HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 銚子沖合中型トロール網の模型実験について |
| Author(s) | 李, 珠熙 |
| Citation | 北海道大學水産學部研究彙報, 34(4), 334-344 |
| Issue Date | 1983-12 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/23837 |
| Type | bulletin (article) |
| File Information | 34(4)_P334-344.pdf |

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北大水産彙報
34(4), 334-344. 1983.

# 銚子沖合中型トロール網の模型実験について*

李　　珠　熙**

# Model Experiment on Medium-Sized Offshore Trawl Net around Chōshi*

Juhee LEE

**Abstract**

The medium-sized trawl net which began to be used newly in place of the Danish seine net or the Japanese type otter trawl net in offshore trawl fisheries around Chōshi from 1972, has a complicated structure compared with the latter two types of nets, and in addition, the number of floats and the weight of its sinkers are often controlled in accordance with the bottom conditions of the fishing area or the species of fish sought after in the operation.

The author performed a model experiment based on the investigation and measurement in operation of a sample net for a trawler of 53 gross tonnage, for the purpose of clarifying the charactristics of the mediumsized trawl net and examing its properties along with a change in the number of floats and sinkers.

The results obtained are as follows:

1) The central height, projective area of the net mouth, and resistance of the sample net were about 3.2 m, 65 $m^2$ and 7.5 tons respectively, at 2 m/sec of towing speed.

2) The central height and projective area of the net mouth at a certain towing speed increased as more floats were added, but in the case where the toatal buoyancy of floats was increased by 80 kg, the sample net began to rise from the bottom at up to 2 m/sec of towing speed, even where the number of sinkers added amounted to the same weight.

3) According to the model experiment on the sample net, an experimental equation, $R=0.29\rho S(v)\cdot v^2$, was obtained for the resistance ($R$) of the net and the projective area ($S(v)$), where $\rho$ is density of water and $v$ is towing speed.

4) The filtering volume of the towing net increased in accordance with that of the towing speed. But at more than 1.2 m/sec of towing speed, it did not increase, even when the towing speed did.

## 緒　　言

銚子の沖合底曳網漁業では，1972年以降から板曳網の一部がトロール網に変わり始め，1978年度には全底曳船がトロールに転換している。この急速な転換の理由としては，前報[1,2]で取り上げたトロールの高性能に加え，従来の旋曳網，板曳網では不可能であった岩場，或いは水深500 m以深での操業を可能にしたトロール漁具の運用上の有利性があったからである。このトロール網は，旋曳網，板曳網に比べ漁具の仕立てが複雑であり，操業の際には，網地の配置は同じにしながら対象魚種，海

* 本報の大要は昭和58年4月，日本水産学会春季大会で発表した。
** 北海道大学水産学部漁具設計学講座
(*Laboratory of Fishing Gear Engineering, Faculty of Fisheries, Hokkaido University.*)

底の状態に合わせて浮子と沈子の調節が頻繁に行なわれている。しかし，このように沖合で使用されている中型のトロール網の，曳網中の漁具の性状に関しては十分な検討がされておらず，研究報告された例も見当らないのが実情である。ここでは，銚子沖合の中型トロール網について漁具特性を明らかにし，さらに浮子，沈子の増減による漁具の性状を実験的にとらえることを試みた。なお，実際の操業船での測定は非常に困難性を伴うので測定項目も著しく限られる。現場での実物網では曳網速度，漁具抵抗，ワプでの展開角等の基本的な項目についてのみ行ない，網の性状に関する計測については模型実験を行ない検討を加えた。

本論に入るに先だち，本研究を行なうに当り終始御指導を賜わった東京水産大学神田献二教授，小池篤教授，竹内正一講師，また本論文のとりまとめに際し御指導を賜わった北海道大学水産学部佐藤修教授，梨本勝昭助教授に深く感謝する。なお，漁具調査，船上測定に当って絶大な御協力をいただいた吉代丸田谷忠雄船主，田村三男船頭を始め乗組員一同に厚く御礼申し上げる。

## 実験材料と方法

**供試網**　銚子沖合の底曳船では通常3種類のトロール網を用いて操業している。これらの網は対象水族によってそれぞれの沈子綱の構成が異なる。すなわち，ヒラメ，カレイ類を対象とする網（通称

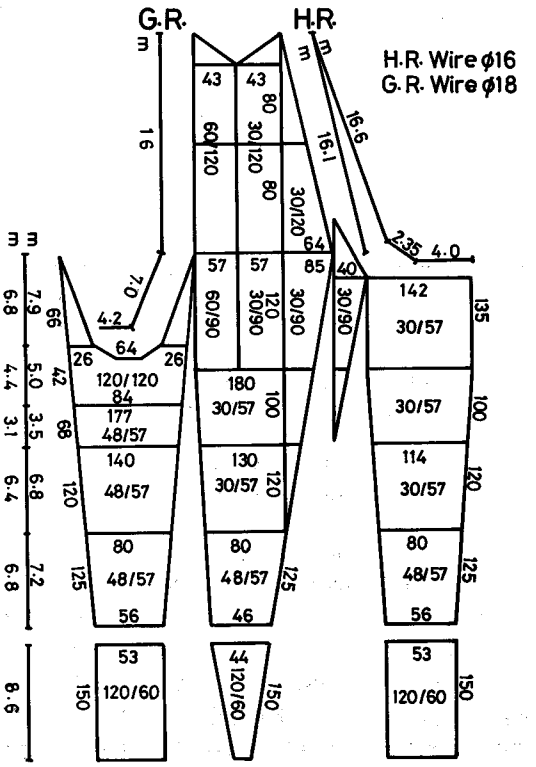


Fig. I. Net plan of the medium-sized offshore trawl net used in this experiment. The numerals on the seaming lines show the respective mesh numbers. The fractional numbers indicate the twine numbers and mesh sizes; for instance 30/57 refers to a twine of 30 yarns of 380 denier and with a 57 mm mesh in stretched measure.

カレイ網）では沈子は主とし鉛を使用しており，イカ類，ハモを対象とする網（通称イカ網）では沈子網に鉄球ボビンが使用されていない。また，メヌケ，キチジ，エビ類を対象とする網（通称イソ網：岩場での操業に用いられる網）では普通のトロール網と同じ仕様のものが使われており，これらの3種類がトロール網の基本となっている。これらの網では網地の配置はまったく同じであるので，本実験ではイソ網を主に考え（以下基本網と呼ぶ），他の網に対しては，基本網について浮子，沈子を増減させた場合に置き換えて実験した。実験に用いられた吉代丸は総トン数53トン，農林馬力270馬力であり，使用しているイソ網の漁具図を Fig. 1 に示す。

**実物網での測定** 模型実験での手掛かりを得るため，1980年8月20日午前，吉代丸の試験操業（ここで言う試験操業とは漁期に入る前に漁具点検のために行なうものである）の際に乗船し，実物網に対する曳網速度，漁具の全抵抗，ワープ展開角等の測定を行なった。1) 曳網速度はプロペラ式電気流速計を用いて対水速度を測定した。2) 漁具抵抗は Fig. 2 で示すようにトップローラーとウィンチの間にくるワープに張力計を掛けて直角方向に引っ張り，その時の張力 $T$ と支点 P の変位 $l$ を測定し，ベクトル計算からワープ張力 $t$ を求めた。Fig. 2 から張力計とワープにかかる張力との関係は次式で示される。

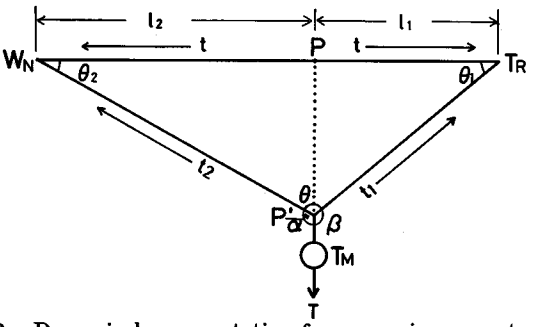


Fig. 2. Dynamical representation for measuring warp tension.
Wn: Winch. Tr: Top roller. P: Measuring point.
Tm: Tension meter. $t$, $t_1$, $t_2$, $T$: Tension of wire.

$$t = t_1 \cos\theta_1 = t_2 \cos\theta_2 \tag{1}$$

$$T/\sin\theta = t_1/\sin\alpha = t_2/\sin\beta \tag{2}$$

したがって

$$t_1 = T\cos\theta_2/\sin(\theta_1+\theta_2) \tag{3}$$

$$t_2 = T\cos\theta_1/\sin(\theta_1+\theta_2) \tag{4}$$

ワープの張力 $t$ は

$$t = t_1\cos\theta_1 = t_2\cos\theta_2$$
$$= T\cos\theta_1\cos\theta_2/\sin(\theta_1+\theta_2) \tag{5}$$

として示され，上式を解いて，測定した張力から直接ワープにかかる張力を求めた。3) ワープの展開角とオッターボードーおよび袖先の展開距離はスターントロールではワープの交叉点が存在しないため，本実験では，トップローラから網方向への両ワープに一定距離をとり，その先端と後端における展開間隔の差を測定することより，ワープ展開角とオッターボードおよび袖先間隔を計算[3]で求めた。これらの結果を Table 1 に示す。この結果から実物網の曳網速度は約4ノット，袖先間隔が約20 m であることが分かり，模型実験での実験パラメーターとした実験流速と袖先の間隔に対する変動範囲を予め決めることができた。また，模型網の大きさは袖先の間隔と回流水槽の水路幅* を考慮し決めた。

* 東京水産大学 大型回流水槽

Table 1. Measured details and results on medium-sized trawl net during operation

| Ex. No. | Depth (m) | Towing speed (m/s) | Length of warp (m) | $\theta$ (degree) | $D$ (m) | $W$ (m) | $\beta$ (degree) | Resistance (kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 105.0 | 1.8 | 400 | 10.2 | 75.1 | 21.6 | 14.4 | — |
| 2 | 103.5 | 2.0 | 300 | 11.0 | 61.3 | 17.6 | 11.7 | 7968 |

$\theta$: Angle with both warp. $D$: Distance between otter-boards.
$W$: Spread of wing tips. $\beta$: 1/2 angle with both handropes at cod-end.

**模型網での測定** 操業している基本網に対する模型網は田内[4]の比較法則に従い，模型網と実物網との大きさの比を $\lambda'/\lambda''=1/40$ とした。網糸は実物網でポリエチレン (P.E.)，模型網ではポリプロピレン (P.P.) を用い，綱類は実物網でのワイヤロープに対し模型網ではサラン撚糸を用いた。網糸の直径および目合の比は $D'/D''=L'/L''=1/5$ になるようにし，したがって流速の比は，$v'/v''=0.474$，浮力および沈降力，抵抗の比はすべて $F'/F''=1.40\times10^{-4}$ になる。Table 2 には実物網と模型網での網糸を，Table 3 にはそれぞれの網について浮子綱と沈子綱の仕様を示す。模型網の実験では，実物網の基本網を基準にし，浮子と沈子を増減させ，浮力と沈降力を実物換算で 40 kg 或いは 80

Table 2. Comparative table on webbing of full scale and model scale nets

| Full scale net | | Model scale net | | $D'/D''$ |
|---|---|---|---|---|
| Material (denier) | Diameter (mm) | Material (denier) | Diameter (mm) | |
| P.E. 380 | 1.90 | P.P. 75 | 0.38 | 0.20 |
| P.E. 380 | 2.40 | P.P. 75 | 0.47 | 0.20 |
| P.E. 380 | 2.68 | P.P. 100 | 0.54 | 0.20 |
| P.E. 380 | 3.29 | P.P. 170 | 0.70 | 0.21 |
| P.E. 380 | 3.80 | P.P. 170 | 0.70 | 0.19 |

P.E.: Polyethylene ($\rho=0.95$). P.P.: Polypropylene ($\rho=0.91$).

Table 3. Comparative table on floats and sinkers of full scale and model scale nets

| | Head rope | | Ground rope | |
|---|---|---|---|---|
| | Full scale net | Model scale net | Full scale net | Model scale net |
| Material | A.B.C (Litact float $\phi$ 300 mm Buoyancy 4.76 kg | Plastic $\phi$ 13.3 mm Buoyancy 0.8 g | Rubber ball, Chain, Iron ball, etc | Lead |
| Buoyancy or Weight | $H_a$: 47.6 kg | 7.2 g | $G_a$: 42.0 kg | 6.2 g |
| | $H_b$: 57.1 kg | 8.0 g | $G_b$: 43.0 kg | 6.3 g |
| | | | $G_c$: 39.5 kg | 5.8 g |
| | $H_o$: 38.1 kg | 4.8 g | $G_o$: 38.5 kg | 5.6 g |
| | Total 247.5 kg | 35.2 g | 287.5 kg | 42.2 g |
| Remark | $H_a$: Head rope for the part of wing<br>$H_b$: Wing side man rope<br>$H_o$: Head rope for the part of square | | $G_a$: Ground rope for the part of fore wing<br>$G_b$: Ground rope for the part of inside wing<br>$G_c$: Ground rope for the part of bosom delta<br>$G_o$: Ground rope for the part of belly | |

kg 変化させた場合についても実験した。

測定は，実験流速を実物換算で約 0.5 m/sec から 2 m/sec まで 8 段階に，また袖先の間隔を網の中心線とハンドロープのなす角 $\beta$ を目安として表わし，$\beta$ は 9° から 15° までの 6 通りに変えながら行なった。模型網の流水抵抗は動いずみ測定器を使って計測し，網口の各部位（6 点）の基底からの高さは三次元測定機で測定した。また，模型網の曳網中の形状は水槽観測部の側方と下方から同時に写真撮影を行ない記録した。そしてこの画像と三次元測定機からの測定値と合わせ，流水中の網口の形状を求め，流水方向に対する網口の射影面積（以後網口の断面積と呼ぶ）を算出した。

## 結 果 と 考 察

**網口の高さと網口の断面積** 基本網に対する袖網の先端部の高さ，袖網の中間部の高さ，網口中央部の高さ，また網口の断面積をそれぞれ袖先の間隔別に模型網での測定値を用いて実物網に換算し，流速との関係を示したのが Fig. 3 である。この図をみると網口の各部位の高さ，すなわち袖網の先

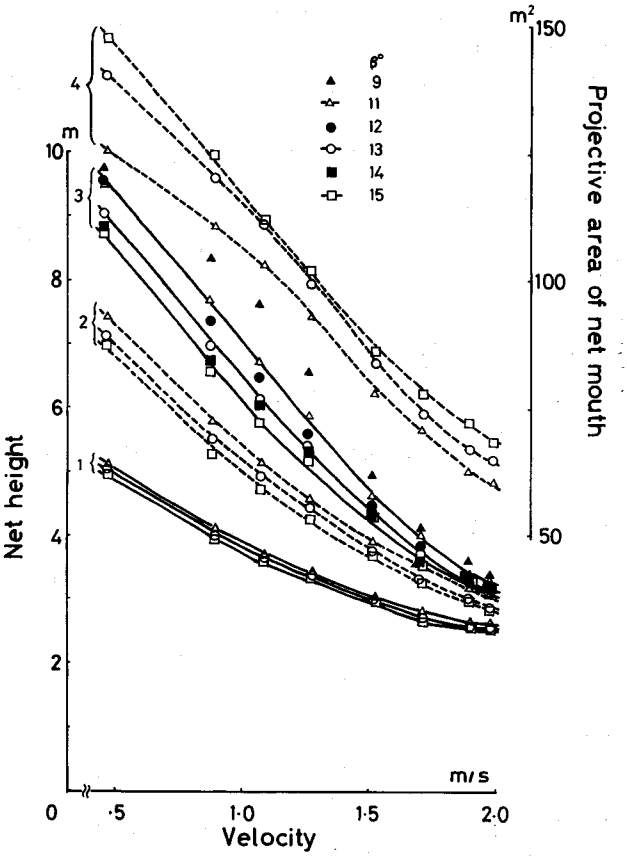


Fig. 3. Heights of three parts of head rope and projective area of net mouth for various values of $\beta$, changed into practical sizes from model experiment.
$\beta$: 1/2 angle with both hand ropes at cod-end.
1, 2, 3: Height of wing tip, middle, and central parts of head rope, respectively.
4: Projective area of net mouth.

端部および中間部の高さと網口中央部の高さは，全般的に流速の増加にともなって急激に低くなる傾向が認められる。また，同じ流速に対しては袖先の間隔が広いほど網口が低くなり，網口中央部では増速につれ袖先の間隔の違いによる高さの差が小さくなる傾向を示し，曳網速度約 2 m/sec では 3.2m 前後の高さになる。網口の断面積は，流速の増加によっては著しく減少する。また袖先間隔が広い方が断面積が大きくなる。しかし，流速が速くなっても袖先間隔の違いによる断面積の差は縮まらない。また網口の断面積は曳網速度約 2 m/sec では約 57m²～約 67 m² となり，袖先の間隔の違いによる差が見られた。これらの結果から判断すると，基本網においては約 2 m/sec の速い速度で曳網する場合，袖先の広い網ほど網口中央部の高さはほぼ一定に維持しながら，網口の断面積を大きくすることができることが分かる。

次に，袖先間隔を一定 ($\beta=13°$) にしておき，浮子，沈子を増減させた場合の網口の中央部の高さ

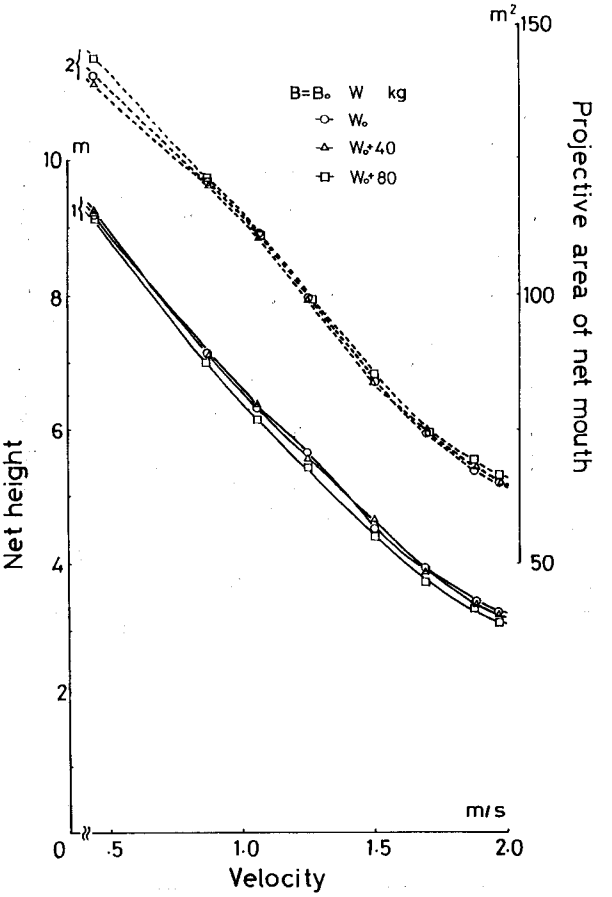


Fig. 4. Changes in central height and projective area of net mouth for various values of total weight of sinkers, changed into practical sizes from model experiment.
1: Central height of net mouth.
2: Projective area of net mouth.
$B_0$: Total buoyancy of experimental net.
$W_0$: Total weight of experimental net.

および網口の断面積の変化を調べてみた。Fig. 4 は基本網と，浮子の浮力を基本網と同じにして沈子の沈降力をそれぞれ 40 kg，80 kg 増した網について網口中央部の高さと網口の断面積を求め描いたものである。この3つの網ではほとんど差がみられなかった。Fig. 5 には基本網，および基本網を基準にして浮子の浮力と沈子の沈降力をそれぞれ同時に 40 kg，80 kg ずつ増した網についてそれぞれ求めた結果を示す。3つの網の間では網口の中央部の高さと断面積がともに大きく差を生じている。浮力と沈降力を同時に 40 kg ずつ増すと，網口中央部の高さは曳網速度約 2 m/sec で約2割，網口の断面積は約1割から 1.5割増大する。ただし，浮力と沈降力を同時に 80 kg 増した場合には，曳網速度が 1.8 m/sec 以上では沈子網の中央部が離底し網の着底状態が非常に悪くなる。しかし，逆に岩場での操業もしくは海底から離れて群れる魚種を対象に操業する場合ではこのような浮子と沈子の調節は適切な対応としてとらえてよかろう。Fig. 6 には基本網と，基本網を基準にして浮力のみを 40 kg，80 kg ずつ減らした網とについて網口中央部の高さ，網口の断面積を求めた結果を示す。この図でみ

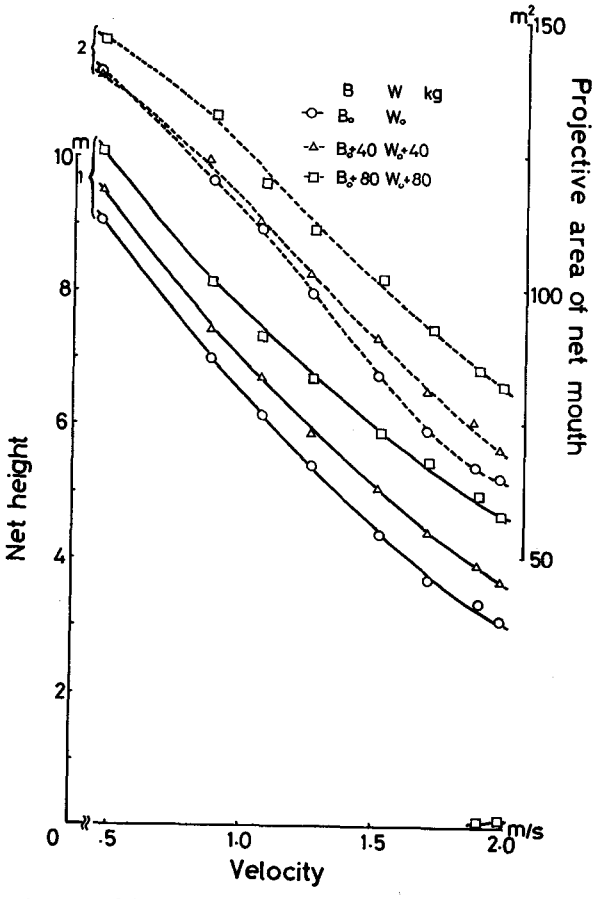


Fig. 5. Changes in central height and projective area of net mouth for various values of total buoyancy of floats and total weight of sinkers, changed into practical sizes from model experiment.
1, 2, $B_0$, $W_0$ are the same as in Fig. 4.

ると基本網を基準にし浮力を 40 kg 減らした場合は基本網とほとんど差が認められないが，80 kg まで減らした場合には曳網速度が 1.5 m/sec 以上になると逆に浮力の小さい方が網口の中央部の高さも断面積も大きくなる。これは浮子を極端に減らした場合には浮子による抵抗が小さくなり，しかも曳網速度の速い所では網地自体 ($\rho$=0.91) の揚力が大きく働くためであろう。現にトロール網の網地材料には P.E. ($\rho$=0.95) がほとんど主流となっていることから，この網地自体の持つ揚力に関してもっと注目すべきであろう。

**網の流水抵抗と網口の断面積** 基本網において袖先の間隔別に $\beta$ が 11°, 13°, 15° の 3 つの場合につき流速と流水抵抗との関係を整理し両対数グラフに描いたのが Fig. 7 である。また，$\beta$ の 13° については増速にともなう流水抵抗の変動を実線で示した。この基本網の流水抵抗は曳網速度約 2 m/sec で 7.5 トン前後になっており，船上で測定した実物網の全抵抗約 8 トンの測定値とはよく一致した。この図では袖先の間隔が広いほど流水抵抗が大きく，網口の断面積が袖先の間隔の広い方で大きくなることを反映している。また曳網速度の増加による流水抵抗の変動を示す曲線での勾配が増速につれ

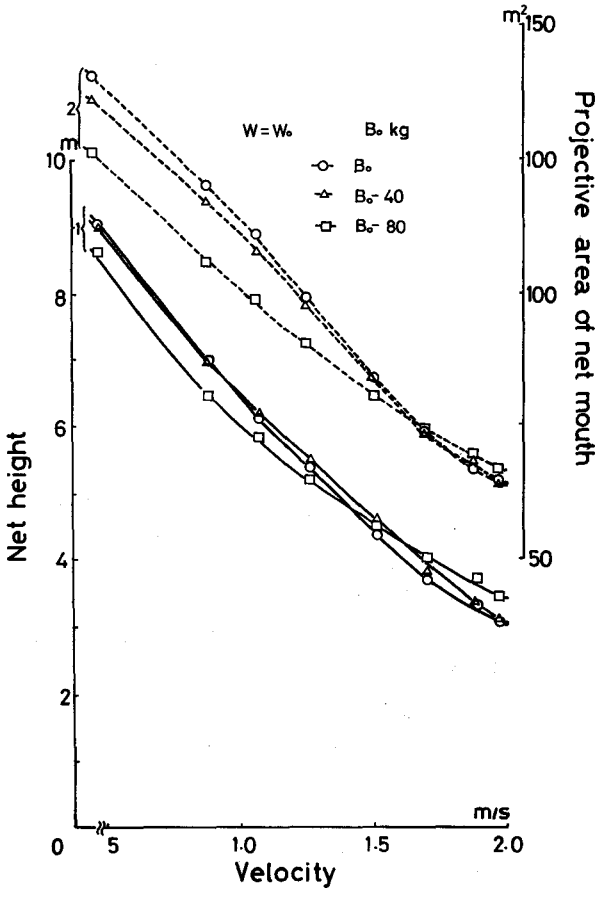


Fig. 6. Changes in central height and projective area of net mouth for various values of total buoyancy of floats, changed into practical sizes from model experiment.
1, 2, $B_0$, $W_0$ are the same as in Fig. 4.

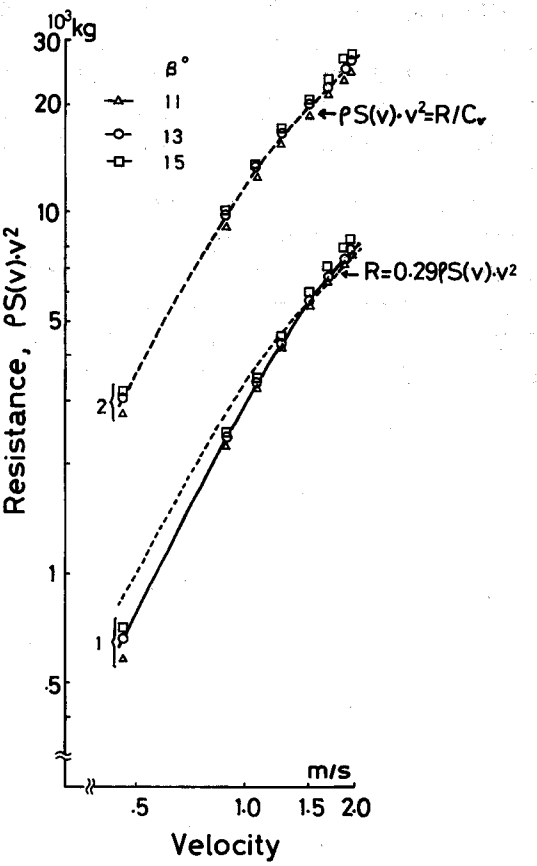


Fig. 7. Resistance for various values of $\beta$, changed into practical sizes from model experiment.
Solid line shows the change in the experimental values, and broken lines show the changes in the calculated valuesf $R/C_V$ in the equation, $\rho S(v).v^2=R/C_V$.
1: Experimental values. 2: Calculated values.

段々小さくなる傾向が見られるが，これは網口の断面形状が増速にともなって著しく崩れていくことを意味する[5]。ここで，流水抵抗 $R$ と網口の断面積 $S(v)$ との関係を

$$R = C_v \rho S(v) \cdot v^2 \tag{6}$$

($C_v$ は係数，$\rho$ は水の密度)

と置き，基本網での流速別の網口の断面積から，

$$\rho S(v) \cdot v^2 = R/C_v \tag{7}$$

を計算で求め，それぞれ $\beta=11°$, $13°$, $15°$ につき $R/C_v$ と流速との関係を整理した結果を Fig. 7 に示す。なお図において，$\beta$ の 13° については一点鎖線で示した。Fig. 7 で求めた流水抵抗の測定値と (7) 式で求めた計算値と比較してみると，実線と一点鎖線とで示す両者の増速にともなう変動曲線がほぼ平行していることが分かる。すなわち，流水抵抗と網口の断面積との関係は実験式として (6) 式

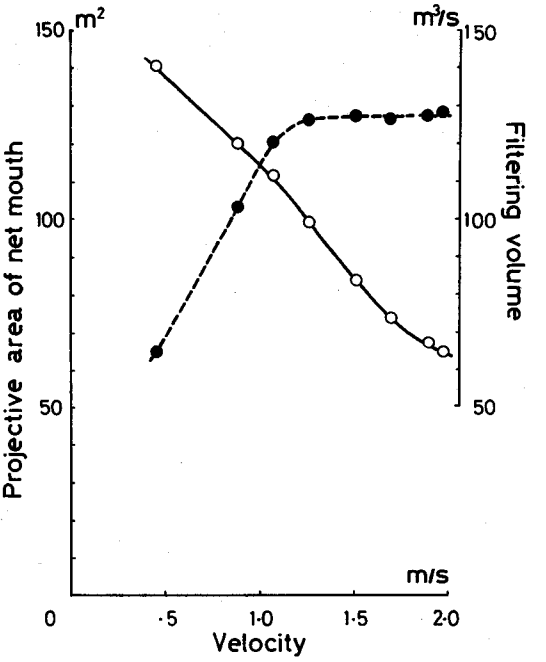


Fig. 8. Changes in projective area of net mouth and filtering volume of towing net, changed into practical sizes from model experiment. Solid line shows the change in projective area of net mouth, and broken line that of filtering volume of towing net.

を用いても良いことが推察できる。基本網での実験値から最小自乗法で $C_v$ を推定し実験式を求めると，

$$R = 0.29\,\rho\,S(v)\cdot v^2 \tag{8}$$

となる。この実験式を用い $\beta$ の 13° について網口の断面積と流水抵抗との関係を求め描いた曲線を Fig. 7 に同じく一点鎖線で示した。この一点鎖線で示した計算値は実線で示した測定値とほぼ一致している。(8) 式から網口の断面積 $S(v)$ は，

$$S(v) = R/0.29\,\rho\,v^2 \tag{9}$$

となるので，(9)式を用いて流水抵抗から逆に網口の断面積が推定できるのであろう。ただし，曳網中の実物網の抵抗にはさらに網と海底との摩擦による抵抗も加わる[6] のでその点につき今後さらに検討していく所存である。

**曳網濾過容積について**　トロール網の操業時の曳網速度約 4 ノットは従来行なわれていた旋曳網での平均約 1.5 ノット[5,7]，板曳網[8] での 2～2.5 ノットに比べはるかに速い。一般的には曳網速度の増加にともなって同一時間に対する網の曳行距離が増大されるため，曳網速度の増加は漁獲効率の向上につながるものと考えられている。しかし，底曳の場合，曳網によって海底を掃き立て，さらに網口を通る水を濾過する過程で漁獲が確定されるものであるため，底曳網の効率を考えた場合には，単位時間における網の曳行距離，すなわち掃底面積と曳網濾過容積の両方から判断しなければならない。トロールの高速曳網は掃底面積を確実に増大させたが，曳網濾過容積の増大にはかならずしも結び付かない。Fig. 8 には基本網について流速と，それぞれ網口の断面積と曳網濾過容積との関係を例示し

た。ここで言う曳網濾過容積とは網口の断面積と曳網速度との積で表わし，網の濾水率は網目の大きさ，縮結，魚の入網状況によって変化するが，単純にここでは1と仮定し実験結果から計算で求めた。Fig. 8 でみる限り，基本網において曳網速度約 1.3 m/sec（約2.5ノット）までは増速にともない曳網濾過容積も急増しているが，約 1.3 m/sec を超えると増速しても曳網濾過容積はほとんど変わらないことが分かる。これは，この網では増速によって網口の断面積が著しく小さくなるため，曳網濾過容積は曳網速度 1.3 m/sec 以上に増速しても漁具効率の増大が期待し難いことを示唆する。

## 要　　約

銚子地方の沖合底曳網漁業において1972年以降新らしく使用され始めた中型トロール網に関して，漁具の特性を明らかにし，さらに操業の際に行なわれている浮子，沈子の調節による漁具の性状を実験的にとらえた。実験では，標本網としてイソ網を選び，曳網速度，網の抵抗，ワープの展開角などを船上で測定し，これを基本にして，1/40 の模型を作製し，回流水槽で模型実験を行なった。その結果，

1) 標本網は，曳網速度約 2 m/sec で網口の高さが約 3.2 m，網口の断面積が約 65m², 網の抵抗が約7.5トンであった。

2) 同じ曳網速度においては，浮力の増加にともない網口の高さ，および網口の断面積も増加するが，浮力を 80 kg 以上に増した場合には沈降力を同じように増しても，曳網速度が 2 m/sec 以下でも網は離底する。

3) 網の抵抗 $R$ と網口の断面積とでは実験式として

$$R = C_v \rho S(v) \cdot v^2$$

で表わされ，標本網での $C_v$ は 0.29 となった。

4) 単位時間当りの曳網濾過容積は，曳網速度の増加にともなって大きくなるが，1.3 m/sec（約2.5ノット）以上ではほとんど変わりなく，127 m³/sec であった。

## 文　　献

1) 李　珠熙・神田献二・佐藤　修 (1983). 銚子沖合底曳網漁業の1曳網当り漁獲量による漁獲性能の比較. 日水誌 **39**, 853–858.
2) 李　珠熙・神田献二・佐藤　修 (1983). 銚子沖合底曳網漁業における漁具と漁獲性能との関係. 同誌 **49**, 859–866.
3) 高山重嶺・小山武夫 (1961). トロールに関する研究-V. トロール網の袖間隔を測定する装置およびその計算式について. 東海水研報 **31**, 289–296.
4) Tauti, M. (1934). A relation between experiments on model and on full scale of fishing net. Bull, Jap. Soc. Sic. fish. **3**, 171–177.
5) 肥後伸夫 (1971). 底曳網の漁獲性能に関する基礎的研究. 鹿児島大水産紀要 **20**, 1–127.
6) 本多勝司 (1958). トロール網模型実験. 日水誌 **23**, 508–611.
7) 葉室親正 (1959). 漁具測定論. 350p. 槇書店，東京.
8) 葉室親正・河村英之 (1966). 板曳漁業の漁船漁具漁法についての実測. 漁船研技法 **21**, 1–55.