

长江口区鱼类群聚结构、丰盛度及其 季节变化的研究*

卢继武 罗秉征 薛 频 杨伟祥 黄颂芳 兰永伦

(中国科学院海洋研究所)

长江是世界第三大河,长江三角洲素有金三角之称,在我国国民经济中处于举足轻重的地位。长江口区内接长江,外连东海,是一个相对独立的半咸水体系。长江径流、台湾暖流和黄海水在此交汇、混合,加上气候变化、潮汐涨落、波浪运动,使其理化条件瞬息万变,给生物提供了一个混合、过渡与复杂多变的非生物环境,它与生物群落构成了一个结构复杂、形态多变、功能独特的河口区生态系统。充满生机的生物群落因环境条件的变化而在一定的范围内不断地改变其数量、大小、组成、结构和形态,整个生态系统处于一种动态平衡状态。鱼类在河口生态系统中占据着极重要的位置,在复杂的食物网中处于较高的营养层次,是主要的消费者。长江口区生物生产力高,饵料丰富,栖息着种类繁多、数量丰盛的鱼类,不仅是重要的河口渔场,而且是多种鱼类觅食、繁殖,幼体育肥、庇护的场所,又是数种洄游鱼类进出的通道,因此对鱼类资源的补充及对邻近水域其他渔场(舟山、吕四等渔场)的形成具有特殊意义。

河口是长江的终端,是整个长江流域大系统的一个重要子系统。长江流域大规模开发建设所引起的一系列变化都可能会影响到河口及近海水域,影响河口区生态系统的结构与功能,这种影响可以在鱼类群聚的数量和结构上很快地反应出来;同时,河口区生态环境的变化也会向内、向外影响长江和近海。因此研究长江口鱼类群聚的数量、结构特点及变化规律,将为长江口生态系统的进一步研究,为该水域的环境评价、监测和预估,为鱼类资源的管理等提供基本资料,具有重要的理论和实践意义。

对河口鱼类群聚的研究,近年来受到国内外学者的极大重视,它已成为河口生态系统研究的重要组成部分。近十几年来特别注重应用于生态环境的评价和监测 (Hillman *et al.*, 1977; McErlean *et al.*, 1973)。我国对河口鱼类群聚的研究起步较晚,但正日益受到重视。费鸿年等(1981)和杨纪明等¹⁾曾分别对珠江口及邻近水域和黄河口的鱼类群聚特性进行了研究。王幼槐(1984)、李星颀(1985)、郁尧山(1986)、赵利华²⁾和张国祥(1985)等对长江口及邻近水域的鱼类群聚进行过研究。本文对长江口区最主要、最敏感的部分

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第2035号。

参加工作的还有韩国诚、李文龙同志;田明诚副研究员提出宝贵意见,一并志谢。

收稿日期:1989年11月4日。

1) 杨纪明等,1986,山东省海岸带和海涂资源综合调查第三调查区调查报告,游泳动物(鱼类),中国科学院海洋研究所。(内部资料)

2) 赵利华等,1986,长江口杭州湾北岸带游泳生物的研究,上海市水产研究所。(内部资料)

分——半咸水区的鱼类群聚的数量、组成、结构特点及其季节变化规律作了较详尽的描述和探讨,力求反映长江河口区鱼类的基本特征和概貌,提供进一步研究的本底资料。

一、材料与方 法

本文所用材料系 1985 年 9 月至 1986 年 8 月在长江口区水域 (东经 $120^{\circ}10'$ — $124^{\circ}00'$, 北纬 $30^{\circ}20'$ — $32^{\circ}00'$), 用两艘 150 马力、74 吨底拖渔船逐月定点双拖试捕调查

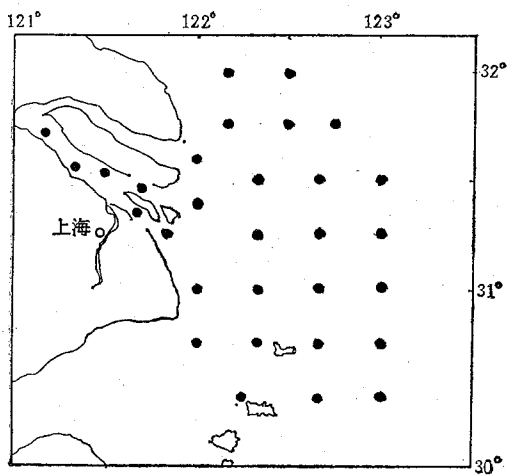


图 1 长江口区鱼类群聚调查站位分布

所获。在面积约 2.1 万平方公里的调查区域内共设常规站 30 个 (图 1)。每站拖网 1 小时 (时间不一致者换算成 1 小时渔获量)。并同步进行水温、盐度和深度测定。调查所得鱼类样本按常规进行分类、计数、称重和生物学测定。为使每月站位相同,以便比较其季节变化,本文未用加设站调查所获材料。

本次试捕调查,渔具虽用底拖网,但因调查水域水浅 (20m 以浅的站 16 个, 50m 左右的站仅 7 个), 样品中中、上层鱼类所占比重颇大, 因此本文将所获鱼类样本作为河口区鱼类群聚的整体进行研究。将每小时网次渔获量和个体数作为

本鱼类群聚的丰盛度,其所占百分比为相对丰盛度。长江口区与许多河口区相似,各种鱼的数量和个体大小相差悬殊,样品中最大与最小个体相差万余倍,在讨论鱼类丰盛度特征、变化规律和确定优势种时若仅根据重量或个体数将有失偏颇,必须两者兼顾。但算术平均值会偏重于数值大的变量 (张明星等, 1984)。因此本文采用鱼类重量和个体数的几何平均值作为鱼类群聚丰盛度数量的特征值,称之为鱼类群聚综合丰盛度,即

$$A_i = \sqrt{n \cdot W} \quad (1)$$

式中, A_i 为群聚综合丰盛度, n 为个体数, W 为重量。

群聚优势种的确定主要根据该种综合丰盛度的大小,并参考其在群聚中的时空分布。计算相邻月份间的物种相似度和相异度 (奥德姆, 1981) 来分析、探讨鱼类群聚的鱼种组成及结构的季节变化。

$$S = (2c/a + b) \times 100\% \quad (2)$$

$$D = (d/a + b) \times 100\% \quad (3)$$

式中, S 为群聚间物种相似度, D 为群聚间物种相异度, a 为 A 群聚种数, b 为 B 群聚种数, c 为 A 和 B 群聚间相同种数, d 为 A 和 B 群聚间相异种数。

群聚种数与个体数的关系用 Preston 的对数正态分布方程 (华东师范大学等, 1981) 来进行讨论, 即

$$Y = Y_0 e^{-(\alpha R)^2} \quad (4)$$

式中 R 为级数(即倍频程), Y 是第 R 级的种数, Y_0 是最高级的种数, α 为常数(通常为 0.2)。并根据群聚物种丰盛度的对数正态分布特点, 用 May (1975) 推导的全群落种数公式估算出全群落可能的种数:

$$s = Y_0 \sqrt{\pi / \alpha} \quad (5)$$

其中 s 是群聚物种期望数, 其他与式(4)同。

应用一元线性回归分析长江口鱼类群聚中各种不同类型鱼类之间以及它们与各环境因子的相关关系, 探讨它们的季节变化规律, 两两组合, 共进行了近 1 000 组各变量之间的回归分析。数据的处理、计算和作图均使用 IBM-PC 型微机。

二、结果与讨论

(一) 长江口区鱼类群聚的环境概况

长江河口区是一个水丰、沙盛、潮汐强度中等、地质地貌复杂、理化因子多变、生产力高和水生生物丰富的多级分汊三角洲河口。该水域内栖息着多种生态类型的鱼类, 鱼类群聚数量、结构特点及其变化规律与这一特有的生态环境相适应。各环境因子互相作用, 制约着鱼类群聚数量和结构的变化。

1. 非生物环境 长江口多明岛暗沙栏门; 北支逐渐淤浅, 滩长坡缓; 南支为主要出水口, 口门外有面积达一万多平方米的水下三角洲向海外海伸展。在径流与潮流动力作用下, 河床、水下沙洲多变。其东经 $122^{\circ}30'$ 以西近岸水域水深不足 25m。

长江水量丰富, 年际间波动甚大, 年总流量平均为 9 240 亿立方米。年内季节变化明显, 一般 5—10 月为洪水期, 11—4 月为枯水期。其中 7 月流量最大, 1, 2 月流量最小(图 2)。江水携带大量泥沙入海, 泥沙入海量季节变化与径流量成正比, 且较之更显著, 78% 的来沙集中在 6—10 月。长江口潮汐强度中等, 口门潮差为 2.66m, 而河口平均进潮流量为平均径流量的 8 倍(陈吉余等, 1987)。径流与潮水相互顶托消长, 引起长江口水域环境因子的剧烈变化。

温度与盐度是长江口水域中生物的两个重要限制因子。图 2 不但显示出其温、盐度的季节变化极为明显, 还可看出温度、盐度和径流量相互间的季节变化关系。水温 9 月最高, 1, 2 月最低, 除 7 月外, 基本与径流的变化趋势相似; 盐度季节变化趋势则相反, 2 月最高, 7, 8 月最低; 温度变化幅度比盐度大。

图 3 是长江口水域温度-盐度水文趋势图, 对照图 2 可以看出: 该水域的表、底层温、盐度皆呈显著的季节变化, 且表层变化范围大于底层, 温度的变化幅度大于盐度。还可以看出, 12—4 月表层与底层的盐度和温度相似, 各月间变化小, 变化趋势也相似, 这表明此时表、底层水混合较充分, 环境条件较稳定; 而 7—11 月, 表层与底层的温、盐度相差很大, 相邻月份间的变化幅度也大, 与冬、春季呈现出不同的特性, 表明层化明显, 环境条件变化剧烈。尤其是 4—5 月和 11—12 月, 温、盐度变化幅度最大, 此时该水域正处在向夏季和冬季这两个完全不同的水文特征过渡的阶段, 环境条件变化剧烈。以上这些都表明长江口水域环境条件有明显的季节节律。

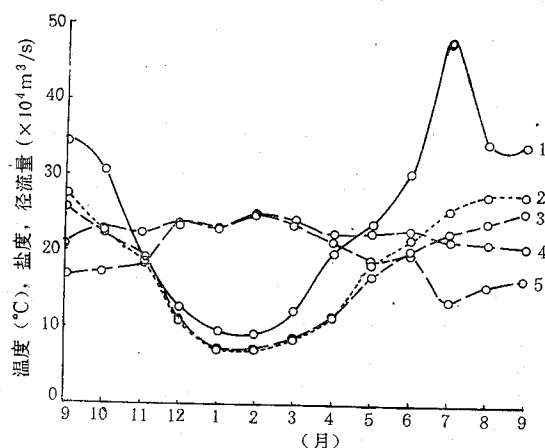


图2 长江口区盐度、温度和径流量的季节变化

1. 径流量; 2. 表层温度; 3. 底层温度;
4. 底层盐度; 5. 表层盐度

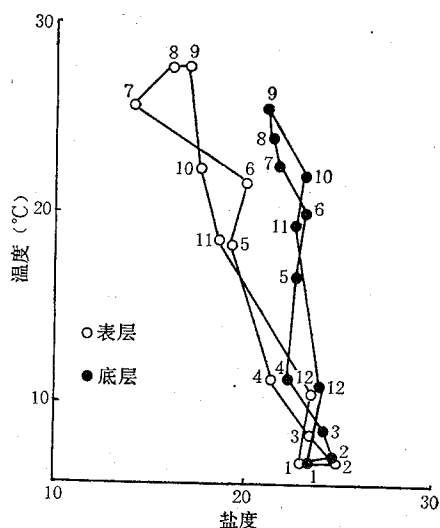


图3 长江口区温度-盐度水文趋势图

图中数码1—12表示月份

表1 长江口区径流量、水温、盐度之间相关分析结果

	表层温度		底层温度		表层盐度		底层盐度	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径流量	0.921	0.01	0.892	0.01	-0.943	0.01	-0.791	0.01
表层温度			0.991	0.01	-0.937	0.01	-0.839	0.01
底层温度					-0.927	0.01	-0.820	0.01
表层盐度							0.781	0.01

现将长江口上游大通站月平均径流量与调查水域各站月平均盐度和温度分别进行相关分析,结果列于表1。表明温度与径流量成强正相关,而盐度与径流和盐度与温度成强负相关。从计算结果还可以看出,表层温度、盐度之间及它们与径流量之间的相关程度都大于底层温度、盐度及径流量相互间的相关程度。径流量与温、盐度间的关系密切程度依次是:表层盐度、表层温度、底层温度和底层盐度。

长江口区营养盐类极为丰富,仅总无机氮就达88.8万吨,营养盐含量也呈明显的季节变化,变化趋势与盐度相反。丰富的营养盐为长江口区浮游植物生长提供了良好条件(张法高等,1987)。

2. 生物环境 在生态系统中,生物之间要进行物质变换和能量循环。与非生物环境相比,鱼类与其生物环境间的关系更密切,更错综复杂。

长江口区初级生产力很高,年初级生产量平均为 $359.3\text{gC}/\text{m}^2$,是邻近水域东海平均值的6倍。该水域分布着多种生态类型的浮游植物,达160多种,数量颇为丰富,其个体数年平均为 $3 \times 10^7/\text{m}^3$ 。因此该水域具有雄厚的饵料基础。浮游植物中骨条藻是绝对优势种,占95%以上。初级生产力和浮游植物的数量具有节律相似的季节波动,即夏季

高,冬季低(刘瑞玉等,1987)。直接以浮游植物为食的鱼类不多,本次调查仅获 5 种,但鱼类的许多饵料生物摄食浮游植物,所以浮游植物对长江口鱼类群聚的影响是很重要的。据推算,该水域浮游植物可转化成经济鱼类达 48.8 万吨(刘瑞玉等,1987)。

长江口区浮游动物同样丰盛,达 170 多种,总生物量很高,本次调查期间年平均值为 $248.2\text{mg}/\text{m}^3$,其数量也具有明显的季节变化,即夏季生物量最高,冬季最低,与长江径流量及本海域水温成正相关(刘瑞玉等,1987)。长江口区食浮游动物的鱼类较多,这些鱼类在数量上占极大比重,特别是绝大多数鱼类的幼鱼是以浮游动物为食,因此浮游动物对于长江口区的鱼类至关重要。

底栖无脊椎动物系指由采泥器取样采得、主要营固着生活或比较不活动的种类。与黄河口相比,长江口底栖无脊椎动物组成更复杂,达 500 多种;数量也较为丰盛,年平均生物量为 $21.8\text{g}/\text{m}^2$ 。长江口环境条件中,多变的盐度和泥沙是底栖生物的主要限制因子,泥沙和盐度的明显季节变化引起底栖动物数量分布的时空变化。长江口底栖动物的种类组成中,软体动物占主导地位,棘皮动物次之,它们大多数是生命周期短、体型较小、繁殖力强,生长迅速的种类(刘瑞玉等,1987)。它们是底层鱼类和大型无脊椎动物的饵料生物。长江口区食底栖生物鱼类种数最多,因此在长江口生态系统中底栖生物有着重要的地位。

长江口区还有许多能自主运动的虾、蟹和头足类,即游泳无脊椎动物,多属经济种,它们与鱼类之间的关系更为密切和复杂,既有捕食与被捕食关系,又存在竞争关系。周年拖网调查,共获无脊椎动物 67 种,个体数为 14.5×10^4 个(刘瑞玉等,1987)。其数量季节变化明显,夏、秋多,冬季少。其中甲壳动物占绝对优势,三疣梭子蟹和细点圆趾蟹为优势种,两者个体数之和占拖网所获无脊椎动物的 48.7%,重要之和占 89.5%,它们的动态与消长决定了长江口区游泳无脊椎动物数量时空分布的变化。其他重要经济无脊椎动物,海水类型有鹰爪虾、葛氏长臂虾、周氏新对虾等 10 多种海虾及曼氏无针乌贼;半咸水类型有安氏白虾和脊尾白虾;洄游类型有中华绒螯蟹等。这些生物是该河口生态系统中生物群落的重要组成部分。

(二) 长江口区鱼类群聚的概貌

本次周年调查共获鱼类样本 12 033.3kg,计 893.4 千尾。经鉴定共 162 种(若包括加设站,共 167 种),隶属于 18 目 67 科。软骨鱼类 13 种,占全群聚种数的 8.0%,其中鲭目 5 种,在软骨鱼类中为最多。硬骨鱼类 149 种,占鱼类种数的 92.0%;其中鲈形目达 27 科,62 种,是长江口鱼类群聚中最大的目,占全群聚科数的 40.3%,种数的 38.3%;鲱形目次之,2 科 15 种,占总种数的 9.3%;鲉形目和鲷形目都是 14 种,同居第三,占总种数的 8.4%。众多的科中,以鲈形目的石首鱼科的种数最多,达 13 种,其丰盛度也大,个体数和重量分别占全群聚的 24.0% 和 22.2%;其中棘头梅童鱼、皮氏叫姑鱼和小黄鱼皆为群聚优势种。鲷形目的鲷科居第二位,共 11 种,但丰盛度不大。鲱形目的鳊科 9 种,其丰盛度却最大,个体数和重量分别占全群聚的 40.2% 和 23.2%;其中凤鲚、刀鲚、黄鲫等为群聚优势种。鲈形目的鲴种虽仅 3 种,但丰盛度却很大,个体数与重量分别占全群聚的 19.5%

和 28.3%，重量居首位。鳊科、鲴科和石首鱼科的个体数和重要之和分别占全群聚的 83.7% 和 73.7%，它们是长江口鱼类群聚中最重要的 3 个科(表 2)。本次调查的全部鱼类名录,请见本集田明诚等的研究报告。

1. 鱼类群聚中不同类型鱼类的组成 每个生物群落都是由各种不同类型的生物所组成,不同生物适应不同的环境条件,在生态系中占据着不同生态位置,形成一定的格局。长江口区环境条件差异大,鱼类组成就很复杂,根据各种鱼类的不同生活习性、生态特点及所适应的不同环境条件,可将它们划分成不同的类型。分析各类型鱼类之间的关系和季节变化规律,有助于了解群聚中鱼类组成、结构及变化特点,以便于揭示这些特点与环境条件的关系。

表 2 分别列出各类型鱼类种数,1 年 12 航次中出现的次数(简称种次),各种类型中每种鱼的平均种次,各类型鱼类的重量、个体数和个体平均重量,并列出各项的相对值(百分比)。各类鱼的具体特征和季节变化规律,将在后面各节中论述。

2. 鱼类群聚种数的季节变化 物种的多少,种类的变化和组成的更替都是生物群落的基本特征。本次长江口区周年调查共获鱼类 162 种,种数多于高纬度的黄河口¹⁾而少

表 2 长江口区不同类型鱼类的数量与百分比

类	型	种数	百分比	种次	百分比	平均种次	重量(kg)	百分比	个体数(千尾)	百分比	每尾均重(g)
重要科	石首鱼科	13	8.0	87	12.2	6.69	2 671.0	22.2	214.1	24.0	12.5
	鳊 科	9	5.6	65	9.1	7.22	2 786.9	23.2	359.4	40.2	7.8
	鲴 科	3	1.9	26	3.6	8.67	3 402.6	28.3	173.9	19.5	19.6
	鲈 科	11	6.8	51	7.1	4.64	191.9	1.6	0.8	0.08	267.3
栖息水层	中、上层鱼类	40	24.7	173	24.2	4.3	6 382.2	53.0	539.5	60.4	11.8
	底 层 鱼 类	122	75.3	543	75.8	4.5	5 651.1	47.0	353.9	39.6	14.3
区系类型	暖 水 种	71	43.8	283	39.5	4.0	6 706.6	55.7	414.3	46.4	16.2
	暖 温 种	75	46.3	382	53.4	5.1	4 000.3	38.2	477.9	53.5	9.6
	冷 温 种	6	3.7	17	2.4	2.8	165.0	1.4	0.2	0.02	825.0
	其 他	10	6.2	34	4.7	2.8	561.5	4.7	1.0	0.1	561.5
生态类型	淡水寡盐种	9	5.6	26	3.6	2.9	554.5	4.6	1.0	0.1	554.5
	半咸水种	9	5.6	49	6.8	5.4	1 159.0	9.6	236.2	26.4	4.9
	广盐海洋种	27	16.7	221	30.9	7.8	7 801.9	64.8	554.0	62.0	14.1
	狭盐海洋种	111	68.5	386	54.2	3.5	1 449.8	12.0	27.4	3.1	52.9
	海、淡水洄游种	6	3.7	34	4.5	5.7	1 068.1	8.9	74.8	8.4	14.3
食性类型	植物、碎屑食性种	5	3.1	17	2.4	4.3	19.0	0.2	0.1	0.01	190.0
	浮游动物食性种	28	17.3	142	19.8	5.1	6 344.2	52.7	538.9	60.3	11.8
	底栖动物食性种	73	45.1	390	54.5	5.3	3 826.9	31.8	232.7	26.0	16.4
	游泳动物食性种	29	17.9	113	15.8	3.9	1 840.1	15.3	120.9	13.5	15.2
	其 他	27	16.7	54	7.5	2.0	3.1	0.03	0.8	0.1	3.9
全 群 聚		162		716		4.4	12 033.3		893.4		13.5

1) 杨纪明等,1986,山东省海岸带和海涂资源综合调查第三调查区调查报告,游泳动物(鱼类)。(内部资料)

于热带、亚热带的珠江口水域(费鸿年等, 1981)。由于长江口区环境条件的变化具有明显的季节节律, 鱼类种数波动较大, 更替频繁, 因此其数量与组成具有明显的季节变化。

如图 4a 所示, 长江口鱼类群聚鱼类种数各月不一, 上下波动, 秋、夏多, 冬、春少。11 月种数最多, 达 86 种, 占全年种数的 53.1%; 但到 12 月, 种数急剧减少; 2 月仅 41 种, 是全年种数最少的月份; 从 3 月到 5 月, 种数逐月增加, 其中 4—5 月增加较快; 5—7 月种数保持在较高的水平, 都在 60 种以上; 8 月却有较大幅度的下降; 9—11 月, 种数几乎直线上升, 到 11 月达最高峰。

鱼类群聚种数的这些季节变化, 不仅是数量的简单增减, 而且有质的变化, 相邻月份间既有许多相同种, 也有许多不同种, 即与上月相比, 有些种从长江口离去, 又有许多种进入该水域, 而离去和新加入的种数往往不等, 即发生不等数更替。图 4a 所示相邻月份间群聚鱼种的相同数、相异数、增加数和减少数即表明这种季节变化。图 4b 表示根据式(2)和(3)所计算的物种相似度与相异度的季节变化, 表明了邻月间物种组成和结构的变化程度。相似度大或相异度小, 表明鱼类群聚的组成和结构变化小; 反之则大。相似度与相异度的变化趋势正相反。8, 9 月间相似度大, 相异度小, 表明其间群聚较稳定; 但是自 9 月到 11 月, 各月间新加种和减少种种数都逐月增加, 因此物种相似度逐月减少, 而相异度逐月上升, 说明此期间物种更替频繁, 其组成和结构的变化逐月增大。由于所增加的种数多于减少的种数, 结果表现为种数逐月增加, 致使 11 月达最多, 说明此时长江口鱼类群聚种类组成从量到质都发生很大变化。11 月和 12 月之间, 大量种类离开长江口水域(达 49 种), 增加的很少(仅 16 种), 两月间不同种达 65 种; 因此到 12 月鱼种数大幅度下降, 物种相似度降到全年最低点, 相异度达到最高峰, 说明此期间鱼类群聚种数和组成结构发生了极大的变化。12 月和 1 月间增加和减少的种数都少, 相似度为全年最大, 说明此时群聚比较稳定。1—2 月间, 仅增加 7 种, 为全年鱼种增加最少的时期, 然而却有 25 种鱼消失, 因此, 2 月种数降到全年最低, 群聚只 41 种鱼。3—5 月进入长江口的鱼种多于离开的种数, 其中 4, 5 月间仅有 10 种鱼离开该水域, 是全年离开种数最少的月份, 因此, 3—5 月种数逐月上升。5, 6 月间

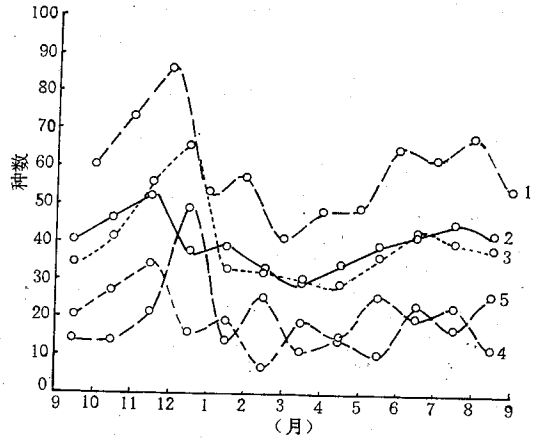


图 4a 长江口区鱼类群聚种数的季节变化

1. 种数; 2. 相同种数; 3. 相异种数;
4. 增加种数; 5. 减少种数

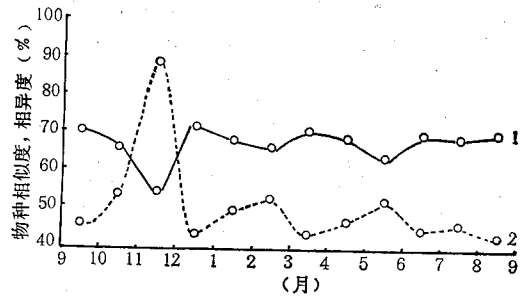


图 4b 长江口区鱼类群聚邻月间物种相似度和相异度的季节变化

1. 相似度; 2. 相异度

种数虽仅略有减少,但进出该水域的种都较多,物种相似度小,说明此时群聚的组成结构发生了较大的变化。6,7月间物种相似度大,意味着群聚结构较稳定。到8月有大批鱼种离开长江口,致使种数大幅度下降。

长江口区鱼类群聚组成及结构的这些变化,与环境条件的季节变化密切相关。从春到夏,长江径流增加,水温上升,盐度下降,营养盐类增加,饵料生物也就逐渐丰盛,在北海和南方水域越冬的暖温、暖水种鱼类陆续进入长江口水域,冷水种则相继离去,种类更替频繁,相似度小,群聚结构发生较大变化;由于增加的鱼种一般多于离去的,因此种数趋于增加。而7,8月间种数大幅度下降,这可能是因为7月经流急增,长江口盐度大幅度下降;此时径流携带大量泥沙到达河口区,使透明度降低,浮游植物现存量大降;同时沉积状况发生很大变化,有的区域沉积加快,而对径流首当其冲的区域则冲刷加剧,底质的巨大变化对底栖生物生长不利。因此许多鱼类,特别是种数众多的狭盐海洋种和底层鱼类不能适应这一剧烈变化的环境而纷纷离开长江口水域,以致种数减少。随着径流的逐渐减少,盐度上升,底质相对稳定,浮游生物和底栖生物增加,这些鱼类又陆续回到长江口;9—11月,增加的种大大超过减少的种,因此种数逐月迅速增加,至11月达到最高峰。11—12月间,径流与水温下降,盐度上升,饵料生物减少,恶劣的环境使得大量鱼类离开本水域到深海水温较高的水域越冬,离开的鱼种中暖水种和暖温种分别占51.6%和40.8%;与此同时,有少数冷温种开始进入长江口,但减少的种大大多于增加的种,种数下降幅度为全年最大,物种相似度也降到最低。1,2月经流最小,水温最低,饵料生物最少,环境条件最差,因此仍有大批鱼类陆续离去,以致2月鱼种最少。

将长江口区各月鱼类种数与相对应月份的径流、盐度、水温进行相关分析,结果种数与底层温度呈显著正相关,与表层盐度呈显著负相关(显著水平 α 皆为0.05),与径流、表层温度、底层盐度无显著相关关系,可见鱼类种数的季节波动除受这些环境因子的影响外,还有其他因子的作用和生物本身生理特性的制约。

3. 鱼类群聚丰盛度、优势种及其季节变化 长江口区各种鱼类的丰盛度相差很大,鱼类群聚是由少数丰盛度大的鱼种和大量丰盛度小的鱼种及中间类型鱼类组成。我们分别计算了各种鱼的综合丰盛度,根据其大小,将群聚内162种鱼分成优势种、普通种、次要种和稀有种。现将各优势种、普通种依次列于表3。表中列出其综合丰盛度、重量、个体数及它们的相对值(所占全群聚总数的百分比),还列出各鱼种一年调查中出现的月份数、站数、站次数及每尾均重。

群落优势种是指在群落中其丰盛度占有很大优势,其动态能控制和影响整个群落数量和动态的少数种或类群。若从功能上强调,它们应是那些在生态系统中控制着能量流的那些种。但在结构与功能,特别是物质交换和能量流动规律尚未完全了解的群落中,应该将丰盛度大、时空分布范围广的种定为优势种。本文将相对综合丰盛度(即占全群聚总综合丰盛度百分比)在3.0%以上、出现月份和分布站位都在75%以上的鱼种定为长江口区鱼类群聚优势种。它们依次是银鲳、凤鲚、棘头梅童鱼、刀鲚、皮氏叫姑鱼、龙头鱼、小黄鱼、黄鲫和带鱼等9种。它们的重量与个体数也位居前列。龙头鱼的重量虽居第十一位,但个体数却位居第三位,因此综合丰盛度仍较大。9个优势种中除带鱼在9个月中出现外,其他8种在全年各月都出现。它们也是该水域分布最广的种类,其中凤鲚、棘头

梅童鱼、刀鲚在全调查区 30 个站中都有分布。它们出现的站次也居前九位。9 个优势种虽只占全群聚种数的 5.6%, 但丰盛度却占绝对优势, 即占全群聚总综合丰盛度的 91.0%, 总重量的 77.4% 和总个体数的 94.3%。这些都说明它们不但数量多, 而且时空分布也广。在 9 个优势种中, 银鲴和凤鲚的综合丰盛度分别位居第一和第二, 而银鲴重量占全群聚的 26.9%, 居第一, 个体数占 18.2%, 居第二; 凤鲚个体数居首, 占全群聚的 26.4%, 重量仅居银鲴之后, 占 8.9%; 因此它们是本群聚中最重要的种。9 个优势种的每尾平均体重范围为 3.9—35.9g, 其总平均值仅 11.1g/尾, 这说明长江口鱼类群聚优势种主要是由个体小的鱼种和幼鱼组成, 整个群聚基本上由它们所控制。

表 3 所列第 10—41 位的鱼为普通种, 它们的综合丰盛度比优势种小得多, 如第 9 位的带鱼是第 10 位燕尾鲴的 3.5 倍。普通种的相对综合丰盛度范围是 0.1—0.8%, 出现月份和分布站位超过 50%, 它们的重量与个体数也居于较前列, 共 32 种。普通种的相对综合丰盛度之和为 8.4%; 它们的重量和个体数分别占全群聚的 20.3% 和 5.4%。优势种较和普通种相对综合丰盛度之和达 99.4%, 在群聚中占绝对优势。普通种中, 个体较大的长吻鲢和海鳗的重量都大于优势种龙头鱼, 但它们的个体数仅居第二十一和二十四位。普通种的时空分布范围也较大, 一年之中至少有半年栖息在长江口, 而鳙、暗色东方鲀、蜂鲈、短吻舌鲷、横带髯鲷等则全年都在长江口分布。除长吻鲢(淡水种)和中国鲂外, 都分布在半数以上的调查站中, 其中赤鼻稜鲷、细条天竺鱼分别在 25 和 24 个站中捕到, 分布的范围比优势种小黄鱼还广泛。可见所谓普通种即是综合丰盛度较大, 时空分布范围较广泛的鱼种。其中燕尾鲴、鳙、细条天竺鱼、长吻鲢、鳀、黑鳃梅童鱼、细纹狮子鱼等的丰盛度颇大, 虽不是全群聚优势种, 但在某些月份, 其数量丰盛, 成为该月的优势种, 故称之为季节性优势种(表 5)。普通种平均重量为 50.9g, 是优势种的 4.6 倍, 这主要是因为普通种包括了一些个体较大的种类, 如黄鲛鲈、中国鲂、细纹狮子鱼、海鳗和长吻鲢等, 它们的均重范围在 565.6—2 038.8g/尾之间, 但它们个体数却较少。普通种也有许多小个体者, 如细条天竺鱼、赤鼻稜鲷、蜂鲈、鳀和青鳞鱼等, 均重不到 10g, 但它们的个体较多(表 3)。

稀有种的特点是综合丰盛度极小, 其相对综合丰盛度小于 0.001%, 时空分布范围很窄, 出现月份少于 2 个月, 分布站位少于 5 个站。长江口区稀有种有 75 种, 占总种数的 46.3%, 但其综合丰盛度、重量和个体数仅分别占全群聚的 0.1%, 0.4% 和 0.08%, 其中个体数仅 1 尾的鱼就有 27 种, 是名符其实的稀有种。稀有种均重为 352.9g/尾, 主要由于其中包括个体大、数量少的种, 如珍稀种类中华鲟和白鲟, 经济种有鲢、鲈和鲂类、鳊类、马鲛类和鲇类。稀有种中还有一些数量少而个体也小的种, 如银鱼类、小公鱼类、天竺鱼类和小型鰕虎鱼类等。稀有种虽数量少, 但作为群聚的成员也相当重要, 它们的数量与动态对群聚物种的组成和结构, 物种多样度和均匀度都有重要影响。许多学者指出, 一旦环境发生变化, 首先发生波动的就是这些稀有种(华东师范大学等, 1981; 奥德姆, 1971)。在长江口区, 它们与优势种和普通种相比, 适应能力差, 当环境条件趋于有利和稳定时, 稀有种会增加, 物种多样性也将变大; 一旦环境恶化, 它们不能适应, 就逃逸或死亡, 群聚物种多样性变小。长江口鱼类群聚鱼种的更替和种数的变化, 主要是由于它们的进出所引起。

在普通种和稀有种之间, 还有丰盛度很小、居次要地位的 46 种鱼, 其种数占全群聚的 28.4%, 综合丰盛度、重量和个体数分别占全群聚的 0.5%, 1.9% 和 0.2%, 其时空分布也

表3 长江口区鱼类群聚优势种和普通种丰盛度及时空分布

类型	种 名	综合 丰盛度	所占比 例(%)	次序	重量 (kg)	所占比 例(%)	次序	个体数 (千尾)	所占比 例(%)	次序	均重 (g/尾)	出现 月份数	出现 站数	出现 站次数
优 势 种	银 鲳	741.4	22.6	1	3 237.4	26.9	1	167.9	18.8	2	19.3	12	27	197
	凤 鲚	501.5	15.3	2	1 065.5	8.9	2	236.0	26.4	1	4.5	12	30	214
	棘头梅童鱼	280.9	8.6	3	879.5	7.3	4	89.7	10.0	4	9.8	12	30	231
	刀 鲚	266.9	8.1	4	957.5	8.0	3	74.4	8.3	5	12.9	12	30	288
	皮氏叫姑鱼	233.7	7.1	5	830.0	6.9	5	65.8	7.4	6	12.6	12	26	156
	龙头鱼	203.4	6.2	6	400.6	3.3	11	103.3	11.6	3	3.9	12	29	144
	小黄鱼	180.1	5.5	7	671.7	5.6	7	48.3	5.4	7	13.9	12	23	114
	黄 鲫	169.6	5.2	8	703.6	5.8	6	40.9	4.6	8	17.2	12	27	176
	带 鱼	94.8	3.0	9	569.2	4.7	8	15.8	1.8	9	35.9	9	24	114
普 通 种	燕尾鲢	27.4	0.8	10	147.5	1.2	15	5.1	0.6	12	28.9	10	23	76
	鳊	26.6	0.8	11	151.1	1.3	14	4.7	0.5	13	32.3	12	24	104
	细条天竺鱼	21.9	0.7	12	51.2	0.4	20	9.4	1.1	10	5.4	10	24	68
	长吻鲩	21.8	0.7	13	530.0	4.4	9	0.9	0.1	21	565.6	11	9	46
	海 鳗	17.1	0.5	14	417.0	3.5	10	0.7	0.08	24	608.7	8	21	64
	白姑鱼	17.1	0.5	15	101.6	0.8	17	2.9	0.3	16	35.4	7	16	52
	鳊	15.3	0.5	16	42.5	0.4	26	5.5	0.6	11	7.7	10	19	62
	大黄鱼	15.0	0.5	17	72.7	0.6	19	3.1	0.3	15	23.3	8	19	48
	黑鳃梅童鱼	11.2	0.3	18	32.1	0.3	28	3.9	0.4	14	8.3	9	23	75
	暗色东方鲀	6.9	0.2	19	103.4	0.9	16	0.5	0.05	25	222.9	12	23	61
	蜂 鲋	6.3	0.2	20	16.4	0.1	36	2.4	0.3	17	6.9	12	21	88
	赤鼻棱鳊	6.3	0.2	21	16.3	0.1	37	2.4	0.3	18	6.9	10	25	54
	短吻舌鳎	5.9	0.2	22	49.0	0.4	23	0.7	0.08	23	69.9	12	21	73
	细纹狮子鱼	5.7	0.2	23	160.4	1.3	12	0.2	0.02	36	954.8	4	20	39
	青鳞鱼	4.7	0.1	24	13.7	0.1	40	1.6	0.2	19	8.7	8	17	37
	大鳞舌鳎	4.4	0.1	25	44.9	0.4	24	0.4	0.04	26	102.7	7	17	51
	刺 鲃	4.1	0.1	26	17.6	0.1	34	0.9	0.1	20	18.7	6	15	33
	黄安鱖	3.9	0.1	27	152.9	1.3	13	0.1	0.01	50	2 038.8	6	15	27
	小带鱼	3.0	0.1	28	10.4	0.1	46	0.9	0.1	22	11.9	7	17	22
	鳊	2.4	0.1	29	49.5	0.4	22	0.1	0.01	39	419.5	10	21	40
	黄姑鱼	2.4	0.1	30	31.1	0.3	29	0.2	0.02	35	168.0	8	16	28
	孔 鳐	2.1	0.1	31	44.7	0.4	25	0.1	0.01	44	470.2	11	18	36
	中国鲂	2.0	0.1	32	76.4	0.6	18	0.1	0.01	57	1 365.1	9	13	23
	单指虎鲂	1.7	0.1	33	7.3	0.06	49	0.4	0.04	28	18.3	10	15	37
	横带髭鲷	1.7	0.1	34	12.5	0.1	43	0.2	0.02	31	52.0	12	15	37
	中华海鲶	1.7	0.1	35	17.8	0.1	33	0.2	0.02	37	108.2	6	16	21
	条纹东方鲀	1.3	0.1	36	27.7	0.2	30	0.1	0.01	54	432.7	8	19	32
	光 鲂	1.2	0.1	37	18.4	0.2	31	0.07	0.01	59	251.6	7	15	26
	尖头斜齿鲨	0.9	0.1	38	17.8	0.1	32	0.04	0.004	60	415.0	6	15	20
	矛尾鰕虎鱼	0.7	0.1	39	1.8	0.02	63	0.2	0.02	32	7.8	9	16	30
	红狼牙鰕虎鱼	0.6	0.1	40	1.5	0.01	69	0.2	0.02	33	6.5	10	20	42
	焦氏舌鳎	0.4	0.1	41	2.2	0.02	62	0.08	0.01	58	25.4	8	21	34
总 和	优势种	2 672.3	91.0		9 315.0	77.4		842.1	94.3		11.1	种数 9	比例 5.6%	
	普通种	245.3	8.4		2 446.6	20.3		48.6	5.4		50.9	32	19.8%	
	次要种	14.6	0.5		225.7	1.9		2.2	0.2		51.3	46	28.4%	
	稀有种	3.4	0.1		45.2	0.4		0.8	0.08		352.9	75	46.3%	
	全群聚	2 935.6			12 033.3			893.4			13.5	种数162		

处在普通种和稀有种之间,称为次要种。

长江口区鱼类群聚丰盛度季节变化很大,综合丰盛度最大值(11月)是最小值(3月)的39.5倍。图5显示了综合丰盛度季节变化的趋势:2,3,4月最小,随后逐月增加,6—8月增长较快,9,10月下降,11月又大幅度上升,达到最高;12月急剧下降,随后逐月渐次下降,至3月达最低。重量和个体数的季节变化趋势与之相似,只是个体数在6—8月增加速率较小,因此8月个体数所占比重比11月要小得多。

我们对各种丰盛度值之间,以及它们与相对应月份的环境因子值之间进行了相关分析,结果如表4所示。结果表明,种数、综合丰盛度、重量和个体数之间皆呈显著正相关,它们的季节波动节律基本一致。综合丰盛度与重量、个体数之间都呈极显著的正相关,可见综合丰盛度是能兼顾鱼类群聚重量和个体数,表征鱼类群聚数量较理想的特征值。

表4 长江口区鱼类群聚种数、丰盛度间及其与温、盐、径流间相关分析结果

		种 数	综合丰盛度	重 量	个 体 数
综合丰盛度	相关系数	0.712			
	显著水平	0.01			
重 量	相关系数	0.667	0.966		
	显著水平	0.05	0.01		
个 体 数	相关系数	0.736	0.973	0.884	
	显著水平	0.01	0.01	0.01	
径 流	相关系数	0.429	0.297	0.434	0.164
	显著水平				
表层温度	相关系数	0.521	0.510	0.667	0.350
	显著水平			0.05	
底层温度	相关系数	0.598	0.566	0.711	0.418
	显著水平	0.05		0.01	
表层盐度	相关系数	-0.610	-0.533	-0.653	-0.404
	显著水平	0.05		0.05	
底层盐度	相关系数	-0.439	-0.475	-0.612	-0.341
	显著水平			0.05	

长江口区鱼类群聚优势种的综合丰盛度的季节变化极明显,其变化节律与群聚总综合丰盛度一致(图5)。优势种与全群聚同月份的综合丰盛度进行相关分析的结果,相关系数为0.999,可见,全群聚综合丰盛度的季节变化主要是由优势种的季节波动所引起的。仔细分析,9个优势种季节变化的节律各不相同,每个种并不是月月都占优势,另外还有些种是季节性优势种。因此不仅优势种的综合丰盛度有明显的季节变化,而且优势种的数量、组成也有季节更替和变化。我们将某月相对综合丰盛度大于5%者定为该月的优势种,全年共16种,除上述9个全群聚优势种外,还有普通种的燕尾鲷、鳊、细条天竺鱼、长

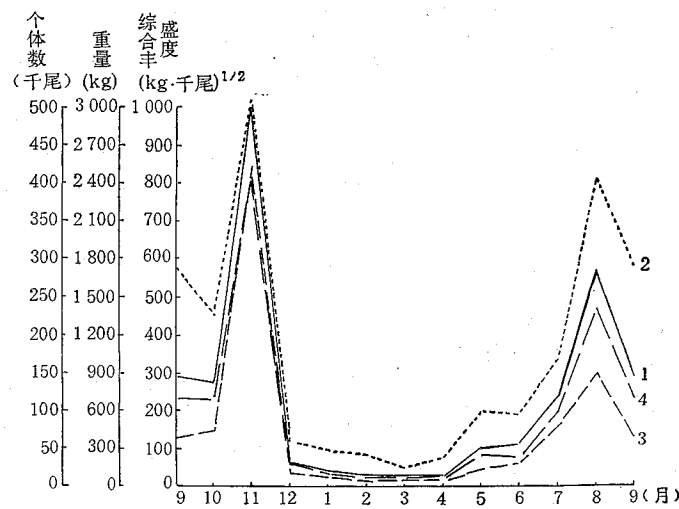


图5 长江口区鱼类群聚综合丰盛度的季节变化
1.综合丰盛度；2.重量；3.个体数；4.优势种综合丰盛度

表5 长江口区各月优势种名录及其相对综合丰盛度

月份	种名及相对综合丰盛度(%)							合计所占比例(%)	
								种数	综合丰盛度
9	银鲴 47.5	黄鲫 13.5	棘头梅童鱼 7.5	燕尾鲴* 5.9	带鱼 5.2			8.3	79.6.
10	皮氏叫姑鱼 19.7	小黄鱼 19.3	黄鲫 13.5	棘头梅童鱼 10.4	凤鲚 7.6	银鲴 6.6	龙头鱼 5.0	9.6	82.1.
11	凤鲚 36.5	龙头鱼 16.1	棘头梅童鱼 16.0	刀鲚 13.3				4.7	81.9.
12	凤鲚 22.9	棘头梅童鱼 19.5	皮氏叫姑鱼 10.6	银鲴 10.2	鳊* 8.9	刀鲚 8.3	龙头鱼 7.2	13.2	87.6.
1	银鲴 27.9	凤鲚 18.4	皮氏叫姑鱼 15.3	棘头梅童鱼 5.9	细纹狮子鱼* 5.9	鳊* 5.9		10.3	79.3.
2	棘头梅童鱼 26.5	凤鲚 20.4	黑鳃梅童鱼* 9.5	细纹狮子鱼* 8.3	刀鲚 7.2	黄鲫 5.3		14.6	77.2.
3	凤鲚 31.7	棘头梅童鱼 28.5	刀鲚 10.6	皮氏叫姑鱼 8.8	黑鳃梅童鱼* 7.3			10.4	86.9.
4	刀鲚 24.4	长吻鲈* 16.5	凤鲚 16.1	黑鳃梅童鱼 10.6	棘头梅童鱼 5.5			10.2	73.1.
5	皮氏叫姑鱼 40.2	刀鲚 20.8	凤鲚 8.8	棘头梅童鱼 5.9	鲢* 5.5			7.7	81.2.
6	皮氏叫姑鱼 29.9	凤鲚 13.8	刀鲚 13.3	细条天竺鱼* 10.1				6.5	67.1.
7	银鲴 35.1	黄鲫 12.5	刀鲚 11.3	凤鲚 10.2	带鱼 8.3	棘头梅童鱼 7.1		8.8	84.5.
8	银鲴 71.5	小黄鱼 11.5						3.7	83.0.

注：加*者为季节优势种。

吻鲈、海鳗、白姑鱼、鲢等。各月优势种的数量不等，10月和12月最多，各优势种的综合丰盛度分布较均匀；8月最少，仅2种，综合丰盛度很集中，银鲴就占71.5%。各优势种在

一年之中成为优势种的频数不一, 凤鲚、棘头梅童鱼最高, 达 10 个月; 刀鲚次之, 有 8 个月; 银鲴和皮氏叫姑鱼也有 6 个月。其中银鲴有 4 个月是第一优势种, 凤鲚和皮氏叫姑鱼也均有 3 个月数量居首, 因此这 5 种鱼在群聚中起着重要作用。

各优势种的丰盛度在一年中的分布极不均匀, 而且季节变化节律也各不相同, 特别是各鱼种的丰盛度高峰月份不一样, 是错落交替的。图 6 即是各优势种丰盛度在一年之中各月的相对分布。其中皮氏叫姑鱼、长吻鲢、鲢等分布比较均匀, 即除冬季数量较少外, 其他各季都有相当比重的数量分布; 集中分布于夏、秋季的有银鲴、刀鲚、小黄鱼、黄鲫和细条天竺鱼, 但银鲴和细条天竺鱼在夏季, 刀鲚在秋季, 相对更为集中; 仅集中分布于秋季的有凤鲚、棘头梅童鱼、龙头鱼和燕尾鲢, 且分布高峰大都在 11 月; 鳊集中分布在秋、冬季; 细纹狮子鱼在冬季最多; 黑鳃梅童鱼分布高峰在冬、春季。可见, 在长江口水域, 这些优势种并不是集中在同一个季节大量出现, 而是错落进退, 交替消长。这是鱼类群聚各优势种之间为了防止过分拥挤, 避免剧烈竞争, 充分利用水域饵料资源, 在时间分布上的一种适应。

这 16 个优势种是由不同区系类型的鱼类所组成, 其中暖水种 7 种, 如银鲴、皮氏叫姑鱼等; 暖温种也是 7 种, 如凤鲚、棘头梅童鱼和刀鲚等; 冷温种 1 种, 即细纹狮子鱼。它们在各月分布的盛衰和优势地位的交替与环境条件的季节变化有关。7—10 月, 水温较高, 以银鲴为代表的暖水种和以凤鲚为代表的暖温种在长江口分布较多, 而且暖水种的综合丰盛度大于暖温种; 特别是水温最高的 7 月和 8 月, 暖水种占绝对优势, 其综合丰盛度分别占全群聚的 71.5% 和 72.1%, 暖温种仅分别占 11.5% 和 7.5%; 11—6 月, 水温较低, 暖温种则多于暖水种, 特别在水温最低的 2—4 月, 暖温种占较大优势, 这三个月暖温种综合丰盛度分别占全群聚的 63.6%, 78.1% 和 56.6%, 而暖水种仅分别占 5.3%, 8.8% 和 0; 在 1 月和 2 月, 冷温种的细纹狮子鱼也成为优势种。5 月、6 月和 10 月, 长江口水域环境条件正处于季节转变阶段, 暖水种、暖温种的综合丰盛度较为接近。可见长江口区鱼类群聚优势种的区系组成和丰盛度的季节波动与环境条件的变化有关。

这些优势种对盐度有不同的适应, 可分为不同的生态类型。广盐海洋种占较大的优势, 共 9 种, 其综合丰盛度占全群聚的 66.5%, 它们是银鲴、棘头梅童鱼、皮氏叫姑鱼、龙头鱼等; 窄盐海洋种次之, 共 4 种, 综合丰盛度很小, 仅占全群聚的 2.0%, 且都是季节性优势

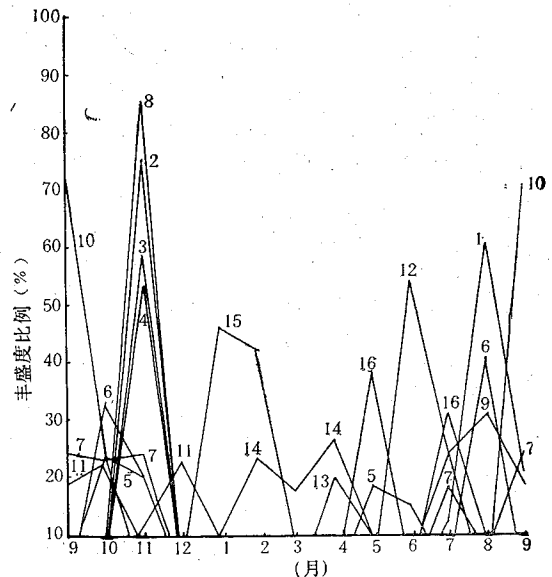


图6 长江口区鱼类优势种相对丰盛度的季节分布
1. 银鲴; 2. 凤鲚; 3. 棘头梅童鱼; 4. 刀鲚; 5. 皮氏叫姑鱼; 6. 小黄鱼; 7. 黄鲫; 8. 龙头鱼; 9. 带鱼; 10. 燕尾鲢; 11. 鳊; 12. 细条天竺鱼; 13. 长吻鲢; 14. 黑鳃梅童鱼; 15. 细纹狮子鱼; 16. 鲢

种,它们是燕尾鲢、鲢、黑鳃梅童鱼和细纹狮子鱼;半咸水种仅凤鲚,海淡水洄游种仅刀鲚,但二者的综合丰盛度很大,分别占全群聚的 17.1 和 9.1%;淡水种长吻鮠的综合丰盛度仅占全群聚的 0.7%,在全群聚中居第十三位,但在 4 月其综合丰盛度竟占 16.5%,位居第二。淡水种在长江口鱼类群聚中为数甚少,因此长吻鮠作为淡水种的代表就更显重要。一年之中,广盐海洋种的综合丰盛度最高的月份达 10 个月,尤其是 8—10 月,综合丰盛度均占 70% 以上,此时正值长江径流量大,河口水域盐度低,狭盐海洋种难以适应,因而所占比例较小。1—5 月,径流变小,河口水域盐度增高,狭盐海洋种数量增加并占有优势,广盐海洋种所占比例变小。可见这些变化与环境条件的变化是息息相关的。

16 个优势种中,以浮游动物食性者最多,主要有银鲢、凤鲚、刀鲚等 7 种,综合丰盛度占全群聚的 59.6%;底栖动物食性者次之,共 6 种,它们是棘头梅童鱼、皮氏叫姑鱼和小黄鱼等,综合丰盛度占 25.5%;游泳动物食性者 3 种,为龙头鱼、带鱼等,综合丰盛度占 10.4%。一年之中,食浮游动物鱼类的综合丰盛度有 7 个月占的比例最大,特别在 7—9 月,所占比例达 70% 左右。这说明鱼类组成的变化与饵料生物也有一定的关系。

4. 鱼类群聚物种-相对丰盛度的关系及全群聚种数的估计 长江口区鱼类群聚与一般生物群落一样,是由少数丰盛度高的优势种和大量丰盛度低的稀有种及中间类型组成。表 6 和图 7 所显示的群聚物种-相对丰盛度的关系符合 Preston 对数正态分布(华东师范大学等,1981;皮洛,1969),即每种仅 1 尾样本的鱼达 27 种,占总种数的 16.7%,而指数级 1—4 级(即每种仅有 1—15 尾样本)的鱼共 85 种,占总种数的 51.8%,但它们的个体数合计只有 352 尾,仅占总个体数的 0.04%。与之相反,本群聚指数级的最后三级,即第 16—18 级,丰盛度范围是 32 768—262 143,共 8 种鱼,仅占总种数的 4.1%,但这 8 种鱼的实际个体数达 826 123 尾,占总个体数的 92.5%,它们都是群聚优势种。

根据调查数据按方程(4)拟合的物种-相对丰盛度之间的关系方程为:

$$Y = 27e^{-(0.123R)^2}, \quad N = 17$$

物种-相对丰盛度曲线表明符合对数正态分布,而曲线的最高峰在第 1 级,这表明本次调查取样尚不够充分,还有许多稀有种未捕到,若增加取样次数,稀有种种数也会增加,曲线高峰将向右移(皮洛,1969;华东师范大学等,1981)。但在特定的群落中,种数不能无限制地增加,是有一定的。因此可以根据其符合对数正态分布的特点,按式(5)估算出群落的全部种数(即包括未捕到的种):

$$s = 27 \sqrt{\pi} / 0.123 = 389$$

这就是说,长江口鱼类群聚全部种数估计至少应是 390 种左右。而本次周年 12 航次的调查仅捕获 162 种,如此大的差距是因为本次调查的手段和时空范围有限。

我们每月只进行一个航次的调查,如此宽阔的水域又仅设 30 个站,每站只拖网 1 小时,所以取样不充分。特别近岸及长江口北支水浅,多定置网和水下不明障碍物,使调查船无法进入,或是网破鱼逃;南支则水流湍急,江底多深沟暗沙,地形复杂,主航道又正处其间,拖网调查困难。因此许多分布在近岸浅水的小型鱼类和淡水种未能捕到。再则调查网具仅用底拖网,难免有些中、上层鱼类漏网。样品种数与取样多少有关,如若增加取样次数和站位,最终将会逐渐接近这个估算数。本次调查在有的月份除 30 个常规站外,还另增设调查站,并收集了长江口北支和南支沿岸定置网渔获,其中有 5 种鱼在常规站未

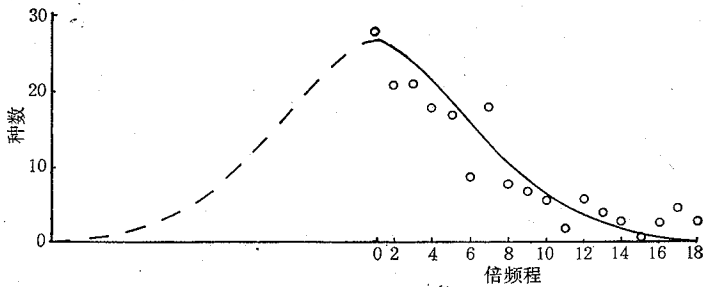


图 7 长江口区鱼类群聚物种-相对丰盛度对数正态分布曲线

表 6 长江口区鱼类群聚物种-丰盛度(个体数)关系对数正态分布表

指数级数	各级丰盛度	实际种数	所占百分比	累计百分比		丰盛度(尾)	所占百分比	累计百分比		理论种数
				1—18 级	18—1 级			1—18 级	18—1 级	
1	1	27	16.7		99.9	27	0.003		100.02	27
2	2—3	20	12.3	29	83.2	47	0.005	0.01	100.02	26
3	4—7	20	12.3	41.3	70.9	114	0.013	0.02	100.01	24
4	8—15	17	10.5	51.8	58.6	164	0.02	0.04	100.00	22
5	16—31	16	9.9	61.7	48.1	322	0.04	0.08	99.98	19
6	32—63	8	4.9	66.6	38.2	376	0.04	0.12	99.94	16
7	64—127	17	10.5	77.1	33.3	1 525	0.17	0.29	99.90	13
8	128—255	7	4.3	81.4	22.8	1 406	0.16	0.45	99.73	11
9	256—511	6	3.7	85.1	18.5	2 392	0.27	0.72	99.57	8
10	512—1023	5	3.1	88.2	14.8	4 134	0.46	1.18	99.3	6
11	1 024—2 047	1	0.6	88.8	11.7	1 567	0.18	1.35	98.84	5
12	2 048—4 095	5	3.1	91.9	11.1	14 616	1.64	3.0	88.66	4
13	4 096—8 191	3	1.9	93.8	8.0	15 301	1.71	4.71	97.02	3
14	8 192—16 383	2	1.2	95.0	6.1	25 244	2.83	7.54	95.31	2
15	16 384—32 767	0	0	95.0	4.9	0	0	7.54	92.48	1
16	32 768—65 535	2	1.2	96.2	4.9	89 213	9.99	17.53	92.48	1
17	65 536—131 071	4	2.5	98.7	3.7	333 057	37.28	54.81	82.49	1
18	131 072—262 143	2	1.2	99.9		403 853	45.21	100.00	45.21	1
合 计		162				893 358				190

捕到,因此实际上本次调查共获 167 种鱼(田明诚等,本集)。

据有关文献记载,本水域还分布有其他种。《长江鱼类》(湖北省水生生物研究所编,1976)记载长江口有鱼类 64 种;王幼槐等(1984)报道长江口上海江段有鱼 106 种;张国祥等(1985)在长江口定置网具渔获调查中共获鱼类 49 种;其中有许多种在本次调查中未捕到,我们调查所得,加上以上文献记载,长江口鱼类达 315 种。另外,《长江鱼类》记载长江下游有鱼类 112 种,其中许多种有可能在本调查区淡水水域出现。《东海区渔业资源调查与区划》¹⁾中报道黄海南部近海共有鱼类 149 种,东海中部、北部近海鱼类达 220 种,其中有些在本次调查中尚未发现的种类完全有可能在调查区东部盐度较高的水域中栖息。可

1) 农牧渔业部水产局、农牧渔业部东海渔业指挥部编,1987。

见,估计长江口区鱼类群聚至少应有[390种鱼类并非言过其实。

三、长江口区不同水层中鱼类的组成及其季节变化

长江口区鱼类群聚同其他生物群落一样,其生物垂直分布有分层现象。长江口水域不同层次的环境条件相差颇大,特别在洪水期层化现象明显时更是如此,其盐度、温度、光照和饵料等差异很大。相比之下,底层的环境条件相对稳定,表层则变化多端,表层和底层鱼类的组成大不一样。按常规可将长江口区鱼类分成底层和中、上层鱼类。由于本文所用材料系自拖网获得,底层鱼类较多,共122种,占75.3%;中、上层鱼类40种,占24.7%,因此在群聚的种类组成中,底层鱼类占很大优势。但在丰盛度上则不同,中、上层鱼类无论重量和个体数都大于底层鱼类,分别占全群聚的53.0%和60.4%。由于水浅及用底拖网取样,必然还有相当数量的中、上层鱼类未能捕获,所以,中、上层鱼类在长江口鱼类群聚中所占的比例实际上比本次调查所得结果还要高。从表2中可见,底层鱼类平均体重仅14.3g,中、上层鱼类的平均重量更小,为11.8g。

中、上层鱼类与底层鱼类的种数和丰盛度都有明显的季节变化。从图8a和8b可以看出其变化总趋势与全群聚相似,即夏、秋种数多,丰盛度大,而冬、春种数少,丰盛度小,但也有各自的变化节律。中、上层鱼类种数较少,因此波动幅度比底层鱼类小,但变化速率却相对较大:9月种数最多,11月次之;3月最少,仅是9月的34.8%;4—7月种数逐月增加。而底层鱼类种数多,但变化速率相对较小:9月种数较多,11月最多;2月最少,是11月的48.3%;5月种数较多,形成次峰;5—9月逐月下降。从图8a可以看出,底层鱼类种的波动趋势与全群聚基本相同。

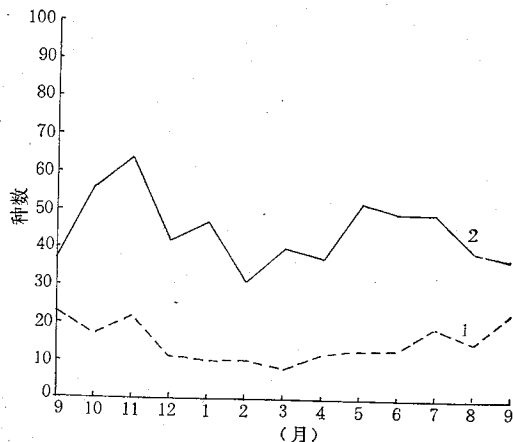


图8a 长江口区不同水层鱼类种数的季节变化
1.中、上层鱼类; 2.底层鱼类

中、上层与底层鱼类丰盛度的季节变化明显,其变化幅度要比种数大得多。从图8b可以看出,两类鱼类重量和个体数的季节波动曲线都有两个高峰:11月最高,8月成次峰。两种类型的季节变化也有差异,中、上层鱼类9月丰盛度较高,10月有所下降,到11月才急剧上升;其个体数在2月最低,重量在3月最低,4—8月逐月上升。7、8月之所以种数下降而丰盛度大幅度上升,主要是因为该水域银鲴幼鱼大量出现,其丰盛度竟超过全年的50%。中、上层鱼类丰盛

度的季节变化与全群聚丰盛度比较相近。底层鱼类则有所不同,9月仍较低,9—11月以较大的速率上升,其个体数在3月最低,重量在4月最低,随后逐月上升,但8月增加幅度比中、上层鱼类小得多。

将这两种类型鱼类同月份的种数、重量和个体数之间以及它们与同月份群聚总种数、

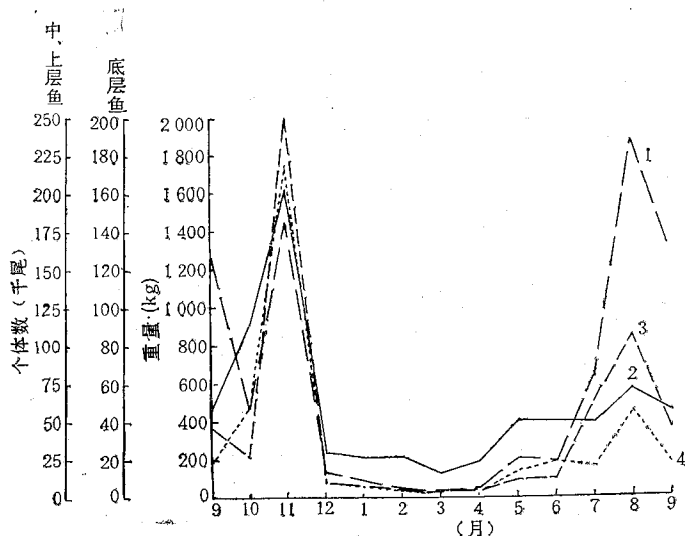


图 8b 长江口区不同水层鱼类丰盛度的季节变化

1. 中、上层鱼类重量； 2. 底层鱼类重量； 3. 中、上层鱼类个体数； 4. 底层鱼类个体数

重量、个体数和径流量、表层盐度、底层盐度、表层温度、底层温度之间进行相关分析,结果如本文末的表 13, 14, 15 所示。其中,中、上层鱼类与底层鱼类的种数间无显著相关,而它们的重量之间呈正相关($\alpha = 0.05$),个体数之间呈极显著正相关($\alpha = 0.001$)。这两种类型与全群聚的种数和丰盛度之间都呈正相关。其中,全群聚与中、上层鱼类的种数间呈显著正相关($\alpha = 0.01$),而与底层鱼类呈极显著正相关($\alpha = 0.001$)。全群聚与这两种类型鱼类的重量和个体数之间都是极显著正相关($\alpha = 0.001$),但中、上层鱼类与全群聚丰盛度间的相关系数都大于底层鱼类与全群聚间的。以上结果说明,中、上层鱼类与底层鱼类种数的季节变化有不同节律,而它们的丰盛度的季节波动基本一致;全群聚种数的季节波动主要由底层鱼类的波动所引起,而对全群聚丰盛度的变化,则是中、上层鱼类丰盛度的影响较大。图 8b 的季节变化曲线生动地显示了这种分析。

与主要环境因子相关分析的结果表明,底层鱼类的种数、重量和个体数皆与这些环境因子无显著的相关关系;中、上层鱼类的情况则较为复杂,其个体数与这些环境因子间也无密切的关系,但其重量与表层温度、底层温度则呈显著正相关($\alpha = 0.01$),与表盐呈负相关($\alpha = 0.05$),与底盐呈显著负相关($\alpha = 0.01$);其种数与径流呈正相关($\alpha = 0.05$),与表温、底温呈显著正相关,与表盐、底盐呈显著负相关(α 皆为 0.01)。这说明这些环境因子对中、上层鱼类种数和重量季节变化的影响要比对底层鱼类的影响大,而这两种类型鱼类的个体数和底层鱼类的种数、重量的季节变化除受这些环境因子的直接、间接影响外,还可能还有其他原因。相对而言,底层鱼类较为稳定,中、上层鱼类对环境因子的变化较为敏感。

表 13, 14, 15 还列出这些主要环境因子与这两种类型鱼类的相对数量(即占总数的百分比数)的相关分析结果,表明两种类型鱼类的相对值与环境因子的相关关系正好相反,即径流量、温度与中、上层鱼类的相对种数呈正相关,与底层鱼类的相对种数呈负相关(α

皆为 0.05); 与中上层鱼类相对重量呈显著正相关, 与底层鱼类相对重量呈显著负相关(α 皆为 0.01); 而盐度与它们的关系则正相反。这两种类型鱼类的相对个体数与主要环境因子的关系除底层盐度与底层鱼类相对个体数呈正相关, 与中上层鱼类相对个体数呈负相关外, 其他都未达到显著水平。以上结果说明, 在夏、秋季, 径流大, 水温高, 盐度低, 这两种鱼类的种数和丰盛度都会增加; 但中、上层鱼类增加的速率快, 所占比例因此而增加; 而底层鱼类增加的速度慢, 所占比例反而减少。反之, 冬季径流减少, 水温降低, 盐度升高, 中、上层鱼类大量离去, 其比例大大减小; 底层鱼类相对稳定, 虽也减少, 但减少速率较小, 因而相对比例反而变大。我们曾试图比较表、底层温度和表、底层盐度、径流与这两种类型鱼类之间关系的亲疏程度, 然而从相关系数上看不出有什么规律, 可见, 环境因子与它们之间的关系是复杂的。

四、长江口区鱼类区系组成及季节变化特点

本次调查所获 162 种中, 暖水种 71 种, 占 43.8%, 其中以银鲴、皮氏叫姑鱼、龙头鱼、带鱼、燕尾鲳、鳙、海鳗等占优势。暖温种 75 种, 占 46.3%, 以凤鲚、棘头梅童鱼、刀鲚、小黄鱼、细条天竺鱼、鳀、大黄鱼等较丰盛。冷温种仅 6 种, 占 3.7%, 它们是细纹狮子鱼、紫色东方鲀等。其他类型 10 种, 占 6.2%, 包括洄游性的中华鲟和长吻鲩等 9 种淡水种, 主要分属于中国江河平原区系复合体(鲢、鳙鱼等)和北方平原鱼类区系复合体(中华鲟)。由此可见, 本鱼类群聚区系主要由暖温种和暖水种组成, 而暖温种种数稍多于暖水种; 暖温种的种次和平均种次数目均较大, 说明该类型在本水域分布更广泛, 出现频率更高。丰盛度的情况不同, 在重量上暖水种所占比例要大得多, 为 55.7%, 而暖温种只占 38.2%; 因此表 3 中重量列于前 10 位的种中暖水种占 5 种, 暖温种占 4 种; 特别是暖水种银鲴, 其重量居第一, 占全群聚重量的 26.9%。个体数相反, 暖温种所占比重大, 占 53.5%, 暖水种占 46.4%; 个体数列于前十五位的种中暖温种占 8 种, 暖水种占 7 种; 而位居第一的凤鲚的个体数就占全群聚的 26.4%。冷温种的丰盛度所占比例极小。比较平均重量, 暖温种最小, 每尾仅 9.6g, 像凤鲚和细条天竺鱼的均重, 分别仅为 4.5g 和 5.4g。但冷温种和其他类型的均重都大得多, 分别为 824.5g 和 561.5g, 这是由于冷温种中占绝对优势的是细纹狮子鱼(占冷温种重量的 97.2%, 个体数的 84.0%), 其均重达 954.8g/尾。其他类型中占绝对优势的长吻鲩(重量占该类型的 94.4%, 个体数占 96.9%)的均重为 565.6g/尾。

长江口水域不同区系鱼类种数与丰盛度有明显的季节变化, 而波动趋势则各种类型不一。(图 9a—c)暖水种种数波动幅度最大, 速率高。9—11 月暖水种种数逐月上升, 11 月达最高, 11—2 月逐月下降, 至 2 月最低, 不及 11 月的 1/4, 2—7 月种数逐月增加, 7 月形成次峰。而暖温种各月都保持较多种数, 全年波动幅度不大, 但月份间上、下波动趋势与全群聚种数相同; 11、5 月种数最多, 2 月最少。冷温种 10 月才在本水域出现, 3 月种数最多, 到 7 月即从长江口区消失, 与暖水种趋势相反(图 9a)。

暖水种个体数夏、秋季多, 以 8、11 月最多, 冬、春季少, 2、3 月最少, 最高和最低差 171 倍; 暖温种的变化趋势与之相似, 但变化幅度更大。暖温种 11 月个体数比暖水种大得多, 是其 2.4 倍, 冬季也较之为大; 但 6—8 月暖温种个体数的增加速度比暖水种慢, 所

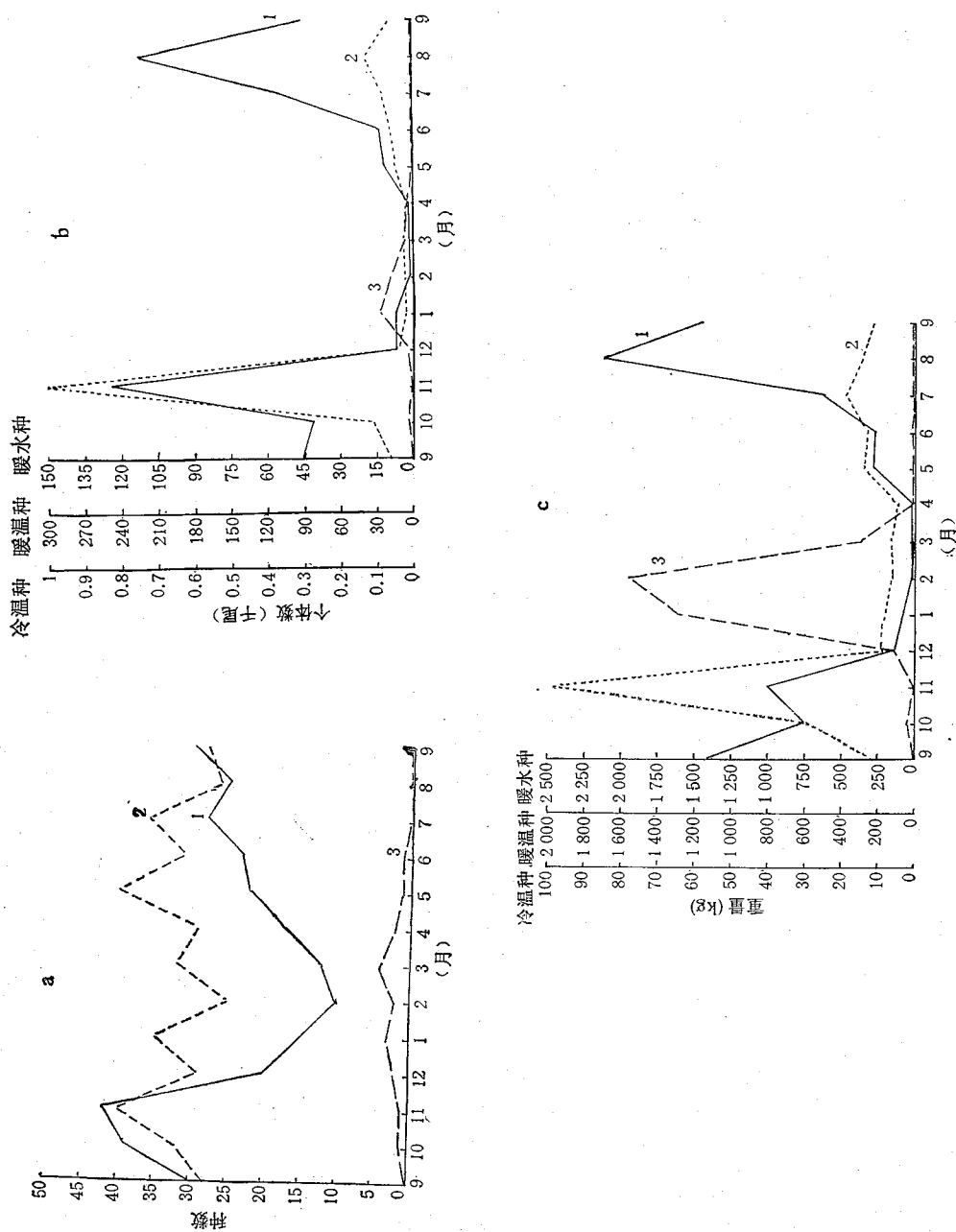


图9 长江口区各区系类型鱼类种类数、个体数、重量的季节变化
a. 种数; b. 个体数; c. 重量 1. 暖水种; 2. 暖水种; 3. 冷水种

以7,8月暖水种个体数反而比暖温种多,至8月为其2.9倍。冷温种个体数的变化趋势与它们相反,9,10月很少,12—1月间个体数大增,1月达最多,之后逐月减少,到7月退出该水域。重量的季节变化与个体数相似,只9—11月暖温种上升很快,11月达最高,8月呈次高峰,但比11月低得多;而暖水种8月最高,8—10月急速下降,到11月虽上升,但也比8,9月小得多,仅形成次高峰(图9b,c)。其原因是以凤鲚、龙头鱼和刀鲚为代表的暖温种在11月份大量出现,而8月则以银鲳、带鱼、皮氏叫姑鱼、黄鲫等暖水种占绝对优势。

各区系类型鱼类相对丰盛度和种数(各类型所占百分比)的季节变化情况大不一样,如图10a—10d所示。总趋势是暖水种相对丰盛度和种数在冬季最低,从春到夏逐月增大,8月达到最高,之后逐月降低,到2,3月达最低。暖温种则相反,夏季8月所占比例最小,从秋到冬逐月增大,2,3月达最高,从春到夏呈下降趋势。冷温种的变化与暖水种相似,在9月份出现,7月消失,冬季达最多,但其数量很少,所占比例很小。将图10a—10c与图10d进行比较,可发现,暖水种相对值变化与水温的变化一致,而与盐度变化相异;暖温种和冷温种则与水温变化相反,与盐度变化趋势基本一致。这说明不同区系类型鱼类的季节变化与环境因子的季节变化息息相关。

图11a和11b是长江口区各区系类型鱼类在不同水温中的相对分布。可以看出,暖温种分布范围较广,而暖水种集中分布于较高温度范围,冷温种的分布集中在低温范围。比较图11a和11b不难看出,某种类型鱼类可能在比较广阔的温度范围内出现(图11a),但它们的个体数则主要集中在比较狭窄的温度范围内(图11b)。例如,暖水类型鱼在5℃以下极少分布,并随温度的升高而迅速增加,在约23℃时分布最多。在5—20℃之间有46.0%的种分布,但个体数在此温度范围内分布的比例仅22.5%,75.1%的个体数主要集中分布在20—25℃。暖温种分布范围较广,并且较均匀,有85.3%的种分布在5—25℃水温范围;而个体数的分布范围也集中,66.0%的个体集中分布于15—20℃之间。冷

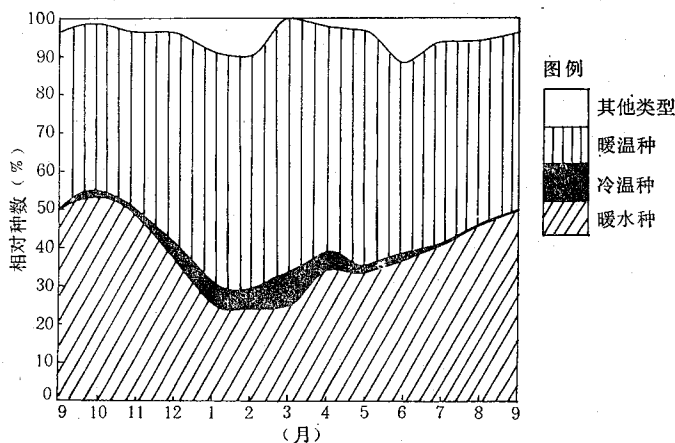


图10a 长江口区各区系类型鱼类相对种数的季节变化

(图10b, 10c 图例同)

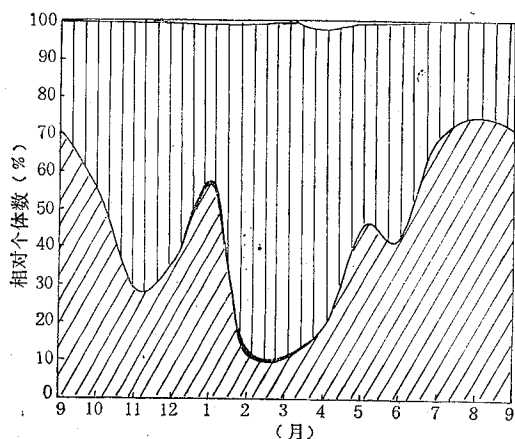


图 10b 长江口区各区系类型鱼类
对个体数的季节变化

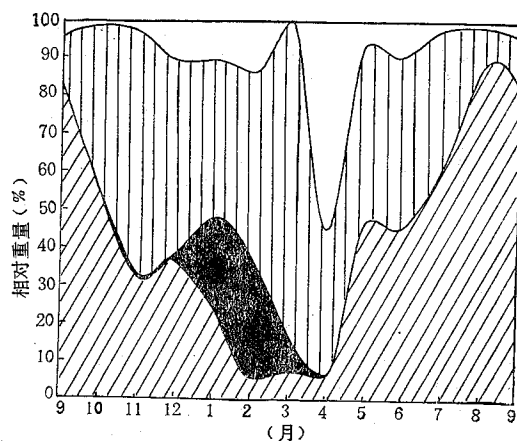


图 10c 长江口区各区系类型鱼类
相对重量的季节变化

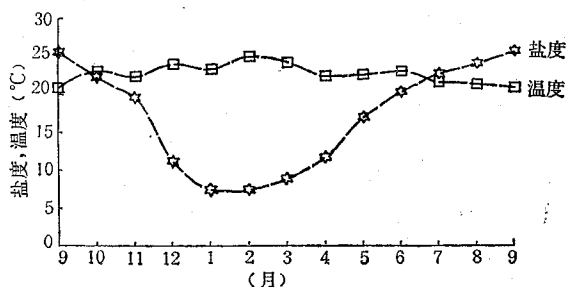


图 10d 长江口区底层温度、盐度的季节变化

温种有 50.0% 的种和 87.9% 的个体数分布在 5—15°C 之间；分布范围温度低而较集中。可见长江口不同区系类型鱼类分布的水温范围和最适水温范围与以往文献基本吻合。就长江口鱼类群聚而言，其 85.2% 的鱼种较均匀地分布于 5—25°C 温度范围内，分布在 20—25°C 之间的稍多，但 90% 的个体数主要集中分布于 15—20°C 这一狭窄范围内。

对同月份各区系类型鱼类的种数、丰盛度之间以及它们与全群聚种数、丰盛度和径流量、温度、盐度之间进行相关分析，计算结果列于表 7、8、9。可以看出，暖水种与暖温种种数之间的相关系数虽为正数，但未达到显著水平，然而它们的相对值却有极显著的负相关关系 ($\alpha=0.001$)。两种类型的重量之间与种数相似，无显著相关关系，它们相对重量之间呈显著负相关 ($\alpha=0.01$)。而它们个体数之间呈显著正相关 ($\alpha=0.01$)，相对个体数间呈极显著负相关 ($\alpha=0.001$)。冷温种与暖水种的种数之间绝对值与相对值都为负相关，与暖温种种数之间绝对值不相关，相对值呈正相关。无论暖水种或暖温种都与全群聚总的种数、丰盛度的季节变化呈极显著正相关；其中暖水种与全群聚种数和重量间的相关系数大于暖温种，而暖温种与全群聚个体数之间的相关系数大于暖水种。所以全群聚种数、丰盛度的季节变化主要是由暖水种和暖温种的变化而引起，冷温种与全群聚之间无线性关系。

结果还表明，各类型鱼类的季节变化与环境因子有一定的关系，但情况各异，较为复

表 7 长江口区不同区系类型鱼类

	径流量		表层温度		底层温度		表层盐度	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径流量								
表层温度								
底层温度								
表层盐度								
底层盐度								
暖水种	0.664	0.05	0.820	0.01	0.878	0.001	-0.774	0.01
暖温种	-0.611	0.05	-0.771	0.01	-0.829	0.001	-0.683	0.05
冷温种	-0.752	0.05	-0.851	0.01	-0.849	0.01	0.815	0.01

注：表中横线以上及有星号栏内均为绝对值之间的相关分析结果，横线以下为相对值之间的相关分析结果，表

表 8 长江口区不同区系类型鱼类

	径流量		表层温度		底层温度		表层盐度	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径流量								
表层温度								
底层温度								
表层盐度								
底层盐度								
暖水种	0.733	0.01	0.770	0.01	0.734	0.01	-0.773	0.01
暖温种	-0.726	0.01	-0.757	0.01	-0.720	0.01	0.765	0.01
冷温种	-0.718	0.05	-0.742	0.05	-0.747	0.05	0.687	0.05

表 9 长江口区不同区系类型鱼类

	径流量		表层温度		底层温度		表层盐度	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径流量								
表层温度								
底层温度								
表层盐度								
底层盐度								
暖水种	0.786	0.01	0.912	0.001	0.888	0.001	-0.818	0.01
暖温种	-0.573		-0.629	0.05	-0.578	0.05	0.559	
冷温种	-0.717	0.05	-0.726	0.05	-0.732	0.05	0.704	0.05

杂。如暖水种的种数、重量和个体数与温度呈正相关，与盐度呈负相关；而与径流量之间仅重量呈正相关，其他均未达到显著水平。冷温种是其种数、重量和个体数与径流量、水温呈负相关；而与盐度之间，除种数与表层盐度外，其他均无线性关系。暖温种则与这些因子都无显著的相关关系。但各类型鱼类种数和丰盛度的相对值与各环境因子的关系较有规律，暖水种相对种数和相对丰盛度与径流量、水温呈正相关，与盐度呈负相关；而暖温种和冷温种正相反，与径流量、水温呈负相关，与盐度呈正相关（仅个别变量间未达到、但

种数、环境因子间相关分析结果

底层盐度		暖水种		暖温种		冷温种		全群聚	
相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
		0.554		0.080		-0.732	0.05	0.421	
		0.696	0.05	0.053		-0.814	0.01	0.512	
		0.777	0.01	0.091		-0.807	0.01	0.589	0.05
		-0.718	0.01	-0.245		0.741	0.05	-0.604	0.05
		-0.559		-0.141		0.524		-0.437	
-0.684	0.05			0.401		-0.683	0.05	0.900	0.001
0.579	0.05	-0.934	0.001			-0.270		0.737	0.01
0.636	0.05	-0.770	0.05	0.782	0.05			-0.618	

8—15 同。

个体数、环境因子间相关分析结果

底层盐度		暖水种		暖温种		冷温种		全群聚	
相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
		0.462		-0.013		-0.689	0.05	0.164	
		0.637	0.05	0.161		-0.702	0.05	0.350	
		0.663	0.05	0.243		-0.700	0.05	0.418	
		-0.669	0.05	-0.221		0.598		-0.404	
		-0.596	0.05	0.178		0.454		-0.341	
-0.762	0.01			0.735	0.01	-0.297		0.881	0.001
0.758	0.01	-0.999	0.001			-0.249		0.968	0.001
0.620		-0.153		0.128				-0.269	

重量、环境因子间相关分析结果

底层盐度		暖水种		暖温种		冷温种		全群聚	
相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
		0.595	0.05	0.071		-0.693	0.05	0.435	
		0.803	0.01	0.231		-0.698	0.05	0.667	0.05
		0.795	0.01	0.323		-0.703	0.05	0.711	0.01
		-0.728	0.01	-0.302		0.664		-0.653	0.05
		-0.744	0.01	-0.148		0.651		-0.612	0.05
-0.780	0.01			0.341		-0.441		0.854	0.001
0.705	0.05	0.740	0.01			-0.323		0.758	0.01
0.714	0.05	0.567		-0.012				-0.357	

接近显著水平)。从以上分析还可看出,各类型鱼类中暖水种与各环境因子间关系最为密切;冷温种次之,但变化与之相反;暖温种受环境的影响相对最次,其季节变化绝对值与暖水种相似,相对值相反,与冷温种趋同,说明暖温种对长江口的环境适应性最强,较为稳定。各环境因子中,水温与各类型鱼类多呈线性相关,而且其相关系数往往大于盐度和径流与各类型鱼类间的相关系数;因此可以认为,长江口鱼类群聚数量、季节变化与水温关系最密切,受水温影响最大。

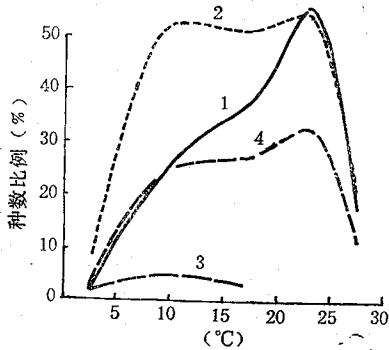


图 11a 长江口区各区系类型鱼类
种数在不同水温中的分布

1. 暖水种; 2. 暖温种; 3. 冷温种; 4. 全群聚鱼类

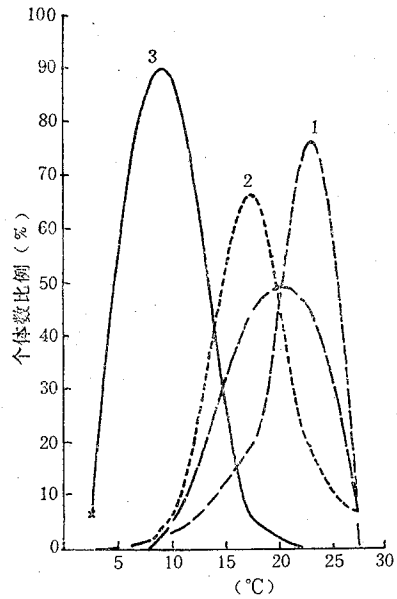


图 11b 长江口区各区系类型鱼类
个体数在不同水温中的分布

说明同图 11a

综上所述,长江口鱼类群聚种数、丰盛度具有明显的季节变化,这种变化与环境因子变化相适应。各区系类型鱼类对各环境因子的变化反应不一,就形成整个群聚的变化。暖水种对环境变化最敏感,季节变化最明显;冷温种次之;而暖温种适应性相对较强,较稳定。暖水种和暖温种的种数、丰盛度占优势,它们的变化决定了整个群聚的变化。冷温种数量少,其变化对整个群聚影响不大。群聚变化情况大致是:春、夏,长江口区水温上升,径流增大,盐度降低,暖水种和暖温种从越冬场到长江口区索饵、生殖、育幼,鱼类群聚种数、丰盛度增加;但暖水种增加速度比暖温种快,其相对比重变大,暖温种相对比重反而减少;此时冷温种陆续离去。秋、冬,水温下降,径流变小,盐度增加,绝大多数暖水种离开长江口水域去越冬场越冬,暖温种虽然也大量减少,但仍保持一定数量,因此其比重反而增加;此时少数冷温种进入长江口水域。

五、长江口区不同生态类型鱼类的组成及季节变化特点

河口区为咸、淡水混合区,盐度介于淡水与海水之间,从内到外递升,呈梯度分布,由于径流、潮流、潮汐、波浪、气候(如风)的影响,其时空变化激烈。不同的鱼类对盐度的适应性不同,受其制约的程度也各异,因而对盐度的变化有不同的反应,导致它们分布和行为的差异。据此可将河口鱼类分成若干生态类型。

1. 淡水、寡盐种 终生生活在淡水中,有长吻鲢、长蛇鲇、铜鱼等 9 种。有少数种在河口可以忍耐 5 以上的盐度,如长吻鲢在长江上、中、下游和河口均有分布,是典型淡水种,但在本次调查中,在盐度为 10.8,甚至达 27.5 的调查站也偶有出现。由于长江口门内

几个调查站流急,江底地形复杂,又处航道之中,拖网受到一定影响,因此淡水类型鱼类的实际种数和数量应该比调查结果更多些。淡水种中,水产珍品长吻鮠占绝对优势,重量占淡水种的 95.6%,尾数占 97.4%;全年除 3 月外都有出现;在整个群聚中也占重要地位,其综合丰盛度居于第十三位。淡水种中还有珍奇的国家一级保护动物——白鲟。

2. 半咸水种 终生生活在河口中。它们是真正的河口种,对河口环境的适应性最强,可在盐度为 0—35 的水中生活,但个体主要集中生活在盐度为 5—20 的水体中。此类型共 9 种,其中包括长江口重要经济鱼类凤鲚和前颌间银鱼,尽管它们也有洄游习性,但洄游范围未超过河口。其他重要河口性鱼类如梭鱼、鲻和鲈等,多栖息于近岸浅水,因而在试捕调查的样品中数量较少,然而在长江口北支拖网渔获物中,它们占很大的比重。该类型中凤鲚占绝对优势,其重量和个体数分别占该类型的 91.9% 和 99.9%。在全群聚中也是重要优势种,个体数居第一,综合丰盛度和重量居第二。

3. 广盐海洋种 属海洋种,但适盐范围较广,可生活在盐度为 0—35 的水体中,但其个体主要生存于盐度大于 30 的近岸浅海,其中许多种在长江口生殖、育幼和索饵。共 27 种,占全群聚的 16.7%,种数虽不多,但数量极丰盛,在 9 个优势种中该类型就占 7 种,其中以银鲳最为丰富。该类型的重量和个体数都占全群聚的 60% 以上,构成了长江口鱼类群聚丰盛度的主要部分。其中许多种为重要经济鱼类,如带鱼、小黄鱼、鳓和银鲳等。因此该类型在长江口鱼类群聚中占举足轻重的地位。

4. 狭盐海洋种 适盐范围比广盐海洋种小,且其分布比广盐海洋种靠外海,主要生活在盐度高于 30 的海水中,但也有少数种,如海鳗、乌鲳等的个别个体在盐度为 5 的水中出现。在长江口水域该类型种数最多,达 111 种,占全群聚的 68.5%,因此长江口鱼类群聚物种组成、结构,种的数量和多样度的大小及变化,主要取决于该类型。但它们的丰盛度并不高,仅占全群聚重量的 12.0% 和个体数的 3.1%。那些丰盛度极小的稀有种多属该类型;它们在条件适宜时进入本水域,环境一旦恶化即逃逸。丰盛度较高的经济种有海鳗、大黄鱼、白姑鱼、马鲛鱼类等。

5. 海、淡水洄游种 这是一类特化种,它们在整个生活周期中,要经历淡水和海水这两种完全不同的生境,要经过河口回归其祖先栖息地,进行生殖洄游,根据洄游路线又可分两种,从海洋到淡水进行溯河生殖洄游的有中华鲟、刀鲚、鲥鱼、暗色东方鲀等,称为溯河洄游类型;从淡水洄游到海洋进行生殖的有日本鳗鲡等,称降海洄游类型。调查所得样本中,洄游鱼类共 6 种,仅占全群聚种数的 3.7%,其中丰盛度最大的是刀鲚,其重量占洄游鱼类的 89.6%,个体数占 99.5%。刀鲚也是全群聚的优势种,综合丰盛度居第四,不仅是长江口,也是长江下游的重要经济鱼类;其他重要经济种有名贵的鲥鱼和日本鳗鲡,但在样本中占的比例很小,而名贵的松江鲈本次调查未捕获到。

图 12a 和 12b 表示不同生态类型鱼类在不同盐度水域中的相对分布,从中可看出不同生态类型鱼类与盐度的关系。比较此两图可看出,不同类型鱼种在不同盐度中,相对来说,种的分布范围可能广些,但个体数却集中分布于最适盐度范围。如淡水种主要(75%)分布在盐度小于 5 的淡水中,随盐度升高,数量急降。然在盐度大于 5 的半咸水中仍有少数种分布,而这些种 99.2% 的个体则分布在盐度小于 5 的水体中,在盐度大于 5 的水中个体极少(图 12b)。广盐海洋种在不同盐度水中出现,比例相差不大,46% 的种出现在盐度

小于 15 的水中, 54% 的种分布在盐度大于 15 的水中, 随着盐度的升高, 种数缓慢增加。个体数则不然, 仅 0.7% 个体分布在盐度小于 5 的水中, 而 78.2% 个体分布在盐度大于 30 的水中。这说明广盐海洋种尽管能忍受较低盐度, 能栖息在盐度为 0—35 的水中, 但个体仍主要集中在 30 左右的海水中。狭盐海洋种的分布是, 随盐度的升高鱼种急剧增加, 但在低盐水中仍有少数种分布; 7.2% 的种分布在盐度小于 15 的水中, 而在此盐度范围内个体数的分布却极少, 不到 0.5%; 个体数随盐度之升高而急剧增加, 绝大多数 (71.18%) 分布在盐度大于 30 的海水中。半咸水种在不同盐度水中的出现频率比较均匀, 在盐度为 5—30 的水体分布较多, 为 55.2%; 个体数则集中得多, 在盐度为 10 处形成一个陡峰, 68.7% 个体分布在盐度为 5—15 的水中。全群聚种数随盐度的升高而增多; 73.0% 的种分布在盐度大于 15 的水中。全群聚个体数大部分集中分布于盐度大于 30 的水中 (占 55.3%), 在盐度为 5—15 的水中也有较多分布 (20.5%)。

长江口区不同生态类型鱼类的季节变化如图 13a—c 所示, 一般是夏、秋变化多, 冬、春变化少, 但各类型鱼类变化的节律和幅度不尽相同。狭盐海洋种种数与全群聚种数几乎同步波动; 重量和个体数则是广盐海洋种与全群聚的变化趋势相似, 即存在 11 月和 8 月两个高峰; 其他类型秋季丰盛度也大, 但夏季并不特别大。

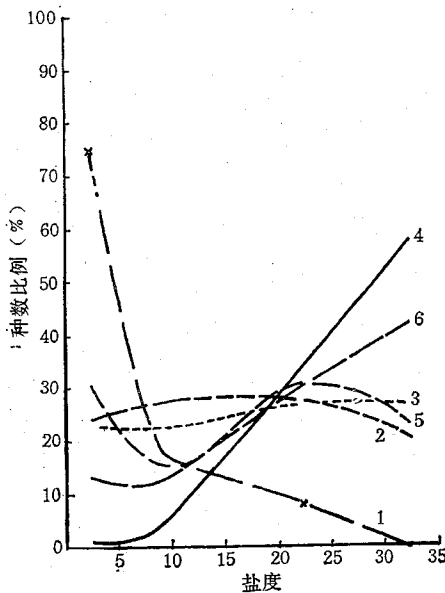


图 12a 各生态类型鱼类的种数在不同盐度中的相对分布

1. 淡水种; 2. 半咸水种; 3. 广盐海洋种; 4. 狭盐海洋种; 5. 海、淡水洄游种; 6. 全群聚鱼类。

(图 12b, 13a, b, c 图例同)

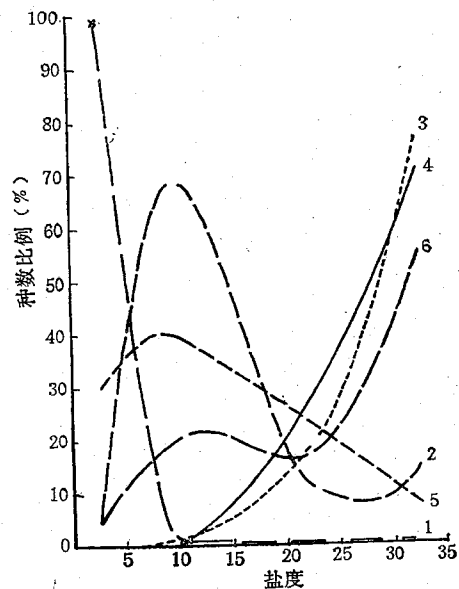


图 12b 各生态类型鱼类的个体数在不同盐度中的相对分布

对不同生态类型鱼类间的种数和丰盛度的季节变化以及它们与环境因子季节变化之间进行相关分析, 结果如表 10—12 所示。狭盐海洋种与广盐海洋种的种数呈显著正相关, 而其相对值呈显著负相关 (α 都为 0.01)。说明这两类型种数绝对值的季节变化节律

相似,但其相对值的变化相反,这主要是由种数最多的狭盐海洋种的动态所决定,它们大都丰盛度小,对环境变化敏感。春、夏季,大量狭盐海洋种涌入长江口区,广盐海洋种种数虽也增加,但增加的种数少,所占比重则反而降低;冬季狭盐种大量离开该水域,而广盐海洋种种数虽也减少,但仍保持相当数量,因而所占比重倒反而增加,说明广盐海洋种适应性较强。狭盐海洋种和广盐海洋种的种数与全群聚鱼种数都呈极显著正相关($\alpha=0.001$),而前者的相关系数比后者为大,所以群聚鱼种数组成的季节变化主要是由狭盐海洋种的季节波动而引起,径流与各生态类型鱼类种数的季节变化无显著线性关系。广盐海洋种种数与表层温度、底层温度呈正相关,与表层盐度呈负相关;狭盐海洋种与底层温度呈正相关,与表层盐度呈负相关,其他无显著相关。

各生态类型鱼类个体数季节变化之间以及它们与各环境因子之间的关系各不相同。狭盐海洋种与其他各类型之间无显著相关。而广盐海洋种与洄游种、半咸水种的个体数之间绝对值呈正相关,相对值呈负相关;半咸水种与洄游种也呈极显著正相关,相对值都

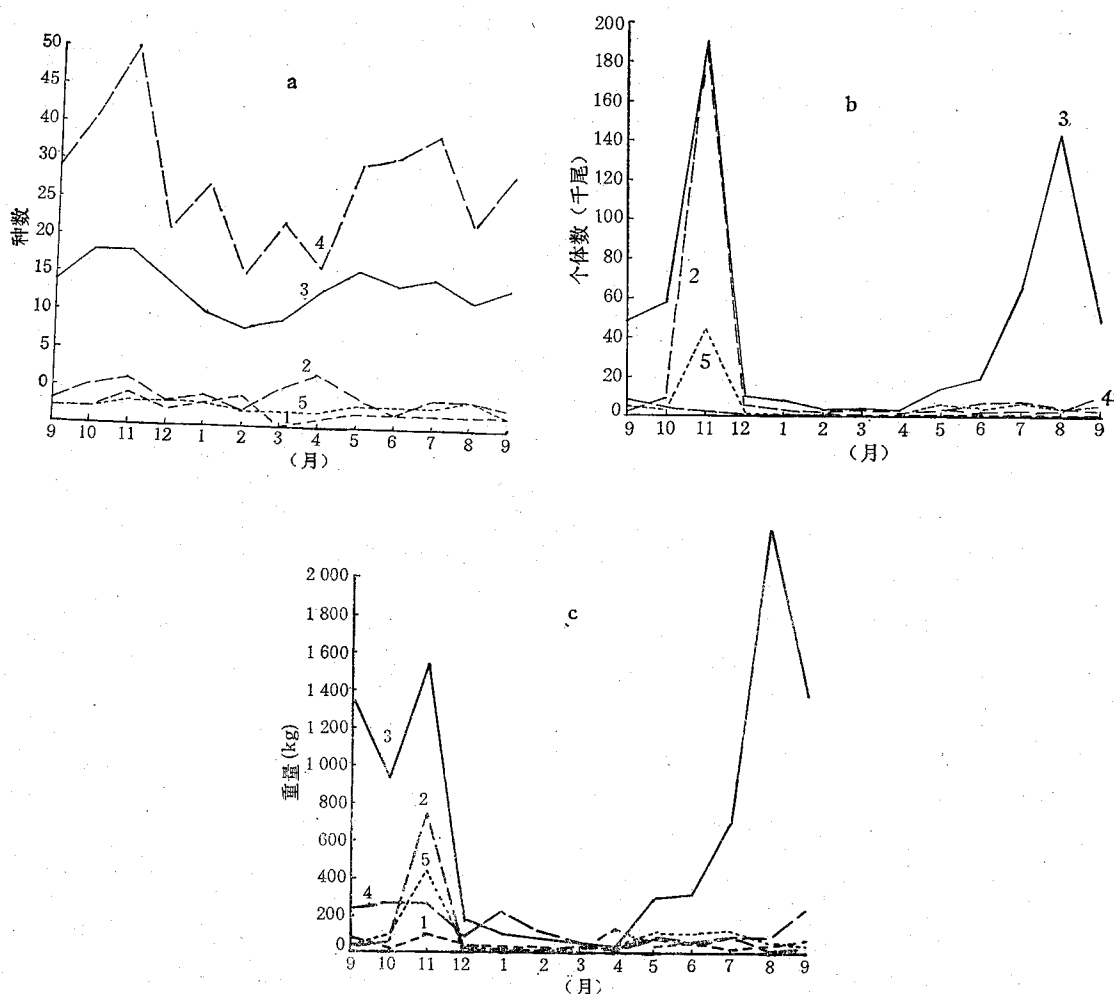


图 13 长江口区各生态类型鱼类的季节变化
a 种数; b 个体数; c 重量

表 10 长江口区不同生态类型鱼

	径 流 量		表 层 温 度		底 层 温 度		表 层 盐 度	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径 流 量								
表层温度								
底层温度								
表层盐度								
底层盐度								
广盐海洋种	0.003		-0.028		-0.043		0.136	
海、淡水洄游种	-0.070		-0.044		-0.137		0.109	
半咸水种	-0.238		-0.334		-0.330		0.173	
狭盐海洋种	0.350		0.397		0.433		-0.392	

表 11 长江口区不同生态类型鱼

	径 流 量		表 层 温 度		底 层 温 度		表 层 盐 度	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径 流 量								
表层温度								
底层温度								
表层盐度								
底层盐度								
广盐海洋种	0.711	0.01	0.754	0.01	0.716	0.01	-0.718	0.01
海、淡水洄游种	-0.172		-0.252		-0.251		0.204	
半咸水种	-0.762	0.01	-0.751	0.01	-0.688	0.05	0.707	0.05
狭盐海洋种	-0.354		-0.418		-0.438		0.464	

表 12 长江口区不同生态类型鱼

	径 流 量		表 层 温 度		底 层 温 度		表 层 盐 度	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径 流 量								
表层温度								
底层温度								
表层盐度								
底层盐度								
广盐海洋种	0.748	0.01	0.886	0.001	0.870	0.001	-0.786	0.01
海、淡水洄游种	0.096		-0.022		-0.008		-0.047	
半咸水种	-0.382		-0.354		-0.299		0.268	
狭盐海洋种	-0.721	0.01	-0.768	0.01	-0.773	0.01	0.751	0.01

无线性相关。狭盐海洋种与全群聚的个体数之间无显著相关。广盐海洋种,海、淡水洄游种,半咸水种与全群聚的个体数之间呈极显著正相关。这些说明狭盐海洋种的个体数少,其季节变化对其他类型和全群聚无大的影响,而广盐海洋种等却起重要作用。

各生态类型鱼类的个体数与各环境因子之间,以狭盐海洋种与各因子关系较密切,它

类种数、环境因子相关分析结果

底层盐度		广盐海洋种		海、淡洄游种		半咸水种		狭盐海洋种		全群聚	
相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关* 系数	显著* 水平	相关* 系数	显著* 水平	相关* 系数	显著* 水平
		0.510		0.267		-0.044		0.425		0.421	
		0.591	0.05	0.339		-0.077		0.509		0.512	
		0.665	0.05	0.288		-0.029		0.582	0.05	0.589	0.05
		-0.628	0.05	-0.346		-0.139		-0.582	0.05	-0.604	0.05
		-0.483		-0.343		-0.216		-0.392		-0.437	
0.031				0.158		0.310		0.780	0.01	0.866	0.001
0.015		0.113				-0.155		0.214		0.251	
-0.010		0.307		-0.105				0.185		0.302	
-0.197		-0.749	0.01	-0.380						0.977	0.001

类个体数、环境因子相关分析结果

底层盐度		广盐海洋种		海、淡洄游种		半咸水种		狭盐海洋种		全群聚	
相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著* 水平	相关* 系数	显著* 水平	相关* 系数	显著* 水平	相关* 系数	显著* 水平
		0.378		0.019		-0.089		0.515		0.164	
		0.563		0.176		0.027		0.659	0.05	0.350	
		0.601	0.05	0.258		0.160		0.688	0.05	0.418	
		-0.599	0.05	-0.244		-0.139		-0.550		-0.404	
		-0.516		-0.205		-0.101		-0.612	0.05	-0.341	
-0.597	0.05			0.761	0.01	0.741	0.01	0.194		0.930	0.001
0.045		-0.692	0.05			0.990	0.001	0.077		0.944	0.001
0.698	0.05	-0.819	0.01	0.239				-0.012		0.936	0.001
0.293		-0.554		0.515						0.120	

类重量、环境因子相关分析结果

底层盐度		广盐海洋种		海、淡洄游种		半咸水种		狭盐海洋种		全群聚	
相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关* 系数	显著* 水平	相关* 系数	显著水平	相关* 系数	显著* 水平
		0.544		0.173		-0.046		0.147		0.435	
		0.764	0.01	0.293		0.102		0.346		0.667	0.05
		0.774	0.01	0.368		0.187		0.441		0.711	0.01
		-0.713	0.01	-0.373		-0.180		-0.336		-0.653	0.05
		-0.690	0.05	-0.262		-0.123		-0.221		-0.612	0.05
-0.655	0.05			0.442		0.380		0.489		0.936	0.001
-0.022		-0.402				0.963	0.001	0.494		0.716	0.01
0.336		-0.388		0.386				0.528		0.674	0.05
0.772	0.01	-0.506		-0.428						0.629	0.05

与表层温度、底层温度呈正相关,与底层盐度呈负相关。广盐海洋种次之,仅与底层温度呈正相关,与表层盐度呈负相关。个体数相对值与环境因子间的关系,广盐海洋种与半咸水种相反;径流、温度与广盐海洋种呈正相关,与半咸水种呈负相关;盐度与广盐海洋种呈负相关,与半咸水种呈正相关。其他类型无显著的相关关系。

各生态类型鱼类重量季节变化间的关系,半咸水种与洄游种之间呈极显著正相关($\alpha = 0.001$),主要原因是半咸水种的优势种凤鲚与洄游种的优势种刀鲚之间,丰盛度的季节变化节律极为相似,其他类型之间无显著相关。狭盐海洋种、广盐海洋种、洄游种、半咸水种与全群聚的重量季节变化都呈正相关,其中以广盐海洋种相关最为显著, α 达到0.001水平。

重量季节变化与环境因子的关系,绝对值仅广盐海洋种与温度呈正相关,与盐度呈负相关;而相对值,径流、温度与广盐海洋种呈正相关,与狭盐海洋种呈负相关,盐度与广盐海洋种呈负相关,与狭盐海洋种呈正相关。

总的情况是,长江口区各生态类型鱼类数量季节变化及其与环境之间的关系不如按区系划分的各类型鱼类密切。

六、长江口区不同食性类型鱼类的组成及季节变化特点

长江口鱼类可划分为若干食性类型。鱼类的食性很复杂,单一食性者很少,许多鱼属杂食性,有的可因时空环境条件的变化而改变其食性,许多鱼在其生命周期的不同阶段有着不同的食性。因此只能根据鱼类成鱼阶段的主要摄食特性将其划分为下列几种类型;少数食性不明的稀有种则归入“其他类型”。

1. 植物、碎屑食性类型 主要以藻类和有机碎屑为食,是鱼类中的初级消费者。样本中主要有斑鲮、梭鱼、鲮、鲢等5种鱼类。在长江口鱼类群聚中所占比例很小,仅占群聚鱼类种数的3.1%,重量的0.2%,个体数的0.01%。但在长江口北支调查的插网渔获物中,发现梭鱼、鲮的数量仅次于刀鲚。这说明该类型在长江口实际上还是有一定数量的。

2. 浮游动物食性类型 以浮游动物为主要摄食对象,是次级消费者。共28种,主要有鲢科的银鲢、燕尾鲢;鳊科的凤鲚、刀鲚、黄鲫;鳊和鲱科的鳊、青鳞鱼等。其中有4种为全群聚优势种。该类型种数只占全群聚的17.3%,但丰盛度极大,重量和个数分别占全群聚的52.7%和60.3%,是长江口区鱼类群聚的优势类型。长江口丰富的浮游动物为其提供了雄厚的饵料基础。

3. 底栖动物食性类型 它们以摄食底栖动物为主,底栖无脊椎动物是其主要捕食对象。主要种类有石首鱼科的棘头梅童鱼、皮氏叫姑鱼、小黄鱼、大黄鱼和白姑鱼,还有多种东方鲀类和鲷类,共73种。是长江口各食性类型中种数最多的类型,占全群聚种数的45.1%。但相比之下,其丰盛度不算太高,重量和个体数分别占整个群聚的31.8%和26.0%,位于浮游动物食性类型之后。其众多的种数对长江口区鱼类群聚种类组成和物种多样性起着主要的作用。

4. 游泳动物食性类型 以游泳动物为主要摄食对象,处于较高营养层次。大多生性凶残,主要捕食小型鱼类和游泳无脊椎动物,甚至同类。该类型主要有带鱼、海鳗、龙头鱼、细纹狮子鱼、黄鲛鲷等29种,占全群聚种数的7.9%。虽然其种数比浮游动物食性类型还多1种,但丰盛度却小得多,其重量和个体数仅分别占全群聚的15.3%和13.5%。

5. 其他类型 食性不清,有27种。丰盛度很小,仅占鱼类群聚重量的0.03%和个体数的0.1%。

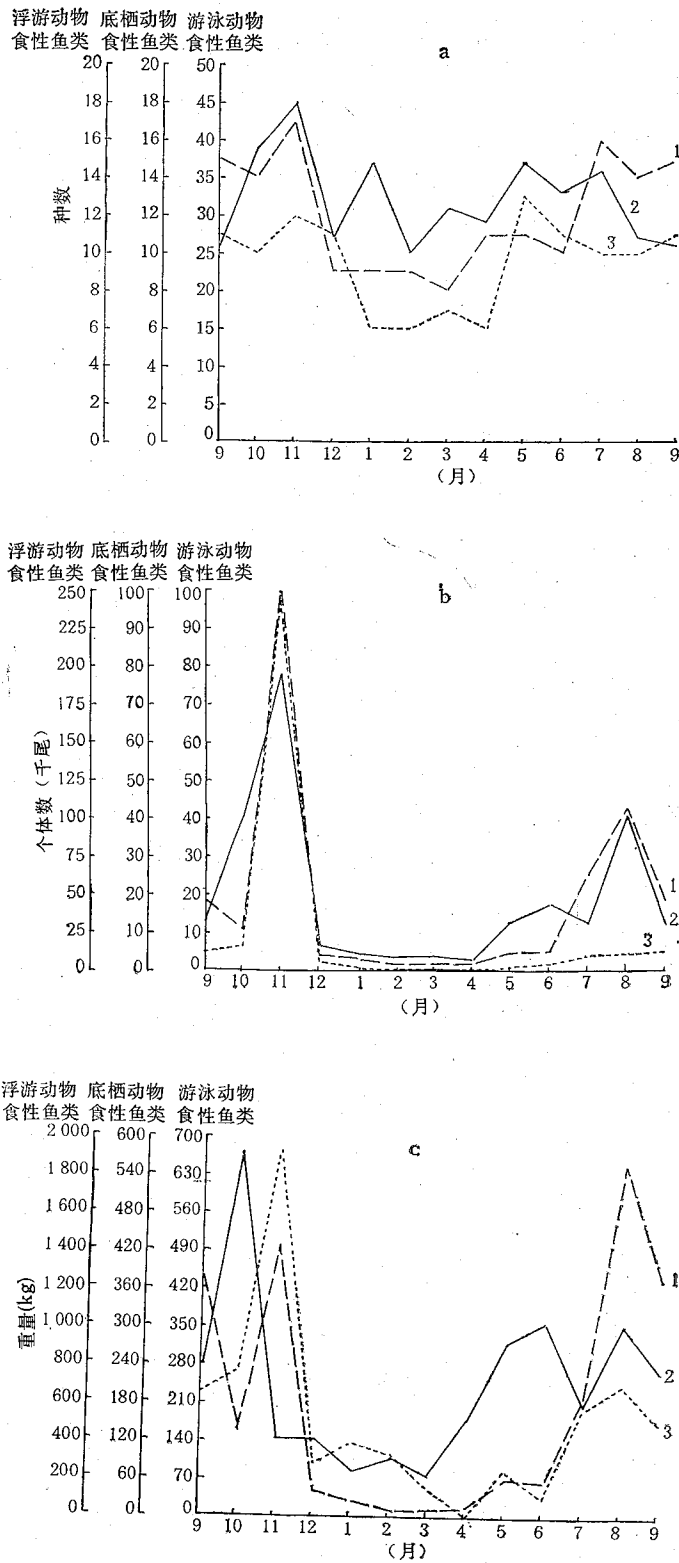


图 14 长江口区各食性类型鱼类的季节变化

a. 种数; b. 个体数; c. 重量

1. 浮游动物食性类型; 2. 底栖动物食性类型; 3. 游泳动物食性类型

各食性类型鱼类的种数和数量有明显的季节变化,总趋势仍是夏、秋种数多,丰盛度高,冬、春种数少,丰盛度低。但各类型的变化节律也有差异。如图 14a—c 所示。底栖动物食性类型鱼类种数的季节波动节律与全群聚基本一致,11 月最多,5,7 月次之,2 月最少。该类型丰盛度 11 月最高,6,8 月次之,1—3 月最低。而浮游动物食性类型鱼类的种数季节波动不大,11,7 月最多,3 月最少。其丰盛度的季节变化却与全群聚相似,但也有差异;尽管重量和个体数都是 11 月和 8 月大,但个体数是 11 月最高,8 月次之,而重量是 8 月最高,11 月次之。这是因为 11 月在长江口大量出现个体很小的凤鲚和刀鲚的幼鱼,个体数占 44.9% 的凤鲚和占 10.6% 的刀鲚,其均重仅分别为 3.8g 和 9.5g。而 8 月是个体比凤鲚大得多的银鲴幼鱼占绝对优势,其个体数在当月占 64.4%,均重为 17.8g。9 月该类型重量也较高,而个体数却不高,也是因为有大量银鲴幼鱼出现。在冬季 2—4 月丰盛度都很小。

分别对各食性类型鱼类同月份的种数和丰盛度之间以及它们与对应的底层、中、上层鱼类种数、丰盛度和主要环境因子之间进行相关分析,结果列于表 13—15。

表 13 长江口区不同食性类型鱼类种数、环境因子相关分析结果

	径流量		表层温度		底层温度		表层盐度		底层盐度		底层鱼类	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径流量											0.204	
表层温度											0.265	
底层温度											0.340	
表层盐度											-0.379	
底层盐度											-0.181	
底层鱼类	-0.599	0.05	-0.686	0.05	-0.687	0.05	0.615	0.05	0.704	0.05		
中上层鱼类	0.599	0.05	0.686	0.05	0.687	0.05	-0.615	0.05	-0.704	0.05		
食底栖动物种	-0.649	0.05	-0.812	0.01	-0.834	0.001	0.661	0.05	0.682	0.05	-0.787	0.01
食游泳动物种	0.242		0.396		0.366		-0.168		-0.168		-0.221	
食浮游动物种	0.547		0.555		0.520		-0.563		-0.605	0.05	-0.846	0.001
食浮游植物种	-0.585	0.05	-0.629	0.05	-0.591	0.05	0.556		0.358		0.311	
	中上层鱼类		食底栖动物种		食游泳动物种		食浮游动物种		食浮游植物种		全群聚	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著*	相关*	显著*	相关*	显著*
径流量	0.668	0.05	0.108		-0.491		0.720	0.01	-0.387		0.421	
表层温度	0.779	0.01	0.114		0.663	0.05	0.785	0.01	-0.356		0.512	
底层温度	0.829	0.001	-0.183		0.692	0.05	0.821	0.01	-0.268		0.589	0.05
表层盐度	-0.791	0.01	-0.299		-0.561		-0.870	0.001	0.239		-0.604	0.05
底层盐度	-0.751	0.01	-0.111		-0.452		-0.765	0.01	0.157		-0.437	
底层鱼类	0.425		0.955	0.001	0.564		0.474		0.383		0.933	0.001
中上层鱼类			0.336		0.589	0.05	0.943	0.001	-0.003		0.722	0.01
食底栖动物种	-0.787	0.01			0.343		0.416		0.388		0.863	0.001
食游泳动物种	0.221		-0.592	0.05			0.517		0.147		0.665	0.05
食浮游动物种	0.846	0.001	-0.518		0.068				0.024		0.737	0.01
食浮游植物种	-0.311		0.314		-0.376		-0.207				0.292	

各食性类型鱼类种数间的季节变化都无显著的相关关系，它们具有各自的节律。而它们的个体数，底栖动物食性、浮游动物食性、游泳动物食性类型间都呈极显著的正相关($\alpha = 0.001$)，但相对个体数仅底栖动物食性与浮游动物食性类型呈极显著负相关($\alpha = 0.001$)。重量的季节变化仅游泳动物食性与浮游动物食性类型有显著正相关关系($\alpha = 0.05$)，其相对值仅底栖动物食性与浮游动物食性类型呈显著负相关($\alpha = 0.01$)。这说明各食性类型间的季节变化关系不甚密切，底栖动物食性和浮游动物食性这两个主要类型间相对丰盛度呈负相关，是由于底栖动物食性类型较稳定，而浮游动物食性类型变化较大，夏、秋季，后者的幼鱼大量出现，其丰盛度占优势；冬、春季，它们大量离开长江口越冬，底栖动物食性鱼类就占有大的比例，变化正相反。

底栖动物食性和浮游动物食性鱼类与底层和中、上层鱼类季节变化的关系极为密切。底栖动物食性鱼类与底层鱼类的种数和丰盛度，浮游动物食性鱼类与中、上层鱼类的种数和丰盛度的季节变化都呈极显著的正相关($\alpha = 0.001$)，而底栖动物食性鱼类与中、上层鱼类，浮游动物食性鱼类与底层鱼类之间的关系相对来说不太密切。在相对值之间，底栖

表 14 长江口区不同食性类型鱼类个体数、环境因子相关分析结果

	径流量		表层温度		底层温度		表层盐度		底层盐度		底层鱼类	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径流量											0.081	
表层温度											0.281	
底层温度											0.366	
表层盐度											-0.323	
底层盐度											-0.235	
底层鱼类	-0.441		-0.393		-0.341		0.497		0.616	0.05		
中上层鱼类	0.441		0.393		0.341		-0.497		-0.616	0.05		
食底栖动物种	-0.378		-0.379		-0.375		0.498		0.643	0.05	0.905	0.001
食游泳动物种	-0.001		0.185		0.290		-0.188		-0.128		-0.061	
食浮游动物种	0.414		0.333		0.280		-0.463		-0.645	0.05	-0.965	0.001
食浮游植物种	0.226		-0.315		-0.309		0.226		0.008		0.332	
	中上层鱼类		食底栖动物种		食游泳动物种		食浮游动物种		食浮游植物种		全群聚	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径流量	0.216		0.236		-0.054		0.217		0.276		0.164	
表层温度	0.389		0.454		0.117		0.389		0.419		0.350	
底层温度	0.444		0.529		0.205		0.445		0.465		0.418	
表层盐度	-0.449		-0.468		-0.180		-0.450		-0.406		-0.404	
底层盐度	-0.406		-0.324		-0.143		-0.406		-0.319		-0.341	
底层鱼类	0.947	0.001	0.952	0.001	0.967	0.001	0.947	0.001	0.185		0.981	0.001
中上层鱼类			0.899	0.001	0.919	0.001	1.000	0.001	0.065		0.991	0.001
食底栖动物种	-0.905	0.001			0.843	0.001	0.899	0.001	0.389		0.932	0.001
食游泳动物种	0.061		-0.407				0.919	0.001	0.002		0.950	0.001
食浮游动物种	0.965	0.001	-0.914	0.001	0.001				0.065		0.991	0.001
食浮游植物种	-0.332		0.208		0.303		0.095				0.115	

鱼类食性鱼类与底层鱼类种数、丰盛度都呈正相关,与中、上层鱼类呈负相关;浮游动物食性鱼类正相反,与中、上层鱼类呈正相关,与底层鱼类呈负相关,它们的显著性都在 0.01 以上。这说明鱼类栖息水层的不同主要是与其摄食特性有关。

各食性类型鱼类与全群聚的种数和丰盛度都有着密切的关系,其中底栖动物食性鱼类与全群聚的种数间关系最密切,呈极显著正相关($\alpha = 0.001$),而浮游动物食性鱼类与全群聚丰盛度间的相关系数最大。这说明全群聚种数的季节变化主要由底栖动物食性鱼类决定,而浮游动物食性鱼类丰盛度的季节变化左右着全群聚丰盛度的季节变化。

这些鱼类与各主要环境因子的关系各不相同。浮游动物食性鱼类的季节变化与环境因子关系最密切,其种数与径流量、温度呈显著正相关($\alpha = 0.01$),与盐度呈显著负相关($\alpha = 0.01$ 以上);重量与温度呈显著正相关($\alpha = 0.01$),与盐度呈负相关(α 在 0.05 以上);但其个体数与这些因子无显著相关关系。而底栖动物食性鱼类与这些因子的关系最不密切,都不呈显著的相关关系,相关系数都很小。游泳动物食性鱼类也仅种数季节变化与温度呈正相关($\alpha = 0.05$),其丰盛度与这些因子也无显著相关。由此可知,受环境因子

表 15 长江口区不同食性类型鱼类重量、环境因子相关分析结果

	径流量		表层温度		底层温度		表层盐度		底层盐度		底层鱼类	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径流量											0.213	
表层温度											0.414	
底层温度											0.506	
表层盐度											-0.447	
底层盐度											-0.304	
底层鱼类	-0.735	0.01	-0.841	0.001	-0.813	0.01	0.807	0.01	0.843	0.001		
中上层鱼类	0.735	0.01	0.841	0.001	0.813	0.01	-0.807	0.01	-0.843	0.001		
食底栖动物种	-0.361		-0.450		-0.421		0.462		0.446		0.796	0.01
食游泳动物种	-0.627	0.05	-0.659	0.05	-0.658	0.05	0.587	0.05	0.671	0.05	0.390	
食浮游动物种	0.739	0.01	0.842	0.001	0.815	0.01	-0.811	0.01	-0.852	0.001	-0.999	0.001
食浮游植物种	-0.398		-0.406		-0.415		0.447		0.568		0.384	
	中上层鱼类		食底栖动物种		食游泳动物种		食浮游动物种		食浮游植物种		全群聚	
	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平	相关系数	显著水平
径流种	0.512		0.230		0.164		0.514		-0.318		0.433	
表层温度	0.727	0.01	0.429		0.354		0.729	0.01	-0.190		0.669	0.05
底层温度	0.734	0.01	0.524		0.432		0.734	0.01	-0.124		0.712	0.01
表层盐度	-0.686	0.05	-0.442		-0.418		-0.687	0.05	0.172		-0.650	0.05
底层盐度	-0.718	0.01	-0.285		-0.314		-0.720	0.01	0.297		-0.595	0.05
底层鱼类	0.623	0.05	0.983	0.001	0.940	0.001	0.619	0.05	0.607	0.05	0.851	0.001
中上层鱼类			0.548		0.704	0.05	1.000	0.001	0.200		0.930	0.001
食底栖动物种	-0.796	0.01			0.860	0.001	0.545		0.550		0.791	0.01
食游泳动物种	-0.390		-0.242				0.701	0.05	0.655	0.05	0.885	0.001
食浮游动物种	0.999	0.001	-0.786	0.01	-0.404				0.195		0.936	0.001
食浮游植物种	-0.384		0.066		0.516		-0.417				0.401	

影响较大的是浮游动物食性鱼类,这类鱼生活在中、上水层,中、上水层的季节变化剧烈,所以受影响大。

我们分析了各食性类型鱼类与饵料生物数量间季节变化的关系。尽管浮游植物、浮游动物和无脊椎动物的数量也具极显著的季节变化,一般也是夏、秋季多,冬、春季少,但各饵料生物和不同类型鱼类季节变化的节律不同。浮游植物是6,8月数量最多,浮游动物是7,9月最丰盛,无脊椎动物是5,6,10,11月生物量最高,它们的数量高峰与摄食它们的鱼类并不一致,其间也看不出什么规律。对各饵料生物与对应食性类型鱼类的数量季节变化进行相关分析,结果是,仅游泳动物食性鱼类与小型鱼类的数量,与无脊椎动物数量的季节变化呈正相关,其他都无显著的相关关系;而浮游动物食性鱼类与浮游动物之间,浮游植物食性鱼类与浮游植物之间,相关系数均极小。可见鱼类与其饵料生物之间的关系很复杂,需要进行更深入的研究。

结 论

(1) 长江口区为鱼类提供了一个理化条件多变,饵料基础雄厚的环境,长江口区的非生物和生物环境都有着明显的季节变化,它们共同作用,影响着鱼类的数量与分布。

(2) 本次周年调查共获鱼类162种,12 033.3kg, 893.4千尾。全鱼类群聚种数依次以石首鱼科、鲇科、鳊科为最多,而丰盛度是鳊科、鲴科、石首鱼科位居前列。长江口区鱼类群聚是由少数丰盛度高的优势种和大量丰盛度低的稀有种以及中间类型组成。其物种-丰盛度分布符合对数正态分布,据此推算全群聚应有约390种鱼类。

(3) 长江口鱼类群聚物种结构和组成季节变化明显。全年夏、秋季种数多,冬、春季少,7—10月,12—1月,3—5月物种相似度大,表明组成结构相对稳定;2—3月,5—6月特别是11—12月,物种相异度大,表明物种更替频繁,组成结构变化大。群聚丰盛度季节变化更大,其中以11,8月最大,2,3月最小,这些变化与环境因子的变化息息相关。

(4) 长江口区鱼类个体大小相差悬殊,本文采用其重量和个体数的几何平均值作为综合丰盛度。主要依据各种鱼的综合丰盛度,并参考其时空分布,确定长江口鱼类全群聚的优势种,它们依次是银鲴、凤鲚、棘头梅童鱼、刀鲚、皮氏叫姑鱼、龙头鱼、小黄鱼、黄鲫和带鱼。它们的种数虽仅占全群聚的5.6%,但综合丰盛度却占全群聚的91.0%,其时空分布也很广泛。有些种类的综合丰盛度在全年并不特别大,但在某个季节激增,成为该季节的优势种,它们是燕尾鲴、鳊、细条天竺鱼、长吻鲈、细纹狮子鱼等。优势种的数量和组成也有明显的季节变化与更替,各个优势种在长江口水域的分布高峰的时间是错落交替的。

(5) 栖息于长江口区不同水层的鱼类中,种数是底层鱼类占优势,它们决定着群聚物种的数量变化和组成更替;而丰盛度则是中、上层鱼类大,它们的消长对群聚数量变化的影响大。中、上层鱼类的季节变化与环境因子关系密切,底层鱼类相对较为稳定。

(6) 比较长江口区鱼类群聚不同的区系类型,以暖水种与暖温种最重要。暖温种种数多于暖水种,而暖水种的综合丰盛度大于暖温种。冷温种很少。它们都具明显的季节变化,但变化节律各异,其变化与环境因子密切相关。春、夏季水温上升,径流增加,盐度

下降,暖水种、暖温种纷纷进入长江口觅食、生殖、育肥,其种数与丰盛度均增加;暖水种增加的速率大,故相对比例增大,而暖温种增加较少,所占比例反而减少。此时冷温种逐渐减少,至7月在本水域消失。秋、冬季变化相反,径流减少,水温降低,盐度增加,暖温种和暖水种逐渐减少;暖水种减少的速率大,到冬季绝大多数都离开长江口越冬;而暖温种仍保持一定的数量,所占比例反而增加。此时冷温种进入本水域,其数量到冬季达到最多。可见暖温种的适应性强,较稳定,暖水种和冷温种对环境变化敏感,季节变化大。各区系类型对水温的适应性不同,因此其分布的温度范围不同。暖水种集中分布于较高温度($20-25^{\circ}\text{C}$)范围,冷温种集中分布的温度范围偏低($5-15^{\circ}\text{C}$);暖温种居中,在水温为 $15-20^{\circ}\text{C}$ 范围内较多,但分布范围比上两类都广。就某个鱼种而言,分布的温度范围可能较广,但其个体,主要集中在较窄的最适温度范围内。

(7) 在长江口区不同生态类型鱼类中,狭盐海洋种的种数占绝对优势,广盐海洋种的丰盛度最大,终年栖息在河口区的半咸水种种数、丰盛度居中,洄游种较少,淡水种最少。所以狭盐海洋种决定着鱼类群聚鱼种种数的变化和更替,广盐海洋种左右着群聚丰盛度的波动。不同生态类型鱼类对盐度的适应性不同。淡水种主要生活于盐度在5以下的淡水中,但仍有极少数个体偶在盐度为20的半咸水中出现。半咸水种耐盐范围广,能生活在盐度为0—35的水中,但其个体主要集中分布在盐度为5—15的水域内。狭盐海洋种对盐度的适应性差,在低盐水中仅偶然出现,主要栖息在盐度大于25的高盐水中。广盐海洋种耐盐范围广,大多数种栖息在河口近岸浅水中,在盐度较低的水域有相当数量分布,但大多数个体仍集中分布在盐度大于25的水中。海、淡水洄游种一生要经历淡水和海水两种完全不同的生境,可分为溯河和降海洄游两种类型。

(8) 在长江口区各不同食性类型鱼类中,以底栖动物食性类型的种数最多,浮游动物食性类型的丰盛度最高,游泳动物食性类型居中,浮游植物食性类型最少。底栖动物食性类型的数量变化相对较为稳定,浮游动物食性类型季节变化最大,对环境变化最敏感。分析了各食性类型鱼类季节变化与饵料生物季节变化之间的关系,发现它们大多都不呈线性关系,说明长江口鱼类的食物关系颇为复杂,需要进行更深入的研究。

参 考 文 献

- 王幼槐、倪勇,1984,上海市长江口区渔业资源及其利用,水产学报,8(2): 127—159。
邓景耀等,1986,渤海鱼类食物关系的初步研究,生态学报,6(4): 336—346。
刘瑞玉等,1987,三峡工程对长江口生物及渔业资源的影响,长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究论文集,科学出版社,403—446。
田明诚等,1992,长江口及附近海区鱼类区系研究,海洋科学集刊,本集。
华东师范大学等,1981,动物生态,高等教育出版社,231—256。
杨伟祥等,1992,长江口及邻近海域鱼类资源调查与研究,海洋科学集刊,本集。
陈吉余等,1987,三峡工程对长江河口盐水入侵和侵蚀堆积过程影响的初步分析,长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究论文集,科学出版社,350—368。
李星颢、吴常文,1985,浙江北部沿岸海域张网渔获物中的鱼类组成与分布,海洋渔业,7(5): 199—203。
张国祥、张雪生,1985,长江口定置张网渔业调查,水产学报,9(2): 186—198。
张法高等,1987,三峡工程对河口水文、水化学和沉积环境的影响,长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究论文集,科学出版社,369—402。
张明星等,1984,环境统计入门,科学技术文献出版社重庆分社,52—54。

- 郁尧山等, 1986a, 浙江北部岛礁周围海域鱼类群聚特征值的初步研究, 水产学报, 10(3): 305—314。
- 郁尧山等, 1986b, 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—149。
- 费鸿年等, 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。
- 湖北省水生生物研究所鱼类研究室, 1976, 长江鱼类, 科学出版社。
- 伊藤嘉昭等(邹祥光译), 1986, 动物生态学研究方法, 科学出版社, 491—525。
- 皮洛, E. C. (卢泽愚译), 1978, 数学生态学引论, 科学出版社, 213—223。
- 奥德姆, E. P. (孙儒泳等译), 1981, 生态学基础, 人民教育出版社, 136—155, 323—325, 347—357。
- Claridge, P. N. *et al.*, 1986, Seasonal changes in movements, abundance, size composition and diversity of the fish fauna of the Severn Estuary, *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, 66(1): 229—258.
- Dahlberg, M. D. and Eugen, P. O., 1970, Annual cycles of species occurrence, abundance, and diversity in Georgia estuarine fish population, *The American Midland Naturalist*, 83(2) 382—392.
- Grange, K. R., 1979, Soft-bottom macrobenthic communities of Manukau Harbour, New Zealand, *New Zee. J. Mar. Fre. Res.*, 13(3) 315—329.
- Hillman, R. E. *et al.*, 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.*, V: 355—381.
- Knox, G. A., 1986, Estuarine ecosystems: a systems approach, Vol. II, CRC Press, Inc., 33—36, 174—176.
- McErlean, A. J. *et al.*, 1973, Abundance, diversity and seasonal patterns of estuarine fish populations, *Estu. Coas. Mar. Sci.*, I: 19—36.
- McIlusky, D. S., 1981, The Estuarine Ecosystem, Blackie, 20—27, 84—88, 101—111.
- Moore, R. H. *et al.*, 1983, Analysis of spatial and temporal variations in biomass and community structure of motile organisms in Town Creek, a South Carolina tidal pass, *Cont. Mar. Sci.*, 26: 111—125.
- Yanez, A. A. *et al.*, 1983, Environmental dynamics of the Pargo Inlet and its fish community structure during seasonal changes and 24-hour cycles, *An. Inst. Scien. Mar. Limnol. Unive. Nac. Auton. Mex. (Zool.)*, 10(1): 85—116.

THE STRUCTURE, ABUNDANCE AND THEIR SEASONAL VARIATION OF FISH COMMUNITY IN THE CHANGJIANG RIVER ESTUARY*

Lu Jiwu, Luo Bingzheng, Xue Pin, Yang Weixiang,
Huang Songfang and Lan Yonglun
(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

From September 1985 to August 1986, the specimens of the fish community in the Changjiang River Estuary were sampled monthly at 30 stations using pair trawl, and the synchronized surveys of main environment factors were made. Studying results showed that the Changjiang River Estuary was a relatively independent brackish water system, rich in fresh runoff, silt and nutrient salts, with high primary productivity, various and abundant planktons and invertebrates, and changeable sedimentary environment, which provided fishes with complicated and variable environmental conditions and ample food foundation. The temporal and spatial distributions of fishes were controlled by the interactions of physical and biological factors.

A total of 162 species, of 893,400 fishes and of 12,300 kg were caught during the sampling period. In the fish community, the most important families, in order of species numbers,

* Contribution No. 2035 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

were Sciaenidae (8%), Tetrodontidae (6.8%) and Engraulidae (5.6%), but according to the sequence of abundances, were Engraulidae (32%), Mugilidae (24%) and Sciaenidae (23%). The species-abundance relationship in the fish community accorded with log-normal distribution, can be expressed by the equation $Y = 27e^{-(0.123R)^2}$. For avoiding difference between abundance of weight and individuals, their geometric mean ($\sqrt{W \cdot n}$) was adopted as synthetic abundance. On the basis of the synthetic abundance and temporal-spatial distribution of fishes, fishes in the community were well defined with dominant, common, scarce and rare species. The nine dominants only accounted for 5.6% of species number, but amounted to 91.6% of synthetic abundance and their temporal-spatial distributions were most widely spread. The dominants were not always abundant, varying alternately from each other. The dominants were almost juveniles, whose average weight was only 11.1g, so the Changjiang River Estuary is an important nursery area.

Owing to the obvious seasonal changes of abiotic and biotic environmental factors in the estuary, the species number and abundance of fish community showed marked seasonal fluctuations, which peaked in autumn and summer but dropped in winter, and the species composition varied frequently, and drastically from September till December. The relation of total numbers of the community and environments was not very closely and directly related, but governed by inherent laws, namely fishes of various fish fauna types have their respective interrelation with environment factors. In the fish fauna of the estuary warm water fishes and warm temperature fishes accounts more than the cold temperature fishes (they were 44%, 46%, 4% in species number and 52%, 46%, 1% in abundance). However, fluctuating rhythms of every faunal types were variant, regression analysis appeared that they had different relation to environment. The seasonal trends in relative abundance and species number (percentage) of warm water fishes were significantly and positively correlated with temperature and runoff, and significantly related to salinity, but warm temperature and cold temperature fishes were just contrary to them. A certain fish of faunal type might distributed in wider temperature range, but its individuals may in much narrower temperature range.

On the basis of adaptability to salinity and their habits, the fishes in the estuary could be grouped into several ecological types, euryhaline, stenohaline, mixohaline (estuarine or resident), fresh water and diadromous fishes. Stenohaline fishes were absolutely dominant in species number (68.5%), but the abundances of euryhaline fishes were the highest (63.4%). Mixohaline fishes were in the middle, diadromous fishes were lower and the fresh water fishes were the lowest in both species number and abundance. The results of regression analysis indicated the relationship between the various ecological type fishes and the environments were not so close as the fauna types, but their spatial distributions were restricted by salinity. Most individuals of each ecological type lived in its optimum salinity range, even if the most widely distributed mixohaline and euryhaline fishes were in much narrower salinity range.

According to their feeding habit, the species number of benthosfeeder fish accounts for the most (45.1%), but the zooplankton feeder was the most abundant (56.4%), the predaceous fish was fewer and the phytophage was the fewest. The food habit of fishes in these waters is very complex and needs further study.

The characteristics of structure and abundance of the fish community is the result that fishes have been adapting themselves to environment for a long period. Once there are bigger changes in environment factors, the fish community will be affected and its structure and abundance will take place too. the paper provides a precious baseline for further study.