

工場廃水に関する調査 — XIV

大津板紙株式会社大津工場廃水の水質汚濁現状調査

水沼栄三・村長義雄・箕田冠一

緒 言

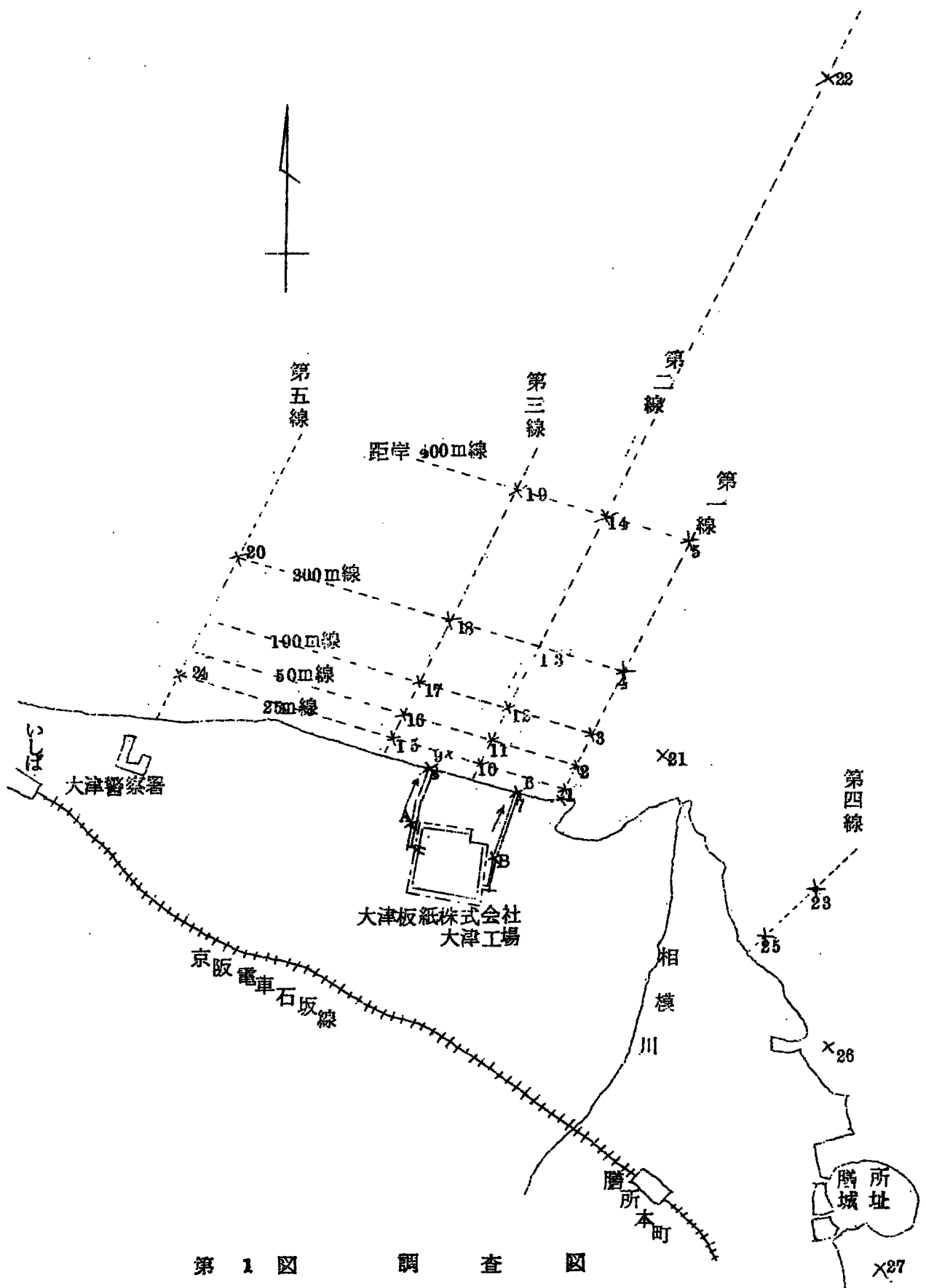
大津板紙株式会社大津工場廃水の主な成分は硫酸塩と有機物（パルプ残滓）で、約2ヶ年前（昭和31年12月）の操業開始以来無処理のまま大津市馬場東町同工場地先の琵琶湖に放流排出している。これがためパルプ残滓が湖底に沈澱堆積し、5月から9月までの水温の上昇期になると異状醗酵し、廃水の放流される地点を含む湖岸線1200m、沖合300mの水域での漁獲操業が不能となつたと漁業者の苦情が大きく、会社側と漁業協同組合側との紛争にまで発展しつつあり、県当局の指示により、現状における廃水による被害水域を確認するため現地調査を実施した。

なお琵琶湖大津地区沿岸の底土中には淡水性硫酸塩還元細菌が比較的多量に分布している傾向にあることと廃水の主成分との関係を考えあわせ底質還元物質が、この細菌の還元作用により二次的に生成される硫化物・遊離硫化水素となつて分布し汚濁原因増生の要因となる可能性を検討することに調査の主眼をおいた。

本文に入るに先立ち湖岸調査地点の撰定測点にあつて絶大な御協力を賜つた湖南漁業協同組合長杉浦信雄氏はじめ組合員諸氏ならびに試料採集、前処理、其の他に御便宜、御助力を賜つた湖南漁業協同組合長、大津板紙株式会社大津工場長に対し深甚な謝意を表す。

調 査 地 点

第1図に示す通り大津板紙株式会社大津工場北側廃水排水路A地点、南側廃水排水路B地点の2ヶ地点と、大津警察署東浜地先から膳所城址南地先までの琵琶湖岸延長約2.300mの水域の27ヶ地点で、第1～23地点の23ヶ地点については採水採泥および底土層の堆積状態、第24～27地点の4ヶ地点については底土層の堆積状態の調査観測を実施した。



第 1 圖 調 査 圖

調 査 方 法

調査水域の底質の種類および底土層の堆積状態の観測は内径 3.8cm (1.5 吋) , 長さ 8m の垂鉛びき鉄管手製検土杖を使用し (水深 3m 以上の調査可能の地点では竹竿を継ぎ合せて実施した) 底土の淡水性硫酸塩還元細菌数の測定は著者の一人¹⁾ の実施した方法にならい、丸川式採泥器で底土を無菌的に採取し滅菌シャーレにとり、冷蔵函中に低温 (3~5 °C) に保持し帰場後第 1 表に示す組成の培養基に接種し 30 °C に 240 時間保ち、各地点の泥土 1 gr に棲息する概数を

第 1 表 培 養 基 組 成

<i>Ca-lactate</i>	3.5 gr	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	2.0 gr
<i>Beef-extract</i>	1.0	K_2HrO_4	0.5
<i>Peptone</i>	2.0	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	0.2
<i>L-Ascorbic acid</i>	0.1	<i>Agar</i>	3.0
$NaSO_4$	1.5	<i>Filtered Tap-Water</i>	1000 ml.
PH		7.5	

算定した。又この調査に際しては各地点でのその透明度を測定し、北原式 B 号採水器で採水し、現場で水温、PH を、帰場後溶存酸素、蒸発残渣、灼熱減量、沃度消費量、 $KMnO_4$ 消費量、エーテル可溶性物質、硫酸塩を夫々分析した。

底質については採集現場で泥温を測定し、全硫化物、遊離硫化水素分析試料の固定処理、硫酸塩分析試料の遠心沈殿前処理を行い帰場後 PH、全硫化物、遊離硫化水素、化学的酸素消費量 ($KMnO_4$ 消費量を分析し計算により求む) 灼熱減量、硫酸塩の分析を行った。

なお水の PH は現場で比色法により、底質の PH は帰場時湿潤の底土を試料として柳本硝子電極 PH-メーター 41A 型で測定した。全硫化物、遊離硫化水素の定量は微量水蒸気蒸溜法²⁾、化学的酸素消費量は酸性 $KMnO_4$ 法³⁾、エーテル可溶性物質は工業廃水試験法記載の方法⁴⁾、硫酸塩は水質分析では酸性塩化バリウム重量法、底質では遠心沈殿法により得た漏液を漏過した後塩化バリウム重量法により分析し、乾泥 10 gr に対する含有量を算出したものである。

調 査 結 果

1. 調査時における各地点での気象 (第2表)
第 2 表

調査地点	調査時刻	天候	雲量	風向	風力	気温
A	10月22日 11時15分	R	10	—	0	15.2℃
B	" 11.35	R	10	—	0	15.1
1	" 8.10	R	10	—	0	17.3
2	10月21日 14.40	C	9	N	3	21.0
3	" 14.52	O	9	NW	1	20.6
4	" 15.08	O	10	NW	0-1	20.4
5	" 15.25	O	10	N	0-1	20.9
6	" 14.25	C	8	N	2	20.3
7	" 11.15	b	2	N	0-1	20.0
8	" 10.50	bc	3	N	0-1	19.6
9	" 17.00	C	7	—	0	20.5
10	" 11.35	b	2	N	0-1	20.8
11	" 11.55	b	2	N	0-1	21.5
12	" 12.10	b	3	N	1	21.9
13	" 12.35	b	3	W	1-2	24.9
14	" 12.55	b	5	NE	1	25.9
15	" 16.42	C	8	N	0-1	20.4
16	" 16.27	C	7	N	0-1	20.7
17	" 16.10	C	8	N	0-1	20.4
18	" 15.58	O	9	—	0	20.5
19	" 15.43	O	10	—	0	20.0
20	10月22日 8.55	R	10	—	0	16.2
21	" 9.35	R	10	—	0	16.2
22	10月21日 13.15	bc	7	—	0	24.2
23	10月22日 10.10	R	10	—	0	15.7
24	" 9.15	R	10	—	0	—
25	" 10.15	R	10	—	0	15.6
26	" 10.30	R	10	—	0	15.5
27	" 10.40	R	10	—	0	15.2

2. 工場廃水排出量

10月22日午前11時から正午までの間に工場の排水路A, B両地点で排出量をプライス式超音流速計をもつて1秒当りの流量を測し, この数値にもとづいて, 同一条件, 状態で排出が継続されているものとして, 1時間および1日(24時間)の排出量を計算により求めた結果は第3表に示す通りである。(会社側の説明では24時間継続操業である。)

第 3 表

廃 水 排水路	排 出 量			
	1秒間当り	1時間当り	24時間当り	1日合計
A	0.0877 トン	316.00 トン	7584	22354 トン
B	0.1709	615.43	14770	

3. 水質分析結果 (第4表)

第 4 表

調査地点	深度 m	透明度 m	探深 m	探水時 水温 ℃	PH	溶 存 酸 素 CC/l	飽和度 %	蒸 発 残 渣 P.Pm	灼 熱 減 量 PPM	沃 度 消 費 量 (硫化物) P.Pm	工 業 可 溶 性 溶 質 P.P.M	K MnO ₄ 消 費 量 P.P.M	硫酸塩 (SO ₄ として) P.P.M
													P.P.M
A	0.2	—	0	22.	6.5	4.13	66.8	557	215	0.537	0.00	50.56	118.68
B	0.33	—	0	21.6	6.4	3.57	57.3	367	196	0.320	1.00	62.13	73.06
1	0.72	B	0	18.9	6.9	5.62	85.7	75	41	0.053	0.00	14.23	8.58
2	2.36	1.00	0	20.1	6.8	—	—	79	54	0.107	0.00	22.31	10.63
			2.10	20.1	6.8	4.87	76.0	251	132	0.267	1.00	28.06	8.58
3	2.83	0.92	0	20.1	6.8	—	—	88	63	0.107	0.00	24.90	11.66
			2.60	20.0	6.6	5.33	83.0	100	40	0.107	15.00	25.66	11.66
4	3.35	2.00	0	19.5	7.0	—	—	55	50	0.053	0.00	12.32	5.15
			3.10	19.4	7.0	5.73	86.3	50	15	0.107	8.00	16.31	7.89
5	4.10	2.27	0	19.2	7.1	—	—	50	16	0.000	0.00	20.79	5.49
			3.80	19.1	7.2	6.47	99.1	56	84	0.000	0.00	19.47	5.15
6	2.37	0.50	0	20.2	6.9	—	—	128	82	0.214	0.00	22.12	14.75
			2.00	20.1	6.9	5.34	83.3	180	125	0.214	0.00	22.94	9.28

調査地点	深度 m	透明度 m	採水 深度 m	採水時 温 ℃	P ^H	溶存 酸 CC/l	飽和度 %	蒸發 殘 P.P.m	灼熱 減量 P.P.m	沃 肥 量 P.P.m	エーテル 可溶性 質 P.P.m	KMnO ₄ 消費量 P.P.m	硫酸塩 (SO ₄) P.P.m
7	1.1	0.85	0	21.0	7.0	—	—	488	328	0.587	0.00	95.31	50.42
			0.80	21.0	7.0	3.90	62.0	680	364	1.121	2.00	47.40	21.27
8	0.71	—	0	21.7	6.5	4.73	76.0	358	99	0.374	0.00	41.59	140.29
9	2.20	1.88	0	19.6	7.0	—	—	60	44	0.053	0.00	15.17	6.17
			1.95	19.5	7.05	5.55	85.6	57	14	0.053	0.00	13.40	4.12
10	2.32	0.98	0	19.7	6.8	—	—	80	44	0.160	0.00	19.72	7.89
			2.00	19.2	6.8	5.22	80.1	144	46	0.160	0.00	14.35	5.15
11	2.64	0.84	0	20.0	6.8	—	—	98	32	0.053	34.00	21.36	10.63
			2.40	19.1	6.8	5.99	91.7	85	50	0.107	0.00	12.64	2.74
12	3.00	1.40	0	19.9	7.0	—	—	66	48	0.000	0.00	11.57	5.15
			2.70	19.2	7.0	5.06	77.9	102	55	0.000	0.00	11.88	0.00
13	3.60	2.56	0	19.7	7.0	—	—	75	45	0.000	0.00	12.77	0.00
			3.35	18.8	7.1	4.68	71.2	45	35	0.000	0.00	22.25	1.72
14	4.10	2.54	0	20.1	7.0	—	—	65	40	0.160	0.00	10.93	0.00
			3.90	18.8	7.1	5.89	89.6	111	40	0.000	0.00	10.05	1.03
15	2.10	B	0	19.7	7.0	—	—	64	32	0.000	0.00	11.94	1.72
			1.80	19.5	7.0	6.50	100.3	35	13	0.107	0.00	12.45	0.00
16	2.70	2.00	0	19.7	7.0	—	—	40	20	0.053	0.00	10.05	0.00
			2.40	19.6	7.0	6.30	97.4	—	—	—	—	—	—
17	3.05	2.18	0	19.6	7.1	—	—	58	29	0.107	0.00	7.90	—
			2.70	19.5	7.15	5.75	88.7	64	27	0.053	0.00	11.63	0.00
18	3.40	2.20	0	19.4	7.0	—	—	46	26	0.000	0.00	10.11	0.69
			3.05	19.1	7.1	4.80	73.5	32	15	0.000	0.00	10.43	0.00
19	4.10	2.30	0	19.1	7.1	—	—	63	28	0.000	0.00	11.00	0.00
			3.80	19.0	7.1	6.10	93.3	49	11	0.000	0.00	8.78	0.00
20	3.36	2.56	0	18.9	7.0	—	—	54	26	0.000	0.00	17.19	0.00
			3.00	18.7	7.0	5.04	76.6	61	22	0.000	0.00	15.04	0.00
21	3.00	1.94	0	19.0	7.0	—	—	50	30	0.107	0.00	22.50	1.72
			2.65	18.9	7.0	4.90	74.7	44	30	0.107	1.00	19.40	2.74
22	4.78	2.75	0	19.9	7.0	—	—	52	12	0.000	0.00	20.73	0.69
			4.40	19.0	7.0	6.28	96.0	57	30	0.000	0.00	15.22	6.86
23	3.50	2.03	0	18.9	7.0	—	—	46	36	0.000	0.00	23.13	3.77
			3.10	18.6	7.0	5.45	82.7	43	36	0.107	0.00	25.66	0.69

4. 底土層の堆積状態 (第5表)

第 5 表

地点	位置又は湖岸からの距離	水深 m	底土層の種類ならびに層の厚さ						
			礫層 cm	砂層 cm	沈 積 物 層 cm	沈 積 物 残 存 層 cm	腐植質層 cm	腐泥層 cm	粘土層 cm
1	25m線と第一線の交点岸から0m	0.72	底表層が礫・岩盤のため採集不能						
2	50m線と第一線の交点岸から25m沖	2.36	同 上						
3	100m線と第一線の交点岸から75m沖	2.83	—	—	—	26	—	—	17
4	200m線と第一線の交点岸から175m沖	3.35	検土杖とどかず採集不能						
5	400m線と第一線の交点岸から375m沖	4.10	同 上						
6	25m線上で第一、二線の中央部、岸から25m沖	2.37	底表層が岩盤のため採集不能						
7	工場廃水排出口	1.10	底土がコンクリートのため採集不能						
8	工場廃水排出口	0.71	同 上						
9	25m線と第二、三線の中央部岸から25m沖	2.20	—	—	—	12	—	—	32
10	25m線と第二線の交点岸から25m沖	2.32	—	—	12	26	—	—	8
11	50m線と第二線の交点岸から50m沖	2.64	—	—	2	13	—	—	23
12	100m線と第二線の交点岸から100m沖	3.00	—	—	—	11	—	—	30
13	200m線と第二線の交点岸から200m沖	3.60	検土杖がとどかず採集不能						
14	400m線と第二線の交点岸から400m沖	4.10	同 上						
15	25m線と第三線の交点岸から25m沖	2.10	—	—	—	—	—	—	62
16	50m線と第三線の交点岸から50m沖	2.70	—	—	—	9	—	—	32
17	100m線と第三線の交点岸から100m沖	3.05	—	—	—	—	—	13	28
18	200m線と第三線の交点岸から200m沖	3.40	検土杖がとどかず採集不能						
19	400m線と第三線の交点岸から400m沖	4.00	同 上						
20	200m線上で大津警察署の沖	3.10	同 上						
21	200m線と相模川突端延長線との交点	3.00	—	—	—	11	—	—	36

地点	位置又は湖岸からの距離	水深 m	底土層の種類ならびに層の厚さ						
			礫層 cm	砂層 cm	沈殿物 層 cm	沈殿物腐 泥混在層 cm	腐植質 cm	腐土層 cm	粘土層 cm
22	第二線延長上の1200m 沖合(対照区とす)	4.78	検土杖とどかず採集不能						
23	相模川突端東南で大津市膳 所木之下町沖150m	3.50	—	—	—	15	—	—	21
24	大津警察署地先約100m沖 (基準湖岸線の25m沖)	2.00	—	8	—	6	—	—	23
25	第23地点と岸とを結ぶ線 上で岸から25m沖	2.32	—	—	6	—	—	21	3
26	大津市北大手町の湖岸から 70m沖	2.85	—	—	—	3	—	—	18
27	膳所城止南約50m	2.75	—	—	—	—	3	14	27

5. 底質分析結果 (第6表)

第 6 表

地点	底質の種類	採泥時 泥温℃	pH	灼熱減 量%	化学的 酸素消費 量 mg/g	全硫化 物mg/g	遊離硫 化水素 mg/g	硫酸塩 (Goとして) mg/g	硫酸塩還 元細菌数 number/g
1	大部分がパルプカス 外に礫、砂、石炭ガラ	19.5	5.41	11.6	29.6	0.048	0.016	0.172	>10 ⁹
2	泥状のパルプカス	19.7	6.00	20.2	78.0	0.130	0.059	0.157	10 ⁴ -10 ⁵
3	泥状のパルプカス・泥	19.5	6.20	19.1	56.1	0.064	0.038	0.172	10 ³ -10 ⁴
4	泥	19.4	6.40	21.7	42.1	0.115	0.041	0.012	10 ³ -10 ⁴
5	礫・泥	19.2	7.00	16.3	32.1	0.133	0.079	0.021	10 ³
6	パルプカス・泥状パルプカス	19.5	5.80	19.6	60.6	0.118	0.082	0.079	10 ⁴
7	大部分が故紙・パルプカス 外に礫、砂	19.7	6.65	17.0	31.8	0.579	0.040	0.004	10 ² -10 ⁹
8	故紙・パルプカス・礫砂	19.4	7.58	16.7	29.5	0.646	0.102	0.019	>10 ⁹
9	泥状のパルプカス	19.7	6.60	15.4	52.0	0.144	0.033	0.071	10 ⁴
10	泥・泥状のパルプカス	19.4	6.35	16.1	44.9	0.093	0.034	0.054	10 ⁴
11	泥・泥状のパルプカス	19.4	6.12	19.6	62.7	0.114	0.023	0.141	10 ⁴
12	泥	19.3	6.49	18.6	39.8	0.065	0.000	0.009	10 ⁴
13	泥	19.4	6.85	15.6	41.4	0.080	0.000	0.095	10 ³ -10 ⁴
14	泥	19.4	6.99	21.0	31.1	0.063	0.011	0.029	10 ⁴ -10 ⁵
15	礫・砂・泥	19.5	6.30	2.4	6.0	0.182	0.130	0.252	10 ⁴

地点	底質の種類	採泥時 泥温℃	PH	灼熱減 量%	化学的 酸素消 費量 mg/g	全硫化物 mg/g	遊離硫 化水素 mg/g	硫酸塩 (SC, S ₂ O ₃) mg/g	硫酸塩還 元細菌概 数Number/g
16	泥状のパルプカス	19.0	6.77	15.2	50.8	0.188	0.012	0.000	10 ³ -10 ⁴
17	泥・泥状のパルプカス	19.8	6.89	15.2	43.1	0.077	0.000	0.000	10 ³
18	泥	19.4	7.00	17.2	49.0	0.127	0.021	0.000	10 ³
19	泥	19.4	6.90	16.4	31.2	0.133	0.071	0.000	10 ³
20	泥	19.3	7.15	15.2	39.8	0.085	0.031	0.000	10 ³ -10 ⁴
21	泥・泥状のパルプカス	19.4	6.28	16.3	49.5	0.085	0.006	0.172	10 ⁶
22	泥	19.2	7.11	17.3	28.5	0.040	0.000	0.000	10 ³ -10 ⁴
23	泥	19.4	6.57	18.1	54.6	0.067	0.009	0.000	10 ⁴

考 察

1. 排出する廃水について

(1) 大津板紙株式会社大津工場廃水の排出水路A, B地点における廃水排出量(第3表)と水質組成(第4表)の灼熱減量として示した全有機物量とから同工場の一日(24時間)に排出する全有機物量を計算すると, 4.5トン強となり, 毎日積載量4.5トンのトラック1台分のパルプ残滓を大津市馬場本町地先の琵琶湖に捨てていることになる。

(2) 水素イオン濃度は幾分低い値を示すが, この値の範囲では異状は認められない。

(3) 溶存酸素量も幾分低い値であるが, 琵琶湖水に及ぼす影響は考えられない。

(4) 硫酸塩と全硫化物は本工場廃水の化学的主成分と見做し得るものであるが, 少々多量に排出されており, この成分が廃水主成分たる有機物に吸着して排出されるであろうことと考えあわせ水底に沈澱してから, 後述の淡水性硫酸塩還元細菌の作用をうけ, 有害成分の二次的生成をうながす原因となる要素と見做し得よう。

(5) 分解性有機物(KMnO₄消費量)は都市下水程度で, 廃水に含まれる有機物は殆んどが固形有機物のまゝ排出されていることが考えられ, 琵琶湖中に沈降堆積する要素が大きいことが推察出来る。

(6) エーテル可溶性物質(粗油脂類)はこの調査実施当日には殆んど零に近い値で, 同工場からの機械油等粗油脂類の排出量は問題にすることはないと考えられる。

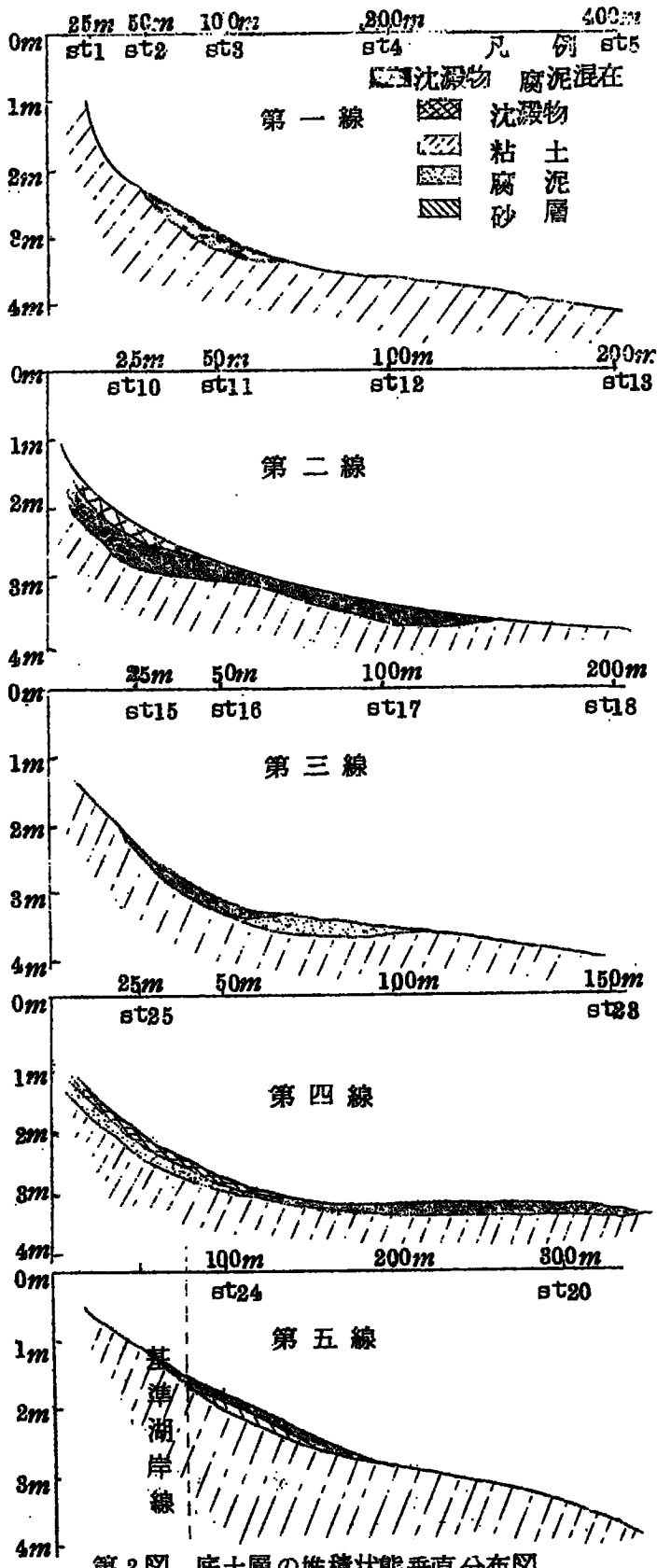
2. 汚濁関係水域の水質について

(7) 水素イオン濃度, 溶存酸素量は県下の一般水面と差が認められない。

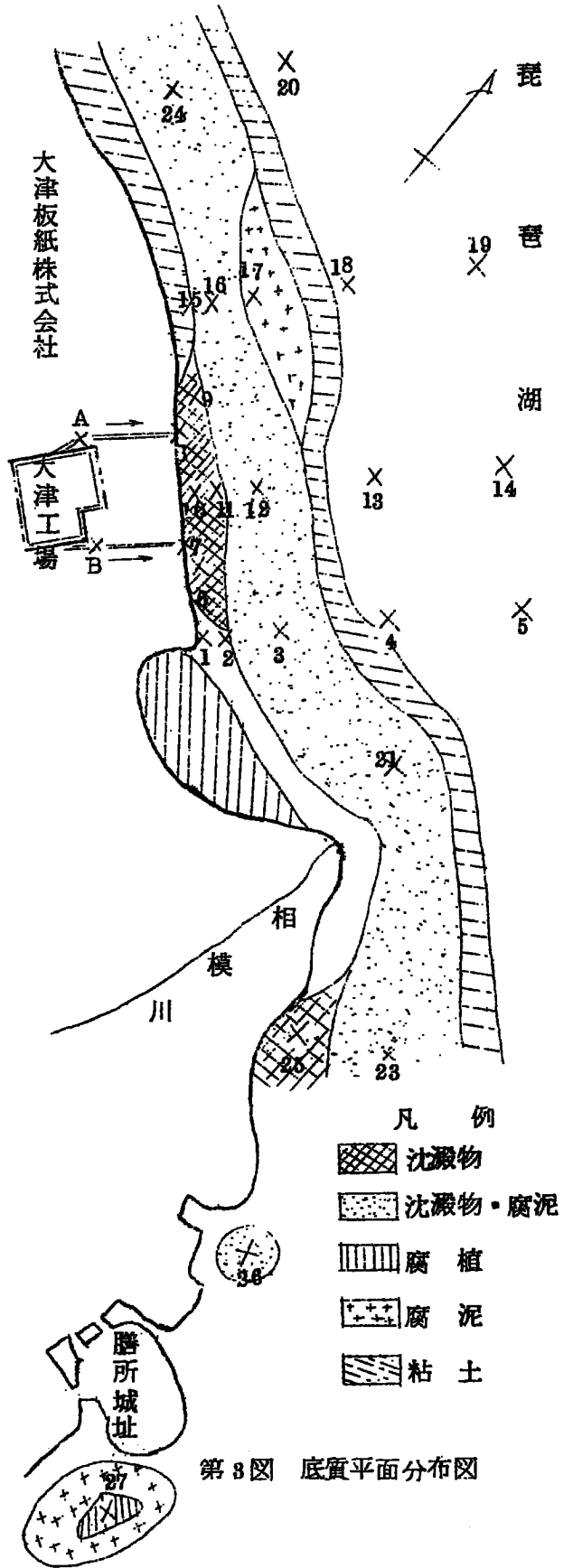
(8) 含有全有機物から強く汚濁されていると見做し得るのは第3, 6, 7, 8地点を包含する2.5m線までの水域である。

(9) 全硫化物も湖岸2.5m線までの水域に多量に含有され特に底層に比較的多量の含有が見られる。

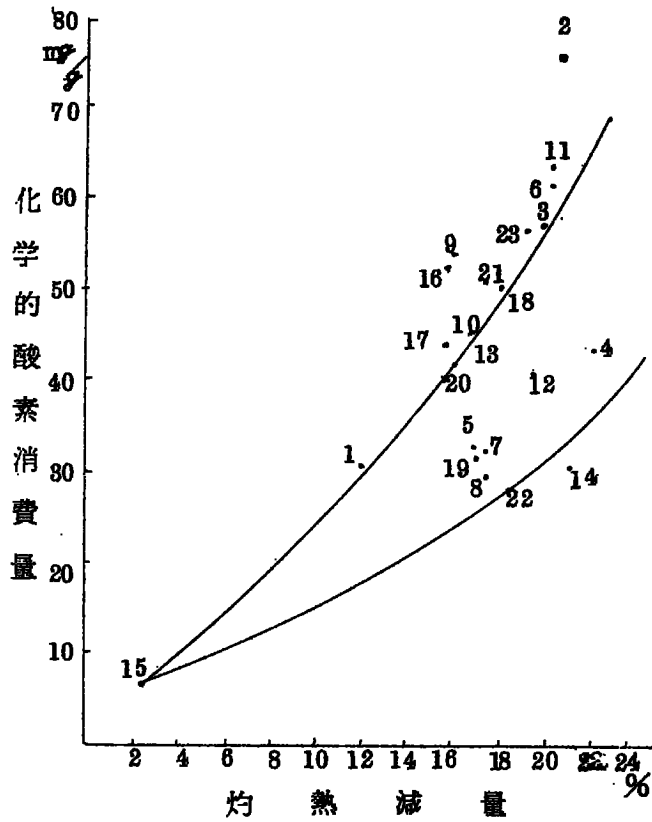
(10) エーテル可溶性物質は殆んど分布を見られないが, 第3, 4, 11地点の3ヶ地点で比較的多量に検出されたが, 工場排水によるものであるかどうか明らかにし得なかつた。



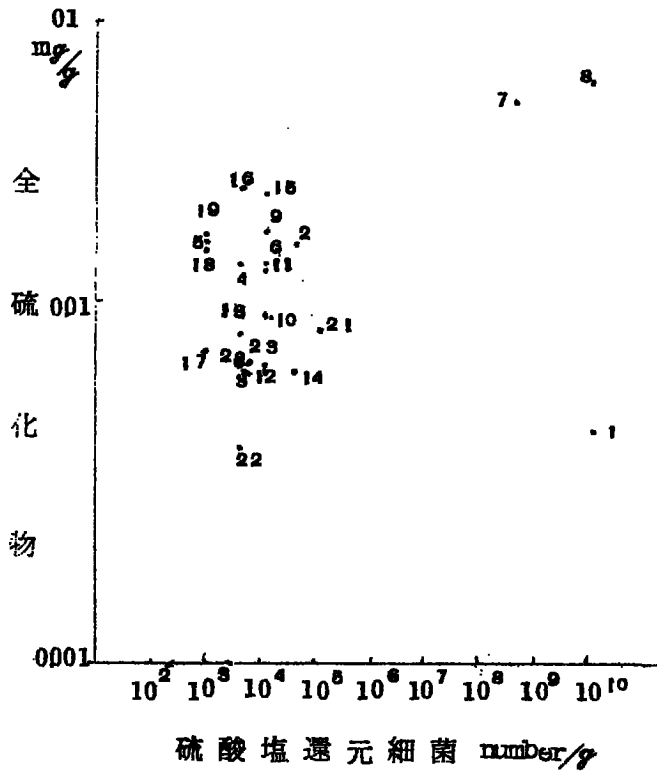
第2図 底土層の堆積状態垂直分布図



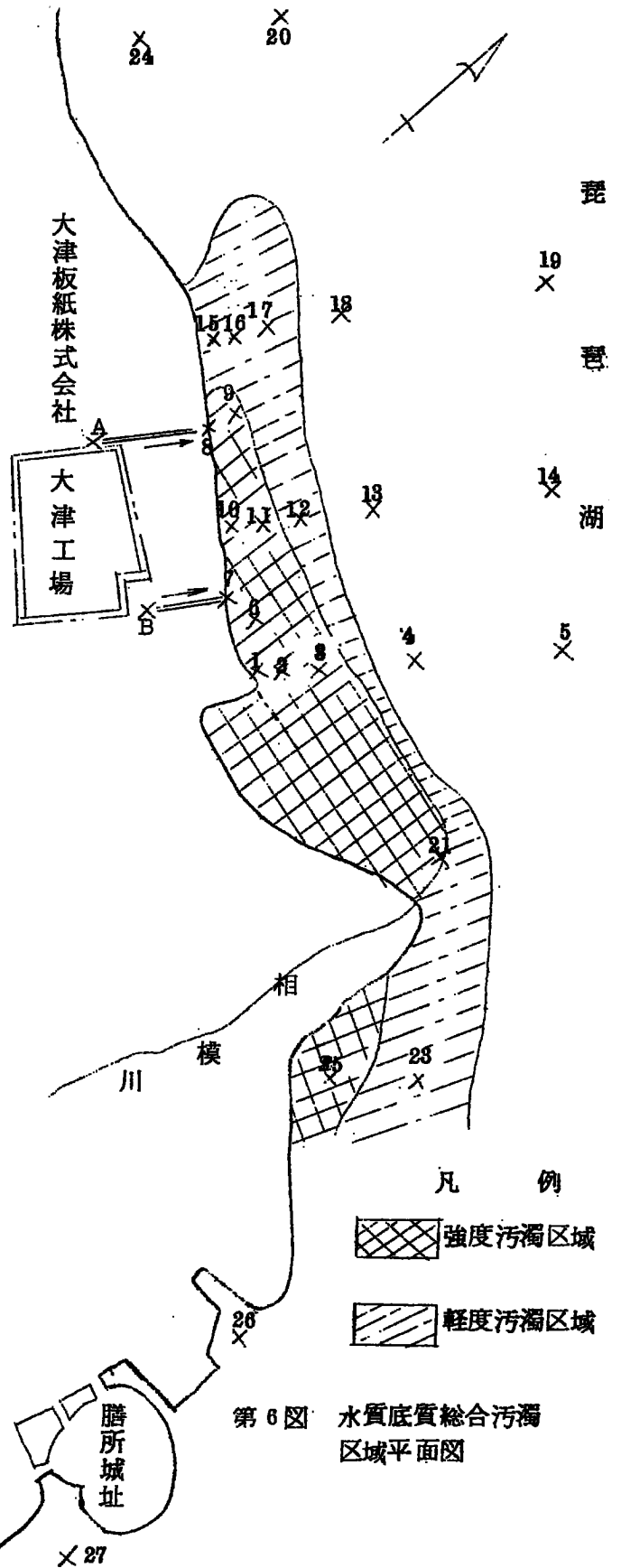
第3図 底質平面分布図



第4図 醱酵泥質のC-I曲線



第5図 硫酸塩還元細菌数と底土の全硫化物含有量との関係



第6図 水質底質総合汚濁区域平面図

(14) 硫酸塩は全水域に分布するが400m以深および第20, 28地点では県下一般水域の含有程度で本工場廃水の影響が考えられるのは第8, 11, 3地点を結ぶ線内と考えられる。

3. 汚濁関係水域の底質について

(12) 底土層の堆積状態(第5表参照)を第一, 二, 三, 四, 五線(第1図参照)の各々について垂直分布図および平面分布図を描くと第2, 3図に示す通りとなり, 沈澱物(パルプカス)の堆積の明らかな水域は第二線の50m沖までと, 第四線の50m沖までの範囲で, 沈澱物・腐泥混在層は第24地点(大津警察署沖約100m)から第28地点(大津市膳所木之下町沖150m)までの間に帯状に分布している。湖岸基準線(廃水排出口である第7, 8地点を結ぶ線をいう)から沖合200mでは粘土層で, パルプカスの堆積は全然認められなかつた。

(13) 一般に底土中の全有機物濃度の指標として用いられる灼熱減量(I, L)と化学的酸素消費量(C.O.D)との関係曲線であるC-I曲線を描くと第4図に示す通りで100m線内の底質は「醗酵が進んでいる」と見て差支えないであろう。

(14) 淡水性硫酸塩還元細菌数と硫化物含有量との関係を描けば第5図に示す通りで両者の間に少々正の関係にあることがうかがえる。

(15) 第6表, 第4図, 第5図から見て底質の汚濁は第2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 21, 23地点を包含する水域であると言い得よう。

(16) 第1.3.1.4地点で淡水性硫酸塩還元細菌数, 硫酸塩含有も多く, I・LおよびC.O.Dも高濃度であるにもかかわらず全硫化物の生成含有が少いのは, 底質のpHが低い(7.0)ため, 淡水性硫酸塩還元細菌の作用活動が阻害されたためと思料される。

(17) 第1.2.3.6.9.10.11.15.21地点の底質に硫酸塩が稍多量に検出されたことから排出される廃水中に含まれる硫酸塩が廃水中の固形有機物に吸着され, 風向ならびに潮流の影響をうけて分散沈降したものと考えられる。

要 約

1) 昭和31年12月操業開始より今日にいたる約2ヶ年の間無処理のまま大津市馬場東町地先の琵琶湖に放流排出している大津板紙株式会社大津工場廃水の硫酸塩を含有するパルプ残滓が湖底に沈澱堆積し湖水温の上昇期になると異状醗酵し, 同町地先の湖岸線1200m沖合300mの水域での漁業が不能となると漁業者の苦情が大きく, 会社側と漁業協同組合側と

の紛争にまで発展して来た。よつて県当局の指示により現状における廃水により被害をうけている水域を確認するためこの調査を実施した。

2) 琵琶湖大津地区沿岸の底土中には淡水性硫酸塩還元細菌が外の地区と比較して多量に分布している傾向にあることと、大津板紙株式会社大津工場廃水の主成分とを考えあわせて、湖底質の還元物質がこの細菌の還元作用により二次的に生成される硫化物、遊離硫化水素となつて分布し汚濁原因増生の要因となる可能性を検討することに調査の主眼をおいた。

3) 大津板紙株式会社大津工場廃水が調査実施時のまま浄化处理することなく排出放流されれば積載量4.5トンのトラック1台分のパルプ残滓を毎日大津市馬場東町地先の琵琶湖に棄捨していることになり、長期蓄積沈澱による底質の悪化を招来すると思料される。

4) 同工場廃水により調査実施時現在汚濁されている区域を図示すれば第8図の通りである。

文 献

- 1) 水 沼 栄 三 : 滋賀県水産試験場研究報告10, (1959)
- 2) 富 山 哲 夫 ・ 神 崎 嘉 端 夫 : 日本水産学会誌17,
115-121 (1951)
- 3) 船 引 真 吾 : 日本土壤肥科学雑誌12, 367-378 (1938)
- 4) 柴 田 三 郎 : 工業廃水 東京 青年書房昭光社, 381 (1943)
- 5) 新 田 忠 雄 ・ 荒 川 清 : 内海区水産研究所研究報告7,
26-32 (1955)
- 6) 村 上 枝 彦 : 愛知学芸大学研究報告1, 77-79 (1952)
- 7) 川 口 桂 三 郎 ・ 大 杉 繁 : 日本土壤肥科学雑誌16,
123-135 (1942)
- 8) 木 俣 正 夫 ・ 門 田 元 ・ 畑 幸 彦 : 田 島 卓 明 : 日本水
産学会誌21, 109-112 (1955)