

# SPR, YPR解析による糸島地先におけるシロギス資源管理

佐野 二郎  
 (研究部)

Fisheries management by spawning per recruit analysis and yield per recruit analysis  
 for *Sillago japonica* around the coastal waters of Itoshima area

Jiro SANO  
 (Research Department)

シロギス *Sillago japonica* は筑前海の主要魚種の1つであり、1そうごち網、きす流しさし網、小型底びき網の3漁業種で主に漁獲されている。近年、漁獲量は減少傾向にあり、その傾向は糸島地区において顕著である。糸島地区におけるシロギスへの依存度は他地区に比べ高く、地区全体の漁業の安定・発展のため、シロギス資源の回復を積極的に図っていく必要がある。

また、シロギスは、本県が属する九州西ブロックにおける資源回復計画候補魚種の1つであることから、近年の資源や漁獲の状況を把握しておく必要もある。

今回は、時期別のシロギス Age-length-key を作成し年齢別漁獲尾数を求めVPAを用いて漁獲係数(F)と資源尾数(N)を推定し、SPR及びYPR解析により資源の評価を行うことを目的とした。

また、小型エビ類の資源管理を目的とする小型底びき網コッドエンドの目合い拡大手法によるシロギスへの資源管理効果についての検討も行った。

## 材料及び方法

### 1. シロギス資源診断

2002年5月~'03年10月にかけて、1そうごち網、きす流しさし網、小型底びき網の3漁業種で漁獲されたシロギスの全長を加布里漁港及び野北漁港において測定した。測定したデータより月別漁業種類別に9~33cmの25区間の全長組成頻度を求め、MS-Excelアドインツール Solver を用いて0~5歳までの6年級に年齢組成分解を行った。

モデルシート及び本文中で用いる記号の意味は以下のとおりである。

$p_i$  ……年齢  $i$  の年齢組成 (推定するパラメータ)  
 $m_i$  ……年齢  $i$  の平均全長 (推定するパラメータ)  
 $\sigma_i$  ……年齢  $i$  の標準偏差 (推定するパラメータ)  
 $N_x$  ……階級  $x$  の標本数  
 $g(x)$  ……階級  $x$  の混合正規分布確率密度  
 $f_i(x)$  ……階級  $x$  における年齢  $i$  の正規分布確率密度  
 $C(x)$  ……階級  $x$  における全長度数分布  
 $d^2(x)$  ……階級  $x$  における  $f_i(x)$  と  $C_x$  の残差平方  
 $K_i(x)$  ……階級  $x$  における  $i$  年級の Age-Length-Key  
 $R_i$  ……  $i$  年級の年齢組成  
 $W_m$  ……  $m$  月のシロギス漁獲量  
 $W_{mi}$  ……  $m$  月における  $i$  歳の体重  
 $N_{mi}$  ……  $m$  月における  $i$  歳の測定尾数  
 $N_{mt}$  ……  $m$  月における推定漁獲尾数

目的関数は最小2乗法による論理値と実際値の残差平方和とし、目的セルを最小にする各年級の期待値( $m_i$ )、標準偏差( $\sigma_i$ )、正規分布割合( $p_i$ )を変化させるセルとして設定した。制約条件は次のとおりである。

- ①  $m \geq 0, \sigma \geq 0, p \geq 0$
- ②  $m_{n+1} - m_n \leq m_n - m_{n-1}$
- ③  $\sigma_n \leq \sigma_{n+1}$

Solver による適正解探索は2次式による共役傾斜法を用い、反復回数を200回、精度を $10^{-5}$ として行った。

適正解収束後、次式により各全長区間別の年齢組成を求め、Age-Length-Key及び各年齢組成を求めた。

$$K_i(x) = \frac{f_i(x)}{\sum_{i=0}^5 f_i(x)} \quad 1 \text{ 式}$$

$$R_i = \sum_{x=9}^{33} K_i(x) \times C(x) \Big/ \sum_{i=0}^5 \sum_{x=9}^{33} K_i(x) \quad 2 \text{ 式}$$

求めた年齢組成から次式により引き延ばしを行うことにより、月別漁業種類別年齢別漁獲尾数を推定した。月別漁業種類別漁獲量は、'93~'00年については農林統計を用い、'01~'02年の2カ年については糸島地区の市場仕切書電算処理データを集計することにより求めた数値を使用した。

$$N_{mt} = W_m / \left( \sum_{n=0}^5 R_i \times W_{mi} \right) \quad 3 \text{ 式}$$

次に'93~'02年の各漁業種類別の月別漁業種類別年齢別漁獲尾数の総和を求め、VPAにより漁獲係数(F)と資源尾数(N)の推定を行った。

VPAはPopeの近似式を適用し、5歳以上を5+とし、+グループを考慮した次式<sup>1)</sup>により行った。

また、Mは寿命を7歳とし、田内、田中の手法<sup>2)</sup>により0.357とした。

$$\begin{aligned} Na,y &= Na+1,y+1 \exp(M) + Ca,y \exp(0.5M) \\ Fa,y &= -1 \ln(1 - Ca,y \times \exp(0.5M)) / Na,y \\ F_{2002} &= \text{avg}(F_{1999}; F_{2001}) \\ Fa+,y &= Fa-1 \\ Fa+,y &= Ca+,y / Ca-1,y \times Na-1,y \\ Na-1,y &= Na-1,y / (Ca+,y + Ca-1,y) \times Na+,y+1 \\ &\quad \exp(M) + Ca-1,y \times \exp(0.5M) \end{aligned}$$

以上の式を用い、ターミナルFの推定をMS-Excelアドインツール Solver を用いて行った。Solver 目的セルの論理式は  $Fa+,y / Fa+,y+1$  とし、目的値を1に設定した。

次にSPR、及びYPR解析に必要な Bertalanffy 成長式を求めるため、年齢組成分解の結果得られた各年齢の期待値と Bertalanffy 論理値を用い、Solver 最小2乗法によるパラメータ推定を行った。求められたパラメータを次式に代入しSPR曲線、YPR曲線を推定した。

$$\begin{aligned} SPR &= \sum_{t=t_m}^{t_{\max}} \exp \{ -(F+M)(t-t_r) \} \times W_t \\ YPR &= FW_{\infty} \exp \{ -M(t_c-t_r) \} \times \sum_{n=0}^3 \Omega_n \exp \\ &\quad \{ -nK(t_c-t_0) \} \times \{ 1 - \exp(-(F+M+nK)(t_c-t_r)) \} / (F+M+nK) \end{aligned}$$

それぞれの式に用いたパラメータは次のとおりである。

- $t_{\max}$  (最高年齢)…… 7
- $t_m$  (成熟年齢)…… 1
- $t_r$  (加入年齢)…… 0
- $W_t$  (t歳時の体重)…… Bertalanffy 成長式より推定

- $t_c$  (漁獲開始年齢)…… 0.25
- $K$  (Bertalanffy成長式パラメータ)…… 0.2289123
- $t_0$  (Bertalanffy成長式パラメータ)…… -1.127263
- $t_d$  (寿命)…… 7
- $\Omega_0$  …… 1
- $\Omega_1$  …… -3
- $\Omega_2$  …… 3
- $\Omega_3$  …… -1

## 2. 小型底びき網の目合い拡大効果調査

小型底びき網魚捕り部の目合い拡大による資源管理効果を検討するため、10節、12節、14節のコッドエンドに20節のカバーネットを被せた試験網による網目選択性試験を実施した。試験は、シロギス当歳魚が小型底びき網で漁獲され始める9月下旬に糸島地先海域で実施した。カバーネットの長さはマスキング効果の影響を最小限にするため、コッドエンドの長さの1.5倍<sup>3)</sup>とした。試験操業は各目合いとも曳網時間30分、曳網速度約2ノットで行い、それぞれ2回実施した。

試験終了後、カバーネットとコッドエンドそれぞれに入網したシロギスの全長を測定し、全長1cm階級ごとに全長組成を整理した。

得られた各目合いごとの全長組成をもとにMS-Excelを利用した網目選択性モデルシート<sup>4)</sup>を用い、Logistic式による網目選択性曲線の推定を行った。

試験により得られる全長階級別の網目選択率は次式で表される。

$$\text{網目選択率} = \frac{\text{コッドエンド内での漁獲尾数}}{\text{カバーネットとコッドエンド内での漁獲尾数}}$$

この実際に得られた網目選択率と Logistic 式で求めた論理値を全階級で最もあてはまりが良くなる Logistic 式パラメータを2項分布確率モデルを用いた最尤法により推定した。

次に任意の網目選択性曲線より求めた12節、14節それぞれの全長階級における網目選択率を  $R_{12}(x)$ 、 $R_{14}(x)$  とすると、12節に目合い拡大したときの0歳魚全長組成式は次のようになる。

$$f_{014 \rightarrow 12}(x) = R_{12}(x) / R_{14}(x) \times f_0(x)$$

$\sum f_0(x)$  と  $\sum f_{014 \rightarrow 12}(x)$  の比を求めることによりFの削減率を推定した。

表1 月別シロギス全長組成

全長 (cm)	月別測定尾数					
	5月	6月	7月	8月	9月	10月
9	0	0	2	0	0	0
10	0	2	40	1	0	0
11	3	4	91	0	0	0
12	11	14	120	5	2	13
13	2	17	103	7	8	26
14	3	11	105	15	20	12
15	6	7	80	20	43	4
16	1	9	54	19	32	2
17	16	13	34	23	26	1
18	35	54	26	26	19	1
19	104	114	41	46	14	10
20	90	149	92	43	14	22
21	55	188	146	37	28	32
22	46	120	123	13	21	21
23	13	65	45	9	30	13
24	10	41	32	1	13	8
25	5	28	8	0	8	1
26	2	19	8	0	2	1
27	1	5	0	0	6	0
28	1	4	3	0	0	0
29	2	0	0	0	2	0
30	0	0	0	0	0	1
31	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0
計	406	864	1,153	265	288	168

## 結果

## 1. シロギス資源診断

表1に示す各月におけるシロギスの全長組成をもとにMS-Excelアドインツール Solverを用いて分解した各月の年齢組成を図1に示した。各月ともヒストグラムと混合正規分布の形状は近似しており、各年齢への分解は適正と考えられた。

次に各年齢に分解したときの Age-Length-Key を求め(表2)、漁業種類別の全長頻度を乗じて求めた漁業種類別月別年齢組成を表3に示した。3漁業種類とも3歳までの漁獲でほぼ100%を占めており、そのうち1歳ごち網は1歳魚の漁獲が、きす流しさし網では2歳魚の漁獲が突出していた。また、小型底びき網では10月以降当歳群を多く漁獲しており、小型底びき網がシロギスの漁獲開始年齢を引き下げる要因となっていた。

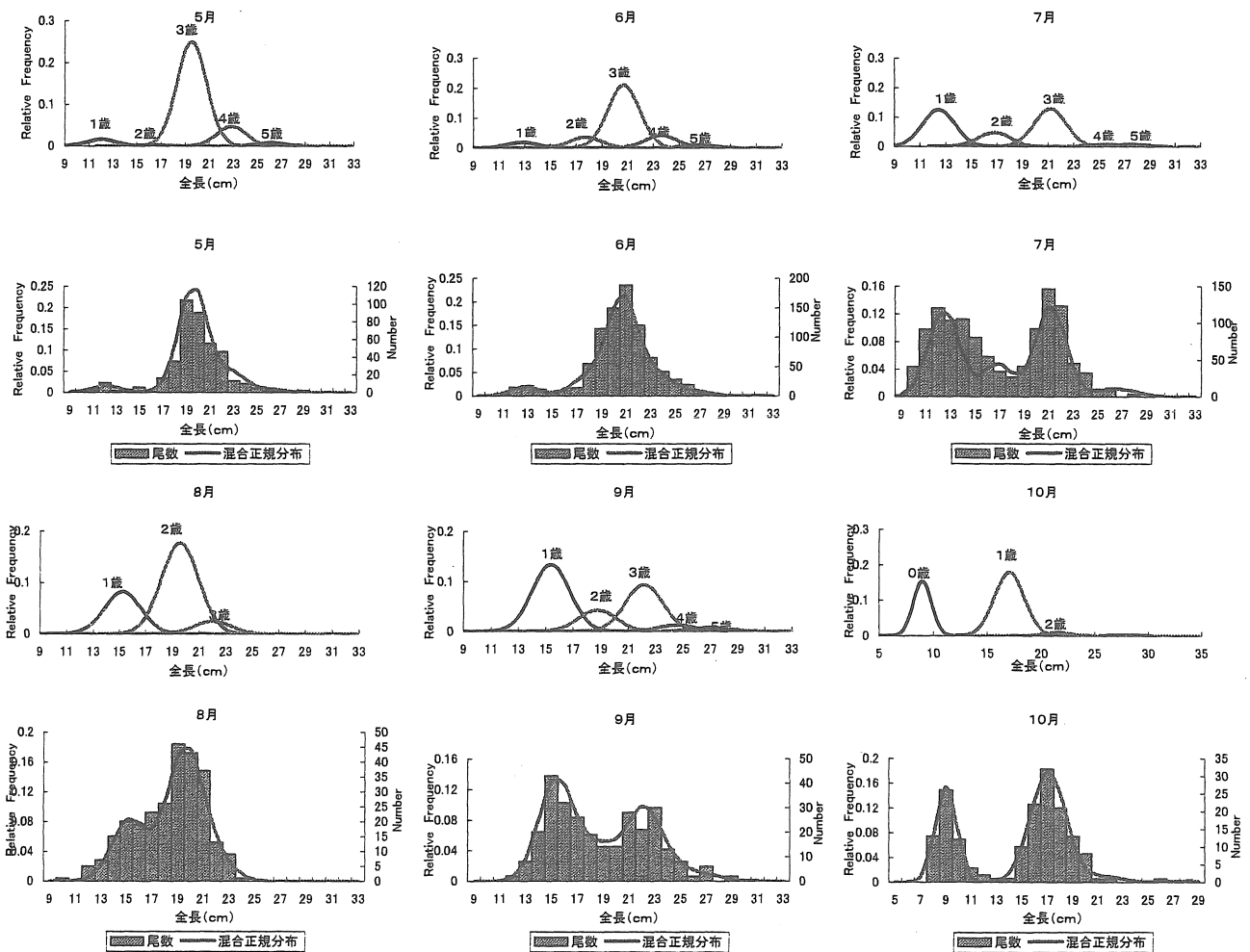


図1 月別年齢組成

表2 月別Age-Length-Key

5月							6月						
全長 (c m)	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	全長 (c m)	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳
9	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		9	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
10	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		10	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
11	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%		11	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
12	99.96%	0.04%	0.00%	0.00%	0.00%		12	99.99%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%	
13	99.40%	0.60%	0.00%	0.00%	0.00%		13	99.86%	0.14%	0.00%	0.00%	0.00%	
14	91.48%	8.36%	0.16%	0.00%	0.00%		14	96.80%	3.20%	0.00%	0.00%	0.00%	
15	38.12%	52.66%	9.22%	0.00%	0.00%		15	56.64%	43.27%	0.09%	0.00%	0.00%	
16	1.83%	38.21%	59.96%	0.00%	0.00%		16	5.29%	93.40%	1.31%	0.00%	0.00%	
17	0.02%	6.64%	93.34%	0.00%	0.00%		17	0.22%	91.38%	8.39%	0.00%	0.00%	
18	0.00%	0.79%	99.20%	0.02%	0.00%		18	0.01%	62.40%	37.59%	0.00%	0.00%	
19	0.00%	0.09%	99.77%	0.15%	0.00%		19	0.00%	20.19%	79.77%	0.04%	0.00%	
20	0.00%	0.01%	98.69%	1.30%	0.00%		20	0.00%	3.70%	95.96%	0.34%	0.00%	
21	0.00%	0.00%	89.46%	10.54%	0.00%		21	0.00%	0.57%	97.18%	2.25%	0.00%	
22	0.00%	0.00%	48.64%	51.33%	0.03%		22	0.00%	0.08%	86.73%	13.18%	0.01%	
23	0.00%	0.00%	9.51%	89.94%	0.54%		23	0.00%	0.01%	49.96%	49.80%	0.23%	
24	0.00%	0.00%	1.11%	93.83%	5.06%		24	0.00%	0.00%	12.92%	84.48%	2.60%	
25	0.00%	0.00%	0.09%	67.36%	32.55%		25	0.00%	0.00%	1.90%	81.60%	16.50%	
26	0.00%	0.00%	0.00%	18.76%	81.24%		26	0.00%	0.00%	0.15%	42.92%	56.93%	
27	0.00%	0.00%	0.00%	2.51%	97.49%		27	0.00%	0.00%	0.01%	10.31%	89.69%	
28	0.00%	0.00%	0.00%	0.29%	99.71%		28	0.00%	0.00%	0.00%	1.72%	98.28%	
29	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	99.97%		29	0.00%	0.00%	0.00%	0.27%	99.73%	
30	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		30	0.00%	0.00%	0.00%	0.04%	99.96%	
31	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		31	0.00%	0.00%	0.00%	0.01%	99.99%	
32	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		32	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	
33	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%		33	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	

7月							8月						
全長 (c m)	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	全長 (c m)	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳
9		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
10		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
11		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	11		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
12		99.98%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	12		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
13		99.61%	0.39%	0.00%	0.00%	0.00%	13		99.99%	0.01%	0.00%	0.00%	0.00%
14		93.96%	6.04%	0.00%	0.00%	0.00%	14		99.88%	0.12%	0.00%	0.00%	0.00%
15		48.96%	51.04%	0.00%	0.00%	0.00%	15		98.91%	1.09%	0.00%	0.00%	0.00%
16		5.58%	94.36%	0.06%	0.00%	0.00%	16		91.02%	8.98%	0.00%	0.00%	0.00%
17		0.36%	98.59%	1.05%	0.00%	0.00%	17		52.98%	46.97%	0.05%	0.00%	0.00%
18		0.02%	85.22%	14.76%	0.00%	0.00%	18		11.11%	88.53%	0.36%	0.00%	0.00%
19		0.00%	26.24%	73.76%	0.00%	0.00%	19		1.36%	97.25%	1.39%	0.00%	0.00%
20		0.00%	2.14%	97.85%	0.00%	0.00%	20		0.15%	95.02%	4.83%	0.00%	0.00%
21		0.00%	0.13%	99.86%	0.01%	0.00%	21		0.01%	84.68%	15.30%	0.00%	0.00%
22		0.00%	0.01%	99.84%	0.15%	0.00%	22		0.00%	60.88%	39.12%	0.00%	0.00%
23		0.00%	0.00%	97.57%	2.41%	0.03%	23		0.00%	30.44%	69.56%	0.00%	0.00%
24		0.00%	0.00%	70.83%	28.06%	1.11%	24		0.00%	10.96%	89.04%	0.00%	0.00%
25		0.00%	0.00%	12.10%	76.95%	10.95%	25		0.00%	3.35%	96.65%	0.00%	0.00%
26		0.00%	0.00%	0.64%	65.75%	33.61%	26		0.00%	0.96%	99.04%	0.00%	0.00%
27		0.00%	0.00%	0.02%	35.25%	64.73%	27		0.00%	0.27%	99.73%	0.00%	0.00%
28		0.00%	0.00%	0.00%	13.16%	86.84%	28		0.00%	0.08%	99.92%	0.00%	0.00%
29		0.00%	0.00%	0.00%	4.05%	95.95%	29		0.00%	0.02%	99.98%	0.00%	0.00%
30		0.00%	0.00%	0.00%	1.16%	98.84%	30		0.00%	0.01%	99.99%	0.00%	0.00%
31		0.00%	0.00%	0.00%	0.33%	99.67%	31		0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%
32		0.00%	0.00%	0.00%	0.09%	99.91%	32		0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%
33		0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	99.97%	33		0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%

9月							10月						
全長 (c m)	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	全長 (c m)	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳
9		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
10		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
11		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	7		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
12		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	8		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
13		99.98%	0.02%	0.00%	0.00%	0.00%	9		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
14		99.87%	0.13%	0.00%	0.00%	0.00%	10		100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
15		99.24%	0.76%	0.00%	0.00%	0.00%	11		99.85%	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%
16		95.56%	4.43%	0.00%	0.00%	0.00%	12		56.03%	43.97%	0.00%	0.00%	0.00%
17		78.04%	21.86%	0.09%	0.00%	0.00%	13		0.10%	99.90%	0.00%	0.00%	0.00%
18		36.55%	61.83%	1.62%	0.00%	0.00%	14		0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
19		7.79%	79.62%	12.58%	0.01%	0.00%	15		0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
20		0.82%	50.71%	48.38%	0.08%	0.00%	16		0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
21		0.04%	14.71%	84.73%	0.52%	0.00%	17		0.00%	99.98%	0.02%	0.00%	0.00%
22		0.00%	2.73%	95.11%	2.15%	0.01%	18		0.00%	99.77%	0.23%	0.00%	0.00%
23		0.00%	0.44%	91.85%	7.59%	0.12%	19		0.00%	97.66%	2.34%	0.00%	0.00%
24		0.00%	0.06%	75.73%	22.93%	1.27%	20		0.00%	80.35%	19.65%	0.00%	0.00%
25		0.00%	0.01%	42.83%	47.50%	9.66%	21		0.00%	28.59%	71.41%	0.00%	0.00%
26		0.00%	0.00%	12.36%	50.21%	37.40%	22		0.00%	3.77%	96.22%	0.00%	0.00%
27		0.00%	0.00%	1.77%	26.28%	71.71%	23		0.00%	0.38%	99.52%	0.00%	0.10%
28		0.00%	0.00%	0.16%	8.98%	89.74%	24		0.00%	0.04%	97.66%	0.00%	2.30%
29		0.00%	0.00%	0.01%	2.55%	93.19%	25		0.00%	0.00%	63.84%	0.00%	36.15%
30		0.00%	0.00%	0.00%	0.63%	85.14%	26		0.00%	0.00%	6.84%	0.00%	93.16%
31		0.00%	0.00%	0.00%	0.13%	61.96%	27		0.00%	0.00%	0.30%	0.00%	99.70%
32		0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	30.85%	28		0.00%	0.00%	0.01%	0.00%	99.99%
33		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.86%	29		0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%

表3 漁業種類別月別年齢組成

1 そうごち網						
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳
5月	21.54%	5.38%	48.33%	19.10%	5.65%	0.00%
6月	2.70%	6.57%	56.60%	27.35%	6.78%	0.00%
7月	44.67%	21.61%	29.30%	3.37%	1.05%	
8月	31.34%	50.15%	18.51%	0.00%	0.00%	
9月	44.80%	24.82%	25.15%	3.11%	2.11%	
10月	44.80%	24.82%	25.15%	3.11%	2.11%	
11月	44.80%	24.82%	25.15%	3.11%	2.11%	
12月	44.80%	24.82%	25.15%	3.11%	2.11%	

キス流し刺し網						
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳
5月	0.00%	0.03%	70.90%	26.09%	2.97%	0.00%
6月	0.00%	3.09%	71.03%	20.11%	5.77%	0.00%
7月		0.01%	3.54%	87.42%	6.84%	2.19%
8月		1.17%	90.24%	8.59%	0.00%	0.00%
9月		1.17%	90.24%	8.59%	0.00%	0.00%
10月		1.17%	90.24%	8.59%	0.00%	0.00%
11月		1.17%	90.24%	8.59%	0.00%	0.00%
12月		1.17%	90.24%	8.59%	0.00%	0.00%

小型底びき網						
	0歳	1歳	2歳	3歳	4歳	5歳
5月	42.85%	57.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
6月	42.85%	57.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
7月		32.02%	37.38%	23.74%	5.62%	1.24%
8月		28.09%	54.00%	17.91%	0.00%	0.00%
9月		28.74%	9.36%	42.88%	11.48%	7.30%
10月	33.40%	63.85%	2.19%	0.00%	0.55%	0.00%
11月	33.40%	63.85%	2.19%	0.00%	0.55%	0.00%
12月	33.40%	63.85%	2.19%	0.00%	0.55%	0.00%

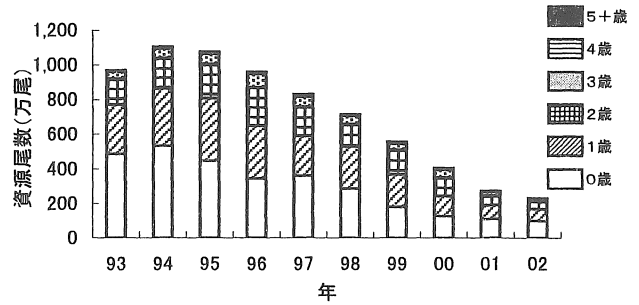


図4 年齢別資源尾数の推移

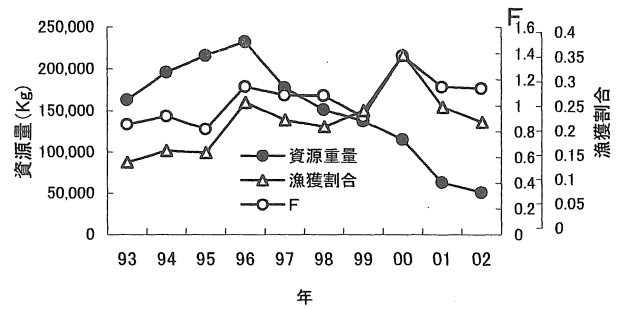


図5 F, N, 漁獲割合の推移

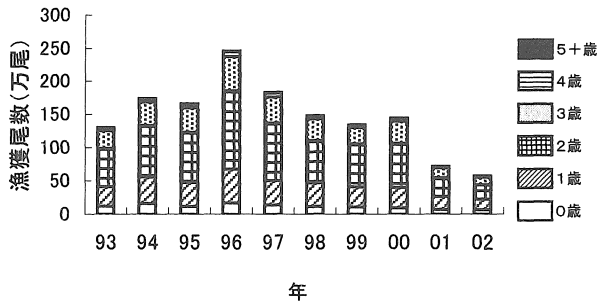


図2 年齢別漁獲尾数の推移

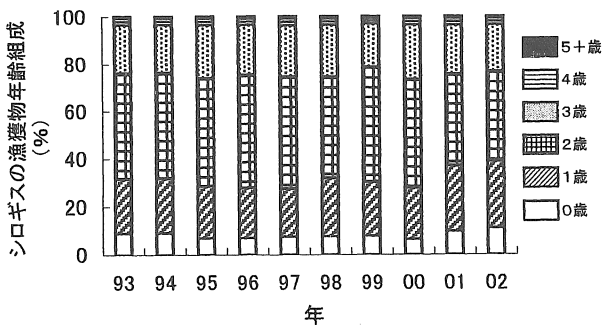


図3 年齢別漁獲割合の推移

月別漁業種類別漁獲量と測定重量の比を年齢組成に乗じることにより月別年齢別漁獲尾数を計算し、5～12月の和を求め'93～'02年の年齢別漁獲尾数を推定し図2に示した。また、各年齢の漁獲尾数と総漁獲尾数の比を求め、その推移を図3に示した。

漁獲尾数は'96年に約250万尾とピークに達しその後'00

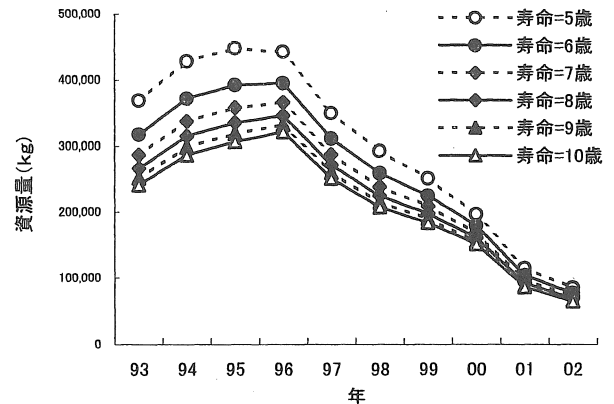


図6 Mの感度解析

年に僅かな増加が見られたものの減少傾向にある。年齢組成には大きな変化は見られていないものの、近年0～1歳の若齢魚漁獲割合が増加する傾向が見られた。

図4にVPAにより推定した資源尾数(N)の推移を、図5に各年齢の平均漁獲係数(F)、資源量(重量)、漁獲割合の推移を示した。

また、Mの値による影響を見るため、シロギスの寿命を5歳から10歳まで動かしたときの資源尾数の変動による感度解析を行った(図6)。感度解析の結果、近年ではMの値が変化しても資源尾数に大きな差は見られず、VPAで推定したF及びNの信頼性が確認された。

資源尾数は'94年に約1100万尾とピークに達した後減少傾向にある。重量で見た資源量は資源尾数のピークの

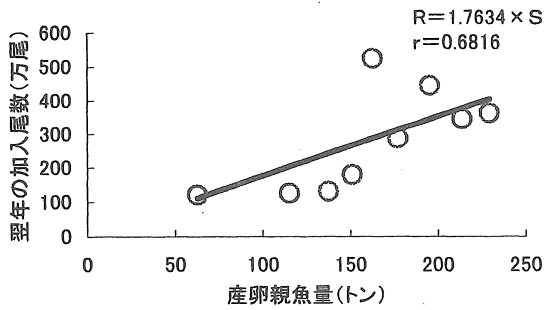


図7 産卵親魚量と加入量の関係

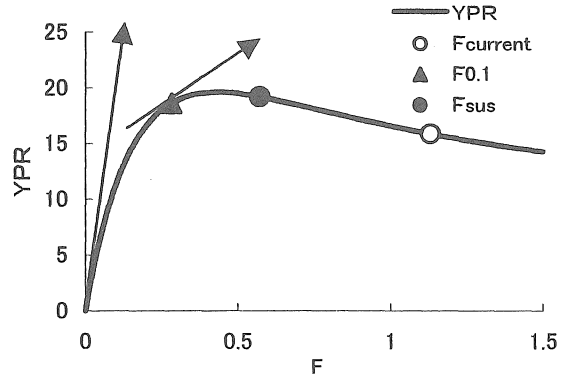


図9 Y P R 曲線

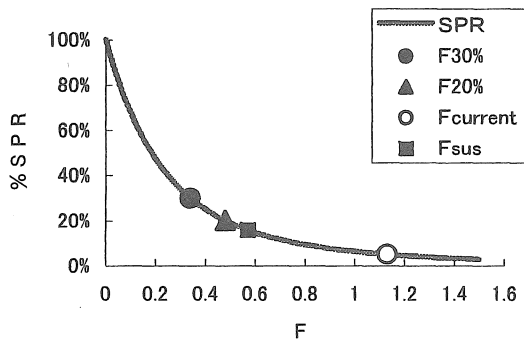


図8 S P R 曲線

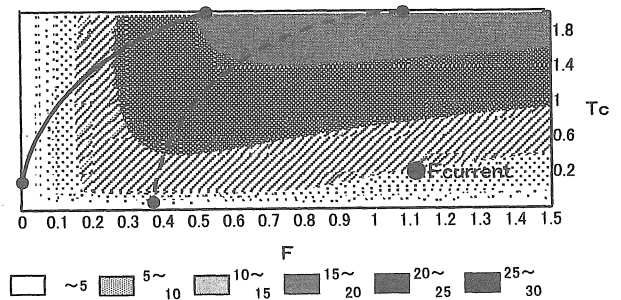


図10 Y P R 等量線図

2年後に最高値を示し、その後は減少傾向を示している。平均漁獲係数は'99年まで1.0前後で推移していたが、'00年に1.38と大きくなり、'02年度は再び1.1前後に下がっている。漁獲割合もFと同様の推移を示し、Fが非常に大きくなった'00年に35%まで上昇し、その後20%程度まで減少していた。

図7に産卵親魚量(S)と翌年の加入量(R)の関係(RPS)を示した。またSとRの関係を原点を通る直線の回帰式で求めると、 $R=1.7634 \times S$ の関係が見られた。このSとRの関係をもとに将来シミュレーションを行い、一定年の後に現状資源量を回復させるF(Fsus)を推定した。資源量回復の目標年を10年後に設定し、各年齢とも均一に削減する条件の下その削減率をSolverにより推定した結果、 $F_{sus}=0.587$ となった。

図8に横軸にFをとったときの%SPRの変化を示した。20%Fは0.49とFcurrentの約43%であった。

図9に横軸にFをとったときのYPRの変化を示した。YPR曲線をY(F)としたとき、その微分関数はY'(F)で表される。Y'(F)=Y'(0)/10となるFの値(F0.1)を求めると $F_{0.1}=0.28$ となりFcurrentの約25%であった。

次にFとTcを変化させたときのYPR等量線及びAA'曲線、BB'曲線を図10に示した。AA'曲線はあるFに対して最大のYを与えるTcを、BB'曲線はあるTc

に対して最大のYを与えるFを示すものである。

AA'曲線、BB'曲線ともFcurrentの左上に位置しておりF過大、Tc過小と評価された。

## 2. 小型底びき網の目合い拡大効果調査

表4に小型底びき網コッドエンドの目合い別に漁獲されたシロギス全長別頻度及び網目選択率を示した。この網目選択率に最もあてはまりの良い論理値を与える任意のシロギス網目選択性Logistic曲線を次式及び図11に示した。

$$R(L, m) = 1 / \{ 1 + \exp(a - b \times (L - L_0) / (m - m_0)) \}$$

L …… シロギス全長 (cm)

m …… コッドエンドの目合い (mm)

a, b, L<sub>0</sub>, m<sub>0</sub> …… パラメータ

任意の網目選択性Logistic曲線より12節、14節それぞれの網目選択率曲線を求め、当歳魚の全長組成とともに図12に示した。当歳魚のうち10~12月は14節、12節とも網目選択性曲線と全長組成曲線の重なりが見られるが、5月では重なりが見られなかった。図13に現在の当歳魚全長組成と12節に目合いを拡大したときの推定全長組成を示した。10~12月では全長組成モードがやや右側にずれるとともに、漁獲される割合が54.1%に減少した。5月では両曲線が重なり漁獲される割合は同じであった。

表4 カバーネット試験におけるシロギス全長組成

全長 (mm)	14節				12節				10節			
	cod end	covernet	total	選択率	cod end	covernet	total	選択率	cod end	covernet	total	選択率
65	0	0	0		0	1	1	0.0%	0	0	0	—
70	0	0	0	100.0%	0	2	2	0.0%	0	1	1	0.0%
75	2	0	2	88.9%	0	1	1	0.0%	1	1	2	50.0%
80	4	0	4	90.0%	0	1	1	0.0%	1	0	1	100.0%
85	6	1	7	90.3%	1	0	1	100.0%	1	1	2	50.0%
90	7	0	7	93.8%	2	1	3	66.7%	0	2	2	0.0%
95	6	0	6	96.2%	2	2	4	50.0%	0	3	3	0.0%
100	4	0	4	97.1%	1	2	3	33.3%	0	2	2	0.0%
105	2	0	2	90.5%	1	1	2	50.0%	0	1	1	0.0%
110	1	0	2	78.6%	2	0	2	100.0%	0	0	0	—
115	1	0	1	75.0%	1	0	1	100.0%	0	0	0	—
120	0	0	1	80.0%	1	0	1	100.0%	0	0	0	—
125	1	0	1	100.0%	1	0	1	100.0%	0	0	0	—
130	1	0	1	100.0%	1	0	1	100.0%	0	0	0	—
135	2	0	2	100.0%	1	0	1	100.0%	0	0	0	—
140	2	0	2	100.0%	2	0	2	100.0%	1	0	1	100.0%
145	3	0	3	100.0%	3	0	3	100.0%	2	1	3	66.7%
150	3	0	3	100.0%	4	0	4	100.0%	4	0	4	100.0%
155	0	0	0	—	5	0	5	100.0%	4	0	4	100.0%
160	0	0	0	—	3	0	3	100.0%	3	0	3	100.0%
165	0	0	0	—	3	0	3	100.0%	2	0	2	100.0%
170	0	0	0	—	3	0	3	100.0%	3	0	3	100.0%
175	0	0	0	—	3	0	3	100.0%	2	0	2	100.0%
180	0	0	0	—	1	0	1	100.0%	2	0	2	100.0%
185	0	0	0	—	1	0	1	100.0%	0	0	0	—
190	0	0	0	—	1	0	1	100.0%	1	0	1	100.0%
195	0	0	0	—	1	0	1	100.0%	1	0	1	100.0%
200	0	0	0	—	1	0	1	100.0%	0	0	0	—
205	0	0	0	—	1	0	1	100.0%	0	0	0	—

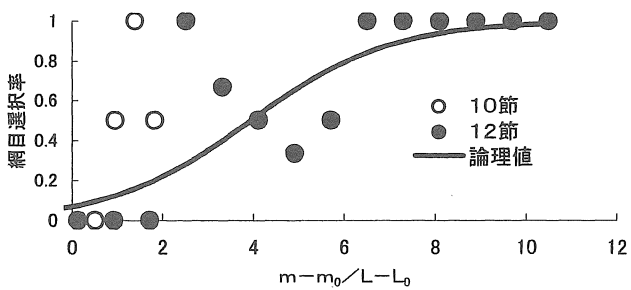


図11 任意の目合いにおけるシロギス網目選択性曲線

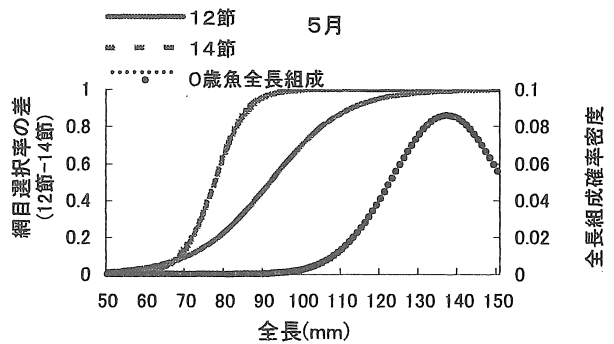
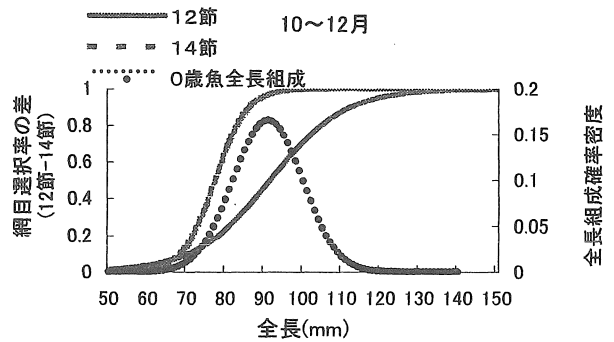


図12 12節, 14節網目選択性曲線と当歳魚全長組成

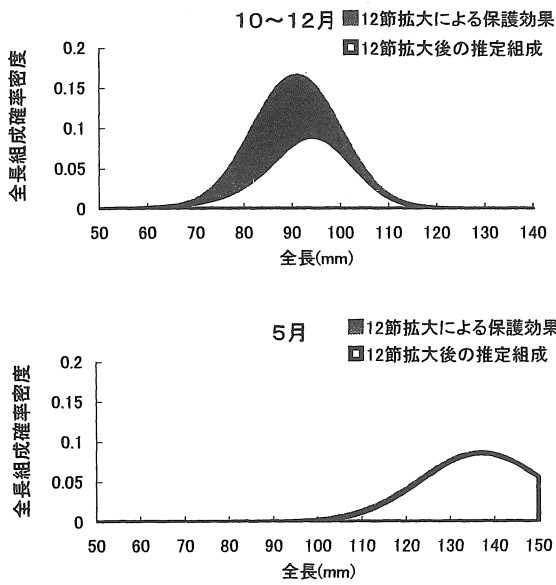


図13 12節拡大後の推定全長組成

考 察

1. シロギス資源診断

図2, 図4に示すようにシロギスの漁獲尾数と資源尾数の減少傾向には時間的な差が見られる。資源尾数は'94年に1100万尾とピークに達した後減少傾向にあるが、漁獲尾数は'00年まで150万尾程度と安定し、以降急激な減少が見られている。これは資源の減少傾向があるものの漁業の維持のためシロギスの漁獲を高水準で続けていたためと考えられる。それを裏付けるように1995年以降Fの増加傾向が見られ'00年には1.38に達している。漁獲割合もFと同様の推移を示していることから、'95年以降資源量に応じた適正な漁獲が行われていないと考えられる。

また、生物資源の変動は加入量と死亡量の差によっている。この加入量を支えるのが生物資源の特徴である再生産機構であり、生物資源の持続性は資源の再生産にかかっている。産卵資源量あたり加入量 (RPS) は人間が調節できない上に、環境条件等による年変動が繰り返る。シロギスについてもRとSにはやや明瞭な正の相関が見られるものの、年によっては大きな変動が見られる。図14に過去10年間のRPS平均値に対するRPS対数値の推移を示した。漁獲量の急激な落ち込みが始まった境界年である'00年前後のRPSは10年平均のRPSに比べ低い。

近年の資源水準の急速な低下は、人為的な要因である慢性的なFの増大と、Fが急に大きくなった時期にRPSが急激に低下した自然要因との組み合わせにより発生

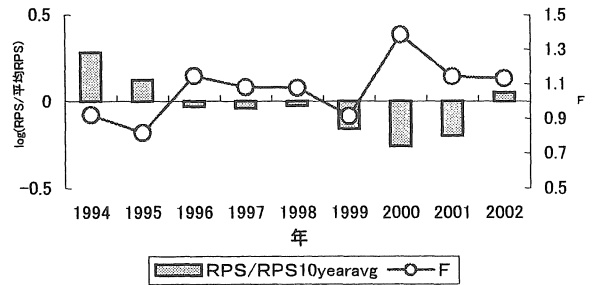


図14 産卵成功率とFの推移

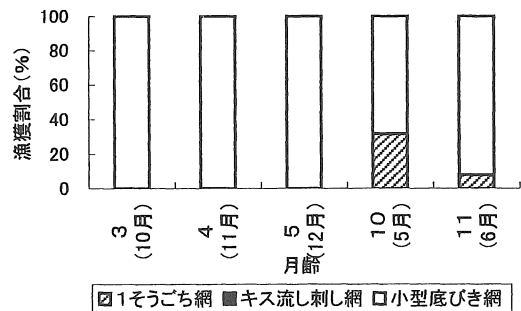


図15 シロギス当歳魚月齢別漁業種類別漁獲割合

したものと推定される。

Fは'00年以降やや減少しているものの、 $F_{current} = 1.14$ と高い水準にある。SPR解析の結果から、現在のシロギス資源は、%SPRが5.06%と計算され、松宮<sup>5)</sup>が資源管理上の下限と考えている20%を大きく下回っている。また、YPR解析の結果、Fが過大であるとともに漁獲開始年齢が低いと判断された。

2. 小型底びき網の目合い拡大効果調査

図15にシロギス当歳魚の月齢別漁獲割合を示した。小型底びき網, 1そうごち網, きす流し刺し網の3漁業種とも許可期間は5~12月であり, 6~9月齢に該当する1~4月はこれら3漁業種の漁獲はおこなわれない。当歳魚の漁獲の内, 若い3~5月齢の期間はそのほとんどが小型底びき網で漁獲されており, この期間の小型底びき網による漁獲を抑えることで当歳魚の保護が図られると考えられる。そこで現在検討を行っている小型底びき網魚捕り部の目合い拡大による効果推定を試みた。シロギスの魚体は筒状をしており, 魚捕り部の目合いによって選択性曲線が変化する。現在使用されている目合いは規則により最大14節(目合い23.2mm)に制限されているが, これを水揚げ金額の減少を最小限に抑えかつ主漁獲対象である小型エビ類の資源管理効果が大きい12節(目合い27.4mm)に拡大することにより, 月齢3~5月の漁獲が54.1%に減少し網目拡大の効果が期待でき



る。しかし、当歳魚の全長正規分布の $\sigma$ には変化が見られなかったことから、 $T_c$ を引き上げることはできなかった。小型底びき網のように、漁場内の生物を無選択に漁獲する漁法では、目合い拡大による接触選択を低くする効果大きい。同様な漁法である1そうごち網についても、目合いを現行の14節から大きい目合いにすることによる資源管理効果が期待されると考えられる。

また、1そうごち網やきす流しさし網はこれまでも1日あたりのシロギス漁獲量が減少すると違う漁業に転向したり、対象魚種を変えるスイッチング（切り替わり）が行われている。スイッチングは漁業者が任意に行っているものであり、その時期は資源水準によるものではない。代替漁業の有無やシロギス以外の魚種の資源状態にもよるが、シロギス資源の回復だけを見ると、今後当分の期間、これまでより早い時期にスイッチングを行うことによりFを削減していく必要があると考えられる。

## 要 約

- 九州西ブロックにおける資源回復計画候補魚種の1つであり、近年その漁獲量も減少傾向にあるシロギスについて、近年の資源状態を把握し漁獲量をABC TARGETとするときのFの削減率を求めるとともに、小型エビ類で効果が見られた小型底びき網の目合い拡大によるシロギス資源管理効果を検証することを目的とした。
- MS-Excel年齢組成分解モデルシートにより、漁業種類別時期別のシロギス Age-Length-Key を作成した。
- シロギス Age-Length-Key を用いて漁業種類別時期別年齢組成を求めた。
- 漁業種類別時期別年齢組成をもとに1993年以降の年齢別漁獲尾数を推定した。
- 年齢別漁獲尾数をもとに、+グループを考慮したVPAにより資源量とFの推定を行った。
- VPAの結果、漁獲尾数の減少時期と資源量減少時期にずれが見られ、漁獲尾数は資源減少の2年後から始まっていた。

- 近年の資源水準の低下の要因として、慢性的なF過大とともに、'00年前後のR P S低下が考えられた。
- MS-Excelアドインツール Solver を用い、筑前海におけるシロギスの成長式を Bertalanffy 成長曲線にあてはめて求めた。
- シロギス Bertalanffy 成長式の各パラメータをもとにS P R解析、及びY P R解析を行い、現在の資源状態を診断した。
- S P R解析の結果、% S P Rは5.06%と推定され、極めて資源状態が悪いと判断された。
- Y P R解析の結果、 $F_{current}=0.25 \times F_{0.1}$ となり資源状態が悪いと判断された。
- Y P R等量線図上の $F_{current}$ の位置はF過大であるとともに、 $T_c$ 過小と判断された。
- 小型底びき網の魚捕り部の目合いを現在の14節から12節に拡大することによって、年内の当歳魚へのFを54.1%に減少することが可能と考えられた。

## 文 献

- 平松一彦：漁業情報を用いた資源量推定法，資源評価体制確立推進事業報告書，（社）日本水産資源保護協会，104-128（2001）
- 田中昌一：水産生物の population dynamics と漁業資源管理，東海区水産研究所研究報告28，1-200（1960）
- 東海正：瀬戸内海における小型底びき網漁業の資源管理－投棄魚問題と網目選択－，南西水研研報，26，31-106（1993）
- 佐野二郎：小型底びき網の網目選択性曲線推定モデル，福岡水技研報第13号，47-53（2003）
- 松宮義晴：加入量あたり産卵資源量モデルによる管理（S P R型），水産資源管理概論，（社）日本水産資源保護協会，57-75（1996）