

东海大陆架鱼类群落的空间结构

李圣法^{1,2}, 程家骅^{1,2}, 严利平^{1,2}

(1. 农业部海洋与河口重点开放实验室, 上海 200090 2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200090)

摘要 根据 1997 ~ 2000 年东海大陆架水深 30 ~ 200 米海域 4 个航次的底拖网调查资料, 运用多元分析 聚类分析和非度量多维标度 (NMDS))、SIMPER 以及 BIO-ENV 方法分析了东海鱼类群落的空间格局以及与非生物环境因子之间的关系。结果表明, 东海大陆架海域鱼类群落在空间上可分为 3 个群落类型, 分别为东海近海群落、东海大陆架外缘群落以及这两个群落之间的东海大陆架混合群落。东海大陆架鱼类群落的种类组成沿着水深梯度的变化明显, 每种鱼类均有一定的水深范围。不同的流系具有不同的温盐特征, 影响了鱼类的分布及其洄游, 从而控制了不同鱼类群落类型的种类组成。东海大陆架鱼类群落类型中, 大陆架外缘群落类型各调查季节在空间分布和种类组成上相对稳定, 而东海近海群落类型和东海大陆架混合群落类型在夏季融合在一起, 其它季节保持各自的空间结构。同时东海陆架区只在一种群落类型中出现的鱼类相对较少, 多数鱼类同时出现在两个群落类型中或 3 个群落类型中, 但是它们相对较集中的区域明显不同, 在不同群落类型中的生物量和出现频率有很大的差异, 这些鱼类在其不同的生长发育阶段由于对海洋环境的不同需求, 它们根据繁殖或摄食需求而在东海陆架区范围内洄游以寻找最适的海洋环境, 因此对 3 个群落类型定义是相对的, 很难严格确定一个永久的鱼类群落地理区域, 以形成相互隔离的鱼类群落, 而且鱼类群落之间的边界随着季节不同发生变化。

关键词 东海; 大陆架 鱼类群落 空间结构 环境因素

文章编号 1000-0933 (2007) 11-4377-10 中图分类号 Q178, Q959 文献标识码 A

Spatial structures of fish communities on the continental shelf of the East China Sea

LI Sheng-Fa^{1,2}, CHENG Jia-Hua^{1,2}, YAN Li-Ping^{1,2}

1 Key Laboratory of Marine and Estuarine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China

2 East China Sea Fisheries Research Institute, CAFS, Shanghai 200090, China

Acta Ecologica Sinica, 2007, 27 (11) 4377 ~ 4386.

Abstract : We applied various multivariate statistical methods to analyze data collected from fisheries-independent bottom trawl surveys during 1997 to 2000 on the continental shelf (0 — 200m) of the East China Sea (ECS). The multivariate statistical analyses include cluster analysis, non-metric multidimensional scaling (NMDS)), SIMPER and BIO-ENV analyses. Based on the analyses, we identified spatial structures of fish communities and their relationships with environmental variables. Fish communities were classified into the three groups, offshore community in ECS, mixture community in ECS, and outer edge community of continental shelf in ECS. Fish community structures changed along depth gradients. Depth tended to be a limiting factor for the distribution of each fish species considered in this study. Currents had different characteristics of temperature and salinity and influenced the distribution and migration of fishes, and subsequently spatial and temporal structuring of fish species compositions. The spatial structure and compositions of fish

基金项目 底层生物资源补充调查和评价项目

收稿日期 2006-12-19 ; **修订日期** 2007-10-11

作者简介 李圣法 (1969 ~), 男, 江苏人, 博士, 副研究员, 主要从事海洋生态学和渔业资源研究. E-mail : shengfa@sh163.net

Foundation item The project was financially supported by complementary survey and assessment on demersal living resources

Received date 2006-12-19 ; **Accepted date** 2007-10-11

Biography LI Sheng-Fa, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in marine ecology and fisheries resources study. E-mail : shengfa@sh163.net

species in the outer edge community remained relatively stable over all seasons. However, for the offshore and mixture communities, their boundaries disappeared in the summer, but maintained in other seasons. There were only a few species that were solely found in one community. The depth ranges of different fish species overlapped, but biomass and presence/absence of the species varied significantly along depth gradients. Different fish species tended to have different optimal habitats. Moreover, for a given fish species they might require different habitats in different stages of their life history. Thus, they might migrate within the continental shelf area to search optimal habitats. As a result, classification of the three communities should be considered relative, and the boundary between fish communities could change with seasons. We concluded that the determination of permanent geographic distribution area of fish community might not be possible.

Key Words :continental shelf ;East China Sea (ECS) ;fish communities ;spatial structures ;habitat ;and environmental variables

东海是西北太平洋北部一个较开阔的陆缘海,东海大陆架宽阔,略呈扇形。东海常年受到长江、钱塘江等江河入海径流以及黑潮暖流等流系的共同影响,为东海提供了丰富的生源要素。优良的自然环境条件造就了丰富的鱼类物种多样性,是我国重要的天然渔场。我国从 20 世纪 50 年代以来,对东海大陆架的某些海域进行了渔业资源调查,不少学者等对东海某些水深范围的鱼类组成及区系特征进行了研究^[1-5]。由于研究海域的空间尺度、调查时间不同,还不能反映东海大陆架鱼类群落结构的特征。

1997 ~ 2000 年进行的东海大陆架海洋生物资源调查是历年来调查范围最大的一次。本文根据该调查的底拖网采样鱼类生物量数据,运用聚类分类和非度量的多维 (标/尺) 度方法分析鱼类群落空间格局特征。研究目的主要有: () 划分东海鱼类群落的类型; () 阐明各群落类型的主要特征鱼类组成; () 分析影响东海鱼类群落格局的主要环境因子。

1 材料与方法

1.1 取样

1997 ~ 2000 年在东海大陆架从机轮拖网禁渔区线至 200m 等深线海区 (6°00' ~ 33°00'N、120°30' ~ 128°00'E) 每经度 30'、纬度 30' 设置一个站位,共设置 138 个站位 (图 1),运用“北斗号”渔业资源调查船进行了 4 次底拖网调查,各次调查站位不尽相同 (表 1)。调查网具为四片式底拖网,网口周长 83. 6m,网口目数 836,网囊网目 24mm,网长 78. 2m。每站拖网 1 小时,对鱼类进行种类鉴定,一般鉴定到种,对每一种类进行称重计数,换算为每小时的样品重量 (用生物量表示,单位 kg/h)。同时现场用 Seabird 公司的 CDT 测定了水深、温度和盐度等环境因子的数据。

1.2 分析方法

由于有些种类出现的频率和生物量均相对较低,对群落多元分析的结果影响不大,因此对各季节的鱼类进行了筛选,按各季节鱼类总的生物量排序,选取生物量占总生物量比例超过 0. 1%,且其出现频率大于 5% 的种类作为分析对象,构成了“站位 × 种类生物量”矩阵。

对各站位各鱼类的生物量进行四次方根转换,计算调查站位间 Bray-Curtis 相似性系数。然后采用等级聚类 (朱加权的组平均方法,即 UPGMA) 的分类方法和非度量多维标度 (non-metric multidimensional scaling,简称 NMDS) 的排序方法分析调查站位的鱼类组成特征^[6,7]。由于这两种方法的自然互补,它们可共同成为分析群落格局的有效工具,并互相验证两种方法分析结果的正确性^[8]。检验 NMDS 分析结果的优劣用胁强系数 (stress) 来衡量,通常认为 stress < 0. 2 时,可用 NMDS 的二维点图表示,其图形有一定的解析意义;stress < 0. 1

表 1 1997 ~ 2000 年各季节东海底拖网调查站位数
Table 1 Numbers of sampling stations on the continental shelf of ECS during 1997 to 2000

季节 Seasons	调查日期 Date of survey	站位数 Sample numbers
秋季 Autumn	1997-10-10 ~ 12-06	131
春季 Spring	1998-03-22 ~ 05-08	133
夏季 Summer	1999-06-18 ~ 08-13	119
冬季 Winter	2000-01-04 ~ 03-11	74

时,可以认为是一个好的排序, $\text{stress} < 0.05$ 时,具有很好的代表性^[9]。

应用非参数的相似性分析 (analysis of similarities, 简称 ANOSIM) 检验各分类和排序分组之间的差异显著性。同时用 SIMPER (similarity percentages) 方法分析各鱼类对样本组内相似性和组间相异性的平均贡献率,将贡献率 $\geq 5\%$ 的鱼类定义为主要特征种类。用 BIOENV 过程计算鱼类组成矩阵与底层水温、底层盐度以及分布水深等非生物环境因子的相似性矩阵 (基于欧氏距离计算) 之间的加权 Spearman 秩相关系数 (r_s),选择相关系数最高时的环境因子作为与鱼类群落结构关系密切的环境因子。上面的数据处理使用 PRIMER5 软件进行^[1]。

此外还运用单因素方差分析方法 (ANOVA) 检验组间水深、底层水温、底层盐度等非生物环境因子之间的差异显著性,并用最小显著法 (SR 法) 中的新复极差检验 (SR 检验,即 Duncan 法) 进行组间环境因子的多重比较^[10]。

2 结果

2.1 种类筛选

调查过程中共出现的鱼类有 353 种,隶属于 29 目、121 科、239 属,其中以鲈形目种类数为最多,其次为鲹形目种类数。各调查季节的出现鱼类分别为 207 种 (春季)、187 种 (夏季)、246 种 (秋季) 和 200 种 (冬季),其中生物量不低于 0.1%,且出现率不低于 5% 的鱼类分别为 41 种 (春季)、28 种 (夏季)、63 种 (秋季) 和 66 种 (冬季)。

2.2 各季节鱼类群落的划分

根据各站位的鱼类组成进行聚类分析和 NMDS 排序的结果基本相似 (图 2),NMDS 排序的结果可用二维点阵图表示,其胁迫系数 (stress) 在 0.1 ~ 0.2 之间。春季、秋季和冬季分 3 个群落类型,夏季分为 2 个群落类型,分别表示为群落 I、群落 II 和群落 III。相似性分析 (ANOSIM) 表明各季节不同群落类型之间以及两两群落类型间的鱼类组成均呈极显著差异,因此这样的群落划分是可行的。

依据各群落类型的空间分布格局 (图 3),分别将这些群落类型定义为东海近海群落 (春季、秋季和冬季的群落 I)、东海大陆架外缘群落 (各季节的群落 III) 以及两个群落类型之间的东海大陆架混合群落类型 (春季、秋季和冬季的群落 II)。夏季的群落 I 的空间分布包含了其它调查季节的东海近海群落和东海大陆架混合群落的分布海域。

东海近海群落分布于近海向东延伸至 125°00'E 附近,向南到 30°00'N 以北海域,由西北向东南延伸。春季主要布于 30°00'N 以北 126°00'E 以西海域,秋季的分布海域从近海向外延伸至 125°30'E 附近,向南延伸至 30°30'N 附近海域,同时在东海中南部的近海海域也有少量分布,冬季该群落主要分布于东海北部从近海向东延伸至 125°00'E 附近,向南到 31°00'N 附近,占据海域所有缩小。

东海大陆架外缘群落 4 个季节的分布海域相对稳定,主要分布于调查海域的最外缘海域,由东北向西南方向延伸。

东海大陆架混合群落则分布于上面两群落之间,空间分布从调查海域北部的狭窄带向西南部的近海延伸,其分布海域为 3 个群落中最大的。

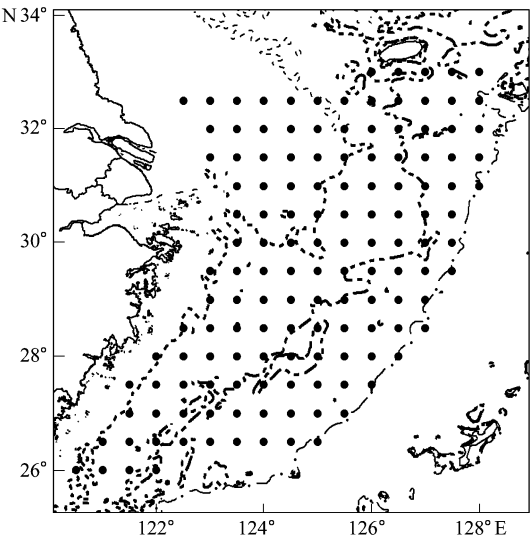


图 1 东海底拖网调查站位图

Fig. 1 Sampling stations on the continental shelf of ECS

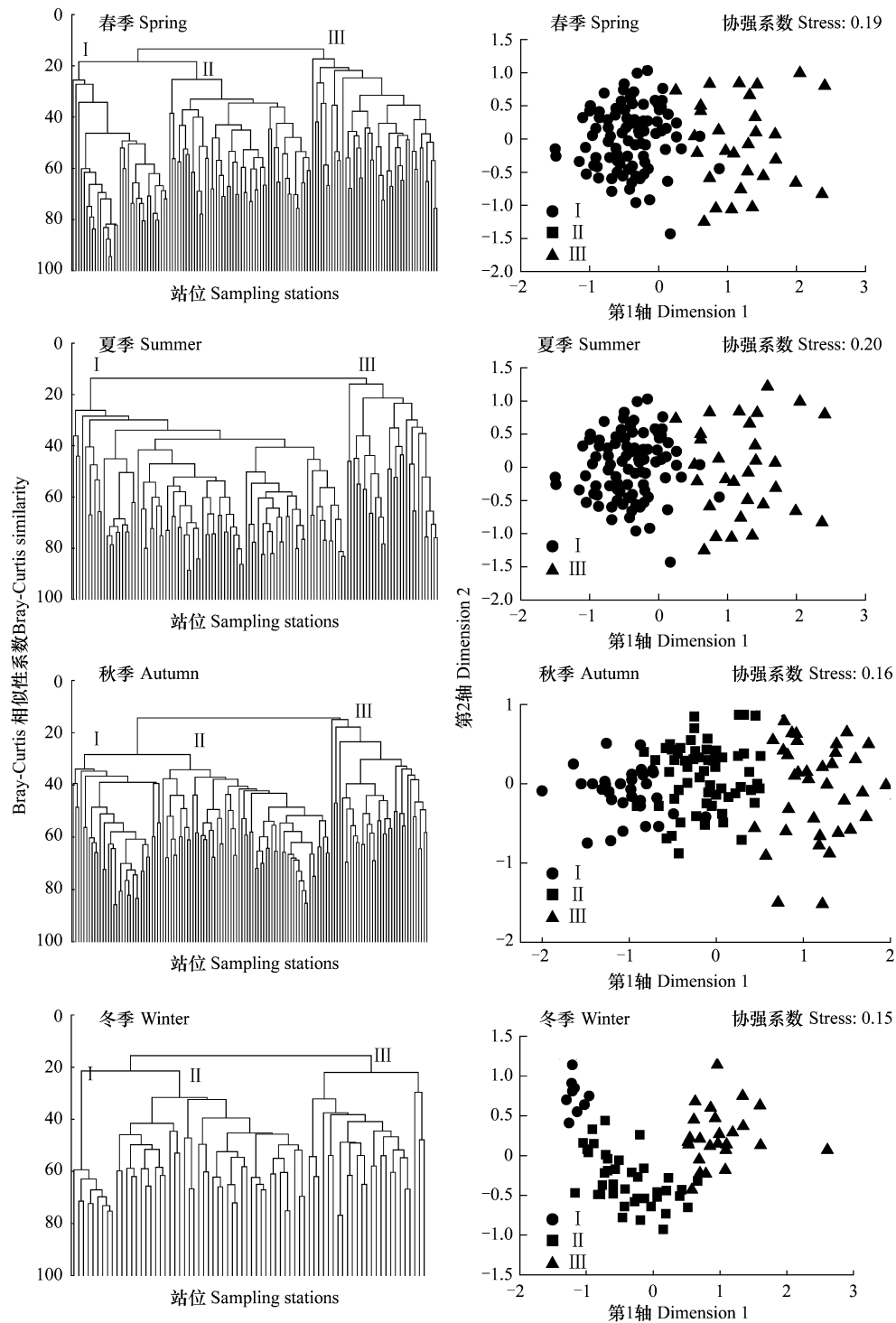


图2 各季节调查站位的聚类树状图 (左) 和 MDS 排序图 (右)

Fig. 2 Charts of cluster analysis (left) and MDS ordination analysis (right) of the sampling stations in each seasons

2.3 各群落类型的主要特征鱼类

2.3.1 东海近海群落

春季、秋季和冬季东海近海群落内的平均相似性为 45.81% ~ 49.77% ,主要特征鱼类为小黄鱼 *Larimichthys polyactis*、银鲳 *Pampus argenteus*、龙头鱼 *Harpadon nehereus*、黄鲫 *Setipinna taty*、鲮 *Engraulis japonicas*、细条天竺鲷 *Apogon lineatus* 等,其它一些鱼类仅为某一季节中的特征种类,如白姑鱼 *Argyrosomus*

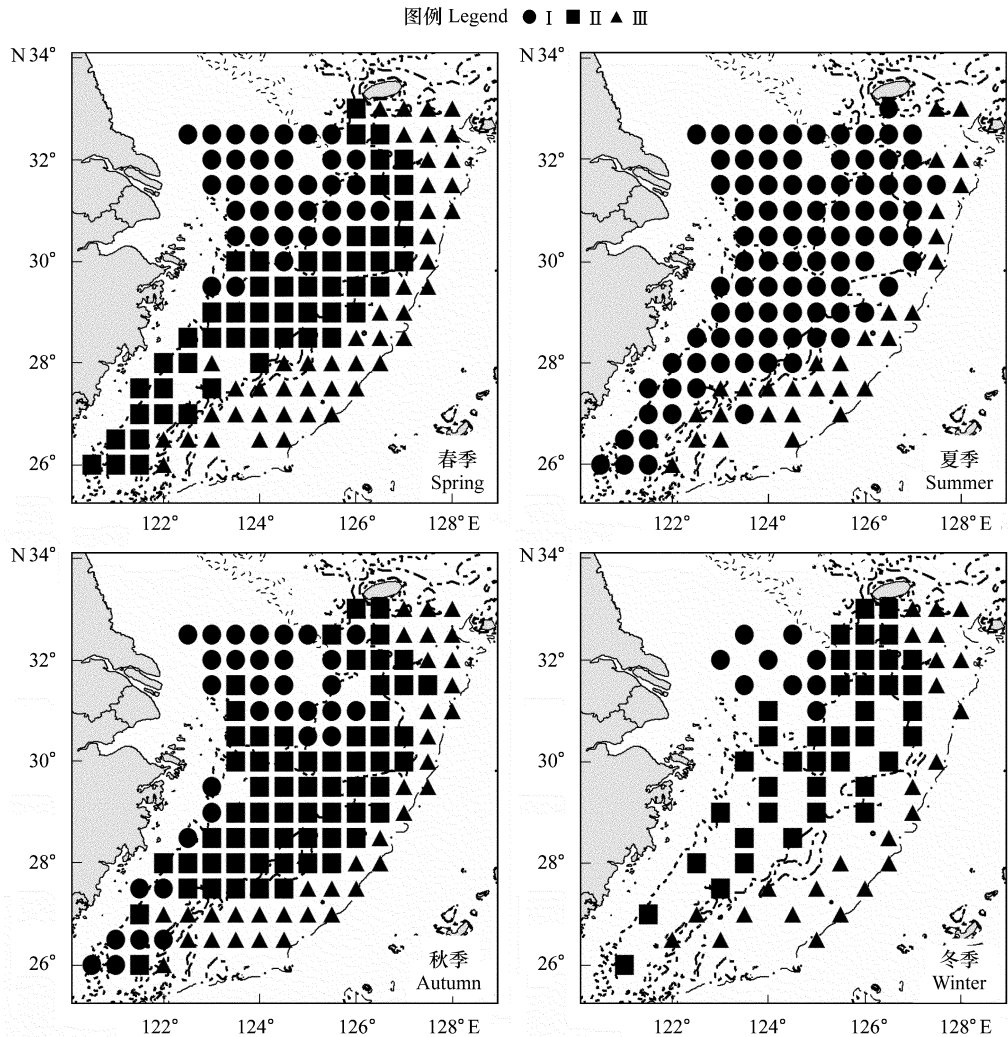


图3 各季节鱼类群落格局的空间分布

Fig. 3 Charts showing spatial patterns of fish communities on the continental shelf of ECS in each season

argentatus、黑鳃梅童鱼 *Collichthys niveatus*、小带鱼 *Eupleurogrammus muticus*、刀鲚 *Coilia ectenes* 等 (表 2)。

2.3.2 东海大陆架混合群落

春季、秋季和冬季东海大陆架混合群落内的平均相似性为 36.62% ~ 41.11%，主要特征鱼类为带鱼 *Trichiurus japonicus*、发光鲷 *Acropoma japonicum*、银鲳 *P. argenteus*、鰕齿鱼 *Champsodon capensis*，其它一些种类如油鲚 *Sphyraena pinguis*、刺鲳 *Psenopsis anomala*、小黄鱼 *L. polyactis* 等仅在某一季节中为特征种类 (表 2)。

2.3.3 东海大陆架外缘群落

东海大陆架外缘群落内的平均相似性为 27.15% ~ 36.46%，主要指标种为竹筴鱼 *Trachurus japonicus*、黄鳍马面鲀 *Thamnaconus hypargyreus*、高体若鲹 *Caranx equula*、黄鲷 *Dentex tumifrons*、叉斑狗母鱼 *Synodus macrops*、日本海鲂 *Zeus faber*、短尾大眼鲷 *Priacanthus macracanthus*、鰕齿鱼 *Champsodon capensis* 等。带鱼 *T. japonicus*、发光鲷 *A. japonicum*、贡氏红娘鱼 *Lepidotrigla guentheri*、条尾鲱鲤 *Upeneus quadrilineatus* 等仅在某一季节中为特征种类 (表 2)。

此外,夏季的群落 I 的主要特征鱼类为带鱼 *Trichiurus japonicus*、发光鲷 *Acropoma japonicum*、刺鲳 *Psenopsis anomala*、小黄鱼 *L. polyactis* 等,主要特征鱼类组成与其它季节的东海大陆架混合群落的特征鱼类组成较接近。

表 2 根据 SIMPER 分析得到的各鱼类群落类型中对平均相似性的贡献率 >5 % 的主要特征鱼类

Table 2 The indicator species contributing > 5 % within communities from SIMPER analysis

群落 Species	平均相似性 (%) Average similarity											
	49.77	39.16	45.81	65.03	36.62	41.11	38.40	30.00	27.15	32.45	36.46	
	I				II			III				
	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	春季 Spring	秋季 Autumn	冬季 Winter	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter	
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	18.83	5.14	18.59				8.96					
龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i>	15.75		11.02	20.05								
银鲳 <i>Pampus argenteus</i>	15.82		10.36	9.25	6.4	5.95	5.2					
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	12.43		5.59	13.3								
鳀 <i>Engraulis japonicus</i>	10.03										8.72	
魮鲷 <i>Erisphex pottii</i>	5.53			7.49								
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	5.15											
细条天竺鲷 <i>Apogon lineatus</i>			6.59	7.12								
灰鲳 <i>Pampus cinereus</i>			6.23									
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>			6.63									
黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys niveatus</i>				12.11								
刀鲚 <i>Coilia ectenes</i>				5.14								
小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>				7.64								
带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i>		50.11	10.87		26.33	27.97	20.04				7.4	
发光鲷 <i>Acropoma japonicum</i>		8.38			20.69	12.34	11.55			5.12		
油鲚 <i>Sphyraena pinguis</i>					9.89							
刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i>		13.18				9.25						
七星底灯鱼 <i>Benthosema pterotum</i>							6.78					
鳄齿鱼 <i>Champsodon capensis</i>						5.81	9.78	8.44	10.55			
竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>		7.46				6.89		12.49	9.55	8.88	6.38	
黄鳍马面鲀 <i>Thamnaconus hypargyreus</i>								10.35	7.99	14.07	5.29	
高体若鲹 <i>Caranx equula</i>								7.77		11.42	11.37	
黄鲷 <i>Dentex tumifrons</i>								6.82	6.8	6.99		
绿鳍马面鲀 <i>Thamnaconus septemtrionalis</i>								6.98				
叉斑狗母鱼 <i>Synodus macrops</i>								5.87	14.72		8.52	
深海红娘鱼 <i>Lepidotrigla abyssalis</i>								6.66	6.81			
日本海鲂 <i>Zeus faber</i>								5.8	12.33	7.93		
短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>								5.38	16.65			
贡氏红娘鱼 <i>Lepidotrigla guentheri</i>										5.67		
条尾绯鲤 <i>Upeneus quadrilineatus</i>											6.38	
棕斑腹刺鲀 <i>Gastrophysus spadiceus</i>											5.01	

2.4 鱼类群落与环境因子的关系

运用 BIOENV 方法分析表明,与单个环境因素的关系中,各季节鱼类群落的分布和水深的相关性最好 (春季 $r_w=0.607$ 、夏季 $r_w=0.464$ 、秋季 $r_w=0.616$ 和冬季 $r_w=0.651$) (表 3),而与底层水温、底层盐度的相互关系相对较小。与环境因素组合的关系中,鱼类群落的分布与水深和底层水温组合 (春季 $r_w=0.588$ 和冬季 $r_w=0.648$) 或水深和底层盐度组合 (夏季 $r_w=0.352$ 和秋季 $r_w=0.541$) 的相关性较好。在这些环境因素及其不同的组合因素中,鱼类群落的分布与水深的相互关系最为密切。

表 3 各季节 BIOENV 分析的环境因素与生物因素之间的相关系数 (r_w)

Table 3 BIOENV analysis giving the correlation (r_w) between environmental and biological variables in each season

项目 Item	春季 Spring	夏季 Summer	秋季 Autumn	冬季 Winter
单个因素 Single variable				
水深 Depth	0.607 *	0.464 *	0.616 *	0.651 *
底层水温 Bottom temperature	0.372	0.012	0.297	0.409
底层盐度 Bottom salinity	0.261	0.085	0.259	0.488
2 个因素 Double variables				
水深、底层水温 Depth and bottom temperature	0.588	0.296	0.540	0.648
水深、底层盐度 Depth and bottom salinity	0.505	0.352	0.541	0.631
底层水温、底层盐度 Bottom temperature and bottom salinity	0.358	0.081	0.356	0.493
3 个因素 Three variables				
水深、底层水温、底层盐度 Depth, bottom temperature and bottom salinity	0.520	0.264	0.516	0.638

* 最大相关系数 Maximum correlation denoted

2.4.1 水深

各季节从东海近海群落到东海大陆架外缘群落的平均分布水深逐渐增加 (表 4), ANOVA 分析表明不同群落类型间平均分布水深存在极显著差异 ($p < 0.001$), LSR 法的多重检验表明各组两两间平均水深都存在极显著差异 ($p < 0.001$)。

2.4.2 底层水温

各季节不同群落分布海域的平均底层水温的变化趋势不同 (表 4), 春季东海大陆架混合群落的平均底层水温最高, 东海近海群落最低, 夏季东海近海群落-东海大陆架混合群落的平均底层水温高于东海大陆架外缘群落, 秋季从东海近海群落到东海大陆架外缘群落的平均底层水温逐渐降低, 冬季平均底层水温从 I 东海近海群落到东海大陆架外缘群落逐渐增加。ANOVA 分析显示春季、秋季和冬季各群落间平均底层水温呈极显著差异 ($p < 0.001$), 夏季呈显著差异 ($p < 0.05$)。LSR 法的多重检验表明春季东海近海群落与东海大陆架混合群落、东海大陆架外缘群落之间平均底层水温都呈极显著差异 ($p < 0.001$), 东海大陆架混合群落和东海大陆架外缘群落间平均底层水温差异不显著 ($p = 0.805$) 秋季和冬季两两群落之间平均底层水温都呈极显著差异 ($p < 0.001$)。

表 4 各季节不同群落类型的环境因子特征

Table 4 The environmental factors of fish communities in each season

项目 Item		东海近海群落 Offshore community in ECS	东海大陆架混合群落 Mixture community	东海大陆架外缘群落 Outer edge community of continental shelf in ECS
水深 Depth (m)	春季 Spring	51.34 ± 14.98	82.21 ± 17.21	121.50 ± 22.90
	夏季 Summer	69.62 ± 23.62		121.97 ± 21.44
	秋季 Autumn	53.55 ± 19.72	84.69 ± 20.13	127.72 ± 21.70
	冬季 Winter	43.78 ± 7.24	79.92 ± 18.75	126.84 ± 17.23
底层温度 Bottom temperature (°C)	春季 Spring	12.30 ± 2.10	17.21 ± 2.61	17.09 ± 1.23
	夏季 Summer	19.11 ± 3.59		17.13 ± 1.25
	秋季 Autumn	22.32 ± 1.86	20.45 ± 2.25	18.28 ± 2.30
	冬季 Winter	13.44 ± 0.46	15.91 ± 1.42	17.78 ± 1.47
底层盐度 Bottom salinity	春季 Spring	32.46 ± 0.87	33.43 ± 0.77	33.93 ± 0.50
	夏季 Summer	33.77 ± 0.95		34.60 ± 0.08
	秋季 Autumn	33.19 ± 0.88	34.13 ± 0.33	34.44 ± 0.30
	冬季 Winter	32.50 ± 0.48	34.05 ± 0.53	34.66 ± 0.09

2.4.3 底层盐度

各季节从东海近海群落到东海大陆架外缘群落的底层盐度逐渐增加 (表 3),ANOVA 分析显示各季节群落间平均底层盐度均呈极显著差异 ($p < 0.001$),LSR 法多重检验表明除了秋季东海大陆架混合群落和东海大陆架外缘群落间平均底层盐度呈显著差异 ($p < 0.05$) 外,其余各季节两两群落间的平均底层盐度呈极显著差异 ($p < 0.001$) (表 4)。

3 讨论

3.1 东海鱼类群落类型的划分

本文研究了东海大陆架水深 30 ~ 200m 海域鱼类群落结构。沈金鳌和程炎宏^[1]将东海 120 ~ 1085m 水深范围内的鱼类群落分为东海大陆架 (外缘) 群落、东海大陆坡群落和冲绳海槽 (西侧) 群落等 3 个群落类型,其中东海大陆架 (外缘) 群落水深范围为 120 ~ 200m,与本研究中海东大陆架外缘群落的空间分布范围基本重叠,鱼类组成也较接近,这表明东海大陆架外缘群落是大陆架鱼类群落向深海鱼类群落转变的一个过渡类型。

李圣法等^[1]将东海北部 (29°30' ~ 33°00'N,122°30' ~ 128°00'E) 鱼类群落分为 3 个群落类型,李圣法等^[2]将东海中南部 (25°30' ~ 29°00'N,120°30' ~ 127°00'E) 鱼类群落分为两个群落类型,本研究的海域范围涵盖了这两个研究的海域,而且鱼类群落的空间格局也基本包含了这两个研究的群落类型,本研究的大陆架群落类型包含了中南部的近海群落类型与东海北部群落类型 II,本研究的东海大陆架外缘群落类型包含了中南部的 外海群落类型和东海北部的群落类型 III (外海)。

3.2 鱼类群落的空间格局与环境因素的关系

3.2.1 水深

在大陆架和斜坡海域鱼类群落的研究中,很多学者认为水深是影响鱼类群落结构变化的最主要环境因素,鱼类区系组成沿着水深梯度变化^[3]。在本研究分析的非生物环境因子中影响该水域鱼类群聚变化的主要环境因子为水深,东海近海群落主要分布于东海大陆架水深 60m 以浅的海域,东海大陆架混合群落主要分布于 60 ~ 110m 水深的海域,陆架外缘群落主要分布于水深 110m 以深的海域。每个群落类型均有特定的鱼类组成,而且从东海近海群落到大陆架外缘群落鱼类组成沿着水深的变化是非常显著的,每种鱼类均有一定的水深范围,虽然它们沿着水深交错分布,但是不同鱼类生物量和出现频率沿着水深存在明显的变化。

3.2.2 流系

东海鱼类群落的空间结构除了沿着水深梯度变化明显外,不同鱼类对温度和盐度的适应性不同,温度和盐度也影响着鱼类群落的空间结构。温度和盐度的影响主要体现在不同流系上,东海大陆架由于受到多个流系的共同影响^[1],包括了大陆沿岸水 (浙江、黄海)、长江冲淡水、黑潮暖流主支及其分支 (台湾暖流),以及沿岸流与黑潮暖流之间的陆架混合水。东海近海受江河径流注入的影响,形成广温、低盐的沿岸水系,水温的季节变化明显,盐度相对较低。分布于该海域的鱼类包括了典型的河口性鱼类 (如刀鲚、凤鲚)、近海性的鱼类 (如棘头梅童鱼、龙头鱼等) 以及一些季节性洄游的鱼类 (如小黄鱼、银鲳、带鱼等)。陆架外缘海域受黑潮暖流及其分支台湾暖流、黄海暖流的影响,常年保持着高温、高盐的特性,分布于该海域的鱼类大多为暖水性种类^[1],如黄鲷、日本海鲂、黄鳍马面鲀等,该海域的鱼类群落组成与近海鱼类群落组成差异非常明显。由黑潮暖流以及大陆沿岸水交汇混合变性而成的混合水,水温和盐度的季节变化明显,具有广温、广盐的特性,且存在很强的变异性,栖息于该海域的鱼类对温、盐度的适应性较强,分布范围较广,一般具有明显的洄游特性,如带鱼、小黄鱼、竹筴鱼、发光鲷等。

3.2.3 其它因素

其它一些环境因子 (如光照、水压、水团特征、底质类型、温跃层特征、溶解氧等) 与水深的变化有着密切的关系,它们可能以不同的组合在某种程度上影响鱼类群聚结构^[2],同样在东海可能还有其它环境因子影响鱼类群聚的空间结构。

鱼类群落中各种类的分布格局的时空间变化反映了潜在的营养关系,种类分布和数量的季节和年间变化

改变了鱼类群落中种类组成,鱼类群落的区域变化也可能是营养资源变化的结果^[3]。由于群落内不同种类在空间上共存,彼此间有较强的相互作用。所以种类的空间群落格局是潜在的重要生态单元,也许具有明显的营养结构,并对人类行为、环境变化或食物资源的变化产生不同的反应。然而,有关东海底层鱼类的食物组成的文献主要集中于主要的经济种类^[4],其它的许多种类则没有记录,故以食物组成来比较群落是困难的^[5]。虽然从本文的分析中并不能得出东海鱼类群落的种间关系特征,但还是可以为以后的研究提供了参考。

3.3 东海鱼类群落结构的稳定性和边界的模糊性

许多研究表明在一定的时间范围内,大陆架和大陆坡的底层鱼类群落格局具有高度的稳定性^[3,17,26],主要表现为站位组和种类组成上具有高度的空间连续性 (spatial consistency)^[7],而且随着时间的变化,各群落 (群聚) 的种类组成具有相对的持续性 (persistence,如群聚随着时间变化维持其种类组成的能力),群聚组成的变化是微弱的^[8],在一定时间段内 (几年至十几年) 具有稳定的群聚边界^[3]。这样的空间上相对稳定的群落 (群聚) 是重要的生态单元,一些作者将这样的生态单元叫做 APU (群聚生产单元,Assemblage Production Unit)^[9],这种生态单元的确定是根据相对重要性对一系列种类的选择,而这种选择又是依据它们在整个群落的营养关系中起的重要作用进行的,而且必须确认那些种类中的功能营养联结。不同鱼类群落内种类的共存不是一种偶然的现象,而是体现了这些种类间的某些机制,一方面反映了这些种类对栖息环境条件的需求是相似的,同时也间接地反映了它们之间的某些种间关系 (如共存、捕食-被捕食关系、竞争等),从而使鱼类群落的结构在较长的时间段内保持稳定^[7]。

东海大陆架鱼类群落的 3 个类型中,大陆架外缘群落所有调查季节空间和种类组成上保持了相对稳定,而东海近海群落类型和东海大陆架混合群落类型在夏季融合在一起,其它的调查季节 (春季、秋季和冬季) 中则保持各自的空间结构。

本研究中发现东海陆架区只在一种群落类型中出现的鱼类相对较少,东海陆架区的多数鱼类同时出现在两个群落类型中或三个群落类型中,这些鱼类交错分布,但是它们相对较集中的区域明显不同,在不同群落类型中的生物量和出现频率有很大的差异,这些鱼类在其不同的生长发育阶段由于对海洋环境的不同需求,根据繁殖或摄食需求而在东海陆架区范围内洄游以寻找最适的海洋环境,因此对 3 个群落类型定义是相对的,很难严格确定一个永久的鱼类群聚地理区域,以形成相互隔离的鱼类群落^[8],而且鱼类群落之间的边界随着调查季节不同发生变化^[8]。

References :

[1] Zhu Y D, Zhang C L, Cheng Q T. Fishes in the East China Sea. Beijing :Science Press, 1963. 1—462.

[2] Deng S M, Xiong G Q, Zhan H X. A study on the fish fauna of the outer edge of the continental shelf in the East China Sea. Scientific Reports of the East China Sea Fisheries Research Institute, 1982, 15 :1—19.

[3] The Ministry of Agriculture, farming and fishery, the fishery headquarters of the East China Sea Region. The fisheries resources survey and divisions. Shanghai :East China Normal University Press, 1987. 207—212.

[4] Shen J A, Cheng Y H. A Study on the deep sea demersal fish communities and their structure in the East China Sea. Journal of Fisheries of China, 1987, 11 (4) :293—306.

[5] Jin X, Xu B, Tang Q. Fish assemblage structure in the East China Sea and southern Yellow Sea during autumn and spring. Journal of Fish Biology, 2003, 62 :1194—1205.

[6] Field J G, Clarke K R, Warwick R M. A practical strategy for analysing multispecies distribution patterns. Marine Ecology Progress Series, 1982, 8 :37—52.

[7] Clarke K R, Warwick R M. Change in marine communities :an approach to statistical analysis and interpretation (2nd ed.). PRIMPER-E : Plymouth , 2001.

[8] Brazner J C, Beals E W. Patterns in fish assemblages from coastal wetland and beach habitats in Green Bay, Lake Michigan :A multivariate analysis of abiotic and biotic forcing factors. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1997, 54 :1743—1761.

[9] Khalaf M A, Kochzius M. Changes in trophic community structure of shore fishes at an industrial site in the Gulf of Aqaba, Red Sea. Marine Ecology Progress Series, 2002, 239 :287—299.

[0] Li C X, Wang Z H, Wang W L. Biostatistics (2nd ed.). Beijing :Science Press, 2001. 81 — 90.

[1] Li S F, Yan L P, Li C S, *et al.* The analysis of fish composition pattern in the northern East China Sea. Journal of Fisheries of China, 2004, 28 (4) :384 — 392.

[2] Li S F, Cheng J H, Yan L P. The spatial pattern of the fish assemblage structure in the mid-southern East China Sea. Acta Oceanologica Sinica, 2005, 25 (1) :1 — 9.

[3] Colvocoresses J A, Musick J A. Species associations and community composition of middle Atlantic Bight continental shelf demersal fishes. Fishery Bulletin, 1984, 82 (1) :295 — 313.

[4] Mahon R, Brown S K, Zwanenburg K C T, *et al.* Assemblages and biogeography of demersal fishes of the east coast of North America. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1998, 55 :1704 — 1738.

[5] Bianchi G. Demersal assemblages of the continental shelf and upper slope of Angola. Marine Ecology Progress Series, 1992, 81 :101 — 120.

[6] Jay C V. Distribution of bottom-trawl fish assemblages over the continental shelf and upper slope of the U. S. west coast, 1977 — 1992. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1996, 53 :1203 — 1225.

[7] Gaertner J C, Chessel D, Bertrand J. Stability of spatial structures of demersal assemblages :a new approach. Aquatic Living Resources, 1998, 11 :75 — 85.

[8] Connell S D, Lincoln-Smith M P. Depth and the structure of assemblages of demersal fish :experimental trawling along a temperate coast. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 1999, 48, 483 — 495.

[9] Tang Y X. Distributional features and seasonal variations of temperature fronts in the East China Sea. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1996, 27 (4) :436 — 444.

[10] Ichikawa H, Beardsley R C. The current system in the Yellow and East China Seas. Journal of Oceanography, 2002, 58 :77 — 92.

[11] Lie H, Cho C. Recent advances in understanding the circulation and hydrography of the East China Sea. Fisheries Oceanography, 2002, 11 (6) :318 — 328.

[12] Moranta J, Stefanescu C, Massuti E, *et al.* Fish community structure and depth related trends on the continental slopes of the Balearic Islands (Algerian Basin, western Mediterranean). Marine Ecology Progress Series, 1998, 171 :247 — 259.

[13] Garrison L P. Spatial and dietary overlap in the Georges Bank groundfish community. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2000, 57 :1679 — 1691.

[14] Deng J Y, Zhao C Y. Marine fishery biology. Beijing :Agriculture Press, 1991. 25 — 27.

[15] Jacob W, McClatchie S, Probert P K, *et al.* Demersal fish assemblages off southern New Zealand in relation to depth and temperature. Deep-Sea Research I, 1998, 45 :2119 — 2155.

[16] Mahon R, Smith R W. Demersal fish assemblages on the Scotian Shelf, Northwest Atlantic :Spatial distribution and persistence. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1989, 46 (Suppl. 1) :134 — 152.

[17] Gomes M C, Serrão E, Borges M F. Spatial patterns of groundfish assemblages on the continental shelf of Portugal. ICES Journal of Marine Science, 2001, 58 :633 — 647.

[18] Labropoulou M, Papaconstantinou C. Community structure and diversity of demersal fish assemblages :the role of fishery. Scientia Marina, 2004, 68 (Suppl. 1) :215 — 216.

[19] Tyler A V, Gabriel W L, Overholtz W J. Adaptive management based on structure of fish assemblages of northern continental shelves. Canadian Special Publication of Fisheries, 1982, 59 :149 — 156.

参考文献：

[1] 朱元鼎,张春霖,成庆泰. 东海鱼类志. 北京 科学出版社, 1963. 1 ~ 462.

[2] 邓思明,熊国强,詹鸿禧. 东海大陆架外缘鱼类区系研究. 东海水产研究所研究报告,1982, 15 :1 ~ 19.

[3] 农牧渔业部水产局,农牧渔业部东海区渔业指挥部. 东海区渔业资源调查和区划. 上海 华东师范大学出版社,1987. 207 ~ 212.

[4] 沈金鳌,程炎宏. 东海深海底层鱼类群落及其结构的研究. 水产学报,1987, 11 (4) :293 ~ 306.

[0] 李春喜,王志和,王文林. 生物统计学 (第二版). 北京 科学出版社,2001. 81 ~ 90.

[1] 李圣法,严利平,李长松,等. 东海北部鱼类组成特征分析. 水产学报,2004, 28 (4) :384 ~ 392.

[2] 李圣法,程家骅,严利平. 东海中南部鱼类群聚结构的时空特征. 海洋学报, 2005, 25 (1) :1 ~ 9.

[9] 汤毓祥. 东海温度锋的分布特征及其季节变异. 海洋与湖沼, 1996, 27 (4) :436 ~ 444.

[14] 邓景耀,赵传纲,等著. 海洋渔业生物学. 北京 农业出版社,1991. 25 ~ 27.