

かまぼこ工場排水による水質汚濁とその対策

山口大学工学部 正員 中西 弘, 補 勝, 浮田正夫
資源技術試験所 正員 松尾 信

1. まえがき

中海横屋湾に面した東出雲町横屋地区には10軒近くのかまぼこ製造工場があり、その排水は付近のメッキ工場や家庭の排水とともに横屋湾に排出されている。農林省の中海干拓淡水化事業では、横屋湾は沿岸に1部の承水路を残して全部埋立の計画であり、現在工事が進められている。この調査はかまぼこ工場排水による汚濁の状態を干拓の前後において把握し、その対策について論じたものである。

2. 横屋地区の汚濁物量

横屋地区の汚濁源とみられるのは、1)かまぼこ工場、2)メッキ工場、3)農機具製造工場、および4)家庭の排水であり、横屋湾南部沿岸に集まっている。排出汚濁物量の算定にあたり、以下の調査および集収資料を用いた。

かまぼこ工場の用水使用量(実測、南取り、水道使用量)、操業実態(製造工程、汚水排出過程、操業時間)原料魚の使用量(現在および将来)、水質測定値(混合排水、最も汚れた排水、魚解体排水、魚内すり汁排水、臓物処理排水、BOD、COD、アンモニア性窒素、アルミニウム性窒素、油脂、PH)

メッキ工場の操業実態(メッキ工程、汚水排出工程、処理施設)薬品使用量

農機具製造工場の用水使用量、操業実態(従業員数、汚水排出工程)

家庭雑排水関係、横屋地区人口、承水路流入人口、戸間人口、将来人口、水道使用量、(尿処理状況、浄化槽設置数。

かまぼこ工場の汚濁物量の算定は、原料魚の使用量を基礎として各工場の排水量を割り当て、水質測定値を実測排水量と原料魚使用量とに對比させて代表水質値を推定求めた。

家庭排水については、1人1日当りの排出BOD量や窒素量と人口から汚濁量を求めた。

以上の結果から算定した汚濁量総量を表1に示す。この結果から横屋地区の主要な汚濁源はかまぼこ工場であり、昭和44年度において排出BOD総量1507kg/dの約92%であり、昭和48年には2937kg/dの96%に達する。

3. 横屋湾沿岸の汚濁現況と将来予測

干拓前の横屋湾および沿岸の水質調査は中海干拓事務所や島根大学によって行われている。その

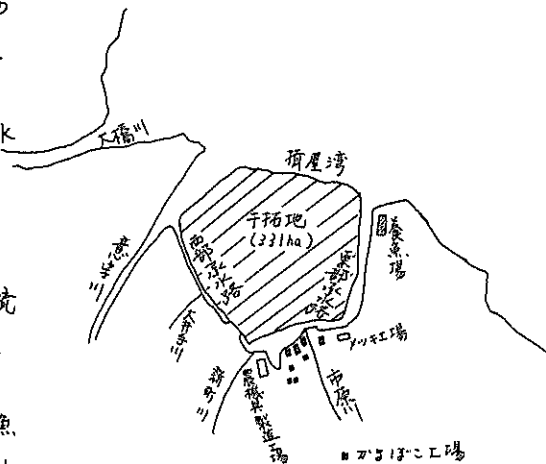


図1 横屋湾干拓計画図

結果をみると、荷

表1 荷屋湾に排出される汚濁物総量

汚濁源	BOD kg/日	COD kg/日 (K ₁ ×10 ⁴)	COD kg/日 (K ₂ ×10 ⁴)	アモニア kg/日 (K ₃ ×10 ⁴)	アモニア kg/日 (K ₄ ×10 ⁴)	硝酸 kg/日	リン kg/日	アミン kg/日	窒素 kg/日	リン kg/日	アミン kg/日	排水量 m ³ /日
現在の 排出量(推 定)												
かきほこ工場	1400	440	2250	250	24.4	160	—	—	—	—	—	423
農機具製造工場	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(20.6) 以下	多少	960
メッキ工場	—	—	—	—	—	—	(2.64) 以下	(0~6.6)	800	—	—	200
家庭下水	107	28	150	—	20.0	—	—	—	—	—	—	45 964
総計	1507	468	2400	250	44.4	160	(2.64) 以下	(0~6.6)	800	(20.6) 以下	—	2547
昭和47年度 の排出量												
かきほこ工場	2818	886	4550	503	49.1	322	—	—	—	—	—	45 951
農機具製造工場	—	—	—	—	—	—	—	—	—	(20.6) 以下	多少	960
メッキ工場	—	—	—	—	—	—	2.64	(0~6.6)	800	—	—	200
家庭下水	119	31	167	—	2.2	—	—	—	—	—	—	1057
総計	2937	917	4697	503	51.3	322	2.64	(0~6.6)	800	(20.6) 以下	—	3068

水口付近には油が
すか停滞し腐敗臭
を呈している。

干拓後の排水は、図1に示すように東部承水路に入り、水路を通って中海に放流される。東部承水路は、延長2400m、中454~111.6m、水深0.7~2.1m、最深部は35mであり、容量は411,000m³(水位+0.4m)あるいは339,000m³(水位+0.1m)である。平均流速は満水時0.07cm/秒、平水時0.15cm/秒といわれており、排水は満水時に約40日、平水時には約18日かかって流下する。承水路の汚濁計算は溶存酸素、BODおよび窒素について行った。溶存酸素の算定はStreeter-Phelps式に基づき、式1によって計算した。

$$D = \{K C_0 / (R - K)\} \{ \exp(-Kt) - \exp(-Rt) \} + D_0 \exp(-Rt) \dots (1)$$
 ここでD: 溶存酸素不足量(Dはt=0における値) C₀: t=0におけるBOD, K: 脱酸素係数(1/日), R: 再曝気係数(1/日) 東部承水路に流入する排水口は十数ヶ所あるので、各口ごとに計算した。なおKについては、魚肉や魚油などの分解しやすい排水であるので0.1~0.5/日の範囲にあるとみられ、ここでは0.3/日とした。またRについては式2に示すO'Connor Dobbinsの非等方性乱流の場合を適用してt=0.42/日を得た。(t=K/Δ₃₁, t=8Δ₃₁)

$$R = (D_L^2 g^2 I^2) / (H^2 K^2) \dots (2)$$
 ここでD_L: 酸素の分子拡散係数, H: 水深, g: 重力加速度, I: こう配 K: Karmanの対数流速分布式の一般定数0.4

一方BODは式3によりt=0~0.5/日の範囲で計算した。窒素については自浄作用を考慮に入れていない。いすれも排水は流入点で断面に一律に混入し、流下方向には押し出し流れるとして計算している。計算結果を表2に示す。 $dC/dt = -KC \dots (3)$ ここでC: BOD濃度

表2の結果をみると、東部承水路の上流から500~1500mの地点において溶存酸素が不足し、とくに500~600mおよび2000m地点で零以下となっている。また承水路に加えられたBODは最高174ppmとなり、将来は272ppmにも達する見込である。自浄作用を考慮した結果、承水路の中海への流出点ではいすれもBOD1ppm以下という結果となるが、光合成作用などを考えるとこのような低濃度域ではBODの低下は抑えられ、数ppmのBODは残るだろう。窒素については、自浄作用を無視すると最高35.62ppmとなる。

表2 東部永水路の汚濁計算(汚水時)

水 理 条 件			現在の汚濁物量を対象とした場合(1843)							将来を対象(1848)				
上流からの距離 (m)	断面流量 (m ³ /秒)	流下日数 (日)	流入BOD (mg/秒)	溶存酸素 (ppm)	BOD濃度 ppm				窒素濃度 (ppm)	リン濃度 (ppm)	クロロアミン濃度 (ppm)	流入BOD (mg/秒)	BOD濃度	
					2.0	2.0/1h	2.0/4h	2.0/24h					2.0	2.0/1h
0				9.00 8.409 8.873	2.0	2.0	2.0	2.0				5.0	2.0	2.0
300	0.046	4.9	92.0											
			412.92 231.84		14.80	13.8	13.35	13.30	8.27	3.91		4.742	16.46	0.65 15.44
400	0.061	9.7	165.60	8.132		4.52	0.47	0.05				266.6 190.44		5.06
			264.96		80.55	70.47	66.50	66.07	9.11	2.83		4912.9	92.09	80.90
500	0.062	11.3	3841.92	-11.00		49.16	22.61	14.41						56.43
			6392.16		174.44	145.37	131.04	113.50	35.62	2.51		12272.9		237.3
700	0.068	16.9	414.03	-16.00		39.84	2.50	0.18				455.44		65.58
			563.04 364.32 335.40	3.97	86.47	27.74	11.69	10.61	1.51			1112.8 335.44	128.96	40.24
900	0.158	18.6	412.92	2.90		18.76	3.61	1.51	17.31			454.2		27.21
			4371.84	-1.90	110.62	45.65	30.61	28.55	1.57			1250.35	203.49	102.03
2300	0.161	29.8		3.29 8.00 8.79 9.00		0.34	0.000013	0	21.10		704 0.14744 392 0.47 14.7			0.78

一方、永水路に許容できる水質としては、

(平水時)

この水路を農業用水路として利用すること、
および環境衛生上の限界を考慮すれば、つぎ
のような基準が必要である。

- ① 窒素は最大10 ppm、平均5 ppm以下(水田稲作
の限界)
- ② 塩素イオン900 ppm以下
- ③ pH 5.8~8.6
- ④ 腐敗した浮遊物(油粕など)が漂流しない。
- ⑤ 溶存酸素が零でない。嫌氣的な状態を作
らない。

したがって永水路に排出できる汚濁物量と
して、A)汚水期において窒素を10 ppm以下に抑
えるためには、現在の窒素排出量の約半分以
下(150 kg/日)に抑える必要がある。またB)腐敗
した浮遊物を生じないための油の排出をできる
だけ抑える必要がある。なおBODは今後の増加量についてはほとんど受容能力がない。

4. 排水改善方法

以上の結果から排水改善の必要が明らかになったが、これに対してつぎの方法が考えられる。

- 1) 製造工程排水の改善。 かんぽ工場排水が汚濁源の大部分を占めており、なかでも臓物処理排

水 理 条 件					現在の汚濁物量を対象とした場合(1848)			
上流からの距離 (m)	断面 流量 (m ³ /秒)	流下 日数 (日)	流入 BOD ppm		BOD濃度 ppm		窒素 濃度 (ppm)	リン 濃度 (ppm)
					2.0	2.0		
0								
300	0.115	1.5	23200					
			412.92 231.84		8.36	7.37	2.47	1.83
400	0.130	3.8	165.60					
			264.96		29.59	26.04	4.21	1.82
500	0.130	4.5	3841.92					
			6392.16		87.62	78.21		1.74
700	0.137	7.3	414.03					
			562.04 364.32 335.40		28.43	22.10	2.67	0.67
900	0.359	8.0	412.92					
			4371.84		50.20	30.56	2.81	0.66
2300	0.360	17.6	0			3.40		

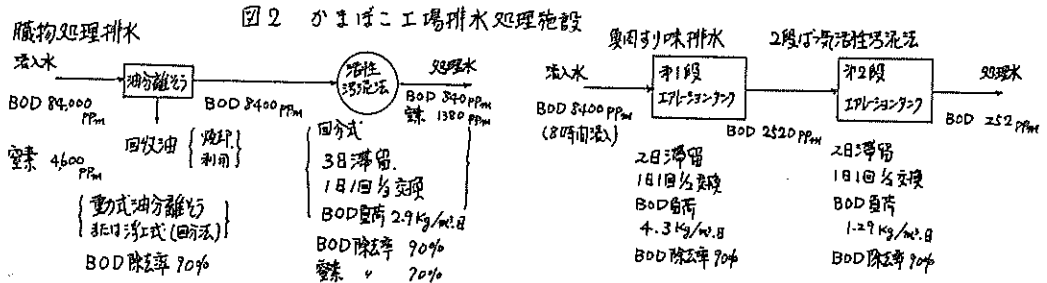
水が油を主体としてBODが最も高く排出BODの46%を占め、しかも流量は4%である。したがって、この少量の高濃度汚水を分離回収することによって、汚濁物質は削減する。また魚肉すり味排水は流量は3%であり、排出BODの3%であるから、この排水も処理すればかまぼこ工場のBODの9%は処理されることになる。表3はかまぼこ工場の工程排水の改善と排出汚濁物質との関係を示したもので、工場は甲午乙工場を対象とし、臓物排水処理を主体とした対策を考へれば比較的容易に汚濁物質を減らすことができる。表3 かまぼこ工場製造工程排水の改善と排出汚濁物質

工程 排水の改善	処理汚濁物質 BOD ㎖/日	処理水量 m ³ /日	排出汚濁物質		水域汚濁の程度
			BOD ㎖/日	窒素 ㎖/日	
現在のより改善せず	0	0	1400	274.4	農作物窒素過剰 油脂浮遊物多し 悪臭気性
① 臓物処理排水の回収、処理	640 (46%)	16.5 (3.3%)	760 (54%)	206 (75%)	農作物窒素未だ過剰
② 臓物処理排水および魚肉すり味排水の回収処理	1302 (93)	24.1 (57)	78 (7)	274 (10)	汚濁ほとんどなし
③ 魚肉すり味の回収処理	658 (47)	16.5 (39)	742 (53)	96 (35)	油脂浮遊物多少あり
④ 甲午乙工場の臓物処理排水の回収処理	518 (37)	13.3 (32)	882 (63)	218 (79%)	農作物窒素過剰
⑤ 甲午乙工場の臓物処理排水および魚肉すり味排水	1053 (75)	19.8 (46)	747 (53)	74.6 (27%)	汚濁ほとんどなし
⑥ 甲午乙工場の魚肉すり味排水の回収処理	532 (38)	13.3 (31.6)	868 (62)	130 (47.4)	油脂浮遊物多少あり

2) 放流水路の変更 かまぼこ工場排水口付近の沿岸は出入が激しく、凹地は死水域となって油類が浮泥となって停滞するので、凹地を埋立て凸地を削取り海岸線を滑らかにする。また排水を永水路に放流せず、干拓地内の排水路を通して中流に放流する。

3) 永水路を酸化池として活用する。東部永水路の容量、深さなどの諸元が酸化池としての条件を満たしているので酸化池として利用する。ただしこの場合、蓄存酸素が不足する上流から400~1100 mの地点でエアレーションする必要がある。

4) かまぼこ工場排水の処理 表3に示したように臓物処理排水および魚肉すり味排水が対象になるが、処理方法としては、流入が8時間に限定されているので回分法と1回2つの方式を提案した。



すなわち臓物処理排水は、まず油分離そうにより高汚濁源である油を回収分離する。油分離そうは重力式または浮上分離式とし、30分の分離時間を有する。油分離上澄水は3日滞留、1日1回交換の回分式活性汚泥法とする。また魚肉すり味排水は、2日滞留の2段は、気式活性汚泥法とする。回分法にすることにより泥殿池が省略できる利点がある。排水が昼間に限定されており、かつエアレーション時間を長く取る必要がある場合には連続式より回分法がむしろ有利と思われる。なお処理は共同で行なうことが望ましい。最後に資料集収に御協力いただいた甲午乙工場事務所のラウに御礼申し上げます。