

事業場排水中の珪藻

吉澤一家

Diatom Assemblages in Industrial Waste Water

Kazuya YOSHIZAWA

キーワード：珪藻，事業場排水

珪藻は海水，河川，湖沼に限らず，蘚苔類の表面など適度な水分が存在すれば生息できる，単細胞の植物である。広範囲に生息していることと，生息環境と出現種に関する情報が蓄積されていることから，古環境の推定から現在の河川・湖沼の水質判定にまで幅広く用いられている¹⁻³⁾。特に河川の付着珪藻群集は，窒素，りんなどの栄養塩やBOD負荷量の多い排水の流入によりその組成に変化が生じることが知られている⁴⁾。しかし排水そのものに含まれる珪藻組成に関する報告は少ない。

ここでは種々の事業場からの排水に含まれている珪藻を調べることにより，排水が河川生態系に対する影響を検討するための基礎資料を得ることを目的として研究を行った。その結果を報告する。

観察試料及び観察方法

試料採取には，55事業場から河川などに放流される処理水（主に排水口で採取した排水）を用いた。その内訳としては，し尿処理施設（19），酸又はアルカリによる表面処理施設（10），下水道終末処理場（10），電気メッキ施設（7）をそれぞれ有する事業場が主なもので，残り9施設はその他の施設であった。

試料搬入後直ちに，約200mlを孔径0.45 μ mのニトロセルロースメンブランフィルター（Millipore HAWP 45）にてろ過し，ろ過された懸濁物をフィルターとともにビーカー中で適量の硝酸・硫酸を用いて分解した。分解液を遠沈し，上澄みを取り除いた後，蒸留水を加え洗浄した。酸性が確認できなくなるまで洗浄した試料を2mlにメスアップし，その1mlを用いて，観察用のプレウラックス封入プレパラートを作成した。

観察は光学顕微鏡を用いて1500倍で行い，同定には2000倍に拡大した顕微鏡写真を用いた。現在珪藻の分類体系の見直しが進められており，新属への移動が行われた種も多数あるが，ここでは種の同定は主にK.Krammer and H. Lange-Bertalot⁵⁾によって行い，多くは従来の

学名で標記した。

観察結果と考察

1. 各排水の水質

表1には各試料の水質（pH，導電率，BOD）を業種ごとに示した。それぞれの最低値と最高値は次のとおりであった。

pH : 6.0（し尿処理施設）～7.9（その他施設）

導電率：10mS/m（酸又はアルカリによる表面処理施設）～950mS/m（その他施設）

BOD : 3mg/l未満（14施設）～27mg/l（酸又はアルカリによる表面処理施設）

pHについては業種による差は見られなかったが，導電率については電気メッキ施設や酸又はアルカリによる表面処理施設などの無機系排水が，し尿処理施設などの有機系排水に比べ高い値を示す傾向が見られた。

2. 各排水中の珪藻

同じく表1には観察された珪藻殻数について，+（100殻以上），±（1～100殻），-（殻なし）で表記した。珪藻殻を多く含む試料はA～Iの記号を付したが，有機系排水で7施設，無機系排水では1施設，その他の施設は1施設と，有機系排水に珪藻が多く含まれている試料が多かった。しかし業種ごとの，検体数に対する珪藻殻が見られた試料数（+及び±）の割合では，無機系排水が52%（10施設/19施設），有機系排水が45%（13施設/29施設），その他29%（2施設/7施設）と無機系排水で見られる割合が高く，珪藻の有無は排水の質よりも排水時に行う滅菌の状態や，排水経路など個々の施設の条件に因るところが大きいと思われた。

表2には特に多く珪藻殻が観察された（+の排水），9試料について観察された珪藻を示した（アルファベット順）。表の右欄には図版の番号を併せて示した（図I～VI）。全試料で22属65種が観察された。最も多くの

種が見られたのは、18属34種が観察されたB施設（し尿処理施設）であり、他の有機系排水の施設からはほとんど10種以上が観察された。これに対し最も種数が少なかったのは3属3種のI施設（その他施設）であった。この施設は一般廃棄物（焼却灰）最終処分場で、処理水としては無機系に含まれた。次いで種数が少なかったのはA施設（酸又はアルカリによる表面処理施設）の3属4種で、同じく無機系排水であった。前者では *Caloneis bacillum* と *Pinnularia braunii* が、後者では *Nitzschia palea* がそれぞれ優占して見られた。これらの無機系排水では、pH、BODは有機系排水と差が見られないのに対し、導電率が約3～10倍ほど高かったことから、処理する排水の水質（特に溶存するイオン種）と処理方法に対して適合性のある種のみが生息でき、多様性が低くなったものと考えられた。一方、生物処理方式が用いられている有機系排水では、ばっ気槽などの好气的条件と栄養塩が豊富にあることから、生息可能な珪藻が多く存在したと考えられた。

全試料中、最も高頻度で観察されたのは、*Nitzschia amphibia*、*Nitzschia palea*、*Navicula seminulum* の3種で、6施設で確認できた。真山は付着珪藻を用いた

河川の水質判定のために、珪藻をA、B、Cの3つの識別珪藻群に分類している³⁾。これによれば、前述の *Nitzschia palea*、*Navicula seminulum* は識別珪藻群A（強汚濁耐性種）に分類され、試料が排水であることを考慮すれば、出現頻度や優占度が高いことをよく説明できた。このほか確認された珪藻で識別珪藻群に該当するものは次のとおりであった。

識別珪藻群A（強汚濁耐性種）：

Gomphonema parvulum, *Navicula goeppertiana*, *Pinnularia braunii* var. *amphicephala* (先の2種を含めて5種)

識別珪藻群B（中汚濁耐性種）：

Achnanthes exigua, *Cyclotella meneghiniana*, *Bacillaria paradoxa*, *Fragilaria vaucheriae*, *Aulacoseira granulata*, *Gomphonema pseudoaugur*, *Navicula confervacea*, *Navicula margalithii*, *Navicula pupula*, *Navicula trivialis*, *Nitzschia amphibia*, *Nitzschia clausii*, *Pinnularia gibba*, *Nitzschia intermedia*, *Synedra ulna* (15種)

識別珪藻群C（弱汚濁耐性種）：

その他の45種

表1 各試料の水質データと珪藻殻数

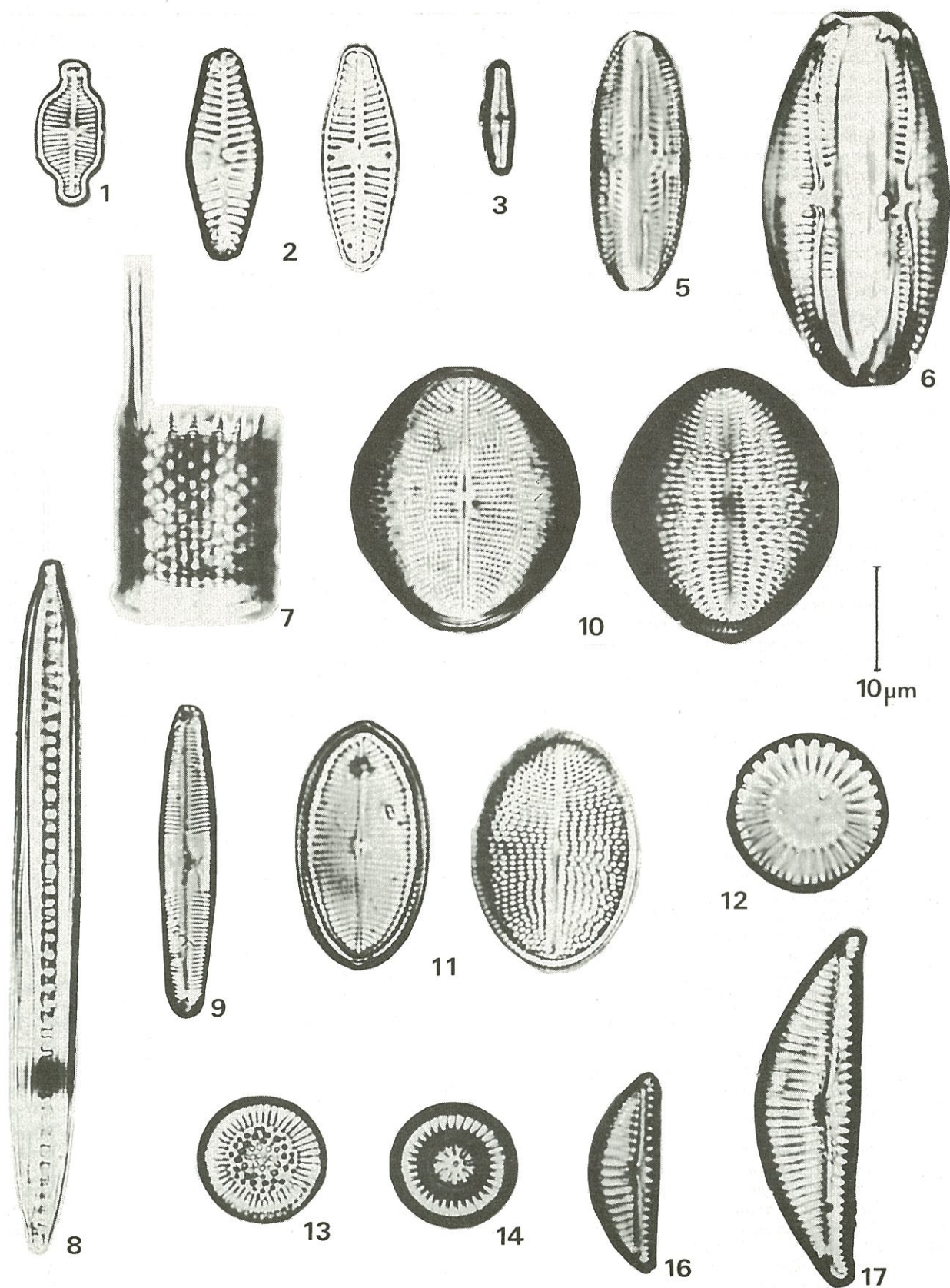
ガラス製造業の用に供する施設						し尿処理施設					
No.	BOD	pH	EC	珪藻数	記号	No.	BOD	pH	EC	珪藻数	記号
1	3	7.6	24	±		1	< 3	6.7	41	—	
2	7	6.7	94	±		2	< 3	7.3	43	—	
酸又はアルカリによる表面処理施設						3	16	6.4	27	—	
						4	3	6.0	37	—	
						5	5	7.6	130	—	
						6	< 3	7.5	60	+	B
						7	3	7.6	72	+	C
						8	4	7.1	88	—	
						9	3	7.6	120	—	
						10	< 3	7.3	32	—	
						11	4	7.2	39	±	
						12	< 3	7.5	36	±	
電気メッキ施設						13	11	7.5	76	—	
						14	< 3	7.1	74	+	D
						15	3	7.6	31	±	
						16	7	7.2	54	—	
						17	12	7.2	58	±	
						18	6	7.1	20	—	
						19	11	7.1	39	—	
その他の施設						下水道終末処理施設					
						1	6	6.4	36	—	
						2	< 3	6.8	40	—	
						3	< 3	7.0	58	±	
						4	3	7.3	37	+	E
						5	< 3	6.9	70	+	F
						6	3	7.0	37	+	G
						7	< 3	7.6	53	±	
						8	3	7.8	52	+	H
						9	< 3	7.1	33	—	
10	3	6.9	33	—							
その他の施設											
						1	4	7.2	33	—	
						2	6	6.4	100	—	
						3	4	7.1	50	—	
						4	5	7.3	450	±	
						5	< 3	7.5	710	—	
						6	3	7.1	610	+	I
7	< 3	7.9	950	—							

単位：BOD mg/l, 導電率 mS/m

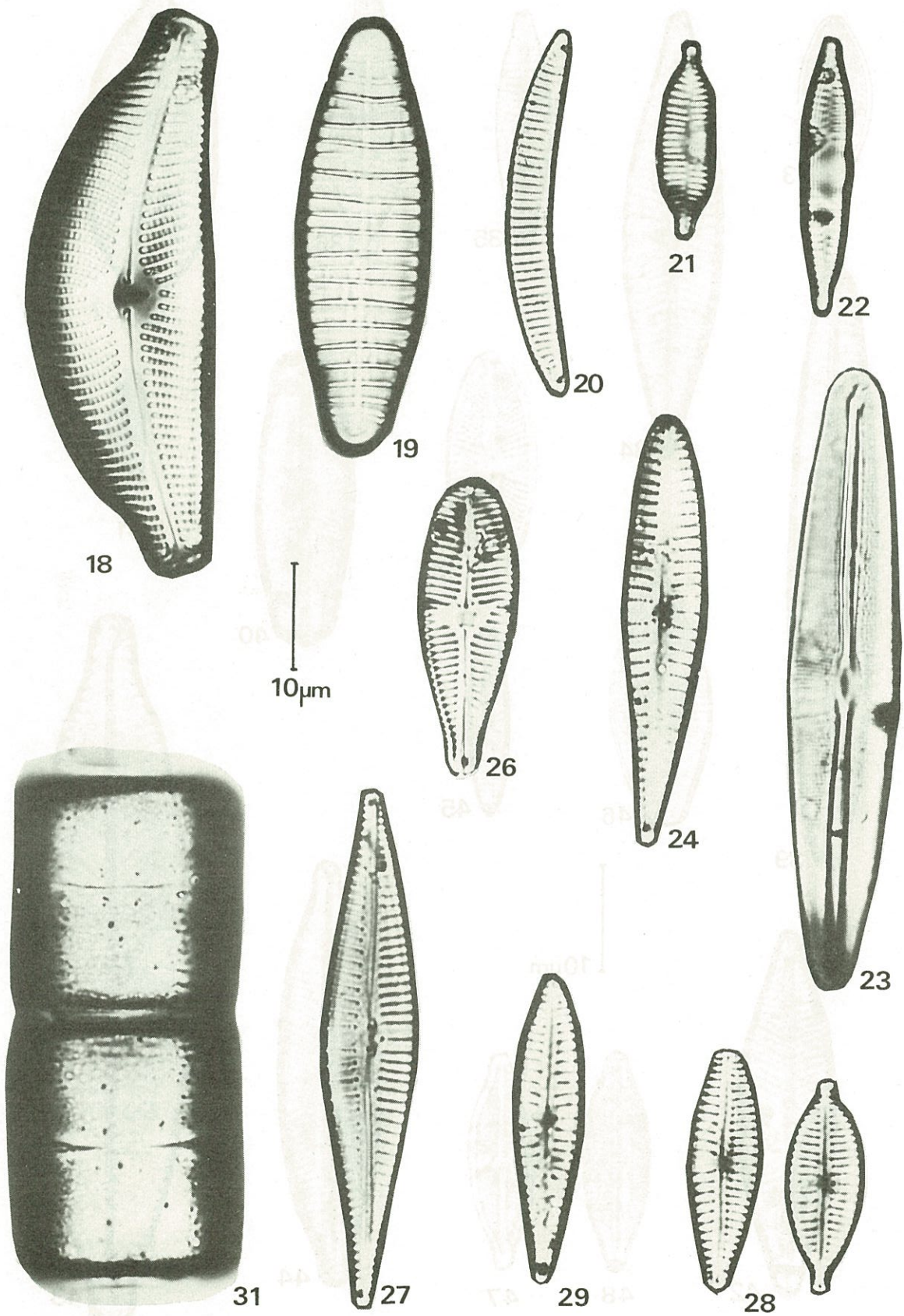
表2 出現種のリスト

(+:多く出現, *:出現, r:稀に出現)

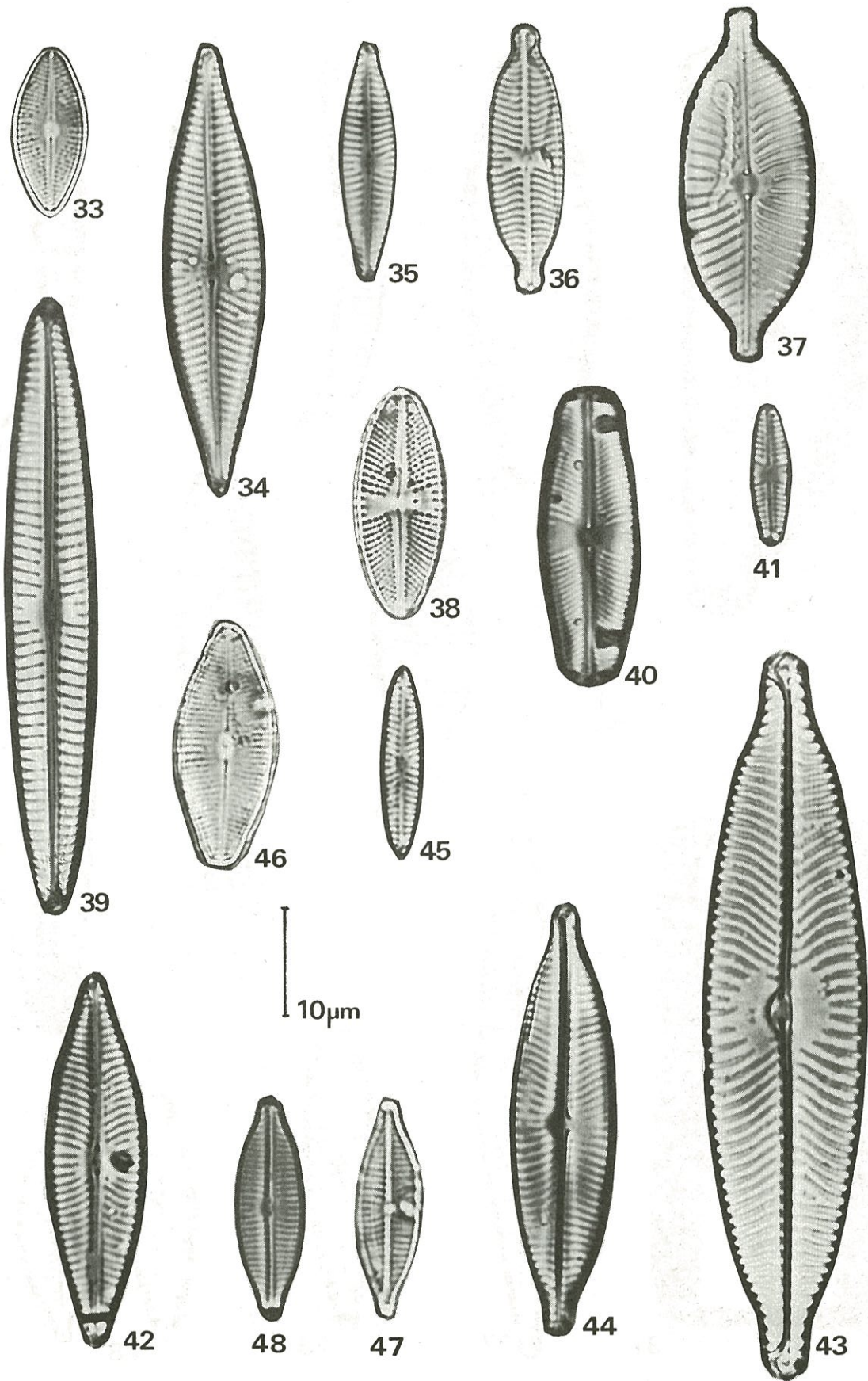
No.	種名	観察された試料									図版番号
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	<i>Achnanthes exigua</i>							r			I-1
2	<i>Achnanthes lanceolata</i>		+	*	r		*			r	I-2
3	<i>Achnanthes minutissima</i>				r			*			I-3
4	<i>Achnanthes</i> sp.							*			-
5	<i>Amphora</i> sp.1 (<i>inariensis</i> ?)				r						I-5
6	<i>Amphora</i> sp.2 (<i>libyca</i> ?)				r						I-6
7	<i>Aulacoseira granulata</i>						*	*			I-7
8	<i>Bacillaria paradoxa</i>		*								I-8
9	<i>Caloneis bacillum</i>									+	I-9
10	<i>Cocconeis pediculus</i>		r		r						I-10
11	<i>Cocconeis placentula</i>		+		r		*				I-11
12	<i>Cyclotella meneghiniana</i>		r								I-12
13	<i>Cyclotella radiosa</i>	r					*				I-13
14	<i>Cyclotella stelligera</i>		r	*							I-14
15	<i>Cymatopleura sorea</i>		r		r						VI-15
16	<i>Cymbella minuta</i>		*								I-16
17	<i>Cymbella silesiaca</i>		r								I-17
18	<i>Cymbella tumida</i>				r						II-18
19	<i>Diatoma vulgare</i>		r		r						II-19
20	<i>Eunotia bilunaris</i>		r					*			II-20
21	<i>Fragilaria capcina</i> var. <i>capitellata</i>		+								II-21
22	<i>Fragilaria vaucheriae</i>				r						II-22
23	<i>Frustria vulgare</i>		r								II-23
24	<i>Gomphonema angustum</i>								+		II-24
25	<i>Gomphonema clavatum</i>							*			II-25
26	<i>Gomphonema olivaceum</i> var. <i>minutissimum</i>		*								II-26
27	<i>Gomphonema pseudoaugur</i>			+							II-27
28	<i>Gomphonema parvulum</i>		*				*	*			II-28
29	<i>Gomphonema</i> sp.1. (<i>angustum</i> ?)						+	*	*	*	II-29
30	<i>Hantzschia amphioxys</i>		r								-
31	<i>Melosira varians</i>		r		r	r			r		II-31
32	<i>Navicula cuspidata</i>		r		r						VI-32
33	<i>Navicula confervacea</i>						*	*			III-33
34	<i>Navicula cryptocephala</i>		*		*						III-34
35	<i>Navicula cryptotenella</i>		+						*		III-35
36	<i>Navicula decussis</i>				*						III-36
37	<i>Navicula elginensis</i>				r						III-37
38	<i>Navicula goeppertiana</i>		*	+			*	*	+		III-38
39	<i>Navicula margalithii</i>				*						III-39
40	<i>Navicula pupula</i>		*		r	*			+		III-40
41	<i>Navicula seminulum</i>	r	*	*	*	*			*		III-41
42	<i>Navicula trivialis</i>		*			*					III-42
43	<i>Navicula viridula</i>				*						III-43
44	<i>Navicula viridula</i> var. <i>rostellata</i>		*								III-44
45	<i>Navicula</i> sp.1 (<i>tenelloides</i> ?)						*				III-45
46	<i>Navicula</i> sp.2						*				III-46
47	<i>Navicula</i> sp.3				*						III-47
48	<i>Navicula</i> sp.4 (<i>veneta</i> ?)				*						III-48
49	<i>Nitzschia amphibia</i>	r	*			*	*	*	r		IV-49
50	<i>Nitzschia clausii</i>				*	*					IV-50
51	<i>Nitzschia dissipata</i>								r		IV-51
52	<i>Nitzschia fonticola</i>		+								IV-52
53	<i>Nitzschia intermedia</i>		r								IV-53
54	<i>Nitzschia linearis</i>		r		r						IV-54
55	<i>Nitzschia palea</i>	+		*	+	*	*		+		IV-55
56	<i>Pinnularia braunii</i> var. <i>amphicephala</i>			*		*	*	*			IV-56
57	<i>Pinnularia gibba</i>			*		*	+	*	*		IV-57
58	<i>Pinnularia major</i>		*								VI-58
59	<i>Pinnularia braunii</i>									+	V-59
60	<i>Pinnularia viridis</i>					*					V-60
61	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>		*								V-61
62	<i>Surirella bifrons</i>		r								V-62
63	<i>Surirella robusta</i>		r								VI-63
64	<i>Synedra ulna</i>		+		*	*		r	*		V-64
65	<i>Synedra ulna</i> var. <i>oxyrhynchus</i>		+								V-65
属数	22属	3	18	6	11	6	8	8	6	3	
種数	65種	4	34	7	25	13	12	13	12	3	



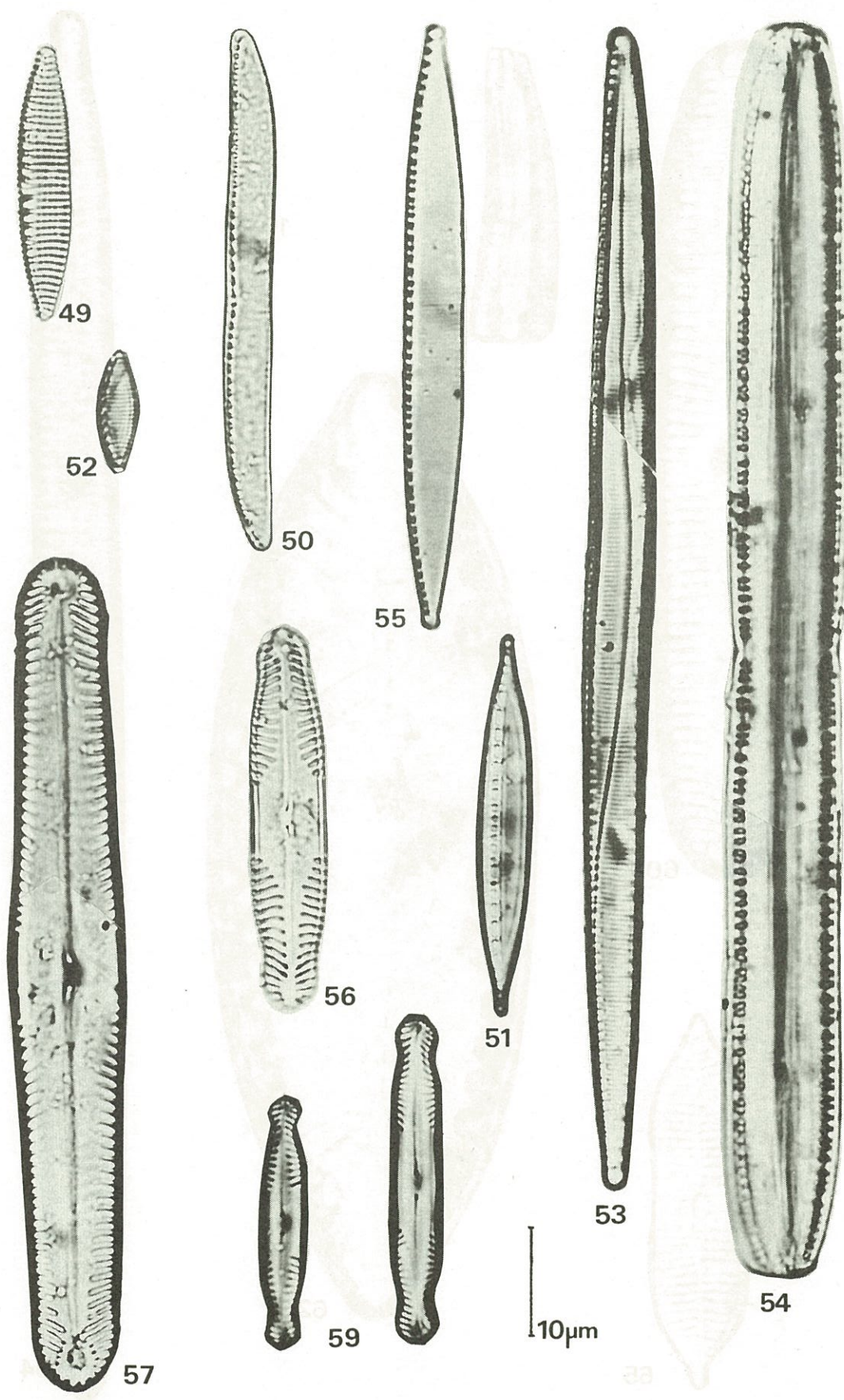
図I 観察された珪藻



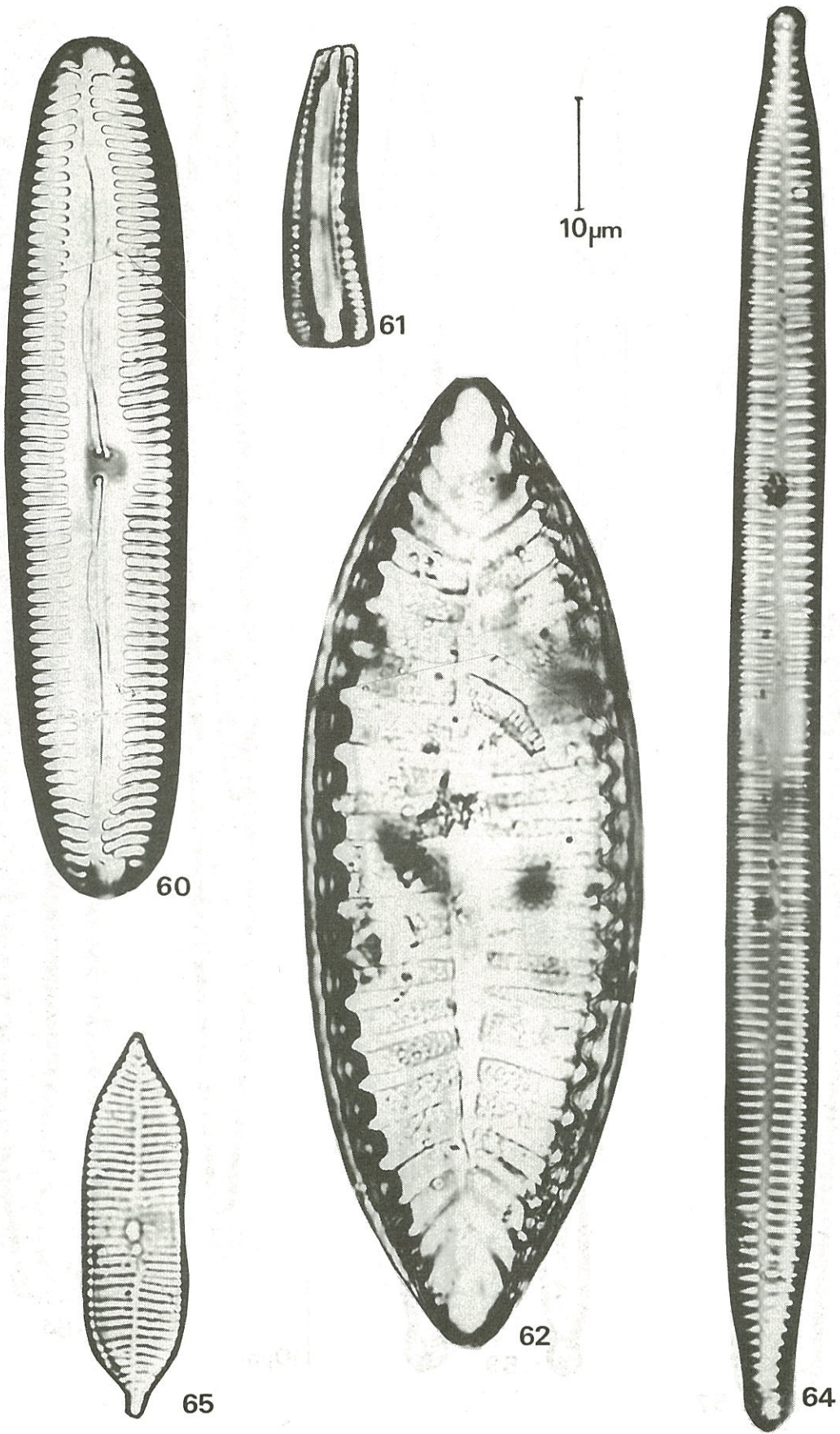
図II 観察された珪藻



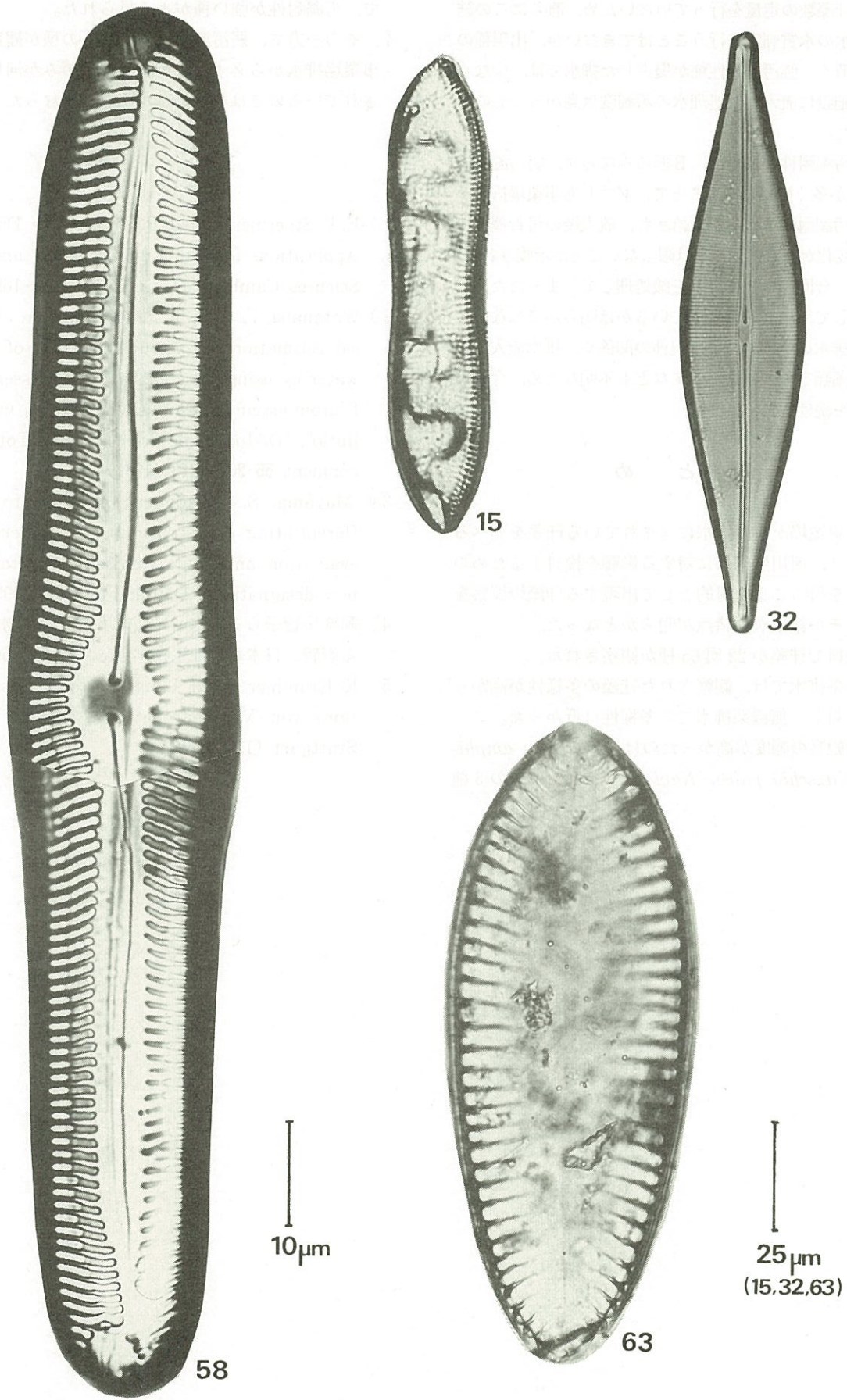
図Ⅲ 観察された珪藻



図IV 観察された珪藻



図V 観察された珪藻



図VI 観察された珪藻

今回は珪藻数の定量を行っていないため、直ちにこの結果から排水の水質判定を行うことはできないが、出現種の多様性が低く、強汚濁耐性種が優占した排水では、少なくとも処理施設に流入した処理水の汚濁度は高かったものと考えられた。

また、汚濁耐性があるA、B群のみならず、弱汚濁耐性種のC群が多く観察されたことで、必ずしも事業場排水から河川に汚濁耐性種のみが供給され、流入後の付着藻類の生態系に変化が生じているとは限らないことが示唆された。

ただし、今回は全ての珪藻を酸処理してしまったため、生細胞として河川に放出されているかは明らかではなかった。また排水の処理方法と出現種の関係や、排水流入後の河川付着藻類との関連についてなども不明なため、今後さらに観察を続ける必要がある。

ま と め

種々の事業場からの排水に含まれている珪藻を調べることにより、河川生態系に対する影響を検討するための基礎資料を得ることを目的として出現する珪藻の観察を行った。その結果次の諸点が明らかとなった。

1. 全試料で珪藻が22属65種が観察された。
2. 有機系排水では、観察された珪藻の多様性が高かったのに対し、無機系排水での多様性は低かった。
3. 最も観察の頻度が高かったのは、*Nitzschia amphibia*, *Nitzschia palea*, *Navicula seminulum* の3種

で、汚濁耐性が強い種がよく見られた。

4. その一方で、弱汚濁耐性種も多くの種が観察され、事業場排水から必ずしも汚濁耐性種のみが河川に供給されているのではないことが明らかとなった。

文 献

- 1) E. F. Stoermer and J. P. Smolc : The Diatoms : Applications for the Environmental and Earth Sciences, Cambridge Univ. Press. 128~168 (1999)
- 2) Watanabe, T., Asai, K., and Houki, A. : Numerical estimation to organic pollution of flowing water by using the epilithic diatom assemblage - Diatom assemblages index to organic water pollution (DAIpo). The Science of the Total Environment 55 209~218 (1986)
- 3) Mayama, S. : Taxonomic revisions to the differentiating diatom groups for water quality evaluation and some comments for taxa with new designations. Diatom, 15 1-9. (1999)
- 4) 阿部早智子ら : 下水道処理排水の河川生物相に与える影響, 日本水処理生物学会誌, 32 51~59 (1996)
- 5) K. Krammer and H. Lange-Bertalot : Süßwasserflora von Mitteleuropa 1~4. Gustav Fischer, Stuttgart (1986-1991)