



調査報告

絶滅危惧種かつ漁獲対象種であるシロウオ *Leucopsarion petersii* の 小浜湾浅海域における時空間的分布

松井 明^{1,*}・小原 隆紀²・小松崎 善成³・富永 修⁴

¹ 京福コンサルタント株式会社

² 福井県嶺南振興局林業水産部

³ 福井県立若狭高等学校

⁴ 福井県立大学海洋生物資源学部

Spatiotemporal distribution of the endangered fishery target species *Leucopsarion petersii*
in the shallow sea of Obama Bay, Japan

Akira Matsui^{1,*}, Takanori Ohara², Yoshinari Komatsuzaki³ and Osamu Tominaga⁴

¹ Keifuku Consultant Co., Ltd.

² Forestry and Fisheries Department, Reinan Promotion Bureau, Fukui Prefecture

³ Fukui Prefectural Wakasa High School

⁴ Faculty of Marine Science and Technology, Fukui Prefectural University

要旨：シロウオ（ズキ目ハゼ科）は河川を遡上するものが漁獲されているが、減少しており環境省の絶滅危惧Ⅱ類に分類されている。生活史の大半を海域で過ごす、産卵期に河川を遡上し下流域で産卵する遡河回遊魚である。個体群の回復のためには海域での生息環境を知る必要があるが、河川に遡上した段階での情報は多いものの、海域では限られた個体数の採集データに基づいた解析が行われているのみであり、データの蓄積が必要である。本研究では、小浜湾におけるシロウオの時空間的分布を調査した。調査地点は小浜湾に5地点を設け、初夏、夏季、秋季、冬季および河川遡上前の早春の5回調査した。各調査では、船上から桁網を下ろし、数分間曳くことで274個体を採捕した。調査ごとの曳網時間の違いを補正し、季節変化や地点ごとの差を検出するために、採捕個体数を負の二項分布と仮定した目的変数とし、季節と地点を説明変数とした一般化線形モデルによる解析を行った。その結果、シロウオの単位努力量あたりの採捕個体数は秋季に最大値を示し、地点ごとに有意に異なっていた。しかし、調査地点が限られていたこともあり、河口からの距離や環境との有意な関係は検出できなかった。

キーワード：一般化線形モデル、桁網、採捕個体数、絶滅危惧Ⅱ類、遡河回遊魚

Abstract: The ice goby *Leucopsarion petersii* is decreasing in abundance and was recently classified as a vulnerable species by the Ministry of the Environment of Japan. Although most of its life history is spent in the ocean, *L. petersii* is an anadromous fish that ascends rivers during the spawning season and spawns downstream. Much information on *L. petersii* has been collected from its river habitats; however, its ocean habitats remain poorly understood. Therefore, in this study, we investigated the spatiotemporal distribution of *L. petersii* at five survey sites in Obama Bay, Japan. Surveys were conducted in early summer (7 June, 2018), summer (26 July, 2018), autumn (18 October, 2018), winter (31 January, 2019), and early spring (21 February, 2019). Beam trawling was conducted from a ship, for periods of a few minutes; a total of 274 individuals were caught throughout the study period. A generalised linear model was used to detect seasonal and site effects, with number of individuals as an objective variable, and season and sampling location as explanatory variables. A negative binomial distribution was assumed,

* 〒 917-0026 福井県小浜市多田 11-2-1 京福コンサルタント株式会社

Keifuku Consultant Co., Ltd., 11-2-1 Tada, Obama, Fukui 917-0026, Japan

e-mail: matui@keifuku-consul.co.jp 2020年7月27日受付、2021年11月26日受理、2022年4月28日早期公開 (J-STAGE)

and we corrected for differences in sampling effort. The maximum catch per unit effort occurred in autumn, with significant differences among sampling sites; however, we detected no significant effect of environment or distance from the river mouth, due to the limited number of sampling sites used in this study.

Keywords: Anadromous fish, beam trawl, capture number, generalised linear model, vulnerable species

はじめに

シロウオ *Leucopsarion petersii* は生活史の大半を海域で過ごす、産卵期には河川を遡上し、下流域で産卵する遡河回遊魚である (松井 1986)。シロウオが産卵のために上る川は、河口部と下流の川底がきれいな清流であることが知られている。近年、シロウオの漁獲量が日本各地で減少している。その結果、シロウオは環境省の絶滅危惧Ⅱ類に分類された (環境省 2020)。シロウオの減少要因として、河川の産卵場環境および海域環境の両方の変化が影響していると考えられる。シロウオの河川における産卵場環境に関する知見は比較的多い。例えば、シロウオの産卵場の水質は低塩分環境のなかでも淡水および汽水にさらされる限られた条件が効いている (安成 2008; 長谷川・小路 2017)。また、産卵場の底質は砂礫質であることが重要である (秋山ほか 1995; 竹垣ほか

2015)。

一方、シロウオの海域における時空間的分布および生態に関する知見は極めて少ない。わが国に存在する数少ない研究は、海域におけるシロウオの成長と生態を解明するために福岡県博多湾および山口県大海湾で実施したシロウオの分布域調査 (松井 1986)、山口県油谷湾における魚類調査で採捕されたシロウオの情報 (森 1995) などに限られる。海域における研究が少ない原因として、シロウオ漁は河川の下流域で行われることから、河川での漁獲量に関心が集中し、海域にまで及ばないことが考えられる。その他にも、本種の成魚は全長 5 cm 程度と小さく、生時は体が半透明であることから (道津 1989)、海域での採捕が難しいことが影響していると思われる。

松井 (1986) の研究によると、シロウオは主として水質が良い海域の湾奥部に生息していると推定される。一

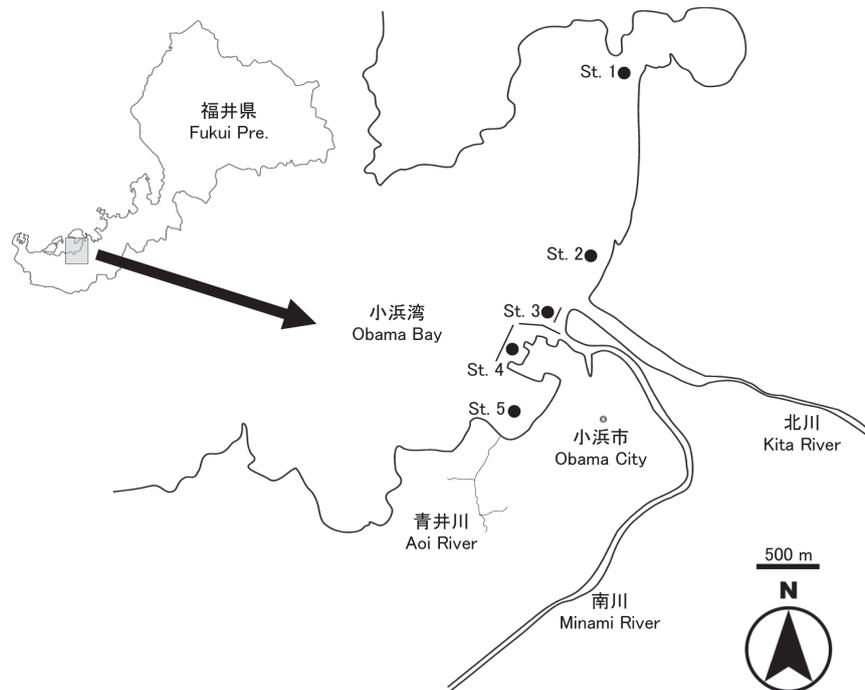


図 1. 調査地点の位置。

Fig. 1. Location of survey sites.

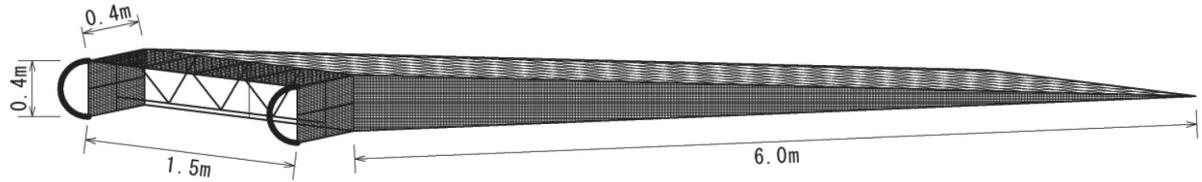


図2. 桁網。

Fig. 2. Diagram of beam trawling conducted in this study.

方で、この知見は福岡県博多湾および山口県大海湾に限られた海域におけるシロウオの採集データに基づいた解析結果にすぎない。調査事例に限られ、少ない採捕個体数をもとに生息場所が推測されているため、さらなるデータの蓄積が必要である。シロウオは環境省だけでなく、31都道府県が保全対象種（野生生物調査協会・Envision環境保全事務所「日本のレッドデータ検索システム」<http://jpnrd.com/index.html> 最終確認日 2021年11月5日）および漁獲対象種としていることから、さまざまな海域における時空間的分布および生態に関する知見が早急に求められる。

本研究では、シロウオの海域における時空間的分布に関する知見を蓄積することを目的として、小浜湾浅海域で本種の分布把握調査を実施した結果を報告する。浅海域における時空間的分布を解明することは、分布した環境を保全・改善することによって、絶滅危惧種かつ漁獲対象種である本種を増加させる上で極めて有効である。

方法

調査地点

小浜湾は福井県の南西部に位置する（図1）。北側が日本海（若狭湾）に開口し、福井県小浜市松ヶ崎と大飯郡おおい町鋸崎を結ぶ線および陸域により囲まれた湾口幅2.4 km、面積58.7 km²、湾内最大水深35 m、湾口最大水深35 m、閉鎖度指標3.19の閉鎖性海域である（環境省2011）。小浜湾へ流入する主要河川である北川、南川および青井川において、シロウオの遡上が確認されている。特に南川では、毎年3月下旬から4月上旬にかけて、シロウオ漁が行われている。福井県嶺南地方の河川を管理している若狭河川漁業協同組合によると、小浜湾に流入する南川においてもシロウオの遡上数が近年減少したと指摘されている。なお、福井県でもシロウオは県域絶滅危惧Ⅱ類に分類された（福井県2016）。

調査地点は、シロウオの遡上および産卵が確認されて

いる北川、南川および青井川が小浜湾に流出する湾東部の浅海域に5地点を設けた（図1）。St. 1は甲ヶ崎（35°31'50"N、135°45'02"E）、St. 2は西津浜（35°30'41"N、135°44'45"E）、St. 3は北川・南川河口（35°30'28"N、135°44'19"E）、St. 4は小浜漁港（35°30'15"N、135°44'07"E）、St. 5は青井川河口（35°29'41"N、135°44'09"E）である。なお、St. 1およびSt. 5の近傍には藻場が存在する。

調査時期および方法

調査時期は、小浜湾におけるシロウオの1年間の時空間的分布を明らかにするために、四季を含む5回実施した。初夏（2018/6/7）、夏季（2018/7/26）、秋季（2018/10/18）、冬季（2019/1/31）および河川遡上前の早春（2019/2/21）である。各回とも半日（午前）、St. 1からSt. 5に向かって調査した。

先行研究（松井1986）によると、シロウオの採集は底曳網、地曳網、稚魚網および表層曳網を用いて行っている。そのなかで、特にシロウオの採集実績が良かったのが底曳網および地曳網である。よって、本調査では底曳網および地曳網と類似構造をもつ桁網を用いて行った。

調査方法は、5地点において船上から桁網（口径1.5m×0.4m、袖網6.0 m、目合1 mm）（図2）を下ろし、10 - 300秒間曳いた（表1）。シロウオの体サイズは極小であるため、その体サイズよりも小さい目合の桁網を採用した。桁網は1地点につき2回曳いた（初夏調査は1回）。桁網に収集された試料は現場でソーティング（砂泥と生物を分離）し、2試料を別々の2Lポリ瓶に入れ、保冷して実験室に持ち帰った。試料は同定・計数するまで冷凍室に保管した。実験室では試料のなかからシロウオを選別し、体長（全長 Total Length）を計測した。シロウオの採捕個体数は、2回曳いたものをまとめ、一定時間（1分間）に換算し、単位努力量当たりの採捕個体数（catch per unit effort, CPUE）とした。

桁網によるシロウオ採捕と併せて、毎回、調査地点ご

表 1. 桁網の曳網時間。単位は秒。

Table 1. Beam trawl towing time (s).

	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5	
	第 1 回 First	第 2 回 Second								
2018 年 6 月 7 日 Jun. 7, 2018	30	-	30	-	30	-	30	-	30	-
2018 年 7 月 26 日 Jul. 26, 2018	60	30	30	30	10	30	30	30	60	300
2018 年 10 月 18 日 Oct. 18, 2018	30	30	30	30	30	30	30	30	60	60
2019 年 1 月 31 日 Jan. 31, 2019	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
2019 年 2 月 21 日 Feb. 21, 2019	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

表 2. シロウオの採捕個体数。

Table 2. *Leucopsarion petersii* catch numbers.

	St. 1		St. 2		St. 3		St. 4		St. 5		合計 Total
	第 1 回 First	第 2 回 Second									
2018 年 6 月 7 日 Jun. 7, 2018	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
2018 年 7 月 26 日 Jul. 26, 2018	0	0	0	32	0	0	0	0	3	8	43
2018 年 10 月 18 日 Oct. 18, 2018	43	8	4	18	5	0	1	2	21	118	220
2019 年 1 月 31 日 Jan. 31, 2019	0	0	0	0	1	0	0	0	8	0	9
2019 年 2 月 21 日 Feb. 21, 2019	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
合計 Total	51		55		7		3		158		274

とに、多項目水質計（YSI6600-D、YSI ナノテック株式会社製）を用いて水温、水質（pH・DO・塩分）、水深を測定した。また、シロウオの産卵場の底質は砂礫質であることが重要であることから、小浜湾浅海域における本種の分布を検討するために底質を調査した。2019/1/31に船上から 15 cm 角のエクスマンバージ採泥器（S-15、宮本理研工業株式会社製）を下ろし、海底の底質を採取した。底質は実験室に持ち帰り、粒度分析に供した。粒度試験用ふるい（TESTING SIEVE、株式会社西日本試験機製）を用いて、2 mm 以上を礫、2 - 0.425 mm を粗砂、0.425 - 0.075 mm を細砂、0.075 mm 未満をシルト・粘土とした。

解析方法

シロウオの採捕個体数の季節変化および調査地点間の差を検出するために、統計ソフト R を用いて、負の二

項分布を仮定した一般化線形モデル（generalized linear model, GLM）による解析を行った（下野 2010）。回帰式は、目的変数として採捕個体数、説明変数として調査開始日（2018/6/7）を 0 とする日数、日数を 2 乗した変数、調査地点の他に、各地点で努力量が異なるため、曳網時間の対数をオフセット項にした。調査地点間の差については、全地点のなかで採捕個体数が最も少ない St. 4 を基準（値ゼロ）として、それよりどれだけ大きいかを検定した。調査地点間の差が生じた原因を分析するために、統計ソフト R を用いて、調査地点間の差と環境要因の関係について Spearman の順位相関係数を求めた。環境要因については、遡上河川からの距離、水温、水質（pH・DO・塩分）、水深、底質、藻場とした。このなかで水温、水質、水深は季節変化するので、季節変化の影響を除去した調査地点のみの効果とするため、調査日ごとに全調査地点の平均値との差を求め、調査地点ごとに平均した。

小浜湾におけるシロウオの時空間的分布

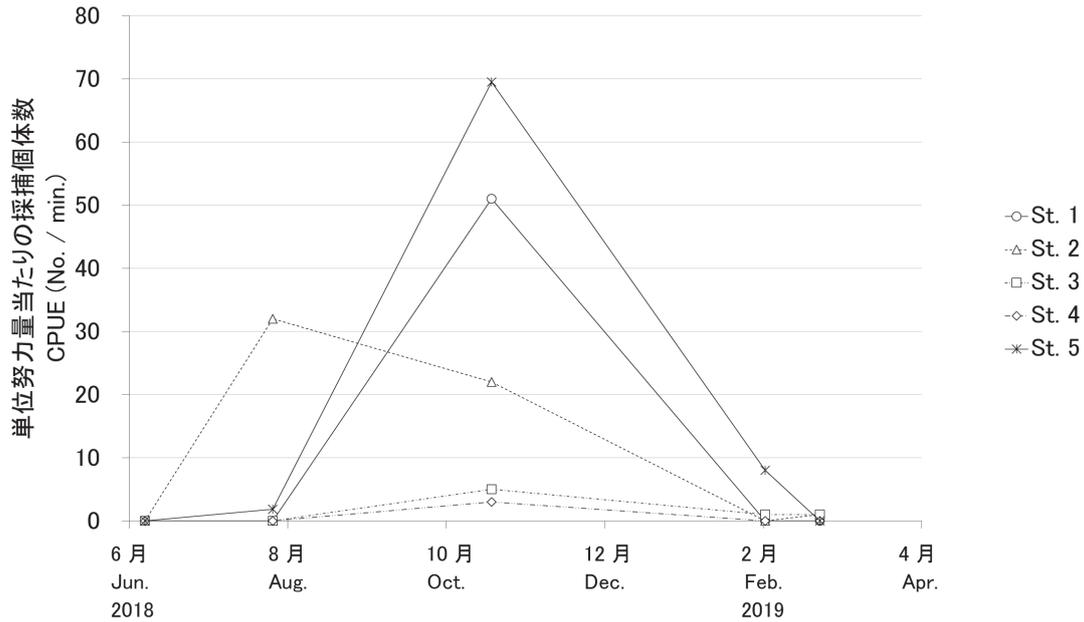


図3. 各地点におけるシロウオの単位努力量当たりの採捕個体数の季節変化。
Fig. 3. Seasonal change in *Leucopsarion petersii* catch per unit effort at each survey site.

このようにして求めた値と上述のモデルで得られた各地点の係数の間で相関係数を求めた。

なお、遡上河川からの距離は、St. 1 および St. 2 が北川から 1.807 km および 0.385 km、St. 3 および St. 4 が南川から 0.231 km および 0.385 km、St. 5 が青井川から 0.192 km とした。底質は、St. 2、3、5 を細砂（ダミー変数 1）、St. 1、4 を粗砂（ダミー変数 0）とした。藻場は、St. 1、5 を藻場あり（ダミー変数 1）、St. 2、3、4 を藻場なし（ダミー変数 0）とした。

結果

シロウオの採捕個体数

本調査では、合計 274 個体のシロウオが採捕された（表 2、図 3）。季節別にみると、最も多く採捕されたのは 10 月に 220 個体、次いで 7 月に 43 個体、1 月に 9 個体、2 月に 2 個体の順であった。6 月はまったく採捕されなかった。地点別にみると、最も多く採捕されたのは St. 5 で 158 個体、次いで St. 2 で 55 個体、St. 1 で 51 個体の順であった。St. 3 および St. 4 は各々 7 個体および 3 個体と顕著に少なかった。

全地点におけるシロウオの体サイズの季節変化を図 4 に示す。各季節の平均体長（±標準偏差）は、7/26 が 18.6 ± 1.3 mm、10/18 が 24.6 ± 1.4 mm、1/31 が 34.8 ± 1.7

mm、2/21 が 40.8 mm（採捕された 2 個体のうち 1 個体は頭部のみ）であった。

シロウオの採捕個体数の季節変化について、負の二項分布を仮定した GLM による解析を行った結果、説明変数である日数、日数を 2 乗した変数および調査地点 5 が有意水準を示した（表 3）。本モデルから採捕個体数が最大値を示す日時を計算すると、2018 年 10 月 18 日になった。本調査では、2018 年 10 月 18 日に最大値を示したことから、本モデルはシロウオの採捕個体数の季節変化を良く表しているといえる。本モデルにおけるシロウオの採捕個体数の調査地点間の差は、St. 4 および St. 3 が小さく、St. 1 および St. 2 が中位で、St. 5 が顕著に大きかった（表 3）。

シロウオの生息環境

各地点の底層における水温は地点間の差がほとんどなく、夏季に約 30℃、冬季に約 10℃を示した（図 5A）。各地点の底層における pH は地点間に規則性がみられず、夏季に約 8.1、冬季に約 8.4 を示した（図 5B）。各地点の底層における DO は地点間に規則性がみられず、夏季に減少し、冬季に増加する傾向を示した。早春は波高が大きく、水中が攪乱されたため、DO が著しく増加した（図 5C）。各地点の底層における塩分は地点間の差がほとんどなく、全般に夏季に減少し、冬季に増加する傾向

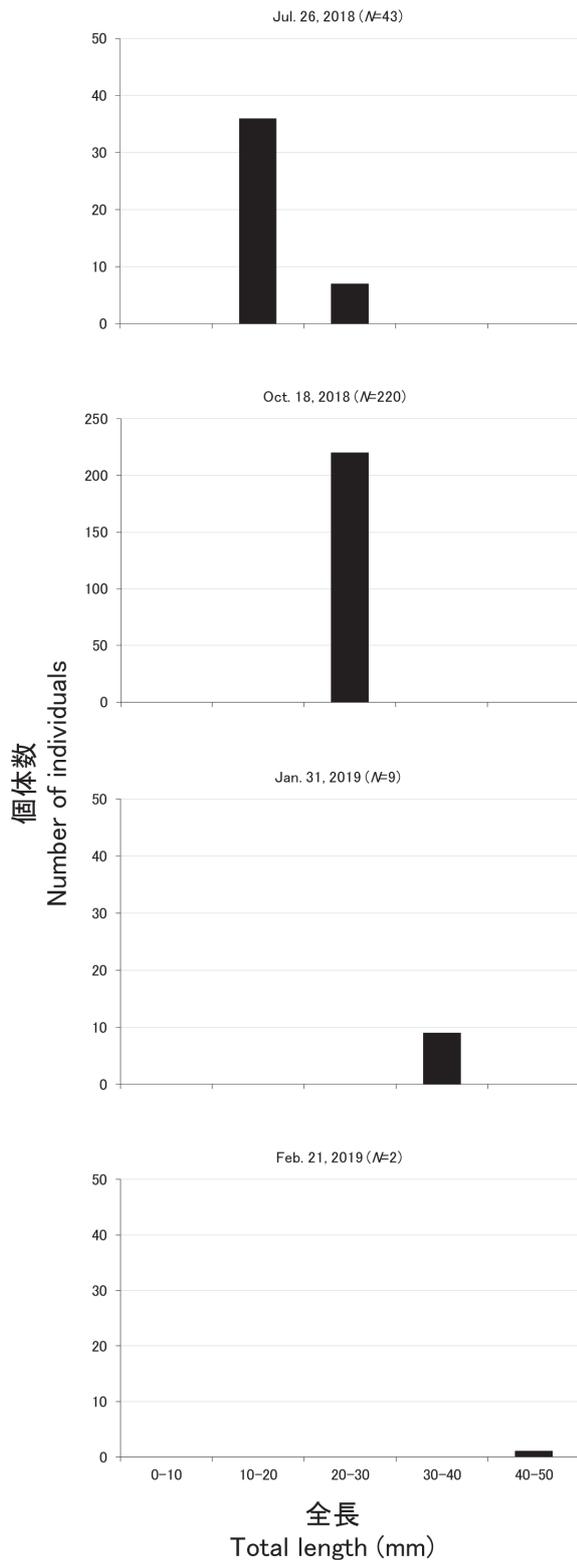


図4. 全地点におけるシロウオの体サイズの季節変化。Nは採捕個体数。

Fig. 4. Seasonal change in the total length of *Leucopsarion petersii* caught at all survey sites. N, number of individuals.

表3. シロウオの採捕個体数に関する負の二項分布を仮定した一般化線形モデルの解析結果。

Table 3. Generalised linear model analysis results. The *Leucopsarion petersii* population was assumed to have a negative binomial distribution.

	係数 Estimate	係数の標準誤差 Std. Error	t 値 t value	有意水準 Pr(> t)
切片 (Intercept)	-9.503	8.455	-1.124	0.268
日数 Year day	0.335	0.125	2.685	0.011 *
日数 ² Year day ²	-0.001	0.000	-2.891	0.006 **
調査地点 1 Station1	5.256	8.256	0.637	0.528
調査地点 2 Station2	5.778	8.256	0.700	0.488
調査地点 3 Station3	0.567	8.256	0.069	0.946
調査地点 4 Station4	0.000	0.000	reference	reference
調査地点 5 Station5	16.735	8.256	2.027	0.050 *

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
 (Dispersion parameter for gaussian family taken to be 306.7389)
 Null deviance: 15966 on 44 degrees of freedom
 Residual deviance: 11656 on 38 degrees of freedom
 AIC: 393.77

を示した。早春は波高が大きく、水中が攪乱されたため、塩分が減少した (図 5D)。各地点の水深は全 5 回の調査中、常に最も水深が浅い地点は St. 3、最も深い地点は St. 5 であった (図 5E)。

各地点の底質の粒度分布を図 6 に示す。粒度試験の結果、全地点において砂の占める割合が大きく、礫およびシルト・粘土の占める割合が小さかった。特に、St. 2、St. 3 および St. 5 では細砂が優占したのに対し、St. 1 および St. 4 では粗砂の占める割合が比較的大きかった。

上述で得られたモデルによるシロウオの採捕個体数の調査地点間の差と環境要因の関係を図 7 に示す。Spearman の順位相関係数を求めた結果、調査地点間の差と環境要因との間に、有意な相関関係は認められなかった (表 4)。

考 察

本調査で最も多くシロウオが採捕されたのは 10/18 の 220 個体であった。一方、博多湾沿岸部において、1982 年 6 月から 1983 年 2 月まで毎月 1 回地曳網を用いた調査によると、遡上期を除き 58 個体のシロウオが採捕さ

小浜湾におけるシロウオの時空間的分布

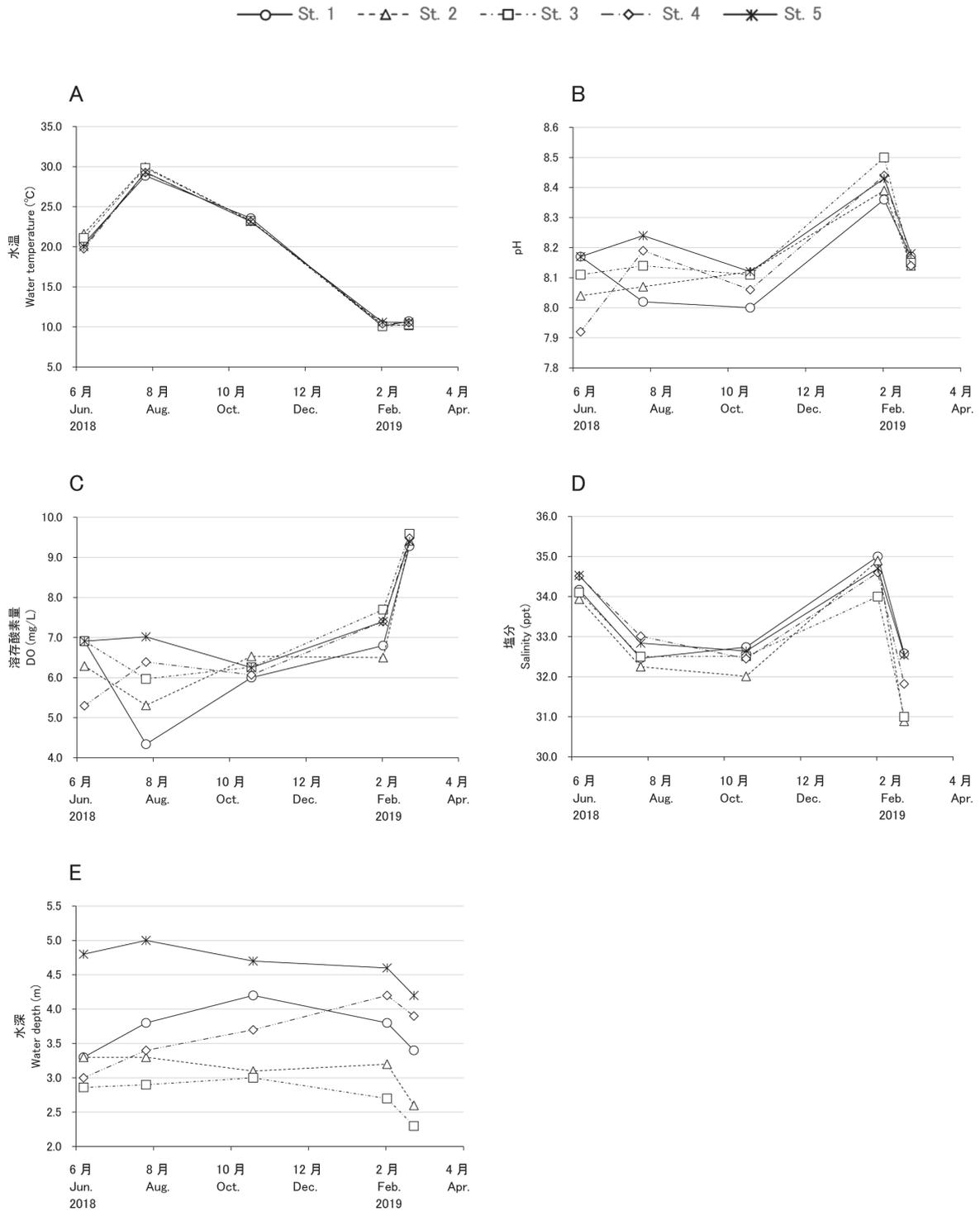


図5. 各地点におけるA水温、B pH、C DO、D 塩分、E 水深の季節変化。すべての測定項目は底層水である。

Fig. 5. Seasonal change in A) water temperature, B) pH, C) dissolved oxygen, D) salinity, and E) water depth at each survey site. All measurements were collected in bottom water.

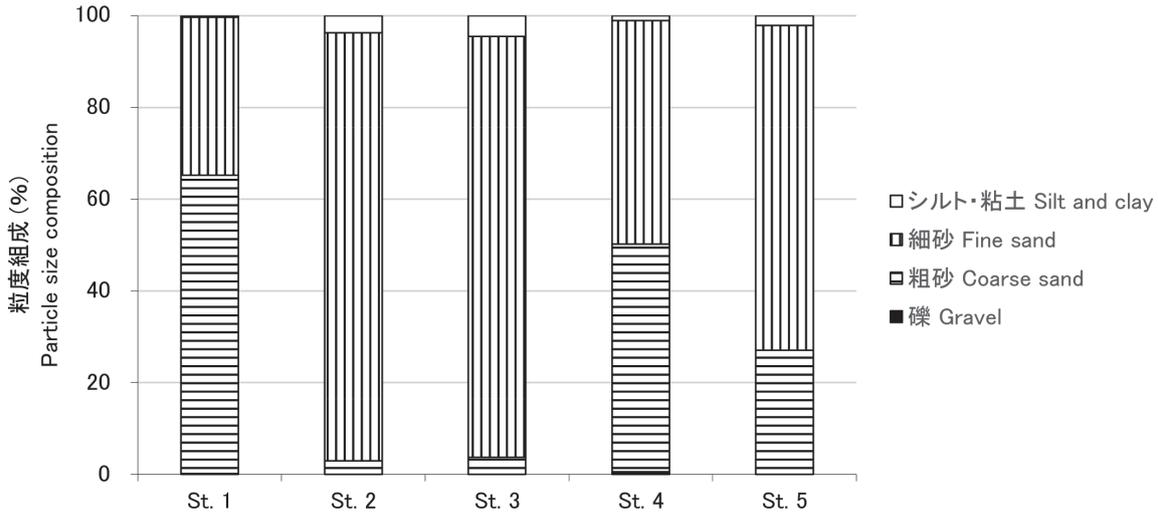


図 6. 各地点における底質の粒度組成。
Fig. 6. Particle size composition of sediment at each survey site.

表 4. シロウオの採捕個体数の調査地点間の差と環境要因に関する Spearman の順位相関係数。

Table 4. Spearman's rank correlation analysis of *Leucopsarion petersii* populations and various environmental factors at different survey sites.

	Spearman の順位相関係数 Spearman's rank correlation rho	p 値 p-value
遡上河川からの距離 Distance from spawning river	-0.359	0.553
水温 Water temperature	0.500	0.450
水素イオン濃度 pH	0.200	0.783
溶存酸素濃度 Dissolved oxygen	0.200	0.783
塩分 Salinity	0.300	0.683
水深 Water depth	0.500	0.450
底質 Sediment	0.577	0.308
藻場 Seaweed bed	0.577	0.308

れ、最も多かったのは10月の31個体であった(松井1986)。以上のことから、本調査と松井(1986)は10月に採捕個体数が増加した点で一致した。

本調査ではシロウオが1/31に9個体、2/21に2個体の採捕にとどまり、7、10月の採捕個体数から顕著に減少した。一方、水深10m以浅からなる大海湾において、1982年6、9、12月、1983年2月の昼夜に底曳網、表層

曳網および稚魚網を用いた調査によると、シロウオはほぼ全域に分布し、特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河口部や湾口部で多くなる傾向を示した(松井1986)。以上のことから、本調査は2月に採捕個体数が減少したのに対し、松井(1986)は2月に採捕個体数が増加した点で一致しなかった。この原因として、シロウオの遡上盛期が地域によって異なることが考えられる。遡上盛期は、南九州、南四国および南紀地方で1-2月に、北部九州、瀬戸内海および東海地方で2-3月に、中国北部、近畿北部、中部地方および関東地方で3-4月に、東北地方および函館で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る(松井1986)。瀬戸内海に位置する山口県大海湾では河川へ遡上するため2月に河口部や湾口部に集まるのに対し、日本海に位置する小浜湾では2月は河川遡上するには時期尚早のため、まだ河口部や湾口部に集まっていないと推定される。今後の課題として、小浜湾ではシロウオの稚魚が河川遡上する直前の冬季にどこに分布しているかを明らかにすることが求められる。この課題を解決するために、1-2月に調査地点を広く設定して調査することが、シロウオの時空間的分布を明らかにする上で重要である。

本調査ではシロウオが6/7にまったく採捕されなかった。北川、南川および青井川で4-5月に孵化した仔魚が海へ流下した後、採捕個体数が最大値を示す秋季まで、小浜湾内のどこに分布しているかは不明である。山口県

小浜湾におけるシロウオの時空間的分布

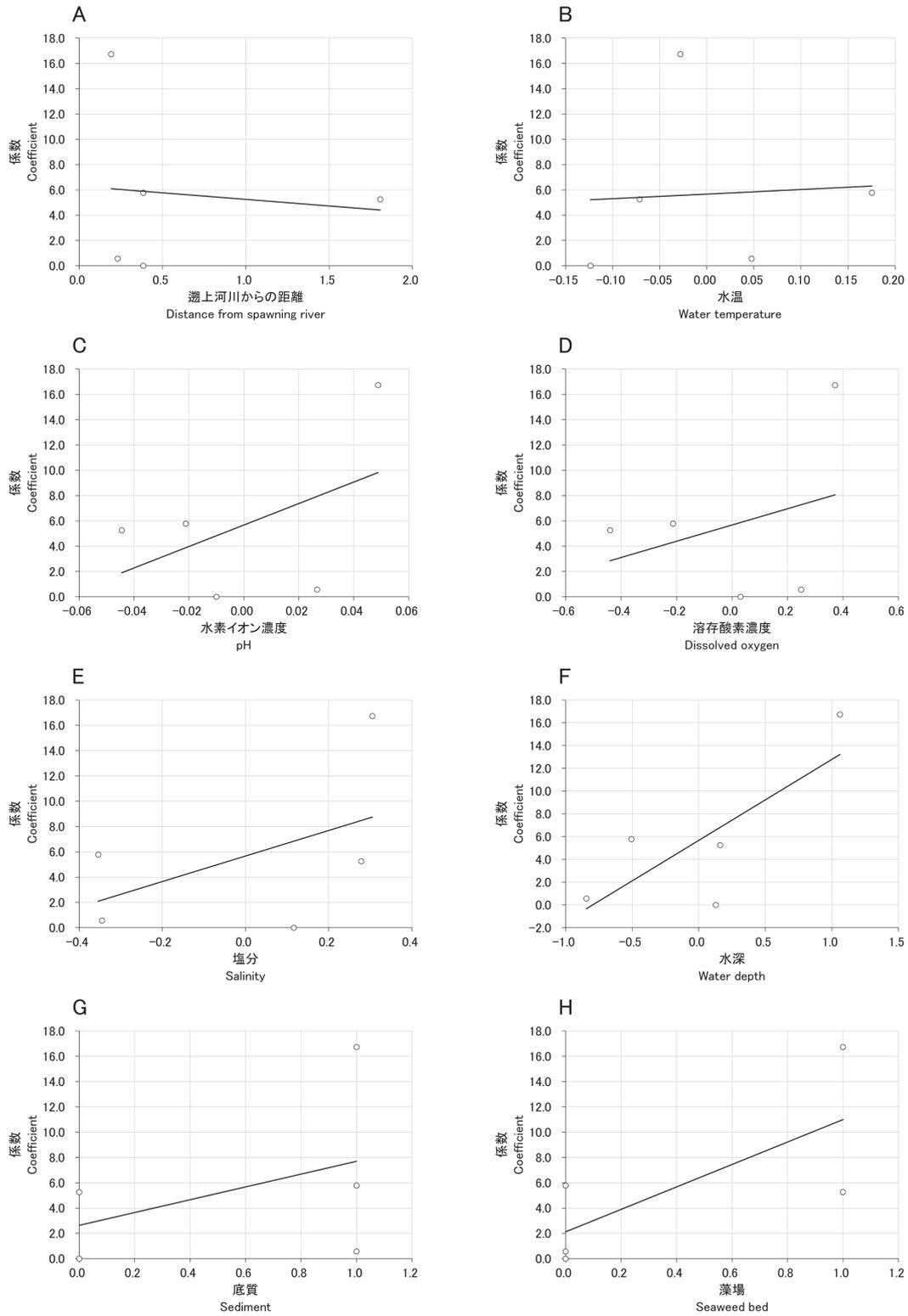


図 7. シロウオの採捕個体数の調査地点間の差と環境要因の関係。A 遊上河川からの距離、B 水温、C 水素イオン濃度、D 溶存酸素濃度、E 塩分、F 水深、G 底質、H 藻場

Fig. 7. Relationship between *Leucopsarion petersii* population and environmental factors including A) distance from spawning river, B) water temperature, C) pH, D) dissolved oxygen, E) salinity, F) water depth, G) sediment, and H) seaweed bed at different survey sites.

油谷湾において、船曳網を用いた調査によると、シロウオの稚魚が船曳網に入網し始めるのは8月以降であるが、8月以前により早い発育段階のものが湾内に分布し、湾奥に限らず湾中央から奥寄り一帯をかなり移動したことから（森 1995）、小浜湾においてもシロウオの稚魚が湾内を広く移動している可能性が考えられる。今後の課題として、小浜湾では河川で孵化した仔魚が海へ流下した後、浅海域にとどまるのか、それとも沖合域まで浮遊するのかを明らかにすることが求められる。本調査では昼間に桁網採集を行ったため、仔魚が浅海域の中層に広く分散しているのであれば、たとえ湾奥部に現存していても採捕できない。あるいは、仔魚がいったん浮遊して沖合に流された後、沿岸に戻ってくるのであれば当然湾奥部では採捕できない。この課題を解決するために、5 - 6月に浅海域における中層曳、あるいは沖合域における仔魚の採捕に努めることが重要である。なお、シロウオは夜間に表層への浮上傾向が認められることから（松井 1986）、集魚灯を用いた夜間調査を実施することが効果的・効率的と思われる。

謝 辞

京福コンサルタント株式会社の新宮正幸氏、楯茂樹氏、福井県嶺南振興局林業水産部（当時）の室田正雄氏には、現地調査に参加していただきました。福井県立若狭高等学校海洋科学科（当時）の大谷孝太郎氏、佐藤由規氏、川畑綾斗氏、永田陽菜氏、古谷真由佳氏には、シロウオの同定・計数に協力していただきました。福井県立大学海洋生物資源学部（当時）の小北智之博士には、シロウオの生態について有益な情報をいただきました。保全生態学研究編集委員長および匿名の査読者には、論文の統計解析方法について有益な助言をいただきました。以上の方々に感謝申し上げます。

引用文献

- 秋山 信彦, 北野 忠, 引地 邦夫, 小笠原 義光 (1995) シロウオの営巣と砂粒径・流速との関係. 水産増殖, 43:289-296. <https://doi.org/10.11233/aquaculturesci1953.43.289>
- 安成 淳 (2008) シロウオの産卵調査について. 水産研究センターだより, 1:17-19
- 道津 喜衛 (1989) シロウオ. (川那部 浩哉, 水野 信彦, 細谷 和海 編) 山溪カラー名鑑日本の淡水魚, 630-631. 山と溪谷社, 東京
- 福井県 (2016) 改訂版福井県の絶滅のおそれのある野生動植物. 福井県, 福井
- 長谷川 拓也, 小路 淳 (2017) 広島県三津大川におけるシロウオの遡上および産卵場の環境特性. 日本水産学会誌, 83:574-579. <https://doi.org/10.2331/suisan.16-00092>
- 環境省 (2011) 閉鎖性海域ネット. https://www.env.go.jp/water/heisa/heisa_net/waters/obamawan.html, 2021年11月5日確認
- 環境省 (2020) 環境省レッドリスト2020の公表について. <https://www.env.go.jp/press/files/jp/114457.pdf>, 2021年11月5日確認
- 松井 誠一 (1986) シロウオの生態と増殖に関する研究. 九州大学農学部学芸雑誌, 40:135-174. <https://doi.org/10.15017/22188>
- 森 慶一郎 (1995) 山口県油谷湾における魚類の生態学的研究. 中央水産研究所研究報告, 7:277-388
- 下野 嘉子 (2010) 特集 統計解析（再？）入門 Rを用いた一般化線形モデル（回帰係数編）：カウントデータを例に. 雑草研究, 55:287-294. <https://doi.org/10.3719/weed.55.287>
- 竹垣 毅, 長瀬 翔一, 井手 勇旗, 佐々木 学人, 天谷 貴史, 金谷 洋佑, 寺田 龍介 (2015) シロウオ *Leucopsarion petersii* の産卵場造成効果の検証. 日本水産学会誌, 81:722-724. <https://doi.org/10.2331/suisan.81.722>