

人工飼料を用いたシナノナガキクイムシの飼育
 Rearing of an ambrosia beetle *Platypus severini*
 (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae) on an artificial diet

小林諒介*¹・岩田隆太郎*¹

Ryosuke KOBAYASHI*¹ and Ryûtarô IWATA*¹

* 1 日本大学 生物資源科学部

Coll. of Bioresource Sciences, Nihon Univ., Fujisawa 252-0880

要旨: シナノナガキクイムシ *Platypus severini* (以下, シナノナガ) は, 穿孔したブナ科などの枯死木の材内で共生菌を栽培しこれを餌としている養菌性のナガキクイムシ亜科の一種で, ナラ類などの枯損被害に関与するカシノナガキクイムシ *P. quercivorus* (以下, カシナガ) の近縁種である。シナノナガは完全に二次性で枯損を引き起こさず, その生活史や生態はほとんど調べられていない。養菌性キクイムシ類を含む木部穿孔虫は, 生活史のほとんどを不可視な樹木内部で過ごすため, 坑道内の観察が困難である。この障害を克服するために, 可視的に飼育する方法として, 各種成虫をガラス容器内の人工飼料に放して繁殖させる方法が開発されている。本研究では, カシナガで成功した可視的な飼育法を適用し, シナノナガを繁殖させることを試みた。その結果, シナノナガについても, ガラス壁面に沿って坑道を形成させることに成功し, 次世代新成虫を伴う坑道も見られた。坑道内を観察した結果, コロニー創設雄成虫は坑道内を動き回り, 木屑を雌成虫から受け取って排出すること, 分岐坑は成虫ではなく5齢幼虫が掘ること, さらに5齢幼虫が齧り取ったものは他の幼虫や成虫にリレーされて排出されることなどが明らかになった。

キーワード: 養菌性ナガキクイムシ・二次性・坑道内行動

Abstract: *Platypus severini* is a platypodine ambrosia beetle cultivating and eating symbiotic fungus growing on the galleries they excavate within the xylem of the host trees including Fagaceae, and is closely related to *P. quercivorus* that causes Japanese oak (Fagaceae) wilt. Life history and ecology of *P. severini* have been studied very little because it is a secondary borer not causing oak wilt. Behavioral observation of xylem-boring insects, including ambrosia beetles, within their galleries is quite difficult. To facilitate observations of beetle behavior within galleries, breeding methods on artificial diets in glass containers have been developed for several species. In this study, we tried to breed *P. severini* by applying this visible rearing method originally developed for *P. quercivorus*. *Platypus severini* was able to form galleries along the glass wall, with newly emerged adult beetles residing in the galleries successfully observed. Male adult beetles (family founders) moved around within the gallery, received frass from the partner female, and ejected it from the entrance. Branching galleries were excavated by fifth instar larvae, which also transferred frass mass to the other larvae and adults for ejection.

Key-word: ambrosia beetle, Platypodinae, secondary borer, behavior within galleries

I はじめに

養菌性キクイムシ亜科(Scolytinae)・ナガキクイムシ亜科(Platypodinae) (以下, 両者併せてアンブロシア甲虫)は坑道内で親が幼虫と同居して幼虫に餌を用意するため, 様々な度合いの社会性が認められている(8)。アンブロシア甲虫には寄主として生立木を利用する一次性種と枯死木を利用する二次性種がある。オーストラリア産のナガキクイムシの一種 *Austroplatypus incompertus* (Schedl) は鞘翅目において唯一の真社会性種として報告されている一次性種である(7)。この発見により, 特殊な性決定様式を持つことが重要とされてきた昆虫の社会性の進化には,

さらに「巣」の継続安定性も鍵となる可能性が浮上した(8)。これに準じる域の社会性を示すアンブロシア甲虫種の存在も示唆されている(2, 8)。

シナノナガキクイムシ *Platypus severini* Blandford (ナガキクイムシ亜科) (以下, シナノナガ) は, 北海道, 本州, 四国, 九州, 台湾に生息し, クマシデ, ケヤマハンノキ, ハンノキ, ブナ, イチイガシ, サクラ属の一種, イタヤカエデ, トチノキ, シナノキ, ツバキ, シオジ, コバノトネリコの枯死木に穿孔する養菌性ナガキクイムシの一種で(12), ナラ類などの枯損被害に関与するカシノナガキクイムシ *P. quercivorus* (Murayama) (以下, カシナガ) (4)

の近縁種である。

アンブロシア甲虫は種間関係、食性、社会性(家族・育児など)などの進化過程を明らかにする上で興味深い種群であるが、木部穿孔性であり生活史のほとんどを不可視な木部内で過ごすことが本グループでの操作実験・観察を困難にしていた。これまでに養菌性キクイムシ亜科を対象として、行動観察のための人工飼料を用いた可視的な人工飼育の開発が試みられ(10, 14, 他), 容器内での利他的行動が観察されている(1, 2)。一方、ナガキクイムシ亜科では、ヨシブエナガキクイムシ *P. calamus* Blandford(以下、ヨシブエ)とカシナガ(二次性、時に一次性)を対象に人工飼料による飼育実験がなされている(5, 9)。その結果、成虫や幼虫の興味深い行動が明らかになりつつある(5, 9)。

シナノナガの穿孔は枯死木に限られるため、カシナガのように枯損被害を引き起こさず、その生態はあまり調べられていない。特に材内生活史はほとんど未解明である。しかし完全二次性種のシナノナガの社会性について調べることは、カシナガの社会性の解明には重要である。よって、両者の比較生態学的研究は、重要害虫カシナガの研究に資する所が大きいといえる。

本研究では、カシナガやヨシブエで成功した可視的な飼育法(5, 6, 13)を適用し、シナノナガの材内における行動・生態の解明を目的に飼育実験を実施した。

II 試料と方法

1. 供試虫 供試したシナノナガ成虫は山梨県南都留郡富士河口湖町本栖の個体群である。2015年7月30日、12月17日に本種の穿孔が確認された材を回収し、実験室に移送した。穿孔材の乾燥を防ぐため、木口面を溶かしたパラフィンワックスで覆い、ミズゴケを敷いたプラスチック製飼育容器に入れて管理した。2015年9月～10月、同年12月～2016年1月にかけて、羽化脱出した新成虫を採集し、健全な個体を適宜選び、実験に供試した。

2. 人工飼料 本研究で使用した飼料の成分組成は、上層(鋸屑 100g+蔗糖 10g+蒸留水 125mL)と下層(鋸屑 100g+澱粉 50g+乾燥酵母 15g+蔗糖 10g+蒸留水 160mL)の二層構造である(13)。鋸屑は、No. 20の篩にかけたブナの鋸屑を使用した。異なる組成の人工飼料を胴径45mm、全高116mmの細口ビンに下層が厚さ6cm、上層が厚さ1cmになるように強く押し詰めて成型した。上層の貧栄養層がフィルターの役割を果たし、下層の栄養層への雑菌の侵入を遅らせる仕組みである(10)。細口ビンタイプは、飼料をより強く押し詰めることができ、空隙を除去しやすいと考えられている(5)。

3. 実験の手順 飼育容器に詰めた人工飼料をオートクレーブ内で120°C、40分間の条件で滅菌した後、好気性の雑菌の繁殖を防ぐため飼料が熱いうちにさらに押し詰めて隙間をなくした(5)。その後供試虫の産卵を促すため、滅菌消毒した先の細いピンセットで深さ約1cmの孔をあけた。シナノナガは雄創設の一夫一妻制であるため(11)、成虫の放飼は雄成虫が先行し、数日後に雄成虫の坑道形成が止まったのを確認してから雌成虫を導入した(5)。飼育は温度を15, 17, 20, 25°Cの4つの処理区として設定し、全暗条件下で行った。15°Cの処理区は、恒温器の故障により途中から20°Cに変更した(以下、15(→20)°C)。

4. 観察方法 飼育期間中はほぼ毎日、繁殖状況を確認した。データの収集方法はヨシブエの飼育実験報告(5)にならった。ガラス壁面に坑道が形成された場合、その長さを計測し、内部の様子を注意深く観察した。雌成虫の投入後、すぐに交尾が起こらなかった場合は、雌雄の位置を確認した。すなわち、雌成虫が奥に入っていることが確認できた場合、交尾が成立したものと判断した。また、卵や幼虫、坑道の分岐などが初めて確認された日を用いて、成育および分岐に要した日数を算出した。

III 結果と考察

飼育の結果、成功率は低いもののシナノナガを人工飼料内で新成虫まで成育させることができた。これは本種の人工飼育の最初の例であり、ナガキクイムシ亜科においてはカシナガ(13)、ヨシブエ(6)に次いで3種目の成功例である。

1. 温度条件の飼育結果に対する影響 各温度条件下(15(→20), 17, 20, 25°C)におけるシナノナガの飼育結果を表-1に示した。どの処理区においても雄成虫は人工飼料で簡単に坑道を形成したが、雌成虫を投入後交尾が成立したのは約1/3で、産卵はその約半分でしか起こらなかった。卵は雄成虫と雌成虫の間、または坑道の先端に産下された。15°Cの処理区では、恒温器の故障により途中から20°Cに変更したが、この処理区の2本のビンでは、恒温器故障が産卵を確認してから7日後のことであり、その32～33日後に幼虫が確認された。さらにその内の1本は今回の実験で唯一羽化に至ったものである。17°Cの処理区からも1本のみ幼虫が確認されたが、5齢幼虫まで成育しなかった。一方、20°Cおよび25°Cの条件下では幼虫が確認されなかった。15°Cおよび17°Cの条件下は低温により雑菌の汚染が抑制されたものと思われる。ヨシブエでは15°Cの条件では成育は良くなかった(5)が、今回の実験において雑菌の汚染から免れた卵

が温度の上昇により孵化したと思われる。温度の上昇により雑菌が繁殖しやすくなったが、同時に幼虫の活動性も上がり、常に坑道壁面を齧ることで菌の繁茂を防いでいたと考えられる。本実験では全ての処理区において同じ組成の人工飼料を用いているため、温度が飼育成功率に大きく関係していることを示唆している。

各温度条件下での成育に要した期間については、雌成虫の投入後に交尾が起こるまで、および交尾後に産卵されるまでの平均日数は各処理区間で有意差が認められなかった(Kruskal-Wallis test, $p > 0.05$) (表-2)。卵の孵化期間は、交尾 10 日後で孵化するカシナガ(9)と比べ約 40 日と非常に長くなった。ヨシブエでは、坑道内における共生菌の定着に時間を必要としたと推察されているが(5)、今回の実験では最初に産んだ卵が雑菌等により死亡してしまったものと思われる。

各温度条件下で、交尾が起こるまでに拡張された坑道の長さや産卵されるまでに拡張された坑道の長さの間には有意差が認められなかった(Kruskal-Wallis test, $p > 0.05$) (図-1)。どの処理区においても、雌を投入してから掘削速度が落ち、産卵後はまた掘削のペースが上がるが示された(図-1)。

2. シナノナガの坑道内行動 今回の全体の観察結果からシナノナガの行動をまとめると次のようになる。雄成虫は坑道入口側に位置していたが、穿入孔付近に常駐することなく、精力的に坑道内を動き回り、屑を雌成虫から受け取って排出を繰り返した。分岐坑は成虫ではなく 5 齢幼虫が掘ることが確認された。また 5 齢幼虫は齧り取ったものを腹部下面に溜め込んで運び、これは他の幼虫や成虫にリレーされて排出された。幼虫は卵としばしば接触し、卵を頭部で押す、または体表面に卵を付着させて坑道中を移動するといった様子が確認された。以上の観察結果に類似する行動は、カシナガとヨシブエでも確認されている(5, 13)。またカシナガの 5 齢幼虫では、腹部末端から透明な液体を出して坑道壁面を濡らす行動や、乳白色の液体を出して別個体の幼虫がこれを吸い取るといった行動も観察されており、これらは 5 齢幼虫による坑道の管理、弟妹の世話と考えられている(9)。しかしヨシブエでは幼虫の分泌物は確認されておらず(5)、今回観察したシナノナガにおいてもこれは確認できなかった。ヨシブエはしばしば生立木にも飛来するが、カシナガより二次性が強い傾向にあるとされている(3)。よって現時点では、完全二次性のシナノナガは二次性の傾向が強いヨシブエに近い生態といえる。

15°C の処理区で今回唯一羽化に至ったビンでは幼虫の成育期間中に雄成虫が死亡し、後日本来雄の居場所

ある坑道入口側に雌がいるところを頻りに観察した。雄成虫が死亡した後、幼虫が坑道から出ることが度々見られたが、坑道の奥にいた雌が入口側に移動してこれを塞いだことで幼虫が坑道から出ることにはなくなった。これにより、一夫一妻制のシナノナガにおいて育児期間中に雄成虫が死亡した場合、坑道の奥にいた雌成虫が入口側に移動し、雄成虫の仕事(防衛、木屑の排出、幼虫の落下防止)を担うことが示唆された。

謝辞

本研究にあたり、養菌性キクイムシ類の人工飼育に関する御助言を頂いた名古屋大学森林保護学研究分野の梶村恒准教授、京都府森林技術センターの小林正秀氏に深くお礼申し上げる。

引用文献

- (1) BIEDERMANN, P.H.W., KLEPZIG, K.D. & TABORSKY, M. (2009) Fungus cultivation by ambrosia beetles: Behavior and laboratory breeding success in three xyleborine species. *Environmental Entomology*, **38**(4): 1096-1105
- (2) BIEDERMANN, P.H.W. & TABORSKY, M. (2011) Larval helpers and age polyethism in ambrosia beetles. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **108**(41): 17064-17069
- (3) 井上牧雄・西垣真太郎・西村徳義 (1998) コナラとミズナラの生立木、枯死木および丸太におけるカシノナガキクイムシとヨシブエナガキクイムシの穿入状況と成虫脱出状況 森林応用研究 (7): 121-126
- (4) 伊藤隼一郎 (2000) 森林生態系を脅かす「微生物-昆虫連合軍」: 森林微生物生態学. 朝倉書店, 東京: 257-269
- (5) 梶村 恒・水野孝彦・野崎 愛・小林正秀 (2004a) 人工飼料を利用したヨシブエナガキクイムシの飼育の試み. 中部森林研究 (52): 109-112
- (6) 梶村 恒・水野孝彦・野崎 愛・小林正秀 (2004b) 人工飼育でわかったヨシブエナガキクイムシの行動生態. 第48回日本応用動物昆虫学会大会講演要旨: 12
- (7) KENT, D.S. & SIMPSON, J.A. (1992) Eusociality in the Beetle *Austroplatypus incomptus* (Coleoptera: Curculionidae). *Naturwissenschaften*, **79**(2): 86-87
- (8) KIRKENDALL, L.R., KENT, D.S. & RAFFA, K.F. (1997) Interactions among males, females and offspring in bark and ambrosia beetles: The significance of living in tunnels for the evolution of social behavior. *In The evolution of Social Behavior in Insects and Arachnids* (J. C. CHOE & B.J. CRESPI, eds). Cambridge University Press, Cambridge: 181-215
- (9) 小林正秀 (2006) ブナ科樹木萎凋病を媒介するカシノナガキクイムシ. 樹の中の虫の不思議な生活: 穿孔性昆虫研究への招待. 東海大学出版会, 秦野: 189-210

(10) MIZUNO, T. & KAJIMURA, H. (2009) Effects of ingredients and structure of semi-artificial diet on the reproduction of an ambrosia beetle, *Xyleborus pfeili* (Ratzeburg) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Applied Entomology and Zoology*, **44**(3): 363-370

(11) 中島敏夫 (1999) 図説 養菌性キクイムシ類の生態を探索: ブナ材の中のこの小さな住民たち. 学会出版センター, 東京: 1+7+2+5+93pp

(12) NOBUCHI, A. (1973) The Platypodidae of Japan (Coleoptera).

Bulletin of the Government Forest Experiment Station, (256): 1-22

(13) 野崎 愛・小林正秀・水野孝彦・梶村 恒 (2004) カシノナガキクイムシの人工飼育. 第115回日本林学会大会学術講演集: 329

(14) SIVAPALAN, P. & SHIVANANDARAJAH, V. (1977) Diets for rearing the ambrosia beetle of tea, *Xyleborus fomicates* (Coleoptera: Scolytidae), in vitro. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, **21**(1): 1-8

表-1. 各温度条件下(15(→20), 17, 20, 25°C)におけるシナノナガキクイムシの飼育結果. 15°C 条件は途中の恒温器の故障により 20°C に変更(本文参照)し, 変更後の結果(観察本数)を括弧内に示した.

Table 1. Result of rearing *Platypus severini* in different temperature conditions (15(→20), 17, 20 and 25°C). The condition of 15°C was changed to 20°C due to the trouble of the equipment, and the results obtained after this temperature change are shown in parentheses.

温度(°C)	供試数 (本)	観察本数 (本)					
		交尾	卵	若齢幼虫	老齢幼虫	分岐	新成虫
15(→20)	16	6	3	(2)	(1)	(1)	(1)
17	24	7	4	1			
20	13	5	3				
25	17	5	3				

表-2. 各温度条件下(15(→20), 17, 20, 25°C)におけるシナノナガキクイムシの成育に要した日数(平均±標準偏差). 15°C 条件は途中の恒温器の故障により 20°C に変更(本文参照)し, 変更後の結果(日数)を括弧内に示した.

Table 2. Number of days (mean ± S.D.) required for the metamorphosis of *Platypus severini* in different temperature conditions (15(→20), 17, 20 and 25°C). The condition of 15°C was changed to 20°C due to the trouble of the equipment (15(→20)°C), and the results obtained after this temperature change are shown in parentheses.

温度(°C)	♀投入→ 交尾	交尾→ 卵	卵→ 若齢幼虫	若齢幼虫→ 老齢幼虫	老齢幼虫→ 分岐孔掘削開始	分岐孔掘削開始 →新成虫
15(→20)	9.2±5.6	17.0±10.4	7.0±0.0 (32.5±0.7)	(56.0)	(11.0)	(85.0)
17	8.6±5.7	4.3±3.3	46.0			
20	9.6±2.9	6.3±2.9				
25	7.0±7.4	3.0±1.0				

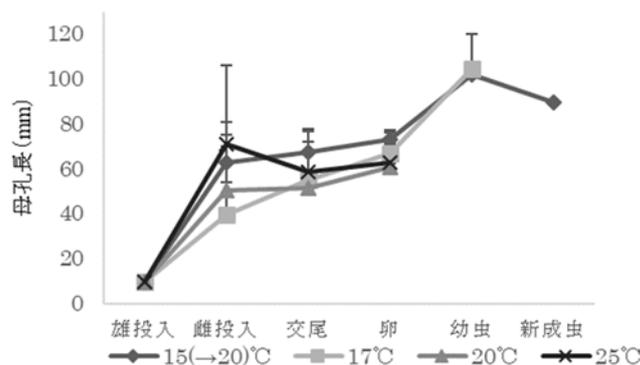


図-1. 各温度条件下(15(→20), 17, 20, 25°C)におけるシナノナガキクイムシ成虫によって形成された母孔の長さ(平均±標準偏差). 15°C 条件は途中の恒温器の故障により 20°C に変更(本文参照).

Fig. 1. The length (mean ± S.D.) of galleries excavated by *Platypus severini* adults in different temperature conditions (15(→20), 17, 20 and 25°C). The condition of 15°C was changed to 20°C due to the trouble of the equipment in the midst of the experiment.