

河北潟沖合の底生動物群集の構造

大高 明史^{1*}・永坂 正夫²・福原 晴夫³・中野隆文⁴

¹ 〒 036-8143 弘前市富士見台

² 金沢星稜大学, 〒 920-8620 金沢市御所町丑 10 番地 1

³ NPO 法人河北潟湖沼研究所, 〒 929-0342 河北郡津幡町北中条ナ 9-9

⁴ 京都大学大学院理学研究科, 〒 606-8502 京都市左京区北白川追分町

* 連絡先: 大高 明史 (ohtaka@hirosaki-u.ac.jp)

要約: 石川県河北潟の沖合の 2 地点と放水路 1 地点で, 2022 年に底生動物群集の構造を調べた。出現した大型底生動物は, 貧毛類 7 種, ユスリカ類 2 種, アミ類 1 種の計 11 種で, 沖合では貧毛類のユリミズ属が優占した。河北潟の標本を使って日本初記録となるクビレユリミズ *Limnodrilus paraclaparedianus* を再記載した。この同定結果はミトコンドリア遺伝子の 16S rDNA の部分配列に基づく解析でも支持された。河北潟の沖合の底生動物群集は多くが淡水種で構成されるが, イサザアミやクシゲヒメイトミズなど汽水環境に関連した種類も含んでいる。現在の河北潟沖合の底生動物群集は, 種構成, 密度とも, 同じく干拓に伴う淡水化の歴史を持つ秋田県の八郎潟の群集と類似している。

キーワード: 河北潟, 底生動物, 貧毛類, クビレユリミズ

Structure of Zoobenthos Community in the Offshore Lake Kahokugata, Ishikawa Prefecture, Central Japan

OHTAKA Akifumi^{1*}, NAGASAKA Masao², FUKUHARA Haruo³ and NAKANO Takafumi⁴

¹ Fujimidai, Hirosaki, Aomori 036-8143, Japan

² Kanazawa Seiryō University, Gosyō-machi, Kanazawa, Ishikawa 920-8620, Japan

³ Kahokugata Lake Research Institute, Tsubata-machi, Kahoku-gun, Ishikawa 929-0342, Japan

⁴ Graduate School of Science, Kyoto University, Sakyo-ku, Kyoto 606-8502, Japan

* Corresponding author: Akifumi Ohtaka (ohtaka@hirosaki-u.ac.jp)

Abstract: Composition of macrozoobenthos was studied in the offshore Lake Kahokugata, Ishikawa Prefecture, central Japan in 2022. Seven species of Oligochaeta, two species of Chironomidae and one species of Mysidae were recorded as macrofauna from the lake, of which *Limnodrilus* spp. were dominated in every station studied. A tubificine *Limnodrilus paraclaparedianus* is new to Japan and redescribed based on the Kahokugata material. The 16SrDNA sequence of the Lake Kahokugata specimen was consistent with those in the original material. The present zoobenthic fauna is basically composed of freshwater species with containing brackish traits as occurrence of mysids. The present structure and abundance of zoobenthos are similar to those in another maritime and former brackish Lake Hachirogata in Akita Prefecture.

Keywords: Lake Kahokugata, Zoobenthos, Oligochaeta, *Limnodrilus paraclaparedianus*

はじめに

石川県の河北潟は, 内灘砂丘によって日本海から切り離された面積約 22 km² の北陸地方最大の汽水湖であ

たが, 1963 年に始まった国営干拓事業によって約 2/3 が干拓地となり, 現在は, 面積 4.13 km², 最大水深 6.5 m, 平均水深 2.0 m の淡水の調整池となっている (環境庁, 1993)。

干拓前の河北潟は内水面漁業の盛んな湖沼で、例えばヤマトシジミの漁獲量は昭和 35–37 年統計では年平均約 15 400 t に上がった（内灘町史編さん専門委員会, 2005）。また、エビ漁も盛んで、テナガエビ、スジエビ、ヌカエビ（現在の分類ではヌマエビ類）が漁獲されていたと思われるが、エビとしてまとめられた漁獲量は昭和 35–37 年の平均で 19.442 t であった（内灘町史編さん専門委員会, 2005）。底生動物としてはヤマトシジミ以外に餌虫としてゴカイ類の漁業権が設定されており（金崎, 1996）、昭和 35–37 年の平均で 100 kg の記録がある（内灘町史編さん専門委員会, 2005）。このように、干拓前の河北潟には、環形動物や軟体動物、甲殻類などを含む汽水湖特有の底生動物群集が見られたと推測されるが、水産生物以外の情報はほとんどなく、当時の河北潟の生物相の全貌は明らかでない。干拓後の河北潟は、ヤマトシジミが湖内から消失するなど（河北潟湖沼研究所, 2013）、淡水化に伴って生物群集は大きく変化したと推測される。干拓後の底生動物については、石川県野生生物保護対策調査会（2009）、高橋（2008）、西原（1999）、西原・高橋（2000）、川原・高橋（2001）、河北潟水質浄化連絡協議会・北陸水生生物研究センター（2005）、野田・鎌田（2003）、野村・高橋（2006）、富沢（2013）、香川（2020）によって、沿岸部における貝類や甲殻類、水生昆虫類、カメ類の分布記録があるが、沖合の底生動物に関する知見は極めて限られており、貧毛類の出現種が記録されているのみである（Ohtaka, 2014）。

そこで、現在の河北潟沖合の底生動物群集の構造を明らかにするために、2022 年 7 月に採泥器を使った底生動物の調査を行った。ここでは、この結果を報告する。

調査地と方法

2022 年 7 月 23 日に、河北潟沖合の 2 地点、河北潟中央（以下、中央と表記）および金沢港防潮水門前（以下、水門前と表記）と、比較のために設定した河北潟放水路（以下、放水路と表記）の 1 地点で、ゴムボートを用いて底生動物の調査を実施した（図 1）。いずれの地点も湖底に植生はなく、水深は 3.0–4.0 m の範囲であった。それぞれの調査地点で、底面積 225 cm²、高さ 15 cm の標準型エクマン・バージ採泥器を用いて 3 回ずつ湖底堆積物を定量的に採取し、さらに、2 回ずつの定性的な採泥を行った。採集した底泥は表面の観察を行ったのち、



図 1. 石川県・河北潟における底生動物の調査地点。
Fig. 1. Map of Lake Kahokugata, showing the study sites.

定量サンプルは現場で孔口 0.25 mm のナイロン製サーバネットで泥をふるって底生動物を集め、ただちに 10% ホルマリンで固定した。定性サンプルは泥をふるった状態で冷却して実験室に持ち帰った。各調査地点では、表層から湖底まで 1 m おきに、温度、pH、電気伝導度（TOA-DKK WM-22EP）、溶存酸素濃度（YSI Pro-Do）を測定した。

持ち帰った定性サンプルに含まれていた動物は塩化マグネシウム水溶液で麻酔した後、70% エタノールで固定して形態観察や DNA 分析に用いた。このうち、貧毛類については、一部をアルコールシリーズで脱水後、サリチル酸メチルで透徹し、バルサムで封入してプレパラート標本とし、光学顕微鏡で分類学的観察を行った。

ホルマリンで固定した底生動物の定量サンプルは実験室に持ち帰り、実体顕微鏡下でマクロベントス（体長が 1 mm 程度以上の肉眼で識別できる大型の動物）の拾い出しを行い、種ごとに個体数を計数し、グループごとに電子天秤（Sartorius-BP310P）で湿重量を測定した。分断された貧毛類の計数は頭部を用いて行った。本研究で

用いた標本の大部分は河北潟湖沼研究所に、DNA 分析に使用した貧毛類標本のみ京都大学総合博物館（京都大学動物学コレクション：KUZ Z5018–Z5020）に保管した。メイオVENTス（体長が 1 mm 以下で、肉眼で識別するのが難しい小型の動物）は、実体顕微鏡による定性的な観察にとどめた。

得られたサンプルのうち、日本初記録となる貧毛類の一種、*Limnodrilus paraclaparedianus* については、ミトコンドリア遺伝子の 16S rDNA (16S) の部分塩基配列を用いて分類学的異同の確認を行った。エタノール保存された貧毛類標本の後方部の組織を用いて、Nakano (2012) に倣って DNA 抽出を行った。プライマーは 16Sar (Palumbi, 1996) と 16Sb (Edgecombe *et al.*, 2002) の組合せを用いたうえで、Nakano & Lai (2016) の手法に従って PCR ならびにサイクルシークエンス反応と塩基配列の決定を実施した。なお、PCR 反応は、初期変性、95 °C (5 分) の後、35 サイクルで変性、94 °C (10 秒)、アニーリング、48 °C (20 秒)、エクステンション、72 °C (30 秒) を実施し、最終エクステンションを 72 °C (6 分) で行った。その結果、1 標本 (KUZ Z5020) の 16S 部分塩基配列 (484 bp) を決定することが出来、当該塩基配列は DNA Data Bank of Japan を経由して International Nucleotide Sequence Databases (INSD) に登録した (アクセッション番号 LC775238)。決定した 16S の塩基配列を用いて、NCBI のウェブサイト (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/>; BALSTN 2.14.1; Zhang *et al.* 2000) において、分類群を限定せず全てデフォルト条件で BLAST 検索 (Altschul *et al.* 1990) を実施した。

結 果

調査地点の環境

2022 年 7 月 23 日の調査時、湖水は灰緑色であった。調査を行なった 3 地点の湖水表層は 25–26 °C、pH は 7.6–8.1、電気伝導度は 21.9–22.5 mS m⁻¹、溶存酸素濃度は 7.6–8.2 mg L⁻¹ で、いずれの地点も弱アルカリ性の淡水環境を示し、地点間で大きな違いは見られなかった (表 1)。調査地点の水深は沖合の 2 地点で 3.0–3.4 m、放水路で 4.0 m であった。湖底直上水の環境は表層と比べて水温で 0.3–1.5 °C、pH で 0.2–0.4、溶存酸素濃度で 0–1.6 mg L⁻¹ 低かったが、いずれの地点でも表層との差は小さく、湖水に顕著な成層構造は認められなかった。

湖底直上水の電気伝導度は中央と水門前では表水よりも低かったが、放水路では逆に表層よりもやや高かった。

沖合の調査地点 (中央、水門前) の底質は砂混じりの泥で、放水路では砂の上に厚さ数ミリの泥の層が堆積していた。いずれの調査地点も底泥表面は薄い灰色で、硫化水素臭はなかった。

底生動物相

河北潟沖合の 2 地点と放水路 1 地点で採集した底生動物のサンプルから、マクロベントスとして下に示す貧毛類 7 種、甲殻類 1 種、ユスリカ類 2 種が確認された。

Phylum Annelida 環形動物門

Class Clitellata 環帯綱

Subclass Oligochaeta 貧毛亜綱

Order Tubificida イトミズ目

Family Naididae ミズミズ科

Subfamily Rhyacodrilinae ナガレイトミズ亜科

Bothrioneurum vej dovskyanum Stolc, 1886 フクロイトミズ

Branchiura sowerbyi Beddard, 1892 エラミズ

Subfamily Tubificinae イトミズ亜科

Teneridrilus mastix (Brinkhurst, 1978) クチアケコイトミズ

Limnodrilus hoffmeisteri Claparède, 1862 ユリミズ

Limnodrilus paraclaparedianus Zhou & Cui, 2021 クビレユリミズ (和名新称)

Limnodrilus grandisetosus Nomura, 1932 フトゲユリミズ

Aulodrilus dentosus Ohtaka, 2021 クシゲヒメイトミズ (和名新称)

Phylum Arthropoda 節足動物門

Subphylum Crustacea 甲殻亜門

Class Malacostraca 軟甲綱

Order Mysida アミ目

Family Mysidae アミ科

Neomysis awatschensis (Brandt, 1851) イサザアミ

Insecta 昆虫綱

Diptera 双翅目

表1. 河北潟の3地点における湖沼環境と大型底生動物群集の組成.

ECとDOはそれぞれ、電気伝導度と溶存酸素濃度を示す。底生動物の密度と現存量は平均値と標準偏差を示す。
Table 1. Location, environmental parameters and composition of macrozoobenthos in three stations of Lake Kahokugata.

EC and DO indicate electrical conductivity and dissolved oxygen, respectively. Mean and SD are shown in density and standing crop of zoobenthos for each station.

Location	Lake Center	Off water gate	Channel
Date	23 July 2022	23 July 2022	23 July 2022
Time	10:00	10:35	11:20
Latitude(°N) / Longitude(°E)	36.653 / 136.667	36.650 / 136.656	36.661 / 136.649
Water depth (m)	3.0	3.4	4.0
Water temperature (°C) surface / bottom	25.7 / 24.2	25.9 / 25.3	26.0 / 25.7
pH surface / bottom	7.6 / 7.4	7.8 / 7.4	8.1 / 7.8
EC (mS m ⁻¹) surface / bottom	22.5 / 14.3	21.9 / 19.8	22.2 / 23.6
DO (mg L ⁻¹) surface / bottom	7.6 / 6.5	8.2 / 6.6	7.8 / 7.8
Bottom sediment	sandy mud	sandy mud	sand
Density (No m ⁻²)			
Oligochaeta			
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	30 ± 51	0	30 ± 51
<i>Limnodrils paraclaparedianus</i>	59 ± 68	0	30 ± 51
<i>Limnodrilus</i> spp. (immature)	9481 ± 4339	5126 ± 3788	1200 ± 748
<i>Branchiura sowerbyi</i>	0	15 ± 26	0
<i>Bothrioneurum vej dovskyanum</i>	30 ± 26	0	0
<i>Teneridrilus mastix</i>	326 ± 185	74 ± 68	0
<i>Aulodrilus dentosus</i>	133 ± 44	15 ± 26	1141 ± 388
Oligochaeta total	10059 ± 4541	5230 ± 3784	2400 ± 888
Chironomidae			
<i>Chironomus plumosus</i>	89 ± 77	44 ± 44	0
<i>Procladius</i> sp.	104 ± 180	311 ± 89	0
Crustacea			
<i>Neomysis awatschensis</i>	0	30 ± 26	0
All total	10252 ± 4562	5615 ± 3724	2400 ± 888
Standing crop (g wet wt m ⁻²)			
Oligochaeta	2.290 ± 1.218	1.871 ± 0.974	0.385 ± 0.224
Chironomidae	1.763 ± 1.396	0.981 0.897	0
others	0	0.116 0.163	0
Total standing crop	4.053 ± 1.855	2.852 ± 0.266	0.385 ± 0.224

Chironomidae ユスリカ科

Chironominae ユスリカ亜科

Chironomus plumosus (Linnaeus, 1758) オオユスリカ

Tanypodinae モンユスリカ亜科

Procladius sp. カユスリカ属の一種

このほか、メイオベントスとして、線形動物門の複数種 Nematoda spp., 節足動物門カイアシ亜綱キクロプス目の複数種 Cyclopoida spp., 貝虫綱の複数種 Ostracoda spp., および苔虫動物門のオオマリコケムシ *Pectinatella magnifica* (Leidy, 1851) の休芽が確認された。

イトミミズ亜科 3 種の形態と特記事項

Limnodrilus paraclaparedianus Zhou & Cui, 2021

クビレユリミミズ (図 2, 3)

Limnodrilus paraclaparedianus Zhou & Cui in Zhou *et al.*, 2021, p. 313-316, figs. 4-6.

Limnodrilus "claparedianus-cervix": Liu *et al.*, 2017a, p. 483, fig. 3CC; Liu *et al.*, 2017b, p. 251, table 1.

Limnodrilus claparedianus Ratzel: Ohtaka *et al.*, 2006, p. 47-49, fig. 4.

観察標本: 10 成熟個体 (うち 3 個体は KUZ Z5018-Z5020), 河北潟中央: 8 成熟個体, 河北潟水門前, いずれも 2022 年 7 月 23 日, 大高, 永坂採集。

河北潟標本の形態: 固定標本で体長は 16-20 mm, 体幅は環帯部で 0.35-0.50 mm, 中央部で 0.20-0.30 mm, 体節数 66-84. 口前葉は鈍三角形で, 長さは基部の幅とほぼ同じ. 黄色細胞は第 5 体節から腸管を取り囲む. 剛毛は背腹同形の二叉型鉤状剛毛で, 毛状剛毛や生殖剛毛は持たない. 前方体節の剛毛は長さ 65-104 μm , 剛毛束あたり 4-6 本, 中央体節の剛毛は長さ 56-80 μm , 剛毛束あたり 3-5 本, 後方体節では長さ 48-60 μm , 剛毛束あたり 1-2 本になる. 前方体節の剛毛は結節を全長の 1/3-2/5 の末端側に持ち, 上歯は下歯よりもやや長く, 下歯と同じ太さかやや細い (図 2 A, B). 環帯よりも後ろの体節の剛毛は, 結節が中央よりもやや末端側に位置し, 上歯と下歯はほぼ等長で同じ太さか, 上歯が下歯よりもわずかに長くわずかに細い (図 2 C, D). 成熟個体は第 10 体節と第 11 体節で腹側剛毛を欠く.

環帯は第 10 体節から第 12 体節を占めるが, 体壁の

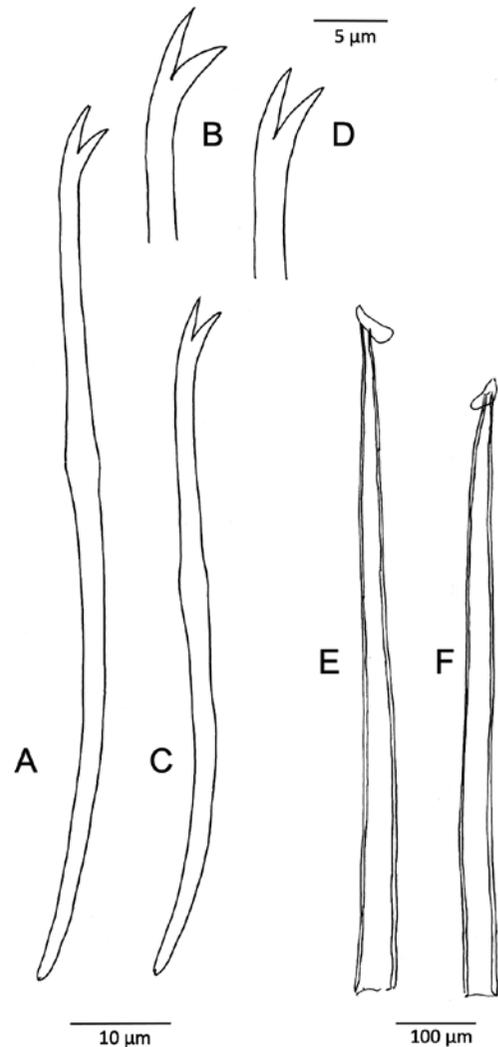


図 2. クビレユリミミズ *Limnodrilus paraclaparedianus* の剛毛 (A-D) と陰茎鞘 (E, F).

A, 第 3 体節腹側剛毛; B, 同, 先端; C, 第 15 体節腹側剛毛; D, 同, 先端; E, F, 陰茎鞘. いずれも河北潟中央で採集された標本に基づく.

Fig. 2. Chaetae (A-D) and penial sheaths (E, F) of *Limnodrilus paraclaparedianus* from Lake Kahokugata.

A, ventral chaeta in III; N, the same, distal end; C, ventral chaeta in XV; D, the same, distal end; E and F, penial sheaths in different individuals.

肥厚は顕著でない. 精巣と卵巣はそれぞれ 9/10 隔壁および 10/11 隔壁の後方に付着する (図 3). 雄性漏斗は直径 128 μm で 10/11 隔壁の前方に開く. 雄性漏斗は第 11 体節で輸精管に接続する. 輸精管は外径 28-33

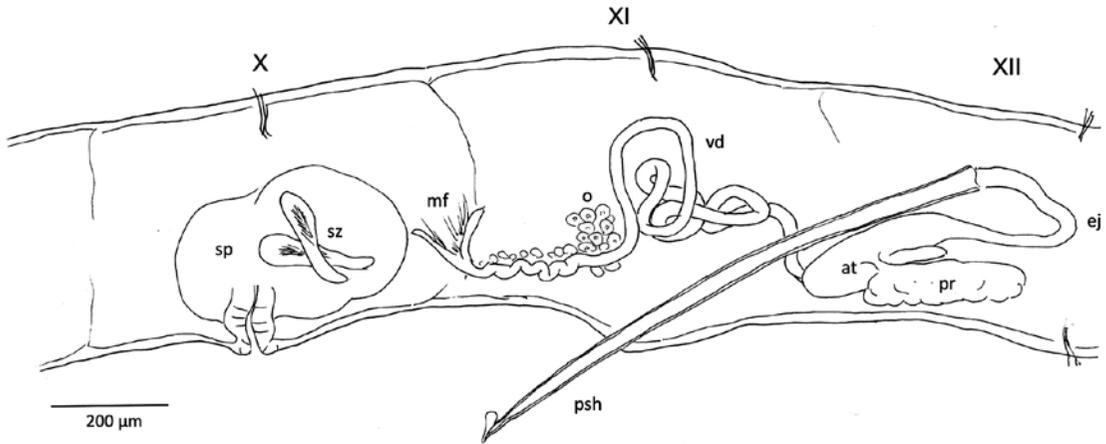


図 3. クビレユリミズ *Limnodrilus paraclaparedianus* の生殖器官の形態. 河北潟中央で採集された標本に基づく. 図中の略称: at, 膨腔部; ej, 射精管; mf, 雄性漏斗; o, 卵巣; pr, 前立腺; psh, 陰茎鞘; sp, 受精囊; sz, 精子束; vd, 輸精管. ローマ数字は体節番号を示す.

Fig. 3. Genital organs of *Limnodrilus paraclaparedianus* from Lake Kahokugata.

Abbreviations: at, atrium; ed, ejaculatory duct; mf, male funnel; mp, male pore; o, ovary; pr, prostate gland; psh, penial sheath; sp, spermatheca; sz, spermatozeugmata.

μm, 壁の厚さ 3–5 μm の細長い管で, 内面には繊毛が密生する. 輸精管は曲がりくねって後方に伸び, 太い管状の膨腔部の末端に接続する. 膨腔部の内層上皮は腺性で内壁に繊毛を持ち, 中央に膨腔部と同じ程度の大きさの前立腺塊が短い柄を介して接続する. 膨腔部の長さはおよそ 400 μm で, 輸精管と同じ太さの射精管に続き, 陰茎となって第 11 体節の腹側中央に開口する (図 3). 陰茎はキチン質の陰茎鞘を備え, さらに外側に螺旋状の筋肉が取り囲む. 陰茎鞘は長い円筒形で, 長さ 552–1104 μm, 基部の直径は 29–48 μm で, 末端近くで直径が 11–20 μm まで急に細くなる (図 2E, F). 陰茎鞘の基部の幅に対する長さの比は 11–20 倍 (n=7). 陰茎鞘は末端に丸みをおびた三角形のフードを斜めにつける. 受精囊は, 短く太い導管と卵形の瓶状部が区別され, 受精囊導管は第 10 体節中央部腹面に開口する (図 3). 交尾個体は受精囊瓶状部に長さ 150–300 μm の紡錘形の精子束を持つ.

河北潟標本の遺伝子解析: BLAST 検索の結果, 得られた 16S 部分塩基配列 (INSD アクセス番号 LC775238) は, 87–99% のデータカバー率, 97.7–100% の一致率で, 中国産 *L. paraclaparedianus* と最も同一性が高いという結果が得られ, 形態形質に基づく同定結果を全面的に支持した. 特に, CNK49 (INSD

アクセス番号 KY369311; Liu *et al.* 2017a; カバー率 99%), CW0181 (INSD アクセス番号 MT448986; Zhou *et al.* 2021; カバー率 96%) と配列が完全一致した.

特記事項: 日本から初めての記録となる. 河北潟で採集された成熟個体の体長は固定した状態で 16–20 mm, 原記載の中国産個体の固定標本の体長も 18–19 mm と, 本種はユリミズ属の中でも小型の種類である. 河北潟標本は剛毛, 生殖器官の形態とも, Zhou *et al.* (2021) による原記載と矛盾しない. ただし, 原記載では消化管を取り囲む黄色細胞が第 6 体節から始まるとしているのに対して, 河北潟産標本 (n=18) では例外なく第 5 体節から始まっていた.

本種と似た細長い陰茎鞘を持つユリミズ属の種類には, *L. maumeensis* Brinkhurst & Cook, 1966, *L. cervix* Brinkhurst, 1963, モトムラユリミズ *L. claparedianus* Ratzel, 1868 があるが, 本種は, 陰茎鞘の壁の厚さが全長を通してどの方向でも一定であることと, 柄が末端近くで細くなる点で, これらのいずれとも異なっている. 最もよく似たモトムラユリミズとは, 陰茎鞘の形の他にも, モトムラユリミズでは剛毛の上歯が下歯よりも約 2 倍長いものに対して, 本種では上歯が下歯よりも少し長い程度で差が大きい点でも異なる.

本種は、Liu *et al.* (2017a, 2017b) が *Limnodrilus* "claparedianus-cervix" として扱った型を独立種とみなし、Zhou *et al.* が 2021 年に命名したものである。中国武漢の東湖がタイプ産地であるが、これまでの "claparedianus-cervix" としての記録から、本種は全北区に広く分布することがわかっている (Liu *et al.*, 2017a)。かつて、近似種の名前で記録されてきた種類には、本種に該当するものが含まれていると推測される。たとえば、Ohtaka *et al.* (2006) がモトムラユリミズ *L. claparedianus* として記載したジャワ島の個体は、長さが 550–700 μm で先端が急に細くなる陰茎鞘の形や上歯が下歯よりもやや長い前方体節の剛毛の特徴からクビレユリミズとみなされる。

成熟個体の個体数に関する限り、河北潟沖合の 2 地点 (中央、水門前) では、本種がユリミズやフトゲユリミズよりも多かった。

Limnodrilus hoffmeisteri Claparède, 1862 ユリミズ

Limnodrilus hoffmeisteri Claparède: Brinkhurst, 1971, p. 464–467, figs. 8.3 m, o, 8.4c, h, i, 8.5e; Ohtaka, 1985, p.19–26, figs. 1a, 2–6; Liu *et al.*, 2017a, p. 478–493, figs. 2–6, table.1.

河北潟標本の形態：河北潟の沖合の 2 地点に出現した成熟個体は、前方体節の剛毛が剛毛束あたり 5–8 本で、剛毛の上歯と下歯は長さや太さにはほとんど差がない場合が普通だったが、個体や体節によって、上歯が下歯よりもわずかに長い、逆に、上歯が下歯よりもわずかに短い場合もあった。陰茎鞘は基部と末端がやや広がる円筒形で、末端に薄いフードを斜めにつける "plate-topped" 型 (Brinkhurst, 1971) であった。陰茎鞘の長さは 370–403 μm 、基部の直径 32–43 μm で、基部に対する長さの比は 7.5 から 11.0 倍であった (N=6)。陰茎鞘の壁の厚さは 2.2–3.0 μm で基部から末端まで大きな違いはなかった。

特記事項：本種は世界各地で普通に見られるが、実際には 10 以上の隠蔽種からなる species complex とみなされている (Liu *et al.*, 2017a)。河北潟の出現個体は、剛毛の上歯が下歯とほぼ等長か、あるいは、上歯が下歯よりもわずかに長いあるいはわずかに短くなる特徴と、"plate-topped" 型の薄いフードを付けた陰茎鞘を持つ点から、Liu *et al.* (2017a) の species IX (狭義の *L. hoffmeisteri*) または species X に類似する。

Aulodrilus dentosus Ohtaka, 2021 クシゲヒメイトミズ
Aulodrilus dentosus Ohtaka, 2021, pp.13–16, figs. 9, 10.

特記事項：河北潟で採集された個体は、いずれも未成熟で生殖器官の位置や構造は不明だったが、中央から後方体節の背側剛毛の末端が 4–8 本の歯が横に並ぶ櫛状の構造をしていた点から、本種と同定した。Ohtaka (2014) が *Aulodrilus* sp. として河北潟から記録した種類は本種に該当する (Ohtaka, 2021)。本種は北海道から沖縄までの水深の浅い淡水から汽水の富栄養湖の湖底に広く出現することが知られている (Ohtaka, 2014)。

底生動物群集の構造

河北潟中央におけるマクロベントス群集は、総密度で平均 10 000 個体 m^{-2} 、総現存量で平均 4.0 g m^{-2} であった。同じく河北潟の沖合にあたる水門前の群集は、総密度が中央の約半分にあたる 5600 m^{-2} 、総現存量が中央の約 7 割の 2.9 g m^{-2} であった。沖合の 2 地点におけるマクロベントスの組成はよく似ており、どちらも貧毛類が個体数で 93% 以上、現存量で 55% 以上を占めて優占した。貧毛類のうち最も優占したのは、貧毛類全体の 94% 以上を占めたユリミズ属の未成熟個体 *Limnodrilus* spp. (immature) であった。これは、未成熟で生殖器官の構造がわからないために種レベルでの同定ができなかったもので、実際には、ユリミズかクビレユリミズ、またはその両種を含んでいると考えられる。このユリミズ属の未成熟個体を除くと、河北潟沖合の 2 地点で出現した貧毛類は定量サンプルで確認された 6 種と (表 1)、河北潟中央の定性サンプルだけに含まれていたフトゲユリミズの計 7 種であった。このうち、ユリミズ属の 2 種とフクロイトミズは水門前では確認されなかった。

沖合の 2 地点に出現したユスリカ類は 2 種で、いずれも密度は低かったが、どちらの地点もオオユスリカの大型の終齢幼虫を含んでいたため、現存量はマクロベントス群集全体の 3–4 割を占めた。ユスリカ群集で個体数が多かったのはカユスリカ属の一種 *Procladius* sp. であった。水門前では、このほかにイサザアミが確認された。

沖合との比較のために定量調査を行った放水路のマクロベントス群集は貧毛類だけで構成されており、クシゲヒメイトミズが優占したほか、ユリミズ属の 2 種 (ユリミズとクビレユリミズ) が確認された。

考 察

干拓後の河北潟沖合では、これまでに、ミズミズ科ミズミズ亜科のウチワミス[†] *Dero digitata* (Müller, 1773), ハリナガミズミズ *Stephensoniana trivandran* (Aiyer, 1926), イトミズ亜科のユリミズ, コガタイトミズ *Ilyodrilus templetoni* (Southern, 1909), クチアケコイトミス[†], クシゲヒメイトミズ (原文では、ヒメイトミズ属の一種 *Aulodrilus* sp.) の 6 種の貧毛類が記録されている (Ohtaka, 2014). この記録は、1999 年 8 月に河北潟沖合の 2 地点で行われた定量調査に基づいている。この時の貧毛類全体の密度は 5600–11 700 個体 m^{-2} , 現存量 (湿重量) は 1.5–4.7 $g m^{-2}$, 数の上での優占種はユリミズ (貧毛類の総密度の 63%), ついでクシゲヒメイトミズ (同 25%) であった (大高, 未発表). 23 年後の 2022 年に行われた今回の調査で確認された貧毛類相をこの記録と比較すると、ユリミズとクチアケコイトミス[†], クシゲヒメイトミズの 3 種が共通している。一方、今回の調査では、1999 年に記録されたミズミズ亜科の 2 種とイトミズ亜科のコガタイトミズが確認されず、逆に 1999 年に記録されなかったイトミズ亜科のクビレユリミズとフトゲユリミズ、およびナガイトミズ亜科のエラミズとフクロイトミズが新たに見つかっている。今回の調査で国内で初めて記録されたクビレユリミズを除くと、1999 年と今回の調査で確認された貧毛類はどれも、浅い富栄養湖に広くみられる普通種 (Ohtaka, 2014) で、ユリミズ属が優占する点で両者はよく似ている。貧毛類群集の密度も 5000 から 10 000 個体 m^{-2} 程度と、1999 年と 2022 年の調査結果には大きな違いはない。

今回、河北潟沖合から記録されたクビレユリミズは、1999 年の河北潟の貧毛類標本には含まれておらず (大高, 未発表), 日本の他のいずれの湖沼でも、これまで、正式な記録はない (Ohtaka, 2014). 本種は、近年になって日本の湖沼で見られるようになった貧毛類であると推測され、外来種の可能性が疑われる。

2022 年の河北潟の調査地点はいずれも淡水環境で、出現した底生動物もその多くが淡水性であった。しかし、一部に、汽水湖やかたつて汽水だった湖沼に見られる種類が含まれていた。たとえば、水門前で出現したイサザアミは河口などの汽水環境で広く見られる甲殻類である。また、クシゲヒメイトミズは霞ヶ浦や北浦、八郎潟など、汽水湖の歴史を持った湖沼や小川原湖などの汽水湖で頻繁に

記録されている (Ohtaka, 2014). ユリミズは基本的に淡水種だが、河口などの感潮域にも出現する (Timm & Martin, 2015). これらの出現は、現在の河北潟において汽水環境が残存する、または塩分環境が変動している可能性を示唆する。2021 年夏季には河北潟の電気伝導度が突発的に 10 $mS m^{-1}$ 程度上昇し、広い範囲で 31 $mS m^{-1}$ と高い値を示したことがあり (奥川ほか, 2023), 底生動物群集の特徴を理解するためには、季節を通したさらに詳細な調査が望まれる。

現在の河北潟の底生動物相を、河北潟に先立って干拓された秋田県の八郎潟 (残存湖) と比較する。2005 年に測定された八郎潟の電気伝導度は 23–38 $mS m^{-1}$ で (大高, 2006), 今回の河北潟での値 (22–23 $mS m^{-1}$) と同レベルである。八郎潟では干拓の前後に底生動物の調査が行われているため (上野, 1943; 井上, 1965; 鳥海, 1976), 干拓に伴う底生動物群集の変化が読み取れる。これによると、八郎潟では干拓による淡水化に伴ってゴカイ類やヤマトシジミなどの汽水種が大幅に減少した一方、淡水種が増加し、深部では貧毛類とユスリカ類が優占する単純な群集になったと推測されている (大高, 2006). 今回の河北潟の調査と同一の方法で 2005 年に行われた八郎潟の調査では、今回の河北潟での結果と同様に、主要な底生動物が貧毛類とユスリカ類で、貧毛類が 9 割を越えて優占している (大高, 2006). 2005 年の調査で八郎潟から記録された貧毛類は 10 種で、そのすべてが、1999 年と今回の 2022 年の河北潟の調査の両方あるいはどちらかで確認されている。八郎潟での底生動物の総密度も 1000–10 000 個体 m^{-2} と河北潟と同程度であることや、オオユスリカやイサザアミが出現する点なども共通することから、現在の河北潟と八郎潟の沖合の底生動物群集の構造はよく似ているといえる。

謝 辞

本研究は NPO 法人河北潟湖沼研究所の支援を受けて実施した。現地調査に際して調査機材の準備や関係機関との調整をしていただいた河北潟湖沼研究所のスタッフのみなさんに厚く御礼申し上げる。

引用文献

Altschul, S. F., Gish, W., Miller, W., Myers, E. W.

- & Lipman, D. J. 1990. Basic local alignment search tool. *Journal of Molecular Biology*. 215: 403–410.
- Brinkhurst, R. O. 1971. Family Tubificidae. Brinkhurst, R. O. & Jamieson, B. G. M. (eds.), *Aquatic Oligochaeta of the World*. p. 444–625. University of Toronto Press, Toronto.
- Edgecombe, G. D., Giribet, G. & Wheeler, W. C. 2002. Phylogeny of Henicopidae (Chilopoda: Lithobiomorpha): a combined analysis of morphology and five molecular loci. *Systematic Entomology*. 27: 31–64.
- 石川県野生生物保護対策調査会. 2009. 石川県の絶滅の恐れのある野生生物（動物編）いしかわレッドデータブック. 石川県環境案全部自然保護課. 金沢. 446pp.
- 井上晴夫. 1965. 八郎潟の沿岸及び湖底の動物. 八郎潟学術調査会（編）八郎潟の研究. p. 282–335. 秋田県教育委員会, 秋田.
- 香川 理. 2020. 河北潟周辺におけるタニシ類の空間分布とマルタニシの再確認. *河北潟総合研究*. 22: 1–4.
- 河北潟湖沼研究所（編）. 2013. 河北潟レッドデータブック. 河北潟湖沼研究所. 石川県津幡町, 167pp.
- 河北潟水質浄化連絡協議会・北陸水生生物研究センター. 2005. 平成16年度河北潟生物生息調査業務報告書.
- 金崎 肇. 1956. 河北潟の漁業について. 多田文男・石田龍次郎（編）*海洋と陸水の地理*. p.164–180. 河出書房. 東京.
- 川原奈苗・高橋 久. 2001. 湖岸再生を目指して造成したビオトープ池の経緯. *河北潟総合研究* 4: 1–16.
- 環境庁. 1993. 第4回自然環境保全基礎調査 湖沼調査報告書（全国版）. 環境庁, 東京.
- Liu, Y.K., Fend, S.V., Martinsson, S. & Erséus, C. 2017a. Extensive cryptic diversity in the cosmopolitan sludge worm *Limnodrilus hoffmeisteri* (Clitellata, Naididae). *Organisms Diversity & Evolution*. 17: 477–495.
- Liu, Y.K., Fend, S.V., Martinsson, S., Luo, X., Ohtaka, A. & Erséus, C. 2017b. Multi-locus phylogenetic analysis of the genus *Limnodrilus* (Annelida: Clitellata: Naididae). *Molecular Phylogenetics & Evolution*. 112: 244–257.
- Nakano, T. 2012. A new species of *Orobdella* (Hirudinida, Arhynchobdellida, Gastrostomobdellidae) and redescription of *O. kawakatsuorum* from Hokkaido, Japan with the phylogenetic position of the new species. *ZooKeys*. 169: 9–30.
- Nakano, T. & Lai, Y.-T. 2016. First record of *Poecilobdella nanjingensis* (Hirudinida: Arhynchobdellida: Hirudinidae) from Taiwan and its molecular phylogenetic position within the family. *Species Diversity*. 21: 127–134.
- 西原昇吾. 1999. 河北潟周辺の水生昆虫. *河北潟総合研究*. 3: 3–6.
- 西原昇吾・高橋 久. 2000. 河北潟水域の現状と河北潟周辺の水生昆虫相. *水*. 42 (10): 30–36.
- 野田英樹・鎌田直人. 2003. 河北潟におけるカメ類の生息状況. *河北潟総合研究*. 6: 11–17.
- 野村卓之・高橋 久. 2006. 河北潟地域の陸・淡水産貝類相. *河北潟総合研究*. 9: 7–22.
- 大高明史. 2006. 秋田県八郎潟沖帯の水生貧毛類相. *陸水生物学報*. 21: 11–19.
- 大高明史. 2009. 伊豆沼と蕪栗沼からの水生貧毛類の記録. *伊豆沼・内沼研究報告*. 3: 1–11.
- Ohtaka, A. 1985. Taxonomical revision of three Japanese *Limnodrilus* species (Oligochaeta, Tubificidae). *Proceedings of the Japanese Society of Systematic Zoology*. 30: 18–35.
- Ohtaka, A. 2014. Profundal oligochaete faunas (Annelida, Clitellata) in Japanese lakes. *Zoosymposia*. 9: 24–35.
- Ohtaka, A. 2021. Taxonomical study of Japanese *Aulodrilus Bretschneri* (Annelida, Clitellata, Tubificinae) with descriptions of two new species. *Zootaxa*. 4952: 001–032.
- Ohtaka, A., Sudarso, Y. & Wulandari, L. 2006. Records of ten freshwater oligochaete species (Annelida, Clitellata) from Sumatra, Java and Kalimantan. *Treubia*. 34: 37–57.
- 奥川光治・永坂正夫・福原晴夫・高野典礼・川原奈苗. 2023. 河北潟および大野川における電導度の連続

- 計測. 河北潟総合研究. 25 : 11–23.
- Palumbi, S. R. 1996. Nucleic acids II: The polymerase chain reaction. Hillis, D. M. Moritz, C. & Mable, B. K. (eds.), *Molecular Systematics*. p.205–247. Sinauer Associates, Inc., Sunderland (MA).
- 高橋 久. 2008. 河北潟干拓地の排水路で確認されたエサキアメンボ. 河北潟総合研究. 11 : 13–14.
- Timm, T., & Martin, P. 2015. Clitellata: Oligochaeta. Thorp, J. & Rogers, D. C. (eds.), *Ecology and Biology: Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*. p.529–549. Academic Press, New York.
- 富沢 章. 2013. 2012 年における河北潟の水生昆虫調査結果. 河北潟総合研究. 16 : 1–6.
- 鳥海 衷. 1976. 八郎潟調整池の無脊椎動物. 秋田県・八郎潟調整池生物相調査会 (編) 八郎潟調整池の生物相調査報告. p.1–22. 秋田県. 秋田内灘町史編さん専門委員会 (編). 2005. 内灘町史 第二編. 内灘町. 853pp.
- 上野益三. 1943. 日本の汽水湖, 特に潟湖の生態學的研究. 第 1 報 日本海沿岸汽水の底棲動物. 服部報公會研究報告. 10 : 409–425.
- Zhang, Z., Schwartz, S., Wagner, L. & Miller, W. 2000. A greedy algorithm for aligning DNA sequences. *Journal of Computational Biology*. 7: 203–214.
- Zhou, T., Peng, Y. U., Wang, H., Erséus, C. & Cui, Y. 2021. Molecular taxonomy and description of a new species of *Limnodrilus* (Naididae, Clitellata, Annelida) in China. *Zootaxa*. 5082 (4) : 301–321.