

名古屋市内の河川に生息するカワリヌマエビ類

中嶋 清徳⁽¹⁾ 福岡 将之⁽²⁾ 大畑 史江⁽²⁾ 岡村 祐里子⁽²⁾⁽¹⁾ 名古屋港水族館（公益財団法人名古屋みなと振興財団）〒455-0033 愛知県名古屋市港区港町1-3⁽²⁾ 名古屋市環境科学調査センター 〒457-0841 愛知県名古屋市南区豊田五丁目16-8*Neocaridina* spp. inhabiting the rivers of Nagoya City, JapanKiyonori NAKAJIMA⁽¹⁾ Masayuki FUKUOKA⁽²⁾ Fumie OHATA⁽²⁾ Yuriko OKAMURA⁽²⁾⁽¹⁾ Port of Nagoya Public Aquarium, Nagoya Port Foundation, 1-3 Minatomachi, Minato-ku, Nagoya, Aichi, 455-0033, Japan.⁽²⁾ Nagoya City Institute for Environmental Sciences, 5-16-8 Toyoda, Minami-ku, Nagoya, Aichi 457-0841, Japan

Correspondence:

Kiyonori NAKAJIMA E-mail:k-nakajima@nagoyaminato.or.jp

要旨

名古屋市5水系の河川の5地点に生息するカワリヌマエビ類*Neocaridina* spp. についてmtDNA解析および形態形質の測定を行った。mtDNA解析を行ったカワリヌマエビ類は異なる種として区別される2系群に分かれ、庄内川産および山崎川産の標本が*Neocaridina* aff. *denticulata*, 福田川産、中之島川産および植田川産の標本が*N. davidi*であると考えられた。特に後者は国外からの外来種として報告されている。名古屋市内の河川から得られたカワリヌマエビ類は、額角長と頭胸甲長の比、額角上縁歯数、第3胸脚前節の湾曲度について一部の河川間で有意な差が見られたが、測定を行った形態形質においてこれら2種間の差を示す明らかな特徴は見られなかった。

This study investigated *Neocaridina* spp. from five locations across five river systems in Nagoya City through mtDNA analysis and morphological measurements. The mtDNA analysis revealed two distinct groups, each corresponding to a different species. Specimens from the Shōnai and Yamasaki Rivers were identified as *Neocaridina* aff. *denticulata*, while those from the Fukuda, Nakanoshima, and Ueda Rivers were identified as *N. davidi*. The latter, in particular, has been reported as an invasive species from outside Japan. Morphological differences were found between some rivers in traits such as the RL/CL ratio, the number of teeth on the upper margin of the rostrum, and the curvature of propodus of 3rd pereopod. However, no clear morphological characteristics were identified that could distinguish the two species.

受付日：2024年9月17日

受理日：2024年12月24日

序文

陸封型淡水性のカワリヌマエビ属 *Neocaridina* Kubo, 1938（以後カワリヌマエビ類）は東アジアに分布し、国内ではミナミヌマエビ *N. denticulata* (De Haan, 1844)、イキシマカワリヌマエビ *N. ikiensis* Shih et al., 2017、イリモテヌマエビ *N. iriomotensis* Naruse et al., 2006、イシガキヌマエビ *N. ishigakiensis* (Fujino & Shokita, 1975) の4種が報告されている（Kubo, 1938; Cai and Shokita, 2006; Shih et al., 2017）。1960 年以降、中国や韓国からカワリヌマエビ類が輸入され始め、釣り餌や観賞用、水槽の掃除屋などとして販売されてきた。それらが逸出することで、複数種が国内に侵入しているとされ（丹羽, 2010）、これまでに *N. davidi* (Bouvier, 1904)、*N. koreana* Kubo, 1938、*N. palmata* (Shen, 1948)、*Neocaridina* aff. *palmata* の4種が北海道から沖縄島まで各地で確認されている（西野・丹羽, 2004；Fujita et al., 2011; Mitsugi et al., 2017; 永井・今井, 2021；Kakui and Komai, 2022; Onuki and Fuke, 2022; Shih et al., 2024; Nagai and Imai, 2024）。名古屋市内においてカワリヌマエビ類は河川や水路、ため池などにて2000年以降から確認され、その後分布域を広げていることが報告されている（鎌田ほか, 2004；岡村ほか, 2010；大畑ほか, 2022）。

カワリヌマエビ類は現在分類学的な混乱が指摘されており（西野, 2017など）、在来種を含めたカワリヌマエビ類を形態学的特徴のみで判別することは難しい（Kakui and Komai, 2022）。そのため、名古屋市内に産するカワリヌマエビ類についても、形態観察のみならず、DNA解析の結果を援用した総合的な研究を行う必要がある。しかし、名古屋市内のカワリヌマエビ類について

DNA解析や形態形質を比較調査した報告はない。そこで、名古屋市に産するカワリヌマエビ類にどのような系統群が存在するのかを明らかにするために、mtDNA解析および形態形質についての調査を行った。

材料および方法

試料の採集および保存

2022年9月から2023年10月までに名古屋市内の5水系の河川、5地点において手網で採集を行った（表1、図1）。採集した試料は冷却後に-20℃以下で冷凍保存し、解凍後、第1腹肢の内肢および第2腹肢の雄性突起の形状から雌雄を区別した（Kubo, 1938）。各地点の試料から雄7–8個体を選別し、DNA抽出用に腹節後部の肉片を取り分けた後、80%エタノールで固定した。

DNA抽出および解析

採集した試料から切り出した肉片について、DNeasy Blood and Tissue Kit (QIAGEN, オランダ) を用いてDNAを抽出した。対象は、ミトコンドリアのcytochrome c oxidase subunit I (COI) 遺伝子とした。PCR反応はApplied Biosystems MiniAmp Plus Thermal cycler (Thermo Fisher Scientific, USA) を用いて行った。プライマーはLC01-1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') およびHCO1-2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAAATCA-3') を用いた（Folmer et al., 1994）。PCR条件は以下の通りとした：第1変性：94℃・1分を1サイクル；第2変性：98℃・5秒、アニーリング：50℃・10秒、伸長反応：72℃・5秒を35サイクル；最終伸長反応72℃・1分。増幅したDNAはFastGene Gel/PCR Extraction Kit (Nippon

表1. 本研究に使われた標本および採集地点

Table 1. Specimens and sampling sites used in this study.

Specimen ID	Species	Collection_date	Sample size	Sampling sites	Accession number
NBC-CR000101–NBC-CR000107	<i>N. davidi</i>	Sep. 10, 2022	7	Nakanoshima River (Arako River System)	35°5'42"N 136°52'19"E LC833917–LC833923
NBC-CR000108–NBC-CR000115	<i>N. davidi</i>	Nov. 21, 2022	8	Fukuda River (Nikko River System)	35°07'16"N 136°47'56"E LC833924–LC833931
NBC-CR000116–NBC-CR000123	<i>Neocaridina</i> aff. <i>denticulata</i>	May 12, 2023	8	Shonai River	35°12'58"N 136°58'13"E LC833932–LC833939
NBC-CR000124–NBC-CR000131	<i>N. davidi</i>	Sep. 4, 2023	8	Ueda River (Tenpaku River System)	35°9'14"N 137°0'7"E LC833940–LC833947
NBC-CR000132–NBC-CR000139	<i>Neocaridina</i> aff. <i>denticulata</i>	Oct. 16, 2023	8	Yamazaki River	35°07'11"N 136°56'26"E LC833948–LC833955

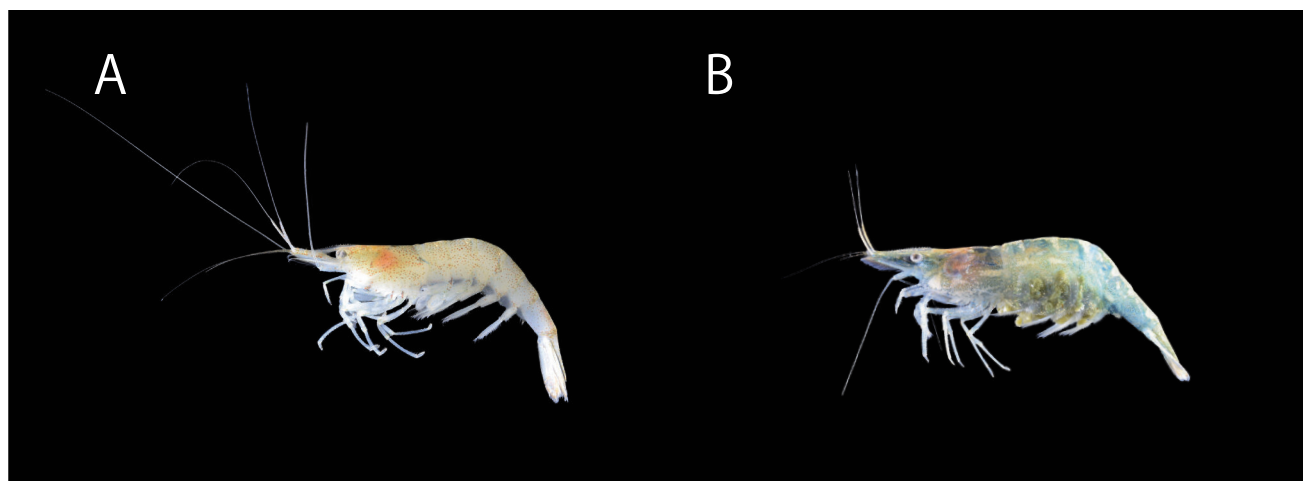


図1. 名古屋市庄内川産カワリヌマエビ類 *Neocaridina* spp. : NBC-CR000149, 2023年5月12日採集. A: 雄個体, CL: 4.9 mm, B: 雌個体, CL: 5.8 mm.

Figure 1. *Neocaridina* sp. from the Shonai River in Nagoya City : NBC-CR000149, May 12, 2023, A: Male, CL: 4.9 mm, B: Female, CL: 5.8 mm.

Genetics, Tokyo, Japan) を用いてゲルからの切り出しを行い精製し, Applied Biosystems 3730xl DNA Analyzer (Thermo Fisher Scientific, USA) を用いてシーケンス解析に供した. シーケンス解析に用いたプライマーはPCR反応に用いたものと同様とした. 以上の工程は株式会社テクノ中部に委託した.

分子系統解析

本研究で得られた39配列について, それぞれの系統関係を明らかにするために, 分子系統樹の構築を試みた. 本研究において得られた39配列について, 解析に供する他の配列を選定するためにNational Center for Biotechnology Information, USA (NCBI) の Basic Local Alignment Search Tool (BLAST: <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) における検索を行った. 検索結果を参考に, 近縁となった配列について解析を行っていた先行研究 (Levitt-Barmats et al., 2019; Park et al., 2019; Chen et al., 2020; 福家ほか, 2021; 永井・今井, 2021; Zhou et al., 2021; Onuki and Fuke, 2022; Shih et al., 2024) において含まれていた配列を選定し, NCBIのデータベース (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) よりダウンロードを行った. 外群 (*Neocaridina hofendopoda*) を含む290配列とアライメントした. 本研究において使用した配列情報は図2および表2に示した. アライメントは, BioEdit Sequence

Alignment Editor ver. 7.2.5 (Hal, 1999) およびMAFFT ver. 7 (Katoh et al., 2019) を用いて行い, 目視で確認後, trimAl (Capella-Gutiérrez et al., 2009) を用いてアライメントができなかった部位のトリミングを行い, 最尤法 (maximum likelihood method: ML) による分子系統樹を構築した. 最適な置換モデルは, IQ-TREE ver. 2.2.0 (Minh et al., 2020) に実装されているModelFinder (Kalyaanamoorthy et al., 2017) により推定されたHKY+F+I+R2を使用した. 系統樹における各分枝の評価は, ultrafast bootstrap (UFBS) およびSH補正近似尤度比検定 (SH-aLRT) を1000回実施することにより行った.

Chen et al. (2020), Shih et al. (2019, 2024) 等において, カワリヌマエビ類を含むヌマエビ科Atyidaeの複数のグループを対象に, Kimura-2-parameter modelに基づいた遺伝的距離を算出して各クレードが同種と判断されるか否かの判定を試みている. 本研究でもこれを参考に, 各クレード内およびクレード間の遺伝的距離を, MEGA X (molecular Evolutionary Genetics Analysis X: Kumar et al., 2018) を用いてブートストラップ1000回実施の上算出した. なお, 本研究で得られたDNA配列は, DDBJ/ENA/GenBankに登録を行った (accession No.: LC833917–LC833955).

中嶋ほか（2025） 名古屋市内の河川に生息するカワリヌマエビ類

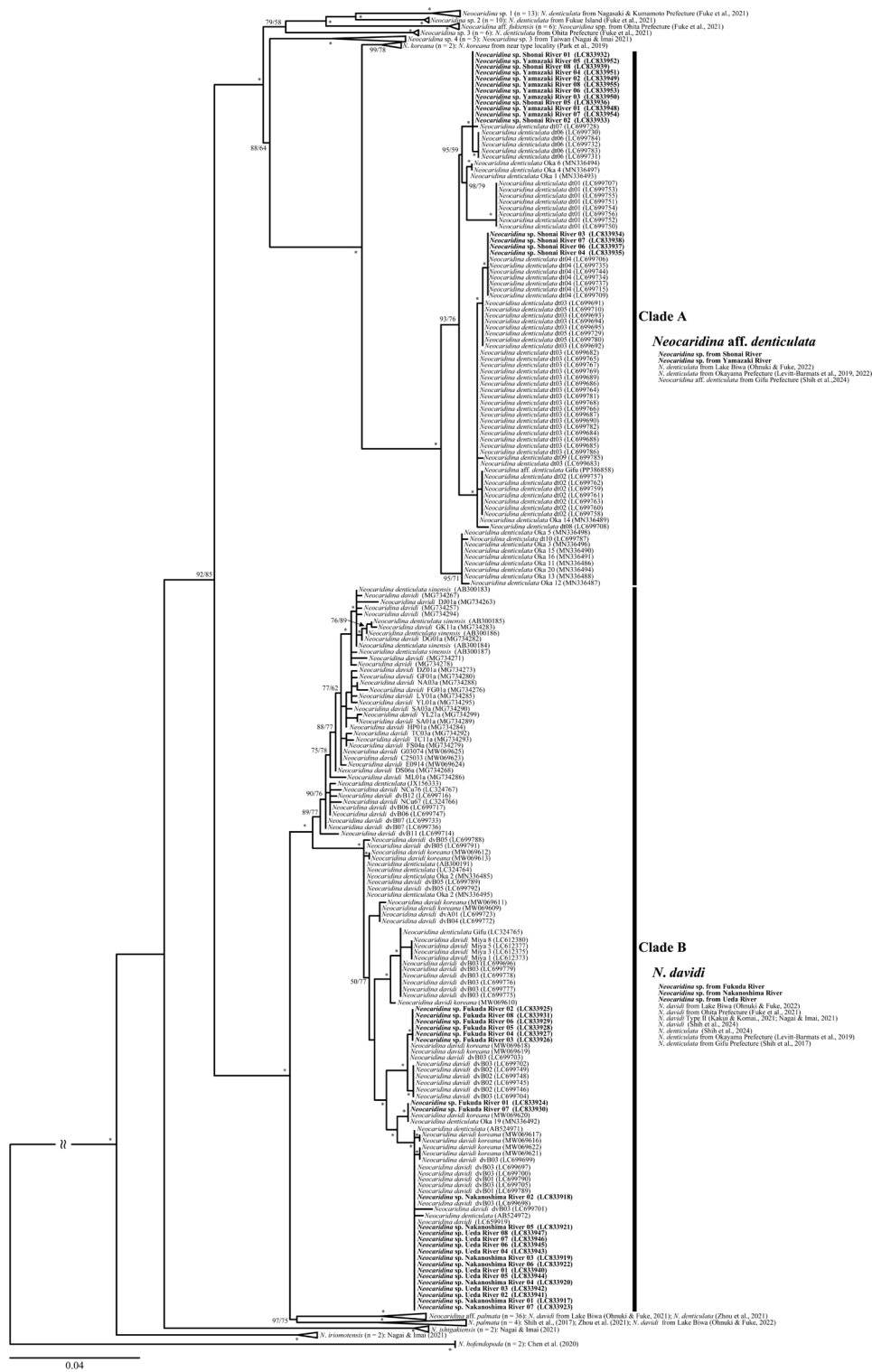


図2. COI 配列に基づく最尤法系統樹。系統解析においてはNCBIから取得した塩基配列を用い、配列は登録名と accession No. で示す。分枝付近の数字はultrafast bootstrap (UFBS) / SH補正近似尤度比検定 (SH-aLRT) による支持率を示す。(各50以上の値のみ表示, *: $\geq 95 / \geq 80$)。

Figure 2. Maximum likelihood tree based on the COI sequences. Sequences retrieved from NCBI are used for phylogenetic analysis, and the strains shown with their registered name and accession number. Number at nodes indicate ultrafast bootstrap (UFBS) / SH-like approximate likelihood-ratio test (SH-aLRT) (only values higher than 50 are shown). *: $\geq 95 / \geq 80$.

表2. 本研究で使用了配列.

Table 2. Sequences used in this study.

Clade Name	Accession No.	Clade Name	Accession No.
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612349	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	AB524970
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612350	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC664096
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612354	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC664097
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612355	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC664098
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612356	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC664099
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612357	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699712
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612358	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699713
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612359	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699718
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612360	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699719
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612361	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699720
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612362	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699721
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612363	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699722
<i>Neocaridina</i> sp. 1	LC612364	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699724
<i>Neocaridina</i> sp. 2	LC612339	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699725
<i>Neocaridina</i> sp. 2	LC612340	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699726
<i>Neocaridina</i> sp. 2	LC612341	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699727
<i>Neocaridina</i> sp. 2	LC612342	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699738
<i>Neocaridina</i> sp. 2	LC612343	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699740
<i>Neocaridina</i> sp. 2	LC612344	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699741
<i>Neocaridina</i> sp. 2	LC612345	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699742
<i>Neocaridina</i> sp. 2	LC612346	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699743
<i>Neocaridina</i> sp. 2	LC612347	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699770
<i>Neocaridina</i> sp. 2	LC612348	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699771
<i>Neocaridina</i> aff. <i>fukiensis</i>	LC612367	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699773
<i>Neocaridina</i> aff. <i>fukiensis</i>	LC612372	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	LC699774
<i>Neocaridina</i> aff. <i>fukiensis</i>	LC612374	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	MW069628
<i>Neocaridina</i> aff. <i>fukiensis</i>	LC612376	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	MW069631
<i>Neocaridina</i> aff. <i>fukiensis</i>	LC612378	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	MW069644
<i>Neocaridina</i> aff. <i>fukiensis</i>	LC612379	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	MW069650
<i>Neocaridina</i> sp. 3	LC612365	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	MW069652
<i>Neocaridina</i> sp. 3	LC612366	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	MW069653
<i>Neocaridina</i> sp. 3	LC612368	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	MW069657
<i>Neocaridina</i> sp. 3	LC612369	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	MW069661
<i>Neocaridina</i> sp. 3	LC612370	<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	MW069670
<i>Neocaridina</i> sp. 3	LC612371	<i>N. palmata</i>	LC324769
<i>Neocaridina</i> sp. 4	MG734216	<i>N. palmata</i>	LC324770
<i>Neocaridina</i> sp. 4	MG734217	<i>N. palmata</i>	LC699711
<i>Neocaridina</i> sp. 4	MG734218	<i>N. palmata</i>	MW069672
<i>Neocaridina</i> sp. 4	MG734219	<i>N. ishigakiensis</i>	LC659945
<i>Neocaridina</i> sp. 4	MG734220	<i>N. ishigakiensis</i>	LC659946
<i>Neocaridina</i> sp. 4	MG734221	<i>N. iriomotensis</i>	LC659943
<i>N. koreana</i>	LC324777	<i>N. iriomotensis</i>	LC659944
<i>N. koreana</i>	MK907783	<i>N. hofendopoda</i>	MN701609
<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	AB524966	<i>N. hofendopoda</i>	MN701610
<i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i>	AB524968		

形態観察

固定された標本について Onuki and Fuke (2022) を参考に形態形質の頭胸甲長（眼窩後縁から頭胸甲後縁）、額角長（額角先端から眼窩後縁）、額角上・下縁歯数および頭胸甲上歯数、第3胸脚前節の湾曲度、第1腹肢内肢の長さ、第1胸脚腕節外縁部の湾入の深さ（3段階）を実体顕微鏡（S9i: Leica Microsystems, Wetzlar, Germany）およびソフトウェア（Leica Application Suite Ver 4.6）を用いて測定した。集計時に測定部位が欠損している個体データは除いた。測定標本はなごや生物多様性センターに保存した（標本番号：NBC-CR000101–NBC-CR000139）。

統計解析

本研究によって測定を行った標本について、各地点および後述する各クレード間における形態学的特徴の差異の有無を明らかにするために、先行研究においてカワリヌマエビ属の分類形質とされている額角長と頭胸甲長の比（以下 RL/CL 比）、額角上縁歯数、第3胸脚前節の湾曲度、第1腹肢内肢の長さ、第1胸脚腕節外縁部の湾入の深さについて、多重比較（Steel-Dwass 法）に基づく検定を行った。解析には統計ソフト R ver. 4.4.1 (R Core Team, 2024) を用い、Steel-Dwass 法に関するソースは <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/R/Steel-Dwass.html> に掲載されている内容を使用した。

結果

分子系統解析

本研究で得られた 39 配列を含めた合計 290 配列をアライメント・トリミングした結果、COI 遺伝子は 316–702 bp となった。本研究において構築した COI 遺伝子に基づく最尤法系統樹を図 2 に示す。解析を行った配列は、高い UFBS および SH-aLRT に支持された 13 のクレードに分けられた。各クレード内および各クレード間の遺伝的距離の計算結果を表 3 に示す。各クレード内の遺伝的距離はそのほとんどが 2.5% を大きく下回っていたのに対し、各クレード間の遺伝的距離は 3.5% を大きく上回っていた。そのうち、本研究によって得られた配列は以下の 2 つのクレード (Clade A および Clade B) に分けられた。

Clade A においては、本研究で得られた試料のうち庄内川産の 8 個体と山崎川産の 8 個体に加え、Onuki and Fukue (2022) の琵琶湖産 *N. denticulata*、Levitt-Barmats et

al. (2019) の岡山県産 *N. denticulata* および Shih et al. (2024) によって得られた岐阜県瑞浪市産 *Neocaridina aff. denticulata* が含まれていた。このクレードに含まれる 86 配列の COI 遺伝子の遺伝的距離を比較したところ、0.0–2.2 (Ave. $\pm$ SD: 1.0 $\pm$ 0.6) % となった (表 3)。

Clade B においては、本研究で得られた試料のうち福田川産の 8 個体、中之島川産の 7 個体および植田川産の 8 個体に加え、Onuki and Fuke (2022) の琵琶湖産 *N. davidi*、福家ほか (2021) の大分県産 *N. davidi*、永井・今井 (2021) および Kakui and Komai (2022) の *N. davidi* Type II、Shih et al. (2007) の *N. davidi*、Levitt-Barmats et al. (2019) の岡山県産 *N. denticulata*、Shih et al. (2017) の岐阜県瑞浪市産 *N. denticulata* および Shih et al. (2024) の *N. denticulata* が含まれていた。このクレードに含まれる 115 配列の COI 遺伝子の遺伝的距離を比較したところ、0.0–4.5 (2.0 $\pm$ 1.1) % となった (表 4)。

形態観察

各河川の形態形質を表 4 および図 3 に示した。RL/CL 比、額角上縁歯数、第3胸脚前節の湾曲度、第1腹肢内肢の長さ、第1胸脚腕節外縁部の湾入の深さについて統計解析を行った結果、RL/CL 比、額角上縁歯数、第3胸脚前節の湾曲度について一部の地点間で有意な差が見られた。RL/CL 比については山崎川産 (0.60–0.68) が中之島川産 (0.47–0.64) の標本よりも有意に大きかった ($p < 0.05$)。額角上縁歯数については福田川産 (15–18 歯) が庄内川産 (11–16 歯)、中之島川産 (12–15 歯: $p < 0.05$) および山崎川産 (10–15 歯: $p < 0.01$) より有意に大きかった。第3胸脚前節の湾曲度については、庄内川産 (15.5–23.2°) が山崎川産 (9.8–16.3°: $p < 0.05$) および福田川産 (5.9–12.1°: $p < 0.01$) より、中之島川産 (13.0–20.0°) が山崎川産および福田川産 ($p < 0.05$) より、植田川産 (14.9–25.9°) が中之島川産 ($p < 0.01$) よりそれぞれ有意に大きかった。対して第1腹肢内肢の長さ、第1胸脚腕節外縁部の湾入の深さについては、各地点間において有意な差が見られなかった。第1胸脚の腕節外縁部の湾入が 3 段階中最も浅い個体はいなかった。

考察

分子系統解析

本研究において名古屋市内の河川から得られたカワリ

表3. 各クレード間の遺伝的距離（Kimura-2-parameter: %）.

Table 3. Genetic distance (Kimura-2-parameter: %) between each clade.

Clade name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Clade A:													
1 <i>Neocaridina</i> aff. <i>denticulata</i> (n = 86)	0.0-2.2 (1.0 ± 0.6)												
Clade B:													
2 <i>N. davidi</i> (n = 115)	7.9-10.7 (9.3 ± 0.4)	0.0-4.5 (2.0 ± 1.1)											
3 <i>Neocaridina</i> sp. 1 (n = 13)	7.2-11.5 (8.9 ± 1.0)	5.4-9.4 (7.2 ± 0.7)	0.0-1.7 (0.8 ± 0.7)										
4 <i>Neocaridina</i> sp. 2 (n = 10)	6.7-7.8 (7.4 ± 0.2)	7.2-9.5 (8.5 ± 0.5)	3.5-5.6 (4.3 ± 0.5)	0.0-0.2 (0.1 ± 0.1)									
5 <i>Neocaridina</i> aff. <i>fukiensis</i> (n = 6)	7.7-10.4 (8.5 ± 0.6)	7.4-10.0 (8.6 ± 0.4)	4.9-7.6 (5.6 ± 0.6)	5.2-5.8 (5.5 ± 0.2)	0.0-0.5 (0.2 ± 0.2)								
6 <i>Neocaridina</i> sp. 3 (n = 6)	7.3-9.0 (8.0 ± 0.4)	6.0-8.8 (7.4 ± 0.5)	6.4-7.9 (7.1 ± 0.5)	6.7-8.1 (7.2 ± 0.5)	5.7-7.3 (6.7 ± 0.5)	0.0-0.2 (0.1 ± 0.1)							
7 <i>Neocaridina</i> sp. 4 (n = 6)	6.7-8.8 (7.8 ± 0.3)	6.8-10.3 (8.7 ± 0.7)	7.0-9.9 (8.4 ± 0.9)	6.3-8.0 (6.8 ± 0.6)	8.0-9.9 (8.6 ± 0.5)	6.4-8.5 (7.6 ± 0.4)	0.2-4.6 (1.8 ± 1.9)						
8 <i>N. koreana</i> (n = 2)	2.7-4.4 (3.8 ± 0.3)	7.1-9.5 (8.3 ± 0.5)	6.4-8.9 (7.4 ± 0.9)	6.2-6.9 (6.6 ± 0.3)	7.4-8.6 (7.7 ± 0.4)	7.3-8.5 (7.8 ± 0.3)	5.9-7.0 (6.4 ± 0.3)	1.1					
9 <i>Neocaridina</i> aff. <i>palmata</i> (n = 56)	8.9-12.2 (10.1 ± 0.5)	3.1-6.8 (4.7 ± 0.5)	6.7-11.4 (8.4 ± 1.3)	8.1-10.3 (9.0 ± 0.4)	8.2-10.9 (9.2 ± 0.4)	7.8-9.8 (8.8 ± 0.4)	7.5-9.1 (8.3 ± 0.3)	7.5-9.4 (8.6 ± 0.5)	0.0-1.9 (0.5 ± 0.4)				
10 <i>N. palmata</i> (n = 4)	9.4-11.8 (10.9 ± 0.4)	4.2-7.3 (5.6 ± 0.7)	7.1-11.7 (8.5 ± 0.9)	9.1-10.0 (9.6 ± 0.3)	9.8-11.5 (10.5 ± 0.5)	7.4-9.8 (8.9 ± 0.6)	8.1-9.6 (8.8 ± 0.4)	8.4-9.7 (8.9 ± 0.5)	5.0-6.7 (5.6 ± 0.4)	0.2-4.3 (2.3 ± 2.0)			
11 <i>N. ishigakensis</i> (n = 2)	8.4-10.0 (9.2 ± 0.3)	8.4-11.4 (9.8 ± 0.6)	9.0-10.9 (9.7 ± 0.6)	9.8-10.2 (10.0 ± 0.1)	10.3-10.9 (10.7 ± 0.3)	9.0-10.9 (10.2 ± 0.5)	9.6-11.7 (10.9 ± 0.6)	8.4-9.6 (9.0 ± 0.5)	9.1-11.0 (10.0 ± 0.5)	9.8-11.1 (10.3 ± 0.5)	0.5		
12 <i>N. triemoiensis</i> (n = 2)	10.4-11.3 (10.8 ± 0.2)	7.6-10.3 (8.8 ± 0.5)	8.5-10.4 (9.4 ± 0.6)	9.7-10.4 (10.1 ± 0.3)	10.9-11.8 (11.3 ± 0.3)	9.8-10.5 (10.1 ± 0.2)	10.6-11.6 (11.1 ± 0.3)	9.8-10.8 (10.3 ± 0.4)	8.8-10.5 (9.4 ± 0.4)	9.3-10.7 (10.2 ± 0.4)	10.0-10.2 (10.1 ± 0.1)	0.6	
13 <i>N. hofendopoda</i> (n = 2)	17.2-20.3 (17.8 ± 0.5)	16.1-18.3 (17.2 ± 0.4)	18.7-22.2 (19.9 ± 1.4)	18.4-18.6 (18.6 ± 0.1)	18.0-19.1 (18.3 ± 0.4)	15.0-18.9 (17.8 ± 1.3)	16.6-17.8 (17.4 ± 0.4)	16.1-16.7 (16.4 ± 0.4)	16.1-17.7 (16.7 ± 0.4)	17.4-19.0 (18.3 ± 0.6)	18.0-18.6 (18.3 ± 0.4)	17.8-18.3 (18.1 ± 0.3)	0.0

(Ave. ± SD).

表4. 名古屋市産カワリヌマエビ類の形態形質の比較.

Table 4. Comparison of morphological characteristics of *Neocaridina* spp. from Nagoya City.

Collection location	Shonai River	Yamazaki River	Nakanoshima River	Fukuda River	Ueda River
Carapace length (mm)	5.0-5.9 (5.4 ± 0.23, n=8)	4.3-5.2 (4.7 ± 0.3, n=8)	3.6-4.1 (3.8 ± 0.18, n=7)	5.0-5.8 (5.4 ± 0.29, n=8)	3.8-5.0 (4.2 ± 0.32, n=8)
Ratio of rostrum length to postorbital carapace length	0.63-0.82 (0.73 ± 0.06, n=6)	0.60-0.68 (0.66 ± 0.03, n=8)	0.47-0.64 (0.55 ± 0.05, n=6)	0.57-0.66 (0.62 ± 0.03, n=7)	0.54-0.75 (0.66 ± 0.06, n=8)
Rostral formula	2-4 (3.3 ± 0.83, n=8) + 11-16 (13.1 ± 1.45, n=8) / 4-8 (6.0 ± 1.41, n=8)	2-5 (3.4 ± 0.86, n=8) + 10-15 (12.9 ± 1.90, n=8) / 3-6 (4.3 ± 1.20, n=8)	3-5 (3.9 ± 0.83, n=7) + 12-15 (13.1 ± 1.12, n=7) / 4-6 (5.1 ± 0.64, n=7)	3-4 (3.4 ± 0.48, n=8) + 15-18 (16.4 ± 0.99, n=8) / 0-6 (4.1 ± 1.83, n=8)	3-5 (4.0 ± 0.50, n=8) + 12-19 (14.5 ± 2.18, n=8) / 4-7 (5.8 ± 1.2, n=8)
Curvature of propodus of 3rd pereopod (Angle (°))	15.5-23.2 (19.3 ± 2.47, n=8)	9.8-16.3 (12.1 ± 1.87, n=7)	13.0-20.0 (16.6 ± 2.17, n=7)	5.9-12.1 (10.2 ± 1.74, n=8)	14.9-25.9 (20.1 ± 3.19, n=8)
Aspect ratio of the endopod of the 1st pleopod	1.2-1.6 (1.5 ± 0.12, n=8)	1.3-1.8 (1.5 ± 0.15, n=8)	1.4-1.7 (1.5 ± 0.10, n=7)	1.5-1.8 (1.6 ± 0.12, n=8)	1.5-1.7 (1.6 ± 0.07, n=7)
Excavation of carpus of 1st pereopod					
Slightly excavated/Excavated/Strongly excavated (%)	0/50/50	0/50/50	0/14/86	0/75/25	0/50/50
Min-Max (Ave. ± SD, n)					

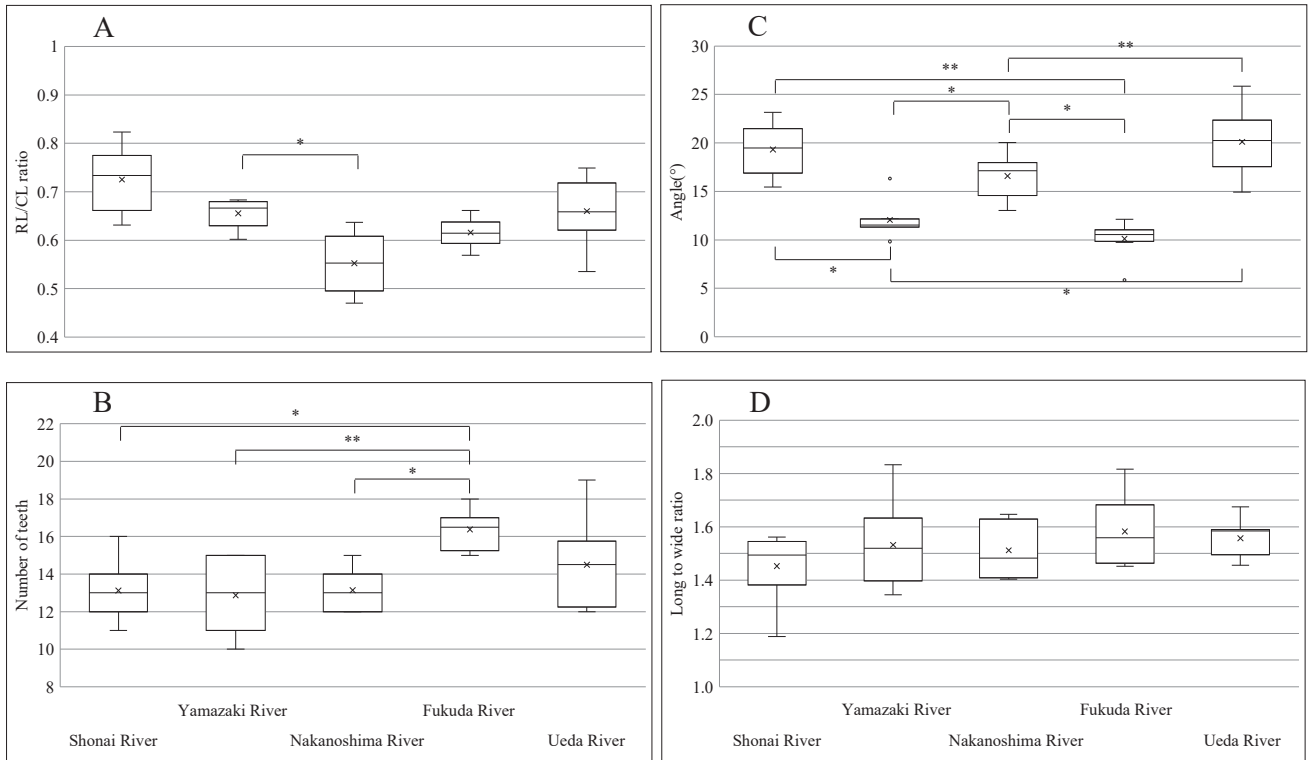


図3. 名古屋市産カワリヌマエビ類の河川間の形態形質の比較. A: 額角長と頭胸甲長の比 (RL/CL 比), B: 額角上縁歯数, C: 第3胸脚前節の湾曲度, D: 第1腹肢内肢の長さとの比. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

Figure 3. Comparison of inter-river four morphological characteristics of *Neocaridina* spp. from Nagoya City. A: Ratio of rostrum length to postorbital carapace length. B: Rostral formula of anterior from the eye orbit. C: Curvature of propodus of 3rd pereopod. D: Aspect ratio of the endopod of the 1st pleopod. *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$.

ヌマエビ類は、大きく2つのクレードに分けることができた。本研究で得られた配列が含まれたクレード内における遺伝的距離はいずれもほとんど2.5%を下回っていた。Zhou et al. (2021) や Shih et al. (2024) においては、カワリヌマエビ属を含む複数の淡水産エビ類の種内の遺伝的距離は2%以内に収まっており、本研究で得られたこれら2つのクレードに含まれる種はいずれも同一種である可能性が高い。対して、本研究が構築した系統樹における各クレード間の遺伝的距離はいずれも3.5%を大きく上回っており、各クレードは別の種として扱うことが妥当であると考えられる。本研究で調査を行った各地点で得られたサンプルは、各地点でClade AおよびClade Bの種に分かれており、同一地点で異なるクレードに属するサンプルは得られなかった。

Nagai and Imai (2024) は、COI 遺伝子およびミトコンドリアNADH脱水素酵素サブユニット2 遺伝子 (ND2) に基づく分子系統解析の結果から、西日本の各地から採

集されたカワリヌマエビ属の各種は*Neocaridina* aff. *fukiensis*, *Neocaridina* sp. 3, *Neocaridina* aff. *denticulata*, *N. koreana*, *N. davidi* および *Neocaridina* aff. *palmata* の合計6種に分けられるという見解を示した。本研究で得られた系統樹のうち、外群である*N. hofendopoda*と永井・今井 (2021) によって解析されている台湾産の*Neocaridina* sp. 3を除くすべてのクレードは、Nagai and Imai (2024) が示したCOI 遺伝子に基づく分子系統樹のうち11クレードに使用された配列を含んでいた。このことから、本研究において得られた分子系統樹に示された13クレードの種名のうち、上記に該当するものについては、Nagai and Imai (2024) の見解に従った。

Clade A は、Nagai and Imai (2024) によって示された*Neocaridina* aff. *denticulata* のクレードに含まれたLC699707, LC699710, LC699728, LC699730, LC699757が含まれていたことから本種と同定した。Clade B は、Nagai and Imai (2024) によって侵略的外来種

とされた *N. davidi* のクレードに含まれた AB300185, AB300187, JX156333, LC324767, LC324766, LC699733, LC699788, AB300191, LC699723, LC324765, LC699745, LC699699 が含まれていたことから本種と同定した。そのため、分子系統解析の結果に基づくと、本研究において採集されたカワリヌマエビ属の標本は、庄内川産および山崎川産のものは *Neocaridina* aff. *denticulata*, 福田川産、中之島川産および植田川産のものは *N. davidi* であると考えられる。

形態観察

名古屋市内の河川から得られたカワリヌマエビ類は、RL/CL 比、額角上縁歯数、第3胸脚前節の湾曲度に関して、一部の河川間で有意な差が見られたが、本調査の測定した形態形質において *Neocaridina* aff. *denticulata*, と *N. davidi* の2つのクレード間で明確な特徴の違いは認められなかった。カワリヌマエビ類は分類学的な問題を抱えており（Klotz et al., 2013; 西野, 2017; 福家ほか, 2021）、西野（2017）は、カワリヌマエビ類が直達発生をし、浮遊幼生期を持たず、全ての生活史を淡水環境で過ごすため、地域個体群間で生殖隔離が起こりやすく、分化が進みやすいことを指摘している。また Kakui and Komai (2022) はカワリヌマエビ類の標本を形態学的な特徴のみに基づいて同定することは現時点では非常に困難であると述べている。

まとめ

カワリヌマエビ属の在来種であるミナミヌマエビの本来の分布域について、Kubo (1938) は採集地として大分県別府、長崎県雲仙、福岡県、広島県福山、京都府小幡池、静岡県焼津を記録している。上田（1970）は九州、四国、中国地方、近畿地方からミナミヌマエビを記録し、西日本あるいは西南日本に広く分布するとしている。また、Liang (2004) によれば日本以外にも韓国南部、中国上海、台湾から記録があるとされる。Nagai and Imai (2024) は *Neocaridina* aff. *denticulata* について、京都府の伊佐津川においては2008年から2023年の間に導入されたことを報告している。名古屋市内においても2000年頃の調査状況（鎌田ほか, 2004; 岡村ほか, 2010）を踏まえると *Neocaridina* aff. *denticulata* は外来種の可能性が

高いと思われる。本調査においては、外来のカワリヌマエビ類が輸入される以前に在来のカワリヌマエビ類が名古屋市内に生息していた標本を基にする確かな情報を確認することができなかった。一方、名古屋市内に外来種の *N. davidi* が侵入していることが確認された。国内に侵入している *N. davidi* については、種間雑種形成や競合によって在来のカワリヌマエビ類やヌカエビ *Paratya improvisa* Kemp, 1917 など他の在来エビ類に悪影響を及ぼすことが示唆されている（片山ほか, 2017; Mitsugi and Suzuki, 2018; Onuki and Fuke, 2022）。また Nagai and Imai (2024) はカワリヌマエビ類について在来種から外来種へ置き換わった事例を報告している。現に、庄内川流域のうち、岐阜県瑞浪市付近においては *Neocaridina* aff. *denticulata* (PP386858) および *N. davidi* (LC324765) の両方が確認されている（Shih et al., 2017, 2024; 図2）。現時点までに名古屋市内ではヌカエビの生息（中嶋, 2025）や同一地点における複数の系統群の出現は確認されていないが、外来のカワリヌマエビ類との競合により他の在来生物やエビ類などが過去に影響を受けていたことや今後何らかの影響を受けることが危惧される。

残念ながら外来のカワリヌマエビ類は全国各地から報告され、アメリカザリガニ *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) やカダヤシ *Gambusia affinis* (Baird and Girard, 1853) のような『身近な』外来生物となりつつある。飼育個体や採集個体の放流禁止を広く啓発して分布拡大を防ぎ、早急な対策を行うことが望まれる。

謝辞

なごや生物多様性センターの元職員古谷弘英氏には一部の現地調査に関して、曾根啓子氏および加藤航大氏には標本登録に関して便宜を図っていただいた。公益財団法人名古屋みなと振興財団の方々には試料の測定や文献収集などで協力をいただいた。2名の匿名の査読者からは有益な文献や指摘を提示していただいた。ここに厚くお礼申し上げる。

引用文献

Cai, Y. and Shokita, S. 2006. Atyid shrimps (Crustacea: Decapoda: Caridea) of the Ryukyu Islands, southern Japan, with descriptions of two new species. *Journal of Natural*

- History, 40: 2123-2172.
- Capella-Guitérrez, S., Silla-Martínez, J.M., and Gabaldón, T. 2009. trimAl: a tool for automated alignment trimming in large-scale phylogenetic analyses. *Bioinformatics*, 25: 1972-1973.
- Chen, Q.-H., Chen, W.-J., Zheng, X.Z., and Guo, Z.-L. 2020. Two freshwater shrimp species of the genus *Caridina* (Decapoda, Caridea, Atyidae) from Dawanshan Island, Guangdong, China, with the description of a new species. *Zookeys*, 923: 15-32.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W. and Lutz, R.V.R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3: 294-299.
- Fujita J., Nakayama, K., Kai, Y., Ueno, M., and Yamashita, Y. 2011. Comparison of genetic population structures between the landlocked shrimp, *Neocaridina denticulata denticulata*, and the amphidromous shrimp, *Caridina leucosticta* (Decapoda, Atyidae) as inferred from mitochondrial DNA sequences. In: Asakura, A. (ed.), *New frontiers in crustacean biology*, pp. 183-196. Brill, Leiden.
- 福家悠介・岩崎朝生・笹塚 諒・山本佑治. 2021. 五島列島福江島におけるミナミヌマエビの初記録. *Cancer*, 30: 63-71.
- Hal, T.A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequences alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*, 41: 95-98.
- Katoh, K., Rozewicki, J., and Yamada, K.D. 2019. MAFFT online service: multiple sequence alignment, interactive sequence choice and visualization. *Briefings in Bioinformatics*, 20: 1160-1166.
- Kakui, K. and Komai, T. 2022. First record of *Scutariella japonica* (Platyhelminthes: Rhabdocoela) from Hokkaido, Japan, and notes on its host shrimp *Neocaridina* sp. aff. *davidi* (Decapoda: Caridea: Atyidae). *Aquatic Animals* 2022: AA2022-1.
- Kalyanamoorthy, S., Minh, B.Q., Wong, T.K.F., von Haeseler, A., and Jermini, L.S. 2017. ModelFinder: fast model selection for accurate phylogenetic estimates. *Nature Methods*, 14: 587-589.
- 鎌田敏幸・鈴木直喜・榊原 靖. 2004. 市内河川に生息する底生動物, 魚類. 名古屋市環境科学研究所報, 34: 49-56.
- 上田常一. 1970. 日本淡水エビ類の研究改訂増補版. 園山書店, 松江, 213 pp.
- 片山 敦・佐藤僚介・吉川朋子. 2017. 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. *自然環境科学研究*, 30: 5-12.
- Kubo, I. 1938. On the Japanese Atyid shrimps. *Journal of the Imperial Fisheries Institute*, 33: 67-100.
- Kumar, S., Stecher, G., Michael, L., Knyaz, C., and Tamura, K. 2018. MEGA X: Molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35: 1547-1549.
- Klotz, W., Miesen, F.W., Hullen, S., and Herder, F. 2013. Two Asian fresh water shrimp species found in a thermally polluted stream system in North Rhine-Westphalia, Germany. *Aquatic Invasions*, 8: 333-339.
- Levitt-Barmats, Y., Yanai, Z., Cohen, T.M., and Shenkar, N. 2019. Life-history traits and ecological characteristics of the ornamental shrimp *Neocaridina denticulata* (De Haan, 1844), recently introduced into the freshwater systems of Israel. *Aquatic Invasions*, 14: 684-702.
- Liang, XQ. 2004. *Fauna Sinica. Invertebrata. Vol. 36. Crustacea. Decapoda. Atyidae*. Science Press, Beijing, 375pp. [In Chinese with English abstract]
- Minh, B.Q., Chmidt, H.A., Chernomor, O., Schrempf, D., Woodhams, M.D., von Haeseler, A., and Lanfear, R. 2020. IQ-TREE 2: New models and efficient methods for phylogenetic inference in the genomic era. *Molecular Biology and Evolution*, 37: 1530-1534.
- Mistugi M., Hashimoto, Y., and Suzuki, H. 2017. An invasive freshwater shrimp of the genus *Neocaridina* Kubo, 1938 (Decapoda: Caridea: Atyidae) collected from Boso Peninsula, Tateyama City, Chiba Prefecture, eastern Japan. *Crustacean Research*, 46: 83-94.
- Mitsugi M. and Suzuki, H. 2018. Life history of an invasive freshwater shrimp *Neocaridina davidi* (Bouvier, 1904), (Decapoda: Caridea: Atyidae) in the Tomoe River, the Boso Peninsula, eastern Japan. *Crustacean Research*, 47:9-16.

- 永井大翔・今井秀行. 2021. 沖縄島から初記録された侵略的外来淡水エビのカワリヌマエビ類. 日本生物地理学会会報, 76: 51-57.
- Nagai, H. and Imai, H. 2024. Significant changes in fauna of the land-locked freshwater shrimp genus *Neocaridina* (Decapoda: Atyidae) in Japan over the past 15 years due to introduction of invasive alien species. *Biogeography*, 26:65-74.
- 中嶋清徳. 2025. 名古屋市内の河川に生息する淡水性十脚目甲殻類. なごやの生物多様性, 12: 187-193.
- 西野麻知子・丹羽信彰. 2004. 新たに琵琶湖へ侵入したシナヌマエビ? (予報). 琵琶湖研究所ニュース オウミア, 80: 3.
- 西野麻知子. 2017. 日本への外来カワリヌマエビ属 (*Neocaridina* spp.) の侵入とその分類学的課題. 地域自然史と保全, 39: 21-28.
- 丹羽信彰. 2010. 外来輸入エビ, カワリヌマエビ属エビ (*Neocaridina* spp.) および *Palaemonidae* spp. の輸入実態と国内の流通ルート. *Cancer*, 19: 75-80.
- 大畑史江・岡村祐里子・福岡将之・榊原 靖. 2022. 市内ため池における2017年度および2021年度の生物調査結果概要 (底生動物, 魚類, 両生類). 名古屋市環境科学調査センター年報, 11: 48-53.
- 岡村祐里子・安藤 良・長谷川絵理・榊原 靖. 2010. 名古屋市内のため池における生物相. 名古屋市環境科学研究報, 40: 46-49.
- Onuki, K. and Fuke, Y. 2022. Rediscovery of a native freshwater shrimp, *Neocaridina denticulata*, and expansion of an invasive species in and around Lake Biwa, Japan: genetic and morphological approach. *Conservation Genetics*, 23: 967-980.
- Park, J., Kim, Y., Kwon, W., Xi, H., and Park, J. 2019. The complete mitochondrial genome of *Neocaridina heteropoda koreana* Kubo, 1938 (Decapoda: Atyidae). *Mitochondrial DNA Part B*, 4: 2332-2334.
- Shih, H.T. and Cai, Y. 2007. Two new species of land-locked freshwater shrimp genus *Neocaridina* Kubo, 1938 (Decapoda: Caridea: Atyiidae) from Taiwan, with notes on the speciation within Taiwan Island. *Zoological Studies*, 46: 680-694.
- Shih, H.T., Cai, Y., Niwa, N., and Nakahara, Y. 2017. A new species of land-locked freshwater shrimp of the genus *Neocaridina* (Decapoda: Caridea: Atyidae) from Iki Island, Kyushu, Japan. *Zoological Studies*, 56: 1-14.
- Shih, H.T., Cai, Y. and Chiu, Y.W. 2019. *Neocaridina fonticulata*, a new land-locked freshwater shrimp from Hengchun Peninsula, Taiwan (Decapoda, Caridea, Atyidae). *Zookeys*, 817: 11-23.
- Shih, H.T., Cai, Y., Niwa, N., Yoshigou, H., and Nakahara, Y., 2024. Integrative Taxonomy Reveals Freshwater Shrimp Diversity (Decapoda: Atyidae: *Neocaridina*) from Kyushu and Southern Honshu of Japan, with a Discussion on Introduced Species. *Zoological Studies* 63: doi:10.6620/ZS.2024.63-18.
- Zhou, C.J., Feng, M.X., Tang, Y.T., Yang, C.X., Meng, X.L., and Nie, G.X. 2021. Species diversity of freshwater shrimp in Henan Province, China, based on morphological characters and COI mitochondrial gene. *Ecology and Evolution*, 11: 10502-10514.