桁曳網試験操業によるヤナギムシガレイの網目選択性

山崎 淳,* 大木 繁, 飯塚 覚

(2001年3月9日受付, 2001年6月25日受理)

京都府立海洋センター

Mesh Selectivity for Willowy Flounder *Tanakius kitaharai*
Determined by a Beam Trawl Fishing Experiment

Atsushi Yamasaki,* Shigeru Ohki, Satoshi Iizuka

Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science, Kyoto 626-0052, Japan

This paper presents the mesh selectivity for willowy flounder *Tanakius kitaharai* using a beam trawl net with experimental bags of three different mesh opening: 35.8 mm, 42.9 mm and 49.4 mm. Forty seven hauls of beam trawl towing were carried out in the area between 100 and 180 m in depth off Kyoto Prefecture from August 1999 to August 2000. The parameters of logistic and Richards equations for mesh selectivity curves in each mesh opening were estimated by the maximum likelihood method. The Richards equation model was selected as the better-fit model because it had a smaller value of AIC than the logistic equation model. The values of 50% selection length of 35.8 mm, 42.9 mm and 49.4 mm sizes were estimated to be 97.0 mm, 112.4 mm and 129.6 mm, respectively. On the other hand, many juveniles of willowy flounder were clearly caught by commercial fishery with cod-end of 20.9 mm mesh opening. This paper also discusses the effectiveness of mesh enlargement for protecting juvenile flounders based on mesh selectivity estimated in this study.

キーワード：網目選択性, 最尤推定, 資源管理, ヤナギムシガレイ

ヤナギムシガレイ *Tanakius kitaharai* は北海道以南の我が国沿岸域, 朝鮮半島沿岸域, 渤海, 黄海および東シナ海北部に広く分布する。¹⁾ 日本海沿岸域では主に小型および沖合底曳網により漁獲されており, その漁場は山陰西部, 若狭湾から能登半島, 新潟県から山形県周辺に形成されている。本種は主に乾製品として利用されており, とくに若狭湾およびその周辺では「ささがれい」と称され, 底曳網漁業の経営上重要な資源である。若狭湾西部海域における京都府内の小型底曳網漁船による近年のヤナギムシガレイ漁獲量は, 漁獲統計が整理されている1990年以降では, 顕著な増加傾向を示している。すなわち, 1990年から1993年までは約2トンから15トンで推移し, その後は若干の年変動を伴いながら20トン台から40トン台に増加している。

一方, 1980年に行われた当海域の小型底曳網漁業における有用種の投棄量調査では, 市場価値が全くないか, 極めて価値の低い小型のヤナギムシガレイが大量に入網し, 投棄されていることが指摘された。²⁾ この海域

の小型底曳網漁船によるヤナギムシガレイの漁獲は, 6月1日から8月31日までの休漁期間を除く9ヶ月間で認められるが, 全体の約60~90%が9月1日から11月5日までの秋漁期に集中している。ヤナギムシガレイの漁場は主に水深120~160m域に形成されており, 秋漁期の同水深帯はニギス *Glossanodon semifasciatus* の漁場としても利用される。このことから, この時期にヤナギムシガレイを漁獲の対象とした操業には, 同時にニギスを漁獲するために呼称目合が13~14節とかなり小さいコッドエンドの通称「キス網」³⁾が使用されているものと考えられる。すなわち, 現状の漁業では見かけ上の漁獲量は増加しているが, その主体は未成熟な小型個体であり, 資源の有効利用が行われていない可能性がある。底曳網漁業では多くの有用資源でこのような小さな網目による小型魚の混獲と投棄問題が指摘されており, これを回避するための有力な方策のひとつとして, コッドエンドの網目拡大に関する研究が行われてい

* Tel : +81-772-25-3076, Fax : +81-772-25-1532, E-mail : kaiyose2@vega.ocn.ne.jp

Fig. 1. Schematic diagram of beam trawl used in the experiment.

る。⁴⁻⁷⁾ 当海域のヤナギムシガレイおよびニギスの一曳網当り漁獲量は、同一の漁場で操業した場合でも夜間には前者、昼間には後者が卓越する（未発表）。このことから、夜間に使用するコッドエンドをヤナギムシガレイ資源を漁獲するための適正な網目に拡大することは可能と考えられる。

そこで、本研究では調査船の桁曳網の内側に目合の異なる3種類の実験用袋網を取付けて操業し、ヤナギムシガレイの各目合の網目選択性とマスターカーブによる検討を行った。また、府内の小型底曳網漁船で漁獲されている本種の体長組成を明らかにし、コッドエンドの網目を拡大したときにその体長組成がどのように変化するかを検討した。

材料および方法

桁曳網操業 桁曳網による操業は1999年8月6日から2000年8月8日までに、若狭湾西部の水深約100～180mの海域で京都府立海洋センター所属の海洋調査船「平安丸」（183トン）により延べ47曳網が行われた。本研究に使用された桁曳網は桁枠の幅が8.2m、高さが2.4m、網部分は開口の幅約8.5m、高さ約1.7m、網の長さは約27.3mであった（Fig. 1）。網の目合内径（以下、目合と呼ぶ）は天井および側面が網口から順に31.3mm、23.9mmおよび19.4mm、底面が同様に72.4mm、23.9mmおよび19.4mmであった。この網の内側

Table 1. The number of hauls and catch in experimental bags of three mesh openings and cod-end used in the experiment

Nominal mesh size (Fushi)	Mesh opening of experimental bag (mm)	Number of hauls	Catch number of <i>T. kitaharai</i>		
			Experimental bag	Cod-end	Total
9	35.8	16	630	143	773
8	42.9	18	223	258	481
7	49.4	13	256	473	729

に目合の異なる実験用袋網（experimental bag、以下、実験網と呼ぶ）が取付けられた。実験網の目合は35.8mm（呼称目合9節）、42.9mm（同8節）および49.4mm（同7節）の3種類で、網全体の大きさは網口の幅が約5.4m、高さが約1.6m、長さは約10.5mであった。桁曳網の操業は3種類のいずれかの実験網が取付けられて行われた。操業はほぼ等深線に沿って、船速約2ノットで30分間行われた。実験網ごとの操業回数およびヤナギムシガレイの採捕個体数をTable 1に整理した。なお、目合はランダムに15カ所をノギスにより0.1mm単位で測定し、その平均値とした。採捕されたヤナギムシガレイは、実験網内に留まった個体と抜けた個体ごとに体長の測定が行われ、一部の個体については体高が測定された。

カバーネット方式の調査では魚体がコッドエンドの網

目から抜けようとする行動をカバーネットが阻害するいわゆるマスキング効果が課題となる。この場合, カバーネット長をコードエンド長の1.5倍以上にすることにより, マスキング効果はある程度小さくできる。⁴⁻⁶⁾ 本研究では実験網をコードエンド, 実験網を取付けた位置から網全体の最後部までをカバーネットとすれば, それぞれの長さは10.5 m, 17.1 mであり (Fig. 1), カバーネット長はコードエンド長の約1.6倍となる。このことから, 本研究ではマスキング効果の影響は無視できる程度と考えた。

解析方法 同じ大きさの魚が実験網で採捕される確率を P , 採捕されない確率を $1-P$ としたとき, N 個体が入網し, そのうち C 個体の実験網で採捕される確率は次の2項分布で表すことができる。⁸⁾

$$\frac{N!}{(N-C)!C!} P^C (1-P)^{N-C} \quad (1)$$

実際の調査では種々の大きさの個体が入網する。体長 L ($L = L_1, \dots, L_n$) の個体の実験網で採捕される確率を P_L とし, 体長ごとに N_L が入網して, C_L が実験網で採捕されるとすると, その確率は次式のようになる。

$$\prod_{L=L_1}^{L_n} \frac{N_L!}{(N_L-C_L)!C_L!} P_L^{C_L} (1-P_L)^{N_L-C_L} \quad (2)$$

網目選択性曲線を表現するモデルには, 一般的に logistic 曲線および Richards 曲線とがある。前者は選択率 50% を中心に対称型を示し, 後者はパラメータを1つ加えることにより非対称型でも適合できる。⁸⁻¹⁰⁾ logistic および Richards 曲線による網目選択性曲線 $F(L)$ および $G(L)$ は次のように表される。

$$F(L) = \frac{1}{1 + \exp(aL + b)} \quad (3)$$

$$G(L) = \frac{1}{[1 + \exp(aL + b)]^c} \quad (4)$$

50% 選択体長 (l_{50}) および選択レンジ ($SR = l_{75} - l_{25}$) は logistic 曲線では,

$$l_{50} = -\frac{b}{a} \quad (5)$$

$$SR = \frac{-2 \ln 3}{a} \quad (6)$$

Richards 曲線では,

$$l_{50} = \frac{\ln(2^{1/c} - 1) - b}{a} \quad (7)$$

$$SR = \frac{\ln \left\{ \left(\frac{4}{3} \right)^{1/c} - 1 \right\} - \ln \{ 4^{1/c} - 1 \}}{a} \quad (8)$$

で求められる。また, 両曲線の尤度関数は式(3), (4)をそれぞれ式(2)に代入し, その両辺に対数をとると,

$$\ln L(a, b | C_{L_1}, \dots, C_{L_n}, N_{L_1}, \dots, N_{L_n})$$

$$= \sum_{L=L_1}^{L_n} \left[\ln \frac{N_L!}{(N_L-C_L)!C_L!} + C_L \ln F(L) + (N_L-C_L) \ln (1-F(L)) \right] \quad (9)$$

$$\begin{aligned} & \ln L(a, b, c | C_{L_1}, \dots, C_{L_n}, N_{L_1}, \dots, N_{L_n}) \\ &= \sum_{L=L_1}^{L_n} \left[\ln \frac{N_L!}{(N_L-C_L)!C_L!} + C_L \ln G(L) + (N_L-C_L) \ln (1-G(L)) \right] \end{aligned} \quad (10)$$

が導かれる。

桁曳網の操業で得られたデータをもとに, 式(9)および式(10)の対数尤度が最大となるような両モデルのパラメータ a, b および a, b, c を推定した。パラメータはマイクロソフト社エクセルのソルバーを使用し, 共役傾斜法により探索した。¹¹⁾

明確なモデル選択の規準として AIC (Akaike Information Criterion) があり,^{12,13)} 平松^{8,14)} はこの規準を使った網目選択性曲線のモデル決定が有効であることを報告した。本研究では両モデルの AIC を求め, ヤナギムシガレイの各実験網の網目選択性曲線として適当なモデルを選択した。

入網した魚体が網目から抜けるか否かの決定には, 魚体の体胴周長と網目の内周長との相対関係が最も重要な要因となる。¹⁵⁻¹⁷⁾ 体胴周長を網目内周長で標準化した値に対して網目選択率をプロットすることにより, 異なった目合のデータであってもひとつの S 字曲線に当てはめることができる。この曲線はマスターカーブと呼ばれ, 関数にすることで実験できなかった目合の網目選択率の推定が可能である。¹⁷⁾ 体形が扁平なカレイ類では, 体胴周長に代わり体高と目合との相対関係をもとに, マスターカーブが推定されている。¹⁸⁾ そこで, ヤナギムシガレイのマスターカーブを3種類の目合のデータをもとに, 体高を目合で割って標準化した値 (以下, 相対体高と呼ぶ) に対して推定した。マスターカーブは logistic および Richards 曲線モデルにあてはめ, 上述した同様の方法で各パラメータを推定した。なお, 体高の測定は一部の個体であったため, 測定されなかった個体の体高は, 体長と体高の相対成長式を推定し求めた。

小型底曳網の漁獲物調査 若狭湾西部海域で小型底曳網漁船により漁獲されるヤナギムシガレイの代表的な体長組成を明らかにするために, 最も漁獲が多い秋漁期の漁獲物を調査した。調査には1998年10月30日に水深約150 m 域で小型底曳網漁船「白寿丸」(14 トン) の一曳網で漁獲された全てのヤナギムシガレイ 1,529 個体を供した。体長の測定はパンチングにより行い, 体長組成は体長 5 mm 階級ごとに整理した。なお, 調査時には上述した呼称目合 14 節の「キス網」が用いられ, その目合は 20.9 mm であった。

Fig. 2. Relationship between body length and body depth of *T. kitaharai*.

結 果

採捕結果と体長-体高の関係 35.8 mm 目合では 16 回の操業で体長 35 mm から 235 mm までの合計 773 個体が採捕された (Table 1)。42.9 mm および 49.4 mm 目合では、それぞれ 18 回の操業で体長 50 mm から 200 mm までの合計 481 個体、13 回の操業で体長 30 mm から 220 mm までの合計 729 個体が採捕された (Table 1)。採捕された個体の中で体高が測定された 474 個体の測定結果から、体長と体高の関係を Fig. 2 に示した。両者の関係は体長を L (mm)、体高を D (mm) とすると、次式で表すことができた。

$$D = 0.1422 L^{1.1543} \quad (\text{決定係数 } r^2 = 0.977)$$

目合別の網目選択性 各目合の実験網およびコッドエンドで採捕された個体を体長 5 mm 階級ごとに整理し、体長階級ごとの網目選択率を計算した。網目選択率は各体長階級の全採捕個体数に対する実験網で採捕された個体数の割合で求めた。体長に対する網目選択率を目合別に Fig. 3 に示した。Fig. 3 では全ての目合で採捕された体長 200 mm 以下の網目選択率を示した。38.5 mm 目合では、選択率が体長 80 mm 前後から増加し始め、体長 110 mm 前後ではほぼ 100% となった。42.9 mm および 49.4 mm 目合では選択率はそれぞれ体長 100 mm と 120 mm 前後から増加し始め、それぞれ体長 130 mm と 150 mm 前後で 100% に達した。なお、38.5 mm および 49.4 mm 目合で採捕された体長 200 mm 以上の個体の網目選択率は全て 100% であった。

各目合の体長に対する網目選択性曲線を logistic および Richards 曲線モデルで求めたときの各パラメータの最尤推定値と AIC の値を Table 2 に示した。両モデルの AIC 値は全ての目合で Richards 曲線モデルが logistic 曲線モデルよりも小さい値となった。この結果か

Fig. 3. Mesh selectivities for *T. kitaharai* of three mesh openings. Solid circles indicate proportion retained in the experimental bag to the total. Sigmoid curves were expressed as a Richards equation, the parameters of which were estimated by the maximum likelihood method.

ら、本研究では Richards 曲線モデルを選択することとした。Fig. 3 に当モデルによる網目選択性曲線を示した。これらのパラメータ推定値から求めた 50% 選択体長は 38.5 mm 目合では 97.0 mm, 42.9 mm 目合では 112.4 mm および 49.4 mm 目合では 129.6 mm であった (Table 2)。同様に、選択レンジは 38.5 mm 目合で 14.8 mm, 42.9 mm 目合で 11.6 mm および 49.4 mm で 12.5 mm であった (Table 2)。

次に、相対体高を変数としたときのマスターカーブを推定するために、上述した体長と体高の相対成長式から、全ての個体の体高を求め、相対体高 0.05 階級ごとの網目選択率を整理した。マスターカーブを logistic および Richards 曲線モデルで求めたときの各パラメータ

Table 2. Estimated parameters in the two models of mesh selectivity and AIC for the three mesh openings

Parameter	Logistic equation*			Richards equation**		
	Mesh opening (mm)			Mesh opening (mm)		
	35.8	42.9	49.4	35.8	42.9	49.4
<i>a</i>	-0.171	-0.165	-0.162	-0.460	-0.371	-0.251
<i>b</i>	16.061	18.166	20.803	48.764	44.051	33.836
<i>c</i>	—	—	—	0.167	0.284	0.450
Body length of 50% selection	94.2	109.8	128.1	97.0	112.4	129.6
Selection range	12.9	13.3	13.5	14.8	11.6	12.5
Maximum log-likelihood	-18.8	-20.6	-21.6	-14.4	-16.3	-19.7
Number of parameters	2	2	2	3	3	3
AIC	41.6	45.1	47.3	34.8***	38.6***	45.4***

* $F(L) = 1 / \{1 + \exp(aL + b)\}$ ** $G(L) = 1 / \{1 + \exp(aL + b)\}^c$

*** smaller value of AIC between the two models.

Table 3. Estimated parameters in the two models of mesh selectivity as a function of D/M and AIC

Parameter	Logistic equation*	Richards equation**
<i>a</i>	-19.207	-25.515
<i>b</i>	14.691	20.707
<i>c</i>	—	0.543
D/M value of 50% selection	0.76	0.77
Selection range	0.11	0.11
Maximum log-likelihood	-16.8	-14.1
Number of parameters	2	3
AIC	37.7	34.1***

* $F(D/M) = 1 / \{1 + \exp(a(D/M) + b)\}$ ** $G(D/M) = 1 / \{1 + \exp(a(D/M) + b)\}^c$

*** smaller value of AIC between the two models.

の最尤推定値と AIC の値を Table 3 に示した。AIC の値は Richards 曲線モデルで小さい値となっており、当モデルの適合が良いことを示している。Fig. 4 に Richards 曲線モデルによるマスターカーブを示した。網目選択率は相対体高が 0.5 前後から増加し始め、0.9 前後で 100% に達した。これは、目合よりもやや小さい体高を持つ個体が網目を抜けられることを意味する。50% 選択となる相対体高は 0.77、選択レンジは 0.11 であった。

底曳網漁船による漁獲物体長組成 小型底曳網漁船で漁獲されたヤナギムシガレイの体長組成を Fig. 5 に示した。漁獲された魚体の体長は 58 mm から 250 mm の範囲であった。体長組成の中には 100 mm 前後と 130 mm にモードをもつ 2 つの山がみられ、出現頻度は後者の山が高かった。

Fig. 4. Proportions retained in the experimental bag and a master curve of mesh selectivity for *T. kitaharai* in terms of the ratio of body depth to mesh opening. The curve was expressed as a Richards equation. **Fig. 5.** Body length composition for *T. kitaharai* caught by commercial Danish seine with 20.9 mm mesh opening of cod-end.

考 察

東海ら¹⁸⁾はメイタガレイ *Pleuronichthys cornutus* とマコガレイ *Pleuronectes yokohamae* のマスターカーブを示し、両種のマスターカーブは相対体高を変数としたときに両種で一致したことから、体形が扁平なカレイ類では体高によって網目選択性が決定されることを指摘した。メイタガレイとマコガレイの相対体高によるマスターカーブでは、相対体高が 0.6 前後から網目選択率が増加し、1.0 よりやや大きい値で 100% となっている。¹⁸⁾ ヤナギムシガレイでは相対体高が 0.9 前後で網目選択率が 100% となった (Fig. 4)。すなわち、本研究の結果は東海ら¹⁸⁾が示した結果と若干異なった。体胴周長を網目内周長で標準化した事例では、多くの魚種で網目内周長よりやや大きな体胴周長を有する個体が網目から抜けることが報告されている。^{6,7,19)} これは、網目や魚体が柔軟性を持つこと、魚が網目を抜けるときに魚体を動かし、網目を押し広げるることによって考えられている。^{6,7,19)} 本研究の結果がメイタガレイとマコガレイと異なった原因は、ヤナギムシガレイの網目から抜ける行動力もしくは遊泳力が、この 2 種のカレイ類に比べ劣っていた可能性が考えられる。一方、カレイ類は菱目網よりも角目網を抜けにくいことが知られている。^{20,21)} これは、網目の展開が両網で異なり、扁平な体形を有するカレイ類では、一般的に菱目網の展開の方が網目を抜けやすいことを意味している。本研究で使用した実験網は菱目網であったが、操業中の網目の展開が東海ら¹⁸⁾の実験網とは異なった可能性も考えられる。

若狭湾西部海域における「キス網」を使用した現状の漁業では、体長 100 mm および 130 mm 前後にモードをもつ群を主として漁獲していることが明らかとなった (Fig. 5)。当海域のヤナギムシガレイの年齢と成長に関する報告から、²²⁾ 秋漁期に漁獲される体長 100 mm 前後の個体群は 1 歳、体長 130 mm 前後のそれは 2 歳と推察される。本種の成熟年齢は 3~4 歳であり、²³⁾ その体長は概ね 150 mm 以上である。²²⁾ このことから、「キス網」では主として産卵に関与する前の未成熟個体を漁獲しており、現状の漁業は資源の再生産を考えると決して良好な状況とはいえない。さらに、体長 100 mm 以下の小型個体は商品価値を有しないことから、市場には出荷されずに船上から海中に投棄される。²⁾ このことは、資源を有効に利用する点でも大きな課題である。

そこで、小型底曳網のコッドエンドの目合を拡大することにより、小型の未成熟個体がどの程度保護できるのかを検討する。ここでは、20.9 mm 目合の「キス網」のコッドエンドを本研究で行った 35.8 mm、42.9 mm および 49.4 mm 目合にしたときに、現状の体長組成がどう変化するかを考える。なお、漁場内に分布するヤナ

ギムシガレイの体長組成は 1998 年 10 月の調査時と同様かつ一定と仮定する。3 種類の目合の網目選択性曲線から体長ごとの網目選択率を求め、その値を「キス網」で漁獲された体長組成 (Fig. 5) の各階級の個体数に乘じ、予想される漁獲個体数を計算した。計算は体長 200 mm 未満について行った。その結果を Fig. 6 に示した。35.8 mm 目合では、体長 80 mm 未満の個体の出現が減少し、体長 100 mm 前後の個体の採捕が約半数となる。42.9 mm 目合では体長 100 mm 未満の個体はほとんど出現せず、体長 110 mm 前後の個体が約半数となる。35.8 mm および 42.9 mm 目合では体長 100 mm 未満の個体の出現はかなり減少するが、全体的な採捕の主体は体長 130 mm 前後の個体であり、この点は 20.9 mm 目合と同様である。49.4 mm 目合にしたときには、体長

Fig. 6. Estimated body length compositions for *T. kitaharai* when three different mesh openings of cod-end were used, based on the parameters of mesh selectivity curves in Table 2 and body length composition caught by the current fishery in Fig. 5. Solid and open columns indicate estimated number of catches and escapes through the mesh, respectively.

100 mm 以下の個体は全く出現せず, 体長 130 mm の個体が約半数となる。20.9 mm, 35.8 mm および 42.9 mm 目合での体長組成全体のモードが 130 mm であったのに対して, 49.4 mm 目合ではそのモードが約 10 mm 大きい方にシフトして体長 140 mm となる。

商品価値を有しない体長 100 mm 以下の小型個体の間引きを解消するには, 上述の結果から 42.9 mm よりも大きな目合に拡大することが妥当と考えられる。さらに, 未成熟でありながら漁獲の主体となっている体長 130 mm 前後の個体を管理対象とするには, 少なくとも 49.4 mm よりも大きい目合にする必要があると考える。体長 130 mm の個体を全て網目から逃避させるための目合は, 体長と体高の相対成長式とマスターカーブ (Fig. 4) から推定することができる。すなわち, 体高は 39.2 mm と計算され, 網目選択率は相対体高が約 0.5 で 0% となることから, その目合は約 78 mm と推定される。網目拡大によるヤナギムシガレイの資源管理では, どのサイズを管理の対象とするのかによって, 本研究で明らかとなった網目選択性をもとに適正な目合を決定することが可能と考える。

謝 辞

本研究をまとめるに当りご助言をいただくとともに, 原稿のご高閲を賜った東京水産大学海洋生産学科教授東海 正博士に厚くお礼申し上げます。また, 終始ご指導をいただいた京都府立海洋センター所長桑原昭彦博士, 同海洋調査部長宗清正廣博士に感謝の意を表します。桁曳網の試験操業では同所属海洋調査船「平安丸」の乗組員の方々に大変お世話になった。また, 舞鶴漁業協同組合所属の底曳網漁業者の方々には調査に快くご協力いただいた。併せて厚くお礼申し上げます。本論文は京都府立海洋センター業績 No. 136 である。

文 献

- 山田梅芳. ヤナギムシガレイ. 「東シナ海・黄海のさかな」水産庁西海区水産研究所, 長崎, 1986; 394-395.
- 北沢博夫, 大阿久俊郎. 若狭湾における小型底びき網漁業の投棄魚について. 日水誌 1982; **48**: 1089-1093.
- 山崎 淳, 福田 智, 戸嶋 孝. 底曳網曳網中の網の高さ. 京都海セ研報 1994; **17**: 10-17.
- 青山恒雄. 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. 西水研研報 1961; **23**: 1-63.
- 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. 南西水研研報 1993; **26**: 31-106.
- 西川哲也, 反田 實, 長浜達章, 東海 正. 大阪湾の小型底曳網におけるマアナゴの網目選択性. 日水誌 1994; **60**: 735-739.
- 松下吉樹, 井上喜洋. スケトウダラ *Tharagra chalcopramma* の体型による角目網コッドエンドの漁獲選択性の変化. 日水誌 1997; **63**: 23-29.
- 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. 遠洋水研研報 1992; **29**: 57-114.
- Millar RB. Incorporation of between-haul variation using bootstrapping and nonparametric estimation of selection curves. *Fish. Bull.* 1993; **91**: 564-572.
- 大本茂之, 東海 正, 反田 実, 西川哲也, 松田 皎. 角目袋網と菱目袋網の選択曲線の AIC による比較. 日水誌 1998; **64**: 447-452.
- 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.
- 坂元慶行, 石黒真木夫, 北川源四郎. 「情報量統計学」共立出版, 東京, 1983.
- 山田作太郎, 北田修一. 「生物資源統計学」成山堂書店, 東京, 1999.
- 平松一彦. 水産資源学における最尤法と AIC の適応例. 「水産資源学と統計モデル」(松宮義晴編) 恒星社厚生閣, 東京, 1993; 9-21.
- Margetts AR. The length-girth relationships in whiting and cod and their application to mesh selection. *J. Cons. Int. Explor.* 1957; **23**: 64-71.
- 藤石昭生. 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. 水大研報 1973; **22**: 1-28.
- 東海 正. 底曳網の網目選択性曲線の決定法とその資源管理への応用. 日水誌 1998; **64**: 597-600.
- 東海 正, 伊東 弘, 正木康昭, 上城義信, 横松芳治. 小型底びき網 (手繰第 2 種, エビ漕ぎ網) のカレイ類に対する網目選択性. 南西水研研報 1989; **22**: 35-46.
- 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.
- Fonteyne R, M'Rabet R. Selectivity experiments on sole with diamond and square mesh codends in the Belgian coastal beam trawl fishery. *Fish. Res.* 1992; **13**: 221-233.
- 梁 振林, 堀川博史, 時村宗春, 東海 正. 底曳網の網目選択性に及ぼす魚体横断面形状の影響. 日水誌 1999; **65**: 441-447.
- Yabuki K. Age determination of yanagimushigarei *Tanakius kitaharai* (Pleuronectidae) from otoliths in the sea of Japan off Kyoto Prefecture. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1989; **55**: 1331-1338.
- 八吹圭三. 若狭湾西部海域におけるヤナギムシガレイの成長について. 修士論文, 京都大学農学研究科, 京都, 1984.