

東京湾のマアナゴ資源について -

水抜穴の適正サイズの検討

清水 詢道

On the Resource of White-spotted Corger,
Conger myliaster (Brevoort) in Tokyo Bay-
Examination for Determining Optimum Size of
Draining Halls

Takamichi SHIMIZU*

A B S T R A C T

To determine the optimum diameter of draining halls, the author examined the previous data. The escapement curves according to two fishing ways, day-time fishing and "yoibaki" fishing (traps were sunk at evening and heaved up at next morning), were estimated as a function of G/C (body girth / circumference of draining halls) as follows.

daytime fishing

$$r. e. = 1 - 1 / \{ 1 + \exp (8.3704 - 8.4125 \cdot G / C) \}$$

yoibaki fishing

$$r. e. = 1 - 1 / \{ 1 + \exp (27.3785 - 25.1914 \cdot G / C) \}$$

Supposing the size distribution, the survival rate, the average growth rate and the rate of exploitation, the optimum diameter of the draining halls were estimated 16mm considering the balance of the effect derived from the escapement of small fishes against the escapement of large fishes.

はじめに

筆者は、資源の現状や漁獲の実態からみて、東京湾のマアナゴ資源は資源管理が必要な時期にきており(清水, 1996¹⁾), そのためには9月以降漁場に参加してくる小型魚を保護することが第一歩で、あなご筒の水抜穴を拡大することによってその目的が達成できる可能性があることを述べた(清水, 1997²⁾)。水抜穴を拡大して小型魚を保護することについての漁業者の認識も深まっており、個人的に水抜穴を拡大する漁業者も増えてきており、また水抜穴拡大を組合全体で決定しようとする動きもある。しかし、実際には水抜穴を拡大しようとする時に、具体的にどのサイズにするかについては、各漁業協同組合、支所での出荷の実態に差があるために、各個が試行錯誤的にサイズを決定しているのが現状である。

出荷できない小型魚をできるだけ多く筒から通過させるためには水抜穴は大きいほどよいが、筒からの通過曲線はlogistic曲線として推定されており(清水, 1997²⁾), その性質上出荷可能な魚まで通過してしまう可能性がある。そのような実践は漁業現場では定着しがたいであろうが、出荷可能な魚を一切通過させないような水抜穴サ

イズでは小型魚の通過が十分ではないことが予想される。そこで、できるだけ多くの小型魚を通過させながら出荷可能な魚の通過を最小限にとどめ、期待される効果を最大にするような「適正水抜穴サイズ」を検討する必要がある。本報では、この「適正サイズ」の検討方法と検討結果について述べ、若干の論議を行う。

横浜市漁業協同組合柴支所の斎田芳之氏をはじめとするあなご筒漁業を営む皆さんには常に有益な情報とご意見をいただいた。資源環境部の山田佳昭主任研究員には調査にご協力いただいただけでなく有益なアイデアを教えていただいた。東京水産大学の東海 正助教授、野津倫代さんには筆者の考え方についてご意見、ご批判をいただいた。あわせて心から感謝する。

材料と方法

小型魚を筒から通過させるということは次の年の漁獲対象資源への添加量を増加させるという意味でのプラス効果であり、一方出荷可能な魚が筒から通過してしまうのは現時点での直接的なマイナス効果である。通過曲線が推定されていれば、小型魚(全長36cm未満)の通過

尾数と出荷可能（全長 36 cm 以上）であるが通過してしまう尾数は、適当な体長組成を用いれば計算することは可能であるが、効果の発生する時間に差があるために、これらの尾数を同列に比較することはできない。そこで、ここでは両方の効果を金額的に評価し、これが最大になるような水抜穴のサイズを「適正サイズ」と定義する。

次の年の漁獲対象資源への添加から期待される漁獲によるプラスと出荷可能な魚が通過してしまうことによるマイナスを次の式で表す。

$$\begin{aligned} \text{プラス} &= \text{通過量} \times \text{生残率} \times \text{平均成長率} \times \text{漁獲率} \times \text{単価} && \text{..... (1)} \\ \text{マイナス} &= \text{通過量} \times \text{単価} && \text{..... (2)} \end{aligned}$$

ここで、小型魚が漁場に参加してくるのは 9 月以降であり、これが成長して出荷可能サイズになるのは翌年 4 月以降である（清水, 1996¹）。水抜穴を拡大して小型魚を通過させれば、この間の死亡は自然死亡のみと考えられるので、自然死亡係数を M とすると (1) 式の生残率は、 $\text{生残率} = \exp(-1/2 \cdot M)$ (3) と表現できる。ここでは M の推定値として、陳 (1996³) が東京湾のマアナゴについて推定した、 $M = 0.447$ を用いた。また、漁獲率は筆者が標本船調査から推定した $E = 0.714$ (清水, 1996¹) を用いた。また、年による単価の変動はないものと仮定した。

プラスとマイナスを同時に評価するには小型魚と出荷可能な魚の双方が含まれる組成が必要である。ここでは調査船さがみによる 1994 年 11 月から 1995 年 12 月までのデータ（清水, 1996²）を集計して小型魚の平均全長、標準偏差、出荷可能な魚の平均全長、標準偏差を求め、正規分布を仮定して Fig. 1 に示した全長組成を求めた。この組成に対して通過曲線を適用し、通過したマアナゴの組成を求め、全長と体重の関係式

$BW = 0.433 \times 10^{-3} TL^{3.383}$ (清水, 未発表) (4) を用いて重量に換算した。この時点での小型魚の平均全長は 27.5 cm とみなすことができる。また、翌年 4 月の平均全長は、筆者が 1996, 97 年の 4 月に調査した結果では 30.1 cm であった（清水, 未発表）。全長 27.5 cm の

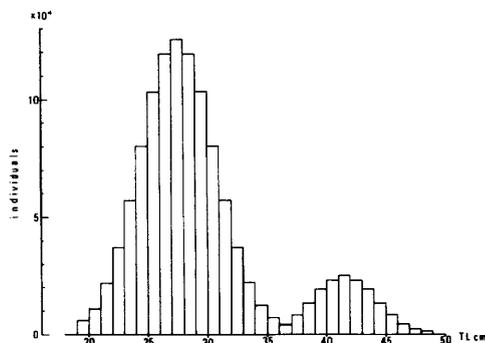


Fig. 1 Hypothetical TL distribution used in this paper.

図1 仮定した全長組成
時の体重は 32.0g, 全長 30.1 cm の時の体重は 43.4g であ

る。平均成長率として、この体重の倍率 $43.4/32.0 = 1.36$ を用いた。

前報では 3 mm の水抜穴を持つ筒（以下、3 mm の筒と表現する。）と 17 mm の筒によるある全長ランクの漁獲尾数を N3, N17 とし、そのランクの通過率 = $(N3 - N17) / N3$ とし求めたが、本報では、通過率 = $(N3 - N17) / (N3 + N17)$ とし計算し、Logistic 式として、MS-Excel のソルバーを用いた最尤推定方法（東海, 1997⁴）によってパラメータを推定した。

筒漁業の操業には、昼間筒を投入し約 1 時間後にあげる昼間操業と夕方筒を投入し翌日早朝にあげる「よいばき」と呼ばれる操業があり、両者では筒が海中にある時間は大きく異なる。前報で述べたように、漁具の中でマアナゴが餌を食べるか食べないかで通過曲線のパラメータは変化するし、筒の場合でも筒が海中にある時間の変化に伴って、餌の消化によってパラメータが変化する可能性は大きいと考えられる。筆者がこれまで検討したのは昼間操業の場合である。よいばき操業時の通過曲線については、筆者が水抜穴拡大の効果のデモンストレーションとして横浜市漁業協同組合柴支所の筒漁業者と共同で実施した調査結果（清水, 未発表）と神奈川県水産課専技版が実施した調査結果（笠原, 1998⁵）をあわせて用いて (Tab. 1), 昼間操業の場合と同じ方法によって通過

Teb. 1 Comparison of catch number caught by 9 mm-traps and 17 mm-traps in each TL rank.

表1 全長階級ごとの 9 mm の筒と 17 mm の筒による漁獲尾数の比較

TL rank	Shiba		Namamugi		Kanazawa		Higashi		Total	
	9 mm	17 mm	9 mm	17 mm	9 mm	17 mm	9 mm	17 mm	9 mm	17 mm
21.5	2								2	
2.5	2				4		1		7	
3.5	5				3				8	
4.5	12		4		1				17	
5.5	21		5		5				31	
6.5	44				12		1		57	
7.5	30		2		14		2		48	
8.5	45		7		22				74	
9.5	40		2		17		5		64	
30.5	33		1		23		9		66	
1.5	22	1	1		16		11		50	1
2.5	15		1		24	1	27		67	1
3.5	9				17	1	14		40	1
4.5	9	2			14	4	13	1	36	7
5.5	2	4			10		11	5	23	9
6.5	8	8			7	2	9	2	24	12
7.5	5	12			5	1	8	6	18	19
8.5	8	20	1		4	2	2	2	15	24
9.5	4	17		1		3	1	5	5	26
40.5	5	14	2	2	4	2	2	3	13	21
1.5	5	7	1	1	1	1	2	4	9	13
2.5	1	3		1	2	3			3	7
3.5	2	5	1		1	1			4	6
4.5	2	3		2	2	4		1	4	10
5.5	1	1			3	4			4	5
Total	365	97	28	7	211	29	118	29	722	162

曲線を推定した。

マアナゴの全長 (TL, cm) と胴周長 (G, cm) の関係式としては,

$$G = 0.178TL - 0.778 \dots\dots\dots (7)$$

を用いた。

結 果

推定された通過曲線と通過の実態

推定された通過曲線は次の2つの式で表された。昼間操業の場合

$$r.e. = 1 - 1 / \{ 1 + \exp(8.3704 - 8.4125 \cdot G / C) \} \dots\dots\dots (5)$$

よいばき操業の場合

$$r.e. = 1 - 1 / \{ 1 + \exp(27.3785 - 25.1914 \cdot G / C) \} \dots\dots\dots (6)$$

いずれも, Gはマアナゴの胴周長 (cm), Cは水抜穴の円周 (cm), を表す。

これらをあわせて Fig. 2 に示した。この両者は、漁獲されはじめる (通過率が1未満となる) G/Cの値と、通過が考えられる範囲の点で、特に異なっていた。漁獲されはじめる G/Cの値は、昼間操業の場合には 0.4, よいばき操業の場合には 0.9 と考えられた。これを現在多くの漁業者が使用している 9 mmの筒で考えた場合には、昼間操業では漁獲開始全長は 10.7 cm, よいばき操業では 18.7 cm という結果になった。また, 50% 漁獲される全長は昼間操業の場合には 20.2 cm, よいばき操業の場合には 21.6 cm となった。昼間操業にしてもよいばき操業にしても出荷できない全長 36 cm未満のマアナゴのほとんどを漁獲してしまうことになる。特に昼間操業の場合には、ほぼ変態完了直後から漁獲対象になってしまうと考えられた。

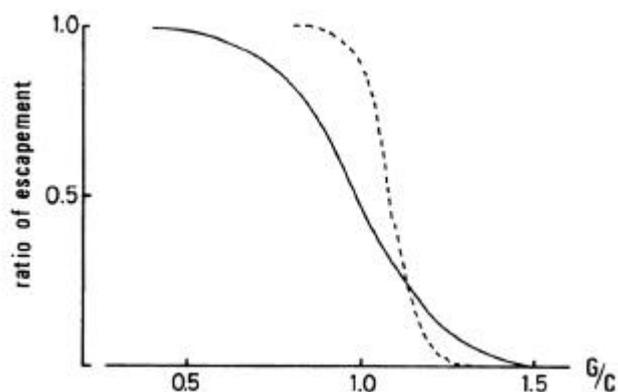


Fig. 2 Estimated equations on day-time fishing (solid line) and "Yoibaki" fishing (broken line).

図2 昼間操業とよいばき操業で推定された通過曲線

一方, 出荷可能な魚が通過しはじめるのは、昼間操業の場合には 12 mmの筒から、よいばき操業の場合には 15 mmの筒からで、筆者が調査に用いた 17 mmの筒では、漁獲開始全長は、昼間操業の場合には 16.4 cm, よいばき操業の場合 31.4 cm, 50% 漁獲全長, 昼間操業の場合 34.2 cm, よいばき操業の場合 37.0 cmとなり、はじめの目的である水抜穴を通過させるには十分と考えられたが、同時に出荷可能な魚も通過してしまうことが考えられた。

適正水抜穴サイズの検討

推定された通過曲線を用いて、前述の方法によって水抜穴の適正サイズを検討した。昼間操業の場合とよいばき操業の場合を Fig. 3 に示した。図中の点は、昼間操

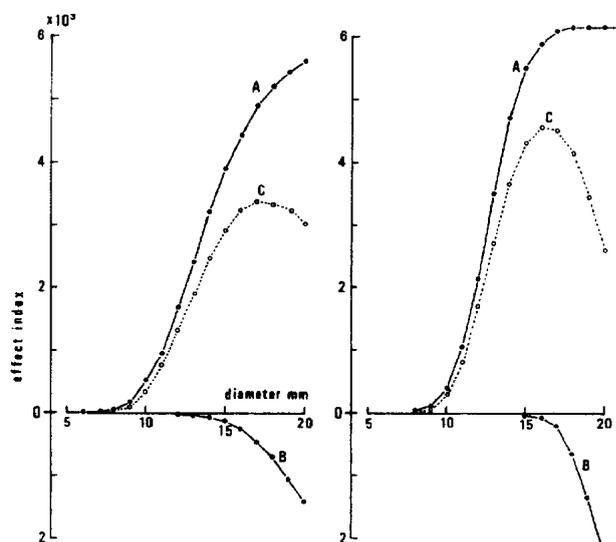


Fig. 3 Index of effect relating to diameter of draining halls.

Left: day-time fishing

Right: "Yoibaki" fishing

図3 試算された効果

左: 昼間操業

右: よいばき操業

業の漁獲されはじめの値を基準として、標準化して示してある。昼間操業とよいばき操業とは、推定された通過曲線の係数が異なるため、小型魚の通過重量 (A), 出荷可能な魚が通過してしまうことによるマイナス重量 (B), 生残率と漁獲率を考慮した効果 (C) の曲線の形状は異なっているが、最大の効果が得られた水抜穴の直径の値は昼間操業で 17 mm, よいばき操業で 16 mm であり、いずれも出荷可能サイズの通過が開始される直径よりも大きかった。昼間操業時に得られる効果よりよいばき操業時に得られる効果の方が大きいこと、昼間操業の場合、効果の大きさは 16 mmの筒でほとんど差がないことなど

から、適正水抜穴サイズは16 mmであると判断された。16 mmの筒では、昼間操業の場合には出荷可能な魚の7.5% (尾数)が通過してしまうが、小型魚の77.6%を通過させることができる。またよいばき操業では出荷可能な魚の1.7%、小型魚の97.8%がそれぞれ通過する。

論 議

現在、東京湾ではマアナゴの漁獲量は500 - 600 tで、数字的には安定しているように見える。しかし、筒漁業の操業隻数の増加、1隻あたりの使用筒数の増加など、漁獲努力量はあきらかに増加する一方、努力量あたりの漁獲量は減少しており、なんらかの資源保護、管理対策が必要になっている。このことは、漁業者の間でもよく認識されており、横浜市漁業協同組合柴支所では、水抜穴を13 mm以上にすることが合意された(斎田芳之氏、私信)。また、横浜漁業協同組合では水抜穴を13 mmとすること及びあなご漁業の場合には13 mmのみあう網目を使用すること、が組合の決定事項となっている。本報で述べたように、適正水抜穴サイズは16 mmであり、比較すれば13 mmという取り決めは、小型魚を不合理漁獲からできるだけ多く通過させようという目的からみると、やや小さい、と考えられる。このサイズは、出荷可能な魚を100%漁獲するためのサイズである。中川ら1998⁶⁾は、筒にカバーネットを取り付けて操業実験を行い、 G/C が0.6 - 1.35の範囲が選択域で、出荷可能な魚を100%漁獲できる水抜穴のサイズは13.8 mmであると述べている。このサイズならば、たしかに出荷可能な魚の通過がなく、かつ小型魚を不合理漁獲から回避させうるもので、漁業現場で受け入れやすいであろうが、本報で検討したように、最大の効果を期待するには出荷可能な魚の若干の通過はやむをえず、したがって13 mmの筒では不足であると考えられる。とはいえ、資源保護・管理のために漁業者が自主的に水抜穴のサイズを拡大したということは大きな前進であり、今後はより適正なサイズに近づけるとともに、この実践を東京湾全体に拡大していくことが今後の大きな課題である。

水抜穴を拡大することは、不合理漁獲の回避のみに役立つだけではなさそうである。東京湾のあなご筒漁業にとって、ヌタウナギ、*Eptatretus burgeri*は、体表から分泌する粘膜でマアナゴを窒息死させて出荷できない状態にしたり、筒を汚したりする、きわめてやっかいな混獲魚であるが、水抜穴の拡大が、ヌタウナギの混獲の回避にも効果があると考えられる。野津は、6種類の異なる水抜穴を用いた操業実験を行い、この中でヌタウナギは3 mm、9 mmの筒では多獲されたが、13.5 mm以上の筒ではほとんど漁獲されず、同じ全長のマアナゴよりも通過率が大きいと考えられた(野津、未発表)。ヌタウナギに対する漁業者の関心は高く、1995年には神奈川県のあるあなご筒漁業者が協力して、大規模な駆除を実施したこともあるほどである。ヌタウナギの生態系の中での

役割は不明であるが、一方的な駆除を考えるよりも、水抜穴の拡大による混獲防止の方が望ましい手段であろう。

さらに、水抜穴の拡大は、出荷時の選別作業の軽減に寄与することは明らかである。選別の良否は出荷先での販売価格に影響し、小型魚が混じれば混じるほど価格は低下する。水抜穴の拡大は、100%の小型魚を通過させることは不可能としても、よりよい選別作業に貢献し、ひいては漁業収入の安定につながるであろう。

摘 要

- 1 水抜穴を拡大した場合に考えられる、小型魚が通過して次年の資源として添加されるプラス効果と出荷可能な魚が通過してしまうマイナス効果について、昼間操業とよいばき操業の2つの場合について検討した。
- 2 昼間操業の場合

$$r.e. = 1 - 1 / \{ 1 + \exp(8.3704 - 8.4125 \cdot G / C) \}$$
 よいばき操業の場合

$$r.e. = 1 - 1 / \{ 1 + \exp(27.3785 - 25.1914 \cdot G / C) \}$$
 の二つの式が指定された。
- 3 最大の効果が得られる適正水抜穴サイズは、昼間操業とよいばき操業の両者からみて16 mmであると考えられた。
- 4 漁業者では13 mmの筒の使用が開始されているが、これでは効果としては不足であり、今後適正サイズに近づける必要があると考えられた。
- 5 水抜穴の拡大は、小型魚の保護のみならず、ヌタウナギの混獲防止にも役立つと考えられた。

引用文献

- 1) 清水詢道(1996): 東京湾のマアナゴ資源について - 漁業の実態と資源管理に関する予察, 神水研研報, 1, 7 - 13.
- 2) 清水詢道(1997): 東京湾のマアナゴ資源について 水抜穴からの通過曲線の推定, 神水研研報, 2, 1 - 5.
- 3) 陳 文義(1996): 東京湾のマアナゴ資源に関する研究, 東京大学学位請求論文, 170pp.
- 4) 東海 正(1997): MS - Excelのソルバーによる曳網の網目選択性Logistic式パラメーターの最尤推定, 水産海洋研究, 61, 288 - 298.
- 5) 笠原定夫(1998): アナゴ筒漁具の水抜穴改良試験, 神奈川県農政部水産課, 平成9年度水産業改良普及事業活動実績報告書, 24 - 25.
- 6) 中川 崇・東海 正・野津倫代・内田圭一・松田 皎(1998): カバーネット法によって求め東京湾あなご筒水抜穴孔のサイズ選択性, 平成10年度日本水産学会秋季大会講演要旨集, 4.