

ホタル水路建設のためのゲンジボタル幼虫とカワニナの生態系モデルの作成

○株式会社レオパレス21 正会員 吉田将紀 山口大学工学部 正会員 関根雅彦
山口大学工学部 正会員 浮田正夫 山口大学工学部 正会員 今井剛
山口大学工学部 正会員 樋口隆哉

1. 研究背景及び目的

山口県では、「ほたる飛び交うきららかな川づくり」事業が展開されている。平成16年度には当研究室のこれまでの調査研究結果を踏まえ、ホタル水路を榎野川堤外地に建設し、ゲンジボタルの幼虫やその唯一の餌料であるカワニナを放流した。同様に、一の坂川をはじめ山口県内各所でホタルやカワニナの放流が実施されている。しかし、放流によるホタル増殖効果は検証されておらず、餌料であるカワニナ数とのバランスから放流しない方がホタル飛翔数が多くなる可能性を指摘する研究者もある。そこで本研究では、ゲンジボタル幼虫とカワニナの生態系モデルを作成し、榎野川ホタル水路でのゲンジボタルの自生の可能性などを考察した。

2. ゲンジボタルとカワニナの生活史

孵化したばかりのゲンジボタル幼虫（以下；幼虫）は2mm程度の体長で、脱皮を繰り返して成長する。孵化したときを1齢とすると終齢は6～7齢で、雄24mm、雌30mm前後の体長となる。幼虫の期間は7月～3月の約9ヶ月間で、この間に幼虫はカワニナを約25個体摂食するといわれている。カワニナは春から秋にかけて1個体あたり年間約500個体産卵する。稚貝が成熟し、稚貝を生み出すまでに約1年を要し、寿命は1.5年から3年とされている。上記の関係と生活史をふまえたうえでシミュレーションソフトSTELLAを使い作成した生態系モデルを図1に示す。モデルの各パーツに必要なパラメータや初期値を求めるために以下の実験をおこなった。また、文献による既存の実験データもパラメータや初期値として引用した。

$$D_{KL} = K_{KL} + n_{KL}$$

$$K_{KL} = \exp(-3000 \times G) \times d_{KL}$$

$$n_{KL} = \mu_{HLL} \times \{1 - \omega_{\mu L}\} \times H_{LL} / K_L$$

$$\omega_{\mu L} = 1 - K_L / (K_L + 233)$$

$$D_{KA} = n_{KA} + 0.01$$

$$n_{KA} = \mu_{HLA} \times \{1 - \omega_{\mu A}\} \times H_{LA} / K_A$$

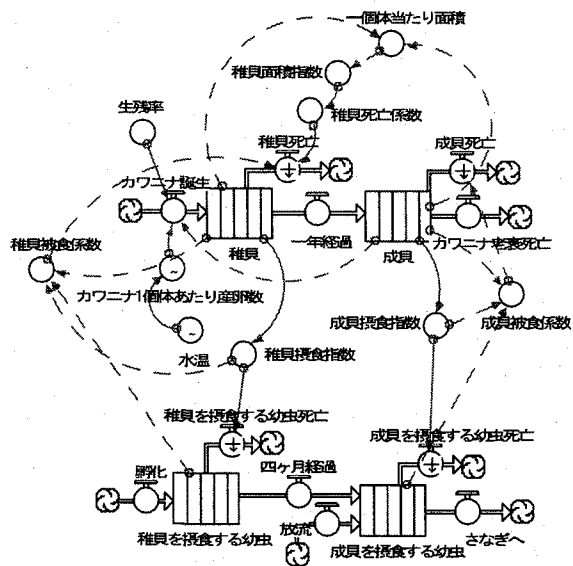
$$\omega_{\mu A} = 1 - K_A / (K_A + 150)$$

$$D_{HLL} = 0.094 \times \omega_{\mu L}$$

$$D_{HLA} = 0.01 \times \omega_{\mu A}$$

図1 ゲンジボタル幼虫とカワニナの生態系モデル

KL: 稚貝 KA: 成貝
HLL: 稚貝幼虫 HLA: 成貝幼虫
DKL: 稚貝死亡 KKL: 稚貝死亡係数
nKL: 稚貝被食係数 G: 稚貝面積指数
dKL: 稚貝最大死亡速度
 μ_{HLL} : 稚貝幼虫摂食速度
 $\omega_{\mu L}$: 稚貝摂食指数
DKA: 成貝死亡
nKA: 成貝被食係数
 $\omega_{\mu A}$: 成貝摂食指数
 μ_{HLA} : 成貝幼虫摂食速度
DHLL: 稚貝幼虫死亡
DHAL: 稚貝幼虫死亡



4. 室内実験の目的と手順

まず、稚貝を摂食する幼虫（以下：稚貝幼虫）および成貝を摂食する幼虫（以下：成貝幼虫）の水温毎の摂食速度を求めた。所定の温度条件につき、幼虫1個体・カワニナ2個体を入れた容器を1日1回観察した。カワニナが摂食された場合には補充した。次に、カワニナの生息密度の相違による摂食速度の変化を求めた。幼虫1個体を所定のカワニナ密度の容器に入れ、1日1回摂食数を観察した。設定温度は25℃とし、摂食数に応じてカワニナを補充した。最後に、餌がない状態で所定温度における稚貝幼虫、成貝幼虫、稚貝、成貝各5個体の生存日数を計数し、死亡速度を求めた。

5. 実験結果および考察

図2において、近似直線の傾きは稚貝幼虫の摂食速度を表している。幼虫の最適温度は10～20℃とされており、25℃・30℃より20℃の摂食速度が速くなった理由と考えられる。図3より、8℃、20℃で成外幼虫の摂食速度に大きな変化はない。稚貝幼虫の摂食速度よりかなり遅いが、餌となるカワニナの堆積が成貝は稚貝の約3300倍あることがその理由と考えられる。図4より、カワニナの生息密度が増えると摂食速度が上がるのがわかる。図5より、稚貝幼虫の死亡速度は25℃、30℃で変化がなく、20℃より高い値となった。摂食速度・死亡速度ともに25℃、30℃ではほぼ変化がなく20℃で大きく変化していることから、やはり20℃～25℃の間に最適温度の限界があるのではないかと考えられる。図6より、カワニナ稚貝の死亡速度は20℃、25℃ではほとんど変化がなく、30℃では死亡速度が大きくなるのがわかる。カワニナの生息可能温度は0～27℃、最適温度は16～22℃とされており、本実験ではこれを裏付ける結果となった。図7より、カワニナ成貝はカワニナ稚貝と同様温度が高いと死亡しやすくなる。以上の結果および文献から得たモデルパラメータを図1に示した。

7. 計算結果とまとめ

決定したパラメータをSTELLAの各パーツに代入しシミュレーションを行うと、ホタル水路では図8の結果を得た。稚貝8・成貝4.8個体はホタル水路、稚貝1500・成貝100個体は一の坂川のカワニナの生息密度を表している。図8より、一の坂川では幼虫を放流なしでも幼虫は自生することが分かる。樺野川ホタル水路の場合、放流なしではゲンジボタルは絶滅、ゲンジボタル幼虫を6個体/m²放流すると、0.9個体がさなぎへ変態する結果を得た。すなわち、ホタル水路ではゲンジボタル幼虫を放流しなければ、ホタルの自生は難しいことが分かった。今後は、文献から推定した確実性の低いモデル式やパラメータ値を改善すると同時に、ホタルの産卵など再生産も含めたモデル化を行うことで、長期間に渡るホタル保全方策について検討を加えたい。

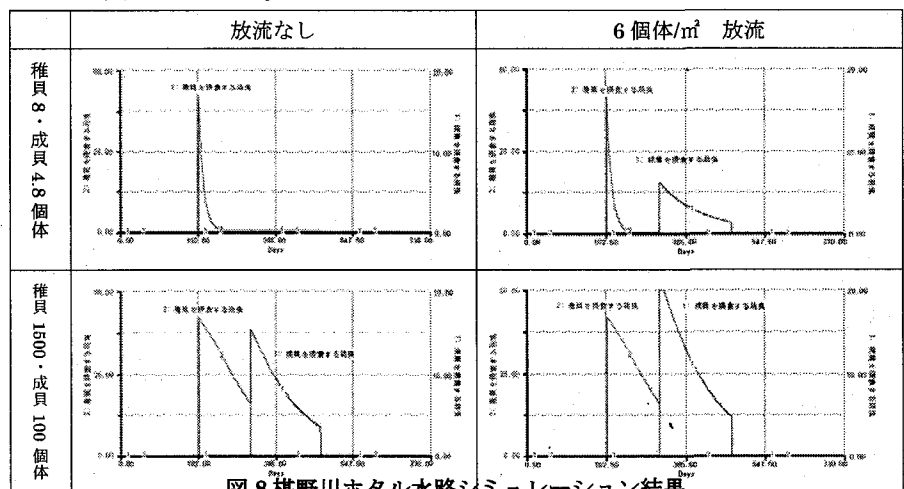
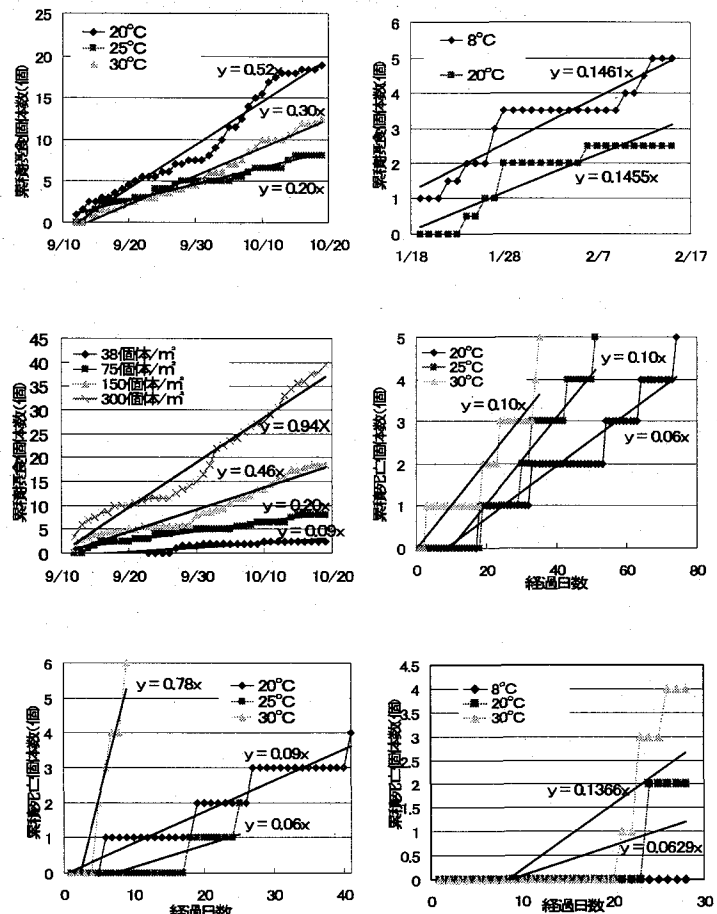


図8 樺野川ホタル水路シミュレーション結果