

東日本鶴見川水系における カワリヌマエビ属とヌカエビの急激な分布の変化

片山 敦*・佐藤僚介*・吉川朋子*

Distribution of introduced freshwater shrimp *Neocaridina* sp. and native shrimp *Paratya improvisa* in the Tsurumi River in eastern Japan. KATAYAMA Atsushi*, SATOU Ryosuke* & YOSHIKAWA Tomoko (College of Agriculture, Tamagawa University, 1-1 Tamagawa Gakuen 6, Machida, Tokyo, 194-8610 Japan).

Occurrence of *Neocaridina* sp. has recently been reported in several places in eastern part of Japan. In order to know the impact of this introduced species on a native freshwater shrimp, *Paratya improvisa*, which occurs in similar habitats, we examined the distribution of *N.* sp. and *P. improvisa* in the Tsurumi River in 2014 and from 2016 to 2017. In riverine habitats, *N.* sp. occurred at almost all sites of examination. *P. improvisa* co-occurred at only two sites in 2014, and disappeared by 2016. In small ponds, *N.* sp. and *P. improvisa* co-occurred at one site and *P. improvisa* occurred at three sites in 2014. By 2017, *N.* sp. replaced *P. improvisa* at two sites and *P. improvisa* occurred only at two sites. We found that where two species co-occurred in almost the same number, *N.* sp. replaced *P. improvisa* within two to three years. It is thus important to prevent introduction of *N.* sp. into pond habitats where *P. improvisa* occurs by raising public awareness of the risky consequence of releasing non-native shrimps.

Keywords

Tsurumi River, *Paratya improvisa*, *Neocaridina* sp., introduced species, freshwater shrimp
鶴見川, カワリヌマエビ属, 外来種, 淡水エビ

1 はじめに

日本の河川や湖沼、汽水域に生息する淡水産エビ類は、ヌマエビ科とテナガエビ科、またはテッポウエビ科のいずれかに属する¹⁾。ヌマエビ科は全ての種が純淡水種であり²⁾、そのうちカワリヌマエビ属は大卵少産型の陸封型で、中国南部から東南アジアにかけて広く分布している²⁾。日本には西日本に分布するミナミヌマエビ *Neocaridina denticulata denticulata* と、南西諸島に分布する3種の計4種が生息している^{1, 2)}。しかし近年、本来カワリヌマエビ属が分布していない関東地方や東北地方、北海道などでも、カワリヌマエビ属のエビ類が確認されている³⁻⁸⁾。

これらのカワリヌマエビ属は、形態的な違いやDNA

の解析から、日本の関東以南在来のミナミヌマエビの国内外来種ではなく、大陸に生息するカワリヌマエビ属が移入された国外外来種であると考えられている¹⁰⁻¹²⁾。丹羽⁹⁾によると、中国や韓国から釣り餌や観賞用としてカワリヌマエビ属が輸入されており、複数種の外来カワリヌマエビ属が日本に侵入定着している可能性が示唆されている。また、在来のカワリヌマエビ属であるミナミヌマエビが分布している兵庫県の夢前川水系では、中国原産のカワリヌマエビ属の *N. d. sinensis* に寄生するヒルミミズ *Holtodrilus truncatus* が確認されており¹³⁾、DNA解析からもミナミヌマエビの生息域にも国外外来種が侵入していることが明らかになっている¹²⁾。

東京都から、神奈川県にかけて流れる鶴見川水系でも、カワリヌマエビ属の侵入が報告されている⁴⁾。鶴見川水系では、横浜市による生物調査が定期的に行われており^{4, 14-25)}、横浜市環境科学研究所により2008年に行わ

* 〒194-8610 東京都町田市玉川学園6-1-1 玉川大学農学部

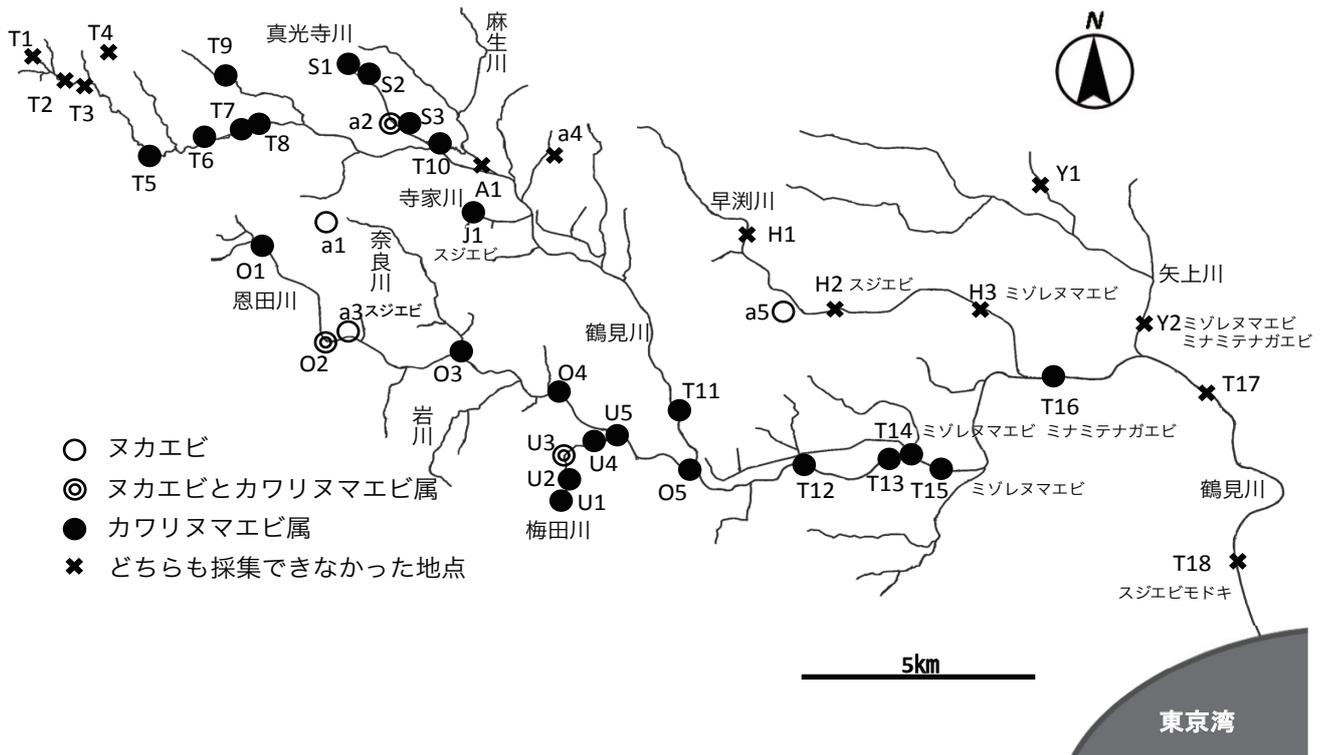


図1. 2014年の鶴見川水系におけるエビ類の分布.

Tは鶴見川本流, Yは矢上川, Hは早瀬川, Jは寺家川, Aは麻生川, Sは真光寺川, Oは恩田川, Uは梅田川, aは池を表す.

れた調査で初めてカワリヌマエビ属の生息が確認されている²⁴⁾. しかし、これらの調査は横浜市内のみを対象としており、鶴見川の上流部、東京都町田市内や神奈川県川崎市内の区域も含めた水系全体のカワリヌマエビ属の分布は報告されていない.

また、鶴見川水系には、カワリヌマエビ属と同じく純淡水種であるヌマエビ科ヌマエビ属のヌカエビ *Paratya improvisa* が生息しており²⁵⁾、カワリヌマエビ属の分布拡大が、在来種のヌカエビの生息に影響を与えている可能性がある. そのため本稿では、鶴見川水系全域におけるカワリヌマエビ属とヌカエビの分布、およびその経年変化を知るために、2014年と2016年および2017年に鶴見川水系でエビ類の分布調査を行った.

2 方法

調査を行った鶴見川は、東京都町田市上小山田の谷戸(標高約170m)を源として神奈川県横浜市鶴見区で東京湾に注ぐ、全長43km、流域面積235km²の一級河川であり、その流域は、東京都町田市、稲城市、神奈川県川崎市、横浜市の1都1県の4市にまたがり、宅地等の市街地が約85%、森林や農地等が15%となっている²⁶⁾.

2014年の調査は、鶴見川本流の18地点と、支流(矢

上川、早瀬川、寺家川、麻生川、真光寺川、恩田川、梅田川)の20地点、その他周辺の池5地点を加えた、合計43地点で、2014年4月2日から11月16日にかけて行った(図1).

採集にはタモ網(間口34cm、目合3mm)を用い、各調査地点で水際の植物の根元や岩の下などを10回網で掬い取った. 採集したカワリヌマエビ属は70%エタノールで固定した後研究室に持ち帰り、体長、雌雄、雌の抱卵の有無を記録した. 小型個体は実体顕微鏡を用いて雌雄を判別した. 雌雄の判別は、第1腹肢内肢の形(雄の場合は西洋梨型)と、第2腹肢の雄性突起の有無によっておこなった. ヌカエビなどカワリヌマエビ属以外のエビ類は個体数を数え、その場で放流した. なお、立ち入れる範囲が狭く10回の採集ができなかった地点では、小型の網を用いエビ類の有無のみを記録した.

経年による分布の変化を調べるため、2016年6月27日から9月25日に、鶴見川本流5地点および支流(麻生川、真光寺川、恩田川、梅田川)9地点の合計14地点で、2014年と同様の方法でカワリヌマエビ属とヌカエビのみについて調査を行った. また池については、2017年8月17日に調査を行った. 2014年の調査でヌカエビとカワリヌマエビ属が同所的に生息していた河川地点(U3)と池(a2)については、2015年に3回エビ類の個体

表1 鶴見川水系に出現したエビ類。カワリヌマエビ属とヌカエビについて、河川は2014年と2016年、池は2014年と2017年に調査を行った。他のエビ類は2014年のみ調査した。

調査地点	標高 (m)	調査日		カワリヌマエビ属		ヌカエビ		ミノヌマエビ		ミナミテナガエビ		スジエビ		スジエビモドキ	
		2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016	2014	2016
鶴見川															
本流															
T1	103	4/11	8/11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鶴見川源流の泉下流															
T2	91	4/10		0		0		0		0		0		0	0
上山田みつやせせらぎ公園															
T3	84	4/10		0		0		0		0		0		0	0
小山学童保育クラブ前															
T4	97	10/18		0		0		0		0		0		0	0
アサザ池下流															
T5	58	10/18		44		0		0		0		0		0	0
図師大橋下流															
T6	49	4/10	8/10	20	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新鍬橋下流(旧河道)															
T7	49	10/18		25		0		0		0		0		0	0
参道橋上流															
T8	47	4/10	8/10	11	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
参道橋下流															
T9	64	8/4		+		0		0		0		0		0	0
小野路川上流部															
T10	31	8/20		141		0		0		0		0		0	0
真光寺川合流地点															
T11	13	4/2	9/2	14	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
川和町駅近く															
T12	9	4/2		8		0		0		0		0		0	0
新川向橋上流															
T13	6	4/2		9		0		0		0		0		0	0
小机大橋下流															
T14	6	4/2		19		0		1		0		0		0	0
江川合流地点															
T15	6	4/2	9/25	2	1	0	0	3		0		0		0	0
亀甲橋下流															
T16	6	4/2		1		0		0		0		0		0	0
大綱橋															
T17	5	11/16		0		0		0		0		0		0	0
末吉橋															
T18	4	11/16		0		0		0		0		0		0	+
鶴見川河口干潟(貝殻浜)															
矢上川															
Y1	8	11/16		0		0		0		0		0		0	0
江川せせらぎ遊歩道															
Y2	6	11/16		0		0		23		1		0		0	0
矢上川橋															
早瀬川															
H1	15	8/13		0		0		0		0		0		0	0
厚木街道下流															
H2	7	8/13		0		0		0		0		1		0	0
茅ヶ崎橋															
H3	8	8/13		0		0		48		0		0		0	0
高田橋上流															
J1	31	10/18		+		0		0		0		+		0	0
寺家ふるさと村用水路															
A1	28	7/2	8/12	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鶴見川合流地点(スロープ上流)															
S1	52	4/25		6		0		0		0		0		0	0
鶴見川合流地点(緑道)															
S2	52	4/25		+	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
広袴公園															
S3	34	8/5	8/12	92	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
下堰橋下流															
O1	68	6/14	8/13	1	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
都道3号線下流															
O2	50	6/14	6/27	9	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
高瀬橋下流															
O3	29	6/14	6/27	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
奈良川合流地点															
O4	20	6/14	9/10	16	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
東名高速道路下															
O5	11	6/14	9/10	17	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
鶴見川合流地点上流															
U1	24	5/16		+		0		0		0		0		0	0
梅田川遊水池															
U2	21	5/16		+		0		0		0		0		0	0
杉沢堰															
U3	19	5/16	9/2	18	40	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
新治小学校裏															
U4	16	5/16		5		0		0		0		0		0	0
三保天神前橋上流															
U5	12	5/16		12		0		0		0		0		0	0
鶴見川合流地点上流															
池															
a1	71	7/16	8/17 **	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
玉川学園構内															
a2	37	8/5	8/17	23	56	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
権現橋下流 遊歩道人工池															
a3	44	6/14	8/17	0	+	+	0	0	0	0	0	+	0	0	0
弁天橋公園															
a4	47	8/13	8/17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
王禅寺ふるさと公園															
a5	18	8/13	8/17	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0
都筑中央公園内杉山神社															

* 10回の手網採集ができない地点でエビ類が捕獲された場合は+で示した

** 池の調査は2017年に行った

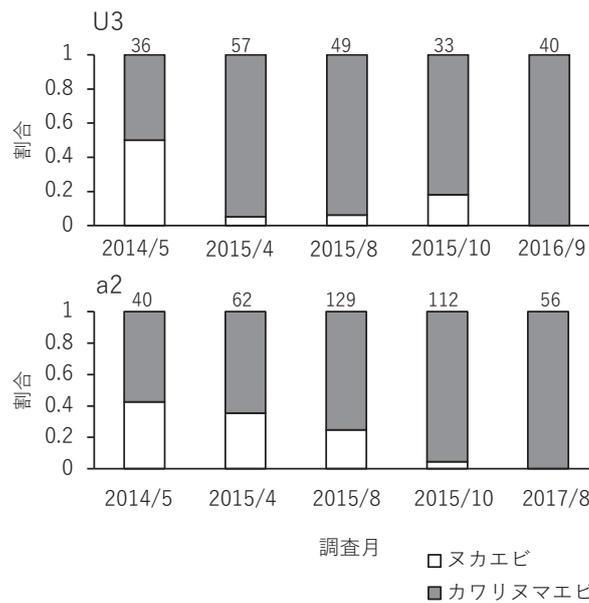


図2. カワリヌマエビ属とヌカエビが同所的に生息した場所での両種の個体数の割合の変化。河川 (U3) は2014年から2016年、池 (a2) は2014年から2017年間の変化を示す。棒グラフの上の数は採集した個体数を示す。

数の推移を調査した。

3 結果

2014年の調査では、鶴見川の河川38地点中、31地点でエビ類を確認できた(表1)。カワリヌマエビ属は26地点で出現し、そのうち2地点(O2, U3)ではヌカエビも同所的に採取された。鶴見川のカワリヌマエビ属の出現の最上流はT5地点、最下流はT16地点であった(図1)。池5地点のうち3地点はヌカエビのみが採取され、1地点はヌカエビとカワリヌマエビ属が同所的に出現し、残りの1地点はエビ類が採取されなかった(表1, 図1)。ヌカエビとカワリヌマエビ属以外で採取されたエビ類は、ミゾレヌマエビ *Caridina leucosticta*、ミナミテナガエビ *Macrobrachium formosense*、スジエビモドキ *Palaemon serrifer*、スジエビ *Palaemon paucidens* であった。

2016年の河川調査では、河川14地点中13地点でエビ類が採取された(表1)。すべての地点でカワリヌマエビ属のみが出現し、2014年に同所的にヌカエビが出現した2地点(O2, U3)でもヌカエビは確認できなかった。2017年の池の調査では、2014年にヌカエビが観察された4地点のうち、2地点ではカワリヌマエビ属のみが採取された。ヌカエビのみが採取されたのは2地点のみであった。

2014年の調査でヌカエビとカワリヌマエビ属がほぼ

同じ割合で生息していた河川地点(U3)では1年後にはヌカエビの割合が5-20%となり、2年後には消滅した(図2)。池(a2)では2014年の40%から2015年に徐々に減り、3年後の2017年には消滅していた(図2)。

2014年8月にカワリヌマエビ属の個体数が多く採取されたT10地点とS3地点の体長組成を見ると、T10地点での雌雄比は0.83(雌/雄=62/75, 雌雄不明4個体は除外した)で、抱卵個体は5個体であった(図3)。S3地点では雌雄比は1.05(雌/雄=45/43, 雌雄不明4個体は除外した)で、抱卵個体は10個体であった(図3)。

4 考察

本調査により、鶴見川水系では、過去に調査が行われていなかった鶴見川上流部、支流の恩田川上流部、真光寺川上流部を含む、ほぼ全域にカワリヌマエビ属が分布していることが分かった。その一方で、2014年に河川2地点で見られたヌカエビは2016年には河川から消滅したことが明らかになった。池に関しては、2014年に4地点で確認されたヌカエビは、2017年には2地点がカワリヌマエビに置き換わり、ヌカエビの生息地点は2地点のみであった。

鶴見川水系では横浜市によって定期的に河川の生物相の調査が行われている^{4,14-25)}。鶴見川水系において

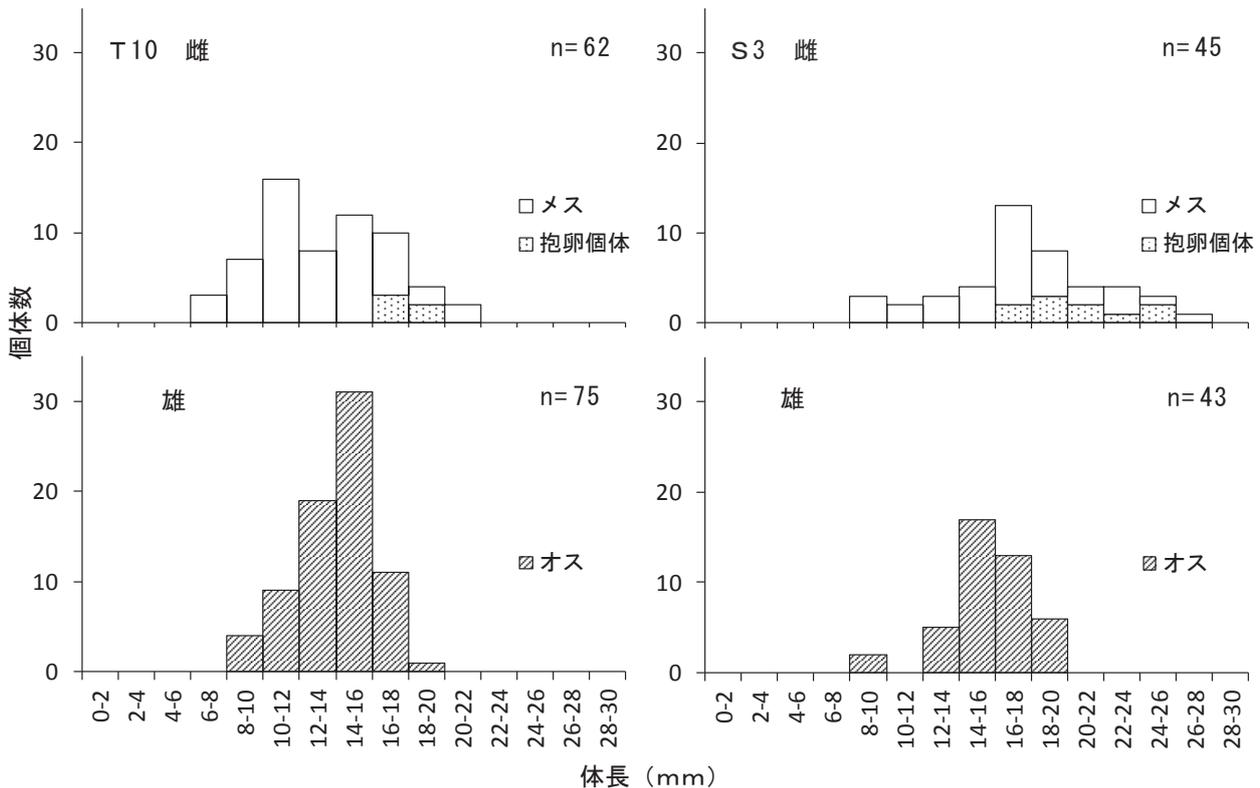


図3. カワリヌマエビ属の雌雄別の体長分布。
2014年に多く採集された2地点(T10, S3)について示す。

カワリヌマエビ属が初めて確認された横浜市環境科学研究所による2008年の調査結果²⁴⁾と、その後行われた2011年²⁵⁾、2015年の調査結果⁴⁾、本研究による2014年、2016–2017年の調査結果を比較したのが図4である。2008年に鶴見川と恩田川の合流地点で初めて確認されたカワリヌマエビ属は、2011年には鶴見川の上流側と下流側へと分布を拡大し、さらに2014年には鶴見川本流のほぼ全域と支流の恩田川、真光寺川、梅田川の全域に、2015年には支流の岩川、早淵川にまで分布を拡大させたことが分かる。一方、ヌカエビは2014年までは毎回確認されていたが、2015年度、2016年度の調査では河川では確認されなくなっている。これらの結果から、鶴見川の河川に生息するヌカエビは7年の間にカワリヌマエビ属に置き換わったことが分かる。

カワリヌマエビ属が分布を拡大させている要因としては、カワリヌマエビ属が遡上または流下し自ら分布を拡大させている可能性と、人為的に移入され分布を拡大させている可能性が考えられる。両側回遊性のヤマトヌマエビ *C. multidentata* やヌマエビ *P. compressa*、ヒラテナガエビ *M. japonicum* などのエビ類は、河川を遡上することが知られているが²⁷⁾、純淡水種であるカワリヌマエビ属についても、遡上性を持つことが報告されている。丹羽・

横山²⁸⁾は、兵庫県夢前川水系で、在来のカワリヌマエビ属であるミナミヌマエビを標識放流したところ、3週間後に64.2 m上流で再捕獲しており、また堰堤下で放流した個体も、40 cm上の堰堤で再捕獲したことを報告している。長谷川ら⁷⁾も、カワリヌマエビ属が高低差数十 cmの排水溝を遡上することを確認している。著者(片山)も、公園の3 mの垂直の滝をカワリヌマエビ属が遡上することを確認している。カワリヌマエビ属は純淡水種としては高い遡上能力を持つと考えられ、高低差があり侵入が困難と考えられる場所にも自ら侵入する可能性がある。したがって、堰堤はカワリヌマエビ属にとって分布の妨げにはならず、鶴見川においては河川の遡上によっても分布を拡大した可能性が高い。

今回の調査で最も下流で確認されたのは、河口から8.5 kmの感潮域にあたるT16(2014年)であった。在来のカワリヌマエビ属であるミナミヌマエビは感潮域では採集されないか、採集されても上流と比べ、少ない個体数であることが報告されている^{29,30)}。今回採取されたカワリヌマエビ属も塩分への耐性は低く、分布可能な範囲は感潮域より上流になると考えられる。カワリヌマエビ属の支流への分布拡大は、矢上川のように鶴見川本流との合流地点が感潮域にある場合には妨げられていると考

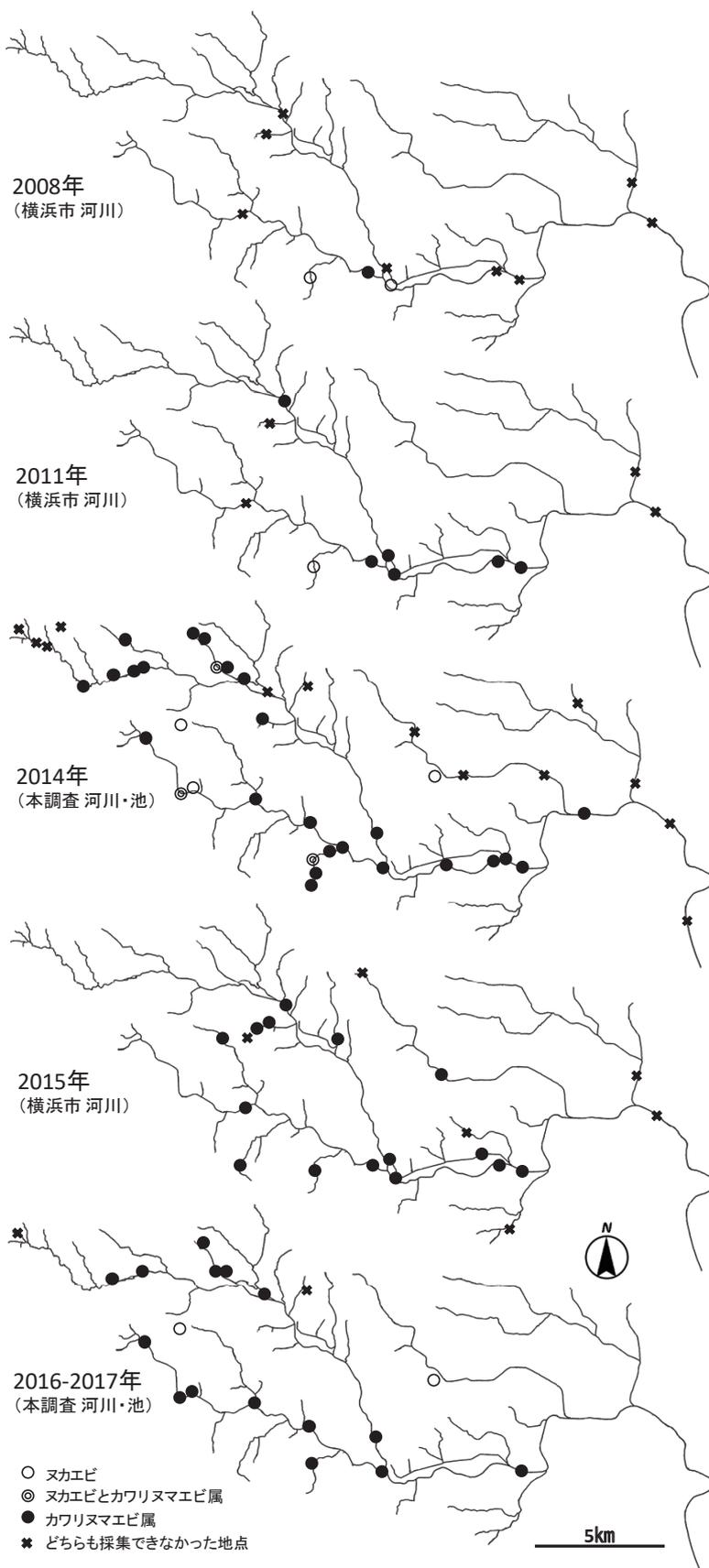


図4. 2008年から2017年のカワリヌマエビ属とナカエビの分布.

2008, 2011年, 2015年の図は横浜市環境科学研究所^{4, 24, 25)}を元に作成した. 横浜市の調査は河川のみで行われている. 2014年と2016-2017年の図は本調査の結果を示す.

えられた。

池においては、2017年の時点でヌカエビが生息している2地点は、湧水または人工的に汲み上げた雨水を水源とし、河川とは暗渠で100 m以上離れている。2017年までにカワリヌマエビ属のみに置き換わった2地点は、河川沿いの公園の池で、2面張りの護岸された河川の水面とは10 mほどの高低差がある。これら川沿い2地点へのカワリヌマエビ属の侵入は、排水溝などを遡上した可能性が考えられるが、その他にも、池で採集したエビ類をバケツで持ち歩く子供が河川にいたことから、河川のカワリヌマエビ属が、池に放流された可能性も考えられた。

カワリヌマエビ属とヌカエビは、共に純淡水種で体長や生息場所が類似しており、両者は競合すると考えられる。西田⁶⁾による相模川での研究によると、ヌカエビとカワリヌマエビ属が同所的に分布する場所ではカワリヌマエビ属の方が個体数が多いことから、カワリヌマエビ属の方が有利であることが示唆されている。また、長谷川ら⁷⁾による宮城県での研究でも、ヌカエビとカワリヌマエビ属が同所的に生息する場合、個体数は相反する関係にあり、特にため池ではカワリヌマエビ属の個体数がヌカエビに影響を及ぼす一方でヌカエビの個体数はカワリヌマエビ属に影響を与えないことから、カワリヌマエビ属がヌカエビの生息に負の影響を及ぼすと結論づけている。本調査でも、両者が同所的に生息していた地点では、2-3年でヌカエビが消滅している。

カワリヌマエビ属とヌカエビの生活史で大きく違う点として、発生様式が挙げられる。鶴見川流域の個体群でみると、繁殖期間は両者とも4月から10月のほぼ同期間であり、カワリヌマエビは長径0.9-1.0 mmほどの卵を最大で171個の抱卵（鶴見川T6地点）、ヌカエビは長径0.6-0.7 mmほどの卵を最大で288個の抱卵（池a1地点）が観察されている。大型の卵を産むカワリヌマエビ属は直達発生で、孵った稚エビはすぐに底生生活に入るが³¹⁾、小型の卵を産むヌカエビは、16-18日の浮遊幼生期を持つ³²⁾。今回調査した鶴見川は、流域の85%が市街地であり、全国の一級河川で最も流域内の人口密度が高い²⁶⁾。雨水が浸透しにくい舗装面の多い市街地では、降雨のたびに河川の水位が変化しやすく、また川岸が護岸整備されているため、水生生物の避難場所となるワンドやたまりなどの止水的環境が少ない。このような都市河川は、浮遊期を持つヌカエビにとって生息しにくい環境であり、河川でのヌカエビの減少の原因の一つだと考えられる。

西田⁶⁾による相模川での研究ではヌカエビは上中流域に、カワリヌマエビ属が中下流域に分布し、上流域ではヌカエビが単独で分布していることが報告されている。

しかし、鶴見川水系ではそのような棲み分けは確認されず、上流から下流まで、カワリヌマエビ属のみが分布していた。2017年にカワリヌマエビ属が多く採集された2地点（T9,S1）も上流に近く、抱卵個体が採集されている。

今回の調査で、2017年までヌカエビが生息しているのは水源に近い一部の池だけであった。いったんカワリヌマエビが侵入すると、ヌカエビが駆逐されることから、ヌカエビの保全を考える場合、このような生息場所へのカワリヌマエビ属の人為的な放流を妨げることが重要になる。カワリヌマエビ属は中国や韓国から釣り餌や観賞用として輸入されたものが、野外に移出して定着したと考えられているが⁹⁾、現在もペットショップやホームセンターなどでは観賞用として販売されており、今後も飼育個体の意図的、非意図的な野外への移出が起こる可能性が多い。

今後、まだカワリヌマエビ属が確認されていない鶴見川水系最上流部やその他の支流、池への人為的な移入を防ぐために、継続したモニタリングと同時に、外来カワリヌマエビ属の問題について普及啓発を行っていくことが重要である。また、今回明らかになったように、外来種による在来種の置き換わりが急激に起きている現状では、滋賀県の条例³³⁾のように、地域の状況に柔軟な対応のできる、地方自治体による罰則をも含んだ法整備³⁴⁾が早急に必要だと考えられた。

摘要

外来のカワリヌマエビ属の河川や池での生息の報告が、近年関東でも多くされており、在来のヌカエビへの影響が懸念されている。本研究では両種の生息が確認されている鶴見川水系において、分布調査を2014年および2016-2017年に行った。2014年の調査では、カワリヌマエビ属は河川のほぼ全域に出現し、2地点のみでヌカエビが同所的に採取されたが、2016年にはカワリヌマエビ属のみで、ヌカエビは確認されなかった。池については2014年には1地点でカワリヌマエビ属とヌカエビが同所的に、3地点でヌカエビのみが出現したが、2017年には2地点はカワリヌマエビ属のみに置き換わり、ヌカエビのみが生息しているのは2地点だけであった。この調査でカワリヌマエビ属が侵入すると個体数がほぼ同数の状態から2-3年でカワリヌマエビ属に置き換わることが明らかになった。今後はヌカエビが生息する池への人為的な移入を防ぐために、外来カワリヌマエビ属の問題について、普及啓発を行っていくことが重要だと考えられた。

引用文献

- 1) 豊田幸詞, 関慎太郎: “ネイチャーウォッチングガイドブック 日本の淡水性エビ・カニ 日本産淡水性・汽水性甲殻類 102 種” (2014), (誠文堂新光社).
- 2) 林健一: “日本産エビ類の分類と生態 2 (コエビ下目 1)” (2007), (生物研究社).
- 3) 国立環境研究所: “侵入生物データベース カワリヌマエビ属” <https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/DB/detail/70530.html> (2017.07.08. 閲覧).
- 4) 横浜市環境科学研究所: “横浜の川と海の生物 (第 14 報・河川編)” (2016), (横浜市環境科学研究所).
- 5) 金澤光: 埼玉県環境科学国際センター報, 15, 152-156 (2015).
- 6) 西田一也: 神奈川自然誌資料, 37, 21-24 (2016).
- 7) 長谷川政智, 池田実, 藤本泰文: 伊豆沼・内沼研究報告, 9, 47-56 (2015).
- 8) 斉藤和範, 岡本康寿: “豊平川水系水生底生物調査報告書” (札幌市博物活動センター編), 76-81 (2008), (札幌市観光文化局文化部).
- 9) 丹羽信彰: CANCER, 19, 17-80 (2010).
- 10) 西野麻知子: 地域自然史と保全, 39, 21-28 (2017).
- 11) Mitsukazu, M., Hisamoto, Y. & Suzuki, H.: Crustacean Research, 46, 83-94 (2017).
- 12) Shin, H-T., Cai, Y., Niwa, N. & Nakahara, Y.: Zoological Studies, 56, 30 (2017).
- 13) Niwa, N., Ohtomi, A. & Gelder, S. R.: Fisheries Science, 71, 685-687 (2005).
- 14) 横浜市公害対策局: “横浜の川と海の生物” (1978), (横浜市公害対策局).
- 15) 横浜市公害対策局: “横浜の川と海の生物(第 3 報)” (1981), (横浜市公害対策局).
- 16) 横浜市公害対策局: “横浜の川と海の生物(第 4 報)” (1986), (横浜市公害対策局).
- 17) 横浜市公害対策局: “横浜の川と海の生物(第 5 報)” (1989), (横浜市公害対策局).
- 18) 横浜市環境保全局: “横浜の川と海の生物(第 6 報)” (1992), (横浜市環境保全局).
- 19) 横浜市環境保全局: “横浜の川と海の生物(第 7 報・河川編)” (1995), (横浜市環境保全局).
- 20) 横浜市環境保全局: “横浜の川と海の生物(第 8 報・河川編)” (1998), (横浜市環境保全局).
- 21) 横浜市環境保全局: “横浜の川と海の生物(第 9 報・河川編)” (2001), (横浜市環境保全局).
- 22) 横浜市環境保全局: “横浜の川と海の生物 (第 10 報・河川編)” (2004), (横浜市環境保全局).
- 23) 横浜市環境科学研究所: “横浜の川と海の生物 (第 11 報・河川編)” (2006), (横浜市環境科学研究所).
- 24) 横浜市環境科学研究所: “横浜の川と海の生物 (第 12 報・河川編)” (2009), (横浜市環境科学研究所).
- 25) 横浜市環境科学研究所: “横浜の川と海の生物 (第 13 報・河川編)” (2012), (横浜市環境科学研究所).
- 26) 京浜河川事務所: “鶴見川水系流域及び河川の概要” http://www.ktr.mlit.go.jp/keihin/keihin_index047.html (2017.07.08. 閲覧).
- 27) 浜野龍夫, 林健一: 甲殻類の研究, 21, 1-13 (1992).
- 28) 丹羽信彰, 横山達也: 水産増殖, 45, 437-443 (1997).
- 29) Yatsuya, M., Ueno, M. & Yamashita, Y.: Plankton & Benthos Research, 7, 175-187 (2012).
- 30) 丹羽信彰, 横山達也: 水産増殖, 41, 519-528 (1993).
- 31) Mizue, K. & Iwamoto, Y.: Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 10, 15-24 (1961).
- 32) 川村拓生, 秋山信彦: 水産増殖, 58, 127-133 (2010).
- 33) 滋賀県: “ふるさと滋賀の野生動植物との共生に関する条例” http://www.pref.shiga.lg.jp/jourei/reiki_int/reiki_honbun/k001RG00001032.html (2017.11.08. 閲覧).
- 34) 中井克樹: 陸水学雑誌, 70, 277-280 (2009).

調査にあたりご助言を頂いた京都大学理学部の丹羽信彰博士, 東邦大学名誉教授の風呂田利夫博士, 東邦大学東京湾生態系研究センターの多留聖典博士, 非常に有益なコメントを頂いた査読者の方, また調査にご協力を頂いた玉川大学農学部生態系科学領域の方々に深くお礼を申し上げます。
(2017年8月31日受付, 2017年12月18日受理)