濾水計によるプランクトンネット濾水量の測定について*

西沢　敏・安楽正照
(北海道大学水産学部 漁法物理学教室)　(北海道大学水産学部 浮游生物学教室)

A Note on Measuring of the Volume of Water Filtered by Plankton Net by Means of a Flow Meter

Satoshi NISHIZAWA and Masateru ANRAKU

Abstract

The variability of catches in successive zooplankton samples has come to attract the sincere attentions of many workers. The variation in a single observation ranges generally 30 to 100%. Such variability may arise (a) from the manner in which the population is unhomogeneously distributed or (b) from variation inherent in the method of sampling. Under (b) are included such factors as variations in the speed of haul, deviations of the haul from the vertical, completeness of the washing of the net, etc. Winsor and Walford (1936) examined the variability arising from factors under (b) and concluded that a limit to the precision of estimate is set by the relative variability of the volume sampled. Barnes (1949a) studied the variability in paired plankton hauls, finding that the variation observed is largely dependent upon variation in the volume of water filtered by the net. In recent years, the cause of such a variation has come to be ascribed mainly to the local swarming of the plankton population itself (Barnes, 1949b; Barnes & Marshall, 1951; Anraku, unpublished). The variation due to volume of water filtered, however, can not be considered as negligibly small.

Such volume is commonly measured by some type of flow meter; the flow meter designed by Mr. Z. Nakai has generally been used by Japanese workers for this purpose. The writers experimented with this type of flow meter to find its characteristics and the disturbance of the stream lines of water near the mouth of the net during the haul.

Firstly, four flow meters of this type (No. 61, 65, 101 & 102) were towed horizontally in the tank (1×1×9m) (Fig. 1) respectively, without being attached to any net, ring or such an obstacle in front of the meters as bridles. Secondly, each meter was attached at the center of the iron ring just the same as the mouth ring of a plankton net and towed without bridles; two kinds of rings were adopted, that is, 20 cm inner dia. and 45 cm inner dia. Lastly, four different types of plankton nets having the same mesh of cloth were towed successively. In the latter two series of tow the same net or ring for the different flow meters was used one by one. Experimental tow for any net or ring and again for any flow meter was made, and towing speed was changed to five grades from 25 cm/s to 130 cm/s for tow of particular net with particular flow meter. Again the tow at particular speed was repeated ten times. Thus the total experimental tows in tank amounted 1200. The results of these experiments are represented in Figs. 2, 3 and 4.

In the first experiment with flow meter alone it was determined that the rotations of the rotor in tow for a distance of 10 meters were not independent of the hauling velocity; three out of the four flow meters showed increasing values of rotation with increasing speed when the velocity remained below 100 cm/s, whilst above this speed, the rotations reaches almost stable values. However, the velocity at which the rotation became stable indicating fair correspondence to the distance, varied with the individuality of the flow meters. The static resistance of rotor

* 潜水探測機委員会研究報告 No. 6

may be the main cause of the inconstancy of rotation at low speed. Only one (No. 101) of the four flow meters was shown to keep almost constant rotation irrespective of the hauling speed. When the flow meter was towed with ring alone in the second experiment, the rotation at any hauling speed was increased a few per cent above the values obtained in towing of flow meter alone. When the flow meters were attached to center of mouth ring of the long net (20 cm in mouth dia. and 80 cm in side length), the rotation was increased over the values when towed with ring alone. However, in the case of short net (40 cm in side length with the same mouth dia.) the values were rather lower than those obtained in towing of flow meter alone, on account of the insufficient filtration. Such rise in rotation is considered to be mainly due to the increase of water velocity at the mouth of nets which has resulted from the contraction of the flux of stream lines passing through the mouth of the net or ring alone. The stream lines at the mouth were photographed (Fig. 5). The water flow for pitch circle of the ring, not for inner circle, is theoretically constant irrespective of presence of the ring. Exactly, the volume of water which passed through the ring per unit time is given by the hauling velocity times the area of pitch circles of the ring, not of the inner circle.

Insufficient filtration represented by short net reduces the rotation of the flow meter especially at low hauling speed below 100 cm/s. However, at high speed above 100 cm/s the rotation tends to converge to a certain value irrespective of length of net.

It was found that some flow meters showed irregular rotations against a fixed velocity of tow, so that one must be aware that the water to enter the net is considerably retarded by the existence of the flow meter especially when he uses one of ill manufacture; a poorly made flow meter is really useless. The experiments yielded the estimates of variation of velocity as high as 20 % for coarse machine (Tables 2 and 3).

The radial distributions of velocity of water covering whole area of the mouth of 45 cm nets (45 cm×100 cm net and 45 cm×165 cm net) were roughly determined at sea by comparing the rotations of flow meter held at the periphery of the mouth with those of a meter fixed at the center of the mouth (Table 4). In the case of the short net (45 cm×100 cm net), the velocity at the center was higher by 10 % than that at the periphery at the hauling speed of about 100 cm/s, while at the hauling speed of about 80 cm/s the relation was the contrary. In the case of the long net (45 cm×165 cm net), however, the speed at the center was always 20 to 30% lower than that at the periphery throughout the hauling speeds 90 to 130 cm/s. Such radial distribution of velocity of water flow at the mouth of the net should be taken into consideration when the flow meter is used to measure the inflow of water into the net.

The writers observed and photographed from the window of the Undersea Observation Chamber "Kuroshio" in the subsurface that, when the net was suddenly stopped during haul there happened an ejection of water from the inside of the net (Fig. 7). Sudden change of hauling velocity may also have some effect, especially for the net of insufficient filtration.

プランクトンネットの同一場所に於ける繰返しの曳網毎の採集量には著しい変動のある事が注目され，元田・安楽（1955）の実験に於ては採集量が変動係数 40～200% の範囲で変動した。極めて限られた地域に於てネットを繰返し水平に曳行しても採集量に50%内外の変動係数が見られる（Winsor & Clarke, 1940; Barnes, 1951; Prasad *et. al.*, 1952)。斜曳網（Oblique haul）の場合はやゝ変動が少い様であるけれども25%内外の変動係数は現れる（Winsor & Clarke, 1940)。

これらの変動が何に起因するかについては a) 採集操作の技術的な不均一と b) プランクトン母集団自身の分布型が必ずしも機械的に無作為でない事の何れか，又は双方に原因が求められなければならない。この内技術的な原因として考えられるものには，曳網して資料を標本瓶に採取する迄の操作の間に起る誤差と，それを実験室に持帰つて後定量又は検鏡計数する迄のすべての操作の間に起る誤差とがあるが，後者は相当の注意を払う事によつて僅少な程度に止める事が出来るであろう。然し前者特に曳網操作そのものには可成り

変動の原因となる要因が含まれていよう。元田・安楽（1955）は㊱ネット（口径45cm，側長100cm）を用いての一連の垂直曳網に於て曳網速度を比較的高く（100 cm/sec以上）保つ場合には割合に少い採集量の変動を示す傾向がある事を指摘したが，各回曳網速度の差及び同一曳網中の速度の不定は少からぬ変動の原因となる事は想像に難くない。曳網速度が採集量の変動に与える影響は網の形態，その仕立，使用する篩絹の種類（従つて clogging の程度）等によつてネットに流入する海水の流線を変化させ，結局ネット総体の濾水量を変動させるからである。

採集量変動の原因の一半はこの濾水量変動にあるとの推測は行われた（Winsor & Walford, 1936; Barnes, 1949a）。元田・安楽（1955）は濾水計をネット口部に付けて濾水量を測定し，採集量をその濾水量で割つた値に就いて変動を調べたが変動値は濾水量による補正をしない場合よりも必ずしも低くない事を経験した。一方 Barnes (1949b), Barnes & Marshall (1951) 及び安楽（未発表）はポンプ採集による採集量変動が，主として濾水量の変動に基くものではなくて，母集団自身の non-random な分布によるとする考えに傾いている。然しネット採集に関する限り採集操作の点から濾水量の曳網毎の変動は決して少くないと思われる。そこでネットの濾水量を知る事が必要となり，近来大きなネットの口部中央にプロペラ式濾水計をつけてネットの濾水量を測る様になつて来た。従つて濾水計の諸特性についての考察が問題となつて来る。

筆者等は東海区水産研究所中井甚二郎氏の考案したプランクトンネット用の濾水計（鶴見製作所製品）を用い実験水槽及び海中に於て若干の実験を試みたのでその結果を報告する。

I 濾水計の速度-回転数特性

濾水計の速度特性を調べる為に4個の濾水計（製品番号61，65，101及び102）を使つて長さ9mの実験水槽内で水平曳行を行つた（Fig. 1）。曳行はモーターによつて駆動し速度を 20～130cm/s の範囲で任意に変えて実験した。各曳行は夫々10回ずつ繰返し行い，その平均値をとつて曳行速度と濾水計回転数とを記録した。繰返し10回曳行した測定値は極めて分散が少く曳行速度，回転数とも変動係数は高々2％である。

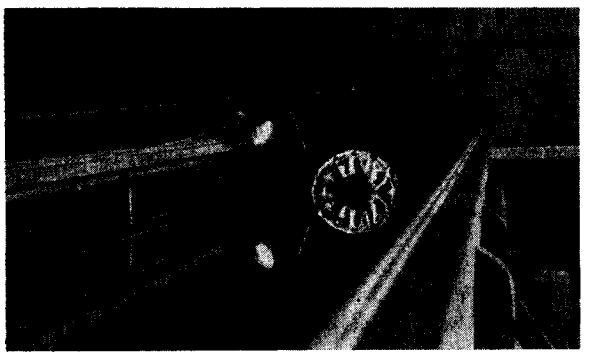

Fig. 1. Experimental tank

先ず各濾水計について濾水計のみを水槽の移動架台に連結し，濾水計前方には如何なる障害物もない状態で曳行した。4個の濾水計のうち No. 61 と No. 101 の結果を Fig. 2-Aの曲線に示す。横軸は曳網速度縦軸は曳網距離 10m に換算した回転数である。他の濾水計ではこの2つの中間の曲線が得られた。更に縦軸を毎秒毎の回転数に換算した曲線を Fig. 2-B に示す。

両図を概観すると2つの濾水計の間に著しい差のある事が分る。No. 101 では毎秒の回転数が流速と殆んど直線関係を持つていて，従つて10m曳行間の回転数は大体横軸と平行に走つて流速にかゝわらず略一定である。然し詳しく見ると僅に高速側の回転数の上昇が低速側より急である。之に反し No. 61 では低速側及び高速側で毎秒の回転数が低く中速度（60～70cm/s）で No. 101 と略同数の回転を示して居る為に，10m曳行間の回転数は低速側で著しく落ち，高速側でもやゝ落ちている。

Fig. 2-B の曲線を低速側に外挿して横軸との交点を求めその値を threshold velocity として各濾水計について求めると Table 1 の如くなる。Threshold velocity の大小は軸受回転部の静止摩擦抵抗の大小によるものであるが，これの大きなものは後に見る様に決定的な特性を持つことになる。

次にこの濾水計をネット用の鉄製リングの中心に3本の紐をはつてとりつけ，リングの前方には曳綱など

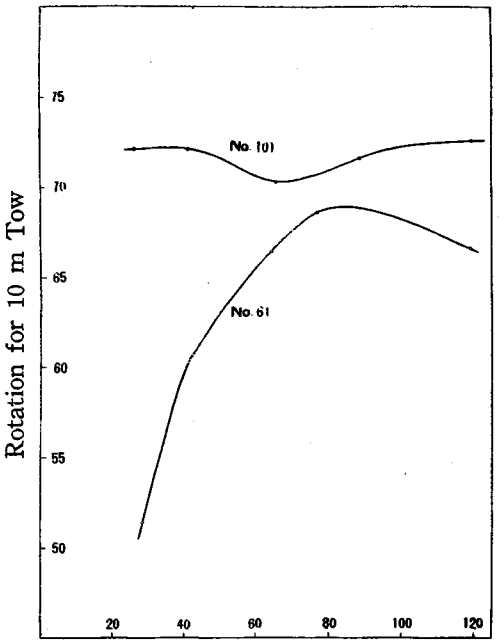

Fig. 2-A. Relation between the hauling speed and the rotation of the flow meter for 10 m tow when flow meter was towed alone
Solid circles: flow meter No. 101; circles: flow meter No. 61

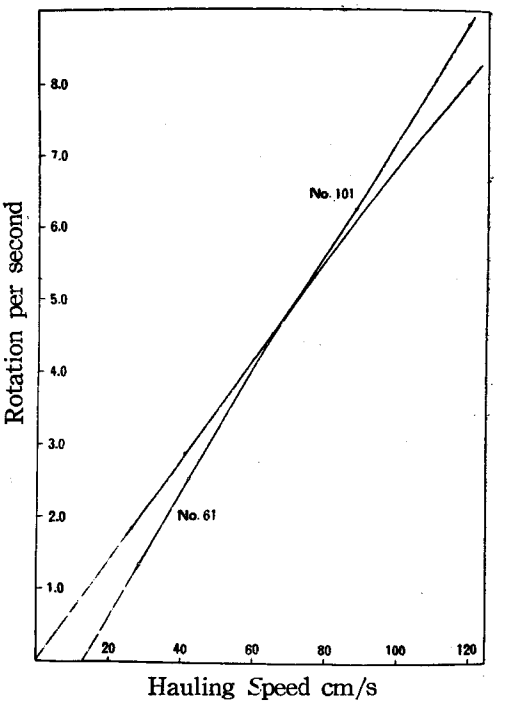

Fig. 2-B. Relation between the hauling speed and the rotation of the flow meter per second when each was towed alone
Solid circles: flow meter No. 101; circles: flow meter No. 61; chain lines show extrapolated values at low speed.

Table 1. The threshold speeds in which rotor of flow meter begins to rotate.

	No. 61	No. 65	No.101	No.102
Threshold velocity	12.5cm/s	4.0cm/s	0.0cm/s	5.0cm/s

一切の障害物をおかず曳行した。Fig. 3-A のb，c曲線は夫々内径45cmリング，20cmリングをつけた場合の回転数の変化を示してある。図中aの曲線は Fig. 2 の濾水計のみを曳行した場合の値を比較の為に挿入したものである。何れの濾水計にも共通なことは，濾水計のみを曳行した場合よりもリングをつけた場合の方が総べての速度に於いて回転数が僅かずつ多いということと，大体の傾向はa曲線の場合と極めてよく似ている事である。之はリングをとりつける事によつて流線がそこで絞られる結果，必然流速が上るものであろう。この場合にも縦軸に毎秒の回転数をとつて曲線を引き，リングなしで濾水計のみを曳いた場合と比べて見ると（Fig. 3-B）増速の程度は最高5cm/s程度，平均して2cm/s位で，高速度になる程多少増加するも

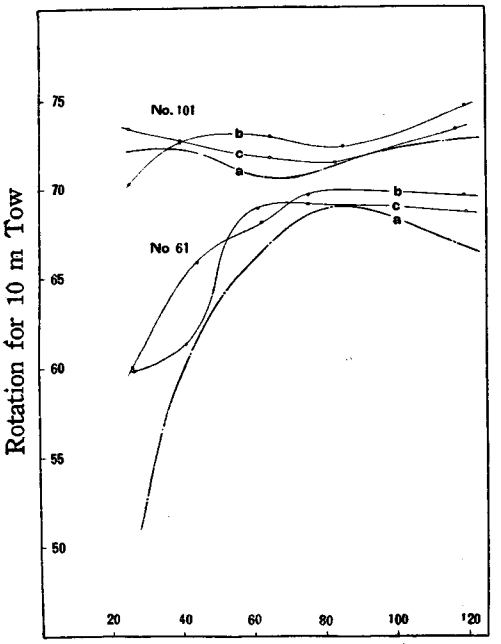

Fig. 3-A. Relation between the hauling speed and the rotation of the flow meter for 10 m tow when flow meter was towed being attached to the rings
Solid circles (b): 45 cm dia. ring; circles (c): 20 cm dia. ring; the chain lines (a) are quite identical with those in Fig. 2-A.

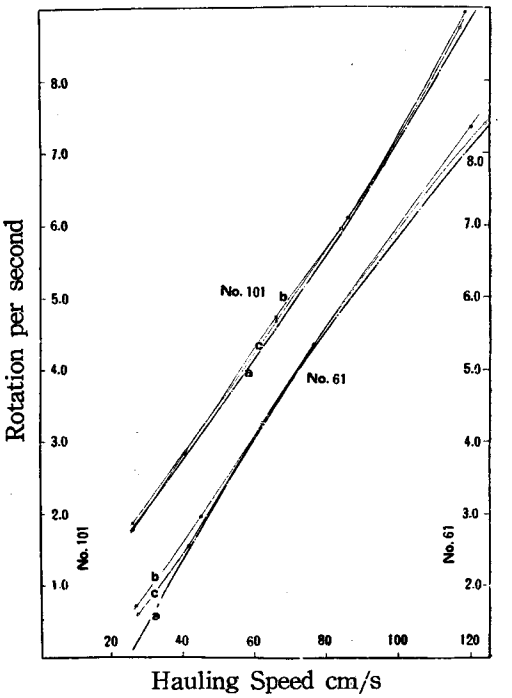

Fig. 3-B. Relation between the hauling speed and the rotation of the flow meter per second . when flow meter was towed being attached to the ring
Solid circles (b): 45 cm dia. ring; circles (c): 20 cm dia. ring; the chain lines (a) are quite identical with those in Fig. 2-B.

の (No. 101), 速度に無関係のもの (No. 65, No. 102), 中速で殆んど増速* せずそれより低速になる程, 又高速になる程増加するもの (No. 61) 等がある。リングの大小による差は明かには現れなかつた。

この様にリングをつける事により, 中心部の水の流速が増加することは確かであるが, リングの鉄棒中心線が作る仮想の円 (pitch circle) を通過する流量が, 之によつてそれだけ増加した事を意味せず, リングの鉄棒の占める部分を水の流線が避ける為に起るものと思われる。

次にネット (篩絹GG56製) をつけて, やはり前方には曳綱をつけずに曳行を試みた。ネットは口径20cm, 側長80cmと口径20cm, 側長40cm及び口径45cm, 側長100cmの3種を用い, その結果は Fig. 4 に示してある。Fig. 4-A_1, -B_1 は濾水計 No. 101, Fig. 4-A_2, -B_2 は No. 61 の場合で, 曲線 d, e 及び f は夫々20cm×80cm, 20cm×40cm及び45cm×100cmのネットを曳行した場合である。

先ず口径20cm, 側長80cm のネットについて見ると, 曲線の傾向は無網の場合とよく似ていて, 回転数の

* リングをつけて速度 v で曳行して毎秒 n 回転したとすれば, n に相当する曳速 v′を a 曲線から求め, v′−v を増速量とした。

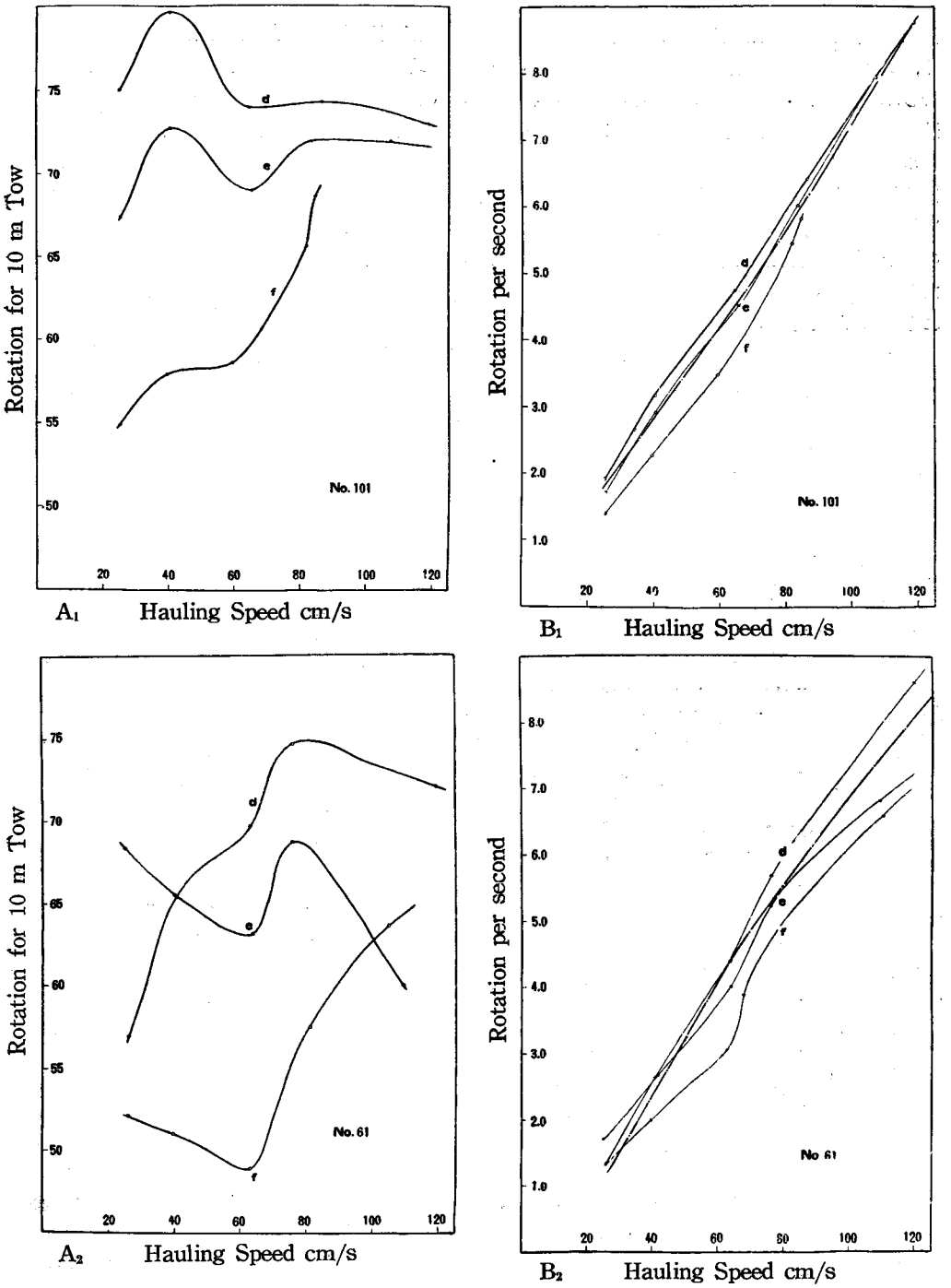

Fig. 4. Relations between the hauling speed and the rotation of the flow meter for 10 m tow (A_1, A_2) and between the hauling speed and the rotation per second (B_1, B_2) A_1–B_1: flow meter No. 101; A_2–B_2: flow meter No. 61; d: 20 cm × 80 cm net; e: 20cm × 40cm net; f: 45cm × 100cm net

極大及び極小はa曲線と同じ速度で起つている。唯何れの濾水計に於ても，無網の場合より回転数が遙に高く，リングをつけた場合よりも高くなつている。その増速の程度を先の様にして求めると，濾水計のみを曳行した場合に比べて最高8 cm/s，平均5 cm/s程度である。然もthreshold velocityの小さいNo. 101では，速度が上ると共に増速量は少くなり，120cm/s位でほゝ濾水計のみ曳行した場合の値に落着く。

ネットをつける事によつて口の中心部の流速が更に増加するのは，恐らくネットの存在によつて流線が更に絞られる結果であろう。殊に篩絹をリングにとりつけるカンバスの部分の影響が大きいと思われる。高速に於けるやゝ急激な回転数の低下は，次第に網地の濾水抵抗の利き始めている事を示している。Fig. 5に口の部分に於ける流線の模様を写真によつて示した。之はネットを半分だけ水面上に露出して曳行しつゝ写したものである。Fig. 5-Aは20cm×40cmネット，Fig. 5-Bは45cm×100cmネットの場合で曳行速度は何れも50cm/sである。

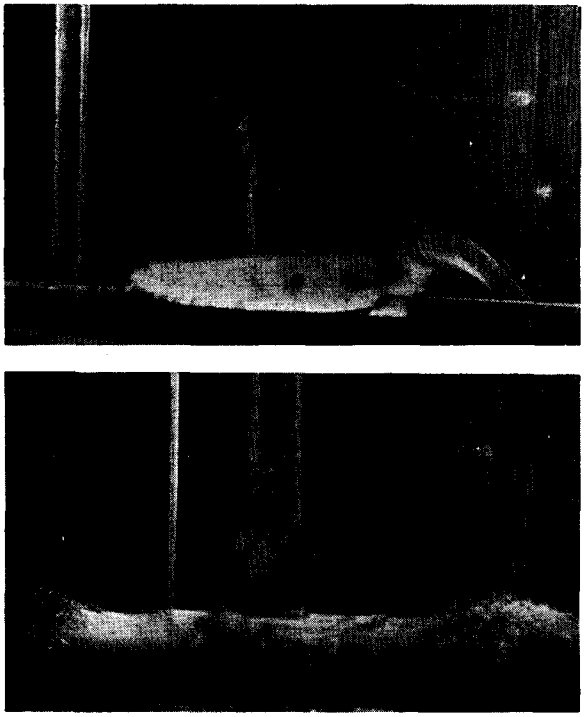

Fig. 5. Photographs showing the stream lines at the mouths of the nets
(A) 20 cm×40cm net; (B) 45cm×100cm net. The net was so fixed that the lower half of the nets was dipped in water and towed at the velocity of 50 cm/s. Camera was in motion at same speed and caught the stream lines represented by alminium powder on the surface.

同一口径で側長40cm（前回の半分）のネットをつけて曳行すると，濾水計No.61（No. 65も同様）では，低速で著しく回転数が高く出る（Fig. 4-A_2）。ネットの形態が短くなつた為に，絞りの影響が更に著しくなつた事を示す。然し速度の上昇と共に回転数は無網の場合よりも落ちてしまう。そしてその後の60～70cm/s即ち回転特性のよい所で，急激に回転数が上るが，無網の場合をこえることはない。一方濾水計No. 101（No. 102も同様）では，最低速でやゝ回転数が落ちるが，それ以上の速度では大体無網の場合とよく一致した曲線を作る（Fig. 4-A_1）。100cm/s以上の速度では濾水計No. 101はa, b, c, dの曲線と共に一定回転数に収斂して，100～120cmの速度では2％内外の精度でよく一致する。然し濾水計No. 61は高速になる程回転数は遙に低下してしまう。

今20cm×40cmネットついて各曳網速度に於ける濾水計回転数から既に述べた方法によつて，ネット口部に於ける流速を推定して見るとTable 2の如くなる。傾向は必ずしも一定していないけれども，速度が高くなると口部の流速が曳行速度に遅れる。濾水抵抗による減速と絞りによる増速とは，60～80cm/sの間で釣合う様である。No. 101では高速側でも増速しているが，之は既に述べた様にこの濾水計が高速側で速度特性がやゝよくなつている為に，絞りによる増速が濾水抵抗による減速にやゝ打勝つていることを示すものであろう。

ところで同一ネットを同一速度で曳行して，上表の様に口に於ける流速が使用する濾水計によつて相違す

Table 2. The estimated speeds of inflow of water at the center of the mouth of 20cm×80cm net when towed with each of four flow meter

	30cm/s	40cm/s	50cm/s	60cm/s	70cm/s	80cm/s	90cm/s	100cm/s	110cm/s
No. 61	36 (+6)	43 (+3)	49 (−1)	56 (−4)	67 (−3)	79 (−1)	88 (−2)	94 (−6)	99 (−11)
No. 65	33 (+3)	43 (+3)	53 (+3)	64 (+4)	72 (+2)	78 (−2)	85 (−5)	92 (−8)	99 (−11)
No. 101	29 (−1)	41 (+1)	51 (+1)	59 (−1)	70 (0)	81 (+1)	92 (+2)	102 (+2)	111 (+1)
No. 102	30 (0)	41 (+1)	51 (+1)	60 (0)	69 (−1)	79 (−1)	89 (−1)	98 (−2)	109 (−1)

ると言うことは，濾水計そのものゝ存在が口に於ける流速に影響を与える事を示している。絞りによる増速は上述の様に，流量の増大を意味するものとは考えられないが，濾水抵抗及び濾水計による減速は流量を減少させるものと考えなければならない。

最後に口径 45cm，側長 100cm のネット（通称㊸ネット）を曳行してみた。上記の場合に比し低速側で甚だしく回転数が落ちる。然し 4 つの濾水計の何れの場合にも，高速に於て極めて急激に回転数の上昇を来し，a の曲線に収斂しようとする傾向がある。

各濾水計を使用した場合の口に於ける流速の推定値は Table 3 の様になる。No. 101 及び No. 65 は高速になる程次第に流速の遅れを挽回して行くが，No. 61 及び No. 102 では却つて遅れが増大して行く傾向にある。前者は高速側の特性のよいものであり，後者はよくないものである。此のことは濾水計の特性そのものがその部分の流速に影響する事を示している。ところで 20cm×40cm ネットと 45cm×100cm のネットとでは口の面積と濾水面積との比は夫々 $\frac{1}{4}$ 及び $\frac{1}{4.45}$ で，濾水能力は後者の方がむしろよいと考えられるにも拘らず，一般に甚しく濾水計の回転数が落ちるのは，恐らく口径が大きい為に絞りの効果が口の中心の流線に迄達しないことに依るものと思われる。従つてこの場合に，ネットの入口では中心からの距離によつて流速の大きさに変化があるであろう事が推測される。

Table 3. The estimated speeds of inflow of water at the center of the mouth of 45cm×100cm net when towed with each of four flow meters

	30cm/s	40cm/s	50cm/s	60cm/s	70cm/s	80cm/s	90cm/s	100cm/s	110cm/s
No. 61	31 (+1)	36 (−4)	41 (−9)	47 (−13)	61 (−9)	71 (−9)	81 (−9)	88 (−12)	98 (−12)
No. 65	26 (−4)	36 (−4)	44 (−6)	51 (−9)	61 (−9)	73 (−7)	85 (−5)	98 (−2)	—
No. 101	24 (−6)	33 (−7)	42 (−8)	50 (−10)	61 (−9)	75 (−5)	—	—	—
No. 102	25 (−5)	35 (−5)	44 (−6)	53 (−7)	62 (−8)	71 (−9)	81 (−9)	—	—

Ⅱ　ネット口部に於ける流速分布

ネットの口部に於ける流速の観察は主として海上に於て行つた。標準㊷ネット 2 個を Fig. 6 の様に水平な鉄棒（長さ 85cm）の両端に下げて同時に曳行した。同様の実験を延長㊷ネットについても繰返した。濾水

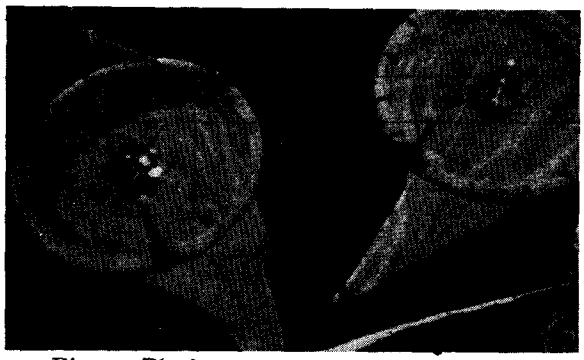

Fig. 6. Plankton nets with flow meters

計は No. 61 及び No. 65 を用い一方を一つのネットの口輪の中心に他方を他のネットの口輪の端に固定し9回繰返し垂直に曳上げた。次に濾水計の位置を交替し（一つのネットの口輪の中心のものを他のネットの口輪の端に，他の端のものを別のネットの中心に移し）5回繰返し曳上げた。曳上深度は20mとし，曳網は電動測深儀により速度は出来るだけ一様になるように注意した。その結果を Table 4 に示す。

Table 4. Comparison of the velocity of water inflow at the center of the mouth with that at the periphery
The numbers in brackets indicate the range of variation.

Net	Flow Meter		No. 65 at the center No. 61 at the periphery	No. 61 at the center No. 65 at the periphery	No. 101	No. 102
	Towing Speed		99cm/s(95～102)	99cm/s(95～104)	85cm/s	70cm/s
45cm × 100cm	Water Speed at the center	Rotation	112 (100～120)	109 (92～113)		
		Speed	80cm/s	78cm/s	84cm/s	70cm/s
	Water Speed at the periphery	Rotation	102 (94～108)	106 (95～110)		
		Speed	71cm/s	72cm/s	86cm/s	79cm/s

Net	Flow Meter		No. 65 at the center No. 61 at the periphery		No. 61 at the center No. 65 at the periphery	
	Towing Speed		93cm/s (91～97)	139cm/s (130～148)	90cm/s (89～91)	122cm/s (108～134)
45cm × 165cm	Water Speed at the center	Rotation	94 (91～102)	96 (89～99)	95 (89～108)	90 (87～95)
		Speed	85cm/s	128cm/s	82cm/s	107cm/s
	Water Speed at the periphery	Rotation	121 (110～138)	118 (116～123)	122 (108～150)	117 (113～122)
		Speed	109cm/s	156cm/s	106cm/s	136cm/s

表中括弧内は値の変動範囲を示す。中心及び端に於ける速度は，前と同様濾水計のみを曳行してその回転数を示すときの曳行速度を入れたものである。標準㊀ネットについては濾水計 No. 101，102 を用い，水槽内で濾水計を口の端に固定して曳行し2組の値を得た。Table 4 の右端の2列はその結果を示している。上表から明らかな様に標準㊀ネット 45cm×100cm では，低速側では中心より端が速く，高速側では逆に中心が端より速くなつていて，その交替は大体曳行速度 80～90cm/s の間で起つていることが分る。然るに一方延長㊁ネット（45cm×165cm）では，大体同範囲の曳網速度で常に端の方が中心より早くなつている。ネットの形より考えて短いネット程，口に於ける流線の絞りは甚しく，標準型の様なネットでは，速度が早くな

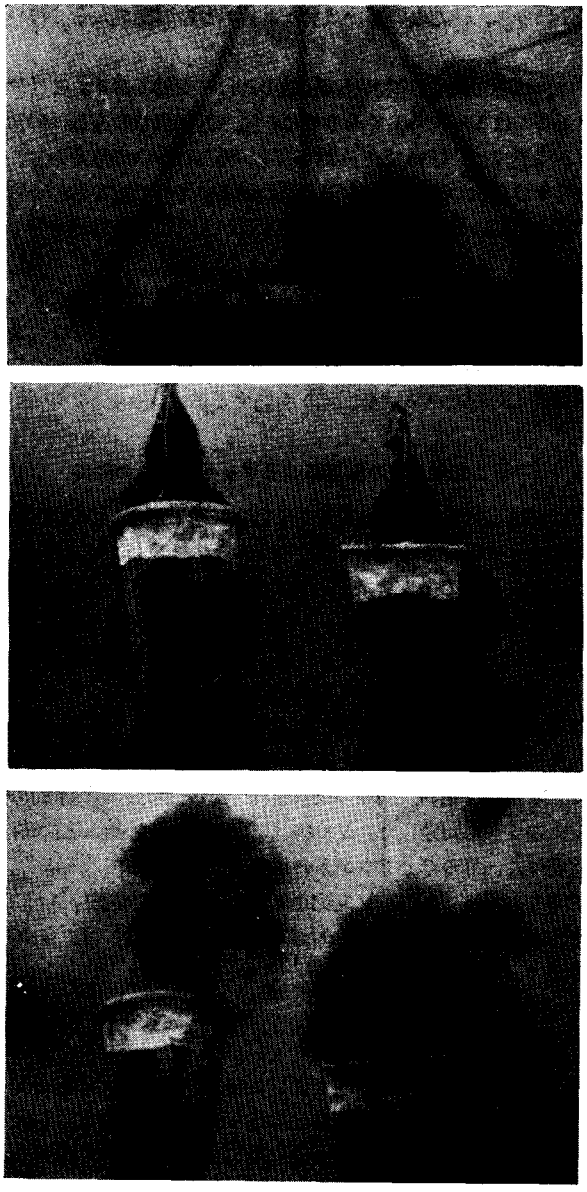

Fig. 7. Photographs showing the ejection of the water from inside of the net when the vertical haul was suddenly stopped
Towing speed was 30 cm/s. The photographs were taken from the window of Undersea Observation Chamber "Kuroshio". (A) 45cm × 100cm net, at the time 1.5 second after sudden stop. A small bag of gauze containing finely powdered potassium permanganate was fixed inside the net at a position 35 cm from the mouth. (B) Model net (8cm × 30cm), during haul without sudden stop. (C) Same net, at the time of sudden stop of the net. In this case a gauze bag of potassium permanganate was fixed above the mouth at the knot of the bridles.

る程中心部の流線は大きく絞られ，一方端の部分は水とネットとの摩擦が大きく利いて遂には中心部より遅くなるであろう。

尚上表で注意すべき事は，現場に於ける濾水計回転数の著しい変動である。技術的に止むを得ない曳網速度の変動が高々10%内外（多くは5%内外）であるのに，濾水計回転数の変動は20%或はそれ以上にも達する。一方水槽実験に於ける経験では，極めて斉一な回転数が得られるのであるから，この様な現場に於ける変動は，水中に於ける何等かの海水の不規則な流動や船の動揺によつて起るものと考えなければならない。尤も曳網速度の微細な変動も，既に述べた様に多くの濾水計が速度による特性を持つている以上，決して無視し得ないものである。

潜水探測機くろしお号の窓前に2つのネットを固定し，各々に濾水計をつけてくろしお号と共に垂直に浮上させて潜水機内から窓を通して観察を試みると，浮上速度が略一定（30cm/s）であるにも拘らず，2つの濾水計の回転状態は極めて不規則で，屢々一方が回転していても他方は回転を停止していたりする。潜水機の周囲に於ける海水の攪乱がこの様な不規則な回転を引起すと思われる。

Ⅲ 曳網速度の急変によるネット内の水の溢出

ネットを水平或は垂直に曳網した場合に，曳網速度に急変が起る場合，特に急停止した様な場合には，ネット内の水がネットの口から一部分溢出する可能性のあることは容易に推測出来ることで，既に Barnes (1949a) は区分採集に際しネットを閉じる時，使錘が閉鎖装置にあたつてからネットの口が閉る迄の数秒間ネットの停止する期間があることを確め，その際ネット内の水がその内容物を伴つて口部から溢出することを水槽実験によつて示した。我々は潜水探測機くろしお号の窓前に㊸ネットを固定しネットの内部，口から35cm下つた所に，過マンガン酸加里の微細粉末を包んだガーゼの袋を固定して，くろしお号と共に垂直に上昇しくろしお号を停止させる事によつて実際に内容水の溢出する様を観察した。Fig. 7-A はその写真を示す。くろしお号の上昇速度は大凡 30cm/s である。停止後過マンガン酸加里の溢出が起る迄に約 1.5秒を要した。更に模型ネット（8cm×30cm）を用いて同様の観察を行つたが，この際は過マンガン酸加里を入れた袋を Fig. 7-B,-C の様にネットの上部に固定した。この場合には停止すると殆んど同時に烈しく過マンガン酸加里の紫色の煙が上方に立昇つて，その部分で水が上昇運動する事を示している。

この様な現象は濾水能率の悪いネット程，又曳網速度の大きい場合程起り易いことは容易に推察され，その様な場合にはネットが停止しなくとも，急に曳網速度が変る様な場合には，多少ともこの溢出があるものと考えねばならないであろう。

Ⅳ 結 語

濾水計はその使用目的から言つて，一定距離を曳網した場合，曳網速度に無関係に一定した回転数を示すことが望ましい。この様な場合には曳行中の速度変化に拘らず，我々は濾水計の読みによつて濾水量を定めることが出来る。然しながら一般には Fig. 2, 3, 4 等に示した様に，曳網距離が一定でも曳網速度によつて回転数は著しく変動するばかりでなく，ネット形状如何によつても変動する。従つて曳網速度に10%内外の変動が避けられない限り，濾水計の読みによつて知られる流量には著しい精度の制限がある。濾水計の読みの変動が流量の変動によるものか，曳網速度の変動によるものかゞ定め難いからである。たゞ例えばNo.101の様に比較的特性のよい濾水計を使用した場合には曳網速度に多少の変化があつても，濾水計の読みによつて略正確な流量を定め得ると思われる。然しながらその場合にも形状の異るネットを使うならば，夫々各ネット毎に速度回転数特性を予め求めておかなくては正確を期し難い。

更に流入口に於ける速度の分布の不均等なことによつて，中心に於て測られた流量から全流入量を算定したのでは，必ずしも正しい値を与えない。事実標準㊸ネット（45cm×100cm）では 100cm/s の曳行速度で中

心と端とで10%の差があり延長⑨ネット（45cm×165cm）では30%の差がある。これは濾水計の読みの変動による誤差よりも大きな誤差を流量に与えるであろう。そしてこの流速分布の不均一からくる誤差を補正するのには，更に精密な測定を水槽内で行う必要がある。

曳網速度に急激な変化のある場合，例えばナンセンの閉鎖ネットによる区分採集の場合等には内容物の溢出の危険がある。かえし網を網口にとりつけるのは之を防止する上には効果があるであろうけれども，流入水量を定める際には新たな障害となると考えられる。

本研究中有益な助言と批判とを与えられた本学部井上直一教授並に元田茂教授に深謝の意を表する。又海中実験に際し好意ある協力をされた本学部練習船おしよろ丸船長藤井武治・三島清吉両氏以下乗組員諸氏並に実験作業を援助された本学部大学院学生前田礼一，同専攻科学生吉田仁の両君に感謝の意を表する。尚本研究は潜水探測機委員会によつて計画されたものである。

引　用　文　献

Barnes, H. (1949a). A statistical study of the variation in vertical plankton hauls with special reference to the loss of the catch with divided hauls. *Jour. Mar. Biol. Ass.* **28** (2), 429-446.

———— (1949b). On the volume measurement of water filtered by a plankton pump, with an observation on the distribution of plankton animals. *Ibid.* **28** (3), 651-662.

———— (1951). Horizontal plankton hauls. *Jour. du Cons.* **17** (2), 133-139.

———— & Marshall, S. M. (1951). On the variability of replicate plankton samples and some application of "contagious" series to the statistical distribution of catches over restricted periods. *Jour. Mar. Biol. Ass.* **30** (2), 233-263.

Motoda, S. & Anraku, M. (1955). The variability of catches in vertical plankton hauls. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **6** (2), 152-175.

Prasad, R. R., Bapat, S. V. & Tampi, P. R. S. (1952). Observation on the distribution of plankton at six inshore stations in the Gulf of Manaar. *Jour. Zool. Soc. India* **4** (2), 141-151.

Winsor, C. P. & Clarke, G. L. (1940). A statistical study of variation in the catch of plankton nets. *Jour. Mar. Res.* **3** (1), 1-34.

Winsor, C. P. & Walford, L. A. (1936). Sampling variations in the use of plankton nets. *Jour. du Cons.* **11** (2), 190-204.