

长江下游镇江和畅洲北汊江段鱼类群落多样性研究

曹 过^{1,2}, 李佩杰², 王 媛², 杨彦平², 刘 凯^{1,2}

(1. 上海海洋大学水产与生命学院, 上海 201306;

2. 农业部长江下游渔业资源环境科学观测实验站 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏 无锡 214081)

摘要: 在和畅洲北汊开展鱼类资源调查评估, 丰富鱼类资源本底资料, 为长江中下游流域鱼类生物多样性保护及加强镇江长江豚类省级自然保护区就地保护工作提供科学依据。2015年2月至2016年1月, 采用定置张网采集渔获物, 每月监测2 d, 每天放网24 h。结果显示, 共采集鱼类48种, 隶属7目13科38属, 以鲤形目和鲈形目占优, 分别占总种类数的74.47%和10.20%; 鱼类生态类型以淡水定居性、杂食性、中下层占优; 群落优势种为鮰(*Parabramis pekinensis*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、似鱈(*Pseudobrama simonyi*); 渔获物规格以单尾均重50 g以下的鱼类占优; 基于渔获尾数的多样性特征值为: 丰富度指数(R)5.67, *Shannon-wiener*指数(H')2.68, 优势度指数(D)0.12, 均匀度指数(E)0.30; 聚类分析和非度量多维标度排序表明, 调查江段鱼类群聚在不同月份和种类间均存在极显著差异, 同时种间的分离程度在月份间低、在种类间高。

关键词: 和畅洲; 鱼类群落; 生态类型; 优势种; 聚类分析

中图分类号:S932.4 文献标志码:A 文章编号:1674-3075(2018)06-0073-08

和畅洲北汊江段位于长江下游江苏镇江长江豚类省级自然保护区内, 河道全长约15 km, 水域开阔, 鱼类资源丰富, 既包括青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)等传统经济鱼类, 也包括刀鲚(*Coilia nasus*)、鳗鲡(*Anguilla japonica*)、暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)、长吻𬶏(*Leiocassis longirostris*)等珍稀鱼类和中华鲟(*Acipenser sinensis*)、胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)等濒危物种。和畅洲是长江下游干流典型沙洲, 其周边水域是鱼类良好的产卵场和索饵场。和畅洲北汊是镇江长江豚类省级自然保护区的核心区, 存有一定数量长江江豚(*Neophocaena asiaeorientalis asiaeorientalis*) (朱孝锋等, 2015)。

鱼类是长江江豚主要饵料(Kimura et al., 2012)。保护镇江长江豚类省级自然保护区内的鱼类资源对长江豚的保护工作非常重要。然而受人类

活动的频繁干扰, 长江流域渔业资源急剧衰退, 主要表现为渔业捕捞量大幅下降(刘凯等, 2010), 濒危物种数量增加, 濒危程度加剧, 囊游性物种捕捞量急剧下滑, 部分物种渔汛消失(刘凯等, 2012; 郭弘艺等, 2017)。有关和畅洲北汊鱼类资源研究的历史资料罕见报道(朱孝锋等, 2015)。2015年2月~2016年1月, 作者在和畅洲北汊进行了鱼类资源调查评估, 丰富调查江段鱼类资源本底资料, 掌握鱼类资源现状, 并为长江中下游流域鱼类生物多样性保护及加强镇江长江豚类省级自然保护区就地保护工作提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 站位设置与样本采集

和畅洲北汊江段鱼类资源监测点见图1。调查方法依据《内陆水域渔业自然资源调查手册》(张觉民等, 1991), 使用定置张网采集鱼样。张网宽25 m、高6 m, 网目2 cm。单顶张网拦截面积150 m², 共6顶。每月监测2 d, 每天放网24 h, 共监测12个月。所有鱼类鉴定依据《江苏鱼类志》(倪勇等, 2006)鉴定到种, 并进行生物学测量, 全长、体长精确到0.1 mm, 体重精确到0.1 g。

1.2 分析方法

1.2.1 群落生态优势度 选用相对重要性指数(IRI)描述群落生态优势度(Pianka, 1971), 将IRI>1000定为优势种, 1000>IRI≥100定为重要种(林

收稿日期: 2017-08-02

基金项目: 农业财政专项“长江下游渔业资源与环境调查”(CJDC-2017-22); 长江下游及河口区水生生物与渔业资源环境监测重点站项目(2016)。

作者简介: 曹过, 1993年生, 男, 硕士研究生, 研究方向为渔业生态学。E-mail: 1075105087@qq.com

通信作者: 刘凯, 1980年生, 男, 研究员, 研究方向为渔业生态学。E-mail: liuk@ffrc.cn

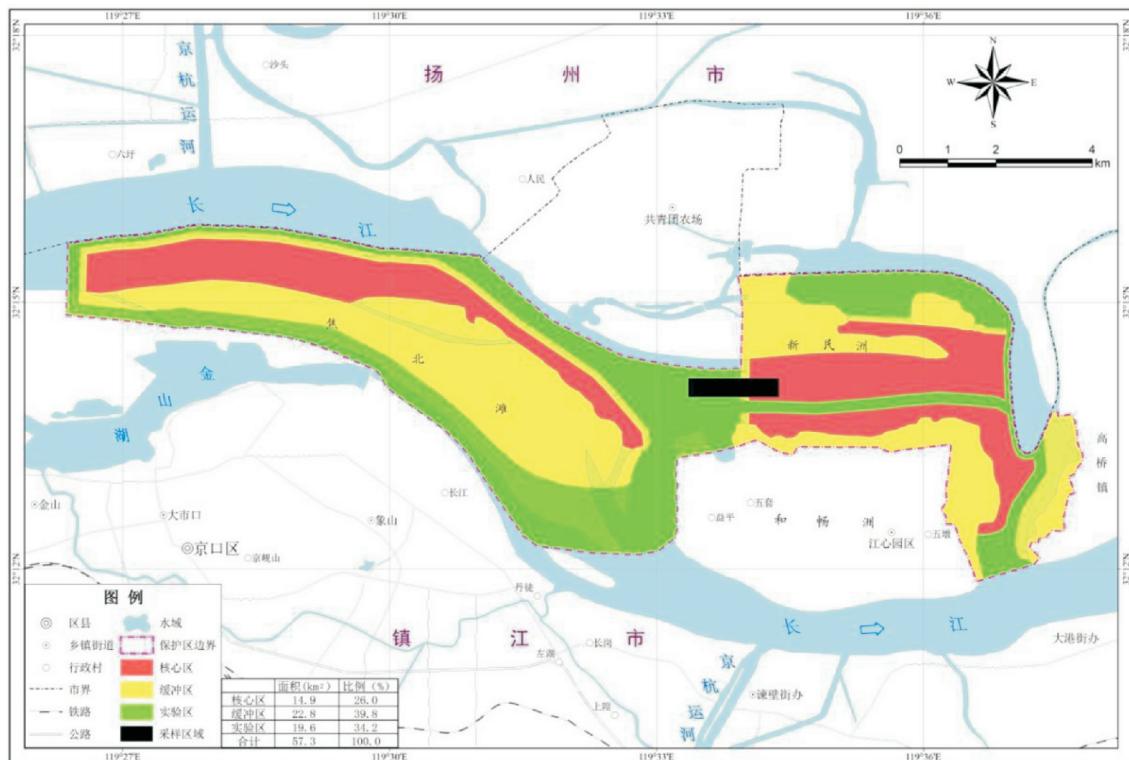


图1 鱼类资源监测点位

Fig.1 Location of the study area

小值等,2016)。计算公式:

$$IRI = (N + W) \times F \quad (1)$$

式中:N为各种类数量百分比,W为各种类重量百分比,F为各种类在所有抽样次数中的出现频率百分比。

1.2.2 群落多样性 选用 Margalef 丰富度指数(R)(Margalef, 1957)、Shannon-wiener 指数(H')(Shannon et al, 1949)、Dominant 优势度指数(D)(Simpson, 1988)、Pielou 均匀度指数(E)(Pielou, 1975)描述群落多样性特征。计算公式:

$$R = (S - 1) / \ln N \quad (2)$$

$$H' = -\sum (N_i / N) \ln(N_i / N) \quad (3)$$

$$D = \sum (N_i / N)^2 \quad (4)$$

$$E = H' / \ln S \quad (5)$$

式中: S 为群落中种类数量, N 为群落中所有种类个体数量, N_i 表示第*i*个种类的个体数量。

1.2.3 群落群聚特征 以和畅洲北汊江段鱼类种类和数量组成原始数据矩阵,样本为月份,变量为鱼类数量。以 Bray-Curtis 相似性系数为基础构建相似性矩阵,建立聚类分析图和 NMDS 平面图。根据应力指数(stress)(Clarke et al, 2001)检验 NMDS

分析结果的优劣。运用 ASNOSIM 分析(Clarke et al, 2006)检验类群之间的差异显著性,应用 SIMPER(李超等,2016)分析每种鱼对群落组内相似性和组间相异性的平均贡献率。为提高数据的正态性和方差齐性,降低极端数值的负面影响,将相关鱼类数据进行对数 $\log(x+1)$ 转化,并且只对鱼类数量百分比大于 1% 的种类进行聚类和排序分析(杨少荣等,2010)。

1.3 数据处理

在 Excel 2010 对所有数据进行基础统计分析,在 Past 中分析各多样性指数,在 PRIMER 5.0 进行 CLUSTER、NMDS、ANOSIM、SIMPER 分析。

2 结果与分析

2.1 群落组成

共采集鉴定鱼类 48 种,隶属 7 目 13 科 38 属(表 1)。渔获种类数 2 月最少(19 种)、10 月最多(29 种)。鲤形目种类数(36 种,占总渔获种类数的 75.00%)、重量(664.47 kg, 占总渔获重量的 95.15%)、数量(3 100 尾, 占总渔获数量的 89.88%)均占据绝对优势,其次为鲈形目。

表 1 调查江段鱼类组成
Tab.1 Fish species composition in the study area

渔获物	生态类型	相对重要性指数 IRI
鲱形目 Clupeiformes		
鳀科 Engraulidae	1.刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	C,U,D 250.85
鲤形目 Cypriniformes		
鲤科 Cyprinidae	2.棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	O,B,R 0.49
	3.鮈 <i>Parabramis pekinensis</i>	H,L,R 4559.49
	4.达氏鲌 <i>Culter dabryi</i>	C,U,R 0.80
	5.翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	C,U,R 357.59
	6.贝氏 tü 鲔 <i>Hemiculter bleekeri</i>	O,U,R 0.26
	7. tü 鲔 <i>Hemiculter leucisculus</i>	O,U,R 511.87
	8.草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	H,U,P 720.11
	9.赤眼鳟 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	O,U,R 108.83
	10.团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	O,L,R 0.52
	11.鳡 <i>Elopichthys bambusa</i>	C,U,P 162.25
	12.银鲴 <i>Xenocypris argentea</i>	H,B,R 634.24
	13.黄尾鲴 <i>Xenocypris davidi</i>	H,L,R 0.15
	14.细鳞鲴 <i>Xenocypris microlepis</i>	H,L,R 3.13
	15.圆吻鲴 <i>Distoechodon tumirostris</i>	H,L,R 0.14
	16.卿 <i>Carassius auratus</i>	O,B,R 714.75
	17.鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	O,B,R 803.71
	18.鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	F,U,P 4129.59
	19.麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	O,L,R 15.69
	20.飘鱼 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>	O,U,R 55.10
	21.青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	C,L,P 6.77
	22.黑鳍鳈 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	O,L,R 0.78
	23.华鳈 <i>Sarcocheilichthys sinensis</i>	O,L,R 22.22
	24.蛇𬶋 <i>Saurogobio dabryi</i>	O,L,R 22.73
	25.长蛇𬶋 <i>Saurogobio dumerili</i>	O,B,R 118.07
	26.似鮈 <i>Pseudobrama simony</i>	O,L,R 1153.84
	27.鱮 <i>Aristichthys nobilis</i>	F,U,P 1293.51
	28.花骨鱼 <i>Hemibarbus maculatus</i>	C,L,R 1.33
	29.斑条鱊 <i>Acheilognathus taeniatus</i>	O,U,R 226.26
	30.兴凯鱊 <i>Acheilognathus chankaensis</i>	O,U,R 111.40
	31.革条鱊 <i>Acheilognathus himantegus</i>	O,U,R 1.01
	32.红鳍原鲌 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	C,U,R 19.09
	33.麦瑞加拉鲮 <i>Cirrhinus mrigala</i>	O,B,R 0.18
	34.铜鱼 <i>Coreius heterodon</i>	O,B,P 5.44
	35.圆筒吻𬶋 <i>Rhinogobio cylindrcus</i>	C,B,R 0.14
	36.胭脂鱼 <i>Myxocyprinus asiaticus</i>	O,L,P 0.25
胭脂鱼科 Catostomidae		
鮀形目 Perciformes		
鳢科 Channidae	37.乌鳢 <i>Channa argus</i>	C,B,R 11.28
鮨科 Serranidae	38.鳜 <i>Siniperca chuatsi</i>	C,L,R 218.33
狼鲈科 Moronidae	39.中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	C,L,E 2.31
鮗科 Callionymidae	40.香斜棘鱼鮗 <i>Repmocenus olidus</i>	C,B,E 0.24
虾虎鱼科 Gobiidae	41.子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	C,B,R 0.73
鮀形目 Siluriformes		
鲿科 Bagridae	42.光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	O,B,R 70.43
	43.黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	O,B,R 10.79
	44.瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	O,B,R 76.85
	45.鮀 <i>Silurus asotus</i>	C,B,R 26.64
鳗鲡目 Anguilliformes		
鳗鲡科 Anguillidae	46.鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	C,L,D 0.39
鲻形目 Mugiliformes		
鲻科 Mugilidae	47.鲻 <i>Mugil cephalus</i>	O,L,E 7.52
鲽形目 Pleuronectiformes		
舌鳎科 Cynoglossidae	48.窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i>	O,B,E 17.15

注: U - 中上层, L - 中下层, B - 底层, D - 江海洄游性, P - 江湖半洄游性, E - 河口性, R - 淡水定居性, C - 肉食性, O - 杂食性, H - 植食性, F - 滤食性。

Note: U - Upper, L - Lower, B - Benthic, D - Migrate between marine and freshwater environments, P - Migrate entirely within freshwater, E - Estuarine, R - Residents, C - Carnivorous, O - Omnivorous, H - Herbivorous, F - Filter-feeding.

2.2 生态类型

按栖息水层划分,中下层(35.42%)、底层(33.33%)和中上层(31.25%)鱼所占比例差别小;按摄食类型分,杂食性鱼类占优(54.17%),依次为肉食性鱼类(29.17%)、植食性鱼类(12.50%)、滤食性鱼类(4.16%);按洄游习性分,淡水定居性鱼类占比高达72.92%,依次为江湖半洄游性鱼类(14.58%)、河口性鱼类(8.33%)、江海洄游性鱼类(4.17%)。

2.3 生态优势度

按周年调查数据统计,IRI指数大于100的鱼共17种,占渔获种类数的35.42%,其中优势种4种(鳊、鲢、鳙、似鳊)、重要种13种;数量和重量占总渔获物的比例分别为89.40%、96.57%。按月统计,生态优势度最高的分别为鳊和鲢,其中2~3月、5~7月为鳊,其余月份均为鲢。

2.4 渔获物规格

调查期间共测定鱼类2397尾。全长范围44.00~801.00 mm,均值(172.01 ± 102.84) mm;体长范围28.59~662 mm,均值(139.80 ± 85.87) mm;体重范围0.68~5170 g,均值(133.78 ± 433.22) g。其中重要种及优势种鱼类全长范围46.38~801.00 mm,均值(212.64 ± 90.65) mm,体长范围28.59~662 mm,均值(171.37 ± 75.73) mm,体重范围0.80~5170 g,均值(324.70 ± 439.93) g。尾均重50 g以下、50~100 g、100~500 g、500 g以上的种类数分别占总种类数的64.59%、16.66%、8.33%、10.42%。渔获物按月统计(图2):尾均重3月最大,渔获总重量与尾均重皆为2月最小,渔获总重量最大值则出现于8月。

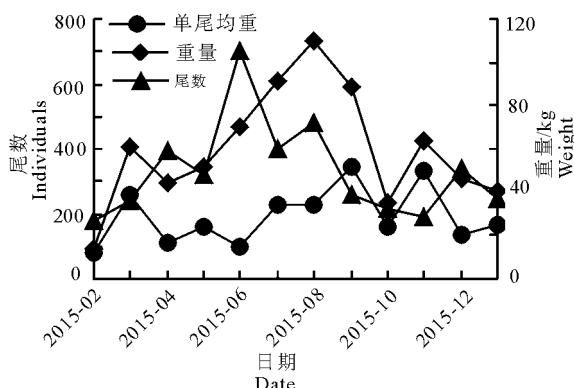


图2 渔获物按月统计

Fig.2 Statistics for monthly fish catches

2.5 多样性特征值

鱼类群落多样性指数见图3。

基于全年渔获尾数分析:丰富度指数(R)为5.67,Shannon-wiener指数(H')为2.68,优势度指数(D)为0.12,均匀度指数(E)为0.30。基于各月渔获尾数统计分析:4月群落多样性水平最低,具体表现为Shannon-wiener指数、均匀度指数为全年最低,而优势度指数最高;与之相反,10月多样性水平最高,表现为Shannon-wiener指数、丰富度指数为全年最高;均匀度指数最高点、优势度指数最低点均出现于9月;丰富度指数最低点出现于2月。

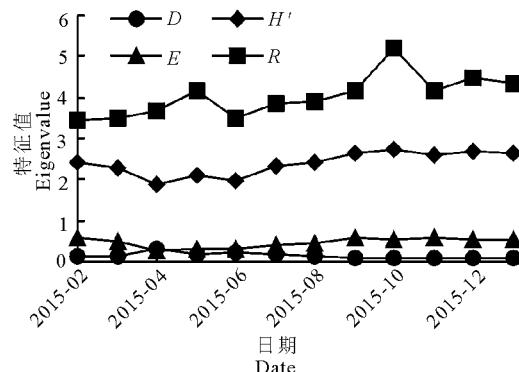


图3 调查江段鱼类群落多样性指数

Fig.3 Fish biodiversity in the study area

2.6 群落特征

2.6.1 按月份划分 等级聚类分析结果表明:在63.89%的相似性水平上将12个月划分成2个类群(图4):2~5月为类群I,其余月份为类群II;类群I中各月群落种类组成更为接近且大多月份均处于春季。经SIMPER分析,类群I与类群II累计贡献率大于90%的种类分别有18种、15种,其中类群I中对群落内贡献率 $\geq 4\%$ 的有11种、类群II中对群落内贡献率 $\geq 4\%$ 的有8种。类群I和类群II间差异系数为36.11%,两类群间差异累计贡献率大于90%的种类有32种,差异贡献率 $\geq 4\%$ 的种类有4种(表2)。

NMDS排序的应力指数为0.13,表明二维点阵图结果具有较好的解释意义。聚类分析的2个组群在NMDS图上能够清晰地表现在2个不同的区域中,标识为I群聚和II群聚(图4)。用ANOSIM进行差异显著性检验,结果 $R=0.39 < 1, P=0.002 < 0.01$,表明调查江段在不同月份鱼类群落结构存在极显著差异,同时种类间的分离程度较低。

2.6.2 按种类划分 对16种($IRI > 100$)鱼进行Cluster聚类和NMDS排序分析。NMDS排序的应力指数为0.18,表明二维点阵图对鱼类种间的相似关系具有一定的解释意义。16种鱼在47.28%的相

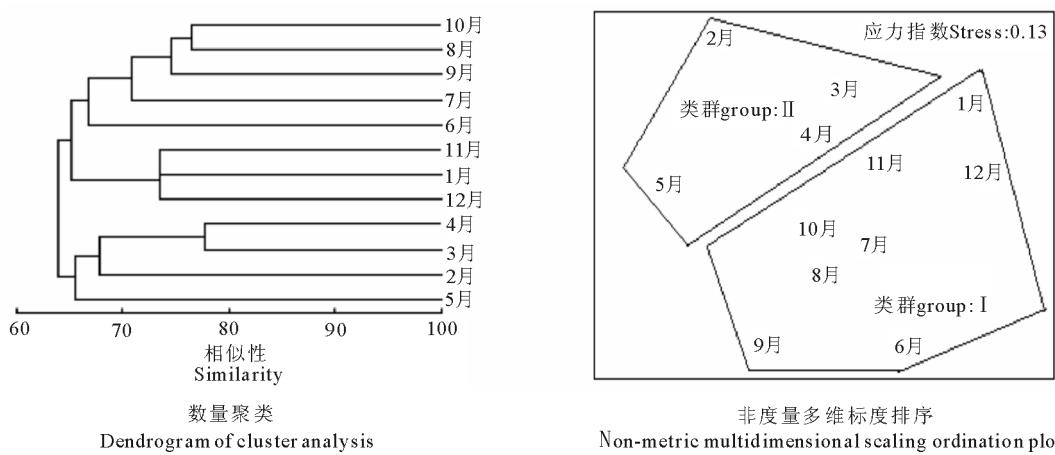


图 4 调查江段鱼类按月份等级聚类分析

Fig.4 Cluster analysis (left) and non-metric multidimensional scaling ordination plot (right) of the fish species by month in the investigated river section, between February 2015 and January 2016

表 2 SIMPER 分析贡献率 $\geq 4\%$ 的鱼类Tab.2 Fish species contributing $\geq 4\%$

in the SIMPER analysis

种类	平均相似性贡献率/%		组间平均差异贡献率/%
	I	II	
鳊	10.80	13.74	
似鳊	8.74	13.19	
鲢	7.87	6.92	
鲫	6.76	5.62	
银鲴	6.68		4.36
斑条鱥	6.56		
刀鲚	6.17	10.02	
餐	4.99	12.61	4.22
鲤	4.63		
翘嘴鮊	4.24		
鲻	4.03	4.63	
草鱼		5.70	
赤眼鳟			4.49
鳡			4.35
合计	71.47	72.43	17.42

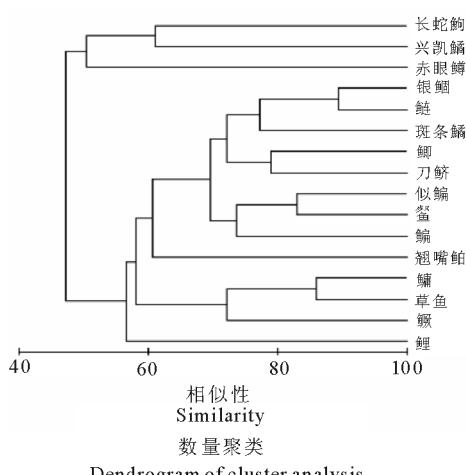


图 5 调查江段鱼类按种类等级聚类分析

Fig.5 Cluster analysis (left) and non-metric multidimensional scaling ordination plot (right) of the 16 fish species ($IRI > 100$) collected in the study area

似性水平上可分为 2 个类群(图 5)。ANOSIM 显著性检验结果, $R = 0.745 < 1$, $P = 0.002 < 0.01$, 表明 2 个群聚的鱼类群落结构存在极显著差异, 同时种间的分离程度高。

3 讨论

3.1 和畅洲北汊江段鱼类群落现状

历史报道显示, 长江江苏段共有鱼类 161 种(彭刚, 2006), 顾树信等(2006)、戴玉红等(2013)分别统计靖江江段有鱼类 123 种、148 种, 张敏莹等(2007)调查常熟江段有淡水鱼类 54 种。本研究和畅洲北汊江段鱼类种类数(48 种)虽高于朱孝锋等(2015)2013 年调查的 34 种, 但与其他江段相比偏低, 可能的原因包括调查周期较短、监测位点较少、网具存在差异等。

与长江其他水域鱼类组成特点(邓朝阳等,2013;刘凯等,2006)相近,调查江段鱼类体型趋于小型化,主要表现为:小型鱼类占优,例如鲫、鱊、鮈等单尾均重小于50 g的小型鱼占总种类数的64.59%,单尾均重大于500 g的大型鱼类仅占总种类数的10.42%;捕捞个体小型化,表现为鳡、鳜、鮈等大型鱼在渔获物中只有幼体(单尾均重依次为396.35、194.93、254.11 g)。

在外来扰动较多的生境中,优势种往往由1个或少数几个种类组成;与之相反,在干扰因素较少的生境中,优势种往往会由多个比例接近的种类组成(Cabral et al,2001)。本次调查IRI大于1 000的优势种仅4种,占总渔获数量、重量的49.56%、66.59%,可见和畅洲北汊江段优势种组成较为简单。出现这种现象的主要原因应该是鲢、鳙、鳊等优势种类是该江段主要放流对象,且调查江段紧邻洲滩,水文条件复杂,水生维管束植物丰富,为滤食性和植食性种类的聚集提供了有利的基础条件。

3.2 和畅洲北汊江段鱼类群聚特征

调查江段地处长江下游干流,为典型的感潮江段,是鱼类重要的洄游通道,因此,除了优势类群——定居性鱼类以外,还分布有刀鲚、日本鳗鲡等江海洄游性鱼类。与历史研究结果(茹辉军等,2010;张晓可等,2016)类似,该江段杂食性鱼类比例显著高于其他生态类型,而有所不同的是调查江段鱼类群落在空间上的生态位分布相对均匀。

在特定水域内,鱼类群落的划分是相对的(Gomes et al,2001)。在海洋鱼类群落结构研究中,各群聚间不具有明显的边界性,往往不同群聚间存在多个相同的种类(吕振波等,2011;沈新强等,2011)。本次调查鱼类群落结构在时间上被划分为群聚Ⅰ和群聚Ⅱ,并且两群聚中累计贡献率大于90%的共有种有13种,对群聚Ⅰ和群聚Ⅱ贡献率均大于4%的共有种有7种,且这些鱼在2个群聚中捕获量均较多,这表明调查江段鱼类群落结构在时间上的群聚也存在类似的边界模糊性。同时调查江段鱼类群落结构在种间的聚类也可分别两大群聚,其中群聚A包括了所有的优势种及部分重要种,群落优势度较高;群聚B中的鱼类均为重要种,群落优势度因此较低。

3.3 和畅洲北汊江段鱼类群落的时间格局

与长江下游其他江段调查结果(张敏莹等,2007;张敏莹等,2006)类似,和畅洲北汊江段鱼类群落的优势度较低,而丰富度、均匀度、多样性处于较

高水平,其中值得注意的是该江段鱼类群落丰富度显著高于张敏莹等对长江常熟段(2007)、安庆段(2006)的调查结果,这应与渔获种类数、渔获数量较高相关。除此之外,调查江段鱼类群落多样性水平的时间特征表现为夏秋两季较高其中10月最高,4月最低。主要原因是4月优势鱼类(似鳊、鳊)渔获数量占比高达63.29%,群落优势度向少数优势种集中,群落组成的均匀性下降,多样性水平偏低;而10月渔获种类数为全年最多(29种),相对于其他鱼而言,优势鱼类的优势度降低,群落优势度分布相对均匀,多样性水平较高,这与万安等(2016)对乌龙河、李其芳等(2016)对太湖鱼类群落多样性分析结果相近。

调查发现8月的渔获重量显著高于2月。主要原因是2月水温较低,鱼类活动强度弱,大多数鱼仍处于深水区越冬,而调查网具为近岸布设,因此捕获率低;8月水温较高,鱼类活动强度增强,大多数鱼集中于近岸水域索饵,捕获率上升,同时渔获物中包括大量补充群体,因此渔获重量为全年最高。与辛建美等(2017)、周兴安等(2016)、曲慧敏等(2017)、原居林等(2015)的研究结果相似,渔获数量的时间特征与渔获重量的类似,高点出现于6月,低点出现于2月。

参考文献

- 长江水系渔业资源调查协作组,1990.长江水系渔业资源[M].北京:海洋出版社.
- 戴玉红,顾树信,郭弘艺,等,2013.长江靖江段鱼类资源调查与开发[J].水产养殖,34(7):28-33.
- 邓朝阳,朱仁,严云志,2013.长江芜湖江段鱼类多样性及其群落结构的时空格局[J].淡水渔业,43(1):28-36.
- 顾树信,沈林宏,戴玉红,等,2006.长江靖江段鱼虾资源调查与分析[J].淡水渔业,36(4):34-36.
- 郭弘艺,刘东,唐文乔,等,2017.长江靖江段沿岸刀鲚的生长、死亡参数及种群补充[J].生态学杂志,36(10):2831-2839.
- 李超,张秀梅,陈平,等,2016.多元统计软件PRIMER在张网渔具种类选择性研究中的运用[J].中国海洋大学学报,46(8):37-46.
- 李其芳,严云志,储玲,等,2016.太湖流域河流鱼类群落的时空分布[J].湖泊科学,28(6):1371-1380.
- 林小植,李冬梅,刘焕章,等,2016.广东韩江潮州江段鱼类多样性及季节变化[J].生物多样性,24(2):185-194.
- 刘凯,张敏莹,徐东坡,等,2006.长江春季禁渔对崇明北滩渔业群落的影响[J].中国水产科学,13(5):834-

- 840.
- 刘凯,段金荣,徐东坡,等,2010.长江下游近岸渔业群落多样性时空特征[J].上海海洋大学学报,19(5):654–662.
- 刘凯,段金荣,徐东坡,等,2012.长江口刀鲚渔汛特征及捕捞量现状[J].生态学杂志,31(12):3138–3143.
- 吕振波,李凡,王波,等,2011.黄海山东海域春、秋季鱼类群落结构[J].水产学报,35(5):692–699.
- 倪勇,伍汉霖,2006.江苏鱼类志[M].北京:中国农业出版社.
- 彭刚,2006.长江江苏段渔业资源现状及保护对策[J].渔业经济研究,(5):18–21.
- 曲慧敏,王蕾,邱盛尧,2017.乳山近海渔业资源种类组成及变化[J].水产科学,36(3):323–329.
- 茹辉军,王海军,赵伟华,等,2010.黄河干流鱼类群落特征及其历史变化[J].生物多样性,18(2):169–174.
- 沈新强,史贊荣,晁敏,等,2011.夏、秋季长江口鱼类群落结构[J].水产学报,35(5):700–710.
- 万安,张晓可,谢枫,等,2016.低头坝养鱼对上下游局域栖息地和鱼类群落时空格局的影响[J].湖泊科学,28(1):178–186.
- 辛建美,原居林,储添江,等,2017.老虎潭水库鱼类群落结构特征、营养等级及鲢、鳙生长特性研究[J].水生态学杂志,(3):66–74.
- 杨少荣,高欣,马宝珊,等,2010.三峡库区木洞江段鱼类群落结构的季节变化[J].应用与环境生物学报,16(04):555–560.
- 原居林,李明,杨元杰,等,2015.浙江省义乌市岩口水库鱼类群落多样性分析及鲢、鳙生长特性研究[J].上海海洋大学学报,24(5):754–764.
- 张觉民,何志辉,1991.内陆水域渔业自然资源调查手册[M].北京:农业出版社.
- 张敏莹,徐东坡,刘凯,等,2006.长江安庆江段鱼类调查及物种多样性初步研究[J].湖泊科学,18(6):670–676.
- 张敏莹,徐东坡,段金荣,等,2007.长江常熟江段渔业群落结构及物种多样性初步研究[J].生态科学,26(6):525–530.
- 张晓可,于道平,王慧丽,等,2016.长江安庆段江豚主要栖息地鱼类群落结构[J].生态学报,36(7):1832–1839.
- 周兴安,乔永民,王赛,等,2016.洱海鱼类群落结构特征及其与环境因子关系[J].生态学杂志,35(6):1569–1577.
- 朱孝锋,包乐天,2015.镇江长江豚类保护区渔业资源调查[J].农业装备技术,41(1):40–42.
- Cabral H N, Costa M J, Salgado J P, 2001. Does the Tagus estuary fish community reflect environmental changes? [J]. Climate Research, 18:119–126.
- Clarke K R, Warwick R M, 2001. Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation[M]. Plymouth, UK: PRIMER-E Limited: 1–12.
- Clarke K R, Gorley R N, 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial[M]. Plymouth, UK: PRIMER-E Limited: 129–142.
- Gomes MC, Serrão E, Borges M D F, 2001. Spatial patterns of groundfish assemblages on the continental shelf of Portugal[J]. Ices Journal of Marine Science, 58:633–647.
- Kimura S, Akamatsu T, Li S, et al, 2012. Seasonal changes in the local distribution of Yangtze finless porpoises related to fish presence[J]. Marine Mammal Science, 28(2):308–324.
- Margalef D R, 1957. Information theory in ecology[J]. Gen Syst, 3:36–71.
- Pianka E R, 1971. Ecology of the agamid lizard *Amphibolurus isolepis* in Western Australia[J]. Copeia, 3: 527–536.
- Pielou E C, 1975. Ecological diversity[M]. New York: Wiley: 1–165.
- Shannon C E, Weaver W, 1949. The mathematical theory of communication [M]. Urbana: University of Illinois Press: 117.
- Simpson E H, 1988. Measurement of Diversity[J]. Nature, 233:204–205.

(责任编辑 张俊友)

Study on Fish Community Diversity in the North of Hechangzhou Section of the Lower Yangtze River

CAO Guo^{1,2}, LI Pei-jie², WANG Yuan², YANG Yan-ping², LIU Kai^{1,2}

(1. College of Fisheries and Life, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, P.R.China;
2. Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the
Lower Reaches of Yangtze River, Freshwater Fisheries Research Center,
CAFS, Wuxi 214081, P.R.China)

Abstract: The Hechangzhou section of the Yangtze River includes the Zhenjiang provincial nature reserve for the finless porpoise and is an important spawning and feeding ground. In this study, we investigated and evaluated fish resources north of the Hechangzhou sandbar. The objectives were to add to the fish resource database for the area and gather information to better protect fish biodiversity in the middle/lower Yangtze River and conserve the Zhenjiang Provincial Nature Reserve for the finless porpoise. From February 2015 to January 2016, a monthly survey was conducted using stationary nets north of Zhenjiang Hechangzhou. A total of 48 fish species were collected, belonging to 38 genera, 13 families and 7 orders. The fish community was dominated by Cypriniformes (36 species) and Perciformes (5 species), accounting for 74.47% and 10.20% of the total species. In terms of ecological type, the fish community was dominated by freshwater sedentary species, omnivores and species preferring bottom water. Dominant species included *Parabramis pekinensis*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis* and *Pseudobrama simonyi* and catches were dominated by fish weighing <50 g. Margalef richness (*R*), Shannon-Wiener diversity (*H'*), Dominant (*D*) and Pielou evenness (*E*) indices of the fish community were, respectively, 5.67, 2.68, 0.12 and 0.30 and biodiversity varied significantly during the study period. Cluster analysis and non-metric multi-dimensional ordination, based on species and quantity, indicated that the fish community varied significantly with season and that fish clustered in two groups: Group I, from February to May in 2015, and Group II from June of 2015 to January 2016.

Key words: Hechangzhou section; fish community; ecological types; dominant species; cluster analysis