

真珠養殖における仕立・養生漁場の 潮流抑制法に関する基礎実験*

谷口 武夫

Basic Experiments on the Methods of controlling
the Tidal Current in Pearl Culture Farms

By
Takeo TANIGUCHI

A basic research was done with various devices to control the tidal current in integrated pearl culture farms where both farming processes, "habituating" and "aftercare", played particularly important role in the reduction of mortality of mother shellfish. The devices consisting of nets and pipe-hurdle were tested to evaluate the effect of current control in the experimental tank.

Experimental results show that the devices made of pipe-hurdle were decidedly superior to the netmade devices in the damping effect of tidal current. As for the netmade devices in many forms tested, it must be noted that the cylindrical form produced better effect than the others, comparing the results obtained.

Additional experiments were also conducted to investigate the kinetic properties of pearl farming baskets in regard to the habituating and aftercare under a certain experimental condition. The essential result is that an ideal condition of farming baskets in pearl and oyster culture farms could be maintained in the area where the current speed is under 20 cm/s if the weight of each basket is kept 3~4 kg in water.

1. 緒 言

真珠養殖では、近年特に母貝がひ弱となったので、挿核
施術前後に行われる仕立および養生過程を重視、そこでの
潮流の速さは5~6 cm/s以下が条件とされている。この
ような仕立および養生漁場としての適地も昨今漁場の老化、
水質汚染、埋立工事等により年々減少し、その対応は焦眉
の課題となっている。

本研究は、この趣意から、漁場内の流れを人為的に抑制
あるいは調整する方策の基礎試験として、各種網地および
パイプ製簀子などによる流れの抑制効果、これらを施設す
るに当り設計上必要な流水抵抗ならびに現行の仕立および
養生籠の水中の特性を知るために、水槽実験を実施した
ものである。

* 水産大学校研究業績 第1055号, 1985年7月29日受理。

Contribution from Shimonoseki University of Fisheries, No.1055. Received July 29, 1985.

2. 実験方法

2.1 実験装置

実験は1981年7月から1982年10月にかけて、本校備え付けの洄流水槽で行われた。なお、使用機器類は下記のとおりである。

水 槽：水車駆動式洄流水槽

(周長35 m × 幅2.4 m × 深さ1.2 m)

流速計：CM-1AS型微流速計 (東邦電探)

張力計：電気歪式張力計 (共和電業)

(ラベットRMS-11型電磁オシログラフ, LU
- 5 KA型荷重変換器)

2.2 測定方法

実験-I

流れの抑制効果を知るため、Fig. 1に示すとおり、各種網目を直径8 mmの鉄棒製枠(縦横85 cm × 70 cm)に取り付け、網面が流れに垂直になるように固定(一般流が直接後流域に流入しないよう、網面の両側後方にアクリル板を

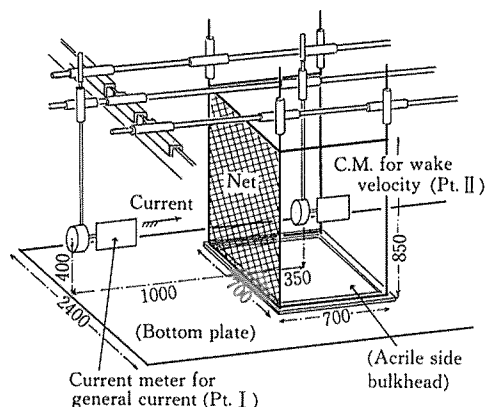


Fig. 1 Rough sketch of apparatus used to observe the current-control by a plane net or a pipe-hurdle (Figures in the drawing indicate in mm.).

Table 1-A Materials and dimensions of various plane nets and blinds used in the experiments on the current-control.

| No. | Material | Diameter of netting cord D (mm) | Length of mesh-bar L (mm) | Value of ratio D/L |
|-----|---|--------------------------------------|--|-------------------------|
| 1 | Polyethylene (PE), 380d/15Fs., mesh knot net | 1.35 | 18.67 | 0.072 |
| 2 | Nylon (PA), 210d/24Fs., mesh knot net | 1.07 | 12.48 | 0.086 |
| 3 | „, 210d/39Fs., „ | 1.39 | 13.38 | 0.104 |
| 4 | „, 210d/18Fs., raschel net | 1.00 | 6.32 | 0.158 |
| 5 | Vynylon (PVA), 88-90, minnow net | 0.73 | 6.27 | 0.116 |
| 6 | „, 66-105, „ | 0.59 | 4.64 | 0.127 |
| 7 | „, 44-180, „ | 0.44 | 2.84 | 0.155 |
| 8 | „, 44-224, „ | 0.50 | 2.31 | 0.216 |
| 9 | Polyvinylidene chloride (PVD), insect control net | 0.25 | 1.66 | 0.151 |
| No. | Material | Diameter of pipe d (mm) | Space between adjacent two pipes s (mm) | Value of ratio d/s |
| 10 | Polyvinyl chloride (PVC) blind | 2.30 | 0.73 | 3.15 |
| 11 | “Shinobe” bamboo (thin) blind | 9.64 | 3.89 | 2.48 |
| 12 | “Shinobe” bamboo (thick) blind | 14.95 | 4.59 | 3.26 |

Table 1-B Materials and dimensions of various pipe-hurdles used in the experiments on the current-control.

| No. | Material | Diameter of pipe | Space between adjacent two pipes | Value of ratio |
|-----|--|------------------|----------------------------------|----------------|
| | | d (mm) | s (mm) | d/s |
| 1 | 17.5 ϕ Polyvinyl chloride (PVC) pipe-hurdle | 17.5 | 24.8 | 0.706 |
| 2 | 〃 | 〃 | 17.5 | 1.000 |
| 3 | 〃 | 〃 | 9.7 | 1.804 |
| 4 | 〃 | 〃 | 5.7 | 3.070 |
| 5 | 26 ϕ Polyvinyl chloride (PVC) pipe-hurdle | 26.0 | 25.8 | 1.008 |
| 6 | 〃 | 〃 | 19.9 | 1.307 |
| 7 | 〃 | 〃 | 11.6 | 2.241 |
| 8 | 38 ϕ Polyvinyl chloride (PVC) pipe-hurdle | 38.0 | 25.5 | 1.490 |
| 9 | 〃 | 〃 | 20.9 | 1.818 |
| 10 | 〃 | 〃 | 13.4 | 2.836 |
| 11 | 48 ϕ Polyvinyl chloride (PVC) pipe-hurdle | 48.0 | 26.8 | 1.791 |
| 12 | 〃 | 〃 | 20.1 | 2.388 |
| 13 | 〃 | 〃 | 14.7 | 3.265 |

平行に設置した), その前方 1 m および後方 35 cm にそれぞれ流速計をセットし, 各流れにおける後流速度を測定した。同様に, 各種すだれおよびパイプ製簀子等についてもそれぞれ後流速度を測定した。

また, 網および簀子の一部については Fig. 12 に示す流糸法により, 各流れにおける流線の模様を写真撮影した。なお, 供試網および簀子等の仕様をそれぞれ Table 1-A および 1-B に示す。

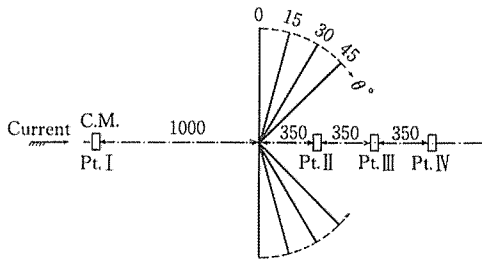


Fig. 2 A method of measuring in the current-control by the angle-net which have various slope (Top view). (Pt. I is measuring point for the general current. And Pt. II, Pt. III and Pt. IV show ones for wake-velocity.)

実験-Ⅱ

網の用法の違いによる流水抑制効果を知るため, まず Fig. 2 に示すように, 一面の大きさ縦 85 cm \times 横 70 cm でできた 2 枚のナイロン・ラッセル網面 (210 d/18 Fs., 12.6 mm 目合) を流れに山型に, その傾斜角 θ を流れに垂直方向から 0, 15, 30 および 45 度となるようにセットし, それぞれ両網面交叉の中心から 35, 70 および 105 cm 後方における後流速度を測定した。なお, これについても Fig. 15 に示した流糸法で流れの動静を写真撮影した。

実験-Ⅲ

Fig. 3 のように, 同ナイロン網面を上述の実験-Ⅰと同様流れに垂直に固定し, これに 10 cm 間隔で第 2 および第

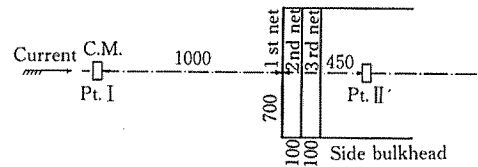


Fig. 3 A method of measuring in the current-control by the plane net in many rows set at interval of 10 cm (Top view).

3 網面と漸増した時の各流れにおける後流速度（最前列網面から45 cm 後方）をそれぞれ測定した。

実験-Ⅳ

Fig. 4 のように、上述した一面の大きさ幅70 cm × 85 cm のナイロン・ラッセル網4 面で方形に閉塞，流れが網

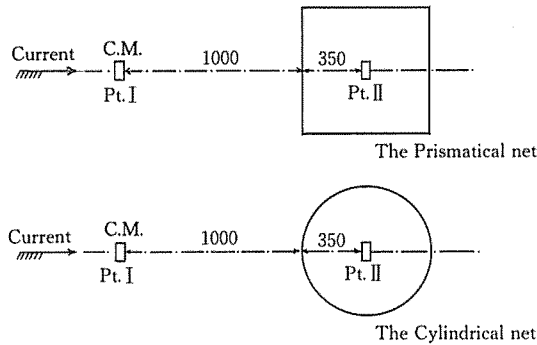


Fig. 4 A method of measuring in the current-control by the surrounding net (Top view).

面に垂直に当るようにセットし、また比較のため同網地を直径70 cm × 高さ85 cm の円筒棒に取付けた円形閉塞網を流水中にセットし、それぞれ網内外の流速差を測定した。

実験-V

抑制面の流水抵抗を知るため、Fig. 5 に示すように、まづ各種網地を縦横50 cm × 100 cm、直径6 mm の鉄線棒2 面に縮結が30 % となるように取付け、両網面が流れと45

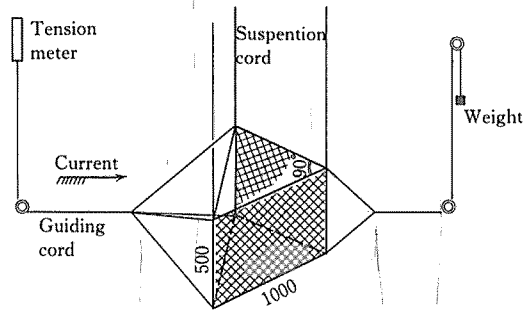


Fig. 5 A method of measuring in the hydrodynamic resistance of the plane net.

Table 2-A Materials and dimensions of various nets used in the experiments on hydrodynamic resistance.

| No. | Material | Diameter of netting cord D (mm) | Length of mesh-bar L (mm) | Coefficient of projected area per unit mesh D/L | Total area of net A (cm ²) |
|-----|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------|--|---|
| 1 | PE, 380d/36Fs., mesh knot net | 2.09 | 35.00 | 0.060 | 2 (48.9×99.2) |
| 2 | PE, 210d/ 9Fs., " | 0.76 | 10.69 | 0.071 | " |
| 3 | PA, 210d/18Fs., raschel net | 1.00 | 6.32 | 0.158 | " |

Table 2-B Materials and dimensions of various pipe-hurdles used in the experiments on hydrodynamic resistance.

| No. | Material | Diameter of pipe d (mm) | Space between adjacent two pipes s (mm) | Coefficient of projected area per unit hurdle $d/(d+s)$ | Total area of hurdles A (cm ²) |
|-----|---------------------------------|------------------------------|--|--|---|
| 1 | 48 φ PVC, pipe-hurdle (6ps.) | 48.0 | 47.8 | 0.501 | 52.7×72.0 |
| 2 | 38 φ PVC, " (7ps.) | 38.0 | 39.2 | 0.492 | 50.1×72.0 |
| 3 | 26 φ PVC, " (10ps.) | 26.0 | 25.6 | 0.504 | 49.0×72.0 |
| 4 | 17.5 φ PVC, pipe-hurdle (13ps.) | 17.5 | 23.7 | 0.425 | 51.2×72.0 |
| 5 | " (15ps.) | " | 17.6 | 0.499 | 50.9×72.0 |
| 6 | " (18ps.) | " | 10.9 | 0.616 | 50.1×72.0 |
| 7 | " (22ps.) | " | 6.0 | 0.745 | 51.5×72.0 |

度の傾きを保つようにセットし、各流速における抗力を測定した。また、各種塩化ビニール管製簀子を縦横50 cm × 100 cm の同鉄線棒に簀子面が50 cm × 70 cm となるように取付け、流れがこの面に垂直に当たるようセットした場合についても同様に抗力を測定した。

なお、供試網および簀子の仕様を Table 2-A および 2-B に示す。

実験-VI

現行の仕立および養生籠 (Fig. 7) の流水特性を知るため、Fig. 6 に示すように、まづ両籠の側面に流れが垂直に当たるよう固定し、その前方1 m ならびに籠内中心にそれぞれ流速計をセットし、各流れにおける籠内貫流速度を測定した (A 図)。また、重錘により重さを変えた仕立および養生籠を長さ50 cm のトウィンで流水中に吊り下げ、各流れに対する吹かれ角 (θ) をそれぞれ写真撮影の方法で測定した (B 図)。

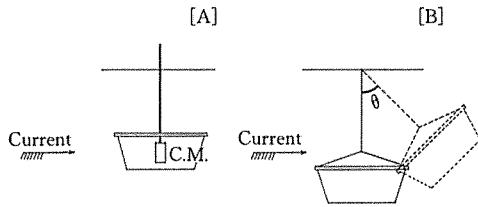


Fig. 6 A method of measuring in the inner current velocity (A) and the angle of drift due to currents (B) for the pearl culture baskets (side view).

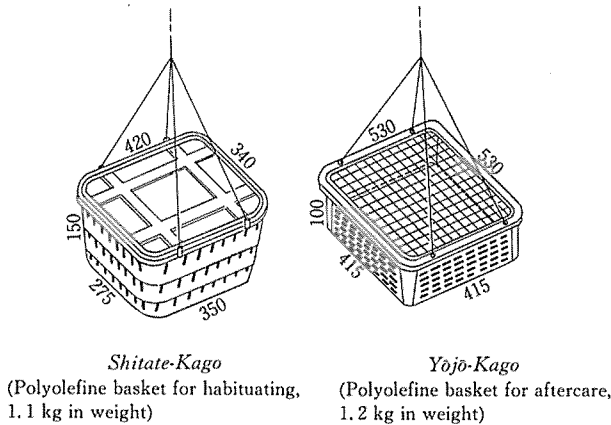


Fig. 7 Schematic diagram of pearl culture baskets.

3. 実験結果と検討

3.1 各種網地およびパイプ製簀子の流水抑制効果

仕立あるいは養生漁場の潮流を人為的に制御する最も安易で経済的方法としては、網あるいはパイプ製簀子などの利用が考えられる。

ここでは、これらで流れがどの程度制御できるか、またその仕様により制御効果がどのように変わるかなどを知る基礎試験として、まづ Table 1-A に示した各種網地およ

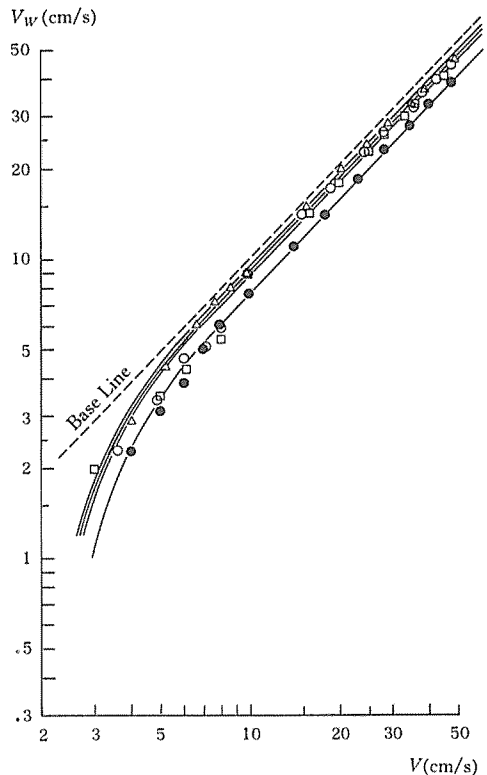


Fig. 8-1 Relationship between the wake-velocity (V_w) measured at Pt. II and the current speed (V) on various plane nets, which are shown in Table 1-A.

Symbols; triangle, circle, square and filled circle show the measured values of PE 380d/15Fs., PA 210d/24Fs., PA 210d/39Fs. and PA 210d/18Fs. net, respectively. And the broken line indicates the base-line which expresses the differences in current velocities measured at both positions of the general current and after the removal of experimental net.

びすだれを流れに垂直にセットし、流速 (V) を 3~50 cm/s に変えた時の後流速度 (V_w) を測定した。その結果を漁網、もじ網およびびすだれの別にそれぞれ Figs. 8-1, -2 および -3 に示した。また同様に Table 1-B に示した各種塩化ビニール管製簀子についての測定結果を管径別に Figs. 9-1~4 に示す。各図中の三角、丸および四角等の記号はそれぞれ網あるいは簀子類の規格別実測値を、また

破線は各障害面をセットしない時の一般流 (V) と後流測定位置における流速 (V_w^*) との関係を図示した基線を表わす。

これらの図から、流れが 5~50 cm/s の範囲では、 V_w (cm/s) と V (cm/s) との間には一般に、 $V_w \propto V$ の関係が成立し、その比例常数の値は、Table 3-A および -B に示したように、網糸の直径と脚長との比 (D/L) ある

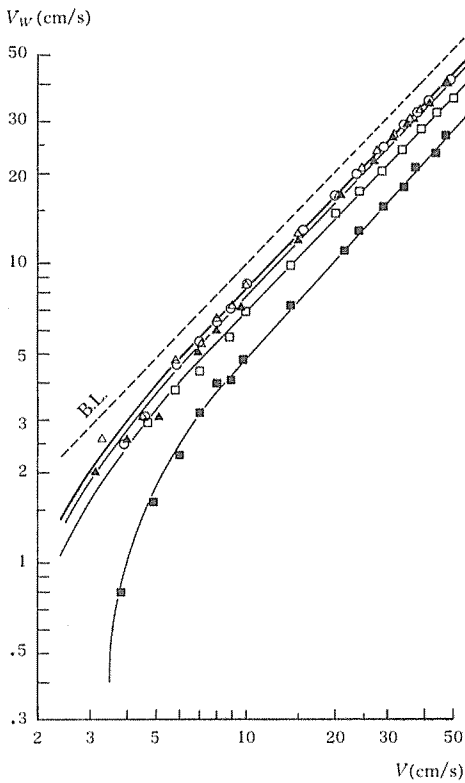


Fig. 8-2 Relationship between the wake-velocity (V_w) measured at Pt. II and the current speed (V) on various minnow nets shown in Table 1-A.

Symbols; triangle, circle, square and filled square show the measured values of PVA (88-90), PVA (66-105), PVA (44-180) and PVA (44-224) minnow net, respectively. And filled triangle indicates the values of ready-made PVD insect control net (Broken line is the same as Fig. 8-1).

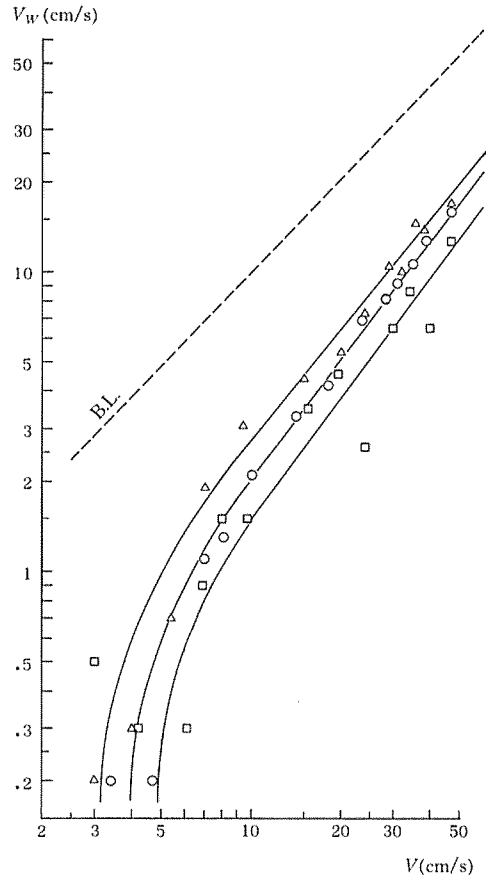


Fig. 8-3 Relationship between the wake-velocity (V_w) at Pt. II and the current speed (V) on various blinds shown in Table 1-A. Symbols; triangle and square show the measured values of 9.6 ϕ and 15 ϕ bamboo blinds. Circles indicate the values of 2.3 ϕ PVC blind (Broken line is the same as Fig. 8-1)

いは簀子の管径と管の間隙との比 (d/s) の大きいもの程小さくなる。換言すると、流れの抑制効果は大きくなる。この流れの変化に伴う後流速度変化の割合は、網地なら $D/L > 2$ 、簀子なら $d/s > 2.5 \sim 3.0$ のものではやや大きく(特に流速が小さい範囲ではその変化率は大きくなる)、かつ、その比の増大と共に後流速度は不安定となる。

Figs. 10 および11は上述の Figs. 8 および 9 から得られ

た各実験式を基に、 V が10および50 cm/sにおける抑制率の平均値 (C_{RV})^{注)}と網地の D/L ならびに簀子類の d/s との関係を示したものである。これらの中にはそれぞれ

$$C_{RV} = 287.92(D/L) - 17.34,$$

$$C_{RV} = 17.50(d/s) + 11.55$$

の関係式が成立し、流水抑制効果は漁網 ($D/L = 0.07 \sim 0.16$) およびもち網 ($D/L = 0.12 \sim 0.22$) ではそれぞれ

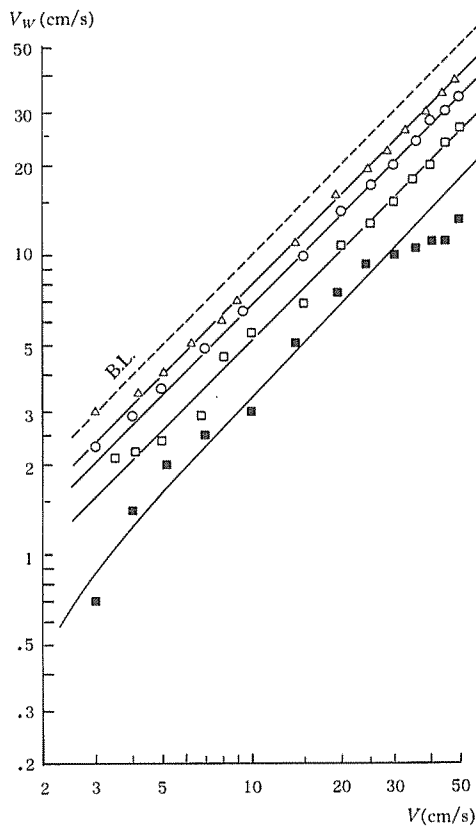


Fig. 9-1 Relationship between the wake-velocity (V_w) at Pt. II and the current speed (V) on various 17.5 ϕ PVC pipe-hurdles shown in Table 1-B.

Symbols; triangle, circle, square and filled square show the measured values for 24.8, 17.5, 9.8 and 5.7 mm in a space between pipes, respectively. And the broken line remains the same as ever.

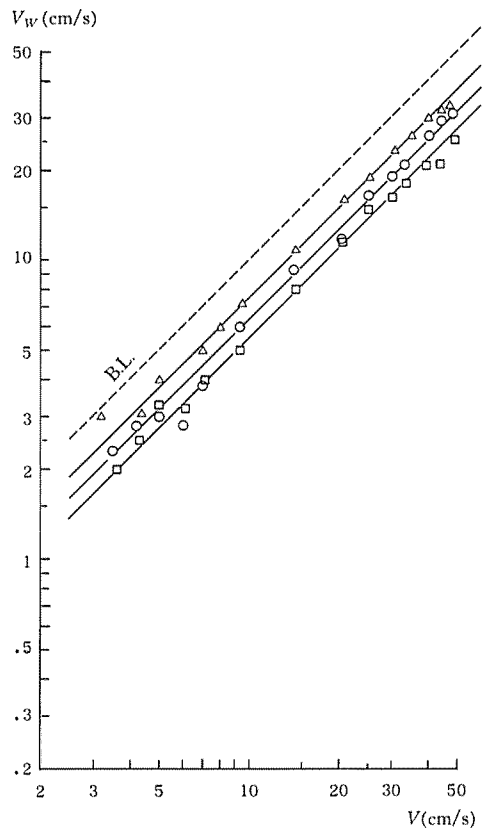


Fig. 9-2 Relationship between the wake-velocity (V_w) at Pt. II and the current speed (V) on various 26 ϕ PVC pipe-hurdles shown in Table 1-B.

Symbols; triangle, circle and square show the measured values for 25.8, 19.9 and 11.6 mm in the space between pipes, respectively. And the broken line is the same as Fig. 9-1.

5～24% および17～48% であるのに対し、塩ビ管製簀子類($d/s = 0.7 \sim 3.3$)のそれは20～80% で前者より大きい。

Fig. 12 は代表的な網ならびに塩ビ管製簀子面前後の流れの様を流糸法によって撮影した結果である。すなわち、網面では後流の乱れはほとんどみられずスムーズな流れであるが、抑制効果の大きい簀子の場合では速度の増大と共に乱流となり、特に $d/s = 3$ と管径に対し管間隙の極めて狭いものでは流速が50 cm/s 付近になると後流全域を攪伴

したような渦流となることが知られる。

注)

$$C_{AV} = \left[1 - \left(\frac{V_w}{V_w^*} \right)_m \right] \times 100, \text{ ただし}$$

$\left(\frac{V_w}{V_w^*} \right)_m$ は各流速 V における $\frac{V_w}{V_w^*}$ の平均値を表す。

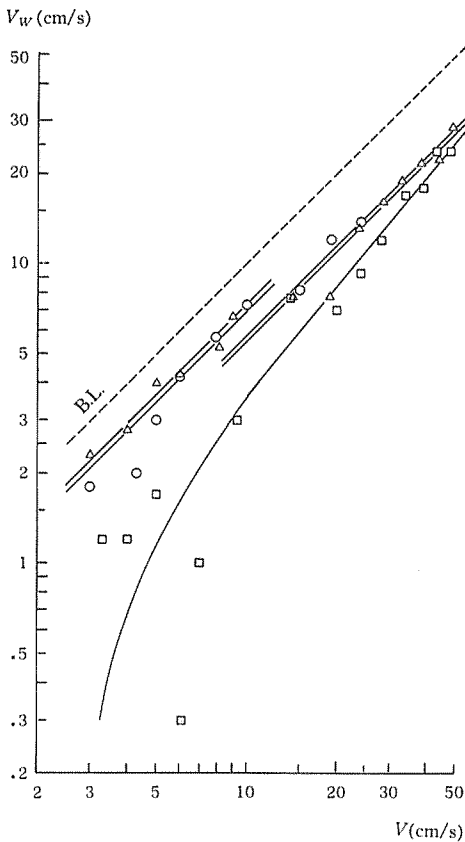


Fig. 9-3 Relationship between the wake-velocity (V_w) at Pt. II and the current speed (V) on various 38ϕ PVC pipe-hurdles shown in Table 1-B.

Symbols; triangle, circle and square show the measured values for 25.5, 20.9 and 13.4 mm in the space between pipes, respectively. And the broken line is the same as Fig. 9-1.

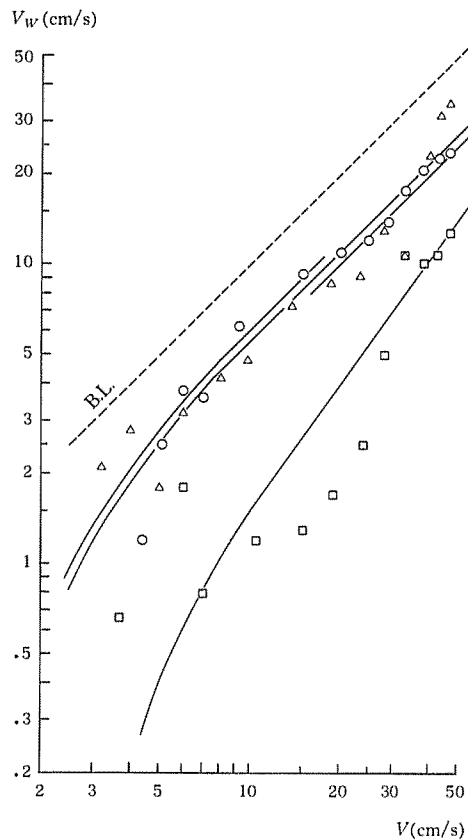


Fig. 9-4 Relationship between the wake-velocity (V_w) at Pt. II and the current speed (V) on various 48ϕ PVC pipe-hurdles shown in Table 1-B.

Symbols; triangle, circle and square show the measured values for 26.8, 20.1 and 14.7 mm in the space pipes, respectively. And the broken line is the same as Fig. 9-1.

Table 3-A The coefficient of proportion of the wake-velocity to the current at various speeds in the range of 5 to 50 cm/s for various plane nets and blinds.

| Type of net and blind | Coefficient of proportion (a) | Current speed index (m) |
|---|-------------------------------|-------------------------|
| PE, mesh knot ($D/L = 0.072$) | 0.88 | 1.03 |
| PA, mesh knot (ϕ 0.086) | 0.85 | ϕ |
| ϕ (ϕ 0.104) | 0.83 | ϕ |
| PA, raschel net (ϕ 0.158) | 0.71 | ϕ |
| <hr/> | | |
| PVA, minnow net ($D/L = 0.116$) | 0.77 | 1.03 |
| ϕ (ϕ 0.127) | 0.76 | ϕ |
| ϕ (ϕ 0.155) | 0.65 | ϕ |
| ϕ (ϕ 0.216) | 0.39 | 1.10 |
| PVD, insect control net ($D/L = 0.151$) | 0.71 | 1.03 |
| <hr/> | | |
| PVC, blind ($d/s = 3.15$) | 0.088 | 1.36 |
| Bamboo blind (ϕ 2.48) | 0.160 | 1.23 |
| ϕ (ϕ 3.26) | 0.066 | 1.36 |

Note : Experimental equation of Base-line: $V_W^* = 0.93 V^{1.03}$

Table 3-B The coefficient of proportion of the wake-velocity to the current at various speeds in the range of 5 to 50 cm/s for various pipe-hurdles.

| Type of hurdle | Coefficient of proportion (a) | Current speed index (m) |
|--|--|-------------------------|
| 17.5 ϕ PVC, pipe-hurdle ($d/s = 0.706$) | 0.80 | 1.00 |
| ϕ (ϕ 1.000) | 0.69 | ϕ |
| ϕ (ϕ 1.804) | 0.52 | ϕ |
| ϕ (ϕ 3.070) | 0.30 | 1.07 |
| <hr/> | | |
| 26 ϕ PVC, pipe-hurdle ($d/s = 1.008$) | 0.76 | 1.00 |
| ϕ (ϕ 1.307) | 0.64 | ϕ |
| ϕ (ϕ 2.241) | 0.55 | ϕ |
| <hr/> | | |
| 38 ϕ PVC, pipe-hurdle ($d/s = 1.490$) | 0.74 ($V < 10$ cm/s) 0.55 ($V > 10$ ϕ) | 1.00 |
| ϕ (ϕ 1.818) | 0.70 ($V < 10$ ϕ) 0.58 ($V > 10$ ϕ) | ϕ |
| ϕ (ϕ 2.836) | 0.22 | 1.22 |
| <hr/> | | |
| 48 ϕ PVC, pipe-hurdle ($d/s = 1.791$) | 0.56 | 1.00 |
| ϕ (ϕ 2.388) | 0.61 ($V < 15$ cm/s) 0.51 ($V > 15$ ϕ) | ϕ |
| ϕ (ϕ 3.265) | 0.06 | 1.40 |

Note : Experimental equation of Base-line: $V_W^* = 1.01 V$

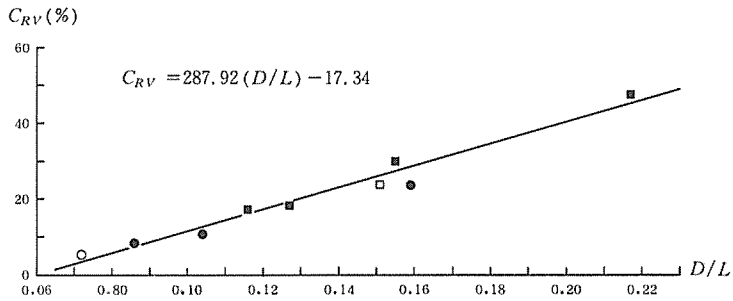


Fig. 10 Relationship between the mean percentage of the current-control by a net at the current speeds of 10 to 50cm/s (C_{RV}) and the ratio of the diameter of netting cord to the length of a mesh-bar (D/L) on various plane nets set at right angle to the current.
 Shymbols; open and filled circles show the values of PE and PA fishing net. And filled and open squares are of PVA minnow net and the insect control net, respectively.

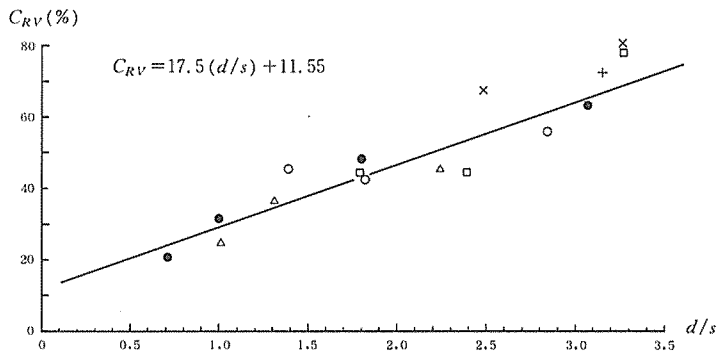


Fig. 11 Relationship between the mean percentage of the current-control by a hurdle at the current speeds of 10 to 50cm/s (C_{RV}) and the ratio of the diameter of pipe to the space between pipes (d/s) on various PVC pipe-hurdles.
 Shymbols; filled circle, triangle, circle and square show the values of 17.5 ϕ , 26 ϕ , 38 ϕ , and 48 ϕ m/m pipe-hurdles, respectively. And cross and multiplication marks show the values of PVC and bamboo blinds.

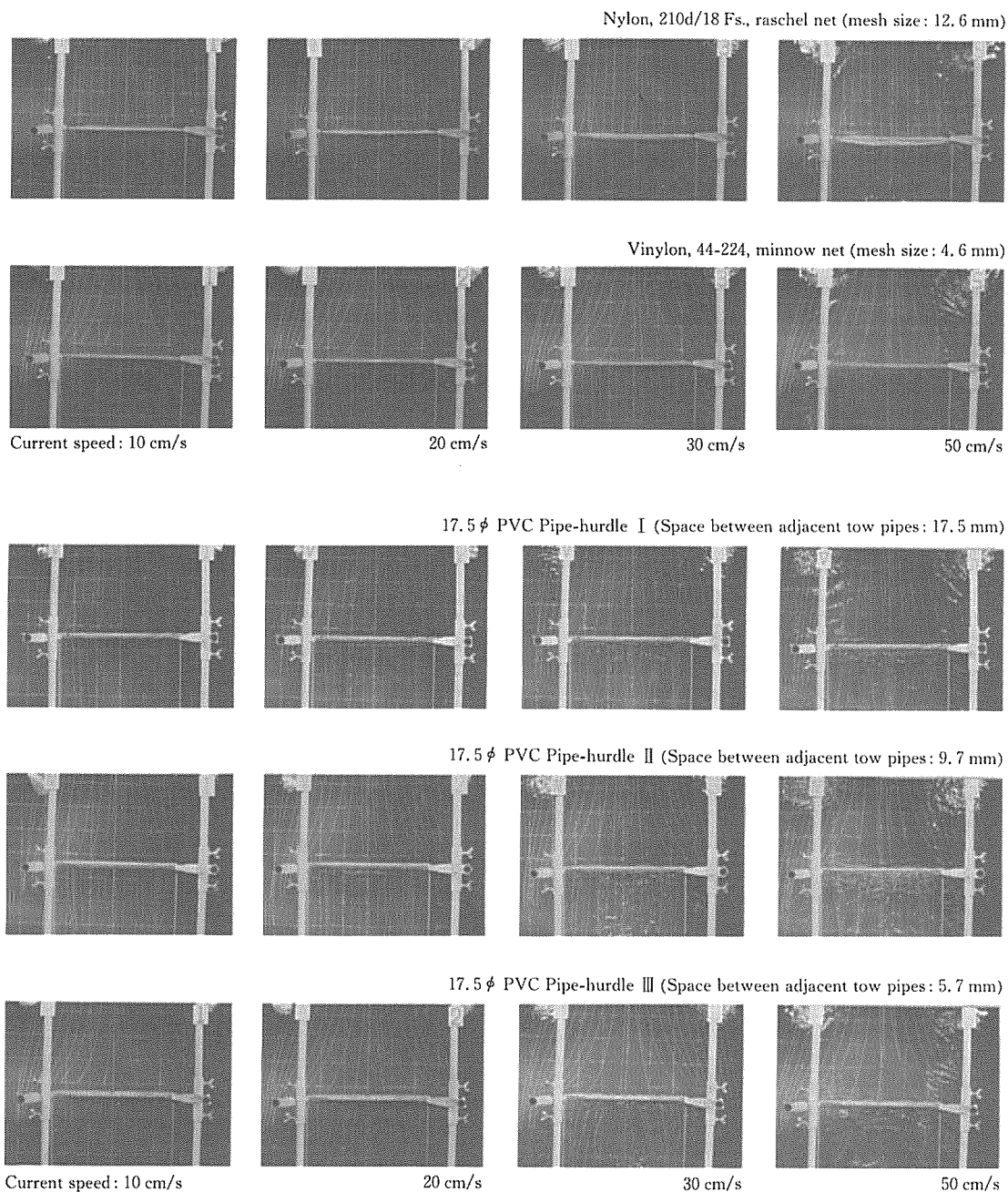


Fig. 12 Photographs showing the stream lines in front and rear parts of the typical plane nets, and the typical pipe-hurdles set at right angle to the current by means of drifting thin lines.

3.2 網の用法の違いによる流水抑制効果

上述のように、流れに垂直な網の流水抑制効果はパイプ製簀子のそれに比べ極めて小さく、網目が比較的小さい12.6 mm ナイロン網の場合でもわずか20% 前後に過ぎない。しかし実際にはこのような形で使用されることは少なく、流れに網面を傾斜させあるいは多層張りをほどこし、また閉塞面として施設するなど網の用法を工夫することで更にその抑制効果は増大されると考えられる。

ここでは、210 d/18 Fs、ナイロン・ラッセル網(目合12.6 mm, 縮結30%)を対象に、網地の用法別に行った実験結果について検討する。

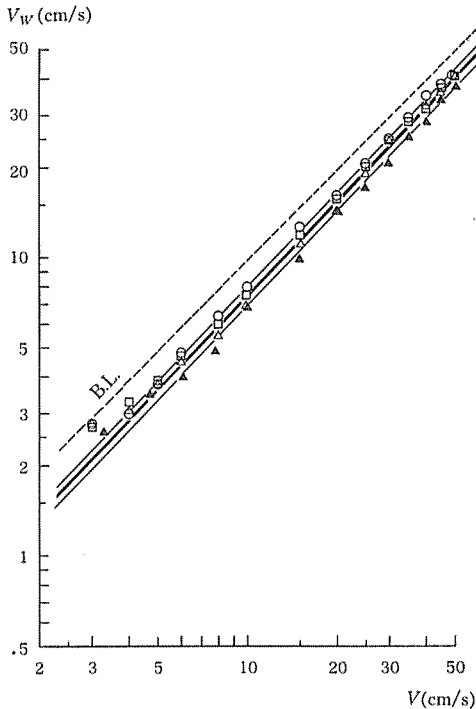


Fig. 13-1 Relationship between the wake-velocity (V_w) at Pt. II and the current speed (V) on the angle-nets (PA, 210d/18Fs., 12.6 mm in mesh, raschel net) which have various slope.

Symbols; triangle, circle and square show the measured values of the nets with a gradient of 15, 30 and 45 degrees, respectively. And filled triangle is the value of one without slope—a plane net set at right angle to the current. Broken line remains the same as ever.

3.2.1 山型遮蔽網の流水抑制効果

まず、斜行網面で流れを後流域外への程度誘導できるか、またその傾斜角を変えることで後流がどのようになるかなどを、2枚の網面を流れに山型にセットし、その勾配(θ)を0, 15, 30および45度の4通りに変えた場合について、流速(V)が3~50 cm/sにおける後流域各点の流速(V_w)を測定した。

各観測点別に V_w (cm/s)と V (cm/s)との関係を図示するとFigs. 13-1~3ならびにTable 4に示したとおりで、 V が5~50 cm/sの範囲では何れの場合も、 $V_w \propto V^{1.05}$ の関係が成立する。各図中の黒三角は θ が零度、また三角、丸および四角印はそれぞれ15, 30および45度における実測値を示し、破線は各後流測定点における基線を表わす。

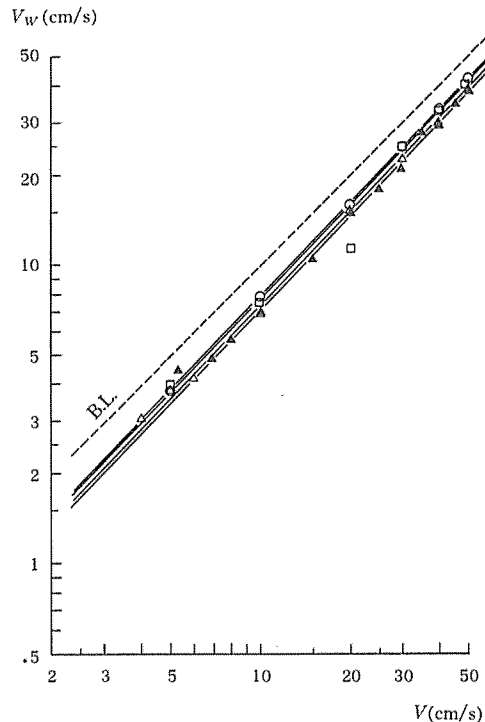


Fig. 13-2 Relationship between the wake-velocity (V_w) at Pt. III and the current speed (V) on the angle-nets (PA, 210d/18Fs., 12.6 mm in mesh, raschel net) which have various slope. Symbols are the same as Fig. 13-1.

また、これらの結果から山型網の勾配、 θ 、と両網交叉の中心から35、70および105 cm 後方各点における流れの

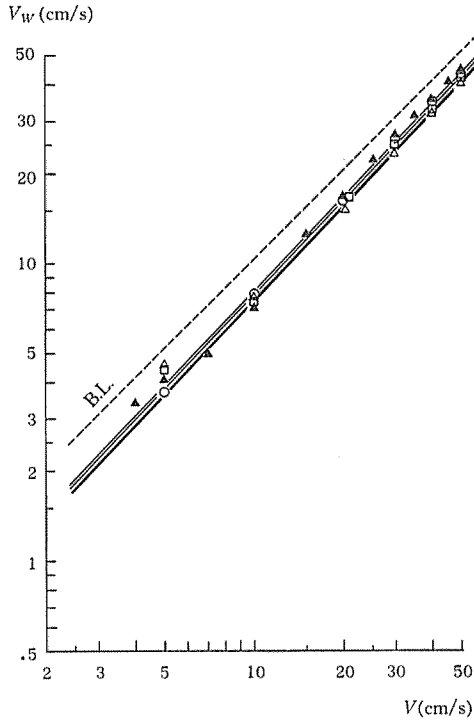


Fig. 13-3 Relationship between the wake-velocity (V_w) at Pt. IV and the current speed (V) on the angle-nets (PA, 210d/18Fs., 12.6 mm in mesh, raschel net) which have various slope. Symbols are the same as Fig. 13-1.

抑制率、 C_{RV} 、(前と同様、 V が10および50 cm/s における C_{RV} の平均値) との関係を求めると、Fig. 14 に図示のとおりで、それぞれ

$$C_{RV} = 24.5 - 0.116 \theta, \text{ [Pt. II]}$$

$$C_{RV} = 24.0 - 0.085 \theta, \text{ [Pt. III]}$$

$$\text{および } C_{RV} = 20.0 + 0.013 \theta, \text{ [Pt. IV]}$$

の関係式が得られる。すなわち、網の中心から3/4網幅後方(実線)では θ が大きくなるにつれ C_{RV} はわずかに増加するが、1/2(鎖線)および1/4網幅後方(破線)と観測点が網面に近づくにつれて減少する傾向がみられる。

この原因は、Fig. 15 に示した流糸法による流線の写真撮影結果から推定される。すなわち流れは網の傾斜角ならびに流速の増大と共に網面に沿い左右に分流する傾向が強まるものの、なお主流が網面に垂直に貫流し、側辺への誘導効果も小さく、かえって網面の傾斜が大きくなると網の直近後方では両網面からの貫通流の合流域となり、ここの流れが一時的に加速されるためと考えられる。

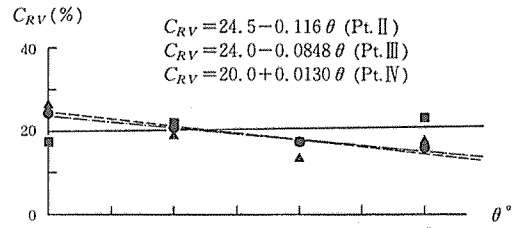


Fig. 14 Relationship between the mean percentage of the current-control (C_{RV}) by the angle-net at the current speed of 10 and 50 cm/s and an angle of the net-slope (θ). Symbols; filled triangle, filled circle and filled square show the values at Pt. II, III and IV, respectively.

Table 4 The coefficient of proportion of the wake-velocity to the current at various speeds in the range of 5 to 50 cm/s for the angle-nets (PA, 210d/18Fs., 12.6 mm in mesh, raschel net) which have various slope.

| Type of net | Coefficient of proportion (a) | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|---------|--------|
| | Pt. II | Pt. III | Pt. IV |
| Net set at an inclination angle of 0° | 0.61 | 0.64 | 0.72 |
| " 15° | 0.67 | 0.67 | 0.68 |
| " 30° | 0.72 | 0.70 | 0.72 |
| " 45° | 0.68 | 0.71 | 0.67 |
| Base-line | 0.97 | 0.99 | 1.02 |

Note: The current speed index of the wake-velocity on nets: $m = 1.05$ (Base-line: $m = 1.00$). Pt. II, Pt. III and Pt. IV are the same as to Fig.2.

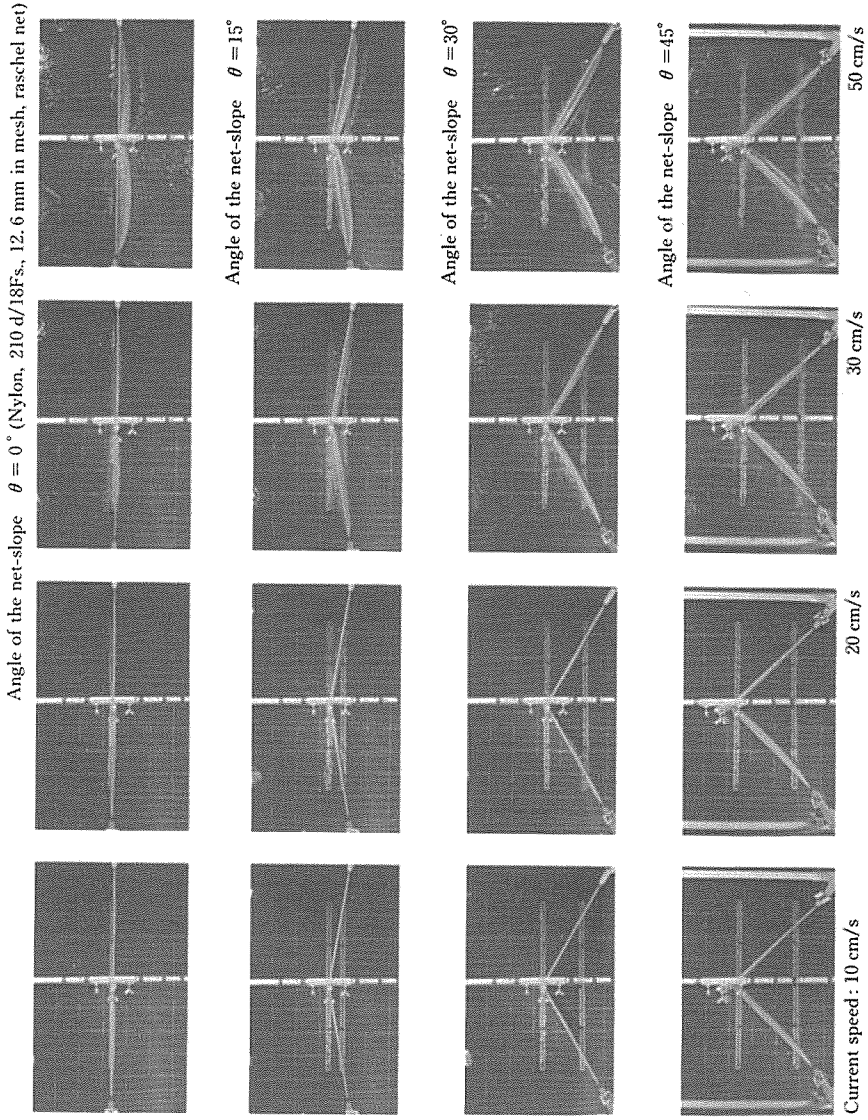


Fig. 15 Photographs showing the stream lines in front and rear parts of the angle-nets set at different slope to the current by means of drifting thin lines.

3.2.2 多層張り網面による流水抑制効果

網を多層張りにすることで流れの抑制効果がどのように変わるか、前と同様一般流が側面から後流域に流入しないよう、網面を流れに垂直にセットし、これに10 cm 間隔で第2、第3網面と直列に漸増した時の流速 (V) が4 ~ 50 cm/sにおける各後流速度 (V_W) を測定した結果を Fig. 16 に示した。図中の三角、丸および四角印はそれぞれ一重、二重および三重網の測定値を、また破線は前と同様基線を表す。

測定値をとりまとめると、各網毎のV_W (cm/s) と V (cm/s) との間には Table 5 に示したように、V_W の V^{1.02~1.08} の関係が成立し、網面を増すにつれ流速変化に伴う後流速度変化の割合はわかではあるが大きくなる。

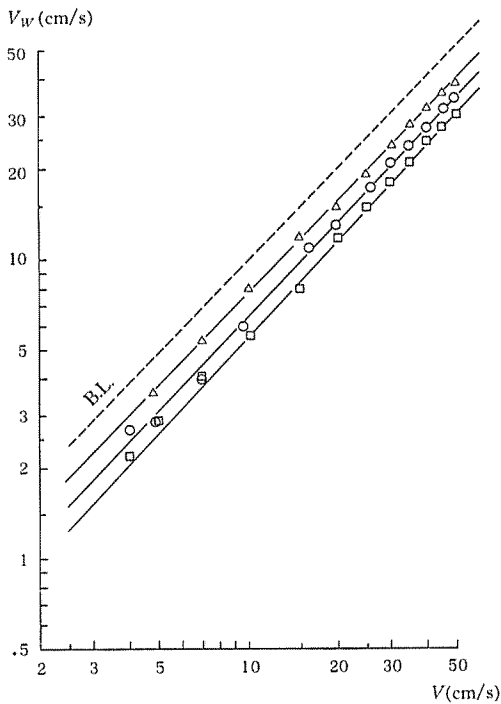


Fig. 16 Relationship between the wake-velocity (V_W) at Pt. II' and the current speed (V) on the plane net in many rows (PA, 210d/18Fs., 12.6 mm in mesh, raschel net) set at right angle to the current and at intervals of 10 cm.

Symbols; triangle, circle and square show the measured values of net set in single, double and triple rows, respectively. And broken line remains the same as ever.

また、Vが10および50 cm/sにおける流れの平均抑制率 (C_{RV}) と施設網面数 (N) との間には、Fig. 17 に示すように、

$$C_{RV} = 8.57N + 12.78$$

の関係式が成立し、抑制率は一重網の21% に対し二重網は30%、三重網では38%となる。

3.2.3 閉塞網面の流水抑制効果

仕立あるいは養生漁場内の潮流は常に一定方向からの流れとは限らず、潮汐あるいは四季によって極めて複雑に変化する。したがって流れの抑制面は養殖筏全体を取り囲むなど全方位に対する配慮が必要となる。

そこで、網による閉塞水域内外の流速差がどの程度みられるか、一辺70 cm の方形および直径70 cm の円形閉塞網

Table 5 The coefficient of proportion of the wake-velocity to the current at various speeds in the range of 5 to 50 cm/s on the plane net in many rows (PA, 210d/18Fs., 12.6 mm in mesh, raschel net) set at right angle to the current and at intervals of 10 cm.

| Type of net | Coefficient of proportion (a) | Current speed index (m) |
|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Plane net in one row | 0.74 | 1.02 |
| Plane net in two rows | 0.58 | 1.06 |
| Plane net in three rows | 0.48 | 1.08 |

Note: Experimental equation of Base-line: V_W* = 0.94 V^{1.02}

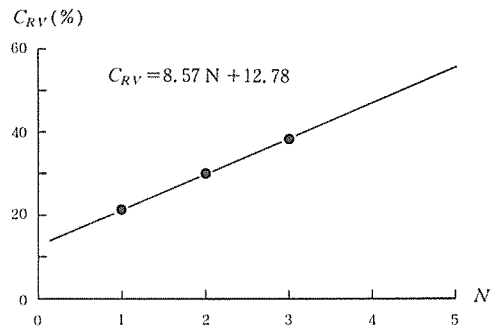


Fig. 17 Relationship between the mean percentage of current-control (C_{RV}) by the plane net in many rows at the current speed of 10 and 50 cm/s and a number of the net (N).

面を流水中にセットし、流れを3~50 cmにわたり変化させたときの網面内外の流速差を測定し、結果をFig. 18に示した。図中の四角および丸印はそれぞれ方形および円形閉塞網の実測値を、また破線はそれらの基線を表わす。

図から、流速 (V) が6~50 cm/sの範囲では網の内側流 (V_W) は前者で $V^{1.07}$ 、後者では $V^{1.12}$ と比例関係が成立 (Table 6) し、これから V が10および50 cm/sの平均抑制率 (C_{RV}) を求めると、網面が流れに垂直な方形閉塞網の場合では20%で前述の一重網のそれとほぼ変わらないが円形閉塞網では30%で二重網のそれに相当する。また、流速が小さくなるにつれ、両者共網内外の流速差が大きくなることから、 $V < 10$ cm/sではその抑制効果はそれぞれ30および40%、あるいはこれより更に大きくなる

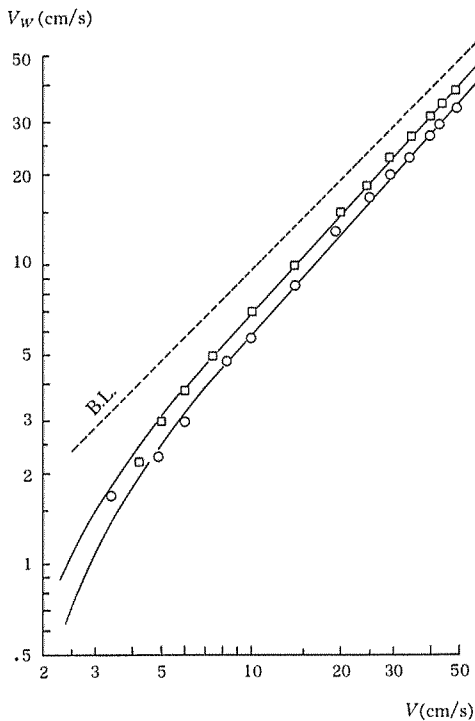


Fig. 18 Relationship between the inside wake-velocity (V_W) at the inner center of net and the current speed (V) on various surrounding nets (PA, 210d/18Fs., 12.6 mm in mesh, raschel net). Symbols; square and circle show the measured values of the prismatical and the cylindrical net, respectively. And broken line remains the same as ever.

Table 6 The coefficient of proportion of the inside wake-velocity to the current at various speeds in the range of 5 to 50 cm/s for the surrounding nets (PA, 210d/18Fs., 12.6 mm in mesh, raschel net).

| Type of net | Coefficient of proportion (a) | Current speed index (m) |
|-----------------|-------------------------------|-------------------------|
| Prismatical net | 0.57 | 1.09 |
| Cylindrical net | 0.46 | 1.12 |

Note: Experimental equation of Base-line: $V_W^* = 0.96 V$

ことがわかる。

以上の諸結果から、網の場合でも適当な網地とその用法の工夫如何によっては、相乗的により大きな制御効果を期待することも可能といえる。

3.3 各種網地および塩化ビニール管製簀子の抵抗ならびに抗力係数

潮流の制御法として網またはパイプ製簀子を漁場に設置するに当たり、フロート浮力の大きさや係留築具の強度あるいは固定用アンカーの重量を決定するなど設計上問題となるのは、それらにかかる流水抵抗である。

平面網については田内の式¹⁾があり、網糸の直径と脚長の比 D/L 、余縮結 r 、使用網面積 A 、流れと網面とのなす角 θ 、海水の密度および流速を ρ および V とすると、その抵抗 R は近似的に、

$$R = \frac{C_d}{2} \left(\frac{D}{L} \right) \frac{1-r^2 \cos^2 \theta}{r \sqrt{1-r^2}} \cdot A \cdot \rho \cdot V^2 \dots \dots \dots (1)$$

と表わされる。ここに C_d は抗力係数である。

また、一般に流水中の物体に働く抵抗はその投影面積に比例する。流れに垂直にセットされたパイプ製簀子の投影面積は、管径を d 管の間隙を s とすると、単位簀子面当たりの投影面積を表わす係数 $d/(d+s)$ とその全使用面積 A との積に比例するので、その抵抗 R は

$$R = \frac{C_d}{2} \frac{d}{d+s} \cdot A \cdot \rho \cdot V^2 \dots \dots \dots (2)$$

と表わすことができる。

ここでは、これら二式の検討資料として、まず Table 2-A に示した各種網地を流れと45度傾斜するようにセットし、各流速 (V) における抗力 (R) の測定値を Fig. 19-1

に示した。図中の三角、丸および四角印はそれぞれ PE210 d/9 Fs. 蛙又, PE380 d/36 Fs. 蛙又および PA210 d/18 Fs. ラッセル網のそれらを示す。また同様に Table 2-B に示した各種塩ビ管製簀子を流れに垂直にセットした時の測定結果を Fig. 19-2 に示す。図中の三角、丸、菱形および四角印は何れも管径 (d) は 17.5 mm であるが管間隙 (s) をそれぞれ 23.7, 17.6, 10.9 および 6.0 mm に変えた時の測定値を、また黒三角、黒丸および黒四角印は d/s が 26 ϕ / 25.6 mm, 38 ϕ / 39.2 mm および 48 ϕ / 47.8 mm におけるそれを表わす。

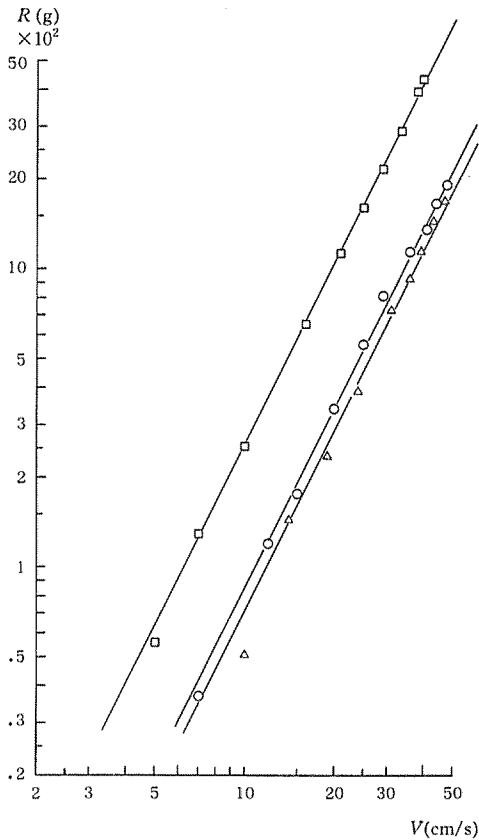


Fig. 19-1 Relationship between the hydrodynamic resistance (R) and the current speed (V) on various plane nets set at the angle of 45° to the current, which are shown in Table 2-A. Symbols; triangle, circle and square show the measured values of PE 210d/9Fs., PE 380d/36Fs. and PA 210d/18Fs. net, respectively.

これらの図から R (g) と V (cm/s) との間には, Table 7 に示したように, 何れの場合もほぼ, $R \propto V^2$ の関係が成立する。

なお, Fig. 20 は塩ビ管製簀子の単位面積当たりの抵抗 ($R/A \cdot V^2$) と単位簀子の投影面積を表わす係数 ($d/(d+s)$) との関係を図示したもので, 両者の間にはほぼ線形関係が認められ, 管径および管間隙の如何を問わず, $R \propto d/(d+s)$, の関係が成立することがわかる (図中の記号

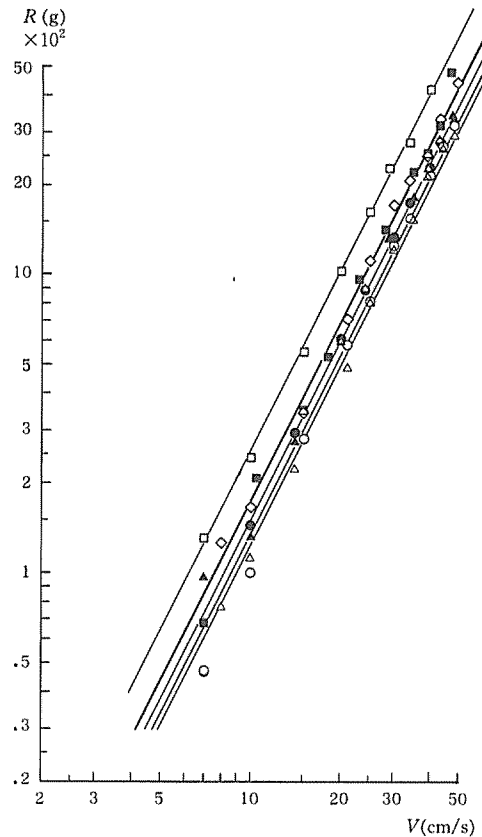


Fig. 19-2 Relationship between the hydrodynamic resistance (R) and the current speed (V) on various pipe-hurdles set at right angle to the current, which are shown in Table 2-B. Symbols; triangle, circle, rhombus and square show the measured values of 17.5 ϕ pipe-hurdles which have 23.7, 17.6, 10.9 and 6.0 mm in the space between pipes, respectively. And filled triangle, filled circle and filled square indicate of 26 ϕ (25.6 mm in the space), 38 ϕ (39.2 mm) and 48 ϕ (47.9 mm) pipe-hurdle, respectively.

は Fig. 19-2 と同じ)。

また、上述の(1)および(2)式から算出した抗力係数 (C_d) と基本長にそれぞれ網糸の直径 (D) および管径 (d) を

採り求めたレイノルズ数 (R_e) との関係は Fig. 21 に示すとおりで (図中の記号は Fig. 19 と同じ), 前者では $R_e = 5 \times 10 \sim 10^3$ の範囲で $C_d = 1.6 \sim 2.2$ (平均 1.8), 後者では

Table 7 The coefficient of proportion of the hydrodynamic resistance for various plane nets and pipe-hurdles which are set at an angle of 45° and at right angle to the current, respectively.

| Type of net and hurdle | | Coefficient of proportion (k) |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| PE, mesh knot | ($D/L = 0.060$) | 0.730 |
| " | (" 0.071) | 0.853 |
| PA, raschel net | (" 0.158) | 2.596 |
| <hr/> | | |
| 48 ϕ PVC, pipe-hurdle | ($d/(d+s) = 0.501$) | 1.779 |
| 38 ϕ " | (" 0.492) | 1.480 |
| 26 ϕ " | (" 0.504) | 1.484 |
| <hr/> | | |
| 17.5 ϕ PVC, pipe-hurdle | ($d/(d+s) = 0.425$) | 1.251 |
| " | (" 0.499) | 1.338 |
| " | (" 0.616) | 1.727 |
| " | (" 0.745) | 2.556 |

Note: Towing speed index of the net-and hurdle-resistances: $n = 2.0$ irrespective of materials and construction.

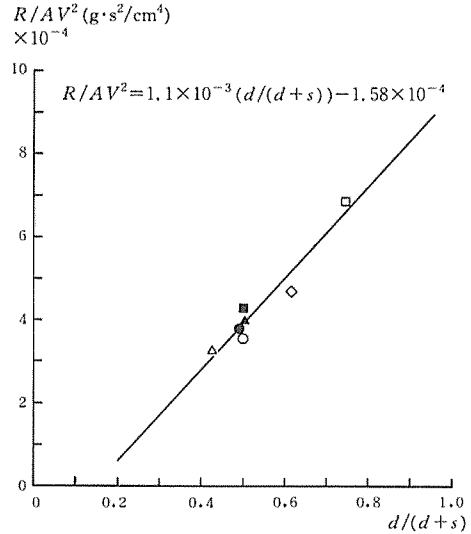


Fig. 20 Relationship between the hydrodynamic resistance per a unit area (R/AV^2) and the coefficient of projected area per a unit pipe-hurdle ($d/(d+s)$).

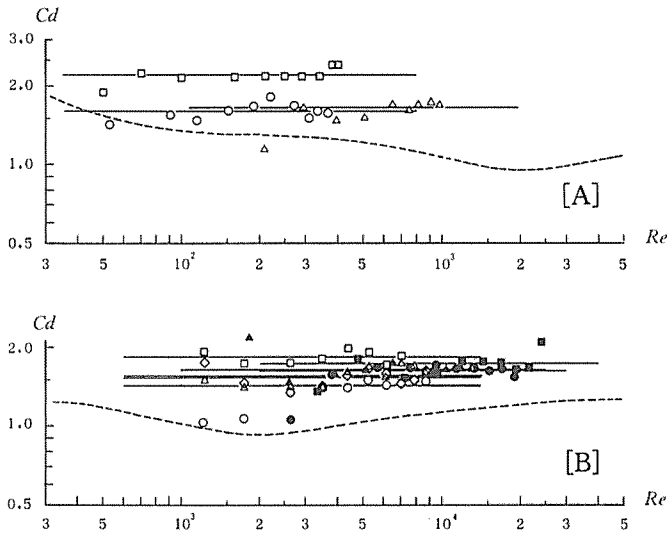


Fig. 21 Relationship between the drag coefficient (C_d) and the Reynold's numver (R_e) on various nets [A] or pipe-hurdles [B]. Symbols; the same as Figs. 19-1 and -2, respectively.

$R_s = 10^3 \sim 3 \times 10^4$ の範囲で $C_d = 1.4 \sim 1.8$ (平均 1.6) とほぼ一定値となる。

3・4 仕立および養生籠の流水特性について

前述のように、仕立および養生籠の限界流速は 5 ~ 6 cm/s 以下とされているが、そこでの籠内母貝はどのような状態にあるか、また流れの大きさによりどの程度の影響を受けるかなどを類推する手だてとして次のことを試みた。

まず、Fig. 7 に示した、仕立および養生両空籠の側面に流れが垂直に当るよう固定し、流速 (V) を 5 ~ 50 cm/s に変えたときの籠内貫流速 (V_i) をそれぞれ測定した。結果は Fig. 22 に示す。図中、丸および四角印は仕立および養生籠の測定値である。

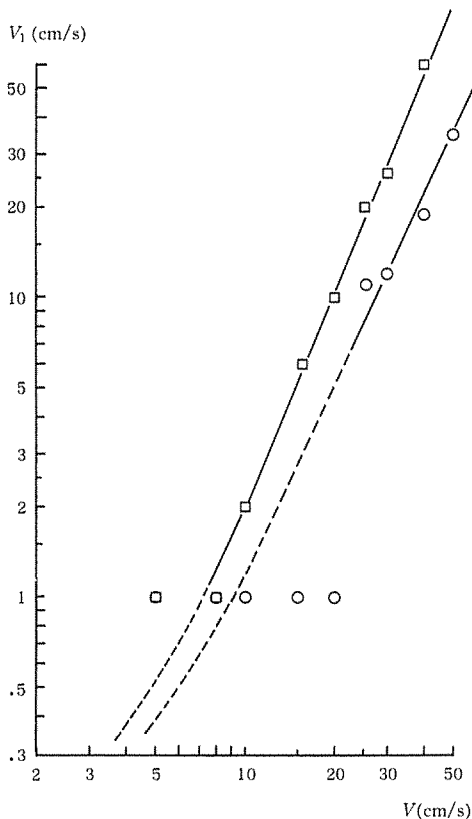


Fig. 22 Relationship between the inner current-velocity run through pearl culture baskets (V_i) and the current speed (V). Symbols; circle and square show the measured values of "Shitate Kago" and "Yojō Kago", respectively.

ついで、母貝の代わりに重錘を入れ、重さを変えた仕立籠 (1.61 ~ 5.02 kg) および養生籠 (1.88 ~ 5.3 kg) を流水中に垂下し、それらの各流れに対する吹かれ角 (θ) を測定し、結果をそれぞれ Fig. 23 および 24 に示した。図中の各実線は水中重量 235 ~ 3,119 g の仕立籠および 465 ~ 3,590 g の養生籠についての関係を、破線は標準量の母貝を仕込んだとした場合のそれらの推定値を表わす。

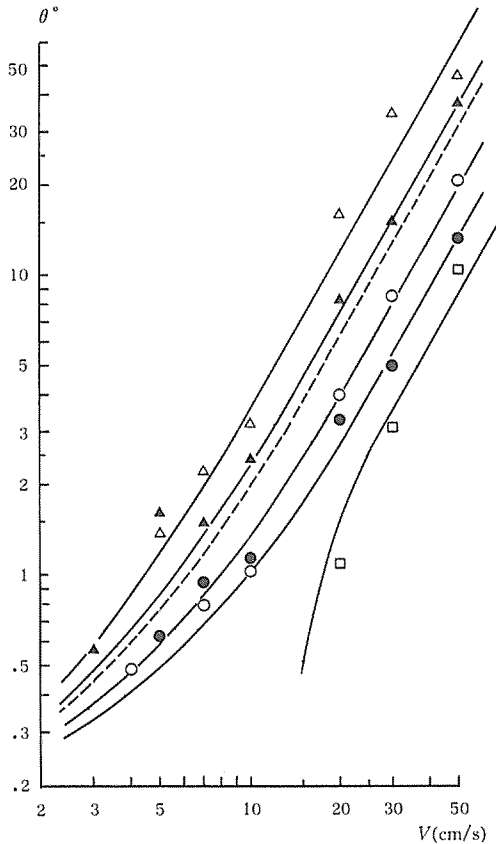


Fig. 23 Relationship between the angle of drift due to the currents (θ) and the current speed (V) on the pearl culture basket, "Shitate Kago". Symbols; triangle, filled triangle, circle, filled circle and square show the measured values for the basket the weight of which is 235, 665, 1575, 2355 and 3215 g in water, respectively. And broken line indicates the values estimated for the regular basket which has weight of 890 g in water (this basket is filled with the mother shell-fish of about 3.75 Kg in weight).

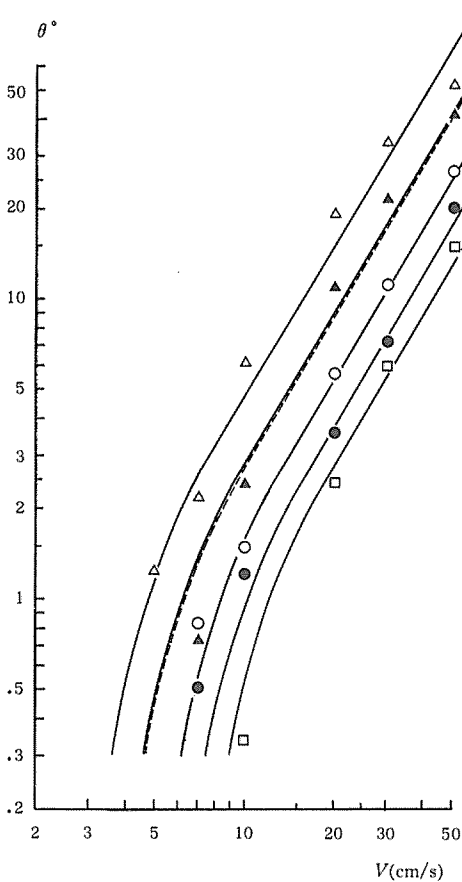


Fig. 24 Relationship between angle of drift due to the currents (θ) and the current speed (V) on the pearl culture basket, "Yōjō Kago".

Symbols; triangle, filled triangle, circle, filled circle and square show the measured values for the basket the weight of which is 465, 905, 1805, 2695 and 3593 g in water, respectively. And broken line is the values estimated for the basket of 930 g in water (this basket is filled with the mother shell-fish of ablut 3.75 Kg in weight).

Table 8 The coefficient of proportion of the inner current velocity to the current for the pearl culture baskets.

| Type of basket | Coefficient of proportion (b) | Current speed index (m) | Remarks |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Shitate-Kago (PE, 1.1 kg in weight) | 0.00088 | 2.13 | $V > 25$ cm/s |
| Yōjō-Kago (PE, 1.2 kg in weight) | 0.00081 | 2.43 | $V > 10$ " |

これらの図から、仕立籠では V が25 cm/s、養生籠では10 cm/sより大きくなると、Table 8に示したように、籠内貫流速 (V_i) はそれぞれ流速 (V) の2.1および2.4乗に比例して増大し、速度の増大と共に両者の籠内外の流速差は急速に少くなる。しかし、 V が前者では20 cm/s、後者でも8 cm/s前後より小さい範囲では籠内の流れは何れも1 cm/sでほとんど無流状態であることが知られる。

また、流速増加に伴う吹かれ角 (θ) の増加は V が比較的小さい範囲では仕立籠と養生籠ではやや趣きを異にした変化がみられるものの、 $V > 7 \sim 15$ cm/sでは、Table 9に示すとおり、それぞれ、 $\theta \propto V^{1.76}$ および $\theta \propto V^{1.69}$ 、の関係が成立し、両籠の水中重量すなわち母貝の仕込量の多いもの程吹かれ角が小さくなる。

以上の諸結果は、標準量の母貝を仕込んだ仕立籠 (水中重890 g) および養生籠 (水中重930 g) を5~6 cm/s以下の流水中に垂下すると、何れも籠内貫流 $V_i = 1$ cm/s、吹かれ角 $\theta = 1^\circ$ 以下を示す。したがって、仕立あるいは養生漁場の条件としては籠内の流れは勿論、籠そのものもほぼ静止状になるような環境でなければならないことが判る。

4. 要 約

仕立および養生漁場における潮流制御法を検討する基礎資料を得るため、各種網地およびパイプ製簀子の流水抑制効果、流水抵抗ならびに仕立および養生籠の水中特性等について水槽実験を行った。得られた結果を要約すると次のとおりである。

(1) 流れの抑制法としては、簀子方式が網に比べてはるかに効果的である。なお、網地の場合でも仕様、特に円形閉塞網面などその用法の工夫如何によっては充分その成果をあげることができるといえる。

Table 9 The coefficient of proportion of the drift-angle for the pearl culture baskets in various weight.

| Shitate-Kago | | Yōjō-Kago | | Remarks |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------|
| Weight of basket in water | Coefficient of proportion (c) | Weight of basket in water | Coefficient of proportion (c) | |
| 235 g | 0.064 | 465 g | 0.100 | V > 7 cm/s |
| 665 g | 0.039 | 905 g | 0.059 | V > 8 " |
| 1575 g | 0.021 | 1805 g | 0.034 | V > 10 " |
| 2355 g | 0.015 | 2695 g | 0.024 | V > 15 " |
| 3215 g | 0.009 | 3593 g | 0.018 | V > 25 " |
| Current speed index: m = 1.76 | | Current speed index: m = 1.69 | | |

(2) 平面網の抵抗には式(1)を、塩ビ管製簀子のそれには式(2)を適用しそれぞれ求めた抗力係数 (C_d) の値は、前者では $C_d \approx 1.8 [5 \times 10 < R_e < 10^3]$, 後者でも $C_d \approx 1.6 [10^3 < R_e < 3 \times 10^4]$ と何れの場合もほぼ一定となる。

(3) 理想漁場 (流速 5 ~ 6 cm/s 以下) における標準量母貝を仕込んだ仕立および養生両籠の動静は、籠内貫流 1 cm/s, 籠自体の振幅 ± 6 cm 以下とほぼ静止状にあると推定される。また一方、これらの籠に予め 2 kg (水中重量) 前後の重錘を装着しその総重量を増すことで、前者では 20

cm/s, 後者でも 10 cm/s の流水域まではその理想状態を保持できる。換言すると、仕立および養生過程の対象漁場としても支障はないといえる。

文 献

- 1) M. TAUTI: Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 3(1), 1 ~ 4 (1934).