

短 報

滋賀県彦根市の農業用水路における スジエビ *Palaemon paucidens* とカワリヌマエビ属 *Neocaridina* spp. の分布

滋賀県立大学環境科学部

森 井 清 仁

滋賀県立大学大学院環境科学研究科

中 野 光 議

滋賀県立大学環境科学部

岩 間 憲 治

The distribution of the freshwater shrimp *Palaemon paucidens* and *Neocaridina* spp. within canals in Hikone City, Shiga Prefecture. Kiyohito Morii (*School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture*), Mitsunori Nakano (*Graduate School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture*) and Kenji Iwama (*School of Environmental Science, The University of Shiga Prefecture*)

要旨：滋賀県彦根市の農業用水路における淡水性エビ類の分布を明らかにするため、2014年6月16日、20日、23日、30日に3水路12地点で調査を行った。その結果、スジエビ *Palaemon paucidens* が292個体、ヌカエビ *Paratya improvisa* が7個体、カワリヌマエビ属 *Neocaridina* spp. が497個体採捕された。スジエビは水路の下流部に多く分布しており、カワリヌマエビ属は水路の上流部に多く分布していた。こうした分布の違いを創出した要因を知るため、統計解析を行ったところ、河川から調査地点までの距離（水路の下流端からの距離）はスジエビの個体数に対して負の相関を示し、カワリヌマエビ属の個体数に対しては正の相関を示した。さらに、スジエビとカワリヌマエビ属の個体数には負の相関があった。よって、スジエビとカワリヌマエビ属の分布の違いは、河川から調査地点までの距離と他種のエビ類の存在が関係していることが示唆された。

キーワード：滋賀県、スジエビ、カワリヌマエビ、分布、外来種

はじめに

滋賀県にはスジエビ *Palaemon paucidens*、ヌカエビ *Paratya improvisa*、ミナミヌマエビ *Neocaridina denticulata denticulata* の3種のエビ類が自然分布している（豊田・関，2014）。また、移入種としてテナガエビ *Macrobrachium nipponense*、カワリヌマエビ属複数種 *Neocaridina* spp. が定着し、分布している（原田・西野，2004；滋賀県，URL：www.pref.shiga.lg.jp/d/shizenkankyo/files/ikenngaiyou.pdf 2014.12参照）。ただし、テナガエビは在

来種であるという説もある（原田・西野，2004）。また、カワリヌマエビ属は本調査で扱う種は特定の1種と考えられるが、同定が困難であることからカワリヌマエビ属複数種とした。

これらの移入種のうち、カワリヌマエビ属は中国や韓国から生きた釣り餌（商品名ブツエビ）として輸入され、それらが生きたまま放流された結果、日本の淡水域に定着し拡散した可能性が高いと考えられている（丹羽，2011）。また、鑑賞用ペットとしても流通しており、これらが放流され定着した可能性もある。滋賀県では、2001年に

はじめて琵琶湖北湖周辺の2つの内湖で採集され、その後分布を拡大している（滋賀県生きもの総合調査委員会，2011）。

一方、在来種のうち、ミナミヌマエビはカワリヌマエビ属に分類される。滋賀県生きもの総合調査委員会（2011）によれば、1930年代以降2000年頃まで、滋賀県で分布記録がなく、絶滅したと考えられてきた。ところが2000年以降、ミナミヌマエビが滋賀県で再発見されている（滋賀県生きもの総合調査委員会，2011）。しかし、これらのミナミヌマエビ個体群は他県からの移入種であるとされている（滋賀県生きもの総合調査委員会，2011）。こうした理由に加え、すべての個体を正確に同定することが困難であることから、本調査では、現在滋賀県に生息するミナミヌマエビは移入種としてカワリヌマエビ属にまとめる。

今回の調査で扱っているエビ類は、種ごとに若干の食性の偏りがあるものの、いずれも雑食性であり、餌資源が類似している。また、同所的に採捕される（西野，1978）ことから、生息場所も類似していると考えられる。そのため、餌資源や生息場所の競合が種間で発生している可能性がある。しかし、この競合関係については報告例が見当たらない。

そこで、エビ類の競合関係を知る第一歩として、滋賀県彦根市を流れる江面川水系の農業用水路におけるカワリヌマエビ属やスジエビ、ヌカエビの分布を調査した。

調査地

琵琶湖への流入河川である江面川と安食川間の接続水路へ繋がる水路の中から、水路を3本選び、それぞれを水路A，B，Cとした（図1）。そして各水路の上流と下流でエビ類が分布の違いを示すかを知るため、各水路に4つの調査地点を設定し

た。その上で、例えば水路Aについて下流から順に地点A-1～A-4と名付けた。

このうち、地点A-1，B-1，C-1は水田地帯にあり、江面川と安食川間の接続水路への接部から200m前後と比較的近く、琵琶湖流入河川の影響が比較的大きいと考えられる。また、地点A-2，B-2，C-2も水田地点にあるが、水路の下流端からの距離が地点A-1，B-1，C-1に比べて遠くなっている。地点A-3，B-3，C-3は集落内に位置し、地点A-4，B-4，C-4は住宅地と農地が混在している。なお、調査地周辺の水田地帯は、琵琶湖からの逆水灌漑を行なっている。これらの水路を流れる水には、水田地帯からの排水に、住宅街を通過した水が加わっており、水路CではC-3付近に湧水がみられた。また、B-4を除くすべての地点では調査期間中、恒常的に通水していたが、B-4では調査時に通水していなかった。

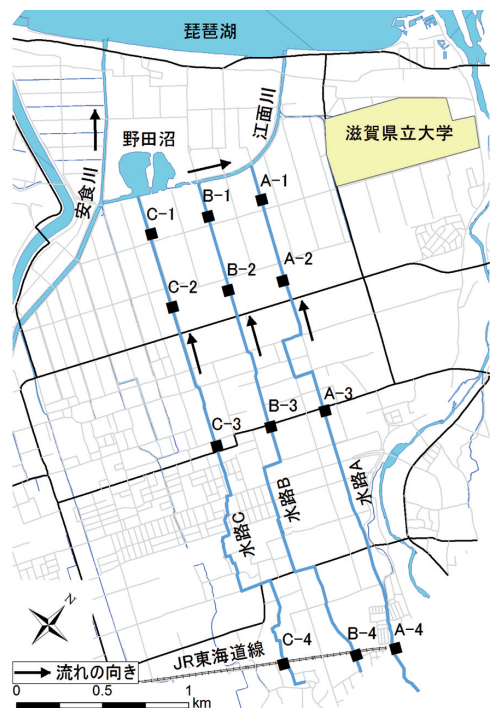


図1. 調査地概要。■は調査地点を示す。

た。

調査方法

田植えが終わり、水田からの排水が水路に流れている期間の2014年6月16日、20日、23日、30日に調査を行った。各地点では、水路に沿って30mの区間を設定し、調査区間とした。そして、各調査地点で2人が水路に入り、タモ網（36×35cm：目合い3mm）を使って15分間エビ類を採集した。採集したエビ類はその場で同定し、種ごとの個体数を記録したのちに放流した。ただしヌマエビ類については、捕獲個体数が多かった場合は滋賀県立大学へ持ち帰ったのちに同定した。また、オオクチバスやブルーギルは淡水エビ類を多く捕食している（杉浦・田口，2012）ことから淡水エビ類への影響が懸念されるため、同時に魚類も採集した。さらに、調査地点の環境条件として水路幅、流速、水深、水温、植物被度（調査区間全体の抽水・沈水植物の割合）も併せて測定した。なお、地点B-4では水路に水が流れていなかったため、水路幅のみを計測した。

統計解析

本調査で確認されたエビ類の中で、個体数の多いスジエビとカワリヌマエビ属について、一般化

線形混合モデルを用いて分布規定要因となりうる環境条件を調べた。応答変数をスジエビ、カワリヌマエビ属の個体数とし、ポアソン分布に従うと仮定した。R（バージョン2.14.0）を用いglmMLパッケージで解析した。説明変数は、水路幅、本流からの距離、水深、流速、水温、植物被度、スジエビまたはカワリヌマエビ属の個体数（応答変数で使われていない方の種）を連続変数とした。さらに、場所差を考慮するために、ランダム効果に水路の種類（A、B、C）をいれた。

結果

本調査で採捕したエビ類の個体数の合計は、スジエビが292個体、ヌカエビが7個体、カワリヌマエビ属が497個体であった。また、本調査においてオオクチバスやブルーギルは採捕されなかったため、本調査地では、オオクチバスやブルーギルの淡水エビ類に対する影響は非常に小さいと考えられた。したがって、本稿では外来魚の淡水エビ類に対する影響を考慮する必要がないといえる。

表1に各調査地点の水路幅、流速、水深、水温、植物被度、スジエビの捕獲個体数、カワリヌマエビ属の捕獲個体数、ヌカエビの捕獲個体数を示す。また、図2に、スジエビ、カワリヌマエビ属、ヌ

表1. 各調査地点の環境とエビ類の個体数。NAは測定不能を示す（通水していなかったため）。

	水路幅 (cm)	流速 (cm/s)	水深 (cm)	水温 (℃)	植物被度 (%)	個体数		
						スジエビ	カワリヌマエビ属	ヌカエビ
A-1	410	5	13	32	60	1	0	0
A-2	410	6	27	26.6	0	4	38	0
A-3	450	12	7	28	5	0	92	0
A-4	330	0	9	26	30	0	249	5
B-1	330	4	28	30	0	154	10	0
B-2	330	4	16	22.5	10	28	15	0
B-3	150	2	37	20	0	1	6	0
B-4	100	NA	NA	NA	NA	0	0	0
C-1	270	10	21	21.9	30	53	21	0
C-2	270	17	19	21.7	5	48	16	0
C-3	210	12	9	23	30	3	1	0
C-4	200	10	25	29.5	10	0	49	2

カエビの各調査地点での捕獲個体数と種類別割合を示す。スジエビは地点A-1, B-1, B-2, C-1, C-2, C-3で他の2種に比べて高い割合で分布していた。また、カワリヌマエビ属は地点A-2, A-3, A-4, B-3, C-4で他の2種に比べて高い割合で分布していた。スジエビが高い割合で分布していた地点は水路の下流部に多く、カワリヌマエビ属が高い割合で分布していた地点は水路の上流部に多かった。ヌカエビは上流部の2地点(A-4とC-4)でのみ確認された。

図3にスジエビの個体数とカワリヌマエビ属の個体数の関係を示す。図3からスジエビの個体数が多い地点ではカワリヌマエビ属の個体数は少なく、カワリヌマエビ属の個体数の多い地点ではスジエビの個体数は少ないことが分かる。また、両

種とも個体数が非常に少ない地点もあった(ともに10個体以下)。ただし、スジエビの個体数とカワリヌマエビ属の個体数の間に有意な相関はみられなかった(Spearmanの順位相関, $r = -0.386$, $p > 0.05$)。この原因は、スジエビの個体数とカワリヌマエビ属の個体数がともに少ない地点が3地点(A-1, B-3, C-3)あったためであると考えられた。これらの地点は、農業や濁水など何らかの理由で淡水エビ類の生息に適していない環境であったと考えられる。そこで、その3地点を除いて相関を調べたところ、有意な負の相関を示した(Spearmanの順位相関係数, $r = -0.878$, $p < 0.05$)。

表2に、スジエビについて、一般化線形混合モデルを用いた統計解析結果を示す。スジエビの個体数は水路幅、水深、植物被度、下流端から調査地点までの距離に有意な負の相関(Wald検定, $p < 0.05$)を示していた。

さらに表3に、カワリヌマエビ属についての統計解析を行った結果を示す。カワリヌマエビ属の個体数は、水路幅、下流端から調査地点までの距離、スジエビの個体数について有意な正の相関(Wald検定, $p < 0.05$)を示し、水温について有意な負の相関(Wald検定, $p < 0.05$)を示した。

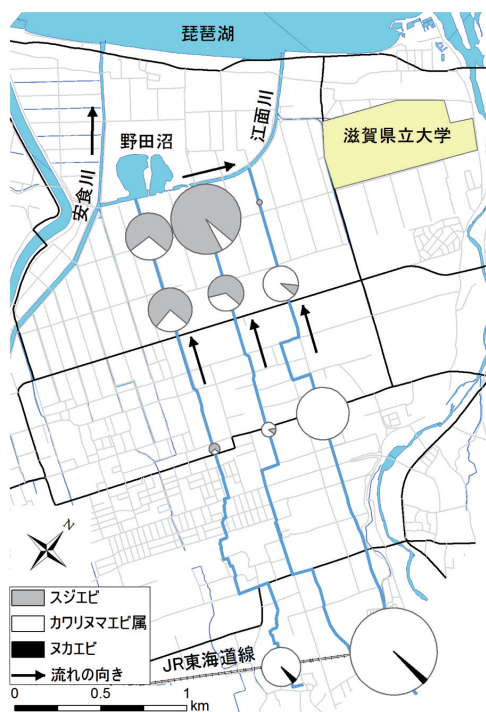


図2. 各調査地点のエビ類の個体数の割合。円の大きさはその地点で採捕された個体数の大きさを示している。

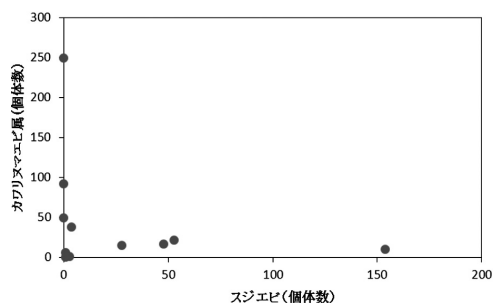


図3. 調査地点ごとのスジエビとカワリヌマエビ属の個体数の関係。

表 2. スジエビの個体数と環境要因の相関. coef (係数) の値はパラメーターの最尤推定値. z の値は最尤推定値を標準誤差で除した値. Pr ($>|z|$) の値は推定値の信頼区間が近似的に算出された値.

	coef	z	Pr($> z $)
水路幅	-0.025	-4.58	0.012
流速	-0.072	-2.76	0.292
水深	-0.160	-3.76	0.034
水温	0.124	2.11	0.471
植物被度	-0.077	-7.34	<0.001
下流端からの距離	-0.005	-10.07	<0.001
カワリヌマエビ属個体数	0.018	1.15	0.923

表 3. カワリヌマエビ属の個体数と環境要因の相関. coef (係数) の値はパラメーターの最尤推定値. z の値は最尤推定値を標準誤差で除した値. Pr ($>|z|$) の値は推定値の信頼区間が近似的に算出された値.

	coef	z	Pr($> z $)
水路幅	0.053	4.44	0.022
流速	0.139	1.49	0.500
水深	0.261	3.16	0.078
水温	-0.569	-4.50	0.016
植物被度	0.075	2.19	0.474
下流端からの距離	0.004	4.82	0.003
スジエビ個体数	0.025	4.55	0.013

考察

スジエビについて

図 2 と表 2 より, スジエビは各水路の下流側に多く分布する傾向があった。このような分布の偏りが生じる要因には, 環境条件による場合と生態的特徴による場合が考えられる。

まず環境条件について考察する。表 2 を見ると, スジエビの個体数は, 水路幅, 水深, 植物被度に対して有意な負の相関を示した。すなわち, スジエビの生息には, 水路幅が狭く, 水深が浅く, 植物被度が小さい環境が適していると考えられた。しかし, 本調査で扱った水路幅は 150~410cm と全体的に大型の水路であり, 270~330cm の地点でほとんどのスジエビが採捕されている。したがって, 3 m 程の水路幅がスジエビの生息に適している可能性が示唆された。さらに, スジエビの個体数に対して水深が負の相関を示したが, 本調査で扱った水深は 7~37cm と全体的に浅く, 10cm 以下の地点でスジエビが 3 個体のみが採捕されたことから, 水深はスジエビの分布を決定する要因ではない可能性が考えられた。

次に生態的特徴について考察する。スジエビは, 一生を淡水中で過ごす陸封型と, 海水域と淡水域を往復する両側回遊の 2 つの生態型が存在する

(渡邊・狩野, 2009)。本調査地の水系はすべて淡水であることから, 本調査で扱ったスジエビは陸封型であると考えられる。しかし, ビワマスに代表されるように琵琶湖を海の代わりにして両側回遊を行う降湖型という種も存在する(藤岡, 1988)。仮に本調査で扱ったスジエビが琵琶湖を海の代わりとした降湖型であるとする, 繁殖や幼生の成長といった理由で生活サイクル上, 琵琶湖などの広い水域を必要とすることから, 広い水域から離れた水域(水路の上流部など)に移動しようとする可能性がある。その結果, スジエビは水路の下流端からの距離に有意な負の相関を示した可能性が示唆される。しかし, この可能性の検証は, 今後の研究を待たなくてはならない。

また, 表 2 よりスジエビの個体数はカワリヌマエビ属の個体数に対して有意な相関は見られなかった。つまり, スジエビはカワリヌマエビ属から大きな影響を受けずに分布していると考えられる。

カワリヌマエビ属について

図 2 より, カワリヌマエビ属は各水路の上流部から下流部まで広く分布していることが分かる。しかし, 表 3 より, カワリヌマエビ属の個体数は下流端からの距離に有意な正の相関を示しており, 水路の上流部に多く分布する傾向があった。スジ

エビと同様に、このような分布の偏りが生じる要因には、環境条件による場合と生態的特徴による場合が考えられる。

まず環境条件について考察する。表3を見ると、カワリヌマエビ属の個体数は、水路幅が有意な正の相関を示した。さらに、水温がカワリヌマエビ属の個体数に有意な負の相関を示した。すなわち、カワリヌマエビ属の生息には、水路幅が大きく、水温の低い環境が適していると考えられる。

しかし、水路幅が狭いところ（A-3～A-4など）でもカワリヌマエビ属の個体数は40個体以上と多いところもある。すなわち、水路幅はカワリヌマエビ属の分布の決定的な要因ではない可能性もある。

また、有意な負の相関を示した水温について考察する。カワリヌマエビ属と同じ科のヌマエビでは、水温が30℃以上に上昇すると死亡するものが多くなる（岩本・水江、1966）ことが分かっているため、高水温の場合、カワリヌマエビ属の個体数が減少する可能性がある。しかし、本調査では水温が20℃以下の値は計測されなかった。かつ、30℃に近い地点でもカワリヌマエビ属は40個体以上と多く採捕された。つまり、カワリヌマエビ属は、20℃から30℃弱まで様々な水温下で生息可能であると言える。

したがって、カワリヌマエビ属の分布は、下流端からの距離によって個体数の偏りが決定される可能性があるが、そのほかの要因でカワリヌマエビ属の分布を説明するのは難しいと考えられた。

次に、生態的特徴について考察する。表3よりカワリヌマエビ属の個体数はスジエビの個体数に有意な正の相関を示した。しかし、スジエビとカワリヌマエビ属がともに個体数が少ない場所（10個体以下）以外では、スジエビの個体数とカワリヌマエビ属の個体数には有意な負の相関関係がある。したがって、表3のカワリヌマエビ属の個体

数とスジエビの個体数との有意な正の相関は両種の個体数が少ない地点の影響、または多重共線性の影響であると考えられる。つまり、カワリヌマエビ属の個体数とスジエビの個体数には有意な負の相関があり、淡水エビ類が生息出来る環境ならば、スジエビの個体数が少ない方がカワリヌマエビ属の個体数は多くなることを示している。さらに、本調査ではカワリヌマエビ属はほぼすべての地点で採捕されていることから、カワリヌマエビ属は様々な環境に適応できるという特徴を持つ種であることが考えられる。また、この特徴は、外来種であるカワリヌマエビ属が日本に定着できた原因の一つである可能性がある。

ヌカエビについて

ヌカエビは2地点で、しかも少数の個体しか採捕されなかった（図2、表1）。しかし、ヌカエビとカワリヌマエビ属はともにヌマエビ科で、体長や餌資源、生息場所がカワリヌマエビと類似していることから、2種間で競合が発生し、ヌカエビの個体数が減少した可能性がある。

他方、ヌカエビと同属のヌマエビは農薬に対する感受性が高いことで知られており、ヌカエビも農薬の感受性が高い可能性がある（滋賀生きもの総合調査委員会、2011）。また、調査地周辺には水田地帯もあり、本調査で扱った水路には農業排水が流れ込んでいる水路がいくつもあった。それらのことから、毎年水路に流れ込む農薬によってヌカエビが個体数を減らして、本調査でほとんど確認されなかった可能性がある。

スジエビとカワリヌマエビ属の分布の違いについて

表2においてスジエビの個体数はカワリヌマエビ属の個体数に対して有意な相関は見られず、表3においてはカワリヌマエビ属の個体数はスジエビの個体数に有意な正の相関を示したが、スジエ

ビとカワリヌマエビ属がともに個体数が少ない場所（10個体以下）以外では、スジエビの個体数とカワリヌマエビ属の個体数には有意な負の相関関係にあった。このことから、スジエビとカワリヌマエビ属は餌資源や生息場所の競争をしている可能性が考えられる。競争する種同士は、どちらか一方の競争力が優れていればもう一方の種の個体数の減少を招くことがある。また、スジエビはカワリヌマエビ属よりも体長が大きく成長する（豊田・関，2014）。よって、スジエビはカワリヌマエビ属よりも競争力に優れると考えられる。これは、表2においてスジエビの個体数はカワリヌマエビ属の個体数に対して有意な相関は見られなかったことの説明にもなる。すなわち、スジエビとカワリヌマエビ属の個体数の負の相関の原因は、スジエビの存在がカワリヌマエビ属の個体数を抑制したためであると考えられる。この際、スジエビの肉食性が強いという食性からスジエビがカワリヌマエビ属を捕食していることも考えられるが、これについては今後の研究が必要である。

謝辞

本稿を執筆するにあたり、滋賀県立大学の倉茂好匡教授、本間淳博士には多くのご助言を頂いた。また、壽莉紗氏、杉山悠生里氏、皆本静佳氏（滋賀県立大学）には調査を協力していただいた。さらに、査読者の方には多くの有用なコメントをいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

引用文献

- 藤岡康弘. 1988. ビワマスとアマゴの成長ならびにパー・スモルト変態に伴う外部形態の変化. 日本水産学会誌, 54 (1): 77-86.
- 岩本泰雄・水江一弘. 1966. ヌマエビ (*Caridina japonica* DE MAN) の増殖-1: ヌマエビの形態とその棲息地及び生態について. 長崎大学水産学部研究報告, 20: 29-38.
- 原田英司・西野麻知子. 2004. 琵琶湖のテナガエビの由来に関する一考察. 滋賀県琵琶湖研究所報, 21: 91-110.
- 西野麻知子. 1978. 琵琶湖南湖の沈水植物におけるスジエビ、ヌマエビの生活史. ベントス研究会連絡誌, 15/16: 52-53.
- 丹羽信彰. 2011. 兵庫県菅生川のカワリヌマエビ属 *Neacardina* spp. に付着したヒルミミズ *Holtodrilus truncatus* の侵入時期と侵入経路の推定. Cancer, 20: 29-31.
- 滋賀県生きもの総合調査委員会. 2011. 滋賀県で大切にすべき野生生物-滋賀県レッドデータブック2010年版-. 583pp. サンライズ出版, 彦根.
- 杉浦省三・田口貴史. 2012. 琵琶湖野田沼周辺におけるオオクチバスとブルーギルの胃内容物と糞中DNAによる摂餌生態の推定. 日本水産学会誌, 78 (1): 43-53.
- 豊田幸詞・関慎太郎. 2014. 日本の淡水性エビ・カニ-日本産淡水性・気水生甲殻類102種-. 255pp. 誠文堂新光社, 東京.
- 渡邊純平・狩野泰則. 2009. 宮崎県南部の2河川におけるエビ類の分布. 宮崎大学農学部研究報告, 55: 25-35.