

称号及び氏名 博士（理学） 田中 亜季

学位授与の日付 平成 26 年 3 月 31 日

論文名 **A study on hyporheic community structure in sandy rivers
based on sampling bias correction**
(サンプリングバイアス補正に基づく河川間隙動物の群集構造の研究)

論文審査委員 主査 難波 利幸
副査 上田 純一
副査 宮本 健介
副査 石原 道博
副査 竹門 康弘

論文要旨

序論

河川生態系には、多様な生物が生息し、その分布は空間的にも時間的にも顕著な不均一性を示すことが知られている。河川生態系では、流れに沿った方向、流れを横断する方向、鉛直方向の3次元で、水や生物の動きが異なる。河川表層水と地下水の間には透水層（河床間隙水域）が横たわり、そこには河床間隙動物（hyporheos）とよばれる動物群が生息している。間隙中に生息できる動物の多くは1 mm以下の微小な後生動物（metazoan）であり、河床表層の大型動物と比較しても、多様な分類群がその構成員となっている。間隙動物は、河川表層水の直下のみならず河岸や氾濫原の下にも存在し、河川を横断する方向及び表層水と地下水と間の物質と動物の交換を通じて動物多様性に寄与している。したがって、河川生態系機能の全容を把握するためには、河床間隙動物の群集構成とその空間的・時間的変化を知る必要がある。

河床間隙水域の構成材料である土砂と礫の粒径分布は空間的に不均一であることから、多様な環境中の河床間隙動物を同じ方法で採集・比較することは困難であるばかりか、採集自体が不可能な場合もある。このため、間隙動物の群集構造についての知見は限られている。様々な河床への適用範囲の広い採集方法として、河床間隙動物を間隙水とともに揚水することにより採集するポンプ法が知られているが、分類群によって異なる採集バイアスが生じるなどの欠点がある。本研究は、堆積物を丸ごと採集するコア法と比較することにより、ポンプ法で偏りのない定量的な採集を実現する方法を開発し、この方法を用いて、河川横断方向での群集組成の変化を調べることを目的に行った。

第1章 河床間隙群集の偏りのない採集のためのポンプ法の有効性

調査は、2007年1月10日と14日に、木津川中流域で実施した。コア法によるサンプルと比較した採集バイアス指数（ポンプ法による採集効率を示す）は、ポンプ法が、太陽虫を除いてほとんどの分類群で密度を過小評価していることを示した（図1a）。採集バイアス指数と体サイズの関係を見ると、採集バイアス指数は、体サイズの大きい動物で小さく、体サイズの最も小さい太陽虫で高かった。一方、1 mm より小さいサイズの動物の採集バイアス指数は様々であり、体サイズのみでは、動物の採集バイアスを説明することはできなかった。体サイズの小さい動物を、体サイズの大きい動物よりも採集バイアス指数が大きいグループとそうではないグループ

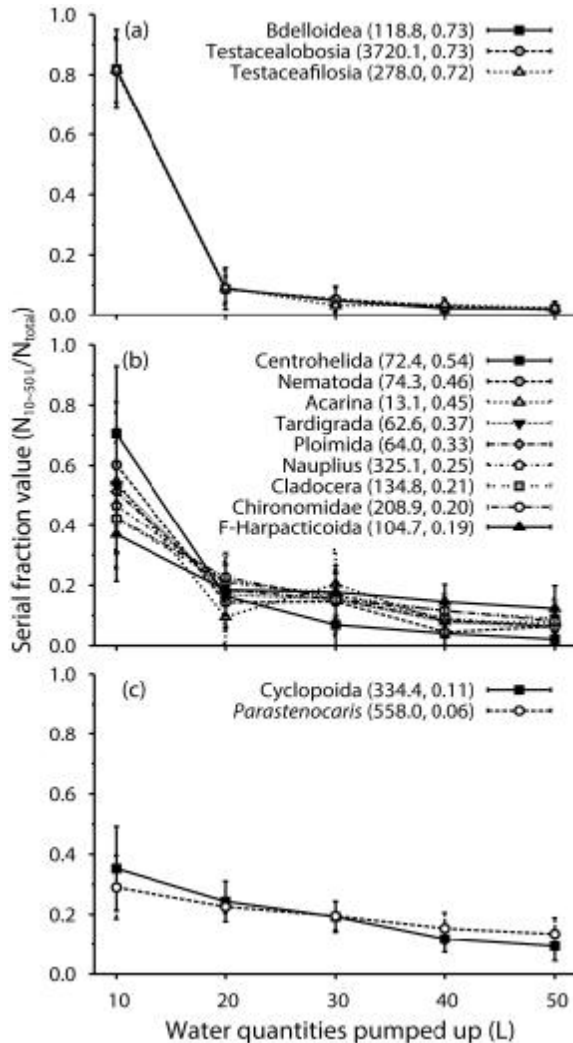


図2 採集密度の減少パターンの各分類群による違い

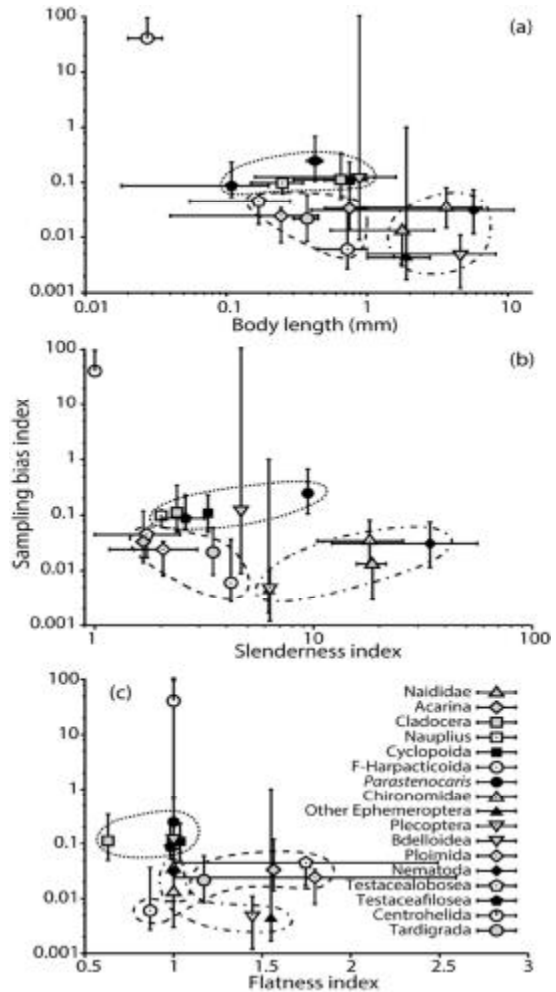


図1 17分類群の体サイズ、線形率、扁平率と採集バイアス指数の関係

の2つのグループに分類したところ（図1b）、採集バイアス指数と線形率（体長/体幅）の関係では、両グループ間に有意な差は見られなかった ($p>0.05$)。しかし、採集バイアス指数と扁平率（体幅/体高）の関係では、小さな体サイズで高い採集バイアス指数を持つグループは、扁平率が1.0に近かった（図1c）。これらのことから、河床間隙動物の採集バイアスには、体サイズと扁平率が関係し、体サイズが大きい動物と扁平である動物が採集されにくいことが明らかとなった。

また、連続的な揚水で観察された個体数の減少傾向により、間隙動物は3グループ（急減型、漸減型、中間型）に分けられた（図2）。これ

らのパターンは、体サイズ、線形率、扁平率では説明できなかったが、急減型（図 2a）は、砂に似た大きさと比重を持つ動物にみられるパターンであり、漸減型（図 2c）は、巧みに遊泳するか、堆積物にしがみつ়能力に劣り流されやすい動物にみられるパターンであった。

分類群ごとに採集バイアスをまとめると、微小甲殻類は、ポンプ法によって密度が過大評価される傾向にあったが、ソコミジンコを除いて、10 L サンプル中の微小甲殻類間の相対密度と、コアサンプル中のそれらの間の相対密度はよく似ていた。また、甲殻類と太陽虫を除いて、中間型（図 2b）の動物は、50 L の揚水でコア 1000 cm³ 中の個体数とよく対応する個体数が採集されていた。よって、各動物群の採集バイアスに応じて、コア 1000 cm³ 中の個体数に匹敵する個体数を含む揚水量を選択することで、ポンプ法で得られた群集構成を、現場の群集構成に近くよう補正することができることが明らかになった（表 1）。

表 1 (A)10 L サンプル、(B)50 L サンプル、(C)1000 cm³ コアサンプル中の平均個体数と、(D)コアサンプルに対するポンプサンプルの個体数の比率。

Group	taxa	Reduction pattern	(A) Mean number in first 10L water	(B) Mean number in full 50L water	(C) Mean number in 1,000cm ³ core	(D) Number in water / number in core
LBLS	Nematoda	Intermediate	74.3	122.4	107.8	1.14 (B/C)
	Chironomidae	Intermediate	208.9	447.9	567.7	0.79 (B/C)
	Testacealobosia	Steep	3720.1	4380.1	3600.0	1.03 (A/C)
SBLS	Ploimida	Intermediate	64.0	110.8	116.7	0.95 (B/C)
	Tardigrada	Intermediate	62.6	107.8	150.6	0.72 (B/C)
	Acarina	Intermediate	13.1	22.3	16.8	1.33 (B/C)
	F-Harpacticoida	Intermediate	104.7	332.2	523.3	0.63 (B/C)
SBHS	Testaceafilosia	Steep	278.0	341.4	92.8	3.00 (A/C)
	Bdelloidea	Steep	118.8	141.1	116.5	1.02 (A/C)
	Cladocera	Intermediate	134.8	290.4	46.3	2.91 (A/C)
	Immature copepoda	Intermediate	325.1	696.5	144.2	2.25 (A/C)
	Cyclopoid	Gradual	334.4	975.1	172.2	1.94 (A/C)
	<i>Parastenocaris</i>	Gradual	558.0	1943.9	126.4	4.41 (A/C)
	Centrohelida	Intermediate	72.4	106.8	0.5	144.8 (A/C)

第 2 章 木津川における砂州河岸周辺での河床間隙動物の横断的分布

調査は、2007 年 1 月 10 日と 14 日に、木津川中流域の砂州上端河岸部において行われ、動物は、河道内 (A)、砂州水辺 (B)、砂州深部 (C) の計 3 サイトでポンプ法により採集された。ポンプ法により得られた間隙動物の群集構成は、第 1 章で開発された補正を適用することにより、ユスリカ幼虫と紡錘型ハルパクチクス目カイアシ類が河道内で特に多い特徴的な分布パターンを明瞭に示すようになった（図 3）。各サイト間で動物群集の多様度に有意差はなかったが ($p > 0.05$)、サイト間の動物群集の類似性は棄却され ($p < 0.05$)、各サイトには、多様度は似ているが、分類群ごとの優占度が異なる群集が形成されていることが分かった。

間隙動物の分布パターンは、河道内に多い河道集中型、河道と水辺に多い河道水辺型、河道内と砂州に広く分布する広域分布型に分類された。河道で採集されやすい河床表層生の種を多く含むユスリカ幼虫は河道集中型に分類された。微小甲殻類の多くは河道集中型に分類されたが、微小甲殻類の中では特に細い体形を持ち砂州内の狭い間隙にも侵入しやすいパラステノカリスは、広域分布型に分類された。また、土壌性の種も多い線虫とダニも広域分布型に分類された。河床表面や粒状物質の間を這い回る種が多く、相対的に体高が高いミジンコ目は、砂州深部には少なく、河道水辺型に分類された。

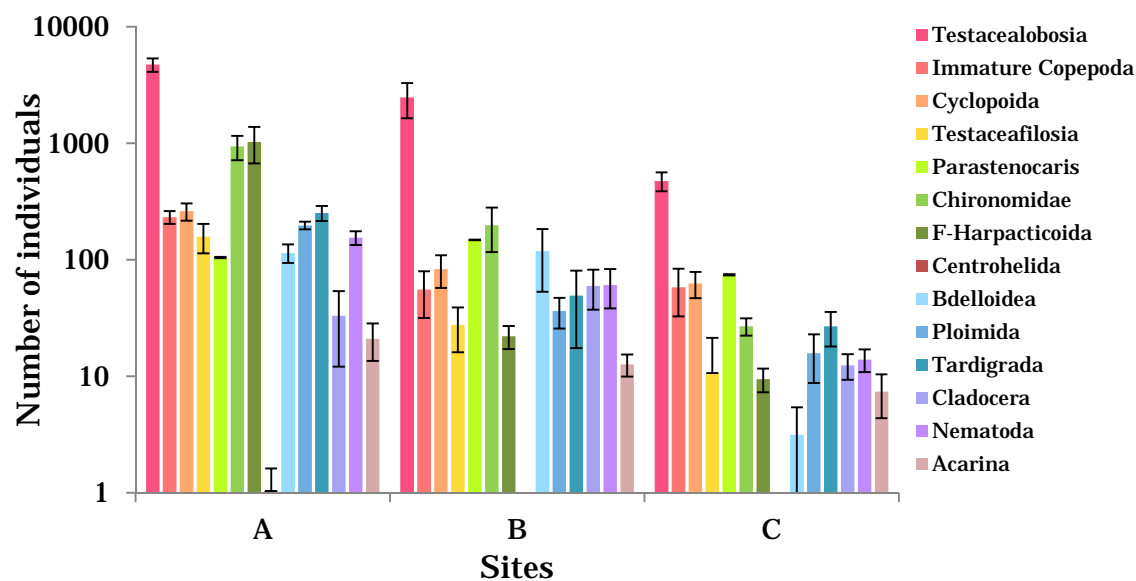


図3 3サイトでの間隙動物群集の補正された推定密度

総括

ポンプ法で採集される間隙動物の採集バイアスを、間隙動物の体サイズや形態、行動から説明することができた。分類群によって異なる揚水量を用いることでポンプ法での採集バイアスを減らすことができ、ポンプ法を密度評価の可能な定量採集法として使用するための補正方法を提案することができた。また、砂州上端河岸部での動物の分布パターンを整理し、河川横断方向の微小スケールでの群集組成の違いを明らかにし、分類群による横断分布の違いを示すことができた。

論文

Evaluation of a pump method for unbiased sampling of stream hyporheos. [Tanaka A.](#), T. Namba, K. Tanida & Y. Takemon, *Hydrobiologia* (in press). DOI: 10.1007/s10750-014-1820-x

審査結果要旨

河川生態系は、生物多様性が高く空間的にも時間的にも顕著な不均一性を示すことが知られている。河川生態系では、流れに沿った方向、流れと直交する方向、鉛直方向の3次元で、水や生物の動きが異なる。河川表層水と地下水の間には透水層が横たわり、そこには河床間隙動物 (**hyporheos**) とよばれる生物群が生息する。河床間隙動物は、河川表層水の直下のみならず河岸や氾濫原の下にも存在し、河川横断方向と鉛直方向での物質と生物の交換を通じて生物多様性に寄与している。しかし、河床間隙動物は偏りのない定量的な採集が困難であることから、群集構造についての知見は限られている。申請者は、堆積物を丸ごと採集するコア法と比較することにより、より簡便で、広範囲の底質をもつ河川で利用可能なポンプ法の評価を行い、ポンプ法を用いて、河川横断方向での群集組成の変化を調べた。

第1章では、ポンプ法による標本とコア標本を比較し、ポンプ法では生物の分類群に依存した採集バイアスが生じることを示した。採集バイアスと体長によって河床間隙動物を三つのグループに分け、採集バイアスは体長と体の扁平率で説明できることを明らかにした。続いて、ポンプで汲み上げる水を **10 L** ごとに区切って採集したところ、採集個体数の変化は三通りの減少パターンを示した。体が小さくポンプ法で採れやすい分類群のみがすべての減少パターンを示すことから、河床間隙動物の形態や行動から減少パターンを説明することができた。以上の結果から、分類群によって異なる量の揚水を用いることによって、ポンプ法での採集バイアスを減らすことができることを明らかにした。

第2章では、河道内1カ所と砂州内2カ所の計3カ所で河床間隙動物を採集し、その群集組成を比較した。採集バイアス補正後の群集組成は3地点間で有意に異なり、河道内では他の場所よりもユスリカ幼虫と紡錘型ハルパクチクス目カイアシ類が多かった。各分類群の分布パターンは、河道内に多い河道集中型、河道と水辺に多い河道水辺型、河道内と砂州に広く分布する広域分布型に分類され、各分類群の特徴と関連づけられた。これによって、河川横断方向の微少スケールでの群集組成の違いが明らかになった。

以上の結果は、河床間隙動物群集の構造について新たな知見を加えるものであり、学位論文審査委員会は、本論文は学位論文として十分な内容を要しているものと認める。