



Title	利尻島に産する淡水生貝形虫
Author(s)	宗像, みずほ; 富岡, 森理; 角井, 敬知
Citation	利尻研究, 42, 5-18
Issue Date	2023-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/88182
Type	journal article
File Information	2023_Munakata_etal_Rishiri_Ostracoda_(Japanese).pdf



利尻島に産する淡水生貝形虫

宗像みずほ^{1)*}・富岡森理²⁾・角井敬知³⁾

¹⁾ 〒060-0810 北海道札幌市北区北10条西8丁目 北海道大学大学院理学院

²⁾ 〒097-0311 北海道利尻郡利尻町仙法志字本町136 利尻町立博物館

³⁾ 〒060-0810 北海道札幌市北区北10条西8丁目 北海道大学大学院理学研究院

Freshwater Ostracoda (Crustacea) from Rishiri Island, Hokkaido, Japan

Mizuho MUNAKATA^{1)*}, Shinri TOMIOKA²⁾ and Keiichi KAKUI³⁾

¹⁾Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University,

Sapporo, Hokkaido, 060-0810 Japan

²⁾ Rishiri Town Museum, Rishiri, Hokkaido, 097-0311 Japan

³⁾Department of Biological Sciences, Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido, 060-0810 Japan

Abstract. We report six freshwater ostracods from Rishiri Island, Hokkaido, Japan: Cypricerinae sp., *Cavernocypris* sp. 1, *Ca.* sp. 2, *Cypridopsis vidua*, Candonini sp., and *Metacypris* cf. *digitiformis*. This is the first report of freshwater ostracods from this island. We provided brief descriptions of their morphology, presented partial nucleotide sequences for their mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I (COI) and/or nuclear 18S rRNA genes, and determined a partial 16S rRNA sequence for the endosymbiotic bacterium *Cardinium* in some species. A key to six species collected from this island was presented.

背景

貝形虫（介形虫，カイミジンコ，Ostracoda）は体長数 mm の小型水生甲殻類の一群である。二枚貝様の背甲と呼ばれる殻に付属肢などの軟体部が覆われた体制を持つ。海域から汽水域、淡水域まで幅広い水環境に生息している（Karanovic, 2012）。これまでに現生種は 16 上科 8000 種以上が記載され（Horne *et al.*, 2002; Schön & Martens, 2016）、そのうち 4 上科に属する約 2330 種が汽水または淡水生種である（Meisch *et al.*, 2019）。

淡水生貝形虫は主に自由生活性（底生性や遊泳性）であり、藻類や動物の遺骸、有機物の懸濁物などを餌とする（Karanovic, 2012）。発生様式は幼

生期を持たない直達発生で、孵化後 8 回の脱皮を経て、生殖器官が発達した成体へと成長する（Meisch, 2000）。生殖様式には有性生殖と単為生殖（無性生殖）の 2 つが知られる。有性生殖集団と単為生殖集団が知られる種（混合生殖種）も存在する（Meisch, 2000）。単為生殖や混合生殖を行う種では、細胞内共生細菌である *Cardinium* の感染が高い割合で観察されている（Schön & Martens, 2019）。*Cardinium* は寄生蜂やダニにおいて単為生殖や雌化を引き起こすことが知られている（Giorgini *et al.*, 2009; Ma & Schwander, 2017）が、貝形虫にどのような影響を与えるかは今のところ不明である。種によっては高い環境ストレス耐性を持つ休

*Corresponding author. Phone: 011-706-3524. FAX: 011-706-4851. E-mail: munakata.mizuho.k0@elms.hokudai.ac.jp.

表 1. 採集地点とその環境.

Table 1. List of sampling sites in Rishiri Island.

採集地点	緯度	経度	採集日	水温 (°C)	環境
種富湿原	45° 12' 01.6" N	141° 08' 27.9" E	2020/10/4	14.7	高層湿原
森林公園内の池	45° 10' 50.0" N	141° 08' 41.2" E	2020/10/4	16.9	人工池
甘露泉水	45° 13' 12.9" N	141° 13' 00.9" E	2020/10/5	6.7	湧水
姫沼	45° 13' 36.7" N	141° 14' 50.3" E	2020/10/5	13.6	人工池
			2020/10/5	14.3	
南浜湿原	45° 06' 38.4" N	141° 16' 14.2" E	2021/5/31	-	高層湿原
			2021/6/10	-	
修景池	45° 14' 26.4" N	141° 13' 09.5" E	2020/10/6	10.0	人工池

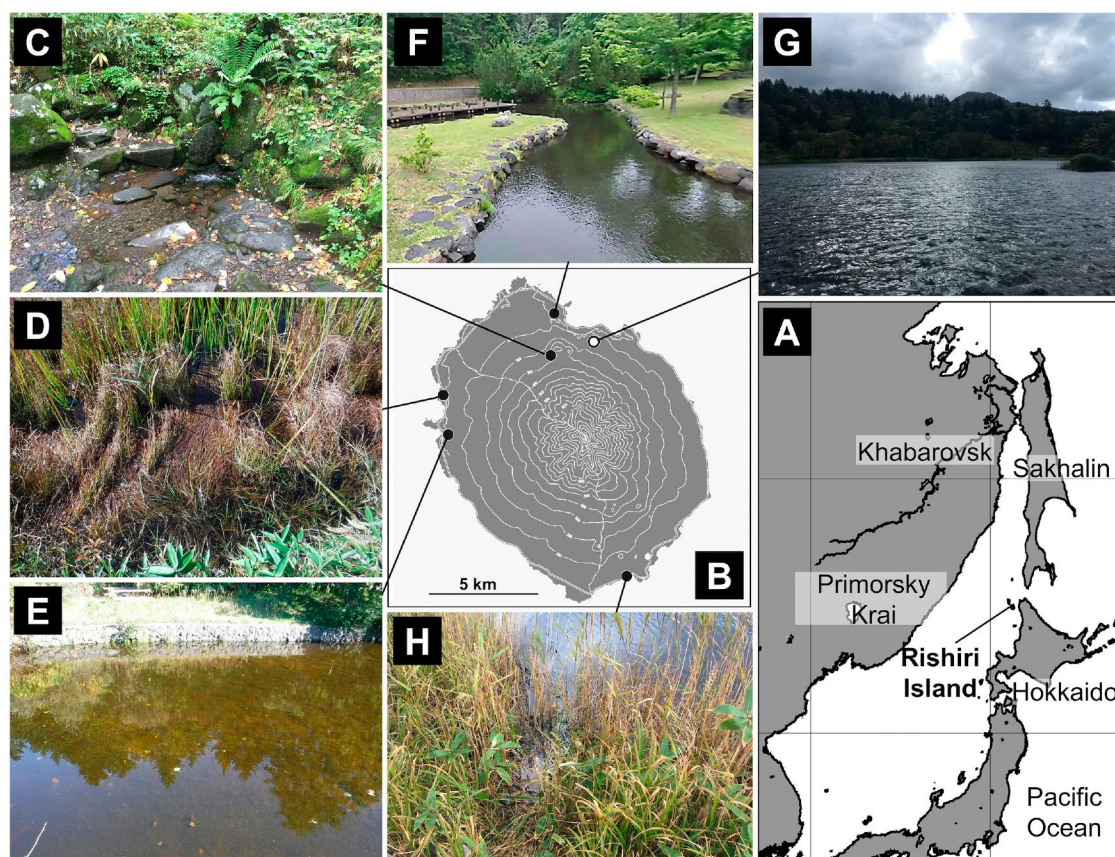


図 1. 利尻島の地図と採集地点の様子.

A, 利尻島周辺地図; B, 利尻島内の採集地点; C, 甘露泉水; D, 種富湿原; E, 森林公園内の池; F, 修景池; G, 姫沼; H, 南浜湿原. ●は貝形虫が採集された地点, ○は採集されなかった地点を示している.

Figure 1. Sampling sites for ostracods in Rishiri Island. A, map showing the location of Rishiri Island; B, map showing sampling sites in Rishiri Island; C-H, photographs of sampling sites (C, Kannro-sensui Spring; D, Tanetomi Swamp; E, pond in Shinrin-koen Park; F, Shukechi landscaping Pond; G, Hime-numa Lake; H, Minami-hama Swamp). ●, ○, sites where ostracods collected or not, respectively.

眠卵の形成が確認されており (Vandekerckhove *et al.*, 2013), 長距離分散に寄与している可能性が指摘されている (Martens *et al.*, 2007).

日本国内では約 100 種の汽水, 淡水生貝形虫が報告されている (Vávra, 1906; Broodbakker, 1988; Hiruta & Smith, 2001; Smith & Kamiya, 2001, 2003, 2006, 2007, 2014, 2015; Smith *et al.*, 2002, 2006, 2011, 2019; Matzke-Karasz *et al.*, 2004; 大久保, 2004; Smith & Hiruta, 2004; Hiruta *et al.*, 2007; Smith & Janz, 2008, 2009; Smith, 2011; Hiruta & Mawatari, 2013; Zhai & Zhao, 2014; Hiruta & Hiruta, 2015; 田中ほか, 2015; Hiruta & Kakui, 2016; Ohtaka *et al.*, 2017; Smith & Chang, 2020, 2022; Munakata *et al.*, 2021, 2022). しかし 1990 年代まで田や溜池を中心に採集調査が行われてきた経緯や調査地域の偏りから (大久保, 2004), 未だ十分にその種多様性が解明されているとは言えない.

利尻島における貝形虫相理解はあまり進んでいない. これまでに海生種の分布調査は行われたことがあるが (若山, 2010), 淡水域からの貝形虫の報告は皆無であった. 本研究では利尻島の淡水生貝形虫相の解明を目的とした採集調査の過程で得られた, 3 科 5 属 6 種の貝形虫を報告する. 得られた 6 種については形態情報に加え, シトクロム *c* 酸化酵素サブユニット I (COI) 遺伝子および 18S rRNA (18S) 遺伝子の部分配列情報を得たほか, 一部の種においては公開データベースに登録された配列とともに最尤法 (maximum likelihood; ML) による系統解析を行なった. また, *Cardinium* の感染の有無を *Cardinium* 16S rRNA (16S) 遺伝子特異的プライマーを用いて検証した. さらに今回確認された 6 種のための二分岐検索表を提示した.

試料と方法

採集調査

2020 年 10 月 4–6 日と 2021 年 5 月 31 日, 6 月 10 日に利尻島内の高層湿原 2 箇所 (種富湿原, 南浜湿原) と人工池 3 地点 (森林公園内の池, 修景池, 姫沼), 湧水 1 地点 (甘露泉水) で採集調査を行なっ

た (図 1, 表 1). 各地点において堆積した底砂や植物体の洗い出し, または水柱をプランクトンネット (目合い 63 μm) で濾して生物を採集した. 得られた貝形虫は 80% エタノールで固定した.

形態観察

固定した貝形虫標本は全身の写真を撮った後, 実体顕微鏡下で解剖した. 背甲は実体顕微鏡と走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いて, 軟体部についてはネオシガラール (志賀昆虫社製) で封入したプレパラート標本を作成し, 光学顕微鏡を用いて形態の観察を行なった (詳細は Munakata *et al.* (2021) を参照).

各部の和名は大久保 (2004), 田中ほか (2015) に従った. 本研究で用いた各形態の略称は以下の通りである: RV, 右殻 (right valve); LV, 左殻 (left valve); An2, 第 2 触角 (antenna); L5–7, 第 5–7 肢 (fifth, sixth, and seventh limbs); UR, 尾肢 (uropodal ramus).

分子解析

COI の配列決定には LCO1490, HCO2198 (Folmer *et al.*, 1994), 18S の配列決定には SR1, SR8, SR9, SR12, EU929R, 18S554f, 18S614r (Nakayama *et al.*, 1996; Puitika *et al.*, 2007; Maraun *et al.*, 2009), *Cardinium* の 16S の配列決定には ChF, ChR, CLO-f1, CLO-r1 (Zchori-Fein & Perlman, 2004; Gotoh *et al.*, 2007) のプライマーを用いた. ターミネーター反応には BigDye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit (Applied Biosystems 社製) を用いた. DNA 抽出と PCR 条件, 配列決定の詳細は Munakata *et al.* (2021) に従った. 決定した塩基配列は国際塩基配列データベース (INSD) に登録した.

Cypridopsis vidua (O. F. Müller, 1776), *Cavernocypris* sp. 1, *Ca.* sp. 2 の COI または 18S 配列は INSD に登録された近縁種の配列とともに整理し, 遺伝的距離 (Kimura 2 parameter distance; K2P distance) の算出を行なった. Candonini sp. の 18S 配列はデータベース上の Candonini 族貝形

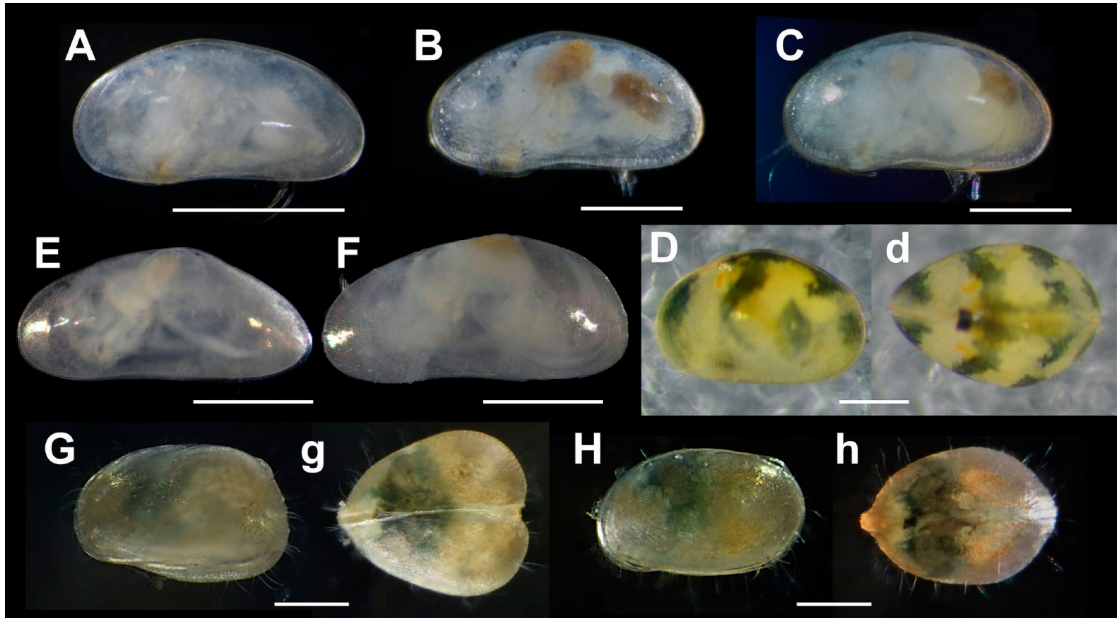


図 2. 利尻島産淡水生貝形虫の固定標本。

A, Cypricerinae sp. ♀ の左側面 (RTMCRU216); B, *Cavernocypris* sp. 1 ♀ の左側面 (RTMCRU218); C, *Ca.* sp. 2 ♀ の左側面 (RTMCRU221); D, d, *Cypridopsis vidua* ♀ の左側面, 背側 (RTMCRU008); E, Candonini sp. ♀ の左側面 (RTMCRU225); F, Candonini sp. ♂ の左側面 (RTMCRU227); G, g, *Metacypris* cf. *digitiformis* ♀ の左側面, 背側 (RTMCRU229); H, h, *M.* cf. *digitiformis* ♂ の左側面, 背側 (RTMCRU231). スケール: A, E, F, 0.5 mm; B-D, d, G, g, H, h, 0.2 mm.

Figure 2. Freshwater ostracods in Rishiri Island, fixed specimens. A-E, G, females, left view; d, g, females, dorsal view; F, H, males, left view; h, male, dorsal view. A, Cypricerinae sp. (RTMCRU216); B, *Cavernocypris* sp. 1 (RTMCRU218); C, *Ca.* sp. 2 (RTMCRU221); D, d, *Cypridopsis vidua* (RTMCRU008); E, F, Candonini sp. (RTMCRU225, RTMCRU227); G, g, H, h, *Metacypris* cf. *digitiformis* (RTMCRU229, RTMCRU231). Scales: A, E, F, 0.5 mm; B-D, d, G, g, H, h, 0.2 mm.

表 2. 利尻島産淡水生貝形虫のリスト。

F はメス個体のみ採集された, F+M は雌雄個体が採集されたこと, - は採集されなかったことを示す。

Table 2. List of freshwater ostracods collected from Rishiri Island. F, only female collected; F/M, female and male collected; -, not collected.

	採集地点					
	甘露泉水	種富湿原	森林公園内の池	修景池	姫沼	南浜湿原
Superfamily Cypridoidea Baird, 1845						
Family Cyprididae Baird, 1845						
Subfamily Cypricerinae McKenzie, 1971						
Cypricerinae sp. マルワカイミジンコ亜科の一種	F	-	-	-	-	-
Subfamily Cypridopsinae Kaufmann, 1900						
<i>Cavernocypris</i> sp. 1 ドウクツカイミジンコ属の一種	F	-	-	-	-	-
<i>Cavernocypris</i> sp. 2 ドウクツカイミジンコ属の一種	F	-	-	-	-	-
<i>Cypridopsis vidua</i> (Müller, 1776) ゴミマルカイミジンコ	-	F	F	F	-	-
Family Candonidae Kaufmann, 1900						
Subfamily Candoninae Kaufmann, 1900						
Candonini sp. カンドナ族の一種	-	F+M	-	-	-	-
Superfamily Cytheroidea Baird, 1850						
Family Limnocytheridae Sars, 1925						
Subfamily Timiriaseviinae Mandelstam, 1960						
<i>Metacypris</i> cf. <i>digitiformis</i> Smith & Hiruta, 2004	-	-	-	-	-	F+M

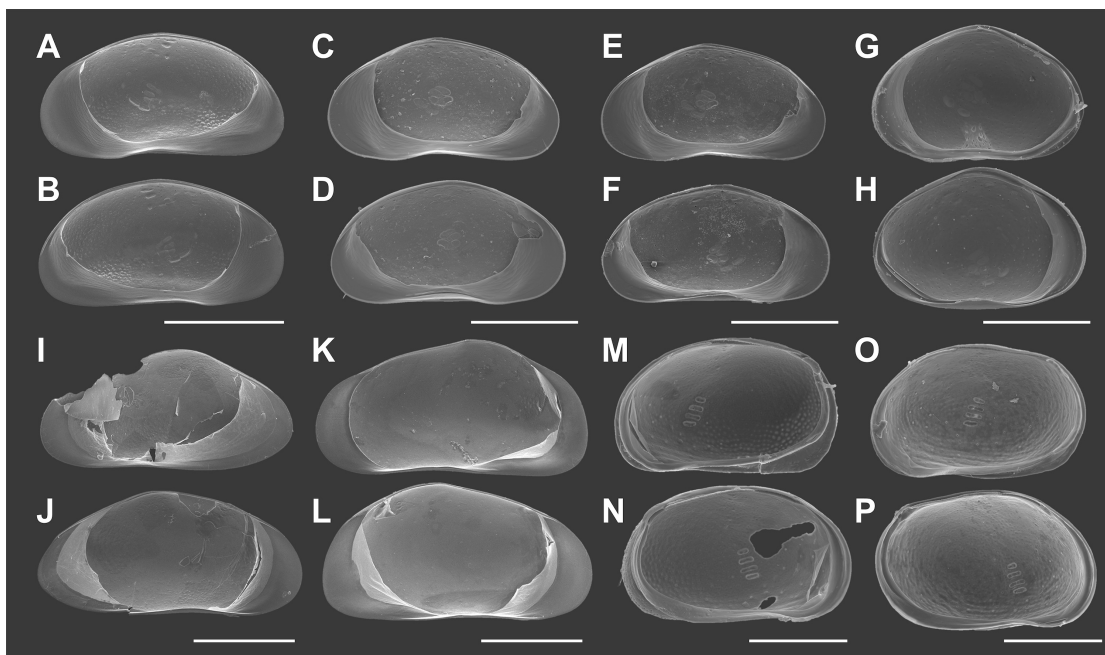


図3. 利尻島産淡水生貝形虫の殻内側のSEM画像。

A, C, E, G, I, K, M, O, 右殻; B, D, F, H, J, L, N, 左殻. A, B, *Cypricerinae* sp. ♀ (RTMCRU217); C, D, *Cavernocypris* sp. 1 ♀ (RTMCRU219); E, F, *Ca.* sp. 2 ♀ (RTMCRU222); G, H, *Cypridopsis vidua* ♀ (RTMCRU224); I, J, *Candonini* sp. ♀ (RTMCRU226); K, L, *Candonini* sp. ♂ (RTMCRU228); M, N, *Metacypris* cf. *digitiformis* ♀ (RTMCRU230); O, P, *M.* cf. *digitiformis* ♂ (RTMCRU232). スケール: A, B, I-L, 0.5 mm; C-H, 0.3 mm; M-P, 0.2 mm.

Figure 3. SEM images for freshwater ostracods in Rishiri Island. A, C, E, G, I, K, M, O, right valve; B, D, F, H, J, L, N, left valve. A, B, *Cypricerinae* sp., female (RTMCRU217); C, D, *Cavernocypris* sp. 1, female (RTMCRU219); E, F, *Ca.* sp. 2, female (RTMCRU222); G, H, *Cypridopsis vidua*, female (RTMCRU224); I, J, *Candonini* sp., female (RTMCRU226); K, L, *Candonini* sp., male (RTMCRU228); M, N, *Metacypris* cf. *digitiformis*, female (RTMCRU230); O, P, *M.* cf. *digitiformis*, male (RTMCRU232). Scales: A, B, I-L, 0.5 mm; C-H, 0.3 mm; M-P, 0.2 mm.

虫の配列とともに整列し、系統解析を行なった。塩基配列の整列、分子進化モデル (T92+G) の選択、最尤系統樹の推定は Munakata *et al.* (2022) に従った。1000 反復の ultrafast bootstrap 法を用いて樹形の信頼性を評価した。

結果と考察

甘露泉水から3種 (*Cypricerinae* sp., *Cavernocypris* sp. 1, *Ca.* sp. 2), 種富湿原から2種 (*Cypridopsis vidua*, *Candonini* sp.), 森林公園内の池から1種 (*Cy. vidua*), 修景池から1種 (*Cy. vidua*), 南浜湿原から1種 (*Metacypris* cf. *digitiformis*) の計5地点から3科5属6種の貝形虫が得られた (表2)。姫沼では貝形虫が採集されなかった。

分類

上科: Cypridoidea Baird, 1845

科: Cyprididae Baird, 1845

亜科: Cypricerinae McKenzie, 1971

Cypricerinae sp.

マルワカイミジンコ亜科の一種

(図2A, 3A, B, 4)

観察標本: RTMCRU216, 217 (メス, 甘露泉水, 2020/10/5 採集)

採集結果: 甘露泉水の湧出口周辺の底砂の洗い出しによって採集された。

分子情報 (RTMCRU216): COI (658 nt, LC726439), 18S (1762 nt, LC726448), *Cardinium*

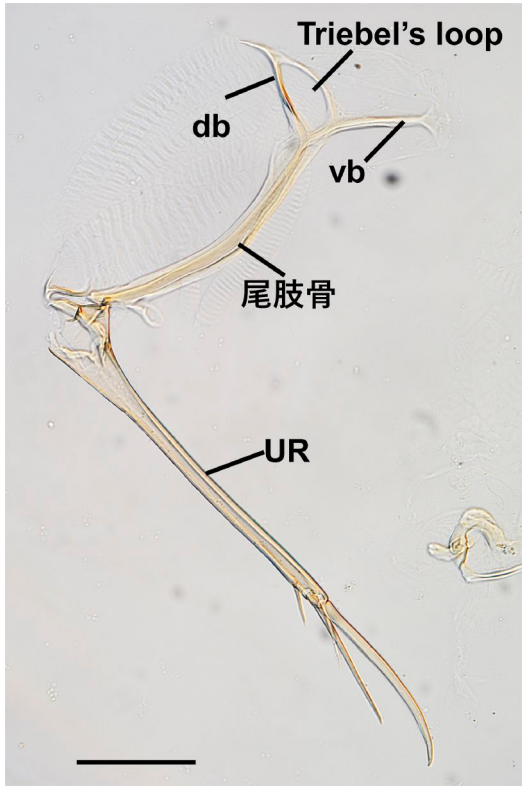


図4. Cypricercinae sp. (RTMCUR217) のURと尾肢骨の光学顕微鏡写真。スケール：0.1 mm.

Figure 4. Uropodal ramus (UR) and UR attachment of Cypricercinae sp., microphotograph (RTMCUR217). db, dorsal branch; vb, ventral branch. Scale: 0.1 mm.

16S (907 nt, LC726454).

備考：メスのみが採集された。体長約0.8 mm。本種は尾肢骨 (UR attachment) に Triebel's loop を持つことからマルワカイミジンコ亜科 (Cypricercinae) に同定される。本種の尾肢骨は太く、dorsal branch と ventral branch の中央に Triebel's loop が存在し、ventral branch が長く先端が膨らむ (図4)。また LV 前方の内葉上に内葉線 (list) と groove が存在しない。以上の形態の組み合わせは亜科内の既知12属いずれの定義形質とも一致しない (Savatenalinton & Martens, 2009a, b; Ferreira *et al.*, 2019)。このことから本種は未記載属に属すると判断される。

亜科：Cypridopsinae Kaufmann, 1900

Cavernocypris spp. 1, 2

ドウクツカイミジンコ属の複数種

(図2B, C, 3C-F)

観察標本：Ca. sp. 1, RTMCUR218-220; Ca. sp. 2, RTMCUR221, 222 (メス, 甘露泉水, 2020/10/5 採集)

採集結果：甘露泉水の湧出口周辺の底砂の洗い出しによって採集された。

分子情報：Ca. sp. 1, COI (658 nt, LC726441; LC726442; LC726444, RTMCUR218-220), 18S (1762 nt, LC726450, RTMCUR219), *Cardinium* 16S (907 nt, LC728178, RTMCUR218); Ca. sp. 2, COI (658 nt, LC726440; LC726443, RTMCUR221, 222), 18S (1762 nt, LC726449 RTMCUR221), *Cardinium* 16S (907 nt, LC728177, RTMCUR221).

備考：メスのみが採集された。体長約0.6 mm。LV が RV に腹側に覆い被さる, An2 の遊泳剛毛が非常に短い, UR は退縮し鞭状になる, 以上の特徴からドウクツカイミジンコ属 (*Cavernocypris*) に同定される (Smith *et al.*, 2017)。今回得られた標本は、背甲表面が平滑で装飾がない, L5 が剛毛 b, 剛毛 d および振動板 (vibratory plate) を欠くといった形質状態を示すことから、北海道大雪山系の高山帯河川をタイプ産地とするシバレドウクツカイミジンコ *Cavernocypris hokkaiensis* Munakata, Tanaka & Kakui, 2022 に同定される。しかし、大雪山産標本の COI (LC666823) と利尻島産標本の COI (LC726440-LC726444) の配列間の遺伝的距離を算出したところ、K2P-distance は 5.6-8.8% であり (表3), *Bennelongia* 属 (6.1% p-distance; Martens *et al.*, 2013) や *Physocypris* 属 (6.1% K2P distance; Karanovic, 2015) で報告された種間差相当の高い値であった。また利尻島産標本内においても、遺伝的に異なる2集団 (集団内の遺伝的距離 0.1-2.1%, 集団間 7.1%) が確認された。大雪山集団と利尻島の2集団間の 18S の K2P

表 3. *Cavernocypris* 属貝形虫 COI (638 座位) の遺伝的距離 (K2P). 括弧内は平均値.
Table 3: K2P distance among COI sequences from *Cavernocypris* ostracods (638 positions). Average values were in parentheses.

	<i>Ca. hokkaiensis</i>	<i>Ca. sp. 1</i>	<i>Ca. sp. 2</i>
<i>Ca. hokkaiensis</i>	-		
<i>Ca. sp. 1</i>	8.7–8.9 (8.8) %	0–0.2 (0.1) %	
<i>Ca. sp. 2</i>	4.9–6.3 (5.6) %	5.9–8.2 (7.1) %	2.1 %

distance は、大雪山集団と利尻島の 2 集団間、利尻島 2 集団間でそれぞれ 0.54%, 0.15%, 0.39% となった。以上の状況から、*C. hokkaiensis* と遺伝的に異なる 2 系統 (sp. 1, sp. 2) が甘露泉水に同所的に生息していると考えられる。本研究では、上記のとおり COI 遺伝子の K2P distance が種間差相当であったことを根拠に、2 系統をそれぞれ隠蔽種と扱った (*Ca. sp. 1*, *Ca. sp. 2*)。

Cavernocypris sp. 1, *Ca. sp. 2* をそれぞれ宿主とする *Cardinium* 16S の 2 配列 (LC728177, LC728178) は完全一致した。

Cypridopsis vidua (O. F. Müller, 1776)

ゴミマルカイミジンコ

(図 2D, d, 3G, H)

観察標本：RTMCRU223, 224 (メス, 森林公園の池, 2020/10/5 採集)

採集結果：種富湿原, 森林公園の池, 修景池の植物体の洗い出しとプランクトンネットによる採集によって採集された。

分子情報 (RTMCRU223)：COI (658 nt, LC726438), 18S (1762 nt, LC726447), *Cardinium* 16S (907 nt, LC726455)。

備考：メスのみが採集された。体長約 0.6 mm。背甲は背側、側面どちらから見ても卵型で、体の最大幅、体高が体長の 1/2 を超える、腹側において LV が RV に覆い被さる、LV 後方の内葉上に斜めに内葉線が発達する、UR が退縮し鞭状になるなどの形態的特徴からゴミマルカイミジンコ属 (*Cypridopsis*) に同定される。さらに背甲は薄い黄色で 4 本の茶色のバンドからなる縞模様をもつ

(エタノール固定後はバンドが緑に退色した)、An2 の遊泳剛毛が末端の爪の先をゆうに超えるほど発達するなどの特徴からゴミマルカイミジンコと同定される。

ゴミマルカイミジンコはこれまでに南極区を除く全ての生物地理区から報告があり、単為生殖能を持つ汎世界種であるとされている (Meisch, 2000; Meisch *et al.*, 2019)。今回、利尻島産標本の COI 部分配列と INSD に登録された本種と同定された標本の配列間の遺伝的距離を算出したところ、タイプ産地であるベルギーから採集された標本 (MH91675–916758) との間の K2P distance が 0.39–0.98% となった。また、利尻島産標本とイギリス (FBUK035), トルコ (KF991560–991562), カナダ (MG311350, MG317675, MG317875), メキシコ (MG449018, MG449448) から得られた標本との間の K2P distance はそれぞれ 0%, 2.2–2.8%, 0–0.39%, 0.39–3.4% と低い値であったことから、新北区と旧北区というゴミマルカイミジンコの広い分布が COI 配列の類似度からも支持された。

科：Candonidae Kaufmann, 1900

亜科：Candoninae Kaufmann, 1900

Candonini sp.

カンドナ族の一種

(図 2E, F, 3I–L)

観察標本：RTMCRU225, 226 (メス); RTMCRU227, 228 (オス) (種富湿原, 2020/10/4 採集)
採集結果：種富湿原の枯死した植物体の洗い出し

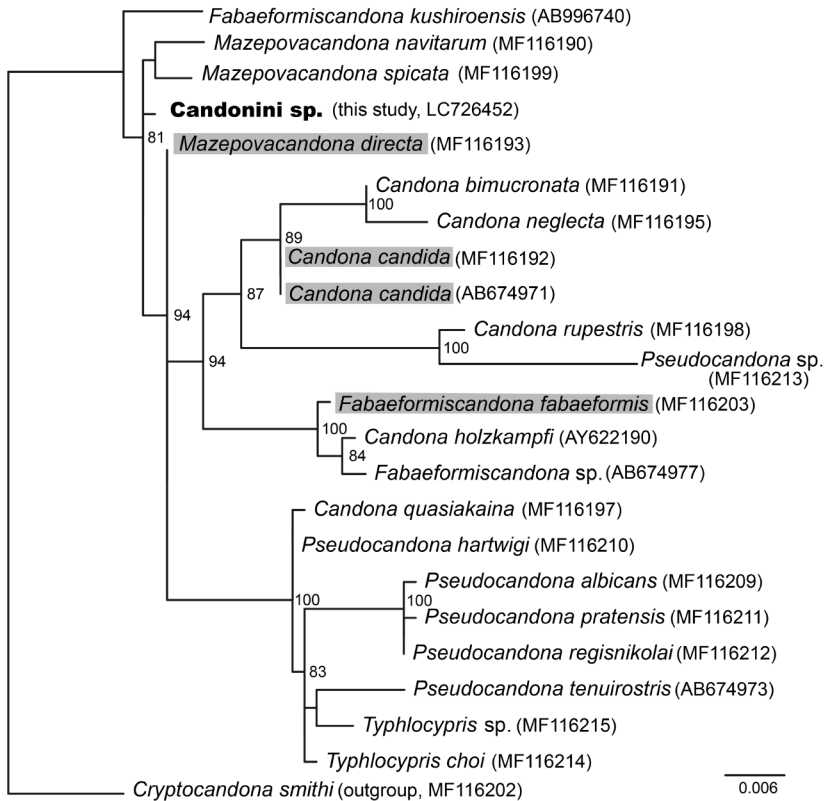


図5. カンドナ族の18S遺伝子の最尤法 (ML) による18S (835座位) 系統樹.

分岐点隣の数値はultrafast bootstrapの値 (80%以下の値は省略), 網掛けは各属のタイプ種を示している. スケール: 各塩基サイトにおける推定される塩基置換数の期待値.

Figure 5. ML tree based on 18S sequences (835 positions) of Candonini. Numbers near nodes are ultrafast bootstrap values >80%. Names of type species for genera were gray shaded. The scale indicates branch length in number of substitutions per site.

によって採集された.

分子情報: COI (658 nt, LC726445, RTMCRU225; LC726446, RTMCRU227), 18S (1762 nt, LC726452, RTMCRU225). *Cardinium* 16Sは雌雄ともに不検出.

備考: 雌雄が採集された. 体長はオスが約1.2 mm, メスが約1.1 mm. 成体のオスでは体の後方に分枝した精細管, メスでは卵巣が確認できる. L7先端節の剛毛h2と剛毛h3が長く, 剛毛h1が短いこと, URにposterior setaが存在することなどから, 本種はカンドナ族 (Candonini) と同定される.

カンドナ族内の分類体系については再検討が必要な現状にある. Karanovic & Sitnikova (2017) は分子系統解析の結果に基づき, *Candona directa* Bronstein, 1947をタイプ種とする *Mazepovacandona* 属をカンドナ族内に新たに設立, タイプ種に加えバイカル湖産の *Candona* 属の構成種の一部と *Baicalocandona* 属の1種を所属させた. しかし Meisch *et al.* (2019) は, 属内の形態の多様性が高いことなどを根拠に

Mazepovacandona 属を *Candona* 属の新参異名と扱い, 前者を採用しない体系を用いている. また, 族内に包括的な属定義を持つ属が存在する (例えば *Fabaeformiscandona* 属; Karanovic, 2012). このような状況から本種の同定は族までにとどめることとした.

18Sの部分配列 (整列後835座位) を用いたカンドナ族のML解析の結果, 本種は *Candona* 属, *Fabaeformiscandona* 属, *Mazepovacandona* 属, *Pseudocandona* 属, *Typhlocypris* 属の構成種からなるクレードの姉妹群となった (図5). なお今回の解析において上記5属はいずれも単系統群にならなかった. このように分子系統学的な観点からもカンドナ族内の分類体系は混乱していると言え, 今後分子情報と形態情報を用いた分類学的再検討が必須である.

上科: Cytheroidea Baird, 1850

科: Limnocytheridae Sars, 1925

亜科：Timiriaseviinae Mandelstam, 1960

Metacypris cf. *digitiformis* Smith & Hiruta, 2004
(図 2G, g, H, h, 3M-P, 6)

観察標本：RTMCRU0229, 230 (メス); 231, 232 (オス) (南浜湿原, 2021/5/31 採集)

採集結果：南浜湿原の植物体の洗い出しによって採集された。

分子情報 (LC726451, RTMCRU231)：18S (1762 nt). COI は決定できなかった。雌雄ともに *Cardinium* 16S は不検出。

備考：雌雄が得られた。体長は雌雄ともに約 0.5 mm。メスは育房 (brood chamber) を持ち、背側からみると後部が左右方向に張り出したハート型。オスの背甲は卵形である。*Metacypris digitiformis* はタイプ産地の釧路湿原のほか、利尻島の対岸に位

置する北海道サロベツ湿原 (Hiruta & Mawatari, 2013) や極東ロシアのハバロフスク地方 (Sidorov & Semenchenko, 2012) から同種と同定された標本が報告されている。

利尻島産個体のオス交尾器であるヘミペニス (hemipenis) は、直線的な upper clasp ing ramus と、dorsal ridge の末端に接する medial ridge を持つ (図 6)。これらの特徴はサロベツ産のオスの形質状態 (Hiruta & Mawatari, 2013) と同様である一方、タイプ産地である釧路湿原産のオスには見られないため、種名に cf. を付した。

生息環境との関連

ゴミマルカイミジンコは、成体、卵ともに魚類や鳥類の消化管内を生存したまま通過しうなど (Proctor, 1964; Vinyard, 1979)、周辺環境への高い耐性と、それに基づく高い分散能力を持つとされる。今回、島内の人工池からはゴミマルカイミジンコのみが得られたが、これは新規の水環境にも先駆的に侵入可能である本種の生態的特徴によると考えられる。

ドウクツカイミジンコ属は洞窟環境や高山帯河川などから報告される、低水温を好む系統である (Smith *et al.*, 2017)。本採集調査の結果からは、利尻島内でも本属の貝形虫は年間を通して低水温が維持される湧水に限定的に生息している可能性が高いといえる。

Metacypris cf. *digitiformis* は 2020 年 10 月の調査では得られなかったが、2021 年 5, 6 月の調査では採集された。サロベツ原野では *M. digitiformis* の出現時期が 5-9 月であるとされ (Hiruta & Mawatari, 2013)、利尻島の集団も類似の季節消長を示す可能性がある。今回の調査では、2 か所の湿原のうち、10 月のみ調査を行った種富湿原では採集されていないが、本種の生息の有無を判断するには夏季にも調査を実施する必要がある。

今回調査を行った 6 地点の内、姫沼からは貝形虫が採集されなかった。姫沼は堰堤を建設し、湿原の水位を上昇させて形成した周囲約 1 km、最大水深 4 m に至る人工池である (小田桐, 1964; 環境

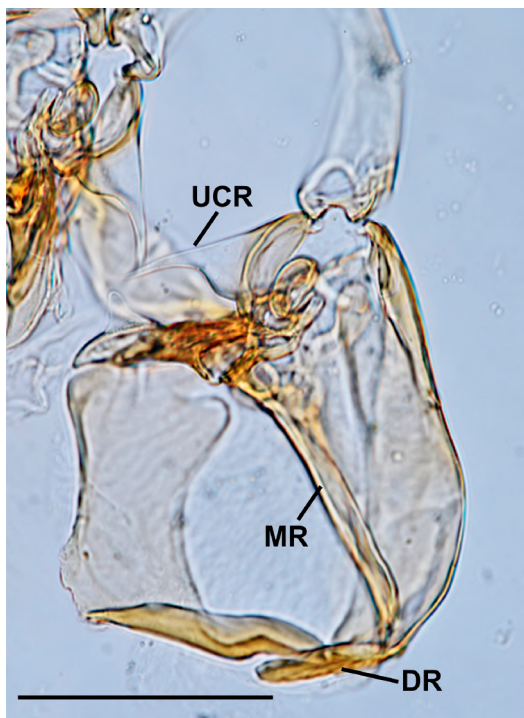


図 6. *Metacypris* cf. *digitiformis* のヘミペニス (RTMCRU232) の光学顕微鏡写真。スケール：0.1 mm。

Figure 6. Hemipenis of *Metacypris* cf. *digitiformis*, microphotograph (RTMCRU232). DR, dorsal ridge; MR, medial ridge; UCR, upper clasp ing ramus. Scale: 0.1 mm.

庁自然保護局企画調整課自然環境調査室, 1983). 今回調査を行えたのは池の辺縁部のみに限られており, より深い地点での調査を行えば貝形虫が採集される可能性はある.

細胞内共生細菌 *Cardinium* の検出

雌雄が採集された2種 (*Candonini* sp., *M.* cf. *digitiformis*) においては *Cardinium* の16S配列が検出されなかったが, メスのみが得られた4種 (*Cypricercinae* sp., *Cavernocypris* spp. 1, 2, *Cy. vidua*) においては検出された. Schön & Martens (2019) によると, 同研究で扱われた淡水生貝形虫のうち単為生殖種は9割以上が *Cardinium* に感染しており, 混合生殖種では有性生殖集団に比べて単為生殖集団の *Cardinium* 感染率が有意に高いという結果が得られている. このことから, 今回メスのみが得られた4種も単為生殖能を持つ可能性が示唆される.

地史とのかかわり

シベリア, サハリン, 北海道本島, 利尻島・礼文島を隔てる間宮海峡, 宗谷海峡, 礼文水道はいずれも水深が浅いため, 更新世の海面低下時にはこれらの地域には陸橋が成立し, 利尻島は北海道本島と地続きであったと考えられている (湊, 1967). 利尻島の貝形虫相は他の陸上生物同様 (例えば哺乳類; Millien-Parra & Jaeger, 2001), 更新世の生物移入に大きく影響を受けた可能性が高い. 近年, サハリンやハバロフスク地方, 沿海地方 (Sidorov & Semenchenko, 2012) や北海道本島 (例えばサロベツ原野; Hiruta & Mawatari, 2013) の淡水生貝形虫相も報告されている. 今後, 貝形虫を対象とした同地域の生物地理学的研究の進展が望まれる.

利尻島内で得られる淡水生貝形虫6種の検索表

成体の形態をもとに利尻島の淡水域で得られる貝形虫の検索表を以下に示す. *Cavernocypris* spp.

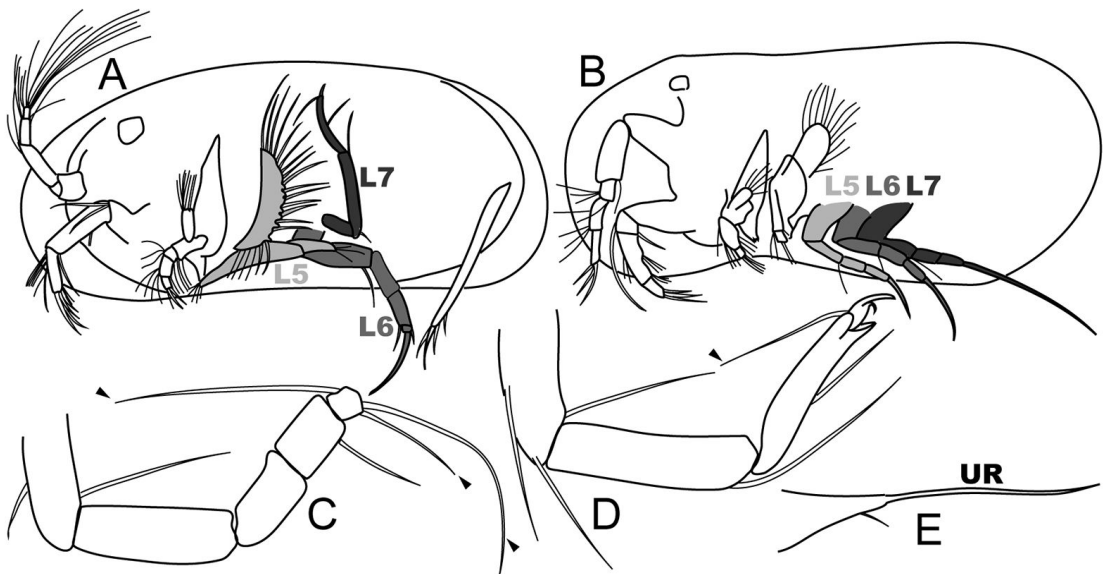


図7. 検索表に用いた形質の模式図.

A, L5-L7が異なる形態である状態 (Cypridoidea 上科) (左殻を取り除いた左側面図); B, L5-L7が同型の状態 (Cytheroidea 上科) (左殻を取り除いた左側面図); C, 先端に3本の剛毛 (矢頭) を備えた L7 (Candonidae 科); D, 先端が鉗型になり1本の剛毛 (矢頭) を備えた L7 (Cyprididae 科); E, 糸状に退縮した UR (Cypridopsinae 亜科). A, B は Meisch (2000) を改変・転載. L5-L7, 第5-7肢; UR, 尾肢.

Figure 7. Schematic drawings of character states used in the key.

A, L5-L7 of Cypridoidea, LV removed; B, L5-L7 of Cytheroidea, LV removed; C, L7 of Candonidae; D, L7 of Cyprididae; E, UR of Cypridopsinae. A, B, redrawn from Meisch (2000). Arrowheads, distal setae on L7; L5-L7, 5-7th limbs; UR, uropodal ramus.

1, 2 は形態に基づく判別は困難である。また各種とも幼体は成体と大きく形態が異なるため、形態形質に基づいた種同定は困難である。

1. 背甲は薄い黄色または茶色で模様がある 2
背甲は白色または半透明で模様はない 3
2. 背側から見ると背甲は卵型、背甲全体に複数のバンドからなる縞模様をもつ、L5-L7 の形態が異なり L6 のみが歩脚となる (図 7A)
..... *Cypridopsis vidua* (O. F. Müller, 1776)

ゴミマルカイミジンコ

- 背側から見ると背甲はハート型 (メス) または卵型 (オス)、背甲の前方のみに模様がある、L5-L7 が同型で全て歩脚となる (図 7B)
..... *Metacypris* cf. *digitiformis* Smith & Hiruta, 2004

3. 側面から見ると背甲背側の輪郭が前後で異なる、中央眼がない、L7 の先端は鉗型にならず 3 本の剛毛を備える (図 7C) Candonini sp.
カンドナ族の一種

側面から見ると背甲背側の輪郭が前後でほぼ同様、中央眼がある、L7 の先端は鉗型になり 1 本の剛毛を備える (図 7D) 4

4. 体長 0.6 mm 程度と小型、UR は糸状に退縮し、尾肢骨を欠く (図 7E)
..... *Cavernocypris* spp. 1, 2
ドウクツカイミジンコ属の複数種

5. 体長 0.8 mm 程度と *Cavernocypris* sp. 1, 2 より大型、UR は棒状に発達しており、尾肢骨の末端に Triebel's loop が存在する (図 5)
..... Cypricerinae sp.
マルワカイミジンコ亜科の一種

謝辞

本研究の一部は、公益財団法人水産無脊椎動物研究所の個別研究助成金 (代表者: 宗像みずほ) の支援のもと、利尻富士町教育委員会から南浜湿原・姫沼での底生生物捕獲許可を受けて実施された。正部川寛さんには種富湿原の調査にご協力いただいた。調査にあたりご協力いただいた関係者の方々に感謝申し上げる。

引用文献

- Broodbakker, N. W., 1988. Ecology and distribution of groundwater Crustacea and freshwater Ostracoda in SW Honshu and the Nansei Islands, Japan. *Verlagen en Technische Gegevens Institute voor Taxonomische Zoologie*, 53: 1-21.
- Ferreira, V. G., J. Higuti, & K. Martens, 2019. A striking case of convergent evolution in two species of Cypricerinae (Crustacea, Ostracoda), with the description of a new genus and species from Brazil. *Zoologischer Anzeiger*, 283: 1-11.
- Folmer, O., M. Black, W. Hoeh, R. Lutz, & R. Vrijenhoek, 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3: 294-299.
- Giorgini, M., M. M. Monti, E. Caprio, R. Stouthamer, & M. S. Hunter, 2009. Feminization and the collapse of haplodiploidy in an asexual parasitoid wasp harboring the bacterial symbiont *Cardinium*. *Heredity*, 102: 365-371.
- Gotoh, T., H. Noda, & S. Ito, 2007. Cardinium symbionts cause cytoplasmic incompatibility in spider mites. *Heredity*, 98: 13-20.
- Hiruta, S. & R. J. Smith, 2001. Living freshwater and shallow marine Ostracoda in eastern Hokkaido, Japan. In Ikeya, N. (ed.), *Guidebook of Excursions of the 14th International Symposium on Ostracoda*, 107-125. Organizing Committee of ISO 2001, Shizuoka.
- Hiruta, S. F. & K. Kakui, 2016. Three new brackish-water thalassocypridine species (Crustacea: Ostracoda: Paracyprididae) from the Ryukyu Islands, southwestern Japan. *Zootaxa*, 4169: 515-539.
- Hiruta, S. F. & S. F. Mawatari, 2013. Ostracods (Crustacea) from Sarobetsu Marsh, northern Hokkaido, Japan: taxonomy and phenology with description of *Pseudocandona tenuirostris* sp. nov. *Species Diversity*, 18: 57-74.

- Hiruta, S. F. & S. Hiruta, 2015. Description of a species of *Fabaeformiscandona* (Ostracoda, Crustacea) from Kushiro Marsh, Hokkaido, Japan, with the nearly complete mitochondrial genomic sequence. *Biodiversity Data Journal*, 3: 1–30 (e7074).
- Hiruta, S. F., S. Hiruta, & S. F. Mawatari, 2007. A new, interstitial species of *Terrestricythere* (Crustacea: Ostracoda) and its microdistribution at Orito Beach, northeastern Sea of Japan. In Matzke-Karasz, R., & Martens, K. (eds.), *Ostracodology—Linking Bio-and Geosciences*, 43–56. Schudack, Springer, Dordrecht.
- Horne, D. J., A. Cohen, & K. Martens, 2002. Taxonomy, morphology and biology of Quaternary and living Ostracoda. *Washington DC American Geophysical Union Geophysical Monograph Series*, 131: 5–36.
- 環境庁自然保護局企画調整課 自然環境調査室, 1983. 第2回自然環境保全基礎調査報告書資料 編. <https://www.biodic.go.jp/reports/2-4/b000.html> (2022年9月16日閲覧).
- Karanovic, I., 2012. Recent Freshwater Ostracods of the World. Springer. Berlin.
- Karanovic, I., 2015. Barcoding of ancient lake ostracods (Crustacea) reveals cryptic speciation with extremely low distances. *PLoS One*, 10(3): e0121133.
- Karanovic, I. & T. Y. Sitnikova, 2017. Morphological and molecular diversity of Lake Baikal candonid ostracods, with description of a new genus. *ZooKeys*, 684: 19–56.
- Ma, W. J. & T. Schwander, 2017. Patterns and mechanisms in instances of endosymbiont-induced parthenogenesis. *Journal of Evolutionary Biology*, 30: 868–888.
- Maraun, M., G. Erdmann, G. Schulz, R. A. Norton, S. Scheu, & K. Domes, 2009. Multiple convergent evolution of arboreal life in oribatid mites indicates the primacy of ecology. *Proceeding of the Royal Society B*, 276: 3219–3227.
- Martens, K., I. Schön, C. Meisch, & D. J. Horne, 2007. Global diversity of ostracods (Ostracoda, Crustacea) in freshwater. In Balian, E. V. *et al.* (eds.), *Freshwater Animal Diversity Assessment*, 198: 185–193. Springer, Dordrecht.
- Martens, K., S. Halse, & I. Schön, 2013. On the *Bennelongia barangaroo* lineage (Crustacea, Ostracoda) in Western Australia, with the description of seven new species. *European Journal of Taxonomy*, 66: 1–59.
- Matzke-Karasz, R., R. J. Smith, & M. Homma, 2004. *Cyclocypris diebeli* Absolon, 1973 (Ostracoda, Crustacea), extinct in Europe, extant in Japan. *Journal of Natural History*, 38: 1635–1663.
- Meisch, C., 2000. Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. Spektrum Akademischer Verlag, Berlin.
- Meisch, C., R. J. Smith, & K. Martens, 2019. A subjective global checklist of the extant non-marine Ostracoda (Crustacea). *European Journal of Taxonomy*, 492: 1–135.
- Millien-Parra, V. & J. J. Jaeger, 1999. Island biogeography of the Japanese terrestrial mammal assemblages: an example of a relict fauna. *Journal of Biogeography*, 26(5): 959–972.
- 湊正雄, 1967. 第四紀末葉の海水面変動と日本列島の古地理. 動物分類学会会報, 36: 1–3.
- Munakata, M., H. Tanaka, & K. Kakui, 2021. *Heterocypris spadix* sp. nov. (Crustacea: Ostracoda: Cypridoidea) from Japan, with information on its reproductive mode. *Zoological Science*, 38: 287–296.
- Munakata, M., H. Tanaka, & K. Kakui, 2022. Taxonomy and natural history of *Cavernocypris hokkaiensis* sp. nov., the first ostracod reported from alpine streams in Japan. *Zoosystematics and Evolution*, 98(1): 117–127.
- Nakayama, T., S. Watanabe, K. Mitsui, H. Uchida, & I. Inoue, 1996. The phylogenetic relationship

- between the Chlamydomonadales and Chlorococcales inferred from 18SrDNA sequence data. *Phycological Research*, 44: 47–55.
- 小田桐清美, 1964. 島の風土紀 利尻・礼文. 岩橋印刷, 札幌.
- 大久保一郎, 2004. 日本淡水産カイミジンコ類について. 三文印刷所, 岡山.
- Ohtaka, A., S. R. Gelder, & R. J. Smith, 2017. Long-anticipated new records of an ectosymbiotic branchiobdellidan and an ostracod on the North American red swamp crayfish, *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) from an urban stream in Tokyo, Japan. *Plankton and Benthos Research*, 12: 123–128.
- Proctor, V. W., 1964. Viability of crustacean eggs recovered from ducks. *Ecology*, 45(3): 656–658.
- Puitika, T., Y. Kasahara, N. Miyoshi, Y. Sato, & S. Shimano, 2007. A taxon-specific oligonucleotide primer set for PCR-based detection of soil ciliate. *Microbes and Environments*, 22: 78–81.
- Savatenalinton, S. & K. Martens, 2009a. Generic revision of Cypricerinae McKenzie, 1971 (Crustacea, Ostracoda), with the description of three new genera and one new species and a phylogenetic analysis of the subfamily. *Hydrobiologia*, 632(1): 1–48.
- Savatenalinton, S. & K. Martens, 2009b. Redescription of the type species of *Strandesia* Stuhlmann, 1888 and *Cypricerus* Sars, 1895 (Crustacea, Ostracoda, Cypricerinae), with a description of a new species of *Cypricerus* from South Africa. *Zootaxa*, 2007(1): 1–42.
- Schön, I. & K. Martens, 2016. Ostracod (Ostracoda, Crustacea) genomics—promises and challenges. *Marine Genomics*, 29: 19–25.
- Schön, I. & K. Martens, 2019. Are Cardinium infections causing asexuality in non-marine ostracods? *Hydrobiologia*, 847: 1651–1661.
- Sidorov, D. A. & K. A. Semchenko, 2012. New records of freshwater ostracods (Crustacea) from the Far East of Russia, with a checklist of recent freshwater ostracods of the region. *Arthropoda Selecta*, 21(3): 227–234.
- Smith, R. J., 2011. Groundwater, spring and interstitial Ostracoda (Crustacea) from Shiga Prefecture, Japan, including descriptions of three new species and one new genus. *Zootaxa*, 3140: 15–37.
- Smith, R. J. & C. Y. Chang, 2020. Taxonomic assessments of some Cyprinotinae Bronstein, 1947 species (Crustacea: Ostracoda) from Japanese and Korean rice fields, including (re-)descriptions of six species and a review of the type species of the subfamily. *Zootaxa*, 4795: 1–69.
- Smith, R. J. & C. Y. Chang, 2022. Two new species of non-marine Ostracoda (Crustacea) of the genera *Vestalenula* Rossetti & Martens, 1998 (Darwinuloidea) and *Microloxoconcha* Hartmann, 1954 (Cytheroidea) from Tsushima, Japan, and a summary of the non-marine ostracod fauna of the island. *Zootaxa*, 5150(4): 529–555.
- Smith, R. J. & S. Hiruta, 2004. A new species of *Metacypris* (Limnocytherinae, Cytheroidea, Ostracoda, Crustacea) from Hokkaido, Japan. *Species Diversity*, 9: 37–46.
- Smith, R. J. & H. Janz, 2008. Recent species of the family Candonidae (Ostracoda, Crustacea) from the ancient Lake Biwa, central Japan. *Journal of Natural History*, 42: 2865–2922.
- Smith, R. J. & H. Janz, 2009. Recent ostracods of the superfamilies Cytheroidea and Darwinuloidea (Crustacea) from Lake Biwa, a Japanese ancient lake. *Species Diversity*, 14: 217–241.
- Smith, R. J. & T. Kamiya, 2001. The first record of an entocytherid ostracod (Crustacea: Cytheroidea) from Japan. *Benthos Research*, 56: 57–61.
- Smith, R. J. & T. Kamiya, 2003. Three brackish water ostracods (Crustacea) from Okayama Prefecture, Japan. *Species Diversity*, 8: 79–91.
- Smith, R. J. & T. Kamiya, 2006. Six new species of

- fresh and brackish water ostracods (Crustacea) from Yakushima, Southern Japan. *Hydrobiologia*, 559: 331–355.
- Smith, R. J. & T. Kamiya, 2007. Copulatory behaviour and sexual morphology of three *Fabaeformiscandona* Krstic, 1972 (Candoninae, Ostracoda, Crustacea) species from Japan, including descriptions of two new species. *Hydrobiologia*, 585: 225–248.
- Smith, R. J. & T. Kamiya, 2014. The freshwater ostracod (Crustacea) genus *Notodromas* Liljeborg, 1853 (Notodromadidae) from Japan; taxonomy, ecology and lifestyle. *Zootaxa*, 3841: 239–256.
- Smith, R. J. & T. Kamiya, 2015. Four new species of the subfamily Candoninae (Crustacea, Ostracoda) from freshwater habitats in Japan. *European Journal of Taxonomy*, 136: 1–34.
- Smith, R. J., R. Matzke-Karasz, T. Kamiya, & Y. Ikeda, 2002. *Scottia birigida* sp. nov. (Cypridoidea: Ostracoda) from western Honshu, Japan and a key to the subfamily Scottiinae Bronstein, 1947. *Zootaxa*, 126: 1–20.
- Smith, R. J., T. Kamiya, & D. J. Horne, 2006. Living males of the 'ancient' asexual Darwinulidae (Ostracoda, Crustacea). *Proceedings of the Royal Society B*, 273: 1569–1578.
- Smith, R. J., H. Janz, & I. Okubo, 2011. Recent Cyprididae and Ilyocyprididae (Crustacea: Ostracoda) from Lake Biwa, Japan, including a summary of the lake's ostracod fauna. *Zootaxa*, 2874: 1–37.
- Smith, R. J., T. Kamiya, Y. G. Choi, J. Lee, & C. Y. Chang, 2017. A new species of *Cavernocypris* Hartmann, 1964 (Crustacea: Ostracoda) from caves in South Korea. *Zootaxa*, 4268: 360–376.
- Smith, R. J., D. Zhai, & C. Y. Chang, 2019. *Ilyocypris* (Crustacea: Ostracoda) species in North East Asian rice fields; description of one new species, and redescription of *Ilyocypris dentifera* Sars, 1903 and *Ilyocypris japonica* Okubo, 1990. *Zootaxa*, 4652: 56–92.
- 田中隼人・小鳥居英・横澤賢・若林楓芽・木本和代・佐野恵子, 2015. 富士山西南麓の淡水環境に生息するカイミジンコ類 (甲殻類) の分布と産出報告. タクサ, 38: 26–41.
- Vandekerckhove, J., K. Martens, G. Rossetti, F. Mesquita-Joanes, & T. Namiotko, 2013. Extreme tolerance to environmental stress of sexual and parthenogenetic resting eggs of *Eucypris virens* (Crustacea, Ostracoda). *Freshwater Biology*, 58: 237–247.
- Vávra, W., 1906. Ostracoden von Sumatra, Java, Siam, den Sandwich-Inseln und Japan. *Zoologische Jahrbuecher Systematik*, 23: 413–438 + pls. 24–25.
- Vinyard, G., 1979. An ostracod (*Cypridopsis viduala*) can reduce predation from fish by resisting digestion. *American Midland Naturalist*, 102(1): 188–190.
- 若山典央, 2010. 利尻・北海道域におけるミオドコーパ目介形虫. 利尻研究, (29): 75–81.
- Zchori-Fein, E. & S. J. Perlman, 2004. Distribution of the bacterial symbiont *Cardinium* in arthropods. *Journal of Evolutionary Biology*, 13: 2009–2016.
- Zhai, D. & W. Zhao, 2014. On some recent non-marine ostracods from northern China, with description of one new species. *Crustaceana*, 87: 985–1026.