

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～

阿部 博和^{1)*+}, 佐々木あゆ²⁾⁺, 伊藤 えみ²⁾⁺

(受理 2021年12月10日)

Exploring the world of plankton formed over 15 years
—Copepods in impounding reservoirs of the Yahaba Campus,
Iwate Medical University—

Hirokazu ABE ^{1)*+}, Ayu SASAKI ²⁾⁺, Emi ITOH ²⁾⁺

Abstract

As an alternative to the biology practice in the curriculum of the first-year medical students of Iwate Medical University, which was carried out online due to the outbreak of COVID-19, a biology practice to observe copepods live in the reservoirs of the Yahaba campus, which was built 15 years ago, was conducted. Plankton was collected on the morning of August 3 and night of August 30, 2021. Two copepod species, *Eodiaptomus japonicus* (Burckhardt, 1913) and *Eucyclops roseus* Ishida, 1997, were identified and we report the morphology and mitochondrial COI sequence of both species. This is the first report of the COI sequence of *Eu. roseus* and the first record of *Eu. roseus* in Iwate Prefecture. Voucher specimens were deposited in the Iwate Prefectural Museum under the registration numbers 272942 (*Eo. japonicus*) and 272943 (*Eu. roseus*). All the sequences newly generated in this study were deposited in the DDBJ/ENA/GenBank nucleotide sequence database under accession numbers LC654663–LC654668 (*Eo. japonicus*) and LC654669–LC654671 (*Eu. roseus*). Copepods inhabiting the reservoirs may have migrated from the Iwasaki River and the rice fields around the campus, or been unintentionally introduced via lotus or other aquatic plants transplanted from other places. Transport of plankton by waterfowl may also be one of the routes of introduction. More individuals of *Eu. roseus* were collected from plankton samples at night

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 & Sciences, Iwate Medical University, 1-1-1 Idai-dori, Yahaba, Shiwa, Iwate 028-3694, Japan

²⁾ 岩手医科大学 医学部医学科 第1学年

First 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: Hirokazu Abe, E-mail: habe@iwate-med.ac.jp, abehiro13@gmail.com

+ Equal contribution

than during the day, and from the floating mud at the bottom than from the plankton during the daytime. These results indicate that this species tends to live at the bottom of the reservoirs during the day and to rise to the upper layers at night.

Keywords : biology practice, COI, *Eodiaptomus japonicus*, *Eucyclops roseus*, freshwater copepoda

はじめに

岩手医科大学医学部第1学年前期のカリキュラムに含まれる生物学実習は、2020年から続く新型コロナウイルス（COVID-19）への感染対策のために、2021年にはオンライン形式で実施された。そのため、学生は顕微鏡や解剖器具を実際に使用する経験を得ることができなかった。本稿著者の佐々木と伊藤は、第1学年の段階で顕微鏡や解剖器具を使用する経験を積みたいと希望し、阿部の下で簡易的な実習を行った。その際、7月11日に岩手医科大学学生寮（ドミトリー圭友館）前の貯水池から採水した試料中からカイアシ類が発見されたことをきっかけに貯水池に生息するカイアシ類に興味を持ち、研究を実施することにした。

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、一部のグループでは池や川、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。岩手県環境生活部自然保護課（2001）の岩手県野生生物目録に掲載されているものにIshida（1989, 2000）や石田・大高（2005）、河川水辺の国勢調査などで報告されているものを加えると、これまで

Table 1 List of freshwater non-parasitic copepod species (including groundwater species) recorded from Iwate Prefecture.

Order	Family	Species	Locality	Date	Reference
Calanoida					
	Diaptomidae				
		<i>Acanthodiaptomus pacificus</i> (Burckhardt, 1913)	ガマ沼, 八幡沼, 黒谷地湿原	1970年7月29~31日, 10月2日	庄司 (1972)
			田瀬ダム	1997年8月28日, 10月30日, 2002年12月12日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			湯田ダム	1993年7月28日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			胆沢ダム	2017年8月22日	国土交通省河川水辺の国勢調査
		<i>Eodiaptomus japonicus</i> (Burckhardt, 1913)	田瀬ダム	1994年11月3日, 2007年11月14日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			湯田ダム	2007年8月22日, 2017年8月9日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			胆沢ダム	2016年9月7日, 11月21日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			矢巾キャンパス貯水池	2021年8月3日, 30日	本研究
Cyclopoida					
	Cyclopidae				
		<i>Acanthocyclops vernalis</i> (Fischer, 1853)	久慈溪流	1987年6月3日	Ishida (1989)
			山形村 (現 久慈市山形町) 河川	1987年6月3日	Ishida (1989)
			湯田ダム	1993年6月23日, 1994年8月10日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			石淵ダム	2007年8月8日	国土交通省河川水辺の国勢調査
		<i>Cyclops kikuchii</i> Smimov, 1932	石淵ダム	2007年5月22日, 11月14日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			田瀬ダム	2007年8月28日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			湯田ダム	2007年5月22日	国土交通省河川水辺の国勢調査
		<i>Cyclops strenuus</i> Fischer, 1851	田瀬ダム	1994年11月3日	国土交通省河川水辺の国勢調査
		<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin, 1875	久慈市洞窟地下水(内間木洞など)	1962年8月5日~7日	上野・森本 (1962a)
			石淵ダム	1994年8月12日, 11月4日, 1997年8月29日, 10月28日, 2002年9月4日, 11月15日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			田瀬ダム	1994年8月11日, 11月3日, 1997年8月28日, 10月30日, 2002年9月5日, 12月12日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			湯田ダム	1993年6月23日, 7月28日, 9月16日, 1994年8月10日, 1997年8月27日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			四十四田ダム	1997年8月25日, 10月31日, 2002年11月4日	国土交通省河川水辺の国勢調査
			御所ダム	1997年8月26日, 10月27日, 2002年11月19日	国土交通省河川水辺の国勢調査
		<i>Diacyclops crassicaudis</i> (Sars G.O., 1863)	山形村 (現 久慈市山形町) 河川	1987年6月3日	Ishida (1989)
		<i>Diacyclops disjunctus</i> (Thalwitz, 1927)	岩泉町 安家洞	1967年10月21日	今村・森本 (1969)
		<i>Diacyclops languidoides</i> (Lilljeborg, 1901)	岩泉町 安家洞	1962年8月9日, 10日	上野・森本 (1962b)
		<i>Diacyclops languidoides japonicus</i> Ito, 1952	岩泉町 竜泉洞	1967年10月20~23日	今村・森本 (1969)
		<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	盛岡市 打込ポンプ井戸	不明	伊藤 (1955)
			八幡沼近傍の池塘	1970年7月29~31日, 10月2日	庄司 (1972)
			岩手町 水路	1987年6月3日	Ishida (1989)

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

	和賀町（現 北上市）細流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)	
	岩手山南麓 川岸	2004年 5 月19日	石田・大高（2005）	
	四十四田ダム	2002年 8 月22日	国土交通省河川水辺の国勢調査	
<i>Eucyclops miurai</i> Ito, 1952	茂市村（現 宮古市）打込ポンプ井戸	不明	伊藤（1955）	
<i>Eucyclops pacificus</i> Ishida, 2000	山形村（現 久慈市山形町）河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989, as <i>E. serrulatus</i> ; 2000)	
<i>Eucyclops roseus</i> Ishida, 1997	矢巾キャンパス貯水池	2021年 8 月 3 日, 30日	本研究	
<i>Itocyclops yezoensis</i> (Ito, 1954)	和賀町（現 北上市）細流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989, as <i>Speocyclops</i>)	
	雫石駒木野 杉山のなかの沢水	2004年 5 月19日	石田・大高（2005）	
<i>Macrocyclus fuscus</i> (Jurine, 1820)	茂市村（現宮古市）堀ポンプ井戸	不明	伊藤（1955）	
	黒谷地湿原	1970年 7 月29～31日, 10月 2 日	庄司（1972）	
	久慈市洞窟地下水(内間木洞など)	1962年 8 月 5 日～7 日	上野・森本（1962a）	
	久慈溪流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)	
	山形村（現 久慈市山形町）河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)	
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	湯田ダム	1993年 7 月28日, 1994年 8 月10日, 1997年 8 月27日	国土交通省河川水辺の国勢調査	
	四十四田ダム	1997年 8 月25日, 10月31日	国土交通省河川水辺の国勢調査	
	御所ダム	1994年 8 月 9 日, 11月 1 日, 1997年10月27日	国土交通省河川水辺の国勢調査	
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	御所ダム	1997年 8 月26日	国土交通省河川水辺の国勢調査	
<i>Microcyclus varicans</i> (Sars G.O., 1863)	岩手町 水路	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)	
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853)	茂市村（現 宮古市）堀ポンプ井戸	不明	伊藤（1955）	
	久慈溪流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)	
	花巻市 小河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)	
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer, 1853)	田瀬ダム	2007年 8 月28日, 11月14日, 2016年 6 月 8 日, 9 月14日, 11月21日, 2017年 8 月17日	国土交通省河川水辺の国勢調査	
	湯田ダム	2007年 5 月22日, 8 月22日	国土交通省河川水辺の国勢調査	
<i>Thermocyclops hyalinus</i> (Rehberg, 1880)	石淵ダム	2002年 9 月 4 日	国土交通省河川水辺の国勢調査	
	田瀬ダム	1993年 9 月 8 日, 1994年 8 月11日, 11月 3 日, 1997年 8 月28日, 10月30日, 2002年 9 月 5 日, 12月12日	国土交通省河川水辺の国勢調査	
	湯田ダム	1994年 8 月10日, 11月 2 日, 1997年 8 月27日, 2002年 8 月19日, 11月14日	国土交通省河川水辺の国勢調査	
Harpacticoida				
Ameiridae				
	<i>Nitocrella</i> sp.	岩泉町安家洞	1967年10月21日	今村・森本（1969）
Canthocamptidae				
	<i>Attheyella crassa</i> (Sars G.O., 1863)	山形村（現 久慈市山形町）河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
	<i>Attheyella nakaii</i> (Brehm, 1927)	花巻温泉 小河川	1981年 4 月30日	Ishida (1989)
		種市町（現 洋野町）小河川	1987年 6 月 2 日	Ishida (1989)
		久慈溪流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		山形村（現 久慈市山形町）河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		岩手町 水路	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		花巻市 小河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		和賀町（現 北上市）細流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		岩手山南麓 川岸	2004年 5 月19日	石田・大高（2005）
		雫石駒木野 杉山のなかの沢水	2004年 5 月19日	石田・大高（2005）
<i>Bryocamptus calvus</i> (Brehm, 1927)		花巻温泉 小河川	1981年 4 月30日	Ishida (1989)
		種市町（現 洋野町）小河川	1987年 6 月 2 日	Ishida (1989)
		久慈溪流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		山形村（現 久慈市山形町）河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		岩手町 水路	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		花巻市 小河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		和賀町（現 北上市）細流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
<i>Bryocamptus nivali</i> (Wiley, 1925)		岩手山南麓 川岸	2004年 5 月19日	石田・大高（2005）
		雫石駒木野 杉山のなかの沢水	2004年 5 月19日	石田・大高（2005）
<i>Bryocamptus zschokkei</i> (Schmeil, 1893)		花巻温泉 小河川	1981年 4 月30日	Ishida (1989)
		岩手山南麓 川岸	2004年 5 月19日	石田・大高（2005）
		雫石駒木野 杉山のなかの沢水	2004年 5 月19日	石田・大高（2005）
		久慈溪流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		山形村（現 久慈市山形町）河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		花巻市 小河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		和賀町（現 北上市）細流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
<i>Bryocamptus</i> sp.		岩泉町竜泉洞	1967年10月20日～23日	今村・森本（1969）
<i>Canthocamptus mirabilis</i> Sterba, 1968		花巻温泉 小河川	1981年 4 月30日	Ishida (1989)
		和賀町（現 北上市）細流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
<i>Canthocamptus prominulus</i> Kikuchi in Kikuchi & Ishida, 1994		岩手山南麓 川岸	2004年 5 月19日	石田・大高（2005）
		雫石駒木野 杉山のなかの沢水	2004年 5 月19日	石田・大高（2005）
<i>Canthocamptus</i> sp.		花巻温泉 小河川	1981年 4 月30日	Ishida (1989)
		種市町（現 洋野町）小河川	1987年 6 月 2 日	Ishida (1989)
		久慈溪流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		山形村（現 久慈市山形町）河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		岩手町 水路	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		花巻市 小河川	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		田瀬ダム、四十四田ダム、御所ダム	2012年 5 月12日	国土交通省河川水辺の国勢調査
<i>Moraria poppei</i> (Mrázek, 1893)		雫石駒木野 杉山のなかの沢水	2004年 5 月19日	石田・大高（2005）
<i>Moraria varica</i> (Graeter, 1911)		久慈溪流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)
		和賀町（現 北上市）細流	1987年 6 月 3 日	Ishida (1989)

岩手県では少なくとも3目4科18属30種の地下水性種を含む淡水性カイアシ類（寄生性種を除く）が記録されている（Table 1）。

岩手医科大学矢巾キャンパスの貯水池は、矢巾キャンパスの建設（2007年3月竣工）に先立つA、B敷地の造成工事の際に作られ、2006年12月に完成した。貯水池では15年の時を経て、生物が何もない状態から生態系が形成され、プランクトンをはじめとする数多くの生き物が生息するようになったと考えられる。しかしながら、矢巾キャンパスの貯水池では、稲わらトラップを用いたゾウリムシ *Paramecium caudatum* Ehrenberg, 1834とアメーバ *Amoeba proteus* (Pallas, 1766) の調査の例はあるものの（八島他 2007）、今日までプランクトンの調査は行われてこなかった。そこで、本研究では、矢巾キャンパスの貯水池に生息するカイアシ類相を明らかにすることを目的とし、カイアシ類の採集と形態観察およびDNA解析による種同定を行った。

材料と方法

カイアシ類の採集は2021年8月3日と8月30日に行った。8月3日の採集（10:00～11:00）では、7月11日（20:00頃）の採水試料中から発見されたカイアシ類（はじめに参照）とは異なる種が多く採集されたため、8月30日には夜間（19:30～21:00）に再度採集を行った。

岩手医科大学矢巾キャンパスの貯水池は、第1貯水池（39°36′35″N, 141°9′55″E）、第2貯水池（39°36′35″N, 141°9′43″E）、第3貯水池（39°36′35″N, 141°9′41″E）に分かれているため、これら3か所でプランクトンの採集を行った（Fig. 1, Fig. 2）。池のおおよその深さは第1貯水池が1.0 m、第2貯水池が0.3 m、第3貯水池が1.0 mであった。第1貯水池は底が見えないほど濁っていたが、第2貯水池および第3貯水池は濁りが少なく、目視で底まで確認できた。貯水池は大学敷地やその周辺部の浸水を防ぐために雨水が集まる仕組みとなっており、各貯水池は通水孔によってつながっている。雨水の流入箇所はキャンパス構内の側溝のみであり、一定の水位を超えると第3貯水池から西側



Fig. 1 Map of Iwate Medical University Yahaba Campus and location of the impounding reservoirs. Black circles indicate the sampling locations.



Fig.2 Photographs of the impounding reservoirs during the survey on August 3, 2021. A: Reservoir 1, B: Reservoir 2, C: Reservoir 3.

を流れる岩崎川にオーバーフローする設計となっている (Fig. 1)。貯水池には外来種のアメリカザリガニやモツゴなどの魚類が生息し、カモ類やサギ類などの鳥類が見られることも多い。また、第1貯水池にはハスが植えられている。

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）を用いて各貯水池の水深約20 cm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。8月3日採集時には、池底の浮泥を巻き上げたサンプルの採集も行った。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（Wraymer, LW-820T）に取り付けたデジタル一眼カメラ（Sony, α 6000）で生時の写真を撮影した後、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%のエタノールで固定した。日本淡水動物プランクトン検索図説（水野・高橋 2000, 以下「図説」とする）では、淡水域の主要なカラヌス目（Calanoida）であるヒゲナガケンミジンコ科（Diaptomidae）の種の記載は主にオスを使っており、また、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）、本研究ではカラヌス目はオス成体のみ、キクロプス目はメス成体のみを観察した。カラヌス目のオス成体は右第1触角が把握器となっており中間部分が太くなっていること、キクロプス目のメス成体は2個の卵嚢をもつことで区別し、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、蒸留水またはグリセリン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。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。カラヌス目（ヤマトヒゲナガケンミジンコ *Eodiaptomus japonicus*）の同定にはReddy & Dumont (1997) および水野・高橋 (2000) を、キ

クロプス目 (*Eucyclops roseus*) の同定には, 水野・高橋 (2000), 石田 (2002), 富川・鳥越 (2009), Alekseev & Defaye (2011), Alekseev (2019) を参照した。本研究で得られた標本の一部は, 資料登録番号272942 (ヤマトヒゲナガケンミジンコ) および272943 (*E. roseus*) で70%エタノール液浸標本として岩手県立博物館に収蔵した。

DNA解析ではそれぞれ6個体のヤマトヒゲナガケンミジンコと*E. roseus*をサンプルとして使用した。DNAの抽出にはChelex 100(Bio-Rad社)を10%となるように加えた 50 μ lのTEバッファー (pH 8.0) を使用し, 95℃で20分間インキュベートすることでエタノール固定サンプル1個体全体からDNAの抽出を行った (Richlen and Barber 2005)。抽出したDNA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, 10 μ lの滅菌蒸留水 (DDW), 8.8 μ l の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プライマー (濃度 50 μ M) を含む 20 μ lの反応液で行い, PCRプライマーにはProsser et al. (2013) のZplankF1_t1とZplankR1_t1を使用した (Table 2)。PCRのサイクル条件は, 98℃ 10秒, 45℃ 5秒, 68℃ 1秒の3ステップを5サイクルの後, 98℃ 10秒, 51℃ 5秒, 68℃ 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確認を行った後, Enz-Sap (Edge BioSystems社) で精製を行った。シーケンスプライマーにはMessing (1983) のM13FとM13Rを使用し (Table 2), 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プライマーの相補的配列はGeneStudio ver. 2.2.0.0 (GeneStudio社) を用いてアセンブルを行った。本研究で得られたCOI遺伝子部分配列は, アクセッション番号LC654663 ~ LC654668 (ヤマトヒゲナガケンミジンコ) およびLC654669 ~ LC654671 (*E. roseus*) 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。

Table 2 List of PCR and sequence primers used in the present study

Primer	Usage	Sequence (5'→3')	Reference
ZplankF1_t1	PCR (forward)	TGTAAAACGACGGCCAGTCTCTASWAATCATAARGATATTGG	Prosser et al. (2013)
ZplankR1_t1	PCR (reverse)	CAGGAAACAGCTATGACTTCAGGRTGCCRAARAATCA	Prosser et al. (2013)
M13F	Sequencing (forward)	TGTAAAACGACGGCCAGT	Messing (1983)
M13R	Sequencing (reverse)	CAGGAAACAGCTATGAC	Messing (1983)

結果

本研究では, ヤマトヒゲナガケンミジンコと*E. roseus*の2種が同定された。両種とも第1～第3のすべての貯水池で確認され, 特に第1貯水池で多く採集された。8月3日の昼間採集では採集されたカイアシ類のほとんどがヤマトヒゲナガケンミジンコであったのに対し, 8月30日の夜間調査ではヤマトヒゲナガケンミジンコには及ばないものの*E. roseus*も多数採集された。8月30日の夜間調査で採集されたプランクトンサンプルは一晩冷蔵庫で保管し翌日に観察を行ったところ, ヤマトヒゲナガケンミジンコのほとんどは死亡していたが *E. roseus*の多くは生きた状態であることが確認された。

本研究で観察されたヤマトヒゲナガケンミジンコと*E. roseus*の形態的特徴を以下に記載する。

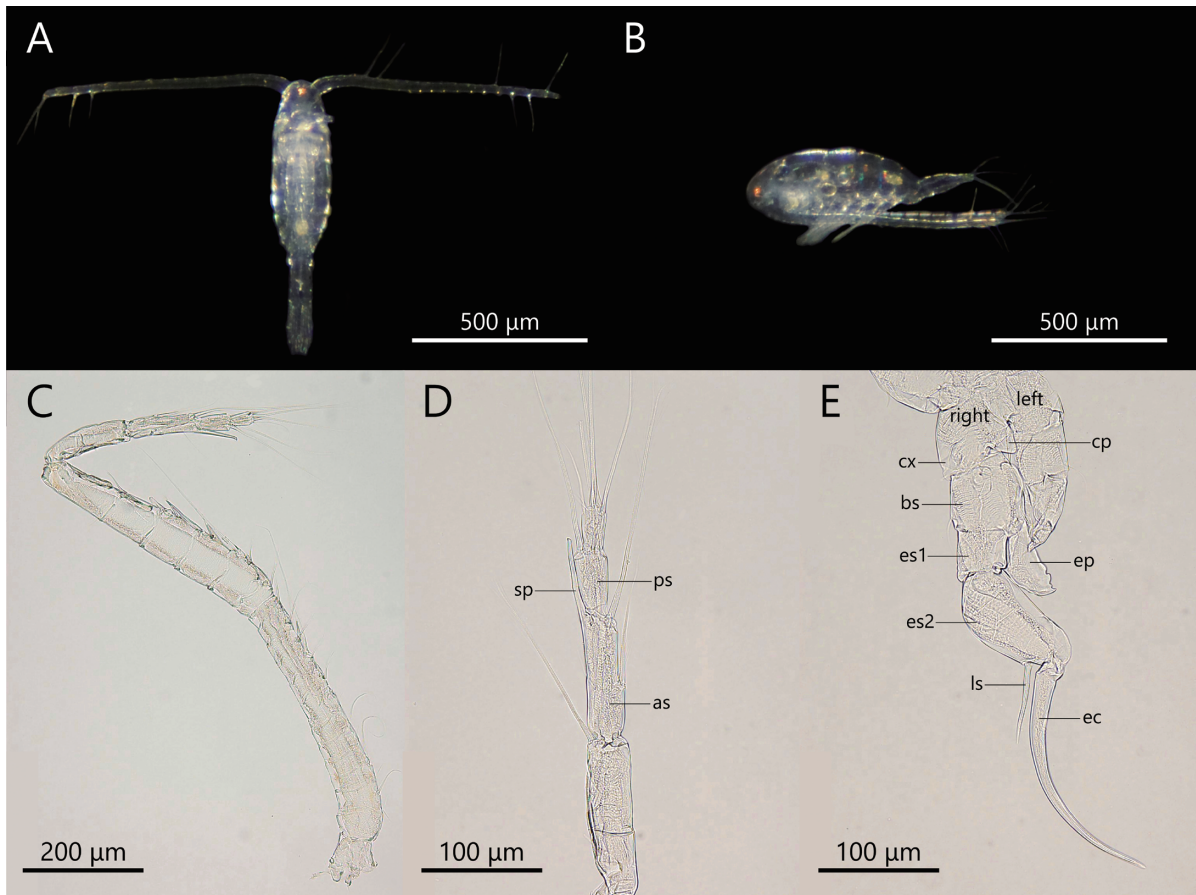


Fig. 3 ヤマトヒゲナガケンミジンコ *Eodiaptomus japonicus*. A-B: Stereomicrographs. C-E: Light micrographs. A: live specimen, dorsal view, B: live specimen, lateral view, C: male right A1 (antennula) (オス右第1触角), D: distal three segments of male right A1 (オス右第1触角先端3節), E: male P5 (オス第5胸脚), as: antepenultimate segment (先端から3節目の節), bs: basis (基節), cp: coxal plate (底節板), cx: coxa (底節), ec: end claw (剣状棘), ep: endopodite (内肢), es1: 1st exopodite segment (外肢第1節), es2: 2nd exopodite segment (外肢第2節), ls: lateral spine (外縁刺), ps: penultimate segment (先端から2節目の節), sp: spinous process (棒状突起).

ヤマトヒゲナガケンミジンコ *Eodiaptomus japonicus* (Burckhardt, 1913)

オスの体長は約 1.1 mmであり、肉眼でも個体を確認できるほどの大きさであった (Fig. 3A)。第1触角は頭胸部を越える長さであり (Fig. 3B)、右第1触角の先端から3節目の遠位端外側には先端から2節目の前縁を越える長く直線的な棒状突起がみられた (Fig. 3C, D)。オスの第5胸脚は左右非対称であり、右脚が著しく大きかった。右第5胸脚の内肢の外縁は波状であり、末端は幅広になっていた (Fig. 3E)。また、右第5胸脚内側の底節板は著しく大きい三角形であり、外肢第2節の外縁刺は細長く、この節の末端に近い位置から出ていた (Fig. 3E)。外肢第2節の末端には長大で爪状の剣状棘がみられた (Fig. 3E)。

Eucyclops roseus Ishida, 1997

メスの体長は約 1.4 mmであった (Fig. 4A)。メスの第1触角は12節からなり、先端の3節の透明膜上に細かい鋸歯状の縁がみられた (Fig. 4B)。第2触角の基節後面には、ポジション1と2 (Alekseev 2019) に2グループの毛状の微棘群がみられた (Fig. 4C)。第4胸脚はそれぞれ3節の内肢と外肢からなり、内肢3節目の末端には隣接する刺よりも短い長さの剛毛がみられた (Fig. 4D)。第4胸

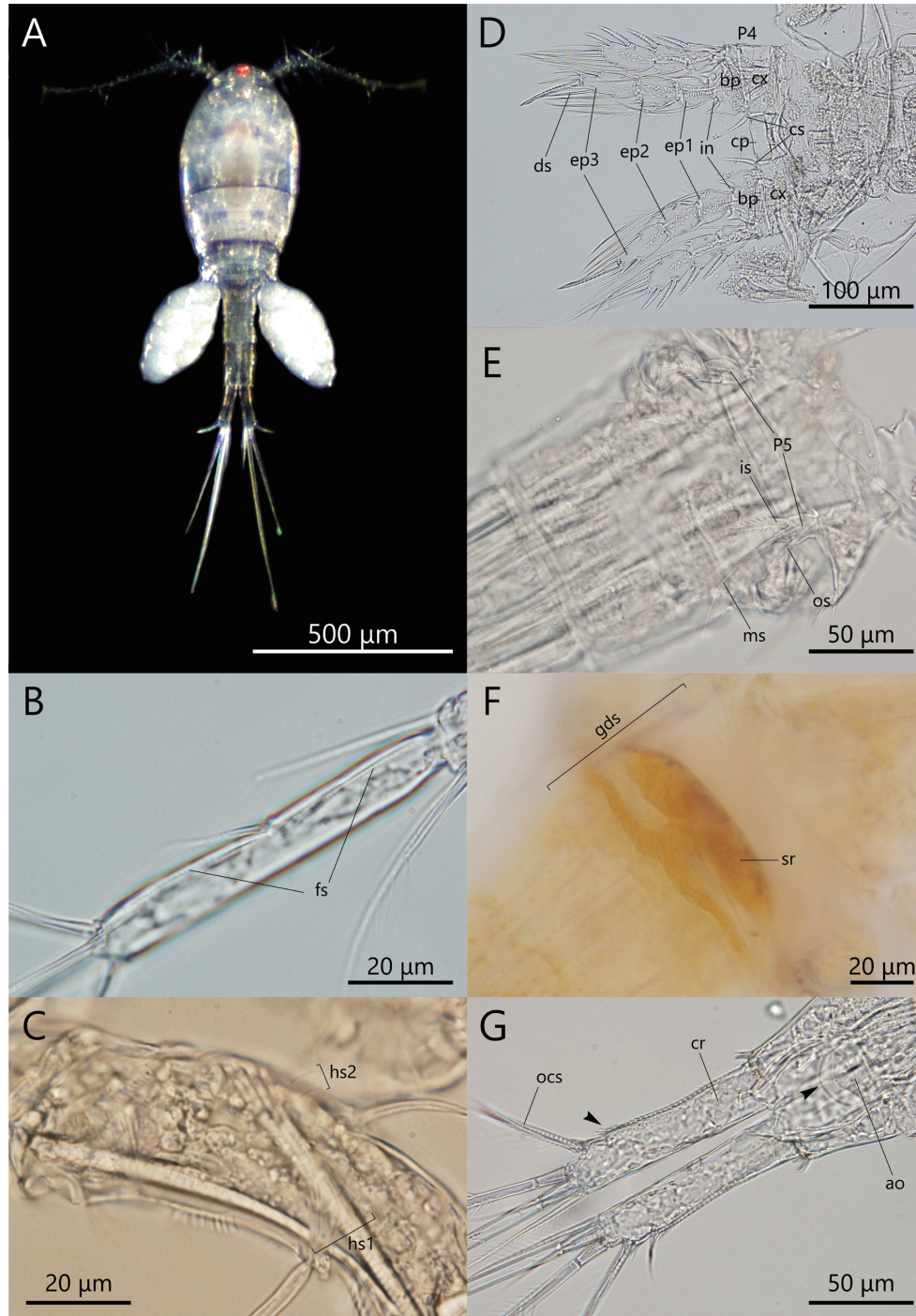


Fig. 4 *Eucyclops roseus*, female. A: Stereomicrograph, B-G: Light micrographs. A: live specimen, dorsal view, B: distal segment of A1 (antennula) (メス第1触角末端節), C: A2 (antenna) basis, posterior (メス第2触角基節後面), D: P4 and coupler (メス第4胸脚と連結板), E: P5 (メス第5胸脚), F: genital double somite and seminal receptacle (メスの生殖複合節と貯精囊), G: caudal rami and anal operculum (メスの尾叉および肛門板). ao: anal operculum (肛門板), bp: basipodite (基節), cp: coupler (連結板), cr: caudal ramus (尾叉), cs: coxal spine (底節刺), cx: coxa (底節), ds: distal seta (末端剛毛), ep: endopodite (内肢), ep1: 1st endopodal segment (内肢第1節), ep2: 2nd endopodal segment (内肢第2節), ep3: 3rd endopodal segment (内肢第3節), fs: fine serration (細かい鋸歯状の縁), gds: genital double somite (生殖複合節), hs1: hair-like spinules at position 1 (ポジション1の毛状微棘群), hs2: hair-like spinules at position 2 (ポジション2の毛状微棘群), in: inner notch (内側の切れ込み), is: inner spine (内縁刺), ms: medial seta (中央の剛毛), ocs: outer caudal seta (外側の尾刺毛), os: outer seta (外側の剛毛), P4: 4th pereopod (第4胸脚), P5: 5th pereopod (第5胸脚), sr: seminal receptacle (貯精囊).

脚の底節内側には均等な間隔で毛に覆われた（毛にGapのない）底節刺がみられた（Fig. 4D）。第5胸脚は著しく退化して1節からなり、1刺2剛毛がみられ内縁刺と外側の剛毛はほぼ同長であった（Fig. 4E）。生殖複合節には貯精嚢がみられ、貯精嚢上部の幅は下部よりも大きいことが確認された（Fig. 4F）。肛門板は顕著に凸型で、後縁は2重のひだ状になっていた（Fig. 4G, 矢尻部）。尾叉の長さは幅のおよそ4.7倍であり、尾叉外縁には末端に向かうにつれて大きくなる鋸歯がみられた（Fig. 4G, 矢尻部）。尾叉末端の尾刺毛は最外方とその内側のものとの間が広く空いていた（Fig. 4G）。

DNA解析の結果、6個体のヤマトヒゲナガケンミジンコおよび3個体の*E. roseus*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ヤマトヒゲナガケンミジンコでは98.6～100%、*E. roseus*では100%であった。BLAST検索の結果、本研究でヤマトヒゲナガケンミジンコと同定されたサンプルから得られたDNA配列はMakino et al. (2017, 2018) により報告されているヤマトヒゲナガケンミジンコのCOI配列と97.3～100%一致し（Query cover: 95～100%）、*E. roseus*と同定されたサンプルから得られたDNA配列はYoung et al. (unpublished) による*Eucyclops* sp.のCOI配列（Accession number: KJ020567）と最も一致率が高かった（Per. ident.: 86.76%, Query cover: 99%）。

考察

ヤマトヒゲナガケンミジンコ *Eodiaptomus japonicus* (Burckhardt, 1913)

本種の第1触角は前体部を超えること、成体メスでは1個の卵嚢をもつこと、成体オスの第1触角は右のみが把握型となり中間部分の数節が太くなることから（Fig. 3C）、図説や上田（2018）に従い、カラヌス目に属する種である判断した。オス右第5胸脚の外肢第2節末端を観察すると、長い剣状棘が見られ、外側には1本の外縁刺も観察されたことから（Fig. 3E）、図説に従いヒゲナガケンミジンコ科であると判断された。図説によると、ヒゲナガケンミジンコ科はオスの右第1触角先端から第3節目の特徴によってA群（鋸状突起をもつ）、B群（透明膜をもつ）、C群（棒状突起をもつ）、D群（第1触角の基節に長大な刺毛をもつ）の4つのグループに分けられる。本種のオスの右第1触角には棒状突起がみられたため（Fig. 3D）、C群に属していると判断され、右第5胸脚の外肢第2節の外縁刺の出る位置は末端に近く細長いことと、内肢は幅が広く外縁は波状を呈していることから（Fig. 3E）、エオヒゲナガケンミジンコ属（*Eodiaptomus*）に属する種であると判断された。Reddy & Dumont（1997）によると、本種の右第5胸脚の底節内側に見られる著しく大きい三角形の底節板（Fig. 3E）はエオヒゲナガケンミジンコ属の中ではヤマトヒゲナガケンミジンコに特有の形態であるとされているため、本種は形態的特徴からヤマトヒゲナガケンミジンコであると同定された。この同定結果は本研究で得られたCOI配列のBLAST検索の結果からも支持された。

Eucyclops roseus Ishida, 1997

本種の第1触角は雌雄共に短く、頭胸部の後端に達しないこと、メス成体では生殖節に左右同形の2つの卵嚢が観察されたことから（Fig. 4A）、図説に従いキクロプス目に属する種であると判断された。また、メスの第1触角が12節からなること、メス成体の第5胸脚は著しく退化していることから、図説に従いキクロプス科（Cyclopidae）であると判断された。キクロプス科はメス第5胸脚第2節の特徴により、4本の刺毛（3刺1剛毛）をもつシオミズケンミジンコ亜科（Halicyclopinæ）、3本の刺毛（1刺2剛毛）をもつノコギリケンミジンコ亜科（Eucyclopinæ）、2本の刺毛（1刺1剛毛）

をもつケンミジンコ亜科 (Cyclopinae) の3つの亜科に分類されている (水野・高橋 2000, 富川・鳥越 2009)。本種はメス第5胸脚に1刺2剛毛をもち (Fig. 4E), 第5胸節側縁にも剛毛がみられたのでノコギリケンミジンコ亜科と判断された。また, 本種は, 第1触角が12節からなること, 第5胸脚は1節であること (Fig. 4E), 尾叉背面には棘や刺毛列はなく, 尾叉外側面に沿って小棘列がみられたことから (Fig. 4G, 矢尻部), 富川・鳥越 (2009) に従いノコギリケンミジンコ属 (*Eucyclops*) であると判断された。

Alekseev (2019) のノコギリケンミジンコ属のレビジョンでは, 本属は9つの亜属に分けられている。本種は, ①第1触角が12節からなること, ②尾叉の内側には毛状の剛毛が見られないこと (Fig. 4G), ③尾叉の長さは幅の約4.7倍であること (Fig. 4G), ④第4胸脚内肢3節目の末端にある剛毛は隣接する刺よりも短いこと (Fig. 4D), ⑤第5胸脚の内縁刺は外側の剛毛とほぼ同じ長さで第5胸脚の長さよりも長く, 第5節の長さよりは明瞭に短いこと (Fig. 4E), ⑥尾叉の外側には鋸歯があること (Fig. 4G, 矢尻部), ⑦第2触角の基部後面の遠位側に2グループの毛状の微棘群をもつことから (Fig. 4C), *Eucyclops* 亜属に属するものと判断された。さらに, 上述の③と⑤の特徴および⑧第4胸脚底節内側の底節刺が均等な間隔で長い毛に覆われ, 毛を欠く部分 (Gap) がないこと (Fig. 4D), ⑨尾節板の後縁は2重のひだ状になっていることから (Fig. 4G, 矢尻部), Alekseev (2019) に従い本種は広義の *E. agiloides* (Sars, 1909) に含まれる種と判断されたが, 第1触角末節の幅の1/3ほどに幅の広い透明膜は観察できなかった (Fig. 4B)。なお, ⑦の2グループの毛状の微棘群がみられるのは, Alekseev & Defaye (2011) や Alekseev (2019) では第2触角の基部後面, Ishida (1997) や石田 (2002) では基部前面とされている。本研究では, この2グループの毛状の微棘群は第2触角の基部後面で観察されたと判断されたが, 標本のハンドリングの際に前後を誤っている可能性も否定できないため, 再確認の必要性がある。

Alekseev (2019) では, 広義の *E. agiloides* には *E. agiloides agiloides* (Sars, 1909), *E. agiloides roseus* Ishida, 1997, *E. agiloides miracleae* Alekseev, 2010 の3亜種が含まれるとされている。本研究では Alekseev & Defaye (2011) の検索表に従い, 上述の⑦, ⑧の特徴および⑩第4胸脚の底節刺が長く, 基節内側の切り込みに達することから (Fig. 4D), 本種は *E. agiloides roseus* と同定された。しかしながら, *E. roseus* を *E. agiloides* の亜種に位置づけた Alekseev & Defaye (2011) において *E. agiloides* として用いられたマラウイ湖産の標本は, Sars (1909) の *E. agiloides* (タイプ産地: ヴィクトリア湖) とは別種である可能性があり, *E. agiloides* の形態が十分に解明されない限りは *E. roseus* は独立した種として扱うことが適切であると指摘されている (Anufrieva et al. 2014)。本研究では, Anufrieva et al. (2014) の主張に従い, *E. roseus* を *E. agiloides* の亜種ではなく, 独立した種として扱った。

石田 (2002) や Lee et al. (2005) によると, *E. roseus* は肛門板が顕著に凸であること (Fig. 4G), 尾叉末端の最外方の刺毛とその内側のものとの間が広く空いていること (Fig. 4G), 第2触角基節前面 (後面?) 先端部に顕著な毛状の微棘群があること (Fig. 4C), 尾叉外縁の鋸歯は末端に向かうにつれて幅広くなること (Fig. 4G) などから他種と明瞭に区別されるとされ, これらの特徴は本研究でも観察された。また, 第1触角先端の3節にみられる透明膜上の細かい鋸歯状の縁や (Fig. 4B), 肛門板の末端の2重のひだ (Fig. 4G), 上部が下部よりも幅広くなるという貯精囊の特徴は (Fig. 4F), Ishida (1997) による *E. roseus* の原記載の記述と一致した。

本研究で得られた本種のCOI配列のBLAST検索で最上位にヒットした *Eucyclops* sp. は, 本種の配列との一致率は86.76%と低く, Makino et al. (2017) で種内変異の閾値が7%と設定されていることを考慮すると *E. roseus* とは異なる種であると判断できる。本研究により, *E. roseus* のCOI配列が国

際塩基配列データベースに初めて登録されたことになる。

カイアシ類 2 種の移入経路と生態

本研究では、完成から15年を経て、矢巾キャンパスの貯水池には少なくとも 2 種のカイアシ類が生息していることが確認された。カイアシ類が貯水池に生息するようになった経緯については不明であるが、考えられる要因の一つとして、キャンパス構内の雨水側溝から流入した可能性が挙げられる。キャンパス西側を流れる岩崎川は大雨の度に氾濫を繰り返してきた経緯があり、近年では2007年と2013年に洪水に見舞われている。ヤマトヒゲナガケンミジンコは国土交通省の河川水辺の国勢調査により県内のダム湖に生息していることがすでに報告されており (Table 1)、水田に生息する種としても知られているため (林他 2009)、洪水時に周辺の水田から貯水池に侵入した可能性が考えられる。一方、*E. roseus*はこれまで県内からの報告はなく、本研究による記録が岩手県初の記録となった。本種は、国内では沖縄から北海道まで広く分布することが報告されており (石田 2002)、青森県や秋田県からも報告がある (石田・大高 2005)。そのため、岩手県でこれまで記録がなかったのは調査不足によるものと推察され、後述の通り本種が昼間のプランクトン調査で採集されにくい習性をもつことも原因の一端になっていたと考えられる。第 1 貯水池では、2016年に中尊寺から寄贈されたハスが10株ほど植栽されおり (岩手医科大学報編集委員会 2016)、主に底生生活を送ると考えられる *E. roseus* はハスとともに貯水池に移入したという経路も考えられる。また、貯水池ではカモ類やサギ類をはじめとした水鳥もみられるため、これら水鳥によってカイアシ類をはじめとしたプランクトンが運ばれた可能性も考えられる。

2021年 8 月 3 日の昼間に採集されたプランクトンの大部分はヤマトヒゲナガケンミジンコで占められ、*E. roseus* はほとんど見られなかった。しかしながら、巻き上げられた池底の浮泥を大量に含むサンプル中には *E. roseus* が比較的多くみられたため、本種は昼間は池底で生活し夜に活発に遊泳し始めると考え、8月30日に夜間に採集を行ったところ、採集されたプランクトン中により多くの *E. roseus* を観察することができた。*Eucyclops roseus* と同属の *E. macruioides* では、昼間は湖の底の植物の間にとどまっているが、夜になると一部の個体が上層に移動するという習性が報告されている (Szlauer 1963)。このことから、*E. roseus* も同様の習性を示すことが考えられるが、本研究では定量的な評価を行っていないためさらなる検証が必要である。

カイアシ類の研究を実施した学生の感想

本研究では、簡略的な生物学実習の延長として、岩手医科大学矢巾キャンパス貯水池のプランクトンを観察する活動を進めてきた。プランクトンの観察に当たり、顕微鏡や解剖器具の基本操作のほか、どのような場面でどの顕微鏡を使用すれば目的の箇所を観察できるかなど、器具の本来の用途を考える力を身に付けることができた。カイアシ類についてはほとんど知識がなく、生物を扱う研究も経験がない状態から始まったが、カイアシ類の生態のみならず、生物を同定する手順や遺伝子解析など、種判別の基礎について学び、観察に必要な部位を顕微鏡下で解剖し取り出す操作も経験することができた。PCRやDNA解析の手法は実際に実験を経験することで手順の意味を考えることができ、医学部第 1 学年の教養科目や専門科目における学習において難しい原理をより深く理解することができた。また、普段の大学生活では触れ合う機会のないプランクトンの世界をのぞくことで、私たちの周りに存在する自然をより身近に感じることができた。それと同時に、生物に対する興味や親しみを今まで以上に感じた。今後は、今回同定された 2 種について、季節や時間帯による生息状況の違いなどの習性を明らかにすること、そして、今回発見された 2 種以外のカイアシ類やミジンコ類など他の

プランクトンの生息状況を確認することを課題としたい。

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便宜を図っていただいた。同外国語学科のJames Hobbs教授にはAbstractの英文を校正していただいた。岩手医科大学附属図書館、岩手県立図書館の司書の方々には研究に必要な資料の収集にご助力いただいた。岩手医科大学学務部全学教育企画課の長岡慶介課長、阿部あいり事務員にはキャンパス内での調査実施に係る各部署との調整や、貯水池の概要や竣工図などの資料の収集にご助力いただいた。岩手県立博物館の渡辺修二専門学芸員には、標本の収蔵についてご快諾いただいた。この場を借りて心より感謝申し上げます。

引用文献

- Alekseev VR (2019) Revision of the genus *Eucyclops* (Claus, 1893) and subfamily Eucyclopinae of the world fauna. *Arthropoda Selecta* 28 : 490-514.
- Alekseev VR, Defaye D (2011) Taxonomic differentiation and world geographical distribution of the *Eucyclops serrulatus* group (Copepoda, Cyclopidae, Eucyclopinae). In: Defaye D, von Vaupel Klein JC, Suárez-Morales E. (Eds) *Studies on Freshwater Copepoda: A Volume in Honour of Bernard Dussart*. *Crustaceana Monographs* 16. Brill, Leiden, pp. 41-72.
- Anufriieva E, Holynska M, Shadrin N (2014) Current invasions of Asian cyclopoid species (Copepoda: Cyclopidae) in Crimea, with taxonomical and zoogeographical remarks on the hypersaline and freshwater fauna. *Annales Zoologici* 64 : 109-130.
- 林 紀男・大内 匠・宮田直幸 (2009) 水田生態系に出現するワムシ類・ミジンコ類. 千葉県立中央博物館自然誌研究報告 10 : 39-47.
- 今村泰二・森本義信 (1969) 岩泉洞穴群の地下水動物. 日本洞穴学研究所報告書 1 : 16-20.
- Ishida T (1989) Copepods in the mountain waters of Honshû, Japan. *Scientific Reports of the Hokkaido Salmon Hatchery* 43 : 1-21.
- Ishida T (1997) *Eucyclops roseus*, a new Eurasian copepod, and the *E. serrulatus-speratus* problem in Japan. *Japanese Journal of Limnology* 58 : 349-358.
- Ishida T (2000) *Eucyclops pacificus* and *E. ohtakai*, two new cyclopoid copepods (Crustacea) from Japan. *Biogeography* 2 : 21-28.
- 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.
- 石田昭夫・大高明史 (2005) 青森, 岩手, 秋田の淡水カイアシ類. 陸水生物学報 20 : 1-4.
- 伊藤 隆 (1955) 本邦地下水の橈脚類相について. 日本生物地理学会会報 16-19 (岡田彌一郎博士還暦記念号: 日本動物相の研究) : 141-146.
- 岩手医科大学報編集委員会 (2016) 中尊寺ハスが寄贈されました. 岩手医科大学報 476 : 3.
- 岩手県環境生活部自然保護課 (2001) 岩手県野生生物目録. 岩手県Webサイト (<https://www.pref.iwate.jp/kurashikankyou/shizen/yasei/rdb/1005480.html>) (Accessed: Oct. 12, 2021)
- 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 東北地方 (http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/dl_82_index.html) (Accessed: Sep. 30, 2021)
- Lee JM, Min G-S, Chang CY (2005) *Eucyclops serrulatus* species group (Copepoda: Cyclopoida:

- Cyclopidae) from Korea. The Korean Journal of Systematic Zoology 21 : 137-156.
- Makino W, Maruoka N, Nakagawa M, Takamura N (2017) DNA barcoding of freshwater zooplankton in Lake Kasumigaura, Japan. Ecological Research 32 : 481-493.
- Makino W, Tanabe AS, Urabe J (2018) The fauna of freshwater calanoid copepods in Japan in the early decades of the 21st Century: Implications for the assessment and conservation of biodiversity. Limnology and Oceanography 63 : 758-772.
- Messing J (1983) New M13 vectors for cloning. Methods in Enzymology 101 : 20-78.
- 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.
- Reddy YR, Dumont HJ (1997) A review of the genus *Eodiaptomus* Kiefer, 1932, with the description of *E. sanuamungae* n. sp. from Thailand, and a redescription of *E. lumholtzi* (Sars, 1889) from Australia. Hydrobiologia 361 : 169-189.
- 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.
- Sars GO (1909) Zoological results of the third Tanganyika expedition, conducted by Dr. W. A. Cunningham, F.Z.S., 1904-1905. Report on the Copepoda. Proceedings of the Zoological Society of London, pp. 31-77.
- 庄司定悦 (1972) 八幡平付近の湖沼の動物プランクトンとくにその甲殻類について 付 湿原のこけ内微小水域の有殻原生生物. 日本自然保護協会調査報告 42 (十和田八幡平国立公園後生掛地区地熱発電所計画に伴う学術調査報告) : 280-286.
- Szlauer L (1963) Diurnal migrations of minute invertebrates inhabiting the zone of submerged hydrophytes in a lake. Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 25 : 56-64.
- 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 (<http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/mizukokuweb/system/seibutsuList.htm>), 10 pp. (Accessed: Sep. 30, 2021)
- 上野俊一・森本義信 (1962a) 山形, 山根地域の洞窟地下水とその動物相の概観. 岩手県洞穴群学術調査報告書, 日本ケイビング協会, pp. 5-6.
- 上野俊一・森本信義 (1962b) 岩泉, 安家地域の洞窟地下水とその動物相の概観. 岩手県洞穴群学術調査報告書, 日本ケイビング協会, pp. 7-9.
- 八島洋一・三枝聖・松政正俊 (2007) 稲わらトラップ法によるゾウリムシ (*Paramecium caudatum*) およびアメーバ (*Amoeba proteus*) の採集と小麦粒を加えたKCM溶液による簡易培養. 岩手医科大学共通教育センター研究年報 42 : 13-18.