

(3) ホタル水路の建設と生息場評価手法の有効性に関する研究

後藤 益滋^{1*}・関根 雅彦²・井上 慶佑²・浮田 正夫³

¹正会員 香川学園宇部環境技術センター (〒755-8551 山口県宇部市文京町4-23)

E-mail:gotou@ukgc.ac.jp

²正会員 山口大学工学部 社会建設工学科 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1)

³正会員 山口大学工学部名誉教授 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1)

山口県山口市を流域とする榎野川では、ゲンジボタルの生息場を創出するために、ホタル水路の建設がなされた。筆者らは、PHABSIMを援用して事前評価を行ったが、計画地の水路が蛇行しているため、評価が不十分になる可能性が高く、蛇行区間の評価に対応するRiver2Dによる再評価を行った。その結果、現状の流量ではホタル、カワナ共ニ生息場として機能しないこと、孵化直後のホタル幼虫の着底率が低く、孵化した幼虫が着水後、着底せずにそのまま水路外に流失してしまう可能性が高いことが示唆された。WUAの推移からは、0.05~0.1 m/sec の範囲を維持できればホタルの生息場として機能することが示唆された。水路建設後における追跡調査では、幼虫の上陸、成虫飛翔が確認された。今後の課題として、カワナの評価値と生息数に一致が見られなかったため、選好値の再検討が必要であることが考えられた。

Key Words : firefly, habitat evalation, water road, River2D

1. 研究背景と目的

山口県は、ゲンジボタル*Luciola cruciata* Motschulsky, 1854 (以下、ホタルと示す)の生息地として有名であり、県内の河川でその生息が確認されている。また、多自然工法の一環として、護岸内に本種の蛹化場所を意図したホタル護岸施工に代表される発生地保全にも力が注がれており、その有効性が評価されている^{2,3,4}。このような取り組みの背景には、県内3水系25河川の天然記念物指定河川⁵があることや地元のホタルへの強い関心があることに他ならない⁶。しかしながら、ホタル護岸の成功例もある一方でホタルの姿が全く見られない場所も多い。山口県山口市中心部を流域とする榎野川では、かつて中流域までホタル群生地であったが⁷、現在では上流域に僅かに残るのみである。この現状を踏まえて、平成11年度よりかつての群生地を復活させることを目的とした「はたる飛び交うきららな川づくり事業」が立ち上がり、榎野川中流域にホタル水路を建設することを柱とした山口県独自の手法でかつ、放流活動に頼らない保全手法を開発することが計画された。筆者らは、これまで実施した調査研究結果を踏まえた上で本水路をより有効に改良するための指針を与えるため、ホタルと本種幼

虫の餌となるカワナ*Semisulcospira libertina* (Gould, 1859)の流速、水深、河床材料についての選好性を定式化し、物理的生息場シミュレーションモデル(Physical Habitat Simulation Model; 以下、PHABSIM、ピーハブシムと示す)を援用して本種の生息河川及び水路における生息場としての適性を定量的に評価した^{8,9}。このように数値評価によって生息場の評価が適正に行うことが可能になるならば、他の復元計画適地の探索と、より効果的な設計・改変及び維持管理案を提案することが期待できる。

ただし、シミュレーションからはじきだされた評価値を基にして、計画地を改変し、ポテンシャルが向上したとしても、以後、ホタルの個体数増加に繋がるか否かは追跡研究も皆無なこと、類似の研究事例が少ないことを考慮し、本研究では、建設時における評価手法の有効性や事後の有効な改良方法について追跡調査及び検討を行い、今後の保全方法の一助となることを目的としている。

2. 生息場評価手法について

生物の生息場を定量的に評価する手法は、モデルが欧米で種々開発されており、この要求の背景にはミティゲーションの登場が挙げられる。これには失われる環

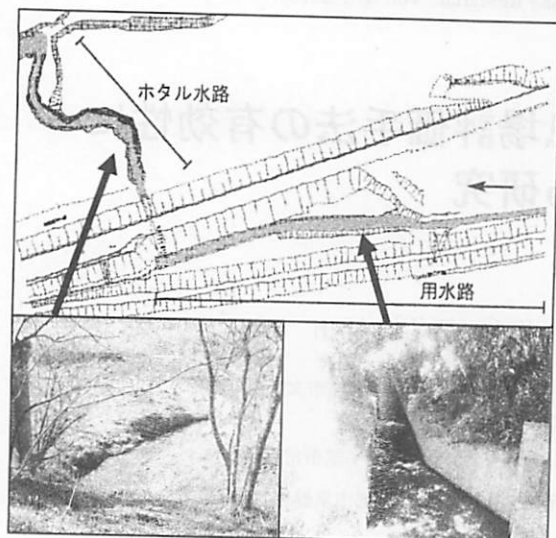


図-1 ホタル水路建設地概略

境の代償措置を積極的に行うものであり、破壊される環境の価値及び代償として創造された価値を定量的に評価することが必要である。

その中の一つにダムからの放流量を管理を目的として、IFIM (Instream Flow Incremental Methodology) が開発されている^{11,12}。本手法は正常流量の検討、評価を支援する一連のシミュレーションモデルの集合体である。河川の水理学シミュレーションと生息場適正モデルを組み合わせてマイクロ生息場を計算するためのソフトウェアPHABSIM¹³は、IFIMモデル群の一部であり、主として魚類の各成長段階の生息場に必要となる条件、すなわち流速、水深などに対する選好曲線(HSC: Habitat Suitability curve)を与え、流れの水理学的要素、河床形状や河床材料、そして与えられた流量から、マンニングの式などを用いて水深、流速、水表面積を計算する部分で構成されている。生息場は、選好曲線と各流量での水理量からWUA (Weighted Usable Area: 重み付き利用可能面積)の値として評価される。利用実績は高く、事実上、IFIMにおける生息場評価モデルの標準となっており、本邦においてもその実例が追認されつつある^{9,10,14}。

その発展系であるRiver2D (University of Alberta)¹⁵は、その利点として河川の物理的機能をより正確に表現できることである。従来から広く使用されているPHABSIMは、対象区間の断面をモザイク状に結合したセル群で評価することから、簡易さ、迅速さには定評であったが、物理的機能を詳細に表現できないため、河川形状や河床構造によっては評価が適切に行われていない欠点も持ち合わせていた。しかしながら、River2Dはフィールドデータを三角形または多角形状に結合できるため、より詳細な地形情報を再現できる。しかも、新たに適正基準を作成することなくPHABSIMのモジュールを援用できるこ

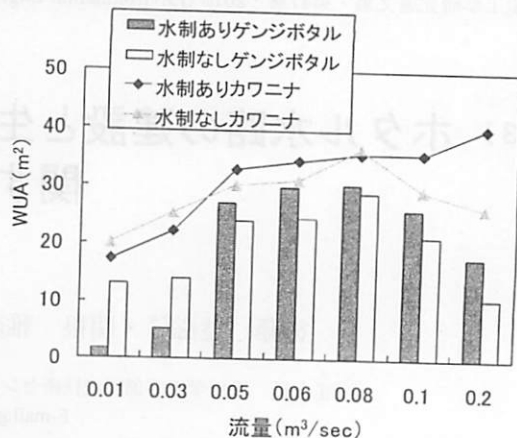


図-2 流量と $WUA_{Q,s}$ との関係

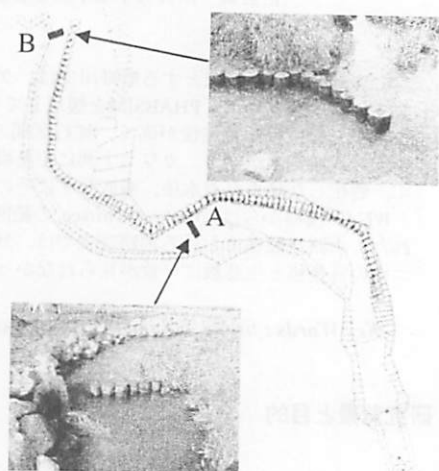


図-3 ホタル水路内における水制の位置関係

と、様々な地形条件に対応できるため、汎用性も高いことが挙げられる。

ただし、本邦では一年を通じての環境変化が大きく、選好曲線をすべての時期に適用する点や、とある河道区間の選好曲線を他の区間にも適用している点など、十分に生息場所要求に反映できていない問題もある。これらの問題を解消する研究も行われており^{16,17}、今後の検討課題といえる。

3. ホタル水路について

ホタル水路は、図-1に示す榎野川本川1.2km 程上流を取水源とする農業用水路の余水を吐き出すための余水ばきの末端にある。

農繁期の流量は、最大 $0.8\text{m}^3/\text{sec}$ を超えるが、通常時は $0.2\text{m}^3/\text{sec}$ 程度である。また、農閑期には $0.02\text{m}^3/\text{sec}$ 程度まで低下し、年間を通じての変動が大きい。

4. River2Dによる榎野川堤外地のホタル水路の再評価

ホタル水路は、前述のとおり農繁期と農閑期では水量差が大きく、適正な流量管理を行わないと幼虫やカワニナの生息場としては機能しない可能性が高い。さらに、本水路は左右に大きく蛇行しており、既往研究で用いているPHABSIMでは流速の選好性評価が不十分になると考えられる。そこで、本研究ではアルバート大学で開発された2次元流況シミュレーションプログラム(River2D)を用いて、2次元流況数値シミュレーションを行い、適正流量を提言するための水路の再評価を行った。

シミュレーションに先立ち、地形データ (x, y, z) はGIS(Arc GIS: ESRI社製)上に水路計画横断面のデータを内挿した。流況データは、既往研究のデータを再使用した⁹⁾。底質については現場目視により、相当粗度を一律0.11とした。

選好曲線⁹⁾は、既往研究のデータを再使用した。現状流量 $0.2\text{m}^3/\text{sec}$ 及び $0.01 \sim 0.1\text{m}^3/\text{sec}$ における水深、流速、底質の適正値 (SI) を掛け合わせた(1)に示す合成適正値 (CSI) から、

$$CSI_{i,Q,S} = (SI_d)(SI_v)(SI_{cl}) \quad (1)$$

重み付き利用可能面積 $WUA_{Q,S}$ (Weighted Usable Area)を求めた(2)。

$$WUA_{Q,S} = \sum_{i=1}^n (a_{i,Q})(CSI_{i,Q,S}) \quad (2)$$

WUA は流量(Q)における対象種(S)に対する重み付き利用可能面積、 $a_{i,Q}$ は流量(Q)のときのセル(i)における水表面積、そして、 CSI は流量(Q)のときの対象種(S)に対するセル(i)における合成適正値である。

WUA は対象種について、また、想定される流量の範囲すべてについて計算される。

ゲンジボタル、カワニナ両種の WUA は、図-2に示すように $0.08\text{m}^3/\text{sec}$ をピークに現状流量 $0.2\text{m}^3/\text{sec}$ では40%程度減少した。これは、流量増加に従い、流速が速くなる場所が増加するためだと推察される。

このような結果を踏まえ、図-3に示すA、Bの2箇所に水制を設けて流速を低減させる対策を行い、再度評価を行った(図-2)。ゲンジボタル、カワニナともに、流量(Q)が $0.01, 0.03\text{m}^3/\text{sec}$ では対策前よりも減少することが予測されたが、 $0.05 \sim 0.1\text{m}^3/\text{sec}$ にかけては改善傾向が窺われた(カワニナの $0.08\text{m}^3/\text{sec}$ 時を除く)。これは水制によって水路内の流速が抑制され、 WUA を上昇させたものと推察される。

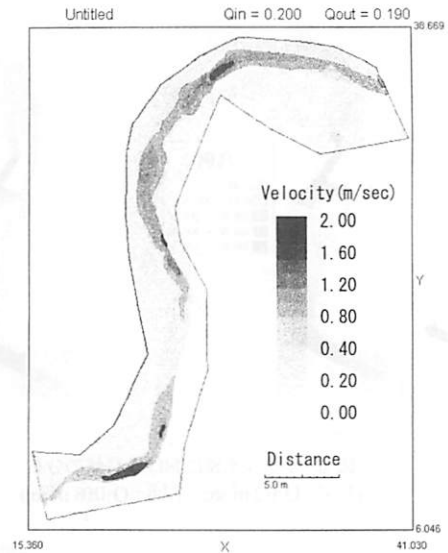


図-4 現状流量における流速分布 (水制あり)

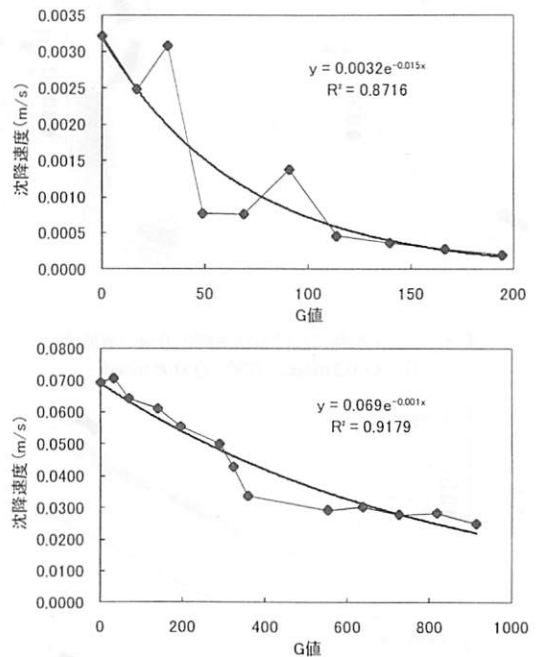


図-5 沈降速度とG値との関係
(上図：孵化直後，下図：孵化後半身体長約2.5cm)

よって、本水路をホタルの生息場として機能させるならば、 $0.05 \sim 0.1\text{m}^3/\text{sec}$ 、維持する必要があることが考えられた。 WUA の推移から比較すると、特に $0.08\text{m}^3/\text{sec}$ で維持することが望ましいものと推察される。

5. 幼虫着底位置の検討

ゲンジボタルは、水際の苔等に産卵し、約30日後で

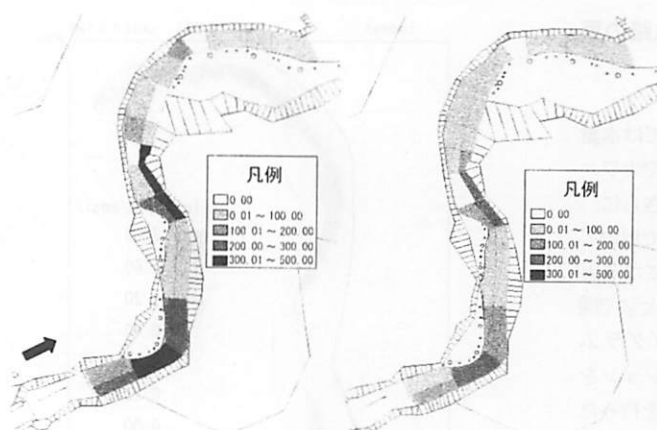


図-6 ホタル水路におけるG値の分布
(左図: $Q=0.2 \text{ m}^3/\text{sec}$, 右図: $Q=0.08 \text{ m}^3/\text{sec}$)

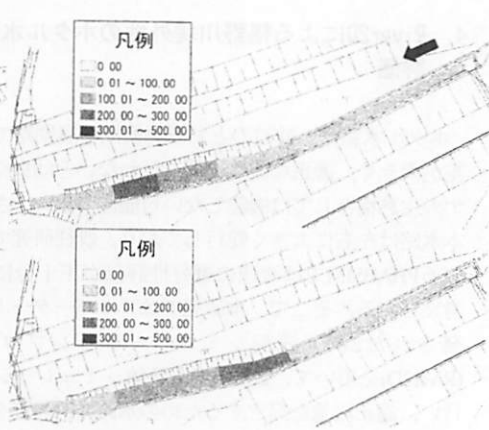


図-7 用水路におけるG値の分布
(上図: $Q=0.2 \text{ m}^3/\text{sec}$, 下図: $Q=0.08 \text{ m}^3/\text{sec}$)

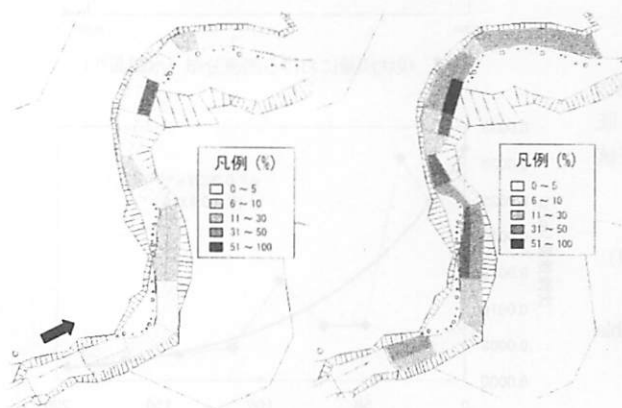


図-8 ホタル水路における幼虫孵化直後の着底率
(左図: $Q=0.2 \text{ m}^3/\text{sec}$, 右図: $Q=0.08 \text{ m}^3/\text{sec}$)

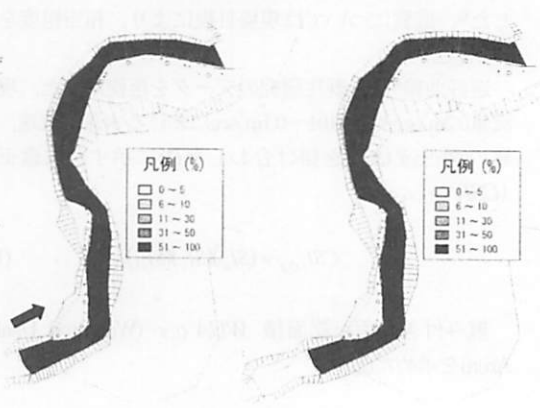


図-9 ホタル水路における孵化半年後の着底率
(左図: $Q=0.2 \text{ m}^3/\text{sec}$, 右図: $Q=0.08 \text{ m}^3/\text{sec}$)

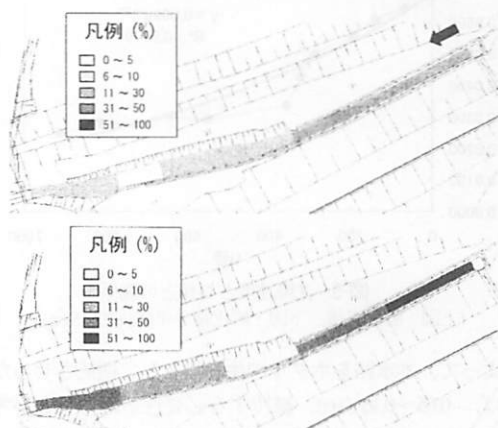


図-10 用水路における幼虫孵化直後の着底率
(上図: $Q=0.2 \text{ m}^3/\text{sec}$, 下図: $Q=0.08 \text{ m}^3/\text{sec}$)

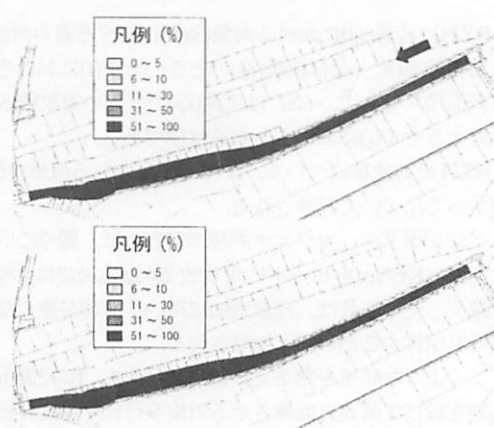


図-11 用水路における孵化半年後の着底率
(上図: $Q=0.2 \text{ m}^3/\text{sec}$, 下図: $Q=0.08 \text{ m}^3/\text{sec}$)

孵化することが知られている。孵化した幼虫は、直ちに着水し、川底に着底したのち水中生活を始める¹⁸⁾。その

ため、流速が速い場所ではうまく着底できず、そのまま流されてしまう可能性も考えられる¹⁸⁾。

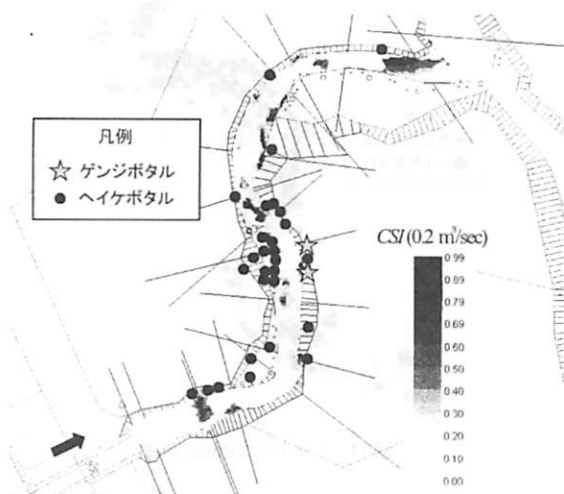


図-12 ゲンジボタルのCSと幼虫上陸調査結果

本種の発生時期は、農繁期と重なり、現状流量(図-4)では全体的に流速の遅い場所が少ない。孵化した幼虫が着底出来ない可能性が懸念される。そこで、実験室内にて、孵化直後のホタル幼虫が流下に落下した後の挙動を観察すると、比重も小さく、体長も0.2~0.3 cm程度しかないため、乱れに翻弄されて長時間河床に着底できなかった。そこで、ジャーテスターの攪拌により乱れを起こし、乱流下での着底に要する時間を求める事で、孵化した幼虫の着底位置を推定することとした。

本実験は、濁水処理時における粒子の凝集、沈殿効果¹⁹⁾を参考に、幼虫を粒子と見立てて、その着底状況を把握した。

実験には、10 ビーカーを満水にし、直径2~8cm程度の礫を底から2、3cmほど敷き詰めたものを使用した。幼虫は、駒込ピペットで水面下1mmのところに注入し、ジャーテスター(宮本製作所製:MJS-4N)で攪拌し、幼虫が着底するまでの時間を計測した。このときの水深は12cmである。実験に供試した幼虫は孵化直後(体長2~3mm)と孵化後約半年間畜養した(体長約17mm)個体を用いた。

(a) G値の設定

ジャーテストと河川では攪拌状態が大きく異なるため、室内実験での効果を河川で予測するためには河川における攪拌状態を室内実験で再現する必要がある。ジャーテストにおける攪拌強度を実河川における攪拌強度に結び付ける方法として、既往研究¹⁹⁾では水処理における攪拌強度指標であるG値²⁰⁾を採用しており、本研究においてもその方法を援用することとした。ジャーテストのG値は(3)に示す。

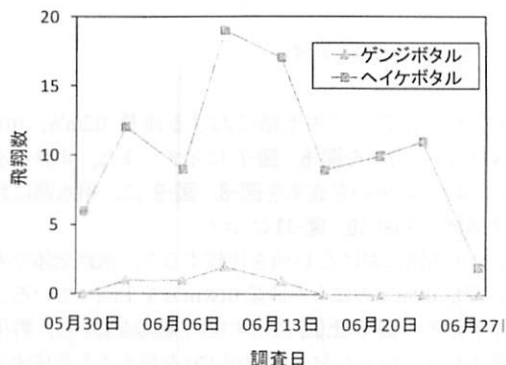


図-13 ゲンジボタルとヘイケボタルの飛羽数の推移

$$G = \sqrt{\frac{C_D \times A_p \times V^3}{2 \times \nu \times Vol}} \quad (3)$$

ここに、 C_D : 攪拌翼の抵抗係数(=1.5)、 A_p : 攪拌翼面積、 V : 攪拌翼端速度、 ν : 動粘性係数、 Vol : 攪拌槽面積となる。

また、河川のG値は(4)に示す。

$$G = \sqrt{\frac{\phi_m}{\mu}} = \sqrt{\frac{\rho g Q h_f}{\mu V}} \quad (4)$$

ここに、 ρ : 水の密度、 g : 重力加速度、 Q : 単位時間当たりの流入量、 h_f : 全損失水頭、 μ : 粘性係数、 V : 水量となる。

(b) 着底率の算出

幼虫着底位置はホタル水路及びその上流に位置する用水路での堆積率を求めた。区間の分類は、River2Dによって流速及び水深が変化している箇所を境界に、ホタル水路は21、用水路は7つに区分した。このとき検討する際の流量は現状流量0.2m³/secと維持流量として望ましいとする0.08m³/secの2通りで行った。

沈降速度は、図-5に示す実験結果より、孵化直後(5)及び畜養後(6)の沈降速度(v)を次式に示す。着底率は、以下の沈降速度及び滞留時間の式から計算した。

$$v = 0.0032e^{-0.0149G} \quad (5)$$

$$v = 0.069e^{-0.0012G} \quad (6)$$

v は沈降速度、 G はG値とする。また、滞留時間(t)の式を(7)に示す。

$$t = \frac{V}{Q} \quad (7)$$

v は各区間の水量、 Q は各区間への平均流入量とする。

着底率 ϕ は、(8)に示す。

$$O = \frac{t}{\Delta} \times v \quad (8)$$

ここで、 Δ は水深を示す。

ホタル水路および用水路における流量 $0.2\text{ m}^3/\text{s}$ 、 $0.08\text{ m}^3/\text{s}$ の G 値分布を図-6、図-7 に示す。また、ホタル水路における幼虫の着底率を図-8、図-9 に、用水路における着底率を図-10、図-11 に示す。

ホタル水路における G 値を比較すると、水路全体で大幅に流量 $0.2\text{ m}^3/\text{s}$ のほうが流量 $0.08\text{ m}^3/\text{s}$ を上回っていることがわかる。図-5 (上図) に示す室内実験結果から、孵化直後の幼虫のほとんどが G 値が 120 を超えると着底することが出来なかった。しかも、現状流量の $0.2\text{ m}^3/\text{sec}$ では G 値の分布が半分近く 120 を上回っており、図-8 に示す着底率の分布をみても、ほとんどの地点で孵化直後の幼虫の多くは水路外に流出してしまうことが予想される。

一方で、 $0.08\text{ m}^3/\text{sec}$ のケースでは、G 値が 120 を下回っている場所が多く、着底率もホタル水路中流域と下流域において上昇しており、幼虫は中流域から下流域にかけて着底するものと考えられる。すなわち、現状よりも流量が低下すればするほど G 値は減少し、より多くの幼虫が着底できるものと推察される。

用水路の着底率は上流域で高く、中流域から下流域にかけて低くなっている。したがって、用水路の上流域で孵化した幼虫は用水路内で着底し、中流域より下流で孵化した幼虫はホタル水路で着底することが予想される。

また、あらかじめ 17 mm (孵化半年後) の大きさまで畜養した個体を放流する場合はホタル水路、用水路ともに現状流量でも G 値、着底率から着水後直ちに着底するという結果が示された。

6. ホタル水路完成後におけるホタル・カワニナ生息状況モニタリング

(a) ホタル幼虫上陸調査

本調査は、降雨が確認された平成18年4月10日、4月15日、4月22日、4月26日、5月6日、5月10日、5月17日の計7回実施した。調査時間は原則20時から24時の間とし、ホタル幼虫の上陸が確認できなくなったら終了した。調査は3人で行い、流量が多く水路内に入れない場合は陸上から上陸観察を行い、入られる場合は水路内から上陸を観察した。幼虫を発見したらその地点に予め用意しておいたウキトップライト (ケミホタル: $\phi 2.9 \times 23\text{ mm}$) と番号タグを貼付した竹串を刺し、記録した。この際、懐中電灯は可能な限り使用せず、必要な場合のみ赤いセロハンを被覆して使用した。幼虫の上陸確認位置を図-12に示す。調査期間中の上陸個体数はゲンジボタル2個体、ヘイケボタル (*Luciola*



図-14 ホタルの成虫確認位置

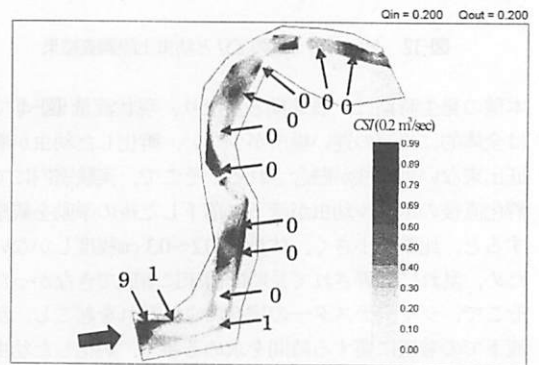


図-15 現状流量 CSI とカワニナの個体数との関係

lateralis Motschulsky, 1860) 28 個体であった。ホタル水路ではヘイケボタルの方が、ゲンジボタルのに比べ上陸数が少なかった。現状流量に対する CSI とホタル上陸場所については、CSI が高い場所において上陸が多いという興味深い結果となった。

(b) 成虫飛翔調査

本調査は、平成18年の5月30日から6月27日までの週2回計9回目視による調査を行った。ホタルは日没から飛翔し始め、午後9時ごろにピークを迎える。既往研究を参考¹⁸⁾に調査時間は20時から21時の間とした。調査は、観測員2人がホタル成虫が確認された場所を図面上にプロットした。また、ホタル水路、用水路1では踏査を行いホタル水路内およびその周辺に生息する成虫を計数した。

調査日と飛翔数の関係を図-13に、ホタル水路におけるホタル成虫確認位置を図-14に示す。

ホタル水路では、9回の調査でヘイケボタルが合計95個体確認できたのに対し、ゲンジボタルはわずか5個体であり、ヘイケボタルに比べて圧倒的に少ないことが判明した。

ホタル水路におけるホタル成虫確認位置をホタル幼虫の上陸位置と比較すると、上陸数が多かった場所にホタルの成虫が多く確認できたというわけではなく、水路全体に広く分布していた。

(c) カワニナ分布調査

本調査は、平成18年10月3日に行った。調査には25cm×25cmのサーバーネット付き定量枠（離合社製）を用いて、砂礫に付着している本種を計数した。本水路内に12地点を設定した。

ホタル水路では合計11個体確認された。山口市内のホタル発生地の一つである一の坂川では、25cm四方あたりのカワニナ数は100個体程度であり、それに比べ、本水路における生息数は非常に少ない。

また、ホタル水路内においてカワニナが確認されたのは上流側のNo.1, 2, 3のみで、その中でもNo.1に集中している。現状流量の合成適正值(CSI)とカワニナの生息数を比較すると、必ずしも適正值が高い場所に本種が生息しているという図式は成立しなかった。それは当該水路が年間を通じて流量変動が激しく、特に農閑期の水位低下時に干出する場所には生息していないものと推察される。

7. まとめ

本研究では、ホタルの生息場を創造するため、生息場シミュレーションモデルを援用して、維持流量の検討ならびに孵化直後の幼虫の堆積率の予測、建設後の追跡効果について以下の知見を得た。

1) River2Dによる再評価の結果、ゲンジボタル、カワニナともに、流量(Q)が $0.05 \sim 0.1 \text{ m}^3/\text{sec}$ にかけて改善傾向がみられた(カワニナの $0.08 \text{ m}^3/\text{sec}$ 時を除く)。特に、水路内で孵化した幼虫は流量制御を行わない限り、後述の着底率からみても本水路では生息できない可能性がある。そのため、2箇所水制を設けて再評価を行ったところ、 WUA は上昇傾向にあった。生息場として機能させるならば $0.05 \sim 0.1 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、維持する必要があることが考えられた。特に、両種の WUA の推移を比較すると $0.08 \text{ m}^3/\text{sec}$ 維持することが望ましいと推察される。

2) G 値と着底率から、ホタル水路内における孵化直後の幼虫は、現状流量では着底できずに水路外に流出することが判明した。維持流量とされた $0.08 \text{ m}^3/\text{s}$ のケースでは、 G 値が120を下回っている場所が多く、着底率も水路中流域と下流域において上昇しており、幼虫は中流域から下流域にかけて着底するものと考えられる。

3) ホタル水路完成後にホタル幼虫の上陸調査、成虫飛翔調査、カワニナの分布調査を実施したところ、幼虫は、 CSI が高い場所を選択し、上陸することが判明した。成

虫は、ゲンジボタル、ヘイケボタル両種が混在し、ヘイケボタルが合計95個体確認できたのに対し、ゲンジボタルはわずか5個体であり、ヘイケボタルに比べて圧倒的に少ないことが判明した。カワニナの個体数は、上流側のNo.1, 2, 3のみで確認され、それよりも下流では確認できなかった。

今後の課題として、評価値と追跡調査で得られたカワニナの生息状況との不一致に関しては、季節毎の選好基準の見直しも含めて、追跡調査を行い検討することとする。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、山口大学工学部の諸学生ならびに山口県河川課に感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 児玉行: 山口のゲンジボタルと保護対策, 瀬戸内海科学, Vol.6(2), pp.142-148, 1994.
- 2) 宮本和雄, 関根雅彦, 樋口隆哉, 浮田正夫: 一の坂川ホタル護岸の有効性調査, 環境システム研究論文集, Vol.28, pp.339-346, 2000.
- 3) 関根雅彦, 宮本和雄, 後藤益滋, 樋口隆哉, 浮田正夫, ホタル護岸の有効性に関する研究, 河川技術論文集, Vol.7, pp.239-244, 2001.
- 4) 後藤益滋, 宮本和雄, 後藤益滋, 樋口隆哉, 浮田正夫: ホタル護岸の有効性に関する研究, 土木学会論文集, Vol.2005, No.804, pp.804_11-804_22, 2005.
- 5) 山口県教育庁社会教育文化財課: 山口県の文化財, <http://bunkazai.ysn21.jp/general/summary/frame.asp?mid=30043&cdrom=>
- 6) 山口市立大蔵小学校: ホタルの保護活動, <http://www.yamaguchi-ygc.ed.jp/ohdono-e/page/hotaru.html>
- 7) 山口ふるさと伝承センター: ゲンジボタルの人工飼育, <http://www.c-able.ne.jp/~denshou/>
- 8) 田村哲夫: 山口と蜚, 山口県の自然, 山口県立山口博物館, Vol.5, pp.1, 1950.
- 9) 後藤益滋, 関根雅彦, 金尾充浩, 羽原正剛, 高杉昌司, 浮田正夫: ホタルが生息する河川を創造するためのカワニナ生息条件の研究, 河川技術論文集, Vol.10, pp.453-458, 2004.
- 10) 関根雅彦, 後藤益滋, 伊藤信行, 田中浩二, 金尾充浩, 井上倫道: 生息場評価手法を用いたホタル水路の建設, 応用生態工学, Vol.10, No.2, pp.103-116, 2007.
- 11) Stalnaker C., Lamb, B.L., Henriksen, J., Bovee K., Bartholow J.: The instream flow incremental methodology A primer for IFIM, National ecological research center and National Biological center, pp.99, 1994
- 12) 中村俊六, テリーワドゥル: IFIM 入門, リバーフロント整備センター, pp.197
- 13) U.S. Geological Survey: PHABIM for Windows Users Manual, Midcontinent Ecological Science Center Open File Report 01-340, pp.288.
- 14) 小出水規行, 藪木昭彦, 中村俊六: IFIM/PHABSIM による河川魚類生息評価-豊川を例にして-, 河川技術に関する論文集, Vol.6, pp.155-160, 2000.

- 15) University of Alberta(2010/8/12 日現在) River2D ホームページ
<http://www.river2dualberta.ca/description.htm>
- 16) 田代喬,伊藤壮志,辻本哲郎:生活史における時間的連続性に着目した魚類生息場の評価,河川技術論文,Vol.6,pp.277-282.2002.
- 17) 知化武佳,玉井信行:生息域の季節変動に着目した魚類生息域適正基準に関する研究,水工学論文集,Vol.46,pp.1145-1150.2000.
- 18) 大場信義:日本の昆虫 12 ゲンジボタル,文一総合出版,pp.198
- 19) 武下明義,小田臨,関根雅彦,浮田正夫,今井剛,樋口隆哉:天然有機性高分子凝集剤キトサンによる河川濁水処理の研究,環境工学研究論文集, Vol.40,pp.565-572.2003.
- 20) Camp.T.R: Velocity gradients and internal work in fluid motion, J. Boston Society of Civil engineers, Vol.30, No.4, pp.219-237, 1943.

(2010. 5. 21 受付)

EFFECTIVENESS EVALUATION ON THE PHYSICAL HABITAT EVALUATION METHOD OF A FIREFLY AND CONSTRUCTION OF A FIREFLY STREAM

Masuji GOTO, Masahiko SEKINE, Yusuke INOUE and Masao UKITA

In the midstream of Fushino river is planning to restore the firefly habitat.

An artificial stream for firefly is designed along the river the instream habitat condition of the stream is evaluated using PHABSIM (Physical Habitat Simulation) software. But planning place is meandering; it is thought that the evaluation is insufficient. Therefore, habitat condition of the stream is evaluated by River 2D(University of Alberta). It is necessary to adjust the stream flow to 0.08m³/sec to enhance the value of habitat condition and settle rate of hatching larva. Post construction monitoring shows the firefly larva landing points show good accordance with the good habitat zone predicted by River 2D.