コタマガイに対する桁網袋網の網目選択性

金 仁 鉦,¹ 曹 台 鉦,¹ 朴 倉 斗,¹ 東海 正^{2*}

(2004年3月19日受付, 2004年9月3日受理)

¹韓国国立水産科学院, ²東京海洋大学海洋科学部Mesh selectivity of dredge bagnet for a clam, equilateral Venus *Gomphina melanaegis*IN-OK KIM,¹ TAE-HYUN JO,¹ CHANG-DOO PARK¹ AND TADASHI TOKAI^{2*}¹National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea, ²Faculty of Marine Science, Tokyo University of Marine Science and Technology, Minato, Tokyo 108-8477, Japan

This paper presents size selectivity of dredge bagnet for a clam, equilateral Venus *Gomphina melanaegis* using cover-net fishing experiments with test bagnets of four mesh sizes; 24, 30, 41, 47 mm and covernet of 13 mm mesh size. In the master curve analysis process, master curve equation of mesh selectivity for the clam was estimated to be $r(R) = 1/[1 + \exp(-8.63R + 5.13)]$, where R is the ratio of shell length to mesh size. Also, size selectivity was estimated, of a sieve with grid of 12.5 mm bar spacing currently used on the fishing boat deck by fishermen to sort larger size clams from smaller ones of no commercial value. Shell width of the 50 percent retention was 12.7 mm, close to 12.5 mm bar spacing of the grid. This means that the size selectivity of the on-deck sieve was a kind of contact selection. Bar spacing of the grid should be enlarged to retain the clams of commercial size over 35 mm shell length on the on-deck sieve. Enlargement in mesh size of bagnet and other methods to avoid catching small clams of no commercial value were also discussed.

キーワード：網目選択性, 貝桁網, カバーネット試験, コタマガイ, 袋網, 船上選別装置, *Gomphina melanaegis*

韓国において, コタマガイ *Gomphina melanaegis* は東海岸と南海岸の浅い砂場に分布し,¹⁾ 主に砂中の貝を掘り起こすための爪を持った桁網を用いて漁獲されている。その漁獲物には市場価値の低い殻長の小さなものが混ざっている。このコタマガイの Bertalanffy 成長式における極限殻長は 69 mm とされ,²⁾ 生物学的最小型は殻長 25 mm とされる。^{1,3)} また, 韓国において, コタマガイの殻長制限は水産資源保護令ではなく, 本実験を行った江原道 (Gangwon-do) における商品サイズは 35 mm 以上とされる。現在では, 漁獲したコタマガイを, 船上における選別機 (縦 60 cm, 横 40 cm の格子状のフルイ, その格子間隔は縦 200 mm, 横 12.5 mm, 格子を形成する棒の径は 3.1 mm) で, フルイに残ったコタマガイから, 商品価値のあるものが出荷され, 抜けたものは海中に放流されている。この船上での作業を効率化するには, 海中で漁具の選択性を利用して, 大型の貝だけを漁獲して, 小型の貝を船上に水揚げしないことが望まれ

る。

二枚貝に対する桁網の漁具選択性として, 主に爪間隔と袋網の目合による選択性が研究されてきた。例えば, ウバガイ *Pseudocardium sachalinense*^{4,5)} やバカガイ *Macra chinensis*,⁶⁾ アカガイ *Scapharca broughtonii*^{7,8)} で, 貝の姿勢と形状に対する爪間隔や網目の選択性曲線が理論的に求められてきた。また, 実際に操業実験で選択性を求めた例として, Gaspar *et al.*⁹⁾ による桁網における爪の間隔と網目の選択性の研究がある。桁網漁具に遭遇した二枚貝が選択されていく過程には, 爪や袋網の網目以外にも泥抜きなど様々な漁具部位が機能していると考えられる。しかし, 船上に漁獲物を取り上げる前では, 最終的には袋網の網目選択性によるふるい分けの効果によって貝の大小が分けられる。

そこで, 本研究では, 桁網の袋網による選択性に着目し, 4 種類の目合の袋網を取り替えながら, 韓国の東海岸でカバーネット操業実験を行い, その実験結果より選

* Tel : 81-3-5463-0474. Fax : 81-3-5463-0399. Email : tokai@s.kaiyodai.ac.jp

択性曲線を推定した。また、この操業実験時に、漁業者が船上で用いている選別機を使って漁獲物の選別を行う実験を行い、この選別装置のサイズ選択性曲線を求めた。

材料と方法

操業実験 本実験には、東海岸の注文津 (Jumunjin) 周辺で用いられている桁網 (Fig. 1) を用い、4 種類の袋網、目合内径がそれぞれ 24, 30, 41, 47 mm のものを用意し、これにカバーネット (目合内径 13 mm) を装着した。カバーネットの長さとは幅は袋網の約 1.5 倍とした。なお、袋網の目合内径値はデジタルノギスで 10 数箇所の網目を計測した平均値であり、同様に計測して求めた桁の爪の間隔は平均値で 12 mm であった。操業実験は 1997 年 11 月 8 日に東海岸の注文津周辺、水深 2 ~ 5 m の水域で 2.6 トンの漁船を備船して行った。操業回数は各々の目合の袋網ごとに 2 回ずつとした。漁獲したコタマガイは袋網とカバーネットに分けて別々の袋に入れて実験室に持ち帰り、殻長、殻高、殻幅を mm 単位で測定した。

また、大型のコタマガイを選別するための船上選別機が持つサイズ選択性を調べた。袋網目合 24 mm の桁網の操業実験時に、漁獲物の一部をこの選別機によって選別し、選別機のフルイ上に残ったコタマガイとフルイを抜け落ちたものを持ち帰り、カバーネット試験と同様に貝の大きさを計測した。

漁具の選択部位と貝殻の大きさとの関係を検討するために、これらの貝殻形状の計測値から、殻長に対する殻高および殻幅の関係式を回帰分析によって求めた。

選択性曲線および 50% 選択殻長と選択レンジの推定方法 カバーネット法では、袋網を通過した全ての個体をカバーネットに保持できるものと仮定して、袋網内に入った総個体数を袋網とカバーネットに保持された漁獲個体数の和で求める。そして、殻長階級別に、袋網に保持された漁獲個体数の割合を求めて、袋網の選択率と定

義する。つまり、袋網の目合 m_i とする i 番目の桁網において、 j 番目の殻長階級 l_j の選択率 r_{ij} は

$$r_{ij} = c_{ij} / (n_{ij} + c_{ij})$$

で与えられる。ここで c_{ij} と n_{ij} はそれぞれ、目合 m_i の袋網を持つ桁網の袋網とカバーネットで漁獲された殻長階級 l_j の個体数である。

袋網の選択性曲線は、一般的にロジスティック式で表される。¹⁰⁾ そこで本研究でも、目合 m_i の袋網を持つ桁網の選択性曲線は、次式の殻長 l を変数とするロジスティック式で表されるものとする。

$$r_i(l) = 1 / [1 + \exp(a_i l + b_i)]$$

ただし、ここで、 a_i と b_i は、目合 m_i の選択性曲線を表すロジスティック式のパラメータである。これらのロジスティック式パラメータを、最尤法で決定した。¹¹⁾ なお、最大化すべき目的関数は次式に示した定数項を省いた対数尤度関数 Q_i とし、^{10,12)} またこの最大化には MS-Excel のソルバーを用いた。^{13,14)}

$$Q_i = \sum_j [c_{ij} \log(r_i(l_j)) + n_{ij} \log(1 - r_i(l_j))]$$

袋網の目合の違いによるコタマガイの抜け易さを比較するために、目合 m_i の 50% 選択殻長 L_{50i} と選択レンジ $SR_i (= L_{75i} - L_{25i})$ を Wileman *et al.*¹⁰⁾ や陳ら¹⁵⁾ と同様にロジスティック式のパラメータから

$$L_{50i} = -a_i / b_i$$

$$SR_i = (2 \ln 3) / b_i$$

で求めた。

船上における選別機のサイズ選択性についても、上述した袋網の選択性と同様にロジスティック式で表されるものとして、そのパラメータを求めた。さらに、この選別機によるふるい分けの結果と同等の選択性を持つ目合を選び出すために、ここで実験に用いた目合以外についても選択性曲線を求められることが望ましい。そこで、マスターカーブ法^{16,17)}を用いて、選択性曲線を推定する。このマスターカーブ法では、ある選択率を示す目合 m と貝の殻長 l の関係には相似則が成り立つと仮定し

Fig. 1 Schematic diagram of dredge used in this experiment.

て、二つの変数 l と m の代わりに目合に対する殻長 $R = l/m$ (ここでは以後、相対殻長と呼ぶ) を変数として扱う。いくつかの目合を用いたカバーネット法で得られた操業実験結果から、相対殻長 R に対する各目合の選択率がひとつのある曲線上に乗っていることを確認して、この曲線をマスターカーブとする。ここから任意の目合の選択性曲線を推定する。ここではこのマスターカーブは、単一目合の選択性曲線と同様に、次式のロジスティック式を用いて表し、そのパラメータは最尤法で求めた。

$$r(R) = 1/[1 + \exp(a_M R + b_M)]$$

ただし、ここで、 $R = l/m$ であり、 a_M と b_M はマスターカーブを表すロジスティック式のパラメータである。また、このとき対数尤度関数は、次のようになる。

$$Q_i = \sum_j \sum [c_{ij} \log(r(R_{ij})) + n_{ij} \log(1 - r(R_{ij}))]$$

ただし、 $R_{ij} = l_j/m_i$ である。

結 果

殻長と殻高および殻幅の関係 袋網や選別機のサイズ選択性の機構を、網目やフルイの接触選択性の観点から検討するために、コタマガイの計測値から殻長 L (mm) に対する殻高 L_H (mm) および殻幅 L_W (mm) の関係をそれぞれ Fig. 2 と Fig. 3 に示した。また、回帰分析より求めたそれらの関係式とそれぞれの決定係数を以下に示す。

$$L_H = 0.7484 L - 0.0145 \quad (\text{決定係数} = 0.9928)$$

$$L = 1.326 L_H + 0.2623 \quad (\text{決定係数} = 0.9928)$$

$$L_W = 0.3949 L - 0.2463 \quad (\text{決定係数} = 0.9722)$$

$$L = 2.462 L_W + 1.543 \quad (\text{決定係数} = 0.9722)$$

なお、殻長と殻高、および殻長と殻幅の関係では、逆推定を避けるための変数を入れ替えた式も示した。

目合別袋網の選択性曲線 操業実験から得られたコタマガイの目合別殻長組成を Table 1 に示す。また、Table 1 の殻長組成を用いて、目合別に殻長に対する選択率とロジスティック式で表した選択性曲線を Fig. 4 に示した。このロジスティック式のパラメータから、目合ごとの 50% 選択殻長 (L_{50}) および選択レンジ (SR) を推定した (Table 2)。これらの結果から、それぞれの目合で殻長が大きな個体ほど網内に残る割合が大きい。また、目合が大きいほど選択性曲線は右側に位置して、50% 選択殻長 L_{50} は大きい。つまり、コタマガイに対して袋網は目合によるサイズ選択性を有している。

目合 24 mm と 41 mm では小さな殻長で選択率の値が大きくなっている。本研究に用いたカバーネット法では、漁具の袋網を通過した全ての個体をカバーネットに回収すると仮定されており、このために経験的にカバーネットの目合は袋網の目合の半分以下にすることが勧め

Fig. 2 Relationship between shell length and shell height.

Fig. 3 Relationship between shell length and shell width.

られている。¹⁰⁾ しかし、カバーネットにおけるマスキング効果などを避けるために、これは必ずしも守られておらず、その場合ではカバーネットからも抜け出ることによって選択率が過大評価になることがある。¹⁸⁾ 本研究で用いたカバーネットの目合も最小の袋網目合 24 mm の半分よりもやや大きい 13 mm であった。このことから、袋網の 24 mm 目合の選択性の範囲内で、袋網の網目を抜けたコタマガイのいくらかが 13 mm 目合のカバーネットを通過した可能性がある。そこで、次のマスターカーブの推定には、24 mm 目合の結果を除くことにした。これに対して、目合 41 mm はカバーネットの目合 (13 mm) よりも十分に大きいので、小さなコタマガイがカバーネットを通過したことによる影響は小さいと考えられる。これは、今回の実験回数が 2 回と少なかったため、一回の操業に偶然に殻長の小さなコタマガイが大量に入網したことによると考えられる。このように、特にこの 41 mm 目合では系統だった偏りとは考えられないので、すべてのデータをマスターカーブの推

Table 1 Catch number of equilateral Venus caught by dredge of each mesh size

Shell length class (mm)	Mesh size (mm)							
	24		30		41		47	
	Bagnet	Covernet	Bagnet	Covernet	Bagnet	Covernet	Bagnet	Covernet
-10	1	0	0	1	0	0	0	0
-15	36	23	22	87	16	19	3	29
-20	192	24	119	210	32	95	29	124
-25	197	13	167	40	48	118	24	61
-30	96	3	114	4	76	52	26	20
-35	143	0	229	0	220	50	60	20
-40	320	0	240	2	355	18	126	13
-45	396	0	220	0	350	5	128	4
-50	144	0	84	0	119	0	39	0
-55	50	0	28	0	28	0	11	0
-60	13	0	12	0	16	0	3	0
-65	0	0	0	0	1	0	0	0
-70	0	0	1	0	0	0	0	0
Total	1588	63	1236	344	1261	357	449	271

Table 2 Parameter estimates for the mesh selectivity curve of codend

Parameter $r(l) = 1/[1 + \exp(al + b)]$	Mesh size (mm)			
	24	30	41	47
Logistic parameter				
a	-0.236	-0.331	-0.197	-0.193
b	2.301	6.159	4.798	5.004
L_{50} (mm) * ¹	9.73	18.59	24.33	25.98
S.R. (mm) * ²	9.29	6.63	11.14	11.41

*¹ Shell length of 50% selection.*² Selection range defined as L_{75} (shell length of 75% selection) minus L_{25} (shell length of 25% selection). **Fig. 4** Selectivity curve of each bagnet mesh size for equilateral Venus. **Fig. 5** Master curve of bagnet mesh selectivity for equilateral Venus.

定に用いることとした。

これら4つの目合の殻長別選択率を相対殻長 R に対して図示したところ、24 mm 目合の選択率がやや大きいものの、その他の目合の選択率はほぼ一本の曲線上にあるとみなせる (Fig. 5)。そこで、30, 41, 47 mm 目合のデータを用いてマスターカーブを求めたところ、そのロジスティック式のパラメータ a_M と b_M はそれぞれ -8.63 と 5.13 であり、その 50% 選択の相対殻長とその選択レンジはそれぞれ 0.595 と 0.255 であった。

船上選別機（フルイ）のサイズ選択性 フルイに残ったコタマガイとフルイを抜けたものの殻長組成を Fig. 6 に示した。また、この殻長組成から求めた殻長別の選択率と選択性曲線を、上述したマスターカーブから推定した各目合の選択性曲線とともに Fig. 7 に示した。選別機を選択性を表すロジスティック式のパラメータ a_{sieve} と b_{sieve} はそれぞれ -1.029 と 33.87 であった。これか

Fig. 6 Shell length distribution of equilateral Venus retained on the sieve and passing through the bar space.

ら求めた 50% 選択殻長と選択レンジはそれぞれ 32.9 mm と 2.13 mm となり, 選別機の選択性は, 選択レンジが狭く, ナイフエッジ型に近い。また, このフルイの上に残ったコタマガイから出荷する際には, 殻長 35 mm 未満のコタマガイをさらに手作業で排除して出荷されていることになる。

考 察

マスターカーブから求めたカバーネット目合 13 mm の選択性は, 殻長 7.5 mm と 12.5 mm でそれぞれ 0.46 と 0.96 であり (Fig. 7), これらの殻長ではカバーネットからも抜け出したことで 24 mm 目合の選択率が過大評価となった可能性が高く, この 24 mm 目合の結果をマスターカーブの導出に用いなかったことは妥当であった。

また, ほぼ袋網から抜け出なくなる選択率 0.99 に達する相対殻長をマスターカーブから求めると, 1.13 となる (Fig. 5)。このとき, 目合 30, 41, 47 mm それぞれについて, 相対殻長 1.13 に該当する殻高と殻幅は, 25.2 と 13.1 mm, 34.5 と 18.0 mm, 39.6 と 20.6 mm である。殻高と殻幅を含む貝の断面における周長を東海らの方法¹⁹⁾を用いて近似的に求めると, それぞれの目合で 59.1, 80.9, 92.8 mm となり, これらの値は目合内径の 2 倍で概算した網目の内周 60, 82, 94 mm よりわずかに小さい。これは, 貝が網目を抜けるときに, 網目の形状が完全に貝殻に合うように変形することなく菱形を維持したためと考えれば, この袋網での選択性は, 選択性の中でもふり分けなど機械的あるいは物理的な分離のように対象生物が接触して始めて機能する接触選択²⁰⁻²²⁾, 特に網目を抜けるかどうかによるものであったことが分かる。

船上選別機のフルイの選択性 (Fig. 7) をみると, 50% 選択殻長は 32.9 mm, 選択レンジは 2.13 mm として非常に鋭い選択性を示した。このフルイの格子は幅

Fig. 7 Size selectivity of the sieve with the bar space of 12.5 mm and mesh selectivity curves estimated from the master curve. The circle (○) represents proportion retained in the sieve. The thick line and thin lines show size selectivity of the sieve and estimated selectivity curves of the mesh size.

12.5 mm, 長さは 20 cm であるので, この格子の幅よりも小さな殻幅を持つコタマガイだけが抜けると考えられる。殻長と殻幅の関係式から殻幅 12.5 mm に相当する殻長を求めると 32.3 mm である。この殻長 32.3 mm の値とフルイの 50% 選択殻長 32.9 mm はほぼ等しい。これは, 本研究で求められたフルイの選択性がフルイの格子の間隔による接触選択性²⁰⁻²²⁾として妥当な結果であることを示している。同様の結果 (フルイの格子間隔とイヨスダレガイの 50% 選択殻幅はほぼ一致) は, Charuchinda *et al.*²³⁾によって桁網に付けられたかこの格子によるイヨスダレガイ *Paphia undulata* に対する選択性でも得られている。この船上選別機によるサイズ選択では, 江原道における商品サイズ殻長 35 mm 未満がフルイに残ることになり, さらに小型貝を排除する手作業を必要とする。制限殻長 35 mm に該当する殻幅を殻長と殻幅の関係式から求めると 13.6 mm となる。この殻幅がほぼ 50% 選択の目安となると考えると, フルイの格子の幅をこの 13.6 mm にまで拡張することで, 殻長 35 mm 以下のコタマガイをより効率よく排除して, 選別できるものと考えられる。

東海¹⁶⁾は, 主漁獲対象について水揚げしない大きさの個体を網外に出すための網目選択性の拡大を提案した。ここでの網目選択性マスターカーブの結果 (Fig. 5) より 50% 選択の相対殻長が 0.594 なので, 船上選別機におけるフルイの 50% 選択殻長 (32.9 mm) と等しい殻長を示す目合を計算してみると, 55.2 mm である。また, この目合 55.2 mm である場合の選択レンジは 14.1 mm を示す。このような網目選択性の結果は目合の大きさの調整によりある程度商品価値のある殻長のコタマガイの漁獲は可能ではあるが, フルイの選択性に比べて選択レンジがかなり広がるので, 殻長 30 mm 以

下の小型の個体もかなり漁獲することになり不十分であった。したがって、商品性のある殻長 35 mm 以上のコタマガイだけを漁獲するには、現時点では網目を拡大しても船上選別装置を用いて出荷するコタマガイの大きさをそろえる必要がある。あるいは、袋網の一部に狭い選択レンジを持つ選別用のフルイ装置、例えば前述したタイにおける桁網の後端に付けられたフルイ機能のある金属製のかご²³⁾や袋網の途中にサイズ選択機能のあるグリッド^{24,25)}を装着するなど、選択レンジを小さくする工夫が必要である。

本研究では、桁網の袋網に入ったコタマガイのうち出荷できる大型のものだけを船上に上げるために適した袋網の目合を、網目選択性曲線から検討した。今後は、漁場からコタマガイを取り上げる効率や、資源に対する桁網の選択性の影響を検討するために、桁網の爪の間隔による選択性を含めて漁具全体の選択性を明らかにしていく必要がある。

文 献

- 1) 「韓国沿近海有用軟体動物図鑑」国立水産振興院，釜山．1999；160．
- 2) Hwang KY, Hwang YT. Studies on the age and growth of the Gomphina (*Macridiscus*) *melanaegis* (Roemer) in the eastern waters of Korea. *Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. Korea* 1981; **27**: 111-117.
- 3) Lee JY, Park YJ, Chang YJ. Gonadal development and reproductive cycle of *Gomphina melanaegis* (Bivalvia; Veneridae). *J. Korean Fish. Soc.* 1999; **32**: 198-203.
- 4) 梨本勝昭，宮沢晴彦，平石智徳．ウバガイ桁網のつめによる漁獲選択性について．*日水誌* 1983; **49**: 379-385.
- 5) 梨本勝昭．ウバガイ桁網の漁獲選択性について．*日水誌* 1985; **51**: 419-423.
- 6) 梨本勝昭．エゾバカガイ桁網の漁獲選択性について．*日水誌* 1985; **51**: 419-423.
- 7) Cho BK. On the tooth selectivity of ark shell dredge. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.* **33**, 1-8 (1997).
- 8) Cho BK, Kim YK. A study on the catching selectivity of the ark shell (*Scapharca broughtonii*) dredge. *Bull. Korean Soc. Fish. Tech.* 1999; **35**: 366-376.
- 9) Gaspar MB, Castro Mand, C.C. Monteiro. Effect of tooth spacing and mesh size on the catch of the Portuguese clam and razor clam dredge. *ICES J. Mar. Sci.* 1999; **56**: 103-110.
- 10) Wileman DA, Ferro RST, Fonteyne R, Millar RB. Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gears. *ICES Coop. Res. Rep.* 1996; **215**: 1-126.
- 11) 平松一彦．最尤法による水産資源の統計学的研究—パラメータ推定とモデル選択—．*遠洋水研報* 1992; **29**: 57-114.
- 12) Millar RB, Walsh DJ. Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. *Fish. Res.* 1992; **13**: 205-220.
- 13) 東海 正．MS-Excel のソルバーによる曳網の網目選択性 Logistic 式パラメータの最尤推定．*水産海洋研究* 1997; **61**: 288-298.
- 14) Jeong EC, Park CD, Park SW, Lee JH, Tokai T. Size selectivity of trap for male red queen crab *Chionoecetes japonicus* with the extended SELECT model. *Fish. Sci.* 2000; **66**: 494-501.
- 15) 陳 俊徳，松田 皎，周 耀然，東海 正．台湾海峡における底曳網の角目袋網の網目選択性．*日水誌* 1992; **58**: 627-635.
- 16) 東海 正．瀬戸内海における小型底びき網漁業の資源管理—投棄魚問題と網目規制—．*南西水研報* 1993; **26**: 31-106.
- 17) 東海 正．底曳網の網目選択性の決定法とその資源管理への応用．*日水誌* 1998; **64**: 597-600.
- 18) Mituhasi T, Tokai T, Ercoli R, Garcia JC, Salvini L, Bartozzetti J, Roth R. Estimating codend selectivity and fish escapement from a covernet of an insufficiently small mesh size. *Fish. Sci.* 2000; **66**: 327-333.
- 19) 東海 正，大本茂之，松田 皎．瀬戸内海における小型底曳網の非有用投棄魚に対する網目選択性．*日水誌* 1994; **60**: 347-352.
- 20) Millar RB, Fryer RJ. Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets and hooks. *Rev. Fish Biol. Fish.* 1999; **9**: 89-116.
- 21) 東海 正．漁獲選択性と用語．「漁獲選択性の解析手法」(東海 正編)．平成13年度資源評価体制確立推進事業報告書—資源解析手法教科書—補遺集，水産総合研究センター，東京．2002; 8-14.
- 22) 東海 正．漁獲選択性とその応用．「水産海洋ハンドブック」(竹内俊郎，中田英昭，和田時夫，上田 宏，有元貴文，渡部終五，中前 明編) 生物研究社，東京．2004; 209-215.
- 23) Charuchinda M, Songjitsawat A, Ikenoue H., Fujiwara S. Study on the optimum dredge sieve size for short-necked clam, *Paphia undulata* (Born), in the eastern coast of the Gulf of Thailand. 1. Dredge selectivity curves. *Thai. Mar. Fish. Res. Bull.* 1990; **1**: 35-43.
- 24) Isaksen B, Valdemarsen JW, Larsen RB, Karsen L. Reduction of by-catch in shrimp trawl using a rigid separator grid in the aft belly. *Fish. Res.* 1992; **13**: 335-352.
- 25) Tokai T, Omoto S, Sato R, Matuda K. A method of determining selectivity curve of separator grid. *Fish. Res.* 1996; **27**: 51-60.