

# 電 気 漁 網 の 研 究

## (第 VI 報) 水中の魚体に掛る電力について

黒 木 敏 郎・中 馬 三 千 雄

Study on the Electric Fishing-net  
VI. About the Electric-power on the Fish-body in the Water

Toshirō KURCKI, Michio CHUMAN

### 序

淡水又は海水中に魚体が在る時には、周囲の水の比抵抗と魚体の綜合比抵抗との間に甚しい差があるために魚体附近の電位線・電流線に乱れの生ずることは容易に想像される所である。筆者等は既に前報<sup>(1)</sup>に於てこれに論及した。また岡田<sup>(2)</sup>、W. Holzer<sup>(3)</sup>の諸氏も魚体にかかる電圧や電流に関して多くの実験や深い考察を行つている。

然るに、魚体の麻痺には電力が関係するという実験的事実<sup>(4)</sup>に立つてこれを取扱つた例は少いようである。筆者等は淡水及び海水中に魚を置いて体附近の電位線分布の偏位を精密に測定し得たので、その結果に基いて若干の考察を行つてみたいと思う。

### 実験方法並びに結果

淡水魚としては全長 20.3cm のコイを用い、強麻痺せしめて運動不可能な状態の下に水槽中に静置して測定した。海水魚としては釣上げて(氷藏)後約 30 時間経過した全長 38cm のサバを同一水槽の海水中に静置して行つた。

水槽の水深・巾・長さは 6cm×10cm×46cm で、長さの方向に平行な電流線が生ずる如く両端に銅電極板を向い合せて置いてある。極間には毎秒 20 リズム・時間巾約 0.0002 秒・200 volts の実用低周波衝戟電流を流す。電位線測定は Kohlrausch bridge 方式によつてレシーバーで行つた。測定針の尖点としては径 0.3mm の銅線端を用いたが、その測定精度は誤差が ±0.5mm 以内に収まる程良好であつた。測定の水温は何れも 24°C である。

淡水(比抵抗 4200Ω・cm)中にコイを入れた場合、電気的実効体長に相当する長さ 9cm の間隔であつた等電位線が 12cm に拡がつた。これは実効体長が約 75% に短縮された結果と等価である。実効体巾 2.4cm 相当の電流線間隔は約 2.0cm に収縮し、体深方向でも 3.8cm より 3.2cm に縮まるので、電流線の点から見れば実効断面積が約 143% に増大した結果と等価である。

海水(比抵抗 17.3Ω・cm)中にサバを入れると逆に実効体長は約 105% に伸長したものと見做し得る結果となり、又実効断面積は約 81% に縮小するのと等価に取扱はれる結果となつた。

考 察

以上の実験結果に基いて淡水中と海水中とでの魚体麻痺電力を比較検討してみよう。

今 a 図のように、均一な電位分布・均一な電流密度の電場を考える。これは電極間隔大なる場合や対向平面電極を用いる場合などで極間中点附近に生ずる電場と近似な理想電場である。以下魚体が電流の方向に平行に置かれた場合のみを論ずるが、有角（直角を含む）位置の場合も数値を補正すれば人体同様の取扱いが出来るから本報にはこれを省略する。

図の如き電場で、周囲の水と等しい電気伝導度の紡錘魚型（a 図中の実線）が置かれたと仮想すれば、この魚形の電気的有效長さを  $l_0$ 、有效断面積を  $S_0$  とした時、これに掛る電力  $W_0$  は

$$W_0 = v_0 l_0 \times \gamma_0 S_0 \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

但し、 $v_0$  は電位傾度、 $\gamma_0$  は電流密度である。

実際水中に魚体を置けば等電位線や電流密度に乱れを生ずる。これは魚体の総合比抵抗が淡水の比抵抗（4,000~10,000  $\Omega \cdot \text{cm}$ 、鹿児島市水道水約 7,000  $\Omega \cdot \text{cm}$ ）とも海水の比抵抗（約 17  $\Omega \cdot \text{cm}$ ）とも異なっているから当然であつて、乱れの傾向は b 図・c 図に示す如く淡水と海水とで反対に現れてくる。

淡 水 の 場 合

魚体を置く前の乱れない時の電位傾度を  $v$ 、魚体内の平均電流密度を  $\gamma$  とすれば、魚体に掛る電力  $W$  は ① 式と同様に考えて

$$W = v l \times \gamma S$$

然るに事実上電位線が拡げられるので有効長さは  $k_1 l$  に短縮したのと等価に考えられ、電流線は魚体へひかれるので有効断面積は  $k_2 S$  に拡大されたと同様に考えられる（a 図鎖線）。従つて實際上魚体に掛る電力は次式のように修正されるべきである。

$$W = k_1 \cdot v \cdot l \times k_2 \cdot \gamma \cdot S \quad (k_1 < 1, k_2 > 1) \dots\dots\dots \textcircled{2}$$

一般に同一種の成魚について言えば、魚体長が大なる程体巾・体深共に略々比例して大きくなるものと考えられるから

$$S = c l^2 \quad \therefore W = k_1 \cdot k_2 \cdot c \cdot v \cdot \gamma \cdot l^3 \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

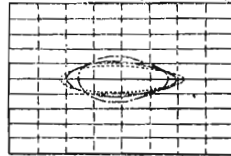
海 水 の 場 合

上と反対に、電位有效長さが伸長し、電流密度に関する有効断面積が縮小すると考えられるので（a 図点線）、すべての文字に肩符号'をつけて淡水の場合に準ずれば

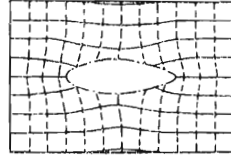
$$W' = k'_1 \cdot k'_2 \cdot c' \cdot v' \cdot \gamma' \cdot l'^3 \quad (k'_1 > 1, k'_2 < 1) \dots\dots\dots \textcircled{4}$$

Illustrations of the Electric Power on the Fish-body.

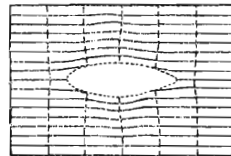
a. The models of equivalent shapes.



b. The case in the fresh-water.



c. The case in the sea-water.



— : Electric current line.  
- - - : Equi-potential line

③, ④式より何れの場合でも次のことがいわれる。「魚体に掛る電力は体長の略々3割に比例する。」低周波衝戟電力による麻痺が筋肉・神経・両者の接合点などの機能停止によるものならば<sup>(5)</sup>, 成熟した魚体では魚型の大小に拘らず一尾当り所要麻痺電力が略々一定なることが推論されている<sup>(4)</sup>ことから考えて, 体長の大なる程水中の魚類が強く麻痺する事実をよく説明することが出来る。これが電戟漁法における幼魚保護の方策に直結することも無論である。

具体的計算例

上述kの値は, コイについては  $k_1=0.75, k_2=1.43 \therefore k_1k_2=1.07$  であり, サバについては  $k'_1=1.05, k'_2=0.81 \therefore k'_1k'_2=0.85$  である。

Table. Values of  $C=S/l^2$

Fresh-water fish	コ	イ	<i>Cyprinus carpio</i>	0.047
Sea-water fish	サ	バ	<i>Scomber tapeinocephalus</i>	0.035
	マ	グ	<i>Thunnus orientalis</i>	0.038
	カ	ジ	<i>Marlina marlina</i>	0.020
		ナ	ガレフカ	<i>Carcharinus sp.</i>

cの値は実測の結果表の如くなつた。即ちコイとサバの関係では  $c'=0.75c$

となる。  
淡水の電流密度  $\gamma_0$  と海水の電流密度  $\gamma'_0$  との比は  $\gamma_0:\gamma'_0 \approx 1:350$

の程度であるが、これ

は必ずしも淡水魚体内の電流密度  $\gamma$  と海水魚体内の電流密度  $\gamma'$  との比に一致する訳ではなく、一方両魚体内の成分が電氣的に全く類似していたとしても  $\gamma=\gamma'$  になるとも限らない。これは生物体が所謂2次導体であるからと思われる。空气中で測定した淡水魚肉と海水魚肉の間には比電気伝導度の差を認め得ないのに拘らず、淡水中の淡水魚体に流れた電流と海水中の海水魚体内に流れた電流との間には、等電位傾度を用いた場合でも大きな差異を観察することが出来た。魚肉のみの比伝度測定結果と淡水中へ食塩を少量づつ混入して比伝導度を増加させて行つた場合の実験結果とから推定すれば、等電位傾度 ( $v_0=v'_0$  or  $v=v'$ ) の下では次のような値が得られる。

$$\gamma = 15\gamma_0, \gamma' = 0.25\gamma'_0 \quad \text{ここで } \gamma'_0 = 350\gamma_0 \therefore \gamma' = 88\gamma_0$$

今、等長 ( $l=1'$ ) の魚体に掛る電力を比較すれば ③, ④式より

$$\frac{W}{W'} = \frac{1.07 \times v_0 \times 15\gamma_0 \times c \times l^3}{0.85 \times v'_0 \times 88\gamma_0 \times 0.75c \times l^3} = \frac{1}{3.5}$$

即ち海水魚に掛る電力は淡水魚の3倍半に及ぶ。両方の魚が等電力で麻痺するものとして考えれば、電位傾度の点では海水の方が淡水と比べて  $1/\sqrt{3.5}$  だけ有利に見えるけれども、電力としては結局100倍も注ぎ込まなくては海水中の効果が淡水に及ばないことを知る。

結 び

以上の考察によつて淡水中での実験結果を海水中へ適用する際の換算資料が得られた。

又、小魚より大魚の方が低電力で麻痺するという「電戦の幼魚保護律」とも称すべき現象が解明された訳である。勿論魚種により耐電性に違いがあり、海洋での使用電極はその電場の広さに比して点としか見られないという電力的不利さもあるけれども、これらについては魚種ごと・電極ごとの実験研究を将来推進することとし、電気漁法実用化に必要な不可欠な電源設計上の要点を本試験で摘出し得たものとしてここに所論を発表した。

本研究は昭和 26 年度文部省科学研究費・同科学試験研究補助金の一部をもつてなされた。附記して関係者各位に深甚の謝意を表する次第である。

### Résumé

In this test, the authors experimented to measure the distributions of the equi-potential lines which were disturbed by the existence of a fish-body in the aquarium.

The results of the test and the discussion about them are condensed to the two essential points as follow:

a) The electric power which is put into the fish-body is in proportion to the cubic of its body-length. This is the most profitable condition to the conservation of small fish or larvæ in the electric fisheries.

b) In the same conditions, the inclination of the electric field in which the sea-water fish are paralyzed is about a half of the one in which the fresh-water fish are done.

This fact means that the out-puts of pulse generators in the sea have to be about one hundred times of the ones in the fresh-water.

These data are very useful to design the pulse-generators for the marine electric fisheries.

### 文 献

- (1) 黒木・中馬：鹿大水産，研究報告 第1巻（昭，25）
- (2) 岡田：水産講習所報告 24巻2号（昭，4）
- (3) W. Holzer：Pflüger Archiv Ph. Bd. 229（1932），232（1933）.
- (4) 黒木：日本水産学会誌 18巻9号（昭，28）掲載予定.
- (5) 黒木：日本水産学会誌 17巻11号（昭，27） “ ” .