

Y/R を用いた紀伊水道東部海域シラス漁業の 最適な漁業管理方策と禁漁効果の評価

安江尚孝,^{1*} 内海遼一,¹ 森山彰久²

(2005年1月24日受付, 2005年4月15日受理)

¹和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場, ²東京大学海洋研究所

Optimum management policy and evaluation of the prohibition of
fishing for shirasu (anchovy larvae) fisheries using Y/R

NAOTAKA YASUE,^{1*} RYOICHI UTSUMI¹ AND AKIHISA MORIYAMA²

¹Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry, and Fisheries, Marine Fisheries Experimental Station, Kushimoto, Wakayama 649-3503, ²Ocean Research Institute, University of Tokyo, Nakano, Tokyo 164-8639, Japan

We studied the optimum management policy for shirasu fisheries in the eastern waters of the Kii Channel using Y/R and evaluated the effect of the prohibition of fishing from March 26 to April 7 in 2004. Y/R is the future yield of an individual at the age of recruitment and two cases of Y/R, under non-fishing and fishing, were compared. In the actual case that fishing was opened on April 8, the effect of the prohibition of fishing was 1.60 times in comparison with the case of non-prohibition. The ideal case can be attained by opening on April 9, for which the effect is 1.61 times, which almost corresponds with the actual case. It is effective to continue this fisheries management.

キーワード：船曳網漁業, シラス, 漁業管理, 禁漁効果, Y/R

紀伊水道東部海域 (Fig. 1) で操業する船曳網漁業は、イワシ類の仔魚を漁獲している。漁獲物はシラスと呼ばれ、チリメンなどの加工食品として重要であり、京阪神市場を中心として商品の需要も多く、¹⁾ 近年では関東方面へも出荷している。漁獲量は年によって異なるものの、主漁期は春期であり、漁業者のこの時期への期待は大きい (Fig. 2)。

この海域には、92 統の船曳網漁船があり、漁業者は自主的な取り決めのもとで操業を行っている。これまで加工業者との関係から毎週水曜日と日曜日を定期的な休漁日としてきた。近年においては、春の初出漁のシラスの大きさが小さい場合は禁漁期間を設けるようになってきている。たとえば2004年は3月25日に初出漁し、小型のシラスが多かったことから4月7日までを禁漁にし、4月8日を解禁とすることに決定した。しかし、この禁漁期間の決定の仕方は経験のみに依存し、どれだけの効果があったのかは明らかになっていない。漁業管理をよ

り効果のあるものにするために、資源学的な検討が必要である。

本研究では、成長乱獲の指標である加入量あたりの漁獲利益 Y/R ²⁾ を用いて、最適な解禁日の決定方法とその禁漁効果について検討した。

材料および方法

Y/R 近年、春に漁獲されるシラスはほとんどがカタクチイワシ *Engraulis japonicus* のシラスであり、2004年4月8日と15日に箕島町漁協に水揚げされたシラスの98.6%を占めていた。従って本研究は、初出漁の次の日である3月26日に紀伊水道東部海域に加入していたカタクチイワシシラスについて検討した。実際の船曳網漁業は、複数の群を同時に漁獲するが、本研究では、特に3月26日に加入していた群についてのみ検討した。この理由は、複雑な群構造の解析ならびにそれに伴う漁業管理の実行は不可能であると考えられるから

* Tel : 81-735-62-0940. Fax : 81-735-62-3515. Email : yasue_n0001@pref.wakayama.lg.jp

である。

Y/R は、加入したある齢の魚1尾が成長し、将来漁獲される時の平均価値で定義される。加入した仔魚1尾の Y/R は、 x 日齢の平均現在価値を $V(x)$ 、漁獲率を $E(x)$ 、 x 日齢までの生残率を $S(x)$ とすると、次の式で表される。

$$Y/R = \sum_{t=x_{rec}}^{x_{end}} V(t) \cdot E(t) \cdot S(t) \quad (1)$$

ただし、

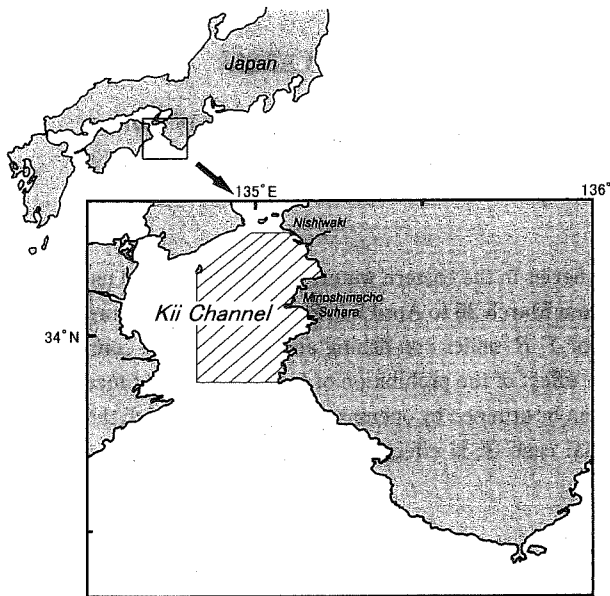


Fig. 1 The location of the eastern waters of the Kii Channel.

$$E(x) = \frac{F(x)}{F(x) + M(x)} (1 - \exp(-F(x) - M(x))) \quad (2)$$

$$S(x) = \exp\left(\sum_{k=x_{rec}}^{x-1} (-F(k) - M(k))\right) \quad (3)$$

であり、 x_{rec} は加入日齢、 x_{end} は最高日齢、 $M(x)$ は1日あたりの自然死亡係数、 $F(x)$ は1日あたりの漁獲係数である。

最適な解禁日は、解禁日をさまざまに変化させて Y/R を計算し、その値が最も高くなる日を探ることによって決定した。また、禁漁効果は、3月25日の初出漁日の次の日である26日から漁業を開始する場合を禁漁無しとし、禁漁を行ったことによりどれだけの価値が上積みされたかで評価した。(1)式において、解禁日までの期間は $M(x)$ のみが働き、解禁日以降の期間は $M(x)$ と $F(x)$ が働くとした。

パラメータ 本研究では、 $V(x)$ を体重 $W(x)$ (g)とした。シラスの日齢(x)と全長 $L(x)$ (mm)の関係は、1996年4月に西脇、箕島町、栖原の各漁協に水揚げされた仔魚100個体の日輪査定のデータ³⁾に直線回帰式を当てはめた(Fig. 3)。直線回帰式の寄与率は、ベルタランフィーの成長式と比較して高かった。ただし、輪紋の形成は孵化後3日⁴⁾とした。また、 $L(x)$ と $W(x)$ の関係にはアロメトリー式を当てはめた(Fig. 4)。

$$x = 1.10L(x) + 11.2 (R^2 = 0.66, n = 100) \quad (4)$$

$$L(x) = 0.600x + 1.49 (R^2 = 0.66, n = 100) \quad (5)$$

$$W(x) = 0.529 \cdot 10^{-6} \cdot L(x)^{3.48} (R^2 = 0.78, n = 100) \quad (6)$$

ここで $L(x)$ と $W(x)$ はそれぞれ日齢 x における全長(mm)と体重(g)である。解禁日である4月8日の箕

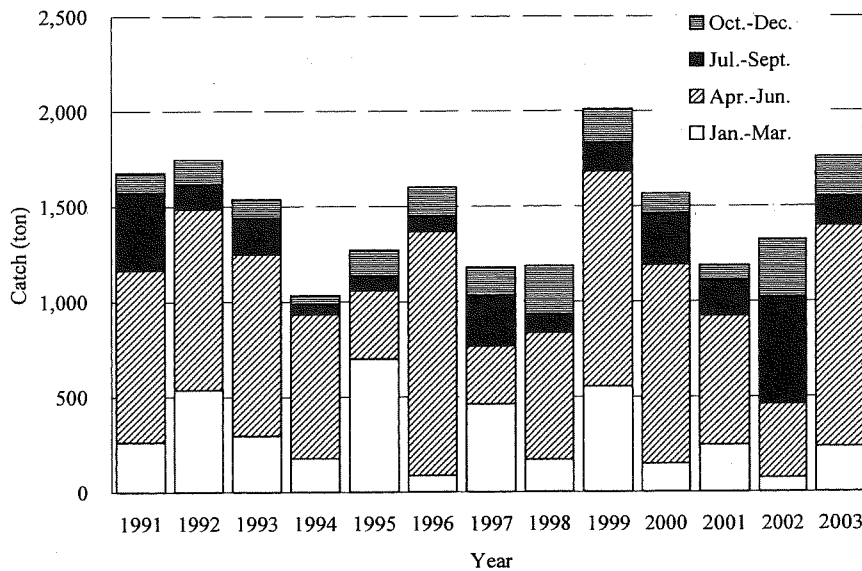


Fig. 2 Annual and seasonal catch of shirasu at Nishiwaki, Minoshimacho and Suhara Fisheries Co-operative Association.

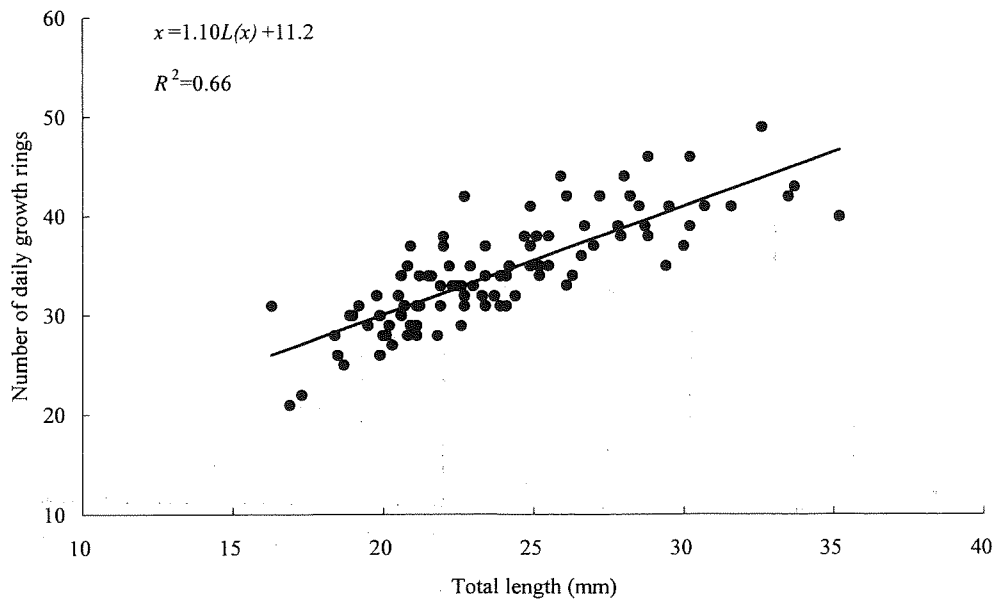


Fig. 3 Relationship between the number of daily growth rings and total length ($n=100$).

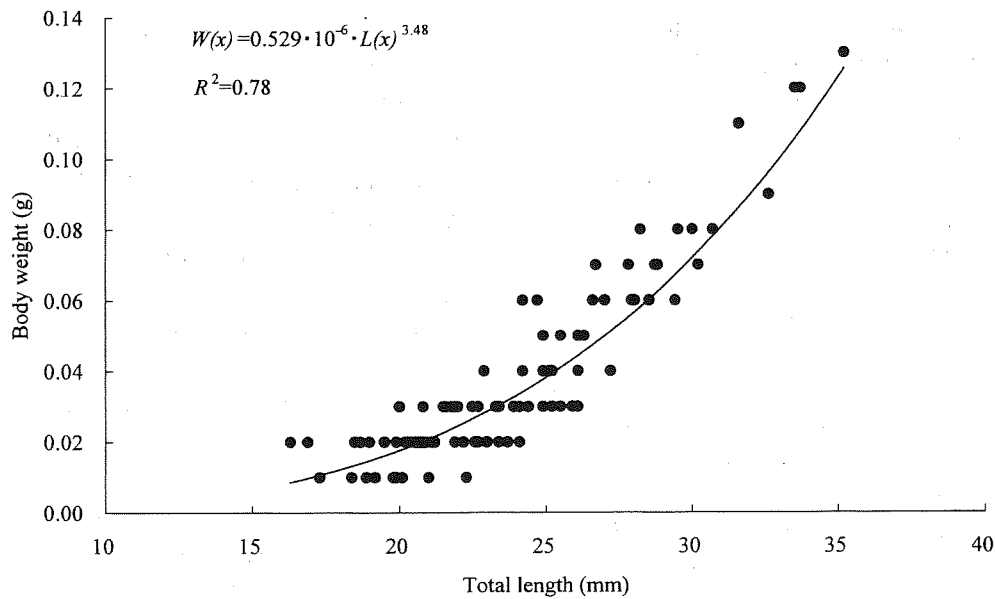


Fig. 4 Relationship between total length and body weight ($n=100$).

島町漁協に水揚げされたシラスの全長組成を Fig. 5 に示した。全長の平均値は 23.633 ± 6.154 ($n=381$) mm であり、対応する日齢 x は式(4)より 37 であることから 4 月 8 日を 37 日齢、 $L(37) = 23.633$ と仮定した。この時、初出漁日の次の日である 3 月 26 日は $x_{rec} = 24$ 、(5)式より $L(x_{rec}) = 15.894$ となる。

カタクチイワシは全長 37 mm から 40 mm で稚魚期に入る。⁵⁾ 稚魚期以降のカタクチイワシは商品価値が低く、船曳網漁業者はふつう仔魚期のみを漁獲する。従って、(5)式が 37 mm から 40 mm の中間である 38.5 mm

と最も近くなる $x = 62$ 、 $L(62) = 38.701$ から稚魚期とし、終漁日は 5 月 2 日、 $x_{end} = 61$ 、 $L(x_{end}) = 38.101$ と仮定した。ただし、 $x = 61$ は日曜日のため休漁日である。

$M(x)$ と $F(x)$ は河野、銭谷⁶⁾が瀬戸内海のカタクチイワシに対して行った月別のコホート解析の値を用いた。紀伊水道東部海域はこの解析に含まれている。和歌山県水産試験場では、紀伊水道東部海域で操業する船曳網漁船 3 統に操業場所の報告を依頼している。これによると、紀伊水道東部海域において、シラス漁場は 3 月中旬から南の沿岸域に形成され、その後岸に沿って北

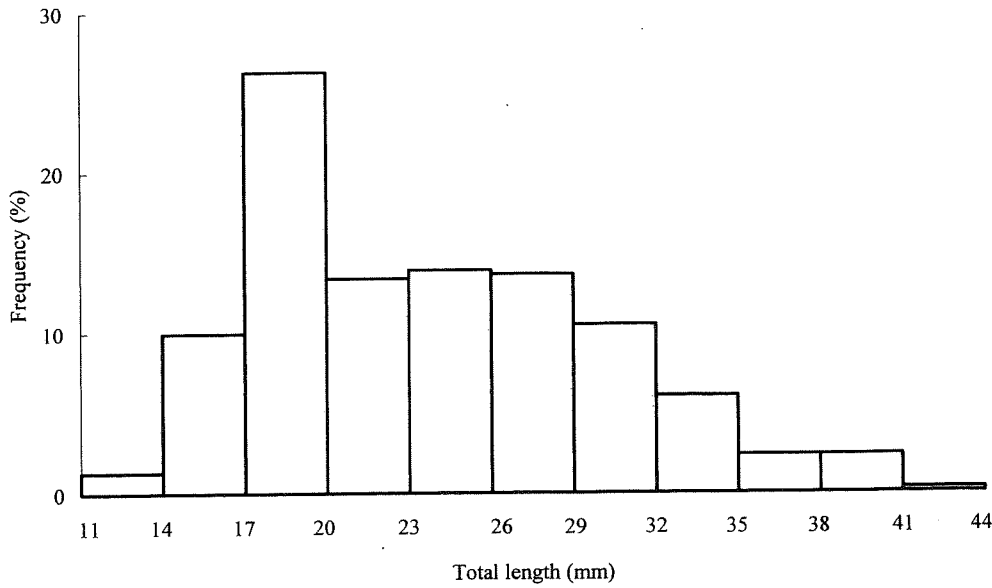


Fig. 5 Total length frequency distribution of shirasu on April 8 (n=381).

Table 1 Average fishing days at Nishiwaki, Minoshima-cho and Suhara Fisheries Co-operative Association

year	month		
	Mar.	Apr.	May.
1998	5.0	17.7	16.0
1999	7.7	18.0	14.3
2000	7.0	18.0	14.7
2001	2.7	16.0	16.3
2002	0.3	16.0	15.0

Table 2 Age x (day), average length $L(x)$ (mm), natural mortality coefficient ($M(x)$) and fishing coefficient ($F(x)$) for shirasu fisheries used for the analysis

date	day of the week	x	$L(x)$	$M(x)$	$F(x)$
26-Mar.	Fri.	24	15.894	0.016	0.179
—	—	—	—	—	—
31-Mar.	Wed.	29	18.895	0.016	0.179
1-Apr.	Thr.	30	19.495	0.016	0.081
2-Apr.	Fri.	31	20.095	0.012	0.039
—	—	—	—	—	—
8-Apr.	Thr.	37	23.633	0.012	0.039
—	—	—	—	—	—
30-Apr.	Fri.	59	36.901	0.012	0.039
1-May	Sat.	60	37.501	0.012	0.052

Fishing is regularly closed on Sunday and Wednesday.

上し、5月上旬から大阪湾や紀伊水道西部域に向かって移動する。^{7,8)} 2004年についても同様の傾向が見てとれる。従って、期間中の漁場外への逸散はないものと仮定

した。紀伊水道東部海域は3月と4月の瀬戸内海のシラスを漁獲する主海域である。また、2004年の $F(x)$ の情報は得られていない。従って、 $F(x)$ は、河野、銭谷⁶⁾が月別に推定した1998年から2002年までの各年の漁獲係数を西脇、箕島町、栖原漁協の各年の平均出漁日数 (Table 1) で割り、5年間を平均して求めた。ただし、水曜日と日曜日は休漁日であり、 $F(x)=0$ である。以上、本研究で用いたパラメータについて Table 2 に示した。 Y/R の計算にはパラメータの不確実性を考慮して、 $M(x)$ と $F(x)$ の値がそれぞれ20%大きい場合と小さい場合についても検討した。

結 果

Y/R の値は、さまざまな漁獲開始日齢、すなわち解禁日に対して(1)式から求めることができる。さまざまな漁獲開始日齢 x ($24 \leq x \leq 60$)における Y/R を Y_x と書く。この時、禁漁無しの場合の Y/R は Y_{24} である。Fig. 6とFig. 7に解禁日と Y_x の関係を示した。 Y_x は、解禁を遅らせるにつれて次第に増加し、4月9日で最大となり、その後減少した。従って、4月9日を解禁日にすることが漁業者の利益を最大にすることがわかった。

比 Y_x/Y_{24} は、ある齢 x まで解禁を遅らせた時の効果を表す。もし比 Y_x/Y_{24} が1より大きければ禁漁した方が利益が大きい。4月23日までなら禁漁を行った方が漁獲量の増大が見込め、最も大きいのは4月9日に解禁する場合である。この時の漁獲量増大効果は1.61倍 (Y_{38}/Y_{24}) である。実際の解禁日は4月8日であったことから、禁漁の効果は漁獲量にして1.60倍 ($Y_{37}/$

Y/R を用いたシラス漁業の漁業管理

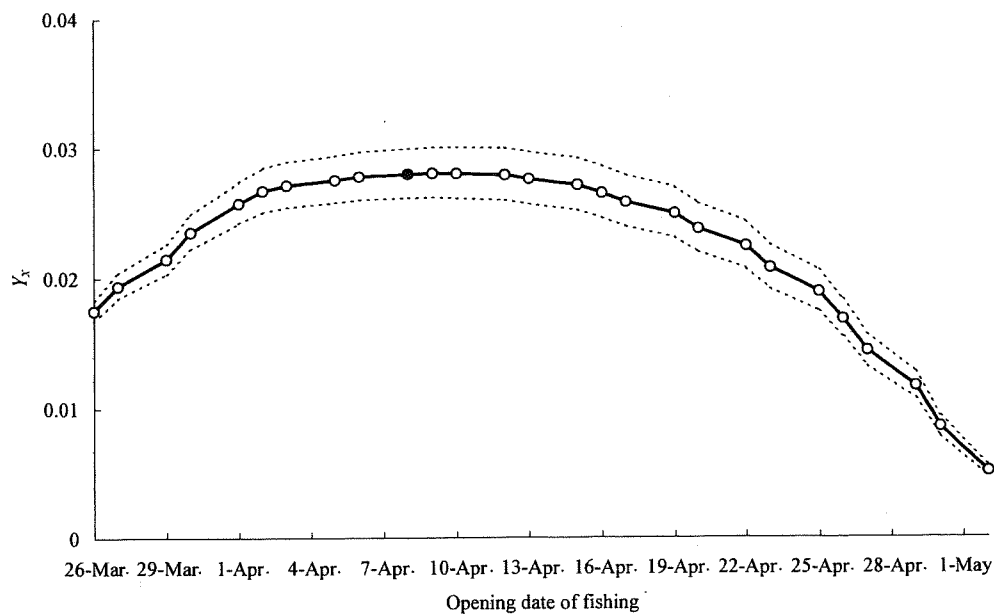


Fig. 6 Relationship between opening date of fishing and Y_x for shirasu fisheries. Y_x is the Y/R at age x (day) when the fishing is opened. The upper and lower dotted lines show the cases when $M(x)$ is 20% smaller and 20% larger respectively. ● denotes the actual opening date.

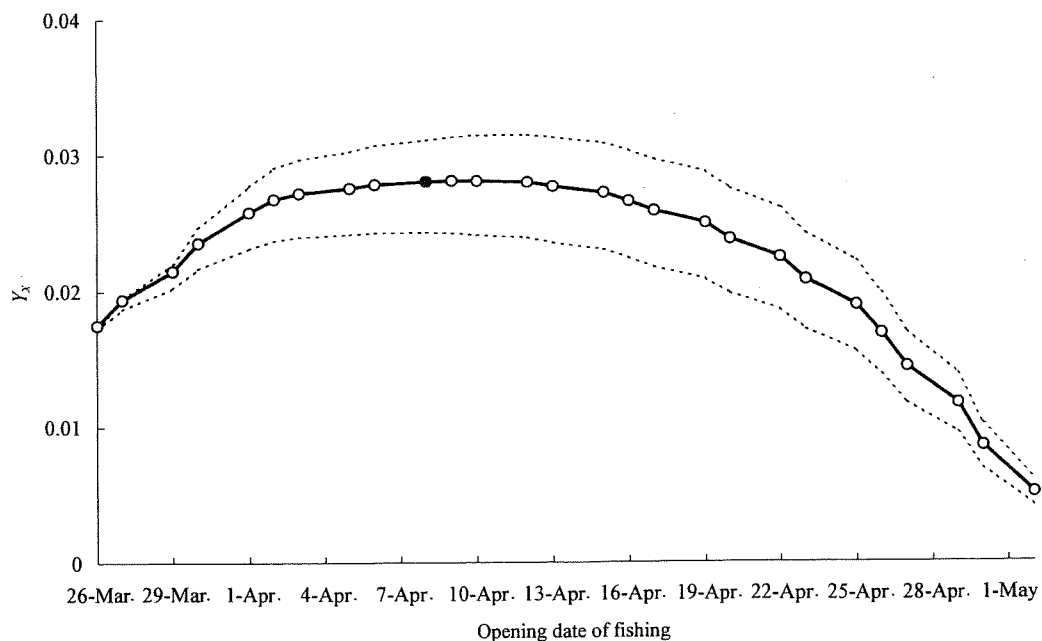


Fig. 7 Relationship between opening date of fishing and Y_x for shirasu fisheries. Y_x is the Y/R at age x (day) when the fishing is opened. The upper and lower dotted lines show the cases when $F(x)$ is 20% larger and 20% smaller respectively. ● denotes the actual opening date.

Y_{24}) と試算された。

考 察

本研究では、紀伊水道東岸の船曳網漁業者によって自主的に実施された漁業管理に注目し、成長乱獲の指標で

ある Y/R を用い、最適な解禁日を決定する方法と、禁漁の効果について検討した。船越⁹⁾が指摘しているように、紀伊水道東部海域という局地的海域においては、地先への来遊群から最大の経済価値を得るような漁業管理が現実的である。このような観点から、加入資源の有効

利用を目的とする Y/R 管理が、今回の漁業管理問題には適していると考えられる。

漁業者の利益が最大になるのは、Y/R が最大になる日を解禁にするという場合であり、4月9日であった。実際の解禁日は4月8日であり、大きな違いはない。禁漁の効果は、禁漁を行わなかった場合と行った場合の Y/R の比を計算することにより、1.60 倍であった。カタクチイワシは、仔魚期における需要が多く価格も高い。しかし、仔魚期を過ぎると飼料などとしての需要はあるものの価格が大幅に低下する。船曳網漁業は、通常仔魚期のみを漁獲対象とするため、最高日齢 x_{end} を仔魚期の終了として試算を行った。仔魚期のごく限られた期間の中の禁漁にもかかわらず、その効果がうかがわれた。 $M(x)$ と $F(x)$ の値がそれぞれ 20% 大きい場合と小さい場合の試算によると、 $M(x)$ の値が大きい場合と $F(x)$ の値が小さい場合に禁漁効果が低下する可能性があるものの、魚体が小さい場合には解禁を遅らせ、成長を待って漁獲する方が有利である (Fig. 6, Fig. 7)。本研究の結果は、漁業者の経験から実施されるようになった漁業管理の有効性を支持している。

船曳網漁業に従事する漁業者やシラス加工業者によると、小型のシラスの商品価値は大型のものより低い。紀伊水道東部海域で漁獲されたシラスは 25 kg 入りの容器に入れて水揚げされ、ただちに競りにかけられる。4月15日の箕島町漁協にほぼ同時に水揚げされた容器には、大型個体を多く含む容器と小型個体を多く含む容器が確認された。両容器のカタクチイワシの割合は、それぞれ 99.9% と 98.2% で他の混ざりは少なかった。両容器の全長の平均値はそれぞれ 28.009 ± 5.093 ($n=487$) mm と 20.427 ± 2.498 ($n=370$) mm であり、全長の平均値に差があった (t 検定, $p < 0.01$)。この時の 1 容器の単価は、大型個体を多く含む方が 9,307 円、小型個体を多く含む方が 7,859 円であった。このことから、禁漁期間中の成長による漁獲金額の上積みも得られたことが示唆される。しかし、シラスの価格は、大きさ、混獲物の有無、漁獲量、色、鮮度など、さまざまな要因が複雑に絡み合っただけで決定される。従って、本研究では $V(x)$ に価格を用いることはできなかった。また、 $V(x)$ を価格で評価する時には、禁漁期間中の経費 (燃費など) 削減効果についても加味されるべきであろう。

上記の大型個体を多く含む容器の全長の平均値は、 $L(44) = 27.898$ (5式) と近い値であり、3月25日に確認された小型魚が成長したものと考えられる。また、新たに確認された小型個体は、黒潮暖水波及による紀伊水道外域からの補給によるものであると考えられる。¹⁰⁾

今回、漁業者によって行われ始めた自主禁漁は、漁期中の漁獲努力量が一定であるという点で最適な漁業管理

ではない。実際、2004 年は小型個体が次々に加入し豊漁であったが、価格が低下し豊漁貧乏でもあった。もし操業時間短縮など、漁期中の漁獲努力量を調整することによって生産を調整できれば、豊漁貧乏の問題も解決可能である。しかし、解禁時期と漁獲努力量を一度に調整するのは漁業者にとって厳しいものである。また、資源情報や価格情報なども不十分である。今後の当面の課題は、必要な情報を集めつつ、漁期前に試験操業を行い、魚体の大きさを確認した後、解禁日を決定するという成長管理の流れを定着させることであろう。

謝 辞

紀伊水道東部海域の船曳網漁業関係団体関係者には、紀伊水道東部海域の船曳網漁業について貴重な情報をいただいた。箕島町漁業協同組合の職員各位には、市場調査に協力していただいた。和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場の武田保幸主査研究員には、カタクチイワシの成長について貴重な情報を提供していただいた。和歌山県文化国際課の Julian Richards 氏には英文を校閲していただいた。以上の皆様方に深く感謝し、厚くお礼申し上げる。

文 献

- 1) 外間源治. 瀬戸内海のいわし漁業と機船船びき網経営. 漁業経済論集 1995; 36: 31-44.
- 2) Clark CW. *Bioeconomic modelling and fisheries management* 2nd edn. Wiley-Interscience, New York. 1990; 1-384.
- 3) 武田保幸. 紀伊水道におけるカタクチイワシシラス漁況予測技術の開発. 平成 8 年度和歌山県水産試験場事業報告, 和歌山県水産試験場, 和歌山. 1998; 49-51.
- 4) Tsuji S, Aoyama T. Daily growth increments in otoliths of Japanese anchovy larvae *Engraulis japonica*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 1984; 50: 1105-1108.
- 5) 田北 徹. カタクチイワシ. 「日本産稚魚図鑑」(沖山宗雄編) 東海大学出版会, 東京. 1988; 9.
- 6) 河野悌昌, 銭谷 弘. 平成 15 年カタクチイワシ瀬戸内海系群の資源評価. 我が国周辺水域の漁業資源評価 (魚種別系群別資源評価・TAC 種以外) 第 2 分冊, 水産庁, 東京. 2004; 535-567.
- 7) 鈴木 猛, 堀木信男, 杉村允三. 沿岸重要資源調査. 昭和 50 年度和歌山県水産試験場事業報告, 和歌山県水産試験場, 和歌山. 1976; 25-41.
- 8) 御所豊穂. 紀伊水道におけるシラス漁場形成と混獲率. 平成 13 年度和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場事業報告, 和歌山県農林水産総合技術センター水産試験場, 和歌山. 2003; 227-229.
- 9) 船越茂雄. イワシ類およびイカナゴの資源生態研究とその資源管理型漁業への応用. 水産海洋研究 1998; 62: 218-234.
- 10) 武田保幸, 中地良樹, 田中嘉治. 1992 年黒潮小蛇行と紀伊水道における春・夏期のシラス漁況. 第 25 回南西海ブロック内海漁業研究会報告, 南西海区水産研究所, 広島. 1993; 49-55.