

ゲンジボタル成虫発生量の年変動： 降雨以外に月の明るさは影響するのか

遊 磨 正 秀（滋賀県草津市）

YUMA, Masahide (Kusatsu, Shiga Pref.)

(Keywords：ゲンジボタル成虫、個体数変動、降雨、月光)

1. はじめに

動物の数は年々変動するのが当たり前とされている。イワシなどに豊漁年や不漁年があることは周知のことである。ただし、その変動要因については、漁獲等の人為的な影響も含め、はっきりしない場合が多い。一方、ゲンジボタルの場合は、河川に生息することから、降雨に伴う増水による影響が示唆されている（Yuma, 2007；遊磨, 2008）。

これは、台風や梅雨明け前後のゲリラ降雨による増水時によって幼虫が流されることによると考えられる。

一方で、夜行性のホタル類は灯火により行動が制限されたり、生息域が狭められたりするのみならず、月の光により明るい夜は活動が抑えられる事例も古くから知られている（南, 1961；大場, 1988；遊磨, 2017）。これは、夜行性であるがゆえに明るい環境を忌避する性質による。では、ゲンジボタル成虫の発生最盛期が満月にあたり、月の光による明るい夜が続けば、とりわけ開けた河川空間を飛翔する成虫の場合はその活動が阻害され、産卵場所へ向かおうとする雌成虫の飛翔行動に影響を与えるのだろうか。もし、そういうこと



写真1 清滝川（青竜橋より下流向き）

が起こるのならば、雌成虫の活動期と満月が重なると、産卵場所へ飛翔する雌が減るか、産卵開始時間が遅れ、そのために産卵数が減少し、翌年の発生量が減少する可能性がある。本稿では、この点に注目して解析を試みた。

2. 成虫発生量の把握とその増減の評価

野外の動物の個体数を把握することは一般に難しい。しかし、夜に発光するホタル類では、その発光を容易に数えることができる。ここでは、京都市左京区の清滝川（国天然記念物指定地、写真1）において1975年より続けている発光個体数調査の結果を用いることにした。

発光個体数は、清滝川の新鈴橋と青竜橋から見渡して、それぞれの橋の上流側・下流側での発光個体数を、重複のないように、飛翔・静止個体にかかわらず計数したものである。むろん、発光していない個体や見落とし個体がいるために、すべてのゲンジボタルを数えているわけではなく、清滝においては、かつて行われた標識・再捕獲法による調査結果と比較すると、発光個体数調査では実際に生息する個体の約3割が計数（すなわち、発見率＝0.3）されていたことがわかっている（堀ほか，1978；遊磨，1995）。また、発光個体数調査は夜9時ごろから午前1時の間に行ったが、清滝では観察時刻による発光個体数の違いはさほど大きくない（時間帯にかかわらず飛翔個体以外にも、静止個体も多く発光している）ことがわかっている。ただし、発光個体の雌雄は判別できていない。

このような発光個体数調査を可能な限り3～4日ごとに行い、各年の発生消長を求める。さらに観察していない日の発光個体数を、前後の観察結果の値から比例配分で求め、各日の発光個体数を積算して、各年の積算発光個体数（発光個体数×

日数）を求めた。なお、発生量の相対値を求める方法として曲線近似を用いる手法も紹介されている（井口，2017）が、ここでは単純に観察積算値を用いた。

また、ある日に観察された個体には、前日以前に羽化した個体が含まれ、何日にもわたって重複して数えられている個体が含まれている。これについては、清滝での平均生存日数が雄で3.3日、雌で5.7日と推定されている（堀ほか，1976）ことから、各個体が平均的に3～6回数えられていることになる。つまり、ある年の成虫発生量は、

$$\text{成虫発生量} = \text{積算発光個体数} \div \text{発見率} \\ \div \text{平均生存日数}$$

として推定できる。

次に、ある年から翌年の発生量への増減(比)は、
成虫発生量の増減＝翌年の成虫発生量

$$\div \text{ある年の成虫発生量}$$

と表される。ここで大胆に、発見率や平均生存日数が年にかかわらず同じであると仮定すると、上の式は、

$$\text{成虫発生量の増減} = \text{翌年の積算発光個体数} \div \text{ある年の積算発光個体数}$$

として、何倍に増えたか減ったかを算出することができる。

3. 月の状態の推定

満月時の夜の明るさは1ルクス程度と言われているが、人工照明のある水路でのゲンジボタル成虫の生息場所が0.2ルクス以下である（遊磨，2001）ことを考慮すると、月の明るさが成虫の活動に影響を与えている可能性は否定できない。しかし残念ながら、月の光に照らされている時間に関する統計情報はない。そこで、京都における月の出と月の入の時刻、月齢の情報、及び各日の気象情報を、気象庁ホームページより入手した。

次に、月の光が雌の産卵行動（≒産卵数）に影響を与えるかどうかを検討するために、雌の産卵期を、上記の発光数調査において観察された発光数のピーク日から始まって2週間とし、また産卵時刻を深夜の24時から夜明け前の午前4時と設定（Yuma・Hori, 1981）し、その時期・時間帯の月の光の状態を調べた。なお、調査地の清滝は峡谷であり、両岸に山が迫っている（写真1参照）ことから、「月の光がある」とは水平面から60度から120度に月がある状態と定義して月の光がある時間を積算し、積算月光時間（hr）とした。ここでは積算月光時間の値から雨天の時間を除いたが、曇天の影響は考慮できなかった。

4. ホタル成虫発生量の増減と気象条件の関係解析

ここでは、7月下旬と9月の降水量（mm）が翌年の成虫発生量を減少させる（幼虫の生存率が下がるためと考えられる；Yuma, 2007）ことに加えて、上記の積算月光時間（hr）が産卵量を減らし、ある年の成虫発生量から翌年の成虫発生量への増減（1975～2017年、観測値のない年は除く）に対していずれも負の影響を与えると仮定し、各変数の対数値を用い、以下の回帰式を想定して解析を行った。

$$\begin{aligned} & \log(\text{成虫発生量の増減}) \\ &= a \log(7\text{月下旬降水量}) \\ & \quad + b \log(9\text{月降水量}) \\ & \quad + c \log(\text{積算月光時間}) + z \end{aligned}$$

(a, b, c, zは定数)

解析には、統計ソフト（エクセル統計 ver.7.0, エスミ）を用い、一般化線形モデルの重回帰分析における変数増減法により、有意な変数の抽出を行った。

その結果、積算月光時間は成虫発生量の増減に対し、まったく関係性を示さず（ $r=0.046$, $n=36$, $p=0.789$ ）、当然ながら重回帰解析では、7月下旬降水量と9月降水量のみが有意な変数として選択され、積算月光時間による翌年の成虫発生量に対する影響は示されなかった（表1）。

このことから、雌成虫は月明かりのもとでも産卵活動を行い、月の光は次世代数に影響をあたえるほど雌成虫の産卵数を増減させることはない、ということが示されたと考えられる。

5. 今後の課題

本報告では、人為的要因が少ないと考えられる生息場所におけるゲンジボタルを対象とした。同様に夜行性であるヘイケボタルやヒメボタルにおいても、人為的な要因ではなく、気象等の自然の要因によって経年的に個体数が変動していると考えられるが、これについての記述は皆無に等しい。ヘイケボタルやヒメボタルはともによく発光する種であることから、発光数調査は比較的簡便と考えられる。ただし、ヘイケボタルはゲンジボタルに比べて発光が弱く、また一般に発生期間が長いので長期にわたる調査が必要となる。一方、ヒメボタルの雄の発光ははっきりしているが、陸域に生息場所が広がることから観察場所を設定しにく

表1 成虫発生量の増減に対する重回帰分析の結果

	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F値	p値	VIF
7月下旬降水量	-0.257	-0.479	9.023	0.006	1.034
9月降水量	-0.356	-0.456	8.179	0.008	1.034
定数項	1.225		13.033	0.001	

い。それぞれの種について、さらにはそれぞれの生息場所において、簡便かつ最適な個体数調査方法が確立され、経年の調査結果に基づいた解析が試みられ、そしてさまざまな要因と個体数増減について比較検討できるようになることを期待したい。

6. 引用文献

- 井口豊（2017）志賀高原石の湯におけるゲンジボタル個体群の経年変化. 全国ホタル研究会誌, 50 : 1-2.
- 堀道雄・遊磨正秀・上田哲行・遠藤彰・伴浩治・村上興正（1978）ゲンジボタル成虫の野外個体群 ―京都市清滝川での状況と方法―. インセクトリウム, 15(6) : 4-11.
- 大場信義（1988）ゲンジボタル. 198p., 文一総合出版.
- 南喜市郎（1961）ホタルの研究. 321p., 太田書店. (ホタルの研究（復刻）(1983) 339p., サイエンティスト社).
- 遊磨正秀（1993）ホタルの水、人の水. 204pp. 新評論/創土社.
- 遊磨正秀（2001）ゲンジボタル成虫の生息密度におよぼす照度と樹冠被度の影響. 応用生態工学, 4 : 59-63.
- Yuma, M. (2007) Effect of rainfall on the long-term population dynamics of the aquatic firefly, *Luciola cruciata*. Ent. Sci., 10(3) : 237-244.
- 遊磨正秀（2008）ゲンジボタルの個体数変動に与える降雨の影響および降雨量からの次世代発生数予測. 全国ホタル研究会誌, 41: 24-28.
- 遊磨正秀（2017）総説 動植物に対する「光害」, 特にホタル類への影響. 全国ホタル研究会誌, 50: 25-40.
- Yuma, M・Hori, M. (1981) Gregarious oviposition of *Luciola cruciata* Motschulsky (Coleoptera: Lampyridae). Physiol. Ecol. Japan, 18: 93-112.