

# 日立鉱山廃水に関する調査 II

## 日立市宮田川から海面への廃水状況について

原田 和民・木 梨 清・佐 藤 実

Surveys on water Pollution by the wastes from Hitachi Mine II  
On the Mineral Effluent Discharged from the Mouth of Miyata River  
Kazutami Harada, Kiyoshi Kinashi and Minoru Sato

### 1. はしがき

この報告は、1954年夏季における日立鉱山廃水の宮田川河口からの放出、拡散、浮泥粒子の沈積状況を調査した結果である。調査に当つては、日立鉱業所及び会瀬漁業協同組合から種々御便宜を計つていただいたにもかかわらず、調査上色々困難なこともあつて十分な成果を挙げることはできなかつた。然しながらこの当時の廃水状況を大凡でも報告することは種々参考になることも多いと思われるので敢てここに記述する次第である。

### 2. 調査方法

この調査は、1954年7月5日から全年8月6日の間に当時の廃水状況を観測したものである。調査方法としては、鉱業所の用水経路視察、宮田川河口における海への放出状況、海面における廃水の拡がりや浮泥粒子の沈積状況を調べることにし、海面においては一般に用いられる海洋観測の常法に準じて実施した。何分調査器械、人員、経費等にかんがりの制約があつたので、観測精度及び試料数が不十分ことはまぬかれ得ないが、当時の廃水状況を把握する上に大きな誤りはないであろう。個々の観測項目の手法については、必要に応じ調査結果と共に述べることにする。なおこの調査に用いた船舶はチドリ号 (0.7 T, 5 HP) という外海に余り適しない小艇で、これに手動測深儀、北原式B号探水器、エクマンバージ探泥器等を積んで観測したものである。

### 3. 調査結果

#### 3-1 廃水の性状と廃水量

宮田川に排出される産業廃水の主体は、日立鉱業所で行う選鉱廃水であつてこの他には同鉱業所の硫酸工場、製錬所及び日立市内の都市廃水であるが硫酸工場を除いてはあまり問題ではないと推測されるので廃水源については日立鉱業所の選鉱場と硫酸工場を視察するに止めた。著者の内、原田は1954年6月に日立鉱業所を訪問し、選鉱場、硫酸工場等の用水経路を視察し、全所選鉱課において次のような資料を知ることができた。

『選鉱場における用水は  $7 \text{ m}^3/\text{min}$  であつてその 85% は循環水であつて出入量は 15% にあたる  $1 \text{ m}^3/\text{min}$  程

Tab. 1 日立鉱業所廃水分析値 (日立鉱業資料)

採集時期	採集箇所	水温	pH	Free $\text{SO}_3$	Comb $\text{SO}_3$ mg/l	Cu mg/l	Fe mg/l	$\text{Al}_2\text{O}_3$ mg/l
1953年1月 (旬間3回の平均)	抗及水	11.5	4.2	tr	532.8	1.7	4.5	41.8
	選鉱廃水	9.5	7.4	tr	1,139.9	1.5	2.0	5.9
	宮田川上流*	5.5	6.0	tr	110.9	rr	0.8	5.5
	〃 下流**	10.7	7.5	tr	1,484.5	tr	2.3	4.9
1953年2月 (旬間3回の平均)	抗内水	9.7	4.4	tr	476.8	1.3	5.9	35.3
	選鉱廃水	10.2	7.7	tr	1,519.5	6.6	1.6	2.0
	宮田川上流	3.8	7.5	tr	27.6	tr	1.2	2.9
	〃 下流	9.0	7.7	tr	1,371.2	1.1	2.2	3.2

\* 廃水流入前

\*\* 〃 流入後

度である。補給水は概ね地表水を用いているが、冬季の渇水期には  $0.5 \text{ m}^3/\text{min}$  程度を抗内水で補うことが多い。又抗内水は年間を通じて  $3 \sim 4 \text{ m}^3/\text{min}$  排出され、これは硫酸工場の用水として送られているが終局においては宮田川に排出されていた。これらの用水の水質は Tab. 1 にしめすとおりであつて鉱業廃水の特徴として  $\text{SO}_3$  が多いほかに Cu, Fe の少くないことがこの廃水の特異点である。即ち廃水流入後の宮田川においては  $\text{SO}_3$   $1,300 \sim 1,500 \text{ mg/l}$ , Cu  $\text{tr} \sim 1.1 \text{ mg/l}$ , Fe  $2.2 \sim 2.3 \text{ mg/l}$  という値を示している。なお選鉱処理量は (Tab. 2), 1ヶ月当り標準成績  $40,000 \text{ ton}$  でその内廃石は  $26,589 \text{ ton}$  で選鉱最終段階においてはその  $1/4$  弱にあたる  $6,000 \text{ ton}$  (1日当り  $200 \text{ ton}$ ) 程度が over flow によつて河川へ廃棄され、他は抗内充填、工専用等に用いられているものと推察された。

以上が鉱業所内部の用水視察の結果であつたが、ミドリガキ発生の原因となる銅の含有量には変化があるようで、前報に述べた '54年12月は  $2.5 \sim 4.6 \text{ mg/l}$  ( $4.6 \text{ mg/l}$  の場合の溶存銅量は  $0.07 \text{ mg/l}$ ) で '53年1, 2

Tab. 2 日立鉱業所選鉱標準成績 (一ヶ月当り) 日立鉱業資料

鉱種	鉱量	品位 (%)		採 収 率							
		銅	硫黄	選鉱原鉱対			浮選原鉱対				
				量	銅	硫黄	量	銅	硫黄		
採掘粗鉱	31.500	1.08	17.00								
旧廃石原鉱	8.500	0.53	6.20								
計(選鉱処理)	40.000	0.96	14.63	100.0	100.0	100.0					
銅精鉱	2.000	17.36	34.00	5.2	90.4	11.5	6.3	92.3	11.9		
硫化精鉱	7.902	0.11	46.50	25.7	2.8	78.2	31.0	2.9	80.7		
廃石	26.598	0.10	2.29	69.1	6.8	10.3					
内重選廃石	6.600	0.12	2.85	17.2	2.0	3.2					

月は  $\text{tr} \sim 1.1 \text{ mg/l}$  であることからみてもうかがわれる。但し '53年1, 2月の鉱業所資料は溶存状態のものかもしれない。それにしても宮田川廃水中の浮泥からは銅が多量に海水へ溶出すること (前報) からみて、ミドリガキの発生の原因となる宮田川廃水の含銅量は  $1 \sim 10 \text{ mg/l}$  の order とみて大過ないであろう。

Tab. 3 宮田川河口における廃水量と性状

		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	平均
観測日時		VII, 5.14 <sup>h</sup> 00	VII, 5.17 <sup>h</sup> 00	VII, 6.6 <sup>h</sup> 00	VII, 6.9 <sup>h</sup> 00	VII, 6.12 <sup>h</sup> 00	VII, 6.15 <sup>h</sup> 00	
廃水量 (ワグネル氏法)	断面面積 $\text{m}^2$	2.2	2.3	2.3	2.6	2.4	2.3	2.35
	最大表面流速 $\text{m/sec}$	1.42	1.35	1.61	1.56	1.66	1.42	1.50
	全均速 $\text{m/sec}$	1.00	0.95	1.14	1.10	1.17	1.00	1.06
	水量 $\text{m}^3/\text{sec}$	2.20	2.19	2.62	2.86	2.80	2.30	2.49
廃水性状	pH	4.6	4.6	5.0	5.5	4.3	4.6	4.76
	$\text{SO}_4^{2-}$ ppm	282	289	262	234	409	298	295.6
	浮游固形物量 ppm	2,738	2,000	6,452	4,383	3,808	3,386	3,794.5
廃泥推定量 $\text{ton/sec}$	0.006	0.0044	0.0169	0.0125	0.0107	0.0078	0.0094	

宮田川河口における廃水状況は、1954年7月5～6日に6回に亘り観測を行つたがその結果は Tab. 3 に示すとおりである。流量は季節的に変動もあろうが、この両日においても6日早朝日立市一帯に降雨があつたのでこの日の9, 12時には多少増水している。このため平水時よりも河床沈積物を洗い流しているので浮游固形物も増大したであろう。但しこの場合における鉱業所の廃水状況及び河川における移送状態は不明である。従つてこの資料をもつて一定期間当りの廃泥(浮游固形物)量や廃水成分を想定することは極めて危険なことであるが、一応目安をつける意味で観測6回の平均値を用いて日間廃泥量を計算すれば、

24時間連続するとした場合 718.16 ton/day

8時間 " 206.05 ton/day

となる。前述の選鉱場視察では河への廃棄が 200 ton/day とみており8時間連続した場合とほぼ一致してい

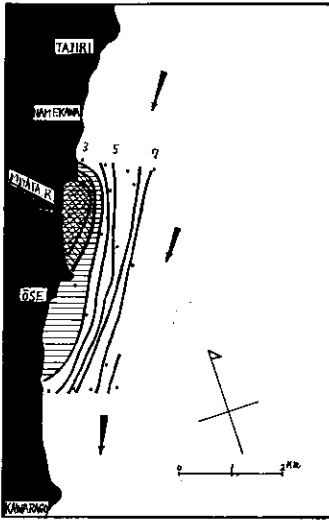


Fig. 1 A 透明度の分布 (m)  
'54年7月5日14<sup>h</sup>00<sup>m</sup>~15<sup>h</sup>30<sup>m</sup>  
→印は流水の方向

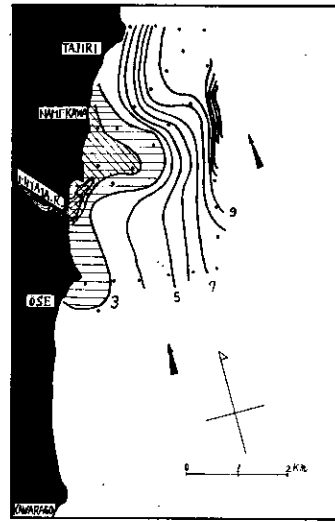


Fig. 1 B 透明度の分布 (m)  
'54年8月3日10<sup>h</sup>00<sup>m</sup>~12<sup>h</sup>30<sup>m</sup>  
→印は流水の方向

る。然し前記諸要因が不明な現在廃泥量は 200 ton/day を下るまいと想像するに止めたい。又 pH, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> の変動は選鉱状態の変化や硫酸工場及び抗内からの一時的廃水が影響しているのであろう。

### 3-2 海面における廃水の拡がり

#### 3-2-1 透明度の分布

宮田川の廃水中には黒褐色の浮游固形物を多量に含むので、海面でも肉眼で明瞭に認められる程の懸濁状態を呈しているから先ず透明度の分布状態を調べた。観測は7月5日、8月3日の2回実施し、その分布はFig. 1. A, Bにしめすとおりである。7月5日は沿岸域に南下流があるため、低透明度域(3m以下)は海岸線悉いに会瀬方面へ南向し、北は鶴首崎周辺に止まり顕著な Boundary が認められた。8月3日は逆に沿岸流が北向きであつたため低透明度域は滑川方面に伸びたが、この時は南側にも2~3mの透明度域があつて顕著な Boundary はみられなかつた。又、河川水が直接影響していない外海面の沿岸域で透明度が3mを下廻ることは少いし、両日の分布図からみても透明度3mが自然の Background level と見做し得るから、低透明度域を宮田川廃水の拡散域として透明度段階別に拡散面積を算出して見たのが Tab. 4である。なお観測は7月5日は

Tab. 4 透明度段階別面積

透明度	7月5日		8月3日	
	段階別km <sup>2</sup>	累積面積km <sup>2</sup>	段階別km <sup>2</sup>	累積面積km <sup>2</sup>
< 1 m	0.59	0.59	0.12	0.12
1~2 m	1.30	1.89	0.83	0.95
2~3 m	0.62	2.51	1.90	2.85
潮 汐	干 潮	13 <sup>h</sup> 05' (23cm)	干 潮	12 <sup>h</sup> 35' (34cm)
(銚子)	満 潮	{ 6 <sup>h</sup> 20' (113cm) 20 <sup>h</sup> 10' (113cm)	満 潮	{ 6 <sup>h</sup> 25' (115cm) 19 <sup>h</sup> 10' (120cm)

干潮前、8月3日は干潮後に行われたものである。

3-2-2 廃水の拡がりの中における海水性状  
低透明度域の海水性状については快晴の時を選び Fig. 2 に示す5点で透明度と水深1, 3, 5, 7, 9mの各層の浮游固形物量, PH 相対照度を調べた。透明度, 浮游固形物量, PH は常法によつて調べたが、相対照度は適当な照度計がなか

つたために、沃度加里を利用する化学的方法によることとし、網走湖で実測した浜野<sup>2)</sup>(1949)の手法によつて試薬を容れた酸素瓶を海水中に懸垂し、一時間当りの沃度游離量を測定した。この場合時間、位置のずれによる日照の差はないものとし、St. 5の1m層における測定値を100として相対照度指数を算出したものである。これらの結果はTab. 5に示した。

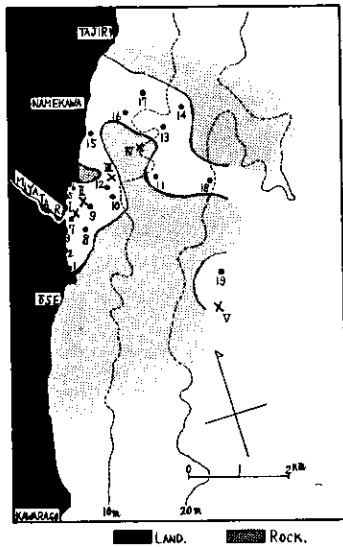


Fig. 2 調査点図  
● 沈積物採取点  
× 浮泥量、照度観測点

この観測は前述の浮游泥を多量に含む宮田川廃水が海面へ拡がった場合に形成される低透明度域の浮游泥の状態を観察するために行つたものである。緩衝作用に影響される pH は、河口付近でやや低い値を示した以外は、低透明度域でも一般海水とくらべて変化はないが、透明度、浮游固形物、照度指数は廃水の伸びる方向になつての距口距離に対応して back ground 値に近づくという広がりの方

浮游固形物(ppm)

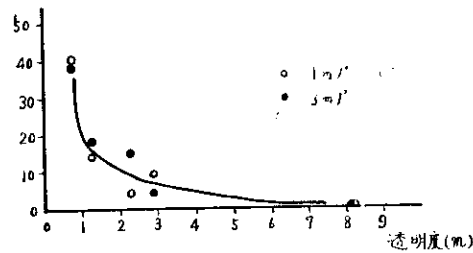


Fig. 3 浮泥量と透明度

Tab. 5 低透明度域の海水性状

地点	宮田川河口からの距離 km	水深 m	観測日時	透明度 m	層別観測値			
					層 m	浮游固形物 ppm	pH	照度指数
I	0.25	5.0	'54. VIII. 5 11 <sup>h</sup> 00~12 <sup>h</sup> 00	0.7	1	38	8.1	44.7
					3	40	8.1	9.8
					5	46	8.1	1.9
II	0.45	5.5	'54. VIII. 5 11 <sup>h</sup> 00~12 <sup>h</sup> 10	1.2	1	18	8.2	48.3
					3	14	8.2	34.7
					5	18	8.2	24.2
III	1.20	7.0	'54. VIII. 5 11 <sup>h</sup> 30~12 <sup>h</sup> 30	2.2	1	15	8.2	48.9
					3	4	8.2	43.6
					5	95	8.1	17.8
IV	2.00	10.5	'54. VIII. 5 13 <sup>h</sup> 00~14 <sup>h</sup> 00	2.8	1	4	8.1	57.7
					3	9	8.2	44.6
					5	6	8.2	34.3
					7	16	8.2	21.9
					9	21	8.2	7.9
V*	3.60	18.0	'54. VIII. 5 13 <sup>h</sup> 30~14 <sup>h</sup> 30	8.0	1	<1	8.2	100.0
					3	<1	8.2	84.9
					5	<1	8.2	70.2
					7	2	8.2	54.0
					9	<1	8.2	39.2

\* st. 5 は廃水が拡がっていない方向の地点を対照として選んだ。

配が認められる。測点数は極めて少いが、透明度と浮游固形物量の関係を見ると Fig. 3 のとおりで、さきに透明度の Background level よりも低透明度域と見做した 3 m 以下の測点では、浮游固形物量が 5 ppm 以上であつて懸濁物により光が吸収、反射、散乱するために照度分布もまた異常に小さな値を示すことが相対的に認められる。

宮田川河口における浮游固形物の粒度組成と海水投入による凝集状態を Stokes の法則による沈降観察法 (Atterberg 氏法に準ずる) で求めた値は Tab. 6 にしめすとおりである。日立鉱山において浮游選鉱にかけ

Tab. 6 宮田川河口の浮泥の  
粒子組成

粒子の大きさ mm	淡水処理 %	海水処理 %
>0.075	21.5	24.5
0.075~0.010	38.2	52.5
0.010~0.002	25.0	20.6
<0.002	15.3	2.4

る前の磨滅程度は、径 0.075mm 以下の粒子が 70~75% を占める程度と聞いており、これに加える浮游選鉱の薬品や自然の水泥中に含まれる無機塩類によつて粒子の凝集状態が変り粒子の大きさも変わるであろうが、更に海水中に入るとその強電解質のために凝集を起し粒径も大になり Gel 状を呈して沈降することは、五十嵐<sup>2)</sup> その他多くの研究者によつて確認せられていることである。現地観測の結果においても St. 3, 4 では底層部に浮游固形物が多くあつて、照度も対照の St. 5 に較べて  $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{3}$  の明るさに過ぎないことは注目すべき現象である。

### 3-2-3 廃水中に含まれる廃泥の海面における沈積状況

宮田川河口附近の沿海域は岩礁が多いため、沈積物の採取数は不十分であつたが、平均粒径、仮比重、沈積物中の銅量の分布をしめせば Fig. 4, A, B のとおりである。この場合の平均粒径は 0.85mm, 0.30mm, 0.15mm, 0.075mm の 4 種の篩いで篩い別けて算出し、仮比重は 5cc のピクノメーターに収容した時の重量

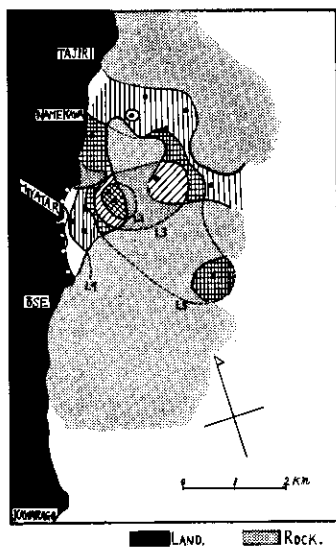


Fig. 4 A 沈積物の分布 (仮比重)

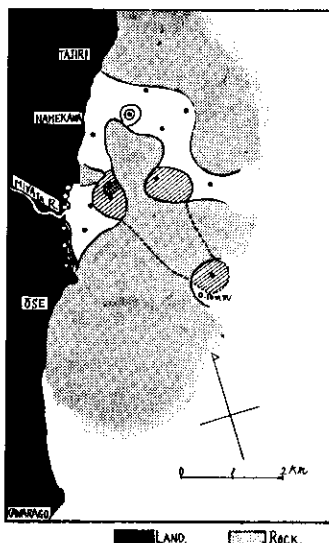


Fig. 4 B 沈積物の分布 (平均粒径)

から求めた。又沈積物中の銅量は前報<sup>1)</sup> に述べた結果を引用したものである。

沈積物の分布状態と Tab. 6, 7 にしめす宮田川河口における浮泥の性状を対比すると、平均粒径と仮比重からみれば河口から E~ENE へ 1 km 距つた地点が最も放出浮泥に類似し、銅量は河口に最も近い地点が最大で距口距離が増大すると共に銅量は減少している。このことは銅を多量に含む岩粒は比重が大きいため沈降が速いので河口近くに沈積し、浮泥中の低比重の岩粒は凝集が行われても粒径が小さいので沈降が遅いから

河口から1 km 距つところに沈積するものと思われる。

河川から放出された粒子の沈積については深井, 山崎<sup>4)</sup> (1957) が

$$\bar{v}_t = \frac{L}{H} \bar{v}_p$$

$\bar{v}_t$ ……輸送速度  
 $L$ ……川口から沈積地までの距離  
 $H$ ……沈積地の深度  
 $\bar{v}_p$ ……平均沈降速度

なる式を与え、 $\bar{v}_p$  は Stokes の法則によつて求めている。この場合も基本的にはこの関係が成立するから

$$\bar{v}_t = 100 \sim 200 \bar{v}_p$$

であつて、粒子の比重、粒径及び水の流動が正確に計測できなかつたために、推算値しか求め得なかつたが、浮泥は河口放出後 30~90 分程度で距口距離 1 km 位まで拡がりながら沈降して底層部に達し沈積するものと思定していることを附記しておきたい。然しながら粒子が 0.01 mm 以下のような場合は沈降時間が遅い (1 cm/min 以下) から長時間に亘つて海水中に懸濁し拡がるであろうことはさきの低透明度帯が河口から 3~5 km も伸びることからみて裏付けられ、Hjulström<sup>5)</sup> (1939) の報告からみれば水の流動が激しい場合にはこの附近海域に沈積しないであろうと思われる。又、仮に浮泥が沈積する面積を 1 km<sup>2</sup>、沈積量を 200 ton/day、比重 2.0 と見做すと 1 日について 1 cm ずつ堆積することになるが、漁業者の話では水深には年々の変化が余らないというから底層流が強い時には、二次的に移送され拡がるものと想像される。

なお沈積物の粒径組成から第 1<sup>4</sup>分位 ( $Q_1$ )、平均粒径 ( $M$ )、第 3<sup>4</sup>分位 ( $Q_3$ ) を求め、平均粒径に対する

Tab. 7 沈積物の粒径, 仮比重, 含銅量

試料	第一四分 粒径 $Q_1$ mm	平均粒径 $M$ mm	第三四分 粒径 $Q_3$ mm	$S_0$		仮比重	含銅量 γ/dry %	
				$(\sqrt{Q_1/Q_3})$	$(\sqrt{Q_1 Q_3/M^2})$			
宮田川の浮泥	0.060~ 0.074	0.016~ 0.023	0.003~ 0.007	4.47~ 3.26	0.838~0.789	1.02	1.150	
宮田川河床沈積物表層	—	—	—	—	—	—	3.220	
全 上 下層	—	—	—	—	—	—	7.510	
海 浜	1	>0.850	0.560	0.320	—	—	1.89	—
	2	0.660	0.350	0.190	1.86	1.01	1.81	—
	3	0.720	0.390	0.190	1.95	0.95	1.90	—
	4	0.430	0.250	0.130	1.82	0.94	2.04	—
	5	0.320	0.170	0.104	1.75	1.07	1.77	—
	6	0.180	0.112	<0.075	1.53	1.04	1.76	—
海 底	7	0.280	0.165	0.108	1.61	1.05	1.60	799
	8	0.240	0.140	0.100	1.55	1.10	1.63	—
	9	0.170	0.122	0.092	1.36	1.11	1.51	—
	10	0.126	0.084	<0.075	—	—	1.05	424
	11	0.112	0.078	<0.075	—	—	1.25	—
	12	0.110	<0.075	<0.075	—	—	1.01	299
	13	0.126	0.104	0.084	1.23	1.00	1.50	—
	14	0.150	0.117	0.090	1.29	1.00	1.66	—
	15	0.570	0.370	0.174	1.81	0.85	1.49	—
	16	0.137	0.108	0.084	1.28	1.00	1.77	—
	17	0.190	0.117	0.087	1.48	1.10	1.58	364
	18	0.125	0.084	<0.075	—	—	1.58	380
	19	0.134	0.107	0.084	1.26	1.00	1.42	—

集合状態をしめす淘汰度  $S_0 = \sqrt{Q_1/Q_0}$  とそれに対する振れをしめす歪度  $S_k = \sqrt{Q_1 \cdot Q_0 / M^2}$  を算出した結果は Tab. 7 のとおりである。この結果から海浜、海底とも平均粒径附近によく集合し歪も小さいが宮田川の浮泥では集合が悪く粒径組成は微粒子の方に偏していることがうかがわれる。このことは粒子の大きさによつて沈降速度と沈積或は移送のおこる速度が異なるために淘汰が行われたことをしめしている。

#### 4. 摘 要

昭和 29 年夏季に日本鋳業 K. K. 日立鋳業所の選鋳廃水が宮田川から海面へ放出されている状況について調査した。

- 1) 選鋳廃水によつて海面へ放出される泥の量は 200 ton/day 以上と推定され、これには銅その他化学的成分が含まれている。
- 2) 廃水によつて形成される低透明度海域 (透明度 3 m 以下) 2.5~2.9 km<sup>2</sup> 程度でこの範囲内では光の透過がさまたげられている。
- 3) 廃泥の沈積は河口から 1 km の周辺に多量沈積していることが認められる。なお沈積状況は粒径によつて淘汰され、微粒子は長時間懸濁粒子として移送されると考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1) 多賀・原田：本誌，昭和 29，30 年度版 p. 86~92，1958
- 2) 浜野 繁：日本水産学会誌，Vol. 15，No. 8，419~424，1949
- 3) 五十嵐彦仁：北海道における鋳工業廃水と水産被害 pp. 421，楡書房，札幌，1956
- 4) 深井・山崎：東海区水産研究所研究報告，No. 17，73~82，1957
- 5) Sverdrup, H. U., M. W. Johnson & R. H. Fleming: "The Oceans" pp. 961 Printice-Hall, Inc, New York 1952