

东海深海底层鱼类群落及其结构的研究*

沈金鳌** 程炎宏

(东海水产研究所)

提要 本文据东海深海1981年底鱼资源调查资料,按不同站、水深带之间计算渔获物组成的相似性指数 C_s ,应用聚类分析方法等综合分析,结果表明:调查海区底层鱼类可区分为东海大陆架(外缘)群落、东海大陆坡群落和冲绳海槽(西侧)群落等三个(主)群落。其中,东海大陆坡群落还可细分为大陆坡上部、中部和下部等三个亚群落。同时,应用种类多样性、均匀性、丰盛度和优势度指数(H' 、 D 、 J 、 d 和 D_2),对群落结构进行分析,结果表明: H' 、 D 、 J 或 d 值,一般是水深浅处较小,深处较大,它们随水深的变化趋势相似; D_2 值则与以上各值大致相反。作者认为除种类组成和多样性指数外,种类相似性指数也是反映生物群落结构的一个重要特征。

主题词 群落,相似性指数,多样性指数,聚类分析,树状图,底层鱼类,深海,东海

关于生物群落的研究,以往都单纯依据优势种定性划分群落,并进行一般描述。之后,对研究方法逐步加以改进,借助数理统计方法,判别生物群落及阐明群落结构,但大多数是以植物和非鱼类动物为研究对象。七十年代起,才陆续开展关于鱼类群落方面的研究,且多数限于沿岸和近海^[5~7,11],有关深海鱼类群落的研究至今尚属罕见^[6]。

生物种类组成、种类多样性指数和相似性指数都是反映生物群落结构的重要特征,后者通过数学方法还可阐明生物群落。客观地区分生物群落与群落结构的研究,不但在生态学中具有重要意义,而且在渔业生产和生物资源管理方面也有较大价值。

为了开发东海大陆坡及其附近未利用的渔业资源,以及制订我国200海里专属经济区的有关规划,东海水产研究所曾进行了为期两年的东海深海底层鱼类资源调查。本文根据调查取得的渔获物组成与海洋环境等资料,主要计算分析了调查海区渔获物种类组成的相似性,运用聚类分析方法,对底层鱼类群落进行定性定量区分。其次,通过渔获物种类多样性指数等多种指数的计算,对该海区底层鱼类群落结构特征也进行了分析。

材 料 与 方 法

1980年6~8月和1981年5~11月期间,在北纬 $26^{\circ}00'$ ~ $33^{\circ}00'$ 、东经 $123^{\circ}00'$ ~ $129^{\circ}15'$ 范围内,即水深120~1085米的东海大陆架外缘、东海大陆坡和冲绳海槽西侧,开

* 海上调查工作,承“东方”号调查船船长王文仪、纪元丕与全体船员大力协助;插图由上海水产大学马亚多同志清绘。在此一并致谢。

** 执笔者,现在上海水产大学工作。

展了底层鱼类资源调查,拖网试捕计 150 个站次^[2]。本文以具有较好代表性的 1981 年调查资料为基础,据水深与纬度分布的均匀性,最后选定为 53 个站次(图 1),其渔获物组成作为本文分析计算用。调查使用八片式颚拖网(538 \times 135 毫米)试捕,平均拖速约 3.9 海里/小时,每次拖网时间标准化为 1 小时,网板间距为 90~100 米,网口高度接近 5 米,囊网及其内衬衣网目分别为 90、60 毫米^[3]。整个调查期间,渔获物种类计有鱼类 340 种。本文选择调查中出现频率较高、个体数量较多的鱼类计 101 种,其中,主要分布在水深 400 米以浅的 55 种,主要分布在水深 400 米以深的 46 种。并列各鱼种在不同水深带的渔获尾数。

为分析生物群落及其结构,应用下列几个主要参数:(1) Kimoto 种类相似性指数, $C_s = 2 \sum n_{1i} \cdot n_{2i} / (\sum x_1^2 + \sum x_2^2) N_1 \cdot N_2$ ^[4]; (2) Shannon-Weaver 种类多样性指数, $H' =$

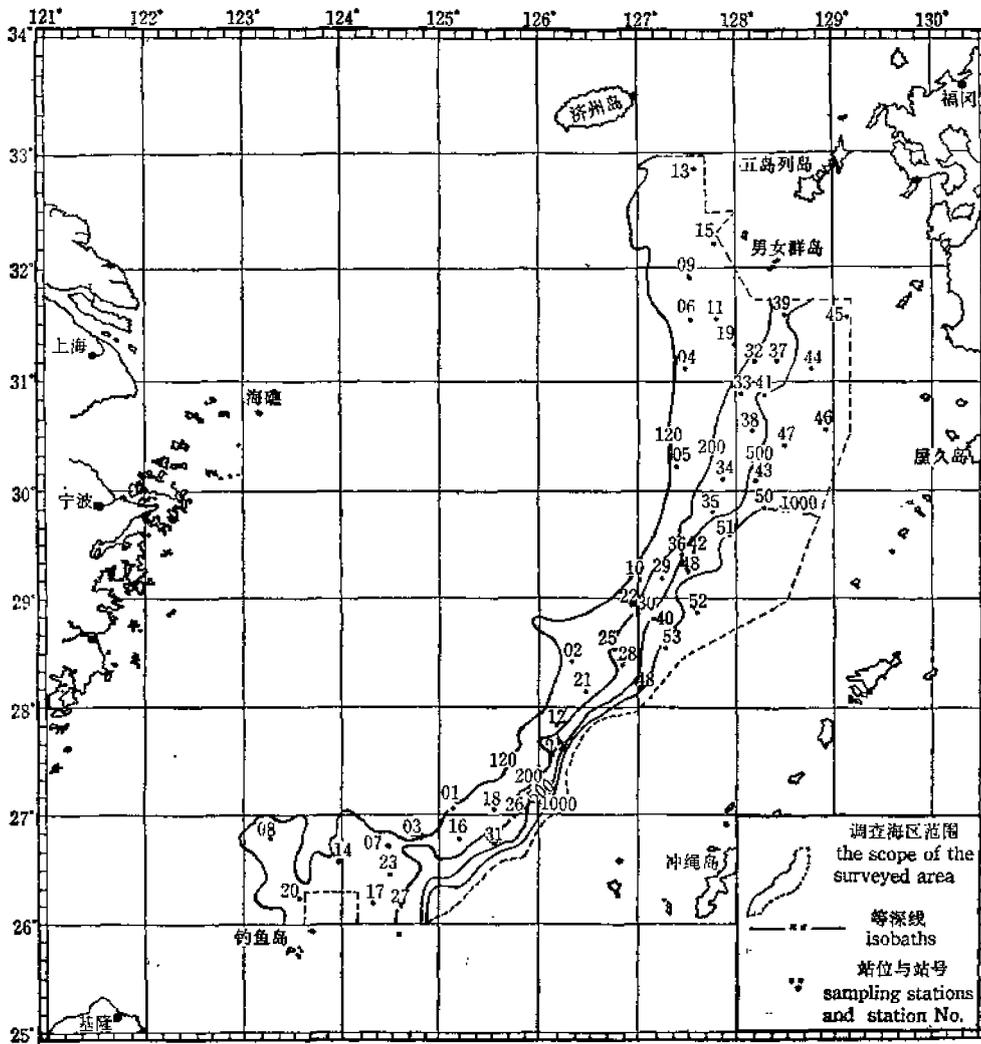


图 1 调查海区、等深线和站位分布

Fig. 1 Distribution of the surveyed area, isobaths and sampling stations.

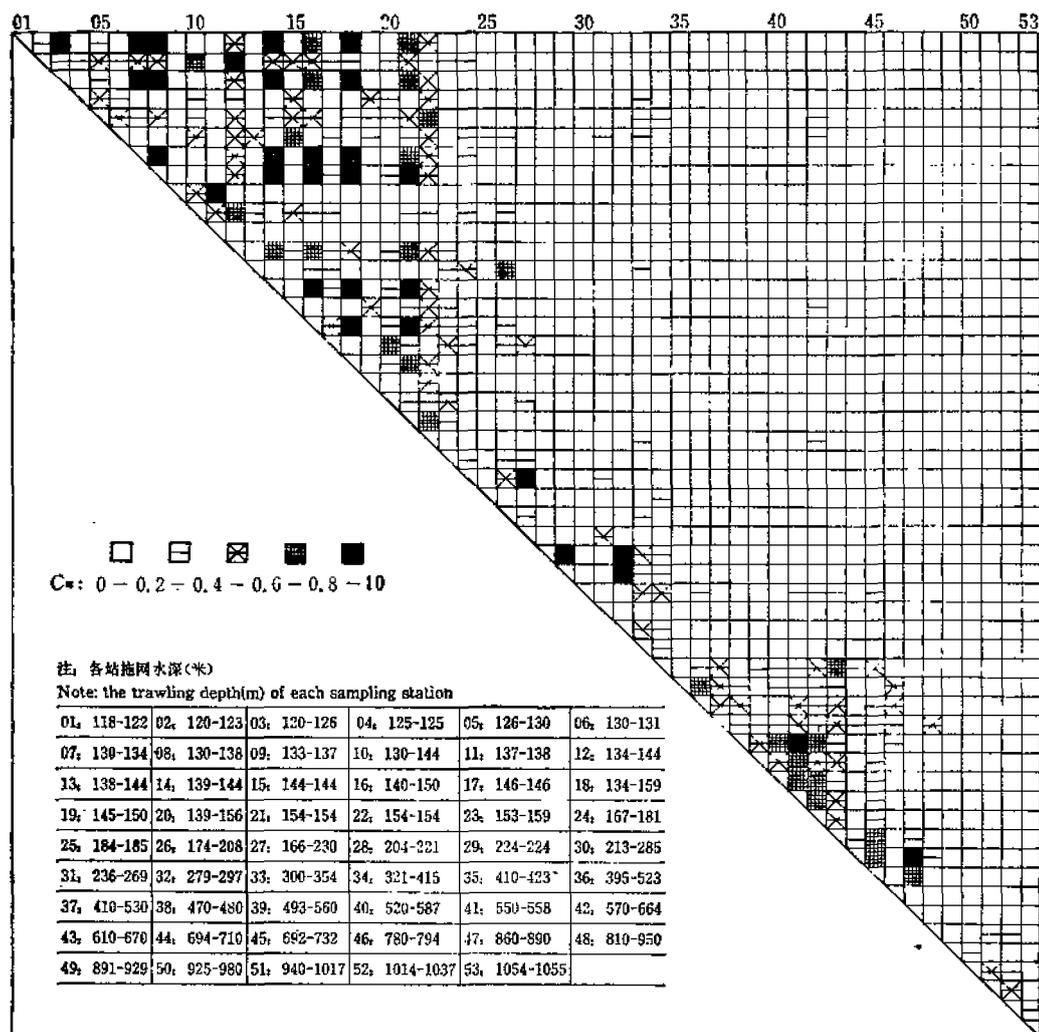
$-\sum_{i=1}^S (P_i) (\log_2 P_i)^{[6]}$; (3) Simpson 种类多样性指数, $D = 1 - \sum_{i=1}^S (P_i)^2$ [10]; (4) Pielou 种类均匀性指数, $J = H' / H_{\max} = H' / \log_2 S$ [6]; (5) Margalef 种类丰盛度指数, $d = S - 1 / \log_2 N$ [1]; (6) McNaughton 种类优势度指数, $D_s = N_1 + N_2 / N$ [1]。

以上各式中的符号和各指数的意义(符号意义相同者不重复列出), 依次分别阐明如下: (1) $\sum \pi_1^2 = \sum n_{1i}^2 / N_1^2$, $\sum \pi_2^2 = \sum n_{2i}^2 / N_2^2$, n_{1i} 、 n_{2i} 分别为样品(调查站或水深带等; 下同) 1、2 中第 i 种鱼类个体数的平方, N_1 、 N_2 分别为样品 1、2 中各鱼种的总个体数。 O_s 为衡量两个样品之间鱼种及其个体数的相似程度, 是区分群落与反映群落结构特征的一个重要参数, 其阈为 0~1; (2) S 为样品中鱼种的总数, P_i 为第 i 种鱼种个体数与该样品总个体数的比值。 H' 是鱼种及其个体数的信息函数, 可反映群落结构的复杂程度; (3) $\sum_{i=1}^S (P_i)^2$ 称为 Simpson 单纯性指数。 D 是单纯性指数的对立(数), 是不同于 H' 的另一种多样性指数, 其阈为 0~1; (4) H_{\max} 为种类最大多样性指数。 J 为表征样品中鱼种之间个体均匀分布的程度, 其阈为 0~1; (5) N 为样品中各鱼种的总个体数。 d 为表征样品中种类丰盛的程度; (6) N_1 、 N_2 分别表示样品中居第 1、2 位鱼种的个体数。 D_s 为表示居第 1、2 位鱼种个体数之和与该样品总个体数的比值, 其阈为 0~1。

据式(1)计算各调查站之间的种类相似性指数 O_s , 由于它是对称矩阵, 只列出三角矩阵。为直观起见, 将 O_s 值划分为五个等级绘成三角矩阵图; 将调查水深范围尽量以 50 米左右来划分水深带(考虑到实际拖网水深情况, 其中有个别的不足 50 米, 也有个别的包括几个 50 米), 又计算了各水深带之间的相似性指数 O_s 矩阵; 样品组(水深带)聚合采用组平均(group-average)聚类分析法 [4], 将上述矩阵中 O_s 最大的两个样品组, 补算与其他各组的 O_s 值, 并与其它各组的 O_s 值一起, 列出第 2 个矩阵。再在此矩阵中将 O_s 值最大的两个组, 补算与其它各组的 O_s 值, 并与其它各组的 O_s 值一起, 列出第 3 个矩阵, 之后按同样的步骤, 重复合并过程, 直至全部样品组合并成一组。最后, 根据重复合并后各水深带之间 O_s 大小的次序, 绘成各水深带之间鱼种相似性指数 O_s 聚合树状图。

分 析 结 果

从不同水深各调查站之间鱼种相似性指数 O_s 矩阵图(图 2)来看, 第 01~22 站相互之间的 O_s 值多数为 0.4 以上, 其中 O_s 值在 0.8 以上的也为数不少, 是调查海区的第一高值区。它们与其它各站之间的 O_s 值, 除个别为 0.4~0.6 及少数为 0.2~0.4 外, 绝大部分为接近零或等于零。这表明在 120~150 米水深带内底层鱼类组成的相似度高, 而它们与其它各站之间有着较明显或很显著的自然间断, 即该水深带栖息着一个相当明显的群落; 第 23~26 站相互之间以及它们与周围各站之间的 O_s 值都不大, 大部分在 0.2~0.6 以下。相对来说, 它们与水深 150 米以浅各站的 O_s 值, 显著大于它们与水深 200 米以深各站的 O_s (平均)值。这表明 150~200 米水深带是第一个较明显的群落过渡带。同时, 也表明它们与水深 150 米以浅各站渔获物组成比较相似; 第 27~47 站相互之间的 O_s 值是调查海区的次高值区, 它们与周围各站的 O_s 值均相当小。这表明在 200~900 米

图2 各调查站之间鱼种相似性指数 C_s 矩阵图Fig. 2 The matrix of the index of species similarity C_s among sampling stations.

水深带内底层鱼类组成的相似度较高,而它们与周围各站的相似度相当低,呈现出较为明显的自然间断,即该水深带栖息着一个较为明显的群落;第48~49站相互之间的 C_s 值在0.2以下,它们与周围各站的 C_s 值,除个别在0.4以上外,绝大多数均非常小。其中第48站(拖网水深810~950米)与附近各站的 C_s 值相对较大。而第49站(拖网水深891~929米)除与第50站(拖网水深925~980米)的 C_s 值稍大于0.2外,与周围各站的 C_s 值均非常小。这表明在900~950米左右水深带是第二个能够分辨的群落过渡带;第50~53站相互之间的 C_s 值多数为0.2~0.6,在相似度上虽没有以上两个高值区(群落)那样明显,除它们与第48、49站的 C_s 值部分为0.2~0.4外,与其它各站的 C_s 值几乎等于零。这表明在950~1055米水深带内底层鱼类组成存在一定程度的相似,它是一个可以判别的第三个群落。

从各鱼种在不同水深带渔获的情况(表1)来看,日本翅鲨、犁头鳐、油鲛、青石斑鱼、

黑鳍大眼鲷、竹荚鱼、真鲷、带鱼、鲐鱼、印度无齿鲷、绿鳍马面鲀和棕腹刺鲀等鱼类, 分布范围几乎不超过 150 米水深带; 斑点丽鲨、斑魮、花斑蛇鲻、日本舒、短尾大眼鲷、无斑圆鲷、条尾鲱鲤、瑞氏红魴鲱、单棘豹魴鲱、红鲷、黄鳍马面鲀和棘箱鲀等鱼类, 分布范围几乎都在 200 米以浅海区, 它们与上述分布在水深 150 米以浅的鱼类混栖。而短吻角鲨、长颌水珍鱼、胁谷软鱼、寿鱼、红钻鱼及尖棘角魴鲱等鱼类, 分布范围几乎局限于 150~400 米水深带, 它们与分布在水深 200 米以深的乌鲨、鮫及鳞首方头鲷等鱼类混栖。这表明上述分布在水深 150~400 米与水深 200 米以浅的鱼类, 在 150~200 米水深带形成一个鱼种组成交错重叠的混合带; 冬银鲛、隆背青眼鱼、叉尾带鱼、巨口鱼、霞鲨、大鳞新灯笼鱼、瓦氏眶灯鱼、合鳃鳗、异鳞海蜥鱼、日本腔吻鳕、平棘腔吻鳕、史氏腔吻鳕、粗棘腔吻鳕、柯氏鼠鳕、潜魴魴及冠魴魴等鱼类, 绝大多数分布在水深 400~950 米范围内, 它们与上述分布在水深 200 米以深的乌鲨、长颌水珍鱼及鳞首方头鲷等鱼类一起, 形成了一个栖息在水深 200~950 米海区的鱼类类群; 深海蛙、纤钻光鱼、长钻光鱼、低星光鱼、裸体鱼及约氏黑角鲛等鱼类, 都分布在水深 950 米以深海区; 平头鱼、黑异鳞鲨、太平洋光巨口鱼、鲢鱼、黑口鱼、田中鲁氏鱼及短鳍合鳃鳗等鱼类, 则经常栖息在水深 900~950 米及其附近一带。由此可见, 上述第一群落[水深 120~150(200)米]、第二群落[水深 200~900(950)米]以及第三群落[水深 950~1055 米]之间的鱼种迥然不同, 在群落之间形成了鲜明的对照。同时, 各群落的特有种不存在跨群落的现象。分布在过渡带的上述鱼种, 不但在过渡带内栖息, 而且在该过渡带以浅或以深海区均有分布。

表 1 各鱼种在不同水深带的渔获尾数

Table 1 Numbers of individual of different fish species in each depth belt.

鱼种 Fish species	各水深带(米)渔获尾数 Numbers of individual in each depth belt (m)					
	120—150	120—200	150—400	200—950	950~1055	120~1055
	斑点丽鲨 <i>Calliscyllium venustum</i> Tanaka	54	115	61	0	0
欧氏刺鲨 <i>Centroscymnus owstoni</i> Garman	0	0	0	7	5	12
达氏七鳃鲨 <i>Heptarhynchus dakini</i> Whitley	0	0	15	16	0	16
日本翅鲨 <i>Galeorhinus japonicus</i> (Müller et Henle)	12	12	0	0	0	12
短吻角鲨 <i>Squalus brevirostris</i> Tanaka	344	498	304	285	0	673
长吻角鲨 <i>Squalus mitsukurii</i> Jordan et Fowler	9	9	17	835	0	844
乌鲨 <i>Etmopterus lucifer</i> Jordan et Snyder	0	0	48	247	0	247
犁头鲨 <i>Rhinobatos</i> sp.	24	24	0	0	0	24
斑魮 <i>Raja kenoyei</i> Müller et Henle	28	58	30	0	0	58
小眼魮 <i>Dasyatis micropthalmus</i> Chen	0	0	0	1	0	1
褐黄扁魮 <i>Urolophus aurantianus</i> Müller et Henle	0	0	0	1	0	1
冬银鲛 <i>Psychrolutes mitsukurii</i> (Dean)	0	0	0	28	0	28

(续表)

鱼种 Fish species	各水深带(米)渔获尾数 Numbers of individual in each depth belt(m)					
	120—150	120—200	150—400	200—950	950~1055	120~1055
	黑线银鲛 <i>Chimaera phantasma</i> Jordan et Snyder	0	0	0	80	1
太平洋吻银鲛 <i>Rhinochimaera pacifica</i> (Mitsukuri)	0	0	0	7	1	8
长背鱼 <i>Pterothrissa gissu</i> Hilgendorf	0	0	0	7	0	7
长颌水珍鱼 <i>Argentina semifasciata</i> Kishinouye	50	61	28825	28814	0	28875
棘尾银斧鱼 <i>Argyropilecus aculeatus</i> Valenciennes	0	0	0	183	2	185
花斑蛇鲻 <i>Saurida tumbil</i> (Bloch et Schneider)	504	984	480	0	0	984
姬鱼 <i>Hime japonicus</i> (Günther)	602	1022	638	263	0	1285
棘融鲷 <i>Hoplobretula armata</i> (Temminck et Schlegel)	14	27	20	7	0	34
日本海鲂 <i>Zeus japonicus</i> Cuvier et Valenciennes	122	132	10	0	0	132
副海鲂 <i>Parasen pacifica</i> Kamohara	0	11	26	29	0	40
高菱鲷 <i>Antigoniacapros</i> Lowe	36	1405	1644	275	0	1680
毛烟管鱼 <i>Fistularia villosa</i> Klunzinger	12	22	10	0	0	22
长吻鱼 <i>Macrorhamphosus scolopuz</i> (Linnaeus)	70	70	153	153	0	223
油鲆 <i>Sphyræna pinguis</i> Günther	28	28	0	0	0	28
日本鲆 <i>Sphyræna japonica</i> Cuvier et Valenciennes	552	787	235	0	0	787
赤鲆 <i>Doderleinia berycoides</i> (Hilgendorf)	81	638	961	437	0	1075
鲷 <i>Scombrops boops</i> (Houttuyn)	0	0	384	398	0	398
青石斑鱼 <i>Epinephelus awoara</i> (Temminck et Schlegel)	7	7	0	0	0	7
脆舌软鱼 <i>Malakichthys wakiyai</i> Jordan et Hubbs	0	25	2208	2183	0	2208
寿鱼 <i>Banjós banjos</i> (Richardson)	0	0	301	301	0	301
红粘鱼 <i>Erythrocles schlegeli</i> (Richardson)	0	0	23	23	0	23
黑鳍大眼鲷 <i>Priacanthus boops</i> (Bloch et Schneider)	14	14	0	0	0	14
短尾大眼鲷 <i>Priacanthus macrocanthus</i> Cuvier et Valenciennes	808	3232	2618	194	0	3232
尖牙鲷 <i>Synagrops argyrea</i> (Gilbert et Gramer)	33	33	281	1028	0	1061
高体若鲷 <i>Caranx equula</i> Temminck et Schlegel	1472	1626	232	84	0	1710

(续表)

鱼 种 Fish species	各水深带(米)渔获尾数 Numbers of individual in each depth belt (m)					
	120—150	120—200	150—400	200—950	950~1055	120~1055
	无斑圆鲈 <i>Decapterus kurroides</i> Bleeker	46	112	66	0	0
竹荚鱼 <i>Trachurus japonicus</i> (Temminck et Schlegel)	1015	1015	33	33	0	1048
真鲷 <i>Pagrosomus major</i> (Temminck et Schlegel)	13	13	0	0	0	13
黄鲷 <i>Tautus tumifrons</i> (Temminck et Schlegel)	1092	1535	795	358	0	1893
条尾鲱鲤 <i>Upeneus bensasi</i> (Temminck et Schlegel)	184	256	72	0	0	256
隆背青眼鱼 <i>Chlorophthalmus acutifrons</i> Hiyama	0	0	0	98	0	98
无鳔鲈 <i>Helicolenus dactylopterus</i> (De La Roche)	22	22	29	69	0	91
残鲈 <i>Bassobythites</i> sp.	0	0	0	2	0	2
日本鰺 <i>Uranoscopus japonicus</i> Houttuyn	17	27	10	0	0	27
纹颈鰺 <i>Uranoscopus oligolepis</i> Bleeker	10	10	0	0	0	10
短蛇鯖 <i>Rexea solandri</i> (Cuvier)	0	544	592	82	0	626
带鱼 <i>Trichiurus lepturus</i> (Linne)	82	82	0	0	0	82
叉尾带鱼 <i>Lepidopus tenuis</i> Günther	0	0	0	743	0	743
鲐鱼 <i>Pneumatophorus japonicus</i> (Houttuyn)	70	70	0	0	0	70
印度无齿鲷 <i>Ariomma indica</i> (Day)	54	54	0	0	0	54
鳞首方头鲷 <i>Cubiceps squamiiceps</i> (Lloyd)	0	0	39	216	0	216
伊豆鲷 <i>Scorpaena izensis</i> Jordan et Starks	3	25	22	28	0	53
褐盲鲷 <i>Sebastes marmoratus</i> (Cuvier et Valenciennes)	0	24	116	134	0	158
贡氏红娘鱼 <i>Lepidotrigla güntneri</i> Hilgendorf	288	332	155	111	0	448
岸上红娘鱼 <i>Lepidotrigla kishinouyei</i> Snyder	708	818	176	66	0	884
深水红娘鱼 <i>Lepidotrigla abyssalis</i> Jordan et Starks	527	587	60	0	0	587
东方黄魮鲷 <i>Peristedion orientale</i> Temminck et Schlegel	209	398	328	150	0	548
尖棘角魮鲷 <i>Pterygotrigla hemisticta</i> (Temminck et Schlegel)	0	82	239	160	0	242
瑞氏红魮鲷 <i>Satyrichthys rieffeli</i> (Kaup)	1093	1412	319	49	0	1461
单棘豹魮鲷 <i>Daicocyclops speterseni</i> (Nyström)	468	694	226	0	0	694
红魮 <i>Bembras japonicus</i> Cuvier et Valenciennes	83	116	28	0	0	116
绿鳍马面鲀 <i>Navodon septentrionalis</i> (Günther)	158	158	0	0	0	158

(续表)

鱼 种 Fish species		各水深带(米)渔获尾数 Numbers of individual in each depth belt(m)					
		120—150	120—200	150—400	200—950	950—1055	120—1055
黄鳍马面鲀	<i>Navodon zanthopterus</i> Xu, Deng et Zhan	7502	8111	609	0	0	8111
棘箱鲀	<i>Kentrocapros aculeatus</i> (Houttuyn)	97	149	52	0	0	149
棕腹刺鲀	<i>Gastrophysus spadiceus</i> (Richardson)	56	56	0	0	0	56
单棘躄鱼	<i>Chaunax fimbriatus</i> Hilgendorf	158	182	275	251	0	483
巨口鱼	<i>Stomias affinis</i> Günther	0	0	0	31	0	31
平头鱼	<i>Alepocephalus</i> sp.	0	0	0	44	18	63
霞鲨	<i>Centroscyllium kamoharai</i> Abe	0	0	0	67	0	67
黑异鳞鲨	<i>Scymnodon niger</i> Chu et Meng	0	0	0	10	1	11
深海蛙	<i>Bathylagus</i> sp.	0	0	0	0	8	8
纤钻光鱼	<i>Gonostoma gracile</i> Günther	0	0	0	0	9	9
长钻光鱼	<i>Gonostoma elongatum</i> Günther	0	0	0	0	2	2
低星光鱼	<i>Sternoptys pseudobscura</i> Baid	0	0	0	0	5	5
太平洋光巨口鱼	<i>Photonectes albipinnis</i> (Döderlein)	0	0	0	9	2	11
鳕鱼	<i>Chauliodus sloani</i> Bloch et Schneider	0	0	0	10	15	25
塔氏鱼	<i>Talismania</i> sp.	0	0	0	1	3	4
太平洋丝胸鱼	<i>Nemabathytroctes</i> sp.	0	0	0	60	31	91
黑口鱼	<i>Narctes</i> sp.	0	0	0	26	33	59
田中鲁氏鱼	<i>Rouleina tanakae</i> Parr	0	0	0	114	2	116
裸体鱼	<i>Leptoderma macrops</i> Vaillant	0	0	0	0	10	10
深海狗母鱼	<i>Bathypterois</i> sp.	0	0	0	10	1	11
大鳞新灯笼鱼	<i>Neoscopelus macrolepidotus</i> Johnson	0	0	0	99	0	99
瓦氏眶灯鱼	<i>Diaphus watasei</i> Jordan et Starks	0	0	0	258	0	258
朋氏珍灯鱼	<i>Lampanyctes bensoni</i> (Fowler)	0	0	0	10	2	12
短鳍合鳃鳗	<i>Synaphobranchus brevidorsalis</i> Günther	0	0	0	10	2	12
合鳃鳗	<i>Synaphobranchus pinnatus</i> Gronovius	0	0	0	17	0	17
线口鳗	<i>Nemichthys scolopaceus</i> Richardson	0	0	0	10	2	12
异鳞海鲈鱼	<i>Halosaurus affinis</i> (Günther)	0	0	0	56	0	56
日本腔吻鳕	<i>Coelorhynchus japonicus</i> (Temminck et Schlegel)	0	0	0	18	0	18
平棘腔吻鳕	<i>Coelorhynchus parallelus</i> (Günther)	0	0	0	23	0	23

(续表)

鱼 种 Fish species	各水深带(米)渔获尾数 Numbers of individual in each depth belt (m)					
	120-150	120-200	150-400	200-950	950-1055	120-1055
	史氏腔吻鳕 <i>Coelorhynchus smithi</i> Gilbert et Hubbs	0	0	0	137	0
六带腔吻鳕 <i>Coelorhynchus tokiensis</i> (Steindachner et Döderlein)	0	0	0	18	0	18
粗棘突吻鳕 <i>Coryphaenoides marginatus</i> Steindachner et Döderlein	0	0	48	387	0	387
柯氏鼠鳕 <i>Gadomus colletti</i> Jordan et Gilbert	0	0	0	359	0	359
潜鲈鲷 <i>Bassozetus</i> sp.	0	0	0	36	0	36
冠鲈鲷 <i>Glyptophidium</i> sp.	0	0	0	41	0	41
隐棘杜父鱼 <i>Psychrolutes paradoxus</i> Günther	0	0	0	5	0	5
约氏黑角鲛鱈 <i>Melanocetus johnsonii</i> Günther	0	0	0	0	3	3

从各水深带之间鱼种相似性指数 C_x 矩阵(表 2)来看, 120~150 米或 150~200 米水深带与 200~250 米水深带之间的 C_x 值都非常小, 而 120~150 米水深带与 150~200 米水深带之间的 C_x 值较大, 200~250 米水深带与 250~300 米水深带之间的 $C_x = 0.892$, 为调查海区中的最大值, 且前者与 300~350 米水深带之间的 C_x 值也较大。这表明 150~200 米水深带是本海区底层鱼群落的第一个过渡带; 同时, 700~750 米水深带与 800~950 米水深带之间的 $C_x = 0.779$, 为本海区中的次最大值, 后者与 950~1000 米水深带的 C_x 值仅为 0.148, 而 950~1000 米水深带与 1000~1050 米水深带或 1000~1050 米水深带与 1050 米以深水深带之间的 C_x 值均在它的一倍以上。这表明水深 950 米附近为本海区底层鱼群落的第二个过渡带。因此, 调查海区由浅及深可区分为三个(主)群落。

从各水深带鱼种相似性指数 C_x 聚合树状图(图 3)来看, 120~200 米水深带的底层鱼类组成东海大陆架(外缘)群落。其中 120~150 米水深带与 150~200 米水深带之间的 C_x 值不大, 故后者可视为一个过渡带; 200~950 米水深带的底层鱼类组成东海大陆坡群落。其中有些水深带之间的 C_x 值, 比其它群落水深带之间的 C_x 值明显大或偏大。在水

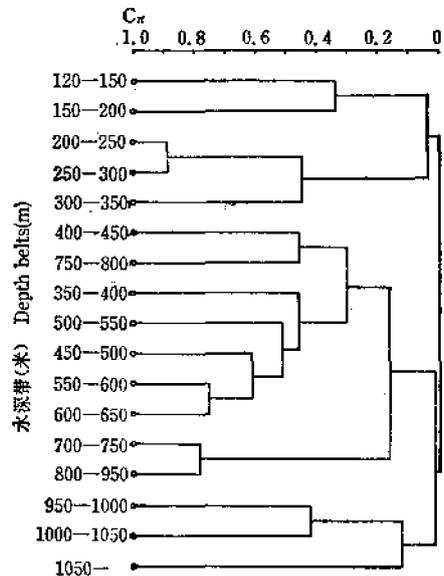


图 3 各水深带鱼种相似性指数 C_x 聚合树状图
Fig. 3 Agglomerative dendrogram showing the index of species similarity C_x among depth belts.

深 950 米附近呈现另一个过渡带; 950~1055 米水深带的底层鱼类组成冲绳海槽(西侧)群落。对水深跨度最大的东海大陆坡群落再细分的话, 在水深 400 米左右和 700 米左右处分别存在着一个亚过渡带。如果据图 2 与表 2, 采用上述的对比方法, 也能分辨出这两个亚过渡带的存在。

此外, 从调查海区渔获物组成多样性、均匀性、丰盛度及优势度指数的水深变化(图 4)来看, Shannon-Weaver 种类多样性指数 H' 、Simpson 种类多样性指数 D 或 Peilou 种类均匀性指数 J 值, 它们随水深变化的趋势基本一致。在水深 120~350 米海区数值大多较小, 但波动较大。其中在 200~300 米水深带出现低谷, 这是由于该水深带栖息着绝对优势种——长颌水珍鱼的缘故。在水深 350~1055 米海区数值均较大, 其值随水深的波动较小, Margalef 种类丰盛度指数 d 值, 高峰处于水深 1000 米以深的冲绳海槽西侧, 低谷不显著, 其它海区随水深的变化平稳; McNaughton 种类优势度指数 D_2 值, 随水深的变化趋势与 H' 几乎完全相反, 与其它各指数大致相反。

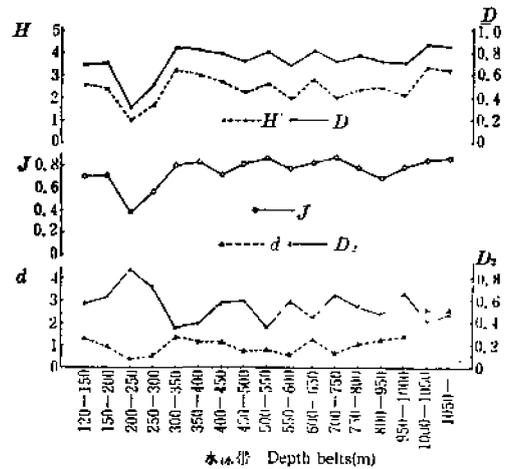


图 4 多样性指数 H' ; D 、均匀性指数 J 、丰盛度指数 d 及优势度指数 D_2 的水深变化

Fig. 4 The variation by depth on the indices of diversity H' ; D , the index of evenness J , the index of richness d and the index of dominance D_2 .

结论与讨论

从上述调查海区各站(各水深带)之间鱼种相似性指数 C_x 矩阵(图)、 C_x 聚合树状图以及各水深带鱼种组成等方面综合分析, 结果表明, 本海区底层鱼类可区分为东海大陆架(外缘)[水深 120~200 米]群落、东海大陆坡[水深 200~950 米]群落及冲绳海槽(西侧)[水深 950~1055 米]群落等三个(主)群落。它们之间的(主)过渡带, 分别约处于 150~200 米水深带与 900~950 米水深带; 群落中水深跨度最大的东海大陆坡群落, 在水深 400 米左右及水深 700 米左右处, 分别存在着一个亚过渡带。这样又可将该群落细分为东海大陆坡上部[水深 200~400 米]、中部[水深 400~700 米]与下部[水深 700~950 米]等三个亚群落。

井上^[3]据本海区(北纬 30°00' 以南)调查结果认为:“调查海区底层鱼类可区分为东海大陆架(水深 130~250 米)群落、东海大陆坡(水深 250~700 米)群落及冲绳海槽(水深 700 米以深)群落等三个(主)群落。其中, 东海大陆坡群落以水深 500 米为界还可细分为两个亚群落”。诚然, 本文区分的三个(主)群落与井上相同, 惟各个(主)群落分布的水深范围两者有所不同, 且亚群落的数量与分布水深也不一样。本文东海大陆架群落分布水深的下限比井上略浅, 而较大差异是发生在冲绳海槽群落分布水深的下限, 前者要比后者深 200 余米, 这样后者就将本文的东海大陆坡下部亚群落并入冲绳海槽群落。引起这个

较大差异的原因,估计与井上仅采用总渔获物个体数量最多的 99 个鱼种,从而忽略了有些在深海(水深 400 米以深)渔获物中出现频率较高个体数量也较多、但在总渔获物中还列不上最多的鱼种有关。因此,大大降低了东海大陆坡下部与冲绳海槽之间渔获物组成的相异性。

据东海海底地形特征,调查海区通常划分为东海大陆架[水深 140(180)米以浅]、东海大陆坡[水深 140(180)~1000 米]以及冲绳海槽[水深 1000 米以深]等三个海区(洋);同时,调查海区终年基本上受黑潮主干及其分支所控制,它们对本海区的海洋环境(包括生物)影响甚大。据黑潮水团(影响调查海区近底层)的水文特征与分布水深,可将它划分为高温、高盐的黑潮次表层水(水深 100~250 米)以及低温、低盐的黑潮中层水和黑潮深层水(水深 250~1000 米左右)。在黑潮深层水下方,盘据着水温最低且终年不变的冲绳海槽深层水(水深 1000 米以深)。由此可见,据以上划分的海区(洋)边界或水团边界,基本上与上述以渔获物组成为基础区分的(主)过渡带位置不谋而合。由于底层鱼类尤其是深海底层鱼类,它们与水深及周围海况条件的关系非常密切。因此,可以认为本文对底层鱼类群落的区分是比较客观的。

关于生物群落的地理划分,在海洋表层或陆地平原往往以纬度或气候来命名,其道理是显而易见的。但是,在海洋深层或陆地高峰,由于生物所处的水深与海况或高度与气候等条件的特殊性,应摒弃上述的一般命名法。调查海区底层鱼类组成在不同水深带引起的相异性,远远超过在不同季节、不同纬度所引起的相异性⁽¹⁾。因此,本文以(相对)水深来命名东海深海底层鱼类群落,这正象陆地高峰以(相对)高度来命名生物群落一样。同时,对反映鱼类群落结构特征的种类相似性指数、多样性指数等各个指数,也确定以水深(带)作为变量来进行分析。

费鸿年等^[6]曾对南海北部大陆架底栖鱼类群落的多样性作过研究。他们选用 126 种(科)鱼类生物量代替个体数的 Shannon-Weaver 种类多样性指数 H' (一般略大于 H'),计算结果该海区 H' 的变幅为 1.40~4.40,与国外有关资料对比数值显著偏大;本文计算结果调查海区 H' 的变幅为 0.25~3.83,如将水深 300 米左右由绝对优势种长颌水珍鱼所产生的最低值删除,则变幅缩小为 0.97~3.83。这样,本文与费鸿年等的多样性指数大致接近。作者认为上述两个海区近底层水文要素的年变化均较小,是导致在这类海况条件下底层鱼类的多样性较其它海区复杂的主要原因。

应用种类多样性指数等多种指数分析,结果表明, H' 与 D 在数值上虽不相同,但它们随水深带的变化趋势相当一致,后者又与 J 或 d 的变化趋势大致相似。如果对这些指数不要求精确值而是趋势的话,只需采用 H' 或 D 任一指数即可。比较起来,后者计算简单,且其阈为 0~1 也比较直观,故以选用 Simpson 种类多样性指数 D 为宜。

如前所述,种类相似性指数 C_s 可表征调查海区任一变量(水深、纬度或时间等)不同值之间种类组成的相似程度。据此, C_s 一方面可作为区分各类生物群落的尺度,另一方面,尽管种类组成和种类多样性指数是反映生物群落结构的两个重要特征^[6],而 C_s 也可

(1) 沈金鳌等,1984。东海大陆架外缘和大陆坡深海渔场底鱼资源调查报告。东海大陆架外缘和大陆坡深海渔场综合调查报告,第 17~94 页,东海水产研究所编。

认为是反映生物群落结构的又一重要特征。因此, C_s 是研究生物群落及其结构必不可少的一个参数。

此外, 计算种类相似性指数目前有两种公式: Kimoto (1967) 相似性指数 C_s 与 Morisita (1959) 相似性指数 $C_s^{[9]}$ 。以上述同样的调查资料进行计算, 两者对比结果表明, 调查海区各水深带之间的 C_s 值与 C_s 值, 绝大多数几乎完全相等, 仅在冲绳海槽才有微小的差异, 故在计算相似性指数时可任选一种。

值得注意的是, 有关上述各种指数的分析结果与一些初步结论, 或许只适用于深海底层鱼类组成较为稳定的类似海区, 其它海区是否适用, 还有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 林双淡等, 1984。杭州湾北岸软相潮间带底栖动物群落结构的分析。海洋学报, 6(2): 235~243。
 [2] 沈金鳌, 1982。东海大陆架外缘和大陆坡深海渔场综合调查的初步结果。海洋渔业, 4(2): 56~58。
 [3] 沈金鳌等, 1986。东海大陆架外缘和大陆坡深海渔场拖网目选择性的研究。浙江水产学院学报, 5(1): 37~42。
 [4] 阳含照、卢泽恩, 1981。植物生态学的数量分类方法, 111~114。科学出版社。
 [5] 郁尧山等, 1986。浙江北部岛礁周围海域鱼类群落特征值的初步研究。水产学报, 10(3): 305~313。
 [6] 费鸿年等, 1981。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。水产学报, 5(1): 1~20。
 [7] 中坊 徹次, 1980。志夕伎湾の底生鱼类群集—I。主要種の分布と群集の区分。西水研研报, 第54号: 206~229。
 [8] 井上尚文等, 1983。東シナ海大陸斜面域における環境特性と魚種分布。水产海洋研究会报, 第43号: 35~41。
 [9] 伊藤嘉昭、村井 实(鄧祥光、张志庆译) 1986。动物生态学研究法, 519~520。科学出版社。
 [10] 岸田周三、北岛忠弘, 1980。トロール調査における曳网面积と魚種の種数との関係について。西水研研报, 第55号: 53~68。
 [11] Kihara, K., 1983. Structures of the benthic species communities and their variation in the eastern Bering Sea. 日本水产学会志, 49(1): 41~47。
 [12] Tsutsumi, H. and T. Kikuchi, 1983. Benthic ecology of a small cove with seasonal oxygen depletion caused by organic pollution. *Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab.*, 7(1): 17~40。

A STUDY ON THE DEEP SEA DEMERSAL FISH COMMUNITIES AND THEIR STRUCTURES IN THE EAST CHINA SEA

Shen Jin'ao and Cheng Yanhong

(Dong Hai Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences)

ABSTRACT The data are based on the survey of the deep sea demersal fish resources of the East China Sea (120—1055 m depth) during the period of May to Nov., 1981. 101 captured species were selected from 53 sampling stations. According to different sampling stations and various depth belts in the catch composition, the index of species similarity C_s was calculated and by using cluster analysis method the community division was analysed. The results show that from shallow water to deep water the demersal fish can be divided into three major communities in the surveyed

area, i. e. the community of the outer region of the continental shelf at the depth of 120—200 m, the community of the continental slope at the depth of 200—950 m and the community of Okinawa Trough at the depth of 950—1055 m in the East China Sea. Among them the depths of the major transitive belt are near 150—200 m and 900—950 m respectively. Furthermore, the community of continental slope can be subdivided into three minor communities, i. e. the upper part, the middle part and lower part of communities. The minor transitive belts are located at about 400 m and 700 m depth respectively. Meanwhile, by bottom topographic and hydrographic characteristics, the divided boundaries of the sea or water mass in the surveyed area are basically in accordance with the location of the major transitive belts. Having applied the indices of the species diversity H' (Shannon-Weaver) and D (Simpson), the index of the species evenness J (Pielou), the index of species richness d (Margalef) and the index of the species dominance D_2 (McNaughton), the result of analysis of the community structure shows that the values of H , D , J , and d are lower at the shallow water, higher at the deep water and stable between them generally, they are similar to the tendency of the depth variation. While the value D_2 is contrary to the above values roughly. Moreover, the authors realize that not only the species composition and the index of diversity but also the index of species similarity are the important characteristics of the community structure.

KEY WORDS Community, Index of similarity, Index of diversity, Cluster analysis, Dendrogram, Demersal fish, Deep sea, East China Sea.