

原著論文

マルヒラタドロムシ属(*Eubrianax*)幼虫の分布に及ぼす環境要因について

小島崇史¹・黒木 出²・十川愛世³・鳥越健太³・山下裕史³・中村圭司¹

Environmental factors affecting the distribution of water-penny beetle larvae (*Eubrianax*)

Takashi KOJIMA¹, Izuru KUROKI², Chikayo SOGO³, Kenta TORIGOE³,
Hiroshi YAMASHITA³, and Keiji NAKAMURA¹

Abstract: Environmental factors that affect the habitat selection in water-penny beetles of genus *Eubrianax* were studied. Larvae were collected in the Asahi River and the Ashimori River, Okayama Prefecture. The population density of the *Eubrianax* larvae was significantly greater in the Ashimori than in the Asahi. Larvae were observed on 22.7 and 56.3% of the stones in the Asahi and the Ashimori, respectively. The percentage difference between the two rivers was significant. The percentage of stones on which larvae were found was significantly higher on embedded stones than on unembedded stones in the Asahi. Furthermore, there was a significant negative correlation between the number of larvae and the current velocity. Embedded stones into sand may be preferred by *Eubrianax* larvae because larvae not only feed periphyton on stone surface but also burrow into sand to escape from predators.

キーワード: マルヒラタドロムシ, クシヒゲマルヒラタドロムシ, 幼虫, 浮き石, 沈み石, 流速, 生息場所選択

I. はじめに

河川における水生昆虫の分布には、餌や捕食者の存在といった生物的な要因に加えて、水温、水深、流速、底質の状態、溶存酸素量や水の化学的性質といったさまざまな物理化学的要因が関係する (Giller and Malmqvist 1998)。水生昆虫のほとんどは底生生物であるため、河川の底質を構成する砂や礫の状態は分布を決定する最も重要な環境要因のひとつとなる (Minshall 1984)。主に砂や泥から構成されている底質は、その中に潜るモンカゲロウなどの昆虫に適した生息環境となるのに対し、さまざまな大きさの礫から構成されている底質では、その隙間に入り込むマダラカゲロウ類や石の表面で生活するヒラタカ

ゲロウ類などが数多く見られる (大串 1981)。また造網性のトビケラ類にとっても、礫の間の空間は巣を作る場所として不可欠となる。

水生昆虫を含む底生生物の生物体量は、粒径が小さい泥や砂などから構成される底質では少なく、粒径が大きくなるにつれて増加するが、底質が巨大な礫や岩盤で構成されているような場所では逆に減少する (Minshall 1984)。また、河床の石の大きさによって変化する、底質の安定性や複雑性といった要因も底生生物の定着や生息に影響する。

河川の水生生物に影響する物理的な要因の1つに、浮き石と沈み石がある。浮き石とは他の石

1. 〒700-0005 岡山県岡山市理大町1-1 岡山理科大学生物地球学部生物地球学科 Department of Biosphere-Geosphere Science, Faculty of Biosphere-Geosphere Science, Okayama University of Science, 1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama-ken 700-0005, Japan.
2. 〒700-0005 岡山県岡山市理大町1-1 岡山理科大学大学院総合情報研究科数理・環境システム専攻 Mathematical and Environmental System Science, Graduate School of Informatics, Okayama University of Science, 1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama-ken 700-0005, Japan.
3. 〒700-0005 岡山県岡山市理大町1-1 岡山理科大学総合情報学部生物地球システム学科 Department of Biosphere-Geosphere System Science, Faculty of Informatics, Okayama University of Science, 1-1, Ridai-cho, Kita-ku, Okayama-shi, Okayama-ken 700-0005, Japan.

に積み重なり下の石との間に隙間が存在する石をさし、沈み石とは泥、砂、または砂礫に埋もれた石で、石の上部だけが底質から露出した状態の石をいう(日本陸水学会 2006)。礫に砂や泥が堆積した底質では、底生生物の種類や個体数が減少する例が知られている(Rabeni and Minshall 1977, de March 1976)。個別の水生昆虫で浮き石と沈み石の選好性を調べた場合も同様であり、たとえばカワゲラの仲間*Skwala americana*では沈み石よりも浮き石を好んで分布する(Haro and Brusven 1994)。一方、砂のみの底質と沈み石が存在する底質を比較した場合は、沈み石を好む水生昆虫が多くなる(Brusven and Prather 1974)。また、水生昆虫の種類によっては、石の状態に大きな影響を受けない例も報告されている(Brusven and Prather 1974)。

河川を代表する水生昆虫であるカゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目などと比べて水生のコウチュウ目は注目されることが少ないが、ガムシ上科、ハネカクシ上科、マルハナノミ上科、ドロムシ上科、ホタル上科、ハムシ上科、ゾウムシ上科などに水生甲虫類とされる多くの種が含まれる(佐藤・吉富 2005)。そのうちヒラタドロムシ科の幼虫は、岡山市内を流れる旭川などの河川中流域において優占的な水生昆虫のひとつである。ヒラタドロムシ科の幼虫は、3対の脚と腹部にある鰓が背面からは見えない特徴的な形態(図1)で知られ、付着藻類を餌とする(佐藤 1972)。円盤のような体形は、体節を覆う外皮が伸びたもので、流れの急なところでも石にはりついて生活できる(今森 2000)。ヒラタドロムシ(*Mataeopsephus japonicus*)では、幼虫は浮き石の下面や沈み石と砂との境界面に多く存在し、夜間になると石の側面へ移動する(堀尾 1992)。このことから、日中は捕食者からの逃避のため沈み石の境界面の砂中に分布する可能性が指摘されている(堀尾 1992)。

本研究では、ヒラタドロムシ科のマルヒラタドロムシ属(*Eubrianax*)に注目した。マルヒラタドロムシ属の幼虫は、ヒラタドロムシ属と外見が酷似しているが、腹部側葉片の枚数から両者を識別することが可能である。岡山の河川中流域では2種のマルヒラ



図1. クシヒゲマルヒラタドロムシ幼虫。

タドロムシ属幼虫が採集される。そのうち、クシヒゲマルヒラタドロムシ(*E. granicollis*)は中流域の礫質河床の河川に生息する(林 2009)。また、マルヒラタドロムシ(*E. ramicornis*)は、規模の小さい礫質河床の河川に分布していることが多いだけでなく、泥質分の多い河床や湖などの止水域にも生息する。いずれの種も礫表面を主な生活場所としており、形態が似ているヒラタドロムシ幼虫と同様の生態を持つと考えられる。すなわち摂食のために必要な礫の表面と捕食者回避のために潜行する砂の両方が存在する沈み石を、浮き石より生息場所として好む可能性がある。そこで、マルヒラタドロムシ属幼虫の生息場所選択に影響する環境要因を明らかにするために、岡山市内を流れる2河川間での生息密度を比較するとともに、得られたデータを浮き石-沈み石、および流速に注目して解析した。

II. 方法

1. 調査場所

岡山市内を流れる旭川(岡山市北区建部町吉田, 34.8°N, 133.9°E)と足守川(岡山市北区粟井, 34.8°N, 133.8°E)を調査場所とした(図2)。

2. 調査時期と調査内容

2-1. 河川の違いと底質の違いが幼虫の個体密度に与える影響

2007年11月28日から12月5日にかけてヒラタドロ



図2. 調査地点の位置と採集の様子。

ムシ科幼虫の採集と調査を行った。流速や河床の状態などが異なる3箇所をそれぞれの川で設定した。各調査箇所において50cm平方の方形枠を1つ設置し、その中にある約3cm以上の大きさの石全てについて、浮き石か沈み石かに分けた。それぞれの石の長径・短径・高さを記録するとともに、ヒラタドロムシ科幼虫が付着しているかどうかを確認し、個体数を記録した。その後、方形枠内の全てのヒラタドロムシ科幼虫を採集し、99%アルコールで固定し、表層における水の流速を記録した。

幼虫の個体密度については、各河川の方形枠内の総幼虫数を枠内の全ての石の表面積を積算した値で割った個体密度を計算した。さらに3方形枠の平均値から1m²あたりの平均個体密度を算出して河川間で比較した。

2-2. 流速が幼虫の個体密度に与える影響

旭川において、2007年11月14日に流速の異なる5箇所を設定し、各箇所に50cm平方の方形枠を1つ設置した。その中で見つかった全てのヒラタドロムシ科幼虫を網の目が約1mmの手網で採集し、アルコールで固定した。また、釣りで使用される浮きが1m流れるのに要した時間を複数回測定し、その平均値から表層における流速を算出した。

2-3. 旭川と足守川におけるヒラタドロムシ科昆虫の種構成

2007年の調査時点では種を同定することが可能な幼虫の識別点が報告されていなかったため、2015年

11月1日に旭川で、11月7日に足守川でヒラタドロムシ科幼虫を採集し、それぞれの川におけるマルヒラタドロムシ属幼虫の種構成に注目して調べた。この調査では方形枠は使用せず、無作為に選んだ複数箇所、ヒラタドロムシ科幼虫を手網で採集した。また、浮き石と沈み石の区別も行わなかった。採集時間はそれぞれの川で約1時間とした。採集した幼虫はアルコールで固定して実験室に持ち帰り、種までの同定を行った。

3. 石の表面積の計算方法

2007年の調査において記録した石の大きさより、Graham et al.(1988)に従い、石の表面積を以下の計算式で算出した。

[表面積=1.15×(長径×短径+長径×高さ+短径×高さ)]。

4. 採集個体の同定

採集した水生昆虫は実験室に持ち帰り、実体顕微鏡下で同定した。2007年の調査で採集したヒラタドロムシ属とマルヒラタドロムシ属の同定は、林(2007)に従い、腹部側葉片の枚数が7枚であればヒラタドロムシ、8枚であればマルヒラタドロムシと判断した。マルヒラタドロムシ属の幼虫については御勢(1955)などによる研究例があるものの、2007年の調査時点では種を同定することが可能な幼虫の識別点が報告されていなかったため、全て「マルヒラタドロムシ属」とした。その後、Hayashi & Sota(2008)によってマルヒラタドロムシ(*E. ramicornis*)とクシヒゲマルヒラタドロムシ(*E. granicollis*)の識別点が明らかにされた。そこで、2015年の調査で採集されたヒラタドロムシ科幼虫については、林(2009)に従い、種までの同定を行った。

III. 結果

1. 幼虫の個体密度

マルヒラタドロムシ属幼虫の個体密度を、2007年に旭川と足守川で比較した。旭川では1m²あたり27.3±16.4頭、足守川では85.2±23.6頭となり、

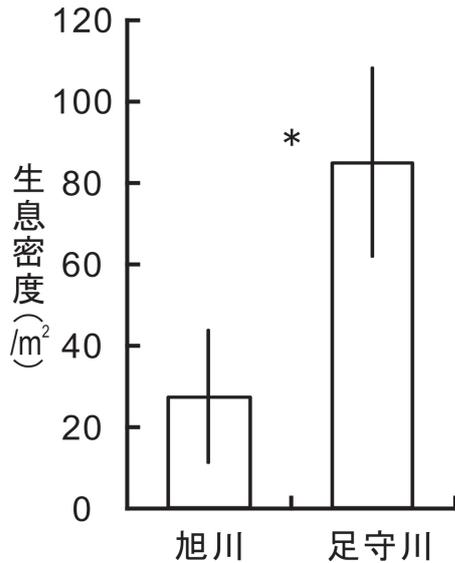


図3. マルヒラタドロムシ属幼虫の個体密度の2河川での比較 (n=3). *, t-検定において有意差が存在したことを示す (p<0.05).

足守川が旭川よりも有意に高くなった (p<0.05, t-検定, 図3). 次にマルヒラタドロムシ属幼虫が見つかった石の割合を調べたところ, 旭川では22.7%, 足守川では56.3%となり, 足守川の方が統計的に有意に高い割合となった (p<0.001, Fisherの正確確率検定). また, それぞれの河川の石を浮き石と沈み石に分けたところ, マルヒラタドロムシ属幼虫が見つかった石の割合に違いが認められた (図4). 旭川では浮き石の17.0%でしか幼虫が見つからなかったのに対して沈み石では37.0%の石で幼虫が見つかり, 両者には統計的に有意な差が検出された (p<0.05, Fisherの正確確率検定). 一方, 足守川では浮き石と沈み石の間に有意な差は認められなかった (p>0.05, Fisherの正確確率検定).

2. 流速と幼虫個体数の関係

2007年に旭川において異なる流速の5方形区を設定し, その中のマルヒラタドロムシ属幼虫の個体数を調べたところ, 止水または流速が緩やかな箇所では方形枠あたり30頭以上の幼虫が採集された (図5). 流速が速くなるにしたがって個体数が減少し, 最も流速が早い1.2m/sの箇所では1頭も採集できなかった. 幼虫個体数と流速の間には有意な負の相関が認められた (r=-0.985, p<0.01).

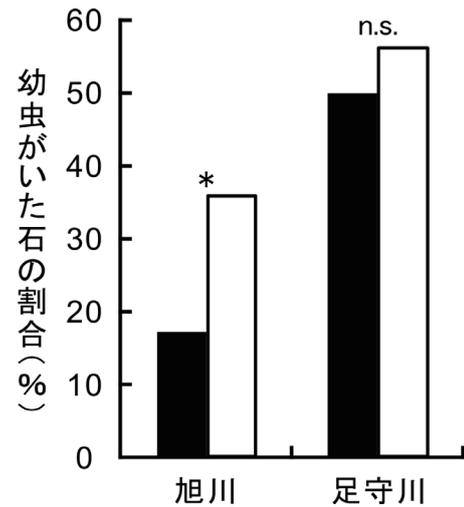


図4. マルヒラタドロムシ属幼虫が発見された石の割合と浮き石-沈み石の関係 (n=2-93). ■: 浮き石, □: 沈み石. *, Fisherの正確確率検定において有意差が存在したことを示す (p<0.05); n. s., 有意差なし).

3. ヒラタドロムシ科幼虫の種構成

2015年に旭川と足守川で採集されたヒラタドロムシ属昆虫について種を同定したところ, 旭川では91%が, 足守川でも73%までがヒラタドロムシであった. また, マルヒラタドロムシ属内の種構成について調べたところ, 旭川では87%が, 足守川では64%がクシヒゲヒラタドロムシであったのに対し, 足守川では64%がヒラタドロムシであった.

IV. 考察

1. 河川による幼虫の分布の違い

マルヒラタドロムシ属幼虫の生息密度を旭川と足守川で比較したところ, 流れが速く浮き石の多い旭川より流れが緩やかでほとんどの石が砂に埋もれていた足守川の方が3倍以上高くなった (図3). 幼虫が見つかった石の割合を比較した場合にも, 旭川より足守川の方が高頻度で幼虫が観察された (図4). これらの結果から, マルヒラタドロムシ属幼虫はヒラタドロムシより流れが穏やかで沈み石の多い河川を好む可能性が考えられる. 2015年の調査では, 旭川ではほとんどのマルヒラタドロムシ属幼虫がクシヒゲマルヒラタドロムシと同定されたが, マルヒラタドロムシも採集された. また, 足守川においてはマルヒラタドロムシがおよそ3分の1を占めてい

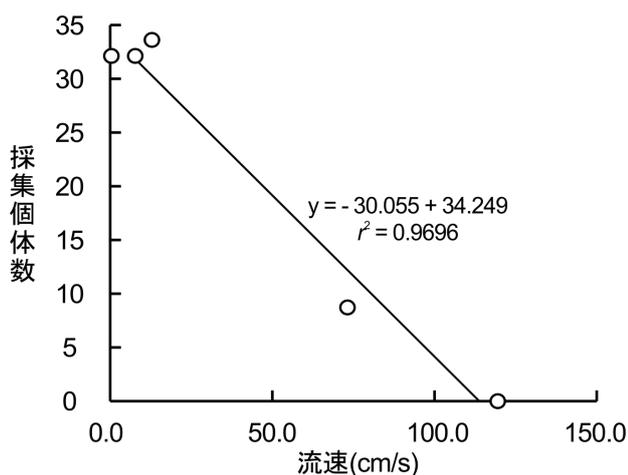


図5. 旭川における流速とマルヒラタドロムシ属幼虫個体数の関係.

た。クシヒゲマルヒラタドロムシは中流域の礫質河床の河川に生息するが、マルヒラタドロムシは流れの緩やかな場所や泥質分の多い河床にとどまらず、湖などの止水域にも生息する(林 2009)。このことから、これら2種にはすみ分けの関係が成立すると考えられる。

2. 底質の違いが個体密度に与える影響

礫に砂や泥が堆積した底質では、底生生物が少なくなる傾向がある(Rabeni and Minshall 1977, de March 1976)。浮き石からなる底質では石の間の隙間によって底生生物の生活空間や捕食者からの逃げ場所が増加する。それに対し、沈み石からなる底質は、石の表面で生活する水生昆虫や、石の間に巣を作る水生昆虫にとって好適な生活場所とはなりにくい。しかし、砂や泥に潜るハエ目の幼虫などでは、浮き石と沈み石の間で選好性に違いは見られない(Brusven and Prather 1974)。本研究において、マルヒラタドロムシ属幼虫は、旭川では浮き石より沈み石に高頻度に生息していた(図4)。ヒラタドロムシでは、捕食者からの逃避のため日中は沈み石の境界面の砂中を好む可能性が指摘されている(堀尾 1992)。ヒラタドロムシ幼虫と似た形態を持つマルヒラタドロムシ属幼虫についても、カゲロウ目幼虫のような石の表面を素早く動いて浮き石の下に逃げ込む行動はできないため、昼間は砂の中に潜る逃避行動をと

るものと考えられる。その場合、逃げ場所となる砂が近くに存在する沈み石の方が、浮き石よりも幼虫にとってよい生息場所となる可能性が指摘できる。一方、足守川では浮き石と沈み石の間で幼虫の発見率に統計的な有意差は検出されなかった。足守川の調査箇所では、河床のほとんどの石が沈み石であり、浮き石は2個しか存在しなかった。その結果として信頼できる検定結果が得られなかったが、足守川においてもマルヒラタドロムシ属2種の幼虫は、数多く存在する沈み石を好んでいると考えられる。

3. 流速に対する選好性

河川における水生昆虫の生活は水の流れに影響を受ける。その結果、微細な生息環境に応じ、石に付着する能力、水の抵抗を減らす形態的適応、流れてくる餌を捕まえる能力や溶存酸素を取り込む能力など、形態や生理的性質が異なる様々な生活型が見られる。実験的に異なる早さの流れを作ること水生昆虫が選好する流速を調べた場合も、速い流れを好む種、遅い流れを好む種、中間的な流れを好む種などの違いが認められる(Minshall and Minshall 1977)。本研究では、流れが速くなるにつれてマルヒラタドロムシ属幼虫の個体数が減少した(図5)。2015年の調査結果(表1)より、旭川のマルヒラタドロムシの個体数はクシヒゲマルヒラタドロムシと比べてかなり少ないと考えられるため、今回の結果は主にクシヒゲマルヒラタドロムシ幼虫の流速に対する選好性を反映しているといえる。すなわち、礫質の河床を好むクシヒゲマルヒラタドロムシの幼虫についても、より緩やかな流れが適していると考えられる。しかし、浮き石と沈み石の比率、石の大きさ、溶存酸素量や他の水生生物の密度など、多くの環境要因が流速の影響を受ける。そのため、クシヒゲマルヒラタドロムシの幼虫における微細生息場所についても、流速のみが分布を決定しているとは言い切れない。今後、より詳細な実験的研究が必要となるかもしれない。

謝辞

図の作成に協力していただいた岡山理科大学大学院理学研究科動物学専攻の比嘉大樹氏に感謝する。

引用文献

Brusven, M. A. and Prather, K. V. (1974). Influence of substrate composition and suspended sediment on insect predation by the torrent sculpin, *Cottus rhotheus*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 38: 1444-1448.

de March, B. G. E. (1976). Spatial and temporal patterns in macrobenthic stream diversity. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 33: 1261-1270.

Giller, P. S. and Malmqvist, B. (1998). "The biology of streams and rivers" 304pp. Oxford University Press, Oxford.

御勢久右衛門(1955). 日本産ドロムシ科幼虫の研究. 新昆虫, 8: 9-15.

Graham, A. A., McCaughan, D. J. and McKee, F. S. (1988). Measurement of surface area of stones. Hydrobiologia 157: 85-87.

Haro, R. J. and Brusven, M. A. (1994). Effects of cobble embeddedness on the microdistribution of the sculpin *Cottus beldingi* and its stonefly prey. Great Basin Naturalist 54: 64-70.

林成多(2007). 島根県産水生甲虫類の分布と生態. ホシザキグリーン財団研究報告書 10: 77-113.

林成多(2009). 日本産ヒラタドロムシ科概説. ホシザキグリーン財団研究報告書 12: 35-85.

Hayashi, M. and Sota, T. (2008). Discrimination of two Japanese water pennies, *Eubrianax granicollis* Lewis and *E. ramicornis* Kiesenwetter (Coleoptera: Psephenidae), based on laboratory rearing and molecular taxonomy. Entomological Science 11: 349-357.

堀尾高德(1992). ヒラタドロムシの微細分布と日周期活動. 香川生物 19: 69-74.

今森光彦(2000). 「ヤマケイポケットガイド® 水辺の昆虫」. 281pp. 山と溪谷社, 東京.

Minshall, G. W. (1984). Aquatic insect-substratum relationships. In Resh, V. H. and Rosenberg D. M. (eds.) "The ecology of aquatic insects" : 358-400, Prager, New York.

Minshall, G. W. and Minshall, J. N. (1977). Microdistribution of benthic invertebrates in a Rocky Mountain (U.S.A.) stream. Hydrobiologia 55: 231-249.

日本陸水学会(2006). 「陸水の事典」. 578pp. 講談社, 東京.

大串龍一(1981). 「水生昆虫の世界 流水の生態」. 206pp. 東海大学出版会, 東京.

Rabeni, C. F. and Minshall, G. W. (1977). Factors affecting microdistribution of stream benthic insets. Oikos 29: 33-43.

佐藤正孝(1972). ヒラタドロムシの生活. インセクタリウム 9: 102-105.

佐藤正孝・吉富博之(2005). コウチュウ目(鞘翅目). 川合禎次・谷田一三編, 「日本産水生昆虫一科・属・種への検索」: 591-658. 東海大学出版会, 神奈川.

(2015年12月28日受理)