

DOI: 10.3724/SP.J.1118.2011.00416

兴化湾海域鱼类多样性的时空变化

徐兆礼, 沈盎绿

中国水产科学研究院 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

摘要: 利用 2009 年 1 月、2008 年 4 月和 9 月兴化湾海域(位于福建省沿海中段)鱼类学调查资料, 研究兴化湾海域鱼类种类组成、种类数和多样性的时空分布, 探索当地地形、地貌、水文环境等因素对鱼类多样性的影响。结果表明, 在 3 次调查中, 共鉴定鱼类 123 种, 其中 1 月 47 种、4 月 48 种和 9 月 81 种。鲈形目种类有 51 个, 占总种类数的 41.46%。1 月、4 月和 9 月, 鱼类质量 H' 值分别为 2.59、1.78 和 2.65, 尾数 H' 值分别为 2.84、2.42 和 2.42, 其中质量 H' 值的季节变化特征与种类数相同, 而尾数 H' 值冬季最高。1 月鱼类的尾数多样性仅与种类数相关($r=0.69$, $P=0.0145$); 4 月尾数 H' 仅与尾数密度相关($r=0.62$, $P=0.0238$), 9 月尾数多样性与种类数和尾数密度均不相关, 显示出 1 月的种类数, 4 月尾数密度分别是影响鱼类多样性分布的主要因素。种类季节更替率从 1 月到 4 月为 79.75%。从 4 月到 9 月为 82.41%。从 9 月到次年 1 月为 77.88%。兴化湾内湾潮滩地形和径流, 不同潮流在中湾交汇, 洄游性鱼类去留是影响兴化湾海域鱼类种类和多样性分布的主要因素。[中国水产科学, 2011, 18(2): 416–426]

关键词: 兴化湾; 鱼类; 多样性; 种类组成; 季节更替

中图分类号: S949

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2011)02-0416-11

海洋鱼类多样性变化受海洋捕捞、海洋工程和全球变化等多种因素的影响, 是显示海洋生态变化的重要指标, 也是当前海洋生态学的研究热点。在中国, 对鱼类多样性的研究大多数针对内陆水域的鱼类群落。例如李捷等^[1]对珠江支流西江鱼类群落多样性及其演变的研究, 张敏莹等^[2-3]分别对长江安庆江段和常熟段鱼类组成及多样性的研究, 对近海鱼类多样性的研究也有不少报道^[4-5]。中国拥有漫长的海岸线, 沿海河口、海湾气候呈现不同的类型, 包括暖温带、亚热带和热带。对于长江口及其以北暖温带海域的鱼类, 梅春等^[6]研究了胶州湾中部海域秋、冬季鱼类群落结构及其多样性, 张涛等^[7]研究了长江口崇明东滩鱼类群落组成和生物多样性。而对于长江口到台湾海峡这一暖温带到亚热带过渡水域, 徐兆礼^[8]曾经对瓯江口海域夏秋季鱼类多样性进行了研究, 而蔡萌和徐兆礼^[9]在研究三门湾鱼类生态学

包含了对该水域鱼类多样性的研究。此外, 中国对台湾海峡到珠江口海湾水域, 即典型的亚热带海湾鱼类的多样性研究, 尚未见报道。

国际上对沿海河口和海湾鱼类多样性的研究比较活跃, 例如: Michael 等^[10]调查了澳大利亚北昆士兰凯恩斯港产卵的鱼类和虾类的群落, Barletta 等^[11]早年分析了美国乔治亚河河口鱼类数量和多样性, Costa 和 Bruxelas^[12]在分析葡萄牙塔古斯河口鱼类群落结构时包含了多样性变化的内容, Relini 等^[13]对地中海西北部沿岸鱼类栖息地种群格局研究中也采用了多样性指标进行分析。

兴化湾位于福建省沿海中段, 与闽江口相邻, 略呈长方形, 由西北向东南伸展。湾顶有木兰溪等河流注入。出南日群岛经兴化水道和南日水道与台湾海峡相通。与以往鱼类学研究资料比较丰富的长江口^[7]、三门湾^[9]、瓯江口^[8]相比, 兴化湾是典型的亚热带海湾。为从整体上了解中国沿海

收稿日期: 2010-05-10; 修订日期: 2010-06-26.

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划项目(90511005); 国家自然科学基金资助项目(40776047).

作者简介: 徐兆礼(1960-), 女, 研究员, 长期从事渔业环境与生态研究. E-mail: xiaomin@sh163.net

水域鱼类多样性随纬度降低变化特征需要, 本研究选取兴化湾鱼类多样性作为研究对象, 以探讨中国典型的亚热带海湾鱼类多样性变化, 有助于进一步系统地认识海湾生态系统特点。

1 材料与方法

1.1 调查地点和采样方法

2008年4月14–16日(春季)、9月3–6日(夏季), 2009年1月1–9日(冬季)在兴化湾水域布设16个站(图1); 进行鱼类学调查; 调查采用单拖网(7.5 m×3.5 m), 网目范围2.5~12 cm, 其中囊网网目2.5 cm, 上部网衣12 cm, 中部网衣8 cm。每网拖曳0.5 h, 平均拖速4.63 km/h(即2.5节), 采样按《海洋水产资源调查手册》^[14]进行。对每网渔获物中鱼类进行分物种的质量和尾数统计。由于养殖设施季节变化的影响, 1月调查的2号、3号、9号和10号站位, 4月的3号、9号和14号站位, 9月的8号和9号站位没有采到样品。

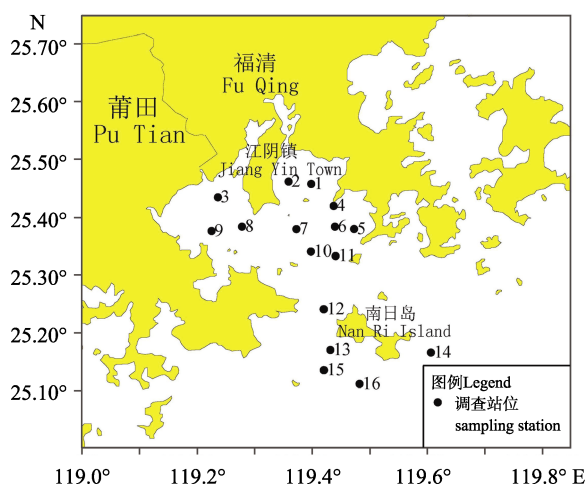


图1 兴化湾海域调查站位分布
Fig. 1 Sampling stations in Xinghua Bay

1.2 数据处理方法

鱼类多样性分析, 采用 Shannon 多样性指数(H'), 均匀度和丰富度指数。在鱼类生态研究中, 质量多样性和尾数多样性具有不同的生物学含义^[8], 因此本研究中不同站位鱼类多样性指数值分别采用质量密度(kg/km^2)和尾数密度($10^3 \text{ ind}/\text{km}^2$)计算。密度的估算采用扫海面积法^[14], 逃逸率取

0.5。Shannon 多样性指数计算公式为 $H' = -\sum (n_i/N) \log_2(n_i/N)$, 均匀度 J' 计算公式为 $J' = H'/\log_2(s)$, 丰富度 d' 计算公式 $d' = (s-1)/\log_2(N)$ ^[15], 其中, s 为种类数, N 为总尾数(或质量), n_i 第 i 种尾数(或质量)。相关系数具体计算方法还可以参考文献^[15]。季节更替率是指两季间不同的种类数与两季出现的总种类数之比的百分数。

2 结果与分析

2.1 种类组成

兴化湾鱼类调查中共鉴定 124 个种, 其中 1 月 47 个种, 4 月 48 个种, 9 月 81 个种(表 1)。这些种分属 15 个目。其中鲈形目占了最大的比例。有 51 个种, 占总种数 41.46%; 其次是鲷形目, 占了 13.93%。种类数量第 3 位的是鲱形目, 占了种类比例 9.84%。其余比例稍高的大类是鲉形目、燕鲷目、鲹形目、鲳形目、鲻形目和鳗鲡目。其他目出现的种类很少, 有的目仅出现个别种类。

2.2 种数的平面分布

1 月共 12 个站位, 平均每个站位出现 14.33 个种, 内湾的 8 号站位(9 个)种类最少, 尾数上以皮氏叫姑鱼(*Johnius belangerii*)最多。中湾的 1 号、4–7 及 11 号站位是 1 月鱼类种类最多站位, 平均 16 个种, 最多的是 11 号站位(18 种), 是 1 月调查种类最多的站位, 主要是矛尾虾虎鱼(*Chaeturichthys stigmatias*)、孔虾虎鱼(*Trypauchen vagina*)和皮氏叫姑鱼; 其次是最北部 1 号站(16 个)和 4 号站(17 个)。1 号站位主要是宽体舌鲷(*Cynoglossus robustus*), 4 号站主要是皮氏叫姑鱼。湾口站位是 12–16 号站位, 分布在南日岛周围, 平均 14 个种类。只有 14 号站位种类较多, 主要是短吻舌鲷(*Cynoglossus abbreviatus*); 其次是皮氏叫姑鱼。

4 月共 13 个站位, 平均每个站位出现 9.31 个种。远远少于 1 月每个站位种类数。4 月, 内湾 8 号站位(5 种)仅仅有斑尾刺虾虎鱼(*Tridentiger trigonocephalus*)、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)和 2 种鲉形目等鱼类等。中湾的平均每个站位出现种类数为 6.29 个, 种类出现最少的是北部的 4 号站位(3 种)仅仅出现 2 种虾虎鱼和 1 种舌鲷。4 月

表 1 兴化湾鱼类种类组成
Tab. 1 Species composition of fishes in the Xinghua Bay

种类 species	1 月 Jan.	4 月 April	9 月 Sept.
真鲨目 Carcharhiniiformes 真鲨科 Carcharhinidae			
尖头斜齿鲨 <i>Scoliodon laticaudus</i>			*
须鲨目 Orectolobiformes 须鲨科 Orectolobidae			
条纹斑竹鲨 <i>Chiloscyllium plagiosum</i>	*	*	
鳐形目 Rajiformes 犁头鳐科 Rhinobatidae			
斑纹犁头鳐 <i>Rhinobatos hynnicephalus</i>			*
许氏犁头鳐 <i>Rhinobatos schlegelii</i>		*	
鳐形目 Rajiformes 团扇鳐科 Platyrhinidae			
中国团扇鳐 <i>Platyrrhina sinensis</i>			*
鳐形目 Rajiformes 鳐科 Rajidae			
斑鳐 <i>Raja kenoei</i>		*	
何氏鳐 <i>Raja hollandi</i>	*		
电鳐目 Torpediniformes 单鳍电鳐科 Narkidae			
日本单鳍电鳐 <i>Narke japonica</i>		*	*
鲛形目 Myliobatiformes 鲛科 Dasyatidae			
赤鲛 <i>Dasyatis akajei</i>	*	*	*
小眼鲛 <i>Dasyatis microphthalmus</i>			*
奈氏鲛 <i>Dasyatis navarrae</i>		*	*
尖嘴鲛 <i>Dasyatis zugei</i>		*	*
鲛形目 Myliobatiformes 燕鲛科 Gymnuridae			
双斑燕鲛 <i>Gymnura bimaculata</i>			*
日本燕鲛 <i>Gymnura japonica</i>			*
鲱形目 Clupeiformes 鳀科 Engraulidae			
汉氏棱鳀 <i>Thryssa hamiltonii</i>			*
中颌棱鳀 <i>Thryssa mystax</i>		*	*
赤鼻棱鳀 <i>Thryssa kammalensis</i>		*	
杜氏棱鳀 <i>Thryssa dussumieri</i>			*
长颌棱鳀 <i>Thryssa setirostris</i>			*
黄吻棱鳀 <i>Thryssa vitirostris</i>	*		*
日本鳀 <i>Engraulis japonicus</i>		*	
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	*	*	
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>		*	*
康氏小公鱼 <i>Stolephorus commersonii</i>			*
鲱形目 Clupeiformes 鲱科 Clupeidae			
黑尾小沙丁鱼 <i>Sardinella melanura</i>		*	
鳙 <i>Ilisha elongata</i>		*	
灯笼鱼目 Myctophiformes 龙头鱼科 Harpadontidae			
龙头鱼 <i>Harpodon nehereus</i>	*	*	*
灯笼鱼目 Myctophiformes 狗母鱼科 Synodontidae			
叉斑狗母鱼 <i>Synodus macrops</i>		*	
鳗鲡目 Anguilliformes 糯鳗科 Congridae			
尖尾鳗 <i>Uroconger lepturus</i>	*		*
鳗鲡目 Anguilliformes 海鳗科 Muraenesocidae			

续表 1

Tab. 1 continued

种类 species	1 月 Jan.	4 月 April	9 月 Sept.
海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	*	*	*
鳗鲡目 Anguilliformes 鳗鲡科 Anguillidae			
柳叶鳗 <i>Leptocephalus</i> sp.		*	
鳗鲡目 Anguilliformes 蛇鳗科 Ophichthidae			
食蟹豆齿鳗 <i>Pisoodonophis cancrivorus</i>			*
杂食豆齿鳗 <i>Pisoodonophis boro</i>	*		
中华须鳗 <i>Cirrhimuraena chinensis</i>			*
鲑形目 Siluriformes 海鲇科 Ariidae			
中华海鲇 <i>Arius sinensis</i>		*	*
鲻形目 Mugiliformes 鲻科 Sphyraenidae			
油鲻 <i>Sphyraena pinguis</i>			*
日本鲻 <i>Sphyraena japonica</i>		*	
鲻形目 Mugiliformes 马鲛科 Polynemidae			
六指马鲛 <i>Polynemus sextarius</i>	*		*
鲻形目 Mugiliformes 鲻科 Mugilidae			
前鳞鲻 <i>Sardinella zunasi</i>	*		
长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i>	*		
鲈形目 Perciformes 塘鳢科 Eleotridae			
锯塘鳢 <i>Prionobutis koilomatodon</i>	*	*	
鲈形目 Perciformes 须鲷科 Mullidae			
黄带副鲱鲤 <i>Parupeneus chrysopleuron</i>			*
鲈形目 Perciformes 天竺鲷科 Apogonidae			
细条天竺鱼 <i>Apogonichthys lineatus</i>			*
黑边天竺鱼 <i>Apogonichthys ellioti</i>	*		
四线天竺鲷 <i>Apogon quadrifasciatus</i>			*
鲈形目 Perciformes 鲷科 Sillaginidae			
多鳞鲷 <i>Sillago sihama</i>	*		*
鲈形目 Perciformes 鲹科 Carangidae			
蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>			*
珍鲹 <i>Caranx ignobilis</i>			*
竹筴鱼 <i>Trachurus japonicus</i>		*	
鲈形目 Perciformes 鲷科 Leiognathidae			
静鲷 <i>Leiognathus insidiator</i>			*
短吻鲷 <i>Leiognathus brevirostris</i>	*		
鹿斑鲷 <i>Leiognathus ruconius</i>		*	*
鲈形目 Perciformes 笛鲷科 Lutjanidae			
笛鲷 sp. <i>Lutianus</i> sp.			*
约氏笛鲷 <i>Lutjanus johni</i>	*		
鲈形目 Perciformes 鲷科 Sparidae			
真鲷 <i>Pagrus major</i>			*
平鲷 <i>Rhabdosargus sarba</i>			*
黄鳍鲷 <i>Sparus latus</i>	*	*	*
鲷 sp. <i>Sparus</i> sp.		*	
黑棘鲷 <i>Acanthopagrus schlegeli</i>			*
黑鲷 <i>Sparus macrocephalus</i>		*	

续表 1
 Tab. 1 continued

种类 species	1 月 Jan.	4 月 April	9 月 Sept.
鲈形目 Perciformes 大眼鲷科 riacanthidae			
短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>			*
鲈形目 Perciformes 石鲈科 Pomadasyidae			
横带髭鲷 <i>Hapalogenys mucronatus</i>	*	*	*
鲈形目 Perciformes 鲷科 Theraponidae			
列牙鲷 <i>Pelates quadrilineatus</i>			*
尖吻鲷 <i>Terapon oxyrhynchus</i>	*		
鲈形目 Perciformes 拟鲈科 Paraperidae			
六带拟鲈 <i>Paraperis sexfasciatus</i>	*		*
鲈形目 Perciformes 银鲈科 Gerridae			
长棘银鲈 <i>Gerres filamentosus</i>			*
短棘银鲈 <i>Gerres lucidus</i>	*		
鲈形目 Perciformes 鲷科 Serranidae			
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	*		
鲈形目 Perciformes 鲷科 Callionymidae			
绯鲷 <i>Callionymus beniteguri</i>			*
鲈形目 Perciformes 鲷科 Serranidae			
青石斑鱼 <i>Epinephelus awoara</i>	*		
鲈形目 Perciformes 石首鱼科 Sciaenidae			
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	*	*	*
大头白姑鱼 <i>Argyrosomus macrocephalus</i>			*
小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>		*	
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>		*	
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengerii</i>	*	*	*
鳞鳍叫姑鱼 <i>Johnius distinctus</i>	*		*
尖头黄鳍牙鲷 <i>Chrysochir aureus</i>	*		
鲈形目 Perciformes 虾虎鱼科 Gobiidae			
矛尾虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	*	*	*
拟矛尾虾虎鱼 <i>Parachaeturichthys polynema</i>		*	*
拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>			*
孔虾虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>	*	*	*
髭缟虾虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>	*	*	
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>		*	
纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trigonocephalus</i>	*		
长丝虾虎鱼 <i>Cryptocentrus filifer</i>	*		
鲈形目 Perciformes 带鱼科 Trichiuridae			
小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>			*
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i>	*	*	*
鲈形目 Perciformes 长鲳科 Centrolophidae			
刺鲳 <i>Psenopsis anomala</i>			*
镰鲳 <i>Pampus echinogaster</i>			*
中国鲳 <i>Pampus chinensis</i>			*
鲈形目 Perciformes 鲭科 Scombridae			
日本鲭 <i>Scomber japonicus</i>		*	
鲈形目 Pleuronectiformes 牙鲆科 Paralichthyidae			

续表 1
 Tab. 1 Continued

种类 species	1 月 Jan.	4 月 April	9 月 Sept.
高体大鳞鲆 <i>Tarphops oligolepis</i>			*
斑鲆 sp. <i>Pseuderhombus arsius</i> sp.	*		*
鲽形目 Pleuronectiformes 鲷科 Soleidae			
卵鲷 <i>Solea ovata</i>	*		*
带纹条鲷 <i>Zebrias zebra</i>			*
鲽形目 Pleuronectiformes 舌鲷科 Cynoglossidae			
双线舌鲷 <i>Cynoglossus bilineatus</i>			*
少鳞舌鲷 <i>Cynoglossus oligolepis</i>	*		*
大鳞舌鲷 <i>Cynoglossus macrolepidotus</i>	*		
科斑头舌鲷 <i>Cynoglossus punncticeps</i>		*	*
紫斑舌鲷 <i>Cynoglossus purpureomaculatus</i>		*	
宽体舌鲷 <i>Cynoglossus robustus</i>	*	*	
短吻舌鲷 <i>Cynoglossus abbreviatus</i>	*	*	*
焦氏舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>			*
长吻红舌鲷 <i>Cynoglossus lighti</i>		*	*
斑头舌鲷 <i>Cynoglossus punncticeps</i>	*		
半滑舌鲷 <i>Cynoglossus semilaevis</i>			*
舌鲷 sp. <i>Cynoglossus</i> sp.			*
大鳞舌鲷 <i>Cynoglossus macrolepidotus</i>			*
鲽形目 Pleuronectiformes 牙鲆科 Paralichthyidae			
少牙斑鲆 <i>Pseudorhombus oligodon</i>			*
鲉形目 Scorpaeniformes 鲉科 Scorpaenidae			
斑鳍鲉 <i>Scorpaena neglecta</i>	*		*
棘鲉 <i>Hoplosebastes armatus</i>			*
单指虎鲉 <i>Minous monodactylus</i>			*
鲉形目 Scorpaeniformes 鲂科 Triglidae			
绿鳍鱼 <i>Chelidonichthys kumu</i>		*	
鲉形目 Scorpaeniformes 毒鲉科 Synanceiidae			
日本鬼鲉 <i>Inimicus japonicus</i>		*	
鲉形目 Scorpaeniformes 平鲉科 Sebastidae			
褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	*	*	
鲉形目 Scorpaeniformes 鲷科 Platycephalidae			
鲷 <i>Platycephalus indicus</i>			*
棘线鲷 <i>Grammolites scaber</i>	*		*
刺鱼目 Gasterosteiformes 海龙科 Syngnathidae			
尖海龙 <i>Syngnathus acus</i>		*	
鲉形目 Aluteridae 革鲉科 Tetraodontiformes			
丝背细鳞鲉 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>	*		*
鲉形目 Aluteridae 鲉科 Tetraodontidae			
棕斑腹刺鲉 <i>Gastrophysus spadiceus</i>			*
铅点东方鲉 <i>Takifugu alboplumbeus</i>	*		*
横纹东方鲉 <i>Takifugu oblongus</i>	*		*
六斑刺鲉 <i>Diodon holacanthus</i>		*	
躄鱼目 Lophiiformes 躄鱼科 Antennariidae			
躄鱼 sp. <i>Antennarius</i> sp.			*
总计 total	47	48	81

注: “*”表示有出现。

Note: “*” meaning presenting.

种类出现最多的是湾口, 其中南日岛以南 15 号站最多, 出现 17 种, 数量上主要是竹筴鱼(*Trachurus japonicus*), 占了该站位数量的绝大部分, 数量较多的还有黄鳍鲷(*Sparus latus*)和紫斑舌鲷(*Cynoglossus purpureomaculatus*)。

9 月共 14 个站位, 站位平均 17.15 个种, 近湾口水域种类较少, 中湾水域种类较多(图 2), 而内湾 3 号站位出现 24 种鱼类, 六指马鲛(*Polynemus sextarius*)是该站位最主要的种类。中湾站位平均 19 个种, 主要是六指马鲛、皮氏叫姑鱼和龙头鱼

(*Harpodon nehereus*)。湾口种类较少, 站位平均 12.8 个种。主要种类是六指马鲛、鳞鳍叫姑鱼(*Johnius distinctus*)和皮氏叫姑鱼。

2.3 多样性指数的季节变化和平面分布

兴化湾鱼类多样性指数的季节变化见表 2。从表 2 可见, 1 月鱼类多样性指数较高, 4 月较低。均匀度则是 9 月相对较低, 丰富度则是 4 月较低。1 月和 9 月相差不大。不同季节鱼类多样性特征的空间变化以 Shannon-Wiener 多样性 (H') 为例进行分析:

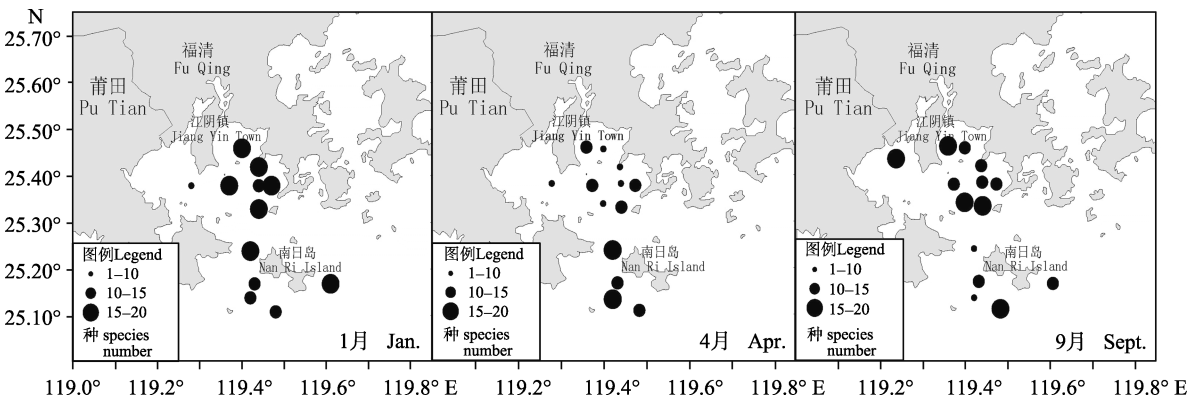


图 2 兴化湾鱼类种类数量分布
Fig. 2 Distribution of species number in the Xinghua Bay

表 2 兴化湾鱼类多样性指数季节变化
Tab. 2 Seasonal diversity in the Xinghua Bay

多样性指数 diversity index	1 月 Jan.		4 月 April		9 月 Spt.	
	质量 in weight	尾数 in number	质量 in weight	尾数 in number	质量 in weight	尾数 in number
多样性 Shannon-Wiener(H')	2.59	2.84	1.78	2.42	2.65	2.42
均匀度 evenness(J')	0.73	0.74	0.55	0.78	0.66	0.60
丰富度 richness(d)	1.56	0.96	1.10	0.71	1.62	1.02

1 月, 中湾的 11 号站位(3.31)质量 H' 值最高, 其次是湾口的 16 号站位(3.22)。内湾的 8 号站位(2.45)和中湾的 6 号站位(2.44)多样性较低。尾数 H' 值最高的是中湾北部的 1 号站位(3.46)和中部的 11 号站位(3.51)。另外, 南日岛东北的 14 和 16 号站位 H' 值也都超过 3.0。

4 月, 质量 H' 值, 除了中湾北部的 2 号和 1 号站位最高, 分别为 2.64 和 2.34, 其余有 7 个站位低于 2, 而最低的是 5 和 4 号站位, 仅为 0.46 和

1.10。湾口的质量 H' 值较高。尾数 H' 值最高的是湾口的 12 号站位(南日岛东北), 为 3.35。内湾 8 号站位较低。

9 月, 中湾北部的 2 号(3.27)和 5 号站位(3.09)质量 H' 值较高, 最高的是湾口的 16 号站位(3.35)。内湾的 3 号站位(2.24) H' 值较低。最低的是湾口南日岛西南部的 13 号站位(1.24)。总体上是中湾和内湾高于湾口水域。尾数 H' 值最高的分别是中湾中部的 6 号(3.53)和 7 号(3.33)站位。其次是北

部的 1 号站位(3.15)。另外, 湾口南日岛附近站位尾数多样性指数(H')也较低, 5 个站位中有 3 个多样性不到 2。湾内 3 号站位尾数 H' 值也较低。

相关分析表明: 1 月, 鱼类尾数多样性仅与种类数相关($r=0.69$, $P=0.014\ 5$, $n=47$), 与尾数密度无关。4 月鱼类尾数多样性与种类数无关, 与尾数密度相关($r=0.62$, $P=0.023\ 8$, $n=48$)。9 月尾数多样性与种类数和尾数密度均不相关(图 3)。

2.4 水深对种类数和多样性的影响

1 月, 种类数与水深变化关系不大, 不同水深之间的种类数相差不大。4 月, 水深小于等于 10 m 水域种类数较少, 水深在 21~30 m 之间种类较多。9 月, 水深在 21~30 m 之间种和小于等于 10 m 的海域种类较多。水深大于 30 m 的水域种类数显著减少(表 3)。

2.5 种类的季节更替

季节更替率是指 2 个季节间不同的种类数与总种类数之比的百分数。依据表 1 可见, 1 月和 4 月合计 79 个种, 其中 63 个不同种, 16 个相同种。季节更替率 79.75%。4 月和 9 月合计 108 个种, 其中 89 个不同种, 19 个相同种。季节更替率 82.41%。1 月和 9 月合计 104 个种, 其中 81 个不同种, 23 个相同种。季节更替率 77.88%。

3 讨论

3.1 兴化湾鱼类种类数和多样性特征

兴化湾鱼类种数呈现一定的季节变化, 夏季(9 月)高, 其次是春季(4 月), 最少的是冬季(1 月), 其中冬季和春季相差不大。同样, 兴化湾鱼类 H' 值也呈现季节变化, 其中质量 H' 值的变化特征与

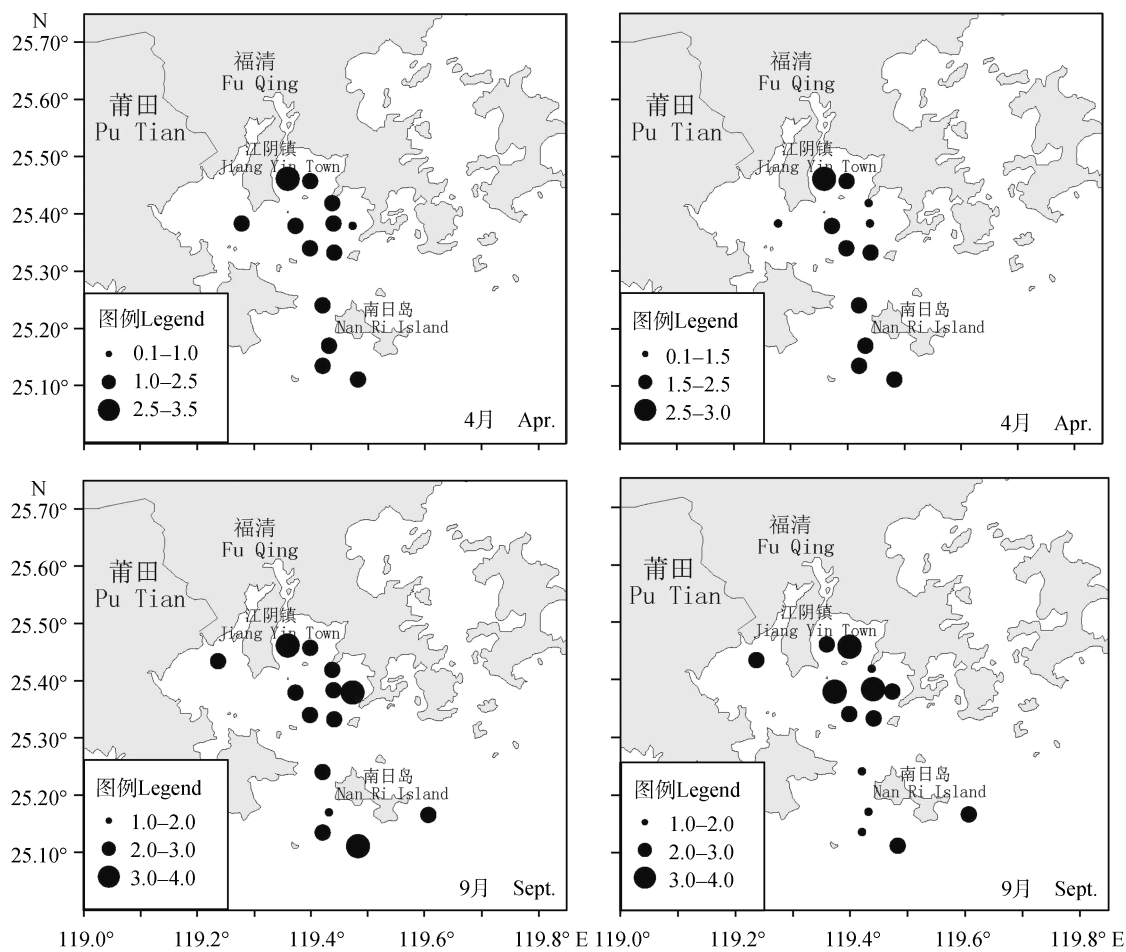


图 3 兴化湾鱼类多样性指数(H')值分布(左侧为质量 H' , 右侧为尾数 H')
Fig. 3 Diversity (H') in the Xinghua Bay(left side is the weight H' , right side is the individual H')

表 3 兴化湾不同水深鱼类种类数的变化
Tab. 3 Variations in number of fish species in different water depths

月份 month	水深/m water depth			
	≤ 10	11 - 20	21 - 30	≥ 31
4 月 April	10	21	31	24
9 月 Spt.	48	32	47	20
总种数 total	70	66	68	38

注: 1 月水深数据缺失。

Note: Depth data in Jan. was unavailable.

种类数相同, 而尾数 H' 值冬季最高。

兴化湾鱼类种数在不同季节各有一定的平分特征(图 2)。除了 9 月, 内湾种类数相对较少; 除了 4 月, 中湾种类较多; 除了 9 月, 湾口的种类数相对较高。比较 1 月、4 月和 9 月鱼类多样性的分布特征, 内湾的多样性往往较低; 中湾的多样性高于湾口的多样性。

兴化湾鱼类种类数和多样性的分布特征与当地海域地形、潮流场、营养盐等外部因素和优势种、种类组成等内部因素有密切的联系^[16-17]。

3.2 地形和水文环境对兴化湾鱼类种类分布格局的影响

兴化湾海域地形受陆域地形延伸和潮汐水道发育影响, 总体上水深由内湾向湾口增加。潮汐海水通过两股水道与外海相连, 其一是兴化湾水道, 西北-东南走向; 其二是南日水道, 呈现南北走向。两股水道在中湾混合后继续向西北延伸^[16], 绕过江阴岛后水深明显下降。水道两侧等深线基本上与岸线平行, 向岸变浅。在内湾和江阴岛以西是大面积的浅海, 逐渐发育成大面积潮间带滩涂^[17]。兴化湾鱼类种类和多样性格局形成与上述地形特征有密切的关系。

首先, 内湾主要是大面积潮滩, 特别是在枯水期 1 月和 4 月, 海水难以稳定地深入到湾顶和其他内湾水域。因此, 本调查在 1 月和 4 月仅仅能够在内湾湾口的 8 号站位下网采样。由于是潮间带, 外海种难以滞留, 形成内湾水域以底栖小型虾虎鱼、叫姑鱼、鲷形目鱼类居多而呈种类少的特征。9 月则不同, 该月是丰水期, 湾顶有木兰溪和萩芦溪等河流注入, 水量较大, 海水水位升

高, 形成 9 月内湾相对稳定的水体。这里海水和淡水交汇, 形成水环境多样化, 9 月内湾 3 号站位共出现 24 个种, 鱼类种类丰富和多样化可能与此有关, 表 2 中 9 月浅水处种类较多, 也与此有关。

中湾海底地貌复杂, 水文环境多样化。沿中湾主轴中间是水深为 20 多米的潮汐通道, 向两侧水深变浅, 外来潮水沿着通道由湾口逐渐向湾顶充填, 大致在中湾水域与湾内来水交汇^[18]。中湾由此呈现多样化的水环境, 能够迎合不同鱼类的生活要求, 使较多鱼类可以找到合适的栖息地, 这是 2.2 所分析 1 月和 9 月中湾水域种类丰富的原因之一。

在 4 月湾口是兴化湾鱼类较多的水域, 与产卵场分布有关, 主要种类为竹筴鱼, 黄鳍鲷等洄游性经济鱼类便可说明这一点。在 9 月, 湾口种类相对较少, 六指马鲛、鳞鳍叫姑鱼和皮氏叫姑鱼等本地小型鱼类居多, 说明从 4 月到 9 月鱼类群落有了明显变化, 洄游性鱼类离开这一水域, 是种类较少的原因。至于 1 月种类较多(表 2), 可能与这里水较深, 众多鱼类至湾口越冬有关。

3.3 影响兴化湾鱼类多样性分布格局因素分析

相关分析表明, 尾数 H' 值在 1 月仅与种类数相关, 4 月仅与尾数密度相关, 9 月与两者均不相关。影响尾数多样性(H')数值高低, 一是种类数大小, 二是同一站位不同种类尾数之间的均匀性。1 月属于冬季, 洄游性鱼类离开海湾, 大多数鱼类种群停止繁殖, 同一站位不同种间数量趋于平衡, 难有个别鱼种大数量种群个体存在, 因此决定 1 月鱼类尾数 H' 值最重要的因素是种类数, 这与相关分析结果一致。相反, 4 月属于鱼类繁殖季节, 洄游性鱼类进入海湾, 同一站位不同种间数量差异明显, 例如, 南日岛周围海域存在数量较大的竹筴鱼, 占了该站位总数量的绝大部分, 个别站位数量较多的还有黄鳍鲷种群。这些大种群鱼种存在, 决定相关与分析中 4 月鱼类尾数 H' 值变化最重要的因素是尾数密度。9 月种类数和尾数密度因素交错在一起, 因而显示出与二者均无线性相关。

3.4 兴化湾鱼类种类组成的季节更替

季节更替率(R)分析表明: 季节更替率 1 月和 4 月为 79.74%, 4 月和 9 月为 82.41%, 1 月和 9 月为 77.88%。1 月和 4 月种类数接近接近, 种类变化可能是部分洄游鱼类进入湾内产卵所致。4 月到 9 月是种类逐步增加的过程, 1 月和 9 月是种类逐步减少的过程, 兴化湾鱼类组成的季节变化是显著的。

致谢: 陈佳杰、陈华、胡剑等同志参与海上样品采集, 谨致谢忱! 倪勇研究员在鉴定样品方面的帮助, 沈晓民先生在论文撰写中给予大力帮助和支持, 谨表示特别感谢!

参考文献:

- [1] 李捷, 李新辉, 贾晓平, 等. 西江鱼类群落多样性及其演变[J]. 中国水产科学, 2010, 17(2): 298–306.
- [2] 张敏莹, 徐东坡, 刘凯, 等. 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, 2006, 18(5): 656–662.
- [3] 张敏莹, 徐东坡, 段金荣, 等. 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, 2008, 2(6): 525–530.
- [4] 姜亚洲, 程家骅, 李圣法. 东海北部鱼类群落多样性及其结构特征的变化[J]. 中国水产科学, 2008, 15(3): 453–459.
- [5] 李建生, 李圣法, 丁峰元, 等. 长江口近海鱼类多样性的年际变化[J]. 中国水产科学, 2007, 14(4): 637–643.
- [6] 梅春, 徐宾铎, 薛莹, 等. 胶州湾中部海域秋、冬季鱼类群落结构及其多样性研究[J]. 中国水产科学, 2010, 17(1): 119–127.
- [7] 张涛, 庄平, 刘健, 等. 长江口崇明东滩鱼类群落组成和生物多样性[J]. 生态学杂志, 2009, 28(10): 2056–2062.
- [8] 徐兆礼, 沈盎绿, 倪勇. 瓯江口海域夏秋季鱼类多样性[J]. 生态学报, 2008, 28(12): 5948–5956.
- [9] 蔡萌, 徐兆礼. 浙江三门湾冬夏季鱼类组成和数量变化[J]. 上海海洋大学学报, 2009, 18(2): 198–205.
- [10] Dahlberg M-D, Odum E-P. Annual cycles of species occurrence, abundance, and diversity in Georgia Estuarine fish populations[J]. American Midland Naturalist, 1970, 83(2): 382–392.
- [11] Barletta M, Barletta A, Saint U, et al. The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary[J]. J Fish Biol, 2005, 66(1): 45–72.
- [12] Costa M-J, Bruxelas A. The structure of fish communities in the Tagus Estuary, Portugal, and its role as a nursery for commercial fish species[J]. Sci Mar, 1989, 53(2–3): 561–566.
- [13] Relini M, Relini G, Torchia G. Fish population pattern in a coastal artificial habitat in the NW Mediterranean[M]. Anastasios Eleftheriou, Alan D Ansell, Christopher J Smith. Biology and Ecology of Shallow Coastal Water, London: Olsen & Olsen, 1995: 359–368.
- [14] 黄海水产研究所编著. 海洋水产资源调查手册: 第2版[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1981.
- [15] Christensen R. Analysis of variance, design and regression: applied statistical methods[M]. New York: Chapman and Hall, 1996.
- [16] 高劲松, 周良明. 兴化湾的潮流研究[J]. 海岸工程, 2009, 28(4): 1–10.
- [17] 柯文荣. 兴化湾建设大型深水航道的可行性研究[J]. 台湾海峡, 2002, 21(3): 360–366.

Spatial and temporal distribution on fish diversity in the Xinghua Bay

XU Zhaoli, SHEN Anglū

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

Abstract: Based on the data from 3 oceanographic censuses in the Xinghua Bay in January 2009, April and September 2008, the author discussed the spatial-temporal distribution of number of fish species and diversity involved in some impact factors such as background of topography and hydrological features. Results showed that 123 species were identified among which 47 species occurred in January, 48 species in April and 81 species in September. The number of Perciformes species occupied 41.46% of total number. The H' in weight in January, April and September separately were 2.59, 1.78 and 2.65, while H' in individual number were 2.84, 2.42 and 2.42 among which seasonal weight H' values were similar as seasonal species number while individual H' was highest in winter. The individual H' was closely related to species number ($r=0.69$, $P=0.0145$, $n=47$) in January, while related to species density in April ($r=0.62$, $P=0.0238$, $n=48$). In September, the H' was not related with both species number and density. The species number in January, individual density in April were both key factors affecting on individual H' . The seasonal species alternations were 79.75% from January to April, 82.41% from April to September, and 77.88% from September to January. The pattern of richness and diversity (H') were decided by diverse marine topography and runoff in west part of the bay, mixture of tidal waters in the middle bay as well as fish migration in the out bay. [Journal of Fishery Sciences of China, 2011, 18(2): 416–426]

Key words: Xinghua Bay; fish; diversity; species composition; seasonal alternation

Corresponding author: XU Zhaoli. E-mail: xiaomin@sh163.net