

# 産業廃水の貝類に及ぼす影響に関する研究

(第一報)

(産業廃水のアサリに及ぼす影響について)

藤谷 超・千国史郎・山田義之

Study on the effects of industrial wastes upon the bivalves.

Masaru FUJIYA and Shirō CHIKUNI

We studied on the effects of any industrial waste and chemicals upon "ASARI", one of the common and important bivalves in Japan, were studied from the ecological and physiological point of view

Ecological bioassay.

In the normal seawater, even if it was dead water, this bivalves "ASARI" used to be open their shells and were in respiratory action, if toxic substances of some concentrations were mixed into the water, but they shut their shells. We used this habit as a method to determine the effects of industrial wastes. Since, in this case the dosage-response curve might be drawn (for instance, like the dosage-mortality curve.), we took the Finny's method, observing the shell condition—shell closing or shell opening—for the quantal response, instead of dead or indead observation for the lethal dose determination, and made the 50% effective dose, the consequences of which were shown at Table 1.

In addition, we applied them to calculate the safety concentration of each industrial waste, as was shown in Table 5.

Physiological bioassay.

As calcium is the most important substance for the growth of shell fishes, we observed the velocity of Ca absorption by "ASARI" to study the effects of wastes and chemicals. We used the radio isotope  $Ca^{45}$  of the concentration about 8 or 20  $\mu\text{C}/\text{L}$ , which was dissolved into the seawater mixed with wastes in various concentration and "ASARI" were cultured in this water. After a certain time we resolved them with nitric acid by wet ashing method, and the precipitation of calcium compound from the solution with ammonium oxalate was gathered up through the filter (as shown in the figure) into the pranchettes. Absorbed calcium quantities in it were determined by G-M counter for its radioactivity.

On the method which determined the physiological effective dose, we estimated the normal absorption range by the method as follow:-

Assume the measurements for  $Ca^{45}$  absorbed by individuals in normal condition,

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_N,$

Then,

$$\text{Normal range} = \bar{x} \pm u \left\{ (N+1)F/N \right\}^{1/2}$$

where

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + \dots + x_N) / N$$

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

$$F: n_1 = 1, n_2 = N - 1, \alpha = 0.05$$

It might be said that the concentration of wastes may affect the organisms when  $Ca^{45}$  absorbed by them deviated out of this range.

Thus, estimating the effective dose of several industrial wastes and chemicals, results obtained were shown in Table 4.

## 緒 言

産業廃水の水産業に及ぼす影響に関する研究は、近年漸く多くの研究者によって進められ、成果の公表されたものも多く、研究の段階も本格的な域に達するに至った感が深い。現在における産業廃水の水産業に及ぼす影響に関する研究者の考え方は、各種の廃水に関して case by case に決定することが望ましいとする点で一致した見解であり、今後の問題の処理はこの考え方の上に立って行われることになるであろうし、また問題解決の基礎となる資料もこの考え方に従って研究が進められねばならないと考える。

この case by case の考え方は、同一種類の廃水についても、画一的に考えることは妥当ではなく、多くの複雑な条件を考慮に入れて、一つ一つ検討を行うことの必要を物語っており、水産生物に及ぼす各種廃水の影響についてもこの考え方に立って検討を行う必要が生じ、事例毎に水産生物に及ぼす影響の検討が必要になって来ると考えられる。このような場合において、水産生物に及ぼす廃水の影響を研究する方法は、可及的に簡易な方法によって十分な資料を得られるように考慮する必要がある、これには簡易な方法に対する十分な裏付けを行って置き、その基礎に立ってその簡易な方法を用いて検討を行うことが得策であると考えられる。今回筆者等はこの考え方に従って産業廃水の介類に及ぼす影響について研究を行った。介類は本邦における水産物として可成り重要なものであり、特に水産増殖対象生物として顕著なものであるが、一方産業廃水との関係を見ると、一般的にいてこれら移動力に乏しい生物はその影響を大きく受ける場合が多く、しかも増殖業の対象となる生物である点他の魚類等の生物に比較して特異の性格を有しました問題が大きい。このような見地から今回は介類の中、アサリを用いて産業廃水による影響を検討考察することとした。

## 実 験

先に著者の1人藤谷は産業廃水中におけるアサリの開殻運動について報告したが<sup>1)</sup>、殻の開閉状態を観察把握することは極めて容易であり、また可成り微妙な判定の基準となり得る知見を得ている所から、これによって産業廃水のアサリに及ぼす影響を検討することを試みた。一方介殻の開閉の状態から判定した各種廃水の影響が、アサリの生理作用に如何なる影響を及ぼすかについて知見を得ることは、簡便な方法を応用して問題の検討を行うに際しての裏付けとして必要なことであると考え、アサリのカルシウム吸収に及ぼす各種廃水及び薬品の影響を併せて検討することとした。

### 実 験 I 介殻の開閉を判定の基準とした産業廃水のアサリに及ぼす影響の検討

アサリを正常な海水中に放置すると殆んどその総てのものは僅かに開殻し呼吸運動を始めるのが通常であるが、海水の条件が産業廃水の混入などによって悪化すると、殻を閉じて仕舞うのが見られる。このような所から殻の開閉を判定の基準として用い、これによってアサリに対する各種産業廃水及び薬品の影響を検討することとした。

### 実 験 方 法

一般に毒性物質と生物のそれに対する反応との関係を検討するに当って、その考え方として用量-反応率曲線から出発して検討される場合が通常であり、この関係を用いると簡単に比較を行うことが出来る。今回

の実験及びその比較検討の方法として、この用量—反応率曲線の基礎に立った Bliss<sup>2)</sup>の理論に基づいて考案された Finney<sup>3)</sup>の方法によって行うこととした。この方法に関しては、既にこれを用いた多くの報告がありまた多くの文献に引用されているので、ここではその詳細は省略するが、特に致死量などの算出に應用されている場合が多い。この場合致死量のように判定の基準が生と死のような、反応の現象が量分性反応 (Quantal response, All or nothing response) を示す場合であれば致死量のみでなく他に應用することは可能である。そこで筆者などは前述した判定の基準に従ってこの方法を適用した。

この方法に従って、用量—反応率曲線の回帰直線を求めた場合、一般に：—

$$Y = b(X - M) + 5$$

但し

$$\begin{cases} X = \text{用量の対数值} \\ Y = \text{反応率のProbit値} \\ M = \text{反応した用量の対数值} \\ b = \text{回帰係数} (= 1/\sigma : \sigma = \text{母分散の推定値}) \end{cases}$$

で示され、この式の中の2つの Parameter の中でMは影響濃度を表す数値であり、通常反応率50%の場合の数値を用いて表示されるものである。また一方bは回帰係数を示すが、これは毒性物質に対する生物の抵抗性を意味するものであり、Blissはこの回帰係数bを用いて、殺虫剤の毒力の指標としているのが見られるが、廃水の生物に及ぼす影響を考える場合においても極めて重要な意味を持つものとする。即ち、この数値は廃水の質的意味を表現するものであって、bの値が大きい場合には、用量の僅かの増減が、反応率を大きく左右することになる。また反面bの値が小さい場合においては、可成り多量の用量の増減に対しても、反応率は余り変化しないことになる。即ちこれは廃水に関する問題において、生物に対する影響を減少させる手段の最も簡易でありまた有効な方法である稀釈を行うに当っての一つの指標となり得る数値であるとする。今回の実験は前述した2つの数値によってアサリに対する各種廃水及び薬品の影響を検討することとし、アサリが50%閉殻する濃度を影響濃度として ED50 (=50%effective dose) で示すこととした。

実験は直径18cm高さ12cmの円形ガラス水槽を用いて行い、各種の廃水若しくは薬品の1種について6個の水槽を用い、各水槽にそれぞれ異った濃度に調整した廃水若しくは薬品の混合液2ℓを入れ、その中にそれぞれ10個のアサリを入れて放置し、10分毎に1時間各水槽中のアサリの殻の開閉の状態を観察し、その延閉殻数を求めて前記の方法を適用した。この場合6個の水槽中1個は正常な海水を用いてその中の閉殻数を対照としたが、稀に対照として用いた水槽中のアサリに閉殻個体が生ずることがあったが、この場合はAbottの式を用いて補正を行い、各水槽の閉殻率を求めた。即ち対照水槽中の閉殻数を $q_0$ 。廃水若しくは薬品を混じた水槽中の閉殻数を $q$ とすれば、その補正閉殻率は

$$\frac{q_0 - q}{q_0} \times 100 (\%)$$

となる。

### 実験結果

上述した方法によって得られた各種産業廃水及び薬品のアサリに及ぼす影響濃度は第1表に示すようになる。この外に、アルカリ性溶液及び鉛イオンについても実験を行ったが、海水中において白濁沈澱を生ずる濃度に達しても介殻の開閉に影響は認められなかった。表中Rangeとして示したものは平均値の信頼限界を示すもので、R.C. (Regression coefficient) は回帰直線の回帰係数を示し、これは前述したようにそれぞれの物質の質的意味を表示するものである。

Table 1

50% effective dose of the industrial wastes and chemicals upon the shell movement of "ASARI".

Substances	50% effective dose		Regression coefficient	Water Temp.	Remarks.
	Range	Mean			
Sulphite pulp mill waste	113~180ppm/C. O. D.	138	4.2	28.5	p <sup>H</sup> =5.0 : ED50
Soda pulp mill waste	57~107 "	83	3.0	23.2	
Rayon industry waste	7~14 "	10	2.5	27.0	
Starch mill waste	330~540 "	420	3.0	24.6	
Tobacco industry waste	40~110 "	67	1.7	28.5	
Sewage	14~26 "	19	2.8	27.5	
	2.0~3.7ppm/Na <sub>2</sub> S	2.7			
Acid solution (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	51~61ppm	56	11.3	28.0	p <sup>H</sup> =4.0 : ED50
Reducing substance (Na <sub>2</sub> S)	300ppm<				
Copper ion (CuSO <sub>4</sub> )	2.8~4.9ppm	3.7	3.5	27.0	
Bleaching powder	2.4~4.6ppm	3.3	3.7	28.2	
Fresh water	18~28%	22	5.1	27.5	
Endrin	0.7~1.1ppm	0.9	3.2	22.6	
Dieldrin	1.1~2.0ppm	1.5	3.1	15.8	
Parathion	0.4~1.2ppm	0.7	1.7	15.5	

## 実験 II アサリのCa吸収に及ぼす産業廃水の影響についての検討。

実験 I において筆者等はアサリの介殻の開閉の状態を判定の基準とした生態的な見地から各種の産業廃水の影響を検討したが、生態的な面での検討と共に生理的な見地からの廃水の影響を検討することも必要と考えこの実験を試みた。貝類の生理的な面での検討方法に関しては、種々の方法が現在迄に行われているが、今回は介殻成長の必須条件の一つである Ca の吸収に対する影響を検討することとした。貝類の成長に対する条件として Ca の吸収がその総てを表現するものでないが、その一端を知る意味において有意義であると考えらる。

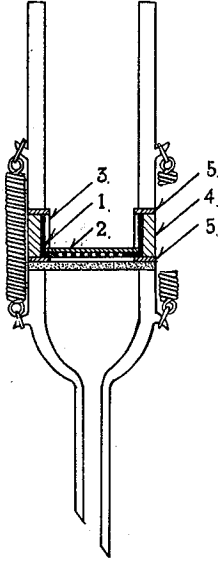
### Caの測定方法

アサリが吸収する Ca の測定は、後述する各実験の条件に従って海水中に R. I. Ca<sup>45</sup> (Ca45-P-1) を混じ、この吸収量を G-M 計数器によって測定を行ったが、Ca 吸収の検討は貝の肉質部についてのみ行った。実験の方法は各実験項目毎に異なる点があり、これは各項目においてそれぞれ後述することとし、ここでは主として Ca 測定方法について述べる。即ち、各実験後 Ca<sup>45</sup> を吸収した貝肉を介殻から分離し、これを水洗、次いで濾紙を用いて附着している水分を除去し下記の操作によって分解、沈澱形成を行った。

- 1) 重量の測定。
- 2) 分解：ケルダールガラスコクにおいて HNO<sub>3</sub> 2 c. c. 及び H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1 c. c. と共に加熱。分解後略一定量に稀釈。
- 3) 沈澱作成：2) で作製した液を微酸性の状態とし、これに Carrier として 1% CaCl<sup>\*\*\*</sup> 液 1 c. c. 及び飽和蓆酸液 2 c. c. を加へ、メチルレッドを指示薬として液が黄変する迄 NH<sub>4</sub>OH を加え沈澱を形成させ、これに非イオン性界面活性剤 (Tween80) の少量<sup>\*\*\*\*</sup>を加えた。
- 4) 濾過：濾過は筆者等が考案した図に示すような装置を用いて、放射能測定用試料皿に直接濾し取る方法を用いた。なお使用濾紙は最下層に東洋濾紙 No. 2 を 1 枚、その上層に同じく No. 5 c を 2 枚<sup>\*\*\*\*</sup>を使用した。

The model sketch of filter.

1. Pranchette.
2. Filter paper.
3. Metal ring
4. Rubber ring
5. Rubber packing.



5) 乾燥放冷: 乾燥は赤外線電球を用いて行い, 乾燥後はデシケータ  
中にて放冷させた。

6) 測定: G-M計数器を用いて行った。

\*: アサリの肉重量は通常の大きさのもので1~6 grであり, この程度のも  
のは充分分解し得る。

\*\* : 分解液は酸性であるが, 余り強過ぎるために指示薬の発色が悪い。従っ  
て分解液を一度NH<sub>4</sub>OHで中和後改めて塩酸を用いて微酸性とした。

\*\*\* : Ca<sup>45</sup>は低エネルギーのβ線であるために自己吸収による影響が大きい。  
通常アサリ中のCaは0.2~0.3mg/湿重量gといわれているが, Carrier  
として1%CaCl 1ccを入れると, 3.6mgのCa量になるが, この程度の  
Carrierを加えて置けばアサリ中のCa量に多少の個体による変動があっ  
ても測定値に余り影響はないと考える。

\*\*\*\* : 無機質のみの溶液からCaを沈澱させると蔭酸カルシウムの微細な沈澱が  
表面に浮遊し, 濾過に際して濾過器の壁面をはい上って来るが, これを  
入れると防止することが出来る。尚 Tween 80を使用したのは手近かに  
入手し得た理由によるもので, この種のものなら効果に余り大きな差異  
はないであろう。

\*\*\*\*\* : NO 5 c. 1枚では濾液に放射能が残ることがあったが2枚用いるとその  
恐れはない。

海水中に混合するCa<sup>45</sup>の量は, 当初2~3例の実験は約8 μc/L, 後20 μc/L  
のものを使用した。尚非放射性的のCaは海水中に可成り多量に存在するので別個  
には加えなかった。従って比放射能に関しては明らかではなく, 使用した海水に  
よって相違があると考えられるがこれに起因すると思われる影響は見られなかつ  
た。海水は当研究所前の入江のものを導入して相当量(約25トンのタンク)貯水

して使用しているので使用海水の性質が短時日で急激に変化することはない。

実験はその項目に応じて2ℓ容及び10ℓ容の円形ガラス水槽を用いたが, いずれの場合も水槽を流水中に  
浸漬し, 水温の急激な変化を防止するよう努めた。尚実験中の水温は全般を通じて23~27°Cであったが, 一  
項目の実験について水温の較差が2°C以上になることはなかった。

#### 貝肉重量とCa吸収の関係

アサリのCa吸収の状態を観察すると, 貝の大きさによってCa吸収の割合が異なるのが見られた。貝が吸収  
したCaの体内沈着などについては辻井<sup>5)</sup>その他の研究が主としてアコヤガイについて行われているが, 外套  
膜尖端部に多く集まると言われているが, 今回の実験において筆者などは以後の実験に対する予備的意味をも  
加えた見地から, 貝の肉重量とCa吸収の関係について実験を行った。

実験は実験室内水槽中で数日に亘り予備飼育を行ったアサリを約20 μc/LのCa<sup>45</sup>を含む海水中に8時間  
飼育したもの60個体について前述した湿肉重量とCa<sup>45</sup>のカウント数を測定した結果を第1図に示す。この両  
者の間の相関係は, 相関係数 $r=0.988$ となり極めて高度の相関があり, その回帰直線は

$$y = 317x + 88$$

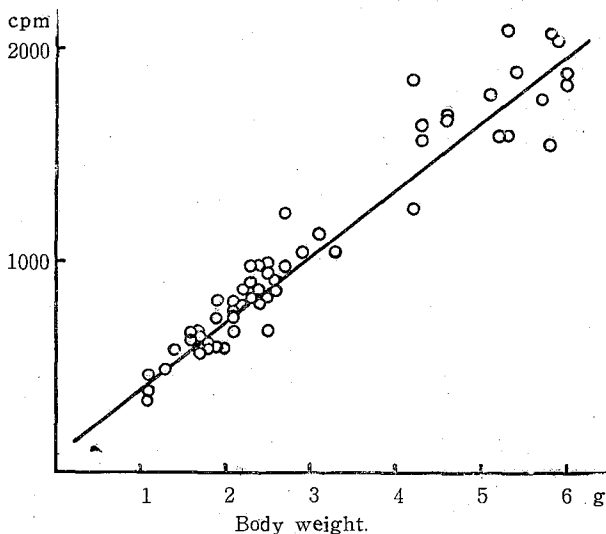
で示される。この結果からCaの吸収の比較検討に際しては湿肉重量1gr当りのものについて行うことと  
した。

Fig. 1

Showing the relation between body weight and absorbed calcium content.

Radio isotope  $Ca^{45}$  was used to determine the Ca absorbed by means of measuring its radioactivity. There is a linear regression between both factors, as expressed by the equation.

$$Y = 317x + 88$$



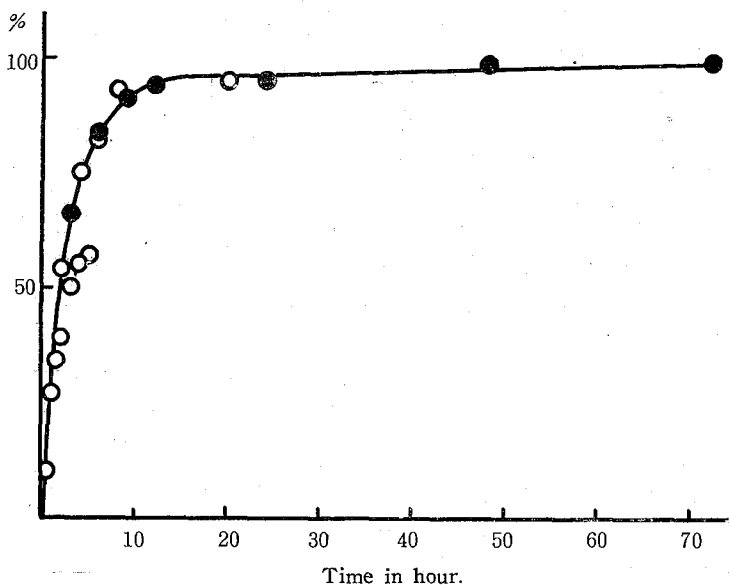
#### 飼育時間とCa吸収の関係

海水中にアサリを飼育した場合に、その海水中での経過時間とCaの吸収量との関係を知るためにこの実験を行った。これは以後の実験における、実験時間の決定その他についての予備的意味において行ったものである。

前項と同様に、10ℓ容の円形ガラス水槽中に  $Ca^{45}$  を約  $20 \mu c/L$  程度混じた海水 2ℓ を取りその中へアサリを飼育し、一定時間毎に取上げ、その吸収した  $Ca^{45}$  を測定し前項の結果に従って肉量 1gr について比較を行ったが、その結果を第2図に示す。図は72時間経過における吸収を100として示してあるが、この時の計数値は350cpmである。

Fig. 2

Showing the relation between  $Ca^{45}$  content in meal of "Asari" and culture times in the seawater in which  $Ca^{45}$  was dissolved.



これによるとCa吸収は時間と共に増加し、約12時間の経過で肉質部内の  $Ca^{45}$  は平衡に達するのが見られる。

後述する実験においては、 $Ca^{45}$  の吸収を基準として、アサリの生理作用の比較を行っているが、貝の肉の内部のみを実験の対称とする場合においては、 $Ca^{45}$  が平衡に達するに至らない段階において比較を行うのが適当と考え、後述する実験においては、実験時間を8時間とした。

### アサリの持つ自然計数について

$\text{Ca}^{45}$  の吸収をその放射能によって比較する場合に、アサリの持つ自然計数は一つの問題点である。特に近年放射性降下物について、可成り論議が行われている状態であるので、自然計数についての検討を行った。測定は無作為に選んだアサリ26個について行ったが、その肉量1gr当りの自然計数の予約は0.3cpmであった。この程度のものであれば、後述の実験に支障はないものと考え、これを無視して検討を行うこととした。

### 閉殻状態におけるCaの吸収

実験Iにおいて、筆者等は貝殻の開閉を判定の基準として影響を検討することを試みたが、その閉殻の状態における、アサリの生理的状态を知ることを試み、物理的及び化学的な各種条件の下における閉殻の状態をアサリに与へ、Caの吸収を $\text{Ca}^{45}$ の放射能によって測定比較検討を行った。

#### 1) 物理的な閉殻状態におけるCa吸収。

無作為に選んだアサリの2群(11個体)を、一方は何ら処理を行うことなく、また一方は貝の靱帯を切断し、両殻が開閉しない様に細いビニールテープによって縛りつけたものを作り、これを10ℓ容円形ガラス水槽中に、約8 $\mu\text{c}/\text{L}$ の $\text{Ca}^{45}$ を含む海水2ℓを入れて、その中で上記2群のアサリを20時間飼育後、その放射能を測定した結果は第2表のようになり、前述した処理を与えた群のCa吸収は、正常な状態のものに比較して極めて少量であり、殆んどCaの吸収は行われていないのが見られる。この結果から、物理的にやや完全に閉殻の状態を与えた場合、外周との水の交流が遮断されることを示すものである。それと同時にCaの吸収が殆んど行われていないのは、貝の生活条件として適当でないことを示している。

#### 2) 化学的条件による閉殻状態におけるCaの吸収

実験Iにおいて述べたように、アサリを廃水若くは薬品の混入した海水中に入れると、その濃度が一定の限界を越えると貝殻を閉じてしまうが、このような薬品によって閉殻の状態を与えた場合のCa吸収を検討した。

薬品は $\text{H}_2\text{SO}_4$ 及び $\text{CuSO}_4$ を用いて行い、殻の開閉の状態はKymographを用いて確認した。

上記2種の薬品によって、閉殻の状態を与えた場合のCaの吸収を第3表に示す。

これによると、この場合も正常の状態に置いたものに比較して、閉殻の状態にあるものはCaの吸収が極めて少ないが見

Table 2

The comparison of calcium absorption between the normal bivalves and the one with shell closed by tapes.

	Normal bivalves	Shell closed bivalves
1	117 cpm/gr.	8 cpm/gr.
2	125	8
3	141	4
4	94	6
5	113	6
6	96	3
7	107	7
8	99	4
9	90	8
10	98	4
11	113	6
Mean	108	6 (5.8)

Table 3.

The comparison of calcium absorption between the normal bivalves and the ones of closed shell in seawater with some dissolved chemicals.

Added substance.	Absorbed Ca.	Shell condition.	Remark.
No addition	110cpm/gr.	Normal	Control
$\text{H}_2\text{SO}_4$ 50ppm	38	Close	
80 "	38	"	
$\text{CuSO}_4$ 0.6 "	16	"	
1.0 "	8	"	

受けられるが、前項の物理的な閉殻の場合のように、人為的な方法と異って、前項に比較して幾分 Ca 吸収は多いように見受けられる。

以上のように物理的及び化学的な条件によって閉殻させた場合、何れも Ca 吸収は極度に減少するのが見られ、これは貝の成育に対して可成り悪条件を与えていることを示す。如何なる条件にしても貝に閉殻の状態を与える条件は、貝の生理及び成育に悪影響を及ぼすものとする。

#### 各種産業廃水及び薬品を溶存する海中におけるCaの吸収

前述した基礎実験の結果に基づいて、各種産業廃水及び薬品による影響を求めることとした。用いた廃水及び薬品は次の如きものである。

- 1) サルファイトバルブ工場廃水
- 2) ソーダバルブ工場廃水
- 3) レーヨン工場廃水
- 4) 酸 ( $H_2SO_4$ )
- 5) 硫酸銅
- 6) 淡水
- 7) Parathion
- 8) Endrin
- 9) Dieldrin

上記の廃水及び薬品をそれぞれ種々の濃度に調整した海水を作り、これを直径18cmの2ℓ容円形ガラス水槽中に1ℓ宛入れて、これに  $Ca^{45}$  の一定量を加えた中にアサリを5個宛入れて8時間飼育、その吸収したCaを  $Ca^{45}$  の放射能によって測定し、比較を行った。比較の方法は対照として用いた何ら処理を加えないアサリのCa吸収の変動から、無処理のもの、棄却域を決定し、この域外に出た値を示したものを影響を受けたものとして検討を行った。棄却域の決定は次の方法によった。それぞれの実験において対照として用いた無処理の45個体の計数値をそれぞれ

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_N$  とし

$$\bar{x} \equiv (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N) / N$$

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

を求め

$$\bar{x} \pm u \{(N + 1)F / N\}^{1/2} \quad \text{但し } F : x_1 = 1, n_2 = N - 1, \alpha = 0.05$$

を正常なものの限界とした。これから求められた正常なものと認められる限界は

海水中の  $Ca^{45}$  が約  $8 \mu c/L$  の場合 :  $150 \pm 33 \text{cpm}$

海水中の  $Ca^{45}$  が約  $20 \mu c/L$  の場合 :  $350 \pm 72 \text{cpm}$

である。

上記の方法に従って各種廃水及び薬品についての、その濃度とCa吸収の関係は第3図～第11図に示すようになり、これから影響を受けた濃度の概略を推定すると第4表に示すようになる。



Fig. 3-11.

Showing the effects of several industrial wastes and chemicals for calcium absorption.

In each figure, the dotted line(.....) shows the normal absorption range.

Fig. 3 The effect of sulphite pulp mill waste.

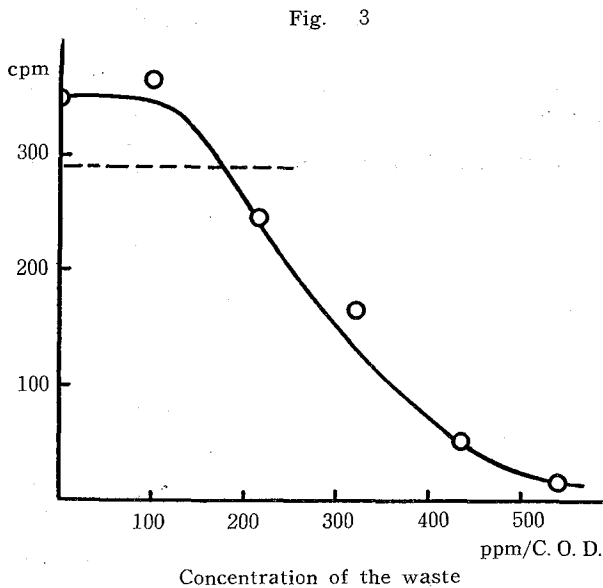


Fig. 4

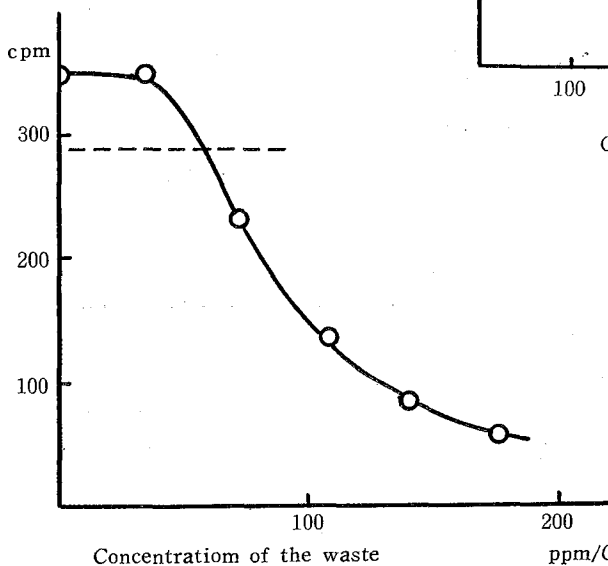


Fig. 4

The effect of soda pulp mill waste.

Fig. 5

Fig. 5

The effect of Rayon industry waste.

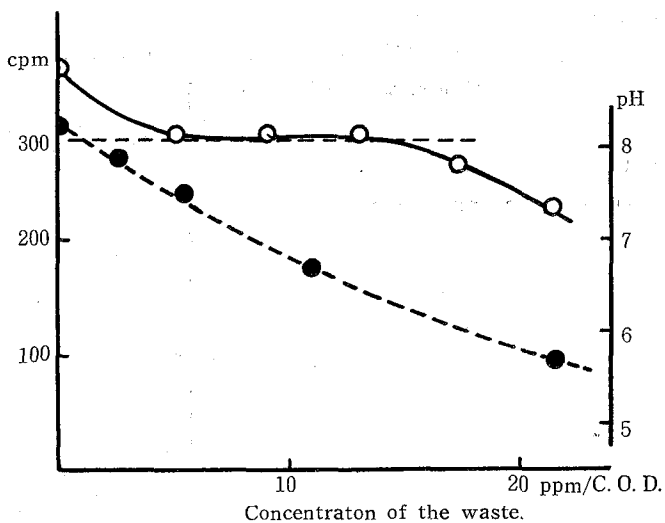


Fig. 6

The effect of Acid solution ( $H_2SO_4$ )

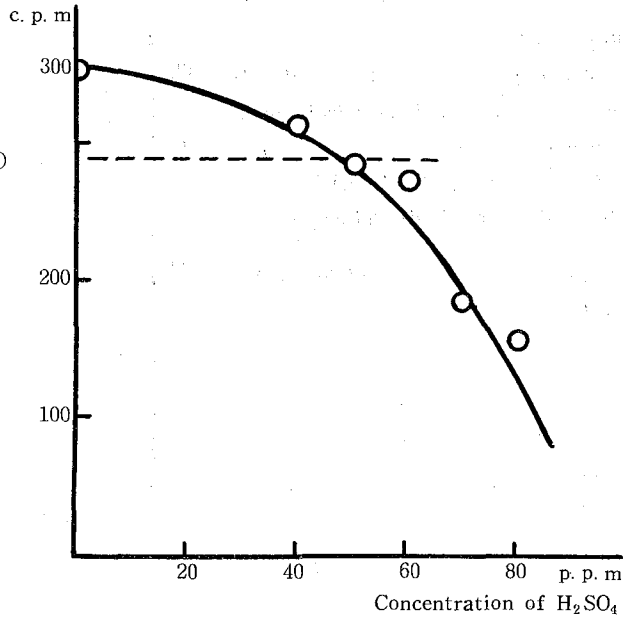


Fig. 7

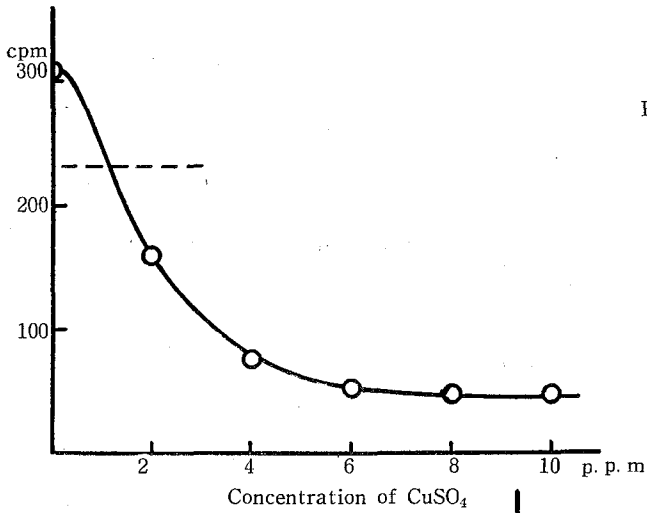


Fig. 7

The effect of copper ion for  $CuSO_4$ .

Fig. 8

Fig. 8

The effect of Fresh water.

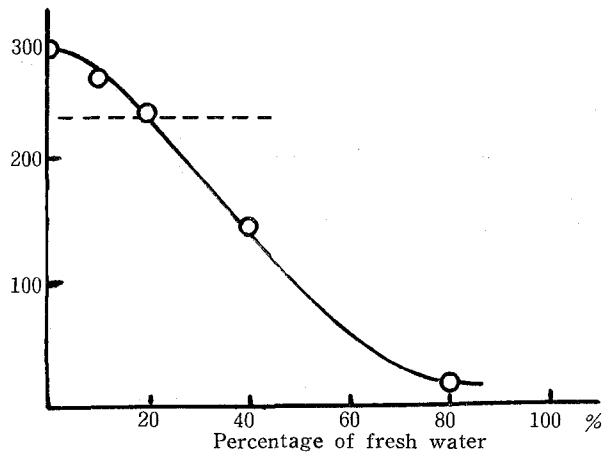


Fig. 9  
The effect of Endrin (a kind of insecticides).

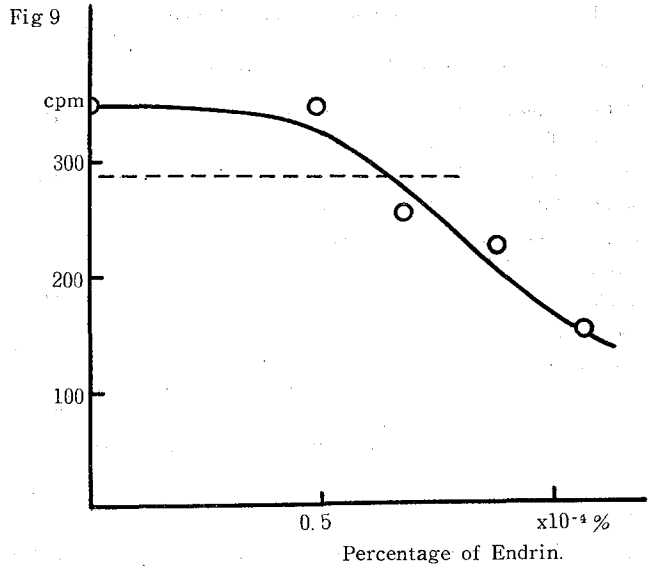


Fig. 10

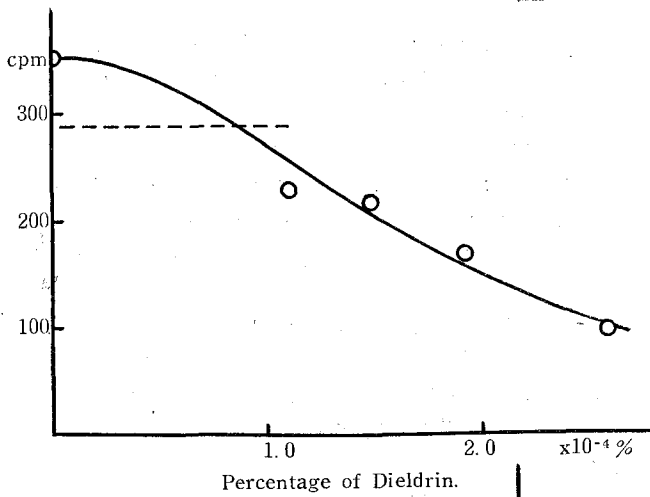


Fig. 10  
The effect of Dieldrin (a kind of insecticides).

Fig. 11

Fig. 11  
The effect of Parathion (a kind of insecticides).

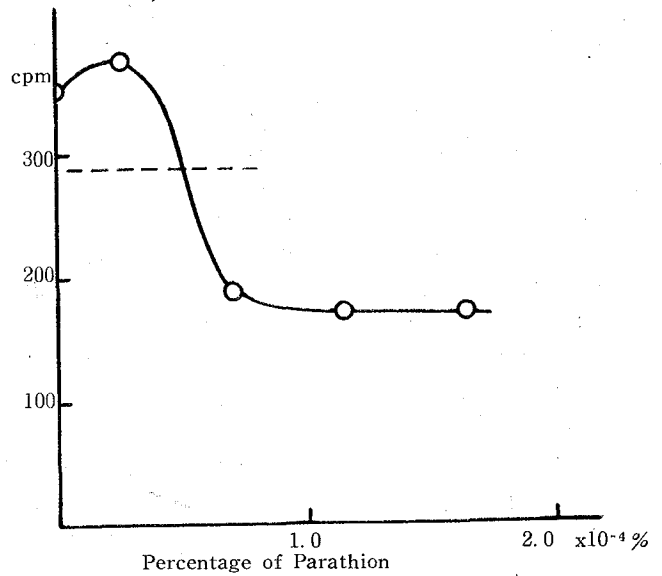


Table 4. Effective dose for calcium absorption.

The waste and chemicals	Effective dose
Sulphite pulp mill waste	175ppm/COD
Soda pulp mill waste	60ppm/COD
Rayon industry waste	8~14ppm/COD pH6.2~7.2
Acid solution (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	50ppm
Copper ion (CuSO <sub>4</sub> )	1ppm
Fresh water	20%
Endrin	0.65 × 10 <sup>-4</sup> %
Dieldrin	0.9 × 10 <sup>-4</sup> %
Parathion	0.5 × 10 <sup>-4</sup> %

考 察]

実験Ⅰ及び実験Ⅱにおいて、それぞれアサリの生態的な面に対する産業廃水の影響及び、Caの吸収から見た生理的な面に対する影響について検討を行ったが、生態的及び生理的な面での共通性若くは両者の関連について比較検討を行うことに依って、今回行ったアサリに対する産業廃水の影響を考察することとした。

1) 介殻の開閉の判定の規準として貝に及ぼす産業、廃水の影響を検討する方法の妥当性について

産業廃水の水産生物に及ぼす影響を検討するに際しては、可及的に簡易な方法に依って、十分な資料を得るように考慮する必要がある、これには簡易な方法に対する十分な裏付けを行って置き、その基礎に立ってその方法を用いて検討を行うのも一つの方策であると考えられる旨を前述したが、今回のアサリに対する影響の検討に当って、実験Ⅰにおいて行った方法は極めて簡便であってアサリのみでなく、これに類する貝類を対象とした Bio-assay の方法として適当なものと考えられるが、この場合判定の基準として選んだ介殻の開閉の状態が、貝にとって如何なる状態であるかが問題であろう。

この点に関して何らかの裏付けがあれば、実験Ⅰの方法は適当なものと言える。実験Ⅱにおいて、この閉殻の状態のCa吸収について比較検討した結果は前述したように殆んどCa吸収が行はれないか或いは行はれても極めて僅少であり、従って閉殻の状態は貝にとって好ましい状態ではないものといえることを示す。この見地から、実験Ⅰにおいて廃水の影響を求める判定の基準として、介殻の開閉の状態を用いたことは妥当な方法であると考えられる。

一方実験Ⅰにおいて得られた結果と、実験Ⅱにおいて得られた結果を対比して見ると、求められた影響濃度は何れも殆んど同様な数値であり(第1表と第4表の比較)、貝殻の開閉の状態を判定の基準として求めた影響濃度は、Caの吸収に対しても影響を与える濃度であると認めても余り大きな支障はないものと考えられ、これは貝の生理的な面に対して可成り大きな影響を与えている濃度と考える。従って、実験Ⅰにおいて行った方法に依って得られた結果は介殻の開閉という生態的要素に立脚して得られたものであるが、生理的な要素をも表現するものであって、貝類に対する産業廃水の影響を求める Bio-assay の方法として妥当なものと考えられる。

このような考察の下に実験Ⅰから得られた結果の検討を行うこととする。

2) 回帰係数に現われた廃水の質的要素。

実験Ⅰにおいて、回帰直線の傾斜はその廃水の質的要素を表現する旨述べた。回帰係数の性質として、この数値の高いものは、廃水濃度の少しの増減に依って、それに対する生物の反応率は可成り大巾に増減することを示し、この数値の低いものはその逆を意味するものである。これは廃水の性質として、回帰係数の高いものは安定した濃度で放流されるよう管理する必要があるものと考えられる。一方対生物学的な意味においては、回帰係数が高い廃水は、少量の稀釈などに依って、反応率を大巾に減少させることが出来る点有利なものとして解釈することが出来るであろう。このような見地から影響濃度を表現する数値(E, D. 50のような)と共に回帰係数の検討が必要であると考えられる。

3) 安全濃度について。

安全濃度についての検討を行うことは、影響濃度を検討するのと同等の必要性が存在する。現在迄に安全濃度に関しては求められた影響濃度に係数を乗じて、画一的に行はれているものが多い。しかし乍らこれは廃水の質的要素を考慮に入れた方法に依る方が、より効果的に行うことが出来る。しかも在来の安全濃度の

考え方は致死量を基礎として行はれていがる、死に到る迄の段階における生物への影響は無視し得ない点があり、繁殖しないということを基礎として安全濃度を推定することは必ずしも妥当な方法とは言えないであろう。この場合基礎となり得るものは、或る反応が生じない場合はその生物が全く正常な状態であることが望ましい。

しかし乍らこのような基礎は現実の問題として得難いものであるから、可及的にこれに近いものに依る必要がある。今回行った実験から得られた結果は、介殻が開殻の状態である限りは、殆んど正常の状態であるので、判定の基準として生物の生死を用いる場合に比較すれば遙かに適しているものと考えられる。安全濃度を推定する方法としては、用量-反応率から求められた回帰直線を基にして、この反応が全く生じなくなる濃度を求めれば良い。Probit変換して回帰直線を求めた場合100%若くは0%の反応率の場合について検討することは出来ないで、一般に殺虫剤の効果などを検討する場合には100%反応率を求める変りに99%或いは99.9%の反応率を用いてこれに当てている。これと同様に反応率0%の代りに1%若くは0.1%反応率を用いて安全濃度を推定すると、(すなわち殆んど全ての貝になんら影響を与えない濃度)この値は仮りにE.D50が同じ値を示すものでも回帰係数の違いによって異った値になる。そこで回帰係数を基にして、E.D50から安全濃度を求めるための安全係数は理論的に計算することが出来、安全係数との関係は次の式から求められる。

すなわち、Probit回帰直線は、実験Iで述べたように、

$$Y = b(X - M) + 5 \dots\dots(1)$$

ここで反応率50%の場合の用量の対数を  $m_{50}$  とすれば、 $Y = 5.000$  (反応率50%のProbit値)となるので(1)式から、

$$5.000 = b(X + m_{50}) + 5$$

$$\therefore b(X - m_{50}) = 0 \dots\dots(2)$$

また、反応率1%の場合の用量の対数を  $m_1$  とすれば、この場合  $Y = 2.674$  となり(1)式から、

$$2.674 = b(X - m_1) + 5$$

$$\therefore b(X - m_1) = -2.326 \dots\dots(3)$$

となる。ここで安全係数はこの場合、

$$\frac{ED1}{ED50}$$

で示されるものであるから(2)、(3)式から

$$b(m_{50} - m_1) = 2.326$$

ここで  $m_{50}$  及び  $m_1$  はそれぞれ反応率50%及び1%の場合の用量の対数であるので、

$$m_{50} = \log ED50, \quad m_1 = \log ED1$$

これを代入して変形すると、

$$b(\log ED50 - \log ED1) = 2.326$$

$$\therefore b \left( \log \frac{ED50}{ED1} \right) = 2.326$$

となり、また反応率0.1%の場合は、

$$b \left( \log \frac{ED50}{ED0.1} \right) = 3.090$$

となる。この式を基にして

$$\frac{ED50}{ED1} = \frac{1}{x} \quad \text{及び}$$

$$\frac{ED50}{ED0.1} = \frac{1}{x'} \quad \text{と置くと、}$$

これは第12図に示したようになり、この場合  $x$  及び  $x'$  は、E.D.50を基にして安全濃度を求める場合の稀釈倍数を示すことになり、第12図はこの計算図として使用出来る。

このように判定の基準となるある反応が生じない場合はその生物が全く正常な状態であるか、あるいは非

常に正常に近い状態である場合には、上記の計算図によって安全濃度を推定して支障はないと考える。ここ

Fig. 12

The calculation diagram of dilution ratio from regression coefficient to indicate the safety concentration for "Asari." The safety concentration is  $ED50 \times 1/x$ .  
 $x$ : Dilution ratio  
 $y$ : Probit regression coefficient.

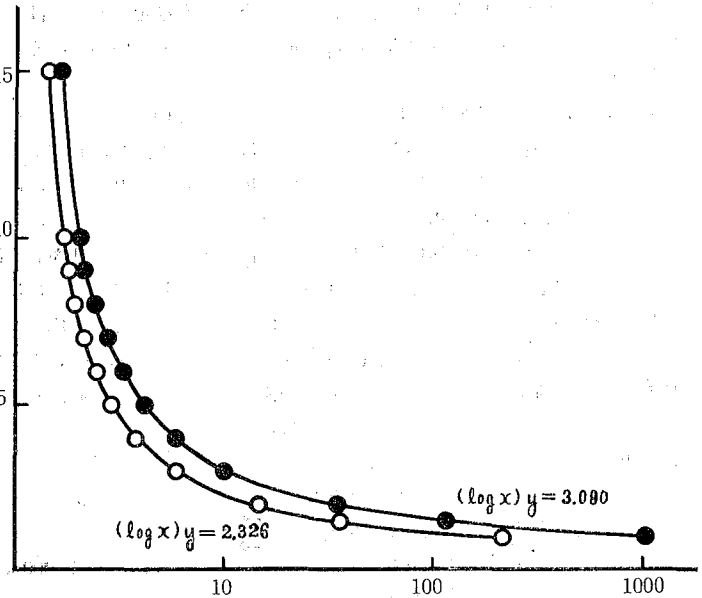


Table 5.

The safety concentration of various wastes and chemicals.

Substances	Safety concentration
Sulphite pulp mill waste	39 ppm/C. O. D.
Sod pulp mill waste	14 "
Rayon industry waste	1.1 "
Starch mill waste	70 "
Tobacco industry waste	4 "
Sewage	3 "
Acid solution ( $H_2SO_4$ )	39 ppm
Copper ion ( $CuSO_4$ )	0.8 "
Bleaching powder	0.8 "
Fresh water	8 %
Endrin	0.2ppm
Dieldrin	0.3 "
Parathion	0.003 "

で、上記の方法によって今回行ったアサリに対する各種廃水の安全濃度を推定すると、第5表に示すようになる。しかし、この数値は理論的に計算されたものであるので、総て実状に測したものととは考えられないが、放流濃度その他を考慮するに際しての参考には供し得ると考える。

#### 4) 各廃水の特質

##### i) 産業廃水について

産業廃水に関しては、今回サルファイトバルブ工場廃水を初めとして5種類及びこれと少し異質ではあるが都市下水の計6種類について実験を行った。そのいずれについても共通して見られることは現在迄に判明している水産生物これの影響に比較して、可成り低濃度で影響が現われているように思われる。また廃水の質的な点から考察すると、回帰係数の特に小さい廃水があり、これは前述したように影響を無くするためには可成り大きく稀釈が行われねばならないことを意味するもので、この中に入るものとして、煙草工場廃

水、煙草工場廃水、都市下水、ソーダバルブ工場廃水等が考えられる。

全般的に影響濃度が可成り低濃度であることと共に、これらの廃水は十分留意して処置する必要があるものと考えられる。

##### ii) 薬品について

薬品については、酸を初めとして各種のものについて行ったが、産業廃水による影響を考慮するために必要と考えられるものについて実験を試みた。しかしながら、今回行ったものがその総てではないことは明で

ある。

薬品の場合においては、アルカリ性溶液 (NaOH)、鉛イオン等のように影響を判定し得ないものもあり、影響濃度の高低が物質によって極めて差が大きいうちに見受けられる。従ってアサリは極めて抵抗性の弱い物質と、強い物質が存在するように思われる。

今回の実験において農業用殺虫剤の3種、Endrin, Dieldrin, Parathion の各乳剤について行ったが、この種の薬品はアサリの棲息環境から見て、接する機会の多いものであるが、実験方法の相違から直接比較することは出来ないが節足動物に較べて影響濃度は高いのが認められる。しかし回帰係数が小さい点は考慮する必要がある。

#### 要 約]

- 1) 産業廃水の貝類に及ぼす影響についてアサリを用いて実験を試みた。
- 2) 産業廃水の影響を、貝殻の開閉の状態を判定の基準とした生態的見地から及びCaの吸収に及ぼす影響の生理的見地から検討を試みた。
- 3) Caの吸収の比較はR. I. Ca<sup>45</sup>を用いてその放射能の計数値によって行った。
- 4) Ca吸収から見た生理的検討から、貝殻の開閉を判定の基準とする方法は、Bio-assayの方法として妥当なものであると認めた。
- 5) 貝殻の開閉及びCa吸収の両者に対する影響濃度を検討した結果、貝殻の開閉を判定の基準とした方法により求めた影響濃度は生理的な面をも表現するものであると認めた。
- 6) アサリに対する各廃水の安全濃度を求め、廃水の持つ特質について考察を行った。

#### 文 献]

- 1) 藤谷：内水研報告第3号p. 23—24 (1953)
- 2) Bliss : Science 79p p. 38 (1934)
- 3) Finney : Probit Analysis (1952) CAMBRIDGE VNIVERSITY PRESS.
- 4) Bliss : Ann. Appl. Biol. 22. pp134 (1935)
- 5) 辻井他：日水試20巻2号. p54 (1954)
- 6) 化学の領域増刊 10. 11 (1955) 南江堂
- 7) 河野：防虫科学16号 p. 62—71 (1951)
- 8) 増山：小数例の纏め方と実験計画の立て方. (1949)河出書房
- 9) Emmens : Principles of Biological Assay (1948)CHAPMAN & HALL LTD.
- 10) 日本鉱業協会：水質基準 (1957)
- 11) 町田：水産増殖 3 (2) p. 1—23 (1955)
- 12) Henderson : Sewage and Industrial wastes Vol. 29. No 9. pp. 1002~1017. (1957)
- 13) 宮木高明：薬品化学 (1955)南江堂
- 14) Schweitzer : Radioactive tracer techniques (1949) D. VAN NOSTRAND Co.
- 15) 山下：アイソトープの医学的応用 (1954) 医学書院
- 16) Bacgz : Fundamentals of Radio-Biology. BUTTER WORTHS SCIENTIFIC PUBLICATION (1955)