

日野川下流および美保湾水域水質調査

(昭和42年度)

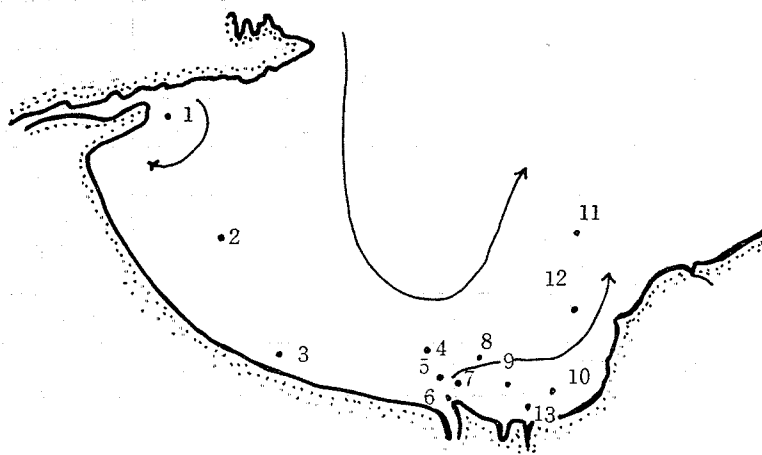
この調査は、当該水域における水質汚濁源の所在を明らかにし、水質保全法にもとづく水域の指定ならびに水質基準の設定が必要であるかどうかを判断するために行なったものである。

方 法

当场では機会あるごとに美保湾の調査を行ってきた。その結果、美保湾は概して海水が清浄である。しかし局部的には境港口や日野川河口に、汚濁水塊が表層にあって、湾に固有の定向流とみられる左旋性の流れに乗って拡散していることがわかっている。これらの知見にもとずき、調査に当たっては、

- (1) 美保湾で唯一の水質汚濁源は、日野川を経て流出するパルプ廃水であると想定し、河口の東側海面に調査の主力を置く。
- (2) 表層を皮流をなして拡散する廃水を追跡するため、7.8月には表層～2m層間を0.25～0.5m間隔に綿密な採水を行ない、9月には採水層の巾を広げて中、底層の汚濁の有無を確かめることとし、
- (3) 塩素量によって流れを追い、C. O. D (アルカリ性過マンガン酸カリ法) とリグニン (多賀の方法) を汚濁の表示要素として測定した。

図-1 観測点図



結 果

毎調査時における海況と水質調査結果は表1 および表2 に示す。

表-1 観測時の気象

st	月日	時分	天候	風向	風力	水 色	透明度	気温	水深	
1	7.6	7:41	R	S	2	4	2	23.8	10	
2	"	8:02	R	SE	3	4	4	24.0	15	
3	"	8:27	C	SE	3	4	4	21.8	10	
4	"	8:52	C	SE	3	4	4	23.7	14	
5	"	9:05	C	SE	2	濁	-	3	-	10
6	"	9:15	C	SE	2	黄濁	-	3.5	-	8
7	"	9:25	C	SE	3	-	4	-	10	
8	"	9:35	C	SE	3	-	4	-	14	
9	"	9:45	C	SE	2	-	6	-	13	
10	"	10:08	C	SE	3	-	4	-	10	
11	"	10:33	C	SE	3	-	5	-	20	
12	"	10:22	C	SE	3	-	3	-	17	
13	"	10:00	C	SE	3	-	3	-	8	
1	8.2	7:43	C	S	1	-	5	28.4	10	
2	"	8:04	-	-	-	-	8	29.1	15	
3	"	8:25	BC	S	1	-	6	29.4	10	
4	"	8:49	BC	-	0	異常なし	6	29.4	14	
5	"	9:02	-	-	-	"	6	28.7	11	
6	"	9:12	-	-	0	"	5	29.2	7	
7	"	9:21	BC	S	-	黒茶色	4	29.0	11	
8	"	9:34	BC	-	-	濁り、茶黒色	4	-	16	
9	"	9:47	BC	NW	1	緑色	5	-	12	
10	"	10:08	BC	NW	1	"	4	28.8	10	
11	"	10:39	BC	NW	1		6	28.9	20	
12	"	10:26	BC	NW	1		5	28.6	16	
13	"	10:00	BC	NW	1		4	28.7	7	

st	月日	時分	天候	風向	風力	水色	透明度	気温	水深
1	9.7	7:50	C	S	1	4	4	26.1	16
2	"	8:10	C	S	1	4	4	26.8	19
3	"	8:30	C	S	1	4	5	25.8	10
4	"	8:51	C	S	1	4	5	—	13
5	"	9:03	BC	S	1	4	5	27.2	10
6	"	9:12	BC	S	1	4	4	27.8	7
7	"	9:20	BC	S	1	赤褐色	1	28.2	7
8	"	9:31	BC	S	1	4	4	29.2	15
9	"	9:48	BC	S	1	4	4	29.0	12
10	"	10:08	BC	NE	2	4	—	29.1	—
11	"	10:42	BC	NE	2	4	5	28.9	21
12	"	10:27	BC	NE	2	4	5	28.8	—
13	"	9:59	BC	N	1	4	4	29.0	6
1	11.9	—	R	N	3	—	4	17.6	—
2	"	9:24	R	NW	4		7	—	—
3	"	9:46	R	NW	5		6	—	—

表-2-1 海水の性状

	℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lignin mg/L	NH ₄ Nug/L	NO ₂ Nug/L	℃	Cl g/L	C.O.D me/L	Lig mg/L	NH ₄ Nug/L	NO ₂ Nug/L
水深 \ st	3						4					
0.0	22.2	17.31	0.082	3			22.2	17.90	0.34	3		
0.25								17.90	0.26	0		
0.50								17.96	0.34	0		
0.75								18.00	0.17	0		
1.00		17.38	0.089	0				17.92	0.14	2		
1.5	22.2	17.43	0.093	1			22.1	18.07	0.17	3		
2.0	22.2	17.40	0.090	0			22.1	18.23	0.12	1		
水深 \ st	7						8					
0.0	22.2	16.69	0.22	6			22.3	18.08	0.20	7	16	0.0
0.25		16.81	0.21	1				18.10	0.23	2		
0.50		17.03	0.18	2				18.19	0.17	1	20	0.0
0.75		16.88	0.26	2				18.19	0.11	3		
1.00		17.08	0.19	2				18.31	0.11	1	20	0.0
1.5	22.1	18.81	0.077	4			22.2	18.27	0.11	2	±?	0.0
2.0	22.3	18.72	0.065	2			22.3	18.86	0.10	4	±?	0.0
水深 \ st	11						12					
0.0	22.2	18.15	0.11	3			22.3	17.65	0.10	0		
0.25												
0.50		18.31	0.23	4				17.63	0.16	0		
0.75												
1.00	22.4	18.24	0.089	3			22.2	17.62	0.14	1		
1.5												
2.0	22.2	18.24	0.11	2			22.4	17.63	0.16	4		

7月6日

℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lig mg/L	NH ₄ N μ g/L	NO ₂ N μ g/L	℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lig/L	NH ₄ N μ g/L	NO ₂ N μ g/L
5						6					
22.2	17.23	0.19	4			21.8	14.48	0.26	7		
	17.27	0.25	0				14.53	0.30	0		
	17.56	0.17	0				15.12	0.29	0		
	17.85	0.17	2				16.95	0.17	0		
	17.93	0.18	1				17.65	0.15	1		
22.2	18.23	0.097	4			22.1	18.48	0.097	0		
22.4	18.40	0.10	1			22.3	18.58	0.094	0		
9						10					
22.3	17.73	0.21	4	20	0.0	22.4	18.50	0.19	5	16	1.0
	17.81	0.20	2				18.49	0.21	2		
	17.85	0.21	4	24	0.0		18.49	0.23	2	8	0.6
	18.00	0.19	4				18.56	0.20	4?		
	18.14	0.10	4	16	0.4		18.49	0.12	5	?	0.8
22.2	19.01	0.094	4	±?	0.0	22.3	18.63	0.11	3	16	0.8
22.5	19.25	0.064	1	±?	0.0?	22.4	18.93	0.11	5	?	0.8
13						1					
22.2	14.57	0.36	5	20	2.4	23.8	16.52	0.11	0		
	15.83	0.30	3								
	16.74	0.28	4	24	2.4	st 2 (pm)					
	18.41	0.17	3			22.6	16.94	0.082	3		
	18.77	0.23	1	20	0.0						
22.3	19.20	0.13	0	8	0.0						
22.4	19.19	0.060	0	8	0.0						

表-2-2 海水の性状

	℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lignin mg/L	NH ₄ N μ g/L	NO ₂ N μ g/L	℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lignin mg/L	NH ₄ N μ g/L	NO ₂ N μ g/L
水深 \ st	3						4					
0.0	28.6	17.70	0.22	0.			28.6	17.95	0.20	0.		
0.25								17.83	0.18	0.		
0.50		17.81	0.20	0.				17.75	0.24	0.		
0.75								17.70	0.22	0.		
1.00		18.81	0.20	0.				17.75	0.23	0.		
1.5							28.4	17.97	0.19	0.		
2.0	28.0						28.4	18.30	0.18	0.		
水深 \ st	7						8					
0.0	28.8	3.84	2.93	15			30.2	15.89	0.44	0.	140	0.0
0.25		16.34	0.23	0.				17.15	0.19	0.		
0.50		16.71	0.20	0.				17.42	0.18	0.	84	0.0
0.75		16.92	0.18	0.				17.39	0.17	0.		
1.00		16.98	-	0.				17.35	0.18	0.	84	0.0
1.5	28.4	17.44	0.25	0.			28.4	17.54	0.23	0.		
2.0	28.4	17.79	0.18	0.			28.4	17.95	0.17	0.	56	0.0
水深 \ st	11						12					
0.0	28.6	16.90	0.16	0.			29.2	17.02	0.21	0.		
0.25												
0.50		16.92	0.16	0.				17.02	0.20	0.		
0.75												
1.00		16.92	0.15	0.				17.13	0.19	0.		
1.5												
2.0	28.8	17.43	0.11	0.			27.2	18.06	0.18	0.		

8月2日

℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lignin mg/L	NH ₄ N _μ /L	NO ₂ N _μ /L	℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lignin mg/L	NH ₄ N _μ /L	NO ₂ N _μ /L
5						6					
28.8	17.54	0.19	0.			28.6	17.75	0.21	0.		
	17.46	0.19	0.				17.77	0.19	0.		
	17.37	0.19	0.				17.77	0.17	0.		
	17.37	0.22	0.				17.77	0.16	0.		
	17.44	0.17	0.				17.77	0.13	0.		
28.6	17.33	0.15	0.			28.4	17.77	0.16	0.		
28.5	17.68	0.17	0.			28.4	17.75	0.15	0.		
9						10					
28.5	17.13	0.21	0.	92	0.0	29.3	16.71	0.21	0.	140	0.0
	17.13	0.20	0.				16.71	0.28	0.		
	17.13	0.20	0.	84	0.0		16.71	0.22	0.	140	0.0
	17.21	0.22	0.				16.71	0.24	0.		
	17.21	0.21	0.	70	0.0		16.80	0.23	0.	110	0.0
28.6	17.21	0.19	0.			29.4	16.78	0.25	0.		
28.6	17.85	0.16	0.	56	0.0	28.8	17.13	0.22	0.	125	0.0
13						st 1 (0m)					
29.3	17.13	0.21	0.	140	0.0	28.8	17.09	0.64	0.		
	17.15	0.24	0.			st 2 (0m)					
	17.15	0.25	0.	140	0.0	28.4	18.03	0.13	0.		
	17.15	0.26	0.								
	17.21	0.26	0.	110	0.0						
28.8	17.50	0.25	0.								
28.8	17.52	0.28	0.	98	0.0						

表2-3 海水の性状

	℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lignin mg/L	NH ₄ N μ /L	NO ₂ N μ /L	℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lignin mg/L	NH ₄ N μ /L	NO ₂ N μ /L
水深	3						4					
0.0	28.1	17.69	8.0	1			28.1	17.83	0.24	2		
0.5								17.83	0.22	0		
1.0		17.70	0.24	1				17.88	0.23	1		
2.0	28.4	17.80	0.19	2			28.1	18.08	0.21	1		
5.0							28.1	18.10	0.18	1		
B							(13m) 28.2	18.10	0.23	1		
水深	7						8					
0.0	28.2	2.36	5.1	38			28.1	14.81	0.45	6	0	0
0.5		15.10	0.72	6				17.20	0.24	6	0	0
1.0		17.58	0.22	4				17.64	0.19	3	0	0
2.0	28.1	17.40	0.31	5			28.2	17.59	0.36	4	0	0
5.0	28.3	18.01	0.20	4			28.3	18.23	0.20	4		
B	(7m) 28.1	17.61	9.9	7			(15m) 28.1	18.40	0.16	6		
水深	12						11					
0.0	28.2	17.81	0.17	0			28.2	17.79	0.17	0		
0.5		17.86	0.11	0				17.73	0.21	0		
1.0		17.82	0.19	0				17.90	0.19	0		
2.0	28.3	17.80	0.18	0			28.2	17.90	0.19	0		
5.0	28.2	18.39	0.20	0			28.4	18.20	0.17	0		
B	27.8	18.54	0.17	0			(21m) 27.4	18.70	0.17	0		

9月7日

℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lignin mg/L	NH ₄ N _{μg/L}	NO ₂ N _{μg/L}	℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lignin mg/L	NH ₄ N _{μg/L}	NO ₂ N _{μg/L}
5						6					
28.4	17.91	0.20	0			28.1	15.22	0.22	2		
	18.00	17.6	1				16.72	0.39	3		
	17.96	0.25	1				17.86	7.2	1		
28.1	17.96	0.20	2			28.1	18.04	0.45	?		
28.1	18.03	0.19	0			28.2	18.19	0.18	2		
(10m) 28.1	18.47	0.16	1			(7m) 28.2	18.28	0.16	5		
9						10					
28.7	16.85	0.41	1	0	0	28.4	17.46	0.22	1	0	0
	17.29	0.29	1	0	0			0.26	0	0	0
	17.44	0.26	0	0	0		17.33	0.21	1	0	0
28.2	17.95	0.19	0	0	0	28.2	17.66	0.22	0	0	0
28.4	18.10	0.19	0			28.2	18.07	0.17	0		
(12m) 28.4	18.46	0.18	0			28.4	18.24	0.17	0		
13						st1(0m)					
28.4	17.08	0.19	3	0	0	28.1	17.30	6.6	2		
	17.66	0.22	1	0	0						
	17.70	0.20	3	0	0	st2(0m)					
28.4	17.73	0.22	1	0	0	27.9	17.54	14.5	4		
28.4	17.94	0.17	1								
(6m) 28.3	18.02	0.24	1								

表-2-4

海水の性状

10月9日

	℃	Cl-g/L	C.O.D me/L	Lignin mg/L
水深 \ st	1			
0.0		18.90	0.15	
0.5		18.95	0.12	
1.0		18.95	0.12	
2.0	19.8	18.93	0.16	
5.0	19.9	18.76	0.12	
B	19.7	18.93	?	
水深 \ st	2			
0.0	19.6	18.80	0.095	
0.5		18.81	0.092	
1.0		18.80	0.092	
2.0	19.7	18.80	0.12	
5.0	19.5	18.80	0.13	
B	19.7	18.80	0.13	
水深 \ st	3			
0.0	19.1	18.64	0.12	
0.5		18.64	0.11	
1.0		18.64	0.11	
2.0	19.5	18.64	0.11	
5.0	19.7	18.63	0.11	
B	19.5	18.64	0.11	

考 察

1 美保湾の流れ

'57年から'59年にわたって実施した調査において、¹⁾ 美保湾には第2図に示すような定向流があること、および日野川河口の直前には、表層を噴流する河水によって、底層水が吸い上げられ高鹹な水塊が上昇していることを報告した。この調査時における河口域付近の流れを塩素量の分布によって追跡してみると、第3図に示すように、表層の流れは、例外なく、日野川河口より淀江沖へと東を指向している。図中で、第3-2図は東流の認められない唯一の例となっているが、観測はSEの強風下で行なっており、図に現われた流向は、この風によって生じた吹送流の卓越を示すものと解される。

図-3-1 7月表層

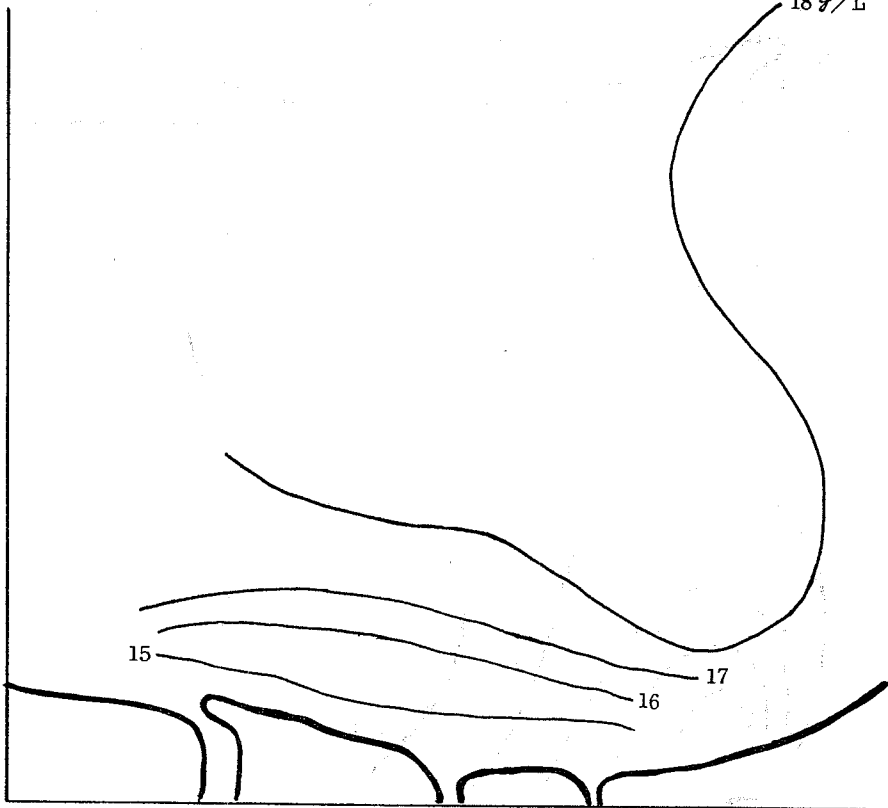


图-3-2 7月2m層

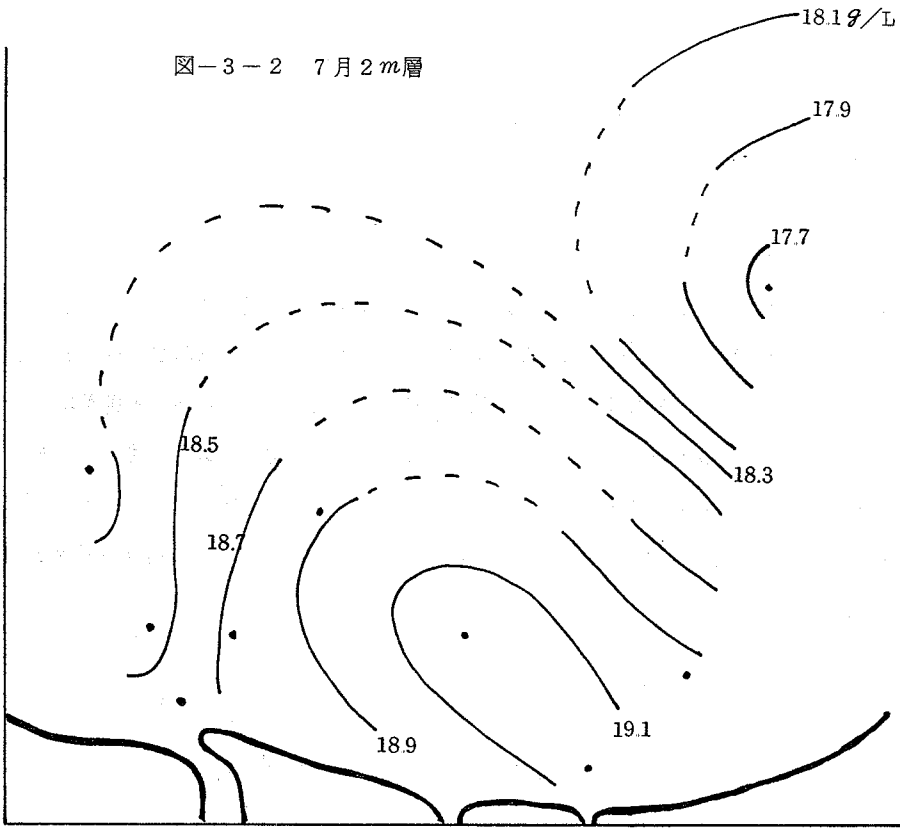


图-3-3 8月表層

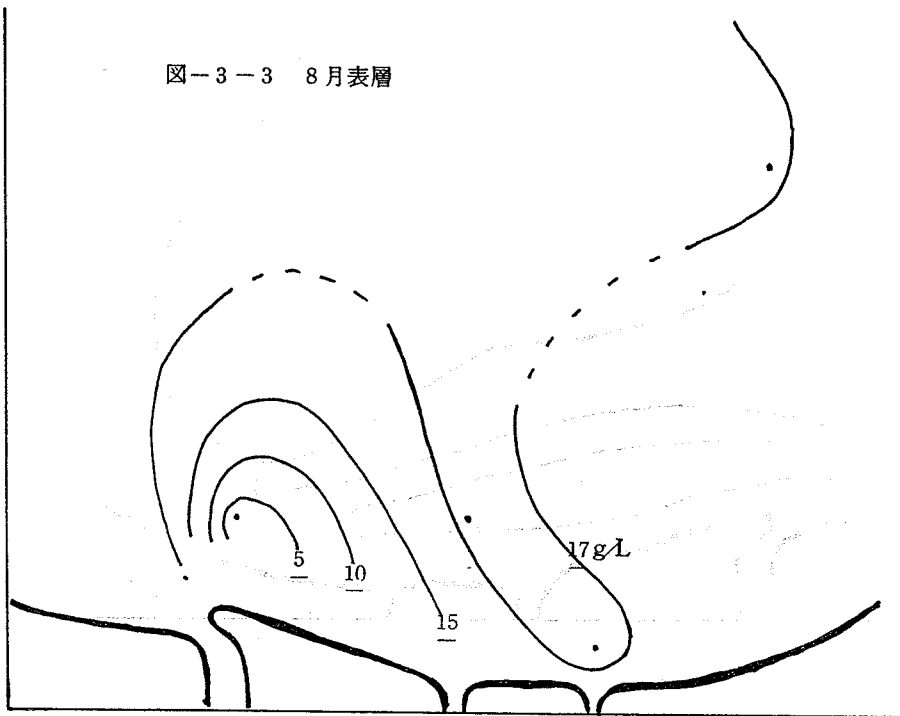


图-3-4 8月2m层

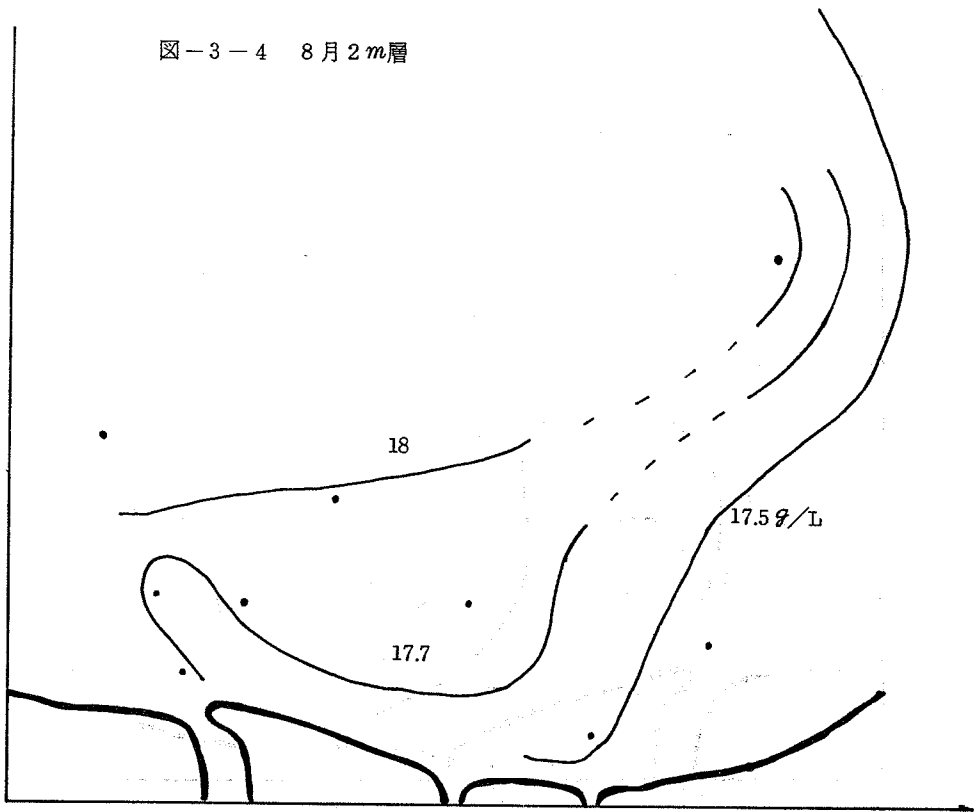
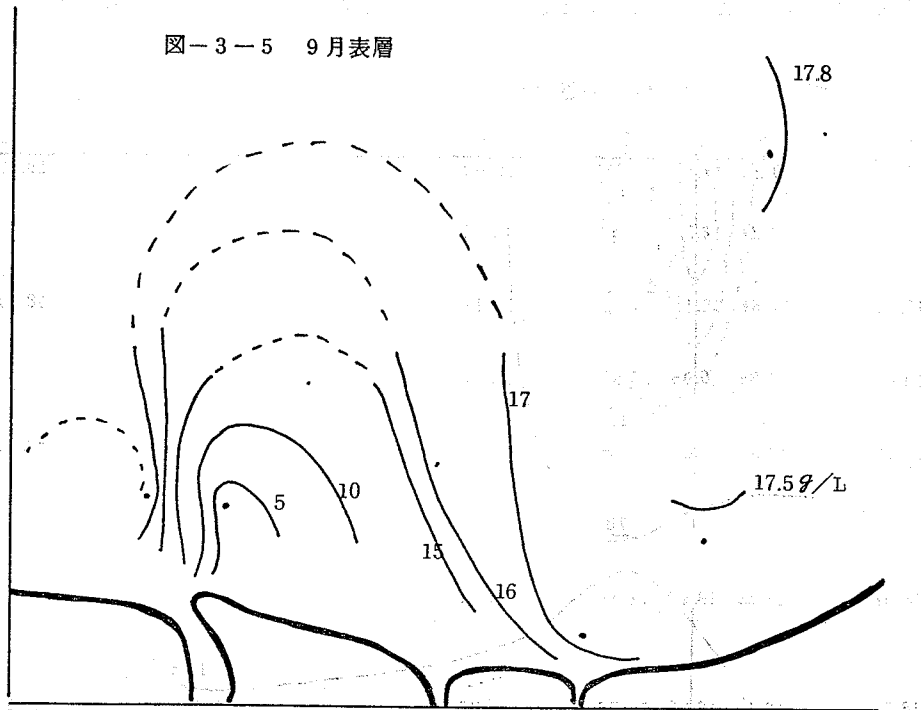
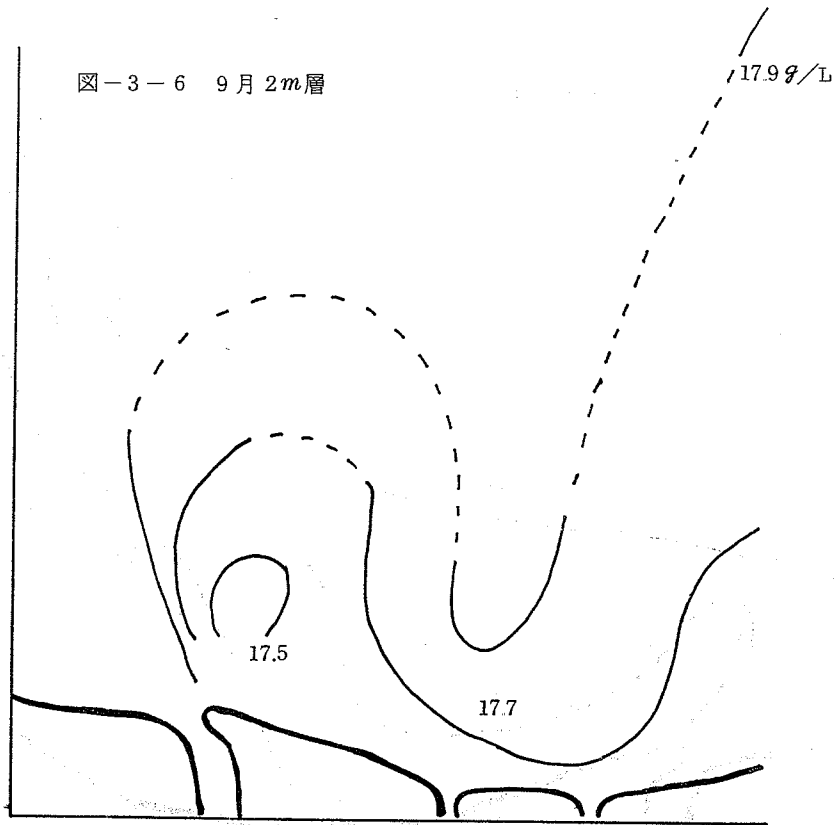


图-3-5 9月表层





既往の調査では、¹⁾ 日野川河川水の拡散が河口を中心とした半径2Km以内で著しく、垂直方向の混合は水深2m以深には及んでいないことを見たが、この調査時においても、第4図に見るごとく

図-4-1 塩素量の垂直分布 7月

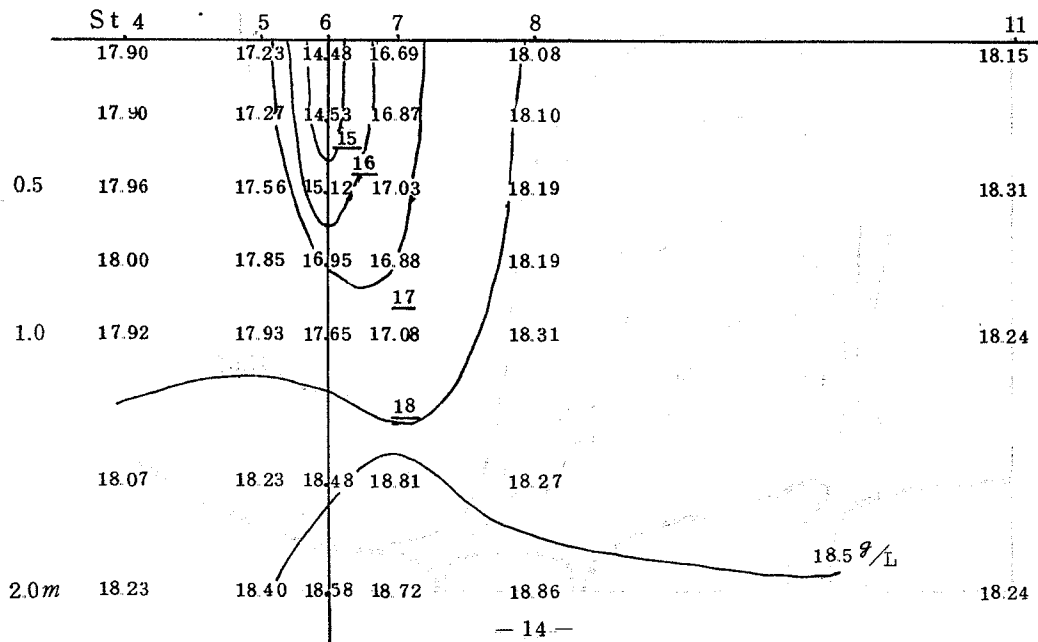


図-4-2 塩素量の垂直分布 8月

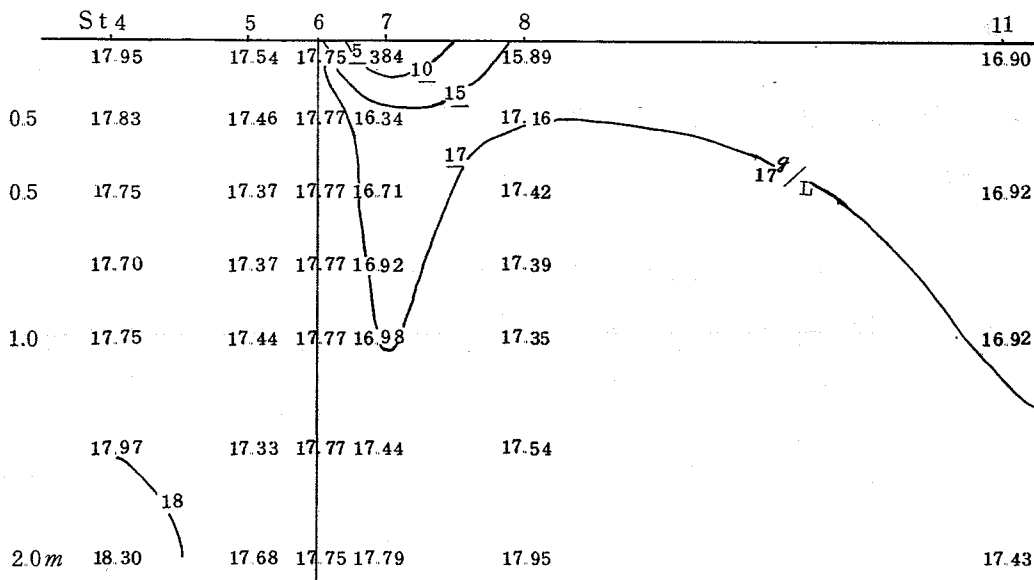
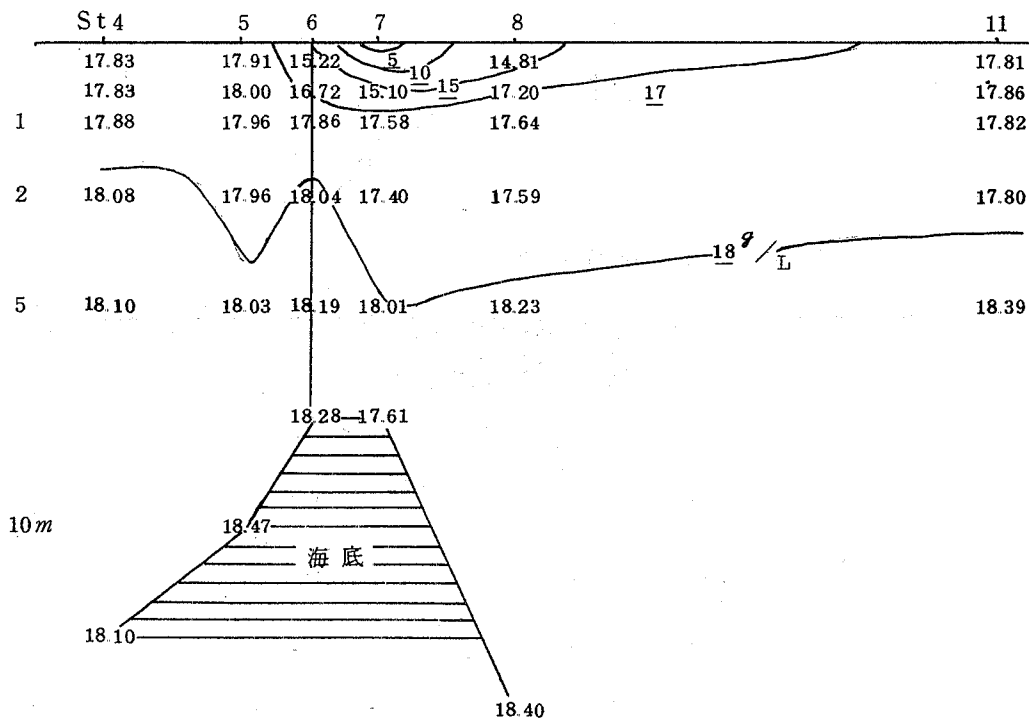


図-4-3 塩素量の垂直分布 9月



河川水の垂直混合は河口を中心とした半径500~1,000mの範囲では僅々1m層までにすぎず、平板状に滞っていて、垂直方向への攪拌、混合よりも水平方向の移動によって稀釈、拡散が行なわれている様相を呈している。第4-1、4-2図のように河口の東側では、6Km余はなれた St 11

においてさえ、表層に河川水の影響が顕著に認められることは廃水による汚濁を考察する場合に見落とせない。

2 日野川河口域におけるCODの分布

河口域におけるCODの垂直分布を第5図に示す。

図-5-1 CODの垂直分布 7月

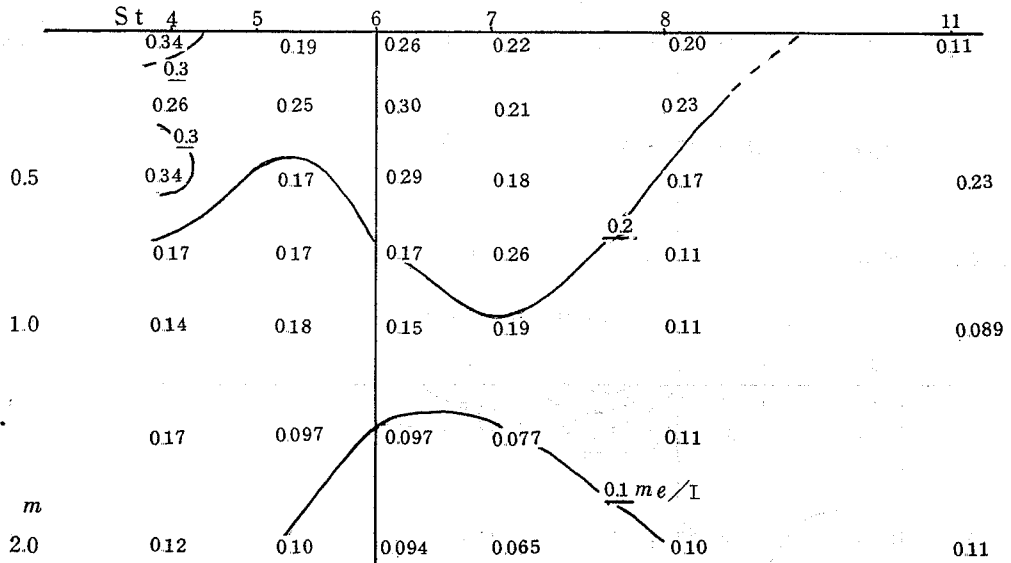


図-5-2 CODの垂直分布 8月

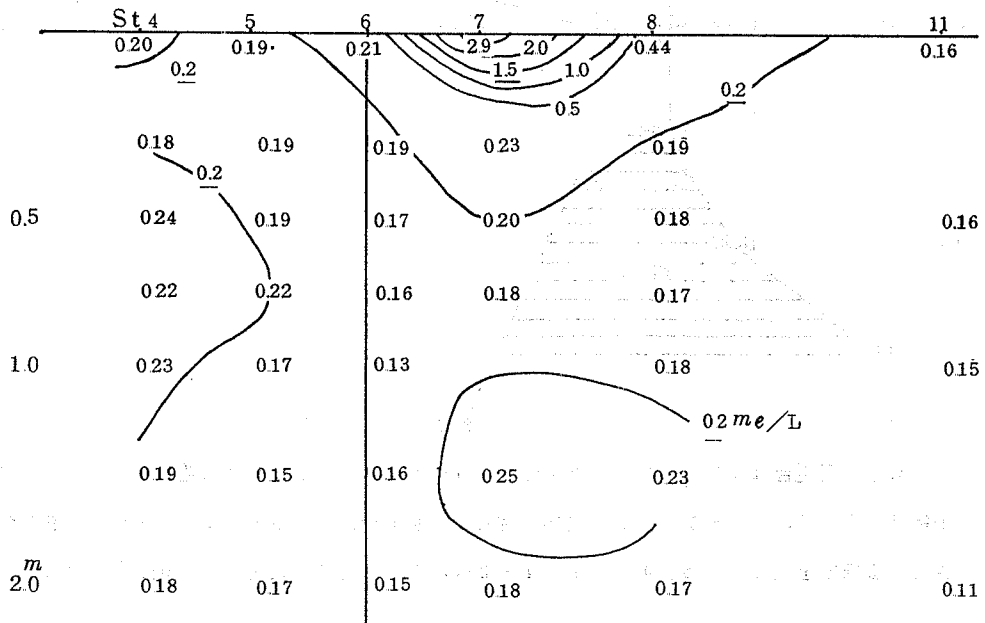


図-5-3 CODの垂直分布 9月

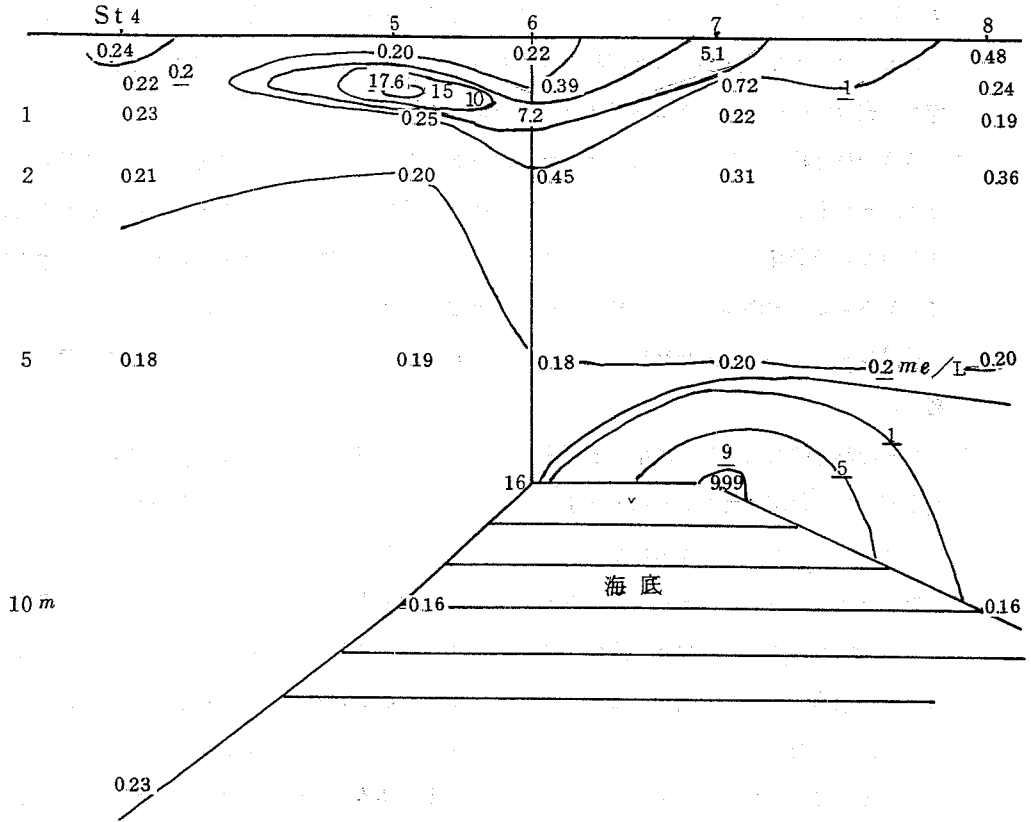
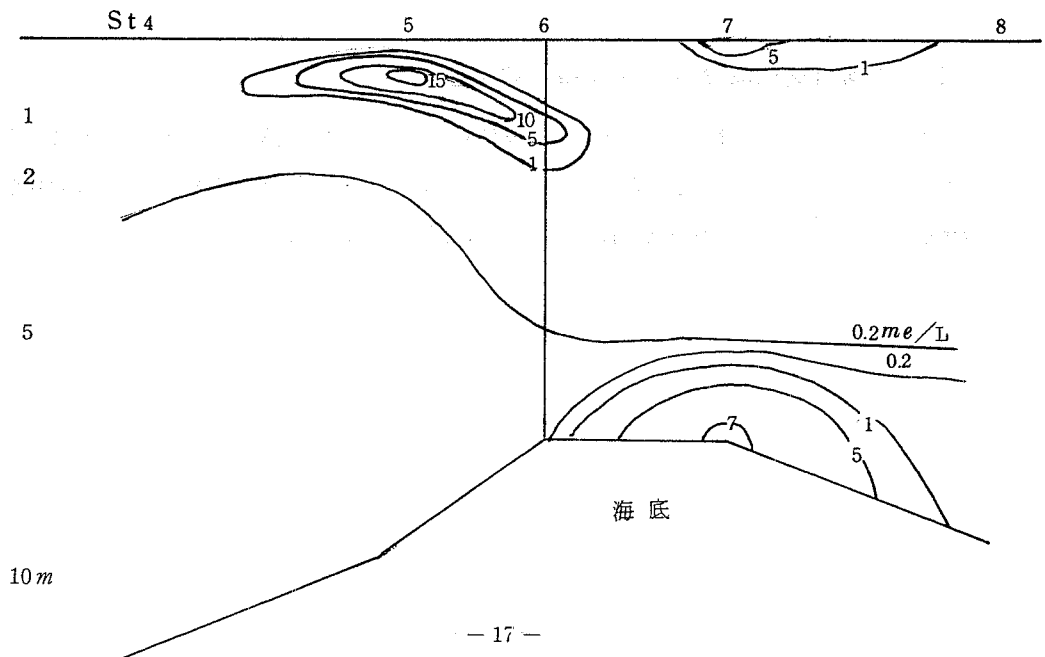


図-5-4 CODの垂直分布 9月



(1) 7月の観測時には、St 4にややCOD値が大きい水塊が出現している他は、CODとC_ℓはよく類似した分布をなしている。COD値自体も0.2~0.3 me/L程度であって、とくに汚濁しているとはいえない。これは梅雨期の多量の降雨があった直後なので、増水した日野川により、廃水が十分に稀釈された後に湾へ流出したためと考えられる。

(2) 8月の観測時には第5-2図のような垂直分布をなしていた。これは第4-2図のC_ℓの分布とよく一致する。ただSt 8~St 11におけるCODとC_ℓを比較すると、C_ℓ線は下向きであるのにCOD線は上向きになっている。これは廃水が稀釈拡散しながらSt 11へ向けて流れているうちに、自浄作用により酸素消費物を減じたためではなかろうか。

COD値はSt 7の表層を除いて、ほとんど0.2~0.3 me/Lであって、魚類に有害とはいえない。

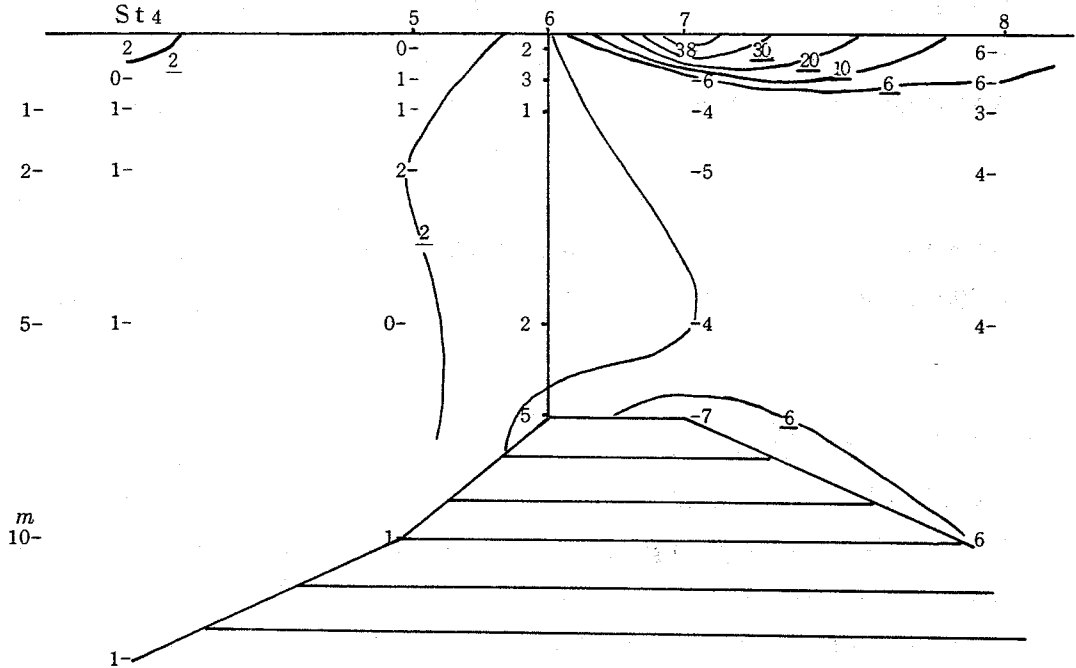
(3) 9月の調査時には、とくに中、底層水に注目したが、第5-3図によると、河口沖のSt 7では海底にCOD値の大きな水塊が出現している。採水時この水には白色の微細な懸濁物が浮遊していたが、これはパルプ廃水がもたらしたものとみてさしつかえなかろう。

次にSt 5をみるに、表層はCOD 0.2 me/Lで、清浄であるにかかわらず、0.5 m層では17.6 me/Lと著しく、特異な垂直分布が注目をひく。同様にSt 6でも海面下1.0 m層に汚れた水塊が沈降しており、表層は清浄となっている。この観測時におけるC_ℓの分布、第3-5、3-6図から推定すると、河口から流出した廃水はSt 7付近に主軸があり、St 8方向(東)へ流れ去っているものと考えられる。従ってCODも当然、これと一致した分布をなさねばならぬ筈であるが、上述したように、上層部においてCODの最も大きいのはSt 7よりもはるかに西へ寄ったSt 5であって、流れと汚濁の分布は一致していない。

3 日野川河口域におけるパルプ廃水の挙動

リグニンパルプ廃水中で、最も安定した溶存成分なので、他の成分が自浄作用を受けて消失しても、リグニンは残存するという²⁾。上述した、河口域において、流れと汚濁が一致しない現象を生ずるに至った機構を究明するために、リグニン量を使った次の考察を試みた。

図-6 リグニンの垂直分布 9月



第6図を第4-3図に対比すると明らかなように、上層部におけるリグニンの分布は $C\theta$ のそれとよく一致していて、廃水の主流がSt 7を通過して東へ流れ去っていることは疑いない。また著量のCODの0.5 m層とSt 6の1.0 m層ではリグニンの痕跡が認められるにすぎず、上記した「自浄作用を受けてもリグニンは残存する」パルプ廃水の犠牲とは、全く矛盾した現象を呈していることがわかる。この一見して矛盾したかに見える現象は、次の仮説によって説明を試みたい。

すなわち、St 5およびSt 6の酸素消費物質が、パルプ廃水の特性に従わないことからみて、その本体はパルプ廃水自体ではないと判断する。つまり第5-3図のCOD分布図は第5-4図のように書き改め、St 5、0.5 m層のCODとSt 7表層のそれは切りはなす。こう作図すると、St 7以東の $C\theta$ 、CODならびにリグニンの分布はよく一致して廃水が東へ向って拡散していることが明瞭となり、更にSt 5の0.5 m層を中心としたCOD値を、廃水の拡散とは別個な、汚濁水塊の出現として理解しやすい。

この異様な水塊の本体は、ことによれば皆生の市街地から流出した都市廃水かとも思われるが、河口域に出現していることやCOD値の大きさからみて、やはりパルプ廃水とは関係がありそうに思われる。先にも指摘したように、河口付近の底層水に微細な懸濁物が混じっていて、COD値が大きかったことでもわかるように、廃水に含まれているすべての物質が、海中に流出した後も行動を共にするとは限らない。恐らく廃水中の溶存物質と懸濁物は海に出た後、かなり早い時期に分離

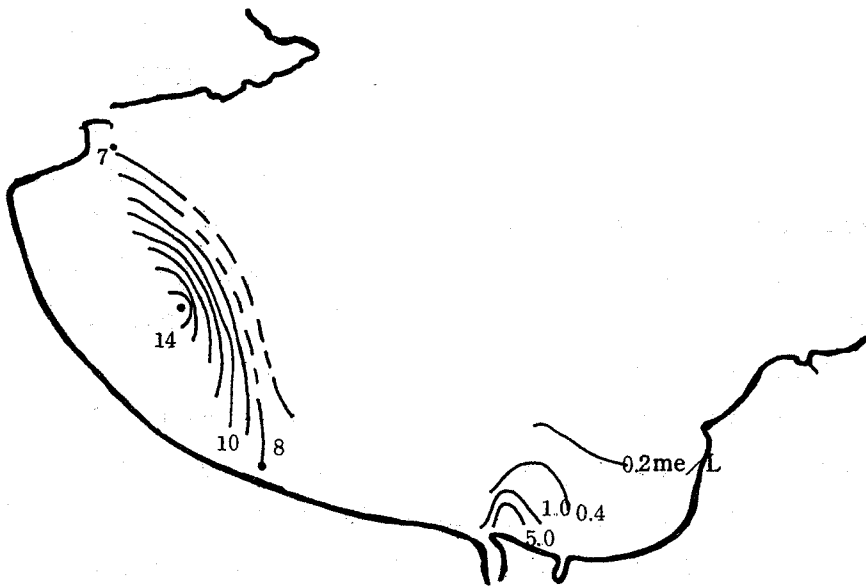
して別々に行動するのではなかろうか。さらに、こうして分離するのは、懸濁物だけではなく、可溶性物質であっても海水に遭遇したとたんに、塩析や揺変などのコロイド現象により析出することも考えられる。St 5やSt 6に出現した水塊の酸素消費物質を、このような機構によって析出し、廃水の本流から分かれた有機物であるとするなら、それが0.5~1.0 m層に沈降して表層に浮上していないことも、またリグニンをともなわないことも説明できる。

また、廃水の主流がSt 7より東へ向って流れているにもかかわらず、西側のSt 5、6にこの水塊が形成されたことについては、廃水と高鹹な海水の接触面とみられる、St 6とSt 7の間付近で析出した懸濁物が、St 5を中心とする第3-5図に示した左回りの渦流にのって、停滞していたものであろうと考える。

4 美保湾北部の汚濁

美保湾の北部、St 1~3付近では、'57年10月において0.22 me/L、'58年10月に0.44 me/LのCODを呈した他は、四季を通じて0.1 me/L程度の低い値を呈していた。この調査の結果をみるに第2表に示すごとく、7~8月には10年と大差ないCODを示しているが、9月には1.4 me/Lにも達する著しく大きな値が出現していることは特筆しなければならない。

図-7 CODの水平分布 (9月表層)



第7図に示した分布からみて、明らかにその本体はパルプ廃水とは無関係なものであり、おそらく、船舶から投棄されたものか、あるいは、境港地区から流出したものと解される。すなわち、調査前に想定したように、美保湾における水質の汚濁源としては、パルプ工場の廃水だけではなく、第2の汚濁源のあることがわかる。また、7、8月の調査時には、このような水塊が見られなかったことからみて、汚濁物は特定時にしか放流されていないものと思われるが、拡散が広範囲に及んでいることと、CODの著しく大きなことはパルプ廃水の比ではなく、漁業への影響が懸念される。

要 約

上述した論議を要約すると、

1. 既往の調査結果と同様、この調査においても、日野川河口から流出したパルプ廃水は東方へ向け表層を平板状に拡散していた。
2. 日野川河口沖の海底には白色懸濁物をともなった汚濁水塊が認められた。
3. 河口の西側には、海面下0.5～1.0 m層にパルプ廃水から分離し沈降したと思われる汚濁水塊があった。
4. 美保湾の北部にはパルプ廃水とは別な第2の汚濁源があり、特定時にしか放流されない模様であるが、拡散の範囲は広く、かつ汚濁も著しく、パルプ廃水の比ではなく、漁業への影響も懸念された。

文 献

- 1) 中海干拓基本調査報告書、1960年3月 鳥取水試
- 2) 多賀信夫：パルプ廃水による水質汚濁の有害性、東大海洋研業績集