

短 報 (Short communication)

菌根菌食性昆虫ムネアカセンチコガネとアカマダラセンチコガネのスギ林における季節的消長

楨原 寛¹⁾、滝 久智²⁾、明間 民央^{3)*}、日暮 卓志⁴⁾

要旨

アーバスキュラー菌根菌子実体を食べる甲虫2種、ムネアカセンチコガネとアカマダラセンチコガネの季節的消長を観察した。茨城県かすみがうら市の森林総合研究所千代田試験地のスギ林地表にフライトインターセプトトラップを設置して両種を捕獲したところ、春から秋に捕獲され、初夏に捕獲ピークがあった。ムネアカセンチコガネの捕獲はどの季節でもほぼ雌雄同数であったが、アカマダラセンチコガネは初夏に雌が多く捕獲された。本報は両種がスギ林内で捕獲されることを明らかにした最初の記録である。

キーワード：菌食性コガネムシ類、季節的消長、スギ林、アーバスキュラー菌根菌、衝突板トラップ

はじめに

ムネアカセンチコガネ *Bolbocerosoma nigroplagiatum* (Waterhouse) (ムネアカセンチコガネ科 Bolboceratidae、以後ムネアカと略す) とアカマダラセンチコガネ *Nothochodaeus maculatus* (Waterhouse) (アカマダラセンチコガネ科 Ochodaeidae、以後アカマダラと略す) は、コガネムシ類の食糞群とされ、糞食性と考えられてきた (和田 1984)。しかし、オーストラリア産のムネアカセンチコガネ類数種が、地下生菌として産することが知られている (Gerde mann and Trappe 1974) アーバスキュラー菌根 (以後 AM) 菌子実体の専食者であることが明らかになった (Houston and Bougher 2010)。ムネアカは北海道、本州、四国、九州、屋久島に、アカマダラは本州、四国、九州に分布し、いずれも比較的希少とされており (千葉県レッドデータブック改訂委員会 2011)、野外生態や詳細な発生消長については不明な点が多い (川井ら 2005)。なお、千葉県レッドデータブックにはムネアカが糞食性であることを示唆する記述があるが、ムネアカおよびアカマダラが AM 菌の子実体を食べることは日暮ら (2019) によって確認されている。

ムネアカの生息環境としては、これまで開けた草原の芝地 (岡島・荒谷 2012) や公園の芝生、ゴルフ場、放牧地 (川井ら 2005) などの開けた環境が知られている。アカマダラは日中にハエのように飛翔する個体の観察例が多く、観察された環境は雑木林の開けた草地 (岡島・荒谷 2012) および林内の日当たりのよい開けた場所、伐採地、林縁部 (川井ら 2005) である。両種は開けた草地に生息

すると考えられてきたが、これはスウィーピング法による採集に適した環境でもあり、サンプリングバイアスが存在するかも知れない。草地の植物を含む陸上植物の大部分が AM 菌と共生しており (Brundrett 2009)、野草や放牧地の植物にも AM 菌が広く共生している (小島ら 2000) 一方、主に人工林として本州以南に広く分布するスギも AM 菌と共生することが知られている (畑ら 2018) ため、大型子実体形成性の種がスギ林に分布していても矛盾はない。一方、これまでスギ林内でムネアカ及びアカマダラが採集された報告はない。生息環境を規定するのがエサ資源すなわち AM 菌の子実体だとすると、両種は採集されていないだけで森林内にも生息している可能性がある。

季節的消長については、ムネアカが5～11月、アカマダラは4～10月とされている (川井ら 2005) が、これは偶発的または意図的な採集による知見の蓄積であり、特定の方法で継続的に調査された報告はない。そのため、両種の真の季節的消長は未だ明らかではない。

本研究では、2017年に森林総合研究所千代田試験地のスギ林内でムネアカが捕獲されたことを受け、採集機会によるバイアスを排除して菌食性コガネムシ類の季節的消長を明らかにするために、2018、2019年に同一のスギ林内で継続的な調査を実施した。2017年の結果と併せて、3年間の調査結果について報告する。

調査地と方法

2018年および2019年に、茨城県南部のかすみがうら

原稿受付：令和3年12月3日 原稿受理：令和4年1月14日

1) 元 森林総合研究所

2) 森林総合研究所 森林昆虫研究領域 (現所属) 森林総合研究所 生物多様性・気候変動研究拠点

3) 森林総合研究所 きのこ・森林微生物研究領域

4) コガネムシ研究会

* 森林総合研究所 きのこ・森林微生物研究領域 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1

市上志筑にある森林総合研究所千代田試験地 (36°11'N, 140°13'E, 標高 31m) 内の、約 20 年生のスギ (*Cryptomeria japonica*) 林にて両種の採集を行った。2017 年には同所に別の目的で同じトラップを設置していた。土壌は第四紀後期更新世に形成された堆積岩上に堆積した関東ローム層である。周囲の環境は、谷沿いの低地は主に水田で、台地上に人家と畑、果樹園と広葉樹二次林があり、傾斜地はスギを主とする針広混交林である。

試験地内には Table 1 に点線で囲って示したスギ林の他に、マツ類やヒノキ、コナラなどの林分および苗畑があり、多様な樹木が植栽されている。調査した林分はおよそ 40×40m の面積で、台風で風倒木が発生して林冠が疎開したため、通常のスギ林より立木密度が低く、林床が明るく下層植生も多い。

調査に使用したのは、飛翔中の昆虫が透明プラスチックの衝突板に当たって落ちることを利用したフライトインターセプトトラップ (Flight Interception Trap、以下 FIT と略す) で、衝突板として十文字に組んだ透明の亚克力板を用い、白色プラスチック製の 22×30 cm、深さ 7 cm のバットにプロピレングリコールを 500 ml 入れたものに

載せた。雨がトラップに入るのを防ぐため、全体を覆うように透明のビニール傘を地面に固定した (Photo 1)。これを 6 基、スギ林内の地上にスギの株元を避けて、できるだけ等間隔になるよう 5m 前後の間隔で設置した。なお、調査地内には昆虫を誘引するような動物の死骸はなかった。2017 年は 9 月 1 日に設置し、10 月 2 日にトラップ内の昆虫を回収した。2018 年は 4 月 24 日に設置し、概ね 1 ヶ月おきに昆虫を回収して再設置した。回収日は 5 月 24 日、6 月 25 日、7 月 25 日、8 月 31 日、10 月 3 日、10 月 31 日、11 月 20 日である。2019 年も同様で、5 月 2 日に設置し、6 月 4 日、7 月 2 日、8 月 12 日、9 月 25 日に回収再設置した。2019 年 10 月以降は令和元年東日本台風をはじめとする台風災害のためサンプルが得られなかった。採集した昆虫の回収は台所三角コーナー用のろ紙を用いて現場で行った。バットの内容物から落枝落葉などのゴミを除いて残りをろ紙に通し、プロピレングリコールは容器で受けて FIT のバットに戻した。昆虫の入ったろ紙はつくば市の森林総合研究所に持ち帰り、その日の内に両種を取り出した後、針刺し標本にして保存した (Photo 2)。

結果と考察

Table 1 にムネアカおよびアカマダラの捕獲結果を示した。これまで両種ともスギ林内での観察例は報告されておらず、本報告は、両種がスギ林内で捕獲された初めての記録である。FIT という受動的方法で多数捕獲されていることから、これまでスギ林での観察例や捕獲例がなかったことは、観察しやすい開放地だけで調査が行われてきたためではないかと推察される。網羅的な観察を行えば、比較的希少な種であるという認識自体が変化する可能性がある。

ムネアカおよびアカマダラの発生時期については、既往の研究では両種ともに春から秋までとされている (川井ら 2005, 岡島・荒谷 2012)。本研究の結果も同様であった。2018、2019 年における両種の捕獲頭数のピークは、数が少なかったアカマダラの雄を除くと、両種とも初夏であった。2018 年の調査では、ムネアカは 5 月 24 日から 11 月 20 日まで連続して捕獲されたのに対し、アカマダラは 10 月 3 日以降捕獲されなかった。ムネアカの季節



Fig. 1. 千代田試験地の概略図 (原図は森林総研実験林室提供)、スギ林分とトラップの位置
Diagrammatic illustration of Chiyoda nursery of FFPRI. Dotted frame: *Cryptomeria japonica* stand, ★: FIT.



Photo 1. Flight Interception Trap (FIT)



Photo 2. ムネアカセンチコガネ *Bolbocerosoma nigroplagiatum* ♂ (左) およびアカマダラセンチコガネ *Nothochodaeus maculatus* ♂ (右)

Table 1. ムネアカセンチコガネ *Bolbocerosoma nigroplagiatum* とアカマダラセンチコガネ *Nothochodaeus maculatus* の雌雄別・捕獲期間別の捕獲頭数、FIT 6 基の合計
Numbers of *B. nigroplagiatum* and *N. maculatus* captured in the FITs on the forest floor of Japanese cedar.

			<i>B. nigroplagiatum</i>			<i>N. maculatus</i>		
	trap set	retrieved	male	female	total	male	female	total
2017	1, Sep.	2, Oct.	6	4	10	7	3	10
2018	24, Apr.	24, May	1	2	3	2	1	3
	24, May	25, June	8	6	14	0	9	9
	25, June	25, July	12	11	23	0	5	5
	25, July	31, Aug.	4	0	4	1	0	1
	31, Aug.	3, Oct.	2	0	2	0	1	1
	3, Oct.	31, Oct	1	1	2	0	0	0
	31, Oct	20, Nov.	0	1	1	0	0	0
	total		28	21	49	3	16	19
2019	2, May	4, June	3	4	7	2	8	10
	4, June	2, July	4	7	11	1	13	14
	2, July	12, Aug.	20	11	31	1	0	1
	12, Aug.	25, Sep.	8	3	11	0	0	0
	total		35	25	60	4	21	25

的消長に雌雄間の違いはみられなかった。川井ら (2005) によるとムネアカの発生は 5 ~ 11 月、アカマダラは 4 ~ 10 月とされていて、アカマダラの発生が早く終わるとされている。本研究で得られた結果も同様で、2018 年の調査でムネアカは 11 月 20 日まで捕獲されていたのに対し、アカマダラは 10 月 2 日に捕獲されたのが最後であった。

年間を通しての発生消長の報告は愛好家による観察記録 (芳賀 1994, 木内 2001, 稲垣 2002, 2004, 池田 2004, 三村 2009) が主で、特定の方法を継続して用いた調査報告はないため、今回得られた結果は初の本格的な発生消長の報告である。

捕獲個体の性比を見ると、ムネアカではどの時期にも雌雄の捕獲個体数に大きな違いは認められなかった。しかしアカマダラは 2017 年を除くと明確に雌が多かった (二項検定、 $p=0.01$)。アカマダラの雄については、2018 年と 2019 年には同種の雌の発生のピークである初夏にはほとんど捕獲されなかったが、2017 年には捕獲されている。なぜ傾向が異なったかは不明である。

2018 年の 8 月 31 日から 10 月 3 日の捕獲では両種ともほとんど捕獲されなかったが、2017 年には同時期に多数捕獲されていた。2018 年 9 月には風台風タイプの台風 21 号、24 号が近くを通過した (総務省 2019) ため、いったんは FIT に捕獲された両種が保存液ごと吹き飛ばされて回収されなかった可能性もあり、発生が少なかったとは言いきれない。

季節的消長は、ムネアカは 7 月頃にピークを持ち秋にも発生が続く裾を引いた単峰型のようだが、秋のデータが不十分なため、2 山型の秋のピークを捉え切れていない可能性もある。アカマダラについても同様で、ムネアカよりピークが早い 1 山型となったが、2017 年には秋に捕獲されているため、ムネアカと同様に 2 山型である可能性が否定できない。和田 (1984) の報告は灯火採集と巣穴内成虫採集を分けていないため本研究の結果と単純に

は比較できないが、やはりムネアカの発生は初夏と秋の 2 山型としている。本当に 2 山型の季節的消長であるか、また本当にアカマダラの雄は少ないのかを明らかにするため、今後さらなる調査と検討が必要である。

AM 菌の子実体がこれまでほぼ知られていなかったのは、ムネアカやアカマダラと同様に、適切な調査が行われていなかったからかも知れない。*Glomus* 属が肉眼的子実体を形成すること自体は古くから知られており (Gerdemann and Trappe 1974)、最近も Redecker ら (2007) が直径 1cm を超える子実体を形成する種群について報告している。しかし、一般的な地下生菌子実体の探索方法 (佐々木ら 2016) では主に地表近くを調べるので、地下深くに子実体を形成する種は発見されにくい。Houston and Bougher (2010) によりムネアカ近縁種の昆虫が飛翔して AM 菌子実体を運搬することと、AM 菌子実体の専食者であることが知られるようになるまでは、AM 菌の子実体が発見されるのはまれな事例と考えられていた。日本のムネアカも同様に AM 菌を持って飛翔し餌にする生態を持っていると考えられる (日暮ら 2019)。人間には認知できない環境に形成される AM 菌子実体を、専食者のムネアカ・アカマダラが利用し散布していたのかも知れない。季節的消長とともにムネアカ・アカマダラの食性についてもさらなる調査が必要である。

謝 辞

本報告をまとめるにあたり、千代田試験地での調査に協力していただいた森林総合研究所の苗畑関係者に、厚くお礼を申し上げる。

引用文献

- Brundrett, M. C. (2009) Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting

- information and developing reliable means of diagnosis. *Plant Soil*, 320, 37–77.
- 千葉県レッドデータブック改訂委員会 (2011) 千葉県の保護上重要な野生生物：千葉県レッドデータブック，千葉県環境生活部自然保護課，538pp.
- Gerdemann, J. W. and Trappe, J. M. (1974) The Endogonaceae in the Pacific Northwest. *Mycologia Memoir No. 5*, The New York Botanical Garden, New York, 76pp.
- 芳賀 馨 (1994) 茨城県つくば市におけるムネアカセンチコガネの発生時期について. 甲虫ニュース, 108, p7–8.
- 畑 邦彦・木本 遼太郎・曾根 晃一 (2018) スギ成木および実生におけるアーバスキュラー菌根菌の感染率の季節変化. 日林誌, 100, 3–7.
- 日暮 卓志・棚橋 薫彦・奥山 雄大 (2019) アーバスキュラー菌根菌胞子果を食べるコガネムシ類の発見とその生態. 日本生態学会第 66 回全国大会講演要旨 W03-2.
- Houston, T. F. and Bougher, N. L. (2010) Records of hypogeous mycorrhizal fungi in the diet of some Western Australian bolboceratine beetles (Coleoptera: Geotrupidae, Bolboceratinae). *Aust. J. Ent.*, 49, 49–55.
- 池田 正清 (2004) 神奈川県における糞虫の季節消長. 鯉角通信, 9, p35–43.
- 稲垣 政志 (2002) FIT に落ちた鈴鹿山脈の糞虫～1 年間の経時的調査結果～. 鯉角通信, 5, 29–34.
- 稲垣 政志 (2004) 三重県南部地域の食糞性コガネムシ類の季節推移について. 鯉角通信, 9, 25–34.
- 川井 信矢・堀 繁久・河原 正和・稲垣 政志編 (2005) 日本産コガネムシ上科図説, 第 1 巻食糞群. 六本脚, 189pp.
- 木内 信 (2001) 茨城県つくば市におけるムネアカセンチコガネの発生消長. 昆虫と自然, 36 (13), 33–35.
- 小島 知子・林 治雄・斎藤 雅典 (2000) アーバスキュラー菌根菌の野草への感染とその形態. 日本草地学会誌, 46 号別巻, 184–185.
- 三村 義友 (2009) 大分県別府市におけるアカマダラセンチコガネ発生消長. 鯉角通信, 19, p19–24.
- 岡島 秀治・荒谷 邦雄 (2012) 日本産コガネムシ上科標準図鑑, 学研, 443 pp.
- 佐々木 廣海・木下 晃彦・奈良 一秀 (2016) 地下生菌識別図鑑, 誠文堂新光社, p 30–39.
- 総務省 (2019) 消防白書, 第 1 章第 5 節, p118–121.
- Redecker, D., Raab, P., Oehl, F., Camacho, F. J. and Courtecuisse, R. (2007) A novel clade of sporocarp-forming species of glomeromycotan fungi in the Diversisporales lineage. *Mycol Prog*, 6, 35–44.
- 和田 薫 (1984) ムネアカセンチコガネの生態について. 昆虫学評論, 39(1), 95–100.

**Seasonal occurrences of two mycophagous beetles,
Bolbocerosoma nigroplagiatum and *Nothochodaeus maculatus*
(Coleoptera: Bolboceratidae and Ochodaeidae),
feeding on arbuscular mycorrhizal fungal sporocarps
in a stand of *Cryptomeria japonica*.**

Hiroshi MAKIHARA¹⁾, Hisatomo TAKI²⁾, Tamio AKEMA^{3)*} and Takashi HIGURASHI⁴⁾

Abstract

Seasonal occurrences of two mycophagous beetles, *Bolbocerosoma nigroplagiatum* (Bolboceratidae) and *Nothochodaeus maculatus* (Ochodaeidae), which are known to feed on the sporocarps of arbuscular mycorrhizal fungi, were observed. We set flight intercept traps on the ground in a Japanese cedar (*Cryptomeria japonica*) stand in Chiyoda experimental station of Forestry and Forest Products Research Institute, located in Kasumigaura, Ibaraki. Both species were collected from spring to autumn and the collection reached a peak in early summer. On *B. nigroplagiatum* both male and female were collected similarly in all seasons but on *N. maculatus* the female was apparently collected more frequently than males. This is the first record for both species collected in the Japanese cedar stand.

Key words : mycophagous beetle, annual occurrence, *Cryptomeria japonica*, arbuscular mycorrhizal fungi, flight interception trap

Received 3 December 2021, Accepted 14 January 2022

1) Department of Forest Entomology, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

2) Department of Forest Entomology, FFPRI (Current) Center for Biodiversity and Climate Change, FFPRI

3) Department of Mushroom Science and Forest Microbiology, FFPRI

4) The Japanese Society of Scarabaeoidology, Oyaru 347, Yachimata, Chiba 289-1134, JAPAN

* E-mail: AKEMA.Tamio@ffpri.affrc.go.jp