

産業廃水の魚類に及ぼす影響に関する研究

(第一報)

(血清蛋白の濾紙電気泳動像に依る影響の判定に就いて。)

藤 谷 超・千 国 史 郎

Study on the effects of industrial waste and chemicals upon the fish.
(On the determination of their effects by the paper electrophoretic method of serum)

Masaru FUJIYA and Shirō CHIKUNI.

Though the studies of this field had been reported by many people, most of them were concerned with the lethal dose or minimum active dose for fish. They had discussed the ecological factor more in detail, but there were few treatise on physiological one. Physiological approach would be necessary for the investigation of their effects upon the aquatic animals. We attempted to take the paper electrophoretic method of serum as the one of physiological method in this field.

In recent years, paper electrophoretic method had developed in the medical science, especially in clinical medicine, and was also applied to the physiological chemistry of fisheries investigation. The present method was almost the same as the one usually taken in the medical study, but some parts of them were modified suitably for our case. The veronal buffer solution (pH=8.6 $\mu=0.05$) and B. P. B. acetic acid solution were used on the electrolysis solution and the dyeing solution, and the serum was made of the blood collected from amputated anal part of a fish. As the blood, left alone on a glass dish, was divided into two parts, the serum was centrifuged to reparate from the clot completely. A pipette of the serum (0.02 ml.) was put on the paper and electric current of 0.5 mA./cm. width of the paper was given for 5 hrs.. The electrophoretic patterns on the paper thus taken and the curves representing them were shown in figure. From them we could say:...

- 1) The concentrations (dosages) of acid and alkaline which had affected upon the paper electrophoretic patterns and hurt of the gill tissues were almost equal.
- 2) The pattern for suffocated fish differed from the one for normal fish.
- 3) We could find some differences between the patterns for normal fish and for fish in malnutrition.
- 4) The fish affected by pulp mill waste could be discriminated from the normal one experimentally and also there was a notable difference between the pattern for normal fish and that obtained for the fish sustained in the sea for 12 hrs. under the influence of waste from pulp mill factory.

5) By this method, the physiological effective dose of pulp mill waste for fish was estimated to be a concentration of as low as 30—50 mg/L in C. O. D. value.

6) Therefore in our estimations, the effect of the wastes upon the fish should not be ignored, even if their concentration in sea water might be as low as the one which had not been noticed practically.

緒 言

産業廃水の魚類に及ぼす影響に関しては、古くから多くの研究者に依って検討が行われて来た。古くは魚類の致死量に始まり、嫌忌量、反応量、不好量と、研究の発展と共に微量な廃水及び薬品に依る影響を知り得るようになったが、この研究経過は当初魚類の廃水に依る死を研究対象とし、順次死に致る以前の段階を対象にして来ている点が明に示されている。すなわちこの種の問題の性質上特定の場合を除いては魚類の死を問題にすることは余り意味がなく、致死以前においての影響を把握することが必要であることを示すものである。生物生活へ影響する限界濃度を検討した方法は主として魚類の生態的な面に集約されたものであって、今後この面での研究の発展することは充分期待し得るが、筆者等はこれと併せて、魚類の生理的な面からの検討も必要と考え、その一つとして血清蛋白に現われる廃水の影響を検討した。近年医学は血清蛋白に現われる諸種の現象を用いて臨床的診断の面に大きな成果を上げており、その応用面もまた大きい。最近水産動物についても幾つかのこの種の研究が行われており、魚類血液の生化学的研究での成果は大きい。筆者等は医家が行う臨床的利用の面における分野において、これを魚類に应用することを試みたものである。

実 験 方 法

1) 濾紙電気泳動像を求める方法。

濾紙電気泳動法は濾紙を電解液の保持体として、その上に試料を付け、その両端に直流電圧を与えて試料中の物質を移動させるものであり、移動の仕方が物質に依って異なる場合、試料中の数種の物質を分離し得ることになる。本邦では長い間、通電クロマトグラフ¹⁾と呼ばれて来たが近年この方法が Tiselius の電気泳動法と対比されるに至って、濾紙電気泳動法と呼ばれるようになった。従って基本的な面においては通電クロマトグラフ¹⁾の原理と何ら異なる所はないが、この方法の応用される分野に依って、電解液その他に若干の特徴がある。

装置は直流電圧を与える電源部分と泳動を一定の条件の下で行わせる泳動函とからなり、電源としては安定した直流が得られるものであれば差支えない所から、0~500V 程度の電圧の得られるものを自作して使用した。また泳動箱は初期の実験においてはアクリル板で自作したものをを用いたが、後、市販品を一部改造したものを使用した。電解液は血清蛋白の分離にはペロナール緩衝液が通常用いられるが、この場合電解液のpH、イオン強度などの違いに依って良否があり、この点に関する若干の検討を試みたが、この結果に関しては、芥藤の詳細な報告が有るので省略する。使用した電解液はペロナール緩衝液のpH=8.6 $\mu=0.05$ ^{*)}のものを使用し、呈色にはB. P. B ^{**)}醋酸液を用いた。

以上のような装置に依って血清蛋白の分離を行ったが使用した血清は供試魚の尾部を切断して、ここから流出する血液を時計皿に集め、これを乾燥しないように留意しながら約2時間放置すると血液が凝固し、血餅と血清が分離する。この血清を小試験管に取り、遠心分離機に依ってゆるく廻転し、少量残存する血清以

*) Veronal-Na : 10. 3gr.
Veronal : 1. 84gr.
水で1 ℓとする。

**) Bromphenol blue 0. 05gr.
昇 汞 1. 0 gr.
水 醋 酸 2 c. c.
水で100c. c. とする。

外のもを分離し、この血清を濾紙に添付した。添付する血清の量は可成り結果を左右するが、種々検討の結果0.02cc程度が良好であった。これは市販の採血用ピペット（メランジュール）を用いて正確に採取し得る。血清を添付した濾紙に与える直流電圧は、これも可成り結果を左右するが、一般に濾紙中1cm当りの電流で示されている。この点も種々検討の結果、濾紙（東洋濾紙No.51）は4cm巾のものを使用し、0.5mA/cmの電流を用いて5時間泳動を行わせることとした。与える電流と泳動時間には逆相関の関係があり、高電流を使用すれば泳動時間を短縮し得るが、泳動像の鮮明さが失われる懼れがあり、結果としては低電流で長時間泳動させた方が良好なものが得られる。筆者等はこの方法を応用するに当たって、大量に試料を処理する必要上、像に余り大きな影響を与えない範囲で、短時間、高電流を用いることとし、結果として上記の条件で行うこととした。0.5mA/cm、5時間の泳動は結果の検討その他に支障はない。比較は泳動像の比較及びそのデンストメーターを用いて求められたグラフ（Paper electrophoretic curve）に依って行った。

2) 実施した実験の方法。

実験は実験室内において種々の条件を与えて、その影響を検討し、その後実際に産業廃水の波及する水域に生簀を用いて供試魚を入れて検討を行った。

イ) 実験室内における実験。

屋外における実験の予備の意味をも含めて次のような条件を与えて実験を行った。

与えた条件	供試魚	時期
アルカリ (NaOH)	コイ	Nov. '56.
酸 (H ₂ SO ₄)	コイ	Nov. '56.
窒息	タイ	May '57.
自然死	コイ	Nov. '56.

酸は5ppm、20ppmの濃度について、またアルカリは40ppm、60ppm、90ppmの液中に、窒息させたものは、止水中に放置して、何れも横倒しの状態に致ったものの血液を取り前述の方法を用いて泳動を行った。自然死のものは夏期養魚池内で斃死寸前にあるものを同様に処理を行った。

ロ) 屋外における実験。

屋外における実験は、室内実験に依り得られた結果と経験を基として行い、2回に亘り広島県下呉市広町のパルプ工場（クラフト・パルプ）廃水の波及する水域において実施した。今回の実験は屋外におけるこの方法の利用の適否について主として検討する目的であるために、海水の分析その他についての細部に亘る環境条件は測定していないが、第1回実験における生簀の位置の関係は第1図のようである。廃水口の二カ所の中、湾奥部のもの（図上B）が主廃水口であり、外側（図上A）のものに比して廃水の濃度は高く、この近辺の水域に与える影響は主としてこの口からのものである。使用した生簀は、縦、横1.0m高さ0.5mのものを用い、供試魚としてはタイ（平均体長約25cm）キューセン（平均体長約15cm）、アйнаメ（平均体長約20cm）を用いた

第一図 実験生簀設置位置

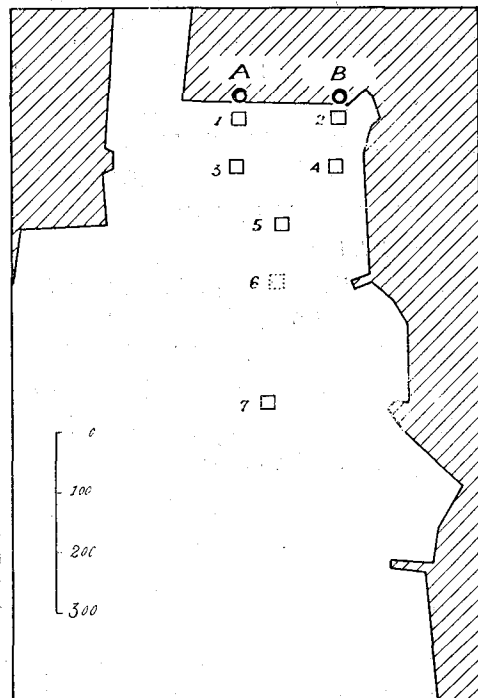


Fig. 1. The station set the crawls to sustain the fish in our first investigation

○ : The effluence pipe of waste.

The station No. 7 was designed for the control as it had not been influenced by the waste.

が、供試した魚種については入手の関係で上記の三種を使用したもので特別な意味はない。海中への放置時間は何れも12時間としたが、これは干満潮何れにも遭遇し得るようにしたためである。

ここで生簀の位置と廃水の関係は次のようなものである。

生簀番号	廃水口よりの距離	与えられた条件	12時間後の供試魚の状態
1	A 廃水口 直 前	常に濃い廃水が波及	3種共斃死
2	B 廃水口 直 前	同 上	同 上
3	A 廃水口より 100m	常に薄い廃水が波及	3種共生存
4	B 廃水口より 100m	同 上	タイのみ斃死
5	廃水口より 200m	廃水が波及する時としない時がある	3種共生存
6	廃水口より 300m	同 上	生簀破損のため流失
7	廃水口より 800m	廃水は全く波及しない	3種共生存

実施時期 June. '57

以上のような条件下において実験を行ったが、表中に示したように、第1回の実験は、生簀番号1～4迄のものは、斃死しているものが多く、従って斃死魚について実験は行っている場合が多い。今回行ったこの沓紙電気泳動法を利用する方法は、目的として魚類の斃死以前における影響を検討するものである所から、斃死に致らない魚について検討する必要がある、そこで第2回の実験を行うこととした。

第2回の実験は、クロダイ(平均体長約20cm)を用い、第2図のような位置に生簀を入れ、各生簀中に各々3尾宛の供試魚を入れその中の生存魚のみを用いて行った。海中への浸漬時間その他の条件は前回と同様である。第2回実験の生簀位置と廃水の関係は次のようなものである。

第二回 実験生簀設置位置

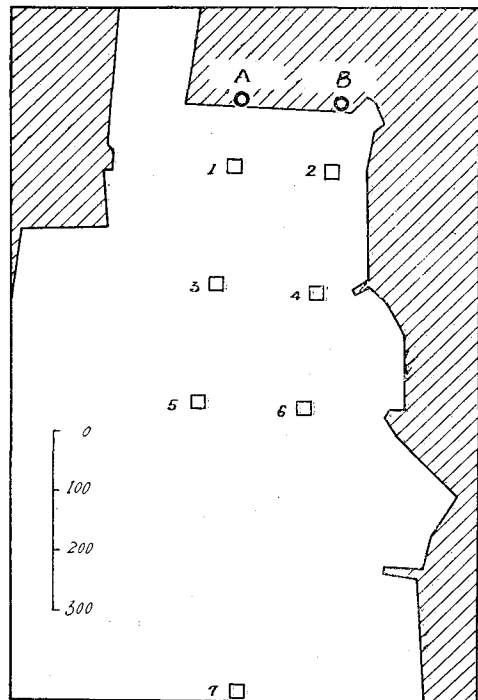


Fig. 2. The station set the crawls to sustain the fish in our second investigator.

○ : The effluent pipe of waste.

The station No. 7 was designed for the control, as it had not been influenced by the waste.

生簀番号	廃水口よりの距離	与えられた条件	12時間後の状態
1	A廃水口より100m	常に薄い廃水が波及	1尾斃死
2	B廃水口より100m	同上	2尾斃死
3	A廃水口より300m	廃水が波及する時としない時がある	1尾斃死
4	B廃水口より300m	同上	斃死なし
5	A廃水口より500m	3.4.と同様であるが波及する時は極く短い	1尾斃死
6	B廃水口より500m	同上	斃死なし
7	廃水口より1200m	全く廃水は波及しない	斃死なし

実施時期 : Avgast. '57.

以上のような条件において、屋外の実験を行った。

実験結果

イ) 室内における実験の結果

室内においてコイに種々の条件を与えて行った実験結果をデンストメーターで求めた沝紙電気泳動曲線 (Paper electrophoretic curve) を第3図~第8図に示す。

第3図に示したものは対照として選んだ正常鯉の泳動曲線であるが、コイの場合後述する他の魚(海産魚)に比較して、正常と認められる状態のものでも泳動曲線に相異が有る場合が認められる。これは飼育中にお

Fig. 3

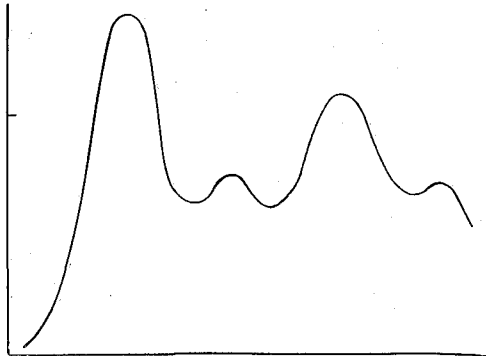


Fig. 3—8.

The paper electrophoretic curve of Carp which was cultured in various conditions.

Fig. 3.

The paper electrophoretic curve of Carp in normal condition.

Fig. 4

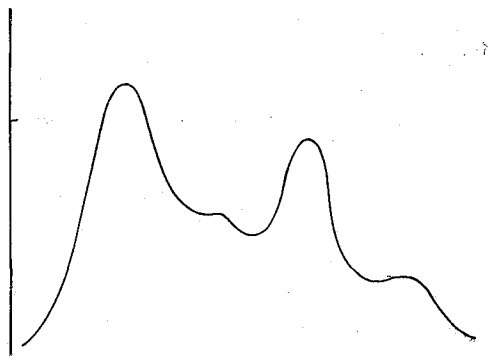


Fig 4~6

The paper electrophoretic curve of carp cultured in Alkaline solution (NaOH).

Fig. 4. Cultured in 40ppm solution.

Fig. 5. Cultured in 60ppm solution.

Fig. 6. Cultured in 90ppm solution.

Fig. 5.

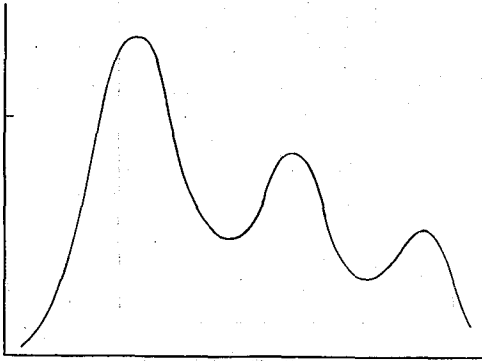


Fig. 6.

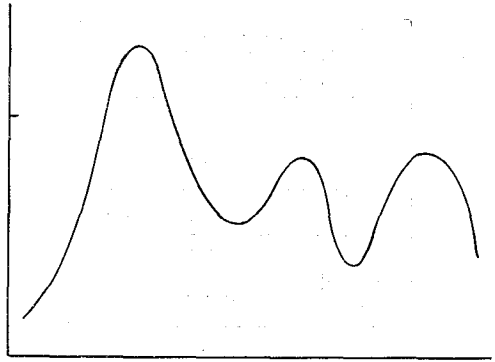


Fig. 7.

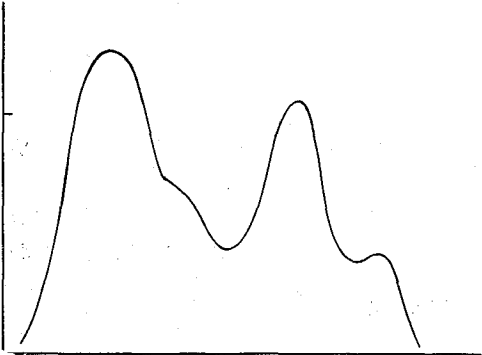


Fig. 8.

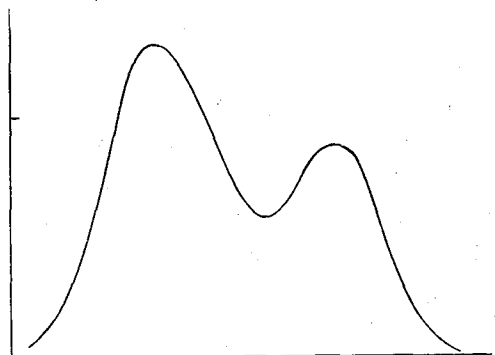


Fig. 7.

The paper electrophoretic curve of carp cultured in acid solution ($H_2SO_4:20ppm$).

Fig. 8.

The electrophoretic curve of carp in malnutrition.

ける栄養状態などに起因されるものと考え、多数の正常と認められるコイについて検討を行った結果、第3図に示した泳動曲線を示すものが多い所から、これを対照として選んだ。

正常鯉の場合、曲線の山は第3図の通り4つ認められるが、これがそれぞれ通常血清中に含まれる、Albumin及びGlobulin groupの中の何れに相当するものであるかは明らかではないが、これを仮に名付けてI~IVの山として表現することとした。

第4図~第6図に示したものは、アルカリ性の液に浸漬したものの泳動曲線であり、各図それぞれ苛性ソーダの濃度が異なる。これを対照と比較すると、苛性ソーダの濃度が、40ppmに達すると、4つの山は形が崩れ始め、60ppm及び90ppmに達すると、山は3つに変るのが見られ、対照との間に明に相違が認められる。

一方酸性液に浸漬したものは硫酸20ppmの濃度の場合の泳動曲線を第7図に示したが、これも4つの山が崩れ始めているのが見られる。図示はしていないが5ppmの濃度では山の型に変化は見られなかった。

第8図に示したものは、前述のように養魚池内で自然に斃死したものであるが、外見上これは他の魚に比して痩せており、栄養不良と考えられるもので、夏季の気候に耐え兼ねて斃死したものであると思われるが、このコイの泳動曲線が第8図のようなものであり、山の型は2つになり、対照との相異は顕著である。

マダイを用いて行った窒息死の場合の実験結果を、図版1に示す。この実験で対照として用いたものは、入手後海中の生簀に飼育したもので採取後2日を経たものである。海産魚の場合はコイと異って、正常な海

Plate. I.

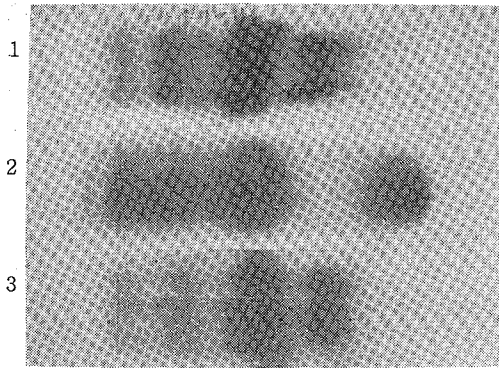


Plate I ~V.

The comparison of paper electrophoretic pattern of serum.

Plate I.

The paper electrophoretic pattern of "MADAI".

- 1: Normal fish.
- 2: The fish suffocated in the dead water.
- 3: Ditto.

斃死したものの差の現われと考えられるが判然としたことは明らかにし得なかった。

以上のように魚類に何らかの悪条件をその環境に与えると、血清蛋白の沓紙電気泳動像に変化が生ずることが略明らかとなったので、これを実際の産業廃水が波及する水域に就いて、応用実施することを試みた。

ロ) 屋外におけるパルプ工場を対称とした実験結果

前述のような室内における実験結果に基づいて、この方法を実際に産業廃水の波及する水域へ応用した結果は次のようなものである。

い) 第1回実験の結果

前に示したような方法に従って行った第1回の実験結果は図版II~IVに示すようなものであり、生簀が廃水口直前に位置しているものでは、対照の泳動像と著しい相違があり、泳動像は対照の4つに分離された型に比して、3つの分離にしか出ておらず、生簀が廃水口から沖合へ遠ざかるに従って順次対照の型に近づいて行くのが見られる。特にタイにおいてはその傾向が顕著であるが、他の2種すなわち、キュウセン、アイナメについても同様の傾向が見られる。このように廃水の中に

水中に飼育したものの泳動像は殆んど一定しており余り大きな相違は見られない。窒息の場合には

図版 I に示すように同じ窒息死したものの泳動像に相違があり、図版 I の 2 に示すような全く泳動像の型が変わって来る場合と 3 に示すように、正常魚に近い型の場合があるが、これは血清に変化が生ずる過程の段階の相違に依るものであって、長時間の酸素欠乏の後斃死したものと、短時間に

Plate. II.

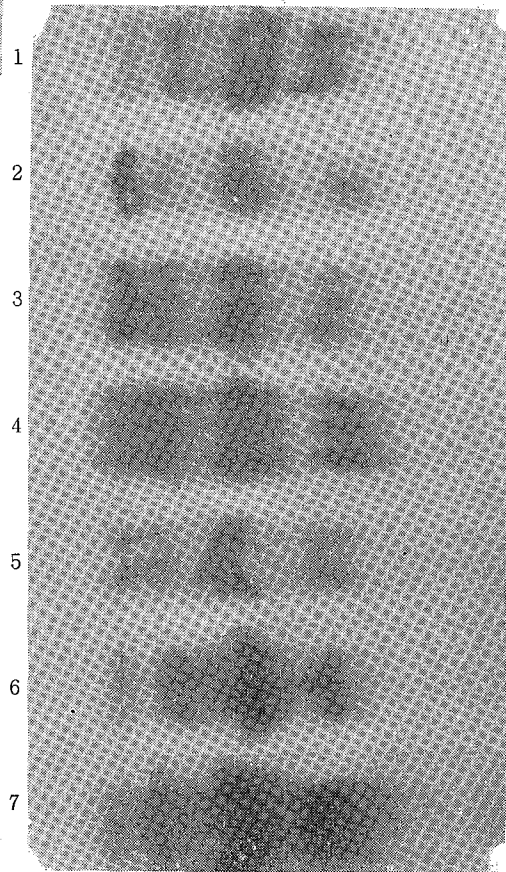


Plate II ~V

The paper electrophoretic pattern of fish sustained in the sea under influenced of the pulp mill waste in our first investigation.

Plate II.

The pattern of "MADAI".

- 1: Normal fish.
- 2: The fish sustained at st. 1.
- 3: The fish sustained at st. 2.
- 4: The fish sustained at st. 3.
- 5: The fish sustained at st. 4.
- 6: The fish sustained at st. 5.
- 7: The fish sustained at st. 7.

Plate. III.

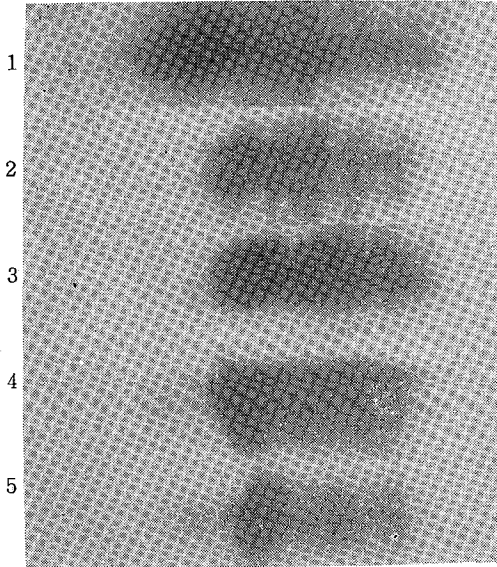


Plate III.

The pattern of "AINAME".

- 1: The fish sustained at st. 1.
- 2: The fish sustained at st. 2.
- 3: The fish sustained at st. 4.
- 4: The fish sustained at st. 5.
- 5: The fish sustained at st. 7. (Control)

ii) 第2回実験の結果

第2回実験はすでに述べたように、クロダイを用い、これを各生簀に3尾宛入れたが、一部の廃水口近くの生簀には斃死魚が出たが、今回は生存しているもののみを使用して検討した。

第2回実験の結果を図版Vに示す。この場合も第1回実験同様廃水口近くのもの泳動像は対照と異った型を示しており、漸時沖合へ出るに及んで対照の型に近付いて行くのが認められる。このように斃死以前の生存中の魚類に就いても、バルブ廃水中において遊泳させたものは血清蛋白の沓紙泳動像に可成り大きな変化が生ずることが認められた。

遊泳していたものの泳動像は明に正常なものと異った型を示すが、この場合廃水口直前のは斃死魚を用いているために、この違いが死後生じたものかも知れぬ懸念がある。そこで第2回の実験は、この懸念を明白にする目的の下に行った。

Plate. IV.

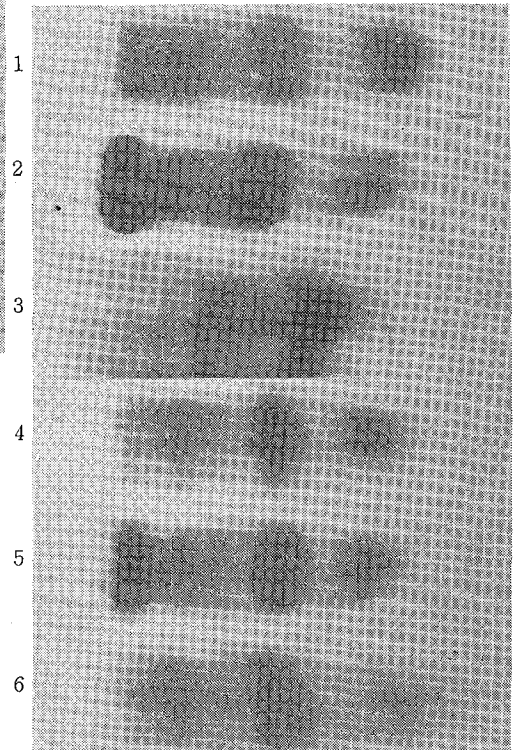


Plate IV.

The pattern of "KYUSEN"

- 1: The fish sustained at st. 1.
- 2: The fish sustained at st. 2.
- 3: The fish sustained at st. 3.
- 4: The fish sustained at st. 4.
- 5: The fish sustained at st. 6.
- 6: The fish sustained at st. 7. (Control)

Plate. V.

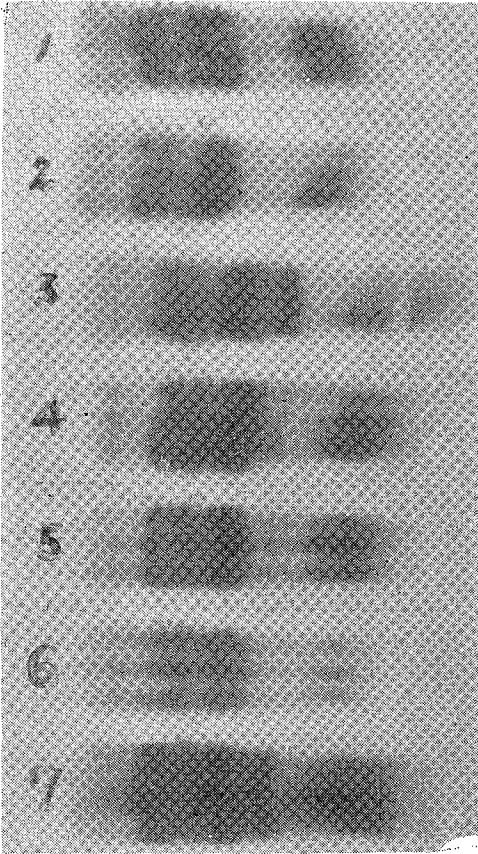


Plate. V.

The paper electrophoretic pattern of fish sustained in the sea under influenced of the pulp mill waste in our second investigation.

The pattern of "KURODAI".

1. The fish sustained at st. 1.
2. The fish sustained at st. 2.
3. The fish sustained at st. 3.
4. The fish sustained at st. 4.
5. The fish sustained at st. 5.
6. The fish sustained at st. 6.
7. The fish sustained at st. 7. (Control)

考 察

1) 実験条件の吟味

これ迄に述べたように血清蛋白の濾紙電気泳動像は、その魚類が与えられた環境の悪条件に対して、比較的良く反応し、その悪条件の程度をも可成り明確に表現するように思われるが、なお技術的な面及び生物学的な面での検討を行う必要が有る。

イ) 技術的な面での検討

技術的な面においては、この実験の場合その殆んど²⁾の条件は医家が臨床的に用いる定法に従っているが、使用する緩衝液、電流などは大きく結果を左右する。これらの条件に関しては齊藤の詳細な基礎的研究があり、筆者等の検討結果と合致している²⁾ので、ここには省略するが、極端に定法から外れない限り、一定した条件下において行えば余り大きな支障は生じない。ただ問題となるのは血清採取後の時間と結果の再現性の点であるが、血清採取後時間の経過と共に泳動像は鮮明さを欠き、また泳動像の型にも変化を生ずる場合が有る。この点に関して検討を行ったが、採取後氷室内(約5°C)に保存して5日以内であれば結果を左右する程の違いはなく殆んど同一の泳動像が得られ支障はないが、7日を経ると泳動像は鮮明さが失われ、10日以上を経過すると、泳動像の型に変化が生ずるものが一部認められた。従って採取後氷室内に保存し、5日以内に処理を行えば問題は先づないものと考え実験はこの点を吟味して行った。

ロ) 生物学的な面での検討

生物学的な面での最大の問題は個体差の点である。この種の実験のように生理学的な検討に際して、個体差の問題は常に生ずることではあるが、現在迄実施した実験に使用した魚類に就いては、コイに関しては可成り個体差が認められたが、他の海産魚に関しては、可成り安定した同一の泳動像の型が得られている。

この場合使用したコイは生後供試する迄人工的に飼育したものであり、従ってその成育、栄養状態について全ての飼育魚が同一条件に有るものとは断じ難く、このような点の違いから個体差が生ずるものと考えられる。極端な場合外見上は全く差異のないコイに就いての泳動像に可成りの差異が見られる場合を経験した。

一方海産魚については、そのような個体差は殆んど認められない。芥藤²⁾は海産魚について同一魚種の泳動像に関して季節的な変化があることを報告しているが、この点に関して筆者などは未だ知見がない。海産魚に関して個体差が認められないと言う点では、海産魚のように自然界に生存するものは、生存者の生活条件に殆ど差がないのに反し、飼育魚は可成り生活乃至栄養条件のまちまちのものが混在することを示すものであろうと考える。

飼育魚の個体差が可成り大きく現われることから、筆者などは、海産魚のアナゴを用い、これを45日間飼育し、5日毎にその血清蛋白の泳動像を求めたが、何れも明瞭な差位はなかった。この実験は冬期に行ったものではあるが、飼育したものについても可成りの長時日に亘るものでない限り泳動像の差はないものと考えられる。コイのように、卵の時代から飼育されるような場合には、この点の留意が必要であると考えられる。その他の問題として、供試魚の前歴が問題となる場合があり、特に環境条件の前歴が問題である。採取から供試に至る間に、その置かれた環境に悪条件が与えられると、それが実験結果を左右する場合があり、特に海産魚においては降雨に依る塩分の低下などが結果を左右することを経験した。以上のように特に屋外における実験の場合、不偏性のある結果が得られない場合が生ずる条件が多々有るが、今回の実験は上記のような諸点に関しては充分留意して行った。

2) 結果の考察

求められた血清蛋白の沪紙電気泳動像は、泳動像の肉眼的比較及びデンジトメーターで求められた泳動曲線に依って比較を行っているが、泳動像に大きな変化が現われている場合は、泳動曲線を求めなくとも検討を行うことは可能である。筆者などは主として泳動像の型に依って比較検討を行っており、各々の分離された成分の濃度比については現在の所比較の資料として具体的に取扱ってはならず、型の分類上役立たせる程度である。しかしながら、現在迄に行った実験での検討方法としては支障はないものと考えている。

1) 室内における実験

室内における実験はアルカリ、酸、窒息死、自然死について行っているが、苛性ソーダを用いてアルカリ性とした水でコイを飼育したものでは、苛性ソーダ濃度40ppmでは異状はなく、60ppmに至って異状が認められた。従って40~60ppmの間で血清に異状が生ずるものと思われるが、これは筆者などが行った、血液学的性状及び鰓の組織学的性状に影響を与える濃度と略一致する。すなわち血色素量、赤血球抵抗、などの血液学的性状及び鰓の組織学的性状に就いては、前者は苛性ソーダ濃度70ppm以上になると影響が現われ、また後者に関してはそれより低い60ppmで一部に損傷が認められる。血液学的性状に関しては鰓の損傷が原因となって影響が現われるものと考えられたが、今回行った血清蛋白に及ぼす影響も同様の原因に依るものと考えられる。

酸性液中に置いたものについても、アルカリと同様のことが認められ、鰓の損傷が原因となっているようである。アルカリ及び酸のような急性毒については、このように泳動像に変化が生ずるのに何らかの外部的に認められる原因があるが、窒息死、自然死についてはそれが無い。この場合泳動像に変化が現われるのに、酸アルカリでは比較的時間が短いが、窒息死及び自然死ではこれに比較して長いのが認められた。これは前者の場合外部損傷が生ずると、血清に直ちに影響が与えられるためであろうと考える。

窒息死の場合についても、長時間で徐々に窒息させた場合の方が、短時間で急激に窒息させた場合よりも泳動像の変化は大きいように思われる。従って短時間で魚類に影響を与える廃水若くは薬品の場合は酸、ア

ルカリのように直接鰓などの器官に損傷を与えるような場合の外は顕著な泳動像の変化は生じないものと考えられるが、慢性的に影響を及ぼすものでは可成り良く影響を表現するように考える。これは医家が臨床的に応用する場合にも、急性疾患よりは慢性疾患における方が、診断上の効果は大きいといわれていることと、一致するようである。

自然死の場合は、前述した様に外見上も明らかに栄養不良と判る魚体であって、この泳動像は山が2つの型になり、可成り変化は大きく現われているようであるが、恐らくこの場合これが最終的な泳動像であって、これに至る迄の段階については知見がない。前にも述べたがコイの場合外見上正常と認められるものでも、泳動像に異状の見えるものがあるが、これが或いは栄養不良の初段階の泳動像かも知れない。この点の知見が得られれば、産業廃水の問題とは別に、水産業上応用し得る面も多々有ろうと考える。

ロ) 屋外におけるパルプ工場を対称とした実験。

第1回及び第2回の実験共、廃水口近くに置いた魚の泳動像は対照とした正常魚の泳動像に比較して、その型の相違は顕著であるが、漸時沖合に出るに及んで泳動像の型が正常に近づいて行くのが認められる。生簀の置かれた環境条件と併せ考えて、魚が与えられた影響の程度をも或る程度表現し得るものと考えられる。しかしながら、この泳動像に影響を与える程度のものが魚類にどのような影響を与えているかについては判然としないが、杉本に依れば前述した生簀の置かれた条件の中で第1回及び第2回共、「廃水が波及する時と、しない時がある」と言う所では、C, O, D, で30~50ppm程度の廃水が、波及したり、しなかったりする所であり、このような条件の所のものの泳動像にも異状が見られる所から、この場合従来廃水の魚類に及ぼす影響を検討している方法の中では、可成り微量な廃水の影響を知ることが出来る点有利な方法である。

泳動像に及ぼす廃水の影響と、魚体が受ける影響の関連は、血清蛋白の受ける影響が如何なるものであるかと言う点すら判明していない現在、これを明確にすることは困難であるが、血液学的な面での生化学的研究が進み、また他の生理学的見地からの研究が併行して進歩することに依って明にされて行くであろう。しかしながら、泳動像に現わされた変化が、魚体の受けた影響に依って生じたものであることは、人間、その他の動物に、この種の方法を応用した結果から推しても明確であるし、泳動像の異状が魚体の生理的な異状であることは事実と認めて差支えないものと考えられる。

一方、今回行ったような種々の悪条件を与えた場合の泳動像を比較すると、タイの場合パルプ工場廃水の廃水口近くに置いたものの像が、窒息したものの像に非常に類似している。このような像の類似の意味するものが何であるかについては全く知見はないが、パルプ工場廃水の性質をも併せ考えて、この廃水に依る影響が呼吸困難な状態を魚体に与えている疑いが濃厚であるようにも思われる。

以上述べたような結果から、パルプ工場(クラフトパルプ)廃水の海産魚に及ぼす生理的な面での影響は可成り薄い濃度で現われるものと考えられ、杉本の研究結果と対比して、C, O, D, で30~50ppmのものが波及する水域に置かれた魚類は影響を受けているものと考えられ、しかもその受けている影響は呼吸困難に依るものである疑が濃厚である。

要 約

- 1) 血清蛋白の浜紙電気泳動像に依って、魚類に及ぼす産業廃水の影響を検討する方法を実験、考察した。
- 2) 酸、アルカリなどの影響も、この方法で示し得るが、この場合泳動像に影響が現われる濃度は、鰓の組織に損傷が生ずる濃度と略一致する所から、泳動像に現われる影響は、鰓の損傷に起因するものと考えられる。
- 3) 窒息の状態の魚の泳動像にも異状が見られるが、窒息死したのものの中には泳動像に余り変化のないものもあった。これは酸素欠乏の度合及び死に致る迄の時間の差異などに起因するものと思われるが判然としたことは知り得なかった。

- 4) 栄養不良と認められる自然死の魚の泳動像は、その異状が極めて顕著である。
- 5) パルプ工場廃水の波及する水域に置かれた魚類の影響はその泳動像から明確に判定することが出来る。その置かれた条件の程度をも併せて知ることが出来る。
- 6) 泳動像の変化から求められる、パルプ工場廃水の魚類生理に及ぼす影響は可成り低濃度のものであり、C. O. D. で30~50ppmの濃度ではすでに影響が認められる。
- 7) パルプ廃水の影響を受けた魚体の泳動像は、窒息死の場合の像に類似しており、パルプ廃水の魚類に及ぼす影響は、魚体に呼吸困難の状態を与えている疑いが濃厚である。

文 献

- 1) 森・小林：沔紙電気泳動の実際(1956.) 南江堂
- 2) 齊藤 : 魚類血液の生化学的研究IX. X. 日水誌 Vo 122. 12. p. 752—777 (1957)
- 3) 杉本 : 未発表
- 4) 村地 : 日本水産学会・1956年秋季大会講演
- 5) 藤谷・千国：産業廃水に依る魚類の死因判定に関する研究 内水研報告第10号 p. 66—71(1957)