

# 长江常熟江段渔业群落结构及物种多样性初步研究

张敏莹, 徐东坡, 段金荣, 刘 凯, 施炜纲\*

中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 内陆渔业生态环境和资源重点开放实验室, 无锡 214081

**【摘要】** 对2000~2006年长江常熟江段渔业群落及物种多样性进行了研究。该江段共有鱼、虾蟹类66种, 分别隶属于13目29科。鲤形目鱼类最多, 其次是鲈形目。按迁徙习性可分为江湖半洄游性鱼类、洄游性鱼类、河口鱼类和定居性鱼类4大类型。经济鱼类占优势, 群落优势种为鳊、鲫、刀鲚、铜鱼、翘嘴红鲌和鲢条。多样性特征值年间平均指标为: Margalef指数(R) 1.68, Wilhm改进指数(H') 2.50, McNaughton指数(Dw) 0.37, Pielou指数(J') 0.76。鱼类群落优势度较低, 丰富度、均匀度、多样性处于较高水平。探讨了水利工程、水域污染及水利调度对该江段渔业资源的不利影响, 提出了开发和保护该江段渔业资源的建议。

**关键词:** 长江; 常熟江段; 渔业群落结构; 物种多样性

中图分类号: S931

文献标识码: A

文章编号: 1008-8873(2007)06-525-06

## Primary studies on structure of fishery community and species diversity in Changshu section of the Yangtze River

ZHANG Min-ying, XU Dong-po, DUAN Jin-rong, LIU Kai, SHI Wei-gang\*

Key Open Laboratory of Ecological Environment and Resources of Inland Fisheries, Freshwater Fisheries Research Center of the Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China

**Abstract:** Primary studies on structure of fishery community and species diversity in Changshu section of the Yangtze River were carried out during 2000-2006. Fishes, shrimps and crabs covered 13 orders, 29 families and 66 species were collected in this area. Number of species belonging to Cypriniformes was the most and the second was fishes belonging to Perciformes. There were four ecological types, which were semi-migrated fishes between the Yangtze River and lakes, migrated fishes between the Yangtze River and the sea, estuarine fishes and resident fishes. Economical fishes were more than others. Dominant species were *Parabramis pekinensis*, *Carassius auratus auratus*, *Coilia macrognathos*, *Coreius heterodon*, *Culter ilishaeformis* and *Hemiculter leucisculus*. The diversity indexes from 2000 to 2006 were analysed that Margalef's index was 1.68, Wilhm's index 2.50, McNaughton's index 0.37 and Pielou's index 0.76. Value of McNaughton's index was a little lower than other fishery community, while values of Margalef's index, Pielou's index and Wilhm's index were higher. Unfavorable influence of irrigation works, water pollution and water resources adjusting on the fishery resources in Changshu section was discussed. Advices how to develop and protect fishery resources in the area were given.

**Keywords:** Yangtze River; Changshu section; structure of fishery community; species diversity

收稿日期: 2007-00-00 收稿, 2007-00-00 接受

基金项目: 国家科技基础条件平台项目(2004DKA30470-003)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2007JBFB06, 2007JBFA05, 2007JBFB07)共同资助

作者简介: 张敏莹(1974—), 女, 湖北应城市人, 硕士, 助研, 从事水产动物种质资源评估和增殖保护等研究。E-mail: zhangmy@ffrc.cn.

\*通讯作者, 施炜纲(1953—), 男, 上海市人, 研究员

## 1 引言 (Introduction)

常熟市 (东经  $120^{\circ}33' \sim 121^{\circ}03'$ , 北纬  $31^{\circ}33' \sim 31^{\circ}50'$ ) 位于江苏省东南部, 北濒长江, 距上海 100 km。长江常熟段长约 37 km, 占整个河口区的 18.5%, 由于受长江径流和潮汐的双重影响, 该江段每日有 2 次逆水期, 水域环境流态复杂, 营养盐类丰富, 是刀鲚、鳊鱼、中华绒螯蟹、中华鲟等重要品种索饵、洄游的理想场所, 历史上渔业资源十分丰富<sup>[1]</sup>。鉴于其独特的地理位置, 始于 1989 年的长江下游渔业资源动态监测网 2000 年增设常熟监测点, 2002 年又将其设为春禁期间下游三个特许监测点之一。有关该江段渔业群落结构的报道很少见<sup>[2]</sup>。我室 (淡水渔业研究中心资源室) 一直承担着长江下游及河口区各站点的资源动态监测任务, 积累了较为系统、完整、连续的监测资料。本文依据 2000~2006 年长江常熟江段渔业资源监测数据, 从群落结构及生物多样性变化等方面对该江段渔业群落进行了研究, 以期为该江段渔业资源管理提供基础数据和理论依据。

## 2 材料与方法 (Materials and methods)

### 2.1 数据采集方法

2000~2006 年在常熟铁黄沙南侧和东侧约 1 km 处设置 2 个采样点, 以定置张网拦截过往的鱼、虾、蟹类。网宽 50 m, 网高 3 m, 网目 2 cm, 单顶张网拦截面积 150 m<sup>2</sup>。张网监测时间为 1~12 月, 每月监测 2 d, 每天放网 24 h。所有渔获物鉴定至种, 分品种测量渔获尾数、重量, 采用 foxpro 按年月分品种统计。

### 2.2 研究对象

群落研究以 2000~2006 年所有采样鱼类为研究对象, 生物多样性研究以各年采样鱼类为研究对象。

### 2.3 生物多样性统计

采用 Margalef 指数<sup>[3]</sup>、Wilhm 改进指数<sup>[4]</sup>、McNaughton 指数<sup>[5]</sup>、Pielou 指数<sup>[6]</sup>等多多样性特征值对常熟江段鱼类生物多样性进行描述。

Margalef 指数:  $R=(S-1)/\ln N$  反映群落物种丰富度

Wilhm 改进指数:  $H'=-\sum (W_i/W) \ln (W_i/W)$  基于物种生物量反映群落种类多样性

McNaughton 指数:  $D_w=(W_1+W_2)/W$   $D_w$  为基于物种生物量反映群落物种优势度

Pielou 指数:  $J'=H/H_{max}=H/\ln S$  反映群落均匀度

$S$ —群落中所有物种的种类数,  $N$ —群落中所有物种的数量,  $W$ —群落中所有物种的生物量,  $W_i$ —第  $i$  个物种的生物量,  $N_1$ 、 $N_2$ —群落中尾数优势种排序居于第一、二位的物种的尾数;  $W_1$ 、 $W_2$ —群落中生物量优势种排序居于第一、二位的物种的生物量。

## 3 结果与分析 (Results and analysis)

### 3.1 群落结构组成

研究期内常熟江段出现鱼类和甲壳类共计 66 种, 分别隶属于 13 目 29 科。群落组成中, 鲤形目计 5 科 29 种, 占明显优势; 其次是鲈形目, 计 9 科 12 种。其它各目差别不大 (表 1)。

### 3.2 群落生态类型

从迁徙习性、食性两个方面对该群落鱼类进行分类。按迁徙习性可分为 4 大类型: (1) 江湖半洄游性鱼类, 如青、草、鲢、鳙、鳊等; (2) 洄游性鱼类, 如鳊鱼、松江鲈鱼、中华鲟、凤鲚、刀鲚、暗纹东方鲀等; (3) 河口性鱼类, 如鲻鱼、赤眼梭鲈、舌鳎和棘头梅童鱼等; (4) 定居性鱼类, 如鲤、鳊、短颌鲚、鳊鳊等。按食性可分为 6 个类型: (1) 以浮游藻类为主食的有鲢、赤眼梭鲈等; (2) 以浮游动物为主食的有鳙、刀鲚、短颌鲚、吻鲈等; (3) 以底栖无脊椎动物为主食的有蛇鲈、长蛇鲈、铜鱼、青鱼、黄鳊、黄颡鱼等; (4) 以水生高等植物和腐屑为主食的有草鱼、鳊鱼等; (5) 以鱼为主食的有翘嘴红鲌、鳊、鳊、乌鳢、长吻鮠、鳊类等; (6) 广食性种类有鲤、鲫、泥鳅、鳊条等。

### 3.3 优势种组成

将采样鱼类按数量和生物量汇总。以渔获数量计, 前 10 位优势种依次为鳊、鲫、黄颡鱼、刀鲚、鳊条、铜鱼、鲈鱼、舌鳎、鲻鱼、翘嘴红鲌; 以渔获生物量计, 前 10 位优势种依次为鲢、鳊、鲻鱼、鲫鱼、鳊鱼、鲤鱼、刀鲚、铜鱼、翘嘴红鲌、鳊条。不论是以渔获数量或是以渔获生物量计, 在前 10 位优势种排序中, 鳊、鲫、刀鲚、铜鱼、鳊条和翘嘴红鲌都占有较大的比例, 是该江段鱼类群落的优势种 (表 2)。

表 1 长江常熟江段渔业群落组成

Tab.1 Composition of fishery community in Changshu section of the Yangtze River

种类 Species	种类 Species
I 鲤形目 Cypriniformes	(38)岔尾黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i> (Boulenger)
1. 鲤科 Cyprinidae	(39)长吻鮠 <i>Leiocassis longirostris</i> Gunther
(1)鲤 <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus	VII 鲱形目 Clupeiformes
(2)鲫 <i>Carassius auratus auratus</i> (Linnaeus)	12. 鲱科 Clupeidae
(3)鳊 <i>Aristichthys nobilis</i> (Richardson)	(40)刀鲚 <i>Coilia macrognathos</i> Bleeker
(4)鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Cuvier et Valenciennes)	(41)短颌鲚 <i>Coilia brachygnathus</i> Kreyenberg et Pappenheim
(5)草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i> (Cuvier et Valenciennes)	(42)凤鲚 <i>Coilia mystus</i>
(6)铜鱼 <i>Coreius heterodon</i> (Bleeker)	VIII 鲈形目 Perciformes
(7)鲮条 <i>Hemiculter leucisculus</i> (Basilewsky)	13. 鲈科 Serranidae
(8)花(鱼骨) <i>Hemibarbus maculatus</i> Bleeker	(43)大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i> Garman
(9)翘嘴红鲌 <i>Culter ilishaeformis</i> (Bleeker)	(44)鳊 <i>Siniperca chuatsi</i> (Basilewsky)
(10)蒙古红鲌 <i>Erythroculter mongolicus mongolicus</i> (Basilewsky)	(45)长身鳊 <i>Siniperca roulei</i> Wu
(11)青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i> (Richardson)	(46)鲈鱼 <i>Lateolabrax japonicus</i>
(12)赤眼鲮 <i>Squaliobarbus curriculus</i> (Richardson)	14. 塘鳢科 Eleotridae
(13)油鲮条 <i>Hemiculter bleekeri</i> Warpachowsky	(47)沙塘鳢 <i>Odontobutis obacurus</i> (Temminck et Schlegel)
(14)红鳍鲌 <i>Culter erythropterus</i> Basilewsky	15. 塘鳢科 Channidae
(15)青梢红鲌 <i>Erythroculter dabryi dabryi</i> (Bleeker)	(48)乌塘鳢 <i>Channa argus</i> (Cantor)
(16)鳊 <i>Parabramis pekinensis</i> (Basilewsky)	16. (鱼衔) 科 Callionymidae
(17)吻鲈 <i>Rhinogobio typus</i> Bleeker	(49)香(鱼衔) <i>Callionymus olidus</i> Gunther
(18)蛇鲈 <i>Saurogobio dabryi</i>	17. 鲷科 Stromateidae
(19)长蛇鲈 <i>Saurogobio dumerili</i> Bleeker	(50)银鲷 <i>Stromateus argenteus</i>
(20)高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i>	18. 石首鱼科 Sciaenidae
(21)中华鳊 <i>Rhodeus sinensis</i> (Pallas)	(51)棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i> (Richardson)
(22)麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	19. 鰕虎鱼科 Gobiidae
(23)鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	(52)斑尾复鰕虎 <i>Synechogobius ommaturus</i>
(24)华鳊 <i>Sarcocheilichthys sinensis</i> Bleeker	20. 金钱鱼科 Scatophagidae
(25) 黑鳍鳊 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i> (Gunther)	(53)金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i>
2. 鲴科 Cobitidae	21. 鲷科 Carangidae
(26)泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor)	(54)六带鲷 <i>Caranx sexfasciatus</i>
3. 平鳍鲴科 Homalopteridae	IX 鲷形目 Pleuronectiformes
(27)中华间吸鳅 <i>Hemimzon sinensis</i> (Sauvage et Dabry de Thjersant)	22. 舌鲷科 Cynoglossidae
4. 亚口鱼科 Catostomidae	(55)三线舌鲷 <i>Cynoglossus trigrammus</i> Gunther
(28)胭脂鱼 <i>Myxocyprinus asiaticus</i> (Bleeker)	(56)窄体舌鲷 <i>Cynoglossus gracilis</i> Gunther
5. 脂鲤科 Characidae	X 合鳃目 Synbranchiformes
(29)淡水白鲢 <i>Colossoma brachypomum</i> (Cuvier)	23. 合鳃科 Synbranchidae
II 鲈形目 Cypriniformes	(57)黄鳝 <i>Monopterus albus</i> (Zuiew)
6. 杜父鱼科 Cottidae	XI 鲈形目 Mugiliformes
(30)松江鲈 <i>Trachidermus fasciatus</i>	24. 鲈科 Mugilidae
III 鲈形目 Tetraodontiformes	(58)鲈鱼 <i>Mugil cephalus</i>
7. 鲈科 Tetraodontidae	(59)赤眼梭鲈 <i>Liza soluy</i> (Basilewaky)
(31)暗纹东方鲈 <i>Fugu obscurus</i>	XII 鳗鲡目 Anguilliformes
IV 鲈形目 Acipenseriformes	25. 鳗鲡科 Anguillidae
8. 鲈科 Acipenseridae	(60)鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i> Temminck
(32)中华鲈 <i>Acipenser sinensi</i>	XIII 十足目 Decapoda
V 鲈形目 Salmoniformes	26. 龙虾科 Palinuridae
9. 银鱼科 Salangidae	(61)中国龙虾 <i>Panulirus stimpsoni</i>
(33)大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i> (Abbott)	27. 方蟹科 Grapsidae
VI 鲈形目 Siluriformes	(62)中华绒螯蟹 <i>Eriocheir sinensis</i> H.milne-edards
10. 鲈科 Siluridae	28. 长臂虾科 Palaemonidae
(34)鲈 <i>Parasilurus asotus</i> (Linnaeus)	(63)日本沼虾 <i>Macrobrachium nipponense</i> (de Haan)
11. 鲈科 Bagridae	(64)秀丽白虾 <i>Exopalaemon modestus</i>
(35)黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i> (Richardson)	(65)罗氏沼虾 <i>Macrobrachium rosenbergii</i>
(36)江黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i> (Richardson)	29. 刺姑科 Cambaridae
(37)光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i> (Sauvage et Dabry)	(66)克氏原螯虾 <i>Procambarus clarkii</i>

表 2 长江常熟江段前 10 位优势种组成  
Tab2. Composition of top ten species in Changshu section of the Yangtze River

以渔获数量计 Counting by individual		以渔获生物量计 Counting by biomass	
种类 species	%	种类 species	%
鳊	23.26	鲢鱼	19.67
<i>Parabramis pekinensis</i>		<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	
鲫鱼	13.55	鳊	14.47
<i>Carassius auratus auratus</i>		<i>Parabramis pekinensis</i>	
黄颡鱼 <sup>1)</sup>	11.04	鲮鱼	11.67
<i>Pelteobagrus fulvidraco</i>		<i>Mugil cephalus</i>	
刀鲚	10.26	鲫鱼	7.51
<i>Coilia macrognathos</i>		<i>Carassius auratus auratus</i>	
鲮条 <sup>2)</sup>	9.93	鳊鱼	6.38
<i>Hemiculter leucisculus</i>		<i>Aristichthys nobilis</i>	
铜鱼	5.77	鲤鱼	5.82
<i>Coreius heterodon</i>		<i>Cyprinus carpio</i>	
鮡鱼 <sup>4)</sup>	4.77	刀鲚	5.26
<i>Rhinogobio typus</i>		<i>Coilia macrognathos</i>	
舌鳎 <sup>3)</sup>	4.24	铜鱼	4.29
<i>Cynoglossus trigrammus</i>		<i>Coreius heterodon</i>	
鲮鱼	3.90	翘嘴红鲌	3.54
<i>Mugil cephalus</i>		<i>Culter ilishaeformis</i>	
翘嘴红鲌	1.72	鲮条 <sup>2)</sup>	2.53
<i>Culter ilishaeformis</i>		<i>Hemiculter leucisculus</i>	
合计 total	88.44	合计 total	81.14

注:1)包括表 1 中的 4 种黄颡鱼;2)包括表 1 中的 2 种鲮条;3)包括表 1 中的 2 种舌鳎,4)包括表 1 中的蛇鮡、吻鮡; Notes:1) including four kinds of yellow catfish in Tab1. 2) including two kinds of Ussuri sharpberry and 3) including two kinds of that in Tab1. 4) including Chinse lizard gudgeon and Wenju in Tab1.

3.4 群落生物多样性

2000~2006 年长江常熟段鱼类群落生物多样性特征值平均指标为: Margalef 指数 (R) 1.68、Wilhm 改进指数 (H'') 2.50、McNaughton 指数 (Dw) 0.37; Pielou 指数 (J') 0.76。据报道崇明北滩鱼类群落物种丰富度指数 (R) 均值为 0.84, Wilhm 改进指数 (H'') 为 1.51, McNaughton 指数 (Dw) 为 0.67, 均匀度指数 (J') 为 0.63<sup>[7]</sup>; 长江安庆江段鱼类群落的上述参数 R、H'、Dw 和 J' 依次为 1.54、2.14、0.44、0.75<sup>[8]</sup>。

与崇明北滩及长江安庆江段相比, 长江常熟段鱼类群落均匀度较高, 优势度较低, 丰富度、多样性处于较高水平, 这和对该江段春季鱼类群落结构的研究结果<sup>[2]</sup>是一致的。

对各年物种多样性指数 (H'') 分别与物种丰富度 (R)、优势度 (Dw) 和物种均匀度 (J') 进行相关分析, 结果表明 H'' 与 R、J' 之间均呈显著的正相关关系, 而与 Dw 之间呈显著的负相关关系, 相关系数依次为 0.6705、0.7418、-0.6240 (p<0.05), 这和温新利等<sup>[9]</sup>对轮虫物种多样性的研究结果类似。同时, 相关分析表明, 物种多样性指数 (H'') 与品种数 (N) 呈显著正相关 (r=0.8120, p<0.05), 而与生物量 (W) 之间相关不显著 (r=0.6688, p>0.05), 这和对东海中部鱼类群落的研究结果<sup>[10]</sup>是不同的, 究其原因, 是因为东海中部鱼类群落优势度较大, 某些种类 (如带鱼) 在该群落生物量中占相当大的比例 (53.61%), 对整个群落生物量的影响很大, 而常熟段鱼类群落均匀度高于东海中部鱼类群落, 缺乏对生物量起绝对支配作用的优势种类。

对多样性参数的年间变化趋势进行分析: 2001 年物种丰富度指数 R、Wilhm 改进指数 H'' 最小, 自 2002 年始 R、H'' 值呈小幅上扬趋势, 研究期内 Dw 和 J' 在窄幅范围波动, 该江段鱼类群落始终维持着较高的均匀度和较低的优势度 (图 1)。

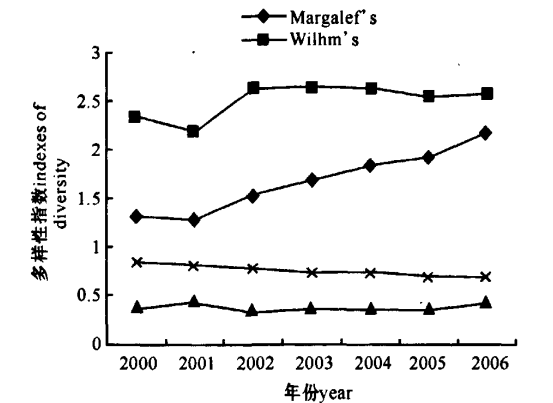


图 1 常熟江段鱼类群落生物多样性参数变动  
Fig.1 Parameters variation of biodiversity of fish community in Changshu section of the Yangtze River

4 讨论 discussion

4.1 长江常熟段鱼类群落及生物多样性

研究表明, 长江中下游水系鲤形目鱼类占绝对优势, 河口区鲈形目鱼类占优势<sup>[1]</sup>。从群落结构组成来

看,长江常熟段鲤形目鱼类最多,占该群落鱼类总数的46.77%,鲈形目鱼类次之,所占比例为19.35%,表明该江段兼具淡水鱼类群落和河口鱼类群落的结构组成特点,这和该江段受长江径流和潮汐的双重影响相吻合。

从优势种组成来看,长江常熟段以鳊、鲫、刀鲂、铜鱼、翘嘴红鲌为代表的经济鱼类占优势。以渔获生物量计,第一优势品种鲢鱼所占比例为19.67%。刘凯等<sup>[7]</sup>的研究表明,在典型的河口鱼类群落中,单个品种(如棘头梅童鱼)在生物量上所占比例高达80%。同上述群落相比,长江常熟段鱼类群落种间组成更均匀,单个品种的优势度不突出,没有出现生物量显著高于其它品种的物种,这和 Fujita<sup>[11]</sup>等得出的群落中多个种类均匀共存时不可能出现很高生物量的结论是一致的。

在水域生态系统中常常将多样性指数作为评价生态系统的指标之一,鱼类群落多样性指数主要受到自然因素和人为因素(捕捞)的共同影响。Bianchi<sup>[12]</sup>等人在探讨渔业对鱼类群落结构和功能的影响时,认为在长期强大的捕捞压力下,鱼类群落多样性指数变化并不敏感。施炜纲等<sup>[13]</sup>的研究表明,常熟江段同其它江段一样面临过度捕捞的压力。本研究揭示2000~2006年常熟江段鱼类群落优势度较低,丰富度、均匀度、多样性处于较高水平,多样性指数(特别是优势度、均匀度指数)变化不大仅在窄幅范围波动,从某种程度上讲是对Bianchi等人研究结果的佐证。

## 4.2 影响该江段渔业资源群落结构及多样性的因素

### 4.2.1 三峡工程

长江三峡大坝从2003年6月1日正式蓄水,6月份三峡水库蓄水水位升至135 m,10月份升至139 m后,长江流域生态环境发生了较明显变化,并对环境因子较为敏感的渔业生物资源产生了较大影响。据长江禁渔效果评估报告(2004年)报道,三峡工程对库区渔业资源,“四大家鱼”产卵场,以及洞庭湖、鄱阳湖的鲤鲫产卵场产生了较大的负面影响。从渔业资源监测结果来看,三峡工程也对常熟及下游(包括长江口)其它江段渔获品种、渔获产量产生了影响。鲻鱼和舌鳎科鱼类均为近海鱼类,多分布在长江口及近海区。春禁期间,下游常熟监测点2003年监测到鲻鱼74尾;2004年为152尾,安庆站2004年首次监测到1尾舌鳎。小黄鱼是典型的海水性鱼类,繁殖期为4~6月,历年的春禁监测中,小黄鱼苗在崇明监

测点(北八淤)渔获量中占有绝对优势,2003年为755 kg,2004年猛增为2 326.3 kg。下游及河口监测点近海(或海水性)鱼类渔获产量的增加,可能与三峡大坝正式蓄水后,随下泻经流量的改变而引起的部分监测点盐度的改变有关。

### 4.2.2 水域污染

有关研究表明,长江下游(特别是近岸带)水域正遭受以石油烃类、挥发酚和重金属为主的污染源污染,而且不同江段、生态类型和年龄组成的鱼类对这些污染物都有不同程度的蓄积残留<sup>[14]</sup>。可蓄积性污染物和致突变性污染物对鱼类的长效效应影响,最终将可能影响特定江段鱼类的种质和资源,其后果是导致鱼类群落结构发生变化,生物多样性降低,渔业资源下降。研究表明目前长江常熟段及其邻近江段水质状况较好但也存在富营养化隐患<sup>[15]</sup>,随着工农业的发展,城市人口的增加,下游及长江口深水航道和港口码头的建设,长江下游及长江口水域的污染日益严重,势必对本江段渔业资源群落产生不利影响,应该引起高度重视并尽快加以治理。

## 4.3 长江常熟段渔业资源的开发与保护

长江一进入常熟境内,就在海虞镇和福山农场处形成一个“倒套”。由于“倒套”的形成,该江段水流速度适中,营养盐丰富,鱼类品种多样,鱼苗资源丰富。其中常见的有渔业意义的有刀鲂、鳊、鳙、长吻鮠、鲫、鳊、鲢、鳙、草鱼、铜鱼、乌鳢、黄颡鱼等,鱼苗资源量较多的有黄颡、鳊、鳙、花(鱼骨)、铜鱼等。特别是近年来,由于资源衰退,刀鲂和铜鱼的人工驯养和繁殖研究受到广泛关注。刀鲂、铜鱼都是常熟段鱼类群落的优势种(表2),两者的苗种及刀鲂产卵洄游亲体都容易捕到,有关部门应该充分利用该江段的地利条件,在条件适宜的养殖场内进行灌江纳苗和驯养繁育,同时加强亲体繁殖特性的生理生化研究,为人工繁殖及增殖放流奠定基础。

在进行刀鲂、铜鱼等品种资源开发的同时,还应该加强现有品种的保护。根据《中国濒危动物红皮书:鱼类》,长江流域内国家级保护鱼类共7种,其中一级保护鱼类有达氏鲟、中华鲟和白鲟3种,二级保护鱼类有四川哲罗鱼、胭脂鱼、松江鲈和花鳊4种<sup>[16]</sup>。监测数据标明长江常熟段鱼类群落中,国家一级、二级保护鱼类共有3种,即中华鲟、胭脂鱼和松江鲈。特别是中华鲟,2006年在监测网中共发现222尾,多为体长15 cm左右的幼鱼。另据常熟渔政站报道,11

月2日在该江段铁黄沙北侧水域发现一尾疑被大型螺旋桨击伤致死的雄性中华鲟, 体重约150~200 kg, 可见加强该江段珍稀品种的保护尤为重要。

### 参考文献 (References)

- [1] 长江水系渔业资源调查协作组. 1990. 长江水系渔业资源[M]. 北京: 海洋出版社. 85-86.
- [2] 张敏莹, 刘 凯, 徐东坡, 等. 2006. 春季禁渔对常熟江段渔业群落结构及物种多样性影响的初步研究[J]. 长江流域资源与环境, 15(4):442-441.
- [3] Margalef D R . 1957 . Information theory in ecology[J]. *International Journal of General Systems*, 3:36-71.
- [4] Wilhm J L. 1968. Use of biomass units in Shannon's formula[J]. *Ecology*, 49:153-156.
- [5] McNaughton S L. 1988. Diversity and stability[J]. *Nature*, 333:204-205.
- [6] Pielou E C. 1975. Ecological diversity[M]. New York: John Wiley. 1-165.
- [7] 刘 凯, 徐东坡, 张敏莹, 等. 2005. 崇明北滩鱼类群落生物多样性初探[J]. 长江流域资源与环境, 14(4): 416-421.
- [8] 张敏莹, 徐东坡, 刘 凯, 等. 2006. 长江安庆江段鱼类调查及物种多样性初步研究[J]. 湖泊科学, 18(5): 656-662.
- [9] 温新利, 席貽龙, 张 雷, 等. 2004. 青弋江芜湖段轮虫群落结构和物种多样性的初步研究[J]. 生物多样性, 12(4): 387-395.
- [10] 李圣法, 程家骅, 李长松, 等. 2005. 东海中部鱼类群落多样性的季节变化[J]. 海洋渔业, 27(2): 113-119.
- [11] Fujita Toshihiko , Tadashi Inada and Yoshio Ishito. 1993. Density, biomass and community structure of demersal fishes off the Pacific coast of northeastern Japan[J]. *Journal of Oceanography*, 49(2): 211-229.
- [12] Bianchi G, Gislason H, Graham K *et al.* 2000. Impact of fishing on size composition and diversity of demersal fish communities[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 558-571.
- [13] 施炜纲, 刘 凯, 张敏莹, 等. 2005. 春季禁渔期间长江下游鱼虾蟹类物种多样性变动(2001-2004 年)[J]. 湖泊科学, 17(2): 169-175.
- [14] 陈家长, 孙正中, 瞿建宏, 等. 2002. 长江下游重点江段水质污染及对鱼类毒性的影响[J]. 水生生物学报, 26(6), 635-640.
- [15] 范立民, 徐东坡. 2007. 长江徐六泾段渔业水环境现状初步调查[J]. 长江大学学报(自科版)农学卷, 4(1): 36-38.
- [16] 乐佩奇, 陈宜瑜. 1998. 中国濒危动物红皮书: 鱼类[M]. 北京: 科学出版社. 9-240.

## 《生态科学》论文附图格式要求

1. 插图应有图序和图题, 图题应简明、准确, 一般不宜超过 25 个字。图题及文中所有文字都需中英文同时表述, 图题置于图的下方; 图注一般置于中英文图题之间, 亦可放在图内; 图例要清晰、分明、大小合适, 一般应放在图中空当处。图例应采用易区分的标识, 如“×、□、△”等。
2. 图的长宽比、坐标轴单位的设计、线条疏密程度等要科学、合理, 切忌过分重叠、凌乱。要注意图的整体效果。图要大小合适(能够看清所反映的内容)。
3. 对于照相图, 原稿照片应图像清晰, 层次分明, 反差适中, 无污损和折痕。电子显微镜照片图还应在其说明文字或注释中表明其放大倍数。如用彩图请事先向编辑部说明, 彩页另收费。
4. 插图的宽度(包括纵坐标上名称、单位)为 80 mm(双栏), 或 160 mm(通栏), 高度可适当改变。图版尺寸 160×240 mm。照片要求清晰, 层次分明, 勿用翻拍照片和复印件, 表格一律采用“三线表”。