

シロウオの生態と増殖に関する研究

松井, 誠一
九州大学農学部水産学第二講座

<https://doi.org/10.15017/22188>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 40 (2/3), pp.135-174, 1986-01. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :



シロウオの生態と増殖に関する研究

松 井 誠 一

九州大学農学部水産学第二講座

(1985年9月20日受理)

Studies on the Ecology and the Propagation of the Ice Goby, *Leucopsarion petersi* Hilgendorf

SEIICHI MATSUI

Fisheries Laboratory, Faculty of Agriculture,
Kyushu University 46-04, Fukuoka 812

I 緒 言

シロウオ *Leucopsarion petersi* Hilgendorf は全長約 50 mm の小型のハゼ科魚類で、わが国沿岸、朝鮮半島南部の海域から河口域に生息している (Fig. 1)。その分布の中心は本州、四国、九州で、通常は海域の沿岸に生息するが、産卵期には河川に遡上し、下流域で産卵する。分類学的には1属1種で、第1背鱗と鱗を欠き、生時の魚体は半透明な淡い飴色で、色素胞が少なく、丸い鰓が外見される。各地の河口域では遡上中のものが漁獲され、シロウオ料理として賞味されており、漁獲の多い河川では水産上、重要な魚類である。また、釣餌としても利用されている。

本種の生態学的研究は、朝鮮における産卵習性 (矢部, 1940)、長崎県の河川における産卵習性と発育 (道津・内田, 1979) などが行われているに過ぎない。産卵調査及び産卵場造成試験 (中村ら, 1969; 水津ら, 1974; 有蘭ら, 1975, 1976, 1977, 1978, 1980; 木村ら, 1981, 1983, 1984) が山口県の松本川で行われているが、十分その効果が確認されていない。

本研究は、わが国に生息するシロウオの形態と分布、福岡市の室見川と博多湾を中心に遡上、成熟、産卵、発育及び成長に伴う形態と生態の変化等を明らかにし、これらの知見に基づく増殖方法について解明したものである。

本文に入るに先立ち、この研究の指導と原稿の校閲を頂いた九州大学名誉教授塚原 博先生に厚く御礼を申し上げる。また、本学農学部学生の大川恵三氏、吉田郁子氏、本田輝雄技官、古川哲二技官には標本の採集

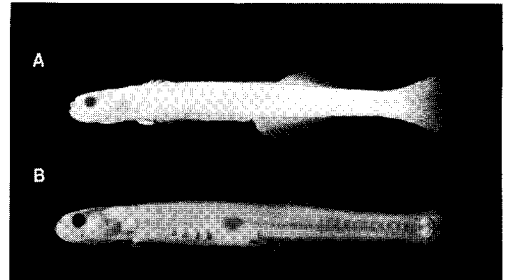


Fig. 1. The ice goby, *Leucopsarion petersi*. A, male 46.4 mm in TL; B, female 50.5 mm in TL.

や測定に当って多大なる御協力を頂いた。アサヒグラフ編集部の広瀬 博氏には分布資料の提供、福岡市水産課の西方巧二氏には漁場造成試験の便宜を賜った。シロウオやな組合組合長左座正善氏をはじめ組合員の方々には採集、調査の協力を頂いた。さらに東京大学海洋研究所の山下 洋氏、株式会社日本エヌ・ユー・エスの木本秀明氏、株式会社東京久栄の深瀬一之氏には各地の標本入手に協力を頂いた。以上の方々に深く感謝する。

II 研究場所と方法

1. 研究場所

シロウオの遡上、産卵する室見川は Fig.2 に示したように、福岡市の西部を流れて博多湾に注ぐ流路延長約 20 km、流域面積 82.5 km² の河川である。河口部の川幅は約 340 m で、上流 2.45 km にある新導井堰を境に下流部は感潮域となっている。この水域は潮汐

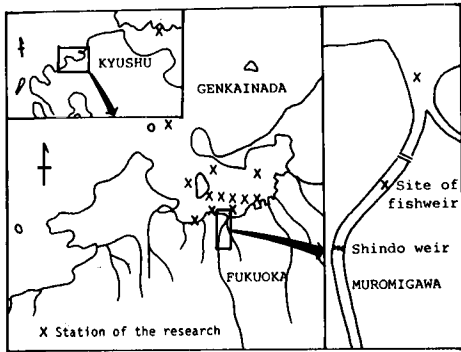


Fig. 2. Map of the research site.

と河川の流量によって水質に塩分の変化がみられ、河床には干潮時に広い砂州が現われる。シロウオの産卵は堰下流の感潮域で行われ、漁獲は産卵のため遡上するところを河口から1.5及び1.9 km 上流に設置されるシロウオやなによって行われており、ここを河川域における研究調査水域とした。

一方、仔魚が流下して成育する博多湾は、室見川などの16河川が流入する約140 km²の玄界灘に面した内湾である。湾口付近の水深は15 m以上であるが、湾奥部は5 m以浅で、その沿岸部は福岡市の港湾部を除いて砂浜海岸が広い。博多湾中央部に位置する能古島の南部や湾北部にはアマモ場も存在する。この湾内においてシロウオの分布及び生態調査を行った。なお、海域におけるシロウオの生息生態調査は山口県の瀬戸内海に位置する大海湾でも行った。

2. 研究方法

室見川に遡上するシロウオの採集は、河口部では地曳網(網口間隔5 m, 袖網の長さ4.5 m, 袋網の長さ2.3 m, 網の高さ0.6 m, 目合2 mm)を、河口から1.5 km 上流のやな場ではシロウオやな、投網及びたも網を用いた。シロウオの遡上量の変動と環境との関係は、室見川における1975~1984年のシロウオやな日別漁獲量と水温、塩分及び潮汐との関係から検討した。さらに、流下する孵化仔魚の採集は、産卵場及び河口域において稚魚網(網口の幅0.5 m, 高さ0.35 m, 長さ1 mの角型ネット)を用いて行った。次に産卵生態と産卵場の環境については、1982~1984年の3カ月に亘って産卵の観察と底質の調査を行い、この知見をもとに産卵場造成試験は河床の削土と投石によった。

海域におけるシロウオの採集は、博多湾内の沖合6定点で、九州大学の調査船わかすぎにより、底曳網(網口間隔3 m, 袖網の長さ3 m, 袋網の長さ1.5 m,

網の高さ0.6 m, 目合は袖網15 mm, 袋網2 mm), 表層曳網(底曳網の網口上部に浮子を装着)及び同沖合の10定点で稚魚網(口径1.3 m, 目合GG 54の丸稚魚ネット)を用いて行い、沿岸部の3定点においては地曳網と稚魚網(角型ネット)によった。また、山口県の大海湾内の3定点においても博多湾内の沖合部と同じ方法で漁船による採集を行った。

更に、シロウオの流速、水質及び光に対する反応や卵内発生と塩分及び水温との関係を求めるため、室内水槽実験を行い、産卵行動についても室内水槽内に産卵魚を収容して営巣及び産卵行動などを観察した。

III 室見川のシロウオ漁業

シロウオは全国的には地曳網、四ツ手網、やな及びたも網などで小規模に漁獲されている。いずれもシロウオが産卵のため、河川を遡上するところを漁獲する。

室見川ではすでに江戸時代に、やな漁が行われ(貝原, 1709), 現在は室見川シロウオやな組合(組合員16名)が、この漁業を行っている。例年、2月初旬に、河口から約1.5 km 上流の感潮域に2連と1.9 km 上流の感潮域に1連のやなが設けられる。これら3連のやなは、約100 mの川幅に対して萱の簀をジグザグに立てて70 mの長さで川を仕切り、その上流側の8カ所に魚捕り用の落し金網籠の網口を下流側に向けて設置し、これに落ち込んでいるシロウオを1日2回の最干潮時直前に取り揚げる。このやなの日別漁獲量について1975~1984年の変動をFig. 3に示した。漁業の許可期間は2月1日から4月30日までであるが、漁獲量が減少すると終漁となる。これによると、1 kg/日以上漁獲量の時期は盛漁期とみなされる。そこで、初漁日から1 kg/日未満の漁獲量を示す期間を初漁期、これ以上の漁獲を示す時期を盛漁期、漁獲量が減少傾向を示す時期を終漁期の3期に区分すると、初漁日は2月5日~14日、盛漁は2月16日~3月9日に始まり、漁獲量の減少しはじめる日は3月22日~4月12日であるので10年間の平均的な初漁期は2月上旬~下旬、盛漁期は2月下旬~3月下旬、終漁期は4月上旬~下旬である。

最近の漁獲量の年別変化をFig. 4に示した。これによると1972年には約2,000 kgの漁獲量があったものが、1979年には11 kgまで減少し、1980年以後はやや増加したものの1,000 kg以下と少なく、漁業者から漁獲量の増加と安定した漁況が望まれ、増殖対策を必要としている。

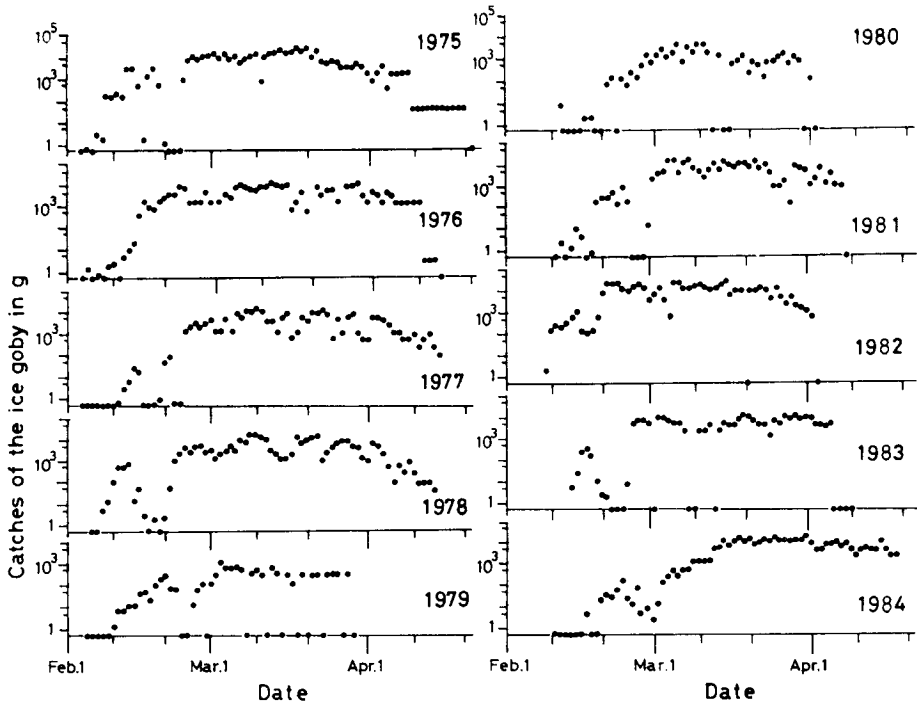


Fig. 3. Daily changes in the catch of the ice goby by the fishweir in the Muromigawa from 1975 to 1984.

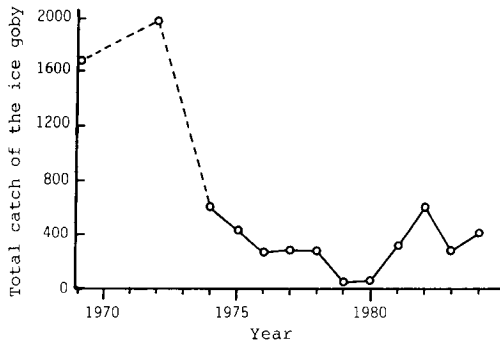


Fig. 4. Annual change of the total catch of the ice goby by the fishweir in the Muromigawa.

IV 分布と形態

1. 分布

わが国におけるシロウオの分布については、北海道から沖縄県の水産試験場、漁業協同組合及び市町村役場の計1,238の関係機関に対して郵便によるアンケート調査を行い、148機関から回答が得られた。シロウオの遡上が知られている61河川に加えて、今回のア

ンケート調査で遡上が明らかとなった111河川をFig. 5に示した。これによると、遡上河川は北海道の函館から鹿児島島の太平洋及び日本海側に広い範囲で認められた。今回の調査によって、過去においては遡上記録がある千葉県千代田市の千代田川、小糸川、静岡県浜名湖、佐鳴湖、大阪府の淀川、大和川、福岡県的那珂川及び多々良川などは現在、遡上しない水域となっていた。いずれにしても全国的分布からみると、シロウオの遡上河川は、七尾湾、若狭湾及び長崎県の内湾などのように海岸線の複雑な海域に流入する河川に多い傾向が認められた。さらに詳細にシロウオの分布様式を明らかにするため、1981～1984年に、佐賀県唐津から福岡県宗像にかけて、河川における産卵の有無を産卵床調査及び海域における分布を採集調査によって確かめ、その結果をFig. 6に示した。これによれば、シロウオの遡上は唐津湾と博多湾に流入する河川に限られており、玄界灘に直接流入する川には上らない傾向が認められた。また、博多湾には室見川などの小河川が多く流入しているが、シロウオの遡上は湾の西部の室見川、瑞梅寺川及び大原川だけに見られた。一方、博多湾内における底曳網、地曳網及び稚魚網(角型ネット)採集によると、シロウオは遡上河川のみら

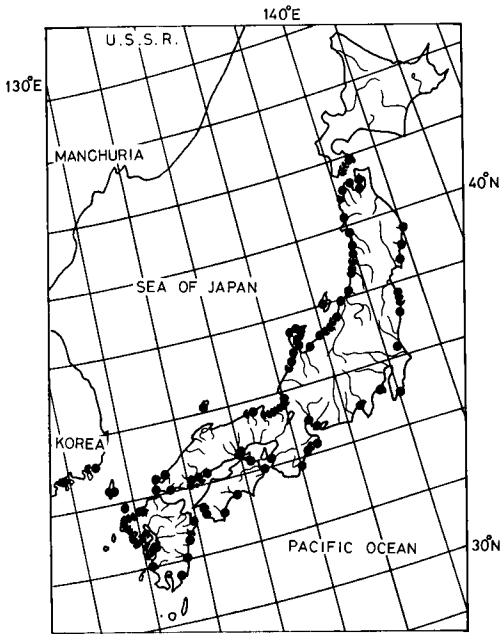


Fig. 5. Distribution of the ice goby. Closed circle shows the place of occurrence.

れる西部の海域に多く分布していることが認められた。

このように、同じ湾内においても分布の偏りがあったり、遡上する河川としない河川とがあったので、分布と環境との関係を検討した。まず博多湾の東部、中

部及び西部海域別にその水質を1975~1982年の年平均値と比較すると、SS及びCODは東部でSS 10 mg/l, COD 2.8 mg/l, 中部でSS 9 mg/l, COD 2.2 mg/l, 西部でSS 6 mg/l, COD 1.4 mg/lで、いずれもその値の低い西部海域にシロウオの分布が多かった(福岡市衛生局, 1983)。また底質ではCOD 7 mg/l以下、硫化物 0.026 mg/g以下、灼熱減量 8.2%以下にシロウオの分布が多い傾向があった。次に、シロウオの遡上の有無と主要流入河川の河口部における1973~1983年の水質を年平均値でTable 1に示した。これによれば、BODの年間平均値が1.5 mg/lの瑞梅寺川と1.7 mg/lの室見川には遡上が認められるが、3.6 mg/l以上の多々良川などには遡上がみられない。NとPについても室見川と瑞梅寺川では他河川より低く、溶存酸素量は高い。このように、SS, CODの低い水質の良い内湾にシロウオが多く分布し、これに注ぐ水質の良い河川に遡上して産卵することが認められた。

以上のようにシロウオは、わが国では北海道から鹿児島まで広く分布し、海岸線の複雑な内湾部の良い海域に多く生息し、生息域に注ぐ河川に産卵遡上することが明らかになった。

2. 形態

1) 一般形態

成魚の体形は細長く、やや側扁し、頭部は比較的短

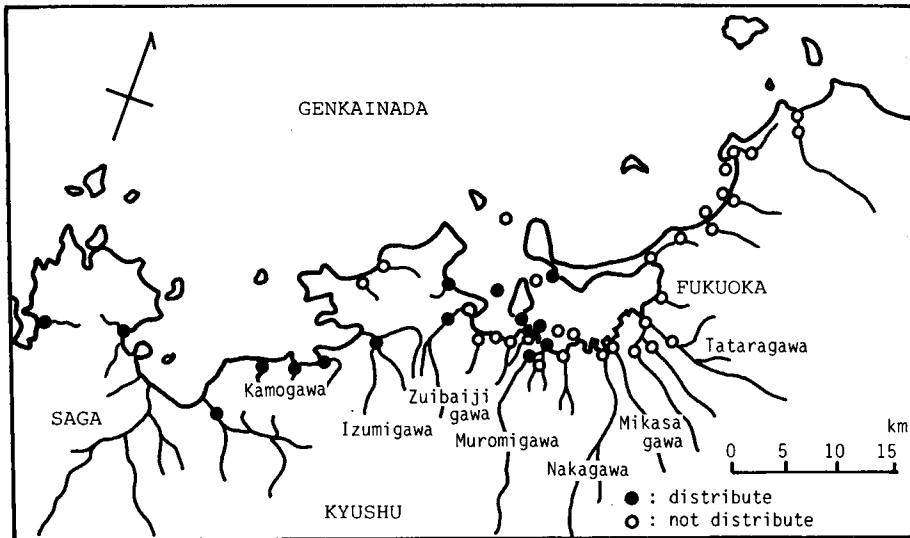


Fig. 6. Distribution of the ice goby at the northern Kyushu from Karatsu to Munakata. Open and closed circles show the places of occurrence and disappearance, respectively.

Table 1. Occurrence of the anadromous ice goby and water quality at the mouth of the river flowing into the Hakata Bay.

River	Occurrence of the anadromous ice goby	Volume of the outflowing water at the mouth of river (m ³ /sec)	Water quality at the mouth of river in mg/ft						
			DO	BOD	Total-N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	Total-P	PO ₄ -P
Muromigawa	+	2.7	10.0±0.6	1.7±0.4	0.90±0.05	0.14±0.06	0.015±0.006	0.10±0.04	0.05±0.02
Tataragawa	-	2.7	6.4±0.5	3.6±0.7	1.84±0.33	0.78±0.10	0.054±0.010	0.24±0.01	0.15±0.02
Mikasagawa	-	2.1	5.3±1.0	8.4±1.5	4.19±1.29	1.58±0.38	0.104±0.038	0.71±0.17	0.44±0.16
Hiigawa	-	1.0	6.4±0.6	9.5±0.9	4.49±0.64	3.45±0.96	0.112±0.039	0.74±0.08	0.45±0.06
Nakagawa	-	0.8	7.0±0.6	5.5±1.3	2.08±0.02	1.06±0.09	0.045±0.003	0.29±0.04	0.12±0.01
Zuibaijigawa	+	*	9.1±0.4	1.5±0.3	1.12±0.10	0.12±0.06	0.015±0.003	0.10±0.02	0.05±0.01
Kanakuzugawa	-	*	6.9±0.7	10.6±1.3	4.22±0.57	2.63±0.45	0.094±0.021	0.74±0.15	0.43±0.09
Jurogawa	-	*	6.6±0.8	7.2±1.1	5.75±1.04	3.54±0.64	0.143±0.061	0.64±0.21	0.30±0.12

* Volume of the outflowing water at the mouth was not determined.

+ The value of water quality indicates yearly mean±standard deviation.

い。大きな口はやや上向き、眼は比較的小さく、眼径は两眼間隔や吻長より短い。本種の両顎には1列の犬歯を有すとされている (Jordan and Snyder, 1901) が、両顎の前部に6~8本が不規則な2列をなし、その後方に上顎では15~16本、下顎では11~13本の犬歯が1列に並ぶ。舌端には欠刻があり二叉する。ハゼ科の鰓耙が一般に痕跡的であるのに対して (Suehiro, 1942)、本種のは先端が尖った剣状で長い。ハゼ類の多くの種類は甲殻類や小魚を摂餌するが、シロウオは後述するように主にかい脚類のプランクトン食で、鰓耙の形状との適応が考えられる。鰓孔は広く、左右の鰓膜下端は喉部に付着する。体表に鱗がない。頭部には粘液孔と考えられる小孔の列が網状をなし、体側にも同様な小孔よりなる垂直列が筋節に沿って33~35列ある。鰓は成魚でも体のほぼ中央部に球状で白く輝いて外見される。第1背鰭を欠き、背鰭は臀鰭より後方から始まる。背鰭基底は臀鰭基底より短い。担鰭骨はほとんど全て **alcian blue** だけに青く染まることから軟骨質と思われた。肛門は全長の中央またはわずか前方に開口する。胸鰭は長さが全長の10~12.5%、幅が7.5~10.5%で大きい。腹鰭は全長の4~5%で極めて短く、4対の鰭条で吸盤状をなすが、吸盤として機能的ではない。尾鰭は正尾形でわずかに二叉する。背鰭条数は12~15、臀鰭条数は16~19、胸鰭条数は12~14、筋節数は肛門を境に14~16+17~19、脊椎骨数は腹椎14と尾椎20~21であった。体表には黄色色素胞が全域に散在するが、黒色色素胞は頭部では頬から鰓蓋部、両顎及びその後方と脳の表面に散在し、体部では頭部後方から尾鰭までの背正中線部と臀鰭基底から尾鰭までに1~2の点列がある他、肛門部に数個と腹鰭基底の左右、峡部及び腹正中線に沿って1列あるに過ぎない。体内部では鰓、消化管の背面と脊椎骨の一部に黒色色素が認められた。

このように、本種は他の多くのハゼ類の形態と異なって、鱗を欠き、黒色色素が少なく、半透明で、さらに鰓が存在し、背鰭が1基である他、腹鰭が小形で、発達した鰓耙や両顎の2列の歯など多くの形態的特徴があり、全体的にはハゼ類の幼期の形態を示していた。

2) 雌雄による形態差

シロウオは河川を遡上する時期になると、雌の二次性徴として体側の腹部にやや大形の黒色色素胞が1列に出現する。この色素は海域に生息している時にはみられず、遡上前に小形の2~3個が生じ、河川内で成熟する頃には大形となり6~10個がみられる。雄では成熟すると微小な生殖突起が出現する。これらの外

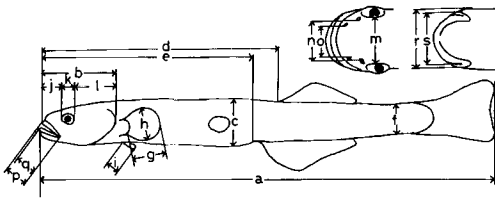


Fig. 7. Measurements of body parts.

a, Total length; b, Head length; c, Body depth; d, Predorsal fin length; e, Preanus length; f, Caudal peduncle depth; g, Pectoral fin length; h, Pectoral fin width; i, Ventral fin length; j, Snout length; k, Eye diameter; l, Post-orbital length; m, Inter-orbital distance; n, Inter-posterior nares distance; o, Inter-anterior nares distance; p, Upper jaw length; q, Lower jaw length; r, Upper jaw width; s, Lower jaw width.

観から認められる雌雄の特徴のほかに、雌雄の形態差を明らかにするため、体各部の長さや計数形質を測定した。体各部の長さの測定は描画装置を備えた実体顕微鏡下で5~15倍に投影した魚体について、1/100

mm単位のノギスで行った。測定部位をFig. 7に、雌雄各40尾の測定結果と測定部位別の雌雄差の検定結果をTable 2に示した。雌は雄に比べて大きく、体各部の比率では体高、背鰭前長、下顎長で雌が、胸鰭長、胸鰭高、腹鰭長、前鼻孔間隔、後鼻孔間隔、上顎間隔、下顎間隔で雄が大きい特徴がみられた。このうち、両顎の幅を表わす下顎間隔と上顎間隔、胸鰭の大きさを表わす胸鰭長と胸鰭高において、雄が雌に比べて大きい特徴は後述する雄の営業行動と卵保護に関係するものと考えられる。

3) 地域による形態差

九州北部の博多湾に注ぐ室見川と瑞梅寺川及び唐津湾に注ぐ泉川と加茂川の4河川のシロウオ(いずれも1984年3月16日に河川内の感潮域に設置されたやなで採集)について、体各部を前述した雌雄の形態測定方法と同様に測定し、その地域による形態差を雌雄別に検討した。各40尾の測定結果と地域別の検定結果を雌はTable 3-1に、雄はTable 3-2に示した。雌を例にとると、博多湾内の室見川と瑞梅寺川では25

Table 2. Morphological differences of male and female of the ice gobies collected at the Muromigawa.

	Male		Female		Significance test
	Mean	SD	Mean	SD	
Total length in mm	44.98	0.98	49.65	1.23	+
Head length in mm	8.02	0.30	8.67	0.43	+
Percentage to total length					
Head length	17.81	0.72	17.43	0.66	-
Body depth	10.84	0.47	11.41	0.52	+
Predorsal fin length	54.19	0.85	55.24	0.85	+
Preanus length	48.19	0.64	49.17	0.40	+
Preventral fin length	17.88	0.76	17.59	0.40	-
Caudal peduncle depth	6.87	0.27	6.74	0.33	-*
Pectoral fin length	12.06	0.42	10.58	0.53	+
Pectoral fin width	10.04	0.54	8.35	0.84	+
Ventral fin length	5.07	0.40	3.97	0.17	+
Percentage to head length					
Snout length	21.74	1.02	21.34	1.45	-
Eye diameter	16.62	0.90	16.85	0.69	-
Postorbital part of head	59.58	2.25	58.47	1.59	-
Interorbital distance	28.96	1.58	29.34	1.23	-
Inter-posterior nares distance	26.09	1.45	24.85	1.30	+
Inter-anterior nares distance	27.82	1.65	25.94	1.53	+
Upper jaw length	35.11	1.39	34.88	2.06	-
Lower jaw length	33.67	1.48	35.22	1.46	+
Upper jaw width	41.78	2.08	37.69	1.62	+
Lower jaw width	37.20	2.15	33.49	1.71	+*
Number					
Dorsal fin rays	13.20	0.75	13.25	0.77	-
Anal fin rays	17.25	0.83	17.74	0.85	-
Pectoral fin rays	13.50	0.44	13.45	0.50	-
Myotomes	31.80	0.87	31.80	0.75	-
Vertebrae	34.25	0.62	34.35	0.48	-

* As the variance test showed a significant difference, the method of Cochran & Cox was applied in place of the t-test for the difference of mean.

This table showed also whether morphological differences are significant(+) or not (-).

Table 3-1. Morphological differences among the female ice gobies taken from the four rivers at the northern Kyushu.

	Muromi-gawa(M)		Zuibaiji-gawa(Z)		Izumi-gawa(I)		Kamo-gawa(K)		Significance test					
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	M-Z	M-I	M-K	Z-I	Z-K	I-K
Total length in mm	49.17	1.83	48.86	1.74	47.54	1.60	47.44	1.85	--	--	--	--*	--	--*
Head length in mm	8.62	0.39	8.62	0.27	8.44	0.20	8.39	0.35	--	--*	--	--*	--	--*
Percentage to total length														
Head length	17.55	0.53	17.64	0.48	17.74	0.33	17.68	0.28	--	--	--	--	--	--
Body depth	10.71	0.42	10.36	0.25	10.73	0.39	10.93	0.36	--	--	--	+	+	--
Predorsal fin length	55.03	0.28	54.83	0.94	55.83	0.94	55.38	0.57	--	+	--	+	--	--
Preanus length	48.84	0.65	48.26	0.35	49.22	0.40	49.36	0.60	--	--	--	+	+	--
Caudal peduncle depth	6.66	0.25	6.61	0.14	6.45	0.20	6.60	0.10	--	--	--	--	--	--
Pectoral fin length	11.10	0.30	11.50	0.46	11.34	0.38	11.23	0.41	--	--	--	--	--	--
Pectoral fin width	9.50	0.37	9.53	0.47	10.15	0.44	10.52	0.86	--	+	+	+	+	--
Ventral fin length	3.84	0.37	3.92	0.33	3.69	0.28	3.80	0.14	--	--	--*	--	--*	--
Percentage to head length														
Snout length	23.10	0.71	23.08	0.92	24.69	1.05	23.52	0.81	--	--	--	--	--	--
Eye diameter	20.14	0.67	20.07	0.53	19.49	0.82	20.16	0.49	--	--	--	--	--	--
Postorbital part of head	57.50	0.88	57.32	0.68	56.82	0.97	56.98	0.65	--	--	--	--	--	--
Interorbital distance	28.62	1.18	28.63	1.31	29.02	1.65	29.97	0.47	--	--	+	+	+	--
Inter-posterior nares distance	25.81	0.97	25.24	0.89	25.26	0.67	26.03	1.01	--	--	--	--	--	--
Inter-anterior nares distance	26.97	0.90	25.94	0.92	26.39	0.55	26.82	0.76	--	--	--	--	--	--
Upper jaw length	37.23	0.41	37.02	0.88	36.34	0.84	37.49	1.51	--*	+	--*	--	--	--
Lower jaw length	36.78	1.04	36.97	0.79	35.85	1.19	37.36	1.35	--	--	--	+	+	+
Upper jaw width	41.18	1.87	42.10	0.97	44.07	1.68	41.75	1.44	--	+	--	+	--	+
Lower jaw width	38.96	1.59	38.40	1.50	41.25	1.88	38.93	1.72	--	+	--	+	--	+
Number														
Dorsal fin rays	13.50	0.50	13.60	0.49	13.80	0.60	13.56	0.50	--	--	--	--	--	--
Anal fin rays	17.50	0.50	17.90	0.83	17.80	0.75	17.56	0.50	--	--	--	--	--	--
Pectoral fin rays	13.50	0.81	13.00	0.63	13.20	0.60	13.67	0.82	--	--	--	--	--	--
Myotomes	31.90	0.70	32.40	0.66	32.20	0.98	32.29	0.74	--	--	--	--	--	--
Vertebrae	34.20	0.60	34.40	0.49	34.30	0.78	34.33	0.47	--	--	--	--	--	--

* As the variance test showed a significant difference, the method of Cochran & Cox was applied in place of the t-test for the difference of mean.
This table showed also whether morphological differences are significant (+) or not (-).

測定項目中すべてに差が認められなかったが、唐津湾に注ぐ泉川と加茂川のもの多博湾内の河川のものとの間には体高、肛門前長、胸鰭高、両眼間隔、上顎間隔、下顎間隔で地域差が認められた。雄では他の測定項目などでも同様に地域差がみられた。このように同じ湾内に流入する河川へ遡上するシロウオは、形態上ほとんど差がないが、臨接した内湾でも生息する湾が半島で隔たると、雌雄ともに形態差が認められ、地域的な生殖隔離があるものと考えられた。

さらに、遠隔地のシロウオの形態比較を行うため、北部は新潟県柏崎市の前川（1983年4月24日採集）、中部は福井県敦賀市の縄間川（1983年4月8日採集）及び南部は福岡市の室見川（1983年3月29日採集）のいずれも河口部ものを選んで、雌雄各40個体の形態測定を行った。その測定結果と地域別の検定結果を雌は Table 4-1 に、雄は Table 4-2 に示した。

雌では頭長、体高、肛門前長、胸鰭長、胸鰭高、吻長、眼径、上顎長、下顎長、上顎間隔、下顎間隔及び臀鰭条数、脊椎骨数において地域差があり、雄ではさらに背鰭条数でも差が認められた。このように遠隔地のものでは計数形質にも差が出現していた。

以上のように比較した地域はいずれも日本海側であるが、生息地が大きく離れた場合には、雌雄ともかなり大きな地域的形態差があり、隣接した地域でも外海で十分隔たった湾に生息するシロウオでは互に形態差が認められ、本種は地域的に生殖隔離され、比較的狭い水域で種族を維持するものと考えられる。

V 遡上生態

1. シロウオの大きさと性比

1) 大きさ

室見川の遡上シロウオの大きさを時期別、場所別に

Table 3-2. Morphological differences among the male ice gobies taken from the four rivers at the northern Kyushu.

	Muromi-gawa(M)		Zuibaiji-gawa(Z)		Izumi-gawa(I)		Kamo-gawa(K)		Significance test						
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	M-Z	M-I	M-K	Z-I	Z-K	I-K	
Total length in mm	44.03	1.33	43.89	1.50	43.75	1.48	43.79	0.78	-	-	-	-	-	-	-
Head length in mm	7.99	0.26	8.07	0.29	8.04	0.27	7.89	0.23	-	-	-	-	-	-	-
Percentage to total length															
Head length	18.15	0.30	18.39	0.32	18.38	0.39	18.24	0.24	-	-	-	-	-	-	-
Body depth	10.34	0.30	9.76	0.42	10.21	0.48	9.81	0.40	+	-	+	-	-	-	-
Predorsal fin length	54.57	0.62	54.38	0.52	54.42	0.80	53.88	0.53	-	-	+	-	-	-	-
Preanus length	48.26	0.45	47.91	0.56	48.26	0.79	47.56	0.51	-	-	+	-	-	-	-
Caudal peduncle depth	6.93	0.23	6.81	0.16	6.74	0.17	6.79	0.25	-	-	-	-	-	-	-
Pectoral fin length	11.58	0.62	12.53	0.41	12.31	0.54	12.46	0.26	-	-	-	-	-	-	-
Pectoral fin width	12.31	0.64	11.57	0.35	12.48	0.46	12.26	0.38	-	+	+	+	+	+	-
Ventral fin length	4.49	0.32	4.72	0.20	4.58	0.29	4.63	0.27	-	-	-	-	-	-*	-
Percentage to head length															
Snout length	23.56	0.91	23.97	0.61	24.88	0.71	24.73	0.81	-	+	+	+	-	-	-
Eye diameter	19.91	0.52	19.35	0.72	19.84	0.93	19.80	0.61	-	-	-	-	-	-	-
Postorbital part of head	57.00	0.60	57.52	0.43	56.47	0.89	56.69	0.83	-	-	-	+	+	-	-
Interorbital distance	28.05	1.53	28.13	1.53	27.03	0.70	27.84	0.79	-	-*	-	-*	-	-	-
Inter-posterior nares distance	26.00	0.68	26.08	0.92	25.61	0.63	25.77	0.97	-	-	-	-	-	-	-
Inter-anterior nares distance	27.31	0.76	26.94	0.53	26.87	0.75	26.71	1.14	-	-	-	-	-	-*	-
Upper jaw length	37.04	0.67	36.62	0.61	36.27	1.14	37.06	1.26	-	-	-	-	-	-*	-
Lower jaw length	34.79	1.19	34.44	0.45	32.62	1.03	34.81	1.21	-*	+	-	+	+	-*	+
Upper jaw width	46.38	1.54	47.14	1.30	48.83	1.59	46.20	0.73	-	+	-	+	-	-	+
Lower jaw width	41.24	1.64	42.10	0.97	45.85	1.50	41.54	1.13	-	+	-	+	-	-	+
Number															
Dorsal fin rays	13.78	0.92	13.40	0.80	13.70	0.64	13.67	0.67	-	-	-	-	-	-	-
Anal fin rays	17.80	0.60	17.30	0.64	18.00	0.77	17.44	0.50	-	-	-	-	-	-	-
Pectoral fin rays	13.70	0.64	13.10	0.70	13.60	0.49	13.44	0.50	-	-	-	-	-	-	-
Myotomes	32.00	0.45	32.10	0.54	31.60	0.49	32.16	0.68	-	-	-	-	-	-	-
Vertebrae	34.00	0	34.10	0.54	34.20	0.60	34.22	0.42	-	-	-	-	-	-	-

* As the variance test showed a significant difference, the method of Cochran & Cox was applied in place of the t-test for the difference of mean.

This table showed also whether morphological differences are significant (+) or not (-).

調査した。まず、室見川のシロウオやなにおいて漁獲量 1 kg/日以上を示す盛漁期は、シロウオの遡上盛期であり、初漁期は遡上初期、終漁期は遡上終期とし、遡上期を 3 期に区分した。これに従うと、1982 年の場合、2 月 9~19 日が遡上初期、2 月 20 日~3 月 28 日が盛期及び 3 月 29 日~4 月 3 日が終期であった。この 3 期を通じて、河口部では曳網で計 538 個体、やや上流のシロウオやなでは計 554 個体のシロウオを採集し、遡上期別、場所別、雌雄別にその全長と体重を測定し、結果を Table 5 に示した。遡上期別に全長をみると、河口部では遡上初期から盛期にかけて雌雄ともわずかな増加をしているが、やな場では雄で若干の減少、雌で増加傾向を示した。場所別に河口部とやな場のものとを比較すると雌雄とも、その大きさに顕著な差は認められなかったが、やな場のものがやや大きく、雌雄別の大きさではいずれも雌が大きく、雌

の平均全長 50.3±1.7 mm、雄 45.9±1.3 mm であった。この結果、シロウオは日数経過とともに雄で成長したものが遡上することを示し、さらに河口から 1.5 km の遡上区間でも若干の成長を行うものと考えられる。なお、この表には示していないが、遡上初期には平均的には全長が小さいものが遡上するものの、遡上開始 1~2 日のものは大形であり、成長の良いシロウオがごく初期にのぼる傾向も示した。このような初期に大形魚が遡上する傾向はアユでも認められている(楠田, 1963)。

次に、体重を遡上期別にみると、全長と同様に河口部では遡上初期から盛期にかけて雌雄とも増加傾向であるが、やな場では雌雄とも減少傾向を示した。また、同時期の河口部とやな場の体重を比較すると、やな場のものが明らかに大きい値を示した。

このように、遡上シロウオの大きさは雌が雄に比し

Table 4-1. Morphological differences among the female ice gobies taken from the mouths of the rivers in the three regions.

	FUKUOKA (FU)		TSURUGA (TS)		NIIGATA (NI)		Significance test		
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	FU-TS	FU-NI	TS-NI
Total length in mm	49.65	1.23	49.78	1.46	48.50	1.99	-	+*	-
Head length in mm	8.67	0.43	9.07	0.32	8.75	0.39	+	-	-
Percentage to total length									
Head length	17.43	0.66	18.23	0.36	18.09	0.34	+	+*	-
Body depth	11.41	0.52	11.06	0.36	12.10	0.48	-	+	+
Predorsal fin length	55.24	0.85	55.64	0.89	55.26	0.85	-	-	-
Preanus length	49.17	0.40	49.59	0.85	48.38	1.79	-*	+*	+
Caudal peduncle depth	6.74	0.33	6.52	0.29	6.67	0.21	-	-	-
Pectoral fin length	10.58	0.53	11.21	0.43	11.01	0.34	+	+	-
Pectoral fin width	8.35	0.84	9.07	0.68	7.64	0.54	-	+	+
Ventral fin length	4.13	0.34	4.14	0.34	4.16	0.45	-	-	-
Percentage to head length									
Snout length	21.34	1.45	23.48	0.62	19.84	1.06	+*	+	+
Eye diameter	16.85	0.69	20.34	0.71	17.91	0.81	+	+	+
Postorbital part of head	58.47	1.59	58.09	1.23	58.68	1.46	-	-	-
Interorbital distance	29.34	1.23	29.44	1.08	30.21	0.94	-	-	-
Inter-posterior nares distance	24.85	1.30	24.83	1.18	24.30	1.64	-	-	-
Inter-anterior nares distance	25.94	1.53	26.80	0.70	25.86	1.76	-	-*	-*
Upper jaw length	34.88	2.06	37.10	0.79	34.75	1.59	+*	-	+
Lower jaw length	35.22	1.46	36.99	1.43	35.43	1.39	+	-	+
Upper jaw width	37.69	1.62	40.08	2.04	34.78	1.62	+	+	+
Lower jaw width	33.49	1.71	37.75	1.33	32.29	1.60	+	+	+
Number									
Dorsal fin rays	13.25	0.77	13.22	0.63	13.20	0.36	-	-*	-*
Anal fin rays	17.74	0.85	17.56	0.50	16.89	0.91	-	+	-
Pectoral fin rays	13.45	0.50	13.63	0.48	13.47	0.50	-	-	-
Vertebrae	34.35	0.48	34.90	0.30	33.75	0.62	+	+	+*

* As the variance test showed a significant difference, the method of Cochran & Cox was applied in place of the t-test for the difference of mean.

This table showed also whether morphological differences are significant (+) or not (-).

て大きく、遡上期別には全長、体重ともに後期になるに従って大きいことを示した。場所別には産卵場に近いやな場のものが河口部のものに比してかなり大きい傾向があった。特に、この傾向は体重で顕著であり、その原因として成長ばかりでなく、やな場における成熟の進行が考えられた。

2) 性比

雌雄による遡上生態の差異を求めるため、1982年2月9日～4月3日に河口域とやな場において採集した標本をもとに場所別に性比(雌の個体数×100/雌雄の合計個体数)の日変化を求めて Fig. 8 に示した。これによれば、河口域では遡上初期には雌が11～15%で雄の割合が多いが、盛期には54～80%と雌が多くなり、終期には雌が100%を占めた。他方、やな場でも遡上初期には雌が25%以下で雄が多いが、盛期の2月28日以後は雌が雄に比べ多くなった。しかし、

遡上の全期間では性比をみると、河口域およびやな場ともにほぼ50%であった。以上の傾向は1984年の場合も同様であった。

このように、はじめ雄の遡上が多く、次いで雌が多くなり、遡上後期にはほとんど雄がみられないという性比の偏りは、雄の雌に先行した遡上ややな場の石下に形成される産卵床での雄の営巣と卵保護に原因するものと考えられた。シロウオと似た産卵生態を示すシラウオ *Salangichthys microdon* Bleeker では雌雄が別個の群れを作って遡上し、雌雄の離合集散に周期性が認められている(堀田・田村, 1954) が、本種では、このような現象は認められなかった。

2. 遡上期

室見川のシロウオの遡上は、2月から4月にみられたが、前述のようにシロウオは全国的に分布し、地域

Table 4-2. Morphological differences among the male ice gobies taken from the mouths of the rivers in the three regions.

	FUKUOKA (FU)		TSURUGA (TS)		NIIGATA (NI)		Significance test		
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	FU- TS	FU- NI	TS- NI
Total length in mm	44.98	0.98	46.32	0.74	44.69	1.24	+	-	+
Head length in mm	8.02	0.30	8.68	0.17	8.21	0.25	+	-	+
Percentage to total length									
Head length	17.81	0.72	18.73	0.49	18.36	0.36	+	+	-
Body depth	10.84	0.47	10.97	0.27	11.10	0.67	-*	-	-
Predorsal fin length	54.19	0.85	54.70	0.98	54.45	1.48	-	-*	-
Preanus length	48.18	0.63	48.43	0.56	47.56	0.84	-	+	+
Caudal peduncle depth	6.87	0.27	6.66	0.24	6.64	0.46	-	-*	-
Pectoral fin length	12.06	0.42	13.10	0.68	12.02	0.50	+	-	+
Pectoral fin width	10.04	0.54	11.83	0.58	9.08	0.98	+	+	+
Ventral fin length	5.07	0.40	5.16	0.40	4.75	0.44	-	-	-
Percentage to head length									
Snout length	21.74	1.02	23.29	0.77	23.17	1.15	+	+	-
Eye diameter	16.62	0.90	20.25	0.61	19.37	0.84	+	+	+
Postorbital part of head	59.58	2.25	58.06	0.86	58.21	1.86	-*	-	-
Interorbital distance	28.96	1.58	28.71	0.64	28.34	1.63	-	-	-
Inter-posterior nares distance	26.09	1.45	25.19	0.94	25.47	1.53	-	-	-
Inter-anterior nares distance	27.82	1.65	26.85	0.87	26.99	1.36	-	-	-
Upper jaw length	35.11	1.39	38.15	0.80	37.77	1.35	+	+	-
Lower jaw length	33.67	1.48	35.66	0.67	36.74	1.92	+	+	-*
Upper jaw width	41.78	2.08	45.14	1.23	41.11	1.97	+	-	+
Lower jaw width	37.20	2.15	41.24	0.96	37.36	2.03	+	-	+
Number									
Dorsal fin rays	13.20	0.75	13.38	0.70	12.60	0.49	-	+	+
Anal fin rays	17.25	0.83	17.88	0.60	16.55	0.89	-	+	+
Pectoral fin rays	13.50	0.44	13.38	0.70	13.20	0.40	-	-	-
Vertebrae	34.25	0.62	35.0	0	33.64	0.48	+	+	+

* As the variance test showed a significant difference, the method of Cochran & Cox was applied in place of the t-test for the difference of mean.
This table showed also whether morphological differences are significant (+) or not (-).

Table 5. Changes of the total length and the body weight of the ice goby with the collected site, the sex and the anadromous period in 1982.

Site		Sex	Early period	High period	Final period	Total
			Feb. 13, 19	Mar. 9-10, 25-26	Apr. 14-15	
Mouth of Muromigawa	Total length in mm	Male	45.28±1.25	45.66±1.35	-*	45.60±1.36
		Female	48.70±0.43	50.15±1.55	50.37±1.67	50.27±1.58
	Body weight in gr.	Male	0.33±0.04	0.35±0.05	-*	0.35±0.05
		Female	0.45±0.04	0.49±0.07	0.21±0.04	0.39±0.15
Site of Fishweir	Total length in mm	Male	46.31±1.02	46.09±1.34	45.30±0.69	46.16±1.30
		Female	50.05±0.65	50.34±1.62	51.31±2.46	50.33±1.79
	Body weight in gr.	Male	0.46±0.04	0.42±0.05	0.28±0.10	0.43±0.06
		Female	0.58±0.03	0.54±0.08	0.43±0.18	0.53±0.09

* All of the ice goby were female.

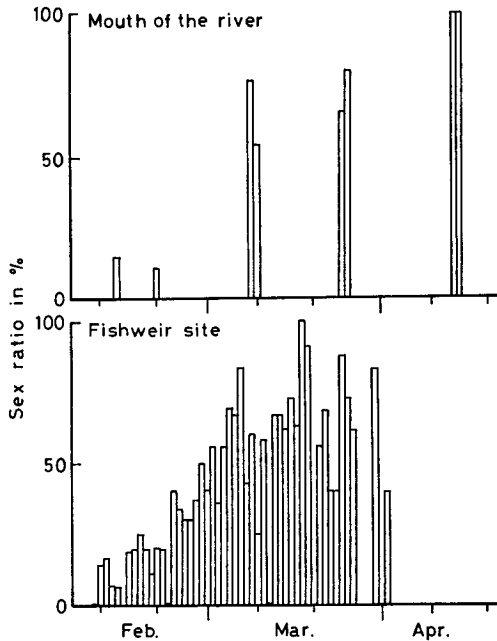


Fig. 8. Changes in sex ratio of the ice goby collected at the fishweir site and the mouth of the Muromigawa. Sex ratio is calculated by the formula, Number of females \times 100 / Total number of females and males.

によって遡上期にかなりの遅速が予測されるので、全国に亘って遡上盛期をアンケート調査し、その結果をまとめて Fig. 9 に示した。遡上盛期は、南九州、南四国及び南紀地方で1～2月に、北部九州、瀬戸内海及び東海地方で2～3月に、中国北部、近畿北部、中部地方及び関東地方で3～4月に、東北、函館において4～5月にあり、地域別に南から北へと遅く、さらに同緯度地方では日本海側より太平洋側でやや早期に遡上する傾向が認められた。

3. 遡上と環境

シロウオの遡上は時期別、地域別に相違がみられたので、遡上に影響すると考えられる水温、潮汐、流量及び日照時間などの環境条件との関係について調査研究を行った。

1) 水温

室見川におけるシロウオの遡上期別水温の年変化を、シロウオやな組合がやな場において午前10時に測定した水温資料をもとにして Table 6 に示した。これによれば、初遡上日の水温は $3.7 \sim 9.3^{\circ}\text{C}$ で、年による差は大きい、10年間の最高値と最低値を除け

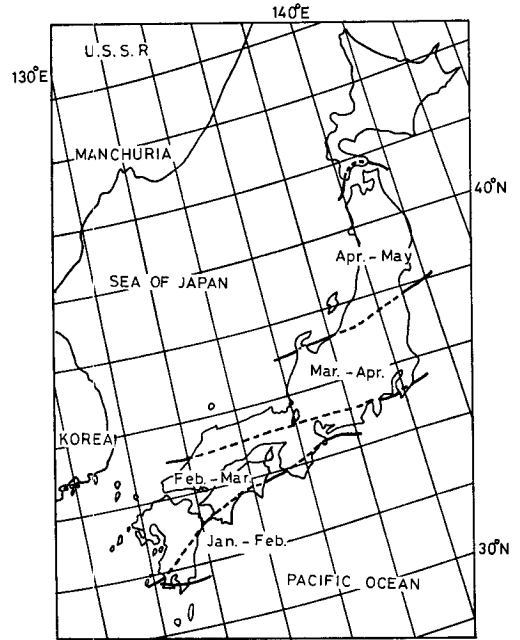


Fig. 9. Season of ascending migration to the river of the ice goby in Japan.

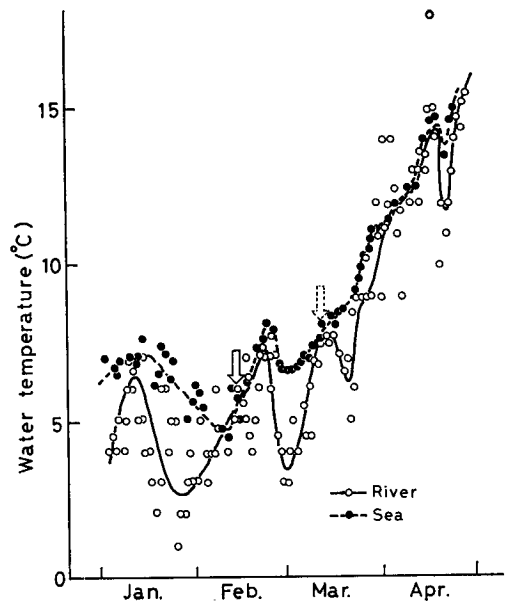


Fig. 10. Daily changes in the water temperature of the sea and the river. The solid arrow shows the first date of the ascending migration and the chain arrow the first date of the high ascending migration.

Table 6. The date of the first catch, the first catch more than 1 kg per day and beginning of decline of catch by the fishweir, and water temperature at the Muro-migawa on each date.

Year	The first catch		The first catch more than 1 kg per day		Beginning of decline of catch	
	Date	WT(°C)	Date	WT(°C)	Date	WT(°C)
1975	Feb. 5	8.2	Feb. 25	7.4	Mar. 22	10.2
1976	Feb. 5	6.8	Feb. 16	11.1	Mar. 29	11.8
1977	Feb. 10	3.7	Feb. 24	8.2	Apr. 3	11.3
1978	Feb. 7	7.7	Feb. 22	7.2	Apr. 2	10.0
1979	Feb. 10	9.3	*	*	*	*
1980	Feb. 12	6.0	Feb. 29	8.8	Mar. 30	13.3
1981	Feb. 12	6.4	Mar. 2	6.7	Apr. 6	11.7
1982	Feb. 9	6.4	Feb. 20	10.0	Mar. 29	11.8
1983	Feb. 14	6.5	Feb. 26	7.8	Apr. 6	12.3
1984	Feb. 7	6.0	Mar. 9	7.0	Apr. 15	14.0

* In 1979, the catch was not more than 1 kg, and the decline of catch was indefinite.

ば、平均 6.8°C であった。同様の方法で求めると、盛期となる水温は 11.8°C であった。

日別漁獲量と水温の関係を求めるため、1977~1984年の室見川シロウオやなの日別漁獲量と前述の日別水温資料を用いて、前日との水温変化と漁獲量の変動を各々上昇、変化なし及び下降に区分し、各々の組合せの頻度を年別に Table 7 に示した。これによると、いずれの年でも水温の上昇時に漁獲量すなわち遡上量が増加することが多く、下降期に遡上量が減少することが多い傾向を認めた。

さらに、遡上と河川及び海域の水温との関係を検討した。1984年における1~4月の新導井堰越流水と河口から沖合1.3kmの博多湾における水温を Fig. 10 に示し、遡上期との関係を求めた。この結果、河川水の水温が海水温度まで上昇するとシロウオの遡上が始まり、遡上盛期も両者の水温がほぼ一致する時期に始まる傾向があり、シロウオの遡上に海域と河川水の水温が密接に関係していることが明らかとなった。

2) 潮汐

シロウオは河川下流の感潮域に遡上して産卵するため、遡上にとって潮汐の影響を大きく受けていることが考えられる。このため遡上と潮汐との関係について検討した。まず、室見川において遡上量の多かった1982年、普通年の1981年及び量の少なかった1979年について、シロウオやなの日別漁獲量と潮位変動との関係を求め、Fig. 11 に示した。この結果、遡上量の少なかった年では両者の関係が認められなかったが、遡上量の多かった年と普通年では遡上量が大潮時に多く、小潮時に少ない関係が認められた。

次に1982年3月河口域で地曳網を用いて、遡上シ

ロウオの採集を行い、採集個体数の経時変化と潮汐との関係を調べた。地曳網採集は3月9日の13時から翌10日13時までの間に3時間間隔で網口間隔を5m

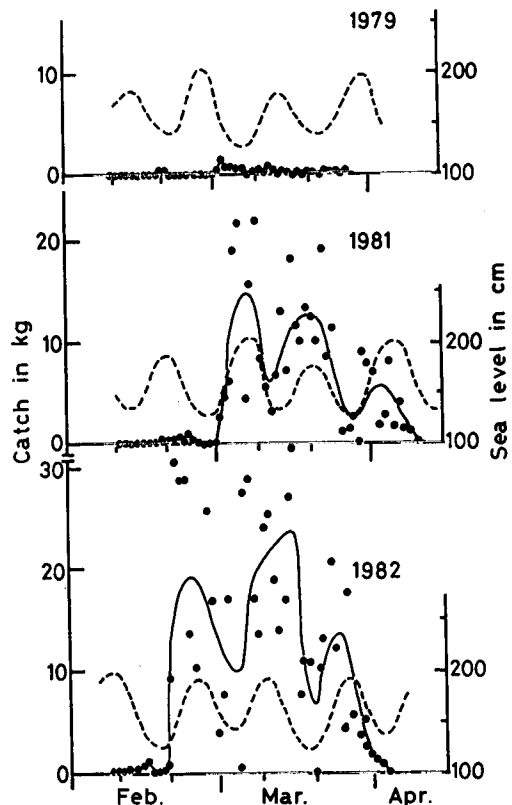


Fig. 11. Daily changes in the catch of the ice goby and sea level. Point, the actual catch; solid line, the smoothed catch; chain line, sea level.

Table 7. Changes of the water temperature and the catch compared with the preceding day.

Water temperature compared with the preceding day	Rise			No change			Fall		
	Increase	No change	Decrease	Increase	No change	Decrease	Increase	No change	Decrease
Catch compared with the preceding day									
Year									
1977	15	5	9	4	2	3	10	3	13
1978	16	1	12	5	2	4	11	2	13
1979	11	5	8	2	1	2	9	2	7
1980	10	4	9	1	1	4	11	3	6
1981	15	3	10	2	1	1	11	1	13
1982	13	1	8	6	0	7	6	3	9
1983	11	3	11	3	1	3	5	3	12
1984	17	2	8	4	1	1	13	2	14
Total	108	24	75	27	9	25	76	19	87

に保ちながら 100 m の曳網で行われ、同時に塩分測定を行った。この結果、雌雄別に Fig. 12 に示したように、昼間の下げ潮時の遡上はわずかな量に過ぎないが、夜間の下げ潮時に多い傾向があった。この際、雌雄別の遡上生態の相違についても検討したが、両者の差異は認められなかった。また、塩分についてみると、遡上量の多い時は 18 ‰ 以下の汽水となっていた。

シロウオは海水域から淡水域に向かって遡上するため、シロウオの塩分濃度に対する反応に相違が考えられた。そこで海水 (31.8~34.2 ‰S)、汽水 (18.4~23.8 ‰S) 及び淡水 (室見川河川水) の 3 種類について、室内の Y 字型水槽を用いて、遡上中のシロウオの反応を実験した。実験水槽を Fig. 13 に示した。図示した水槽の C に室見川のやな場で採集したシロウオを 10 個体入れ、2 種類の供試水を各々 A、B の両水路に等量に流し、流水状態で 10 分間馴致後、仕切網を除き、各々の注水口近くの a 及び b に到達した個体を計数した。各実験は 5 回行い、その平均個体数と差の検

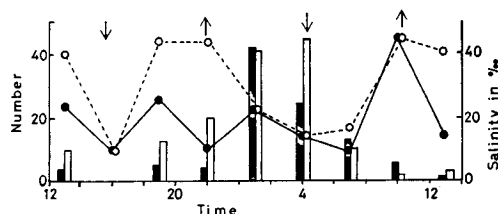


Fig. 12. Diurnal changes in the number of ascending ice goby, salinity and tide at the mouth of the Muromigawa in Mar. 9-10, 1982. Solid column, male; open column, female; closed circle, salinity of the upper layer; open circle, salinity of the lower layer; upward arrow, high tide; downward arrow, low tide.

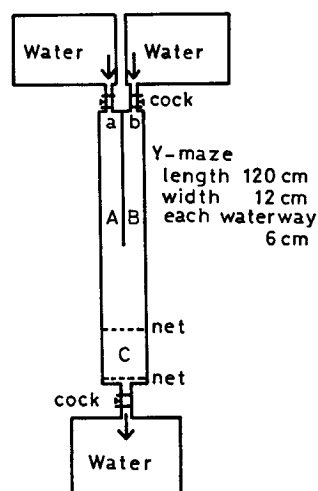


Fig. 13. Experimental apparatus to examine the responses of the ice goby to fresh water, brackish water and sea water.

定結果を Table 8 に示した。これによると、海水と淡水では淡水を、汽水と海水では汽水を、淡水と汽水では汽水を選好する個体数が多かった。このように遡上時期のシロウオは低塩分を選好して遡上する。

次に、河口から 1.5 km 上流のやな場においてやなの一つを用いて、落し金網籠の網口を上流と下流向きに設置し、落ち込むシロウオの個体数と潮汐との関係について調査した。1983年3月29日の15時から翌30日の15時までの間、2時間間隔で取り揚げを行い、落し籠に入った個体数を遡上と降下個体に分けて、雌雄別に、Fig. 14 に示した。これによれば、河口域と異なって、やな場の汽水域では遡上量は夜間の上げ潮時に最も多いが、下げ潮時や昼間にも多い。降下個体は遡上個体に比べ、量的には少ないものの、昼

Table 8. Response of the ice goby to fresh water, brackish water and sea water in a Y-maze with time. Numbers show the mean of responded fish in five experiments using ten individuals. Salinity of brackish water and sea water was 18.4–23.8 and 31.8–34.2‰, respectively. T-test was applied to examine the difference of means at the five times experiments.

	Cumulative numbers of individuals responded			T-test (after 10min)
	1	5	10 (min)	
Fresh water	2.7	7.7	11.0	Significant in 0.5%
Sea water	0.7	4.3	6.7	
Brackish water	3.0	9.7	11.7	Significant in 1%
Sea water	2.3	6.7	9.3	
Fresh water	2.0	3.4	5.0	Significant in 5%
Brackish water	2.2	5.8	9.0	

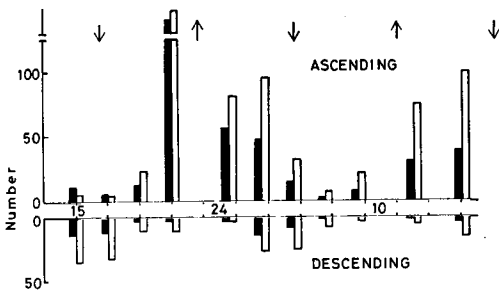


Fig. 14. Diurnal changes in the number of ascending and descending ice goby, and tide at the fishweir site of the Muromigawa in Mar. 29–30, 1983. Solid column, male; open column, female; upward arrow, high tide; downward arrow, low tide.

夜の下げ潮時に出現する。このように下げ潮で下流に流され、再び上げ潮時に上るように多少の上下移動がみられる。雌雄別の遡上生態の相違についても検討し

たが、両者の差異は認められなかった。

3) 流量

河川流量は、流速と関連して魚類の河川遡上に大きく影響することが考えられる。そこでシロウオ漁獲量と流量との関係を求めるため、1977～1984年の室見川シロウオやなの日別漁獲量と日別流量資料（新導井堰越流量）を用いて、前日との流量変化が50,000トン/日以上あった時の変動を増加と減少に、前日との漁獲量の変動を増加、変化なし及び減少に区分し、各々の組合せの出現頻度を年別に Table 9 に示した。この結果、流量の増加時に漁獲量は減少することが多く、流量の減少時に漁獲量が増加することが多い傾向を認めた。さらに流量と漁獲量の日変動を対応させてみると、流量が急増すると、その当日や翌日の漁獲量が急減する結果も得た。これらの結果から、河川流量の増加はシロウオの遡上量を減少させ、特に、急激な流量増加は遡上を阻害するものと考えられる。

Table 9. Changes of the flow and the catch of ice goby compared with the preceding day. Data was analyzed only when the flow varied over 50,000 m³/day and excepted from the analysis in 1978 of little variations in the flow.

Flow compared with preceding day	Increase			Decrease			
	Increase	No change	Decrease	Increase	No change	Decrease	
Catch compared with preceding day	Increase	No change	Decrease	Increase	No change	Decrease	
Year	1977	2	2	6	7	2	3
	1979	4	1	6	8	1	1
	1980	5	1	1	2	1	4
	1981	3	0	4	1	0	4
	1982	4	2	6	15	2	16
	1983	2	2	7	7	2	6
	1984	5	1	2	6	0	5
Total	25	9	32	46	6	39	

Table 10. Changes of the duration of sunshine and the catch of ice goby compared with the preceding day.

Duration of sunshine		≥5hr			<5hr		
		Increase	No change	Decrease	Increase	No change	Decrease
Year	1977	16	7	10	12	3	15
	1978	22	4	21	10	1	8
	1979	16	5	7	6	3	10
	1980	16	5	7	7	3	12
	1981	14	5	10	14	0	14
	1982	18	2	12	7	2	12
	1983	10	3	12	9	4	14
	1984	22	2	11	12	3	12
	Total		134	33	90	77	19

4) 日照

アユの河川遡上に日照度は微妙に影響するように(伊藤ら, 1976), 魚類の遡上と日照には関連が考えられる。そこで, シロウオの遡上と日照時間との関係を求めるため, 1977~1984年の室見川シロウオやなの日別漁獲量と日照時間(福岡県気象月報)を用いて, 日照時間は半日の日照時間である5時間を基準に5時間以上とそれ未満に, 漁獲量は前日との比較によって増加, 変化なし及び減少に区分して, 各々の組み合わせ頻度を年別に Table 10 に示した。この結果, 日照時間が5時間以上の時に漁獲量は増加することが多く, 5時間未満では漁獲量が減少することが多い傾向を認めた。また, 前日と比較した日照時間と漁獲量の増減の組み合わせの頻度を検討した結果, 両者の変動との間に一定の関係が認められなかった。このようにシロウオの遡上は日照時間の変動より日照時間に影響され, 日照時間の長い天候の良い日に遡上が多いことが考えられる。

以上のように, シロウオの遡上に大きく影響する環境は, 遡上期に水温, 遡上時刻に昼夜と潮汐, 遡上量に水温, 潮汐, 流量及び日照時間などが関与することが明らかとなった。

4. 摂餌

遡上前の海域生活期と遡上後の河川生活期における摂餌生態について比較研究を行った。

まず, 餌生物を明らかとするため, 海域, 河口域, 遡上中の河川域及び産卵場で採集した標本の消化管内容物を調査し, その結果を Table 11 に示した。その結果, 海域のものは調査した10個体の全てがかい脚類を, 2個体が端脚類を, 1個体が輪虫類と多毛類の幼生を摂餌していた。河口部のものでは調査した15個

Table 11. Changes of the alimentary contents of the ice goby with the habitat.

Species	Sea	Mouth of river	River
Copepoda	‡	+	—
Amphipoda	‡	+	—
Rotifera	+	—	—
Polychaeta larva	+	—	—

‡ all fish feed on.
 † 2-9 individuals feed on.
 + one individual feeds on.

体中, 1個体がかい脚類と端脚類をわずかに摂餌し, 河川のやな場と産卵場のものでは調査した20個体全てに消化管内容物が認められなかった。このように海域のシロウオは, かい脚類を中心に摂餌するが, 河川を遡上すると, ほとんど摂餌しないと考えられる。

次に室内水槽において, やな場で採集したシロウオに海水(34.1% S), 汽水(8.9~24.5% S)及び淡水中で, 餌としてアルテミア幼生とミジンコを与えて摂餌実験を行った。海水中のシロウオは, 餌の直前までは速やかに接近後, 尾部を横にわずかに曲げて静止し, 一瞬のうちに尾部を伸ばしながら前進して捕食する。しかし, 淡水中で餌を低密度に与えた場合は, ほとんど摂餌せず, 高密度に餌を与えると摂餌が認められるようになる。営巣中の雄や巣穴に入った雌は海水中でも摂餌しなかったが, 海水や24.5% S水槽の遊泳中の雌は高密度に餌を与えると活発な摂餌を行った。これらの結果は, 消化管内容物組成から得た結果とほぼ一致し, 低塩分とさらに営巣行動もシロウオの摂餌を抑制する結論を導いた。産卵後のシロウオに3カ月間アルテミア幼生を与え, 再度の成熟をさせて越冬の可能性を示した実験がある(鈴木ら, 1982)が,

河川や海域では餌生物が実験条件ほど豊富でなく、捕食者も多いため、越冬は考えられない。

VI 成熟と産卵

1. 成熟過程と産卵期

遡上初期のシロウオはまだ未成熟であるが、室見川では遡上盛期の3月中旬～下旬になると体重が減少し始め、急速に成熟が始まり、次いで産卵する。この間の成熟過程と産卵期を明らかにするため、主に雌の生殖腺指数、卵径組成、雌雄の肥満度を求め、生殖腺の組織学的観察と室見川における産卵の実態調査を行った。生殖腺指数、卵径組成、肥満度及び組織観察用の供試魚は1982年2月5日にやな場で採集した室見川の標本である。生殖腺指数は $\text{卵巣重量} \times 100 / (\text{体重} - \text{卵巣重量})$ 、肥満度は $\text{体重} \times 10^3 / \text{体長}^3$ で求め、卵径組成は万能投影機を用いて測定し、組織切片の作成はパラフィン包埋し、ヘマトキシリン・エオシン染色を行った。

まず、雌の生殖腺指数の日別変化を Fig. 15 に示した。これによると、遡上初期の2月初旬から盛期の2月下旬にかけて、生殖腺指数は低いが、3月下旬からわずかに増加し始め、3月下旬に急増する。指数は4月中旬まで高い値を示し、成熟期は3月下旬から4月中旬であると考えられた。その後、指数は減少し始め、4月末から5月初めに最低値を示す。また、図中に黒点で示した産卵後のシロウオは3月末から5月初

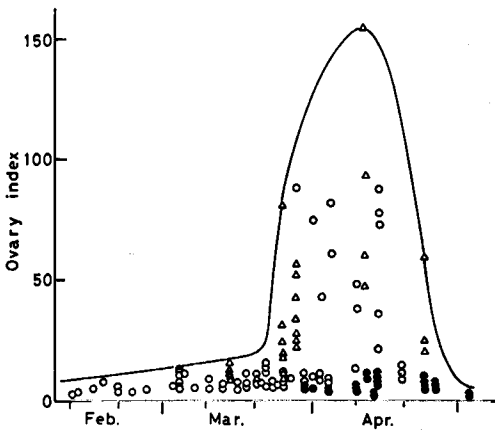


Fig. 15. Changes of ovary index. Ovary index calculated by $\text{ovary weight} \times 100 / (\text{body weight} - \text{ovary weight})$. Triangle, nesting fish in bed; open circle, fish on bottom; closed circle, spent fish.

めに出現し、室見川におけるシロウオの産卵期は3月末から4月下旬のほぼ1カ月で、その盛期は4月上旬～中旬と考えられた。

次に、成熟と肥満度との関係を検討するため、肥満度の日別変化を雌雄別に Fig. 16 に示した。雌雄とも肥満度は生殖腺指数の増加が始まった3月上旬から減少し始め、3月末から4月初めにかけて急激な減少を示し、肥満度の低下と生殖腺指数の上昇との一致が認められた。

河川を遡上したシロウオの卵巣内卵の卵径組成を Fig. 17 に示し、組織学的な成熟過程の観察結果との関係をみた。これによると、遡上初期の卵径は約90 μm の小形の卵も出現するが、大部分は約400 μm で、核が卵の1極に移動した胚胞移動期卵であった。生殖腺指数が増加し、肥満度が減少し始める3月上旬から卵径が急増し、とくに3月下旬から4月中旬にかけては、卵径700~900 μm の成熟期と完熟期の卵が出現した。4月中旬の産卵後の卵巣には卵径約90 μm の周辺仁期を中心とした小形の卵が少数残存していた。11月の卵径が約90 μm の周辺仁期であり、遡上直前の卵径が約200 μm の卵黄球期であるので、室見川のシロウオは遡上する頃の1~2月と産卵前の3月下旬に成熟が大きく進行するものと考えられる。卵径分布をみると、1卵群だけが発達し、シロウオは1回産卵することが示唆され、その卵数は376~654粒、

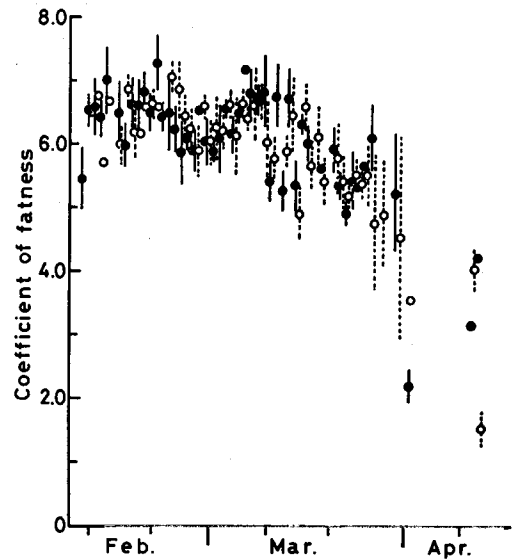


Fig. 16. Daily changes in fatness coefficient of the ice goby in the Muromigawa, 1982. Closed circle, male; open circle, female; vertical line, standard deviation.

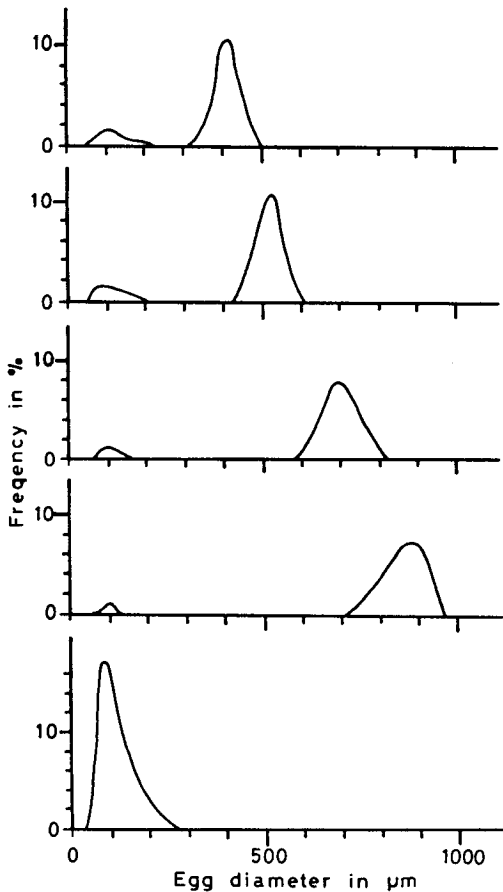


Fig. 17. Seasonal changes in the frequency of the egg diameter in an ovary.

平均 530 ± 77 粒であった。

次に、室見川において1982～1984年の3月20日～4月20日のほぼ毎日、産卵調査を行った。産卵調査は室見川の新導井堰から下流の室見橋までの1.2 kmの河床区間で半ば埋没した拳大の石を適宜採取し、卵塊の有無を観察することによる。最初の卵塊発見は1982年が3月29日、1983年が3月30日、1984年が4月8日であり、年によって多少の違いがあった。各年の月平均水温をみると、1982年2月は6.8°C、3月は9.6°C、4月は12.3°Cであり、1983年2月は6.2°C、3月は9.2°C、4月は13.7°Cであったのに対して、1984年2月は4.6°C、3月は7.1°C、4月は12.9°Cであり、1984年の2月と3月の水温が低い。この低水温が原因として1984年の産卵が遅れたものと考えられた。産卵開始と水温との関係を見るため、3年間の最初の卵塊発見前後2日間の平均水温を比較すると、1982年は11.0°C、1983年は11.7°C、1984年は

11.5°Cであり、約11°Cになると産卵が行われることが明らかとなった。

以上の結果、室見川のシロウオは遡上前後から卵巣の成熟が進行することが組織学的に認められたが、本格的な成熟は生殖腺指数の急増する3月下旬～4月中旬に行われ、産卵期は3月末～4月下旬であった。また、産卵には遡上と同様に水温が大きく関係し、約11°Cになると産卵が始まり、1回産卵で約530粒産むことが明らかとなった。

2. 産卵

1) 産卵場

シロウオは、河床内で営巣して産卵するが、その産卵場を明確にするため、室見川において1982～1984年の産卵期に、産卵床の分布密度を調査した。産卵床のみられた範囲及び密度の高い主産卵場(100卵塊/m²以上)を年別にFig. 18に示した。これによると、

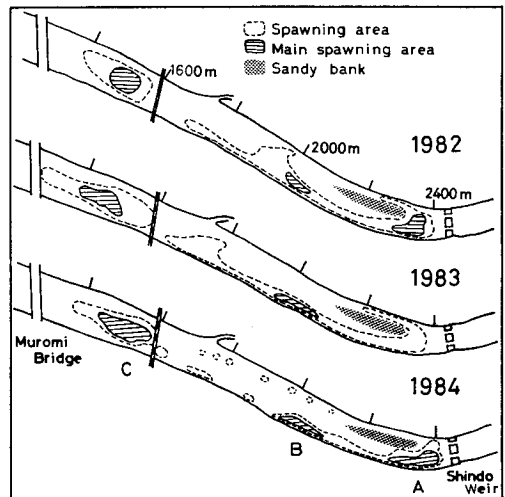


Fig. 18. Schemata indicating the spawning area of the ice goby at the Muromigawa in 1982, 1983 and 1984. Numeric shows the distance from the mouth.

産卵域は河口から約1.3 km上流の室見橋と約2.4 kmの新導井堰の間に形成され、その区域内に主産卵場は3カ所認められた。このうち、Table 12に示したように、最上流部のAにおける産卵が最も早く、1984年の場合、4月8日にみられ、次いで中央部のBで4月11日に、下流部のCで4月20日に産卵が始まった。この傾向は1982年と1983年でも観察された。1982年の調査では営巣親魚と卵塊の密度を求め、その結果をTable 13に示した。これによると、3月25日には

Table 12. Daily changes in numbers of egg mass in 50 cm quadrat with site in April, 1954.

Site	Apr., 1954													
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A	0	1	1	2	2	—	2	—	4	3	—	5	—	10
B	0	0	0	0	1	—	1	—	2	1	—	4	—	6
C	0	0	0	0	0	—	0	—	0	0	—	0	—	7

Site A, B and C showing in Fig. 18.

Table 13. Difference in number of nesting ice goby and egg mass per 1 m² with sampling date and site in 1982.

Site	A	B	C
Mar. 25 (nesting ice goby)	228	96	12
Apr. 15 (egg mass)	60	92	88

Site A, B and C showing in Fig. 18.

まだ産卵がなく、営巣親魚だけが採集され、その密度は上流部ほど濃いが、産卵盛期の約20日後の卵塊密度には3カ所ですべてほとんど差が認められない。これらの結果、遡上したシロウオは、まず上流部で営巣、産卵

し、経時的に順次下流でも行うことと考えられた。

産卵場の環境条件を明らかにするため、水質は塩分と水温、底質は粒度組成、COD、硫化物量及び灼熱減量と地盤高を測定した。水温と塩分は1982年と1983年の遡上期間における大潮時と小潮時の干潮と満潮に測定したが、水温は産卵水域内でほとんど差が認められなかった。塩分については、Fig. 19に示したように、河川流量の多かった1983年では、産卵場の全域が淡水域となっているが、1982年では、潮時によって塩分の変化がみられ、産卵場の塩分は大潮の満潮時には底層で20.7~30.6‰Sと高くなり、その他の時は19.8‰S以下に低下していた。流量の多い例を除いては、産卵場の水質は多少の塩分が存在する。この観点から Fig. 18で示したように、流量の多かった1983

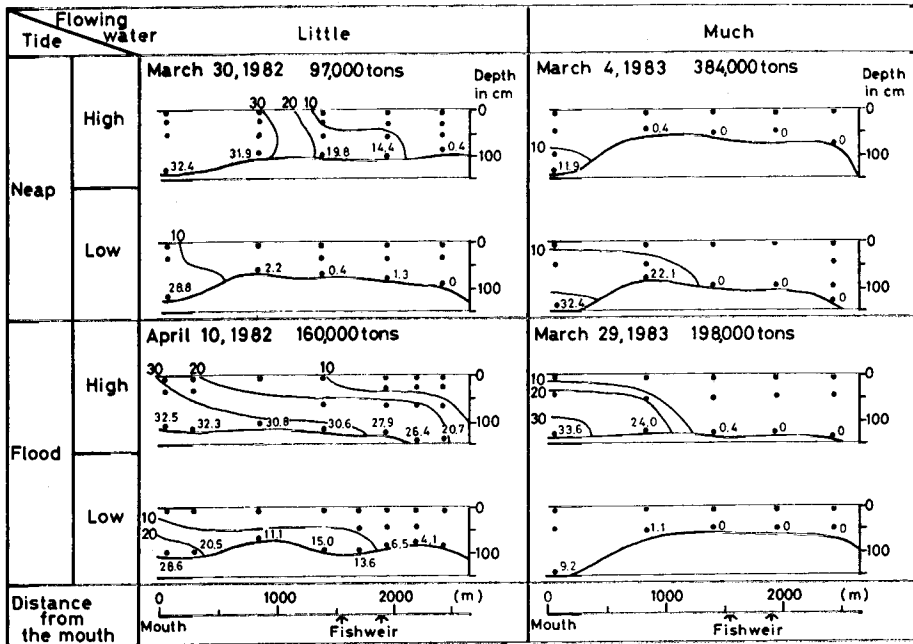


Fig. 19. Difference in the distribution of the salinity with tide and amount of the flowing water of the Muromigawa at the spawning ground of the ice goby.

Table 14. Bottom material and amount of egg mass occurred in the previous year at the spawning area of the ice goby in the Muromigawa.

St.	Granular composition in %					Ignition loss in %	Sulphide (mg/g)	COD (mg/g)	Amount of egg mass
	>4.76 mm	Granule	Coarse sand	Fine sand	Silt Clay				
1	5	15	68	8	1 3	0.6	0.005	3.2	+
2	49	9	16	19	4 3	3.8	0.009	2.4	+
3	11	14	32	27	11 5	2.2	0.038	7.0	-
4	40	14	26	14	3 3	3.2	0.005	5.6	+
5	1	4	30	59	2 4	1.1	0.005	3.4	+
6	35	15	27	16	4 3	2.3	0.006	3.8	+
7	5	7	25	55	3 5	1.6	1.63	2.7	-
8	29	13	31	15	4 8	3.1	0.028	2.8	-
9	41	20	24	10	3 2	3.0	0.012	4.4	+

年には低塩分域が他の年より下流部まで張り出したため、最上流部の主産卵場は形成されず、全体的に産卵域が下流側に形成されたものと推定される。

次に室見川の産卵場の地盤高（潮位基準面からの高さ）と底質については、1983年9月4～5日に地盤高を、1982年12月20日に Fig. 20 に示した調査地点で底質を測定した。大潮の満潮時に干出する地盤高は140 cm 以上で、干潮時に冠水する地盤高は90 cm 以上であり、大潮の干潮時には河床内に広大な砂州が形成される。底質の分析結果と産卵状況を Table 14 に示

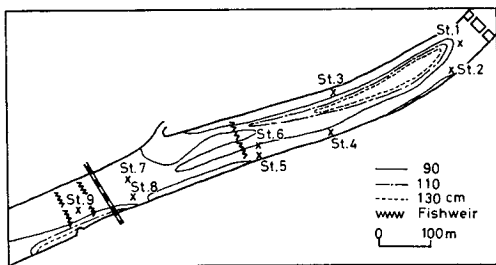


Fig. 20. Map showing the research stations of bottom materials, and the height of ground surface.

した。調査した9地点のうち、Fig. 18 に示したように、St. 2, 4, 9 は主産卵場の一部で、濃密な産卵がみられた場所である。その底質は粗砂以上の粒度成分が70%以上、粒径4.76 mm 以上の礫分が40%以上を占め、シルトと粘土分が5～7%と少ないため、水通しがよい。灼熱減量は3.0～3.8%、CODは2.4～5.0 mg/g を示し、硫化物量は0.012 mg/g 以下で低い。St. 1, 5, 6 は濃密ではないが産卵がみられる場所である。その底質は粒度組成では変異が大きく、必ずしも礫分は多くないが、シルトと粘土分は4～7%にすぎず、水通しは悪くない。灼熱減量は0.6～2.3%、COD は3.2～3.8 mg/g、硫化物量は0.005～0.006

mg/g を示し、低い。St. 3, 7, 8 は産卵がみられない場所で、粗砂以上の粒度成分が少なく、シルトと粘土分が8～16%と多い。灼熱減量は1.6～3.1%で他の地域とほとんど差はないが、COD は2.7～7.0 mg/g、硫化物量は0.028～1.63 mg/g と高い値を示した。

以上の結果から、シロウオの産卵場環境は常時低塩分である感潮域で、そのうえ室見川においては、干潮時でも冠水する地盤高90 cm 以下の河床であり、その底質は、シルト以下の粒度成分が7%以下を占めて、通水性が良く、硫化物が少ないうえ、産卵基盤となる石が多い場所である。このような場所において、シロウオは上流部から、順次営巣し、産卵することが明らかとなった。

2) 営巣

野外調査では営巣の詳細な観察を行い難かったので、水槽内に親魚を収容して、その行動を観察した。室見川で1982年4月2日に採集した雌雄各10個体を底面砂濾過方式の60×30×45 cm のガラス水槽に収容し、約8 cm の深さの砂礫底に産卵床として拳大の石を半ば埋めた。観察は水槽にシロウオを収容直後の午前10時30分から行われ、その営巣、求愛行動を Fig. 21 に示した。雄は直ちに石の下の砂粒をくわえて運び出し、巣穴を掘り始めた。くわえる砂の大きさは直径5 mm 以下で、1回にくわえる砂数は2 mm 以下の場合には2～3個、3～5 mm の場合は1個であった。営巣開始1～2時間後には搬出した砂と産卵基盤となる石の壁によって狭い出入口が形成される。砂粒の搬出行動は1～2時間で終了し、出入口の直径は0.5～0.8 cm で石下に奥行3～5 cm、幅2～3 cm、高さ約1 cm の産卵室が出来上がる (Fig. 21-A)。産卵室が完成すると、雄は体の前半部を巣穴に入れて、尾部は外に出し、体を左右に振る行動を10～30秒くり返し、

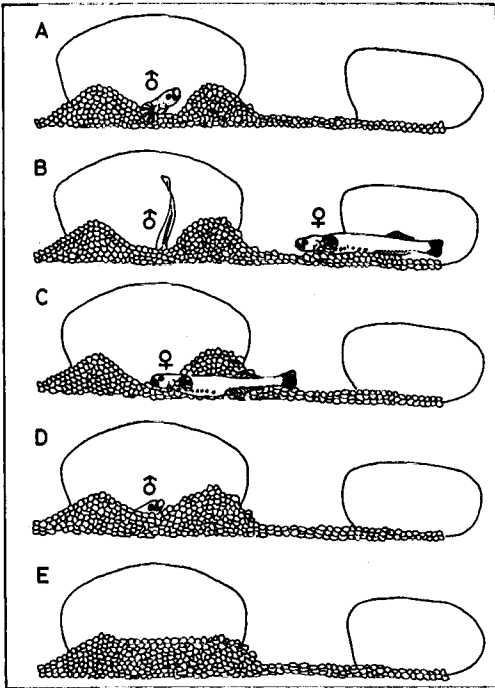


Fig. 21. Procedure of nesting and courtship of the ice goby. A, nesting of male by the carrying out pebbles with the mouth; B, courtship of the male to female by weaving of tail part; C, female entering the nest; D, male closing the entrance of the nest by the mouth; E, spawning.

時々尾部を激しく振動する行動が観察される (Fig. 21-B)。雌が巣穴に接近すると、雄は頭部だけを巣穴から出し、産卵室内に雌を誘導する (Fig. 21-C)。雌が頭部から産卵室内に入ると、直ちに雄は、産卵室内の砂粒をくわえて、出入口をふさぐ (Fig. 21-D)。営巣の間に、雄の頭部、とくに脳の部分が赤味を帯びる。尾部を振る求愛行動を続けても雌が入巢しない場合、他所に新たな巣穴を掘り、雌の入巢があるまで何度も産卵床を作成する。産卵室は1個の石に1個とは限らず、石の大きさや親魚の密度によって数は異なり、大形の石や親魚密度の高い所ほど同一の石に多くの産卵室が形成され、営巣した複数の雄が石の下にしばしば観察された。産卵室の形成や雌の誘導中に他の雄が巣穴の直前に接近すると、営巣中の雄は巣穴から頭部を出し、時には咬みついて追い払うことがあるが、なわばりは認められない。また、チャガラ *Pterogobius zonoleucus* Jordan et Snyder も雌を産卵室に誘導後、雄が巣穴をふさぎ、結果的に効率良い

受精率を得ている (堤ら, 1961) が、本種は雄の精巣が極めて小さく、通水性の良い底質における産卵に対して、巣穴をふさぐことによって、害敵から捕食への防御のほかに、効率良い再生産への適応を行っているものと考えられる。

3) 産卵

4月2日から営巣行動を観察し、4月3日午前7時には石の下面に胚盤形成期の付着卵塊が認められた。卵内発生経過から午前5時頃産卵されたものと考えられた。産卵後の雌はすでに産卵床外に出ていたが、巣穴は塞がれていた。この雌はやせ細り、体色は全体に半透明な灰色となり、臀鰭基底や腹部及び背部と脊椎骨の黒色素胞が顕著となっていた。腹部側面の6~10個の二次性徴の大きな黒色素胞は、時間の経過とともに小さくなり、消失する個体もあった。遊泳行動は不活発で、水底に体を横たえることが多く、3日後に斃死した。

雄は、産卵床が破損すると床内の砂粒をくわえて補修しながら、巣穴が閉じられた状態で、卵の孵化まで外に出ることなく、卵保護を行う。孵化後は、雄も産卵床外に出るが、雌と同様に体形はやせ細り、体色は半透明な灰色となり、行動は不活発で水底に体を横たえることが多く、7日後に斃死した。

シロウオの産卵場が低塩分の感潮域に形成されることを前述した。産卵と塩分濃度との関係が考えられるので、淡水、9% S、11.4% S、22% S及び34% Sの塩分濃度の異なる水を入れた水槽に砂を敷きつめ、さらに直径5~10 cmの石を2~3個とシロウオの雌雄を各々5~10尾入れて産卵実験を行った。1984年3月25日に実験を開始し、産卵の有無を毎日観察した。4月10日~16日に淡水区に収容した雌6尾全てが産卵し、4月14日~20日に9% S区で5尾中3尾が、4月16~20日に11.4% S区で10尾中1尾が産卵したが、他の高塩分区では産卵が認められなかった。このようにシロウオが感潮域に産卵場を形成する原因として塩分濃度が産卵に大きく影響していることがあげられる。

次に室見川における産卵状況を1983年4月26日に調査した。まず、産卵床の石の大きさを求めた。そのため、主産卵場において、50 cm 方形枠内の深さ15~20 cm までにおける1 cm³ 以上の全ての石と卵塊の産着した石の数及び体積を測定し、石の大きさ別の産卵状況を10カ所で測定した値にもとずき、Fig. 22に示した。これによると、測定した石のうち、40 cm³ 以下の石が全体の68.4%を占め、産着卵のあ

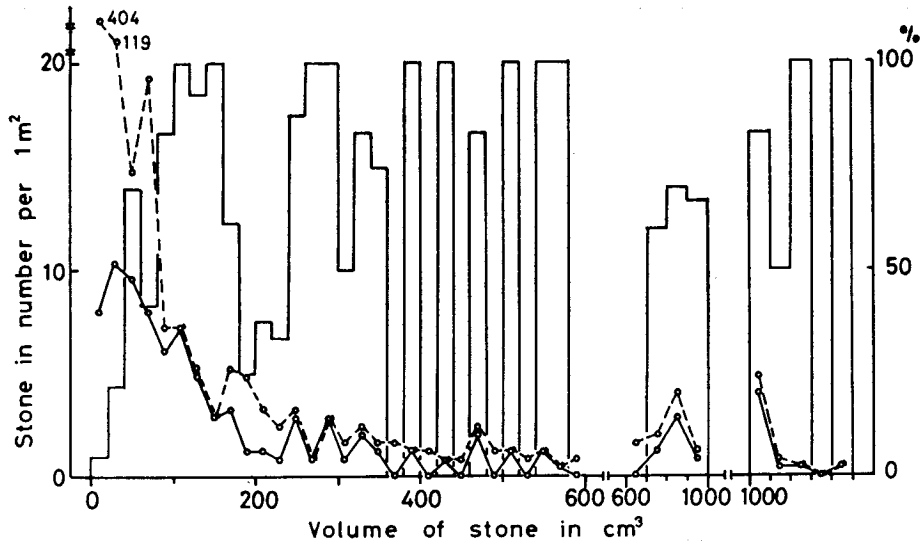


Fig. 22. Diagram showing the size of the stones at which were spawned. Solid circle, total number of stones (A); open circle, the number of the stones at which eggs were spawned (B); column, $B/A \times 100(\%)$.

る石も小形の石に多い傾向があったが、産着卵のある小形の石は石の総数に対する比率が低く、結果的には 100 cm^3 以上の石に効率良く産卵される傾向があった。なお、大形の石ほど多数の産着卵塊が認められ、多いものでは $18,000 \text{ cm}^3$ の石に 12 卵塊が発見された。次に、産卵床の石の大きさ、卵塊の大きさ及び産着卵数を Table 15 に示した。卵塊は多くの場合、楕円形をなし、大きさは長径 $3 \sim 4 \text{ cm}$ 、短径 $2 \sim 3 \text{ cm}$ で、卵は一層に産み付けられていた。1 卵塊の卵数は石の大きさに相関がなく、 $250 \sim 695$ 粒、平均 498.2 ± 114.7 粒であった。シロウオの卵巣内の完熟卵数が平均 530 ± 77 粒であることを前述したが、両者は近い値を示し、1 卵塊がほぼ同じ卵内発生段階であったことも考慮すると、1 個体の雌により 1 回産卵されたものとみられた。

卵塊は河床表面から約 20 cm の深さまで発見されたが、大部分は全部及び一部分埋まった石に認められた。河床表面からの深度別の死卵率を Table 16 に示した。これによると、 5 cm 以浅の卵塊では死卵率が低く、約 96% が生きているが、深くなるにつれて高い死卵率を示し、表層ほど卵の生残が良かった。

次にシロウオの営巣及び卵保護中における食害を調査した。1984年3月29日と4月26日に室見川の産卵域で投網とタモ網を用いて生息魚類を採集し、それらの消化管内容物を調べた。採集された15種の魚類は、アユ *Plecoglossus altivelis*、ウナギ *Anguilla*

japonica、ギンブナ *Carassius auratus*、オイカワ *Zacco temmincki*、セスジボラ *Liza carinata*、スズキ *Lateolabrax japonicus*、ヒイラギ *Leiognathus nuchalis*、マハゼ *Acanthogobius flavimanus*、アシシロハゼ *Acanthogobius lacticeps*、ウキゴリ *Chaenogobius annularis*、ピリンゴ *Chaenogobius castaneus*、シロウオ *Leucopsarion petersi*、チチブ *Tridentiger obscurus*、マゴチ *Platycephalus indicus*、及びクサフグ *Takifugu niphobles* であった。このうちシロウオの親魚を捕食していた種類はウナギ、ピリンゴ、チチブ及びマゴチの4種であり、ウナギは営巣中のシロウオと産着卵塊を捕食していた。

VII 卵内発生と孵化仔魚の生態

1. 卵内発生

卵内発生の観察は、室見川で採集した産卵直後の卵塊と水槽内で産卵した卵塊を水温 $16 \sim 20^\circ \text{C}$ の室温で口径 24 cm のシャーレに收容して、実体顕微鏡下、 $25 \sim 50$ 倍で行った。卵内発生経過を Table 17 と Fig. 23 に示した。

体内の完熟卵は長径 $0.93 \sim 1.18 \text{ mm}$ 、短径 $0.84 \sim 1.04 \text{ mm}$ で球形またはわずかに楕円形をなしている。産卵直後の卵 (Fig. 23-a) も球形またはわずかな楕円形で、卵膜の一部にある多数の付着糸で産卵床に付着する。卵黄は無色半透明で、困卵腔は極めて狭い。

Tale 15. Size of the spawning stone and the egg mass, and the number of eggs in each mass.

No.	Size of spawning stone (cm ³)	Size of egg mass		Number of eggs
		Major axis (cm)	Minor axis (cm)	
1	2772	3.12	2.27	616
2	1638	3.90	1.95	436
3	1638	3.56	2.18	428
4	1456	2.87	1.83	480
5	1456	3.26	2.01	475
6	1175	3.05	2.45	581
7	858	3.07	2.37	536
8	820	—	—	680
9	820	—	—	653
10	820	—	—	369
11	624	3.18	2.83	516
12	576	2.71	2.46	518
13	510	2.92	2.00	404
14	504	3.33	2.27	439
15	412	—	—	683
16	320	3.11	2.22	440
17	280	—	—	695
18	228	—	—	378
19	205	—	—	548
20	185	3.05	2.56	532
21	178	3.21	2.48	484
22	160	—	—	576
23	152	—	—	250
24	78	—	—	622
25	78	—	—	549
26	77	—	—	550
27	70	—	—	319
28	56	3.30	2.36	445
29	53	—	—	257
30	38	3.40	1.99	487
Mean±SD		3.20±0.27	2.26±0.26	498.2±114.7

Table 16. Comparison of percentage of dead eggs in an egg mass of the ice goby with different depth from the bottom at the Muromigawa.

Depth	0-5cm		5-10cm		10cm<	
	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Percentage of dead eggs in an egg mass	0-16.7	3.9	0-22.7	8.4	4.8-85.0	32.8

Table 17. Embryonic development of the ice goby.

Time		Figure (Fig. 23)	Embryonic development
hr.	min.		
	0	a	Just spawned egg
		b	Elongation of egg membrane
1	: 15	c	Formation of blastodisc
3	: 35	d	2nd cell stage
10	: 15	e	Morula stage
16	: 45	f	Early gastrula stage
30	: 00	g	Germ ring reaching half of egg in lateral view
46	: 00	h	Closure of blastopore, formation of embryo
75	: 10	i	Formation of eye vesicles, Kupffer's vesicle, six myomere
92	: 00	j	Formation of optic lens and caudal knob
140	: 00	k	Elongation of embryo tail. Heart pulsates and embryo wriggles occasionally. Melanophores appearing in eyes
270	: 00	l	Appearance of blood flowing and air bladder with melanophores
390	: 00	m	Just hatching

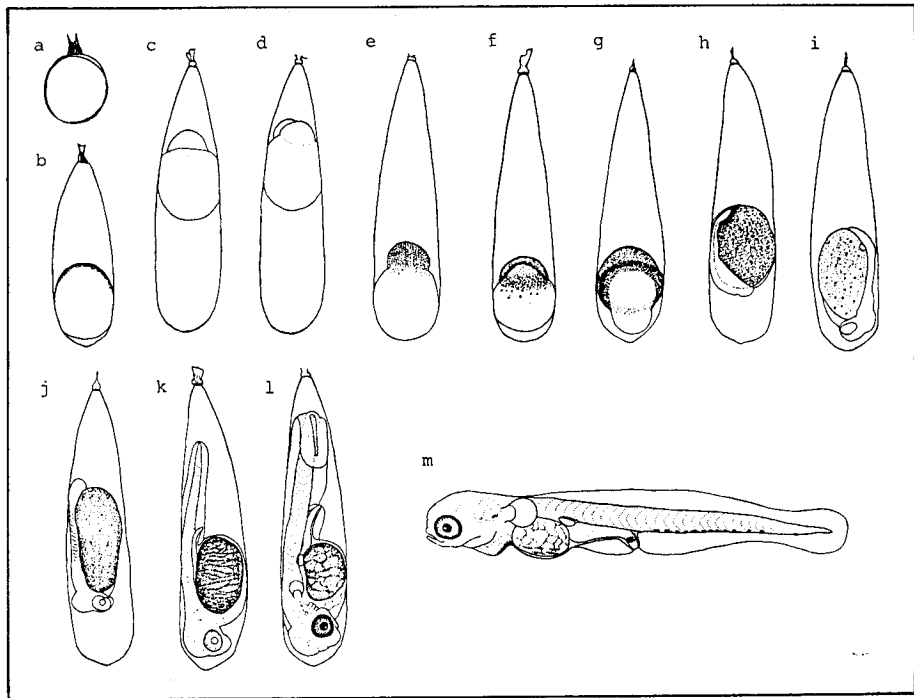


Fig. 23. Developing eggs of the ice goby.

卵膜は産卵直後から伸長し (Fig. 23-b), 胚盤隆起する頃 (Fig. 23-c, 産卵1時間15分後)には, 長径3.2 mm, 短径0.8 mm のハゼ類特有の長なす型となる。卵は附着糸で産卵床に垂下するため, 卵細胞は附着糸の反対側に偏し, 胚盤は附着糸側に形成される。この胚期 (Fig. 23-f, 約17時間後)を経て, 胚体は, 頭部を附着糸の反対方向に, 倒立した状態で形成され (Fig. 23-h, 46時間後), 卵黄は胚盤形成の初期には球形であるが, 発生が進行するに従い長くなり, 尾部がこぶ状を呈する頃 (Fig. 23-j, 92時間後)が最も長く, さらに発生が進行すると再び球形となる。尾部の伸長初期 (Fig. 23-k, 140時間後)に眼は黒色素胞で, 褐色を呈す。この頃, 心搏が始まる。胚体の全長が卵の長径より長くなり, 尾部が曲がる (Fig. 23-l, 270時間後)。この頃鰾が形成され, 血流が卵黄中などに認められ, 尾部を活発に動かす。孵化直後の仔魚 (Fig. 23-m, 390時間後)は全長4.4~4.9 mm, 平均4.7 mm で, 体は細長い。黒色素は鰾を被うもの, 尾部腹縁の各筋節間に点列するもの, 消化管末端直前の1~2個及び卵黄部腹面の糸状をなして散在する6~8個とその前方の喉部に1列をなす大形の1~3個などがある。筋節数は13~15+17~19であり, 鎖骨と前上顎骨は化骨している。

2. 卵内発生と水温及び塩分

1) 水温

卵内発生と水温との関係については, 恒温実験室で100 V, 60 W ヒーターを用いて, 5, 10, 18, 23°C 及び26°C の5段階の水槽を設定して実験した。各水槽に室見川で採集した胞胚期の同一卵塊から50卵を入れ, 卵内発生の観察と孵化時間及び孵化率を求めた。実験は4回行い, その結果を Table 18 に平均値で示したように, 孵化率は, 18°C と23°C で高く, 他の水温で低い傾向があり, とくに5°C では発生が進行せず, 全て斃死した。水温と孵化時間との関係を

Table 18. Hour of 50% hatching of eggs and percentage of the hatching at each water temperature.

Water temperature (°C)	Hours of 50% hatching		Percentage of the hatching	
	Mean	SD (hour)	Mean	SD (%)
4.9	—	—	0	—
9.8	665.0	25.0	7.0	2.1
18.0	350.0	17.7	92.0	7.8
23.5	240.8	26.8	85.5	7.3
25.5	182.0	43.0	56.2	15.7

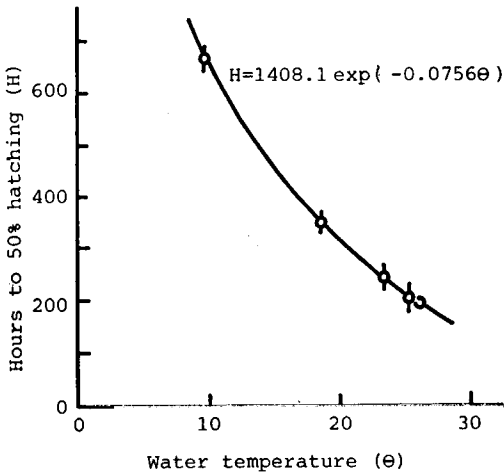


Fig. 24. Relation between water temperature and hours to 50% hatching.

Fig. 24 に示し、両者の関係を求めると

$$H = 1408.1 \exp(-0.0756 \theta)$$

H は 50% の卵数が孵化に要する時間で、θ は水温 (°C) を示す。この式によれば、室見川における産卵開始の3月末～4月初旬の水温は約 11°C、終了時の4月下旬の水温は約 18°C であるので、各々の孵化時間は 610 時間と 360 時間となり、室見川におけるシロウオの孵化時間は産卵時期によって 360～610 時間の違いがあるものと考えられた。

2) 塩分

卵内発生と塩分との関係については室見川で採集した胞胚期と尾部の伸長期の卵を塩分の異なる飼育水に収容し、卵内発生の観察と卵の生残率を求めた。胞胚期の卵に対しては水温 14～19°C (平均 16.2°C) の室温で 33.4, 16.7, 8.4, 2.1‰ S 及び淡水の 5 実験区を設け、各々に同一卵塊から 10 粒を、尾部伸長期の卵に対しては水温 16～20°C (平均 18.8°C) の室温で 32.4, 24.3, 20.3, 16.2, 8.1‰ S 及び淡水の 6 実験区を設け、各々に同一卵塊から 80 粒を入れた。各実験は 3 回行い、生存率と孵化率の各々の平均値を求め、これらの日別変化を Fig. 25 に示した。まず、胞胚期卵に対する実験によれば、33.4‰ S の海水では卵は翌日には全て斃死し、16.7‰ S では発生は進行したものの、尾部の彎曲異常や孵化が早期に始まり、孵化率は低かった。8.4, 2.1‰ S 及び淡水では全てが正常に発生し、ほとんどが孵化した。次に、尾部伸長期卵に対する実験によれば、32.4 及び 24.3‰ S の塩分濃度では孵化直前まで卵内発生が進みながら孵化に到

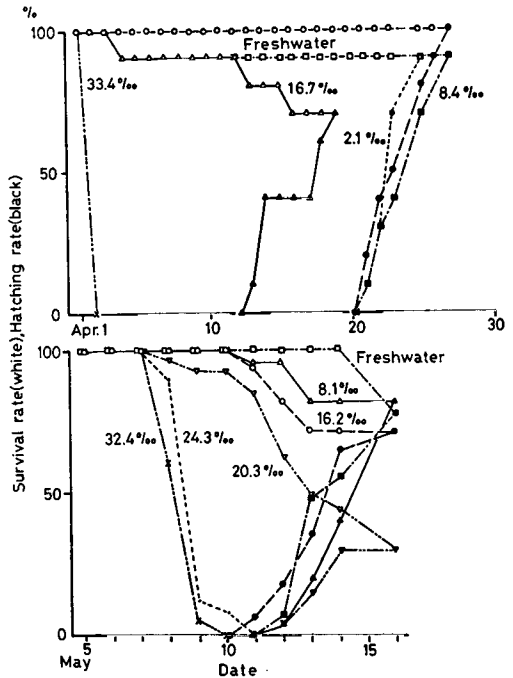


Fig. 25. Relations among the survival rate, hatching rate and salinity. Upper figure shows these relations for blastula eggs, lower figure for eggs of elongating embryo tail.

らず全て斃死し、20.3‰ S では孵化直前から斃死が始まり、低い生残率、孵化率を示したが、16.2, 8.1‰ S 及び淡水では高い生残率と孵化率であった。また、24.3‰ S 以上の高塩分状態における卵内の胚体には、体の左右や前後への尾部の彎曲や伸長の悪いもの、膜鱗と体部の境界が組織異常のため不明瞭なものなどが認められた。

これらの実験によれば、正常に卵内発生が進行する塩分は、尾部伸長期の発眼卵で 20.3‰ S 以下、発生初期のものでは 8.4‰ S 以下であった。このように高塩分ではシロウオの卵内発生は正常に進行せず、とくに発生段階の初期のものほど、その影響が大きい。シロウオの遡上、産卵に塩分が大きく関与することを前述したが、卵内発生でも塩分は重要な要因をなしている。低塩分のもとでのみ正常に発生が進行する実験結果は感潮域に遡上して産卵するシヤマモ(尾身, 1978) やエツ(松井ら, 1980) などでも認められている。

3. 孵化仔魚の流下

産卵床内で孵化した仔魚は床内から浮出して、河川水によって海域へ流下するが、孵化仔魚の流下生態を

調べるため、まず光に対する反応を実験した。実験には長さ 120 cm、幅 5.5 cm、深さ 4 cm の木製水槽に、10 cm 間隔で黒色の横線を印した白色板を敷き、孵化後 1~3 日の仔魚を 50 個体入れ、落射照明装置 (100 V, 6 A) によって照明への反応を調べた。実験は暗室内にて、直径 20 cm のスポットになるように水槽の上方から 50 Lux の明るさで、30 分間隔で点灯と消灯をくり返し、点滅による仔魚の水槽内における位置の変化を求めた。仔魚の個体数を点灯及び消灯の直前に、ペンライトを用いて、10 cm 区域毎に素早く計数し、これにその結果を 3 回の実験の平均値で Fig. 26 に示した。これによると、消灯時の暗状態では仔魚は水槽の全域に拡散していたが、点灯後には照明の当たった区域に多く、再度の暗状態には照明区域の仔魚は拡散し、再度の点灯後には照明区域に多い傾向を示し、シロウオの仔魚が正の走光性を示すことが認められた。孵化

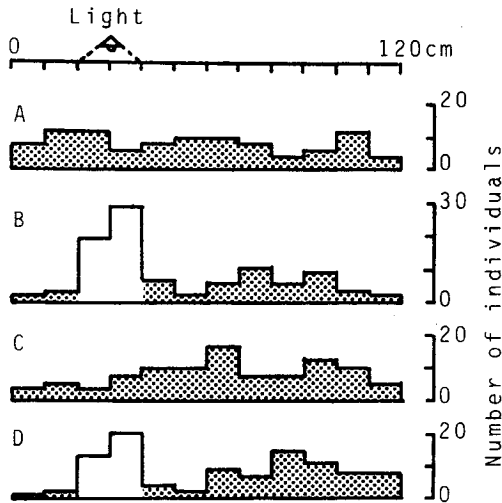


Fig. 26. Response of the ice goby larvae to light. A and C show the distribution of the ice goby larvae at 30 minutes after light was turned off. B and D show those at 30 minutes after light of under 50 lux was turned on.

後のシロウオ仔魚は明るい水域を求め、場合によっては、20 cm の深さの砂中からも浮出するものと推定される。

次に、砂中から浮出した仔魚の流れに対する反応を実験した。長さ 150 cm、幅 12 cm、水深 6 cm の木製水槽に 20 cm 間隔で黒色の横線を印した白色板を敷き、注水口近くの 0~20 cm 区域に孵化後 1~3 日の仔魚を 50 個体入れ、流速 0, 2, 5, 10 及び 15 cm/秒で 1 分間、水槽の一端から淡水を流し、各区域の個体数を計数した。各々の流速における区域別の出現率を個体数百分率で Fig. 27 に示した。止水状態の 1 分後

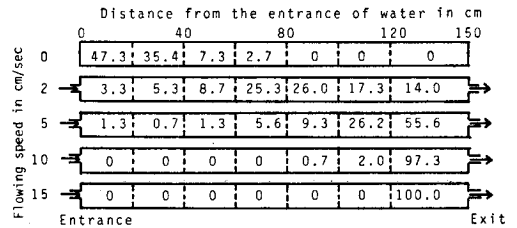


Fig. 27. Response of the ice goby larvae to the flowing water. The numerics show the percentage of individual numbers at the each area after 1 minute from the start of experiment.

では供試魚を入れた 0-20 cm 区域に多いが、時間の経過とともに拡散した。流速 2 cm/秒では、頭を流れに向けて、1 分後にはその多くは 60-100 cm 区域まで流される。同様に 5 cm/秒では大部分が、10 cm/秒以上の流速ではほとんど全てが排水口近くまで流された。

以上の実験結果、孵化仔魚は産卵床から光を求めて昼間に浮出し、遊泳すると推定されるが、遊泳力が弱く、正の走流性を示しながらも 2 cm/秒でも下流へ流される。

河川における仔魚の流下は、昼間の下げ潮時にみられると推定されたので、室見川において 1982 年 4 月

Table 19. Daily changes of the number of the ice goby larvae flowing out to the sea.

Date	Time	Depth (cm)	Water speed (cm/sec)	Volume of flowing water ($\times 10^4 \text{ m}^3/\text{day}$)	Number of individuals/ m^3
Apr.	17	12:40-13:10	35	8	12
	20	14:40-15:10	15	15	27
	21	13:40-13:55	20	20	16
	26	16:20-16:35	15	30	7
	7	14:00-14:10	25	10	9
May	12	14:00-14:15	20	10	3
	20	14:35-15:00	6	10	0.1

14日～5月26日の昼間の下げ潮時に仔魚の採集を行った。採集は角型稚魚網の網口を上流部に向けて、10～30分間設置して行い、その間の採集個体数の増減によって流下の実態を調査した。その結果を Table 19 に稚魚網の濾水量 1 m³ 当たり個体数で示したように、流下仔魚は4月20日から5月12日に採集され、そのうち4月26日と5月7日に多い傾向があった。仔魚は、まだ楕円形の卵黄を有し、孵化後、間もないものとみなされた。このように、シロウオは室見川に2～3月に遡上し、3～4月の産卵を経て、遡上から約2ヵ月後の4～5月に孵化直後の仔魚が博多湾へ流下し、成育する。

VIII 海域における成長と生態

河川を流下した仔魚は海域で成育するが、海域におけるシロウオの成長と生態については不明な点が多い。筆者は海域における成長に伴う形態と分布及び食性などの変化を調査し、シロウオの生態を解明するため、下記の要領でシロウオの採集を行った。調査海域は博多湾と大海湾とした。博多湾では主に昼間に稚魚網採集(1981年5月～1983年2月に毎月1回)を Fig. 28 に示した沖合部の St. I～VI で丸稚型稚魚網を2ノット、10分の表層曳で、沿岸部の St. A～C で角型稚魚網を50～100 m 曳網で行い、底曳網採集(1982年4月～1983年2月に隔月1回)を St. I～VI で、2ノット、10分曳で行い、さらに沿岸部の St. A～C で地曳網採集(1982年6月～1983年2月に毎月1回)を50～100 m 曳網で行った。大海湾では、湾口部、河口部及び湾奥部の3ヵ所で1982年6月、9

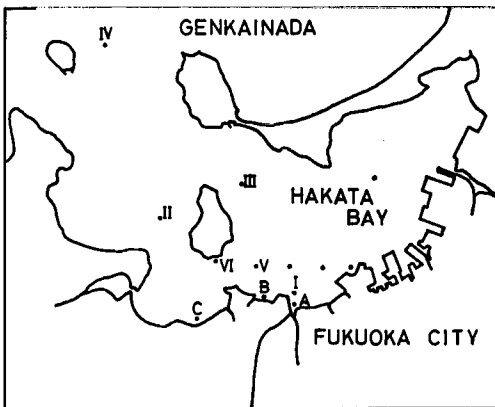


Fig. 28. Sampling stations of the small trawl net, drag net and larval net. I-VI, stations of small trawl net; A-C, stations of drag net; Points, stations of larval net.

月、12月及び1983年2月の昼夜に、博多湾と同様の方法で稚魚網(丸稚型)及び底曳網採集の他、表層曳網を2ノット、10分曳で行った。採集した標本は直ちに10%ホルマリンで固定し、全長、体重の測定と消化管内容物の調査を行い、各体部の長さは実体顕微鏡に装備した描画装置の映像をノギスで測定した。

1. 成長

1) 一般成長

流下仔魚は海域にて成育し、翌年の2月には、河口域に來遊して産卵のため河川へ遡上する。この間のシロウオの成長を明らかにするため、採集標本の全長の月別変化を Fig. 29 に示した。4月及び5月の標本は

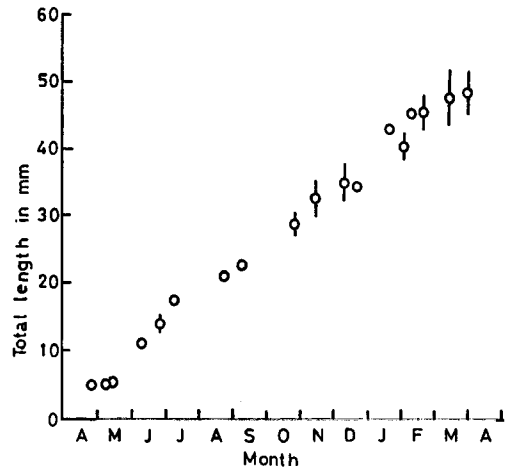


Fig. 29. Monthly changes in total length of the ice goby in the Hakata Bay.

室見川の河口部に流下直後のもので、全長に大きな差は認められないが、海域に入った仔魚は、7月まで全長の伸びがよく、17.5 mm に達し、この期間の月間成長は平均 6.3 mm であった。その後、2月初旬の河川遡上まで順調に成長して平均全長 45 mm に達し、この期間の月間成長は平均 3.6 mm であった。このように海域における成長は、比較的順調で、季節の変化が少ない。

次に、成育期間における形態変化をみると、孵化仔魚の全長は 4.4～4.9 mm であるが、海域へ流下して全長 5.4 mm (飼育魚では孵化後3日の全長)になると、卵黄はかなり吸収され、腹部の糸状の数本の黒色素は腹正中線部に移動し始める。化骨部は鎖骨、前上顎骨、歯骨及び咽頭歯に認められ、摂餌が機能的に可能となる。全長 6.1 mm (Fig. 30—a, 飼育魚では孵化後4日の全長) で完全に卵黄を吸収し、後期仔魚と

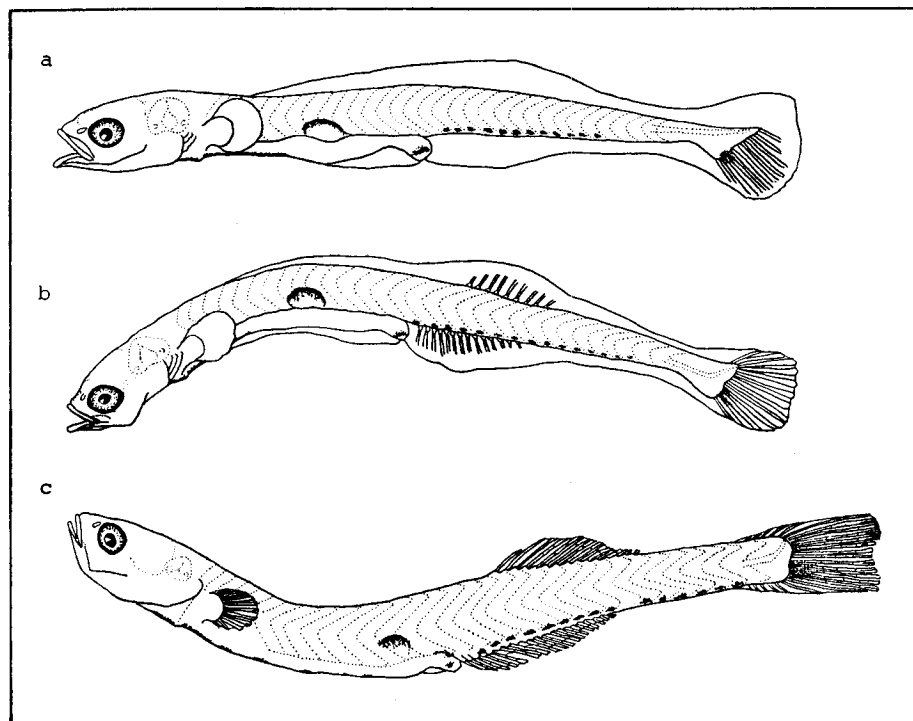


Fig. 30. Larvae of the ice goby. a, 6.1 mm in TL; b, 7.4 mm in TL; c, 15.1 mm in TL.

なる。腹部の糸状の黒色素は腹正中線部に1列をなし、尾鰭には鱗条が形成されつつあり、その基部にも黒色素が認められる。全長 7.4 mm (Fig. 30-b) に尾鰭条数は定数の 6 + 5 に達し、背鰭及び臀鰭に鱗条が形成されつつある。顔面骨のほとんど、脊椎骨は尾椎の一部を除き 14 + 19 が化骨している。全長 11.2 mm (6月2日, 室見川河口西方 1.5 km の沿岸で採集) で膜鱭はほとんど消失し、背鰭鱭条は 13 条、臀鰭は 18 条が形成され、ほぼ定数に達するが、胸鰭は 7 条があるに過ぎず、腹鰭は基部のみ認められる。全長 12.5 mm で胸鰭条数が定数の 14 条となり、全長 15.1 mm (Fig. 30-c, 6月28日, 大海湾奥部で採集) では腹鰭が完成されていない点を除いて、全体的に稚魚期の形態を具える。全長 37 mm (12月20日, 室見川河口沖合部で採集) で腹鰭鱭条もそろい、シロウオとしては成魚の形態を示すが、体表には鱭を被らず、色素が少ないため、体は半透明で鰭が外見され、稚魚期の一般的形態特性を示している。

以上のように、海域におけるシロウオは6月に全長 12 mm でほぼ稚魚としての形態的特性を示すものの厳密には、河川を遡上する約 1 カ月前まで後期仔魚

期、その後に稚魚期の発育段階をとり、その間にはほぼ順調な成長を行う。

2) 相対成長

シロウオの成魚は、幼形の形態を保っているが、仔魚から成魚までの標本を用いて、体各部の相対成長を調べた。体各部の頭長、体高、肛門前長、背鰭前長、尾柄高、眼径、吻長、鼻孔間隔、両眼間隔、上顎長、眼後頭長、鰹長、鰹前長及び消化管長について、全長に対する百分率の変化を Fig. 31 に体重及び肥満度の変化を Fig. 32 に示した。これによると、測定項目中、頭長、肛門前長及び消化管長では成長の過程で変曲点が認められなかったが、他の多くの項目では変曲点が認められた。

頭長：発育初期に値の変異が大きいが、ほぼ全長の 16~18% を占め、発育に伴ってわずかな増加傾向がある。

体高：孵化後まもなくは全長の 11~13% と高い値だが、全長 6~7 mm には 9~10% まで減少し、変曲点が認められ、以後増加傾向を示す。

尾柄高：全長の 3~7% で、体高と同様の変化をし、全長 6~7 mm と 11 mm に変曲点が認められる。

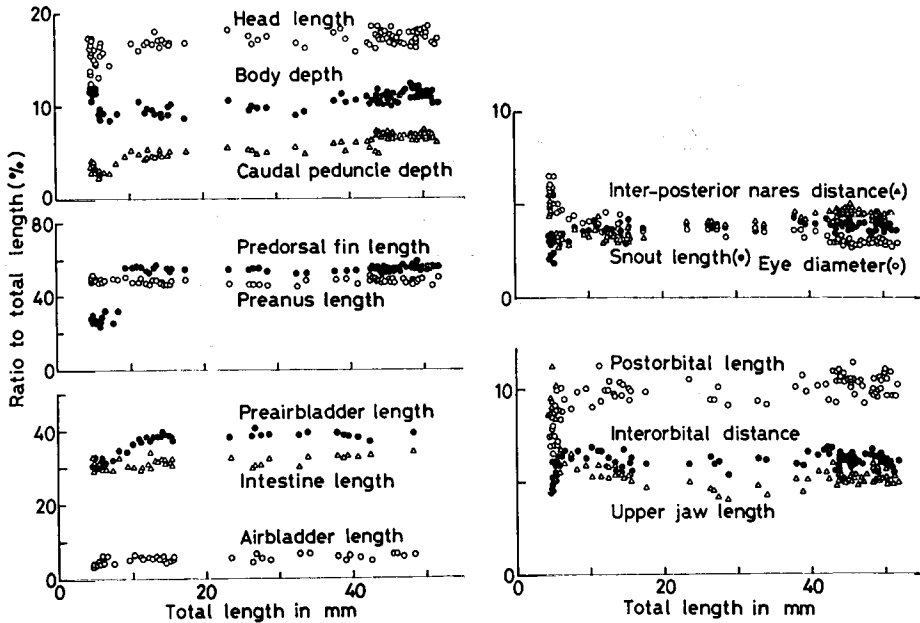


Fig. 31. Changes in percentage of length of each body part to total length with growth.

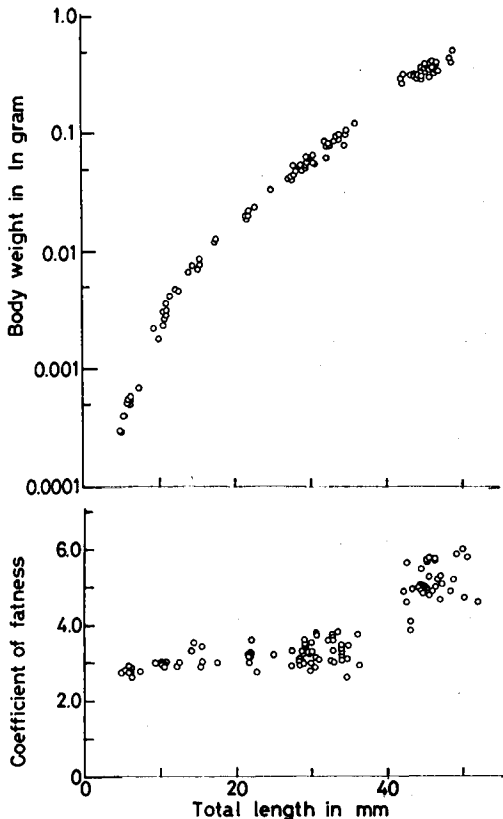


Fig. 32. Changes of body weight and coefficient of fatness with growth.

肛門前長：全長の45~50%を占め、肛門の位置は変化しない。

背鰭前長：膜鰭の消失とともに値が大きくなり、鰭条の出現する頃の全長10mmに変曲点がみられる。

眼径：孵化後まもなくは全長の5~6.5%と大きいですが、以後減少して、変曲点が全長6, 11, 37~38及び42~43mmに認められる。

吻長：孵化後まもなくは全長の2~3%と小さいですが、以後漸増して、全長38mmに変曲点がみられる。

鼻孔間隔：孵化時は全長の約5%であるが、全長6mmの変曲点までは減少し、以後増加後、全長38mmから一定値となる。

両眼間隔：孵化時は全長の約10%であるが、以後減少し、全長6mmと27mmに変曲点を経て増加傾向を示す。

上顎長：孵化時には全長の約4%であるが、全長6mmの変曲点で7%となり、以後減少し、5%となる全長12mmにも変曲点があり、その後増加傾向を示すが、全長42mm以後一定となる。

眼後頭長：孵化時には全長の7~8%であるが、以後増加し、全長11mmに変曲点を示す。

鰓前長：孵化直後わずかに減少し、全長6mmに変曲点が認められ、全長12mmまでは増加し、以後は全長の37~40%を占める。

鰓長：孵化後まもなくは増加し、全長6mm以後は

ほぼ一定となる。

消化管長：消化管は生活史を通じて、直線型であり、値は全長の29~34%を占め、ほぼ一定である。

肥満度：孵化時には2.7~3.0であるが、以後漸増傾向を示し、全長42~43mmで変曲点を示し、急増する。

体重：変曲点が全長12.5mmと42mmに認められる。

以上のように、多くの測定項目で体部比に変曲点が認められ、それらの全長を整理すると、全長6mm, 10~12.5mm, 27mm, 37~38mm及び42~43mmの5期に変曲点があった。このうち、前述した一般成長においても形態変化が認められた全長は27mmを除く4期であった。

2. 成育と食性

成長に伴い形態に変化が生ずる大きさにおいて、形態の変化がみられると考えられる。この観点に立って、シロウオの海域における生態変化を明らかにする

ため、採集標本をもとに成育及び食性を調べた。

博多湾におけるシロウオの採集個体数は、沖合域の32回の底曳網採集で27個体、沿岸部の32回の地曳網採集で583個体であり、稚魚網では採集されなかった。地曳網で採集されたシロウオは大部分が遡上期の3~4月に室見川河口域で採集されたものであった。これらの日別、定点別採集個体数と全長について、底曳網はTable 20に、地曳網は遡上期のものを除いた58尾についてTable 21に示した。底曳網では室見川河口部沖合で最も多く、また、能古島南部沖合でも採集された。地曳網では10月に室見川河口西方1.5kmのSt. Bで最も多く、次いで2月に室見川河口部で多く採集された。これらの結果から、博多湾におけるシロウオの分布域をFig. 33に示したように、シロウオは室見川河口域から遠く離れた水域やCOD値やSSが高く、DOの低い東部博多湾には生息せず、能古島南部沿岸のアマモ場や室見川河口西方1.5kmの入江などの水質の良い浅所の底層を中心に生息しているものと考えられる。

Table 20. Individual numbers and total length of the ice goby collected with the small trawl net. Location of station is shown in Fig. 28.

St.	Apr. 30	Jun. 9	Aug. 10	Oct. 26	Nov. 8	Dec. 20	Feb. 22	Total
I	0	0	0	8 (27.7-32.5)	1 (30.8)	1 (34.8)	7 (41.8-42.7)	17
II	0	0	0	—	—	—	2 (42.6, 48.0)	2
III	0	0	0	—	—	—	—	0
IV	0	0	0	—	—	—	—	0
V	—	—	—	0	0	0	2 (43.0, 45.1)	2
VI	—	—	—	1 (30.0)	3 (28.5-31.5)	0	2 (43.6, 48.5)	6
Total	0	0	0	9	4	1	13	27

Parentheses show the range of total length in mm.

Table 21. Individual numbers and total length of the ice goby collected with the drag net. Location of station is shown in Fig. 28.

St.	Jun. 12	Jul. 10	Aug. 5	Sep. 20	Oct. 28	Nov. 30	Dec. 24	Jan. 18	Feb. 17	Total
A	0	1 (17.8)	0	0	0	7 (32.8-34.9)	0	1 (43.1)	13 (38-47)	22
B	3 (11.0-11.8)	0	0	0	31 (27.6-31.0)	2 (32.1, 33.8)	0	0	0	36
C	0	0	0	0	0	0	0	—	—	0
Total	3	1	0	0	31	9	0	1	13	58

Parentheses show the range of total length in mm.

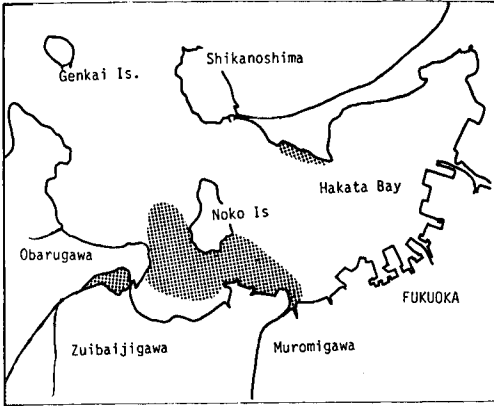


Fig. 33. The occurrence area of the ice goby in the Hakata Bay.

次に、大海湾における採集結果について、各採集方法で得られたシロウオを合計して、季節別、昼夜別、定点別に Fig. 34 に示した。これによると、水深10

m以浅部からなる大海湾では、シロウオはほぼ全域に分布するが、とくに湾奥部のアマモ場となっている浅所に多く、季節別には2月に河川遡上のため、佐波川河口部に多くなり、湾口部でも多くなる傾向があった。昼夜別では、ほとんどが夜間に採集され、昼間は極めて少ない。水深別にみると、昼間は表層に出現せず、底層のみから採集された。しかし、夜間になると、表層でも底層と同じ程度に採集され、夜間には表層への浮上傾向が認められた。

海域におけるシロウオの成長に伴う食性の変化を明らかにするため、消化管内容物を採集日別に Table 22 に示した。調査した全ての全長範囲、時期で小形のかい脚類が、他にわずかながら多毛類の幼生、小形の端脚類及び輪虫類が捕食され、海域において成長に伴う食性の変化はほとんどなかったが、河川を遡上すると消化管内容物は認められなくなった。

以上のように、シロウオは河口域周辺の沿岸浅所の底層に分布し、とくに水質の良い湾奥のアマモ場や入

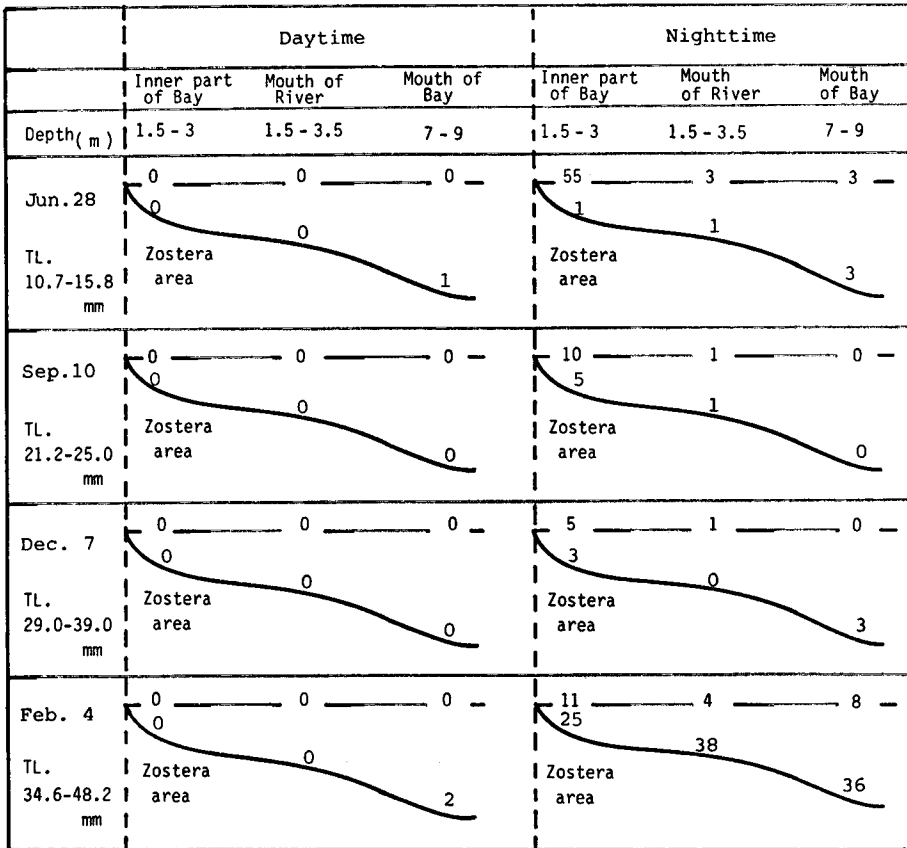


Fig. 34. Occurrence area and time of the ice goby in the Omi Bay, Yamaguchi Prefecture. Numerics show the number of the ice goby.

Table 22. Changes of the alimentary contents of the ice goby with the growth.

Date (Range of total length) in mm	Number of individuals examined	Copepoda	Amphipoda	Polychaeta larva	Rotifera
Jun. 12 (11.0—11.8)	3	+	—	—	—
Jul. 10 (17.8)	1	≡	—	—	—
Sep. 10 (21.2—24.6)	10	≡	+	—	—
Oct. 28 (27.6—29.0)	10	≡	—	+	+
Dec. 20 (34.8)	1	≡	≡	—	—
Feb. 17 (38—42.6)	10	≡	≡	—	+

≡ All individuals feed on.

≡ 2-9 individuals feed on.

+ One individual feeds on.

江に多く生息し、夜間には表層にも出現するが、いずれの水域も1曳網当たり採集個体数が少なく、大きな群れを形成しないことが推定された。主要な餌生物は、かい脚類で海域に生息する間には食性の変化が認められず、海域においては、成長に伴う生態上の顕著な変化は示さないことが明らかとなった。

3. 成長に伴う形態と生態の変化

シロウオは孵化から成育して産卵後斃死するまでの短い1年間の生活史で、その間の成長に伴う生態変化は比較的少ないが、産卵期には海域から河川に遡上し、産卵するような大きな生態変化を示す。また、体各部の相対成長には、その相対値の大きく変化する変曲点があり、さらに一般的形態変化を考慮すると、全長で6 mm, 10~12.5 mm, 37~38 mm 及び42~43 mm に形態の比較的大きな変化が認められた。これらの形態変化に伴う生息場所や食性などの生態的变化に

ついて取りまとめて Fig. 35 に示した。

卵黄吸収の直前である全長5.4 mm に口部や咽頭歯の化骨が行われ、摂餌が可能となる。相対成長で多くの項目に変曲点が認められた全長6~7 mm に卵黄が吸収され、後期仔魚期となる。その後、多くの項目で変曲点のみられた全長10~12.5 mm に背鰭、臀鰭及び胸鰭が完成する。全長37~38 mm に完成の遅れていた腹鰭の鰭条が定数に達し、稚魚期となる。全長42~43 mm に雌の腹部の両側に黒色素が6~10個出現し、外見から雌雄が区別できる。このように、シロウオは稚魚の形態で成魚となり、発育に伴う形態変化が多くの魚類に比べて全体的には小さい特徴を示した。

次に生態的には、仔魚は孵化後の全長約5.4 mm で河川から海域に流入し、湾内の沿岸の水深10 mm 以浅で全長42~43 mm まで生息し、その後、再び河川に入るという生息域の変化はある。食性は海域で変化

Total length	Relative growth*	Morphological development	Distribution	Main food item	Developmental stage
4.5 mm		Hatch	River	No feeding	
5.4		Mouth part ossified	Sea The area from the mouth of river to the coastal area about 1-10 m in depth	Copepoda	Growing stage with larval form
6-7		Completion of yolk absorption			
10-12.5		Completion of dorsal, anal and pectoral fins			
37-38		Completion of ventral fin			
42-43		Appearance of dimorphism	River	No feeding	Maturing and spawning stage with larval form

* flexional phase of relative growth

Fig. 35. Morphological and ecological changes in the ice goby with growth.

せず、河川に入り、摂餌を停止する習性があり、生息域に決定される生態変化が認められた。

このように発育に伴う生態的变化も単純で少なく、形態変化と生態変化とが一致する全長は5.4 mmと42~43 mmの2段階に認められるに過ぎない。すなわち、シロウオの発育段階はこの全長をもとに発育期を順調に成長する5.4~42 mmの幼形型成育期と全長42 mm以上の幼形型成熟産卵期に区分される。

IX 保護と増殖

1. 生活史からみた増殖方策

わが国のシロウオは、北海道から鹿児島まで広く分布がみられ、主に内湾の浅所で成育し、早春に河川に遡上して産卵し、1年で斃死する小形魚である。地域的には生息する内湾及び河川が限定されており、広域に移動がみられないが、地域によっては重要な水産資源となっている。このため、地方によって、増殖方法として移植放流や産卵場造成のための投石が行われてきた。移植放流は、従来シロウオが生息していなかった岩国市の錦川で1978年に行われ、その後の生息に効果をあげており、投石事業が萩市の松本川において、1971年以後行われている。

筆者は主に博多湾及び室見川において、シロウオ漁業、産卵遡上生態、営巣・産卵行動、仔稚魚の形態と成育生態及び生息・遡上・産卵環境などについて、研究を行った。その結果、生活史を、海で過ごす幼形型成育期と河川における幼形型成熟産卵期とに大きく区分した。

この両期について、その成長に伴う形態、成長、成熟、産卵などの知見をもとに、シロウオ資源の保護と増殖方策について検討を加えた。

まず、幼形型成育期を過ごす海域において、河川で産まれた孵化仔魚は4~5月に孵化後直ちに海域に流下し、産卵河川の河口を中心とした10m以浅の沿岸域の底層で成育する。シロウオ資源の保護のため、この成育環境を保全する必要があると、とくに水質及び底質の保全に努めるとともに、さらに好適成育環境であるアマモ場を造成することが望ましい。なお、海域における減耗で、成育中のシロウオを捕食する生物については明らかでないが、長崎県瀬川湾のマアジや熊本県巴湾のマハゼがシロウオを飽食していたという話がある(道津ら, 1979)。しかし、博多湾では稚魚や幼魚を対象とした漁業が行われておらず、少なくとも漁業によって資源の減耗を受けることはほとんどないと

推定された。

次に、幼形型成熟産卵期では翌年の2月にはシロウオが産卵遡上のため、河口域に集まり、逐次遡上を始め、この際の水温、塩分及び水質が遡上に大きく影響することが明らかになったが、この感潮域の水質を保全して、順調な遡上を図る必要がある。さらに、遡上した産卵シロウオについては、産卵床が形成される河床の底質を保全するとともに好適で十分な産卵場の造成を行って、産卵による増殖を図る必要が認められる。なお、シロウオ漁業と漁法についても、産卵期の漁獲という立場から資源増殖に対する合理的規制も必要と考えられる。

幼形型成育期に適した内湾環境に流入し、さらに遡上、産卵にも適した河川環境でありながら、現在シロウオが生息しない水域においては、錦川の例を見るように、移植放流が資源増殖に有効な方法であると考えられる。また、室見川のように遡上産卵する河川でも気象条件によっては遡上量の激減する年が生ずる場合がある。たとえば、室見川における1979年のシロウオ漁獲量の激減は、1978年の異常濁水による感潮域の高塩分化などが、その年の産卵量と孵化仔魚量の減少を招いた結果と考えられる。このような場合、移植放流によって資源の回復を速める効果が期待される。

2. 保護と増殖

1) 海域における環境保全と資源保護

幼形型成育期の生息環境を博多湾における調査結果に基づいて Table 23 に示した。博多湾、大海湾の例から検討すると、シロウオの成育場は遡上河川の河口域を中心とした沿岸域やアマモ場である。さらに、水底質の条件のうち、水質は、「水質汚濁に係る環境基準」(環境庁)のA類型の基準値がpH 7.8~8.3, COD 2 mg/l 以下, DO 7.5 mg/l 以上であり、表示した値にほぼ等しい。そのため、シロウオの生息する博多湾の一部に指定されているA類型を保持できれば十分で、底質についても砂泥底で、表示の値を上廻ら

Table 23. Environmental conditions in the growing stage of the ice goby.

Item	Condition
Depth	<10m
Water quality	SS ≤ 9 mg/l COD ≤ 2.2 mg/l
Bottom materials	COD ≤ 7mg/g Sulphide ≤ 0.026 mg/g Ig. L ≤ 8.2%

ない条件で水域の環境が保全されることが必要と結論される。また、場所によっては10m以浅の沿岸部にアマモ場を造成することにより、シロウオの育成場を造成し、積極的に成育と保護を図る必要もある。

2) 産卵場造成

シロウオ資源の増殖のため、まず産卵親魚の産卵場への順調な遡上を図る必要があり、遡上河川の環境基準を示すことが重要である。産卵のため遡上する河川の水質について博多湾に流入する8河川の調査結果を検討し、その結果から遡上に適した水質をまとめてTable 24に示した。室見川を例にとると、遡上、産卵期の2~4月における1976~1981年の平均値はpHが7.4、DOが10.9 mg/l、BODが1.96 mg/l、SSが10.3 mg/lを示し、表の値を満足している。室見川下流部に指定されている河川の水質基準のA類型はpHが6.5~8.5、DOが7.5 mg/l以上、BODが2 mg/l以下、SSが25 mg/l以下であり、表の値とほぼ等しいので水質に関してはシロウオの遡上環境として、A類型を保持できればよい。

Table 24. Water quality of the anadromous river of the ice goby.

Item	Condition
pH	7.1—7.8
DO	≧8.7mg/l
SS	≦14mg/l
BOD	≦2.7mg/l
Total-N	≦1.22mg/l
Total-P	≦0.14 mg/l

次に、シロウオは河川感潮域の冠水部において、砂礫底の石の下に営巣して産卵を行うので、産卵増殖を図るために産卵場の水底質及び産卵基盤が保全され、地盤高への対応がなされなければならない。そこで、産卵場の環境条件について、室見川における研究結果をとりまとめて、Table 25に示した。水質については前述の遡上河川の水質と同じ基準を保持するとともに

に底質は、この表に示した値が保全される必要がある。地盤高については河川によって異なり、室見川の産卵場の場合、干潮時でも冠水する地盤高は90 cm以下であった。地盤高、粒度組成と産卵基盤の石の大きさがシロウオの営巣、産卵、卵保護の生態に直接的に影響するので、積極的な産卵増殖方策としては、Table 25の基準をもとに行う産卵場造成が必要であり、室見川における具体的計画を検討した。

まず室見川において産卵場造成試験を行い、その結果を以下に示した。室見川のシロウオの産卵場は、河口から上流1.3~2.4 kmの間に形成され、その産卵域はすでにFig. 18に示したが、この水域の河床内にFig. 36の5区を設けて試験を行った。シロウオの遡上2カ月前の1982年12月23~25日に第2~5区で、広さ5×5 mで、常時冠水するように深さ30~70 cmを削土し、そこへ投石した。第1区では投石だけを行った。削土、投石に当たってはブルドーザーを用いた。投石は100~1,500 cm³の碎石と栗石を試験区の全面に2~3層になるよう敷石した。前年の1982年の産卵調査によると、第1と4区で産卵が認められたが、第2、3及び5区は産卵していない場所であった。第1区は流心部にあり、大潮の干潮時においても水深(以下、水深は干潮時)が90 cmあり、第2区は大潮の満期時に冠水する部分から干出する部分を含む地盤高110~140 cmの区域であり、干潮時には干出する時間が長い。第3区は河川中央部の砂州によって流れが停滞している場所で、水深は20 cm、第4区は流心近くの水深10 cmであり、第5区は右岸からの都市排水の影響を受ける水深15 cmの場所である。これらの試験区において、試験工事前の1982年12月20日と工事後の1983年4月26日に底質分析を行い、その結果をTable 26に、工事前後の産卵状況をTable 27に示した。その結果、第1区と4区のように、従来から産卵が行われている場所では底質の硫化物とCODが低い値を保ち、産卵も認められ、産卵場造成の効果が

Table 25. Environmental conditions of the spawning ground of the ice goby.

Item	Condition
Height of river bed	Submerged height
Size of stone for the spawning bed	100—4200 cm ³ in volume (about 6—20 cm in diameter)
Water quality	pH: 7.1—7.8 BOD ≦ 2.7mg/l SS ≦ 14mg/l Salinity ≦ 8‰
Bottom material	COD < 5mg/g Sulphide < 0.028mg/g Granular composition: silt and clay < 12%

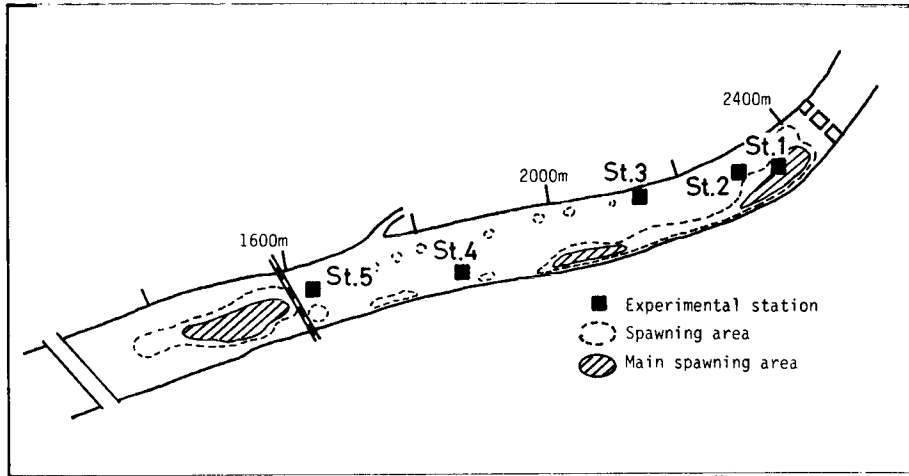


Fig. 36. Experimental stations of the preparation for the spawning of the ice goby at the Muromigawa.

Table 26. Changes of bottom materials by removal of mud and setting of stones for artificial spawning bed.

Date	St.	Granular composition in %					Effective grain size (D_{10})	Ignition loss in %	Sulphide (mg/g)	COD (mg/g)	
		>4.76 mm Granule	Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay					
1982 Dec. 27	1	5	15	68	8	1	3	0.78	0.6	0.005	3.2
	2	10	11	29	39	7	4	0.04	1.5	0.005	4.0
	3	11	14	32	27	11	5	0.03	2.2	0.038	7.0
	4	1	4	30	59	2	4	0.14	1.1	0.005	3.4
	5	5	7	25	55	3	5	0.10	1.6	1.63	2.7
1983 Apr. 26	1	13	23	54	7	1	2	1.4	1.4	0.007	2.3
	2	44	17	22	12	3	2	0.25	2.6	0.006	5.0
	3	9	8	22	40	15	6	0.02	3.2	0.017	6.3
	4	20	9	28	29	7	7	0.11	1.8	0.012	2.8
	5	22	11	27	15	11	14	0.10	3.8	0.038	7.1

Table 27. Effect of the experiment for removal of mud and the artificial spawning bed.

Station	1	2	3	4	5
Egg mass preceding the experiment (Apr. 15, 1982)	60	0	0	6	0
Egg mass after the experiment (Apr. 26, 1983)	35	40	0	33	0

Numbers show egg mass in 1 m².

あった。このうち、粒度組成については、第4区でシルトと粘土が12%以上占めても産卵が認められたが、礫以上の組成が多く、硫化物、CODが低い場合は造成効果が得られるものと考えられる。産卵のない第3区と5区について、まず第3区では試験後も水の停滞があり、次に5区では底質が都市排水の影響を受け、底質の硫化物やCODはTable 25に示した基準値

よりかなり高く、産卵もなく、削土、投石の効果が認められなかった。地盤高が高く、干出時間が長いいため産卵のなかった第2区では、削土により水の流通を改良し、投石により産卵基盤を投入したため、底質条件も満足し、産卵が認められた。このように、削土、投石に当たっては、水質、底質及び地盤高などの適地条件を十分に調査して増殖対策を講じなければならない

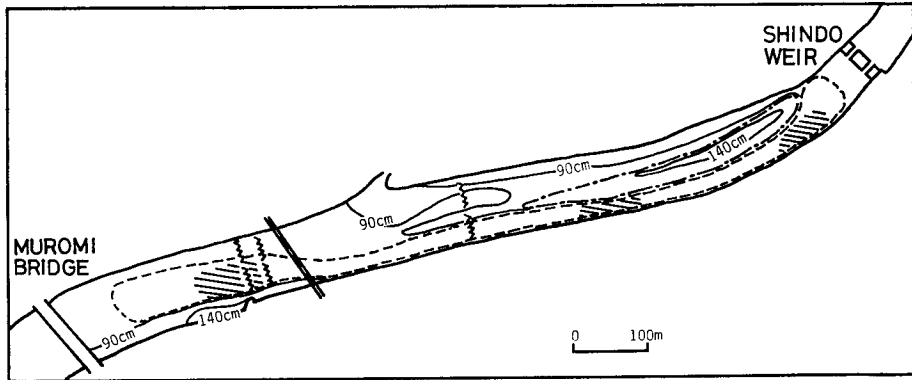


Fig. 37. The preparation area for the propagation of the ice goby by removal of mud and setting of stones (broken lined area and dot-dash-lined area) in the Muromigawa. Area encircled by oblique lines, optimum spawning area; area of broken line, semi-optimum spawning area; area without the broken line, unsuitable spawning area.

い。また、広範囲な干出部や底質の悪化部分が形成された場合には、産卵域の全体的な環境の改善実施のもとで行う必要がある。

以上の試験結果をもとに、産卵場造成計画を立案した。環境条件から産卵域内を産卵場としての最適地、適地及び不適地に区分し、室見川を例として、各々の産卵適地区分の広さと、それらの部分への対策を提起した。最適地は干潮時においても水の流れが良く、底質はCODや硫化物の値が低く、砂礫分が多くて通水性が良く、産卵基盤となる石が多い場所で、試験区では第1区に相当する。適地は最適地の諸条件のうち、水の交換、底質及び産卵基盤の多少等について、その条件が十分でない場所で、試験区では第4区が相当する。不適地は干出、水の交換、産卵基盤の多少、水質及び底質などについて産卵条件に欠けるため、産卵が認められない場所で、試験区では第2、3と5区が相当する。室見川の産卵域はFig. 37に示したように室見橋から新導井堰の範囲となっており、その面積は約11haで、そのうち、3カ所に主産卵場がA、B、Cに認められた。これらの3カ所は産卵の最適地に相当するが、その面積は1haに過ぎない。適地に相当する場所は、産卵は行われるが、最適地よりは産卵条件が悪い場所で、この例では点線で囲んだ部分に相当し、約4ha存在する。この場所においては、削土と投石による産卵条件の改善を図ることによって、適地を最適地とすることが可能である。また、不適地は、産卵の行われない場所で、この例では点線で囲んだ部分以外の河床が相当し、約6ha存在する。このうち、第2区のような、削土、投石の効果が予測される場所

(最上流部の主産卵場Aに隣接した地盤高140cm以上の河床部)が0.5ha存在し、この場所を含めて、隣接する地盤高90cm以上の河床の削土、投石は、予測される流況から、不適地を適地や最適地に改善することが可能と考えられ、その効果は大きいと推定される。

以上要するに、シロウオ資源の保護と増殖を図るためには、シロウオの生活史を通じて、その成育場である海域において幼形期成育期の成育環境の保全や造成を行い、河川における幼形期成熟産卵期においては、シロウオが遡上する環境を保全するとともに、積極的に削土、投石による産卵場造成と、場合によっては遡上状況と気象条件に留意して、移植放流を並行する方法が有効であると結論される。

要 約

シロウオの形態、分布、河川への遡上及び産卵、海域での成育生態について、主に室見川と博多湾において研究し、これらの知見をもとに本種の増殖方策について取りまとめを行った。

1. わが国におけるシロウオの遡上は、鹿児島から函館までの内湾に注ぐ河川に広くみられた。地域間で形態を比較した結果、同一湾内の河川に遡上するシロウオは、形態上に有意な差は認められないが、異なった内湾の河川に遡上するシロウオでは体部比と計数形質などに有意な差を認めた。本種は内湾を成育域とし、これに注ぐ河川を遡上して産卵し、異なった内湾間の交流はほとんどなく、大きな移動を行わない。

2. 河川に遡上したシロウオの大きさは、雌で平均

全長約 50 mm, 雄で約 46 mm を示し, 雌が大きい。遡上期間の後期になるに従い雌雄とも全長が大きくなるが, 体重は雌で減少する傾向があり, 場所別には河口部より上流の産卵場のものが成育した傾向が認められ, 遡上期間におけるシロウオの成長と成熟が考えられた。性比は遡上期間を通してみると 1:1 であるが, 雄の遡上が雌に比して早期に始まり, 初期には雄が 50% 以上を占め, 遡上盛期以後に雌が 50% 以上を占める。

3. 室見川における遡上期は 2 月上旬から 4 月上旬で, その盛期は 2 月下旬から 3 月下旬である。全国のシロウオの遡上盛期は, 南九州, 南四国及び南紀地方の 1~2 月, 北部九州, 瀬戸内海及び東海地方の 2~3 月, 北部中国, 北部近畿, 中部及び関東地方の 3~4 月, 東北及び函館地方の 4~5 月で, 南から北へ遅くなる。

4. 遡上と環境条件との関係を検討した。まず遡上する河川の水質は, 年間平均値で DO 7.0 mg/l 以上, SS 14 mg/l 以下, 全窒素量 1.8 mg/l 以下, 全磷量 0.2 mg/l 以下, BOD 3.6 mg/l 以下で, 遡上期の水質もほぼこの範囲である。遡上の始まる室見川の水温は, 海域と河川が等しくなる約 7°C で, 盛期となる水温は 8°C, 終期は 11°C である。潮汐との関係を見ると, 大潮時の夜間に遡上量が多く, 河口部では下げ潮時に, やな場では上げ潮時に最も多い傾向がある。また, 水温の上昇時や日照時間の長い日及び河川流量の減少時に遡上量が増加し, 水温の下降時や流量の急増時には減少する傾向がある。

5. 遡上期におけるシロウオの塩分濃度に対する嗜好性を求めた結果, 23.8% S 以下の汽水を好み, 低塩分の河川水を求めて遡上する。

6. 海域のシロウオは, かい脚類を中心に摂餌するが, 成熟, 産卵のため河口域に入るとほとんど摂餌しなくなる。しかし, 淡水中でも水槽内で餌生物を高密度に与えると産卵床形成に関与していない雌は摂餌するようになるが, 雄はほとんど摂餌しない。

7. 成熟度指数や卵巣の組織学的観察によると, 室見川におけるシロウオの成熟は, 肥満度が低下しはじめる 3 月上旬から徐々に始まり, 3 月下旬の急激な進行後, 産卵は 3 月末~4 月下旬に行う。卵巣内卵は, 卵径分布からみると, 1 回産卵されると考えられ, その卵数は約 530 粒である。産卵は 11~14°C で行われる。

8. 室見川におけるシロウオの産卵場は, 河口から 1.3~2.4 km 上流の常時低塩分である感潮域に形成さ

れ, 産卵場の位置は流量に影響され, 年によって多少変化する。営巣や産卵は産卵場内で上流部から順に行われ, 下流部ほど遅い。産卵が行われる河床の底質は, シルトや粘土が少なく, 通水性が良く, 硫化物量が 0.01 mg/g 以下で, 地盤高は大潮の干潮時にも干出ししない 90 cm 以下であり, しかも産卵基盤となる石が多い場所である。

9. 水槽内で営巣及び産卵行動を観察した。雄は産卵基盤となる石の下の砂粒を口にくわえて搬出し, 石の下に出入口の口径 0.5~0.8 cm, 奥行 3~5 cm, 幅 2~3 cm, 高さ約 1 cm の産卵室を作り, 雌を巣穴の中から誘い込む。雌は石の下面の産卵床に約 500 粒の付着卵を一層に産み付け, 巣外に出て斃死する。雄も孵化まで卵を保護した後, 死亡する。産卵床は底からの深さ 20 cm まで認められるが, 深くなると死卵が多くなる。河川内でシロウオを捕食する魚類は, ウナギ, ビリゴ, チチブとマゴチの 4 種であったが, この内, ウナギは明らかに卵保護中のシロウオと卵を捕食する。

10. 卵内の発生経過を観察した。水温 18~23°C で高い孵化率を示し, その孵化時間は 245~360 時間を要し, 高水温ほど短時間である。水温 (θ) と孵化時間 (H) との間には $H=1408.1 \exp(-0.0756\theta)$ の関係がある。産卵初期の 3 月末~4 月上旬における室見川の水温は約 11°C であり, 産卵末期の 4 月下旬における水温は約 18°C であるので, この関係式から室見川におけるシロウオ卵の孵化時間は 360~610 時間を要することが認められる。また塩分は 8.4% S 以下で正常に孵化するが, 発生が進んだ発眼卵では, かなり塩分濃度の高い汽水でも孵化に到る。孵化仔魚は正の走光性と走流性を示し, 室見川では 4 月下旬~5 月上旬に孵化直後から海へ流下する。

11. 博多湾と大海湾において, 稚魚網, 底曳網及び地曳網でシロウオを採集し, 海域における成長と生態をみると, 海域へ流下した仔魚は全長 6.1 mm で卵黄を吸収し, 河口部から湾奥部のアマモ場を主な生息場とする。昼間は底層に生息するが, 夜間になると表層にも出現し, かい脚類を中心とした摂餌を行う。翌年の 2 月まで海域で成長し, 稚魚の形態で全長 42~43 mm に達した後, 河川を遡上する。

12. 体各部の相対成長と一般形態の変化から, シロウオの形態は全長 6~7 mm, 10~12.5 mm, 37~38 mm 及び 42~43 mm で大きく変化し, 生態的には生息域が変わる全長 42~43 mm で大きく変化する。この結果, シロウオの発育期は, 形態と生態の変化が

同時に生ずる全長 42~43 mm を境に、海域における幼形型成育期と河川における幼形型成熟産卵期に区分される。

13. シロウオの生活史に関する本研究の成果をもとに、室見川におけるシロウオ資源の増殖方法を検討した。成育場としての海域及び産卵場としての河川における水底質などの環境条件の基準を示し、さらに室見川では、5カ所の試験区を設定して、産卵場の造成試験を行った。その結果より産卵場の造成における河床の削土と投石による増殖方法を提案した。

参 考 文 献

- 明仁親王 1972 神奈川県で採集された マツゲハゼ *Oxyurichthys ophthalmoneura* とその学名の検討。魚雑, 19: 103-110
- 有蘭真琴・水津洋志・中村達夫 1975 松本川しろうお産卵調査。山口県外海水試事報, 昭和50年度, 91-93
- 有蘭真琴・大内俊彦 1976 松本川シロウオ産卵調査。山口県外海水試事報, 昭和51年度, 99-101
- 有蘭真琴・角田信孝 1977 松本川シロウオ産卵調査。山口県外海水試事報, 昭和52年度, 101-103
- 有蘭真琴・大内俊彦・松浦秀喜 1978 松本川シロウオ調査。山口県外海水試事報, 昭和53年度, 70-73
- 有蘭真琴・松浦秀喜・飯田春海 1980 松本川シロウオ調査 (I)。山口県外海水試事報, 昭和55年度, 100-109
- 道津喜衛・内田隆信 1979 ハゼ類の生活史。海洋と生物, 1: 9-16
- 道津喜衛 1980 春を告げるハゼーシロウオ考。淡水魚, (6): 47-50
- 藤岡 豊・徳久禎美 1959 阿武川の魚類。山口大教育研論, 8 (3): 79-87
- 福岡市衛生局環境保全部 1983 福岡市水質測定結果報告。昭和57年度, 1~258
- 平井越郎 1975 青森県海の生物誌。東奥日報社, 青森
- 平井賢一・角田健治 1983 石川県の淡水魚類。日本海域研, (15): 15-32
- 堀田秀之・田村 正 1954 シラウオ (*Salangichthys microdon* Bleeker) の生態について。北大水研彙, 5: 41-46
- 今井貞彦・中原官太郎 1964 鹿児島県の魚類。鹿児島県理科教育協会, 鹿児島
- 今井泰二・堀 義彦 1964 茨城県沼産魚類目録の追加。茨大文理紀要 (自然科学), (15): 27-31
- 石田力三 1961 アユ産卵場の造成。水産増殖, 9: 67-78
- 石田力三 1961 アユの産卵生態一Ⅱ。日水誌, 27: 1052-1057
- 石田力三 1964 アユの産卵生態一Ⅲ。日水誌, 30: 478-485
- 伊藤猛夫・二階堂 要・野田一郎・榊原慎吾 1964 のぼりアユの生態。木曾三川河口資源調報, (1): 27-54
- 伊藤猛夫・二階堂 要・野田一郎・榊原慎吾 1965 のぼりアユの生態Ⅱ。木曾三川河口資源調報, (2): 51-78
- 伊藤猛夫・水野信彦・東 幹夫 1976 松浦川のアユのそとと流量。松浦川水系河川生態研究会, 57-67
- Jordan, D. S. and O. Snyder 1901 Gobioid Fishes of Japan. Proc. Nat. Mus., 24: 125-127
- 鹿児島県水産試験場 1927 鹿児島県産魚類目録。1-56
- 貝原篤信 1709 筑前国統風土記巻之29
- 蒲原稔治 1958 浦戸湾内の魚類。高知大研報, 7 (13): 1-11
- 片山正夫 1941 圓山川の魚類 (其の一)。兵庫中等教育博覧, (7): 368-384
- 片山正夫・藤岡 豊 1956 佐波川の魚類。山口大教研論, 5 (2): 103-108
- 片山正夫・藤岡 豊 1958 大島郡近海の魚類。山口大農学報, (9): 1147-1168
- 木村 重 1964 山形県の淡水魚類。山形県総合学術調査会, 161-176
- 木村 博・大内俊彦・松浦秀喜・道中和彦 1981 松本川シロウオ調査Ⅱ。山口県外海水試事報, 昭和55年度, 110-113
- 木村 博・大内俊彦・松浦秀喜・河村 工 1983 松本川シロウオ産卵調査。山口県外海水試事報, 昭和56年度, 101-103
- 木村 博・大内俊彦・道中和彦 1983 松本川シロウオ産卵調査。山口県外海水試事報, 昭和57年度, 126-128
- 木村 博・中村達夫・道中和彦・浅積慎次 1984 松本川シロウオ産卵調査。山口県外海水試事報, 昭和58年度, 115-116
- 岸田久吉 1924 丹後由良川産魚類目録。動雑, 36: 61-62
- Kitahara, T. 1904 Note on *Leucopsarion petersi* Hilg. Annot. Zool. Jap., 5: 113-116
- 小林久雄 1956 渥美湾の魚類。三河湾自然公園調報, 62-77
- 楠田理一 1963 海産稚アユの溯上生態一Ⅰ。日水誌, 29: 817-821
- 楠田理一 1963 海産稚アユの溯上生態一Ⅱ。日水誌, 29: 822-827
- Mashiko, K. 1976 Reproductive behavior of an eleotrid goby *Odontobutis obscurus* in Aquaria. Jap. Jour. Ichthy., 23: 69-78
- 松井誠一・富重信一・塚原 博 1980 エツ卵の発生に及ぼす海水の影響。昭和55年度日本魚類学会講演要旨
- 宮地伝三郎 1935 京都府下の淡水魚。京都府史蹟名勝天然記念物調報, (16): 45-46
- 三善清旭 1935 魚梯に於ける鮎の溯上に及ぼす水

- 量, 水温等の影響. 日水誌, 4: 47-53
- 森 慶一郎・三尾真一 1977 油谷湾における魚類生産構造解明への試み. 漁業資源研究会報, (20): 65-75
- 森 為三・内田恵太郎 1934 補訂朝鮮産魚類目録. 朝鮮博雑, (19): 1-23
- 森 為三 1956 山陰地区隠岐郡島を含む及びその附近海域の魚類に就て. 兵庫農大研報, 2 (3): 1-62
- 武藤鐵城 1940 秋田郡魚譚. アチックミュージアム叢報, 45: 306-307
- 中村正雄 1910 新潟県一部の淡水産魚類. 動雑, (256): 119-120
- 中村達夫・西村忠恭・羽倉伯士 1969 シロウオ生態調査. 山口県外海水試事報, 昭和44年度, 85-95
- 落合 明・榎田 晋・石山 恒 1970 ボラ稚魚のそ上活動について. 高知大研報, 19: 61-65
- 小笠原利孝 1892 浜名湖ノ魚類. 動雑, (47): 375-377
- 尾身東美 1977 釧路地方の河川におけるシシャモの卵分布状態とふ出仔魚の降海について. 北水試月報, 35 (1): 12-28
- 尾身東美 1978 シシャモの卵発生と卵発生速度に及ぼす水温の影響. 北水試月報, 35 (2): 10-18
- 尾身東美 1979 シシャモの卵発生に及ぼす海水の影響. 北水試月報, 36 (2): 13-21
- 崔 基哲 1980 韓國産淡水魚分布圖. 韓國淡水生物学研究所, 1-54
- Stato, S. and K. Kobayashi 1954 Notes of the ichthyofauna of the fresh waters in Hokkaido, Japan. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 4: 268-272
- 千田哲資 1967 河口堰沖合海域における稚アユの生態. 木曾三川河口資源調報, (3): 93-112
- 柴田保彦 1968 対馬産淡水魚目録. 大阪市自然史博研, (21): 19-29
- 白石芳一・鈴木規夫 1962 アユの産卵生態に関する研究. 淡水研報, 12 (1): 83-107
- 塩垣 優 1982 青森県産魚類目録. 青森県水試報, 1-36
- Suehiro, Y. 1942 A study on the digestive system and feeding habits of fish. *Jap. Jour. Zool.*, 10: 1-302
- 水津洋志・中村達夫・有藺真琴 1974 松本川しろうお産卵調査. 山口県外海水試事報, 昭49年度, 80-81
- 鈴木敬二・今牧宏志・金網展久 1979 産卵後のシロウオの生存. 昭54年度日本水産学会春季大会講演要旨, 308
- 高木和徳 1966 日本産ハゼ亜目魚類の分布および生態. *Jour. Tokyo Univ. Fish.*, 52: 83-127
- Tamura, E. and Y. Honma 1969 Histological changes in the organs and tissues of the gobioid fishes throughout the life-span—I. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 35: 875-884
- Tamura, E. and Y. Honma 1970 Histological changes in the organs and tissues of the gobioid fishes throughout the life-span—II. *Jap. Jour. Ichthy.*, 17: 29-36
- Tamura, E. and Y. Honma 1970 Histological changes in the organs and tissues of the gobioid fishes throughout the life-span—III. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 36: 661-669
- Tamura, E. and Y. Honma 1971 Histological changes in the organs and tissues of the gobioid fishes throughout the life-span—IV. *Bull. Jap. Soc. Fish.*, 37: 831-837
- 田村栄光 1978 日本産魚類の胸腺に関する形態学的研究. 新潟大理学部佐渡臨海実験所特別報告, 1: 1-75
- 谷崎鱗海 1966 溯上アユの漁獲量と溯河期の水温. 生理生態, 14: 33-38
- Tavolga, W. N. 1956 Pre-spawning behavior in the gobiid fish, *Bathygobius soporator*. *Behaviour*, 9: 53-74
- 堤 俊夫・道津喜衛 1961 チャガラ産卵行動. 長大水研報, (10): 149-154
- 鳥取県水産試験場 1960 中海干拓基本調査報告書, 74
- 上田常一 1965 隠岐の動物. 園山書店, 松江, 115-118
- 上野達治 1971 北海道近海魚類目録. 北水試報, (13): 61-102
- 矢部 博 1940 シロウオ *Leucopsarion petersi* の生態と産卵に就て. 植物及動物, 8: 1567-1576
- 山下弘文 1959 佐賀県玄海沿岸魚類目録. 佐賀水試報, 1-22

Summary

The ice goby, *Leucopsarion petersi* Hilgendorf, that is a small gobioid fish about 50 mm in total length is caught mainly with a fishweir, lift net and landing net at mouths of several rivers in Japan on the season when fish ascends to river for a spawning. In the river Muromigawa which runs in Fukuoka Prefecture in the northern Kyushu, the catches of this fish that were large in the past have recently decreased in quantity. Therefore, it is necessary to propagate the ice goby for fisheries. And the life history of this fish has not been described yet in detail.

In the present report, the life history of the ice goby was studied on the basis of morphology, distribution, and anadromous and spawning ecology mostly at the river Muromigawa and the Hakata Bay. Furthermore, a plan of the preparation of spawning area was examined on the basis of these ecological informations in this river, and a method for the propagation of the ice goby was proposed.

The ice goby is widely distributed in shallow bays from Kagoshima to Hakodate in Japan and southern Korea and ascends to spawn at the rivers flowing into them. There were morphological differences among fishes with rivers flowing into different bays, and this has led to conclusions that the ice goby in one bay belong to the same population and the reproductive isolation has occurred among fishes in different bays.

The anadromous male and female is about 46 mm and 50 mm in total length, respectively. In the Muromigawa, after the ice goby approaches to the mouth of the river in the early February, the ascending migration to its lower part begins immediately and lasts to early April. The sex ratio during the ascending season is one to one. But, it is not always definite by the period, because male ascends to river earlier than female. The high period of the ascending quantity to a river varies between the late February and the late March with a place throughout Japan and begins to ascend earlier in the southern Japan than in the northern Japan, i. e. in Jan.-Feb. in the southern Kyushu, southern Shikoku and southern Kii Peninsula regions, in Feb.-Mar. in the northern Kyushu, Inland Sea and Tokai regions, in Mar.-Apr. in the northern Chugoku, northern Kinki, northern Chubu and Kanto regions, in Apr.-May in the Tohoku and the Hakodate regions.

Environmental conditions under which the ice goby ascends to the river were examined. The water quality of the river is as follows: BOD lower than 2.3-2.7 mg/l, DO higher than 7.7-8.8 mg/l, NH₃-N lower than 0.14-0.78 mg/l, NO₂-N lower than 0.015-0.04 mg/l, PO₄-P lower than 0.068-0.11 mg/l. In the Muromigawa, the average water temperature in the early period of the ascending migration to river is about 7°C for the past ten years, 1975-1984, when the sea and the spawning area become almost equal in water temperature, and in the same way, the water temperature at the high and the late periods of the ascending migration to river is about 8 and 11°C, respectively. The ascending migration to river is active at night in ebbing tide on the flood tide at the mouth of river and in flowing tide at the fishweir site. The ascending quantity to river increases when the water temperature rises and the amount of flowing water of river decreases more than in the preceding day, and the duration of sunshine is more than 5 hours in a day.

The maturation of the ovary progresses rapidly from the late March and the fish spawns between the late March and the late April in the Muromigawa. The water temperature at the spawning period is 11-14°C. It is found by the examination of its alimentary contents that the ice goby doesn't feed in the river.

The spawning area in the Muromigawa is situated at the river bed of 1.3-2.4 km up the river from its mouth. This area is a tidal compartment where salinity is variable between the low and high value. The main spawning areas are formed at three sites in this area. Environmental conditions suited for the spawning were examined. The river bed adapted for spawning is well washed and is less than 90 cm in height of ground which is not dried up even at low tide, and its bottom material is well pervious to water and many fist-sized stones for the spawning are present in its place.

In the laboratory, forming process of nest and spawning habit were observed. A male in an aquarium taken out sands and gravels from the underneath of the

stone with his mouth during most of a day. After the entire procedure of nest preparation is accomplished by the male, he puts out his tail from the entrance of his nest and weaves it quickly. As soon as the female enters the nest to respond to his actions, the male closes the entrance by gravels with mouth. Weaving of the tail in the male seems to introduce the female into the nest.

The female spawns 380-650 adhesive eggs in a layer mainly on the ceiling of nest. Considering the number of matured eggs in an ovary and developmental stage in an egg mass, these eggs in the nest appear to be spawned at a time by a female. After the spawning by the female and nursing of eggs to hatching by the male, the parents end their lives in a year. Developments of eggs were observed, and their tolerance to water temperature and salinity were examined. The relationship between the mean hours required for 50 % hatching (H) and water temperature (θ) is shown by the following equation; $H=1408.1 \exp (-0.0756 \theta)$. In the Muromigawa, hatching hour from the spawning is calculated at 245-360 hours, because the water temperature at the spawning season is 11-18°C. The optimum salinity to develop and hatch is lower than 8.4‰. The newly hatched larvae show a positive phototaxis and rheotaxis, and come out to be induced by light and flow out to the sea from the later April to the early May.

The larvae grow, feeding mainly on copepoda, at the lower layer of the river mouth and the inner part of the bay until the next February when the fish ascends the river to spawn. In February, the ice goby attained 42-43 mm in total length retains still larval form.

Morphological changes and flexion points in relative growth to total length appear at 6-7, 10-12.5, 37-38 and 42-43 mm in total length. Only at 42-43 mm in total length with which the fish enters the river for maturing and spawning, the ecological changes are recognized. On basis of these results, the developmental process of the ice goby is divided into two stages; the growing stage with larval form, and the maturing and spawning stages with larval form.

According to the present studies on the life history of the ice goby, in order to propagate the ice goby resources, it has been clarified that it is necessary to conserve the environment in the sea where this goby spends the growing stage, and to prepare the spawning area in the river. The values of the environmental condition to be conserved in the river and the sea were indicated. Furthermore, through the experiment on the preparation of spawning area in the Muromigawa, it has been found that removal of mud over the height of ground where is dried up at the low tide and setting of fist-sized stones in the river bed are effective methods for preservation and propagation of the ice goby resources.