

中層曳網の研究—I

網中の流速分布と網成りについて

今井 健彦*

Studies on the Midwater Trawl—I Distribution of flow-speed inside the Net and Performance of the Net-Shape

Takehiko IMAI

Abstract

This paper described about the basic experiment of on the continuous midwater trawl which was carried out in the experimental circular tank with two types of model net (the one rigged with cone and the other without cone), and with two kinds of webbing (thin twined one and thick twined one); measurement being carried out on the four stages of flow-speed (approximately 1.5, 2, 2.5, 3, kn), using Kanomax flow-meter (constant temperature type, hot film flow-meter), and flow-line-shaped meter-rod.

The results obtained are as follows:

1. Even when the trawl was rigged with cone and suction-hose little deformation in trawls was noted. Decreasing percentage in the areas of net moth, horizontal section, and vertical section was observed to be only a little.
2. Concerning the flow-speed, it was generally lower inside the net, than it was outside the net, but an acceleration in flow-speed was recognized in some case.
3. In case of thin twined webbing, net-performance was lower than in the thick one, especially when the flow-speed was low, because there was less extension than in the latter case. Hence the necessity of choosing the twine-size and mesh-size most appropriate to the towing-speed.

緒 言

網中の流速については、葉室 (1962)¹⁾、肥後 (1964)²⁾、肥後等 (1973)³⁾ 等の研究があり、葉室は実物網で海上実験をおこない、網内流速は網外の流速より低下することを報告しており、肥後及び肥後等は囊網について網中の増速現象を見出し、網中の増速現象が網成りに影響を与えることを実証している。これ等の研究はいずれも底曳網についてであって、中層曳網についての同種の研究はまだ発表されていない。中層曳網漁法は底曳網に比べ大型な漁網を用いた漁法で、曳網抵抗を減少させ、網成りを保つために、曳網速力を遅くせざるを得ない。そのため漁獲対象魚は限定され、濃密魚群を形成する時季のみこの漁法は成立している。

本研究はフィッシュポンプを用いた中層曳網連続漁法による高速曳網の可能性について基礎実験をおこなったもので、模型網を作製し、身網の末端に試作した吸入口 (以後コーンと呼称する) を

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

取付けた場合と、吸入口を外した場合について網中の流速分布及び網成りを測定した。その結果について報告する。

実験装置

1. 模型網

海上実験に用いる網規模を巾6m、深さ4m、身網の長さ7.5mと仮定し、Fig. 1に示す2種の模型網を作製した。

模型網の寸法 (λ') と実物網の寸法 (λ'') の比を $\frac{\lambda'}{\lambda''} = \frac{1}{10}$ とし、

網糸の径 (D'_A, D''_A, D'_B, D''_B) 及び網目の大きさ (L'_A, L''_A, L'_B, L''_B) の比を

$$\frac{D'_A}{D''_A} = \frac{L'_A}{L''_A} = \frac{1}{4}, \quad \frac{D'_B}{D''_B} = \frac{L'_B}{L''_B} = \frac{1}{4}$$

と仮定すれば、流速 (U', U'') の比は

$$\frac{U'}{U''} = \sqrt{\frac{D'(\rho'-1)}{D''(\rho''-1)}} \text{ であり、}$$

実物網と模型網の材質を同一のものを用いると $\frac{U'}{U''} = \sqrt{\frac{D'}{D''}} = \frac{1}{2}$ となる。模型網の網地は、ナイロン 210^d 3×3 (dia. 0.33 mm) 目合 9 mm $D'_A/L'_A = 0.037$ と、ナイロン 210^d 2×2 (dia. 0.25 mm) 目合 10 mm $D'_B/L'_B = 0.025$ との2種とした。いずれの網も同一寸法で、同一種の網地を用いた4枚仕立て、縮結は2割とした。網口はその上部に浮子(総浮力 112.4 g)を、下部に沈子(総沈降力 61.2 g)を装着して展開させた。

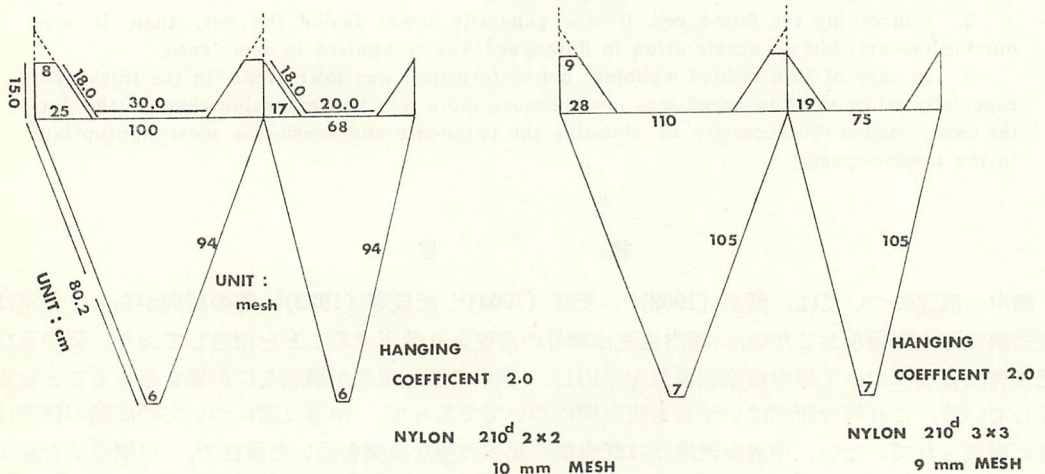


Fig. 1 Schematic plan of two kinds of trawl.

2. 模型網の設置方法

実験は Fig. 2 に示すような要領で実施し、実験水槽は本学部大型対称式回流水槽を用いた。水槽の水深は 65 cm とし、上部ブライドルは水面上 12 cm の横木に縛止し、下部ブライドルは整流格子に結びつけた鉛板台に縛止した。身網の末端には Fig. 2 の要領でコーンを取付け、吸引ホー

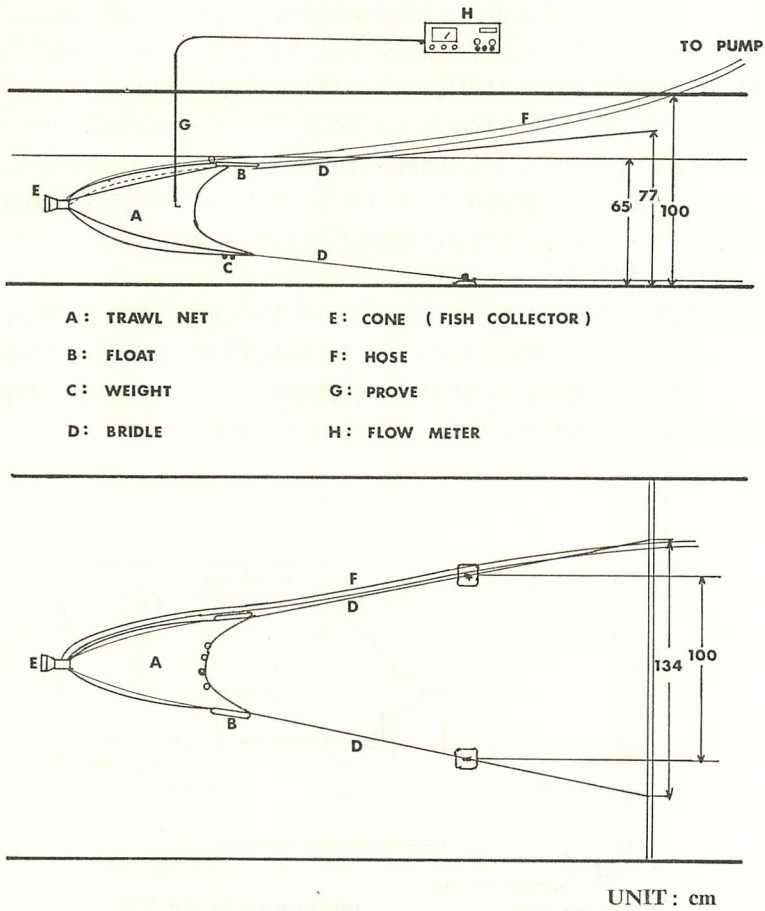


Fig. 2 Schematic representation of the experimental equipment for midwater trawl.

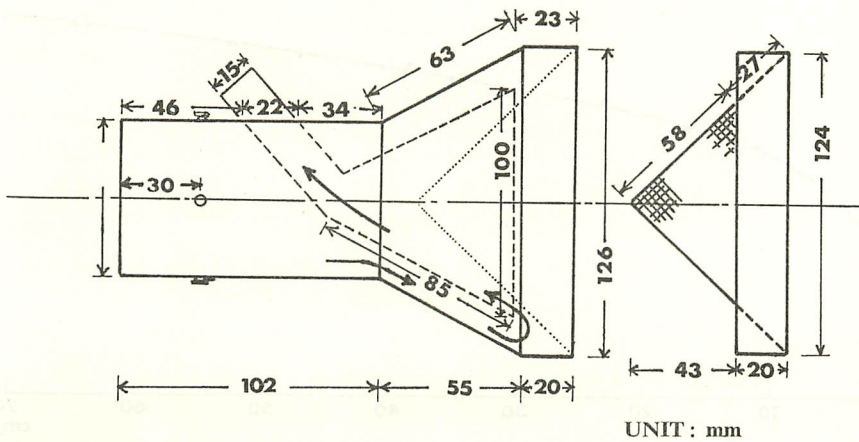


Fig. 3 Schematic drawing of cone.

スを前方に導いた。このコーンは漁獲物の流向を反転させ吸入ホースの曳航抵抗が減少するように設計し、透明ビニール板で試作した。その略図を Fig. 3 に示す。コーンには内径 15 mm のビニールホース 365 cm (内網部 65 cm は塩化ビニール管) を接続し、井戸ポンプ (三菱 CP-106 F) に導き、吸引ホース内流速を 183 ± 10 cm/sec に設定した。コーンの型状、ホースの径、流体抵抗、強度、ポンプの能力等については種々問題が残されているが、予備実験の結果から前述の装備だけについて実験をおこなった。流速 3 ノットの場合の外はコーンの後部と身網前部に浮子をつけて網成りを補正した。コーンを外した場合は身網の後端を網糸で縛止した。

3. 流速, 網成りの測定方法

流速測定には受感部に白金薄膜を用いた定温度方式の Kanomax 流速計を用いた。作動原理は Fig. 4 に示すように定温度方式熱線風速計と等しく熱線の替りに白金薄膜 (電気抵抗値 $3 \sim 5 \Omega$) を用いたもので、受感部に浮遊物が附着しにくい円錐型のセンサーを選んだ。Fig. 5 に東邦電探 CM 10 S 型流速計と比較して得たキャリブレーションカーブを示した。

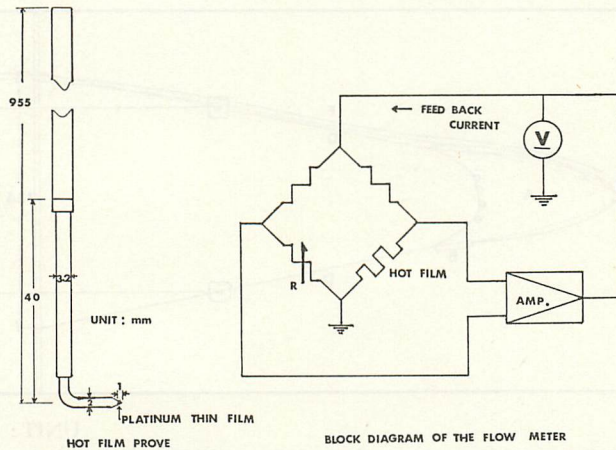


Fig. 4 Block diagram of constant temperature type, hot film flow-meter and schematic drawing of hot film probe.

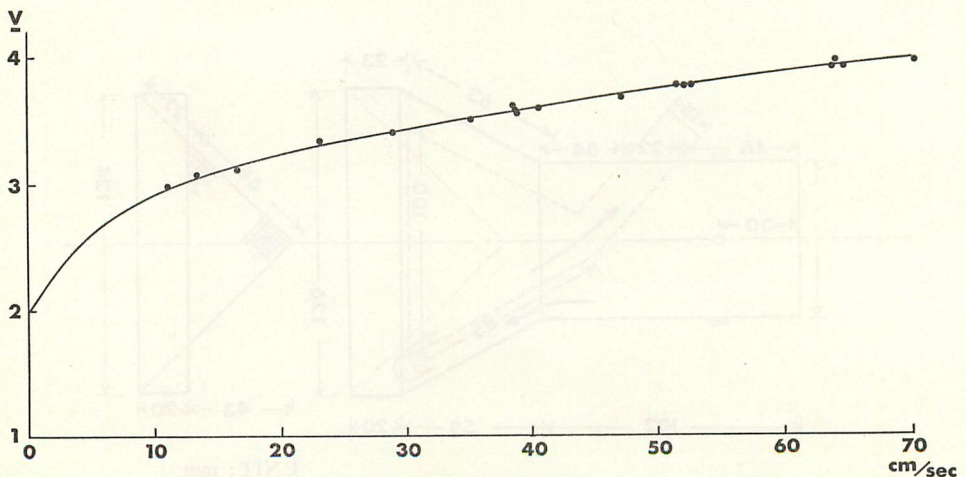


Fig. 5 Calibration-curve of the Kanomax flow-meter.

測定位置は Fig. 6 に示すように、網の右半分について網口及び身網の1/4, 1/2, 3/4の4断面で10目毎に測定点を設け、1目切断してプローブを入れ易くした。1測定点で網に沿ってプローブの長さ(4cm)と網の中央線とその上下の10目若しくは20目の深さの4点について流速測定した。又網外の流速分布を求めるために網口附近、身網の1/4, 1/2, 3/4附近及び後端附近の中央切断面上の任意の点で流速測定した。測定点はいずれも Fig. 6 にプロットした。

網の水平形状は水槽の床面に罫引した罫線により、各測定点と筋縄及び網の外縁を目測で読みとった。垂直形状は流線形の物指を移動させて筋縄、網の外縁、網の中央線及びその上下10目毎の側線を読み取った。同時に平面、側面の写真撮影し作図の補助とした。

実験結果

1. 流速

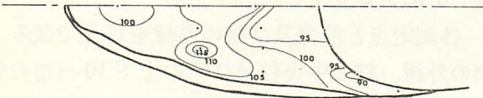
Fig. 6 に流速約2ノット、3ノットの場合の中央水平断面、中央垂直断面の流速分布を示す。各流速段階について比較するために、網外の流速との比率を求め等流速比線で、流速分布をあらわした。網口流速はコーンを取りつけてポンプを作動した場合と、コーンを外した場合に数%の差違があったので、網外の定常流速を基準とした。網の各横断面における平均流速を求めると、Table 1, Fig. 7 のようになる。この平均流速と網外の流速と比較すると、殆んどの場合網中の流速は減少したが、増速する場合もあった。

Table 1. Average flow-speed of four sections of model net, concerning four stages of flow-speed, two kinds of net-type and webbing.

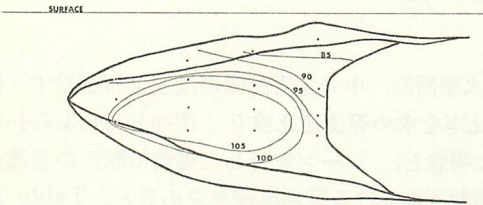
| Stages of flow-speed | Net sections | Thin twined net | | | | | | Thick twined net | | | | | |
|----------------------|--------------|---------------------------|------------------------|--------|------------------------|--------|---------------------------|------------------------|-------|------------------------|--------|--|--|
| | | Fixed flow speed (cm/sec) | without cone | | with cone | | Fixed flow speed (cm/sec) | without cone | | with cone | | | |
| | | | average speed (cm/sec) | % | average speed (cm/sec) | % | | average speed (cm/sec) | % | average speed (cm/sec) | % | | |
| 1.5kn. | net mouth | 40.7 | 35.6 | 87.47 | 37.5 | 92.15 | 37.8 | 32.2 | 85.19 | 33.6 | 86.15 | | |
| | 1/4 section | 40.7 | 35.7 | 87.71 | 36.2 | 88.94 | 39.0 | 32.3 | 79.36 | 35.2 | 90.26 | | |
| | 1/2 section | 40.7 | 36.3 | 89.19 | 36.0 | 88.45 | 39.0 | 30.7 | 75.43 | 38.4 | 98.46 | | |
| | 3/4 section | 40.7 | 35.6 | 87.47 | 35.2 | 86.49 | 39.0 | 33.5 | 82.31 | 37.8 | 96.92 | | |
| 2.0kn. | net mouth | 51.3 | 47.2 | 92.01 | 47.6 | 92.76 | 52.2 | 47.5 | 91.00 | 47.3 | 90.61 | | |
| | 1/4 section | 51.3 | 48.9 | 95.32 | 46.2 | 90.06 | 52.2 | 47.5 | 91.00 | 48.1 | 92.15 | | |
| | 1/2 section | 51.3 | 52.8 | 102.92 | 48.5 | 94.54 | 52.2 | 49.0 | 93.87 | 49.3 | 94.44 | | |
| | 3/4 section | 51.3 | 50.2 | 97.86 | 45.0 | 87.72 | 52.2 | 48.0 | 91.95 | 48.9 | 93.68 | | |
| 2.5kn. | net mouth | 63.4 | 64.5 | 101.74 | 61.3 | 96.69 | 65.2 | 61.7 | 94.63 | 61.5 | 94.33 | | |
| | 1/4 section | 63.4 | 62.5 | 98.58 | 63.0 | 99.37 | 65.2 | 62.1 | 95.25 | 63.1 | 96.78 | | |
| | 1/2 section | 63.4 | 66.4 | 104.73 | 65.1 | 102.68 | 65.2 | 62.7 | 96.17 | 64.2 | 98.47 | | |
| | 3/4 section | 63.4 | 62.7 | 98.90 | 61.8 | 97.48 | 65.2 | 63.9 | 98.01 | 64.1 | 98.31 | | |
| 3.0kn. | net mouth | 72.0 | 64.4 | 89.44 | 65.2 | 90.56 | 76.7 | 73.3 | 95.57 | 76.2 | 99.35 | | |
| | 1/4 section | 72.0 | 65.2 | 90.56 | 66.3 | 92.08 | 76.7 | 73.6 | 95.96 | 76.8 | 100.13 | | |
| | 1/2 section | 72.0 | 66.0 | 91.67 | 66.9 | 92.92 | 76.7 | 75.6 | 98.57 | 76.3 | 99.48 | | |
| | 3/4 section | 72.0 | 67.5 | 93.49 | 66.6 | 92.50 | 76.7 | 74.5 | 97.13 | 76.7 | 100.00 | | |

1.99 kn THIN WITHOUT CONE

PLANE VIEW



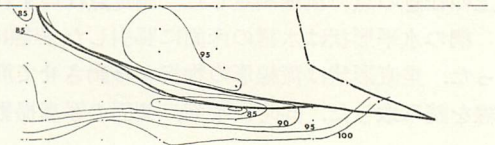
SIDE VIEW



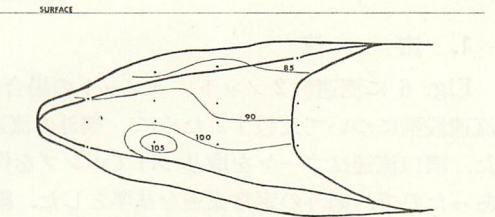
UNIT: %

2.03 kn THICK WITHOUT CONE

PLANE VIEW



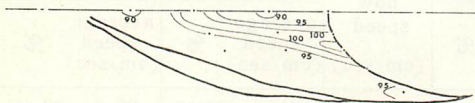
SIDE VIEW



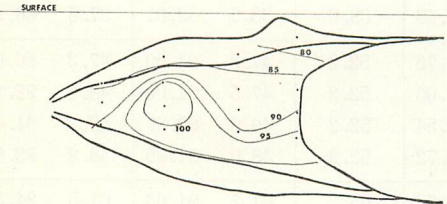
UNIT: %

1.99 kn THIN WITH CONE

PLANE VIEW



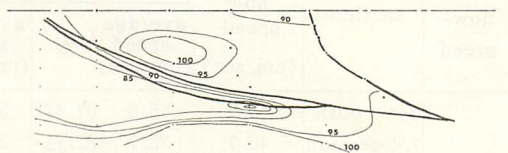
SIDE VIEW



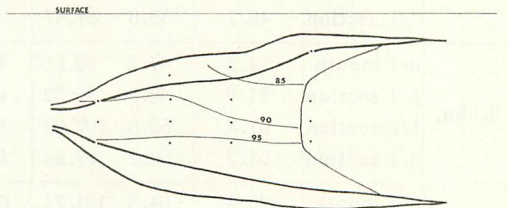
UNIT: %

2.03 kn THICK WITH CONE

PLANE VIEW



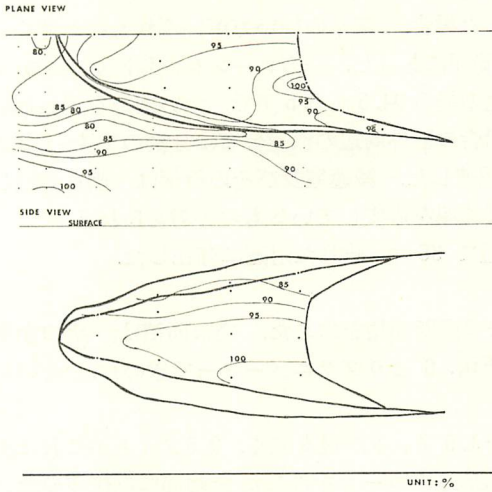
SIDE VIEW



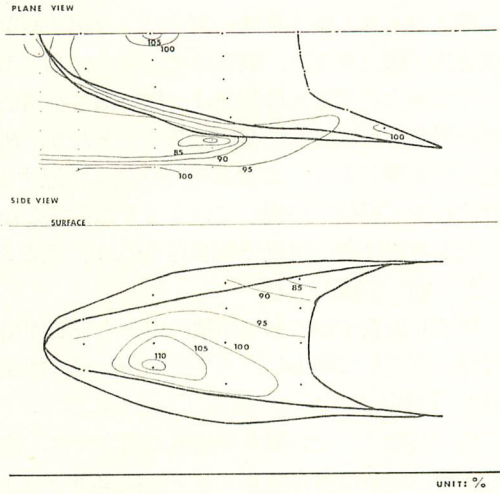
UNIT: %

Fig. 6 Distribution of flow-speed in

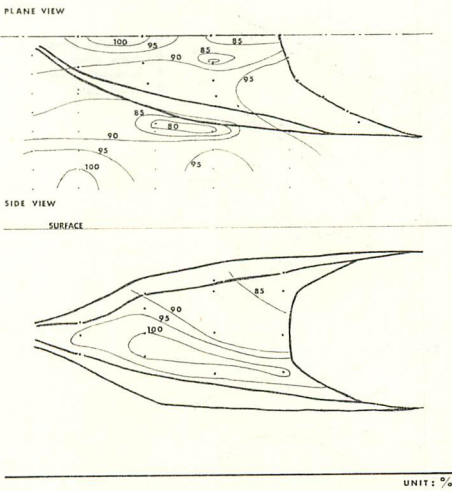
2.80 kn THIN WITHOUT CONE



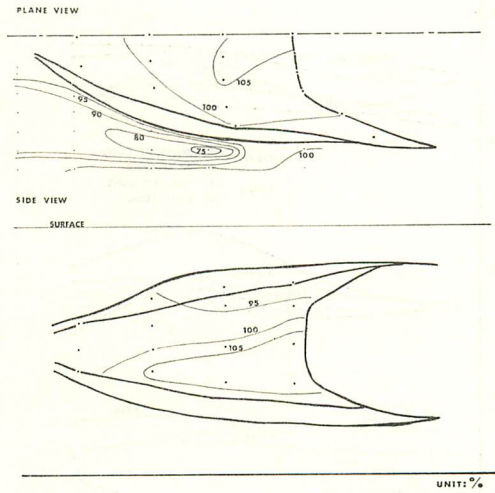
2.98 kn THICK WITHOUT CONE



2.80 kn THIN WITH CONE



2.98 kn THICK WITH CONE



horizontal and vertical middle sections

コーンを取付けてポンプを作動した場合とコーンを外した場合の網口流速を比較すれば前者は殆んどの場合増速した。身網の末端を縛止した場合、網の 1/2 断面に高流速域が多く出現し頻々網外定常流より速い所謂増速現象が出現した。ポンプで吸引した場合等流速比線は閉塞せず部分的な高流速域は見られなくなり、太い網糸の網の 3/4 断面の流速はコーンのない場合より増加した。

網糸の太さと網中流速の関係は、身網末端を縛止した場合、網糸の細い方がいずれも数%速く、流速比は $96 \pm 9\%$ で、網糸の太い場合は $87 \pm 12\%$ の範囲にあった。一方コーンを取付けポンプで吸引した場合の流速比の範囲は、細い網糸を用いた網地の場合 $94.5 \pm 8.5\%$ で、太い網糸を用いた網地の場合もほぼ等しい $93.5 \pm 7.5\%$ となり、後者の場合の網外周辺の流速分布は身網の 1/4~1/2 附近に減速域があり、この部分では網に接近するほど減速した。減速域及びその後部は、網を通過した流れで、肥後²⁾が報じているように乱流となり、減速域を形成しているものと考えられる。

尚定常流は網口附近で網から 10 cm、網の末端附近で 35 cm 離れた附近に存在した。

2. 網 成 り

網成りを表すのに網口面積、中央水平断面積、中央垂直断面積を求めた。網口面積は、網口を楕円形と仮定して算出し、水平断面積、垂直断面積は Fig. 6 よりプランメーターで求めた。その結果を Table 2, 3, 4, 及び Fig. 8 に示す。

網口面積は、太い網糸の網地の場合では、流速段階 1.5 ノットが最も広く、2.5 ノットがこれに次ぎ、細い網糸の場合は 2 ノット又は 2.5 ノットが最も広く、コーンを外した末端部に抵抗体のない場合が最も狭かった。2.5 ノットを越えると、いずれも網口の沈下は増加し、網口面積は減少した。

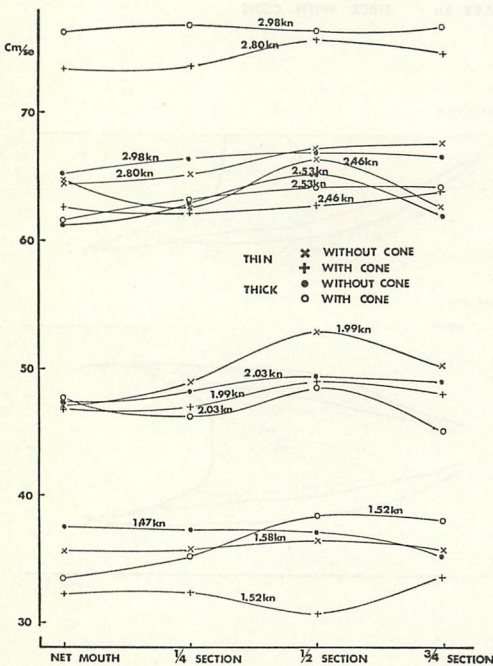


Fig. 7 Relationships among four sections in the average flow-speed inside net and the fixed flow-speed in the circular tank.

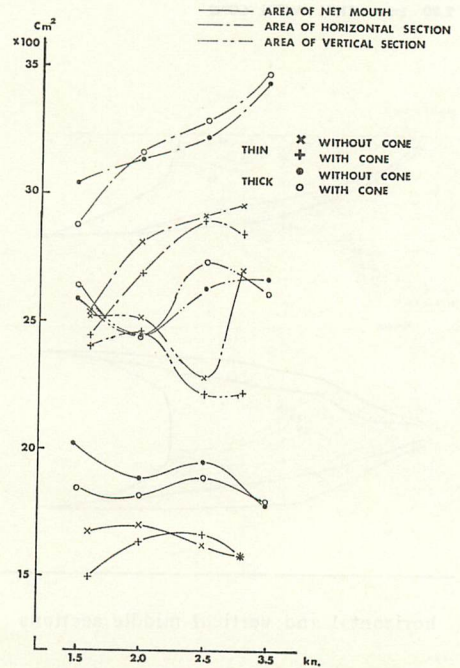


Fig. 8 Comparative relationship net-mouth area, horizontal-section area, and vertical-section area with the fixed flow-speed.

Table 2. The net-mouth area of model net, concerning four stages of flow-speed, two kinds of net-type and webbing.

| Flow speed (knot) | Thin twined net | | | Thick twined net | | |
|----------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------|------------------------------------|---------------------------------|--------|
| | without cone (cm ²) | with cone (cm ²) | % | without cone (cm ²) | with cone (cm ²) | % |
| 1.5 | 1664.5 | 1484.3 | 89.17 | 2029.2 | 1838.1 | 90.58 |
| 2.0 | 1696.4 | 1628.0 | 95.97 | 1884.3 | 1811.3 | 96.13 |
| 2.5 | 1619.5 | 1653.4 | 102.10 | 1948.4 | 1887.9 | 96.89 |
| 3.0 | 1570.2 | 1570.0 | 99.99 | 1774.2 | 1791.2 | 101.00 |

Table 3. The area of horizontal middle-section of model net, concerning four stages of flow-speed, two kinds of net-type and webbing.

| Flow speed (knot) | Thin twined net | | | Thick twined net | | |
|----------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------|------------------------------------|---------------------------------|--------|
| | without cone (cm ²) | with cone (cm ²) | % | without cone (cm ²) | with cone (cm ²) | % |
| 1.5 | 2537.5 | 2440.0 | 96.16 | 3040.0 | 2865.0 | 94.24 |
| 2.0 | 2912.5 | 2682.5 | 95.38 | 3137.5 | 3152.5 | 104.80 |
| 2.5 | 2912.5 | 2897.5 | 99.48 | 3218.5 | 3281.3 | 101.94 |
| 3.0 | 2956.0 | 2840.0 | 96.11 | 3440.0 | 3474.0 | 108.00 |

Table 4. The area of vertical middle-section of model net, concerning four stages of flow-speed, two kinds of net-type and webbing.

| Flow speed (knot) | Thin twined net | | | Thick twined net | | |
|----------------------|------------------------------------|---------------------------------|-------|------------------------------------|---------------------------------|--------|
| | without cone (cm ²) | with cone (cm ²) | % | without cone (cm ²) | with cone (cm ²) | % |
| 1.5 | 2517.5 | 2402.5 | 95.43 | 2585.0 | 2632.5 | 101.84 |
| 2.0 | 2515.0 | 2458.3 | 97.74 | 2452.5 | 2442.5 | 99.59 |
| 2.5 | 2280.8 | 2210.8 | 96.93 | 2625.0 | 2727.5 | 103.90 |
| 3.0 | 2700.0 | 2220.0 | 82.22 | 2667.5 | 2605.0 | 97.00 |

網口面積は、コーンを取付けても変化は少なく、数%の減少に止まり、その変化の範囲は $95 \pm 7\%$ であった。これに反し網地の違いによる網口面積の差は比較的大きく、細い網糸の網では太い網糸の網に比べ $86 \pm 4\%$ 減少した。

中央水平断面積は流速の増加と共に増加しコーンの有無に対する面積の比率は $99.5 \pm 5.5\%$ を示し、細い網糸の網ではコーンを取付けた場合に減少し、太い網糸の網の2ノット以上では逆に増加した。

中央垂直断面積は複雑な変化を示し、コーンの有無に対する面積の比率は $93 \pm 11\%$ となり、網地の違いによる面積の差には一貫性は見出せなかった。

考 察

今回の実験では、模型網中に多くの測定点を設け網中の流速分布を求めた。等流速比線の垂直分布は、一般に上層部で低く下層で高い傾向が見られた。これは浮子による流体抵抗のための減速と、回流水槽の特性が相俟って現われた現象と考えられる。低流速の段階では、網の奥部に高流速域があり網口流速はいずれも低い。流速が増加すれば高流速域は網口に接近する傾向が見られた。網中の高流速域は主に1/2断面の下部附近にあり、屢々定常流速より速い所謂増速現象がみられた。増速現象は漁網としては好ましい現象である。1/2断面は網地巾が減少する位置でありこの部分の網目は良く広がっている。各断面毎の流速の平均値は1/2断面が最も速い場合が多く12例有り、網口と3/4断面ではそれぞれ2例あるだけであった。又コーンの無い場合、高流速部の等流速比線は閉塞する傾向があるが、コーンを取付けポンプを作動した場合、網の外縁附近にあった高流速域は無くなり、網中央に移り等流速比線は閉塞せず、特に網口流速が増速する傾向がある。これは網の流体抵抗のために網口流速が減少していたためで、ポンプの吸引力を増大すればこの傾向は強まるものと思われる。

今回の実験に用いた模型網は縮結を全体に2割入れたが、後部では過多であった。又網型は左右対称としたが、ホースの抵抗を考慮した非対称型の網型の方が良いと思われる。

コーンを外した場合、身網の末端を縛止して実験したが、このため末端の数目は重なり合い展開せず、流速を抑圧し、網面積を縮める結果となった。又流速設定に際し細心の注意をはらい一定流速とすべきであった。

コーンの有無に対する網口面積、中央水平断面積、同垂直断面積はあまり変化せず、コーンを取付けることによって数%減少したが、低速段階の細い網糸の網ではむしろ増大した。

網地の違いによる網成りについていえば、一般に太い網糸の網の方が良かったが、高流速では網高さが減少した。これ等の結果から曳網速力にマッチした網糸の太さ及び網目の大きさを選ぶことによってコーンを取付けても良好な網成りを期待出来ることがわかった。

尚今回の実験では抵抗測定をおこなっていないので、今後は抵抗測定も合わせておこない、性能の良い網型、縮結の配分等へと進めていく所存である。

要 約

1. 中層曳網のコッドエンドの代りに、フィッシュポンプの吸入口（以後コーンと呼称する。）を取付けてポンプを作動した場合と、身網末端を縛止した場合について網中の流速分布と網成りを測定した結果、網中流速は減少する場合が多かったが、部分的に定常流速より速い、所謂増速現象が認められた。

2. コーンを身網末端に取付けても網口面積等の減少は少なく、曳網速力にマッチした網糸の太さ、網目の大きさを選択することによって良好な網成りを期待出来る。

終りに本研究の御指導、御校閲を賜った本学部助教授肥後伸夫博士をはじめ、実験及び資料整理に御協力頂いた同講師川村軍蔵氏、田畑静夫氏、大学院生不破茂、毛利公朗両君に深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 葉室親正 (1962) OTTER TRAWL 漁具改良とその網成り測定 漁船研報 Vol. 16-1, pp. 1-39.
- 2) 肥後伸夫 (1964) 底曳網の研究－I 鹿大水紀要 Vol. 13, pp. 78-92.
- 3) 肥後伸夫・徳永喜郎・田中健吾 (1973) 底曳網の研究－II 鹿大水紀要 Vol. 22-1, pp. 147-155.