

# 工場廃水に関する研究 (第4報)\*

新田 忠雄・荒川 清・杉本 仁弥  
藤谷 超・伊賀原弥一郎・千国 史郎

## Study on pollution by Industrial Sewage (IV)

T. NITTA, K. ARAKAWA, H. SUGIMOTO, M. FUJIYA, Y. IGAHARA AND S. CHIKUNI.

### 内容目次

#### I 基礎研究篇

##### 1. 生物関係

- (イ) 産業廃水のノリに及ぼす影響に関する研究 (第一報)  
(各種汚水及び薬品に依るノリの色調変化について)
- (ロ) 産業廃水に依る魚類の死因判定に関する研究 (第一報)  
(アルカリ性液中における斃死魚に現われる特徴について [I])
- (ハ) 農業用殺虫剤の水産生物に及ぼす影響 (第三報)  
(Endrin と Parathion に対する水産生物の抵抗性の時間的变化に就て)
- (ニ) イベリットが水族に与える影響に就て

##### 2. 水質関係

- (イ) 廃水中の懸濁物に関する研究 (第一報)  
海中における様相について (その I)
- (ロ) 同 (第二報) 懸濁物の沈降量を知る試み

#### II 現地研究篇

- 1. 産業廃水に関する実態調査の一試み
- 2. 一下水の水産に与える影響の要因に就て
- 3. 都市廃水の船具に及ぼす影響について
- 4. 玖波湾の工場廃水について (第五報)  
漁場調査より見た底魚への影響について
- 5. 同 (第六報) Zooplankton に対するレーヨン工場廃水の致死量について
- 6. 大阪港内外の底質の化学的性質について
- 7. 瀬戸内海における工場廃水の影響水域に関する検討

\*内海区水産研究所業績第64号

# 産業廃水のノリに及ぼす影響に関する研究

(第一報)

(各種汚水及び薬品に依るノリの色調変化について)

藤谷 超・千国 史郎

## 緒 言

産業廃水の水産生物に及ぼす影響を考える場合種々の影響が現われるが特に養殖生物に対する影響は看過することは出来ないものがある。移動力を持たないこれらの生物は魚類等に較べて特に影響される所が大きい。殊にノリはその生活条件が複雑であり又薬品に対する抵抗性も極めて弱く一たび廃水の影響が及ぼされると、その被害は実に大きなものになることが屢々である。然もその被害を受ける一大特長として瞬時の害的現象に依って全く決定的な影響を受けて仕舞う事が多く、従って廃水問題とノリの関係は可成り深刻な大きな問題となっているわけである。

このような見地から今回この研究を行う事とした。

## 実験方法

ノリの養殖の目的を端的に表現すれば品質の良い乾海苔<sup>※</sup>をより多く生産する事にある。

この場合出来上った乾海苔の価値を決定するものは、色調、光沢、香り、味、等種々あるわけであるが、特に色調が良好でないと言う事は決定的な悪条件となる。

一方ノリが各種廃水に依って受ける影響を考えると枯死の前の段階として大別して2つの段階が考えられる。即ち

- 1) 外見上何ら影響は認められないが、その生活現象の一部に何らかの影響がある。
- 2) 前項の段階を通過して外見上明に影響が現われる。

この2つが考えられるが今回は2)項の中最も乾海苔の価値を左右する色調の変化について実験、考察を行った。従って今回の実験は可成り成育したノリに対する突発的な事故を目標とし又、上記1)項に示した現象を究明する予備的段階として考察する事とした。

### i) 比較する試料の作製方法

直径25cm 深さ15cmの円形の水槽を用い、これに或る廃水を夫々異った濃度に混入した海水5ℓを入れ、又水槽1個には海水のみを同量入れた中へ略一定量のノリ(約20gr)を入れ水槽中の水を攪拌させてノリに浮動を与えつつ24時間、40W型天然昼光色蛍光灯を1mの距離から照射し乍ら放置する。これを10cm四方の正方形に、一般の乾海苔の製法と同様な方法で漉いたものを天日乾燥し、これを分光光度計反射型を用い各波長について反射率を比較することとした。

なお、実験中の水温は8°~10°Cである。

### ii) 分光光度計に依る比較の方法

一般的な使用法に依ると標準白板として酸化マグネシウムで被覆した板を用い、これを標準として試料の反射率を求める方法が取られているが、この方法を用いて乾海苔の比較を波長400~600m $\mu$ について行くと肉眼的に可成り色調の差の見られるものについても僅か数% (反射率T (%)として)の差しかない。一方この機械を使用する最大の目的としては肉眼的に差の見られない程度の区別を得たいと考え、次の様な方法に依ることとした。上記i)に記載した海水のみを入れて対照として用いたものを標準としてこれの反射率を計器のT(%)目盛の50に置き、これに対する各試料の示すT(%)目盛値を求めた。

※報文中「海苔」と記したものは乾燥した製品を意味し「ノリ」と記したものは所謂生ノリを意味する。

この方法に依ると標準白板を使用した場合に比較してより小さい差を見出す事が出来る。

(第1図(A) 硫酸による pH と色調との関係のグラフ)

この方法を具体的に示すと、対照として用いた乾海苔の一部を標準として、これで対照の残りの部分についての反射率を求める。

この場合、理論的には全く同じものを比較することになるので標準を50目盛に合わせれば対照も50と同じ数値を示し、数値の変動はない筈であるが、実際には必ずしもそのようにならず数値には可成りの変動が見られる。この原因は種々あるであろうが機械の誤差と試料が同じ一枚の乾海苔でも均一でないことが大きな原因と考える。

### iii) 数値の分析と影響の判定方法

前項に述べた標準板として使用した対照の一部と、それと比較した対照の他の部分の数値の変動から分散を求めて、これから棄却限界を求め、試料と対照との数値の差がこの限界の外に出る部分のあるものを影響を受けたものとした。即ち対照海苔が必ずしも均一でないことから生ずる部分的な違いより大きな差が見られる場合を影響を受けたものとした。

対照の各波長に対する反射率を

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_N (\%)$$

とすると

$$u^2 \equiv \left\{ x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + \dots + x_N^2 - \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N)^2}{N} \right\} / (N-1)$$

とし50%を中心として

$$\pm \sqrt{2} u \left\{ \frac{1}{(N+1) F / N} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{但し } F \text{ は } \alpha=0.05 \quad n_1=1, \quad n_2=N-1 \text{ の値。}$$

の範囲にあるものを正常のものとし、図中にこれを横線で示しこの枠外に出る部分のあるものを色調に影響を受けたものとして、これに肉眼的観察結果を加味して最終的判定を行った。

### iv) 供試した薬品及び廃水

- イ) 酸 (硫酸, 酢酸, クエン酸)
- ロ) アルカリ (苛性ソーダ)
- ハ) 還元性物質 (硫化ソーダ)
- ニ) 金属塩 (硫酸銅)
- ホ) 晒粉
- ヘ) 淡水
- ト) レーヨン工場廃水
- チ) サルファイトパルプ工場廃水
- リ) ソーダパルプ工場廃水
- ヌ) 澱粉工場廃水

The figures (Fig 1 ~ Fig 13) show the effects of several kinds of industrial waste water and chemicals represented by the difference of reflection index (T%) upon the colour of lavers.

Horizontal lines show the normal range in the figures.

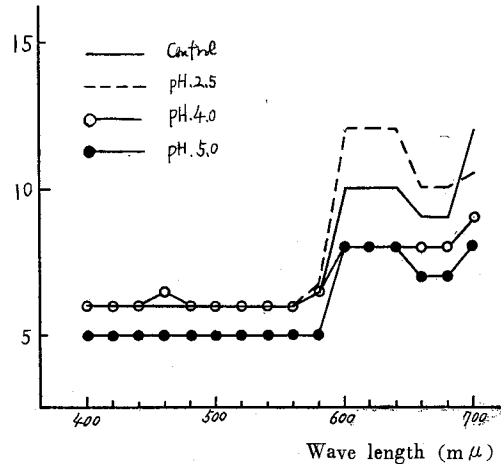


Fig.1. (A)

Showing the effect of  $H_2SO_4$  solution on the reflection index by the white standard (MgO) in this figure only. In the others, showing the effect by the difference between control laver reflection index and sample one.

Fig. 1. (B)

The effect of acid solution by sulfuric acid.

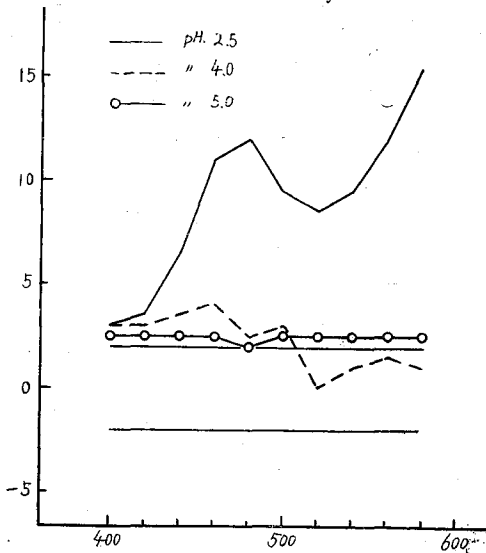
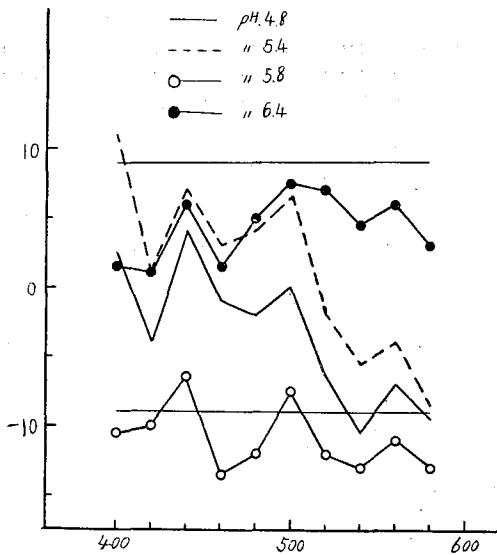


Fig. 2.

The effect of acid solution by acetic acid.



実験結果)

1) 酸による影響

酸によるノリの色調の変化は可成り特徴的なものがある。外見上の観察によっても赤変するのが見られ、第1図(B)の分光々度計の結果からもこれが伺える。

色調の変化は第1図(B)に記したようであり、硫酸はpH5.0で影響が現われる。なお、図には記していないがpH5.5では影響はない、従って、この影響濃度はpHで5.0~5.5の間に存在するものと考えられる。

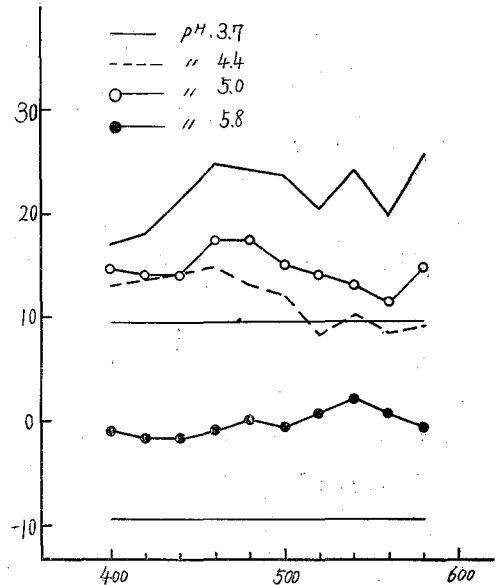
又酢酸についてはpHで4.8~5.4(第2図)、クエン酸については同じく5.0~5.8(第3図)の間に影響濃度が存在するようである。

2) アルカリによる影響

アルカリによる影響は酸程特徴的ではない。可成りの濃度に達しても海水のpHは変化しない、これ

Fig. 3.

The effect of acid solution by citric acid.



は海水の緩衝力が可成り原因しているものと考えられる。

色調の変化とpHの関係は第4図のようになり、pH10.3(250mg/L)に達しないと明かな影響は出ていない。従って酸に比較してアルカリの影響は余り大きくはないものと考えられる、又アルカリに依る色調変化の特徴は黄色味を帯びた茶色になる。

3) 還元性物質による影響

硫化ソーダを用いて行った還元性物質による影響は第5図のようになる。これによるとH<sub>2</sub>Sとして40mg/Lで100mg/Lの場合に影響が現われているが60及び80mg/Lでは影響はない従ってこの場合の影響濃度は判然

Fig.4.

The effect of alkaline solution by sodium-hydroxide.

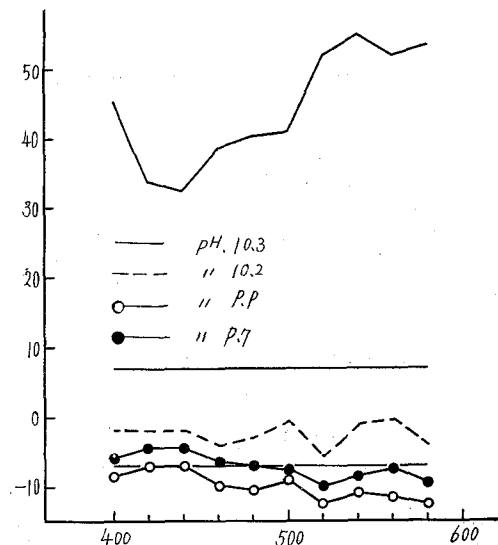
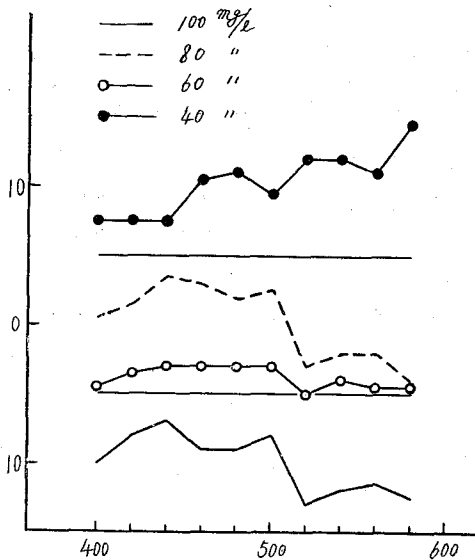


Fig.5.

The effect of reducing substance by  $\text{Na}_2\text{S}$ .



としながは明らかな影響が現われるのは100mg/L前後と考えられる。

#### 4) 硫酸銅による影響

硫酸銅は海水には極めて少量しか溶解しない。第6図において0.42g/Lのものについて大きく色調に変化を生じているがこれは沈澱物が、葉体表面に附着したものであって、これが果して影響を与えたものか否かは疑問であるが、沈澱物の附着に依る色調変化は可成り大きいものがある。

#### 5) 晒粉による影響

晒粉による色調変化も可成り特徴的である。色

Fig.6.

The effect of  $\text{CuSO}_4$ .

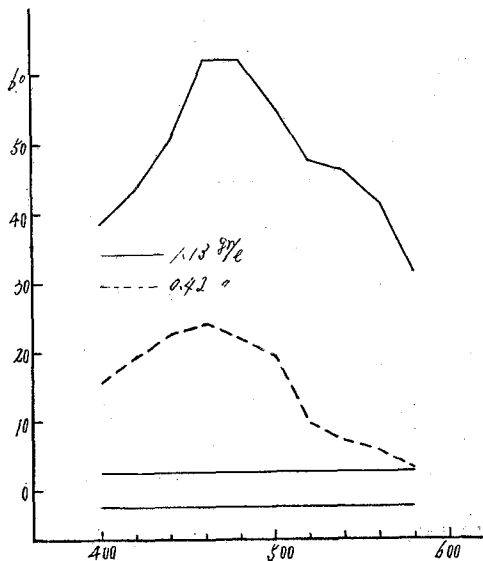
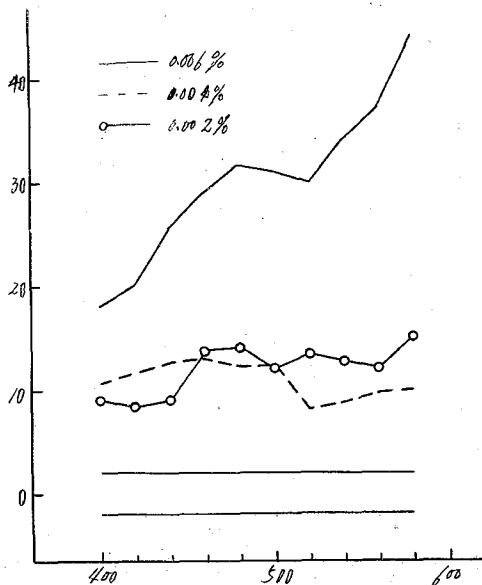


Fig.7.

The effect of bleaching powder.

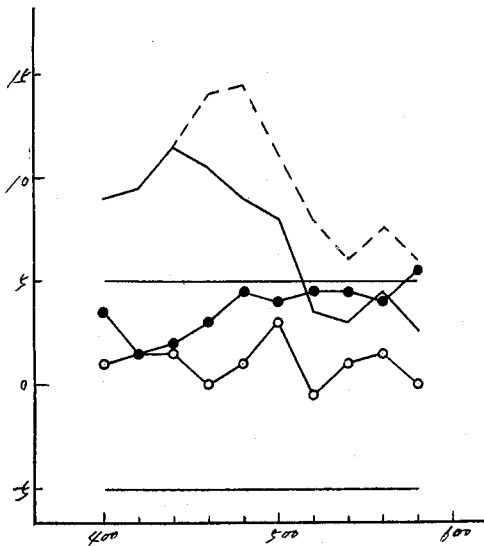


調の変化は第7図のように0.002%の濃度から現われているが、0.002及び0.004%のものでは青く色調が変り、0.006%のものはそれに黄色味加わる。黄変したものは所謂晒された結果と考えられ、青変したのもも放置すると黄変するのが観察された。影響濃度は第7図から0.002%前後と考えられる。

6) 淡水による影響

淡水に依る色調変化は第8図に100%淡水に浸した場合のものを示したが、全く淡水中に放置しても

Fig.9. (A).  
The effect of Rayon industry waste water.



(B)

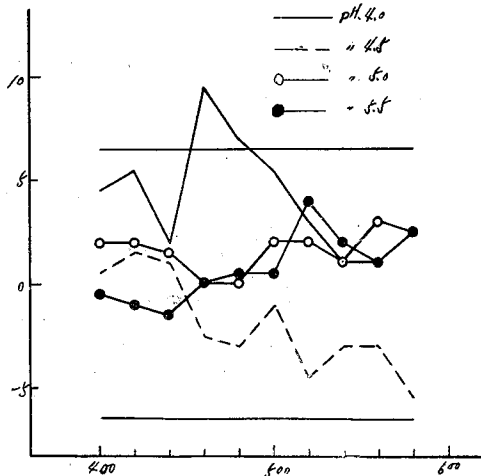
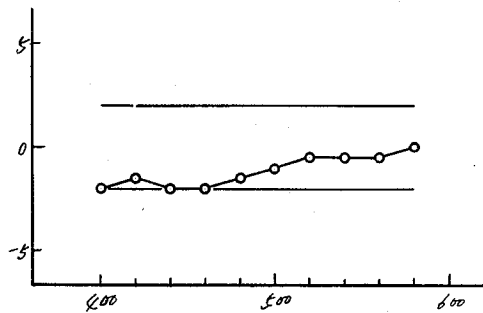


Fig.8.  
The effect of fresh-water.



24時間では殆んど変化は見られない。

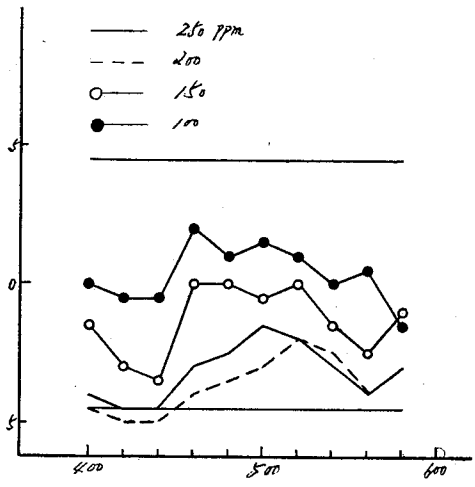
7) レーヨン工場廃水による影響

レーヨン工場廃水を10, 20, 30, 40%にそれぞれ混じたものについて色調の変化を見ると第9図(A)のようになる。これで見ると20~30%の間に影響濃度は存在するようであるが、その時の液のpHは4.0~6.0を示した。そこでこのpH4.0~6.0の間を第9図(B)のようなpH値に分けた濃度の混合液を作って実験を行ったが、これに依ると影響濃度はpH4.0~4.5の値となり、これを混合比率に換算すると約25%になる。

8) サルファイトパルプ工場廃水による影響

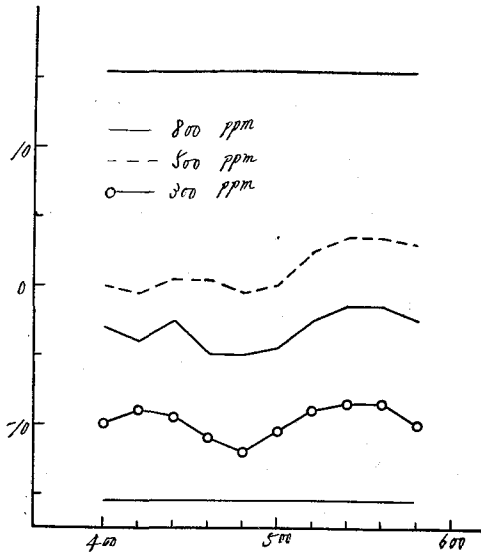
※) サルファイトパルプ工場廃水を用いて第10図(A)

Fig.10. (A)  
The effect of sulphite pulp mill waste water.



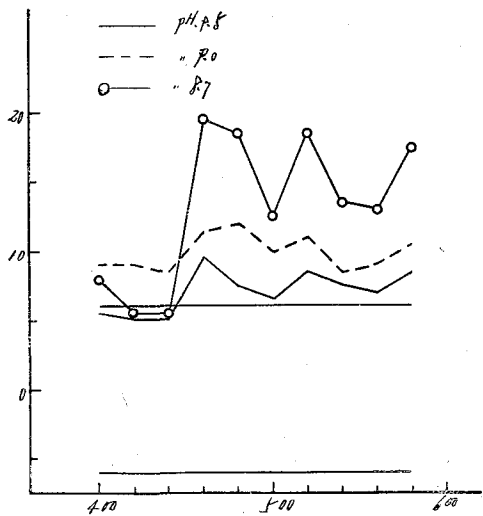
※ この液については、高濃度の供試液を調製する必要上濃縮してある。従って原廃水組成とは多少異なるものと考えられる。

Fig.10. (B)  
The effect of sulphite pulp mill waste water.



が見られた。

Fig.11.  
The effect of soda-pulp mill waste water.



考 察]

前にも少し述べたように、ノリが害の条件に依って色調に変化を生ずることは影響の最終的段階であってこのような現象が起きる迄に既に幾つかの段階を経ているわけである。一方ノリの生育条件その他を考えると、色調に変化を起す前の段階を直ちに把握することは極めて困難である。そこで今回はノリに対する最終的段階である色調の変化を知り、今後の実験の予備的役割をも併せ果せしめることとした。

行った実験は全て単一な要因を変えて行っている。即ち他の飼育条件は可能な限りにおいて最適条件を与え、水質のみを種々変化せしめているが、ノリの養殖技術を見るとその生活を支配する要因は極めて多く又

に示した、C. O. D. で100~250ppmの液を作り、これを用いて行った実験では色調に何ら影響はなかった。そこで第10図(B)のような高濃度の300~800ppmの液を用いたがこれでも色調に変化は見られない。

9) ソーダパルプ工場廃水による影響

ソーダパルプ工場廃水を用いた実験の結果は第11図に示したようになる、これに依るとC. O. D. で94ppm(2%混合)pH8.7で色調に変化が見られた。

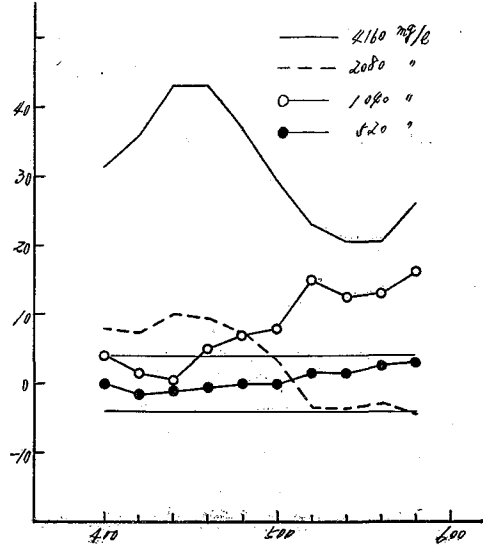
10) 澱粉工場廃水による影響

実験に用いた廃水は実験室内で甘藷から作製したものをを用いた。従って実際のこの種の工場の廃水とは多少異なるものと思われるが、余り大きな支障はないものと考えて実験を行った。

第12図に示したような濃度について行ったが影響濃度は520~1040ppm(C. O. D. 値)と考える。

色調変化の特徴は液の濃度が高まると青変するの

Fig.12.  
The effect of starch. mill waste water.



複雑である。

このような面を考えると今回得られた結果が全て実際に当てはまるとは考えられないが、一つの目安として及び悪条件の一つとしては役立ち得るものとする。

### 1) 各種薬品についての考察

ノリは酸に対しては非常に弱いと言え得るものと考えられる。従ってこの系統に属する廃水の波及する地域では充分留意する必要がある。特に酸によっては非常に蒸発し難いものがある一方、通常の養殖技術では干出を非常に問題とし、且重要な要因に属する、従って蒸発し難い酸では低濃度のものでも干出してノリが乾燥する折には可成り高濃度に達する懼れがあり、このことを併せて考えるとなお一層の考慮が必要であろう。

アルカリに対しては酸よりも強いものと考えられるが、これは多分に環境の海水に支配される所が大きいため、従って他の要因との関連を考慮する必要がある。特に酸と同様干出との関連及び環境の水の淡水の混合比等は重視する必要があると思われる。

還元性物質の影響は単一要因としては余り問題はないと考える、しかし一般的にこの問題は淡水の影響と共に起るために二つの要因が最悪の場合重畳することが考えられるが、ノリの季節が冬季のことであるので廃水中に余り多量の還元性物質が存在するとは思えないので余り大きな影響はないように思える。しかし乍ら都市排水のようなものを考えるとその中に含まれる害的要素は非常に多いことが想定されるので、問題が惹起された時に、その原因が何にあるか容易に判別し兼ねる場合が多いが、還元性物質を念頭から除いて考えることは出来ないであろう。

硫酸銅を使用する実験では銅化合物（無機の）は大部分海水には難溶であるので、この影響については判然とし難い。しかし、多量の銅化合物の沈澱は葉体に沈着し、色調を悪くする懼れがある、又他の何らかの条件（例えば水が酸性になった場合等）によっては影響を考慮せねばならないであろう。

晒粉については、可成り微量が問題になるようであるので、これは酸と同様常に留意する必要がある。

淡水による影響は24時間の実験では色調には何ら影響はない、しかし乍らノリの成育その他を考慮する時には問題があるであろう。

### 2) 各種工場廃水についての考察

レーヨン工場廃水ではpH4.0~4.5で色調に変化を生ぜしめるが、上記のように酸には非常に抵抗性が弱い。従ってこのような酸性廃水の場合特に留意する必要があると考える。

バルブ工場廃水についてはサルファイトバルブ工場廃水では余り問題がないように思えるが前述のように濃縮して使用してある為に、原廃水とは揮発性成分等について組成が異なることが考えられる、その為に影響が少く出ているように思われる。ソーダバルブ廃水ではC. O. D. 94ppmの濃度で既に影響が見られるが、実際の問題として、排水口が養殖場の直ぐ近くにあると言ったような悪条件がない限りこの種の廃水によってノリの色調に影響が与えられることは余りないものとする。

澱粉工場廃水についてはC. O. D. 520~1040ppmに影響濃度が存在するようである。この廃水についても濃度を表現する数値と有害物質の関係に問題が残される。しかし現実の問題としては濃縮濃度は非常に高いので実際問題として養殖場で色調に変化を与えるような影響は余り生じないものとする。

### 要 約]

- 1) 分光々度計反射型を用いてノリの色調に影響を与える各種薬品及び工場廃水について実験検討を行った。
- 2) 酸に対してノリは非常に抵抗性が弱いようであるから、この種の廃水の波及する地域では充分留意する必要がある。
- 3) アルカリに依る影響は酸程酷くはないが悪条件が重なる時には考慮を要する。
- 4) 還元性物質は影響濃度が高い上に、ノリの季節が冬季であるので余り大きな問題はない。
- 5) 銅の化合物については一般的に言って海水中では影響は少いように思えるが多量の沈澱物の存在は色調を悪化させる懼れがある。



- 6) 晒份の影響は微量の存在によって生ずる懼れがあるので、これを含む廃水には常に留意する必要がある。
- 7) 淡水の影響はその流入が長期間に亘らなければ余り問題はないようである。
- 8) レーヨン工場廃水は酸と同様に特に留意する必要がある。
- 9) パルプ工場廃水については、養殖場が排水口の極く近くに存在すると言ったような悪条件がない限り余り問題はないものとする。
- 10) 澱粉工場廃水は実際上余り問題はないと考える。

#### 参 考 文 献]

- 1) 日本化学会：機器による化学分析
- 2) 佐野 孝：養殖海苔の色沢変化に関する研究 第一報 東北水研報告 第4号
- 3)           ：           同           上                    第二報 同   上    第5号
- 4) 大槻 虎男：養分の摂取及同化物質の利用 岩波生物学講座
- 5) H. W. Harvey : The chemistry and fertility of sea waters.

# 産業廃水に依る魚類の死因判定に関する研究

(第一報)

(アルカリ性液中におけ斃死魚に現はれる特徴について〔I〕)

藤谷 超・千国史郎

## 緒言

産業廃水による水産業への影響に関しては、近年多くの研究が行はれ、多くの成果が得られて居るが、一方産業廃水と水産業との間の問題も亦近年漸時増加の途を辿っているのが見受けられる。近年この種の問題に関しては漸くその重要性が認識され始め、行政的な措置を構ずる段階も余り遠い将来ではないように思える。これ等の問題を解決するに当ってはその措置は種々あるであろうが、筆者等は如何なる行政的措置が実施されても、これには必ず賠償の問題が附随されるものと考え、賠償の問題が惹起された場合の科学的な裏付けは研究者の負うべき問題と考える。この負うべき問題も又多々あるであろうが、この実験は廃水によって斃死したと称せられる魚類が、果して廃水によって斃死したのか、又廃水に依って斃死したものとすれば如何なる廃水に依るものかの判別を行うことを目的として今後この研究を進めて行くこととした。今回はその中アルカリ性液中において斃死したものの特徴について、現在迄に実験を行った知見について報告する。

## 実験方法

斃死魚の死因を判定するに際しては、多くの場合夫々異った死因に対して斃死魚が異った特徴を有するものとする。勿論全ての斃死魚が夫々死因に応じた特徴を持っていると言うことは望めないし、死因によっては何ら特徴を与えないものもあるであろうが、第一の段階として特定の薬品及び産業廃水に依る斃死魚の特徴を把むことを考えた。特にアルカリ性液中におけるものは、死後その特徴が残る可能性が強いものと考えて苛性ソーダを用いて実験を行い、次の諸点について実験検討を試みた。

- i) 血液学的性状の変化
- ii) 組織学的性状特に鰓についての変化
- iii) 外見上の変化

なお、今回の実験には供試魚として鯉（平均体長約10cm）を用いた。

種々の濃度に苛性ソーダを混じた水中に鯉を入れ、横転した所でこれを取り上げ、上記の諸点について検討を試みたが、上記項目の細部については次に述べる。

### 1) 血液学的性状に関する実験

血液学的性状に関しては一般的な血液検査の方法に準じて行ったが、その項目と実験方法は下記のようなものである。

#### i) Haemoglobin 量の測定

Acid-Haematin<sup>※10)</sup>法に依ってその吸光度を光電比色計で測定し、その濃度を比較したが、実験の途中で、SahlI-Haemometer<sup>1)2)</sup>に依る方法に変更した。両者の何れが有利であるかは判然としないが操作の簡便さと、直ちに Haemoglolin 量が測定し得る点。後者が優れている所から実験の後半後者を採用した。

#### ii) 血液比重の測定

硫酸銅法に依って行った。この方法は操作の簡便さと、比較的正確な値を知り得る点有利である。

#### iii) 赤血球抵抗の測定<sup>1)3)</sup>

滲透抵抗力について測定を行った。

\* N/10HCl 10cc中に血液20mm<sup>3</sup>を入れ20～30分放置する方法。

一般的な定法に準拠して行ったが、食塩水は 0.2~0.7% のものを用い、その間隔は 0.05% に取り、その中へ注射針の先から一滴宛血液を適下して、氷室内において 6 時間放置後遠心沈澱させ、その溶血度を光電比色計で測定すると共に、沈澱の状態を肉眼にて観察した。

#### iv) 赤血球の算定

赤血球の算定方法は Gower 氏液<sup>10)</sup>により、光電比色計を用いてその吸光度を比較した。

以上の他に濃塗抹標本を作製して、顕微鏡による比較を行った。なお、採血の方法は魚の尾部を切断し、下行動脈から流出する血液を採取する方法に依り、抗凝剤としては二重碳酸液<sup>\*)</sup>を乾燥させて血液に混じた。

#### 2) 組織学的性状に関する実験

アルカリ性液中において影響を与えられた場合その特徴が鰓に可成り現われるのではあるまいか、と言う予想の下に、供試した魚の鰓を剝離して、Bouin 氏液中にて固定したものを直接顕微鏡下で観察した。

#### 3) 外見上の観察

鰓と同様に体表、眼球等表皮組織に対する影響を考え肉眼的に観察を行った。

以上の諸点について観察、測定、検討を試みた。

### 実験結果

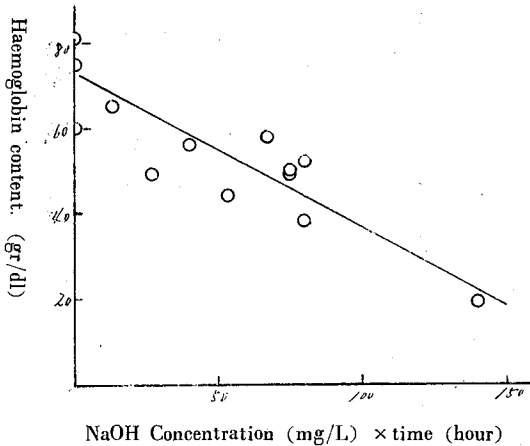
上記の方法によって得られた各項目についての結果を述べる。

#### 1) 血液学的性状について

##### i) Haemoglobin 量に及ぼす影響

血液学的性状に関して、一般に Haemoglobin 量は指標として重要視されるものである。

Fig. 1. The effect of NaOH solution on the haemoglobin content (gr/dl) upon the Carp blood.



苛性ソーダ液中において横転した供試魚の Haemoglobin 量の変化は第 1 図のようになる。

この場合苛性ソーダの濃度と時間との積と Haemoglobin 量とは直線的な関係が見られるようであるが、濃度との間には関係は余りないように思える。しかし乍ら濃度増加に伴って Haemoglobin 量は減少して行くようである。

正常な鯉の場合その血液の持つ Haemoglobin 量は平均 8.4gr/dl<sup>7)</sup> であり、これは柴田の報告の値と良く一致した結果が見られた、又苛性ソーダ液中で横転したもので最も Haemoglobin 量の少ないものは 1.9gr/dl という例が認められた。

##### ii) 血液比重に及ぼす影響

苛性ソーダ溶液中に於いて横転した供試魚の血液比重の測定結果は第 2 図のようになる。

苛性ソーダ液の濃度と血液比重との関係は逆 S 字形曲線を形成するものと思はれ、液の濃度が高

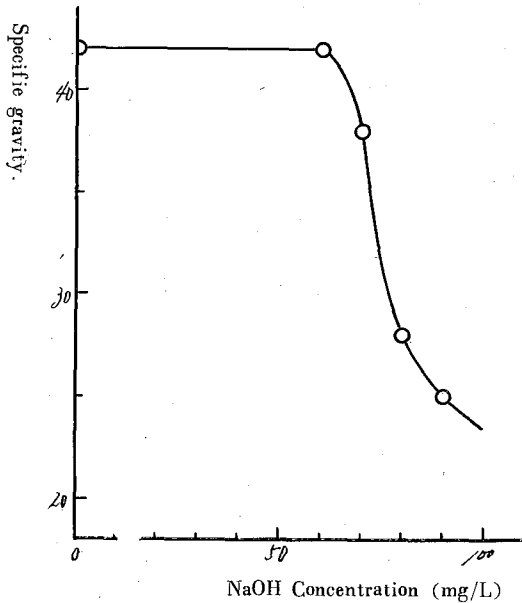
くなると血液比重は漸時低下する傾向が認められ、特に 70mg/L に達すると著しい。正常鯉の血液比重は 1.042 前後と認められた。

##### iii) 赤血球抵抗に及ぼす影響

赤血球抵抗の血液学的意義については Haemoglobin 量等<sup>3)4)</sup>に比べては一般的ではないが、場合に依っては良く現象を表現すると言われる。苛性ソーダ液中において横転した供試魚の赤血球抵抗はその一例を第 3 図

\*  $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} : 1.25\text{gr}$ ,  $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} : 0.75\text{gr}$  を 100cc の水に溶解する。

Fig. 2. The effect of NaOH solution on the blood specific gravity upon the Carp.



に示すが、液中の苛性ソーダの濃度が高まるに従って赤血球抵抗は弱まって行くようである。これも70mg/Lに濃度が達すると差が著しい。正常鯉の赤血球抵抗は肉眼的観察も加味して0.30~0.40と認められた。

iv) 赤血球数に及ぼす影響

前述のように赤血球数は Gower 氏液により、その吸光度 (-logT) を測定して比較を行い、その絶対値との対比は行っていない。従って赤血球数の絶対値は判明しないが、相互の比較を行うについては吸光度を用いても差支えないと考えた。吸光度によって赤血球数を比較したグラフを第4図に示す。これも略逆S字形曲線を迎って苛性ソーダの濃度の増加と共に減少して70mg/Lにおいて著しい影響が見られるようである。正常鯉の赤血球数は Gower 氏液による吸光度で0.491 (-logT) と認められた。

その他濃塗抹標本を作製して行った顕微鏡観察からは特記すべき結果は得られなかった。

2) 組織学的性状について

前述のような方法に依って作製した鯉の標本を顕微鏡下で観察した結果は第I図版に示す。

これに依ると苛性ソーダの濃度の高いものは鯉の組織に可成り大きな影響を与えているのが判る。即ち90mg/Lの苛性ソーダ濃度の中で横転したものは鯉葉の殆んどが犯されて消失しているのが見られ、又60mg/Lの濃度のもでも一部同様の結果が見られる。これは苛性ソーダの如き動物組織に与える影響の強いものの魚類に与える一つの特徴であると考えられる。

Fig. 3. The haemolygram of Carp which effected by NaOH solution.

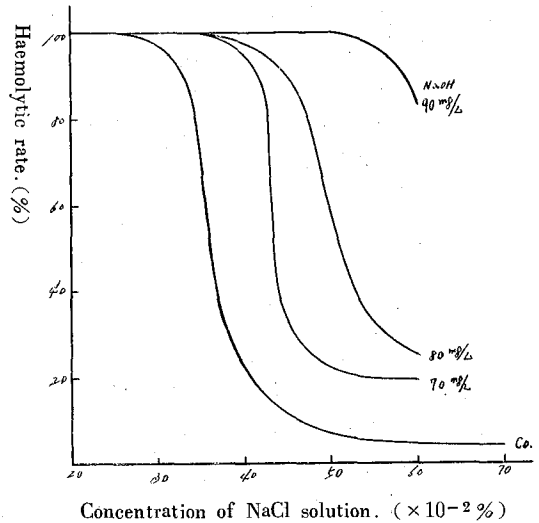


Fig. 4. The effect of NaOH solution on the Blood-carpuscle number upon the Carp.

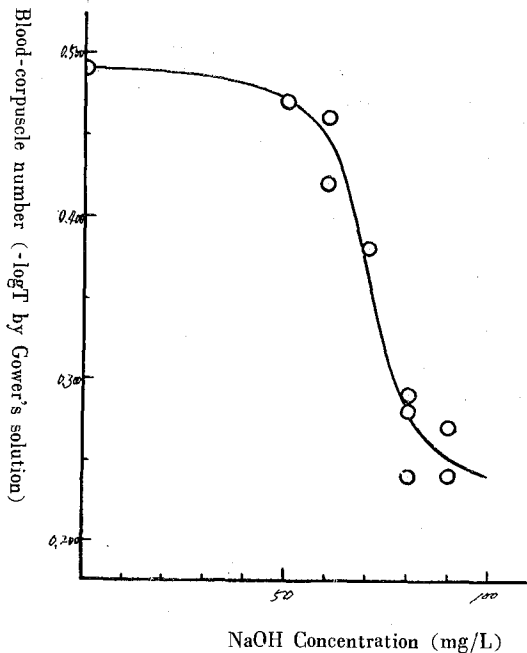


Plate. I Showing the hurt of gill-filament by NaOH solution.

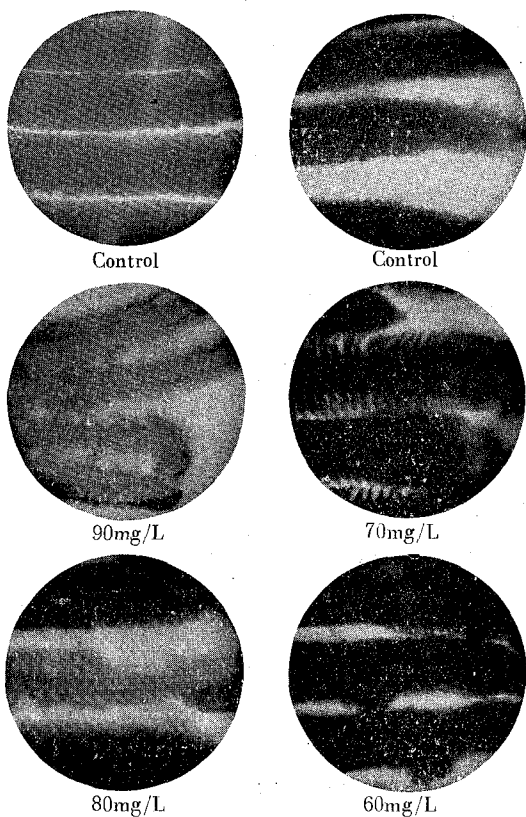
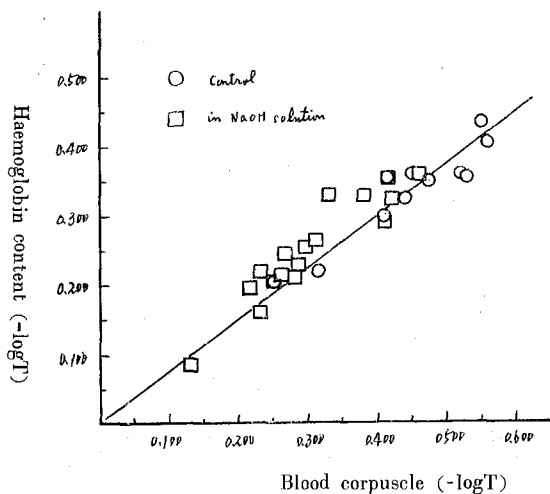


Fig. 5. The relation between Haemoglobin content and Blood corpuscle number.



### 3) 外見上の観察結果について

苛性ソーダでアルカリ性にした液中に放った供試魚の外見上の変化は可成り特徴的である。

苛性ソーダ液中の魚類は体表粘液の分泌が著しく増加して、特に口腔内において甚だしい。

体表の粘液は単に分泌が増加するのみでなく游泳中粘液の尾を引くような場合も生ずる。

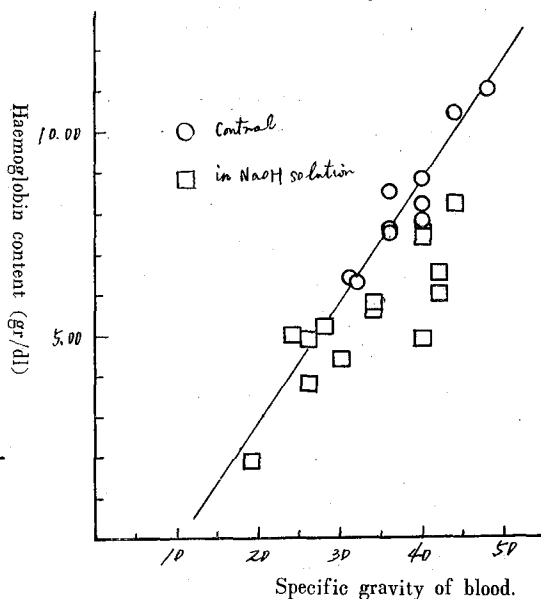
粘液の分泌増加と共に眼球上皮に白濁状の濁りが生ずる場合があり、又体表の鱗が非常に脱落し易くなるようである。なお濃度が高まると体表が白変して行くのが観察された。これも鰓に与えられた影響と共にアルカリ性液中における現象の一つの特徴と考えられる。

特に高い濃度(100mg/L程度以上)になると、鰓の破壊により鰓から出血するのが見られ、これは1時間以内に斃死する程度の濃度において極めて著しい。

### 考 察]

以上の実験結果を総合して考察を行うと、血液学的性状に関する各実験項目の關係に次のような特徴が見られる。Halmoglodin量、血液比重、赤血球数、及び赤血球抵抗値の何れも苛性ソーダ濃度が70mg/Lに達したものでは顕著な影響が見られるが、この場合の Haemoglobin量と赤血球数との關係は第5図のようになる。これに依ると赤血

Fig. 6. The relation between Haemoglobin content and specific gravity of blood.



球数の減少に伴う Haemoglobin量の減少の割合は対照魚もアルカリ性液中の供試魚も略同様であるのが認められる。従ってアルカリ性液中での Haemoglobin量の減少も赤血球の減少に依る所が大きいと考える。

Haemoglobin量と血液比重との関係を図示すると第6図のようになる。これに依ると対照魚の場合の両者の関係は図中の回帰直線で示されるようなものであり。これには

$$x = 3.5y + 10$$

$x$  : 血液比重  
 $y$  : Hb量 (gr/dl)

の実験式が成立するようである。一方アルカリ性液中の供試魚については、この回帰直線の下側に各数値が位して来る傾向が見られるが、これは対照魚に比較して赤血球が減少しても血液比重は対照魚と同様の割合いでは減少していないことを示すものである。一方アルカリ濃度の増加と共に血液比重は減少しているのであるが、この場合の減少は、単に赤血球数の変化に依るもののみでなく、血液構成物質の他のものにも変化を生じていることを示し、赤血球の減少による血液比重の減少を、赤血球以外の他の物質が調整しているようにも思えるが、この点に関しては判然としなない。

上記のように苛性ソーダに依ってアルカリ性とした液中での供試魚の血液学的性状には可成り変化が見られるが、これ等は何れも苛性ソーダ濃度が70mg/Lに達すると著しいものがあるようであり、これは鰓の組織に与えられる影響が顕著に現われる濃度と一致するようである。従って血液学的性状にこのような変化を生ずる原因は鰓の組織が破壊されるのが最も大きなものと考えられる。

一方この実験中に於ける苛性ソーダ液中での平均致死時間を示すと、

NaOH	致死時間
100mg/L	15分
90	50
80	60
70	4時間30分
60	24時間変化なし

となり60mg/Lでは24時間放置しても斃死しないが、70mg/Lに達すると数時間で斃死している。このことから鰓に著しい損傷を与え、血液学的性状に変化を生ぜしめる濃度は、供試魚を斃死せしめることを意味するものと考えられる。

60mg/Lの濃度のものには、24時間放置しても斃死はしないが鰓の一部には損傷が認められる。これは損傷の程度が問題になることを示すものであろう。この斃死に至らない場合でも現象が現われると言う点、アルカリ性物質に依って与えられる特徴として鰓の組織学的性状に及ぼす影響を考慮することは適当と考える。

上記のように血液学的性状、鰓の組織学的性状の観察、及び外見上の所見の三者を総合して、アルカリ性液中で影響を受けた魚の特徴は或程度明確にし得るものと考えられる。

#### 要 約

- 1) アルカリ性液中における斃死魚に現われる特徴について、鯉を供試魚として血液学的性状の変化、鰓の組織学的性状の変化及び外見上の観察から実験・検討を行った。
- 2) 血液学的性状に現われる影響は、アルカリ濃度の増加と共に、Haemoglobin量、赤血球数、血液比重及び赤血球抵抗が何れも減少する。
- 3) 鰓の組織学的性状に現われる影響は24時間放置しても斃死には至らない60mg/Lの濃度で、鰓葉の一部に損傷が認められ、70mg/L以上の濃度に達すると損傷は特に著しい。
- 4) 外見上の観察から認められることは、表皮粘液の分泌増加が可成り低濃度で認められ、濃度の増加と共に眼球上皮の白濁、鰓からの出血が加わるのが認められた。
- 5) 血液学的性状に影響を与える原因は鰓の組織に損傷が与えられることに依るものと考えられる。

#### 参 考 文 献

- 1) 加藤 清：血液学の基礎 昭6 南江堂

- 2) 小宮 悦造：臨床血液学
- 3) 狩谷 貞二：魚類の赤血球抵抗について 第1報 日水学会誌 昭25, 15, 728~734
- 4)           : 同           上           第2報 同   上   昭25, 16, 65~69
- 5) 川本 信之：魚類の生理 昭10
- 6)       "       : 魚類生理学 昭31
- 7) 柴田 玉城：魚類血液の比較研究, 水産研究誌 昭10 30, 1, 21~26
- 8) 末広 恭雄：魚類学 昭26
- 9) 杉山 輝繁：血液及び組織の新研究とその方法
- 10) 斉藤 正行：光電比色計による臨床化学検査
- 11) 福原 武：生理学実験法
- 12) 小宮 甘美：血液の病的状態 生理学講座 8巻Iの4

# 農業用殺虫剤の水産生物に及ぼす影響 (第3報)

(Endrin と Parathion に対する水産生物の抵抗性の時間的変化について)

藤 谷 超

## 緒 言

筆者は前2報において農業用殺虫剤の水産生物に対する影響を主として影響濃度の面から検討して来たが、影響、濃度の検討と共にこれ等薬剤に対する水産生物の抵抗性が時間的に如何に変わるかによって、その与える影響も可成り変化することが考えられる所からこの実験を行った。

## 実験方法

一般に毒性物質と生物の反応との関係を検討する場合に、その基本的な考え方としては薬量—反応率曲線から出発して検討される場合が多く、この関係を用いると比較的簡単に比較を行う事が出来る。今回の実験並びに比較検討の方法としても、この薬量—反応率曲線の基礎に立った Bliss の方法を用いて行った。

Bliss の方法に関しては多くの報告に引用されているので、ここではその説明は省略するが、この方法によって薬量—反応率曲線の回帰直線を求めた場合

$$Y = 1/\sigma (X - M) \dots\dots\dots (1)$$

但し Y = Probit値

M = 反応値の対数

で示される。この式の2つの Parameter の中でMは前2報に述べた様な影響濃度を表示する数値であるが、 $1/\sigma$ は毒物に対する生物の抵抗性を表示する数値である。即ち(1)式の角係数  $1/\sigma$  が大きい事は毒物の少量の増加に対して生物の反応率は可なり大きく増加する事を意味し、生物のその毒物に対する抵抗性は弱いと言ひ得るものである。

この様な意味から各種生物に対する Parathion 及び Endrin 両薬剤の  $1/\sigma$  の一定時間毎の値を求めて相互に比較を行う事とした。

## 実験及びその結果

供試生物として魚類ではメダカ及び稚鯉を用い、甲殻類としてはシオマネキ及びガザミの第1期ゾエア幼生を用い又薬剤としては両者共市販の乳剤を用いて、前2報と同様の方法によって、水温 16~19°C で行った  $1/\sigma$  の結果は第1表の通りである。

"Medaka" <i>Oryzias latipes</i> (TEMMINCK et SCHLEGEL)			"Young Carp" <i>Cyprinus carpio</i> (LINNE)		
Time	Endrin	Parathion	Time	Endrin	Parathion
6 h	2.10	5.20	9 h	0.900	
9 h	3.40	5.20	12 h	1.680	
12 h	6.44	5.04	24 h	2.560	
24 h	6.80	5.40			

"Shiomaneki" <i>Gelasimus</i> sp.			"Gazami larva" The 1st Zoea-stage of <i>Neptunus trituberculatus</i> (MIERS)		
Time	Endrin	Parathion	Time	Endrin	Parathion
3 h		2.81	1 h	2.89	2.35
6 h	2.86	3.64	1.5 h	2.00	2.61
9 h	2.86	3.29	2 h	2.00	2.00
12 h	3.18	3.29	2.5 h	2.63	1.90
			3 h	2.56	2.00

Table. 1 The regression coefficient ( $1/\sigma$ ) value in each hour.



## 考 察]

一般に毒物を生物に作用させ続けた場合に、生物の抵抗性の変化として次の3つの場合を想定し得る。即ち：—

- 1) 生物がその与えられた条件に順応してその毒物に対する抵抗性が強くなる。これは一般的に良く適合されることであって所謂“馴れ”て来る現象を意味するものであってこの場合生物の抵抗性は時間と共に増大する。
- 2) 1)とは全く逆に毒物が体内に蓄積される場合の様に初め抵抗性は強いが漸時弱まって行く場合で、一般的に言って毒物が時間と共に体内に蓄積されて行きそれが容易に排出されずにいるような場合後日極く僅少の同種毒物によっても影響を受ける場合があるが、これ等がこれに包含される。
- 3) 前2者の何れにも属さず抵抗性に時間的な変化のない場合。

以上の事が想定される。この事柄を  $1/\sigma$  の変化として考えると、

- 1) の場合は  $1/\sigma$  が時間と共に減少する。
- 2) の場合は  $1/\sigma$  が時間と共に増大する。
- 3) の場合は  $1/\sigma$  に時間的な変化はない。

とすることが考えられる。

ここで今回比較を行った両薬剤についてこれを当てはめて見ることはこれ等薬剤の水産生物に対する生理作用の究明において何らかの目安になるものと考え、又生理作用的に究明し得ていない現在、これ等薬剤の性質として重要な要因であると考え。

第1表について考察すると、Parathion は上記各生物について3)の型に相当するように思はれ抵抗性の時間的な変化は見られないようであるが、Endrin についてはメダカ、稚鯉の魚類については  $1/\sigma$  が時間と共に増大して行くようであり、シオマネギ、ガザミ幼生については Parathion 同様変化は見られないようである。

従ってメダカ、稚鯉については Parathion は3)の型、Endrin は2)の型に属し、シオマネギ、ガザミ幼生に関しては両者共3)の型に属するものと考えられる。上表のような1~2の例を以って結論することは出来ないが、魚類の場合 Endrin に長い間浸っている場合徐々に Endrin に対する抗抵抗性が減少して弱くなって来る事が考えられ、これは Endrin の残効性と共に影響の防除対策上考慮すべきことであると<sup>\*)</sup>考える。

魚類に対する Parathion、甲殻類に対する両薬剤に関しては上記のような考慮は不必要と考えて余り差支えないものと思われる。

## 要 約]

- 1) Endrin と Parathion に対する水産生物の抵抗性の時間的な変化について、メダカ、稚鯉、シオマネギ、ガザミ幼生を用ひて実験、考察を行った。
- 2) シオマネギ、ガザミ幼生に対する Endrin、前記4種の生物に対する Parathion については抵抗性の時間的な変化は見られない。
- 3) メダカ、稚鯉に対する Endrin の影響については両者の抵抗性は時間と共に減少し弱くなって行くのが見られる。従って Endrin の残効性を考慮するとこれによる影響の防除対策上この点についての留意が必要と考える。

### ※例えば

稲田の排水が溜池へ流入するような条件下で Endrin を撒布すると、それが極く僅かの濃度で、池中の魚にその時は何ら影響を与えていないようでも、長期間その状態が続くと徐々に魚の Endrin に対する抵抗性が減少し、その後正常魚には何ら影響を与えない程度の Endrin が流入した場合でも池中の魚には影響を与える場合があり得る。

参 照 文 献]

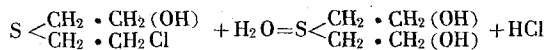
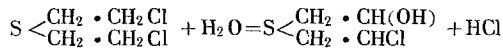
- 1) 藤 谷 : 内 水 研 報 告 第 3 号 及 び 第 6 号
- 2) — : 水 産 科 学 6 卷 1 号
- 3) 大 沢, 長 沢 : 防 虫 科 学 7. 8. 9. 合 併 号
- 4) Bliss : Science 7. 8 & 9 (1934)
- 5) — : Ann. Appl. Biol. 22 (1935)
- 6) — : Quart. J. Pharm. Pharmac. 11 (1950)
- 7) 河 野 : 防 虫 科 学 16—1 号
- 8) 吉 原 : 日 本 水 産 学 会 昭 和 31 年 秋 季 大 会 講 演
- 9) C. W. Emmens : Principles of Biological Assay (1948)
- 10) 水 沼 : 農 業 用 殺 虫 剤 の 水 産 生 物 に 対 す る 毒 性 に 関 す る 研 究 滋 賀 水 試 報 告 第 7 号

# イペリットが水族に与える影響について

新田 忠雄・藤谷 超

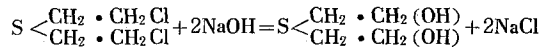
海中に投棄されたイペリット弾の影響について二、三の県で水産関係の問題となっている。イペリット弾を始末する必要から生物に対する問題は医学関係の人達によって種々検討されていて、勿論地上生物にかなりの危険のある事は当然であるが、水中においてどうかと言う問題はこれまでよくふれられていなかった。

イペリットは水中において加水分解を受ける事はよく知られそれは次の二段の反応だと言う。



この加水分解は可逆反応だと言う事であり、又 20°~21°C では 30分 で 79%、50分 で 85% 加水分解するという。

更に 20% 加水アルコール製苛性ソーダ溶液と作用すると次のように加水分解するという。



自然水域に入れられたイペリットについて考えれば、淡水域では稀釈はしても中和する力がないが海水域では海水の含まれるアルカリにより中和され加水分解が進むことは容易に考えられるのでこれらの点を考慮して海水中に入れられたイペリットの状態を検討し、二、三の知見を得た。

## イペリットに関する実験

### I イペリットの検体

入手したイペリットは黄褐色のイペリットがゼリーに吸い込まれているもので、辛子様の特異な臭気をもっていた。

### II イペリットの性状

#### (1) 水におけるイペリットの溶出

イペリットは水に溶けると塩酸を生じるから溶出した水を苛性ソーダの溶液で中和する滴定値を以て溶出量を示した結果は第 1 表の如くであった。(約 1 g のイペリットを 20cc の水に入れ、1 時間後 20cc の別の水に移し変え B. T. B を指示薬として  $\frac{N}{20}$  NaOH で滴定した滴定値で示す。)

第 1 表

経過時間	時間の計	滴定値	アルカリの累計
10分	10分	5.15cc	5.15cc
10分	20分	0.69cc	5.84cc
20分	40分	0.59cc	6.43cc
30分	1時間10分	0.25cc	6.68cc
60分	約 2時間	0.60cc	7.28cc
120分	約 4時間	0.85cc	8.13cc
18時間	約 22時間	4.35cc	12.48cc
		残り 2.17cc	14.65cc

備考 残りは、20cc の水の中でイペリットを何度もつぶしてその水を測定した。

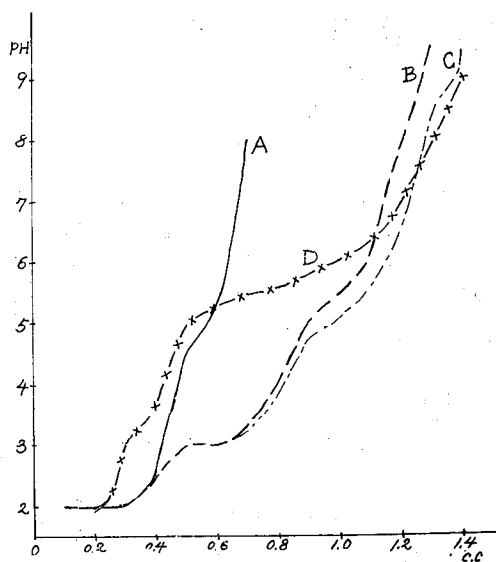
#### (2) イペリット水溶液の滴定曲線

イペリットを溶解した水を用い  $\frac{N}{20}$  苛性ソーダ溶液で滴定して PH をしらべた。PH は PH バイロットの万能指示薬を用いた。滴定は 1 度に 0.1cc づつ加えた。この結果を第 1 図に示す。

イペリットは水に溶け出す場合、最初はかなり多く溶け出るが、その後の溶出は極めて少なくなるが長く継続している。約 1 g の小塊における溶出がそのようであるから大きな塊ならなおさら溶けにくいものと思われる。

溶出したイペリットは酸性を示す。これをアルカリで中和していくと、まず塩酸の中和が PH 2~3 で行われて後 PH 5~6 を中心とする緩衝価の高い所が現われる。イペリットはここで大部分沈殿するようである。この沈殿

第1図 イベリット水溶液の滴定曲線



A イベリット水溶液3cc. B, C, 同5cc.を滴定  
D 前日溶した液5ccを滴定

#### (I) イベリットと生物の斃死

(i) 水150ccにイベリット約1gを入れメダカを入れた。はじめ泳いでいたがやがて尾部がS字型に彎曲し、翌朝全部斃死した。斃死の状態を見ると腹部がさげ眼球が突出している。

(ii) (i)の液に再びメダカを入れたが同様の状態を示し数時間で斃死した。

(iii) (i)の液を40cc位とり $\frac{N}{20}$  NaOHで中和しPH7としメダカを3尾入れた。メダカは1日半は元気だったが2日目2尾斃死、4日目に残りの1尾が死んだ。水は上にのべた沈澱が一杯あって濁った状態でありその中に上記の如く生存をつづけていた。

(iv) 淡水10ℓに0.4gのイベリットを入れ、5尾のメダカを入れたが変化はなかった。イベリットを追加し1.3gにしたが12時間で変化はなかった。更に追加して2.8gにしたところPH3.8となり4時間で1尾、5時間で2尾斃死、更に3尾追加し22時間で5尾斃死、28時間で6尾斃死、1尾横になり1尾は元気でいた。

(v) 淡水5ℓにイベリット9.1gを入れ2寸位の鯉を3尾入れたが翌朝までに斃死した。

(vi) 淡水2ℓにイベリット22.3gを入れ鯉を2尾入れたが約1時間で斃死した。(v)及び(vi)の斃死した鯉はメダカのように眼が出たり腹はさげないが体表の粘膜が白くはげ又時間がたつと皮が肉部からはがっていった。

(vii) (vi)の水にゴカイを入れたが苦悶する内に体がさけて体内の液が吹出した。

(viii) 浅いバットに淡水1ℓを入れイベリット0.2g位入れたが、その中にゴカイとメダカを入れたところ、ゴカイは全部死に、メダカは変化なかった。

(ix) (viii)と同様にして海水1ℓにイベリット0.5gを入れ。その中にゴカイを入れたが2日たっても斃死していない。

(x) 海水10ℓに4.4gのイベリットを入れた。アサリ10個を投入したが10日目に1個の斃死を見た。

(xi) 海水10ℓに2.5gのイベリットを入れた。アサリ30個投入したが10日たっても変化はない。

(xii) 海水30ccにイベリット1.1gを入れ、アサリ3個投入した。1週間たっても斃死せず、それまでは殻を閉じていたが、殻を開けるようになった。

するものは勿論塩素のとれたものでイベリットそのものではない。後の実験にも現われるように無害のものと考えられる。第1図Dに現われた事は、中に魚を入れたままにおいたイベリットの液でPH3以下における緩衝価が少なくなっていた。

#### III 海水中におけるイベリット

海水10ℓに4.4gのイベリットを入れ翌日測定したPHは7.5であった。

海水中にイベリットを入れておくと、白色の沈澱が段々出来ていく事が目につく。これが時間がたつと褐色に変っている。(淡水の実験ではPHが酸性となり、このような事は勿論起らない。)

海水はPH8.2位で緩衝力を持っているのであるが、その中和力が、溶出したイベリットを中和して沈澱をつくるものと考えている。この沈澱物ははじめ白い沈澱であるが、時間がたつと褐色の沈澱物になるようである。

#### IV イベリットと生物実験

(xiii) 海水5ℓにイベリット2.5gを入れ小エビを7尾入れた。翌朝2尾斃死した。他のエビは元気がない。

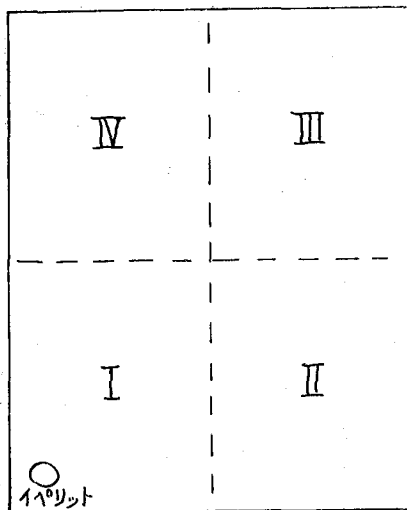
(xiv) 海水5ℓにイベリット1.5gを入れ小エビを20尾入れた。エビはあまり活発でなくなっている。

(2) イベリットに対する生物の行動

(i) イベリットによる魚の不好量

25cm×20cmのバットに水1ℓ入れ、中に小石を配列して4区劃(第2図参照)とした。これにメダカ10尾を入れ各区劃の尾数を10分毎に数えた。次にI区劃にイベリット0.2gを入れ尾数を同様に数え、10回測定後イベリットを除き又尾数を数えた。結果は第2表に示す。

第2図 不好量実験水槽



第2表

	白 試 験				イベリット				終 了 後			
	I	II	III	IV	(I)	II	III	IV	I	II	III	IV
1	9	1	0	0	3	5	1	1	7	0	3	0
2	4	4	0	2	3	0	2	5	6	0	3	1
3	8	1	1	0	2	4	1	3	5	1	2	2
4	3	3	4	0	2	3	3	2				
5	6	4	0	0	4	5	1	0				
6	7	0	2	1	4	2	2	2				
7	4	3	3	0	1	8	1	0				
8	5	3	2	0	4	2	2	2				
9	2	0	7	1	1	2	5	2				
10	5	0	3	2	0	7	1	2				
計	53	19	22	6	24	38	19	19	18	1	8	3
平均	5.3	1.9	2.2	0.6	2.4	3.8	1.9	1.9	6.0	0.3	2.7	1.0
白 試 験					5.3	1.9	2.2	0.6				
イベリット					2.4	3.8	1.9	1.9				
終 了 後					6.0	0.3	2.7	1.0				

(ii) メダカの示す行動。イベリットに接近し、時にはつつくようであるが不好量に示すように接近を長くはつづけない。

エビはイベリットに接近しメダカよりも平気でイベリットの上に乗っているように見える。

(3) 生物にイベリットを塗布した場合

鯉の横腹にイベリットを塗布したが塗布した所が白く鱗がめくれるように見えたが1週間経過したがそのまま段々快方に向っていった。

鯉の横腹の鱗をはぎイベリットを塗布した。塗布した所は白くなり1週間目に斃死した。

(4) 生物の受ける影響の総括

イベリットの濃度の濃い時、淡水ではメダカが斃死する。しかし魚が自由にさけられる状態ではイベリットに不好の状態を示す。メダカはイベリットに接近し嫌忌の状態を示して逃げるほどには見えない。これに対しエビは比較的不好の状態を示さないのか接近しても平気でイベリットの上に乗っているようである。従ってエビはそのために斃死するものもあるように思われる。アサリはイベリットにはほとんど影響を受けない。非常に多くのイベリットを入れた場合にも、尚もちこたえるようである。

魚に塗布して影響のない事をも、(この実験では空中にとり出した魚に塗ったが実際海では魚がイベリットにふれても、イベリットの附着は更に少ないと考えられる)魚がイベリットにふれるとしてもその影響はほとんどなく、実際においては魚がそのために斃死することはおこるとは思われない。

## V 結 語

海中においてイペリットは溶出すれば中和されるから、ほとんど溶出した状態であるとは思われない。もしかりにイペリット弾全部を中和する海水量を計算すれば、60kgの弾体中30kgイペリットがあるとし4g中和に10ℓ海水がいることから計算して30kgで約80tonの海水で中和出来ることになる。イペリットの溶出はゼリーの新しい断面からはかなり1時的に多く溶出してもその後極めて微量づつ長時間かかって溶出するのであるから、これを中和するにも1度に80tonの海水がいるのではない。そこでイペリット弾の分布状態が問題であるが平均100m平方に1発位ある状態では実際そのためイペリットの溶液で海中が汚染され被害の出る事はほとんど考えられない。

不好量で分るように魚類はイペリットをあまり好まないようであるから資源等に及ぼす影響がイペリットで起るとは考えられない。

ただ問題が漁業となると全く別になる。資源があっても直接イペリット弾のある海底を網で曳く場合があれば、イペリットを網であげる事もおこり極めて人体に対し危険が起る事があり得るわけで、イペリット弾の投入水域が実際にそれらの直接海底を曳く漁場であるかどうかの問題の中心となる。

イペリット弾をこのように海に投棄したことはイペリットの処置としてはよかったのであろうが漁業者の危険を考えて漁業にそれが直接さわるおそれがある場合には注意を要する事になる。

# 廃水中の懸濁物に関する研究

## 第1報 海中における様相について(そのI)

荒川 清・伊賀原弥一郎

廃水中に含まれる懸濁物質の質及び量の多少は廃水の色調と共に廃水の排出された海域の外観を左右する最も大きな要素であろう。

勿論外観的に悪質の如く見える事と被害とは、かけはなれたものではある。しかしながら工場廃水問題と称せられる事がら、元来この種の事実に非常に左右されやすい事を考えれば、単に被害という面のみならず懸濁物質は工場廃水問題においては意義の深い要素であるといえる。懸濁物質による被害について漁民の言う所をまとめると次のようになる。

漁網漁具にてんらく	操業妨害
	漁獲減
	漁具の耐用年数の低下
魚、貝藻類に附着	生養の魚の弊死
	特異臭の附着
	藻類の弊死
海底に沈着後、分解による	底棲生物の減少
底質水質の悪化	

これらの被害は有機質懸濁物と無機質懸濁物の場合では非常に異なるであろうし、無機質懸濁物の場合はその毒性を除けば微細粘土による被害と類似のものと考えられるのではないだろうか。

著者等は、こうした懸濁物質による水質汚濁現象をしらべる出発点として三田尻湾の調査において得られた結果の内懸濁物質についてとりまとめたので報告する。

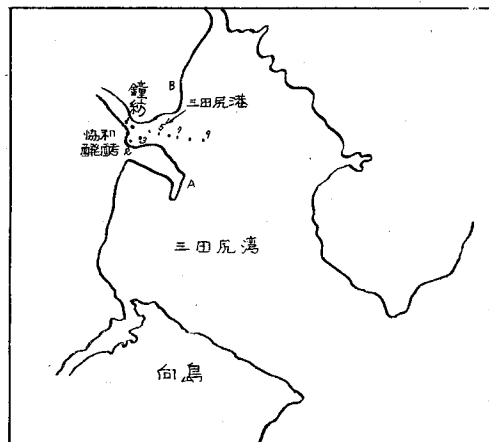
### 調査方法と調査結果

試水は北原式中層採水器で採水し1ℓ程を実験室に持帰り5,000回転/分5分間の条件で遠心分離を繰返して懸濁物を濃縮しこれを乾燥して乾燥重量を計りℓ当りの懸濁物量に換算した。採水にあたって中層は水深のほぼ半分の層を底層は海底より0.5~1m上層を採った。調査位置は第1図測定結果は第1表の通りである。

### 港内における水平分布

第2図に各測点の表層、中層、底層の各懸濁物量の平均値を図示した、この最満後1.5時間の線を見ると廃水口より離れるに従って順次減少している。この減少の形は指数函数類似の形を取っているようにみえるが最満時最干時の線についてみると、全体としては減少の形を示しているようであるが部分的には複雑な分布をなすことが判る。この3つの場合を比較すると最満後1.5時間の場合は海方向に向って廃水及び廃水と海水の混合したものがあまり大きな速度変化なしに流れている事が最も大きな特徴である事から最満時最干時と最満後1.5時間との間の分布

Fig.1.  
調査地点図



速度変化なしに流れている事が最も大きな特徴である事から最満時最干時と最満後1.5時間との間の分布

第1表 調 査 結 果

第1回目 最満後 1.5時間

29年12月7日

St	表 層			中 層			底 層		
	水深	懸濁物量	cl	水深	懸濁物量	cl	水深	懸濁物量	cl
	m	mg/L	%	m	mg/L	%	m	mg/L	%
1	0	18.4	10.65		14.8	13.93		11.8	17.20
2	0	60.0	10.80		24.3	14.03		27.6	17.25
3	0	23.3	11.10		6.7	14.05		25.9	17.90
4	0	19.7	11.55		10.1	13.93		12.4	16.30
5	0	30.0	11.25		7.5	14.25		9.5	17.25
7	0	10.0	12.20		12.0	14.35		3.9	17.25
9	0	8.9	13.40		3.2	15.25		3.2	17.45

第2回目ノ1 最満時

30年8月6日

St	表 層				中 層				底 層			
	水深	懸濁物量	cl	COD	水深	懸濁物量	cl	COD	水深	懸濁物量	cl	COD
	m	mg/L	%	mg/L	m	mg/L	%	mg/L	m	mg/L	%	mg/L
1	0	107.8	9.61	761.8	1	38.33	16.07	3,538.9	2.3	129.5	16.22	193.9
2	0	64.06	13.81	380.9	2	28.38	16.97	83.11	3.7	68.03	16.37	436.3
3	0	9.06	13.74	16.09	2	4.91	16.70	1.88	4.2	237.66	16.73	56.33
4	0	29.27	13.42	118.03	2	7.18	16.22	22.80	4	6.87	16.94	10.06
5	0	3.63	16.85	8.05	2	3.80	16.55	7.78	—	8.00	16.94	—
6	0	5.93	17.04	16.09	2	4.37	16.94	5.36	6.9	5.31	16.94	7.78
7	0	6.98	16.82	5.63	2	9.67	16.94	3.89	5	15.48	17.12	6.71
8	0	9.20	16.97	3.08	2	14.04	17.00	2.68	4.8	6.12	16.97	3.35
9	0	3.54	17.12	6.71	2	15.00	16.91	12.07	5.3	5.45	17.09	7.38

第2回目ノ2 最干時

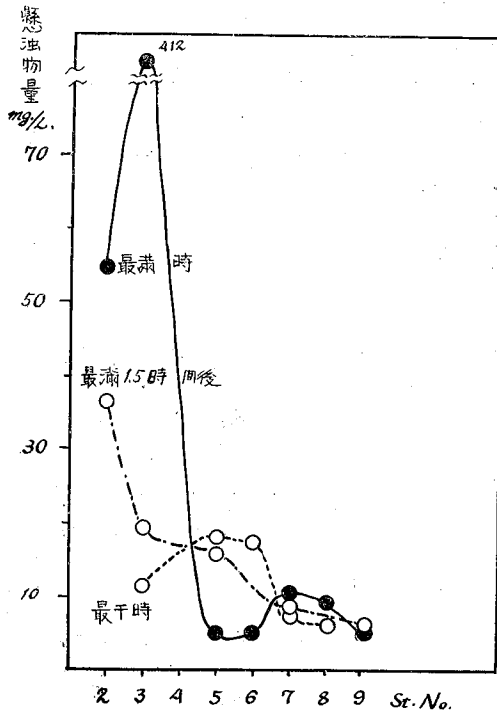
30年8月6日

St	表 層				中 層				底 層			
	水深	懸濁物量	cl	COD	水深	懸濁物量	cl	COD	水深	懸濁物量	cl	COD
	m	mg/L	%	mg/L	m	mg/L	%	mg/L	m	mg/L	%	mg/L
1	0	126	2.91	373.98	—	—	—	—	0.8	1,716.68	7.96	1,689.85
2	0	173.3	7.81	415.54	2	69.83	16.58	—	3.2	623.3	16.16	408.61
3	0	13.66	12.61	1,835.28	2	—	16.94	16.96	2.5	9.33	16.82	391.99
4	0	21.42	13.81	433.5	2	—	—	—	1.5	15.68	15.32	43.73
5	0	26.78	12.22	138.92	2	—	16.82	10.35	3.6	7.24	16.97	6.76
6	0	8.42	16.91	12.97	2	6.42	16.97	8.55	6.5	6.01	17.24	3.03
7	0	6.31	16.67	8.55	2	4.90	16.97	7.17	6.5	8.13	17.93	4.00
8	0	5.89	16.64	14.62	2	6.16	17.96	5.93	7	10.84	17.24	6.46
9	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
原廃水	—	438.3	1.70	1,295	—	—	—	—	—	—	—	—



Fig. 2.

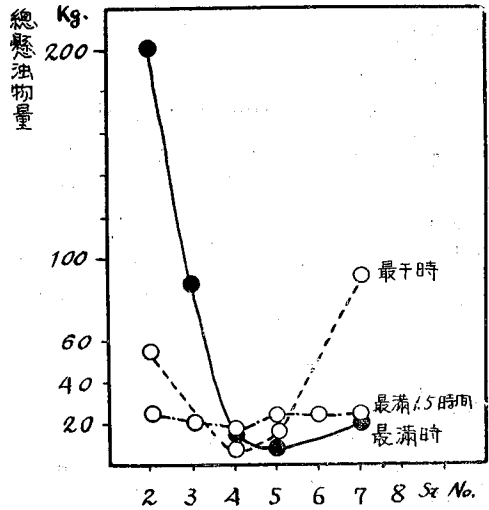
平均懸濁物量の港域内水平分布



の差は、海水の流動の変化が大きい場合に大きく表われてくる要因、例えば場所による海水の混合度変化の不均一、同じく懸濁物の沈降速度変化の不均一、懸濁物の分散速度と廃水分散速度との差等が関係をもつことが予想される。

Fig. 3.

港域における測点の代表する横断面の総懸濁物量

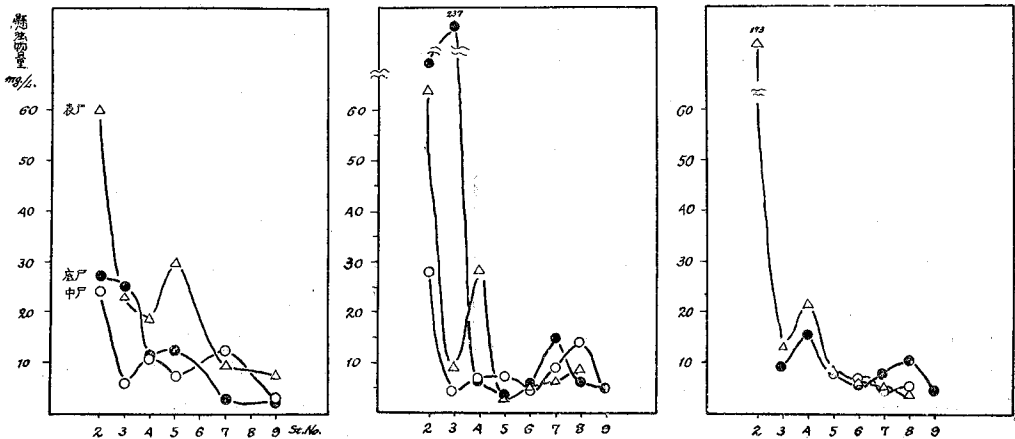


次に各回の測点の懸濁物の平均値に測点の代表する渚の海方向の軸に対し垂直な横断面積を乗じたものを第3図に表す。

これを見ると最満後1.5時間の場合は全体としてやや減じているようであるが明らかではない。最満時、最干時の間の差は顕著に表われているがこの最大の原因は港内における各測点断面の面積の変化、即ち水位の変化であるのは勿論であるが、測点断面積の変化以上に港奥部の懸濁物量が多い事は満潮時に際して廃水自体が押込まれている傾向を物語るものといえよう。第3図において7.8の station の断面で懸濁物の量が

Fig. 4. Fig. 5. Fig. 6. は夫々

最満後1.5時間、最満時、最干時の各層懸濁物量と測点との関係



多くなっているのは、懸濁物自体がこの地域の地形上平均的に分布していないので、偶々懸濁物の濃度の高い点を探ったために現われた結果であろうと考えられる。

### 港内における垂直分布

第1回目の数値を第4図第2回目の数値の中最満時のものを第5図最干時のものを第6図に表わす。この3つの図を比較した場合、水平分布においてのべたと同様な事実、最満後1.5時間の懸濁物の垂直分布は比較的表層が多く中、底層順となっているが最満時、及び最干時における懸濁物の垂直分布は必ずしも表、中底層の順に懸濁物が減少せず、時には順序が逆転するし極めて不規則な形を示している。この原因については水平分布において述べたと同じ事があてはまるであろう。

### 考 察

#### A 廃水割合に対する懸濁物の割合の関係

水に溶解する物質と懸濁物質の分布に差のある事は今までに認められている事であるが、この対象廃水の場合には懸濁物質が沈降する性質のために複雑な現象を生じている事が予想されるので測定した海水の塩分から原廃水の混合割合を推定し、この推定値から考えられる懸濁物質の量に対する懸濁物の測定値の比を伊賀原の方法により計算してみた。(この計算値を $\alpha'$ としておく)

第7図は第1回目の結果を、第8図に第2回目の結果の中最満時を、第9図に各潮時の上下層の平均懸濁物を使ったものをしめす。第1回目の結果においては距離的に順次に廃水の混合割合に対する懸濁物質の割合は減少していく傾向が明らかである。

Fig. 7.

最満後1.5時間の実測懸濁物量と試水中に含まれている廃水混合割合より予想される懸濁物量の比( $\alpha$ )と測点との関係

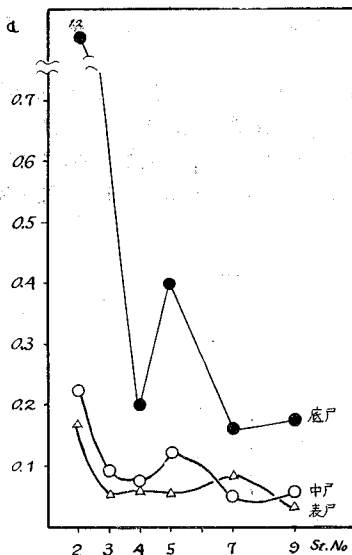
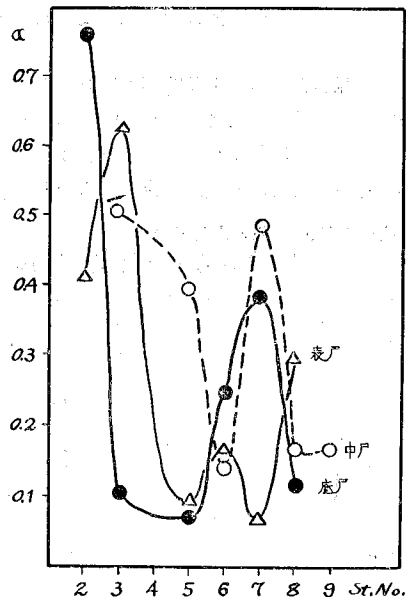


Fig. 8.

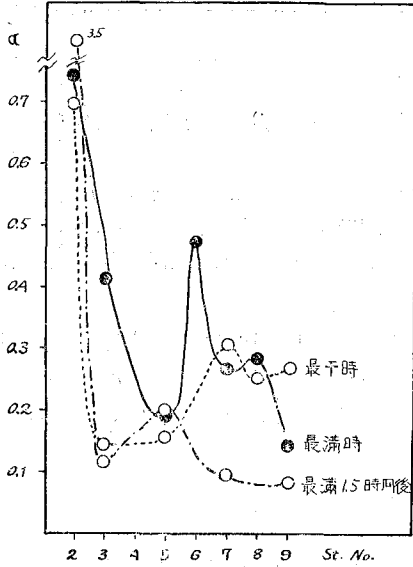
最満時の実測懸濁物量と試水中に含まれている廃水混合割合より予想される懸濁物量の比( $\alpha$ )と各層の関係



第2回目の最満時の結果は第7図には表われなかったが非常に複雑であり最満時最干時相互間には相当差があるようであるが、表層、中層、底層の懸濁物質を平均したものについて、同上の操作を加えた第9図を見ると最満時最干時、相互の差はあまりないようである。但し最満後1.5時間の結果とは差がみられる。

Fig. 9.

平均実測懸濁物量に対する試水中に含まれる廃水混合割合から予想される懸濁物量の比 ( $\alpha$ ) の値と測点の関係



**B 廃水の稀釈と懸濁物の稀釈との差**

次に廃水の稀釈と懸濁物の稀釈の進行との間にどのような差がみられるかを考えるためにある測点と次の測点との間の濃度勾配を考えた。この場合は簡単に測点の濃度を一つ前の測点の濃度で割った商をもって代用した。

第1回目の測点5から7、7から9までの区間の長さは他の測点間の区間長の2倍であるので、区間の長さを一定として考える必要上7及び9の測点については上述の商を2で割った。第1回目の結果を第10図に第2回目の中最満時のものを第11図に最干時のものを第12図に示す。これらの結果を比較すると廃水及び懸濁物質の区間毎に稀釈されている割合と廃水の同上の割合を比べると

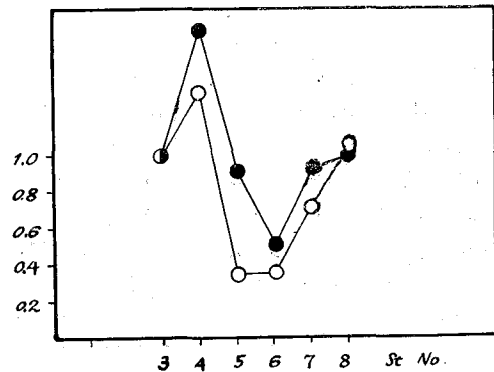
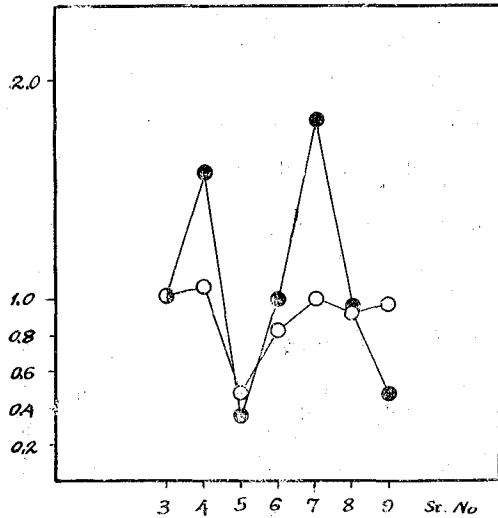
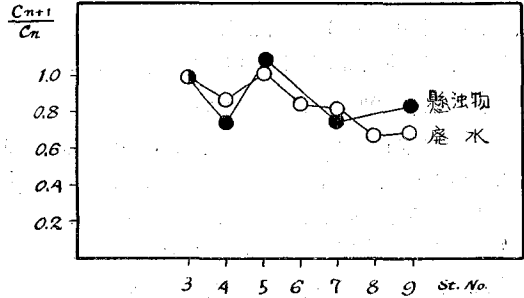
1. 懸濁物の区間毎に稀釈される割合の方がやや変動がはげしい傾向がみえる。
2. この傾向は最満時に大きく最干時、最満後1.5時間は小さい傾向がみられる。

**C 区域内に停滞する懸濁物量と廃水量との関係**

区域内に停滞する懸濁物量を出すために各測点の表層、中層、底層の懸濁物量を平均した値に測点を通る港の横断面及び測点の代表する区間長を乗じたものを各々加えた。

これを工場の1日当りの廃水量中の懸濁物量で除すればこの商は港域内に存する懸濁物が何日分の廃水中にある懸濁物量に相当するかがわかる。

Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12は夫々最満後1.5時間、最満時、最干時、の  $C_{n+1}/C_n$  と  $st$  との関係



しかしながら懸濁物質の主要供給源である協和醸造工場の廃水が5~6万トンと変化するし又原廃水中の懸濁物量も変化するので推定は困難であるが調査で得られた懸濁物量の最大最小を使って計算してみると、最満時、0.3~0.8月分の間であり最干時は0.12~0.23と大巾に減少するが一方区域内に含まれる廃水量は最高潮時には0.74日分、最干潮時には0.79と大きな変化がみられないので、懸濁物量との比は最高潮時 1.0~0.4の範囲で最干潮時には0.12~0.3程度と推定される。

#### D. 懸濁物沈降速度推定の一例

この区域内において懸濁物は干満により区域内へ押し入れられたり引延されたりする事が観察されるが、これを模式的に次の如く考えて仮説的に沈降速度を推定してみる。

まず原点を最満時とし最満時から次の最満時までを一潮時  $t$  とおく。この一潮時間の懸濁物の動きを考えてみると、一つ前の潮時から現在までに出された廃水の内前半潮時分については引潮により外へ出て海水と混合し後半潮時にはその幾分かは港域内に入ってくる。後半潮時に出された廃水の一部は海の表層を流れて港域外に流出し一部は区域内に停滞する。

これを総括して、この0潮時より-1潮時までに出された廃水の区域内に存在するものを  $\frac{1}{\alpha}$  とすると同様-1潮時~-2潮時までに出された廃水で区域内に残存するものは、この操作が更に一度加ったものと考えれば  $\frac{1}{\alpha^2}$  という事になるこれを順次考えると(1)式となる。但し  $b$  は区域内に残存する廃水量である。

$$\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha^2} + \frac{1}{\alpha^3} + \dots, \quad \frac{1}{\alpha n} = b \dots (1)$$

常法に従って 
$$\alpha = \frac{1+b}{b}$$

一方残存する廃水が平均的にどれだけの時間経過しているかを考えると、加重平均の考え方により次の式が導かれる。

(0~-1潮時分の廃水については  $\frac{1}{2}$  潮時経過していると考え)

$$\frac{1}{2}t \cdot \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{2}t \cdot \frac{1}{\alpha^2} + \frac{2}{2}t \cdot \frac{1}{\alpha^3} + \dots, \quad \frac{(n-1)}{\alpha n} \cdot \frac{1}{2}t = xt \dots (2)$$

(1)式における常法を2度繰返し微少項を0とおくと

$$x = \frac{\frac{1}{2\alpha^2} \cdot (1+\alpha)}{1 - \frac{2}{\alpha} + \frac{1}{\alpha^2}}$$

これらの式から観測値の区域内における

残存廃水量/1潮時に出される廃水量の値  $b=1.7$  を代入すると  $\alpha=1.6$   $x=3.1$  となる

最満時の残存廃水量から出される懸濁物量で、測定懸濁物量を割った商が1.0~0.4の範囲であるから平均0.7すれば、3割の部分については3.1tの平均経過時間中に表層から海底に沈降したものと考えられる。しかしながら最干時を原点としても(1)(2)両式同様な事が考えられ且つ残存廃水量が0.78と最満時とあまりちがわない値であり残存廃水量から出される懸濁物量に対する測定懸濁物量の比が0.12~0.3であるから、この場合は、7~9割について  $x$  が3.1位の値が出てくるという事が考えられる。このいづれの値も、この模式的な考え方から出てくる値であるから、廃水中の懸濁物量の3割~7.8割の範囲のものが海底まで平均5m沈降すると考えれば、 $10^{-4}$ cm/sec. 程度の沈降速度をもつと考えられる。簡単に言えば1.5日位かかって沈降しているという事になる。

#### 要 約

三田尻港内における懸濁物を調査した結果より干満の影響をうける港内においては

1. 懸濁物の分布と廃水の分布との間には大きな差がある。
2. 廃水と比べると懸濁物の方が地点間の濃度傾斜の不均一性がやや大きい傾向がみられる。且つこれは最満後1.5時間の如き海水の流動時の方が小さい傾向がみられる。

3. 任意点における海水中に混合されている懸濁物の量はその中に混合されている廃水の割合から予想される懸濁物の量より常に小さく廃水口から離れるに従って小さくなる。
4. 模式的に考えてみて懸濁物の一部につき平均沈降速度を推定してみた。

#### 参 考 文 献

- 1) 伊 賀 原：工場廃水に関する研究 汚水に対する海の自浄作用について 内水研報告7号 P33  
昭和30年

# 廃水中の懸濁物に関する研究

## 第2報 懸濁物の沈降量を知る試み

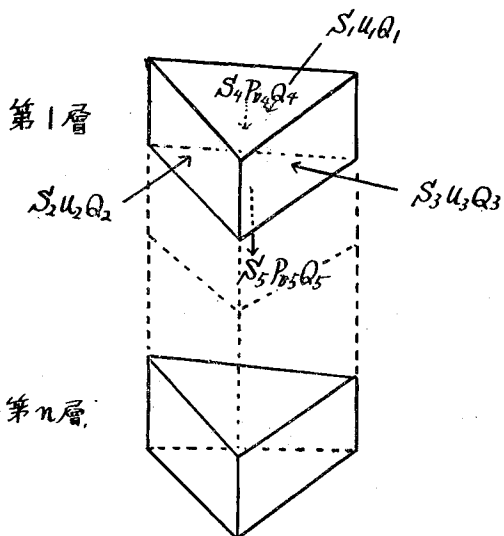
伊賀原 弥一郎

廃水中の懸濁物は前報で述べた通り複雑な分布をなし、ある部分は沈降して海底の悪変の原因となり、ある部分は海中に浮遊しながら分解を受けて海水に溶出するものと考えられる。懸濁物が水質を悪化しかつ泥質の悪変に参与して漁業を妨害するとすれば、懸濁物がどの地域でどの位沈降しているかを知ることが懸濁物の海中における問題を取上げるにあたっての最初の課題であろう。

一般に分解される速度のあまり速くない懸濁物が海底にどれだけ沈降したかを知るためには、簡単な沈澱受瓶を底に設置し、初めの設置にあたって海底から浮き上った懸濁物が瓶中に入らないようにする工夫及び、引き上にあたって瓶中の懸濁物が流出しない注意をほどこせば良い。しかしながらこの方法では小型船舶の通行のある所などでは使用する事が困難である。こうした場合、沈澱受瓶を使用せずに行える方法はないかと考え行ってみた。しかしながら後述の如くあまり適当なる方法とは言えないのであるが、なお調査対象を選ぶことにより残された分野があると考えるのでここに報告する。

### (プリズムを想定して行う方法)

簡単に考えるため一定区域で定常状態が成立しているとする。



第1図の如く海表面に上面を接したプリズムが、 $n$ 個相接して海底まで連続していると考え、かくして3つの側面よりの、懸濁物の出入を考えてみる。プリズムの各側面の面積を $S_i$  (但し $S_1 = S_2 = S_3$ は正三角形のプリズムを想定すると $S_1 = S_2 = S_3$ となるこれを $S$ と以下おく) 上下面の面積を $S'$ とおき、上面からプリズム内へ、又下面からプリズム外へ沈降する速度を、 $P_{v1.4} - P_{v5.5}$ で表わす、各符号に $i$ と並べて $n$ を添字してプリズムの層を表わす。

第1層について考えてみると次の様になる。

$$S \sum_{i=1}^3 U_{1.i} Q_{1.i} + S' (P_{v1.4} Q_{1.4} - P_{v1.5} Q_{1.5}) = 0 \quad \dots\dots(1)$$

上面が海表に接しているのであるから

$$P_{v1.4} Q_{1.4} = 0 \quad \dots\dots(2)$$

Fig. 1. プリズムを設定して懸濁物沈降量を知る方法の模式図

従って 
$$S \sum_{i=1}^3 U_{1.i} Q_{1.i} - S' P_{v1.5} Q_{1.5} = 0$$

第2層について考えてみると

$$S \sum_{i=1}^3 U_{2.i} Q_{2.i} + S' (P_{v2.4} Q_{2.4} - P_{v2.5} Q_{2.5}) = 0$$

但し  $S' P_{v2.4} Q_{2.4}$ は、上面からの沈降  $S' P_{v1.5} Q_{1.5}$  にほかならないから

$$S \sum_{i=1}^3 U_{2.i} Q_{2.i} + S \sum_{i=1}^3 U_{1.i} Q_{1.i} - S' P_{v2.5} Q_{2.5} = 0$$

同様に第  $n$  層について考えると

$$S \sum_{i=1}^3 U_{n,i} Q_{n,i} + S' (P_{n,4} Q_{n,4} - P_{n,5} Q_{n,5}) = 0$$

$S' P_{n,4} Q_{n,4}$  は  $S \sum_{n=1}^{n-1} \sum_{i=1}^3 U_{n,i} Q_{n,i}$  にほかならないから

$$S \sum_{n=1}^n \sum_{i=1}^3 U_{n,i} Q_{n,i} - S' P_{n,5} Q_{n,5} = 0 \dots (3)$$

第  $n$  層の下即ち海底に、単位面積当り単位時間当りに沈降する量は、次のようになる。

$$P_{n,5} Q_{n,5} = \frac{S \sum_{n=1}^n \sum_{i=1}^3 U_{n,i} Q_{n,i}}{S'} \dots (4)$$

(3)式により、 $U_{n,i} Q_{n,i} S'$  を測定すれば懸濁物の沈降量を求めることが出来る。

實際上、干満のある地域では定常状態ということは考えられないが、1潮時又は更に長期間連続観測し、これを平均化して1潮時以上の時間を単位として考えれば、この場合、定常と考えて良いのではないかと考えられる。

かかる長時間観測することは至難であり、得られる結果の大きさと比較すればなし得ることではないから、数時間程度で大約を知ることは出来ないかと考え次の2例を測定してみた。

第1例は当研究所横の広島七つの川の一つである京橋川において、たまたましゅんせつ船により、川砂を取り、川沿いの数万坪の池を埋立てる工事が行われた。サンドポンプで砂と共に池に入れられた濁水は最満時から最干時にかけて川に流出し、川の大部分を被って流れる。濁水は極細砂、黒色極細粘土質のもの、浮泥とさまざまなものを含んでいる。

川のほぼ中央、やや池よりの下流に標尺付コンパスを用いて一辺70m 1層のプリズムを2個並べて設定し、その位置を浮標で示した。この海底に板に煉瓦4個を重石としたものに直径30cm程度の広口瓶を沈殿受瓶として沈めた。最満潮後1時間から5時間後まで、4回、一定時間毎に各プリズムの頂点の流速を、測定及び採水した。

採水は北原式中層採水器、流速はエクマンメルツ流速計である。懸濁物は採水後濃縮乾燥し重量法で計った。

第2例は山口県三田尻港で、糖蜜を酒精醸酵させた残渣の中スクリーン濾過を通り、曝気沈殿池で沈殿しなかった有機懸濁物である。

第1例と同じ様に標尺付コンパスにて、一辺ほぼ150mの2層のプリズムを2個設定し約1時間毎に5回最満後1時間から5時間後まで測定した。採水は北原式中層採水器でこの2ℓの水を小型の植物プランクトン用ネットで濾過し瓶に捕集、沈殿管を用いて容量を計った。

流速はエクマンメルツ流速計及びT.S小型流速計を用いて計った。

これらの数値からの計算値と沈殿受瓶で得られた結果とを対比したものを第1表で表わす。

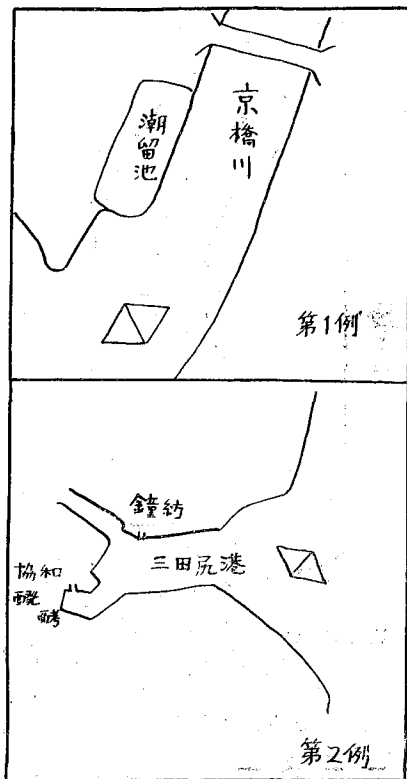


Fig. 2. プリズム設定位置図

第1表

	沈殿受瓶法	計算法
第1例	$0.96 \times 10^2 \text{ g/m}^2$	$2.2 \times 10^2 \text{ g/m}^2$
第2例	120cc/m <sup>2</sup>	305cc/m <sup>2</sup>
	123cc/m <sup>2</sup>	- 54cc/m <sup>2</sup>

第1例においては懸濁物量が測定時間を平均して2~3割の差をもっていたが第2例においては、1割程度しかみられなかったことが負の結果を得た大きな原因ではないかと考えられる。これらの例を考察すると沈降のおそい廃水に適用は難かしく、泥水、鉱山廃水、等の比較的沈降速度の早い懸濁物質を含む対象汚水で干満の少ない地域、かつ河口域の如き限ぎられた場所では適用する余地があるものと考えられる。

(廃水に対する懸濁物の割合を使用する方法)

次に定常状態ということがい得るならば、懸濁物質の分散の速度と廃水分散の速度との差異が問題とならないから、任意点の海水に混合している廃水の割合から予想される懸濁物質で実測懸濁物質で割った商と1との差は廃水が放出されてから測定位置まで分散してくる過程において懸濁物が沈降した割合を示している。この差ではなく実測懸濁物と予想懸濁物との比を、伊賀原<sup>1)</sup>の方法で計算しこれを懸濁物質についての $\alpha$ とする。

廃水口を中心として数個の地点の海表より海底までの塩分、懸濁物量を測定した結果より $\alpha$ を計算し等 $\alpha$ 線を図上で画く、この等 $\alpha$ 線間の面積をプランメーターで求める。

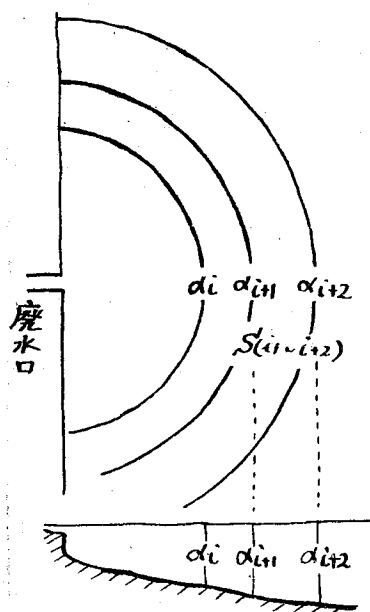


Fig. 3. 実測懸濁物量と試水中の廃水割合から予想せられる懸濁物量の比( $\alpha$ )から懸濁物の沈降量を知る方法の模式図

参考文献

- 1) 伊賀原：工場廃水に関する研究 汚水に対する海の自浄作用について 内水研報告7号 P 33. 昭和30年

これらの結果をみると第1例にあっては、ほぼ似かよった数値を得たが第2例においては負の沈殿量という予想外の結果を得た。

これらの原因を考えると初めの定常状態という条件が満足されないのは当然であるが、測点間の懸濁物量が相当の差をもっていない場合には測定値の誤差が(4)式上ですべて流速と懸濁量の積の間の差で表わされる関係上、大きくきいてくるからではなかろうか。

等 $\alpha_i$ 線と、等 $\alpha_{i+1}$ 線の間で原廃水の $\alpha_i - \alpha_{i+1}$ の割合だけの懸濁物量が沈降するのであるから任意等 $\alpha$ 線と $\alpha_{i+1}$ 線にかこまれた面積内に単位時間当り単位面積当りの沈降量は次の式で表わされる。

$$V(i \sim i+1) = \frac{\alpha_i - \alpha_{i+1}}{S(i \sim i+1)} \times q \times C_p \dots (4)$$

但し  $\alpha_i \dots$  等 $\alpha$ 線を引いた場合の $i$ 番目の $\alpha$ の値

$V(i \sim i+1) \dots$  等 $\alpha_i$ 線と、等 $\alpha_{i+1}$ 線にかこまれた面積内における単位面積、単位時間当りの沈降量

$S(i \sim i+1) \dots$  等 $\alpha_i$ 線、等 $\alpha_{i+1}$ 線にかこまれる面積

$q \dots$  廃水量/単位時間

$C_p \dots$  原廃水単位体積中に含まれる懸濁物量

この式については実測を行っていないが前の方法と同様に定常状態が満足されないが、相当多量の廃水が放出される鉱山廃水等については、近似的に成立する分野を有していると考えられる。

要約

沈殿受瓶を使用せずして懸濁物の沈降量を知る方法として、1つはブリズムを想定し、その各面からの懸濁物の出入を計って知る方法、及び試水中に含まれている懸濁物量に対する廃水の比を使用する方法を提出したが使用し得る分野はせまい。



# 産業廃水に関する実態調査の一試み

藤谷 超・千国史郎

産業廃水による水産業の影響に関しては近年急激に問題が増加し、各地で大小様々な問題を惹起しているが、筆者等が関係し又聞き及んだ所では起きている問題が必ずしも科学的に適正でない場合がしばしばある。と言う事は自然の環境の変化による漁獲物の減産等に対して附近の工場にその責任を求めるといった事柄が見受けられる等はその一例であり、これに近い事例が他にもしばしばあるようである。

このような例からも伺える事は、廃水の問題が起きると言う事の反面には、漁業者の廃水に対する意識が多分に影響される場合が多いように思われる。そこで今回は漁業者が各種の操業を行うに際して、どの程度廃水を意識して行っているかの概略を知る一つの試みを行った。結果は余り満足するに足るものではなかったが、今後この種調査の発展の礎石としたい。

## 〔調査方法〕

調査の対照としては広島市居住の漁業者を選んだ。広島市近辺の各種工場については我々は或る程度の知識を持っているわけであるが、漁業者の立場に立ったこれに対する考え方については、その全てを把握しているわけではない。従って広島市近辺の漁業者がどの程度廃水を意識して仕事をしているかと言う事を知ると共に漁業者の廃水に対する意見・考え方についても、或る程度の知識を得たいものと考えた。

### 1) 標本調査の方法

全漁業者世帯の名簿の中から次の方法に従って標本世帯を選んだ。

#### イ) 標本抽出比の決定

抽出比の決定については一般に下記の方法が用いられる所から、この方法に依った。

母集団の大きさを  $N$ 、標本の大きさを  $n$ 、母集団で或る特性を持つものの割合を  $P$  とし、標本中その特性を持つものが  $k$  個あったとすると、

無作為抽出の場合、母数  $P$  の推定量は

$$E(k/n) = P$$

即ち  $k/n$  は  $P$  の不偏推定量になり

母分散は

$$E(k/n - P)^2 = \frac{N-n}{N-1} \cdot \frac{P(1-P)}{n} = \sigma^2$$

となり、多くの場合  $N \gg 1$  であるので

$$\sigma^2 = (1-r)p(1-p)/n \quad \text{但し } r=n/N \text{ (抽出比)}$$

となる。

$k/n$  の母変異係数を  $\epsilon$  以下に留めるには  $r$  を

$$\epsilon^2 = \{(1-r)p(1-p)/n\}/p^2$$

から定める。これを变形すると、

$$N\epsilon^2 = (1/r - 1)(1/p - 1)$$

となりこれから  $r$  を定めればよい。

そこで、今広島市の漁業者世帯を 2000、

特性を持つものの割合を  $\frac{1}{2}$  即ち  $P=0.5$ 、

又精度 0.1 (10%) で結果を得たいとすると、それぞれ上式に代入して、

$$r = \frac{1}{2} \cdot 1$$

を得る。従って抽出比は  $\frac{1}{20}$  に取れば目標の精度は得られ、又  $P=0.5$  と置いたが実際はこれよりも多い事が予想されるので精度は10%よりも可成り良くなり得る。

そこで、広島市の漁業従事者世帯を漁業者名簿から無作為スタートで抽出する方法で、抽出比  $\frac{1}{20}$  で標本漁業従事者世帯を選び調査を行う事とした。ここで抽出した世帯は94世帯になった。

## 2) 調査項目の内容

調査項目は別表に示したものであるが、各項目の記載事項から次の事を期待した。

整理番号 <i>N</i> 6. _____
① 漁業種別は何ですか。 <div style="text-align: right;">専業 兼業</div>
② 主な漁業従業場所は何処ですか。
③ 汚水(悪水)による被害がありますか。 i) ない ii) ある ( ) i) 何時も困る      ロ) 時々困っている ハ) 大した事はない      ニ) 判らない
④ その被害は、どんな所の汚水と思えますか。
⑤ 汚水の被害を除くために、どうして欲しいと思えますか。 i) 汚水が出ない様にして欲しい。 ロ) 汚水が出てても良いから害のない様にして欲しい。 ハ) 汚水中でも仕事出来る様にやり方を考えて欲しい。 ニ) 判らない。
⑥ その他の御意見

調査項目①からは主な漁業種別を知る事によって漁業者の業種別割合を知るつもりで記載を依頼した。

②については主な漁場の位置を知り、漁業者が主として何処の漁場に依存しているか、及び業種別によつての漁場の変遷等を知る事を期待した。

③については漁業者の汚水に対する意識考え方を知るつもり項目である。

④以下の項目はこの調査の参考資料を得るつもりのものである。

## 3) 調査の方法

調査の方法は郵送法に依つた。即ち上記1)の94世帯に対して、2)の如き各項目を記入したハガキを送付し返答を求めた。上記1)の94世帯の中で調査票を返送してくれた世帯は41、発送した調査票が宛先不明その他の理由で返送されたものが3通、

残りの50世帯は調査票を返送してくれなかったため、この50世帯の中から又無作為に25世帯(抽出比 $=\frac{1}{2}$ )を選んで、その各世帯を訪問して、郵送と同様な項目について返答を求めた。この場合の抽出比 $\frac{1}{2}$ は労力の点から決定した値である。

## 4) 推定値を求める方法

郵送した調査票を返送してくれた世帯(応答世帯)と返送してくれず後で訪問調査を行った世帯(不応世帯)の中での或る特性比から、全世帯の特性比を推定する方法は Hansen-Hurwitz の方法によつた。

### 〔特性比の推定〕

前記のように調査の計画に際しては調査項目の①, ②, ③についてそれぞれの特性比を求めるつもりであったが、返送されて来た調査票の記載事項不備のため調査項目④についてのみしか正確な事は判明しない結果になった。即ち「全漁業者世帯の中で自分の業種が汚水の影響を受けていると考える者が何%居るか」を推定する事になる。この方法は前述した Hansen-Hurwitz の方法によつたが、これは、

母集団の大きさを  $N$ , 調査票を発送した数を  $n$ , その中  $m$  通が返送され  $S$  通が戻らなかつたとして、 $S$  通の中  $r$  を再度訪問調査したとする。

$$k \equiv S/r (\geq 1) \quad \text{と置いて}$$

母集団での不応群の大きさを  $S$ , ある量  $X$  の総和  $t$  を推定するものとし、 $\bar{x}_1, \bar{x}_2$  をそれぞれ応答群及び不応群の中再度調査したものから得られた  $X$  の平均とすると、 $t$  の不偏推定量  $T$  は

$$T = N(m\bar{x}_1 + S\bar{x}_2) / n$$

Tの母分散は

$$\sigma_T^2 = N^2 \frac{N-n}{N-1} \frac{\sigma^2}{n} + \frac{N}{n} (k-1) \frac{S^2}{S-1} \omega^2$$

但し、 $\sigma^2$  は母集団全体の、 $\omega^2$  は不応群全体でのXの母分散を表す。

と言うものである。

これから特性比の不偏推定量  $T'$  は

$$T' = (m\bar{x}_1 + S\bar{x}_2) / n$$

$T'$ の母分散は

$$\sigma_{T'}^2 = N(N-n)\sigma^2 / n + (k-1)S\omega^2 / nN$$

但し  $N \gg 1$ ,  $S \gg 1$  として。

となり、この方法によって推定値を求めた。調査の結果から求められた各数値は

1. 初めに送付した調査票数 (抽出比 $1/20$ ).....94
2. 宛先不明等で戻ったもの.....3
3. 郵送調査票の有効票数.....91
4. 返送により得た返答.....41
5. 4.の中汚水の影響ありを言うもの.....38
6. 不応答の票数.....50
7. 6.の中再度訪問により得た返答.....25
8. 7.の中汚水の影響ありを言うもの.....14

これから各数値を求めると、

$$\begin{aligned} N &= 1820 & S &= 1001 \\ n &= 91 & k &= 2 \\ m &= 41 & \sigma^2 &= 0.00599 \\ S &= 50 & \omega^2 &= 0.2402 \\ \bar{x}_1 &= 0.9268 \\ \bar{x}_2 &= 0.5600 \end{aligned}$$

この各数値を代入して

$$\begin{aligned} T' &= 0.7251 & \sigma_{T'}^2 &= 0.001515 \\ & & \sigma_{T'} &= 0.03892 \end{aligned}$$

これから広島市内の漁業従業者世帯の中汚水の影響を考えながら仕事をしている人は全体の72.51±3.89%居る事になり、この場合の精度は $\omega=0.05367$ となり、当初予期した精度0.1よりも可成り良い結果が得られた事になる。

前述したように調査項目①及び②については当初予期した通りの返答が得られなかったために明確な結果は望む事が出来なかった。従って大略の傾向を示す資料ではあるが、この集計結果を示す。

#### 1) 漁業従事者の業種の割合

1. のり 24.3%
2. 採介 17.2%
3. かき 15.7%
4. 一本釣 15.7%
5. 餅付釣 4.3%
6. 底曳き(主になまこ) 4.3%
7. その他 18.5%

#### 2) 汚水を受けている状態

1. 何時も困る 36.9%
2. 時々困る 47.7%
3. 大した事はない 6.2%
4. 判らない 9.2%

### 3) 汚水の影響を受けている業種の割合

1. のり 36.4%
2. かき 18.2%
3. 採介 18.2%
4. 一本釣 12.1%
5. その他 15.1%

### 4) 汚水に対する対策について漁業者の意見

1. 汚水が出ないようにして欲しい……44.2%
2. 汚水が出てても良いから害のないようにして欲しい……40.2%
3. 判らない……6.5%
4. 汚水中でも仕事出来るようにして欲しい……0.0%
5. 解答なし……9.1%

### 〔結果の考察〕

各項目に亘り、それぞれ漁業者の記載を期待したが、調査項目①、②については予期した通りの記載は得られず、当初の目的が達せられたものは項目③についてのみであった。

さして面倒な項目でもないのであるが期待通りの結果が得られなかった事については 今後この種の調査を行うに当って留意すべき事と考える。

上記の結果から得られた漁業者の中で、72.51±3.89%が廃水を意識しながら操業を行っている事は可成り高い関心の度合を示すものであろう。従ってこのような地域では廃水問題を惹き起す可能性が多分にある事になるが、これは我々が日頃経験する所と比較的良く一致している。

しかしながらこの高い関心の度合にもかかわらず実際に問題の起きる例はさほど多くないのであるが、これは汚水の影響を受けている状態が「時々困る」とする者が多い点一つの裏付けになるものと考え。一方汚水の影響を受けている業種では、のり、かき、採介、一本釣その他の順になっているが、これは漁業者の業種の割合と略同様であるので、これからは判然とした事は言えない。「汚水に対する対策についての意見」では「汚水が出ないようにして欲しい」と「汚水が出てても良いから害のないようにして欲しい」とが略同様の率で示された。後者の意見が幾らか建設的な要素を含んでいると解釈出来るとすれば、前者の意見が比較的多い事は今後の廃水に対する行政指導上留意すべき問題を含むと考える。

### 〔要 約〕

漁業者の廃水に対する意識、考え方等関心の度合を調査する事を試み考察を行った。

### 〔参 考 文 献〕

- 1) Hansen-Hurwitz : Journal of the American Statistical Association  
Vol. 41 No. 236 1949 Dec. p517~529
- 2) 増 山 : 推計学の話

# 一下水の水産に与える影響の要因について

荒川 清・手賀 圭子

産業廃水による水産に与える影響調査の一環として都市廃水の問題がとりあげられ種々報告されているが、最近広島市における大河下水の放流により水産業に与える影響についてしばしば紛争を起している。

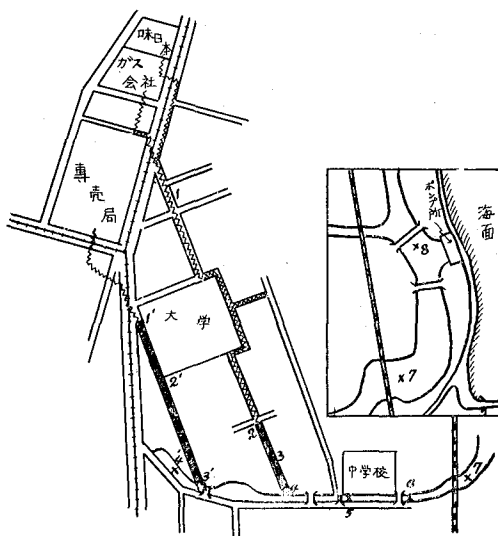
その紛争は放流地の海田湾における浅海養殖生物に対する影響及び近くの船だまりの船の金属部分殊に真鍮、銅等の損耗の早い事、更に下水近くの家における異臭等である。

既往の調査結果によれば大河下水は広島市内の下水中特に悪い水質の下水であるので今回大河下水の水質を特に悪くしている原因が何によるものかを知るため調査した結果を報告する。

## 大河下水の概況

大河下水は第1図に示すように一般家庭廃水及び工場廃水として広島ガス会社、味日本会社、専売公社の廃水が下水溜りに注がれ不定期に下水溜りの満水時にポンプにて揚水放流及び干潮時に樋門より海田湾奥部に放流している。

第1図 採水調査st図



## 調査方法

第1図に示すように味日本会社、ガス会社の廃水は途中で合流し、専売公社廃水は他の水路を流れ各中間にて一般家庭廃水と混合し前者は St 1, 2 3 後者は St 1', 2', 3' を経て下水溜りに注ぎ St 4 において合流しているため各下水別に調査を行い、下水溜りの結果より考察する事とした。

水質に関する測定項目は

- (1) C. O. D. ( $\text{KMnO}_4$  消費量の酸素当量 mg. / L)
- (2) 硫化物 (富山氏法による  $\text{H}_2\text{Scc. / L}$ )
- (3) D. O. (Winkler 法による  $\text{O}_2\text{ cc. / L}$ )
- (4) 汚濁消費量 ( $\text{H}_2\text{Scc. / L}$ )
- (5) 浮遊物 (東洋濾紙 No. 5c による濾過法 mg. / L) 底質については
  - (1) C. O. D. (酸素当量 mg. / 乾泥g)
  - (2) 硫化物 (富山氏法  $\text{H}_2\text{Smg. / 乾泥g}$ )
  - (3) Ignition loss (%)
  - (4) D. O. loss (Winkler 法  $\text{O}_2\text{ cc. / 乾泥g}$ )

につき測定を行った。

## 調査結果及び考察

### (1) 味日本及びガス会社系下水路

味日本会社の廃水は澱粉沈澱廢液、中和濾液及び冷却水、一般雑廢水等の混合廢水であり約2,700~3,000 ton/日流されると言われる。

混合廢水の性質について第1表に示す。

第1表 味日本会社廃水の性質

C. O. D	硫化物		D. O	I <sub>2</sub> Loss	浮游物
	Free	Total			
3,393.6	0.07	0.07	2.99	0.82	562.7

第2表 ガス会社廃水の性質

採水月日	廃水区別	C. O. D	硫化物		I <sub>2</sub> Loss	浮游物
			Free	Total		
3月9日	水性ガス	113.7	—	—	22.5	—
	15日 水性ガス	156.8	—	4.71	20.4	41.9
	主 廃水	101.0	—	0.93	19.9	51.6
5月2日	水性ガス	—	0.07	0.13	—	—
	主 廃水	188.1	1.07	5.27	—	—

これに反してガス会社の廃水はC. O. Dは小さく硫化物及び沃度消費量が非常に大きく微量の油分がある廃水である。

両会社の廃水が合流後大河下水の下水溜りに至るまで相当長い距離の暗渠を経て St 2 に至って露出下水となり約 300mで下水溜りに注ぐ。その間に家庭廃水が注加されている。

両会社廃水合流後 St 1 までの間の暗渠より硫化物素臭、腐敗臭及びタール臭等の臭気を盛に発している所が処々ある。

3月15日に水中にて栓をした瓶を開栓する採水法をとった予備調査の結果を第3表に示すが、D. O. の結果は採水法に起因する空気中の酸素の溶解のためそのまま用いる事は出来ないが表中の値より大きいとは考えられない事から相当に少ない事を裏書きしているのが察せられ、3月22日に再び調査を行い（これ以後採水には北原式中層採水器を使用した）その結果を第4表に示す。

結果より下水路の水質について考察すれば両回とも St 1 のC. O. Dは4~500で味日本会社の廃水の1/2、ガス会社の3~4倍になるが両会社の廃水量及びそれに加わる家庭廃水等を考えに入れて第5表に示す St 2, 9の流量より算出する稀釈の点を思えば量的の関係には余り大きな誤りはないようである。

下水路における St 1~4のC. O. D及び沃度消費量、浮游物等の結果が家庭廃水の注加があるにもかかわらず漸減している事から自浄効果が大きく考えられる。このような自浄効果が St 1 以前においても行われているものとは考えられるが、然し味日本会社の廃水は有機物が多く、更にガス会社廃水は硫化物が多く、そのために還元性の酸酵分解が行われ、暗渠中にては硫化物臭、腐敗臭等が充満しているため唯単に流れだけでは表面よりの酸素吸収は充分に行われず、更に露出下水に至っても尚無酸素の状態を続け、硫化物は微量に増加の傾向をとりながら下水溜りに注いでいる。

ガス会社の廃水は、ガス洗滌 廃水及び石炭タール分離装置より来る廃水を曝気した主廃水と最近完成された水性ガスの洗滌冷却水の2種で、廃水量は主廃水約 100ton/日、水性ガス廃水約 400ton/日と言われ各廃水の性質を第2表に示す。

5月2日の測定結果は他に比べて非常に異なる値であるが当日水性ガス廃水は操業の都合により廃水量は僅かであり、ガス会社の廃水としては多少の違いはあるかも知れないが一応3月9、15日程度の性質の廃水が流されるものとして考える。

両会社の廃水を比較すれば、味日本会社の廃水はC. O. Dが非常に大きく硫化物及び沃度消費量の小さい点より沃度を殆んど消費しない有機物の多い廃水で操業の型から澱粉沈澱液及び中和廃水等が主に測定に関係して来るものと考えられ、

第3表 味日本及びガス会社系下水の性質

St	層別	C. O. D	硫化物	D. O	I <sub>2</sub> Loss	浮游物
1	表 中	551.4	1.15	1.53	10.13	389.5
		579.2				
2	表 中	319.1	0.84	0.96	9.41	250.6
		539.6				
3	表 中	292.1	0.48	1.28	10.81	252.0
		315.2				
4	表 中	282.4	2.82	0	11.71	33.5
		335.0				
5	表 中	353.0	2.63	0	12.16	94.4
		289.0				
6	表 中	302.5	3.58	0	11.17	43.7
		245.7				
7	表 中	88.6	4.21	0	10.31	95.6
		402.8				
8	表 中	31.7	0.01	3.70	1.17	7.5
		19.5				



の下水路に比較して小さく又下向きの傾向にあり St の間に家庭廃水の注入があるためかも知れないが自浄作用の効果はあろうと思われる。

### (3) 下水溜りの水質

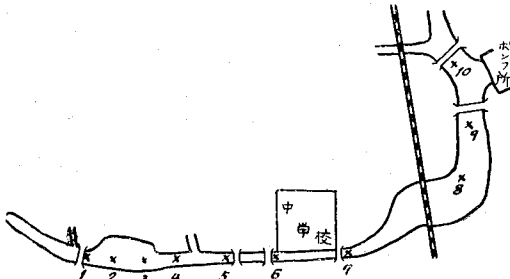
下水溜りの水質に関しては調査(1)及び(2)において下水路と関連させて測定してある St 4~8, 4'~8'について考えれば判然として来る事である。即ち調査(2)における両回の結果によれば C.O.D, 硫化物は下水路を流れて来た間に下向きの傾向にあったものが下水溜り以後流れもゆるやかになり沈降性の物は沈澱し、一般に考える浄化が進むと思われるに反し St 4 に至れば急に大きくなっている事は調査(2)の下水路より下水溜りの水質が殊に悪質のものである事が判り、この事は流れがゆるやかになり下水溜りの水全体が必ずしも直ちに流れて行くとは限らない地型にあり尚廃水中に硫化物及び有機物を含み無酸素状態であるため還元性の醗酵等が進み次々に流れ込む廃水がこれらの醗酵等を重ねて行く内にこのような結果を持ち来したものと考えられるが、調査(1)の結果より見れば St 4 に至るも値は大きくなる傾向は見られず St 4 以後下水溜り中に種々の醗酵等があるかも知れないが自浄効果の傾向は見られ、これらのことから下水溜りの水質が悪質である事は調査(1)の下水路の水質により大きく左右されるように考えられる。

更に St 4 以後流れがゆるやかになったため沈降した有機物等が無酸素状態のため底部において還元性の醗酵をなし底質を汚損し異状の還元泥質となり水質を更に悪化する傾向は第2図に示す地点の底質の測定結果の第9表を見て明らかな事である。

第9表 底質の性質

St	C. O. D	硫化物		L. I	D.O. Loss
		Free	Total		
1	142.6	0.63	4.80	32.6	8.5
2	101.9	0.56	5.97	22.1	5.5
3	81.9	0.47	4.66	19.6	4.0
4	58.5	0.30	2.94	15.2	2.1
5	61.1	0.38	4.47	24.6	3.0
6	68.7	0.39	4.30	31.1	0.2
7	54.8	0.32	4.22	34.1	2.7
8	86.9	0.47	5.79	42.1	2.8
9	80.0	0.51	5.59	31.1	2.0
10	80.9	0.48	4.22	23.8	3.1

第二図 採泥調査 st 図



これらの底質の悪化はポンプ等による放水時に水圧の低下により下水溜りの各所で底より硫化水素又はメタン等のガスを浮上している事をしばしば見る事があり、下水溜りの底質の悪化が水質を更に悪化せしめる一因をなしている。

### (4) ポンプ所の水質

数回の調査においてポンプ所の水質結果は C. O. D 等の値がまちまちであり、この事は採水時の時間的な差が原因ではないかと思ひ St 5 及び St 8 の両地点を 10時~16時の間時間毎に採水し測定した結果を第10表に示す。但しこの調査はポンプ放水1時間後より行われたもので調査中ポンプによる放水は行われていない。

結果から見れば両 St. 共表層の C. O. D の値は時間的に中高の形で St 5 はするどく St 8 はなだらかであるに反し、底層は St 5 は下向きの傾向で 16時には表層と殆んど同程度であるが、St 8 は終始表層より大きい値で谷形をなし 16時の方が大きい値を示している。

時間的の変化の理由を考えてみると、まず St 5 では調査開始時放水後であったため水量が少なくそこへ上から次々と流れて来る下水のため薄の底にある沈降物は流れ出し、その状態は水量の多くなるにつれ減少する。

St 8 においては位置が下水の終点であり従って St 5 とは流れの変化の時間的の差はあろうが St 5 にのべたと同様な傾向を現わし、殊に底層には浮遊物の沈降もあって表層より大きい値を示したものであろう



第10表 下水の時間的变化

St. 5

時刻	C. O. D		遊離硫化物		全硫化物		D. O		浮游物	
	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底
h										
10.00	140.5	—	3.84	—	4.45	—	0	—	31.3	—
11.00	175.3	—	2.38	—	2.92	—	0	—	24.8	—
12.00	180.4	203.1	3.77	2.88	4.30	4.08	0	0	38.3	227.8
13.00	228.2	196.9	1.28	3.34	1.86	3.94	0	0	42.4	393.9
14.00	211.6	176.0	3.91	3.40	4.41	3.95	0	0	29.5	169.6
15.00	171.1	172.4	2.69	—	3.32	2.39	0	0	25.4	490.4
16.00	173.8	170.3	3.06	4.10	3.66	5.24	0	0	29.8	228.2

St. 8

h										
10.00	64.4	—	0	—	0.07	—	0.60	—	56.8	—
11.00	62.9	—	0.07	—	0.11	—	1.79	—	57.6	—
12.00	68.0	91.2	0.13	0.66	0.14	1.80	2.00	2.72	15.9	346.0
13.00	76.0	75.3	0.06	0.06	0.11	0.25	3.24	—	8.8	61.2
14.00	67.2	78.9	0.02	0.10	0.02	0.74	2.75	1.02	22.7	228.9
15.00	70.4	117.3	0.01	0.02	0.01	0.02	2.86	2.29	20.8	—
16.00	64.4	97.5	0	0.05	0.05	0.05	3.14	1.70	15.7	5.2

と考えられる。

D. Oについては St 5 は表、底層共に終始無酸素であるが St 8 は時間的に変化が見られ、かなりの酸素溶存量がある。

このように St 8 の水質は一時的に良くなる傾向もあるが、ポンプ放流等によりかなり急速に廃止された場合には St 5 にある悪質の下水が流れて来て全体的に悪くなり、従ってその放流により海田湾奥部に種々の悪影響を与える結果となろう。

### (5) 総合的考察

調査(1)の結果より大河下水の水質を悪化する原因と考えられる事は一般家庭雑廃水に加えられる味日本会社の廃水には澱粉廃液として多量の有機物を含有し腐敗、醗酵分解の如き水質の悪化を促進する傾向が大きい事であり、更にこの下水に多量の硫化物を含むガス会社の廃水の混合する事は還元性醗酵による水質悪化を助長していると考えられる。この事は両会社の廃水が混合後下水路の水色が真黒い色をしているだけでも充分に考えられる事である。

これに対して調査(2)における専売公社の廃水は原廃水としての C. O. D の値は大きい水量が小さいため他の一般廃水及び家庭廃水等により稀釈され調査(1)の下水と比べてこの下水が悪化の主原因とは考えられない。次に専売公社の廃水として細塵中のタバコのニコチンによる影響を考慮する必要があるが次の如くである。

第6表では原廃水中280~6,700p. p. mの葉を含み、原葉中ニコチン量2~3%の事から5.6~20/p. p. mのニコチンが溶解している事になるが St. 1' に至ってこのかなりの量のニコチンがどの位になっているか計算して見る。

1955年における広島市の下水調査の C. O. D 平均値は $22.5\text{mg/L}^{(6)}$ であった事から第8表の St 1' の C. O. D 81.4mg/L を用いて一応専売公社廃水の St 1' における稀釈率を考えれば  $\frac{81.4-22.5}{2,400} = \frac{1}{40}$  となる。

そこで原廃水に 280p. p. mの葉があるととして 0.14~0.21p. p. m, 6,700p. p. m, として 3.4~5.1p. p. mのニコ

チン含量と推算される。

カキの心臓に対するニコチンの影響について $\frac{1}{8} \times 10^{-5} \sim \frac{1}{4} \times 10^{-5}$  (1.25~2.5p. p. m) では影響がないと言われ、<sup>(7)</sup>葉体6,700p. p. mあった場合 St. 1'ではカキに影響がないと言われた場合の約2倍量になるが下水は St. 1'以後更に数倍に稀釈される事及び専売公社の集塵廃水は常時上澄液を流しているので掃除による葉体量そのままのニコチン量が廃水中に含まれるものとする計算は過大な計算である事は勿論であり、これらのことからニコチンの毒性が下水を経て海域に至ってもなお影響を与えるとは考えられない。

工場廃水の水質が以上のように問題であるが、この水質を悪化せしめる原因の一つと考えられる事に下水構造上の問題がある。現在の大河下水は下水溜の感があり、廃水貯水池において長い間に悪影響が出来ると言われる<sup>(8)</sup>自然沈殿の状態が行われ、その結果沈殿物の腐敗、醗酵等により悪臭を放つ場所が目だっている。更にこの下水溝の構造も悪くわずかにポンプ所の近く (St. 7.8の中間) 及び中学側だが石垣で護岸されているが他は泥の溝であり、この下水溝の中央には St. 3'より St. 7'までの間1950年に作られた巾4mの杭打ちの溝があるが滞水時にはこの溝を溢れて附近一帯に大きな溝が出来る。勿論この溢れている地域には多量の有機物が沈殿し、底質は腐敗泥となっていてここから放水時減水した場合非常に還元性の強い悪水質の底質間隙水が呼び出されて流れ、又滞水時には間隙に入って来る水が殆んど無酸素のため直ちに還元醗酵をすると言うような事が繰返へされている。

又ポンプ放水装置も底より20~30cmで吸水しているため貯水した最悪の層より廃出し当然沈殿した軟泥等は吸い上げられ攪拌により泥中の可溶性の硫化物は放出水中に溶解して海面に出され、同時に多量の有機物等も放出され海面及び海底の汚損を助長している。

#### 参 考 文 献

- 1) 内海区水産研究所報告 第6号 昭和29年
- 2) " " 第7号 昭和30年
- 3) 広島市産業局：広島市内における工場廃水を目的とした水質の研究 昭和30年
- 4) 広島市建設局下水課管理係による
- 5) 日本水産学会誌 Vol. 17, No. 4 1951
- 6) 広島市水産関係水質調査委員会：広島市内における工場廃水に関する調査研究 昭和31年
- 7) 高槻俊一：浅虫臨海実験所報告 第7巻2~4号 昭和30年
- 8) 広瀬孝六郎著：下水道学 成文堂

# 都市廃水の船具に及ぼす影響について

(広島市下水の船具に及ぼす影響)

杉本 仁 弥・勝 乗 妙 子

大江の船溜りは海への出口が巾30米、面積約2万平方米の小さな入江であるが、その船溜りに広島市で一番汚染度の大きい都市下水が排水されている。この都市下水の特徴については、竹内<sup>(1)</sup>・荒川<sup>(2)</sup>氏の詳細な報告があるが、それによると硫化水素の含有量が多いこと、C. O. D. の値が大きいこと、浮游物の多いこと等が挙げられている。又放水量も筆者等が1953年にカキに対する影響について調査した時よりも増加しているようである。

この汚染度の大きい都市廃水が、海水の流入口の狭い置換の余り良くないと思われる湾内に放出される関係上、この船溜を根拠地としている漁船の金属の腐蝕損亡が激しいことで漁民の苦情がたえない。

筆者等はこの下水の流入による船溜りの水質の変動及び金属を腐蝕する要因について検討してみた。

## 調査の結果及び考察

昭和31年3月22日から同年4月5日の間に、Fig. 1のStationの表面採水と採泥を行い、実験室に持帰り直ちに海水は海洋観測法<sup>(3)</sup>に基き、海泥は富山<sup>(4)</sup>氏の硫化物定量法に基いて各々分析した結果はTable. 1の通りであった。

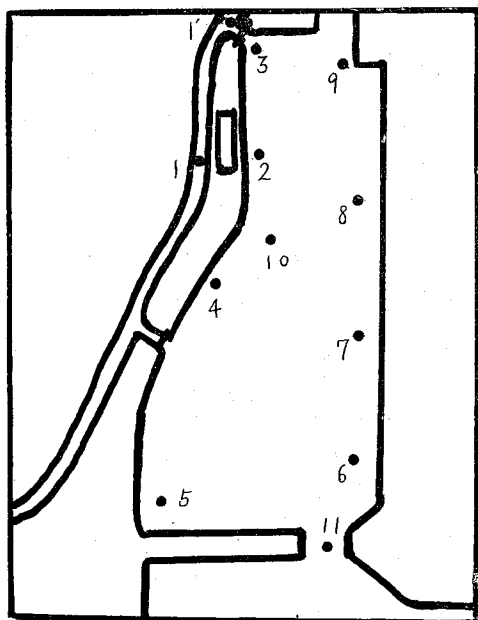


Fig. 1. Number is the Station of Sampling.

この分析の結果を見ると、満潮、干潮いずれの場合にも量的には増減があるが船溜りの海水は常に硫化物を含んでおり、又排水が始まった最初に流入する廃水の含有する硫化物は少ないが、排水が進むにつれてその硫化物の含有量は高くなっている。荒川氏のこの下水の調査結果によると排水口の前の廃水には硫化物の含有量が少なく、下水溝の中間の辺の廃水に硫化物が多いこと、又排水が開始されて下水溝の水位が低くなると水圧の減少により、底質から硫化物が廃水中に浮上して来ることを認めているが、これらの現象のために船溜りに流入する廃水は排水開始の当初に少なく、排水が進むにつれて硫化物は増大して来るのであろう。

又干潮時には藩筋を除いては入江の大半は干上って、Table. 2の示す通りの異状に多くの硫化物を含んでいる泥質から硫化水素が発散され(鉛糖紙を異変する)硫化水素臭甚しく、相当量の硫化水素が発散しているのが伺える。

下水の泥質は荒川氏の調査によると硫化物の含有量は6~4 mg/grであるが、船溜りの泥質の硫化物の含有量は3~2 mg/grでやや少ないが、一般の海泥に較べるとはるかに多く、下水と同じ状況にあると考えるべきであろう。

今干満潮と船溜りの海水中の硫化物含有量との関係をグラフに図示してみるとFig. 2の通りなる。この硫化水素の値は採水時の湾内の各場所の平均値である。

即ち潮が引き始めて中潮になると排水が開始され、ポンプで排水される場合には船溜りの海水は廃水によ

Table. 1. The list of waters analysis.

date.	time of Sampling	station	H <sub>2</sub> S mg/L	C.O.D. mg/L	Cl %	P. H.	remark
22th. March. 1956.	the flood-tide 6 h 45m	1	9.8	227.4	1.53	6.6	draining by pumping up.
		2	6.7	119.9	5.99	6.8	
		3	3.4	39.9	6.14	7.0	
		4	4.7	17.4	7.68	7.3	
		5	4.4	34.4	8.67	7.0	
		6	0.0	22.6	8.14	7.2	
		7	2.3	25.6	7.13	7.2	
		8	5.7	147.9	5.84	6.8	
		9	5.7	101.8	6.02	6.8	
27th. March. 1956.	The flood-tide 10 h 5 m	1	3.7	21.9	0.00	7.2	
		2	1.7	24.0	10.06	7.4	
		3	1.0	26.2	9.63	7.6	
		4	0.7	28.6	8.48	7.4	
		5	1.4	41.5	3.05	7.4	
		6	1.4	27.0	8.69	7.4	
		7	1.0	24.2	9.82	7.6	
		8	1.0	17.7	10.37	7.6	
		9	0.9	46.4	5.18	7.3	
	The ebb-tide 16 h 20m	1	1.4	29.4	0.00	7.2	
		2	1.7	28.6	8.54	7.4	
		3	1.5	34.1	8.60	7.4	
		4	1.2	23.2	10.21	7.4	
		5	1.5	29.4	10.52	7.4	
		6	1.7	27.8	10.72	7.4	
		7	0.9	42.8	9.76	7.4	
		8	1.4	12.6	8.99	7.2	
		9	0.9	29.6	10.67	7.2	
	15 h 00m	1'	2.0	180.8	3.02	7.2	draining through sluice.
	~	3	2.6	185.1	2.44	7.0	
	15 h 30m	10	1.0	176.5	2.44	7.0	
		11	0.9	197.9	3.05	7.2	
2th. aprl. 1956.	the flood-tide 13 h 15m	1'	0.0	34.6	0		
		2	0.9	54.4	5.12		
		3	0.3	76.2	2.45		
		4	0.6	34.6	5.67		
		5	0.9	34.6	5.83		
		6	0.9	42.4	5.74		
		7	1.0	52.4	1.84		
		8	0.7	44.4	4.91		
		9	0.5	48.4	2.76		

date.	time of Sampling	station	H <sub>2</sub> S mg/L	C. O. D. mg/L	Cl %	P. H.	remark
the ebb-tide 8 h 10m	14 h 15m ~ 14 h 45m	1	0.07	64.2	0.0		
		2	0.6	76.2	5.98		
		3	0.3	191.0	0		
		4	0.7	56.0	7.52		
		5	0.3	30.6	7.67		
		6	0.4	36.6	6.75		
		7	0.4	36.6	5.52		
		8	0.5	56.0	5.67		
		9	0.0	98.0	0.0		
5th. apvil. 1956.	9h~	2	7.1	111.7	5.35	7.0	drainning by pumping up.
	9 h 15m	6	2.5	109.2	8.41	7.2	
		9	1.8	91.2	5.04	7.2	
the flood-tide 5 h 55m	11 h 8 m	2	2.7	94.0	3.51	7.2	drainning by pumping up.
	~	3	4.4	92.2	6.42	7.2	
		6	5.6	70.4	9.18	7.2	
	11 h 20m	9	3.6	43.6	1.83	7.2	
the ebb-tide 12 h 15m	14 h~	3	0.1	34.8	13.77	7.4	
	14 h 10m	6	0.5	31.4	14.22	7.4	
		9	0.3	39.8	12.38	7.4	

Table. 2. The list of muds analysis

Number of station	sulphide mg/g	Ignition loss %
2	2.8	12.1
3	3.3	14.2
6	1.9	16.6
8	0.5	5.1
9	2.9	8.9

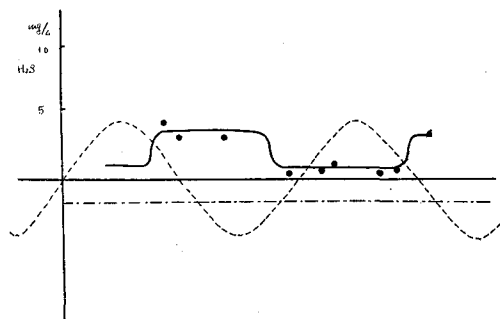


Fig. 2. Variation of the sulphide in Ōkō-bay.  
● — sulphide  
..... full and ebb tide  
----- bottom of Ōkō-bay.

り汚染されて硫化水素の含有量は増大して平均4~3 mg/L 以上にも達し、やがて潮が満ちて来ると共に排水も停止されて、満ちて来る海水によって稀釈浄化されて硫化水素の含有量も 0.3mg/L 位まで下って来る。ポンプで揚水の土排水されないで、樋門を開いて排水される場合にはあまり硫化水素の含有量は増加していない。

この船溜りの海水が一般の海水と異なる点は都市廃水の流入により、有機物及び硫化水素の含有量の多いことである。

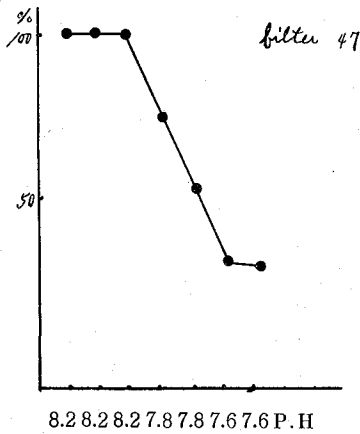
硫化水素を含んだ海水の P. H. と金属の硫化水素に対する反応を知る為に Table. 3 の割合で、硫化水素を含んだ水と鉄銹を含んだ水とを海水に加えて10分後に鉄銹の褐色が黒褐色に変ずる色調を光電比色計で調べた結果は Fig. 3 の通りであった。

即ち海水が硫化水素を含んでいて、P. H. 7.8以下の値を示す場合には海水の硫化水素は鉄と反応して硫

Table. 3.

No.	sea water	sulphide solution	water with rust	water	P.H.	colour.
	c.c.	c.c.	c.c.	c.c.		
1	100	0	10	6	8.2	褐色 brown.
2	100	1	10	5	8.2	"
3	100	2	10	4	8.2	"
4	100	3	10	3	7.8	淡い黒褐色 light grayish brown.
5	100	4	10	2	7.8	"
6	100	5	10	1	7.7	黒褐色 dark grayish brown.
7	100	6	10	0	7.6	"

Fig. 3.



化鉄となって来ることを示している。なお硫化水素が金属と反応するには水と酸素を必要とするが、酸素は水中に溶存している酸素で充分なのであろう。この実験で生じた硫化鉄は時間がたつにつれて水中の酸素及び空気中から供給される酸素によって酸化され、黒褐色から元の鉄錆の褐色に変化した。このことは硫化水素を含んだ海水の中では腐蝕生成物として硫化鉄が出来、酸素の多い海水にありと酸化鉄に変化し更に水酸化鉄になることを示しているものと思われる。金属は一般に異質の金属被膜が生ずると、両者の間に局部電流を生じ更に腐蝕は進行するといわれている。硫化水素は化学作用が強大であるために金属面に速かに硫化物を生じ、異質の金属となるために更に腐蝕が促進されるのであろう。

海水は種々の無機塩類を含んでおり、これらの塩類はいずれも金属を腐蝕するのであるが、更にこれ等の塩類に硫化水素が加わることで金属の腐蝕速度がどの程度に増加するものなのかを

知る為、海水に硫化水素を含んだ水を加え、その中に塩酸で良く洗浄し鉄錆を洗い落した鉄板を入れて、海水中に溶出して来る鉄の量を鉄の定量法<sup>(5)</sup>によって光電比色計で比較した結果が Table. 4 の通りであった。

Table. 4.

	1	2
sea water	500cc	500cc
sulphide solution	20cc	0cc
water	0cc	20cc
time	Iron. to be dissolved	
after 1 hour	0.543mg	0.5mg
after 4 hour	1.39mg	1.01mg
after 20 hour	1.60mg	1.28mg
containing of sulphmetted hydrogen	4.94mg/L	0

即ち硫化水素の含有量が 1 ℓ 中 5 mg 位の海水では硫化水素を含まない同じ濃度の海水に比較して 2 割の腐蝕率の高さを示した。

竹内氏は  $\text{Na}_2\text{S}$  水溶液の鉄に及ぼす影量<sup>(6)</sup>について  $\frac{N}{100000}$  の濃度で水の約 2 倍の腐蝕作用があることを認めている。海水淡水いずれの場合にも硫化物を含んでいることは金属の腐蝕をかなり早めることを意味しているのであろう。

以上のことから大河の船溜りの海水が都市廃水の流入により硫化水素の含有量が最高 9 mg/L 以上という異常に高い含有量を示す場所も生ずること、それに加えて干潮時に乾泥 1 gr 中 3 mg も硫化物を含んだ底質の上に船は坐ざるを得ないことがこの船溜りの船の金属に悪影響を与えていると考えるべきであろう。

要 約

広島市の下水の流入により、海水中の硫化水素の含有量が異常に多くなること、及び、下水のもたらす懸

濁物で底質が汚染されて、下水の底質とほとんど同様になっていて、二次汚染をしていることが、この船溜りの船の船具の金属に悪影響を与えていると想定した。

#### 参 照 文 献

1. 竹 内：広島市における工場廃水に関する研究 第1号
2. 荒 川：内水研々究報告 第8号
3. 海洋観測法
4. 富 山：氏日本水産学会誌 Vol 17. No. 4 1951
5. 柴 田：産業廃水試験法 昭和25
6. 竹 内：未発表

# 玖波灣の工場廃水について

## 第5報 漁場調査より見た底魚への影響について

杉本仁弥・篠岡久夫・鈴木正也・勝乗妙子

筆者等は先に第3報<sup>(1)</sup>、第4報<sup>(2)</sup>において、玖波湾の工場廃水による浮魚、特にカタクチイワシについての影響は工場の排水口より1,500米内の海面において、その漁獲量が工場設立以前に較べると半減して来ており、これは工場廃水の影響と戦時中の海兵団設立に伴う海底の浚渫の影響とによると想定した。又底魚については第3報において壺網の漁獲量が工場廃水の分散する海域で玖波湾の他海域（廃水の分散しない海域）に較べて減少していることを知ったが、更に詳細に底魚への影響を知る為に、エビ漕網漁業の当業船を傭船して1954年9月から1955年8月までの間毎月一回の予定で、第3報で区分した玖波湾内の4海域と、当業船の操業している宮島南部沖合を操業してその漁獲量の差異及び出現して来る魚介類の差異について検討して見た。

### 1) 玖波湾内の漁業の現況

玖波湾において底魚を対象として行われている漁業は壺網、延縄、底刺網、イカ巢、タコ壺、貝桁網漁業が主なものであり、一本釣はボラ撒餌漁業が行なわれている程度であって一本釣の専門者はほとんどいない。エビ漕網漁業は他種漁業との関係で湾内で操業されることはほとんどなく、僅かに工場側の800~1,000米の沖合で2~3の業者が操業している程度である。タコ壺、延縄、イカ巢、刺網漁業は湾の中央部から宮島寄り及び玖波寄り海域が主漁場であり、大竹三菱海域においては、廃水の分散の変動に応じて、廃水の分散してこない時を選んで刺網漁業及び壺網漁業が2~3行われている程度である。

### 2) 調査方法及び結果

傭船した小型機船底曳網（手繰第三種）漁船は3屯10馬力で、エビ漕網漁業の場合は2張で右舷と左舷より各1張づつ網を張り、1回の曳網時間を2時間宛とし、貝桁網漁業の場合は左舷、右舷各2桁船尾1桁で操業時間は1時間とし各々Fig. 1の場所を曳網した。

尚曳網時間はエビ漕2時間、貝桁1時間の予定であったが、風力潮流等の影響で多少の長短が出来たので、漁獲量は1時間当りの曳網に換算し、各操業場所毎に漁獲量を操業した全月について平均した値をもって、各場所の底魚棲息状況を比較することとした。その結果は第1表、第2表の通りであった。

### 3) 考 察

これ等の結果を見ると排水口より300米の場所では、甲殻類4種、魚種2種、その他4種で、その出現種類は他の場所に較べると極めて少ないが同じ廃水の分散海域内でも排水口より800米の沖合の場所になると廃水の無い場所に比較して出現して来る魚種には変りがない。

特に目立つことは排水口より800~1,000米の場所において玖波湾の内ではくるまえびが最も良く捕獲されていることである。この場所の底質がくるまえび棲息環境として湾内では最良の場所であることが想像される。

漁獲量について見ると、貝桁網の漁獲量では廃水の分散する海域内の排水口から300米沖合の場所も、800米沖合の場所もいずれも廃水の無い場所より劣っているが、特に300米沖合の場所は飛抜けて悪い。エビ漕

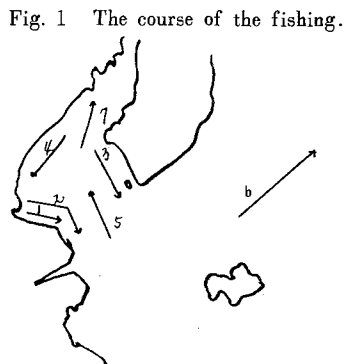




Table 1. The quantity of fish caught per hour by Kaigeta (Dec. 1954~Mar. 1955)

Station Number	The Bound of waste water				The Bound of none waste water						
	Otake-Mitsubishi (1) 300m from dranige		Otake-Mitsubishi (2) 800m from dranige		Miyajima-nishi (3) 700~1000m from shore		Kuba (4) 800m from shore		Kubawau-chuo (5)		
	Number 匹数	weight 重量 匁	Number 匹数	weight 重量 匁	Number 匹数	weight 重量 匁	Number 匹数	weight 重量 匁	Number 匹数	weight 重量 匁	
甲殻類 (Crustacea)	くるまえび		2	28							
	よしえび		2	8.2	6	37	5	15			
	あかえび	104	42	427	88.6	787	202	798	183	755	201
	とらえび	2		4	16.0	108		23	8	5	2
	さるえび	9		27		1	1	3	1.5	5	1.0
	すべすべえび			1		6	0.4	2		2	0.2
	えびじゃこ			43	3	275	18.9	105	9		
	てながてっぽう									4	1
	てっぽう								2	2	
	しゅこ	4		1		4		3			
	ひめがざみ							2			
計 {大型えび 小型えび}		42	2	36.2 107.6		37 222.3		15 201.5		207.0	
魚類 (fish)	かれひ	1	10	1	10			1	68	2	51
	がんぞうひらめ	5	35	2	18	8	49	3	17	4	57
	こち			1	50			1	8	1	27
	すちはぜ			1	1	1	1	1	1		
	あかはぜ					1	1	1	1	1	3
	てんじくだい					2	1				
	あかうをほ					2	2				
ぎんぼ									1	10	
計		45		79		54		95		148	
軟体動物その他 (the other)	とり介			6		4		1		10	
	あか介					2		1		1	
	ぶんぶく	75		7754		1159		12443		3762	
	大ぶんぶく			1		77		10			
	いたほかき			1							
	ひと	57		61		26		143		54	
	さんしょううに	1						3			
	白ぼ					5		1			
	いひだこ			1		1		1			
	みいか	1				1					
じんどういか					1						
てながだこ					1						
なまこ			1								
総計		87		186.6		276.3		296.5		355.0	

Table 2 The quantity of fish caught per hour by Ebikogiami.  
(Aug. 1954~Jun. 1955)

Station 番号	The Bounb of waste water		The Bound of none waste water										
	Otake-Mitsubishi (2) 800~1000米 沖合		Miyajima-nishi (3) 800~1000米 沖合		Knba (4) 800~1000米 沖合		Miyajima-Atada (6)		Miyajima-Kita (7) 800~900米		Kubawau-chuo (5)		
	Number 匹数	weight 重量	Number 匹数	weight 重量	Number 匹数	weight 重量	Number 匹数	weight 重量	Number 匹数	weight 重量	Number 匹数	weight 重量	
甲殻類 (Crustacea)	くるまえび	5.2	38.0			2	15.6	0.5	5	0.6	10		
	よしえび	0.8	1.6	1	5.0	2.6	6.4	4.5	31	1.2	6	3	10
	くまえび	1.2	1.6	0.2	0.1					2.0	3.2	0.6	1.3
	もえび	2.6	4.6	0.6	0.2					10	16		
	あかえび	433	108	717	177	327	108.8	298	228	268	180	169	236.6
	さるえび	460	180.4	91.6	15.2	52.2	34.6	126.7	159.7			169	213.0
	とらえび	83.3	31.0	63.2	7.6	111.6	40.6	20.7	12.2	3.2	3.2	92.6	5.3
	すべすべえび	18.8	5.4	16.8	3.0	33	9.4	8.7	2.0	9.2	2.0	34.3	18.0
	まいまいえび			19.4	2.8			29.5	1.7	1	0.0		
	てっぽうえび	4.2	3	0.4	0.3	1	0.9	1	12.7	0.6	0.6		
	てながてっぽう	8.2	1.2	9	1.6	6	1.9	35.5	14.2	24	6.6		
	えびじゃこ	156	6.8	75.8	3	40.8	2.8	8.7	1.7	16	1.2	282	8
	しじゃこ	32.4	83.8	11.2	39.0	15.6	16.6	20.7	49.2	54	72	44	60
	がざみ	0.2	23	0.4	3					1.2	66		
	ひめがざみ	4.8	0.6	3	1.4	1.2	1.0					3	0.6
いしがに					2	0.6					0.6	2.6	
計													
	大型えび		41.2		5.1		22.0		36.0		19.2		11.3
	小型えび		340.4		210.5		199.0		430.5		209.6		480.9
	小計		489.0		259.0		261.2		515.7		368.0		255.4
魚類 (fish)	くろだ い	0.2	2.2	0.2	50								
	た い			0.6	46								
	小だ い	3.4	11.6	1.4	8.8							1	1.3
	てんじくだ い	86	68.8	53	45	69	51.6		152		46	59	34
	がんぞうひらめ	0.2	0.6	14	47.4	3.4	7	8.5	50			27	11.6
	ひらめ	12.2	22	43.4	144	3.4	4	0.25	13.5	18	46		
	かれび												
	あまてかれび	0.8	9			0.4	6						
	まはせ(はせ)	1.6	3.2	4.4	19	1.8	7	5.5	11.5			5	21.3
	すちはせ	28	9.6	15.4	6.5	28	9.6	4.2	3.9			25	12
	いとひきはせ	0.4	0.4									1.6	2.3
	あかはせ	0.6	2.2	0.2	1.6			1.2	7.5				
	あなご	2.8	22	0.2	8	0.6	6	0.25	3.6	4	46	0.6	3.3
	はも					0.2	14	0.5	36				
	えそ	1.2	2.6	2.8	35.2	0.8	8					2.3	17
あかたち	0.2	0.2	2.2	3.6	0.2	0.4	19	137	1.2	12.6	5.7	3.7	
おこせ			0.2	2.4			2.2	24					
くさぶ	0.4	2.2	0.2	0.4	0.2	0.6							



#### 4) 要 約

1. 貝桁網漁業, エビ漕網, 漁業の試験操業の結果, 廃水の分散している海域の内排水口から 300米の沖合の場所までは, 出現種類は極めて少なく, 漁獲量も少ないことを明かにした。
2. 壺網の記帳調査, 貝桁網漁業, エビ漕網漁業の結果及び藤谷氏, 山口水試の嫌気量の結果から考えて, 排水口から 300米沖合までの場所までは底魚の不好量の範囲, 即ちレーヨン工場廃水の影響範囲と想定した。

#### 5) 参 照 文 献

1. 杉 本 内水研研究報告 第6号
2. 杉 本 内水研研究報告 第7号
3. 新田外4名 人絹工場の廃水について 内水研研究報告 第7号
4. 山口水試 瀬戸内海水産連絡調査要報 B輯1号
5. 杉 本 玖波湾の工場廃水について 第3報 内水研研究報告 第6号
6. 新田, 藤谷 魚類の不好良に関する研究 内水研研究報告 第3号
7. 新田, 荒川 泥質による廃水影響区域の検討 内水研研究報告 第7号

# 玖波灣の工場廃水について

## 第6報 zooplankton に対するレーヨン工場廃水の致死量について

杉本仁弥・勝乗妙子

レーヨン工場の廃水と生物の関係については藤谷氏<sup>(1)</sup>、山口内海水試<sup>(2)</sup>、滋賀水域等の諸報告があり、藤谷氏は金魚及びクロダヒの稚魚を用い鐘紡レーヨン工場の廃水で嫌忌量の測定を行い反応が無かったことを報告し、山口水試は同じ鐘紡の廃水で嫌忌量の測定を行い、金魚では嫌忌量の反応は無いが、稚鮎ではP. H6.2~6.8の値を示す濃度の廃水で嫌忌することを報告している。このように魚種によって嫌忌量に差異のあることは当然のことであるが、工場廃水の漁業に及ぼす影響の有無の目安を立てるのに、反応のある魚種をその都度探すのでは不便である。東北大学では廃水の影響を知るために指標生物としてミチルス<sup>(3)</sup>のラーバを用いることを提唱されている由であるが、魚類より反応の鋭敏な生物を用い、漁業への影響の目安を求めることは工場廃水調査研究にとって便利なことであろう。

筆者等は現場で容易に採捕出来る zooplankton を用い、三菱レーヨン工場廃水との関係について調査し、又調査に用いた zooplankton が、コベポーダー、フジツボのラーバ、ポリキーターのラーバを含んでいたので、廃水の分散とフジツボの附着状況についても調査を行い、先に第3報、第4報、第5報で明らかにした漁場調査の結果と対比して見た。

### 調査の方法及び結果

調査の現場において廃水の分散して無い海域(玖波灣の中央部)から、プランクトンネットで zooplankton を採捕して、ピーカーに入れ試験生物とした。試験廃水は排水口から一定の間隔で採水して、試験管に20cc 宛入れ、先のピーカーからコマゴメビペットで1ccの海水と共に zooplankton (20~25匹であった)をとり試験管中に投入し、その全数が試験管を振っても、游泳しなくなった時を致死時間とした。対象としては、zooplankton を採捕した場所の海水を用いた。その結果は第1表の通りであった。

Table 1 The time of mortality of zooplankton, to be put immediately

No. of station	time															
	4 m	6 m	8 m	10 m	20 m	30 m	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	10 h	15 h	20 h	24 h	
1	-															
2	+	-														
3	+	+	-													
4	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
6	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

- fall dead.

+ to be in existence

一般に Bioassay では生物の関係で廃水を試験室まで持帰って実験される場合が多いが、その為に生物の反応に差異を生ずることもあるのではないかと考え、密栓して持帰った前の実験と同じ廃水を20cc宛試験管にとり、研究所の前で採捕した zooplankton を用い前と同様にして致死時間を調べた。その結果は第2表の通りであった。

尚廃水に含まれる淡水の影響を知るために、塩分の濃度が上記試験海水と同濃度になるまで、海水に蒸溜水を加えて、前と同様の方法で zooplankton への影響を調べた。その結果は第3表の通りであった。

Table 2 The time of mortality of zooplankton, to be put after 5 hour in water.

No. of station	time	time										
		0.5 h	1 h	1.5 h	2.0 h	2.5 h	3.0 h	3.5 h	4.0 h	5.0 h	6.0 h	24.0 h
1	zooplankton	+	-									
	larva of polychaeta	+	-									
2	zooplankton	+	+	-								
	larva o polychaeta	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
3		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

- fall dead

+ to be in existance

上記試験に用いた海水の一般分析はこれらの調査に合致させるために現場で直ちに分析すべきであるが、種々の都合で採水後18時間経って海洋観測法に基いて分析した。分析の結果は第4表の通りであった。

Table 3 The time of mortality of zooplankton by quantity of salt.

cl. %	time	time								
		0.5 h	1.0 h	1.5 h	2.0 h	2.5 h	3.0 h	4.0 h	5.0 h	10.0 h
10.74		+	+	+	+	+	+	+	+	+
11.55		+	+	+	+	+	+	+	+	+
13.91		+	+	+	+	+	+	+	+	+
14.88		+	+	+	+	+	+	+	+	+

Table 4 The list of water's analysis

number of station	distance from drainage	P. H	cl %	C. O. Dmg/L
1	10m	5.8	10.74	53.93
2	50m	6.3	11.55	42.28
3	100m	7.2	13.91	23.60
4	150m	7.2	14.54	14.54
5	250m	8.2	15.60	8.20
6	{ 2000m to collecting zooplankton	8.4	15.74	9.46
7	{ station of collecting zooplankton in ujina	—	—	

試験に用いた zooplankton はコペポダー、フツツボラーバ、ポリモーターラーバを含んでいた。それでフツツボの着生状況と廃水分散を知る目的で fig 1 の場所に浮標を入れ、浮標から下げた薬籠に附着するフツツボの状況を見た。その結果は、大半のものは流失したが、第5表の通りであった。(1954年4月22日~7月1日)

### 考 察

第1表の結果は排水口から100米沖合まで分散した廃水は、海水で稀釈されても尚 zooplankton を斃死さす有害物質を含んでいることを示している。第4報、第5報で筆者等は浮魚は排水口より1,500米沖合の海面まで、底魚は300米の沖合まで廃水の影響を受けていると推定したが、これらの距離は zooplankton の致死限界の各々約15倍、3倍の沖合になる。山口水試の稚鮎の嫌忌量の分散限界はこの調査にあてはめると排

Table 5

St. of fig 1	distance of St. 5	adhereing of the acorn barnacle
1	1200m	浮標の海につかっている部分から底まで藻類に着生
2	600m	流 失
3	300m	流 失
4	100m	浮標に白色懸濁物つき海面下10cmの部分から底まで藻類に着生
5	0	浮標に白色懸濁物つき海面下1mの部分から底まで藻類に着生
6	100m	流 失
7	300m	流 失
8	600m	浮標に白色懸濁物僅かにつき、浮標の竹に僅か着生、藻類には底まで着生
9	900m	浮標藻類共に着生
10		流 失
11		浮標藻類共に着生
12		流 失

水口から50~100米沖合までにあることになって、zooplanktonの致死限界の方が漁業上の影響限界により近いことを示していると考えられる。

レーヨン工場の廃水のようにある特定の魚種にしか嫌忌量の反応がない廃水もあること、嫌忌量不好量の測定は手数がかかること等から考えて、漁業上の廃水の影響を知る為に、金魚等の嫌忌量不好量を測ることは得策ではなく、反応の鋭敏な貝類のラーバ、zooplanktonの致死量を出す方がむしろ漁業への影響を知るには有利であるように考える。

第1表、第2表の結果から三菱レーヨンの廃水では同じ濃度の廃水でも極く短時間ではあるが、時間がたつと生物に対する影響力が異って来ている。このことはこの廃水中に含まれている有害物質中には極めて浄化され易い有害物質があることを示しているものと考えられる。この事実は廃水を用いてBioassayを行う時に充分注意しなければならないことであろう。

レーヨン工場廃水の特長はP. H. が酸性であること、硫化水素を含んでいること、廃水量の多いこと、白濁懸濁物のあること等が挙げられているが、山口水試ではP. H. が一つの有害要因であると考え、P. H. の値で嫌忌量を示してあるが、この結果を見ると稚鮎で行った嫌忌量の測定では硫酸はP. H. 6.4~6.0の濃度で反応を示し、一方鐘紡の廃水はP. H. 6.2~6.8の濃度のもので反応を示している。この両者の間に差のあることは、レーヨン工場の廃水が酸性であることが問題ではあるが、そのことよりも大きくものをいっている有害物質のあることを示していると考えられる。筆者等の実験でも同じP. H. 7.2を示すSt 3, St 4の海水で一方はzooplanktonを斃死して一方は全然影響がない。

このことは海面ではレーヨン工場はP. H. よりもより以上に問題になる有害物質がありこの物質が含まれている間は、レーヨン工場の廃水のP. H. の生物に対する影響は問題とならないと考えられる。

この有害物質は海水の分析結果では、C. O. D.の違いとなって現われて来ていること、及び極めて浄化さ

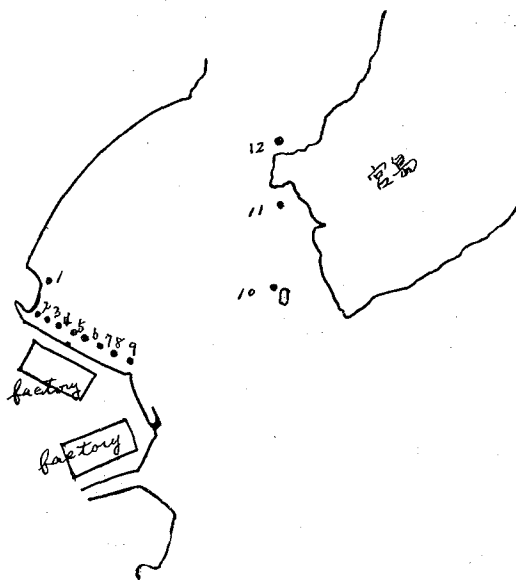


Fig.1 the station of putting buoy.

れやすい物質であること等から硫化水素であろうと推定される。このことはレーヨン工場の廃水を用いて生物実験を行う場合にP. H. の値で示すよりも、C. O. D, 汚濁消費量等の値で示す方がより適切であることを意味していると考えられる。

レーヨン工場の廃水量が多いことも問題とされているが、三菱レーヨン工場の廃水量は日4万トン以上であるが、本調査の時には周囲の海水の塩分濃度よりも低下しているのは排水口から250米沖合の海面までであった。各採水場所の塩分濃度で zooplankton を試験した結果は第3表の通りで、この程度の塩下は zooplankton に影響がないことを示している。

このことはレーヨン工場の廃水中に有害物質が無ければ廃水の淡水による影響は問題でないことを示していると考えられる。

筆者等のこの試験に用いた zooplankton の中にはフジツボのラーバが量的に多くレーヨン工場の廃水はフジツボのラーバに影響があるので、当然致死濃度の廃水の分散する範囲はフジツボの着棲はないものと考えられる。第5表の結果を見ると排水口から50米沖合の場所に入れた薬籠には海表面から1米の水深のところまでフジツボの附着がなく、排水口から110米沖合の薬籠には表面から10cmのところまでフジツボの附着がなく、両者ともそれ以下の水深のところのものは、廃水の無い海域に入れたものと同程度の附着状況である。この事は有害物質を含んだ廃水は表面を分散して余り深くは分散しないこと、及び廃水の分散している海面下の海水の zooplankton の棲息環境は廃水の無い海域の棲息環境と変りがないことを示していると思われる。

三菱レーヨン工場の岸壁のフジツボの着棲状況を調べたのが fig 2 であるが、排水口から左50米右70米から

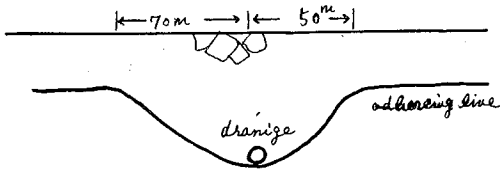


Fig.2 adhering of the acern barnacle on the quay-wall of mitsubishi. Reijons K.K.

ら着棲状況は他の場所と変りがない。これは浮標を入れて試験した結果と多少の違があるが、これは廃水の分散が沖に向かって細長く延びていることを示し左右の違いは右岸沿に致死濃度の廃水の分散することが多いことを示していると考えらるべきであろう。

当所の工場廃水の調査で生物に対する影響を知るために岸壁生物を調べているが、三菱レーヨンの岸壁のフジツボの附着限界と漁場調査の浮魚、底魚の

影響限界を対比して見ると、浮魚で30倍、底魚6倍の距離となっている。

## 要 約

1. レーヨン工場の廃水は zooplankton に影響があり、致死量は三菱レーヨン工場の廃水では C. O. D で 23.6wg/L の濃度のものまでである。
2. zooplankton に影響を及ぼしている有害物質は硫化水素であろうと推定した。
3. zooplankton の影響範囲は岸壁のフジツボの着棲状況と大体一致している。
4. 三菱レーヨン工場の廃水の分散している下の海水の zooplankton の棲息環境は廃水の無い海水の棲息環境と変りがないと推定した。
5. レーヨン工場の廃水を用いて生物試験を行う場合には採水後短期間の中に行わなければならない。

## 参 照 文 献

1. 藤谷 人絹工場の廃水について、内水研研究報告第7号
2. 山口水試 瀬戸内海水産連絡調査要報、B輯 第1号
3. 滋賀水試 滋賀水試報告 3巻1号
4. 新田 魚類の不好量に関する研究 III、内水研研究所報告第7号
5. 杉本 玖波湾の工場廃水について、第4報 内水研研究報告第7号
6. 杉本玖波湾の工場廃水について、第5報



# 大阪港内外の底質の化学的性質について

荒川 清・手賀 圭子

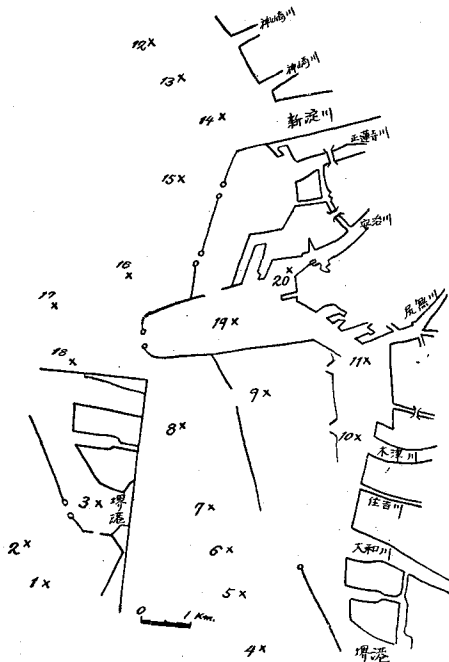
近年大都市における都市廃水の問題がしばしば論議せられ種々水産業者より苦情が提起せられている。大阪市における水質又は汚染の実態等について種々の調査<sup>1)2)3)</sup>が進められてはいるが、実際の下水の処理は一部分が行われて大部分の下水すなわち家庭廃水及び多数の工場廃水は市内の各河川に生のまま放流され、誠に憂慮すべき状態にある。

このような工場、都市廃水混合物の放流される場となっている大阪周辺の調査を数年来行っているが、その内底質についての調査結果を報告する。

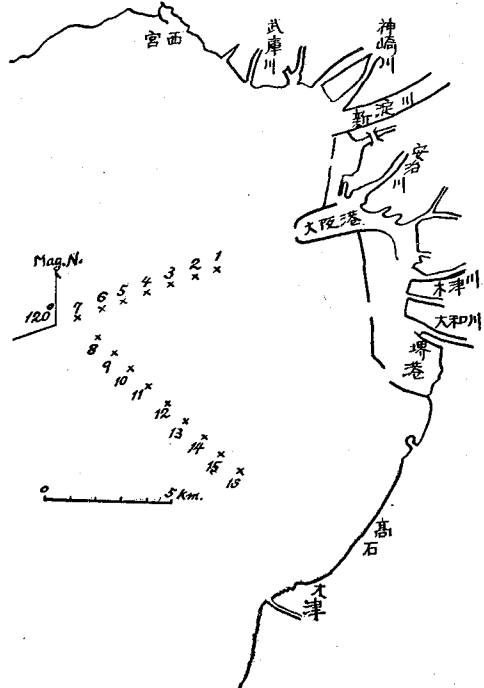
## 調査試料

- (1) 29年3月及び9月に第1図に示すように大阪港内外において、港外は大体防波堤に沿い1 kmの線を防波堤の切れ目及びその中間、港内は河川口前面等の各20地点より得たる試泥。
- (2) 29年9月に試料(1)の基準になるものとして第2図に示す大阪湾中央部の16地点の試泥。

第1図 大阪港内外の採泥 st 図

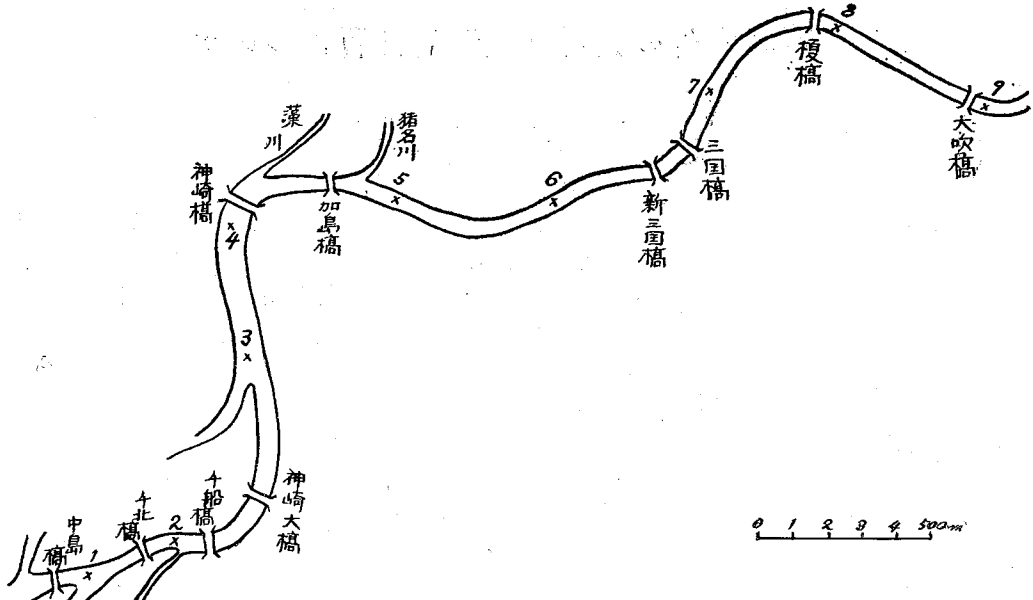


第2図 大阪湾中央部採泥 st 図



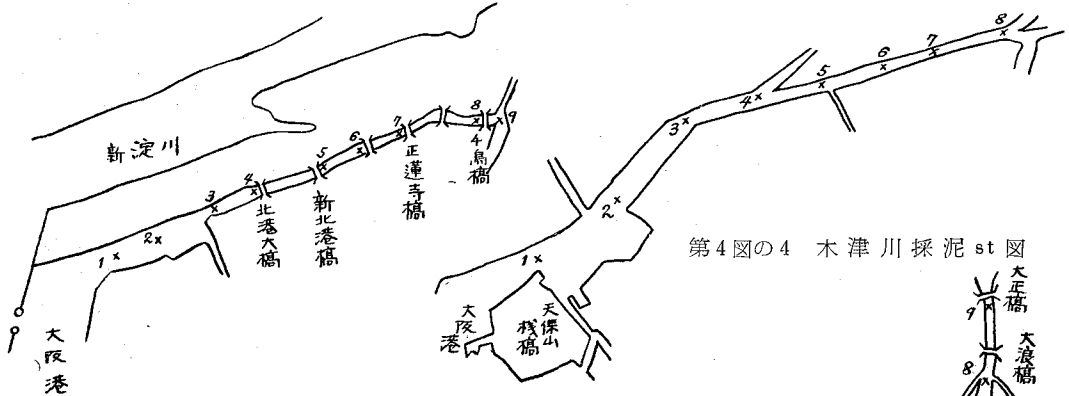
- (3) 29年8月に大阪港周辺に注ぐ河川の内水質において水産業に問題を起していた神崎川の第3図に示す9地点の試泥。
- (4) 更に30年度各府県に沿岸水質委託調査としての内、第4図に示す正蓮寺川、安治川、尻無川、木津川、住吉川において30年7月及び31年1,2月の試泥。
- (5) 31年3月に第5図に示す正蓮寺川、尻無川及び木津川の各河川口における17点の試泥。

第3図 神崎川採泥st図



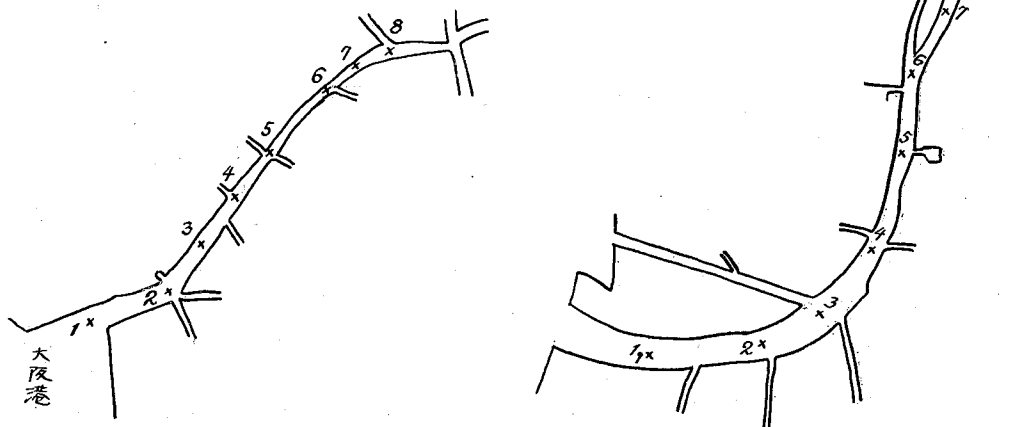
第4図の1 正蓮寺川採泥st図

第4図の2 安治川採泥st図

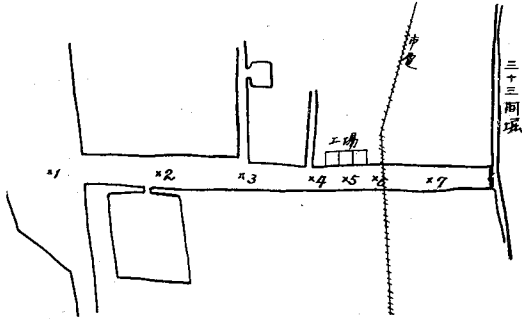


第4図の3 尻無川採泥st図

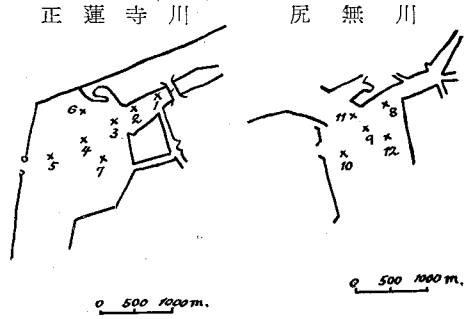
第4図の4 木津川採泥st図



第4図の5 住吉川採泥st 図



第5図 河川口の採泥st 図



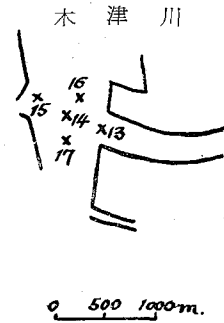
各試泥とも採泥後直ちに大阪府水産試験場の実験室にて次の如き測定を行った。

- (1) C. O. D.    (2) I. O. D.    (3) 遊離及び全硫化物  
(4) I. L.

結果及び考察

I 試料(1)及び(2)の結果を第1, 2表に示す。

先に著者等が底質についての判別法の一つとして来た。C. I. 曲線に第2表の結果を挿入して見ると第6図に示すようになり大部分は基準線の内に入るが、st. 3, 14, 16は線曲よりははずれた位置にある。



第1表 大阪港内外底質化学的性状

29. 3月

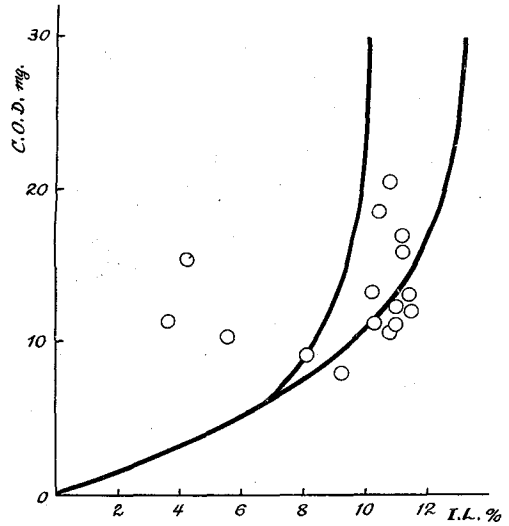
29. 9月

st	C. O. D.	I. O. D.	硫 化 物		I. L.	Dry matter	C. O. D.	I. O. D.	硫 化 物		I. L.	Dry matter
			Free	Total					Free	Total		
1	6.46	3.25	0.029	0.064	3.81	81.19	1.15	0.47	0.101	0.683	3.65	65.59
2	12.78	7.91	0	0.030	6.03	55.62	3.23	1.97	0.111	0.715	6.68	56.26
3	27.42	17.64	0.406	2.911	12.83	28.73	7.99	1.14	0.117	0.929	6.94	56.64
4	12.77	5.29	0.025	0.057	4.87	57.30	3.79	0.67	0.078	0.682	8.11	57.98
5	26.10	14.38	0.022	0.204	11.01	40.14	13.35	2.41	0.125	0.817	8.85	42.46
6	37.85	12.41	0.095	0.530	11.98	38.89	18.52	3.21	0.199	1.283	12.19	35.88
7	21.44	9.16	0.021	0.220	7.07	47.92	7.78	3.74	0.088	0.699	7.11	47.81
8	25.90	13.00	0.076	0.454	8.39	44.66	3.98	4.27	0.061	—	6.68	49.78
9	30.38	13.27	0.189	0.851	10.98	36.34	9.36	3.68	0.118	1.105	11.75	34.76
10	45.18	24.77	0.298	2.738	12.94	35.78	37.70	16.72	0.327	4.323	14.27	34.26
11	27.88	14.44	0.813	4.307	15.31	29.77	37.51	21.01	0.405	6.338	15.58	29.01
12	—	—	—	—	—	—	24.15	7.62	0.179	1.122	11.28	40.61
13	30.24	9.68	0.049	0.437	10.94	38.21	21.05	14.75	0.244	2.037	11.38	40.55
14	25.05	8.68	0.020	0.248	9.56	44.63	41.90	13.49	0.383	3.011	10.52	41.47
15	32.19	8.57	0.042	0.210	11.28	39.08	30.63	11.73	0.224	1.277	11.81	36.86
16	22.44	11.17	0.141	0.867	10.58	39.47	29.75	11.21	0.088	0.966	9.04	35.52
17	31.30	7.16	0	0.166	16.25	39.42	20.08	7.97	0.021	0.223	18.50	35.11
18	25.90	6.95	0.030	0.291	11.63	33.00	29.17	9.13	0.070	0.297	12.03	29.26
19	29.59	12.81	0.064	0.733	13.16	28.88	33.56	9.44	0.181	1.576	12.03	32.75
20	36.54	4.14	0.291	3.067	13.60	29.97	49.97	17.45	0.331	5.403	14.71	27.68

第2表 大阪湾中央部底質の化学的性状  
29年9月

st	C. O. D.	Total sulfide	Ignition loss	Dry matter
1	18.59	0.491	10.35	33.37
2	12.07	0.372	10.98	33.06
3	15.43	0.595	4.17	29.72
4	10.95	0.321	10.99	26.75
5	20.54	0.300	10.80	31.28
6	11.15	0.299	10.27	30.08
7	7.87	0.182	9.19	30.72
8	11.93	0.315	11.52	29.88
9	13.04	0.259	11.40	37.46
10	16.89	0.350	11.23	27.69
11	15.75	0.344	11.20	29.93
12	10.52	0.267	10.83	31.47
13	13.21	0.445	10.19	34.41
14	11.31	0.266	3.56	37.16
15	9.12	0.313	8.08	41.90
16	11.29	0.463	5.48	45.13

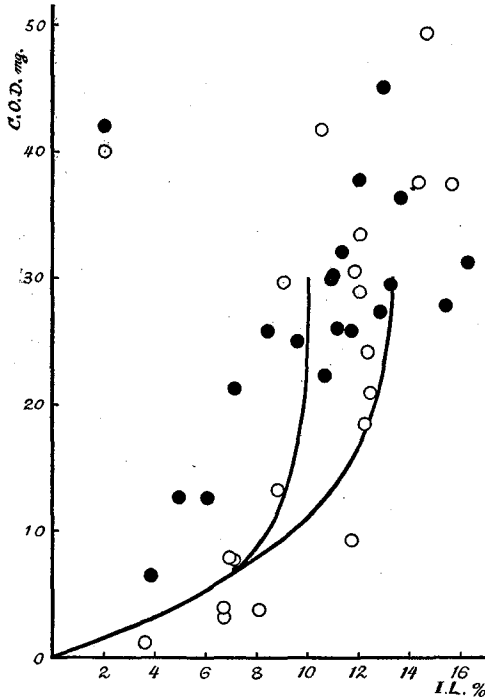
第6図 大阪湾中央部底質のC.I.曲線図



このはずれる理由としてst. 3は大阪港の出入船による事が考えられ、st. 14, 16は大阪湾における赤潮が堺港以南に発生し、この辺りまで及ぶ事があるの

でそのためではないかとも思われるが充分な事は判らない。唯大部分の結果より見て、大阪湾の底質は大體において著者等の考えて来たC. I. 曲線の基準線を利用できるものと考えられ、更に硫化物においても既往の調査の無影響地域と考えた試料の測定結果と略同程度の量と言うことができる。

第7図 大阪湾内外泥質のC.I.曲線図



II 第1表の結果を見ればC. O. D. の値は3月及び9月を通じ最大値は約50mgであり、同一st. における夏冬の時期的に定められた傾向は認められず、前述の基準として考えた大阪湾中央部の底質の結果と比較すればst. によってはC. O. D., I. L., 硫化物の各々が大きい値を示し汚染されている事を現わし、C. I. 曲線図に挿入して見ると第7図の如くなる。この事からst. 全体を港の内外等に分けて考えればC. O. D. の値は港内、川口及び防波堤の切れ目、港外の順に小さくなる傾向が見られ、I. L. 及び硫化物においてもこの傾向は認められる。

硫化物は港内及び港内の川口では3月において2.7~4.2mg、9月は4.3~6.3mgの非常に大きな値を示し、全体的に見てもC. O. D. と異なり夏季の方が大きい値を示すような時期的な変化が現われる。これは夏季において硫酸塩還元細菌の適温に近くなるために活発な菌の増殖等が起り硫化物の生産が増加する事によるものであろう。

なおI. O. D. についてはC. O. D. の約50%の値を示し、C. O. D. の値の大きい程還元性の強い底質である事を現わしている。

III 試料(3)についての結果を第3表に示す。

神崎川は瀬川及び猪各川の支流はあるが浅く又小さな支流であるため流入量は多くない。神崎川の上流は新淀川に通じているが閘門により閉ざされ、漁業者の言によれば常時は川に注がれる支流及び工場、都市廃水及び干満による流れの外この河川に入る水は殆どなく、唯大雨等の時閘門が開かれて新淀川の水が神崎川へ放出されるため、雨後は比較的きれいであるが新淀川よりの放出が止められた後には再び注入される工場廃水、都市廃水等のため水質は非常に悪化し外観も黒色を呈するようになるとの事である。

第3表 神崎川底質の化学的性質  
29年8月

st	(mg) C. O. D.	(mg) I. O. D.	硫化物(mg)		(%) I. L.	備 考
			Free	Total		
1	9.06	2.15	0.082	0.617	4.64	砂, 上部浮泥
2	1.97	0	0.108	0.649	1.87	砂
3	0	0	0.028	0.150	1.74	"
4	14.65	11.06	0.165	1.481	9.48	表面黒泥
5	46.88	20.60	0.486	4.048	12.02	泥
6	11.17	5.24	0.231	1.221	4.09	泥砂
7	0	0	0.058	0.141	1.00	砂
8	3.25	0	0.066	0.779	2.92	"
9	0	0	0.019	0.133	1.02	"

調査時は雨後であったためか st. 4. 5. 6以外は第3表に示す如くC. O. D. 及び硫化物は少なく殆んど砂質であった。しかし st. 5 はC. O. D. 及び硫化物ともに大きな値を示し、第3表の結果をC. I. 曲線図に挿入して見ると第8図の如く st. 1. 5. 6は基準線よりはずれ還元性の底質である事が現われた。

このように神崎川の中には還元性の強い底質があるので、例えば新淀川よりの放水によりこれらの泥が1時的にせよ流し出されれば神崎川川口の底質の悪化も促進され第1表に示す如く夏季においてC. O. D. 及び硫化物が増加する事は当然であるかも知れない。

IV 試料(4)についての結果を第4表に示す。

大阪の河川では新淀川よりの流入量をあまり大きく期待できず最も近い安治川に多く流れて、それ以外の河川には比較的少量ではないかと思われる。

市内の各河川は感潮部にあるため、流下する水量及び工場都市廃水の水量の外、潮の干満差による水の流動がかなり大巾に行われ、水の置換がいわゆるピストン式に行われているようである。

第4表の各河川ではこのピストン式の流れに支配される汚染区域はかなり広く全体的にC. O. D. 硫化物の値から見て非常に還元性の強い泥質であり、安治川のように流入する河川水の多いと思われる場合の底質においてすら同様に還元性の強い泥質である。

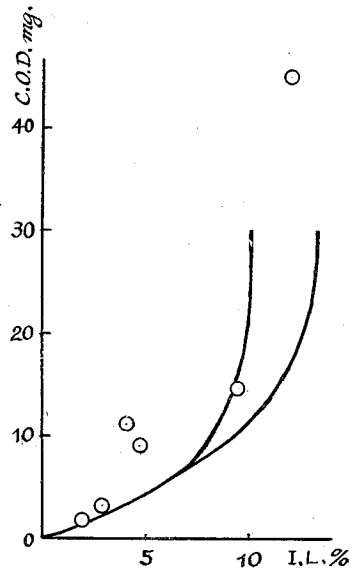
勿論泥質汚染の原因として考えられる事はI. L. の値が大きい事から見て有機物の沈降によるものと見えよう。

更にC. O. D. 硫化物, I. L. の値が部分的に非常に大きい値が示される事も目に付くが大坂湾の潮差が約1mしかないこともあって流れが比較的弱く河川に廃水が放出された場合にはかなり近距離に多くの有機物が沈降するためと思われる。

V 試料(5)についての結果を第5表に示す。

流れにより持ち来たされた種々のものが感潮部の川口に近づくとつれ海水中に含まれる電解質等の作用によって凝集し、流速低下のため沈降する事は先に著者が報告したと同様である。この傾向は流れが弱く

第8図 神崎川底質のC. I. 曲線図



第4表 河川底質の化学的性質

(1) 正蓮寺川

st.	30年8月				31年3月			
	C. O. D. (mg)	硫化物 (mg)		I. L. (%)	C. O. D. (mg)	硫化物 (mg)		I. L. (%)
		Free	Total			Free	Total	
1	42.8	0.37	5.80	14.73	149.5	0.42	9.96	25.25
2	12.3	0.24	2.29	9.66	130.4	0.67	7.76	34.26
3	59.8	0.61	7.34	20.59	161.0	0.79	11.17	30.34
4	54.9	0.61	7.05	37.04	123.3	0.74	8.90	41.46
5	118.4	0.68	11.00	28.84	132.8	0.56	9.94	37.29
6	125.0	1.22	6.97	53.63	154.4	0.48	12.18	28.13
7	104.1	0.60	6.77	33.33	84.4	0.65	10.08	25.53
8	94.8	1.08	14.73	14.50	85.3	0.55	7.47	37.29
9	146.1	0.65	11.98	39.29	80.2	0.24	3.31	29.94

(2) 安治川

st.	30年7月				31年2月			
	C. O. D. (mg)	Free	Total	I. L. (%)	C. O. D. (mg)	Free	Total	I. L. (%)
1	28.2	0.07	2.66	12.21	37.4	0.16	0.96	9.52
2	41.6	0.26	2.52	14.56	49.4	0.38	6.72	15.00
3	50.0	0.31	4.58	15.09	33.1	0.22	3.03	12.57
4	50.5	0.24	4.27	14.98	52.0	0.08	2.55	16.41
5	44.8	0.45	3.91	14.62	23.4	0.21	0.17	12.62
6	37.9	0.49	3.80	14.38	32.1	0.16	1.43	12.24
7	58.1	0.65	6.12	16.53	18.2	0.27	0.78	9.36
8	20.9	0.17	1.24	14.11	27.9	0.22	1.72	10.17

(3) 尻無川

st.	30年7月				31年2月			
	C. O. D. (mg)	Free	Total	I. L. (%)	C. O. D. (mg)	Free	Total	I. L. (%)
1	41.6	0.44	1.20	13.40	42.9	0.21	5.62	13.38
2	40.1	0.18	1.53	16.00	52.7	0.22	7.07	13.82
3	44.8	0.40	2.70	23.45	41.6	0.26	1.05	21.08
4	53.2	0.31	3.43	18.33	43.8	0.14	6.65	13.86
5	47.6	0.03	2.75	15.08	48.7	0.24	4.57	15.98
6	59.6	0.13	2.12	18.82	47.8	0.31	4.03	16.85
7	67.8	0.29	2.70	19.05	66.4	0.23	4.76	16.28
8	55.8	0.02	2.37	62.40	—	—	—	—

(4) 木津川

st.	30年7月				31年1月			
	C. O. D. (mg)	Free	Total	I. L. (%)	C. O. D. (mg)	Free	Total	I. L. (%)
1	36.8	0.29	4.83	12.90	69.8	0.41	5.43	6.67
2	69.3	0.53	14.81	17.12	69.6	0.30	8.28	7.15
3	70.1	0.76	9.14	19.43	140.5	0.65	0.54	4.37
4	55.2	0.22	5.26	49.22	82.5	0.37	6.29	4.71
5	115.5	0.69	7.98	34.33	87.7	0.48	11.76	5.73
6	89.4	0.94	6.70	21.33	62.9	0.18	13.00	8.30
7	75.8	0.18	5.09	18.12	57.6	0.23	10.78	11.20
8	63.6	0.47	6.33	21.78	56.4	0.27	7.24	7.80
9	68.8	0.36	7.27	18.54	—	—	—	—

(5) 住吉川

st.	30年7月				31年1月			
	C. O. D. (mg)	Free	Total	I. L. (%)	C. O. D. (mg)	Free	Total	I. L. (%)
1	27.4	0.05	0.48	8.44	31.2	0.06	0.24	9.76
2	39.4	0.21	1.70	10.00	31.7	0.01	0.20	9.03
3	63.2	0.61	4.76	16.00	38.1	0.16	0.49	7.98
4	72.1	0.36	3.02	15.32	55.0	0.21	0.42	11.30
5	39.4	0.52	4.99	16.53	131.5	0.63	1.52	19.64
6	47.0	0.30	3.17	11.63	159.0	0.75	0.61	27.45
7	40.4	0.15	2.31	15.29	99.8	0.38	0.67	16.13

又干満潮に伴うピストン状のため川口近くに盛んに行われ、第5表に現われているごとく C. O. D., I. L., 硫化物の値が川口より順次小さくなる傾向に見る事ができる。第1表の結果で見られる港外の防波堤の切れ目の外で汚染度が大きい事は、港内水の水質の汚れの影響と共に、比較的軽くて港内に沈降或いは沈降しかけた浮泥等が船舶の出入及び干満流、波浪等のため起る水の攪拌によって防波堤の切れ目から外へ流出し沈降したものと考えられる。

今まで考えて来た事等から大阪港内外の底質を C. O. D. 及び硫化物等の値から見ると港内は港外に比較して相当に強い還元性を示し、又港内においても川口前面の底質は更に強い還元性である事が判る。これらの原因としては港内に停泊中の船舶よりの排棄物による港内汚染も考えられるが、河川より持ちこまれる多くの都市廃水及び工場廃水の有機沈降物によるものであろう。大阪のごとく多種多様の工場種類の廃水があると廃水相互間に相殺又は助長が行われ、それが底質の悪化に関係がある事も考えられる。

終りにのぞみ本調査に御便宜を与えられた大阪府水産試験場、試料採取及び測定に助力された兄部、佐田東両氏に衷心より謝意を表わす。

#### 参 考 文 献

- (1) 大阪市立衛生研究所：大阪市内各河川の汚染状況 昭和29年12月
- (2) 水質汚濁防止関西地区協議会：水質汚濁防止資料 昭和30年
- (3) 京大工学部衛生土木工学研究室：第一次大阪市内水流及び水域汚染に関する実態調査報告書 昭和31年
- (4) 荒川・新田：内水研報告第3号(8)
- (5) 荒川：内水研報告第7号II-2

第5表  
大阪港内河口泥の化学的性質  
31年3月

区別	st	C. O. D.	Total sulfide	I. L.
正 運 寺 川	1	17.86	4.24	11.81
	2	23.67	8.78	24.77
	3	15.59	2.32	10.78
	4	9.49	0.66	6.88
	5	10.89	0.23	7.23
	6	24.52	2.36	15.82
	7	12.54	—	8.13
尻 無 川	8	27.25	4.24	14.57
	9	22.36	6.92	13.61
	10	12.81	1.77	9.25
	11	25.16	5.86	12.50
	12	19.85	4.23	13.36
木 津 川	13	19.27	3.00	15.47
	14	19.42	1.68	11.48
	15	17.17	3.82	11.47
	16	19.52	3.74	12.68
	17	19.80	0.44	12.15

# 瀬戸内海に於ける工場廃水の影響水域に関する検討

新 田 忠 雄

## 1. 緒 言

昭和25年から始めた吾々の工場廃水の調査は、瀬戸内海の各地について順次調査を進めていたが、昭和30年夏には更に全域に渉り影響水域調査を行った。このように一応各地の廃水流出の状況を見たので、影響水域の広さに関する検討を行ってみたいと思う。この調査に当って御協力頂いた各府県の水試、県庁、市の関係者及び漁業組合の関係者の方々に厚く感謝する次第である。

## 2. 利用した資料

広島県下及び岩国周辺及び三田尻は、これまでかなり調査の回数を重ねている。又大阪市及び大阪湾は昭和28年から毎年調査をして来た。その他は主として昭和30年の調査である。又昭和27年から各府県に沿岸水質の委託調査を行って来た。この内にはかなり回数を重ねて調査した地域もある。

昭和30年行った調査は8月2日～13日大分、福岡、山口県下を、又9月9日～21日愛媛、香川、徳島、和歌山、大阪、兵庫、岡山の府県下を調査した。調査は工場廃水の分散状態を主として観察し、表面水の汚濁状態と岸壁生物の附着状態、又表面水を採水して調査した。表面水の汚濁は次に述べる透視度計によった。

## 3. 透視度計に就いて

自然水域の混濁程度を測定することは廃水問題を取扱う上には極めて必要なことである。自然水中に混入する混濁物の混入程度を知ることは多くの場合着色し、又は浮遊物を含む廃水の混合を知ることになる。混濁状態の測定方法は懸濁物の重量法的定量及び光線の透過率による測定に分けられ、光線透過率の測定は光学器械を使用する測定と肉眼による透視率の測定に分けて考えられる。肉眼による透視率は一般に用いられるセッキ板を用いる透明度測定、或は白金線法等の如く自然水域中に於いて測定する方法と採水した水について濁度計等を使用して測定することが考えられる。それぞれの方法には長短があり、目的に応じてその方法が採用されなければならぬことは言うまでもないが、今吾々として必要を感じた要件を並べてみると次の如くであった。

- (イ) 出来れば船を停めないでその水の混濁度を知りたい。
- (ロ) 水の濁りがあまり濃くない水について測らねばならぬ。
- (ハ) あまり高価な器械は困る。

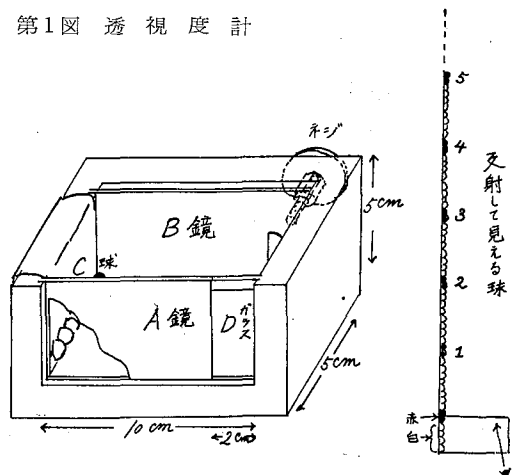
船を停めないで混濁度を知るためには採水して測定する方法がよいように思う。採水した水で測定する場合濁りの少ない水を知るには、長い水の層をつくり比較することが必要であるが、鏡面を利用して反射を繰返すことにより水層を厚くすることが出来る。鏡を利用する方法は古くから木村氏の方法も知られている。或いは同じことであるかも知れぬが、次に記するような透視度計を作成して使用した所極めて便利であった。

### 3.1 透視度計の説明

第1図に示すような器具をつくった。

A及びBの鏡でつくられる平行な面の間をCの球が反復して反射し、その反射回数により透視度

第1図 透視度計





を求めるわけである。A Bの間が5cmで、Cの球は二個連なって見えるから10cmに1づつ数がますことになり、清浄な水で見るとき15位の数を讀むことが出来る。この装置ではDの窓から見ることにしてあり数を数えるのであるが、数が10以上になると仲々数えにくくなる。Dの窓に一定の角度で内部をのぞく装置をつけCの球をA又はB鏡面をすべらして最先端をDの視野で捕えたときのC球の位置で透視度を求める方法も考えられる。A Bの鏡は平行であることが必要でBの鏡を動かせるように後に螺をつけてある。

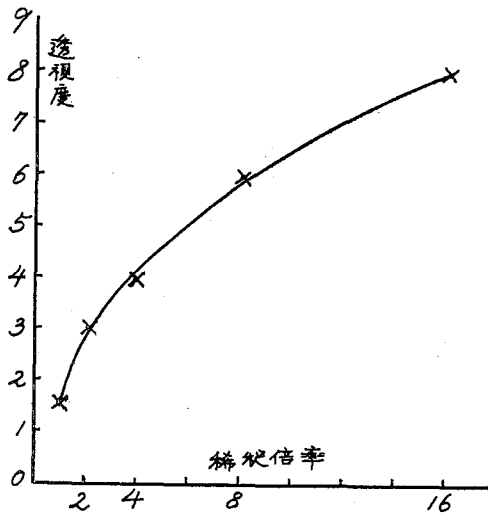
取扱上の注意としては、A B鏡面に浮遊物が附着しないようにその都度拭いてやる必要がある。光線に対しては日光の直射もあまり透視度を変えないようであるが、出来れば一様な影の所で見るのがよいと思う。野外の測定では手で直射をさえぎって使っている。

濁りのひどい物はこの器具では見られないが、これと連繋させてCと同じ球を水に入れその見えなくなる深さを10cm単位で讀むことにした。

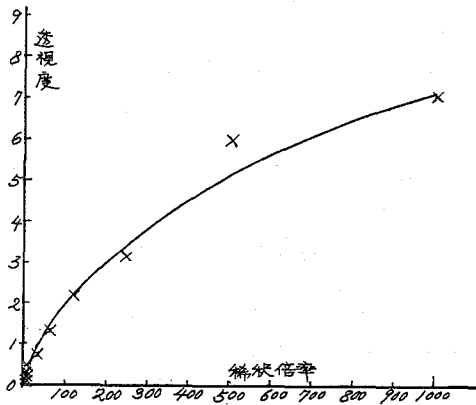
### 3.2 透視度と濁りの変化

第2図に濁った池の水の稀釈による変化、第3図に赤土の濁り(2,500ppm)の稀釈による変化第4図に

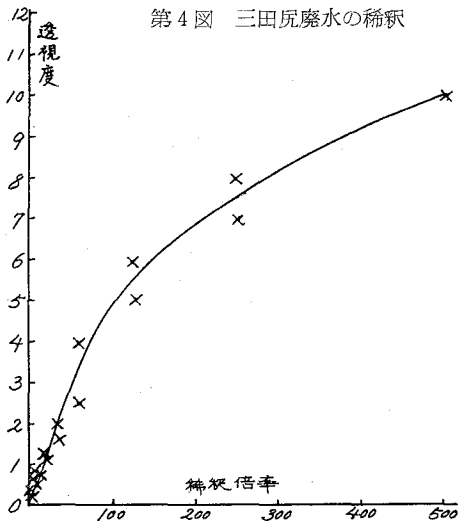
第2図 濁った池の水の稀釈



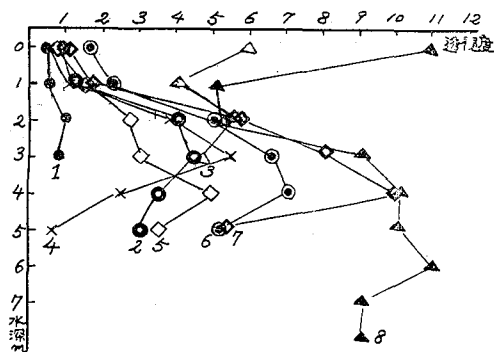
第3図 赤土の濁りと稀釈



第4図 三田尻廢水の稀釈



第5図 三田尻灣の透視度



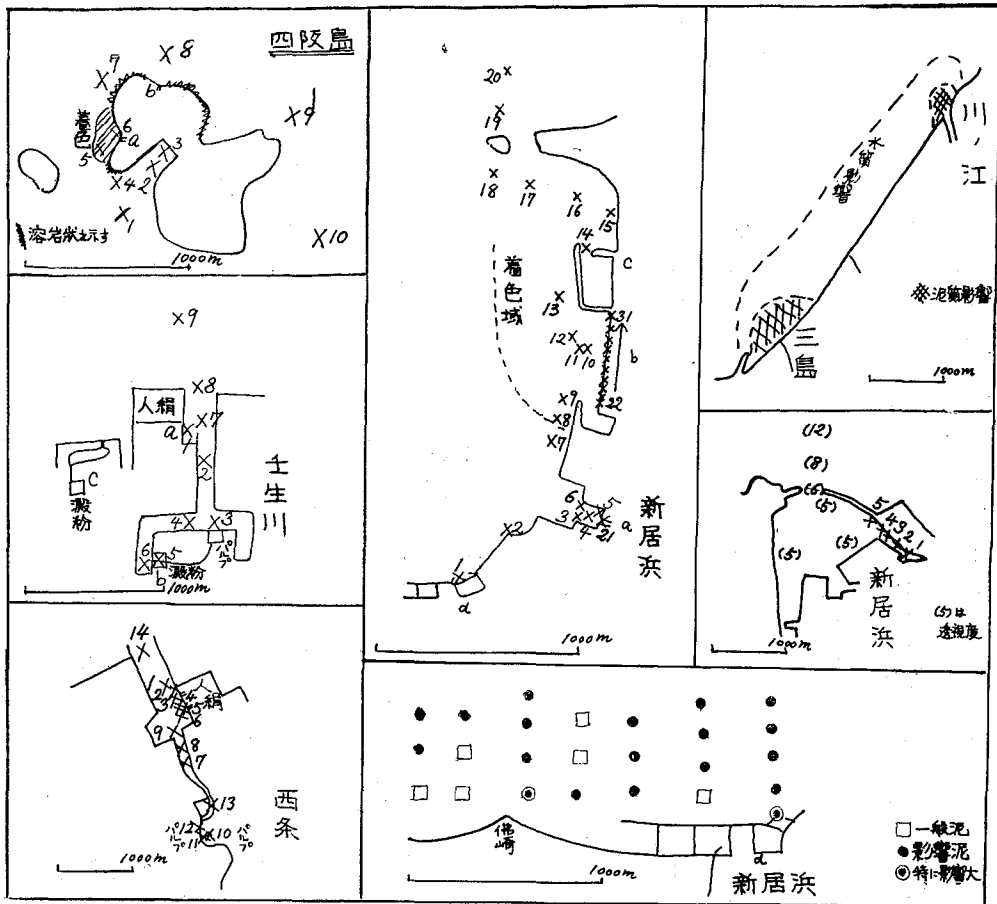


瀬戸内海各地の調査地点を第9図に示した。これは勿論調査を要する全地域を示すものではないが、問題があると言われる水域は出来るだけ調査して来ている。吾々の行った調査は回数を重ねて行った所もあるが、単に1回行っただけで説明している所もある。影響水域は廃水の状態、海況、気象条件で違った状態を示すから、ここで述べたことはその調査した時の状態であることは勿論である。

#### 4.1 愛媛県下の調査

ここでは四阪島、壬生川、西条、新居浜、三島川ノ江の五地区を取上げた。この内新居浜、三島川ノ江は県に委託した調査資料を参考にした。(第10図)

第10図



##### 4.1.1 四阪島

住友製錬所がある。水質は第1表の結果であった。図に示した(a)の廃水の影響水域は水が白濁して問題があるように見える。(b)の廃水は影響もごく近くだけのことだと思ふ。溶岩状に海中に突出している岸壁には生物がないが、この影響は岸壁に接した所だけのことであろう。近海の海底に石炭酸が埋積し底棲生物に乏しく、そのため鯛があつまらぬと言う説明を県水試の人から聞いたが、一応の理由はありそうに考えた。

##### 4.1.2 壬生川

レーヨン工場、パルプ工場、澱粉工場がある。パルプ工場は小さな町工場で下水に廃水を出している。第

第1表 (四阪島周辺 30.9.9)

st	水 温 °C	塩 分 %	pH	透視度
1	25.8	16.8		13
2	25.8	17.32		11
3		17.15		11
4	25.4	16.35		15
5		17.25		7
6	26.3	17.6	6.0	3
7	25.6	18.0		13
8	25.2	16.99		10
9	25.5	17.08		15
10	25.7	16.89		13

備考 st8の前の廃水は湯気をたてていた。

第2表 (壬生川 30.9.9)

st	塩 分	pH	透視度	C. O. D
1	8.98	6.5	1.8	16.71
2	16.89		2.5	
3	11.88		3.5	6.45
4	9.5		3	6.17
5	0.79	6.8	3	14.7
6	8.35		2	
7	14.08		6	9.7
8	16.7		10	3.38
9			14	

備考 バルブ層は st5であまり見なかった。

2表に調査結果を示す。レーヨン工場の廃水は調査時水面より低い所に流出していたが、その影響は10m四方位のもので、濁りについてもほとんど目につかぬ状態であった。港の中は濁っている。この奥から澱粉廃水が流れて出るとすれば、地形上の条件が極めて悪いから水の悪化はさげられぬことと思われる。(e)にある澱粉工場については廃水の流れる滲筋の海苔が被害を受けたと言うが、廃水を流す位置としては不適當であるかもしれない。

#### 4.1.3 西 条

人絹工場とバルブ工場がある。第3表に調査結果を示す。人絹工場の廃水は調査した時はほとんどその影響を見ることは出来なかった。工場から海に出る廃水の出口は二つあり一つは水面下から出されているが、噴出していることが分るだけである。ここには魚が集まると言ひ釣をしている人が見られた。他の排水はむしろ海水の濁りをへらすのに役立つ10m位の範囲、そのため水がすんで見えた。港の水は濁った感じである。バルブの影響はかなり大きく港に入る川口近くまで及んでいる。壱の水が夏ほどく醸酵して困ると言うが、たしかにそのようなことが起るだろうと思われた。

第3表 (西条)

st	塩 分	pH	透 視 度	C. O. D
1	14.95		8	3.82
2	14.5		9	
3	14.41	6.8	6	5.28
4	12.5		5	
5	3.16	7.3	9	3.66
6	10.99		5	5.28
7	7.92		5	6.02
8	10.1		3	6.9
9	13.71		5	6.3
10	0.8	6.0	0.66	74.2
11	0.79		1.4	161.5
12	1.14	6.8	7.7	118.0
13	1.06		9	2.5
14			10	

#### 4.1.4 新 居 浜

住友化学がある。この附近の調査は委託調査として県が行った資料がある。尚埋立の泥の問題を取扱って昭和27年12月調査し、又昭和30年9月の一般調査を行った。第4、5表にはその結果を示す。又30年9月の調査に際しては漁業者の持参した魚により、廃水により斃死する状況を見た。(第6表)廃水の影響の大きいのは(b)で、岸から300m位の範囲は水が酸性で魚にとっても致死の影響があるように思われる。この凹入部を取囲んだ岸壁は赤くなっている。堤防の外側にはカキが附着している。水の着色域は岸から1軒位迄と思われる。(a)の廃水は錆色で廃水口から離れると色があせ影響範囲は狭い。(c)の廃水はあまり目に付かない。(d)の埋立地附近は泥の流失が問題でそれは仏崎まで及んでいる。この附近のカキは緑ガキとなっているが、分布範囲は非常に広いようである。新居浜港内は濁ってはいるが、特に目につく問題はなかった。住友化学の廃水は近頃改善されたと言う。その結果

より斃死する状況を見た。(第6表)廃水の影響の大きいのは(b)で、岸から300m位の範囲は水が酸性で魚にとっても致死の影響があるように思われる。この凹入部を取囲んだ岸壁は赤くなっている。堤防の外側にはカキが附着している。水の着色域は岸から1軒位迄と思われる。(a)の廃水は錆色で廃水口から離れると色があせ影響範囲は狭い。(c)の廃水はあまり目に付かない。(d)の埋立地附近は泥の流失が問題でそれは仏崎まで及んでいる。この附近のカキは緑ガキとなっているが、分布範囲は非常に広いようである。新居浜港内は濁ってはいるが、特に目につく問題はなかった。住友化学の廃水は近頃改善されたと言う。その結果

第4表 (新居浜 30.9.10)

st	C. O. D	塩 分	pH	透視度	st	C. O. D	塩 分	pH	透視度
1	4.11			7	11	3.08	8.35	3.0	0.85
2	3.38	16.27		7	12	5.87	7.48	5.8	2.5
3		16.27		7	13		7.21	6.0	2.8
4		15.74	6.0	2	14		14.77		5
5	5.43	0.88	4.8	0.7	15	1.76	14.5	6.2	7
6	3.67	12.3		6	16		13.9		5
7	3.23	14.0	6.6	6	17	5.87	15.1		6
8	5.73	15.01	4.8	4	18	5.87	15.9		10
9	7.05	13.19	4.1	0.83	19		17.35		4.5
10	0.29	5.8	6.5		20		16.99		7

st	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
pH	5.0	2.8	2.0	3.0	3.3	2.5	2.4	2.9	5.0	4.2	6.0
備考						赤、熱い 亜硫酸臭	赤				硫化水素 臭

岩 壁 生 物

st

- 1 緑藻, レイシ, ミドリガキ, フジツボ死
- 2 フジツボあまり見られず
- 3 フジツボ少しいる
- 9 カキを認む
- 13-14 緑色が見られる
- 14 の岸よりの堤防, カキ多し

第5表 (新居浜港 30.9.10)

st	COD	塩 分	pH	透視度
1	2.35	4.75	7.2	5
2		5.98	7.1	4.5
3	3.52	6.77	7.3	5
4		8.35	7.7	5
5		9.25	8.2	2

第6表

st 10, 11	3分40秒でボラ死ぬ (体長 39cm) 1分 タイ死ぬ ( 9.5cm)
st 31の水	1分30秒でフグ死ぬ (6尾) (12.5cm~13.7cm) 30秒でタイ死ぬ

についてはまだ見ていない。

4.1.5 三島, 川ノ江

三島, 川ノ江を中心としてパルプ工場が多数ある。この附近の調査は委託調査で行ったので、それにより水質及び泥質の影響域を第10図に示す。水質に就いては潮汐に応じた変化があるが、岸から1km位までその影響が見られると言うことである。

4.2 香川県下の調査

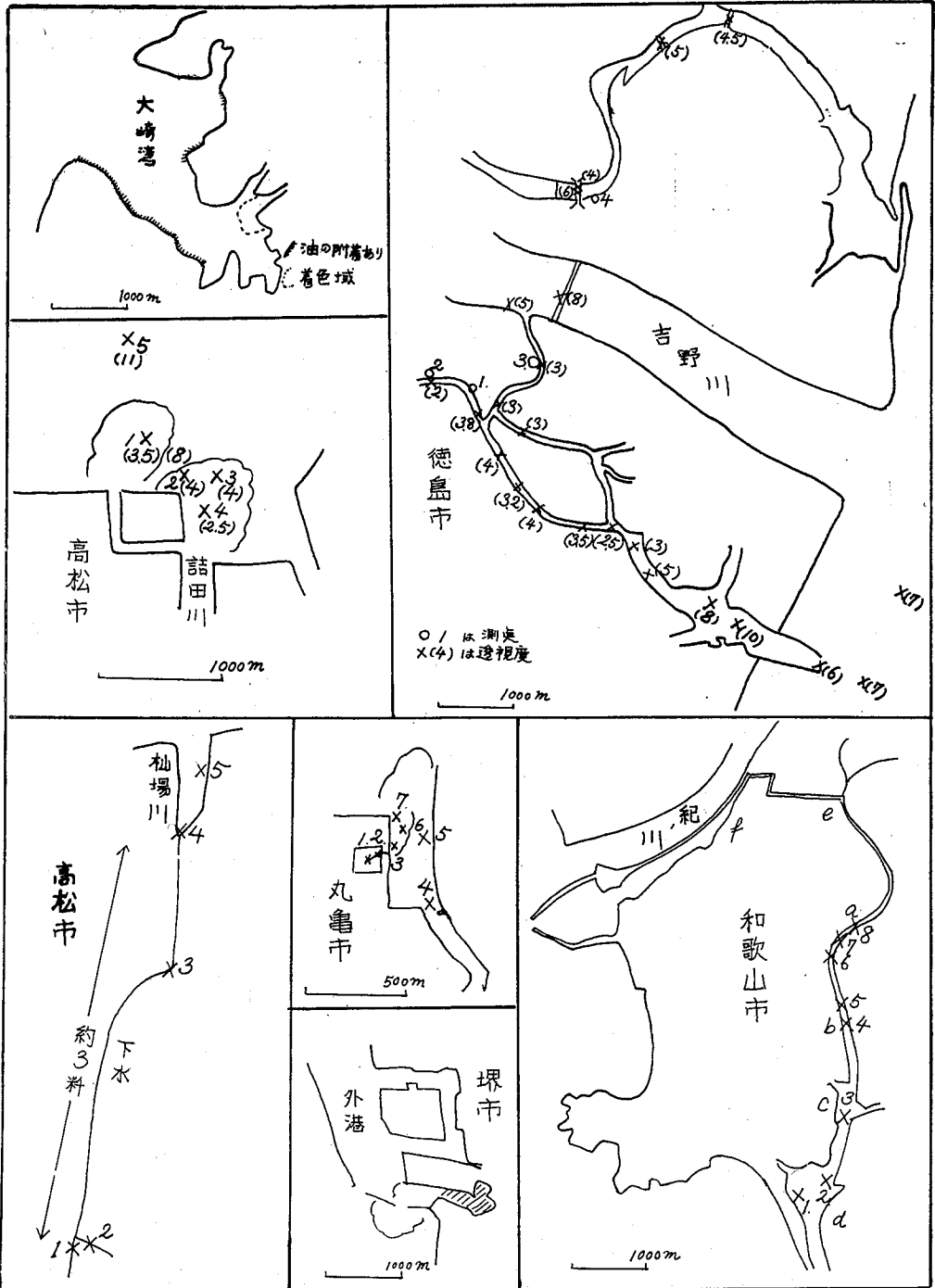
ここでは丸亀, 高松の問題を検討した。(第11図)

4.2.1 丸 亀

二硫化炭素の工場がある。硫化水素を含む廃水で船具類がいたむと言われている。第7表のような結果を見た。水量に対し影響面積は広いように考えられる。

4.2.2 高 松

第11図



市内にパルプ工場が数工場あり河川を流れて海面にその汚染が現われている。第8、9表に一応調査結果をのせた。仙場川の廃水は下水から船溜りに流入し、その附近の着色は濃いが大體船溜りの中で消えるよう

第7表 (丸亀 30.9.11)

st	COD	塩分	透視度	pH
1	87.9			7.4
2				4.7
3	5.85			8.9
4		14.84	1.5	6.9
5	7.35	15.18	4.5	7.8
6	6.31	14.31	1.5	6.1
7	6.17	14.37	5	8.8

第8表 (高松 詰田川)

st	COD	cl	透視度	pH
1	12.3	11.48	3.5	7.8
2	10.12	9.45	4	7.9
3	14.8	6.28	4	7.9
4	15.7	6.48	2.5	7.1
5	4.84	16.14	11	7.4

第9表 (高松 仙場川)

st	1	2	3	4	5
COD	1356	1556	283	288	28

に思われる。詰田川は河川の水に稀釈され、河水全体が着色して、それが広くの海面に拡散するように見えた。しかし濃度はうすいし河口の岸

壁生物は豊富に見られた。(但し、カキ、フジツボは調査位置に見られなかった。)

4.3 徳島市の調査

市内には種々の工場がある。(第11図) 調査結果は第10表の如くであった。2のバルブ工場はその影響が

第10表 (徳島 30.9.12)

st	COD	pH	備考
1	56.5	3.4	
2	36.0	5.5	バルブ
3	13.2	9.3	バルブ
4	3950	12	バルブ

は岸沿いに100m程河水を着色させている。又その対岸沿いには着色域が見られた。しかしこれらの汚濁が河を下って共栄橋までは及んでいないように思われた。

4.4 和歌山県の工場廃水

和歌山市及び大崎湾の問題を取上げた。(第11図)

4.4.1 大崎湾

精油工場が二つある。県の行った委託調査の結果もあるが、吾々の観察した状態は第11図の如くであった。廃水は帯状をなして流れると言うことであるが、吾々はその状態は見なかった。しかし岸壁に附着する油の状態から油の流動をすることも出来そうである。

4.4.2 和歌山市

市内にある和歌川は水の置換が悪いのであるが、市内に革鞣工場が多数あってその廃水の流入により汚濁

第11表 (和歌山 30.9.13)

st	GOD	cl	pH
1	14.62	14.92	7
2	10.24	16.53	6.8
3	13.16	14.17	7.8
4	16.08	10.86	6.9
5	15.33	9.92	6.8
6	18.98	8.64	6.8
7	39.5	4.72	6.1
8	89.2	3.85	7.2

は甚しい。第11表にその調査結果を示した。工場は(a)の地区に密集しこの河水は真黒な濁の状態を示している。この甚しい汚濁状態も(b)或いは(c)に行けばかなり快復して、緑色がかって来ているようである。この河川は(a)を汚濁の中心として満干につれてその範囲が変化している。(d)の水面もこの影響圏内にありノリの養殖に問題のあることと関係があるわけであろう。河川の汚濁は海にまではあまり及んでいないように思われた。

4.5 大阪府の工場廃水

堺、大阪市及び大阪湾の問題を考えてみたい。

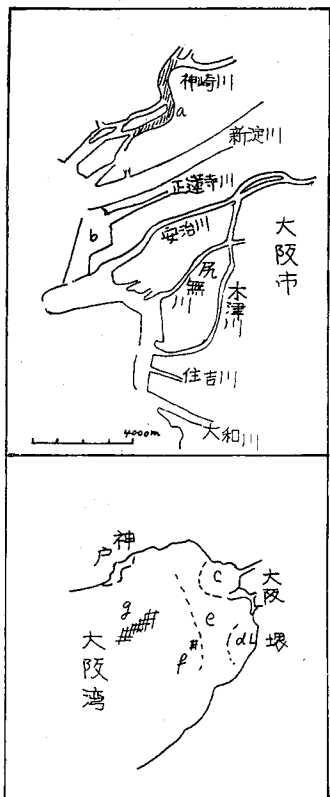
4.5.1 堺

堺には色々の工場がある。しかし堺で問題なのは個々の工場の問題より、むしろ内港の汚濁の問題であろう。堺の内港にはしばしば船を停めたが、内港の水は真黒な色を示し、これが下げ潮と共に外港更に港外へ

流出する。(第11図)内港の汚濁は水の置換の悪いことと都市下水、工場汚水の混入によるのであろうが、この影響は直接には港外に対してそれほど広い範囲には及ばないものと思われる。

#### 4.5.2 大 阪 市

大阪市内の調査は昭和29年夏行なった。(その結果は別の機会に報告する。)大阪市内の状態を第12図に示す。第12図



す。大阪市内の川の内一番北にある神崎川に多くの工場が廃水を流している。神崎川は水の置換が悪く(a)の附近は最もひどく夏には水が真黒になっている。泥も(a)附近を頂点として悪化しており、この川の汚濁点は泥の悪化地域とも関係が深い。神崎川の汚濁水の影響は川口から外にも及ぶのであろう。

新淀川は比較的清浄な水が流れている。大雨の時、海老江の浄水場の水をこの川に流すと言うことでその際には問題を起し、生巢の魚が死んだりするらしい。正運寺川から木津川迄の河川ではそれぞれ適宜工場が廃水を流しているのが見られるが、それも工場を中心とした小範囲であって河川の水は一応それほどこのため悪くなっているようには思われぬ。河の水は時によると黄緑色で植物性プランクトンの発育を認めることが出来る。しかし又時には濁りがひどいこともある。調査をして気づいたのは(b)の附近は着色のこいことがあり、比較的水の停滞がひどいのではないかと思われたことである。住吉川は汚濁がひどいと言われているけれども、これは他の河川とちがいで水の置換が悪いためなのであろう。しかしここに注入する下水の量はそれほど多いようにも見えず、汚濁水が海に多く流出するとも思われなかった。

#### 4.5.3 大 阪 湾

昭和29年から31年迄の間毎夏湾内を調査した。(その結果は別の機会に整理する。)大阪湾の状態を第12図に示す。

大阪湾の東側、大阪から10軒位(e)は海水の色が違っている。30年夏の状況では(c)(d)が特に黒味を帯びているように考えた。大体西側に行くにつれて、この混濁は緑色がかりやがて色がなくな

る。大体この着色は表面水に多いように思われる。着色の原因は明にしていえないが浮遊物ことに生物による混濁ではないかと想像する。但し(c)(d)等の黒味を帯びた一帯が同じことか或いはこれは神崎川、堺港内の汚濁によるかは充分の説明にいたらない。

この附近の都市は糞尿を海中に投棄している。その区域は岸から10,000m以上の所と定められている。大阪、堺等は(f)にあるブイを目標として投棄するのではないかと思う。糞尿中の沈殿物は(f)を中心に集まり(f)から1哩の所にはもうちらばっていないようである。神戸側では港からやはり10,000mの所に棄てているのであろう。ところが、この沈殿物は(g)のように広い範囲に分散して落ちている。(f)(g)の沈殿物の分布状態のちがいは、湾内の水の流動のちがいにによるものではないかと考える。

#### 4.6 兵庫県の工場廃水

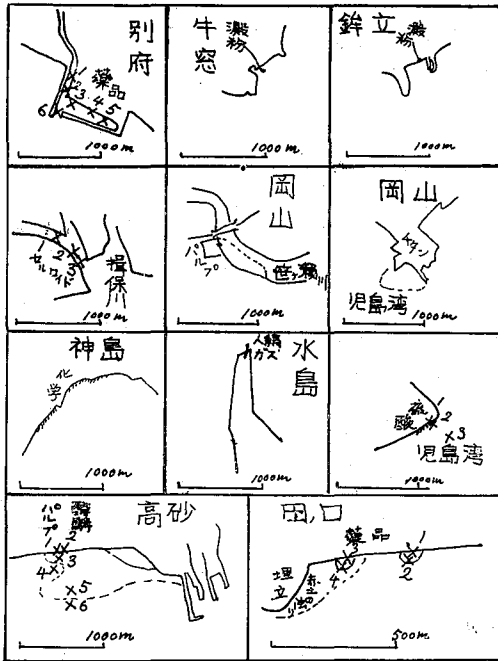
兵庫県下では別府、高砂、揖保川川口を見たので、その状態を述べる。(第13図)

##### 4.6.1 別 府

ここには硫酸工場がある。又川上にバルブ工場があると言う。第12表に調査結果を示す。港内は白濁しているが港の外には大して及んでいない。突堤の石は赤くなっている位で、それ以上の問題がありそうになかった。



第13図



第12表 (別府 30.9.19)

st	1	2	3	4	5	6
pH	6.2	4.7	6.0	6.0	5.8	6.8

4.6.2 高砂

醸造工場とパルプ工場の廃水が出ている。第13表にその結果を示す。かなりの影響範囲が区別出来るようである。

第13表 (高砂 30.9.19)

st	COD	cl	pH	透視度
1	8.62		6.2	
2	102.16		6.7	
3	39.26	14.77	6.8	2
4	11.7	13.00	7.4	5
5	17.37	13.54	7.2	4
6	7.16	16.24	8.0	7

4.6.3 揖保川

セルロイド工場がある。第14表に調査結果を示す。

第14表 (揖保川 30.9.19)

st	COD	pH
1	2.18	6.7
2	10.22	2.0
3	3.79	6.7

す。影響範囲はごく狭い範囲だと言うように思われる。

4.7 岡山県の工場廃水

牛窓、児島湾、鉦立、田ノ口、水島、神島について述べる。(第13図)

4.7.1 牛窓

澱粉工場があり、廃水を海岸から20m沖迄3吋管で導いて流している。その影響はほとんど考えられていない。

4.7.2 鉦立

澱粉工場がある。廃水は海岸へ導かれているが砂浜に扇型にしみ込んだあとが見られる。岸沿いに幾らかの影響水域が出来ると思われる。

4.7.3 児島湾

湾内に廃水を流す工場としてチタン工場、硫酸工場又笹ヶ瀬川に臨んでパルプ工場がある。チタン工場パルプ工場については委託調査その他で検討されている。チタン工場は赤い沈澱物を含む廃水で、廃水口を中心とする左右の岸壁は赤くなっている。硫酸工場の廃水も赤く、その範囲は岸沿いに50m位である。(第15表)

第15表 (児島湾 30.9.20)

st	pH	透視度
1	3.5	
2	6.0	0.55
3	7.3	6

第16表 (田ノ口 30.9.20)

st	COD	pH	透視度
1	120.26	7.0	
2	3.58	7.8	2.5
3	152.66	8.0	
4	9.41	8.0	1.5

パルプ工場は薬を材料にし、廃水による目につく範囲は2~3km位までである。

4.7.4 田ノ口

硫酸工場がある。(第16表) 酸性の強い廃水であるが影響は10m半径位のもと思われた。

4.7.5 水島

ガス工場廃水と人絹工場廃水が出ている。

人絹の廃水はほとんど影響が見られないようである。ガス廃水は問題視されているが、廃水口から100m位までの問題であり；附近の岸壁生物については異状を認めなかった。

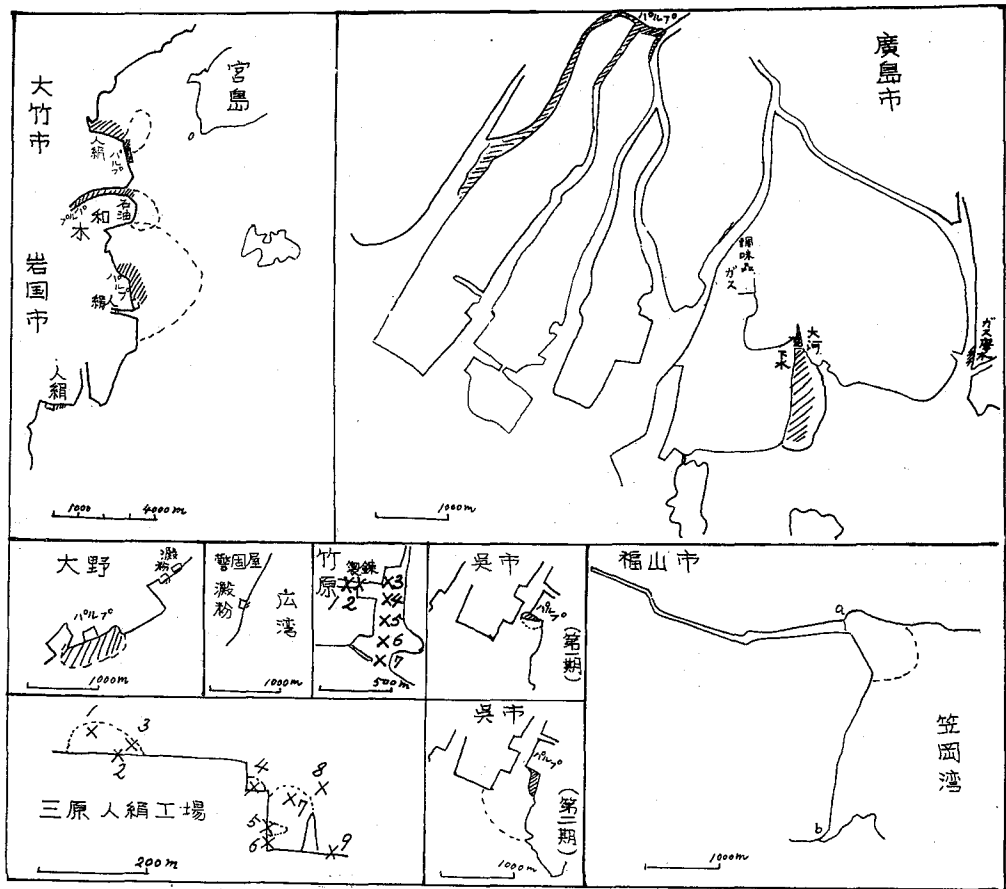
#### 4.7.6 神 島

化学工場がある。委託調査により説明されていることは岸壁ぞいに10~20m巾で100m位流れている程度のものである。

#### 4.8 広島県下の廃水問題（岩国迄含む）

福山、三原、竹原、広、広島、大野、大竹、岩国地区について述べる。（第14図）

第14図



#### 4.8.1 福 山

港の奥へは工場廃水と都市下水が流入して、その影響は満潮時は(a)迄、干潮時に影響が増大して(a)から500~1,000m位迄見られる。岸壁生物などでは港の口で大した変化はないように見える。アサリが苦いと言われている。港の奥は酸欠がひどい。箕島の北には染料工場の廃水が出て来ている。これは港の汚濁と比べると大したことは思われぬ。

#### 4.8.2 三 原

人絹工場が問題となっている。その影響は廃水口の近く50m位に白濁を見るが更に港の口近く迄わづかに

濁っているように思われた。(第17表) 唯この状態は特別な例で今の廃水の流す状態はこの調査の時とは違っている。

第17表 (三原 30.9.21)

st	i	2	3	4	5	6	7	8	9
pH	6.7	7.1	7.7	8.0	8.0	9.0	7.0	7.0	8.3
COD						82.76			
透視度	2.5		5				4.5	3.5	

#### 4.8.3 竹 原

製錬所があって銅を含む廃水が出るが水量は少なく

第18表 (竹原 )

その影響は大きくないようである。(第18表)

st	1	2	3	4	5	6	7	
cu含有量	24.88	9.46 6.46	11.77	8.81	8.92	3.87	3.38	mg/g (乾泥)
ベントス			なし	ケヤリム シ多毛類	ウミヒメ ミミズ	ゴカイ ウミヒメ ミミズ	ゴカイ ダルマ ゴカイ	

#### 4.8.4 広

東洋バルブの影響

は第一期項では半径150m位の問題だと思われた。その後生産が上り影響は拡大されている。

警固屋に澱粉工場があるが岸から20~30m位迄に着色が及ぶだけである。

#### 4.3.5 広 島

広島市で問題となっているのはバルブ廃水、ガス会社及び味日本廃水、及び機械工業の出すガス廃水である。(バルブ廃水は今多少水路が変わっている) その影響は図の如くである。

#### 4.8.6 大 野

バルブ工場と澱粉工場がある。バルブ工場は小規模であるが影響はかなり大きい。澱粉はごく狭い問題だけである。

#### 4.8.7 大竹, 岩国地区

大竹, 岩国を含めて多数の工場がある。

三菱レーヨンの廃水の影響は半径約1軒位, 人絹としては影響が比較的大きいように思われる。大竹紙業の廃水は港の中から袋状に外へ出て来て大きくて半径500m位の影響のものと思われる。

日本紙業は河川の中からあまり外へは及ばない。興亜石油は工場附近に油が浮いている他, 時としては1軒半径位のうすい油膜も見られる。山バルは平均的に1軒余の半径の面積の影響水域があるが, その分散範囲は2軒半径の範囲には及ぶであろう。帝人はその工場の近くだけのことと考えている。その影響が川口まで及んでいるとは思われなかった。今では廃水放流は別の所だと聞いている。東洋紡は半径500m位と思われる範囲が白く濁っていることがあるようである。

#### 4.9 山口県の工場廃水

柳井, 下松, 徳山, 三田尻, 宇部, 小野田, 長府について述べる。(第15図)

##### 4.9.1 柳 井

柳井化学の廃水の影響はごく狭く見られるだけである。水量の少ないためだと思う。

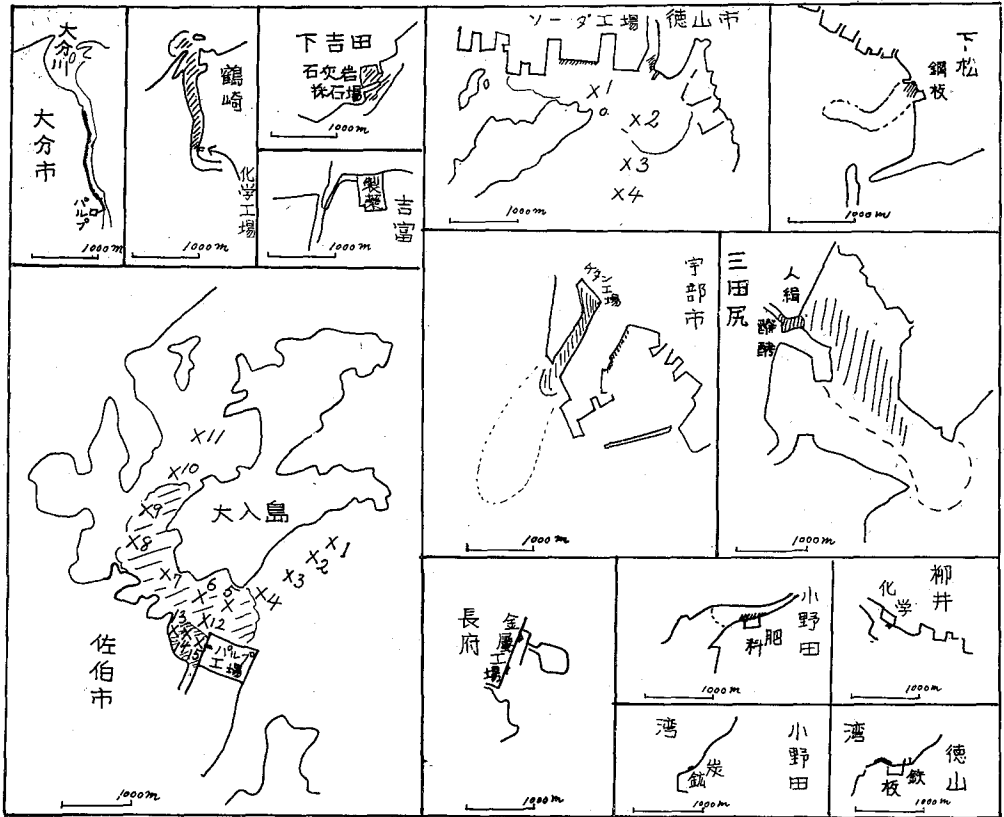
##### 4.9.2 下 松

東洋鋼板の廃水は鉄の浮遊物で赤く, それが帯状に湾の中央に向って延びている。

##### 4.9.3 徳 山

徳山鉄板の廃水は岸沿いに赤い浮遊物を示すだけであまり明かではなかった。徳山ソーダの廃水は工場の近くから流出する廃水と埋立地から出るものと二種ある。影響は湾内の透明度にも関係するようであるが, 岸壁生物は至近距離だけであとは変化がない。むしろベントスの貝類などは多いように思われた。(第

第15図



第19表 (徳山ベントス) 19表)

st	泥中の%	貝の数	ポリキータ他
1	31.6	54	14
2	0.25	42	5
3	0.54	47	3
4	0.82	30	8

4.9.4 三 田 尻

醸弊工場と人絹工場とがある。人絹工場の影響はごく小範囲のようである。醸弊工場の廃水に浮遊物が多く、そのために港内は常に底質及び水質が悪化し下げ潮と共にその影響は湾内全般に及ぶようである。廃水の影響範囲は風等の影響も受けるが、多くは湾の北東側であり時には湾内全域に及び又湾外にも流出する。

4.9.5 宇 部

宇部港内に廃水を出す工場は港内の水に影響を与えているが範囲は大して大きくなく、それぞれ工場附近だけのことと思われる。宇部チタンの廃水は着色し、かなり遠く迄その廃水の影響は及んでいる。

4.9.6 小 野 田

大浜炭鉱の廃水は岸沿いにその附近に見られるだけである。人造肥料工場の影響は会社よりの川岸が着色しているが、有帆川の川口近く迄その濁りが及んでいる。厚狭川の川口から有帆川川口全般に水が濁っていることが目につくが、これらの濁りが或いは厚狭川上流にある炭鉱に原因するのかもしれない。

4.9.7 長 府

神鋼金属と神戸製鋼があるが廃水の影響は廃水口の近くだけである。港の堤防内は若干濁っているが、こ

れは必ずしも廃水のせいではないように思う。

#### 4.10 福岡県下の工場廃水

下吉田と吉富について調査した。(第15図)

##### 4.10.1 下 吉 田

石灰岩の採石場であるが、洗った水によって海面が濁っている。その範囲はかなり遠く迄及んでいる。

##### 4.10.2 吉 富

吉富製菓の廃水はそれほどでないように思われ、河川に流入する水の濁りは工場廃水のためでなく、むしろ湿地帯を流れた水によるのではないかと思われた。濁った水の影響は川口迄及ぶのではないかと思われた。

#### 4.11 大分県の工場廃水

大分、鶴崎、佐伯について見た所を述べる。(第15図)

##### 4.11.1 大 分

バルブ工場があり、廃水を大分川に流している。廃水の影響は川口までは行っていないようである。

##### 4.11.2 鶴 崎

住友化学の廃水は酸性で鉄の赤い沈殿物が含まれている。廃水の放流は色々と調節しているようであるが、廃水の影響は海まで及ぶものと思われる。

##### 4.11.3 佐 伯 湾

バルブ工場の影響を大きく問題にされている。これについて県では細かな調査を行っているが、昭和29年に行った調査結果を第20表に示す。廃水の影響は大入島と港との間の水道を汚濁し、この影響はかなり遠く

第20表 (佐 伯)

st	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
水 の COD	8.9	5.8	10.9	6.5	4.5	7.9	12.3	10.3	4.2	5.3	5.3	8.9	16	23	76
バルブ 屑					+	+	+	+				+	+	+	+

まで及ぶと言う。図の区域は一応その影響と吾々が見た範囲であるが、状況により廃水の影響は面積の振れとしてかなり遠く迄及ぶものとする。泥も段々に悪くなっていくと言うことである。この工場の問題にはバルブ屑の流失が目につくように思われる。

#### 5. 影響水域に就いての総合的検討

瀬戸内海各地の工場廃水を一応見て来たのでこの影響水域について比較検討してみたい。まづ工場別に考えて比較し、次に水質及び水量が影響面積に及ぼす問題を考察したい。

##### 5.1 工場別による検討

###### 5.1.1 バルブ工場

影響水域と言う点から考えると、廃水を直接海へ放流する工場と河川に放流している工場とに分けて考えることが出来る。ここで述べた工場では直接海へ廃水を出す工場は広(東洋バルブ)岩国(山陽バルブ)佐伯(興国人絹バルブ)がある。広はK. P. 岩国、佐伯はS. P. で影響面積にはかなり差が見られる。大野(安芸紙業)はこれらに比べ極めて小規模の工場であるが、流す浮遊物が極めて多く影響面積は比較的広いように思われる。廃水が溜池に出て干潮の際海に流れ出る大竹(大竹紙業)の例では一定の時間だけ廃水の影響が海面に見られるだけである。河川に廃水を放流している例で、川口に達する迄にほとんど分らなく

なる例（大分川、大田川、笹ヶ瀬川）川口付近まで影響の見られる例（小瀬川、西条）河口から外へ着色が見られ海面に影響水域をつくっている例（高松、三島、川ノ江）がある。笹ヶ瀬川のは、廃水の着色がうすい、大分川、大田川、小瀬川及び西条の例は廃水の量があまり多くないためであろう。高松、三島、川ノ江では工場が数工場あり、河川水の稀釈では間に合わぬためであろうと思われる。パルプ工場は廃水の着色が濃く、又廃水量が比較的多く、その影響水面はかなり広く見受けられる場合が多く問題の多い工場である。

#### 5.1.2 レーヨン工場

レーヨン工場は工場の規模が大きく廃水量が多い工場である。この工場廃水の問題は工場廃水の影響水域の白濁であり、廃水処理により生ずる白色沈殿物（主として硫黄と思われる）によるのであるが、処理がよければほとんど海面に変化を来していない場合と、かなりの面積に白色混濁を生ずる場合とがある。壬生川、西条、水島などの例ではその白濁がほとんど認められないが、三原、大竹、岩国、（東洋紡）では白濁を海面に生じている。その面積も工場により、かなりの開きがあり処理方法に関係していることだと思われる。

#### 5.1.3 澱粉工場

澱粉工場の廃水は水量が少ないために直接海に放流されている場合には、その影響面積は極めて狭い区域に限られるわけである。若し廃水が直接自然水の十分な稀釈を受けられないときは醗酵して二次的な問題を生じることになる。広島市の味日本はこの例だと思われる。

#### 5.1.4 醗酵工場

水量が多く、浮游物に富み着色も濃いのでその影響水域はかなり広く見られる。

#### 5.1.5 その他の工場

パルプ、レーヨン等の工場が極めて水量が多いのに比べてボイラーの冷却水を除くと比較的水量が少ない工場が多い。従って影響水域と言う点では問題の少ない工場が多い。工場廃水で溶解性の成分が主なもの問題は少ないが、浮游物の多い場合にはその影響も大きく目について来る。チタン工場、鉄板工場等は酸化第二鉄の赤色浮游物が広範囲に分散する。又油やコーラターの浮游は極めて養殖等に対して問題を起しやすい。これらの浮游物を含む廃水は場合によって帯状に流れるようであり、チタン工場、鉄板工場或いは精油工場にそのような状態が現われる。

#### 5.1.6 都市下水

都市周辺の自然水域はその都市下水により汚染され、若し自然水の稀釈力が都市下水の負担にたえなければ汚濁が目について来る。都市の有する港の汚染が目についた例は壬生川、堺、福山等に見られる。河に臨んだ大都市は又一つの特長があるように思う。大阪、徳島、和歌山、広島について考えると、これらの市街地の中（或いは近く）に清浄な水の流れる比較的水量の多い河川がある。大阪（新淀川、大和川）徳島（吉野川）和歌山（紀ノ川）広島（太田川）である。市街地の中にも何本かの河川が場合によると堀割の状態で入り込みこれらの河川はかなり汚染されている。しかしこれらの河の中には更に極めて汚染がひどく河の中のある場所が真黒なお歯黒溝のような状態を示す河川もある。大阪の神崎川、和歌山の和歌川などがそれである。下水により汚染された河も中小都市では河口にいく迄にはきれいになっている。しかし大都市になると河の中では間に合わず、その汚濁は海面にまで及んでいる。大阪湾の水がかなり着色して見られ、ことに夏期にはひどいようである。

### 5.2 影響水域と水質

廃水の影響水域は廃水を自然水が稀釈する難易にかなり支配されるように思われる。白濁を伴はないレーヨン廃水は場合によると多少酸性であること位が問題点であるが、海水の緩衝力によりこの中和は容易であり、従ってその影響水域はほとんど問題にならないように思う。パルプ工場の廃水について考えると K. P. と S. P. では廃水の濃度に非常な差がある。すなわち C. O. D. 150ppm の K. P. 廃水を C. O. D. 10ppm にするには15倍に稀釈される必要があるが C. O. D. 1500ppm の S. P. 廃水を C. O. D. 10ppm にするには150倍に稀釈される必要がある。稀釈の程度は勿論影響面積と関係するから濃い廃水はそれだけ影響面積

