

底 曳 網 の 研 究—II.

切りかえ網の効果について

肥後伸夫・徳永喜郎・田中健悟*

Studies on the Drag Net—II. The Effects of the Changing Web Net

Nobio HIGO, Yoshiro TOKUNAGA
and Kengo TANAKA*

Abstract

Four types of the model drag net whose baiting-part was supplied with, at the cod-head, four kinds of changing web net were used, experiments being performed at a tank of circulating water system in the laboratory. The models were made in a reduction to one fourteenth of the original scale after Tauchi's comparative method. The current velocities inside and outside of the net, were measured with small type current-meter, and as was performed in the Ist Report, the relationship between the current velocity and the height of net-mouth, and that between the current velocity and the resistance of net were analyzed.

Results are as follows;

(1) Current velocity inside the net was faster about 5~20% than that at the net-mouth; the higher was the current velocity at the net-mouth, the lower was that beside the net-body, owing to the current beside the body, showing eddy-state. Both at the side of the triangled webbing and at the rear of the cod-end there was noted a current of lower velocity, the value ranging about 45~80% of that of the net-mouth.

(2) The height of net-mouth of the changing web net with large mesh (B_1 net) was ascertained to be larger than that of the other three nets; the difference in the height being no less than provided that the interval between the wing ends was 42 m. and the towing speed was 3 knots.

In B_1 net mentioned above, current velocity inside the net was noted to be faster than those in other three nets. While relationship of the net-mouth height (h) and the towing speed (v) is to be sought by the following formula. In case of $h = h'e^{-av}$

B_1 net; Value of a is 0.27, h' is 12.9m.

緒 言

底曳網の設計に関する研究は従来から網口高さおよび網の受ける流水抵抗に重点をおきながら進められてきたが、最近では角度をかえて、網の内外の流速分布の面から設計について解析が加えられてきている(1960)¹⁾、(1964)²⁾、(1971)³⁾。既報(1964)²⁾において、既に網中の増速現象を実験的に認めたが、この現象は細い網糸によって構成されている4枚構造網の実験例であって、全ての網にまで適用は出来ない。何故かという、一般に底曳網といわれているものは、網の各部によって網糸の材料、太さおよび目合が異なり、網口から魚捕部にかけては、次第に太い網糸、小さい目合

* 鹿児島大学水産学部漁具漁法学研究室 (Laboratory of Fishing Gear and Technology, Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

の傾向をもつ網地構成になっているため、袋網は閉された円錐形状の水路に近い形をとり、網中の流速は増速はおろか減速するとみる方が常識的なようである。しかし既報にみられる通り、網地の選択によっては増速も充分可能性はあるわけで、特に網成りが普通の状態に維持されておれば、魚群の入網にとって非常に好ましい状態となるわけである。

本報では、既報の実験を更に一步進め、網中の増速現象を期待して、網の1部を故意に大きな目合の切りかえ網、或いは布地状の切りかえ網に変えて実験し、これらの切りかえ網によって網内外の流速分布と網高さおよび網成りがいかに変化するかを実験的に検討することにした。以下実験の方法と結果について報告する。

実験網と方法

(1) 実験網

実験に用いた網の原型は1965年頃、ベーリング海で大型の2そうびき船が使用したスケトウ網で、小さな上部三角網を付加した4枚構造網である。実験には Fig. 1 に示した15mm目合のナイロン網地からなる基準網 S net の外、背網の斜線部の網地に30mmの大目合の切りかえ網を採用した B₁ net、布地状の切りかえ網を採用した B₂ net、切りかえ網を除去し斜線部の網地をなくした B₃ net の4種類の網を使用した。切りかえ網の取付け部は Fig. 1 に示すように、袋網の断面積が最も狭く、且つ、くびれる形になる部分で、魚の入網にとって最も影響を与えるであろうと考えられる所である。なお S net の作製にあたっては、全て田内の比較法則 (1934)⁴⁾ に従ったが、模型網()

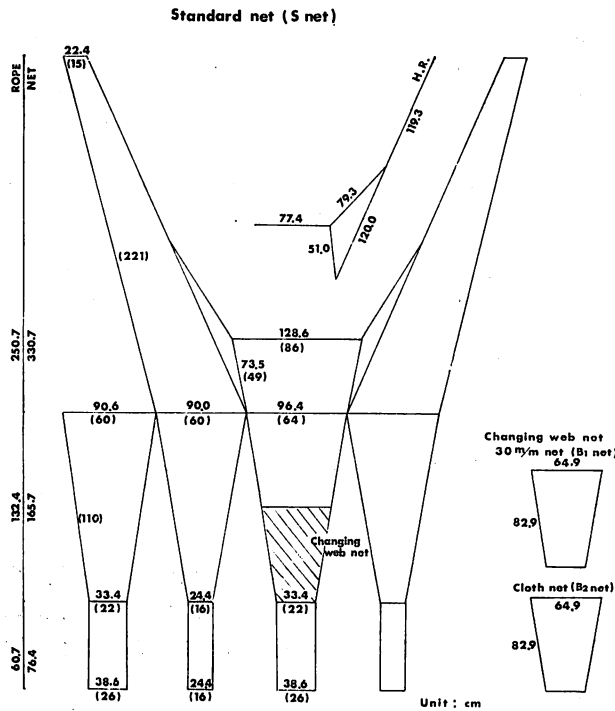


Fig. 1. Developed figure of the drag model net.

と実物網(′′)の縮尺の各比は次の通りである。

仕上りの長さ(λ)の比： $\lambda'/\lambda'' = 1/14$

網糸の径(D)，目合(L)の比： $D'/D'' = L'/L'' = 0.167$

流速(V)の比： $V'/V'' = \sqrt{D/D'' \cdot \rho'(\rho' - 1)/(\rho''(\rho'' - 1))} = 0.408$

ロープの径(D₁)の比： $D_1'/D_1'' = \sqrt{\lambda'/\lambda'' \cdot (\rho_1' - 1)/(\rho_1'' - 1) \cdot (V'/V'')^2} = 0.512$

浮子・沈子の力(f)および抵抗(R)の比： $f'/f'' = R'/R'' = (\lambda'/\lambda'')^2 \cdot (V'/V'')^2 = 8.5 \times 10^{-4}$

(2) 実験方法

実験は上述の4種の底曳網を Fig. 2 に示すように袖先間隔 25m と 42m (実物換算)の2通りに張り、これに流れをあてて実施した。実験内容は、まず小型流速計* を Fig. 2 と Fig. 3 に示すように網の中心線上の袖先中間点(P₀)，切りかえ網中央部(P₄)，網の後方(P₆)に夫々固定し適宜流速を読取る外，網の中心線上のP₀～P₆の各点を通る流れに垂直な網の側方の各点(●点)とP₂，P₆の両点の流速を広井式小型流速計**で測定し，網の内外の流速を比較検討すると共に，網付近の流速分布図を作製した。流速の測定と同時に，網口中央付近を始めとする網の各部の網高さと網成りの測定を目視と写真撮影により，また網の受ける流水抵抗を10kg用ロードセルとストレンメーターにより夫々測定した。なお袖先間隔42mの実験については，水路幅が2mしかないため，三角網の先端部に特設の手木をつけて実験を行なった。

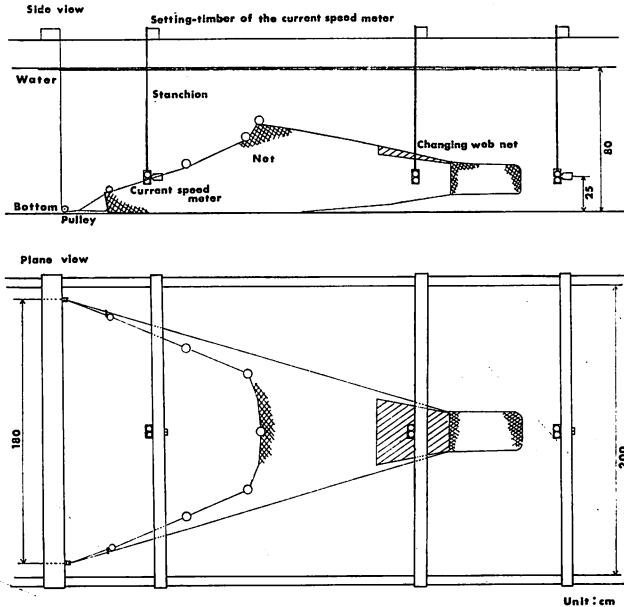


Fig. 2. Side view and plane view of the experimental equipment.

* 東邦電探KK製，CM-IB型，CM-IS型，CM-2型

** 中浅測器KK製

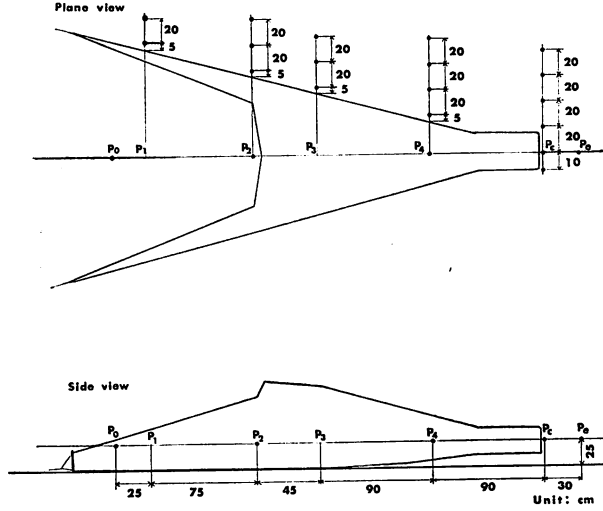


Fig. 3. Plane view and side view show the measuring point of the current velocity.

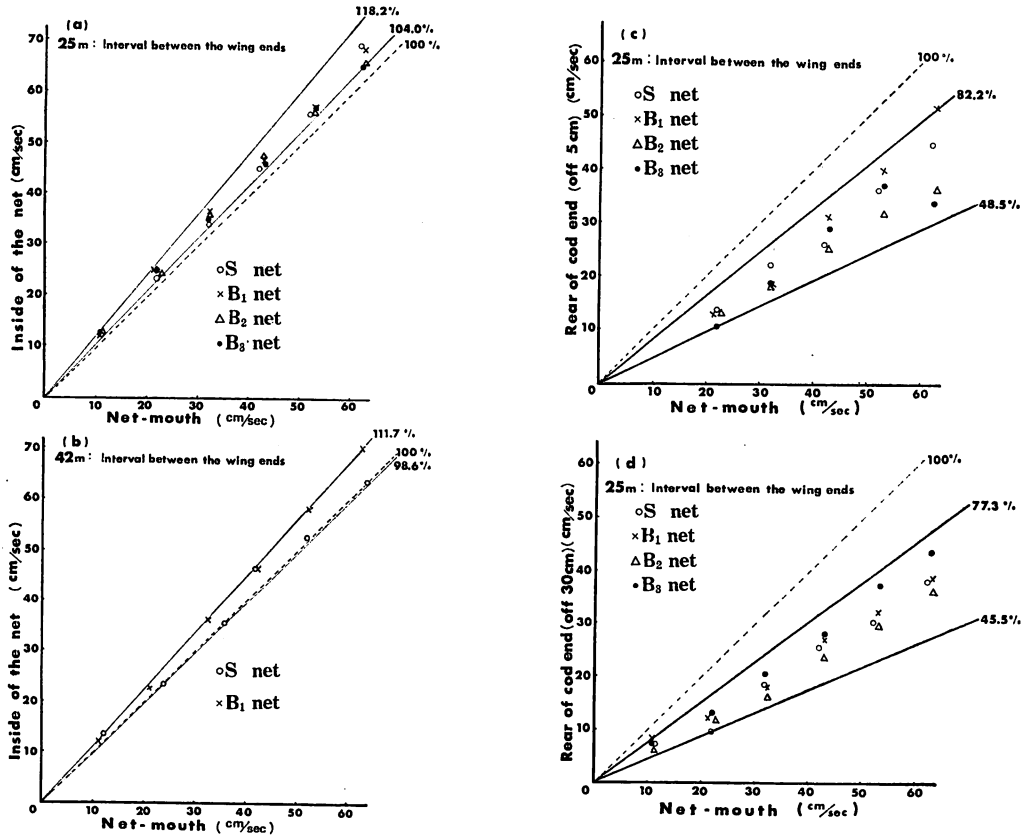


Fig. 4. (a)~(d). Comparison of the current velocity at the net-mouth with that of the respective part of the net.

実 験 結 果

(1) 流 速

既報において、網口の流速を100%とした場合の網中の流速は81~125%の範囲内の値を示したが、今回の実験でも Fig. 4-(a) に示すように、袖先間隔 25m では 104~118% を示し、いずれの網の場合も網口より増速されている。各網間で顕著な差はないが、S net や B₂ net に対して大目合の切りかえ網部をもつ B₁ net がやや高速である。これが袖先間隔 42m と広くなると、Fig. 4-(b) に示すように、上述の傾向はより顕著になり、高速になる程 S net と B₁ net との流速差は大となり後者が速くなる傾向が認められた。

次に網の後方 (Fig. 2 の P_c 点) の流速をみると、Fig. 4-(c) に示すように網口の流速に対して 48.5~82.2%、網の後方より 30cm 離れた点 (Fig. 2 の P_c 点) でも Fig. 4-(d) に示すように 45.5~77.3% の範囲内の値を示し、いずれも網口より遅く、しかもかなり流速の幅のある渦流状態を呈していることが認められた。これらの現象は既報の実験の場合と略同じ結果となっている。

網の側方の流速は Fig. 5 に示した流速分布図でもわかるように、低速時においては網口よりもほとんど加速されていて、各点の流速は 93~127% の範囲内で 100% をこえるものが多い。しかし高速になると、78~105% となり、100% 以下のものが大半を占める。特に三角網の側方では、網面に近く低速部が存在する。このように網が他の網面より拡網されている三角網や魚捕部の側方や

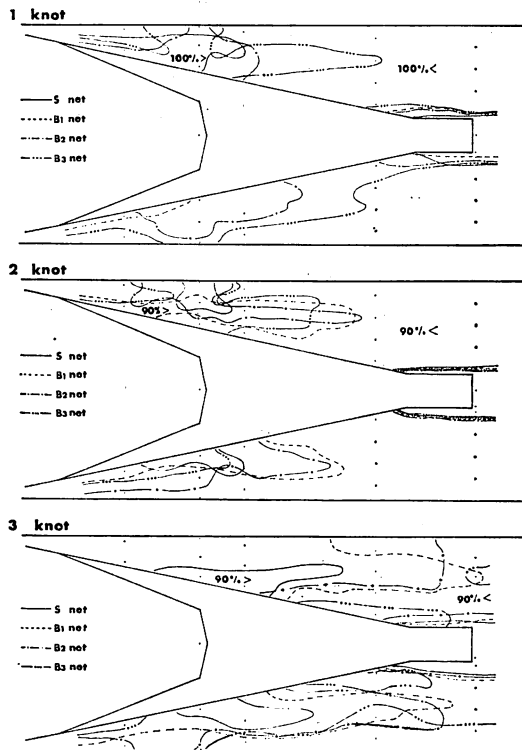


Fig. 5. Comparison of the current velocity distribution outside of the net.

後方では低速部が存在し、その範囲は流れに略平行に、かなり広範囲に及ぶことが認められた。

(2) 網 高 さ

Fig. 6-(a) は袖先間隔 25m, (b) は 42m の場合の網口中央高さ (— 線) と切りかえ網中央部 (— · — · — 線), 魚捕部前縁部高さ (···· 線) を各網別に示したものである。これらの図から先ず網口中央高さをみると、袖先間隔の広い方がその高さは低くなり、また高さの低下率も小さい。即ち Fig. 6-(a) では 3 ノットになっても高さの低下率は変わらず低下を続けるが、Fig. 6-(b) では、既に 2 ノット付近で高さはさほど低下せず、3 ノットになると略一定値におちつく。各網の高さを比較してみると袖先間隔 25m の場合では基準網 S net が 2.5 ~ 3 ノットで最も低い、一般的に 4 種の網とも大きな差はない。しかし大目合の B₁ net が僅かながら最も高くなっている。袖先間隔 42m の場合では、25m の場合より顕著な現象が認められ、切りかえ網の目合の大きい B₁ net が S net より高く、その差は 3 ノットで約 1m にも及ぶ。ここで網口中央高さ と 曳網速度 と の関係 を 片対数 グラフ に示すと 1.5 ノットを境にした 2 つの折線で表わされる。これは両者の変化曲線の 1 つの特徴でもあるが、これらのグラフから袖先間隔 25m で曳網速度 1.5 ノット以上の場合における両者の関係を求めると各網は一般式

$$h = h'e^{-av}$$

で表わされる。ここで h : 網口中央高さ (m), h' : 曳網速度が零の時の網口中央高さ (m), 各網の h' , a を求めると Table 1 に示す様で、 a の値では S net が最大、B₃ net が最小となっている。

次に切りかえ網の中央背線および Cod head の前縁部の高さは Fig. 6-(a) ~ (b) にみるように、網によってかなりの差がみられる。これらの 2 者の網高さの最も高い網は布地網の B₂ net で両者の差は高速になる程小さくなり 3 ノットではほとんど差は認められない。大目合の B₁ net は最も低い網無しの B₃ net より高いが、B₂ net と同様、両者の網高さの差は 3 ノットではほとんどなくな

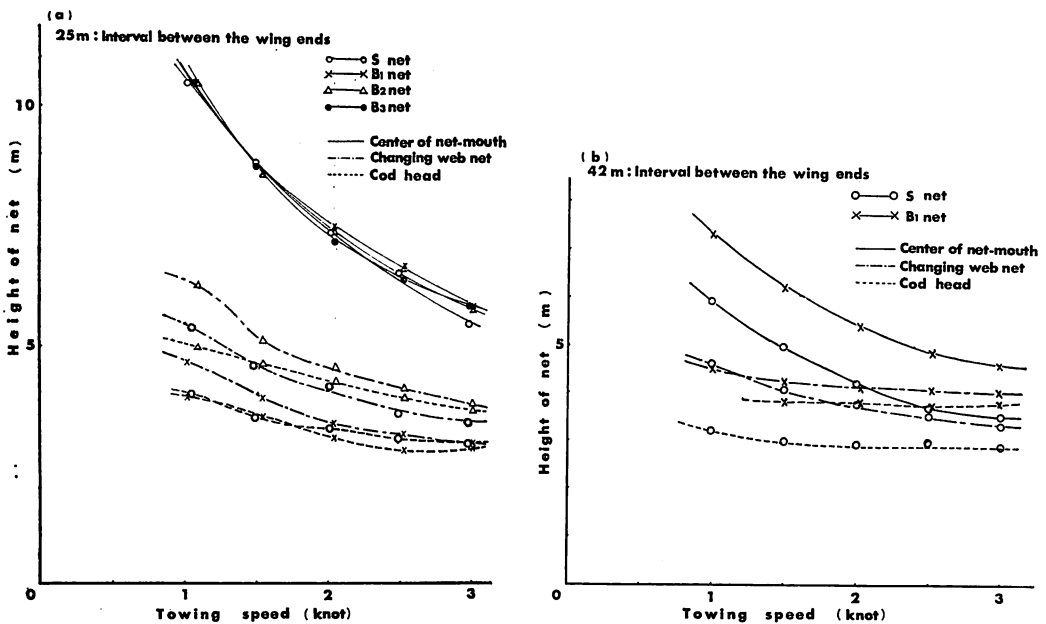


Fig. 6. (a)~(b) Relationship between the height of the net and the towing speed.

Table 1. Value of h' and a in the equation about the height of the net-mouth to running water.

Item \ Net	S net	B ₁ net	B ₂ net	B ₃ net
h'	13.87	12.88	12.86	11.39
a	0.31	0.27	0.27	0.23

る.

網成りについては袖先間隔 25m 曳網速度 1~3ノットの場合を Fig.7 に示したが、やはり布網を用いた B₂ net が網上面の背線の角度が少なく袋網の後半部がよく拡網されて、よい網成りを示している。B₁ net は魚捕部の拡網効果がすぐれているようである。

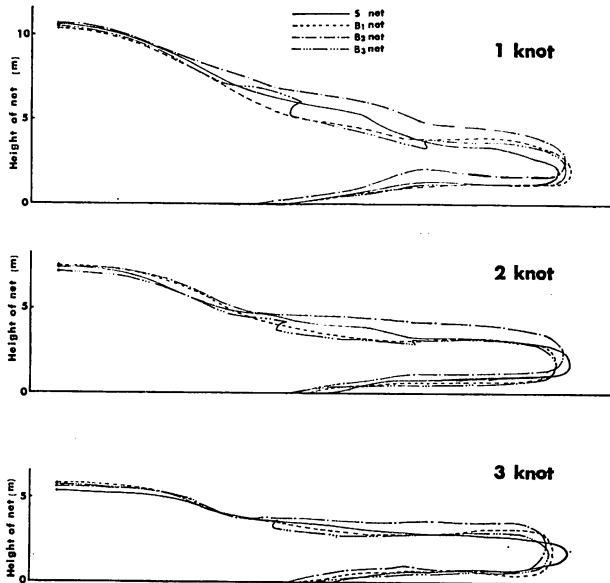


Fig.7. Side view shows the sketch of the net-shapes.

(3) 網の受ける流水抵抗

網の受ける全抵抗 (R トン) と曳網速度 (V ノット) との関係は Fig.8 に示すように、両対数グラフで表わすと、いずれの網の場合でも直線で表わされる。Fig.8 より両者の関係式を求めると

$$R = kV^n$$

の一般式で示すことができる、ここで k は係数、 n は 2 より小さい値である。各網の k , n の値を求めると Table 2 に示すとおりであるが n 値にみる限りでは、S net が最も抵抗増加が大であるのに対して、B₁ net, B₂ net はいずれも抵抗の変化が少ないことが認められた。各網の抵抗値は袖先間隔と切りかえ網部の網地面積が狭いため、各網間で大きな差とはならなかったが、2ノットで S net, 2.7トンと最も大きく、B₁ net, 2.3トンで最も小さい値となっている。

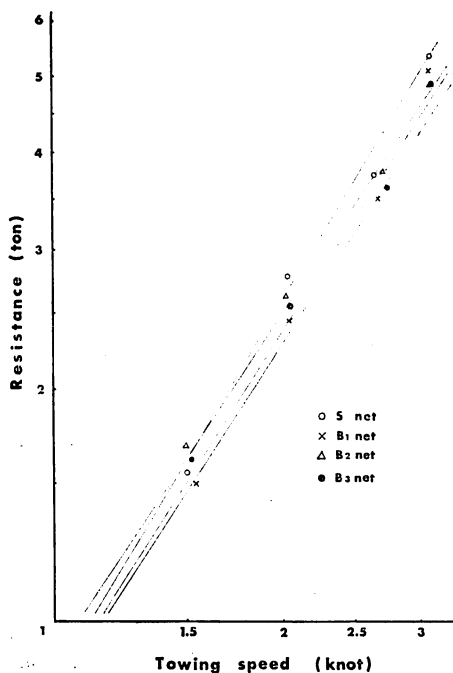


Fig. 8. Relationship between the resistance and the towing speed.

Table 2. Value of k and n in the equation about the resistance of the net to the running water.

Item \ Net	S net	B ₁ net	B ₂ net	B ₃ net
k	850	810	910	830
n	1.67	1.54	1.51	1.56

考 察

既報の実験では網口を固定して網内外の流速を測定し、流速分布と網成りとの関係について検討したが、今回の実験では網口を普通の底曳網のように自由に拡網させ流速を測定した。

その結果、期待した通り、切りかえ網の種類によっては網口中央高さ、および網成りに差を生じることが実験的に認められた。特に袖先間隔の広い42mの場合は、切りかえ網の目合を2倍にした大目合の場合(B₁ net)に網口中央高さが1m以上も高くなる結果を得たことは注目に値しよう。即ち網口から流入してきた流量は大目合の切りかえ網の部分でかなりの量の流量が斜上方にぬけ出る。その場合、流れは上向きになっているため、切りかえ網を含め、その周辺の網地を浮揚させ、その浮揚力は網口まで及んで網口をより上昇せしめる働きをするものと考えられる。このことは切りかえ網部における網中の流速を測定したところ網口の流速よりかなり速い値を得たことより実証することが出来よう。また袖先間隔の狭い場合は僅かながら大目合の切りかえ網を用いた場合に網口高さが高くなったが、この際、網中流速を測定したところでは網口より僅かに加速されていたにすぎなかった。従って網口高さの高低は網内外の流速差と少なからず関係のあることが指摘出来よ

う。また袖先間隔の広狭と網口高さの相違との関係は判然としないが、実験の結果から、少なからず流速が大きな影響を与えているものと考えられる。

布状の切りかえ網 (B_2 net) を採用した理由はその網抵抗により大目合の切りかえ網以上に網口高さおよび魚捕部の高さを高められるであろうと期待したからであるが、網口高さについては予想に反し効果は少なかった。しかし魚捕部を含めた袋網の網高さを高め、網成りを良好ならしめる効果は顕著であった。

切りかえ網部の網地を除去した破網の状態 (B_3 net) については、網成りが相当にくずれることを予想したが、目合 15mm の基準網とさほど変らなかつたことも興味ある事実である。また網中の流速は他の切りかえ網の場合と大きな差はなかつたが、網の抵抗はやはり少ない値をとった。以上のことから網中の流速を速めることは網口高さを高め網成りを良好にする効力のあることを先ず指摘したい。そしてまた、網中の流速を速めるためには、ここでいう切りかえ網 (今後 Tail net と呼称することにしたい) の存在が是非とも必要であることを強調したい。切りかえ網の網地面積は本報では背網の後半部に位置して全体の約 1/20 という小さいウエイトを占め、また切りかえ網の相違による抵抗差は 500kg 以下という小さい値であるにもかかわらず、これまで述べたように、その選択によっては網口高さは大きく異なり、袋網の網成りもまた大きな影響を受けることがわかった。従ってその部位、面積、材料、目合等のいわゆる位置と形はその網の設計を左右する鍵となろう。そういった意味では切りかえ網、即ち Tail net は曳網の設計学にとって一つの課題を与えることにもなるわけで理論的にも実験的にも研究を推進して行きたいと考える次第である。

要 約

背網の 1 部分に構造の異なる切りかえ網を夫々に付加した 4 種の底曳網を田内法則に従って 1/14 に縮尺し、本学の大形回流水槽で実験した。実験は既報と同様に網の内外の流速を小型流速計でもって測定し、流速分布を求めると共に、網口中央高さ、網成り、網の受ける流水抵抗との関係について検討した。

その結果

- (1) 網中の流速は網口の流速より 5～20% 速く、網の側面の流速は網口の流速が高速になる程速くなる傾向があり、渦流状態になることが認められた。また低速部分が三角網と網の後方部分に形成され、いずれも網口の流速の 45～80% の値を示している。
- (2) 大目合の切りかえ網を使用した網 (B_1 net) は網口高さが顕著に高くなり 3 ノットで他の網より 1 m も高くなった。この網の場合の網中流速は他の網より速いことが認められた。網口高さ (hm) と曳網速度 (V ノット) との関係は

$$h = h'e^{-av}$$

の一般式であらわされ、 B_1 net の場合、 a は 0.27、 h' は 12.9m の値となる。

参 考 文 献

- 1) 葉室親正 (1960): “漁具測定論” 131～227, 槇書店, 東京.
- 2) 肥後伸夫 (1964): 底曳網の研究—I 網中流速の増加現象について, 鹿児島大学水産学部紀要, 13, 78～92.
- 3) 肥後伸夫 (1971): 底曳網の漁獲性能に関する基礎的研究, 鹿児島大学水産学部紀要 20 (2), 1～137.
- 4) M. TAUTI (1934): A Relation between Experiments on Model and on Full scale of Fishing Net, *Bull. Japan. Sos. Sci. Fish.*, 3 (4), 171～177.