

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

森 岡 泰 啓¹⁾

Filtration Efficiency of Plankton Nets with Particular Reference to the Norpac Net and MTD Net

YASUHIRO MORIOKA¹⁾

Abstract

Of a total of 9 types of plankton nets made of the polyethylene monofilament filtering cloth NIP #200 (mesh aperture 0.08 mm × 0.19 mm) and #60 (0.33 mm × 0.36 mm) was examined by with-net and without-net vertical hauls at a station adjacent to Sado Island in the Japan Sea, July 1976. Filtration efficiency was determined at about 90% except for the Norpac type net with NIP #200 which showed an efficiency about 75%. MTD net (Q-net) with coarse nettings between mouth collar and net body showed rather high efficiency, but this may be due to the fact that the mouth of the net below coarse nettings often do not keep circle. It can be suggested that the filtration efficiency of the plankton net may vary according to the physical features of the plankton organisms, and that in nets other than #200 Norpac the filtration efficiency is nearly 100% for rustle crustaceans and chaetognaths, 70–80% for the dense phytoplankton population, medusae, doliolids and detrital organisms, and ca. 90% under usual conditions.

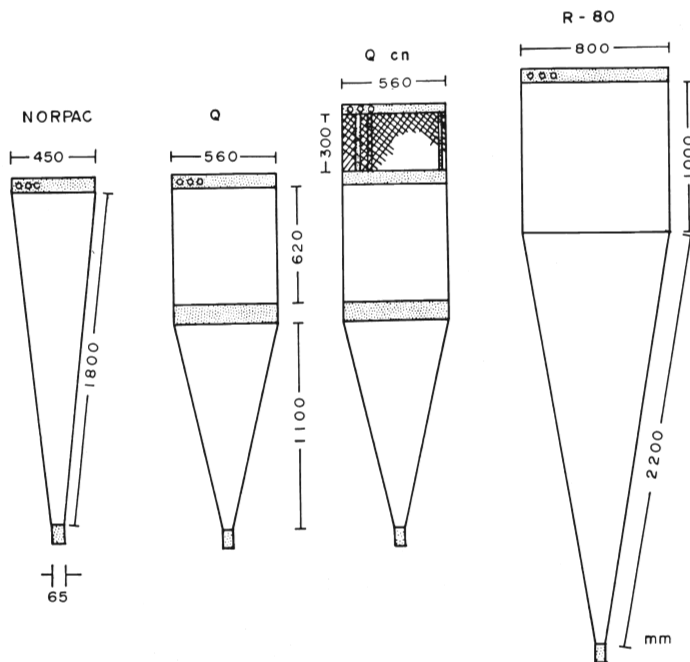
プランクトンネットが濾過する水の量はネットの口輪に取りつけられた濾水計の回転数から算出されるのがふつうである。しかし、濾水計の回転翼にサルバヤクラゲの類がひつかかるなどで濾水計が常に安定した値を示すとは限らない(元田ら 1963)し、ネットの構造上濾水計の装着が難しい場合(たとえば MTD ネット, Motoda 1971)があり、また、諸種の都合で、ごく普通の鉛直びきにおいても濾水計が用いられないことも多い。このようなとき、ネットの濾過効率として過去の少数の実測例からある値が仮定されるが、濾過効率はえい網条件やプランクトン生物の物理的性状や量によつて変わることは容易に想像される。常用されているながら、濾過効率が測定されていなかつたり、測定例はあつても少数のために一般化するには無理があると思われるプランクトンネットは少なくない。

本報文は原則的には 3 つの型のプランクトンネットを同一条件で反復えい網し、それぞれのネットの濾過効率(以下濾過率という)を得、それらを相互比較し、1 地点、一時期のみの試験ながら、採集物の大まかな性質に応じて実際に用いるおおよその濾過率を見積ろうとするものである。

¹⁾ 〒951 新潟市水道町 1 丁目 5939-22 日本海区水産研究所
(Japan Sea Regional Fisheries Research Laboratory, Suido-cho 1 chome, Niigata 951, Japan)

I. 方 法

試験に供したネットは、Norpac ネット (元田 1957), Q-ネット*, 粗網つきの同ネットと R-80 ネット (笠原 未発表) (網地はいずれも NIP #60で G G 54 担当, 網目 $0.326\text{mm} \times 0.357\text{mm}$) およびこれらと同一寸法のネットを NIP #200 (網目 $0.076\text{mm} \times 0.193\text{mm}$) で仕立てたもの, さらに R-80 ネットにあつてはこれらに NIP #24 (網目 $0.925\text{mm} \times 0.925\text{mm}$) を加えた計 9 種類である (第 1 図, 第 1 表).



第 1 図 供試プランクトンネットの模式側面図.

Fig. 1. Diagrammatic profile of plankton nets examined.
cn: with coarse nettings

第 1 表 供試プランクトンネットの要目

Table 1. Speciation of plankton sampling gear examined

Gear	Mouth dia., cm	Side length, cm		Filtering cloths, NIP	Open area ratio ^{a)}	Remarks
		Cylind.	Cone			
Norpac net	45	-	180	#200	2.99	Cod-end dia., 6.5 cm
				#60	3.78	
Q net	56	62	110	#200	2.95	Same dimension as net body of MTD (MOTODA 1971)
				#60	3.72	
Q net, cn	56	62	110	#200 #60		With 30 cm long coarse nettings
R-80 net	80	100	220	#200	3.67	S. KASAHARA, unpublished
				#60	4.63	
				#24	5.77	

a) Estimated from the porosity of each cloth (#200: 0.337, #60: 0.426, MORIOKA and KOMAKI 1977; #24: 0.530, calculated assuming that mesh aperture is 0.925 mm as shown by the manufacturing company)

* このネットは MTD ネットの身網そのままを鉛直びき用に口輪とブライドルを改造したもので、濾過率はブライドルの影響を無視すると MTD ネットと同じであると見做されてよい。

1976年7月22日, 日本海区水産研究所調査船みずほ丸(78トン)によつてそれぞれのネットについて5回ずつの巻き揚げ速度毎秒1m, 水深100mから表面までの鉛直びきを反復した。

第2表 濾水計検定結果

Table 2. Results of flow-meter calibration RGS #106, 100-0 m, July 22, 1976

Expr. No.	Hauls	Number of revolutions			
		Range	Mean (95%)	F-value	t-value
1	7	1035-1070	1054.3±10.2	17.88**	2.297*
2	5	1063-1070	1066.0±3.7		
1+2	12	1035-1070	1059.2±6.5		

** significant at 1% level * significant at 5% level

濾水計の検定結果は第2表のとおりで, えい網試験の前後1回ずつ行なつた。両者に差を生じたが, それを無視してこみにし, その平均をもつて100m 曳の回転数とした。各ネットの濾過率はこの値に対する各ネットのえい網の際の回転数の平均値の百分比として表わされる。

II. 結果と考察

1. 網地 #200ネットの濾過率

Norpac 型ネットだけが75%程度で, それ以外の3つのネットは90%前後で互に差が認められない(第3表)。Norpac 型以外のネットについては測定例が皆無であつた。Norpac 型ネットについては網地 #60のものと双子型にしてえい網された例がある(1966年6月~7月, ベーリング海, 北海道大学水産学部 1967)。すなわちワイヤ傾度が10°未満の場合の濾水計回転数とその航海中に行なわれたその濾水計の検定結果から, 濾過率の平均74.0% (範囲33~91%, 標準偏差14.4%, 標本数25, 採集量の平均13.3g, 標準偏差9.90g, 濾過率との相関係数0.29)

第3表 プランクトンネット(網地 NIP #200)の濾過率(%)の分散分析とt-検定結果
Table 3. Statistical results of variance analysis and t-test on the mean filtration efficiency of the plankton net with NIP #200 filtering cloth

Gear	Norpac	Q	Q cn	R-80	
Number of samples	5	4	3	5	
Variance	4.08	1.08	4.64	75.82	
Mean (95%)	74.4±2.5	91.0±1.7	92.2±5.4	88.0±10.8	
Norpac net		3.80	1.14	18.57**	F-values
Q net	14.80**		4.32	70.53**	
Q net cn	11.74**	0.93		16.33	
R-80 net	3.39**	0.69	0.79		

t-values

** significant at 1% level * significant at 5% level

が得られる。濾過率は広い範囲にあるが、極端に低い方の値はおそらく元田ら（1963, 前述）のいう故障かあるいは濃密な植物プランクトン群集による目詰りの結果によると想像されるのが、平均値は今回の値とよく一致しているといえるだろう。

網地 #200 の Norpac ネットの濾過率の低さは開口比 (open area ratio, 第1表) が低いことに関連しているであろうが、開口比がこれと同等ないしより低い Q-ネットが高い濾過率を有することは次の事例から、開口比だけでなく、ネットの形状に依るものと考えられる。すなわち TRANTER and SMITH (1968) は Norpac ネットのような円錐形のネットよりも Q-ネット (MTD ネット) のごとき円筒円錐形のネットの方が濾過率が高いうえ、効率が持続することを実験的に確かめている。

2. 網地 #60 ネット, #24 ネットの濾過率

R-80 ネットは大型の動物プランクトンの採集にも適していると考えられるので、より粗い網目 #24 のネットも試験に供され、便宜上第4表の #60 ネットの結果に加えられている。

粗網つき Q-ネットの濾過率は約95%で、90%内外である他のすべてと有意の差がある。ここでは、#200 で低かつた Norpac ネットが他のネットと差がないことと、粗網つき Q-ネットが高いことが注目される。前者においては、網目がより大きいことによる開口比が高いことが、円錐形であるというネットの形状に起因する負の要素を補つたことと理解される。後者にあつては、次のように考えることができよう。粗網つき Q-ネットにおいては口輪と身網の間に位する粗網には3本の幅せまい帯が等間隔にとりつけられ、身網はその帯によつて保持されている。したがつて、粗網の上部は円形口輪に固定されているのに対して下部すなわち身網の上部は固定されていないので、その横断面がえい網中に円形に保たれるとは限らない。事実、海中からひき揚げられ、海表面に表われるときのネットの口の周囲は褶曲していることが多い。すなわち、身網の口面積が狭いため、粗網上部の口輪にとりつけられた濾水計は、直下に身網を有する粗網なしの場合よりも水の抵抗を強く受けないため、より多い回転数を示すことに

第4表 プランクトンネット (網地 NIP #60) の濾過率 (%) の分散分析と *t*-検定結果
Table 4. Statistical results of variance analysis and *t*-test on the mean filtration efficiency of the plankton net with NIP #60 and #24 filtering cloth

Gear	Norpac	Q	Q cn	R-80	R-80#24
Number of samples	5	5	5	5	5
Variance	5.65	1.15	2.17	1.62	4.00
Mean (95%)	90.1±3.0	90.1±1.3	94.5±1.8	89.1±1.6	90.1±2.5
Norpac net		4.90	2.61	3.48	1.41
Q net	0.03		1.88	1.41	3.47
Q net cn	3.51**	5.45**		1.34	1.85
R-80 net	0.79	1.27	5.08**		2.47
R-80#24	0.03	0.04	3.96**	0.93	

t-values

** significant at 1% level * significant at 5% level

F-values

第5表 Q-ネット (MTD ネット) における粗網つきと粗網なしの採集量の比較

Table 5. Statistical results of *t*-test on the amount of plankton (wet weight, g) obtained by Q-net (MTD net) with and without coarse nettings

Gear	With coarse nettings	Without coarse nettings
1) NIP #200		
No. of samples	3	3
Variance	0.011	0.060
Mean (95% fiducial limit)	1.35±0.26	2.15±0.61
<i>t</i> -value		5.24**
2) NIP #60		
No. of samples	5	5
Variance	0.030	0.004
Mean (95% fiducial limit)	0.49±0.22	0.69±0.08
<i>t</i> -value		2.44*

** significant at 99% level * significant at 95% level

なる。網地 #200 の場合、粗網つきと粗網なしネットとは、試料の数が少ない（第3表、棄却限界法により粗網つき2標本、粗網なし1標本取り捨て）ためか統計上の差は認められなかつたが、粗網つきの平均値はやや高め92%を示していた。また、粗網つきと粗網なしの採集量を比較すると#200、#60ともに前者が有意に少ない（第5表）。口輪と身網の間に粗網を施すのは、鉛直採集の場合にネットの沈降を速めるため、この型のネットはしばしば用いられてきているが、肝腎の身網の口が曳網中に円形に保たれなければ定量的価値を失ってしまうから、それなりの工夫が要求される。

Q-ネット (MTD ネット) の濾過率の測定例ははなはだ少ない。小牧・森岡 (未発表) が1972年7月に日本海中部海域で水産庁俊鷹丸の相前後する2回の航海の際にそれぞれ5回ずつの有網・無網びきを行なつたところ、112%と98%を得た。濾過率112%は、ワイヤ傾度が10~25°であつたから、用いうる値とは思われない。98%という値が得られたとき、ワイヤ傾度は10°未満であつたが、濾過率は今回の値と比較して高い。両者の違いの原因は、ひき網条件は同じにしたつもりなので、さしあたり実験場所による採集物の違い、つまり、今回の方に採集物による網目の目詰りが起こつたとしなければならぬ。俊鷹丸航海ではヤコウチュウ、枝角類 *Penilia* が多く、全生物群の密度も10倍高いが、今回は少数ながら、網目を閉塞しやすいと思われるくらげの類および被囊類 *Doliolum*, また定量化は困難だが、動物の死骸と思しい半ばゼリー状の分解物が生きた動物を伴つて径3~5mmのやわらかな不定形の塊となつたものが散見された（第6表）。ただ、これらは全部合わせてもひと網あたり高々300個程度だから、濾過効率をこれら単独で10%低めるとしてもその機序は判らない。

Norpac ネットの既往の濾過率は第7表に示されている。およそ65%から100%の範囲にある。これらについては採集物の資料がほとんどないので、今回と俊鷹丸航海の採集物（第6表）、および推測できる一般的状況から各の濾過率の解釈を試みることにする。最も低い値は北海道恵山岬沖から得られている。春季の珪藻類の大増殖のいずれかの相に当たり、珪藻類によつてひき起こされた目詰りによる可能性は充分にあると考えられる。ほとんど100%という値は日本海でみられている。日本海区水研 (1973) の値は8月には佐渡沖、9月には大和堆で得られたもので、高い値は、佐渡沖の場合には小型の橈脚類を主体とするごく少量の群が分布するのみであり、大和堆の場合にあつては多量でも大型橈脚類、端脚類といった体がさらさらと

第6表 今回および俊鷹丸航海で得られた採集物の組成百分比 (Norpac ネット) の一例

Table 6. Species composition (organisms in percent) of random selected samples obtained with Norpac net in the present study and on the Shunyo Maru Cruise July 1972

	Size (mm)	Mizuho Maru Cruise		Shunyo Maru Cruise
		NIP #200	NIP #60	NIP #60
<i>Coscinodiscus</i>		2.1	2.5	
<i>Ceratium</i>		0.2		0.3
<i>Noctiluca</i>		0.3	7.7	30.8
Medusae	3.5-8	0.7	7.2	1.9
<i>Penilia</i>				27.1
Copepods	>2	1.4	12.2	6.0
Copepods	≒1	25.6	30.8	8.4
Copepods	<0.5	53.2	0.2	
<i>Parathemisto</i>	2.5-3	0.1	2.3	0.8
<i>Euphausia</i>	4		0.7	
<i>Sagitta</i>	16	3.9	29.1	22.7
<i>Doliolum</i>		0.4	3.0	
<i>Oikopleura</i>		2.7	3.4	2.0
Detrital aggregates	3-5	2.3	0.9	
Detrital aggregates	1-2			(numerous)
Total organisms per m ³		1783.2	78.2	781.1
Wet weight of sample (g)		1.31	0.36	1.82

第7表 既往の Norpac ネットの濾過率

Table 7. Previous data on the filtration efficiency of Norpac net

Area	Period	Number of hauls	Filtration efficiency (%)	Author	Remarks
Off Cape Esan, Hokkaido	Apr. 1956	12	65	MOTODA 1957	GG54
"	"	5	64	"	NGG54
Mutsu Bay, Honshu	Oct. 1956	9	87	"	GG54
"	"	5	87	"	NGG54
Okhotsk Sea	July 1964	7	78 ^{a)}	HOKKAIDO UNIV. 1965	NIP #60
Bering Sea	June-July 1966	25	91 ^{a)}	HOKKAIDO UNIV. 1967	"
Japan Sea	July 1972	5	104	KOMAKI and MORIOKA unpubl.	"
"	"	5	99	"	"
"	Aug. 1972	5	101	JAPAN SEA REG. FISH. RES. LAB. 1973	"
"	Sep. 1972	3	98	"	"

^{a)} Calculated from the flow-meter calibration and the ordinary sampling data with wire angle less than 10°

第8表 各ネットによつて得られた採集物の平均重量 (g)

Table 8. Wet weight of sample (g, mean in 95% fiducial limit) in a haul with each gear

Filtering cloth	Norpac net	Q-net ^{a)}	R-80 net
#200	1.27±0.09 (5)	2.15±0.61 (3)	5.45±0.75 (4)
#60	0.40±0.16 (5)	0.69±0.08 (5)	1.28±0.21 (5)
#24			0.22±0.21 (5)

Number in parenthesis is that of samples

^{a)} without coarse nettings

して目詰りの原因になるとは考えられない群が占める(森岡 未発表)ことによると思われる。小牧・森岡(未発表)の値もまた高いが、これらは俊鷹丸航海で得られたもので、さきのQ-ネットの項で今回の値との関連で述べたとおりである。陸奥湾およびベーリング海での約90%は今回と同率である。低めのオホーツク海の値は、いまのところ恵山沖と今回との中間的な性質によるだろうと想像するほかない。俊鷹丸の航海では、体が軟弱なためにあるいは目詰りの原因になると思われたヤコウチュウ、*Penilia*, *Sagitta* が個体数で上位を占めた(第6表)が濾過率は100%であつた。各ネットによる採集物の重量は第8表のとおりで、Norpac ネットでは0.4g程度である。同様に北大水産学部(1967)によると、150mびき25標本で1~40g、平均37.8gであつたが、濾水率の間には関係があるとはいえない(相関係数:0.001)。

以上のことから、Norpac ネットの濾過率は、採集物の重量が40g未満で、かつ、採集物が生きた甲殻類、毛顎類を主体とする場合は100%、珪藻類、くらげの類、被囊類あるいはゼリー状の動物の分解物が多いときは70~80%、またこれらを多少伴うような通常の状態であれば90%と見積つて大きなあやまりにならないと思われる。同一条件下で試験された他のネットの濾過率はNorpac型#200ネットを除いてNorpac ネットと同じであつたから、これらについてはネットの上述の見積りをそのまま適用できよう。

試験にはみずほ丸の船長八幡徳治氏はじめ乗組員諸氏に多大な協力を頂いた。また、日本海区水産研究所高橋善弥氏には本文を読んで頂いた。併せて謝意を表する。

文 献

- 北海道大学水産学部(1965). 北太平洋標準ネット採集プランクトン記録. 海調漁試要報, (9): 163-165.
- (1967). 二連北太平洋標準ネット垂直採集プランクトン記録. 同誌, (11): 201-211.
- 森岡泰啓・小牧勇蔵(1977). プランクトンネット網地の網目幅と開孔率. 日水研報告, (28): 59-62.
- 元田 茂(1957). 北太平洋標準プランクトンネットについて. 日本プランクトン研究連絡会報, (4): 13-15.
- MOTODA, S. (1971). Devices of simple plankton apparatus V. *Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ.*, 22 (2): 101-106.
- 元田 茂・今野健次郎・河村章人・大沢圭介(1963). 垂直採集ネット濾水量の一推定法並にその応用によつて描いた東インド洋の動物プランクトンバイオマス分布. 日本プランクトン研究連絡会報, (10): 22-28.

日本海区水産研究所 (1973) . 日本海および九州近海におけるスルメイカ稚仔分布調査報告—I .
41 pp.

TRANter, D. J. and P. E. SMITH (1968). Filtration performance. pp. 27-56, In *Monographs on Oceanographic Methodology. Zooplankton Sampling*, UNESCO, 174 pp.