

日水研年報 (4): 57-64, 1958.

Ann. Rept. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab. (4): 57-64, 1958.

プランクトン・ネットの濾水率に関する実験

伊 東 祐 方・西 村 三 郎

Experiments on the Filtering Rate of the Maru-Toku Type Plankton Net Used in Japan for Quantitative Sampling

BY

SUKEKATA ITO AND SABURO NISHIMURA

Abstract

A study was made by making use of a flow-meter designed by Mr. Z. NAKAI of the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Tokyo, on the filtering rate of the Maru-Toku type plankton net (45 cm in mouth aperture, 15 cm in protecting canvas length and 75 cm in filtering gauze length with mesh-size GG 54) widely used in Japan for the quantitative sampling of plankton. The analysis is based on the results of six series of experiments carried out in the middle Japan Sea during the period 1956 to 1958. Some conclusions thus obtained are summarized as follows:

1. Several flow-meters belonging to two slightly modified types (one is the type manufactured by the Tsurumi Seiki Kosaku-sho Co., Ltd., 8.3 cm in diameter and 7.5 cm in height of the casing, weighing 0.65 kg, and the other is by the Rigosha MFG Co., Ltd., 6.3 cm in diameter and 5.5 cm in height of the casing, weighing 0.4 kg) were used in the experiments. Some of them showed an apparent mechanical defect, some with a large fluctuation in the reading of revolution of the propeller. It was hoped that a step should be advanced towards the raised level of accuracy and consistency of revolution by improving some mechanical parts of the apparatus.

2. It was revealed that a higher reading in revolution number was consistently observed in the haulings made early in the experiments than in the hauls made later. This difference was considered in part, at least, due to a swell of gauze fiber and the resulting shrinkage in mesh-size caused by immersion in sea water, which was positively corroborated by an immersion experiment in the laboratory. Another cause for the drop in the revolution number with proceeding experiment may no doubt be an adhesion of plankton organisms to the meshes and the resulting decrease in filtering dimensions of net.

3. Except for the hauls made early in the experiment, which showed an extra-

good filtering rate, the hauling with a high speed yielded in general a higher reading in revolution than that made with a low speed. When hauled with the speed of 90-100 cm/sec and over, the revolution of the flow-meter attained a high, nearly constant value.

4. The new net showed a higher filtering rate than the old one. For instance, the following data may be quoted:

	Net	Mean filtering rate	Remarks
Apr. 23, 1957	New	0.54	Salps were abundant
	Old	0.43	
Jul. 22, 1957	New	0.61	Plankton amount was small
	Old	0.50	

5. It was demonstrated that an extra-dense distribution of plankton organisms, jelly-like organisms such as salps and medusae in particular, decreased the filtering rate of the net remarkably (see, for example, the data cited above). It was further considered that the pattern in vertical distribution of plankton might be responsible for various deviation in the revolution of the flow-meter.

I. は し が き

現在我が国でひろく用いられているフランクトン採集用ネット、すなわち通称(魚)ネットの垂直採集資料から卵・稚仔・その他フランクトンの量的分布の問題を取扱う場合、正確にネットの濾水率を決定することが一つの重要なキー・ポイントであることはいままでもない。その濾水率を知る手段としては東海区水産研究所の中井甚二郎氏考案による濾水計が一般に用いられている。この濾水計には2型あり、ひとつは鶴見精機工作所、他は離合社によって製作販売されているものである。両型とも原理的には全く同様であるが、ネットを海中に下降するときのフロベックの逆回転を防止する装置が多少異っている。

それらの計器を用いてネットの濾水率、および曳網に際して生ずる流動などの問題ととりくんだ基礎実験が榎本(1955)および西沢・安楽(1956)によって水槽を使用しておこなわれ、その結果が報告されている。また、野外における実験については MOFODA, ANRAKU & MINODA (1957) がおこなっており、曳網速度 1.1~1.2m/sec で 0~150m 垂直曳網のときの(魚)ネットの平均濾水率は0.58であったと報告している。元田・安楽両氏(1958)はまた他の実験で0.53, 0.62の値をえている。

筆者らは昭和31~33年の3箇年におたり同様な野外実験をおこなったのでその結果を報告する。

本調査に際し、計器を心よく貸与され援助を賜った東海区水産研究所中井甚二郎、日本海区水産研究所深滝弘両氏に謝意を表するとともに、終始調査に協力の労を惜しまれなかつた日本海区水産研究所渡辺和春、笠原昭吾両氏並びに第二旭丸船長綱市三郎氏ほか船員各位に対して厚く御礼申し上げる。

II. 方 法

実験は下記のように前後6回におたつて実施し、濾水計は離合社製(以下A型とよぶ)、あるいは鶴見精機工作所製(B型)のいずれかを使用し、使用ネットは(魚)ネット(口径40cm, 布地長15cm, 網地長75cm, 網目G G 54に相当)である。そして曳網は50m層よりの垂直曳により、揚網は手動あるいは電動によつた。

まず、予備実験として計器の器差を測定するため、ネットの網地を除いてリングだけに計器を取付け、曳網スピードを変えて(約50~250cm/sec)、所定の深度より揚げる作業をおこなつた。そして器差が充分小さいと判断された場合のみ、新・旧両ネットについて曳網スピードと同転数の関係を求めた。なお、曳網スピードは曳網順位と関係なくするようにランダムに変えておこなつた。

実験はすべて第二旭丸(37 ton)を使用しておこなつたものである。

実験の日時、海域、天候その他は次の通りである。

日	時	海 域	濾 水 計	天 風 風 ウ 気 向 力 ネリ	水 温			
					0	10	25	50m
1956, V, 9, 10:40-15:24		鶺入沖2湊	A型(No.101) (No.103)	⊙ E 1 1	14.1	13.59	13.55	13.29
1956, V, 18, 10:30-13:47		谷内沖4湊	A型(No.101)	⊕ 0 1	15.6	14.66	14.68	14.62
1957, IV, 28, 9:20-12:40		北大沢沖3.2湊	B型(No.137)	⊕ NE 2 2	13.1	11.27	11.98	11.06
1957, VII, 22, 13:30-18:30		和木沖0.8湊	B型(No.137)	⊙ NE 3 2	22.2	21.90	16.67	(40m) 15.02
1958, V, 6, 12:45-14:50		北大沢 ^{NNW} 8.6湊	B型(No.198)	- - -	-	-	-	-
1958, V, 10, 17:40-18:00		猿山沖10湊	B型(No.199)	⊙ NE 1 1	15.2	15.01	14.38	13.01

Ⅱ. 結 果

1. 1957年4月28日の実験

a) ネットの網部を除き、濾水計のみを取付けた場合

曳網スピードと回転数の関係 (Fig. 1) についてみると、ほぼ直線的の関係がみられ、スピードの増加するにつれてわずかに回転数の減少が認められた。回転数のふれはあまり大きくないので計器は一応次の段階の実験に使用しても差支えないものと判断した。

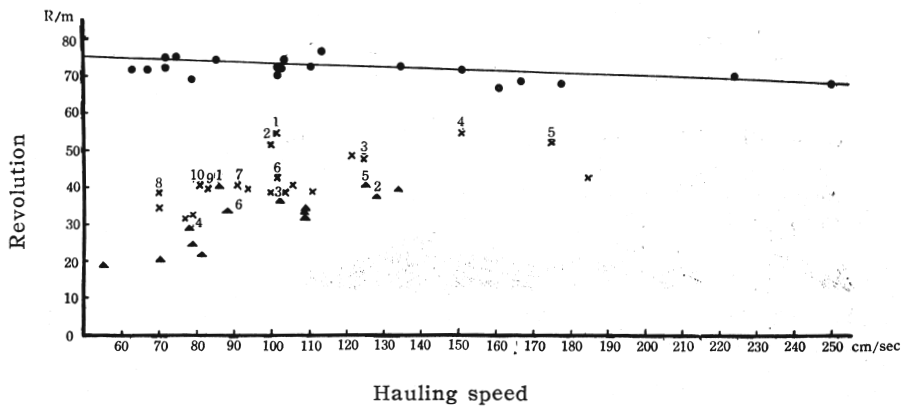


Fig. 1. Relationship between the hauling speed and the revolution of a flow-meter (Tsurumi-Type, No. 137) in an experiment made on April 28, 1957 in the adjacent waters of Wajima, Noto Peninsula. The dots were plotted from the results of hauling experiments made by using the flow-meter fixed to the mouth ring of a net deprived of filtering gauze. The crosses are records obtained in the hauling experiments by use of a new net and the triangles by use of an old net. The attending Arabic figures on the crosses and the triangles indicates the order of hauling.

b) 新しいネットに計器を取付けた場合

曳網スピードと回転数の関係 (Fig. 1) では、スピードとは関係なく使用順位の5番位までは回転数が非常に多く、またばらついている。その後では回転数のふれは多少大きいながらもほぼ安定した値を示すに至った。それで5回目以後に得られた値についてみると、低スピード (ca. 70~80 cm/sec) では回転数が低く、高スピード (ca. 80~110 cm/sec) では回転数が増加している。

c) 古いネット* に計器を取付けた場合

曳網スピードと回転数の関係 (Fig. 1) では、第1回が極度に高い値を示したほかはあまり極端な値を示すことはなかつた。新しいネットの場合と同様、低スピードでは低い回転数を示すがスピードの増加とともに幾分回転数も増加する傾向がうかがわれた。

また、新しいネットに比して回転数が少ない傾向があり、とくに低スピードで顕著である。

2. 1957年7月22日の実験

a) ネットの網部を除き、計器のみを取付けた場合

曳網スピードと回転数の関係 (Fig. 2) は能登近海での4月の場合に較べて、スピードの増加による回転数の減り方は多少小さいようであるが、ほぼ同一傾向で、たがいに似た回転数を示している。したがって、計器の器差は大きいものでない判断した。

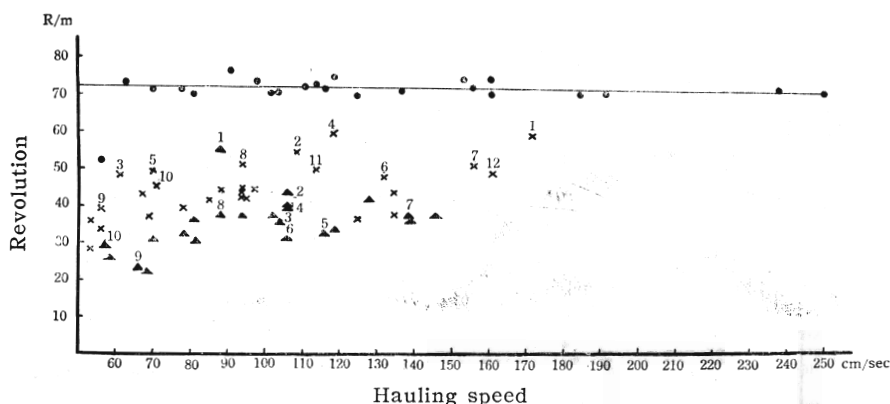


Fig. 2. Relationship between the hauling speed and the revolution of a flow-meter (Tsurumi-Type, No. 137) in an experiment made on July 22, 1957 in the neighboring waters of Wagi, Sado Island. For explanation of the symbols, see the legend to Fig. 1.

b) 新しいネットの場合

前回同様、使用順位の早いものでは高い回転数を示し、6~8回以後は回転数は落着き、極度に高い値を示すことはなかつた。

使用順位の早いものを除いて、曳網スピードと回転数の関係 (Fig. 2) をみると4月の場合と同様低スピードで回転数が低く、80~100 cm/sec とスピードが増加すると高い値を示す。しかし、120~140 cm/sec では低い回転数を示し、4月のときと若干異なるのが注目された。

c) 古いネットの場合

今回に限り使用前に約30分間海水に漬けておいたネットを使用した。この場合も第1回の場合のみ極度に高い回転数を示した。

また、低スピード(55~80 cm/sec)では回転数は低く、80~110 cm/sec では高くなりほぼ安定した値を示したが、新しいネットの場合と同様110~120 cm/sec で再び低い値を示すにいたつた。これは実験誤差に基くものか、あるいは計器の器械的な要因によるのか、あるいはまた、計器附近の流体の流動状況における物理的な変化によるものか、そのいずれとも判明しないが新・旧両方のネットにおいて大略同じ曳網スピードのところで急激に回転数がおちていることをみるとどうも実験誤差によるものではなさそうに思われる。

なお、新・旧ネットの回転数を比較した場合、4月のときと同様、新しいネットのほうが古いネットより

* 100回以上曳網使用したもの。

も回転数は高い。とくに低スピードの場合に顕著である。

また、7月の実験では4月のそれに比して新・旧いずれも回転数が高い。

3. 1956年5月9日及び18日の実験

5月9日は濾水計A型を使用して、リングのみの場合の予備実験では回転数の変異がきわめて大きく、使用にたえないものと判断してその後の実験を中止した。

つぎに、A型の別の計器の実験では9、18日の両日とも比較的安定した値を示し、スピードの増加とともに回転数が多少減少することが認められた。これは前述の1957年の4月5月の両実験の結果とほぼ同様である。

つぎに、新しいネットに計器を取付けた場合、5月9日には曳網スピードと関係なく、8 R/m 前後と4 R/m前後の2組の回転数を示した。5月18日の実験では9日の場合と異つて3～7 R/m の回転値を示した。変異が大きかつた。さらに、古いネットの場合、回転数はマイナスの値を示し、計器の不備が明瞭で使用に供しえないことが判明した。

4. 1958年5月6日及び10日の実験

両日の実験にはB型の2計器を使用して、リングだけの実験をおこつたが、両日とも回転数の変異が大きき計器の誤差が大ききことが判明したのでその後の実験を中止した。

IV. 考 察

6回の実験のうち検討にたえうる結果をえたのは上述したように2回だけであるが、本節において、計器の性能、ネットの濾水率、その他の問題点について考察を加えることにする。

A. 計器の性能

濾水計のA型(2個)、B型(3個)両型の使用実験において満足に作動したのはB型1個だけで、他は器差が大きく使用にたえうるものではなかつた。予備実験(網部を除き、リングだけに計器を取付けた場合)で正常な回転数を示さなかつたA型の1個、B型の2個は論外としても、予備実験で実験使用にたえうるものと判断した1956年のA型の場合、ネットに取付けたとき回転数が2分して2組の値を示したり、またマイナスの値を示したことは明らかに計器の不備を示すものである。これはネットに計器を取付けた場合、ネットの垂下中、網地による水圧の減少あるいは流動の変化によつてプロペラが逆回転していることを示すもので、逆回転止めの装置に主な欠陥があつたものと推定される。したがつて、A型の場合、プロペラの逆回転止めの装置を、大きくするか、プロペラの重量を軽くするか、あるいはB型のように天秤式にすることによつてプロペラの逆回転は防止できよう。

いずれにしても、A・B両型とも回転数の変異が大きく現場での実際の使用にたえない計器が多くあることは設計上に不備があることを示すものであろう。

それらの計器を用うる前に、計器の器差を慎重吟味することが重要であるとともに、精度の検定制度を設けることが必要と思われる。

とにかく、計器そのものの原理はよいにしても、設計製作上今後の改良がぜひ望まれる次第である。

B. ネットの濾水率

i) ネットの使用順位と濾水率

1957年の4月及び7月の実験結果が示すように、新・旧いずれのネットの場合でも、実験を開始してから使用回数の順位の早いものでは順位の遅いものに比して極度に回転数が高い、すなわち濾水率が高い。ある使用回数(時間)、すなわち4月23日の新しいネットの場合では5回前後、古いネットの場合では2回、7月22日の新しいネットでは11回前後、古いネットでは1回後にはほぼ安定した濾水率を示した。

また、ネットの新・旧によつて安定した回転数を示すまでに要する回数に相違がある。すなわち新しいネットでは遅く、古いネットでは早い傾向がある。

これらは網を海水に漬けたとき、網地の繊維の膨潤による網目の縮少とプランクトンの附着による網目の閉鎖が主因と推定されたので、実験室において新・旧両方の網地を海水に漬けて、網目の閉塞状況を検討し

てみた。

Fig. 3 に示すように、新・旧両方とも水漬後 5~20 分までに急に網目は縮少を示す。また、新・旧を比較した場合、新しい網地の網目の縮少は古いものに比較して大きい。さらに、縮少して一定になるまでに要する時間は新しいものの方が古いものに比して多少ながくかかるように思われる。なお、今回の試験で、水漬後、網目が急激に縮少したものが20~40分の間に再び網目が多少増大しているように思われるが、これは網地の繊維の特性に基くものかあるいは測定誤差によるものかいずれとも判明しない。

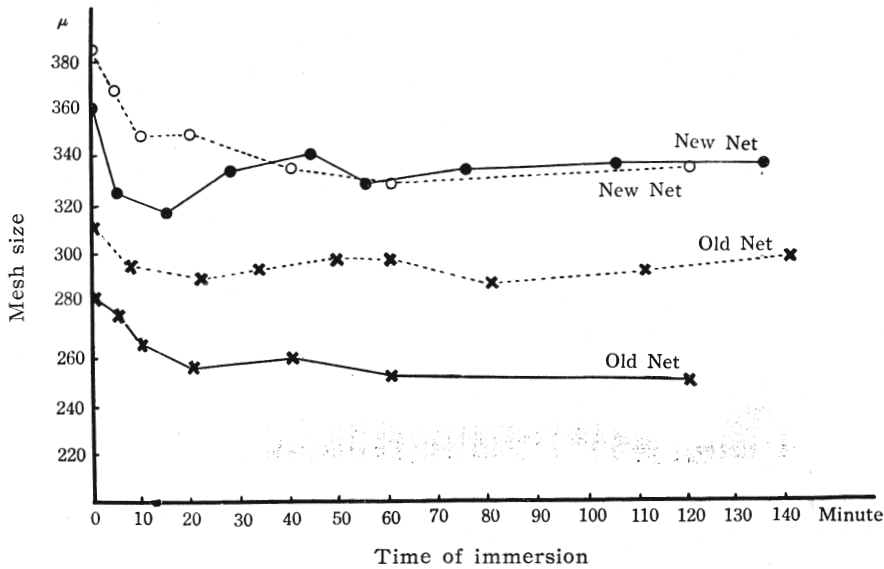


Fig. 3. Showing the shrinkage in a mesh-size of the filtering gauze (GG 54) in the course of immersion in sea water.

—●— 1957. IX. 16 Cl: 18.81% W. T.: 23.0°C
 -○- 1958. VI. 26 Cl: 19.81% W. T.: 23.0°C

これからネットの使用順位の早いものでは濾水率が高く、ある使用回数後に安定した値を示すこと、及び網地の新・旧によって安定値に達するまでの使用回数の相違は網地繊維の水漬による膨潤によつてひきおこされる網目の縮少過程が両者の間でことなることに一因があると考えてよいようである。

また、7月の古いネットの場合、使用前に約30分間海水に漬けたものを使用したのであるが、最初の1回だけが極端に高い濾水率を示した。これは実験誤差とも考えられるが、網地へのプランクトンの付着による網目の閉鎖が原因しているとみるのが妥当であろう。

こうしてみると、ネットの使用順位による濾水率の相違の原因は海水に漬けたときの網地の繊維の膨潤による網目の縮少とプランクトンが網地に附着することによつて生ずる網目の閉鎖とが交絡しているとみるのができよう。

ii) 曳網スピードと濾水率

これらの関係については、前述の使用順位の早い場合の値は除外して考察することにする。

曳網スピードと回転数の関係については回転数の変異が大きいため明確な関係はみられないが、2回の実験いずれにおいても、また新・旧ネットいずれの場合でも 50~80 cm/sec の低スピードでは回転数は低い、すなわち濾水率は低い。また、80~120 cm/sec の曳網スピードでは低スピードの場合よりも回転数（濾水率）は高い。

それより早いスピードの場合については、実験回数も少なく、かつ変異が大きいため詳細に論ずることは

できないが、80~120 cm/sec のスピードのときとほぼ似た濾水率を示すか、あるいはそれより幾分高いようにも推定される。

総じて、低スピードでは濾水率は低く、スピードの増加とともに濾水率は高くなり、90~100 cm/sec 以上のスピードでほぼ一定値を保つか、あるいはスピードの増加とともに濾水率が増加してもその増加率は小さくなるのが本来の姿ではないかと思われる。

網部を除いて計器を取付けた場合、曳網スピードと回転数とは弱い逆相関が認められるのに、ネットを取付けた場合には正の関係が認められるようであり、これはネットを取付けることにより、濾水計附近の流動と曳網スピードの関係が変化することを物語るものであろう。

iii) ネットの新・旧と濾水率

ネットの新・旧による濾水率を比較すると、当然予想されるように、新しいネットの濾水率が古いもののそれより高い。また、新・旧ネットの濾水率の差は低スピードで曳網するとき大きく、スピードの増加とともに小さくなってゆく傾向が認められる。

ここで普通のプランクトン採集で一般に採用されている曳網スピード、すなわち80~120 cm/sec における平均濾水率を求めてみると Table 1 に示す通りとなる。

Table 1. Mean filtering rate of the net obtained in the present experiments (Hauling speed 80—120cm/sec).

Date	Net	No. of hauls	Mean filtering rate
April 28, 1957	New	9	0.54
	Old	6	0.43
July 22, 1957	New	9	0.61
	Old	12	0.50

ネットの新・旧によつて曳網スピード 80~120 cm/sec の範囲では濾水率に約0.1の差がみられる。

横田(1953)は④ネットの場合、新しいネットと古いネット(42回以上使用済のもの)の濾水率を魚卵の採集量から比較検討し、古いネットでは新しいものに比して採集能力が著しく低下すると述べ、およそ36回使用すれば採集能力は新しいネットの $\frac{1}{2}$ 位に低下し、その後は比較的安定した能力を保持するものと考えている。今回の④ネットの場合、新・旧の網目の規格に問題はあがるが、採集能力が $\frac{1}{2}$ 内外に減少すると一般命題化することは、それぞれの実験条件が異なるにしても、再検討を要するようと思われる。

とにかく、Fig. 3 に示したように新しいネットといつても網目の規格がかならずしも同一でない場合があるし、また濾水率の変異が大きいのでこれ以上詳しく論ずることはさけない。

iv) プランクトンの組成及び密度と濾水率

Table 1 に示したように4月と7月とでは濾水率が相違し、新・旧ネットとも前者の方が後者より低い。これは当然予測されるように、実験施行の海域におけるプランクトン組成及び密度の相違によるものである。

すなわち、両回の実験の際に採集されたプランクトンの性格は次のように著しく違っていた (Table 2)。

Table 2. Measurements of plankton volume by YENTSCH-HIBARD's mercury immersion method.

	April 28		July 22	
	Range	Mean	Range	Mean
New net	9.7—30.3 cc	21.0 cc	0.8—1.3 cc	1.0 cc
Old net	6.0—14.3	10.9	0.5—1.1	0.8

新しいネットの方がプランクトン採集能力がよいことは4月28日、7月22日とも同様であり、これは前述の新しいネットの方が濾水率が高いことと対応している。4月には7月と比較してプランクトン採集量がきわめて大きいのに、濾水率は低い。これは4月の実験の時にはプランクトンの密度が非常に高くこれが、多量に入網してネットの網目をふさいだ結果と考えられる。なお、両回のプランクトン組成はつぎのようであった。

4月28日：

トガリサルバ *Salpa fusiformis* CUVIER の連鎖個体および単独個体がきわめて多量に出現。このほか *Noctiluca scintillans* MACARTNEY, *Evadne nordmanni* LOVEN, *Calanus helgolandicus* (CLAUS), *Paracalanus parvus* (CLAUS), *Coccinodiscus gigas* EHRENBERG などが優勢に出現した。

7月22日：

とくに量的に多いものはない。*Sagitta elegans* VERRILL (小型個体), *Sag. bedoti* BÉRANECK, *Oikoplura longicauda* VOGT, *Oithona helgolandica* CLAUS, *Calanus helgolandicus* (CLAUS), *Cal. tenuicornis* DANA, *Themisto* sp. (小型個体) などが多少みられる程度であった。

要するに、4月と7月との濾水率の相違は、4月にはトガリサルバがネットの cod end をぎつしり埋めつくすほど入網し、この動物のもつゼリー質の物質が網目をふさぎ、その結果、ネットの濾水率を著しく低下せしめたことによるのであらうと想像されるのである。

v) その他の条件と濾水率

今回の実験では50m層からの垂直曳網によつたが、曳網水深が相違すれば当然濾水率に影響することも予想される。すなわち、プランクトンの垂直分布は各層一様に分布することなく、それぞれのプランクトン生物固有の分布とパッチをなして存在している。したがつて調査水域におけるプランクトンの垂直分布と曳網水深の間には当然濾水過程において濾水率に変化をもたらす可能性が存在する。一般に曳網水深が深いほど、深層で入網したプランクトンによる網目閉鎖の結果、上層における濾水率が低下してくることが予想される。

以上、ネット採集の際の濾水率に影響を与える要因について、今回の実験結果から若干ふれてきたが、いまここで要約するとその要因としてネットの使用順位、網地の新・旧、曳網スピード、プランクトンの組成・密度およびその垂直分布状態、さらに曳網水深などがある。さらに、それ以前の問題として計器の精度が関係する。

こうしてみると、ネットの濾水率そのものはきわめて多数の条件に規制され、またそれらが交絡しているのでその濾水率を取扱う場合には充分注意しなければならない。

筆者らはプランクトン分布の量的問題を扱うに際しては、従来のネット採集に執着することよりも他の方法を案出することこそ急務であると主張したい。

文 献

- 榎本 義正 (1955). プランクトン・ネットの濾水率・抵抗等に関する水槽実験. 西海水研報, No. 6.
MOTODA, S., ANRAKU, M. & MINODA, T. (1957). Experiments on the performance of plankton samplings with net. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, Vol. 8, No. 1.
元田 茂・安楽正照 (1958). プランクトンに関する研究. 対馬暖流開発調査報告書, 第二輯.
西沢 敏・安楽正照 (1956). 濾水計によるプランクトン・ネットの濾水量の測定について. 北大水産学部研究叢報, Vol. 6, No. 4.
横田 滝雄 (1953). 日向灘豊後水道のイワン類の研究. 南海水研報告, No. 2.