

石油廃水の魚類に及ぼす影響調査 (第2報)

城 久・林 凱夫

The Effect of the Petroleum Industrial Waste on the Fishes

Hisashi JOH・Yoshio HAYASHI

まえがき

堺, 泉北臨海工業用地は現在G石油が日産6万バーレルの規模で操業を行っているが, 昭和50年には施設の拡大, 他社の進出によって日産56万バーレルの石油精製が行われる予定であり, 四日市の先例でみるようにこれらの石油工場廃水による魚介類への着臭等水産生物に及ぼす影響が憂慮されている。

この調査はこれらの問題に対処するため前第1報に引き続いて行ったものであるが, 今回はG石油の廃水を主体に魚介類への着臭限度, 異臭魚発生の可能性, 周辺海域の状況等について検討を加えたものである。

なお本報告について種々ご助言を戴きさらに校閲をお願いした三好礼治場長, 府水産林務課植田正勝技師および試食判定等の協力をいただいた試験場職員各位に対し深く感謝します。

試験および調査

1. G石油工場の廃水

G石油は原油を揮発油, 軽油, 灯油, 重油に分離する石油精製工場昭和41年10月現在日産6万バーレルの操業を行っている。廃水は2つの油水分離槽を経て直接海面に排出されているが, その大部分が冷却水で毎時150~200トンの水量である。

当該工場は24時間操業を行っているが昼間時に採水した廃水の時間的な水質変化について調査した結果は表1のとおりである。水温29℃前後, $\text{NH}_4\text{-N}$ は11~12ppmでやや高いが, 油分は8~13ppmであり時間的な差異はあまり認められない。油分の平均濃度10ppmと廃水量を掛け合せると1日36~48kgの油が海域に放出されていることになる。

2. 石油工場廃水の稀釈による臭気の限界濃度

G石油工場の廃水にどの程度の油臭があるかを判定するため採水した廃水を密栓し2日後に水道水で50~750倍に稀釈し油臭の有無を5人の臭覚によって判定した。油臭に対する感覚に

表1 G石油精製工場廃水の時間的な変化(昭和41年10月26日採水)

採水時刻	水温	P H	S ++	NH ₄ -N	C O D	油分
9.00	29.2℃	8.90	0.23 ^{ppm}	12.4 ^{ppm}	18.8 ^{ppm}	10.7 ^{ppm}
11.00	29.2	8.85	0.14	12.2	20.3	12.8
13.00	29.2	9.30	0.13	11.4	75.7	9.6
15.00	29.7	8.80	0.11	11.6	12.3	9.2
17.00	28.8	8.90	0.11	11.4	5.5	8.1
平均	29.2	8.95	0.14	11.8	26.6	10.1

個人差があり、判定者5人が一様の判定ではないが、表2の結果より臭気のする限界濃度は100倍(この時の油分0.09ppm)といえる。

この他60℃に湯浴させたものについても同様に行ったが常温の結果と大差はなかった。

「異臭臭に関する特別研究」(1)によるとS石油廃水による水の着臭限界は廃水として1%、

(0.01ppm)とされているが石油工場の廃水によってはその揮発成分が異なるため、臭気限界もそれともなって上下するものと考えられる。

3. 石油廃水の稀釈による魚の着臭限界試験

稀釈された石油廃水中で魚を飼育し、石油廃水の魚への着臭限界濃度、および着臭の程度を知るため次の試験を行った。

第1回試験

(ア) 試験年月日 41年8月2日～3日(24時間飼育)

(イ) 供試魚 マアジ 体長12cm前後 体重 24～27g

(ウ) 供試廃水 G石油工場廃水 8月2日採水 油分: 4.0ppm

(エ) 試験方法 容積120ℓのガラス水槽に50倍、100倍、200倍に稀釈した廃水100Lを入れ、各水槽にマアジ4尾を収容して24時間後にとり上げた。とりあげ後100℃の蒸気で10分間蒸し、試験場職員5人で試食して着臭の程度を判定した。判定方法は、第1報2)同様、三重県水産試験場の異臭魚調査3)に準じて次のようにした。

(オ) 異臭度の表示と判定方法

表3 第1回試食結果

異臭度Ⅰ 全くない。正常である。

Ⅱ あるかないかわからない。

Ⅲ わずかにある。食べられる。

Ⅳ たしかにある。食べられない。

Ⅴ 口の中に入れなくてもにおう。

判定(一) 異臭度Ⅰ、Ⅱと全試食者が表示した場合

Ⅱ (+) 異臭度Ⅲ、Ⅳ、Ⅴと全試食者が表示した場合

Ⅲ (干) 異臭度Ⅰ、Ⅱと表示したものが異臭度Ⅲ、Ⅳ、Ⅴと表示したものより多い場合

Ⅳ (注) これと逆の場合

(カ) 試食結果 表3に示す。

表2 石油工場廃水の稀釈による臭気の限界濃度

濃度 (稀釈倍率)	判定		
	(+) 油臭あり	(注) あるかないか不明	(-) 油臭なし
50倍	3	2	
100	4		1
250			5
500	1		4
750		1	4

注) 原液は11月26日採水 油分9ppm

稀釈倍率	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	判定
50倍		1	1	3		±
100倍			3	1	1	+
200倍	2	2	1			干
正常海水	4	1				-

第2回試験

- (ア) 試験年月日 41年11月8日～10日 (24時間及び48時間飼育)
- (イ) 供試魚 マアジ 体長 13～16cm 体重 40～60g
- (ウ) 供試廃水 G石油工場廃水。11月7日採水 油分：8.0ppm
- (エ) 試験方法 容積400Lのポリ製円形水槽に50, 100, 200, 500, 1,000倍に稀釈した廃水310Lを入れ、各水槽毎にマアジ8尾を飼育、24時間後および48時間後にそれぞれ4尾ずつ取り上げ、第1回試験同様蒸し煮して試食し、着臭の程度を正常魚と比較した。
- (オ) 試食結果 表4および表5

表4 24時間飼育

稀釈倍率	I	II	III	IV	V	判定
50倍			3	1	1	+
100倍	1		4			±
200倍			3	2		+
500倍	3	1	1			干
1,000倍	1	3	1			干

表5 48時間飼育

稀釈倍率	I	II	III	IV	V	判定
50倍			2	3		+
100倍			3	2		+
200倍		2	3			±
500倍	1	3	1			干
1,000倍	1	3	1			干

第1回試験の試食結果、50倍稀釈では5人中4人が油臭有りと表示し、100倍では全員が、200倍では1人であった。したがって着臭していると考えらるる濃度(着臭限界濃度)は廃水濃度1% (0.04ppm) までである。

第2回試験の24時間では、50倍稀釈で5人、100倍で4人、200倍で5人、500倍、1,000倍で各1人ずつが油臭有りとしており、廃水濃度0.5%が着臭限界濃度である。48時間飼育もほぼ同様の結果で200倍稀釈、廃水濃度0.5%が着臭限界濃度である。

着臭限界濃度を第1回試験と比べると稀釈倍率で100倍および200倍と異なるが、その油分の含有量はともに0.04ppmである。なお油臭に対する感覚の個人差、あるいは感覚に対する慣れ等で、判定者全員一様の判定を得ることが困難なため(注)と判定されたものは着臭しているとした。

4. 海域別着臭試験 (生簀による着臭試験)

G石油工場の廃水が直接海域に排出されている泉北港浜寺泊地とその周辺海域において油による汚染が魚の着臭に影響をおよぼす範囲を知るため次の実験を行った。図1に示す各点に供試魚を入れた生簀を設置し一定時間後取り上げ試食して着臭の程度を判定した。

- (ア) 生簀設置場所 第1図に示す8点 (港内3点、港外5点)
- (イ) 試験年月日 ◎昭和41年11月28日～30日 (24時間、48時間飼育) 1, 2, 3, 4, 5の各点
◎昭和42年5月15日～19日 (24時間、48時間、96時間飼育) 6, 7, 8の各点

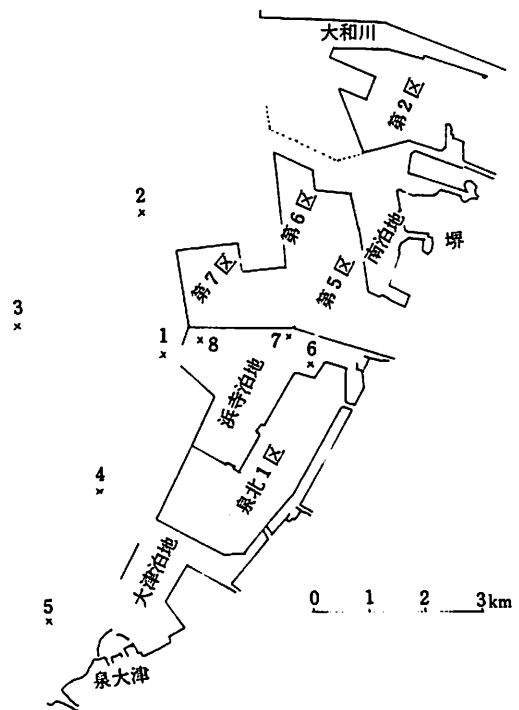


図1 着臭試験生簀設置点

(ウ) 供試魚

試験区分	魚種	体長	体重	使用尾数(生簀1個)
41年11月	マアジ	12~18cm	50~70g	12尾(6尾ずつ2回取揚げ)
42年5月	マアジ	14~17cm	42~60g	18尾(6尾ずつ3回取揚げ)

(エ) 生簀設置状況

縦55cm, 横45cm, 長さ85cmの生簀を水面下2mの位置で図2のように設置した。

(オ) 試食結果

前回と同様の方法を5人で行い, その結果は表6である。

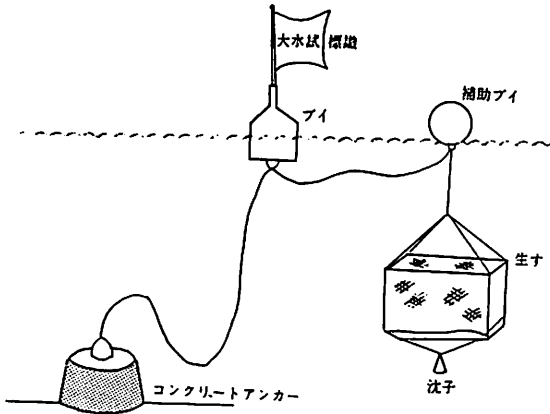


図2 生簀設置図

港外においては実験開始後3日目に強風が吹き生簀を流したため96時間後の結果をみる事ができなかったが, 24時間後, 48時間後のとり揚げ魚はそれぞれの試食結果より着臭するにいたっていないものと考えられる。ただ24時間後ではSt. 1, 2, 3, 48時間後ではSt. 2でそれぞれ1名が異臭度Ⅲと判定したが, 5名中1名がⅢと判定した場合は一応疑いなしと考えた。

港内における実験結果は, 魚を生簀に収容24時間後では3地点とも着臭していない。しかし48時間後には排水口から200mの位置にあるSt. 6で着臭していると判定され, 排水口から約800mへだったSt. 7においてもやや着臭の疑いがある。96時間後にはSt. 6, St. 7とも着臭し, 泉北港口に近いSt. 8でもその疑いがもたれるような結果を示した。したがってG石油工場の現廃水は排水口周辺および港内の魚類に対してかすかな着臭を与えている模様であるが港外の海域にまで影響をおよぼすに至っていない。

表6 生簀試験試食結果

海域	収容時間	St	異臭度	判定					判定	
				I	II	III	IV	V		
港外 41年11月28日~30日	24	1	1	2	2	1				干
		2	2	2	1					干
		3	3	1	1					干
		4	4	1						一
		5	3	2						一
	48	1	5							一
		2	4		1					干
		3	3	2						一
		4	4	1						一
		5	5							一
港内 42年5月15日~17日	24	6	3	1	1					干
		7	2	3						一
		8	3	2						一
	48	6	1	1	3					±
		7	1	2	2					干
		8	2	3						一
	96	6	1	1	3					±
		7	1	1	3					±
	8	2	1	2					干	

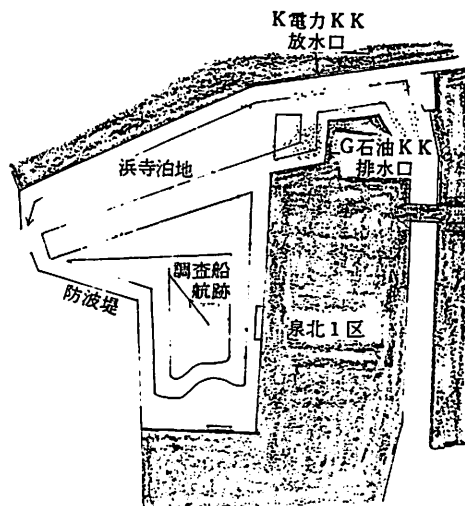


図3 浜寺泊地における魚群の分布(魚群探知機による映像頻度図) 昭和42年1月24日調査

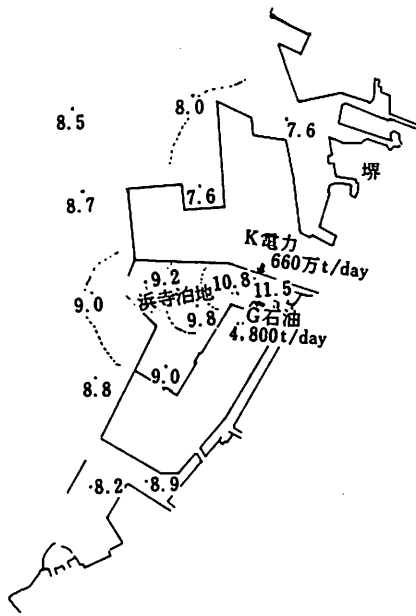


図4 浜寺泊地とその周辺部の表層水温 (42.1.24)

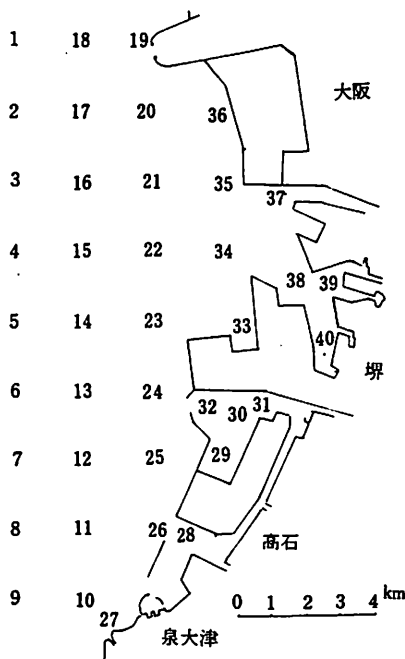


図5 堰、泉北底質調査地点

5. 泉北港浜寺泊地内における魚群の分布
G石油K. Kの排水口と約600 m隔てた対岸にK電力堰発電所の排水口がある。どちらも主に冷却用廃水であるがK電力は水量も多く(660万t/日)周辺海域の水温は港外海水よりも数度高くなっていて冬期には魚群を蜻集させていると考えられるため、魚群探知機を使用して泊地内の魚群分布状況を調査した。

記録紙に映った映像は近くで操業中の魚船、その魚具からみて主にコノシロ、ボラと考えられる。魚が単体として映像に表われているものとして、調査船の海図走航線上に映像の頻度をプロットすると図3のようになる。

調査当日周辺海域の水温分布は図4のとおりでK電力前で最も高く(11.5℃)、G石油排水口前で10.8℃であり、港口にかけて徐々に低くなり、港外では7.6～9℃となっている。しかし魚の映像は水温の最も高いK電力前よりもG石油排水口前で多く、「異臭魚に関する特別研究報告書」にも指摘されているように高水温と共に油臭を好んで集っているもようである。

6. 堰、泉北地先海域の底質について

堰、泉北港周辺で異臭魚が発生する場合直接石油工場の廃水による着臭と油分を含んだ海底泥からの着臭が考えられる。石油廃水による直接の着臭は現在のところ港外で起こる可能性はないが底質が汚染していれば間接的に着臭することは考えられる。また近い将来には新しく進出する工場の操業等により現在の10倍近い規模に達するため、これに先立って周辺海域の汚染分布状況を明かにしておく必要があり次の底質調査を行った。

(ア) 調査海域

泉北港を中心に大阪港から泉大津にいたる沖合約6 km以内の地先海域。図5に示す。

(イ) 調査年月日 42年1月23日, 24日

(ウ) 試験項目および方法

泥温	
泥色	日本標準色度表による。
全硫化物	蒸留法(水質汚濁調査指針)
C O D	常法()
強熱減量	常法()

表7 堺, 泉北地先海域の底質

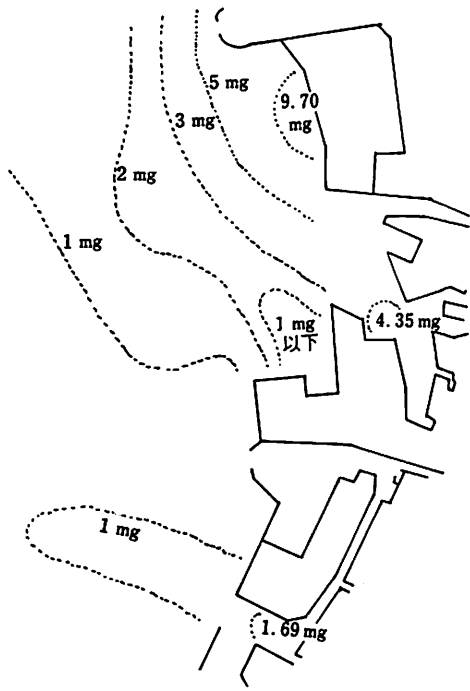
海 域	地 点	泥 温 ℃	泥 色 色相, 彩度, 明度	全硫化物 Smg/dry g	COD O ₂ mg/dry g	強熱減量 %	油 分 mg/dry g	性状, 臭気	
南 港	1	9.5	8 1 12	0.73	24.8	12.5	1.67	泥・臭気なし	
	2	9.5	8 1 12	0.66	24.8	12.6	17.6	〃	
	17	8.0	9 1 12	0.67	21.4	13.0	1.53	〃	
	18	8.0	9 1 12	0.68	26.1	13.8	2.00	〃	
	19	8.0	9 1 11	0.74	25.0	12.3	5.32	〃	
沖	20	9.0	9 1 11	0.73	32.3	15.8	3.86	〃	
	36	9.5	9 1 11	1.56	50.8	17.0	9.70	〃	
堺 港	33	9.2	11 1 14	0.59	15.8	10.7	0.70	〃	
	37	9.0	9 1 11	1.02	27.9	11.2	5.00	〃	
	38	9.5	9 1 11	1.82	27.2	12.0	4.35	〃	
	39	8.5	9 1 14	0.19	12.2	9.7	0.17	〃	
沖 堺 港	40	9.5	9 1 14	0.40	13.2	10.3	0	〃	
	3	9.5	9 1 12	0.35	22.0	12.1	11.91	〃	
	4	9.5	8 1 12	0.44	23.2	13.4	0.42	〃	
	5	9.0	9 1 12	0.39	20.0	10.4	0.77	〃	
	14	9.5	9 1 10	0.54	22.4	11.8	0.96	〃	
	港	15	8.0	9 1 11	0.71	26.0	12.5	1.46	〃
		16	8.5	9 1 12	0.81	20.8	12.0	2.26	〃
		21	9.0	9 1 12	0.83	21.9	12.2	2.84	〃
	沖	22	8.5	9 1 13	0.63	16.5	10.6	1.21	〃
		23	9.0	9 1 12	0.47	15.3	11.9	0.82	〃
		34	9.0	9 1 15	0.27	13.3	18.0	0.14	〃
		35	9.0	10 1 11	1.20	31.3	12.9	3.45	〃
	泉 北 港	28	9.2	9 1 15	0.44	16.8	9.7	1.69	〃
		29	10.0	9 1 16	0.17	13.0	9.4	0	〃
		30	9.5	9 1 14	0.47	17.5	10.5	0.32	〃
31		11.0	9 1 16	0.24	16.7	10.3	0.68	〃	
32		10.0	9 1 15	0.17	10.9	10.3	0.16	〃	
泉 北 港 沖	6	9.0	9 1 12	0.57	22.3	12.6	0.90	〃	
	7	9.0	9 1 13	0.39	24.8	11.9	1.21	〃	
	8	9.0	9 1 13	0.36	19.8	12.1	0.10	〃	
	9	8.5	9 1 13	0.55	15.9	12.2	0.68	〃	
	10	9.0	8 1 12	0.08	3.4	3.2	0.13	砂 泥 〃	
	11	8.0	9 1 13	0.39	19.1	11.5	—	〃	
	12	8.5	9 1 12	0.61	20.5	11.9	1.23	〃	
	13	8.8	9 1 13	0.36	19.3	11.1	—	〃 〃	
	24	9.0	9 1 13	0.53	15.7	10.3	0.64	〃 〃	
	25	9.0	9 1 13	0.62	17.6	10.7	1.02	〃 〃	
沖	26	9.0	8 1 15	0.01	0.4	2.9	0.12	砂 〃	
	27	8.2	8 1 16	0.05	0.9	2.7	0.43	細 砂 〃	

油 分 n-ヘキサンによる抽出法

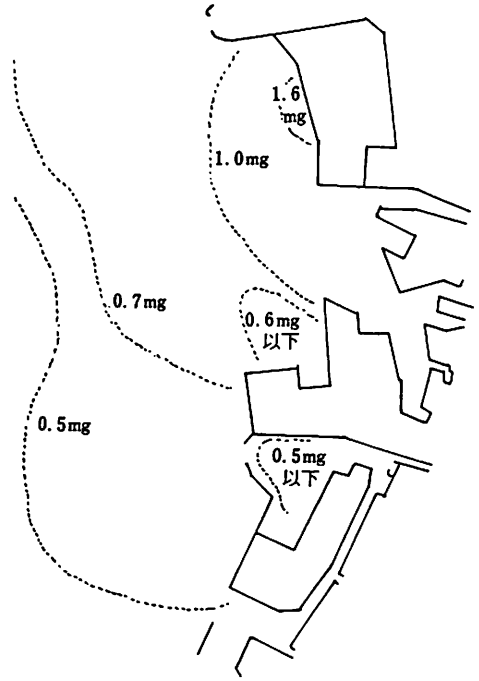
(二) 調査結果

分析結果は表7に示すとおりである。泥温は泉北港内を除いて8.0~9.5℃の値をとり、泉北港浜寺泊地内では9.5~11℃の値で水温と共にやや高かった。泥色は全体に暗いオリーブ灰かオリーブ黒であるが、凌瀾の影響がみられる泉北港堺港の一部では、それよりもやや明るいオリーブを示した。

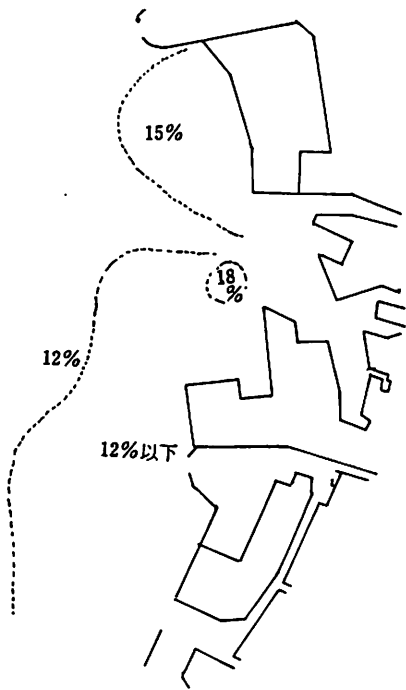
油分は図6のごとく大阪港関門~大阪南港を中心に同心円状に拡がっており、大阪港周辺での5 mg/dry g から約6 kmへだてた堺埋立地7区沖では約1 mg/dry g 泉北港前では1 mg/dr以下となっている。これに対し泉北港内は造成時の凌瀾の影響が強く0.3mg/dry g 以下の値で



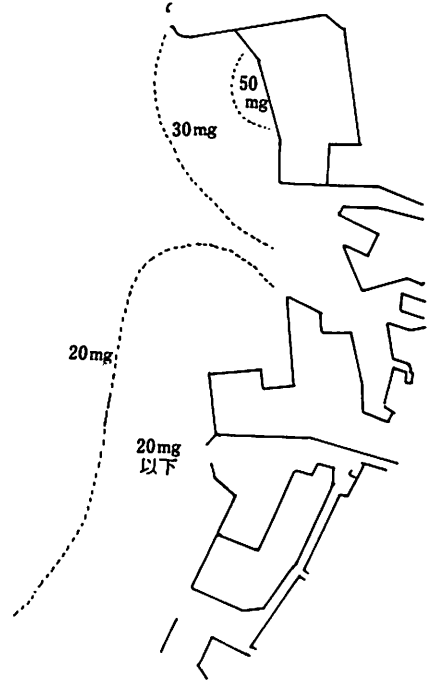
第6図 油分の分布 (1g乾泥中)



第7図 全硫化物の分布 (1g 乾泥中)



第8図 強熱減量の分布



第9図 CODの分布 (1g乾泥中)

あり油分による汚染も底質に影響を及ぼすほどにはいたっていない。泉北港内では最も高い値を示したG石油廃水口前 (St 31) で0.68mg/dry g にすぎなかった。

参考までに同時に分析した他の項目についても大阪港から大阪南港にいたるSt. 20, 35, 36の底質悪化が顕著であって湾奥から泉北沖にかけて徐々に低くなっている。これらのことから周辺海域の底質の汚染はその負荷量が多い大阪市内河川が流入する大阪港を中心に有機汚染の影響が強くあらわれており、廃水量の少ないG石油の廃水は凌漑後の泉北港内の底質にも影響を及ぼすにいたっていない。(図7, 8, 9参照)

要 約

今回の調査は前述のごとく40年1月から操業を開始したG石油工場の廃水を主体として周辺海域での異臭魚発生の可能性について検討を加えたものである。

G石油の廃水は昼間の観測によると油分濃度8~13ppmでさほど大きな変化はなく、廃水の異臭が確認できる濃度は原液の1%, 0.09ppmであった。

また供試魚にマアジを用いて行った2回の着臭限界試験では排水濃度の違いにより稀釈率は100倍, 200倍とこととなったが, 24時間, 48時間後共その油分濃度0.04ppmで着臭することが確認された。

次に泉北港内外の8点に生簀を設置して行った着臭状況試験では48時間後に排水口前のSt. 6と共¹⁾に廃水口から約800 m離れたSt. 7²⁾での着臭が認められ, 96時間後には港口に近いSt. 8³⁾でもその嫌疑がもたれた。しかし港外の地点では48時間後の設置結果では着臭するにいたっていない。これらの結果から現在の操業規模においても泉北港内に滞留する魚には微かな着臭を与えている模様であり, とりわけ冬期水温の高い港内では排水口の周辺に高水温と共に油臭を好んで集る魚群がみられることから港内では異臭魚が発生する危険性が大きい。したがってこれらの魚群の回遊如何によっては港外でも異臭魚が漁獲される可能性があり, 排水口周辺に集まった魚を求めてに漁獲している漁船があることは異臭魚の問題を引起す恐れがあるといえよう。

石油工場廃水の底泥に及ぼす影響についてはG石油の精製能力が現在のところ日産6万バレルと比較的小規模であり, 廃水量も少ないため, 凌漑後の泉北港内の底質にほとんど影響を及ぼすにいたっておらず港内においても底泥からの着臭により異臭魚が出現することはないと考えられる。また港外の底質は大阪港周辺を汚染源とする有機汚染が周辺にかけて徐々におよんでいる模様で, 港内廃水が泉北港口を通じて港外の底質に影響を及ぼす兆候は見受けられない。しかし底泥中の油分分析値がn-ヘキサン可溶性物質として定量され, 着臭成分としての油分を定量していることにはならないが, 「異臭魚に関する特別調査」によるとハゼを使った飼育試験では0.2%の含有泥上で1日のうちに着臭することが確認されており, 油分3 mg/dry g以上の値を示す大阪港周辺から堺港にいたる海域はG石油廃水とは別に底泥からの着臭による異臭魚を発生させる可能性がある。

文 献

- 1) 科学技術庁研究調整局：異臭魚に関する特別研究報告書, 1964
- 2) 大阪府水産試験場：石油廃水による影響調査(第1報), 1965
- 3) 三重県水産試験場：異臭魚の分布に関する調査報告書, 1964