

陸棚斜面漁場における漁具の基礎的研究—III

離底曳き網の模型実験

不破 茂*・肥後伸夫*

Foundamental Study of the Fishing Gear at the Ocean Grounds in Extra-Shelf Regions—III

Model Experiments of Sea Slater Net

Shigeru Fuwa* and Nobio Hirgo*

Abstract

Field experiments were discussed in previous reports, this time authors plan to discuss on the gear efficiency of sea slater net, basing on the physical characters of net. Authors carried out model experiments and investigated them, comparing physical character of ordinary net with that of sea slater net. Results obtained in this study are summarized as follows;

(1) In ordinary towing condition, height of two types of net were 3.2~2.3 m on ordinary net and 3.4~2.4 m on sea slater net respectively. Gap-height of sea slater net was about 10% less than that of ordinary net. And then the fact estimated that it originated that the friction of bottom could be neglected on the experiment in the circular tank.

(2) The following were obtained as an empirical equation within the limits of this experiment. The example shows the case of 7.6 m of wing distance.

Height of net mouth

$$h = 6.59e^{-0.54V} \quad \text{Ordinary net}$$

$$h = 7.32e^{-0.62V} \quad \text{Sea slater net}$$

Resistance of net

$$R = 560.2V^{1.75} \quad \text{Ordinary net}$$

$$R = 708.0V^{1.23} \quad \text{Sea slater net}$$

(4) The shape of chain were analyzed as an equilibrium of three forces acting on the unit length of chain, parale to it, normal to it and the gravity and then compared it with experimental values. The results were in approximate agreement with the experiment.

既報^{1),2),3)}では離底曳き網を曳網して検討を加えてきたが今回は離底曳き網の漁具性能について検討を加えるために網漁具及び離底装置であるチェーン形状について模型実験を行ったのでその結果及び二、三の知見について報告する。

* 鹿児島大学水産学部漁具学研究室 Laboratory of Fishing Gear, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, Japan.

結果及び考察

(1) 網口高さ

両網ともに網口高さ (h) と曳網速力 (V) との関係は指数関数 $h = h'e^{mV}$ として表わされる。ここで網口高さの低下率 m は両者略同じ値を示しており通常曳網状態の値は、普通網 3.2~2.3 m, 離底曳き網 3.4~2.3 m となっている。離底高さは曳網速力, 袖先間隔には無関係に略一定の値を示しており高速曳網時においても離底装置は有効であった。離底曳き網では網

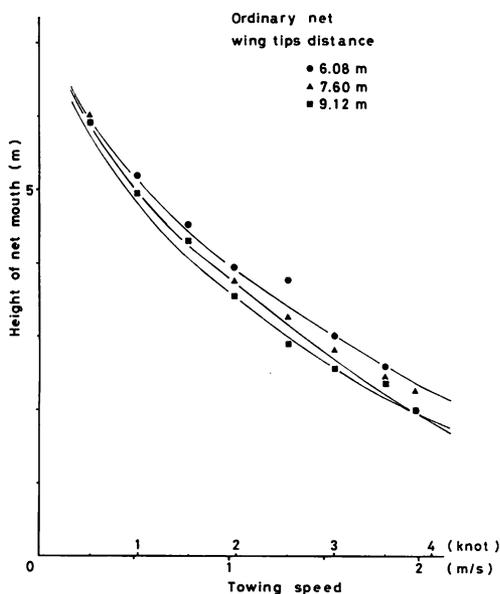


Fig. 2. Relationship between the towing speed and the height of net mouth on Ordinary net.

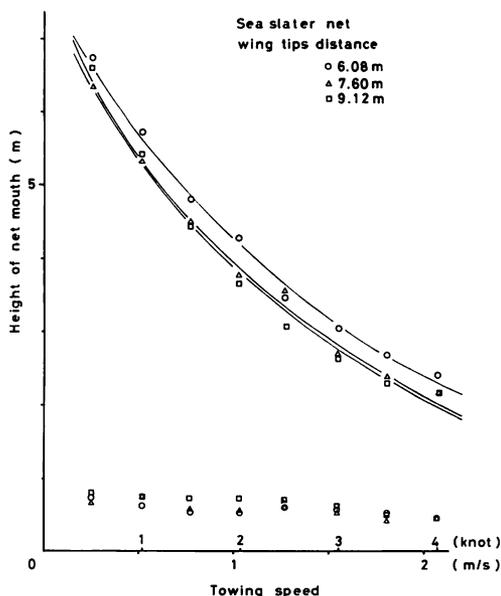


Fig. 3. Relationship between the towing speed and the height of net mouth on Sea slater net.

Table 2. Values of h' and m in the equation between the net-height and the towing speed of ordinary net.

Distance*	6.08	7.60	9.12
h'	6.87	6.59	6.56
m	-0.54	-0.54	-0.60

*: Distance between both wing tips (m)

Table 3. Values of h' and m in the equation between the net-height and the towing speed of sea slater net.

Distance*	6.08	7.60	9.12
Net-height			
h'	7.59	7.32	7.12
m	-0.58	-0.62	-0.62
Gap-height			
h'	6.92	6.62	6.47
m	-0.65	-0.69	-0.73

*: Distance between both wing tips (m)

口の開口部高さ（ヘッドロープとグランドロープの間隙）は普通網よりも約10～15%少ないという結果が得られた。これは回流水槽の実験においては、網を設置して流速を与えるため、チェンの接地部分に作用する海底との摩擦抵抗を無視せざるをえず網下面が相対的に吹き上げられた結果と考えられる。

(2) 網成り

曳網速度の増加による網口形状の変化は両網とも略同じ傾向を示し、低速時には網口部分が突出した形状であるが増速に伴って側方へ十分展開した形状へと移行してゆく。離底曳き網では前述のような理由により、普通網に比較して網下部の展開が十分でない。前面よりみた網の形状の変化を Fig. 4 に示す。

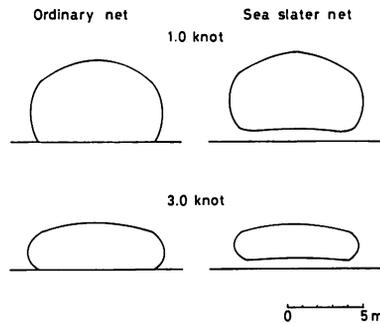


Fig. 4. Comparative figure about the net shape, frontal view of it at lower towing speed and ordinary towing speed.

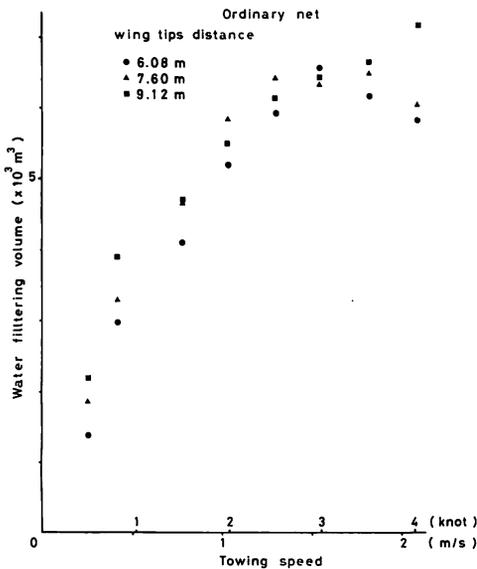


Fig. 5. Relationship between the towing speed and the water filtering volume of Ordinary net.

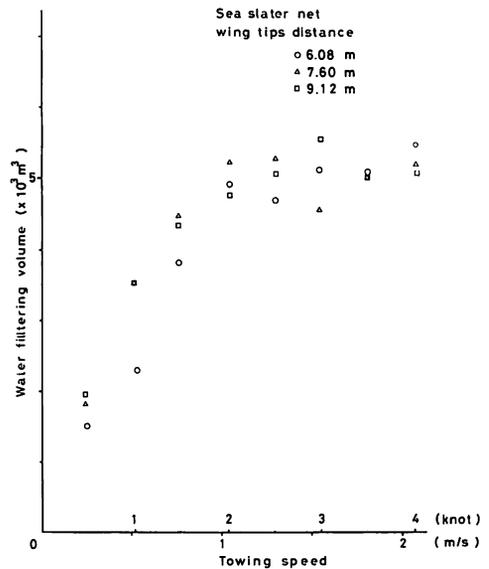


Fig. 6. Relationship between the towing speed and the water filtering volume of Sea slater net.

(3) 曳網汙過容積

曳網汙過容積は両網ともに増速に伴って単調的に増加してゆくがある速度以上になると停滞する傾向にありその速度は夫々普通網で約 3.5 knot, 離底曳き網では約 3.0 knot となる. 通常曳網状態における値を比較すると離底曳き網では普通網の約80%となっている.

(4) 網抵抗

網にかかる流水抵抗は両網ともに袖先間隔の広いほどまた曳網速度の速いほど大きくなる. 両網の値はほぼ同じでありいずれも抵抗の一般式 $R=kV^n$ として表わされる. 離底曳き網の n の値は底曳網の平均的な値よりも小さくなっている. これは網下部が吹き上げられたために網口形状の変型度合が大きくなったことに起因するものと考えられる.

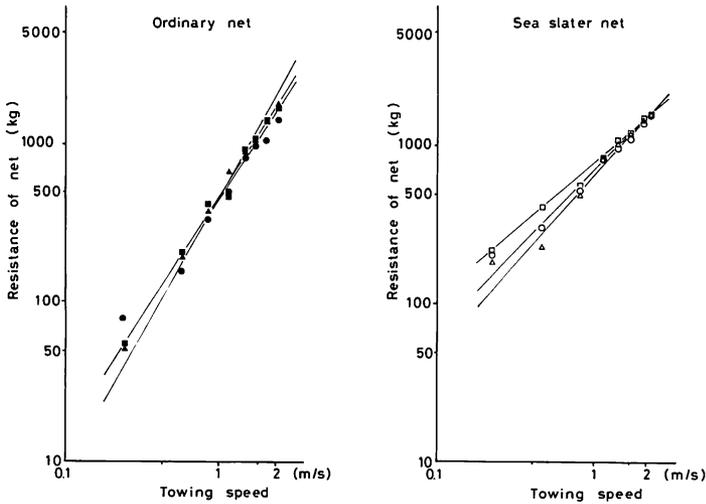


Fig. 7. Comparative figure about the net resistance and the towing speed of two types of trawl net.

Table 4. Values of k and n in the equation between the net resistance (R) and the towing speed (V) of Ordinary net.

Distance*	6.08	7.60	9.12
k	528.5	560.2	539.8
n	1.64	1.75	1.69

* Distance between both wing tips (m)

Table 5. Values of k and n in the equation between the net resistance (R) and the towing speed (V) of Sea slater net.

Distance*	6.08	7.60	9.12
k	759.0	708.0	759.4
n	0.96	1.23	1.01

* Distance between both wing tips (m)

(5) 垂下チェンの形状

浮子とチェンからなる離底装置は曳網状態で浮子の浮揚力に相当するチェンの長さだけ離底しその残りは接地している. この形状について検討するためにまずチェンの垂下されている部分の形状を解析した.

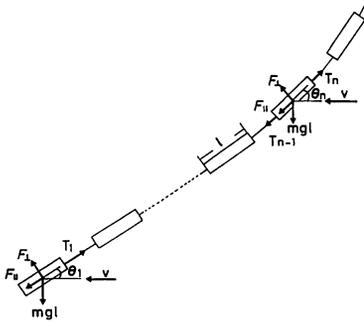


Fig. 8. Schematic drawing of forces acting upon unit length of chain in the running water.

ここで垂下部分 (L) を N 個の短い棒の連結であり、その最下端は接地することなく自由と考えた。又棒の連結は自由で曲りやすい微少な糸でありその抵抗は無視できるものとする。ここで単位長さに働く力は、棒に対して平行及び垂直な力であり夫々下式で表わされる、

$$\text{平行に働く力} \quad F_{\parallel} = \mu V \cos \theta_n l \quad (1)$$

$$\text{垂直に働く力} \quad F_{\perp} = \rho(V \sin \theta_n)^2 l d \quad (2)$$

μ : 粘性率 ρ : 流体密度 d : 棒の直径 l : 棒の単位長さ

水平方向の釣合い

$$\begin{aligned} T_n \cos \theta_n &= F_{\perp} \sin \theta_n + F_{\parallel} \cos \theta_n + T_{n-1} \cos \theta_{n-1} \\ &= dl\rho V^2 \sin^3 \theta_n + \mu V \cos^2 \theta_n l + T_{n-1} \cos \theta_{n-1} \end{aligned} \quad (3)$$

鉛直方向の釣合い

$$\begin{aligned} T_n \sin \theta_n + F_{\perp} \cos \theta_n &= mgl + F_{\parallel} \sin \theta_n + T_{n-1} \sin \theta_{n-1} \\ T_n \sin \theta_n &= mgl - dl\rho V^2 \sin \theta_n \cos \theta_n + l\mu V \sin^2 \theta_n \cos \theta_n + T_{n-1} \sin \theta_{n-1} \end{aligned} \quad (4)$$

ここで $T/Lmg = t_n$, $l/L = 1/N = \delta$, $\rho V^2 d/mg = \lambda$, $\mu V/mg = \nu$ とおくと (3), (4) より

$$t_n \cos \theta_n = \delta(\lambda \sin^3 \theta_n + \nu \cos^2 \theta_n) + t_{n-1} \cos \theta_{n-1} \quad (5)$$

$$t_n \sin \theta_n = \delta(1 - \lambda \sin^2 \theta_n \cos \theta_n + \nu \sin \theta_n \cos \theta_n) + t_{n-1} \sin \theta_{n-1} \quad (6)$$

最下端における釣合いを考えると $n=1$, $T_0=0$ であり F_{\perp} と mgl が釣合っているのでその回転モーメントを考えると

$$\begin{aligned} F_{\perp} \times l/2 &= mgl \times l/2 \cos \theta_1 \\ \cos^2 \theta_1 + 1/\lambda \cos \theta_1 - 1 &= 0 \end{aligned} \quad (7)$$

$t_{n-1} \cos \theta_{n-1} = \alpha$, $t_{n-1} \sin \theta_{n-1} = \beta$ とおくと (5), (6) より

$$\begin{aligned} \tan \theta_n &= \{\delta(1 - \lambda \sin^2 \theta_n \cos \theta_n + \nu \sin \theta_n \cos \theta_n) + \beta\} \\ &\quad / \{\delta(\lambda \sin^3 \theta_n + \nu \cos^2 \theta_n) + \alpha\} \end{aligned} \quad (8)$$

(8) によりチェーンの形状は決定できる。

実験は水槽中にチェーンを垂下して流速をあてその形状を測定した。尚本実験ではパイナバー⁵⁾としてレイノルズ数を用いた。実験時の流速、動粘性係数、代表長さを u , ν , l 実物のそれを u' , ν' , l' とすればレイノルズ数は

$$N = \frac{lu}{\nu} = \frac{l'u'}{\nu'}$$

$u = 0.1 \sim 0.8$	(m/s)	実験流速
$\nu = 1.463 \times 10^{-6}$	(m^2/s)	清水 6.2°C
$l = 0.005$	(m)	実験に用いたチェンの直径
$\nu' = 1.150 \times 10^{-6}$	(m^2/s)	海水 16.4°C
$l' = 0.013$	(m)	実物チェンの直径

これより

$$u' = \frac{1.150 \times 10^{-6}}{1.463 \times 10^{-6}} \cdot \frac{0.005}{0.013} \cdot u = 0.302u$$

$$u' = 0.03 \sim 0.24 \text{ (m/s)}$$

計算によって求めたチェンの形状は直線となり実験結果と一致するがその吹かれの状態は計算値が大きくなっている。この点については今後も実験を継続した接地長さを考慮した場合の垂下チェンの形状について検討してゆきたい。

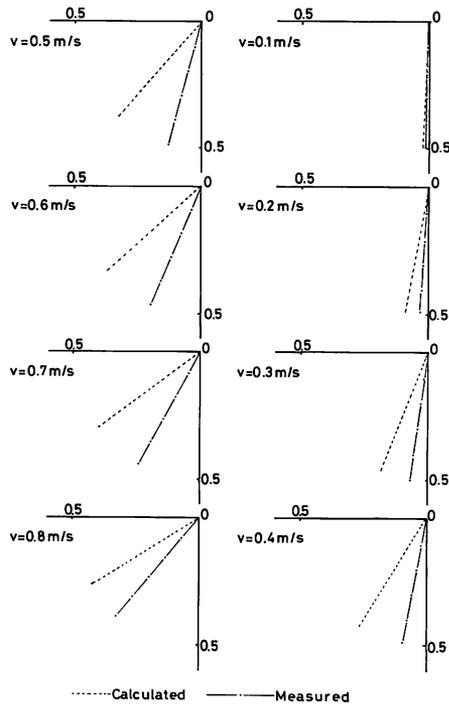


Fig. 9. Comparative figure about the shape of chain in the running water.

要 約

- (1) 網口高さは通常曳網状態で普通網 3.2~2.3 m, 離底曳き網 3.4~2.3 m と略同じ値を示

すが離底高さを考えた網口開口部高さは普通網が約10%少ない。これは模型実験では接地摩擦抵抗を無視せざるをえないことに起因すると考えられる。

(2) 網にかかる流水抵抗は両網とも略同じである。いずれの場合でも抵抗の一般式 $R = kV^n$ として表わされるが、離底曳き網では n の値は小さく網口形状の変形が大きい。

(3) 垂下チェンの形状を単位長さに働く力として平行な力、垂直な力及び重力の釣り合いと考えると近似した結果実験値は計算値と略一致した。

本研究の実験には本学部田畑静夫氏及び橘井猛君の協力を頂いた。また垂下チェン形状については本学理学部助教授谷林衛氏に御指導頂いた。厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) 肥後伸夫・上水樽豊己 (1979) : 離底曳き用底曳網の実用化に関する研究-(予報). 鹿大水紀要, **28**, 119-129.
- 2) 不破 茂・肥後伸夫・柿本 亮 (1980) : 陸棚斜面漁場における漁具の基礎的研究-I 離底曳き網の海上実験. 鹿大水紀要, **29**, 65-71.
- 3) 不破 茂・柿本 亮・肥後伸夫 (1980) : 陸棚斜面漁場における漁具の基礎的研究-II 離底曳き網の漁獲物. 鹿大水紀要, **29**, 73-80.
- 4) TAUTI, M. (1934) : A Relation between Experiment on Model and on Full Scale of Fishing Net. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **3**, 171-177.
- 5) 江守一郎・D. J. シェーリング (1979) : “模型実験の理論と応用”. (技報堂出版, 東京)