

短 報

能取湖における現生底生有孔虫の分布（予報）

高田裕行¹・瀬戸浩二¹・園田 武²・川尻敏文³**Preliminary result about distribution of living (stained) benthic foraminifera in Lake Notoro, Northern Japan**Hiroyuki Takata¹・Koji Seto¹・Takeshi Sonoda² and Toshifumi Kawajiri³

Abstract: We investigated distribution of living (stained) benthic foraminifera in Lake Notoro, northern Japan. Three benthic foraminiferal faunas were recognized: (a) Shallow-water fauna, (b) Basin-bottom fauna and (c) Lake mouth fauna. Faunal composition and distribution of the Shallow-water and Basin-bottom faunas were similar to the equivalent faunas of Lake Saroma. Abundance of predominant species in the Basin-bottom fauna, *Haynesina* sp. A, significantly decreased between 1997 and 2005 in the lake, especially in the innermost parts of the basin bottom. Such occurrence might be explained by characteristic of this species as “opportunistic.”

Key words: Lake Notoro, benthic foraminifera, Shallow-water and Basin-bottom faunas, *Haynesina* sp. A

は じ め に

北海道東部の網走市周辺には、サロマ湖・能取湖・藻琴湖などの高鹹性汽水湖沼が存在する。これらは、冷温帯～亜寒帯の気象条件下にあることから、冬季には湖表面がしばしば全面的に結氷する。こうした特性から、そこに生息する汽水性生物相も、本州などの温暖域とは異なった生息状況（種構成・分布状況・生活史など）を取ると予想される（たとえば, Baba et al., 1999）。底生有孔虫（原生生物）においても、そのような知見が得られている。Takata et al. (2006) は、サ

ロマ湖内における現生底生有孔虫の分布を報告した。その結果、3つの生体遺骸全体群集を認め、それらが夏季の溶存酸素量と堆積物表層における有機物負荷を反映した平面・深度分布を取ることを、明らかにした。そして、本州などの温暖な汽水環境に生息する種がサロマ湖でも産出するものの、その分布傾向は若干異なることを、報告した。

我々は、2005年9～10月にサロマ湖および網走湖・能取湖・藻琴湖・濤沸湖の湖内全域において、冷温帯～亜寒帯域の汽水湖沼の特性を明らかにする目的で、水質・底質・生物相に関する検討を行った。本

¹ 島根大学汽水域研究センター Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane University, 1060 Nishikawatsu-cho, Matsue 690-8504, Japan.

(* 現所属：釜山大学海洋学科, Marine Research Institute, Pusan National University, 2 Busandaehak-ro 63 beon-gil, Busan 609-735, Korea)

² 東京農業大学生物産業学部 Faculty of Bio-Industry, Tokyo University of Agriculture, 196 Yasaka, Abashiri 099-2493, Japan.

³ 西網走漁業協同組合 Nishi-Abashiri Fishery Cooperative Association, 1-7-1 Ohmagari, Abashiri 093-0045, Japan.

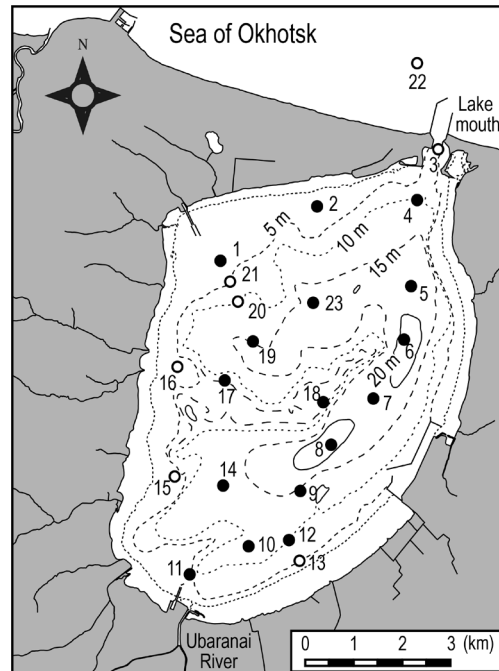


図1 調査水域の地図と表層堆積物の採取地点。底生有孔虫を検討した地点を黒丸で、それ以外の地点を白丸で、示す。

Fig. 1 Map of study area; showing sampling localities. The stations analyzing benthic foraminifera and other station are shown by fixed and open circles, respectively.

報告では、能取湖における現生底生有孔虫の分布について、報告する。能取湖では、近年水産有用種の斃死などがしばしば起きていることから、湖内環境の変化に関心が集まっている（たとえば、品田・川尻, 2005）。底生有孔虫を用いた検討は、過去におこなわれた現生群の産出状況の比較検討に加えて（たとえば、Tsujiimoto et al., 2006）、堆積物柱状試料に含まれる化石群を解析することによって、近過去の湖内環境の変遷がどのような過程を経たかの理解に貢献しうる（たとえば、Nomura and Seto, 2002; Nomura, 2003）。本報告の成果は、今後、これらの汽水湖沼において微古生物学的解析にもとづく古環境復元を行なう際に、有用な基礎情報になるものと期待される。

調査水域と研究方法

能取湖はオホーツク海に面した海跡湖であり、最大水深は約 22 m である。湖中央部に西岸より伸張した地形的な高まりが発達する（図 1）。湖北部の湖口で、オホーツク海と連絡しており、主な流入河川として湖南部に卯原内川がある（図 1）。本報告の調査時（2005 年 9 月 22 日）における湖内 22 地点の湖底直上水の水温・塩分・溶存酸素量は、それぞれ 17.52

– 18.54°C, 33.36 – 33.79, 5.48 – 8.35 mg l⁻¹ である（瀬戸, 未公表データ）。また、夏季に湖深部（本研究の NOT-8 地点付近）で湖水の溶存酸素量が、1.5 mg l⁻¹ 付近まで減少する（安富ほか, 2000）。湖浅部の底質は砂質堆積物からなるが、湖深部は有機物に富む泥質堆積物よりなる（瀬戸, 未公表データ）。西岸より伸張した湖中央部の地形的な高まりは、砂質堆積物からなる。

野外調査は 2005 年 9 月 22 日に、湖内の 22 地点およびオホーツク海の 1 地点で行った（図 1）。調査に際しては、西網走漁業協同組合のご協力をいただき、エクマンバージ式採泥器を用いて、表層堆積物を採取し、表層より厚さ約 1 cm を葉さじを用いて、タッパウェア容器に採取した。これらの試料を実験室に持ち帰り、その一部を、ねじ口式のスチロール管びん（容量 50 ml）に分取した。試料の湿潤重量を直ちに秤量した後、冷凍庫で保管した。これらの堆積物試料を、凍結乾燥器を用いて、乾燥させた。試料の乾燥重量を秤量して、含水率を計算した。また、残りの表層堆積物試料を底生有孔虫検討用として、湿潤重量を秤量後、70% エタノール – 海水溶液を添加して冷蔵保存した。

これらの試料を開口径 63 μm のふるいを用いて水

表 1 能取湖における生体（染色）底生有孔虫.

Table 1 Living (stained) benthic foraminifera in Lake Notoro.

	1	2	4	5	6	7	8	9
Water depth (m)	3.21	2.74	10.20	17.66	21.10	18.95	21.80	14.33
Substrate	v.f.-c.s.	-	gravel	f.s.	mud	mud	mud	mud
<i>Ammobaculites exiguus</i> Cushman & Bronnimann			10					
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny)			1		1			
<i>Eggerelloides advena</i> (Cushman)			3	10	4	1		
<i>Haynesina</i> sp. A					7	14	1	
<i>Pseudononion japonicum</i> Asano			4					
<i>Quinqueloculina akneriana</i> d'Orbigny			2					
<i>Textularia</i> sp.			1				1	
<i>Trochammina</i> cf. <i>japonica</i> Ishiwada	60	66		2				
<i>Valvulineria hamanaensis</i> (Ishiwada)								
Total	60	66	21	12	12	15	2	0
Sample weight (g)	41.85	-	131.83	68.34	28.40	27.81	22.27	29.44
Split	4	16	4	8	2	2	2	2
Foraminiferal number (# g ⁻¹)	5.73	-	0.64	1.40	0.85	1.08	0.18	0.00

	10	11	12	14	17	18	19	23
Water depth (m)	11.71	4.39	10.03	13.60	6.99	7.14	15.03	15.15
Substrate	mud	mud	mud	mud	f.s.	f.-m.s.	mud	muddy s.
<i>Ammobaculites exiguus</i> Cushman & Bronnimann								
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny)								
<i>Eggerelloides advena</i> (Cushman)								
<i>Haynesina</i> sp. A								
<i>Pseudononion japonicum</i> Asano								
<i>Quinqueloculina akneriana</i> d'Orbigny								
<i>Textularia</i> sp.								
<i>Trochammina</i> cf. <i>japonica</i> Ishiwada		13			1	3		
<i>Valvulineria hamanaensis</i> (Ishiwada)			1					
Total	0	13	1	0	1	3	0	0
Sample weight (g)	31.05	66.81	47.56	17.92	45.45	57.31	19.27	37.42
Split	2	4	4	2	4	4	4	32
Foraminiferal number (# g ⁻¹)	0.00	0.78	0.08	0.00	0.09	0.21	0.00	0.00

洗し、泥分を除去した。その後、0.5% ローズベンガル染色液を添加し、24 時間静置した。これらの試料を、温水を用いて水洗し、過剰なローズベンガルを除去した。その後、試料をろ紙を用いて回収し、室温で乾燥させた。乾燥後に試料をろ紙より回収した。それを、簡易試料分割器を用いて、適宜分割した。1/2 ~ 1/32 分割部分を本研究で用い、残りの分割部分は東京農業大学での検討用とした。これらの試料を検鏡用試料とし、実体顕微鏡下で底生有孔虫生体（染色）個体を選別し、種レベルで同定して計数した。

現生底生有孔虫群の分布から、その生態に関して考察を行うにあたり、生体（染色）個体のみにもとづくか、遺骸個体も加えた全体群で考察を行うべきかは、議論が多い（たとえば、Murray, 2000）。全体群にもとづく場合、Murray (2000) が指摘しているように、死後の有孔虫殻の運搬や続成変質を被った個体が混在しえる。一方、生体（染色）群のみによる場合、生息環境の季節変動を反映した情報を必ずしも十分に評価できないこともありえる。本研究では、将来的に

能取湖での過去（1997 年）の調査結果（石川, 2009）との比較を行うことから、生体（染色）個体のみにもとづく考察を行うこととした。そのため、遺骸個体の計数は行っていないが、多産する種の産出状況を適宜記録した。

結果および考察

検討の結果、半数以上の地点で、生体（染色）個体が産出したものの、NOT-9, 10, 14, 19, 23 では、生体個体はなく、遺骸個体のみが産出した（表 1）。生体（染色）個体は、湖浅部の地点で多く、湖深部で少ない傾向がある。

生体（染色）個体は 9 属 9 種が産出し、湖口部に近い NOT-4 でもっとも多くの種（6 種）が産出した。多産する種は地点によって大きく異なる（表 1；図 2）。湖浅部の地点（NOT-1, 2, 11）では、*Trochammina* cf. *japonica* Ishiwada が寡占した。また、湖中央部においても地形的な高まりで採取された地点（NOT-18）で、

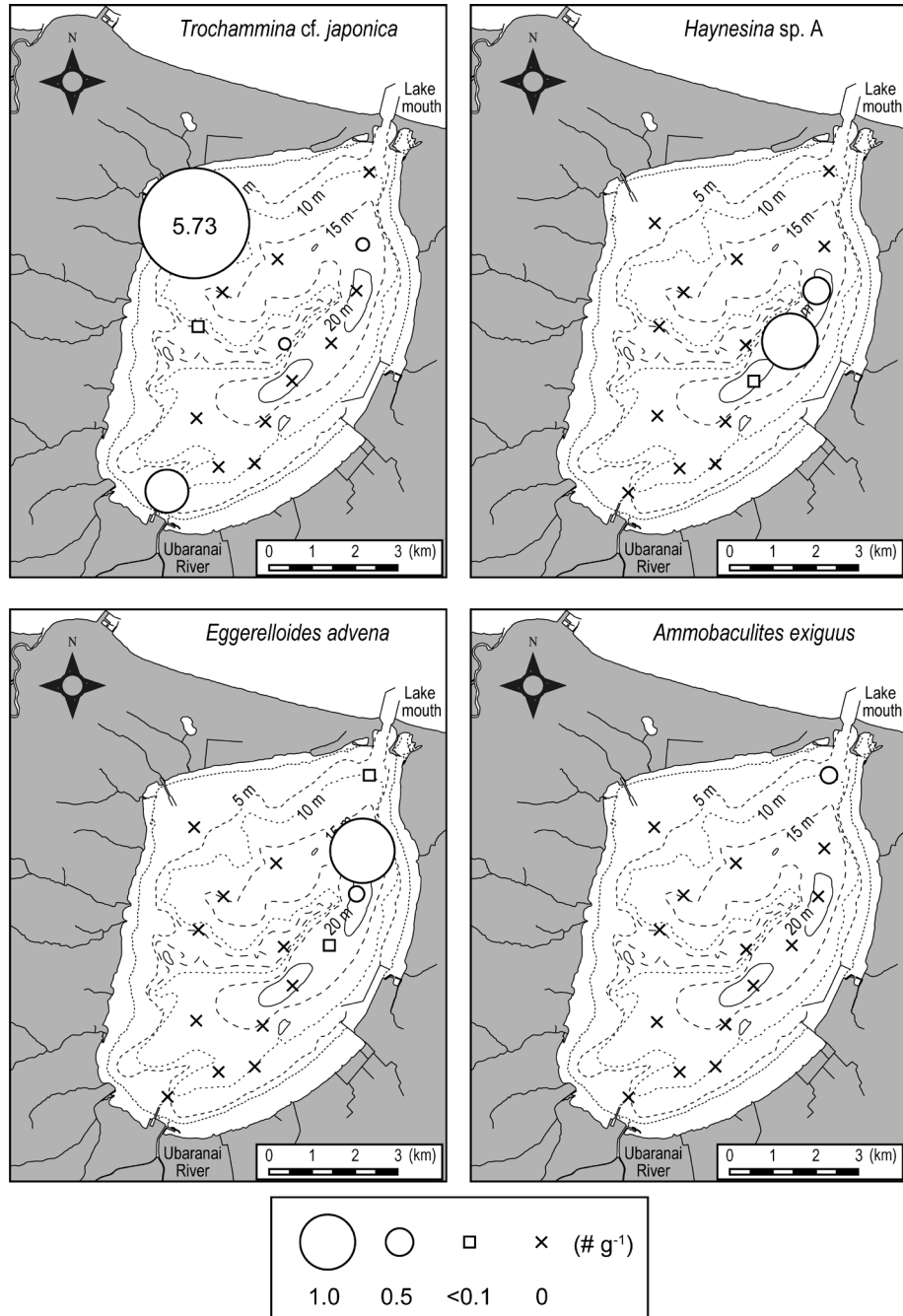


図2 能取湖における底生有孔虫主要種の生体（染色）個体の分布.

Fig. 2 Distributions of living (stained) individuals of major benthic foraminifera in Lake Notoro. The diameter of the circle represents the abundance of each species, whereas occurrence of *Trochammina cf. japonica* at Station NOT-1 is shown by the value due to its high abundance.

本種が少ないながらも産出した。一方、湖深部 (NOT-5, 6, 7) では *Haynesina sp. A*, または *Eggerelloides advena* (Cushman) が産出する。湖口に近い NOT-4 では, *Ammobaculites exiguus* Cushman and Bronnimann が多く, *Pseudononion japonicum* Asano, *Eggerelloides advena*, *Quinqueloculina akneriana* d'Orbigny が随伴し

た。以上の種は、日本列島沿岸の汽水湖沼・内湾域に普遍的に産出する種であり（たとえば、小杉ほか, 1991）、隣接するサロマ湖の底生有孔虫群の主要構成種を含む（Takata et al., 2006）。

今回の検討では、いずれの試料でも 100 個体未満の個体しか得られなかったため、産出頻度にもとづく

定量的な群集解析は行うことができなかった。種組成から定性的に捉えると、以下の3種群（a-c）に分けることができると考えられる。それらの種構成と分布域は、以下の通りである。

(a) 湖浅部に多い種群（Shallow-water fauna）

本水域の浅部（水深約 10 m 以浅）を占め、*T. cf. japonica* でほぼ占められる種群である。沿岸よりの地点（NOT-1, 2, 11）で多産するのに加えて、湖中央部の地形的な高まり（NOT-18）でもわずかながら産出する。

(b) 湖深部に多い種群（Basin-bottom fauna）

本水域の深部（水深約 10 m 以深）を占め、*Haynesina* sp. A や *E. advena* が卓越する種群である。本種群は、湖深部の中でも湖口に近い東側の地点（NOT-5, 6, 7）で認められる。また、より湖奥部に相当する生体（染色）個体が少ない地点（NOT-8, 12）や未産出の地点（NOT-9, 10, 14, 19, 23）にも、これらの種の遺骸個体が認められることから、この種群が少ないながらも生息している可能性がある。

(c) 湖口部にみられる種群（Lake mouth fauna）

本水域では、北部の湖口に近い1地点（NOT-4）でのみ、認められ、*A. exiguus*, *P. japonicum*, *E. advena* が産出する種群である。

能取湖で認められた (a) と (b) の種群の種構成は、Takata et al. (2006) が報告したサロマ湖の有孔虫群の Shallow-water fauna と Lagoon-bottom fauna とそれぞれ類似している。同研究は、Shallow-water fauna と Lagoon-bottom fauna の分布が、水深 12 m 付近で分かれていることを示し、それが夏季の溶存酸素レベルに左右されていることを示唆した。能取湖でも、(a) と (b) の種群は、およそ水深 10 – 15 m を境に分布が分かれている。能取湖はサロマ湖と同様に湖中央部がくぼんだ湖盆の形状をしており、その湖深部では水深 15 m 以深で夏季に貧酸素的な水塊（1.5 – 3.9 mg l⁻¹）が形成される（安富ほか、2000）。湖深部の夏季の溶存酸素濃度は、年ごとに必ずしも一様ではないものの（品田ほか、2014；西田ほか、2014）、夏季には貧酸素水塊の発達、湖深部で認められる。よって今後、他の要因（塩分や底質の粒度など）も考慮する必要があるが、能取湖の現生有孔虫群も、サロマ湖と同様に夏季の溶存酸素量によって、産出傾向が規定されているのではないと思われる。一方、(c) の種群に関しては、*A. exiguus* が大部分を占める有孔

虫群は、他水域で知られていないが、*P. japonicum*, *Buliminella elegantissima* (d'Orbigny) などの内湾水域の湾口域（たとえば、Matoba, 1970; 小杉ほか、1991）や外洋域の浅海帯（秋元・長谷川、1989）で産出する種が少ないながらも随伴することから、オホーツク海からの外洋水の影響をうけたものと考えられる。

本研究では底生有孔虫の生体（染色）個体が、能取湖深部（水深約 10 m 以深）において、湖口に近い東側の水域でのみ、産出するという結果が得られた。しかし、1997 年 10 月に能取湖で採取した表層堆積物試料には、湖深部の広い地点で、*Haynesina* sp. A の生体（染色）個体が、大量に産出していた（石川、2009）。よって、能取湖深部では 1997 年から 2005 年にかけての約 8 年間に、底生有孔虫、とくに *Haynesina* sp. A の産出量に大きな変化が起きたと考えられる。一方、Takata et al. (2006) は、サロマ湖で 1994 年 8 月と 1995 年 10 月で現生底生有孔虫を比較検討した結果、*Haynesina* sp. A がサロマ湖深部において、約 1 年間で急増したことを示した。そして、本種が opportunist としての性格を持つことで、他の種の生息が困難な夏季の貧酸素環境において、その分布を短期間に拡大したと、解釈した。1997 年から 2005 年にかけての能取湖深部における *Haynesina* sp. A の急減は、本種が本水域でも opportunist として生息していて、個体数が一時的に増加したものの、その後急激に減少したことを物語っているかもしれない。能取湖で堆積物柱状試料の底生有孔虫化石を検討した高橋（2009）によると、*Haynesina* sp. A の産出個体数は、小規模な変動を示しつつも、下位から堆積物表層へ向かって、急激に減少しているという。堆積物柱状試料の化石群の層位分布を検討することにより、能取湖深部における *Haynesina* sp. A の産状がどのように推移し、そしてそれがどのような要因によって規制されたかを明らかにできると期待される。

謝 辞

本研究を行うにあたり、西網走漁業協同組合には、能取湖での野外調査にご助力いただいた。また、島根大学総合理工学部の入月俊明教授には、走査型電子顕微鏡写真の撮影にご協力いただいた。島根大学汽水域研究センターの倉田健悟准教授、同生物資源学部の山口啓子教授、高知大学海洋コア研究センター（現 島根大学汽水域研究センター）の香月興太博士、島根大学総合理工学部の中村建作氏と野原佳織

氏には、野外調査にご助力いただいた。また、野外調査に際して、網走市水産科学センターには野外調査期間の試料処理・宿泊に多大な便宜を計っていただいた。島根大学の野村律夫教授には、本稿を改善するにあたって大変有益なご意見をいただいた。加えて、LAGUNA 編集委員および査読者には、本稿に丁寧な査読をいただいた。本研究を行うにあたり、島根大学の「汽水域の自然・環境再生研究拠点形成プロジェクト」、日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究 B：研究課題「海跡湖に記録された小氷期以降の汎世界的な環境変動と人為的環境変化」）（研究代表者 瀬戸浩二）の研究費の一部を、用いた。以上の方々に心よりあつくお礼申し上げます。

Faunal reference list

- Ammobaculites exiguus* Cushman and Bronnimann, 1948, Cushman Lab. Foram. Res., Contr., 24 (2): 38, pl. 7, figs. 7, 8.
- Buliminella elegantissima* (d'Orbigny) = *Bulimina elegantissima* d'Orbigny, 1839, Voyage Amerique Meridionale, Foraminiferes, 5 (5): 51, pl. 7, figs. 13, 14.
- Eggerelloides advena* (Cushman) = *Verneuilina advena* Cushman, 1922, Canad. Biol., Contr., 9: 9: [Remarks] Specimens in Lake Notoro have sometimes a tooth-plate in aperture. For this reason, we used a genus *Eggerelloides* instead of *Eggerella*, according to Loeblich and Tappan (1986).
- Haynesina* sp. A = *Haynesina* sp., Kosugi et al., 1992, Fossils, 51: 53, figs. 5, 10-11: [Remarks] Specimens in Lake Notoro sometimes have slit-like aperture at the end of the apertural face, although the aperture is often covered by a lot of granular shell materials. For this reason, we used a genus *Haynesina* instead of genus *Elphidium*, according to Loeblich and Tappan (1986) like Kosugi et al. (1992).
- Pseudononion japonicum* Asano, 1936, Geol. Soc. Japan, Jour., 43 (512): 347, text-figs. a-c.
- Quinqueloculina akneriana* d'Orbigny, 1846, Foraminiferes Fossiles du Basin Tertiaire de Vienna: 29, pl. 18, figs. 16-21.
- Trochammina* cf. *japonica* Ishiwada = cf. *Trochammina japonica* Ishiwada, 1950, Geol. Surv. Japan, Bull., 1(4): 190, pl., fig. 2.: [Remarks] *Trochammina* specimens in brackish-water around the Japanese Islands have been commonly identified to *T. cf. japonica* or *T. hadai* Uchio. Matsushita and Kitazato (1990) indicated that *T. cf. japonica* is a synonym of *T. hadai*. On the other hand, most specimens in Lake Notoro have relatively smooth periphery, less inflated chamber and low-trochoid test shape, like *T. japonica* Ishiwada. For these reasons, we identified it to *T. cf. japonica*, like Matoba (1970).
- Valvulineria hamanakoensis* (Ishiwada) = *Anomalina hamanakoensis* Ishiwada, 1958, Geol. Surv., Japan, Rep., 180: 18, text-figs. 3a-c, pl. 1, figs. 24-27.

引用文献

- 秋元和實・長谷川四郎 (1989) 日本近海における現生底生有孔虫の深度分布—古水深尺度の確立に向けて—。地質学論集, 32: 229–240.
- Baba, K., Tada, M., Kawajiri, T. and Luwahara, Y. (1999) Effects of temperature and salinity on spawning of the brackish water bivalve *Corbicula japonica* in Lake Abashiri, Hokkaido, Japan. Marine Ecology Progress Series, 180: 213–221.
- 石川哲郎 (2009) 有孔虫群集解析による能取湖の漁場環境評価。東京農業大学生物産業学部卒業論文。
- 小杉正人・片岡久子・長谷川四郎 (1991) 内湾域における有孔虫の環境指標種群の設定とその古環境復元への適用。化石, 50: 37–55.
- Matoba, Y. (1970) Distribution of recent shallow water foraminifera of Matsushima Bay, Miyagi Prefecture, Northeast Japan. Science Reports of Tohoku University, ser.2, Geology, 42: 4–85.
- Murray, J. (2000) The enigma of the continued use of total assemblages in ecological studies of benthic foraminifera. Journal of Foraminiferal Research, 30: 244–245.
- 西野康人・佐藤智希・谷口旭 (2014) 北海道東部の海跡湖能取湖における海洋環境 — 水温・塩分・溶存酸素・栄養塩の動態 —。Eco-Engineering, 26: 3–9.
- Nomura, R. (2003) Assessing the roles of artificial vs. natural impacts on brackish lake environments: foraminiferal evidence from Lake Nakaumi, southwest Japan. Jour. Geol. Soc. Japan, 109: 197–214.
- Nomura, R. and Seto, K. (2002) Influence of man-made construction on environmental conditions in brackish Lake Nakaumi, southwest Japan: Foraminiferal

evidence. Jour. Geol. Soc. Japan, 108: 393–409.

品田晃良・川尻敏文 (2005) 2004 年秋に能取湖で大増殖した珪質鞭毛藻について(短報). 北水試研報, 69: 159–161.

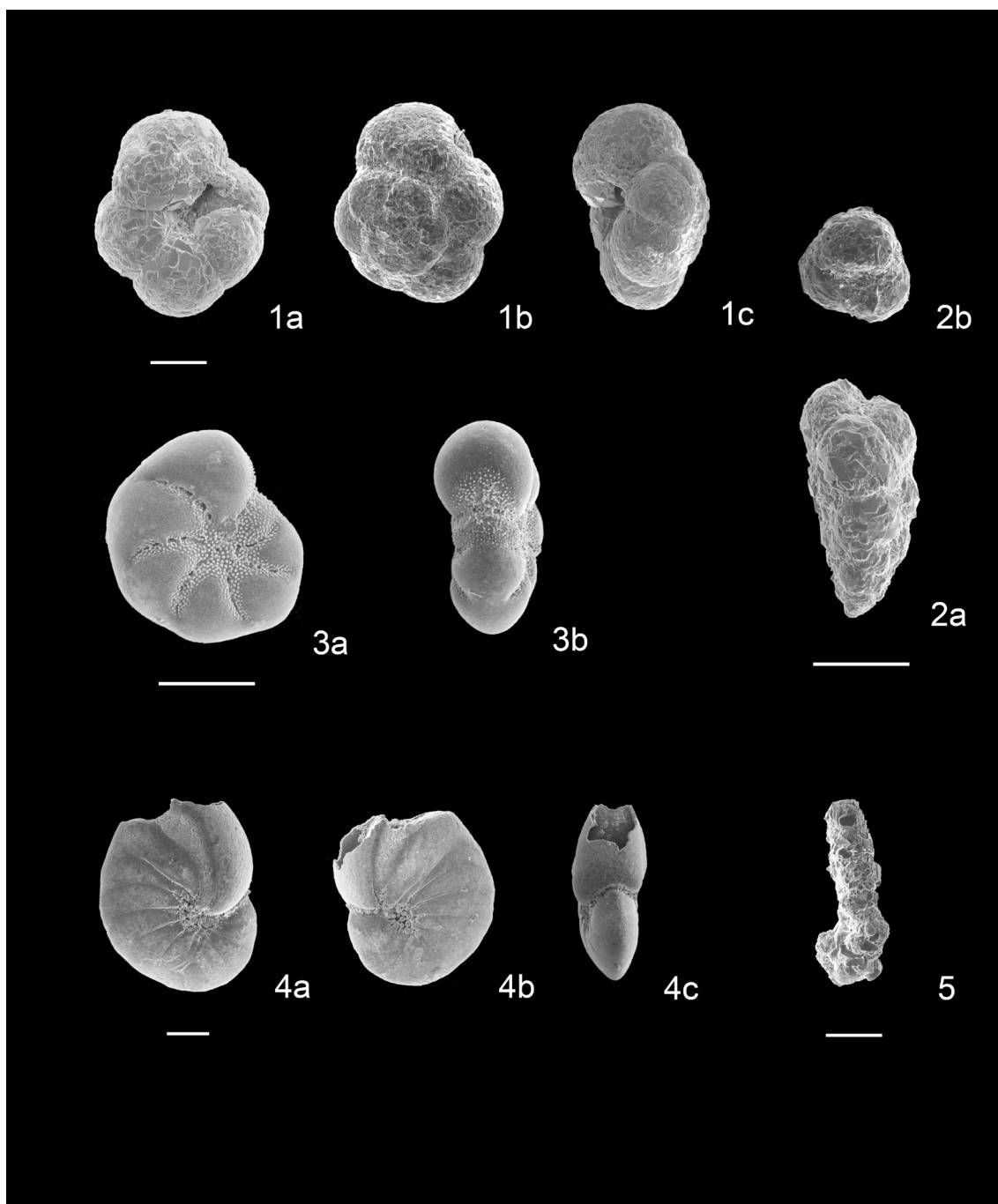
品田晃良・多田匡秀・西野康人・川尻敏文 (2010) 能取湖における貧酸素水塊の分布特性(短報). 北水試研報, 78: 69–71.

高橋 梢 (2009) 有孔虫群集からみた能取湖の過去 120 年間の環境変遷. 東京農業大学生物産業学部卒業論文.

Takata, H., Takayasu, K. and Hasegawa, S. (2006) Foraminifera in an organic-rich, brackish-water lagoon, Lake Saroma, Hokkaido, Japan. Journal of Foraminiferal Research, 36: 44–60.

Tsujimoto, A., Nomura, R., Yasuhara, M. and Yoshikawa, S. (2006) Benthic foraminiferal assemblages in Osaka Bay, southwestern Japan: faunal changes over the last 50 years. Paleontological Research, 10: 141–161.

安富亮平・今田和史・伊沢敏穂 (2000) 網走 4 湖沼の水質の特徴. 網走市湖沼環境総合調査成果最終報告書. 網走市・東京農業大学編 pp. 50–77, 網走市・東京農業大学, 網走.



図版1 能取湖より産出した底生有孔虫の走査型電子顕微鏡写真.

Plate 1 Scanning electron micrographs of benthic foraminifera in Lake Noto. Scale bar = 100 μ m.

1a-c. *Trochammina* cf. *japonica* Ishiwada

2a, b. *Eggerelloides advena* (Cushman)

3a, b. *Haynesina* sp. A

4a-c. *Pseudononion japonicum* Asano

5. *Ammobaculites exiguus* Cushman and Bronnimann