

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 ——

東 海 正*

Fisheries Management of a Small Shrimp Trawl in the Seto Inland Sea

—— Discarded Fishes and Mesh Size Regulation ——

Tadashi TOKAI*

Small trawl fisheries exploit many small shrimps and depend greatly on them in the Seto Inland Sea. Southern rough shrimp *Trachypenaeus curvirostris* is the most important target species of small shrimps besides kuruma prawn *Penaeus japonicus*. At the same time, the main species of fishes concerned are two juvenile flounders *Pleuronichthys cornutus* and *Limanda yokohamae*. The shrimp beam trawl net has small-mesh codends, about 16.5–25.1 mm in stretched measure in the Seto Inland Sea, since its main target species are shrimps. Consequently, two juvenile flounders are caught in the shrimp beam trawl fishery and most of them are usually discarded at sea, because they are considerably smaller than commercial size, about 100 mm in body length. Discards of juvenile flounders occur more abundantly from spring to summer when they are widely distributed in the trawl fishing ground. The annual amounts of the two juvenile flounders discarded at sea were estimated at approximately 200,000 in number (1.12 ton in weight) and 42,000 in number (0.17 ton in weight) per a boat in the Suo-Nada, respectively. The number of the small trawl fishing boats in the Suo-Nada is approximately 550 boats. There is concern that the catching and discarding of these juveniles may possibly have an adverse effect on flounders stocks. Since the fishing grounds and seasons of the small trawl fishery overlap the distributions of juvenile flounders, it is difficult to establish closed seasons and areas. Accordingly, the mesh size regulation was examined and this paper presents an appropriate mesh size for the present shrimp fishery.

The mesh selectivity of trawlnets has been usually determined by the trouser trawl, the covered-net or the comparative fishing method. However, the methods can not give the mesh selectivity for a specified mesh size without any fishing experiment with that mesh size. This paper also presents new methods of determining the mesh selectivity curve for an arbitrary mesh size of codend from a fishing experiment with several mesh sizes. A covered-net fishing experiment was carried out of a shrimp beam trawl with codends of six mesh-sizes in the Suo-Nada, on July 7–9, 1984. The mesh selectivity curves of the shrimp beam trawl were determined for two shrimps, southern rough shrimp and mantis shrimp *Oratosquilla oratoria*. The master curves were obtained from this method and can give the mesh selectivity curves of a specified mesh size for the two shrimps. In the same fishing experiment, the mesh selectivity curves for the two flounders were also determined.

In estimating appropriate mesh sizes in a fishery, the objective for fishery management was proposed, that the amount of a few target species discarded is made as small as possible without a remarkable decrease in the landing of the target species. The culling selectivity was defined as the ratio of landing number to catch number (= landing no. + discard no.) at each length class. And the total selectivity

1992年11月18日受理, 南西海区水産研究所業績A第22号, 〒739-04 広島県佐伯郡大野町
本研究は, 南西海区水産研究所で行われた。

* 現在の所属, 〒108 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学海洋生産学科 (Department of Marine Science and Technology, Tokyo University of Fisheries)

was defined as multiplying mesh selectivity and culling one together. Moreover, this objective can be attained by adopting a mesh size whose mesh selectivity curve is the most similar to the patterns of total selectivities for the target species. The culling selectivity and the total selectivity for southern rough shrimp were estimated as a function of body length. For example, the total selectivity for southern rough shrimp begins to increase from the length class of 40–45 mm and steeply increases with length, and then reaches 1 at the length class of 80–85 mm. Thus the mesh used at present (25.1 mm) is too small for southern rough shrimp. Since southern rough shrimp is the smallest target species, the appropriate mesh size was determined at 32.5 mm mesh size as an appropriate mesh size.

The amount of the target species discarded at sea were predicted, using the fishery model. The adoption of 32.5 mm mesh size will make southern rough shrimp discards almost nothing, while the amount of landing shows an increase of 16% without an immediate decline, as compared with the one of the present fishery. It was often stated that it is difficult to convince fisherman of the need for restrictive measures, because an excessive increase in mesh size brings an immediate loss before long-term benefits. The mesh size regulation for the objective of reducing the amount of discards at sea increases the total landing without an immediate loss. This mesh size regulation is probably acceptable for the small trawl fishermen.

Key words: fisheries management, shrimp trawl, discarded fish, mesh selectivity, mesh size regulation

目 次

第Ⅰ章 瀬戸内海における小型底びき網漁業の現状	33
第Ⅱ章 小型底びき網漁業における投棄魚	37
第1節 漁獲後の選別による幼魚投棄の実態	37
第2節 カレイ類幼魚の分布と移動	43
第3節 幼魚保護のための管理方策の検討	50
第Ⅲ章 底びき網における網目選択性曲線の決定法	52
第1節 理論的背景	53
第2節 決定方法	56
第3節 応用例と論議	58
第Ⅳ章 小型底びき網における網目選択性曲線の決定	65
第1節 小型底びき網によるカバーネット試験操業の結果	65
第2節 論議	82
第Ⅴ章 投棄魚減少を資源管理目標とした適正網目の推定	85
第1節 人為選別率と全選択率	86
第2節 資源管理目標の設定と適正目合の推定	88
第3節 網目規制による効果の試算	91
第4節 論議	94
要 約	97
謝 辞	102
文 献	103

第 I 章 瀬戸内海における小型底びき網漁業の現状

瀬戸内海の海面漁業による年間漁獲量は、この20年間ほぼ一定で約40万トンの水準を維持している（日本水産資源保護協会 1986）。このうち小型底びき網漁業が、約10万トン（全漁獲量中の約25%）を漁獲している（Fig. 1-1）。また、Fig. 1-2 に示したように、小型底びき網漁業の10年間の平均生産額は、漁業種別第1位の約670億円である（中国四国農政局統計情報部 1979—1989）。さらに、瀬戸内海全体の漁労体数が約50,000統で、小型底びき網漁業は釣り漁業や刺網漁業とともに全漁労体数中の約20%を占める。これらのことから、小型底びき網漁業は瀬戸内海での基幹漁業であり、かつ最も重要な漁業種類の一つであるといえることができる。

瀬戸内海の小型底びき網漁業は、おおまかに手繰1種、2種、3種および板びきの4漁法に分けられる。手繰1種は網口開口装置を有せず、“かけまわし”と呼ばれる。一方、手繰2種、3種および板びきはそれぞれ網口開口装置としてビーム、桁およびオッターボードを有する網具を用いる漁法である。Fig. 1-3 は、1978年から1987年までの瀬戸内海の小型底びき網漁業の漁獲量を漁法別に示したものである（中国四国農政局統計情報部 1979—1989）。瀬戸内海での手繰1種漁業による漁獲量は非常に少ない。これはその操業漁船の隻数が少ないためである。板びき網漁業による漁獲量は年間25,000トン前後で比較的安定している。この漁法は主に魚類を漁獲対象

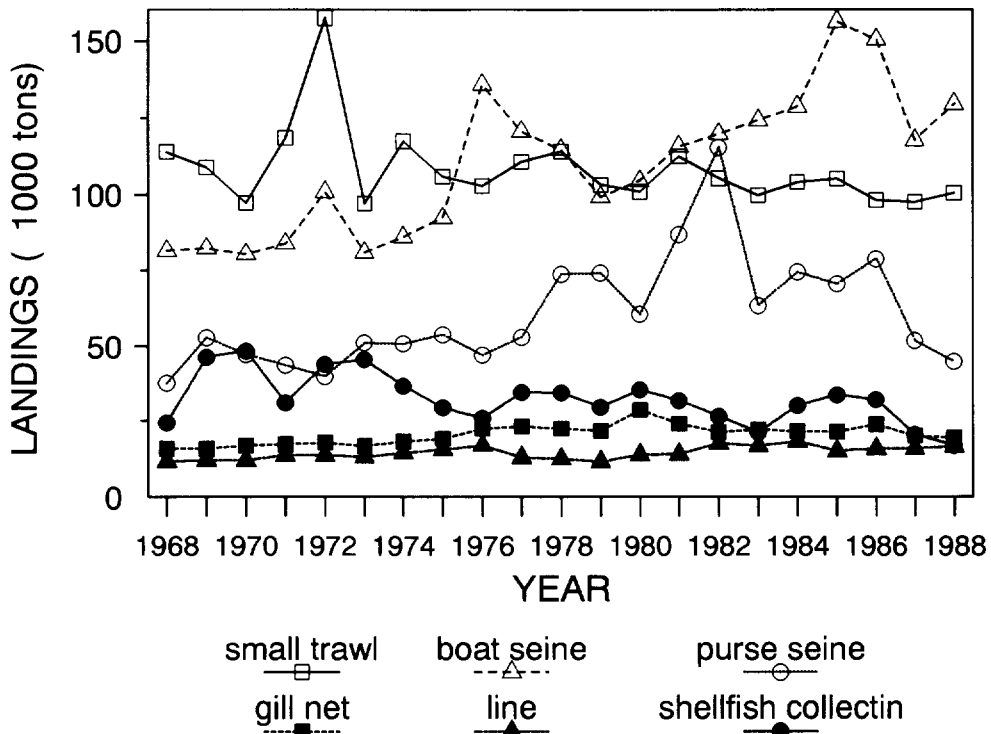


Fig. 1-1. Yearly changes of landings in main fisheries such as small trawl, boat seine, purse seine, gillnet, line and shellfish collecting in the Seto Inland Sea.

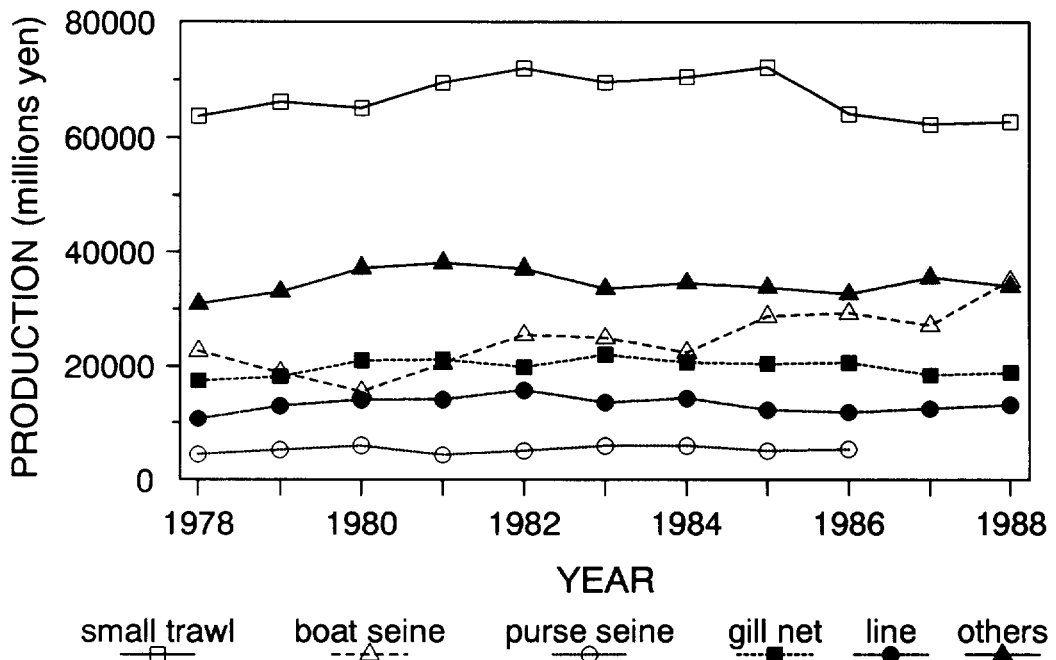


Fig. 1-2. Yearly changes of landing productions in main fisheries such as small trawl, boat seine, purse seine, gillnet, line fisheries and others in the Seto Inland Sea.

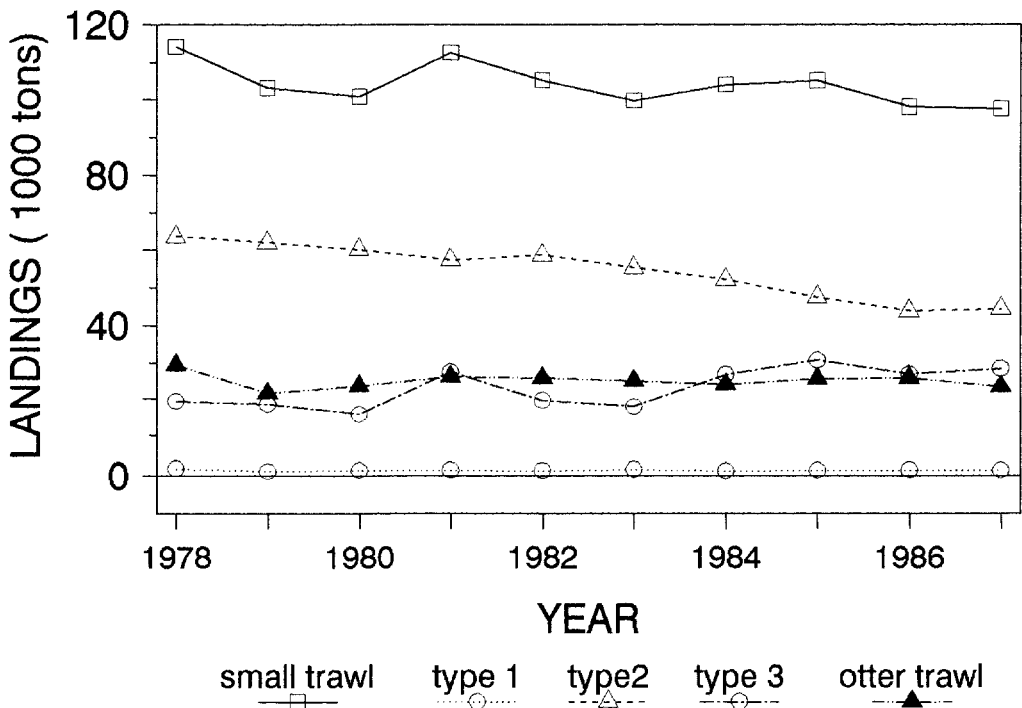


Fig. 1-3. Yearly changes of landings by the several fishing methods of the small trawlnet fisheries in the Seto Inland Sea.

とする漁業である。手繰3種漁業による年間漁獲量も20,000から30,000トンで、この10年間増加傾向にある。この手繰3種漁業は貝桁網漁業とも呼ばれ、主に貝類を主要な漁獲対象とし、そのほかにカレイ類などの魚類も漁獲する。この手繰3種漁業の操業は11月から3月までの期間だけ許可される。最後に、エビ漕ぎ網漁業とも呼ばれる手繰2種漁業による年間漁獲量は、小型底びき網漁業中で最も多く、50,000トンの水準にある。それは小型底びき網漁業全体の漁獲量の約半分に相当する。本漁業は、操業の許可も周年を通じて行われて、小型底びき網漁業でもっとも重要な漁法となっている。しかし、この手繰2種漁業の漁獲量はこの10年間に漸減傾向にある。

手繰2種漁業の1978年から1987年までの魚種別漁獲量を Fig. 1-4 に示した（中国四国農政局統計情報部 1979-1989）。漁獲された魚類のうちで最も多い魚種はカレイ類である。このカレイ類の漁獲量はほぼ5,000トンの漁獲水準にあるが、近年減少傾向にある。そのほかの魚はいずれも多いものでも1,000トン前後で、魚類ではカレイ類が最も重要な対象魚である。また、手繰2種漁業は通称エビ漕ぎ網漁業と呼ばれているように、小型エビ類を主要漁獲対象としている。この小型エビ類の漁獲量が統計における魚種区分で最も多い。例えば、瀬戸内海の全漁業による小型エビ類の漁獲量は、約20,000トンであり、この漁獲量の95%は、小型底びき網漁業による漁獲である。特に、手繰第2種漁業（エビ漕ぎ網漁業）はその小型底びき網漁業による漁獲量の74%を占めている。小型エビ類は、クルマエビ *Penaeus japonicus* を除き、主にサルエビ *Trachypenaeus curvirostris*、アカエビ *Metapenaeopsis barbata*、トラエビ *Metapenaeopsis acclivis* およびシバエビ *Metapenaeus joyneri* などからなる。これらの小型エビ類漁獲のうちでサルエビの占める割

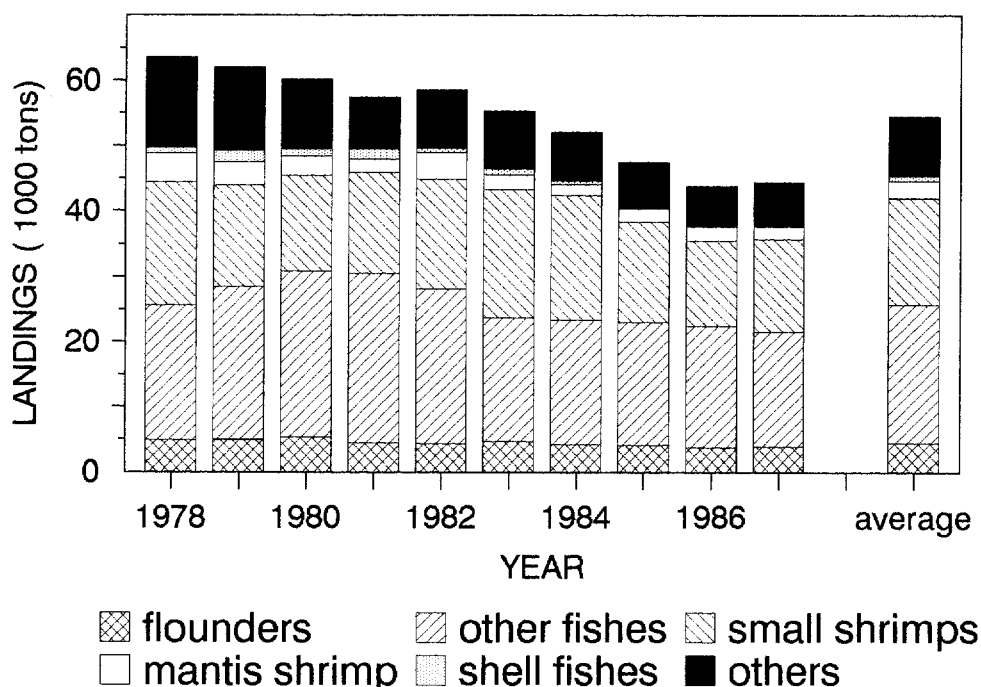


Fig. 1-4. Yearly changes of landings of flounders, other fishes, small shirimp, mantis shrimp, shellfish and others in small trawl fishery of type-2 fishing method, called "Teguri 2-syu", in the Seto Inland Sea.

合が最も高い(福田・松村 1986)。さらに、最近では市場価格が上昇してきたシャコ *Oratosquilla oratoria* も数千トン漁獲されている。したがって、手繰り2種漁業では、小型エビ類、カレイ類およびシャコが重要漁獲対象種としてあげられる。

瀬戸内海におけるカレイ類の漁獲量は、1978年に過去最高の年間14,000トンに達し、1975年以降の12年間、小型底びき網漁業全体で年間10,000トン以上を維持している。カレイ類は小型底びき網漁業以外にも刺網漁業や小型定置網漁業にとっても主要漁獲対象種である。しかし、カレイ類漁獲量の70%強は小型底びき網漁業によるものであり、さらにその50%強は手繰り2種漁業による。漁獲対象としてのカレイ類には、マコガレイ *Limanda yokohamae*、メイタガレイ *Pleuronichthys cornutus*、イシガレイ *Kareius bicoloratus*、およびムシガレイ *Eopsetta grigorjewi* がある。1971年から4年間行われた香川・岡山・山口・福岡・大分の5県によるカレイ類放流技術開発調査で、これらのカレイ類の中でマコガレイとイシガレイが取り上げられた(香川県水試他 1975)。特にマコガレイは、1980年より宮城・山口・大分放流技術開発事業の対象種として再度、取り上げられている(宮城県水試他 1982)。しかし、1980年以降、減少傾向にあるカレイ類の漁獲量と単位努力量当りの漁獲量(CPUE)でメイタガレイの占める割合が増加し、マコガレイとイシガレイの資源状態の悪化が懸念されている(正木他 1986a)。このために1984年から1986年まで水産庁の委託事業として、山口県、福岡県および大分県によって沿岸域漁業管理適正化方式開発調査周防灘域海域別調査事業が行われた。本事業ではカレイ資源とそれを漁獲する4種類の漁業(小型底びき網漁業手繰り2種と3種、刺網漁業および小型定置網漁業)の現状把握とその結果に基づく資源、漁業および経営モデルが組み立てられた(山口県他 1987)。また、この事業は1987年から魚種を増やして、モデルをより高度化するために継続されている。さらにこれらのモデルを用いて、瀬戸内海東部海域のカレイ類を対象として広域資源培養管理対策推進事業が1988年からはじめられ、資源管理方策の効果に関するシミュレーションが行われている。このように、小型底びき網漁業の対象種であるカレイ類の資源管理は現在、瀬戸内海では重要な課題である。したがって、カレイ類の資源管理に対する具体的な方法を検討、提言することが課題となっている。

本研究では、第Ⅱ章で瀬戸内海における小型底びき網漁業の管理を考える上で大きな問題であるカレイ類幼魚の投棄魚の実態について述べ、さらにその解決法として、小型底びき網に対する網目規制によって網目を拡大して投棄魚を減らすことを提案する。第Ⅲ章で、網目選択性曲線を決定するために新たに開発した網目選択性曲線の決定法を述べる。第Ⅳ章でこの決定方法を用いて実際に小型エビ類、カレイ類およびシャコの操業実験の結果に応用し、それぞれの網目選択性曲線を決定する。最後の章で、第Ⅱ章で示した投棄魚問題を例として、小型底びき網の網目選択性曲線を小型底びき網漁業の資源管理に具体的に応用する。なお、この最後の章で新しい考え方の資源管理目標も提示する。

第Ⅱ章 小型底びき網漁業における投棄魚

前章で述べたように、瀬戸内海で基幹漁業である小型底びき網漁業は、カレイ類を重要漁獲対象種としている。底びき網漁業による漁獲物の中には、人為的に選別されて捨てられる投棄物と市場に出荷される水揚物が存在することは広く知られている（青山 1961, 北沢・大阿久 1982）。北沢（1988）はこうした投棄魚について、漁労作業、資源利用および資源保護の観点からその問題点を論じている。瀬戸内海の小型底びき網漁業でも、投棄物中にカレイ類を含む有用魚種の小型魚が含まれていることが指摘されてきた（多胡他 1962, 福岡 1980, 松村・福田 1982, 森 1983, 1984, 横松 1984）。しかし、これらの指摘では瀬戸内海における小型底びき網漁業による投棄魚の実態が定量的に把握されていない。本章では、カレイ類資源の利用実態を把握するために行った投棄魚調査結果から、投棄魚の実態とカレイ幼魚の分布について述べる。次に、その結果から、カレイ類幼魚の投棄魚問題を整理する。さらに、この問題の解決策として、次章以降で取り上げる網目規制以外の方策についても若干の検討を行う。

第1節 漁獲後の選別による幼魚投棄の実態

周防灘におけるマコガレイとメイタガレイ資源の利用実態を把握するために、1983年4月から1985年12月まで山口県床波と大分県長洲に小型底びき網漁業の標本船を設定して投棄魚調査を行った。本調査では、標本船から水揚魚と投棄魚を購入することにより、小型底びき網漁業における投棄の実態を定量的に明らかにすることを目的としている（東海他 1985, 伊東他 1986）。

材料と方法

用いた材料と資料は、瀬戸内海西端の周防灘で操業する小型底びき網漁船（山口県床波漁協所属と大分県長洲漁協所属のそれぞれ1隻）が漁獲した日別の投棄物標本とその操業日誌である。

投棄物は、出漁日ごとに1曳網分の中から抽出した標本を冷凍保存し、同時に抽出率を記録した。これらの投棄物は魚種別に分類した後、標本尾数と標本総重量を記録した。特に、メイタガレイとマコガレイでは全長、体長および体重を測定し、耳石の光学顕微鏡による観察から年齢を判定した。

標本船操業日誌の調査項目は、操業日、操業海域、曳網回数、曳網時間、漁法（手繰2種の1帖びきあるいは2帖びき、または手繰3種の2帖びきなど）、およびマコガレイ、イシガレイ、メイタガレイの市場へ出荷した水揚尾数と水揚重量である。

これらの資料をもとに、標本船の日別投棄魚の尾数と総重量は、それぞれ標本尾数と標本総重量に抽出率の逆数とその日の曳網回数を乗算して推定した。さらに月ごとに日別投棄魚の尾数と総重量の平均を求めて、それらをそれぞれ操業1日当りの投棄魚の尾数と総重量とした。

結 果

1. カレイ類投棄魚の体長と出現時期

床波漁協所属の小型底びき網漁船によるマコガレイの投棄魚と水揚魚の日別体長を Fig. 2-1

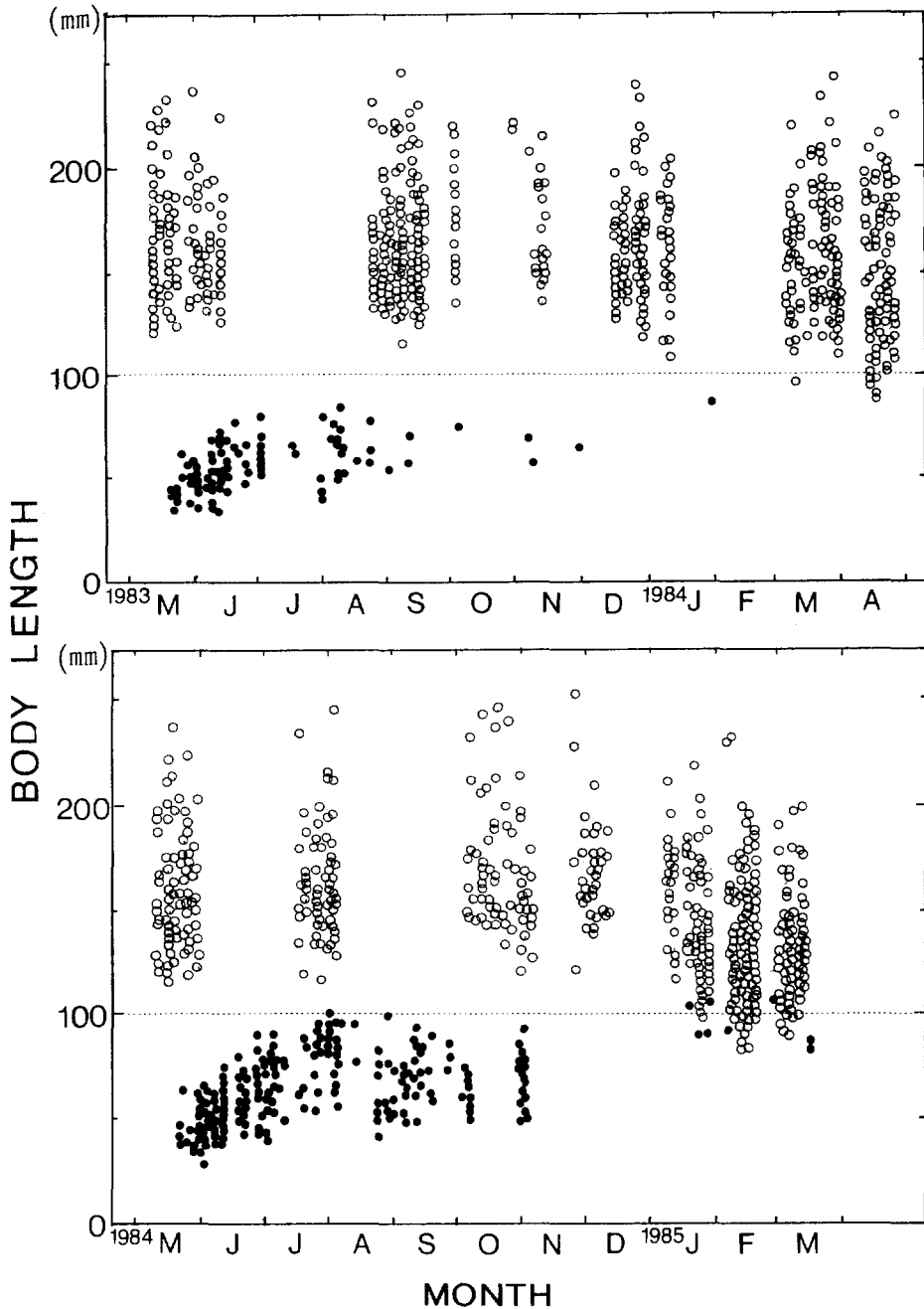


Fig. 2-1. Body length between marketable catch(○) and discards(●) of flounder *Limanda yokohamae*. Fish are caught in the Suo-Nada area by the small trawnet belonging to the Tokonami fisheries cooperative association, Yamaguchi Prefecture.

に示した。マコガレイの投棄魚は5月中旬から下旬に出現しはじめ、その体長範囲は35～50 mmであった。その後、成長に伴って体長は増加するが、1983年と1984年に体長100 mmを越す投棄魚はみられない。1985年1～3月には、ほぼ体長100 mmを有する水揚げ魚と投棄魚の両者が出現し、それらは体長約100 mmで分離されている (Fig. 2-1)。この投棄魚の出現時期や体長は山口県床波を根拠地とする小型底びき網漁船に限らず、大分県長洲を根拠地とする場合でも同じである (Fig. 2-2)。これらのことから、マコガレイの成長 (正木他 1986) と産卵期 (正木他 1987a) を考慮すると、マコガレイが漁獲されはじめるのは産卵の約5ヵ月後であり、また投棄されず水揚げされるようになるのは満1歳であることを示している。

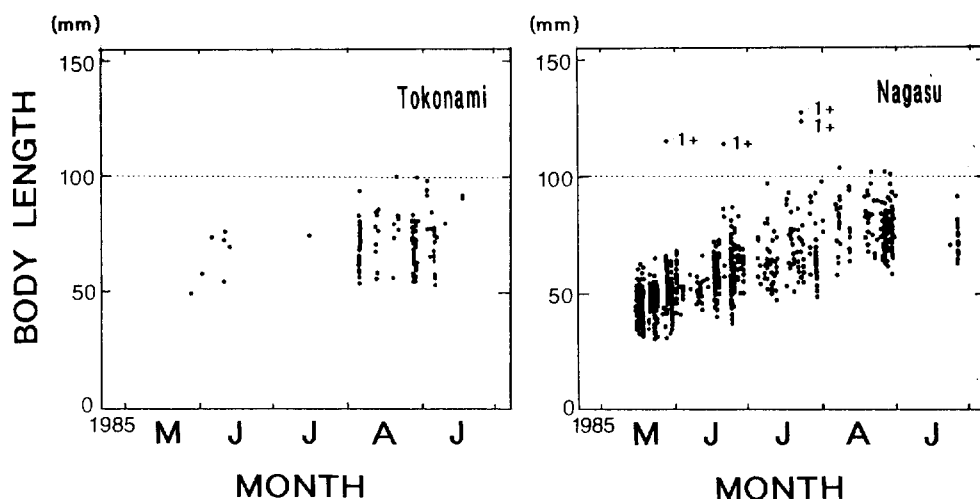


Fig. 2-2. Body length of discarded flounder *L. yokohamae* are plotted against day of capture by each small trawl-net belonging to the Tokonami fisheries cooperative association, Yamaguchi Prefecture and the Nagasu fisheries cooperative association, Oita prefecture.

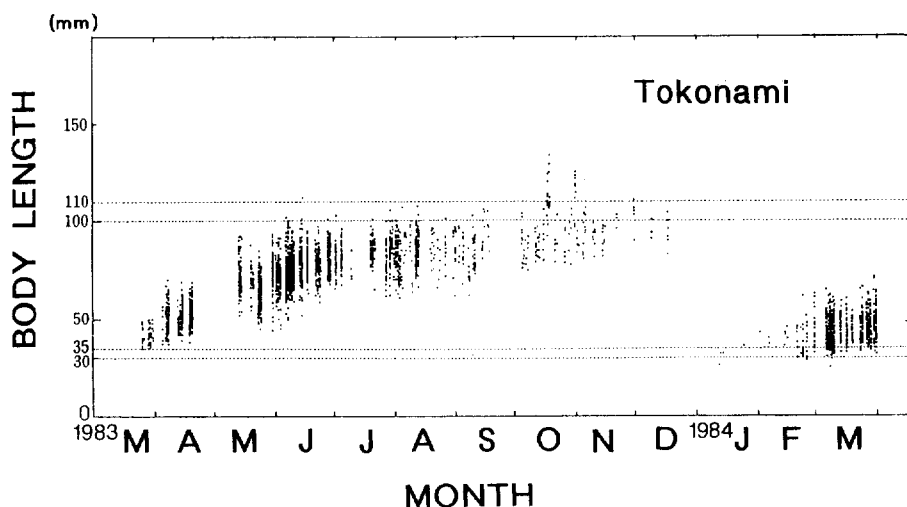


Fig. 2-3. Body length of discarded flounder *Pleuronichthys cornutus* caught in the Suo-Nada area by the small trawlnet belonging to the Tokonami fisheries cooperative association, Yamaguchi prefecture.

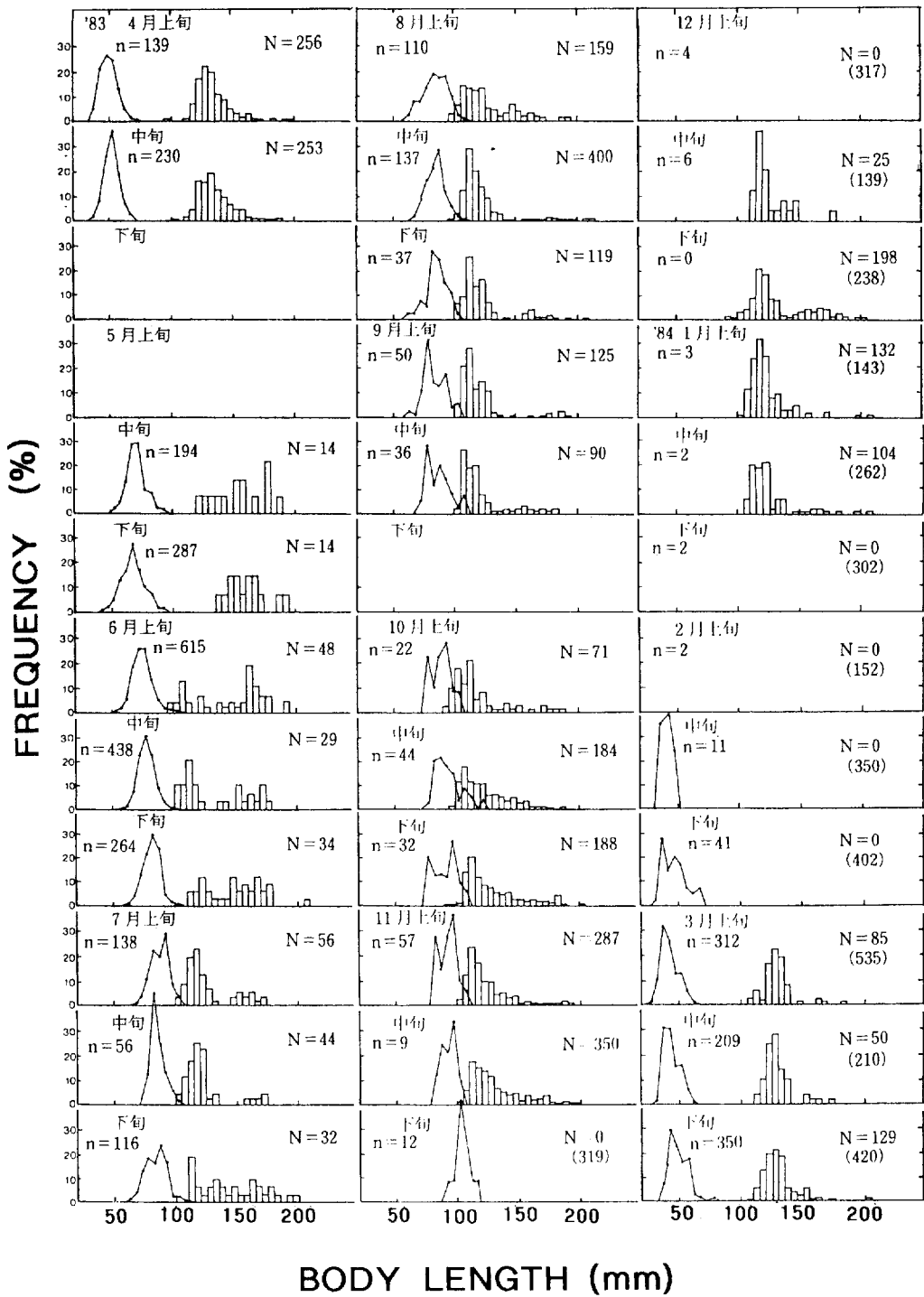


Fig. 2-4. Body length distributions of marketable and discarded flounder, *P. cornutus*, for every interval of 10 days. N is the sample number in marketable flounder, and n that of discarded one. The figure in parentheses shows landings number caught by the small trawl net.

床波におけるメイタガレイ投棄魚の日別体長を Fig. 2-3 に示す。メイタガレイ投棄魚は、産卵期の10~12月（正木他 1987b）の後、1月から体長 30 mm を越える個体が出現しはじめる。その後、急激に成長して6月には体長 100 mm に達する個体が現れる（正木他 1985）。それ以降、成長しているにもかかわらず、投棄魚では体長 100 mm 以上の個体があまりみられない。メイタガレイの投棄魚と水揚げ魚の旬別体長組成では（Fig. 2-4）、投棄される当歳魚の体長組成は4月にモードを 50 mm に持つが、その後、成長に伴いモードを示す体長が大きくなる。6月から水揚げ魚の体長組成の中で体長 100 mm 付近で投棄魚の体長組成と重なる部分がみられるようになる。7月以降、当歳魚が水揚げの主要部分となってくる。つまり、体長 100 mm 以上の個体のほとんどが水揚げされる。11月には、ほとんどの個体が体長 100 mm 以上の満1歳となり投棄されることなく水揚げされる。

このように、カレイ類での種が異なっても、現在の網目によって漁獲されはじめる体長は約 30 mm からであり、水揚げ魚と投棄魚の選別は体長約 100 mm を境に行われている。

2. カレイ類の推定投棄尾数と重量

マコガレイとメイタガレイについての標本船による1日当りの投棄魚尾数と重量を推定した（Table 2-1）。床波を根拠地とする小型底びき網漁船が漁獲後に投棄したマコガレイの推定尾数は年による差異が認められる。すなわち、1984年が最も多く、ついで1983年、1985年の順となる。この投棄尾数と重量の年変動は、マコガレイ幼魚の発生量の多寡に起因するものと推測される。また、投棄尾数のピークが出現するのは、1983、1984および1985年でそれぞれ7月、6月および8月であり、それは3年間を通じて6月から8月に多い傾向を示している。この床波の標本船の1983年から1985年までの実操業日数を用いて年間の投棄尾数と重量を積算推定した結果、投棄尾

Table 2-1. Number and weight per day of young flounders (*Pleuronichthys cornutus* and *Limanda yokohamae*) discarded by a small trawl net in the Suo-Nada area.

species		month											
year, number and weight		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>P. cornutus</i> Tokonami													
1983	Number (/day)	—	—	—	2625	2300	2267	973	456	270	139	106	24
	Weight (kg/day)	—	—	—	6.4	15.8	20.0	12.3	5.8	3.1	2.0	2.4	0.3
1984	Number (/day)	13	245	6013	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	Weight (kg/day)	0.1	0.5	11.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>L. yokohamae</i> Tokonami													
1983	Number (/day)	—	—	—	0	80	52	239	33	9	2	5	3
	Weight (g/day)	—	—	—	0	139	153	1086	183	42	14	24	14
1984	Number (/day)	13	21	0	0	36	1228	69	92	80	296	37	0
	Weight (g/day)	202	396	0	0	49	4163	640	942	725	1501	251	0
1985	Number (/day)	28	11	19	0	8	47	4	336	48	0	0	0
	Weight (g/day)	568	228	297	0	18	324	34	1828	394	0	0	0
Nagasu													
1985	Number (/day)	—	—	—	0	1569	1032	220	129	44	8	2	13
	Weight (g/day)	—	—	—	0	3140	4152	1761	1304	361	79	63	255

数はそれぞれ4,369尾, 19,120尾および4,514尾, 投棄重量は 17.8 kg, 89.0 kg および 27.0 kg であった。一方, 長洲を根拠地とする標本船では, 操業海域が床波に比べて水深が浅いために, まだ比較的マコガレイが岸近くにいるときから漁獲・投棄される。したがって, 5月の早い時期にマコガレイ投棄魚尾数のピークが現れる。1985年の実操業日数を用いて推定した年間の投棄尾数, 重量ともそれぞれ42,000尾, 170 kg と床波に比べて多い。このような月ごとの投棄魚尾数の変化は, 標本船漁場の変化とマコガレイ幼魚の成長に伴う移動・分散によるものと推測される。

次に, メイタガレイでは, 投棄尾数は3月から減少していくが, 水揚げがはじまる6月まで1日当たり2,000尾を越える。投棄重量は成長による体重増加に伴い6月までは投棄重量は増加する。その後は投棄尾数の減少により, 投棄重量も減少する。標本船による1983年の年間投棄尾数と重量はそれぞれ203,6千尾と 1119,2 kg であった。

考 察

この海域の小型底びき網漁業は, その主要な漁獲対象を小型エビ類 (サルエビ, トラエビ, アカエビ等) としている。したがって, 漁具はエビ漕ぎ網と称されるビームトロールで, 網目の目合も細かく (約16.5~19.9 mm), その1曳網は数時間にもおよぶ。その結果, 漁獲物のほとんどは, 漁獲時において活力がほとんどない状態である。Jean (1963) によれば, 漁獲直後商品価値のある体長 30 cm 以下の plaice を 8°C で15~30分間甲板上に放置した後, 水槽中に戻しても1時間後の生残はなかったと報告している。また, Saila (1983) も熱帯のエビトロール漁業で漁獲後投棄された魚と甲殻類はすべて死亡すると述べている。これらのことから, 瀬戸内海でも投棄されているカレイ類幼魚等もほとんどが死亡していると考えられる。さらに, 周防灘海域で操業する小型底びき網漁船の稼働隻数は, 山口県で約150隻, 福岡県で約200隻および大分県で約150隻である。したがって, この海域ではマコガレイとメイタガレイはおおまかに見積ってそれぞれ66トンと560トンが投棄され, 不合理漁獲されている。これら幼魚の投棄問題は将来のカレイ資源に致命的な打撃を与えらると思われる。このような投棄魚の資源に対する影響の重要性は, 特にエビを対象とする漁業をはじめとした多くの漁業において指摘されている (Saila 1983, Atkinson 1984)。さらに, Garcia (1988) はエビトロールの投棄魚に次の3つ問題点をあげた。(1)エビトロールによる投棄魚は資源自体の浪費である。(2)エビトロールがそのほかの魚種の幼魚を混獲して他の漁業に与える影響を知る必要がある。(3)投棄魚の食物連鎖や生態系への影響を調べる必要がある。

瀬戸内海では人工種苗の添加によって資源の増大を計る栽培漁業を展開する上で, 小型底びき網漁業などによる不合理漁獲から幼魚を保護する問題は避けて通れない。これらの保護の一方策として, 保護区の設定や網目選択性等の選択漁法の検討も必要であろう。この不合理漁獲の問題は, 今後の栽培漁業を含めて, 沿岸の資源・漁業を見直す管理型漁業にとっての大きな課題の一つである。

第2節 カレイ類幼魚の分布と移動

本節では、前節で取り上げたカレイ類幼魚の分布と移動を調査し、カレイ類が浮遊着底後に小型底びき網漁業の漁場へ加入する状況を把握する。そして、カレイ類の分布と移動をカレイ類投棄魚の保護対策の検討材料とするために、投棄・漁獲される時期と投棄・漁獲される海域に関する知見を得る。

材料と方法

着底後のカレイ類幼稚魚の分布を知るために、秋穂湾とその周辺域（伊東他 1985）、光沖海域（東海他 1987, 1988）および周防灘全域（伊東他 1985a, 東海他 1986）の3カ所で試験操業を行った。各調査海域における試験操業は次のとおりである。まず、山口県の秋穂湾とその周辺部（水深 10 m まで）で水深と底質を考慮して11採集定点を設けた。各採集定点で1983年2月から7月までの毎月1回小型底びき網（桁の長さ 1.2 m, 魚捕部の目合30節の滑走装置付きの小型桁網）を用いて、原則として曳網速度2ノット、曳網時間5分間の試験操業を実施した。分布密度指数は曳網面積 100 m² 当りの採集尾数とした。

周防灘では水深と底質を考慮して水深 10~40 m までに18採集定点を設定し、1981年11月から1983年7月の間に毎月1回となるように延べ12回試験操業を実施した。この試験操業では小型底びき網（手繰3種、石桁網、魚捕部に16節のカバーネット装着）を用い、原則として採集定点ごとに3ノットで25分間の曳網を行った。マコガレイでは同一年の試験操業である1983年2月から7月までに採集された体長 40~90 mm の個体を、幼稚魚として取り扱った。メイタガレイは、2月から7月までは体長 100 mm 以下のものを当歳魚とした。さらに、8月以降では採集されたメイタガレイのほとんどが当歳魚であるので、全個体を幼稚魚として取り扱った。ここでは分布密度指数を曳網面積 1 km² 当りの採集尾数とした。

最後に、山口県光市沖では、水深 5~30 m に16採集定点を設定し、小型底びき網（餌料曳網、ビーム長 3 m, 目合 8 mm の無結節網地を使用の魚捕部）を用いた試験操業を行った。この曳網速度は原則として約2ノットとして15分間を標準曳網とした。分布密度指数として1標準曳網当りの採集尾数を用いた。なお、これらの試験操業はそれぞれ漁具や漁法も異なるために、その採集効率や選択性も明らかではない点に留意して解析する必要がある。また、採用した分布密度指数がそれぞれ異なることにも留意する必要がある。

結果と考察

1. マコガレイ幼魚の分布

山口県の秋穂湾およびその周辺部での幼稚魚の分布密度（曳網面積 100 m² 当りの採集尾数）は以下のとおりである（Fig. 2-5）。3月の分布密度は湾外の最深の採集定点で最も高く、湾内に向かうに従って減少する傾向がみられた。4月は3月と逆の傾向で、湾内の浅いところで密度

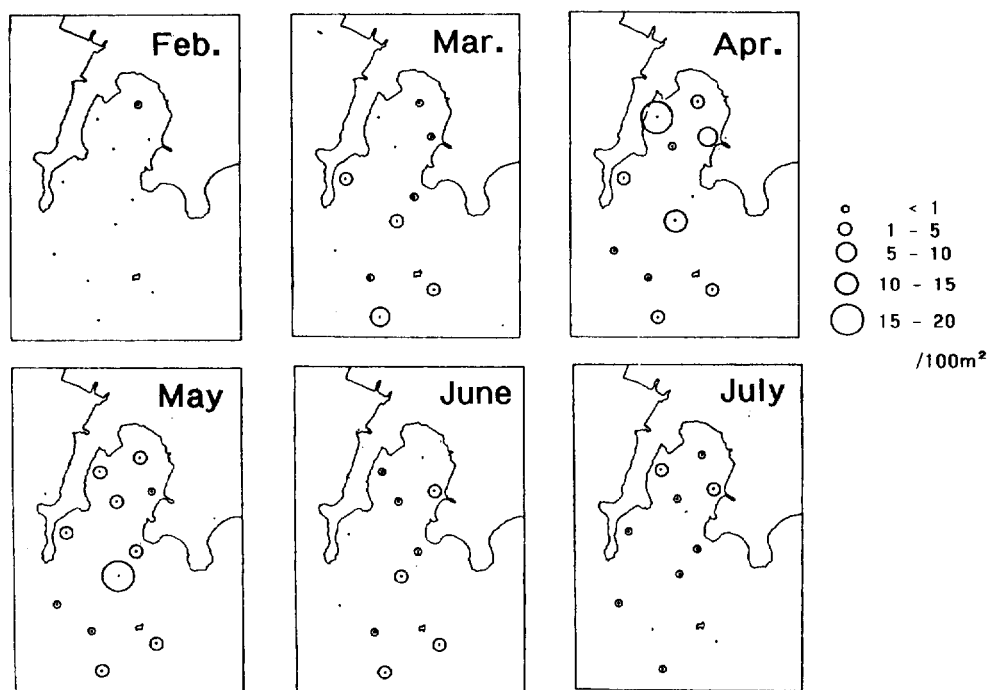


Fig. 2-5. Seasonal changes in number per 100 m² of juvenile and young flounder *L. yokohamae* in the Aio Bay and its adjacent waters, Yamaguchi Prefecture.

が高く、湾外は低い。5月は湾口部での分布密度が高く、そのほかの採集定点での密度はほぼ平均的な値を示した。6月以降は全定点で分布密度が低くなる。

次に、水深 5 m から 30 m に調査採集定点を持つ光市周辺海域での結果を Fig. 2-6 に示した。なお、ここでの分布密度指数は、15分間を標準曳網とする 1 曳網当りの採集尾数を用いている。2月にこの海域でマコガレイ幼稚魚の採集はみられなかった。3月に、体長 9~18 mm の個体が、水深 10 m 以浅の比較的岸近くの浅いところで多く採集され、特に島田川河口の採集尾数がほかの採集定点に比べて多い。4月では採集個体の体長は 9~26 mm となり、分布の傾向は 3月と同じである。5月には採集個体の体長は 16~44 mm と増加を示し、分布としては島田川河口に集中することなく、水深 15 m 以浅に均等に分布するようになった。6月には採集個体の体長は 26~50 mm で、分布としてはむしろ島田川河口での採集は少なくなる。7月には島田川河口で 3尾採集されただけで、この光地先からはほとんど採集されなくなる。つまり、この海域では 3月から 4月まで島田川河口を中心に体長 9 mm を越えたマコガレイの着底が続く。5月まで水深 15 m 以浅域で成長したマコガレイ幼魚は、6月には成長して体長 50 mm を越えるものからこの海域から出て行く。7月には本幼魚はほとんどこの海域からはなくなる。

これらの沿岸域に対して周防灘では次のような分布結果（分布密度指数は曳網面積 1 km² 当りの採集尾数）を得た (Fig. 2-7)。マコガレイ幼稚魚は、5月に体長 40~50 mm 階級に 41 個体、6月に体長 50~75 mm 階級の 78 個体、7月に体長 50~95 mm 階級に 74 個体が採集された。分布としては、5月に水深 20 m 以浅の広範な海域を持つ豊前海に接する水深 20~30 m の採集定点

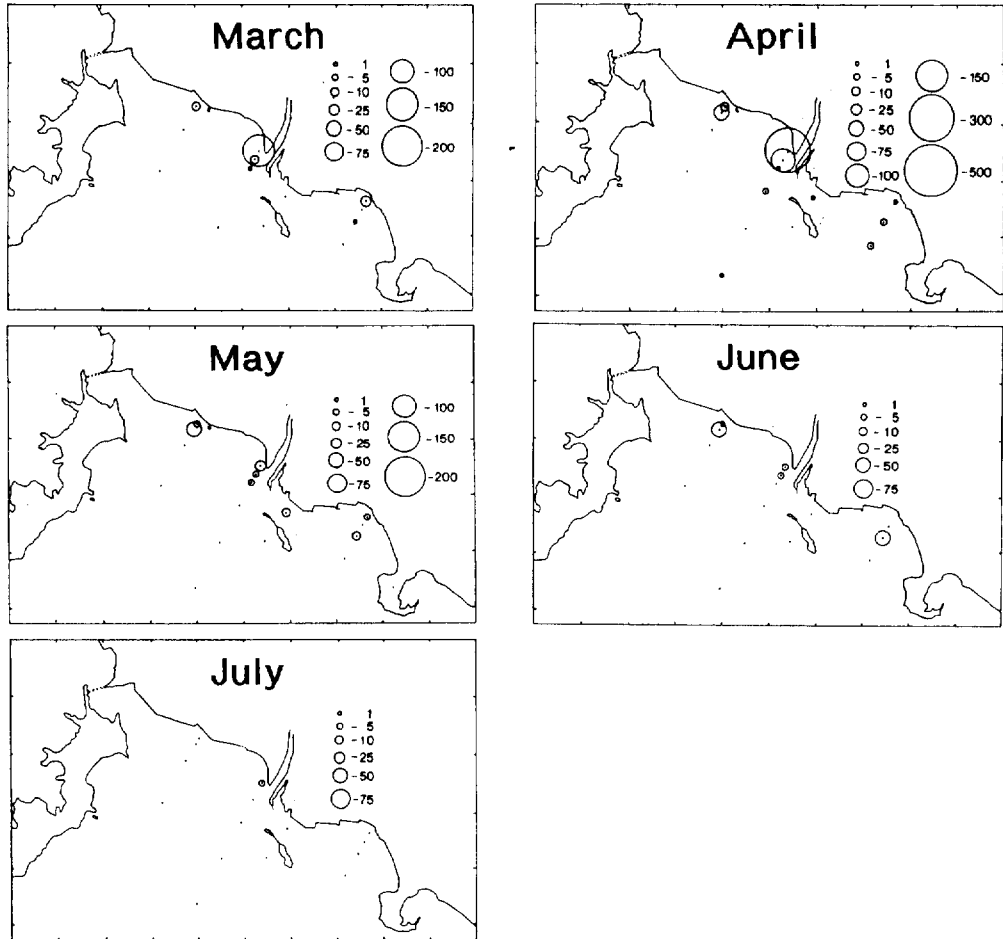


Fig. 2-6. Seasonal changes in catch number per a haul of juvenile and young flounder *L. yokohamae* in the waters off Hikari city, Yamaguchi Prefecture.

で採集されるようになる。6月には水深 10 m から 40 m まで分布するようになるが、20~30 m 水深の密度が高い。7月になると、水深 10 m 以浅での採集はなく、かつ6月のような水深帯別の差は見られずに水深 10 m から 40 m まで均等な分布をしている。なお、この5、6、7月とも水深 40 m 以深域の採集定点では幼稚魚は採集されなかった。

これらの秋穂湾周辺（水深 10 m まで）と光市周辺海域（水深 5~30 m）および周防灘（水深 10~40 m）の試験操業で得られた分布結果とその体長から推察すると、マコガレイ幼稚魚の分布は次のようになる。マコガレイは体長約 9 mm で2月頃から水深 10 m 以浅の岸近くに着底しはじめ、この着底は3月を中心として4月まで続き、特に、着底は河口域に多くみられた。5月には分布は水深 15 m 以浅に広がり、一部の大きな個体は周防灘の水深 20 m 付近にまで移動する。さらに、6月以降には水深 40 m まで分布域を広げる。この時、水深 15 m 以浅では、比較的小型の個体が残る、移動によるものと思われる分布密度の減少がみられる。このようなマコガレイ幼稚魚の成長に伴う沖合への移動は瀬戸内海中部（香川水試他 1975）や福島県北海域（福

東 海

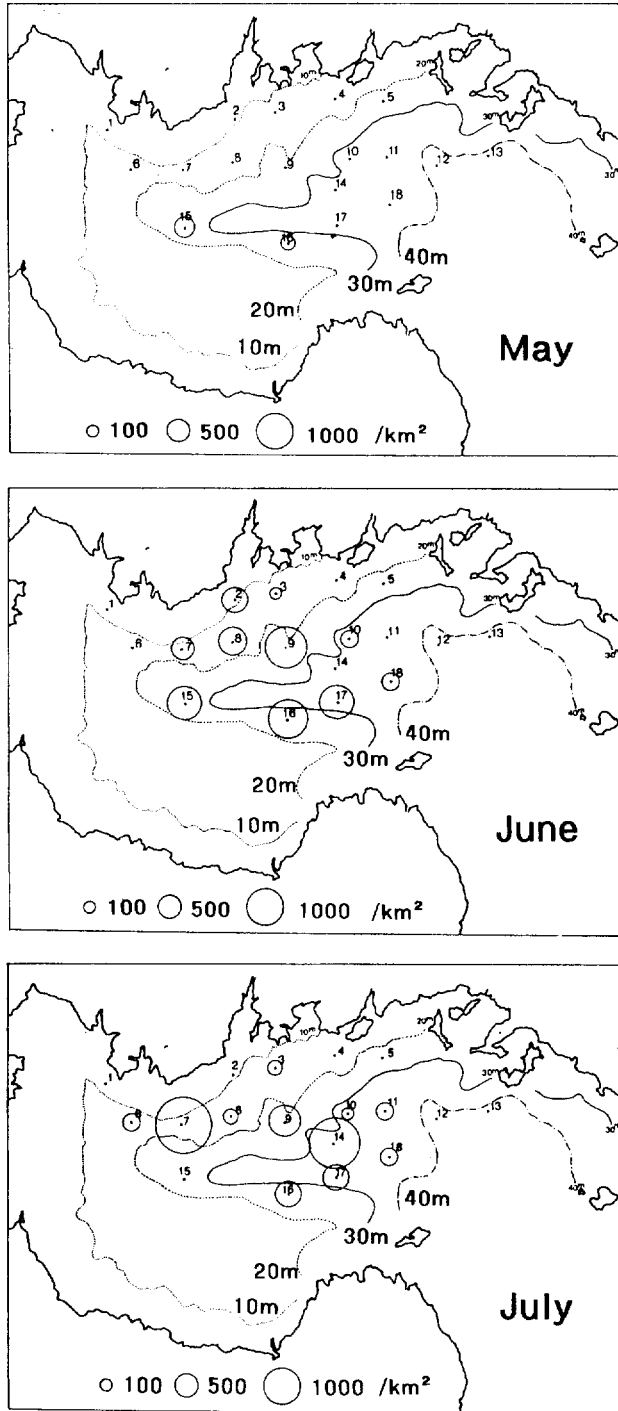


Fig. 2-7. Seasonal changes in catch number per km² of juvenile and young flounder *L. yokohamae* in the Suo-Nada area.

島水試 1978) でも示唆されている。

2. メイタガレイ幼魚の分布

Fig. 2-8 に示すように、周防灘では2月には水深 30 m 以浅でメイタガレイ当歳魚が採集されはじめ、3月にはほぼ灘全域でメイタガレイ当歳魚が採集される。3月と4月には水深 30 m 以浅での分布密度が高く、その後5月と6月には水深 30 m 以深の分布密度が増加してくる(東海他 1986)。7月以降も水深 30 m 以深での分布密度が高い傾向は続くが、12と1月には水深 30 m 以浅での採集はほとんどみられなくなる (Fig. 2-9)。これに対して、沿岸部水深 10 m 以浅の

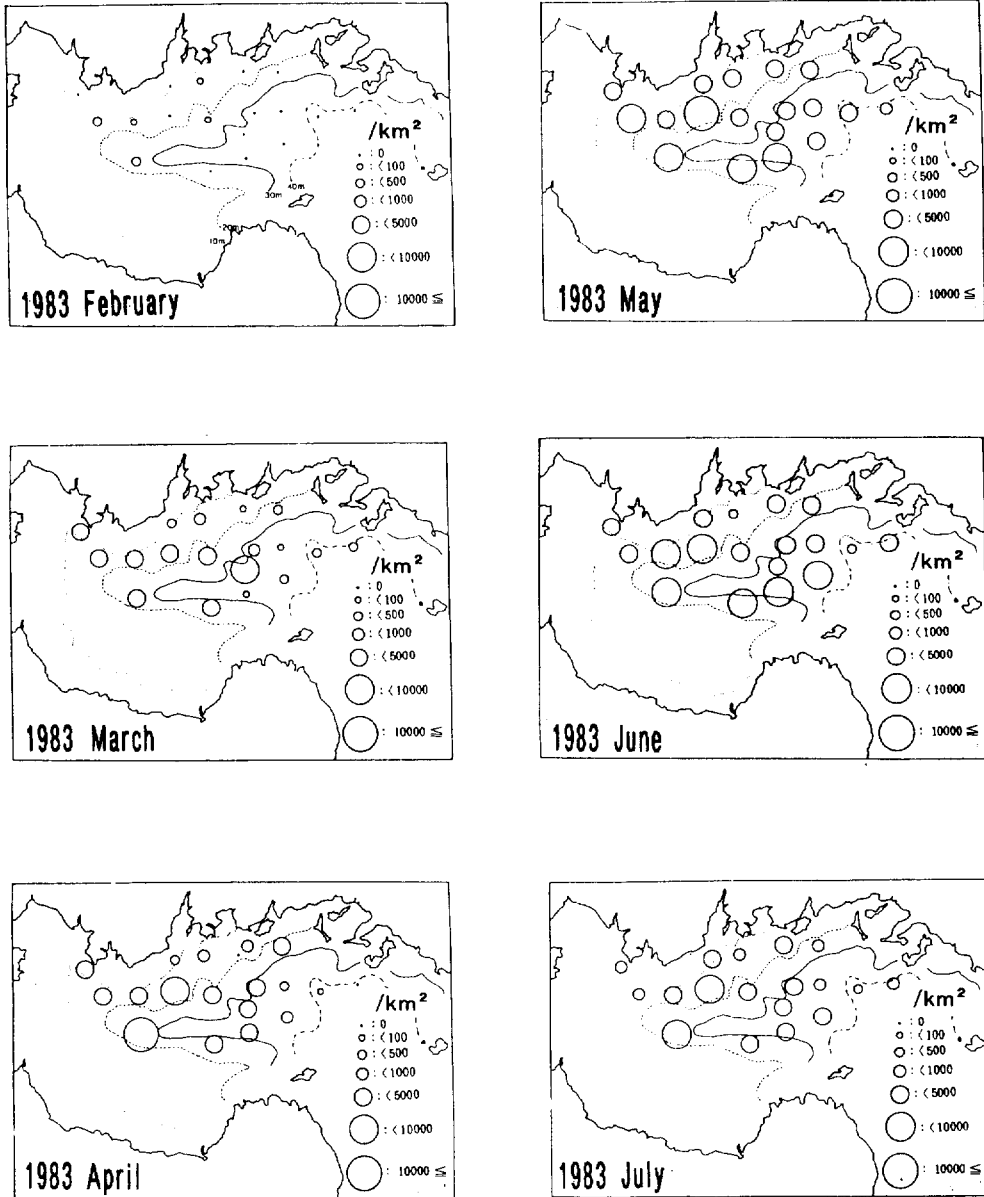


Fig. 2-8. Seasonal changes in catch number per km² of juvenile and young flounder *P. cornutus* whose body length is shorter than 110 mm, in the Suo-Nada area from February to July.

秋穂湾周辺では、調査開始の2月に着底個体が採集され、灘全域での採集個体に比べて体長の小さな個体がみられる (Fig. 2-10)。秋穂湾での採集個体は、3月と4月でも灘全域よりも体長が小さく、5月と6月には灘全域との体長差はなくなる (Fig. 2-11)。分布水深としては、2月に水深 2 m 以浅でわずかに採集された後、3月以降は水深 5 m 以浅では採集されなかった。以上のように、2月には既に沿岸部水深 5 m から水深 30 m に着底する。その後成長に伴って灘全体のより深い方に移動し、産卵期には沿岸の水深 30 m 以浅にはほとんどいなくなる。

東京湾でのメイタガレイは、その漁獲量の変化から、内湾で5月から9月に多獲され、その後

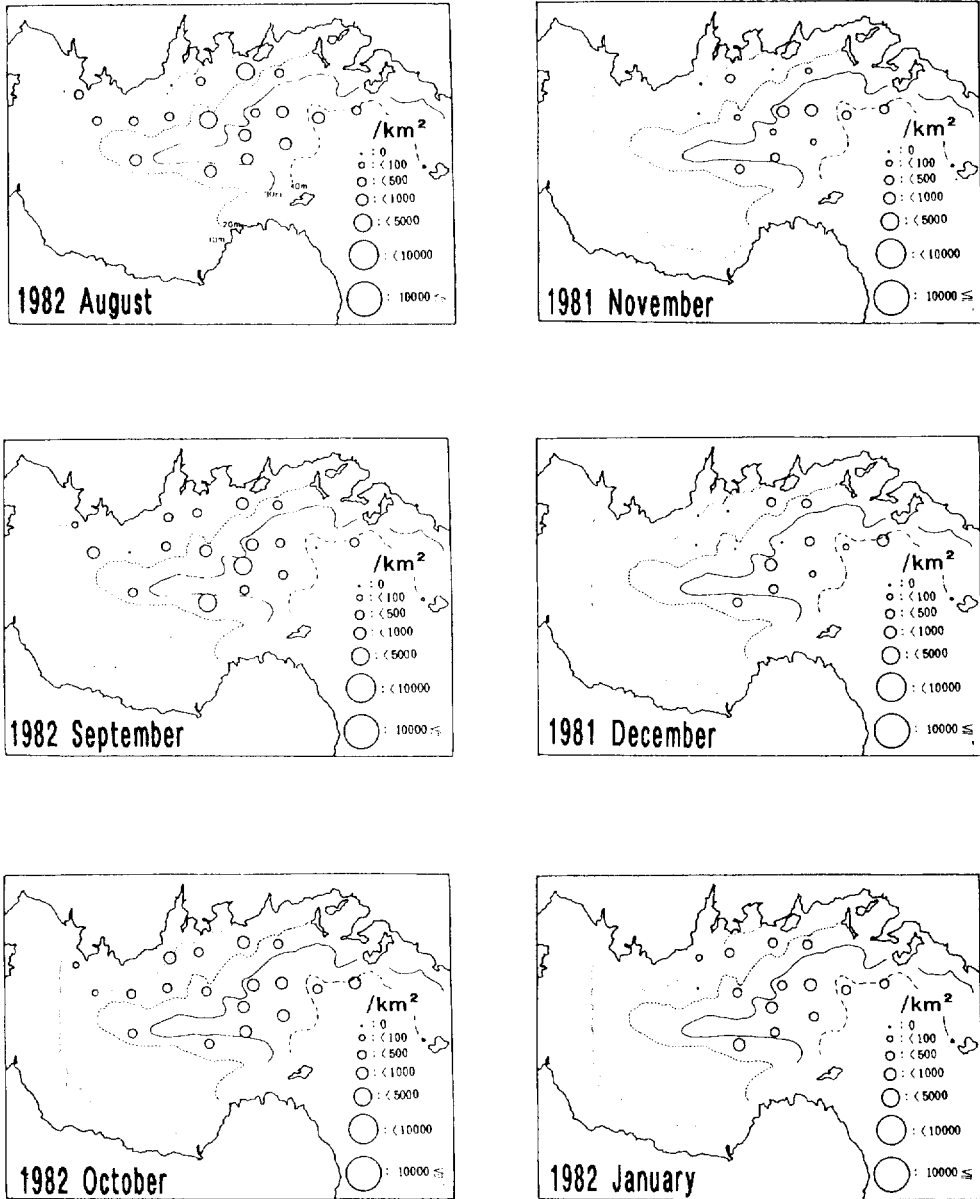


Fig. 2-9. Seasonal changes in catch number per km² of flounder *P. cornutus* in the Suo-Nada area from August to January.

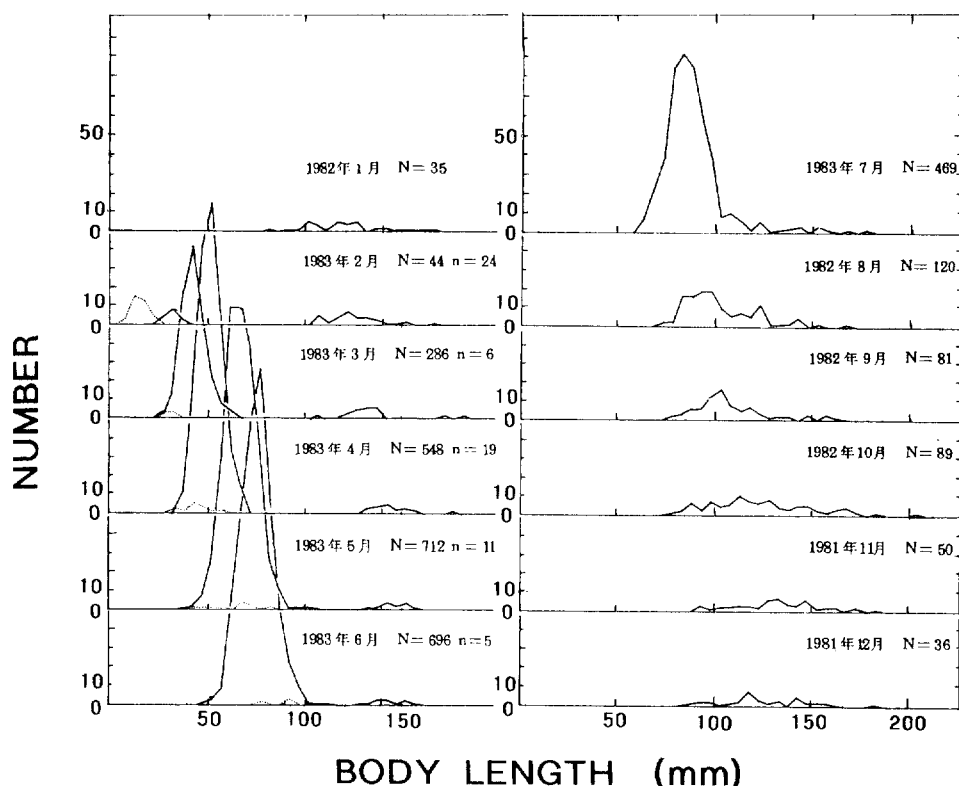


Fig. 2-10. Monthly changes of body length distributions of juvenile and young flounder *P. cornutus* in the Suo-Nada area and in the Aio Bay. Solid line and dotted line show flounder in the Suo-Nada area and in the Aio Bay, respectively. N is catch number in the Suo-Nada area, and n is in the Aio Bay.

に急激に減少する。一方、湾口部では周年漁獲が続き、特に11月と12月の産卵期の漁獲の割合が高く、内湾域から湾口部に移動する（渡辺 1965）。日本海山陰東部海域では、メイタガレイ着底稚魚は河口から沖合にかけての水深 10~30 m の海域を着底場として、秋頃まで成育場とした後に沖合へ分散する（南 1982）。また、メイタガレイ若齢魚の鉛直分布は、4月は沿岸の浅いところに、5月から8月にかけて水深範囲を広げ、9月末頃にはより深いところとなる（Minami 1985）。さらに、深いところでより大きなメイタガレイが漁獲されており、成長に伴って沖合に移動している可能性がある（Minami 1985）。この海域は外洋に面しており、周防灘のような内湾とは異なるが、着底場、成育場の水深および季節に伴う深淺移動では周防灘と一致している。

3. まとめ

マコガレイとメイタガレイではその着底場の水深が異なり、着底後の分布と移動の様子も異なる（Fig. 2-11）。すなわち、メイタガレイは2月以前から水深 5~30 m 以浅に着底する。一方、マコガレイは少し遅れて3月を中心に水深 10 m 以浅に着底する。その後、5、6月にメイタガレイの分布の中心が水深 30 m 以深に移る。この時、マコガレイは水深 15 m 以浅に比較的魚体の小さな個体を残し、5月には水深 20 m 付近に、6月には水深 40 m まで分布を広げる。6月以降の数カ月間に両種の分布は重なり合うことになる。しかし、メイタガレイのより深い方への

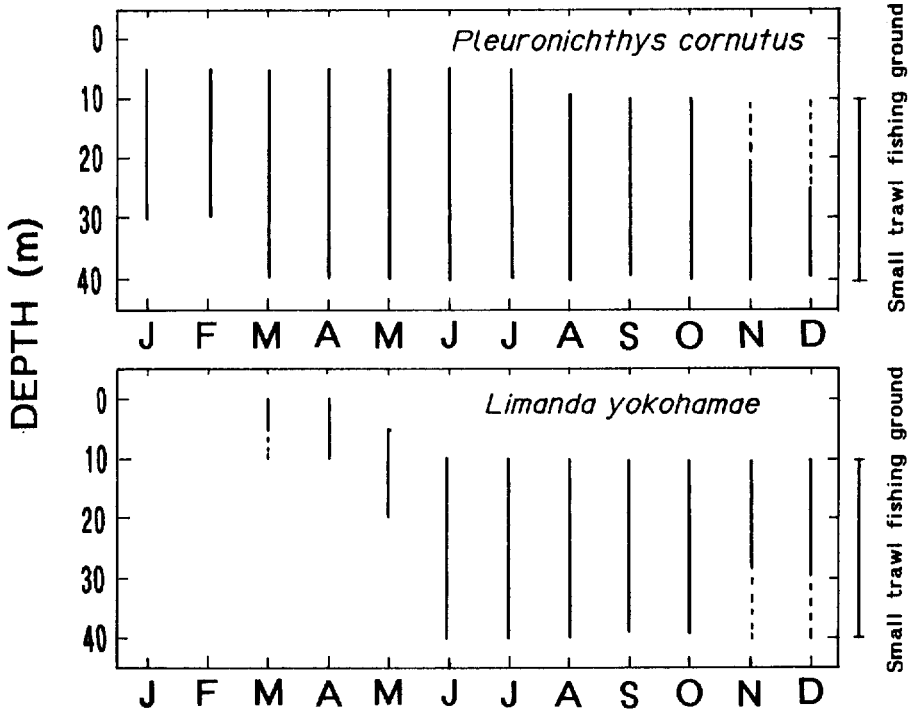


Fig. 2-11. Schematic monthly changes of vertical distribution of juvenile and young flounder *P. cornutus* and *L. yokohamae* in the Suo-Nada area.

移動は続き、産卵期の11月と12月には水深 30 m 以浅にはほとんどいなくなる。一方、マコガレイは水深 10~40 m に留まり、産卵期に近づくにつれてふたたび接岸を行い（伊東他 1985b）、両魚種の分布はふたたび分離していく。

したがって、前節でみられたマコガレイとメイトガレイの投棄魚漁獲の開始時期の違いは、上述したそれぞれの幼魚期の成育場と成長の違いによるものである。つまり、メイトガレイは、その着底が水深 15 m 以深を含めた比較的広範囲で行われ、小型底びき網漁業の漁場にも着底し、産卵期がマコガレイに比べて早く、かつ成長が良いために2月には 35 mm を越える個体が現れる。一方、マコガレイは、早いもので2月から小型底びき網漁業の漁場より浅い水深 15 m 以浅に主に着底する。その後、成長して5月頃から体長 30 mm を越える個体が出現して、小型底びき網漁業の漁場内に移動してくる。

第3節 幼魚保護のための管理方策の検討

第1節で示した投棄魚を少なくし、幼魚保護のための規制法はいくつか考えられる。例えば、漁法の禁止、体長制限、禁漁期と禁漁区の設定、および網目規制等である。ここでは、いくつかの規制について、この瀬戸内海域での適用の可能性を検討する。

1. 瀬戸内海では、小型底びき網漁業は基幹漁業であり、それを支えるのは小型エビ類の漁獲

である。多くの小型底びき網漁業者はこの小型エビ類の漁獲による収入によって生計をたてている。したがって、この漁法自体を禁止することは困難である。

2. この海域の沿岸では大きな生産者市場が存在せず、小さな生産者市場が各地域に多く点在する。さらに、仲買業者による「沖買い」と呼ばれる流通方法が存在して、ここで扱われる魚は生産者市場を通過しない。これらのことから、体長制限の実行を監視することは困難であるので、こうした体長制限は漁業者の自主性に任せるしかない。したがって、体長制限による幼稚魚保護への大きな効果は期待できない。

3. 瀬戸内海の小型底びき網漁業は小さな漁業根拠地が瀬戸内海沿岸全域にわたって点在し、その多くは根拠地の地先の海域を操業漁場としている。このようにして瀬戸内海のほぼ全域にわたって小型底びき網漁業の漁場となっている。このために特定の海域における禁漁区の設定は、その海域で操業する特定地区を根拠地とする小型底びき網漁業の経営を圧迫するため、導入し難い。

4. 小型エビ類をとるエビ漕ぎ網を用いた漁法は周年許可されているが、5月から10月が盛漁期となる。これは、第1には小型底びき網漁業者の多くは、ノリ養殖などを兼業としているためである。第2に、小型底びき網漁業者は冬季（11月から翌年4月まで）には、貝類やカレイ類などを狙う石桁網と呼ばれる目合の少し大きく、爪を装着した漁具を用いるためである。小型エビ類を対象とするエビ漕ぎ網漁業は、ごく沿岸部を除いて、瀬戸内海のほぼ全域を漁場としている。一方、前節で述べたように、カレイ類の当歳魚は、5月から小型底びき網漁業の漁場水深15m以深に移動してくる。このように、カレイ類当歳魚は5月以降底びき網漁業の漁場全域に分布して、漁獲され、また投棄される。メイタガレイでは8月以降に水揚最小体長100mmを越える個体が現れて投棄量が減少する。一方、マコガレイでは、10月以降底びき網漁業の漁場外に移動するまで盛んに漁獲され、また投棄される。すなわち、カレイ類の分布とその時期は、エビ漕ぎ網漁業の漁場および盛漁期と一致するために、上述した禁漁区や禁漁期の設定は難しいと考えられる。

5. 瀬戸内海では、小さな網目目合を持つ小型底びき網漁船によって、商品価値のある体長に達しない小型エビ類やシャコも投棄されている（福田・松村 1986）。Thompson and Ben-yami (1984) によれば、エビ漁業における魚の混獲の問題は網目規制では解決できないが、エビ幼魚の保護のための網目規制は、すべての関係者にとって利益となるとみられている。したがって、これら最も小型の漁獲物である小型エビ類やシャコの投棄を減らすことを目的とする網目の拡大は十分に可能性がある。

6. 網目規制以外の選択漁法に、現在FAOなどで論議されているエビ分離トロール（High et al. 1969, Watson and Mcvea 1977, 蔣他 1988）の導入がある。しかし、まだこの分離トロールの技術は完成されたものではなく、その導入には次のような問題点がある。第1にエビの漁獲量がいくらか減少する。第2に網の構造が複雑で作成費用が従来のものより高い、最後に漁具が複雑で操業が易しくない（Thompson and Ben-Yami 1984）。しかも瀬戸内海ではその技術がないことのために、その使用を義務づけることは現在のところ困難である。

上述の理由で、現時点で投棄魚を減少させて幼魚を保護する規制の方法として、網目規制が現実的なものと考えられる。小型底びき網の網目選択性に関する知見は、幼魚を保護し、資源の有

効利用を図るために重要である。つまり、網目選択性の研究は海上における投棄量を減少させるために必要不可欠である。実際に、北太平洋ブルースウィックのトロールでは ICNAF の勧告に従って網目を拡大したことによって、タラ科の cod の投棄量が減少している (Jean 1963)。したがって、次章以降に網目規制の基礎となる網目選択性を扱う。

第三章 底びき網における網目選択性曲線の決定法

漁具や漁法は、その漁具の挙動や生物の側の行動生態に応じて、限られた魚種を漁獲する性質を持っている。この性質を、その漁具や漁法の持つ選択性 (selectivity) と呼ぶ。例えば、一般的に底びき網による漁獲対象が底魚類であることも選択性の一様である。漁具の選択性は、ある種類のある大きさの魚が特定の漁具に遭遇した際に漁獲される確率として表される。したがって、この選択性は、漁具の材質と構造や魚の種類や大きさ等の様々な要因により左右される。このうち網目の大きさとその網によって獲られる魚の大きさには一定の関係があり、この選択作用は網目の選択性 (mesh selectivity) と呼ばれている (青山 1980)。本研究では、網目以外の漁具の特性は一定であるという条件のもとで、底びき網の網目選択性についてのみ取り扱う。また、網目選択率は、ある網目の網に入った魚の個体数に対して網目を抜けずに網内に残った個体数の割合として定義される。さらに、この網目選択率の体長に対する変化を表した曲線が、網目選択性曲線 (mesh selectivity curve) と呼ばれる。

これまでに提案されてきた底びき網の網目選択性曲線の操業実験法には、ズボン式試験、比較試験およびカバーネット試験等がある。ズボン式試験とは、目合の異なるコッドエンドを二つつけたズボン状の網を用いて操業する方法である。比較試験は、同じ条件下で、2隻の漁船が目合の異なる漁具を用いて操業する方法である。最後のカバーネット試験は、コッドエンドの外側にさらに目合の小さいカバーネットを装着して操業する方法である。この中で、最も簡便な方法はカバーネット試験とされている (青山 1965)。その理由は、このカバーネット試験では実際に網にかかって残った個体と抜けた個体の割合が求められるので、次式から網目選択率が簡単に計算できるためである。

$$\text{網目選択率} = \frac{\text{コッドエンド内での漁獲尾数}}{\text{カバーネットとコッドエンド内での漁獲尾数}} \quad (3.1)$$

このように底びき網の網目選択率は簡単に求められるために、これまで刺網に比べて決定方法に工夫がみられなかった。例えば、刺網の場合は網目選択率として求めるのではなく相対漁獲効率として取り扱うため、底びき網のように直接的に選択率を求めることは困難である。このために、刺網では様々な決定法 (石田 1962, Kitahara 1968, 1971, Hamley 1975) が提案されている。

底びき網の網目選択性曲線を理論的に決定する方法は、藤石 (1973, 1974a, 1974b, 1975a, 1975b) によって提案されている。この方法は、魚の体型と網目の形状から網目選択性曲線を決定するものである。すなわち、魚の体型と網目の形状についての情報があれば、特に操業実験な

どによる資料がなくてもおおよその推定が可能となる。しかし、この方法によって求められた曲線は、後述するように、従来よりよく知られているシグモイド型にはならない。さらに、現実には、海域によって漁具、漁法および操業方法などが異なるために、目合が同じでもその網目選択性は海域間で若干異なるものと考えられる。したがって、現実的な網目選択性曲線を推定するには、各海域で各種の目合を用いた操業実験を実際に行わなければならない。

底びき網の網目選択性を調べるために様々な目合を用いて試験操業を行った場合に、1回の調査でそれぞれの目合ごとに十分な結果が得られることは希である（東海他 1989a）。むしろ、これらのいくつかの目合の実験結果を統合して解析する方法を検討すべきである。さらに、網目選択性曲線を資源管理に適用する際には、任意の目合の網目選択性曲線を求める必要がある。しかし、あらゆる目合について操業実験を行うことは現実的には不可能であるので、数種類の目合の操業実験結果をもとにして任意の目合の網目選択性曲線を決定する方法が必要となる。

この章では、数種類の目合を用いた試験操業結果から任意の目合を持つコードエンドの網目選択性曲線を決定する方法を導出する（Tokai and Kitahara 1989）。まず、コードエンドの網目選択性に関する一般的な理論を示す。次に、この理論をカバーネット試験結果と比較試験結果に応用する方法を導出する。最後に、導出した方法を解析例として Margetts (1954) がカバーネット試験操業から得たデータに対して適用することによって、この方法におけるいくつかの問題点について論議する。この解析方法の導入によって、いくつかの目合を用いた操業実験結果を統合的に解析し、実験を行わなかった目合の網目選択性曲線を求めることができる。

第1節 理論的背景

底びき網の網目選択性を理論的に決定する方法は、藤石 (1973, 1974a) によって提案されている。その方法は以下に示す仮定のもとにおいて求められている。(1)魚体は剛体である。(2)魚体の断面は長軸 $2a$ と離心率 ϵ からなる楕円である。(3)コードエンドの網目は、通常の曳網速度では一辺 L と内角 2θ からなるひし型（ダイヤモンド型）を保つ。これらの仮定のもとで、体高 $2a$ の魚が一辺 L の網目で保持される条件は次式で与えられる、

$$2a/L \geq \sin 2\theta / [1 - \epsilon^2 \sin^2(\phi - \theta)]^{1/2}, \quad (3.2)$$

$$\pi/4 \leq \theta \leq \pi/2.$$

ここで、 ϕ は網目の対角線のうち長軸と魚体断面の長軸とがなす角度を表す ($0 \leq \phi \leq \pi/2$) (Fig. 3-1)。式 (3.2) から明らかなように、体高 $2a$ が $L \sin 2\theta$ より小さい魚は網目を抜ける。逆にもし体高 $2a$ が $L \sin 2\theta / (1 - \epsilon^2 \sin^2 \theta)^{1/2}$ より大きいならば、魚は網目を通り抜けることはできない。体高が $L \sin 2\theta$ から $L \sin 2\theta / (1 - \epsilon^2 \sin^2 \theta)^{1/2}$ の魚が網目を通り抜けられるかどうかは、 ϕ によって決まる。

さて、 ϕ が 0 から $\pi/2$ の間の値をランダムに取るならば、式 (3.2) から体高 $2a$ の魚が一辺 L の網目に対する保持確率を計算することができる。Fig. 3-2は $\theta = \pi/3$ 、また $\epsilon = 0.7$ に対する

$$\epsilon^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2}$$

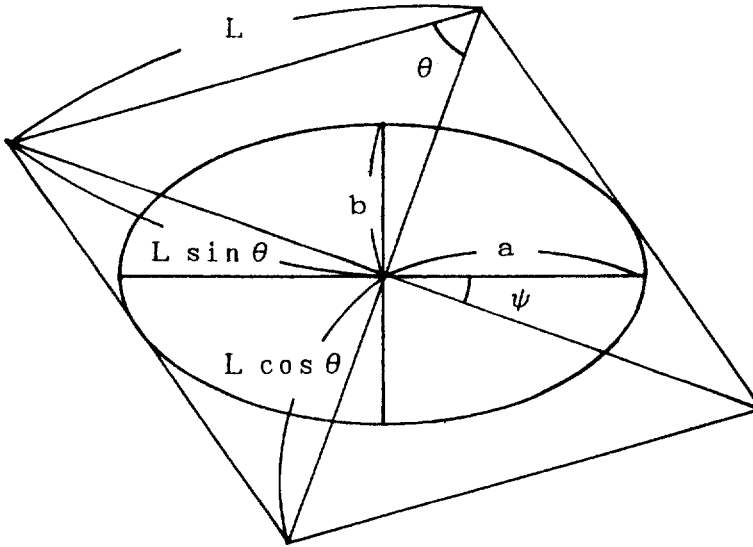


Fig. 3-1. Relation between cross section of fish body and mesh of codend. The cross section of fish body is an elliptical form with major axis $2a$ and eccentricity ϵ ; the mesh of codend is a rigid diamond shape with bar L and wider angle 2θ .

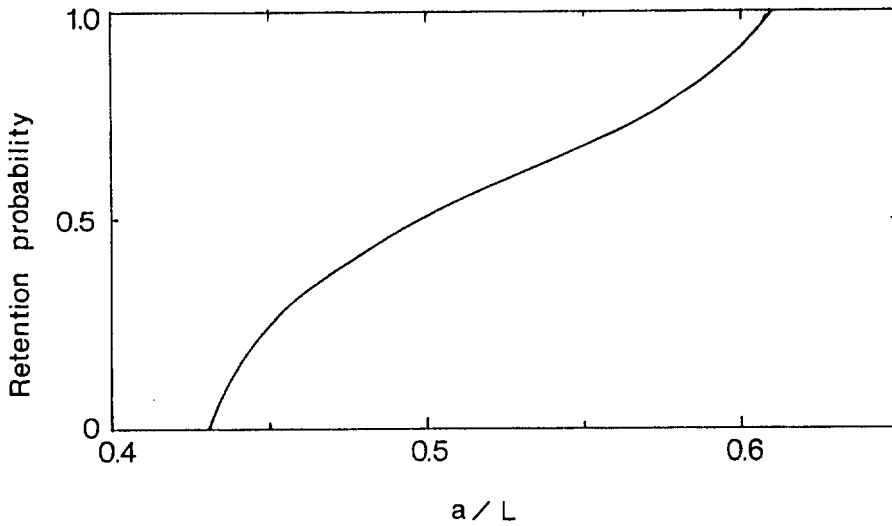


Fig. 3-2. The retention probability presented as a function of a/L . The probability were calculated for $\theta = \pi/3$ and $\epsilon = 0.7$.

保持確率を a/L の関数として表したものである。Fig. 3-2 で、保持確率は、 $a/L = 0.43$ から a/L とともに増加し、 a/L が約 0.61 で 1 に達した。しかし、その増加率は、 a/L が大きくなるにつれて、0.43 から 0.55 の範囲で徐々に減少し、その後増加した。すなわち、上述の仮定のもとに求められた網目選択の確率はシグモイド型の曲線ではない。しかし、これまでに求められた底びき網コッドエンドの網目選択性曲線はシグモイド型を示すことがよく知られている

(Beverton and Holt 1957, Jones 1982, Kiu et al. 1985, 周他 1988)。

これらのことから、次のことが示唆される。第1に、たいていの魚はコッドエンド内の網を通り抜けようと努力するであろう。第2に、コッドエンドの網目と魚は、魚が通り抜けるときにある程度互いに形が歪むであろう。その結果、式 (3.2) から、 a と L のある値の範囲内で、網目による保持確率は a/L と ψ のある関数によって近似されることが推論できる。

上述した結果をもとに、ある選択率に対する魚の大きさとコッドエンドの目合の関係を考えてみる。魚の体高 $2a$ はほぼ体長 l の一次関数として表されるので、体高 $2a$ の代わりに体長 l を用いる。また、網目の節の部分は完全なひし形の形状ではない。一般的に目合 m は内径の2脚1節長で示されるので、目合 m はひし形の一辺 L の2倍と節の部分の長さなど γ (定数) を加えた $2L+\gamma$ で表すことができる。つまり、

$$a = \alpha l / 2 + \beta / 2,$$

$$L = (m - \gamma) / 2$$

となり、 α と β は、体長と体高の一次直線関係を表す定数である。ここで $l_0 = -\beta/\alpha$ および $m_0 = \gamma$ とおくと、上の2式から、

$$a/L = \alpha (l - l_0) / (m - m_0)$$

を得る。

Fig. 3-2 に示されたような、網目による魚体の保持確率は、上式より次のように書きかえられる。すなわち、 $R = (l - l_0) / (m - m_0)$ とおくと、 α は定数なので、体長 l の魚が目合 m のコッドエンドの網目を通り抜けようとして捕らえられる確率は、 l と m のある値の範囲内で R と ψ のある関数、 $F[\psi, R]$ で近似できる。ここで l_0 と m_0 は定数、 ψ は0から 2π の範囲である。このとき、体長 l の魚が目合 m の網に獲られる確率 P は次式 (3.3) で表される、

$$P(R) = \int_0^{2\pi} F(\psi, R) Q(\psi) d\psi. \quad (3.3)$$

ここで、 $Q(\psi)$ は ψ を変数として、

$$\int_0^{2\pi} Q(\psi) d\psi = 1,$$

を示す確率密度関数である。いま、 ψ が0から $\pi/2$ の間の値をランダムに取るならば、式 (3.3) から、網目による保持確率は R の関数で表される。したがって、前述した網目選択性曲線の定義から、体長 l の魚に対する目合 m の網目選択性曲線を $s(l, m)$ とすると、 l と m のある範囲内でコッドエンドの網目選択性曲線 $s(l, m)$ も R の関数として次式のように表される。

$$s(l, m) = P(R). \quad (3.4)$$

式 (3.4) は、形式的には刺網の網目選択性曲線を示す Kitahara (1971) の式と同じである。式

(3.4) はある l と m の範囲内である選択率を示す体長 l と網目の目合 m の関係が直線関係であることを意味する。実際に、後述するように、網目の目合 m に対する50%選択の体長のプロットは直線関係を呈するようである (Beverton and Holt 1957, Myhre 1969, 藤石 1975a, Kiu et al. 1985)。

第2節 決定方法

1. カバーネット試験操業結果からの決定方法

具体的な計算方法と途中の経過は次節の応用例で述べることとして、上述した理論をもとにして、実際のデーターから底びき網の網目選択性曲線を決定する方法を導出する。まず、底びき網のカバーネット試験から得られた体長別漁獲尾数から網目選択性曲線を決定する。いま目合 m のコッドエンドを用いてカバーネット試験を行ったとしよう。このとき試験操業から、漁獲対象種のカバーネットとコッドエンドによる漁獲物の体長組成が得られる。体長階級 l ごとの網目選択率は、コッドエンドの漁獲尾数をコッドエンドとカバーネットの漁獲尾数の合計で割った値によって定義される (式 (3.1))。このように異なるいくつかの目合について計算された選択率を R に対してプロットする。いま、もし式 (3.4) が成立するならば、それらのプロットはある l と m の範囲内で目合にかかわらず1本の滑らかな規準曲線になるはずである。逆に、試験操業結果からこのような規準曲線を得ることができたとしよう。そのときある l と m の範囲内で、その規準曲線から任意の目合の網目選択性曲線を得ることができる。なお l_0 と m_0 の値は後述する方法によって求められる。

2. 比較試験操業結果からの決定方法

次に、比較操業試験から得られた漁獲資料を用いて網目選択性曲線を決定する方法を導き出す。 n 個の異なる目合, $m_1 < m_2 < m_3 \cdots < m_n$ ($n \geq 3$), を用いて操業実験が行われたとしよう。目合 m_i の網による体長階級 l の魚の単位努力量当りの漁獲量 (CPUE), $C(l, m_i)$, は次式で与えられる,

$$C(l, m_i) = s(l, m_i) qN(l). \quad (3.5)$$

ここで q は100%選択率のときの漁獲能率を表し, $N(l)$ は体長階級 l の個体群密度を表す。式 (3.5) から, $s(l, m_1)$ と $s(l, m_i)$ の関係は次のように示される。

$$s(l, m_i) = C(l, m_i) s(l, m_1) / C(l, m_1), \\ i=2, 3, \cdots, n, \quad (3.6)$$

この式 (3.6) をもとにして、規準曲線は以下に示す繰り返し計算によって l と m の関数として求められる。この繰り返しの計算過程を流れ図で Fig. 3-3 に示した。計算例として、簡単にするために n が3の場合を考える。さらに、これから後の扱いで, s, l_0 および m_0 の繰り返し計算の第 j 番の近似値をそれぞれ \hat{s}_j, λ_j , および μ_j で表す。最初に, $s(l, m_1)$ が1であると仮

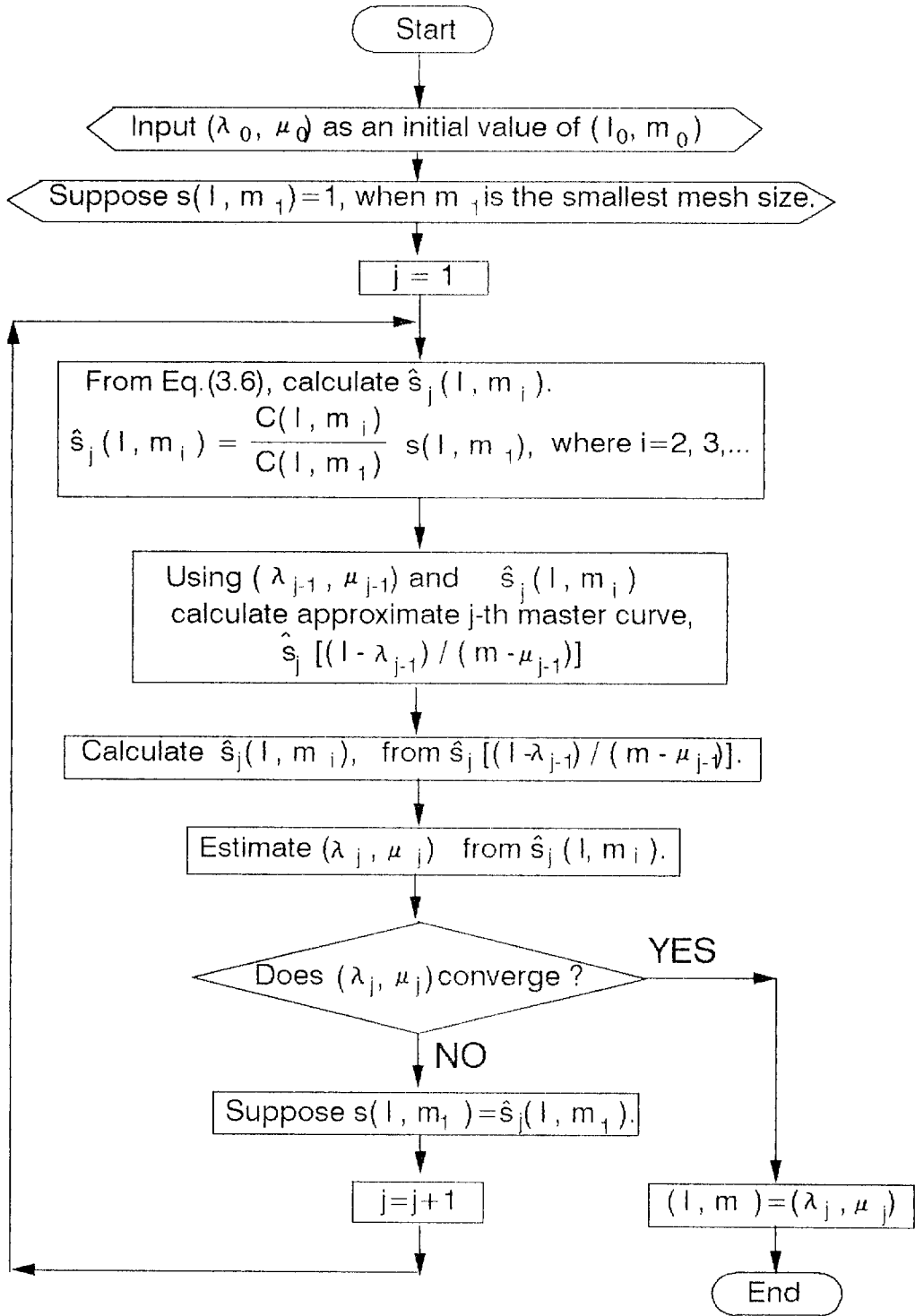


Fig. 3-3. Flow chart of a method for determining the mesh selectivity curve from the catch data obtained in a comparative fishing experiment.

定すると、 $\hat{s}_1(l, m_2)$ と $\hat{s}_1(l, m_3)$ が式 (3.6) によって求められる。次に、 l_0 と m_0 の初期値がそれぞれ λ_0 と μ_0 とすると、 $\hat{s}_1(l, m_1)$ は、 $\hat{s}_1(l, m_2)$ あるいは $\hat{s}_1(l, m_3)$ から式 (3.4) に線型補間を用いて求めることができる。 λ_1 と μ_1 の値は $\hat{s}_1(l, m_1)$ 、 $\hat{s}_1(l, m_2)$ および $\hat{s}_1(l, m_3)$ からカバーネット法の場合と同様の方法で求めることができる。ここで、式 (3.6) で、

$$s(l, m_1) = \hat{s}_1(l, m_1)$$

と仮定して、再度 $\hat{s}_2(l, m_2)$ と $\hat{s}_2(l, m_3)$ を同様に求める。 l_0 と m_0 の変化がほとんどなくなるまで、同じ計算過程を繰り返す。

$n > 3$ の場合でも、一般的に同じ方法で規準曲線を決定することができる。さらに、次節で論議するように、 $\hat{s}_1(l, m_1)$ がよい近似であるかどうかは λ_0 と μ_0 の組合せに依存する。

第3節 応用例と論議

応用例として、Margetts (1954) による底びき網のカバーネット試験で漁獲された sole *Solea vulgaris* の資料に導出した方法を適用する。Margettsによるsoleの網目選択性調査は主に1953年に行われた。この調査で用いたカバーネットは1ヤード当り80節のエビ用の網である。また、コッドエンドの網は、目合69.4, 75.7および88.5 mm (stretched measure) の3種類が用いられた。目合69.4, 75.7および88.5 mm のコッドエンドはそれぞれ8, 14および12回曳網された。この調査で、カバーネットとコッドエンド合わせて4,691尾の sole が漁獲された。Margetts の論文における Table 2 に、コッドエンド目合別にコッドエンドとカバーネットで漁獲された sole の体長組成が示されている。

Margetts は69.4と75.7および88.5 mm も目合のコッドエンドの sole に対する体長ごとの網目選択率を推定し、その論文の Table 3 に示した。まず、Margetts によって計算された体長階級ごとの網目選択率推定値に式 (3.4) を当てはめ、規準曲線を決定する。Margetts は目合69.4, 75.7および88.5 mm の50%の選択率を示す体長をそれぞれ20.7, 23.7および29.9 mm と推定した。また、Margetts の論文の Table 3 から、目合69.4, 75.7および88.5 mm の100%の選択率を示す体長は、それぞれ25, 30および36 mm であると読み取れる。この50と100%の選択率を示す体長をコッドエンド目合に対してプロットした (Fig. 3-4)。Fig. 3-4のプロットは、それぞれの選択率を示す体長と目合は、よい直線関係を呈している。二つの回帰直線の交点から l_0 と m_0 の推定値はそれぞれ-95.7 mm と 6.65 mm と求まる。この $m_0 = 6.65$ mm と $l_0 = -95.7$ mm を用いて、Fig. 3-5 に3種類の目合について R に対する s をプロットした。ここで、実線はフリーハンドで描かれている。これらのプロットは $R = 4$ から R の増加とともに急激に増加し、 R がほぼ4.8に変曲点を持ち、その後、 R が約5.6で100%に達する。すなわち、これらのプロットは規準曲線と呼ばれ、 R に対してシグモイド型の曲線を呈する。このようにして得られた規準曲線から任意の目合の網目選択性曲線を得ることができる。

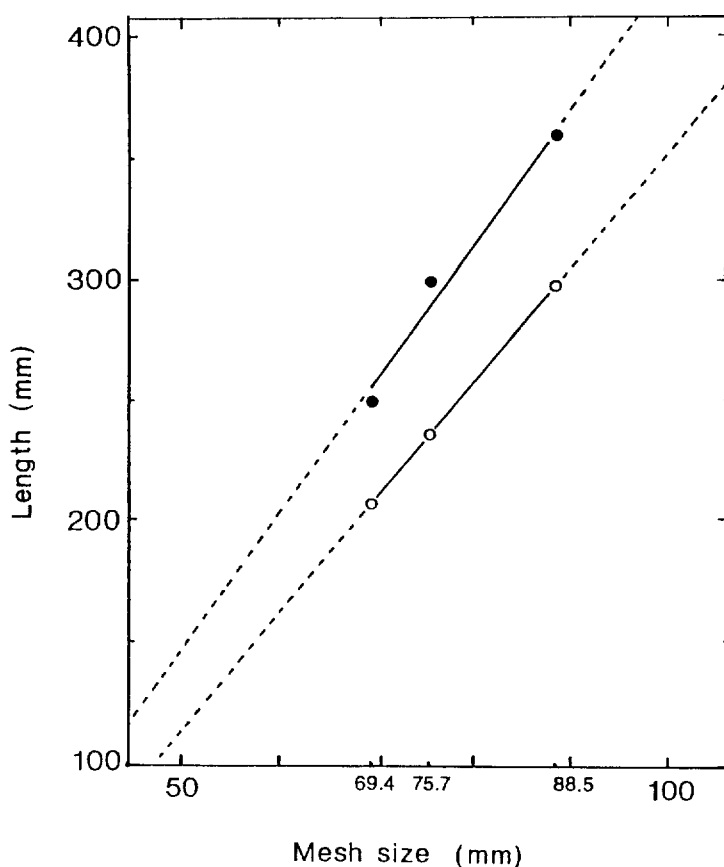


Fig. 3-4. The lengths for 50 and 100% selectivities plotted against mesh size. Open and solid circles show 50 and 100% selectivities, respectively.

次に、比較試験操業によって得られた体長組成から網目選択性曲線を決定する。ここで、Margetts (1954) のカバーネット試験操業におけるコッドエンドによる漁獲物体長組成を比較試験操業によって得られたものとして取り扱う。

この方法の導出では $N(l)$ が異なった目合の操業実験間で同じであることを暗黙のうちに仮定している。しかし、Margetts のカバーネット試験操業では、この仮定を満たしていないようである。すなわち、すべてのコッドエンド目合が100%の選択率を示す体長階級 36 mm 以上の漁獲尾数合計から求めた CPUE、1 曳網当りの漁獲尾数は、目合 69.4、75.7 および 88.5 mm でそれぞれ 3、4.78 および 4.33 となる。目合 69.4 と 88.5 mm のコッドエンドは、目合 75.7 mm 目合のコッドエンドに比べて、CPUE が低い。したがって、このまま解析に供するには不適當であるので、69.4 と 88.5 mm の目合で漁獲された体長組成を 79.4 mm の目合で漁獲されたそれを基準として補正した (Fig. 3-6)。Fig. 3-6 で、実線は傾き 1 で原点を通る直線である。各体長階級の漁獲尾数に対してある補正係数を乗じた。この補正係数は次のように求めた。Fig. 3-6 で、75.7 mm の目合による CPUE に対して、69.4 mm と 88.5 mm の目合による体長階級ごとの CPUE が、100% 選択率を示す体長以上の範囲で、原点を通り傾き 1 の直線上にプロットされるように、

補正係数を決定した。なお、Fig. 3-5から判断する限り、補正された CPUE では3種類の目合による操業実験間で $N(l)$ は等しいという仮定を満足しているようである。この補正された CPUE を用いて、次に示す繰り返し計算によって規準曲線を決定する。

最初に $s(l, 69.4) = 1$ とおくと、式 (3.6) を用いて補正された CPUE より体長階級ごとに $\hat{s}_1(l, 75.7)$ と $\hat{s}_1(l, 88.5)$ が求められた (Fig. 3-7)。ここで、 $\lambda_0 = 0$ と $\mu_0 = 0$ とおくと、 $\hat{s}_1(l, 69.4)$ は式 (3.4) を用いて、 $\hat{s}_1(l, 75.7)$ から階級ごとに線形補間によって求めることができる (Fig. 3-7)。このように決定された第1の近似から各目合ごとに30%と80%の選択性に対するそれぞれの体長を推定した。推定された各目合の30%と80%の選択性に対する体長から、カバーネット試験の決定法と同じ方法で $\lambda_1 = -159$ mm と $\mu_1 = -10$ mm を求めた。

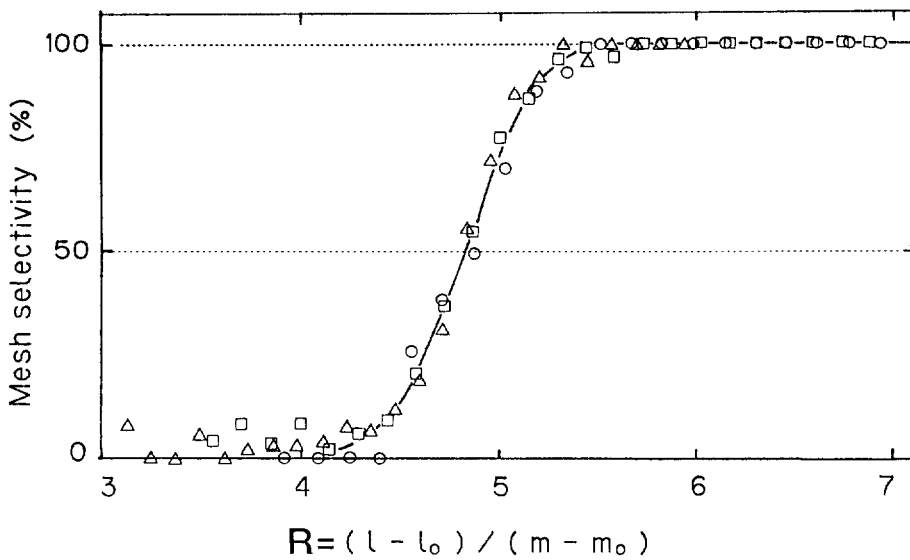


Fig. 3-5. The master curve determined from the catch data in the covered-net experiment. Circle, square and triangle show 69.4, 75.7 and 88.5 mm mesh size, respectively.

次に、 $s(l, 69.4)$ 、 l_0 および m_0 としてそれぞれ $\hat{s}_1(l, 69.4)$ 、 -159 mm および -10 mm を用いて、同じ計算過程によって $\hat{s}_2(l, 69.4)$ 、 $\hat{s}_2(l, 75.7)$ および $\hat{s}_2(l, 88.5)$ を決定した。このようにして得られた l_0 と m_0 の第1近似は $\lambda_2 = -478$ mm と $\mu_2 = -69$ mm であった。同じ計算過程を、 l_0 と m_0 の推定値がほとんど変化しなくなるまで繰り返した。その結果として、4回の計算で l_0 と m_0 のそれぞれの推定値は -100.4 と -619.3 mm に収束した。同時に Fig. 3-8 に示した規準曲線を得た。

カバーネット試験の決定方法と比較試験の決定方法の l_0 と m_0 推定値に明らかに違いがみられる。すなわち、カバーネット試験の決定法では $m_0 = 6.65$ mm と $l_0 = -95.7$ mm、一方、比較試験の決定法では $m_0 = -100.4$ mm と $l_0 = -619.3$ mm であった。したがって、Fig. 3-5 と Fig. 3-8 から明らかなように、それぞれに得られた規準曲線は当然異なっている。しかし、69.4、75.7 および 88.5 mm の目合それぞれについて、二つの規準曲線から得られた網目選択性曲線は

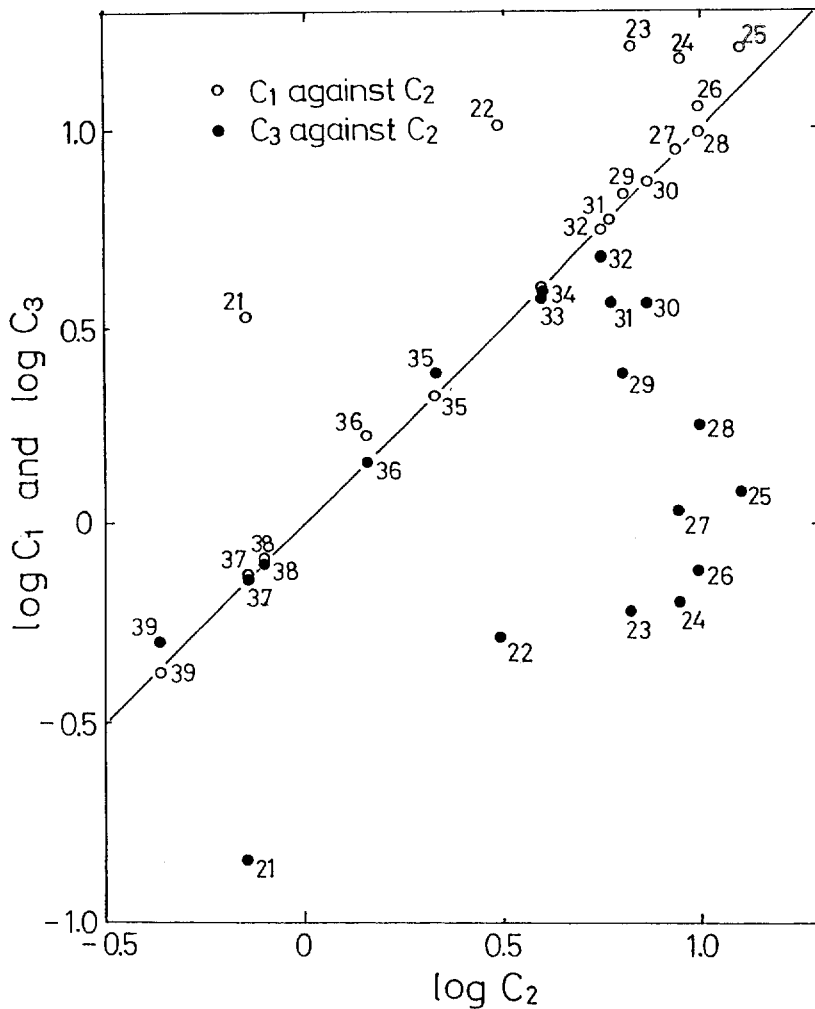


Fig. 3-6. The corrected CPUE's taken in 69.4 and 88.5 mm mesh codends, C_1 and C_3 , plotted against CPUE in 75.7 mm mesh codend, C_2 , every length class on log-log scale. Mark and figure show mesh size and length (cm), respectively.

ほとんど有意な差は認められない (Fig. 3-9)。このことは、繰り返し計算によって推定された規準曲線は少なくとも 69~89 mm のコードエンド目合の網目選択性曲線の決定に有効であることを示している。

前節で述べたように、 λ_j と μ_j ($j=1, 2, 3, \dots$) が必ずしも同じ点に収束しない可能性がある。すなわち、繰り返し計算の初期値の λ_0 と μ_0 のある組合せでは、正しい l_0 と m_0 の組合せに収束しない可能性がある。換言すれば、 λ と μ が同じ点への収束は λ_0 と μ_0 の組合せに依存するのかも知れない。このことを検討するために、様々な λ_0 と μ_0 の組合せで繰り返し計算を行った。Fig. 3-10 は λ と μ がいくつかの典型的な λ_0 と μ_0 の組合せから計算過程で同じ点にどのように収束したかを示したものである。この Fig. 3-10 から、 λ と μ は、小さい \times の範囲外に λ_0 と μ_0 がある組合せでは同じ点に収束することがわかる。一方、小さい \times の範囲内にある λ_0

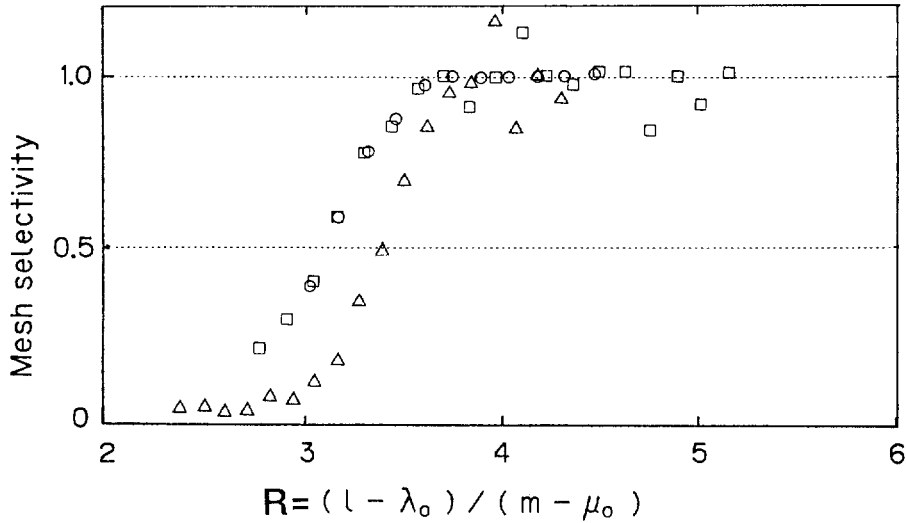


Fig. 3-7. $\hat{s}_1(l, 69.4)$, $\hat{s}_1(l, 75.5)$ and $\hat{s}_1(l, 88.5)$ plotted against $(l - l_0)/(m - m_0)$. Circle, square and triangle show 69.4, 75.7 and 88.5 mm mesh sizes, respectively.

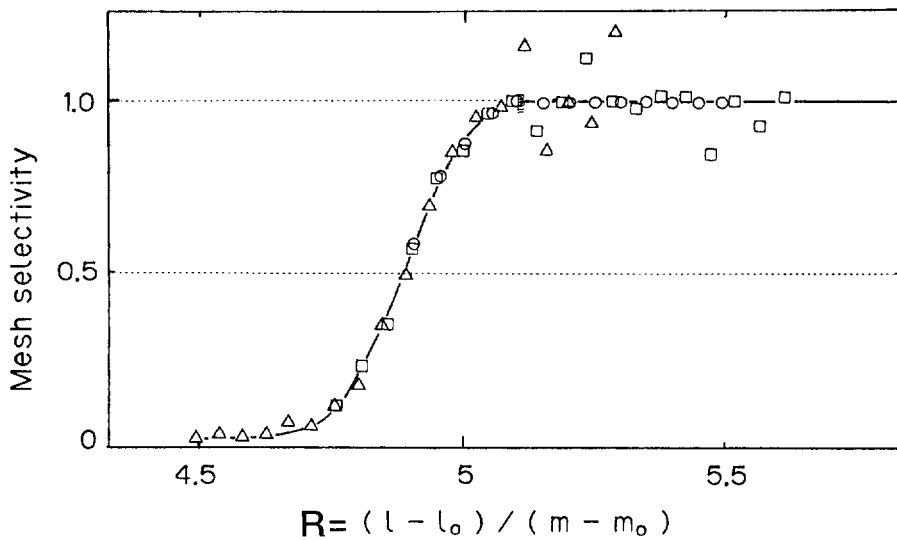


Fig. 3-8. The master curve determined by the iterative calculation. Circle, square and triangle show 69.4, 75.7 and 88.5 mm mesh sizes, respectively.

と μ_0 の組合せからでは l_0 と m_0 の適切な推定値を得られなかった。したがって、比較試験から規準曲線を決定する際には、 λ_0 と μ_0 のいくつかの組合せについて繰り返し計算を行う必要がある。

Fig. 3-10 でわかるように、小さな×記号の範囲外では、 λ_0 と μ_0 の組合せに関わらず、1本の曲線に沿って同じ点に収束しているようである。さらに、カバーネット試験の決定法による l_0 と m_0 の推定値の組合せは、二つの決定法による l_0 と m_0 の推定値にかなりの差があるにもかかわらず、ほぼその曲線上にある (Fig. 3-10)。このことは、 l_0 と m_0 の組合せが×の範囲外では

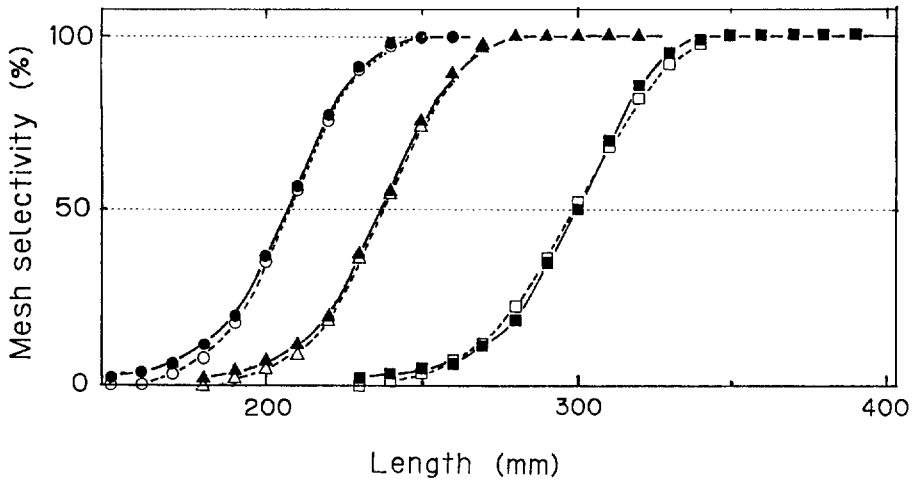


Fig. 3-9. The mesh selectivity curves determined for 69.4 (circle), 75.7 (square) and 88.5 mm (triangle) mesh sizes from the two master curves. Open symbol and dashed line show the covered-net fishing method, and solid symbol and solid line the comparative fishing method.

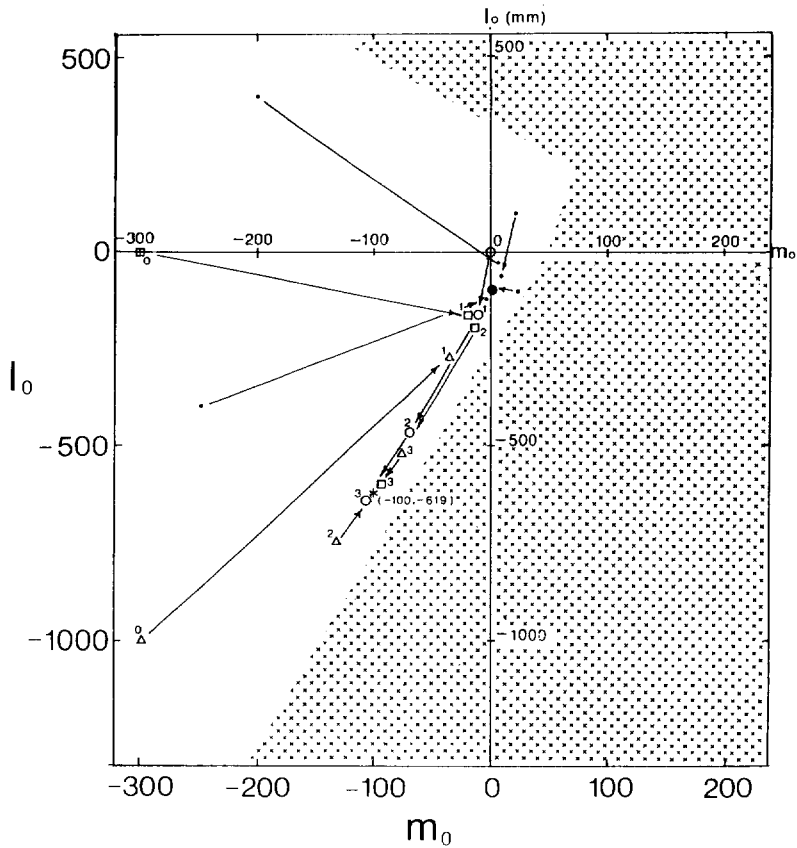


Fig. 3-10. The paths along which μ_j and λ_j converged into the same point (*) for some typical sets of μ_0 and λ_0 in the iterative calculation. Dot, circle, triangle, and square show the paths for each of the sets of μ_0 and λ_0 , respectively, and figure refers to j . An unreasonable set of m_0 and l_0 was obtained for a set of μ_0 and λ_0 in the region marked with small cross. Solid circle shows the estimate of m_0 and l_0 obtained from the covered-net fishing method.

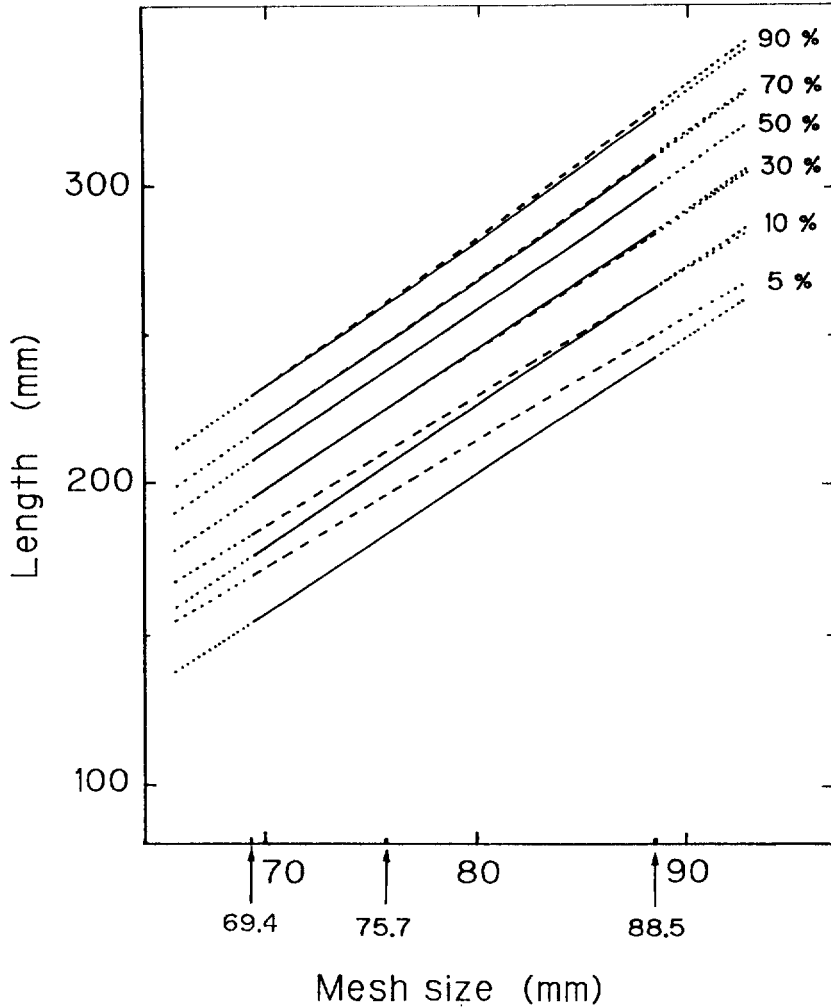


Fig. 3-11. Relations between mesh size and length for given selectivities. Solid and dashed lines show the comparative fishing and the covered-net fishing method, respectively. Figure refers to mesh selectivity.

とんどその線上にある限り、規準曲線は l と m のある範囲内で R の関数によってよく近似できることを示している。実際に、 $m_0=6.65$ mm と $l_0=-95.7$ mm の組合せと、 $m_0=-100.4$ mm と $l_0=-619.3$ mm の組合せの間で、0.1以上の選択性を示す体長と網目目合にほとんど差は認められない (Fig. 3-11)。

これらのことから、少なくとも sole について式 (3.4) は l と m のある範囲内で近似的に成り立つことがわかった。したがって、ここで導出した方法はコッドエンドの任意の目合の網目選択性曲線を決定するのに有効である。

第IV章 小型底びき網における網目選択性曲線の決定

本章では、6種類の目合のコッドエンドを用いたカバーネット試験操業を行い、小型底びき網漁業の重要魚種である小型エビ類、シャコおよびカレイ類の網目選択性曲線を求める（東海他1989, Tokai et al. 1990）。ここでの網目選択性曲線の決定には、前章で開発した解析法を適用する。また、特にカバーネット試験操業による網目選択性操業実験では、カバーネットとその漁獲物によるコッドエンドの目づまり（マスキング効果）が問題となる。このマスキング効果をできるだけ小さくするために、藤石（1971）に従ってカバーネットの長さをコッドエンドの長さの1.5倍とした。ある曳網ではカバーネットを装着したコッドエンドとカバーネットを装着しないコッドエンドを同時に曳網した。その曳網による両方のコッドエンド漁獲物を比較することによって、カバーネット装着が漁獲尾数と漁獲重量および体長組成に及ぼす影響を検討する。さらに、メイタガレイとマコガレイの網目選択性曲線の違いを、その魚体の形状によるものとして検討を行う。

第1節 小型底びき網によるカバーネット試験操業の結果

材料と方法

1984年7月7日、8日および9日の昼夜、大分県長洲港を基地とするエビ漕ぎ網漁船1隻を庸船し、瀬戸内海西部に位置する周防灘で操業実験を実施した。実験に使用した漁具の主要寸法、網地材料および付属具等は長洲港を基地として操業する当業船が使用しているものと同じものである（Fig. 4-1）。中網は、この海域の底びき網で一般にみられるもので、曳網中にゴミ等がコッドエンドに入り目づまりを起こすのを防ぐために、コッドエンドの前に装着されている。本実験では89mmの目合の中網を用いた。コッドエンドはファスナーによって目合が異なるもの

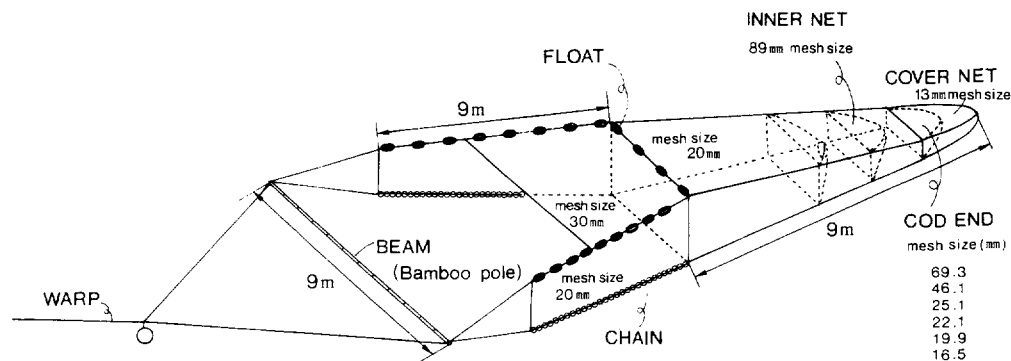


Fig. 4-1. Schematic diagram of a shrimp trawl net used in the present experiment. Inner net, called "Naka ami", is used to prevent gathered rubbish from entering codend.

に取り替えられるようにして、カバーネットを装着した。カバーネットは 13.8 mm の目合の網地である。コッドエンドの目合としては当業船が使用している 19.9 mm の目合のものを 2 網と、ほかに 69.3 mm, 46.1 mm, 25.1 mm および 16.5 mm の目合の各々 1 網ずつ用意した。操業中の曳網速度は当業船と同じ約 2 ノットとした。操業方法は、左右の“出し”からそれぞれ 1 網ずつ、2 網同時に曳網する方法をとった。合計 20 回の各試験曳網の曳網時刻、曳網時間および左舷、右舷それぞれのコッドエンドの目合を Table 4-1 に示した。ここでの網目は、数回曳網した後に、揚網直後の湿潤時に手で網を自然に伸ばした状態で、できるだけ広い範囲から無作為に 10ヶ所の網目の内径（2脚 1 節長）を測定した。この測定値の平均を網目の目合とした。なお、曳網時間（30～60分）は当業船での曳網時間の約 3 分の 1 であった。

カバーネットの長さはコッドエンドのそれの 1.5 倍とすることによって、カバーネットとその漁獲物によるマスキング効果をできるかぎり小さくした。さらにカバーネットがコッドエンド内の漁獲物に与えるマスキングの影響を調べるために、19.9 mm 目合のコッドエンドを二つ用意した。曳網番号 2 と 8 の曳網では、この二つの網でカバーネットを装着した網と装着しない網を同時に曳網した。

カレイ類では、各曳網各舷ごとに中網、コッドエンドおよびカバーネットのそれぞれの漁獲物をすべて船上でホルマリン固定し、実験室に持ち帰り、種別に、標準体長、全長、体高、体幅お

Table 4-1. The towing conditions and the mesh sizes (2 legs & 1 knot) of codend

Haul No.	Date	Time to start towing	Towing duration (min)	The mesh size of the cod end (mm)		
				port	starboard	
1	1984.7.7	7 : 30	60	19.9*	19.9	
2		9 : 20	60	19.9*	19.9	
3		11 : 00	60	22.1	19.9	
4		12 : 45	48	22.1	16.5	
5		14 : 35	55	25.1	16.5	
6		16 : 13	48	25.1	46.1	
7		21 : 05	23	69.3	46.1	
8		22 : 30	46	19.9	19.9*	
9		7.8	0 : 22	43	19.9	16.5
10			1 : 55	40	22.1	16.5
11			3 : 25	35	22.1	25.1
12			4 : 47	29	46.1	25.1
13			19 : 25	43	46.1	69.3
14			20 : 52	38	16.5	69.3
15			22 : 06	34	16.5	19.9
16			23 : 25	35	22.1	19.9
17	7.9		0 : 35	38	22.1	25.1
18			1 : 50	35	46.1	25.1
19		3 : 08	32	46.1	69.3	
20		4 : 10	30	25.1	69.3	

*The covernet was not used.

よび体重を測定した。一方、小型エビ類、シャコ等は、 i 番目の網において、漁獲後にゴミなどを取り除いた上で船上で標本を無作為に抽出した。そのときに、漁獲量に対する標本重量の割合を抽出率 p_i として記録した。標本は種別に分類され、それぞれの尾数と重量が記録された。従って、 i 番目の j 種における漁獲尾数 N_i と漁獲重量 W_i の推定値は、それぞれ n_{ij}/p_i と w_{ij}/p_i で与えられる。ここで n_{ij} と w_{ij} はそれぞれに標本尾数と標本重量である。サルエビでは、ノギスを用いて 0.01 mm 単位で頭胸甲長と体長を測定した。シャコでは体長を 5 mm 間隔のパンチングカードに記録した。なお、シャコの体長測定部位については、Kubo et al. (1959) に従った。測定した全標本尾数は、サルエビが 14,027 尾（頭胸甲長 6~26 mm）、シャコが 4,388 尾（体長 35~145 mm）であった。

網目選択率は、各体長（あるいは頭胸甲長）ごとに、中網、コッドエンドおよびカバーネットに入網した漁獲尾数に対する、中網とコッドエンドでの漁獲尾数の割合（パーセント）として求められる。

$$\text{選択率} = \frac{\text{中網とコッドエンドの漁獲尾数}}{\text{中網, コッドエンド及びカバーネットの漁獲尾数}} \quad (4.1)$$

このようにして求めた網目選択率に対して前章で開発した決定方法を適用して、サルエビとシャコの網目選択性曲線を求めた。ここでの網目選択性曲線は、3次拡張スプライン関数（市田・吉本 1979）で表した。この3次拡張スプライン関数の計算には、NEC PC-9801用のMS-DOS BASIC 言語で作成されたプログラムを用いた（東海 1990）。また、カレイ類の網目選択性曲線の決定では、資料の不足から l_0 と m_0 を求めることができない場合として扱った。すなわち、ある網目選択率に対する魚体と網目は比例関係にあると仮定して、前章で導出した方法で $(l_0, m_0) = (0, 0)$ とした簡便法を用いた。これは石田 (1962) や Kitahara (1968) が刺網の解析で設定した仮定と同じである。

結果と考察

1. 網目の目合呼称と目合の関係

漁業者が用いる目合の単位は通常、「節」と呼ばれている。これは網地の状態で、網地 150 mm の長さの中にある節の数を示している。しかし、網として仕立てた状態では、この節は必ずしも網目の内径とは一致しなくなる。しかし、資源管理を考える際には、漁業者に理解が得られやすい単位である「節」を用いる必要がある。そこで、Fig. 4-2 に目合呼称（単位、節）と目合内径（単位、mm）の関係を示した。図中の曲線は次のように求めた。呼称 M_n 節は網地の一定の長さにおける節の数を表すので、片端の1節分を引き算した値の2脚1節長の組合せが存在するとして、 $1/(M_n-1)$ と目合内径をプロットした (Fig. 4-3)。これらのプロットはほぼ直線上にのり、その回帰式は次式で与えられる。

$$m = 280.3 \frac{1}{M_n - 1} - 0.7246 \quad (\text{相関係数 } r = 1.00) \quad (4.2)$$

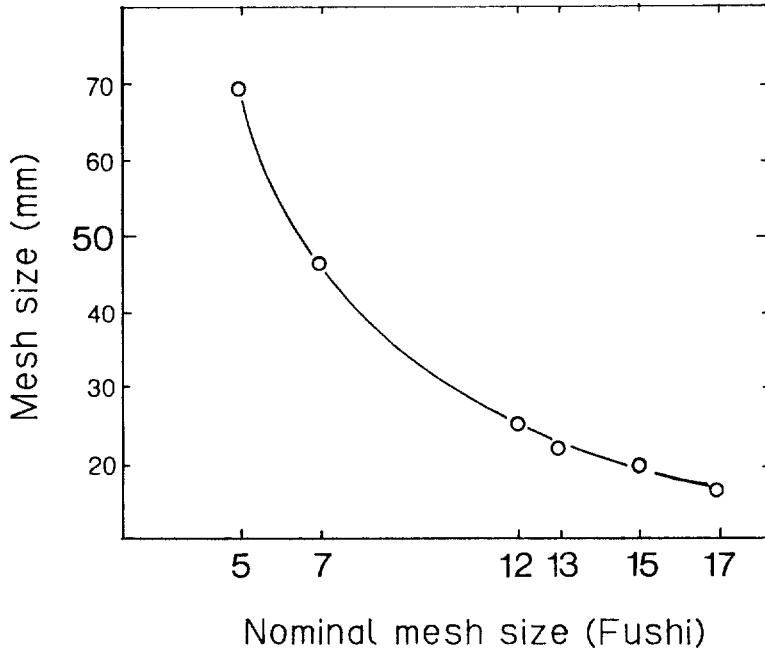


Fig. 4-2. A relation between nominal mesh size in "Fushi" and stretched mesh size.

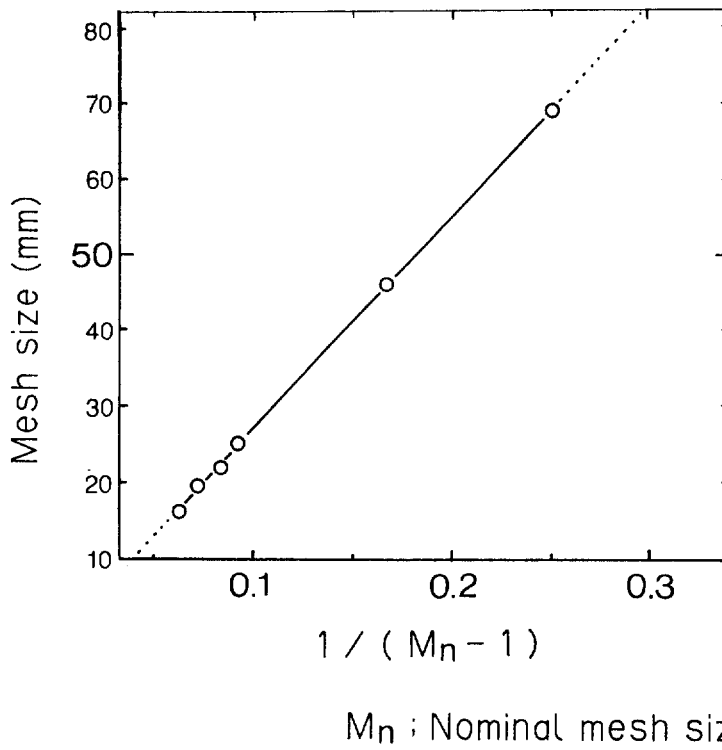


Fig. 4-3. The relation between $1/(M_n-1)$ and stretched mesh size, in which M_n is nominal mesh size in "Fushi".

また、目合内径 m に対する $1/(M_n-1)$ の回帰式は、

$$\frac{1}{M_n-1} = 3.567 \times 10^{-3} m + 2.632 \times 10^{-3} \quad (\text{相関係数 } r=1.00) \quad (4.3)$$

となる。ただし、ここで、 m と M_n はそれぞれ目合内径 (mm) と目合呼称 (節) である。

2. コッドエンド内の漁獲尾数と漁獲重量に及ぼすカバーネット装着の影響

試験操業で20回曳網したうちの曳網番号2と8では、カバーネット装着によるコッドエンド内

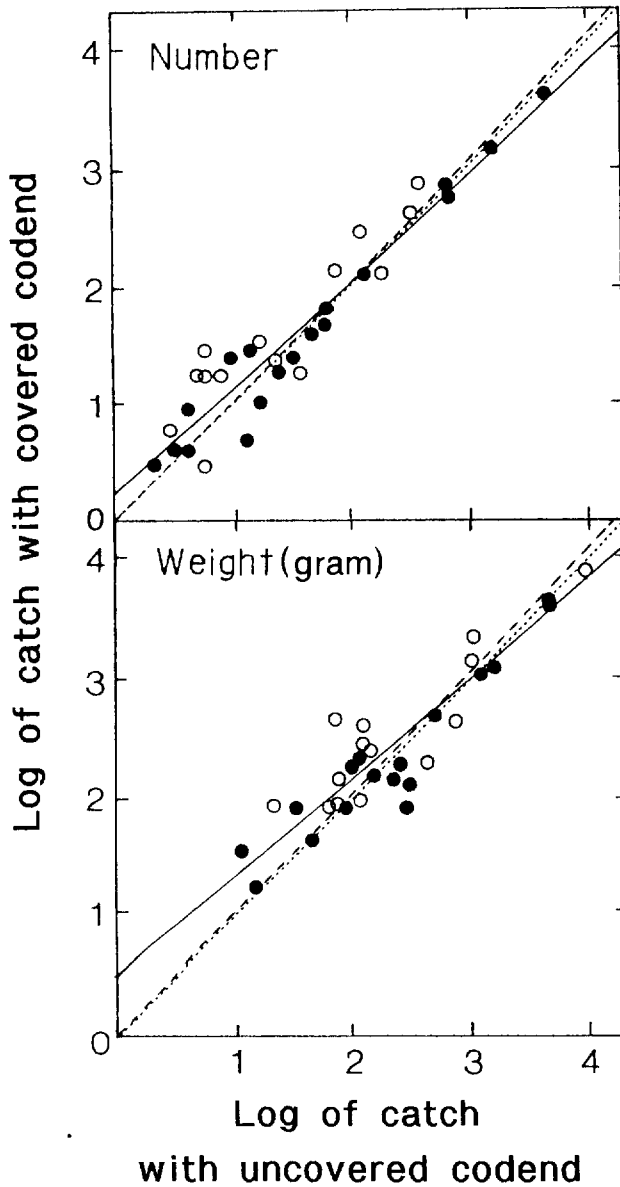


Fig. 4-4. Relations between the logarithm of catch in uncovered and covered codends in number (above) and weight (below). Solid and open circles show catches in haul nos. 2 and 8, respectively. Solid line, regression line; dashed line, the regression line through the origin; dotted line, the line with the slope of 1 through the origin.

の漁獲の影響を調べる目的で、同じ目合でカバーネットを装着したコッドエンドとカバーネットを装着しないコッドエンドを同時に曳網した。この曳網実験の結果を用いてカバーネットが漁獲に及ぼす影響を検討する。

曳網番号2と8の漁獲物は、魚類と甲殻類それぞれ34種と35種からなった。これらの種のうち、コッドエンド漁獲物の尾数と重量に対するカバーネットの影響を検討するに際して、カバーネットのある場合とない場合ともに漁獲が1尾づつの種類、1個体当りの重量が大きな個体が漁獲された種類は取り除いた。結局、解析に用いたのは漁獲尾数では33種、漁獲重量では32種であった。

上述の各種について、カバーネットがないコッドエンドによる漁獲尾数に対して、カバーネットがあるコッドエンドによる漁獲尾数と漁獲重量をそれぞれ両対数軸にプロットした (Fig. 4-4)。漁獲尾数、重量ともに、ほぼ直線関係を示す。回帰直線の傾きと y 切片は、それぞれ尾数について0.909と0.248 (相関係数 $r=0.955$)、重量では0.816と0.516 (相関係数 $r=0.914$) であった。この回帰直線の y 切片はいずれも、5%有意水準で原点0と有意な差は認められなかった。さらに、これらの原点を通る回帰直線として求めると、その傾きは、尾数で0.815 (相関係数 $r=0.944$)、重量で1.018 (相関係数 $r=0.883$) であった。これらの傾きは、5%有意水準で、1と有意な差は認められなかった。

上述の t 検定の結果、カバーネットのない場合とある場合の間では、コッドエンドによる各種の漁獲尾数と漁獲重量には有意な差は認められない。したがって、この実験ではコッドエンド内の漁獲尾数と漁獲重量に対するカバーネット装着による影響は認められなかった。

3. サルエビの頭胸甲長組成とシャコの体長組成に及ぼすカバーネット装着の影響

曳網番号2と8番の曳網のコッドエンド (A, カバーネットのある場合; B, カバーネットのない場合) ごとに、サルエビ漁獲物の頭胸甲長組成を示した (Fig. 4-5)。これらの頭胸甲長組

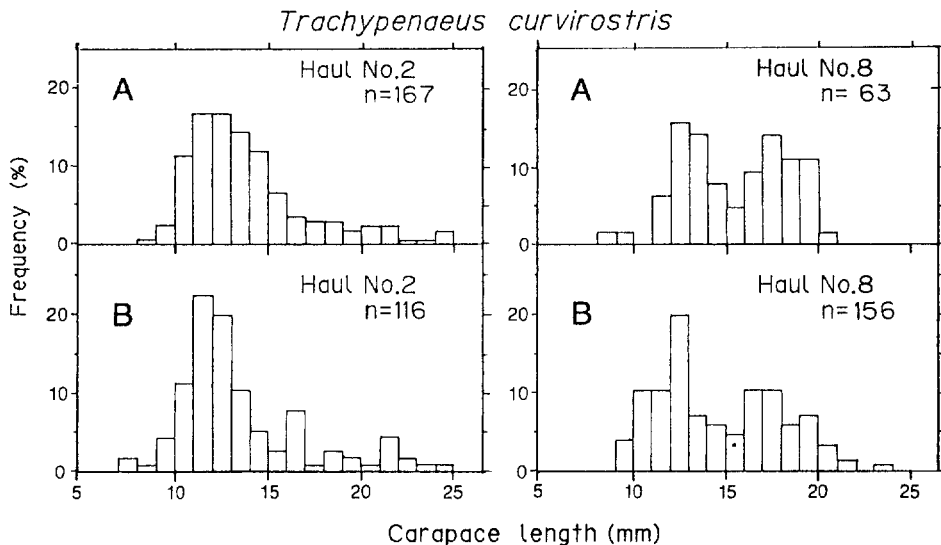


Fig. 4-5. Carapace length distributions of southern rough shrimp, *Trachypenaeus curvirostris* in haul nos. 2 (left) and 8 (right). A, uncovered codend and B, covered codend.

成から、カバーネットの有無に関わらず、頭胸甲長 8 または 9 mm 以上のサルエビが漁獲されていることがわかる。さらに、曳網番号 2 と 8 番の曳網のカバーネットがある場合とない場合でほとんど同じ頭胸甲長にモードがみられる。すなわち、いずれの組成においても曳網番号 2 番の曳網では頭胸甲長 11 または 12 mm にモードがみられ、曳網番号 8 番の曳網では頭胸甲長 13 と 18 mm の二つモードがみられた。このように、カバーネットがある場合とない場合の間で頭胸甲長組成は違いがないように思われる。

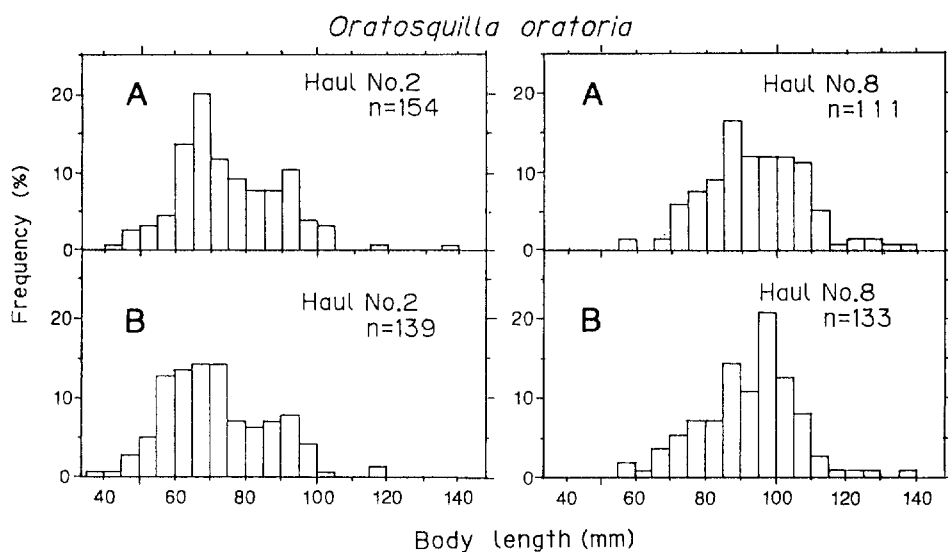


Fig. 4-6. Body length distributions of mantis shrimp, *Oratosquilla oratoria* in haul nos. 2 (left) and 8 (right). A, uncovered codend and B, covered codend.

Fig. 4-6 に、シャコの体長組成を、曳網番号 2 番と 8 番の曳網のコッドエンド (A, カバーネットのある場合, B, カバーネットのない場合) ごとに示した。Fig. 4-6 はカバーネットのあるコッドエンドで漁獲された体長組成がない場合と大きく変わらないことを示している。ほとんどのシャコの体長は、曳網番号 2 番の曳網では 45 から 105 mm の範囲にあり、曳網番号 8 番の曳網では 65 から 115 mm の範囲にある。さらに、両方の体長組成のモードは、曳網番号 2 番の曳網では小さな 66~70 mm 体長階級に偏っており、曳網番号 8 番の曳網では大きな体長の方に偏っている。

カバーネットのある場合とない場合の体長組成を、曳網ごとに詳細な比較を行う。カバーネットのあるコッドエンドの体長組成分布は、カバーネットのない場合に比べて、少し小さな体長に偏っているように思われる。しかし、これらの分布型についてそれぞれに Kolmogorov-Smirnov の 2 標本検定 (Sokal and Rohlf 1981, 1983) を行った結果、二つのコッドエンドの分布間には 5% の有意水準では有意な差はみられなかった。したがって、本調査におけるカバーネットの装着によるサルエビとシャコの漁獲物の分布組成に対する影響は認められなかった。今後の取り扱いでは、頭胸甲長組成や体長組成に及ぼすカバーネットの影響を無視する。

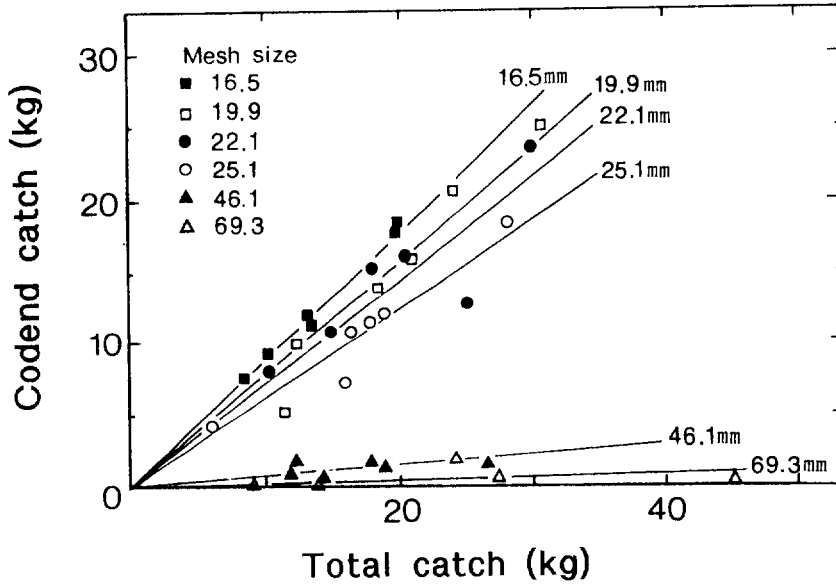


Fig. 4-7. Relations every mesh size between total catch weight (kg) and codend catch weight (kg), in which total catch consists of catch in codend and cover.

4. 目合とコッドエンドによる漁獲量の関係

曳網ごとに中網，コッドエンドとカバーネットでの漁獲量を曳網別全漁獲量とする。この全漁獲量は，コッドエンドを抜けたものも含み，網に入ったものすべての漁獲量を表している。操業海域内で曳網ごとの漁獲物魚種組成とそれぞれの種ごとの体長組成は同じとする。このとき，目合別の全漁獲量に対するコッドエンドの漁獲量の比は，曳網番号に関わらず一定となる。全漁獲量に対して，中網とコッドエンドによる漁獲量をプロットしたのが，Fig. 4-7である。目合ごとのプロットは，それぞれほぼ原点を通る直線上に乗る。16.5, 19.9, 22.1, 25.1, 46.1, および 69.3 mm 目合別の回帰直線の傾きは，それぞれ0.889, 0.791, 0.727, 0.626, 0.0749および 0.0222となり，目合が小さいほど直線の傾きは大きい。この直線の傾きは，全漁獲量に対するコッドエンドでの漁獲量の比を表している。次に，目合に対してこの全漁獲量に対するコッドエンド漁獲量の比をプロットしたのが，Fig. 4-8である。目合が大きくなるほどコッドエンドの漁獲量割合は減少する。このことは，目合の小さいコッドエンドほど魚体が小さい魚種や個体まで獲ることを示している。また，目合 69.3 mm のコッドエンドにとどまる個体がほとんどない。これは，この海域では目合 46.1~69.3 mm のコッドエンドで漁獲されるほど大きな個体が少ないことによる。Fig. 4-8 の目合 16.5 mm から 46.1 mm までのプロットに対して求めた回帰直線は $y = -0.02736x + 1.331$ (y は全漁獲量に対するコッドエンドの漁獲量の割合； x は目合 (mm)；相関係数 $r = 0.9993$) であった。

5. サルエビの網目選択性曲線の決定

サルエビに対する網目選択率を，コッドエンドの目合 (16.5, 19.9, 22.1および 25.1 mm) 別に頭胸甲長ごとに計算した (Fig. 4-9)。目合46.1と 69.3 mm の選択率は，頭胸甲長範囲 6~

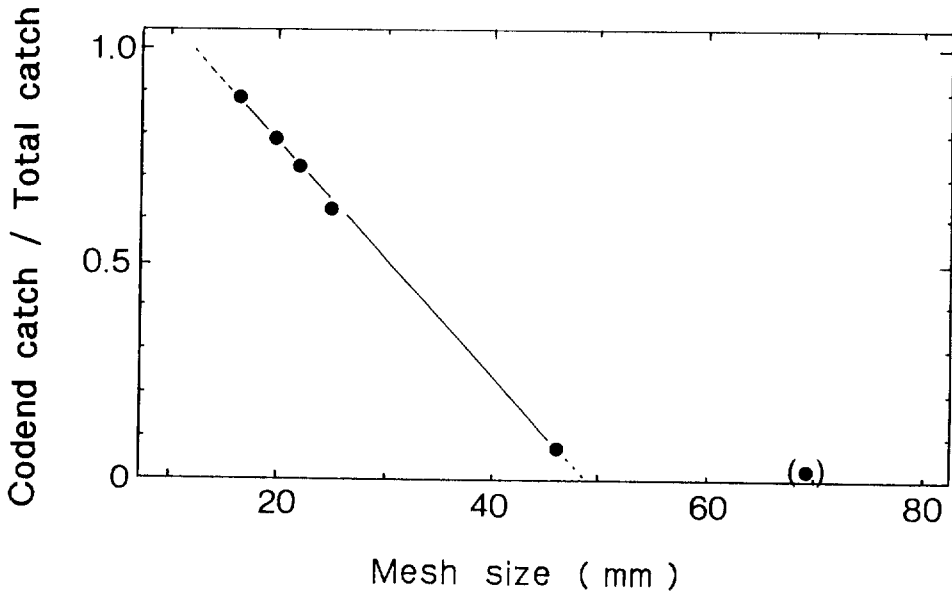


Fig. 4-8. A relation between mesh size in mm and the ratio of codend's catch weight to total one.

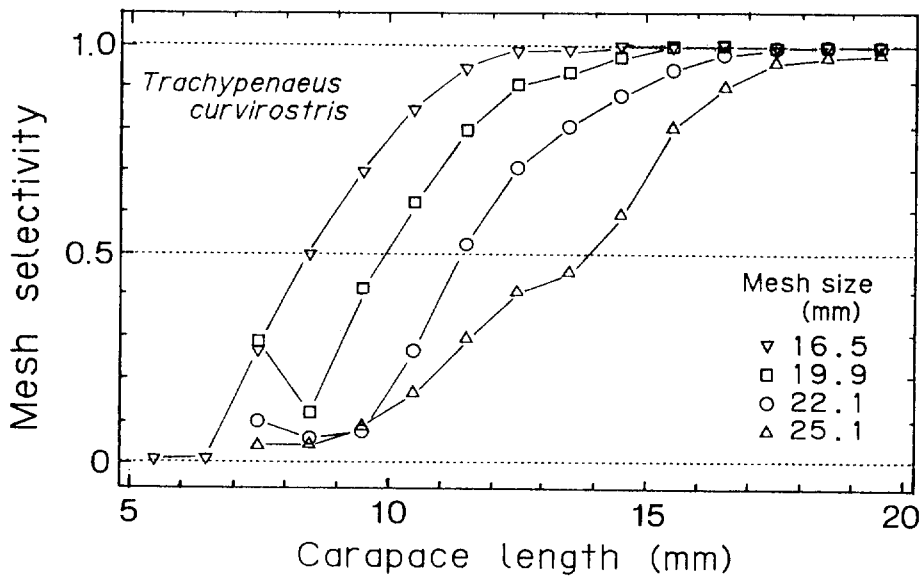


Fig. 4-9. The mesh selectivities of 16.5, 19.9, 22.1 and 25.1 mm mesh codends for southern rough shrimp, *T. curvirostris* plotted against carapace length.

26 mm のサルエビに対して、ほとんど0であった。Fig. 4-9で、頭胸甲長が7 mm 以上の範囲では、選択率は、頭胸甲長とともに増加して、16.5, 19.9, 22.1および25.1 mm 目合のそれぞれでは、頭胸甲長13, 15, 17および19 mm で1に達する。

次に、前章で提案した方法を適用して、サルエビに対する網目選択性曲線の規準曲線を決定する。目合ごとに頭胸甲長別の網目選択率から、線形補間によって50%選択頭胸甲長と100%選択

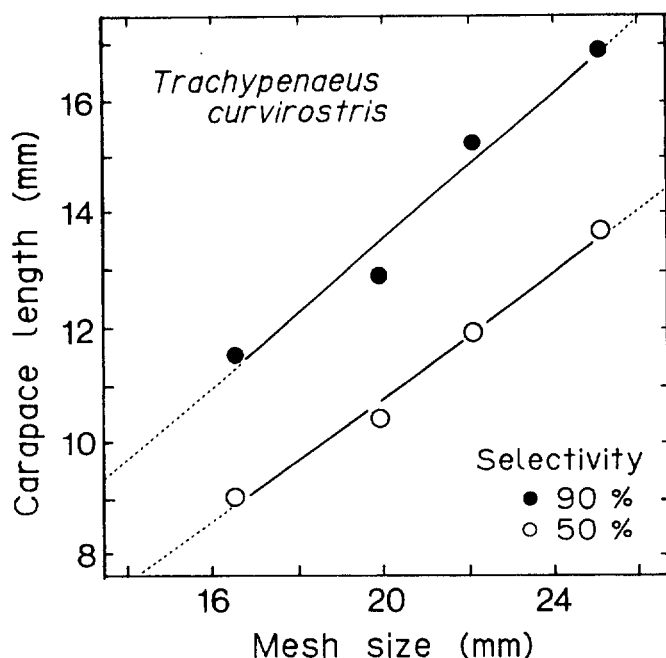


Fig. 4-10. The carapace lengths of 50 and 90% selectivities for southern rough shrimp, *T. curvirostris* plotted against codend mesh size. Solid line shows regression lines.

頭胸甲長を求めた。これらの50%選択頭胸甲長と90%選択頭胸甲長を目合に対してプロットした (Fig. 4-10)。Fig. 4-10 からわかるように、二つの選択率を示す頭胸甲長のプロットは、それぞれ目合に対して良い直線回帰を示す。これらの回帰直線の交点の目合と頭胸甲長をそれぞれ l_0 と m_0 とした。 l_0 と m_0 の推定値としてそれぞれ -4.60 mm と -8.16 mm を得た。これらの l_0

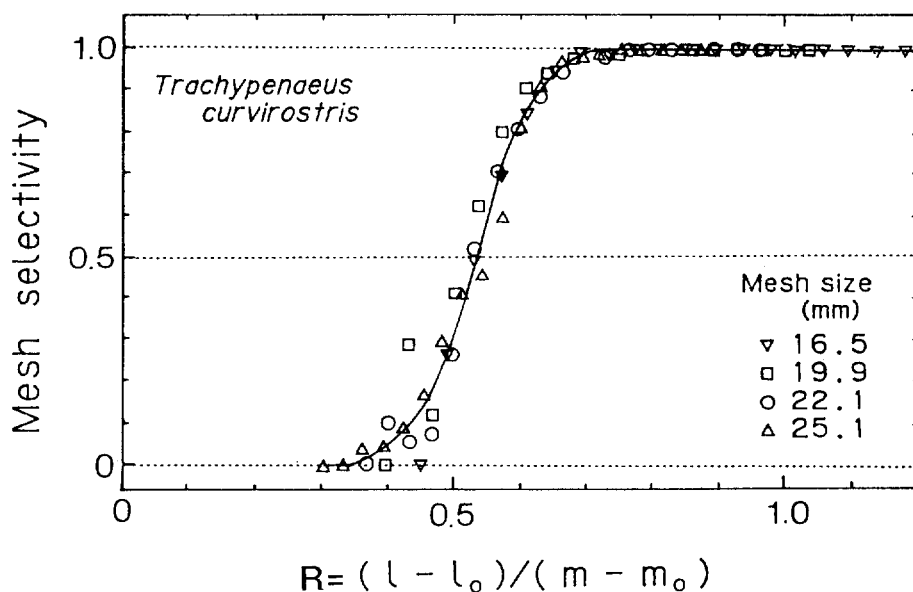


Fig. 4-11. The mesh selectivities of 16.5, 19.9, 22.1 and 25.1 mm mesh codends for southern rough shrimp, *T. curvirostris* plotted against $(l - l_0) / (m - m_0)$. Solid line shows master curve.

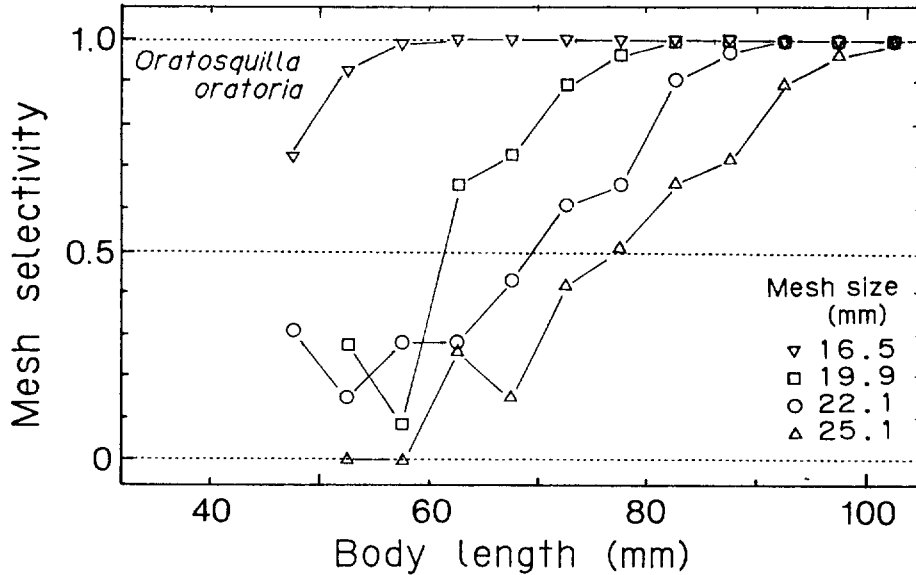


Fig. 4-12. Mesh selectivities of 16.5, 19.9, 22.1 and 25.1 mm mesh codends for mantis shrimp, *O. oratoria* plotted against body length.

と m_0 の推定値を用いて、 $R = (l-l_0)/(m-m_0)$ に対する網目選択率をプロットしたのが、Fig. 4-11 である。これらの点は、 R の増加に伴って選択率は上昇し、 R が0.7付近で選択率1に達する。これらのプロットに3次のスプライン関数を当てはめて決定した網目選択性の規準曲線を決定したのが、次式である。

$$S(R) = \begin{cases} -.5004 + 4.791R - 16.41R^2 + 19.73R^3 & (.304 \leq R < .460) \\ 35.62 - 210.8R + 408.9R^2 - 257.1R^3 & (.460 \leq R < .586) \\ -14.38 + 59.34R - 76.30R^2 + 32.68R^3 & (.586 \leq R < .845) \end{cases} \quad (4.4)$$

この式を用いることによって、サルエビの任意の網目選択性曲線を得ることができる。

6. シャコの網目選択性曲線の決定

本節ではサルエビと同方法で、シャコに対する網目選択性曲線を決定する。Fig. 4-12 にコッドエンド目合別に、体長間隔 5 mm ごとの網目選択率を求めた。この網目選択率を体長に対して目合別にプロットした (Fig. 4-12)。目合46.1と 69.3 mm 目合のシャコに対する網目選択率は、体長範囲35~145 mm でほとんど0であった。各目合の選択率は、ある体長範囲内で体長の増加に伴って大きくなる。目合16.5, 19.9, 22.1および 25.1 mm の網目の選択率はそれぞれ体長階級60~65, 80~85, 90~95および100~105 mm で1に達した。

サルエビと同様に、目合ごとに体長別の網目選択率から、線形補間によって50%選択体長と100%選択体長を求めた。50%と90%の選択率に対する体長を目合に対してプロットした (Fig. 4-13)。回帰直線から l_0 と m_0 の推定値としてそれぞれ3.653と 5.065 mm を得た。これらの l_0 と m_0 の推定値を用いて、 R の関数として網目選択率をプロットした (Fig. 4-14)。これらの点

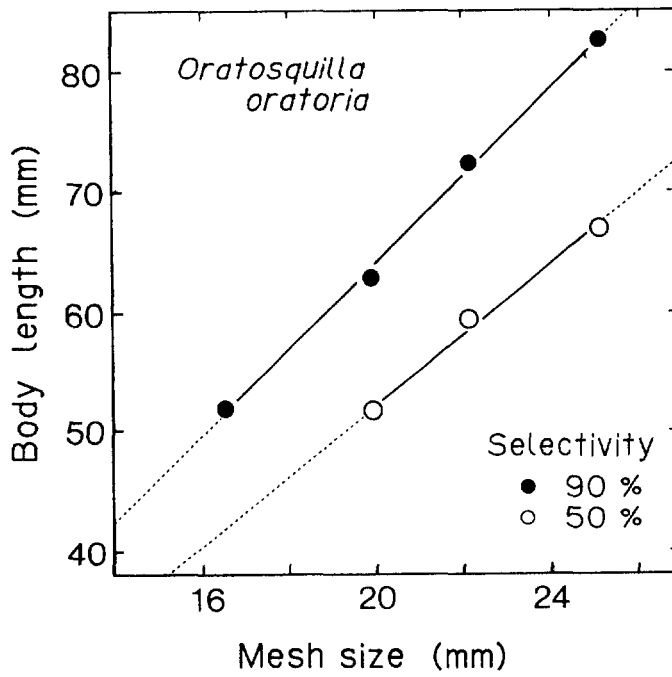


Fig. 4-13. The body lengths of 50 and 90% selectivities for mantis shrimp, *O. oratoria* plotted against codend mesh size. Solid line shows the regression lines.

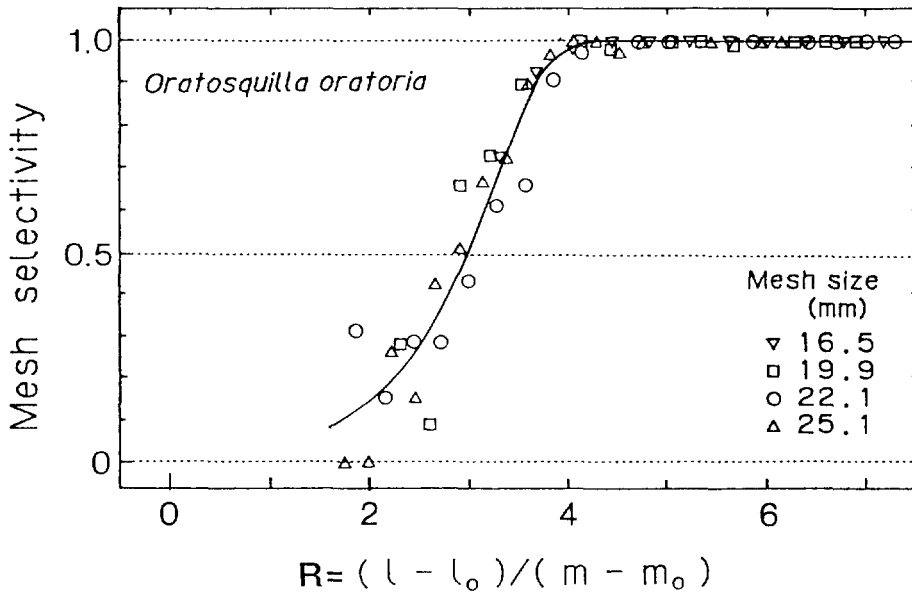


Fig. 4-14. The mesh selectivities of 16.5, 19.9, 22.1 and 25.1 mm mesh codends for mantis shrimp, *O. oratoria* plotted against $(l-l_0)/(m-m_0)$. Solid line shows the master curve for mantis shrimp, *O. oratoria*.

は、 R が2.0から、 R の増加に伴って選択率は増加して、 R が4.0付近で選択率1に達する。これらの点から規準曲線として1本のシグモイド曲線が次のように決定される。

$$S(R) = \begin{cases} -.09189 + .1677R - .09515R^2 + .03514R^3 & (1.05 \leq R < 3.34) \\ -13.90 + 9.768R - 2.132R^2 + .1548R^3 & (3.34 \leq R < 4.39) \end{cases} \quad (4.5)$$

この式からシャコに対する任意の目合の選択性曲線を求めることができる。

7. カレイ類の魚種別網目目合別体長度数分布

今回の操業実験で漁獲されたメイタガレイとマコガレイの個体数はそれぞれ662と1,272尾で、それらの体長組成を Fig. 4-15 に示した。同図はメイタガレイとマコガレイのモードはそれぞれ体長 70~75 mm と 60~65 mm で、当歳魚が多いことを示している。なお、第Ⅱ章で示したよう

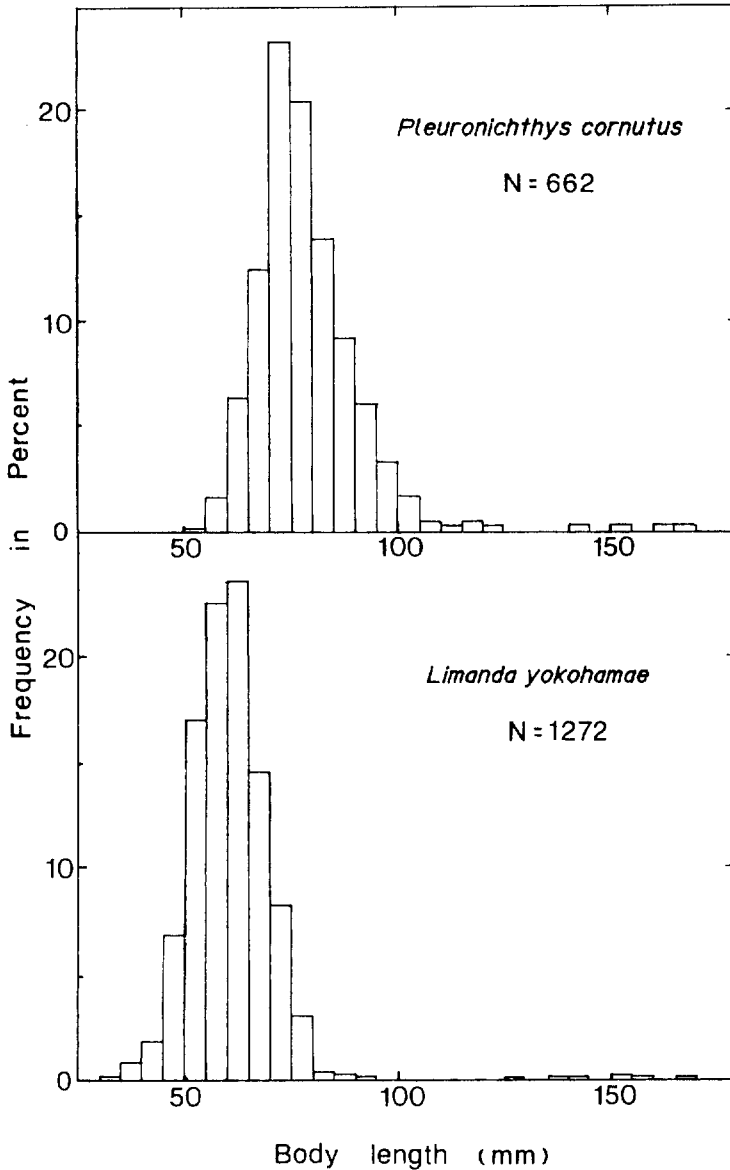


Fig. 4-15. Body length distributions for *Pleuronichthys cornutus* and *Limanda yokohamae* caught in the experiment.

に、体長 100 mm 以下の個体には商品価値がない。

カバーネットを装着しなかった3曳網を除く全曳網から得られたメイタガレイとマコガレイの体長組成をコッドエンドの目合ごとにカバーネット、コッドエンドおよび中網別にそれぞれ Table 4-2 と Table 4-3 に示した。表から明らかなように、すべてのメイタガレイといくつかのマコガレイで、1歳魚以上と思われる個体（体長 130 mm 以上）は、89 mm の目合の中網部分で漁獲された。Table 4-2 に示したように、メイタガレイはコッドエンドの目合 16.5~25.1 mm ではほとんどの個体がコッドエンドで、また目合 46.1 mm ではコッドエンドとカバーネットで、さらに目合 69.3 mm ではほとんどの個体がカバーネットで漁獲された。コッドエンドとカバーネットの両方で漁獲された目合 46.1 mm の網では、カバーネットで体長が小型のものが、コッドエンドで大型のものが比較的多く漁獲されていた。

一方、Table 4-3 から明らかなように、マコガレイの体長組成もメイタガレイと同じような傾向を示すが、カバーネットとコッドエンドの両方で獲れるのは目合 25.1 mm のコッドエンドである。すなわち、マコガレイがカバーネットとコッドエンドの両方で獲られる目合は、メイタガレイ（46.1 mm の目合）より小さかった。上述の結果は両種に対してコッドエンドの網目が選択性を有することを示唆する。

Table 4-2. Length compositions of *Pleuronichthys cornutus* caught with inner net, codend and covernet by various mesh size of codend.

Body length (mm)	Mesh size of cod end (mm)																		
	69.3			46.1			25.1			22.1			19.9			16.5			
	inner net	cod end	cover net	inner net	cod end	cover net	inner net	cod end	cover net	inner net	cod end	cover net	inner net	cod end	cover net	inner net	cod end	cover net	
55-59			1			1			1			1							2
60-64			5			10			3			6			4				5
65-69	2		10		1	11			8			12	3	12					10
70-74	1		21		2	14	1	18		1	37		1	22					40
75-79	1	1	10	1	4	17	1	14			22		1	36			1		19
80-84			14	1	8	12			13			16			15				11
85-89		1	11		13	2			11			12			13				5
90-94			2		4				3			8		1	11				5
95-99	1		5		7	1			1			5			2				2
100-104			3		6							1							4
105-109															1				1
110-114			1					1							1				
115-119									1						1				1
120-124															1				
125-129																			
130-134																			
135-139																			
140-144																			
145-149		1																	
150-154											1								
155-159																			
160-164															1				
165-169				1															

Table 4-3. Length compositions for *Limanda yokohamae* caught with inner net, codend and covernet by various mesh size of cod end.

Body length (mm)	Mesh size of cod end (mm)																	
	69.3			46.1			25.1			22.1			19.9			16.5		
	inner net	cod end	cover net	inner net	cod end	cover net	inner net	cod end	cover net	inner net	cod end	cover net	inner net	cod end	cover net	inner net	cod end	cover net
30- 34						1												
35- 39					1												1	
40- 44			2			1		1							2	2		8
45- 49			9			15		5	8			2		1	21	2		15
50- 54			21		1	39		13	22	2	20	2		40				24
55- 59			24	1		55	3	37	6	2	32			58				48
60- 64			38		1	79	2	66			24		1	44				56
65- 69			24		1	46	1	41			23		1	33				40
70- 74			12	1		31	1	20			10		1	20				11
75- 79			1		1	7		13			3			11				10
80- 84								1			3			1				3
85- 89								1			1							
90- 94			1															
95- 99																		
100-104																		
105-109																		
110-114																		
115-119																		
120-124																		
125-129																		
130-134																		1
135-139								1						1				
140-144								1	1									
145-149																		
150-154						2					1							
155-159	1													1				
160-164																		
165-169								1					1					
170-174																		
175-179																		
180-184																		
185-189																		
190-194														1				

8. カレイ類の網目選択性曲線の決定

Table 4-2 と Table 4-3 の体長組成を用いて、メイタガレイとマコガレイに対するコッドエンドの網目の選択率を体長間隔 5 mm で計算した。得られたメイタガレイとマコガレイの網目選択率を体長に対してコッドエンドの目合別にプロットしたのが Fig. 4-16 である。

Fig. 4-16 からわかるように、メイタガレイに対する目合 69.3 mm の網目選択率は、体長範囲 50~100 mm ではほとんど 0% であり、目合 25.1 mm のそれは 100% である。目合 46.1 mm の網目選択率は体長の増加とともに増大し、体長 100 mm で 100% に達する。

一方、マコガレイでは、体長が 40 mm から 80 mm へ増加するに従って、46.1 mm と 25.1 mm の目合では選択率が増加する。しかし、標本数の不足や体長範囲が狭いために体長に対する選択性曲線の変化は明らかではない。なお、目合 69.3 mm の網目選択率は体長範囲 40~90 mm

では0%であった。

このように、両種とも漁獲された魚体が狭い範囲に集中したことから試験操業に用いたコッドエンドの目合の数が限られていたために、任意の目合について広範囲の体長に対する網目選択率を Fig. 4-16 から推定することはできない。そこで、本試験操業から決定された各目合の体長別の選択率を、ある網目選択率に対する魚体と網目は比例関係にあると仮定して、 $(l_0, m_0) = (0, 0)$ とした簡便法を用いて解析する。両種についてそれぞれ体長 l を用いて、 l/m に対する網目

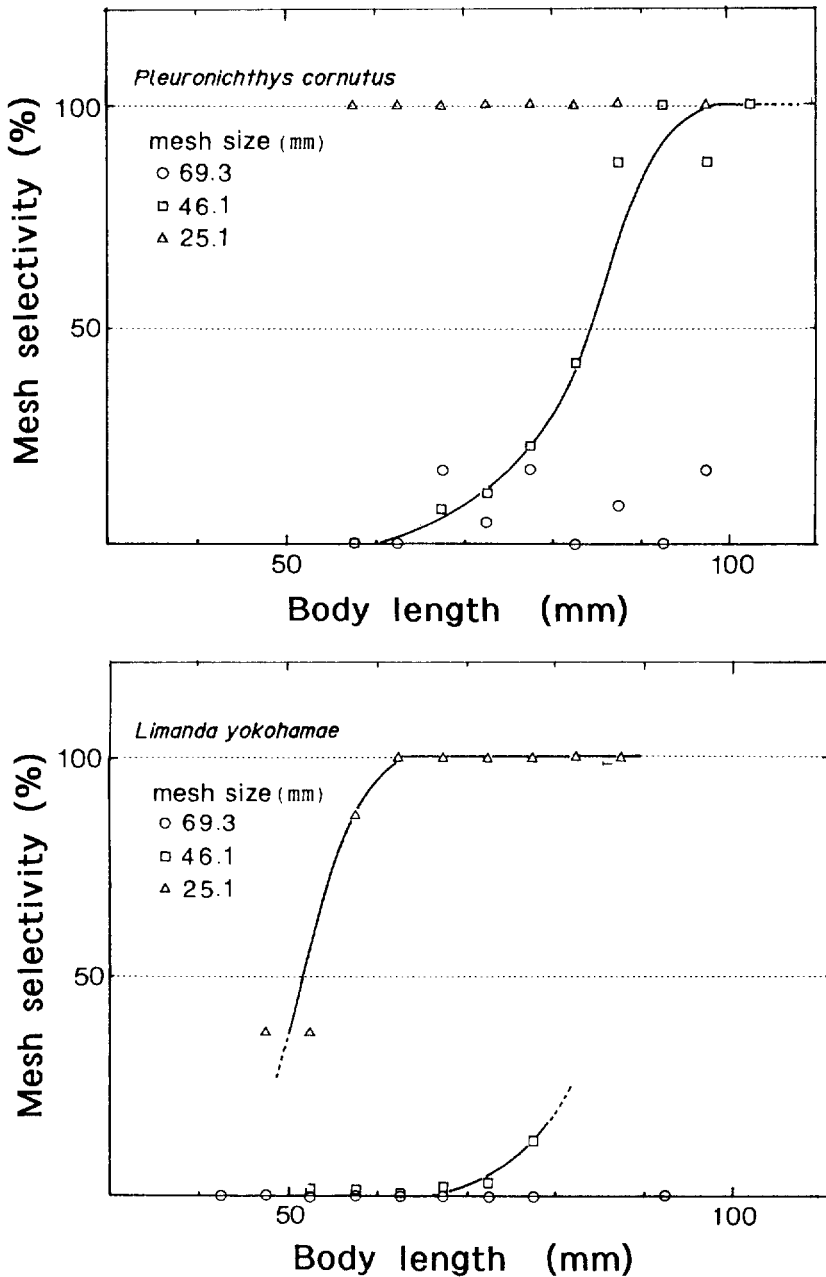


Fig. 4-16. Mesh selectivities of various mesh size codends for *P. cornutus* and *L. yokohamae*.

選択率を Fig. 4-17 にプロットした。Fig. 4-17 は、マコガレイの3点（漁獲尾数が1尾か2尾）を除いて、両種とも選択率を l/m に対してプロットすることによって各々1本の滑らかな規準曲線が得られた。両種とも選択率の規準曲線は l/m の増大とともに0%から急激に増大して100%に達した。このように、網目選択率は両種ともに少なくともある体長範囲では l/m の関数として一意的に表され、任意の目目の網目選択性曲線を推定し得る規準曲線が決定できた。また、メイタガレイとマコガレイの間では得られた規準曲線の傾向に若干の差異が認められる。

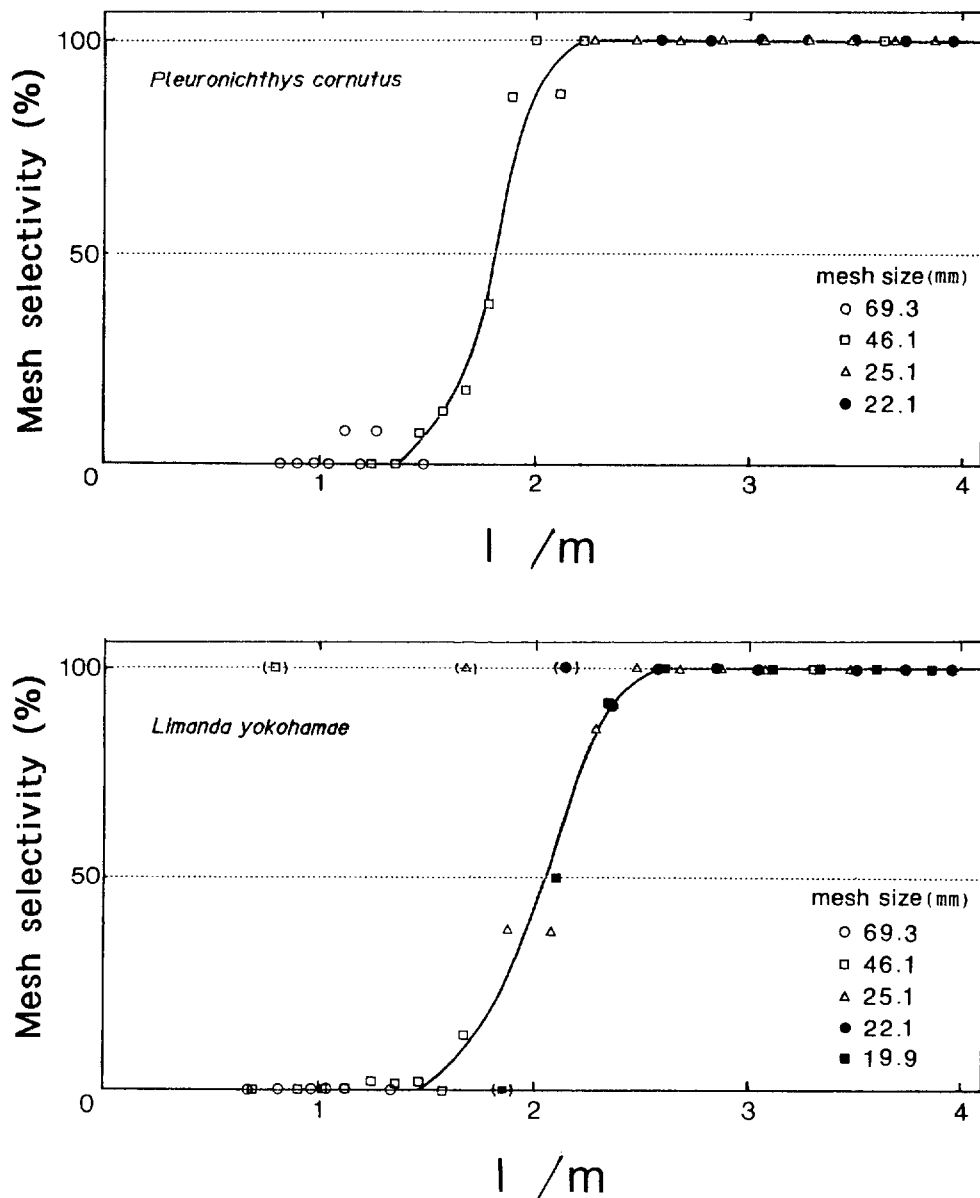


Fig. 4-17. Mesh selectivity master curves of *P. cornutus* and *L. yokohamae*, respectively, plotted against as a function of l_L/m , where l_L is body length and m mesh size.

第2節 論 議

1. カバーネットによるコッドエンドへのマスクング効果

これまでに、すべての種類でカバーネットを装着したコッドエンドとカバーネットを装着しないコッドエンドでの漁獲尾数と漁獲重量について比較を行った。結果として、カバーネットによるコッドエンド漁獲物の尾数と重量に対する有意な影響はみられなかった。まず、カバーネットのマスクング効果について若干論議を行う。藤石 (1971) は、カバーネットがコッドエンドに及ぼすマスクング効果を少なくするために、カバーネットの長さをコッドエンドの長さの1.5倍にすることを提案した。しかし、カバーネットのマスクングの影響を検討するデータを示さなかった。本章第2節で述べたように、カバーネットを装着したコッドエンドとしないその同時曳網で、両コッドエンド間で各々の漁獲尾数に有意な差がなかった。なお、本実験では装着したカバーネットの長さはコッドエンドの1.5倍であった。したがって、この結果は、藤石の提案を支持している。

次に、曳網番号2と8番の曳網における頭胸甲長組成や体長組成の違いを取り上げる。サルエビで、曳網番号2番の頭胸甲長組成は一つのモードを持つだけであったが、曳網番号8番の曳網は二つのモードを持っていた (Fig. 4-5)。また、シャコの体長組成は曳網番号2番では体長の小さい方に偏り、曳網番号8番では体長の大きな方に偏っていた (Fig. 4-6)。これらの差はおそらく曳網番号2と8番で操業海域が少し異なっていたことによる。このようにカバーネットのマスクング効果を実験する際は、試験操業はできるだけ同じ海域で行うべきである。

さらに、カバーネットのマスクング効果の検討方法について論議する。Parrish and Pope (1963) は、カバーされた網とカバーされない網で採集された魚の体長の有意差を検定するために、分散分析を行った。青山 (1961) は中央値と標準偏差をもとに、カバーネットのマスクング効果は非常に小さな魚にのみ現れることを示した。しかし、これらの方法は、非正規分布の組成に用いることはできない。実際に、上述したようにサルエビの頭胸甲長組成は曳網番号2番で体長の小さい方に偏っており、曳網番号8番では二つのモードを示した。本研究では、二つの分布組成の差を検定するため、Kolmogorov-Smirnov の2標本検定を用いた。この検定方法はノンパラメトリック検定であり、二つの標本の分布全体の差異を計る (Sokal and Rohlf 1981, 1983)。したがって、この方法はカバーネットのマスクング効果の検定には、より効果的で有効である。

2. 既往の小型エビ類網目選択性研究との比較

本章で求められた網目選択性曲線と藤石 (1971) によって報告された結果と比較する。上述したように、シャコについての網目選択性はまったく調べられていない。したがって、ここではサルエビの結果についてのみ取り扱う。藤石によって決定された網目選択性は体長の関数で表されているのに対して、ここで決定した式 (4.4) は頭胸甲長の関数で表した。比較のために頭胸甲長 l_c を

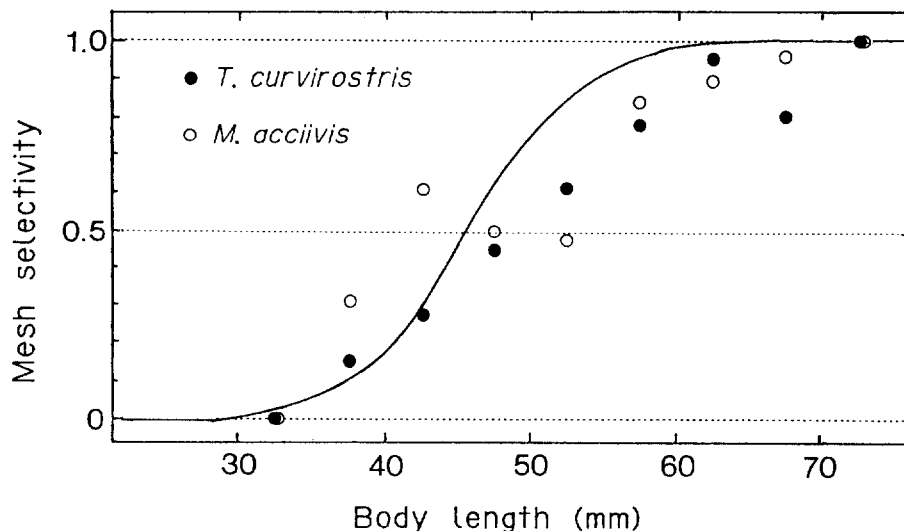


Fig. 4-18. Comparisons between the mesh selectivity curves of 23 mm mesh codend. Solid line shows the mesh selectivity curve based on the master curve for southern rough shrimp, *T. curvirostris* in this paper. Solid and open circles show the mesh selectivities for southern rough shrimp, *T. curvirostris* and tora velvet shrimp, *M. acciivis*, respectively, determined by Fujiishi (1971).

$$l_b = 11.02 + 2.87 l_c \quad (\text{相関係数 } r = 0.976) \quad (4.6)$$

によって体長 l_b に変換し、式 (4.4) を l_c の関数として表した。

藤石 (1971) は、23 mm の目合の網目によるサルエビとトラエビに対する選択性を求めて、その論文中で Fig. 4 として示した。サルエビとトラエビは互いに形状と大きさが似ている。藤石によって決定された網目選択率は2種でほぼ同じである。すなわち、網目選択率は、体長 37.5 mm に対する0.2または0.3から体長 72.5 mm に対する1まで増加している (Fig. 4-18)。Fig. 4-18 からわかるように、これら網目選択率は、サルエビに対する規準曲線から計算した 23 mm の目合の網目選択率曲線より、高い選択率の体長範囲で少し低い値を示している。しかし、藤石による採集尾数は、サルエビで537尾、またトラエビで156尾であり、各体長階級の選択率を求めるには十分とはいえない。このことを考慮すると、藤石による網目選択率は本研究によって得られた結果とよく一致しているとみなすべきであろう。これらのことは、少なくともここで決定されたサルエビの規準曲線の妥当性をかなり支持している。

3. カレイ類の魚体形状と網目選択率曲線の関係

メイタガレイとマコガレイの間にみられた網目選択率の規準曲線の差は、魚体形状の差によると考えられる。Jones (1976) は、魚種ごとの選択係数 (=50%選択体長/網目目合) の違いについて、その魚の外部形態の差異による可能性をあげた。すなわち、体長が短く、体高が高い魚から体長が長く体幅が狭い魚になるにつれて選択係数が2から6に増大することを示した。さらに、魚の外部形態として体高比 (depth ratio = 体長/最大体高) をとりあげ、選択係数との関係を示した。

本研究における50%選択に対する l/m の値は、Jones (1976) の選択係数と同じものであり、

メイタガレイとマコガレイの選択係数はそれぞれ1.8と2.1である (Fig. 4-17)。このことは、選択係数2の魚が比較的体長が短く体高の高い特徴を持つとした Jones (1976) の結果とも良く合っている。なぜならばメイタガレイがマコガレイに較べて選択係数が小さいのは、メイタガレイの体長に対する体高がマコガレイのそれより高いことによる。

一方、藤石 (1973) は、魚体断面形状を体高と体幅を用いた扁平度 ε [$= (a^2 - b^2)^{1/2} / a$; a , 体高; b , 体幅] によって表した。この扁平度 ε が大きい魚種ほど同一目合に対して50%選択体長が大きく、また、選択の「鋭さ」も鈍化するとしている。

メイタガレイとマコガレイの外部形態として体長、体高および体幅を採用し、体長 l と体高 l_D の関係と体長 l と体幅 l_B の関係を解析に用いた資料より求めた。

$$\begin{array}{ll}
 \text{メイタガレイ} & l_D = 0.5392 l - 3.753 \quad (r = 0.9628) \\
 (\text{尾数}, N = 724) & l_B = 0.1172 l - 1.518 \quad (r = 0.9481) \\
 \text{マコガレイ} & l_D = 0.4540 l - 1.708 \quad (r = 0.9838) \\
 (\text{尾数}, N = 1253) & l_B = 0.1134 l - 1.650 \quad (r = 0.9785)
 \end{array} \tag{4.7}$$

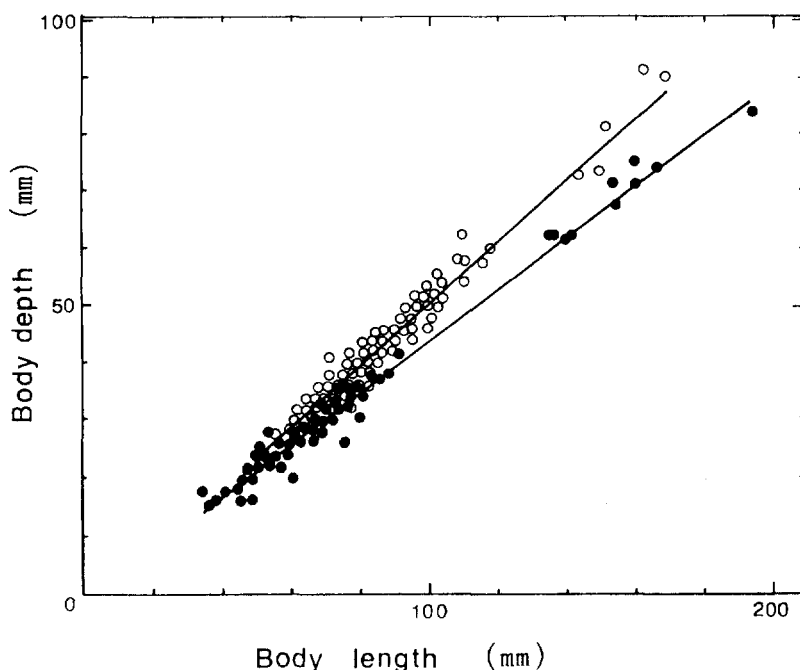


Fig. 4-19. Regression relationships between body length and body depth in *P. cornutus* (○) and *L. yokohamae* (●).

体長と体高の回帰式を両種の間で共分散分析によって検定した結果、両種の回帰式における回帰係数間では、分散比 $F = 261.66$ となり、1%有意水準で有意差が認められた (Fig. 4-19)。また、体長と体幅の関係式についても、両種における回帰係数の差は、分散比 $F = 7.3921$ となり1%有意水準で有意であった。体長と体高の関係式と、体長と体幅の関係式ともに両種間の差は

有意であったが、体長と体高の回帰式に比べて、体長と体幅の回帰式は両種の間では見かけ上の差は小さい。したがって、メイトガレイとマコガレイ間の網目選択性規準曲線の差の原因を、体長と体高の関係から検討する (Fig. 4-19)。メイトガレイとマコガレイのそれぞれについて体長 l と体高 l_D の関係式を用いて、変数を l から l_D に変換して、 l_D/m に対して網目選択率をプロットした (Fig. 4-20)。Fig. 4-20 ではマコガレイの3点を除けば、両種の実験率は、 l_D/m が約0.5から増大するに従って、選択率の0%の点から急激に増大し、 l_D/m が約1.0で選択率100%に達する1本の曲線上に乗る。このことは、比較的形態が似ている両種では、体高によって網目選択性が主に決まることを示している。したがって、両種間における l/m に対する網目選択性の規準曲線の差は、同一体長に対する体高の差による。

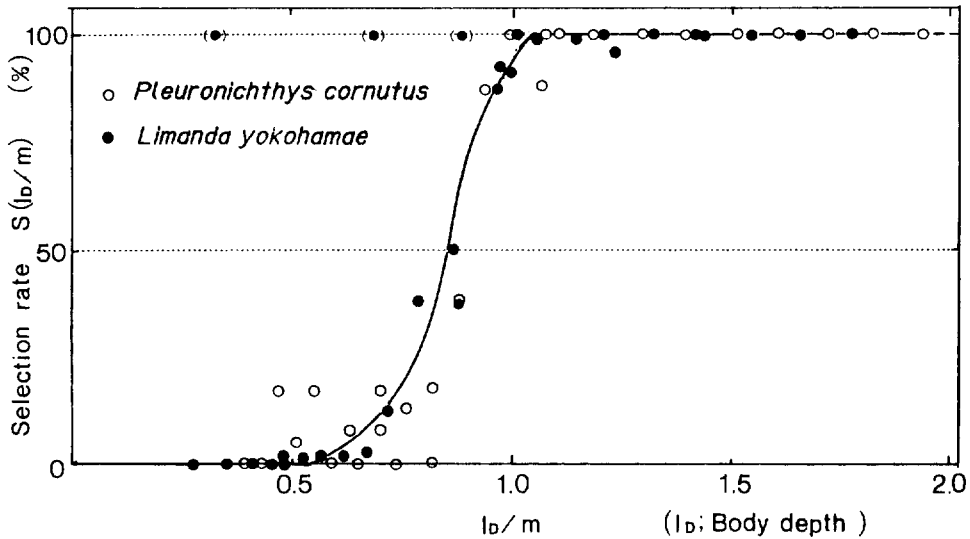


Fig. 4-20. Mesh selectivity curve of *P. cornutus* (○) and *L. yokohamae* (●) plotted against as a function of l_D/m , where l_D is body depth.

第V章 投棄魚減少を資源管理目標とした適正網目の推定

第I章と第II章で、小型底びき網漁業による多量の投棄魚を減らすために、現実的な方法として、網目規制による網目の拡大を提案した。瀬戸内海での網目規制を具体的に検討するために、第三章で網目選択性曲線の決定方法を導出し、前章でカバーネット試験操業結果にこの方法を適用して、重要魚種である小型エビ類、シャコおよびカレイ類の網目選択性曲線を決定した。本章では、新たに人為選別率と全選別率を定義することにより、この投棄魚問題をさらに詳細に分析する。さらに、網目選択性を投棄魚問題に応用するために、新たな資源管理方策の管理目標の提言を行う。この新しい資源管理方法に基づいた応用例として、小型底びき網漁業の主要対象種であるサルエビとシャコについて、これまでに決定された網目選択性規準曲線からエビ漕ぎ網漁業における適正網目の決定を試みる。また、現在の網目から、この適正網目を採用して網目を拡大

した場合の水揚尾数と水揚重量の試算を行う。

第1節 人為選別率と全選択率

本節では投棄魚問題を再度取り上げてより詳細に分析する。最初に分析に必要な用語の定義を行う。Jean (1963) は漁業者が船上で漁獲物 (catch) から商品価値のある水揚物 (landings) を選び出す過程を“cull”, 選別と称した。ここでは体長別の漁獲尾数に対する選別後の水揚尾数の体長別割合を, 人為選別率 (culling selectivity) と定義する。したがって, ある体長の水揚物はその体長の漁獲物と人為選別率の積で表される。また, 漁獲物は海中資源から網目による選択過程を経てきたものである。つまり, 市場に出荷される水揚物は海中から網目選択と人為選別という二つの選別過程を経て得られたものである。そこで, 網目選択率と人為選別率の積として, 全選択率 (total selectivity) を定義する。

材 料 と 方 法

福田・松村 (1986) は, 岡山県東部海域における小型底びき網標本船より各月1回水揚物と投棄物を購入し, その魚種組成と主要種の体長組成を求めた。その結果, サルエビとシャコが船上で選別されて, その一部が投棄されていることが明らかとなった。福田・松村 (1986) の Table 1~13 から, サルエビとシャコの体長別の人為選別率を求めた。この岡山県東部海域の標本船の網の目合は呼称12節である。前章の網目呼称と目合内径の関係式 (4.2) によれば, この標本船の網は 25.1 mm 目合を用いている。サルエビとシャコに対する 25.1 mm 目合の網目選択性は, それぞれ前章で求めた網目選択性曲線規準曲線を用いて決定した。先に求めた人為選別率に網目選択率を乗ずることによって, 全選択率を求めた。なお, 福田・松村ではサルエビの大きさは体長で示されている。したがって, 前章で求めた頭胸甲長と体長の関係式 (4.6) を用いて, 規準曲線を体長の関数として表した。

結 果 と 考 察

1. サルエビの体長別人為選別率と全選択率

サルエビの体長に対する人為選択率を Fig. 5-1 に示した。まず, サルエビに対する人為選別率は月によって異なる。すなわち, 小型底びき網漁業は5月と8月には小さな体長のエビに依存している。また, 標本数が少ないために人為選別率が多少変動するが, 一般的にサルエビの人為選別は体長の増加に従って急激に増加する。例えば, 年平均の人為選別率は体長 40~45 mm 階級から増加しはじめ, 体長 80~85 mm 階級で1に達する。したがって, 水揚物にはみられないが, 小型底びき網漁業は体長で 40 mm 以下のエビを多量に漁獲していることがわかる。一方, 全選択率は, 人為選別率と同じ特徴を示し, 体長の増加とともに急激に増加する (Fig. 5-2)。この全選択率は, 網目選択率が1に達するまでの約 60 mm 以下の体長範囲で, 人為選別率に比べて小さい。

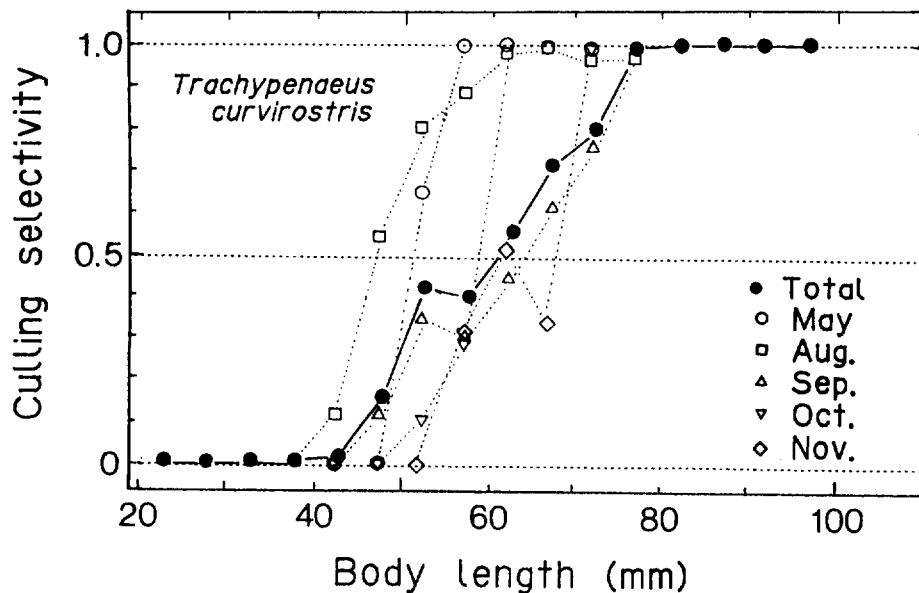


Fig. 5-1. The culling selectivities of May (○), August (□), September (△), October (▽), November (◇) and total (●) for southern rough shrimp, *T. curvirostris* plotted against body length.

2. シャコの体長別人為選別率と全選別率

次にシャコについて同様の検討を行う。シャコに対する 25.1 mm の目合の網目選別率は体長 70 mm 以上では 1 である。一方、シャコの人為選別は体長 80 mm 以上で行われた。したがって、網目選別を受ける体長範囲と人為選別を受ける体長範囲は重ならないので、人為選別率は全選別

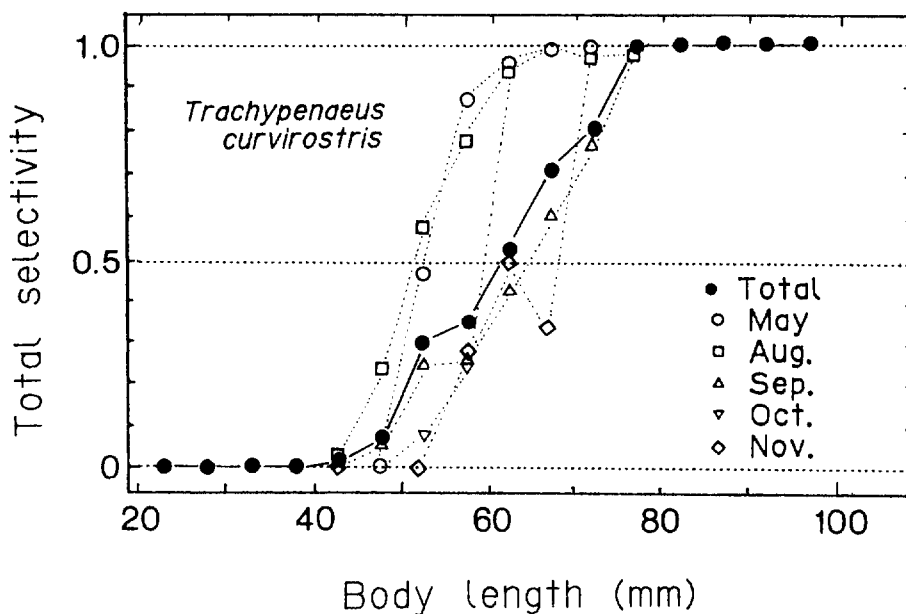


Fig. 5-2. The total selectivities of May (○), August (□), September (△), October (▽), November (◇) and total (●) for southern rough shrimp, *T. curvirostris* plotted against body length.

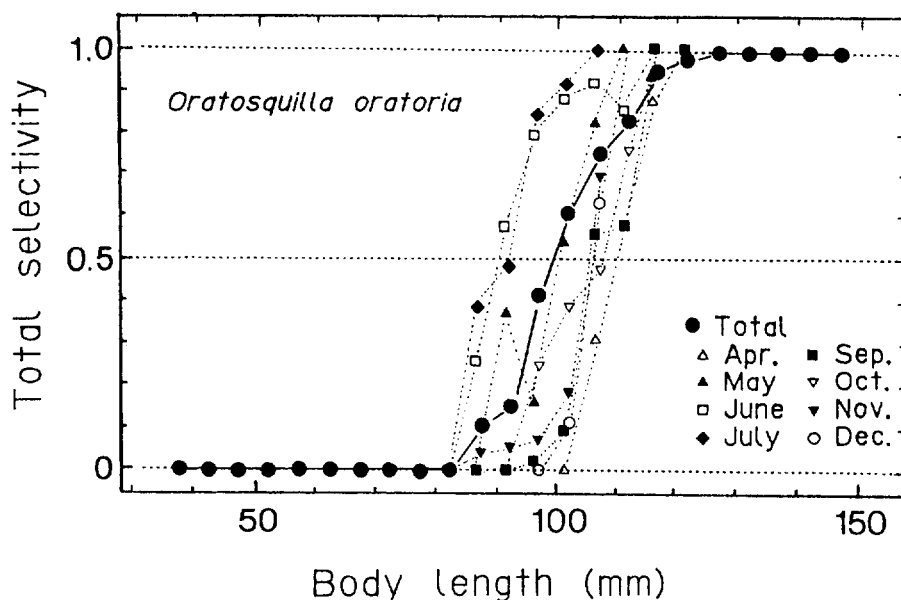


Fig. 5-3. The total selectivities of April (Δ), May (\blacktriangle), June (\square), July (\blacklozenge), September (\blacksquare), October (∇), November (\blacktriangledown), December (\circ) and total (\bullet) for mantis shrimp, *O. oratoria* plotted against body length.

率と同じである (Fig. 4-12 と Fig. 5-3)。Fig. 5-3 から明らかなように、シャコの体長別全選択率にはサルエビ同様に、月変動が認められる。例えば、4月の水揚物は相対的に大きな個体に依存するが、5、6および7月の水揚物は小さな個体に依存する。シャコの人為選別は、体長約100 mm を中心に前後約15 mm の幅で行われている。このシャコに対する人為選別の体長幅30 mm (体長85~115 mm) は、漁獲物の体長幅115 mm (体長35~150 mm) の26%である。一方、サルエビの人為選別域の体長幅40 mm (体長40~80 mm) は、全サルエビ漁獲物の体長幅80 mm (体長20~100 mm) の50%であった。このことは、シャコがサルエビに比べて体長100 mm を基準に比較的厳しく人為選別されていることを示している。また、シャコの人為選別率と全選択率もサルエビと同様に体長の増加に伴い大きくなる傾向がみられる。すなわち、年平均的な全選択率は85~90 mm 体長階級から増加しはじめ、体長の増加に伴い急激に増加して、体長100 mm で0.5、さらに体長120 mm 以上で1となる。したがって、小型底びき網は、サルエビと同様に、水揚物にはみられない体長80 mm 以下のシャコも多量に漁獲している。

第2節 資源管理目標の設定と適正目合の推定

漁業における適正網目を推定する際に、当然のことながらその漁業管理のための目的が必要である。Gulland (1983) も、漁業管理の目的はいくつか異なるので、管理は明確な目的に向けて実施されるべきであると述べている。

これまで述べてきたように、本研究は投棄量をできるだけ少なくする事を目的にはじめられた。

そこで、ここでは「いくつかの漁獲対象種について、現在の水揚量を減らすことなく、投棄量をできるだけ少なくすること」を当面の資源管理の目標とする。また、この目標を満たす適正目合の推定方法を示し、岡山県東部海域の小型底びき網に対する適正目合の推定を行う。

材料と方法

前節で求めた、岡山県東部海域の小型底びき網によるサルエビとシャコの体長別全選択率に対して、それぞれ適正目合の推定を行う。もし投棄量の減少によって投棄量を含む漁獲量全体が少なくなれば、漁業者も商品価値のある体長以上を見落とすことなく選別することが期待できる。つまり、このとき人為選別率は、商品価値のある体長以上で1に近づく。また、実際に、前章の Fig. 4-7 と Fig. 4-8 で示した目合と漁獲量の関係から、目合を拡大すれば漁獲量全体は減少する。この理由から、上述の当面の資源管理目標は、網目選択性曲線が対象種的全選択率に最も近い目合を採用することといえることができる。これは、従来、網目選択と人為選別の二つの選択過程があったものを、人為選別を限りなく1に近づけて選択過程を網目選択だけで行うことである。したがって、この目標を満たす適正網目を求めることは、前節で求めたサルエビとシャコの体長別全選択率と網目選択性曲線を同時にプロットし、上述の条件を満たす網目選択性曲線を選び出すことを意味する。

結果と考察

1. サルエビに対する適正網目の推定

サルエビについて、式 (4.4) から求めた目合別の網目選択性曲線と年平均的な全選択率を

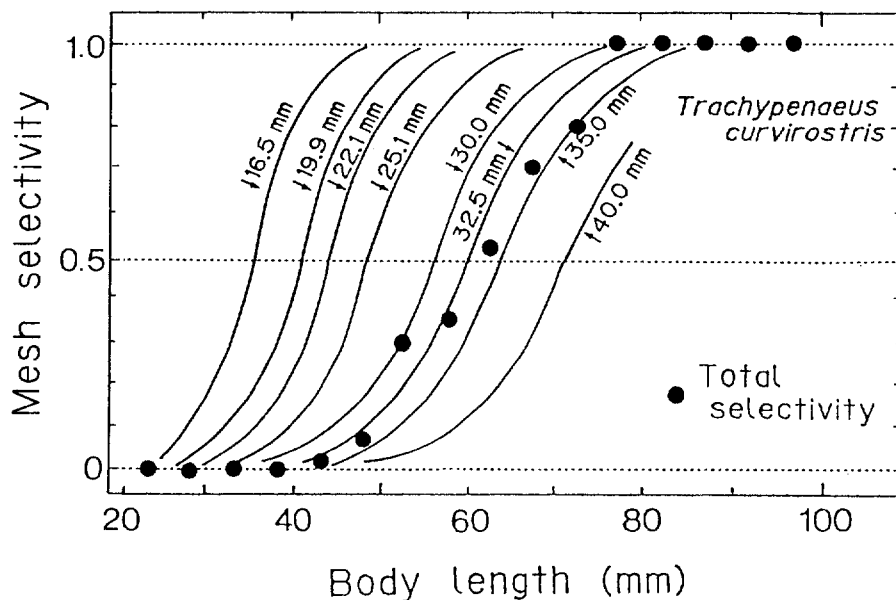


Fig. 5-4. The total selectivities and the determined mesh selectivity curves of southern rough shrimp *T. curvirostris* plotted against body length. Solid circles indicate the total selectivities. Solid lines and figures show the determined mesh selectivity curves and mesh sizes, respectively.

Fig. 5-4 に示した。Fig. 5-4 で平均的な全選択率はほぼ 32.5 mm 目合の網目選択性曲線とほぼ一致している。これは、32.5 mm 目合の網目によって獲られた漁獲物は、現在の 25.1 mm 目合による網目選択性と人為選別を行った水揚物とほぼ同じ重量と体長組成であることを意味している。したがって、32.5 mm の目合の網目が上述した資源管理目標をほぼ満たす適正目合である。また、ここで 35.0 mm 目合の網目選択率は全選択率よりも小さい。このことから、人為選別が 1 となっても、35.0 mm の目合へ網目拡大することによって漁獲尾数が減少することが予想される。したがって、35.0 mm の目合への網目拡大は直後に水揚重量の減少が生じる可能性がある。

2. シャコに対する適正網目の推定

シャコについて、式 (4.5) から求めた目合別の網目選択性曲線と年平均的な全選択率を示した (Fig. 5-5)。16.5 mm から 30.0 mm の目合の網目選択性はすべての体長範囲で全選択率より大きい。また、32.5 mm の目合の網目選択率もほとんどの体長範囲で全選択率より大きく、体長 115 mm 以上で全選択率とほぼ同じ値を示す。さらに、35.0 mm の目合の網目選択率は、体長 100 mm 以上で全選択率より小さくなる。したがって、32.5 mm の目合が現行の漁業において適正目合である。ただし、この 32.5 mm 目合の網目は現行の水揚物体長下限 80 mm 以下の漁獲物も漁獲する。したがって、漁獲物のすべての体長範囲ですべてを選別して水揚物とすることは難しく、現行と同様の人為選別が若干行われることが予想される。

上述したように、最小漁獲対象種であるサルエビの適正網目の目合は、32.5 mm と推定された。また、シャコの適正網目の目合も 32.5 mm と推定された。これらのことから、岡山県海域

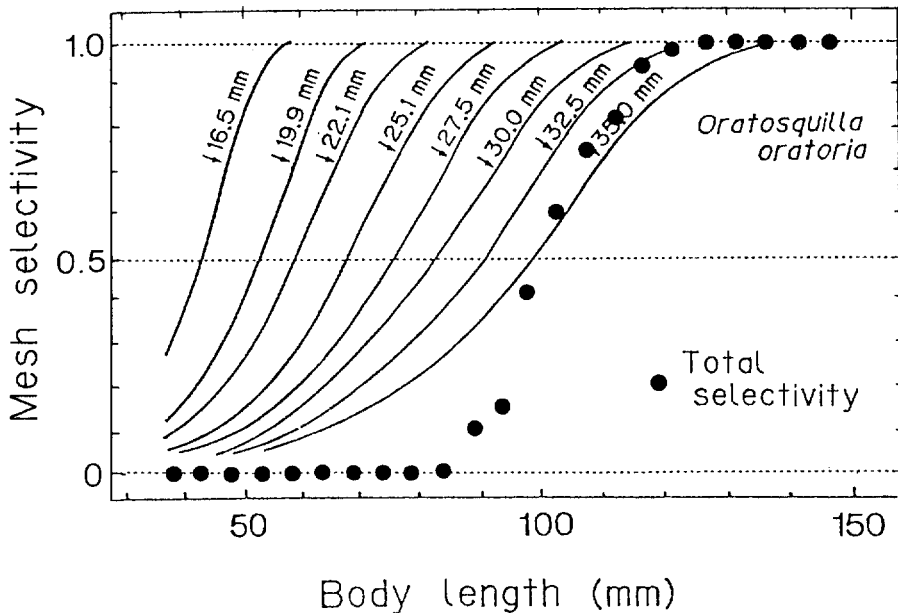


Fig. 5-5. The total selectivities and the determined mesh selectivity curves plotted against body length, for mantis shrimp, *O. oratoria*. Solid circles indicate the total selectivities. Solid lines and figures show the determined mesh selectivity curves and mesh sizes.

の小型底びき網漁業によるサルエビとシャコに対する適正な網目の目合は、32.5 mm であると推定される。

第3節 網目規制による効果の試算

一定量の加入で成長していくサルエビとシャコ資源から得られる水揚量と投棄量が、拡大した目合によってどのように変化するか試算を行う。さらに、網目拡大前の現状の水揚量と拡大後の水揚量を比較検討を行う。この試算は、岡山県東部海域で現在用いられている目合 25.1 mm、瀬戸内海で最も一般的に用いられている目合 19.9 mm による水揚量と目合 32.5 mm に拡大した場合に期待される水揚量を比較することによって行う。

材料と方法

試算は次の仮定の下で行う。第1に、網目を抜けた個体は傷つくことなくふたたび資源として利用可能となり、投棄個体はすべて死亡する。第2に、網目拡大後、漁業は網目の拡大以外には前と同じ状態である。第3に、網目拡大後に伴う加入量の変化や密度効果はない。最後に、当然のことながら、対象海域で操業するすべての漁船が設定された網目規制を遵守する。

次に試算の具体的な計算方法を述べる。時間 $t=0$ に尾数 N_0 が加入した資源を考える。計算を簡単にするために、この資源のすべての個体は時間 t で平均体長 \bar{l}_t 、平均体重 \bar{w}_t を持つものとする。時間 t における資源尾数 N_t と資源重量はそれぞれ $N_t = N_0 \exp(-\sum Z_t)$ と $N_t w_t$ となる。ただし、ここで Z_t は期間 $[t-1, t]$ における全減少係数である。この全減少係数 Z_t は自然死亡係数 M と漁獲死亡係数 F_t に分けられる。ここで自然死亡係数 M は、一定とする。この漁獲死亡係数 F_t が網目選択性の影響を受ける。網目選択性曲線 $S(\bar{l}_t)$ は平均体長 \bar{l}_t の関数であるので、漁獲死亡係数は平均体長の関数 $F(\bar{l}_t)$ で表される。網目選択率100%に対する漁獲死亡係数を F_r とすると、平均体長 \bar{l}_t の資源に加わる漁獲死亡係数は、 $F_r S(\bar{l}_t)$ となる。したがって、時間 t における平均体長 \bar{l}_t の資源の全減少係数 Z_t は、

$$Z_t = M + F_r S(\bar{l}_t)$$

となる。 $[t-1, t]$ における漁獲尾数 C_t と漁獲重量 Y_t それぞれは、

$$C_t = (F_t / Z_t) N_{t-1} \{1 - \exp(-Z_t)\}$$

$$Y_t = w_t C_t$$

で与えられる。 $[t-1, t]$ における水揚重量 L_t は、漁獲重量 Y_t に $[t-1, t]$ の平均体長 \bar{l}_t に対する人為選別率 $S_c(\bar{l}_t)$ を乗じた、

$$L_t = Y_t S_c(\bar{l}_t)$$

で表される。

したがって、加入量 N_0 から得られる漁獲尾数 C 、漁獲重量 Y および水揚重量 L はそれぞれ、

$$C = \sum_{t=0}^T C_t$$

$$Y = \sum_{t=0}^T Y_t$$

$$L = \sum_{t=0}^T L_t$$

となる。ただし T は寿命である。

さらに同加入量に対する投棄量 D は、

$$D = Y - L$$

で与えられる。試算を行う際の単位期間は1カ月とした。なお、試算では、目合 25.1 mm の網目による水揚重量と投棄重量をそれぞれ1として、32.5 mm 目合に拡大後の網目による水揚重量と投棄重量を求めた。

サルエビに対して19.9と25.1 mm の目合では現状の人為選別を行うものとした。体長 l に対する人為選別率 S_c は、Fig. 5-1 から次式で近似した。

$$S_c(l) = \begin{cases} 0 & (l < 40) \\ (l-40)/35 & (40 \leq l < 75) \\ 1 & (75 \leq l) \end{cases}$$

また、現状で体長 40 mm 以上のサルエビが水揚げされているので、目合拡大後の目合 32.5 mm の網目では、体長 40 mm 以上の個体に対する人為選別を1として、漁獲されたものはすべて水揚げされるものとした。一方、シャコについては人為選別が体長 100±15 mm を基準にかなり厳しく行われている。また、32.5 mm 目合に拡大した網目でも、体長 100 mm 以下のシャコも多く漁獲されるので、人為選別は目合 25.1 mm の現状と同様に行われるものとした。シャコの体長に対する人為選別率は、Fig. 5-3 のプロットにスプライン関数による平滑化を行い、次式で表した。

$$S_c(l) = \begin{cases} 0 & (l < 83.5) \\ 16.59 - 0.5529l + 0.05884l^2 - 1.967 \times 10^{-5}l^3 & (83.5 \leq l < 124.5) \\ 1 & (124.5 \leq l) \end{cases}$$

最後に、サルエビとシャコのそれぞれに試算に用いたパラメーターについて述べる。サルエビの試算に用いたパラメーターは、以下のとおりである。サルエビの成長式は、上田 (1987, 1989) による成長式から周期成分を取り除いて簡単にした次式を用いた。

$$l_t = 128.9 \{1 - \exp(-0.0908t + 0.0667)\}$$

ただし、 $t=0$ は9月を示し、 l_t は、 $4 \leq t \leq 19$ における時間 t における月齢体長 (mm) である。

ここでは、雄は体長 60 mm を越えるものは少なく、漁獲としての重要性も低いので、雌についてのみ考える。体長と体重の関係式についても上田 (1989) による次式を用いた。

$$w = 3.98 \times 10^{-6} l^{3.324}$$

ここで、 w と l は、それぞれ体重 (g) と体長 (mm) を表す。このサルエビを含めた小型エビ類の自然死亡係数と漁獲死亡係数に関する知見は少ない。そこで、Pauly (1980) が示した Bertalanffy 成長式の係数と平均環境水温を変数とする重回帰式を用いる。この式に、上述の成長式の係数と瀬戸内海の平均環境水温として 15°C を代入して、サルエビの自然死亡係数 1.79/年 (0.149/月) を推定した。この推定値は、サルエビと同じクルマエビ科の *Penaeus latisulcatus* の自然死亡係数 1.6/年 (0.13/月) (Sluczanowski 1984) や、Doi (1981) によるクルマエビ *Penaeus japonicus* の稚エビの自然死亡係数 0.18/月とほぼ同じである。したがって、ここではサルエビの自然死亡係数を 0.15/月と仮定する。また、Garcea (1988) はよく開発された資源の *Penaeus* 属の漁獲死亡係数を 1.6 ± 0.3 /年 (0.133 ± 0.025 /月) と推定しているので、ここでは完全漁獲加入後のサルエビの漁獲死亡係数を 0.1/月と仮定する。上田 (1987) は、紀伊水道産のサルエビの寿命を 12~19ヶ月と推定している。これは、笠岡湾 (安田 1956) や周防灘 (前川・八柳 1953) における本種の寿命とも一致している。したがって、試算では 19ヶ月まで計算を行った。

次に、比較的よく明らかになっているシャコの生活史のパラメーターを以下に示した。シャコの自然死亡係数は千田他 (1969) の調査結果から求められた 0.0666/月 (0.799/年) を用いた (石岡他 1981)。同様に成長式と体長と体重の関係式も、石岡他 (1981) が既往文献 (林・辻野 1978) と過去の資料から導き出した次式を用いた。

$$w = 1.326 \times 10^{-5} l^3$$

ただし、 $t=0$ は 6 月を示し、 t は時間 t における月齢体長 (mm)、また w と l はそれぞれ体重 (g) と体長 (mm) である。

福田・松村 (1986) による岡山県東部海域の 6 月におけるシャコの体長組成は、体長 72.5 mm 以上で二つの年級群のシャコからなる。これらの二つの年級群は、標本船の 25.1 mm 目合の網目から抜けることはない。したがって、石岡他 (1981) と同様に、全減少係数を福田・松村 (1986) による 6 月の漁獲物体長組成の二つの年級群の尾数から求めた。求められた年間生残率は 0.146 で、全減少係数は 0.161/月 (1.93/年) であった。ここでの試算では、石岡他 (1981) と同様にシャコは 6 月に産卵され翌々年の 8 月に寿命を迎えるとして、27ヶ月まで計算を行った。

結果と考察

1. サルエビについての試算結果

水揚重量は、25.1 mm 目合の網目による水揚重量を 1 とし、19.9 mm と 32.5 mm 目合の網目ではそれぞれ 0.91 と 1.16 であった。一方、目合 25.1 mm の網目による投棄量を 1 とし、

19.9 mm 目合の網目による投棄量は1.28となり、目合 32.5 mm の網では投棄はほとんどない。したがって、網目を現行の 25.1 mm から 32.5 mm に拡大した場合、水揚重量は16%増加し、投棄はほとんどなくすることができた。さらに、規制直後の水揚重量の減少はほとんどなく、投棄はほとんどなくすることができる。このように試算の結果もこの 32.5 mm 目合は、当面の資源管理目標を満足するものである。

2. シャコについての試算結果

投棄量は、25.1 mm 目合の投棄量を 1 とし、19.9 と 32.5 mm 目合でそれぞれ1.04と0.67であった。つまり、投棄量は 32.5 mm への目合の拡大によって減少する。ここで 19.9 mm 目合の投棄量が最も多く、目合が小さいほど投棄量が多く、また、25.1 mm 目合の投棄量は 19.9 mm よりわずかに小さいだけである。これは、25.1 mm 目合は 19.9 mm 目合よりも大きく成長した個体を漁獲、投棄するために、重量としては大きくなるためである。

水揚重量は、25.1 mm 目合の水揚重量を 1 とし、19.9 と 32.5 mm 目合でそれぞれ0.86と1.24となった。適正網目と判断された 32.5 mm 目合の水揚重量は24%増加する。したがって、網目を現行の 25.1 mm から 32.5 mm に拡大した場合、規制直後の水揚重量の減少はほとんどなく、投棄はほとんどなくすることができた。さらに、水揚重量も増加した。このようにシャコの試算の結果も、この 32.5 mm 目合は当面の資源管理目標を満足するものである。

第 4 節 論 議

まず試算で採用したいくつかの仮定について論議を行う。曳網中に網目を抜けた個体は傷つくことなくふたたび資源として利用可能となり、投棄個体はすべて死亡すると仮定した。網目を抜けた個体の生残についてはいくつかの報告がある。青山 (1961) は曳網中にコッドエンドを抜けた魚類に活力があったことを報告している。また山口 (1967) は、瀬戸内海における小型底びき網カバーネット試験操業で、コッドエンドを抜けてカバーネットで採集されたエビ類を、揚網後海水中で10時間観察した。その結果、死亡したエビはいなかったと報告している。さらに、Main and Sangster (1981) は、若齢魚が曳網中のコッドエンド網目から全く傷つくことなく抜けたことを、水中ビデオカメラによって観察している。したがって、コッドエンドを抜けたエビ類は大部分生きてふたたび漁獲対象になると考えられる。

次に、投棄個体の死亡について考える。瀬戸内海の小型底びき網は曳網時間が数時間にも及ぶ。この曳網時間を利用して、船上で水揚物と投棄物を選別するために漁獲物は長時間空気中にさらされる。Jean (1963) によれば、漁獲直後、商品価値のある体長 30 cm 以下の plaice を 8°C で 15~30分間甲板上に放置した後、水槽中に戻しても 1 時間後の生残はなかったとしている。したがって、船上で選別され投棄された個体のほとんどが死亡すると考えられる。これらのことから、上述した仮定は、実際の漁獲の実態と大きく異ならない。

次に、網目規制を行うための資源管理目標の設定とその問題点について、これまで行われてきた研究とともに本研究で提示した資源管理目標と網目規制を検討する。網目の拡大による資源管

理は様々な目的をもって従来から提唱されてきた (Beverton and Holt 1957, 青山 1961)。例えば、加入量に対して高生産を揚げるために漁獲開始年齢を適正にすること (青山 1961)、出荷時に魚の体長を市場の要求に合わせること (Ferguson and Regier 1963, James 1970, 藤石 1971)、幼魚の保護によって産卵親魚を保護すること (Jones 1984)、産卵量確保のため初回産卵魚を保護すること (Bohl et al. 1971)、および MSY を達成すること (Myhre 1969) 等がある。網目規制による効果としても、市場での需要に見合った大きさの魚を漁獲できること、加入量に対して最大の漁獲量が見込まれることや、さらに大型個体の増加により産卵親魚と産卵量を確保でき、再生産の状態が良くなることがあげられてきた。これらの効果を説明することによって、網目規制が漁業者に対して提示されてきた。

これらの網目規制にはいくつかの問題点がある。第1に、単一資源に対する適正目合による網目規制が必ずしも全体の魚種に適合できるわけではない (藤石 1971, 青山 1980)。池田 (1980) も、網目規制に限らずどのような管理法も単一種に対する資源評価とそれに基づく資源管理の考え方が支配的な状況を批判している。また、MacSween (1984) は、網目規制が水揚物の最小体長の規制と関係する点で販売面でも有益であることを認めているが、特定の魚がまったく獲れなくなってしまうほど網目を大きくするべきでないとしている。さらに、Pauly (1988) は、南東アジアのトロールで複数魚種に対する適正目合を $4\sim 5\text{ mm}$ (現在 2 cm) としているが、規制の実行を困難にしている理由としてエビトロールの存在をあげている。

第2に、これまでの網目を拡大する規制は、規制開始直後に漁獲量の減少というマイナス効果が現れ、網目拡大によるプラス効果が現れるまで長期間を要することである。このことが網目規制の実施を困難にしている。Grand Banks 南海域における cod を対象とするトロールにおいても、網目の拡大によって長期的には漁獲量が増加するが、規制直後に短期的に減少することを試算によって示している (Pinhorn 1970, Pinhorn and Wells 1971)。つまり、網目の拡大によって、それまで漁獲されていた生物が獲れなくなり、網目拡大を行った直後にすべての船で漁獲と収入の減少が起こる。そしてその後に網目を抜けた魚の一部は成長してふたたび漁獲されるものもあり、長期的にみれば、一定量の加入に対して漁獲個体は減少するが、平均体長は大きくなるため全体の漁獲量は増える。実際に、漁業者も短期ではなく長期にわたる資源の維持を望んでいる (Thomson and Ben-Yami 1970)。しかし、この規制直後の漁獲の減少とそれによる収入の減少が、漁業者による規制受け入れを困難にしている (青山 1980, Jones 1984)。Jean (1963) は、50% 選択体長と人為選別率が50%を示す体長が一致するものとして5インチ目合の網目を取り上げている。さらに、Jean (1963) は、この目合の使用によって、投棄魚が減少して、かつ市場に出荷可能な大きさの魚の一部を逃がすことになり、長期的には2~4%の cod の漁獲量の増加を見込んでいる。しかし、この場合も網目拡大直後に漁獲量が減少するために、漁業者への受け入れは強力な行政の指導なしには困難であることを指摘している。

上述の問題点を克服するために、本研究では“水揚量を減らすことなく、投棄量をできるだけ少なくする”という当面の資源管理目標をおいた。具体的には、瀬戸内海の小型底びき網漁業で対象種の中で最も小さい小型エビ類の投棄量を減らすという目的で網目の目合が決定されたこと

に特徴がある。網目の目合を 25.1 mm から 32.5 mm に拡大した場合の試算では、サルエビ、シャコとも投棄量は大幅に減少し、水揚量は若干増加する。同時に例えば、第Ⅱ章で取り上げたマコガレイとメイタガレイでは、Fig. 4-17 の網目選択性の規準曲線から50%網目選択性を示す体長はそれぞれ 35.8 mm から 58.5 mm へ、39.8 mm から 65.0 mm へと大きくなって、両種の保護にもなる。したがって、この管理方法ではそれが実施された直後に水揚量が減少しないので、実行の可能性が高い。さらに、重要なことはこのように決定された網目の目合は固定されたものではないことである。すなわち、例えば網目の目合を 25.1 mm から 32.5 mm に拡大した数年後には水揚物の種組成や各種の体長が変化し、人為選別率も変化する可能性が高い。そのときには、漁業の実態に合わせて網目の目合を変化させられる。このような過程を繰り返しながら実態に応じたより最適な状態に推移できる。

次に、上述の管理目標の下で網目の目合の具体的な決定法の特徴に触れておく。これまで、漁獲開始体長と一致する50%選択体長に対する目合を適正として、50%選択体長と目合の関係から適正目合を推定する場合が多くみられた（青山 1961, Ferguson and Regier 1963, James 1970, Bohl et al. 1971, 藤石 1971等）。しかし、この50%選択体長と目合の関係は必ずしも比例関係ではない（Liu et al. 1985）。したがって、この50%選択体長を適正目合の推定に用いるのは必ずしも適切ではない。また、山田・宮下（1979）は、最適網目を推定する際に、網目選択性曲線を漁獲魚の最小体長と100%漁獲されはじめる体長を用いた直線式で表した。本研究で提示した資源管理目標に適正な目合は、漁獲対象種の漁獲物の体長組成が水揚物のそれに最も等しくなるような網目の目合を選び出す必要がある。特に、シャコの場合（Fig. 5-5）のように全選択率と目合別の網目選択性曲線の形状、選択域が異なるために、50%選択体長や直線式の網目選択性を用いて適正目合を推定することは困難である。これに対して、第ⅢとⅣ章で示した網目選択性曲線の決定法は任意の目合の網目選択性曲線を求めることができる。したがって、この決定法によって、本研究で提示した資源管理目標の適正目合を決定することができた。

先に水揚重量の試算結果について取り扱った。さらに銘柄および水揚金額の問題についての論議を行う。南西海区水産研究所（1986, 1987, 1988）による漁業基本調査結果に、岡山県や山口県での小型底びき網によるサルエビとシャコの漁獲物の銘柄別体長組成が示されている。これによれば、体長約 65 mm を越えるサルエビは、銘柄“ぶとエビ”と呼ばれる。これは銘柄「小」や“ざこ”（ほかの種類トラエビやアカエビが混じる状態）よりも市場での単価も高い。また、シャコは地域によっても若干の違いがあるが、銘柄「大」、「小」および“やわら”（脱皮直後を表す）等に分けられる。この中で体長約 105 mm を越えたものが、市場で銘柄「大」として取り扱われる。この銘柄「大」も市場で単価が高い。目合の拡大は、急激な水揚量の減少なしに、投棄魚の量の減少と水揚量の増加をもたらすのみならず、水揚物に占める大型個体の割合が当然増加するので、水揚金額も増加すると推測される。

日下部他（1990）は、大阪湾における小型底びき網の投棄物の調査結果から次のような結果と考察を示した。大阪湾での投棄物中のサルエビと水揚物の銘柄「小」のサルエビの体長組成はほぼ同じで、入網した最も小さい個体まで利用されている。したがって、大阪湾の小型底びき網の

資源管理を考える場合に、網目規制を採用することは困難が伴うとしている。日下部他（1990）の結果には、投棄物と水揚物の比率が示されておらず、人為選別率は明らかでない。しかし、日下部他（1990）による漁業者からの聞き取り調査によれば、この投棄サルエビは海底泥の混獲による選別もれか、あるいは次の揚網時刻が迫ったために選別が放棄されたことによって生じたとされている。一般的に、大きな目合の使用は小型魚やそのほかの動物、ゴミを含む総漁獲量を減らすことになる（Fig. 4-7 と Fig. 4-8）。Jean（1963）も、総漁獲量の減少によって、揚網時の漁労作業が軽減されたり、選別などの作業に要する時間を短縮できることを利点としてあげている。また、投棄量と選別時間には正の相関が存在することが、Wassenburg and Hill（1989）によっても示されている。つまり、もし網目の拡大を行えば、このような海底泥の混獲を減らし、かつ投棄量の減少により選別時間を短くして、次の揚網時刻までの選別作業を完全に終了させることができる。これによって、小型個体まで不十分な選別で水揚げすることなく、より大きな個体をより完全に選別することによって水揚量を減少させることはないと考えられる。さらに、水揚個体の大きさを大きくすることによって、市場での価値を高め、水揚金額の増加にもなると予想される。したがって、網目規制を困難とする日下部他（1990）の結果より、むしろ、選別率を高めるためにも網目目合の拡大の可能性がある。

現在、瀬戸内海のいくつかの海域で資源培養管理対策推進事業が進められ、いくつかの漁業規制が検討されている。本研究で提示した資源管理目標と適正目合がこの事業の推進の一助となることを期待するものである。

要 約

本格的な200海里時代に入った1977年以降、日本の漁業生産は沖合漁業や沿岸漁業に依存する傾向が強まった。このような状況で、沖合漁業と沿岸漁業における底魚類の生産量が、資源状態の悪化等により減少している。

瀬戸内海は、本州、四国、九州に囲まれ、沿岸漁業が盛んな海域である。瀬戸内海の海面漁業のうちで、底魚類を漁獲対象とする小型底びき網漁業は、年間約10万トンの漁獲量（全漁獲量中の約25%）と約670億円の生産額（漁業種類別第1位）を水揚げして、全漁労体数中の約20%を占める最も重要な漁業種類である。特に、小型底びき網漁業の経営は、カレイ類と小型エビ類の漁獲量に依存している。しかし、近年、カレイ類の漁獲量とC P U E（単位漁獲努力量当りの漁獲量）の減少がみられ、カレイ類資源状態の悪化が懸念されている。このために、カレイ類資源の資源培養管理を目的として、カレイ類の放流技術の開発や漁業管理適正化方式の開発のための様々な調査研究が行われてきた。しかしながら、小型底びき網漁業によるカレイ類の漁獲実態は明らかでなく、小型底びき網漁業に対する具体的な管理方法は検討されずにいた。

著者は、以上のような背景から、瀬戸内海における小型底びき網漁業による投棄魚問題の実態把握とその解決のための管理方策として網目規制を取り上げ、網目選択性を応用した資源管理方法の開発を目的として本研究を遂行した。得られた成果の概要は以下のとおりである。

1. 小型底びき網漁業によるカレイ類の漁獲実態，特に，漁獲後船上で選別されて投棄される投棄魚の実態を調査し，カレイ類の幼稚魚が大量に投棄されている実態を明らかにした。

この小型底びき網漁業の代表的な漁法であるエビ漕ぎ網漁業は，小型エビ類を主要漁獲対象としているので，小さな目合（約 16.5～19.9 mm）の網を用いる。そのためにカレイ類の幼魚が，小型エビ類と同時に大量に漁獲され，船上で選別された後に投棄されていることが判明した。このカレイ類は，体長 100 mm を基準として，水揚魚と投棄魚に選別される。マコガレイ *Limanda yokohamae* の投棄魚は，5月中旬から12月まで出現し，その体長範囲は 35～50 mm であった。一方，メイトガレイ *Pleuronichthys cornutus* の投棄魚は，1月の体長 30 mm から10月まで出現した。また，1983年に周防灘域で操業した標本船1隻によるメイトガレイとマコガレイ幼魚の年間投棄量は，それぞれ約20万尾（1トン強）と約4千尾（18 kg）と推定された。これら幼魚の大量投棄は将来のカレイ類資源に致命的な打撃を与えらると思われる。

2. カレイ類幼稚魚の分布生態を調べて，これら幼魚保護の方策として禁漁期または禁漁区を設定することが可能かどうか検討し，その設定が困難であることを示した。

分布調査の結果，マコガレイとメイトガレイの投棄魚漁獲の開始時期の違いがそれぞれの着底場と育成場および成長の違いによるものであった。つまり，メイトガレイは，その着底が水深 15 m 以深を含めた比較的広範囲で行われ，小型底びき網漁業の漁場にも着底する。またメイトガレイは，マコガレイより産卵期が早く，かつ成長が良いために2月には 35 mm を越える個体が現れる。一方，マコガレイは，早いもので2月から小型底びき網漁業の漁場より浅い水深 15 m 以浅に主に着底し，その後，成長して5月頃から体長 30 mm を越える個体が出現して，小型底びき網漁業の漁場内に移動してくる。このようにカレイ類当歳魚は5月以降底びき網漁業の漁場全域に分布して，漁獲後，投棄される。すなわち，カレイ類幼稚魚の分布とその時期は，エビ漕ぎ網漁業の漁場および盛漁期と一致する。

また，瀬戸内海の小型底びき網漁業は小さな漁業根拠地が瀬戸内海沿岸全域にわたって点在し，その多くは根拠地の地先の海域を操業漁場としているので，瀬戸内海のほぼ全域にわたって小型底びき網漁業の漁場となっている。このために特定の海域における禁漁区の設定は，その海域で操業する特定地区を根拠地とする小型底びき網漁業の経営を圧迫するため，導入し難い。したがって，禁漁区や禁漁期の設定による管理方策は困難である。

3. 禁漁期および禁漁区以外の規制による管理方策の検討を行い，網目の拡大による規制が幼稚魚保護の方策として現実的であることを指摘した。

小型底びき網漁業は瀬戸内海における主要漁業であり，さらに小型エビ類の漁獲にその経営が依存しているので，小型底びき網漁業，特にエビ漕ぎ網漁業の禁止は不可能である。また，体長制限による規制は，次の理由から効果が期待できない。すなわち，体長制限の実行を監視することは困難であり，漁業者の自主性に任せる以外にない。ところで，瀬戸内海の小型底びき網漁業は商品価値のある体長に達しない小型エビ類やシャコも投棄しているので，これら最も小型の漁獲物である小型エビ類やシャコの投棄を減らすことを目的とする網目の拡大は十分に可能性がある。この理由で，現時点で投棄魚を減少させて幼魚を保護する規制の方法として，網目規制によ

り網目を拡大することが現実的な方策であると考えられる。

4. 底びき網の網目選択性を資源管理に適用するためには、調査を行わなかった目合についても網目選択性を求める必要がある。そこで、数種類の目合の網を用いた試験操業結果から、任意の目合に対する網目選択性曲線を決定する方法を新たに導出した。

網目と魚体断面のそれぞれの形状と位置関係から、体長 l と目合 m のある値の範囲内では網目選択性曲線 $S(l, m)$ は近似的に $(l-l_0)/(m-m_0)$ の関数として与えられることを理論的に示した。ただし、ここで l_0 と m_0 は、魚種とその体長と目合の範囲で定まる定数である。

そこで底びき網の操業実験から得られた種々の目合の網目選択率は、 $(l-l_0)/(m-m_0)$ に対してプロットすると、1本の曲線上にのる。これを網目選択性曲線の規準曲線とした。この規準曲線から、任意の目合の網目選択性曲線を得ることができることを明らかにした。さらに、カバーネット操業実験および比較操業実験から得られた漁獲資料を用いて網目選択性曲線を決定する方法を導出した。この解析方法の導入によって、いくつかの目合を用いた操業実験結果を統合的に解析し、実験を行わなかった目合の網目選択性曲線を求めることができる。

5. カバーネットとその漁獲物によるコッドエンドの目づまり(マスキング効果)によって、カバーネット試験操業で求められた網目選択率がしばしば過大評価となることが、従来指摘されてきた。このマスキング効果を防ぐために、カバーネットの長さを工夫して、マスキング効果による影響をなくすることに成功した。さらに、このマスキング効果の影響を検討するために、従来とは異なる検定方法を用いた。

目合 19.9 mm のコッドエンドを持つ二つの網で、カバーネットを用いた網と用いない網を同時に曳網した。また、カバーネットの長さをコッドエンドの1.5倍にする工夫を行った。さらに、それぞれの漁獲物を調査することによって、このカバーネットがコッドエンド内の漁獲物に与える影響を調べた。

まず、カバーネットを装着したコッドエンドと装着しないコッドエンドでの漁獲尾数と重量を比較することによって、カバーネットの影響を検討した。カバーネットがない場合におけるコッドエンドでの漁獲尾数に対して、カバーネットがある場合におけるコッドエンドでの漁獲尾数と漁獲重量をそれぞれ両対数軸でプロットした。漁獲尾数、重量ともに、プロットはほぼ原点を通る傾き1の直線上にある。それぞれの回帰直線は t 検定の結果、5%有意水準で、原点を通り傾き1の直線と有意な差は認められなかった。したがって、カバーネットのない場合とある場合とで、コッドエンドによる各種の漁獲尾数と漁獲重量には有意な差は認められなかった。

次に、小型エビ類の代表種であるサルエビ *Trachypenaeus curvirostris* およびシャコ *Oratosquilla oratoria* について、カバーネットのある場合とない場合のコッドエンドの漁獲物の頭胸甲長組成あるいは体長組成を比較して、カバーネットがこれらに及ぼす影響の有無を検討した。サルエビの頭胸甲長組成およびシャコの体長組成で、カバーネットの有無に関わらず、カバーネットのあるコッドエンドで漁獲された頭胸甲長組成あるいは体長組成は、ない場合のそれと大きく違わない。これらの組成に対してそれぞれ、Kolmogorov-Smirnov の2標本検定を行った結果、二つのコッドエンドによる頭胸甲長組成と体長組成の間には5%の有意水準では有意な差はみられな

かった。すなわち、本調査におけるカバーネットの装着によるサルエビとシャコの漁獲物の頭胸甲長組成あるいは体長組成に対する影響は認められなかった。特に、ここで用いた Kolmogorov-Smirnov の 2 標本検定は、二つの標本の分布全体の差異を計るノンパラメトリック検定であるので、従来用いられていた分散分析だけによる検定より有効である。

6. 小型底びき網による網目選択性カバーネット試験操業を実施し、サルエビ、シャコおよびカレイ類に対する網目選択性を求めた。さらに、得られた結果に対して、本論文で新たに開発した網目選択性曲線の決定法を適用して、サルエビ、シャコの網目選択性の規準曲線をそれぞれ得た。

サルエビの網目選択性をコッドエンドの目合別に求めた。16.5, 19.9, 22.1 および 25.1 mm の 4 種類の目合では、頭胸甲長 7 mm 以上で頭胸甲長が大きくなるに従って選択率が増加し、それぞれ頭胸甲長 13, 15, 17 および 19 mm で選択率は 1 に達する。 $R = (l-l_0)/(m-m_0)$ とおくと、3 次のスプライン関数の当てはめによって、サルエビの網目選択性の規準曲線を決定したのが、次式である。

$$S(R) = \begin{cases} -.5004 + 4.791R - 16.41R^2 + 19.73R^3 & (.304 \leq R < .460) \\ 35.62 - 210.8R + 408.9R^2 - 257.1R^3 & (.460 \leq R < .586) \\ -14.38 + 59.34R - 76.30R^2 + 32.68R^3 & (.586 \leq R < .845) \end{cases}$$

この式を用いることによって、サルエビの任意の網目選択性曲線を得ることができる。シャコの体長別網目選択率は、ある体長範囲内で、体長の増加とともに大きくなる。目合 16.5, 19.9, 22.1 および 25.1 mm のそれぞれの選択率は体長階級 60~65 と 80~85, 90~95, 100~105 mm で 1 に達した。 $R = (l-l_0)/(m-m_0)$ とおくと、3 次のスプライン関数を当てはめて、シャコの網目選択性の規準曲線を次式のとおりに決定した。

$$S(R) = \begin{cases} -.09189 + .1677R - .09515R^2 + .03514R^3 & (1.05 \leq R < 3.34) \\ -13.90 + 9.768R - 2.132R^2 + .1548R^3 & (3.34 \leq R < 4.39) \end{cases}$$

また、同時に漁獲されたメイタガレイとマコガレイについても網目選択性を求めた。メイタガレイでは、目合 69.3 mm の網目選択率は、体長範囲 50~100 mm ではほとんど 0% であり、目合 25.1 mm のそれは 100% である。目合 46.1 mm の網目選択率は体長の増加とともに増大し、体長 100 mm で 100% に達する。一方、マコガレイでは体長が 40 mm から 80 mm へ増加するに従って、46.1 mm と 25.1 mm の目合では選択率が増加する。

7. 漁獲と選別の過程をより詳細に検討するために、新たに人為選別率と全選別率を定義した。

漁業者は船上で漁獲物から商品価値のある水揚物を選別する。この過程を人為選別と呼ぶ。ここでは漁獲尾数に対する選別後の水揚尾数の割合を、人為選別率として定義した。このとき水揚物は漁獲物と人為選別率の積で表される。また、漁獲物自体も海中の資源から網目による選択の過程を経て得られたものである。したがって、水揚物が得られるまでには、網目選択と人為選別の二つの過程を経ていることになるので、この二つの過程を合わせた網目選択率と人為選別率の積を全選別率として定義した。この人為選別率と全選別率を用いると、選別の過程を体長別に解

析することができる。

8. 体長別の人為選別率と全選択率を用いて、小型底びき網漁業によるサルエビとシャコの投棄魚実態を詳細に検討した結果、市場に出荷されない小型のサルエビ、シャコは投棄され、どの体長から出荷されているかを明らかにした。

岡山県東部海域における小型底びき網漁業では、サルエビとシャコが船上で選別され、その一部が投棄されている。ここでは、25.1 mm 目合のコッドエンドが用いられている。サルエビとシャコについて人為選別率を月別に推定し、体長の関数として求めた。一般的に、サルエビとシャコの体長別人為選別は体長の増加に従って急激に増加する。例えば、サルエビの人為選別率は、体長 40-45 mm 階級から増加しはじめ、体長 80-85 mm 階級で 1 に達した。また、シャコの体長別人為選別率は 85-90 mm 体長階級から増加しはじめ、体長の増加とともに急激に増加し、体長 110 mm 以上で 1 に達した。実際には、小型底びき網漁業は体長で 40 mm 以下のサルエビや体長 80 mm 以下のシャコを多量に漁獲している。

9. 網目選択性を投棄魚問題に応用するために、新たな資源管理方策の管理目標の提言を行った。さらに、この資源管理目標を満足する底びき網の適正網目を、全選択率と網目選択性曲線より決定する方法を示した。

漁業における適正網目を推定する際に、当然のことながらその資源管理のための目標を示す必要がある。本研究は、投棄量をできるだけ少なくする事を目的にはじめられた。そこで、ここでは「いくつかの漁獲対象種について、現在の水揚量を減らすことなく、投棄量をできるだけ少なくすること」を当面の目標とした。この当面の資源管理目標の条件は、網目選択性曲線が対象種の全選択率に最も近い目合を採用することである。

10. この資源管理目標を用いて、小型底びき網のサルエビとシャコに対する適正網目を決定した。

網目選択性曲線の規準曲線から、それぞれの目合の網目選択性曲線を求めた。サルエビでは、ほぼ目合 32.5 mm の網目選択性曲線が体長別全選択率のプロットと一致していた。これらのことから明らかに、現在の目合 25.1 mm はサルエビにとって小さすぎるのがわかる。また、シャコについても、32.5 mm の目合の網目選択性曲線が体長別全選択率のプロットと一致した。これは、32.5 mm の目合の網目によって獲られた漁獲物は、現在の 25.1 mm 目合による網目選択性と人為選別を行った水揚物とほぼ同じ重量と体長組成であることを意味している。つまり、現在用いられている網目はサルエビ同様にシャコにとっても小さすぎる。上述した条件下では、32.5 mm の目合が岡山県海域の漁業のサルエビとシャコにとって適正な網目であることが判明した。

11. 小型底びき網で適正網目を採用した場合の水揚尾数と水揚重量の試算を行い、25.1 mm から 32.5 mm に目合を拡大しても、水揚重量の減少なしに投棄重量が減少することを示し、この適正網目が資源管理目標を満たしていることを示した。

一定量の加入で成長していくサルエビとシャコ資源から得られる水揚量と投棄量が、拡大した目合によってどのような変化するか試算を行った。さらに、網目拡大前の現状の水揚量と拡大後の

水揚量の比較検討を行った。この試算は、岡山県東部海域で現在用いられている目合 25.1 mm と瀬戸内海で最も一般的に用いられている目合 19.9 mm による水揚量および目合 32.5 mm に拡大した場合に期待される水揚量を比較することによって行った。

サルエビの水揚重量は、25.1 mm 目合の網目による水揚重量を 1 として、19.9 と 32.5 mm 目合の網目ではそれぞれ 0.91 と 1.16 であった。一方、目合 25.1 mm の網目によるサルエビの投棄量を 1 として、19.9 mm 目合の網目によるサルエビの投棄量は 1.28 となり、目合 32.5 mm の網目では投棄はほとんどない。したがって、網目を現行の 25.1 mm から 32.5 mm に拡大した場合、サルエビの水揚重量は 16% 増加し、その投棄はほとんどなくなる。一方、シャコの投棄量は、25.1 mm 目合の投棄量を 1 として、19.9 と 32.5 mm 目合でそれぞれ 1.04 と 0.67 であった。つまり、投棄量は 32.5 mm への目合の拡大によって減少する。シャコの水揚重量は、25.1 mm 目合の水揚重量を 1 として、19.9 と 32.5 mm 目合でそれぞれ 0.86 と 1.24 となった。適正網目と判断された 32.5 mm 目合のシャコの水揚重量は 24% 増加する。したがって、網目を現行の 25.1 mm から 32.5 mm に拡大した場合、規制直後の水揚重量の減少はほとんどなく、投棄はほとんどなくすることができた。さらに、水揚重量も増加した。このように試算の結果も、この 32.5 mm 目合は当面の資源管理目標を満足することを示している。

謝 辞

本研究をまとめるにあたり、ご指導とご鞭撻を賜った前京都大学農学部教授 川合英夫博士に深厚なる謝意を表す。本論文作成のご指導とご校閲の労を賜った東京水産大学教授 北原 武博士に深甚なる感謝の意を表す。

本研究の推進にあたり、ご支援とご鞭撻を賜った前南西海区水産研究所内海資源部長 尾形哲男氏、日本海区水産研究所資源管理部長 伊東 弘氏、前水産庁資源管理研究官 故加藤史彦氏、南西海区水産研究所資源管理部長 林 小八博士ならびに前資源管理研究室長 正木康昭博士（現在、富山県水産試験場長）、内海底魚資源研究室長 佐藤良三博士に深く感謝の意を表す。

現場調査ならびに試験操業をするにあたり、ご協力いただいた上城義信（現在、大分県林業水産部水産振興課課長補佐）を始めとする大分県浅海漁業試験場の皆様、ならびに大分県長洲漁業協同組合所属新力丸渡辺力造船長に厚く御礼申し上げる。

さらに、本研究に対して、有益な情報、ご意見、ご助言をいただいた岡山県水産試験場 松村真作氏、山口県内海水産試験場 松山節久氏、福岡県水産海洋技術センター豊前海研究所 有江康章氏、大分浅海漁業試験場 小川 浩氏、徳島県水産試験場研究員 上田幸男氏、和歌山県水産試験場 阪本俊雄氏、大阪府水産試験場 安部恒之氏、兵庫県水産試験場 反田 實氏をはじめとする各県水産試験場の方々に心から深く感謝する。

最後に、本研究に多くのご協力と有益なご意見をいただいた南西海区水産研究所内海底魚資源研究室研究員 阪地英男氏に深謝する。

文 献

- 青山恒雄, 1961: 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, 23, 1-63.
- 青山恒雄, 1965: 底びき網の網目選択作用. 日水誌, 31(10), 848-861.
- 青山恒雄, 1980: 網目規制の実際. 「底魚資源 (青山恒雄 編)」。恒星社厚生閣, 東京, 102-116.
- ATKINSON, D. B., 1984: Discarding of small redfish in the shrimp fishery off Port au Choix, Newfoundland, 1976-1980. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, vol. 5: 99-102.
- BEVERTON, R. J. H. and S. J. HOLT, 1957: On the Dynamics of Exploited Fish Populations, Fish. Inv. Ser. II. Her majesty's stationary office, London, pp. 221-233.
- BOHL, H., L. BOTHA and T. H. ECK, 1971: Selection of Cape hake (*Merluccius merluccius capensis* CASTELNAU and *Merluccius merluccius paradoxus* FRANCA) by bottom-trawl cod-ends. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, 33(3), 439-471.
- 陳 哲聡・大滝英夫, 1974: 東シナ海・黄海産メイタガレイの資源生物学的研究. 西水研研報, 46, 1-20.
- 蔣 國平・周 耀傑・陳 俊徳, 1988: 魚蝦分離網具の設計及分離効果之研究. 臺灣水産學會刊, 15(1), 82-94.
- 中国四国農政局統計情報部, 1979: 昭和52年度瀬戸内海の漁業. 中国四国農林統計協議会, 岡山, p. 106.
- 中国四国農政局統計情報部, 1980: 昭和53年度瀬戸内海の漁業. 中国四国農林統計協議会, 岡山, p. 149.
- 中国四国農政局統計情報部, 1981: 昭和54年度瀬戸内海の漁業. 中国四国農林統計協議会, 岡山, p. 131.
- 中国四国農政局統計情報部, 1982: 昭和55年度瀬戸内海の漁業. 中国四国農林統計協議会, 岡山, p. 137.
- 中国四国農政局統計情報部, 1983: 昭和56年度瀬戸内海地域の漁業. 中国四国農林統計協議会, 岡山, p. 153.
- 中国四国農政局統計情報部, 1984: 昭和57年度瀬戸内海地域の漁業. 中国四国農林統計協議会, 岡山, p. 141.
- 中国四国農政局統計情報部, 1985: 昭和58年度瀬戸内海地域の漁業. 中国四国農林統計協議会, 岡山, p. 101.
- 中国四国農政局統計情報部, 1986: 昭和59年度瀬戸内海地域の漁業. 中国四国農林統計協議会, 岡山, p. 99.
- 中国四国農政局統計情報部, 1987: 昭和60年度瀬戸内海地域の漁業. 中国四国農林統計協議会, 岡山, p. 99.
- 中国四国農政局統計情報部, 1988: 昭和61年度瀬戸内海地域の漁業. 中国四国農林統計協議会, 岡山, p. 103.
- 中国四国農政局統計情報部, 1989: 昭和62年度瀬戸内海地域の漁業. 中国四国農林統計協議会, 岡山, p. 106.
- 周 耀傑・陳 朝清・陳 俊徳, 1988: 台湾海峡主要底棲魚種の網目選択作用及其適正漁獲網目規格. 臺灣水産學會刊, 15(1), 59-81.
- DOI, T., 1981: Population dynamics and management of the shrimp fishery in the Seto Inland Sea. Paper presented at the International Shrimp Releasing, Marking and Recruitment workshop, Kuwait, 25-29 November, 1978. *Kuwait Bull. Mar. Sci.*, 2, 289-300.
- FERGUSON, R. G. and H. A. REGIER, 1963: Selectivity of four trawl cod ends toward smelt. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, 92(1), 125-131.
- 藤石昭生, 1971: エビ漕ぎ網の基礎的研究—I. 23mm 目合のコッドエンドの網目選択性の調査について. 水大研報, 19(2・3), 65-80.
- 藤石昭生, 1973: 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, 22(1), 1-28.
- FUJISHI, A., 1974a: A theoretical approach to the selectivity of the net gears—III. On the effects of differences in fish shape. *J. Shimonoseki Univ. Fish.*, 23(2), 87-108.
- 藤石昭生, 1974b: 網目選択性に関する理論的研究—II. 曳網類の選択曲線の推定法. 水大研報, 22(3), 177-198.
- 藤石昭生, 1975a: 網目選択性に関する理論的研究—IV. 選択性曲線の直線化に関する一考察. 水大研報, 23(3), 109-120.
- 藤石昭生, 1975b: 網目選択性に関する理論的研究—V. 魚体の肥満度 (K) と魚体断面形状の偏平度 (ϵ) の換算図および肥満度が選択性へおよぼす影響. 水大研報, 24(1), 23-35.
- 福田富男・松村真作, 1986: 岡山県東部海域における小型底曳網標本船のエビ類及びシャコの漁獲状況1985. 岡山水試報, 1, 33-42.
- 福岡和光, 1980: 別府湾の小型底びき網漁獲物について. 昭和54年度南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 29-34.

- 福島県水産試験場, 1978: 昭和48年度北太平洋栽培漁業資源生態調査中間報告, 59 pp.
- GARCIA, S., 1988: Tropical penaeid prawns. In "GULLAND, J. A. (Ed.), Fish Population Dynamics: the Implications for Management 2nd edition", Wiley, Chichester, 219-249.
- GULLAND, J. A., 1984: Introduction: some notes for the consultation on the regulation of fishing effort. In "Papers Presented at the Expert Consultation on the Regulation of Fishing Effort (Fishing Mortality). Rome, 17-26 January 1983. A preparatory meeting for the FAO World Conference on fisheries management and development." *FAO Fish. Rep.*, FIPP/R289 Suppl. 2, Rome, 1-7.
- HAMLEY, J. M., 1975: Review of gillnet selectivity. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 32(11), 1943-1969.
- 林 凱夫・辻野耕實, 1978: 大阪湾産シャコの漁業生物学的研究. 大阪水試研報, 5, 116-135.
- HIGH, W. L., I. E. ELLIS and L. D. LUSZ, 1969: A progress report on the development of a shrimp trawl to separate shrimp from fish and bottom-dwelling animals. *Commn Fish. Rev.*, 31(3), 20-33.
- 市田浩三・吉本富士市, 1979: スプライン関数とその応用, シリーズ新しい応用数学20 (一松 信・伊理正夫・竹内 啓 編), 教育出版, 東京, 220 pp.
- 石田昭夫, 1962: 刺網の網目選択性曲線について. 北水研研報, 25, 20-25.
- 池田郁夫, 1980: 底魚資源の管理目標と問題点. 「底魚資源 (青山恒雄 編)」, 恒星社厚生閣, 東京, 75-102.
- 石岡清英・土井長之・林 凱夫, 1981: 大阪湾のシャコ資源量の推定とその評価. 南西水研研報, 13, 59-79.
- 伊東 弘・正木康昭・山口義昭, 1985a: 周防灘におけるマコガレイ幼稚魚の分布について. 第17回南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 13-20.
- 伊東 弘・正木康昭・山口義昭, 1985b: 周防灘におけるマコガレイ親魚の分布と幼稚魚の生息環境. 昭和57・58年度近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究 (マリーナランニング計画) プログレスレポート, ヒラメ・カレイ (1), 41-47.
- 伊東 弘・東海 正・正木康昭・山口義昭, 1986: 周防灘におけるマコガレイ資源の動態. 昭和59・60年度近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究 (マリーナランニング計画) プログレスレポート, ヒラメ・カレイ (2), 135-140.
- JAMES, G. D., 1970: Mesh selection studies on flatfish in relation to the Otago trawl fishery. *N. Z. J. mar. Freshwat. Res.*, 4(3), 229-240.
- JEAN, Y., 1963: Discards of fish at sea by Northern New Brunswick draggers. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, 20(2), 497-524.
- JONES, G. K., 1982: Mesh selection of hauling nets used in the commercial Marine Scale Fishery in South Australia waters. *Fish. Res. Pap. Dep. Fish.* (S. Aust.), 5, 1-14.
- JONES, R., 1976: Mesh Regulation in the Demersal Fisheries of the South China Sea Area, Working pap. South China Sea Dev. and Coop. Programme. SCS/76/np/34. Manila. 1-75.
- JONES, R., 1984: Mesh size regulation and its role in fisheries management. In "Papers Presented at the Expert Consultation on the Regulation of Fishing Effort (Fishing Mortality). Rome, 17-26 January 1983. A preparatory meeting for the FAO World Conference on fisheries management and development." *FAO Fish. Rep.*, FIPP/R289 Suppl. 2, Rome, 87-103.
- 香川県水産試験場・岡山県水産試験場・福岡県水産試験場・大分県浅海漁業試験場・山口県内海水産試験場, 1975: 魚類放流技術開発調査カレイ類総括報告書昭和46~49年度. 51 pp.
- KITAHARA, T., 1968: On sweeping trammel net (Kogisiasiami) fishery along coast of the San'in district—III. Mesh selectivity curve of sweeping trammel net for Branquillos. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 34(9), 759-763.
- KITAHARA, T., 1971: On selectivity curve of gillnet. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 37(4), 289-296.
- 北沢博夫・大阿久俊郎, 1982: 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, 48(8), 1089-1093.
- 北沢博夫, 1988: 底びき網の投棄魚について. 昭和61・62年度西海区水研ブロック底魚会議議事録, 93-95.
- KUBO, I., S. HORI, M. KUMEMURA, M. NAGASAWA and J. SOEDJONO, 1959: A biological study on a Japanese edible mantis shrimp, *Squilla oratoria* DE HAAN. *J. Tokyo Univ. Fish.*, 45(1), 1-25.
- 久保伊津男・吉原友吉, 1969: 水産資源学 改訂版, 共立出版, 東京, 345-357.
- 日下部敬之・辻野耕實・安部恒之, 1990: 大阪湾における小型底びき網投棄物の実態について. 第22回南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 74-81.
- LIU, H., K. J. SAINSBURY and T. CHIU, 1985: Trawl cod-end mesh selectivity for some fishes of north-western

- Australia. *Fisheries Research*, 3, 105-129.
- MACSWEEN, I., 1984: The interaction between fisheries management and the marketing of fish. In "Papers Presented at the Expert Consultation on the Regulation of Fishing Effort (Fishing Mortality). Rome, 17-26 January 1983. A preparatory meeting for the FAO World Conference on fisheries management and development." *FAO Fish. Rep.*, FIPP/R289 Suppl. 2, Rome, 9-19.
- 前川兼佑・八柳健郎, 1983: 山口県瀬戸内海産重要生物の生態学的研究 (さるえび, あかえび, とらえび). 山口内海水試研究業績, 5(1), 1-10.
- MAIN, J. and G. I. SANGSTER, 1981: A study on the fish capture process in a bottom trawl by direct observations from a towed underwater vehicle. *Scottish Fisheries Research Report*, 23, 23 pp.
- MARGETTS, A. R., 1954: Selection of soles by the mesh of trawls. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 20(3), 276-289.
- 正木康昭・伊東 弘・上城義信・横松芳次・小川 浩・山口義昭・東海 正, 1987a: 周防灘産マコガレイの成熟と産卵期. 日水誌, 53(7), 1181-1190.
- 正木康昭・伊東 弘・上城義信・横松芳次・小川 浩・山口義昭・東海 正, 1987b: 周防灘産メイタガレイの成熟と産卵期. 日水誌, 53(7), 1191-1198.
- 正木康昭・伊東 弘・東海 正・山口義昭, 1985: 周防灘産メイタガレイの年令と成長. 日水誌, 51(12), 1963-1970.
- 正木康昭・伊東 弘・東海 正・山口義昭, 1986: 周防灘産マコガレイの年令と成長. 日水誌, 52(3), 423-433.
- 松村真作・福田富男, 1982: 岡山県東部海域における小型底びき網の投棄魚について. 第14回南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 17-32.
- 南 卓志, 1982: メイタガレイの初期生活史. 日水誌, 48(3), 369-374.
- MINAMI, T., T. TAMAKI and T. KOBAYASHI, 1985: Some aspects of the biology of young frog flounder, *Pleuroichthys cornutus* in coastal waters of San-in district, the Japan Sea. *Bull. Japan Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, 35, 11-22.
- 宮城県水産試験場・山口県内海水産試験場・大分県浅海漁業試験場, 1982: 昭和56年度放流技術開発事業(マコガレイ)総合報告書, 13-19.
- 森 由基彦, 1983: 小型機船底びき網漁船の投棄魚について. 第15回南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 1-6.
- 森 由基彦, 1984: 小型機船底曳網漁船の投棄魚について—I. 投棄の実態について. 大分水試調研報, 11, 62-67.
- MYHRE, R. J., 1969: Gear selection and Pacific halibut. *Int. Pac. Hal. Comm.*, 51, 1-35.
- 南西海区水産研究所, 1986: 昭和60年度瀬戸内海水産資源担当者会議議事要録, 付属資料昭和60年度瀬戸内海漁業基本調査結果, 35-135.
- 南西海区水産研究所, 1987: 昭和61年度瀬戸内海水産資源担当者会議議事要録, 付属資料昭和61年度瀬戸内海漁業基本調査結果, 27-163.
- 南西海区水産研究所, 1988: 昭和62年度瀬戸内海水産資源担当者会議議事要録, 付属資料昭和62年度瀬戸内海漁業基本調査結果, 25-164.
- 日本水産資源保護協会, 1986: 昭和29~59年瀬戸内海漁業灘別統計累年表, 五洋印刷, 東京, 139 pp.
- PAULY, D., 1980: On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. int. Explor. Mer*, 39(2), 175-192.
- PAULY, D., 1988: Fisheries research and the demersal fisheries of Southeast Asia. In "GULLAND, J. A. (Ed.), Fish Population Dynamics: the Implications for Management 2nd edition", Wiley, Chichester, 329-348.
- PARRISH, B. B. and J. A. POPE, 1963: Results on the effects of using small-mesh covers: effects on the catches of the escape sizes of fish. *Spec. Publs. int. Commn NW Atlant. Fish.*, 5, 171-174.
- PINHORN, A. T., 1970: Assessments of the effects of increases in the mesh sizes of trawls on the cod fisheries in southern Grand Bank area (ICNAF Divisions 3N and 3O). *Res. Bull. int. Comm. Northw. Atlant. Fish.*, 7, 32-45.
- PINHORN, A. T. and R. WELLS, 1971: Assessments of the effects of increases in the mesh sizes of trawls on the cod fisheries in subareas 2 and 3. *Res. Bull. int. Comm. Northw. Atlant. Fish.*, 8, 37-43.
- SAILA, S.B., 1983: Importance and assessment of discards in commercial fisheries. *FAO Fish. Circ.*, 765, 62 pp.

- 千田哲資・清水 収・原田徳三, 1969: 岡山県東部におけるシャコ漁業. 昭和43年度岡山県水試事報, 5-12.
- SLUCZANOWSKI, P. R., 1984: Modeling and optimal control: a case study based on the Spencer Gulf prawn fishery for *Penaeus latissulcatus* Kishinouye. *J. Cons. int. Explor. Mer.*, **41**, 211-225.
- SOKAL, R. R. and F. J. ROHLF, 1981: Biometry 2nd edition, W. H. FREEMAN and Company, New York, 1981, 440-445.
- SOKAL, R. R. and F. J. ROHLF, 1983: 生物統計学 (藤井宏一訳, "Introduction to Biostatistics"), 共立出版, 東京, 266-272.
- 多胡信良・有馬 功・平松達男, 1962: 豊前海におけるエビこぎ網, ます網の漁獲物組成と幼稚仔混獲実態について. 福岡豊前水試研業報昭和36年度, 243-320.
- THOMPSON, D. B. and M. BEN-YAMI, 1984: Fishing gear selectivity and performance. In "Papers Presented at the Expert Consultation on the Regulation of Fishing Effort (Fishing Mortality). Rome, 17-26 January 1983. A preparatory meeting for the FAO World Conference on fisheries management and development." *FAO Fish. Rep.*, FIPP/R289 Suppl. 2, Rome, 105-118.
- 東海 正・伊東 弘・正木康昭・山口義昭, 1985: 周防灘におけるメイタガレイの投棄の実態. 漁業資源研究会議西日本底魚部会報, **13**, 7-17.
- 東海 正・伊東 弘・正木康昭・山口義昭, 1986: 周防灘におけるメイタガレイ当歳魚の分布. 漁業資源研究会議西日本底魚部会報, **14**, 19-32.
- 東海 正・伊東 弘・山口義昭, 1987: 浅海域における魚類の生息生態に関する研究. モニタリング手法の確立に関する調査研究昭和60年度報告書. 水産庁, 35-41.
- 東海 正・伊東 弘・山口義昭, 1988: 浅海域における魚類の生息生態に関する研究. モニタリング手法の確立に関する調査研究昭和61年度報告書. 水産庁, 35-41.
- 東海 正・伊東 弘・山口義昭, 1989a: 小型底びき網 (手繰第3種, 桁網) による異体類3種の網目選択性に関する予備的検討. 南西水研研報, **22**, 29-34.
- 東海 正・伊東 弘・正木康昭・上城義信・横松芳治・安東欣二, 1989b: 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, **22**, 35-46.
- TOKAI, T. and T. KITAHARA, 1989: Methods of determining the mesh selectivity curve of trawl net. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**(4), 643-649.
- TOKAI, T., H. ITO, Y. MASAKI and T. KITAHARA, 1990: Mesh selectivity curves of a shrimp beam trawl for southern rough shrimp *Trachypenaeus curvirostris* and mantis shrimp *Oratosquilla oratoria*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **56**(8), 1231-1237.
- 東海 正, 1990: 3次拡張スプライン関数を用いたデータの平滑化 (逐次分割法). 「パソコンによる資源解析プログラム集 (II) (中央水産研究所生物生態部数理生態研究室編)」。小葉印刷所, 東京, 233-240.
- 上田幸男, 1987: 紀伊水道産サルエビの産卵と成長. 水産増殖, **35**(3), 161-169.
- 上田幸男, 1989: 紀伊水道産サルエビへの成長式の適用. 第21回南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 103-106.
- WASSENBERG, T. J. and B. J. HILL, 1989: The effect of trawling and subsequent handling on the survival rates of the by-catch of prawn trawlers in Moreton Bay, Australia. *Fisheries Research*, **7**, 99-110.
- 渡辺泰輔, 1965: 東京湾におけるメイタガレイ卵の分布生態について. 日水誌, **31**(8), 591-596.
- WATSON, J. W. and C. MCVEA, 1977: Development of a selective shrimp trawl for the Southern United States penaeid shrimp fisheries. *Marine Fisheries Review*, **39**(10), 18-24.
- 山田作太郎・宮下富夫, 1979: 最適網目についての一考察. 東京水産大研報, **65**(2), 165-171.
- 山口県・福岡県・大分県, 1987: 昭和59~61年度周防灘域漁業管理適正化方式開発調査事業最終報告書, 298 pp.
- 山口義昭, 1967: 小型底びき網より脱網する漁獲物の大きさについて. 内海水研C輯, **5**, 39-58.
- 安田治三郎, 1956: 内湾における蝦類の資源生物学的研究 (II), 各論各種類の生態に関する研究. 内海区水研研報, **9**, 1-81.
- 横松芳治, 1984: 大分県豊前海域における小型底びき網漁業によって投棄される生物の種組成. 第16回南西海区ブロック内海漁業研究会報告, 9-29.