

電気漁網の研究(第X報) 三相スクリーンについて*

黒 木 敏 郎

Study on the Electric Fishing-net — X. About the Fish-screen by the Three-phase Electric Shocks

Toshirō KUROKI

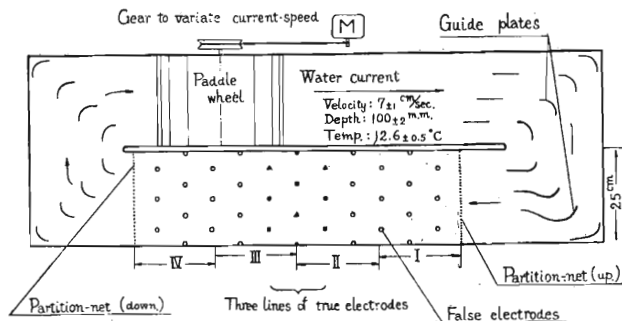
序

魚群の游泳を電気スクリーンで阻止又は誘導しようとする試みは、その基礎的研究でも実用的試験¹⁾でも種々行われてきた。しかし電極に三相電載をかける試験例²⁾は誠に少く、三相スクリーン効果は、単相と大差がなくしてしかも電力を3倍も必要とするから不利である、と見做されてきた。刺戟生理学的見地よりすれば、商業正弦波交流を用いた場合、そう見做されるのも故なしとしないけれども、衝撃波を用うるならば、低周波である限り、単相スクリーンよりも三相スクリーンの方が有利であると信ぜられる。ここにその確認実験の結果を報告する。

実験の装置と方法

魚としては、体長 5.0 ± 0.5 cm のコイ6尾を用い、残留効果を生じないように、電圧の低い試験を先に行つて、1日2~3回(各回20分)実験した後は元の飼育水槽へ戻して回復させた。実験水槽としては第1図に示す通り、Paddle wheel で水流を循環させるようになった回路のうち水流分布一様な部分のみを使用した。平均水深は10 cm、流れの中は

Fig 1. The operation of three-phase type electrodes in the circulated water tank.



25 cm で、上流下流2ヶ所に置かれた仕切網の間隔は約80 cmである。流速並びに水温は略一定に保ち夫々 7 ± 1 cm/sec., 12.6 ± 0.5 °C 程度に収めた。この仕切網の間の中へ魚を放つて移動尾数を測る訳であるが、中央の三列千鳥型配置電極が視覚による学習効

* 昭和28年3月14日、日本機械学会第559回講演会(水産機械部門)において発表。

果を生ずることを慮り、水槽内全面に亘つて電極と同様な銅線を似た配置で林立せしめた (偽似電極: false electrodes). 此等の銅線は直径が約 1.6 mm であつて互に 8 cm の間隔で水底に立て込まれてある。

測定値として中央電極帯を横切る魚の尾数を数えるだけでは疲労・水温水流の変化などに関与する魚の活潑さが介入して来るので、これを除くため次のように測定した。図の如く水槽内を上流側から等間隔に I・II・III・IV 区と 4 つに区分して考える。短時間おき (本実験ではすべて 10 sec. 毎) に各区内の存在尾数を読む。次の読みとの差をとれば各区の境界を横切つた尾数が出る訳である。

今、電気スクリーンの置かれた中央帯を横切る尾数を N 、これを横切らぬ尾数を N' とすれば、 N は I ~ III・I ~ III・II ~ III・II ~ III の両区間往復尾数の和であつて、電撃を感受しないか又は感受してもスクリーン効果を受けなかつたもの (この中には麻痺したまま水流で流されてしまう個体も含まれる) と見做される。 N' は I ~ II 間・III ~ IV 間を往復する尾数の和で示され、電撃を感受してスクリーン効果を受けたものと見做してよいであろう。そこで

$$\eta = N' / (N + N')$$

なる比率を考えれば、これは各区間を移動往復した総尾数のうち幾尾がスクリーン効果を受けたかという率を現わすことになる。この η をスクリーンの効果率と称する。

本実験では、動力用 60~200 Volt を水抵抗で降圧した正弦波交流の単相と三相、並びにそれをシグナルとして真空管装置より発生せしめた微分波パルス (60 Rhythm, 時間巾 4×10^{-4} sec.) の単相と三相、此等 4 種の電撃について、電圧 0 ~ 9 Volt 範囲内での効果率 η の変化を調べた。一連の測定は 20 min. に亘り 120 回の読みをとつてその総和の平均で η を求めて比較検討した。その処理では 1% 以下の危険率しか犯さない事が統計的に算定されている。

結果とその考察

試験結果を第 2 図に示した。縦軸には効果率 $\eta = N' / (N + N')$ をとり、横軸には極間電圧 V をとつて画いてある。

通電しない場合でも $\eta = 0$ とはならず、電撃感受の電圧までは $\eta = 30\%$ 一定に保たれている。一見奇異に感ぜられるが次のように考えたらこの事は氷解されよう。

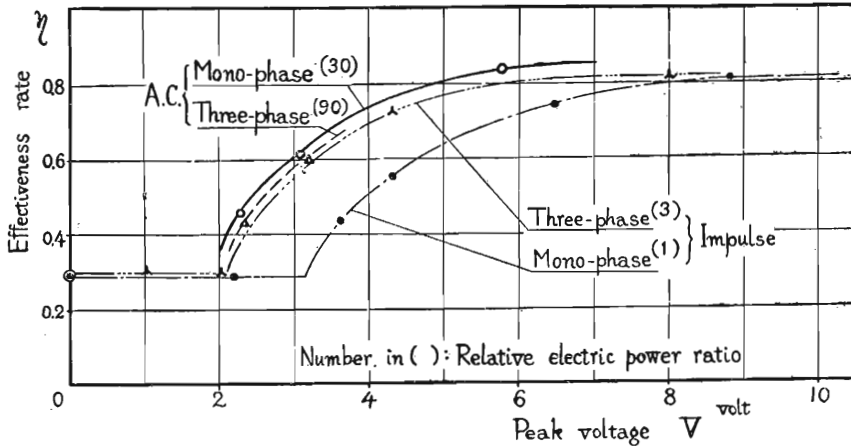
中央電極帯に電場を作らずに魚を自由游泳させる場合、上述の如く、 N 中に算入されるべき区間往復の仕方は 4 通り考えられ、 N' では 2 通り考えられるので、各区間往復が次々等しい頻度で生ずるならば、当然、効果率 η は

$$\eta = N' / (N + N') = (2) / (4 + 2) = 1/3$$

即ち、33% 程度となる事を予想されていたのである。実験値がこれより稍低く出たのは、魚の習性より見て I ~ III 区間の如き長い距離を連続泳ぐ方が短距離を往復するのよりも (特に林立した偽似電極のため方向転換にある程度の制限を受けたとも考えられるので) 泳ぎ易かつたからではなからうか。

正弦波交流の電撃では、3 倍の電力を要する三相スクリーンが、単相スクリーンと殆ど差が無く、むしろ効果の低い側に出ているのは面白い現象である。三相の場合、電場内の魚体に掛る電力は各相の Component を考えると略一定になるから、単相の場合より有

Fig 2. Effectiveness of the three- or mono-phase type electrodes in the electric fish screen.



利な効果を生じそうに思われるが、生物の受感度は逆方向から重畳される刺戟に対しては重畳されないで打ち消し合うものなので、こんな結果を生じたものであろう。

単相パルス電戟では、その時間巾がこの実験のように極めて短い (4×10^{-4} sec.) 場合、等電圧の正弦波よりも効果の低いことは、刺戟生理学的曲線 (所謂 “Weiss 曲線”³⁾) より考察して当然である。単相正弦波交流と比べ $\eta = 50\%$ を得るのに約 1.6 倍の電圧を以て足りるという結果は、その電力が $1/30$ で済む事とにらみ合わせると、むしろパルス電戟の有利さを示すものに他ならない。

三相パルス電戟スクリーンでは、単相よりも遙かに有利となり、交流正弦波の単相・三相の効果と殆ど等しくなっている。交流で単相と三相との差が少いの、パルス電戟では三相が単相よりも有効なのは、各相の電戟同志間に重畳が無いため刺戟の打ち消し合いが生じないからであると思われる。本来ならば単相と比べて 3 倍の電力を使うので、電圧の点では約 $1/\sqrt{3} \doteq 58\%$ 程度で済むものと予想されたのであるが、実験の結果は単相の約 70% の電圧を要することを示している。これは折角重畳しないように分離されたパルスも 1 cycle 間に三度の波が出現するのでは、魚体に 180 rhythm の刺戟として与えられる事になるからであろう。

そもそも、生体刺戟反応では絶対不応期^{*)} が略 0.001 sec. といわれ⁴⁾、比較的不応期^{*)} は 0.03 sec. に及ぶと考えられているのであるから、180 rhythm では刺戟間隔 0.005 sec. となつて不応期に没入し、パルスのうちの幾分かは刺戟反応を惹き起さない事が多分に生ずるのであろう。全パルスのうち $2/3$ だけ刺戟に役立つものとするならば、上述 $1/\sqrt{3}$ は $1/\sqrt{2} \doteq 70\%$ に置き換えられてうなづける値となる。

絶対不応期 0.001 sec., 比較的不応期 0.03 sec. という値が、そのまま魚体刺戟でも言われるならば、330 rhythm より多頻度の三相パルスは単相の場合と効果が等しくなつてし

* Absolute refractory period : 2つの刺戟の時間々隔が短か過ぎて第2の刺戟が反応を生じ得ない程度の時間。

* Relative refractory period : 2つの刺戟が明確には分離受感出来ない時隔。

まうことになるし、又逆に 11 rhythm 迄頻度を下げなければ、単相パルス電圧の $1/\sqrt{3} \approx 58\%$ で等効果を持つには至らないということにもなる。パルスの時間巾一定のままで頻度を下げて毎秒 11 rhythm (三相で 33 rhythm) にした時、 $\eta = 50\%$ を生ずべき電圧は交流の約 90% で済み、所要電力は単相交流と比べても、本結果の 1/10 より更に縮減されて約 1/60 になる筈である。以上は、低周波衝撃電力を活用すべき事の提唱された⁵⁾理由の一つである。尤も、刺戟頻度を低く採り過ぎても三相スクリーンの効果が上る訳ではなく、むしろ $(z:ta) - Point^6)$ との関係より効果は下るものと思われる。

結 び

本実験によつて、交流の三相スクリーンは単相と殆ど等しい効果を生ずるので、電力的には単相より不利となるが、パルス電載の三相スクリーンはその単相のものより高い効果を持つ、という事を確め得た。用いたパルスの時間巾は 4×10^{-4} sec. であるが、殆ど等しい電力で同等な感電効果を与えるのに 4×10^{-5} sec. 程度まで時間巾を狭め得る事が判つて⁷⁾いるから、上述の所要電力は更に縮減の可能性を持つものと思われる。電気漁網は淡水のみならず、瀛水中でも海水中でも、活用出来ると主張する所以である。

本研究は昭和 27 年度文部省科学研究費並びに試験研究費の一部を以てなされた。三相パルス発生機の組立調整は馬場氏に、実験の遂行は中山君に負う所が多かつた。各位に対してここに深甚の謝意を表する次第である。

Résumé

The author recognized that in the electric fish-screen by the alternative current (60~, sine wave) the effect of the three-phase type electrodes was equal to that of the mono-phase, so that the three-phase type was inferior in the saving electric power to the mono-phase one; and that in the electric fish-screen by the shock wave (60 rhythm, 4×10^{-4} sec. impulse) the effect of the three-phase type electrodes was far better than the one of the mono-phase.

In the result, it was confirmed that although the electric fish-screen by the three-phase shock wave was almost equal in point of effectiveness to the electric one by the three- or mono-phase sine wave a.c., the former was superior excellently in the saving of electric power to the latter.

文 献

- 1) 最近の国内例：北海道電力株式会社，洞爺湖畔壯瞥・虻田両発電所取入口（昭24～昭27）
- 2) Mc Millan and Barnett：基礎研究（1934～1935）
Mc Millan and Everest：南オレゴン州で実用試験（1936）
〔H.B. Holmes：Special Sci. Report No.53, F. & W. Service U.S. (Jun. 1948)〕
- 3) G. Weiss：Compt. rend. Soci. de Biol., Paris, 53, P. 253,400,466 (1901)
- 4) S. W. Kuffler：Jour. of Neurophysiologie, 5, p. 199～209 (1941)
- 5) 黒木：日本水産学会誌，16 卷 4 号（昭25）
- 6) 黒木：同上
福山：日本生理学会年次大会講演発表（昭28.4.1）
- 7) 黒木：日本水産学会誌，18 卷 1 号（昭27）