

光電管利用の鮭鱒親魚通過数記録装置（豫報）

末 武 敏 夫

（北海道さけ・ます・ふ化場根室支場）

On the Recording Equipment taking a Count of Salmon-Numbers
by the Utilization of Photoelectric Cell (Preliminary Note)

By

Toshio SUETAKE

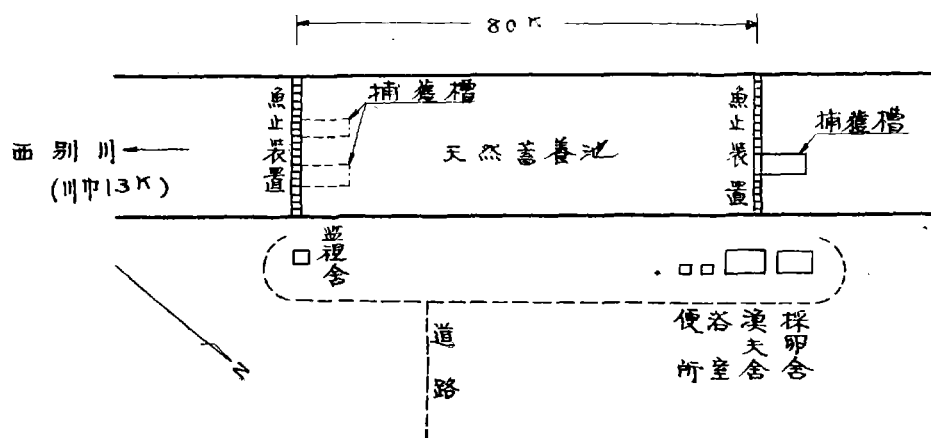
I. 緒 言

従来より産卵のために河川に浜上する鮭鱒親魚を捕獲する場合、木製あるいは網ウライ等によつて行つていますが、未熟親魚が多くて、地理的あるいはその他の条件によつて河川以外に蓄養施設を得られない場合または親魚の移動（特に下流への）の激しい河川においては、これを二重止装置（Fig. I. 参照）となし、蓄養池兼用として捕獲場が少くない。この場合下流止は単に浜上親魚を通過させて、かつ蓄養池内の親魚の流下を防止し、上流止においては、親魚の捕獲を行い、未熟魚は再び下流（蓄養池）に蓄養していたが、昭和28年事業からこれを変更して下流止にも捕獲槽を設けて、ここで汲揚げた親魚はすべて捕獲数に計上して上流に（蓄養池）蓄養している。従つて上流止の捕獲槽では親魚の成熟度を揀別するだけである。

しかしながら事業期間中には増水被害、ウライ装置の破損、あるいは上流止における親魚成熟度揀別の際の取扱不馴による上流への逃逸等によつて、二重止装置内蓄養池の親魚数を確認することは困難となり、親魚取扱上に種々の問題が発生する。また下止捕獲槽で親魚を汲揚することは、相当の労力を要し、かつ親魚を損傷する割合が多くなる。

これらの点から下流止には捕獲槽を設けずに、単に親魚を浜上通過させるのみにして、何等かの方法で、この親魚通過数を確認することが出来れば都合が良いことになる。

Fig. 1. 二重止装置の例（西別川十四線捕獲場）



このため昭和28年装置の試作を実施し、更に昭和29年装置を改良して実験を行つたのであるが、利用効果の面からは十分に期待されるものが得られなかつたが、一応取纏め、予報として報告し、諸賢の御批判を仰ぎたいと存ずる次第である。

なお、本実験にあたり、本装置の試作に御協力下さつた故金田技師、調査課西野技官、北大水産学部佐藤講師、久保助教授、真空管増幅装置を試作された北大工学部助手小村俊彦氏並に実験の御援助と機会を賜りました小林支場長及び根室支場員の各位に感謝の意を表する次第です。

II. 実験装置

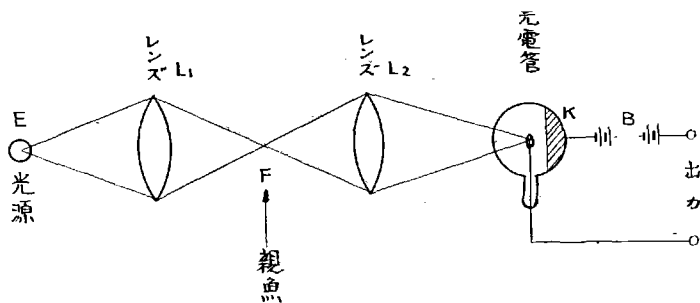
(1) 装置の概要

鮭鱒親魚が河川に派上して、ウライ装置の親魚取入口より進入する魚の数を確認する方法には、機械的、電気的、光学的種々の方法が考えられるが、本装置にはトーカー等に用いられる光電管を使用して、魚体に何等の影響を与えることなしに、親魚が光線を遮断することによつて発生する光電管電流の微小変化を増幅して、この変化を記録するようにしたものである。これは従来、盗難防止装置、扉の自動開閉、あるいは物品生産工場等における製品数量の計算等に利用されているもので、唯この場合には河中に一部装置をしなければならず、この河中装置には写真1に示す如きものを使用した。

(2) 本装置の根本原理

本装置は前項にも述べた如く、光電効果を利用するもので、Fig. 2. に示す如く、Eの光源ランプより光線を発射して、集光レンズL₁、L₂を通り光電管に照射すると、陽極(中央の金属)は帯電して、管内に塗つたカリウムから(陰極)出た光電子が吸い寄せられて、B電池による電流が、この電子によつて運ばれることになる。

Fig. 2. 光電効果原理



今親魚の通過によつて、この光線を遮断するとB電流が流れなくなる。この電流変化は数マイクロアンペア(1マイクロアンペアとは1アンペアの百万分の一)という微量のもの

で、これを真空管増幅して記録計を動作させるものである。

この光電流の微小変化とは、光電管の特性によつて異なるものであつて、一例を示すとFig. 3.の如くである。

(3) 本装置に使用する電源

鮭鱒親魚捕獲採卵場は主として交通不便な僻処が多く、一般の商用電力を利用することが出来ないので、蓄電池、乾電池を使用しなければならない。(商用電力を使用出来る処では、装置も簡単となり、使用電力も少なくてすむ)蓄電池は自動車用6ボルト蓄電池を、

Fig. 3. 光電管特性

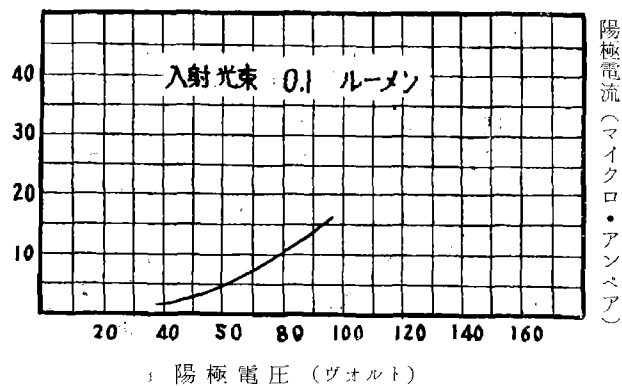
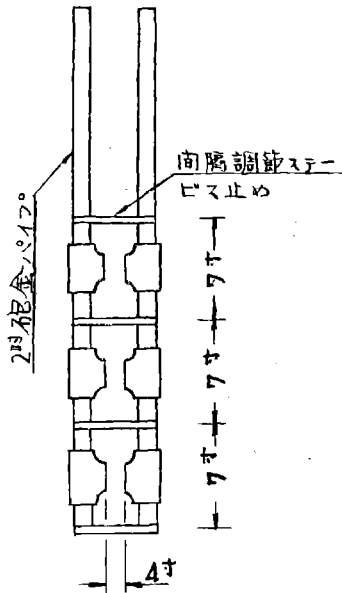


Fig. 4. 河中装置



乾電池にはラジオ用45ボルトB電池を使用した。

(4) 河中装置

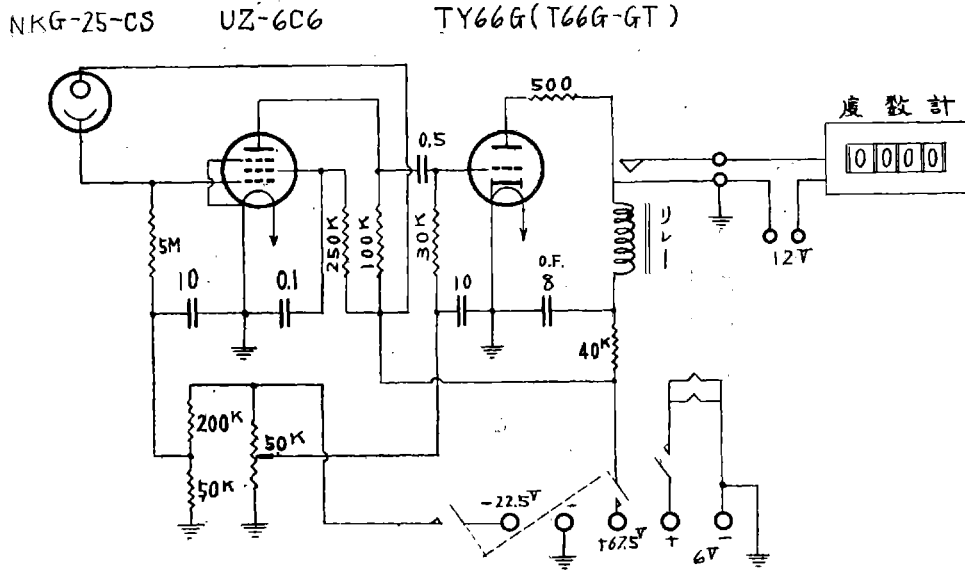
外形は写真1に示し、概略寸法は Fig. 4. に示す通りであるが、これは魚体に応じ、または二重止親魚取入口の大きさによって調節出来るように、金具はボルト締めしてある。このパイプの中には一方に光源ランプ、片側に光電管を挿入してある。そしてこの光電管から記録装置のある処までの間は、ゴム被覆のシールド線を使用する。

この河中装置は、親魚取入通過口を三段にしてあるが、これは、西別川十四線捕獲場における水深が2尺5寸程度のために三段としたものであつて、水深に応じて増減しなければならず、従つて記録装置をこれに応じて増減することになる。

(5) 増幅装置

本実験に使用した増幅装置の配線図は Fig. 5. に示すもので、試作及び第1, 2回実験には写真2に示すものを使用した。取入口三段を使用した第3回実験には写真3に示す如く改造して使用した。

Fig. 5. 増幅装置 (中村)¹⁾



III. 実験概要

(1) 昭和29年第1回実験

- a. 実験期間 白昭和29年1月18日
至昭和29年1月20日

b. 場 所 西別川 14線捕獲採卵場

c. 実験目的

光電管利用の通過親魚数記録装置については、昭和28年装置として一応完成したので、本装置を実際に河中に装置して、取入口を通過する親魚の状態を観察することを目的とした。

d. 実験の概要

本装置は前掲 Fig. 1. の二重止ウライ装置の下流止親魚取入口に装置するのが本旨であるが、14線捕獲場において、すでに(昭和28年)12月30日、下流止の生簀及流簀²⁾が流水及結水によつて損傷を受ける懸念が多くなり、これ等を撤去してしまつたので、上流止捕獲槽の親魚取入口に装置して実施した。

e. 予備試験

本装置の河中実験に先立ち、支場において漏水、濁水試験を行つた。すなわち光源ランプ及び光電管が河中に装置するものであるため、漏水するようなことのないのを確かめ更に河川の増水等による汚濁を予期して、32×20×20厘のガラス水槽に水を入れ、更にこの中に石炭ストーブの燃焼灰を混入混濁し、中に白紙を挿入して、ガラス面から1厘程度離してかすかに白紙のあるのが確認される程度でも、河中装置を12厘距てて実験の結果、影響なく動作した。

f. 河中実験

本河中装置は試作程度のもので Fig. 6. に示すものを用い外函は29番亜鉛引鉄板で作り、一方に光源ランプ、片側に光電管を入れてあり、導線を水面に出すために内径5厘の銅パイプを使用した。なおこれを捕獲槽に装置するために Fig. 7. に示すように木造支持枠を作り、取入口に装着した。

Fig. 6. 河中装置

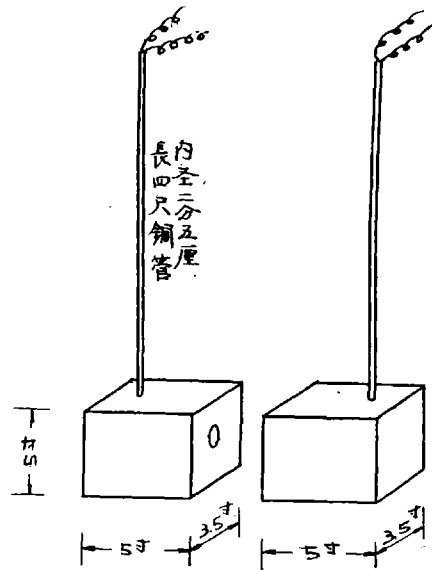
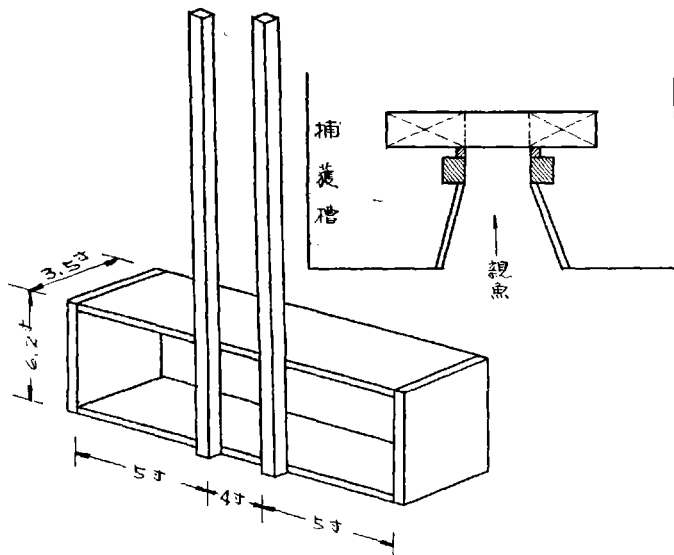


Fig. 7. 支持枠



1月10日より実験当日までの鮭親魚捕獲数は第1表の通りである。

本装置の装着に当つて、捕獲槽内親魚は全部汲揚げた。ウライ装置の下流側には2、3尾程度の親魚が散見されたが、すでに本止装置付近を除いて、他の河水面は結氷しているために、親魚の状態は不明であつた。

1月18日現地到着後、午後4時直ちに木枠を製作し、捕獲槽内の親魚を汲揚げ、午後10時装置の配備を完了した。

蓄電池は増幅装置と一緒に捕獲槽から25米離れた漁夫舎内においたが、光源ランプの電源としても

1) 北大工学部助手中村俊彦氏試作配線図による。

2) 親魚の通過を防止するもので普通 1.2寸~2寸の櫛タルキを使い1.2寸~1.5寸間隔に釘打する。

第 1 表

日	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
♀	6	22	34	10	0	0	27	11	35	0	0
♂	29	9	0	0	0	0	4	0	17	0	0
計	35	31	34	0	0	0	31	11	52	0	0

使用するために、ビニール被覆二芯コードを使用した。鉄線のために抵抗が多く短時間で放電し、光源作用が不可能となつたので、途中止むなく、光線を発射せず、そのまま装置しておいたが、親魚の進入は皆無であつた。

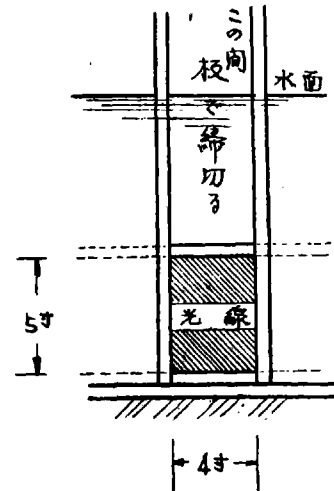
翌19日代替蓄電池を得て午後6時より光線を発射翌午前6時試験終了まで親魚の進入は皆無であつた。

g. 本実験についての考察

実験の期間中18日夜は月令14日の月夜であり、19日は曇で、光線を発射した場合、しない場合共に、親魚の進入皆無であつたが、唯二昼夜の実験で結論づけることは、気象関係、実験の時期等に影響されて無理であるが、一応昼間においては河中も明るく、光線の影響（親魚の色感、明暗感）は考慮する必要ない処から、水中の固定装置そのものに欠陥があるように考えられる。

すなわち浜上する親魚から、これ等の装置を見た場合、Fig. 8. のように、2尺5寸の水深で、進入口の幅が4寸に狭められている処へ、更に高さ5寸の枠で制限し（上部は板で締切る）、加えて径約1寸の光線が横切っており、この光線が前述のように、昼間はほとんど関係がなく、また夜間には相当なお強いフィルターを使用することによつて光度を減ずることは可能であるが、結局枠の高さ（5寸）と、この枠（取入口）の位置を中位にあるいは上位に移動することによつて別の結果が得られることと思われる。また浜上親魚が後期3)のものであり、水温低下（実験期間中は水温は氷点下）のため、捕獲槽内の水の流速を減じて親魚の斃死を防止するために、捕獲槽上流外側に筵をはり河水進入量を減じているので、河水面と捕獲槽水面に5乃至7寸程度の落差を生じ、親魚取入口付近に水泡が流れ、これが著しく光線を阻害して、19日実験には12時間中に約210の数が記録装置度数計に記録されたか、これは二重止装置の下流止に捕獲槽を設けず、親魚取入口のみの場合には水泡が発生されることがなく、問題とならないことである。

Fig. 8.



(2) 昭和29年第2回実験

a. 実験期間 自昭和29年10月21日
至昭和29年10月26日

b. 場所 標津川 標津捕獲採卵場

c. 実験の目的

第1回実験においては、時期的に遅れたために結論を得られなかつたので、鮭親魚浜上の盛期を選び、また河中装置を前掲写真1の如く改良し、比較的实验の条件に恵まれた標津川の中標津事業場内に併設された標津捕獲場を選定して、発射光線に対する親魚の影響を観察することを主眼とした。

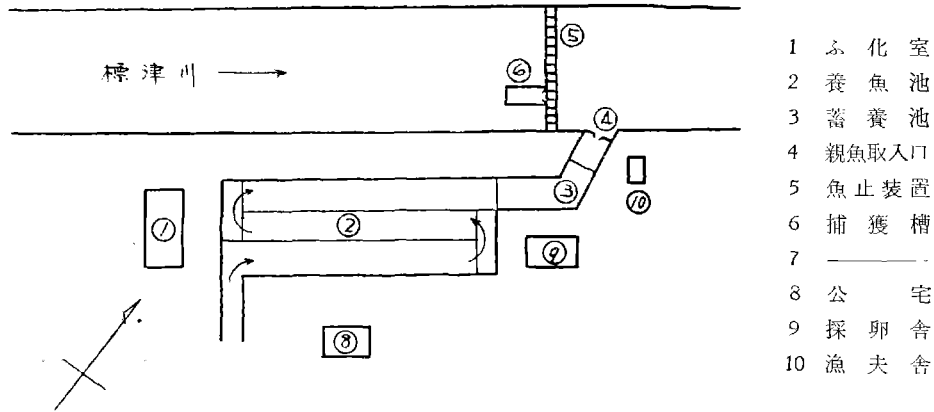
d. 実験の概要

本実験を行つた中標津事業場平面図を Fig. 9. に示す。

第1次実験を図中4の養魚池排水路と本流との合流点にある親魚取入口に装置して行つたが、後述のように流速がないために、親魚が逆流して再び本川に出たり、游泳中装置の前方を横切つて、この際尾鰭が光線を遮断して通過親魚数と誤認した。第2次実験は図中6の本川捕獲槽に装置して行つたが、やや良好な結果が得られた。

実験期間中気象状況は親魚の浜上に影響を与える程度の変化はない。気温は夜間において、4乃至12°C、

Fig. 9. 中標津事業場配置図



風力は1 (0.6~1.7m) 程度で曇つた日が多かつた。

また河川派上中の親魚は少なく、当捕獲場毎日の派上数は50~100尾程度である。河川水は平常よりやや多い程度で期間中水量の増減はなかつた。

e. 第1次実験

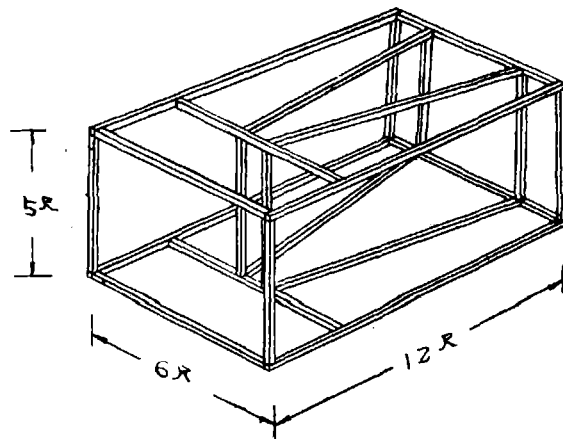
本実験については前述の通り河中装置を、養魚池下流の蓄養池と本流の合流点に設けられた親魚取入口に装置した。(写真4参照)この水深は約6寸であつたので、河中装置親魚取入口三段目のみを使用した。装着完了後光源ランプを点灯し、更に藍色ガラスを通じて光線が照射されるようにした。光電管からのソーールド線は、約20米離れた漁夫舎内に導き記録装置に接続した。

夜間、河中装置親魚通過口付近は青白い光線のため約1米の範囲内の親魚の動勢については、明瞭に直接観察することが出来た。また流速が少ないため、親魚の動作が緩慢で、進入の状況を観察するのに容易だつた。22日16時より21時までの直接の観察では、日没約2時間後すなわち18時ころ本流派上の一部親魚が、この取入口付近に蟠集し游泳しているのが判つた。この取入口における蓄養池からの流水が少ないので、緩慢な動作で取入口に装置したランプから照射される青白い光線に注意が向けられているように見受けられた。(光線を意識)数尾の群が集まり、やがてその中の一尾が取入口付近の立簀の間隙に吻端を挿入して進入口を探しているように見え、順次移動してこの光線の照射されている通過口に吻端が挿入されると数秒たため内に、決断がついたかのように尾鰭を静かに動かし、丁度船舶が進むように魚体が通過してゆく。そして蟠集していた群の他の親魚もこれに続いて進入し、この群が過ぎるとまた他の群が集まつて来るのである。

この罾の中に進入した親魚は急速に上流へ廻るようなことなく、取入口付近を游泳している。中には水の流速が少ないので、取入口の上を緩かに横切り、この場合尾柄が光線を遮断することになる。また折角進入した親魚が、流水の方向、すなわち下流に向つて游泳し、再び取入口から本流へ逃れ出る魚もある。

かくして21時親魚を汲揚げ実数を檢した処、25尾であるのに対し、記録装置の度数

Fig. 10. 捕獲槽 (骨材のみを示しこの周曲にタルキ材を1寸~2寸間隔にて釘打す)



3) 鱒の派上期は6月~10月、鮭は派上期は9月~1月である。

計は 204 尾となり、誤記が多くなつた。しかしながら光線を照射した親魚取入口からこのように親魚が進入することは、親魚が光線をきらうものでないという実証が得られたわけである。

f. 第 2 次実験

24日及25日は標津川本流に設置された捕獲槽の親魚取入口に装着して実験した。捕獲槽の外形及び概略大きさは Fig. 10. に示した。

本実験は前実験同様行つたのであるが、唯進入した親魚が取入口付近を横切つて、尾鰭が光線を遮断するのを防ぐため、河中取入装置前方両側に 1 寸 5 分角のタルキを立てた。

捕獲槽内の水深が 1 尺 7 寸程度のため装置の取入口を中、下の二段を使用した。

24日は通過口の光線照射のみを行い、25日は前回同様 18時より21時までの間の捕獲尾数22尾が正確に記録装置の度数計に記録された。

g. 本実験についての考察

本実験は主として藍色ガラスを通じて照射された親魚通過口を河川派上の親魚が影響なく進入するかどうか観察するのが主眼であつて、この点からは、前述の通り光線をきらうものでないことが実証された。このことはまた第二表の実験中の親魚捕獲数を比較しても明かである。

第 2 表

捕獲場所	10 月 22 日	10 月 23 日	10 月 24 日	10 月 25 日	備考 太字は実験場所捕獲数
支流取入口	35	20	35	11	
本流捕獲槽	53	28	79	25	
備考	記録装置を支流取入口に装置、21日18時より21時まで実験。この親魚捕獲数25尾に対し67を記録した。以後朝まで光線照射のみ。(この間10尾捕獲)	前日に引続き光線照射のみ。	本流捕獲槽に装置を移し光線を照射のみ	24日18時より21時までの捕獲22尾で本装置も22を記録した。以後翌朝まで光線照射のみ。(この間3尾捕獲)	

(3) 昭和29年第 3 回実験

a. 実験期間

自昭和29年11月22日

至昭和29年12月 4日

b. 場 所 西別川 14線捕獲採卵場

c. 実験の目的

前回の実験により照射光線が派上親魚に悪い影響を与えず、捕獲槽に進入することが判つたので捕獲槽に進入する親魚の実数と記録数との合致を目的として行つた。

d. 実験の概要

本実験においては、前回までの成績を取纏め、確実に記録がなきるという資料を得る期待を以て着手し、盛漁期中は事業のため、実験を行うことが出来なくなることを懸念して、これが過ぎた11月下旬に実施したのであるが、例年でない暖気に恵まれ、派上親魚数が多く、公務多忙のため実際に着手出来たのは、11月29日及び12月1日の2日間のみであつた。

本実験では同捕獲場捕獲槽内水深が 2 尺 5 寸程度のため、河中装置の親魚通過口を三段使用することになり、従つて記録装置も三組必要となり、取扱を容易にするため前掲写真 3 に示したように組直し、木製ケースに入れて使用した。

本実験において筆者が 2 日共用務のため不在中であつたが、同所に勤務した支場員谷向敏行氏によつて操作が行われ、18時より21時まで使用したのであるが、取扱不慣により記録数が誤算された。従つて本実験で

は記録数の掲記をすることが出来ない結果となつた。

IV. 考 察

産卵のため河川に浜上した親魚を捕獲するため、適当な地にウライを設置し、この場合未熟魚の蓄養あるいは親魚の流下を防止するため、二重ウライ装置を設けるが、この場合下流止に捕獲槽を設けることなく、単に親魚が浜上通過出来るだけのものとし、かつこの通過親魚数を確認することが出来れば種々の点から好都合である。このため光電管を利用した親魚通過記録装置を試作実験してみたのであるが、浜上親魚に対して、通過口を横切り固定して照射された光線の光度、フィルターの色は何ら影響がないようである。

装置においては試作程度のもので、種々改良すべき点が多い。中でも、これを装置する場合、捕獲場が交通不便かつ商用電力を使用出来ない個処が多いために、電源として乾電池、蓄電池を使用している関係上、蓄電池光電が大きな問題となる。しかし本実験に使用した光源ランプは5.5V 5Aのため約30Wを消費し、かつ適当な反射笠がなく使用しなかつたので余分の電力を消費した。これは普通市販の電池ケース程度のもの(2.5ボルト~3.5ボルト)を使用することも可能で、相当電力を節約できる。また本記録装置の主要部である増幅装置にはサイクロン(定電圧放電管)66G(66GT)及び電圧増幅用として6C6真空管を使用しているが、捕獲親魚数の緩散な処では、光電管の代りに光電池(写真の露出計・電気比色計等に用いられている。)を使用することも出来、実用的にはホット・トランジスター(現今電子計算機に使用されている。)の使用も考えられ、電圧増幅管に代るにゲルマニウム・タイオード・トランジスターが、ようやく我国にも生産が開始されたので、今後小型軽量でしかも、電力消費が本装置の数百分の一というものが製作出来ることになり大いに期待できると思われる。

またこの装置では通過数の記録のみで雌雄を判別することはできない。しかしこのことは別の方法で考究する問題であつて、魚体通過数が自動的に確認出来るということは、河川における親魚の移動の調査等にも応用できるものであり、更に本実験において得られなかつた実数に対する正確度を験し、あるいは親魚通過時刻を自記させ、熟度、魚体測定等立地状件を観察して、生態的にも有意な実験資料を求め得ると考えるので、これら詳細に関し更に次回実験を行いたい意向である。

引 用 文 献

- 岡田 光世：魚梯に関する2, 3の実験並にその解説 電気協会会報 1929.
岡部金治郎：応用電気学 誠文堂新光社
岡村 健治：魚体の電気抵抗 日本水産学会誌 第1巻 第4号 1932.
金原 寿郎：物理の研究 日史文社 1940.
坂本 節登：オーディオ工学(上) 誠文堂新光社
土屋 裕：紫外線の細胞に及ぼす影響と直接顕微鏡にて観察する方法について 植物及び動物 第3巻 第7号 1935.
三沢 敬義：光線療法学 日本医書出版株式会社 1947.
米合衆国魚類・野棲生物局：電流によるウナギの誘導 第92号 1952.
—————：電流による魚類運動の制禦 第93号 1953.

Fig. I.

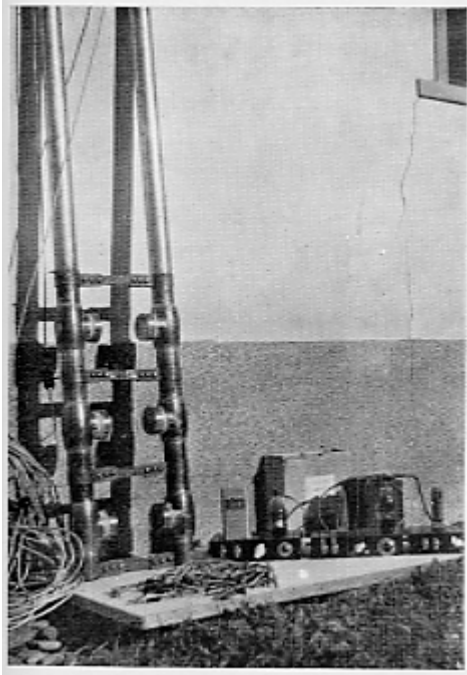


Fig. III.

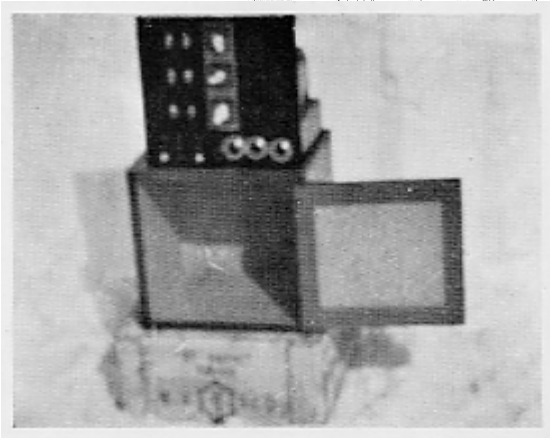


Fig. II.

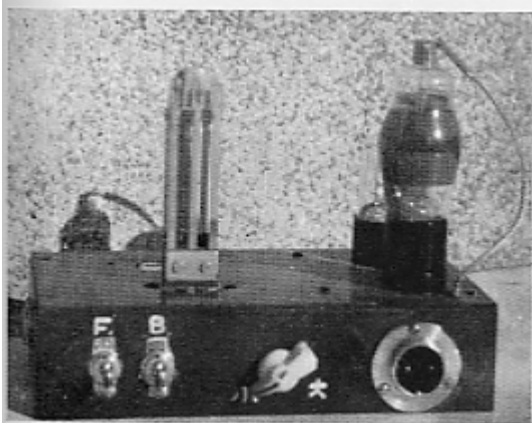
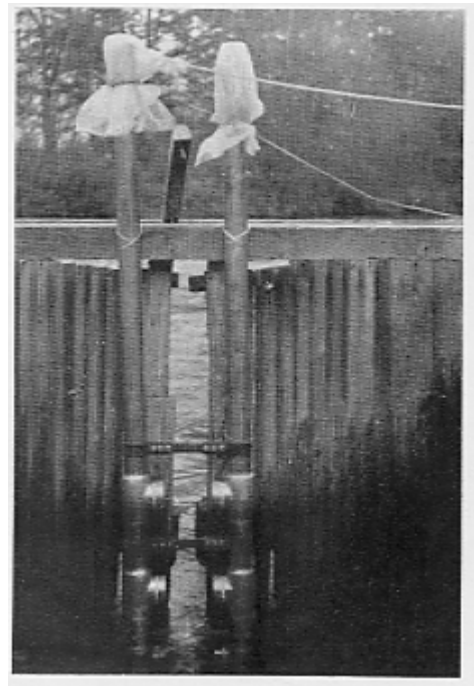


Fig. IV.



EXPLANATION OF PLATE

- Fig. I. 装置一式
- Fig. II. 増幅装置の一組
- Fig. III. 増幅装置三組收容(蓋付の函は容器)
- Fig. IV. 標津川第一次実験