

低周波衝撃電力による海洋漁法の實用化研究

第 I 報 魚体の電気抵抗について

黒木敏郎・中馬三千雄

Study on the Practicality of New Fisheries by
Low Frequency Electric-shocks.

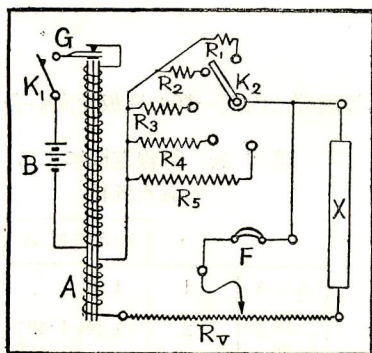
I. About the Electric Resistance in Fish Bodies.

Toshiro KUROKI and Michio CHUMAN

緒言

電気を直接海中に通じ、魚体を麻痺せしめてこれを捕獲しようとする漁法で先づ問題になるのは魚体の電気抵抗である。筆者は低周波衝撃電力を利用せる海洋での漁法を、まづ延縄漁業におけるサメの捕殺について実施した。これに先立ち数種の魚に関して電気抵抗を測定し若干の知見を得たのでこれをまとめて一報となす次第である。

第一図



装置並に測定対象

測定装置 抵抗測定には分極を慮つて、蓄電池より振動板で交流を生ぜしめ Kohlrausch bridge type の装置としてこれを利用した。その電氣的配

- A: 変圧兼振動用コイル, B: 6 Volt 蓄電池
- K₁: 主スイッチ, K₂: 抵抗切換スイッチ
- G: 振動板, F: レシーバー, X: 未知抵抗
- R₁: 基準抵抗 13.6 Ω, R₂: 同 97 Ω
- R₃: 同 10240 Ω, R₄: 同 10 KΩ, R₅: 同 1MΩ
- R_V: 摺動釣合抵抗 (ニクロム細線).

第 1 表 使用電極

名 稱	符 号	形 状	材 質	実効面積 cm ²	附 属 電 纜	
					長さ (m),	被覆, 撚本数 (径)
銅 線	A	径 1.25 線	銅	23 (2)*	5, 赤 ゴ ム,	7 本 (0.32)
投 り も	B	矢 先 型	鋼	40	29, 黒 ゴ ム と 綿,	26 本 (0.16)
竿 り も	C	尖 棒 型	鉄	22	13, 黒 ゴ ム,	19 本 (0.32)
手 鈎	D	鈎 型	鉄	68	10, 黒 ゴ ム,	19 本 (0.32)
アース板	E	楕 円 板	真 鍮	4900	7, 黒 ゴ ム,	19 本 (0.32)

* () 内はサバの場合に用いた電極面積。

本試験研究の協同研究者は次の 5 名である。

鹿児島大学水産専門学校教授関口寿之助・同黒木敏郎・同新潮丸船長盛田友弼, 鹿児島大学文理
学部助教授中村末男, 鹿児島科学工業会社技師中馬三千雄。

線を第1図に示す。電極としては銅線・鉛・鈎・板等種々なものを用いた。これを第1表に掲げる。

電極に附属せる電線の抵抗は、最も長い電線を使用した投鉛(B)の場合でも、接続部の接触抵抗を含めても 0.7Ω 以下であるから無視しても構わないと思われる。

測定の対象 電気抵抗としては先づ海水そのものから測定されねばならない。魚体としてはサバ(氷藏8時間後海水温度まで戻したもの)を除きすべて釣上げ直後乃至30分以内に測定した。

魚種並にその体長は第2表の通りである。

第2表 測定魚種

魚	種	魚体の大きさ cm (全長)×(体深)×(体巾)	使用電極
ゴマサバ	<i>Scomber tapeinocephalus</i>	37×(640)*	A—A
シイラ	<i>Coryphaena hippurus</i>	150×21×7	B—D, E
カマスサワラ	<i>Acanthocybium solandri</i>	113×14×10	B—D, E
ナガレフカ	(不詳)	224×34×20	C—D
ヨシキリ	<i>Prionace glauca</i>	290×38×16	C—D
メバチ	<i>Parathunnus sibi</i>	190×43×32	C—D

* () 内は重量をグラムで示してある。

測定方法並に結果

海水の場合 内径2cm長さ10cmのガラス管両端に内径一杯の極板を向い合せて測ると、その抵抗は 15°C の海水で 55Ω を示した。すなわち比抵抗は約 $17\Omega\cdot\text{cm}$ である。

直径1.25mm長さ52cm(実効面積約 23cm^2)の銅線(A)で、海水温 19.7°C 水深約7mの海中電気抵抗を測定したところ第3表の如き結果を得た。但し測定は各4回行い、その平均値を示してある。

実用漁具電極(第1表: B, C, D, E)によつて水深約25mの海岸並に水深約25mの沖合で測定せる結果を第4表に示す。この時の表層水温はいづれも 20°C である。

サバの場合 電極としては直径1.25mmのエナメル被覆銅線の先端約5cmを裸出せしめて使用した。従つて実効面積は約 2cm^2 である。魚体を木製水桶に入れて海水中又は体内へ電極を挿入した場合と、空中で濡れたまゝの魚体内に電極を挿入した場合と、体表面の乾いた状態で電極を体内に挿入した場合と、三つの場合につき電気抵抗を測

第3表 銅線電極による海水抵抗

		海水抵抗 Ω
A—A	1	1.44
極間	2	1.58(1.48)*
隔	4	1.62
(m)	5	1.69

[註] 銅線は海中に垂直でその上端を海面に置く。

* () は上端水深1mの場合。

定した。桶内の海水中で測つた際の魚体内温度は水温とほぼ等しく 22~23°C であり, 空中で測つた時の魚体内温度は 24°C であつた。測定の結果は第 5 表(脚註)の通りである。

第 4 表 漁具電極による海水抵抗

測定場所 (海底迄の深さ)	極 間 隔 m	極 符 号 (第 1 表)	水 深 m	海 水 抵 抗 Ω
海 岸 (2 m)	10	B	3	1.5
		E	3	
	10	B	3	1.8
		D	2	
	4	C	2	5.7
		E	3	
沖 合 (25 m)	5	B	1	1.4
		E	2	
	5	B	5	1.5
		E	2	
	5	B	1	1.2
		D	0	
	5	C	2	5.0
		D	0	
	5	C	2	4.2
		E	2	

第 5 表 サバ魚体の電気抵抗

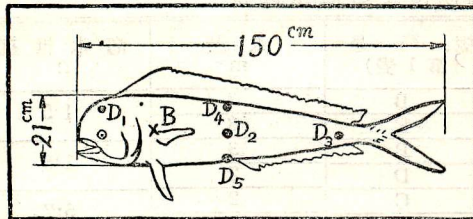
場 所 (条 件)	測 定 部 位 (近 い 部 位)	極 間 隔 cm (最短)	電 気 抵 抗 Ω	備 考
水 桶 内 (A-A) (海水中)	体外(頭)—体外(尾)	37	12.0	胴体内電極は体軸に垂直
	口 腔—体 外 (尾)	37 (32)	18.2	
	口 腔—排 泄 孔	21 (11)	55.4	
	口 腔—胴 体	15 (10)	66.3	
	口 腔—尾 体	28 (18)	91.5	
	体 外 (頭)—尾 体	28 (23)	71.7	
	体 外 (頭)—胴 体	15	54.4	
空 気 中 (A-A) (表皮濡)	口 腔—胴 体	15 (10)	148	胴体同上 (以下同)
	口 腔—尾 体	28 (10)	151	
	口 腔—排 泄 孔	21 (11)	95.5	
	尾 体—胴 体	13 (8)	162	
	尾 体—尾 体	1.5	69.3	
	胴 体—背 表皮	3	421*	
	胴 体—腹 表皮	3.5	162*	
空 気 中 (A-A) (表皮乾)	口 腔—尾 体	28 (18)	182	} 体外表皮に電極を接触。
	口 腔—排 泄 孔	21.5(11.5)	105.3	
	胴 体—背 表皮	3	463*	
	胴 体—腹 表皮	3.5	223*	
	尾 体—胴 体	13 (8)	191	
	尾 体—尾 体	1.5	72.3	

* 電極と表皮との接触面積は約 2~3 mm² である。特に示した場合以外両電極は体軸に平行である。

【註】 第 3 表・第 5 表は鹿児島大学水産学部練習船準人丸船上で測定したものである。

シイラの場合 海中での魚体抵抗は口腔に突刺した鉾 (B) と魚体から約 7 m の距離に浸した手鉤 (D) との間で測つた。この時の水温は 24.4°C である。

第二図



第6表 海中でのシイラ 魚体の電気抵抗

条件	魚体位置	電気抵抗 Ω
海中 (B-D) (口腔-海)	全身海中投入	5.1
	半身海中	41
	尾部浸漬	111

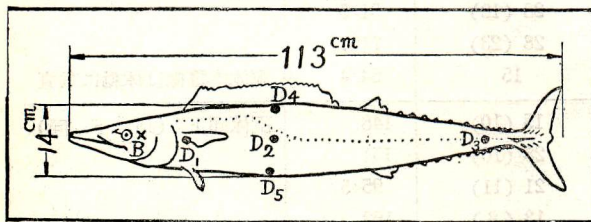
甲板上では鉾を体側 (第2図 B点) に突刺しそれと同じ側の他の5点 (同図 D₁₋₅) に手鉤の先を約 0.5 cm 刺込んで測つた。この時の魚体温は大気温と等しく 27°C であつた。

第7表 空中でのシイラ魚体の電気抵抗

条件	電極位置 (部位)	電極間隔 cm	電気抵抗 Ω
空气中 (B-D) (甲板上) 27°C	B (胸) - D ₁ (頭)	22	104
	〃 - D ₂ (側)	30	82
	〃 - D ₃ (尾)	73	162
	〃 - D ₄ (背)	30	62
	〃 - D ₅ (腹)	31	80

サワラの場合 シイラの場合と同様にして海中での魚体抵抗を測つた。この時の水温も 24.4°C である。結果を第8表に示す。

第三図



第8表 海中でのサワラ魚体 電気抵抗

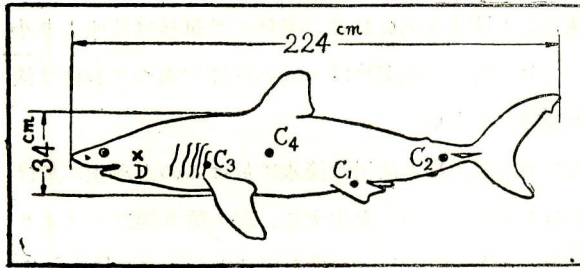
条件	魚体位置	電気抵抗 Ω
海中 (B-D) (口腔-海)	全身海中投入	5.3
	半身海中	50
	尾部浸漬	275

体各部の電気抵抗はシイラの場合と異なり鉾先を口腔深く刺込み、体の各点 (第3図 D₁₋₅) との間で測つた。

第9表 空中でのサワラ魚体の電気抵抗

条件	電極位置 (部位)	電極間隔 cm	電気抵抗 Ω
空气中 (B-D) (甲板上) 27°C	B (頭) - D ₁ (胸)	10	187
	〃 - D ₂ (側)	30	209
	〃 - D ₃ (尾)	79	717
	〃 - D ₄ (背)	32	358
	〃 - D ₅ (腹)	31	198

第 四 図



フカの場合 皮膚の生乾きになつた状態で手鉤 (D) を口腔に挿入し、体の4つの部位 (第4図 C₁₋₄) に竿鉾を刺し込んで測つた結果を第10表に示す。

第 10 表 フカ魚体各部の電気抵抗

条 件	電 極 位 置 (部 位)	電 極 間 隔 cm	電 気 抵 抗 Ω
空气中 (C-D 甲板上) 27.5°C	C ₁ (排泄孔) — D (口)	100	46.8
	C ₂ (尾 体) — //	142	98.5
	C ₃ (第5エラ孔) — //	29	87.6
	C ₄ (体 側) — //	60	26.1

其の他の場合 皮膚生乾きの状態に於て口腔と排泄孔との間の電気抵抗を測定した。水温 24.6°C の海中より釣り上げて気温 25°C の甲板上で 10 分以内に実施したから体温も 25°C 位であると思われる。その結果を第 11 表に示す。(脚注)

第 11 表 ヨシキリ・メバチの電気抵抗

魚 種	電 極		電 極 間 隔 cm	電 気 抵 抗 Ω	備 考
	口 腔	排 泄 孔			
ヨシキリ	C	D	130	31.5	微かに生きている。
メバチ	D	C	103	48.5	内臓除去の直後。

考 察

海水の電気抵抗について 海水の比抵抗に前述の如く 15°C で約 17 Ω-cm であつて、河水 (例えば鹿児島市新川で 16°C に於て約 1150 Ω-cm)、井戸水 (17°C で約 3200 Ω-cm)⁽¹⁾、水道水 (14°C で約 4200 Ω-cm) などと比べて遙かに低く其等の 1/100 ~ 1/1000 程度である。従つて等電圧を得るには海水中では淡水の 100 倍乃至 1000 倍の電流を要することになる。

又海水中の電気抵抗は電極を変えなければ極間隔に僅かしか影響されない。その程度は距離が 4~5 倍になつても漸く 13~17% の抵抗増加程度にすぎない。そこで、海中で電気スクリーンとして活用するには、所望の電位勾配が如何なる電極配置によつて得られるかを、電位分布の精密測定調査などにより充分検討する必要がある。

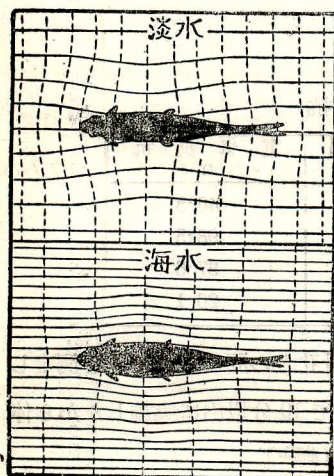
魚体の電気抵抗について 第 5 表で推定されるように魚体の総合比抵抗は海水の

〔註〕 第 6 表~第 11 表は練習船新潮丸上にて測定せるものである。

比抵抗より大きいと考へられる。

一方淡水中に魚体を入れると抵抗の減ること⁽²⁾より考えれば、魚体の比抵抗は淡水より小さい筈である。食用となる肉部にのみついて言えば約 $200\Omega\text{-cm}$ の程度であつて魚体は淡水と海水との中間の比抵抗を有すると見做してよい。

第五図



実線=電流線を示す。
点線=等電位線を示す。

そこで電気漁網の活用は淡水に於けるのと海水に於けるのでは若干の差を生ずる。即ち第5図に示すように等しい体長に等しい電圧を掛けようとする場合、海水中での電位勾配は淡水中の勾配よりも緩やかで足りることになる。これは一見電力上有利の様に見える。

しかし広い海中では第3,4表に示す如く電極間抵抗が僅かに $1\sim 2\Omega$ の程度であり、且前項で指摘したように極間隔を増しても抵抗に大した変化を生じないのであるから、大型の魚体が極間に在つても抵抗の増加は殆ど無いものと思われる。従つて海中で大電力を必要とする程度は依然として変らないものと言ひ得る。

電極を体内に突刺した場合の魚体の抵抗に関しては次の様なことを知つた。

◎魚体が海中にある時には体内の電極位置から海水即ち皮膚までの最短距離部によつて抵抗が左右される。大型魚で鰓を電極とする場合には、体全部が没入している時約 5Ω 程度、半身を海面より釣り上げた姿勢では 50Ω 程度である。

◎硬骨を隔てると電気抵抗は甚だ大となるが軟骨の場合はそれ程でもなく殆ど肉部の抵抗と大差がないように見える。

◎海産魚に関する限りでは皮膚の電気抵抗が肉部のよりも小さいように見える。それが表皮自体の電気の本質なのか、海水中の塩分の影響であるのかは今後の実験にまたなければつきりとしなない。

摘 要

本試験の結果を要約すれば次の通りである。

1. 海中の電気抵抗は数オームの程度であり比抵抗が約 $17\Omega\text{-cm}$ に過ぎないから、淡水で行う電気漁網の活用よりも遙かに大きな電力を必要とする。
2. 海中の電気抵抗は極間隔に余り影響されないから、電気漁網の電極配置には深甚の注意を要する。
3. 魚体比抵抗が海水より大であることは広い海中では電力上それ程有利になるとは

思われぬ。

4. 魚体の海水中での抵抗は、体内電極から表皮（海水）迄の最短距離により、鋸使用の場合は 5Ω 程度である。

5. 肉部と比べて、硬骨は電気抵抗大であるが軟骨はそれ程でもなく皮膚はかえつて小であるように思われる。

本試験は文部省より昭和 25 年度科学試験研究費の補助をうけ、鹿児島大学水産学部練習船新潮丸（昭和 25 年 6 月 6 日～17 日）、同隼人丸（昭和 25 年 5 月 5 日～8 日）に乗船、西南海域に於て実施したものである。こゝに関係者各位の御援助・御協力に対して深甚の謝意を表する次第である。

Résumé

In this report the author describes about the fluctuation of the electric resistances in fishes induced by the various couples of electrodes and by the distances between them; the ultimate clarification of that fluctuation is necessary to the utilization of fish-screen.

The expense of this work was partly defrayed by a grant in Aid for Developmental Scientific Research of the Department of Education, to which the author expresses his cordial thanks.

文 献

- (1) 黒木敏郎：電気漁網の研究（第 I 報） 水産学会誌、16 卷、4 号。（1950）
 (2) 同：同（第 2 報） 水産学会誌、16 卷、11 号。掲載予定

