

## プランクトンネットの濾水率が採集結果に与える影響

誌名	水産海洋研究会報
ISSN	03889149
著者	上野, 正博
巻/号	52巻1号
掲載ページ	p. 1-6
発行年月	1988年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# プランクトンネットの濾水率が採集結果に与える影響\*

上野正博\*\*

## Influence of Filtering Efficiency of Plankton Net on the Collection\*

Masahiro UENO\*\*

### Abstract

This paper attempts to examine the filtering efficiency of Marutoku and NORPAC nets constructed of NIP #60 (mesh width 0.33×0.36 mm) gauze and widely used for collecting fish eggs and larvae in Japan. Four nets using NIP #60 with various open area ratios though identical mouth area were attached to a frame and hauled ten times at each station. The respective open area ratios of nets are 1.6 (Marutoku), 3.7 (NORPAC), 6.4 and 9.4.

The results show that the filtering efficiency of Marutoku nets is much smaller than the others. The Marutoku net captures of Japanese anchovy eggs, however, are greater than would be expected from the filtering efficiency. This may result from both changes in instantaneous filtering efficiency and distribution of the eggs between hauls. Moreover, the values of settling volume are generally in direct proportion to open area ratios of nets, but not filtering efficiencies. It is clear that filtering efficiency can not be estimated from collections. These results are in agreement with those by SMITH *et al.* (1968).

Minimum catching efficiencies of anchovy pre-larvae with Marutoku and NORPAC nets estimated in full consideration of filtering efficiency and mesh retention are about 1/10 or less. This fact demonstrates the need for a new net with large open area ratio and gauze of small mesh size.

ネットを使ったプランクトンの定量採集において、その濾水量の推定は最も基本となる。このため、ネットの濾水率については19世紀末から多くの研究が行われてきた。それらの集大成がTRANTER, HERON, SMITHらによる一連の研究である (TRANTER and HERON, 1965; TRANTER and HERON, 1967; TRANTER, 1967; SMITH *et al.*, 1968; TRANTER and SMITH, 1968)。また、日本においても元田や森岡らにより精力的な研究がなされている (榎本, 1955; MOTODA *et al.*, 1957; 伊東・西村, 1958; 安楽ほか, 1967; 森岡, 1979)。その結果、ネットの濾水率はその開口比 (網地面積×網地開孔率/網口面積) と密接に関係することが知られている。また、ネットの濾水量と濾水率については十分な精

度でこれらを推定することが可能となった。しかし、現状はこれらの研究の成果を十分に活用しているとは言えず、濾水率に関する古くからの誤解が根強く残っている。

ある曳網において濾水率をF、ある生物の採集数をCとしたとき、その生物の曳網軌跡上における平均密度  $\rho$  は

$$\rho = C/FAL \dots\dots\dots(1)$$

で得られると考えられている。ただし、Aは網口面積、Lは対水曳網長で、網口逃避や網目逸失は生じないものとする。また、平均密度  $\rho$  は、網口の適正な位置に取り付けた濾水計の回転数  $R_0$  とその濾水計を単位長さ曳航したときの回転数  $R_e$  を使い、次のようにも書かれる。

$$\rho = CR_e/R_0A \dots\dots\dots(2)$$

ここで(1)あるいは(2)式が成立するには、曳網軌跡上で対象生物が均一に分布しているか、あるいは濾水率が曳網

\* 1987年11月5日受理

\*\* 京都大学農学部付属水産実験所  
Fisheries Research Station, Kyoto Univ., Maizuru  
625, Japan

中を通じて一定の値をとるかのどちらかの条件が少なくとも満たされていなければならない。しかし、前者の条件は普通は満たされない。特に、生物の鉛直分布の変化の大きさを考えると、鉛直曳きや斜め曳きでこの条件が満たされることはほとんどない。一方、後者の条件もネットの形状や曳網時間等によっては必ずしも満たされない (SMITH *et al.*, 1968)。日本で広く使われている丸特ネットやNORPACネットのような開口比の小さいネットでは曳網中の濾水率の変化が大きく、この条件が満たされることは少ない。結局、(1)あるいは(2)式の使える条件はかなり限られているにもかかわらず、十分な吟味もなくそれらが利用されている。卵あるいは仔魚の現存量推定においても同じことが言える。

本報では、開口比の異なる4種のネットを同時に曳網した実験の結果と過去の知見をあわせ、ネットの開口比の違いが濾水率と採集結果に与える影響について考察する。更に、ネットを使う定量採集の信頼性を向上させるためには、曳網中の濾水率の変化が小さいネットの採用が不可欠であることを論じる。なお、(1)と(2)式から明らかかなように、従来呼ばれてきた濾水率とは曳網中の濾水率の平均値である。曳網中に変化する濾水率と区別するため、以下ではこれを平均濾水率と呼ぶ。

### 材料と方法

開口比の異なる4つのネットを1つの枠に取り付けて同時に曳網し、各ネット間の濾水率と採集物の違いを調べた。実験は1984年6月13日に若狭湾西部海域に設けた3定点で実施し、各定点で海底上5mから海面までの鉛直曳きによる採集を10回ずつ行った。各定点での曳索長は、それぞれ60m, 55m, および45mで、平均85cm/sec

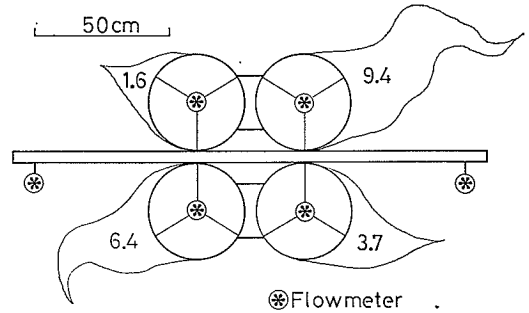


Fig. 1. A sketch of the gear without bridles and sinker. Figures on the nets show their open area ratios.

の速度で巻き上げた。また、風圧による船の移動を防ぐためシーアンカーを使用した。シーアンカーの使用と天候が静穏であったことにより、曳索の傾角は5°未満であった。

採集具の外観を Fig. 1 に示す。4つのネットはいずれも網口径45cmで、網地NIP#60(網目幅0.33×0.36mm)を使い開口比が1.6, 3.7, 6.4, 9.4になるように仕立てられている。これらのネットの内、開口比1.6のものが丸特ネットに、同じく3.7のものがNORPACネットに相当し、以後、それぞれを丸特ネット、NORPACネットと呼ぶ。また、6台の濾水計を各ネットの網口中央と網枠の外側50cmの位置に取り付け、平均濾水率を直接測定できるようにした。なお、各濾水計は、ネットをはずした枠の同じ位置に取り付けて曳網する無網試験を実験の最初と最後に行い検定した。

採集物は、24時間静置後の沈澱量を測定した後に選別し、魚卵と仔稚魚を計数した。本報では解析に耐えるの

Table 1. Average revolutions taken with six flowmeters on each stations. Figures in parenthesis show the coefficients of variation (standard deviation/average) in percent.

Flowmeter number		#1	#2	#3	#4	#5	#6
Test number	Warp length	Outside of nets		Inside of nets (Open area ratio)			
				1.6	3.7	6.4	9.4
Calibration before tests	60m	427.0 (0.7)	668.9 (0.9)	710.3 (0.3)	648.4 (0.6)	591.1 (0.6)	713.1 (0.4)
Stn. 1	60	430.1 (1.7)	683.7 (2.7)	515.6 (4.5)	649.5 (1.2)	583.9 (1.4)	724.4 (1.6)
Stn. 2	55	407.4 (1.8)	622.2 (1.7)	461.2 (3.6)	582.7 (3.4)	530.0 (2.1)	691.6 (2.9)
Stn. 3	45	330.7 (1.8)	523.5 (2.3)	366.7 (5.6)	491.6 (3.1)	458.1 (2.0)	573.0 (2.8)
Calibration after tests	45	324.4 (1.2)	522.0 (1.2)	561.0 (0.9)	517.8 (1.3)	462.8 (0.7)	571.4 (1.4)

に十分な個体数が得られたカタクチイワシの卵と沈澱量について検討する。

### 結 果

2回の無網試験と各定点における濾水計回転数の平均値とその変動係数を Table 1 に示す。ただし、海藻などが濾水計に絡まったために生じた明らかに異常な値は除いた。同じ無網試験において、回転数の平均値が大きく異なるのは、主に濾水計の製造メーカーと型式が異なるためである。しかし、同じ型式でも #3、#6 と #5 では、回転数の平均値が大きく異なった。この違いは、#5 の濾水計のプロペラ取り付けネットの締め込み過ぎが原因で生じたことが、実験後の点検の結果判明した。

また、回転数の平均値を曳索長で除した曳索長 1m 当たりの回転数を前後の無網試験の間で比較すると、すべての濾水計で後の方が 1.01~1.07 倍も大きく、回転数の変動係数も大きい。一般に、風圧による船の移動などのため、対水曳網長は曳索長に比べ長くなる (MOTODA *et al.*, 1957)。前後の無網試験の間でみられる曳索長 1m 当たりの回転数の違いは主として、対水曳網長の曳索長に対する比が前後の無網試験において異なったためと考えられる。しかし、変動係数の増大はこの原因だけでは説明できず、他の原因も関係しているものと推測される。

以上のように、本実験では濾水計の信頼性は必ずしも十分ではなく、例えば、同じネットの同じ曳網であっても、実験前の無網試験の結果を使って求めた平均濾水率と実験後のそれによる値とでは 5% 以上異なることもある。しかし、各ネット間の平均濾水率の違いを検討するには有効数字が一桁程度の精度でそれらが推定できれば良い。逆に言えば、それ以下の小さい平均濾水率の違いは実用上問題とはならない。したがって、これらの濾水計を使って本報の目的に十分な精度が得られるものと判断した。

各定点ごとに 10 回の曳網による平均濾水率、沈澱量およびカタクチイワシ卵数の平均値と、開口比 9.4 のネットで得られた値を 100 とした時のそれらの相対値を Tables 2~4 にそれぞれ示す。平均濾水率は丸特ネットの 65~69% を除き、95~101% の大きい値を示した。これらのネットの構造から期待される初期濾水率すなわち濾水率の最大値は、丸特ネットで 80%、その他のネットでは 95~97% と推定され (TRANTER and SMITH, 1968)、平均濾水率がわずかに過大評価されている可能性はある。しかし、丸特ネットの平均濾水率が初期濾水率に比

Table 2. Filtering efficiency in percent for the four nets with various open area ratios. All figures are averages for ten repeated hauls. Figures in parenthesis show the values relative to the net with open area ratio 9.4.

Station	Net (Open area ratio)			
	1.6	3.7	6.4	9.4
1	69(70)	97(99)	97(99)	98(100)
2	69(68)	95(94)	95(94)	101(100)
3	65(64)	96(95)	99(98)	101(100)

Table 3. Settling volume in cm<sup>3</sup>. Others as in Table 1.

Station	Net (Open area ratio)			
	1.6	3.7	6.4	9.4
1	27.9(54)	31.7(62)	43.6(85)	51.3(100)
2	36.2(63)	36.2(63)	44.1(77)	57.2(100)
3	55.6(56)	69.6(66)	93.3(91)	108.4(100)

Table 4. Catch of japanese anchovy eggs. Stage shows days after spawning. Others as in Table 1.

Station	Stage	Net (Open area ratio)			
		1.6	3.7	6.4	9.4
1	0day	90.9(72)	114.7( 91)	127.7(101)	126.8(100)
	1day	31.9(75)	37.4( 88)	34.2( 81)	42.3(100)
2	0day	31.7(73)	41.1( 95)	43.1(100)	43.3(100)
	1day	49.0(76)	65.9(103)	66.5(104)	64.1(100)
3	0day	14.9(60)	19.9( 80)	19.9( 80)	24.8(100)
	1day	36.4(72)	48.4( 88)	54.7( 99)	55.1(100)

べ大きく低下していることは明らかである。また、その他のネットでは平均濾水率が初期濾水率とほとんど違わなかったと考えられる。

沈澱量はネット間で明らかに異なり、開口比の大きなネットほど大きかった。沈澱量を平均濾水率と Tables 2, 3 の相対値と比較すると沈澱量の方が小さく、特に NORPAC ネットでは 30% 以上も小さい。ネット間の沈澱量の違いが主に平均濾水率の違いにより生じているのなら、両者の相対値は良く似た傾向を示すはずである。したがって、沈澱量には平均濾水率以外の要因が強く影響していると推測される。

一方、カタクチイワシ卵の採集数はややばらつきが大きいが、平均濾水率と比較的良く似た傾向を示した。しかし、丸特ネットによる採集数は平均濾水率から予想される値に比べると、どの定点においても数% 以上大き

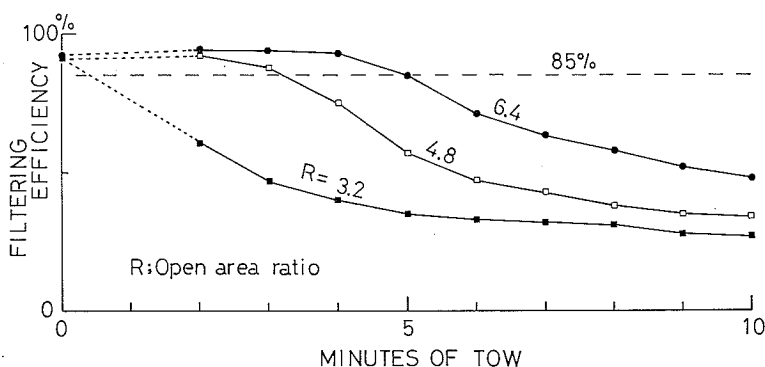


Fig. 2. Some examples of changes in filtering efficiency of plankton nets with various open area ratios under tow. Data are quoted from SMITH *et al.* (1968).

い。このように、沈澱量もカタクチイワン卵採集数も平均濾水率から期待される値と必ずしも良い一致を示さなかった。

### 考 察

SMITH *et al.* (1968) は船上でプロペラ回転数を記録できる濾水計を使い、曳網中の濾水率の変化を調べた。彼等の結果の一部を示した Fig. 2 から、濾水率が曳網時間に比例して一様には減少しないことがわかる。ネットの開口比などにより違いはあるが、濾水率は曳網開始後ある時間までは余り変化しない。その後、濾水率は85%位を境に急激に減少するが、ある程度低下するとその減少は再び緩やかになる。

また、Fig. 2 から最初の5分間の曳網を取り出して、各ネットの濾水率の最大値と最小値の比を求めると、開口比の大きい順に1.1, 1.6, 2.6となる。曳網中に85%以上の濾水率が保たれていた開口比6.4のネットの濾水率の変動は実用上問題にならない。これに対し、開口比3.2のネットでは濾水率が曳網中に2.6倍も変化した。これは、曳網軌跡上の生物の分布状態によっては、その採集数に2.6倍もの違いが生じる可能性を示唆している。

彼等は、この結果から濾水率が常に85%以上に保たれているような開口比の大きなネットを使うことを定量採集の必要条件とした。曳網中の濾水率の変化を表すモデルを作る試みは古くからなされている(藤田, 1956; KOBAYASHI and IGARASHI, 1956; 五十嵐, 1957)。しかし、採集対象の生物や目詰まりの原因となるゴミの曳

網軌跡上の分布がわからない以上、そのようなモデルに実用的な意味はない。したがって、曳網終了まで濾水率が大きく低下しないネットを使うという彼等の条件は極めて実用的意味を持つものである。

ここで、85%以上の濾水率が常に保たれていれば大きな平均濾水率が得られることに注意しなければならない。先の5分間の平均濾水率は、開口比の大きい順に93%, 84%, 53%であった。したがって、彼等の条件を満たせば初期濾水率と平均濾水率は数%しか異なる。

この場合、開口比が3以上のネットでは初期濾水率が約95% (TRANTER and SMITH, 1968) であるから、平均濾水率を100%とみなしても、そのために生じる誤差はたかだか10%程度に過ぎない。すなわち、平均濾水率による卵や仔魚などの採集数の補正は、他の要因による誤差の大きさを考えれば実用上必要でなくなる。ただし、曳網条件にあわせてネットの開口比を十分大きくする必要があることは言うまでもない。

また、濾水率が大きく変化しなければ、実際の採集において対水曳網長、すなわち(1)式のLを(1)と(2)式を使い容易に推定することが可能となる。対水曳網長の推定は、鉛直曳き採集では「各水深から均等に濾水する」というその基本条件(森, 1981)が満足されているかを検討するために必要である。また、水平曳き採集では、対水曳網長が曳網間で大きく異なると、対象生物の分布のしかたによっては採集結果に誤差が生じ、その誤差は採集結果を単位濾水量当たりへ換算しても補正されない恐れがある。したがって、比較する曳網間で対水曳網長なるべく同じにすることが望ましく、現場で対水曳網長

を推定できることが不可欠である。

更に、対水曳網長が推定できれば、これと曳網時間を使いネットの対水速度を推定することができる。ネットの対水速度は網目逸失や網口逃避と関係するから、それを推定することは定量採集にとって重要である。以上のように、ネットの開口比を大きくし、濾水率の変動を小さくしておけば、採集が計画した曳網条件（濾水量、対水曳網長、ネットの対水速度）で行われたかどうかを濾水計によって監視することができる。

さて、彼等の結果を基礎に本報の結果を考察する。丸特ネットを除く3つのネットで平均濾水率が極めて大きいことと、採集物のほとんどすべてがヤコウチュウで占められていたことから、本実験は比較的目詰まりの生じ難い条件下で行われたと推定される。ヤコウチュウは5月から6月の本実験海域では表層10m深までに極めて濃密に分布する。本報の実験においても、Stn. 3ではヤコウチュウの帯状の赤潮が観察されるなど表層に濃密に分布していた。したがって、平均濾水率が最も少なかった丸特ネットでさえ、表層10mまでは余り濾水率が減少せず、その他のネットでは、濾水率の減少はほとんど生じなかったものと推測される。

今回の実験において、丸特ネットの表層での濾水率は、その初期濾水率（80%）と平均濾水率（65~69%）の違いから、50%前後あるいはそれ以下と推定される。これに対し、カタクティワシ卵は、個体数が少なく信頼性に乏しい一例を除けば、相対値で72~76%も採集された。これは、カタクティワシ卵が表層よりも10m以深に多く分布していたためと考えられる。

本報で用いた網地 NIP #60 やそれに類似した網地 NGG54 や GG54 で仕立てられた丸特ネットと NORPAC ネットの平均濾水率についてのこれまでの推定値を整理すると、丸特ネットで53~62%、NORPAC ネットで64~104%の値が得られている (MOTODA *et al.*, 1957; 伊東・西村, 1958; 森岡, 1979)。ただし、これらの値は曳索長28~150mの鉛直曳きで得られたもので、その多くは曳索長を基準に間接的に求められているため、過大に評価されている可能性がある。

これに対し、本報の結果では丸特ネットで、65~69%、NORPAC ネットで95~97%であり、これまでの知見に比べかなり大きい値と言える。これには今回の実験で曳索長が45~60mと比較的短かったことも関係するかもしれない。しかし、これまでの結果においても曳索長と平均濾水率の対応関係はあまり明瞭ではなく、むしろ曳網時における目詰まりの原因となる生物やゴミの種類

と量が関係するものと推測される。したがって、本報の結果で平均濾水率が大きいのは、前述のように比較的目詰まりの生じにくい条件下で実験が行われたためであろう。

一方、NORPAC ネットによる沈澱量が平均濾水率に比べて少ないことは、沈澱量には平均濾水率よりも採集物の網目からの逸失が強く影響する可能性を示唆している。プランクトンネットの網目選択については、ある生物の断面最大径が網目の対角線長より小さいとき、網目からの逸失が生じることが知られている (SMITH *et al.*, 1968; 上野, 1986)。沈澱量の95%以上を占めたヤコウチュウは、ほぼ球型で直径が約0.2~0.5mmしかなく、NIP #60の網目対角線長（平均0.49mm）に対して十分な大きさを持ってはいない。

本報で使用した開口比9.4のネットを網目の小さい網地 NIP #140（網目幅0.14×0.17mm）で仕立てたネットと同時に曳網し、魚卵と仔魚の網目保持を調べる実験を、本報の実験の前日に実施した。その実験においても採集物の多くはヤコウチュウが占めたが、NIP #60で仕立てられたネットの沈澱量は網目の小さいネットによるその半分以下であった (上野, 1986)。したがって、先の結果で最も沈澱量の多かった開口比9.4のネットでさえ、ヤコウチュウの網目からの逸失が生じていたと推定される。

一般に開口比の小さいネットほど網目通過流速が大きいため、網目逸失が起こりやすい。4つのネットの沈澱量の違いはこの関係に良く一致している。しかし、相対値を比べると、丸特ネットの沈澱量は、NORPAC ネットなどのそれに比べ平均濾水率との違いが小さい。すなわち、他のネットに比べ濾水率が小さく網口を通過したヤコウチュウの量が少ないにもかかわらず、相対的には沈澱量が多い。このような現象が生じる原因は明確ではないが、目詰まりが進んでいるために網目からの逸失が起こりにくいのかも知れない。言うまでもないが、このことによってNORPAC ネットなどに比べ、丸特ネットの方が採集効率が良いなどと考えることはできない。丸特ネットではその小さい濾水率が原因で、網目逸失の生じ方がより複雑になっているものと推測される。

沈澱量に関しては、湿重量などに比べ採集物の組成による影響を受けやすいため、生物量の指標として適当ではないという批判もすでになされている。しかし、同じ組成であってもネットの開口比が変わるだけでその値は大きく変化する。すでに報告したようにネットの網目保持率は開口比だけでなく、ネットの対水速度や濾水率に

も大きく影響される(上野, 1986)。したがって、ネットを使った採集ではこれらに対する十分な吟味が必要である。更に、上述の考察は、採集物からネットの平均濾水率を推定することが無意味であるとした SMITH *et al.* (1968) の作業仮説を支持している。

更に、平均濾水率と沈澱量の関係は、濾水率の低下が濾水量の減少だけを招くのではなく、ネット採集における他の誤差あるいは偏差の原因にも影響を与えることを示唆する。例えば、本報では検討できなかったが、濾水率の低下は網口前方の流れの乱れを伴うから、網口逃避にも影響することが予想される。定量採集用ネットは、その採集結果の誤差あるいは偏差の性質が可能な限り明らかかなことが必要である。網目逸失や網口逃避の採集結果に与える影響を調べる上でも、濾水率が著しく低下しないネットが望ましい。

以上の考察から明らかのように、曳網中に濾水率が大きく変化しないことは、定量採集用ネットに最低限要求される基本的性能である。先にあげた丸特ネットと NORPAC ネットの平均濾水率の最小値(53%と64%)は、これらのネットが定量採集用のネットとしての基本的性能を持っていないことを示している。

MOTODA *et al.* (1957) は、丸特ネットの平均濾水率が NORPAC ネットより小さいことを報告した。また、TRANter and SMITH (1968) は、初期濾水率が小さく、短い鉛直曳きにししか使えないネットとして丸特ネットを紹介した。さらに、元田 (1974) は彼等の提言を受けて、丸特ネットと NORPAC ネットに替る標準ネットの試案を発表した。これらが受け入れられていれば、短くとも10年、長ければ30年近くにわたり、より精度の高いデータが蓄積されていたことになる。

近年、魚類の初期生残過程が重要視されるようになり、丸特ネットや NORPAC ネットで採集された仔魚や動物プランクトンなどのデータも重要となっている。最近、元田 (1974) の試案が改めて検討され、東海区水産研究所から新しい標準ネットが提唱された\*ことは、このような卵仔稚魚研究の新しい展開に対応したものと高く評価される。終わりに、標準ネットの必要条件の一つに10トン程度の小型船でも使える大きさのネットであることが挙げられているが、本研究は4.3トンの船で行った。

調査に協力いただいた京都大学農学部水産学科の大学

\* 森 慶一郎; 第9回稚魚研究会講演(1987年12月5日)

院生諸君に深く感謝いたします。また、懇切に原稿の校閲をして下さった京都大学農学部水産物理学研究室の北原武博士と水産海洋研究会の未知のレビューアー氏に厚くお礼申し上げます。

## 文 献

- 安楽正照・畔田正格・木村重人 (1967) 3種類のネットの比較試験結果。日本プランクトン研究連絡会報, **14**, 50-54.
- 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。西水研報, **6**, 1-10.
- 藤田 博 (1956) プランクトン・ネットの採集効率について。個体群生態学の研究, **3**, 8-15.
- 五十嵐脩蔵 (1957) プランクトン・ネットの濾水率Ⅱ。北大水産彙報, **8**, 48-50.
- 伊東祐方・西村三郎 (1958) プランクトン・ネットの濾水率に関する実験。日水研年報, **4**, 57-64.
- KOBAYASHI, K. and S. IGARASHI (1956) Mathematical analysis of the filtering-rates of plankton net. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ., **7**, 17-20.
- 森 慶一郎 (1981) 魚類プランクトンの定量的採集方法。漁業資源研究会議報, **22**, 29-52.
- 森岡泰啓 (1979) プランクトン・ネット, 特に Norpac ネットと MTD ネットの濾過効率。日水研報告, **30**, 123-130.
- MOTODA, S., M. ANRAKU and T. MINODA (1957) Experiments on the performance of plankton samplings with net. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ., **8**, 1-22.
- 元田 茂 (1974) プランクトンの採集。海洋プランクトン, 丸茂隆三編, 東京大学出版会, 東京, 191-225.
- SMITH, P.E., R.C. COUNTS and R.I. CLUTTER (1968) Changes in filtering efficiency of plankton nets due to clogging under tow. J. Cons. perm. int. Explor. Mer., **32**, 232-248.
- TRANter, D.J. and A.C. HERON (1965) Filtration characteristics of Clarke-Bumpus samplers. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **16**, 281-291.
- TRANter, D.J. and A.C. HERON (1967) Experiments on filtration in plankton nets. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **18**, 89-111.
- TRANter, D.J. (1967) A formula for the filtration coefficient of a plankton net. Aust. J. Mar. Freshw. Res., **18**, 113-121.
- TRANter, D.J. and P.E. SMITH (1968) Filtration performance. In, Zooplankton sampling, ed. J.H. FRASER and D.J. TRANter, UNESCO, Paris, 27-56.
- 上野正博 (1986) 魚卵と仔魚の採集ネットへの網目保持。日水誌, **52**, 1295-1300.