

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2013.00166

东海区泗礁沙滩碎波带仔稚鱼种类组成及栖息地利用模式

毛成贵^{1,5}, 钟俊生¹, 方永清¹, 葛成冈¹, 杨平海², 陈渊戈³, 陈新军⁴

1. 上海海洋大学 水产与生命学院, 上海 201306;

2. 浙江省嵊泗县科技协会, 浙江 嵊泗 202450;

3. 中国水产科学院 东海水产研究所, 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090;

4. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306

5. 江苏省海涂研究中心, 江苏 南京 210036

摘要: 为探明泗礁沙滩碎波带仔稚鱼种类组成及其对碎波带的利用模式, 于 2010 年 7 月至 2011 年 8 月每月大潮期间, 在泗礁沙滩 8 个站位点水深 0.5~1.5 m 处, 两人沿海岸平行方向步行拖曳小型拖网(1 m×4 m, 网目 1 mm)采集仔稚鱼样本。周年采集仔稚鱼 1 762 尾, 隶属于 28 科 46 种, 其中海洋性鱼类 29 种, 河口性鱼类 14 种, 洄游性鱼类 2 种, 淡水性鱼类 1 种。体长 10~30 mm 的仔稚鱼占总渔获量的 87.05%; 后弯曲期仔鱼和稚鱼分别占总渔获量的 24.57%和 68.27%。鳀(*Engraulis japonicus*)为优势种, 占总渔获量的 55.68%。种类数及单位捕捞努力渔获量(CPUE)春夏季较高而秋冬较低, 种类数和 CPUE 峰值分别出现在 2010 年 8 月和 2011 年 5 月。站点间的种类数和 CPUE 变化表明, 仔稚鱼偏好栖息于封闭型沙滩碎波带。前 10 位主要种对碎波带的利用分 3 种类型: 鳀、中国花鲈(*Lateolabrax maculatus*)、鲃(*Liza haematocheila*)和棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)利用碎波带作为保育场; 中华侧带小公鱼(*Stolephorus chinensis*)、鲻(*Mugil cephalus*)、细鳞鲷(*Terapon jarbua*)和弓斑东方鲀(*Takifugu ocellatus*)连续数月利用碎波带作为暂时栖息地; 相模虾虎鱼(*Sagamia geneionema*)和鲻(*Platycephalus indicus*)则在单月进入碎波带栖息。因此在进行海滩和港湾开发和利用时, 应重视对沙滩破碎带仔稚鱼栖息地的保护。

关键词: 沙滩; 碎波带; 仔稚鱼; 种类组成; 利用模式

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2013)01-0166-11

碎波带易受潮汐、径流、风力、人类活动等因素综合影响, 环境因子虽复杂多变, 但饵料生物丰富, 使之成为了许多鱼类仔稚鱼的理想保育场^[1-2]。近年来学者们研究了南非、日本、澳大利亚和美国等地碎波带仔稚鱼的种类组成、群落结构变化及个体发育迁移^[3-9]。中国仔稚鱼野外调查研究主要集中于河口近海鱼卵、仔稚鱼调查等方面^[10-15], 目前, 对碎波带仔稚鱼的调查, 仅见钟俊生等^[16-19]在长江口和杭州湾等河口水域进行

的研究, 而对于环岛沙滩碎波带仔稚鱼的研究在国内仍是空白。

泗礁位于长江口与杭州湾的交汇处, 营养盐丰富, 海洋初级生产力较高, 是多种海洋性鱼类的栖息场所^[20-21]。迄今为止, 许多学者对泗礁潮间带的底栖动物和底栖藻类、人工鱼礁鱼类和大型无脊椎动物的群落生态学进行了研究^[22-25]。为了探讨泗礁沿海碎波带仔稚鱼资源, 本研究对泗礁环岛沙滩碎波带进行了周年调查, 研究碎波带

收稿日期: 2012-01-06; 修订日期: 2012-03-05.

基金项目: 上海市科学技术委员会重点攻关项目(0839190200); 上海市教育委员会重点学科建设项目(S30701).

作者简介: 毛成贵(1986-), 男, 硕士研究生, 研究方向为鱼类生态学. E-mail: maochengze@126.com

通信作者: 钟俊生, 教授, 从事渔业资源研究. E-mail: jszhong@shou.edu.cn

水域仔稚鱼种类组成及其对栖息地的利用模式, 以期为泗礁沿海鱼类早期资源的管理和保护提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查时间、地点及方法

除泗礁东部礁石悬崖的海岸之外, 在沿岸沙滩设置 8 个站点(图 1)。根据 Knox^[26]的生态海岸分类系统, Sts.1–3 与 Sts.5–7 为封闭沙滩海岸(protected sandy beaches), St.4 与 St.8 为开放沙滩海岸(open sandy beaches)。每月大潮期间 2 人沿与海岸平行的方向拖曳小型拖网(1 m×4 m, 网目 1 mm)。2010 年 7 月预调查时, 每个站点拖网 1 次; 2010 年 8 月至 2011 年 8 月的正式调查, 每站点拖曳 3 网次, 每次拖曳距离约 50 m, 所得样本在现场用 5%福尔马林稀释溶液固定, 现场测定水温和盐度。2011 年 4 月 St.3 由于港湾建设造成淤泥积累无法采样。

1.2 仔稚鱼鉴定与分类

在 Olympus SZX7 解剖镜下, 参照仔稚鱼分类学专著^[10, 27–29]将采集到的标本鉴定到种, 计数

并按 Kendall 等^[30]的仔稚鱼发育分期标准划分仔稚鱼发育阶段, 计算单位捕捞努力渔获量(catch per unit effort, CPUE, 尾数/网次)。用目测微尺和游标卡尺测取仔稚鱼的体长(Standard Length, SL)。学名按照伍汉霖等^[31]命名, 同属的种名按英文字母进行排序, 并参照鱼类学专著^[32–33]确定生态类型。

1.3 数据分析

基本数据处理分析应用 Excel 2003, 运用统计软件 PSS13.0 根据前 10 种主要种类的体长月变化制作箱型图。

2 结果与分析

2.1 温度与盐度

泗礁沙滩碎波带水温呈季节性变化, 春夏升高, 秋冬降低, 年平均水温 19.6℃, 2010 年 8 月最高(32℃), 2011 年 1 月最低(4.9℃, 图 2)。盐度受温度、降水和洋流等因素的影响, 无明显变化规律, 春夏季较高, 秋冬季相对较低, 2011 年 5 月最高为 32, 最低 9 月为 17, 年平均值 25.3(图 3)。盐度的月份间差异极显著($P<0.01$), 站点间差异显著($P<0.05$)。温度与盐度的变化无明显线性关系($P>0.05$)。

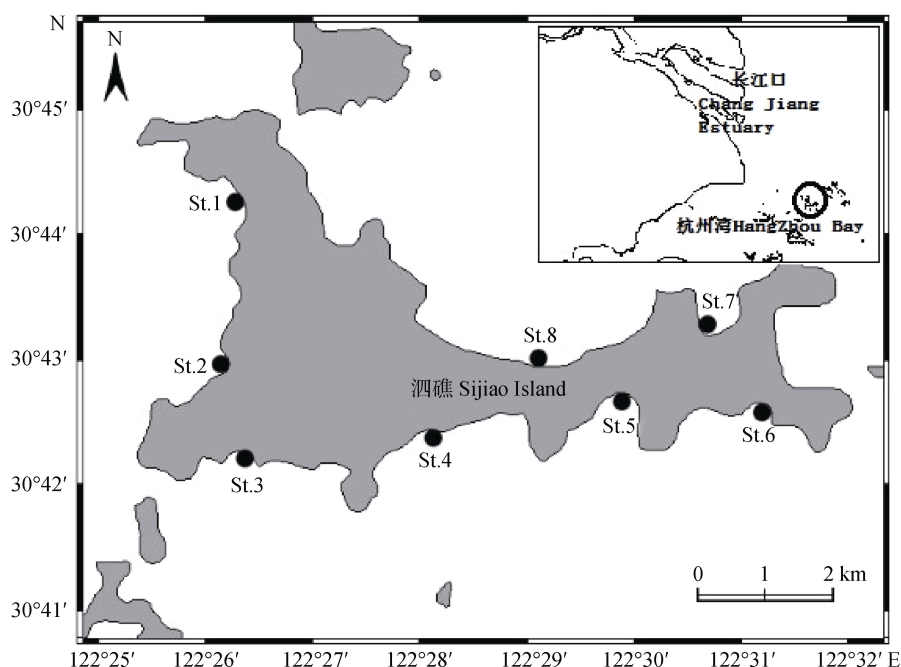


图 1 泗礁沙滩碎波带仔稚鱼的调查站点

Fig. 1 Sampling stations for fish larvae and juveniles in the surf zone of Si Jiao Island

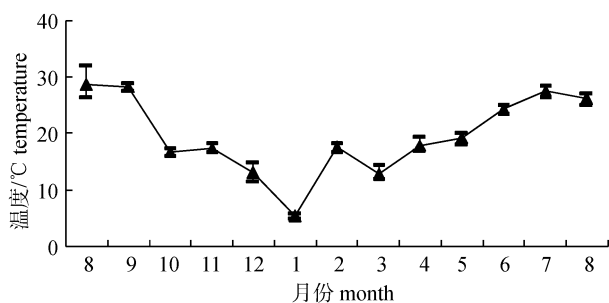


图 2 泗礁沙滩碎波带月平均水温及变化范围

Fig. 2 Monthly average and range of water temperature in surf zone of sandy beach in Sijiao Island

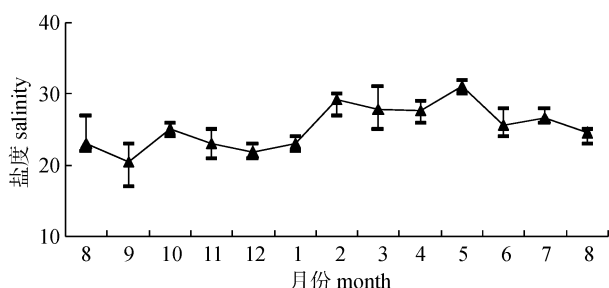


图 3 泗礁沙滩碎波带月平均盐度及其变化范围

Fig. 3 Monthly average and range of salinity in surf zone of sandy beach in Sijiao Island

2.2 种类组成

2010 年 7 月至 2011 年 8 月, 环岛采样共拖曳 308 网次, 采集到仔稚鱼 1 762 尾, 隶属于 28 科 46 种; 海洋性鱼类 29 种, 占总渔获量的 71.91%, 河口性鱼类 14 种(21.17%), 洄游性鱼类 2 种(6.92%), 淡水性鱼类 1 种(1 尾)(表 1); 所有仔稚鱼的体长范围 4~108 mm, 其中体长在 10~30 mm 的个体占总渔获量的 87.05%(图 4A)。后弯曲期仔鱼和稚鱼占优势, 分别占总渔获量的 24.57%和 68.27%(图 4B)。

鳀(*Engraulis japonicus*)为最优势种类, 占总渔获量的 55.68%, 其后依次为中华侧带小公鱼(*Stolephorus chinensis*, 7.38%), 鲻(*Mugil cephalus*, 6.53%), 中国花鲈(*Lateolabrax maculatus*, 6.53%), 鲷(*Liza haematocheila*, 5.05%), 相模虾虎鱼(*Sagamia geneionema*, 3.35%), 细鳞鲷(*Terapon jarbua*, 2.10%), 鲷(*Platycephalus indicus*, 1.36%), 棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*, 1.14%)和弓斑东方鲀(*Takifugu ocellatus*, 1.14%), 以上 10 种占了总渔获量的 90.26%(表 1)。

2.3 仔稚鱼种类数和 CPUE 的时空变化

由空间变化可以看出(图 5A), 位于泗礁南面的 St.5 站位的种类数最多, 为 27 种, 而位于岛西北面 St.7 的 CPUE 最高, 为 15.9 尾/网, 最优势种鳀占了该站点渔获量的 81.78%。St.3 因港口建设在 4 月以后废弃, 采集到的仔稚鱼种类数最少, 开放型沙滩 St.4 与 St.8 的种类数和 CPUE 较低, 这说明仔稚鱼更偏好在封闭型沙滩碎波带栖息。

由种类数和 CPUE 的月变化(图 5B)可看出, 仔稚鱼种类数在 2010 年 8 月最高, 为 18 种; CPUE 在 2011 年 5 月最高, 为 53.7 尾/网, 其中最优势种鳀占 5 月份渔获量的 86.69%; 2011 年 2 月无渔获。仔稚鱼种类数和 CPUE 均为春夏季较高而秋冬季较低。Person 相关性分析结果显示, 种类数和水温的月变化呈极显著的正相关($P<0.01$), 与盐度无显著相关($P>0.05$), CPUE 与盐度的月变化呈显著正相关($P<0.05$), 与温度无显著相关($P>0.05$)。

2.4 主要种类体长的月变化

按前 10 位主要种体长的月变化可将泗礁沙滩碎波带仔稚鱼栖息地利用模式分为 3 种类型。

第一类: 鳀, 中国花鲈, 鲷和棘头梅童鱼, 不同月份间采集的标本体长存在极显著的差异($P<0.01$), 且相邻月份的体长有明显的增长趋势, 说明这 4 种鱼利用碎波带作为保育场(图 6)。

第二类: 中华侧带小公鱼, 鲻, 弓斑东方鲀, 不同月份间采集的标本体长存在极显著差异($P<0.01$), 但体长没有明显的增长趋势, 鲻和弓斑东方鲀的体长呈一定的下降趋势, 细鳞鲷的体长各月之间差异不显著($P>0.05$), 这说明此 4 种鱼在特定发育阶段在碎波带栖息(图 7)。

第三类: 相模虾虎鱼和鲷均只在 2011 年 5 月采集到, 说明其仔稚鱼只在特定的月份进入碎波带栖息(图 8)。

3 讨论

3.1 不同区域碎波带仔稚鱼种类组成差异

比较长江口^[19,34]及杭州湾北岸^[34]碎波带, 常

表 1 2010 年 7 月至 2011 年 8 月泗礁沙滩岸碎波带采集仔稚鱼的种类组成

Tab. 1 Species composition of fish larvae and juveniles collected in surf zone of sandy beach in Sijiao Island from July 2010 to August 2011

种名 species	体长/mm body length	百分比/% percentage	发育阶段 developmental stage	生态类型 ecological pattern	出现月份 occurrence month
海鲢科 Elopidae					
海鲢 <i>Elops saurus</i>	31.33	+	C	Ma	8
大海鲢科 Megalopidae					
大海鲢 <i>Megalops cyprinoides</i>	20.2–31.64	+	C	Ma	7*, 11
鲱科 Clupeidae					
斑鲚 <i>Konosirus punctatus</i>	40.87–46.82	+	E	Ma	7
寿南小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i>	20.48–26.8	+	D	Ma	8
鲹科 Engraulidae					
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	17.45–27.4	+	C-D	Mi	8
鲹 <i>Engraulis japonicus</i>	9.27–42.17	55.68	B-E	Ma	5, 7
中华侧带小公鱼 <i>Stolephorus chinensis</i>	9.53–62.05	7.38	B-E	Ma	7*, 8, 10, 8*
赤鼻棱鲹 <i>Thryssa kammalensis</i>	54.63–61.25	+	E	Ma	8*
中颌棱鲹 <i>Thryssa mystax</i>	18.54–20.08	+	D	Ma	8
鲹科 1 种 <i>Engraulidae</i> sp.	10.05–12.7	+	C	Ma	9
银鱼科 Osmeridae					
短吻间银鱼 <i>Hemisanx brachyrostralis</i>	14.31–25.85	+	A-C	Es	12
有明银鱼 <i>Salanx acuticeps</i>	90.21–108	+	E	Es	6
狗母鱼科 Synodontidae					
鳄蛇鲻 <i>Saurida wanieso</i>	15.11	+	C	Ma	8
鲤科 Cyprinidae					
银飘鱼 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>	15.78	+	E	Fr	8
银汉鱼科 Atherinidae					
蓝美银汉鱼 <i>Atherinomorus lacunosus</i>	19–21.4	+	D	Ma	8
鲻科 Hemiramphidae					
间下鲻 <i>Hyporhamphus intermedius</i>	78.86–94.6	+	E	Es	8*
犀鲷科 Bregmacerothidae					
麦氏犀鲷 <i>Bregmaceros maclellandi</i>	6.7	+	B	Ma	7*
海龙科 Syngnathidae					
尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>	71.67	+	E	Ma	10
鲻科 Mugilidae					
鲻 <i>Mugil cephalus</i>	14.8–29.36	6.53	D	Es	3 5
鲃 <i>Liza haematocheila</i>	8.2–82.03	5.05	C-E	Es	7*, 1, 6, 8*
马鲛科 Polynemidae					
多鳞四指马鲛 <i>Eleutheronema rhadinum</i>	9.35–87.87	+	C-E	Es	8,9,7
鲷科 Serranidae					
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	12.21–59.6	6.53	C-E	Mi	3, 6
鲷科 Sillaginidae					
少鳞鲷 <i>Sillago japonica</i>	12.34–16.46	+	C	Ma	8, 7
石首鱼科 Sciaenidae					
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	24.52–50	1.14	E	Ma	6,7
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	4–6	+	A-B	Ma	5
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	9.54	+	D	Ma	7

续表 1

种名 species	体长/mm body length	百分比/% percentage	发育阶段 developmental stage	生态类型 ecological pattern	出现月份 occurrence month
白姑鱼 <i>Pennahia argentata</i>	18.11	+	D	Ma	7*
银鲈科 Gerreidae					
短体银鲈 <i>Gerres abbreviatus</i>	12.19–13.05	+	D	Ma	7*,9
鲷科 Sparidae					
鲷科一种. Sparidae sp.	5.68	+	A	Ma	7*
鲷科 Terapontidae					
细鳞鲷 <i>Terapon jarbua</i>	10.41–43.58	2.10	D-E	Es	7*, 9,6, 8*
鲷 <i>Terapon theraps</i>	9.79–18.41	+	C-D	Ma	7
金钱鱼科 Scatophagidae					
金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i>	10.19–13.01	+	D	Es	7,8
石鲷科 Oplegnathidae					
条石鲷 <i>Oplegnathus fasciatus</i>	13.08–18.34	1	D	Ma	7
鲷科 Blenniidae					
美肩鳃鲷 <i>Omobranchus elegans</i>	16.8–17.7	+	C-D	Ma	8
塘鳢科 Eleotridae					
锯塘鳢 <i>Butis koilomatodon</i>	14.42	+	D	Ma	9
虾虎鱼科 Gobiidae					
黄鳍刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius flavimanus</i>	45.03	+	E	Es	3
普氏细棘虾虎鱼 <i>Acentrogobius pflaumii</i>	5.74–6.87	+	C	Es	8, 9
拟矛尾虾虎鱼 <i>Parachaeturichthys polynema</i>	6.52–7.03	+	C	Es	8*
相模虾虎鱼 <i>Sagamia geneionema</i>	5.91–13.18	3.35	D	Es	5
髯缟虾虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	13.41–13.55	+	D	Es	8
鲷科 Platycephalidae					
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>	8.55–18.09	1.36	C	Ma	5
牙鲆科 Paralichthyidae					
牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i>	11.82–18.06	+	D	Ma	4 5
舌鲷科 Cynoglossidae					
日本须鲷 <i>Paraplagusia japonica</i>	23.25–54.93	+	E	Ma	8*
舌鲷科 1 种 Cynoglossidae sp.	5.4	+	A	Ma	5
鲷科 Tetraodontidae					
弓斑东方鲀 <i>Takifugu ocellatus</i>	10.68–29.95	1.14	D	Es	7*, 8
豹纹东方鲀 <i>Takifugu pardalis</i>	10.76	+	D	Ma	5

注：“+”表示百分比<1%；A:前弯曲期仔鱼；B: 弯曲期仔鱼；C: 后弯曲期仔鱼；D: 稚鱼(Juvenile)；E: 幼鱼；Ma: 海洋性；Es: 河口性；Mi: 洄游性；Fr: 淡水性。7*: 2010 年 7 月；8*: 2011 年 8 月。
Note: + donates <1%. A: Preflexion larvae; B: Flexion larvae; C: Postflexion larvae; D: Juvenile; E: Young fish. Ma: Marine fish; Es: Estuarine fish; Mi: Migration fish; Fr: Freshwater fish. 7*: July in 2010; 8*: August in 2011.

年风浪侵蚀的沙滩碎波带的生产力明显低于长江口和杭州湾沿岸碎波带，为仔稚鱼提供的饵料相对较少^[35]。从渔获量的时间变化上看，长江口和杭州湾在 5—8 月均出现明显的递增趋势，峰值分别出现在 8 月和 7 月^[34]，而泗礁则在 3—5 月出现递增趋势，峰值出现在 5 月，这可能与鱼类的产

卵和仔稚鱼的洄游时间以及 6—8 月海上的强风浪天气有关^[36]。

长江口洄游性鱼类种类较少但数量上占优势^[19]，而杭州湾河口性鱼类在种类和数量上均占优势^[34]。泗礁处于长江口和杭州湾的交汇处，但位于口外海滨段，受长江口的冲淡水作用较弱，受

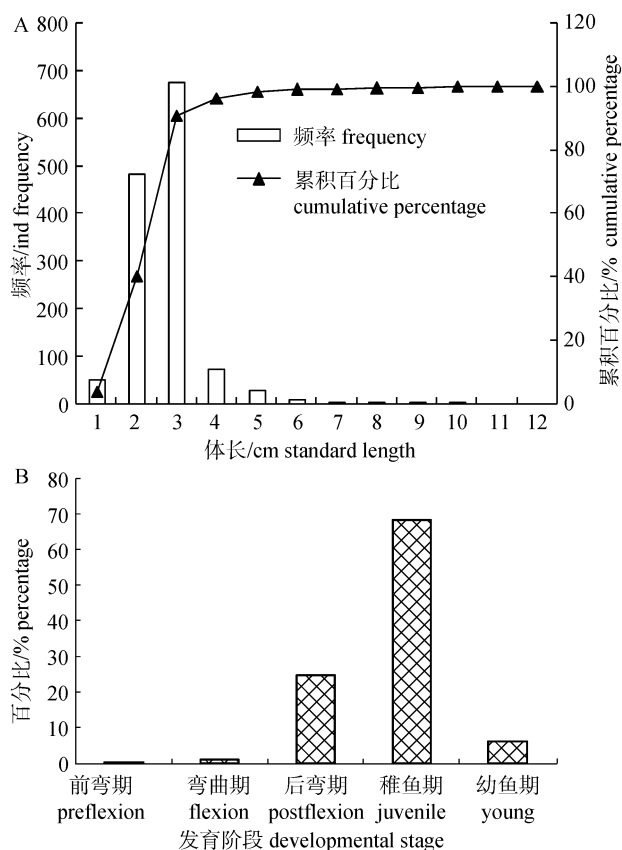


图 4 泗礁沙滩碎波带仔稚鱼体长(A)及发育阶段(B)分布
Fig. 4 Standard length (A) and developmental stage (B) distribution of fish larvae and juveniles collected from surf zone of sandy beach in Sijiao Island

海洋潮汐影响较强, 盐度远高于长江口和杭州湾, 在种类和数量上均以海洋性种类占优势^[37]。

从仔稚鱼发育阶段看, 泗礁沙滩碎波带的渔获量中以稚鱼占多数。而长江口和杭州湾北岸碎波带均以后弯曲期仔鱼为主, 这可能是由于长江口和杭州湾北岸碎波带水域浊度较高, 生产力较强, 同时能提供鱼类摄食和躲避敌害的相对有利环境, 减少了为避免冲刷至外海而在水流中运动的能耗, 使仔鱼相对能够安全地完成向稚鱼期的变态^[38]。而泗礁沙滩碎波带的砾石和沙质底质及高强度的风浪扰动均不利于早期仔鱼栖息, 仅游泳能力较强的稚鱼以及一些生态习性上适应高频度扰动的种类才能在这类水域栖息^[39]。

3.2 仔稚鱼对栖息地的选择

有研究表明, 碎波带仔稚鱼聚群的分布受风

浪扰动、潮流速度、浑浊度等物理因素的影响^[40-41]; 且不同沙滩的地形、风浪强度和底质影响碎波带无脊椎动物群落的分布也是导致仔稚鱼聚群差异的原因^[42]。泗礁沙滩碎波带的调查点中, CPUE 最高的 St.7 为典型的封闭型沙滩, 风浪较小, 沙滩坡度平缓, 环境相对稳定, 适合于仔稚鱼选择该水域作为栖息地, 这与 Layman^[43]和 Watt-Pringle 等^[44]研究结果相似。而 CPUE 最低的 St.4 是一个典型的开放型沙滩, 且坡度较大, 浪高常年在 2 m 左右, 在该站点仅采集到少量个体较大的幼鱼。Suda 等^[45]和 Inoue 等^[46]也认为并不是所有碎波带都能作为仔稚鱼的保育场, 躲避敌害、相对稳定的环境和丰富的饵料是作为保育场的必要条件。与 St.7 地形相似的 St.5 则为种类数最高而 CPUE 相对较低, 而这可能与沙滩碎波带的底质以及作为仔稚鱼饵料的浮游生物群落结构有关。

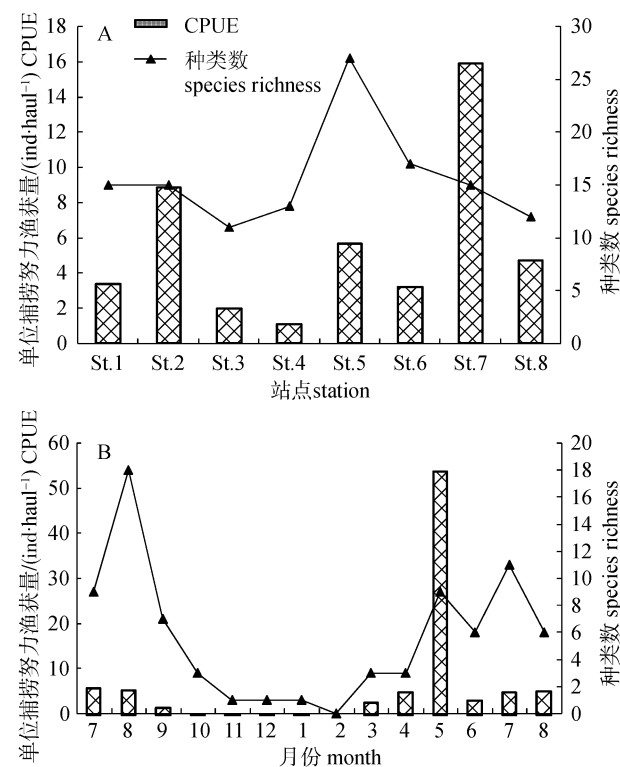


图 5 泗礁碎波带仔稚鱼的种类数和单位渔获量的站
间变化(A)和月间(B)变化

Fig. 5 Changes of species richness and CPUE by stations (A) and months (B) in surf zone of sandy beach in Sijiao Island

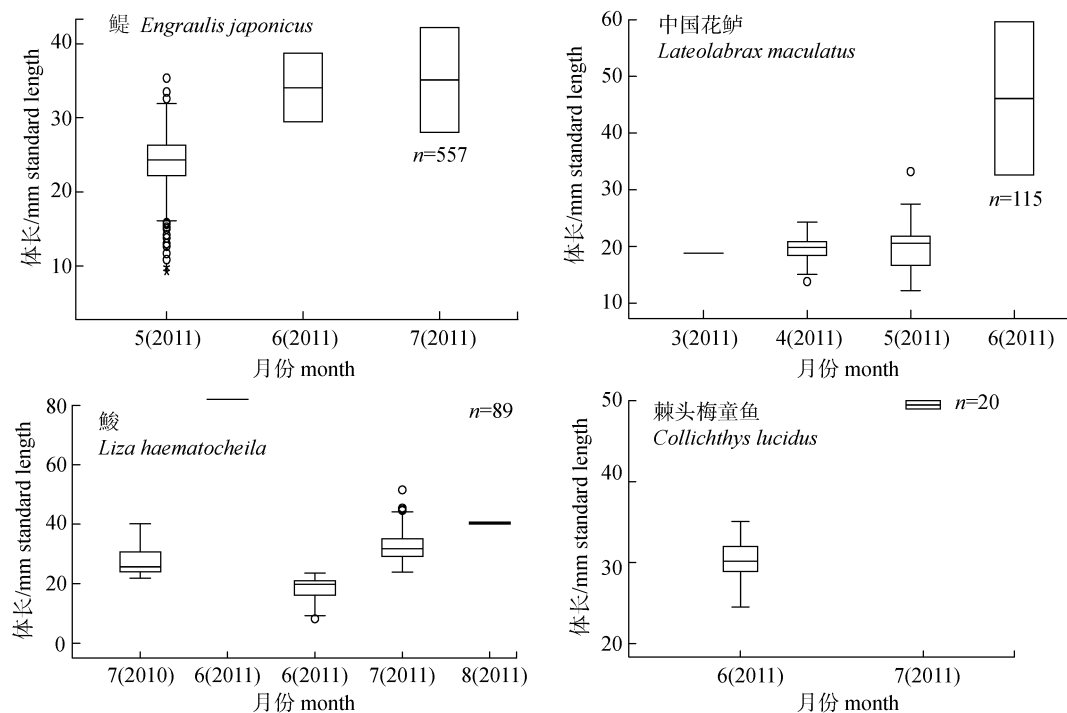


图 6 利用碎波带作为保育场种类体长分布月变化

Fig. 6 Monthly change in standard length of the species using surf zone as nursery ground

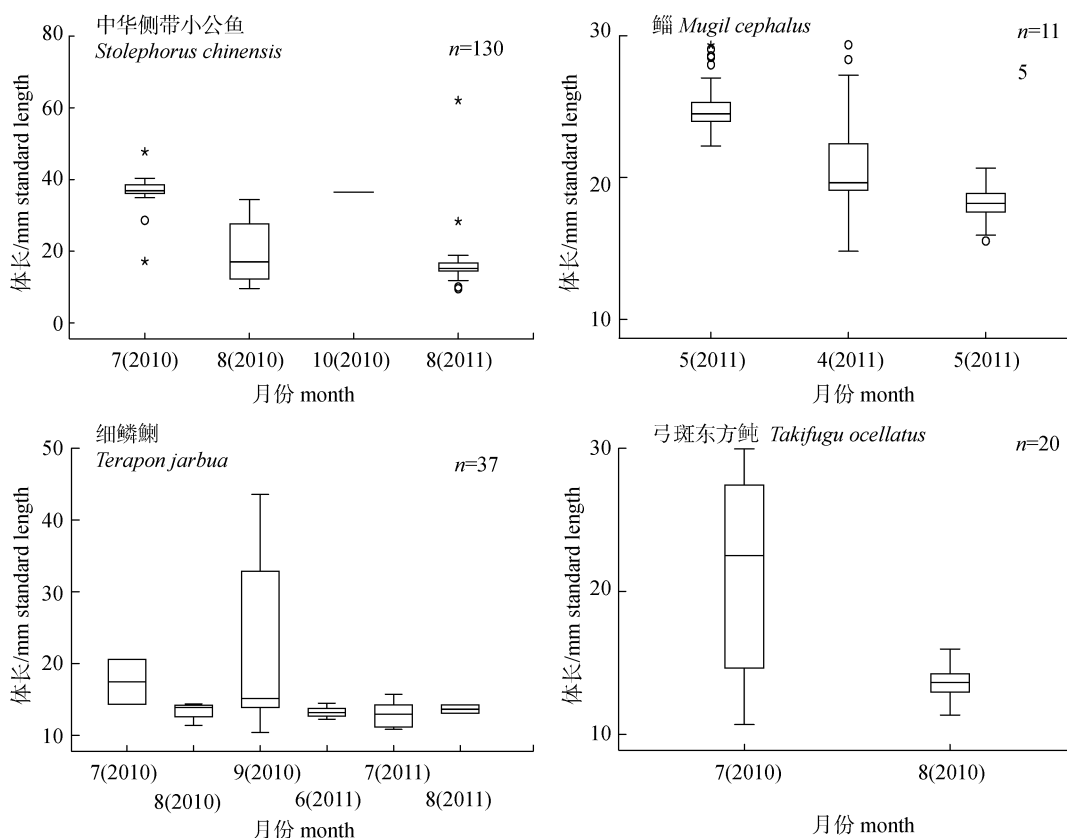


图 7 利用碎波带作为暂时性栖息地种类体长分布月变化

箱内包含 50% 数据, 上下两线代表 45% 的数据。

Fig. 7 Monthly change in standard length of the species using surf zone as temporary habitat
The box contains 50% data and the lower and upper bars contain 45% data.

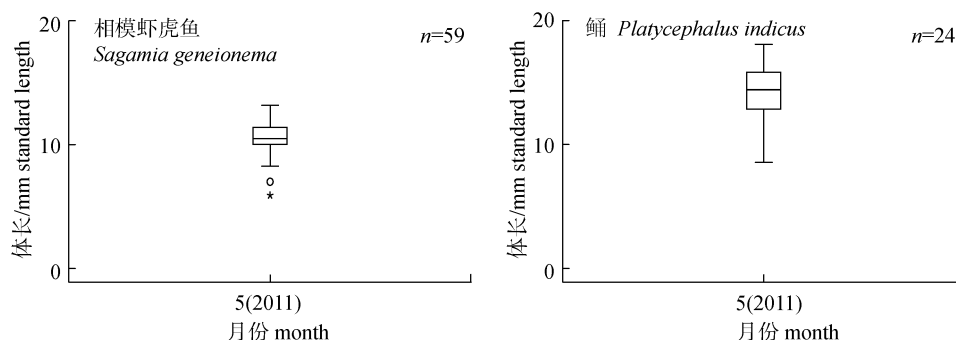


图 8 单月出现种类体长分布

箱内包含 50% 数据, 上下两线代表 45% 的数据。

Fig. 8 Standard length distribution of the species occurring in a single month
The box contains 50% data and the lower and upper bars contain 45% data.

3.3 仔稚鱼对沙滩碎波带的利用模式

以往研究表明, 仔稚鱼对碎波带的利用模式共有 5 种: 洄游通道、产卵场、保育场、特定发育阶段的栖息地、完成整个生活史的栖息地^[4,9,40,47-48]。本研究中的前 10 位主要种类对碎波带的利用模式主要为保育场和特定发育阶段的栖息地。

Nanami 等^[9]在其调查中发现鲻和鲢在相邻月份间体长变化不明显, 在本研究中鲻在相邻月份间体长也无明显增长, 而鲢在 5—7 月体长却明显增长, 6—7 月采集到的个体数远低于 5 月, 这可能是由于体长增长后个体游泳能力增强, 具备了逃逸能力; 中国花鲈体长在 3—6 月呈一定增长趋势, 其中 5—6 月出现明显的增长, 这与陈渊戈^[49]在杭州湾的调查结果相似, 说明中国花鲈仔鱼在 3 月份进入沙滩碎波带栖息, 6 月以后离开碎波带进入较深水域。Nanami 等^[9]用小型拖网(1 m×5 m, 网目 1 mm)在沙滩碎波带采集到的鲻体长范围为 12~42 mm, 本次调查采集到的鲻体长范围为 14.8~29.36 mm, 而 Inoue 等^[42]用粗网(2 m×26 m, 网目 4 mm)在碎波带采集到了体长 100 mm 以上的个体, 从本调查采集到仔稚鱼的体长分布频率来看, 用小型拖网很难采集到体长大于 40 mm 的个体(图 4A)。因此, 为更客观地反应仔稚鱼对碎波带的利用情况, 有待用多种规格的网具做进一步调查^[45]。

综上所述, 泗礁沙滩碎波带是多种鱼类在早期发育阶段的栖息地, 鲢为最优势种, 前 10 位主

要种类中, 鲢、中国花鲈、鲛、棘头梅童鱼等重要经济鱼类利用沙滩碎波带作为保育场, 中华侧带小公鱼、鲻、细鳞鲷、弓斑东方鲀、鲻等则在特定发育阶段进入碎波带栖息。

仔稚鱼在对栖息地选择上更偏好封闭型沙滩, 开放型沙滩的仔稚鱼的种类和数量则较少。建议在泗礁沙滩和港湾开发利用的同时应该重视对沙滩碎波带仔稚鱼栖息地的保护, 在建设过程中应该注重水域环境的评价和渔业资源的调查, 以确保泗礁渔业资源的可持续利用。

致谢: 本研究在采样调查和研究中得到了嵊泗科协和上海海洋大学仔稚鱼研究室全体成员的大力帮助, 特表谢意。

参考文献:

- [1] Gadomski D M, Caddell S M. Effects of temperature on early life history stages of California halibut *Paralichthys californicus*[J]. Fish Bull, 1991, 89(4): 567-576.
- [2] Layman C A. Fish assemblage structure of the shallow ocean surf-zone on the eastern shore of Virginia barrier lands[J]. Estu Coast Shelf Sci, 2000, 51(2): 201-213.
- [3] Lasiak T A. Nursery grounds of juveniles teleosts: Evidence from the Kings Beach, Algoa Bay[J]. S Afr J Sci, 1981, 77(1): 388-390.
- [4] Senta T, Kinoshita I. Larval and juvenile fishes occurring in surf zones of western Japan [J]. Trans Am Fish Soc, 1985, 114(4): 609-618.
- [5] Whitfield A K. Ichthyoplankton in a southern African surf

- zone: nursery area for the postlarvae of estuarine associated fish species[J]. *Estu Coast Shelf Sci*, 1989, 29(6): 533–547.
- [6] Neira F J, Potter I C. The larval fish assemblage of the Nor-nalup-Walpole Estuary, a permanently open estuary on the southern coast of western Australia[J]. *Aust J Mar Freshw Res*, 1992, 45(7): 1193–1207.
- [7] Sanvicente-Añorve L C, Flores-Coto, Sánchez L V. Spatial and seasonal patterns of larval fish assemblages in the south-ern Gulf of Mexico[J]. *Bull Mar Sci*, 1998, 62(1): 17–30.
- [8] Watt P P, Strydom N A. Habitat use by larval fishes in a temperate South African surf zone[J]. *Estu Coast Shelf Sci*, 2003, 58(4): 765–774.
- [9] Nanami A, Endo T. Seasonal dynamics of fish assemblage structures in a surf zone on an exposed sandy beach in Ja-pan[J]. *Ichthyol Res*, 2007, 54(3): 277–286.
- [10] 张仁斋, 陆穗芬, 赵传纲, 等. 中国近海鱼卵与仔鱼[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1985.
- [11] 吴光宗. 长江口海区的鲢鱼和康氏小公鱼的鱼卵和仔稚鱼的生态特征[J]. *海洋与湖沼*, 1989, 20(3): 217–229.
- [12] 杨东莱, 吴光宗, 孙继仁. 长江口及其邻近海区的浮性鱼卵和仔稚鱼的生态研究[J]. *海洋与湖沼*, 1990, 21(4): 346–355.
- [13] 黄晋彪, 张国祥, 张雪生, 等. 长江口前颌间银鱼仔鱼的分布及其主要形态特征[J]. *海洋渔业*, 1992, 14(1): 10–17.
- [14] 徐兆礼, 袁骥, 蒋玫, 等. 长江口鱼卵和仔、稚鱼的初步调查[J]. *中国水产科学*, 1999, 6(5): 63–64.
- [15] 蒋玫, 沈新强. 长江口及邻近水域夏季鱼卵、仔鱼数量分布特征[J]. *海洋科学*, 2006, 30 (6): 92–97.
- [16] 钟俊生, 郁蔚文, 刘必林, 等. 长江口沿岸碎波带仔稚鱼种类组成和季节性变化[J]. *上海水产大学学报*, 2005, 14(4): 375–382.
- [17] 钟俊生, 傅萃长, 郁蔚文, 等. 鲛鱼稚鱼在沿岸碎波带的出现和滞留时间[J]. *上海水产大学学报*, 2006, 15(3): 281–285.
- [18] 钟俊生, 吴美琴, 练青平. 春夏季长江口沿岸碎波带仔稚鱼的种类组成[J]. *中国水产科学*, 2007, 4(3): 436–443.
- [19] 蒋日进, 钟俊生, 张冬良, 等. 长江口沿岸碎波带仔稚鱼的种类组成及其多样性特征[J]. *动物学研究*, 2008, 29(3): 297–304.
- [20] 章守宇, 张焕君, 林军, 等. 泗礁县人工鱼礁建设一期工程项目可行性研究报告[R]. 上海水产大学, 2003: 1–7.
- [21] 刘舜斌, 汪振华, 林良伟, 等. 泗礁人工鱼礁建设初期效果评价[J]. *上海水产大学学报*, 2007, 16(3): 297–302.
- [22] 廖一波, 曾江宁, 陈全震, 等. 泗礁海岛不同底质潮间带春秋大型底栖动物的群落格局[J]. *动物学报*, 2007, 53(6): 1000–1010.
- [23] 周宏, 杨万喜. 嵎泗列岛岩相潮间带底栖海藻种类组成及区系特点[J]. *海洋湖沼通报*, 2001, 23(2): 35–40.
- [24] 杨万喜, 陈永寿. 嵎泗列岛潮间带群落生态学研究 I. 岩相潮间带底栖生物群落组成及季节变化[J]. *应用生态学报*, 1996, 7(3): 305–309.
- [25] 赵静, 章守宇, 汪振华, 等. 泗礁人工鱼礁海域鱼类和大型无脊椎动物群落结构特征[J]. *中国水产科学*, 2010, 17(5): 1045–1056.
- [26] Knox G A. The Ecology of seashores[M]. CRC Press, 2001.
- [27] Okiyama M. An atlas of the early stage fishes in Japan[M]. Tokyo: Tokai University Press, 1988.
- [28] Leis J M, Carson B M E. The larvae of Indo-Pacific coastal fishes[M]. Leiden: Brill Academic Publishers, 2000.
- [29] Kendall A W J. Identification of eggs and larvae of marine fishes[M]. Tokyo: Tokai University Press, 2011.
- [30] Kendall A W J, Ahlstrom E H, Moser H G. Early life history stages of fishes and their characters[M]//Ontogeny and Sys-tematics of Fishes. Lawrence: The American Society of Ich-thyologists Herpetologists, Spec Publ, 1984.
- [31] 伍汉霖, 邵广昭, 赖春福. 拉汉世界鱼类名典[M]. 基隆: 水产出版社, 1999.
- [32] 倪勇, 伍汉霖. 江苏鱼类志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [33] 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海市水产研究-所. 上海鱼类志[M]. 上海: 科学技术出版社, 1990.
- [34] 陈渊戈, 张宇, 钟俊生, 等. 长江口南支和杭州湾北岸碎波带水域仔稚鱼群聚的比较[J]. *上海海洋大学学报*, 2011, 20(5): 688–696.
- [35] Wennhage H, Pihl L, Stål J. Distribution and quality of plaice (*Pleuronectes platessa*) nursery grounds on the Swedish west coast [J]. *J Sea Res*, 2007, 57(2–3): 218–229.
- [36] Robertson A I, Duke N C. Mangroves as nursery sites: com-parisons of the abundance and species composition of fish and crustaceans in mangroves and other nearshore habitat s in tropical Australia[J]. *Mar Biol*, 1987, 96(2): 193–205.
- [37] 钦佩, 左平, 何祯祥. 滨海生态学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [38] Bell K N I, Cowley P D, Whitfield A K. Seasonality in fre-quency of marine access to an intermittently open estuary: Implications for recruitment strategies[J]. *Estu Coast Shelf Sci*, 2001, 52(3): 327–337.
- [39] Fabiana C F, Henry L S, Pietro S M, et al. Utilization pat-

- terns of surf zone inhabiting fish from beaches in Southern Brazil[J]. *Pan-Am J Aquat Sci*, 2007, 2 (1): 27–39.
- [40] Clark B M, Bennett B A, Lamberth S J. Factors affecting spatial variability in seine net catches of fish in the surf zone of False Bay, South Africa[J]. *Mar Ecol Progr Ser*, 1996, 131(8): 17–34.
- [41] Beyst B, Hostens K, Mees J. Factors influencing the spatial variation in fish and macro-crustacean communities in the surf zone of sandy beaches in Belgium[J]. *J Mar Biol Assoc United Kingdom*, 2002, 82(2): 181–187.
- [42] Inoue T, Suda Y, Sano M. Food habits of fishes in the surf zone of a sandy beach at Sanrimatsubara, Fukuoka Prefecture, Japan[J]. *Ichthyol Res*, 2005, 52(1): 9–14.
- [43] Layman C A. Fish assemblage structure of the shallow ocean surf-zone on the eastern shore of Virginia barrier islands[J]. *Estu Coast Shelf Sci*, 2000, 51(2): 201–213.
- [44] Watt-Pringle P, Strydom N A. Habitat use by larval fishes in a temperate South African surf zone[J]. *Estu Coast Shelf Sci*, 2003, 58(4): 765–774.
- [45] Suda Y, Inoue T, Uchida H. Fish communities in the surf zone of a protected sandy beach at Doigahama, Yamaguchi Prefecture, Japan[J]. *Estu Coast Shelf Sci*, 2002, 55 (1): 81–96.
- [46] Inoue T, Suda Y, Sano M. Surf zone fishes in an exposed sandy beach at Sanrimatsubara, Japan: Does fish assemblage structure differ among microhabitats[J]. *Estu Coast Shelf Sci*, 2008, 77(1): 1–11.
- [47] Kawakami T, Tachihara K. Occurrence and body size changes of drifting land-locked Ryukyu-ayu *Plecoglossus altivelis ryukyuensis* larvae in the San-numata River, Okinawa-jima Island, Japan[J]. *Ichthyol Res*, 2010, 7(2): 204–208.
- [48] 葛珂珂, 钟俊生. 长江口沿岸碎波带刀鲚仔稚鱼的日龄组成与生长[J]. *水生生物学报*, 2010, 34(4): 716–721.
- [49] 陈渊戈. 长江口南支和杭州湾北岸碎波带仔稚鱼聚群特征的比较研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2011: 1–52.

Species composition and habitat use patterns of fish larvae and juveniles inhabiting the surf zone of a sandy beach at Sijiao Island

MAO Chengze^{1,5}, ZHONG Junsheng¹, FANG Yongqing¹, GE Chenggang¹, YANG Pinghai², CHEN Yuange³, CHEN Xinjun⁴

1. College of Fisheries and Life Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Science and Technology Association of Shengsi County, Shengsi 202450, China;

3. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries Minister of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China;

4. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

5. Tidal Flat Research Center of Jiangsu Province, Nanjing 210036, China

Abstract: We investigated the species composition and utilization patterns of fish larvae and juveniles in the sandy beach surf zone at Si Jiao Island. Between July 2010 to August 2011, fish larvae and juveniles were collected monthly using a seine net (1×4 m, 1 mm mesh-aperture). A total of 1762 fish larvae and juveniles, representing 46 species from 29 families were collected from 8 sites along the island. These included 29 marine species, 14 estuarine species, 2 migration species, and 1 freshwater species. Compared with the surf zone of the south Yangtze estuary and north Hangzhou Bay, which were dominated by migratory and estuarine species, respectively, the sandy beach in Si Jiao island was dominated by marine species, which accounted for 71.68 of the total catch. The standard length of the majority (87.05%) of specimens ranged from 10-30 mm. Postflexion and juvenile individuals accounted for 24.57% and 68.27% of the total catch, respectively. In terms of abundance, *Engraulis japonicus*, *Stolephorus chinensis*, *Mugil cephalus*, *Lateolabrax maculatus*, *Liza haematocheila*, *Sagamia geneionema*, *Terapon jarbua*, *Platycephalus indicus*, *Collichthys lucidus* and *Takifugu ocellatus* were the 10 most dominant species. The CPUE of fish larvae and juveniles was higher in spring and summer and lower in autumn and winter. The CPUE peaked in May, at which time the majority of the catch (86.7%) consisted of *Engraulis japonicus*. The highest species richness was observed in August, 2010. A Person Correlation analysis (2-tailed) revealed a high significant positive correlation between species richness and water temperature ($P<0.01$) and a significant positive correlation between CPUE and salinity ($P<0.05$). The spatial variation in CPUE and species richness suggested that fish larvae and juveniles preferred inhabiting protected sandy beaches (St.2, St.5, St.7) rather than open sandy beaches (St.4, St.8), likely due to the low wave action and calm environment. Stations 5 and 7 contributed the most to species richness and had the highest CPUE, respectively. Based on the monthly changes in standard length of the 10 most dominant species, the habitat use patterns of the 10 species could be divided into 3 types: *Engraulis japonicus*, *Lateolabrax maculatus*, *Liza haematocheila* and *Collichthys lucidus* increased in size monthly, suggesting they used the sandy beach surf zone as a nursery area. In contrast, there was little change in the standard length of *Stolephorus chinensis*, *Mugil cephalus*, *Terapon jarbua* and *Takifugu ocellatus*. Last, *Sagamia geneionema* and *Platycephalus indicus* were only observed in the surf zone in a single month, suggesting these species use of the zone is restricted to a single or limited development stage. Our data suggest that a number of fish species, including some commercially exploited species, use the sandy beach surf zone as a shelter and/or nursery ground during their early developmental stages (primarily as juveniles and during postflexion).

Key words: sandy beach; surf zone; fish larvae and juveniles; species composition; use patterns

Corresponding author: ZHONG Junsheng. E-mail: jszhong@shou.edu.cn