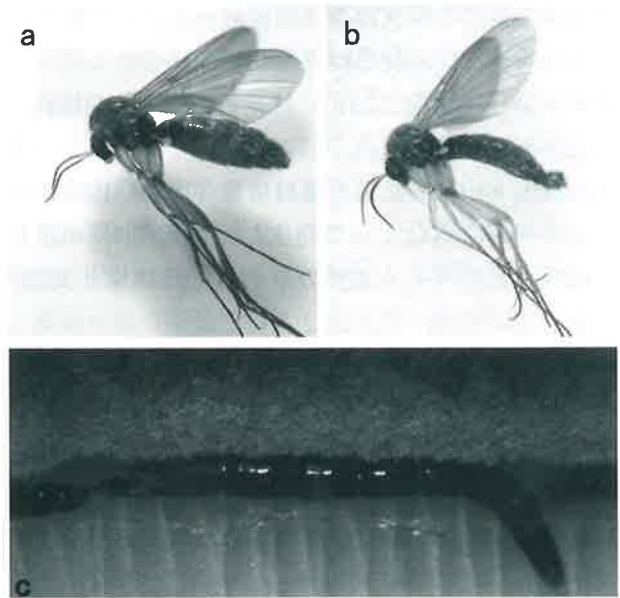


写真-1 ヨコヤマクシバキノコバエ *Sciophila yokoyamai* Sasakawa et Kimura, 1976
a: ♀, b: ♂ 成虫(約4.5mm), c: 幼虫(約1.5cm)

ケ栽培施設における被害実態を調査し、防除対策について検討したので報告する。

なお、本報告に関して御指導いただいた北島博氏(森林総合研究所), 調査にご協力いただいた宗野俊平氏, 大崎康平博士, 菌床シイタケ生産者の皆様, ヨコヤマクシバキノコバエの模式標本の調査にご協力いただいた松本史樹郎氏(大阪市立自然史博物館)に厚くお礼を申し上げます。

2. 害虫の同定と被害概要

2010年1月上旬に、山口県山口市の生産者から、施設内でキノコバエが異常発生しているとの連絡を受け、被害状況を確認した。初めての被害形態及び

幼虫であったため、幼虫を採取・飼育し、発生した成虫を末吉が同定した。標本 (12♂ 5 ♀; 75% エタノール液浸) は森林総合研究所九州支所に保管されている。

成虫 (写真-1 a, b) の体長 (頭頂から腹部末端まで) は♂3.3~4.5mm, ♀4.5~5.8mmであり, 前翅長 (前翅前縁基部から前翅先端まで) は♂3.0~4.2mm, ♀3.8~4.5mmであった。頭部は黄色地で, 単眼周辺が褐色, 触角基部 (柄節, 梗節, 第1鞭節) は黄色, 第2鞭節から末端までは褐色であった; 胸部は黄褐色で, 背面に三条の褐色の縦走斑紋が見られた (写真-2 a); 前翅は全体に多少煤がかかった透明で, 明瞭な斑紋 (暗色斑) はなかった (写真-2 b); 脚は全体に黄色, 基節先端と附節は褐色味を帯びていた; 腹部は黄褐色。雄の交尾器の生殖端節 gonostylus の背方突起後縁には, 先端が櫛歯状の剛毛が多数並び生えていた (写真-2 c)。

ヨコヤマクシバキノコバエは京都市の大文字山で採集されたチャハリタケから羽化した個体を模式標本として記載された (Sasakawa & Kimura, 1976)。今回の被害を起こした個体の体色は, 体色が黄色い完模式標本よりも暗い。また, 体長も原記載で示されたそれよりも大きく, 特に♀で顕著である。しかし, 完模式標本よりも暗化した個体が副模式標本に含まれており, 今回の個体の各部の形態的特徴は模式標本群のそれらと酷似していた。そのため, 今回の個体はヨコヤマクシバキノコバエと同種であると判断した。本種は他のシイタケ害虫として知られるキノコバエ類とは, 黄褐色の体 (写真-1 a, b), 無紋かつ正方形の第4径室R4を具えた前翅 (写真-2 b), 球状かつ末端に密生した黒剛毛を覗ける♂交尾器 (写真-2 c) といった特徴で区別される。また, クシバキノコバエ属の日本産種は他に6種知られており, 本種はそれらから黄褐色の触角と胸部・腹部, 前翅長5mm未満, 無紋の前翅, 3つの突起に分岐し, 2本の長剛毛を具える生殖端節背方突起といった特徴で区別される。

ハエ目による被害は, 菌床を食害されることによる軟弱化, 子実体の食害や子実体に幼虫が這い上が

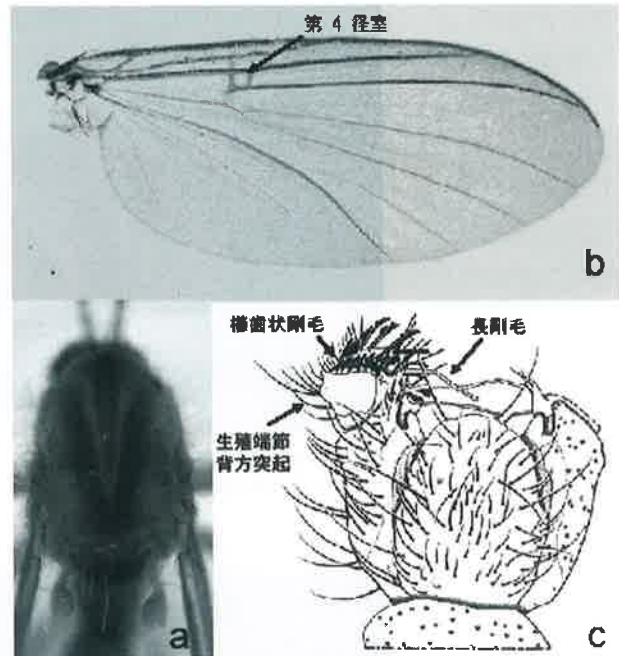


写真-2 ヨコヤマクシバキノコバエ *Sciophila yokoyamai* Sasakawa et Kimura, 1976
a: 胸部背面, b: 右前翅, c: ♂交尾器 (左生殖端節と一部の剛毛を省略している)

る異物混入が知られているが, 本種による主な被害は異物混入であると考えられる。本種幼虫は, ナガマドキノコバエ幼虫のように子実体採取後の柄の残存部に群がる様子は観察されないことから, 子実体自体は食害しておらず, 生息場所として利用しているのではないかと考えられる。また, ムラサキアツバ幼虫のように菌床自体を直接齧り取るような食害は観察されていない。菌床表面で何を食害しているのかは今後調査する必要がある。なお, シイタケ生産者への聞き取りからは特に子実体の発生量に影響はないとのことであった。

被害を受けた菌床は, 幼虫に粘糸を張り巡らされ, 激害になると菌床全体にクモの巣が張られたようになる (写真-3)。ヒメガガンボ類やナガマドキノコバエの幼虫も粘糸を吐くが, このようなクモの巣様の膜にならない。

幼虫 (写真-1 c) は, 子実体の柄の周辺に傘から菌床まで達するクモの巣様の膜を掛け, その中に生息し, 子実体の傘の裏に侵入する (写真-4)。異物混入を防止するため, 収穫の際に, これらの膜



写真-3 菌床表面の被害の様子
左：クモの巣状の中にある幼虫，右：激害化した菌床

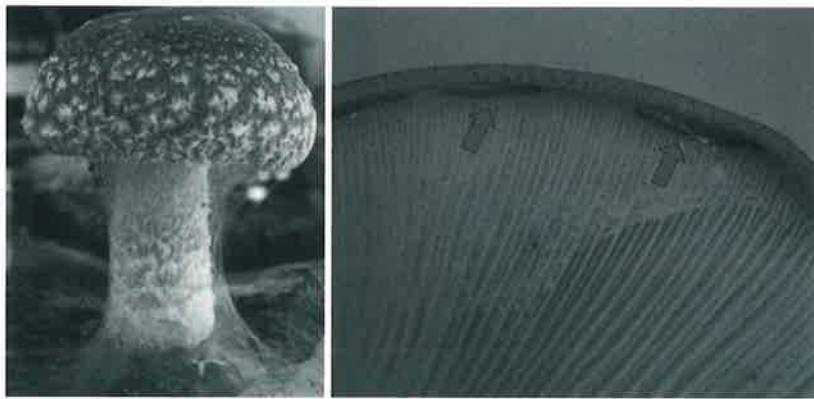


写真-4 子実体の被害の様子
左：子実体に張られた膜，右：傘の隙間に入る幼虫

表-1 ヨコヤマクシバキノコバエ *Sciophila yokoyamai* Sasakawa et Kimura, 1976
の幼虫による菌床及び子実体の被害状況 (菌床シイタケ栽培施設)

施設	菌床 搬入 時期	区分	2010. 2. 10		2010. 2. 26		2010. 3. 12	
			調査数	被害率	調査数	被害率	調査数	被害率
A	9月	菌床	609	66.3	610	54.4	605	71.4
		子実体	105	26.7	132	35.6	—	—
B	12月	菌床	640	9.5	645	8.4	655	8.4
		子実体	91	1.1	127	0.0	—	—

や傘の隙間にいる幼虫を取り除く作業が必要となり、収穫作業の効率が出るほか、激害になると子実体そのものを処分対象とせざるを得ない。そのため、本種による被害は生産者にとって減収となる重大な問題である。

3. 被害率の調査

被害発生施設は簡易栽培であり、栽培方式は上面の通年栽培である。被害実態調査は、同敷地内にある2つの栽培施設で約2週間毎の2010年2月10日、2月26日、3月12日の計3回行った。本種による主な

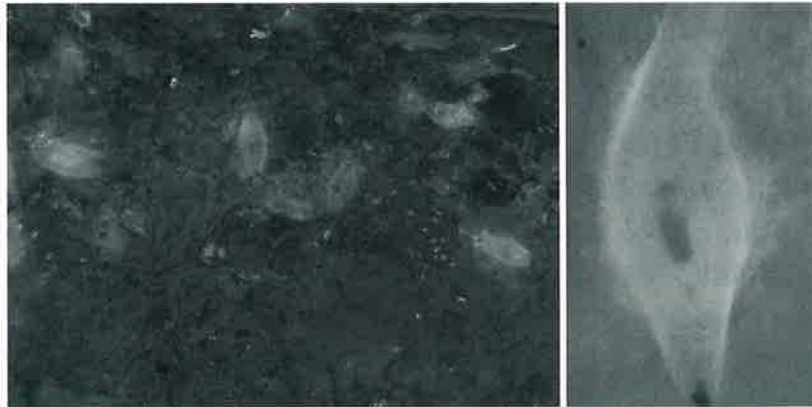


写真-5 紡錘形の膜状の部屋
左：菌床表面の状況，右：飼育ケース内で形成された部屋での蛹化の様子



写真-6 菌床ヒラタケの被害状況

被害は異物混入であると考えられたため、菌床や子実体に1頭でも幼虫が確認できれば被害とした。菌床の被害は菌床棚4列の菌床を、子実体の被害は菌床棚2列の子実体全てを調査した。子実体は、3月12日には発生してなかった。菌床及び子実体の被害状況を表-1に示す。菌床への被害率は、施設Aで54.4~71.4%、施設Bで8.4~9.5%となり、子実体への被害率は、施設Aで最大35.6%、施設Bで最大1.1%であった。栽培日数の長い施設Aの方が施設Bよりも被害率が高い状況であった。

4. 防除法の検討

本種による初めての被害事例であるため、防除法が分かっていない。そこで、既存の器材を利用できるか確認した。ナガマドキノコバエ用に開発された

LED誘引捕虫器(商品名:LEDキャッチャー みのる産業株式会社製)5台を10日間(2月2日~2月12日)設置した結果、1台当たり 40.4 ± 24.2 頭(平均値±標準偏差)捕殺できた。本種の成虫は、ナガマドキノコバエの防除資材で捕殺できることが分かった。なお、このLED誘引捕虫器は光(LED)と誘引剤の2種類の誘引源があるため、どちらに誘引されるか調査した結果、共に誘引されるものの光に有意に誘引されることが分かった(杉本,未発表)。また、本種の幼虫は菌床表面に紡錘形の菌を形成し、その中で蛹化、羽化する(写真-5)。この菌は容易に見え、また、蛹は堅くないため、手でこの菌を押し潰すことで簡単に殺虫できることが分かった。成虫の捕獲及び菌内の蛹を殺虫することで被害を抑制できるのではないかと考える。

5. まとめ

本種による被害は、山口県の菌床シイタケ生産者の1施設で確認されているだけであるが、他県でも同様の被害を見たとの情報もある。また、被害が発生している菌床シイタケ栽培施設に隣接する施設で、同生産者が生産している菌床ヒラタケにも被害が発生しており(写真-6)、菌床シイタケ以外の菌床栽培キノコも注意が必要である。

野生キノコを食餌とする昆虫はこの他にも多数知られており、それらの中には、今後、害虫化する種もあると考える。生産者、研究機関等が連携を取りながら新たな害虫に対して情報交換を行い、対応していく必要がある。また、害虫が侵入・定着しない栽培システムを今後、検討していく必要があると考える。

引用文献

- 古川久彦・野淵 輝(1986)栽培きのこ害菌・害虫ハンドブック. 268, 全国林業改良普及協会, 東京.
- 後藤忠男・伊藤雅道(1995)きのこ菌床栽培の病原菌と害虫. 農林水産省農林水産技術会議事務局・林野庁森林総合研究所 43~45.
- 堀田義昭・岩澤勝巳・石谷栄次(1996)千葉県におけるオオキバネヒメガガンボ(*Metalimnobia bifasciata*)の発生と防除試験. 日林関東支論 46: 83~84.
- 石谷栄次・笹川満廣(1994)千葉県の菌床きのこ栽培施設に発生するクロバネキノコバエ類. 日林論 105: 71~72.
- 岩澤勝巳(1999)菌床シイタケ生産施設に発生したナガマドキノコバエとオオショウジョウバエの捕獲試験. 日林関東支論 50: 167~168.
- 岩澤勝巳・石谷栄次(2005)千葉県で発生したきのこ害虫と防除法の検討(続). 森林防疫 54(10): 9~15.
- 川島祐介(2009)菌床シイタケ栽培における虫害等の防除に関する研究. 群馬林試業報: 43~44.
- 北島 博・阿部正範・杉本博之・川島祐介・石谷栄次・藤林範子・陶山 純・本荘絵未・岡本武光・薦田邦晃・國友幸夫・西澤 元・宮川治郎・大谷英児(2011)菌床シイタケ害虫ナガマドキノコバエの環境保全型防除技術の開発. 森林防疫 60(1): 19~27.
- 宗田典大(2006)菌床栽培シイタケにおける害虫防除対策試験. 石川林試業報 44: 21.
- 中村正直(1950)本邦に於ける食草性夜蛾, ムラサキアツバ*Diomea cremate* (Butler) について. 生態昆虫 3(8): 37~42.
- 新田 剛(2004)菌床シイタケ栽培における害虫問題. 林業みやざきNo.483.
- 岡部貴美子(2006)日本における食用きのこ害虫. 森林総研研報 5(2): 119~133.
- 坂田 勉・瀧 謙治・荊尾ひとみ(1999)ナガマドキノコバエによるシイタケ子実体食害とその防除の試み. 森林応用研究 8: 225~226.
- Sasakawa, M. and Kumura, T. (1976) Japanese Mycetophilidae (Diptera), Genus *Sciophila* Meigen. Akitu, New Series 3: 1~4.
- 末吉昌宏・北島 博(印刷中)菌床シイタケ栽培施設で発生したヤマトケツメカ*Asioditomyia japonica* Sasakawa (双翅目ケツメカ科). 森林総研研報.
- 杉本博之・井上祐一(2006)シイタケ菌床栽培施設に発生したムラサキアツバの生態. 森林防疫 55(5): 2~5.
- 吉松慎一・仲田幸樹(2003)シイタケの害虫としてのムラサキアツバ(鱗翅目: ヤガ科). 昆虫(ニューニューシリーズ) 6(2): 101~102.
- Yoshimatsu, S. and Nakata, Y. (2006) Fungivory of *Anatatha lignea*, an interesting habit in Noctuidae (Lepidoptera), Entomological Science 9: 319~325.

(2011. 5. 31 受理)

読者の広場

津波と海岸松林, そして松くい虫

榎原 寛¹

東北地方太平洋沖大地震は未曾有の震災であり、特に津波による被害は幾多の犠牲者を出しました。被災された方にはお見舞いを、亡くなられた方には哀悼の意を表します。

大津波により、陸前高田の津波対策としての松林が波にさらわれました。しかし、しっかり残った松林は津波の被害をある程度軽減したことも予測できます。

実は私の家は千葉県九十九里浜の近くのいすみ市で、防波堤から80mの位置にあり、やや高台に建っています。家と海上との間には波消しブロック、高さ2mの防波堤、遊歩道があり、かなり密な海岸松林があります。庭まで約20cmの高さまで津波が来て



海岸松林の間を引いていく津波 (千葉県いすみ市)。2011年3月11日午後5時22分

いました (写真)。もし、海岸松林、防波堤と波消しブロックの一つが欠けても家は津波にさらわれていたのではないかと考えています。

海岸松林は津波のみならず潮、砂、風などを防ぐためにつくられ、景観的にも明媚でもありますし、今回の震災でその重要性は見直されることとされます。そして、海岸松林で最も問題となるのは松くい虫です。すなわちマツノザイセンチュウを運ぶマツノマダラカミキリ (以下マダラ) で、関係者はその対策に頭を悩ましています。

これまで森林総合研究所を含め、多くの国公立研究機関がマダラ防除に関する試験研究に取り組んできました。そして、それなりに意味ある防除法を開発しています。しかし、それらの防除法を用いてもマツノザイセンチュウの被害は思ったように収まらなかったというよりは被害は拡大したのです。それは何故でしょうか。

最近、鳥インフルエンザや口蹄疫などで世間が騒ぎ、緊急的な措置がとられてきましたし、防除も成功しています。これは人の死に直結はしないものの、人の生活に大きく影響を与え、しかも失敗は許されないという危機感もあるからでしょう。

これに対し、松くい虫対策は人間にとって大した影響はないという感覚でもってしか、捉えられていなかったのではないのでしょうか。マツノザイセンチュウで枯れたマツを、伐倒処理のノウハウやマダラのことを教えずに、マダラの知識の乏しい業者に丸投げして伐倒処理を行わせ、書類上では防除したことになっているのです。現実にはマダラの幼虫の多数入っている枝の部分は林内に放置され、マダラ幼虫のほとんど入っていない太い幹を林外に運びだすことをやっているケースが大半です。さらに前年度に枯れ、すでにマダラが成虫となって脱出したあとの木まで

伐倒搬出しています。これまで毎年、松くい虫防除のために多額な税金が投入されてきたのに、無駄な作業に費やされてきたのです。実は日本国民にとって大きな被害を受けてきたといえます。

松くい虫の防除の基本はマダラ幼虫の入っている枯損マツの処分にあります。この処分を丁寧にやれば、100%近くのマダラ幼虫は殺せます。沖永良部島では、駆除の徹底で松くい虫を根絶することに成功しました。これまで、伐倒処理で枯損マツに入っているマダラの幼虫を如何に殺すか、という非常に簡単な技術を真剣に教えずにやってきた、私を含めて松くい虫関係者に責任があります。研究者サイドはマダラ幼虫の入っている枯れマツを処分すれば、それで被害は軽減出来るといいます。それは間違いではありません。しかし、きちんと処分したかという所までは見ていないのです。そして、被害が減らないから、薬剤の空中散布に頼るようになります。次は薬害問題に発展するわけです。さらに新たな防除法の開発と続くのです。

しかし、マダラを知らない、ましてやその幼虫が

どういふものかを知らない人たちが現実に伐倒処理を行うわけです。行政側はその処理をちゃんとやったかどうかの確認もしていません。書類上だけでこれだけの処理をやりましたと大きな声でいっています。この繰り返りで数十年経過したのです。

これが前述の口蹄疫、鳥インフルエンザであればどうであろうか。担当者はいったい何をしてたのかと叱られる。叱られるだけでなく、世間から罵詈雑言を浴びせられるでしょう。

松くい虫対策はこれからもずっと続き、今からでも遅くはありません。今回の未曾有の震災で改めて海岸松林は見直されることになることが想定されます。海岸松林は足場の良い所が多いので一気に防除、というわけにはいかないでしょうが、丁寧な伐倒処理を行い、被害を軽減させること示す良い機会だと私は思っています。

なお、本文を草するにあたり、独・森林総合研究所東北支所の中村克典博士に助言を受けました。厚くお礼を申し上げます。

訃報

在りし日の遠田暢男さんを偲んで

山根 明臣¹

遠田暢男さんは2011年7月7日心不全で急逝された、享年77才。

遠田さんは昭和8年8月6日生まれ、昭和24年4月(1949)、農林省林業試験場秋田支場釜淵分場に常用夫として採用され、定時制高校に通いながら研究助手として社会人の一歩を歩み始めた。1950年9月業手、同12月副手、1952年10月助手、1954年7月には農林技官に任官された。1959年7月東北支場山形分場多雪林業第1研究室に配置換え。当時の釜淵分場には四手井綱英分場長、伊藤一雄さん(後分場長・保護部長)、余語昌資さん(後北海道支場長)など錚々たる人材が揃い、昆虫少年遠田さんは研究者の基本について薫陶を受けたと思われる。

昭和35年1月(1950)本場保護部昆虫科昆虫研究室に配置換え。この頃ポプラやハンノキ類等の早生樹育成が重要課題で、遠田さんは釜淵時代から虫害分野を担当した。その成果は雑誌「ポプラ」を中心に数多く公刊された。ゴマダラカミキリ等のカミキリムシ類、ボクトウガ、コウモリガ、コガネムシ類、ハバチ類、ハムシ類等について被害実態、害虫の生態を明らかにした。後日、緑化樹の病害虫が森林保護分野の重要課題になった際、更に中国寧夏での「緑の万里の長城」のゴマダラカミキリ被害調査、ルーマニアでの森林衰退調査でも役立った貴重な経験となった。遠田さんが寄贈した研究会誌「ポプラ」は大日本山林会資料室に所蔵されている。

昭和30年代後半から40年にかけて松くい虫被害が再び増大し、研究が再開された。加害昆虫の生活史・生態を明らかにし、被害に関しては被害を発生型、季節型に区分して疫学的解析を進めた。当時の林業試験場の松くい虫担当は日塔正俊昆虫科長、昆虫第二研究研究室小田久五室長以下のメンバーで、遠田さんもその一人であった。

疫学的研究に次いでケット(糊製の試作品生立木木材水分計)による生立木辺材水分含有率の測定(幹に穴を開け粗皮と内樹皮を取り除き測定器を辺材に接

触させる方式)、次いで一定区域内のマツ全生立を時期ごとに皆伐して松くい虫加害初期の生立木の健康状態を調べる皆伐調査に発展した。これがいわゆる「穴開け法」による健康診断の始まりである。

主として千葉県木更津市の戸崎試験地で調査したが、交通不便な試験地への往復には遠田さんの自家用車三菱コルトが活躍した。トランクに重い被害材や生丸太を積み、車の腹を擦りながら山道を走ったものである。因みに遠田さんの運転免許は、「目黒の森」で仲間と買った中古車で自己流で運転練習し、数回の受験の末やっと取得したものであった。

昭和43年(1968)~46年(1971)の特別研究「マツ類の枯損防止に関する研究」では穴開け法が全国で追試され、松くい虫より先に生じる何らかの病変が存在することを確信させた。

九州支場では、昭和45年(1970)枯損木中多数みられる線虫を培養してマツ生立木に接種したところ一部に枯損が発生した。線虫専門の真宮さんは部長命で直ちに現地派遣されたが、遠田さんは自身で決断して九州支場に出張。1970年秋から1971年夏にかけて松くい虫類成虫を中心に線虫を分離検索した。遠田さんは10月までに4科22種4129頭を供試した。同様な調査は九州支場をはじめ全国の支場でも行われ、同様な成果を得ている。その結果線虫保持数、保持率、成虫の後食様式からみてマツノマダラカミキリが最も重要な媒介昆虫であることを明らかにした。

遠田さんは、松くい虫類の寄生性線虫を天敵として利用可能かを探った経験があり、この経験は材線虫研究に際して非常に役に立った。

長年の懸案、松枯れの原因が究明され歴史的な大発見として高く評価され、関係者には多くの学会賞



¹YAMANE, Akiomi, 元日本大学生物資源科学部

が授与された。遠田さんは林学会賞（白沢賞）と財団法人林業科学技術振興所の藤原賞を受賞した。

遠田さんは、マツノマダラカミキリの媒介機能を視覚的に明確に示している。カミキリの気管に詰まった線虫や、成虫の腹部末端部に固まりとなって虫体から離脱する線虫の写真は、現在ではデジタルマイクロスコープで深度の深い映像が容易に撮れるが、当時の機器では、遠田さんの優れた技術をもって初めて可能になったのである。その後、全国林業技術改良普及協会が制作したスライド集や科学映画社の福田寅次郎さんに協力して撮ったビデオ「松枯れとその防除」作成時にも協力しその力量が大いに発揮された。

成虫の行動習性を解明するため、個体識別を施したマツノマダラカミキリ成虫を網室に放し定期的に観察・記録する徹夜観察では、待ち時間を林野庁特別会計に困んだ「鳩熊麻雀」で過ごす事もあった。成虫の化学生態学に関して産卵誘引物質を明らかにし、サンケイ化学㈱と共同で誘引剤、マダラコールと誘引トラップの開発を行った。遠田さんは関係者5人の一人として(財)林業科学技術振興所の藤原賞を受賞している。後食促進物質や材線虫の虫体への乗り移り行動に関する生理活性物質の探索・同定も林産化学部と共同で行い多くの新しい知見を得た。

分類学の分野では日本・韓国産を東南アジアに広く分布する本種の亜種として記載した。台湾産他外国産の*Monochamus*属カミキリを植防の許可をとって輸入し、その化性や形態的差異を明らかにしている。

天敵線虫、天敵昆虫クロアリガタバチ他の生態を明らかにし天敵としての利用を試みている。マツノマダラカミキリ幼虫の休眠について詳細な実験を行って、幼虫休眠と日長・温度の関係および人工餌による飼育法についても詳細な知見を得ている。

我が国でマツノマダラカミキリに次いで媒介昆虫として重要な種は同属のカラフトヒゲナガカミキリで、分布が限られ、発生時期が異なり、保持線虫数や率が低い等の点でマツノマダラカミキリとは媒介昆虫としての役割が劣るが、地域によっては重要な

種類であることを明らかにした。

材線虫に関しては、我が国の在来種で病原性のないニセマツノザイセンチュウの存在を明らかにし真宮さんと共著で新種記載した。

豊かな経験と知識を生かして海外の研究調査でも活躍した。中国寧夏回族自治区銀川でのJICAプロジェクトではポプラ・ヤナギの害虫ゴマダラカミキリの近縁二種の生態や天敵を明らかにし、緑の万里の長城造成計画に伴う害虫防除に貢献した。

ルーマニア政府からの依頼でJICA調査団の一員としてナラ類他広葉樹の衰退、梢頭枯れに関わる病害虫の実態を調べた。主要害虫マイマイガの生態とその天敵昆虫を明らかにした。当時世界的に大気汚染によるとされる森林被害が話題になり、様々な調査が行われた。その後、単純に大気汚染だけではなく、病害虫や気象条件の関与が重要であることが示され、遠田さんの調査も重要な基礎となった。

東アジアでは、日本に次いで1982年に中国南京、1985年には台湾北部、1988年には韓国釜山で材線虫病発生が確認された。台湾政府は1987年11月日本政府に専門家の派遣を要請、遠田さんが派遣された。現地では講演、実技指導、意見交換を精力的に行った。同様に中国本土における松枯れ被害についても、実態を明らかにし防除指導を行った。

韓国では釜山市で被害発生、関係者を森林総研に派遣して病原や媒介昆虫の生態、防除対策について研修を受けた。1989年3月遠田さんは韓国林学会の招請で渡韓し、現地調査と指導および講演を行った。この時韓国林学会会長から感謝盾が贈られている。韓国には定年退職後もフェイザー(株)技術顧問として渡韓して防除指導を行っている。

長くい虫・材線虫について重要課題となったのはスギ・ヒノキ穿孔性害虫による被害とその対策であった。遠田さんはスギカミキリと特にスギノアカネトラカミキリについて生態の詳細を解明した。

林試・森総研では都道府県林業試験場の保護部門職員の長期・中期研修が頻繁に行われ、ほぼ全国から多くの人が研修生として来場している。森林害虫全般、マツノマダラカミキリに加えて材線虫の分離・

同定増殖をも指導した。研修生の皆さんとは昼も夜も親しくつきあい、研修終了後もそのつきあいは長く続いている。

多くの大学から学生や院生の論文指導を頼まれ、指導よろしきを得て卒論をとりまとめその成果を公刊している。 γ 線照射によるマツノマダラカミキリ幼虫の不妊化处理もその一つである。伊豆半島で発生したマダラクロホシタマムシによるヒノキ造林地の被害を共に調査したこともあった。その他多種類の森林害虫について加害性、生活史などを明らかにしている。

若いときから昆虫の生態や被害の写真撮影が得意で、筆者の知る頃には高級カメラニコンFを愛用していた。長い間に撮影した多数の写真は研究報告、解説などに有効に使われた。森林防疫表紙には数え切れない程多くの写真が使われた。きちんと整理保存しておいたネガやスライドをとりまとめたのが「カラー写真集—第1部樹木の害虫、第2部松くい虫、遠田暢男自費出版(2004)、(第2刷は発行所ファイザー(株))」である。

昭和53年(1978)5月保護部主任研究官、平成4年(1991)5月森林生物部森林動物科昆虫生態研究室長、翌年には研究職5級(大学での教育職5級と同等で教授に相当)に昇級した。

平成6年(1994)年3月31日定年退職、同年4月から平成13年(2005)3月までファイザー(株)アニ

マルヘルス統括部門プラントヘルスビジネス統括部技術顧問。

遠田さんはスポーツ万能で部対抗戦ではフル出場して勝ち星を稼いでいた。ボーリングも得意であった。アメリカ帰りの池田俊弥さんは遠田さんと筆者にゴルフを指導。最近まで森林総研OB・現役と月一のゴルフを楽しんでいたが、3年前自転車で転び肩と腰の骨を痛めてゴルフは中止。自動車運転は可能で通院時は軽自動車を利用した。亡くなる前日免許を更新したばかりであった。

筑波に移った年、森林総研の文化祭では池田俊弥さん演出のラインダンスで色気のあるダンサーを演じて喝采を浴びた。穏やかなお人柄で酒席でも激することなく楽しく時を過ごし、興ずれば「真室川音頭」、「岸壁の母」を歌うのが常であった。

写真と同様、野帳にもきちんと記入、整理・保存し、報告書とりまとめも抜群であった。学卒・院卒者に劣らない研究実績をあげ、内外の森林保護に多大な貢献をした遠田さんのご努力とご功績に敬意を表すもので、もっと長生きをして後輩の指導をお願いしたかった。姉様女房のウラ子夫人には最後まで面倒をみるからと拝み倒して結婚、それなのに私より先なんてあんまりだと嘆き悲しんでおられたのを慰めようがなかった。死化粧した顔には赤みがさし、まるで今にも語り出しそうな穏やかな寝顔で、永遠のお別れが嘘のようであった。ご冥福をお祈りする。

都道府県だより

北海道におけるエゾシカの森林被害状況と対策について

○はじめに

本道の森林面積は約554万haで北海道の土地面積（北方領土を除く）の71%を占めており、この面積は全国の森林面積の約4分の1に相当する広さになります。

この広大な北海道の中で、近年、エゾシカの生息数が増加傾向を示し、農林業被害額は平成21年度では50億8千万円となり平成20年度と比較し約10億円増加するなど、農林業被害の防止対策が急務となっています。

○森林被害の発生状況

北海道では、森林病虫獣による森林被害を把握するため、森林被害調査要領により被害の発生状況を調査しています。

調査は、道の14（総合）振興局が市町村、森林組合等の協力を得ながら、被害が確認された場合に、位置、面積、林齢、樹種、被害状況等を調査します。

平成22年度の調査結果によると、エゾシカによる森林被害面積は2,896haで、その内人工林が667ha、天然林が2,229ha（うち、大学演習林が2,110ha）となっており、平成21年度と比較すると1,916haの増となっています（図-1）。

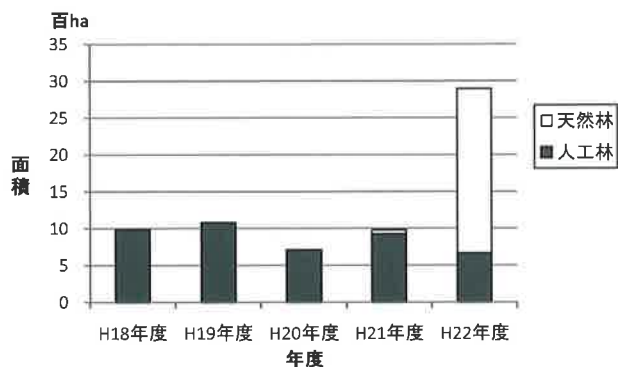


図-1 エゾシカ森林被害の推移
※面積は被害区域面積で国有林を除く



写真-1 造林地の周囲に設置された侵入防止柵



写真-2 角擦り被害木（左）と枝条巻き実施木（右）

○森林被害防止対策

エゾシカによる森林被害防止対策は、造林事業の付帯施設等整備における鳥獣害防止施設等整備にて、針葉樹造林地（原則Ⅰ齢級）に対し忌避剤の散布を実施してきましたが、平成22年度から食害等被害防止対策を拡充し、地域材を支柱として使用した「侵入防止柵」の設置と、角擦りによる被害防止対策として、枝打ち作業等により発生した枝条を立木の全周に隙間なく巻き付ける「枝条巻き」を補助対象メ

ニューに組み入れました（写真-1, 2）。

また、エゾシカの生息密度を下げるため、大型の囲いワナに餌を設置してエゾシカを生体捕獲する誘導型捕獲装置の設置にも支援してきました（平成22年度で終了）。

この支援はエゾシカの森林被害がある市町村等に対して、誘導型捕獲装置の普及推進を図るとともに、捕獲したエゾシカの食肉等への有効活用にも寄与すべく実施していたものです。

○平成23年度からの新たな取り組み

平成21年度までのエゾシカによる被害面積は約700haから1,000haの間で推移していましたが、エゾシカ生息頭数の増加等により、平成22年度には約2,900haに急増するなど、適正なエゾシカの保護管理を進める上でも、森林における被害実態の的確な把握が求められています。

このため、平成23年度からは新たに「エゾシカに

よる森林被害等調査実施要領」により調査を開始することにしました。

調査の概要は、人工林では特に食害を受けやすい10年生以下の森林は全数を調査対象とし、天然林については、エゾシカの生息密度や地域の被害状況等に応じ、各市町村毎に調査地を選定し調査を行うこととしました。

また、森林被害防止対策では従来の被害防止対策に加え、エゾシカ個体数の削減を目標に、エゾシカが除雪された林道周辺に集まる習性を利用し、道有林内の林道除雪による効果的な狩猟環境の整備に取り組みます。さらに、誘き寄せ資材を活用した誘導型捕獲装置による効率的な捕獲方法の実証や林地未利用材等を活用したエゾシカ侵入防止効果の試験にも取り組み、それらの成果等について検討を重ね、新たなエゾシカ対策として地域への定着を図ってきたいと思えます。

（北海道水産林務部林務局森林整備課）

ツキノワグマ剥皮被害について

○はじめに

群馬県において、野生鳥獣による林業被害は、経済的損失のみならず、林業に携わる人の経営意欲を減退させ、森林の荒廃にもつながり、森林の持つ公益的機能に影響を及ぼしかねない深刻な問題となっています。

特に、ツキノワグマによる人工林の剥皮被害は、齢級が高い人工林に被害が集中し林家にとって死活問題です。群馬県における被害状況と防除対策等について報告します。

○ツキノワグマによる林業被害の状況

本県の森林面積は、42万5千haで県土面積の67%、うちスギ、ヒノキなどの人工林が17万9千haで42%を占めます。

ツキノワグマ生息数は、平成8年度から10年度の

3カ年、生息状況等調査を実施した結果、推定生息数は約600頭（越後・三国地域個体群約510頭、関東山地個体群約90頭）です。今年度、最新の生息数を把握するための調査を実施中です。

(1) 野生獣別の林業被害面積

主な野生獣による林業被害は、表-1のとおりで、ツキノワグマによる被害が平成19年度から高い水準で推移しています。

(2) 地域別被害状況

群馬県林業試験場において空中写真を利用し、剥皮被害状況の判別を行いました。

図-1は、赤枯れした剥皮被害木1本を1点としてGIS上で被害位置を選点したものです。被害は、県東部の栃木県に接する桐生市、みどり市地域が多く、8割を占めています。

○被害対策のための施策

表-1 最近5年間の主な獣類による林業被害 (実損被害面積 単位: ha)

	H18	H19	H20	H21	H22
ツキノワグマ	45.2	102.3	62.9	89.9	87.0
シカ	94.6	89.8	77.5	99.5	31.8
カモシカ	37.2	57.3	86.0	19.7	16.1
イノシシ	8.3	20.9	11.7	5.1	3.5
ノウサギ	10.0	16.6	8.1	15.3	5.3
サル	3.3	11.4	1.4	2.1	1.4
ノネズミ	0.5	0.5	1.6	0.8	5.0
計	199.1	298.8	249.2	232.4	150.1

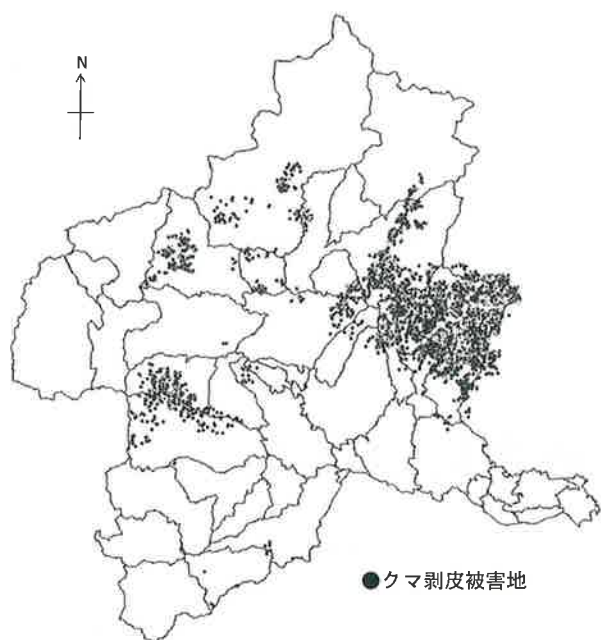


図-1 空中写真判読による剥皮被害発生位置図

ツキノワグマの出没抑制や剥皮被害防止のため、次の調査研究、事業を実施しております。

(1) 調査、研究 (県林業試験場)

①野生動物を育む堅果類の豊凶調査

クマの出没には、ブナやミズナラなどの木の实(堅果類)の実りが影響すると言われていることから、平成19年から豊凶調査を実施し、公表しています。

②ツキノワグマによる森林剥皮行動の研究

剥皮を行うクマの生態系特性を把握するためGPS首輪を利用した行動調査を実施し、得られたデータの解析により行動範囲や人工林利用状況な



写真 クマ剥皮被害状況写真

表-2 ツキノワグマ剥皮対策事業の実績

事業	H20年度	H21年度	H22年度
①防護対策(獣害防止帯巻き等)	36ha	64ha	54ha
②出没抑制対策(森林整備)	17ha	23ha	48ha
” (沿線の刈払)	6km	11km	11km
③被害木処理支援 H22から	—	—	1360m ³

どを把握します。

(2) ツキノワグマ剥皮対策事業 (表-2)

①防護対策 (国庫補助・県単独森林整備事業等で助成)

・剥皮被害対策として、獣害防止帯巻きを実施。

②出没抑制対策 (県単独事業により市町村を支援)

- ・野生獣出沒集落周辺部森林の除・間伐、刈り払い等 (補助率1/2, 上限9万円/ha)
- ・道路沿線の藪の刈払い作業 (2万円/km)

③クマ剥皮被害木処理支援（県単独事業により森林所有者を支援）

- ・被害を受けた立木を早期に伐採して有効活用を図るための運搬経費助成

○まとめ

ツキノワグマについては、生息域，生息頭数，食

性等その実態が十分に調査が行われていません。剥皮被害のメカニズムも解明されていない状況にあります。このため，国や近県と連携して調査，研究を行い，有効な防除対策の確立に努めることが重要であると考えます。

（群馬県環境森林部林政課森林整備係）

森林病虫獣害発生情報：平成23年7～8月受理分

病害

〔輪紋葉枯病…鹿児島県 鹿児島市〕

カンツバキ庭木，2011年7月3日発見，（樹木医・村本正博）

〔葉枯病…宮崎県 宮崎市〕

マンサク緑化樹，2011年4月1日発見，（樹木医・讃井孝義）

虫害

〔ナラエダムレタマバチ…北海道 斜里郡〕

カシワ人工林，2011年6月13日発見，（北海道森林管理局 森林整備第一課・津山 藍）

〔コウモリガ…群馬県 高崎市〕

カリン庭木，2011年6月24日発見，（樹木医・成田邦夫）

〔アメリカシロヒトリ…群馬県 高崎市〕

ウメ庭木，2011年7月10日発見，（樹木医・成田邦夫）

〔サラサリンガ…福島県 県北地区（大玉村ほか），県中地区（田村市ほか），県南地区（棚倉町ほか）〕

コナラ・クヌギ天然林，2011年5月23日発見，（福島県県中農林事務所・佐藤宗一ほか）

（森林総合研究所 窪野高德／伊藤賢介／小泉 透）

60巻4号掲載論文へのご意見と訂正について

編集担当 島津光明

本誌前号に掲載の論文、「羽化脱出時のマツノマダラカミキリに生息する中気門類ダニの生態」について、森林総合研究所岡部貴美子さんから下記のようなご意見をいただきました。また、このご意見を著者の小林哲也さんにお伝えしたところ、この論文について次頁のとおり訂正をいただきましたので、ここにお知らせします。ご迷惑をおかけいたしましたことをお詫びいたします。

森林防疫編集部御中

前略

この度は、森林防疫60巻4号掲載の「羽化脱出時のマツノマダラカミキリに生息する中気門類ダニの生態 (p137-141)」について、意見及び修正の提案が4件ありますので、ご連絡申し上げます。

1) *Proctolaelaps hystrix*の和名について：著者は遠田・田村(1980)森林防疫29:36~38を引用し、和名を「ウロコハリダニ」としています。しかしながら、本種の和名は同年出版された日本ダニ類図鑑によりますと「カワラハリダニ」が正式な和名となっています(石川和男博士担当)。同一種に複数の和名があることは混乱を招き、森林昆虫学の研究者とダニ学者が異なる和名を用いることは、望ましくないと考えます。遠田・田村両氏は松枯れに関する研究の第一人者であり、重要な業績の数々を残されましたが、分類学及びダニ類に関してはご専門でなかったことから、本件が発生したと考えます。よって、森林防疫におかれましては、和名の統一にご努力頂きたいようお願い申し上げます。

2) 表-1及び本文内のコナダニに関する標記について：コナダニあるいはAcaridaeは中気門類ではありませんので、ご訂正下さい。コナダニ類は無気門類とも呼ばれ、現在はササラダニ類の一グループと考えられています(安倍ら2009 日本ダニ学会誌18:99~104 J-STAGEでオンライン公開)。これに伴い、できればタイトルも「…中気門類ダニの生態」を「ダニ類の生態」に修正されますことをお勧めいたします。

3) 表-1の“虫体内”という標記について：本論文で扱っているすべての種は、昆虫の体内寄生者ではありません。従って、“虫体内”という標記は誤りですので、“虫体上”と訂正すべきと考えます。

4) コナダニ及びAcaridaeについて：著者は虫体からコナダニを検出したとしていますが、発見したステージ等の標記がないため、コナダニ科で正しいかどうかと、マツノマダラカミキリの共生者かどうか不明瞭です。もし遠田・田村(1977a)を参考にしたのであれば、自然界ではあり得ない関係で、このダニは実験室内で混入したものです。もし便乗であればその旨を記述すべきであったと考えます。マツノマダラカミキリへの便乗は、最低でもヒゲダニ科、キノウエコナダニ科、コナダニ科の3種の第二若虫が考えられます。論文発表の際には、これらの詳細な検討をされるべきだったと思います。

草々

森林総合研究所森林昆虫研究領域
岡部貴美子

訂正

前号(60巻4号) 発表論文「羽化脱出時のマツノマダラカミキリに生息する中気門類ダニの生態」の訂正について

- ① *Proctolaelaps hystrix* の和名「ウロコハリダニ」を現行の和名「カワラハリダニ」へ訂正
- ② コナダニ類の現在の分類上の位置づけから、本文中の「中気門ダニ類」を「ダニ類」へ訂正

- ③ 発見時のコナダニのステージ等は未調査なため、コナダニの実験室内での混入の可能性があります。
- ④ ダニ類は気門等の虫体内のみでなく体表面にも生息するので、「虫体内」を「虫体」へ訂正

以上は岡部貴美子氏の指摘に基づいた訂正であり、同氏のご教示に深く感謝いたします。

著者 小林哲也・谷垣 徹

森林防疫 第60巻第5号(通巻第686号)
平成23年9月25日 発行(奇数月25日発行)

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

定価 1,302円(送料共)
年間購読料 6,510円(送料共)

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

〒101-0047 東京都千代田区
内神田 1-1-12(コープビル)
☎ (03) 3294-9719 FAX (03) 3293-4726
振替 00180-9-89156
E-mail shinrinboeki@zenmori.org
<http://bojyokukai.web.infoseek.co.jp/>