

《報告》

羽化後の経過日数に伴う雌の時間帯別発光頻度の変化

川野敬介

豊田ホタルの里ミュージアム, 〒750-0441 山口県下関市豊田町大字中村 50-3

はじめに

昆虫類は羽化してから性成熟するまでに一定の日数を要するため、性成熟の日数や性活性の日変化を調べることは、正常な配偶行動を観察するために重要であり（例えば小熊, 1999）、ゲンジボタル *Luciola cruciata* Motschulsky, 1854 の正常な配偶行動を調べるためには、これらの知見を得る必要がある。しかしながら、これまで本種では矢島（1978）が羽化後の経過日数（以下、日齢）に伴う活動性の変化を調べたに過ぎず、性成熟の日数などについてわかっていない。

本種は発光を配偶行動に用いていることが知られていることから（大場, 1988）、日齢に伴う発光行動の変化を調べることは、性成熟の日数や性活性の日および時間帯を知る手がかりになる可能性がある。そこで、これらの知見を得るために研究を行った。

材料および方法

実験装置概要と方法

ゲンジボタルの雌の日齢の違いに伴う発光頻度の変化を調べるために自作の装置を用いて以下のとおり室内で、2012年5月16日から5月29日に実験を行った。実験には図1に示した装置を用いた。未交尾雌を懐中電灯の反射部（以下、反射容器）に入れ、60 cm 離れた位置からデジタルカメラ（QV-2900, Casio 社製）で撮影することで発光を記録した。反射容器を用いることで容器内のどこで雌が発光しても光がデジタルカメラ側に照射される。反射容器の穴（本来は電球が入る穴）に脱脂綿を入れ、反射容器の背面側にその脱脂綿に水分を補給する容器を固定して、脱脂綿が常に湿った状態を維持した。隣接する容器から光が入らないように、容器間に仕切りを設けた。野外における光条件を再現するために、室内の照明を消し、実験容器は窓側に向けて設置した。実験中の室温は $23.0 \pm 0.77^\circ\text{C}$ （平均 \pm S.D.）であった。デジタルカメラを用いて各個体を1分毎にインターバル撮影を行い、1時間毎に発光が撮影された写真の枚数をカウントして1時間あたりの発光頻度とした。実験は20時から5時までの9時間行った。なお、本種は地中に蛹室を作って蛹になり、羽化後は蛹室の中で3日程度を経てから地上に出る（三石, 1990）ことがわかっており、本実験では地上に出てきた日を羽化後0日齢とした。羽化個体は、毎日朝と夜の2回確認することで得た。ただし、地上に出た個体が再び地中に潜ったり、地上に出てくる時間にばらつきがあったりしたので、1日齢ごとで発光頻度を集計するのは避け、2日齢ごとで集計した。日齢10日以降は生理的寿命のため多くの個体を供試できなかったため、10日以降（10-13日齢）としてまとめて集計した。供試個体数は、0-1日齢が19個体、2-3日齢が19個体、4-5日齢が23個体、6-7日齢が9個体、8-9日齢が9個体、10-13日齢（10日以降）が12個体で、すべて未交尾個体であった。

統計解析

発光頻度に対する日齢と時間帯の影響を調べるため、日齢を標本間因子、時間帯を標本内因子とした一元配置の反復測定分散分析を用いた。また、日齢間の比較には修正版逐次棄却型多重比較法（Shaffer's

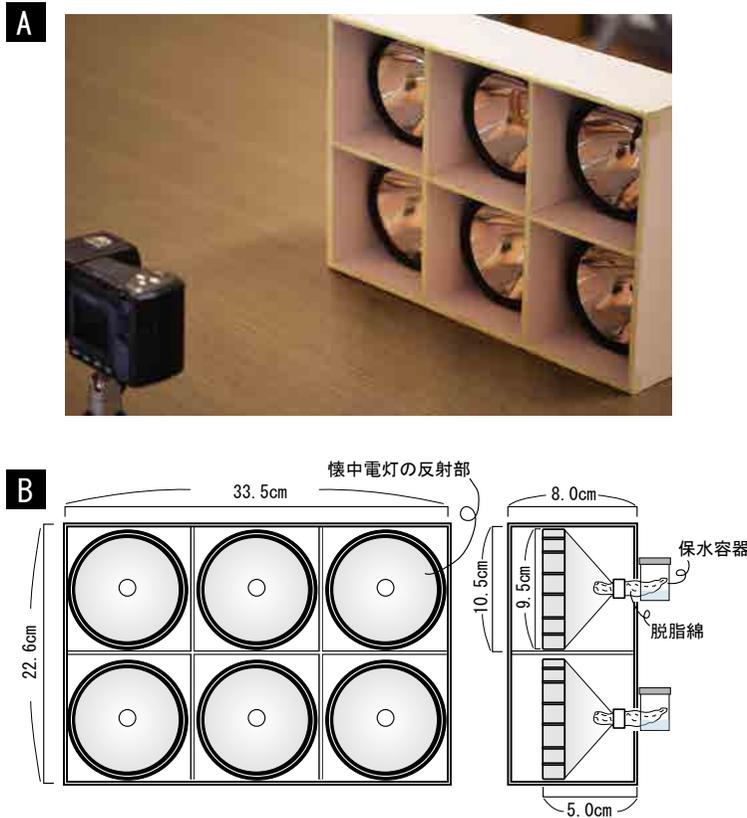


図 1. 雌の発光頻度を計測するための装置 (A) とその構造・寸法 (B)

Modified Sequentially Rejective Bonferroni Procedure) を用いて (Iseki, 2010), 詳細に比較した。反復測定分散分析を行う際に、モークリーの球面性仮説が成り立たない場合は、そのままでは正しい分散分析の有意確率が求まらない。そのため、グリーンハウス・ゲイザー ε を標本内因子の 2 つの自由度に掛けて、 F 値の有意確率を修正する必要がある (Quinn & Keough, 2002)。今回の解析ではモークリーの球面性仮説が棄却されたので ($P < 0.001$, Mauchly の球面性の検定), グリーンハウス・ゲイザー ε ($G - G\varepsilon$) で補正を行った。分析にはソフトウェア R (R Development Core Team, 2011) の分散分析関数の ANOVA - KUN (Iseki, 2010) を用いた。

結 果

室内における各日齢の時間帯ごとの発光頻度を図 2 に示した。日齢はわずかに有意ではなく (一元配置の反復測定分散分析, $F_{5, 84} = 2.3173, P = 0.0505$), 時間帯 ($F_{4.59, 385.38} = 48.1435, P = 0.0001, G - G\varepsilon = 0.5735$ による自由度補正後の P 値) のみが有意だった。また、両者間の交互作用は有意ではなく ($F_{22.94, 385.38} = 0.8189, P = 0.7076, G - G\varepsilon = 0.5735$ による自由度補正後の P 値), 日齢によって発光する時間帯が異なることはなかった。

次に、各日齢間の 1 時間当たりの発光頻度を比較した。その結果、6 日齢から 9 日齢ではそれ以前に比べて発光頻度が高い傾向にあることが認められ (図 3), 特に 4 - 5 日齢と 8 - 9 日齢の間では有意な差が認められた (修正版逐次棄却型多重比較法, $t_{84} = 3.21, P = 0.0287$)。このことから、雌は羽化後 6 日から 9 日程度に発光頻度を高める傾向が認められた。

以上から、日齢によって発光する時間帯に差異は認められなかったが、6 - 7 日齢を境に発光頻度に変化が認められた。

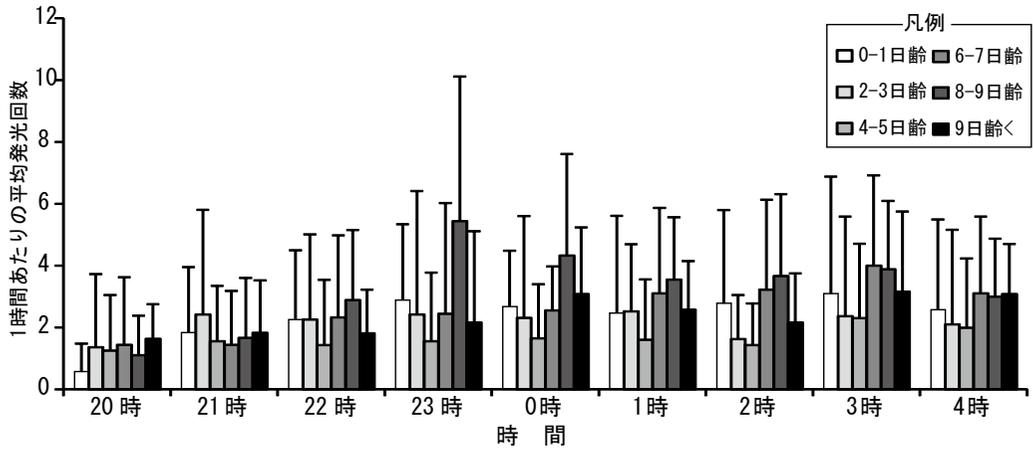


図 2. ゲンジボタル雌の日齢と時間帯ごとの発光頻度

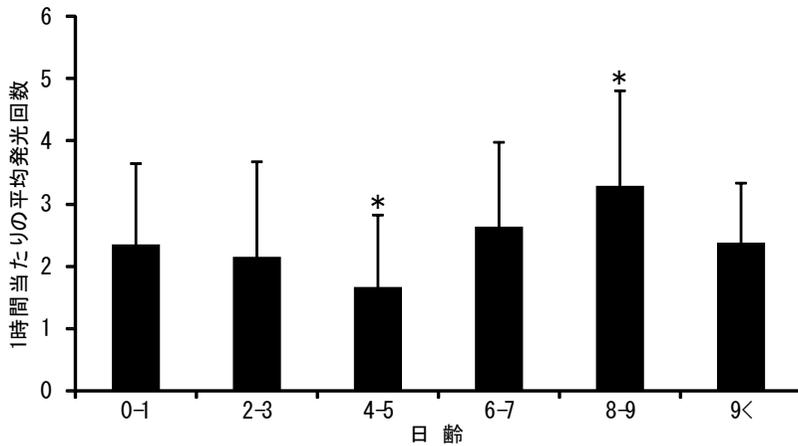


図 3. ゲンジボタル雌の日齢と 1 時間当たりの発光回数
 * を付した項目間では有意な差が認められた (修正版逐次棄却型多重比較法,
 $t_{84} = 3.21, P = 0.0287$)

考 察

結果から、6-7日齢を境に雌の発光行動に変化が生じる可能性が示唆された。ただし、ゲンジボタルの雌成虫の野外における生存日数は4~7日(遊磨・小野, 1985)または平均5.7日(堀ほか, 1978),そして交尾後3~6日後に産卵する(南, 1961)と報告されている。もし、性成熟と発光行動が密接に関係し、発光行動に変化が見られた6日または7日が性成熟に要した日数と仮定すると、その後の交尾および産卵に費やすことができる時間が余りに短い。また、日齢および時間帯に関係なく一様に発光していることから、性成熟および性活性と発光行動の関係性は低いのかもしいかなと思われた。

そのため、本研究結果だけでは発光行動の変化が性成熟および配偶行動に直接関係するののかについて明確にすることはできなかった。今後は、ゲンジボタルの性成熟の日数および性活性の日・時間帯について発光行動とは異なる視点からさらなる研究が必要であろうと思われた。また、配偶行動における雌の発光行動の関わりについては引き続き研究する必要があると思われた。

謝 辞

本稿を作成するにあたり、データの処理方法や解析についてご協力、ご指導頂いた大庭伸也博士（長崎大学）、測定方法および測定器具についてご教示頂いた渡辺雅夫博士（山口大学）に対して心から御礼申し上げる。

引用文献

- Iseki R. (2010) ANOVA - KUN. <http://www11.atpages.jp/~riseki/pukiwikiplus/index.php?ANOVA%B7%AF> - Kun.
- 小熊 譲 (1999) 「環境昆虫学, 26 ショウジョウバエの配偶行動」: 394-407p., 東京大学出版会, 東京.
- 南 喜一郎 (1961) 「ホタルの研究」: 34-35p., 太田書店, 滋賀.
- 大場信義 (1988) 「日本の昆虫 12 ゲンジボタル」 198pp., 文一総合出版, 東京.
- Quinn G.P., Keough M.J. (2002) Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge University Press, Cambridge.
- R Development Core Team (2011) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- 矢島 稔 (1978) ホタルの日周行動と光の信号 - ゲンジボタルの場合. インセクトリウム, 15(6): 12 - 19.