

京都大学大学院工学研究科	学生員	○ 田中武志
京都大学防災研究所	正員	竹門康弘
京都大学防災研究所	正員	山田浩之
京都大学防災研究所	フェロー	池淵周一

1 背景と目的

河床内部に河川水が浸透した場所は河床間隙水域 (hyporheic zone) と呼ばれ¹⁾, 河川生態系において水生昆虫や魚類の産卵場所や生息場所, 物質の滞留や分解の場として重要な働きをしている。モンカゲロウ (*Ephemera strigata*) などのカゲロウ類では, 砂礫堆隣接部に位置する淵尻の瀬頭に産卵することが知られている²⁾。このような産卵習性は, 卵や孵化した若齢幼虫が河床間隙水域に入るための適応の結果であると解釈される³⁾。これは, 淵尻の瀬頭の河床間隙水域では, 溶存酸素の豊富な河川水が河床に入り込み, 水生昆虫の卵や幼虫の生存率が高いためと考えられているが, 必ずしも実証的な研究は行われていない。

本研究はモンカゲロウを対象に野外実験によって河床間隙水域の物理化学的特性と産卵個体数, 卵の死亡率, 孵化率との関係を明らかにし, 河床間隙水域の生態学的意義を考察することを目的とした。

2 研究方法

本研究では, 京都市賀茂川の瀬尻～淵尻瀬頭～瀬尻を流下する砂礫堆区間 (図 1) において産卵雌数の分布調査を行った。また, この区間内の 3 地点でモンカゲロウ卵の野外孵化実験を行い, 卵の孵化率と死亡率を調べた。また, 各地点において河床間隙水の溶存酸素濃度 (DO), 電気伝導度, pH, 硝酸態窒素濃度を測定し, さらにデータロガーによる水温の計測, 地形測量, 現地河床透水試験ならびに河床材の粒径調査を行った。

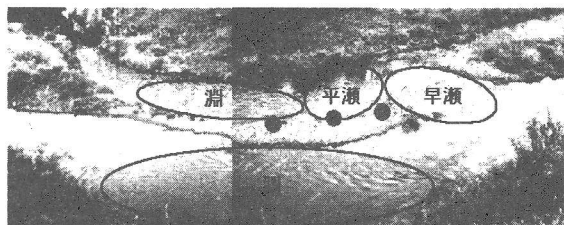


図 1: 調査対象区間 (京都市賀茂川)。黒丸はモンカゲロウ卵野外孵化実験位置を示す。

2.1 産卵雌数分布調査

モンカゲロウは, 日没後に岸際に集まって産卵を行い, 産卵を終えるとほとんどの個体は, 岸際にとどまったまま死んでしまう。そこで前日に多くの産卵行動の観測された 2002 年 4 月 30 日の早朝に, 砂礫堆で 1m 間隔で記録した産卵雌密度を, 産卵雌数 (n) として, 産卵場所選択性を示す指標として扱った。また, 同様にして幼虫の羽化殻数の調査を行った。

2.2 モンカゲロウ卵野外孵化実験

野外孵化実験は, 底質環境の異なる地点にモンカゲロウ卵を埋設し, 各地点における死亡率や孵化率の違いを検討した。産卵雌数分布調査を行った 2002 年 4 月 30 日の夕方に, 産卵前の雌 45 匹 (1 個体あたり約 7500 卵) を捕獲し, 卵を採取した。採取した卵を, 卵の発育が進まないよう 5℃ で 2 日間保存した後に, 孵化実験用ケースに卵を 3ml (約 6800 卵) ずつ注入した。2002 年 5 月 2 日に早瀬, 平瀬, 淵の岸際の 3 地点にそれぞれ 9 ケースずつ, 計 27 ケースを埋設した (図 1)。これらを 2002 年 5 月 14 日 (12 日目), 25 日 (23 日目), 6 月 4 日 (33 日目) に各地点から 3 ケースずつ回収し, 5% ホルマリン溶液で固定した後, 死亡率を死亡卵数/全卵数, 孵化率を孵化幼虫数/全卵数として求めた。

3 研究結果および考察

3.1 モンカゲロウの産卵場所選択

産卵雌分布調査により, 産卵場所は, 瀬頭に位置する小礫が堆積した岸際で, 上空が樹木や草本で覆っていない場所であることが確認された (図 2)。そこで, 調査地点を瀬尻, 淵, 瀬頭 (樹冠あり), 瀬頭 (樹冠なし) の 4 種に分類し, 場所類型ごと各種環境条件との相関分析ならびに回帰分析を行った結果, 瀬頭 (樹冠なし) における産卵雌数 (n) と透水係数 (k) には有意な相関が認められず ($r=0.57$, ns), 動水勾配 (i) との間に有意な相関が見られた ($r=0.81$, $P<0.05$)。透水



図2: モンカゲロウ産卵雌分布と開空度の関係。

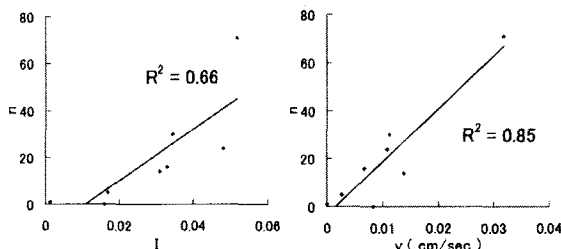


図3: 瀬頭(樹冠なし)における動水勾配*i*と産卵雌数*n*の関係($R^2=0.66$)(左)と河床間隙水流速*v*(cm/sec)と産卵雌数*n*の関係($R^2=0.85$)(右)

係数*k*と動水勾配*i*の積から算出される河床間隙水流速(*v*)と産卵雌数(*n*)との間にはより強い相関が見られ($r=0.92$, $P<0.01$), 河床間隙水流速が大きくなるほど, 産卵雌数が多くなる傾向が得られた(図3)。

これらの結果から, モンカゲロウの産卵雌は, 樹冠に覆われていない瀬頭の砂礫堆を好み, その中でも河床間隙水流速の大きな所を選んで産卵していると考えられる。また, 流速の大きさは, 河床間隙水DO供給量の多さに反映されているとも考えられる。

3.2 卵の孵化率・死亡率

死亡率に関しては, 5/14(12日目)および5/25(23日目)に回収を行った時には, 両者とも, 全ての地点において全く死亡卵が確認されず, 死亡率は0%であった。しかしながら, 6/4(33日目)に回収を行った時には, 死亡卵が確認された。そこで, 河川類形を因子として, 独立多群の差の検定を行ったところ, 有意な差が見られ($p<0.05$, Kruskal Wallis test), 淵>平瀬>早瀬の順で死亡率が低下する傾向が得られた(図4)。これは, 淵のように河床間隙水流速の卓越していない場所においては, DO供給量が低いためと考えられる。

また, 孵化率に関しては, 5/14(12日目)に回収を行った時には, 全ての地点において孵化は確認できなかった。5/25(23日目)においては, 早瀬, 平瀬, 淵において, それぞれ $25.4 \pm 15.6\%$, $31.7 \pm 2.4\%$, $29.2 \pm 1.2\%$ であり, 6/4(33日目)においては, 早瀬, 平瀬, 淵において, それぞれ $31.6 \pm 3.5\%$, $42.8 \pm 2.3\%$, $39.6 \pm$

3.5%であった。この結果, 12~23日目の間に孵化し始めることがわかった。また, 平瀬, 淵, 早瀬の順で孵化率が高くなる傾向があった。一般的に孵化現象には, 水温の影響が大きいと考えられているが⁴⁾, 本研究においては平瀬, 淵, 早瀬間での孵化率の違いの原因はわからなかった。しかしながら, 本研究より, 産卵場所から離れた比較的, 河床間隙水域内の流速が小さな場所($5 \times 10^{-2} \sim 1.9$ (cm/min))においても孵化が可能であることが確認された。

なお, これまで現地におけるモンカゲロウの卵期間は明らかにされていなかったが, 33日たっても孵化率が50%であった。したがって, 現場でのモンカゲロウの卵期間は1ヶ月程度であることが確認された。

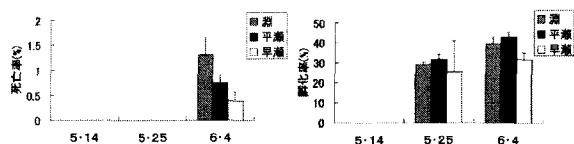


図4: 早瀬, 平瀬, 淵による死亡率(左)と孵化率(右)の違い。

4 結論

モンカゲロウの産卵場所は, 樹冠に覆われていない瀬頭の中でも河床間隙水流速が大きな場所が選択されることが確認された。また, モンカゲロウ卵は産卵場所から離れた河床間隙水流速の小さな淵や平瀬でも孵化が可能であることが確認されたものの, 卵の死亡率は, 河床間隙水流速が大きくなるにつれ, 低下する傾向が見られた。

参考文献

- 1) White, D. S. (1993): Perspectives on defining and delineating hyporheic zones. Journal of the North American Benthological Society, 12, pp.61-69.
- 2) Takemon, Y., (2000): Reproductive behavior and morphology *Paraleprophlebia spinosa* (Ephemeroptera: Leptophlebiidae): implications of variation in copula duration, Limnology, 1, pp.47-56.
- 3) 竹門康弘 (1997): 溪流における水生昆虫の棲み場所保全. 砂防学会誌, 50(1), pp.52-60.
- 4) Benard W. Sweeney (1984): Factors influencing life history patterns of aquatic insects. Vincent H. Resh and David M. Rosenberg (eds), The Ecology of Aquatic Insects, pp.56-100, Praeger.