

ヤマトシロアリによるカミキリムシ幼虫食坑道の利用,

およびカミキリムシ幼虫フラスのヤマトシロアリに対する誘引・摂食刺激性

Utilization of cerambycid larval galleries by a termite, *Reticulitermes speratus*, and the attractive and phagostimulant activity of the cerambycid larval frass to the termite.加藤 朗大^{*1}・高野 健太郎^{*1}・高柳 健太^{*1}・岩田 隆太郎^{*1}Akihiro KATO^{*1}, Kentaro TAKANO^{*1}, Kenta TAKAYANAGI^{*1} and Ryūtarō IWATA^{*1}

* 1 日本大学生物資源科学部

College of Bioresource Sciences, Nihon University, Fujisawa, Kanagawa, 252-0880 Japan

要旨: シロアリ類は他の木材穿孔性昆虫の食坑道をまれに利用することが知られ、カミキリムシのフラスを摂食することも確認されているが、詳細は未解明である。今回神奈川県下で、(1) スギ倒木におけるヒメスギカミキリ (*Callidiellum rufipenne*)、および (2) ヒノキ間伐材におけるトゲヒゲトラカミキリ (*Demonax transilis*) の食坑道にヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus*) が侵入しているのが確認された。カミキリムシ幼虫のフラスと未食害材木粉に対するヤマトシロアリ職蟻の選好性を比較したところ、フラスは未食害木粉よりも有意に職蟻に好まれた。この選好性は、フラスに含まれる誘引物質や摂食刺激物質の存在によるものと推察され、その候補として非共生性細菌類が生産した有機窒素分が考えられた。そこで、フラスと未食害木粉に含まれる窒素(N)および炭素(C)の含有量を測定し、C/N比を求めたところ、フラスは未食害材と比べ窒素含有量が多くC/N比が低かった。以上により、カミキリムシの穿孔により食坑道内で窒素分の蓄積が生じており、ヤマトシロアリはカミキリムシ幼虫の食坑道内に侵入すると窒素分で富栄養化されたフラスをまず利用し、続いて木部を穿孔するものと考えられた。

キーワード: 地下性シロアリ、ヒメスギカミキリ、トゲヒゲトラカミキリ

Abstract: Termites are known to occasionally utilize galleries excavated by the other wood-boring insects, and to feed on cerambycid larval frass, but the detail about this phenomenon is not known. We have noticed incidences in which (1) larval galleries of *Callidiellum rufipenne* in *Cryptomeria japonica* log and (2) larval galleries of *Demonax transilis* in *Chamaecyparis obtuse* log were invaded by a termite, *Reticulitermes speratus*. In a laboratory experiment, termite workers exhibited a preference of frass of these cerambycids to intact portions of sapwood. This preference seemed to be attributed to the presence of attractant or phagostimulant, above all organic nitrogenous substances synthesized by the free-living bacteria. Thus we measured the contents of carbon and nitrogen, as well as C/N ratio, of the above-mentioned frass and associated intact wood portions. A higher nitrogen content value and a lower C/N ratio value of the frass than the associated intact wood were obtained. This suggests that cerambycid boring activity into wood led to an accumulation of nitrogenous substances, and the termites utilize such nutritionally enriched frass immediately after invading cerambycid galleries, then excavate xylem tissue.

Key words: subterranean termite, *Callidiellum rufipenne*, *Demonax transilis*

I はじめに

シロアリが枯木や生木に侵入・穿孔する際に、他の木材穿孔虫の食坑道や脱出坑を利用する場合が見られる。こういった現象は普遍的であると考えられるが、具体的な文献記録は意外と少なく(5, 8)、他の目的での研究報告において付随的に述べられているものに留まっている。一方、異なるグループの食材性甲虫が木材を消費する際に、先に入植した昆虫に後から入植した昆虫が化学的に誘引され

るという事例も報告されている(1, 2, 7)。また、シロアリは既存の坑道がある場合、その坑道をたどるといった報告がある(9, 3, 6)。

今回、2012年7月14, 15, 21日に神奈川県横浜市瀬谷区において、ヒノキ間伐材の樹皮下および辺材部に見られたカミキリムシ科幼虫の食坑道にヤマトシロアリ (*Reticulitermes speratus*) が侵入しているのが見出された。このヒノキ間伐材を割材したところ、羽化脱出前と思われ

たトゲヒゲトラカミキリ (*Demonax transilis*) 成虫が見出された。さらに、2015年3月23日に神奈川県藤沢市石川において、スギ倒木の樹皮下に見られたカミキリムシ科幼虫の食坑道に侵入するヤマトシロアリが見出された。このスギ倒木を採取し、室温にて管理したところ、同年4月中旬までの間にヒメスギカミキリ (*Callidiellum rufipenne*) 成虫が7頭羽化脱出した。このことから、これら2種のカミキリムシとヤマトシロアリの間に関連性があることが予想された。

そこで、これら2種のカミキリムシ科幼虫のフラスに対するヤマトシロアリの選好性を調べるため、フラスと未食害部をヤマトシロアリ職蟻と同時に与える選択実験を行った。さらに、フラスと未食害部につき、炭素(C)および窒素(N)の含有量を測定し、C/N比を求めた。

II 試料と方法

1. ヤマトシロアリ職蟻によるヒメスギカミキリ幼虫のフラスと未食害木粉の摂食選択実験 供試したヤマトシロアリおよびヒメスギカミキリ幼虫のフラスと未食害部は2015年3月23日に神奈川県藤沢市石川にてスギ倒木より採取した。材から採取したフラスを0.5mmメッシュのふるいに掛けた。また辺材最外層の未食害部を削り出し、0.5mmメッシュのふるいに掛け、未食害木粉とした。両者と同じ含水率条件で実験に供試するため、フラスの含水率25.6%と未食害木粉の含水率15.8%の差9.8%を、イオン交換水で未食害木粉に加えて、両者と同じ含水率とした。なお、含水率の測定方法はJIS Z 2101: 2009によった。

この実験に際し、3個の直径9cmプラスチックシャーレを、3cmに切断した内径7mmの亚克力管で接続する実験器具を作成した。各シャーレに海砂(粒径300~600 μ m; 和光純薬工業製)を16gずつ敷き詰め、それぞれ3mLのイオン交換水で加湿した。中央のシャーレには海砂の上に何も置かず、一方のシャーレには海砂の上に未食害木粉、他方のシャーレには海砂の上にフラスをそれぞれ2g敷いた。予め中央のシャーレのパイプ接続穴はシリコン製の栓で塞ぎ、中央部シャーレにヤマトシロアリ職蟻50頭を投入した。60分間静置後、亚克力管の栓を同時に抜き取り、シロアリの移動を可能にし、これを25 $^{\circ}$ Cのインキュベータ内に24時間置いた。24時間経過後、亚克力管に同時に栓をし、各シャーレ内のシロアリの頭数を数えた。この実験を25回繰り返した。

2. ヤマトシロアリ職蟻によるトゲヒゲトラカミキリ幼虫フラスと未食害木粉の摂食選択実験 供試したヤマトシロアリは2012年9月22日に東京都八王子市上川町にてアカマツ倒木より採取した。トゲヒゲトラカミキリ幼虫フ

ラスと未食害部は、2012年7月14、15、21日に神奈川県横浜市瀬谷区にてヒノキ間伐材より採取した。フラスを材から採取後、212 μ mメッシュのふるいに掛けた。また、辺材の未食害部を木粉製造機で粉砕し、フラスと同様に212 μ mメッシュのふるいに掛け、未食害木粉とした。

実験に供試するフラスの量が僅少のため、前項とは異なる方法で摂食選択実験を行った。すなわち、長さ6cmに切断した直径5mmの亚克力管の片方開口部にシリコン製の栓をしたものを2本用意し、一方に0.1gのフラス、他方に0.1gの未食害木粉を詰めた。これを、2mLのイオン交換水で加湿した海砂15gを敷きつめた直径9cmのシャーレ内に1本ずつ2cmの間隔をあけて平行に並べ、これにヤマトシロアリ職蟻25頭を投入した。シャーレ全体を赤色セロファンで覆って遮光し、フラスを詰めた亚克力管と未食害木粉を詰めた亚克力管へのシロアリの侵入回数と摂食回数を目視観察で記録した。侵入回数は亚克力管内にシロアリの全身が入った場合を1回とし、摂食回数は、試料を大顎で齧った場合、大顎の開閉回数とは無関係に1回とした。この観察を各シャーレにつき60分間行った。実験は30回繰り返した。

3. フラスおよび未食害部の炭素(C)、窒素(N)の含有量測定、およびC/N比の算出 2種のカミキリ幼虫フラスと未食害部につき、炭素(C)、窒素(N)の含有量を求め、これよりC/N比を求めた。フラスと未食害木粉を、乾熱滅菌機(160 $^{\circ}$ C、1時間)で乾燥させたものを試料とし、炭素窒素定量装置(スミグラフNC-220F; 住化分析センター社製)で炭素(C)、窒素(N)の含有量を求め、その商をC/N比とした。

III 結果と考察

1. ヤマトシロアリ職蟻によるヒメスギカミキリ幼虫フラスと未食害木粉の摂食選択実験 フラスおよび未食害木粉を敷いたシャーレ内に侵入したヤマトシロアリ職蟻の個体数を図-1に示した。フラスの入ったシャーレが、他の2つのシャーレよりも有意に好まれ(Mann-WhitneyのU検定, $p < 0.05$)、ヤマトシロアリはヒメスギカミキリ幼虫フラスを有意に選好していた。

2. ヤマトシロアリ職蟻によるトゲヒゲトラカミキリ幼虫フラスと未食害木粉の摂食選択実験 フラスおよび未食害木粉を詰めた亚克力管に対するヤマトシロアリ職蟻の侵入回数、および摂食回数の比較を図-2に示した。フラスへの侵入回数、摂食回数ともに有意性が認められ(Mann-Whitney U検定, $p < 0.05$)、ヤマトシロアリはトゲヒゲトラカミキリ幼虫フラスを有意に選好、摂食していた。

3. フラスおよび未食害木粉の炭素(C)・窒素(N)含有量測

定と C/N 比測定 2種カミキリムシ幼虫フラスと、未食害部の炭素(C)、窒素(N)の含有量、およびこれより求めた C/N 比の値を表-1に示した。2種ともに、フラスは未食害材より窒素含有量が多く、C/N 比が低かった。

4. 総合考察 カミキリムシ幼虫フラスが隣接する未食害辺材部よりもヤマトシロアリに好まれた。また、フラスの窒素含有量が増加し、C/N 比が低下したことが明らかとなった。これらの化学生態学的背景として、2種カミキリムシ幼虫が食坑道内にフラスを産出した結果、恐らくは非共生性細菌類の作用により有機窒素分の蓄積が進んだこと(10)が考えられた。シロアリは窒素含有量の多い餌を好んで摂食する(4)。以上により、ヤマトシロアリはカミキリムシ幼虫の食坑道内に侵入すると窒素分で富栄養化されたフラスをまず利用し、続いて木部を穿孔することが考えられた。

引用文献

- (1) Allison, J.D., Borden, J.H., McIntosh, R.L., de Groot, P. and Gries, R. (2001) Kairomonal response by four *Monochamus* species (Coleoptera: Cerambycidae) to bark beetle pheromones. *Journal of Chemical Ecology*, **27**(4): 633-646
- (2) Allison, J.D., Morewood, W.D., Borden, J.H., Hein, K.E. and Wilson, I.M. (2003) Differential bio-activity of *Ips* and *Dendroctonus* pheromone components for *Monochamus clamator* and *M. scutellatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Environmental Entomology*, **32**(1): 23-30
- (3) Evans, T.A. (2003) The influence of soil heterogeneity on exploratory tunneling by the subterranean termite *Coptotermes frenchi* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Bulletin of Entomological Research*, **93**: 413-423
- (4) Higashi, M., Abe, T. & Burns, T.P. (1992): Carbon-nitrogen balance and termite ecology. *Proceedings, Biological Sciences, The Royal Society, London*, **249**: 303-308
- (5) 岩田隆太郎 (2015) 木質昆虫学序説. 九州大学出版会, 福岡
- (6) Lee, S.-H., Yang, R.-L. and Su, N.-Y. (2008) Tunneling response of termites to a pre-formed tunnel. *Behavioural Processes*, **79**: 192-194
- (7) Little, N.S., Riggins, J.J., Schultz, T.P., Londo, A.J. and Ulyshen, M.D. (2012) Feeding preference of native subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae: *Reticulitermes*) for wood containing bark beetle pheromones and blue-stain fungi. *Journal of Insect Behavior*, **25**(2): 197-206
- (8) Ohga, S., Nomura, S. and Inoue, S. (1995) Survey of basidiomycete and insect infested roadside trees. *Bulletin of the*

Kyushu University Forest, **72**: 203-216

(9) Pitts-Singer, T.L. and Forschler, B.T. (2000) Influence of guidelines and passageways on tunneling behavior of *Reticulitermes flavipes* (Kollar) and *R. virginicus* (Banks) (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Insect Behavior*, **13**(2): 273-290

(10) Ulyshen, M.D. (2015) Insect-mediated nitrogen dynamics in decomposing wood. *Ecological Entomology*, **40**(Suppl. 1): 97-112

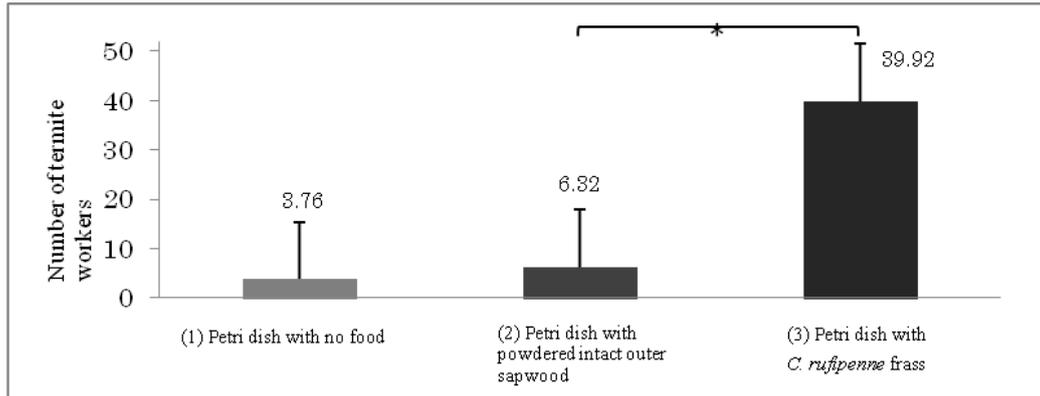


図-1. ヤマトシロアリ職蟻 50 頭を(1)餌なしのシャーレからスタートし、これに直結した(2)スギ倒木の辺材最外層の未食害部木粉を入れたシャーレと(3)同スギ倒木の樹皮下のヒメスギカミキリ幼虫のフラスを入れたシャーレを選択させる実験における、24 時間経過後の結果(25 回繰り返しの平均値)。職蟻はヒメスギカミキリ幼虫のフラスを有意に選好した(* Mann-Whitney の U 検定, $p < 0.05$)

Fig. 1. Result of the choice test, after 24 hours with 25 replications, of 50 *Reticulitermes speratus* workers from a petri dish with no food (1) moving either to a connected petri dish containing powdered intact outer sapwood (2) or to a connected petri dish containing larval frass of *Callidiellum rufipenne* from the same *Cryptomeria japonica* log (3). The termite workers exhibited a significant choice to the *C. rufipenne* frass (3) (* Mann-Whitney U test, $p < 0.05$)

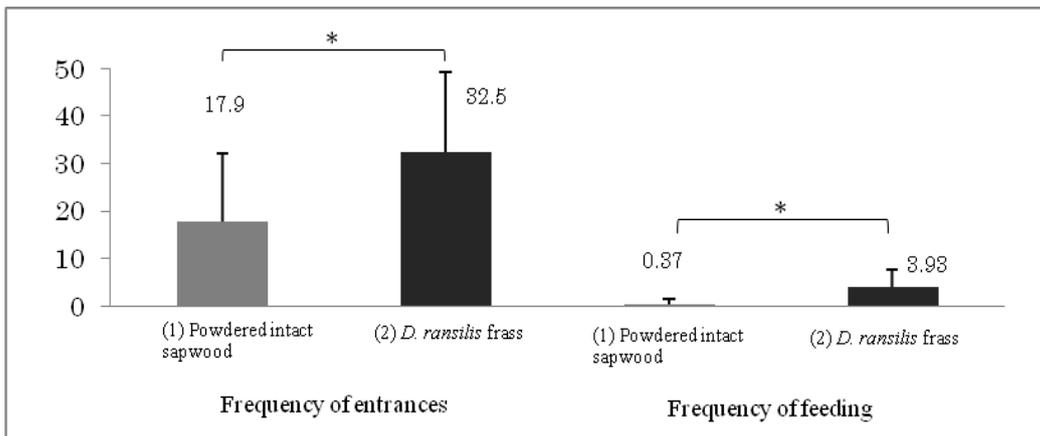


図-2. ヤマトシロアリ職蟻 25 頭を、(1)ヒノキ間伐材の辺材未食害木粉、および(2)トゲヒゲトラカミキリ幼虫フラス、各 0.1 g を詰めたアクリル管(長さ 6cm, 直径 5mm)を選択させる実験における、1 時間にわたる観察で見られたアクリル管への侵入回数と摂食回数(いずれも 30 回の繰り返しの平均値)。職蟻はトゲヒゲトラカミキリのフラスへの選好性を、侵入回数および摂食回数の両方で示した(*Mann-Whitney U 検定, $p < 0.05$)

Fig. 2. Frequencies of entrance and feeding, during one hour, of 25 *Reticulitermes speratus* workers into acrylic tubes (6 cm long, 5 mm in diameter) stuffed with 0.1 g of either powdered (1) intact sapwood or (2) larval frass of *Demonax transilis* from the same *Chamaecyparis obtusa* log. The termite workers exhibited a significant choice to the tube with *D. transilis* frass (2) in terms of both entrance and feeding frequencies (*Mann-Whitney U test $p < 0.05$)

表-1. (1)スギ倒木から得られた樹皮下のヒメスギカミキリ幼虫フラスと(2)辺材最外層未食害部, (3)ヒノキ倒木から得られた辺材部のトゲヒゲトラカミキリ幼虫フラスと(4)辺材未食害部の炭素含有量, 窒素含有量, C/N 比(いずれも平均値)

Tab 1. Carbon contents, nitrogen contents and C/N ratios (average) of (1) subcortical larval frass of *Callidiellum rufipenne* and (2) intact wood (both from the outermost sapwood of a *Cryptomeria japonica* log), and (3) larval frass of *Demonax transilis* and (4) intact wood (both from sapwood of a *Chamaecyparis obtusa* log)

測定対象	スギ倒木 (n=3)		ヒノキ倒木 (n=2)	
	(1)ヒメスギカミキリ幼虫フラス	(2)辺材最外層未食害部	(3)トゲヒゲトラカミキリ幼虫フラス	(4)辺材未食害部
炭素 C(%)	54.42	57.12	49.81	47.45
窒素 N(%)	0.45	0.21	0.14	0.09
C/N 比	121.45	264.53	370.81	544.12