

網目選択性に関する理論的研究—V.*

魚体の肥満度 (K) と魚体断面形状の
扁平度 (ε) の換算図および肥満度が
選択性へおよぼす影響

藤 石 昭 生

A Theoretical Approach to the Selectivity of the Net Gears—V. Convertible Diagrams of the Condition Factor (K) to the Thickness of Cross-sectional Shape (ε) and the Effects of Condition Factor on the Mesh Selectivity

By

Akio FUJISHI

There are many intrinsic factors influencing mesh selection³⁾. The condition factor of fish is one of the important factors in producing variation in experimental results. There has been considerable discussion with regard to the effects of condition factor on selectivity and it is still in dispute concerning the subject of the changes of condition factor which may result from the developing gonads. Likewise, little effort, especially in regard to the mesh selection research of trawl nets, have been directed toward investigating the individual variations of the condition factor and its effects with reference to mesh selectivity. Therefore, at present we have no evidence to explain how variation in condition factor influences mesh selectivity. In studying these effects it will probably be necessary to use several possible dimensions which can be measured, such as maximum girth, body depth and breadth at that point.

In the papers of this series⁵⁻⁸⁾, the dimension of thickness in cross-sectional shape of fish body has been denoted by the eccentricity of ellipse (ε), on the understanding that the shape is deemed as an ellipse. In this work attempts were made to inquire

* 水産大学校研究業績 第742号, 1975年7月17日 受理.
Contribution from the Shimonoseki University of Fisheries, No. 742.
Received July 17, 1975.

more deeply into the above subject, in the hope that some clues for confirming the effects on the difference of the condition factor (K) might be obtained through the re-examination of the mutual relation among the important dimensions such as the body length, the body weight, ε and K values. Thereupon, to represent the relation between the varying quantities, ε and K , the regression equation that expresses the relation of the body weight (B_W) to the body length (B_L) and ε was determined, on the assumption that the external appearance of fish body is approximated by an ellipsoid. The results for eleven species are shown in Table 2, by the use of the same data reported in the third paper⁷⁾. The several points of the equivalent value of body weight, which were obtained from the above-mentioned equations at combinations of B_L and ε , were joined by a smooth curve. The results of calculation are shown as a family of curves by species. And also a convertible diagram ($K - \varepsilon$ diagram) to show the relation of the quantities ε and K was drawn, as shown in Fig. 2, when the values of K calculated were plotted on their respective points corresponding to B_L and B_W .

After estimating the maximum and minimum of ε value readings on the diagram and related dimensions with the theories reported previously, it became clear that the differences of condition factor within species have effects upon the mesh selectivity. Fig. 4 is a schematic comparison of the effects due to the differences of condition factor and the mesh size.

緒 言

一般に、魚類の体長—体重関係は allometry の成長式で取り扱われている⁹⁾。肥満度はこの成長式を変形して求められたものである^{4, 12)}。換言すれば、肥満度は体長と体重から求められ、魚類の太さの程度を示す指標として普遍的に用いられてきた。しかし、今日では肥満度は本来の意味で用いられるより、むしろ、水産資源学のないし水産生物学的な観点から魚類の成熟度の判定資料として用いられることが多い。その判定法は季節的に調べた肥満度曲線が性的成熟時に極大に達することを利用するのである。このように、肥満度の調査は資源の新規加入量を推定するための基礎資料を得るために重要である。上述の観点から現在までに、多くの魚種の肥満度が調査されてきたが、一方では肥満度が網目選択性を左右する 1 要因であることが実験的に確められてきた^{4, 10, 11)}。

肥満度が網目選択性へ影響する度合は曳網類より刺網類のほうが大きい。これは網地に柔軟性のある材料が使用されているかどうか起因するのである。したがって、肥満度と選択性に関する調査は柔軟な網地で構成されている刺網類を対象として行なわれたものが多く、曳網類を対象としたものは少ないようである。ただし、曳網類に関するこの種の調査では肥満度にかわる尺度として魚体の体巾—体高比や胴周—網目内周比^{1, 3)}などが用いられ、これらの比と選択性の関係が明らかにされている。

筆者は本研究シリーズにおいて魚体の太さを表わすのに肥満度ではなく扁平度という新たな表示法を用いてきた⁵⁻⁸⁾。扁平度とは魚体断面形状を楕円と仮定した場合の数値離心率 (ε) のことであり、楕円の長径 (体高: B_D) と短径 (体巾: B_B) から求められる。魚体断面形状の扁平度を表示するには上述の離心率のほかに楕円率や体巾—体高比などがあげられる¹⁵⁾。これらの方法はいずれも体高と体巾を基としている。上述のことから、肥満度と扁平度は両者とも魚体の太さを意味する用語でありながら、本質的には全く異った意

味をもつことが明らかである。すなわち、前者は体長と体重を基とした立体的な表示法であるのに対し、後者が平面的な表示法であるといえるからである。これまでの一連の研究において、筆者が種々の扁平度の表示法の中から離心率を選んだ理由は理論展開上の便宜を考慮したためである。また、筆者は主要魚種の魚体測定結果から魚種別に扁平度 (ε) を求め、扁平度別に示した理論選択曲線について報告した^{5,6)}。しかし、扁平度 (ε) は理論的な取り扱いに便利である反面、水産学界で普遍的に用いられていないという欠点がある。後者は扁平度別に示した理論選択曲線の利用度が低下することにもつながる。

そこで、本報告では、(i) 理論選択曲線のより広い活用をはかること、(ii) 肥満度のかわりに扁平度を用いても選択性との関係を調べ得る方策を見出すこと、を主目的として扁平度と肥満度の関係を追求することにした。なお、肥満度および扁平度の値自体についてはこれまでの研究報告^{4,12)} から判断すると、あまり正確さを必要としないようである。したがって、両者の関係の表示方法としては厳密な数式に頼ることを避け、視覚で容易に判断できるよう換算図方式を採用した。

魚種間の大巾な魚体断面形状差も魚種内の微少な魚体断面形状差も個体間の扁平度 (ε) の差によって表わすことができる。第Ⅲ報では実測資料に基づいて扁平度の大小(魚種別)が選択性にどの程度影響するかを論じた⁷⁾。このような魚種間の形状差と選択性の関係を解析することも必要であるが、同一種内にも見られる形状差もかなり選択性に影響を及ぼしていることを見落してはならない。本文に示した扁平度-肥満度換算図を用いれば、第Ⅱ報で触れなかった同一魚種内の微少な形状差と選択性の関係も調べることができる。すなわち、本報告と第Ⅲ報とは魚体断面形状と選択性の関係を調べる場合に、お互いに補完の関係にあるといえる。

供試魚は第Ⅲ報⁷⁾ で取り扱った11種類で、これらのうちの6種類が底曳網対象魚であり、残りの5種類が刺網対象魚である。

ここに11種類の魚種の扁平度-肥満度換算図を作成したので報告する。同時に、底曳網対象魚の微少な扁平度差が選択性にどの程度影響するかを調べるために、若干の理論的な考察も試みたので、その結果も併せて報告する。

資料と方法

本報告の解析に必要な魚体の測定形質は体長 (B_L)・体重 (B_W)・体高 (B_D)・体巾 (B_B) の4形質である。11種類の魚種の4形質をすでに報告した第Ⅲ報⁷⁾ の精密な魚体測定結果の中から選び出した。資料の詳細は第Ⅲ報の第1, 2表に示してあるので、ここでは魚種名だけを示すに留める(第1表)。

つぎに、解析方法について述べる。

肥満度と扁平度は上述の4形質のうちのそれぞれ異った2形質から求められる。すなわち、肥満度 (K) は次式のように定義されてきた¹²⁾。

$$K = 10^3 \times B_W / B_L^3 \dots \dots \dots (1)$$

この式は allometry の式で、 B_L にかかる指数を近似的に3と見なして導き出されたものである。また、第Ⅲ報にならうと、扁平度 (ε) は次式で与えられる。

$$\varepsilon = \sqrt{B_D^2 - B_B^2} / B_D \dots \dots \dots (2)$$

本報告では(1)および(2)式に基づいて、ただ単に (K)-(ε) の関係だけを論じようとしているのではない。ここでは上述の4形質が魚体の外部形態的特徴の代表値ともいえるので、これらの形質と選択性の相互関係および (K)-(ε) 関係を同時に見い出そうと試みた。その手掛りは魚体の太さの平面的な表示法といえる扁平度を立体的な表示法に変換することによって得られよう。つまり、 K の次元と ε のそれとは異なる

るので、魚の体重(または体長)を ε の関数で表示できるなら(K)—(ε)関係も K または ε と4形質の相互関係も明らかに出来るはずである。そこで、魚の体重を ε の関数で表示するため、魚体を平均密度が ρ である楕円体とみなした(第1図)。

Table 1. The fish species used in the present study.

Species name	
Ground fishes	Pacific salmon
Lizardfish	Sockeye
Japanese barracuda	Chum
Horse mackerel	Pink
White croaker	Chinook
Japanese sea bream	Coho
Alaska pollack	

Note ; The detailed measurements of various characters are shown in the third paper⁷⁾

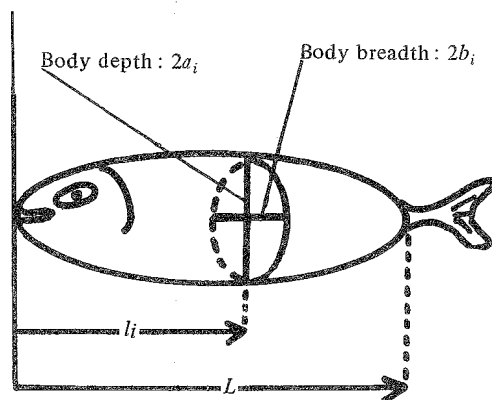


Fig. 1. The external appearance of fish body, on the assumption that the body is approximated by an ellipsoid.

第1図の吻端から任意の距離 l における断面は数値離心率が ε の楕円である。この楕円の長径および短径をそれぞれ $2a_i$ および $2b_i$ とすれば、楕円の面積 (S_E) は $\pi a_i b_i$ で与えられる。実際には魚体断面形状は断面部位によって扁平度に多少の差がみられる。しかし、ここでは各断面形状が相似の楕円とみなして解析をすすめる。上述の仮定と第1図から楕円体の体積 (V) を次式で表示することができる。

$$V = \pi \int_0^L a_i b_i dl$$

$$= \pi \sqrt{1-\varepsilon^2} \int_0^L a_i^2 dl$$

ただし、 $b_i = a_i \sqrt{1-\varepsilon^2}$ である。

密度が ρ であるから魚体 (楕円体) の体重 (W) がつぎのように求められる。

$$W = \rho V = \rho \pi \sqrt{1-\varepsilon^2} \int_0^L a_i^2 dl \quad \dots\dots\dots (3)$$

選択の対象となる魚の体長範囲内では体長と体高とは一次比例式で表わされる。したがって、(3) 式の a_i (半体高) も体長におきかえることができる。すなわち、体重は体長と扁平度の関数で表示できることになる。ここに得た体重を (1) 式に代入すれば肥満度が扁平度と比例関係にあることがわかる。また、 $b_i/a_i = \sqrt{1-\varepsilon^2}$ であることに着目すれば、体中一体高比と肥満度または扁平度との関係も知ることができる。このような解析方法で肥満度と扁平度の関係を明らかにしていきたい。

結 果

魚の体重を (3) 式から推定しようとするならば魚の密度 (ρ) を測定しておかなければならない。本報告で取り扱う11種類の魚種については密度を測定していない。また、これまでに数種の魚種の密度が測定されているが^{15,16)}、この密度の測定は困難であるばかりでなく、生物学的に見てもあまり重要な測定項目でもない。すなわち、未測定値 (ρ) を含む (3) 式は魚の体重を求める近似式として実用的ではないといえる。したがって、実用的見地から、(3) 式の理論的根拠を生かすとともに ρ を常数として取り扱えるような近似式を求めることにした。

1 体重の近似式

上述の見地から、(3) 式の近似式として次式を導き出した。

$$B_W = K_1 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L / 10)^3 + K_2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 K_1 および K_2 は魚種によって決まるパラメーターである。

一般の統計的方法によって、体重を求める近似式として (4) 式が実用的であるかどうかを11種類の魚種について調べた。その結果、(4) 式は体重の近似式として十分活用できることが明らかになった。魚種別に求めたパラメーター (K_1, K_2) の値および近似式を第2表に示す。なお、(4) 式の ε には各魚種とも最大胴周部 (第1背びれ付近) での体高と体中の測定値から計算した値を用いた。

2 肥満度 (K) — 扁平度 (ε) 換算図

(1) および (2) 式から明らかなように、肥満度と扁平度は4形質の測定結果から計算できる。したがって、選択性と4形質の相互関係を同時に表示することができれば、結果的に見て選択性と肥満度 (扁平度) の関係を推定することができることになろう。しかし、これまでの網目選択性に関する調査報告を見ると、4形質のうちの任意の1形質 (主として体長) と選択性の関係を知ることによって重点が置かれていたようである。

Table 2. The regression equations among the body weight (B_W), the body length (B_L) and the thinness (or flatness) of cross-sectional shape of fish body (ε), on the basis of the equation (3).

Species		Regression equations	F
Ground fishes (Unit of B_W : g) (Unit of B_L : cm)	Lizardfish	$B_W = 9.08 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L/10)^3 + 5.39$	2797.13**
	Japanese barracuda	$B_W = 10.50 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L/10)^3 + 5.76$	174.49**
	Horse mackerel	$B_W = 21.73 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L/10)^3 + 0.65$	809.26**
	White croaker	$B_W = 16.55 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L/10)^3 + 16.42$	41.34**
	Japanese sea bream	$B_W = 56.43 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L/10)^3 + 12.17$	358.42**
	Alaska pollack	$B_W = 7.73 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L/10)^3 + 108.31$	27.18**
Pacific salmon (Unit of B_W : kg) (Unit of B_L : cm)	Sockeye	$B_W = 0.029 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L/10)^3 - 0.061$	440.13**
	Chum	$B_W = 0.033 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L/10)^3 + 0.460$	365.18**
	Pink	$B_W = 0.030 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L/10)^3 - 0.111$	95.58**
	Chinook	$B_W = 0.029 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L/10)^3 - 0.260$	423.55**
	Coho	$B_W = 0.025 \sqrt{1-\varepsilon^2} (B_L/10)^3 + 0.309$	17.11**

Note : ** significant 0.01 level.

このような「1形質と選択性」という従来の表示パターンを1歩前進させて、4形質の相互関係を同一図上に同時に表示する方法について検討した。この相互関係図は(4)式の(B_W, B_L, ε)の各組合せによって求められる。この図に(1)式から求めた肥満度をプロットすれば、肥満度-扁平度換算図が得られる。以後、これを(K)-(ε)換算図と称する。この(K)-(ε)換算図と選択曲線から肥満度の差が選択性におよぼす影響を知ることができるばかりでなく、4形質のうちの任意の1形質と選択性の関係も同時に知ることができる。つぎに、換算図の作成手順を簡単に述べよう。

(i) 第2表に示した各式を用いて、(B_L, ε)の各組合せによって変動する体重(B_W)を求める。得られた体重を魚種別に整理する。

(ii) 縦軸を(ε)、横軸を(B_L)とする直文座標上に(i)で得た体重をプロットし、等体重点を結ぶ。等体重点を結んだ曲線群をある一定の体重間隔で描くと、これらの曲線群はすべて半径の大きい円弧に似た形状を呈する。

(iii) (1)式を用いて個体別に肥満度を計算する。肥満度の計算に用いた(B_L, B_W)に対応する点を(ii)の図上に求め、この点に肥満度をプロットする。(ii)の方法に準じて等肥満度点を結ぶと、等肥満度曲線が得られる。この曲線群は等体重曲線群と大角度で交差する。

(iv) 4形質間の相互関係を調べる場合には縦軸に用いた(ε)の値を体巾-体高比に換算すればよい。

上述の手順に従って作成された11種類の魚種の(K)-(ε)換算図を第2図に示す。また、(2)式から得られる ε を体巾-体高比に換算するための換算表を付録の第1表に示す*。

* $B_B / B_D = \sqrt{1-\varepsilon^2}$

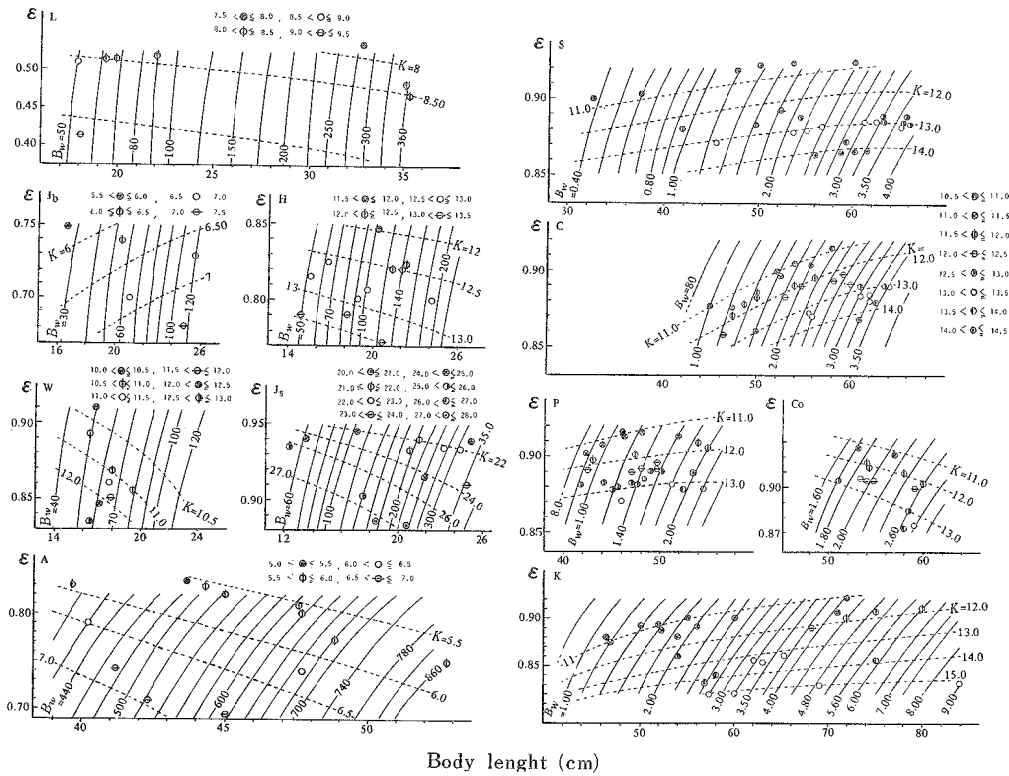


Fig. 2. The convertible diagrams to show the relation of the condition factor (K) of fish and the thickness of cross-sectional shape of fish body (ϵ), with regression curves showing the equivalent value of body weight (B_w) for combinations of body length (B_L) and ϵ .
 Notes: Plotted symbols represent the condition factor classes. The species names are written in the following initial letters.

L : Lizardfish Jb : Japanese barracuda, H : Horse mackerel, W : White croaker,
 Js : Japanese sea bream, A : Alaska pollack, S : Sockeye salmon, C : Chum salmon,
 P : Pink salmon, Co : Coho salmon, K : King salmon.

考 察

第2図から明らかなように、魚の肥満度（扁平度）にはかなりのバラツキが認められる。このような同一魚種内に見られる肥満度の差と選択性の関係は刺網対象魚についてはかなり詳しく報告されているが、底曳網対象魚についてはあまり詳しく論じられていないようである。そこで、本節では、まずMARGETTS¹³⁾の資料を用いて同一体長のハドックの個体間にみられる肥満度差を推定し、この差が選択性にどの程度影響をおよぼすかについて理論的な考察を試みることにした。この理論考察にはハドックの精密な魚体測定資料を必要とする。しかし、資料の一部が欠けていたので、本種の外見に著しく類似しているスケトウダラの資料を欠けていた資料の代用とした。したがって、考察を進める際にでてくる数値には若干の誤差が含まれていることを断っておきたい。しかし、以下に述べる考察から、選択性の良否が目合や体長ばかりでなく、肥満度によっても大きく左右されることが明らかになるであろう。

MARGETTS はコッドエンドの目合が80mmのトロール網で漁獲されたハドックを「普通の魚体」と「やせた魚体」とに区別して、体長—胴周の関係を調べた。彼は「普通の魚体」と「やせた魚体」を肥満度の大小で区別したのではなく胴周長の長短で区別した。例えば、彼が調べた体長—胴周図を見ると、体長が45cmのハドックでは胴周が約24.5cmの魚体が「普通の魚体」であり、胴周が約20.5cmの魚体が「やせた魚体」である。つまり、上述の両魚体間の胴周の差は約4cmである。このほかに、彼は「普通の魚体」の圧縮胴周も測定している。この圧縮胴周は「普通の魚体」と「やせた魚体」の胴周のほぼ中間の値を示す。ここで、ハドックの平均の扁平度（ ϵ ）がスケトウダラのそれとほぼ同じであると見なして0.8とする⁷⁾。つぎに、扁平度が0.8のハドックが80mmのコッドエンドの網目を通り抜ける場合を考えよう。コッドエンドの網目形状として第3図に示した3形状を当てはめた。すなわち、(i) 剛体の正方形網目、(ii) 若干柔軟な網目として扁平な六角形網目、(iii) 完全に柔軟である網目、の3形状である。これらのうちの(i)、(ii)は本研究シリーズの第I、II報を参照したものであり、(iii)は底曳網の網目形状として現実的とはいえないが、100%選択点のチェック用として採用した¹³⁾。第3図の胴周の列には3形状の網目を通り抜け得る魚体の胴周を示した。これらの胴周は扁平度（ ϵ ）および網目（80mm）を第I、II報^{5,6)}の理論選択曲線に当てはめて逆算して得た数値である。ただし、同図の完全に柔軟である網目に対応する胴周は、目合を2倍した値であり、楕円周に相当する。ここに得た胴周に対応する体長をMARGETTSの体長—胴周図から彼の魚体区分別に求めた。これらの体長は網目形状別に求められ、それぞれの網目の欄に示してある。これらの体長を用いて肥満度と選択性の関係を解析してみる。

魚体区分別・網目形状別に求めた体長を基として第3図の下方に示したような選択の模式図が得られる。図中のS字状曲線が80mm目合に対するハドックの平均的な選択曲線であろうと考えられる。この図は(i)の網目形状に対応する体長を0%選択点とし、(iii)の網目形状に対応する体長を100%選択点と見なして描かれたものである。ここで、選択の模式図を網目形状別の0%および100%選択点に対応する体長で分割するとつぎのような推論が導かれよう。

区間A：体長24.5cm以下、

「普通の魚体」の0%選択点の存在範囲。すべての魚が網目を通り抜ける。

区間B：体長24.5cmから25.5cmまで、

柔軟な網目を「普通の魚体」が容易に通抜け得る範囲。

区間C：体長25.5cmから27.5cmまで、

「やせた魚体」の大部分が網目を通り抜け得る範囲。

区間D：体長27.5cmから30.5cmまで、

「普通の魚体」と「やせた魚体」が混獲される範囲。この区間に「普通の魚体」の50%選択点が存在すると思われる。

区間E：体長30.5cmから32.5cmまで、

「普通の魚体」が柔軟な網目を辛うじて通り抜け得る範囲。

区間F：体長32.5cmから35.5cmまで、

「やせた魚体」だけが辛うじて網目を通り抜け得る範囲。

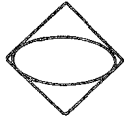


区間G：体長35.5cm以上、

「やせた魚体」の100%選択点の存在範囲。すべての魚が漁獲される。

以上のことから、ハドックの50%選択体長は27.5cmと30.5cmの間に存在するものと推定される。また、平均の50%選択体長は約29cmであると推定される。この推定値は selection factor (S_f)^{*}から判断すると、ほぼ妥当な値であることが明らかになる。すなわち、本例の $S_f=3.63$ (29/8.0) は BEVERTON *et al*²⁾の実験値 (3.3) と MARGETTS¹³⁾の実験値 (4.06) のほぼ中間に当るからである。

* Selection factor = (Body length of 50% selection point) / (Mesh size).

Species : Haddock, Cross-sectional shape of fish : Ellipse,
Mesh size : 80(mm), Eccentricity of ellipse : 0.8.

Relation between the mesh shape and the cross-sectional shape of fish body		Rigid mesh (square)	Slightly flexible mesh	Flexible mesh
				
Girth(cm)		12.3	12.9	16.0
Body length (cm)	Average-condition fish	24.5	25.5	30.5
	Average-condition fish (constricted)	25.5	26.5	32.5
	Thin fish	27.5	28.5	35.5

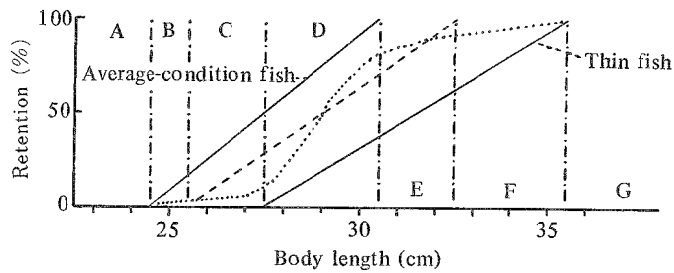


Fig. 3. Diagrammatic representation of the variations in the mesh selectivity due to the differences of the thickness of fish body.

Notes : The effects of the thickness of fish body on the selectivity were made an assumption considering the length-girth relationship of haddock given by MARGETTS and his classification of fish condition. The body girth and body length were calculated according to three types of mesh shape, which are suggested by MARGETTS¹³⁾ and the author²⁾ (above), and the selection curves of haddock were estimated from the above-mentioned dimensions by the fish condition (below). The dotted curve stands for the average selection curve with 80 mm cod end.

The range of body length A - - - All fish can pass through the mesh.

B - - - The range of 0% retention level for the average-condition fish.

C - - - The thin fish can pass through the mesh freely.

D - - - The average-condition fish and thin fish are taken simultaneously.

E - - - The range of 100% retention level for the average-condition fish.

F - - - The thin fish can escape narrowly.

G - - - No fish can pass through the mesh.

上述の推論および選択の模式図を参照すれば、「普通の魚体」と「やせた魚体」の50%選択体長には約5cmの差が認められる。この体長差は肥満度の差によって生じたものと解釈される。このように肥満度の差を実数で表示することなく体長差に換算して選択性との関係を論じる方法は、ある一定目合の全選択域を解析の対象とする場合に適している。しかし、目合は資源量や漁獲努力量により変更されるべきであるから、ある一定の体長を基準とした魚体の肥満度の差と選択性の関係を調べてみることも必要であろう。この意味で、上述の50%選択体長に近い30cmを基準の体長としてハドックの肥満度差と選択性の関係を調べてみることにしよう。

体長が30cmのハドックの胴周は MARGETTS の胴周—体長図から「普通の魚体」では15.5cm、「やせた魚体」では13.5cmである。いま、魚体断面形状を楕円とみなし、後者の扁平度 (ε) を0.8として前者の扁平度を求める。また、両魚体は体高が等しく、体巾だけが異なるものとみなす。第II報⁶⁾の付録の(2・1)式に胴周(13.5cm)および扁平度(0.8)を代入すると、「やせた魚体」の体高(5.3cm)が得られる。この体高および「普通の魚体」の胴周(15.5cm)を再び上述の(2・1)式に代入すると、「普通の魚体」の扁平度(0.53)が求められる。これらの扁平度は第3表から体巾—体高比に換算できる。ここで、上述の諸数値を魚体区別に整理すると下記の通りである。

	体長	体高	扁平度	体巾 / 体高	胴周
「やせた魚体」:	30cm	5.3cm	0.8	0.6	13.5
「普通の魚体」:	30cm	5.3cm	0.53	0.367	15.5

両魚体の扁平度の差はかなり大きい。この差は1.2cmの体巾の差に相当する。このような扁平度差の大きいハドックの体重を詳しく調べた資料がない。そこで、両魚体の肥満度を試算するために、第2表のスケトウダラの体重を求める式を用いて両魚体の体重を求めてみた。これらの体重は「やせた魚体」(体長:30cm, 扁平度:0.8)では233g、「普通の魚体」(体長:30cm, 扁平度:0.53)では285gとなる。ここに得た体重と体長を(1)式に代入すると、「やせた魚体」および「普通の魚体」の肥満度がそれぞれ8.63および10.56と得られる。すなわち、両魚体の肥満度の差は約2であり、この差がまえに指摘した50%選択点の体長差(5cm)に相当するものと考えられる。つぎに、肥満度の計算に用いた体重を SAHRHAGE¹⁴⁾が調べたハドックの体重と比較検討してみよう。SAHRHAGEの資料によると、体長が30cmのハドックの体重は約225gである。この値は「普通の魚体」と「やせた魚体」をこみにした平均的な体重であろう。すなわち、ハドックの体重を第2表のスケトウダラの式から求めると、体長が30cmの「普通の魚体」の体重は実際の体重より約60g重く見積られることになる。したがって、上述の「普通の魚体」の肥満度(10.56)は SAHRHAGE の資料から7.5と修正すべきである。これに対して、「やせた魚体」の肥満度(8.63)については適正な修正をほどこすに足る資料がない。つまり、MARGETTS の魚体区分に従って推定した肥満度差(2.0)は妥当な値であるかどうかはわからない。しかし、魚体区別の肥満度にかんがりの誤差があったとしても、解析に必要な肥満度差は胴周の差から推定されたのであるから、ほぼ真実に近い値ではないかと推察される。

以上のハドックを例にとった考察から、同一魚種内に見られる肥満度差が選択性におよぼす影響は無視できないことが明らかになった。この影響度を詳しく調べるには魚体をその肥瘠状況によって肉眼で見分けられる程度に分類し、それぞれの魚体の諸形質(体長と体重または体高と体巾)を測定しておかなければならない。この魚体測定結果から得られる肥満度差を用いれば、肥満度と選択性の関係を論じることができる。前節に示した(K)—(ε)換算図は肥満度差(扁平度差)を読みとるのに便利であるばかりでなく、後述するように選択性に関連した諸要因を総合的に論じる場合の基礎資料として活用できる。すなわち、選択性を左右する諸要因を項目別に分離し、これらの要因とある選択の特性値を同一図上に明示できるなら選択性がどの要因に最も強く影響されるかが容易に判断されるであろう。この新たな観点から、6種類の底曳網対象魚の50%選択体長が肥満度差と目合の差によってどのように変化するかを検討してみた。すなわち、選択性を50%選択体長・肥満度・目合の3要因と関連させた新たな考察を試みたのである。その結果を第4図に

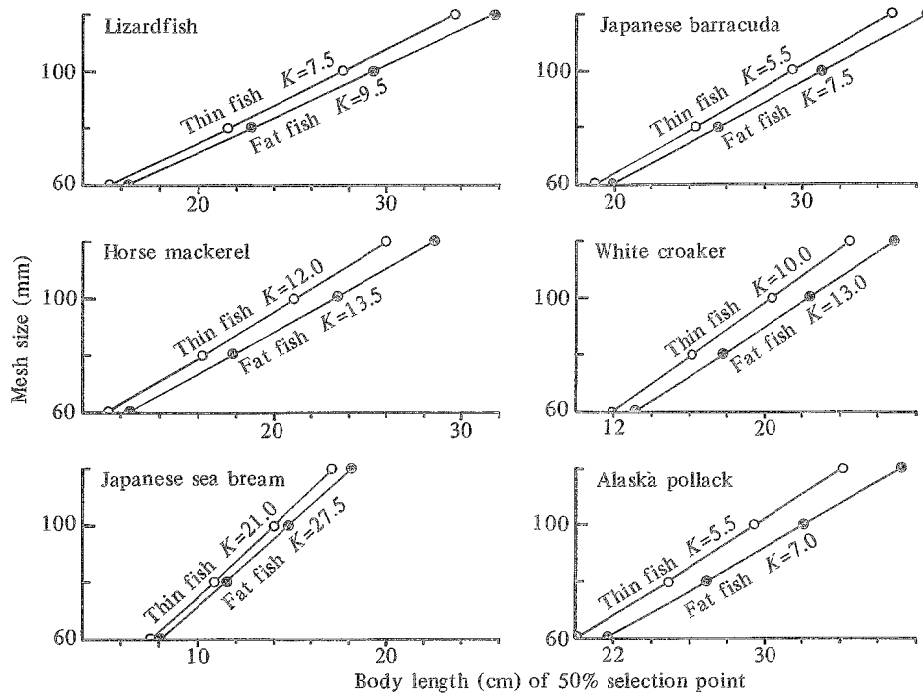


Fig. 4. The variations of 50% selection length due to the differences of the value of K and the mesh size, by species.

Note: The fish bodies were grouped, according to the maximum and minimum of K values in Fig. 2, into two classes and the K values quoted are approximate only.

示す。この図はつぎの手順によって作成された。まず、 $(K)-(\epsilon)$ 換算図より魚種別の扁平度の最大値(ϵ_{max})および最小値(ϵ_{min})を読みとる。例えば、ワニエソでは $\epsilon_{max}=0.53$ 、 $\epsilon_{min}=0.43$ である。ここに得た両扁平度の値を第II報⁶⁾の理論選択曲線群の50%点上にプロットして、それぞれの扁平度に対応する相対的大きさ(体高-網目比: $2a/(T/4)$)の値を求める。網目($T/4$)に任意の値(第4図では60, 80, 100, 120mm)を代入して体高($2a$)を求める。つぎに、第III報⁷⁾の体高-体長の関係式を参照して、体高($2a$)を体長に換算する。また、扁平度は必要に応じて肥満度に換算すればよい。上述の方法によって求めた諸数値を魚種別・扁平度別にまとめると第4図が得られる。ただし、本報告では第4図に示した「ふとった魚体」と「やせた魚体」とを $(K)-(\epsilon)$ 換算図に基づいて判定した。すなわち、前者は扁平度の最小値に対応し、後者は扁平度の最大値に対応している。しかし、 $(K)-(\epsilon)$ 換算図が少数の魚体測定結果から求められたことを考慮すれば、真の扁平度の最大値(最小値)は $(K)-(\epsilon)$ 換算図のそれより大きい(小さい)であろう。したがって、第4図から推定される肥満度差によって生じる50%選択体長の差は実際の差より小さく見込まれていることになる。この種の誤差は今後、多くの魚体の測定を行うことによって是正し得るものである。

このように、小さく見積られたと判断される肥満度差から導き出された第4図を参照しても、目合とともに肥満度が選択性にかなり大きく影響をおよぼす要因であることが知られる。今後は大まかな魚体区分(肥満度)別の漁獲割合の調査と肥満度の調査を進め、これらの調査結果を資源保護のためにうまく活用すること

が重要であろう。なお、前節に示したサケ・マス類の $(K) - (\epsilon)$ 換算図は、石田^{10,11)} が指摘しているような肥満度の差を考慮に入れた選択曲線を推定する場合の参考になるであろう。

要 約

本報告では選択性を左右する要因として肥満度をとり上げ、これと選択性の関係について総合的な理論考察を試みた。この考察を進めるために、 $(K) - (\epsilon)$ 換算図を作成し第2図に示した。 $(K) - (\epsilon)$ 換算図を作成しようとした当初の意図は筆者が魚体の太さの1指標として用いた扁平度が一般的な用語ではないことを考慮して、これを肥満度におきかえることにあった。しかし、この換算図から得られる値を筆者の理論に当てはめると、肥満度と選択性の関係を知ることができる。すなわち、理論考察を進める過程で、 $(K) - (\epsilon)$ 換算図が単に扁平度を肥満度に換算するためのものではなく、肥満度と選択性の関係を調べるための基礎資料として活用できることが明らかになった。そこで、 $(K) - (\epsilon)$ 換算図から読み取った肥満度差を用いて、6種類の底曳網対象魚の50%選択体長が肥満度差によってどのように変化するかを検討した。肥満度差に基づく50%選択体長の変化の様子を魚種別・目合別に推定すると、第4図ようになる。ただし、第4図から得られる肥満度差による50%選択体長の差は実際の差より小さく見積られていることに注意しなければならない。

終りに、本研究を進めるに当たり、懇切なご指導をいただいた東京大学海洋研究所教授黒木敏郎博士ならびに九州東海大学佐藤猛郎教授に深謝の意を表す。

文 献

- 1) 青山恒夫, 1961: 底びき網の選択作用とその以西底びき網漁業資源管理への応用. 西海区水研報, (23), 1-63.
- 2) BEVERTON, R. J. H. and S. J. HOLT, 1957: On the Dynamics of Exploited Fish Populations. *Fish Invest.*, Ser. 2, (19), 1-533.
- 3) FAO, 1960: Fishing effort, The Effect of Fishing on Resources and the Selectivity of Fishing Gear. *Proc. of the Joint Sci. Meet. of ICNAF, ICES and FAO* (1), 27-36.
- 4) FARRAN, G. P. 1936: On the Mesh Selection of Herring Drift-Nets in Relation to the Condition Factor of the Fish. *J. du Cons.*, 11 (1), 43-52.
- 5) 藤石昭生, 1973: 網目選択性に関する理論的研究 - I. 曳網類の理論選択曲線について. 本報告, 22 (1), 1-28.
- 6) ———, 1974: 網目選択性に関する理論的研究 - II. 曳網類の選択曲線の推定法. 本報告, 22 (3), 62-84.
- 7) FUJISHI, A., 1974: A Theoretical Approach to the Selectivity of the Net Gears-III. On the Effects of Differences in Fish Shape. *This Jour.*, 23 (2), 87-108.
- 8) 藤石昭生, 1975: 網目選択性に関する理論的研究 - IV. 選択曲線の直線化に関する一考察. 本報告, 23 (3), 109-120.
- 9) GRAHAM, M., 1956: *Sea Fisheries, Their Investigation in the United Kingdom*. Edward Arnold (Publishers) Ltd., London. 1-487.
- 10) 石田昭夫, 1963: 48度以南サケ・マス流網および延縄漁業のカラフトマス漁獲物にみられる体長, 性比, 体重の差異の網目選択性からの検討. 北海道区水研報, 26, 67-72.
- 11) ———, 1967: 肥満度の異ったカラフトマスに対する刺し網の網目選択曲線について. 北海道区水研報, 33, 9-12.

- 12) 木村喜之助, 1937: 魚体の肥満度と密度. 日水誌, 6 (2), 69-72.
- 13) MARGETTS, A. R., 1954: The Length-Girth Relationships in Haddock and Whiting and Their Application to Mesh Selection. *J. du Cons.*, 20 (1), 56-61.
- 14) SAHRHAGE, D., 1957: Further Assesments on the Destruction of Undersized Haddock and Whiting by Herring Trawling. ICNAF. *Joint Sci. Meet. Pap.* P-20, 1-13.
- 15) 宇田道隆, 1940: カツヲとサンマの魚体温と形状に関する測定. 日水誌, 9 (6), 231-236.
- 16) 渡辺信雄, 1942: カツオの魚体密度・体温および遊泳速度に関する一測定. 日水誌, 11 (4), 146-148.

付 表

魚体の扁平度 (ϵ) と体高一体巾比 ($2b/2a$) の換算表を付録第1表に示す。

App. Table 1. Conversion table of the fish body thinness or flatness (ϵ) into the breadth-depth ratio (B_B / B_D) of fish body at the greatest girth.

Values of (ϵ)	Breadth-Depth ratio (B_B / B_D)	Values of (ϵ)	Breadth-Depth ratio (B_B / B_D)
0.40	0.916	0.82	0.572
0.45	0.893	0.84	0.543
0.50	0.866	0.86	0.512
0.55	0.835	0.88	0.475
0.60	0.800	0.90	0.436
0.65	0.760	0.92	0.392
0.70	0.714	0.94	0.341
0.75	0.661	0.96	0.280
0.80	0.600	0.98	0.199