

群馬・福島県境, 尾瀬沼地域の珪藻

Diatoms from district of Lake Oze, boundary of Gunma and Fukushima Prefectures

前橋珪藻研究所 田中 宏之
福島県会津若松市 川延 京子
生命歯学部 三橋 扶佐子
南 雲 保

Hiroyuki TANAKA¹, Kyoko KAWANOBE²,

Fusako MITSUHASHI³ and Tamotsu NAGUMO³

¹Maebashi Diatom Institute, 57-3 Kawamagari, Maebashi City, Gunma 371-0823, Japan

²Omote-cho, Aizuwakamatsu City, Fukushima 965-0831, Japan

³Department of Biology, Nippon Dental University, 1-9-20 Fujimi, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8159, Japan

Diatom investigations of the Lake Oze area, located on boundary of Gunma and Fukushima Prefectures, were carried out. Materials were collected from whole water, bottom mud and attached to water plants from Lake Oze as well as neighboring Konuma Pond, the pond banks of Numajiri Moor and the Oe River.

The authors have identified a total of 177 taxa belonging to 56 genera, broken down into: centric diatoms (4 genera 9 taxa), araphid pennate diatoms (15 genera 28 taxa), monoraphid pennate diatoms (6 genera 14 taxa) and biraphid pennate diatoms (31 genera 126 taxa). They are generally reported from the marsh, the lake and the pond in highlands although the difference in the abundance of making up species depend on sampling places or sampling spots. Appearances of 10 % or more of the total are: whole water sample of Lake Oze, *Aulacoseira ambigua* and *Fragilaria vaucheriae*; bottom mud: *Psammodium grischunum* f. *daonensis*; water plants: *Achnanthes minutissimum*, *Cocconeis placentula* var. *lineata* and *Achnanthes pusillum*; Konuma Pond: *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* and *F. rhomboides* var. *rhomboides*; pond banks of Numajiri Moor: *Semiorbis hemicyclus*, *Encyonema rostratum*, *Frustulia rhomboides* var. *rhomboides*, *F. frenguelli* and *Encyonopsis microcephala*; and the Oe River: *Eunotia curvata* var. *linearis*.

Key index words: freshwater diatoms, diatom flora, Lake Oze, SEM.

(2018年2月20日 受理)

はじめに

尾瀬沼は群馬・福島県境で、湖面の標高1665mの高地に所在し、東西2km、南北1.1km、面積1.67km²(Fig. 1.), 最深部9.5mの中栄養湖、透明度は4-6mである。北側の燧岳の噴火による溶岩流によって生じた堰止湖であり、12月上旬から5月中旬まで氷結する(赤松 1979)。尾瀬沼を取り囲む山地からは、大江川、早稲沢、ヒノキ沢、オンダシ沢等の流入河川が数本存在する。流出は、西に沼尻川(只見川に合流)、南には電力会社が設置した片品川へ通じる排水トンネルがある。

尾瀬沼およびこの地域の珪藻はFukushima (1954)を始めとして、平野(1976)、田中・中島

(1983)、南雲ら(1998b)で報告されており、近年では渡辺ら(2005)、田中(2014)の図鑑・図説の中でいくつかの分類群が記載されている。このうちFukushima (1954)は尾瀬ヶ原、尾瀬沼を含む尾瀬地域全体から試料を採取し報告しているが、今回の調査範囲とほぼ同じ試料採取地点の39-41地点に限ると64分類群を報告している。平野(1976)も尾瀬全域の珪藻調査を行っているが、今回の調査地域に含まれる尾瀬沼と沼尻平湿原の試料からは90分類群を報告している。田中・中島(1983)は群馬県衛生公害研究所が尾瀬沼から採取した底泥11cmコア、湖底表層及び湖岸の付着試料を調査し192分類群を報告している。しかし、これらの研究は光学顕微鏡を使用して実施され、電顕(SEM)観察を併用しているのは、最

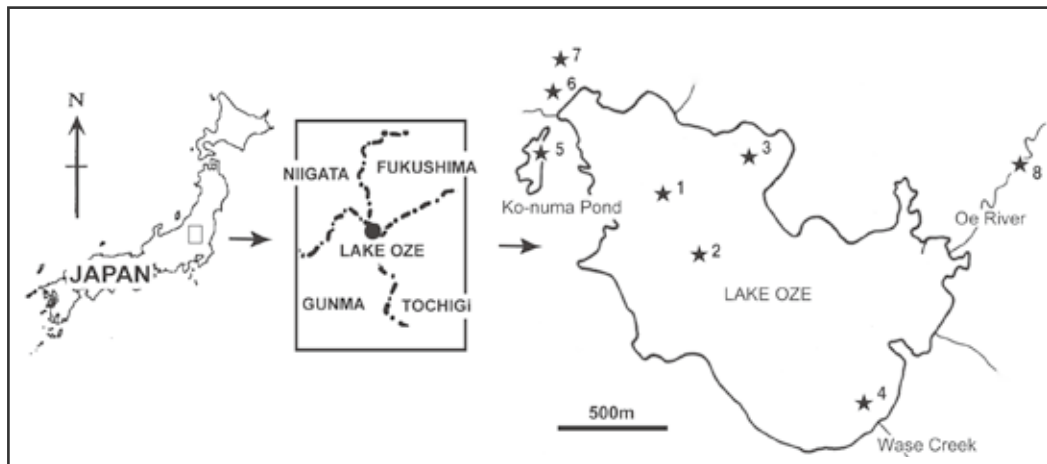


Fig. 1. Location of the sampling sites. Boundary of Gunma and Fukushima Prefectures, Japan.

★ : sampling sites.

Table 1. List of samples.

Sampling site (numbers are same sites of Fig. 1)		Material	Date	Collector	
1	Lake Oze	western of the lake	whole water	1978,07,13	this authors
2		western of the lake	bottom material		
3		offshore of the northern shore	attached water plants	1984,06,26	
4		offshore of the mouth of Wase-zawa Creek			
5	Konuma Pond	bottom material	1979,05,27	Gunma Institute of Public Health	
6	Numajiri-Diara	pond embankment-1	1978,07,13		
7		pond embankment-2			
8	Oe Stream	bridge girder	attached material	1979,08,11	this authors

近の田中(2014)の4分類群のみである。

一方、最近の形態分類は、SEMによる微細構造観察を併用しないと確定できない分類群が多くなってきており(例えば、渡辺ら 2005: p. 39, L. 6-8; p.84, L. 3-5等), SEM観察によって、従来単分類群と思われていたものが複数の分類群であることが判明することもある。本地域の珪藻群集調査報告は未だ不足していると思われるので、本研究ではできるだけ多くの分類群についてSEM観察を併用して、尾瀬沼及び周辺水域から産出する珪藻を検討し、これら水域の珪藻植生をより詳しく把握することを目的として実施し、計177分類群を同定することができた。これらについて可能な限り写真を添えて報告し、尾瀬沼地域珪藻研究の一資料としたい。

材料と方法

試料は尾瀬沼4試料、尾瀬沼に近接した小沼1試料、尾瀬沼西方の沼尻平湿原に所在する池塘2試料、大江湿原中を流れる大江川1試料の計8試

料である(Table 1.)。水草付着の2試料以外は群馬県衛生公害研究所による尾瀬沼調査研究の際に採取したもので、未検鏡の試料であった。尾瀬沼の水草付着2試料は、尾瀬沼に帰化植物のコカナダモが大繁殖し(氏家ら 1985)駆除した際に、早稲沢沖と北岸沖の駆除されたコカナダモを入手したものである。尾瀬沼の湖水試料は、プランクトンネットで採集した材料と、湖水を採水し珪藻を沈殿させた材料の混合物であり、大江川の材料は木製橋桁付着の藻類をブラシでかき取ったものである。

試料は酸処理の後ブルーラクスで封入しプレパラートを作成した。電子顕微鏡観察は、日本歯科大学に設置してある電界放射型の日立S-4000を使用した。

結果と考察

出現した珪藻は56属177分類群であった(未同定を除く)。その内訳は、中心類：4属9分類群、無縦溝羽状類：15属28分類群、単縦溝羽状類：6

Table 2. Diatoms and their frequencies.

Taxa	Lake Oze				Numajiri		5	8
	1	2	4	3	6	7		
Centric diatoms								
<i>Aulacoseira ambigua</i> (Grunow) Simonsen	41	8	3	3			6	1
<i>A. tethera</i> E. Y. Haw.	5	4		●			6	
<i>A. laevis</i> (Grunow) Krammer	1	●					●	
<i>A. tenella</i> (Nygaard) Simonsen	●	●	●					
<i>A. subarctica</i> (O. Müll.) E. Y. Haw.	2						1	
<i>A. valida</i> (Grunow) Krammer	7	2					1	
<i>C. ozensis</i> (H. Tanaka & Nagumo) H. Tanaka	●	1						
<i>Discostella stelligera</i> (Ehrenb.) Houk & Klee	3			●				
<i>Melosira undulata</i> (Ehrenb.) Kütz.		●						
Araphid, Pennate diatoms								
<i>Diatoma hiemale</i> (Roth) Heib.	1					●		●
<i>D. mesodon</i> (Ehrenb.) Kütz.								3
<i>Fragilaria neoproducta</i> Lange-Bert.				1				
<i>F. capucina</i> Desm.		1		3				
<i>F. vaucheriae</i> (Kütz.) J. B. Petersen	16	1	2	8				1
<i>Fragilariforma constricta</i> (Ehrenb.) D. M. Williams & Round	3			2			●	
<i>F. virescens</i> var. <i>elliptica</i> (Hust.) Aboal	●			●			●	
<i>Hannaea arcus</i> var. <i>recta</i> (Cleve) M. Idei								1
<i>Meridion circulare</i> (Grev.) C. Agardh var. <i>circulare</i>								●
<i>M. circulare</i> var. <i>constrictum</i> (Ralfs) Van Heurck		●						●
<i>Pseudostaurosira brevistriata</i> (Grunow) D. M. Williams & Round		4		1				
<i>Punctastriata linearis</i> D. M. Williams & Round		6		2				
<i>Staurosira construens</i> Ehrenb. var. <i>construens</i>		9	●	2				
<i>S. construens</i> var. <i>binodis</i> (Ehrenb.) Hamilton		3						
<i>S. elliptica</i> (Schum.) D. M. Williams & Round		5	1	5				
<i>S. venter</i> (Ehrenb.) H. Kobayasi		3		●				
<i>S. sp.</i>	●							●
<i>Staurosirella lapponica</i> (Grunow) Williams & Round		1						
<i>S. martyi</i> (Hérib.) Morales & Manoylov		●						
<i>S. mutabilis</i> (W. Sm.) Morales & Vijver	1	●						
<i>S. pinnata</i> (Ehrenb.) D. M. Williams & Round		6		1				
<i>Stenopterobia curvula</i> (W. Sm.) Krammer		●						
<i>Synedrella parasitica</i> (W. Sm.) Round & Maidana		●						
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kütz.		1	1	5			●	9
<i>T. fenestrata</i> (Lyngbye) Kütz.	●	3	8	9			9	3
<i>Tabularia fasciculata</i> (C. Agardh) D. M. Williams & Round		●						
<i>Tetracyclus glans</i> (Ehrenb.) Mills		●						
<i>Ulnaria acus</i> (Kütz.) M. Aboal	2		●					●
<i>U. amphirhynchus</i> (Ehrenb.) Compère & Bukht.	●							
Monoraphid, Pennate diatoms								
<i>Achnanthes levanderi</i> Hust.		2						
<i>Achnantheidium altergracillima</i> (Lange-Bert.) Round & Bukht.			5					2
<i>A. linearis</i> W. Sm.		2		5				
<i>A. minutissimum</i> (Kütz.) Czarnecki	●	3	34	15				
<i>A. peragallii</i> Brun & Hérib.		1						
<i>A. pusillum</i> (Grunow) Czarnecki		1	17	3		2		3
<i>A. spp.</i>	1	1				1		2
<i>Karayevia clevei</i> (Grunow) Round & Bukhty.		1						
<i>Planothidium lanceolatum</i> (Bréb. ex Kütz.) Lange-Bert.						3		
<i>P. rostratum</i> (Østrup) Round & Bukht.		●						
<i>Psammothidium grischunum</i> f. <i>daonensis</i> (Lange-Bert.) Bukht. & Round	1	12		●				●
<i>P. subatomoides</i> (Hust.) Bukht. & Round		1						
<i>P. veritralis</i> (Krasske) Bukht. & Round				●				
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenb.		1		2				
<i>C. lineata</i> Ehrenb.		●	7	20				
Biraphid, Pennate diatoms								
<i>Actinella brasiliensis</i> Grunow					●		●	
<i>A. punctata</i> Lewis					2			
<i>Amphola hiromuii</i> Nagmo		●						
<i>Brachysira brebissonii</i> R. Ross	●	●				3		1
<i>B. irawanae</i> (Podz. & Håk.) Lange-Bert. & Podz.			5				●	
<i>B. microcephala</i> (Grunow) Compère	●	●	7	5				●
<i>B. neoexilis</i> Lange-Bert.	●							5
<i>Caloneis schumanniana</i> var. <i>biconstricta</i> (Grunow) Reichelt		●						

Taxa	Lake Oze				Numajiri		5	8
	1	2	4	3	6	7		
<i>Cavinula cocconeiformis</i> (Greg. ex Grev.) D. G. Mann & Stickle	2	●		●				
<i>C. pseudoscutiformis</i> (Hust.) D. G. Mann & Stickle		2		●				
<i>Chamaepinnularia vyvermanii</i> Lange-Bert.					●	●		
<i>Cymbella cesatii</i> (Rabenh.) Grunow	●			●				2
<i>C. cistula</i> (Ehrenb.) Kirchner	●	●						
<i>C. cymbiformis</i> Agardh				●				
<i>C. subaequalis</i> Grunow	●							
<i>C. tumida</i> (Bréb.) Van Heurck	●	●						
<i>Cymboplectura cuspidata</i> (Kütz.) Krammer	●							
<i>C. subrostrata</i> (Cleve) Krammer							●	
<i>Diploneis finnica</i> (Ehrenb.) Cleve	●							
<i>D. parma</i> Cleve		●						
<i>Encyonema gracile</i> Ehrenb.			2					●
<i>E. hebridicum</i> (Greg.) Grunow		●						
<i>E. lunatum</i> (W. Sm.) V. H.	●		●	●				
<i>E. mesianum</i> (Cholnoky) D. G. Mann	2	●						
<i>E. minutum</i> (Hilse ex Rabenh.) D. G. Mann	●	1						
<i>E. rostratum</i> Krammer					6	21		
<i>Encyonopsis microcephala</i> (Grunow) Krammer	2		1			12		2
<i>Epithemia adnata</i> (Kütz.) Bréb. var. <i>adnata</i>		●						
<i>E. adnata</i> var. <i>proboscidea</i> (Kütz.) R. M. Patrick		●						
<i>E. turgida</i> var. <i>granulata</i> (Ehrenb.) Grunow		●						
<i>Eunotia arcus</i> Ehrenb. var. <i>arcus</i>						4		3
<i>E. arcus</i> var. <i>bidens</i> Grunow			●				●	
<i>E. arcus</i> var. <i>tenella</i> (Grunow) Hust.								●
<i>E. bilunaris</i> (Ehrenb.) Mills						●	●	4
<i>E. biseriata</i> H. Kobayasi								●
<i>E. compacta</i> (Hust.) Mayama							●	
<i>E. curvata</i> (Kütz.) Lagerst. var. <i>curvata</i>			●			●	2	●
<i>E. curvata</i> var. <i>linearis</i> H. Kobayasi et al.		●	●				1	37
<i>E. exigua</i> (Bréb. ex Kütz.) Rabenh. var. <i>exigua</i>	1					4	●	
<i>E. exigua</i> var. <i>bidens</i> Hust.					●			
<i>E. fallax</i> A. Cleve							6	●
<i>E. flexuosa</i> (Bréb.) Kütz.		●						
<i>E. lapponica</i> Grunow ex A. Cleve								1
<i>E. minor</i> (Kütz.) Grunow					2	2	11	5
<i>E. monodon</i> var. <i>tropica</i> Hust.							●	
<i>E. nipponica</i> Skvortsov					3	1		
<i>E. parallela</i> Ehrenb.					●			
<i>E. pectinalis</i> var. <i>ventralis</i> (Ehrenb.) Hust.		●						
<i>E. praerupta</i> var. <i>inflata</i> Grunow							1	●
<i>E. praerupta</i> var. <i>thermalis</i> Hust.							●	
<i>E. serra</i> Ehrenb.					●	●	3	
<i>E. subarcuatoidea</i> Alles et al.							●	
<i>E. tenella</i> (Grunow) A. Cleve					1			
<i>E. tenelloidea</i> H. Kobayasi et al.					2	●	●	
<i>E. tridentula</i> Ehrenb.					●	●		
<i>E. valida</i> Hust.							●	
<i>E. veneris</i> (Kütz.) De Toni			2	3	●	2	●	1
<i>Frustulia frenguelli</i> Manguin		2			11	8	●	●
<i>F. rhomboides</i> (Ehrenb.) De Toni var. <i>rhomboides</i>		1			12	11	13	1
<i>F. rhomboides</i> var. <i>capitata</i> (Mayer) R. M. Patrick	1					1		1
<i>F. rhomboides</i> var. <i>saxonica</i> (Rabenh.) De Toni					5	2	15	1
<i>F. rhomboides</i> var. <i>elongata</i> Krieger				●				●
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenb.	●	1						
<i>G. clevei</i> Fricke	●							
<i>G. gracille</i> Ehrenb.				2				1
<i>G. parvulum</i> (Kütz.) Kütz. var. <i>parvulum</i>	3	1	4	2		●		2
<i>G. parvulum</i> var. <i>exilissima</i> Grunow								1
<i>G. lagenula</i> Kütz.				1				
<i>G. sphaerophorum</i> Ehrenb.		●						
<i>G. truncatum</i> Ehrenb.	●		1					●
<i>G. sp.</i>								1
<i>Kobayasiella madumensis</i> (E. G. Jørg.) Lange-Bert.					9	3		
<i>K. okadae</i> (Skvortsov) Lange-Bert.					4	1		
<i>K. subtilissima</i> (Cleve) Lange-Bert.					1	●		

Taxa	Lake Oze				Numajiri		5	8
	1	2	4	3	6	7		
<i>Navicula cryptocephala</i> Kütz.	1					●		1
<i>N. gregaria</i> Donkin	1							
<i>N. hasta</i> var. <i>gracilis</i> Skvortsov		●						
<i>N. ignota</i> var. <i>anglica</i> Lund				●				
<i>N. laterostrata</i> Hust.		1				2		
<i>N. notha</i> Wallace		3			●	●		
<i>N. pseudoventralis</i> Hust.		●						
<i>N. radiosa</i> Kütz. var. <i>radiosa</i>	●							
<i>N. radiosa</i> var. <i>parva</i> J. H. Wallace	●							
<i>N. semenoides</i> Hust.		●						
<i>N. sp.</i>		2			●	1	1	●
<i>Neidium ampliatus</i> (Ehrenb.) Krammer	●				2	3	4	●
<i>N. affine</i> (Ehrenb.) Pfitzer var. <i>affine</i>						●	2	
<i>N. affine</i> var. <i>ceylonicum</i> (Skvortsov) Reimer		●			●	●		
<i>N. bisulcatum</i> (Lagerst.) Cleve							3	
<i>N. iridis</i> (Ehrenb.) Cleve var. <i>iridis</i>					1	1	2	
<i>N. sp.</i>						●		
<i>Nitzschia heidenii</i> Meister								●
<i>N. sinuata</i> var. <i>delognei</i> (Grunow) Lange-Bert.		●						
<i>N. spp.</i>	●	2	●	●		●		
<i>Nupela tenuicephala</i> (Hust.) Lange-Bert.	2				1	9		2
<i>Oricymba japonica</i> (E. Reichelt) Jüttner et al.	●			●				
<i>Peronia fibula</i> (Bréb. ex Kütz.) R. Roth					1		2	3
<i>Pinnularia acuminata</i> W. Sm.		●						
<i>P. appendiculata</i> var. <i>nipponica</i> Skvortsov							1	
<i>P. bicipitata</i> (Lagerst.) Cleve	●						1	
<i>P. biceps</i> Greg.	●				3	2		
<i>P. braunii</i> var. <i>amphicephala</i> (Mayer) Hust.	●						2	
<i>P. dactylus</i> Ehrenb.							1	
<i>P. divergens</i> W. Sm.		●						
<i>P. gibba</i> Ehrenb.								●
<i>P. hartleyana</i> var. <i>notata</i> H. Kobayasi		●					●	
<i>P. karelica</i> var. <i>japonica</i> Hust.							2	
<i>P. microstauron</i> (Ehrenb.) Cleve							1	●
<i>P. rupestris</i> Hantzsch						●	●	●
<i>P. saga</i> Skvortsov		●					●	
<i>P. subcapitata</i> Greg. var. <i>subcapitata</i>				●			●	
<i>P. subcapitata</i> var. <i>hilseana</i> (C. Janisch.) Müll.		1					2	
<i>P. subgibba</i> Krammer		●					●	
<i>P. viridis</i> (Nitzsch) Ehrenb.							●	
<i>Placoneis explanata</i> (Hust.) Mayama		●						
<i>Reimeria sinuata</i> (Greg.) Kociolek & Stoermer		●						
<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenb.) O. Müll.		●						
<i>R. gibberula</i> (Ehrenb.) O. Müll.		●					●	
<i>Sellaphora fennica</i> Lange-B. & Metzeltin		●						
<i>S. pupula</i> (Kütz.) Mereschk.	1							
<i>Semiorbis hemicyclus</i> (Ehrenb.) R. M. Patrick					34	1		
<i>Stauroneis gracilis</i> Ehrenb.		●						
<i>S. legumen</i> (Ehrenb.) Kütz.		●						
<i>S. phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenb.		●					1	
<i>Stenopterobia curvula</i> (W. Sm.) Krammer		●						
<i>Surirella biseriata</i> Bréb.		●						
<i>S. elegans</i> Ehrenb.		●						
<i>S. linearis</i> W. Sm.						●		
<i>S. robusta</i> Ehrenb.		●						
<i>S. terryana</i> Ward		●						
Number of taxa: except sp. and spp.	49	86	23	37	27	37	51	47

●: less than 1%

Frequencies: included sp. & spp.

Sampling site numbers are same of Fig. 1 & Table 1.

属14分類群, 双縦溝羽状類: 31属126分類群であった(Table 2.)。本報ではそのうち85分類群を光学顕微鏡写真で図示し, その中の22分類群はSEM写真を加えた。

出現珪藻は水域の違いにより産出分類群, 頻度が異なり, たとえば尾瀬沼(4試料)からは計129分類群, 沼尻平湿原2池塘(43分類群), 小沼(51分類群), 大江川(47分類群)であった。採取箇所によっても出現種が異なり, 尾瀬沼において湖水試料(49分類群)と, 底泥(86分類群)や水草付着試料(47分類群)とでは違いが認められ, 池塘もそれぞれ特徴が認められた。これらについて, 次に水域別に特徴を記述する。

1) 尾瀬沼

湖水

出現珪藻は中心類(3属8分類群), 無縦溝羽状類(6属8分類群), 単縦溝羽状類(2属2分類群), 双縦溝羽状類(16属31分類群)であり, 出現珪藻, 頻度からも湖水試料としての性格がよく現れている。出現頻度3%以上の分類群は *Aulacoseira ambigua* (Grunow) Simonsen (出現率41%, 以下同じ), *Fragilaria vaucheriae* (Kütz.) J. B. Petersen (16%), *Aulacoseira valida* (Grunow) Krammer (7%), *A. tethera* E. Y. Haw. (5%), *Discostella stelligera* (Ehrenb.) Houk & Klee (3%), *Fragilariforma constricta* (Ehrenb.) D. M. Williams & Round (3%), *Gomphonema parvulum* (Kütz.) Kütz. (3%)であった。

多産した *Aulacoseira ambigua* は, 日本では岩橋 (1936) が最初に下関市の池等から *Melosira ambigua* (Grunow) O. Müll. として報告した種で, 日本各地の湖沼・河川から産出報告がある浮遊性種(小林ら2006)である。近隣の, 尾瀬沼南方約42kmで標高1310mに所在する赤城山大沼においては, 秋～冬の湖水試料から71-95%の出現率で見出されている(田中・南雲 2011)。長野県, 八島ガ原湿原の鎌ガ池の付着試料からは出現率34.5%で多産している(浜ら1982)。

Fragilaria vaucheriae は止水域にも流水域にも出現している分類群である(渡辺ら2005)。冷水種(原口ら1998)であり, 阿寒湖岸から多産したことが報告されている(河島・小林1994)。

底泥

出現珪藻は中心類(3属7分類群), 無縦溝羽状類(11属19分類群), 単縦溝羽状類(6属11分類群), 双縦溝羽状類(22属49分類群)であり,

出現頻度3%以上の分類群は *Psammothidium grischunum* f. *daonensis* (Lange-Bert.) Bukhtiy. & Round (出現率12%), *Staurosira construens* Ehrenb. var. *construens* (9%), *Aulacoseira ambigua* (8%), *Punctastriata linearis* D. M. Williams & Round (6%), *Staurosirella pinnata* (Ehrenb.) D. M. Williams & Round (6%), *Staurosira elliptica* (Schum.) D. M. Williams & Round (5%), *Aulacoseira tethera* (4%), *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) D. M. Williams & Round (4%), *Staurisira venter* (Ehrenb.) H. Kobayasi (3%), *S. construens* var. *binodis* (Ehrenb.) Hamilton (3%), *Tabellaria fenestrata* (Lyngb.) Kütz. (3%), *Achnantheidium minutissimum* (Kütz.) Czarn. (3%), *Navicula notha* Wallace (3%)であった。

湖水試料と底泥試料からの出現珪藻と頻度に差があり, *Aulacoseira ambigua* では, 湖水試料では41%の出現率であるが, 底泥からは8%であった。前述の赤城山大沼においても同様で10月採取の湖水試料では出現率71-78%であるが, 底泥では8%であった(田中・南雲 2011)。

Williams & Round (1987) で細分化される以前の旧 *Fragilaria* 属(出井・南雲 (1995) に倣い, 旧 *Fragilaria* 属と記す)が全体で12分類群, 出現率39%で高い。旧 *Fragilaria* 属は止水からも流水からも産するが, 全体の出現分類群に対する割合は止水域のほうが流水域よりも高い傾向にある(南雲ら1998a)が, 今回の調査においても比較的高かった。

Puncticulata ozensis H. Tanaka & Nagumo (現 *Cyclotella ozensis* (H. Tanaka & Nagumo) H. Tanaka) は尾瀬沼の底泥コア(-10cm) から記載されている(Tanaka & Nagumo, 2005)。本種は今回の調査では, 底泥試料からのみ1%の頻度で出現した。さらに, *Tetracyclus glans* (田中・中島 (1983) の *Tetracyclus lacustris* は, SEM観察により唇状突起が存在しないことが明らかになったので *T. glans* に同定された)は, 田中・中島 (1983) によると底泥コア-11.0 ~ -11.5 cmから21%以上の頻度で出現しているが他の深度では少ない。本調査では底泥から1%未満の頻度で見出された。多産する深度が浅いので, 過去の殻が洗い出されて上位の堆積物へ混入し表層試料で見出された可能性もある。

平野 (1976) は尾瀬沼北岸の試料から *Pinnularia caudata* var. *maior* Hirano の新変種を記載している。この分類群は Krammer (2000) に掲載されている *Pinnularia decrescens* (Grunow) Krammer と類似している。この基礎異名は1880年出版の

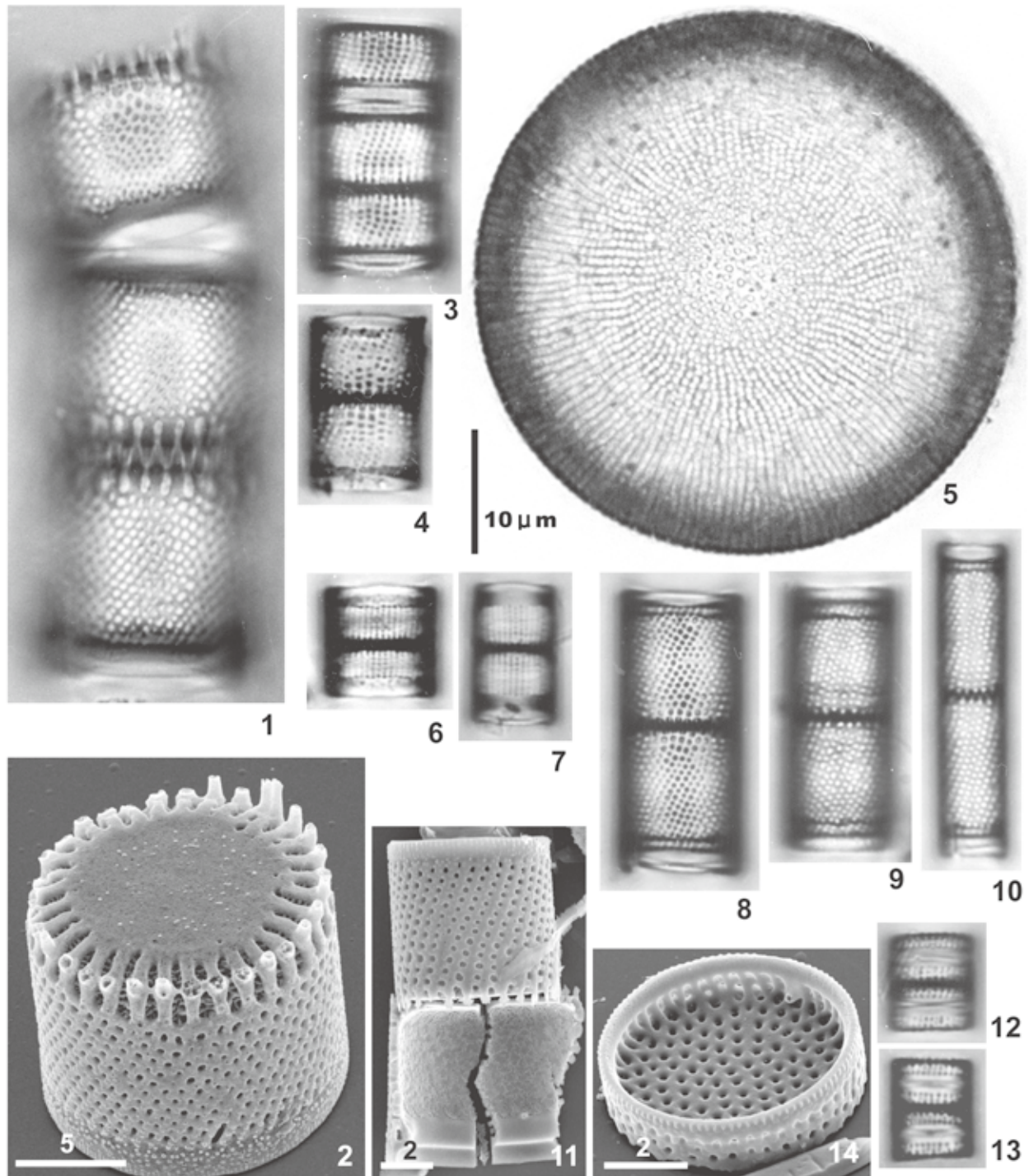


Plate 1. Figs 1, 2. *Aulacoseira valida*. Fig. 2. SEM. Oblique external view of valve. Figs 3, 4. *A. subarctica*. Fig. 5. *Melosira undulata*. Figs 6, 7. *Aulacoseira laevissima*. Figs 8-11. *Aulacoseira ambigua*. Fig. 11. SEM. Two sibling valves, lower valve broken. Figs 12-14. *A. tenella*. Fig. 14. SEM. Oblique internal view of valve. SEM scale bars in μm .

Navicula legumen var. *decrescens* Grunow なので、本稿では出版年が早い *P. decrescens* として記した。出現頻度は1%未満であった。

水草(コカナダモ)付着

出現珪藻は中心類(2属4分類群), 無縦溝羽状類(8属14分類群), 単縦溝羽状類(3属8分類群), 双縦溝羽状類(11属21分類群)であり, 2試料のうち少なくとも片方において出現頻度

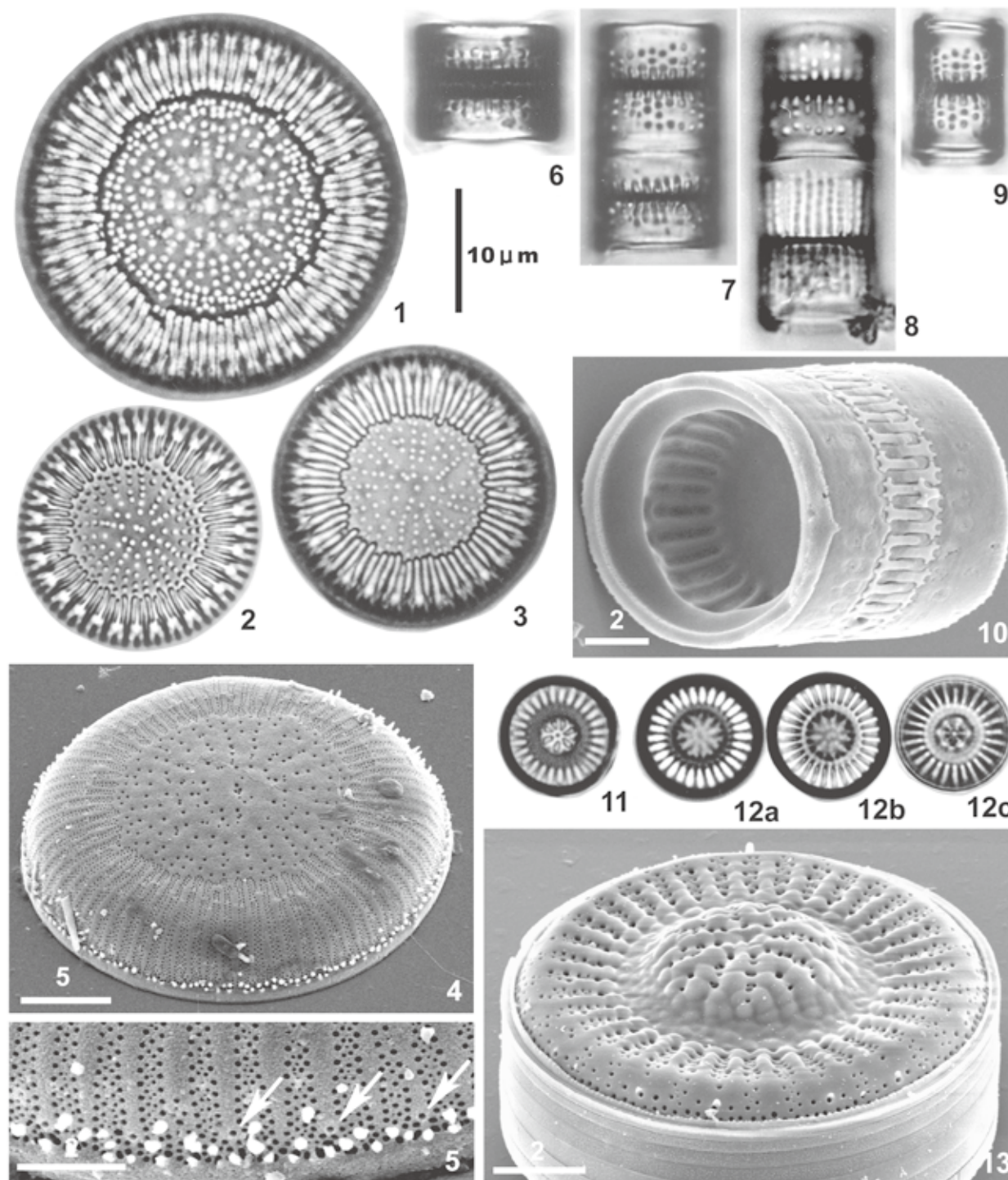


Plate 2. Figs 1-5. *Cyclotella ozensis*. Figs 4, 5. SEM. Fig. 4. Oblique external view of valve. Fig. 5. Enlarged view of part of Fig. 4 showing openings of mantle fuloportulae (arrows). Figs 6-10. *Aulacoseira tethera*. Fig. 10. SEM. Oblique view of sibling valves showing valve inside. Figs 11-13. *Discostella stelligera*. Figs 12a-c are same frustule, Fig. a: focused upper valve, Fig c: focused lower valve. Fig. 13. SEM. Oblique external view of valve. SEM scale bars in μm .

3%以上の分類群は *Achnantheidium minutissimum* (34%, 15%), *Cocconeis placentula* var. *lineata* (Ehrenb.) Van Heurck (7%, 20%), *Achnantheidium pusillum* (Grunow) Czarn. (17%, 3%), *Tabellaria fenestrata* (8%, 9%), *Fragilaria vaucheriae* (2, 8%), *Brachysira microcephala* (Grunow) Compère

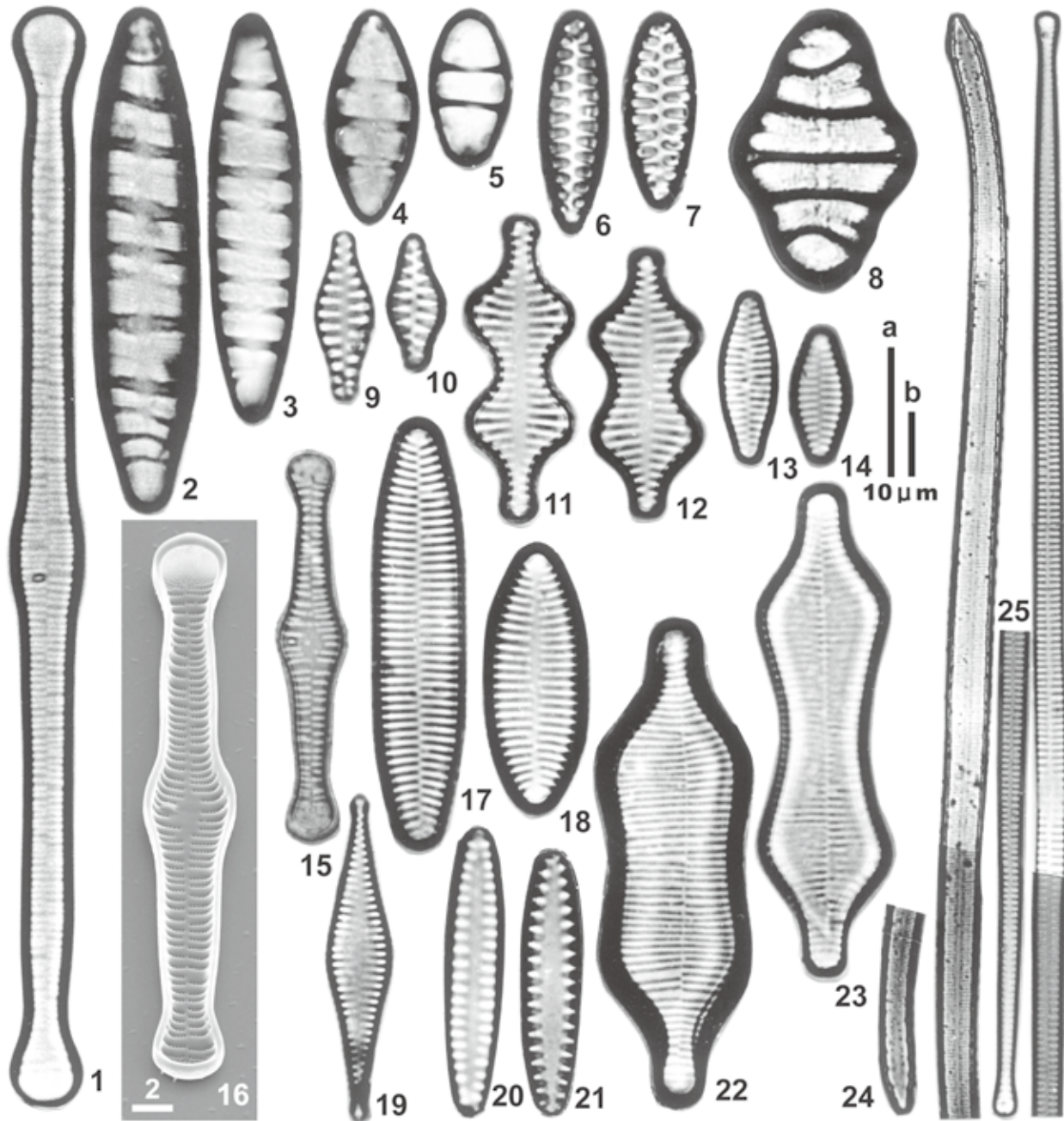


Plate 3. Fig. 1. *Tabellaria fenestrata*. Figs 2, 3. *Diatoma hiemale*. Figs 4, 5. *Diatoma mesodon*. Figs 6, 7. *Staurosirella martyi*. Fig. 8. *Tetracyclus glans*. Figs 9, 10. *Punctastriata linearis*. Figs 11, 12. *Staurosira consturens* var. *binodis*. Figs 13, 14. *Fragilariforma virescens* var. *elliptica*. Figs 15, 16. *Tabellaria flocculosa*. Fig. 16. SEM. Oblique internal view of valve. Figs 17, 18. *Fragilaria neoproducta*. Fig. 19. *Synedrella parasitica*. Figs 20, 21. *Staurosirella mutabilis*. Figs 22, 23. *Fragilariforma constricta*. Fig. 24. *Stenopterobia curvula*. Fig. 25. *Ulnaria acus*. Scale bar a for Figs 1-15, 17-23. Scale bar b for Figs 24, 25. SEM scale bar in μm .

(7%, 5%), *Staurosira elliptica* (1%, 5%), *T. flocculosa* (Roth) Kütz. (1%, 5%), *Achnantheidium altergracillima* (Lange-Bert.) Round & Bukht (5%, 0), *Brachysira irawanae* (Pods. & Håk.) Lange-Bert. & Podz. (5%, 0), *Achnantheidium linearis* W. Sm. (0, 5%), *Gomphonema parvulum* (4%, 2%), *Aulacoseira*

ambigua (3%, 3%), *Fragilaria capucina* Desm. (0, 3%), *Eunotia veneris* (Kütz.) De Toni (2%, 3%) であった (頻度は早稲沢沖・北岸沖の順に記した)。

広義の *Achnanthes* 属 (Round et al. 1990) によって細分化される以前の *Achnanthes* は、河川や湖岸の付着珪藻として出現する代表的な種類とさ

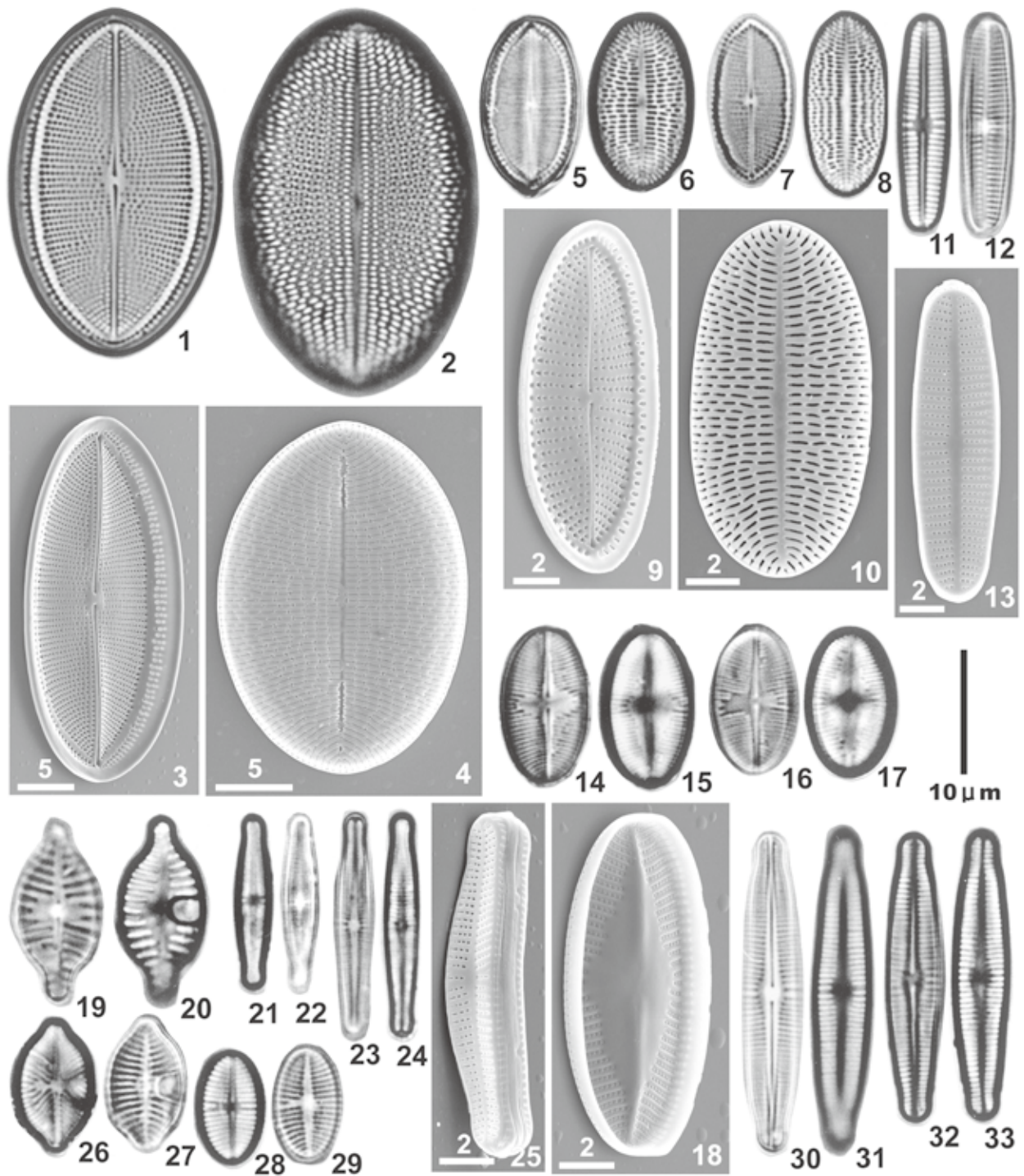


Plate 4. Figs 1-4. *Cocconeis placentula*. Figs 3, 4. SEM. Fig. 3. Oblique internal view of raphid valve. Fig. 4. External view of araphid valve. Figs 5-10. *C. lineata*. Figs 5-6, 7-8 are same frustules, raphid (Figs 5, 7) and araphid (Figs 6, 8) valves. Figs 9, 10. SEM. Fig. 9. Oblique internal view of raphid valve. Fig. 10. External view of araphid valve. Figs 11-13. *Achnanthisdium pusillum*. Fig. 13. SEM. External view of araphid valve. Figs 14-18. *Psammothidium grischunum* f. *daonensis*. Figs 14-15, 16-17 are same frustules raphid (Figs 14, 16) and araphid (Figs 15, 17) valves. Fig. 18. SEM. Oblique internal view of araphid valve. Figs. 19, 20. *Planothidium rostratum*. Same frustule, raphid (Fig. 19) and araphid (Fig. 20) valves. Figs 21-25. *Achnanthisdium minutissimum*. Figs 21-22, 23-24 are same frustules, raphid (Figs 21, 23) and araphid (Figs 22, 24) valves. Fig. 25. SEM. Oblique view of a frustule. Figs 26, 27. *A. peragalli*. Same frustule raphid (Fig. 26) and araphid (Fig. 27) valves. Figs 28, 29. *Psammothidium subatomoides*. Same frustule raphid (Fig. 28) and araphid (Fig. 29) valves. Figs 30-33. *Achnanthisdium alteragracillima*. Figs 30-31, 32-33 are same frustules, raphid (Figs 30, 32) and araphid (Figs 31, 33) valves. SEM scale bars in μm .

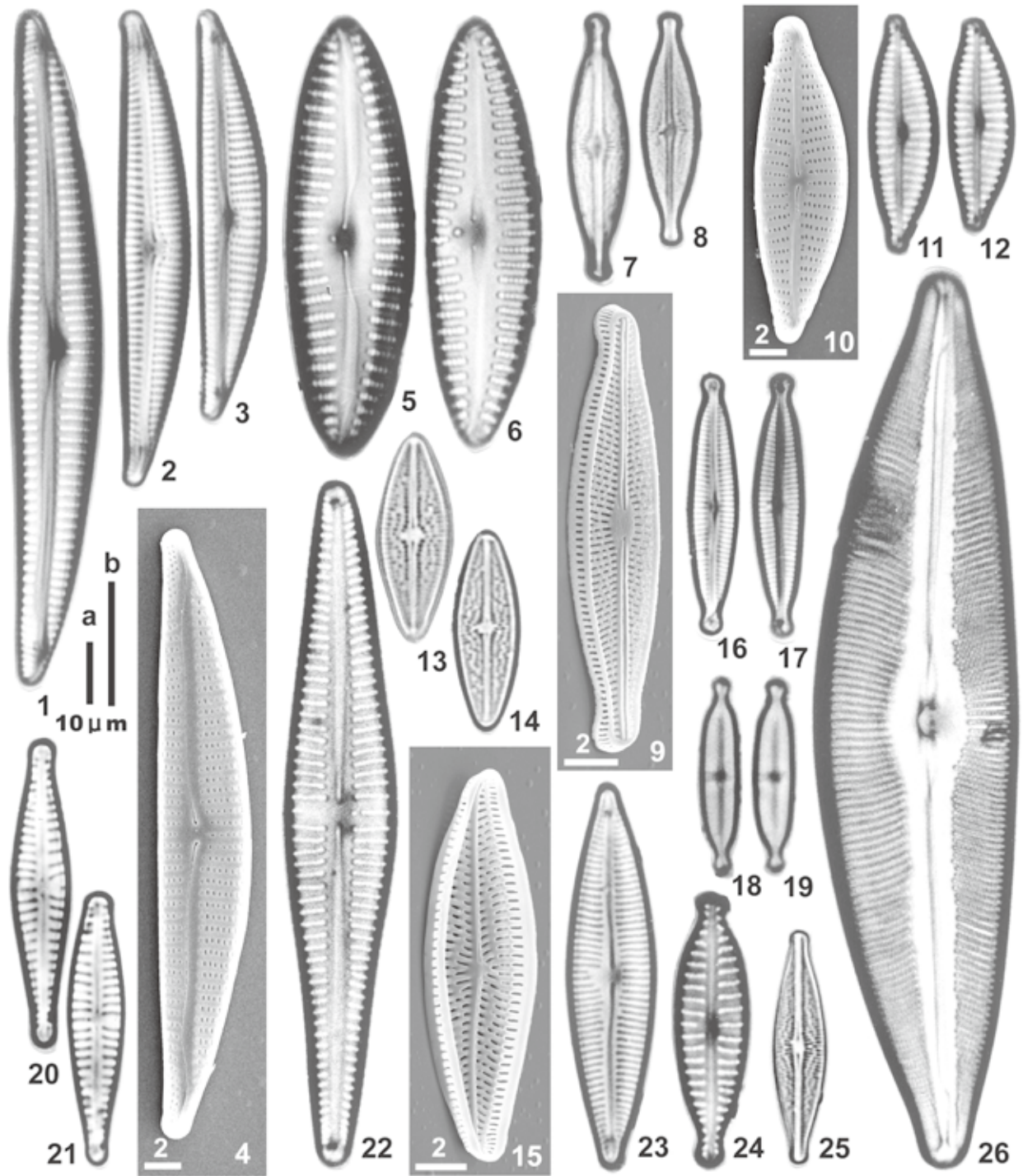


Plate 5. Fig. 1. *Encyonema gracile*. Figs 2-4. *E. linatum*. Fig. 4. SEM. External view of valve face. Figs 5, 6. *Oricymba japonica*. Figs 7-9. *Brachysira neoexilis*. Fig. 9. SEM. Oblique external view of valve. Figs 10-12. *Encyonema rostratum*. Fig. 10. SEM. External view of valve face. Figs 13-15. *Brachysira brebissonii*. Fig. 15. SEM. Oblique internal view of valve. Figs 16, 17. *Encyonopsis microcephala*. Figs 18, 19. *Nupela tenuicephala*. Figs 20, 21. *Gomphonema exilissimum*. Fig. 22. *G. gracile*. Figs 23. *Cymbella cesatii*. Fig. 24. *Gomphonema lagenula*. Fig. 25. *Brachysira microcephala*. Fig. 26. *Cymbopleura subrostrata*. Scale bar a for Fig. 26. Scale bar b for Figs 1-3, 5-8, 11-14, 16-25. SEM scale bars in μm .

れている(南雲・長田 1999)。今回尾瀬沼からコカナダモ付着として最も多産した *A. minutissima* (34%, 15%) は、環境開拓種(渡辺・浅井 1995)で

もあるが、“(前略)流水・止水の別なく、付着珪藻群集中、しばしば他を圧して優先するほどの強い生命力を持った種であることを示唆してい

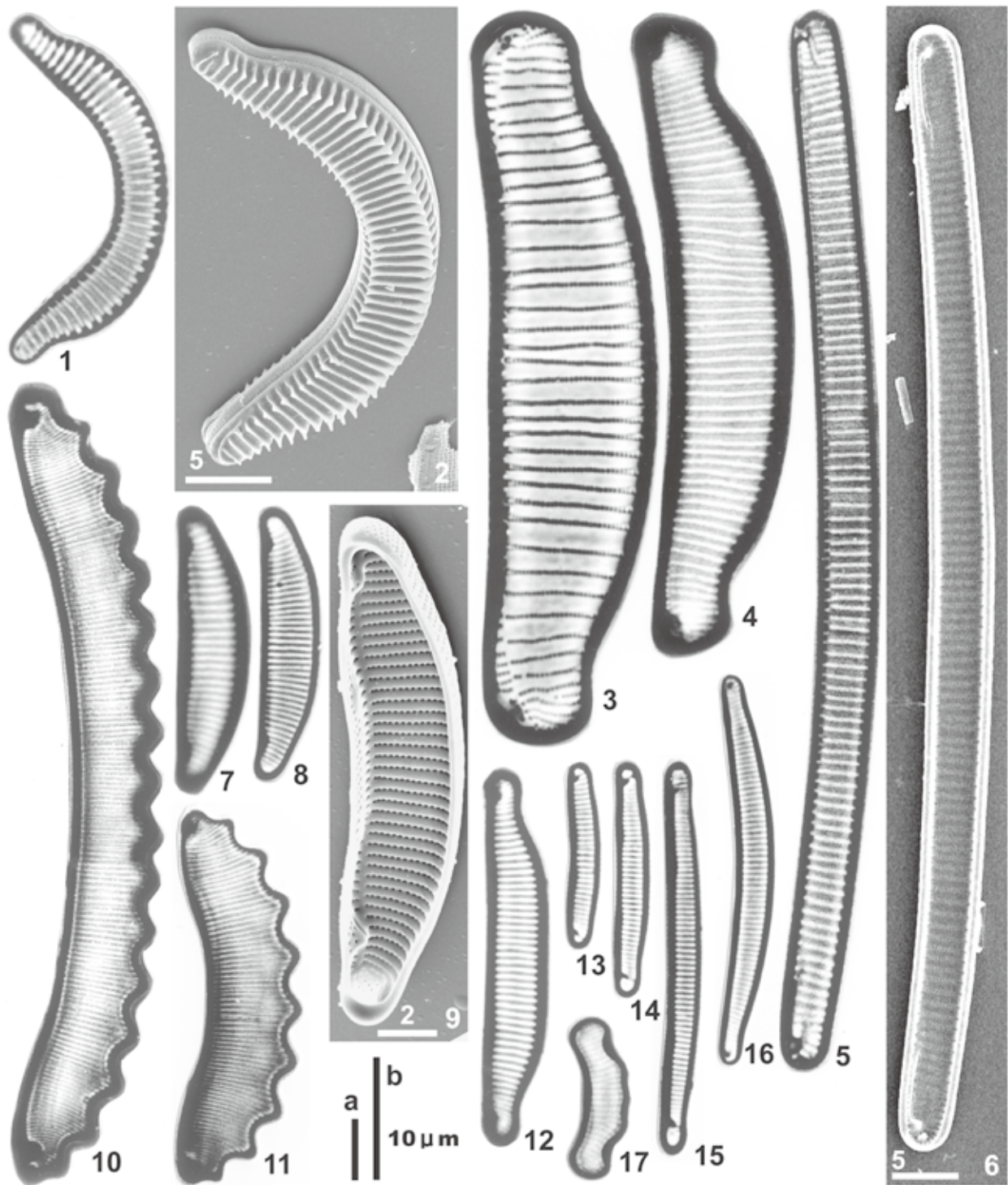


Plate 6. Figs 1, 2. *Semiorbis hemicyclus*. Fig. 2. SEM. Oblique external view of valve. Fig. 3. *Eunotia praeurupta* var. *inflata*. Fig. 4. *E. arcus*. Figs 5, 6. *E. chuvata* var. *linearis*. Fig. 6. SEM. Internal view of valve. Figs 7-9. *E. veneris*. Fig. 9. SEM. Oblique view of valve. Figs 10, 11. *E. serra*. Fig. 12. *E. minor*. Figs 13-15. *E. tenelloides*. Fig. 16. *E. bilunalis*. Fig. 17. *E. tridentula*. Scale bar a for Figs 10, 11. Scale bar b for Figs 1, 3-5, 7, 8, 12-17. SEM scale bars in μm .

よう”(渡辺ら 2005)と記されている。尾瀬沼からは、田中・中島 (1983) により“少ない”，或いは“非常に少ない”の頻度で出現一覧表に記されているのみである。今回の調査では、多産した水

草(コカナダモ)付着試料の他は底泥から3%のみであったので、コカナダモ付着といういままで未採取の基質から得られた試料のため、従来の報告と異なり本報告では多産したと考えられる。

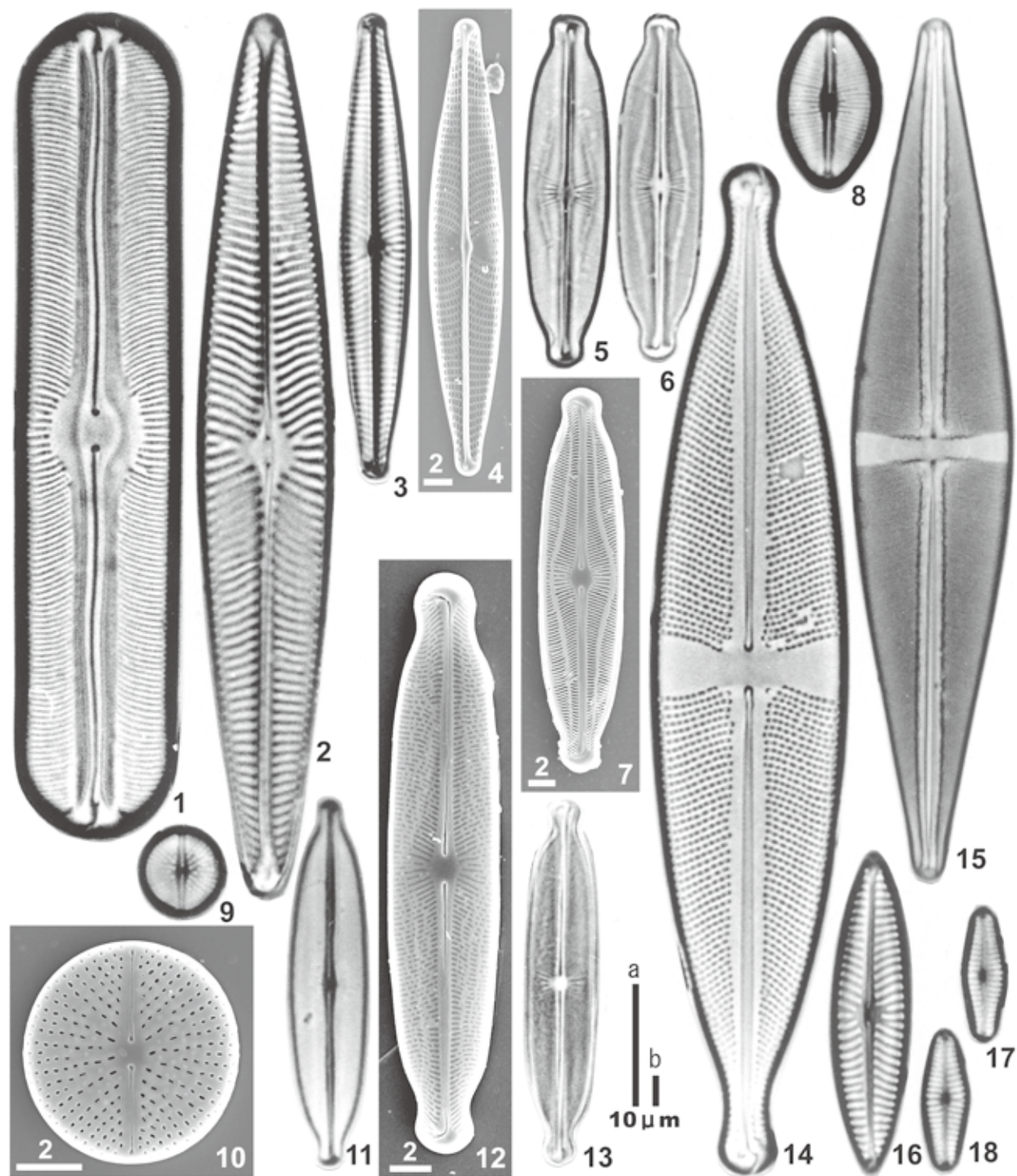


Plate 7. Fig. 1. *Sellaphora fennica*. Fig. 2. *Navicula radiosa*. Figs 3, 4. *N. notha*. Fig. 4. SEM. Internal view of valve. Figs 5-7. *Kobayasiella okadae*. Fig. 7. SEM. External view of valve. Fig. 8. *Cavinula cocconeiformis*. Figs 9, 10. *C. pseudosctiformis*. Fig. 10. SEM. External view of valve. Fig. 11. *Kobayasiella madumensis*. Figs 12, 13. *K. subtilissima*. Fig. 12. SEM. External view of valve. Fig. 14. *Stauroneis gracilis*. Fig. 15. *S. phoenicenteron*. Fig. 16. *Navicula radiosa* var. *parva*. Figs 17, 18. *Chamaepinnularia vyvermanii*. Scale bar a for Figs 1-3, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 16-18. Scale bar b for Fig. 15. SEM scale bars in μm .

Cocconeis placentula も流水域からも止水域からも普通に見いだされる付着種である。尾瀬沼からは Fukushima (1954), 平野 (1976), 田中・中島 (1983) から報告があるが、いずれも出現頻度は

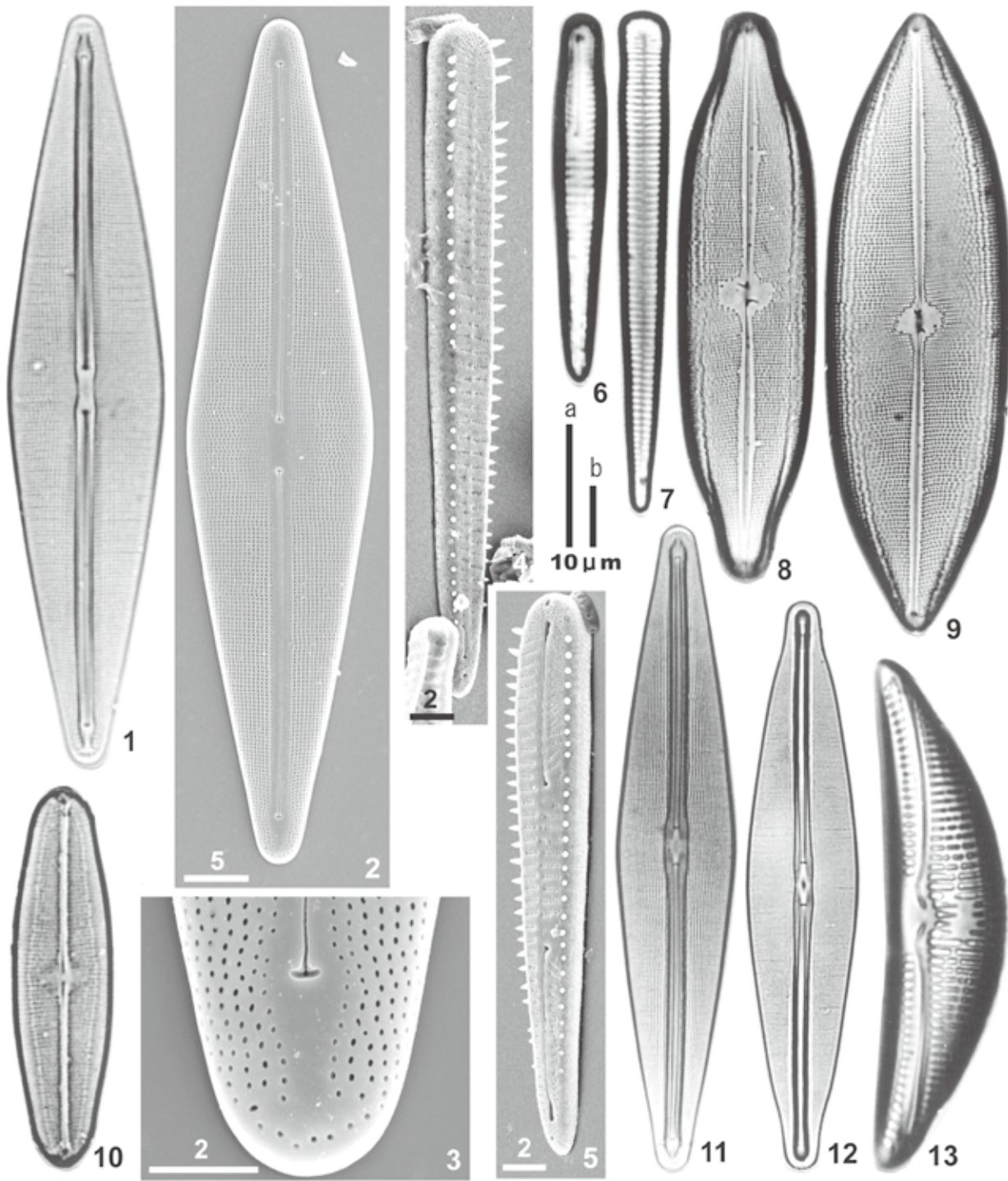


Plate 8. Figs 1-3. *Frustulia rhomboides* var. *saxonica*. Figs 2, 3. SEM. Fig. 2. External view of valve. Fig. 3. Enlarged view of lower apex of Fig. 2. Figs 4-7. *Peronia fibula*. Figs 4, 5. SEM. Fig. 4. Oblique view of rudimentary raphe valve. Fig. 5. Oblique view of raphe valve. Fig. 6. Raphe valve. Fig. 7. Rudimentary valve. Fig. 8. *Neidium ampliatum*. Fig. 9. *N. iridis*. Fig. 10. *N. ampliatum*? Fig. 11. *Frustulia rhomboides* var. *rhomboides*. Fig. 12. *F. frenguelli*. Fig. 13. *Amphola hiromui*. Scale bar a for Figs 1, 6-10, 13. Scale bar b for Figs 11, 12. SEM scale bars in μm .

小さく、今回の水草からが最も豊富に出現した。

2) 沼尻平湿原(池塘 1, 2)

沼尻平の池塘(群馬県衛生公害研究所により、池塘 1, 2 と命名された)の試料である。出現珪藻

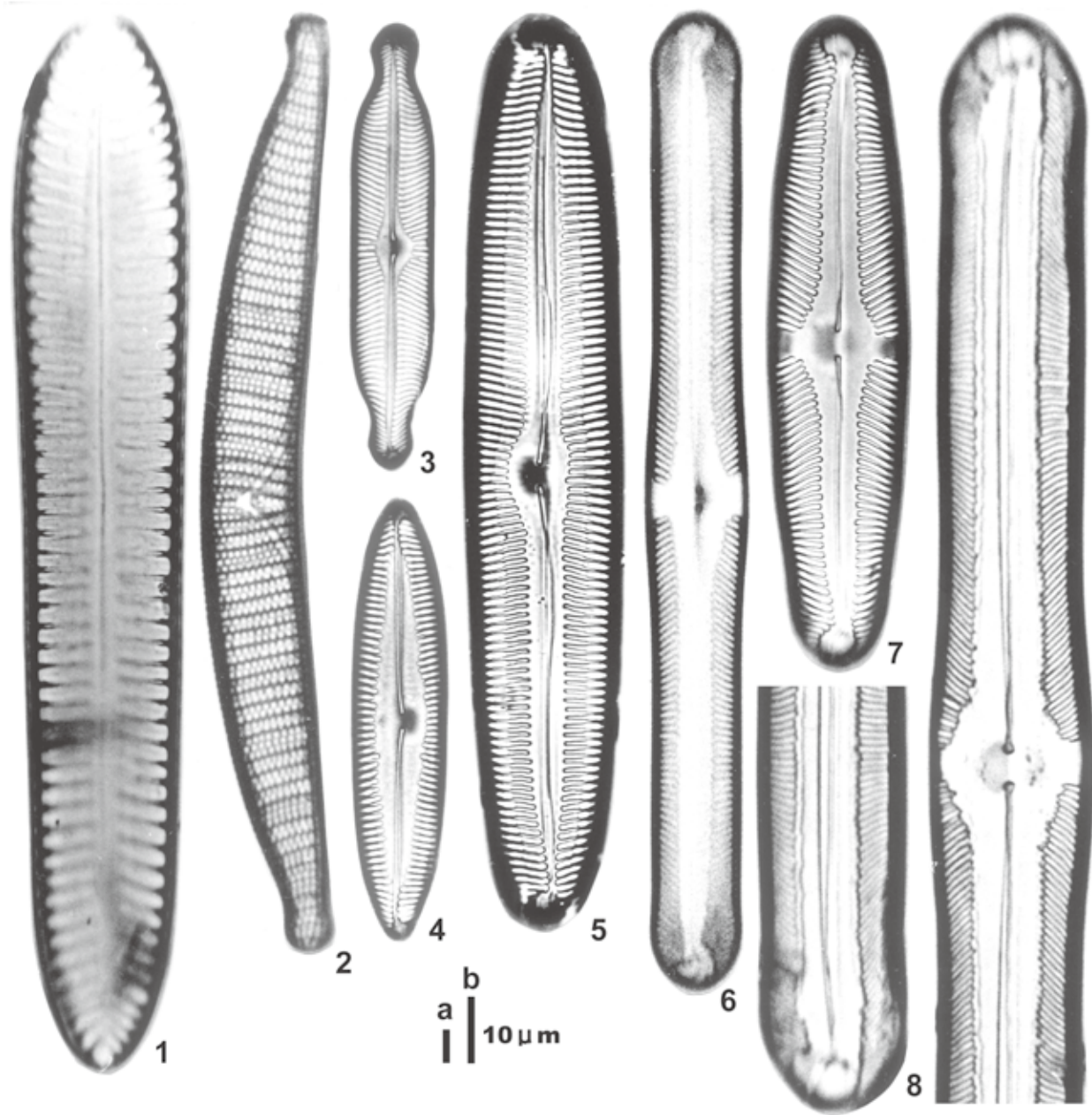


Plate 9. Fig. 1. *Surirella elegans*. Fig. 2. *Epithemia turgida* var. *granulata*. Fig. 3. *Pinnularia biceps*. Fig. 4. *P. acuminata*. Fig. 5. *P. viridis*. Fig. 6. *P. subgibba*. Fig. 7. *P. divergens*. Fig. 8. *P. hartleyana* var. *notata*. Scale bar a for Fig. 1. Scale bar b for Figs 2-8.

は無縦溝羽状類(1属1分類群), 単縦溝羽状類(2属2分類群), 双縦溝羽状類(16属40分類群)であった。池塘1, 2共にミズゴケ湿原等に多く出現する*Frustulia* 属が多数見られた。しかし, 近接した池塘であるが, それぞれの優占種は異なっていた。

池塘1から3%以上の出現を見た分類群は*Semiorbis hemicyclus* (Ehrenb.) Patr. (34%), *Frustulia rhomboides* (Ehrenb.) De Toni var. *rhomboides* (12%),

F. frenguelli (11%), *Kobayasiella madumensis* (E. G. Jørg) Lange-Bert. (9%), *Encyonema rostratum* Krammer (6%), *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* (Rabenh.) Ross (5%), *Kobayasiella okadae* (Skvortsov) Lange-Bert. (4%), *Eunotia nipponica* Skvortsov (3%), *Pinnularia biceps* Greg. (3%) であった。

多産した*Semiorbis hemicyclus* (= *Amphicampa hemicyclus*) は尾瀬ヶ原地域からはFukushima

(1954), 平野 (1976) においても見出されているが, 両者とも尾瀬沼地域では湿原においても見出していない。尾瀬沼からは田中・中島 (1983) が沼尻湖岸の付着物から“非常に少ない”の頻度で報告しているのみである。沼尻平の湿原からは, 今回初めての報告であると共に, 高頻度で産出したことは注目される。湧泉のある高層湿原に出現する (南雲ら 1998b) 種である。

池塘 1, 2 共に *Frustulia* 属が多量に出現した。*F. rhomboides* var. *rhomboides*, *F. rhomboides* var. *saxonica* は高層湿原などの弱酸性水域にもっばら出現する着生種 (浜ら 1982) であり, 特に *F. rhomboides* var. *saxonica* は湿原や弱酸性水域での代表的指標種とされる (渡辺ら 2005)。

池塘 2 から 3% 以上の出現を見た分類群は *Encyonema rostratum* (21%), *Encyonopsis microcephala* (Grunow) Krammer (12%), *Frustulia rhomboides* var. *rhomboides* (11%), *Nupela tenuicephala* (Hust.) Lange-Bert. (9%), *Frustulia frenguelli* (8%), *Eunotia arcus* var. *arcus* (4%), *E. exigua* var. *exigua* (4%), *Planothidium lanceolatum* (3%), *Neidium ampliatus* (Ehrenb.) Krammer (3%), *Brachysira brebissonii* R. Roth (3%), *Kobayasiella medumensis* (3%) であった。

Encyonema rostratum, *Nupela tenuicephala* (基礎異名: *Navicula tenuicephala*) が多産したが, *Encyonema rostratum* のタイプ地はラップランド (フィンランド) で貧栄養水域に産し (Krammer 1997), ベーリング島 (カムチャッカ半島東方) の淡水域からも報告がある (Potapova 2014)。*Nupela tenuicephala* もラップランドが原産地であり (Hustedt 1942), 本属に所属する種は主として貧栄養水域に出現する (Wojtal 2009)。両種とも冷水を好む種と思われる。

Kobayasiella okadae は八島ヶ原湿原 (高層湿原) から, Skvortzov (1938) により *Navicula okadae* Skvortsov として原記載されたもので, 尾瀬ヶ原からも報告されている (南雲ら 1998b)。八島ヶ原湿原からは好酸性種 (渡辺ら 2005) である *Kobayasiella subtilissima* も産出している (浜ら 1982)。*K. subtilissima* は沼尻平池塘からも少ないが出現している。さらに池塘 2 からは, *K. madumensis* が多く出現している。本種は尾瀬ヶ原からも *Navicula madumensis* (= *K. madumensis*) として報告されている (南雲 1998b)。

根来 (1953) は尾瀬高層湿原の珪藻フロラを調査し, 全 61 分類群中 *Eunotia* 属 18 分類群 (30%, 少数第 1 位を四捨五入以下同じ), *Pinnularia* 属

14 分類群 (23%) を報告し, この 2 属がとくに多かったと記している。平野 (1976) は尾瀬地域から全 176 分類群中 *Eunotia* 属 45 分類群 (26%), *Pinnularia* 属 28 分類群 (16%) を報告し, 広く尾瀬地域として見ると“一般に言われているように *Eunotia*, *Pinnularia* の種類が多いのが目立つ”と記している。南雲ら (1998b) においても尾瀬ヶ原から全 84 分類群中 *Eunotia* 属 12 分類群 (14%), *Pinnularia* 属 13 分類群 (15%) を報告している。今回の調査による沼尻平湿原の池塘 1, 2 からは *Eunotia* 属 14 分類群 (33%) で同様な傾向が見られたが, *Pinnularia* 属は 2 分類群 (7%) で明らかに少なかった。しかし, 湿原に出現する *Semiorbis hemicyclus*, *Frustulia* 属が多数出現した。これは, 個々の湿原・池塘を取り上げると, それぞれ環境が多少異なっており出現珪藻に偏りがあり, 今回の調査では池塘の採取地点が沼尻平湿原のみに限られ, 計数量が不十分だったと考えられる。平野 (1976) も尾瀬地域の珪藻について類似した内容を記している。

3) 小沼

尾瀬沼西方に所在する隣接した池である。出現珪藻は中心類 (1 属 5 分類群), 無縦溝羽状類 (2 属 4 分類群), 双縦溝羽状類 (10 属 42 分類群) であり, 一般に湿原に出現すると言われる *Eunotia* 属, *Frustulia* 属の出現が多かった。出現頻度 3% 以上の分類群は *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* (15%), *F. rhomboides* var. *rhomboides* (13%), *Eunotia minor* (Kütz.) Grunow (11%), *Tabellaria fenestrata* (9%), *Aulacoseira ambigua* (6%), *A. tethera* (6%), *Eunotia fallax* A. Cleve (6%), *Neidium ampliatus* (4%), *N. bisulcatum* (Lagerst.) Cleve (3%), *Eunotia serra* Ehrenb. (3%) であった。

沼尻平池塘と同じく *Frustulia* 属の出現頻度が高い。*Eunotia serra* など湿原に産する種類が多いが, 尾瀬沼に多産する *Aulacoseira ambigua* も出現した。

4) 大江川

尾瀬沼へ大江湿原を通して東方から流入する, 全長約 1.5km の小河川である。出現珪藻は中心類 (1 属 1 分類群), 無縦溝羽状類 (5 属 11 分類群), 単縦溝羽状類 (2 属 3 分類群), 双縦溝羽状類 (13 属 34 分類群) であり, 出現頻度 3% 以上の分類群は *Eunotia curvata* var. *linearis* H. Kobayasi et al. (37%), *Tabellaria flocculosa* (9%), *Brachysira neoexilis* Lange-Bert. (5%), *Eunotia minor* (5%),

E. bilunaris (4%), *Achnantheidium pusillum* (3%), *Diatoma mesodon* (Ehrenb.) Kütz. (3%), *Tabellaria fenestrata* (3%), *Peronia fibula* (Bréb. ex Kütz.) Ross (3%), *Eunotia arcus* var. *arcus* (3%) であった。

流水に産する分類群(*Diatoma mesodon*: 好流水性(原口ら 1998))も産するが, 湿原に普通に見られる *Eunotia* 属の頻度が高い。*Peronia fibula* は腐植型池沼に出現する好酸性種(渡辺ら 2005)である。

謝辞

尾瀬沼調査に参加させていただいた, 群馬県衛生公害研究所(現群馬県衛生環境研究所)に感謝いたします。

引用文献

- 赤松昭光 1979. 尾瀬沼. In: 群馬県百科事典 p. 150. 上毛新聞社, 前橋.
- Fukushima, H. 1954. Diatoms flora of Oze. 日本学術振興会編. 尾瀬ヶ原総合学術調査団研究報告. 590-601.
- 浜 篤・飯島敏雄・永沼 治・村松 淳 1982. 諏訪地方の藻類. In: 諏訪の自然史・陸水編編集委員会(編)諏訪の自然史陸水編 pp. 421-538. 信教印刷・長野.
- 原口和夫・三友清史・小林 弘 1998. 埼玉の藻類. 珪藻類. In: 伊藤 洋(編)1998年版埼玉県植物誌. pp. 527-600. 埼玉県教育委員会. 埼玉県.
- 平野 実 1976. 尾瀬の珪藻. 梅花女子短期大学紀要. 25: 75-88.
- Hustedt, F. 1942. Diatomeen aus der Umgebung von Abisko in schwedisch Lappland. Archiv für Hydrobiologie, Bd. 39, Heft 1, S. 87-174.
- 出井雅彦・南雲 保 1995. 無縦溝珪藻 *Fragilaria* 属(狭義の)とその近縁属. 藻類 43: 227-239.
- 岩橋八洲民 1936. 日本淡水産中心型珪藻(其五). 植物研究雑誌 12: 121-127.
- 小島貞夫・小林弘 1976. 素顔の水処理生物総集版 I. 水 18: 1-96. 月刊「水」発行所, 東京.
- 小林弘, 出井雅彦, 真山茂樹, 南雲保, 長田敬五 2006. 小林弘珪藻図鑑 第1巻, 内田老鶴圃, 東京.
- 河島綾子・小林 弘 1994. 阿寒湖の珪藻(2. 羽状類-広義の *Fragilaria*). 自然環境科学研究 7: 9-22.
- Krammer, K. 2000. The genus *Pinnularia*. 703 pp. In: Lange-Bertlot, H. (ed.) Diatoms of Europe: Diatoms of the European Inland Waters and Comparable Habitats 1. A. R. G. Gantner, Ruggell.
- Krammer, K. 1997. Die cymbelloiden Diatomeen Eine Monographie der weltweit bekannten Taxa, Teil 2. *Encyonema* part., *Encyonopsis* and *Cybellopsis*. Bibliotheca Diatomologica Band 37. Cramer, Berlin · Stuttgart.
- 根来健一郎 1953. 尾瀬高層湿原の珪藻フロア. 藻類 1: 1-4.
- 南雲保・三橋扶佐子・田中宏之 1998a. 群馬県倉沢地域の更新世湖沼性堆積物の珪藻. 日本歯科大学紀要(一般教育系)27: 167-178.
- 南雲保・出井雅彦・田中宏之・田中次郎 1998b. 尾瀬ヶ原湿原の藻類, 特に珪藻類とカワモズクについて. 823-829. In 尾瀬の総合研究. 尾瀬総合学術調査団 pp. 1-868. 東京.
- 南雲 保・長田敬五 1999. 珪藻類の観察と研究. 415-434. In: 山岸高旺(編)淡水藻類入門. 内田老鶴圃, 東京.
- Potapova, M. 2014. Diatoms of Bering Island, Kamchatka, Russia. Nova Hedwigia, Beiheft 143: 63-102.
- Round, F.E., Crawford, R. M. & Mann, D. G. 1990. The diatoms, biology and morphology of the genera. 747 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Skvortsov, B.V. 1938. Diatoms collected by Mr. Yoshikazu Okada in Nippon. The Journal of Japanese Botany 14: 52-65.
- 田中宏之 2014. 日本淡水化石珪藻図説-関連現生種を含む-. 602 pp. 内田老鶴圃. 東京.
- 田中宏之・中島啓治 1983. 尾瀬沼の珪藻—二つ岳降下軽石層以降の珪藻群集—. 群馬県立歴史博物館紀要 1983(4): 1-28.
- Tanaka, H. & Nagumo, T. 2005. *Puncticulata ozensis* sp. nov., a new freshwater diatom in Lake Oze, Japan. Diatom 21: 47-55.
- 田中宏之・南雲 保 2011. 赤城山大沼(群馬県)の珪藻. 日本歯科大学紀要. 40: 47-56.
- 氏家淳雄・栗田秀男・峰村 宏・矢島久美子 1985. 尾瀬沼における帰化植物“コカナダモ”の侵入について. 群馬県衛生公害研究所年報 17: 152-157.
- 渡辺仁治, 浅井一視 1995. 日本最強アルカリ温泉(pH 10.1)に出現した環境開拓者としての珪藻群集. Diatom 10: 1-7.
- 渡辺仁治, 浅井一視, 大塚泰介, 辻彰洋, 伯耆晶子 2005. 淡水珪藻生態図鑑. 666pp. 内田老鶴圃, 東京.
- Williams, D. M. & Round, F.E. 1987. Revision of the genus *Fragilaria*. Diatom Research 2: 267-288.
- Wojtal, A.Z. 2009. *Nupela marvanii* sp. nov., and *N. lapidosa* (Krasske) Lange-Bertalot in Poland with notes on the distribution and ecology of the genus *Nupela* (Bacillariophyta). Fottea 9: 233-242.