

# ダム水の間欠ばつ気による富栄養化対策について

水質課 古賀鉄也・小林孝弘・松田綾子<sup>\*1</sup>・光武隆久  
原崎孝子<sup>\*2</sup>・村山卓雄 公門 勉・植田千秋<sup>\*3</sup>

## 1 はじめに

近年湖沼においては、富栄養化が進み、これを水源とする上水道においては臭気（かび臭）による障害が生じている。武雄市においても、55年の春、上水道においてかび臭の苦情が発生した。この原因としては、市の上水道専用水源地である洲の尾ダム及び踊瀬ダムの水質が富栄養化し藻類の異状増殖による現象であることがわかった。このため武雄市では、踊瀬ダム水を間欠ばつ気することにより強制循環を行ったところ、上水道の臭気障害を解決することができた。このため我々は、この両ダムの水質の変化と、プランクトンの消長を調査し若干の所見を得たので報告する。

## 2 水源池の概要と臭気障害の発生状況

(1) 武雄市における上水道の水源地は、図1に示すとおり、洲の尾ダム（585万トン）及び踊瀬ダム（106万トン）を専用水源としている。踊瀬ダムの水をいったん洲の尾ダムへ送り利用する構造で1日最大給水量 11,400 m<sup>3</sup>（給水人口約 23,000人）が給水されている。この両ダムには水資源が少なく、かんがい期以外に河川より取水し貯留しているダムである。両ダムの水質をみても、踊瀬ダムの方が水質が悪く、富栄養化も進み藻類の発生も多くみられている。このため、踊瀬ダムに間欠ばつ気装置を設置し、55年3月より運転されている。

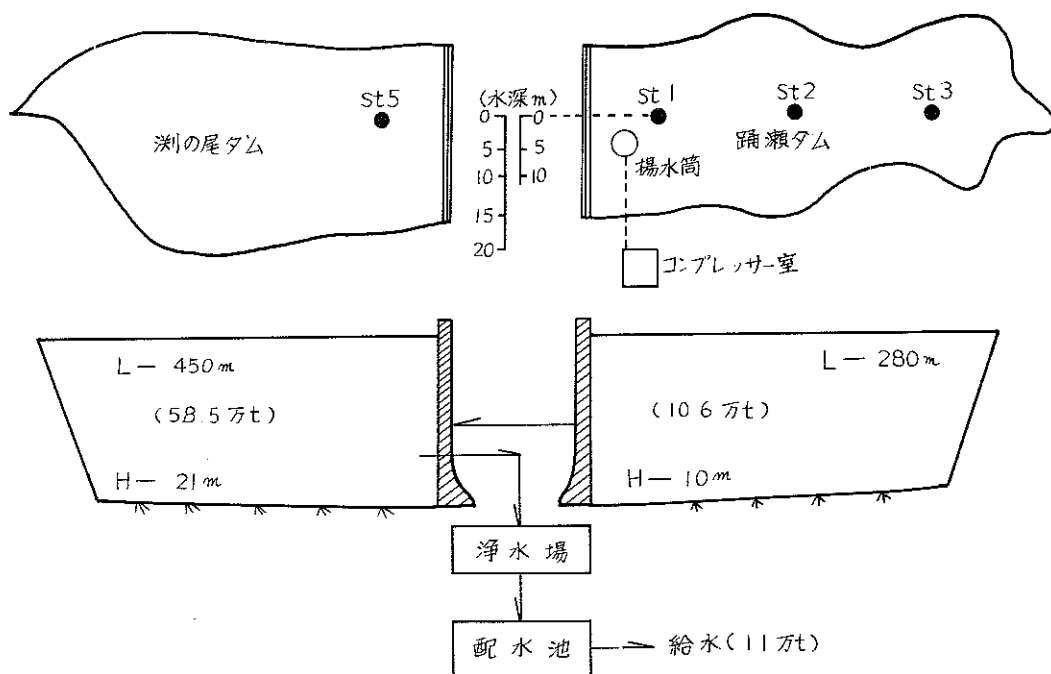


図1 調査地点及び水源地概要

\*1 松田綾子（神埼保健所） \*2 原崎孝子（鹿島保健所） \*3 植田千秋（佐賀保健所）

表1 上水道における臭気発生状況と対策

発生年月日		種類	原因	対策
踊瀬ダム	50. 8. 19	かび臭	植物性プランクトン	硫酸銅散布
	53. 7. 10	〃	〃	硫酸銅散布, 活性炭注入
	54. 5. 4	〃	〃	〃 〃
	55. 4. 20	〃	〃	〃 〃
測の尾ダム	50. 9. 10	〃	〃	硫酸銅散布
	53. 7. 7	〃	〃	硫酸銅散布, 活性炭注入
	54. 5. 2	〃	〃	〃 〃
	55. 4. 23	〃	〃	〃 〃

(昭和50年以降のもの 武雄市水道局調査)

上水道における臭気の発生については、46年ごろから毎年みられているが、最近における臭気発生状況は表1に示すとおり その対策としては 毎年同様の対症的な措置がとられていた。

### (2) 間欠ばつ気装置の概要

昭和56年3月から間欠ばつ気装置(図2)によりダム水を強制的に循環する方策がとられたが、その原理は、空気揚水筒(上部に浮室、中部は円筒、下部に吸水口と重錘からなり 垂直に自立する)の空気室に、陸上のコンプレッサーより空気を送り込む。室内にたまった空気は一挙に噴出し砲弾状の大気泡となって筒内を上昇する。この際筒内の水を伴って水面まで噴き上げる。この連続作用によって底層水と表層水を混合させ、ダム水を循環させる方法である。

### 3 水質等の調査方法

(1) 調査地点 図3に示すとおり 測の尾ダムについては、えん堤から湖心へ10mの地点(st-1)において、表層、5m、10m、20mの各層について、踊瀬ダムについては、えん堤から湖心へ10mの地点(st-1)において、表層、5m、10mの各層、及びst-2、st-3の表層について行った。検体の採取方法については、常法に

したがった。

(2) 調査内容 各検体について、理化学的項目(pH、DO、COD、SS、T-N、T-P)及び生物学的項目(クロロフィルa、プランクトン、藻類)について 常法にしたがって分析・検査を行った。

### 4 水質調査結果

(1) 対策前の水質 上水道に臭気が認められた56年の水質は、表2に示すとおりである。富栄養化の原因物質といわれるNPの濃度についてみると、測の尾ダムで、T-N 1.44 ppm、T-P 0.030 ppm、踊瀬ダムでT-N 1.60 ppm、T-P 0.090 ppmと両ダムとも高く、富栄養化指標(1973 坂本)からみて富栄養湖に属しており藻類の増殖が考えられる。

(2) 対策後の水質は資料1に示すとおりで、踊瀬ダムの水質が測の尾ダムに比し悪い。対策を行っている踊瀬ダムについてNPの挙動をみてみると、図4のとおり対策による変化はみられない。下層水(10m)が、5月・7月の調査で、NPのみでなくCOD、SS等高い値がみられるが、12月・2月の調査では 表層・下層ともおおむね均一状態になっている。

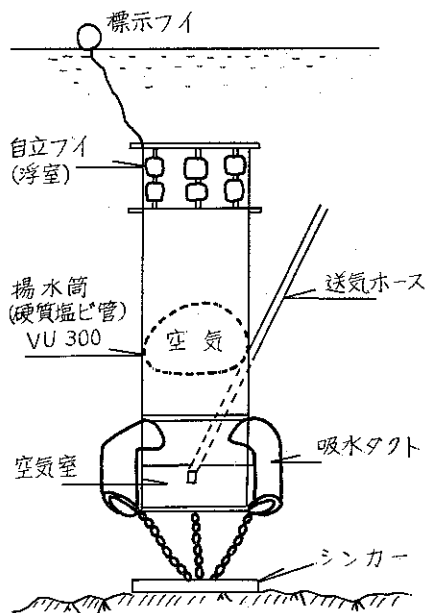


図2 間欠式空気揚水筒概要

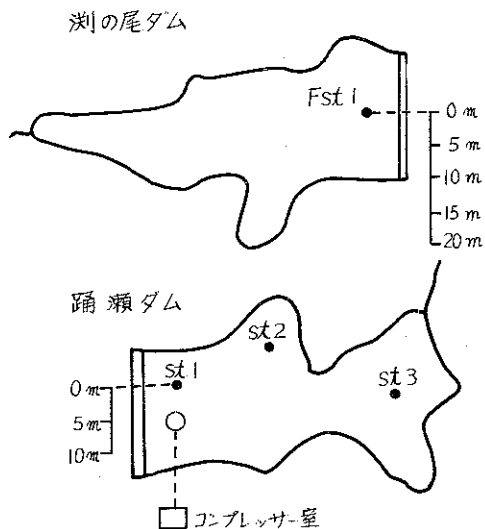


図3 調査地点

表2 56年3月2日 調査結果

(堰堤近傍、表層)

区分 \ 項目	pH	DO ppm	T-N ppm	T-P ppm	クロロフィルa μg/l	透明度 m	水温 ℃
洲の尾ダム	7.2	10.6	1.44	0.030	0.94	1.3	8.5
踊瀬ダム	7.4	11.7	1.60	0.090	7.10	0.8	7.2

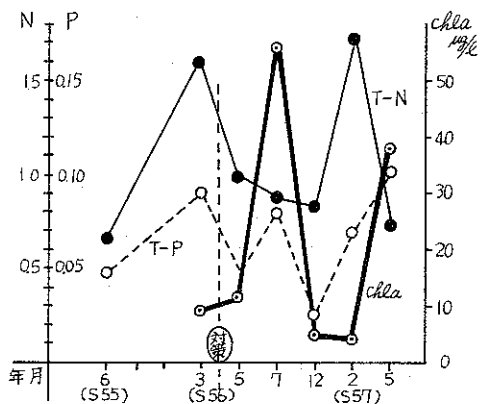


図4 踊瀬ダム水のNP及びChlaの挙動

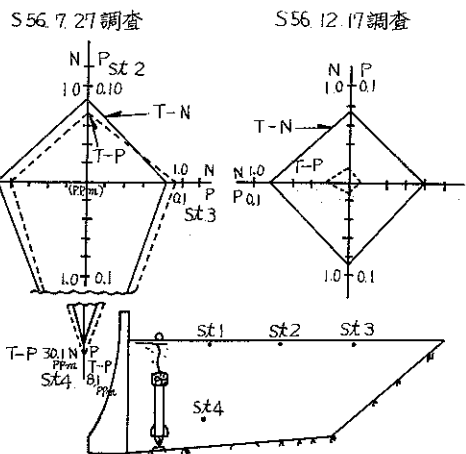


図5 踊瀬ダムにおける水質の分布

この現象は、強制循環による底質のまきあげによる影響と考えられる。12月以降については、底質の拡散が一応安定したものと考えられる。N・P濃度の分布状況を見てみると、図5に示すとおり12月調査以降ダム全体おおむね均一の水質がみられ、ダム水が循環しているものとみられる。N・Pの季節的变化は、図6(図4)に示すとおり冬期から春期の初めに高くなる周期性がみられる。プランクトンの発生の多い時期において、NとPの濃度比に(P濃度が高くなる)変化があることがみられる。

## 5. 生物学的調査結果

(1) クロロフィルaについて、植物プランクトンの現存量として、表層水のクロロフィルaについてみてみたが、上水道に臭気が認められた55年5月の調査で、湖の尾ダムでは0.94  $\mu\text{g}/\text{ml}$ と少ないのに対し、踊瀬ダムでは7.1  $\mu\text{g}/\text{ml}$ と多く、踊瀬ダムについては富栄養湖に属し、藻類の増殖

が行われていたものと考えられる。(同年5月の調査によると発臭性藻類であるらん藻類のホルミデュウムが、踊瀬ダムで1,473個/ $\text{ml}$ 、湖の尾ダムで184個/ $\text{ml}$ が検出されている。(300個/ $\text{ml}$ 以上で臭気を感じ、1980, 小島。))対策後の踊瀬ダムでは56年5月の調査で11.8  $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、57年5月で38.0  $\mu\text{g}/\text{ml}$ と増加の傾向がみられる。

(2) プランクトンについて、56年以降の調査で出現したプランクトンの状況は、表3、4のとおりである。湖の尾ダムのプランクトンは、踊瀬ダムから水を受け入れている関係で、踊瀬ダムに出現したプランクトンに類似している。踊瀬ダムのプランクトンの消長状況は、図7に示すとおりでcyclorellaが年間を通じて優占種として見られ、melosiraが、7月調査以降優占種として出現している。注目されることは、上水道の異臭発生時に検出されたホルミデュウムが対策後の7月調査以降は出現せず、珪藻類で占められていることである。

表3 踊瀬ダム(St 1, 表層)のプランクトン

調査時期	プランクトン(個/ $\text{ml}$ )					計
	1	2	3	4	5	
S56 3/2	Cyclorella 650	Euglena 220				870
5/29	Cyclorella 120	Euglena 60	Synedra 20			200
7/27	Melosira sp 3,660	Cyclorella 80	Synedra 40	Asterionella (ホシガタケイソウ) 20		3,800
12/17	Melosira sp 240	Cyclorella 40	Synedra 20			300
S57 2/9	Cyclorella 260	Melosira sp 20	(ばっ気装置停止中)			280
5/24	Melosira sp 4,160	Synedra sp 60	Euglena sp 60			4,280

表4 湖の尾ダム（堰堤近傍，表層）のプランクトン

調査時期	プランクトン (個 / ml)					
	1	2	3	4	5	計
S56 3/2	Euglena 40	Chlamydomonas (コナヒゲムシ) 10	Cyclotella 10			60
5/29	Scenedesmus (イカダモ) 630	Cyclotella 80	Dinobryon (サヤツナギ) 60	Selenastrum (ムレミカヅキモ) 20		790
7/29	Cyclotella 920					920
12/17	0					0
S57. 2/9	Cyclotella 420	Asterionella 40	Ankistrodesmus (イトクズモ) 40	Synedra 20	Gymnodinium (ハダカオビムシ) 20	540
5/24	Peridinium sp 80	Cyclotella sp 20				100

図6 踊瀬ダムにおけるN、Pの季節変化

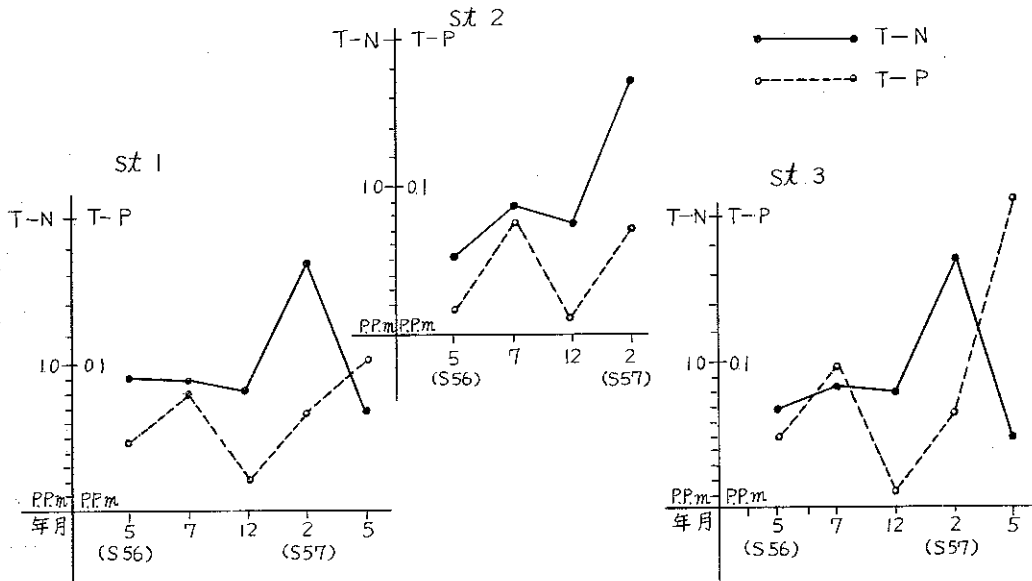
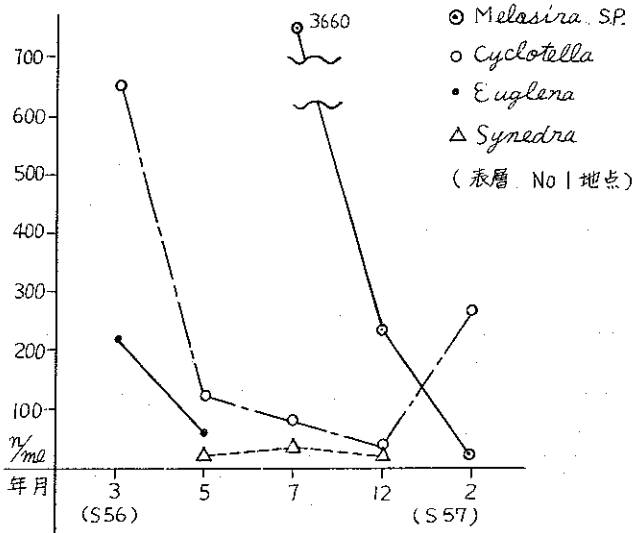


図7 踊瀬ダムにおけるプランクトンの消長



資料1 56年5月29日 調査結果 (透明度 2.6 m)

湖の尾ダム

項目 地点	水温	PH	DO ppm	COD ppm	SS ppm	T-N ppm	T-P ppm	クロロフィル a $\mu\text{g}/\text{L}$	プランクトン 個/ml	$\mu\text{V}/\text{cm}$
0 m	22.0	8.0	9.2	4.0	0.4	0.987	0.012	4.4	850	96.4
5 m	16.7	7.3	-	3.0	3.2	-	-	7.4	960	104.5
10 m	-	7.1	6.2	2.6	4.2	-	-	-	-	106.0
20 m	12.8	7.0	2.5	3.2	8.6	0.880	0.066	-	-	145.0

56年5月29日 調査結果 (透明度 0.8 m)

踊瀬ダム

項目 地点	水温	PH	DO ppm	COD ppm	SS ppm	T-N ppm	T-P ppm	クロロフィル a $\mu\text{g}/\text{L}$	プランクトン 個/ml	$\mu\text{V}/\text{cm}$
st1 0 m	20.5	8.2	9.7	3.3	10.8	0.997	0.046	11.8	60	106.5
" 5 m	19.0	8.2	9.2	3.4	12.6	-	-	13.5	280	103.5
" 9 m	-	7.7	8.4	19.4	509.0	2.69	0.605	-	-	101.5
st2 0 m	22.2	8.6	-	3.0	3.2	-	-	-	340	100.5
st3 0 m	21.8	8.5	10.2	4.1	8.2	-	-	-	420	105.0

56年7月27日 調査結果 (透明度 2.0 m)

湖の尾ダム

項目 地点	水温	PH	DO ppm	COD ppm	SS ppm	T-N ppm	T-P ppm	クロロ フィル a μg/l	プランク トン 個/ml	μU/cm
0 m	31.0	7.8	8.5	5.0	1.8	0.356	0.060	5.6	920	82.9
5 m	23.7	6.9	7.3	4.5	3.6	-	-	14.1	2,700	101.5
10 m	21.0	6.5	1.1	3.0	1.4	-	-	-	380	103.5
19 m	13.0	7.0	0	5.8	7.0	1,500	0.030	-	-	167.0

56年7月27日 調査結果 (透明度 1.5 m)

踊瀬ダム

項目 地点	水温	PH	DO ppm	COD ppm	SS ppm	T-N ppm	T-P ppm	クロロ フィル a μg/l	プランク トン 個/ml	μU/cm
st1 0m	29.8	7.9	8.6	5.5	27.6	0.881	0.080	56.1	3,820	106.0
" 5m	29.8	7.9	8.1	5.4	29.8	-	-	-	3,640	109.5
" 10m	29.8	6.9	0.2	327.0	9175	30.1	8.16	-	-	102.5
st2 0m	30.3	8.9	10.3	5.4	13.2	0.862	0.076	40.6	2,620	107.5
st3 0m	30.3	9.0	10.7	5.6	14.6	0.815	0.098	44.3	2,320	106.5

56年12月17日 調査結果 (透明度 1.9 m)

湖の尾ダム

項目 地点	水温	pH	DO ppm	COD ppm	SS ppm	T-N ppm	T-P ppm	クロロ フィル a μg/l	プラン ク トン 個/ml	μU/cm	溶解性 Fe ppm	溶解性 Mn ppm
0 m	10.0	7.1	9.4	2.3	2.4	0.771	0.014	2.9	ND	94.4	ND	ND
5 m	-	-	-	-	-	-	-	3.0	-	-	-	-
8 m	9.6	7.2	9.5	2.5	4.2	0.837	0.017	-	ND	96.3	0.002	ND
16 m	9.6	7.0	9.1	2.8	8.2	0.890	0.010	-	320	95.1	0.007	ND

56年12月17日 調査結果 (透明度 1.5 m)

踊瀬ダム

項目 地点	水温	pH	DO ppm	COD ppm	SS ppm	T-N ppm	T-P ppm	クロロ フィル a μg/l	プラン ク トン 個/ml	μU/cm	溶解性 Fe ppm	溶解性 Mn ppm
st1 0m	8.0	7.6	10.5	2.3	3.4	0.828	0.024	4.3	320	122.5	0.012	ND
" 5m	8.0	7.6	10.7	2.4	5.6	-	-	-	140	140.5	0.012	ND
" 10m	7.9	7.5	10.7	2.2	0.4	0.902	0.014	-	100	131.5	0.012	ND
st2 0m	8.3	7.5	10.6	2.4	2.2	0.772	0.014	3.7	60	123.0	-	-
st3 0m	8.0	7.5	10.6	2.0	3.8	0.807	0.010	2.8	200	122.0	-	-

57年2月9日 調査結果 (透明度 1.0 m)

測の尾ダム

項目 地点	水温	PH	DO ppm	COD ppm	SS ppm	T-N ppm	T-P ppm	クロロ フィル a $\mu\text{g}/\text{L}$	プラン クトン 個/ml	$\mu\text{V}/\text{cm}$	溶解性 Fe ppm	溶解性 Mn ppm
0 m	6.7	7.3	11.7	2.7	6.6	1.03	0.029	3.9	540	-	-	-
8 m	6.3	7.3	10.9	2.7	7.2	-	-	-	280	-	-	-
13 m	6.3	7.3	11.1	2.6	8.2	1.16	0.032	-	400	-	-	-

57年2月9日 調査結果 (透明度 0.7 m)

踊瀬ダム

項目 地点	水温	PH	DO ppm	COD ppm	SS ppm	T-N ppm	T-P ppm	クロロフィル a $\mu\text{g}/\text{L}$	プランクトン 個/ml
st1 0m	6.5	7.3	11.6	3.7	11.6	1.730	0.068	3.8	280
" 5m	6.2	7.4	11.4	3.9	11.6	-	-	-	0
" 9m	5.7	7.4	11.4	3.6	12.2	1.720	0.070	-	40
st2 0m	-	7.3	11.4	4.0	10.8	1.740	0.065	3.7	120
st3 0m	-	7.4	11.5	3.0	8.4	1.720	0.062	2.7	180

57年5月24日 調査結果 (透明度 2.0 m)

測の尾ダム

項目 地点	水温	PH	DO ppm	COD ppm	SS ppm	T-N ppm	T-P ppm	クロロ フィル a $\mu\text{g}/\text{L}$	プラン クトン 個/ml	溶解性 Fe ppm	溶解性 Mn ppm
st1 0m	23.7	8.0	8.7	3.1	1.0	0.614	0.026	1.7	100	nd	nd
" 5m	19.6	8.6	11.2	5.8	16.0	0.801	0.161	-	3.560	nd	nd
" 10m	19.2	7.7	8.4	4.0	14.0	0.940	0.109	-	2.680	nd	nd
st210m	18.3	-	8.6	-	-	-	-	-	2.660	nd	nd
st3 3m	20.4	-	11.1	-	-	-	-	-	-	nd	nd

57年5月24日 調査結果 (透明度 0.7 m)

踊瀬ダム

項目 地点	水温	PH	DO ppm	COD ppm	SS ppm	T-N ppm	T-P ppm	クロロ フィル a $\mu\text{g}/\text{L}$	プラン クトン 個/ml	溶解性 Fe ppm	溶解性 Mn ppm
st1 0m	22.2	9.2	9.7	6.3	23.8	0.721	0.104	38.0	4.280	0.07	nd
" 5m	21.2	8.6	7.7	6.0	31.4	0.610	0.156	-	4.460	0.10	nd
st3 0m	22.6	9.2	9.7	4.8	15.2	0.478	0.214	-	2.180	-	-



## 6 ま と め

武雄市では、上水道の臭気障害対策として、水源池である踊瀬ダムを間欠ばっ気式によって強制循環させることによって、解決することができた。

この対策前後のダム水について、1年間ではあったが、水質及び生物について調査を行った。富栄養化の原因物質といわれるN、P濃度や、chl (a)、プランクトン等大きな変化はみることができなかった。

しかしらん藻類で発臭性のあるホルミデュウムが間欠ばっ気中は検出しなかったことが注目される。

また、ダム全体おおむね均一の水質がみられたことは、対策の効果の表れと考えられ、今後の継

続調査が必要と考えられる。

## 文 献

- 1) 小島貞雄, 第16回水質汚濁学会特別講演 3, (1982)
- 2) 水野寿彦, 日本淡水プランクトン図鑑, 保育社, (1974)
- 3) 佐賀県保健環境部, 昭和55年度佐賀県の水道, 42~45, (1981)
- 4) 佐賀県保健環境部, 生物学的方法による水域環境調査, (第三報), 59~65, (1982)
- 5) 産業公害, 社団法人産業公害防止協会 (1982) 9, VOL. 18, 68~75