

内海區水産研究所報告第3号正誤表

頁	行	誤	正
2	14	Ken-O-ryo	Ken-ki-ryo
3	14	Str_e <sup>t</sup> er	Streeter
5	23	浮游物質	浮遊物質
6	25	従来はBOD	従来のBOD
9	28	灼熱△量	灼熱減量
"	下から 5	如何△る	如何なる
10	下から 7	末広恭雄	末広恭雄
11	12	"	"
12	15	小さな区域	小さな区域
12	下から 1	e 接水管	e 採水管
16	第二図	平面図中に I, II, III と左から書き入れる。	
16	10.11	b	B
17.18	表の備考	b, p	B
19	下から 6	(4)	(6)
20	第一表	B <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
"	"	BI	対照
22	10	被害△を	被害の概要を
"	下から 4	末広恭雄 魚類生理△の実際	末広恭雄, 魚類生理学の実際
25	表 題	Quardricauda	quardricauda
25	第一表	第一報	第一表
"	下から 5	第一表	第二表
26	2	第二表	第二表
26	下から 2	rote	rate
29	下から 7	Tvilin <sup>(10)</sup>	Tvilin <sup>(9)</sup>
30	14	捕集液	捕集液
"	下から 11	(試料毎の差…)	(月毎の差…)
31	下から 5	MIYAdI	J
"	"	I <sub>mp</sub>	Imp
39	下から 9	100 g以上 △	100mg以上

頁	行	誤	正
41	下から 10	$-\mu kx^2 = \frac{dY}{dx}$	$-\mu kx^2 \frac{dY}{dx}$
"	下から 1	<u>KMuO<sub>4</sub></u>	KMnO <sub>4</sub>
42	7	(6) 式の“+C”を削除する	
"	9	101 mg	10mg
"	10, 15	<u>KMmO<sub>4</sub></u>	KMnO <sub>4</sub>
"	13, 14	<u>と</u> った	となった
"	16, 17	“次にCを...C=-18となる”。を削除する。	
"	17	7, 253ton	7, 271ton
"	下から 3	Researchs. <u>八</u>	Researchs. Vol. 10, NO1, 1951.
45	9	クボガイ	クボガイ
45	10	ベニエニデ	ベニエガイ
46	下から 1	亜硫酸ソーダ	亜硝酸ソーダ
47	3	<u>BOO</u>	BOD
49	16	<u>イトヒメミミズ</u>	ヒメミミズ
52	第12図	備考の5月, 6月, 7月, 9月, 10月, 11月, 12月	
56	6	約 <u>三倍</u>	約 $\frac{1}{3}$
58	1	リグニン <sup>◎</sup>	リグニン -LogT.
60	第4表	12.0 <u>g</u>	12.0
64	1	pl	プランクトン
72	第15表	透	透明度
73	備考	<u>チヤリムレ</u>	ケヤリムシ
73	備考	Tripnenstes シラヒゲウニ	Schizaster プンブクチャガマ
78	21 表	うみみみず	ウミミミズ
79	第16図	備考 ( ) は濾過した水とせぬ水のCODの差	
81	第23表	St 8 は川上1000mで採水	
82	19	$\frac{mA}{x} - \frac{mA}{x_c}$	$\frac{nA}{x} - \frac{nA}{x_c}$
84	下から 4	五十嵐彦仁	五十嵐彦仁
其他		PH, P. H 或はP. H.	pH

## 工場廢水の研究 第一報\*

新田忠雄・荒川清・杉本仁彌・藤谷超

工場廢水問題が取上げられる様になったのは今に始まった事でわない。しかし近年問題の事件が続出し衝に当る当事者は問題解決に困惑している。これらの事件に対して我国に於いてはまだ漁業と関連して工場廢水を取締る法律がない為に満足のいく解決が導けないと云われている。

一般には工場廢水の研究がすでに決定的な結論に達していると考えられているが、實際の廢水問題解決に対しては法律の有無にかかわらず解決の道を見出し得べきはずであるが、問題が何時迄も未解決で残されている現実を見るとやはり改めて研究する必要を感じしめられる。

吾々は広島に於いて、これまで約2年半の間工場廢水の研究を行ない尚引続き行なっている。工場廢水問題と漁業を結付けると問題は容易でなく、これまで得た結果も又この問題を完全に解決させるものではないが問題の緊急性に鑑みて取敢えず得られた結果の一部を報告することとした。

この研究の報告を行うにあたり研究の実施を認め、又種々の御助言を賜わった花園所長に心から感謝する次第である。又この研究に種々の御助言を賜わった田内森三郎博士、森高次郎博士、右田正男博士の御厚情に心から感謝する次第である。

又本研究所の職員各位に対し種々の御助言を頂いた事について、又内海丸の乗組員各位には資料採取に際しての御協力頂いた事について、又利用部の敦賀花人・竹内脩・勝乗多恵子・下田照子・入江昭子の諸氏には分析その他の多大な御協力を頂いた事について深謝の意を表する次第である。

### 目 次

1. 英文抄録
2. 工場廢水研究の問題
- 基礎研究篇
3. 魚類の産忌量に関する研究
4. 魚類の不好量に関する研究
5. 貝、海藻、浮游生物の致死量に就いて
6. 工場廢水中に於けるアサリの開殻運動に就いて
7. 工場廢水中に於ける浮游藻類の成育
8. 海底泥の分析法に関する研究
- 現地研究篇
9. 工場廢水の分散について
10. 廢水分散の計算方法に就いて
11. 岸壁生物の調査
12. バルブ工場廢水の研究
13. 廢水の被害算定と被害予想に就いて

## Study on Pollution by Industrial Sewage.

T. Nitta, K. Arakawa, H. Sugimoto and M. Fujiya.

Degrees of pollution in river have been estimated by BOD values, while they are no more applicable to the cases in the sea. We tried to determine how to estimate damages by pollution in the sea and found the following conclusions.

1) First of all we must determine how the industrial sewage is to be diluted in the sea. Our observations show that the sewage, after floating out, is extended in the upper thin layer possibly because of its low specific gravity. Assuming that the sewage diffuse symmetrically without wind and tidal influence, we found that concentration  $Y$  of sewage at a distance  $x$  perpendicular to the coast line from the mouth of the sewer is better represented by the following formula,

$$Y - Y_c = \frac{b}{\mu k} (1/x - 1/x_c),$$

where  $b$  is the volume of sewage to be floated out during unit time interval,  $\mu$  is a constant of diffusion,  $k$  is a factor depending on the diffusion form and  $Y_c$ ,  $x_c$  are the minimum limit of concentration we can detect by chemical analysis and the corresponding distance.

2) Secondly, we must determine the critical concentration by which to infer whether there exists no substantial damage to fishes. Hitherto lethal dose or minimum active dose (Ken-q-ryo) has been adopted. However, we have been led to a new critical dose, to be named as unpleasant dose (Fu-ko-ryo), under which we can still find fishes there, but more depleted than under normal conditions. Our study shows that unpleasant dose for fish of NaOH solution corresponds to the one-tenth of the minimum active dose and the lethal doses for other sea livings, *Venerupis*, *Ulva* and *Daphnia* are approximately equal to that for fishes. Moreover, we studied how the concentration affects the shell-opening of *Venerupis* and the growth of green algae.

3) The mud of sea bottom suffers as well from pollution by industrial sewage. We suggested the CI curve (Chameleon constant-Ignition loss-curve) for use to examine the character of mud samples. Normal samples fall into the ranges, 15-30 ppm in Chameleon constant and 10-15% in Ignition loss. However, mud samples possibly under pollution by the pulp mill's sewage show less Ignition loss, so that we can easily specify them.

4) We can calculate by unpleasant dose the extent over which there exists no substantial damage for fishing, but it is desirable to examine the similar extents for all sea livings existing there around the shore, though our observed extents about benthos, plankton, sea weed and animals on the quay are nearly corresponding to the calculated extent.

5) We examined the damages of pulp mill's pollution and explained how to estimate or to forecast possible damages in the sea by industrial sewage pollution.

# 工場廢水研究の問題

新 田 忠 雄

## 1. 工場廢水問題の歴史を振り返る

工場廢水問題は極めて古くから欧米諸国において問題とされていた。これらの国の漁業法に水質汚濁防止の条項がのせられているのは、古くは既に百年以上も昔であった。例えば1829年布告仏国河灘法に“河川において、或いは製造場より放流する滓渣で魚の繁殖に妨害を与える物質を除去するため遵守すべき規則”を定めている<sup>(1)</sup>。これらの規則に定められている事は、無機物や滓類を河川に注入してよい限界量である。

薬品による魚類の致死濃度の研究はWeigelt(1880), Borgmann(1896), Haselhoff(1901), Steinmann(1909)その他の人々により行われた<sup>(2)</sup>。対象は主として淡水魚で無機塩、数種の有機薬品、或いは工場排水を用いた抵抗力、極量、致死量などの研究である。

水の清浄さを確保する為には腐敗分解する様な有機物を重視しなければならぬ事が分って来た。有機物は水中で酸化分解されて最後には水と炭酸ガスとアンモニアガスとなるが、酸素がこのために消費される。その結果として水中酸素が消失し水産生物にとっては極めて危険な状態になると云う事が分って来た。天然の微生物を利用し、どの位酸素が消費されるかと云う研究が行われた。有機物が分解されて失われれば浄化されるのは良いけれども、水が無酸素状態にならぬ限度で分解を行わせなければならない。TheriaultやStr eterはこの研究に大きな進歩をあたえたが、ごととそれまでの実験室的研究がイリノイ河において確められ、この生物化学的酸素消費量(BOD)が実地に使える単位になった。このようにしてBODは最も重要な水質の指標となり、工場排水問題を支配する事になった<sup>(3)</sup>。

我国における排水問題研究は古く北海道において行われた。高安氏はこの研究において薬品の魚類に及ぼす研究を行い、致死量を求めるほか、更に嫌忌量なる極量を創案した<sup>(4)</sup>(大正13年)。大島氏は薬品の研究を行い、イオン毒方の関係を明かにして順位を決定した<sup>(5)</sup>(昭和6年)。その他大谷氏の嫌忌量の研究<sup>(6)</sup>(昭和14年)、松井氏の温度と致死時間との関係の研究<sup>(7)</sup>(昭和15年)なども行われた。具体的な工場排水による研究には、岐阜荒田川沿岸毛織工場(昭和5年)、滋賀琵琶湖畔人絹工場(昭和4~6)、山口徳山湾の重油等滓類(昭和7年)、群馬吾妻川の悪水(昭和9年)、香川の製紙工場(昭和10年)、愛媛新居浜化学工場(昭和13年)、福岡有明海大牟田川の工場(昭和13年)等の排水による被害の研究があげられる。

農林省水産局は大正15年から昭和25年迄に数回の水質汚濁関係の参考資料を発表している。これによると我国の被害実状は第1表の如くである。これらの資料をみると大正13年以来の水質汚濁防止法案をつくる努力が不成功に終わった記録が述べられている。この努力はその後も続いたが、昭和25年に出された内水面漁業資料第13集の言葉をかりれば“わが国の水産業をこれら水質汚濁による被害から保護するための努力は、大

第1表 水質汚濁の被害

報告された年 工場種類	昭和7年 (関係 件数)	昭和12年 (関係 工場数)	昭和25年 (関係 工場数)
油 投 棄	28件	—	—
織 物 関 係	24	139	33
パルプ製紙工場	21	81	247
化 学 工 業	20	64	50
釧山、釧業関係	19	190	102
木 材 関 係	14	169	37
食 品 工 業	11	345	122
人 絹 工 場	6	21	12
ガ ス 工 場	3	7	4
セメント工場	1	4	28
其 他 工 場	2	90	7
都 市 汚 水	1	—	—
土 砂 遺 棄	1	—	—
計	151	1,110	642

備考(1) 昭和7年の水産局“水質保護に関する調査”による。

(2) 昭和12年、同25年の水産庁“最近における水質汚濁による水産業被害調査”による。

\*中国地方調査月報の抜刷であるが、多少修正加筆した。

正末期から今次戦争の前迄のゆまず継続されてきたが、当時の跛行的鉱工業重視の方策のため水質汚濁防止法の如き法律は遂に実現されず、戦時に入ってから、被害の実情すら明らかにされていない”のである。戦後再びこの努力ははじめられ、柴田博士を委員長として水質汚濁防止法案をつくるため委員会を設け、その原案を練ったのである。しがしながら水質汚濁防止法は遂に日の目を見ず、未だに問題は未解決として残されている。

## 2. 戦後、問題は激化しつつある

戦争は一時的にも落水問題を緩和させた。工場が閉鎖されたり、破壊されたりしたからである。なかには逆に工場の緊急性のため落水問題が無視されたこともある。

戦争は終り、産業復興がさげばれると続々工場は機能を回復した。生産は増強し以前に増して増産は行われる。新規工場も次々に建設せられ、県はまた競って新工場誘致を計画した。工場の落水が途絶えて昔の清浄を取戻した海面に再び盛んな汚濁が繰返えされる。

“最近(昭21—24年)における水質汚濁による水産業被害調査。によると、被害は昭和12年頃に比するならまだ少ないと云う事であるが、被害件数は289件であり、そのうち鉱山関係、パルプ関係が最も重大であり、その他人絹、紡績業、染色、澱粉醸造等の6種が関係工場中の73%にあたっている。この調査で特に目につく点は、被害中調停の成功したものは10%に達せず、漁民側の不平に対して工業者側は比較的無関心だった事を感じさせられる。

戦後において工場落水に対する研究は順次盛に行われるようになった。北海道で研究された泥土による被害報告<sup>(10, (11))</sup>に、その被害面積と漁業の損害額を算出して被害を数字的に表現した。福島県における水素工場落水調査は水質とともにプランクトン、附着生物、地曳の統計等を含め比較検討し、殊にプランクトンについて熱心な比較が行われた。“愛知県下における水質汚濁の現況<sup>(12)</sup>は緑ガキ発生と銅及び亜鉛の関係、また海苔の縮れ葉に関する報告<sup>(13)</sup>其他が、名大、東大の研究者の努力によってなされている。山口県水産指導所<sup>(14)</sup>では三田尻湾の水質調査とともにその落水を用い鯉に対する影響研究、工場落水の浄化処置に関する研究等が検討されている。昭和26年度において水産科学技術補助金が工場落水研究に出されて、名大、東大、東北大において研究が行われ、本年度も引続き行われている。8海区の各水産研究所では昭和26年の増殖担当官会議において工場落水の研究班をつくる事を決定した。8海区水研のうち北海道、内海、淡水の3海区は熱心にこの研究を取上げているが、他の海区もまたそれらの問題を取扱っている。昭和27年4月東京において日本水産学会の大会が行われたが、その際水質汚濁に関する研究が発表された。東北大今井氏等の水質汚濁検定に用いる試験生物の研究、東大末広氏等の水質汚濁の基礎研究(毒物に対する魚類反応の電気生理学的研究)、福岡水試河辺氏の大川沼魚類窒息死原因研究、同水試田尻氏の汚濁水と海苔の生育との関係、佐賀水試稻並氏等・西海水研山田氏等・九大富山氏等協同研究による有明海におけるスミノエガキの窒息死原因に関する研究がある。このように工場落水問題が熱心に取上げられるようになったのは、最近の要望に答える研究者の努力である。

## 3. 水質判定の基準として従来示されているもの

M. M. Ellis氏によると次の如き淡水魚に対する標準が書かれている。

(a) 溶存酸素 5ppm以上、(b) PH 7.0~8.5、(c) 電離し得る塩類は電導度で示して150~500 mho  $\times 10^{-6}$  (25°C) 或いは1,000 mho  $\times 10^{-6}$  を越えない (d) アンモニア1.5ppm以下 (e) 硬度1以上で1,000メッシュの目を通る浮遊物は透明度で5m以上であること。

我国で古くから定められている放流下水の水質は次の如くである。

「放流し得べき下水の水質標準次の如し、但し放流カ所の下流に水道原水取入口等の存する場合は特別の考慮を要することあるべし。

1. 異常の色相及び臭気を有すべからず。
2. PHは6.8~7.6なるべし。
3. メチレン青脱色試験においては5日間を経過するも脱色すべからず。
4. 生物化学的酸素要求量は20ppmを超ゆべからず、(酸素吸収量による場合は15ppmを超ゆべからず)

5. 浮游物質（濾紙法）は100ppmを超ゆべからず。
  6. 酸素飽和百分率は20%以上なるべし。
  7. 蛋白、アンモニア性窒素は2.0ppmを超ゆべからず。
  8. 大腸菌（大腸菌）聚落数は1 cm<sup>3</sup>につき3,000を超ゆべからず。
- 上記の標準に適合せざるものと雖も、特殊の事情あるものは此限りにあらず」  
次に経済安定本部の行った勧告中の水質の標準を見てみよう。（昭和26年1月勧告）。

#### 〔(1) 公共水の許容限度

- 公共水は乾天時において1昼夜平均次の水質を有すべきである。
- 生物化学的酸素要求量（BOD）20°C 5日間 5 ppm以下  
 溶存酸素（DO） 5 ppm以上  
 大腸菌形群 1 ccにつき 250以下  
 水素イオン濃度（PH） 5.8~9.0
- この限界を汚濁限界点とし、水質がこれより劣質なときは「汚濁」されたと称する。

#### (5) 産業排水

(イ) 産業排水を河川などの公共水に放流する場合には、その放流を受ける公共水が汚濁までに達せぬように予め産業排水の処理を行うことが望ましい。

(ロ) 仮に放流を受ける河川の流量が工業排水量の10倍であるというような仮定を設けて各種の産業排水に通ずる一つの水質処理目標を設定することも便宜と考えられる。

(ハ) 浮游物質及び特殊物質の限度についても考慮することが望ましいが、この限度の数値については、これもまた充分なる調査と慎重なる中央委員会の審議を経なければならぬ。」

ここに書かれた特殊物質について、一応原案にものぼった事のある限界濃度を書いてみよう（昭和24年9月勧告）。

「浮游物質200ppm以下、油類50ppm以下、塩化物1,000ppm以下（海水に放流する場合はこの限りでない）。

- |             |  |
|-------------|--|
| 石炭酸及びクレゾール類 | 1.5ppm以下、                              |
| シアン化物       | 2 ppm以下、                               |
| 遊離塩素        | 0.5ppm以下、                              |
| 銲油類         | 水上に認め得る膜を10m <sup>2</sup> 以上に亘り生じないこと。 |
| 砒素          | 50ppm以下、                               |
| 銅           | 10ppm以下、                               |
| 亜鉛          | 50ppm以下、                               |
| 遊離亜硫酸       | 5 ppm以下、                               |
| バリウム        | 100ppm以下、                              |
| 鉄           | 100ppm以下、                              |
| 硫化水素        | 5 ppm以下、                               |
| クローム        | 10ppm以下、                               |
| 染料類         | 300ppm以下」                              |

以上の如く種々の内容について色々の範囲が決められている。さてこの規定に対し、衛生的な見地から都市排水の如きものについては、当然この規格によって制限を受ける事が望ましいと考えられる。しかし産業排水をこの枠で縛り得るか否か、また必ず縛る必要があるか否かは慎重な検討を要する所であろう。パルプ工場に関して考える時、アメリカにおいてすらその廃液処理の大きな経費を前にすると、生産と汚濁防止に関する州命令の両立が困難であるらしい。<sup>(17)</sup> 政府並びに軍がその生産物に重点をおく事を希望しているので戦争の危機が続く間は止むを得ず河川汚濁を防ぐ計画を發展させる事が出来ないだろうと書かれている。即ち水質汚濁防止に関する示された枠に従ってそれを忠実に遵守すれば、パルプ工場には非常な負担となり果して実行可能か否か疑わしくなる。

廃液を拘束する種々の項目があるけれども、なかでも最も重視されるものはBODの制限である。ところがBODを考える必要のある理由は水中の溶存酸素の消失をおそれる為であるから、もし溶存酸素が消失しなければBODは問題にならぬ数字となるのではなからうか。海岸に臨んだ工場から海中に直接流れるパルプ排水について吾々が見る所では、多くの有機物を含むこの排水が流れ込んだ海面でも、溶存酸素は大して

減る事もなく、従ってその為の危険を感じる事はないように思われる。このような事実を見ると、海に直接流し出される廃水では、BODは問題にならぬのではないかと云う事が考えられる。もしこの廃水に被害があれば、それはBODとは無関係の何か別の分析方法によって測定されなければならぬと云える。

BODが極めて重要だと考えられて水質基準が立てられたのであるが、廃水を流し出す地点によっては必ずしもBODが重要ではあり得ない事は前に述べた通りである。我国の問題の工場位置がどこにあるかを最近における水質汚濁による水産業被害調査に現われた被害について地図にあたってみると問題の所在点は欧米の様に緩やかな川の流れて問題となる様な事に限らず、むしろ川口に近く、または海に直接面して大きな工業の工場が沢山あるのであって、我国においては更に別の基準をたてて工場廃水を監視する事が必要なのではなからうか。

#### 4. 工場廃水問題解決の道

漁業者は種々の工場廃水に関する苦情を持ち出して来るので、これらの問題に何かの解決を与える為の基本的な方式が決められている事は必要な事である。漁業者の常に訴える事は漁獲高の減少と云う点である。

工場廃水問題において現実に現われている事実は、工場があってその工場が廃水を河海に流している事実と漁業者にとって漁獲高が減ったと云う事実であろう。さて仮りに水質汚濁防止法があれば、工場の廃水をとりあげ、その廃水をこれだけ浄化すべきだとか、これまでに薄めるべきだと云う事を決めて、工場はこれに従わされる事になるが、誰が見ても分かり切った様なひどい廃水である場合は別であるが、多くの場合果してそうすれば漁業者側が減ったと云う漁獲高が元に恢復するかと云うと、これは誰にも保証出来ず、実施しなければ分からない事であろう。

公平な見方をすれば事件は二つの面に區別して検討されるべきである。一つは勿論工場の廃水が海に対して何れだけの影響を与えたかと云う事であるが、他の一つは訴えられた漁獲高の減少が何に基因するかを正しく判定する事である。

工場の廃水が海に対して何んな影響を与えるか等の事は、改めて考える必要のない事であり、すでに研究が済んで水質汚濁防止の基準が定められ、それに従えば良いのだと云う議論もあるかも知れぬ。しかし私は前に述べたように、その基準のうち最も重要視されるBODに疑を持ち、別に生物の生存に不適な事を証明する基準が必要な事を信じている。どうしても研究をやり直す必要がある。そこで従来はBODにとらわれず、改めて、工場廃水の海に対する影響を研究するなら何うするかを考えてみたい。

そのためには第一に直接生物がどの位に廃水が稀釈された海水において影響を受けるかを確める必要がある。そしてそれを測定する基準を定め、その基準にもとずき実際において廃水が加わった海水に当てはめれば良いと思う。第二に実際の海面において何処までが廃水の影響を受けているかを測定する事が必要である。実際廃水は海に出ると相当すめられてしまうから、それを検出するためには何を定量すれば良いかと云う事を知る事が必要であり、その方法により廃水の稀釈状態すなわち濃度分布を明かにする事が必要である。第三に海の底の泥が廃水の影響を受けて変化しているので、何処まで変化を受けているかを明かにする事が必要である。

次に漁獲高の減少が何に基因するかを考えてみたい。漁獲高に影響する要因には天然現象として海況気象の影響が大きい事を考えねばならぬ。次に人或いは生物が与える現象として、水温の影響や生物相互の淘汰等による特定漁獲物の減少がある事を考慮せねばならぬ。

漁獲高の減少—(海況気象の影響による減少+人為或いは生物相互の影響による減少)=工場廃水の被害、なる関係があるのではなからうか。そこで(1)漁獲高の全減少、(2)海況気象の影響による漁獲高の減少(3)人為或いは生物相互の影響による漁獲高の減少、の三つを明にしなれば正確な意味での工場廃水による被害を明にする事は出来ないと考える。周囲の環境が生産を増加せしめる様に仿いた時、その増加のしかたが少なくと云う事も考えられ、漁獲高の減少にはそのような意味も含まれる。

以上六つの項目を述べたが、このうち前の三つについて従来考えられて来たことについて更に説明をしてゆきたい。

なお一言説明しておきたい事は、工場廃水問題として考える範囲を水産業に被害を与える場合として考え

てゆく事で、従って水産業に被害がない場合はここでは考えない事しておく。

### 5. 生物の受ける被害を測定する標準

魚類に対する薬品その他の毒性に関する研究は、古くから行われて数多くの研究結果が発表されている。  
 (2) 薬品に対する魚類の抵抗力は、薬品の種類による差が最も大きいけれども、其の他魚種魚体の大小、試験温度等も考える必要がある。更にまた薬品の作用に影響の大きいPHを考える事や、薬品相互の協力或いは抵抗作用を考える事が必要である。薬品の研究について大島氏はその毒力順位を決定した。従来得られた薬物の致死濃度を毒力順位に配列してみると第2表の如くである。

第2表 魚類の極量(或は致死量)

陰イオン 陽イオン	Cl	SO <sub>4</sub>	陽イオン 陰イオン	Na	K	H
Na	28,000—7,300		Cl	28,000—7,300	74,000—180	49—3.6
K	74,000—180	440*	Br	12,000*	1,190*	
Ca	50,000—69		J		1,600*	
Mg	6,800—120	42,000	S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	250,000		
NH <sub>4</sub>	5,100—340	670	NO <sub>3</sub>	13,000—8,500	1,000*	630—63
Mn	15,000—25,000	15,000*	ClO <sub>3</sub>		3,000	
Ba	6,000—480		HPO <sub>4</sub>		50,000	10*
Fe <sup>+++</sup>	150		B <sub>4</sub> O <sub>7</sub>	3,800*		
Fe <sup>++</sup>	10,000—13	24*	HCO <sub>3</sub>	10,600—53,000*	500*	
Al	26,000—1.3		SO <sub>4</sub>		440*	100—200
Sn	1.1*		NO <sub>2</sub>	690*	138*	
H	49—3.6	100—200	CO <sub>3</sub>	450		
Cu	0.13	1,000—10	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		1,600	1.5—12
Zn	10	10,000—10	S		55	
Cd	3,400		OH		14*	
Hg	1		CN		2*	
			Fe(CN) <sub>6</sub>		20	
			MnO <sub>4</sub>		5—10	

(1) 数字はH中mg

(2) \*は極量, 他は致死量 (2)

(3) 致死量として種々ある報告類を綜合した。

薬品についての多くの研究を見ると、研究によって使用した魚が違ふためその得られた結果に相当な差がある。魚類の相違による差異の例をあげると大谷氏及び高安氏が嫌忌量を種々の薬品で測定し、これに使用された魚種はヤマメ、コイ、ウナギの3種であるが、ヤマメの嫌忌量はコイ、ウナギよりも小さく、ウナギはコイよりやや小さいがアンモニアまたはその塩に対しては大きくなっている。魚体の大小の相異について松井氏の研究ではコイでは小さい魚が抵抗力が強いと云う。水温との関係は松井氏が研究して示した式によれば  $T = 1.478 D + 1.777$  (Tは水温, Dは致死時間) となっている。PHと毒力では富山氏が特殊の流水式装置をつくり、その研究を行って居られるが、かなりPHが毒力を左右する様である。協力、拮抗についてはあまり触れられていないのではないかと考えられるが、元来工場排水は多くの場合種々薬品の混合液であり単独の薬品の結果のみでは解決のつかぬ点もあらうと考えられる。

このようにして、魚類の極量あるいは致死量または抵抗力の研究が盛んに行われた。溜池に流入する排水のために溜池の魚は死ぬであろうし、生簀や定置網の魚取りに閉込められた魚は排水によりその生死の鍵を握られている。しかし自由を束縛されていない魚はおそらく好んで死地に赴かないであろう。川に排水が流れて来れば魚はその川を避けて他の川を遡ってゆく。そのような数値を求める必要がある事を主張された高安氏は嫌忌量なる名称をつくりその研究を行われた。水及び薬品を含む水が並流する様な構造の装置をつくり、魚をその境界点において何れに行くかを観察するのである。この様にして得られた結果は致死量より

低い数値となって現われた。致死量とは同一比率ではなく、これは薬品の種類に応じて魚の感度が相異なるためである(第3表)。自然水域に汚水が流れ出し、その汚水の停滞する区画がそこに現われる。そこでこの嫌忌量を適用して汚水による漁業に対する影響水域を判定すれば良いのではないかと一応考えられるが、さて実際に汚水を用いて嫌忌量を測定してその結果を当てはめて見ると、相当する所は現場の停滞水域の中でも特に高濃度に汚水のある所であって極めて狭い水域に限られてしまう。そこで更にもう一步進めた限界を何か求める必要があるのではなかろうかと考えられる。

第3表 致死量と嫌忌量の比率

薬品名	比率	薬品名	比率
硫酸マグネシウム	1,050	塩化カルシウム	11.2
カリ明礬	450	漂白粉	10
醋酸鉛	304	青化カリ	7.5
硫酸亜鉛	250	硫酸第二鉄	7
クロム明礬	214	石灰	6.5
硫酸銅	90	硫酸	5.7
塩化亜鉛	84	炭酸アンモニア	5.6
塩化マグネシウム	60	塩化第二鉄	5
塩化ソーダ	30	アンモニア	4.7
硫化水素	25	ロダンカリ	4.5
昇汞	20	ロダンアンモニア	3.9
亜硫酸	17	塩酸	3.5
硫酸アンモニア	16	塩化アンモニア	2.9
炭酸ソーダ	15	亜硫酸ソーダ	2.8
硫酸第一鉄	15	黄血塩	0.17
塩化第一鉄	14	赤血塩	0.039
塩化バリウム	13		

- (1) 高安氏の研究結果を利用した。  
 (2) 嫌忌量は最小の値をとり、致死量を嫌忌量で割った値を比較として示した。

についての報告では、影響水域では動物性プランクトンの比率が多いと云う事であった。土屋氏はミチノコに対する硫黄化合物の毒性を研究した。これらの研究はあるが果して貝、海藻、プランクトンが魚類と同じか否かはまだ決まらない事である。

生物の受ける影響で、浮泥による被害と酸素の不足による影響について一応考えておく必要がある。五十嵐氏(21)の研究或いは倉茂氏(22)の研究は、泥により貝が非常に影響を受け貝は泥をかぶって死んでしまうと言う事である。酸素の欠乏と生物との関係は古くから研究された。養殖において養魚場に起る鼻上げなどに問題があり、研究もよく行われている。酸素量の限度5 ppmと書かれているのも、これらの研究を含めた結論だと見る事も出来るであろう。

最近東北大学で指標生物の研究が行われている事をつけ加える(15)。すなわちムラサキイガイのD型幼虫を用いて水質汚濁検定の指標にしよと云うのである。またカキ鰓切片の運動測定や、カキの海水流過量測定により水質汚濁判定の基準としよとする事である。水質汚濁判定の標準が早く見出されれば工場汚水問題が解決出来るのであるから、漁民の為に早く役に立つ標準をつくりたいものである。

### 6. 水質が工場汚水により如何なる変化を受けるか

工場汚水が流入した天然水域が、如何なる状態にあるかを適切に分析し、把握する事は吾々にとり必要な事である。これについて、BODは従来最善の方法とされてはいるが、海に出される汚水に対しての適用は疑問である事は前に述べた。工場汚水が流れ込んだ海面で考慮する必要のあるものは、有機成分や混濁物質

東大の末広氏(19)が行って居られる側線神経を用いた研究がある。側線神経束から単一の繊維を分けその活動電流を電磁オシログラフで記録するのであるが、種々の刺戟を受ければ活動電流の変化が記録され、従って魚の感じ得る限界を正確につかみ得ると云えるのである。

生物の受ける汚水の影響をこれまでは魚でも主として淡水魚のみによつたのであるが、それでは不充分だと思われる。前に述べたように魚も種類によって差が見られるから生物の種類が違えばまた大きな差も現われるであろう。一応取上げて考えてみると、貝類、海藻類、プランクトン等があり、また条件を変えて卵の発育、藻の生育に及ぼす影響を考える必要があるようである。貝類について大谷氏(6)はハマグリを用いてその嫌忌量の研究を行った。この結果はコイウナギと比べて多少大きい数値であった。

海藻(16)について福岡水試の研究のある事は前に述べた。プランクトンに就いては古くから研究もあるようである。吾々が現実の汚水停滞水域で採集してみるが、これまでプランクトンの異常はあまり認めにくかった。福島県の工場汚水(12)

湛水水田土壌の研究は泥面下の状態をよく示している様に考えられる。水田土壌中に酸化層と還元層がある事は海底でも同様ではなからうか。アサリ場の泥を掘ると、表面の黄褐色の泥の下はすぐ黒色の土壌層である。おそらく還元層であろう。野村氏が底質の酸化還元電圧を研究しているが、砂層下においてたちまち電圧が還元状態を示す事は、おそらく水田土壌と同様なのでなからうか。水田には老朽化水田と称して硫化水素のため根腐れを起す水田があるが、海底の不良底質と類似する所がありそうである。即ち硫酸多施が根腐れを起すのであるが、実験によると硫酸根を海水中に多く入れた時有機物を含む泥は忽ち硫化水素を生成する。水田でも海でも、泥は硫酸根により悪化し易いのでなからうか。これらの水田研究と比較すれば海底土の研究が明らかにされる事と思う。

底質が異状であれば当然底棲生物に変化があるわけである。底棲生物の研究は宮地氏、山本氏、島津氏、北森氏等により行われているが、それによると内湾の標式区分をする事に結論が向いているようである。生物の生存を左右する要素として上げられているのは、深度、底質、潮流、塩分等である。従来の研究で底質としてのべられているのは、この様な廃水の影響と云うよりも、むしろ砂か泥かと云う様な事であり、泥の相異を論じる時も廃水により非常に汚濁された泥ではないから、これらの研究が直ちに参考とはならないが貝と多毛類との関係などは廃水悪化の影響の場合にも同様に考え得る事項のようである。甚しく悪化した泥には勿論ポイントも見当らない。廃水の影響を受ける所は、貝が少なく多毛類が多いようであり、これらの点などは底質に左右された底棲生物の状態と見る事が出来よう。

#### 8. 廃水問題の解決を要する事項

以上に於いて個々の問題を考えたが改めて今後必要な研究問題を要約してみたい。水質判定の色々な基準は与えられているが、実際問題はその基準では満足出来ないように思われる。従って何か違った基準を見出さなければならぬ。そこで構想を新たにして次の様な研究方法を考えてみる。まずはじめに、廃水の影響の及ぶ地域、河では自浄作用によって普通の水にまでなる地点、海では海水により稀釈されて判別出来ない限界点を調査決定せねばならぬ。

次に廃水が影響を与えている地域でその影響の内、どの程度の影響が水族にとって問題となるのかを決める事が必要である。それは致死量や嫌忌量等のすでに得られた数値では充分ではなく、何か別の観点による極限量が見出される必要がある。それにより、或る一定濃度迄廃水が稀釈され又は浄化された所では水産に対して影響がないと云う限界地点が決定出来る事になる。

水に於いては問題を以上の様に考えるが泥については又問題を別にして考える事が必要である。泥は貝類の様な生物にとっては極めて重要な環境質であり、その影響は貝にとり極めて重大問題である。そこで吾々は泥の異状を発見してその影響範囲を求めなければならない。

以上の様にして廃水が水と泥に及ぼす影響と水族に影響する限界を求めても、若し実際の水産の被害とこれが一致しなければ役に立たぬ事である。しかしこの水産に直接及ぼす影響には関係する種々雑多の要素が多く、従ってこれらを分けて廃水による影響だけを分離し検討する事は極めて困難である。何か実際の海面に於いて廃水影響を裏付けるものが見出されれば一応の結果を検討する為の材料となる。

以上述べた各項目について、吾々の行った研究は何かの説明を与えうるものと思うので更にその内容を順次説明していきたいと考えている。

#### 参 照 文 献

- (1) 農林省水産局 水質保護に関する調査 水産増殖調査書第3冊、大正15年
- (2) 末 広 泰 雄 魚類生理学の実際 55頁 昭和22年
- (3) 右 田 正 男 河川の汚濁 科学10巻13号
- (4) 高 安 三 次 工業薬品の魚族に及ぼす影響等に関する試験報告 北海道水試、大正13年
- (5) 大 島 信 夫 仔鰻に対する塩類電解質の致死濃度並びに被害現象に就て 水試報告、昭和6年
- (6) 大 谷 武 夫 水中に溶存する化学物質の魚介類に及ぼす影響 日水産、7. 5. 昭和14.
- (7) 松 井 魁 鯉の薬物に対する反応に就て 水産研究誌、35. 9. 昭和15.
- (8) 農林省水産局 水質保護に関する調査 昭和7年

等であり、更にまた工場排水が海水と混合して生ずる沈澱性物質等についても、注意する必要がある。混濁物質の沈澱生成は場合によるとわずかの条件が与えられて成立する。透明度は花岡氏の説明によれば生物の生産にも関係の深い重要な要素である。透明度は水中に含まれるミクロサスペンソイドの量に支配されると云うが、排水の関係する水域では、この透明度を小さくするミクロサスペンソイドは排水に含まれる混濁物と生産量に関連の深い混濁物とに区別しなければならない。

新しい視野に立つ水の分析手段として松平氏は触媒活性なる方法を考案した。<sup>(21)(26)</sup>これは珪藻プランクトンの生理作用を規定するものと説明されている。小久保氏は湖水の滴定曲線を図き研究を行っている。排水を含む水の滴定曲線が或いは何かの特長を示すのではないかと考えて見る事も何かの役にたつかも知れぬ。菅原氏は湖水の濁りを光学的また電気的方法により測定した。この方法が更に水中混濁物の解明に役立つなら好都合である。

水の問題として吾々が決定を要する事は、排水の影響水域を求める事である。私は被害水域を決定する第一歩は影響水域の決定だと考えている。排水は海に流されると大体海面の表面を四方に拡がってゆき或る距離まででその影響水域が消えて分らなくなる。海には潮流があり、地形に応じた特別の水の動きがあるし、またその時の天候、特に主として風によりその移動状態が変って来る。更にまた別の目的、即ち新設工場の被害予想を立てるために排水の影響力が何処まで及ぶかを決めなくてはならない。吾々はこれらの影響水域を求めたいと考えている。その影響水域が決定され、更に生物に対する被害の標準が決定されれば、この影響水域をその標準で測り被害を決定できるのではなからうか。

#### 7. 泥質が如何なる変化を受け底棲生物が如何なる影響を受けているか

工場排水は種々の沈澱物を含んでいる。また廃水中に含まれるコロイド的成分は海水のナトリウム—イオンが沈澱剤として働くので沈降する。例えばソーダパルプ廃水が海水と混合して沈澱を起したりする。海底にこれらの有機性沈澱物が沈降すると、やがて腐敗して悪質の汚泥となり、夏季ともなればメタンガスや硫化水素をぶくぶくと吹き出す事になる。甚だしいと冬でさえガスが出る様な泥になる。

泥は廃水から受けた影響を持続しているので廃水の研究には好都合である。海水の場合では風浪に影響されて工場廃水の影響が同一状態に及ばないから、現場の採水はその時の状態だけしか示さないが、泥の結果は何時ととも変わらない。そこで工場廃水研究には海底土質の変化の研究が参考になる。勿論それだけでなく、泥が悪突すれば藻場は減るだろうし、Benthosは影響されて住まなくなる。更にまた醗酵生産物があると海水に溶込んで海水を悪変させる。海底土質の研究は北大の加藤氏其の他により詳細に行われている。泥の研究は灼熱量の測定、有機炭素量の測定、窒素量の定量が行われ、これらの結果と水深との関係等が検討された。また海底土質の無機物の量も定量された。海底泥と酸素の吸収に関して研究が行われたが、これについては倉茂氏その他の研究もあり、酸素の消費の原因の検討、またそれが微粒泥量と正相関にある事などが明にされた。海底泥に過酸化水素を作用させる研究もある。

これらの研究と観点を交えて名大の菅原、小山氏等は湖底或いは海底泥の研究を行った。湖沼の新生沈澱物の生成状態の研究、また泥中の間隙水の研究がこれである。湖水においては1日に $10.5 \sim 0.75 \text{ mg/cm}^2$  平均 $4.2 \text{ mg/cm}^2$ の沈澱物を生じる事や、窒素の45%炭素の35%が沈澱後失われる事などが説明された。また間隙水の研究では硫酸根が間隙水に多く、これは水中に生じた $\text{Fe}(\text{OH})_2$ が硫酸根を吸着し沈降し、途中でそれを放すのではないかと推論された。また吉村氏や富山氏は湖底、海底の硫化水素含有量に注目し、生物の生存はこれにより左右される事を論じている。山田氏が有明海で行った研究に、泥が悪化する時期に嫌気性細菌の多い事が説明されている。

吾々は泥の研究の目的を再び考え直してみたい。泥が如何に汚濁されたか、正常の泥は如何なる泥であり如何なる経過を経て如何なる形態の危険な泥が出来たかを知りたいのである。そこで私は簡単に泥の汚濁は即ち硫化水素だと割切ってしまうたくはない。泥の分解の過程、程度等を知る事が望ましく、如何にして泥の中が還元状態となったのかを知りたいと思う。問題は5~10m海面下の海底の事であるから、そう手軽に泥を手にとる事は出来ないが、さいわい土壌方面における湛水水田土壌が研究され、それと海底土壌が一脈通ずる事がある様に思われる。

- (9) 水産庁 最近に於ける水質汚濁による水産業被害調査 内水面漁業資料第13集, 昭和25年
- (10) 五十嵐 彦 仁 爾志郡熊石村相沼内発電所環境排出の泥土による水産被害調査 北水試月報, 9.1.
- (11) " 今井, 中外両マンガン鉱山排水の鉄害調査 北水試月報, 9.9.
- (12) 福島県水産試験場 工場廃水による漁場被害状況調査報告 昭和24.
- (13) 愛知県漁業協同組合連合会 愛知県下に於ける水質汚濁の現況 昭和26.
- (14) 山口県水指 工場廃水に関する調査研究 山口県水指調査研究業績 第4巻, 昭和26.
- (15) 昭和27年度日本水産学会大会講演要旨 日水産, 18.1
- (16) Ellis Water Purity Standards For Fresh Water Fishes Special Scientific Reports No 2. Fish and Wildlife Service.
- (17) 戦争はSWLの計画を妨害す。 Pulp and Paper 1951.10.
- (18) 富山 哲 夫 水質に対する汚濁物質の影響をみる試験装置について 日水産, 15.9
- (19) 末 広 泰 雄 魚類学
- (20) 土 屋 靖 彦 ミチンコに対する硫黄化合物の毒性 日水産, 13.3
- (21) 五十嵐 彦 仁 泥土による鮑の被害に就て 日水産, 12.6
- (22) 倉 茂 英次郎 朝鮮の干潟 海洋の科学, 3.8
- (23) 花 岡 資 内海生産力の標示について 内水研報告, 1. 1952年
- (24) 松 平 近 義 海水の触媒活性 海洋の化学, 5.2.
- (25) " " (I) 測定法と物理化学的性質 Tohoku J. Ag. Research 1.
- (26) " 東北海域に於ける触媒活性の特徴 (I-II) 海洋, 6.
- (27) 小久保 清 治 湖水の滴定曲線とPH緩衝面の垂直分布に就いて 日水産, 9.2.
- (28) 菅 原 健 湖沼水の濁の研究 (I) 気象 22, 1944
- (29) 加 藤 健 司 海洋底質の化学的研究 (I) 陸奥湾に於ける底質腐植質の分布 水産学, 54.
- (30) " " (II) 海洋底質の接触分解作用 水産学, 54.
- (31) " " (III) 北海道北海域に於ける海底腐植の分布について 北大. 水産. 2.1.
- (32) " " (IV) 北海道北海域の海産土の化学的組成について 北大水, 2.2.
- (33) " " (V) 海底土による海水溶存酸素の消費作用について 北大水, 2.4.
- (34) " " (VI) 浅海底土に含まれている海底腐植の有機成分について 北大水, 3.2
- (35) 倉 茂 英次郎 水中溶存酸素の泥土に関する実験 日水産, 1.1
- (36) 川 村 輝 良 海底沈澱物の酸素消費力に就て 海洋の科学, 1.6
- (37) 菅 原 健 湖沼に於ける新生沈澱物の研究 陸水, 6.102
- (38) 小 山 忠四郎 湖沼及び海洋の硫酸塩の共沈現象と底泥えの濃縮 海洋, 6.
- (39) 吉 村 信 吉 湖底堆積物特に汽水湖の湖底堆積物中に含まれるH<sub>2</sub>S並びに硫化物の予察的研究 陸水, 8.
- (40) 富 山 哲 夫 底土に含まれる硫化物の少量定量法 日水産, 17.5.
- (41) 山 田 紀 作 有明海養殖場に於ける牡蠣異状死亡原因調査中間報告 西海水研利用部, 昭和27年
- (42) 塩 入 松三郎 土壌学研究
- (43) 農学進歩総報 I, 水田土壌の研究
- (44) 野 村 七 録 諸種底質の酸化還元電圧 海洋の科学, 2.6
- (45) 宮 地 伝三郎 大阪湾の底棲群衆の定量的研究 海と空, 18.5. 其の他, 種々文献
- (46) 山 本 護太郎 陸奥湾に於けるホタテガヒの分布と底質に就いて 東北大, 農研, 9
- (47) " 陸奥湾の底棲生物群衆 日水産, 16.10.
- (48) 島 津 忠 秀 東京湾の底棲生物に関する研究 (I) 日水産, 14.1.
- (49) 北 森 良之介 東京湾底棲動物の研究 日水産, 16.7.

## 魚類の嫌忌量に関する研究(1)

藤谷 超・新田忠雄

### 緒

近時工業の発達と共に各種の工場の排水に依る水産業の被害が各地で問題の一つとして提議されて来ている。特に近時急激に発達した各種パルプ工場、レイヨン工場、食糧事情の好転によって小規模乍ら各地で行われ始めた澱粉製造工場などがその対称の主なものと考えられ特に瀬戸内海の如き小規模なる漁業が行われている所では一層大きな問題となっている。戦時中一時棄えたとは云へ工場の排水の問題に対しては可成り以前から関心がはらわれて居り往時に於ては高安氏・大谷氏を初め多くの人に依って研究が行われ嫌忌量の研究に依って水産生物特に魚類に対する影響を知らんと試みられていたが、その総ての実験が各種の化学薬品に関するものであった様に思われる。近時工場の排水問題が重要視されるに及んで之に関する若干の報告が行われているがその多くは化学的見地から行われたものであって生物との関連・生物への影響に関しては余り行われては居らない様に思える。工場排水の問題は夫が水産業に如何なる影響を及ぼすかと云う事が最も大きく且重要な事柄であると考え、特に水産業に於て最も大きな対照である魚類に対する影響を知るべく主として工場の排水を用いてこの実験を行った。

嫌忌量の必要性については高安氏などに依って提唱され既に周知の事柄であるが、之も排水の魚類に及ぼす影響を知る上に於て完全なものとは思われない、即ち我々が実際に排水の存在する区域を調査した所では魚類の嫌忌量以上の濃度を示す区域は極限された小さな区域に過ぎず他の大部分の区域は夫以下の濃度であつて、之に関しては又別な構想による研究が考えられねばならぬ。然し乍ら之は関連性は認められるが別個の問題であり、やはり嫌忌量は工場の排水の魚類に及ぼす影響を知る上に於て重要な手懸りであると考え。

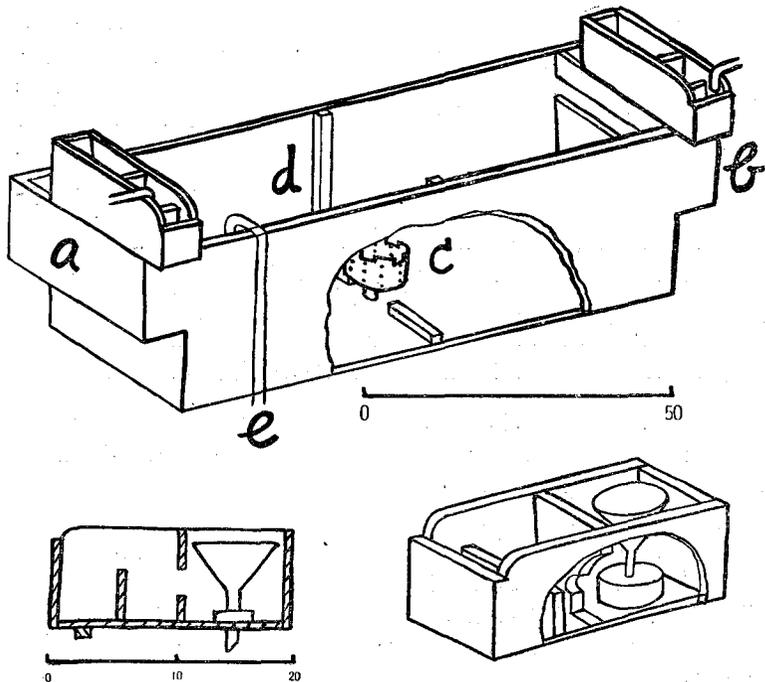
筆者は嫌忌量を液中に魚が入った場合直ちに液の刺激を受け魚の行動に反応が現われる時の濃度と定義した。

### 実験装置並びに方法】

従来行われて来た嫌忌量は多く高安氏考案のものであったが、この装置は試験液の濃度を簡単に変えられない点が不便であるので富山氏の行った方法<sup>(6)</sup>を応用して筆者は第一図の如き装置を作製した。

先づ海水若くは淡水を貯水槽に入れここから引

第一図 嫌忌量測定装置



備考 a. 水溜り b. 混合器 c. 流出孔 d. 突起 e. 接水管(可動)

いた水を第一図bの如き混合器に入れ混合器中の漏斗の高さを調節して水槽中に入る水量を加減し、この混合器の漏斗に上から試験液を落とすと漏斗の中で試験液は水に混合して水槽両側の水溜り(a)に入って完全に混合される。この時上から落ち試験液を調節する事に依って水槽中の液の濃度は自由に得られる、水溜りの水は続いて水槽中に入り中央の流水孔(c)から排出される。

この操作を片側は試験液を流し他の側は試験液を流さない様にと水槽中の水は片側は試験液の混合液片側は通常の水が流れる。

水槽中央部に高さ1cm程の突起(d)を置くことこの程度の大きさの装置では両側の水の混合は殆んど起きない。従ってこの装置に依ると、

- 1) 試験液の濃度が容易に変化させ得る。
- 2) 混合器及び水溜りから水槽へ水を流下させる事によって充分酸素の補給がなし得る。

等の利点があった。又水槽中の水量は中央の流出口の高さを調節して適宜変化させる事が出来る。

水槽の両側から水を流し水槽に水を張り供試魚を入れ暫くすると魚が水槽に馴れて水槽中を自由に遊泳し始める、この時混合器の片側に試験液を入れて行くと試験液を流した側で魚は途中から引滞す様になる、この時その引滞した場処の水を採水管(e)で採る、この操作を数回行ってその水の濃度を定量し、又水槽の試験液を流す側を交互に取返えて同様の操作をなし、この値を嫌忌量とした。

供試魚	試験液	嫌忌量 mg/L	平均体長 cm	尾数	水温 °C
金魚	NaOH	100~130	5	20	22
バラ	NaOH	126	10	15	22
フグ	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	16	10	15	22
フグ	NaOH	117	12	5	22
フグ	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	6	12	5	22
チヌ	NaOH	90	15	5	22
チヌ	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	14	15	5	22
タヒ	NaOH	97	5	10	22
タヒ	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	16	5	10	22
ヤマメ(高安)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	40			
コヒ(大谷)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	24.33~12.16			
コヒ(大谷)	NaOH	62.08~31.04			
ウナギ(大谷)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	14.58~7.29			
ウナギ(大谷)	NaOH	106.00~53.00			

I] 苛性ソーダ及び硫酸を用いての実験。

本装置を用いての予備実験として行った。

II] ソーダバルブ排水類似液を用いての実験。

この実験に用いた試験液はソーダバルブ排水が得られなかったために実験室に於て調製したもので、松材を細断し夫に松材150grに対し1.5Lの10%苛性ソーダ溶液を加へ約10Lb/inの圧力で4時間蒸煮した。従って実際の廃液とは質量共に多少の相違はあるものと思はれる。試験液の濃度はKMnO<sub>4</sub>消費量により決定した。

III] サルファイトバルブ工場排水を用いた実験

実際のサルファイトバルブ排水を用いて行った。海産魚については実験を未だ行ってないが金魚においては下記の通りである。

供試魚	KMnO <sub>4</sub> 消費量 mg/L	平均体長 cm	水温
金魚	170~200	5	22

供試魚	KMnO <sub>4</sub> 消費量 mg/L	平均体長 cm	尾数	水温 °C
金魚	130~170	5	20	22
バラ	90~130	10	10	22
フグ	60~110	12	5	22
チヌ	60~110	15	5	22
タヒ	120	5	10	22

IV] 澱粉工場排水類似液を用いての実験。

実際の排水を採って来てても醗酵したりして条件が変わって来るのでその方法を止め実験室内に於て澱粉工場の製造課程と同様な方法で廃液を作り夫を用いて金魚について嫌忌量を求めた。液の濃度はKMnO<sub>4</sub>消費量により決定した。

供試魚 KOMn<sub>4</sub>消費量mg/L, 平均体長cm 尾数 水温°C  
 金魚 250~300 5 20 22°

V] 泥(赤土)を用いての実験

釧山の落水及び河川により流入される泥が魚に及ぼす影響を知るべくこの実験を行った。

泥による被害は色々考えられ、例えば腐泥などの流入によって著しく酸素の減少を来す事など考えられるが、一応複雑な条件を抜きにして魚に与える影響を考察する事とした。赤土を出来得る限り細かにして流し嫌忌を示した所の濁度を光电比色計により求め、予め調製したグラフによってその水中の泥の量を求めた。

供試魚	(泥量gr/L)	平均体長	尾数	水温
		cm		°C
金魚	2.00でも嫌忌せず	5	20	22
ベラ	0.20	10	15	22
フグ	0.20	12	5	22
クロダヒ	0.35	15	5	22
タヒ	0.20	5	10	22

金魚は泥の懸濁濃度の飽和点に達しても嫌忌は示さなかったが淡水魚は一般に泥による濁りには強い様に思われる。この場合の泥の懸濁濃度の飽和点と云ったものは2 gr/Lでそれ以上は泥が沈降し泥の添加量に比して懸濁濃度が増加しない。フグは0.2gr/Lでは鰓孔に泥が蓄積するのが観察され終には鼻上げ現象を起した。

以上の外にバルブ工場の落水の場合その茶褐色の色が何らかの反応を与えるのではないかとこの考えから茶褐色の色素を用いて金魚により実験を行ったが相当高い濃度になっても嫌忌は示さなかった。又無機物による白色浮遊物について実験するため水酸化マグネシウムを用い金魚により試験したが嫌忌の状は示さなかった。

考察】

実験に用いた海産魚は沿岸区域に棲息するものの中の主なものを選んだが夫々の嫌忌量は略一致して居り、沿岸区域に棲息するものは大体同じ様な落水に対する嫌忌性を持っている様に思われる。

各種落水の定量はKMnO<sub>4</sub>消費量を以て表したが之で表現されるものは魚類に害を与えるものばかりとは限らない。しかし嫌忌を起す落水の濃度を知る上に於ては差支えないものと考えた。

要約】

- 1) 魚類の嫌忌量を測定する装置を考案し之を用いて実験を行った。
- 2) 化学薬品のみでなく工場の落水や泥についての嫌忌量を測定した。又淡水魚だけでなく海産魚についても測定した。
- 3) 泥については金魚は影響を受けなかったが、海産魚は嫌忌した。
- 4) 沿岸区域に棲息する魚類は大体落水に対する嫌忌量に大差はない。
- 5) KMnO<sub>4</sub>消費量を用いて定量を行ったが嫌忌を起す落水の濃度を知る上に於て差支えないと考えた。

参 照 文 献

- 1) 大谷：水中に溶存する化学物質の魚介類に及ぼす影響 日本水産学会誌, 7. 5.
- 2) 高安：工業薬品の魚類に及ぼす影響に関する試験報告 北水試報告, 大13
- 3) 川本：魚類の生理 昭10
- 4) 末広：魚類学 昭26
- 5) 末広：魚類生理学の実際 昭22
- 6) 富山：水族に対する汚濁物質の影響を見る試験装置について 日本水産学会誌, 15巻9号 P 487~490

## 魚類の不好量に関する研究

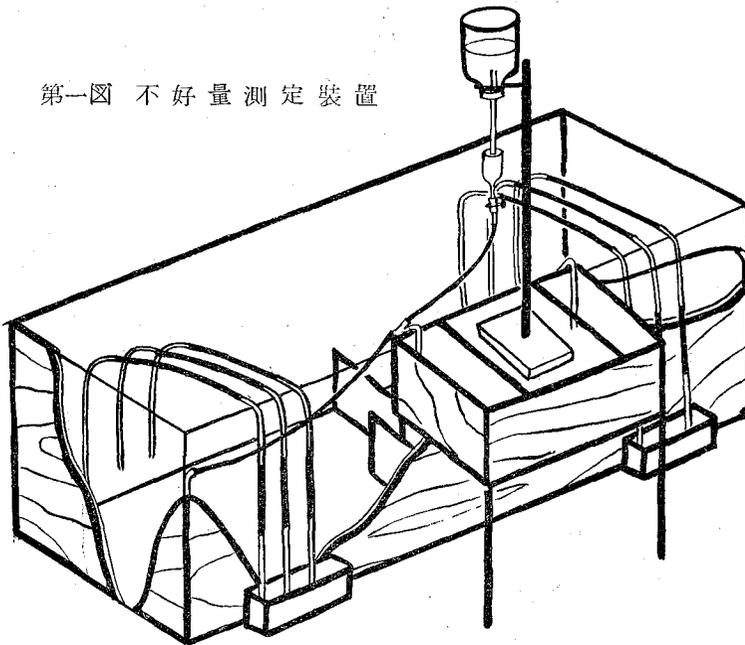
新田 忠雄・藤谷 超

魚類の致死量或は極量に関する研究は古くから行われ、薬品を用い或は工場排水を用いてその濃度が検討された。<sup>(1)</sup>北海道に於ける工場排水問題を検討した高安氏は魚類にとっては致死量或は極量が問題なのではなくその排水に会って逃げるといふべき限界量があるべきであり、その量が意味があるといふので嫌忌量<sup>(2)</sup>を提唱された。この嫌忌量はその後大谷氏も測定しておられその報告がある。<sup>(3)</sup>吾々は実際の排水による嫌忌量が必要であると考えその測定を行った(この報告の〔2〕)。しかしこの結果を以つて実際の海面に適用してみる時その面積が極めて小さく例えば、パルプ工場排水に於ては広大な着色水域がその外にある事が分る。果して魚類はその着色水域にいるか否かは不明であるが、若し魚が居ても普通の海ほど多くはいないという事も考えてみる事が出来る。そこで群棲密度の少ない水域があると想像して、その群棲密度の少ない場所を測定する方法を考えた。研究の結果は一応嫌忌量の $\frac{1}{10}$ を限界とする群棲密度の少ない濃度のある事を確かめたのでこれを不好量と名付けた。

### (1) 不好量測定方法

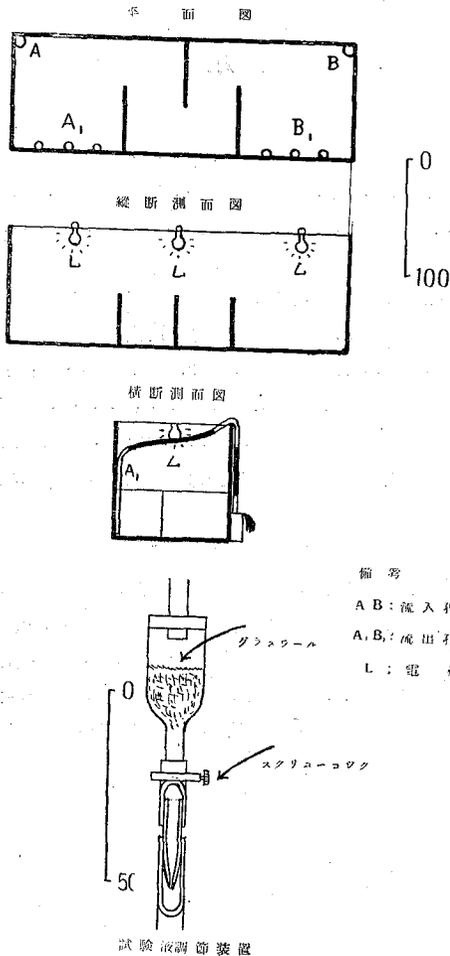
測定の考えかたは魚が排水のある場所にどの位の時間泳いでいたかという問題として考えた。そこで薬品の溶液と普通の水とが区別して存在する容器をつくりこの中に多くの魚を放して長時間にわたり魚の遊泳位置を調査する事とした。装置は第1、第2図に示す。この装置に於て二種の水域を相当長時間にわたって保つ事が必要であつて、嫌忌量の時の様に流速をあまりつける事は出来ないの中で色々と隔壁を設けたが大体的にかんがふ二つの水域を区別する事が出来た。しかしその為に両水域が正確に同一条件ではなく、す

第一図 不好量測定装置



0 100

第二図 不好量測定装置



なわち曝水区を一方だけに限る事になったけれども、実験としても左右の差のある方法が実際には好都合に思われた。装置には金魚を驚かさぬ為に周囲を板で囲み又光線の影響を同一にする為に電燈をつけた。

試験魚には金魚を用いた。約20尾の金魚を水槽に入れて連続10時間1時間毎に金魚の分布を記録した。又観察時に夫々液を採ってその濃度を測定した。

水の排水はⅠ及Ⅲに各3本の口があるが、ⅠかⅢか何れか一方のみにより排水する。若し排水を混ぜる場合にはその側で排水する。そこでこの実験ではbの側から排水を注入したので排水もb側のみで行った。

### (2) 研究の實施

測定結果は表の通りでありⅠ、Ⅱ、Ⅲ区の%を出しⅠ/Ⅲを以て比率とした。対照としてのⅠ/Ⅲが小さくなる条件を用いた。

### (3) 結果の検討

不好量の現はれるのはNaOHでは5~10mg/Lである。NaOHの嫌忌量は(この報告の〔2〕)100~130mg/Lであったから約 $\frac{1}{10}$ 位と考えられる。

吾々はここで魚の曝水の関係の三つの量すなわち致死量、嫌忌量、不好量を得たわけである。致死量と嫌忌量の間には非常な性質のちがいがあって致死量には魚の感覚は関係していないけれども嫌忌量は魚の感覚を基礎にした一つの量であり、その点不好量も同様の性質があげられるのではないかと思う。致死量と嫌忌量にはその比率が色々の差があったのであるが、不好量は嫌忌量とは一応関連のある数字を示してくれる可能性はあろうと思う。この点は今後も別の薬品による結果を積みたいたいと思う。

### 参 考 文 献

- (1) 末 広 恭 雄 魚類生理学の実際
- (2) 高 安 三 次 工業薬品の魚類に及ぼす影響等に関する試験報告 北水試, 大13
- (3) 大 谷 武 夫 水中に溶存する化学物質の魚介類に及ぼす影響 日水産, 昭14 7.5.

実 月 日 時	I	II	III	水 温	備 考
(1) 3.24 9	50		50		二、 水の注入 b側 一、 総尾数22
11	18	0	72	8°C	
13	10	45	45	"	
15	0	41	59	"	
17	0	68	32	12	
19	5	77	18	13	
21	0	46	54	"	
(2) 3.25 9	18	18	64	9	" "
11	19	27	54	11	
13	5	50	45	13	
15	0	32	68	13	
17	0	32	68	14	
19	0	36	64	"	
21	0	36	64	"	
(3) 3.26 9	14	45	41	9	" "
11	41	32	27	12	
13	14	27	59	13	
15	27	27	46	"	
17	18	36	46	"	
19	36	28	36	15	
21	41	18	41	"	
(4) 4.30 10	5	75	20	13	b 側
11	5	65	30	14	
12	5	90	5		
13	5	90	5	14	
14	20	65	15		
15	5	55	40	14	
16	5	60	35		
17	0	85	15	14	
平均	6.3	73.1	20.6		$\frac{I}{III}=0.31$
(5) 5.6 10	5	20	25	14	p 側
11	0	40	60	15	
12	55	15	30		
13	5	25	70	15	
14	5	45	50		
15	0	25	75	16	
16	0	80	20		
17	0	50	50	16	
平均	8.8	43.8	48.5		$\frac{I}{III}=0.39$

実 月 日 時	I	II	III	水 温	備 考		
(6) 5.7 9	50	10	40				
10	15	85	0				
11	25	15	60				
12	25	30	45				
13	25	40	35				
14	0	50	50				
15	5	45	50				
16	0	20	80				
平均	18.1	35.5	45.0			$\frac{I}{III}=0.4$	
(7) 5.8 9	30	35	35	13		b 側	
10	5	60	35				
11	5	45	50	14			
12	45	25	30				
13	10	55	35	16			
14	20	40	40				
15	5	50	45	16			
16	15	50	35				
17	10	65	25	17			
平均	16.1	47.2	42.8		$\frac{I}{III}=0.39$		
月 日 時	I	II	III	水 温	NaOH mg/L	反 對 側 NaOH	備 考
(8) 4.9 9.20	50	0	50	16	25	0	b 側 20 尾
10	65	30	5				
11	75	15	10	17	25	7	
12	90	5	5				
13	60	20	20	18	25	10	
14	45	30	25				
15	80	0	20	19	25	10	
16	50	0	50				
17	40	0	60	19	25	10	
18	60	5	35				
19	75	0	25	19	30	10	
平均	64.0	9.5	25.5		26		$\frac{I}{III}=2.51$
(9) 4.11 11	50	0	50	19	30	0	b 側
12	60	15	25				
13	15	0	85	19	20	5	
14	50	0	50				
15	35	15	50	19	25	10	
16	85	5	10				
17	65	15	20	19	25	10	
18	65	30	5				
19	70	15	15	20	25	10	
20	65	15	20				
21	70	10	20	20	25	10	
平均	58.0	12.0	30.0	19.5	25		$\frac{I}{III}=1.93$

月日時	I	II	III	水溫	NaOH mg/L	反對側 NaOH	備考
(10) 4.7 9	50	0	50	14	40	0	b 側
10	35	40	25				
11	50	15	35	15	20	5	
12	75	0	25				
13	50	30	20	15	20	5	
14	30	25	45				
15	20	5	75	15	20	5	
16	45	15	40				
17	75	0	25	16	20	5	
18	80	0	20				
19	75	0	25	16	20	5	
平均	53.5	13.0	33.5				$\frac{I}{III}=1.6$
(11) 6.5 10	0	15	85	19	20	0	
11	15	30	55				
12	40	25	35	19	20	0	
13	50	5	45				
14	55	15	30	19	20	0	
15	45	15	40				
16	65	5	30	19	20	0	
17	60	40	0				
平均							$\frac{I}{III}=1.03$
(12) 4.14 10	50	0	50	18	8.5	0	
11	10	40	50	18	8.5	0	
12	0	10	90				
13	25	25	50	18	10	0	
14	0	30	70				
15	0	0	100	17	10	0	
16	5	10	85				
17	20	5	75	15	10	0	
18	45	5	50				
19	10	0	90	15	10	2	
平均	12.8	14.0	73.2				$\frac{I}{III}=0.17$
(13) 5.20 10	75	5	20		12.5	0	
11	70	5	25	19	10.0	0	
12	35	15	50				
13	50	25	25	19	10.0	0	
14	15	35	50				
15	35	30	35	19	8.0	0	
16	35	15	50				
17	40	15	45	19	10.0	0	
平均	44.4	18.1	37.5				$\frac{I}{III}=1.18$

月日時	I	II	III	水溫	NaOH mg/L	反對側 NaOH	備考
(14) 5.20 10	25	0	75	17	10	0	
11	35	35	30				
12	50	15	35	17	10	0	
13	35	15	50				
14	25	10	65	19	10	0	
15	25	20	55				
16	5	10	85	19	10	0	
17	25	25	50				
平均	28.1	16.3	55.6				$\frac{I}{III}=0.51$
(15) 5.21 10	15	0	85	19	5	0	
11	5	40	55	19	5	0	
12	0	85	15		5	0	
13	10	5	85	19	5	0	
16	15	10	75	19	5	0	
平均	9.0	28.0	63.0				$\frac{I}{III}=0.14$
結果の綜合分布 (I)/(III)							
	平均	NaOH	水溫	備考			
(1)	0.26			8~13			
(2)				9~14			
(3)				9~15			
(4)	0.32			13~14			
(5)				14~16			
(6)				14~17			
(7)							
(8)	2.22	26	25	16~19			
(9)				19~20			
(10)	1.32	20	20	14~16			
(11)				19			
(12)	0.62			15~18			
(13)				10			
(14)				10			
(15)	0.14	0.14	5	19			

## 貝・海藻・プランクトンの致死量に就て

新田 忠雄・中井 俊介

工場排水の研究では魚の致死量或いは極量の研究がかなり重要な問題として従来取扱はれて<sup>(1)</sup>いるが魚類以外を用いた研究はあまり多く行われていない。しかし水域に於いて受ける生物の被害は魚類に限られたものではなく、ことに沿岸に於いて養殖の生物に対する被害問題を起こす場合が多いので一応魚類以外のものに関する調査を行うこととした。貝類、海藻及びプランクトンについて一応<sup>(2)</sup>取扱いやすいものを用いて実験を行った。貝についてさきに大谷氏<sup>(3)</sup>がハマグリを用いて研究されているがこれは致死量を求めたのではなく影響量を求めたのであった。吾々はアサリを用い、目標は致死量においた。海藻についても研究報告がある。吾々はやりやすいものとしてアオサを用いた。プランクトンは直接生産の対照ではないが水域の変化を明かに受け又水域に於いて採集し、調査しやすいものであるので取扱う事にした。ミジンコを用いた土屋氏<sup>(4)</sup>の研究は硫黄化合物を用いPHとの関連に於いて研究されたが、吾々は従来の魚類の研究と一応対比させる為にミジンコ及びタマミジンコを用いて調査した。

### 実験の方法

- (1) アサリ 約200ccのビーカーにアサリを二個宛入れ薬品の溶液150ccを加えて室温に放置した。(10月)
- (2) アオサ 約50cc管瓶に2cm四方位に切ったアオサを入れ溶液20ccを加えて室温に放置した。(10月末)
- (3) ミジンコ類 管瓶に、ミジンコ及びタマミジンコ各二匹宛を入れ20ccの溶液を加えて室温に放置した。(6月)

### 実験の経過

#### (1) アサリ

薬液の濃度は従来魚で示された濃度を中心とした範囲を定め観察は15分、30分、1. 2. 3. 4. 5. 12. 16. 18. 25. 48. 86. 109時間に於いてアサリの状態を記録した。アサリは普通に殻を少し開いている場合の外、殻を固く閉めている場合と舌を長く延している場合と死んで殻を開いた場合に区別した。第一回調査後、濃度を変えて幾つかに第二回を行った。調査時間は 3. 16. 26. 43. 65. 76. 100. 113. 147. 156時間に記録した。(第一、第二表)この表の濃度は%を示す。

#### (2) アオサ

薬液の濃度は前に述べたと同様に行ない色、状態と時間の記録を行った。(第三表)

#### (3) ミジンコ、タマミジンコ 前に述べたと同様に行った。(第四表)

### 結果の検討

(1) 貝の致死量は充分の結果を得なかった。すなわち致死量まで求めていないものもある。致死量を求めるのが困難だった理由の一つは貝が殻を閉めて自己防禦をする為に他の生物よりもその結果が分りにくかった。貝について大谷氏<sup>(3)</sup>の様に殻の開閉を論ずる事は比較的やりやすい方法であるが殻の開閉と貝の斃死の關係は論ずる必要がある。この報告の(4)に於いて述べたのも又貝の開閉による方法である。貝の斃死と殻の開閉はこれだけの結果を以て論ずる事は出来ないが濃度と斃死に到る経過には何かの関連があるかもしれない。第二表に示したのはその経過を一応類別してそれを示した薬液の濃度を書いた。例えば0.1%の苛性ソーダに入れたアサリ(△◎×)がはじめ殻を閉じていたが、その後殻を開き舌を長く延ばし、その後見た時には死んでいた。この様な方法でこれだけ細分する事は適當ではないと思うがこの中にはその関連を示すものも含まれていると思うので一応記録として述べた。(尙調査時間以外に貝がどうしていたかは明ではない。)

第一表

薬品	調査範囲	死なない濃度	致死濃度	その時間	実験中斃死したもの	
					時間	濃度
HCl	$4 \times 10^{-4} \sim 4 \times 10^{-8}$	$4 \times 10^{-4}$			109	$4 \times 10^{-8}$
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$1 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$	48		
HNO <sub>3</sub>	$6 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-2}$	86		
B <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	$2 \sim 1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^{-1}$	$2 \times 10^{-1}$	86		
CH <sub>3</sub> COOH	$6 \times 10^{-3} \sim 6 \times 10^{-5}$	$6 \times 10^{-3}$			109	$6 \times 10^{-4}$
タンニン酸	$1 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-2}$		$1 \times 10^{-2}$	147	48	$6 \times 10^{-5}$
NaOH	$1 \times 10^{-1} \sim 2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-3}$	$6 \times 10^{-3}$	48		
NH <sub>4</sub> OH	$2 \times 10^{-2} \sim 4 \times 10^{-5}$	$4 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	86		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$4 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$	48		
NaHCO <sub>3</sub>	$5 \sim 1 \times 10^{-1}$	$1 \times 10^{-1}$	$5 \times 10^{-1}$	25		
KCl	$1 \sim 5 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-2}$	0.1	86		
CaCl <sub>2</sub>	$5 \sim 0.1$	0.1	0.5	86		
BaCl <sub>2</sub>	$1 \sim 5 \times 10^{-3}$	5			43	0.8
					76	0.5
					86	$5 \times 10^{-3}$
					156	2
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$4 \sim 0.2$	4			113	0.5
					100	0.2
CuSO <sub>4</sub>	$5 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-4}$		$5 \times 10^{-4}$	48		
KMnO <sub>4</sub>	$3 \times 10^{-2} \sim 3 \times 10^{-5}$		$3 \times 10^{-5}$	109		
晒粉	$1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-3}$			147	$5 \times 10^{-4}$
					156	$5 \times 10^{-5}$
					147	$1 \times 10^{-5}$
Na <sub>2</sub> S	$5 \times 10^{-3} \sim 2 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-3}$			147	$5 \times 10^{-4}$
クラフトパ ルプ廃水	100~3	10	20	100		
BI(6ヶ体)					156(1ヶ死)	

第二表 (斃死の型)

	△○×	△×	○○×	△○△ x	○○○×	△○×	○×	○△ ○x	○△×
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>						0.1, 0.05			0.006
HNO <sub>3</sub>									
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>							2~0.2		
タンニン酸		0.1 ; 0.05	0.01						
NaOH	0.1	0.017 ; 0.05							
NH <sub>4</sub> OH					0.02	0.004 ; 0.01	0.004~0.00004		
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>			0.2			0.1		0.05	
NaHCO <sub>3</sub>		5, 3					1		
KCl		1.0~0.5		0.5		0.1			
CaCl <sub>2</sub>		5		3		1			
BaCl <sub>2</sub>		0.8 ; 0.5							
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>					0.2, 0.5, 2				
CuSO <sub>4</sub>		0.05~0.001				0.0005			
KMnO <sub>4</sub>	0.03	0.01, 0.003				0.003 ; 0.001	0.0003 ; 0.00003		
Na <sub>2</sub> S					0.0005				
サラシ粉					0.0005~0.00001				

備考 ○普通の状態 △殻を閉ずる ◎殻を開き舌を延ばす ×斃死を示す

第三表

薬品	調査範囲	異常無い濃度	変色, 脱色	時間
HCl	$5 \times 10^{-2} \sim 4 \times 10^{-8}$	$5 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	1day 脱色
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$0.1 \sim 1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$	1h 黄色
HNO <sub>3</sub>	$0.5 \sim 6 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$	2h 黄褐色
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	$2 \sim 5 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$	異常
CH <sub>3</sub> COOH	$0.5 \sim 6 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$	1day 脱色
タンニン酸	$1 \sim 1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$	0.1	4.5day 褐色
NaOH	$1 \sim 2 \times 10^{-4}$	0.1	0.5	1day 黄色
NH <sub>4</sub> OH	$0.1 \sim 4 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	4day 脱色
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	$0.1 \sim 1 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-2}$	0.1	4.5day 脱色
NaHCO <sub>3</sub>	$5 \sim 5 \times 10^{-3}$	0.1	0.5	4.5day 脱色
KCl	$8 \sim 5 \times 10^{-3}$	0.5	1	3day 脱色
NH <sub>4</sub> Cl	$0.4 \sim 4 \times 10^{-3}$	$4 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	4.5day 色よくなくなる
CaCl <sub>2</sub>	$5 \sim 0.1$	1	3	4.5day やや脱色
BaCl <sub>2</sub>	$8 \sim 5 \times 10^{-3}$	1	2	3day 脱色
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$20 \sim 0.2$	10	15	4day 脱色
CuSO <sub>4</sub>	$1 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-3}$	4day やや脱色
KMnO <sub>4</sub>	$0.1 \sim 3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	1day 赤褐色
晒粉	$0.1 \sim 1 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	変化あり
Na <sub>2</sub> S	$0.5 \sim 2 \times 10^{-4}$	0.5		
クラフトパ ルプ廃水	100~3	100		

第四表

薬品	調査範囲	ミジンコ			タマミジンコ		
		生存限度	致死濃度	時間	生存限度	致死濃度	時間
HCl	$5 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	6日	$2 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	3日
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	$0.5 \sim 1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$	20h	$1 \times 10^{-2}$	$5 \times 10^{-2}$	20h
NaOH	$0.1 \sim 5 \times 10^{-2}$		$5 \times 10^{-3}$	6日		$5 \times 10^{-3}$	3日
KCl	$0.5 \sim 1 \times 10^{-2}$	0.1	0.2	1日	0.1	0.2	6日
CaCl <sub>2</sub>	$10 \sim 5 \times 10^{-2}$	0.1	0.2	6日	0.1	0.2	6日
CuSO <sub>4</sub>	$1 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-5}$	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	3日	$5 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$	2日
Cl	$2 \times 10^{-2} \sim 3 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-5}$	$7 \times 10^{-5}$	6日	$3 \times 10^{-5}$	$7 \times 10^{-5}$	6日
Na <sub>2</sub> S	$5 \times 10^{-2} \sim 6 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	1日	$1 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	3日
クラフトパ ルプ廃水	10	10			10		

(2) 海藻の致死量を求めるのに脱色, 変色をしらべたが, 後に述べる様に細胞が一重に並んだ海藻を利用すればむしろ顕微鏡によってしらべたほうが短時間ですぐ分り, 便利である。尚海藻によりおそらく薬品の抵抗力には差のあるものとおそらく使用したアオサはかなり丈夫なものでアオノリ, アサクサノリ等は更に濃い濃度でも被害を受けるのではあるまいかと考える。

(3) ミジンコ及びタマミジンコは致死量に差はないが, 死ぬ迄の時間に差があった。

(4) 貝, 海藻, ミジンコの致死量を魚類のと比較してみる。(第五表)

第五表

	魚 類	貝	海 藻	ミジンコ
HCl	49—3.6	4以上	100	50
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100—200	500	500	500
HNO <sub>3</sub>	630—63	60	500	
N <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	450	500	1000	
KCl	74000—180	1000	10000	2000
NH <sub>4</sub> Cl	5100—340		100	
CaCl <sub>2</sub>	50000—69	5000	30000	2000
BaCl <sub>2</sub>	6000—480	50000以上	20000	
CuSO <sub>4</sub>	1000—10	5以下	25	1
KMnO <sub>4</sub>	5—10	0.3以下	50	

魚の致死量と云っても研究者により色々の結果を得ていて同一濃度が示されていない。その間にはかなりひどい開きもあるようであるが、貝、海藻、ミジンコの致死量はこれらの致死量の範囲に入るか或いは又その範囲を出ても余り大きい差とは云えない。この事を考えると全般的に陸水の被害を考える時に、魚について一応論じた事は大体他のものにも適応させてひどく間違っていると云う必要はなか

ろうと考えられる。勿論被害対象を或る特定のものの例えばアサクサノリと云う様に限定した時には、そのノリを用いて被害判定をする事が望ましい事は当然である。

参 考 文 献

- (1) 末 広 泰 雄 魚類生理の実際
- (2) 大 谷 武 夫 水中に溶存する化学物質の魚介類に及ぼす影響 日水産 7.5
- (3) 昭和27年度日本水産学会大会講演要旨 日水産 18.1
- (4) 土 屋 靖 彦 ミジンコに対する硫黄化合物の毒性 日水産 13.3

## 工場排水中に於るアサリの開殻運動について

藤谷 超・新田 忠雄

### § 緒

工場の排水が流れ込むアサリの養殖場等に於いてアサリがその影響を受けて斃死、生育不良等の被害を受ける。そこで工場の排水がアサリに与える影響を知る一方法として工場排水の濃度とアサリの開殻運動との関係を研究した。

### 実験方法

採取したアサリを海水の入ったビーカー内に入れると間もなく殻を開いて呼吸運動を始めるが、ビーカー内の条件が悪いとその開殻する迄の時間が遅れたり又全く開殻しない様である。そこでビーカー内に一定濃度の試験液を入れアサリの開殻状態を観察した。

種々の濃度の試験液200ccを容量500ccのコニカルビーカーに入れたものを並べその中へ10個体のアサリを入れ条件を一定にする為にビーカーを数回振り一定時間毎の開殻個体数を験べ一定時間後の開殻延数を以て比較した。

### 経過

海水を入れたビーカー内にアサリを入れた場合開殻する迄の時間を見ると30個体について試みた結果3~9分で開殻した。そこで海水及び試験液を入れたビーカーにアサリを入れ10、15、30、45、60、75、90分後の開殻数を験べ各観察時の開殻数を加えた総延数について比較した。これは試験液中にアサリを入れると一度は殻を開くが後再び殻を閉じるのが多々見られた。之は試験液の比較的薄い濃度のものに多く見られた事で殻を開いて試験液が中身に触れた折その条件の好ましくない事を知って再び殻を閉じると云う事も考えられるので前述の如き開殻個体の総延数を用いて比較した。試験液は予備の実験としてまず苛性ソーダを用いて実験し、次にサルファイトバルブ工場の排水を用いて実験した。比較に用いた濃度は排水では試験液のKMnO<sub>4</sub>消費量の値で表現した。又実験を行ったアサリは放置して10時間後に於るその生死を観察した。

苛性ソーダでは海水のみを入れたビーカーの中の開殻率を100とした時に試験液の各濃度に於ける開殻率及び10時間後の斃死状況は第一表の通りであった。又同様にサルファイトバルブを用いた場合は第二表の如くであった。

第一表

NaOH mg/L	平均 開殻率	10時間後の 生死の別	水 温	備 考
0	100	生	27°C~30°	対 照
10	115	〃		(開殻率は1実験毎に求めて夫を平均した。)
20	118	〃		
30	107	〃		
40	75	〃		
50	74	〃		
60	84	〃		
70	68	〃		
80	67	〃		
90	64	〃		
100	38	〃		
120	31	死		
140	2	〃		
160	1	〃		
180	0	〃		

第二表

試験液の KMnO <sub>4</sub> 消費量	平均 開殻率	10時間後の 生死の別	水 温	備 考
0	100	生	27°C~30°C	対照
10	97	〃		
20	88	〃		
30	80	〃		
40	83	〃		
50	82	〃		
60	76	〃		
70	67	〃		
80	56	〃		
90	84	〃		
100	70	〃		
110	51	〃		
120	40	〃		
130	35	死		
140	20	〃		
150	18	〃		
160	0	〃		
170	0	〃		
180	0	〃		

### 考察及び結果】

一般に貝類は可成りの濃度の毒物溶液中に入れても短時間内に殻が開いて死亡と確認出来る様にはならない様であるがこの実験では10時間前後を経ると或る濃度以上の可成り広い範囲に亘った種々の濃度の中へ入れたものが斃死し始め、或る濃度以下のこの時生存していたものはその後も生存して対照のものと相前後して斃死するのが認められたので10時間を経て斃死を起す濃度はアサリの生育には不適の条件を与えていると考えられる。上記再実験に於いて開殻率が30%近く迄下ると10時間後に斃死しているが開殻率を30%近く迄引下げる様な排水になる環響条件はアサリの生育には不適であると考え。従って苛性ソーダは120mg/L以上の濃度に於いて、又サルファイトバルブ排水は $\text{KMnO}_4$ 消費量130mg/L以上の濃度に於いて何らかの害的影響をアサリに与えている様に思われる。又少量の苛性ソーダは開殻を起させる刺激を与えている様にも考えられる。

### 要 約】

1) 苛性ソーダ液及びサルファイトバルブ排水中に於けるアサリの開殻状態を観察してアサリの受ける影響について考察した。

2) 苛性ソーダでは120mg/L以上サルファイトバルブ排水では $\text{KMnO}_4$ 消費量が130mg/L以上の濃度中で、アサリは何らかの害的影響を受ける様であって、この時のアサリの開殻率は約30%であった。

## 工場廢水中に於ける浮遊藻類の成育

### I サルフアイトバルブ廢液中に於ける淡水産綠藻 (*Scenedesmus Quardricauda* Brep.)の成育。

藤谷 超・新田 忠雄

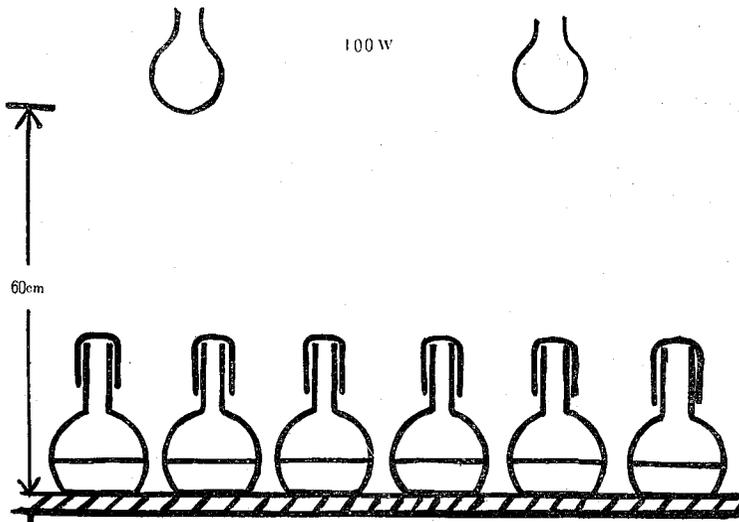
#### 2 緒

サルファイトバルブ排水の流入する海・河又湖に於いては生物が直接その場で排水の被害を受けるだけでなく又その生長に影響を及ぼすのではないかと考えられる。藻類は移動しない生物であるからその成育は水域の状態に支配されるわけであるが水面生産力の基本的要素である浮遊性藻類の受ける影響は若し排水が直接漁獲の対称となる魚介類に影響を及ぼさなくとも藻類を通じて影響を受ける結果となる。従って藻類の成育に影響を及ぼす濃度は又一般的に生物環境にも影響するものとなし得よう。

#### 実験方法】

容量500ccの丸型平底フラスコ中にサルファイトバルブ排水を種々の濃度に混じた培養液200ccを入れその中へ純粋培養した*Scenedesmus*を含む培養液一滴を入れ之を直射日光を避けた棚上に置き60cmの高さより

100W電球2個を用いて照射し対照として同じ棚上に置いた排水を混じない液中の*Scenedesmus*の成育が増殖限度に達する迄の7~10日間培養を行った。(気温25~30°C)<sup>1)</sup>  
*Scenedesmus*の定量は夫々の液中の綠藻を濾紙上に取り少量の熱湯をかけた後空乾し之を20ccの無水メチルアルコール中に入れて24時間暗所に放置し葉綠素を抽出して之を光電比色計によりメチルアルコールを標準液



として吸光係数を求めて比較した。放置抽出中蒸発したアルコールは比色前補充した。

培養液は第一表の如き Knop氏液を用い、水は養魚水槽のものを煮沸濾過したものを用い、培養液は調製後2週間を経たものを使用した。

培養液に混じた排水の濃度は液のKMnO<sub>4</sub>消費量で表わした。

#### 実験結果及び考察】

第一表に示した如くサルファイトバルブ排水中に於ける*Scenedesmus*の成育は液のKMnO<sub>4</sub>消費量が100mg/L迄は大体正常な成育をする様に思われるが之から成育は急激に悪化して140mg/Lでは全く成育を停止して仕舞う様である。

従って*Scenedesmus*のサルファイトバルブ排水中に於ける成育は液のKMnO<sub>4</sub>消費量が100~140mg/L以

第一報

培養液処方	(Knop氏液)
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1.0gr
MgSO <sub>4</sub>	0.25
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.25
KNO <sub>3</sub>	0.25
FeCl <sub>3</sub>	trace
Water	1000

上の濃度に於いて阻礙されるものと思われる。

第一表 ソーダバルブ貯水中のScenedesmusの成育 (水温20~25°C)

試 験 液	葉 綠 素 吸 光 係 数 (-LogT) 平均値	試 験 液	葉 綠 素 吸 光 係 数 (-LogT) 平均値
培 養 液 (対 照)	0.92	貯 水 混 合 液	0.81
貯 水 混 合 液 KMnO <sub>4</sub> 消費量20mg/L	0.94	KMnO <sub>4</sub> 消費量100mg/L	
" " 40	0.89	" " 120	0.37
" " 60	0.89	" " 140	0.00
" " 80	0.83	" " 160	0.00
		" " 180	0.00

【 要 約 】

- 1) サルスアイトバルブ貯水中に於いてScenedesmusを培養しその影響濃度の大概を求めた。
- 2) 過マンガン酸カリ消費量100mg/L~140mg/L以上の濃度の貯水はScenedesmusの成育を阻礙するものと思われる。

参 照 文 献

- 1) D. E. WOHLISCHLAG. A. D. HASLER:  
Some quantitative aspects of Algal growth in Lake Meudota. Ecology. Vol. 32. No. 4. 1951
- 2) HAJIME IMAMURA:—  
Effect of phytohormone on the growth of Diatom.  
日本水産学会誌 第19卷第1号
- 3) HARVEY. H. W.  
On the rote of diatom growth.  
J. M. B. A. Vol. 19. 1933.

## 海底泥の分析法に関する研究

荒川 清・新田 忠雄

### 緒 言

戦後各種の工業は迅速に復旧し、河川及び海岸沿いに新工場の建設を見るが、これ等工場は各種各様の排水を放出して問題の種をまいている。

天然の海に於いては生産された有機物が順次他の有機物に変形し或いは分解して海水中に溶解し、或いは海洋沈澱物となって海底に沈降し、海洋に自然に行われる物質代謝の重要な一環ともなるのであるが、之に反して有機物及び沈澱物を不自然に含む排水はその沈澱物を既往の底質の上につみ重ねて自然状態の平衡を破り甚だしきに至っては酸素を欠乏させて還元性の物質を異常に生産し、条件の悪い場合に於いては底層に酸素欠乏の状態を起して、魚貝類に害を与える事が考えられる。

近年我国に於ける底質に就いての研究を見ると、湖沼沈澱物、湖沼及び海洋底質による水中酸素の消費、干潟地の酸素吸収、海底土の化学的組成、海底腐植及び腐植の有機成分等多くの人々によって研究されているが、工場排水による底質の悪化を見出すために満足出来る様な研究はあまりされていない。

ここに工場排水調査の目的から見て、汚濁された又は正常な底質が如何なる状態にあるかを知るに都合のよい尺度ともなり得て、又操作的にも簡易な泥質中の被酸化物質の定量法を考え、又その結果と他の泥質に応用し得る諸測定値との関係を知り得たので報告する。

### 試 料

(1) 昭和26年9月より27年3月迄吳市広湾に於ける各13点(この報告の(12)附第10図)参照)6回の各試泥。広湾の東北隅に東洋パルプ会社が建設中で、その西側は護岸設備のある入江となり、入江をへだてて駐留軍の家族宿舍及び倉庫がたっている。

(2) 昭和26年9月及び10月に採取した広島県宮島南側周辺、玖波(この報告(12)の附第4図、第14図参照)湾並びに山口県岩国港周辺の各試泥。この宮島南側周辺には人家もない所である。

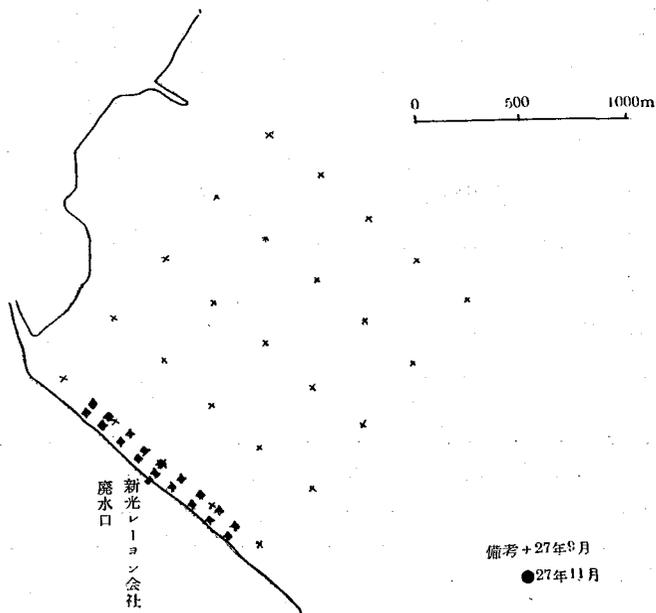
玖波湾から岩国にかけて、新光レーヨン、大竹紙業、日本紙業、興亜石油、山陽パルプ等の諸会社が並んでいる。

(3) 昭和27年5月より12月までの7回にわたる試料(1)と同地、同一測点の各試泥。

(4) 昭和27年9月及び11月の玖波湾の各試泥。(第1図)

各試泥は研究所調査船内海丸上よりエクマシの採泥器を用いて採泥した泥質を均一に攪拌し、その一部を約50ccの採泥瓶に出来るだけ空間の無い様にとり密栓して実験室に持ち帰った。

第1図 玖波湾観測点



## 實 験 方 法

被酸化物の定量には、試泥を乾燥して操作すると乾燥過程に於いて空气中の酸素により酸化せられる事も考えられ、又更に有機物等が分解する事も起り得るので、それを避けるために泥質をそのまま湿潤状態で処理した。

定量方法は  $\text{KMnO}_4$  による酸化方法を用いた。海洋観測にて通常行われる海水中の可溶性有機物の定量法<sup>(8)</sup>を多少変形して行った。

即ち試泥1.00grを正確に取り、之に $\frac{N}{10}$   $\text{KMnO}_4$  液を加え NaOH にてアルカリ性となし、沸浴中15分間酸化を行い、後  $\text{H}_2\text{SO}_4$  にて酸性とし、 $\frac{N}{10}$   $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  液を加えて  $\text{KMnO}_4$  の色を褪色せしめ、室温に冷却して後定容となし、濾紙濾過を行い、一定容の濾液をとり  $\frac{N}{10}$   $\text{KMnO}_4$  液を用いて逆滴定を行い、消費した  $\text{KMnO}_4$  量より消費酸素相当量を求めた。別に泥質中の乾物百分率を求め、それより乾燥泥質1gr当りの酸素消費量を算出し被酸化物量を表わす事とした。

今後被酸化物量を  $\text{KMnO}_4$  消費量と呼ぶ事にする。

## 実験経過及び考察

### 1. $\text{KMnO}_4$ 消費量に就いて

試料(2)の  $\text{KMnO}_4$  消費量は結果から見れば第1表に示す様に港及び工場排水の影響でないと思われる地点の泥質に於いては沖に向うにつれ増加する傾向が見られ大部分は20~25mg程度の数値を示している。之に対して工場排水の影響のある様な地点では岸よりの方が非常に大きな値を示して沖の方に行くとなし値を示す傾向が見られる。

この事は排水中の有機物が沈澱して岸近くが正常な底質を持っていないために現われた事と推定される。

第1表 各測点に於ける  $\text{KMnO}_4$  消費量と距離との関係

採 泥 地	採泥年月日	$\text{KMnO}_4$ 消費量 (mg)							
		距 岸 距 離 (m)							
		20	100	200	300	500	1,000	1,500	2,000
新光レーヨン会社沖・北へ	(26. 9. 18)	47	—	27	—	21			
"    "    "	(26. 10. 30)		40	25	—	27	23		
大竹紙業会社沖・北へ	(26. 9. 18)	8	46	16	17	26	26	26	26
"    "    ・東へ	(    "    )	8	72	24	30	30	25	25	25
宮島南端沖・南へ	(    "    )		0.8	21	24	16	20		
宮島沖・南東へ	(26. 10. 30)		10	20	24	18	24		
宮島沖・南西へ	(    "    )		15	15	20	20	15		
岩国港沖・東へ	(    "    )		38	50	41	56	31		
山陽バルブ会社沖・東へ	(    "    )		61	24	25	27	21		

試料(1)に於いては第2表に示す様にその地形又は潮流等による影響をうけるのか、測点により異なる値を示しているが、正常の泥質と考えられ最高32.5mgの1回以外は総べて20mg未満である。

これらの事から正常な泥質に於いては  $\text{KMnO}_4$  消費量は20~30mg程度と云う様に考えた。しかし唯これだけで泥質の変化を論ずるのは余りにも区別が少なすぎる様に考えられ、何か更にその中を分類して分ける方法がないものかと思ひ、昭和27年5月の広瀬観測の場合並びにその後の泥質調査に際して種々考えられる測定方法を吟味検討して見ることにした。

第2表 吳市広湾に於けるKMnO<sub>4</sub>消費量

St.	KMnO <sub>4</sub> 消費量 (mg)					
	26年			27年		
	9月	11月	12月	1月	2月	3月
1	7.1	9.1	9.0	6.5	19.9	11.7
2	7.1	9.8	12.1	3.9		8.6
3	6.5	12.2	11.3	7.5	7.7	6.4
4	6.4	11.6	13.5	10.2	11.6	8.7
5	10.1	11.2	16.7	7.9	19.6	13.2
6	11.5	6.3	14.3	10.1	10.0	13.6
7	7.7	9.5	16.8	3.5	11.1	8.4
8	5.5	8.4	15.0	10.1	8.8	16.7
9	5.7	7.0	9.3	4.6	8.6	3.0
10	5.7	5.8	8.8	32.5	12.8	23.1
11	5.3	13.3	—	14.5	7.2	7.4
12	5.0	10.9	9.2	10.6	20.9	17.4
13	4.9	7.6	15.9	7.6	19.6	8.0

2. KMnO<sub>4</sub>消費量と他の測定値との関係

A 泥質による海水中の溶存酸素の消費

溶存酸素の消費測定に当り倉茂・太田<sup>(4)</sup>による方法を用いた。但しその実験の諸条件を奥田・加藤<sup>(3)</sup>の検討を考慮に入れ次の如く行った。即ち試泥1.0grを100cc容酸素瓶にとり、之に濾過海水をサイホンを用いて出来るだけ静かに注入して密栓をなし、振盪器を用いて30分間振盪し20時間静置して泥質を沈澱せしめたる後、小型酸素瓶に上澄部をサイホンを用いて移し後Winklerの方法に依り残存酸素量を求め、計算により初期使用量の残存酸素量を算出した。同様に白紙試験を行い、その差を酸素消費とし、乾燥泥質の百分率を以てて補正し乾燥泥質1gr当りの溶存酸素の消費量を算出した。

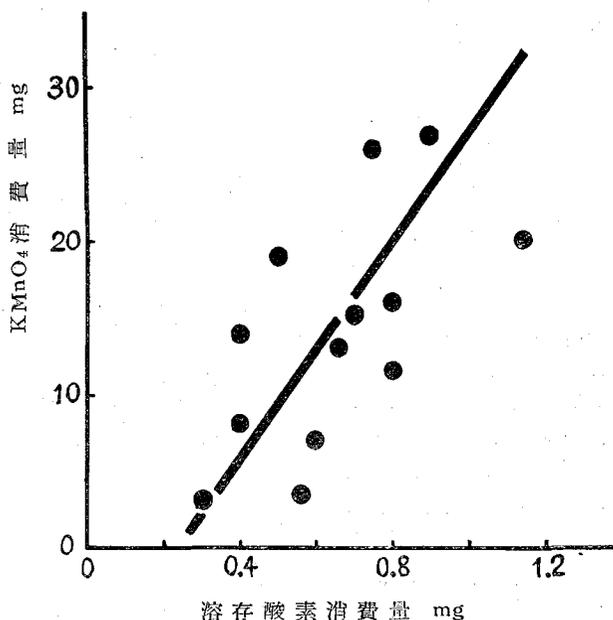
第2図 KMnO<sub>4</sub>消費量と溶存酸素消費量との関係

試料は27年5月の広湾泥質に就いて行いその結果は第2図に示す。

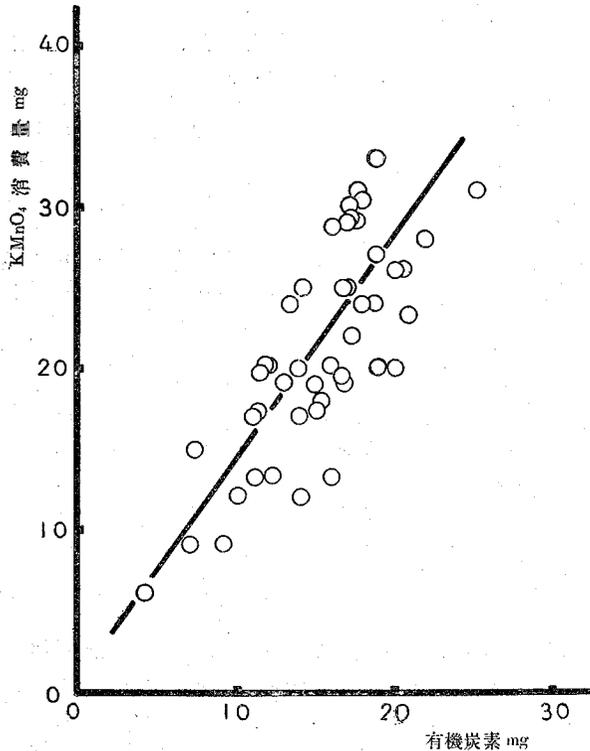
結果より見てKMnO<sub>4</sub>消費量と溶存酸素消費量との関係は図の如き値の散らばりはあるが、大体の傾向から相関は認められ、従ってKMnO<sub>4</sub>消費量で現わされるものの中に溶存酸素で酸化せられる数値は包含される様に考えられる。

B 泥質中の有機炭素量

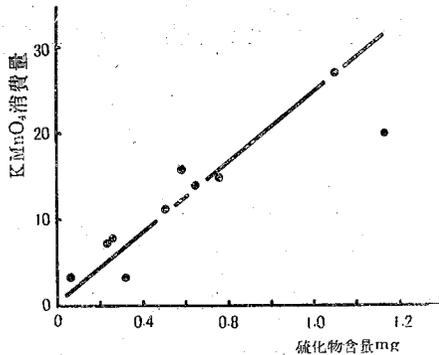
有機炭素の定量法としては土壌分<sup>(10)</sup>析に常用される Tvilinの簡易滴定法を用いた。即ち試料泥1.00grにKCr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>の硫酸液を加え、逆流冷却器を附して5分間沸騰せしめ蒸溜水にて稀釈し、Diphenylamine硫酸液を指示薬として、硫酸第一鉄アンモニウム液で滴定する。白紙試験による硫



第3図  $\text{KMnO}_4$  消費量と有機炭素の関係



第4図  $\text{KMnO}_4$  消費量と硫化物との関係



この結果が曲線をなした事は重要な内容を意味していると考えられる。即ち内容が同じものであれば直線関係を示すべきものであるにもかかわらず灼熱減量の増加に伴ってより以上の $\text{KMnO}_4$ 消費量の増加を示している事は有機物が質的に変化している事を現わしていると考えられる。

試料(3)の結果より正常と思われる地域の試泥の $\text{KMnO}_4$ 消費量と灼熱減量との関係は、図に示される曲線の変化を伴って大部分の泥は $\text{KMnO}_4$ 消費量15~30mg, 灼熱減量10~13%にあると一応考えられた。

次に資料(4)の結果を見るにこの正常泥の曲線上の点及び、それからそれる点のある事が云える。しかもそれた点は降水に関係の深さな岸近い地点である。考察によれば $\text{KMnO}_4$ 消費量が大きくないために正常の泥に入れられるべきものも、このように正常曲線にのらず降水の影響が明かに現われて来ている事が分る。

試料(2)について灼熱減量が測定してあったのでその関係曲線をえがいたが第6図に示す関係となり、略

酸第一鉄アンモニウム液の滴定差より有機炭素量を求め、乾燥泥質の百分率にて補正して乾燥泥1gr当りの有機炭素量を算出した。

試料としては27年9月の広湾、秋波湾及び10月の広湾の泥質を用いた。第3図にその結果を示すが $\text{KMnO}_4$ 消費量と有機炭素の定量法の差は $\text{KMnO}_4$ 及び $\text{KCr}_2\text{O}_7$ の酸化力の差であって、窮局の目的は同様であり、図の如く直線関係が認められる。

#### C 泥質中の硫化物含量

硫化物の定量法は富山の方法<sup>(10)</sup>により行った。即ち試泥2.00grをキエルダール蒸留装置を用い醋酸亜鉛酸を補集液として、塩酸下性下に蒸留を行い、醋酸亜鉛を硫化亜鉛となし、之に沃度溶液及び塩酸を加え生成せる硫化亜鉛により沃度を消費せしめ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 液にて残存沃度を滴定し、白紙試験による $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 液の滴定値よりの差から硫化物相当量を求め、乾燥泥質の百分率にて補正し、乾燥泥質1gr当りの含有硫化物の量を算出した。試泥として27年5月の広湾泥質を用いた。

$\text{KMnO}_4$ 消費量と硫化物の関係を第4図に示してあるが、直線関係が認められる。

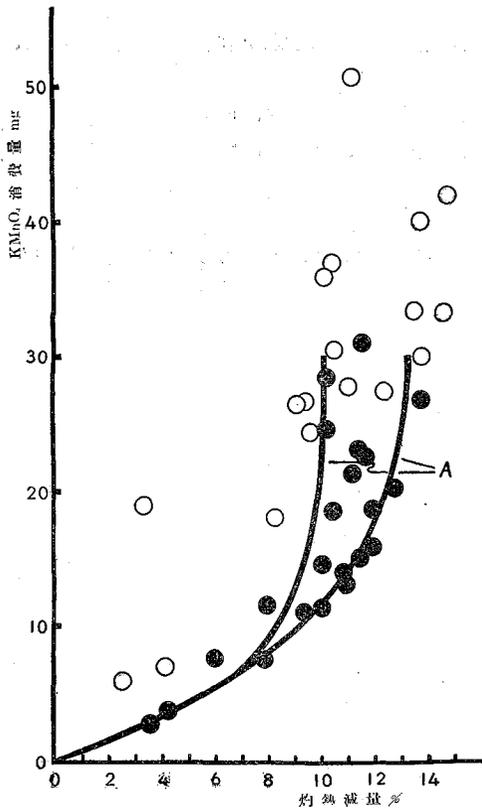
#### D 灼熱減量

全有機物として灼熱減量を常法により測定した。試料には $\text{KMnO}_4$ 消費量測定に使用した乾燥泥質を乳鉢で粉碎したものを用いた。

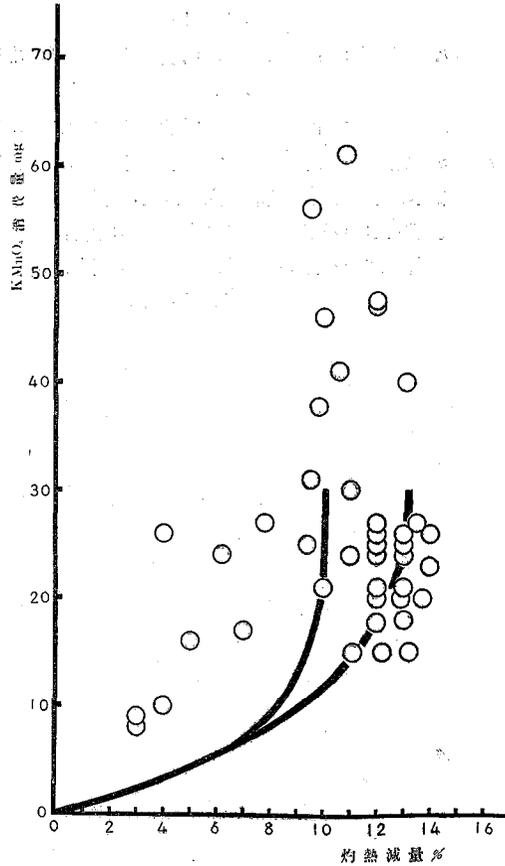
試泥としては試料(3)の全部及び(4)の各試料を用いその $\text{KMnO}_4$ 消費量との関係を試料(3)、(4)を黒丸及び白丸で第5図に示した。

図に示す通り試料(3)の結果は各月の試料毎に異なるが曲線(試料毎の差の範囲を2本の曲線で示した)を示した。

第5図  $\text{KMnO}_4$ 消費量と灼熱減量との関係



第6図  $\text{KMnO}_4$ 消費量と灼熱減量との関係



同様な事が認められた。

これらの事から広湾の曲線をたどり灼熱減量10~13%、 $\text{KMnO}_4$ 消費量15~30mgにとどまる第5図Aの曲線で示される範囲を正常の泥質の尺度とする事が出来、之を標準として工場排水其の他による異状の影響がある泥質を判定する事が出来るであろうと一応結論づけられる。尙泥質については海底の状態、潮流及び地形等によりその都度何らかの影響もあるので、それらについて考慮をほらう必要がある。吾々はこの曲線図に意義を認め簡略のためにC. I. 曲線図と名をつけておく。

### 摘 要

泥質に工場排水等が影響している状態を知る方法を研究して次の結果を得た。

- (1) 正常な泥質では $\text{KMnO}_4$ 消費量と灼熱減量は一定の曲線的関係を有し、大部分の泥質は $\text{KMnO}_4$ 消費量15~30mg、灼熱減量10~13%の範囲にある。吾々はこの曲線図をC. I. 曲線図と名をつけた。
- (2) 工場排水其の他に影響された泥質は正常な曲線からそれた所に分散する。
- (3)  $\text{KMnO}_4$ 消費量と溶存酸素の消費、有機炭素、硫化物との相関を認めた。

### 文 献

- (1) MIYADI D. (1934); Oxygen Absorption of the Lake Deposit. Proct. Imp. Acad, Vol. 10, No. 4. 236~239.
- (2) 山本 莊 毅 (1942); 湖沼堆積物の酸素吸収量, 地理学評論, 第18巻, 177~199,
- (3) 奥田 泰造・加藤 健司 (1952); 海洋底質の化学的研究第5報, 北海道大学水産学部研究彙報, Vol 2, No. 4, 281~292

- (4) 倉茂英次郎・太田扶桑男(1942) ; 水中溶存酸素の泥土に関する実験, 日本水産学会誌, Vol. 1, No. 1, 1~14.
- (5) 加藤健司(1951); 海洋底質の化学的研究第4報, 北海道大学水産学部研究彙報, Vol. 2, No. 2, 134~144
- (6) 加藤健司(1951); 海洋底質の化学的研究第3報, 同上, Vol. 2, No. 1, 10~30
- (7) 加藤健司(1952); 海洋底質の化学的研究第6報, 同上, Vol. 3, No. 2, 121~127,
- (8) 日本気象学会編; 海洋観測法, 第5版
- (9) 京都大学農芸化学教室編; 農芸化学分析書, 上巻,
- (10) 富山 哲夫・神崎嘉瑞夫(1951) ; 底土に含まれる硫化物の少量定量法, 日本水産学会誌, Vol. 17, No. 5, 1~7,

## 工場廃水の分散について

杉本仁彌・新田忠雄

工場廃水の被害の実情を調査する為には廃水の分散の実態を把握しておく事は必要な事である。分散の実態を知る方法としては調査工場の廃水に特有の成分を追跡する方法が最も効果的であるが、出来るだけ多くの工場廃水に適用出来る方法が工場廃水の問題を研究する上に便利であり、その一方法として過マンガン酸カリ消費量により、廃水の分散を追跡する事とし筆者等は亜硫酸パルプ工場の廃水について調査したので報告する。

### 実験の部

#### 1. 工場の概要

工場はわずかに入り込んだ海岸にあり、廃水処理施設としては申訳としか思はれない程度の沈澱池が一つあるだけであり、1日に8万屯の廃水を出している。前面海域は水の流動は大きいと思はれるが工場が操業していると常時赤褐色の廃水で海面が広範囲に覆はれている状況である。

#### 2. 廃水の表面分散について

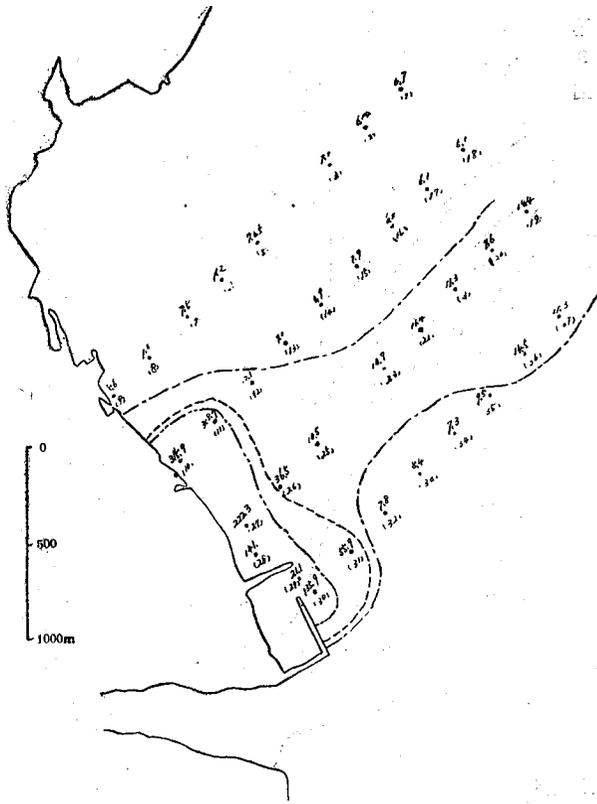
筆者等は先ず工場の排水口の前面海面を横500米、縦300米の方眼目の上に測点を取り、その表面水を出来るだけ速かに採水して実験室に持帰り24時間後にその過マンガン酸加里消費量を海洋観測法の定量法に従い、定量した。その結果は第1,2,3,4,5表並にその分散状況は第1,2,3,4,5図の如くである。

第1表 27年8月6日満潮

St	塩分	P.H	KMnO <sub>4</sub> 消費量	St	塩分	P.H	KMnO <sub>4</sub> 消費量
1	6.37	7.4	5.06	29	13.97	7.4	64.29
2	5.32	7.2	7.69	30	13.52	7.4	74.41
3	4.8	7.4	6.14	31	14.11	7.4	59.47
4	5.62	7.8	6.39	32	13.97	7.8	31.38
5	15.64	8.0	11.33	33	14.85	7.8	34.85
6	15.58	8.0	9.54	34	15.14	7.8	22.16
7	15.29	8.0	13.67	35	10.56	7.8	10.25
8	15.29	8.0	8.67	36	6.97	7.8	9.26
9	14.32	7.8	16.64	37	6.01	7.8	7.35
10	11.75	7.4	71.69	38	7.21	7.6	8.00
11	14.85	8.0	14.92	39	8.92	7.6	5.40
12	14.85	7.8	22.44	40	9.22	7.8	4.91
13	14.85	7.8	20.68	41	6.22	7.4	6.76
14	15.05	8.0	13.21	42	9.91	7.6	8.73
15	15.29	8.0	11.54	43	13.82	8.0	6.74
16	3.81	7.2	7.16	44	14.94	7.8	21.57
17	6.37	7.6	6.14	45	0.31	6.8	4.20
18	8.17	7.6	6.09	46	0.46	7.0	4.67
19	6.67	7.4	8.24	47	0.31	6.8	4.41
20	5.62	7.6	4.37	48	0.31	6.8	3.92
21	7.57	7.6	7.10	49	0.46	7.0	3.40
22	15.29	8.0	9.28	50	14.85	8.0	7.96
23	15.00	8.0	25.97	51	12.93	8.0	5.52
24	15.00	8.0	27.07	52	10.86	7.8	5.83
25	14.70	7.8	36.35	53	9.56	7.6	6.73
26	14.26	7.4	50.43	54	11.15	7.4	10.77
27	13.97	7.2	71.14	55	11.75	7.8	6.79
28	11.60	7.0	78.38	56	12.25	8.0	7.65



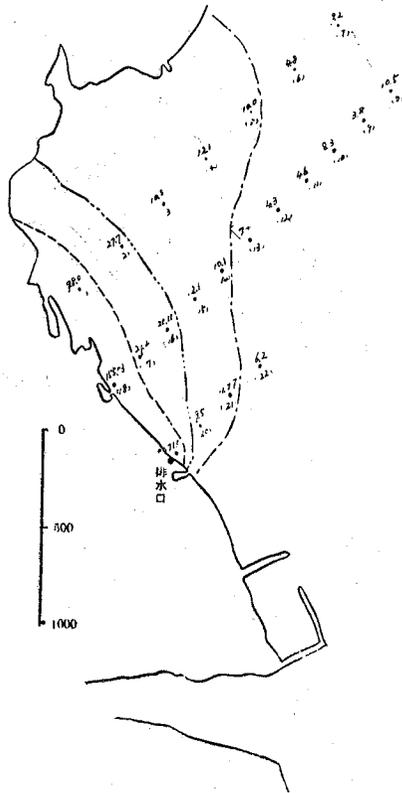
第2图



第3表 27年8月27日満一干

St	塩分	P.H	KMnO <sub>4</sub> 消費量	St	塩分	P.H	KMnO <sub>4</sub> 消費量
1	16.32	7.8	98.07	12	16.90	8.0	4.32
2	16.61	8.0	27.76	13	16.90	8.0	7.41
3	16.81	8.0	10.83	14	16.90	8.0	10.18
4	16.90	8.0	12.12	15	16.90	8.0	12.13
5	16.90	8.0	10.08	16	16.76	8.0	20.11
6	17.19	8.0	4.81	17	16.61	8.0	27.27
7	16.90	8.0	9.2	18	15.58	7.6	155.03
8	16.90	8.0	10.51	19	16.46	7.8	71.02
9	17.05	8.0	3.81	20	16.90	8.0	9.53
10	16.90	8.0	8.39	21	16.76	8.0	11.97
11	17.05	8.0	4.65	22	17.19	8.0	6.27

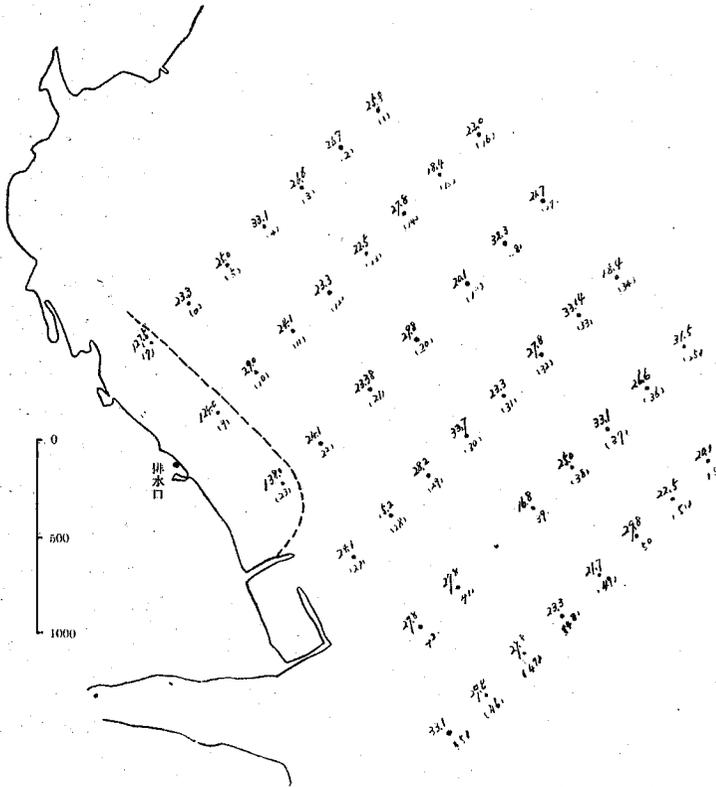
第3图



第4表 27年8月27日干潮

St	塩分	P.H	KMnO <sub>4</sub> 消費量	St	塩分	P.H	KMnO <sub>4</sub> 消費量
1	16.61	8.0	25.82	27	16.46	8.0	24.19
2	16.76	8.0	21.75	28	15.28	8.0	15.28
3	17.05	8.0	26.63	29	16.17	8.0	28.26
4	17.05	8.0	33.14	30	16.17	8.0	33.77
5	17.05	8.0	25.00	31	17.19	8.0	23.38
6	16.90	8.0	23.38	32	17.05	8.0	27.85
7	16.05	7.8	127.50	33	17.11	8.0	33.14
				34	17.14	8.0	18.49
9	10.53	4.8	124.19	35	17.49	8.0	31.51
10	16.61	8.0	29.89	36	17.49	8.0	26.63
11	17.05	8.0	24.19	37	17.34	8.0	33.14
12	16.76	8.0	23.38	38	17.49	8.0	25.00
13	16.76	8.0	22.56	39	17.19	8.0	16.87
14	17.05	8.0	27.85	40	17.05	8.0	—
15	17.05	8.0	18.49	41	16.61	8.0	27.85
16	16.90	8.0	22.26	42	12.64	7.8	29.89
17	17.05	8.0	21.75				
18	17.19	8.0	32.33				
19	16.17	8.0	20.12	45	15.44	8.0	33.14
20	16.32	8.0	29.89	46	13.38	8.0	29.89
21	16.32	8.0	23.38	47	16.90	8.0	29.89
22	16.46	8.0	24.19	48	17.05	8.0	23.37
23	15.29	7.6	138.92	49	17.34	8.0	21.75
				50	17.19	8.0	29.89
				51	17.19	8.0	22.56
				52	17.49	8.0	20.12

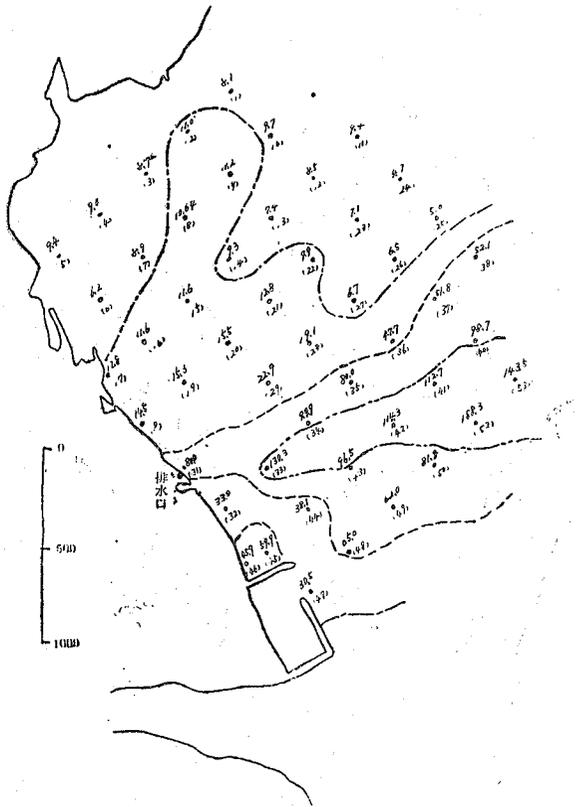
第4图



第5表 7月15日満潮

St	塩分	P. H	KMnO <sub>4</sub> 消費量	St	塩分	P. H	KMnO <sub>4</sub> 消費量
1	12.24	8.2	8.14	28	11.02	8.0	19.15
2	11.50	8.2	11.08	29	11.62	8.2	22.96
3	11.32	8.2	8.76	30	11.26	7.8	—
4	11.14	8.2	9.02	31	11.26	6.8	80.00
5	11.50	8.2	9.42	32	12.15	7.8	33.03
6	10.81	8.2	6.23	33	11.86	7.8	130.30
7	11.05	8.2	8.92	34	10.96	7.6	99.95
8	11.26	8.2	10.64	35	11.23	8.2	80.00
9	11.26	8.2	11.20	36	11.62	8.0	47.73
10	11.41	8.2	9.76	37	11.26	8.0	51.86
11	11.26	8.2	9.46	38	11.11	8.2	52.13
12	11.11	8.2	8.56	39	11.11	8.0	—
13	11.41	8.2	7.41	40	11.26	7.8	98.78
14	11.86	8.2	9.32	41	11.26	7.8	112.70
15	11.11	8.2	11.61	42	10.96	7.8	114.38
16	11.56	8.2	11.61	43	11.41	8.0	96.56
17	12.15	8.2	12.81	44	11.74	8.2	38.12
18	13.05	8.2	14.59	45	11.56	8.2	59.91
19	12.01	8.2	15.33	46	12.01	8.2	45.96
20	12.07	8.2	15.54	47	11.41	7.8	30.59
21	11.56	8.2	12.84	48	11.89	8.0	65.02
22	11.20	8.2	9.96	49	11.68	8.0	62.09
23	6.89	8.0	7.14	50	11.26	8.0	81.89
24	3.75	7.8	4.71	51	11.11	7.6	183.30
25	4.60	8.2	5.06	52	11.23	7.8	143.55
26	4.91	8.0	6.50	53	12.15	7.2	491.84
27	11.26	8.2	6.79				

第 5 図



一般海水の過マンガン酸加里消費量はRaben. Eによると濾過した海水1立で8mgの酸素を消費するといっている。筆者等の今までの調査の結果では瀬戸内海では1立の海水は4~10mgの範囲の消費を示している。今過マンガン酸加里消費量が10mg以上のものを廃水の分散の範囲とすると、極めて広い範囲に分散し第4回目の観測では、その分散を知るためには測点の取り方が狭い位であり、廃水の分散は風力潮流の影響を受けて複雑多岐であることが察知出来る。

一応過マンガン酸加里消費量から廃水の占める面積を計算して見ると下記の通りである。

KMnO <sub>4</sub> 消費量	100mg以上	100~50mg	50~10mg
第一回観測	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
第二回観測	257,377	404,329	985,611
第三回観測		232,113	1,177,302
第四回観測		231,481	1,118,870
第五回観測	395,381	507,706	1,481,733
平均	326,379	427,341	1,208,379

排水口前面海面の内約196万平方メートル位の海面が常時工場廃水の影響を受けていることになる。

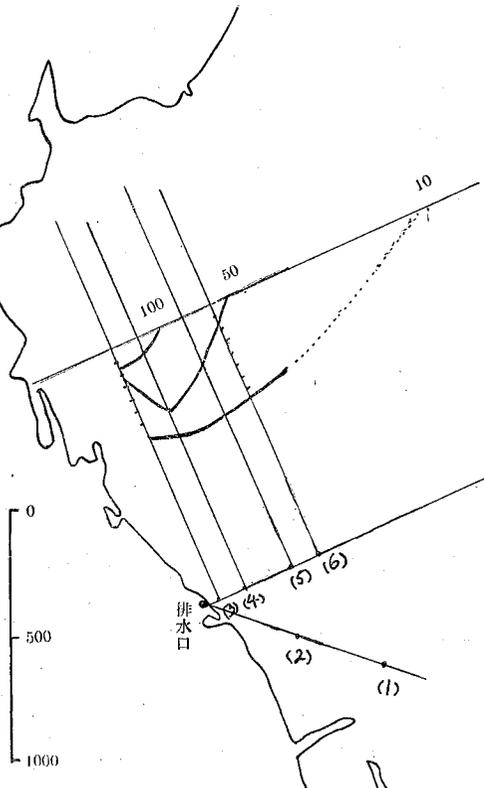
### 3. 廃水の垂直分散について

廃水が垂直方向に向って如何に分散しているかを知る為には一本の棒に25cm間隔に塩検瓶をつけて水中に挿入して紐で同時に開栓して採水し、24時間後表面分散と同様の方法で過マンガン酸加里消費量を定量した。その結果は第6表並に第6図の通りで水深1米75cm位の深さまでしか分散して、表面を薄く廃水が通って分散していることを示している。この事は廃水の比重が海水よりも軽い事からも当然推察出来ることである。過マンガン酸加里消費量は深さと共に減少して行くはずであるが、数点に於いて上層部よりも大きい値を示すのは廃水に含まれている多量の懸濁物の影響を受けて懸濁物の分散と廃水の分散との違いの為に現れた現象と思われ、懸濁物を除去後の過マンガン酸加里消費量を今後調査すれば判然としてくると思われる。垂直分布は大体に於いて第6図の如き分散をしているものと思う。

第6表

St	排水口よりの距離	水 深	P. H	KMnO <sub>4</sub> 消費量	St	排水口よりの距離	水 深	P. H	KMnO <sub>4</sub> 消費量
1	800m	0	8.0	62.43	4	150m	0	7.4	137.23
		25	8.0	72.20			25	7.6	143.64
		50	7.8	67.32			50	7.6	192.47
		75	8.0	51.86			75	8.0	87.66
		100	8.0	—			100	8.0	68.23
		125	8.0	49.47			125		65.70
		150	8.0	28.67			150		54.30
		175	8.0	29.07			175		22.71
2	400m	0	8.0	64.07	5	400m	0	7.8	46.77
		25	8.0	30.70			25	8.0	48.88
		50	8.0	23.38			50	7.8	37.65
		75	8.0	28.38			75	7.8	85.16
		100	8.0	24.19			100	8.0	31.50
3	50m	0	7.2	314.50	6	500m	0		61
		25	7.4	218.50			25		53
		50	7.8	88.49			50		61
		75	8.0	28.26			75		39
		100	8.0	24.19			100		30
		125	8.0	25.00			125		21
		150	8.0	83.59			150		20
		175	8.0	16.87			175		20

第6図



考 察

今仮りに風力潮流等の影響を全然受けない時は廃水は排水口を中心として半円を画いて分散するものと考えたと表面分散より第7表の如くなる。

第7表

KMnO <sub>4</sub> 消費量	廃水域の面積	半 径
	m <sup>2</sup>	m
100mg以上	326,379	450
50mg以上	1,080,099	693
10mg以上	3,042,198	1,117

過マンガン酸加里消費量100g以上, 50mg以上, 10mg以上の各々は450米, 693米, 1,117米の半径となる。又垂直分散から過マンガン酸加里消費量100mg以上, 100~50mg, 50~10mgを各々30cm, 1m50cm, 1m75cmとし表面から直線的に減少して行くものと仮定すると過マンガン酸加里消費量が100mg以上, 100~50mg, 50~10mgを示す海水の量は下記の通りである。

KMnO <sub>4</sub> 消費量	水量の計算値
100mg以上	31,292.5 <sup>m<sup>3</sup></sup>
100~50mg	88,769.75
50~10mg	210,474.96

此の工場は日に約8万屯の廃水を排出し、日により又時間により差異があると思うが、筆者等の調査では原廃水の過マンガン酸加里消費量は4,506~1,500mgを示している。100mg以上、100~50mg、10mg以上の半径の内、最高、最低値の平均をとりその半円内の過マンガン酸加里消費量として計算すると

$$x(1,500 \times 80,000) = 219 \times 31,292.5 + 75 \times 88,769.75 + 30 \times 210,474.96$$

$$x(4,506 \times 80,000) = 219 \times 31,292.5 + 75 \times 88,769.75 + 30 \times 210,474.96$$

$$\therefore x = \frac{1}{6} \sim \frac{1}{18}$$

即ち約1.5~4時間分位の廃水5,000~13,000屯が常時海中にあるという事になる。これは筆者等の観測が工場の電休日と重なった時に廃水が全然認められない事実からも、うなづけることである。

### 結 論

1. パルプ、皮革、食品、澱粉、石油工業、都市廃水等有機物を多量に含有する廃水の分散は過マンガン酸加里消費量により、その分散を知る事が出来る。
2. 工場の場所により其の地形、海流等により相当差異はあるけれども廃水量が8万屯の工場でも余り永くない時間に相当する廃水が海中に停滞するだけである。

### 参 考 文 献

- (1) 海洋観測法 日本気象学会編集
- (2) 海洋生物学 小久保清治
- (3) 水の化学分析法 三宅泰雄 松尾秀夫

## 廃水分散の計算方法に就て

新 田 忠 雄

河川の水が海に流れて分散する状態は色々<sup>(1)(2)</sup>と研究も行われ例えば塩分、水温、PH等を用いて考えようとする考えかた等が行われた。最近 Ketchum<sup>(3)</sup>は入江に於ける淡水の置換を論じその計算を行い、又その結果を二三の河川に適用している。又 Tully<sup>(4)</sup>はやはり入江に於ける淡水の分散を論じている。これらバルブ廃水の被害予想を目的として行われた。共に目標或いは問題は入江である。吾々にとって必要な問題は開いた海に流される廃水の行方であるから、この問題を解決する為に別の方法を考察する事とした。

そこで先ずモデルを造り色素液を海水中に流下させてその分布を追跡した。この分布調査を更に要因を分けることとし、その一つに或る単位時間に放流された色素液が如何に拡散するかを調べる事とし、水平移動と共に垂直移動をしらべたがシリンダーの中程に入れた色素液は比重の差によって浮上するが、それは油の様に色素液だけが海水の中を通過して上に昇るのではなく、色素を入れた所から上の海水中全体にほとんど平均に混合する事を知った。

そこでこの事を参考として次の如き数式をたてて廃水の分散を考えてみた。(尚上に述べたモデル調査はモデルが不適當で充分な結果として利用する迄に到らなかった。)

### (1) 計算の基礎としての仮定

(イ) 海に流れ出した廃水は海面に拡がるのであるが(この報告の(9))この形態を水平的に見た時一応河の条件も加えられないときは排水口を中心とした半円形(或いは等濃度面が相似形)に分散すると考える。この半円形に分散する廃水は水流、又は風によって種々変形し、又実際の地形に応じた形となる。又垂直的に見た廃水は排水口の前で海中に拡がった深さから順次薄く表面に拡がっていくと思われる。勿論波があると垂直的な攪拌が行われるかも知れないが、一応問題とせず、従って垂直的な拡散は問題とせぬ事としておく。

(ロ) 或る単位時間に出された廃水は無限に表面に拡がっていく。この推進方は勿論比重の関係であろうが、表面を拡がって遂にその影響が分らぬ所まで拡がってなくなってしまふ。この拡散にあたって或る容積に分散した廃水はその全域に平均に分散していると仮定する。

### (2) 廃水分散の計算

水面上の距離を  $x$ 、単位時間の廃水量を  $b$ 、等濃度面の面積を  $kx^2$ 、拡散の常数として  $\mu$ 、 $x$  の位置の海水中の廃水量(比率)を  $Y$ (以下廃水の濃度と云ふ)とする。

$$-\mu kx^2 = \frac{dY}{dx} = b \dots \dots \dots (1)$$

一応  $\frac{b}{\mu k}$  を  $A$  として  $-\frac{dY}{dx} = \frac{A}{x^2}$  として現わす。

$x$  点に於ける廃水の濃度  $Y$  は従って

$$Y = \frac{A}{x} \dots \dots \dots (2)$$

廃水では影響限界点を考えねばならぬ。例えば  $KMnO_4$  消費量で海に於ける分散をしらべる時その値が 10ppm(例えば)となった点は廃水の影響がなくてもその海面で示されている  $KMnO_4$  消費量であるから実際はそれ以上の点を追求する事は出来ない。そこでこの限界点の濃度を  $Y_c$  距離を  $x_c$  とおくと

$$Y - Y_c = \frac{A}{x} - \frac{A}{x_c} \dots \dots \dots (3)$$

$Y$  は海水中の廃水の濃度であつて比率で示されるのであるが、実験上は例えば  $KMnO_4$  消費量で表現されれば都合である。これを  $Z$  として  $n = Z = nY$  の定数とする。ここで  $n$  は排水口を出る廃水のもつ  $KMnO_4$

消費量の値である。

$$Z - Z_c = \frac{nA}{x} - \frac{nA}{x_c} \dots \dots \dots (4)$$

(3) 或る地點より内にある廢水量の計算

$U$ を  $x$ より内にある廢水量とする。又その全水量を  $mx^3$  とする。

$$dU = m \left\{ (x+dx)^3 - x^3 \right\} (Y - Y_c) \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{dU}{dx} = 3mA \left( x - \frac{x_c^2}{x} \right)$$

$$U = \frac{3mA}{2} x^2 - \frac{mA}{x_c} x^2 + C \dots \dots \dots (6)$$

(4) 實際の地點に對する適用

この研究の(9)から100mg以上半径450m 50mg以上半径693m 10mg以上半径1,117mと云ふ數値が得られる。今原液の  $KMnO_4$  消費量を1,500mg/Lとして1日の廢水量8万ton, 單位を1分として考えると  $b=55.5$   $n=1,500$   $x_c=1,117$   $Z_c=10$ として50mg, 半径693mを以て(4)式により  $\mu k$ を計算すると  $\mu k=1.14$ となる。(若し  $n$ が大きくなればそれにつれて  $\mu k$ が大きくなる。)

そこでこの  $\mu k$ を用いて100mgの場合を計算すると  $x=471m$ となる。實際450mに對し471mの計算値となつた。

次に(6)式の計算を試みる。まづ  $m$ をこの研究の(9)から求める。 $KMnO_4$ 消費量50mgのとき0.000357である。次に  $C$ を求める必要があるが、 $Y=10$ の  $x$ を求めると  $x=46.7m$ この時の  $U=mx^3$ と考えられるから  $U=36.4$ となる。それから  $C=18$ となる。そこで實際の式から  $x=693m$ を求めると  $U$ は7,253tonとなる。

1日の廢水量は8万tonであるから過マンガン酸カリ消費量50ppmの所は約0.09日分の廢水がある事になる。

参 考 文 献

(1) 岡田光世 沿岸部に於いて海水の混合と置換の速度を決定する  $T-S$  一圖の使用に就いて, 日水産 6.5.  
 (2) 尾原信彦 下田灣に注がれた河水の彷徨狀況に就いて, 日水産 9.5.  
 (3) Ketchum The Exchanges of Fresh and Salt Water in tidal Estuaries J. of marine Researchs.  
 (4) Tully Oceanography and Prediction of Pulp Mill pollution in Alberni Inlet, Fisheries Research Board of Canada Bull, No.83. 1949.

# 岸壁生物の調査

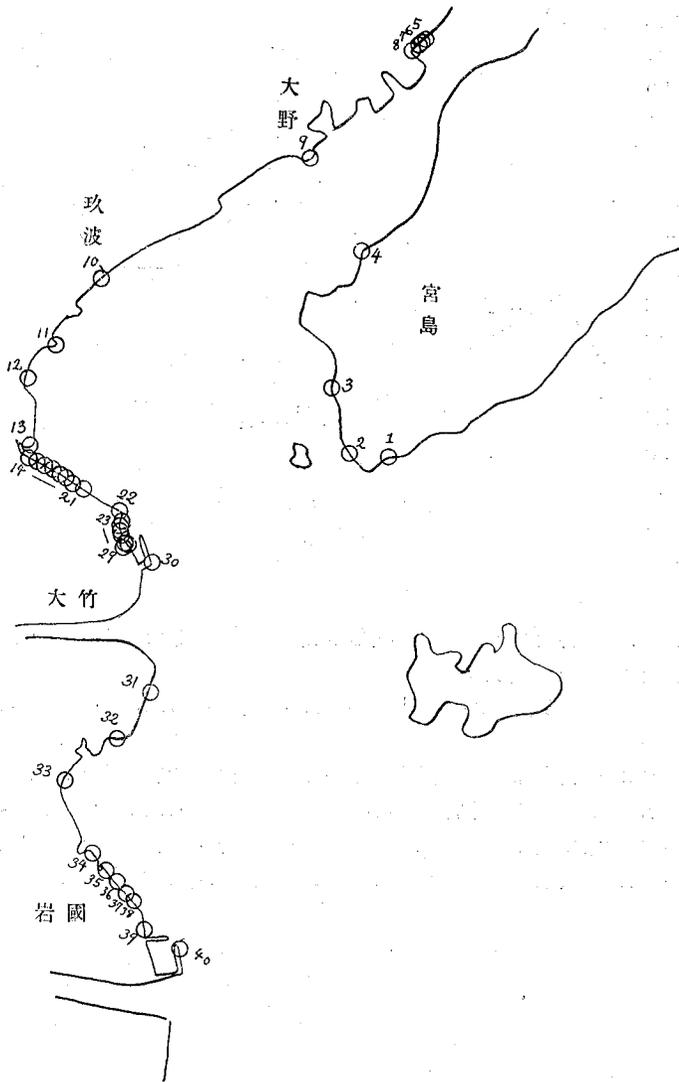
新田忠雄・荒川 清・杉本仁彌・藤谷 超

工場排水の被害を水産物によって判定しなければ産業に役立つか否かは云えない事であるが、実際に水産物による事は調査の上で困難と考えられるので生物同志の共通性を考えて岸壁に生息する小動物の実態を調査してみる事とした。

## 調査方法

はじめ調査を定量的に行う予定で20cm四方の針金の枠と10mの縄を用意し1軒毎に随意に10mを選び

第1図 調査位置



その10mの中にランダムに5つの20cmを選んで、その20cm枠内の生物数を数える事とした。しかし実際行ってみると、生物の着生はその岸壁の状態に左右される事が多く、この方法の適否が疑はしく考えられたのでこれを止めて定性的な調査をする事に変更した。貝類その他は袋に入れて持って帰り調査したが二日目からは名前の分らぬものだけ持って帰る事とした。

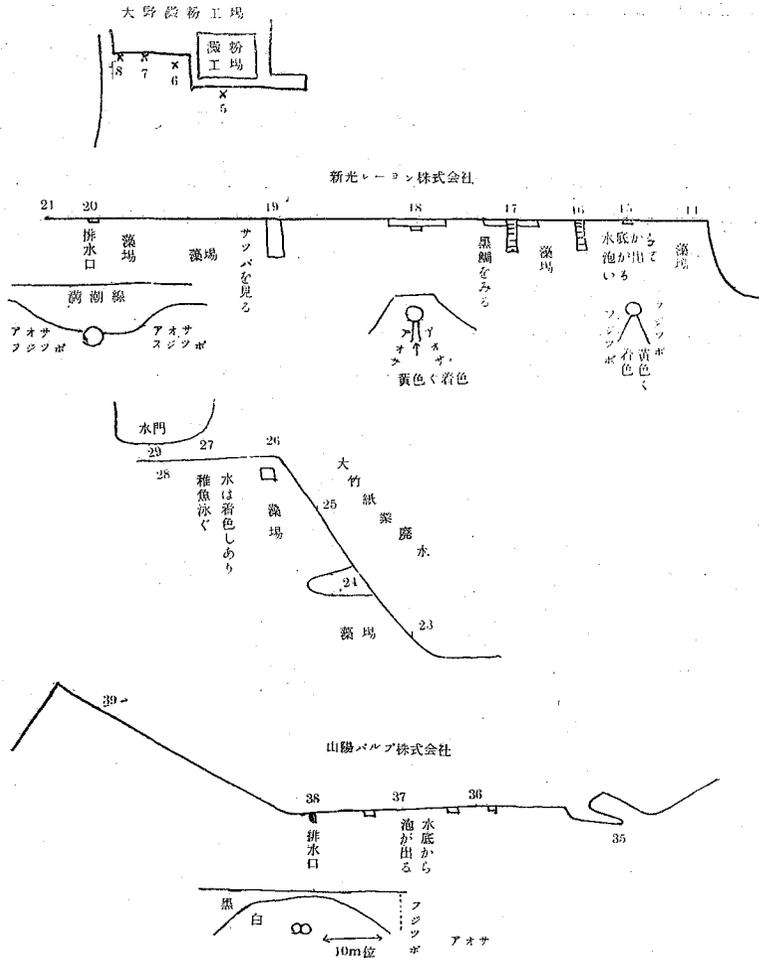
### 調査

調査は昭和26年12月5日玖波漁業会の前から小方迄、12月6日大竹から岩国の帝人港岸壁迄12月7日新光レーヨン正面、大竹紙業前の港、宮島沿岸、大野について行った。これらの結果は第一～二図第一表の如くである。

### 調査結果の検討

- (a) この結果を見ると一番大きな被害を認め得るのは山陽パルプ正面であり、又新光レーヨン及び興亜石油も何かの影響を受けたと考えられる。
- (b) 山陽パルプの被害の主な範囲は36, 37, 38の三点の正面で排水口は38の位置であるが38は被害の中心点ではない。
- (c) 新光レーヨンは15の排水孔、20の排水孔を中心として生物の種類に乏しく、又目につく事はカキが居ない事である。陸水の被害として貝類の消失が第一に目につくもののように考えられる。
- (d) 興亜石油のすぐ近くで巻貝が見られなかった事もその影響の一端を示すと思はれる。
- (e) 大竹紙業の陸水の影響水域は岸壁生物では異常がみられない。この点に関しては被害を云う事は出来ない。

第2図 測定点附近の状態





## パルプ工場廃水の研究

新田忠雄・荒川 清・杉本仁彌・藤谷 超

工場排水問題の中でもパルプ工場排水は問題が多い部面である。昭和25年の被害状態<sup>(1)</sup>をみても、パルプ製紙関係は247工場あって全部の問題のある工場の約4割に近い。パルプ排水の特長はその水量の多い事と排水中の有機物の多い事が特長である。パルプ原料の木材の約50%は水溶性となつて流れ出るので、亜硫酸パルプ1tonに対して水溶性物質1tonが水に含まれて排水となる計算である。流れ出す排水は製品ton当り200<sup>(2)</sup>~300tonで年産10,000tonのクラフトパルプ工場の毎日の排水量6,600tonは水を節約した少ない例のようである。クラフト法の木釜を出る液はBOD600,000ppm、亜硫酸パルプではBOD20,000~50,000ppmと云う事である<sup>(4)</sup>。従つて若し工場排水問題がBODの問題として扱はれるならば工場が要求される排水浄化の負担は相当大きいものであろう。この問題はアメリカでも理想通りゆかぬ問題<sup>(5)</sup>と考えられパルプ工場はクラフト法を採用する事に傾くのである。Albani Inletの新設パルプ工場の被害予想の結論が亜硫酸パルプを止めてクラフト法をすすめているが、BODを考慮した場合の容易な被害減少の対策である。吾国に於いては亜硫酸パルプが行われ、或いはソーダパルプ、グランドパルプ等が行われてクラフト法はアメリカ普及していない。この事は、我国ではパルプ工業が排水対策に対して観心が薄かった事を物語っているようでもある。

パルプ工場が従来示した被害は河川に於いては魚の死滅、死魚浮上等があげられ、又漁獲の減少や遊上停止が被害として述べられている。

広島近在に於いてはパルプ工業が盛んで吾々はこの五工場を調査した。工場の種類は亜硫酸パルプ、ソーダパルプ、クラフトパルプを含み、ことに亜硫酸パルプを行っている岩国市内山陽パルプ工場の排水は、一応研究のモデルとして観察した。以下各工場別に研究の結果を述べる事とする。

### (1) 山陽パルプ岩国工場正面の排水研究

昭和26年1月29日、4月22日26日、8月30日、10月1日、10月22日、11月30日、昭和27年7月15、16日、8月6、7日、8月26、27日に水質の調査を行った。

はじめ岸沿いに水温、pH、塩分・酸素、リグニン等を調査し(1月29日、附録第一図第一表)これを沖に及ぼして更に調査した(4月22、26日、結果は大竹紙業の所であげる)更に生物との関連を加味して観測した(5月11日附第二図第二表)。水の分散状態を知る為には放射状に距離を定めて採水する必要を考えて、リグニンを指標として測定した(8月30日附第三図第三表)。10月1日の調査は排水の存在を認めず無駄骨となった(附第二図第二表)。方法を検討したが、過マンガン酸カリ消費量で測定を行う事が差も大きく出ると思われ、附近海面を基板目に分けて観測した(10月22日、結果は大竹紙業の所であげる)。これに加えて垂直分布を調査した(11月30日~この研究の(9))。分散形態は潮汐により変化があると思われるので種々の潮時に観測を行う予定をたてたが、実施が充分に出来なかった。これは船の故障と天候の為に、しかし不十分ながら一応取まとめる事とした。(7月15日~8月27日この研究の(9))

泥についての研究は昭和26年5月11日に採泥し、その結果を種々の方法で、分析したが、その特長を握む事が出来ず、その後泥の分析法を検討する事を考え、過マンガン酸カリ消費量による方法が実用し得ると考えられたので、10月30日一応の調査を行い(附第四図表)、更に12月17日細密な分布を知る為の調査を行った(附第五図)。その後C. I 曲線図を採用する事とし昭和28年7月15、16日(附第六図)8月7日(附第七図)に細密調査を行った。

生物調査でベントスは昭和27年7月15、16日及び8月6、7日行い(附第五表)プランクトンは昭和26年5月11日(附第六表)昭和27年7月15、16日(附第八図)の調査を行った。岸壁生物調査は昭和26年12月5~18日の調査の時行った(この研究の(11))。藻場は8月26日一応位置を確かめる事が出来た。

調査は一般の方法によつた。この中で、リグニンは亜硫酸ソーダを加えて生じたニトロソリグニンの色を

光電比色計で比較した。その他は特に変わった方法は行っていない。

### 研究結果の検討

(4) 工場排水問題を取上げる時必ず吟味の必要がある事とされている化学的要素は、BOO, DO, PHの三つである。<sup>(7)</sup>

論議の順としてこのDOをまず考えてみよう。勿論会社の排水自体が酸素を含む事は期待出来ない。問題は、その被害があるかと云う点である。1月, 5月, 8月の三種の結果があるが、これをみると、1月は最低値76.2%, 5月は最低62.3%, 8月は最低11.9%となっている。この8月のDOの低いのは数点であって、大部分の測点は危険な値を示していない。魚は勿論この酸素の欠乏した所には来ないと思うが、この範囲は100m位の点迄である。

BODは元来流水を対象としたもので、これを海に適用する事は重大な過失があるように思われる。BODは無酸素の原因をおそれるから問題になるのであって、無酸素になる問題が実際になければ取上げる意味はないのであろう。上に述べた酸素の欠乏は排水の直接的影響であり、BODに関連した酸素消費ではない。この様に生物化学的に行われる酸素消費の行われない事は、排水が海水により案外早く稀釈されている事からも明らかな事である。すなわち比較的濃度の濃い排水を含んだ海域にある全排水量は3時間に充たないのであって、3時間と云う期間にはBODの対象にはなりかねる程短かいと考えられる。勿論このような事は地形其他で海水が停滞している様な海面では議論が別であり、BODも考える必要が生じて来る事は勿論である。

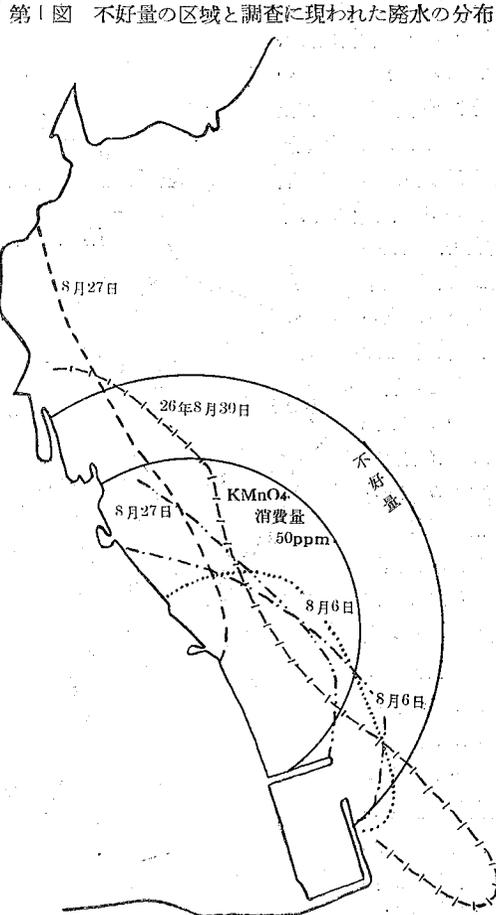
PHに関しては、得られた結果の示す範囲ではほとんど問題とならない事である。山陽バルブは勿論排水がPHの上でも酸性である点で問題のある排水と考えられるが、海に出たこの排水は海水の稀釈と、海水の緩衝力が強い為に問題がなくなってしまふのである。

河川で問題となるこの三つの要素(BOD, DO, PH)について、DOは多少問題があるがこれとて水産業自体が犯される程の広範囲とは一応考えられない事でもあるので、それならDOにあげられる範囲だけを被害水域だと考えてよいかと云う事になれば、そう簡単に害の少ない結論とはなし得ないように考えられる。

魚類の嫌忌量をしらべると(この研究(3))過マンガン酸カリ消費量で現わして170~200mg/Lである。不好量を嫌忌量の $\frac{1}{10}$ として考えれば17~20mg/Lとなる。この二つの内容で示される水域は少なくとも魚類を不漁にしてよい水域である。前に述べた計算(この研究(10))によってこの17~20mg/Lを計算すると971~1011mとなる。(第1図)

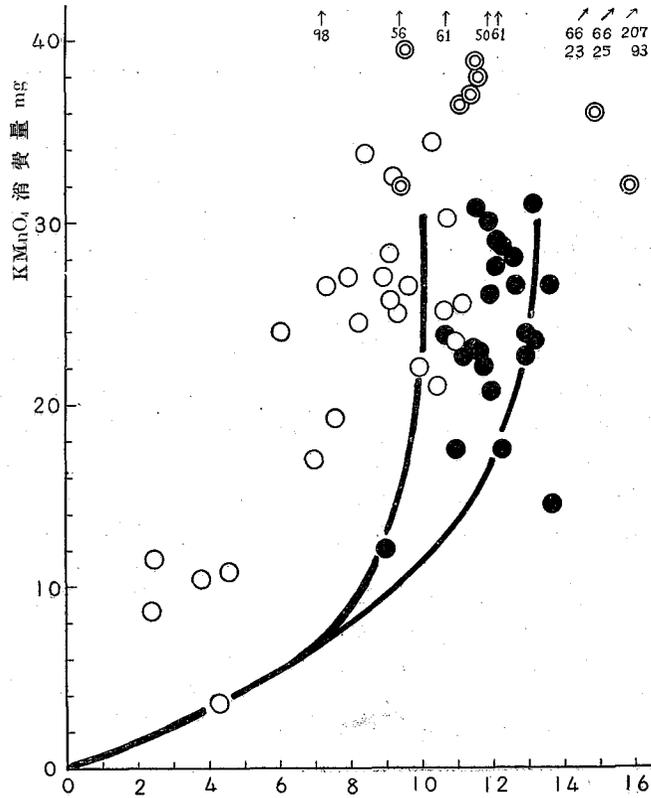
ここで求めた半径は表面の排水が稀釈された面積を示すので、この排水の及ばない下の層では何うかと云う事になると、これについては今の段階では説明出来ない。

(5) 次に泥の汚濁を考えてみたい。前に述べたC, I曲線図に基準線を記入してみる。(第2, 3図)



この図について現われている二、三の点を述べたい。まず過マンガン酸カリ消費量が極めて大きな数点がある。これはSt 6, B, 14と岩国港内にあるSt 2, 4の計5点である。St 6, B, 14はベントスを見出し得なかった点であり排水口から会社の左端迄にかけた正面の海面一帯である。その地帯から右に門前川の川口まで丁度隣水が抜がっている下の泥はC. I 曲線の基準線の左側に分散して一つの線を図いている。そこでこの新しい線をバルブの影響曲線と考えてみよう。何故このように基準線から内に出るかであるが同じ灼熱減量を示す泥が有って、若し泥の中の有機物の酸素消費力に強弱の差があれば基準線と違った別の線に現われるはずである。岩国港の中は灼熱減量は10%前後で過マンガン酸カリ消費量は35を越す泥が沢山ある。ここは上に述べたバルブ隣水の影響泥とはベントスの組成がちがひ、又過マンガン酸カリ消費量が大いのにベントスが見られる事が特長の様に思われ

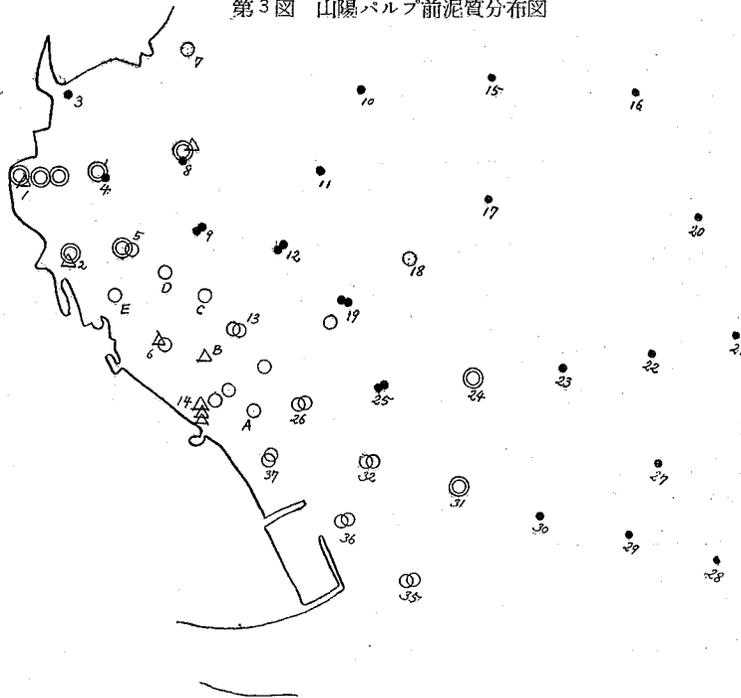
第2図 山陽バルブ前の泥のC. I. 曲線図



第二図備考

●○↑↑の基準線  
 の下の数字一段目灼熱減量  
 港及び河口の影響泥  
 普通泥  
 ○●↑↑消費量 二段目灼熱減量  
 普通泥

第3図 山陽バルブ前泥質分布図



第三図備考

●○△△の基準線  
 の下の数字一段目灼熱減量  
 港及び河口の影響泥  
 普通泥  
 ○●↑↑消費量 二段目灼熱減量  
 普通泥

る。そこでこれは別の区分に入るべきものと考え、今かりに港の影響区域と考える。次に門前川の川口の泥であるがここが十分に灼熱減量を測っていないため同様な観察が出来ないけれども意外に過マンガン酸カリ消費量が多い様に思われる。おそらく川口の特長と云えるのではなからうか。以上の様にして山陽バルブ正面の泥を四つ或は五つに区分出来るように考えられる。すなわち、門前川川口の泥港の泥、基準線の泥、山陽バルブ正面でバルブの影響のある泥、この内で特に過マンガン酸カリ消費量の大きな泥である。さてこの様に考えて山陽バルブの影響泥面は巾 700mで山陽バルブ正面から門前川川口迄の海岸線に沿った一帯と判定出来る様に思われる。

第4図 陸水の影響図

(1) 陸水の分散と生物相 (第4, 5図)

ベントス——排水口から木材陸水の流水口迄の正面は過マンガン酸カリ消費が特に大きく、又ベントスが居なかった。ここが直接バルブ陸水が原因した為か否かはちよつと判断がむずかしいが、この正面は丁度会社の船付場を中にした所で、その為の堀開と陸水の影響とが加わってことに異状が甚しいのではあるまいか。工場陸水の影響をうけた泥地帯半径約 700m の所はイトヒメミミズが見られなかった事が目についた。泥はこれより更に 1000m 位迄は影響が延びていて、その地帯は生物相の変異は見られなかった。

プランクトン——陸水の影響水域に動物性プランクトンが見られなかった事が特長の様である。しかし、陸水の濃度との関係は正確に云う事は出来ない。

藻場——工場排水口から 500m 位の所から外に見られた。

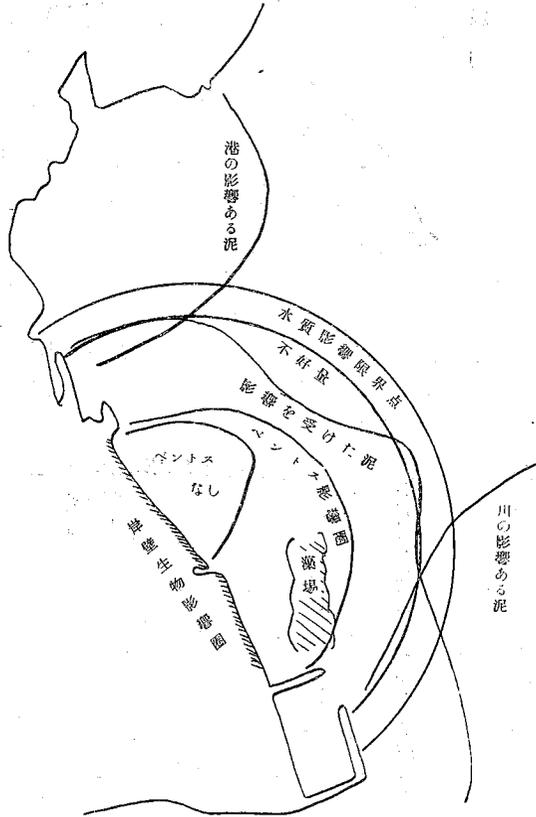
岸壁生物——乏しい地帯が排水口を中心として左右約 700m 位の範囲と思われる。

(2) 東洋バルブの陸水研究

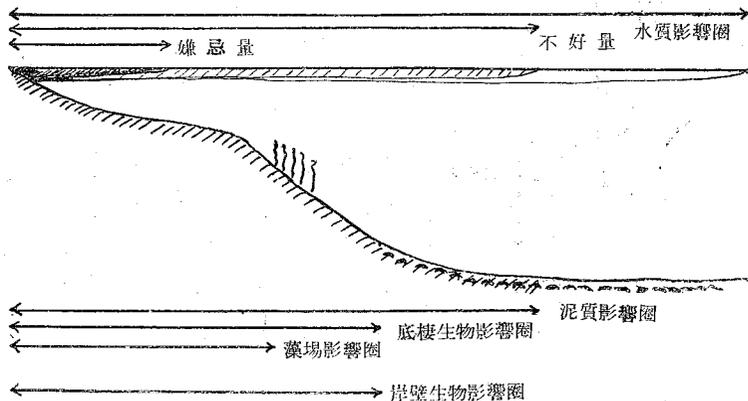
昭和25年秋工場施設の被害予想について調査を依頼されたので附近の流向、流速の調査及び漂流瓶による調査を行った。(附第9図第7表) 昭和

26年9月13日から大体月1回の予定でこの海域の調査を行って海の変化を確かめようとしている。

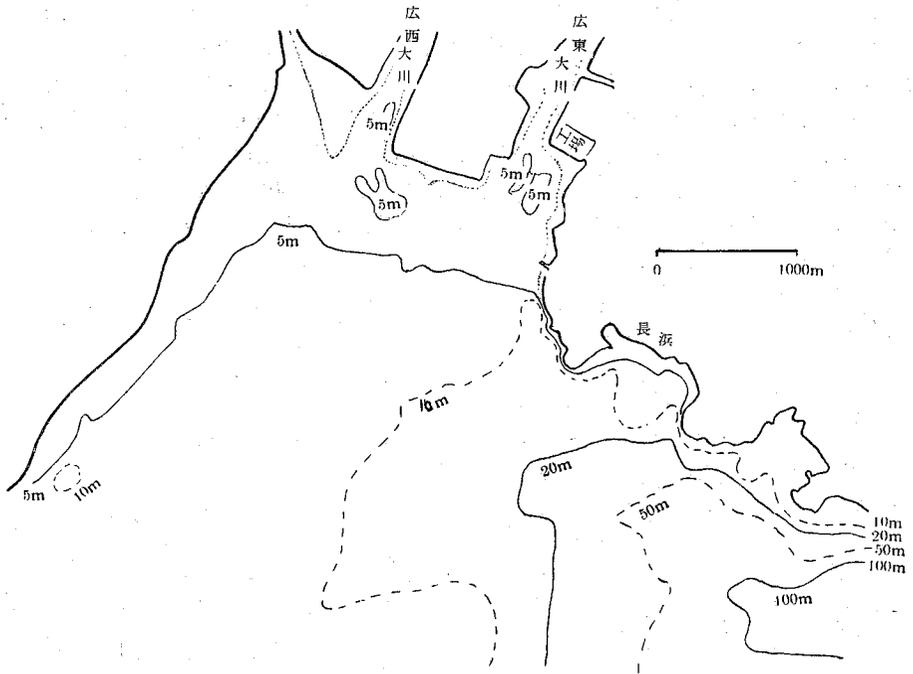
(附第10図第11図第8表—16表) 測点は附近1000m以内に13点を取り表面と底の採水、及び採泥、BeびPIの調査を行った。この調査は尙引續いて行っている。



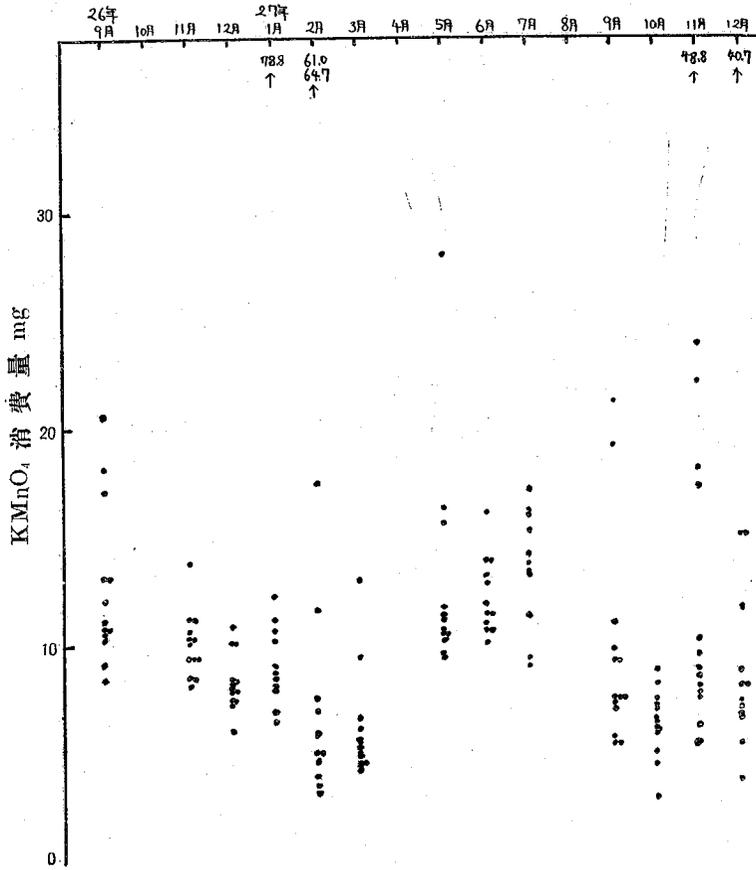
第5図 山陽バルブ正面の被害模型図



第六図 広湾一般図



第七図 過マンガン酸カリ消費量月別分散図



工場はクラフトパルプを製造し昭和27年1月頃から仕事ははじめられている。

(イ) 流向調査 (昭和25年10月)

広済の地形をみると全体は20m以浅であり済の東南方猫瀬戸及び下蒲刈島西方海面は100m以深の水深をもっている。潮流は主流がその猫瀬戸及び下蒲刈島西方海面を流れ広済には大した影響はない。音戸の瀬戸の流速は速いが水量は少なく、広両済の水位の調節に役立つだけである。済内の流れは上げ潮時には広西大川、東大川に向う流れがある。又済内の水が東におざれており、東岸ぞいに安芸灘の方から来た水が入り込んで来る。下潮時には済内に時計方向の環流があるようである。(第6図)

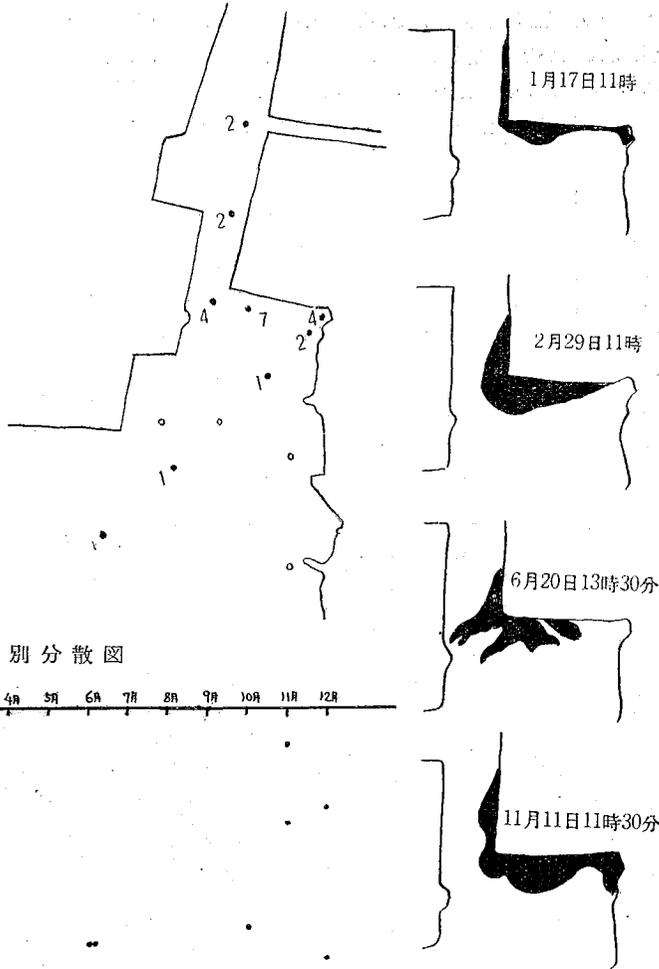
第8図 落水影響濃度数図

第9図 落水影響範囲図

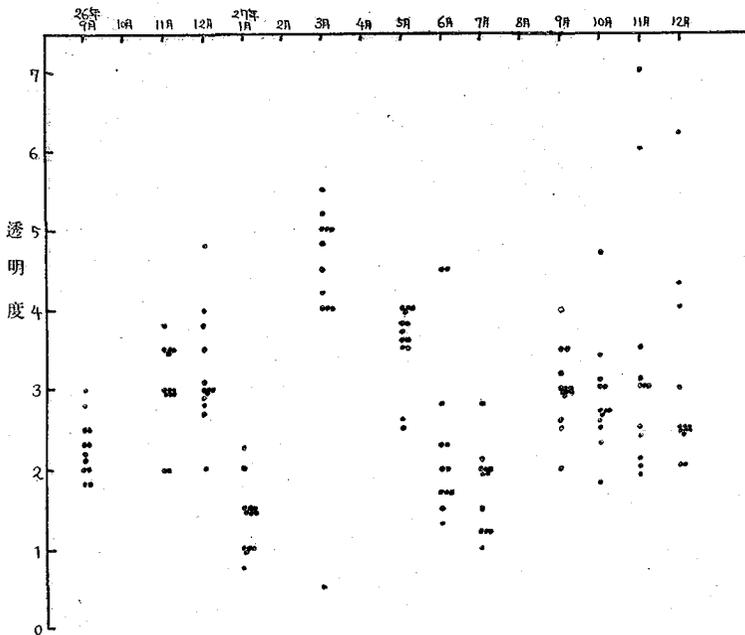
流速は済入部入口に於ける断面では3cm/sec位であって済入部内の水の置換は極めて能率が悪いと思われる。

(ロ) 水質調査

過マンガン酸カリ消費量の分散図(7図)をえがいてみると大部分の点は冬減少し夏増加する変化曲線をたどっている。特に悪化した水質は見られていない。この図で特に他の値よりも外れて大きな値を示すものを求めて、その出た回数を第8図に示してみると、有機物の分散状態が



第10図 透明度月別分散図

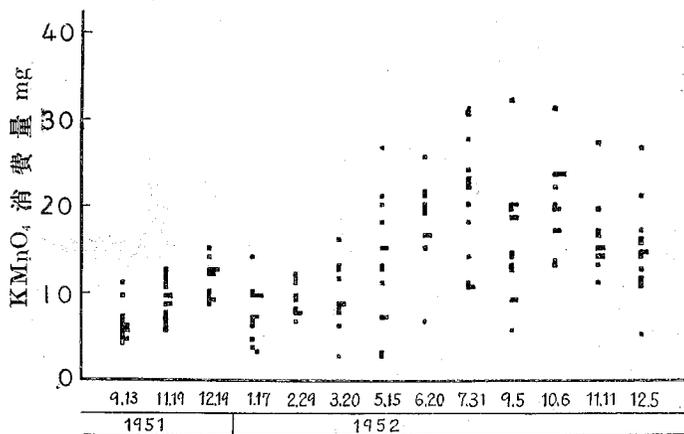


よく現われているように考えられる。その影響範囲は排水口直前に最も大きく、やっと 300m の所迄その影響が及びまれには、1000m 迄に達している事もみとめられる。尙目で見た 廃水分布状態は 第9 図の如くであった。透明度の変化は年変化以外には特に変わった事は考えられない。(第10 図)

(c) 泥質調査

分布図により全般の傾向を考えてみるが過マンガン酸カリ消費量は一昨年12月と昨年12月では心持ち大きいようにも見える。(第11 図) C. I 曲線図に於いて、基準線より離れる点を見ると、St 7 が最も多く、St 6, 9, 10 の三点がこれに次いでいる。(第12 図) これらの事は泥の受けた影響を岸沿いの St だけが受けている事を示している。曲線は6月より左へ移動し7月を境に再び右へ移動した。この移動は海中の生物量も関連があると思われ、泥の過マンガン酸カリ消費量と透明度は関係がありそうである。

第11 図 泥の過マンガン酸カリ消費量月別分散図



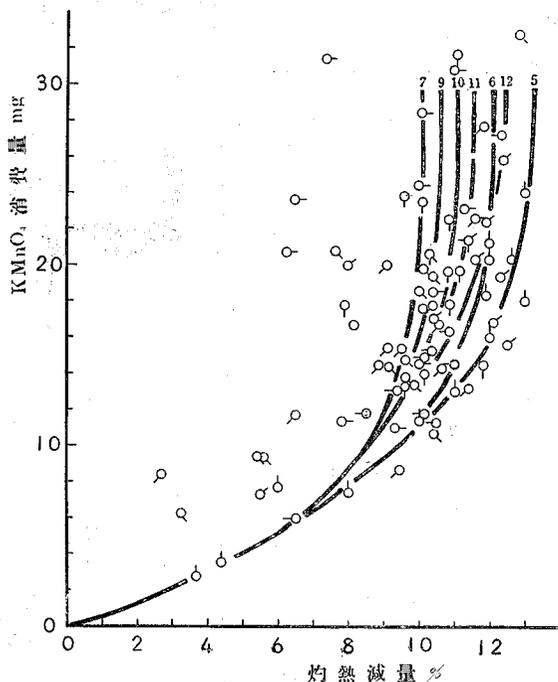
(c) 生物調査

ベントスに就いては目につく事は入江の中の生物が居なくなったのではないかと考えられる事である。PI については適確な変化を見ていない。

(3) 大竹紙業の廃水研究

この会社は余り大きな会社ではなく、作業は大体ソーダパルプの方法によっているように思われる。会社は廃水を会社の前にある溜池に流し出している。この池水は水門によって干潮時のみ海に放流さ

第12 図 C. I. 曲線 図



れる。その際には褐色の廃液が海に明かな分散範囲を示しながら流れ出していく。その他の時期に於いては吾々はこの正面に廃水の色を見ていない。従って満潮時には海面にほとんどそのあと認められない。附近の漁業者の話を見ると阿多田島の方から魚を生間に入れて持って帰る途中可部島と見張りの間でその魚が死んでしまうと云う事である。吾々がこの正面に於いて行った調査はこの様に流し出された廃水の影響が小瀬川川口の海苔場に被害を与えるか否かの問題、第二は果して魚がこの廃水中で死ぬかの問題、第三はこの附近の泥質調査である。

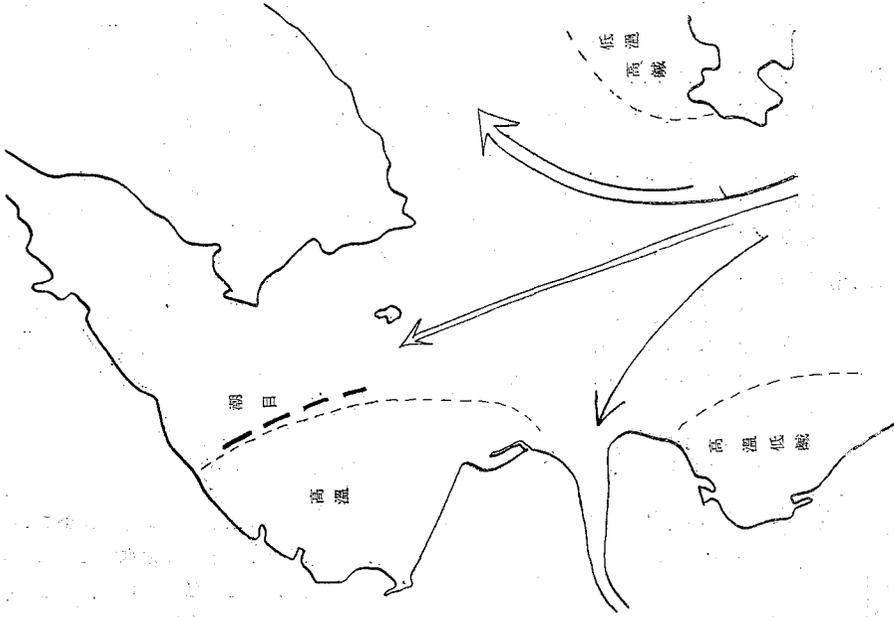
(d) 廃水は小瀬川口に影響を及ぼすか。

この調査は大竹紙業を対照にして考えたのではなく、日本紙業の廃水をこの大竹紙業と同じ所から流した時影響があるかと云う被害予想を立てる為に行った調査である。この調査を行ったのは昭和26年4月18日~4月26日の間であり、この附近一帯の海水の流動状態を知る為、水質調査、流向流速調査及び漂流

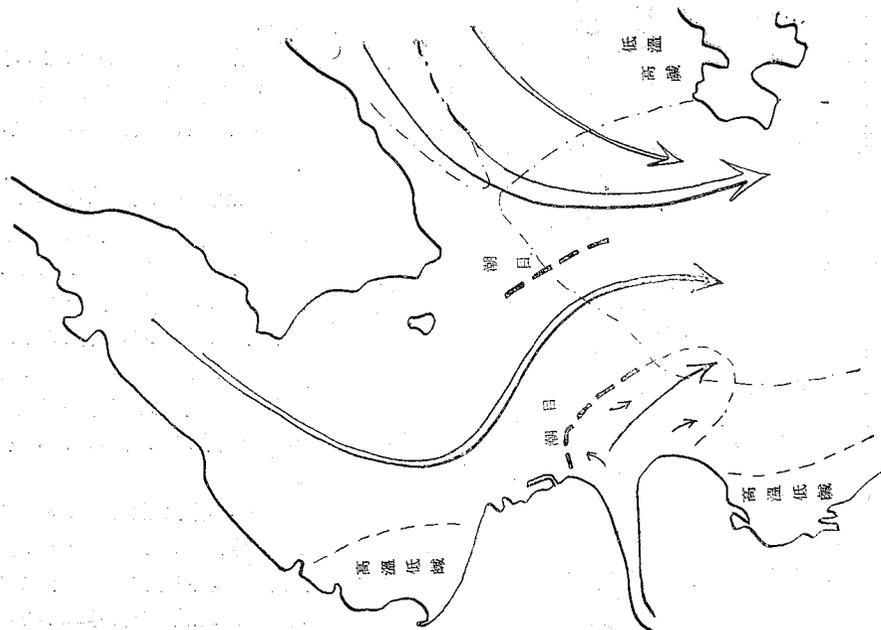
瓶による調査を行った。

4月18日は一般状態、4月21日流向流速、4月22日満潮及び干潮の水質調査、4月26日漂流瓶調査及び大野より岩国にかけての調査であり結果は附第12図～第13図第17表—20表に示す。結果を基礎として考えへると第13図の様な水の流動を考える事が出来る。この研究の目的である降水が川口に及ぶかと云う点についての結果は否定的である。

第13図の2 上げ潮時及び満潮時



第13図の1 下げ潮及び干潮時



### (二) 過マンガン酸カリ消費量による分布調査

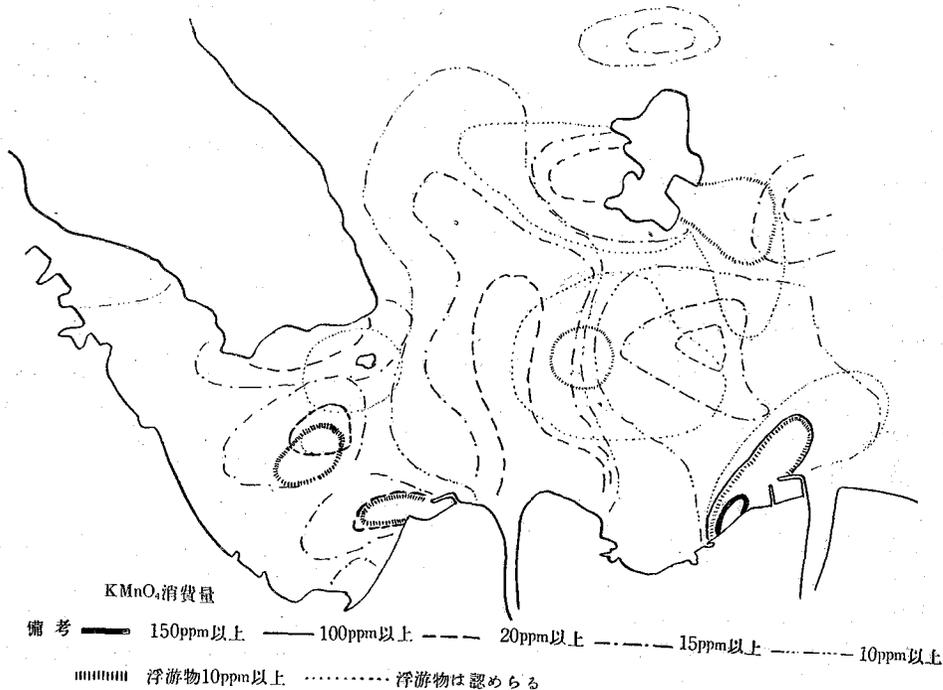
海面をこぼん目に区切って連続した調査を行い海面全体にわたる有機物の分散状態を調査する事は廃水の分布を知る為有効な手段と考えられたので政波一岩国一帯の調査を2回行った。

10月9日の調査では距離を500m間隔とし主として小瀬川口より政波にかけて行った。(附第15図) 採水9時40分開始し終了13時40分である。当日の潮時は低潮10時、高潮17時すなわち大体上げ潮を調査したわけである。船は中速で走りつづね船により攪拌されない船の前の海面の水を棒の先につけた罎を用いて採水した水はその場で濾過したのとせぬのに分けた。第二回は10月22日で距離を1Kmとし10時5分より15時18分迄行った。当日は低潮7.20、高潮14.15であった。(附16図)

両回共に主として上げ潮に行ったので水は北に向かって流れている。第一回に比し第二回は、ルース台風の名残りで小瀬川の水の影響が遠く迄及んでいるのではないかと思う。

廃水と云うには距離的に離れた湾の中心近くに有機物に富んだ個所が見られたが果して廃水の影響がそこまで延長されたものかと云うより潮目の位置と考えたほうが容易ではなからうか。(第15図)

第15図 10月22日有機物分布図



濾過したものとせぬものとの差についてはあまり明瞭な結果とする事は出来ない。一応とり得る数値をあげるに止める。濾過その他が不便な船上でしかも限られた時間に無理に行った事であるので行った濾過には何か誤差をおこす原因があったのかもしれない。

### (4) 日本紙業の廃水研究

ソーダパルプの製造及び製紙を行っているが昭和25年来工場を拡張し従ってその流される廃水もふえて小瀬川の汚濁はひどくなり川口のアオノリが枯死したというので昭和26年2月に調査を行った。アオノリは一応生育したのち枯れて灰白色となりついているのが見られた。

工場はソーダパルプ年産250万貫と製紙250万貫であり排水量は1日1万6千屯という。200坪の沈澱池が2個あるが沈澱物が充満しているため滯水時間が45分位だという事である。排水中には苛性ソーダ、クロール、リグニン等が含まれ種々の廃水が時間を運えて流される為PHは9.6~12位のアルカリ性の時と5.6という酸性を示す事もあると云われる。又製紙の晒液の為月の内約1/4位の日数の間塩素が100~170ppmの事が

あったと云はれる。

尙小瀬川の水量は15~50個が普通であるという事であった。

(a) 水質調査の実施

2月16日調査したが降雨の流下がなく河川は清澄であった、3月3日第2回目調査を行った。尙2月27日~3月2日の間数回漁業者側で採水したものを分析した。(附第17図第22表)

3月3日行った水中照度測定の結果は普通の水の約三倍という結果であった。

(b) 二三の実験

(i) PHの変化が青ノリに影響を及ぼすかどうかをしらべた。緩衝液でPH6. 7. 8. 9. 10の五種の液をつくり、これに青ノリを浸したが2時間毎に別のPHに入れかえ、3回繰返した。実際はこれほど急変する事はないであろうから実際よりも誇張された結果を得る事になるとは思ふ。青ノリの状態は顕微鏡で見て細胞の空胞や凝集を起した量や程度を判定して差をつけた。(第2表)

第2表 PHの変化

PH	6	7	8	9	10
6		-	+	+++	+++
7			-	++	++
8				-	+++
9					-

第3表 CIによる影響

時間	Clppm							
	100	50	20	8	4	2	0	
0.5	++++	+++	++	+	+-	+-		
1	++++	++++	+++	+	+-	+-		
2	++++	++++	+++	++	+	+		
2.4	++++	++++	+++	++	++	++	-	

備考 一無影響 +-稍影響あり +影響あり (+の数は程度)

(ii) 晒粉の塩素が影響があると思はれてこれについても青ノリによる試験をした。条件は表の通りであり2ppmで細胞の破壊を認めた。(第3表)

(i) 日射量が少ないと青ノリの生長をさまたげるのは当然で同一水槽を2分して一方に覆をし青ノリを入れて比較したが2週間後の褪色を認めた。

(ii) 遊離塩素はリゲニンの含まれた降雨液と混合させれば簡単にその効力を失うはずである。これを試みるため瓶番号5号の水(塩素79.9ppm)と瓶番号21号の水(リゲニン0.650)とを混合し30秒後は全く塩素の反応を認めなかった。

(c) 結果の検討

小瀬川の青ノリが一応は育ったのが急に枯れると云う原因は何か不定期に起った原因である事は勿論で毎日流される降雨にその原因を帰する事は出来ない。それ故バルブの木釜から来る降雨液がこの原因であるという事はちょっと無理であろう。

調査に現はれた塩素3.74ppmは非常に危険な水であり、この液にふれていれば青ノリは勿論枯死する事は考えられる。この様な液は降雨の組合せ更に潮汐の影響も加わった状態の結果、時たま現はれる事であろうが、この調査の範囲ではこの様な塩素が最も有力な被害の原因であったと思はれる。

吾々は又、PHの変化のある事も発育には不利であり、濃厚な色のある事もノリに対して健康な条件とは考えない。

ここに現はれた最も有力な原因と思はれる塩素の害は降雨を混合しさえすれば簡単に解決する事である。しかし着色水をへらす事は中々困難な事で降雨処理に対する確実な設備か方法が望まれる。

(後記、吾々は当時この降雨処理法として完全な濾過床を造るか或は安全な確かな場所を選んで直接海に流すか、或は沈澱池の完全掃除、木釜降雨液のアルカリ回収等が考えられる事を述べた。会社は一応海に放流を決めて計画を進めたが、難点が生じて工場内に沈澱物回収設備を新設した。)

(5) 三次製紙の降雨研究

広島市内にあってソーダバルブを製造している。この降雨液は天満川及福島川に流下し両河川の餌虫がとれないというのが主な漁業者側の主張である。

調査は昭和27年1月7日(干潮)及び2月14日(満潮)に行った(附第18図第23, 24表)

## 結果の検討

降水は主として福島川を流下する。福島川でも一帯にひろがらず左岸に沿って流れ川口に近くなるとほとんど目に付かなくなった。

干潮時に於てはかなり濃度も強く嫌忌量を示す所があるが流下中は非常にうすく、不好量の限界に近い様に思はれる。従って水産に対する被害を考えると川魚の遡上阻止が大きなものではなからうか。尙中央橋から天神橋附近迄はかなり影響の大きい所に入るものと思はれる。吾々の調査は2回だけで、従って代表的な降水の状態にあったかは分らないが一応示されたものとしては以上の結果である。泥に就ての調査はまだ行っていないが、まだ悪質の泥になった所は見えていない。

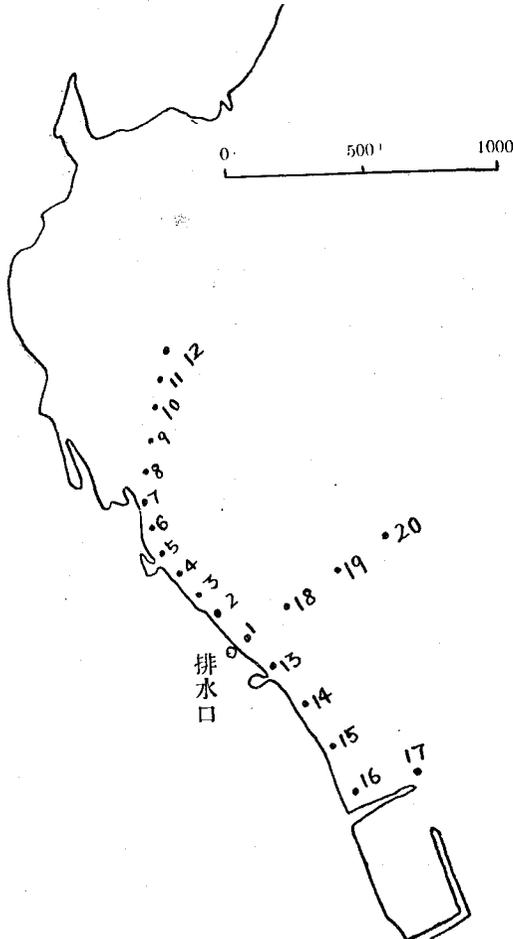
## 参考文献

- (1) 水産庁 最近に於ける水質汚濁による水産業被害調査
- (2) Warrick 工業降水—紙パルプ工業 I. E. C. 5月1947年
- (3) 東洋パルプ株式会社 操業計画による
- (4) 柴田 三郎 産業降水試験法
- (5) Pulp and paper 1951. 10月
- (6) Tully Oceanography and Prediction of Pulp mill Pollution in Alberni Inlet. Fish, Res. Board of Canada Bull. No. 83 1949
- (7) 経済安定本部 昭和26年1月観告

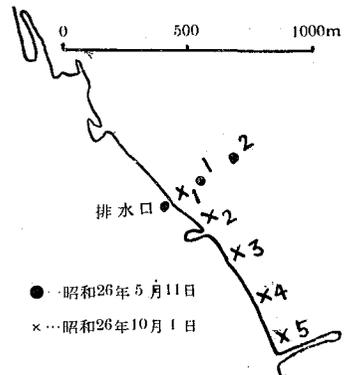
附録第1表 26年1月29日

St	水 温		P. H.		Cl <sup>-</sup> O/00		酸 素 (飽和%)		リグニン◎	
	表 層	底 層	表 層	底 層	表 層	底 層	表 層	底 層	表 層	底 層
1	11.0	10.2	7.4	8.0	16.19	17.83	76.4	82.9	0.15	0.022
2	11.0	10.2	7.6	7.9		17.82	81.7	92.1	0.08	0.012
3	11.1	10.3	7.3	7.6		17.82	85.7	83.8	0.035	0.012
4	10.8	10.0	7.8	7.6		17.77	79.4	79.8	0.008	0.002
5	10.5	9.4	7.6	7.6		17.82	78.5	84.2	0.012	0.001
6	10.2	9.5	7.6	7.7		17.87	81.9	87.3	0.033	0.000
7	10.5	9.6	7.6	7.9		17.96	80.9	90.1	0.015	0
8	10.9	10.4	7.6	7.8		17.87	84.8	86.9	0.010	0.003
9	11.2	10.3	7.6	7.6	17.75	17.96	83.9	88.0	0.057	0
10	10.9	10.3	7.6	7.9	17.92	17.92	88.4	89.4	0.002	0
11	10.8	10.5	7.8	7.9	17.84	18.06	87.3	88.4	0.003	0.002
12	10.9	10.6	7.8	8.0	17.80	17.92	91.9	88.8	0	0
13	11.2	10.7	7.4	7.7	17.20	17.87	82.6	84.6	0.095	0.007
14	10.8	10.7	7.6	7.7	17.52	17.82	74.0	84.1	0.045	0.010
15	10.8	10.7	7.6	7.7	17.47	17.77	77.0	84.1	0.070	0.013
16	10.7	10.3	7.7	7.7	17.62	17.71	79.8	81.6	0.042	0.025
17	10.9	10.5	7.6	7.8	17.55	17.90	85.8	85.5	0.015	0.002
18	10.2	10.8	7.4	7.7	17.00	17.88	76.2	84.7	0.106	0.002
19	10.2	10.8	7.6	7.8	17.57	17.88	80.3	85.4	0.048	0.002
20	11.0	10.8	7.8	8.0		17.89		87.0	0.022	0.002

附録第1図  
(1月29日)



附録第2図



附録第2表 26年5月11日及10月1日

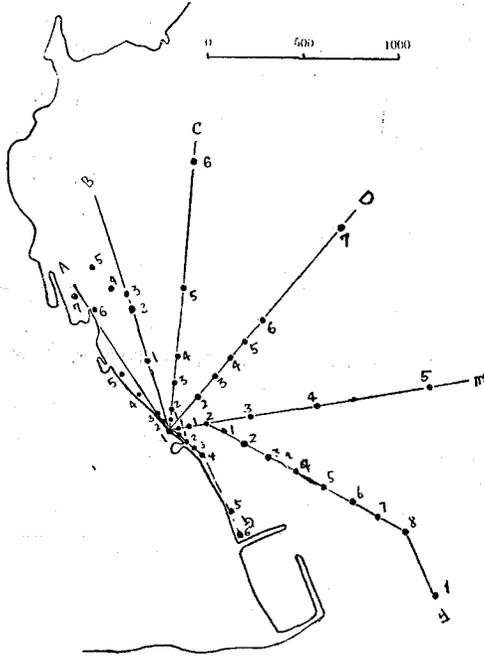
St	水深	透明度	P. H.		Cl		水 温		酸素 (%)		KMnO <sub>4</sub> 消費量	リグニン		備 考
			0m	5m	0m	5m	0m	5m	0m	5m		0m	5m	
	m	m					°C							
1	4.60	1.1	7.5	7.5	16.57	17.79	15.6	14.7	85.4	62.3				18時20分
2	9.3	5.75	7.5	8.0	16.53	17.74	16.4	14.0	77.2	92.6				
1			8.0		17.07						13.9		0	10時40分
2			8.0		17.04						19.77		0	
3			8.0		17.04						22.04		0	
4			8.0		17.01						18.36		0	
5			8.0		17.04						16.10		0	

附録第3表 昭和26年8月30日 10時45~12時35分

St	水深	水 温	塩 分	酸素 (%)	リグニン	St	水深	水 温	塩 分	酸素 (%)	リグニン	
		°C	0/00					°C	0/00			
A	1	0	26.5	13.64	11.9	0.431	E	1	0	26.2	15.41	0.199
	2	0	27.3	12.74		0.512		2	0		15.98	0.131
	3	0	27.5	12.29		0.508		3	0		15.89	0.144
	4	0	27.5	13.69		0.294		4	0		16.86	0
	5	0	27.2	14.82		0.051		5	0		16.89	0
	6	0	27.0	9.14		0						
	7	0	26.8	15.18		0.004						
B	1	0		16.18		0.071	F	1	0		15.62	0.184
	2	0		16.68		0.008		2	0		16.77	0
	3	0		16.89		0		3	0		16.68	0
	4	0		16.45		0.043		4	0		16.01	0.101
	5	0		15.48		0		5	0		16.12	0.075
C	1	0	26.5	15.64	37.4	0.114		6	0		16.39	0.057
	2	0	26.5	15.62	49.4	0.171		7	0		16.57	0.051
	3	0	27.5	15.62	67.7	0.124		8	0		16.60	0.008
	4	0	25.5	16.89	93.8	0		9	0		15.76	0.005
	5	0	26.0	16.97	100.0	0						
	6	0	26.2	17.01	102.0	0						
D	1	0	26.2	14.00		0.212	G	1	0	27.0	15.89	0.390
	2	0		15.77		0.045		2	0	27.6	11.40	0.585
	3	0		16.77		0		3	0	27.0	12.29	
	4	0		16.15		0		4	0	27.2	16.06	0.083
	5	0		16.36		0		5	0	27.0	16.38	0.046
	6	0		16.60		0		6	0	27.5	16.15	0.015
	7	0		16.89		0						

St	酸 素 %					塩 分 0/00					リ グ ニ ン				
	0m	2m	5m	10m	20m	0m	2m	5m	10m	20m	0m	2m	5m	10m	20m
A	1	11.9	54.6	61.1		13.64	16.48	16.01			0.431				
B	1					16.18	16.54	17.10	17.19	16.57	0.071	0	0	0	0.020
	4					16.45	16.74			(14m)	0.043	0			
C	1	37.4	75.4			15.64	16.42				0.114				
	2	49.4	114.2	31.4		15.62	16.30	16.63			0.171	0.014	0.007		
	3	67.7	87.3	74.1	14.6 (10.20m)	15.62	16.39	17.07	17.33		0.124	0.019	0	0	0
	4	93.8	96.8	93.0	73.8 (9.2m)	16.89	16.77	16.89	17.30		0	0	0	0	0
					(18.5m)										
	5	100.0	107.2	95.6	95.0	16.97	17.01	17.01	17.10	17.27	0	0	0	0	0
	6	102.0	112.4	98.0	55.5	77.3	83.2	17.01	17.10	17.19	17.10	17.42	0	0	0
D	1					14.00	16.42	16.24	16.83		0.212				
	7					16.89	17.10	17.04	17.39	17.39	0	0	0	0	0
E	1					15.41	16.63	16.51	15.49		0.199		0.086		
	3					15.89	16.74	16.77			0.144	0.001	0		
								(3m)							
	4					16.86	16.92	17.13	17.33	17.33	0	0	0	0	0
	5					16.89	16.74	17.04	16.75	17.27	0	0	0	0	0
F	1					15.62	16.77	17.24	17.22		0.184	0.001	0	0	0
								(9m)							
	9					15.76	17.04	15.95	17.10	17.31	0.005	0	0	0	0

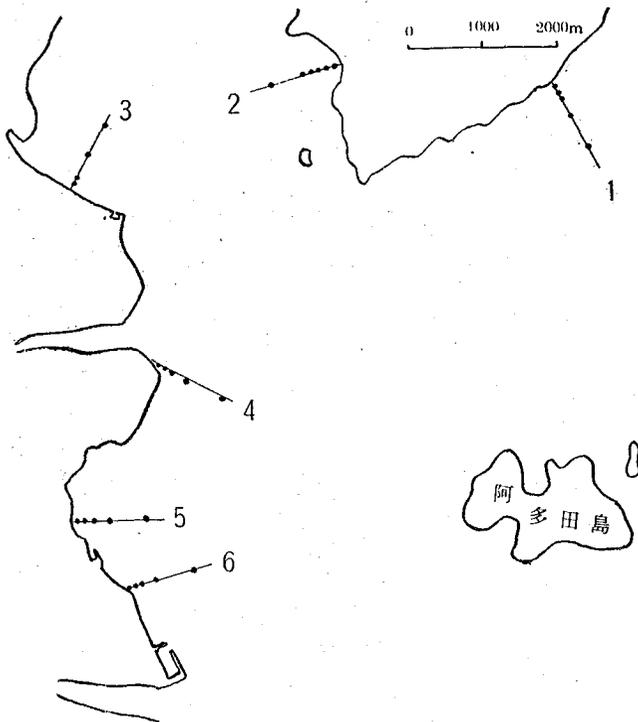
附録第3図 8月30日



附録第4表 昭和26年10月30日

St	岸よりの距離	KMnO <sub>4</sub> 消費量	灼熱減量(%)
1	m		g
	1000	24.6	12.0
	500	18.3	12.1
	300	24.2	12.8
	200	21.3	13.1
2	100	10.7	3.7
	1000	15.1	13.2
	500	20.0	13.7
	400	20.0	12.9
	300	16.9	13.0
3	200	15.9	12.2
	100	15.6	11.1
	1000	40.3	13.1
	500	25.0	12.9
4	200	27.1	13.5
	100	23.4	14.0
	1000	9.1	11.8
	500	17.6	12.7
5	300	55.7	13.3
	200	55.9	13.4
	100	48.5	16.5
	1000	31.6	9.5
6	500	56.3	9.5
	300	41.8	10.6
	200	50.6	12.0
	100	38.7	9.8
	1000	21.5	10.0
6	500	27.0	7.8
	300	25.0	9.4
	200	24.2	6.2
	100	61.4	10.8

附録第4図 昭和26年10月30日



附録第5表 山陽バルブ正面の主なベントス

St14からの距離	St14からの概略の方角											
	125°	110°	95°	85°	70°	55°	40°	30°	0°	340°	320°	
100m以内	14 — (-)											
100 ~ 300				1 (Ph. St)								
300 ~ 500	37 N. larva g			26 P (P. N)				13 P (G. Co)	B (-)	6 N (-)		
500 ~ 1000	36 P (P. N)	32 Co		25 P. St (N. St)		19 P. St (P)		12 P. Co (P)	9 Co (P)	5 P. Co (P. N)	E (P)	
1000~1500	35 P (P. St. G)	31 Ba. St		24 P. St		18 P. St		11 P (P. G)	8 P (P)	4 P. Co (P. Co. G)		2 P
1500~2000		30 P. St		23 C		17 St		10 M. De		3 P (M)		1 P. Co (M. N. P. Co)
2000~2500		29 St	27 N. Ba	22 P. St			15 N					
2500以上		28 P. St		21 P	20 N. St	16 P						

備 考

- (1) ゴチック体数字は採集地点番号
- (2) 7月, 8月のベントスで ( ) は8月
- (3) Mollusca

Ba : Barbatia エガヒ      De : Dentalium ツノガヒ      J : Japenthria イソニナ

M : Mya Arenaria オホノガヒ

Annelieda

G : Glycera チロリ      N : Neries ゴカイ      P : Pachydrilus ヒメミミズ

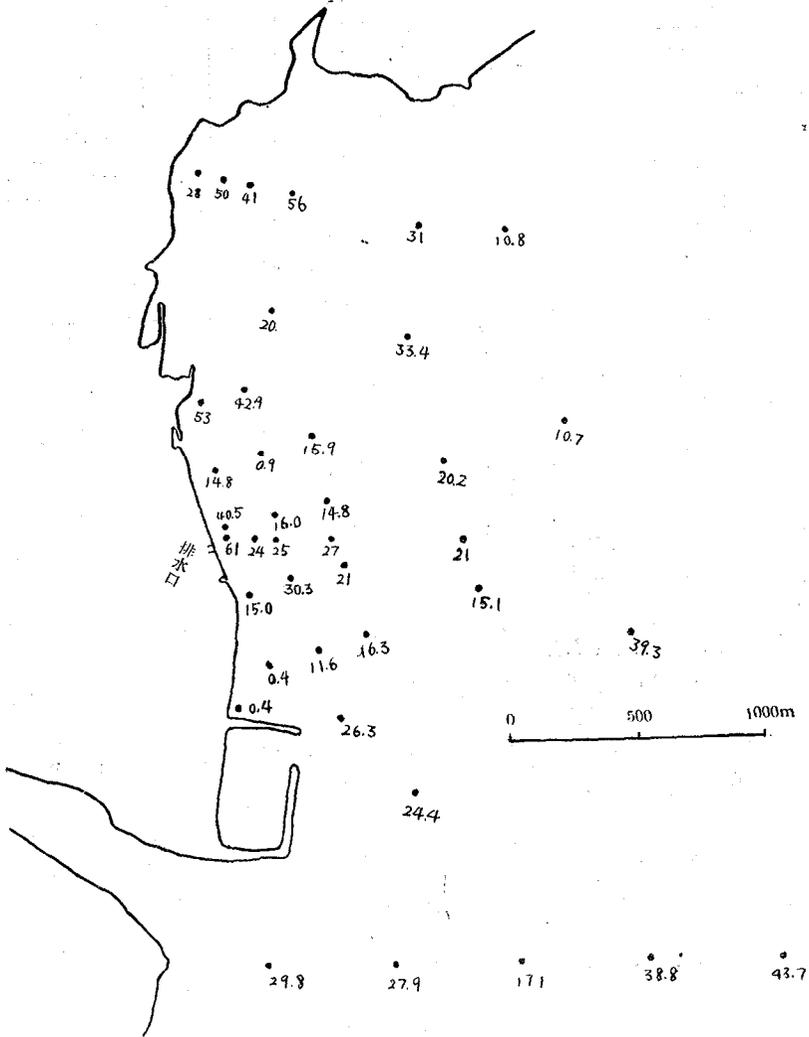
St : Sternapsis ダルマゴカイ

Tunicata

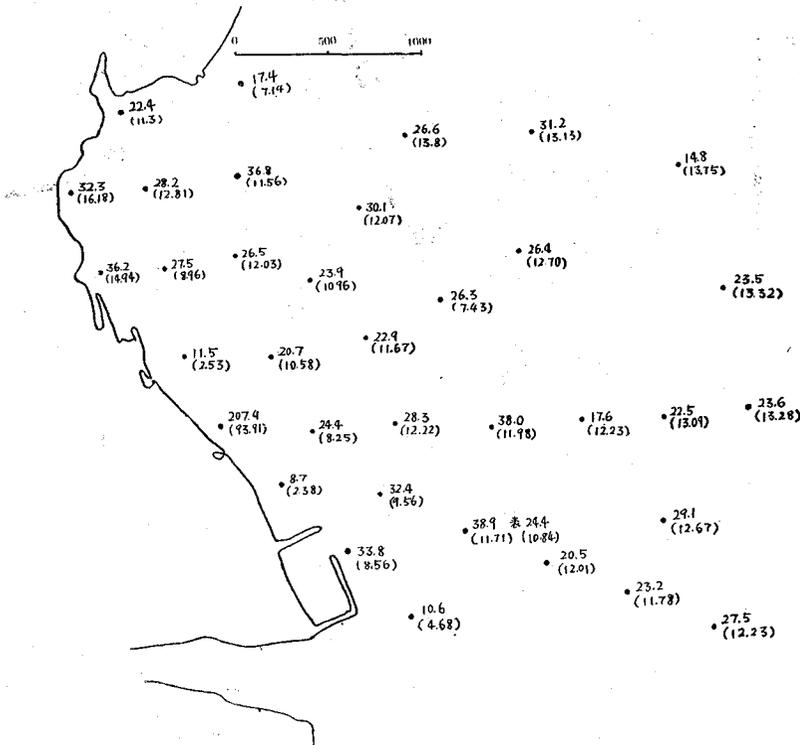
Co : Corella ドロボヤ

附録第5図  $\text{KMnO}_4$ 消費量 $\text{O}_2$ mg/乾泥g

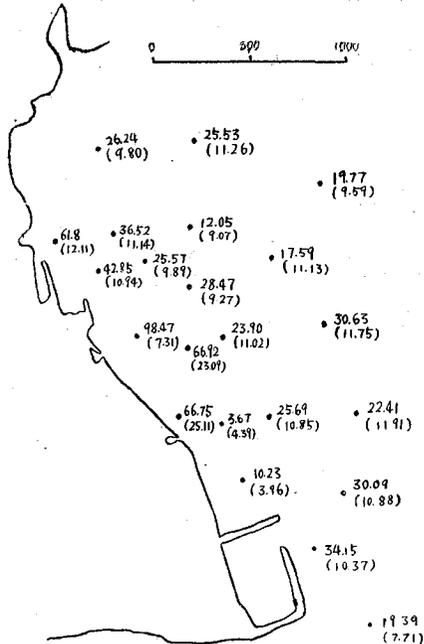
昭和26年12月17日



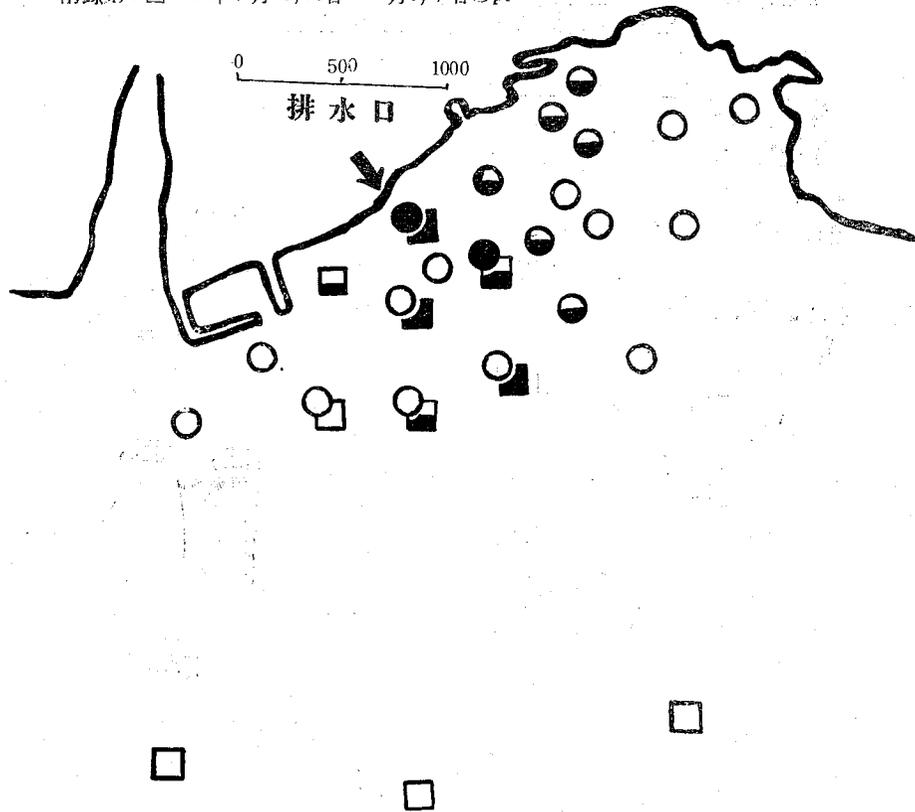
附録第6図  $\text{KMnO}_4$ 消費量 $\text{O}_2$  mg/乾泥g  
昭和27年7月15日 ( )内は灼熱減量%



附録第7図  $\text{KMnO}_4$ 消費量 $\text{O}_2$  mg/乾泥g  
昭和27年8月5, 6, 7日 ( )内は灼熱減量



附録第8図 27年7月15, 16日 8月6, 7日のpl



備考 □7月採集 ○8月採集点  
 半黒 表面横曳に動物性plを見ず 全黒 横曳, 縦曳共に動物性plを見ず

附録第6表

2 陸水中のPlankton 昭和26年5月11日

水深	矽藻	藍藻	鞭藻	夜光虫	テイ テナ	コ ベ	雑甲殻類	軟体動物	他
0~5m	940		212	313	18	303	28		9
5m以深	30		4	5	1	3			

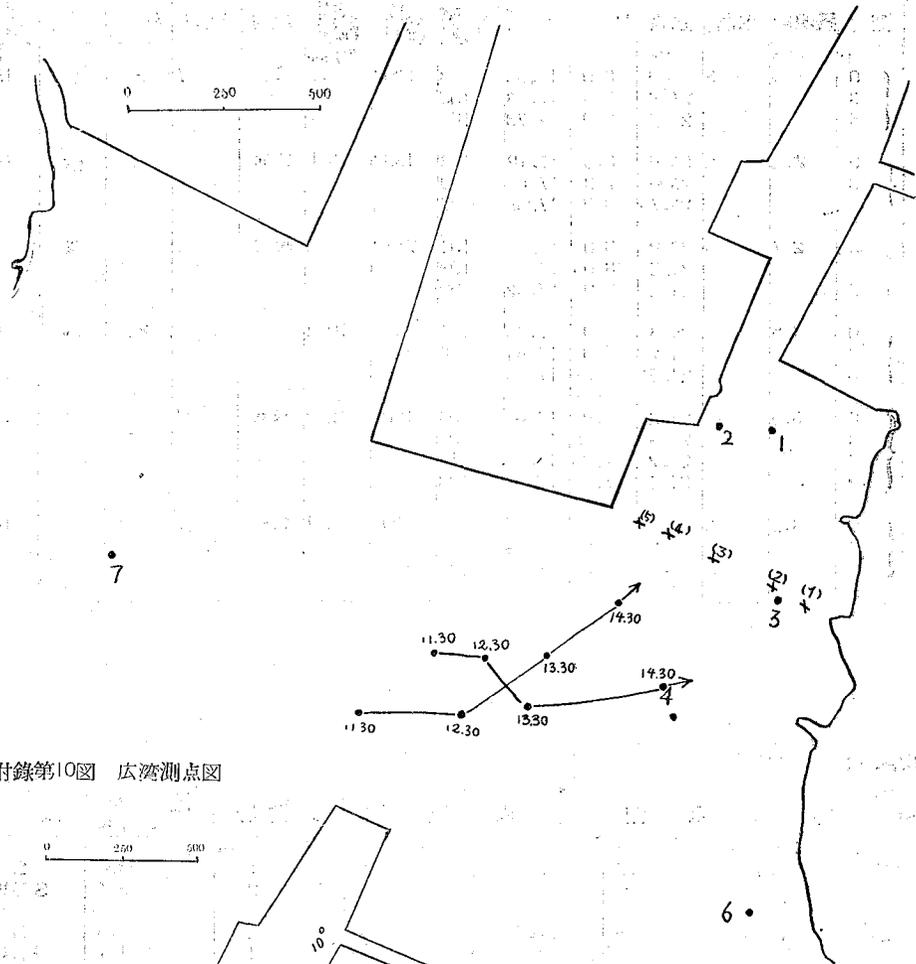
附錄第7表 昭和25年10月2日 H. T. 12時55分

St	深度	透明度	水色	水溫	P. H.	鹽	分酸	素	表面	表面	風向	風力	泥色	泥質	探水
	m	m		°C		(%)	(%)	(%)	cm/sec	cm/sec					h m
1	0	2.4	8	24.0	8.0	17.53	99	190°	3.3	E	2	bl	M	15.27	
	3			23.8	8.0	17.63	103								
	5			24.0	8.0	17.73	105								
2	0	2.5	6	23.6	8.0	17.18	103	130°	11.4	SE	2	M	gr	16.12	
	3			23.6	7.9	17.63	99								
	5			23.75	8.0	17.63	87								
3	0	2.7	8	23.9	8.0	17.43	104	245°	0	NE	1	gr	M	15.5	
	3			24.2	8.05	17.73	103								
	6			24.2	8.0	17.82	99								
4	0	3.5	7	24.3	8.0	17.63	103	40	10.2	NE	1	M	gr	14.40	
	3			24.2	8.0	17.64	98								
	6			24.6	8.0	17.73	94								
6	0	3.5	6	24.2	7.9	17.68	103	180	12.9	NE	1	gr	M	14.40	
	3			24.3	7.95	17.73	101								
	6			24.2	7.95	17.78	114								
	9			24.4	7.9	17.87	93								
7	0	3.2	6	23.95	8.0	17.48	104	120	12.4	NE	3			16.39	
	3			24.20	8.0	17.68	106								
	6			23.90	8.0	17.73	95								

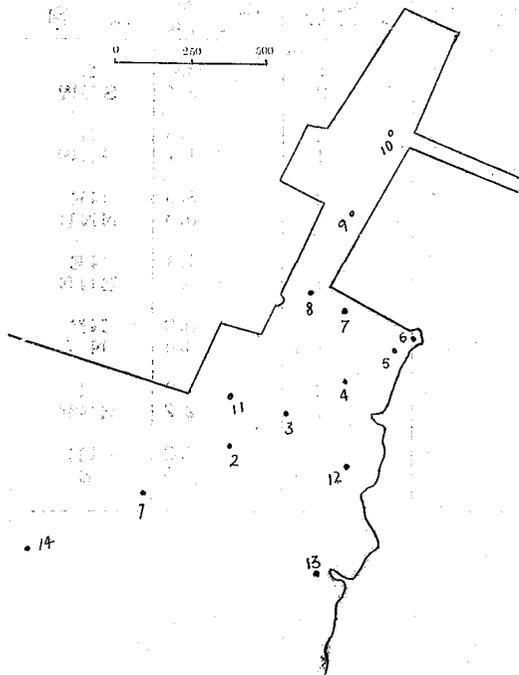
昭和25年10月2日

St	時刻	水深	風向	風力	観測層	流速	流向
		m			m	cm/sec	
(1)	11.45	2.5	SW	2	1	3.0	S
					2	3.4	SSW
(2)	12.05	4.5	SW	2	2	1.5	S
					4	1.1	SSW
(3)	12.33	3.5	SW	2	2	3.5	NE
						0.3	NNE
(4)	12.52	4.5	SW	2	2	1.4	NE
					4	3.1	ENE
(5)	13.22	5.0	SW	3	2	0.8	NE
					4.5	3.6	NW
(6)	13.50	4.5	SW	3	2	1.9	E
					4	2.2	ENE
(7)	14.10	6.0	W	3	2	4.2	NE
					4.5	1.0	E

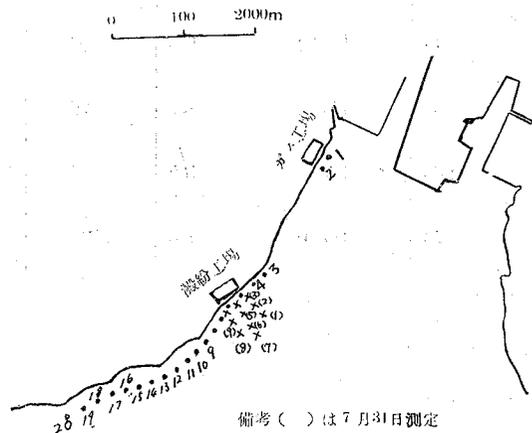
附録第9図 昭和25年10月2日 10月21日



附録第10図 広湾測点図



附録第11図 7月31日 9月5日測点



附錄第8表 広湾水深, 水温, P. H.

年月日	26.9.13	11.19	12.19	27.1.17	2.29	3.20	5.15	6.20	7.31	9.5	10.6	11.11	12.3		
H. T.	7.50	13.00	13.10	12.35	12.10	15.30	12.55	7.50	16.15	10.15	11.15	17.10	10.45		
L. T.	14.00	6.05	6.30	18.45	18.25	11.10	7.45	14.15	9.40	16.15	17.05	10.15	16.00		
観測時間 自至	10.40 12.20		10.00 11.35	12.30	10.40 12.00	10.50 11.55	10.22 11.36	13.00 14.04	10.40 11.50	11.39 14.09	10.36 12.02	11.10 12.19	11.10 12.20		
水深	St	番号													
			m	m	m										
	1		7.5	7.0	6.0	8.0	6.5	8.0	7.5	7.0	7.0	6.5	8.8	6.5	9.0
	2		6.5	7.0	6.0	6.2		7.5	6.0	4.5	5.5	6.5	7.5	5.0	9.0
	3		6.0	6.5	6.0	7.0	8.0	6.0	7.0	4.5	5.0	8.0	7.0	6.0	8.0
	4		5.5	8.0	6.5	8.3	8.0	5.5	6.5	5.0	5.5	7.0	7.0	6.0	7.0
	5		6.0	7.5	6.5	8.0	6.0	7.0	6.0	4.0	5.0	6.5	7.0	5.0	8.0
	6		4.25	3.0	5.5	7.5	6.0	4.0	3.0		4.0	5.0	3.0	7.5	
	7		4.0	3.5	6.5	4.0	7.6	4.0	4.5	5.0	5.0	3.0	7.0	2.0	7.0
	8		7.0	8.0	6.5	7.5	7.0	5.5	6.6	4.0	5.0	7.0	7.0	5.5	8.0
	9		6.5	7.5	6.5	7.75	7.5	6.5	6.0	4.0	5.0	7.0	6.0	6.0	9.0
	10		6.5	6.5	5.5	8.0	7.5	6.0	6.8	5.0	6.0	6.0	7.0	5.0	8.0
	11		6.0	7.0		8.5	7.0	6.0	6.0	5.0	5.0	7.0	5.0	5.0	8.5
	12		5.5	8.0	6.5	8.5	7.0	7.0	7.0	5.0	5.5	7.0	7.0	6.0	7.0
	13		7.5	6.0	6.5	8.0	7.0	6.0	6.5	5.0	6.0	5.5	6.0	5.5	8.5
	14				6.5		8.0					8.0		9.0	
水温	St	°C													
	1	{表底	24.5 24.5	18.3 18.0	15.0 15.0	11.2 12.2	9.5	10.0 9.5	17.8 15.0	21.0 18.2	24.5 21.4	26.5 26.0	23.5 23.0		17.2 17.0
	2	{表底	24.5 14.5	18.5 18.0	13.7 14.0	11.2 12.2		10.5 9.6	17.6 15.0	21.0 18.2	25.3 24.1	26.5 25.5	23.5 23.0		17.2 16.5
	3	{表底		18.6 18.0	13.5 14.0	11.0 12.1	9.5 9.5	10.5 9.5	18.8 15.0	21.0 18.2	25.6 22.1	27.0 27.0	23.4 23.0		17.3 17.1
	4	{表底		18.6 18.1	13.0 14.0	11.3 12.1	9.5 9.7	10.0 9.5	17.6 14.9	20.4 18.3	25.8 21.6	27.0 25.5	23.4 22.5		16.2 16.0
	5	{表底		18.8 18.1	14.0 14.0	10.3 12.2	9.5 9.5	10.0 9.5	18.5 15.0	20.4 18.3	25.8 22.0		23.3 22.5		16.5 16.5
	6	{表底		18.2 18.4	14.0 14.0	9.5 12.2	10.2 9.3	11.0 9.8	20.1 17.2			27.3 26.0	23.3 22.5		17.0 16.8
	7	{表底		18.2 18.5	14.0 14.0	11.2 11.2	10.5 9.8	10.0 9.8	19.1 15.4	20.4 18.2	26.1 21.9	28.0 26.0	23.3 22.8		17.0 16.5
	8	{表底		18.2 18.2	13.3 14.0	10.05 12.2	10.0 9.0	10.5 9.8	18.3 15.1	19.8 18.2	26.4 21.9	28.0 25.5	23.2 22.5		15.8 17.0
	9	{表底		18.0 18.0	12.1 14.0	10.5 12.4	9.8 10.5	10.0 9.8	18.3 15.0	20.8 18.5	26.0 21.6	27.0 25.6	23.0 22.0		16.0 16.5
	10	{表底		18.0 18.0	12.4 14.0	10.4 12.3	9.5 10.0	10.5 9.8	18.7 15.1	20.9 18.4	25.8 21.9	27.3 25.7	23.3 22.8		16.5 17.0
	11	{表底		18.1 18.1		10.8 12.4	9.0 9.5	10.4 9.8	18.2 15.0	20.6 18.3	26.3 21.9	27.2 25.5	23.5 22.5		16.5 16.8
	12	{表底		18.5 18.3	14.4 14.3	10.8 12.2	9.5 9.8	10.0 9.8	18.9 15.0	21.0 18.2	26.2 22.1	26.5 25.5	23.5 22.8		16.8 16.0
	13	{表底			14.5 14.8	11.0 12.3	9.5 9.5	10.0 9.6	17.9 14.9	19.0 18.7	25.2 22.0	26.3 25.5	23.8 22.2		16.8 16.8
	14	{表底			15.0 15.0		9.0 9.5					27.5 25.5			
P. H.			7.8~ 8.0	8.2		8.0	7.9~ 8.2		8.0~ 8.2		8.0~ 8.2	8.0~ 8.2	8.2	8.2	8.2

附錄第9表 透 明 度 (m)

月日	26. 9. 13	11. 19	12. 19	27. 1. 17	2. 29	3. 20	5. 15	6. 20	7. 31	9. 5	10. 6	11. 11	12. 3
St													
1	3	3.5	3.1	$2\frac{1}{4}$		0.5	4.0	4.5	2.8	3	4.7	6	6.2
2	2.5	2.0	2.9	2		4	4.0	4.5	2.1	3	3.0	2.5	4.3
3	2.2	3.5	2.7	1.5		4	4.0	2.3	2.0	3.2	3.1	3	4.0
4	2.3	3.0	3.0	1.5		4.2	3.8	1.7	1.2	4.0	2.7	3.1	3.0
5	1.8	3.8	3.5	1		5.5	3.5	1.7	1.0	3.0	2.7	3	2.5
6	底	2.0	3.0	1		4	2.5			2.6	2.7	2	2.5
7	2.0	3.5	3.0	$\frac{3}{4}$		—	2.6	2	2.0	2.0	2.7	2以上	2.5
8	2.5	3.0	3.0	1.5		4.5	3.6	1.5	1.5	2.5	2.3	1.9	2.5
9	2.1	3.0	2.0	1		5	3.5	2	1.2	3.0	1.8	3	2.0
10	2.3	3.0	2.8	1		5	3.6	1.3	1.2	3.0	2.6	2.4	2.5
11	1.8	3.0	3.8	1.5		4.8	3.7	2.3	2.0	3.0	2.5	3.5	2.5
12	2.0	3.0	4.0	1.5		5	3.8	1.7	2.0	3.5	3.0	2.1	2.5
13	2.8	3.5	4.8	1.5		5.2	4.0	2.8	2.0	3.5	3.4	4以上	2.0
14										3.0		7	

附錄第10表 塩 分 %

月日	26. 9. 13	11. 19	12. 19	27. 1. 17	2. 29	3. 20	5. 15	6. 20	7. 31	9. 5	10. 6	11. 11	12. 3		
St															
1	{	16.60	17.48	17.63	18.07	17.04	12.08	17.5	$\frac{\%}{ml/m}$ 13.94	15.88	17.49	17.54	17.78	17.84	
	底	17.24	17.63	17.77	17.89		16.10	18.25	18.23	17.63	17.63	17.84	17.78	17.84	
2	{	17.33	17.42	17.04	18.07	17.63	17.80	17.21	14.24	15.44	17.63	17.69	17.15	17.93	
	底	17.48	17.48	17.51	17.48	17.98	18.22	18.11	18.23	17.63	17.63	17.69	17.78	17.78	
3	{	17.33	17.63	16.89	17.86	17.66	17.92	13.72	16.61	13.52	17.49	17.40	17.15	17.78	
	底	17.33	17.43	17.10	17.89	17.92	18.16	18.23	18.09	17.63	17.63	17.84	17.70	17.84	
4	{	17.19	17.45	16.33	17.60	17.92	18.13	17.47	16.71	13.82	17.34	12.69	17.15	17.64	
	底	17.48	17.48	17.60	17.95	17.95	18.22	18.20	18.24	17.78	17.78	17.54	17.78	17.72	
5	{	17.48	17.48	17.66	16.01	17.77	17.63	16.64	16.91	14.55	17.05	17.54	17.15	17.43	
	底	17.33	17.60	17.48	17.92	17.86	18.07	18.23	18.23	17.63	18.07	17.69	17.78	17.78	
6	{	17.33	17.30	17.39	14.82	16.60	15.95	16.20			17.34	17.69	17.34	17.49	
	底	17.48	17.42	17.48	17.92	17.92	18.22	17.35			17.49	17.54	17.78	18.07	
7	{	17.33	17.58	17.36	11.40	16.74	17.77	14.69	17.06	13.52	15.58	17.69	15.73	17.05	
	底	17.39	17.58	17.48	17.89	17.92	18.19	18.12	17.94	17.78	17.34	17.69	18.80	17.64	
8	{	17.19	17.27	16.57	14.97	17.33	17.41	16.32	16.76	12.34	15.88	17.40	16.99	17.17	
	底	17.42	17.60	17.63	18.07	17.63	18.06	18.23	18.23	17.63	17.63	17.54	17.15	17.78	
9	{	17.33	17.30	15.21	17.92	17.04	17.19	17.50	15.87	14.26	18.22	17.25	17.23	17.20	
	底	17.48	17.48	17.77	18.07	17.95	17.98	18.26	18.23	17.63	17.49	17.69	17.15	17.64	
10	{	17.24	17.33	14.67	15.83	17.42	17.73	17.35	14.78	11.15	16.61	17.40	17.11		
	底	17.42	17.45	17.63	15.77	17.92	17.92	18.13	18.25	18.08	17.78	17.63	17.69	17.88	17.64
11	{	17.33	17.25	17.77	16.15	17.69	17.76	15.58	16.76	12.64	17.63	17.54	17.15	17.64	
	底	17.42	17.46	17.66	17.95	17.98	18.22	18.35	18.23	17.63	17.34	17.69	17.15	17.72	
12	{	17.48	17.34	17.63	17.04	17.92	17.57	14.85	16.02	13.88	17.49	17.54	17.15	17.49	
	底	17.33	17.40	17.72	18.07	17.92	17.92	18.25	18.18	17.97	17.34	17.69	17.15	18.07	
13	{	17.48	17.34	17.77	17.24	17.95	18.07	16.64	16.96	15.88	17.49	17.69	17.78	17.64	
	底	17.48	17.54	17.77	17.98	17.95	18.13	18.23	18.29	17.78	17.92	17.84	17.78	17.78	
14	{										17.63		17.78		
	底										17.78		17.70		

附錄第II表 酸 素 mg/L

月日	26. 9. 13	11. 19	12. 19	27. 1. 17	2. 29	3. 20	5. 15	6 29	7. 31	9. 5	10. 6	11. 11	12. 3
1 {	0	20.05	5.82	4.53	3.88	8.42	6.79	7.12	5.59 (99.3%)	5.84	4.8 (97.6%)	5.58	5.42
	底	17.66	5.01	3.23	5.01	7.93	7.12		5.68 (94.9)	5.45	5.1 (103)	5.69	5.54
2 {	0	17.95	5.98	3.56	4.04	8.42	6.95	6.79	5.35 (96.0)	6.65	4.8 (97)	4.87	
	底	21.54	5.23	2.59	4.37	8.08	5.95	6.46	5.43 (90.6)	5.09	4.0 (81.6)	4.75	5.71
3 {	0	19.15	7.28	3.23	3.56	8.42	5.98	6.46	4.72 (86.6)	6.25	4.9 (101.5)	3.62	5.94
	底	16.28	5.01	3.88	3.4	8.08	6.63	5.82	5.05 (82.8)	5.21	4.8 (98.7)	4.55	5.59
4 {	0	16.75	5.17	2.75	4.21	8.25	6.46	5.23	4.37 (81.7)	5.78	5.0 (102.5)	4.77	5.24
	底	17.05	4.53	3.56	4.21	7.60	6.63	5.98	4.94 (86.9)	4.69	4.7 (94.7)	4.25	5.24
5 {	0	16.15	5.23	4.21	4.37	7.76	6.46	6.31	4.43 (81.3)	5.96	4.7 (96.1)	4.61	5.59
	底	21.85	5.17	2.10	4.37	6.63	6.31	5.82	5.34 (97.3)	4.92	4.5 (90.6)	4.77	5.42
6 {	0	17.36	5.82	4.85	4.21	3.07	7.12	4.69			5.0 (102.2)	4.61	5.24
	底	16.87	4.69	2.91	4.53	7.93	6.31	6.31			4.5 (90.8)	4.45	5.27
7 {	0	16.75	5.01	3.72	2.91	2.91	6.46	5.98	4.42 (81.3)	5.38	4.4 (90.2)	4.66	4.43
	底	14.66	—	4.04	4.04	8.08	6.79	6.14	5.11 (82.5)	4.58	4.5 (90.1)	4.18	5.30
8 {	0	19.45	4.53		4.85	6.63	6.14	5.66	4.33 (79.2)	5.53	4.3 (88.4)	4.02	4.89
	底	20.35	5.17	3.88	2.75	8.25	6.95	5.82	5.11 (91.4)	3.96	4.2 (84.4)	4.26	4.99
9 {	0	20.05	4.85	1.45	4.53	8.08	6.31	5.50	3.75 (67.3)	5.76	4.0 (101.2)	3.92	4.89
	底	20.94	6.92	2.59	5.66	8.42	6.63	5.82	4.66 (85.3)	5.06	4.3 (86.5)	4.26	
10 {	0	18.85	6.14	0.97	4.85	8.25	5.98	5.98	2.97 (53.3)	7.18	5.3 (109.2)	3.97	5.13
	底	19.27	5.50	2.59	4.21	8.08	6.46	5.98	4.77 (85.3)	4.28	4.6 (92.4)	4.24	4.87
11 {	0	22.26	5.17	2.59	5.66	8.25	6.63	6.79	4.66 (85.1)	6.02	4.8 (99.7)	4.45	5.48
	底	20.94	5.01	2.91	4.85	8.57	6.95	6.46	5.24 (93.6)	4.86	4.8 (96.1)	4.24	5.42
12 {	0	21.54	5.01	3.72	4.04	8.57	6.95	5.66	4.77 (87.2)	5.54	5.0 (102.0)	4.61	5.38
	底	14.66	5.82	3.88	6.46	8.57	6.46	5.98	5.33 (97.2)	4.63	4.0 (80)	4.40	5.36
13 {	0	13.46	5.82	4.04	4.69	8.25	7.28	6.79	5.69 (100.2)	5.55	4.9 (99.3)	4.77	3.73
	底	19.15		3.88	7.60	8.42	6.79	5.98	5.36 (96.2)	4.47	4.6 (92.8)	4.77	(4.98 5.48)
14 {	0										5.4 (111)		
	底										4.3 (86.7)		

附錄第12表 KMnO<sub>4</sub> 消費量 (mg/L)

St	月日		26. 9. 13	11. 19	12. 19	27. 1. 17	2. 29	3. 20	5. 15	6. 20	7. 31	9. 5	10. 6	11. 11	12. 3
	1	0	底	13.16	10.40	7.95	10.24	3.625	9.62	9.74	10.2	10.54	5.86	5.16	5.51
			13.18	13.00	7.85	5.4		5.17	13.39	7.8	4.42	12.77	10.40	6.76	3.65
2	0	底	13.18	8.6	10.28	12.40	4.018	5.06	11.50	12.9	9.13	5.58	5.92	18.26	8.92
			12.02	10.4	7.21	7.65	2.353	3.62	8.11	12.0	3.79	6.19	5.62	9.85	8.92
3	0	底	10.29	8.2	8.06	10.82	7.728	5.38	11.88	14.0	11.59	9.32	4.48	8.64	8.11
			22.15	8.7	6.25	5.49	3.625	6.41	10.74	8.9	8.89	8.82	5.90	9.54	8.21
4	0	底	17.10	9.5	6.05	11.38	4.801	6.82	16.41	11.5	13.94	9.32	6.17	17.42	5.48
			16.46	12.1	8.80	13.42	4.60	3.51	8.48	15.2	5.30	5.32	3.48	8.89	9.12
5	0	底	10.9	11.3	8.48	9.23	11.75	4.75	15.78	16.2	13.36	7.34	6.68	9.65	8.11
			9.49	10.4	8.90	7.47	4.80	2.59	9.99	17.3	8.23	4.88	4.65	9.48	9.32
6	0	底	18.2	10.4	10.91	6.51	60.99	4.55	28.11			5.68	3.01	24.09	15.19
			18.19	9.8	8.70	10.75	4.70	3.10	19.05			7.84	5.58	7.60	9.12
7	0	底	10.6	11.3	10.17	78.8	64.70	13.24	10.74	12.0	16.10	19.39	8.96	48.76	40.68
			13.82	12.1	6.89	6.59	5.29	4.24	9.36	14.1	5.02	9.32	5.58	8.01	11.25
8	0	底	20.55	10.7	7.95	7.05	17.52	4.96	10.62	10.7	13.43	21.32	8.29	22.23	15.19
			22.6	13.2	8.37	7.93	4.41	5.48	11.63	13.6	5.63	7.82	4.90	9.94	12.36
9	0	底	8.54	9.5	7.63	8.89	6.07	5.58	10.23	10.7	16.10	9.82	6.09	6.34	11.85
			14.52	4.3	8.06	7.42	2.75	3.00	10.62	8.3	7.09	8.33	9.22	3.79	16.81
10	0	底	12.09	9.5	8.27	8.85 16.73	5.09	4.34	11.25	14.1	17.26	7.01	7.02	7.81	7.10
			14.55	7.8	7.32	5.59	4.996	5.89	15.40	11.1	5.62	12.01	5.07	6.97	8.31
11	0	底	9.09	8.6	7.63	8.58	5.09	4.65	9.49	11.5	9.49	11.10	6.43	8.06	7.30
			8.23	7.8	7.11	7.75	4.60	4.03	10.74	10.2	8.56	7.10	6.43	8.64	11.04
12	0	底	11.08	13.9	7.42	8.03	3.33	6.20	10.49	13.3	14.32	7.5	7.61	8.85	3.86
			14.0	5.9	9.11	7.57	2.75	1.65	13.51	14.6	8.26	5.32	6.43	11.05	8.11
13	0	底	10.84	10.2	8.37	8.20	7.07	5.69	10.24	11.2	11.44	7.5	7.19	10.31	6.69
			12.08	8.0	8.37	5.54	4.21	3.59	8.23	11.5	8.89	5.53	8.03	10.42	8.92
14	0	底										7.51		7.60	
												6.19		6.13	

附録第13表 泥のKMmO<sub>4</sub>消費量及び灼熱減量 (mg)

年月日	2 6 年			2 7 年										
	9.13	11.19	12.19	1.17	2.29	3.20	5.15	6.20	7.31	9.5	10.6	11.11	12.3	
過マンガン酸加里消費量 mg 乾泥1g	1	7.06	9.11	8.95	3.47	19.86	11.73	13.91		10.99	19.85	13.54	15.48	16.18
	2	7.08	9.76	12.06	10.12		8.60	7.32		11.38	20.21	13.94	14.48	15.11
	3	6.45	12.21	11.31	10.16	7.66	6.35	20.20	15.6	23.08	19.10	19.81	13.26	5.72
	4	6.44	11.57	13.46	3.93	11.61	8.74	15.83	21.4	20.53	14.99	20.53	16.77	14.48
	5	10.12	11.20	16.71	7.61	19.64	13.20	15.03	19.3	18.52	18.58	22.28	16.78	11.69
	6	11.50	6.25	14.31	7.92	9.95	13.55	7.64			20.54	23.68	20.01	21.65
	7	7.66	9.51	16.84	32.51	11.09	8.41	3.46	16.8	28.35	6.26	17.81	8.26	16.74
	8	5.51	8.35	15.04	7.54	8.84	16.73	11.25	22.3	14.46	9.29	23.95	8.58	11.82
	9	5.68	6.98	9.34	10.14	8.56	3.02	2.79	7.2	20.71	9.34		11.79	17.50
	10	5.71	5.83	8.80	14.46	12.80	23.14	26.78	19.9	31.35	32.78	31.71	27.93	27.26
	11	5.32	13.32		4.58	7.23	7.36	21.13	25.8	30.82	13.28	19.88	17.73	11.09
	12	4.95	10.93	9.20	6.50	20.92	17.40	18.65	20.3	22.47	13.76	24.44	15.37	14.91
	13	4.85	7.61	15.86	10.56	19.60	7.98	13.04	17.0	23.58	14.59	17.89	14.31	9.34
	14			10.24		9.10					10.51		16.94	
灼熱減量 %	1						13.91		9.33	10.2	9.51	9.48	10.92	
	2						7.32		7.82	10.3	10.11	8.81	10.46	
	3						20.22	15.6	11.27	10.4	10.86	11.41	6.51	
	4						15.83	21.4	9.98	9.6	10.37	11.58	11.03	
	5						15.03	19.3	10.43	10.0	10.81	10.60	8.31	
	6						7.64			7.7	10.25	9.02	11.49	
	7						3.46	16.8	10.10	3.2	7.93	2.76	8.14	
	8						11.25	22.3	9.97	5.6	9.62	9.48	10.09	
	9						2.79	7.2	6.29	5.4		6.41	10.28	
	10						26.78	19.9	7.32	12.9	11.07	11.92	12.37	
	11						21.13	25.8	11.03	9.8	11.05	10.41	10.46	
	12						18.65	20.3	11.59	9.6	11.87	9.05	10.33	
	13						13.04	17.0	6.46	9.1	10.85	10.60	9.34	
	14									10.4		10.69		

附録第14表 7月31日 (12.15—1.05)

St	水深	透明度	水温	Cl %	O <sub>2</sub> mg/L	KMnO <sub>4</sub> 消費量	PH	泥カメレオン量	灼熱減量	B	PI
	m	m	°C			mg/L					
1	0	4	22.6	17.63	5.378	7.0	8.0	6.64	11.01		
	1		22.8	17.63		7.3	8.0				
	11		21.4	17.63	4.627	6.5	7.8				
2	0	4	23.0	17.49	5.089	3.2	8.0	27.14	12.08		
	1		22.6	17.63		7.4	8.0				
	10		21.2	17.78	4.916	8.6	以下				
3	0	4	23.2	17.49	4.858	5.0	8.0	26.54	12.51		
	1		22.7	17.63		5.9					
	9		21.5	18.07	4.222	4.3					
4	0	4	23.2	17.63	4.685	7.0		22.53	10.71		
	1		22.9	17.63		7.4					
	9		21.8	17.75	4.627	3.7					
5	0	3.4	23.0	17.49	5.089	9.8		22.98	11.75		
	1		23.0	17.52		5.0					
	11		21.8	17.78	4.742	11.6					
6	0	4	23.0	17.49	4.974	5.3		23.04	10.55		
	1		22.8		9.2						
	12		21.8	17.69	4.869	5.0					
7	0	4.5	23.0	17.63	4.742	12.6		22.96	11.19		
	1		23.2	17.63		6.0					
	12		21.8	17.78	5.217	5.0					
8	0	4	23.2	17.54	4.627	8.9		21.10	11.33		
	1		23.0	17.49		7.7					
	10.5		21.8	17.78	4.685	12.2					
9	0	4	23.3	17.78	4.962	7.4		20.46	11.31		
	1		22.4	17.63		7.8					
	10		21.7	17.63	4.164	4.1					
10	0	3.8	23.0	17.49	4.338	4.8		23.91	12.21		
	1		22.6	17.63		4.3					
	5		22.0	17.63	4.280	5.9					

附録第15表 9月5日 (2.40—3.14)

St	瓶	Cl	KMnO <sub>4</sub>	PH	泥	透
1	42	17.19	11.29	8.0	(27.89 17.0)	2.0
2	43	17.34	13.10	8.2		
3	44	17.79	6.36	8.0		
4	45	17.49	12.70	8.2		
5	46	17.34	11.44	8.2		
6	47	17.34	8.82	8.2		
7	48	17.49	12.11	8.2		
8	49	17.34	8.33	8.2		
9	50	17.34	8.66	8.2		
10	51	17.34	8.49	8.2		
11	52	17.34	7.11	8.2		
12	54	17.19	9.22	8.2		
13	55	17.34	11.45	8.2		
14	56	17.34	14.60	8.2		
15	21	17.34	10.13	8.2		
16	58	17.49	14.49	8.2		
17	59	17.49		8.2		
18	60	17.49	9.15	8.2		
19	61	17.19	7.84	8.2		
20	71	17.49	6.19	8.0		

附第16表 広湾の主なベントス

測点	年月 26年		27年		3月	5月	6月	7月	9月	10月	12月
	11月	12月	2月	3月							
1	N.P	P	P.S.Sa	P.S.St	N.P.St	M.P	P.St	Br.P	A.P	—	
2	N.P	N.Ne.P	P.S	N.P.S.St	N.P	M.P	Br.P.St	A.Br.St	A.P	G.P	
3	P	P	P	P.Sq	N.P	M.N.P	Br.P.St	A.P.Sa	Br.P	B.P	
4		P	g.P.S	P	C.N.P		M.P	M.P	M.N.P	P	
5	P	P.S	N.P.Z	P.S	P	P	M.P	M.P	M.P	P	
6	P	N.P.S.Z	P.Sp	L.N.P	C.N.P	G.N.P		B.M.P	P	A.M	
7	P	P.S.Sa	g.N.P	N.P.S	B.N.P	P	—	—	—	—	
8	P.S	P	P.S.Sa	G.P.S	C.G.P	N.P	—	—	—	—	
9	P	P.Sa	g.P.Sa	P	N.P	D.P	Br	Br		—	
10	P	P	P.S	P.S	P	M.P	M	M	M.P	—	
11	P	N	N.P.S	G.P.S	N.P		P	P	M.P	C	
12	P	P.T	P	Me.P.S	N.P		P	P	M.P	B.G	
13		N.Sa.Z	P	P	B.N.P		Br.P.St	M.P	A.P	B.P	

備考

略号

Mollusca	
Br	Brachidontes ホトトギス
M	Myaarenaria オオノガヒ
B	Batillarea ウミニナ
S	Soletellina フヂナミ
N	Nerita アマガヒ
g	gapenthrina イソニナ
L	Lunella スガヒ
Annelida	
St	Sternapsis ダルマゴカイ
P	Pachydrilus ヒメミミズ

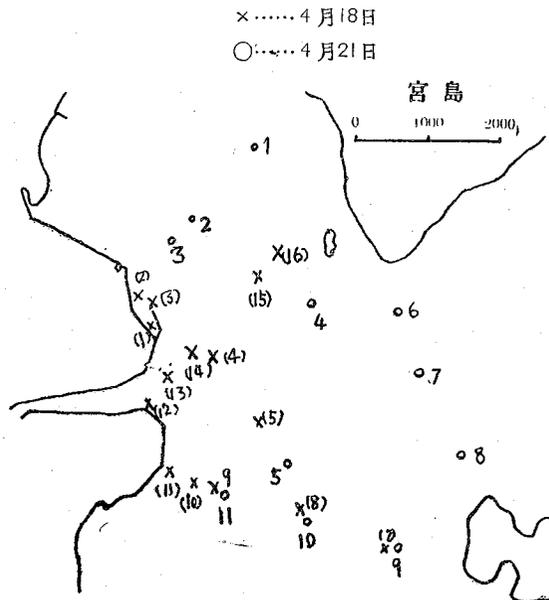
略号

Ne	Neries	ゴカイ
Sa	Sabelastarte	キヤリムレ
G	Glycera	チロリ
A	Arabella	セグロイソメ
Echinodermata		
Z	Zygophina	クモヒトデ
T	<del>Schizaster</del> <del>Tripanistes</del>	フンフクヤカマ シラヒガクニ
Larva		
Sq	Squilla	シヤコ
C	Crustacea	節足類
D	Decapoda	十脚類

附録第17表 4月18日 観測のもの

位置	時間	表面水温 °C	塩分	シグマ・タウ
1	10時	15	15.09	0.032
2		16	13.98	0.068
3		14.5	16.76	0.010
4		15	16.63	0
5		15	16.31	0.008
6		14.5	16.55	0
7	11時	13.5	17.52	0
8		15.5	16.63	0
9		16	16.24	0.003
10		16	8.49	0.018
11		16	12.87	0.010
12		15.5	6.98	0.010
13		15	6.56	0.014
14	11時40分	16	7.04	0.013
15		16	16.43	0.005
16	11時50分	15.5	16.37	0.006

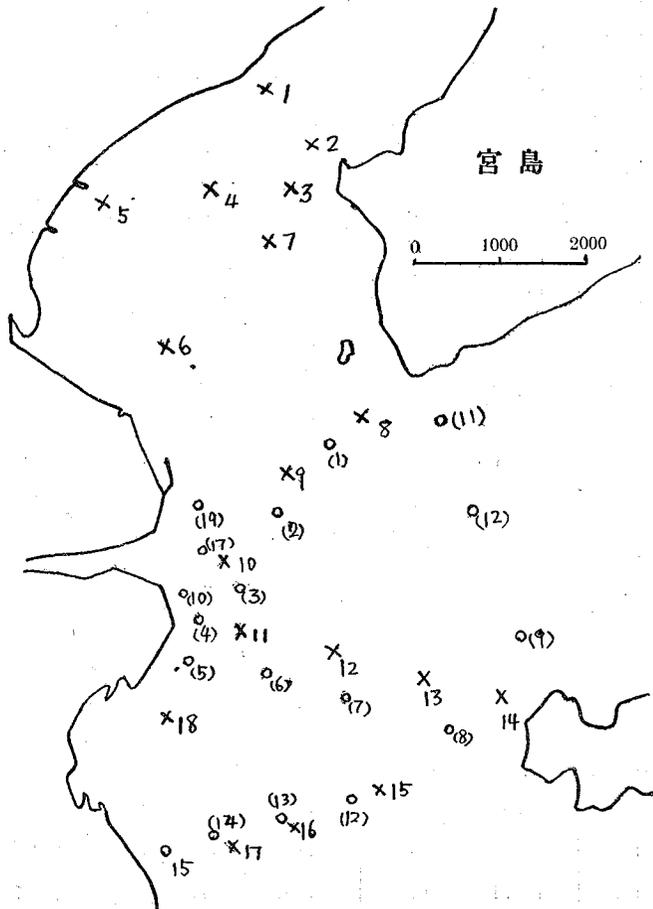
附録第12図の1



附録第18表 4月21日観測のもの

位置	時間	流 向	流 速 (m/hour)	表面水温	塩 分	リゲニン	5m 水 温	塩 分	リゲニン
1	9.45	220	468	14.1	16.84	0	12.4	17.96	0
2	10.7	220—20	252	14.0	17.30	0	12.8	17.79	0
3	10.25	220—320	768	14.2	17.30	0.001	13.0	17.79	0
4	11.15	320	680	14.6	16.99	0.001	12.8	17.90	0
5	11.37	340	885	14.8	16.87	0.001	13.0	17.79	0
6	1.13	340	630	14	17.49	0	12.8	18.05	0
7	1.28	340	477	14	17.46	0	12.7	18.08	0
8	1.43	300	338	14.6	17.14	0	12.8	18.02	0
9	2.00	320	293	14.3	17.29	0	13.2	18.05	0
10	2.25	20	101	15.0	17.02	0	12.9	18.02	0.004
11	2.50	340	59	14.5	17.17	0	12.6	17.96	0

附録第12図の2 ○……4月22日 ×……4月26日



附録第19表 4月22日観測のもの

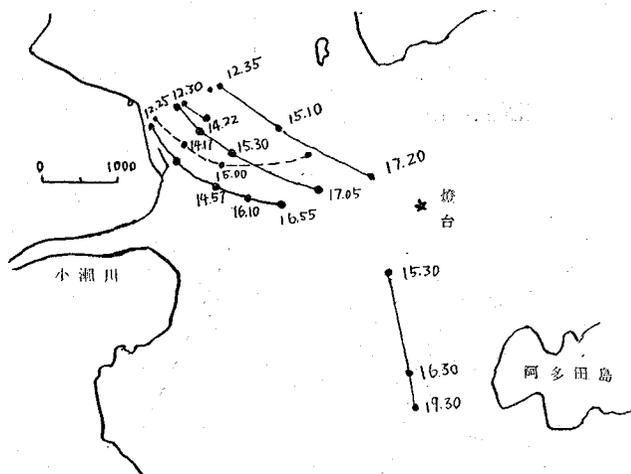
位置	時間	表面水温	塩分	リゲニン	5米水温	塩分	リゲニン	流向	流速 (m/hour)
1	9.15	14	17.46	0	13.1	17.73	0		
2	9.25	14	17.46	0	13.1	17.76	0		
3	9.30	13.8	17.46	0	12.8	17.93	0		
4	9.37	13.9	17.37	0	12.8	17.90	0		
5	9.48	13.9	17.37	0	12.9	17.79	0		
6	9.54	14.0	17.64	0	13.3	17.49	0.001		
7	10.02	14.0	18.88	0	13.1	17.79	0		
8	10.12	14.0	17.76	0	13.0	17.67	0		
9	10.28	13.6	17.76	0	12.8	18.11	0		
10	10.42	14.0	15.84	0	12.9	17.99	0		
11	10.52	14.1	17.61	0	13.0	17.99	0		
12	11.28	14.5	17.46	0	13.1	18.05	0		
13	12.35	14.5	17.43	0	13.0	17.90	0		
14	12.45	14.8	17.23	0	12.9	17.79	0		
15	12.50	14.8	17.05	0	12.65	17.17	0		
16	1.23	14.3	8.80	0.001	12.9	17.76	0.001	330	210
17	1.36	14.4	12.72	0.001	13.2	17.67	0.001	330	48
18	2.00	14.5	6.36	0.001	13.0	17.93	0	表面 40 16	168 718
19	2.25	14.3	17.17	0.001	13.0	17.90	0	340	493
1	2.45	14.4	17.61	0	13.0	17.64	0		
2	2.52	14.5	17.46	0	13.0	17.67	0		
3	3.03	14.8	13.14	0	13.0	17.79	0		
4	3.12	15.0	1.59	0	13.2	17.76	0		
5	3.18	15.1	8.98	0.002	13.0	17.75	0		
6	3.26	15.1	9.13	0	13.1	17.58	0		
7	3.32	14.9	12.73	0	13.1	17.76	0		
8	3.44	13.9	17.76	0	13.0	17.90	0		
9	3.56	13.8	17.90	0	12.8	17.99	0		
10	4.05	13.8	17.87	0	12.8	17.90	0		
11	4.15	13.8	17.67	0	12.8	17.90	0		
16	4.53	14.5	14.96	0.002	12.9	17.05	0	220	219
	5.10	14.3	6.33	0.003	12.9	17.99	0	20	134
18	5.27	14.3	5.08	0.009	12.7	17.85	0	340	265
19	5.45	13.5	17.14	0.002	13.0	17.79	0.002	320~169	67

附録第20表 4月26日観測のもの

位置	時間	表面水温	塩分	リグニン	5米水温	塩分	リグニン
1	2.00	14.5	17.85	0	13.5	17.87	0
2		14.5	17.88	0	13.5	18.02	0
3		14.5	17.90	0	13.5	17.96	0
4		14.6	17.91	0	13.5	17.99	0
5		15.2	17.76	0	13.7	17.94	0
6		14.5	17.83	0	13.6	18.00	0
7	3.25	14.4	18.05	0	14.0	18.12	0
8		14.5	18.03	0	13.8	17.99	0
9		15.0	16.87	0	13.5	18.05	0.001
10		15.6	14.98	0.003	13.5	18.02	0
11		14.7	16.40	0.001	13.5	18.12	0
12		15.0	17.32	0	13.5	17.94	0
13	15.0	18.11	0	13.7	18.05	0	
14	13.8	18.02	0	13.0	18.12	0	
15	14.5	17.94	0	13.5	17.76	0	
16	14.5	17.89	0	13.5	18.05	0	
17	14.5	17.21	0	13.5	18.07	0	
18	4.40	14.5	17.83	0	13.8	18.02	0

附録第13図 漂流瓶の流れ

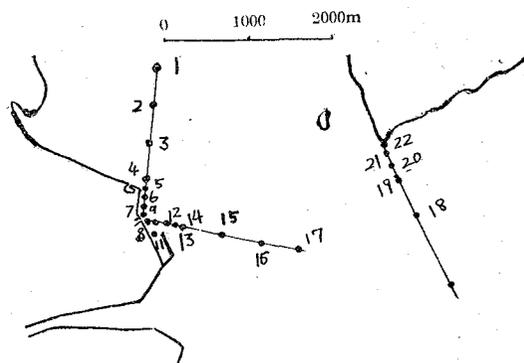
点線 水深 50cm  
 一線 // 100cm



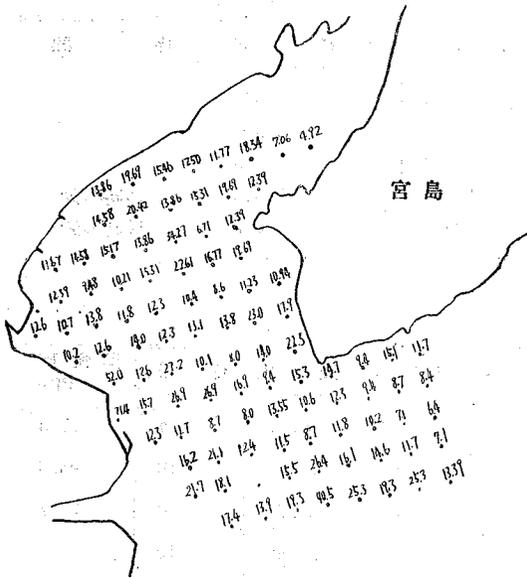
附録第21表 (附録第14図参照)

St	水門より の距離	水深	泥		水		底棲生物	備考
			KMnO <sub>4</sub> 消費量	灼熱減量	Cl %	KMnO <sub>4</sub> 消費量		
1	2,000	17.5	26.10	13.6	17.18	37.4	うみみみづ、多毛類ラーバ	
2	1,500		25.46	3.8	17.19	12.2		
3	1,000		26.62	13.0	17.12	7.7	ウミミミズ、ゴカイ	
4	500		26.24	11.5	17.04	13.6	ゴカイ、多毛類ラーバ	
5	300	11.2	16.97	6.6				砂粒大きい
6	200	10.0	15.74	5.0	17.04	15.2		"
7	100	11.5	45.58	9.7			なし	
8	直前				16.89	30.5	ウミニナ	
9	水門前				16.89	23.5		
10	100	10	71.72	15.5				
11			7.72	2.5			クモヒトデ	貝小石多し
12	200		8.66	3.0	17.04	19.1	ヒトデ、クモヒトデ	"
13	300	18	24.21	10.7			ゴカイ、ウミミミズ、フナムシ	
14	500		29.89	11.3	17.18	23.7		
15	1,000		24.89	12.8	17.13	18.6		
16	1,500		25.21	12.1	17.24	14.5		
17	2,000		24.53	13.1	17.19	16.6		
18	1,000		19.51	12.3				
19	500		23.81	12.7				
20	300	25	21.09	12.9				
21	100		0.82	12.4				
22	直前		47.33	22.1				貝多し

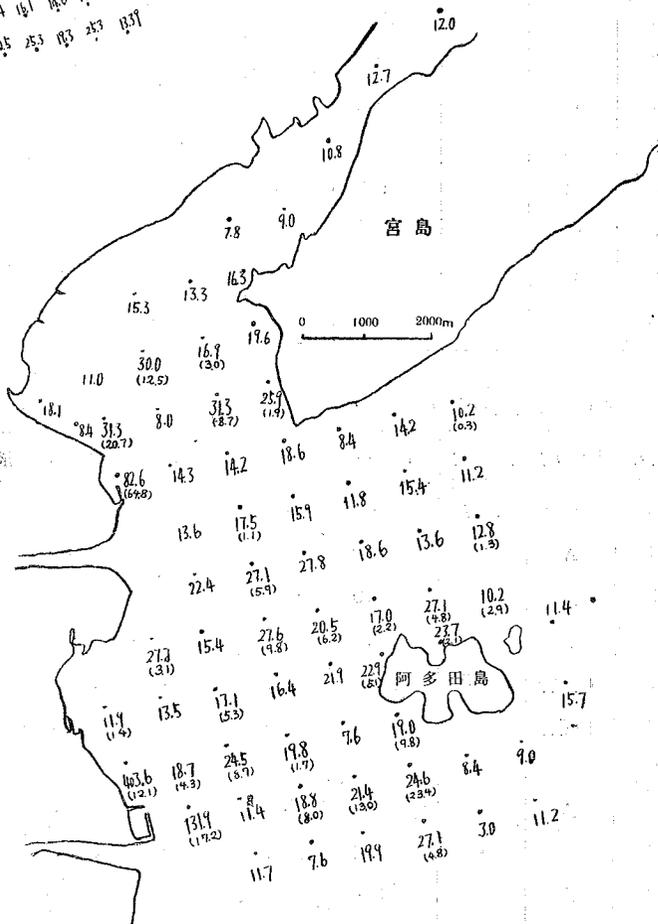
附録第14図



附録第15図



附録第16図



附録第22表 観測及び実験の結果

2月16日観測のもの

瓶番号	場所	温度	P. H	O <sub>2</sub> (%)	リグニン	時間
57	B	10.0	9.6	54.5	0.046	
53	D	9.5	7.0	73.7	0.006	
52	E	7.0	7.0	99.3	0	
51	K	7.5	7.2	105.2	0.003	15時20分
54	F	9.1	7.8	96.6	0.002	16時30分

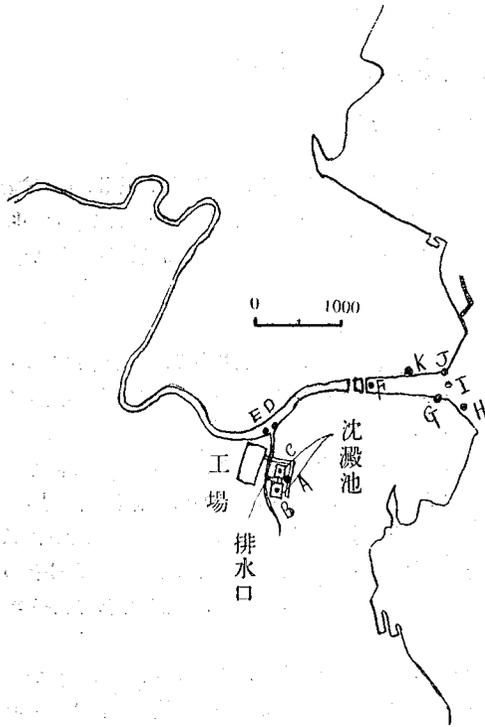
2月27日～3月2日観測のもの

瓶番号	場所	温度	P. H	O <sub>2</sub>	Cl ppm	リグニン	液色	時間	浮游物 ppm
1	H		9.2		0	0.029	0.040	4時	18.3
2	C		10.0		0	0.360	0.340	18	95.0
3	I		9.5		0	0.024	0.025	9	71.7
4	C		9.2		0	0.005	0.035	12	
5	A		8.4		79.9	0	0.008	16	
6	G		6.8		37.4	0.009	0	18	
7	C		6.6		21.9	0.004	0.025	21	
8	F		8.8		0	0.030	0.010	21	
9									

3月3日観測のもの

瓶番号	場所	温度	P. H	O <sub>2</sub>	Cl ppm	リグニン	液色	時間	浮游物 ppm
23	C	11.7	9.8	89.3	0	0.213	0.107	10時	255.0
24	A		9.0		0	0.013	0.050		
22	D	9.8	9.0	98.2	0	0.008	0.037	10時30分	
13	I		8.4		0	0.007	0.006		16.7
16	J表層	8.0	8.8	98.2	0	0.015	0.009		35.0
19	J底層	9.0	8.9	96.5	0	0.017	0.015		83.5
20	C		9.8 以上		0	0.446	0.504	12時30分	203.0
21	B		9.8		0	0.650	0.700		
17	D	10.4	9.4	71.1	0	0.293	0.207		
18	E		8.6		0	0	0		

附録第17図



附録第23表 (1月7日)

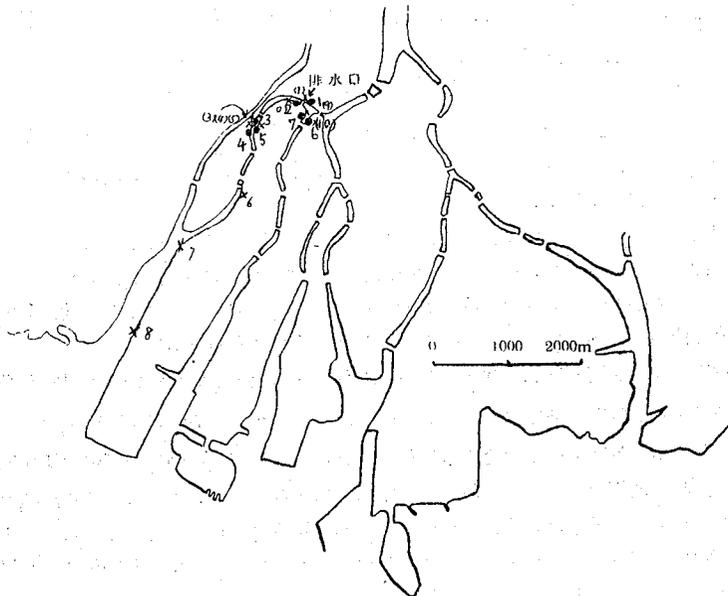
St	KMnO <sub>4</sub> 消費量	リグニン
1	288.005	0.212
2	0m	0.075
	1m	0.61
3	65.740	0.057
4	12.929	0
5	44.130	0.03
6	18.00	0
7	17.339	0.001
8	12.047	0

附録第24表 (2月24日)

St	P. H	Cl	KMnO <sub>4</sub> 消費量	リグニン
1	7.0	1.39	26.60	0.028
2	7.0	0.83	11.51	0
3	7.2	2.92	13.60	0.003
4	7.2	2.22	10.32	0.006
5	7.2	2.61	21.93	0.031
6	7.2	7.09	15.98	0.009
7	7.2	9.57	18.96	0.008
8	8.0	16.74	9.63	0.001
9	7.2	1.81	7.84	0.001
10	7.2	1.85	8.44	0

附録第18図

●..... 1月7日    ×..... 2月24日



## 廃水の被害算定と被害予想に就て

新 田 忠 雄

工場廃水問題に関連して水産業の立場から要求される問題をあげると(1)廃水による被害の損害額の算定と被害防止の対策(2)廃水の被害予想とその対策の検討(3)斃死魚による死因の解明の3つである。この問題の内(1)と(2)についてこれまで述べた事から解決策を一応考え得ると思うのでその方法に就て述べたい。尚被害の対策には言及しない。

### (1) 廃水の被害算定

北海道の五十嵐氏等の研究は泥による被害面積を計算し、その損害額を求めて居られる。水産業にとってはその被害面積を何かの方法で計算する事が出来れば問題の解決には相当役にたつ事と云える。泥の問題も重要であるが、一般の水域に於ける被害算定方式を考えてみたい。

これまで述べて来た方法は次の三つの事項である。第一は廃水の影響分布範囲を明にする事である。第二は生物の被害の限界濃度を求める。その限界濃度を第一の分布範囲の上に求めて、その被害面積を計算する。第三は第二の被害面積に対し、点検の意味に於て泥の影響地域、生物相の状態を調査する。勿論理想的に云えば、この点検は水産物の漁獲減少を対比することが必要であるが、これは非常に困難な事であり、今私の持つ知識では把握出来ない問題と考えている。若し今後の研究でこれが可能なら、更に価値の高い結論を得る事が出来る。

廃水の影響分布範囲を決定する為にはその水域の状態のちがいで各々別な方法によらなければならない。即ち、問題が河川なら河川として、海にしても、入江か湾か島蔭か或は又別に障碍のない海岸かによって選ってくる。一応ここでは外洋に直接臨む海岸として考えたい。

海に於ける廃水の分散はこの研究の(10)の4式で述べたが、

$$Z - Z_c = \frac{mA}{x} - \frac{mA}{xc}$$

この式で  $A = \frac{b}{\mu k}$  であり、 $Z$  は排水口から離れた地点の廃水を示す値、 $Z_c$  は廃水のない海水で示す値、 $n$  は廃水の原液の値、 $xc$  は廃水影響限界点迄の距離、 $b$  は廃水の単位時間の水量、 $k$  は地形等によって現われる廃水分散形に応じた定数で若し半円形なら  $\frac{\pi}{2}$  となる。 $\mu$  は廃水拡散に関する定数である。そこでこれに必要な数値は観測或は調査によって求める事が出来る。

ここで述べた  $Z$ 、 $Z_c$ 、 $n$  の値はその工場の廃水に応じて何を用いるかを決定しなければならない。若し有機物を多量に含む廃水であれば過マンガン酸カリ消費量が適当である。しかし有機物をあまり含まぬ廃水では何か適当なものを選ばねばならない。

観測は工場前面の水域を基板目又は放線状に区分して測点を決定する。採水は成るべく迅速な方法でその全域にわたって行うことが望ましい。水質分析の結果から分散図をえがき、又計算から  $\mu k$  を求める事が出来る。この式により一応模型的なその場に於ける分散状態を明かにする事が出来る。前にも述べたようにこの分散区域に潮流其他の条件が加味されて実際の変形した状態を示すのである。

次に第二の生物による影響限界点の決定である。これには魚類を用いた嫌忌量の測定が必要である。勿論必要なのは嫌忌量よりもむしろ不好量であるが、前に述べたように、不好量を嫌忌量の  $\frac{1}{10}$  として一応求める事にする。これは出来れば不好量を直接求めればよいのであるが、嫌忌量の測定は比較的簡単であるのに反し、不好量は極めて面倒な為、これを何時でも求める事がむづかしいからである。魚類では一応この嫌忌量及び不好量を目標として分散図の上にその濃度に応じて排水口からの距離を求める事が出来る。若し廃水問題の対象が特定のもの例えば貝とか海藻等であるなら、その対象の貝なり海藻なりを直接使用して、その被害濃度を決定する事が望ましいと考えられる。

第三にのべた調査はCI曲線による泥の汚濁調査、岸壁生物の調査、その他プランクトン・ベントス、又藻場の調査を行ない、前に求めた生物の影響水域との比較検討を行なう事である。

これまで述べた事は一般の水族、ことに魚類が対象であるが、貝や海藻を対象とした時には泥の汚濁を重視する必要が出来る。泥についてはCI曲線によってその影響地区を決定し、ベントスの状態とも比較してその被害地域の算定を行ひ得るものと考えている。

## (2) 廢水の被害豫想

J. P. Tullyは<sup>(3)</sup>パルプ工場の被害予想をAlberni Inletに対して行なつた。まづ海洋学的調査によってこの入江の水の流動状態を明かにし、模型によって入江の一番奥に於て如何なる流動を廢水が行なうかを論じ、最後に予想される廢水の被害を推論して最良の方法はサルファイトパルプを止めてサルフェイト法に切りかへる事だと結論している。工場廢水の被害予想を如何なる手順によって行なうかが極めて問題であるが、全く新規な種類の工場でなければその地形に応じた方法によって解釈し得るものと考えられる。

工場廢水問題をまだはじめる以前、昭和25年の夏、広湾に新設を予想される工場に対する被害予想の依頼を受け、その検討を行つた。その後、工場廢水の研究を引續いて行ない、種々の知見を得、新しい解決法を知る事が出来た。この工場はその後昭和27年1月頃より操業をはじめ、その廢水の影響も現われて来ている。被害予想の方法に関し、この問題を中心として見解を述べてみたい。

### (イ) 昭和25年行なつた広湾の新設工場被害予想に就いて

呉市大町に用地97,000坪の新設クラフトパルプ工場の誘致問題が進められていた。この工場は5屯の木釜2台を準備し第一次クラフトパルプ1万屯と計画された。計画によれば風乾パルプ1日33ton、用水6,600tonである。尙これはアルカリ回収の設備と容量1,000tonの沈澱池を計画してあつた。

この工場の被害を推定する為仕事を次の様に区分した。まづ広湾の海況調査により水の流動を考えた。又模型実験により廢水の分散状態について考えた。更に被害が如何なる点で起るかを検討し分散状態を加味してその結論を導いた。従つてTullyの方法とあまり差のない考えかたをとつたわけである。

海況調査の結果についてはこの報告の(11)に於いてすでに述べたが、凹入部の水の置換が極めて悪いことを論じた。

模型実験は $\frac{1}{500}$ の模型をつくり、自淨作用により一日に回復し得る濃度が1日に増加する距離を求める為距離と1日に増加する廢水量との関係を考察し、又着色液による分散形態を調査した。

被害に就ての考察は廢水の内容を無機物、浮游物、有機物の三つに分けて考察した。まづ第一に推定する必要のある事はアルカリ回収の為廢水が濃縮燃焼されるが、この結果廢水として棄てられる水の中に尙残される木釜の廢液はどの位入っているかを考える事であつた。そこでこの為種々の参考資料を用いて計算しはじめの木釜廢液の中1.04~10.75%が排水口から流れ出る廢水中に入っていると計算した。

次にそれならこの中にどれだけの無機成分を含むかを計算した。無機成分としては、NaOH、Na<sub>2</sub>S、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>等があるが、それらの致死量とも比較して無機成分としては致死量に達しないと結論した。次に浮游物であるが、パルプ屑の水中に於ける沈降速度を実験的に求め1,000tonの池で1日8,000tonの廢水が流れた時充分パルプ屑を沈降する事が出来るかと推定した。最後に有機物であるが、木釜の液60万ppmからの計算によればBODが325~4,590ppmと云ふ廢水だと考えられる。そこでこの廢水は有機物による害があるものと判断して、1日の廢水の注入によるBODの増加が0.5ppmならば自淨可能の濃度であり、その距離は750~2,240mと計算した。

結局凹入部は汚濁の被害を受け、それより外に出ると広湾の還流があり持ち去られるから少なくとも凹入部内は被害の可能性があらうと結論した。

以上の説明の内BODを重視した事はたしかに大きな間違であり、又模型実験にかなりの無理があつた事も考へている。

### (ロ) 影響水域と不好量により計算する被害予想

$Z-Z_c = \frac{nA}{x} - \frac{nA}{x_c}$  に対して山陽パルプと同じ定数を与える事が疑問であるが、一応計算を進める為

のままを用いてやってみよう。Zはソーダパルプの嫌忌量 170ppmから  $Z=17$  とした。 $Z_c=10\text{ppm}$ 。nは Chesleyの方法<sup>(4)</sup>でBODから計算し523~7,386ppmとした。 $b=5.55\text{ton/min}$   $\mu$ が問題であるが一応1.14mをとった。尙 $x_c$ は $\infty$ として計算した。

$n=523\text{ppm}$ なら $x=364\text{m}$   $n=7,386$ なら $x=5,137\text{m}$ となった。

$x_c$ が更に短かければ $x$ は小さくなる。

#### (v) 実際の操業結果よりの計算

実際工場が開始されて得られた $n$ は189ppmであった。これは廃水処理をはじめの計画以外に何か行っているのではなからうかと思う。それでなければ従来一般に云はれているよりも更に木釜廃液の有機物が少ないのかもしれない。いづれにせよ廃水処理はよく行われ従って $n=198$ として $x_c=\infty$ を計算すると $x=138\text{m}$ となった。前に述べたように $x_c=300\text{m}$ とすれば $x=94\text{m}$ である。この工場の被害はまだ検討が不充分であるが、94~138mの間に被害の限界があると見てよさそうにも思っている。

上記の三つの結果について考えてみると、まづBODを重視する事はこれまで度々説明を加へたように此の場合適当とは考えていない。次に廃水の性質を適確に握る事が廃水の被害予想には極めて重要な事である。 $n=189$ と $n=523\sim 7,389$ の間には大きな開きがあつて被害面積も全く変つて来るからである。

全く新規の種類工場では困るが適当な同種の工場の廃水から大体確実な廃水を得れば被害予想は立て得るものと考えている。

#### 参 考 文 献

- (1) 五十嵐 彦 介 堰堤排出の泥土による水産被害調査 北水試月報, 9.1.
- (2) " マンガン鉱山排液の鉄害調査 " 9.9.
- (3) Tully Oceanography and prediction of pulp mill pollution. Fish R. Bo. of Canada B No83. 1949
- (4) Chesley 産業廃水のBODと化学的試験との相関々係 Tappi 1951年2月