

奈良市の廃水別放流出口の付着藻類（第3報）

小 杉 廸 子

Apposite Algae in Drainage Water from Various Origins of Waste Water in Nara City (Third Report)

MICHIKO KOSUGI

本調査も今年で三年目を迎えた。年間を通して3~5回の採集を行なったが、珪藻の種類数、出現頻度、優占種など少しずつではあるが変動を来している。そこで3年間の資料を比較しながら4系統の廃水について検討したいと考える。今年（60年）の珪藻の種類数は変種を含めて90種で、58年は88種、59年は115種で昨年比に減少している。

4系統の廃水のうちB系統（調整池）の清美事業が行なっている処理水の出口において、付着物の色が赤褐色を呈し、これは多分鉄分が多いのではないかとされているが、その状況を図版1の写真に示した。

I. は じ め に

この調査は1, 2報と同じく奈良市の「土地改良清美事業」にかかわる「環境保全対策」に関連して1978年より実施されて来た生態系調査の一環として行なったものである。この清美事業は奈良市内より放出された一般ゴミの焼却灰を山間に投入し、それより生ずる廃水を処理場で第3次まで処理を行ない、一旦調整池に集めた上で放流を行なっているものである。4水系を簡単に説明すると次のようである。

A水系：山間部を流れる小川でB水系の稀釈のために利用されている。

B水系：処理場で処理された廃水にA水系の水が混入したものである。

C水系：ホテルのし尿浄化槽よりの廃水。

D水系：Aの水を汲み上げ、濾過後生活水として使用した廃水。

調査は1984年7月31日、10月28日、1985年2月2日、3月28日、5月21日の5回にわたって行なった。

II. 方 法

1. 調査方法、資料の酸処理、永久プレパラートの作成ならびに写真撮影は前報と同じ方法で行なったため省略する。

2. 珪藻の計数

作成したプレパラート上に含まれる珪藻を資料の少ない場合には全体を、多数の場合は30視野を種類別に計数した。この場合の総個体数は各 Station によって異なるが、約350~700個体を数えた。個体数の表現は相対的な多少を記号で次のように示した。

- +：非常に少ない（計数視野内1~20個体）
- ++：少ない（" 21~50個体）
- +++：普通（" 51~80個体）
- ####：多い（" 81~100個体）
- *：非常に多い（" 100個体以上）

III. 結 果 と 考 察

St. B において、資料の酸処理後、水洗の際に泡が浮上することや、作成したプレパラート中に珪藻が沈

表1 A, B, C, Dの各放流口で出現した珪藻

種 類	年 月				1984・7				1984・10				1985・2				1985・3				1985・5				出現 合計
	Station				A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
<i>Achnanthes clevei</i>									+															1	
<i>A. conspicua v. brevistriata</i>									+	+														2	
<i>A. exigua</i>																		+						1	
<i>A. hungarica</i>																							+	1	
<i>A. lanceolata</i>	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+	19	
<i>A. lanceolata v. minuta</i>									+									+			+			3	
<i>A. lanceolata v. rostrata</i>														+										1	
<i>A. laterostrata</i>									+											+				2	
<i>A. linearis</i>	+++	+	++	+	++	+	++	++	++	+	*	++	+	++	+	++	+	++	+	++	+	++	++	19	
<i>A. linearis v. pusilla</i>	+								+	+														3	
<i>A. minutissima</i>	+		+		+		+	++	+	+	+	+			+	+					+		11		
<i>A. petersoni cf.</i>									+					+				+						3	
<i>Amphora ovalis</i>	+				+	+	+	+		+														5	
<i>A. pedisculus v. minor</i>									+															1	
<i>A. robusta v. tenuissima</i>																		+						1	
<i>Bacillaria paradoxa</i>											+													1	
<i>Caloneis bacillum</i>				+	+										+	+								4	
<i>Cocconeis placentula</i>					+	+	+	+																3	
<i>C. placentula v. euglypta</i>	+				+	+	+	+	+	+	+				+	+						+	10		
<i>Cymbella sinuata</i>							+																	1	
<i>C. tumida</i>													+	+										2	
<i>C. turgidulla</i>														+										1	
<i>C. turgidulla v. nipponica</i>							+																	1	
<i>C. ventricosa</i>	+				+					+			+		+									4	
<i>Eunotia pectinalis</i>							+																	1	
<i>Fragilaria construens</i>									+															1	
<i>F. construens v. venter</i>									+															1	
<i>F. pinnata</i>											++					++					++	++		5	
<i>F. virescens v. birostrata</i>																			+					1	
<i>Frustulia vulgris</i>		+	+		+	+	+	+		++	+		+	++	+		+	+		+	+	+	12		
<i>Gomphonema angustatum</i>							+			+														3	
<i>G. angustatum v. productum</i>						+		+	+	+		+	+	+	+						+			9	
<i>G. clevei v. inaequilongum</i>	+					+																		2	
<i>G. intricatum</i>	+	+				+	+				+	+										+		7	
<i>G. lanceolata</i>													+											1	
<i>G. olivaceum</i>													+											1	
<i>G. parvulum</i>	++	+	+++	+	++	++	+++	++	++	++	+	+++	+	+	++	+	+	+	+	+	+	++	++	20	
<i>G. parvulum v. exilissimum</i>	+		++				++	++			++				+					+				7	
<i>G. parvulum v. micropus</i>	+				+	+	+	+	+	+	++	++				+			+	++				11	
<i>G. tetrastigmaum</i>				++		+				+				+	+				+					6	
<i>Gyrosigma acuminatum</i>							+																	1	
<i>Hantzschia amphioxys</i>									+															1	
<i>H. amphioxys v. vivax</i>						+																		1	
<i>Melosira varians</i>				+++	+		+			+			++		+		+	+	+	+				9	
<i>Navicula contenta f. biceps</i>						+	++												+		+			5	
<i>N. cryptocephala</i>		+	+			+				+	+	+	*	++	+	*	++	++	++	+++	+++	+++	+++	14	
<i>N. cryptocephala v. exillis</i>						+									++	+			+	++	++	++	++	7	
<i>N. cryptocephala v. intermedia</i>	+			+	+	+	+	+																4	
<i>N. cuspidata v. ambigna</i>							+								+									2	
<i>N. dicephala</i>						+	+					+		+		+								5	
<i>N. gracilis</i>	+	+	+		+		+			+++	+			++	+				+	+				11	

表 1

種 類	年 月		1984・7				1984・10				1985・2				1985・3				1985・5				出現 合計						
	Station		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D							
<i>N. gregaria</i>			+		++		++		++		+	+		+		++	*	*		++		++		++		++		15	
<i>N. hungalica v. capitata</i>							+																					1	
<i>N. lanceolata</i>						+																						1	
<i>N. meniscus</i>			+	+			+	+					+													+		7	
<i>N. oppugnata v. exilis</i>						+																						1	
<i>N. peltoensis cf.</i>											+								+			+						3	
<i>N. pupula</i>								+	+										+									3	
<i>N. pupula v. capitata</i>																										+		1	
<i>N. radiosa</i>							++		+	+																		4	
<i>N. radiosa v. tenella</i>							+		+	+																		3	
<i>N. rostellata</i>									+																			1	
<i>N. rostellata v. nipponica</i>							+				+		+		+		+	+	+							+		7	
<i>N. salinarum v. tenuirostris</i>																												1	
<i>N. subcapitata</i>						+	++		++	+	+			+	+				+			+		+		+		10	
<i>Neidium bisulcatum</i>									+																			1	
<i>Nitzschia amphibia</i>							+		+	+		++																5	
<i>N. clausii</i>																									+	+			2
<i>N. commutata</i>							+																					1	
<i>N. dissipata</i>							++		+				+	+												+	+	7	
<i>N. filiformis</i>																									+	+	+	3	
<i>N. fonticola</i>																									+	+		4	
<i>N. frustulum v. perpusilla</i>			+					+			+		+	+										+	+			8	
<i>N. gracillis</i>												+												+				3	
<i>N. kützingiana</i>											+			++	+								+	+	+	+	+	10	
<i>N. linearis</i>								+		+				++	+		++		++		++		++		++		++	8	
<i>N. palea</i>			+				++		+		++		+	+	+	+							+	+	+	+	+	15	
<i>N. palea v. tenuirostris</i>																												1	
<i>N. parvula</i>									+		+												+		+			4	
<i>N. solgensis</i>								+		+	++		+	++		+		++	++	++		+	++	+		++	+	13	
<i>Pinnularia interrupta f. minor</i>									+		+																	2	
<i>P. microstauron</i>									+		+																+	3	
<i>P. mutilata</i>			+	++		++		+	+	+		++	+	+				++		+		++		++		+		13	
<i>P. biceps v. amphicephala</i>									+																			1	
<i>Rhoicosphenia curvata</i>			++					+					+	+									+					6	
<i>Stauroneis anceps</i>									+																	+		2	
<i>S. phoenicentron v. crumenifera f. rostrata</i>								+	+																			2	
<i>Surirella angusta</i>									+				+	++	+	+							+	+	+			8	
<i>S. liuearis</i>									+																			1	
<i>S. ovata</i>								+				+											+	+				5	
<i>S. ovata v. pinnata</i>																												1	
<i>S. venusta</i>																												1	
<i>Synedra ulna</i>								++		+	+		++	+		+	+		+		+		+		+			10	

澱物に付着して写真撮影に困難を来すことはなかった。しかし、後程詳しく述べるが、St. B における珪藻の出現種類数が今までより減少し、ごく限られた3種類ばかりの珪藻が増殖している事が認められた。この現象は明らかに水質が汚濁しつつあることを示すもので、化学的な分析の結果だけでは判断しがたい問題

を含んでいるようである。水の匂い(残留塩素臭?)、沈澱物の色等から見ても果して珪藻のような微生物が正常な状態で生活し、そして増殖をするとは考えられないのである。それぞれに重要な意味を持つ4つの廃水がやがては河川(菩提山川)に流入することから、我々の生活の中で生きている川を保持してゆくために

大切な問題を投げかけているようである。

前記の方法で同定した珪藻のリストを表1に示した。

1. 種類数

出現した全種類数は90種(変種を含む)で昨年(59年)より減少している。各 Station の種類数の平均値

表2 調査時・St. 毎の珪藻の種類数

St.	年月				
	1984・7	1984・10	1985・2	1985・3	1985・5
A	20	44	17	28	20
B	8	29	12	17	22
C	11	12	28	18	17
D	26	33	27	33	22
全体種数	41	68	43	50	41

は St. A が26, St. B が18, St. C が17, St. D が28種を示した。今年は St. D が最も多かったが、一般的に見てどの Station も前年に比べて減少している。このことは今まで多かった St. A や St. D の水質さえも変化しつつあるのではないだろうか。季節的に見ると1984年10月が最も多く次に1985年3月, 2月, 1984年7月と1985年5月が最小となっている。珪藻は夏の盛りには増殖が減少すると言われているが, 2月に種類数が少ないのは, 全水系に何らかの変化が起きたものと考えられる。

2. 優占種の分布状況

表1に示した出現合計は1 St. に1回出現したものを1点として数えたもので, 20回中10回出現した種類(16種)を選び出し, 各 Station ごとに, その種類数が全体に占める割合を算出したのが表3である。1984

表3 優占種の分布状況

年月 St.	1984・7				1984・10				1985・2				1985・3				1985・5			
	A B C D				A B C D				A B C D				A B C D				A B C D			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
総種類数 ①	20	8	11	26	44	29	12	33	17	12	28	27	28	17	18	33	20	22	17	22
優占種数 ②	11	7	6	9	15	8	6	16	10	11	13	15	12	11	10	16	10	12	8	14
②÷①×100 (%)	55.0	87.5	54.5	34.6	34.1	27.6	50.0	48.5	58.8	91.7	46.4	55.6	42.9	64.7	55.6	48.5	50.0	54.5	47.1	63.6

年7月では St. B が87.5%を示し, 8種中7種までが優占種である。また1985年2月においても St. B が91.7%を示し, 12種中11種までが優占種である。このことは St. B において優占種以外の種類が殆んど出現

していないわけである。

3. 優占種の3年間の比較

前記と同じく1 St. 1回出現したものを1点として数え年間50%以上出現した種類を選び出し, その各々

表4 各 Station の優占種の年別比較

種類	年, 出現率		
	1983 (%)	1984 (%)	1985 (%)
<i>Achnanthes lanceolata</i>	100	93.8	95.0
<i>A. linearis</i>	75	100	95.0
<i>A. linearis v. pusilla</i>		68.7	
<i>A. minutissima</i>		56.2	55.0
<i>Cocconeis placentula</i>		50.0	
<i>C. placentula var. euglypta</i>			50.0
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	58.3		
<i>Fragilaria construens</i>	58.3		
<i>Frustulia vulgaris</i>	83.3	68.7	60.0
<i>Gomphonema angustatum</i>	75.0	56.2	
<i>G. angustatum var. productum</i>	91.7	75.0	
<i>G. apicatum</i>	66.7	62.5	
<i>G. intricatum</i>	50.0		
<i>G. parvulum</i>	100	100	100
<i>G. parvulum v. exilissimum</i>	58.3		
<i>G. parvulum v. micropus</i>	75.0	75.0	55.0
<i>G. tetrastigmatum</i>	58.3		

表 4

種 類	年, 出現率	1983 (%)	1984 (%)	1985 (%)
<i>Gyrosigma acumintum</i>		50.0		
<i>Navicula cryptocephala</i>		100	100	70.0
<i>N. cryptocephala v. exilis</i>			75.0	
<i>N. gracilis</i>		100	68.7	55.0
<i>N. gregaria</i>			87.5	75.0
<i>N. menisculus</i>		66.7	50.0	
<i>N. pseudogracilis</i>			56.2	
<i>N. rostellata v. nipponica</i>		66.7		
<i>N. subcapitata</i>				50.0
<i>N. viridula</i>		50.0		
<i>Nitzschia amphibia</i>		58.3	50.0	
<i>N. dissipata</i>		58.3		
<i>N. filiiformis</i>			62.5	
<i>N. kützingiana</i>			50.0	50.0
<i>N. linearis</i>		83.3	68.7	
<i>N. palea</i>		100	100	75.0
<i>N. solgensis</i>			81.3	65.0
<i>Pinnularia mutilata</i>		83.3	75.0	65.0
<i>Surirella angusta</i>		58.3		
<i>S. ovata</i>		50.0	50.0	
<i>Synedra ulna</i>				50.0

について年別に比較したのが表4である。'83年は26種、'84年は25種、'85年は16種と今年はかなり減少している。3年間を通して優占種になったものは、*Achnanthes lanceolata*, *A. linearis*, *Frustulia vulgaris*, *Gomphonema parvulum*, *Navicula cryptocephala*, *N. gracilis*, *Nitzschia palea*, *Pinnularia mutilata* の8種である。また、'83年のみ優占種だったものは、*Cyclotella meneghiniana*, *Fragilaria construens*, *Gomphonema intricatum*, *G. parvulum var. exilissimum*, *G. tetrastigmatum*, *G. apicatum*, *Navicula rostellata v.*

nipponica, *N. viridula*, *Nitzschia dissipata*, *Surirella angusta* の10種である。'84年のみ優占種は *Achnanthes linearis var. pusilla*, *Cocconeis placentula*, *Navicula cryptocephala var. exilis*, *N. pseudogracilis*, *Nitzschia filiiformis* の5種であり、'85年は *Cocconeis placentula var. euglypta*, *Navicula subcapitata*, *Synedra ulna* の3種のみである。このような優占種の変動は水質の変化を物語るものであり、珪藻のみから考えても群集構造の単純化を示しているものと考えられる。

表5 各 Station の5回出現種と出現頻度

種 類	出現頻度他	出現頻度 (%)				生物指標
		A	B	C	D	
<i>Achnanthes lanceolata</i>		13.3	10.8	11.1	7.2	β ms~Os (A)
<i>A. linearis</i>		(22.5)	11.8	19.2	18.7	Ps~ β ms (B)
<i>Frustulia vulgaris</i>		15.8	17.2	2.0	9.4	β ms (B)
<i>Gomphonema parvulum</i>		3.3	17.2	(31.3)	5.8	Ps~ β ms (B)
<i>G. parvulum var. exilissimum</i>		1.6	0	16.2	3.5	(B)
<i>Navicula gregaria</i>		(24.2)	9.7	7.1	(23.0)	Ps~ β ms (B)
<i>N. subcapitata</i>		7.5	2.2	2.0	11.5	
<i>Nitzschia palea</i>		8.3	4.3	9.1	11.5	Ps~ β ms (B)
<i>Pinnularia mutilata</i>		3.3	(26.9)	2.0	9.4	

() 内は最優占種

4. '85年最優占種の分布状況

各 Station から出現回数5回の種類（9種）を選び出し、各種についての出現頻度（個体数/総個体数×100）を各 Station 毎に算出した。これにより最優占種として（出現頻度20%以上）次の4種類を決定したが、*Achmanthes linearis* は St. A のみの優占種であり、*Gomphonema parvulum* は St. C のみであり、*Navicula gregaria* は St. A と St. D であり、*Pinnularia mutilata* は St. B のみの優占種である。また各種とも個体数が著しく減少し、他の5種に比べて出現頻度の差があまりなく、全体的に見て、出現率も出現頻度も低下している。また *Gomphonema parvulum* var. *exilissimum* は St. C のみに5回出現し、全体としては7回の出現しか見えていない。優占種の生物指標が $\beta ms \sim Ps$ に属することから考えても水質の点検がますます重要になって来るであろう。

5. 水質の汚濁度

水質の汚濁度を示す指標として次のものを使用した。（福島，津田，森下らによる）

Os : 貧腐水性
 βms : β 中腐水性
 αms : α 中腐水性
 Ps : 強腐水性

Os < βms < αms < Ps の順に汚染度の強くなることを示す。（津田・森下）

表5の生物指標の欄に各種の指標を示した。また同じ表の（ ）内のA, B, Cは各種が水の汚濁度に耐える程度を示したものである。

- A : 清冽な水域にのみ出現する。
- B : 清冽・汚濁のどちらにも出現する。
- C : 汚濁水域にのみ出現する。

汚濁の生物指標（Biotic Index）は Beck の 2A + Bを用いて算出した。今年是最優占種が9種のみであったため数値が偏ることを考えて、表4に選び出した16種について行なった。その結果B. I. が St. A では49, St. B は40, St. C は37, St. D は56となり、D, A, B, Cの順に汚染が弱いことを示している。ただここで考えねばならないのは St. D が何故1位な

のかとすることである。St. A の水を汲み上げて濾過し、生活水として使用した廃水であるが使用量が多いためか或いは洗剤等の混入があるのか一度調査する必要がある。

6. 多様性指数

Shannonの多様性指数は次式により示される。

$$H' \Sigma = p_i \ln p_i$$

p_i は種の存在確率、すなわちある種の個体数/総個体数である。

多様性は群集を構成する種類の豊富さと個体数の均一性によって決まり、種類が多く個体数が均等なほどその値が大きくなる。

ここでは各 Station の季節的な群集構造の変化を見

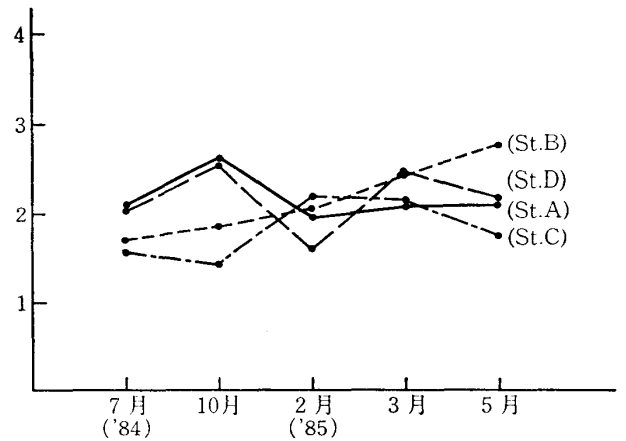


Fig. 1 各 Station の季節的多様性指数 (bit)

ることとした。その結果を図1に示した。St. A と St. D では1984年の10月が多様性に富み、1984年7月と1985年の順位が入れ替っただけで似ている。St. B と St. C ではまちなまちで2水系の群集構造の違いをよく表している。

7. 各 Station の水質

St. A, B, C, Dにおける水質に関しては、奈良市で1ヶ月に一度検査が行なわれているのでその測定値を頂いて表6に示した。ただ私共の調査日時とびったり

表6 各 Station の水質 (1984~1985)

項目	St. 年月	A				B				C				D			
		'84		'85		'84		'85		'84		'85		'84		'85	
		11/15	2/13	3/6	5/13	11/15	2/13	3/6	5/13	11/15	2/3	3/6	6/10	12/3	2/13	3/6	5/13
PH		7.6	7.7	7.7	7.5	7.1	7.1	7.2	7.3	7.8	—	—	7.9	7.8	7.7	7.8	7.9
BOD (mg/l)		3.5	1.8	1.7	1.3	2.1	3.7	3.4	3.2	12	—	—	4.8	1.1	5.7	0.3	1以下
COD (mg/l)		6.5	4.0	4.8	5.2	4.1	7.5	7.6	7.2	13	—	—	13	3.7	6.1	3.7	3.0
T-N		2.6	3.3	3.8	3.9	0.8	1.1	1.0	1.4	13	—	—	4.6	3.3	2.7	2.6	2.4

合わない場合には、その日時に近いものを選んだ。また、St. C では常時出口に流水がないために検査時に採水の出来なかった時は省略してある。上記で色々と検討して来た生物学的調査と、この化学的な測定値が一致している点はないだろうか。pH は7.1~7.9を占め大差はない。BOD, COD, T-N の高い St. C で種類数が少ないことは明らかである。逆に BOD, COD の値が比較的低い St. A, D において種類数や個体数が多いことも事実である。しかし、St. B において BOD, COD, T-N の測定値が他と大差がないのに何故生物相が単純なのであろうか。今後この4項目の他にもっと詳しい水質の検査が必要であると考えられる。

終りに S.58~59 年に見られた奇型種は殆んど出現しなかった。水質の変化でおびただしい増殖が起らなかったためとも考えられる。

処理水の放流が始まって3年目を迎えた今、珪藻に対する影響について言えることは種類も個体数もかなり減少していることである。多分良くはならないであろう水質の変化が、これから数年後にはどんなに変るのだろうかと考えると恐しい気持ちさえる。早急に各水系の調査や改善が望まれる所である。

Plate 1 1. 2. 1984年10月28日撮影
左側の放流口 A水系
右側の放流口 B水系 (全体が赤褐色をおびる。)

Plate 2 1. *Achnanthes lanceolata*
2. *A. linearis*
3. *A. minutissima*
4. *Cocconeis placentula* var. *euglypta*.
5. *Frustulia vulgaris*

6. *Gomphonema parvulum*
7. *G. parvulum* var. *micropus*
8. *Navicula cryptocephala*
9. *N. gracilis*
10. *N. gregaria*
11. *N. subcapitata*
12. *Nitzschia kützingiana*
13. *N. palea*
14. *N. solgesis*
15. *Pinularia mutilata*
16. *Synedra ulna*

謝 辞

この報告をまとめるに当り、調査資料公表の許可を快よく頂いた奈良市土地改良清美事務所、珪藻の同定に御指導を頂いた京大名誉教授平野実先生、調査や報告に御指導を頂いた大阪経済大学教授渋谷寿夫先生に心から厚く御礼申し上げます。

(1985年8月13日受理)

参 考 文 献

- 1) 小杉廸子：奈良市の廃水別放流出口の付着藻類，京都府立大学 学術報告書 理学・生活科学，第35号，1~11 (1984)
- 2) 渋谷寿夫：奈良市東南部および隣接地の生態学的調査，7. プリント (1984)
- 3) 福島 博・小林艶子：河川の水質汚濁と植物，植物と自然，2. 8~12 (1985)
- 4) 奥山秀樹・亀井 翼・丹保憲仁：貯水池における藻増殖と窒素・リンの関係，全国公害研究会誌，10 (1) 9~17 (1985)
- 5) Friedrich Hustedt: *Bacillariophyta (Diatomeae)*, *Süßwasser-Flora Mitteleuropas*, 10, 192~444 (1976)



1



2

Plate 2

