

渤海鱼类群落结构特征的研究*

朱鑫华 杨纪明 唐启升[‡]

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

[‡](中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

提要 根据1982—1985年和1992年8月—1993年6月间渤海渔业增殖生态学调查所得的1090网次定量资料,运用数理统计的方法,分析鱼类群落结构多样性综合指标的变化特征。结果表明,在1982—1985年间渤海鱼类鱼种数为119种,其中暖温种居首位,占57.98%;暖水种次之,占28.57%;冷温种种数最少,占13.45%。群落结构的季节变化规律呈现单周期型,10月份鱼种数最多,达83种;2月份仅为37种。*NED*和*BED*最高在9月份,分别为170.58千尾/km²和1.71t/km²;3月份则为最低期,两指标分别为5473尾/km²和166.68kg/km²。鱼类群落由4种优势种组成:黄鲫、黑鳃梅童鱼、鲉和小黄鱼等。IRI值50—1000为常见种,计27种,与优势种一起构成渤海鱼类群落重要成分。累计*NED*为52.667千尾/km²,占全部鱼种的97.83%;*BED*为719.677kg/km²,占90.86%。在1992—1993年间,鱼种数、*NED*和*BED*分别下降38.66%、35.46%和46.10%;鲉上升为首位优势种,*NED*占51.97%,*BED*占38.49%。渤海鱼类群落持续性较高(ISTR为0.8105),并具有年间降低的趋势。

关键词 鱼类群落 增殖水域 渤海

渤海地处北太平洋温带海域的边缘地带,是我国专属的内陆型半封闭水域(中国科学院海洋研究所,1985)。随着近年来大海洋生态系统概念的形成与发展,它已被作为黄海生态系统的子系统(YSLMEs, Sherman, 1994),将此水域规划为海洋生态示范区。经历了长时期的开发利用,渤海水域生态系统已明显出现了功能退化和渔业资源衰退的迹象。对此,研究该水域鱼类群落结构特征,尤其是同一水域不同时期群落持久性和稳定性特征的比较研究则显得十分必要(Ross et al., 1994)。本报告主要研究相隔10年间渤海鱼类结构特点,并揭示其结构的区系特征、时间序列的易变性及其等级性规律,以期探明海洋生物群落生态演替动态及其对人类活动与全球气候变动的响应机制。

1 材料和方法

所用资料取自渤海水域1090个定量样本,分别为1982—1985年和1992—1993年间2个时期双船底拖网定点调查所获。其中第一时期分别由中国科学院海洋研究所和中国水产科学研究院黄海水产研究所共同执行的渤海渔业资源综合调查、中国科学院海洋研究所执行山东省海岸带第三调查区生物与环境综合调查(邓景耀,1988;杨纪明等,

* 国家“八五”科技攻关项目,85-14-02-03号。朱鑫华,男,出生于1957年10月,博士,副研究员。

承蒙邓景耀研究员、罗秉征研究员和陈大刚教授审阅手稿,并提出许多诚恳的修改意见;在资料搜集,孟田湘研究员、姜言伟副研究员等多位先生曾给予鼓励和支持,张英同志协助数据录入,均此一并致以谢忱。

收稿日期:1994年11月15日,接受日期:1995年5月15日。

1990); 第二时期由中国水产科学研究院黄海水产研究所、中国科学院海洋研究所、青岛海洋大学和国家海洋局第一海洋研究所共同执行的渤海渔业资源增殖生态学调查。各站区的取样一般在白天进行, 以避免或减少因海洋生物昼夜垂直移动节律引起的系统误差, 每站拖网一小时。少数站位因触及海底障碍物破网或遇到群众渔业定置网具而提前起网, 实际统计均换算成尾/h或 g/h, 各取样工具可测参数见表 1。

表 1 渤海生态调查取样工具参数

Tab.1 Gear parameters used in ecological sampling in the Bohai Sea

年份	渔船马力 (Hp)	网高 (m)	网宽 (m)	网口周长 (目)	目大 (mm)	囊网目 (mm)	托速 (n/h)
1982—1983 ¹⁾	185	8.0	22.6	1 740	63	20	2.60
1982—1983 ²⁾	200	5—6	?	1 660	63	20	2.00
1984—1985	185	6.0	22.6	1 740	63	20	2.60
1992—1993	185	6.0	25.0	1 740	63	20	2.60

1) 中国科学院海洋研究所; 2) 中国水产科学研究院黄海水产研究所。

为克服取样站位非随机分布和网具参数差异(表 1)对样本成分的影响, 本文采用网络分析法, 将 1982—1985 年间资料汇总成 1—12 月 30 个等面积统计样方(图 1), 1992—1993 年的调查资料相应地划归为 25 个样方, 每一样方面积为 2 469.53km²。每一样方内网获量的计算, 个体数按区内逐月拖网次数为权重进行加权平均, 单位: 尾/(网·h); 生物量则以实际取样时重量与个体数比例关系换算, 单位: g/(网·h)。对稀有种个体数(某区内仅有, 全区内较少分布, 其个体数小于实际权重数)的处理原则为个体数取 1, 生物量值按前述方法换算。采用面积法计算各鱼种生态密度, 分个体数生态密度(NED, 10³尾/km²)和生物量生态密度(BED, kg/km²)(朱鑫华, 1994)。

2 结果

2.1 渤海鱼类群落区系特点

分类统计表明, 记录鱼种 119 种, 隶属 2 纲 14 目 50 科 87 属(表 2)。其中, 以鲈形目种数最多, 达 17 科 36 属 43 种; 鲽形目、鲑形目和鲱形目次之; 灯笼鱼目和鮫鱈目最少, 各为一科一属一种(成庆泰等, 1987)。在以往的渤海鱼类物种多样性及其区系研究中, 张春霖等(1955)曾记录渤海鱼类 116 种; 林福申(1965)报告中记载 74 种; 田明诚等(1993)报道 156 种。本文资料整理结果, 除与之共有种以外, 还记录了斑鲛(*Raja kenofei*)、华鲛(*Raja chinesis*)、奈氏鲛(*Dasyatis navarrae*)、赤鲛(*Dasyatis akajei*)、蓝圆鲛(*Decapterus maruadsi*)、长线六线鱼(*Hexagrammos elongata*)、长鳍银鱼(*Salanx longianalis*)和紫斑舌鲷(*Cynoglossus purpleomaculatus*)等 8 种, 渤海鱼类物种多样性可达 164 种。在 1982—1993 年间记录的 119 种鱼类中, 以暖温种(WT)数目最多, 达 69 种, 占 57.98%; 暖水种(WW)次之, 34 种, 占 28.57%; 冷温种(CT)最少, 计 16 种, 占全部鱼种的 13.45%。与我国黄海、东海和南海鱼类群落物种多样性结构相比较, 渤海是我国鱼类物种数最少、冷温种比例最高的海区, 因而表现为典型的北太平洋东亚亚区生物区系特征, 即偏于暖温性和暖水性, 缺乏典型的热带种和高纬度寒冷海区冷水种(Ekman, 1953)。与相邻海区鱼类区系分布特征相比较, 119 种鱼均见于黄海区, 而在东海、日本海、南海、印度洋和太平洋水域出现的共有种数分别为 109, 91, 70, 32 和 8 种, 表明渤海鱼类群落与

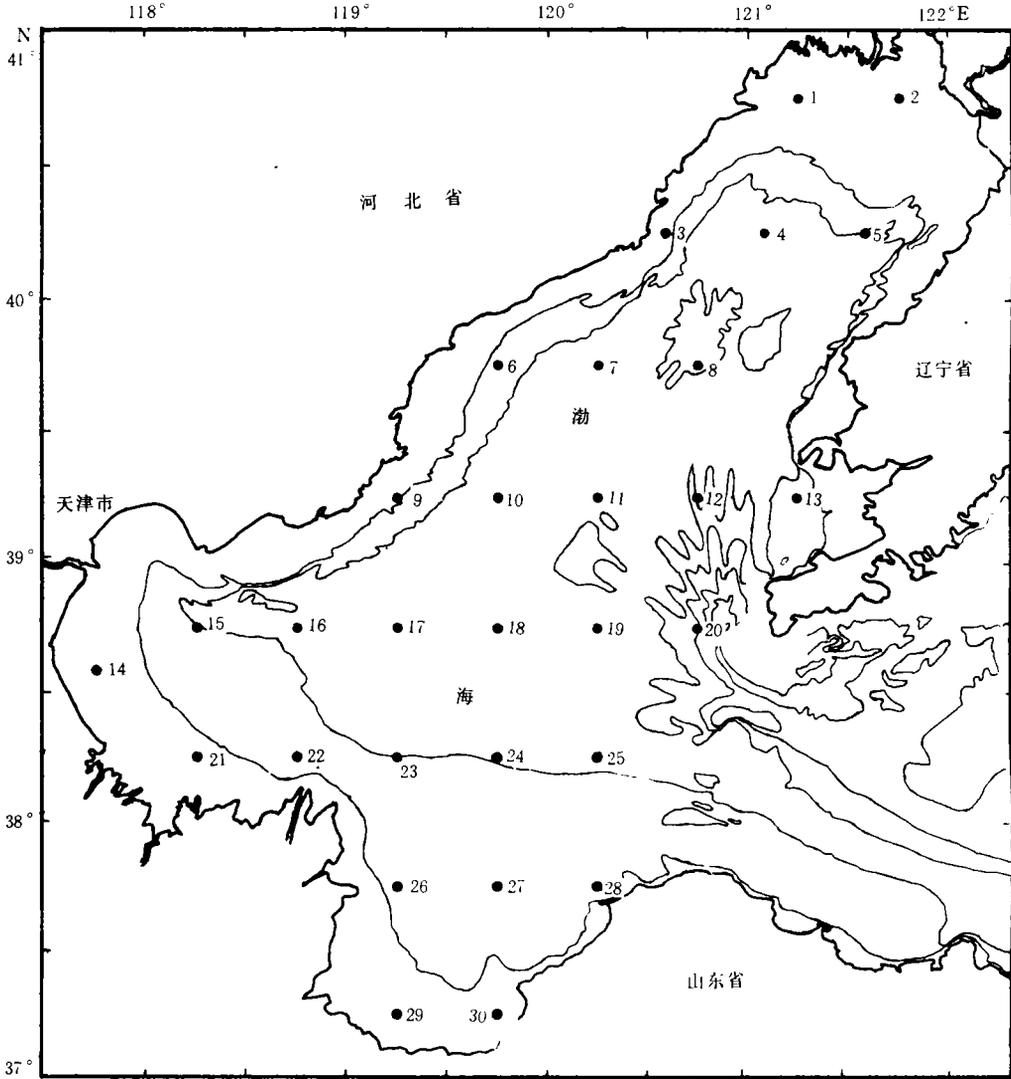


图1 取样资料数据库样方

Fig.1 A map of the Bohai Sea showing the adjusted quadrats

相邻海区的距离渐远，其间的相关关系渐弱。

2.2 群落多样性综合指标变化特征 由于鱼类物种间个体数与生物量差别悬殊，本文定义鱼种数、*NED* 和 *BED* 作为描述鱼类群落结构特征的综合指标。119 种鱼的 *NED* 和 *BED* 分别为 53.834 和 792.048，资源量和生物量分别为 416.137×10^7 尾和 $6\ 122.531 \times 10^4\text{kg}$ (表 3)。90 年代 4 个航次的调查，共获得 73 种鱼，平均 *NED* 和 *BED* 分别为 34.744 和 426.931，其资源量和生物量分别为 268.571×10^7 尾和 $330.177 \times 10^4\text{kg}$ 。群落综合指标分别下降 38.66%，35.46% 和 46.10%。然而，以个体平均重量分析群落构成，冬季月份大股鱼群游出渤海，仅有少量鱼种成体滞留于渤海

表 2 渤海鱼类物种各分类阶元的分布

Tab. 2 Distribution of species diversity of fishes in systematic order in Bohai Sea

目 (Order)	科 (Family)	属 (Genus)	种 (Species)
真鲨目 (Carcharhiniiformes)	3	4	5
鳐形目 (Rajiiformes)	2	2	8
鲱形目 (Clupeiformes)	2	9	11
鲑形目 (Salmoniformes)	1	2	2
灯笼鱼目 (Myctophiformes)	1	1	1
鳗鲡目 (Anguilliformes)	2	2	2
颌针鱼目 (Beloniformes)	3	3	3
刺鱼目 (Gasterosteiformes)	1	2	2
鲷形目 (Mugiliformes)	3	4	4
鲈形目 (Perciformes)	17	36	43
鲉形目 (Scorpaeniformes)	7	9	11
蝶形目 (Pleuronectiformes)	4	9	14
鲉形目 (Tetrodontiformes)	3	3	12
鲛鱈目 (Lophiiformes)	1	1	1
合计 14 目	50	87	119

表 3 渤海鱼类群落生态密度的变化特征

Tab. 3 Patterns of changes in ecological density of fish community in the Bohai Sea

月	1982 — 1985 年				1992 — 1993 年				变化率 (%)																			
	鱼种数	NED	BED	尾均重 (g)	鱼种数	NED	BED	尾均重 (g)	鱼种数	NED	BED	尾均重 (g)																
1	39	5.157	232.720	45.13	18	0.902	32.237	35.74	-51.35	-88.14	-90.26	-17.74																
2	37	7.606	330.919	43.45																								
3	39	5.473	166.684	30.46																								
4	55	10.727	471.267	43.93																								
5	80	42.645	1142.351	26.79									43	40.856	445.672	10.91	-46.25	-4.20	-60.99	-59.28								
6	77	29.085	949.508	32.65									55	57.835	770.868	13.33	-28.57	-66.09	-49.81	48.11								
7	81	62.876	1067.798	16.98																								
8	77	170.576	1535.813	9.00																								
9	82	166.994	1708.176	10.23																								
10	83	100.479	1022.745	10.18																	60	39.383	458.946	11.65	-27.71	-60.80	-55.13	14.44
11	68	27.465	460.582	16.77																	73	34.744	426.931	12.29	-38.66	-35.46	-46.10	-16.45
12	51	16.925	416.009	24.58																								
平均	119	53.834	792.048	14.71																								
现存量(10^4)	416.137	6122.531			268.571	3330.177																						

中部深水区, 以及春季产卵群体的补充, 致个体尾均重较全年要高。在夏秋季节的 8—10 月, 群落内当年生幼体、暖温种鳢和暖水种黄鲫等小型个体成为优势成分, 致个体尾均重为全年较低值。两阶段的尾均重变化趋势十分相近 ($r=0.8394$, $df=4$, $P<0.01$)。与环境水温关系在 $\alpha=0.0005$ 水平上, 成显著负相关 ($r=-0.8473$), 与盐度正相关关系不显著 ($r=0.4277$, $df=11$, $P>0.1$)。

按傅立叶级数展开提取函数周期的方法 (Findley, 1978), 判断渤海鱼类群落多样性综合指标的逐月动态, 存在明显的单周期特征 (图 2)。冷温种数和 BED 的高峰值发生在秋冬季; 暖温种和暖水种数、 NED 、 BED 变化规律基本一致, 春季 4—5 月份渐增, 至 8 月份达到数值高峰, 尔后迅速下降。在第一时期调查资料中, 10 月份物种最多, 达 83 种; 2 月份较少, 仅为 37 种。 NED 低、高峰值分别为 3 月份的 5473 和 8 月份 170.576; BED 则在 3 月份和 9 月份, 分别达 166.684 和 1708.176。这种变化部分地归结于群落内结构成员的季节更替, 同时也依赖于环境条件周期节律的相互制约。

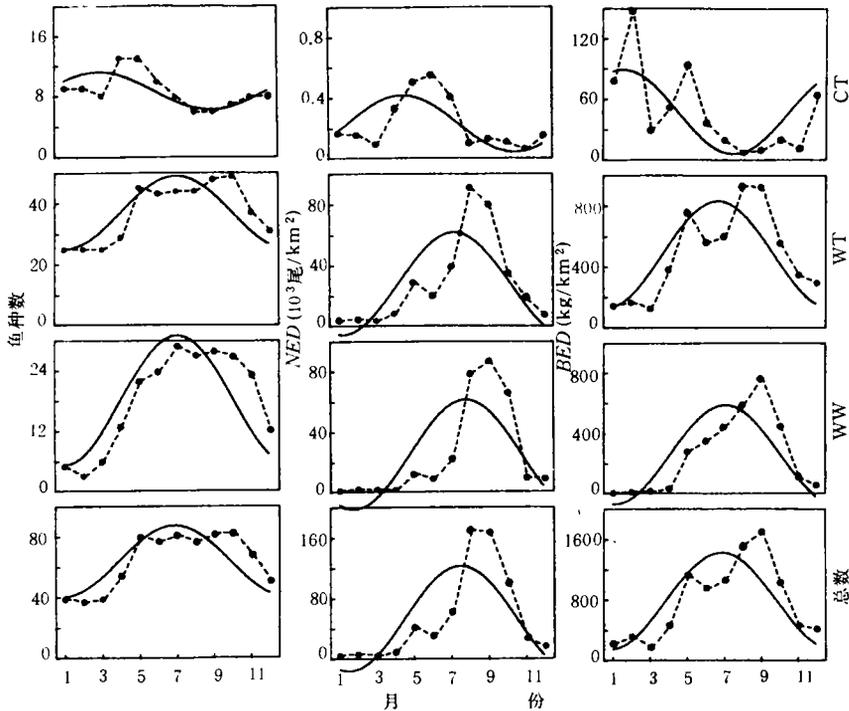


图 2 不同适温区系物种数、 NED 和 BED 的季节周期分析

Fig.2 Analysis of periodic trends in species numbers, NED and BED of fish community related to different temperature-adapted components

2.3 优势种成分 Pinaka (1971) 提出的相对重要性指数 (Index of Relative Importance, IRI), 结合研究测度的个体数、生物量组成和出现频率等信息, 已广泛地应用于鱼类摄食生态和群落优势种成分的研究中 (邓景耀, 1988; 朱鑫华, 1994)。选取其值大于 1 000 时, 渤海鱼类群落内优势种为黄鲫 (*Setipinna taty*)、黑鳃梅童鱼 (*Collichthys nivealus*)、鲚 (*Engraulis japonicus*) 和小黄鱼 (*Pseudosciaena polyactis*) 等 4 种, 小于 10 以下的为稀有种。50—1 000 为常见种, 与优势种一起合称为重要鱼种成分 (表 4), 其累计 NED 为 52.667, 占全部鱼种的 97.8343%; BED 为 719.677, 占 90.8644%。根据 1992—1993 年间的调查, 鲚则上升为首位优势种, NED 和 BED 占 51.97% 和 38.49%; 其次是黄鲫和小黄鱼, 昔日优势种黑鳃梅童鱼降至第 14 位重要种; 再次, 渤海真鲷一无所获。

表 4 渤海鱼类群落重要种成分

Tab.4 Important components of fish community in the Bohai Sea
based on investigated data from 1982 to 1993

种 名	区系	1982—1985 年				1992—1993 年			
		N(%)	B(%)	F	IRI	N(%)	B(%)	F	IRI
美鲛 <i>Raja pulchra</i>	CT	0.0124	3.2410	9	224.01	0.01	0.01	3	1.43
孔鲛 <i>Raja porosa</i>	WT	0.3039	7.2506	12	755.45	0.28	5.48	4	575.88
青鳞小沙丁 <i>Sardinella zunasi</i>	WW	2.0254	0.8832	7	169.67	0.97	0.85	3	136.30
斑鲷 <i>Clupanodon punctatus</i>	WW	1.0548	2.1104	9	237.39	2.58	8.00	3	793.25
鲉 <i>Engraulis japonicus</i>	WT	13.1446	5.6974	11	1 727.18	51.97	38.49	3	6 784.63
赤鼻棱鲷 <i>Thrissa kammalensis</i>	WW	1.8516	0.8038	7	154.90	6.90	4.42	3	849.41
黄鲫 <i>Setipinna taty</i>	WW	31.4274	16.4589	9	3 591.47	9.99	11.42	3	1 606.08
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	WW	4.8354	1.8660	12	670.14	0.04	0.03	4	6.52
鲈 <i>Liza haematocheila</i>	WT	0.0191	2.1016	9	159.05	0.00	0.18	2	8.83
花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>	WT	0.1737	7.4908	12	766.45	0.01	5.48	4	549.21
细条天竺鱼 <i>Apogonichthys lineatus</i>	WW	1.2147	0.2735	8	99.21	2.59	0.37	2	147.83
皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belengeri</i>	WW	0.9785	0.6073	9	118.94	1.72	0.70	3	181.58
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	WT	0.4267	0.5540	10	81.73	0.04	0.05	2	4.33
白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i>	WW	0.6347	1.0943	9	129.68	1.83	1.55	3	253.38
鲷 <i>Miichthys miiuy</i>	WT	0.0418	0.7668	9	60.65	0.00	0.03	1	0.85
小黄鱼 <i>Pseudosciaena polyactis</i>	WT	10.7707	8.4107	9	1 438.61	11.54	8.14	3	1 475.93
棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>	WT	2.1862	2.3408	12	452.70	4.31	4.08	4	838.81
黑鳃梅童鱼 <i>Collichthys niveatus</i>	WT	7.4774	4.3342	12	2 181.16	1.70	0.85	2	127.27
真鲷 <i>Pagrosomus major</i>	WT	0.5711	0.9682	6	76.97	—	—	—	—
长绵鲷 <i>Enchelyopus elongatus</i>	CT	0.1883	0.5515	12	73.98	0.17	0.68	4	84.53
小带鱼 <i>Eupleurogrammus muticus</i>	WW	0.3295	0.2888	10	51.53	0.73	0.71	3	107.42
蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i>	WT	1.8564	5.9199	7	453.62	0.05	0.41	3	34.69
银鲈 <i>Pampus argenteus</i>	WW	1.1271	3.3105	9	332.82	0.18	0.55	3	54.77
矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i>	WT	0.6202	0.3563	12	97.65	0.55	0.35	4	90.19
六丝矛尾鰕虎鱼 <i>Chaeturichthys hexanema</i>	WT	0.6991	0.2763	12	97.54	0.15	0.08	3	17.51
褐牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i>	WT	0.0911	2.3602	12	245.13	0.00	0.22	2	10.99
钝吻黄盖鲽 <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i>	CT	0.0883	1.5237	12	161.20	0.01	0.18	4	18.43
短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus (A.) joyneri</i>	WT	3.4622	3.2051	12	666.73	0.81	0.96	4	176.54
半滑舌鲷 <i>Cynoglossus (A.) semilaevis</i>	WT	0.0429	3.4610	12	350.39	0.02	0.91	3	69.63
绿鳍马面鲀 <i>Navodon septentrionalis</i>	WW	0.1168	1.5263	7	95.85	0.08	0.82	3	67.37
菊黄东方鲀 <i>Fugu flavidus</i>	WT	0.0623	0.8313	9	67.02	0.00	0.04	1	1.11

注: 表中 N, B 和 F 分别代表 NED, BED 的百分比和出现频率。

3 讨论与结语

3.1 优势种判别标准 在海洋鱼类群落内, 由于物种分布季节动态多呈现为洄游性更替节律, 导致鱼群落结构的时序间相对不稳定性, Grange (1979) 在研究 Manukau 港软泥大型底栖生物群落时, 提出群落得分法 (Community Score, CS), 认为 CS 与最大可能得分比超过 25% 的物种为优势种。Tyler (1971) 提出由出现频率高低决定的常见种 (Regulars: 出现月次大于 9 个月)、季节种 (Seasonals: 5—8 月次) 和偶见种

表 5 群落稳定性指标 ISTR 的方差分析表

Tab.5 Analysis of variance in index of species turnover rates of fish community

方差来源	自由度	离均差平方和	均方	F	P
总体组	4	0.2276	0.0569	14.04	0.0277
A 因素 (年间)	1	0.0158	0.0158	3.91	0.1424
B 因素 (季度月间)	3	0.2118	0.0706	17.42	0.0211
误差 (年间)	3	0.0122	0.0041		
总和	7	0.2398			

(Occasionals: 1—4 月次) 的标准。据此标准, 对渤海调查资料分析表明, 鱼类群落内常见种、季节种和偶见种分别为 42, 36, 41 种, 即三者间的比例较为接近, 与黄渤海沿岸水域游泳动物相比 (朱鑫华等, 1994), 物种间季节变动节律更为明显。显然, 以上方法仅强调了空间尺度或时间序列的单一因素的重要性, 而忽视了生态密度等指标, 或注重物种的生态密度而忽视了其出现频率对群落优势种的划分。本文运用群落多样性综合指标的概念, 则把衡量群落多样性的尺度更趋于全面和实用化。

3.2 群落结构持续性和稳定性 群落结构持续性和稳定性是研究群落内种间相互作用过程的重要指标。所谓持续性, 意指群落内密度模糊条件下物种长期存在的倾向性, 包括个体生态学和群落生态学特征的影响因子作用。稳定性则是群落成员维持其基本特征于中长期变化的适应能力, 通常是指经环境扰动条件下群落回复能力的标志 (May, 1984)。本文应用物种周转率指数 (Index of Species Turnover Rates, ISTR) (Ross et al., 1994), 研究渤海鱼类群落季节持续性。当 ISTR 为零, 表示该群落缺乏持续性; 如果 ISTR 为 1, 说明群落完全可持续。对 1982—1985 年的资料分析表明, 渤海鱼类群落月份间持续性较高 (ISTR 为 0.8105)。对 1982—1992 年相隔 10 年间 4 个季度月资料计算结果, 表明前一时期的 ISTR 为 0.6792; 后一时期为 0.5902, 说明渤海鱼类群落的持续性具有年间降低的趋势。

为考察群落结构季节变化稳定性, 采用 ANOVA 方法, 对以上两个时期 2, 5, 8, 10 月份的 ISTR 作双因素方差分析 (表 5)。结果表明, 年间变动趋势不甚明显, 而两个时期的季度月间周转率变化关系显著, 即月份间稳定性差。有关群落稳定性特征及其相关因素的研究, 将另文发表。

参 考 文 献

- 中国科学院海洋研究所, 1985, 渤海地质, 科学出版社 (北京), 232。
 邓景耀, 1988, 海洋水产研究, 9: 1—10。
 田明诚等, 1993, 海洋科学集刊, 34: 157—167。
 成庆泰、郑宝珊, 1987, 中国鱼类系统检索 (上册), 科学出版社 (北京), 643, VII。
 朱鑫华等, 1994, 动物学报, 40 (3): 241—252。
 张春霖等, 1955, 黄渤海鱼类调查报告, 科学出版社 (北京), 353。
 杨纪明等, 1990, 海洋学报, 12 (3): 359—365。
 林福申, 1965, 海洋水产研究, 2: 35—72。
 Ekman, S., 1953, Zoogeography of Sea., Sidgwick & Jackson (London), pp. 11—157。
 Findley, D. F., 1978, Applied Time Series Analysis, Academic Press (New York), p. 345。

- Grange, K. P., 1979, *N. Z. J. Mar. & Fresh. Res.*, **13** (3): 315 — 329.
- May, R. M., 1984, *Exploitation of Marine Communities*, Springer-Verlag (Berlin), p. 366.
- Pianka, E. R., 1971, *Copeia*, **1971**: 527 — 536.
- Ross, S. T. and Doherty T. A., 1994, *Estu. Coast. Shelf Sci.*, **38**: 49 — 67.
- Sherman, K., 1994, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **112** (3): 227 — 301.
- Tyler, A. V., 1971, *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **28** (7): 935 — 946.

STUDY ON CHARACTERISTICS OF FISH COMMUNITY STRUCTURE IN BOHAI SEA

Zhu Xinhua, Yang Jiming, Tang Qisheng[‡]

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071*)

[‡] (*Yellow Sea Fisheries Research Institute, The Chinese Academy of Fisheries Sciences, Qingdao 266071*)

Abstract Study on the characteristics of fish community structure, based on data from quantitative survey of 1090 hauls by means of demersal trawls during 1982 to 1985 and 1992 to 1993 in the Bohai Sea, showed that 119 fishes form the community units belong to a part of the Yellow Sea system and are comprised of warm-temperate (57.98%), and warm-water (28.57%) and cold-temperate (13.45%) species. The community diversity integrated indexes, such as species number, *NED* and *BED*, were single cycle seasonal fluctuations with maximum species number of 83 in October, minimum of 37 in February. The minimum of *NED* and *BED* were 5 473 individuals and 166.68 kilogram per square meter, maximum of 170.58×10^3 individuals and 1.71 tons per square meter, respectively. With regard to the index of relative importance (IRI) (Pianka, 1971), four species, half-mouthed anchovies, *Setipinna taty*, croakers, *Collichthys niveatus*, japanese anchovies, *Engraulis japonicus*, and small yellow croakers, *Pseudosciaena polyactis*, were dominant components, and some other 27 regular components with IRI values of 50 to 1 000, along with the 5 species above were considered as important species in the Bohai Sea community during 1982 to 1985, comprising 97.83% in *NED* and 90.86% in *BED*. However, using of data from 1992 to 1993, japanese anchovies, *Engraulis japonicus*, is now predominant with 51.97% in *NED* and 38.49% in *BED*, partly due to decline in persistence and stability of the community.

Key words Fish community Enhanced waters Bohai Sea