

岩手県と宮城県から採集された*Cyclops kikuchii* Smirnov, 1932と*C. vicinus* Uljanin, 1875 (カイアシ綱, キクロプス目, キクロプス科) の形態的差異

菅 孔太郎^{1)*+}, 阿部 博和²⁾⁺, 佐々木あゆ³⁾⁺, 伊藤 えみ³⁾⁺

(受理 2022年12月9日)

Morphological differences between *Cyclops kikuchii* Smirnov, 1932 and *C. vicinus* Uljanin, 1875 (Copepoda: Cyclopoida: Cyclopidae) collected from Iwate and Miyagi prefectures, Japan

Kotaro KAN^{1)*+}, Hirokazu ABE²⁾⁺, Ayu SASAKI³⁾⁺ and Emi ITOH³⁾⁺

要旨

2021年12月19日と2022年3月7日に岩手県の岩手医科大学矢巾キャンパスの貯水池, 2022年2月27日に宮城県利府町の柚ノ木溜池においてプランクトン採集を行った結果, それぞれの地点から淡水性カイアシ類である*Cyclops kikuchii* Smirnov, 1932と*C. vicinus* Uljanin, 1875が得られた. 前者は尾又末端の刺毛の相対長 (terminal medium internal seta/ terminal internal seta : 1.86, n=1) が比較的大きく, 顎脚のsyncoxopoditeの前面と側縁にそれぞれ短棘と微棘を有さないのに対し, 後者は尾又末端の刺毛の相対長 (1.50-1.67, n=4) が比較的小さく, 顎脚のsyncoxopoditeの前面と側縁にそれぞれ短棘と微棘を有することから, 形態的に区別された. この同定結果はミトコンドリアCOI配列のBLAST検索の結果からも支持された. 両種の顎脚のsyncoxopoditeの棘群の配列の差異はヨーロッパ産標本においてすでに示されていたが, 本研究により, 日本産標本においても2種の識別に有用である可能性が示された.

Keywords : COI, freshwater copepoda, maxilliped, related species, terminal furcal setae

¹⁾ 岩手医科大学 教養教育センター 生物学科

Department of Biology, Center for Liberal Arts and Sciences, Iwate Medical University, 1-1-1 Idai-dori, Yahaba, Shiwa, Iwate 028-3694, Japan

²⁾ 石巻専修大学 理工学部 生物科学科

Faculty of Science and Engineering, Ishinomaki Senshu University, 1 Shinmito, Minamisakai, Ishinomaki, Miyagi 986-8580, Japan

³⁾ 岩手医科大学 医学部医学科 第2学年

Second year student of School of Medicine, Department of Medicine, Iwate Medical University, 1-1-1 Idai-dori, Yahaba, Shiwa, Iwate 028-3694, Japan

* Corresponding author: Kotaro Kan, E-mail: kotaroka@iwate-med.ac.jp, kotaro.kan@gmail.com

+ Equal contribution

1. はじめに

カイアシ類は、節足動物門 甲殻亜門 カイアシ綱に属する生物の総称であり (大塚・田中 2020), 主に海水性であるが、一部のグループは池や川、湖、水田などの淡水域にも生息し、熱帯域から寒帯域まで広く分布している。大部分の種は浮遊性であるが、中には底生性や寄生性のものも存在する。阿部ほか (2021, 2022) では、2021年8月 (夏季) に岩手医科大学矢巾キャンパスの貯水池で淡水動物プランクトンの調査が行われ、阿部ほか (2021) ではヤマトヒゲナガケンミジンコ *Eodiaptomus japonicus* (Burekhardt, 1913) と *Eucyclops roseus* Ishida, 1997の2種のカイアシ類が同定された。本研究では、2021年12月と2022年3月に、同貯水池で冬季の出現種の調査を行ったところ、*Cyclops kikuchii* Smirnov, 1932と思われる種が採集された。また、比較のために2022年2月に宮城県利府町の柚ノ木溜池で調査を行ったところ、*C. vicinus* Uljanin, 1875と思われる種が採集された。

Cyclops vicinus と *C. kikuchii* はユーラシア大陸の両端 (ヨーロッパと東アジア) に分布する種として知られ (Hołyńska & Wyngaard 2019, Sioud et al. 2021a), 国内では北海道から九州にかけて各地の湖沼に生息している (Sioud et al. 2021a, 2021b)。2種はキクロプス属 *Cyclops* の中で系統的に最も近縁なペアであり (Krajiček et al. 2016, Hołyńska & Wyngaard 2019), 形態的にも互いによく似ている。*Cyclops kikuchii* は、東京女子高等師範学校 (現・お茶の水女子大学) の菊池健三博士により東京周辺から採集された標本に基づき新種として記載され (Smirnov 1932), その後、*C. vicinus* の変種 (Rylov 1948) や亜種 (Einsle 1994) として扱われた。日本においては、伊藤 (1965) がおそらく Rylov (1948) の見解にしたがって *C. kikuchii* を *C. vicinus* のジュニアシノニムとみなしており (Sioud et al. 2021a), 日本淡水プランクトン図鑑 (水野 1977) や日本淡水動物プランクトン検索図説 (水野・高橋 2000) においても *C. vicinus* のみが掲載されている。一方、石田 (2002) の「日本産淡水ケンミジンコ図譜」には *C. kikuchii* のみが掲載されている。Sioud et al. (2021a) は「日本で *C. vicinus* とされてきたものが Einsle (1996) によって *C. kikuchii* に正されたという石田 (2002) の認識は誤りである」と指摘するとともに、信頼できる日本産 *C. kikuchii* の記載は原記載以外に存在しないという理由から、分類学的位置付けが曖昧な2種を「広義の日本産 *C. vicinus*」と呼んだ。しかしながら、石田 (2002) は、「本属の分類学的再検討が Einsle (1996) によりなされた結果、我が国で分布が知られていた2種について誤りが明らかとなり、*C. vicinus* とされてきたものは *C. kikuchii* に正され…」と述べていることから、Sioud et al. (2021a) の指摘は誤りであり、Einsle (1996) が *C. kikuchii* を再び有効種とみなしたことを受けて、石田 (2002) が日本で *C. vicinus* とされてきたものを *C. kikuchii* に再同定したと考えるのが妥当であろう。Sioud et al. (2021a) は、北海道から九州までの22水域から採集された「広義の日本産 *C. vicinus*」137個体のDNA解析 (核ITS-1とミトコンドリア12S) と形態 (尾叉末端刺毛) の精査を行い、*C. vicinus* と *C. kikuchii* の2種が国内に生息していることを明らかにし、石田 (2002) では“*C. kikuchii*”の名で *C. vicinus* のものと判断されるスケッチが掲載されるなど、これまで2種が混同されていたことを指摘した。

従来、これら2種の分類形質として、おもに尾叉末端の3本の刺毛 (Ti: terminal internal seta; Tmi: terminal medium internal seta; Te: terminal external seta) の相対長が用いられてきた。Einsle (1996) のキクロプス属の検索表では尾叉 (furca) の長さに対するTiの長短が、Błędzki & Rybak (2016) のキクロプス亜科 Cyclopinae の検索表ではTiに対するTeの長短が分類形質として用いられ、Sioud et al. (2021a) ではTi/BL, Ti/Furca, Tmi/Tiの平均値が種間で統計的に有意に異なることが確かめられている。ただし、これらの形質の相対値の分布は2種間で重複するため、明確な分類形質にはなり得ないことに注意が必要である。一方、Hołyńska & Dimante-Deimantovica (2016) のFenno-Scandinavia産キクロプス属の検索表では、2種の分類形質として顎脚のsyncoxopoditeにおけ

る短棘 (smaller spinules) と微棘 (tiny spinules) の有無が用いられているが、これまで日本産標本でこの形質を検討した研究は行われていない。本研究では、岩手県と宮城県より得られた*C. kikuchii*と*C. vicinus*の標本について、ミトコンドリアCOI遺伝子の塩基配列と尾叉末端の刺毛の相対長に加え、顎脚のsyncoxopoditeの棘群の配列の比較を行った。

2. 材料と方法

カイアシ類の採集は、2021年12月19日の15時頃と2022年3月7日の14時頃に岩手県矢巾町の岩手医科大学矢巾キャンパスの第3貯水池 (39.6097 N, 141.1614 E) にて、2022年2月27日の16時頃に宮城県利府町の柚ノ木溜池 (38.3280 N, 140.9892 E) にて行った (Fig. 1)。矢巾キャンパスの第3貯水池のおおよその深さは1 mであった。当貯水池に関する詳細は阿部ほか (2021) を参照されたい。柚ノ木溜池は周囲約500 mの農業用貯水池であり、水が濁っていたため目視で底を確認できなかった。

カイアシ類の採集では、柄付小型プランクトンネット (ケニス, HP) を用いて各池の表層を数回ずつ水平に曳網し、プランクトンサンプルをボトルに入れ持ち帰った。2021年12月の矢巾キャンパス貯水池での採集の際には表層水が凍結していたため、スコップで氷を割ってから採集を行った。採集されたカイアシ類は、Cマウントカメラアダプター (Wraymer, SA20) を用いて実体顕微鏡 (Olympus, MVX10およびWraymer, LW-820T) に取り付けられたデジタル一眼カメラ (Olympus, E-M1 Mark II およびSony, α 6000) で全体写真を撮影した後、プランクトンサンプル全体を100 μ mのメッシュで濾過して70%エタノールで固定した。

キクロプス目Cyclopoidaではオスが記載されていない種が多く、検索表はメスのみで作られオスの種同定が不可能なため (上田 2018)、本研究ではメス成体のみを観察した。キクロプス目のメス成体は2個の卵囊をもつことでオスと区別し、固定サンプルの中から実体顕微鏡 (Olympus, SZX7) 下で選別した。選別した個体は、割り箸の先端にシガ微針 (志賀昆虫, No.251) を接着して作成した解剖針を用いて解剖を行い、エタノールで封じたプレパラートを作成して生物顕微鏡 (Olympus, CX31およびBX51) を用いて観察を行った。各部位の顕微鏡写真はBX51に取り付けた顕微鏡デジタルカメラ (Olympus, DP71) を使用して撮影した。

キクロプス目の属までの同定には富川・鳥越 (2009) の検索表にしたがい、水野 (1997)、水野・高橋 (2000)、石田 (2002) も参照した。ケンミジンコ属の種同定には、Błędzki & Rybak (2016) とHołyńska & Dimante-Deimantovica (2016) の検索表、およびSioud et al. (2021a) の形態計測値



Figure 1. Landscape of sampling sites in the impounding reservoir in Iwate Medical University Yahaba Campus, Iwate Prefecture on 19 December 2021 (A) and in the Yunoki Tameike pond in Miyagi Prefecture on 27 February 2022 (B).

の比較表 (Table 3) を参照した。なお, 水野 (1997) および水野・高橋 (2000) は *C. vicinus* にオナガケンミジンコという和名を充てているが, これらの文献では *C. vicinus* と *C. kikuchii* の 2 種を区別していない (「はじめに」参照)。したがって, オナガケンミジンコという和名がどちらの種を指すものかは不明であり, 本稿ではこの和名を使用せずに学名のみで表記することとした。

尾叉末端の刺毛の相対長の算出にあたっては, *C. vicinus* 4 個体と *C. kikuchii* 1 個体 (いずれもメス) を用い, 撮影画像もしくは接眼マイクロメーターを用いて尾叉 (furca) とその末端の 3 本の刺毛 (Ti: terminal internal seta; Tmi: terminal medium internal seta; Te: terminal external seta) (Figs. 2B, 3B, C) の長さを計測した。このうち, *C. vicinus* 3 個体については, Sioud et al. (2021a) の方法にしたがい, 頭胸甲の前端から尾叉の末端までの体長 (BL) を計測した。

DNA解析では, 矢巾キャンパス貯水池から2021年12月19日と2022年3月7日に採集された *C. kikuchii* (各1個体) と 柚ノ木溜池で採集された *C. vicinus* (2個体) を用いた。DNAの抽出にはChelex100 (Bio-Rad社) を10%となるように加えたTEバッファー (pH 8.0) を使用し, 95°Cで20分間インキュベートした (Richlen & Barber 2005)。抽出したDNA (無希釈または10倍希釈) を鋳型として, PCR法によりミトコンドリアCOI遺伝子部分配列の増幅を行った。PCRは1サンプルあたり 1 μ lの鋳型, 8.8 μ l

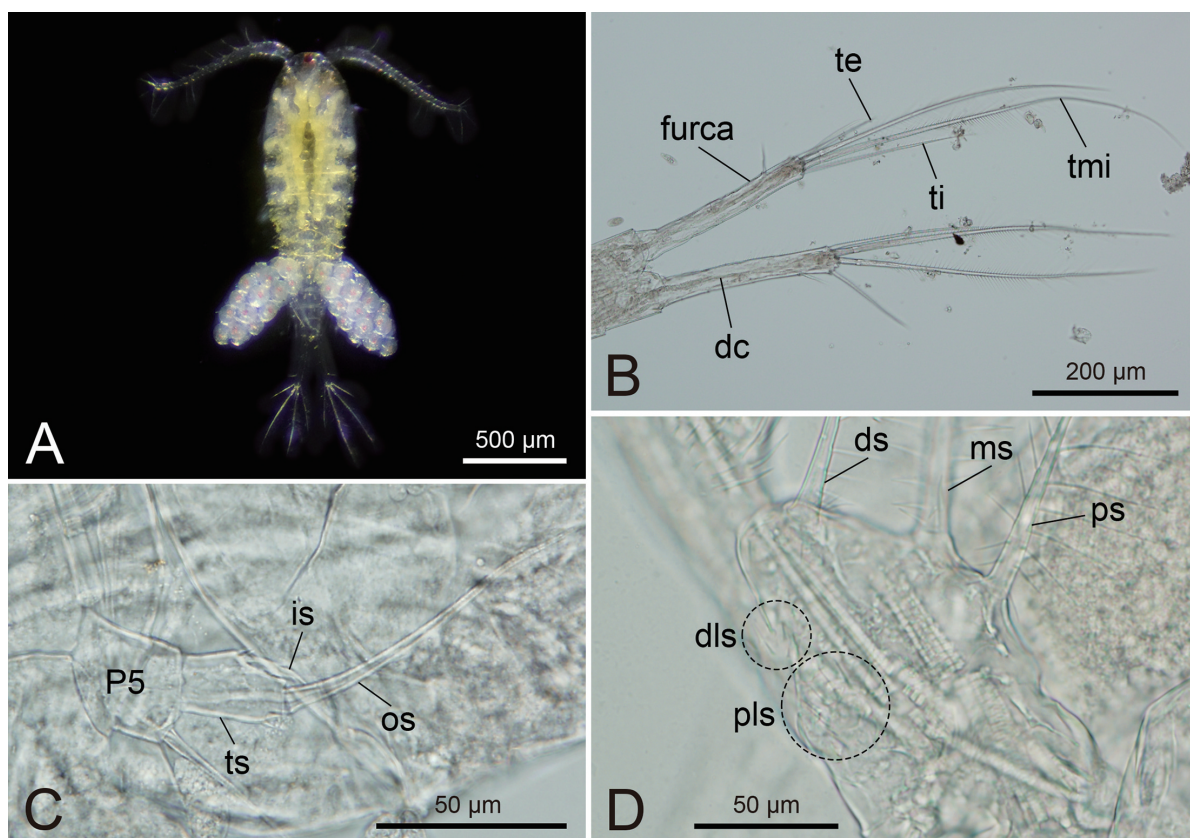


Figure 2. Female of *Cyclops kikuchii* collected in the impounding reservoir in Iwate Medical University Yahaba Campus. A: Stereomicrographs. B–D: Light micrographs. A: live specimen, dorsal view, B: furca and terminal furcal setae (尾叉と尾叉末端刺毛), dorsal view, C: P5 (第5胸脚), D: mixilliped syncoxopodite (顎脚のsyncoxopodite), frontal view. dc: dorsal crest (背側の隆起), dls: distal group of long spinules (長棘の遠位群), ds: distal seta (遠位の刺毛), is: inner seta (内側の刺毛), ms: medial seta (中間の刺毛), os: outer seta (外側の刺毛), P5: 5th pereopod (第5胸脚), pls: proximal group of long spinules (長棘の近位群), ps: proximal seta (近位の刺毛), te: terminal external seta (外側の末端刺毛), ti: terminal internal seta (内側の末端刺毛), tmi: terminal medium internal seta (中央内側の末端刺毛), ts: terminal segment (末節)。

の滅菌蒸留水 (DDW), 10 μ lの2×KOD One PCR Master Mix -Blue- (東洋紡), 各 0.1 μ lのフォワードプライマーとリバースプライマー (濃度 50 μ M) を含む 20 μ lの反応液で行った. プライマーペアは初めにProsser et al. (2013) のZplankF1_t1とZplankR1_t1を使用した. DNAの増幅が確認できなかったため, Meyer (2003) のdgLCO-1490 (GGTCAACAAATCATAAAGAYATYGG) とdgHCO-2198 (TAAACTTCAGGGTGACCAAARAAYCA) を使用した. PCRのサイクル条件は, 98°C 10秒, 45°Cまたは47°C 5秒, 68°C 1秒の3ステップを35サイクルとした. PCR産物は, 1.5%アガロースゲルを用いた電気泳動で目的断片長の増幅の有無の確認を行った後, Enz-Sap (EdgeBioSystems社) で精製を行った. シーケンスプライマーはPCRプライマーと同じものを使用し, シーケンス解析はEurofins Genomics社 (東京) によって行われた. フォワードおよびリバースの相補的配列はMEGAX ver.10.2.6 (Kumar et al. 2018) を用いてアセンブルを行った. 本研究で得られたCOI遺伝子部分配列 (658 bp) は, アクセッション番号LC733366, LC733367 (*C. vicinus*) およびLC733364, LC733365 (*C. kikuchii*) でDDBJ/ENA/GenBankの国際塩基配列データベースに登録を行い, NCBI (National Center for Biotechnology Information, USA) Webサイト (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) のBLAST (Basic Local Alignment Search Tool) を用いた相同性検索により国際塩基配列データベースに登録されている塩基配列との比較を行った.

3. 結果

岩手医科大学矢巾キャンパスの貯水池から*C. kikuchii*が, 宮城県利府町の柚ノ木溜池から*C. vicinus*が同定された. 矢巾キャンパス貯水池では, 2021年12月19日と2022年3月7日の採集を合わせても*C. kikuchii*が数個体採集されたのみであり, 2021年夏季の採集と比較するとプランクトン全体として採集される個体数が大幅に少なかった. 2021年の夏季採集ではプランクトンネットのコッドエンド内にプランクトンが目視で多数確認されたが, 今回の冬季採集ではコッドエンド内にプランクトンはほとんどみられなかった. 柚ノ木溜池では, 2つの卵囊をもつ*C. vicinus*のメス成体がプランクトン全体の個体数の多くを占めていた.

Table 1. Length of body, furca, and terminal furcal setae, and the ratios among these values in *Cyclops kikuchii* and *C. vicinus* collected in the impounding reservoir in Iwate Medical University Yahaba Campus, and the Yunoki tameike pond, respectively.

Ind. no.	Body length (BL, μ m)	Length of furca (μ m)	Length of terminal furcal setae ¹ (μ m)			Ratio				
			Ti	Tmi	Te	Ti/BL	Ti/Furca	Tmi/Ti	Te/Ti	
<i>C. kikuchii</i>										
1	ND ²	236	246	459	133	-	1.04	1.86	0.54	
<i>C. vicinus</i>										
2	2350	325	300	450	150	0.13	0.92	1.50	0.50	
3	2275	325	300	475	150	0.13	0.92	1.58	0.50	
4	2225	300	300	500	125	0.13	1.00	1.67	0.42	
5	ND ²	295	333	539	147	-	1.13	1.62	0.44	
Average \pm SD (standard deviation)										
2-5	2283 \pm 51	311 \pm 14	308 \pm 14	491 \pm 33	143 \pm 11	0.13 \pm 0.00	0.99 \pm 0.08	1.59 \pm 0.06	0.46 \pm 0.04	

¹ Ti: terminal internal seta; Tmi: terminal medium internal seta; Te: terminal external seta. ² No data.

矢巾キャンパス貯水池で採集された*Cyclops kikuchii* (メス)

体長は約 1.6 mm であり (Fig. 2A), 肉眼でも個体を確認できるほどの大きさであった。第 1 触角は 17 節で, 尾叉は細長く, 尾叉末端にある最長の刺毛 (tmi) は尾叉全体の長さの 2 倍ほどであった (Fig. 2B)。第 4, 第 5 胸節は側面が横に張り出していた。第 5 胸脚末節には 2 本の刺毛がみられ, 内側の刺毛は外側のそれに比べて非常に短く, 胸脚末節とほとんど等長であった (Fig. 2C)。第 1 ~ 第 4 胸脚外肢末節の刺毛の配列は 2 · 3 · 3 · 3 であった。尾叉背面には隆起線が直線状にみられた (Fig. 2B)。尾叉末端の刺毛の相対長は, $Ti/Furca$ が 1.04, Tmi/Ti が 1.86, Te/Ti が 0.54 であった (Table 1)。

顎脚の syncoxopodite の縁には遠位の刺毛 (ds: distal seta), 中間の刺毛 (ms: medial seta), 近位の刺毛 (ps: proximal seta) がみられた。顎脚の syncoxopodite 前面の ds と ms の間には長棘の遠位群 (dls: distal group of long spinules) が, ms と ps の間には長棘の近位群 (pls: proximal group of long spinules) がみられた (Fig. 2D)。顎脚の syncoxopodite 前面の pls 側方の短棘 (sss: smaller spinules), およびそれよりさらに側方の syncoxopodite 側縁の微棘 (tss: tiny spinules) はみられなかった。

柚ノ木溜池で採集された*Cyclops vicinus* (メス)

体長は約 2.3 mm であり (Fig. 3A), 肉眼でも個体を確認できるほどの大きさであった。第 1 触角は 17 節で, 尾叉は細長く, 尾叉の末端にある最長の刺毛 (tmi) は尾叉全体の長さの 2 倍ほどであった (Fig. 3B)。第 4, 第 5 胸節は側面が横に張り出していた。第 5 胸脚末節には 2 本の刺毛がみられ, 内側の刺毛は外側のそれに比べて非常に短く, 胸脚末節とほとんど等長であった (Fig. 3D)。第 1 ~ 第 4 胸脚外肢末節の刺毛の配列は 2 · 3 · 3 · 3 であった。尾叉背面には隆起線が直線状にみられた (Fig. 3C)。尾叉末端の刺毛の相対長は, Ti/BL が 0.13, $Ti/Furca$ が 0.92-1.13, Tmi/Ti が 1.50-1.67, Te/Ti が 0.42-0.50 であった (Table 1)。

顎脚の syncoxopodite の縁には ds, ms, ps がみられ, syncoxopodite 前面の ds と ms の間, および ms と ps の間に, それぞれ dls と pls がみられた (Fig. 3E)。顎脚の syncoxopodite 前面の pls 側方には sss が, それよりさらに側方の syncoxopodite 側縁には tss がみられた (Fig. 3F)。

DNA解析

DNA解析の結果, 矢巾キャンパス貯水池と柚ノ木溜池から採集された各 2 個体の *C. kikuchii* と *C. vicinus* から COI 遺伝子の部分配列 (658 bp) が得られた。個体間の配列の一致率は *C. kikuchii* では 90.7%, *C. vicinus* では 99.9% であった。種間の配列の一致率は 79.9-80.9% であった。BLAST 検索の結果, 矢巾キャンパス貯水池から 2021 年 12 月 19 日に採集された *C. kikuchii* の DNA 配列 (Accession number: LC733365) は, Sioud et al. (2021b) により報告されている宮崎県産 *C. kikuchii* の COI 配列 (LC604915) と 100% 一致した (Query cover: 96%)。一方, 矢巾キャンパス貯水池から 2022 年 3 月 7 日に採集された *C. kikuchii* の DNA 配列 (LC733364) は, Sioud et al. (2021b) により報告されている青森県産 *C. kikuchii* の COI 配列 (LC604926) と最も一致率が高かった (Percent identity: 99.21%, Query cover: 96%)。

柚ノ木溜池から採集された *C. vicinus* 2 個体の DNA 配列 (LC733366, LC733367) は, Sioud et al. (2021b) により報告されている福島県産 *C. vicinus* の COI 配列 (LC604943) とそれぞれ 100% と 99.84% で一致した (Query cover: 96%)。また, Sukhikh & Alekseev (2015) により報告されているロシア産 *C. abyssorum* Sars G.O., 1863 の COI 配列 (KC627290) と最も一致率が高かった (Percent identity: 99.85%, 99.70%; Query cover: 100%)。

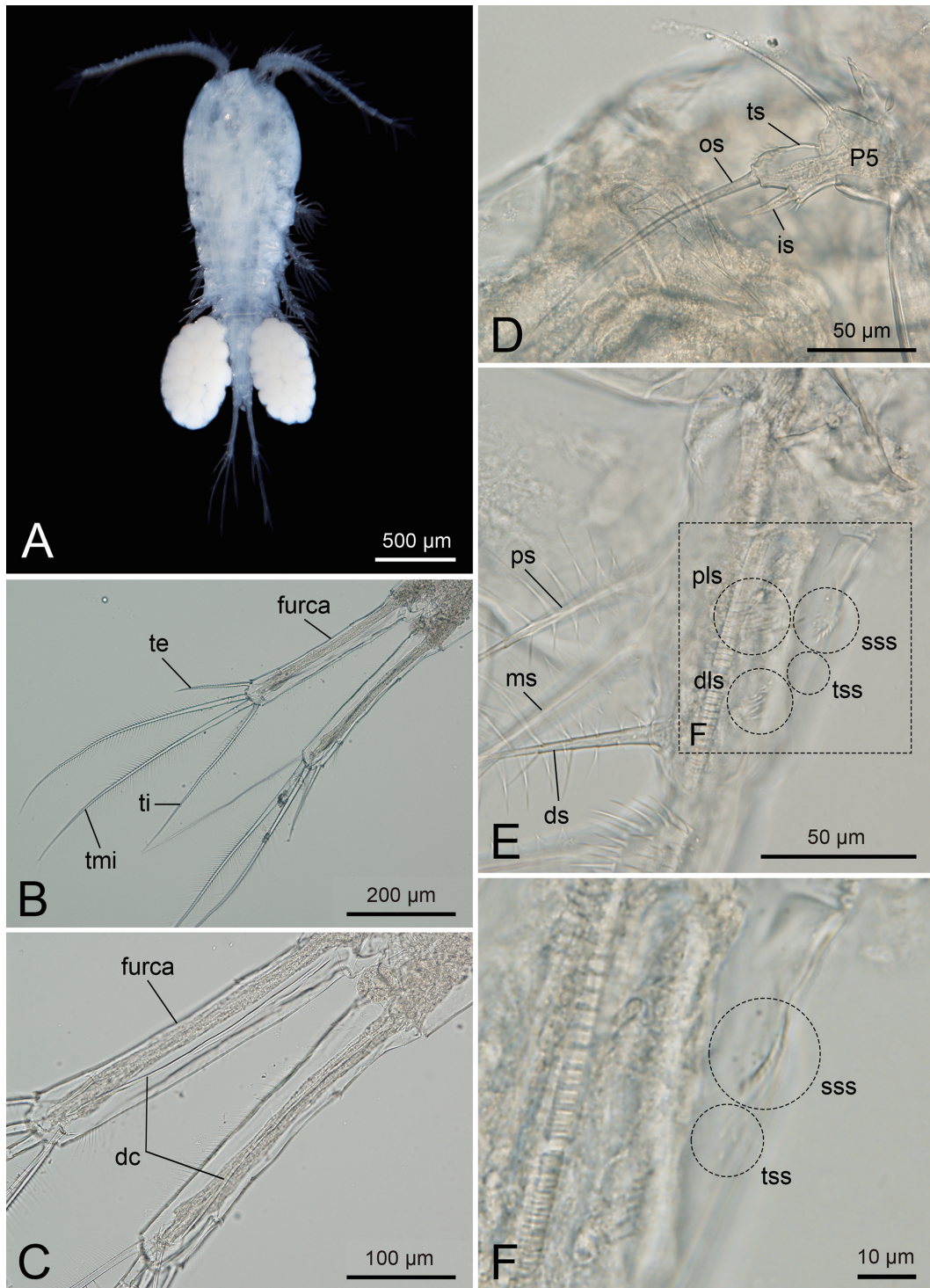


Figure 3. Female of *Cyclops vicinus* collected in the Yunoki tameike pond. A: Stereomicrographs. B-E: Light micrographs. A: fixed specimen, dorsal view, B: furca and terminal furcal setae (尾叉と尾叉末端刺毛), dorsal view, C: enlargement of the furca in B, D: P5 (第5胸脚), E: mixilliped syncopodite (顎脚のsyncopodite), frontal view, F: enlargement of the mixilliped syncopodite in E. dc: dorsal crest (背側の隆起), dls: distal seta (長棘の遠位群), ds: distal seta (遠位の刺毛), is: inner seta (内側の刺毛), ms: medial seta (中間の刺毛), os: outer seta (外側の刺毛), P5: 5th pereiopod (第5胸脚), pls: proximal group of long spinules (長棘の近位群), ps: proximal seta (近位の刺毛), sss: smaller spinules (短棘), te: terminal external seta (外側の末端刺毛), ti: terminal internal seta (内側の末端刺毛), tmi: terminal medium internal seta (中央内側の末端刺毛), ts: terminal segment (末節), tss: tiny spinules (微棘).

4. 考察

本研究で得られた矢巾キャンパス貯水池産*C. kikuchii* (2個体) のCOI配列は, DDBJ/ENA/GenBankに登録されている日本産*C. kikuchii*の配列と99.21%以上で一致した. 柚ノ木溜池産*C. vicinus* (2個体) のCOI配列は福島県産*C. vicinus*の配列と99.84%以上で一致した. なお, ロシア産*C. abyssorum*の配列 (KC627290) とも99.70%以上で一致したが, 本配列は*C. vicinus*の誤同定であることが指摘されている (Sioud et al. 2021b). また, Sioud et al. (2021b) は, COI領域を用いた系統解析の結果から, 国内の*C. kikuchii*は遺伝的に大きく異なる2つの系統群 (Ckik_a, Ckik_b) に分けられると結論づけている. 本研究で得られた*C. kikuchii* 2個体は, COI遺伝子の塩基配列からそれぞれCkik_aとCkik_bの系統群に属するとみなされ, 大きな塩基配列の差異 (61/658 bp) がみられた. Sioud et al. (2021b) では, 矢巾キャンパスから6 km北西に位置する小規模な池から*C. kikuchii*の2系統が採集されているため, 矢巾キャンパス貯水池にこれら2系統が存在していても不思議ではない. 本研究では, 種同定に関わる形態形質, およびCOI遺伝子の部分配列を必ずしも同一個体で確認していないが, DNA解析の結果と以下に述べる尾叉末端の刺毛の相対長, および顎脚のsyncoxopoditeの棘群の配列の観察結果を総合して判断した結果, 本研究で矢巾キャンパス貯水池と柚ノ木溜池から得られた標本はそれぞれ*C. kikuchii*と*C. vicinus*であると同定された.

従来, *C. kikuchii*と*C. vicinus*の2種は, 主に尾叉末端の刺毛の相対長によって識別されてきた. Sioud et al. (2021a) は, 日本産*C. kikuchii*のTi/BL (average \pm SD: 0.17 ± 0.03), Ti/Furca (0.98 ± 0.11), Tmi/Ti (2.00 ± 0.21) の平均値が, 日本産*C. vicinus*のTi/BL (0.22 ± 0.03), Ti/Furca (1.08 ± 0.11), Tmi/Ti (1.54 ± 0.11) の平均値と有意に異なることを示した (Welch t test, $p < 0.001$). しかしながら, これらの形質の相対数値の分布は2種間で重複する部分があり, 特にTi/Furcaではその範囲が大きい (Sioud et al. 2021a), 明確な同定根拠とすることは難しい. 本研究によって矢巾キャンパス貯水池から採集された*C. kikuchii* 1個体の計測結果では (Table 1), Ti/Furca (1.04) は2種の間接的な値であったが, Tmi/Ti (1.86) は*C. kikuchii*の平均 \pm 標準偏差の範囲内に収まり, かつ, *C. vicinus*の値の範囲に含まれなかったことから, 本標本は形態的にも*C. kikuchii*の特徴を備えているといえる. 一方, 柚ノ木溜池から採集された*C. vicinus* 4個体の計測結果では (Table 1), Ti/BL (0.13 ± 0.00) はいずれの種の平均 \pm 標準偏差の範囲内にも収まらず, Ti/Furca (0.99 ± 0.08) は*C. kikuchii*の値に近似し, Tmi/Ti (1.59 ± 0.06) は*C. vicinus*の値に近似した. Sioud et al. (2021a) が示したTi/BL, Ti/Furca, Tmi/Tiの3つの指標のうち平均 \pm 標準偏差の値で最も明瞭な種間差がみられるTmi/Tiを基準とすれば, 本標本は形態的にも*C. vicinus*の特徴を備えているといえる. Sioud et al. (2021a) では, *C. kikuchii*よりも*C. vicinus*で最大体長が大きいことが示されており, 本研究で尾叉末端刺毛長を調べた標本の体長 (BL: 2.2–2.4 mm) がSioud et al. (2021a) で扱われた*C. kikuchii*標本の最大体長 (約 1.8 mm) を超えていたことから, 本標本は*C. vicinus*の特徴を有しているといえる.

矢巾キャンパス産標本と柚ノ木溜池産標本の顎脚のsyncoxopoditeにおける棘群の配列については, *C. vicinus*で長棘の近位群 (pls) の側方には短棘 (sss) がみられ, それよりさらに側方のsyncoxopodite側縁には微棘 (tss) がみられたのに対し, *C. kikuchii*の同箇所にはsssとtssのいずれの棘もみられなかったことから, Hołyńska & Dimante-Deimantovica (2016) で述べられている*C. kikuchii*と*C. vicinus*の形態的特徴とそれぞれ一致した. Sioud et al. (2021a) は, ミトコンドリア12S領域を用いた系統解析の結果から, *C. kikuchii*の日本とヨーロッパの個体群間には別種レベルの遺伝的距離があると述べている. 本研究の結果から, 国内に生息する*C. kikuchii*の2系統のうちの少なくとも一方の系統はヨーロッパの系統と顎脚の微細構造でも一致していることが明らかになった. これ

ら3系統間に形態的・生態的な相違があるかどうかは、興味深い課題である。

これまでに矢巾キャンパスの貯水池で採集されたカイアシ類はヤマトヒゲナガケンミジンコと*E. roseus*の2種であったが(阿部ほか 2021), 今回新たに*C. kikuchii*が生息していることが明らかになった。本種は夏の間はコペポディドⅣ期(CⅣ)の幼生として底質中で休眠するとされていることから(Einsle 1996), 阿部ほか(2021)の夏季における表層のプランクトン採集では採集されず, また, 体サイズが小さいために, 巻き上げられた池底の浮泥サンプルの観察時には見逃されていた可能性が考えられる。

5. 謝辞

岩手医科大学教養教育センター生物学科の松政正俊教授には, 本研究の実施にあたり様々な面でサポートいただいた。また, 同生物学科の三枝聖准教授, 内藤雪枝助教には, 生物学実習室や顕微鏡の使用についてご快諾いただいた。岩手医科大学学務部全学教育企画課の長岡慶介課長にはキャンパス内での調査実施に係る各部署との調整にご助力いただいた。広島大学大学院統合生命科学研究科の長澤和也名誉教授には, カイアシ類の形態の用語についてご教示いただいた。この場を借りて心より感謝申し上げます。

6. 引用文献

- 阿部博和・佐々木あゆ・伊藤えみ(2021) 15年の時を経て形成されたプランクトンの世界を覗く～岩手医科大学矢巾キャンパスの貯水池に生息するカイアシ類～. 岩手医科大学教養教育研究年報 56 : 7-19.
- 阿部博和・佐々木あゆ・伊藤えみ(2022) 岩手医科大学矢巾キャンパスの貯水池に生息するミジンコ類(甲殻亜門: 鯰脚綱). 青森自然誌研究 27 : 157-166.
- Błędzki LA, Rybak JI (2016) Freshwater crustacean zooplankton of Europe. Cladocera and Copepoda (Calanoida, Cyclopoida) key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis. Springer, 918 pp.
- Einsle U (1994) *Cyclops kikuchii* Smirnov, 1932 (Copepoda, Cyclopoida), eine selbständige Art aus süddeutschen Gewässern. Crustaceana 66 : 240-246. (In German)
- Einsle U (1996) Copepoda: Cyclopoida. Genera *Cyclops*, *Megacyclops*, *Acanthocyclops*. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world, 10. SPB Academic Publishing, 82 pp.
- Holyńska M, Dimante-Deimantovica I (2016) Redescription and taxonomic notes on *Cyclops bohater* Koźmiński, 1933 and *Cyclops lacustris* G. O. Sars, 1863 (Arthropoda, Crustacea), with an identification key to the *Cyclops* species of Fenno-Scandinavia. European Journal of Taxonomy 212 : 1-31.
- Holyńska M, Wyngaard GA (2019) Towards a phylogeny of *Cyclops* (Copepoda) : (in) congruences among morphology, molecules and zoogeography. Zoologica Scripta 48 : 376-398.
- 石田昭夫(2002) 日本産淡水ケンミジンコ図譜. 日本生物地理学会会報 57 : 37-106.
- 伊藤 隆(1965) キクロプス・ビキヌス *Cyclops vicinus* Uljanin. 岡田 要, 内田清之助, 内田 亨(編). 新日本動物図鑑 [中]. 北隆館, p. 480.
- Krajčiček M, Fott J, Miracle MR, Ventura M, Sommaruga R, Kirschner P, Černý M (2016) The genus *Cyclops* (Copepoda, Cyclopoida) in Europe. Zoologica Scripta 45 : 671-682.

- Kumar S, Stecher G, Li M, Knyaz C, Tamura K (2018) MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution* 35 : 1547-1549.
- Meyer CP (2003) Molecular systematics of cowries (Gastropoda: Cypraeidae) and diversification patterns in the tropics. *Biological Journal of the Linnean Society* 79 : 401-459.
- 水野寿彦 (1977) 日本淡水プランクトン図鑑. 保育社, 353 pp.
- 水野寿彦・高橋永治 (2000) 日本淡水動物プランクトン検索図説. 東海大学出版会, 551 pp.
- 大塚 攻・田中隼人 (2020) 顎脚類 (甲殻類) の分類と系統に関する研究の最近の動向. *タクサ* 48 : 49-62.
- Prosser S, Martínez-Arce A, Elías-Gutiérrez M (2013) A new set of primers for COI amplification from freshwater microcrustaceans. *Molecular Ecology Resources* 13 : 1151-1155.
- Richlen ML, Barber PH (2005) A technique for the rapid extraction of microalgal DNA from single live and preserved cells. *Molecular Ecology Notes* 5 : 688-691.
- Rylov VM (1948) Freshwater Cyclopoida. *Fauna of USSR., Crustacea III, 3.* Izdatel'stvo Akademii Nauk SSSR, 318 pp.
- Sioud I, Makino W, Urabe J (2021a) Differential intraspecific genetic variations of the closely related, wide-ranged freshwater copepods *Cyclops vicinus* Uljanin, 1875 and *C. kikuchii* Smirnov, 1932. *Limnology* 22 : 209-219.
- Sioud I, Makino W, Urabe J (2021b) Comparative phylogeography of *Cyclops vicinus* Uljanin, 1875 and *Cyclops kikuchii* Smirnov, 1932 with implications for differences in their ecological characteristics. *Journal of Plankton Research* 43 : 974-985.
- Smirnov S (1932) Notizen über einige Süßwasser-Copepoden Japans. *Annotationes Zoologicae Japonenses* 13 : 283-288. (In German)
- Sukhikh N, Alekseev V (2015) Genetic and morphological heterogeneity within *Eucyclops serrulatus* (Fischer, 1851) (Crustacea: Copepoda: Cyclopidae). *Journal of Natural History* 49 : 2929-2953.
- 富川 光・鳥越兼治 (2009) 日本産ケンミジンコ科 (甲殻亜門: カイアシ亜綱: ケンミジンコ目) の属の同定法. *広島大学大学院教育学研究科紀要 第二部* 58 : 19-26.
- 上田拓史 (2018) 河川水辺の国勢調査「ダム湖版」のためのカイアシ類同定・計数マニュアル (2018年12月改訂版). 国土交通省河川水辺の国勢調査 河川環境データベースシステム, 10 pp. <http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/mizukokuweb/system/seibutsuList.htm> (最終アクセス: 2022年10月14日)