

# マアナゴの資源管理のための漁獲制限体長の設定と アナゴかごの適正目合の選定およびその効果の予測について

鍋島靖信・安部恒之・山本圭吾・大本茂之\*・東海 正\*

## Establishment of Minimum Permissible Capture Length and Selection of its Appropriate Mesh Sizes of Basket Trap Targeting White-spotted Conger Eel *Conger myriaster* (BREVOORT) for Fisheries Oriented Resource Management, and its Estimated Effect.

Yasunobu Nabeshima, Tsuneyuki Abe, Keigo Yamamoto,  
Shigeyuki Omoto\* and Tadashi Tokai\*

大阪湾において、マアナゴは1977年以前には板びき網（小型底びき網）とアナゴ延縄によって主に漁獲されていた。1974年にアナゴかごが導入され、延縄や刺網などからの転業で1977年以降は着業統数が急増し、1993年には延べ着業統数は208統（19漁業共同組合）を数えるようになった。マアナゴ（以下アナゴと略称する）の漁獲量は、1982年以降はアナゴかごによる漁獲量の増加により、1974年以前の豊漁年に近い漁獲量レベルを維持している（図1）<sup>1)</sup>。1992年には大阪府で620トンが漁獲され、そのうちの478トン（77.1%）がアナゴかごによって漁獲されている。アナゴかごの目合サイズは、導入当初はアナゴかごの上・側部が目合内径（2脚1結節長）18mm（呼称目合18節）、底部が14mm（23節）であったが、一部の漁業者から上・側部が15mm（20節）の網のほうが漁獲量が多いと言った情報が広まり、現在では大部分が15mm（20節）のアナゴかごを用いている。この15mm（20節）のアナゴかごを使用すると、季節によっては商品サイズ以下のアナゴが多数入網するため、見かけの漁獲量は多く感じる。しかし、

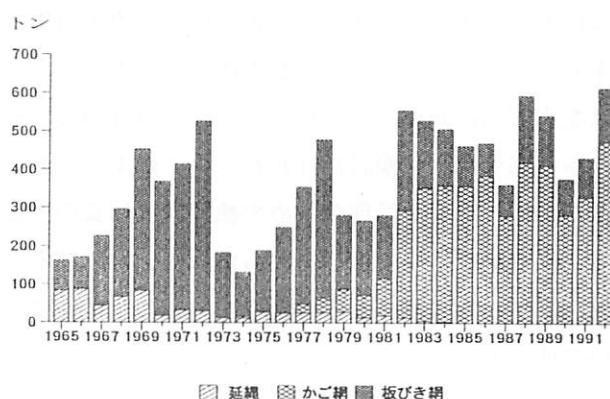


図1 マアナゴの漁業種類別漁獲量の推移

こうした多量の小型魚は選別や開き加工作業の労力の増大につながり、漁業者にとっても負担となっている。また、多量に入網する小型個体のうち、極めて小さいものはその場で選別され海中へ投棄されるが、商品サイズに近い小型魚は持ち帰られ、帰港後水槽内で餌止め・脱糞され、開き加工時に再度選別される。時間を争う開き作業中に選別容器に収容されても、容器内で酸欠死するものが多く、資源を無

\*：東京水産大学 海洋生産学科

駄に消耗させる一因にもなっている。

ところで、アナゴの成長は極めて早く、1月から3月（来遊盛期）に外海から来遊したレプトセファルスが、その年の12月には商品サイズに成長するものもあらわれる。また、来遊後1年半から2年までの全長35cmから43cmの間が最も価格の高い時期であり、価格の低い小型魚を再放流すれば、短期間のうちに体重や価格が急激に上昇し、漁獲収入の向上が期待され、資源的・経済的に有効と判断された。このため、大阪府では1991年からアナゴを資源管理の対象としてとりあげ、資源管理方策の検討に入った。

大阪湾のアナゴ資源の管理と有効利用を漁業者の総意によって実現するため、関係漁協からアナゴかご漁業者の代表者各2名が集まって資源管理部会を結成し、ここで各種の調査で得られた情報を提供し、種々の方策を立案・審議した。その中で漁獲制限体長の検討が行われ、さらに一歩進めて、漁獲制限体長以下の個体の選別・放流の省力化と放流後の生残率の向上を図るため、漁獲制限体長以上のアナゴのみを選択的に漁獲し、それより小さい魚は海底で網目から逃す目合の検討が行われた。このように漁業者が参加した資源管理のための漁獲制限体長の設定と、現実的な目合の選定を行った過程、およびその管理効果として得られる漁獲金額向上の可能性について述べる。

## 材 料 と 方 法

### 1. 流通と経営に関する調査

アナゴの資源管理方策を検討するため、アナゴの流通と経営について調査した。1992年4月から1994年3月まで大阪府南部のS漁協、中部のO漁協（2統）、K漁協、H漁協、北部のS漁協のアナゴかご標本船6統（うち専業者は4統）を対象とした漁業日誌調査を行った。ここでは漁業者が用いているアナゴのサイズによる銘柄呼称によって、ソウメンアナゴ（超小型サイズ）は全長25cm未満、ピリアナゴ（極小サイズ）は全長25～30cm、小アナゴは全長30～35cm、中アナゴは全長35～40cm、大アナゴは全長40～45cm、デンスケアナゴ（極大サイズ）は全長45cm以上とし

た。そして、これらのサイズ銘柄別に価格や漁獲量、漁獲金額を集計し、その時期的変化を把握した。また、標本船の使用するアナゴかごの目合と漁獲組成に注目し、ピリアナゴの多寡と日平均漁獲金額を比較した。なお、漁獲金額については各標本船によって販売先や出荷形態（開き売り、丸売り、選別の有無）が異なるため、最もデータが豊富な中部K漁協の標本船のサイズ銘柄別平均価格（開き売り）によって換算して比較に用いた。また、アナゴの流通について聴き取り調査を行い、これらの結果から漁業者が無理なく守れる妥当な漁獲制限体長を検討した。さらに漁獲制限体長以下のアナゴを放流することによって得られる効果を判定するため、平均的なアナゴかご専業者モデルをつくり、漁獲物中のピリアナゴ（極小型魚）を放流し、小アナゴまたは中アナゴに成長させて漁獲した場合の漁獲重量と金額の増加について試算を行った。

### 2. アナゴの選択漁獲に関する試験操業

アナゴかご漁業者の代表からなる資源管理部会で決定された漁獲制限体長未満の魚体が、海底で網目から抜け、漁獲制限体長以上のアナゴのみを漁獲することができれば、漁獲物の選別作業が軽減され、漁獲制限個体の生残率を飛躍的に高めることが可能となり、これが最も望ましい漁獲形態と考えられる。これを実現させる適正な目合を検討するため、4種類の網目のアナゴかごを試作し、試験操業を行った。

試験操業は、1992年11月4日、1993年2月13日、5月15日、8月13日、10月5日に春木漁業協同組合所属のアナゴかご漁船を用船し、図2に示した海域で実施した。試験操業に用いたアナゴかごは、当業船が最も一般的に使用しているアナゴかごの上・側部の目合内径（2脚1結節長）が15mm（20節）で、底部が14mm（23節）のものと、底部は同一目合で上・側部がそれぞれ18mm（18節）・21mm（16節）・24mm（14節）のアナゴかごを試作し、実際の漁場でこれら4種類のアナゴかごを使用し試験操業を行った。漁具は図3に示すように、親縄（スパンナイロン7.5mm径）から45m間隔に3.8mの枝縄（スパンナイロン5mm径）を出し、これにヨリモドシをつけてアナゴかごを結

びつける方法で、目合の異なる4種類のアナゴかごを順に15かごずつ合計60かごを連結したものを、2セット用意した。1セットの長さは2745mあり、その両端に錘をつけ、そこから水深の約2倍のロープをだし、竹棒に旗と電灯をつけた浮標を結びつけた。

作業は漁業者の通常の作業方法に従い、2調査定線において日没前にアナゴかごに餌として冷凍イワシを粗く切断したものを入れて投網し、日没後（投網から約3時間後）に揚網した。

試験作業で漁獲されたアナゴはアナゴかごの目合サイズ別・定点別に網袋にいれ、氷冷して実験室に持ち帰り、全長（TL）、体重を測定し、解剖して消化管内の餌重量を測定した。ここでの漁獲重量は湿重量から消化管内容物を除いた真の体重を用いた。

### 3. 網目選択曲線の推定

網目選択率はMillar<sup>2)</sup>・<sup>3)</sup>の方法を用い、4段階の目合のアナゴかごの試験作業結果をもとに、網目選択曲線を推定した。Millar<sup>2)</sup>は大小2種類の目合を用いた底びき網の双胴網実験から大きい方の目合の網目選択曲線を推定するもので、Millar<sup>3)</sup>はそれを刺網や釣りに拡張した方法である。ここでは最も目合の小さな網目内径15mm（20節）のアナゴかごを双胴網の小さな目合の網に見なし、それより大きな目合のアナゴかごの網目選択率を求めた。

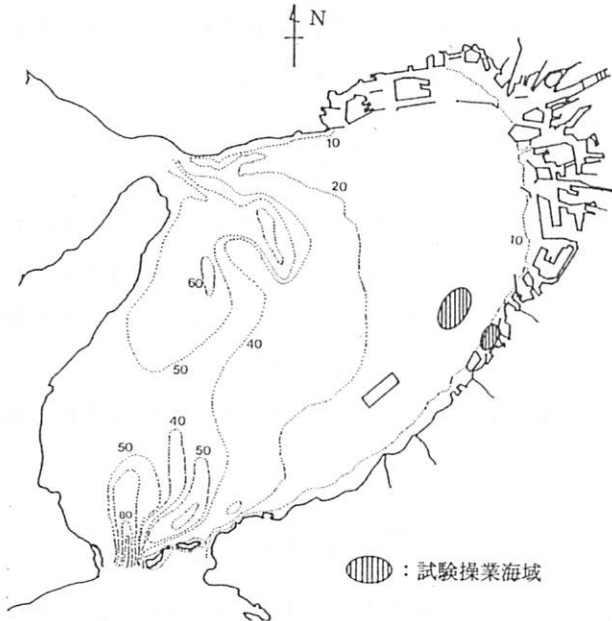


図2 アナゴかご網の試験作業海域

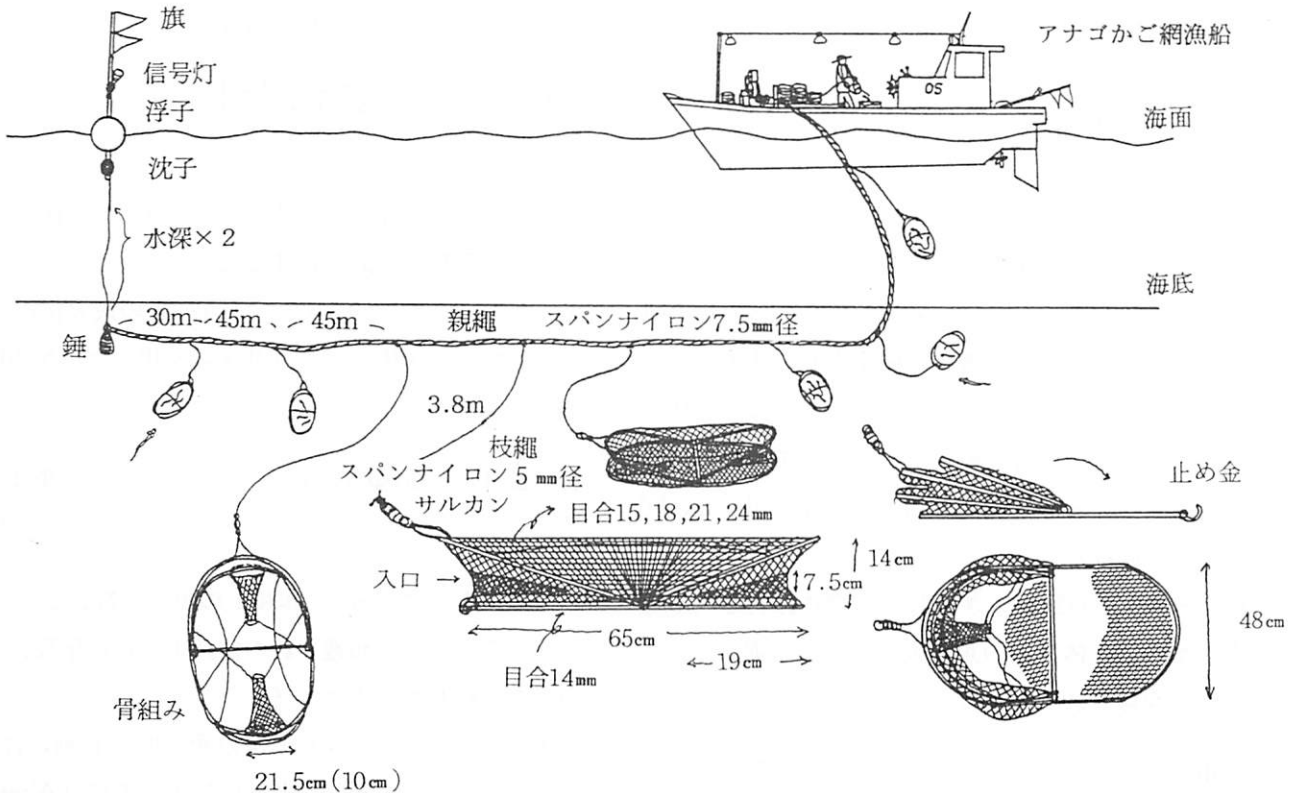


図3 アナゴかご網の作業方法と漁具構造

この解析方法において、小さい目合の網からはどのような体長の魚も逃避できないものとし、この条件のもとである体長の魚が大小2つの目合の網に遭遇する確率は等しい場合と等しくない場合の2つのモデルが考えられる。前者をEqual split model、後者をEstimated split modelとして計算し、適合度の良い曲線を適用する。

(1) Equal split model

ある体長の魚が双胴網の大小2つの目合の網に遭遇する確率が等しい場合は、体長  $l$  の魚が小さい目合の網に入って漁獲される確率は0.5となる。そして、 $r(l)$ ：体長  $l$  の魚が大きい目合の網に保持される確率、 $0.5 \times r(l)$ ：体長  $l$  の魚が大きい目合の網に入り漁獲される確率、 $0.5 + \{0.5 \times r(l)\}$ ：体長  $l$  の魚がどちらか一方の目合の網で漁獲される確率とすると、体長  $l$  の魚が大きい目合の網で漁獲される確率は、

$$\Phi(l) = \frac{0.5 \times r(l)}{0.5 + (0.5 \times r(l))} = \frac{r(l)}{1 + r(l)} \quad \dots\dots(1)$$

となる。

アナゴかごの場合、目合の異なるアナゴかごにアナゴが入る確率を同じ  $p$  と考えると、

$$\Phi(l) = \frac{p \times r(l)}{p + (p \times r(l))} = \frac{r(l)}{1 + r(l)} \quad \dots\dots(1)$$

で同様となる。

(2) Estimated split model

ある体長の魚が双胴網の大小2つの目合の網に遭遇する確率が等しくないと考えた場合、体長  $l$  の魚が大きい目合の網に遭遇する確率を  $p$  とすると、小さい目合の網に遭遇する確率は  $1 - p$  となる。体長  $l$  の魚が小さい目合の網に入り、そして漁獲される確率は  $(1 - p)$  となる。先のEqual split modelの場合と同様に、

$r(l)$ を体長  $l$  の魚が大きい目合の網に保持される確率とすると、体長  $l$  の魚が大きい目合の網に入り、そして漁獲される確率は、

$$\Phi(l) = \frac{p \times r(l)}{(1 - p) + (p \times r(l))} \quad \dots\dots(2)$$

となる。

アナゴかごの比較操作の場合は、目合の異なるアナゴかごではかごに入る確率に差がある可能性があり、この時目合ごとに漁獲能率が異なることになる。また、対象生物の分布が均一でない場合も、アナゴかごごとのCPU Eを大きく変動させる。ここで異なる目合のアナゴかごのそれぞれにアナゴが入る確率を  $p_i$  ( $i=1, 2$ ) とすると、

$$\Phi(l) = \frac{p_1 \times r(l)}{p_2 + (p_1 \times r(l))} \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 $p_1$ ：大きい目合のかごに入る確率、 $p_2$ ：小さい目合のかごに入る確率で、 $p_1$ と  $p_2$ をそれぞれ求めることは不可能なので、 $p_1 + p_2 = 1$ と仮定すると、等式(2)と同様になる。

体長  $l$  の魚が大きい目合のかごに保持される確率  $r(l)$ を

$$r(l) = \frac{\exp(a + b l)}{1 + \exp(a + b l)}$$

のLogistic曲線で表すとすると、Equal split modelの(1)式は、

$$\Phi(l) = \frac{\exp(a + b l)}{1 + 2 \exp(a + b l)} \quad \dots\dots(3)$$

Estimated split modelの(2)式は

$$\Phi(l) = \frac{p \times \exp(a + b l)}{(1 - p) + \exp(a + b l)} \quad \dots\dots(4)$$

となる。

パラメーター  $a$  と  $b$  の決定には最尤法を用い、下記の尤度関数(5)を最大にすることによってパラメーターを求めることができる。尤度関数の最大化には、シンプレックス法のアルゴリズムを用いた (Nelder and Mead<sup>4)</sup>)

$$L = \sum_i^N \{c_i \cdot \log(\Phi(l)) + (n_i - c_i) \cdot \log(1 - \Phi(l))\} \quad \dots\dots(5)$$

なお、ここで、 $n_i$ ：体長  $l$  の魚の総数、 $c_i$ ：大きい目合のかごで漁獲された体長  $l$  の魚の尾数、 $N$ ：全長の階級数を表している。

また、これら2つのモデルの適合度の判別には、等式(6)に示した赤池の情報量基準AIC (Akaike<sup>5)</sup>)によって行った。

$$AIC = -2 \times \sum_{i=1}^N \{c_i \cdot \log(\Phi(l)) + (n_i - c_i) \cdot \log(1 - \Phi(l))\} + (2 \times \text{parameter}) \dots (6)$$

なお、AICの値はより適合度が高いモデルの方が小さい値となる。

#### 4. 試験アナゴかごのモニター調査

アナゴかごの目合の拡大は漁獲量や金額に直結し、操業中の作業性にも大きく影響する。漁業者に目合拡大を要請するには、その効果や長所短所を実感してもらいことも必要であり、これらについて漁業者の指摘を受けようと考えた。このため、試験操業に用いた目合内径18mm(18節)、21mm(16節)、24mm(14節)のアナゴかごを貸し出し、漁業者が通常使用している目合内径15mm(20節)のアナゴかごと比較させ、その漁獲量や使用感について聴き取り調査した。

### 結 果

#### 1. 漁業日誌標本船の使用目合と漁獲物組成

アナゴかごを専業とする大阪府中部のK漁協、O漁協(2統)、南部のS漁協の標本船の2年間にわたる漁業日誌から、月別サイズ別漁獲量を図4に示した。

目合内径16.5mm(19節)のアナゴかご370個を使用する大阪府南部S漁協の標本船は、年間139~128日操業し、11.0~7.6トン进行漁獲した。そのうちピリアナゴは1.9~2.1トンで、漁獲量の19.1~25.3%を占めている。それを漁獲尾数に換算すると、ピリアナゴが全漁獲尾数の38.1~45.3%と大きな比率を占めるが、漁獲金額に対する比率は10.7~13.8%と、さほど大きな割合にはなっていない。

同様に、目合内径15mm(20節)のアナゴかご350個を使用する大阪府中部O漁協の標本船Aは、両年とも98日操業し、年間8.8~7.0トン进行漁獲した。そのうちピリアナゴは0.9~2.8トンで、漁獲量の11.2~39.7%をしめ、漁獲尾数でも25.9~64.2%、漁獲金額でも6.0~22.1%を占め、ピリアナゴに依存する比率がやや大きかった。

一方、目合内径18mm(18節)のアナゴかご370個を使用する大阪府中部O漁協の標本船Bは、操業日数は年間100~70日と2年目は他の仕事に従事したた

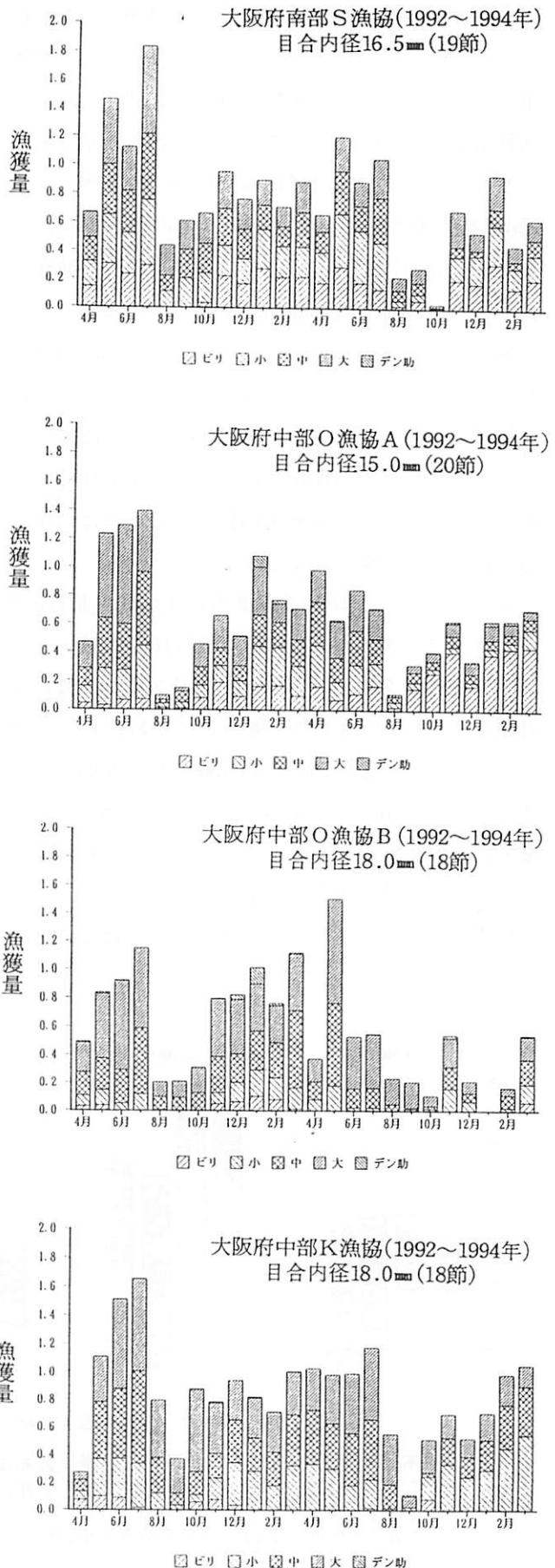


図4 漁業日誌標本船の月別サイズ別漁獲量(トン)

めやや少ないが、漁獲量は年間8.6~4.9トンで漁獲した。そのうちピリアナゴは0.4~0.1トンで、漁獲量の4.1~1.8%、漁獲尾数の11.9~5.3%と少なく、漁獲金額でも1.9~0.7%を占めるに過ぎなかった。

また、同じく目合内径18mm（18節）のアナゴかご300個を使用する大阪湾中部K漁協の標本船は、両年とも年間131日間操業し、10.8~9.3トンで漁獲した。ここでは自主的に商品サイズ以下のピリアナゴを放流しているため、ピリアナゴの漁獲量が0.4~0.1トンと、その3.9~0.9%を占めるに過ぎず、資源管理の検討が開始された2年目にはさらに減少した。ピリアナゴの漁獲尾数に占める比率も10.2%から2.3%に減少し、漁獲金額に占める比率は両年とも2.1~0.5%と極めて小さかった。

このようにアナゴかご専門業者の年間漁獲量は8.8~11トンで、漁獲量は毎年8月から10月に減少する一定の変動パターンがみられ、ピリアナゴは概ね10月頃から翌年7月頃まで漁獲される。特に、ピリアナゴは目合が小さい16.5~15.0mm（19~20節）のアナゴかごを使用する漁業者が年間0.9~2.8トンで漁獲し、これより目合がやや大きい18.0mm（18節）のアナゴかごを使用する漁業者は0.1~0.4トンと、目合が小さいほどピリアナゴが多く、目合による選択

性が漁獲物組成によく現れている。

これら専門家4統の日平均漁獲量と漁獲尾数および漁獲金額を図5に示した。漁獲量は目合の小さい目合内径16.5mm（19節）と15mm（20節）のアナゴかごを使用する南部S漁協と中部O漁協Aの標本船が70~81kg/日、18mm（18節）のアナゴかごを使用する中部O漁協BとK漁協の標本船は77~80kg/日と両者とも大きな差はないが、漁獲尾数は前者が1.4~1.6千尾/日（ピリアナゴは0.6~0.7千尾）、後者は1.0~1.1千尾/日（ピリアナゴは0.1~0.07千尾）と、前者はピリアナゴの漁獲尾数の割合が高い。しかし、漁獲金額は前者が6.1~6.3万円、後者が8.2万円と、後者が約2万円も高い。このように目合によって漁獲物組成が規定されるため、目合が小さい15~16.5mm（20~19節）のアナゴかごを使用するより、やや大きい18mm（18節）を使用する方が、漁獲収入を向上させる可能性がある。

## 2. アナゴの成長と価格の変化

試験操業で漁獲された全個体を用い、時期別全長組成を図6に示した。全長28cm以下の小型魚は8月から2月まで入網する。これらは大阪湾に冬季1月から4月にレフトセファルスで来遊したもので、その年の8月にTL20cmのモードでアナゴかごに入網し始め、10月にはTL26cm、11月にはTL29cm、翌年2月にはTL30cm、5月にはTL34cm、8月にはTL40cmと、極めて急激に成長する。

選択漁獲による効果を評価するには漁獲金額で表すのが最上の方法であろう。このためにはサイズ銘柄別時期別単価を把握する必要があり、最もデータが豊富な中部K漁協の漁業日誌に添付された市場の仕切表を整理し、アナゴの時期別サイズ銘柄別平均単価（円/kg）を表1に示した。ソウメンアナゴは全く商品とならないが、ピリアナゴは全長28cm程度から販売が可能となる。最も高価に取り引きされるサイズは、全長35cm~43cm（銘柄で中~大）の範囲のもので、これより

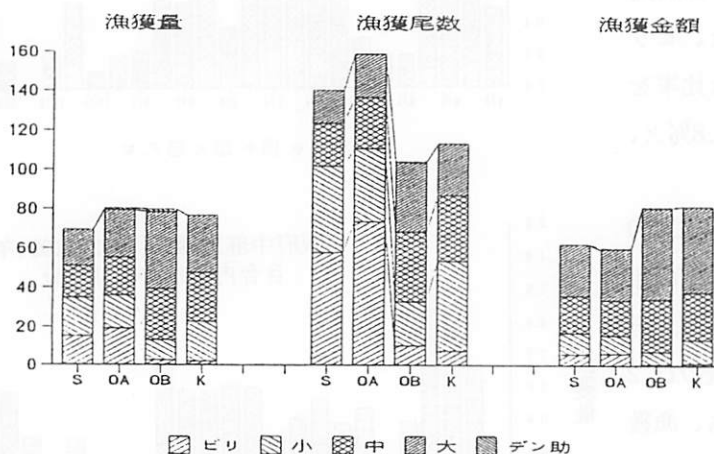


図5 標本船のサイズ別日平均漁獲量、漁獲尾数および漁獲金額ただし、漁獲量はkg、漁獲尾数は10尾、金額は千円を単位とする。Sは南部S漁協、OAは中部O漁協A、OBは中部O漁獲B、Kは中部K漁協。

大きくても小さくても価格は大幅に低下する。これをもとにアナゴの成長にともなう魚体価格の変化を表2に示した。アナゴは価格と魚体重の上昇により、ピリアナゴで漁獲するより3ヶ月で1.5倍、1年で10倍と短期間に価値が急上昇する。このことからアナゴは非常に資源管理の効率の高い魚種であることがわかる。

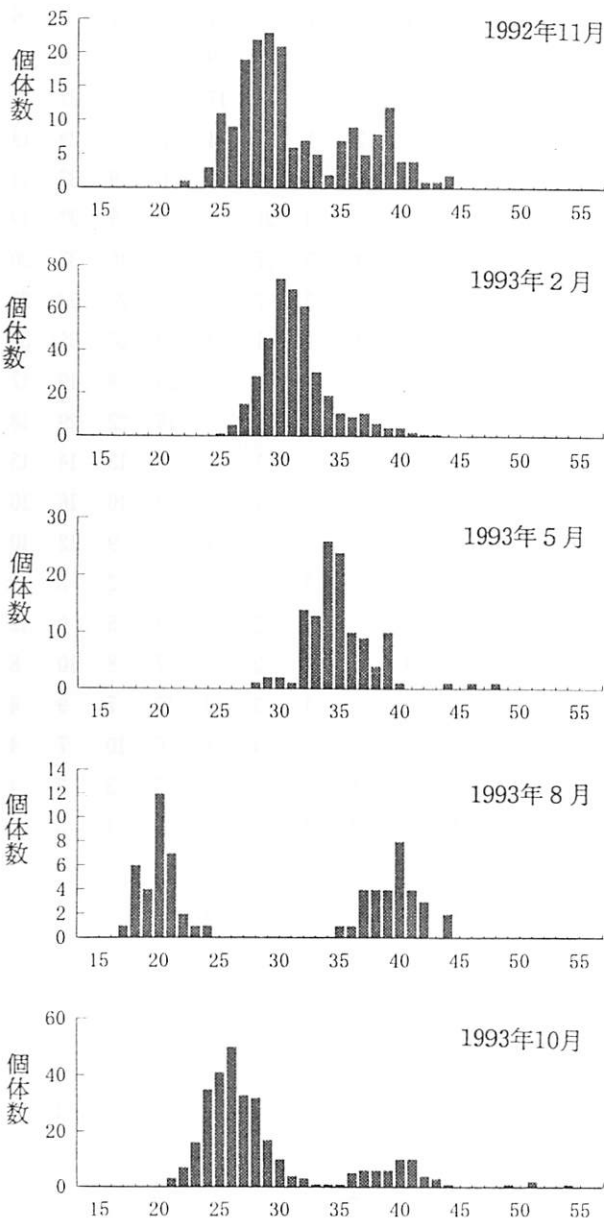


図6 試験操業に漁獲されたアナゴのヒストグラム (全長cm)

表1 マアナゴの月別平均単価

時期	ピリ	小	中	大	デン助
4月	587	742	1,075	1,650	500
5月	617	742	1,107	1,552	500
6月	566	675	868	1,272	500
7月	663	715	873	1,216	500
8月	802	975	1,313	1,558	500
9月	901	1,092	1,545	2,071	500
10月	643	725	1,131	1,796	500
11月	498	579	974	1,590	500
12月	500	573	877	1,574	500
1月	400	475	802	1,557	500
2月	410	488	1,100	1,565	500
3月	448	535	921	1,713	500
平均	586	693	1,049	1,593	500

ただし、ピリは全長30cm未満、小は30~35cm、中は35~40cm、大は40~45cm、デン助は45cm以上の個体。  
1992年4月~94年3月の平均単価(円/kg)

表2 アナゴの成長に伴う価格の変化

全長	体重	kg単価	1尾単価	利益増加指	出現時期
22cm	13g	0円	0円	0	8月
28cm	27g	586円	15.8円	1	11月
30cm	34g	693円	23.6円	1.5	翌年2月
33cm	45g	812円	36.6円	2.3	4月
38cm	72g	1,049円	75.5円	4.8	7月
42cm	100g	1,593円	159.3円	10.1	11月
50cm	200g	500円	100.0円	6.3	翌々年11月

### 3. アナゴかご試験操業における目合別漁獲物組成

アナゴかごの試験操業で漁獲されたアナゴの体長組成を時期別・目合別に表3に示した。目合内径15mm (20節) のアナゴかごには最小で全長17cmのアナゴが入網し、18mm (18節) には全長20cm、21mm (16節) には全長22cm、24mm (14節) には全長25cmのものが入網した。時間経過とともにアナゴの体長組成が大型化するが、どの時期においても目合が小さいほど小型のアナゴが入網する傾向は同様にみられた。

アナゴかごの目合別にアナゴのサイズ別漁獲重量と漁獲尾数を図7に示した。5回の試験操業において、商品価値が極めて低い全長28cm以下の個体の漁獲重量割合は、目合内径15mm (20節) のアナゴかごでは16.8%、18mm (18節) では20.1%、21mm (16節) で

表3 かが網試験操業の目合・時期・全長別漁獲尾数

調査時期	1992年11月4日				1993年2月13日				1993年5月15日				1993年8月13日				1993年10月5日				全回合計			
目合内径	24	21	18	15	24	21	18	15	24	21	18	15	24	21	18	15	24	21	18	15	24	21	18	15
目合(節)	14節	16節	18節	20節	14節	16節	18節	20節	14節	16節	18節	20節	14節	16節	18節	20節	14節	16節	18節	20節	14節	16節	18節	20節
TL <sub>cm</sub> 16																								
17																1							1	
18																6							6	
19																4							4	
20																1	11						1 11	
21																1	6					3	1 9	
22																1	1				1	2 4	1 3 6	
23																1						7 9	8 9	
24																1						18 17	22 17	
25																						2 1 24 14	2 3 29 19	
26																						6 5 29 10	6 8 37 13	
27																						3 21 9 3	8 37 19	
28																						4 3 17 8	11 15 37 20	
29																						2 3 7 5	13 28 23 24	
30																						4 1 1 4	22 20 35 30	
31																						2 1 1	26 18 19 17	
32																						1 2	16 22 29 18	
33																						1	9 13 14 13	
34																						1	12 10 16 10	
35																							1 13 9 12 10	
36																						1	3 1 1 5 12 8 9	
37																							2 4 9 5 9 12	
38																							2 8 10 8	
39																							1 3 2 16 7 9 4	
40																							6 10 7 4	
41																							8 5 3 4	
42																							3 1 3 2	
43																							5	
44																							1 2 1 3	
45																								
46																							1	
47																								
48																							1	
49																							1	
50																								
51																							2	
52																							2	
53																								
54																							1	
55																							1	
合計	32	34	71	45	79	109	107	102	33	24	39	24	12	3	14	36	30	34	150	95	186	204	381	302



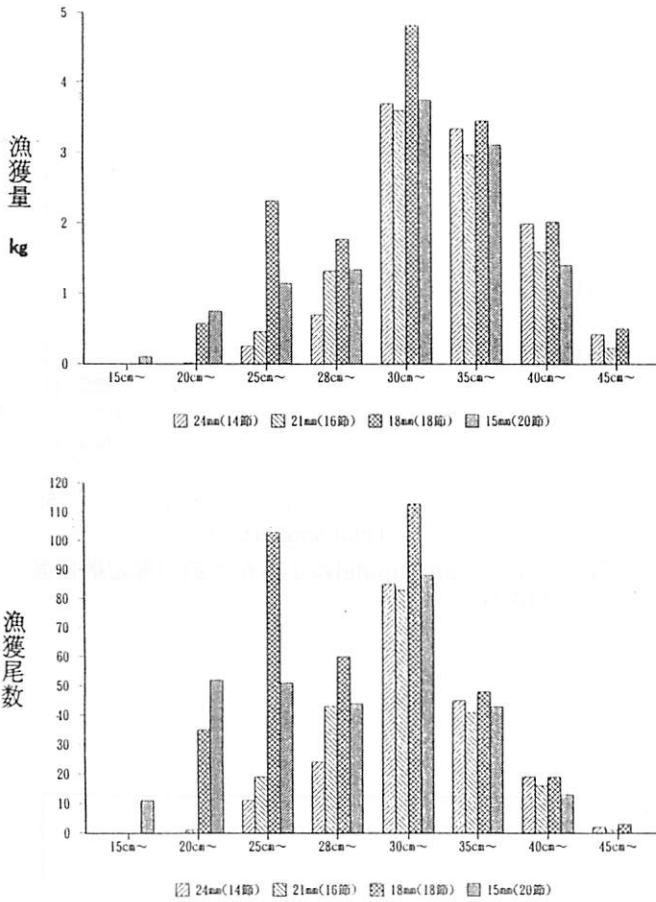


図7 アナゴかご網試験操業におけるサイズ別漁獲量 (kg)と漁獲尾数

は3.8%、24mm (14節) では2.5%と、18mm (18節) のかごに商品とされない個体の漁獲が多いが、漁獲尾数では、15mm (20節) が37.7%、18mm (18節) が36.2%、21mm (16節) が9.8%、24mm (14節) が5.9%と、目合が小さいほど商品とされない個体の漁獲尾数は多くなっている。このように全長28cm未満の個体は、目合内径15mm (20節) と18mm (18節) で多獲されるが、21mm (16節) 以上の粗い目合では漁獲が少ない。また、商品サイズの個体の漁獲量は18mm (18節) のアナゴかごが最も多かった。

4. 網目選択曲線

Millar(1992)<sup>2), 3)</sup>の方法によって、目合内径18mm (18節)、21mm (16節)、24mm (14節) のアナゴかごの網目選択性曲線を求めた。網目選択率の計算式を表4と表5に、これによって求めたEqual split modelによる結果を図8に、Estimated split modelによる結果を図9に、これらのモデルから求めた推定網目選択性曲線を図10と図11に、その適合度を示

表4 18, 21, 24mm目合のかご網で漁獲される全長別割合

Mesh size	φ. Proportion in large mesh	
	Equal split model P=0.5	Estimated split model P estimated
18mm	$\phi \cdot \frac{\exp(-42.5358+1.93505l)}{1+2\exp(-42.5358+1.93505l)}$	$\phi \cdot \frac{0.573501\exp(-33.9307+1.51455l)}{(1-0.573501)+\exp(-33.9307+1.51455l)}$
21mm	$\phi \cdot \frac{\exp(-25.6373+0.965806l)}{1+2\exp(-25.6373+0.965806l)}$	$\phi \cdot \frac{0.506989\exp(-24.5664+0.921974l)}{(1-0.506989)+\exp(-24.5664+0.921974l)}$
24mm	$\phi \cdot \frac{\exp(-19.3401+0.689716l)}{1+2\exp(-19.3401+0.689716l)}$	$\phi \cdot \frac{0.525684\exp(-17.691+0.621223l)}{(1-0.525684)+\exp(-17.691+0.621223l)}$

l:total length(cm)

表5 網目選択性のロジスティック曲線式

Mesh size	Curve equation of mesh selectivity	
	Equal split model P=0.5	Estimated split model P estimated
18mm	$r = \frac{\exp(-42.5358+1.93505l)}{1+\exp(-42.5358+1.93505l)}$	$r = \frac{\exp(-33.9307+1.51455l)}{1+\exp(-33.9307+1.51455l)}$
21mm	$r = \frac{\exp(-25.6373+0.965806l)}{1+\exp(-25.6373+0.965806l)}$	$r = \frac{\exp(-24.5664+0.921974l)}{1+\exp(-24.5664+0.921974l)}$
24mm	$r = \frac{\exp(-19.3401+0.689716l)}{1+\exp(-19.3401+0.689716l)}$	$r = \frac{\exp(-17.691+0.621223l)}{1+\exp(-17.691+0.621223l)}$

r:retention probability;l:total length(cm)

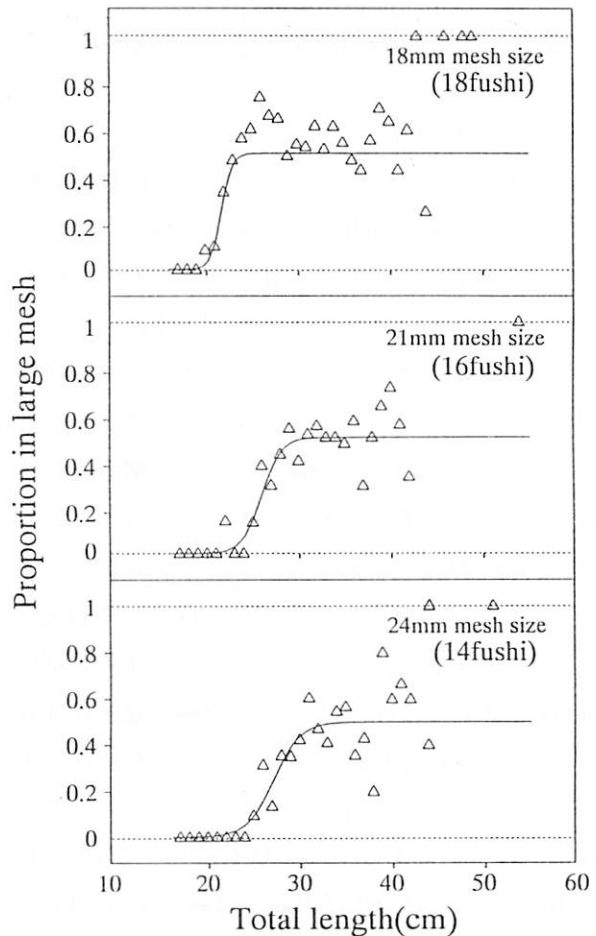


図8 Equal split modelによる選択率

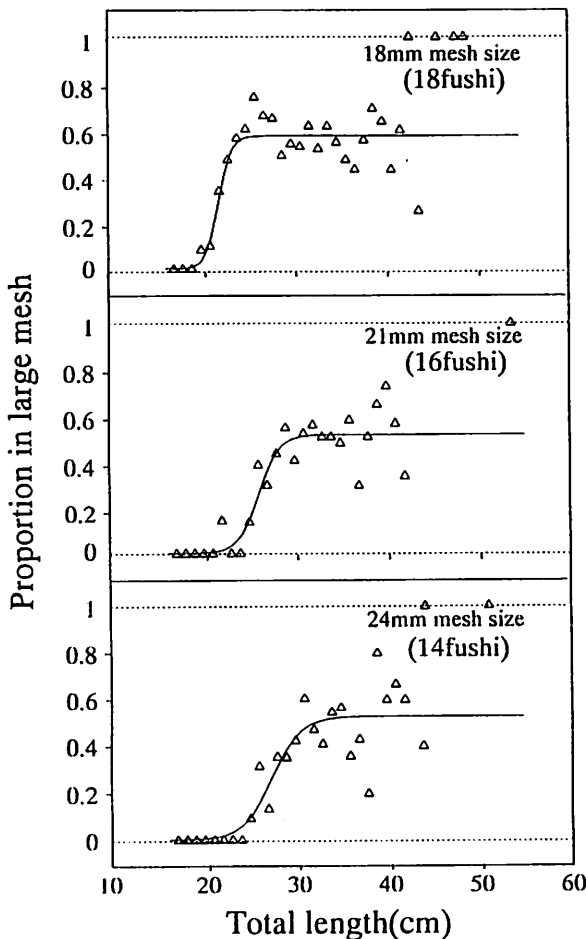


図9 Estimated split modelによる選択率

す赤池の情報量基準AICを表6に示した。どちらのモデルも目合が大きいくほど網目選択性曲線は右側にあり、底びき網の選択性の結果と同様に、目合が大きいくほど網目を抜けやすい傾向がみられた。標本不足のため体長の大きいところで選択率にバラツキはあるものの、これらのモデルはアナゴかごの網目選択性曲線を推定するのに妥当なモデルであると考えられる。しかし、目合18mm（18節）の網目選択性曲線の場合には、網目を抜けられないと仮定した最小目合15mm（20節）と目合が近いと、選択率が実際の値よりも大きくなり、選択性曲線をやや過大評価している可能性もある。したがって、実際の選択性曲線は図10と図11に示した目合18mmの選択性曲線より、100%選択全長は同じままで、さらに立ち上がったようになることも考えられる。

次に、AICによる目合別のモデルの適合度の結果（表6）から、目合内径21mmと24mm（16節と14節）ではEqual split modelの方がAICが小さく、適

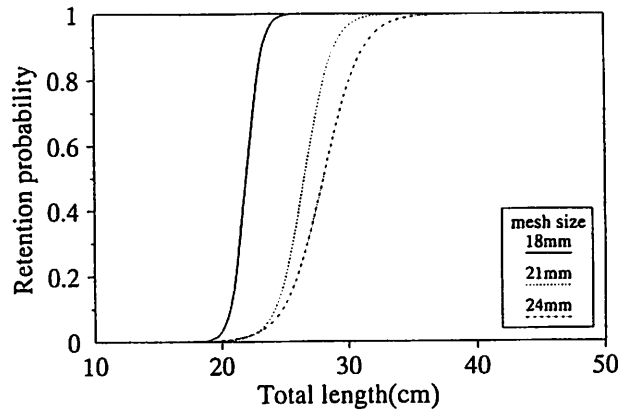


図10 Equal split modelによるかご網の推定網目選択曲線

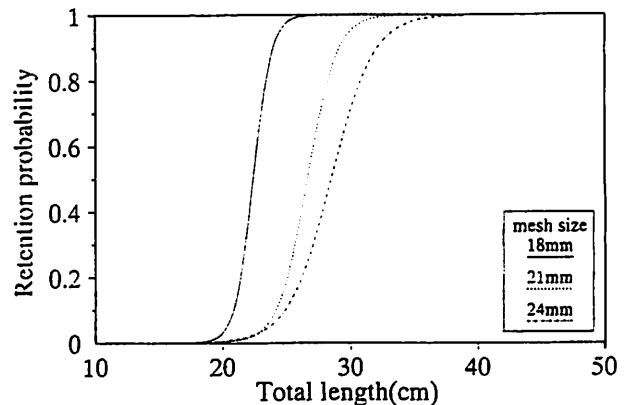


図11 Estimated split modelによるかご網の推定網目選択曲線

表6 網目選択曲線の適合度 AIC値

Mesh size	Value of AIC	
	Equal split model P=0.5	Estemztged split model P estimated
18mm	401.343	394.630
21mm	267.940	269.904
24mm	246.875	248.619

合度が良いことを示している。従って、目合21mmと24mmのかごは最小目合15mmのかごと遭遇率が同一であることを示し、これは目合による漁具能率の差が小さいことを示唆している。また、目合18mmはEstimated split modelの方がA I Cが小さく、最小目合15mmと遭遇率が異なることが示唆されたが、上述したように最小目合15mmと目合が近いので今後さらに検討を要する。

選択全長をEqual split modelの網目選択曲線から推定すると、目合内径18mm(18節)のアナゴかごの50%選択全長は220mm、21mm(16節)では266mm、24mm(14節)では280mmで、80%選択全長は目合18mm(18節)が227mm、21mm(16節)は280mm、24mm(14節)では301mm、100%選択全長は18mm(18節)が248mm、21mm(16節)は320mm、24mm(14節)では358mmである。

## 5. 漁獲制限体長の検討

アナゴかご漁業者の代表者からなる資源管理部会で、漁獲制限体長を設けることが討議された。アナゴの漁獲制限体長を何cmに設定するかは漁獲金額に直結する大きな問題である。この制限体長未満のアナゴを漁獲しないことによって、漁業者の漁獲金額が大きく減少するようでは、長続きせず実効性がない基準となる。漁業日誌等でアナゴのサイズ別漁獲量と漁獲金額、価格や選別基準を調査した結果、漁業者は通常開き加工したアナゴを出荷する際、2kgを単位としてパックに詰め、箱に本数を書き入れて出荷することがわかった。この2kg当たりの本数が最もサイズを認識しやすい値であることから、漁獲制限体長の決定に関しては、全長別に2kgパックに必要な本数を調査し(表7)、全長30cm以下の実物とともに検討に供したところ、商品サイズとして2kgで90尾までは何とか商品となるが、これ以上小さくなると商品価値が低落することも明らかになった。

漁獲制限体長については、当初全長30cmを提案したが、先進地視察を行った三重県では漁協ごと、あるいは漁業種類や時期によって、全長23~26cmを漁獲制限体長(全長)に定めていることから、全長30cmでは漁獲制限体長として大きすぎるとの意見や、

アナゴの漁獲が少ない時期には2kgで90尾程度の小型魚でも(開き加工に手間がかかり、価格も安い)が販売できるので、それより小さなサイズにしてほしいとの意見が聞かれた。これらを総合し、漁業者の漁獲収入を減らさず無理なく守れる漁獲制限体長として、2kgで90本必要なサイズである全長28cm未満を漁獲制限する事が合意された。

## 考 察

### 1. 漁獲制限体長以上のアナゴを選択的に漁獲するための適正目合の選定

漁獲制限体長未満のアナゴを放流しても、傷ついて斃死しては効果がない。幸いなことに、アナゴかごに入網したアナゴは網内で遊泳し、揚網時に軽く網に擦れる程度で、板びき網で漁獲されたアナゴのように他の漁獲物やゴミに揉まれることがないため、傷が少なく活力が良い。また、アナゴは底泥に潜り込んで生活することに適応し、鱗が退化し粘液を分泌して体表を保護しているため、底質に潜り込む時や軽い擦れ程度では傷がでにくくなっている。こ

表7 アナゴの全長と製品重量との換算表

全長	ひらき製品重量	2kgパックへの入り数
23cm	18g	111本
26cm	20g	100本
27cm	22g	91本
28cm	23g	87本
29cm	26g	77本
30cm	29g	69本
31cm	32g	63本
32cm	35g	57本
33cm	38g	53本
34cm	41g	49本
35cm	52g	39本
36cm	53g	38本
37cm	54g	37本
38cm	66g	31本
39cm	68g	30本
41cm	85g	24本
46cm	135g	15本
50cm	190g	11本

れはアナゴかごで漁獲されたアナゴを脱糞のため、室内水槽で数日から1週間程度蓄養しても斃死が少ないことや、兵庫県水産試験場（西川：未発表）が底びき網の袋網を抜けた個体の生残率を調べた結果からも予測される。

このように全長28cm未満の個体の再放流は生残率が高く効果があると考えられるので、揚網時に海上で放流されることが望ましいが、作業に迫られる揚網時や出荷時間を前にした加工時に選別を行うことには、非常な努力を必要とする。特に、開き加工時には選別個体の生存（窒息死の防止・収容密度）に配慮する必要があり、困難が予想される。これらの煩雑な手間を省き、再放流後の生残率をより高くするためには、商品サイズ以下の個体がアナゴかごの網目から抜け出ることが最も合理的である。ここで網目から抜けるアナゴが擦り傷をつくらず、抜けやすくするためには、若干網目を大きくする必要もある。しかし、目合を大きくして販売可能な個体の漁獲量まで減少するようでは、漁業者の生活が成り立たず、管理方策としての妥当性を欠いてしまう。

また、アナゴは空腹時には容易に網目から抜け出せる個体であっても、アナゴかご内で餌を飽食すると腹部が膨満して網目から抜けられず、目合周長と胴周長から予測される体長より小さな個体も多く漁獲される。また、小型底びき網の袋網では網目の形状が角目から菱目まで変化し、網目から小型魚が抜けやすいが、アナゴかごの場合は網目の形状が柔軟性に富まず、菱目となる面積が多いため、同じ目合でも小型魚の抜け方が良くない。特に、当年来遊群が入網し始める8月から10月に漁獲制限体長未満のものが多く、漁業者の漁獲金額を極力減少させずに、これらを少しでも減らすことに意義があると考えられる。

試験操業の結果では使用したアナゴかごの目合内径15mm（20節）から24mm（14節）までのものすべてに全長28cm以下の個体が入網し、網目が細かいほど小さい個体が漁獲される。漁獲制限体長の全長28cm未満のアナゴは目合15mm（20節）と18mm（18節）で多量に漁獲され、それ以上のアナゴは18mm（18節）

が最も多い結果が得られた。全長28cm未満を減少させるには、目合を21mm（16節）に落とせばよいが、18mm（18節）に比較して商品サイズのアナゴの漁獲量がやや減少することを考慮する必要がある。

一般にある体長以上の対象魚を選択的に漁獲するには、網目選択性曲線の50%選択体長に相当する目合の網を選択することが多い。Millar<sup>2)</sup>のEqual split modelから求めたアナゴかごの網目選択曲線（図10）の立ち上がりは急で、アナゴは円筒形の魚体をしているため、微妙な目合の違いで抜け出せるか否かが分かれる。この網目選択性曲線によって全長28cmの網目選択率が50%を示す目合を選定すると、24mm（14節）を採用することになる。しかし、この目合で漁業経営が成り立つか否かは、経済的に検討する必要があり<sup>6)</sup>、全長28cmのアナゴに対する網目選択率をどの程度に設定するかは、経済調査の結果や漁業者の意見によって調整するべきであろう。漁業収益からみて、全長28cmのアナゴが80%漁獲される必要があれば、目合内径21mm（16節）と24mm（14節）の中間目合を、100%であれば18mm（18節）と21mm（16節）の中間の目合を採用することになる。

漁業者は現在使用している目合を拡大することには、漁獲量や金額が減少しないか不安があり、目合を拡大するには網目選択効果について漁業者自身が実感し、漁業者が主体的に目合の選定が必要である。このため、試験網を通常の15mm（20節）のアナゴかごと一緒に操業に使用し、漁業者が比較したところ、次のような意見が聞かれた。

目合内径15mm（20節）では夏季から秋季に漁獲制限体長以下の個体が多量に漁獲されるので、選別に手間がかかる。逆に、24mm（14節）では中アナゴ以上は漁獲されるが、全長28cm以上のピリアナゴのみならず小アナゴも大部分が抜け出て、実際の漁に使用できない。また、21mm（16節）でも漁獲量が少ない時期にピリアナゴが少なくなり、その時期の漁獲金額の減少につながる。18mm（18節）は全長28cm未満の漁獲制限個体も入網し、選別が必要ではあるが、15mm（20節）よりは全長25cm以下の超小型個体の入網が少なく、漁獲成績もよいとの情報を得た。これ

は試験操業の結果とも一致している。

これらの結果から全長28cm以上のアナゴを漁獲する現実的な目合として、目合内径18mm (18節) から21mm (16節) の中間に最も現実的な目合内径があると考えられた。これは網目選択性曲線からみて全長28cmのアナゴを100%漁獲する目合を選択したことになり、漁業者は漁獲金額を減少させない目合を厳密に選択している。

また、漁業者が目合の小さい15mm (20節) のアナゴかごを使用する理由として、「目合が大きいと漁網にアナゴや残餌が刺さる。」、「漁獲量が多い。」、「目合が大きいとフグに網を噛み破られやすい。」という3項目を指摘した。前の2項目については、試験操業時に網目に刺さって揚がって来たものはごく僅かで、目合が細かければ細かいものが、目合が大きければ大きいものが刺さるので、どの目合を使用しても同様であり、漁獲量については試験操業結果によっても目合内径18mm (18節) での漁獲量が目合15mm (20節) より多かったことにより棄却できる。「フグの被害」については情報不足であるが、網糸を噛み破られると目合が大きいほど穴も大きくなるので、アナゴが逃げやすくなるのであろう。

現在、アナゴかご製造業者の既製商品は目合内径15mm (20節)、18mm (18節)、21mm (16節)、22.5mm (15節) で、漁網の商品規格サイズとして、19.5mm (17節) があるならば、この付近の目合が最適ではないかと考えられる。しかし、アナゴかご製造業者の既製品には目合内径19.5mm (17節) の製品はなく、この目合を注文するには数百単位で発注する必要がある。

こうした事柄を総合し、アナゴかご資源管理部会では、とりあえず目合内径18mm (18節) に目合を拡大することを決定し、さらに目合内径19.5mm (17節) 付近にあると思われる最適目合サイズに網目を微調整していくことが望ましいと考えた。また、アナゴかごの耐用期間がかなり長いために、次の網換え時に目合内径18mm (18節) 以上に徐々に交換していくことで合意が得られた。

## 2. 資源管理による漁獲収入向上の可能性について

資源管理を行う場合、管理方策を実行することにより、将来的に漁獲収入の向上が期待できれば、漁業者の理解や協力が得られやすいことは当然である。こうした説明資料として、資源管理の効果を簡単な収支モデルによって試算した。

漁業日誌からピリアナゴの漁獲の多い南部S漁協とピリアナゴの漁獲が少ない中部K漁協の標本船の操業実態を総合し、平均的專業アナゴかご漁業者のモデルを作ると、平均的アナゴかご漁業者は年間13日操業し、9.7トンのアナゴを漁獲し、その漁獲尾数は16.8万尾、漁獲金額は980万円である。そのうち価格の低いピリ個体が1.1トンあり、それは漁獲量の11.7%をしめ、これを尾数に換算すると全体の25.9%を占めるが、これによる漁獲金額はわずか6.2%にすぎない。

現在販売されているピリアナゴはその中でも全長28~30cmのもので、漁獲制限体長以上であるが、このモデル漁業者がピリアナゴをすべて放流し、小型サイズで漁獲した場合と、中型サイズで漁獲した場合について、漁獲量の増加と漁獲金額の増加について試算し、図12に示した。ただし、ここで放流魚の死亡はないものと仮定し、漁業者の漁獲してくるピリアナゴが全長28~30cmのものであることから、これらは翌月に30cmを超えて小型サイズになるものとする。また、ピリアナゴが全長35~40cmの中型個体になるのは3ヶ月後とし、その他のサイズのものは

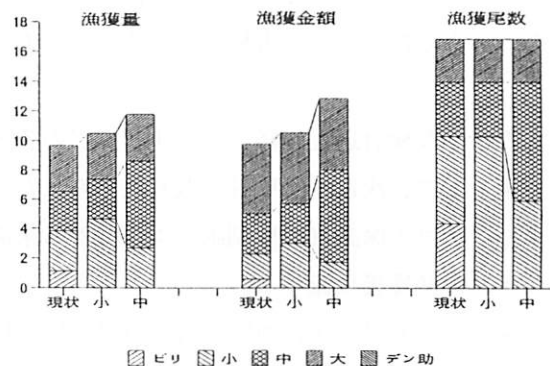


図12 ピリアナゴの放流による効果の試算  
ただし、漁獲量はトン、漁獲金額は100万円、漁獲尾数は万尾を単位とする。

これまでと同量が漁獲されるものとする。その結果、放流したピリアナゴがすべて小型魚に成長し漁獲されると、漁獲量は0.8トン増加し、漁獲金額は77万円の増収となる。さらに、これを中型魚まで成長させて漁獲すると、漁獲量は2.1トン増加し、漁獲金額は307万円もの増収となる。

また、TL28cm前後のピリ個体を開く作業はTL35～45cmのものより労力がかかり、2kgパックをつくるには本数も多く必要なことから2倍以上の時間が必要となり、ピリ個体に係わることにより、経済効率が極めて悪くなることが推測される。

このようにピリアナゴの再放流を行うことは、一時的にアナゴかご漁業者の漁獲金額を少し減少させることになるが、その後の成長と価格の急上昇による増益と、開き加工処理時間の短縮などから考えて、アナゴかご漁業者の生産性を向上させる効果があることを示唆している。また、このことは先に述べた漁業日誌調査において、目合が小さい15mm（20節）かごを使用する漁業者より、19.5～18mm（19～18節）を使用する漁業者の日平均漁獲金額が約2万円も高いことから、その可能性は高いと考えられる。

今後も最適目合を正確に求めるための試験操業やその解析を行うことや、最適目合と考えられるアナゴかごを試作し試験的に貸与すること、あるいは季節的な目合の使い分けを行うことなども、資源管理の上で必要ではないかと考えられる。

また、将来的にはこれらの資源管理に漁業者の理解を得ることにより、漁獲制限体長の拡大やそれともなう目合の拡大なども再検討されるべきであろう。

以上のような検討過程を経て、アナゴかごの資源管理方策として、次に示す項目が取り決められた。

1. 小型アナゴの保護（漁獲制限）：全長28cm未満のアナゴを漁獲後放流する。
2. 操業時間の制限：午後3時出港、午後10時帰港。
3. アナゴかごの目合の拡大：アナゴかごの目合を目合内径18mm（18節）以上に交換する。（試験結果からは目合内径19.5mm（17節）が最適と考えら

れる。）

4. 休漁日の設定：漁協が定めた休漁日以外に、さらに週1日の定休日を設ける。
5. かご数の制限：300かごを上限とする。

## 摘 要

1. アナゴの商品サイズとしては全長28cm以上必要で、全長35cm～43cmの範囲のものが最も高価に取り引きされ、これより大きくても小さくても価格は大幅に低下する。アナゴは湾内流入後10ヶ月から2年以内を最適漁獲期間とし、その間の成長が早く価格もサイズによって急上昇する。
2. 漁業者の漁獲収入を減らさず、無理なく守れる漁獲制限体長として、商品サイズの下限に当たる全長28cmを漁獲制限体長にと提案し、資源管理部会で採択された。
3. アナゴかご専門業者の年間漁獲量は8.8～11トンである。ピリアナゴは概ね10月から翌年7月まで漁獲され、専門業者で年間0.1～2.8トンを漁獲している。目合内径が15～16.5mm（20～19節）の小さなアナゴかごを使用している漁業者は、それより目合が大きい18mm（18節）を使用する漁業者よりピリアナゴの漁獲比率が高い。両者の日平均漁獲量には大きな差がないが、漁獲尾数は前者が非常に多く、漁獲金額は後者が高かった。このため、網目を拡大することによって漁獲収入が増加する効果があると考えられた。
4. ピリアナゴは成長に伴う魚体重量の増加と価格の上昇により、3ヶ月で1.5倍、1年で10倍と短期間に価値が急上昇する。
5. 漁業日誌から平均的アナゴかご漁業者のモデルをつくり、漁獲したピリをすべて放流し、それらが小型や中型アナゴに成長し、現在の漁獲に添加された場合の試算を行った。小型魚で漁獲に添加されると、漁獲量は年間0.8トン増加し、漁獲金額は77万円の増収となる。中型魚で漁獲に添加されると、漁獲量は年間2.1トン増加し、漁獲金額は同じく307万円の増収となる。このように価格の安いピリアナゴを漁獲せず、価格の高いサイズ

- に成長したものを選択的に漁獲することによって、漁獲金額の増加が期待できる。
6. 目合内径15mm(20節)、18mm(18節)、21mm(16節)、24mm(14節)の4種類のアナゴかごによる試験操業の結果、すべてに全長28cm未満の個体が入網し、目合が細かいほど小さな個体が漁獲された。特に、目合15mm(20節)と18mm(18節)には漁獲制限体長未満のアナゴが多量に漁獲されるが、商品サイズのアナゴの漁獲量は18mm(18節)が最も多かった。
7. アナゴかごの網目選択性曲線をMillar<sup>2)</sup>の方法によって推定した。これによる目合内径18mm(18節)の50%選択全長は220mm、21mm(16節)は265mm、24mm(14節)は280mmで、全長28cm以上のものを50%以上の選択率で漁獲するには、少なくとも目合内径24mm(14節)の目合が必要となる。しかし、網目による選択率は経済的にも考慮する必要があり、試験操業結果や漁業者の意見を参考に現実的な目合の選定を行った。
8. 漁業者の試験網のモニター結果では、目合内径15mm(20節)は夏季から秋季に漁獲制限体長以下の個体が多量に漁獲されるので、選別に手間がかかる。目合内径24mm(14節)では中アナゴ以上は漁獲されるが、ピリアナゴから小アナゴがほとんど抜け出て、実際の漁に使用できない。また、目合内径21mm(16節)でもピリアナゴが少なく、その時期の漁獲金額の減少につながる。目合内径18mm(18節)は全長28cm未満の漁獲制限体長も入網し選別が必要ではあるが、目合内径15mm(20節)よりは超極小個体の入網が少なく、漁獲成績もよいとの情報を得た。これらの結果から目合内径18mm(18節)から21mm(16節)の中間に最も現実的な目合内径があると考えられた。
9. 漁業者は全長28cm以上のアナゴを漁獲する現実的な目合として、網目選択率が100%になる目合を選定した。
10. 全長28cm以上のアナゴを選択的に漁獲する現実的な目合として、目合内径19.5mm(17節)付近が適当ではないかと考えたが、管理方策としては現行の15mm(20節)から18mm(18節)に網目を拡大し、徐々に最適網目に調整することとなった。
11. 1992年度からアナゴかごに関する調査を行った結果をアナゴかご資源管理部会で検討し、1993年度にアナゴかごに関する資源管理指針を設定した。

## 謝 辞

本研究を行うに当たり、アナゴかごに関する多くの貴重な情報を提供いただいたアナゴかご資源管理部会のメンバーの方々に、漁業日誌調査でご協力いただいた堺市、春木、岸和田、岡田浦、下荘漁業協同組合の記帳者各位に、また試験操業で多大なご協力をいただいた春木漁業協同組合の前田武雄氏、野口楠夫氏、片山光男氏に厚くお礼を申し上げます。

## 文 献

- 1) 近畿農政局大阪統計情報事務所：大阪府農林統計年報，昭和40年～平成4年(1965-1992)。
- 2) R.B.Millar：Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. Fisheries research, 13, 205-220(1992)。
- 3) R.B.Millar：Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. J.American statistical Assoc. 87, 962-968(1992)。
- 4) J.A.Nelder and R.Mead：A simplex method for function minimization. Computer J., 7, 308-313(1983)。
- 5) H.Akaike：A new look at the statistical model identification. IEEE Trans. Automat. Contr., AC-19, 716-723(1974)。
- 6) 西川哲也・反田實・東海正：大阪湾の小型底びき網におけるマアナゴの網目選択性，日本水産学会誌60(6), 735-739(1994)。