

キビナゴ刺網におけるサイズ選択性曲線の 推定方法について

平川 榮一, 渡邊 庄一

A Note on Estimation of Size-selectivity Curve of Gillnet for Blue Sprat *Spratelloides gracilis*

Eiichi Hirakawa and Shouichi Watanabe

Experimental fishing operations were carried out in the coastal waters of Fukue Island, a southern island of the Goto islands, off western Kyushu, by use of gillnets having four different mesh sizes.

Usefulness of two methods, Ishida's method and Kawamura's method, to estimate the size-selectivity curve for blue sprat, a fish having a nature of small body and fast growth, were studied comparatively. Length distribution of the target population was estimated by the catch of the floating liftnet. Estimated length distribution of the catch of gillnets of each mesh sizes calculated by the selectivity and length distribution of the target population were compared with the length distribution of the actual catch.

The length distribution calculated by Ishida's method did not meet actual catch by the gillnet of large mesh size. The other hand, the distribution calculated by Kawamura's method satisfied the actual catch by the gillnets of four mesh sizes.

刺網のサイズ選択性曲線を求める方法としては石田の方法¹⁾やKawamuraの方法²⁾が一般に用いられている。石田の方法は、同時に数種の目合の刺網を同量使用した漁獲試験で得られた漁獲物の目合別、体長階級別の資料から、目合と魚の体長との関係を使って作図的に直接選択性曲線を求めるため、簡単で便利な方法といわれている。³⁾一方、Kawamuraの方法は、魚体各部の周長からある目合の網目を通過する確率と脱落しない程度に頭部を網目に刺す確率を求め、漁獲される確率としての選択性曲線を求めるもので、このための特別な操業試験を必要としないことや、測定に供する魚を漁獲した漁具漁法の由来を問わないという利点がある。このように基本的に全く異なる方法によって求められる

選択性曲線について、同一の資料を用いてそれらの特徴を比較したものはない。そこで、成長が早く、成魚の体長が11cm程度のキビナゴを対象とした刺網のサイズ選択性を求める手法としてどちらの方法が適しているかについて検討した。なお、選択性曲線の信頼性の検証には来遊魚群の体長組成の把握が必要なことから、この点も考慮して行った。

材料および方法

1996年5月20日の深夜に富江町津多羅島地先において、錨止めした長崎県水産試験場調査船鶴丸(108トン, 550馬力)で、浮敷網と18節から25節までの4種の目合の刺網を順次使用して漁獲試験を実施した。

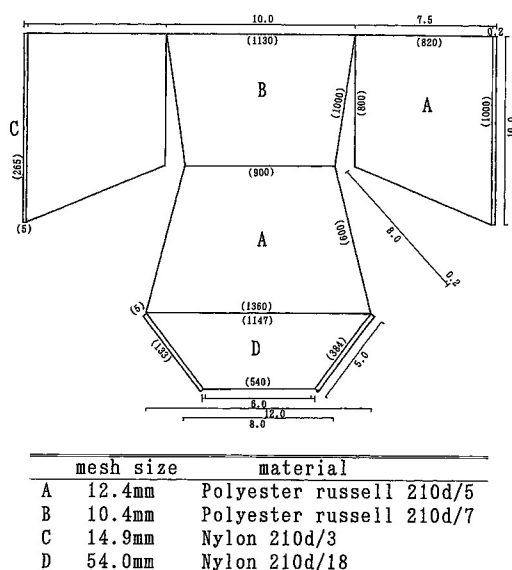


図1 浮敷網の仕様

Fig.1. Structure of the floating liftnet operated in this studies.

浮敷網は、図1に示すように、浮子綱長25m、網口の幅約12m、丈約10mの構造とし、身網には目合12.4mmのテトロン210d/5ラッセル網、魚捕には目合10.6mmのテトロン210d/7ラッセル網、仕切網には目合14.9mmのナイロン210d/3結節網を使用した。

集魚灯周辺へのキビナゴの蝟集を確認後、図2に示すように調査船の船尾の両舷に張竹を出して潮流によって浮敷網を展開して漁獲した。浮敷網による漁獲終了後直ちに前報⁴⁾と同様の方法で刺網による漁獲試験を行った。使用した刺網の目合は前報同

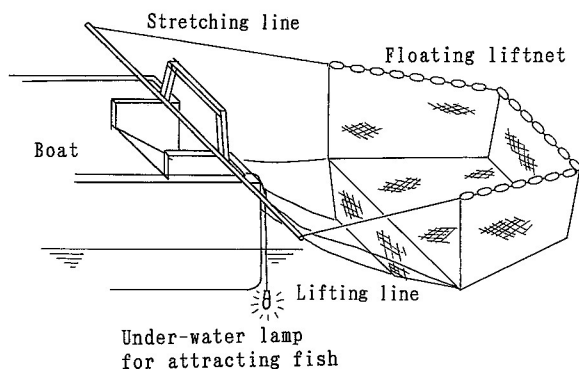


図2 浮敷網による漁獲試験の概要

Fig.2. Schematic diagram of experimental fishing operation of the floating liftnet.

様17.7mm (18節), 15.9mm (20節), 14.9mm (21節), 12.4mm (25節)の4種とし、目合の大きな網から順次使用した。漁具の敷設時間は浮敷網では15分、刺網では各目合共10分とし、すべての漁獲試験に要した時間は約1時間半であった。漁獲されたキビナゴの中から、浮敷網では700尾について尾叉長を測定し、刺網では各目合毎に150尾について尾叉長、胴周長、鰓蓋後端周長及び体重を測定した。これらの資料を用いて、石田の方法と Kawamura の方法でそれぞれ刺網各目合についてサイズ選択性曲線を推定した。得られた選択性曲線の信頼性を刺網による漁獲物の体長組成と比較して検討するために、同時に実施した浮敷網による漁獲物の体長組成を刺網が対象とした魚群の体長組成と仮定し、選択性曲線から求められる各体長階級の選択率と浮敷網による漁獲物の体長組成とから刺網各目合における漁獲予想体長組成を推計し、実際の刺網各目合における漁獲物の体長組成と比較した。なお、体長階級は2mmとし、予想体長組成を求める際の浮敷網の体長組成には各体長階級の尾数を3項移動平均して用いた。

結果および考察

漁獲物の体長組成 浮敷網と各目合の刺網の漁獲量と体長組成を表1に示した。

浮敷網では11.6kgが漁獲され、体長は42mmから106mmの範囲で、モードは82mmであった。刺網における漁獲量は14.9mm目が52.95kgと最も多く、15.9mm目21.9kg、17.7mm目10.6kg、12.4mm目6.0kgの順であった。各目合における体長組成は、17.7mm目では95mm、15.9mm目では88mm、14.9mm目では86mm、12.4mm目では72mmにモードを持ち、目合による選択性の影響を受けていた。漁獲重量から漁獲尾数を推計すると、14.9mm目は約11,000尾、15.9mm目は約3,900尾、12.4mm目は約2,100尾、17.7mm目は約1,500尾と考えられた。

表1 漁獲されたキビナゴの体長分布

Table 1. Length distribution of blue sprat caught in the experimental fishing operation.

Fork length (mm)	Floating liftnet *	Mesh size of gillnet			
		17.7mm	15.9mm	14.9mm	12.4mm
40- 41					
42- 43	1				
44- 45	2				
46- 47	3				
48- 49	1				
50- 51	4				
52- 53	7				
54- 55	5				
56- 57	2				
58- 59	12				
60- 61	8				
62- 63	13				
64- 65	12				
66- 67	28				
68- 69	21	1			9
70- 71	26	1			22
72- 73	42	4			50
74- 75	48	1			35
76- 77	56				21
78- 79	42		1	2	5
80- 81	51	1		7	3
82- 83	66		2	22	4
84- 85	52	2	7	32	1
86- 87	52		19	47	
88- 89	40	1	39	23	
90- 91	37	2	36	11	
92- 93	24	12	25	2	
94- 95	15	32	13	2	
96- 97	13	32	4	1	
98- 99	7	25	3	1	
100-101	3	20			
102-103	5	9			
104-105	1	6	1		
106-107	1				
108-109					
110-111		1			
112-113					
Sample number	700	150	150	150	150
Sample weight (kg)		1.06	0.84	0.72	0.44
Total catch in weight (kg)	11.6	10.6	21.9	52.95	6.0

* Floating liftnet was operated to estimate length distribution of the target population.

石田の方法によるサイズ選択性曲線 石田の方法で選択性曲線を求めるためには、同一の仕様で目合のみ異なる網を用いた場合、魚群はどの網にも同じ条件で作用するという前提から、異なる目合の刺網を同量同時に使用した漁獲試験を実施する必要がある。しかし、キビナゴ刺網の場合、集魚灯周辺に蟻集した魚群の中に漁具を展開して漁獲するため、漁具の規模や位置及び時間経過に伴う魚群の添加逸散

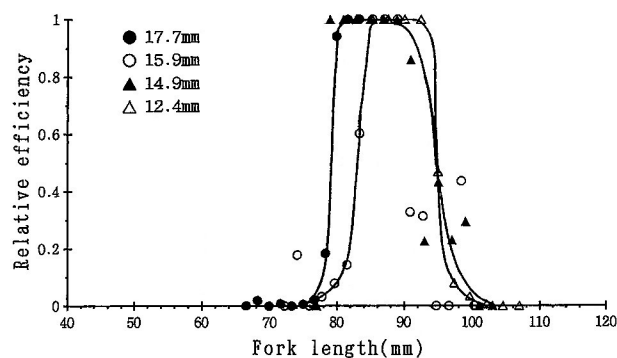


図3 14.9mm目における相対漁獲効率と選択性曲線
Fig.3. Relative efficiency and size-selectivity curves of 14.9mm mesh gillnet.

が漁獲組成に大きく影響することが考えられる。このため、今回の漁獲試験では、多量に蟻集した魚群中に短時間のうちに連続して異なる目合の刺網を同一時間展開して漁獲し、各網間で漁獲対象群やそれに対する漁獲圧の差が無いものとして取り扱った。

刺網で漁獲されたキビナゴの体長組成を用いて、石田の方法によって漁獲尾数を体長階級毎に刺網の各目合間で比較し、最大の漁獲尾数を示す目合を1として他の目合の相対効率を求めた。図3に目合14.9mmの例を示した。この図において選択性曲線を引く際に、最大効率の左側部分は17.7mm目と15.9mm目から得られた値の、また、右側部分については14.9mm目と12.4mm目から得られた値のいずれを重視すべきか判断できなかった。そこで、左側部分は17.7mm目と15.9mm目の値を、右側部分は14.9mm目の値と12.4mm目の値を組み合わせた計4本の選択性曲線を用いることとした。

次に、各目合の刺網についてそれぞれ求めた4本の選択性曲線を作図し、各体長階級の相対効率を読みとり、この相対効率と浮敷網の漁獲物における各体長階級の出現頻度から、各目合の刺網における体長階級毎の出現頻度を推計し、各目合の刺網を使用した場合に予想される体長組成とした。この予想体長組成と実際の刺網で漁獲されたキビナゴの体長組成とを比較すると図4のようになる。

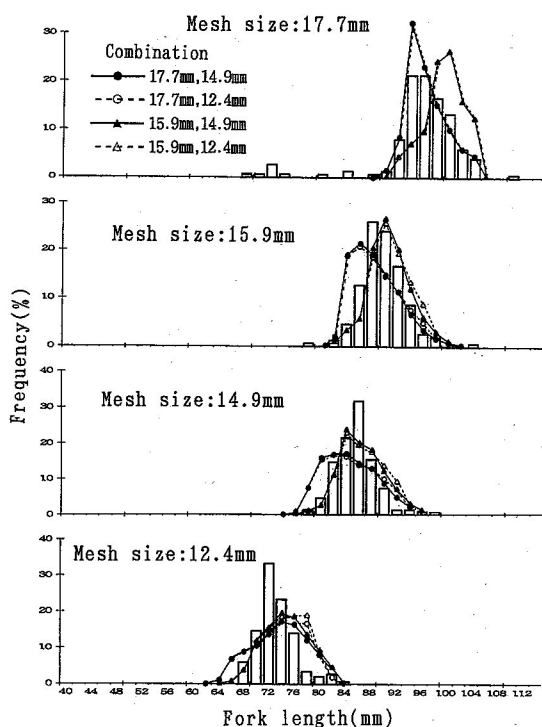


図4 石田の方法で求めた漁獲予想組成と刺網の漁獲組成
 Fig.4. Length distribution of the catch calculated by Ishida's method(line)and actual length distribution of the catch by gillnet(rectangle). Length distributions were calculated by using 4 combination(solid circle, open circle, solid triangle, open triangle)of relative efficiency of mesh size, because in smaller body length relative efficiency varied by 17.7mm and 15.9mm mesh size, and in larger body length it also varied by 14.2mm and 12.4mm mesh size.

推計した予想体長組成は、曲線の左側部分を17.7mm目の値を重視した場合と15.9mm目の値を重視した場合では明確に異なった。

左側部分を17.7mm目で求めた予想体長組成は、17.7mm目の刺網で漁獲された体長組成と良く一致するものの、15.9mm目及び14.9mm目では共にそれぞれの目合で漁獲された体長組成のモード以下で過大、モード以上で過小となった。12.4mm目ではモード以下で過小、モード以上で過大であった。左側部分を15.9mm目で求めた予想体長組成は、17.7mm目では漁獲された体長組成のモード以下で過小、モード以上で過大であったが、15.9mm目及び14.9mm目ではモード以下でわずかに過小、モード以上でわずかに過大であるもののそれぞれの目合で漁獲された体長組成

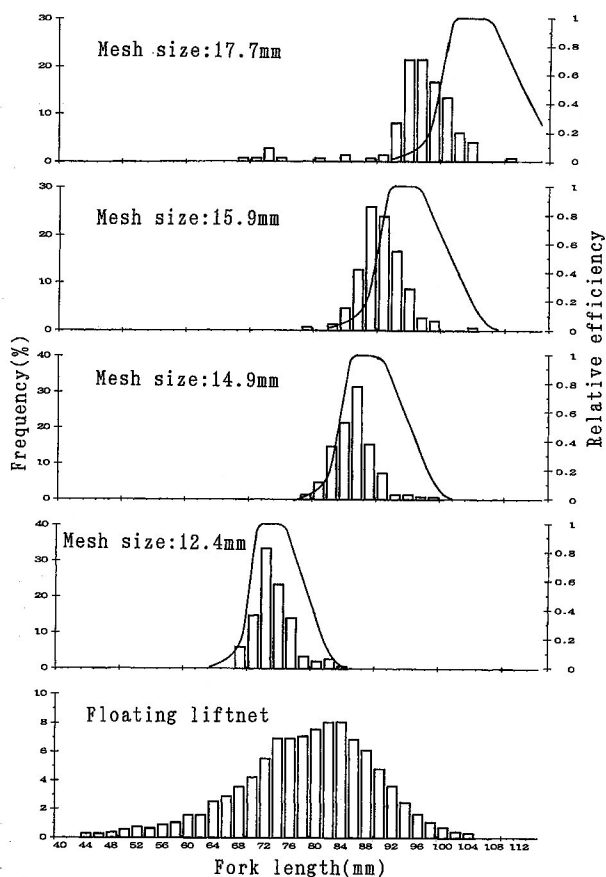


図5 石田の方法による選択性曲線と漁獲組成
 Fig.5. Size-selectivity curves calculated by Ishida's method(line)and length distribution of the actual catch by each mesh size(rectangle). The distribution of the catch by the floating liftnet is thought as that of the target population.

とほぼ一致していると思われた。12.4mm目ではモード以下は過小、モード以上で過大であった。

右側部分については14.9mm目の値を重視した場合と12.4mm目の値を重視した場合とでは予想体長組成に殆ど差は見られなかったものの、14.9mm目の値を重視した場合が実際の漁獲物の体長組成に近かった。

これらのことから、今回の漁獲試験におけるキビナゴ刺網のサイズ選択性曲線は左側は15.9mm目、右側は14.9mm目の値の付近とする事が適当と思われた。左側を15.9mm目、右側を14.9mm目の値を基準に作図した選択性曲線と実際の刺網における漁獲物の体長組成及び浮敷網における漁獲物の体長組成を図5に示した。

17.7mm目が対象とする体長範囲は、来遊群の出現頻度の低い大型個体を対象としていることから、選択性曲線と漁獲物の体長組成は見かけ上大きく異なり、漁獲物の体長組成は来遊群の体長組成に大きく影響されていると言える。このため、17.7mm目における体長組成から得られた相対効率を用いた選択性曲線は実際の漁獲との誤差が大きくなったと考えられる。

選択性曲線の左側の決定に用いた15.9mm目における最大効率を示す体長階級は、来遊群のモード付近より大きく、次第に出現頻度が低くなっていく範囲にあるものの、最大効率を示す体長階級より小型魚側は来遊群のモード付近にあったため、最大効率を示す体長階級より小型魚側は来遊群の体長組成より目合の選択性の影響を強く受け、実際の漁獲物の体長組成と選択性曲線がほぼ一致したものと思われる。このため、15.9mm目の体長組成から得られた相対効率は選択性曲線の左側部分の決定に相当であったと思われる。

14.9mm目と12.4mm目は、小型魚側では選択性曲線と漁獲物の体長組成が良く一致しているが、表1に示すように、小型魚側では体長が小さくなるに従い漁獲尾数が減少していくものの、図5に示すようにこれに対応する体長が他の目合では殆ど漁獲されないため、相対効率としては最大となり、小型魚側の相対効率の変化が得られなかったものと推測される。選択性曲線における最大効率を示す体長階級より大型魚側では、14.9mmより大きな目合で、選択率の減少と同様に来遊群の出現頻度も減少しており、漁獲組成の変化に来遊群の体長組成が大きく影響していることが予想される。

以上のことから、今回の漁獲試験で使用した4種の刺網の目合は、来遊群の体長組成からみると、石田の方法で選択性曲線を求めるためには適当でなかったと推測される。従って、石田の方法でサイズ

選択性曲線を求めるための漁獲試験に使用する刺網の目合は、対象とする魚群の出現頻度の高い体長範囲内に数種、それもできるだけ多く設定することが望ましいと推察されるが、1年で成熟⁵⁾するキビナゴのように成長が早く、大きいものでも11cm程度^{6,7)}であることを考慮すると、漁獲試験に使用する目合の設定には十分な注意が必要と思われる。

Kawamuraの方法によるサイズ選択性曲線

前報と同様に、漁獲されたキビナゴの尾叉長、鰓蓋後端部周長及び第一背鰭基部周長の測定資料を用いて、Kawamuraの方法でサイズ選択性曲線を求めた。

網目を通り抜けない確率 P_1 と脱落しない程度に頭部を網目に刺す確率 P_2 は次式で表された。

$$P_1 = \int_{\alpha}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

$$\alpha = \frac{M - G_m}{\sigma G_m}$$

$$P_2 = \int_{\infty}^{\beta} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$

$$\beta = \frac{M - G_o}{\sigma G_o}$$

M ：網目内周長（目合×2）

G_m （胴周長）= $0.126 + 0.375L_f$

G_o （鰓蓋後端部周長）= $2.966 + 0.288L_f$

それぞれの標準偏差 $\sigma G_m = -1.179 + 0.030L_f$

$\sigma G_o = 0.202 + 0.009L_f$

この P_1 と P_2 の2本の選択性曲線から各体長階級の選択率を読み取り、松岡ら⁸⁾に従って選択率の積を各体長階級における漁獲確率として、浮敷網における各体長階級の出現頻度から、各目合における体長階級毎の出現頻度を求め、Kawamuraの方法で求めた選択性曲線を使用した場合に予想される体長組

成とし、実際の刺網で漁獲されたキビナゴの体長組成と共に図6に示した。

推計した予想体長組成は、各目合における漁獲物の体長組成よりわずかにモード付近で過小、その両側で過大であったが、各目合で良く一致しているといえる。

前報で、Kawamuraの方法で求めたキビナゴ刺網のサイズ選択性曲線と漁獲物の体長組成との見かけ上の不一致は来遊群の体長組成に起因すると思われることを報告した。そこで、今回求めたサイズ選択性曲線と刺網の体長組成及び浮敷網の体長組成を図7に示した。選択性曲線と漁獲物の体長組成が一致しない体長の大きな部分は、浮敷網における体長組成を見ると出現頻度が低い体長階級に相当し、また、この不一致が生じているにも関わらず、選択率と浮敷網の組成から求めた予想体長組成は漁獲物の体長組成と良く一致していることから、選択性曲線

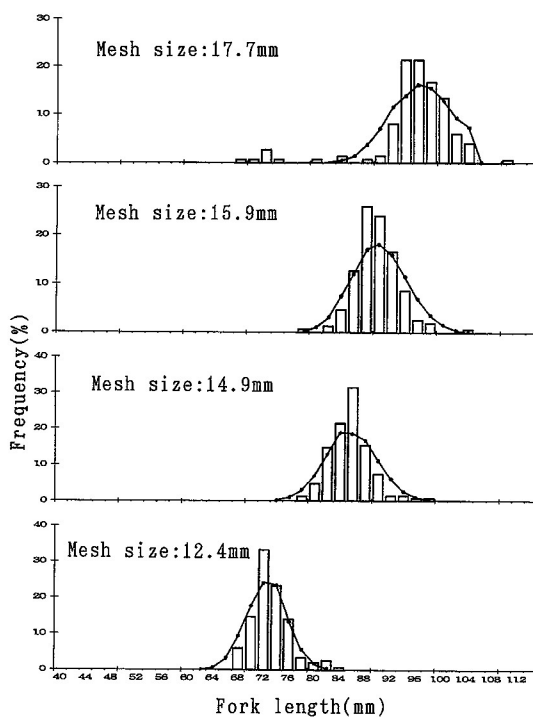


図6 Kawamuraの方法で求めた漁獲予想組成と刺網の漁獲組成
Fig.6. Length distribution of the catch calculated by Kawamura's method(line)and actual length distribution of catch by gillnet(rectangle).

と漁獲物の体長組成との見かけ上の不一致は来遊群の組成に起因することが確認された。

以上のことから、キビナゴのように対象とする魚群の体長範囲が非常に狭い場合には、漁獲試験に使用する目合によっては、出現頻度の低い体長範囲や出現頻度の変化が著しい体長範囲を対象とすることになり、これらから導かれる相対効率率は目合による選択性を正しく示していない場合があると思われる。

一方、Kawamuraの方法は刺網の各目合で実際に漁獲された組成と良く一致し、キビナゴのような魚種を対象とした刺網におけるサイズ選択性曲線を推定する方法としては適していると考えられる。しかしながら、Kawamuraの方法で選択性曲線を求めるため

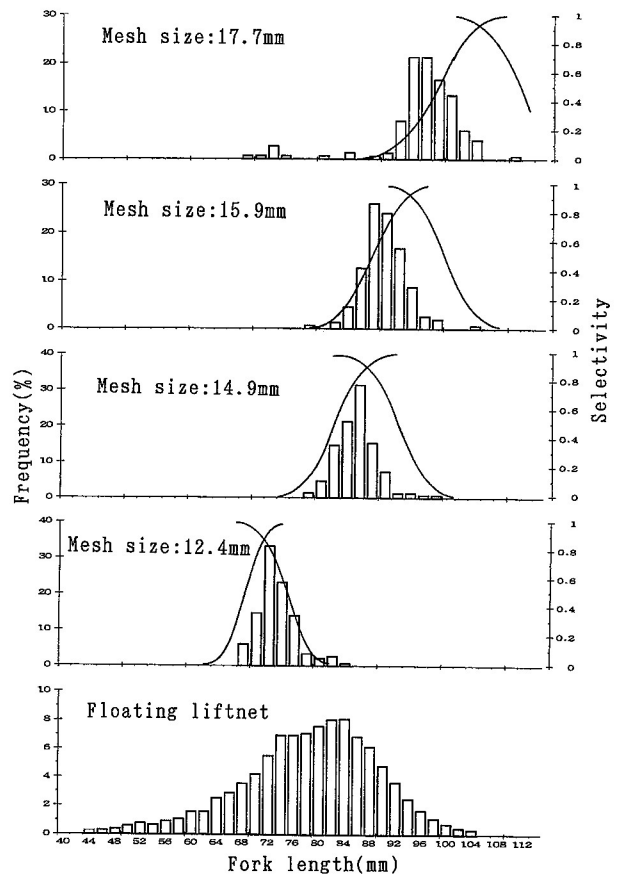


図7 Kawamuraの方法による選択性曲線と漁獲組成
Fig.7. Size-selectivity curves calculated by Kawamura's method(line)and length distribution of the actual catch by each mesh size(rectangle). The distribution of the catch by the floating liftnet is thought to be the target population.

にはできるだけ幅広い体長範囲で、各体長階級で一定数以上の試料数が必要である。本県で市場に水揚げされるキビナゴの場合、大半が刺網によることから、水揚げされたキビナゴは使用された目合の選択性を強く受けていることが予想される。このため、Kawamuraの方法でサイズ選択性曲線を求めるための試料としては、定置網や敷網の漁獲物を使用する必要がある。また、予想体長組成がわずかながらモード付近で過小、その両側で過大となった原因や、Kawamuraの方法を活用して漁獲物から来遊資源の体長組成等を推定する際に与える影響については今後さらに検討する必要がある。

終わりに、操業試験に際し協力を頂いた富江町黒瀬漁業協同組合の田原組合長をはじめ組合員、職員の方々に厚くお礼申し上げます。また、本論文のとりまとめにあたり、種々のご指導を賜るとともに校閲の労をとられた鹿児島大学水産学部助教授松岡達郎博士に深謝の意を表す。

文 献

- 1) 石田昭夫：刺網の網目選択性曲線について。北水研報, 25, 20-25 (1962).
- 2) G. Kawamura : Gill-Net Mesh Selectivity Curve Developed from Length-Girth Relationship. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 38 (10), 1119-1127 (1972).
- 3) 梨本勝昭：刺網の漁獲選択性, 「漁具の漁獲選択性」(日本水産学会編), 水産学シリーズ28, 恒星社厚生閣, 東京, 1979, pp. 67-71.
- 4) 平川榮一, 渡邊庄一：キビナゴ刺網のサイズ選択性. 長崎水試研報, 22, 1-6 (1996).
- 5) 小沢貴和, 角輝秀, 増田育司, 松浦修平：甌列島産キビナゴの個体群構造. 日水誌, 55 (6), 985-988 (1989).
- 6) 福田英夫：キビナゴ (*Spratelloides japonicus* (HOUTTUYN))の生活史に就いて. 日水誌, 2(1), 13-16 (1933).
- 7) 松村春樹, 山重政則：土佐湾周辺域におけるキビナゴの生態について. 南西外海の資源・海洋研究, 3, 9-17 (1987).
- 8) 松岡達郎, 杜勝久, 斉藤良仁：刺網のサイズ選択性の計算法とその水槽実験による検証. 日水誌, 61(6), 880-888 (1995).