

夏、秋季长江口鱼类群落结构

沈新强^{1*}, 史赞荣^{1,2}, 晁敏¹, 黄厚见^{1,2}, 唐峰华¹

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090;

2. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306)

摘要: 为了解生境变动条件下长江口鱼类群落的特征, 为其鱼类资源的管理提供依据, 2010年5月中旬至9月在长江口进行了张网鱼类资源调查(除8月外, 采样频率为1周1次)。结果显示, 调查期间总共出现6种生态类群、39种鱼类, 海洋洄游鱼类和河口定居性鱼类的种类数目分居1、2位, 包含种类数目最多的科是鳀科(6种), 其次鰕虎鱼科和石首鱼科(4种), 5-9月间种类和生态类群种类数目更替均无显著性差异; 5-9月间各生态类群尾数/重量均以海洋洄游鱼类占首位, 5-8月间各月平均每网尾数/重量均无显著性差异, 但9月除了与7月尾数无显著性差异外, 尾数和重量均较各月高, 生态类群尾数/重量的排序变化均有统计学差异; 对棘头梅童鱼、刀鲚、凤鲚、银鲳、灰鲳、龙头鱼等6种主要经济鱼类的幼鱼数量比例进行了分析, 发现不同种类的变动有差异, 如棘头梅童鱼、刀鲚、龙头鱼幼鱼基本呈下降趋势, 而凤鲚则为上升趋势。此外, 相同属的鱼类生态位有一定的分化, 银鲳和灰鲳在时间上交替出现, 而刀鲚和凤鲚在不同水域产卵, 这是一种减少对食物、空间竞争的策略; 按鱼类群落优势种综合丰盛度法, 各月优势种比例均在95%以上, 而各月间优势种更替无显著性差异; Bray-curtis尾数/重量相似性系数聚类分析和非度量多维标度分析在60%的水平上将群落分为组I(5月-8月前半月)和组II(8月后半月-9月)。此外, 长江口虽仍是棘头梅童鱼、银鲳、灰鲳等重要经济鱼类的育幼场, 但群落结构已有了变化, 特别是中华鲟、鲟等珍稀鱼类的消失, 反映了因过度捕捞、环境污染、水利工程建设等引起了长江口鱼类资源的衰退。

关键词: 鱼类群落; 张网; 长江口

中图分类号: S 932.4

文献标识码: A

河口生态系统是典型的生态群落交错区, 有着很重要的生态意义^[1]。河口区水质肥沃, 营养盐和饵料生物丰富, 是初级生产力较高的水域^[2]。由于河口区许多重要理化特性并不是连续的, 因而具有独特性, 同时也具有明显的脆弱性^[3]。恶劣的环境、较高的初级生产力和次级生产力是河口区的主要特征^[4]。

长江口是西太平洋地区最大的河口, 其初级生产力约为东海区的6倍, 在这里生活着种类繁多的水生生物, 是很多鱼类的产卵场、索饵场、肥育场, 也是一些洄游性鱼类重要的洄游通道^[5]。河口区鱼类群落的研究, 也是河口生态系统研究的重要组

成部分^[6-7]。由于河口区特殊的生境特点, 采用单一采样方法进行调查并不能全面地反映其鱼类群落的特点, 如底拖网一般只对底层鱼类的捕获率较高^[8], 因而有必要采取不同的采样方法^[9]。

目前, 已有对长江口鱼类群落结构与环境之间的关系展开的研究^[10-12]; 还有关于群落区系特征^[13-14]、群落动态^[14-16]及分类学多样性^[17]的报道。近年来, 长江干流修建了重大水利工程、长江口捕捞量持续增加、环境污染加剧^[18], 为合理评估这些因素对长江口渔业资源的影响, 需要对长江口渔业资源进行长期调查分析, 本研究正是在这样的基础上, 通过2010年长江口5-9月张网

收稿日期: 2010-12-24 修回日期: 2011-03-03

资助项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2010CB429005); 上海海洋大学研究生科研基金(A-2501-10-011405)

通讯作者: 沈新强, E-mail: xinqiang_shen@hotmail.com

鱼类的调查,结合历史资料,分析鱼类群落变动,以期为生境变动条件下长江口渔业资源的可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域和采样方法

长江口位于中国东南沿海东部,属于典型的亚热带季风气候区,年平均气温 15.5~15.8℃,7月最高,1月最低,长江年入海径流量约为 $9\,793.53 \times 10^8 \text{ m}^3$,多年平均流量为 $31\,060 \text{ m}^3$,每年的12月至3月为枯水期,6-9月为洪水期。长江口潮汐主要来自于东海潮波,平均潮差约为 2.66 m,主要受长江冲淡水、台湾暖流、黄海冷水团等多种水体的影响^[5]。

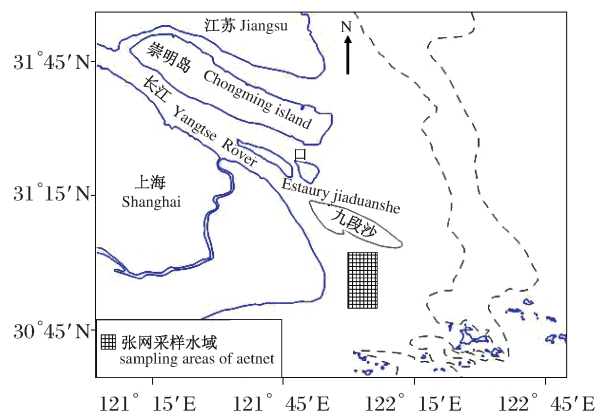


图1 长江口张网采样水域分布图

Fig. 1 Map of sampling areas of set net in the Yangtze River Estuary

2010年5月中旬至9月,用张网在长江口九段沙以南水域(图1)(网宽为4.2 m,高1.3 m,网身长6 m,网囊网目约为2.5 mm。网具作业时间约为24 h。)进行鱼类资源调查,每次随机抽取2网渔获物并在采样站点各采集1瓶水样测定盐度,其中,除5月采样为2次外,其余各月均为4次。而8月上旬采样频率为半月,其他均为每周采样1次。对于棘头梅童鱼(*Collichthy lueidus*)、刀鲚(*Coilia nasus*)、龙头鱼(*Harpadon nehereus*)、银鲳(*Pampus argenteus*)、灰鲳(*Pampus cinereus*)等重要经济鱼类,如尾数超过30尾,则随机抽取30尾测量长度、体质量,少于30尾则全部测量;对一些杂鱼,一般随机抽取10尾记录长度、体质量,所有鱼类长度和体质量的测量分别精确到0.1 cm和0.1 g。同时,记录上述重要经济鱼类的幼鱼比例,幼鱼的确定以杨伟祥等^[2]的报道为依据。

1.2 研究方法

各月优势种的确定依据鱼类群聚综合丰盛度^[10],这是因为长江口区鱼类的数量个体大小相差悬殊,仅根据重量或者个体数目来确定优势种将有失偏颇,必须两者兼顾。

$$A_s = (n \times W)^{1/2} \quad (1)$$

式(1)中, A_s 为群聚综合丰盛度, n 为个体数, W 为体质量。

相似性 Bray-Curtis 系数^[18]。

Bray-Curtis 计算公式为

$$B = 100 \times \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^s |x_{ij} - x_{im}|}{\sum_{i=1}^s |x_{ij} + x_{im}|} \right] \quad (2)$$

式(2)中, x_{ij} 和 x_{im} 分别为第*i*个种类在第*j*个周期和第*m*个周期的尾数或体质量, S 为鱼类物种数目。

鱼类生态类群指海洋洄游鱼类(MM)、海洋偶见性鱼类(MS)、河口定居性鱼类(E)、溯河洄游鱼类(A)、半溯河洄游性鱼类(SA)和淡水偶见性鱼类(FS)6种类型^[19]。鱼类物种生态类群的划分以庄平等^[5]的研究为依据,而没有定义的种类则以 FROESE 等^[20]和文献[21-23]为准。分类系统采用 Nelson 分类系统^[24]。

1.3 数据处理

用 Cochran 检验分析5-9月间鱼类物种、优势种出现与否的二元数据的显著性差异,用 Friedman 检验分别分析5-9月间各生态类群种类数目以及各生态类群尾数/体质量的显著性差异,用 *t* 检验分析每月每网次鱼类尾数/体质量平均值的大小变化。以上各检验的 *P* 值在小于0.05时,即认为有统计学差异,统计检验采用 DPS 软件。

由于5月采样只有2次,因而,为排除采样网次的差异,以半个月为周期分析鱼类群落相似性的时间动态变化。为减弱鱼类尾数/体质量的大小悬殊,首先对尾数/体质量进行4次方根转化^[25-26],接着分别用聚类分析(组平均距离方法)和非度量多维标度(non-metric multidimensional scaling, NMDS)^[25-26],其计算的胁迫系数分<0.05、0.05~0.1、0.1~0.2及>0.2 4个水平,分别表示吻合极好、较好、一般及较差4个效果^[27],NMDS和聚类分析均采用 Primer 5.2 软件。

2 结果

2.1 盐度变化

从图2可以看出,调查区域盐度介于1.7~

11.9 之间,在 5-8 月,盐度呈下降趋势,8-9 月盐度基本呈现上升趋势。

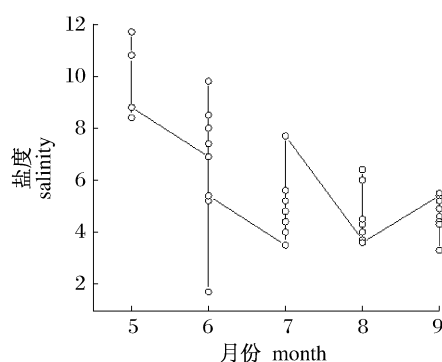


图 2 采样站位盐度的时间变化

Fig. 2 Temporal variations in salinity in sampling stations between May and September

2.2 鱼类种类组成

5-9 月间,总共捕获 35~92 尾、150~787 g 鱼类,隶属于 12 目、21 科、39 种,以鳀科鱼类种类最多,其次为石首鱼科和鰕虎鱼科,第三鲱科和舌鳎科,而其他各科鱼类种类数目介于 1~2 种之间。在各个月中,以 7 月和 9 月记录鱼类种类最多,接着为 6 月,而 5 月最少。Cochran 检验统计量 Q_c 为 7.714 3 ($P=0.102 6$),这说明 5-9 月间种类更替没有统计学差异。

从表 2 可以看出,5-9 月间长江口张网鱼类总共出现可分为 6 种生态类型,其中海洋鱼类(海洋洄游鱼类和海洋偶见性鱼类)种类数目最多,其次为河口定居性种类,而其他生态类群鱼类的数目只有 1~3 种。Friedman 检验统计量为 3.33 ($P=0.503 7$),说明 5-9 月间各生态类群的物种数目没有统计学差异。

表 1 5-9 月鱼类各科种类数目

Tab. 1 Numbers of fish species of each family in each month between May and September

| 类别 taxon | 种类数目 numbers of fish species | | | | | 5-9 月 May to Sept. |
|--------------------|------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------------------|
| | 5 月 May | 6 月 June | 7 月 July | 8 月 Aug. | 9 月 Sept. | |
| 鳀科 Engraulidae | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 6 |
| 鰕虎鱼科 Gobiidae | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 舌鳎科 Cynoglossidae | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 石首鱼科 Sciaenidae | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 4 |
| 鲱科 Stromateidae | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 |
| 银鱼科 Salangidae | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 鲱科 Clupeidae | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 鲑科 Tetraodontidae | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 其他科 Other families | 6 | 12 | 10 | 8 | 11 | 13 |
| 总计 total | 20 | 26 | 28 | 24 | 28 | 39 |

表 2 5-9 月鱼类各生态类群种类数目

Tab. 2 Numbers of fish species of each fish ecological guild in each month between May and September

| 生态类群 ecological guild | 种类数目 numbers of fish species | | | | | 5-9 月 May to Sept. |
|-------------------------------|------------------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------------------|
| | 5 月 May | 6 月 June | 7 月 July | 8 月 Aug. | 9 月 Sept. | |
| 海洋洄游鱼类 marine migrants | 9 | 11 | 12 | 10 | 14 | 17 |
| 海洋偶见性鱼类 marine stragglers | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| 河口定居性鱼类 estuarine species | 7 | 11 | 10 | 10 | 9 | 14 |
| 半溯河洄游鱼类 semi-anadromous | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 溯河洄游鱼类 anadromous | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 淡水偶见性鱼类 freshwater stragglers | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 2 |

2.3 鱼类尾数和重量的变动

CPUE 的变动 5-7 月每月每网平均渔获尾数逐渐增加,8 月又降低,8-9 月又迅速增加,

而每月每网渔获重量为先减少后上升趋势(表 3),同时,经统计检验,每月每网渔获尾数或重量均在 9 月才呈现统计学差异(表 4)。

表 3 5-9 月平均每网尾数和体质量

Tab. 3 Average abundance and catch in each month between May and September

| 月份 month | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------------------|---------|-------|---------|---------|----------|
| 尾数/(ind) abundance | 430 | 596 | 1 140.3 | 486.3 | 1 933.9 |
| 体质量/(g) catch | 1 178.5 | 858.4 | 2 489.6 | 3 215.8 | 11 891.9 |

表 4 5-9 月平均每网尾数和体质量的成对 *t* 检验Tab. 4 *T* test of pair-wise comparisons of average abundance and catch in each month between May and September

| 月份 month | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------|--------|---------|---------|---------|
| 6 | 1.07 | -1.33 | - | - |
| 7 | 0.97 | 1.08 | 1.06 | 1.57 |
| 8 | 0.22 | 1.06 | -0.55 | 1.79 |
| 9 | 2.75 * | 3.91 ** | 3.44 ** | 5.84 ** |

注: * 表示差异显著($P < 0.05$), ** 表示差异极显著($P < 0.01$)。

Notes: * indicates different significantly($P < 0.05$), ** indicates different more significantly($P < 0.01$).

生态类群的变动 各月生态类群尾数或重量均以海洋洄游鱼类最多,而各月其他类群的排序有所差异,有些月份个别类群甚至没有出现(表 5)。经 Friedman 检验各月生态类群尾数分

布的统计量为 12.633 3($P = 0.013 2$),重量分布的 Friedman 检验统计量为 16.433 3($P = 0.002 5$),这说明 5-9 月间各生态类群尾数或重量的排序,均有统计学差异。

表 5 5-9 月鱼类各生态类群尾数和体质量

Tab. 5 Abundance and catch of each fish ecological guild in each month between May and September

| 生态类群 ecological guild | 尾数/(ind) abundance | | | | | 体质量/(g) catch | | | | |
|-----------------------------|--------------------|-------|-------|-------|--------|---------------|---------|----------|----------|----------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 海洋洄游鱼类 marine migrants | 1 323 | 3 581 | 5 915 | 2 454 | 10 512 | 2 403.9 | 5 504.2 | 13 059.6 | 19 967.8 | 85 022.4 |
| 海洋偶见性鱼类 marine stragglers | 0 | 0 | 41 | 8 | 9 | 0 | 0 | 281.4 | 247.1 | 112.4 |
| 河口定居性鱼 estuarine species | 289 | 987 | 1 599 | 488 | 382 | 1 983.2 | 1 121.7 | 2 722.6 | 3 142 | 4 746.4 |
| 半溯河洄游鱼类 semi-anadromous | 92 | 47 | 1 232 | 908 | 4 669 | 273.7 | 169.2 | 2 991.2 | 2 045.2 | 6 166.4 |
| 溯河洄游鱼 anadromous | 15 | 84 | 273 | 31 | 63 | 50.6 | 150.3 | 817.3 | 240 | 503.3 |
| 淡水偶见性 freshwater stragglers | 1 | 2 | 1 | 0 | 19 | 2.4 | 19.1 | 44.7 | 0 | 60.5 |

6 种经济鱼类幼鱼比例的变动 表 6 列出了 5-9 月 6 种经济鱼类的幼鱼数量比例,可见 5 月除了凤鲚外,其他几种经济鱼类均以幼鱼占绝对优势,6-7 月的情况也与 5 月基本类似,不过龙头鱼幼鱼数量比例迅速下降,到 9 月,棘头梅童

鱼幼鱼数量比例有一定幅度的下降,而刀鲚从 8 月份开始就无幼鱼出现,此外,同属鲳科鲳属的银鲳和灰鲳幼鱼有交替出现现象,如银鲳出现在 5-8 月,灰鲳则从 8 月开始出现。

表 6 5-9 月 6 种经济鱼类幼鱼数量比例

Tab. 6 Percentages of juveniles abundance of 6 commercial fish species in each month between May and September

| 种类 species | 比例/(%) percentage | | | | |
|---------------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 棘头梅童鱼 <i>Collichthy lueidus</i> | 98.13 | 97.77 | 97.77 | 98.89 | 65.14 |
| 凤鲚 <i>Coilia mystus</i> | 19.56 | 48.94 | 29.17 | 63.34 | 87.49 |
| 刀鲚 <i>Coilia nasus</i> | 100 | 88.89 | 4.0 | 0 | 0 |
| 龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i> | 100 | 20 | 2.68 | 1.72 | 12.26 |
| 银鲳 <i>Pampus argenteus</i> | 85.71 | 100 | 94.12 | 97.88 | - |
| 灰鲳 <i>Pampus cinereus</i> | - | - | - | 97.27 | 95.26 |

注: - 未出现。

Notes: - means not occurred in the month.

2.4 鱼类优势种的变动

经检验,5-9月各月鱼类无论是尾数还是体质量,它们与综合丰盛度之间均有极显著正相关性($P < 0.01$),这说明综合丰盛度能兼顾尾数或体质量两方面的信息。

按照综合丰盛度法,5月有8种优势种,6月有7种,7月和8月有11种,9月有7种优势种出现,除了凤鲚和前颌间银鱼,这些种类均为海洋洄游鱼类和河口定居性鱼类。各个月的优势种中均有出现的种类只有棘头梅童鱼和凤鲚2种。不过,每月优势种综合丰盛度比例均在95%以上,这说明优势种占据主导地位。Cochran 检验统计

量 $Q_c = 4.0976$ ($P = 0.3930$),这说明5-9月间优势种的种类更替没有显著性差异。

表7 5-9月尾数和体质量与综合丰盛度的相关性系数
Tab.7 Correlations between abundance(A-S) and catch(W-S) and synthetic abundance in each month between May and September

| | 月份 month | | | | |
|-----|----------|--------|--------|--------|--------|
| | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| A-S | 0.94** | 0.99** | 0.98** | 0.88** | 0.87** |
| W-S | 0.89** | 0.99** | 0.96** | 0.96** | 0.98** |

注:**表示差异极显著($P < 0.01$)。

Notes:** indicates different more significantly ($P < 0.01$).

表8 5-9月优势种综合丰盛度的比例

Tab.8 Percentages of synthetic abundance of dominant species in each month between May and September

| 种类 species | 生态类群 ecological guild | 综合丰盛度比例/(%) percentages of synthetic abundance | | | | |
|---|--------------------------|--|-------|-------|-------|-------|
| | | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 棘头梅童鱼 <i>Collichthy lueidus</i> | MM | 33.52 | 73.27 | 43.92 | 12.48 | 6.31 |
| 康氏小公鱼 <i>Anchoviella commersonii</i> | MM | 27.01 | - | 8.37 | 2.11 | 6.28 |
| 红狼牙鰕虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i> | E | 21.17 | 10.38 | 3.34 | 7.40 | - |
| 凤鲚 <i>Coilia mystus</i> | SA | 6.16 | 1.70 | 15.65 | 14.92 | 15.15 |
| 孔鰕虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i> | E | 5.24 | - | - | 2.15 | - |
| 带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i> | MM | 1.52 | - | 6.28 | 8.20 | - |
| 半滑舌鳎 <i>Cynoglossus semilaevis</i> | E | 1.11 | - | - | - | - |
| 尖吻蛇鳎 <i>Ophichthys apicalis</i> | MM | 1.10 | - | - | - | - |
| 银鲳 <i>Pampus argenteus</i> | MM | - | 3.61 | 1.43 | 4.29 | - |
| 横纹东方鲀 <i>Takifugu oblongus</i> | E | - | 1.56 | - | - | - |
| 前颌间银鱼 <i>Hemisanx prognathus</i> | A | - | 1.01 | 2.73 | - | - |
| 鲻 <i>Mugil cephalus</i> | E | - | 2.55 | 3.42 | - | - |
| 黄鳍东方鲀 <i>Fugu xanthopterus</i> | E | - | - | 3.39 | 1.19 | - |
| 龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i> | MM | - | - | 4.24 | 38.79 | 59.33 |
| 四指马鲛 <i>Eleutheronema tetradactylum</i> | MM | - | - | 2.27 | 1.55 | - |
| 灰鲳 <i>Pampus cinereus</i> | MM | - | - | - | 3.88 | 2.29 |
| 鳀 <i>Engraulis japonicus</i> | MM | - | - | - | - | 1.87 |
| 斑鲷 <i>Clupanodon punctatus</i> | E | - | - | - | - | 2.19 |

注:-表示优势种没有出现或者综合丰盛度比例 $< 1\%$ 。

Notes:-,not occurred or the percent of synthetic abundance was $< 1\%$.

2.5 鱼类群落相似性的变动

由聚类分析图可知,不管是按照尾数(图3-a)还是体质量(图4-a)来划分,5-9月间的鱼类群落在相似性系数为60%的水平上均可分为2组。同时NMDS分析表明,这种排序效果较好。此外,组I和组II中累计贡献率大于90%的种类及其贡献率是不一样的,如尾数相似性的贡献率,

组I累计贡献率大于90%的种类有16种,而组II累计贡献率大于90%的种类有12种,组I和组II共有种提供的贡献率之和分别为62.16%和75.82%;组I重量累计贡献率大于90%的种类有17种,而组II有13种,共有种提供的贡献率之和分别为61.41%和71.68%(表9)。

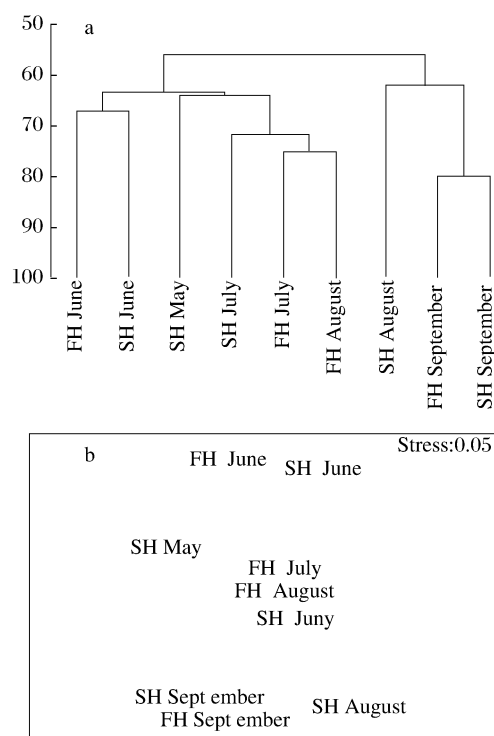


图3 5-9月鱼类群落的半月相尾数相似性的聚类(a)和NMDS排序图(b)

Fig.3 Dendrogram of cluster analysis (a) and NMDS ordination plot (b) of fish community (based on abundance) between May and September

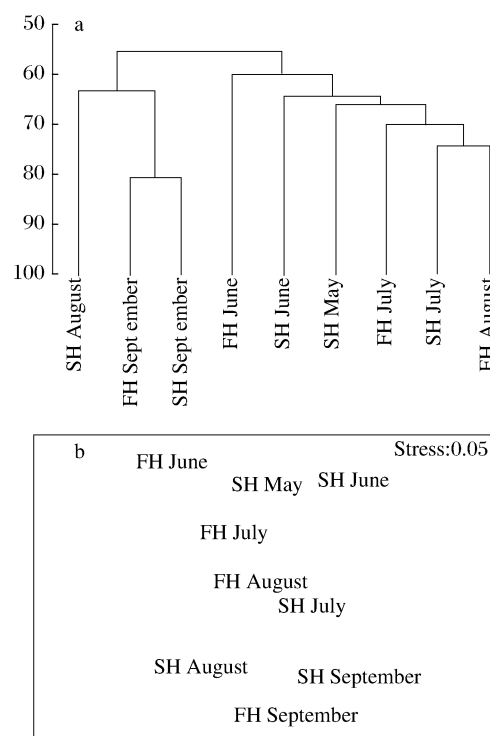


图4 5-9月鱼类群落的半月相重量相似性的聚类(a)和NMDS排序图(b)

Fig.4 Dendrogram of cluster analysis (a) and NMDS ordination plot (b) of fish community (based on weight) between May and September

表9 5-9月各组尾数和体质量相关性系数及筛选种类的贡献率

Tab.9 Similarities and contributions of discriminating species of each group based on abundance or catch between May and September

| 平均相似系数/(%) similarity | 尾数 abundance | | 体质量 catch | |
|-----------------------------------|----------------------|------------|-----------|------------|
| | I (65.79) | II (68.20) | I (64.69) | II (69.00) |
| | 贡献率/(%) contribution | | | |
| 棘头梅童鱼 <i>C. lueidus</i> | 15.87 | 11.37 | 12.90 | 8.65 |
| 红狼牙虾虎鱼 <i>O. rubicundus</i> | 9.88 | 4.65 | 10.34 | 3.67 |
| 银鲳 <i>P. argenteus</i> | 6.55 | - | 8.53 | - |
| 凤鲚 <i>C. mystus</i> | 6.46 | 14.43 | 6.19 | 10.36 |
| 鲻 <i>M. cephalus</i> | 6.10 | - | - | - |
| 孔虾虎鱼 <i>T. vagina</i> | 6.08 | 4.53 | 6.77 | 4.13 |
| 前颌间银鱼 <i>H. prognathus</i> | 5.90 | - | 4.44 | - |
| 康氏小公鱼 <i>A. commersonii</i> | 5.78 | 9.27 | 5.22 | 7.52 |
| 刀鲚 <i>C. nasus</i> | 5.35 | 3.83 | 6.53 | 5.00 |
| 龙头鱼 <i>H. nehereus</i> | 4.98 | 15.11 | 5.88 | 18.23 |
| 黄鳍东方鲀 <i>F. xanthopterus</i> | 4.12 | 4.68 | 2.94 | 5.63 |
| 带鱼 <i>T. japonicus</i> | 3.64 | 7.97 | 4.64 | 8.32 |
| 半滑舌鲷 <i>C. semilaevis</i> | 2.89 | - | 3.08 | - |
| 尖吻蛇鲻 <i>O. apicalis</i> | 2.65 | - | 2.29 | - |
| 中国花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i> | 2.46 | - | 2.71 | - |
| 海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i> | 2.33 | - | 4.59 | - |
| 灰鲳 <i>P. cinereus</i> | - | 6.95 | - | 8.27 |
| 四指马鲛 <i>E. tetradactylum</i> | - | 4.44 | - | 5.81 |
| 鳓 <i>Ilisha elongata</i> | - | 3.49 | - | 3.85 |
| 焦氏舌鲷 <i>C. joyneri</i> | - | - | 2.04 | - |
| 黄鲫 <i>Setipinna taty</i> | - | - | 2.00 | - |
| 赤鼻棱鳀 <i>Thrixa kammalensis</i> | - | - | - | 1.76 |
| 总计 total | 91.06 | 90.72 | 91.09 | 91.19 |

3 讨论

定置张网作为一种被动性渔具,具有既能捕获中水层鱼类又能捕获底层、近底层鱼类的特点,能基本反映调查区域鱼类群落的基本情况^[28]。

3.1 种类组成

研究发现北半球温带河口区鱼类种类数目以海洋鱼类占多数^[29],而位于亚热带的珠江口鱼类种类数目也是以海洋鱼类为主^[30]。本研究中张网作业区域虽然只占长江口的一部分,但是种类组成也基本体现了类似的结果。与郑颖等^[13]人对长江口连续9年张网的监测数据相比(网具及采样站位与本研究有所差异),本研究中记录的种类数目略多,而共有种为18种。由于郑颖等^[13]没有给出调查期间站位具体的盐度分布,根据其名录记录的淡水鱼类黄颡鱼为常见种推断,可能是由于其作业区域水体在部分采样期间盐度接近于淡水水体所致,而种类数目相对较低可能与采样站位总体上盐度较低,因而种类数目相对较少,有研究也证实盐度影响了河口鱼类种类组成和生态类型^[30]。MARTINO等^[31]也发现河口盐度较低区域种类数目较少。另外,历史上有记录的中华鲟、鲟等珍稀洄游性鱼类在本研究中均未有发现,这在一定程度上说明了长江口鱼类资源的衰退现象,种类组成已发生了一定的变化。本研究中,采样的盐度介于1.5~11.9,因而淡水鱼类无论是种类还是数量均很少。根据BATTAGLIA^[32]对不同水体盐度的划分,5-9月水体属于低盐和中盐水体,由于河口鱼类种类组成与盐度相关^[30],尽管调查区域只占长江口宽阔区域的一部分,但也基本上代表了长江口低盐和中盐水体鱼类群落种类组成的特征。

3.2 数量和体质量变动

一般,在扰动的生境中,优势种往往只由一种或者几种数量极大的物种组成,而在未受干扰或者较为稳定的生境中,优势种往往由多种比例比较接近的物种组成^[33]。河口由于温度和盐度等环境因子梯度大,在这种生态条件下,能够适应的鱼类种类较少,但是一旦适应了这种环境其种群数量往往会较为可观。如葡萄牙 Mondego 河口^[34]、意大利莱切潟湖^[35],澳大利亚西部一些河口^[36]、珠江口^[30]均有出现,而本研究中,个体数量最多的前4种鱼类就占了全部尾数的

80.22%。另外,POTTER等^[29]发现北半球温带河口区鱼类尾数以海洋鱼类为主。本研究中尽管盐度介于1.5~11.9,但出现的海洋鱼类不论是种类数目还是尾数或体质量,均是海洋洄游幼鱼占据首位,这说明了长江口仍是多种海洋洄游鱼类良好的索饵场和肥育场,对邻近海域鱼类的补充起着重要作用。

河口区作为海洋洄游鱼类良好的索饵场和肥育场,主要是河口能够提高海洋洄游鱼类的生长率和减少其被捕食的机会^[9],特别是在繁殖的高峰期,海洋鱼类对河口的利用也是一种减少种内斗争和种间竞争的策略^[37],但存在着海洋洄游鱼类完全依赖河口生境或者是策略性地选择利用河口生境这两种争论^[9]。从长江口的情况来看,至少部分海洋鱼类已经完全依赖河口生境,如本研究中出现的鳊,尽管起源于海洋鱼类^[19],其终生都生活在长江河口,在长江口已经作为河口定居种存在^[5],然而在欧洲不同的河口,鳊却出现降海洄游、河口定居性鱼类及海洋洄游鱼类几种不同的生态类群^[19]。

此外,本研究鱼类物种组成反映出5-9月间长江口鱼类群落结构的相对稳定性,每月数量或体质量生态类群的排序都反映出群落有明显的变动,反映了生态类群在群落中的地位不断变化。

从每网渔获量的月变动来看,5-8月间无论是数量还是体质量,均无显著性差异,这可能是由于长江口多数鱼类在9月后孵化较少因而幼鱼补充数量较少的原因。此外,8月后,由于长江淡水径流注入的减少^[38],该区域盐度呈上升趋势,变得更适合海洋洄游鱼类育肥,因而在春夏季孵化的海洋鱼类大量进入该水域索饵,所以每网的平均体质量和尾数总体都要高于5-8月。不过,杨伟祥等^[2]对长江口及邻近海域的调查发现,5-8月,鱼类栖息密度逐渐升高,9月略低于8月;而生物量为6月略低于5月,7-8月有较大增长,不过9月生物量略低于8月^[2]。这种分布格局可能与本研究区域的范围不同有关,也可能是目前长江口鱼类群落遭受长期过度捕捞及水利工程建设^[13,18]、水体环境污染恶化而变动^[39]的结果。

卢继武等^[10]用综合丰盛度方法对根据底拖网资料调查的长江口及邻近海域鱼类群落结构进行了分析,发现尾数或生物量均跟综合丰盛度有极显著的正相关性,而本研究中尽管采用了张网

调查,但也有相似的发现(表7),这可能与河口区鱼类群落组成的结构有关。研究认为河口区的鱼类能够较快地对气候变化或死亡风险加大而响应,因而在河口育肥场和邻近海域之间洄游^[40],如棘头梅童鱼优势度在6月达到高峰(73.27%),而9月最低(6.31%),龙头鱼各月优势度变化幅度也很大,5-6月龙头鱼还不是群落的优势种(<1%),然而至9月已跃居为第1优势种(59.33%)。FRONTIER^[41]认为不同物种个体数量的分布对生境变动的响应是有差异的,因而5-9月间同为海洋洄游鱼类的棘头梅童鱼与龙头鱼两者综合丰盛度比例不同的变化格局可能与两种鱼类对水域生态环境适应的差异有关,而李永振等^[42]通过珠江口鱼类群落的研究认为水环境条件的变化是造成鱼类群落变化的主要原因。不过优势种的种类更替并没有显著性差异,这可能是由于河口区严酷的环境所致^[43],能够大量生存的种类依然不多,也是长期自然选择的结果。由于综合丰盛度既考虑了尾数也考虑了体质量在群落中的作用,包含了更多的信息量,所以可以尝试在以后河口区鱼类群落的研究中多予应用。

从全球河口鱼类群落种类和数量分布的影响因子来看,一般温度和盐度是两个最大的影响因子^[35,44]。本研究中,基于尾数和体质量的多元统计分析表明,5-9月间鱼类群落有较高的相似性(>60%),基本反映了5-9月间调查区域的生境特别是温度盐度梯度变化较小有关,而排序方法能够很好地反映群落的变动^[45]。

3.3 同属鱼类生活史的差异

根据生态位竞争排斥原理,生态上类似的种很少能共存于一个生态位中,因而生活在一起的各个物种都必须有它们自己独特的生态位^[46]。如本研究中同为鲳科鲳属的银鲳(出现于5-8月)和灰鲳(出现于8-9月),尾数有明显的时间错位分布现象($\chi^2 = 339.4528, P = 0.0000$),这在意大利莱切潟湖也有出现,即相同科或者相同属鱼类在时间上出现明显的错位分布,因为生态位接近,时间错位分布可以减少对空间和食物资源的竞争^[35]。而鳀科鳀属的刀鲚和凤鲚的幼鱼则体现空间错位分布。刀鲚是一种溯河洄游鱼类,每年2月份亲鱼开始集群溯河洄游至淡水产卵^[47],幼鱼育肥至秋后或翌年入海^[48-49],据此推

测5-9月长江口的刀鲚年龄大多数至少为1+,意味着此时在淡水中孵化的当年生幼鱼尚未进入长江口索饵;而凤鲚主要是春季在河口咸淡水产卵^[5],幼鱼孵化后在河口或海洋水体中育肥,由此推断5-9月当年生凤鲚和当年生刀鲚基本不会同时在长江口育肥,以减少对相同资源(空间、食物)的竞争。

3.4 张网渔业管理的建议

多样性指数降低^[13]、CPUE下降^[13]、种群低龄化和小型化^[49-51]均反映出长江口鱼类资源处于衰退状态,为合理利用和保护其鱼类资源,必须采取积极的应对措施。按照上海市长江口的休渔方案,6月1日-8月15日为张网休渔期,但5月中旬就有大量经济鱼类幼鱼遭捕捞,而休渔期后的9月同样如此,鉴于长江口鱼类体形小型化、幼鱼数量比例较高的现状特征,目前的张网作业对经济鱼类幼鱼危害极大,绝大多数幼鱼尚未进入补充世代就遭受捕捞,并作为饲料鱼出售,价格一般只有每千克1元。为合理利用和保护长江口鱼类资源,有必要重新规划张网作业方式,控制最小网目并调整作业时间。

参考文献:

- [1] 沈国英,施并章. 海洋生态学[M]. 2版. 北京:科学出版社,2003:153-183.
- [2] 杨伟祥,罗秉征,卢继武,等. 长江口鱼类资源调查与研究[C]. 海洋科学集刊,1992,33:281-302.
- [3] 罗秉征,薛频,卢继武,等. 三峡工程对河口及邻近海域渔业影响的初步探讨[C]. 海洋科学集刊,1992,33:341-352.
- [4] WHITFIELD A K. Ichthyofaunal assemblages in estuaries: A South African case study[J]. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 1999, 9(2): 151-186.
- [5] 庄平,王幼槐,李圣法,等. 长江口鱼类[M]. 上海:上海科学技术出版社,2006.
- [6] POTTER I C, CLARIDGE P N, WARWICK R M. Consistency of seasonal changes in an estuarine fish assemblage[J]. Marine Ecology Progress Series, 1986, 32(2/3): 217-228.
- [7] FRANCA S, COSTA M J, CABRAL H N. Assessing habitat specific fish assemblage in estuaries along the Portuguese coast[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2009, 83(1): 1-12.
- [8] PRISTA N, VASCONCELOS R P, COSTA M J, et al. The demersal fish assemblage of the coastal area adjacent to the Tagus estuary (Portugal):

- relationships with environmental conditions [J]. *Oceanologica Acta*, 2003, 26(5-6): 525-536.
- [9] SELLESLAGH J, AMARA R. Environmental factors structuring fish composition and assemblages in a small macrotidal estuary (Eastern English Channel) [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2008, 79(3): 507-517.
- [10] 卢继武, 罗秉征, 薛频, 等. 长江口区鱼类群聚结构、丰盛度及其季节变化的研究 [J]. *海洋科学集刊*, 1992, 33: 303-338.
- [11] YU H C, XIAN W W. The environment effect on fish assemblage structure in waters adjacent to the Changjiang(Yangtze) River estuary (1998 - 2001) [J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2009, 27(3): 443-456.
- [12] 于海成. 长江口及邻近海域鱼类群落结构分析 [D]. 青岛: 中国科学院海洋研究所, 2008: 1-76.
- [13] 王幼槐, 倪勇. 上海市长江口区渔业资源及其利用 [J]. *水产学报*, 1984, 8(2): 147-159.
- [14] 田明诚, 沈友石, 孙宝铃. 长江口及其邻近海区鱼类区系研究 [J]. *海洋科学集刊*, 1992, 33: 265-280.
- [15] 张国祥, 张雪生. 长江口定置张网渔业调查 [J]. *水产学报*, 1985, 9(2): 186-198.
- [16] 郑颖, 戴小杰, 朱江峰. 长江河口定置张网渔获物组成及其多样性分析 [J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(20): 9510-9513.
- [17] 张衡, 陆健健. 鱼类多样性估算方法在长江口的应用 [J]. *华东师范大学学报: 自然科学版*, 2007, (2): 11-22.
- [18] 金显仕, 单秀娟, 郭学武, 等. 长江口及其邻近海域渔业生物的群落结构特征 [J]. *生态学报*, 2009, 29(9): 4761-4772.
- [19] ELLIOTT M, WHITFIELD A K, POTTER I C, *et al.* The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review [J]. *Fish and Fisheries*, 2007, 8(3): 241-268.
- [20] FROESE R, PAULY D. FishBase [EB/OL]. Taipei: Academia Sinica [2010 - 07]. <http://www.fishbase.org>, version.
- [21] 杨东莱, 吴光宗. 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.
- [22] 蒋玫, 王云龙, 沈新强, 等. 长江口中华鲟保护区鱼卵和仔鱼的分布特征 [J]. *生态学杂志*, 2009, 28(2): 288-292.
- [23] 蒋玫, 沈新强, 王云龙, 等. 长江口及其邻近水域鱼卵、仔鱼的种项组成与分布特征 [J]. *海洋学报*, 2006, 28(2): 171-175.
- [24] 伍汉霖, 邵广昭, 赖春福. 拉汉世界鱼类名典 [M]. 1版. 台北: 水产出版社, 1999.
- [25] SOUSSI S, IBANEZ F, HAMADOU B R, *et al.* A new multivariate mapping method for studying species assemblages and their habitats: example using bottom trawl surveys in the Bay of Biscay (France) [J]. *Sarsia*, 2000, 86: 527-542.
- [26] 李圣法. 东海大陆架鱼类群落生态学研究 - 空间格局及其多样 [D]. 上海: 华东师范大学, 2005: 42-43.
- [27] 余世孝. 非度量多维标度及其在群落分类中的应用 [J]. *植物生态学报*, 1995, 19(2): 128-136.
- [28] 郁尧山, 张庆生, 陈卫民, 等. 浙江北部岛礁周围海域鱼类优势种及其种间关系的初步研究 [J]. *水产学报*, 1986, 10(2): 145-149.
- [29] POTTER I C, BIRD D J, CLARIDGE P N, *et al.* Fish fauna of the Severn Estuary. Are there long-term changes in abundance and species composition and are the recruitment patterns of the main marine species correlated [J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2001, 258(1): 15-37.
- [30] 詹海刚. 珠江口及邻近水域鱼类群落结构研究 [J]. *海洋学报*, 1998, 21(3): 91-97.
- [31] MATIONO E J, ABLE K W. Fish assemblages across the marine to low salinity transition zone of a temperate estuary [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2003, 56(5/6): 969-987.
- [32] BATTAGLIA B. Final resolution of the symposium on the classification of brackish waters [J]. *Archo Oceanography Limnology*, 1959, 11 (Suppl.): 243-248.
- [33] CABRAL H N, COSTA M J, SALGADO J P. Does the Tagus Estuary fish community reflect environmental changes [J]. *Climate Research*, 2001, 18(5): 119-126.
- [34] DOLBETH M, MARTINHO F, VIEGAS I, *et al.* Estuarine production of resident and nursery fish species: Conditioning by drought events? [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2008, 78(1): 51-60.
- [35] MACI S, BASSET A. Composition, structural characteristics and temporal patterns of fish assemblages in non-tidal Mediterranean lagoons: A case study [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2009, 83(4): 602-612.
- [36] HOEKSEMA S D, CHUWEN B M, POTTER I C. Comparisons between the characteristics of

- ichthyofaunas in nearshore waters of five estuaries with varying degrees of connectivity with the ocean [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2009, 85 (1): 22 - 35.
- [37] AMARA R, LAFFARGUE P, DEWARUMEZ J M, *et al.* Feeding ecology and growth of 0-group flatfish (sole, dab and plaice) on a nursery ground (Southern Bight of the North Sea) [J]. *Journal of Fish Biology*, 2001, 58(3): 788 - 803.
- [38] 桂建国. 水位管理系统 [EB/OL]. <http://yu-zhu.vicp.net>.
- [39] 沈新强, 晁敏, 全为民, 等. 长江河口生态系现状及修复研究 [J]. *中国水产科学*, 2006, 17 (4): 624 - 630.
- [40] CHILDS A R, COELEY P D, NAESJE T F, *et al.* Do environmental factors influence the movement of estuarine fish? A case study using acoustic telemetry [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2008, 78 (1): 227 - 236.
- [41] FRONTIER S. Diversity and structure in aquatic ecosystems [J]. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 1985, 23: 253 - 312.
- [42] 李永振, 陈国宝, 孙典荣. 珠江口鱼类组成分析 [J]. *水产学报*, 2000, 24(4): 312 - 317.
- [43] JAUREGUIZAR A J, MENNI R, GUERRERO R *et al.* Environmental factors structuring fish communities of the Río de la Plata Estuary [J]. *Fisheries Research*, 2004, 66(2 - 3): 195 - 211.
- [44] HARRISON T D, WHITFIELD A K. Temperature and salinity as primary determinants influencing the biogeography of fishes in South African Estuaries [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2006, 66 (3 - 4): 335 - 345.
- [45] WARWICK R M, CLARKE K R. A comparison of some methods for analysing changes in benthic community structure [J]. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1991, 71(1): 225 - 244.
- [46] 林开敏, 郭玉硕. 生态位理论及其应用研究进展 [J]. *福建林学院学报*, 2001, 21(3): 283 - 287.
- [47] 管卫兵, 陈辉辉, 丁华腾, 等. 长江口刀鲚洄游群体生殖特征和条件状况研究 [J]. *海洋渔业*, 2010, 32 (1): 73 - 81.
- [48] 施德龙, 龚洪新. 关于保护长江口刀鲚资源的建议 [J]. *海洋渔业*, 2003, 25(2): 96 - 97.
- [49] 黎雨轩, 何文平, 刘家寿, 等. 长江口刀鲚耳石年轮确证和年龄与生长研究 [J]. *水生生物学报*, 2010, 34(4): 787 - 793.
- [50] 张衡, 何文珊, 童春富, 等. 崇西湿地冬季潮滩鱼类种类组成及多样性分析 [J]. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(3): 308 - 313.
- [51] 刘凯, 徐东坡, 张敏莹, 等. 崇明北滩鱼类群落 [J]. *长江流域资源与环境*, 2005, 14(4): 418 - 421.

Fish community structure of the Yangtze River Estuary in summer and autumn

SHEN Xin-qiang^{1*}, SHI Yun-rong^{1,2}, CHAO Min¹, HUANG Hou-jian^{1,2}, TANG Feng-hua¹

(1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090, China;

2. College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: For studying the fish community characteristics influenced by the habitat variation in Yangtze River Estuary, which could be used to determine how to manage its fish resources usefully, fishes from Yangtze River Estuary were collected during summer (the second half month of May to August 2010) and autumn (September 2010) every week (every half a month in the first half of August). During the study periods, 39 species belonging to 6 fish ecological guilds and 20 families, 12 orders were identified, most of them were marine migrant fishes (17 species) and estuarine resident species (14 species), and Engraulidae had the highest numbers of fishes (6 species), then followed by Gobiidae and Sciaenidae (4 species). Cochran and Friedman test was used to indicate that species composition or numbers of each guild in each month between May and September had no significant difference, respectively. Marine migrant taxa were both the most important guild of abundance or catch in each month, and average abundance or catch per net showed no statistical variations between May and August, but it was higher in September than that from May to August (except average abundance in July). Significant difference occurred in abundance or catch rank in each guild. Percentages of juveniles of 6 importantly commercial species (Big head croaker *Collichthys lucidus*, Japanese grenadier anchovy *Coilia nasus*, Osbeck's grenadier anchovy *Coilia mystus*, silver pomfret *Pampus argenteus*, dark pomfret *Pampus cinereus*, and Bombay duck *Harpodon nehereus*) were examined to exhibit the variability in rank-distributions, *C. lucidus* and *C. nasus* declined, by contrast, *C. mystus* increased, *P. argenteus* occurred from May to August, while *P. cinereus* was observed during August to September. *C. nasus* spawn in fresh water, but *C. mystus* breed in the Estuary, which would reflect the temporal or spatial segregation of species of fishes belonging the same genus and were considered the ecological lysimilar, implying that they may reduce the competition for food or space during peak recruitment. According to the synthetic abundance method, dominant species dominated more than 95% of synthetic abundance, but no significant difference was observed among dominant species composition in each month. In addition, cluster analysis and non-metric multi-dimension scaling plot ordination of Bray-curtis similarity method based on abundance and catch showed that community could be divided into 2 groups on 60% similarity level, group I consists of samples between May and the first half month of August, while group II consists of fishes from the second half month of August to September. When compared with the previous study, although Yangtze River has still been the nursery and feeding ground for importantly commercial fishes, community structure has varied, and the major difference that could be observed is that the absence of rare species such as hilsa herring *Macrura reevesii*, Chinese sturgeon *Acipenser sinensis*. The study might reflect the degradation of fish resources due to overfishing, water pollution and large-scale hydrological project construction.

Key words: fish community; set net; the Yangtze River Estuary

Corresponding author: SHEN Xin-qiang. E-mail: xinqiang_shen@hotmail.com