

東京湾の小型底びき網の漁業管理に関する研究 - 網目拡大による効果の再計算

清水 詢道

Study on the Fisheries Management for Small Beam Trawlers in Tokyo Bay - III
Evaluation of the Effects caused by Changes in
Mesh Size and Knotting Methods.

Takamichi SHIMIZU

A B S T R A C T

Covered - net fishing experiments using several meshsize of codend were carried out for small beam trawlers in Tokyo Bay, to determine the optimum meshsize for fisheries management of mantis shrimp (*Oratosquilla oratoria* De Haan). The bigger the meshsize of codend, the higher the number of escapement. Relationships between the escapement rate and body length(L) by mesh size(M) were calculated according to two methods of codend knotting : the standard method(S) and Dobin-no-kuchi method(D).

The regression lines calculated were as follows.

$$S:\log(ER) = 2.927 - 1.285(L/M) \quad (r = -0.870)$$

$$D:\log(ER) = 2.710 - 0.684(L/M) \quad (r = -0.983)$$

These regressions were used to evaluate the effects caused by the changes in mesh size and knotting methods. The combination 9 - D (mesh size "9" and knotting D) was found to produce better result against 10 - S, where approximately $12,272 \times 10^3$ individuals escaped and $8,760 \times 10^3$ individuals survived for commercial size.

はじめに

前報(清水, 1990a, b)において筆者は, 小型底びき網の網目を変えて行った漁獲調査の結果について述べるとともに, 小型の投棄しなければならないシャコが海中で網から通過したことによってもたらされた効果について試算した結果を示したが, これは調査によって得られた結果をそのまま用いたものであった。したがって, 漁業管理・資源管理を目標として, 実際の漁業の場において任意の網目サイズを用いたときに期待される効果を求めるような場合に適用できるものではなかった。そこで, より一般的に任意の網目サイズの効果を計算することを

目的として網目通過曲線を求めた。さらにこの曲線を用いて, 1988年を例として網目拡大の効果を再計算し, 新たな知見を得たので報告する。

横浜市漁業協同組合柴支所の榎本豊久雄氏には漁獲資料の収集について便宜をはかって頂いた。横浜市漁業協同組合柴漁業研究会の皆様には筆者の考え方を説明した際に厳しくかつ有益なご助言を頂き, これが本報をまとめる上に大変参考になった。また, 資源研究部の部員各位, 指導普及部の池田副技幹にも有益なご助言を頂いた。東京大学水産学科の清水誠教授, 日野明德教授には本文を校閲して頂いた。あわせて心から感謝の意を表する。

材料と方法

調査方法

は前報(清水 1990a)に述べたとおりで、シャコを漁獲するための二重袋にカバーネットを取り付けて30分間曳網し、コッドエンドとカバーネットのシャコの漁獲尾数、体長組成を比較した。また、本報では、1990年5月15日、7月3日に同一の方法によって、二重袋8節と9節を用いて行った漁獲調査の結果もあわせて用いた。カバーネットで漁獲されたものはコッドエンドから通過したものであると考えて、体長ごとの通過率は次の式によって求めた。

網目通過曲線はTOKAI and KITAHARA (1989)の方法

$$\text{通過率} = \frac{\text{体長ごとの通過尾数}}{\text{体長ごとの全漁獲尾数}} \times 100$$

によって求めた。すなわち、体長Lのシャコに対する網目Mの網目選択性は、LとMのある範囲では L_0 、 M_0 を定数として、 $(L - L_0)/(M - M_0)$ の関数として近似される。ただし、本報ではデータ不足のために L_0 、 M_0 が決定できないので、東海他(1989)のように L_0 、 $M_0 = 0$ とする簡便法を用いた。ところで、これらで用いられている表現は「網目選択性」で、網の選択(Selection)によって、シャコが網に残る、というものである。筆者はシャコに主体をおいて、小型のシャコが網から通過する、という考え方をとったので、通過(Escapement)と表現した。選択率 + 通過率 = 1、という関係にあるので、TOKAI and KITAHARA(1989)の方法によって通過曲線を求めることができる。小型底びき網のコッドエンドのとめ方には前報(清水 1990a)に述べたように通常の止め方(Standard method, 以後Sと表記する)と土瓶の口(Dobin - no - kuchi method, 以後Dと表記する)があり、この両者では通過率に差があることがわかっているため、通過曲線はSとDを別に求めた。1988年の効果を推定するために用いた資料は、横浜市漁業協同組合柴支所のシャコ月別銘柄別出荷枚数集計表の1988年分である。前報(清水 1990b)と同様に、各月の出荷枚数から体長11cm以上の漁獲尾数を推定し、これと中田(1987)の試験操業結果から集計して求めた月別の標準体長組成(清水 1990b)によって各体長ランクごとの漁獲尾数を推定し、この漁獲尾数が現行の網目を用いた操業から任意の拡大した網目を用いた操業になった場合にどのように変化するかを通過曲線を用いて計算し、網目拡大の効果を検討した。

結果

通過曲線 1989年、90年の合計4回の漁獲調査から得られた体長ランクごとの通過率の対数値を体長/網目サイズに対してプロットすることによって、S、Dそれぞれについてつぎの式が得られた(Fig. 1)。

$$S: \log(ER) = 2.927 - 1.285(L/M) \quad (r = -0.870) \quad (1)$$

$$D: \log(ER) = 2.710 - 0.684(L/M) \quad (r = -0.938) \quad (2)$$

ただし、ER: 通過率(Escapement Rate)

L: シャコの体長ランク(cm)

M: 網目サイズ(cm)

r: 相関係数

Fig. 1から明らかなように、同一体長でみるとDの方がSより通過率が高く、かつ同一の網目サイズに対してはDの方がSより大きい体長のシャコが通過していた。また、傾きからみて、通過するシャコの体長範囲はDの方がSより広がった。

TOKAI and KITAHARA(1989)は、選択曲線として3次関数をあてはめているが、ここで得られた対数直線関係は点のバラツキはあるものの、実用に用いることができると判断し、以後の数値計算には式(1)、(2)を用いることとした。

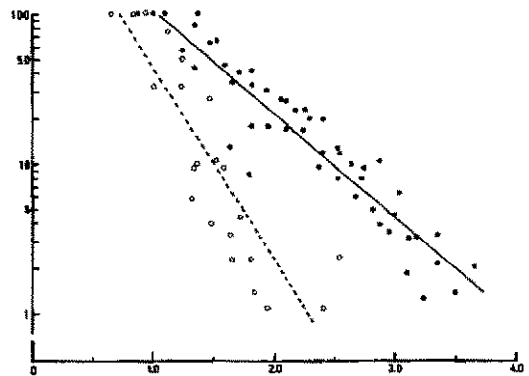


Fig. 1 Relationship between escapement rate and body length(L) by mesh size(M)
Open circles and solid circles indicate standard method and Dobin - no - kuchi method, respectively. The regression lines are calculated as follows.

$$S: \log(ER) = 2.927 - 1.285(L/M) \quad (r = -0.870)$$

$$D: \log(ER) = 2.710 - 0.684(L/M) \quad (r = -0.938)$$

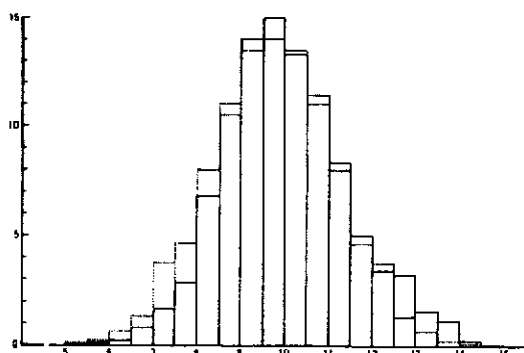


Fig. 2 Size distribution observed in 3, July, 1990(solid line). Dotted lines indicate theoretical normal distribution assumed by reference to above actual distribution

網目を変えたときの体長組成の変化 式(1), (2)が求められたので, 任意の網目サイズを用いた時の通過率が体長ランクごとに計算できることになった。そこで, ひとつの数値実験として, 基本になる体長組成を仮定してこの組成が網目とエンドのとめ方を変えることによってどのように変化するか, を検討した。基本組成としては1990年7月3日の調査で観察された体長組成 (Fig. 2) を参考にして, 全体の尾数を10,000尾, 組成は正規分布になると仮定した。また, 計算に用いる網目サイズは9節 (網目の大きさは $3.46 \pm 0.093\text{cm}$) と8節 ($4.25 \pm 0.067\text{cm}$), エンドのとめ方はSとD, 計4種類の組み合わせについて計算した。計算結果をTab. 1に示した。どの組み合わせの場合にもモードには変化がみられなかったが, 組成は体長の大きい方に移動していき, 基本組成では11cm以上の割合は18.5%だったが, 8-Dでは20.5%にまで増加した。一方, 通過をみると9-Sではわずかに19尾が通過しただけであり, これらはいずれも体長11cm未満のものであった。8-Sになると通過尾数は9-Sの7倍以上になった。この場合も通過したのは11cm未満のものであった。9-Dでは通過尾数は飛躍的に増大して9-Sの39倍, 8-Sの5.5倍になった。通過したシャコのうち93.8%は11cm未満であったが, 製品サイズのもものが6.2%通過していた。8-Dになると通過尾数はさらに増大したが, 同時に製品サイズの通過も増大し, 通過尾数の7.8%が製品サイズであった。つまり, 網目サイズとエンドのとめ方の組み合わせによっては, 製品サイズも通過してしまうことが明らかになった。

11cm未満の通過はプラスとして考えられるが, 製品サイズの通過はマイナスとして評価されてしまうので, 網目拡大の効果を考えるためには, プラスとマイナスの双方を評価しなければならないと考えられた。

網目拡大による効果の再計算 前報 (清水 1991b) では1989年に柴支所が実施した網目規制の効果を試算したが, ここではまだなんの規制も実施されていなかった1988年について, 従来用いられていた10節 (網目サイズは 3.21 ± 0.095 , エンドのとめ方はSを使用) の網から9-Dにしていたらどのくらいの効果があったか, を式(1), (2)を用いて検討した。ここで, 網から通過した11cm未満のシャコがある期間後まで生き残り, 成長して11cm以上になること, をプラス効果と考えた。通過した11cm未満のシャコは, それぞれの体長ランクごとに, どのくらい経過すると製品サイズに到達するかが異なっているが, 平均的にみて半年後に到達すると仮定した。大富 (1991) は東京湾のシャコの自然死亡係数(M)と漁獲死亡係数(F)を, $M=0.909$, $F=1.704$ と推定している。ここではこの推定値を用いて, 半年後の生残率を $0.271 (S_{1/2} = e^{-1/2})$ と仮定した。網目拡大によるプラス効果は次の式で計算した。

$$\text{効果} = (\text{通過尾数}) \times (\text{投棄死亡率}) \times 0.271 \quad (3)$$

つまり, ここで考えている効果は, 投棄されたら死亡してしまうシャコが, 網から通過することによって死亡せずすんだ分, を意味する。この式の中の投棄死亡率は大富 (1991) によって月別, 雌雄別に明らかにされている (Tab. 2)。

計算結果の一例 (1988年5月の例) をTab. 3に示した。1988年5月の柴支所のシャコ出荷尾数は1844.9千尾と推定された。これと標準体長組成とを用いて, 網に入ったシャコは合計で41038.1千尾, この時点では10-Sの網を使用していたので, 網に入った中から2175.7千尾のシャコが網から通過し, 結局船上で選別されたのは38862.4千尾であり, このうち1844.9千尾が製品サイズとして水揚げされたことになる。同じシャコ資源に対して9-Dの網を使用したと仮定すると, 通過した尾数は12272.3千尾増加し, 逆に漁獲尾数は12272.3千尾減少した。ただし, 漁獲尾数の減少のうちの12232.2千尾 (99.6%) は11cm未満の製品にならないシャコであって, 製品サイズのシャコの減少は49.1千尾, 10-Sの製品サイズの水揚げ尾数に対して2.7%だったことになる。

したがって, 1988年5月に9-Dを使用した場合の効果は, プラス分としては(3)式によって

$$12232.2 \times 0.300 \times 0.271 = 994.5 \text{千尾と計算された。マ}$$

Tab.1 Afluctuations in catch number by the change of mesh size

B.L.rank (cm)	Fundamental composition in number	ratio (%)	9-S			8-S			9-D			8-D		
			Escape number	Catch number	ratio (%)	Escape number	Catch number	ratio (%)	Escape number	Catch number	ratio (%)	Escape number	Catch number	ratio (%)
5	10	0.10	1	9	0.09	2	8	0.08	5	5	0.05	7	3	0.04
	20	0.20	1	19	0.19	3	17	0.17	7	13	0.14	12	8	0.10
6	60	0.60	2	58	0.58	6	54	0.55	18	42	0.45	30	30	0.36
	130	1.30	3	127	1.27	10	120	1.22	31	99	1.07	54	76	0.90
7	370	3.70	6	364	3.65	20	350	3.55	70	300	3.24	128	242	2.87
	460	4.60	5	455	4.56	18	442	4.48	69	391	4.22	134	326	3.87
8	800	8.00	0	800	8.02	22	778	7.89	97	703	7.59	194	606	7.20
	1100	11.00	0	1100	11.02	21	1079	10.94	104	996	10.76	220	880	10.45
9	1350	13.50	0	1350	13.53	18	1332	13.50	104	1246	13.46	224	1126	13.37
	1400	14.00	0	1400	14.03	14	1386	14.05	84	1316	14.21	195	1205	14.30
10	1350	13.50	0	1350	13.53	0	1350	13.68	65	1285	13.88	155	1195	14.19
	1100	11.00	0	1100	11.02	0	1100	11.15	42	1058	11.43	104	996	11.83
11	800	8.00	0	800	8.02	0	800	8.11	25	775	8.37	63	737	8.75
	460	4.60	0	460	4.61	0	460	4.66	11	449	4.85	30	430	5.11
12	370	3.70	0	370	3.71	0	370	3.75	7	363	3.92	20	350	4.16
	130	1.30	0	130	1.30	0	130	1.32	2	128	1.38	6	124	1.47
13	60	0.60	0	60	0.60	0	60	0.61	1	59	0.64	2	58	0.69
	20	0.20	0	20	0.20	0	20	0.20	0	20	0.22	1	19	0.23
14	10	0.10	0	10	0.10	0	10	0.10	0	10	0.11	0	10	0.12
15														
Total	10000	100	18	9982	100	134	9866	100	742	9258	100	1579	8421	100
below 11cm	8150	81.50	18	8132	81.47	134	8016	81.25	696	7454	80.51	1457	6693	79.48
over 11cm	1850	18.50	0	1850	18.53	0	1850	18.75	46	1804	19.49	122	1728	20.52

Tab. 2 Seasonal changes in mortality rate of the discarded
(after Ohtomi, 1991)

month	male	female	total
Jan.	.180	.145	.160
Feb.	.170	.220	.200
Mar.	.200	.240	.220
Apr.	.120	.155	.140
May	.300	.300	.300
Jun.	.430	.750	.620
Jul.	.745	.705	.720
Aug.	.460	.440	.450
Sep.	.505	.245	.320
Oct.	.080	.110	.100
Nov.	.340	.375	.360
Dec.	.375	.175	.260

イナス分は製品サイズが通過してしまった尾数すなわち49.1千尾だから、網目を9-Dにかえたことによる効果は差引きで994.5 - 49.1 = 945.4千尾と計算された。

同様の方法で1988年6月から89年3月までの効果を月別に計算し、Tab. 4にまとめた。5月から翌年3月までの間に、合計8760千尾分の効果があったことになる。月別にみると、効果の大きさは投棄死亡率の高い夏よりむしろ12月、1月に大きかった。10月以降水温が低下すると投棄死亡率は減少するが、小型のシャコが加入してくることによって大きい効果がえられる、と考えられた。この期間の柴支所の出荷尾数は17457千尾と推定されるので、ここで計算された効果はその50.2%に相当した。また、この期間の出荷金額は630059千円なので、仮に金額に換算すると316290千円分の効果があった、ということになる。

考 察

従来用いられていた10-Sの網から9-Dの網に変えた場合、1988年の例を用いると、年間の出荷尾数の50%以上に相当する効果が期待されることが示されたが、11cm未満で通過せずに漁獲されてしまっているシャコの量は決して少ないものではない。シャコの理想的な通過の状

Tab. 3 An example of calculation(May 1988)

B.L.rank (cm)	Standard Composition (%)	Number through Net ($\times 10^3$)	10-S		9-D		(10-S)-(9-D)	
			Eseape Number ($\times 10^3$)	Catch Number ($\times 10^3$)	Eseape Number ($\times 10^3$)	Catch Number ($\times 10^3$)	Eseape Number ($\times 10^3$)	Catch Number ($\times 10^3$)
1								
2								
3	0.1	41.0	27.2	13.8	41.0	0	-13.8	13.8
	0.7	287.0	122.3	164.7	287.0	0	-164.7	164.7
	3.2	1311.9	347.7	964.2	1227.9	84.0	-880.2	880.2
4	6.1	2500.8	425.1	2075.7	1848.1	652.7	-1423.0	1423.0
	8.4	3443.7	365.0	3078.7	2042.1	1401.6	-1677.1	1677.1
5	12.7	5206.6	343.6	4863.0	2436.7	2769.9	-2093.1	2093.1
	14.8	6067.6	254.8	5812.8	2275.3	3792.3	-2020.5	2020.5
6	14.9	6108.6	158.8	5949.8	1801.1	4307.5	-1642.3	1642.3
	12.3	5042.6	85.7	4956.9	1200.1	3842.5	-1114.4	1114.4
7	10.1	4140.7	45.5	4095.2	778.5	3362.2	-733.0	733.0
	3.7	1516.9	0	1516.9	229.1	1287.8	-229.1	229.1
8	1.4	574.0	0	574.0	69.5	504.5	-69.5	69.5
	0.7	287.0	0	287.0	27.3	259.7	-27.3	27.3
9	0.7	287.0	0	287.0	22.1	264.9	-22.1	22.1
	1.3	533.0	0	533.0	32.0	501.0	-32.0	32.0
10	2.7	1106.9	0	1106.9	53.1	1053.8	-53.1	53.1
	1.8	737.9	0	737.9	28.0	709.9	-28.0	28.0
11	2.3	942.9	0	942.9	29.2	913.7	-29.2	29.2
	1.5	615.0	0	615.0	14.8	600.2	-14.8	14.8
12	0.5	205.0	0	205.0	3.9	201.1	-3.9	3.9
	0.1	41.0	0	41.0	0.7	40.3	-0.7	0.7
13	0.1	41.0	0	41.0	0.5	40.5	-0.5	0.5
14								
Total		41038.1	2175.7	38862.4	14448.0	26590.1	-12272.3	12272.3
below 11cm		39193.2	2175.7	37017.5	14398.9	24794.3	-12223.2	12223.2
over 11cm		1844.9	0	1844.9	49.1	1795.8	-49.1	49.1

Tab. 4 Annual sums of effects

month	plus from below 11cm escape ($\times 10^3$)	minus from over 11cm escape ($\times 10^3$)	deduction effects ($\times 10^3$)
May	994	49	945
Jun.	635	46	589
Jul.	381	35	346
Aug.	374	45	329
Sep.	174	32	142
Oct.	701	52	649
Nov.	150	28	122
Dec.	3430	62	3368
Jan.	1301	32	1269
Feb.	439	42	397
Mar.	646	42	604
Total	9225	465	8760

態というのは、11cm未満のものはすべて通過し11cm以上はすべて残る、ということであるが、これを実現することは非常に困難であり、恐らく不可能であろう。藤石（1971）はコッドエンド内の最小体長からカバーネット内の最大体長までを選択域として、選択域が広がると小型の個体も漁獲される反面大型の個体が通過してしまうという無駄が生じるので、できるだけ選択域を狭くする必要があり、と述べている。本報で記載した通過曲線で見ると、選択域（通過域）を狭くするためにはDよりもSの方が傾きからみて適していると考えられるが、Sの場合では50%通過するためのL/Mは約1.0で、仮に体長10cmのシャコを50%通過させるのに必要な網目サイズは10cmということになる。現在使用されている10節の網目サイズは 3.21 ± 0.095 cmだから、現在の網目サイズの3倍以上が必要ということになり、漁業者は網目を拡大することを本質的に好まないことを考えると、現実的な数字ではない。中田（1990）は東京湾のシャコ資源には乱

獲の徴候があると述べており柴支所の底びき用漁業者もシャコ資源の将来に不安感を抱いている。したがって早急な対策が望まれているが、現在とりうる現実的な手段は、通過域を狭くして無駄をなくすために網目を一気に拡大するという方法ではなく、藤石（1971）のいう無駄（本報でマイナスと表現した部分）は増加するとしても、より多くの小型のシャコを通過させるための手段であると考えられる。そうすると、9-Dよりも8-Dの方が良いということになるが、この場合にはマイナスが大きくなってしまふ。繰り返しになるが、漁業者は網目を拡大することに抵抗を持ち、将来に期待されるプラスよりも現在のマイナスを嫌う。つまり網目を決定する場合には、マイナスも十分に考慮した上で、より効果の大きい網目サイズについて、コッドエンドのとめ方も含めて検討する必要があるが、本報で検討した9-Dという組み合わせが現在では現実的なものであろうと考えられる。実際にはシャコが網から通過するのはコッドエンドの部分から

だけではない。前報（清水1990b）にもふれたように、二重袋の天井からも相当量のシャコが通過することがわかっているし、大富（1991）は網の側面部（柴支所では「はさ」と呼んでいる）の目合を変えて調査し、夏には袋網の網目を大きくするよりも「はさ」を大きくする方が効果がある、と述べている。いずれにしても、できるだけ理想に近い状態でシャコを通過させ、資源管理に結びつけていくためには、網全体の構造も含めた様々な要素を総合して検討していかなければならないが、特に網の中でのシャコの動きを把握していく必要がある。現在柴支所では毎年5月から9月までの投棄死亡率の高い期間に限って、小型底びき網の二重袋の網目を9節以上とし、エンドのとめ方を土瓶の口とすること、という規制が実施されている。しかし本報で示したように、10月以降の時期は、たしかに投棄死亡率は減少するものの、小型シャコの加入が増加するために、規制によってえられる効果は夏よりもはるかに大きい。したがって、この規制は限った期間だけではなく、周年実施する必要があり、その方がはるかに大きい効果が期待されるだろう。

漁業規制による効果の測定は困難である（青山1980）といわれている。漁業管理・資源管理を推進していく場合、そこには必ず何らかの規制が必要になってくる。管理の実践は漁業を通してしか行えないものであるから、規制による効果を測定していくことは、困難であっても行っていかなければならないものである。効果の測定が行われなければ、馬場（1991）が指摘しているように、管理集団（漁業者）に対して一定の根拠と説得力を持った管理方策を提示することが困難になり、我々の使命も危うくなってしまっただろう。底びき網漁業は、生息している生物を無差別に漁獲してしまうため、商品にならないような小型の生物は投棄され、これがその後の資源動向に与える影響が大きいと考えられる。したがって管理方策としては、網目の拡大による投棄死亡の減少ということが第一に考えられる。従来は、投棄死亡の実態は明らかではなく、網目拡大の効果が正確に測定された例はあまりなかったと考えられるが、東京湾のシャコについては大富（1991）がその実態を明らかにしたことによって、本報で検討したようにまがりなりにも網目拡大の効果が計算できた。今後はシャコだけでなく、他の対象種についても管理方策を提示していく必要があるが、その際には対象種の生態を把握するとともに、漁業の実態、とりわけ投棄死亡の実態について正確に把握していく必要がある。

要 約

1. TOKAI and KITAHARA (1989)の方法を用いて次式のように通過曲線を求めた。

$$S : \log(ER) = 2.927 - 1.285(L/M) \quad (r = -0.870)$$

$$D : \log(ER) = 2.710 - 0.684(L/M) \quad (r = -0.938)$$
2. これらの式を用いて、任意の網目サイズを用いた時の体長組成の変化を検討した。大きい網目を用いるとモードには変化がみられなかったが、組成は体長の大きい方に移動し、製品サイズの通過も増加した。
3. 1988年に9-Dを用いた場合にどのくらいの効果が期待されるかについて計算し、製品サイズとして8760千尾分の効果があったと計算された。
4. シャコ資源管理の第一歩として、現在の10-Sの網から9-Dの網に変えて、それを周年用いることが現実的であると考えられた。

文 献

- 青山恒雄（1980）：網目規制の実際、底魚資源（青山恒雄編），恒星社厚生閣，東京，PP.102 - 116.
- 馬場 治（1991）：市場限界のもとでの漁業管理の意義，漁業管理研究（長谷川彰監修），成山堂書店，東京 PP.176 - 186.
- 藤石昭生（1971）：エビ漕網の基礎的研究 - ，水大研報 19（2・3）1 - 16.
- 中田尚宏（1987）：東京湾におけるシャコの初期成長及び成長と年齢について，水産海洋研究会報，51，No. 4，307 - 312.
- 中田尚宏（1990）：東京湾産シャコの資源量の見積りと資源状態，神水試研報第11号，17 - 25.
- 大富 潤（1991）：東京湾におけるシャコの資源管理に関する基礎的研究，東京大学学位請求論文，195PP.
- 清水詢道（1990a）：東京湾の小型底びき網の漁業管理に関する研究 - ，神水試研報第11号，27 - 33.
- 清水詢道（1990b）：東京湾の小型底びき網の漁業管理に関する研究 - ，神水試研報第11号，35 - 39.
- 東海 正・伊東 弘・正木康昭・上城義信・横松芳治・安 東欣二（1989）：小型底びき網のカレイ類に対する網目選択性，南西水研報，No.22，35 - 46.
- TOKAI T., T. KITAHARA (1989) : Methods of Determining the Mesh Selectivity Curve of Trawl Net, Nippon Suisan Gakkaishi 55(4), 643 - 649.