瀬戸内海の浅海域における魚類幼期個体の出現特性

Characteristics in Occurrence of Fish Early Life Stages of the Shallow Waters of the Seto Inland Sea

小路 淳*

広島大学竹原水産実験所, 〒725-0024 広島県竹原市港町 5-8-1

Jun SHOJI*

Takehara Marine Science Station, Setouchi Field Science Center, Hiroshima University, 5-8-1 Minato-machi, Takehara, Hiroshima 705-0024, Japan

Abstract: Species composition of fish early life stages was compared among different habitats in shallow waters of the Seto Inland Sea. Data from monthly surveys in three habitats (offshore area, inshore area, and fishing port) in the Sea of Hiuchi, central part of the Seto Inland Sea, during the late 1990s was analyzed. In total, 51,322 fishes belonging to more than 97 taxa in 49 families were collected with a larva-net at eight offshore sampling stations. 9,521 fishes belonging to more than 38 species in 24 families were collected with a small-triangle net at 10 inshore stations, and 13,561 fishes belonging to more than 44 species in 26 families were collected by light-trap sampling in the fishing port. The ichthyofauna of the three habitats was diverse and abundant from late spring to early summer. Differences in the composition of the dominant species among the three habitats indicate that each habitat serves as a nursery for different fish species. Intra-habitat comparison of fish species in summer between inshore stations without vegetation (i.e., sandy beaches) and those with vegetation (i.e., seagrass or macroalgal beds) showed a significant effect of vegetation on dominant fish species composition. The differences in composition of young fish species among the habitats indicate that integrated conservation of the different fish habitats in shallow waters is indispensable for sustainable use of fishery resources in the Seto Inland Sea.

Key Words: benthic vegetation, fish early life stages, fisheries management, nursery grounds, Seto Inland Sea, shallow-water ecology, species composition

はじめに

魚類は浅海域における食物連鎖の構成者であると同時に、沿岸域に暮らす人々の食糧資源としても重要な役割を果たす。浅海生態系の機能特性を把握し、その保全や持続的利用を達成するためには、現存する魚類の種組成、生物量、食性およびそれらの時空間的变化を定量的に把握することが不可欠である。

瀬戸内海は、魚介類の生産力が世界の内湾域の中でも最も高い海域の一つである(岡市ら 1996)。このような高い生産力を支える場として、瀬戸内海では過去にアマモ場や砂浜海岸が注目され、これらの場が魚類の育成場として果たす役割について数多くの研究が行われてきた(東 1981; Yamamoto & Tominaga 2005)。しかしながら、瀬戸内海にはアマモ場や砂浜以外にもガラモ場や人工海岸のような、魚類にとって多様な生息環境が存在しているため、魚類育成場としての浅海域の機能を包括的に評価するためには、

さまざまな生息環境で魚類群集の調査を行い、それぞれの特性を比較検討する必要がある。

本研究では、水深 30 m 以浅の水域を浅海域と定義し(環境省による定義では水深 10 m 以浅が浅海域; 環境庁 1998)、1990 年代に瀬戸内海中央部の沖合域(水深約 10-30 m)、沿岸域(水深約 1 m 以浅)、および漁港(水深約 2-5 m)という環境条件が異なる 3 つの生息圏において魚類幼期個体を主対象として行った周年サンプリングの結果を総括する。3 つの生息圏で出現する魚種を比較することにより、各生息圏における種組成およびその季節変動の特性を明らかにすることを目的とした。さらに、沿岸域の定点を植生の有無により 2 つの生息環境(藻場、砂浜海岸)に分類し、植生の有無が夏期に出現する魚類幼期個体の種数および種組成に及ぼす影響を調査することを目的とした。

材料と方法

1996-1999 年に瀬戸内海中央部の燧灘(ひうちなだ)において行った一連の調査により得られた標本を解析に用いた。調査対象としたのは、沖合域(水深約 10-30 m)の 8 定点、沿岸域(波打ち際: 水深約 1 m 以浅)の 12 定点および漁港

Fig. 1. Map showing sampling stations in the Sea of Hiuchi, the central Seto Inland Sea, where monthly collection of larval and juvenile fishes was conducted from 1996 to 1999. Triangles: offshore area sampled with a conical larva-net from November, 1997, to October, 1998; open and closed circles: inshore areas without vegetation (sandy beach) and with vegetation (seagrass or macroalgae), respectively, sampled with a triangle-net from March, 1996, to February, 1997; asterisk: a fishing port for light-trap sampling from March, 1996, to March, 1999.

(水深約 2-5 m) の 1 定点である (Fig. 1)。沖合域、沿岸域および漁港における調査結果の詳細はそれぞれ小路ら (2002)、小路・田中 (2002) および小路 (2000) に示されている。

沖合域での調査を 1997 年 11 月から 1998 年 10 月に燧灘中央部の 8 カ所の定点 (水深約 10-30 m) において毎月 1 回行った。魚類の採集には口径 1.3 m の稚魚ネット (目合い 0.5 mm) を用い、海底直上から水面までの傾斜曳きを船速 2 knot で行った。後述する沿岸域および漁港における調査結果との比較に 1 年分の調査結果をまとめて用いた。

沿岸域での調査を 1996 年 3 月から 1997 年 2 月に月 1 回の頻度で燧灘南部の 10 カ所の海岸 (Fig. 1) において行った。魚類の採集には 1 辺 1.5 m の正三角形型の押し網 (目合い 1 mm) を用い、1 定点あたり 50 m の採集を約 2 knot の速度で 3 回繰り返した。採集された魚類の種数、生物量が増加した春-夏期のうち、6 月には先述の月例調査の定点に 2 カ所を追加して合計 12 カ所の海岸を調査地とした。これら 12 カ所の海岸のうち、調査区域の内部もしくは隣接域にアマモ場もしくはガラモ場が存在した 6 カ所の海岸を藻場区として扱い、植生がみられない 6 カ所の海岸 (砂浜区) との比較に供した。

漁港での調査を 1996 年 3 月から 1999 年 3 月に愛媛県西条市河原津漁港 (水深約 2-5 m) において月 1-3 回の頻度で行った。300 W 水上灯を日没後 1 時間以上経過してから点灯し、魚類の採集を点灯開始 30 分後から 1 時間継続した。2 種類の手網 (口径 30 cm, 目合い 2 mm および網口 15×12 cm, 目合い 0.2 mm) により可能な限り多くの魚類を採集した。

いずれの調査においても、得られた標本を 10% 海水ホルマリンで固定して持ち帰った。実験室において魚類を選別し、可能な限り細かい分類群まで同定した。

Fig. 2. Seasonal changes in number of fish species collected offshore (triangles), inshore (circles) and in a fishing port (asterisk).

Fig. 3. Seasonal changes in number of fish $1,000\text{ m}^{-3}$ offshore (a), number of fish tow^{-1} inshore (b), and number of fish h^{-1} in a fishing port (c).

結 果

沖合域、沿岸域、漁港における魚類の出現

沖合域では、49 科 97 種以上、合計 51,322 個体の魚類が採集された。月ごとの出現種数は 7 種 (4 月) から 47 種 (7 月) の間で変動した。平均個体数 ($1,000\text{ m}^3$ あたり個体数) は 11 月, 12 月, 3 月および 4 月には 250 個体以下であったのに対し、5 月, 7 月および 9 月には 5,000 個体を上回った (Fig. 2, 3)。種数と個体数はともに 5 月から 9 月に多かった。

沿岸域では、合計 24 科 38 種以上、合計 9,521 個体の魚類が採集された。月ごとの出現種数は 1 種 (12 月と 1 月) から 21 種 (6 月) の間で、平均個体数 (1 曳網あたり個体

Table 1. Comparison of dominant species of fish early life stages collected offshore, inshore and in a fishing port in the Sea of Hiuchi, the central Seto Inland Sea, where monthly collections of larval and juvenile fishes were conducted from 1996 to 1999.

Species	Offshore		Inshore		Port	
	%	Rank	%	Rank	%	Rank
<i>Konosirus punctatus</i>	15.7	1	7.5	3	27.1	1
<i>Sardinops malenostictus</i>	12.4	2				
<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	11.6	3				
<i>Ammodytes personatus</i>	10.4	4				
<i>Decapterus maruadsi</i>	10.1	5				
<i>Apogon lineatus</i>	7.9	6				
<i>Tridentiger</i> spp.	7.1	7	0.4	9		
<i>Sardinella zunasi</i>	3.9	8			14.0	2
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>	1.9	9				
<i>Repomucenus</i> spp.	1.5	10				
<i>Gymnogobius castaneus</i>			44.3	1		
<i>Chaenogobius annularis</i>			35.9	2		
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>			5.7	4		
<i>Chaenogobius gulosus</i>			1.5	5		
<i>Takifugu niphobles</i>			0.7	6		
Gobiidae spp.			0.7	7		
<i>Gymnogobius heptacanthus</i>			0.6	8		
<i>Hyporhamphus sajori</i>			0.4	10	1.8	10
<i>Pictiblennius yatabei</i>					12.1	3
<i>Enedrias nebulosa</i>					10.9	4
<i>Plecoglossus altivelis altivelis</i>					9.7	5
<i>Omobranchus elegans</i>					8.6	6
<i>Neoclinus bryope</i>					4.1	7
<i>Pseudoblennius</i> spp.					2.1	8
<i>Ernogrammus hexagrammus</i>					1.9	9
<i>Leucopsarion petersi</i>					1.8	10

数)は0.03個体(1月)から150.0個体(5月)の間で変動した(Fig. 2, 3).

漁港においては、26科44種以上、合計13,651個体の魚類が採集された。月ごとの出現種数は5種(11月)から21種(6月)、平均個体数(1時間あたり個体数)は16.0個体(4月)から767.5個体(5月)の間で変動した(Fig. 2, 3).

3つの生息圏における優占種の比較

3つの生息圏(沖合域、沿岸域および漁港)のいずれにおいても優占種(個体数における上位10種)となったのはコノシロ(*Konosirus punctatus*)のみであった(Table 1)。いずれか2つの生息圏で優占種となったものは、チチブ属(*Tridentiger* spp.: 沖合域と沿岸域)、サッパ(*Sardinella zunasi*: 沖合域と漁港)、サヨリ(*Hyporhamphus sajori*: 沿岸域と漁港)であった。優占種のほとんどは、いずれか1つの生息圏においてのみ優占した。3つの生息圏1つの生息圏のみで優占種となったものは以下のとおりであった。沖合域のみで優占: マイワシ(*Sardinops malenostictus*)、アカウオ(*Ctenotrypauchen microcephalus*)、イカナゴ(*Ammodytes personatus*)、マルアジ(*Decapterus maruadsi*)、テンジクダイ(*Apogon lineatus*)、アカハゼ(*Amblychaeturichthys hexanema*)、ネズボ属(*Repomucenus* spp.); 沿岸域のみで優占: ビリンゴ(*Gymnogobius castaneus*)、アゴハゼ

(*Chaenogobius annularis*)、クロダイ(*Acanthopagrus schlegelii*)、ドロメ(*Chaenogobius gulosus*)、クサフグ(*Takifugu niphobles*)、ハゼ科(Gobiidae spp.)、ニクハゼ(*Gymnogobius heptacanthus*); 漁港のみで優占: イソギンボ(*Pictiblennius yatabei*)、ギンボ(*Enedrias nebulosa*)、アユ(*Plecoglossus altivelis altivelis*)、ナベカ(*Omobranchus elegans*)、コケギンボ(*Neoclinus bryope*)、アナハゼ属(*Pseudoblennius* spp.)、ムズジガジ(*Ernogrammus hexagrammus*)、シロウオ(*Leucopsarion petersi*)。

夏の沿岸域における砂浜海岸と藻場の比較

砂浜区では合計12種、藻場区では合計14種の魚類が採集された。藻場区における1曳網あたりの種数(±標準偏差: 6.0 ± 1.9)は砂浜区における値(2.7 ± 2.2)に比べて有意に大きかった(U-test, $p < 0.05$)。砂浜区と藻場区の両方において優占したものは、コノシロ、アゴハゼ、クロダイ、ニクハゼ、ビリンゴ、ハゼ科 spp. であった。砂浜区においてのみ優占したものはチチブ属 spp.、メナダ属 *Chelon* spp.、サビハゼ(*Sagamia geneionema*)、ウキゴリ、カマス属(*Sphyræna* sp.)、ミミズハゼ属(*Luciogobius* sp.)、藻場区においてのみ優占したものはドロメ、サヨリ、アカハゼ、チクゼンハゼ(*Gymnogobius uchidai*)、ヒゲハゼ(*Parachaeturichthys polynema*)であった(Table 2)。

Table 2. Comparison of dominant species of fish early life stages collected inshore in areas with and without vegetation in June, 1996.

Species	Without vegetation		With vegetation	
	N %	Rank	N %	Rank
<i>Konosirus punctatus</i>	56.1	1	5.9	4
<i>Chaenogobius annularis</i>	16.5	2	68.5	1
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	15.5	3	10.6	3
<i>Tridentiger</i> spp.	7.8	4		
<i>Chelon</i> spp.	1.7	5		
<i>Sagamia geneionema</i>	0.7	6		
<i>Chaenogobius annularis</i>	0.5	7		
<i>Gymnogobius heptacanthus</i>	0.2	8	1.1	5
<i>Gymnogobius castaneus</i>	0.2	8	0.6	7
Gobiidae spp.	0.2	8	0.1	10
<i>Sphyræna</i> sp.	0.2	8		
<i>Luciogobius</i> sp.	0.2	8		
<i>Chaenogobius gulosus</i>			11.9	2
<i>Hyporhamphus sajori</i>			0.8	6
<i>Amblychaeturichthys hexanema</i>			0.2	8
<i>Gymnogobius uchidai</i>			0.2	8
<i>Parachaeturichthys polynema</i>			0.1	10

考 察

瀬戸内海中央部における魚類幼期個体の出現特性

調査を行った3つの生息圏（沖合域、沿岸域、漁港）のいずれにおいても魚類の種数と個体数は春-夏期に最も多く、秋-冬期に少ないという傾向が認められた。沿岸域における個体密度は約5,000倍の大きな季節変動を示した。春-夏期と秋-冬期の間で種数と個体数が大きく異なる現象は、大阪湾（辻野ら1995）、東京湾（加納ら2000）、有明海（日比野ら2002）でも報告されており、内湾性浅海域に共通した特性が瀬戸内海中央部における魚類群集の季節変化にも備わっているものと考えられる。

内湾域とは対照的に、外洋に面する沿岸域では、より多くの種数の魚類が1年を通じて採集されることが報告されている。例えば、土佐湾の砂浜海岸では冬期にも約15種の魚類が出現する（木下1984）。海域間での調査方法（採集具）が異なるため直接比較はできないものの、外洋に面する土佐湾に比べて当海域における種数が少ないことの要因としては、瀬戸内海中央部では冬期の水温が10℃以下に低下することや、外洋から離れているために卵稚仔の供給を受けにくいことが想定される（小路・田中2002）。

3つの生息圏-沿岸域、沖合域、漁港の比較

瀬戸内海中央部では、沖合域、沿岸域、漁港のいずれにおいてもハゼ科とコノシロが高い割合で出現した。これは先述した東京湾（加納ら2000）、有明海（日比野ら2002）などの砂泥底の海域における魚種組成と似通っており、当海域の底質環境（中央粒径値6以上の泥質堆積物；日本海洋学会沿岸海洋研究部会1985）の特性を反映していると考え

えられる。

沖合域、沿岸域、漁港の全てにおいてコノシロが、いずれか2つの生息圏においてチヂブ属 spp.、サッパ、サヨリが優占種となったが、他の優占種（22分類群）は全て沖合域、沿岸域、漁港のうちいずれか1つの生息圏において優占種となったものの、他の2つの生息圏では採集されなかったか、採集数が極めて少なかった。これらの結果は、瀬戸内海の浅海域において優占する魚種の多くがそれぞれ異なった幼期の生息圏をもつことを示すものと考えられる。

沿岸域の2つの生息圏-砂浜と藻場の比較

沿岸域では植生の有無により夏期の魚種組成が異なることも明らかとなった。いずれかの区において優占種となった17種のうち、両区に共通した優占種は6種であり、他の11種は一方の区において優占種となったものの、他方の区では採集されないか、採集数が極めて少なかった。本結果は、水深が約1m未満という沿岸域の限られた空間においても、そこに生息する魚類幼期個体の種組成に植生の有無が強く影響することを示している。先述の3つの生息圏（沖合域、沿岸域、漁港）間での魚種組成の違いに加えて、沿岸域における植生の有無による魚種組成の違いは、異なる生息環境を包括的に保全することが瀬戸内海中央部浅海域の魚類全体の生産性の向上や持続的利用にとって重要であることを示していると考えられる。

藻場区においては砂浜区に比べて出現した魚類の種数が多かった。藻場は魚類の生息環境の構造を複雑にすることや、多様な餌料生物を供給することを通じて、魚類幼期個体にとっての被食シェクター、摂餌場および高い生産の場としての機能を有するものと考えられている（布施1981；

大野 1981). 本研究における沿岸域での調査は仔稚魚期の魚類を主対象とし夏期のみに行われたものである。より大型の魚類を捕獲できる採集具等を使用した周年調査を実施することにより、藻場の魚類成育場としての諸機能を、より普遍的かつ定量的に評価することが今後の課題である。

過去 (1960 年代) の調査結果との比較

瀬戸内海中央部においては、本研究で対象とした3つの生息圏のうち沖合域において1960年代に同様の調査が行われている (岡山県水産試験場 1964)。過去の調査では、燧灘に隣接する備讃瀬戸も調査海域に含まれていることと、仔稚魚の採集に用いたネットの口径 (0.715 m) が小さい点において本研究と採集方法が異なるものの、種組成を比較する資料として用いることにより、以下に述べるような共通点・相違点が認められる。

両年代の調査においてイカナゴ、マルアジ、ネズボ属 spp. が共通の優占種であった。しかし、このうちイカナゴの個体数割合は1960年代 (29.0%) に比べて1990年代 (10.4%) に低かった。逆に1960年代に1.7%以下であったコノシロおよびマイワシが1990年代の調査ではそれぞれ15.7%および12.4%を占め優占種となった (小路ら 2002)。過去の調査結果との間での定量的比較は不可能であるが、当海域におけるこれら小型多獲性魚類の種構成が大きく変化したことが、幼期個体の種組成に認められた年代間の差に反映されているものと考えられる。

謝 辞 一連の調査を進めるにあたり、愛媛県中予水産試験場東予分場の伊藤捷久分場長、前原 務主任研究員 (いずれも当時)、および歴代の同場職員の皆様より多大なご支援・ご協力を賜りました。厚く御礼申し上げます。原稿に建設的なご意見をいただいた匿名の2名の査読者に深謝します。

引用文献

- 東 幹夫 1981. 稚魚成育場としてのアマモ場の役割. 日本水産学会 (編), 藻場・海中林, 恒星社厚生閣, 東京, pp. 34-56.
- 布施慎一郎 1981. メバルとアマモ場・ガラモ場との関係. 日本水産学会 (編), 藻場・海中林, 厚生社厚生閣, 東京, pp. 24-33.
- 日比野 学・太田太郎・木下 泉・田中 克 2002. 有明海湾奥部の干潟汀線域に出現する仔稚魚. 魚類学雑誌, 49: 109-120.
- 環境庁 1998. 第5回自然環境保全基礎調査 海辺調査 総合報告書. 環境庁, 東京, pp. 1-83.
- 加納光樹・小池 哲・河野 博 2000. 東京湾内湾の干潟域の魚類相とその多様性. 魚類学雑誌, 47: 115-129.
- 木下 泉 1984. 土佐湾の砕波帯における稚仔魚の出現. 海洋と生物, 35: 409-415.
- 日本海洋学会沿岸海洋部会 1985. 瀬戸内海 I, II. 日本全国沿岸海洋誌 (編), 日本全国沿岸海洋誌, 東海大学出版会, 東京, pp. 607-707.
- 岡市友利・小森星児・中西弘 1996. 瀬戸内海の生物資源と環境, 恒星社厚生閣, 東京, 272 pp.
- 岡山県水産試験場 1964. 瀬戸内海中央部における卵・稚魚の出現とその生態-幼稚魚生態調査報告書. 岡山県水産試験場, 岡山, 85 pp.
- 大野正夫 1981. ガラモ場内の環境. 日本水産学会 (編), 藻場・海中林, 厚生社厚生閣, 東京, pp. 75-92.
- 小路 淳 2000. 瀬戸内海中央部の一漁港において灯火採集により得られた魚類幼稚仔. 南紀生物, 42: 119-122.
- 小路 淳・田中 克 2002. 瀬戸内海中央部燧灘の砕波帯において採集された魚類稚仔. 水産増殖, 50: 123-128.
- 小路 淳・前原 務・武智昭彦・谷川貴之・村田憲之・田中 克 2002. 瀬戸内海中央部の燧灘において採集された仔稚魚. 日本水産学会誌, 68: 835-842.
- 辻野耕實・安部恒之・日下部敬之 1995. 大阪湾南部砕波帯に出現する幼稚仔魚. 大阪府立水産試験場研究報告, 9: 11-32.
- Yamamoto, M. and O. Tominaga 2005. Feeding ecology of dominant demersal fish species *Favonigobius gymnauchen*, *Repomucenus* spp. and *Tarphos oligolepis* at a sandy beach where larval Japanese flounder settle in the Seto Inland Sea, Japan. *Fisheries Science*, 71: 1332-1340.