

浙江北部岛礁周围海域鱼类 群聚特征值的初步研究

郁尧山* 张庆生 陈卫民 许源剑

(浙江省海洋水产研究所)

提要 本文计算了下列鱼类群聚特征值: 种类数、单纯度、种类丰富度、最大多样性、种类多样性、种类均匀度、重复度, 并作了区域、逐月和年间变化的分析。得出鱼类群聚结构外侧海区(水深10—35米)较内侧海区(7—10米)复杂。种类多样性的变化同优势种及捕捞影响具有一定的关系, 种类多样性的计算宜兼顾个体数和生物量。

主题词 鱼类群聚特征值、浙江北部岛礁海域

本文在讨论浙江北部岛礁周围海域鱼类优势种及其种间关系的基础上, 分析了几种鱼类群聚特征值, 以期加深对群聚结构及其变化的认识^[1]。

计算方法

1. 单纯度

$$\sum \pi^2 = \sum_{i=1}^s n_i^2 / N^2$$

上式中, n_i 为第 i 种鱼的个体数; s 为种类数, $N = \sum_{i=1}^s n_i$ 。

2. 种类丰富度

$$d = (s - 1) / \ln N$$

上式中, s 为种类数; N 为个体数。

3. 种类多样性

$$H_{(I)} = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \right) \left(\log_2 \frac{n_i}{N} \right)$$

$$H_{(B)} = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{w_i}{W} \right) \left(\log_2 \frac{w_i}{W} \right)$$

上二式中, $H_{(I)}$ 为用个体数算出的多样性, $H_{(B)}$ 为用生物量算出的多样性, n_i 为第 i 种鱼的个体数, $N = \sum_{i=1}^s n_i$; w_i 为第 i 种鱼的生物量, $W = \sum_{i=1}^s w_i$ 。

* 现在浙江省舟山地区科学技术委员会工作。

4. 种类均匀度

$$J_{(D)} = H_{(D)} / H_{\max}$$

$$J_{(B)} = H_{(B)} / H_{\max}$$

上二式中, $J_{(D)}$ 为用个体数算出的种类均匀度; $J_{(B)}$ 为用生物量算出的种类均匀度, $H_{\max} = \log_2 S$, 为最大种类多样性。

5. 重复度

$$C_w = 2 \sum_{i=1}^s n_{1i} \cdot n_{2i} / (\Sigma \pi_1^2 + \Sigma \pi_2^2) N_1 \cdot N_2$$

上式中, $\Sigma \pi_1^2$ 、 $\Sigma \pi_2^2$ 为单纯度, N_1 、 N_2 为 1、2 海区的个体总数。

结果与分析

为了便于分析, 现将不同年份、不同海域按月算得的几种特征值列于表 1 和表 2。

1. 种类数

相同月份的种类数在两个不同海域的变化, 黄龙岛海域 3—4 月、8 月、10—11 月高于蚂蚁岛海域, 5—7 月却相反, 9 月相同, (见图 1)。

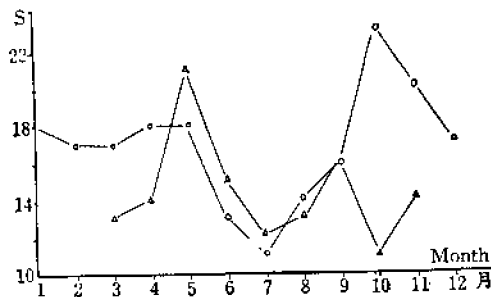


图 1 种类数目(S)变化曲线(1981)

Fig. 1 The variational curve of Species numbers(S) in 1981

○—○黄龙岛 Huanglong Island △—△蚂蚁岛 Mayi Island

种类数的逐月变化, 黄龙岛海域 1—5 月变化不大, 最高值出现在 10 月, 最低值在 7 月。蚂蚁岛海域 3 月开始上升, 分别在 5、9 月出现两个高峰, 7、10 月为两个低谷, 最高值在 5 月, 最低值在 10 月。两海域 3—9 月的变化趋势相一致。月出现种数按 3—11 月平均, 黄龙岛海域为 16.7 种, 多于蚂蚁岛海域的 14.3 种, 变动范围分别为 11—23 种和 11—21 种。

种类数的年间变化, 以 2、5、8 和 11 月分别代表冬、春、夏、秋, 结果如表 2 所示, 最高种类数黄龙岛海域 1963—1964 年为 26 种, 1978—1981 年为 21 种; 蚂蚁岛海域 1964—1965 年为 29 种, 1979—1981 年为 21 种。两海域种类数的年间变化, 总的趋势是 1965 年

表1 群聚特征值的逐月变化和区域变化(1981年)
Table 1 Changes in eigenvalues of fish community in
different months and areas in 1981

月 份 Months	黄龙岛海域 Sea areas of Huanglong Island								蚂蚁岛海域 Sea areas of Mayi Island								C_w
	S	$\Sigma\pi^2$	d	H_{max}	$H_{(I)}$	$H_{(B)}$	$J_{(I)}$	$J_{(B)}$	S	$\Sigma\pi^2$	d	H_{max}	$H_{(I)}$	$H_{(B)}$	$J_{(I)}$	$J_{(B)}$	
1	18	0.30	3.26	4.17	2.20	1.77	0.53	0.42									
2	17	0.39	2.73	4.09	2.43	2.87	0.59	0.70									
3	17	0.60	2.71	4.09	1.66	1.55	0.41	0.38	13	0.22	2.38	3.70	2.46	1.26	0.66	0.34	0.58
4	18	0.34	3.19	4.17	1.96	2.43	0.47	0.58	14	0.29	2.26	3.81	2.47	0.95	0.65	0.25	0.34
5	18	0.16	3.20	4.17	2.50	2.74	0.60	0.66	21	0.53	2.66	4.39	1.41	2.67	0.32	0.61	0.59
6	13	0.51	1.97	3.70	1.36	0.77	0.37	0.21	15	0.89	1.87	3.91	0.42	0.89	0.11	0.23	0.20
7	11	0.30	1.88	3.46	2.27	0.71	0.66	0.21	12	0.70	1.45	3.59	0.91	0.98	0.25	0.27	0.23
8	14	0.20	2.33	3.81	2.52	2.40	0.66	0.63	13	0.37	1.60	3.70	1.85	2.28	0.50	0.62	0.49
9	16	0.53	2.11	4.00	1.70	2.40	0.43	0.60	16	0.79	2.44	4.00	0.50	0.36	0.13	0.09	0.25
10	23	0.31	2.92	4.52	1.96	2.40	0.43	0.53	11	0.48	1.53	3.46	1.23	0.46	0.36	0.13	0.48
11	20	0.49	2.32	4.32	1.24	2.31	0.29	0.53	14	0.44	2.01	3.81	1.40	1.25	0.37	0.33	0.99
12	17	0.55	2.75	4.09	1.42	1.61	0.35	0.39									
3-11月平均 Average for Mar.- Nov.	16.7	0.38	2.51	4.03	1.91	1.97	0.48	0.48	14.3	0.52	2.02	3.82	1.41	1.23	0.37	0.32	0.45
年平均 Average annually	16.8	0.39	2.61	4.05	1.94	2.00	0.48	0.49									

前要比 1978—1981 年为高。

2. 最大多样性

最大多样性是在最大均匀性条件下种的多样性，因为 $H_{max} = \log_2 S$ ，所以区域、逐月和年间变化与种类数的变化相一致。

3. 单纯度和种类丰富度

单纯度 ($\Sigma\pi^2$) 和种类丰富度 (d)，前者大表示群聚单纯，后者大则表示复杂。按 3—11 月平均黄龙岛海域， $\Sigma\pi^2$ 值小于蚂蚁岛海域， d 值则相反。说明黄龙岛海域的鱼类群聚较之蚂蚁岛海域复杂。两海域逐月变化比较复杂，蚂蚁岛海域 6—9 月的 $\Sigma\pi^2$ 值较大， d 值较小，可以说明一个问题，即当主要经济鱼类稚、幼鱼（如带鱼）大量出现时，群聚结构有趋向简单化的倾向。

4. 种类多样性

种类多样性是指种类数和每一种类的个体数或生物量在群聚总个体数或生物量中的

表2 群聚特征值的年间变化
Table 2 Annual changes in eigenvalues of fish community

年份 Years	月份 Months	黄龙岛海域 Sea areas of Huanglong Island						蚂蚁岛海域 Sea areas of Mayi Island					
		S	H_{max}	$H_{(I)}$	$H_{(B)}$	$J_{(I)}$	$J_{(B)}$	S	H_{max}	$H_{(I)}$	$H_{(B)}$	$J_{(I)}$	$J_{(B)}$
1963	2												
	5												
	8	26	4.70	1.92	2.76	0.41	0.59						
	11	20	4.32	1.10	1.22	0.25	0.28						
1964	2	12	3.59	2.17	2.77	0.60	0.77						
	5	25	4.64	3.00	2.80	0.65	0.60	29	4.86	2.37	3.81	0.49	0.78
	8	18	4.17	2.45	2.31	0.59	0.55	24	4.59	1.58	2.44	0.34	0.53
	11												
1965	2												
	5							25	4.64	1.77	2.85	0.38	0.61
	8							18	4.17	1.23	1.22	0.29	0.29
	11							11	3.46	0.99	0.68	0.29	0.20
1978	2												
	5	17	4.09	1.80	2.70	0.82	0.66						
	8	14	3.81	1.25	2.63	0.33	0.69						
	11												
1979	2												
	5	20	4.32	2.88	2.91	0.67	0.67						
	8							11	3.46	1.80	1.61	0.52	0.47
	11	14	3.81	0.94	1.22	0.25	0.32	6	2.59	0.96	0.50	0.37	0.19
1980	2	16	4.00	3.18	3.36	0.80	0.84						
	5	14	3.81	0.66	2.61	0.17	0.69	13	3.70	2.33	1.49	0.63	0.40
	8	21	4.39	1.98	2.62	0.45	0.60	11	3.46	2.03	2.17	0.59	0.63
	11	10	3.32	2.23	1.56	0.67	0.47	12	2.81	1.04	0.28	0.37	0.10
1981	2	17	4.09	2.42	2.87	0.59	0.70						
	5	18	4.17	2.50	2.74	0.60	0.66	21	4.39	1.41	2.67	0.32	0.61
	8	14	3.81	2.52	2.40	0.66	0.63	13	3.70	1.85	2.28	0.50	0.62
	11	20	4.32	1.24	2.31	0.29	0.53	14	3.81	1.40	1.25	0.37	0.33

比例,它大致表达了信息量或不定度的大小。

(1) $H_{(I)}$ 和 $H_{(B)}$ 的关系 1981年黄龙岛、蚂蚁岛海域二种多样性,即用个体数算得的多样性 $H_{(I)}$ 和生物量算得的多样性 $H_{(B)}$, 两者相关系数黄龙岛海域(1—12月) $r=0.37$, 蚂蚁岛海域(3—11月) $r=0.34$, 经相关系数显著性检验, 表明没有显著关系。因此,以下分别对二种多样性 $H_{(I)}$ 和 $H_{(B)}$ 进行讨论。

(2) 两海域 $H_{(I)}$ 的比较 见图2,3—4月都处于上升阶段, 6月均在最低点, 8月形成第二个高峰。黄龙岛海域8月后呈阶梯下降趋势, 而蚂蚁岛海域9月后又开始上升直至11月。3—4月蚂蚁岛海域大于黄龙岛海域,5—10月反之。

(3) 两海域 $H_{(B)}$ 的比较 由图3所示,黄龙岛海域3—5月处于上升阶段,7月为最

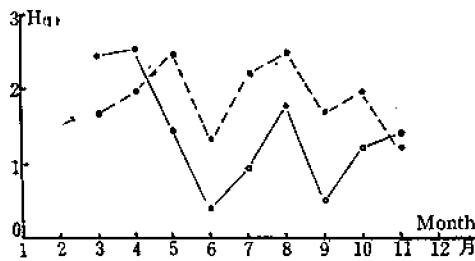
图2 两海域种类多样性 $H_{(D)}$ 变化曲线(1981)

Fig. 2 The Curves of Species diversities Changes ($H_{(D)}$) in two Sea areas in 1981

— 蚂蚁岛 Mayi Island
 黄龙岛 Huanglong Island

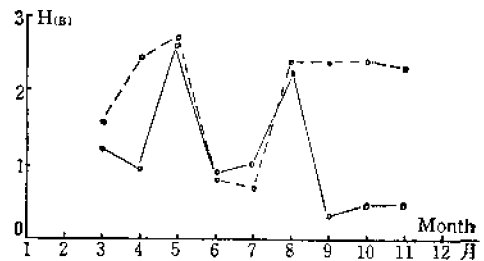
图3 两海域种类多样性 $H_{(B)}$ 变化曲线(1981)

Fig. 3 The Species Diversities ($H_{(B)}$) Change Curve in Two sea Areas in 1981

— 蚂蚁岛 Mayi Island
 黄龙岛 Huanglong Island

低点, 8月后又复出现第二个高峰, 而后基本上维持在这个水平上。蚂蚁岛海域4月后急剧上升, 5月为最高点, 6—8月为上升期, 8月后急剧下降, 9—11月都处于一个较低水平, 除6—7月外, 黄龙岛海域均大于蚂蚁岛海域。

(4) 年间变化 黄龙岛和蚂蚁岛海域两个不同时期(1963—1965年、1978—1981年) $H_{(D)}$ 和 $H_{(B)}$ 的最高值和最低值见表3。

表3 黄龙岛和蚂蚁岛海域在不同时期 $H_{(D)}$ 和 $H_{(B)}$ 的最高值和最低值
 Table 3 The max. and min. of both $H_{(D)}$ and $H_{(B)}$ in Huanglong and Mayi sea areas in different periods

海域 Sea areas	年份 Years	$H_{(D)}$		$H_{(B)}$	
		最高值 max.	最低值 min.	最高值 max.	最低值 min.
黄龙岛 Huanglong Island	1963—1964	3.00	1.10	2.80	1.22
	1978—1981	3.18	0.66	3.36	1.22
蚂蚁岛 Mayi Island	1964—1965	2.37	0.99	3.81	1.22
	1979—1981	2.33	0.96	2.17	0.28

1978—1981年黄龙岛海域 $H_{(D)}$ 和 $H_{(B)}$ 的最高值大于1963—1964年, 最低值小于或等于1963—1964年; 1979—1981年蚂蚁岛海域的最高、最低值均小于1964—1965年。至于2、5、8、11月的多样性年间变化详见表2, 总的说来, 多样性 $H_{(D)}$ 和 $H_{(B)}$ 在这两个时期虽有差异, 但不大。

5. 种类均匀度

种类均匀度是衡量群聚中每种鱼的个体数或生物量均匀性的分配程度。

(1) 区域变化和逐月变化 两海域 $J_{(D)}$ 的比较见图4, $J_{(B)}$ 的比较见图5。由图可知, 均匀度的区域变化和逐月变化与相应的多样度的变化有着基本一致的趋势。

(2) 年间变化 两海域两个不同时期 $J_{(D)}$ 和 $J_{(B)}$ 的最高值和最低值列于表4。

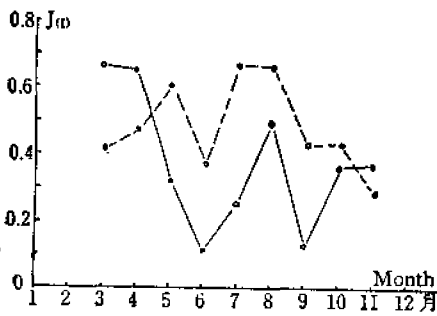


图4 两海域种类均匀度 $J_{(I)}$ 变化曲线(1981)
Fig. 4 Change curve of evenness ($J_{(I)}$)
in two sea areas in 1981

— 蚂蚁岛 Mayi island
..... 黄龙岛 Huanglong island

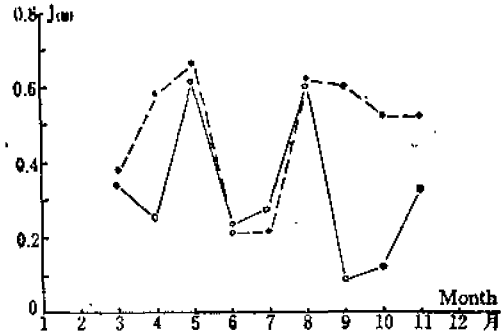


图5 两海域种类均匀度 $J_{(B)}$ 变化曲线(1981)
Fig. 5 Change curve of evenness ($J_{(B)}$)
in two sea areas in 1981

— 蚂蚁岛 Mayi island
..... 黄龙岛 Huanglong island

1978—1981年黄龙岛海域最高值均大于1963—1964年,而最低值中 $J_{(I)}$ 却小于1963—1964年。1979—1981年蚂蚁岛 $J_{(I)}$ 的最高、最低值均大于1964—1965年,而 $J_{(B)}$ 值则反之。从表2可知,种类均匀度和种类多样性一样,在这两个时期虽有差异但不显著。

表4 黄龙岛和蚂蚁岛海域不同时期 $J_{(I)}$ 和 $J_{(B)}$ 的最高值和最低值
Table.4 The max. and min. of both $J_{(I)}$ and $J_{(B)}$ in Huanglong
and Mayi sea areas in different periods

海 域 Sea areas	年 份 years	$J_{(I)}$		$J_{(B)}$	
		最高值 max.	最低值 min.	最高值 max.	最低值 min.
黄龙岛 Huanglong Island	1963—1964	0.65	0.25	0.77	0.28
	1978—1981	0.80	0.17	0.84	0.32
蚂蚁岛 Mayi Island	1964—1965	0.49	0.29	0.78	0.20
	1979—1981	0.63	0.32	0.63	0.10

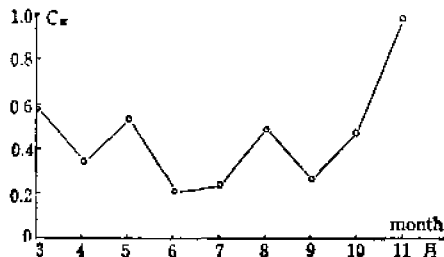


图6 两海域重复度(C_m)变化曲线(1981)
Fig. 6 Change curve of degree of overlap in two sea areas in 1981

6. 重复度

重复度 C_s 值愈大表示两海域的群聚结构愈相似。图 6 所示为 1981 年 3—11 月黄龙岛和蚂蚁岛海域的 C_s 值逐月变化。

以 6 月最低, 11 月为最高, 平均为 0.45。

群聚特征值与环境因素的关系

1. 与水深的关系

黄龙岛海域水深 10—35 米, 蚂蚁岛海域 7—10 米, 在这两个不同深度的海域, 3—11 月种类数、种类丰富度、种类多样性、种类均匀度的月平均值前者均大于后者, 而单纯度则反之。由此可知, 黄龙岛海域鱼类群聚结构较蚂蚁岛海域复杂。

2. 与温、盐度的关系

根据黄龙岛海域 1981 年逐月种类多样性等几种特征值资料, 但由于缺少逐月现场温、盐度资料, 仅从邻近水文站(嵛山站)同年表层月平均温、盐度, 算得与几种群聚特征值的线性相关系数, 结果见表 5。

表 5 黄龙岛海域鱼类群聚特征值与温度、盐度的相关系数(r)

Table 5 Correlative coefficients between eigenvalues of fish community and temperature and salinity in Huanglong sea areas

环境因素 Factors	特征值 eigenvalues						
	$\Sigma\pi^2$	d	H_{max}	$H_{(I)}$	$H_{(B)}$	$J_{(I)}$	$J_{(B)}$
温 度 Temperature	-0.26	-0.63*	-0.42	0.05	-0.13	0.23	-0.15
盐 度 Salinity	0.42	0.10	0.45	-0.10	-0.24	0.22	-0.61*

备注: * $|r| > r_{0.05, 10} = 0.58$
Note:

经相关系数显著性检验, 只有 d —温度、 $J_{(B)}$ —盐度存在着一般的相关关系。

3. 种类多样性与优势种和捕捞影响的关系

因黄龙岛海域和蚂蚁岛海域有类似趋势, 现以黄龙岛海域为例, 讨论如下。

(1) $H_{(I)}$ 与优势种的关系 由图 7 所示, 1981 年 6、11 月形成两个明显的低谷, 究其原因是由于 6 月幼带鱼大量进入张网区(尾数占 70%) 和 11 月七星鱼高度密集(尾数占 65.38%)所造成的。1964 年 6 月明显下降, 同小黄鱼幼鱼的出现(尾数占 44%)有关; 10、11 月都处于低水平是由于 10 月的龙头鱼(尾数占 76.85%) 和 11 月秋宗大黄鱼幼鱼(尾数占 78.24%)所致的。

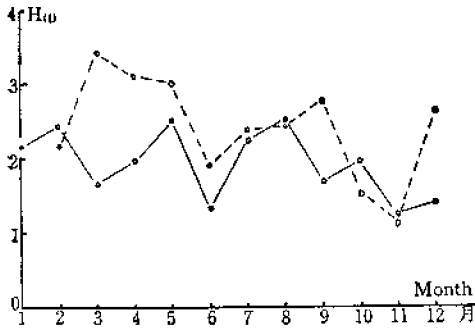


图7 黄龙岛海域1964年与1981年 $H_{(I)}$ 的比较
Fig. 7 The Comparison of $H_{(I)}$ in 1964 and 1981 in Huanglong Sea Area

..... 1964年 — 1981年

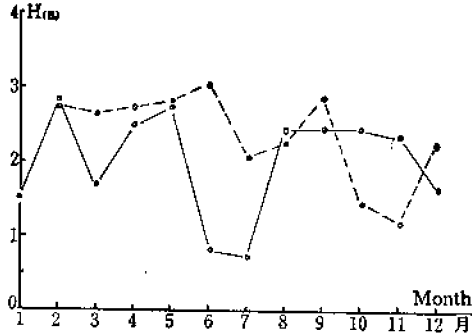


图8 黄龙岛海域1964年与1981年 $H_{(B)}$ 的比较
Fig. 8 The Comparison of $H_{(B)}$ in 1964 and 1981 in Huanglong Sea Area

..... 1964年 — 1981年

(2) $H_{(B)}$ 与优势种的关系 由图8所示,1981年6、7月形成明显的低谷,此时恰为带鱼幼鱼的出现高峰期(6月重量占87.65%,7月虽然尾数只占40%,但由于迅速生长的结果,重量却达到90.69%)。1964年10、11月都处于低水平,也是由于龙头鱼密集的结果(重量分别占78.91%和81.30%),而11月大黄鱼幼鱼尾数虽众多,但因个体较小,重量仅占6.10%,因此,对 $H_{(B)}$ 值的影响不大。

(3) $H_{(I)}$ 和 $H_{(B)}$ 与捕捞影响的关系

从1964年到1981年的17年间,捕捞强度的迅速增长远远超过了渔业资源所能承受的负荷,导致了小黄鱼和大黄鱼资源的先后衰退,带鱼资源也面临着困境;并使各鱼种占总产量的比例起了变化,如浙江省1964年海洋渔业产量中,小黄鱼占2.04%,大黄鱼占11.15%,带鱼占37.36%,而1981年小黄鱼仅占0.60%,大黄鱼占3.81%,带鱼占39.99%。成鱼资源的衰退,必然引起发生量的减少,成鱼组成的变化也会在幼鱼比例上得到反映。捕捞力量对本调查区种类多样度的影响,是通过改变各种主要鱼类的尾数和重量组成来实现的。如图7、8中,1964年6月 $H_{(I)}$ 曲线的急剧下降,是小黄鱼幼鱼占绝对优势所致的,1981年6月的降低是由于带鱼幼鱼取代小黄鱼幼鱼的结果。

讨 论

1. 种类多样度的计算,采用个体数和生物量对照,其结果表明两海域的 $H_{(I)}$ 和 $H_{(B)}$ 均无显著关系,二种多样度的逐月变化趋势也不尽相同。因此,根据本海区鱼类群聚的特点,在种类多样度的计算分析时,以两者兼顾为宜。

2. 在不同水深的海域所出现的种类数,种类丰富度、最大多样性、种类多样度和种类均匀度的月平均值,以及主要经济鱼类稚、幼鱼在渔获组成中的比重,水深处均大于水浅处,而单纯度则相反。在理论上为张网区类型的划分和不同海域的张网对主要经济鱼类稚、幼鱼的损害程度,黄龙岛海域大于蚂蚁岛海域,即外侧海区大于内侧海区的结论提供了依据⁽¹⁾。

(1) 郁尧山等,1983. 浙江沿海定置张网损害渔业资源的状况及其渔业管理意见。油印本。

3. 鱼类群聚特征值周年逐月存在着明显的变化,这跟优势种的季节性出现,以及主要经济鱼类季节性繁殖有着密切的关系。种类多样性等特征值的年间变化,基本趋势是1963—1965年大于1978—1981年,这跟环境变迁似有一定的关系。在具体各月的年间变化中,又和主要经济鱼类的兴衰,进而和捕捞强度的增强有关。

4. 目前,多样性指数采用底栖大型无脊椎动物的 H 值来评价有机物污染状况比较成功。当水质受到污染时,也将引起鱼类群聚特征值的变化,限于基础资料的不足,对于种类多样性等指数和环境污染的关系还有待于今后作深入的探讨。但可以设想继续长期积累定置张网区的调查资料,分析群聚特征值的变化,作为检测渔场环境质量的指标是可取的。

参 考 文 献

- [1] 郁尧山、张庆生、陈卫民、许源剑,1986。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。水产学报,10(2):137—150。
 [2] 费鸿年、何宝全、陈国铭,1981。南海北部大陆架底栖鱼类群聚的多样性以及优势种区域和季节变化。水产学报,5(1):1—20。
 [3] 曾万年,1982。盐寮湾底延绳钓鱼类群集之种类分歧性及其数量变化。台湾水产学会刊,9(2): 23—38。
 [4] 王德铭等,1981。环境生物学。99。中国大百科全书出版社。

A PRELIMINARY STUDY ON EIGENVALUS OF FISH COMMUNITIES IN WATERS SURROUNDING ISLANDS OFF THE NORTHERN ZHEJIANG

Yu Yaoshan, Zhang Qingsheng, Chen Weimin and Xu Yuanjian

(*Marine Fishery Research Institute of Zhejiang*)

ABSTRACT In this paper, the following eigenvalues of fish communities were calculated: the number of species contained in communities; the index of concentration; the index of species richness; the maximum species diversity; the index of evenness and the index of degree of overlap. Their regional, monthly and yearly changes were analysed. The results indicated that the structure of fish communities of outer waters (10 to 35 meters in depth) is more complicated than that of inner waters (7 to 10 meters in depth). The changes of species diversity have some relation to the dominant species and fishing efforts. In the calculation of species diversity both numbers and biomass were considered.

KEY WORDS Eigenvalus of fish community, Waters surrounding islands off the northern Zhejiang