九州大学学術情報リポジトリ Kyushu University Institutional Repository

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:九州大學農學部學藝雜誌. 40 (2/3), pp.135-174, 1986-01. 九州大學農學部 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 -

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背鰭と鱗 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,丸い鰾が外見される.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;有薗ら,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1.9km 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 140km² の玄界灘に面した 内湾である. 湾口部付近の水深は 15m以上である が, 湾奥部は 5m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 2.3m, 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3m,袖網の長さ3m,袋網の長さ1.5m, 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 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1.5km 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100m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ヵ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、1kg/日以上の漁獲量の時期は盛漁期とみなさ れる. そこで、初漁日から 1kg/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の千椻川、小糸川、静岡県の浜名 湖, 佐鳴湖, 大阪府の淀川, 大和川, 福岡県の那珂川 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 均値で比較すると, 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水質の 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.

River	Occurrence of the	Volume of the outflowing water		-	Vater quality a	at the mouth	of river in mg	//+	
	anadromous ice goby	at the mouth of river - (m ³ /sec)	DO	BOD	Total-N	NH4-N	NO ₂ -N	Total-P	PO4-P
Muromigaw:	- ca +	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	l	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	1.0	6.4 ± 0.6	9.5 \pm 0.9	4. 49±0. 64	3. 45±0. 96	0.112 ± 0.039	0.74 ± 0.08	0.45 ± 0.06
Nakagawa	ł	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
Zuibaijigaw:	a +	*	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
Kanakuzuga	wa –	*	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	1	*	6.6 ± 0.8	7.2±1.1	5. 75±1. 04	3.54 ± 0.64	0.143 ± 0.061	0.64 ± 0.21	$0, 30 \pm 0, 12$

い、大きな口はやや上向き、眼は比較的小さく、眼径 は両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)、本種のも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. 鰾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頰から 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. 体内部では鰾, 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 に鰾が存在し、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, Interorbital distance; n, Inter-posteriorn ares 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 顕徴鏡下で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.

· · · · · · · · · · · · · · · · ·	Ма	le	Fem	ale	Significance
	Mean	SD	Mean	SD	test
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	_
Eve 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	<u> </u>
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 significat(+) or not (-).

	Muron	ni-	Zuiba	iji- a(Z)	Izumi	- /a(I)	Kamo)- a(K)		Sign	ifica	nce	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	_*	۰+	*		_	_
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			_	_		_

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

* 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と博多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), 中部は福井県教賀市の縄間川(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) のいずれも河口部のものを選んで、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

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

	Muro	ni-	Zuiba	iji-	Izumi	- /a (1)	Kamo)-) (K)		Sign	ifica	nce	test	
	gawa		- gawa		gaw		gawa		M-	M-	M-	Z-	Z-	I-
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		1	K	1	ĸ	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	-	*	k	_*		-
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	9 32, 16	0.68	3 —	-	-			_
Vertebrae	34.00	0	34.10	0.54	34.20	0.60	34.22	0.42	2	_	-			-

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

* 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 1kg/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、河口部では地曳網で計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

	FUKU (FU	OKA	TSURI (TS	UGA	NIIGA (NI	ATA	Signi	ficance	e 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	+	+	+*

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

* 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

	FUKU	OKA	TSUR	UGA	NIIGA	TA D	Signi	ficance	e 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	+		+
Demonstrate to total length	0.02								
Head length	17 81	0 72	18 73	0 49	18.36	0.36	+	+*	_
Read length Rody donth	10.84	0.47	10.75	0.27	11 10	0.67	_*		
Brodorsal 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 denth	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	_	_	
Persontage to head length	••••	•• ••		••					
Shout length	21 74	1 02	23 29	0 77	23 17	1.15	+	+	_
Eve diameter	16 62	0.90	20.25	0 61	19.37	0.84	+	+	+
Bostorbital 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 pares distance	26.09	1.45	25, 19	0.94	25.47	1.53			_
Inter-enterior nares distance	27 82	1 65	26.85	0.87	26.99	1.36		_	_
Linner 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		+	+
Δ nal 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	+	+	+

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

* 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 (-).

			Early period	High period	Final period	
Site			Feb. 13, 19	Mar. 9–10, 25–26	Apr. 14-15	Total
Mouth of	Total length in mm	Male Female	45.28±1.25 48.70±0.43	45.66±1.35 50.15±1.55	* 50. 37±1. 67	45.60±1.36 50.27±1.58
Muromigawa	Body weight in gr.	Male Female	$0.33 \pm 0.04 \\ 0.45 \pm 0.04$	$\begin{array}{c} 0.35 \pm 0.05 \\ 0.49 \pm 0.07 \end{array}$	-* 0. 21 ± 0. 04	0.35±0.05 0.39±0.15
		•	Feb. 9-19	Feb. 20- Mar. 27	Mar. 28-Apr.	
Site of	Total length in mm	Male Female	46. 31 ± 1.02 50. 05 ± 0.65	46.09±1.34 50.34±1.62	45.30±0.69 51.31±2.46	46.16±1.30 50.33±1.79
Fishweir	Body weight in gr.	Male Female	0.46±0.04 0.58±0.03	0.42±0.05 0.54±0.08	$\begin{array}{c} 0.28 \pm 0.10 \\ 0.43 \pm 0.18 \end{array}$	0.43±0.06 0.53±0.09

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.

* 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 3.7~9.3°C で、年に よる差は大きいが、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.

Year	The first	catch	The first ca than 1 kg	tch more per day	Biginning of ca	of decline tch
	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
1987	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

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 Muromigawa on each date.

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

ば, 平均 6.8℃ であった. 同様の方法で求めると, 盛 期となる水温は 11.8℃ 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、遡上に当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.

Water te compared preced	mperature d with the ing day		Rise		N	o chang	je		Fall	
Catch co the prec	mpared with eding day	Increase	No change	Decrea- se	Increase	No change	Decrae- se	Increase	No change	Decrea- se
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	ī	8	6	Ō	7	6	3	9
	1983	11	3	11	3	1	3	5	3	12
	1984	17	2	8	4	1	1	13	2	14
T	otal	108	24	75	27	9	25	76	19	87

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

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 %S 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1.5km 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 nu	duals responsed	T-test	
		5	10 (min)	(after 10min)
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 $50,000 \text{ m}^3/\text{day}$ and excepted from the analysis in 1978 of little variations in the flow.

Flow compared with preceding day		Increase			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	Ō	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

Duration of sunshine		≧5hr			<5hr	
Catch compared with preceding day	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
1080	16	Š	7	7	3	12
1980	14	š	10	14	Ō	14
1901	18	2	12	7	2	12
1902	10	2	12	ġ	4	14
1983	22	2	11	12	3	12
Total	134	33	90	77	19	97

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

4) 日照

アユの河川遡上に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 con-tents 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雄は海 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 年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,越年は考えられない.

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月にやな場で採集した室見川の 標本である.生殖腺指数は卵巣重量×100/(体重-卵 巣重量),肥満度は体重×10⁹/体長⁹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 ovary weight $\times 100/(body weight-ovary weight)$. 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1.2km 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った. 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みるため, 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℃ であり,約11℃ 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1.3km上流の室見橋と約2.4km 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

			_				Apr.,	, 1984						
Site	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
A B C	0 0 0	1 0 0	1 0 0	2 0 0	2 1 0		2 1 0		4 2 0	3 1 0	_	5 4 0		10 6 7

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

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

Table 13. Difference in number of nesting ice goby and egg mass per $1 m^2$ with sampling date and site in 1982.

Site	Α	В	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ヵ所で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.

-	(Granular	composit	ion in 🤉	%	Ignition	Sulahida	COD	Amount	
St.	>4. 76 mm	Granule	Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay	loss in %	(mg/g)	(mg/g)	of egg mass
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	ĩ	4	30	59	ž	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	_
ğ	41	20	24	10	3	2	3.0	0.012	4.4	#

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.

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8cm の深さの砂礫底に産卵床として掌大の 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 下の場合は2~3個, 3~5mm 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巣しない場 合、他所に新たな巣穴を掘り、雌の入巣があるまで何 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 cm³ 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 cm³ 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 ~ 4 cm、短径 2 ~ 3 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、250~695 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, ビリンゴ Chaenogobius castaneus, シロウ オ Leucopsarion petersi, チチブ Tridentiger obscurus 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, ビリンゴ, 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 16~20℃ の室温で 口径 24 cm の シャーレに 収容して,実体顕微鏡下, 25~50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 0.93~1.18 mm, 短径 0.84~ 1.04 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, 囲卵腔は極めて狭い.

	Size of spawning stone	Size of	egg mass	Number of ease		
No.	(cm ³)	Major axis (cm)	Minor axis (cm)	Number of eggs		
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		
Ś	1456	3. 26	2.01	475		
6	1175	3.05	2.45	581		
ž	858	3.07	2. 37	536		
Ŕ	820			680		
ŏ	820			653		
IÓ	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	2.00	430		
15	412	. 5.55	2.27	683		
15	320	3 11	2 22	440		
10	280	5.11	<i>L. LL</i>	695		
10	200			279		
10	220			5/0		
19	195	2 05	2 56	522		
20	105	3.05	2.50	JJ2 494		
21	170	5. 21	2.40	404		
22	100			370		
23	152			230		
24	/8	<u> </u>	—	022		
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		

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

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	0-5	cm	5-1	0cm	10cm<		
Percentage of dead ergs in an erg mass	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	
reitentage 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.

1	Гim	e	Figure	Embryonic development
hr.		min.	(Fig. 23)	Entryone development
1	•	0	a b	Just spawned egg Elongation of egg membrane Formation of blastodice
3	:	35	đ	2nd cell stage
10	:	15 45	e f	Early gastrula stage
30 46	:	00 00	g h	Closure of blastopore, formation of embryo
75 92	:	10 00	i i	Formation of eye vesicles, Kupffer's vesicle, six myomere Formation of optic lens and caudal knob
140	:	00	Ř	Elongation of embryo tail. Heart pulsates and embryo wriggles occasionally. Melanophores appearing in eves
270 390	::	00 00	1 m	Appearance of blood flowing and air bladder with melanophores 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. 卵は付着糸で産卵床に垂下するため, 卵細胞は付 着糸の反対側に偏在し, 胚盤は 付着糸側に 形成 され る.のう胚期 (Fig. 23-f,約17時間後)を経て,胚 体は、頭部を付着糸の反対方向に、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 眼は黒色色素胞で,褐色を呈す. この頃,心膊が始ま る. 胚体の全長が卵の長径より長くなり, 尾部が曲が る (Fig. 23-1, 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	Hours hate	of 50% hing	Percentage of the hatching					
(°C)	Mean	SD (hour)	Mean	SD (%)				
4. 9 9. 8 18. 0 23. 5 25. 5	665. 0 350. 0 240. 8 182. 0	25. 0 17. 7 26. 8 43. 0	0 7.0 92.0 85.5 56.2	2.1 7.8 7.3 15.7				





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 鰭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シャモ(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, 6A) によって照明への反応を調べた.実験は暗室 内にて、直径 20cm 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った区域 に多く,再度の暗状態にば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2cm/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
-----------	-------	---------	----	-----	--------	----	-----	-----	------	----------	---------	-----	----	-----	-----

					A REAL PROPERTY AND A REAL
Date	Time	Depth (cm)	Water speed (cm/sec)	Volume of flowing water (×10 ⁴ m ³ /day)	Number of individuals/m ³
Apr. 1 20 21 May	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	35 15 20 15 25 20 6	8 15 20 30 10 10	12 27 16 7 9 3	0. 05 0. 17 0. 59 2. 00 0. 11

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1m³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 カ月後の4~5月に 孵化直後の 仔魚が 博多湾へ 流下し,成育する.

₩ 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50~100m 曳網で行った. 大海湾では、湾 口部、河口部及び湾奥部の3カ所で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 域に来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、17.5mm に達し、この期間の月間 成長は平均6.3mm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45mm に達し、 この期間の月間成長は平均3.6mmであった.このよ うに海域における成長は、比較的順調で、季節的変化 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 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.腹部の糸状の黒色色素は腹正中線部に1列をな し、尾鰭には鰭条が形成されつつあり、その基部にも 黒色色素が認められる. 全長 7.4 mm (Fig. 30-b) に尾鰭条数は定数の6+5に達し、背鰭及び臀鰭に鰭 条が形成されつつある. 顔面骨のほとんどと, 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 1.5km の沿岸で採 集) で膜鰭はほとんど消失し,背鰭鰭条は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12.5mm 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)で腹鰭鰭条もそろい,シロ ウオとしては成魚の形態を示すが、体表には鱗を被ら ず, 色素が少ないため,体は半透明で鰾が外見され, 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 巌密 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,鰾長,鰾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6~7mm 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6~7mm と11mm 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 が、以後減少して、変曲点が全長6,11,37~38及び 42~43 mm 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
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6 mm の変曲点までは減少し, 以後増加後, 全長38 mm 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6 mm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.

續前長: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。

鰾長: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 42~43 mm で変曲点を示し, 急増 する.

体重:変曲点が全長 12.5 mm と 42 mm 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,生 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.

Total Dec. 20 Feb. 22 Apr. 30 Jun. 9 Aug. 10 Oct. 26 Nov. 8 St. 17 7 0 I 0 0 1 (41.8-42.7) (34.8) (27.7 - 32.5)(30.8)2 Π 0 0 0 (42.6, 48.0) 0 Ш 0 0 0 0 0 0 IV 0 0 0 0 2 v (43.0, 45.1) 6 0 VI 1 3 (28. 5-31. 5) (43.6, 48.5) (30.0) 13 27 4 1 Total 0 0 0 9

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.

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
В	3 (11.0—11.8	0	0	0	31 (27.6—31.0) (32. 1, ² 33. 8)	0	0	0	36
С	0	0	0	0	0	0	0		. <u> </u>	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.

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	ŦĦ	#		+	

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

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6mm、10~12.5mm、37~38mm 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変化に 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5.4mm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6~7mm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10~12.5mm に背鰭、臀鰭及 び胸鰭が完成する。全長37~38mm 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 42~43mm に雌の腹部の両側に黒色色素が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5.4mmで 河川から海域に流入し,湾内の沿岸の水深10mm以 浅で全長 42~43mm 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	Total Relative [*] Morphological length growth development		Distribution	Main food item	Developmental stage		
4.5 mm —		-Hatch	River	No feeding			
5.4 — 6 - 7 — 10 - 12.5 — 37 - 38 —		-Mouth part ossified -Completion of yolk absorption -Completion of dorsal, anal and pectoral fins -Completion of ventral fin	Sea The area from the mouth of river to the coastal area about 1 - 10m in depth	Copepoda	Growing stage with larval form		
42 - 43 -		Appearance of dimorphism	River	No feeding	Maturing and spawning stage with larval form		

flextional 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変化も単純で少なく, 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り,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年の異常渇水による感潮域 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.

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	$SS \leq 9 mg/l$
	$COD \leq 2.2 mg/l$
Bottom materials	COD <u>≤</u> 7mg/g
	Sulphide≦0. 026 mg/g
	Ig. L <u>≤</u> 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、シロウオの成育場を 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 anadromousriver of the ice goby.

Item	Condition
pH	7.1-7.8
DO	$\geq 8.7 \mathrm{mg}/l$
SS	$\leq 14 \text{mg/}l$
BOD	$\leq 2.7 \text{mg}/l$
Total-N	$\leq 1.22 \text{mg}/l$
Total-P	$\leq 0.14 \text{ mg}/l$

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1.3~2.4km 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ヵ月前の1982年12月23~25日に第2~5区で,広 さ5×5m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の砕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90cm 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20cm,第4区は流心近く の水深10cm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日に底質分折を行い,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 Size of stone for the spawning bed Water quality	Submerged height $100-4200 \text{ cm}^3$ in volume (about 6-20 cm in diameter) pH: 7.1-7.8 BOD<2.7mg/l
Bottom material	SS ≤ 14mg/l Salinity ≤ 8‰ 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	l setting of	stones	for
artificial sp	awning bed.								

Date		Granular composition in %							Ignition	Sul-	COD
	St.	>4. 76 mm	Granule	Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay	(D_{10})	loss in %	(mg/g)	(mg/g)
	1	5	15	68	8	1	3	0.78	0.6	0.005	3.2
1982	2 3	10 11	11	29 32	39 27	11	4 5	0.04	2.2	0.003	4.0 7.0
Dec. 27	4 5	1 5	4 7	30 25	59 55	2 3	4 5	0.14 0.10	1.1 1.6	0.005 1.63	3.4 2.7
1983	1 2	13 44	23 17	54 22	7	13	2 2	1.4 0.25	1.4 2.6	0.007 0.006	2.3 5.0
Am 26	3	9	8	22	40	15	67	0.02	3.2	0.017	6.3
Apr. 20	5	20	11	27	15	1í	14	ŏ. 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うけ, 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、削上、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



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, unsuit-able 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 11 ha 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 140 cm 以上の河床部)が 0.5 ha 存在し、この場所を含めて、 隣接する地盤高 90 cm 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型成育期の成育環境の保全や造成 を行い、河川における幼形型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 燐量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 をみると、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選 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.

2. 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て,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 0.5~0.8cm,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,ビリンゴ,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(-0.0756θ)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 おける水温が約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ヵ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 ophthalmonema 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
- 有薗真琴・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
- 有薗真琴・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
- 有薗真琴・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
- 有薗真琴・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 茨城県涸沼産魚類目録の 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--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 そ上 と 流下量、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 鹿児島縣産魚類目録.1-56
- 貝原篤信 1709 筑前国続風土記巻之 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 教育博雑,(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 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 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 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 electrid 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

- 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. 漁業資源研会報, (20): 65-75
- 森 為三•內田恵太郎 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 秋田郡邑魚譚. アチックミュージア ム彙報, 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・楳田 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・有薗真琴 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・金綱展久 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 <u>態.</u> 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
- 谷崎鳞海 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 チャガラの産卵行動、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.

量,水温等の影響.日水誌,4:47-53

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, NH,-N lower than 0.14-o. 78 mg/l, NO₂-N lower than 0.015-o. 04 mg/l, PO,-P lower than 0.068-o. 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 flow ing 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 0). 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 flexiton 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.