

ホタルの好適飛翔空間を創造するための研究

後藤益滋¹・関根雅彦²・金尾充浩³・浮田正夫⁴・今井剛⁵・樋口隆哉⁶

¹ 学生員 山口大学博士後期学生 理工学研究科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16-1)

E-mail: gotou@ukgc-eco.ac.jp

^{2,4} 正会員 工博 山口大学教授 理工学研究科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16-1)

E-mail: ms@civil.yamaguchi-u.ac.jp² E-mail: mukita@yamaguchi-u.ac.jp⁴

³ 正会員 工修 西日本技術開発株式会社 環境部 (〒810-0004 福岡市中央区渡辺通1丁目1-1)

E-mail: m-kanao@wjec.co.jp

⁵ 正会員 工博 山口大学助教授 理工学研究科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16-1)

E-mail: takaya@yamaguchi-u.ac.jp

⁶ 正会員 工博 山口大学助手 理工学研究科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16-1)

E-mail: imai@yamaguchi-u.ac.jp

本論文では、主として、ゲンジボタルの自生地を創生するために樹冠の違いによるホタルの飛翔行動の変化について着目した。成虫は休息、交尾を行う上で、河道沿いに植生及び樹木の存在は欠かせないが、飛翔に支障をきたす程度の樹冠では河道、護岸がホタルにやさしい構造でも自生地としては成立しないと考えた。そこで筆者らは成虫の飛翔期に仁保川及び一の坂川において、成虫の飛翔個体数、最大飛翔高度及び飛翔パターンについて調査を行った。その結果、高木が繁茂する仁保川では飛翔高度が一の坂川よりも平均で4m以上高かった。さらに、仁保川では休息場所も水表面から約3~4mほどの高さの葉上に多く見られたのに対し、一の坂川では水面付近から2m程度の高さまでのところに多く見られた。また、飛翔パターンから割り出した飛翔可能面積からも左岸側に高木が生い茂る仁保川では一の坂川と比較しても3倍以上広く、ホタルの飛翔数も圧倒的に多いことから、河道の片側でも高木が繁茂している場所はホタル成虫にとって休息、求愛行動、交尾にとって大変都合が良い場所であることが判明した。

Key Words : firefly, flight space

1. はじめに

日本国内に生息するゲンジボタル（以下、ホタル）は、光を放ちながら集団で飛び回り、その美しさ、儚さゆえに初夏の風物詩として、日本人に古くより親しまれてきた生物である。古来より日本の原風景の中に溶け込んできたホタルであったが、近年の都市化や農地での毒性の強い農薬使用などにより生息数を著しく減少させてきた。しかし、環境の改善、生態系の保護が社会的に訴えられるようになり、その中でゲンジホタルは環境保護の象徴的な存在として全国各地で生息地の拡大、ホタル自生地創出のための新規工法の開発を目的とした活動が積極的に行われている。

盛んな保護再生活動によって一時期に比べると多くの場所でホタルが確認されるようになった。しかし保護活動の一環は、主として、ホタルの幼虫の養

養、放流といったものや土木的には護岸の整備、高水敷の創生¹⁾など幼虫→蛹のプロセスのみを重視し、成虫の飛翔環境については余り考慮されていないのが現実である。成虫は、羽化後、再生産をするために求愛行動、交尾、産卵のため飛翔をし、昼間は葉陰で休息をする行動様式を取る。これらのプロセスが維持される空間が存在しなければ自生地として、個体群を維持することは極めて困難である。遊磨ら²⁾は、樹冠とホタルの生息密度について論じてはいるが、樹冠が及ぼす飛翔パターンの変化や選好性の変化については追求してはいない。森ら³⁾は飛翔空間の必要性を述べてはいるが、河川規模に対して、最低限必要な飛翔面積や樹冠については詳述していない。ホタルを含め、空中を飛翔する昆虫にとっては、飛翔ができる場所、すなわち飛翔空間が維持されていなければ、生息の選好性に大きく影響を及ぼすことが容易に考えられる。

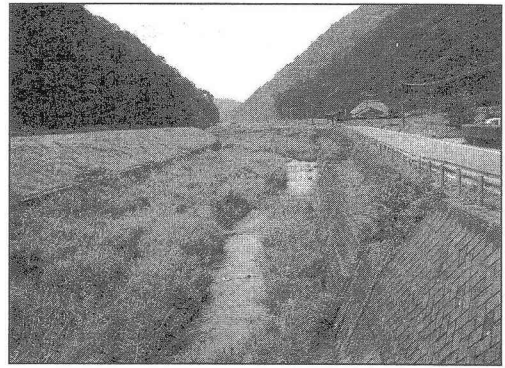
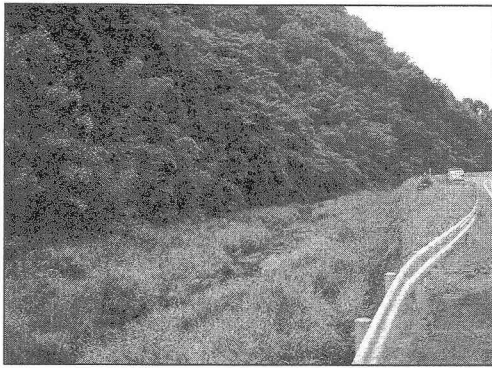


図-1. 仁保川の調査対象区間（写真右：仁保川城山橋下流，写真左：城山橋上流）

そこで、筆者らは、樹冠、護岸天端における樹木の繁茂パターン、ホタル成虫の飛翔パターン、雌雄の飛翔、葉上での静止高度から飛翔空間面積を推定した。得られた結果をもとに、自生地創生、保護のための管理手法を考案することを目的とした。

2. 本研究の調査地

本研究では、毎年、山口県内でホタルの飛翔が確認され、ほぼ河川規模が近似している山口県山口市を流域とする榎野川水系仁保川、一の坂川の2河川で調査を実施した。なお、両河川は、護岸形態、植生、樹冠が異なるため、これらの違いによる飛翔パターン、飛翔空間面積を比較した。

a) 仁保川調査（城山橋上流，下流）

仁保川は流路延長が17kmの榎野川水系最大の支流である⁹⁾。図-1に示すその上流域に位置する城山橋付近は、毎年、5月下旬から6月中旬にかけて、県内でも数少ない自生しているホタルの乱舞が見られる場所である。図-2に示す橋の上流側は、兩岸の河道は1～1.5mほどの背丈のツルヨシで水表面がほとんど覆われている。しかし、護岸天端には樹木などが全く存在しないため、昼中は直射日光をささげるものがない。一日の大半は直射日光に晒されている。一方、図-3に示す橋の下流側は、左岸側に10mほど成長したコナラ、シラカシなどの常緑高木が生い茂り、河道面にわずかにオーバーハングしている。昼中は余り直射日光があたりず、その影響からか、上流と比べツルヨシの繁茂は少なく、水表面のほとんどが開放空間である。

b) 一の坂川調査（琴水橋上流）

一の坂川は流路延長が約5kmの榎野川水系のほぼ

中央部に位置する支流である⁹⁾。

調査対象区間である図-4に示す琴水橋付近は、毎年、5月下旬から6月中旬にかけて、全国的にみても市街地でホタルの飛翔が見られる数少ない場所であ

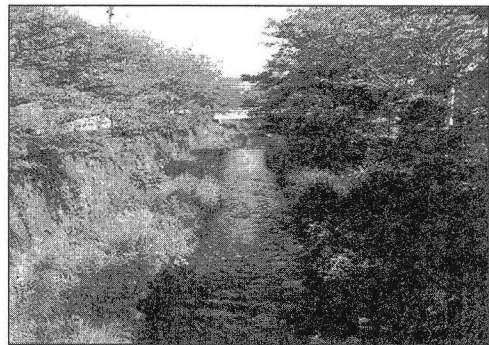


図-2. 一の坂川の調査対象区間（琴水橋上流）

る。本河川に出現するホタルのほとんどは近隣の施設、小学校などで蓄養した幼虫を毎年晩秋に放流されたものである。また、上流約1km上流には洪水調整用のダムが建設され、本河川も河川改修によってホタルの幼虫に配慮した石積み護岸が整備されている。高水敷には、アキカサスゲ、ショウブなどが植栽され、土壌の乾燥を防ぐ工夫が凝らされており、護岸天端付近にはサクラ、サツキなどの落葉高木及び低木が植栽されている。昼中はサクラが河道面にオーバーハングしているため、直射日光が河道付近に到達するのは1日のうち数時間程度である。

3. ホタルの飛翔パターン

ホタルの飛翔行動は日没から深夜まで発光行動を

することが知られている。既存の文献では、特に発光、飛翔行動パターンに性差があり、雄は日没から午前0時頃まで、雌は0時から明け方まで飛翔発光をすることが報告されている。通常、ホタルは昼中、雌雄ともに川岸付近の木陰などで休息し、日没を境に活動を開始する。雌は木の葉先などに発光しながら静止している反面、雄は、発光しながら盛んに飛翔を行う。また、大場⁹⁾によって、発光、飛翔のパターンは、性差の他に地域によっても様々であることも報告されている。

3. 調査方法

調査は、平成16年5月8日から7月13日まで、ほぼ1週間間隔で日没2時間後から午前0時かけて実施した。飛翔個体の計数については、調査員2名が調査区間の両端に立ち、両者がカウンターで計数した平均を飛翔個体として記録した。また、同時に飛翔パターン、葉上の静止場所を可能な限り追尾した。一方、飛翔高度については、調査時に昼中に撮影した縦断面及び横断面の写真に飛翔個体をプロットし、翌朝、プロットした位置をもとに市販の釣竿にスケールを入れた手製の樹高棒を用いて測定し、同様に静止場所の高度（以下、静止高度という）、樹冠を測定した。

4. 調査結果

(1) 調査期間中の飛翔個体数の推移

ホタルの飛翔個体の推移について図-3に示す。仁保川の城山橋付近では5月の中旬、一の坂川の琴水橋付近では5月中旬付近よりホタルの飛翔が確認された。特徴としては、城山橋付近では6月4日を境に急激な増加が見られ、6月17日に下流側で100mあたり256個体とピークを迎えた。また、飛翔個体の推移をみても、下流側は圧倒的に多い傾向を示した。その後、6月17日付近を境に徐々に飛翔個体は減少し始め、7月10日ごろに終息した。それに対し、一の坂川の琴水橋付近では、5月の中旬ごろから飛翔個体が確認され始め、6月2日にピークを迎えた。その後、徐々に減少し、6月20日頃には終息するパターンを示した。発生期間をみると、仁保川は約2ヶ月間と長く、飛翔個体のピークを迎えるのに約1ヶ月を要した。一方、一の坂川は期間が1ヶ月ほどであったが、発生から約2週間ほどの短期間でピークを迎えた。

(2) 各調査地点におけるホタルの飛翔パターン

a) 仁保川調査（城山橋上流、下流）

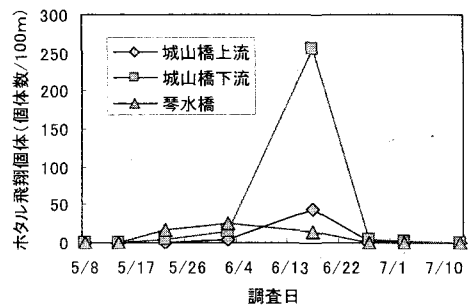


図-3. 調査期間中における飛翔個体数の推移

今回の調査で得られた主な飛翔パターンについて上流側を図-4、下流側を図-5に示す。上流側の特徴としては、河道にツルヨシが繁茂している影響からか、ホタルはツルヨシの直上、水表面から約2mの場所を旋回している個体が多く見られた。その他、河道面にも若干数ではあるがジグザグに上昇、下降繰り返しながら上流へ遡る個体が見られた。

一方、下流側では、河道面を覆う植物が少ないため、上流側と比べ特異的なパターンを示し、主として、①水表面付近から一気に5~6m上昇する飛翔をする。②護岸天端から2~3m付近をゆらゆら飛翔する。③水表面から5~6mのところから急降下し、ジグザグに飛翔する。の3パターンが確認された。また、下流側で飛翔している個体のほとんどは上流に遡ることはせず、周辺を旋回している行動を示した。

b) 一の坂川（琴水橋上流）

今回の調査で得られた主な飛翔パターンについて図-6に示す。一の坂川における飛翔パターンの特徴として、前述の仁保川（城山橋上流、下流）と比べると特異的な行動は見られなかった。また、河道に迫り出している高木の影響からか、護岸天端付近より高い場所を飛翔することは少なく、ほぼ直線的な飛翔をする個体が多く見られた。

(3) 各調査地点における雄個体の飛翔高度

仁保川及び一の坂川で得られた結果を図-7に示す。仁保川城山橋下流側では他の2地点と比べ、雄個体の水表面からの最大及び平均飛翔高度が高くなる傾向を示し、最大高度が11.8m、平均高度が6.8mであった。それに対し、上流側では護岸天端付近を飛翔する個体が多く、最大高度が2.2m、平均高度が1.8mと下流側に比べ大幅に飛翔高度が低くなる傾向を示した。一方、一の坂川でも城山橋上流側と同様に護岸天端付近を飛翔する個体が多く、平均高度が2.1mであったが、中には最大高度で5.6mまで上昇す

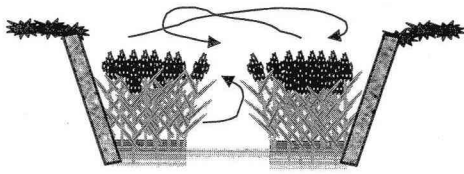


図-4. 城山橋上流における飛翔パターン

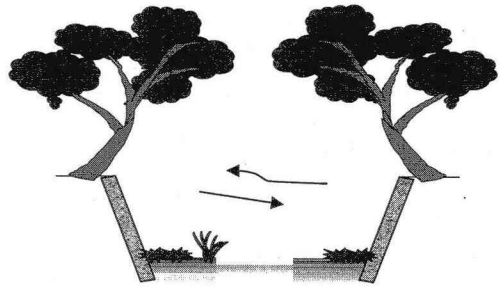


図-6. 一の坂川琴水橋上流における飛翔パターン

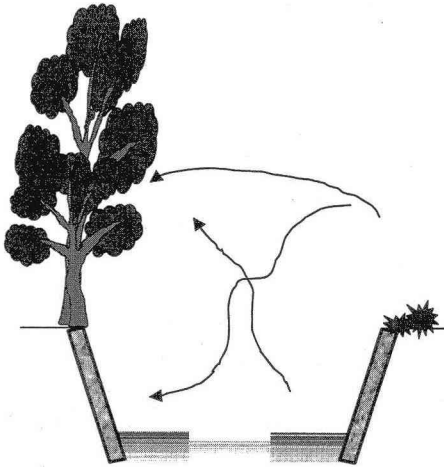


図-5. 城山橋下流側における飛翔パターン

る個体も見られた。

(4) 各調査地点における雌個体の静止高度

仁保川及び一の坂川で得られた結果を図-8に示す。仁保川城山橋下流側では他の2地点と比べ、雌個体は河道にオーバーハングしている高木の葉上で静止していることが多く、水表面からの最大及び平均静止高度は最大高度が7.2m、平均高度が6.8mであった。それに対し、上流側ではツルヨシの葉上で静止することが多く、最大高度が2m、平均高度が1.2mと下流側に比べ大幅に低い傾向を示した。一方、一の坂川では、高水敷に点在しているアキカサスゲ、ショウブなどの葉上で静止している個体が多く、最大静止高度が0.8m、平均高度が0.5mと他の2地点と比べ低い傾向を示した。

5. 飛翔空間面積の算定

各調査地点における飛翔パターン、雄個体の飛翔高度及び雌個体の静止高度から飛翔可能空間と推定し、実際に利用している空間面積を算定した。面積の算出方法は、横断面方向に2×2mのメッシュで区切り、主に雄個体の飛翔高度、雌の静止高度を

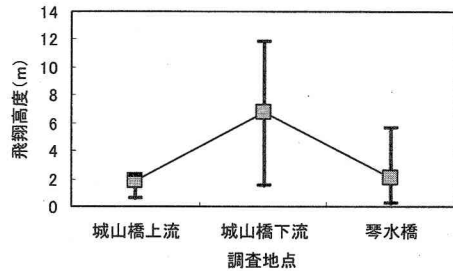


図-7. 雄個体の飛翔高度
(値は上から順に最大、平均、最低を表す)

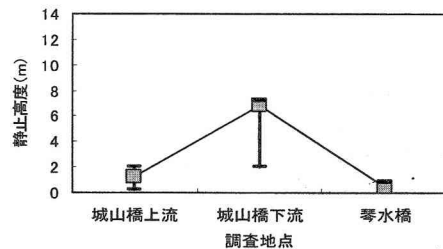


図-8. 雌個体の静止高度
(値は上から順に最大、平均、最低を表す)

メッシュ内にプロットした。データは発生量のピーク時を採用した。なお、観察時に上下にジグザグ飛翔していた個体に関しては可能な限り追尾したデータをメッシュ内にプロットし、面積算定への情報とした。なお、今回はメッシュ内の個体密度は算出せず、空間面積のみを対象とした。

図-9に示す各地点の横断面の算定した飛翔空間から、飛翔空間面積を算定すると、仁保川 城山橋上流側では32㎡、下流側が108㎡、一の坂川琴水橋付近が36㎡という結果となった。仁保川の城山橋下流側では調査地点の中で最も飛翔空間面積が広く、城山橋下流側及び一の坂川の琴水橋上流側と比較すると約3倍であった。各地点の樹冠を比較すると、城山橋上流側では0%、下流側では平均22%、一の

坂川では73%と3地点の中で最も割合が高いことが判明した。以下に各地点の特徴を述べると、仁保川の城山橋上流側の飛翔空間では河道面に沿って横断方向に逆凸状を呈していることが伺われた。これは、ツルヨシが護岸天端付近まで密集して繁茂しており、河道の開放空間は水表面付近しかない。そのため、ホタルはツルヨシの突端付近に沿って飛翔していた。特徴的なのは、護岸天端付近に樹木などがほとんどなく、飛翔空間がツルヨシの先端直上から護岸天端までのわずかな隙間を飛翔空間として利用していることである。これは明確な要因は特定には至っていないが、可能性としては、雌が静止する場所が護岸天端より上にはなく、もっぱらツルヨシの葉先または水表面付近に限定されるためだと考えられる。実際、雌個体の静止高度は、1.2mと低く、この影響が飛翔空間を狭めている要因の一つではないかと考えられる。城山橋下流側では左岸側は常緑高木によって河道面に若干オーバーハングしているが、右岸側は開放空間であり、護岸天端から6~8mまで飛翔空間が確認された。仁保川の城山橋下流側では、雌個体の静止高度の平均が6.8mと他の地点と比較しても際立って高い。これは左岸側の高木の葉上に雌個体が多く、それに誘引された雄が飛翔高度を上げたため、雌雄ともに飛翔及び静止高度が高くなった可能性が高い。また、当該地は右岸側が開放空間となっているため、障害物が全くなく、雄を誘引するため雌が戦略的に高い場所を選択している可能性もある。一の坂川では水表面から護岸天端付近を飛翔する傾向が強く、ほぼ正方形の飛翔空間であった。高水敷には植生が乏しく、横断面に広がりは見られなかった。ただし、河道に高木がオーバーハングしており、その影響からか、水表面から6m以上は飛翔する個体は皆無であった。一の坂川ではオーバーハングする高木の枝などが飛翔の障壁となり、より高い場所に飛翔できないことも考えられる。また、雌個体はもっぱら、高水敷に点在する草本で静止しており、その影響も飛翔高度を下げているものと考えられる。

6. 今後の対策及び結論

本研究で得られた結果から今後の対策及び結論として、高木が河道面をオーバーハングしている場所では適度に枝打ちなどのメンテナンスを行い、開放空間を創造し、ホタルの飛翔に障壁を与えない工夫をする。ツルヨシが繁茂する場所では適度に間引きを行い、水面幅を広げ、開放空間を創造する。また、

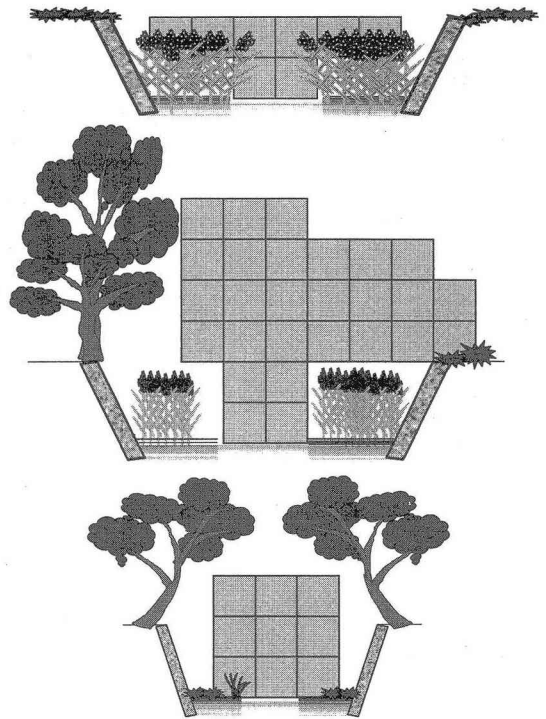


図-9. 各調査地点におけるホタルの飛翔空間
(メッシュは1セル 2×2m, 上から仁保川城山橋上流, 下流及び一の坂川琴水橋上流)

護岸天端に樹木が全くない場所では、河道の方向も考慮しながら、平均で20%以上の樹冠を保つ工夫が必要である。の3点が導き出された。

参考文献

- 1) 山口県土木建築部河川課:山口県の川づくり, 山口県土木建築部河川課, 1994.
- 2) 遊磨正秀: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(1), pp. 59-63, 2001.
- 3) 自然環境復元研究会編: ホタルの里づくり, 信山社サイテック, 1991.
- 4) 山口県土木建築部河川課: 山口の川 ①樫野川, 山口県土木建築部河川課, 2002.
- 5) 大場信義: 日本の昆虫⑩ゲンジボタル, 文一総合出版, 1988

STUDIES ON FLIGHT SPACE OF GENJI FIREFLY

Masuji GOTO, Masahiko SEKINE, Mitsuhiro KANAO, Masao UKITA, Tsuyoshi
IMAI and Takaya HIGUCHI

This paper perceived about the change of the flight action of the firefly. When the adult does the rest and also mating the plant is indispensable. The author survey about the flight individual number, biggest flight altitude and also flight pattern of the adult in the Niho River and also Itinosaka River. As for the result, the flight altitude was 4 meter or more high Itinosaka in the Niho River. Furthermore, even the rest place was seen a lot on the leaf of about 3~4 m from water surface in the Niho River. Also, as for the possibility flight area is 3 time or more wide in Niho River.