

南海北部大陆架底栖鱼群聚的多样性 以及优势种区域和季节变化

费 鸿 年 何 宝 全 陈 国 铭

(南海水产研究所)

提 要

本文提出了关于南海北部大陆架底栖鱼类群聚若干属性的区域性和季节性变化研究概略。采集鱼类是在1964年3月到1965年2月由3艘研究船在137,667平方公里范围内人为地划成8小区共计51采集点进行的。在每一点拖2小时,每一样品当作一个鱼类群聚。本研究仅使用3月、6月、10月和12月代表春、夏、秋、冬四季的资料。

种类多样性是鱼类群聚的一个重要属性,在几种计算方法中,本文应用了修改过的Shannon-Weaver公式,并用生物量代替了个体数的算法。一般这样算出的指数值略高于用个体数算出的结果。本研究算出 H' 的变化幅度为1.40到4.40,与国外发表的近海底拖网鱼类多样性指数相比是最高的。作了多样性等值线群分布图,四月份有差异,但还不能作出明显关系的判断。 H' 与温度、水深有相关。

另作了3种与多样性有关连的参数计算:(1)种类数(S);(2)最大多样性(H_{max});(3)种类均匀度(J)。 (1)、(2)两种参数变化有伴随关系,均匀度有类似于多样性变化的倾向。

优势种的组成是群聚的第一种基本属性。我们把优势种概念与信息量相结合作了详细解释,根据这一新概念,我们把一个种类在样品渔获量中占20—60%的作为优势种,在8小区和4个月中共见到有优势种47种,频度变化很复杂,用英文字母来代表优势种作了用代码的优势种频度分布模式图,可以直观地看出一些表面的现象。但不仅优势种与多样性数值关系还没有找到,优势种群变动本身问题也还需要进一步连续研究和积累资料。

种类多样性和种类组成是反映生物群聚的两个重要特征。早在三十年代前后已有不少生态学者对于植物和动物群聚的种数与总个体数以及与面积的关系作过详细的研究,提出了不少数理模式(例如Arrhenius 1921, Fisher, Corbet和Williams 1943, 元村1932等)。五十年代以后,有关这方面的研究有了较大的进展,特别是Margalef (1957, 1958), MacArthur, R. H. 和 J. W. MacArthur (1961)以及Pielou (1966)等把Brillouin (1951)及Shannon和Weaver (1949)的信息论概念引进到生态学研究,使多样性计算方法有了可以相互比较的通用模式。

应用多样性来分析生物群聚,多数是研究植物群落和动物方面的昆虫、土壤小动物、鸟类、爬行类、海洋浮游生物和底栖生物等。最近才陆续出现了关于鱼类群聚的多样性和

群聚组成的文献[例 Oviatt 和 Nixon (1973), Bechtel 和 Copeland (1970), Livingston (1976), Hillman 等(1977), Moore (1978) 等], 但是它们多数以河口、海湾或近海鱼类种群为研究对象, 采集站位较少, 范围不广。由于多种类渔业问题和海洋污染问题受到普遍的注意, 所以研究鱼类群聚的多样性这一课题又得到了进一步的重视。

本文采用了南海北部海南岛以东到碇石湾 51 个站位周年定点调查每网底栖鱼的分类型计算种数、每种类的重量和个体数的资料, 用 Shannon-Weaver 的信息量模式, 分析各月各站的信息量, 比较了用重量及尾数所算出的多样度的差别, 并用信息论概念来确定优势种, 考察其区域和季节的变化。通过研究南海北部底鱼群聚分析结果, 得出:

- (1) 提供与其他海区或年份的鱼类多样性作比较的基准数据;
- (2) 计算多样性时采用了以生物量代替个体数的方法;
- (3) 用信息量概念规定了选定优势种的标准。

虽然资料是在 1964—1965 年所取得, 与当前情况可能不全相符, 但作为对照其他海区的数据和观察今后变化的基准, 尚有一定价值。

资 料 来 源

本研究的原始数据来源于 1964 年 3 月到 1965 年 2 月, 南海水产研究所调查船《117》、《双鹰》和《长征》作了一周年的海上拖网资源调查资料。采样区域在南海北部大陆架 120 米水深范围以内, 南起 $18^{\circ}15'N$, 北至 $22^{\circ}50'N$; 西自 $110^{\circ}00'E$, 东至 $115^{\circ}45'E$ 。

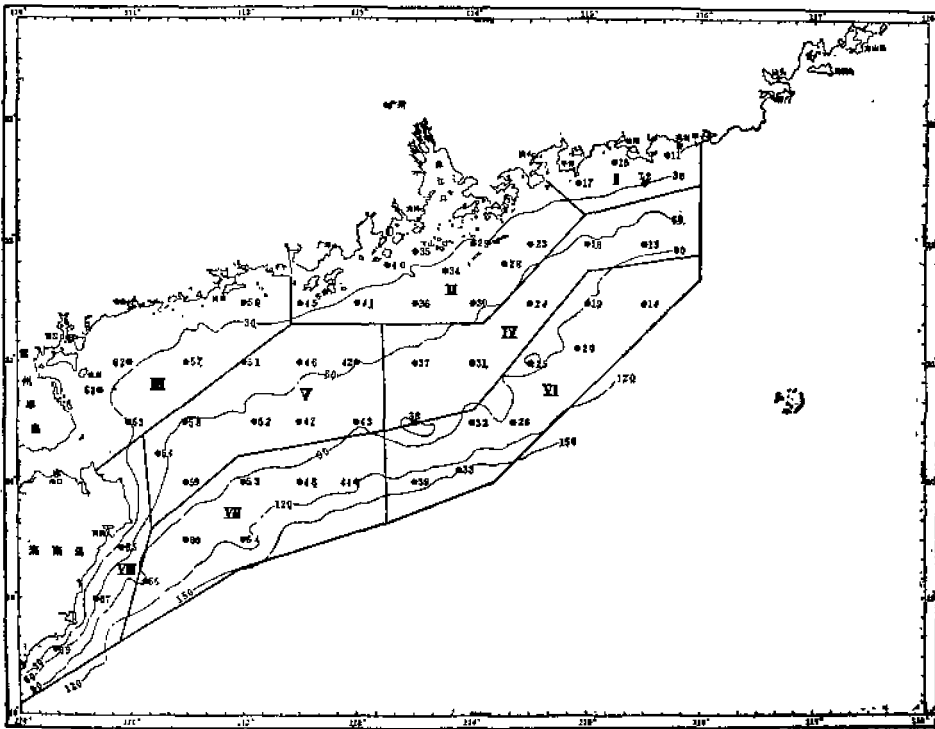


图1 站位、分区和等深线分布图

共计面积为 137,667 平方公里, 设采样点 51 个, 基本上各点相隔经纬度各半度。每点每月拖网一次计 2 小时, 采样用统一标准 560 目的尼龙网, 每一采样点所采到的鱼类, 按种类称重和计数, 有少数同科的种类并作一起计算, 这是本报告产生误差的一个要因。9 月份在三次强台风影响下停止采样, 其余 11 个月除极少数因网破或其他原因有个别站未采样外, 其他都是正常的。各站的位置和分区范围、等深线见图 1。

全年共采得经鉴定的鱼类计有 501 种, 但在计算多样性时所用到的种类仅 126 种(科)。将全年共获样品的个体数和生物量按其总生物量的顺位排列, 列出总生物量在 200 公斤以上的鱼类有 50 种, 如表 1 所示。下面分析结果中所讨论到的优势种, 多数在这 50 种内。50 种以外的种类大多占总生物量的 0.1% 以下, 在每网所采样品中的数量比例则更低。按全年所获种类的生物量顺位来说, 占首位的为绿鳍马面鲀(*Cantherines modestus*), 其次为深水金线鱼(*Nemipterus bathybius*)和马六甲鲱鲤(*Upeneus moluccensis*), 详见表 1。

表 1 南海北部大陆架 50 种主要底栖鱼类顺位产量表*

顺 序	鱼 名	生物量(公斤)	个体数(尾)
1	绿鳍马面鲀 <i>Cantherines modestus</i>	5238.04	220840
2	深水金线鱼 <i>Nemipterus bathybius</i>	4361.58	116305
3	马六甲鲱鲤 <i>Upeneus moluccensis</i>	4136.24	84488
4	多齿蛇鲷 <i>Saurida tumbil</i>	2446.22	21708
5	红鳍笛鲷 <i>Lutjanus erythropterus</i>	1665.64	961
6	马拉巴裸胸鲷 <i>Caranx (Citula) malabaricus</i>	1563.76	18724
7	长尾大眼鲷 <i>Priacanthus tuyeenus</i>	1234.83	13356
8	金线鱼 <i>Nemipterus virgatus</i>	1182.33	13181
9	海鳗 <i>Muraenesox cinereus</i>	1080.99	1081
10	二长棘鲷 <i>Paragyrops edita</i>	967.62	40912
11	日本金线鱼 <i>Nemipterus japonicus</i>	944.34	18063
12	带鱼 <i>Trichiurus haumela</i>	912.69	10648
13	短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macracanthus</i>	870.26	5605
14	花斑蛇鲷 <i>Saurida undosquamis</i>	865.16	15177
15	条尾鲱鲤 <i>Upeneus bensasi</i>	829.52	40053
16	印度双鳍鲳 <i>Pseneus indicus</i>	772.21	5833
17	蓝圆鲹 <i>Decapterus maruadsi</i>	752.76	23022
18	长条蛇鲷 <i>Saurida filamentosa</i>	748.68	2370
19	灰裸顶鲷 <i>Gymnocranius griseus</i>	700.49	2340
20	断斑石鲈 <i>Pomadourys hasta</i>	661.35	924

顺序	鱼名	生物量(公斤)	个体数(尾)
21	黑 鲈 鳕 <i>Lophiomus setigerus</i>	681.79	2288
22	燕 尾 鲳 <i>Stromateoides nozawae</i>	626.93	4438
23	斑 鳍 白 姑 鱼 <i>Argyrosomus pawak</i>	626.30	11737
24	大 头 白 姑 鱼 <i>Argyrosomus macrocephalus</i>	614.56	39614
25	印 度 白 姑 鱼 <i>Argyrosomus indicus</i>	586.80	22719
26	何 氏 鲷 <i>Raja hollandi</i>	574.50	2700
27	黄 鲷 <i>Toxotes jaculator</i>	566.41	5484
28	刺 鲷 <i>Psenopsis anomala</i>	533.23	1066
29	高 体 若 鲷 <i>Caranx (Carangoides) equula</i>	487.26	9720
30	黄 斑 鲷 <i>Leiognathus hindus</i>	460.90	152206
31	大 眼 兔 头 鲷 <i>Lagocephalus lunaris</i>	417.39	1138
32	凹 鳍 鲷 <i>Kumococcus detrusus</i>	412.79	12009
33	双 峰 三 棱 箱 鲷 <i>Lactophrys concatenatus</i>	406.67	7163
34	六 指 马 鲷 <i>Polynemus sextarius</i>	400.95	12805
35	黑 印 真 鲨 <i>Carcharhinus menisorrah</i>	387.97	155
36	乌 鲷 <i>Formio niger</i>	382.40	1539
37	斑 点 马 鲷 <i>Scomberomorus guttatus</i>	373.53	865
38	六 斑 刺 鲷 <i>Diodon holacanthus</i>	359.43	7469
39	黄 带 鲷 鲤 <i>Upeneus sulphurus</i>	355.26	7236
40	辣 茄 鱼 <i>Halieutaea stellata</i>	337.67	2988
41	日 本 红 娘 鱼 <i>Lepidotrigla laponicus</i>	337.46	11035
42	粗 纹 鲷 <i>Leiognathus lineolatus</i>	330.10	72614
43	尖 咀 缸 <i>Dasyatis zujei</i>	327.59	
44	鲷 鱼 <i>Therapon theraps</i>	320.54	4818
45	紫 鱼 <i>Pristipomoides typus</i>	302.23	195
46	五 点 斑 鲷 <i>Pseudorhombus quinqueocellatus</i>	252.74	8661
47	画 眉 笛 鲷 <i>Lutjanus vitta</i>	249.24	928
48	黑 纹 条 鲷 <i>Zonichthys nigrofasciata</i>	246.60	328
49	棕 斑 兔 头 鲷 <i>Lagocephalus lunaris spadiceus</i>	233.37	2871
50	仙 鲷 鲷 <i>Sirembo imberbis</i>	208.75	9508

• 指每月总生物量达200公斤以上者。

分 析 方 法

(一) 多 样 度

多样性(Species diversity)又称分歧指数,是生物群聚(Community,在植物和固着动物中又译作群落)的一个重要指标,早在生态学领域中成为一项重要的研究课题。所谓多样性就是一个群聚中所含种类数与个体数二者的关系,有的个体多,种类也多;有的个体多而种类少;有的个体少,种类也少。用数量关系来表示这些关系的数学模式有若干种,鱼类群聚中最常用的有如下三种:

第一种是 Margalef (1958)所提出来的种类丰度(Species richness),亦称“多样性指数”,用 D 来表示,虽然也表示种类数与个体数的关系,但实际上种类数在多样性指数数值上起决定性作用。它的模式为

$$D = \frac{S-1}{\log_e N} \quad (1)$$

而 Dahlberg 和 Odum(1970)又把它改成了用 \log_2 来代替 \log_e ,即

$$D = \frac{S-1}{\log_2 N} \quad (2)$$

这一模式曾在我国广东鱼塭纳苗的群聚形态研究中运用过(费鸿年,1962及费鸿年、郑修信,1964)。本文中没用它。

第二种是根据 Shannon 和 Weaver (1949)的信息论概念所引导出来。最初由 Margalef 在 1958 年所使用的,也叫“多样性指数”,在鱼类群聚结构的研究方面多数用这一模式。公式为:

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i) \cdot (\log_2 P_i)$$

这个模式在原来的信息论上 H' 代表信息量(information content)或叫不定度(uncertainty),是从前一个通讯信码来推测下一个信码的数量表达方式,其单位叫做比特(bit)。用到鱼类群聚,则 H' 作为多样性,多样性大致表达了信息量或不定度大小。用它来表示鱼类种数和每一种类的个体数在群聚总个体数中的比例。式中 P_i 为第 i 种类型的概率,即占总个体数的比例。下标 $i=1,2,3,\dots,S$ 。为了更容易明了,可改写(3)式为:

$$H'' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{N_i}{N} \right) \left(\log_2 \frac{N_i}{N} \right) \quad (4)$$

(4)式中 S 代表一个群聚所含种类的数目, N 代表总个体数, N_i 代表第 i 种的个体数。

但是,这是指群聚的总体(population)而言,事实上我们只能从采取的样品来推测总体。虽然它要求随机采样,免除误差,为了区别代表样品还是代表总体,所以代表样品用 n 来代替 N ,更符合实际,于是(4)式应进一步改写为:

$$H'' = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{n} \right) \left(\log_2 \frac{n_i}{n} \right) \quad (5)$$

现假设一例来说明多样性(H')这一指数的计算。假定有 A 和 B 两个群聚样品,各为100个个体,各有2种,即 $S=2$ 。 A 群聚中的 $n_1=99$, $n_2=1$;而 B 群聚中的 $n_1=n_2=50$ 。于是依上面的(3)式:

$$\begin{aligned} H'_{A'} &= - \sum_{i=1}^2 (P_i)(\log_2 P_i) \\ &= - [(P_1)(\log_2 P_1) + (P_2)(\log_2 P_2)] \\ &= - [0.99(\log_2 0.99) + 0.01(\log_2 0.01)] \\ &= 0.081 \text{ 比特/个体} \\ H'_{B'} &= - [-0.50(\log_2 0.50) + 0.50(\log_2 0.50)] \\ &= 1.00 \text{ 比特/个体} \end{aligned}$$

可见,群聚 B 的 H' 比群聚 A 的 H' 大,所以 B 比 A 显得更多样。

多样性用于个体大小均匀的浮游生物中,若以个体数来计算,误差不大。可是在鱼类中应用时,因每种鱼的个体大小相差较大,同一种鱼中间又有年龄的差别,这样以一种较大的鱼和一种较小的鱼或同一种鱼的不同大小个体的鱼,都作为一个个体来计算,在实际应用上是不甚合理的。本文中就遇到了这样的困难。例如,每一样品中红鳍笛鲷每尾平均重为1733克,绿鳍马面鲀每尾平均重为24克,相差悬殊,所以用个体数来计算 H' 不很恰当。

Wilhm (1968)在研究底栖大型无脊椎动物的多样性时提出用生物量代替个体数,但在鱼类群聚方面,只有 R. L. Haedrich 和 S. O. Haedrich (1974)同时用了依个体数和重量来考察一条污染河道的多样性变化。本文着重用生物量代替了个体数进行分析,所以实际上所用的模式是

$$H'' = - \sum_{i=1}^S (W_i/W)(\log_2 W_i/W) \quad (6)$$

考虑到样品与总体的差别, W_i/W 也应当用小写字母 w_i/w 更合理。Pielou (1975)也对用生物量来代替个体数进行过讨论,他认为这样的算法是合理的。

第三种表示多样性的指数,由 Pielou (1966)提出来的“种类均匀度”(species evenness),它的含义是指群聚中每种鱼的个体数分配得均匀与否,要达到最大均匀度,就需要多样性与最大多样性相等,或者两数值相接近。表达均匀度的符号用 J ,其公式为

$$J = \frac{H'}{H_{\max}} \quad (7)$$

最大多样性(H_{\max})的公式为

$$H_{\max} = \log_2 S \quad (8)$$

如果用上述的假设例 A 、 B 两群聚而言,两种群聚都含有2个种,即 $S=2$,它的最大多样性为 $H_{\max} = \log_2 2 = 1.00$ 比特/个体。在这个例子中, B 群聚的 $H' = 1.00$, 而 H_{\max} 也等于1.00, 于是它的 J 值也等于1.00, 这说明此例每一种类的个体分布各为50时为最均匀。均匀度值的范围应为0—1.00。

(二) 优势种标准

多样性并不能指出群聚中所含种类是什么,所以多样性相等而种类数目又相同,但其所包含的种类未必相同。这在研究品种繁多的南海区时尤为突出。因此在研究群聚内容时,还必须指出所含主要种类是什么。一种是用所含各种类列出其数量的顺位来作比较;另一种方法是以群聚占总数(个体数或重量)中比例最大的种类作为优势种(dominant species)来表示。但是从信息论概念来说,在一个群聚的多样性中显示最大的种类,并非概率最大的种类。即概率从0到1范围内,以 $F(P)$ 作为对 P 的函数来说, $P=0$ 时, $F(P)=0$; $P>0$ 并逐渐增大时, $F(P)$ 值也增大,当 P 达到一定值时, $F(P)$ 值成为最大。 P 值再增大时, $F(P)$ 值反而减小,当 $P=1$ 时, $F(P)=0$ 。这是由于 $F(P) = -P \log_2 P$ 这一信息量决定着这种关系。现用表2来举出一计算对照表,以 $F(P)$ 为纵轴, P 为横轴,可绘出一条关系曲线如图2。

表2 P 与 $F(P)$ 的数值对照表

P	$F(P)$	P	$F(P)$
0	0	0.40	0.529
0.05	0.216	0.50	0.500
0.10	0.332	0.60	0.442
0.15	0.410	0.70	0.360
0.20	0.464	0.80	0.258
0.25	0.500	0.90	0.137
0.30	0.521	1.00	0
0.37	0.530		

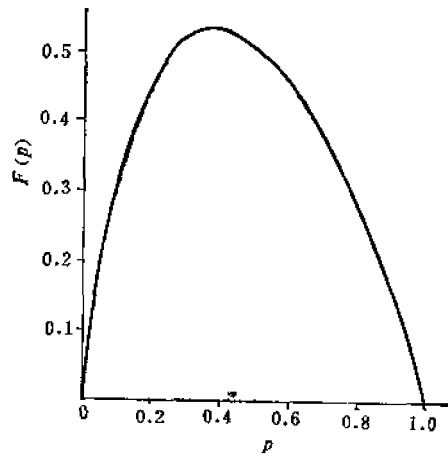


图2 P 和 $F(P)$ 两值的关系

当 $P=0.37$ 时, $F(P)=0.53$ 为最大。所以 $P=0.37$ 对群聚多样性贡献最大,因 $F(P) = H_{\max}$ 。于是得出:一个种类 $P_i=0.37$ 时, $F(P) = H_{\max} = 0.53$,算是最大的优势种。

我们从信息论概念出发,选某一种类个体数或生物量达到占群聚20—60%的作为优势种,如按顺序排列,则以概率 $P=0.37$ 为第一位,其他按曲线左右两支逐渐下降。以左支到 $P=0.20$,右支到 $P=0.60$ 为界限,都当作优势种。下面分析结果所出现的优势种以此为标准。

分析与结果

分析时所用数据以3、6、10和12月份(分别代表春、夏、秋、冬季)的生物量为主,必要时又使用了个体数数据及其他各月的数据。

(一) 使用生物量和个体数所得计算结果的核对

既然以生物量代替个体数来计算其多样性,究竟两者有多大差异,这是必须先行核对

的一个问题。我们不拘月份地随机选择了32个站的样品,分别用生物量算出的多样性($H''_{(B)}$)和用个体数算出的多样性($H''_{(I)}$)作了对照。32对数据如表3。从表3可以看出32个站的样品中,仅7个站由生物量算出的 $H''_{(B)}$ 值比由个体数算出的 $H''_{(I)}$ 值略低以外,其

表3 生物量多样性 $H''_{(B)}$ 和个体数多样性 $H''_{(I)}$ 的对比

$H''_{(B)}$	$H''_{(I)}$	$H''_{(B)}$	$H''_{(I)}$
3.22	3.13	4.09	3.21
3.41	3.31	3.73	3.09
2.46	2.26	3.30	3.27
3.63	2.04	2.50	0.50
2.97	2.29	2.58	2.24
2.65	3.51	3.94	3.55
3.54	3.32	3.42	3.03
4.08	2.94	3.92	2.27
3.12	3.31	4.40	3.82
3.12	3.43	1.78	0.66
3.00	3.24	2.96	1.47
2.24	1.91	1.70	1.84
3.69	2.85	3.84	3.74
2.18	1.76	2.45	2.10
2.52	2.95	3.04	2.51
4.18	2.79	2.66	3.26

表4 生物量多样性 $H''_{(B)}$ 和个体多样性 $H''_{(I)}$ 的对比
(南海北部海区, 1964年6月)

$H''_{(B)}$	$H''_{(I)}$	$H''_{(B)}$	$H''_{(I)}$	$H''_{(B)}$	$H''_{(I)}$
3.64	2.89	2.16	1.85	2.45	2.25
4.40	3.89	3.90	2.53	3.65	3.12
3.21	2.85	3.12	3.32	2.82	3.94
2.67	1.33	3.55	3.17	3.69	2.98
4.05	3.53	2.96	2.71	3.81	3.40
4.08	2.98	2.34	1.77	3.06	2.99
2.30	2.29	3.45	3.17	4.24	4.15
3.49	2.92	3.00	3.24	3.58	3.64
3.84	3.54	4.41	3.79	4.09	3.31
3.66	3.46	4.09	4.19	3.49	4.16
3.67	3.49	3.09	2.78	3.58	2.98
3.37	2.27	2.60	2.43	3.66	1.59
3.12	3.48	3.75	3.56	3.18	3.45
3.61	2.32	3.30	3.95	3.44	2.21
3.09	3.23	2.19	2.01	3.75	3.50
3.60	2.59	2.93	3.11	3.97	2.37
3.67	3.23				

余25个站都是 $H''_{(B)}$ 值大于 $H''_{(I)}$ 值。如果将每对数值在座标上取点,这些点的分布比较分散,但有同一的倾向。算出的相关系数 $r=0.615$ ($n=32$), 经 t 检验, $t=3.9041 > 1.96$, 证明 $H''_{(B)}$ 和 $H''_{(I)}$ 有显著相关。但考虑到影响由生物量代替个体数求算多样度的主要因素可能来自同一种鱼中间不同年龄的差异,即在不同季节的同一生物量其个体数会有很大的差异,尤其是幼鱼大量出现的季节。因此,我们又选择了南海北部海区各种鱼类幼鱼大量出现的6月份样品作了上述分析(表4),仍得到近似的结果。在49个站的样品中,有10个站由生物量算出的 $H''_{(B)}$ 值比由个体数算出的 $H''_{(I)}$ 值略低外,其余39个站都是 $H''_{(B)}$ 值略大于 $H''_{(I)}$ 值,相关系数 $r=0.539$ ($n=49$), $t=4.0136 > 1.96$, 仍证明 $H''_{(B)}$ 和 $H''_{(I)}$ 显著相关。因此本文用生物量代替个体数来计算多样性而统用 H'' , 不过要与其他一般用个体数算出的多样性作比较时,不能忽视计算方法。

(二) 多样度和有关数值的区域和季节变化

为了分析4个群聚特征值的变化,我们将按月按站的群聚的4个特征值列于附表。这4个特征值为:(1)样品中所含种类的数目(S);(2)最大多样性(H_{\max});(3)Shannon-Weaver的多样性指数(H'');(4)种类均匀度($J = H''/H_{\max}$)。

1. 种类数的变化

从附表中可以看出,各月出现鱼类的平均种数变幅不大,6月份最多,各站平均出现30.74种;3月份最少为24.18种;10和12月份出现的平均种数相近,分别为28.62和28.4种。若按区或各采样站出现的种数来看,差异较大。

3月份:Ⅴ区(即粤西40—80米水深)的8个站平均出现28种为最高,Ⅰ区(即粤东近海40米水深以内)的3个站平均出现16.33种为最少。Ⅴ区的59站出现最多,有37种;最少的为Ⅱ区的45站,仅9种。

6月份:仍为Ⅴ区平均最多,为32.38种;Ⅰ区最少,为25.67种,显然比3月份要多。而出现最多种的为Ⅱ区的41站,有47种,40站最少,仅16种。

10月份:Ⅳ区的平均数为最高,有36.33种,比3和6月份的位置偏东,即珠江口到粤东40—90米水深。最少的仍为Ⅰ区,各站平均出现21.33种。出现最多种的为Ⅳ区的37站,有45种;Ⅴ区的59站最少,仅12种。

12月份:出现最多的于海南岛东部的Ⅷ区,平均为32.67种,Ⅰ区最少,为18.33种。出现种数最多的为Ⅷ区的65站,有44种,其次为Ⅱ区的36站和Ⅴ区的42站,各为40种;最少的为Ⅰ区的16站和Ⅱ区的40站,各为10种。

可见,在调查海区的中部(即Ⅴ区和Ⅳ区),水深40—90米范围出现的种类数较多。而沿岸的Ⅰ区和Ⅱ区的种类数较少。

2. 最大多样性

因为最大多样性 H_{\max} 为种类数 S 的对数,即 $H_{\max} = \log_2 S$,所以其区域和季节变与种类数的变化一致,兹不赘。

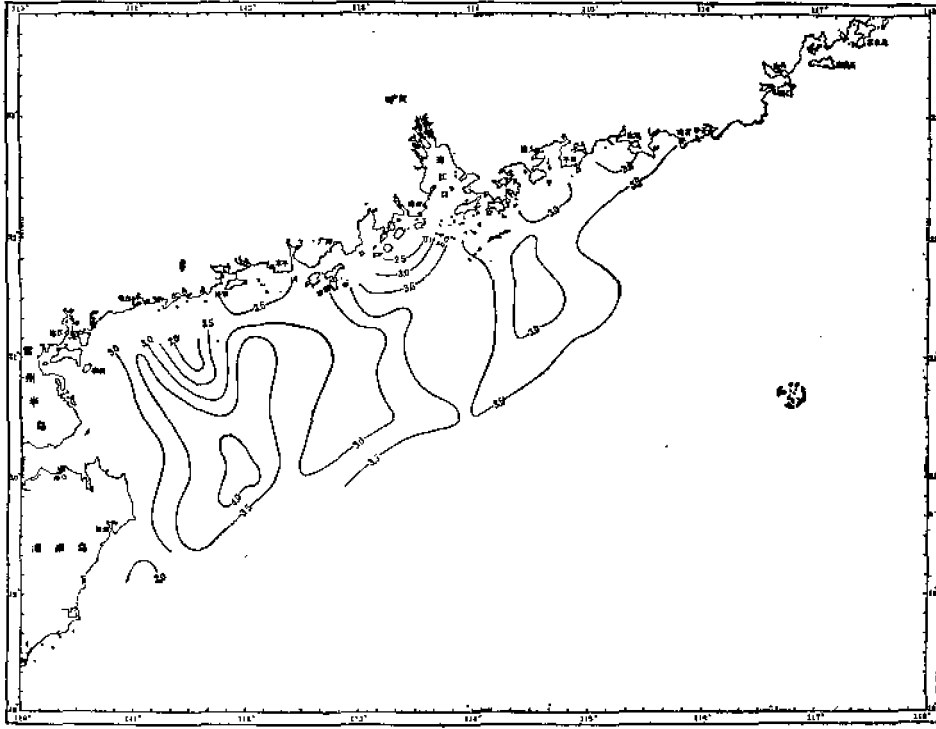
3. 多样度的变化

多样性(H'')的月平均变化不大,在计算的4个月中,以6月份最大,为3.42;10月份的 H'' 值最低,为3.08。但各区或采样站的多样性变化幅度较大。

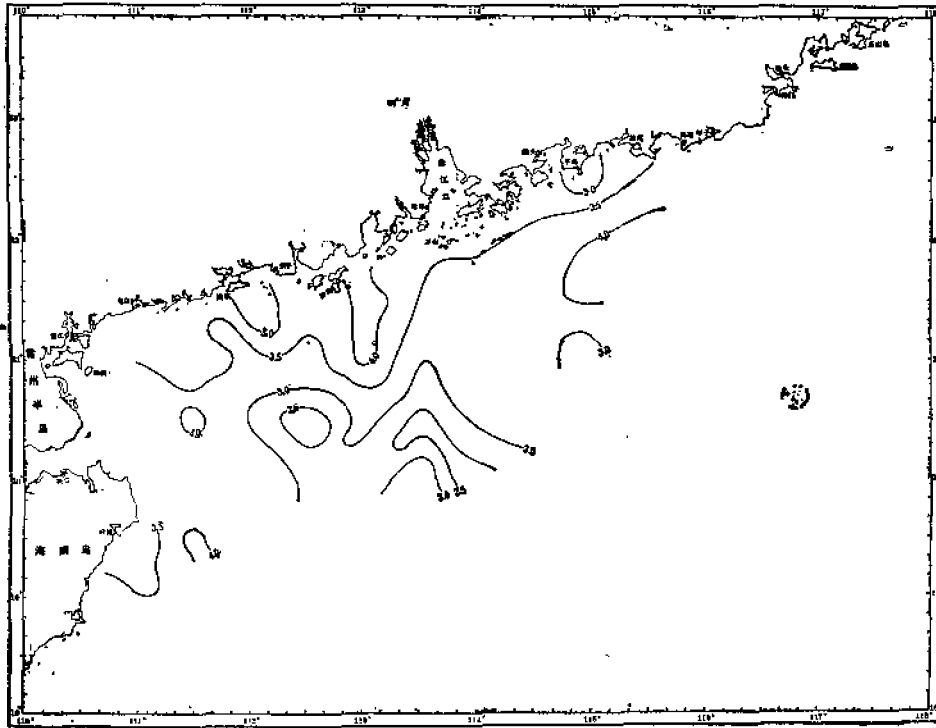
3月份:多样性最低值出现在粤西近海的Ⅲ区,平均值为2.64,珠江口到粤东外海的Ⅵ区最高,平均为3.46。Ⅲ区57站的 H'' 值最低,为1.51;Ⅶ区的53站的 H'' 值最高,为4.08。

6月份:Ⅰ区的平均值最低,为3.17,Ⅱ区最高,为3.56。而各站的变幅较大,33站最低,为2.16;41站最高,为4.41。

10月份:仍是Ⅰ区的平均值最低,为2.55,Ⅳ区的平均值最高,为3.56。Ⅴ区的43站最低,仅1.50,Ⅱ区的34站最高,为4.41。

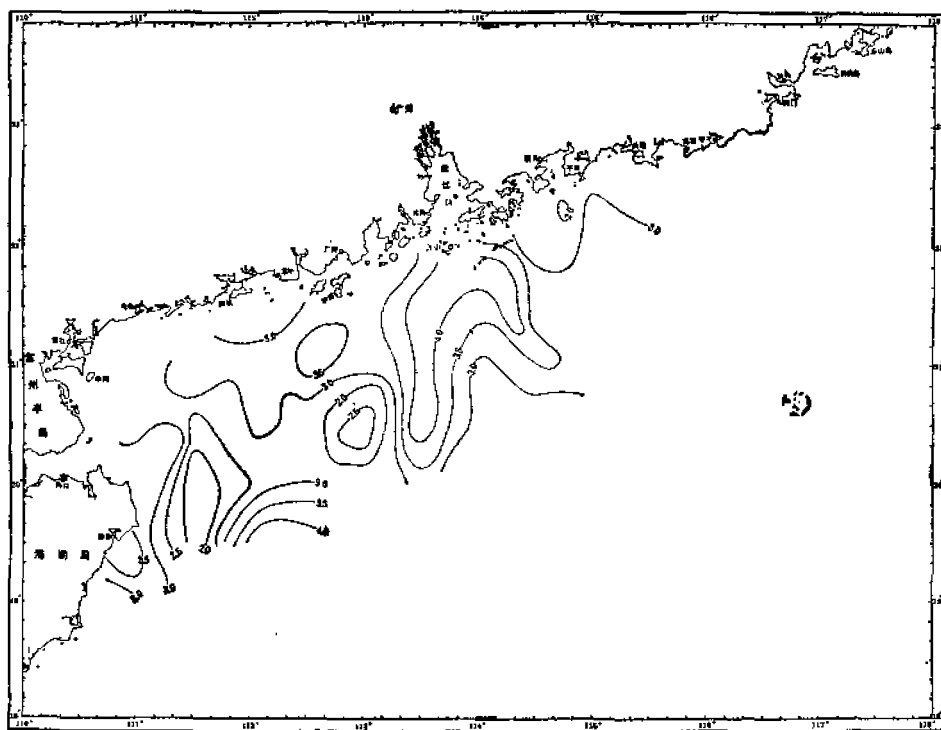


A: 3月份

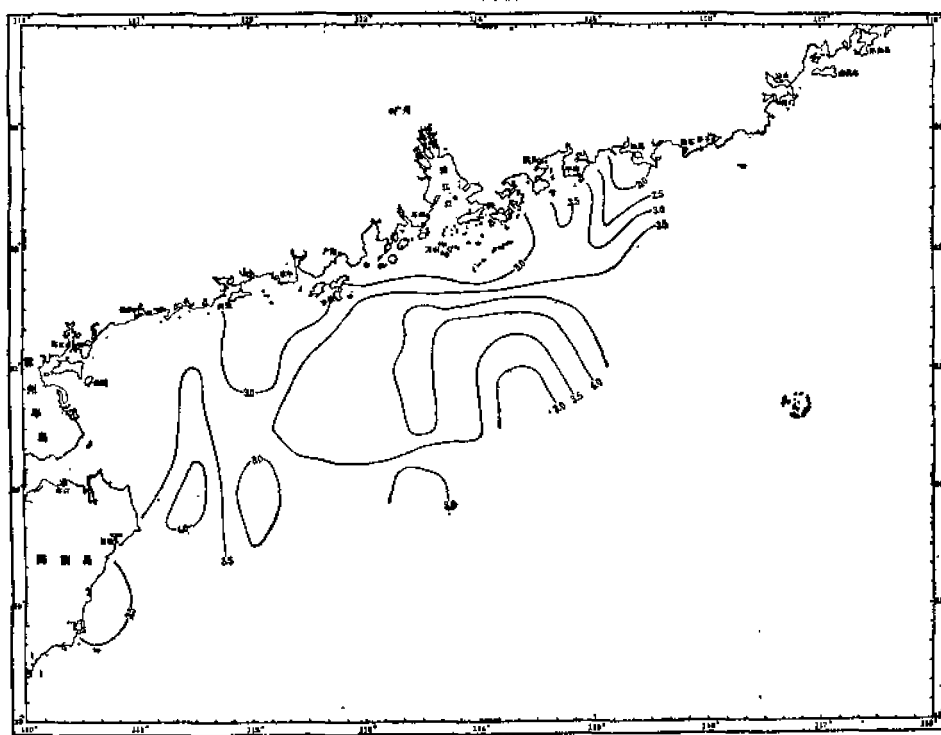


B: 6月份

图 3-1 多样性等值线平面图(A,B)



C: 10月份



D: 12月份

图 3-2 多样性等值线平面图(C-D)。

12月份, I区的平均值最低, 为2.22, IV区最高, 为3.81。I区的16站最低, 为1.37, II区的36站最高, 为4.20。

尽管近海某些站位的 H'' 值大于外海的 H'' 值, 但是从总的趋势来看, 外海的 H'' 值要大于近海的 H'' 值, 这一情况与上述种类数的多少是相一致的。

4. 均匀度的变化

从整个调查海区来看, 各月均匀度(J)的变化不大, 在0.64—0.70之间。各小区之间的变化幅度也不大, 比较稳定(详见第17页附表)。

5. 多样性等值曲线

根据附表的多样性(H'')资料, 绘成4个月的多样性等值线平面图, 用以比较其分布格局(见图3的A、B、C、D)。总括地说, 3月份多样性的分布趋势是大陆沿岸一带均为低值, 其中珠江口以东为3.0线, 珠江口以西为2.5线, 最低值出现在闸坡和电白外的57站和海南岛东面的66站。珠江口外海和粤西外海分布较均匀且多大于3.5, 而两海区之间有一低值区, 形成3.0线, 外被3.5线所包围。而粤西海区则分布梯度较大, 53站出现最高值, 说明西部的外海区种类复杂, 而浅海区较为单纯。

6月份未出现2.0线, 总的分布趋势与3月份相反, 即沿岸和近海多样性升高且较均匀, 原来万山西南的2.5线变成形状不同的4.0线。而在 112° — 114° E的外海区出现了2.5的低值线, 广大海区为3.0—4.0线所包围。表明6月份鱼类集群性差, 分散栖息形成多样性大的范围扩大。

10月份的多样性等值线分布格局比其他3个月份交错复杂, 有多个或以4.0或以2.0为核心向外减小或增大数值的等值线。另外等值线方向以南北向居多, 其他3个月一般均以东西向为多。说明了受9月份的强台风影响尚未消除, 造成10月份多样性等值线分布格局的显著不同。

12月份的等值线布局, 较长的线又回复到东西向。海南岛东部有一4.0值为核心向外减小的粗略同心圆, 格局与3月份相似, 但是线形有所区别。珠江口外海的各等值线分布格局与3月份有较大差异, 3月份等值线少而单纯, 12月份则多而复杂。

上述代表夏季的6月份的多样性平均值最高, 为3.42。因为夏季淡水径流量最大, 沿岸水系强, 而南海暖流由于西南季风影响, 流势亦强, 于是明显地存在高盐和低盐性的两种水系锋带。同时在西南季风期, 大陆边缘产生明显的上升流, 有助于饵料生物的繁殖生长, 造成了各种鱼类集群和幼鱼成育的良好场所, 大部分专有种类也在夏季进入南海北部海区。其次为代表冬季的12月份, 平均多样性值为3.28。但是夏、冬两季在各小区的多样性分布格局趋势不同。夏季各小区的变动幅度小, 在3.17—3.56之间, 即各小区的差异不大; 而冬季各小区的变动幅度大, 在2.22—3.81之间, 近岸的I、II、III区显著低, 外海的多样性值较高。

表5是在各区中任意选一站的多样性的逐月变化。就区域分布来说, IV区的多样性月平均值最高, 为3.82, 其次是VI区和II区, 分别为3.45和3.27。可是II区位于珠江口近海区, 受陆地冲淡水影响大, 季节温差大, 所以算出的标准差也大, 即变幅较大; 而VI

区和 IV 区的标准差最小, 全年的变化幅度小, 原因在于这两区终年存在着流向单一的南海暖流的作用。

表 5 各区多样度的逐月变化

月份 小 区	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	一	二	平均值	标准差
I	2.96	3.37	3.06	3.21	1.94	3.91		2.26	2.97	1.37	1.74	1.92	2.61	0.80
II	3.86	3.42	3.59	3.90	2.35	4.31		4.41	2.13	2.66	2.75	1.64	3.27	0.98
III	1.51	3.66	4.36	3.06	4.12	3.08		3.99	2.59	3.50	2.14	2.87	3.17	0.87
IV	2.63	3.71	3.95	3.86	4.13	4.14		3.19	3.60	4.15	4.36	4.33	3.82	0.52
V	3.08	3.20	2.09	2.19	2.16	2.51		2.72	0.89	3.68	2.71	4.05	2.66	0.85
VI	3.83	3.73	4.11	3.67	3.42	3.54		2.52	3.33	2.52	3.34	3.87	3.45	0.52
VII	4.08	4.17	3.06	3.69	0.60	2.98		2.53	3.68	2.58	2.67	3.45	3.04	1.00
VIII	3.04	—	1.91	3.75	2.69	1.21		2.70	3.57	3.08	2.62	1.30	2.58	0.87

(三) 多样性与环境因素的关系

1. 与水深的关系

水深与鱼类区系分布有密切关系。现将采样海区分成 <30 米、31—60 米、61—90 米、91—120 米、>120 米五个范围来分析各范围多样性平均值的变化。

表 6 不同水深范围多样度的分布

月份 水深范围	三	六	十	十二	平均值
<30	2.75	3.26	2.78	2.72	2.88
31—60	3.09	3.61	3.48	3.28	3.37
61—90	3.25	3.37	3.06	3.74	3.36
91—120	3.54	3.38	2.92	3.37	3.30
>120	3.43	3.53	3.15	2.58	3.17

从表 6 可以看出: 多样性平均值以 31—60 米和 61—90 米两个范围最高, 分别为 3.37 和 3.36, 其次为 91—120 米范围为 3.30。120 米以外海区仅有个别样品, 所以代表性较差, 30 米水深以内海区的多样性平均值最低。这一情况与上述的区域分布相一致。

2. 与温度的关系

温度是影响鱼类区系分布的主要因素之一。根据上述各区逐月的多样性资料分析, 算出现场水温与多样性之间的线性相关系数 $r=0.78$, 说明两者之间有显著的关系。即温度越高, 多样性越大。即低纬度热带、亚热带海区的鱼类品种繁多, 单一品种数量少。

3. 与鱼类密度指数的关系

在分析的 190 对数据中, 没有发现多样性与鱼类密度指数之间的变化规律。但是在鱼类密度指数超过拖曳每小时 100 公斤(最高值)的四对数据中, 有三对是多样性最低值, 在 1.50—1.70 之间。分别出现在 3 月份的 66 站、10 月份的 43 和 60 站。主要是由于鳞鲀科和马六甲鲱鲤群体高度密集。

至于多样性与渔获量之间也应存在一定的关系, 当某种捕捞对象受到过度利用时, 将会导致在渔获物中消失, 犹如受水质污染的影响, 引起种类的减少, 多样性值也会相应地下降。因此可以设想某一海区多样性的逐年变化是监测渔场利用程度的依据之一。由于本文只用了一年的资料, 所以还不能作具体的评论。但是可作为进一步研究其他年份和海区比较的基本情况。

(四) 优势种的变化

如上所述, 本研究中从信息论概念出发, 选定生物量达到群聚的 20—60% 者作为优势种, 生物量大于 60% 或小于 20% 者均未列为优势种。

4 个月出现优势种类数较多, 且各月变化不大。其中 3 月份出现优势种最多, 有 25 种, 其次为 12 月份有 21 种, 10 月和 6 月份分别为 19 和 16 种。若与月平均多样性 (H') 作一比较, 可明显地看出一个区有优势种越多, 平均 H' 值越小; 反之平均 H' 值越大的倾向。在 4 个月中均出现的优势种类有马六甲鲱鲤、鳞鲀科和其他面首鱼类。出现频数最高的是其他石首鱼类, 4 个月共出现 22 次, 其次为马六甲鲱鲤和深水金线鱼, 各出现 17 次。出现较多的还有红鳍笛鲷、马拉巴裸胸鲀、印度白姑鱼、断斑石鲈和长尾大眼鲷等。现就优势种的区域和季节分布特点作一概述。因为我们仅用了不连续的 4 个月资料, 所以无法说明它的逐月变化特点。为了直观起见, 将优势种出现情况作成表 7。

表 7 南海北部底栖鱼类优势种简表*

	三月	六月	十月	十二月
I	E	O	B E P	B
II	A B G J 2U	C E H N	2 B 3 E K	3 B J U
III	2 B D 3 G J	B 3 D E H J K N S	4 B 2 D G J	4 B D 2 G 2 P
IV	F O 2 W	2 A C 3 F H I	2 C K M	2 C
V	A C D M S	A D F H I M S	2 B D 2 F H M	B F 2 O U
VI	3 A I O	5 A M O	A H W	F N O
VII	2 C	2 A 2 F	2 C I M W	C U
VIII	C M	2 C	C M	M

* 四个月内共出现 2 次以下的未计在内。

A: 深水金线鱼; B: 其他石首鱼类; C: 马六甲鲱鲤; D: 马拉巴裸胸鲀; E: 印度白姑鱼; F: 鳞鲀科; G: 断斑石鲈; H: 长尾大眼鲷; I: 短尾大眼鲷; J: 日本金线鱼; K: 长尾鳍金线鱼; M: 红鳍笛鲷; N: 乌鲳; O: 其他鱼类; P: 鲷科; S: 其他真鲷; W: 印度双鳍鲷; U: 多齿蛇鲷

从上表可看出其他石首鱼类和深水金线鱼的分布特点有显著的差异。从优势种出现区域来看,前者主要分布在60米水深以内的I、II、III区;后者主要分布在珠江口以西的IV、V、VI、VII区,60米水深以内没有出现。从出现季节来看,前者以10月和12月出现居多;后者主要出现于3月和6月。马六甲鲱鲤各月出现优势种的频数基本相同,主要集中于IV、VI、VIII区。鳞鲀科鱼类的优势种出现海区与印度白姑鱼不同,前者在较深水的IV、V、VI、VII区出现较多;后者多出现于60米水深以内的I、II、III区,两者没有同时同一区出现。从出现的季节来看,前者以6月份为主,后者以10月份居多。其他大部分鱼类的优势种出现都较分散,没有明显的规律。由于优势种类的繁多,于是不太可能出现数量特别多的品种,形成了南海区鱼类群聚特有的复杂性。

讨论与结语

本文使用南海北部大陆架底拖网鱼类资源调查中所取得的数据(1964年3月—1965年2月),作了群聚结构几个特征值的推算及其区域和季节性的变化分析。着重研究了下列几个问题:

(1) 在研究作为鱼类群聚结构的最主要特征值种类多样性时,使用了Margalef (1957, 1958)所倡议的Shannon-Weaver的信息量计算数式的修正式。但为了减少因个体重量不同所带来的缺点,又根据Wilhm (1968)提出用生物量来代替个体数的意见,因此我们实际使用的模式为

$$H'' = \sum_{i=1}^S \left(\frac{w_i}{w} \right) \log_2 \left(\frac{w_i}{w} \right)$$

式中的 H'' 为种类多样性指数(可略称多样性), S 为样品中所含种类数, w 为样品的总重量, w_i 为第 i 种类的重量, $i=1, 2, \dots, S$ (即第1,第2,……第 S 种)。我们随机地取39对用个体数计算又用重量计算出来的结果,在座标纸上取点,落点比较分散,但可绘一直线的倾向,算出相关系数 $r=0.615$ 是属于有显著相关的,说明了可以用此法来代替惯用的个体数计算方法。但以这39对指数而论,用生物量算出的指数幅度为1.70—4.07,以个体数算出的指数幅度为1.47—3.82,一般是前者比后者大。查阅所能获得的文献,只有Haedrich, R. L., S. O. Haedrich (1974)的一篇研究美国波斯顿Mystic河鱼类论文,同时列出两种计算法的多样性指数值。他们以一年总计值表示,用生物量为基础的指数值为0.71,比以个体数为基础的指数值1.19稍低。这与我们所得的结果相反。由于原文未把所有数据详列,无法对发生这一差异原因作出推断。不过在渔业生产中容易取得重量的数据,所以研究鱼类群聚用生物量来代替个体数有实用意义。

(2) 作为群聚结构最重要属性的多样性,用生物量为计算基础,算出代表各季节的3月、6月、10月和12月,分为8个小区的51个采样点样品的 H'' ,分析在一年期间内指数值的变化情况。可以得出以下几点结果:①以4个月的各区各站全部对照,最低值为1.41,出现于10月份粤西V区的59站;最高值为4.40,出现于6月份珠江口以东IV区的13站;②4个月份的平均指数差异较小,代表夏季的6月份是3.42,为最大;而代表秋

季的10月份是3.08,为最小;③以11个月在各区中任取一站的 H' 值,考察区域性多样性变化情况,发现IV区月平均值最高为3.82,其次为VI区和II区,分别为3.45和3.27。但II区位于珠江口近海区,受陆地冲淡水影响大,季节温差大,所以标准差较大,而IV区和VI区常年受单一流向的暖流影响,所以标准差小。

可与本文计算结果作对照的大陆架鱼类多样度的国外文献资料较少。Margalef (1968)提到在西班牙的地中海近海拖网底栖鱼的群聚多样性为从1.00到2.40。根据Haedrich, R. L.和S. O. Haedrich (1974)转引Merriman和Warfel (1948)关于布洛克岛近海和Richards (1963)关于长岛外海的底栖鱼的多样性数值年度变化幅度为0.70到1.70,说明都比我们的数值低得多,这可能一方面是由于我们用了以生物量计算标准所造成数值的提高,另一方面可能由于我们所处理的底栖鱼是亚热带鱼类。关于多样性与地理位置关系,是一个应当展开研究的课题。

(3)我们对多样度的分布作了4个月的等值线分布图,显然4个月的等值线群分布格局有较大差异,概略地说可以看出低值线分布在近海,高值线分布在外海。10月份由于受9月份三次台风影响,等值线格局有显著的特殊性,这些变化只能作为区域变化和季节变化的直观图形,还不能指出其规律性。

(4)多样性与温度和水深有比较明显的关系,一般呈直线相关,与温度的相关系数 $r=0.78$ 。与水深的关系表现在31—60米和61—90米指数最高,分别为3.37和3.36。与鱼类密度指数也有一定关系,但由于收集的资料不足,还不能看出多样性与渔获产量的关系,有待进一步补充。

(5)本文从信息量来确定优势种,在群聚中占37%的种类对群聚贡献信息量0.530,为最大优势种,因此规定了以占20—60%的样品重量的种类,定为优势种。一个群聚的变化,也可出现在多样性不变的情况下,即群聚的组成可能有变化,从优势种来说可以由一个优势种用其他一个优势种来代替。所以判断群聚的结构,优势种的变化也是一个重要属性。在4个月中出现频数较高的优势种有马六甲鲱鲤(*Upeneus moluccensis*)、鳞鲀科(Balistidae)、深水金线鱼(*Nemipterus bathybius*)、石首鱼科(Sciaenidae)、马拉巴裸胸鲈(*Caranx (Citula) malabaricus*)以及红鳍笛鲷(*Lutjanus erythropterus*)等。用代号表示优势种在八个区各月出现情况作成示意图,容易看出相互关系。最明显的例子为其他石首鱼类分布在60米水深以内的I、II、III区;深水金线鱼主要在60米水深以外海区,60米水深以内即使有出现但并不成为优势种。总的情况比较复杂,因此不但多样性与优势种之间的数量关系还未了解,为了研究多种渔业,还需要继续研究优势种本身的种群动态问题。

(6)本文还计算了在4个月内各采样点样品的种类数(S)、最大多样性(H_{max})和种类均匀度(J)三种参数,都是与多样性有一定关系。种类数变化幅度在10到40种。各月出现平均种类数以6月份最多,为30.3种,3月份最少,仅24种。最大多样性的变化倾向是与种数变化相平行。种类均匀度的变化倾向又与多样性有伴随关系。

附表 群聚的4种特征值

区号	站号	种类数目(S)				最大多样性(H_{max})				区号	站号	多样性(H')指数				均匀度($J = H'/H_{max}$)			
		三月	六月	十月	十二月	三月	六月	十月	十二月			三月	六月	十月	十二月	三月	六月	十月	十二月
I	12	16	23	23	19	4.00	4.52	4.52	4.25	I	12	3.47	3.64	2.33	2.18	0.87	0.81	0.52	0.51
	16	15	19	14	10	3.91	4.25	3.81	3.32		16	2.96	3.21	2.26	1.37	0.76	0.76	0.59	0.41
	17	18	35	27	26	4.17	5.13	4.75	4.70		17	3.05	2.67	3.05	3.11	0.73	0.52	0.64	0.66
	平均	16.33	25.67	21.39	18.33	4.03	4.69	4.36	4.09		平均	3.16	3.17	2.55	2.22	0.79	0.70	0.58	0.53
II	22	14	29	23	31	3.81	4.86	4.52	4.95	II	22	2.65	3.49	1.55	3.58	0.70	0.72	0.39	0.72
	23	18	30	23	21	4.17	4.91	4.52	4.39		23	3.01	3.84	2.52	3.03	0.72	0.78	0.56	0.69
	28		34	42	30		5.09	5.99	4.91		28		3.37	4.20	2.40		0.66	0.78	0.49
	29	23	24	24	20	4.52	4.59	4.59	4.32		29	3.41	3.12	3.25	2.35	0.75	0.68	0.71	0.54
	30	35	38	35	39	4.64	5.25	5.13	5.29		30	3.92	3.61	3.69	4.18	0.84	0.69	0.72	0.79
	34	27	32	44	34	4.75	5.00	5.46	5.09		34	3.86	3.90	4.41	2.66	0.81	0.78	0.81	0.52
	35	15	24	20	12	3.91	4.59	4.32	3.59		35	2.46	3.12	3.55	2.60	0.63	0.68	0.82	0.72
	36	31	28	41	40	4.95	4.81	5.36	5.32		36	3.70	3.55	4.81	4.20	0.75	0.74	0.80	0.79
	40	11	16	23	10	3.46	4.00	4.52	3.32		40	2.40	3.00	3.10	2.51	0.69	0.75	0.69	0.76
	41	24	47	25	34	5.09	5.55	4.64	5.09		41	3.60	4.41	3.36	3.73	0.71	0.79	0.72	0.73
45	9	31	22	18	3.17	4.95	4.46	4.17	45	2.58	3.75	3.11	2.74	0.81	0.76	0.70	0.66		
平均	20.7	30.27	29.27	26.27	4.26	4.87	4.81	4.59	平均	3.16	3.56	3.97	3.09	0.74	0.73	0.70	0.67		
III	50	13	22	30	15	3.70	4.46	4.91	3.91	III	50	2.06	2.45	2.30	2.50	0.55	0.55	0.47	0.64
	51	33	34	36	23	5.04	5.09	5.17	4.52		51	3.59	3.65	3.31	2.43	0.71	0.72	0.64	0.54
	56	21	34	20	25	4.39	5.09	4.32	4.64		56	2.65	3.82	2.76	2.99	0.60	0.75	0.64	0.64
	57	24	32	32	28	4.59	5.00	5.00	4.81		57	1.61	3.06	3.99	3.50	0.31	0.61	0.80	0.73
	62	23	36	21	20	4.52	5.17	4.39	4.32		62	3.54	3.49	2.86	3.09	0.78	0.68	0.65	0.72
	63	18	29	34	33	3.70	4.86	5.09	5.04		63	2.92	3.58	2.90	2.96	0.79	0.74	0.57	0.59
	68	19	34	27	32	4.25	5.09	4.75	5.00		68	2.19	3.97	2.41	3.03	0.52	0.78	0.51	0.61
	平均	20.86	31.57	28.57	25.14	4.31	4.97	4.80	4.61		平均	2.64	3.43	2.93	2.93	0.61	0.69	0.61	0.64
IV	18	28	39	31	38	4.81	5.29	4.95	5.04	IV	18	3.64	4.40	3.33	4.04	0.76	0.83	0.67	0.80
	18	30	35	34	31	4.91	5.13	5.09	4.95		18	3.65	4.05	3.66	2.97	0.74	0.79	0.72	0.60
	24	23	31	37	27	4.52	4.95	5.21	4.75		24	2.63	3.86	3.19	4.15	0.58	0.78	0.61	0.87
	31	34	31	35	36	5.09	4.95	5.13	5.17		31	3.76	3.09	2.88	3.49	0.74	0.62	0.56	0.68
	37	29	27	45	36	4.86	4.75	5.49	5.17		37	3.64	2.96	3.96	4.09	0.75	0.62	0.72	0.79
	38	32	28	36	38	4.45	4.81	5.17	5.25		38	3.37	2.34	4.36	4.11	0.76	0.49	0.84	0.78
	平均	27.67	31.33	36.33	33.5	4.77	4.98	5.17	5.06		平均	3.03	3.45	3.66	3.81	0.72	0.69	0.69	0.75
	V	42	26	35	33	40	4.70	5.13	5.04		5.32	V	42	2.52	4.09	3.35	3.95	0.54	0.80
43		21	28	28	30	4.39	4.95	4.81	4.91	43	2.37		3.09	1.60	3.70	0.54	0.62	0.31	0.77
46		20	37	28	26	4.32	5.21	4.81	4.70	46	3.42		3.30	3.74	3.31	0.79	0.63	0.78	0.77
47		27	24	27	28	4.75	4.59	4.75	4.81	47	3.08		2.19	2.72	3.68	0.65	0.47	0.57	0.77
52		28	33	26	19	4.81	5.04	4.70	4.25	52	3.69		2.32	3.18	3.42	0.77	0.56	0.68	0.80
58		31	40	28	34	4.95	5.32	4.81	5.09	58	3.86		4.24	2.26	3.73	0.78	0.80	0.47	0.73
59		37	38	12	36	5.21	5.25	3.59	5.17	59	3.54		3.58	1.41	4.19	0.68	0.68	0.39	0.81
64		34	24	36	35	5.09	4.59	5.17	5.13	64	2.98		3.66	3.95	3.15	0.59	0.80	0.76	0.61
平均	28	32.38	27.25	31	4.78	5.01	4.71	4.92	平均	3.18	3.37	2.76	3.69	0.66	0.67	0.58	0.7		
VI	19	34	24	24	32	5.09	4.59	4.59	5.00	VI	19	3.22	4.08	3.47	3.87	0.63	0.89	0.76	0.7
	20	32	39	30	31	5.00	5.04	4.91	4.95		20	3.62	2.30	3.34	4.19	0.72	0.46	0.68	0.85
	25	23	40	44	34	4.52	5.32	5.46	5.09		25	3.18	3.66	3.69	3.04	0.70	0.69	0.68	0.60
	26	28	24	26	29	4.81	4.59	4.70	4.86		26	3.83	3.67	2.52	2.52	0.80	0.80	0.54	0.52
	32	26	29	36	31	4.70	4.86	5.17	4.95		32	3.49	3.61	2.75	3.61	0.74	0.74	0.53	0.73
	33	17	24			4.09	4.59				33	2.97	2.16			0.73	0.47		
	39	30	30	22	18	4.91	4.91	4.46	4.17		39	3.85	3.45	3.15	2.58	0.79	0.70	0.71	0.62
	平均	27.14	29.14	30.33	29.17	4.73	4.84	4.88	4.84		平均	3.46	3.28	3.15	3.30	0.73	0.68	0.65	0.68
VII	44	26	31	19	33	4.70	4.95	4.25	5.04	VII	44	3.63	2.60	2.79	3.30	0.77	0.53	0.66	0.65
	48	13	30	23	26	3.70	4.91	4.52	4.70		48	2.97	2.93	2.85	3.34	0.80	0.60	0.65	0.71
	53	32	31	25	35	5.00	4.95	4.64	5.13		53	4.08	3.69	2.53	2.58	0.82	0.75	0.55	0.50
	54	24		35	27	4.59		5.13	4.75		54	3.11		4.07	3.02	0.68		0.79	0.64
	60	31	31	24	25	4.95	4.95	4.59	4.64		60	3.88	4.09	1.70	3.94	0.78	0.83	0.37	0.85
	66	24	32	39	32	4.59	5.00	5.29	5.00		66	1.54	3.44	3.43	3.94	0.34	0.69	0.65	0.79
	平均	25	31	27.5	29.67	4.59	4.95	4.74	4.88		平均	3.20	3.35	2.91	3.35	0.70	0.68	0.61	0.69
VIII	65	15	36	31	44	3.91	5.17	4.95	5.46	VIII	65	2.37	3.18	3.73	3.65	0.61	0.62	0.75	0.67
	67	28	28	16	25	4.81	4.75	4.00	4.64		67	3.04	3.75	2.70	3.03	0.63	0.79	0.67	0.65
	69		27	15	29	4.81	3.91	4.86			69		3.67	2.81	3.57	0.76	0.59	0.73	
	平均	21.5	30.33	20.67	32.67	4.36	4.91	4.29	4.99		平均	2.71	3.53	2.91	3.42	0.62	0.72	0.67	0.68
总平均	24.18	30.74	28.62	28.40	4.51	4.91	4.78	4.76	总平均	3.16	3.42	3.08	3.28	0.70	0.70	0.64	0.69		

参 考 文 献

- 南海水产研究所, 1966. 南海北部底拖网鱼类资源调查报告(海南岛以东)第三册, 南海水产研究所出版。
- 费鸿年, 1962. 鱼塢纳苗群聚的形态变化, 广东海洋湖沼学会年会论文集。
- 费鸿年, 郑修信, 1964. 广东鱼塢纳苗种类组成和纳苗量的季节变化. 水产学报1(1-2): 61-81.
- 木元新作, 1968. 动物群集研究法 I——多样性と种类组成, 132页. 共立出版社。
- 元村勲, 1932. 群集の统计的取扱に就いて, 动物学杂志44: 379-383.
- Arhenius, O., 1921. Species and area. *J. Ecol.*, 19: 95-99.
- Bechtel, T. J., Copeland, B. J. 1970. Fish species diversity indices as indicator of pollution in Galveston Bay, Texas, *Contrib. Mar. Sci. Univ. Texas* 15: 103-132.
- Dahlberg, M. P., E. P. Odum 1970. Annual cycles of species occurrence, abundance and diversity in Georgia estuarine populations, *Amer Midl. Natur.* 83(2): 382-392.
- Fisher, R. A.; S. S. Corbet; C. B. Williams, 1943. The relation between the number of species and number of individuals in a random sample of an animal population, *J. Anim. Ecol.* 12: 42-58.
- Heip, C.; P. Engels. 1974. Comparing species, diversity and evenness indices. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* 54: 559-563.
- Haedrich, R. L.; S. O. Haedrich, 1974. A seasonal survey of the fishes in the Mystic River, a polluted estuary in Downtown Boston, *Mass. Estu. Coas. Mar. Sci.* 2: 59-73.
- Hillman, R. E., Davis, N. W. and Wennemer, J., 1977. Abundance, diversity, and stability in shore-zone fish communities in an area of Long Island Sound affected by the thermal discharge of a nuclear power station, *Estu. Coas. Mar. Sci.* 5: 355-382.
- Livingstone, R. J. 1976. Diurnal and seasonal fluctuations of organisms in a North Florida estuary. *Estu. Coas. Mar. Sci.* 4: 373-400.
- Margalef, R., 1968. Perspectives in ecological theory. Univ. Chicago Press, 111pp.
- Moore, R. H., 1978. Variations in the Diversity of Summer Estuarine fish Populations in Aransas Bay, Texas, 1966-1973. *Estu. Coast. Mar. Sci.* 6(5): 295-501.
- Oviatt, C. A.; Nixon, S. W., 1973. The demersal fish of Narraganset Bay: an analysis of community structure, distributions, and abundance. *Estu. Coas. Mar. Sci.* 1: 361-378.
- Pielou, E. C., 1966. The use of information theory in the study of ecological succession, *Jour. Theor. Biol.*, 10: 370-383.
- Pielou, E. C., 1975. Ecological diversity. Wiley-Inters. N. Y. 163pp.
- Shannon, C. E.; W. Weaver, 1949. The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois Press. Urbana. 117pp.
- Wilhm, J. L., 1968. Use of biomass units in shannons formula. *Ecology.* 48: 153-156.

THE REGIONAL AND SEASONAL VARIATIONS OF DIVERSITY AND DOMINANT SPECIES OF DEMERSAL FISH COMMUNITIES IN CONTI- NENTAL SHELF OF NORTHERN NAN HAI

Fei Hongnian, He Baoquan and Chen Guoming

(Nan Hai Fisheries Research Institute)

Abstract

In present paper, an outline is given of results of investigation concerning regional and seasonal changes of some criteria of bottom fish communities in the continenta

shelf of northern Nan-Hai. Fish collection was made by three research vessels during March 1964 through February 1965. Fifty-one sampling sites were assigned within 8 arbitrary sub-areas of the shelf, which cover an area of 137,667 Km². Towing time of trawnet around each site was 2 hours. Every sample of fish was considered as a fish community, of which only the data of March, June, September and December were treated as representatives of spring, summer, fall and winter respectively.

Species diversity is the principal criterion of fish community and there are several models for computing the index of diversity. The modified Shannon-Weaver formula was employed in the present paper. For eliminating the bias arising from the discrepancy of weight of individuals in samples, we used biomass units instead of numbers. Thus, the actual formula we used was

$$H'' = - \sum_{i=1}^n (w_i/w) \log_2(w_i/w)$$

where w_i is the biomass of i -th species in sample, w the biomass of sample. The results of implementation of biomass units suggest that this modified computing method might be convenient for practical purpose, but the values obtained in terms of biomass tended to be slightly higher than those in terms of numbers.

In the range of the indexes of diversity overall sites within the studied period, the lowest was 1.41 occurred at a site of V sub-area in September and the highest was 4.40 at a site of IV sub-area in June. In comparing with the published values of H'' of coastal bottom-trawled fishes, our figures may be ranged as the highest one.

An isopleth diagram of H'' was drawn, it was found that the distribution pattern of isopleth families in different seasons was distinct each other, but no explicit relationship could be ruled out, as the data were still insufficient. The relations of H'' with shelf-depth and temperature were also investigated and it seems some possible correlations could be found.

In conjunction with species diversity, 3 other parameters were calculated: (1) number of species contained in community (S); (2) maximum of species diversity (H_{max}); (3) evenness of Species (J). The Pattern of variations was apparent in the indexes calculated. The variation of H_{max} followed the pattern of S , while the evenness of species (J) shows close association with the trend of species diversity (H'').

The component of dominant species is a second fundamental criterion of fish communities and we proposed to formulate a concept of dominant species in connection with information theory, its interpretation being given in detail. Thus, any species of fish comprised 20—60% of catches in one specified sample is defined as a dominant species (D. S.); 24 D. S. were observed in 8 sub-areas and 4 months, and their frequencies of occurrence in each sub-area and month showed a wide range. A code diagram is drawn to demonstrate the regional and seasonal distribution of frequen-

cy of D. S., so that the transmission and replacement of D. S. between areas or seasons can be found intuitively. But the situation is very complex, therefore the possible relationship between species diversity and dominant species still remains unknown, and the problem of dynamic of dominant species population itself needs further consecutive study and data accumulation.