

底流網によるキスの生態とその資源に関する研究

角 田 俊 平

(広島大学水畜産学部水産学科)

Studies on the Ecology and Fishing Stock of *Sillago sihama* (FORSKÅL) through the Analysis of its Bottom Drift-net Fishery

Shunpei KAKUDA

Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Animal Husbandry,
Hiroshima University, Fukuyama

(Figs. 1-63; Tables 1-12)

目 次

緒 言	
I 資料と方法	2
II キス漁業の概観	3
1) 瀬戸内海におけるキス漁業	3
2) キス底流網漁業の実態	4
III キスの形態と生態	8
1) 形 態	8
2) 年齢と成長	11
3) 成熟と産卵	16
4) 食 性	20
IV 底流網の漁具特性	25
1) 漁具の選択性	25
2) 網成り	30
V 底流網によるキスの生態と資源	35
1) 遊泳生態	35
2) 漁獲生態と資源	38
総括および論議	45
要 約	47
参考文献	49
Summary	51

緒 言

沿岸海域においては、多くの種類の魚が複雑な環境条件に従って、各々その生活の場の条件に適合しながら分布し、生息していて、魚類の生活には成長段階によって、また季節によって種々の変化がみられる。このため沿岸漁業において使用される漁具は、魚類の生態ならびに漁場の環境条件と対応しながら

ら複雑に分化しており、それぞれの漁具は漁獲対象魚の生態的な特性との関係において、季節、水域によって選択的に利用されている。このような実態を示す沿岸漁業において、魚類の効率的な採捕とその資源の有効利用を図るには、漁獲対象魚の生態と使用漁具の構造および機能との相互関係を明らかにした上で資源の性状を解明する必要がある。筆者はこのような観点から種々の漁具漁法をとおして、沿岸魚類の生態とその資源に関する研究を進めているが、本研究はキス底流網をとおしてキスの生態と資源の特性を明らかにしたものである。

キスは暖流の影響を受ける日本の沿岸海域に広く分布している重要な底魚資源であって、瀬戸内海にも生息しており、主として春から夏の卓越群が底流網、吾智網、一本釣などによって漁獲されている。このうち底流網はキスに対する漁獲の能率が極めてよく、キスの成魚を選択的に採捕している。本研究はこのようなキス底流網の魚獲機能とキスの生態を明らかにして、キスの効率的な採捕の可能性を検討し、さらにキス資源の有効利用と合理的な資源管理の方策を確立することを目的として行なった。

一方、キスに関する既往の研究は少なく、上野・藤田¹⁾はキスの卵発生について、PALEKAR et al.^{2,3)}はインド karwar 水域のキスの体長組成および成熟と産卵について、三尾⁴⁾は北九州海域のキスの年齢と成長について明らかにしているに過ぎない。

そこで本研究は、まず瀬戸内海の中部水域におけるキス底流網について、漁業の実態とその特徴を検討し、キスの生物学的な特性として形態、年齢、成長、成熟、産卵および食性を明らかにした。またキス底流網の漁具特性として、漁具の選択性および網成りについて解析し、キスの羅網状態と網成りの解析結果からキスの遊泳生態を明らかにした。さらに明らかにされた諸知見に基づいて、キス底流網の選択性とキスの生物学的特性との対応から、瀬戸内海の中部水域におけるキスの漁獲生態とその資源の特性を解明した。

本研究を行なうに当って終始御指導を頂いた広島大学教授村上豊博士、本論文をとりまとめるについて有益な御助言と御校閲を賜った九州大学教授塚原博博士、底流網の網成りの解析について御教示頂いた京都大学教授川上太左英博士に衷心よりお礼申し上げる。瀬戸内海の子スに関して南西海区水産研究所の資料を見せて頂くに際しては、林知夫博士、井上明博士、および水戸敏博士にお世話願った。また徳島県水産試験場の北角至氏からはキスの標本を供与された。これらの方々への御厚情に対して深甚の謝意を表す。さらに岡山県笠岡市六島在住の仲買人三宅京一氏、香川県の森英三箱浦漁業協同組合長、井上政太郎三崎漁業協同組合長、愛媛県の村上宇志雄宮窪漁業協同組合専務理事の各位には標本と資料の蒐集について格別の御協力を頂き、広島大学「かもめ丸」の神田富夫船長ならびに六島の当業者樽井敏氏には試験操業に際して援助を受けた。これらの方々へ深く感謝する次第である。

I 資料と方法

キスの漁獲統計については、広島農林水産統計年報によると共に、山口農林水産統計年報を用いた。また岡山県笠岡市六島、香川県詫間町箱浦、三崎および愛媛県宮窪町宮窪各漁業協同組合の漁獲統計資料に基づき、キスの漁獲量に関して種々の計算を行なった。

計測に使用したキスはすべて瀬戸内海で漁獲されたもので、主として福山市周辺の漁業者から、またその一部は福山魚市場から購入した。さらに底流網の試験操業を行ない、キスおよびその他の魚類を採捕したが、これらの漁獲物についても種々の計測を行なった。すなわち試験操業に当っては5種類の目合のキス底流網を用意し、1965年5月～1967年9月に瀬戸内海備後灘東部の六島周辺水域で実施した。試験操業の漁獲物は採集後直ちに実験室に持ち帰り、各個体について生物学的な種々の計測を行ない、キスの鱗および耳石を採取した。鱗は水洗後3%の苛性カリ溶液に約10時間浸漬し、附着物を除去して水洗後2枚のスライド・ガラスに挟み、また耳石は水洗後乾燥させて、それぞれを年齢査定に供した。卵巣は魚体から摘出後ホルマリン10%液に浸漬して保存し、試料とした。

キス底流網が操業されない11月から翌年3月までの期間に漁獲されたキス、およびその1年魚は小型

底曳網によって漁獲されたものである。桁網のキスは笠岡市片島の当業者による漁獲物を、吾智網のキスは箱浦漁業協同組合に水揚げされた漁獲物を、一本釣のキスは六島周辺水域の漁獲物を試料とした。そしてこれらの標本についても前述の試料と同様に計測し、処理した。

キスの生態に関する各項目ごとの試料と方法、ならびに漁具特性に関する実験と試験採業の具体的な方法はそれぞれの章において詳細に述べる。

II キス漁業の概観

1) 瀬戸内海におけるキス漁業

キスを漁獲の対象とする漁具漁法は底流網、巻刺網、吾智網、一本釣等である。このうちキス底流網は、瀬戸内海中部の懸灘および備後灘の周辺水域において盛んに操業されており、キス巻刺網は、鳥取県、愛知県等の沿岸水域において操業されている^{5,6)}。またキス吾智網は筑前海、瀬戸内海等で盛んである⁷⁻⁹⁾。キス一本釣は関東以西の沿岸海域で行なわれているが、現在では漁業としてよりもむしろ遊漁として盛んである。また日本の南西沿岸海域で操業される底曳網によっても、かなり多量のキスが漁獲されている¹⁰⁻¹²⁾。

キスの漁獲統計に関しては、農林省の漁業養殖業漁獲統計年報ならびに瀬戸内海沿岸各県の農林水産統計年報に記載がないため、その詳細は不明である。しかし広島、山口両県のキス漁獲統計に関しては、広島農林水産統計年報¹³⁾に1957~'63年の7年間、山口農林水産統計年報に1955~'61年の7年間の報告がある。前者に基づいて、広島県におけるキスの漁獲量およびその漁業種別別漁獲量の経年変化をFig. 1に示す。広島県におけるこの7年間のキスの平均年間漁獲量は104トンであって、このうちの82%が広島県の東部海区、すなわち備後灘を中心とする水域において漁獲されている。そしてこの水域においては、キス底流網は、1957年頃から始まったといわれるが、図によると、底流網のキス漁獲量は1959年以降一本釣に代って第1位にあり、それはキス全漁獲量の約50%を占めていて、広島県のキス漁獲量は、底流網と一本釣のキス漁獲量に左右されるといえる。しかしキス一本釣の漁獲量は近年減少傾向にあって、キス一本釣が最も盛んであった尾道市吉和漁業協同組合での聞き取り調査によると、同組合では1965年頃からキス一本釣漁業を殆んど行なっていないことがわかった。

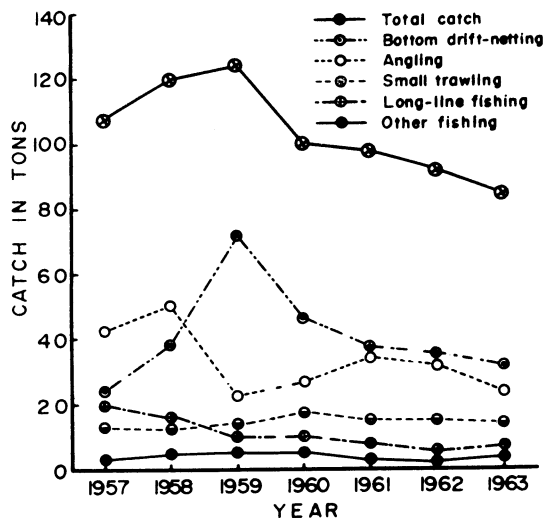


Fig. 1. Reported landings of *Sillago sihama* in Hiroshima Prefecture for 1957-63.

つぎに広島県におけるキス漁獲量の月別変化を、同じく7年間の平均値で Fig. 2 に示す。図からキスの盛漁期は6～8月の3カ月間であって、山口県におけるキス漁獲量の月別変化も広島県のそれとほぼ同様な傾向を示す。なお瀬戸内海全域におけるキスの漁期についても、広島、山口両県の漁期とほぼ一致しているように思われる。

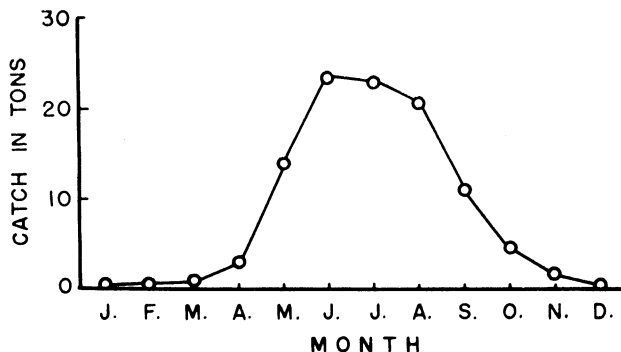


Fig. 2. Reported average monthly landings of *Sillago sihama* in Hiroshima Prefecture for 1957-63.

2) キス底流網漁業の実態

a) 漁具漁法および漁場

瀬戸内海の中部海域におけるキス底流網の漁具漁法について述べると、網地はナイロン 210D, 2本, 目合11.2～12.0節を用いている。浮子は合成樹脂で1個の浮力が約 10g のものを1反につき50～60個, 沈子は素焼で1個の沈降力が 3～4g のものを1反につき約200個使用している。仕立てられた1反の大きさは、網丈が 75cm, 長さは 18m, 縮結は浮子側で約40%, 沈子側で約30%である。

底流網の漁船は 3～5トン, 10馬力程度の動力船で、これに2人が乗り組み、約50反の網を積載している。操業に当ってはこの網を全て横に連結し、1張りとして使用するか、あるいは25反ずつ2張りとして使用する。この点は漁場の広さや他漁業との操業上の競合関係が決まるが、一般的には備後灘の東部周辺水域では2張りとして、燧灘の西部周辺水域では1張りとして使用している。このように連結された網は、島と島との間、岬の周辺等、潮流がかなり速く、しかも障害物のない場所に流向に対して直角方向に投入される。網は流れによって海底を移動するが、その位置は網の両端に取付けられた浮標によって確認される。操業は日の出頃から日没頃まで昼間のみ行なわれ、投網から揚網までの所要時間は 3～4時間である。この間漁船は網の周辺に位置して、網を見失わないように努め、揚網は投入した網の片側から始められる。1日の操業回数は漁場によって、また潮汐によって多少異なるが、1日3, 4回程度である。

瀬戸内海中部のキス底流網漁場を Fig. 3 に示すが、漁場はキスの生息分布と潮流との関係から、主として島嶼部の周辺水域で、水深が 15～30m の砂泥底域に成立している。操業条件として流速を必要とするが、操業時における六島周辺漁場の流速は 0.3～0.8ノットであり¹⁴⁾、漁期中における漁場の水温は、1967年の観測結果によると底層で 13～27°C であった。

b) キス底流網の漁獲物組成

キス底流網の漁獲物の大半はキスであるが、その他の沿岸性底生魚類も混獲されており、その種類と組成は漁場によって若干異なる。1964年の箱浦漁業協同組合の資料から、底流網の漁獲物中に占めるキスの重量比を Fig. 4 に示す。これによるとキスの比率は、5月が最高で95%, 7月が最低で74%であり、漁獲物の大部分はキスであるといえる。キス以外の漁獲物で、商品価値の無い魚種および量的に少ない

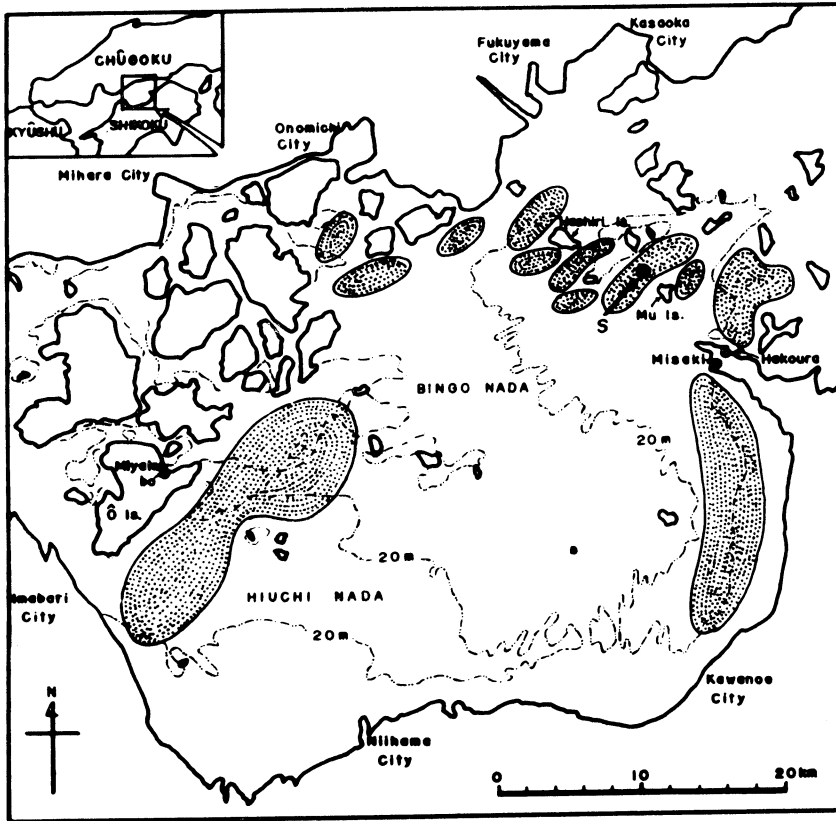


Fig. 3. Map showing the fishing ground (stippled) of the bottom drift-netting in the central region of the Seto Inland Sea and the station of the experimental fishing (S).

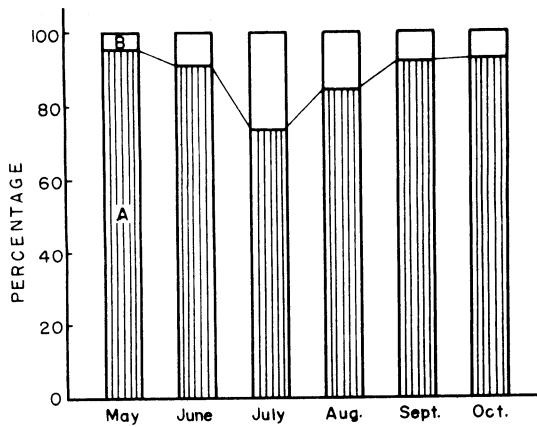


Fig. 4. Percentage of monthly landings of *Sillago sihama* in the commercial catch by bottom drift-netting in 1964. A, *Sillago sihama*; B, Others.

魚種は水揚げされていないから、漁獲物中に占めるキスの真の比率は図の値より若干低くなるであろう。

そこで六島周辺水域における1965~'67年の試験操業による漁獲物を月別にまとめ、重量による漁獲物組成を Fig. 5 に示す。キスの比率は9月が最高で70%、7月が最低で53%であるが、これらの値は Fig. 4 に示したキスの比率よりも、かなり低い値となっている。またキスについて有用なトカゲエソ、

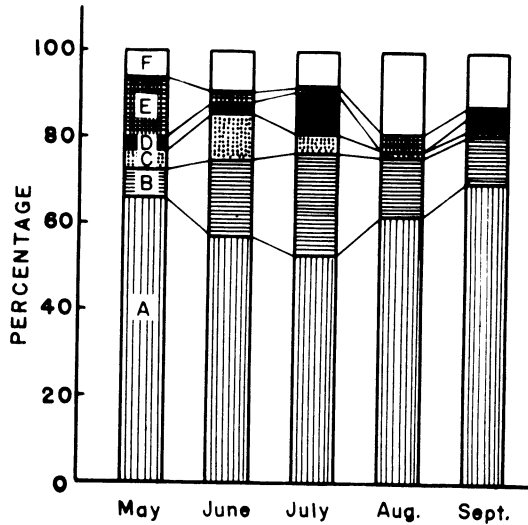


Fig. 5. Species composition of the catch by experimental bottom drift-netting. A, *Sillago sihama*; B, *Saurida elongata*; C, *Argyrosomus argentatus*; D, *Decapterus maruadsi*; E, *Callionymus* spp.; F, Others.

シログチおよびマルアジの3種の合計値は、最高37%、最低14%である。さらに試験操業によって得られた漁獲物の種類と組成を詳細に Table 1 に示す。これによると、漁獲物は魚類30種、甲殻類1種および軟体類1種であって、キスの重量比は58%、尾数比は67%である。漁獲物の上位5種は、重量についてはキス、トカゲエソ、シログチ、マルアジ、シャコであり、尾数についてはキス、トカゲエソ、ハタタテスメリ、シャコ、シログチである。いずれにしてもキスの漁獲比は、他の漁獲物のそれに比して極めて大きい値を示している。

e) キスの漁獲量

底流網のキス漁獲量については、1964年の資料によると、六島、箱浦、三崎の3組合で約45トンが水揚げされている。備後灘水域には、これら3組合以外に走島、真鍋島、高見島、大浜等多くの組合からも出漁しているが、その着業統数から考えて、これらの組合のキス漁獲量は年間約50トンであろう。以上のことから、備後灘の周辺水域における底流網のキス漁獲量は、年間約95トンと推定される。

燧灘におけるキス底流網の許可統数は、宮窪漁業協同組合が170統、その他の組合の合計が220統であるが、着業統数は聞き取り調査からその30~40%と考えられる。宮窪漁業協同組合の1966年のキス漁獲量は約50トンであったから、燧灘におけるキス漁獲量は約115トンと推定される。

つぎに六島、箱浦および三崎の3組合の1964年の資料から、キスの単位努力当り漁獲量について検討すると、キス漁獲量は45トンであり、漁獲努力量すなわち延出漁隻数は2873隻であるから、1日1隻当りキス漁獲量は15.7kgとなる。そこで漁期中における漁獲努力量、キス漁獲量および1日1隻当りキス漁獲量の月別変化を Fig. 6 に示す。底流網の漁期は5~10月で、漁期当初において好漁がみられ、漁期の進行に伴って努力量および漁獲量は次第に減少する。同じ資料から漁船別の日別漁獲量を10kgごとに階層分けし、その分布型を月別にまとめて Fig. 7 に示す。図によれば、5、6月の漁船別、日別漁獲量は、10~19kg^{*}の階層が35~42%を占めて対数正規型分布を示し、7~9月では10kg未満のもの

Table 1. Species composition of the catch by the experimental bottom drift-netting.

species	May		June		July		August		September		Total	
	N (%)	W (%)	N (%)	W (%)	N (%)	W (%)	N (%)	W (%)	N (%)	W (%)	N (%)	W (%)
<i>Sillago sihama</i>	60.4	66.7	70.7	57.3	67.1	52.8	60.2	62.0	60.0	69.6	66.8	58.2
<i>Saurida elongata</i>	2.3	6.2	4.9	17.7	12.0	23.7	3.9	14.1	8.6	10.8	5.7	17.2
<i>Callionymus flagris</i>	14.7	6.5	5.0	1.7	1.3	0.4	2.4	1.4			4.8	1.8
<i>Argyrosomus argentatus</i>	3.1	4.5	4.6	10.6	2.8	4.1	1.6	0.9	1.4	1.6	3.5	7.1
<i>Apogon lineatus</i>			0.2	0.0	0.6	0.2	11.7	3.9	14.3	4.7	2.7	0.7
<i>Harengula zunasi</i>			4.9	4.0							2.5	2.2
<i>Callionymus richardsoni</i>	9.5	4.5	2.3	1.1	0.8	0.3	0.9	0.6			2.5	1.2
<i>Decapterus maruadsi</i>	0.8	3.2	0.8	2.1	5.7	9.3			1.4	3.2	1.5	3.4
<i>Leiognathus nuchalis</i>			1.0	0.3	0.8	0.2	3.3	1.3			1.3	0.4
<i>Leiognathus rivulatus</i>	1.0	0.3	0.7	0.1			1.2	0.4	10.0	2.4	0.9	0.2
<i>Callionymus lunatus</i>	2.8	2.0			0.8	0.6	1.8	1.8			0.8	0.6
<i>Sphyaena pinguis</i>			0.3	0.9	1.0	2.7					0.3	1.1
<i>Callionymus beniteguri</i>	1.5	1.3	0.2	0.2							0.3	0.2
<i>Hexagrammos otakii</i>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1					0.2	0.2
<i>Upeneus bensasi</i>			0.2	0.2			0.3	0.4			0.2	0.2
<i>Lepidotrigla microptera</i>			0.1	0.1			0.4	0.6			0.1	0.1
<i>Callionymus ornatipinnis</i>							0.3	0.6	1.4	1.7	0.1	0.1
<i>Fugu niphobles</i>	0.3	0.2	0.1	0.0							0.1	0.0
<i>Cociella crocodila</i>			0.1	0.4							0.1	0.2
<i>Sphyaena japonica</i>									1.4	5.6	0.0	0.1
<i>Trichiurus lepturus</i>					0.2	0.3					0.0	0.1
<i>Chrysophrys major</i>							0.1	0.1			0.0	0.0
<i>Neopercis sexfasciata</i>									1.4	1.2	0.0	0.0
<i>Cilias pulchella</i>							0.1	0.1			0.0	0.0
<i>Cryptocentrus octafasciatus</i>			0.1	0.0							0.0	0.0
<i>Chaeturichthys hexanema</i>							0.1	0.1			0.0	0.0
<i>Glossogobius giuris brunneus</i>			0.1	0.1							0.0	0.0
<i>Hypodytes rubripinnis</i>			0.3	0.1	0.3	0.1					0.2	0.1
<i>Suggrundus meerdervoorti</i>			0.1	0.1							0.0	0.0
<i>Areliscus joyneri</i>	0.3	0.4									0.0	0.0
<i>Squilla oratoria</i>	0.5	0.3	3.0	2.1	6.5	5.3	11.5	11.9			4.8	3.8
<i>Loligo kobeiensis</i>	2.6	3.5	0.4	0.4							0.5	0.6
Total number of specimens	389		1,854		617		669		70		3,599	
Total weight of catch (g)	11,320		62,549		24,070		16,736		1,976		116,651	

N (%), Percentage in terms of the number of individuals;

W (%), Percentage in terms of weight.

が多くなり、38~42%を占めて指数型分布となる。このような結果からも、単位努力当り漁獲量は漁期の進行と共に次第に減少することがわかる。

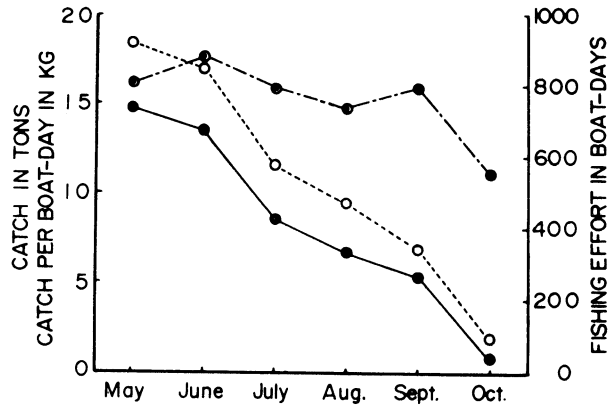


Fig. 6. Monthly changes in the amount of fishing effort (open circle), the catch (solid circle) and C. P. U. E. (double circle) of *Sillago sihama* in the bottom drift-netting at Mushima and Misaki region in 1964.

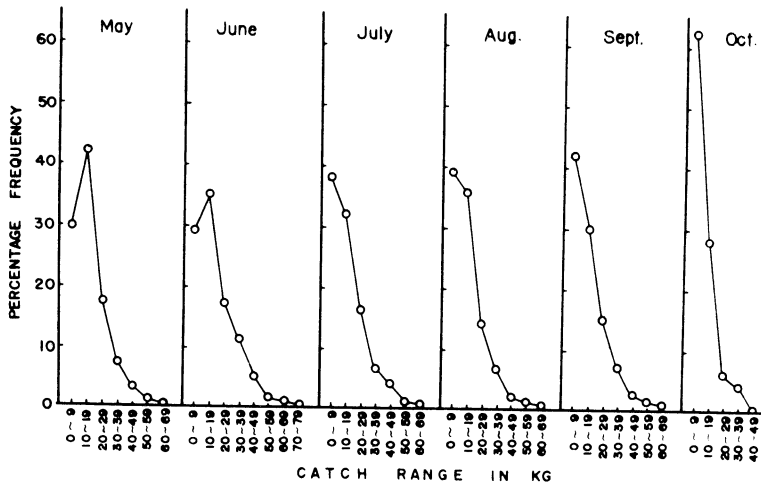


Fig. 7. Frequency distributions of the daily catches of *Sillago sihama* by individual boat of commercial bottom drift-netting by months.

III キスの形態と生態

1) 形態

日本に分布するキス科魚類 Sillaginidae は、松原¹⁵⁾によれば3種、富山、阿部¹⁶⁾によれば2種とされている。筆者が瀬戸内海で採集し、本研究に用いた標本は、富山、阿部によるシロギス *Sillago japonica* TEMMINCK et SCHLEGEL とよく類似している。しかし *Sillago japonica* と *Sillago sihama* の区別については、種々の疑問点があると思われるので、学名は従来使用されているとおり *Sillago sihama* (FORSKÅL) とし、採集した標本について種々の計測を行なった。なお瀬戸内海で採集したキスの成魚の写真を Fig. 8 に示す。

a) 頬と両眼間の鱗

JORDAN, D. S. & J. O. SNYDER¹⁷⁾ はキス *Sillago sihama* の頬の鱗は円鱗であるとし、これに従って松原¹⁵⁾は、頬と両眼間の鱗は円鱗であると記載している。しかし瀬戸内海で採集したキスの頬と両眼間に

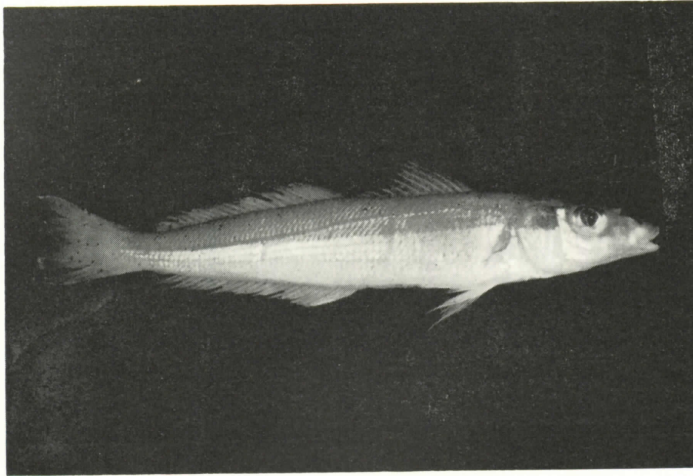


Fig. 8. Photograph of *Sillago sihama* captured in the Seto Inland Sea.

は円鱗と楕鱗が混在している。そこで体長 12cm 以上の個体61尾について、それぞれの個体の頬と両眼間から各5枚以上の鱗を採取し、検鏡して円鱗数を調べた。その結果、採取した鱗がすべて円鱗であった個体はなく、すべて楕鱗であった個体が7尾で、残りの54尾には円鱗と楕鱗が混在していた。そして61尾から採取した頬と両眼間の鱗それぞれについての円鱗と楕鱗の比率は、両部位とも1:10で、楕鱗の占める率が極めて大きいことがわかった。このように同一種と考えられるキスの頬と両眼間の鱗に、円鱗と楕鱗が混在することは、*Sillago sihama*, *Sillago japonica* 両種の分類上、頬と両眼間の鱗を根拠とすることに若干疑問があるように考える。

b) 体節の形質および魚体各部の長さの比

側線鱗数、背鰭、臀鰭、胸鰭それぞれの鰭条数、および鰓耙数の計数を行ない、その結果を Table 2 に示す。側線鱗数は73の個体が41%、72の個体が39%を占めて、70, 75の個体は極めて少ない。また側線上方の鱗数は3½である。

Table 2. Mode and range of the number of scales, fin-rays and gill-rakers in *Sillago sihama*.

	Number of scales in lateral line	Number of fin-rays				Number of gill-rakers on first gill-arch
		1st dorsal	2nd dorsal	Anal	Pectoral	
Number of specimens	221	200	200	200	111	200
Mode	73	XI	I, 22	II, 23	16	5+9
Range	70~75	X~XII	I, 20~I, 23	II, 21~II, 24	15~17	4+8~5+10

体部比を求めるについては、体長 14~15cm のキス10尾について、各部位の長さをキャリパーによって mm の単位で測定した。そして個体別にそれぞれの比を求め、10尾の平均値を算出して Table 3 に示す。

c) 全長と体長、尾又長と体長、体長と体重との関係

体長は吻端から脊椎骨の末端までの長さを用い、全長 (T cm) と体長 (L cm) との関係を図. 9 に、尾又長 (F cm) と体長との関係を図. 10 に、また体長と体重 (W g) との関係を図. 11 に示す。そして最小自乗法によって求めたそれぞれの関係式は次の通りである。

Table 3. Mean values of various body proportions of *Sillago sihama*.

Body proportions in the adult	Means
Standard length/head length	3.73
Standard length/maximum depth	5.20
Standard length/pre-1st dorsal length	2.98
Standard length/pre-2nd dorsal length	1.77
Standard length/pre-anal length	1.86
Standard length/maximum pectoral fin length	6.49
Standard length/maximum ventral fin length	6.71
Standard length/maximum caudal fin length	5.23
Head length/eye diameter	5.33
Head length/snout length	2.45
Head length/inter-orbital distance	5.29
Head length/caudal peduncle depth	3.62

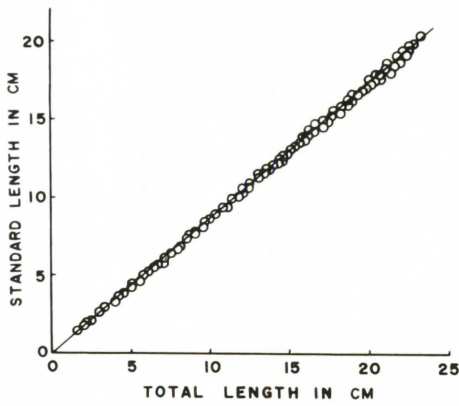


Fig. 9. Relationship between total length and standard length in *Sillago sihama*.

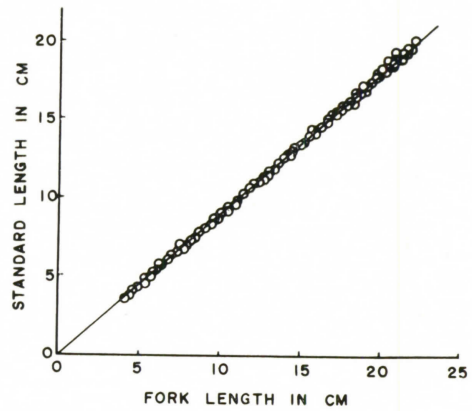


Fig. 10. Relationship between fork length and standard length in *Sillago sihama*.

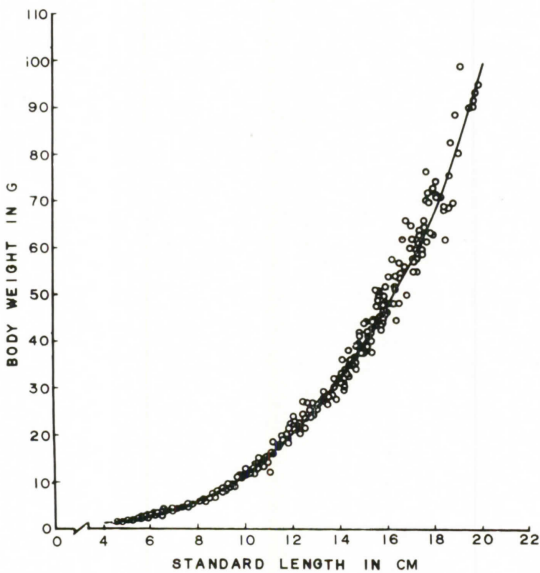


Fig. 11. Length-weight relationship in *Sillago sihama*.

$$L = 0.86T + 0.07 \quad \dots\dots(1.1)$$

$$L = 0.91F - 1.71 \quad \dots\dots(1.2)$$

$$W = 9.69 \times 10^{-3} L^{3.079} \quad \dots\dots(1.3)$$

2) 年齢と成長

キスの年齢と成長に関しては、三尾⁴⁾が北九州海域産のキスについて、耳石を年齢形質として研究を行なった結果を報告しているが、筆者は取扱いおよび測定が比較的簡単な鱗を年齢形質として、瀬戸内海のキスの成長を明らかにした。

a) 年齢査定

キスの鱗は楕円形で、鱗の隆起線形成の中心部から被鱗部周辺へ向う数本の放射溝および隆起線がはっきりと認められ、鱗相はかなり明瞭である。すなわち隆起線は、成長帯では互いにほぼ平行に、かなり規則的に配列しているが、休止帯では前部においてやや乱れて疎であり、両側部においては乱れて流れるか、あるいは断ち切られるようになっている。このような休止帯の外辺を標示と定め、Fig. 12 に示すように、隆起線形成の中心部から被鱗部縁辺にたてた垂線を測定軸として、中心部から鱗辺までの距離を鱗径、それぞれの標示までの距離を標示径と規定した。鱗径および標示径は、検鱗機によって透過光で20倍に拡大し、測定した。

体長 19.8 cm で、鱗に 4 標示をもつ個体の各部位から鱗を採取し、得られた鱗径と標示径との関係を Fig. 13 に示す。図のように各点は 4 本の回帰線上に分布して、標示の相似性が認められる。

鱗は魚体の部位によって標示形成率が異なるので、Fig. 14 に示す各部位の左右両側から各々10枚、計140枚の網を採取して、標示形成率を調べた結果を Table 4 に示す。キスには再生鱗がかなり多い個体もいるが、正常な鱗では標示形成率が高い。このような結果から、年齢形質としての鱗は、すべて Fig. 14 のD部位から採取したものをを用いた。

鱗径は体長によって異なるが、同一体長のキスでも鱗径に個体差があるから、標示径も鱗径に応じた分散があると考えられる。このような分散を排除するために、体長と鱗径との関係から鱗径を標準化して標示径を補正する必要がある。そこで体長と鱗径との関係を求めるために、306尾について Fig. 14 のD部位から1尾につき約20枚の鱗を採取し、再生鱗を除いて、隆起線形成の中心部の明瞭な鱗について鱗径を測定した。そして各個体について算出した鱗径の平均値 (\bar{R} cm) と体長との関係を Fig. 15 に示す。図において体長が 7~18 cm のキスについては、体長と鱗径との間にほぼ直線関係があると認められるので、両者の関係式を最小自乗法によって求めた。すなわち

$$\bar{R} = 0.0248L - 0.0237 \quad \dots\dots(2\cdot1)$$

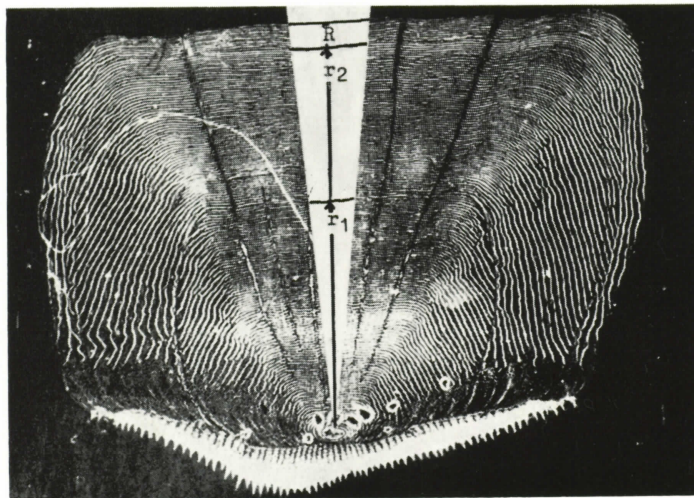


Fig. 12. A scale taken from body portion D (between the pectoral fin and the lateral line) of a 2-year-old male of *Sillago sihama* ($\times 20$). R, scale radius; r_1 and r_2 , annulus radii.

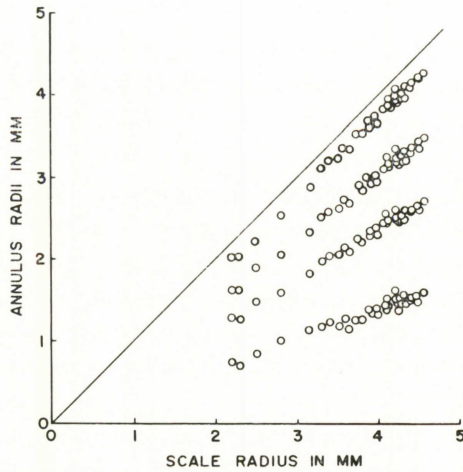


Fig. 13. Relationship between scale radius and annulus radii in the scales taken from various body portions of a 4-year-old male of *Sillago sihama*.

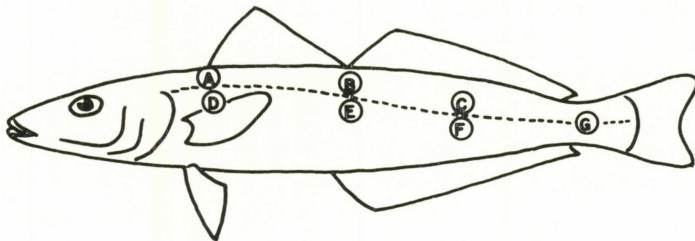


Fig. 14. Body portions from which scales were taken.

Table 4. Numbers of normal and regenerated scales among the 20 scales taken from each body portion shown in fig. 14.

Body portion	A	B	C	D	E	F	G
Number of normal scales	11	6	7	14	3	8	9
Number of regenerated scales	9	14	13	6	12	12	11
Proportion of normal scales	0.55	0.30	0.35	0.70	0.40	0.40	0.45

つぎに標示の形成過程を検討するに当っては、標本をなるべく無作為に取出すために、各種の漁具漁法で漁獲されたキスを試料とした。このような周年にわたる試料について、鱗径および標示径を測定し、それらの値を(2・1)式によって標準化して得た標示径の平均値を標示群別に Table 5 に示す、このようにして求めた標準標示径について、その形成過程を吟味するために WALFORD の定差図を Fig. 16 に示す、図のとおり各点は一直線上にあり、その回帰直線は次式で表わすことができる。

$$\bar{r}_{n+1} = 0.705 \bar{r}_n + 1.50 \quad \dots\dots\dots(2\cdot2)$$

従って標示は等しい周期で形成されていることがわかる。

つぎに標示形成の時期を推定するために、鱗の辺端成長率¹⁹⁾ $[(R-r_n)/(r_n-r_{n-1})]$ を 2 標示群および 3 標示群の 943 尾について月別に求め、その結果を Fig. 17 に示すが、この図の 5~7 月の辺端成長率は、既に標示が形成されているとみられる個体について求めた平均値である。前述したように、鱗の成

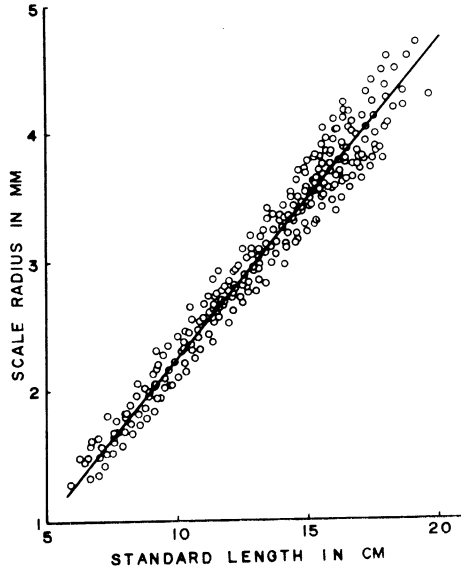


Fig. 15. Relationship between standard length and scale radius in *Sillago sihama*.

Table 5. Standard annulus radii in each age group of *Sillago sihama*.

Age group	Number of specimens	Mean of standard annulus radii in mm			
		\bar{r}_1	\bar{r}_2	\bar{r}_3	\bar{r}_4
1	410	1.70	—	—	—
2	1,206	1.64	2.73	—	—
3	622	1.73	2.68	3.47	—
4	12	1.71	2.62	3.43	3.94
Range of standard annulus radii		1.0~2.4	1.9~3.3	2.7~4.1	3.4~4.7
Mean of standard annulus radii		1.70	2.70	3.46	3.94
Total number of specimens		984	1,431	642	12

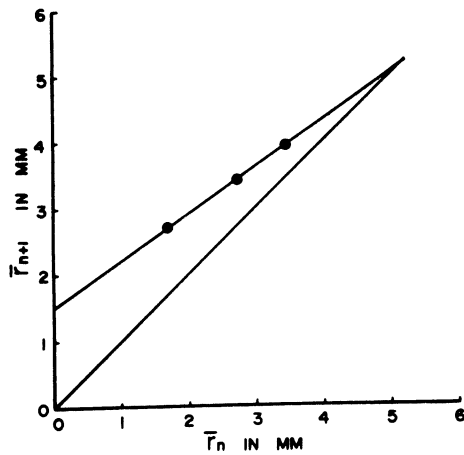


Fig. 16. WALFORD's growth transformation of standard annulus radius in *Sillago sihama*.

長は(2・2)式で示されるような一定の成長法則に従い、標示形成の直前には辺端成長率は0.705となる。しかし標示形成の直後においては標示の確認が困難であるため、実際に得られた辺端成長率は理論値より小さい値となっている。さらに標示形成期を詳細に検討するために、5月に109尾、6月に255尾、そして7月には136尾の試料から標示形成期における辺端成長率を求め、その頻度分布を Fig. 18 に示す。図において、各月とも標示形成前の個体と標示形成後の個体はかなり明瞭に区別され、標示形成

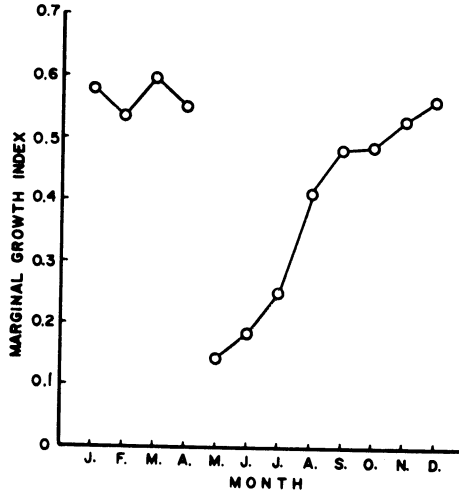


Fig. 17. Monthly change in marginal growth index, $(R - r_n)/(r_n - r_{n-1})$.

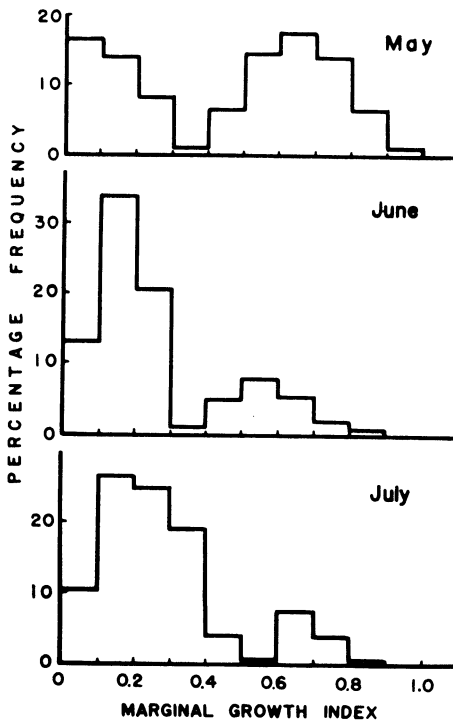


Fig. 18. Frequency distributions of marginal growth index in May, June and July.

率は5月が35%、6月が49%、7月は7%であって、標示は6月を中心に形成されている。

b) 成長

鱗による年齢査定に基づいてキスの成長を検討し、年齢別の標準体長を求める。先に鱗の標示形成の周期性を WOLFORD の定差図 (Fig. 16) で求めた結果から、理論的極限を示す鱗の標準標示径が得られるが、その値からキスの極限体長は 21.4 cm となる。本研究中において筆者が瀬戸内海で採集した最大のキスは5年魚で、その体長は 20.7 cm であった。

さて標示形成時の体長は次式で示すことができる。

$$L_{n+1} = 0.705 L_n + 6.4 \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

そしてキスの年間における成長率の月別変化は、鱗の辺端成長率 (Fig. 17) を追跡することにより求得るので、その値を百分率で Fig. 19 に示す。後述するようにキスの産卵期は6~8月であるが、前述の標示形成期の体長、各月の成長率、および産卵期の関係から、年齢別の体長および(1.3)式によって体長から換算される体重を Fig. 20 に示す。図の体長は各年齢別の体長の代表値であるから、その分散を求めるために、Table 5 の資料の各標示群について標準標示径を 0.1 mm ごとに階層分けし、その頻度を求めて Fig. 21 に示す。この図の横軸に示す体長は相対する標準標示径より換算された値であ

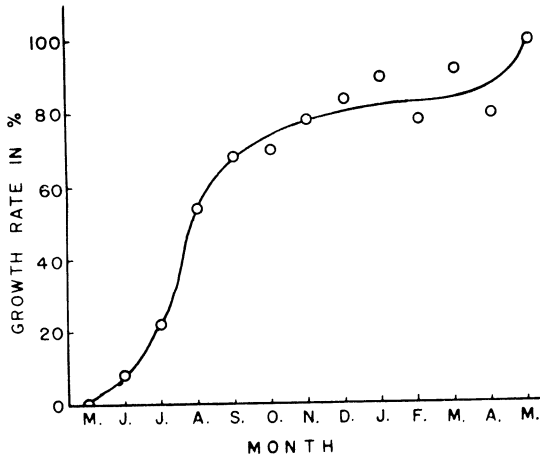


Fig. 19. Monthly change in growth rate of *Sillago sihama*.

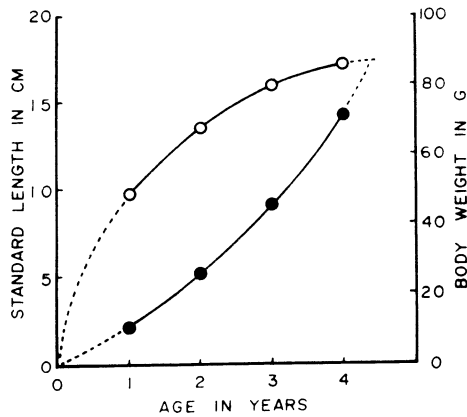


Fig. 20. Growth curves of standard length (open circle) and body weight (solid circle) in *Sillago sihama*.

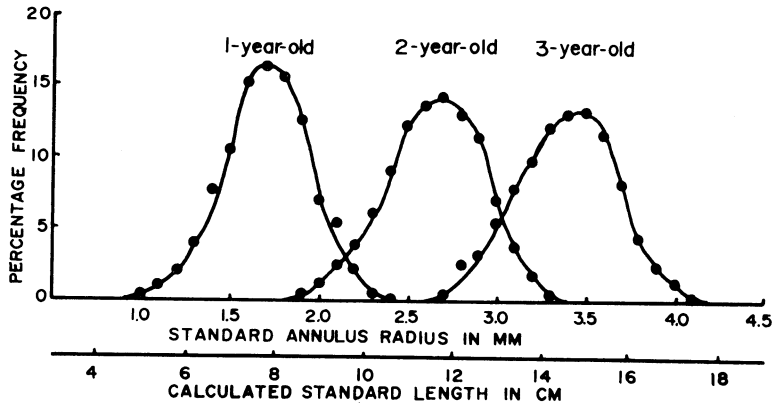


Fig. 21. Frequency distributions of standard annulus radius and calculated standard length in each age group of *Sillago sihama* at the time of the annulus formation.

るから、標示径の分布曲線は標示形成期の体長組成と考えてよい。体長分布は正規分布であるとして、Fig. 21 に示した分布の標準偏差を求めると、1 標示群で ± 1.5 cm, 2 標示群で ± 1.6 cm, 3 標示群で ± 1.6 cm となる。

ついで PÜTTER-VON BERTALANFFY²⁰⁾ の成長式を求めると、次式のようになる。

$$L_t = 21.4(1 - e^{-0.369t - 0.232}) \quad \dots\dots(2.4)$$

そして増重法則は次式で表わされる。

$$W_t = 115(1 - e^{-0.369t - 0.232})^3 \quad \dots\dots(2.5)$$

この式から最大増重量を示すのは孵化後 2.35 年であり、その時の体長は 14.3 cm, そして体重は 34 g である。

以上に述べた瀬戸内海のキスの成長と三尾⁴⁾ によって明らかにされた北九州海域のキスの成長を体長と比較すると、1 年級群は瀬戸内海のキスがより大きい、2 年級群はほぼ等しく、3 年級群以上および極限体長については北九州海域のキスがより大きい結果となる。一般に瀬戸内海におけるキスの漁獲対象主群の体長は、北九州海域のそれよりも小さく、採集されたキスの最高年齢は瀬戸内海で 5 年、北九州海域では 8 年である。このように両海域に生息するキスについては、成長と年齢に関して差異が認められるが、これは瀬戸内海と北九州海域とにおける漁獲強度の差に起因するのか、あるいは環境の違い等によるのか明らかでないので、種族、回遊等の問題を含めてさらに検討を要する。

3) 成熟と産卵

魚類の再生産に関しては、成長生態と共に増殖生態を明らかにする必要がある、キスの成熟と産卵について明らかにする。

a) 性化

魚の性比は多くの場合 1:1 であるが、その値は年齢や魚群、また漁獲の時期、方法、場所等によって変ることがある。

瀬戸内海で 1965~'67 年に底流網、小型底曳網、吾智網、罾網および一本釣によって漁獲された 5,733 尾のキスについての性比を Table 6 に示す。表の 5~9 月の試料は底流網漁場で採捕されたキスであって、産卵期の 6~8 月には雌が多く、その他の時期は雄が多い傾向を示す。しかし全体では雌 2,941 尾に対し雄が 2,792 尾で、性比は 0.95 となる。そこで性比の検定に吉原²¹⁾ の式 $\left[\frac{\{ \frac{\varphi(2792) - \delta(2941)}{2} \}^2}{\varphi + \delta(5733)} \right]^2 = 5550.25 < \varphi + \delta(5733)$ を適用すると、 $5550.25 < 5733$ となるから性比は 1:1 と考えられる。

Table 6. Monthly change of sex ratio in *Sillago sihama*.

Month	Number of individuals			Sex ratio
	Female	Male	Total	
Jan.	64	65	129	1.02
Feb.	59	79	138	1.34
Mar.	40	58	98	1.45
Apr.	73	98	171	1.34
May	251	315	566	1.26
June	762	630	1392	0.83
July	778	630	1408	0.81
Aug.	476	436	912	0.92
Sept.	198	193	391	0.97
Oct.	116	123	239	1.06
Nov.	31	47	78	1.52
Dec.	93	118	211	1.27
Total	2941	2792	5733	0.95

b) 生殖腺の形状

キスでは体長約 8cm 以下の未成魚の生殖腺は未発達であって、肉眼的には雌雄の区別がかなり困難である。成魚の生殖腺は産卵期以外は比較的小さいが、成熟すると肥大して卵巣は桃色の半透明となり、精巣は乳白色となって雌雄の区別は簡単にできる。

左右の生殖腺重量を比較するために、1966年5、6月に採集した未産卵とみられるキス250尾（雌143尾、雄107尾）について、雌雄別にその不相称性を検討した。試料250尾のうち左右両側の生殖腺重量が等しい個体は雌が1尾、雄が5尾で、残る244尾は何れも左右の重量が異なっていた。そこで不相称指数²²⁾ $\left(\alpha = \frac{R-L}{R+L}\right)$ を算出し、その頻度分布を Fig. 22 に示す。このような分布様式から、多くの魚類にみられる現象とは反対に、キスは雌雄ともに右側の生殖腺が左側のそれよりも大きいといえる。

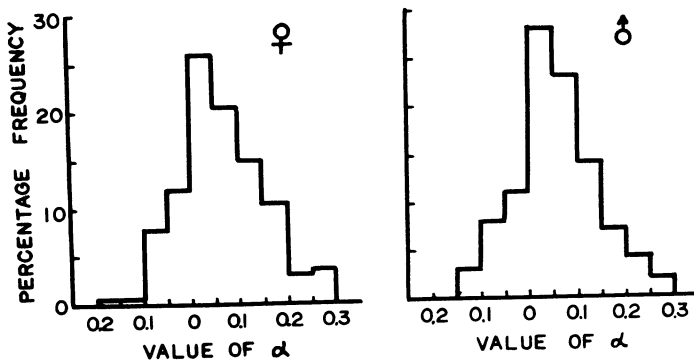


Fig. 22. Frequency distributions of α , index of bilateral asymmetry of gonad, in the two sexes of *Sillago sihama*.

c) 卵巣の成熟過程および産卵期

キスは産卵期が近づくと、雌雄ともに生殖腺が急速に成熟する。周年にわたる生殖腺の成熟過程を知るために、1965~'67年の各月に採集した成魚の雌1,977尾、雄1,357尾および6~9月に採集した未成

魚（1年魚）の雌208尾，雄260尾について生殖腺重量を測定した。その結果から生殖腺指数²³⁾ ($G.I. = G.W. \times 10^4 / L^3$) を求め、成魚と未成魚について雌雄別にそれぞれの月別変化を Fig. 23 に示す。生殖腺指数は雌雄ともに5～7月に急速に増大し、9月には急激に減少することから、産卵期は6～8月であるといえるが、このことは後述 (Fig. 25) する卵巣卵の成熟過程の観察結果からも認められる。

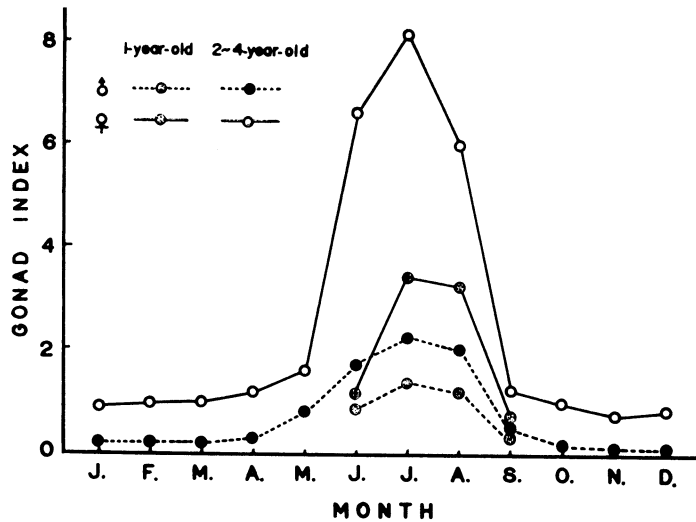


Fig. 23. Monthly changes of the gonad index in *Sillago sihama*: by sexes and age groups.

生物学的最小形を求めるために、1966～'67年に採集したキスについて産卵期における卵巣卵の成熟状態を詳細に調べた結果、2年魚以上のキスはすべて成熟しており、産卵に参与することがわかった。しかし1年魚の雌については、成熟卵をもつ個体は98尾のうち僅か8尾であったから、産卵に大きく参与するのは2年魚以上と考えてよからう。

成熟過程にある卵巣について、各部位の卵の成熟状態と卵径組成を明らかにするために、1967年5～9月に六島周辺水域で採集した標本の卵径を測定した。すなわちホルマリン10%液で固定された卵巣の一定部位から約100mgの卵団を採取して、水中でよくほぐし、顕微鏡下でメカニカルステージならびに接眼マイクロメーターを用いて、1/60mmの単位で0.2mm以上の卵径を讀取った。

まず卵径組成を左右間および部位間について比較するために、成熟卵巣の左右両側の一定部位から採取した卵団の卵径組成を Fig. 24 に示す。得られた結果について χ^2 検定を行なうと、左右間および部位間の卵径組成に有意の差は認められない。すなわち卵巣卵の卵径組成には部位による差がない。

このような結果から、Table 7 の未熟から放卵までの5個体について、ある部位の卵巣卵の卵径組成を求め、模式的に Fig. 25 に示す。図によれば、卵巣の分離卵団の卵径組成は未熟卵では単峰型であるが、成熟が進むに従って2峰型となり、放卵後は再び単峰型となる。卵の成熟が進むと、卵巣卵は油球をもつ透明な完熟卵と不透明な未熟卵に分かれ、完熟卵の卵径は0.55～0.75mm、未熟卵の卵径は0.50mm以下で、両者は明確に分離される。このように完熟卵巣の分離卵団が2峰型であることは、産卵は1回で終るのではなく、何回かに分けて行なわれることを示唆しているように思われる。卵巣から流出した直後の完熟卵は完全な球形であり、卵径は0.61～0.71mm、卵径組成のモードは0.65mmにある。

d) 卵巣内卵数

産卵期中の1967年7月5日の採集標本について、体長と成熟卵巣重量との関係を Fig. 26 に示す。図のように1つの標本における同一体長のキスでも、卵巣重量にはかなり大きな差異がみられる。

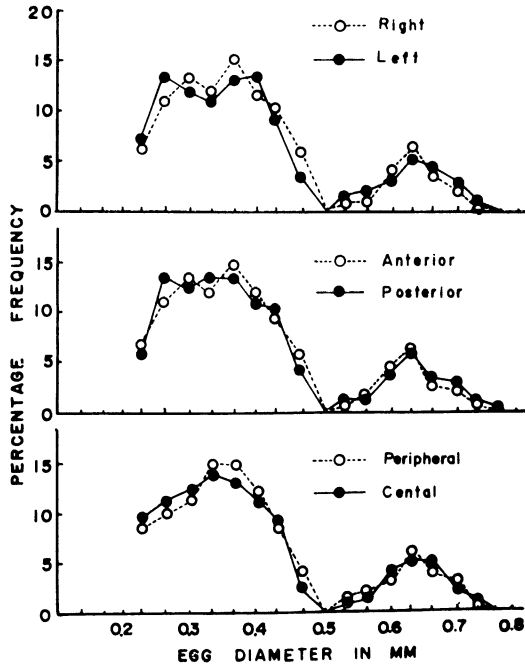


Fig. 24. Frequency distributions of egg diameter in the mature ovary of a single *Sillago sihama*. Top, right and left ovaries. Middle and bottom, different portions of the right ovary.

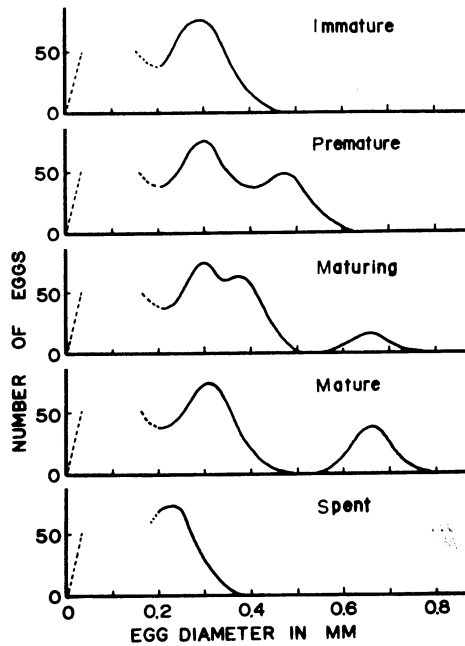
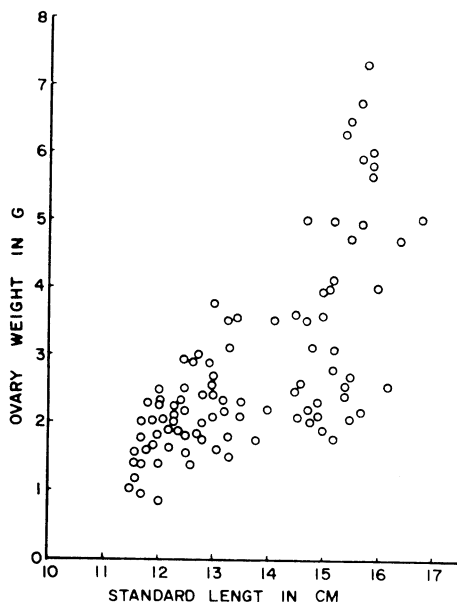
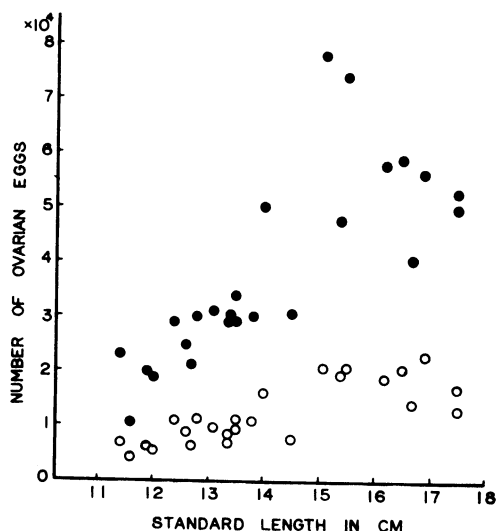


Fig. 25. Frequency distributions of the diameter of ovarian eggs in five ovaries of different developmental stages in *Sillago sihama*.

Table 7. Some records concerning the specimens represented in fig. 25.

Date	Standard length	Body weight	Ovary weight	Gonad index	Stage of maturity
May 29, 1967	138 mm	34.0 g	806 mg	3.07	immature
June 30, 1967	169	53.7	2,921	6.05	premature
July 26, 1967	147	36.9	2,170	6.83	maturing
Aug. 25, 1967	173	62.2	4,720	9.12	mature
Sept. 5, 1967	133	30.1	885	2.94	spent

前述したようにキスの産卵は1回の放卵では終わらないようであるから、卵巣内卵数の計数試料として未産卵の完熟個体を求めることはかなり困難であるが、Table 7と Fig. 25 から得られた知見をもとに、1967年7月17日に採集した完熟卵巣をもつ個体について、重量法²⁴⁾により卵径 0.2mm 以上の分離卵団の卵巣内卵数を計数した。この結果から体長と卵巣内卵数の関係を Fig. 27 に黒丸で示す。実際の産卵数を直接知ることは極めて困難であるから、卵巣卵の中の完熟卵数をもって1回の産卵数とし、体長との関係を同じく Fig. 27 に白丸で示す。図における卵巣内卵数は完熟卵数を含む卵数であるから、1回の産卵数は卵巣内卵数の約1/3となる。このようにキスは多回産卵魚であり、その全産卵数は1年魚の成熟個体で1~2万、2年魚で2~3万、3年魚で3~5万、そして4年魚では5~8万と推定される。

Fig. 26. Relationship between standard length and ovary weight in *Sillago sihama* captured on July 5, 1967.Fig. 27. Relationship between standard length and number of ovarian eggs in *Sillago sihama*. Open circle, mature egg; solid circle, immature egg.

4) 食性

本章ではキスの食性と摂餌活動の季節変化を明らかにし、摂餌生態と底流網の漁期ならびに摂餌場と漁場との関連性について検討する。さらに成魚と未成魚は底流網漁場への来遊時期を異にすると考えら

れるから、両者の胃内容物を比較し、食性の面からもこの点を検討する。

試料は消化管が完全な形で採取されたものを用いたが、底流網の対象である成魚の試料数はほぼ周年にわたって採集された2,600尾であり、未成魚は5～9月に採集されたもの557尾である。各個体について体長、体重および胃内容物重量を測定し、さらに胃内容物の種類を同定した。

a) 餌生物の種類

キスの胃内容物を調査した結果、その餌生物はつぎのような種類のものであることが明らかになった。

硬骨魚類	Osteichthyes
蛇尾類	Ophiuroidea
甲殻類	Crustacea
口脚類	Stomatopoda
短尾類	Brachyura
異尾類	Anomura
長尾類	Macrura
端脚類	Amphipoda
等脚類	Isopoda
頭足類	Cephalopoda
八腕類	Octopoda
十腕類	Decapoda
二枚貝類	Bivalvia
腹足類	Gastropoda
キセワタガイ	<i>Philine argentata</i> GOULD
多毛類	Polychaeta
星虫類	Sipunculoidea

しかし異内容物の種類を同定するに際して、胃中で消化がかなり進んだ餌生物も観察され、種類の同定ができないものは除外した。

b) 摂餌活動の季節変化

摂餌状態を数量化するについては、一般に体長もしくは体重の関数である摂餌量指数が求められるが、体重の増加に伴って胃内容物重量の上限も増加する。そこで、まずキスについて両者の関係を明らかにするために、天然において飽食に近いキスの体重と胃内容物重量との関係を Fig. 28 に示す。図から胃内容物重量の増加率は体重の増加に伴って次第に減少するが、この点に関しては安田²³⁾ および横田²⁶⁾ も同様の結果を報告している。そこで摂餌量指数によって摂餌状態の季節変化を明らかにするためには、一定の体重をもつ試料から求めた指数を比較することが必要となる。しかし本研究においては、試料の関係から Fig. 28 に示した体重に対する各点の上限を結んで得られた曲線の示す値を、各体重に対する胃内容物重量の上限値とし、次式によって摂餌量指数を求めた。

$$\text{摂餌量指数} = \frac{\text{胃内容物重量}}{\text{体重に対する胃内容物重量の上限値}} \times 10^2 \quad \dots\dots (3.1)$$

そこで求められた摂餌量指数が体長に無関係であるか否かを検討するために、摂餌活動が最も活発な6、7月の試料によって、体長と体長区分ごとの摂餌量指数の平均値との関係を Fig. 29 に示す。図において各体長区分の摂餌量指数の平均値はほぼ30～40%で、 χ^2 検定によってその均一性を調べると有意の差は認められない。すなわち摂餌状態は(3.1)式で算出される摂餌量指数によって、体長に無関係に数量化できる。

摂餌活動の月別変化は(3.1)式の摂餌量指数と空胃率でみることができるから、前者を黒丸で後者を白丸で示した Fig. 30 によると、摂餌量指数と空胃率との間には負の相関が認められる。さらに両

者の値によって摂餌活動の季節別変化を検討すると、冬期においては摂餌量指数が極めて小さく、空胃率はかなり大きい値を示しているので摂餌活動は極めて低下していると考えられる。春期および夏期においては、冬期とは逆に摂餌量指数はかなり大きく、空胃率は小さい値を示すので摂餌活動は活発であるといえる。一方この期間はキスの成長期であるから、活発に摂餌していると考えられることもできる。摂餌活動は産卵の終る9月以降次第に低下するが、キスは9月末頃より腹腔内に脂肪を蓄積する。

つぎに成魚の胃内容物の種類別出現頻度について、摂餌期（4～9月）と越冬期（10～3月）とを比較するために、ある餌生物の胃内出現頻度として、餌生物の種類別胃内出現回数の合計値に対するある餌生物の胃内出現回数の百分率を両期について求め、その結果を Fig. 31 に示す。図のように両期の胃内容物組成に顕著な差異は認められないが、餌生物の種類数のみについていえば、摂餌期は14種類であり、

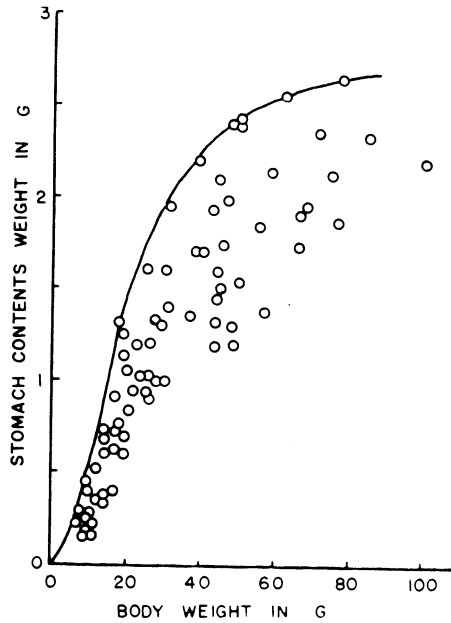


Fig. 28. Relationship between body weight and the maximum weight of stomach contents in *Sillago sihama*.

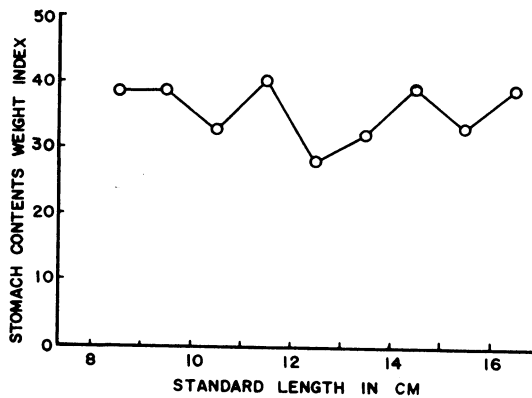


Fig. 29. Relationship between standard length and stomach contents weight index in *Sillago sihama* captured in June and July, 1967.

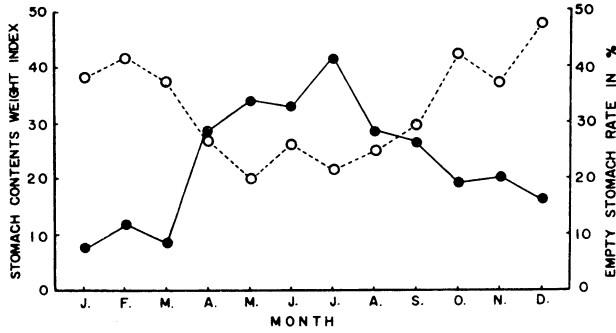


Fig. 30. Monthly changes of the stomach contents weight index (solid circle) and the percentage occurrence of empty stomach (open circle) in *Sillago sihama*.

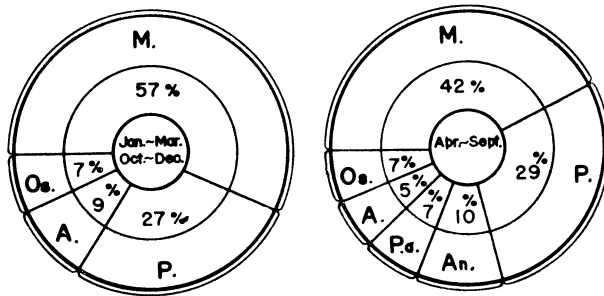


Fig. 31. Relative importance of various food components in the diet of *Sillago sihama* in active feeding season (Apr.~Sept.) and in other feeding season (Jan.~Mar., Oct.~Dec.). P, Polychaeta; M, Macrura; A, Amphipoda; An, Anomura; P. a., *Philine argenteata*; Os, Others.

越冬期は10種類である。また1種類の餌生物を食っていた個体数の摂餌個体数に対する百分率は、摂餌期が84%で越冬期が94%、2種類の餌生物を食っていた個体数については、摂餌期が15%で越冬期が6%、3種類のそれは摂餌期が1%であった。このようにキスは、越冬期よりも摂餌期において、多種類の餌生物を捕食しているといえる。

c) 成魚と未成魚における胃内容物組成の比較

キスの胃内容物についてみると、1種類の餌生物を捕食している個体が極めて多く、胃内容物が認められた個体の87%を占めていた。そこでキスが先に述べた餌生物を捕食する比率を成魚と未成魚とについて比較するために、餌生物が胃内容物として出現する頻度を求めて Fig. 32 に示す。成魚によって多く捕食される種類はエビ類と多毛類であり、前者は46%、後者は28%を占める。未成魚については、成魚で僅か6%である端脚類が46%で最も多く、多毛類は成魚とほぼ等しく26%、エビ類は比較的少なく14%を占める。このように成魚と未成魚との間には、胃内容物組成に大きな差異が認められるので、キスの基本的な餌生物であるエビ類、多毛類および端脚類の月別胃内出現頻度を成魚と未成魚について Fig. 33 に示す。成魚については、エビ類は3、9月を除いて年の前半に少なく、後半に多い。多毛類は20~40%で変動するが、端脚類は年の前半に多く、後半に少ない傾向を示す。未成魚については、5~7月は端脚類、多毛類、エビ類の順で、それぞれ50~60%、20~30%、10%と大きな変動はない。しかし端脚類の比率は8月になると急激に低下し、9月には僅か17%となる。これに反して多毛類およびエビ類の比率は、8月から上昇し、9月にはそれぞれ37%、32%を占める。このような未成魚における餌生物の胃内出現頻度の推移と成魚のそれを比較すると、5~7月においては両者は全く異なった様相を

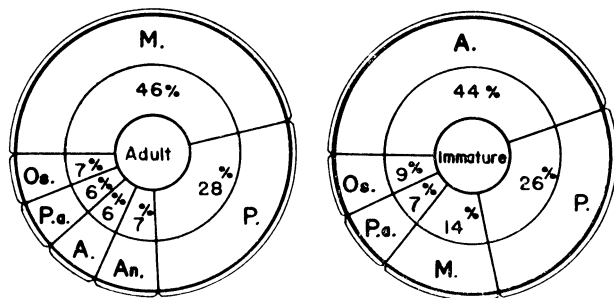


Fig. 32. Relative importance of various food components in the diet of adult and immature of *Sillago sihama*. M, Macrura; P, polychaeta; A, Amphipoda; An, Anomura; P. A., *Philine argentata*; Os, Others.

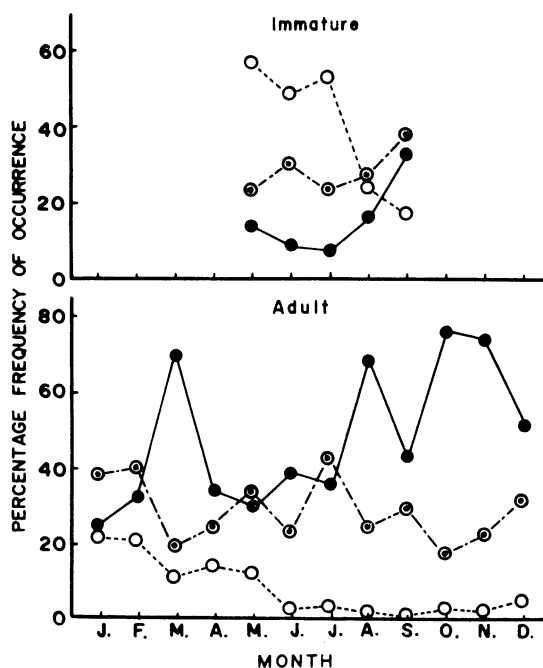


Fig. 33. Monthly changes of dominant food components in the diet of adult and immature *Sillago sihama*. Solid circle, Macrura; double circle, Polychaeta; open circle, Amphipoda.

呈すが、9月になると未成魚における餌生物の胃内出現頻度は、成魚のそれにやや類似してくる。このような未成魚の食性変化は、後述するように未成魚は、小型底曳網漁場においては8月頃より漁獲量が減少し、代って底流網漁場において9月頃より漁獲され始めることから、その生息場の変遷に関連していると思われる。すなわちキスは孵化後約1年を経過すると、生活の場が沿岸近くの泥底水域から沖合の砂泥底水域に移り、最も多く捕食される餌生物は、その時点において端脚類がエビ類に変ると考える。

IV 底流網の漁具特性

1) 漁具の選択性

漁具の選択性は、その漁獲物を取扱うについて明らかにしておかなければならない重要な事項であつて、刺網の目合は魚種と魚獲物の体長に関して選択性をもつ。そこでキス底流網の目合とその漁獲物組成ならびに体長組成との関係を明らかにし、さらに底流網の目合とそれによって漁獲されたキスの体長との関係からキスの網目選択性を求める。

a) 底流網の目合と漁獲物との関係

漁具の選択性を求めるについては、異なる5種の目合からなるキス底流網を用いて、1966, '67年に数回の試験操業を行なった。すなわち瀬戸内海中部の当業者によって使用されている11.2節を中心に、10.0, 10.5, 12.0および13.0節の5種の網地を用い、各目合とも10反、計50反のキス底流網を当業者の網と同様に仕立てた。操業に当っては、各目合について5反ずつの2組に分け、1張りを25反としてFig. 34に示すように各目合の網を1反ずつ順次連結し、2張りの網を余り離れない位置に投網した。漁獲物は目合別に整理し、操業終了後直ちに目合別の漁獲尾数とそれぞれの体長を計測した。なお網目の大きさについては、初回の試験操業後に各網の中央付近の10目の長さを測定して求め、1目の値として3.36 cm, 3.19 cm, 3.00 cm, 2.82 cm および 2.58 cm を得た。

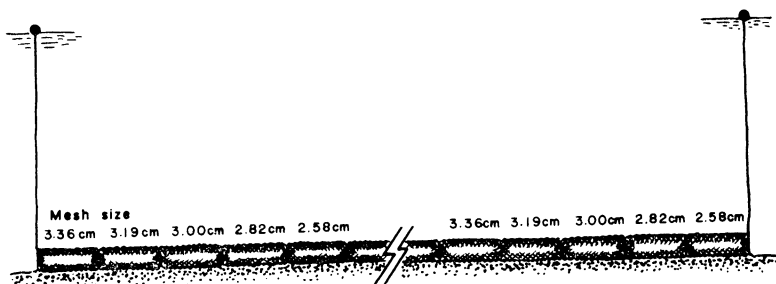


Fig. 34. The arrangement of nets of five different mesh sizes, i. e., 3.36, 3.19, 3.00, 2.82 and 2.58 cm in stretched measure.

試験操業では1967年6月12日に最も多くの漁獲物を得たので、その時の全漁獲物について、目合別種類数ならびに目合別漁獲物の重量比と尾数比を目合 3.00 cm の値を100として Fig. 35 に示す。目合別漁獲物の重量比については、目合 3.19 cm の網が最も多く、目合 2.58 cm の網が最も少ない。また尾数比については、目合 2.82 cm の網が最も多く、目合 3.36 cm の網が最も少ない。そこで漁獲量の多い魚種について、全漁獲尾数に対する目合別漁獲尾数の百分率を Fig. 36 に示す。キス底流網の漁獲物の中では比較的大型であるトカゲエソ、シログチは目合 3.36 cm と 3.19 cm の網に多く、比較的小型であるオキヒイラギ、ヒイラギおよびテンジクダイは、目合 2.82 cm と 2.58 cm の網に多い。また羅網尾数が最も多いキスについては、目合 2.82 cm の網が最大の漁獲率を示す。つぎに目合別漁獲物の魚種組成を尾数比で Fig. 37 に示す。これによるとキスの占める比率は目合 3.00 cm の網が最大で69%を示し、目合 2.82 cm の網がこれに次いで66%を示す。当業者はこの水域では目合 3.0 cm または 2.9 cm の網を使用しているが、以上の結果から判断すれば、このような網目の大きさは当該漁場におけるキスの漁獲に適しているといえる。また後に検討するキスを除いて、網目の大きさと目合別漁獲物の体長組成との関係を Fig. 38 に示す。目合 3.36, 3.19, 3.00 cm の3種の網による漁獲物の体長組成については差異が認められないが、一般的には体長の小さい魚は目合の小さい網により多く羅る傾向がみられる。しかし後述するキスの網目選択性のような鋭い選択性は認められない。それは目合別漁獲物の魚種組成が異なる (Fig. 37) からであつて、それぞれの魚の体型や遊泳生態は、網目選択性と密接に関連していることを示唆している。

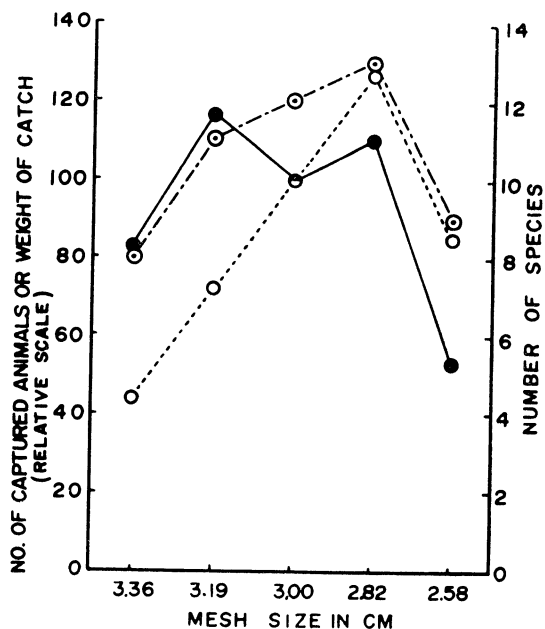


Fig. 35. Comparison among the catches made by the experimental nets of five different mesh sizes. Open circle, relative number of animal individuals captured; solid circle, relative weight of catch; double circle, number of animal species represented in the catch.

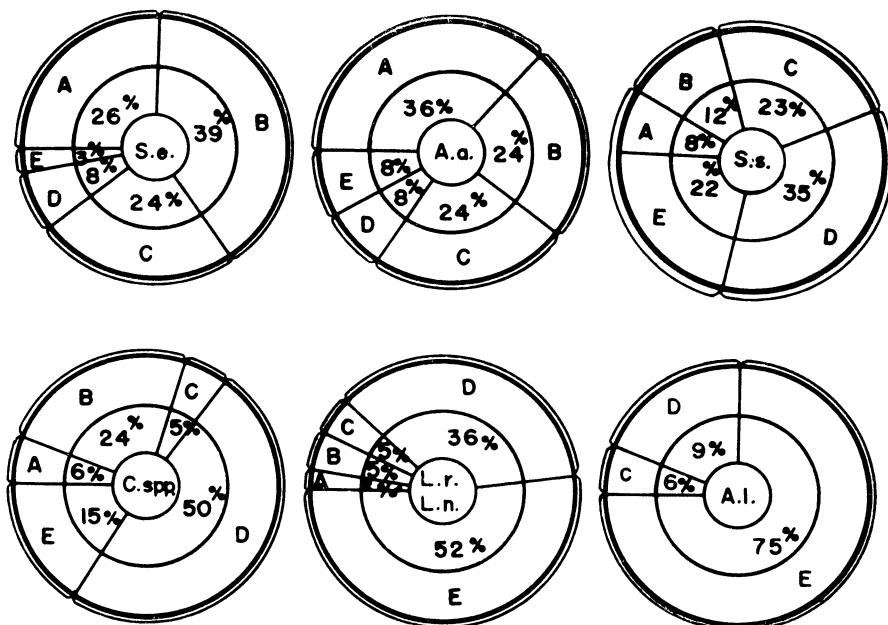


Fig. 36. Contributions of the nets of five different mesh sizes to the catch of the indicated species. (Total catch of each species in the experimental fishing=100%). S. e., *Saurida elongata*; A. a., *Argyrosomus argentatus*; S. s., *Sillago sihama*; L. r., *Leiognathus rivulatus*; L. n., *Leiognathus nuchalis*; A. l., *Apogon lineatus*; C. spp., *Callionymus* spp.; A, 3.36 cm; B, 3.19 cm; C, 3.00 cm; D, 2.82 cm; E, 2.58 cm.

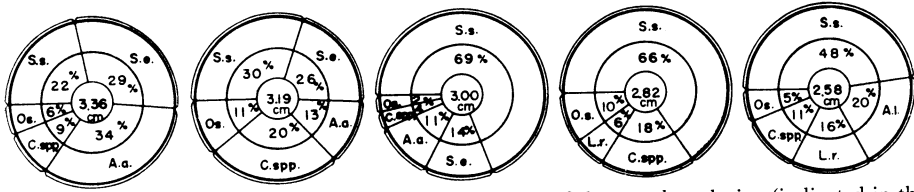


Fig. 37. Species composition of the catch made by the net of the stated mesh size (indicated in the center of each circle) in the experimental fishing. S. s., *Sillago sihama*; S. e., *Saurida elongata*; A. a., *Argyrosomus argentatus*; L. r., *Leiognathus rivulatus*; A. l., *Apogon lineatus*; C. spp., *Callionymus* spp., Os, Others.

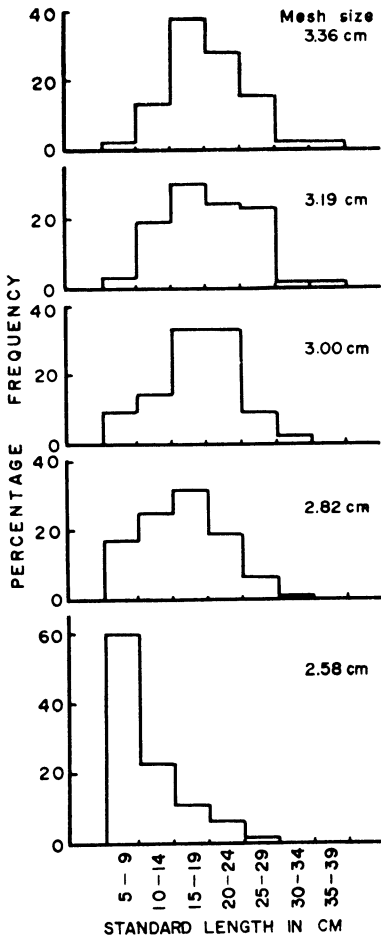


Fig. 38. Length frequency of all the fishes other than *Sillago sihama* captured by the net of the stated mesh size in the experimental fishing.

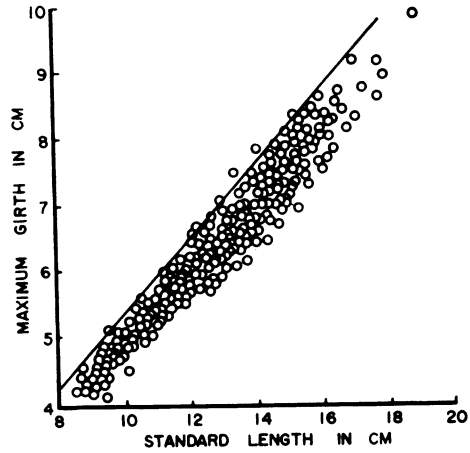


Fig. 39. Relationship between the standard length and the maximum girth in *Sillago sihama*.

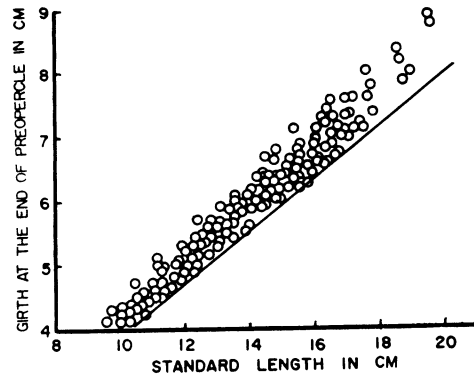


Fig. 40. Relationship between the standard length and the girth at the end of preopercle in *Sillago sihama*.

b) 羅網部位からみたキスの網目選択性

観察結果によると、底流網に刺しているキスの羅網部位は、主として前鰓蓋骨の後端部から最大胴周をもつ第1背鰭の基底前端部付近までの範囲であって、最多羅網部位は鰓蓋骨の後端部付近である。し

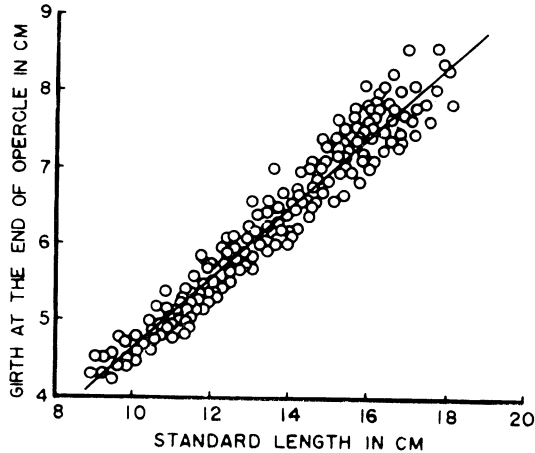


Fig. 41. Relationship between the standard length and the girth at the end of opercle in *Sillago sihama*.

たがってキスの最大胴周は、ある目合に刺すキスの体長の最小限界を、前鰓蓋骨後端部の周はキスの体長の最大限界を規定し、鰓蓋骨後端部の胴周が網目の4脚長に等しいとき漁獲効率は最もよいことになる。そこでキスの体長と最大胴周との関係を Fig. 39 に、体長と前鰓蓋骨後端部の周との関係を Fig. 40 に、また体長と鰓蓋骨後端部の周との関係を Fig. 41 に示すが、それぞれの図に示された直線は次式のようなになる。

$$G_{mu} = 0.55L - 0.8 \quad \dots\dots(4.1)$$

$$G_{pl} = 0.40L - 1.4 \quad \dots\dots(4.2)$$

$$G_o = 0.47L - 1.1 \quad \dots\dots(4.3)$$

ここで G_{mu} は各体長の最大胴周の上限値を、 G_{pl} は各体長の前鰓蓋骨後端部の周の下限値を、また G_o は鰓蓋骨後端部の周を表わす。試験操業によって得られたキスの目合別体長組成 (Table 8) と Fig. 39, 40, 41 から求めた (4.1), (4.2), (4.3) 式との関係をまとめて Fig. 42 に示すが、図において目合 3.36, 3.19, 3.00 および 2.82 cm の網によって漁獲されたキスの体長範囲とその体長組成のモードは、上に述べた観察結果とかなりよく一致する。しかし目合 2.52 cm の網によって漁獲されたキスの体長範囲とその体長組成のモードは、上記4種の網のそれとは若干異なって体長の大きい側に片寄る。このような原因の1つに、調査水域のキスの体長組成は目合 2.52 cm の網が適正とするキスの体長組成よりも大きい側に偏していることが考えられる。しかしこの図から一般に底流網のキス漁獲物については、体長範囲は生物学的には (4.1) 式および (4.2) 式で規定され、体長組成のモードは (4.3) 式で示されることが明らかである。そして底流網で漁獲されるキスの体長範囲は網目の大きさによって異なり、目合の大きい網によるキス漁獲物ほどその体長範囲は大きいといえる。

e) キスの網目選択性曲線

刺網類の網目選択性に関しては、基本的な考え方および求め方が既に報告されており、いくつかの魚種について網目選択性曲線が示されている²⁷⁻²⁷⁾。しかしキスの網目選択性曲線については未だ明らかにされていないので、1967年6月12日の試験操業で得られた資料に北原²⁷⁾の方法を適用して、キスの網目選択性曲線を求める。

すなわち目合 m_i の底流刺網で、魚群密度が d_j である体長 l_j のキスの単位努力当り漁獲尾数 N_{ij} は次式で与えられる。

$$\log N_{ij} = \log S(m_i, l_j) + \log q \cdot d_j \quad \dots\dots(4.4)$$

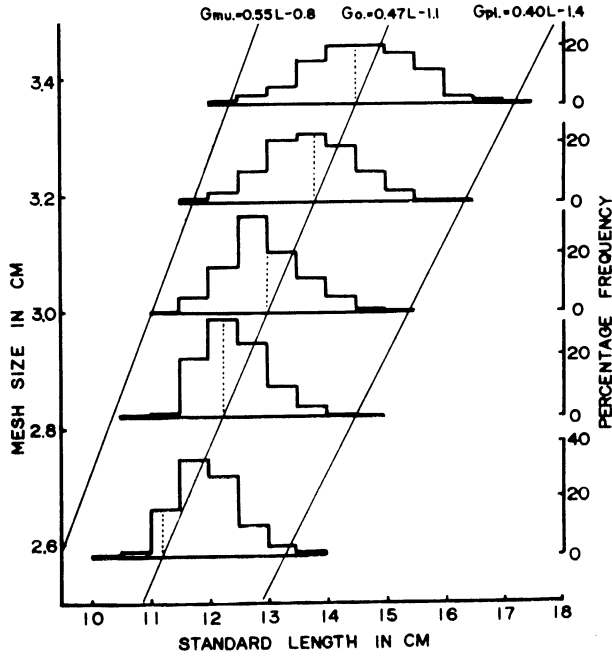


Fig. 42. Length frequency of *Sillago sihama* captured by the nets of different mesh sizes in the experimental fishing. Histograms have been prepared for each mesh size of the net (i. e., 3.36, 3.19, 3.00, 2.82 and 2.58 cm in stretched measure).

しかし S は 1/m の関数であり, q は定数である。

試験操業で漁獲したキスの体長区分ごとの目合別尾数は Table 8 の通りであり, (4.4) 式とこの表から Fig. 43 が得られる。図において, 体長区分ごとの各点は 1 つの曲線上にのっており, しかも各曲線は互いにほぼ平行である。そこで Fig. 44 が得られ, 図の対数を真数に置換えることによって, 求めようとするキスの網目選択性曲線 Fig. 45 が得られる。図から明らかなように, 底流網で最も効率よく採捕できるキスの体長と網目の大きさとの関係は, $1/m = 4.4 \sim 4.5$ であり, その値が 4.16 および 4.75 にな

Table 8. Number of individuals of *Sillago sihama* captured by the experimental bottom drift-nets of five mesh sizes.

Standard length (cm)	Mesh size in stretched measure (cm)				
	3.36	3.19	3.00	2.82	2.58
≤ 10.9				1	3
11.0~11.4			1	3	18
11.5~11.9		1	6	33	35
12.0~12.4	1	2	17	55	29
12.5~12.9	1	6	35	41	11
13.0~13.4	2	12	22	18	4
13.5~13.9	5	13	13	6	2
14.0~14.4	7	11	6	2	
14.5~14.9	7	6	2	1	
15.0~15.4	6	2	1		
15.5 \leq	6	2			

るとその相対的漁獲効率は50%となる。そこで漁場に生息するキスの体長組成を明らかにすれば、この曲線を利用して底流網の適正目合を決定することができる。

2) 網成り

先に述べたようにキス底流網は主として身網、浮子および沈子から成り、潮流によって海底を移動する簡単な漁具であって、その網目に魚体が刺すことによりキスは捕獲される。一般に網成りは漁獲性能

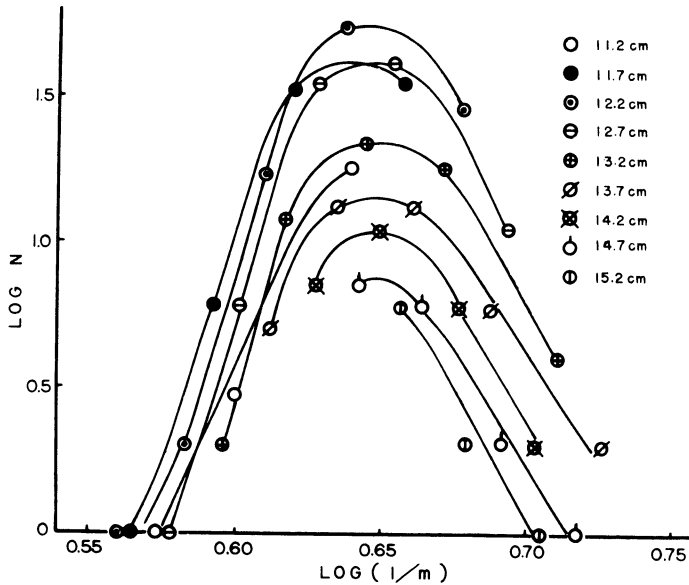


Fig. 43. Relationship between $\log N$ and $\log (l/m)$ for each length class of *Sillago sihama* captured in the experimental fishing. N , number of individuals; l , standard length of the fish. Marks represent different length classes.

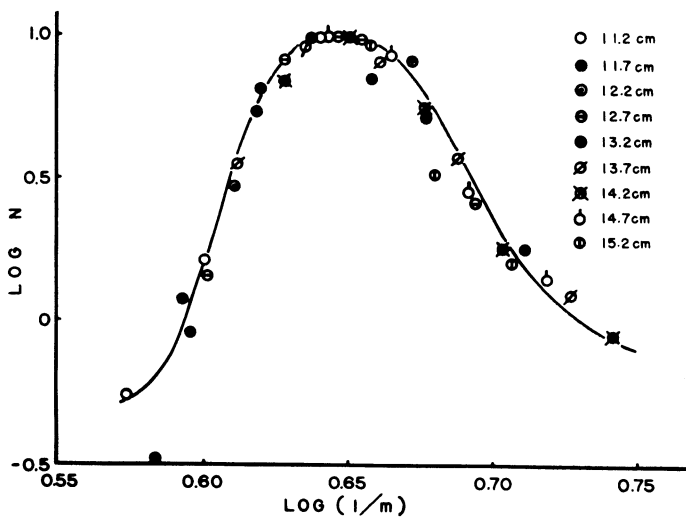


Fig. 44. Master curve for the relation between $\log N$ and $\log (l/m)$. Marks represent different length classes.

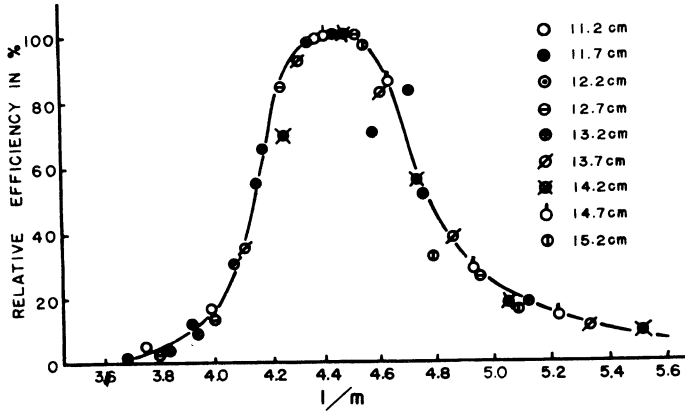


Fig. 45. Selectivity curve plotted as the function of l/m . Marks represent different length classes.

と密接な関係をもつから、底流網の操業中における形状を明らかにすることができれば、漁具の仕立を検討するについての基礎的知見が得られるであろう。そこで本章においては、底流網の網成りを解析する方法を求め。

a) 理論的考察

潮流によって海底を移動する底流網を側面からみた形状を模式的に Fig. 46 に示す。図における v は漁場の流速を、 v' は潮流によって移動する網の速度を、 V は両者の相対速度を表す。さらに網丈を S 、海底からの網の高さを h 、浮子の浮力を C_b 、流れにより浮子に働く力を F_1 、そしてこの力の方向と流向とのなす角を θ_1 、沈子の水中重量を W 、流れにより沈子に働く力を F_2 、この力の方向と海底とのなす角を θ_2 とする。網地については、網糸の直径を D 、脚の長さを L 、2脚のなす角を 2φ とする。

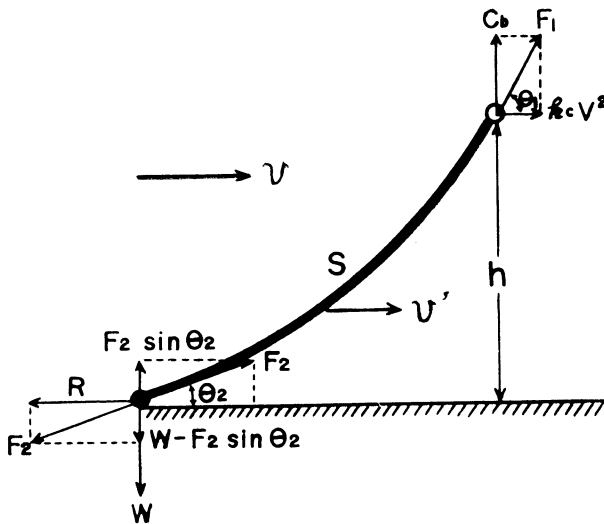


Fig. 46. Theoretical principle regarding the formation of tension in the bottom drift-net while drifting on the sea bottom at a constant speed. F , force; v , current velocity; v' , speed of the net; θ , angle; S , vertical length of the net; h , height of the net from the sea bottom; R , resistance of sea bottom to the movement of the sinker; W , weight of a sinker; C_b , buoyancy of a cork.

まず網地の単位長さ当りの力関係の釣合いの方程式を求める。流れの方向における網地の受ける外力は、網地の水に対する速度による、

$$V = v - v' \quad \dots\dots(5.1)$$

沈子の抵抗Rは、 $(W - F_2 \cdot \sin \theta_2)$ と μ (沈子と海底との摩擦係数) との積である、

$$R = \mu (W - F_2 \cdot \sin \theta_2) \quad \dots\dots(5.2)$$

網地が流れにより受ける水平方向の力は、網地の張力と釣合う、

$$F_1(\theta_1 - \theta_2) = S \cdot K_n \cdot \sin \theta_1 \quad \dots\dots(5.3)$$

網地が流れにより受ける鉛直方向の力は、網地の張力と釣合う、

$$F_2 - F_1 = S \cdot K_t \cdot \cos \theta_1 \quad \dots\dots(5.4)$$

浮子と海底との距離hは次式で表わされる、

$$h = S \frac{\cos \theta_2 - \cos \theta_1}{\theta_1 - \theta_2} \quad \dots\dots(5.5)$$

浮子に関する力関係は次式となる、

$$F_1^2 = C_b^2 + (k_c \cdot V^2)^2 \quad \dots\dots(5.6)$$

$\tan \theta_1$ は次式で与えられる、

$$\tan \theta_1 = \frac{C_b}{k_c \cdot V^2} \quad \dots\dots(5.7)$$

さらにRは F_2 と θ_2 の関係から次のようになる、

$$R = F_2 \cos \theta_2 \quad \dots\dots(5.8)$$

ここで (5.3) 式の K_n および (5.4) 式の K_t は、網地に働く力のうち、網地に鉛直な成分 (K_n) と平行な成分 (K_t) とであるから、それぞれ次式で表わされる、

$$K_n = \frac{CD}{2} \left(\frac{D}{L} \right) \frac{V^2}{\sin \varphi \cdot \cos \varphi} \equiv k_n \cdot V^2 \quad \dots\dots(5.9)$$

$$K_t = \frac{CD}{2} \left(\frac{D}{L} \right) \tan \varphi \cdot V^2 = k_n \cdot \sin^2 \varphi \cdot V^2 \quad \dots\dots(5.10)$$

以上に示した各式を無次元量に変換する、

$$(5.3) \text{式から} \quad \frac{S \cdot K_n}{F_1} = \frac{\theta_1 - \theta_2}{\sin \theta_1}$$

$$\frac{S \cdot K_n}{k_c \cdot V^2} = \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} \frac{\theta_1 - \theta_2}{\sin \theta_1}$$

(5.9) 式を代入すると

$$\frac{k_n \cdot S}{k_c} = \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} \frac{\theta_1 - \theta_2}{\sin \theta_1} \quad \dots\dots(5.11)$$

(5.4) 式と (5.10) 式から

$$\frac{F_2}{k_c \cdot V^2} - \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} = \frac{S \cdot k_n \cdot \sin^2 \varphi \cdot V^2}{k_c \cdot V^2} \cos \theta_1$$

(5.11) 式を代入すると

$$\frac{F_2}{k_c \cdot V^2} = \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} + \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} \sin^2 \varphi (\theta_1 - \theta_2) \cot \theta_1$$

よって

$$\frac{F_2}{k_c \cdot V^2} = \frac{F_1}{k_c \cdot V^2} \{1 + \sin^2 \varphi (\theta_1 - \theta_2) \cdot \cot \theta_1\} \quad \dots\dots(5.12)$$

(5.5) 式から

$$\frac{h}{S} = \frac{\cos \theta_2 - \cos \theta_1}{\theta_1 - \theta_2} \quad \dots\dots(5.13)$$

(5.6) 式から

$$\left(\frac{F_1}{k_c \cdot V^2} \right)^2 = \left(\frac{C_b}{k_c \cdot V^2} \right)^2 + 1 \quad \dots\dots(5.14)$$

(5.7)式は
$$\tan \theta_1 = \frac{C_b}{k_c \cdot V^2} \dots\dots\dots(5.15)$$

(5.2)式と(5.8)式から

$$F_2 \cdot \cos \theta_2 = \mu(W - F_2 \cdot \sin \theta_2)$$

$$\frac{F_2}{k_c \cdot V^2} \cos \theta_2 = \mu \left(\frac{W}{k_c \cdot V^2} - \frac{F_2}{k_c \cdot V^2} \sin \theta_2 \right) \dots\dots\dots(5.16)$$

以上の式において与えられるものは、

- $\frac{k_n}{k_c} \cdot S$: 網の仕立 (材料, 構成) で決まる.
- $\frac{C_b}{k_c \cdot V^2}, \frac{W}{k_c \cdot V^2}$: 網の仕立と操業 (V) に関係する.
- φ : 網の仕立 (縮結) で決まる.
- μ : 操業条件 (漁場の底質と v') の関数である.

ここでキス底流網の構成を Fig. 47 に示し、その仕立は次の通りである。

- 身網: ナイロン210D, 2本, 1反の浮子網の長さ 18cm.
- 浮子: 合成樹脂, 浮力 9.83g, 1反につき 55個.
- 沈子: 素焼, 沈降力 3.53g, 1反につき 207個.
- 縮結: 浮子側 41.3%, 沈子側 28.4%, $\varphi = 49^\circ 23'$.

以上のことから次の値が得られる。

$$C_b = 0.302 \text{ g/cm}, \quad W = 0.462 \text{ g/cm}, \quad S = 75 \text{ cm}, \quad \sin^2 \varphi = 0.5761, \quad k_n = 3.926 \times 10^{-5} \text{ g/cm},$$

$$k_c = 6.68 \times 10^{-5} \text{ g/cm}, \quad \frac{k_n}{k_c} \cdot S = 4.41, \quad \frac{C_b}{k_c} = 452, \quad \frac{W}{k_c} = 638$$

μ の値を求めるについては、後述の実験場所の砂を用い、沈子の重量とその引張り速度を変えることによって次の実験式を得た。

$$\mu = 0.178 V^{0.467} \dots\dots\dots(5.17)$$

ここで μ をパラメーターとして 0.5~1.1 の値をとることにより、(5.16)式から得られる $\frac{W}{k_c \cdot V^2}$ の値と V との関係を示す。また $\frac{W}{k_c \cdot V^2}$ の V に直接数値を代入することによって得られる値と V との関係を Fig. 48 に示す。図のそれぞれの曲線の交点が求めようとする V と μ と $\frac{W}{k_c \cdot V^2}$ との関係を示す。

先に示した(5.13)式から h/S は θ_1 と θ_2 によって決定されるが、 θ_1 と θ_2 は V によって定まる。 μ は

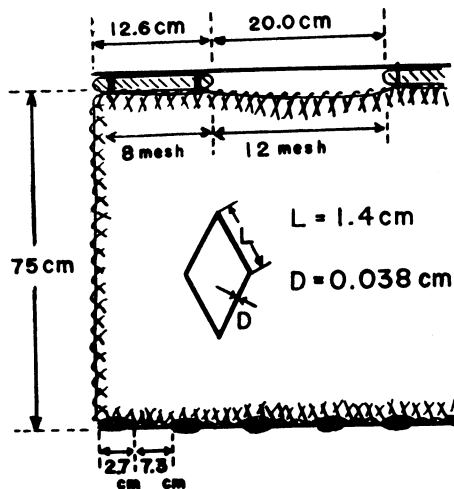


Fig. 47. Structure of the bottom drift-net.

V の関数であり、両者の関係は Fig. 48 に与えられているから、V および μ と h/S との関係を求めて Fig. 49 に示す。図のように V が 10~16 cm/sec のときは、V と h/S との関係は直線となる。

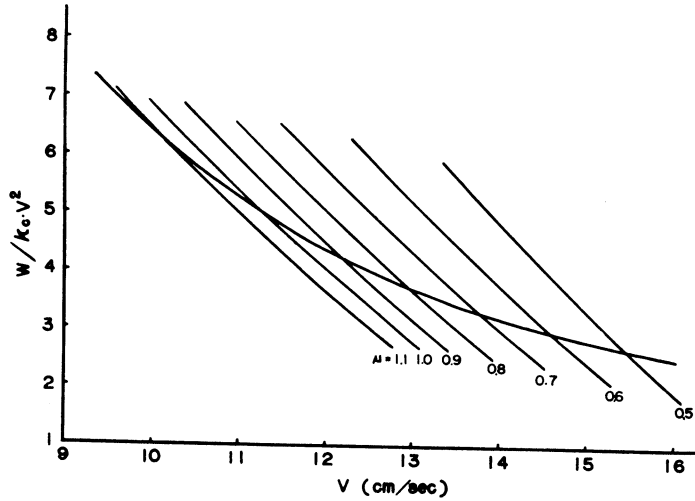


Fig. 48. Relationship between V and $\frac{W}{k_c \cdot V^2}$ for different values of μ . $V = v - v'$; μ , coefficient of kinetic friction between sinkers and the bottom sand; W and $k_c V^2$ are as shown in fig. 46.

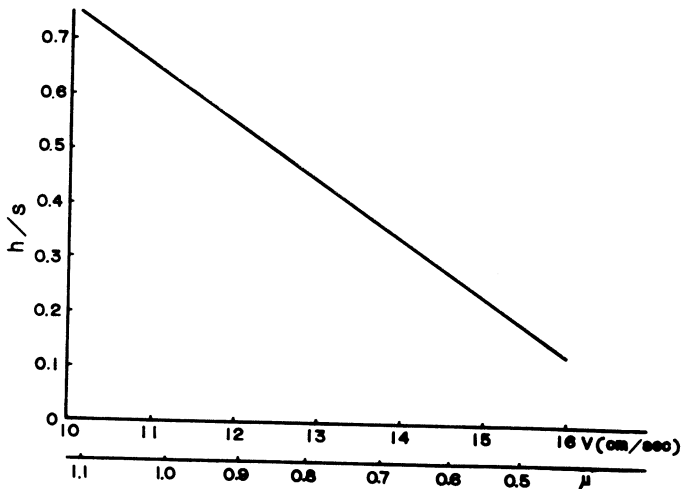


Fig. 49. Relationship between V (μ) and h/s . V and μ are as shown in fig. 48. h and s are as shown in fig. 46.

b) 理論上の計算結果と実験結果との比較

以上のようにして求められる計算結果を実験によって検証したので、その結果について述べる。すなわち先に示した (Fig. 47) 仕立による長さ 10 m のキス底流網を水深が約 1 m、流速が 20~55 cm/sec の河口で流して v と v' を測定し、また同時に Fig. 50 に示す x と h の値を測定した。

一方 θ_1 , θ_2 , V および h は上述の式から計算することができ、Fig. 50 に示す r と x は次式から求められる。

$$r = \frac{S}{\theta_1 - \theta_2} \quad \dots\dots\dots(5.18)$$

$$h = r(\cos \theta_2 - \cos \theta_1) \\ = S \cdot \frac{\cos \theta_2 - \cos \theta_1}{\theta_1 - \theta_2} \quad \dots\dots\dots(5.19)$$

$$x = r(\sin \theta_1 - \sin \theta_2) \\ = S \cdot \frac{\sin \theta_1 - \sin \theta_2}{\theta_1 - \theta_2} \quad \dots\dots\dots(5.20)$$

このようにして求めた計算結果と実験結果は Table 9 に示される通りかなりよく一致しており、先に述べた理論式はそのままキス底流網の網成りの解析に適用できると考える。

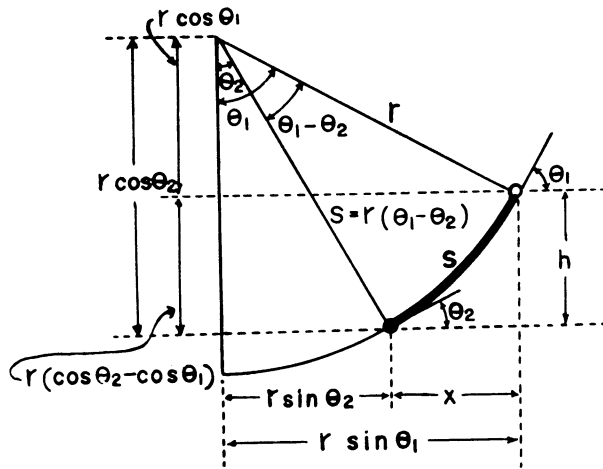


Fig. 50. Theoretical assumption for obtaining the values of r, h and x.

Table 9. Comparison between theoretical and experimental values.

	v (cm/sec)	v' (cm/sec)	V (cm/sec)	h (cm)	x (cm)	r (cm)
Theoretical values	50.0	38.2	11.8	43.0	55.7	60.9
Experimental values	50.0	39.5	10.5	54	45	
Theoretical values	40.0	33.8	6.2	71.7	20.5	195.9
Experimental values	40.0	31.3	8.7	65	35	
Theoretical values	30.0	24.4	5.6	72.9	16.3	236.4
Experimental values	30.3	25.6	4.7	68	30	

V 底流網によるキスの生態と資源

1) 遊泳生態

魚の生態と漁具漁法とは互いに密接に関係しており、その結果として漁獲が成立するものとする。そこで底流網に刺したキスの方向および位置を観測し、さらに網成りを解析した上で、キスの遊泳生態を明らかにする。

a) 羅網方向

六島の周辺水域で、1965年6～8月に目合が2.9cm、網丈が75cmのキス底流網40反を使用して、4回の試験操業を行なった。そのとき羅網したキスについて、刺した位置（沈子からキスが刺した位置までの距離）とその方向を揚網時に観測した。

まず各試験操業日におけるキスの漁獲尾数と羅網方向の観測結果を Table 10 に示す。潮流と同方向（以下（+）方向とよぶ）から網に刺した個体に比べ、潮流と逆方向（以下（-）方向とよぶ）から網に刺した個体が極めて多く、70～80%を占める。このような結果から、大部分のキスは潮流に対して（-）の方向性を示すといえる。

Table 10. Results of the experimental bottom drift-netting to investigate the swimming direction of *Sillago sihama* in relation to the current direction.

Date	Number of individuals examined	Direction of fish relative to current			
		Number of individuals		Percentage	
		-	+	-	+
June 2, 1965	320	251	69	78.4	21.6
June 15, 1965	367	263	104	71.7	28.3
July 16, 1965	184	130	54	70.7	29.3
Aug. 30, 1965	131	103	28	78.6	21.4
Total	1,002	747	255	74.6	25.4

+, Individuals swimming along the flow;

-, Individuals swimming against the flow.

b) 遊泳層

キスの遊泳層を検討するについては（+）方向と（-）方向に分け、網を沈子から10cmごとに区分して、各層に刺したキスの百分率を求めて Table 11 に示す。しかし網は海底においては、潮流により一定の曲率半径をもつ円弧を形成しているから、この表に示された羅網位置がそのままキスの遊泳層を示すものではない。キスの遊泳層を推定するには網成りを求めて、沈子から羅網位置までの距離を海底からの高さに換算する必要がある。そこで漁獲量の多い6月15日の試験操業での網成りを求め、その結果に基づいてキスの遊泳層を推定する。

Table 11. Frequency distribution of *Sillago sihama* captured by the bottom drift-net: by the gilled directions relative to the current and by the distances above the sinkers.

Date	-					+				
	Distances from the sinkers (cm)					Distances from the sinkers (cm)				
	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50	0~10	10~20	20~30	30~40	40~50
June 2, 1965	70.6	15.7	7.3	4.0	2.4	44.4	33.3	12.5	2.8	7.0
June 15, 1965	70.7	18.6	7.6	2.3	0.8	50.0	29.8	13.5	5.8	0.9
July 16, 1965	64.9	24.6	7.0	0	3.5	56.3	25.0	12.5	6.2	0
Aug. 30, 1965	60.0	26.0	10.0	4.0	0	46.7	26.7	13.3	13.3	0

+, Individuals swimming along the flow;

-, Individuals swimming against the flow.

網成りを計算するに必要な漁場の流速は、電流速速計によって25cm/secを得た。また網の速度は浮標の速度から16cm/secと推定した。さらに漁場の砂泥と沈子との運動摩擦係数を実験によって求めた

ところ，引張り速度が 16 cm/sec のときその値は 1.2 であった．網成りの章で求めた理論式にこれらの測定値を代入して網成りを求めると，上記作業中における底流網の曲率半径は 100 cm となる．そこで Fig. 51 に示す沈子からの距離 (S') と，網成りを計算して求めた海底からの高さ (h') との相対値は

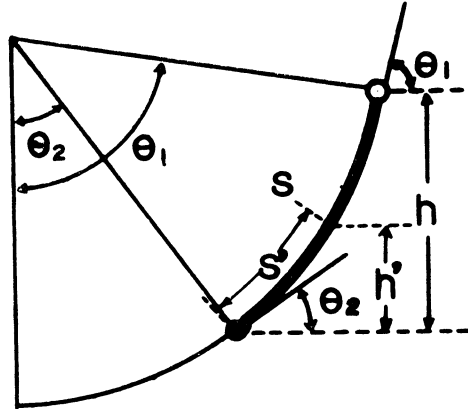


Fig. 51. Theoretical assumption for obtaining the values of s' and h' . s' , distance from the sinkers; h' , height from the sea bottom.

Table 12. Relationship between the distance from the sinkers (s') and the height from the sea bottom (h').

s'	h'	s'	h'
5 cm	3.0 cm	50 cm	39.7 cm
10	6.4	60	49.2
20	13.9	70	59.0
30	22.0	75	63.9
40	30.6		

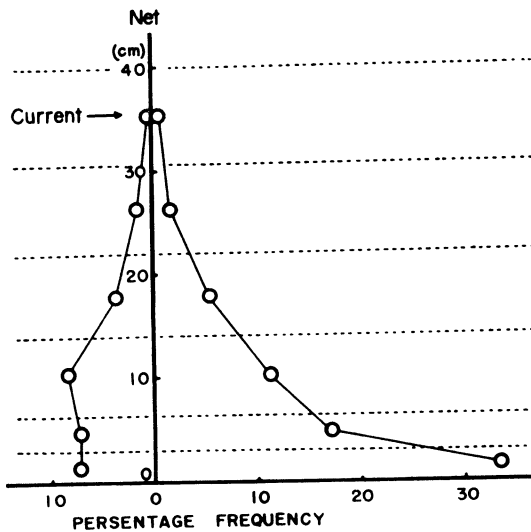


Fig. 52. Frequency distributions of *Sillago sihama* captured by the experimental fishing, plotted against the distance from the sea bottom.

Table 12 となる。なお大半のキスは 0~10cm 層に羅網していたので (Table 11), 遊泳層をさらに詳細に検討するために 0~10cm 層を 0~5cm と 5~10cm との 2 層に分け, それぞれの羅網尾数を求め, さらに Table 11, 12 の結果を用いて海底からの高さによる層別, 方向別の羅網頻度分布を求めて Fig. 52 に示す。以上の結果から, 一般に (+) の方向性を示す個体群は (-) の方向性を示す個体群より高い位置を占め, 海底から 10cm までの層に 80% 弱の個体が分布していることになる。なお底流網漁場におけるキスの最高遊泳層は海底から 40cm の高さにあるといえよう。

2) 漁獲生態と資源

a) 備後灘東部水域で漁獲されるキスの体長組成と年齢組成

瀬戸内海の備後灘東部水域においては, キスは底流網, 吾智網, 小型底曳網, 柵網および一本釣によって漁獲されるが, 底流網による漁獲量が最も多く, この水域におけるキス全漁獲量の 90% 以上を占める。なお備後灘の東部水域におけるキスの漁具漁法別漁場を Fig. 53 に示す。

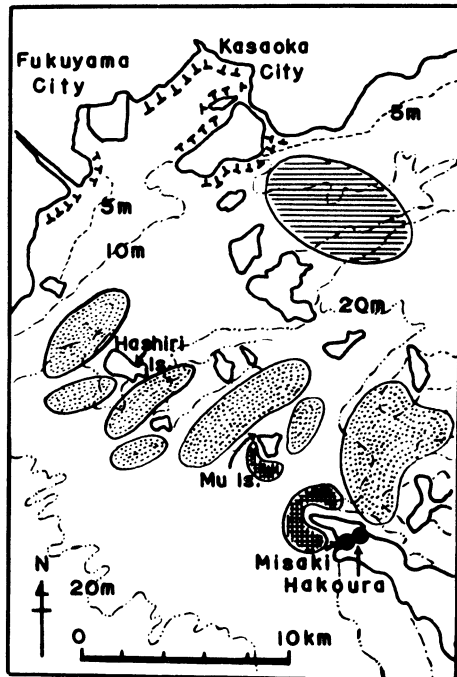


Fig. 53. Map showing the fishing grounds of "Masu-ami" (pound net), small trawl, bottom drift-net and "Gochi-ami" (boat seine) to catch of *Sillago sihama* in the central region of the Seto Inland Sea.

- TTT "Masu-ami" (pound net);
- ▬▬▬ small trawl;
- ⋯⋯⋯ bottom drift-net;
- ▣▣▣ "Gochi-ami" (boat seine).

キスの稚魚は11月頃カタクチイワシを対象とする船曳網によって混獲されるが, その量はカタクチイワシのシラスに比して極めて少ない。なおその体長組成を1966年11月8日の1標本によって Fig. 54 に示すが, その体長範囲はかなり広く, 2 峰型であることが特徴的である。

体長 4.5~12.5cm のキス未成魚は, この水域では 5~8 月に小型底曳網によって諸種の未成魚と共に混獲されるので, 月別の体長組成を1966年の標本によって Fig. 55 に示す。標本はすべて 1 年級群で,

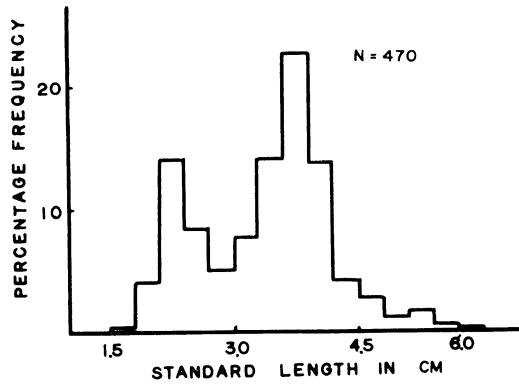


Fig. 54. Length frequency of *Sillago sihama* captured by "Funabiki-ami" (boat seine) in Nov., 1966. N, number of individuals.

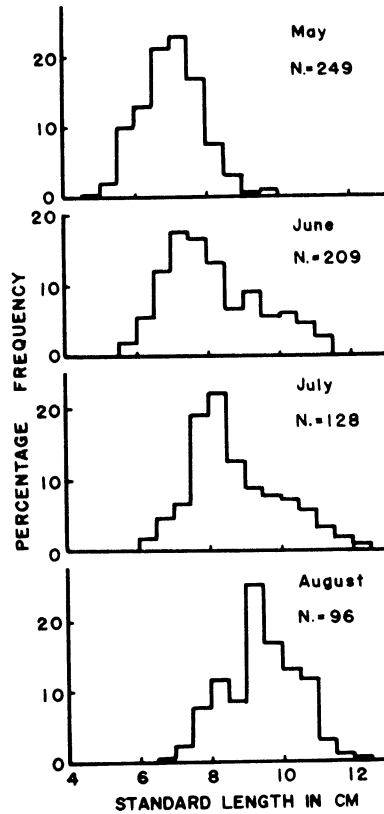


Fig. 55. Length frequencies of 1-year-old *Sillago sihama* captured by small trawl by months. N, number of individuals.

5月の体長組成のモードは7.0~7.5cmであるが、8月には9.0~9.5cmとなる。そしてこれらの月別体長組成は、先の鱗の標示から求めた1年級群の月別計算体長とかなりよく一致する。

さらにキスは沿岸に極めて近い水域の柵網によっても量は少ないが5~10月に漁獲されるので、その

体長組成を1966年5～9月の標本によって Fig. 56 に示す。またキスの成魚は、この水域では吾智網および一本釣によっても漁獲されるので、それぞれの体長組成を1966年7月の標本について同じく Fig. 56 に示す。そして罾網、吾智網および一本釣の標本については鱗または耳石によって年齢査定を行ない、得られた年齢組成を同じく Fig. 56 に示している。図から罾網のキス漁獲物については、体長範囲は比較的広いが、10.5～13.5 cm のキスが卓越し、2年級群が主体をなす。吾智網および一本釣のキス漁獲物については、両者の体長範囲および卓越群の体長に大差はなく、3年級群が主体をなす。

つぎに底流網のキス漁獲物については、先に述べた5種類の目合を使った50反の網による試験操業の資料から、キスの月別体長組成とその年齢組成を求めて Fig. 57 に示す。この試験操業によって漁獲されたキスは、目合別の漁獲物体長組成からみて、その海域に生息するキスの体長組成を示していると考えられる。さらに当業者によって漁獲されているキスの体長組成と年齢組成を示すについては、各試験操業における目合 28.2 cm および 3.00 cm の網のキス漁獲物で代表させた。すなわちそれらを月別および体長別または年齢別にまとめて10反当りの漁獲尾数になおし、体長または年齢ごとに、50反の全漁獲尾数に対する10反の漁獲尾数の比率を求めて、斜線をいれたヒストグラムで同じく Fig. 57 に示す。試験操業で採捕したキスの体長範囲は各月とも 10.0～17.5 cm で、体長組成のモードは 12.0～13.0 cm にある。しかし5月は6、7月に比較して、体長組成がより大きい側に偏している。当業者によって漁獲されるキスの体長範囲は各月とも 11.0～16.0 cm であり、体長組成のモードは試験操業のそれと一致する。年齢組成については、漁場には2～4年級群のキスが生息するが、漁期の進行に伴って若年級群の占める比率が大となる。すなわち5月は3年級群が53%、2年級群が40%を占めるが、6、7月は2年級群が卓越して70%以上となる。当業者によって漁獲されるキスは主として2、3年級群であって、5月は2年級群が60%、3年級群が34%そして4年級群が6%を占める。6、7月は2年級群が主体をなして85～90%を占め、3年級群は10～15%であって、その比率は5月に比してかなり小さい。一般に漁場に生息するキスの体長組成および年齢組成と当業者によって漁獲されるキスの体長組成および年齢

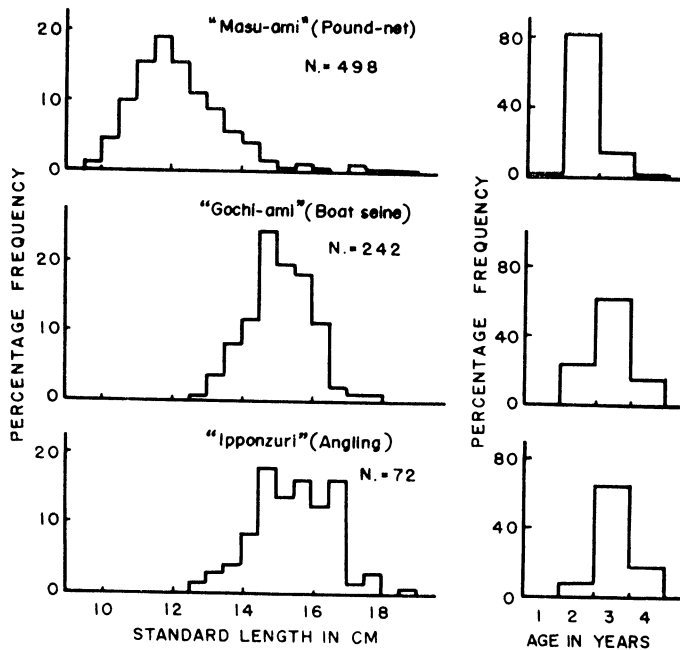


Fig. 56. Length frequencies and age composition of *Sillago sihama* captured by the stated fishing gears. N, number of individuals.

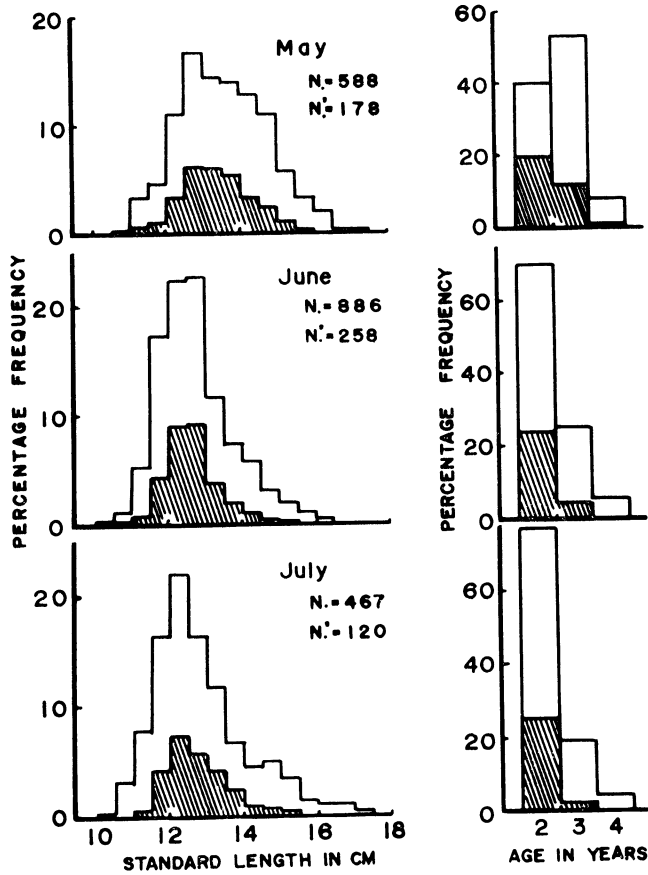


Fig. 57. Length frequencies and age composition of *Sillago sihama* captured by experimental bottom drift-netting. Open histograms represent the catch by the net of five different mesh sizes (3.36, 3.19, 3.00, 2.82, 2.58 cm in stretched measure), and hatched histograms represent the catch by the net of two mesh sizes (3.00, 2.82 cm). N, number of individuals captured by the net consisting of five mesh sizes; N', half number of individuals captured by the net consisting of two mesh sizes.

組成とを比較すると、5月においては両者の間に若干の差異が認められるが、6、7月には差異は認められない。それは5月のキス資源と6、7月のキス資源が体長組成に関して異なっており、さらに底流網の網目選択性に関与しているからであって、2.8~3.0cmの目合は6、7月のキス資源に対しては適正であるが、5月のキス資源に対しては若干小さいことを示唆している。

以上のような各種漁業によって漁獲されるキスの体長に関する知見をまとめ、さらに鱗の標示形成期におけるキスの年齢別計算体長組成を併せて Fig. 58 に示す。備後灘水域においては、キスは体長4~5cmの時から小型底曳網によって漁獲され始め、9~10cmに成長すると桁網に入り、さらに11cm前後になると底流網の対象になるが、約13cmに成長すると一本釣、吾智網によっても漁獲される。瀬戸内海では大型とみられる15~18cmのキスは主として一本釣および吾智網で、稀に底流網あるいは桁網によって漁獲されている。一般に18cm以上のキスが漁獲されることは極めて稀であり、この水域で卓越するキスの体長は12~14cmである。この研究中に採集したキスは7,000尾に及ぶが、その最大体長は20.7cmであった。

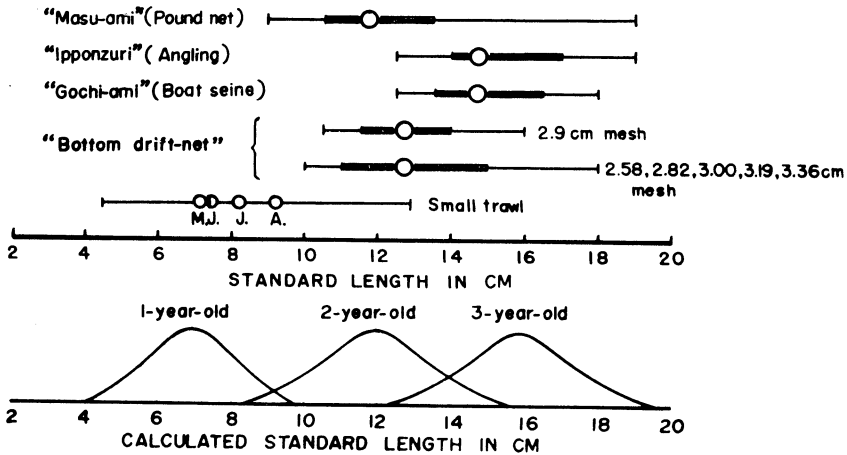


Fig. 58. Range, dominant range and modes of standard length of *Sillago sihama* captured by each fishing gear, and the frequency distributions of calculated standard length of 1-, 2- and 3-year-old fish.

さらにキスの漁具漁法別漁場と、そこで漁獲されるキスの年齢構成を模式的に Fig. 59 に示す。1年級群は5～8月に小型底曳網で漁獲されるが、9月になると体長の大きい1年級群は底流網漁場に移動する。またその極く一部は柵網によっても漁獲される。2年級群のキスの大部分は底流網で、極く一部は柵網、吾智網および一本釣によって漁獲される。3年級群は底流網、吾智網および一本釣によって漁獲されるが、稀れに柵網に入ることもある。底流網によって漁獲される3年級群は、初漁期の5月に多く、6月以降は少ない。4年級群は主として吾智網と一本釣で、時々底流網で漁獲されるが、極めて稀れに柵網に入ることもある。しかし4年級群の漁獲量は、2, 3年級群の漁獲量に比較してかなり少ない。

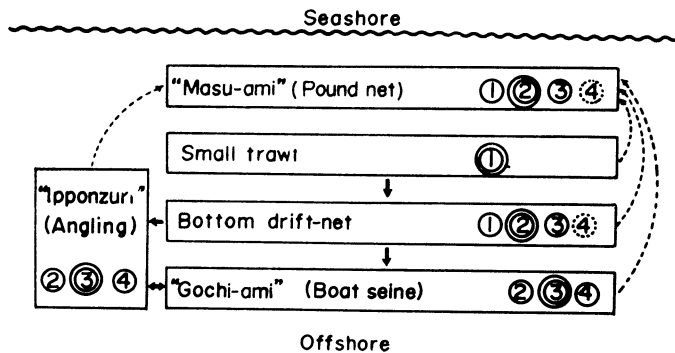


Fig. 59. Schematic diagram showing the relation among the fishing grounds of the stated fishing gears. Numerals in circle represent age in years. Double, single and dotted circles respectively denote dominant, common and rare age group.

b) 瀬戸内海におけるキスの体長組成

先に備後灘東部水域のキスの体長組成と年齢組成を底流網、吾智網、小型底曳網、柵網および一本釣の漁獲物によって明らかにしたが、この水域のキスの漁期は5～10月であるので、漁期外の11～4月のキスの体長組成は明らかでない。そこで南海海区水産研究所の資料により瀬戸内海全域のキスの季節別

体長組成を求めた。すなわち瀬戸内海の小型底曳網によって漁獲された32,000尾のキスの全長の測定値から、季節別の全長組成を求めて Fig. 60 に示す。標本の全長範囲は 4~21 cm であるが、この値を (1.1) 式によって体長範囲に換算すると 3.5~18.1 cm となる。また 4~9 月の全長範囲は 6~21 cm であり、同じく体長範囲に換算すると 5.2~18.1 cm となる。これらの値と筆者が瀬戸内海の中部水域で採集したキスの体長範囲 (Fig. 58) とを比較すると、両者の間に大きな差異は認められない。そして図に示す年級群別の全長頻度分布曲線は、全長組成を確率紙によって各年級群に分離したものであるが、これらの曲線を季節ごとに辿ることによって、瀬戸内海におけるキスの年級群別体長および成長を推定することができる。図から得られるキスの体長は、鱗の標示から明らかにされたキスの計算体長とほぼ一致し、年齢は 0~4 年級群であるが、漁獲物の大半は 1~3 年級群であることがわかる。これらの点に関して、筆者が採集試料の解析結果から示したキスの体長および年齢組成についての知見とかなりよく一致する。

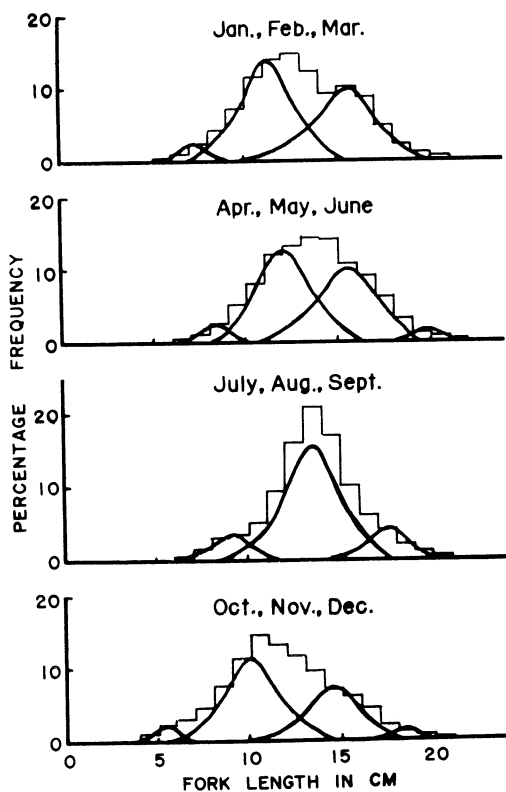


Fig. 60. Length frequencies fitted normal distributions of *Sillago sihama* captured in the Seto Inland Sea in different seasons of the year.

c) 漁獲量の推移からみたキス資源量

備後灘東部水域での底流網によるキス漁獲量および単位努力当り漁獲量は、漁期の当初に多く、その後次第に減少する (Fig. 6)。一方、底流網漁場およびその周辺水域は、先に述べたようにキスの産卵および摂餌の場であるから、キス来遊群はこれらの活動が終了するまではこの水域に止まり、漁期の中ばにおいて漁場から逸散することはないと考えられる。そこで漁期中の自然減耗はないと仮定して、キスの来遊量を DeLury^{38, 39)} の方法によって推定した。

すなわち DeLURY の方法を準用した北原他^{40,41)}に従って、次式によりキスの来遊資源量を求めた。

$$\frac{Y/X}{Y_0/X_0} = \exp\left(\alpha \sum_{i=0}^t X\right) \quad \dots\dots(6.1)$$

ここでXは単位期間における漁獲努力量、Yはその間の漁獲量である。そこで単位努力当り漁獲量はY/Xとなり、 $t=t_0$ の時のY/Xを Y_0/X_0 とする。

備後灘の東部漁場で操業する六島、箱浦および三崎の3組合の1964年のキス底流網に関する資料を用い、5月2日から10月10日までの間のキス漁獲量と漁獲努力量を10日ごとに区分し、それぞれの1日1隻当り漁獲量(Y/X)を算出した。t=1のときのY/Xを Y_0/X_0 とにおいて、横軸に累積努力量を縦軸に $(Y/X)/(Y_0/X_0)$ の対数値をとり、 $t=1, 2, 3, \dots, 16$ における各々の値を記入するとFig. 61となる。図において各点は平行な4つの直線上に分布するが、累積努力量が約1,000($t=4$)を示す点は直線から外

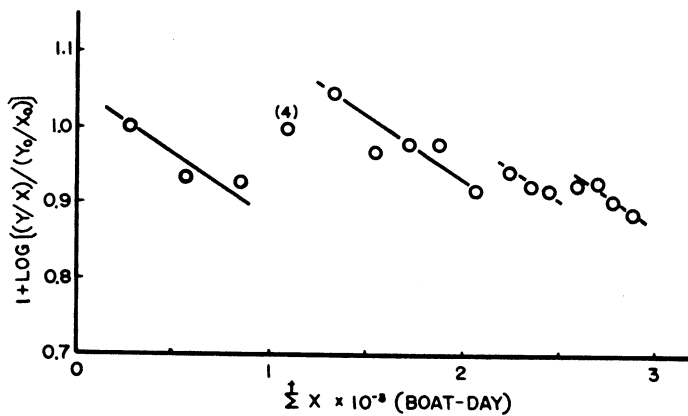


Fig. 61. $\text{Log} [(Y/X)/(Y_0/X_0)]$ plotted against cumulative fishing effort.

れる。そこで $t=4$ とした6月1日から6月10日までの間における1日1隻当り漁獲量を日別に求めて、その推移を検討したところ、この10日間の中途において1日1隻当り漁獲量が急に増加していることから魚群の添加があったものと認められる。従って $t=5$ の1日1隻当り漁獲量がそれ以前の値よりも増加していることになるが、さらに $t=10, 13$ においても同様に1日1隻当り漁獲量の増加が認められる。そこでこのような添加群をキス漁獲物の体長組成によって検討するために、当業者のキス漁獲物を測定し、月別体長組成を求めて Fig. 62 に示す。5月のキス漁獲物の体長組成は、6月以降のそれに比較して若干大きく、体長組成の面からも魚群の添加が認められる。また $t=13$ (9月上旬)の時点においては、先に述べたように1年級群が底流網漁場に参加し、それが漁獲された結果と考えられる。

さて (6.1) 式に示される α は、資源量に対する単位努力当り漁獲量の比率を示す定数であるが、Fig. 61 に示された直線の勾配から、 $\alpha=3.8 \times 10^{-4}$ を得る。また図から $t=1$ における1日1隻当り漁獲量として 19.5 kg が得られる。これらの値からキスの底流網漁場への当初来遊量は51トンであり、6月の添加量は12トン、8月のそれは5トン、そして9月の1年級群のうちで漁獲対象となる添加量は5トンである。以上の結果から六島、箱浦および三崎の3組合が対象とした1964年のキス資源量は73トンであるが、この年の3組合の底流網によるキス漁獲量は45トンであったから、底流網の対象となるキス資源量の62%が漁獲されたことになる。

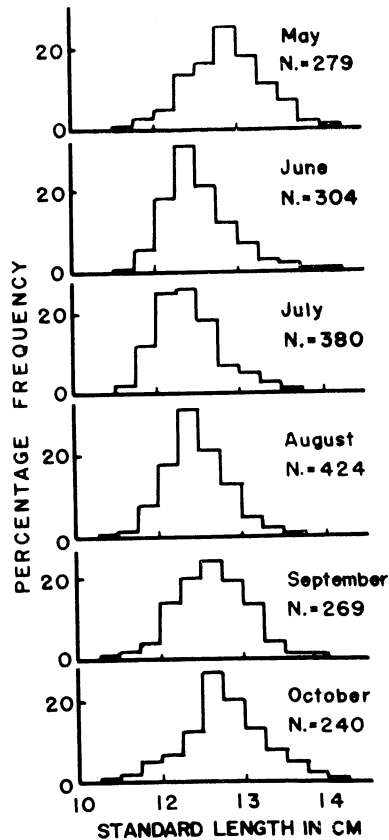


Fig. 62. Length frequencies of *Sillago sihama* captured by commercial bottom drift-netting by months. N, number of individuals.

総括および論議

以上、キス底流網の主要漁獲物であるキスについて、その生態を明らかにすると共に、底流網の漁具特性を解析して、両者の相互関係から底流網漁業とキス資源の特性を明らかにした。

まずキスの生態と漁業の関係を総括すれば、キスは4月頃から活発に摂餌活動を始め、底流網によるキス漁獲量は漁期当初の5月に最大を示すが、6月の漁獲量もかなり多く、この月に生殖腺は急速に成熟し始める。漁獲量は漁期が進むにつれて減少傾向を示し、その減少率は7月に大きい。生殖腺指数は7月に最大を示して、キスの産卵期は6～8月である。キスの摂餌活動は4～9月に活発で、この間の成長量は年間成長量の約80%に達する。このように瀬戸内海の中部水域において、底流網の対象となるキスは摂餌と産卵のための来遊群であって、この水域においては、キスは年級群別に特徴ある移動生態を示す。

その移動生態については、2～4年級群である12～16cmの体長群が4月末から5月初めの頃底流網漁場に来遊する。6月になると添加群として、2年級群を主体とする11～14cmの体長群が漁場に現われる。未成魚の1年級群は、5月頃に沿岸近くの泥底域に現われ、小型底曳網によって漁獲されているが、9月頃になると、底流網漁場に加入してその一部が漁獲される。このようなキス底流網漁獲物の漁期中の年齢組成は、漁具の網目選択性が大きく関与して、1年級群が5%、2年級群が73%、3年級群が20%、そして4年級群が2%である。体長組成については、12～14cmの体長群が卓越して60～70%

を占める。

キス資源の体長別の減少傾向は漁獲物の体長組成の変化から検討できるが、底流網によるキス漁獲物の体長組成は網目選択性の影響を受けているので、漁場に生息するキスの真の体長組成を反映していない。そこで漁獲物の体長組成から、直ちにキスの体長別減少傾向を求めることは困難である。真の減少傾向を把握するには、底流網の網目選択性曲線を利用し、漁獲物の体長組成を補正する必要がある。そこで、まず網目の選択性を消去し、漁場に生息するキスの真の体長組成を求めるために、漁場において目合が3.36, 3.19, 3.00, 2.82および2.58 cmの5種類の網を同量、同時に使用し、広い体長範囲のキスが均等な漁獲強度を受けるよう計画して試験操業を行なった。さらに得られた目合毎のキスの体長組成を各目合の網目選択性曲線で補正して求めた体長組成、年齢組成および体長別減少傾向を Fig. 63 に示す。ここでキスの一定体長範囲内の漁獲強度は体長に無関係であると考えてよいから、図中の直線の勾配からキスの全減少係数を求めることができる。図によると、底流網で採捕されたキスの体長範囲は

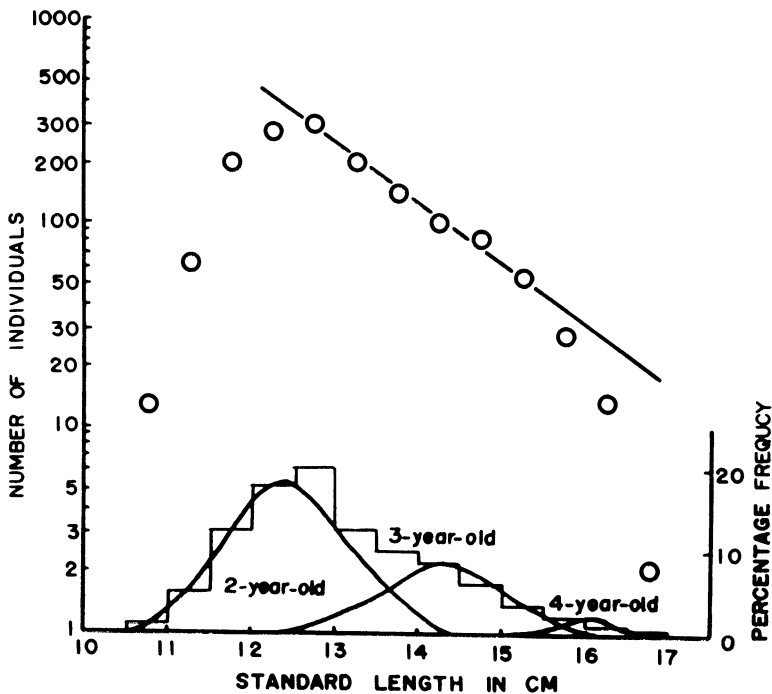


Fig. 63. Length-frequency and age-composition of *Sillago sihama* captured by the bottom drift-net of 2.50-3.36 cm in mesh size.

10.0~17.5 cm であって、体長 12.0~12.5 cm のキスが最も多いが、体長 12.0 cm 以下の小型群は更に多く生息している筈である。しかし先に述べたように、小型群の主なる生息域は底流網漁場の域外であるから、小型群はこの試験操業によっては殆んど漁獲されていない。また体長が 15.0 cm 以上の3, 4年級群は、前述したように5月には底流網漁場に生息するが、6月になるとその一部は漁場の周辺水域に生活の場を移す。以上のような理由から、体長 12.0 cm 以下のキスおよび 15.0 cm 以上のキスの試験操業による漁獲量は少ないものと考えられる。そこで体長 12.0~15.0 cm のキスについての減少傾向を示す勾配から、キスの全減少係数として29%が得られる。

先に述べたように、キスの活動期における生息域は年級群によってかなり明瞭に区別されるが、その生息層は摂餌活動および羅網状態からみると、海底を基準として 0~40 cm の範囲にあり、キスは底生

性の魚類であるといえる。キス底流網漁獲物中に占めるキスの比率は、尾数比については67%であるが、2位のトカゲエソは僅かに6%を占めるに過ぎないことから、キス底流網はキスをかなり選択的に、かつ効率よく採捕しているとみることができる。備後灘の東部水域に出漁した組合の1964年のキス底流網に関する資料の解析結果によれば、キスの底流網対象資源量に対する漁獲量の比率は62%と推定されたが、これはかなり大きな値と考えられる。しかし一方では、キス底流網の操業開始以来約10年間、キス漁獲量はかなり安定している。この点に関して考察すると、キス底流網の対象群は先に述べたように主として12~14cmの中型体長群であって、小型群および大型群は中型群ほどに大きな漁獲強度を受けていない。そして鱗から成長を検討した結果によれば、キスの極限体長は21.4cmであるが、15cm以上の大型群は底流網漁場の域外にも生息しており、吾智網などによっても漁獲されるが、その漁獲量は少なく、その漁獲強度もまた小さい。このような大型魚の1尾当りの産卵数は、キス底流網対象群である中型魚のそれと比較してかなり多く、2~3倍程度であるから、大型群が資源の再生産に大きく関与して、キス資源が維持されていることも考えられる。また体長12cm以下の未成魚については極めて少数のものが小型底曳網で混獲される程度で、未成魚資源に加えられる漁獲強度は大型群のそれと同様に小さいということも、キス底流網の対象となる中型群の資源量を安定させている理由の一つであろう。さらにキス底流網漁場の資源量に対するその漁獲量の比率がかなり大きな値であるにもかかわらず、その漁獲量の経年変化が小さいことは、底流網漁場の域外に温存されているキス資源があるため、キス資源の総量に対する漁獲量の比率はかなり小さな値に止まっているのではなかろうか。

網目の問題から瀬戸内海の中中部水域におけるキス資源の有効利用について考察すると、漁期当初の5月において漁獲の能率を上げるには、キスの当初来遊群の体長組成からみて、3.0~3.2cmの網目の使用が適切であると考えられる。しかし6月以降においては、漁場に生息するキスの体長組成から2.8~3.0cmの網目が適正となり、目合3.0~3.2cmの網の漁獲の能率は、2.8~3.0cmのそれに比較して低下する。先に得られた知見によれば、5月の当初来遊群のうち体長15cm以上の大型群の一部は、6月になると当該漁場からその周辺水域に移動して産卵に大きく関与するから、これら大型群を温存するには2.8~3.0cmの網目を使用することがより有効である。すなわち漁期を通じて一定の目合を使用する場合の適正な網目の大きさは2.8~3.0cmであるといえる。9月になると、未成魚である1年級群が底流網漁場に参加してくるので、極めて少数の当業者はこの時期から目合2.6cmの底流網を使用して、1年級群を積極的に漁獲しているが、このような網目使用による操業形態は、キスの資源管理上禁止する必要がある。

以上述べたように、キス底流網の漁獲機能はキスの生態によく適合しており、網目選択性の合理的な運用を図り得る漁具である。すなわち底流網は漁法が簡便であって、キスを対象とする漁業のうちでは比較的生産性が高く、一定の体長範囲のキスを選択的にかつ効率よく採捕しているにもかかわらず、現在の操業形態はキス資源の減耗をきたすような悪影響を及ぼしていないことが明らかになった。

以上この研究は、漁業における魚の生態と漁具漁法との関連性を解明するために、キス底流網を素材として、その主なる漁獲物であるキスについての生態とその漁具特性を明らかにし、両者の相互関係からキスの資源特性に関して検討を加えた。今後はこの研究の構想と手法をさらに発展させ、他種漁業についても、まずその漁具漁法が魚の生態と如何に密接に結びついているかを解明し、魚の生態を的確に利用し、さらに漁具の合理的な運用によって水産資源の有効的な利用と管理を図る方策を確立する必要がある。

要 約

本研究はキス資源の生態的特性を解明するために、主として瀬戸内海におけるキス底流網の漁獲物を用い、キスの生態と資源ならびにキス底流網の漁具特性について解析を行ない、つぎの諸点を明らかにした。

1) キス底流網は5~10月に瀬戸内海の中部水域において盛んに採集されている。キスの月別漁獲量は漁期当初の5月に最も多く、その1日1隻当たり漁獲量は16.2kgであるが、漁期の進行に従って次第に減少し、10月には11.1kgとなる。漁獲物中に占めるキスの重量比は漁場によって若干異なるが、六島周辺水域では、9月に最高の70%を、7月には最低の53%を示し、漁期中の平均は約60%である。

2) 瀬戸内海に分布するキスの同定に当って、*Sillago sihama* (FORSKÅL) と *Sillago japonica* TEMMINK & SCHLEGEL の区別について分類上の疑問が生じた。すなわち瀬戸内海のキスについて、両種の判別の根拠にされている両眼間および頬の鱗を調べたところ、櫛鱗と円鱗が混在して両者の比率は10:1であり、櫛鱗の占める比率が大きいため、キスの分類について再検討する必要があると考える。しかしここでは従来通り *Sillago sihama* とし、採集標本の形態について種々の計測を行なった (Table 2, 3)。その結果、体長 (L) と全長 (T) は、 $L=0.86T+0.07$ 、体長と尾叉長 (F) は $L=0.91F-1.71$ 、そして体長と体重 (W) との関係は $W=9.69 \times 10^{-3} \times L^{3.079}$ である。

3) 年齢形質として鱗を用い、その測定結果から瀬戸内海のキスの成長を明らかにした。キスの体長とその鱗径とは直線関係にあり、標準標示径を WALFORD の定差関数によって吟味した結果、標示は等しい周期で形成されることがわかった。すなわち鱗の標示は年1回、主として5, 6月に形成される。キスの月別成長率を鱗の最終標示からの辺端成長量によって求めたところ、キスの成長期は4~9月で、この期間の成長量は年間成長量の80%に及ぶ。そして瀬戸内海のキスの成長は、 $L_t=21.4(1-e^{-0.369t-0.233})$ 、 $W_t=115(1-e^{-0.369t-0.233})^3$ と表わされる。また成長を産卵期における年級群別の体長組成のモードで示すと、1年級群は10.0cm、2年級群は13.5cm、3年級群は16.0cmそして4年級群は17.5cmとなる。

4) キスの成熟と産卵については、性別および月別の生殖腺重量からそれぞれの性腺指数を求め、さらに卵巣卵の成熟期における卵径組成の推移を調べた結果、キスの産卵期は6~8月である。キスの性比は1:1であって、産卵に関与するのは主として2年魚以上である。しかし1年魚でも成長の速い個体は産卵期に熟卵を持つが、その成熟個体の比率は、雌で8%に過ぎない。キスは多回産卵魚であって、1回の産卵数は全産卵数の約30%と考えられる。1産卵期における全産卵数は、1年魚の成熟個体 (体長10.5cm) で1~2万、2年魚 (体長13.5cm) で2~3万、3年魚 (体長16.0cm) で3~5万、そして4年魚 (体長17.5cm) で5~8万と推定される。

5) キスの胃内容物からその餌生物を明らかにした。すなわちキスは底生動物の捕食魚であって、未成魚の主な餌生物は端脚類と多毛類であり、成魚の主な餌生物はエビ類と多毛類である。そして未成魚群が成魚群に添加する過程において、食性的変化が認められるが、その時期は8, 9月である。さらにキスは、胃内容物重量の体重に対する比率が成長に伴って低下するので、体長と体長別胃内容物重量の上限値との関係から求めた摂餌量指数の月別変化および空胃率の月別変化から、年間における摂餌状態の推移について検討した。その結果、キスの摂餌期は4~9月であって、摂餌期にはそれ以外の期間よりも、より多くの種類の餌生物を捕食する傾向が認められる。

6) キスに対する底流網の網目選択性曲線は正規分布に近い曲線を示すが、僅かに左側に歪む。またキスの体長と最高の漁獲効率を示す目合との関係は、体長/目合=4.4であって、その値が4.1および4.8になると漁獲効率は50%に低下する。そして底流網で漁獲されるキスの体長範囲は網目の大きさによって異なり、目合の大きい網のキス漁獲物の体長範囲は、目合の小さい網のそれよりも大きい。

7) 底流網の網成りについては、その理論式を求め、その計算結果と実験結果とを比較、検討した。すなわち漁場現場における流速と網の移動速度、および網の沈子と漁場の底質との運動摩擦係数を測定できれば、理論式によって漁場現場における底流網の網成りを計算することができる。

8) キスの遊泳生態については、キスの底流網への羅網状態から遊泳方向と潮流との関係ならびに遊泳層を明らかにした。すなわち潮流と逆方向に向って網に刺していた個体は75%で、同方向に刺していた個体は25%である。さらにその遊泳層は網成りを計算し、羅網位置を海底からの高さに換算して求め

たところ、キスは海底から6cmの範囲に65%、6~14cmの範囲に20%、14~22cmの範囲に9%、22~31cmの範囲に4%、31~40cmの範囲に2%が遊泳していると推定される。そして潮流と同方向に向う個体群は、逆方向に向う個体群に比して分布の中心がやや高い位置にある。

9) 瀬戸内海の中部水域においては、キスは流底網、小型底曳網、柵網、吾智網および一本釣によって漁獲されている。5~8月に小型底曳網によって、沿岸に極めて近い水域で漁獲されるキスは1年級群であって、体長組成のモードは5月には7.0~7.5cmにあるが、8月には9.0~9.5cmとなる。柵網で漁獲されるキスの体長範囲は9.5~18.5cmで、11.0~14.0cmのものが卓越する。それらは1~4年級群であるが、主体は2年級群である。吾智網および一本釣によって漁獲されるキスは、他種漁業によって漁獲されるキスよりも大型で、13.0~19.0cmの体長範囲を示すが、14.0~16.0cmのものが卓越する。それらは2~4年級群で構成され、その主体は3年級群である。底流網漁場には10.0~17.5cmのキスが生息しているが、当業者によって漁獲されるキスは体長が11.0~16.0cmのもので、その大部分は12.0~14.0cmである。また年齢組成については、2~4年級群で構成され、5月は3年級群が卓越して53%を占めるが、6、7月は2年級群が卓越して70%を越える。しかし当業者によって漁獲されているキスは、5月は2年級群が60%、3年級群が34%、そして4年級群が6%であるが、6、7月は2年級群が85~90%を占め、残りの15~10%のうちの大部分は3年級群である。なお終漁期の9、10月には、1年級群の一部が底流網によっても漁獲される。

10) 備後灘の東部水域の底流網漁場へのキス来遊群については、1964年に当該漁場に出漁した組合のキス底流網に関する資料を用い、DeLuryの方法によって解析した。その結果によると、4月末から5月初めにかけての当初来遊群、6月初めの添加群、8月初めの添加群、さらに9月初めにおいては1年級群の添加が認められる。そして同年の当該漁場において、底流網が対象としたキス資源量に対するその漁獲量は62%で、1日1隻の操業に伴う資源量の減少率は 3.8×10^{-4} と推定される。

参 考 文 献

- 1) 上野雅正・藤田矢郎：魚類学雑誌，III-3, 4, 5, 118-121 (1954). キス *Sillago sihama* (FORSKÅL) の卵発生.
- 2) PALEKAR, Y. C. and BAL. D. V.: J. Zool. Soc. India, 12 (1), 104-113 (1960). Observations on the length-frequency distributions of the Indian whiting, *Sillago sihama* (FORSKÅL) from the Karwar waters.
- 3) PALEKAR, Y. C. and BAL. D. V.: Proc. Indian Acad. Sci., sect. B. 54 (2), 76-93 (1961). Studies on the maturation and spawning of the Indian whiting (*Sillago sihama* FORSKÅL) from Karwar waters.
- 4) 三尾真一：日本海区水研報告，(14), 1-18 (1965). キスの年令と成長.
- 5) 絹川勝敏：水産技術と経営，74-77 (Aug., 1965). キス巻刺網の改良.
- 6) 横井時夫：愛知の水産，(97), 14-18 (1966). 改良キス巻刺網視察報告，改良キス巻刺網導入試験経過.
- 7) 山口県水産試験場：山口県内海の漁業解説，37-39 (1957).
- 8) 安村 長：山口県内海水試調査研究業績，12 (1), 2-108 (1962). 山口県内海における主要漁業の生産と経営に関する調査研究.
- 9) 小林克一・斉藤彰男：福岡水試調査研究報告，(12), 1-46 (1967). 筑前海域におけるごち網漁業の資源と漁場に関する研究.
- 10) 土井長之：東海区水研報告，(27), 15-21 (1960). 豊後水道水域における底魚の資源量指数の旬変化.
- 11) 千国史郎：内海区水研報告，(22), 65-100 (1965). 並行試験操業による中型二双びきと小型底びき

- (えび漕, 板びき) との漁獲物の相違について.
- 12) 工藤昭二: 日本水産学会1967年度大会, 口頭発表, 口演番号114. 太平洋南区における底びき網漁業の漁獲構造と底魚の群性.
 - 13) 農林省広島統計調査事務所: 広島農林水産統計年報, 水産編, No. 6-No. 12, (1957-1963).
 - 14) 第六管区海上保安本部水路部: 福山港附近の潮流, 1-26(1966).
 - 15) 松原喜代松: 魚類の形態と検索, (I) p. 646, 石崎書店, 東京(1959).
 - 16) 富山一郎・阿部宗明: 日本魚類図説, 57, 1171-1177, 風間書房, 東京(1958).
 - 17) JORDAN, D. S. and SNYDER, J. O.: Proc. U. S. National Museum, 24 (1263), 484-488, (1902). A review of the trachinoid fishes and their supposed allies found in the waters of Japan.
 - 18) WALFORD, L. A.: Bio. Bull., 90 (2), 141-147 (1946). A new graphic method of describing the growth of animals.
 - 19) 相川広秋: 資源生物学, p. 181, 金原出版, 東京(1960).
 - 20) VON BERTALANFFY, L.: Human Biol., 10 (2), 181-213, (1938). A quantitative theory of organic growth (inquiries on growth laws. II).
 - 21) 吉原友吉: 日本水産学会1964年度大会シンポジウム講演要旨, 15-17. 漁業資源における再生産機構.
 - 22) 落合 明: 日水誌, 18(4), 139-146(1952). ニギスの生態学的研究-III, 生殖腺について.
 - 23) FARRAN, G. P.: J. du Conseil, 13 (1), 91-100 (1938). On the size and number of the ova of Irish herrings.
 - 24) 久保伊津男・吉原友吉: 水産資源学, p. 111, 共立出版, 東京(1957).
 - 25) YASUDA, F.: Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 26 (7), 653-662 (1960). The types of food habits of fishes assured by stomach contents examination.
 - 26) 横田滝雄・通山正弘・金井富久子・野村星二: 南海区水研報告, (14), 1-234 (1961). 魚類の食性の研究.
 - 27) HODGSON, W. C.: J. du Conseil, 8 (3), 344-354 (1933). Further experiments on the selective action of commercial drift nets.
 - 28) FARRAN, G. P.: J. du Conseil, 11 (1), 43-52 (1936). On the mesh of herring drift-nets in relation to the condition factor of the fish.
 - 29) HOLT, S. J.: ICNAF, ICFS and FAO Joint scientific meeting, paper No. S. 15, 1-21 (1957). A method of determining gear selectivity and its application.
 - 30) DLSEN, S.: J. Fish. Res. Bd. Canada, 16 (3), 339-349 (1959). Mesh selection in herring gill nets.
 - 31) McCOMBIE, A. M. and FRY, F. E. J.: Trans. Ameri. Fish. Soc., 89 (2), 176-184 (1960). Selectivity of gill nets for lake whitefish, *Coregonus clupeaformis*.
 - 32) BERST, A. H.: Trans. Ameri. Fish. Soc., 90 (4), 413-418 (1961). Selectivity and efficiency of experimental gill nets in South Bay and Georgian Bay of Lake Huron.
 - 33) GULLAND, J. A. and HARDING, D.: J. du Conseil. 26 (2), 215-222 (1961). The selection of *Clarias mossambicus* (PERTERS) by nylon gill nets.
 - 34) 石田昭夫: 北海道区水研報告, (25), 20-25(1962). 刺網の網目選択性曲線について.
 - 35) 石田昭夫: 北海道区水研報告, (28), 56-60(1964). マイワシ *Sardinops melanosticta* (T. & S.) とニシン *Clupea harengus* L. の刺網の網目選択性曲線.
 - 36) REGIER, H. A. and ROBSON, D. S.: J. Fish. Res. Bd. Canada, 23 (3), 423-454 (1966). Selectivity of gill nets, Especially to lake whitefish.
 - 37) KITAHARA, T.: Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 34 (9), 759-763 (1968). On sweeping trammel net

- (Kogisiasiami) fishery along coast of the Sanin District-III. Mesh selectivity curve of sweeping trammel net for Branquillos.
- 38) DELURY, D. B.: *Biometrics*, 3 (4), 145-167 (1947). On the estimation of biological populations.
- 39) DELURY, D. B.: *J. Fish. Res. Bd. Canada*, 8 (4), 281-307 (1951). On the planning of experiments for the estimation of fish populations.
- 40) KITAHARA, T. and MATUDA, K.: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 33 (12), 1087-1091 (1967). On sweeping trammel net (Kogisiasiami) fishery along coast of the Sanin districts-I. Change of daily catch by sweeping trammel net in Wakasa Bay.
- 41) KITAHARA, T.: *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 34 (4), 300-304 (1968). On sweeping trammel net (Kogisiasiami) fishery along coast of the Sanin districts-II. Change of daily catch by sweeping trammel net in Shimane Prefecture.

SUMMARY

The aim of this study has been to clarify various features of the population of *Sillago sihama* (FORSKÅL) in eastern Bingo-nada of the Seto Inland Sea as a fishing resource for the bottom drift-net fishery. It was attempted to approach to this aim by analyzing the interaction between the ecological characteristics of this fish and the catching ability of the bottom drift-net. In doing so, it was necessary to secure information on the fishery biology of this species, on the species- and size-selectivity of the bottom drift-net and on the configuration of the gear while operated underwater. The data upon which this study is based comprise published records on the commercial catch of *Sillago sihama*, unpublished operation records of individual bottom drift-netting boats, the biological data derived from those sample fish which the author collected according to a special sampling program, the results of experimental operations of the bottom drift-net and the data obtained by surveying the commercial catch made by other fishing methods.

Sillago sihama is a common demersal fish of commercial value in the Seto Inland Sea and its adjacent sea regions (Fig. 8). In the central region of the Sea almost all the commercial catch of this species is made with the bottom drift-net of stretched mesh size of 2.9 or 3.0 cm (Fig. 3). Ever since the commercial bottom drift-netting for this species was begun around 1957 in this region, its annual landing seems to have been fairly stable. While the fishing season of this fishery lasts from May until October, landing is most abundant in May and gradually decreases thereafter with the increase in the cumulative fishing effort (Fig. 6 and 7).

According to the data obtained by the experimental operations of the bottom drift-net, the number of species captured by this gear amounts to 32, and throughout the fishing season *Sillago sihama* accounts for about 67% of the captured individuals and 58% of the weight of the catch in the average (Table 1 and Fig. 5).

General conclusions obtained in this study are summarized as follows:

1) Much importance has been attached to the morphological characteristics of the scales of the cheek in identifying the species belonging to Family Sillaginidae. In the species dealt with in this study the scales of the cheek are exclusively ctenoid in 7 of the examined 61 individuals, and consist of ctenoid scales mingled with small number of cycloid scales in the other 54 individuals.

In order to make clear the morphological characters of the adult stage of this species, scales on the lateral line, fin rays, and gill-rakers on the first gill-arch were counted (Table 2), and the proportions between various body parts were examined in the sampled individuals (Table 3).

Total length can be converted to standard length by multiplying by 0.86, the factor being derived from the measurements on 321 individuals (Fig. 9). Fork length can be converted to standard length by multiplying by 0.91 (Fig. 10). Weight can be computed from standard length by means of the relationship: $W = 9.69 \times 10^{-3} L^{3.079}$, where W is estimated round weight in grams and L is standard length in centimetres (Fig. 11).

2) Age and growth of the sampled individuals of *Sillago sihama* were determined with the aid of the annuli on the scales taken between the pectoral fin and the lateral line. In this species an annulus on a scale is definable as the zone which comprises irregularly arranged ridges in the anterior sector and concurrently intercepts adjacent inner ridges in both lateral sectors (Fig. 12).

It is observed that in the scales from the same individual the relationship between the scale radius (R , the distance from the focus to the anterior margin of a scale) and the radius of a definite annulus (r , the distance from the focus to the anterior margin of the annulus) can be expressed by linear regression (Fig. 13). The relationship between standard length of a fish (L) and the mean radius (\bar{R}) of the scales taken from the above-mentioned body part is linear, and can be expressed as $\bar{R} = 0.0248 L - 0.237$ (Fig. 15). The scale radius computed from the standard length with the above empirical equation was termed the "standard scale radius" (\bar{R}). By multiplying this by the ratio of the measured annulus radius (r) to the measured scale radius (R), the "standard annulus radius" (\bar{r}) was calculated. The mode and range of each standard annulus radius were calculated for different age group of the sample fish (Table 5). The WALFORD's graph drawn with the data shown in Table 5 proved to be linear; this result indicates that the von BERTALANFFY's model should yield reasonably good fit to these growth data (Fig. 16).

The value of the marginal growth index, $(R - r_n)/(r_n - r_{n-1})$, changed monthly and attained the minimum value in May (Fig. 17). A new annulus was found along the margin of scales in 35%, 49% and 7% of the fish caught in May, June and July, respectively (Fig. 18). The monthly growth rate in standard length is estimated from the value of the marginal growth index of each month. The season of rapid growth is from April to September, and the growth during this period accounts for 80% of the annual growth (Fig. 19). Frequency distribution of the standard radius of each annulus and that of the estimated standard length at the time of annulus formation are shown in Fig. 21. The growth of this species can be described by PÜTTER-VON BERTALANFFY's equation, $L_t = 21.4(1 - e^{-0.369t - 0.232})$, and by BÜCH-ANDRESSEN-FISCHR's equation, $W_t = 115(1 - e^{-0.369t - 2.23})^3$.

3) The sex ratio in *Sillago sihama* is likely to be 1:1, but females are slightly more abundant than males in the samples taken during the spawning season (Table 6).

By investigating the monthly trend of the gonad index, (gonad weight $\times 10^4$)/(cube of standard length), of the sampled individuals, it is inferred that the spawning season lasts from June until August (Fig. 23). The frequency distribution of the diameter of ovarian eggs is shown in Fig. 25 for each individual representing different stages of gonadial maturity (Table 7). It may be seen in this figure that the mode of the diameter shifts according to the gonadial maturity from the immature stage to the spent. In the ovary of mature stage the egg diameter has two modes, namely, at 0.3 and 0.65 mm (Fig. 25). This fact and the fact that remnant mature eggs occur together with the majority of eggs approaching ripeness in a single ovary suggest that this species may spawn more than once in a spawning season. Eggs of the most advanced group (over 0.5 mm in diameter) are likely to be shed at a single spawning; the estimated number of such eggs ranges from 3 to 20 thousand in the 25 females with matured ovaries (Fig. 27). Based on the assumption that all the ovarian eggs over 0.2 mm in

diameter be released in the spawning season of the respective year, the fecundity per female per spawning season is estimated 20-30 thousand eggs in the 2-year-old female, 30-50 thousand eggs in the 3-year-old and 50-80 thousand eggs in the 4-year-old (Fig. 27).

All males and females over 2 years of age were observed to be sexually mature. In the 1-year-old female, 8 specimens of the examined 98 were mature and the others were immature. The minimum size of the female with matured ovary is about 10 cm in standard length.

4) Analysis of stomach contents of *Sillago sihama* reveals that this species is a benthos-feeder and that shrimps and polychaetes form the most important items of the diet in the adult stage. There is marked difference in the composition of stomach contents between the adult and the immature stage: namely, the main items of diet are shrimps and polychaetes in adult fish, whereas they are amphipods and polychaetes in immature fish (Fig. 32).

In this species the ratio of the maximum weight of stomach contents to the body weight declines as the fish grows (Fig. 28). Judging from the monthly changes in the stomach contents weight index, $(\text{weight of stomach contents} \times 10^3) / (\text{maximum weight of stomach contents for the respective body weight})$, and in the percentage occurrence of empty stomachs, this species seems to show intense feeding activity during the period from April to September, and its feeding activity appears to take a declining trend after August (Fig. 30). While the main items of the diet are essentially the same in the active feeding season and in the other seasons, it appears that wider variety of food items is accepted in the former season than in the latter (Fig. 31).

Definite seasonal changes were observed in the composition of the stomach contents of immature fish. During May, June and July, amphipods form the dominant food, but after July they are replaced by polychaetes. In September relative frequencies that principal food items occur in the stomach contents are considerably similar in the adult and the immature fish. (Fig. 33). Available data suggest that in this month immature individuals immigrate into the regions which are inhabited by the adult.

5) Although various species of demersal fishes are captured with the bottom drift-net as mentioned before, this gear shows considerably high ability to catch *Sillago sihama*. It is presumed that the shape of this net underwater matches the swimming behaviour of this species and therefore results in a high catching ability.

The mesh selectivity of the bottom drift-net for *Sillago sihama* was estimated by applying KITAHARA's method to the data obtained by comparative fishing experiment. In this experiment 50 nets were used (i. e., 10 nets for each of the 5 different mesh sizes of 2.58, 2.82, 3.00, 3.19 and 3.36 cm in stretched measure) (Fig. 34). Selectivity was analysed as a function of the variable, $(\text{Standard length}) / (\text{stretched mesh size})$ (Fig. 43).

The determined selectivity curve has a fairly sharp peak and is slightly skewed to the right (Fig. 45). The bottom drift-net used in the central region of the Seto Inland Sea usually has the stretched mesh size of 2.9 or 3.0 cm; the above mentioned selectivity curve indicates that the standard length corresponding to the peak efficiency of those mesh sizes are 12.8 and 13.3 cm, respectively.

6) The bottom drift-net consists of a long narrow rectangular strip of single-layer netting. In actual operation the net drifts over the sea bed with the tidal current.

Assuming that the various curves of a fishing net in working condition can be approximated by circular arcs of different curvatures, 10 equilibrium equations are theoretically obtained regarding the distributing tensions and the shape of the net.

The shape of the net underwater depends on the difference between the current velocity and the drifting speed of the net (i. e., function V) and can be computed if the current velocity, the drifting speed of the net and the coefficient of kinetic friction between the sinkers and the sea bed are known. The obtained result is shown in Fig. 49.

In order to check the validity of the above theory, the shape of the net was actually observed in water at a river mouth where various current velocities were available. There was satisfactory agreement between the experimental and the theoretical results (Table 9).

7) The swimming behaviour of *Sillago sihama* in the fishing grounds was discussed by analysing the portions and sides of the net in which the fish were entangled in relation to the direction of tidal current. From the observations on the entangled individuals, it may generally be said that the majority of the fish keep themselves against the flow while swimming (Table 10). In general, those individuals swimming against the flow are situated farther above the sea bottom than those swimming along the flow. Considering the configuration of the net underwater, it is concluded that 65% of the captured fishes were swimming within 6 cm of the sea bed, 20% from 6 to 14 cm above the sea bed, and 9% from 14 to 22 cm above the sea bed (Fig. 52). It is presumed that the highest swimming level of this species should usually be 40 cm above the sea bed. Thus, *Sillago sihama* can be regarded as a demersal fish from the view point of swimming behaviour.

8) In Bingo-nada, central part of the Seto Inland Sea, commercial catch of *Sillago sihama* is made mainly with the bottom drift-net, although a minor portion of the catch is made with such commercial gears as the "Kogata sokobiki-ami" (a small beam trawl), the "Masu-ami" (a pound net), the "Gochi-ami" (a boat seine) and the "Ipnozuri" (the angling). *Sillago sihama* caught with the small beam trawl from May through August are 1-year-old; their standard length has a single mode at 7 cm in May and at 9.5 cm in August (Fig. 55). The fish caught by the pound net range from 9.5 to 18.5 cm in standard length with the fish of 11 to 14 cm being dominant (Fig. 56); they are 1 to 4 years of age, and most of them are 2-year-old (Fig. 56). The fish caught by angling and the boat seining are bigger than those captured with the other fishing gears mentioned above: their standard length ranges from 13 to 18 cm and the dominant lengths are between 14 and 16 cm (Fig. 56); while they are from 2 to 4 years of age, the 3-year-old are dominant (Fig. 56). Though the fish occurring in the fishing ground of the bottom drift-netting vary from 10 to 18 cm in standard length (Fig. 57), the commercial catch by this fishing method comprises the fish of 11-16 cm in standard length, 70% of them measuring 12 to 14 cm (Fig. 57); while the catch comprises principally the 2-year-old fish during most part of the fishing season, it comprises the 3-year-old fish at the beginning of the fishing season (May), and the 1-year-old fish toward the end of the fishing season (September and October).

In Fig. 58 the standard lengths of the commercial catch of this species are indicated for each fishing method. At the bottom of this figure are shown the frequency curves of the standard length at the full ages of 1, 2 and 3 years; these curves are based on the results of the scale study. In Fig. 59 are schematically shown the location of fishing ground and the ages of the commercial catch, respectively for each fishing method. The immigration of *Sillago sihama* from one region to another was discussed by the aid of this figure.

9) An analysis of the operation records of the commercial bottom drift-net fishing indicates the tendency that the catch per boat-day of *Sillago sihama* decreases gradually with the increase of cumulative fishing effort (Fig. 61). This result suggests that DELURY's model can be employed in studying the abundance, immigration and emigration of this species in a local fishing ground. Assuming that

immigration, emigration and change in the length composition are all negligible in a local stock within a relatively short period of time, DELULY's model was applied to those operation records of the commercial bottom drift-netting in the eastern part of Bingo-nada which consisted in the daily total weight of captured *Sillago sihama* and the daily number of operating boats during the 1964 fishing season. In this figure the logarithm of the catch per boat-day as plotted against the cumulative fishing effort can be regarded as decreasing fairly regularly; therefore, it does not seem unreasonable to fit a straight line to a group of plots which represents a certain period of time. However, it is noted that the plots lie on the four parallel straight lines (Fig. 61). We may interpret this as that the decrease of catch per boat-day is due to the effect of exploitation and that the jumping up from one straight line to an upper one reflects an increase in the abundance caused by immigration. And this interpretation is supported by the length composition of the commercial catch at the respective times in the fishing season and by the migratory behaviour of the 1-year-old fish as associated with the changes in their feeding habit.

On the basis of the information mentioned above, it may be said that the ratio (α) of the catch per boat-day to the amount of the stock is almost constant over the period of the operation. Therefore, it may be given as a conclusion that 3.8×10^{-4} is obtained as the numerical value of α evaluated from the slope of the lines and that the percentage of the season's total catch to the stock is estimated at 62% for *Sillago sihama* in this region.

The conclusion as mentioned below on the bottom drift-net fishery has been obtained from the analyses of the interaction between the ecological characteristics of *Sillago sihama* and the features of the fishing gear, and moreover from the information of the fishing stock. The bottom drift-net has the species- and size-selectivity, and *Sillago sihama* of 12-14 cm in standard length is captured dominantly in the central region of Seto Inland Sea. The catching ability of this gear is very efficient for the fish, and the percentage of the catch to the stock amount is estimated fairly high for the fish. However, the fishing intensity for large (more than 14 cm in standard length) and small (less than 12 cm) is not so high as medium (12-14 cm) in the population. Accordingly, it is recognized that the catch per unit effort of the fish by the bottom drift-netting is fairly stable since from the introduction of the commercial bottom drift-net fishery, and the decrement of the fishing stock of the fish is avoidable at a present situation. The construction and operation of the bottom drift-net are simple and easy, and more it has a high efficiency for catching the fish. Judging from the ecological character of *Sillago sihama* in the central part of the Seto Inland Sea, the optimum mesh size of the fishing gear operating in this region is 2.8-3.0 cm in stretched measure.