

文章编号: 1674 - 5566(2012)04 - 0589 - 09

长江口及附近水域凤鲚摄食习性的分析

刘守海^{1,2}, 徐兆礼^{1,2}, 田丰歌^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院东海水产研究所 农业部海洋与河口渔业重点开放实验室, 上海 200090; 2. 厦门大学 海洋学系, 福建 厦门 361005)

摘要: 2009年6-8月在长江口及杭州湾水域收集到1355尾凤鲚(*Coilia mystus*)样品, 取其胃含物并对其饵料组成和数量进行分析。结果表明: 长江口长兴岛北港水域每尾凤鲚对桡足类摄食数量为0.10~3.31个, 长江口九段沙南槽水域每尾为0.06~0.23个, 因此可以认为产卵场凤鲚的摄食强度大于洄游中凤鲚的摄食强度。同时发现, 每尾体长为100~150 mm的凤鲚摄食糠虾类数量在0.4个左右, 而150~190 mm体长组糠虾类的数量在0.1个以下。研究表明, 个体较大的凤鲚并未对较大个体的糠虾类有更强的摄食趋势。同样, 食物中桡足类数量分布与体长组变化也没有明显的关系。在杭州湾, 凤鲚的胃含物和栖息水域中都有大量糠虾出现, 而在长江口, 凤鲚胃含物有零星糠虾出现, 其栖息水域的采样中则没有糠虾记录。这说明栖息水域环境中饵料生物组成的差异是凤鲚饵料种类数量不同的主要原因。此外还发现, 凤鲚对中华哲水蚤(*Calanus sinicus*) ($I = 0.89$) 和长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*) ($I = 0.86$) 选择性较强。而凤鲚对火腿许水蚤(*Schmackeria poplesia*) ($I = -0.39, Y = 0.30$) 等这些栖息水域环境中的优势种类属被动摄食, 不具选择性。

研究亮点: 目前对凤鲚食性的研究只在凤鲚生物学的叙述中提到, 没有食性数量的进一步分析。对长江口及其附近水域凤鲚的食物组成及摄食习性进行分析, 并将凤鲚的食物组成与栖息水域中的浮游动物种类数量组成进行比较分析。为凤鲚食性的进一步研究以及凤鲚渔业资源的保护、增殖和合理利用提供基础资料。

关键词: 凤鲚; 长江口及附近水域; 摄食习性; 浮游动物

中图分类号: S 931.1

文献标志码: A

凤鲚(*Coilia mystus*)平时栖息于浅海, 进入繁殖期便集结成群, 从近海洄游至河口水域产卵, 因而具有河海之间短距离洄游的习性。凤鲚作为低营养层次鱼类中的滤食性鱼类, 以浮游动物为主要饵料^[1-4], 在东海沿岸渔业水域食物链中具有一定的典型性。

长江口和杭州湾水域历来是我国凤鲚最主要的产卵场和索饵场。对长江口凤鲚渔场的研究已经有不少报道, 例如, 张国祥和倪勇^[5]认为, 每年的6月中旬至7月上旬, 长江口从浏河口外到白茆一带水域是凤鲚的产卵场。施纬纲和王博^[6]以及刘凯等^[7]研究了长江河口区凤鲚的资源状况。而针对凤鲚摄食习性的研究, 我国虽

然已经有一些报道^[1-4], 认为凤鲚的食物以枝角类、桡足类、糠虾等浮游动物以及小型鱼类为主。但这些关于食性研究只在凤鲚生物学的叙述中提到, 没有食性数量的进一步分析。而且也没有将凤鲚胃含物的分析结果和当地水域的浮游动物种类组成进行比较分析。

国外在鱼类食性变化方面研究较为详细, 例如, ADAMICKA^[8]研究了鮡杜父鱼(*Cottus gobio*)的食性。ARENDR等^[9]研究了切萨皮克湾洄游性鱼类军曹鱼(*Rachycentron canadum*)的食性, 认为军曹鱼在春季和夏季洄游至切萨皮克湾产卵, 饵料丰富的海湾是重要的索饵场。COETZEE^[10]研究了生活在 Swartvlei 河口性的波线鲈(*Lichia*

收稿日期: 2011-10-14

修回日期: 2011-12-20

基金项目: 国家自然科学基金(40776047); 973计划(2010CB428705)

作者简介: 刘守海(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为海洋浮游生物学。E-mail: liushouhai0212@yahoo.com.cn

通讯作者: 徐兆礼, E-mail: xiaomin@sh163.net

amia)的食性,结果表明 Swartvlei 河的上、中、下游的波线鲮的食物不完全相同。在这些鱼类食性的研究中有数量的分析,但同样也缺少鱼类胃含物和当地水域饵料生物种类组成比较分析的结果。

本研究通过对长江口及附近水域的风鲚摄食习性的分析,讨论风鲚摄食习性特征,并比较不同水域风鲚胃含物和浮游动物数量关系,为风鲚食性的进一步研究以及风鲚资源的保护、增殖和合理利用提供基础资料。

1 材料与方 法

研究所用风鲚取自长江口长兴岛北港水域(以下简称“长江口1”)和长江口九段沙南槽水域浅滩(以下简称“长江口2”),杭州湾风鲚取自上海奉贤滩浒岛水域,采样点分布见图1。采样工具为定置张网,在2009年6-8月,每月3次共9次采集1355尾标本。分析的风鲚体长为67~209 mm,平均体长为135 mm;体重为2.8~48.3 g。长江口1具体位于长兴岛北港西段水域。依据走访调查,2009年这一水域是长江口风鲚最主要的渔场,渔获物多为性腺发育至4期的风鲚,可以认为,这一水域也是主要产卵场。而长江口2位于长江口九段沙上段南槽浅滩水域,依据走访调查和已有的文献^[5],这一带水域可能是风鲚产卵洄游路过的水域。

风鲚标本经生物学测定后,解剖并获得胃含物。胃含物样品用10%甲醛溶液固定,胃含物中饵料种类在解剖镜下进行鉴定,记录摄食等级,然后用滤纸吸去食物团表面水分,用分度值0.0001 g的电子天平称测定食物团总重,再鉴别饵料生物种类并分别计数和称重。饵料种类尽量鉴定到最低分类阶元。

浮游动物样品分别在风鲚采样点附近采集(图1),浮游动物标本用浅水I型浮游生物网(口径50 cm、筛绢CQ14、孔径0.505 mm),自海底至水面垂直拖曳获得。样品采集方法及标本处理等均按《海洋调查规范》进行。所获标本均经5%甲醛溶液固定后再进行分类、鉴定、计数和称重。个体丰度单位为个/m³。丰度百分比为某一种的丰度在总丰度中的百分比。

取优势度 $Y \geq 0.02$ 的浮游动物种类为优势种^[11-12]:

$$Y = (n_i/N) \times f_i \quad (1)$$

式中: Y 为优势度; n_i 为第*i*种的丰度; f_i 为该种在各站位中出现的频率; N 为浮游动物总丰度。

通过食物选择指数——Ivlev指数*I*的计算来研究鱼类对饵料生物的选择^[13],采用公式:

$$I_i = (r_i - P_i)/(r_i + P_i) \quad (2)$$

式中: I_i 为鱼类对饵料生物*i*的选择指数; r_i 为该饵料在鱼类胃含物中的百分比; P_i 为同种饵料在栖息水域饵料中的百分数。 I_i 值范围为 $-1 < I_i < 1$,当指数介于0到1之间,数值越大,表示风鲚对该饵料有更多的喜好,属于风鲚主动摄食的饵料生物;当指数介于0到-1时,则说明风鲚对这种食物不喜好,属于风鲚主动回避的饵料生物。

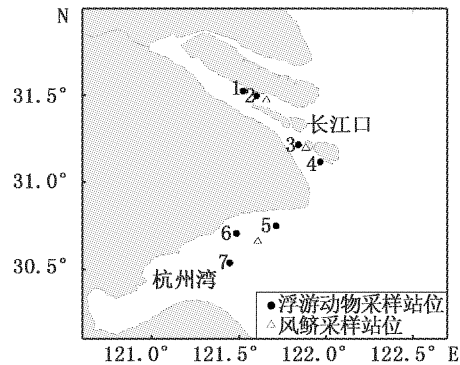


图1 采样站位

Fig. 1 Sampling stations

此外,定义风鲚某种饵料成分在体长组和体重组中出现的组数在5个或5个以上时,则该食物为主要饵料种类;反之,则为次要食物种类。每尾风鲚胃含物中饵料个数记为个/尾。

2 结果

2.1 风鲚样品的体长和体重组成

共采集1355尾标本。体长范围67~209 mm,平均体长为135 mm。以10 mm为间隔设置一体长组,可以将样品分为15个体长组,各体长组的尾数分布如图2。其中70~80 mm体长组尾数为0;而120~130 mm体长组的尾数最多,占总尾数百分比为22.14%;其次是130~140 mm体长组,占总尾数百分比是19.34%;最小的是60~70 mm和200~210 mm体长组,其占总尾数百分比仅有0.07%。

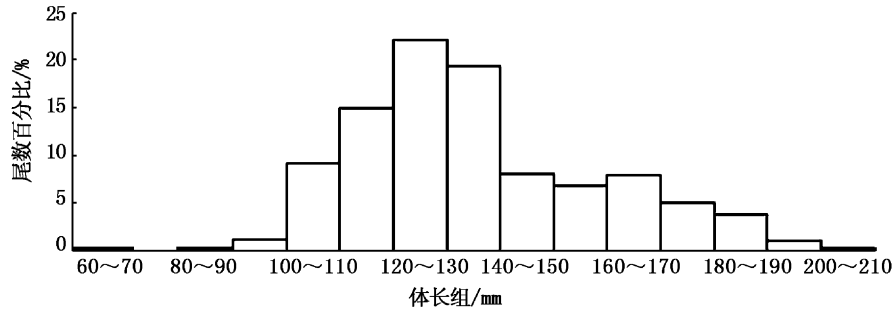


图2 凤鲚体长分布

Fig. 2 Body length frequency of *C. mystus*

体重分布范围为 2.8 ~ 48.3 g。以 5.0 g 为间隔设置一体重组,可以将样品分为 7 个体重组,0 ~ 5.0 g、5.0 ~ 10.0 g、10.0 ~ 15.0 g、15.0 ~ 20.0 g、20.0 ~ 25.0 g、25.0 ~ 30.0 g 和 > 30.0 g。各体重组的尾数分布如图 3。其中尾数百分比最

大的是 5.0 ~ 10.0 g 体重组,占总尾数百分比是 45.09%;其次是 10.0 ~ 15.0 g 体重组,占总尾数百分比是 21.25%;最少的体重组是 > 30.0 g, 占总尾数百分比为 3.54%。

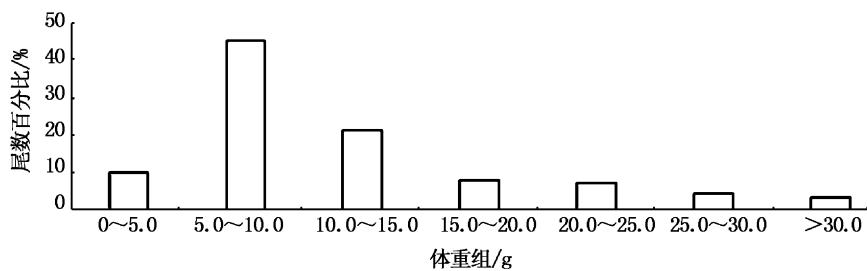


图3 凤鲚体重分布

Fig. 3 Body weight frequency of *C. mystus*

2.2 饵料与凤鲚体长

由胃含物分析结果可知,凤鲚所摄食的饵料生物有 12 个类群(表 1):桡足类、枝角类、浮游幼体、十足类、糠虾类、腹足类、端足类、硅藻、小鱼、管水母类、有尾类和涟虫类。从表 1 中可看出,凤鲚主要食物为:桡足类、枝角类、浮游幼体、十足类、糠虾类以及腹足类等。其中桡足类在 11 个体长组中出现,在 7 个体重组中出现;其次是糠虾类,出现在 9 个体长组中以及 5 个体重组中。枝角类、浮游幼体以及十足类在 8 个体长组中出现,而在体重组中出现的组数分别是:6 个体重组、6 个体重组以及 5 个体重组。腹足类在 5 个体长组和 5 个体重组中出现。

由于桡足类、枝角类、浮游幼体、十足类、糠虾类和腹足类出现的体长组和体重组的组数等于 5 个体长组或超过了 5 个体长组,因而可以认为是凤鲚的主要饵料种类;而端足类、硅藻、小

鱼、管水母类、有尾类和涟虫类,出现的组数都小于 5 个体长组或体重组,因此这 6 类饵料生物是次要食物种类。

表 1 不同饵料与凤鲚体长和体重组成
Tab. 1 Body length and weight of *C. mystus* in different diets

类群	体长组 N=15 出现的组数	体重组 N=7 出现的组数
桡足类	11	7
枝角类	8	6
浮游幼体	8	6
十足类	8	5
糠虾类	9	5
腹足类	5	5
端足类	5	4
硅藻	5	3
小鱼	3	2
管水母类	2	2
有尾类	1	1
涟虫类	3	1

从凤鲚胃含物中浮游动物个体数看(表2), 每尾凤鲚胃含物中含桡足类数量范围为0.19~1.06个, 该数值多数集中在0.5~1.0个之间; 每尾含糠虾类数量范围是0.04~0.48个, 其数值半数集中在0.04~0.10个之间。其它类数量较

少, 数值范围约为0.10~0.48个; 其中每尾含枝角类的数值为0.01~0.14个, 其值大多数在0.01~0.10个之间; 每尾含浮游幼体0.01~0.08个; 每尾含十足类为0.01和0.02个; 每尾含腹足类为0.01~0.04个。

表2 凤鲚主要食物种类组成的体长变化

Tab.2 Variation in the major diet composition of each size class of *C. mystus*

体长组/mm	个/尾					
	桡足类	枝角类	浮游幼体	十足类	糠虾类	腹足类
60~70	0	0	0	0	0	0
80~90	0	0	0	0	0	0
90~100	0.19	0	0	0	0	0
100~110	0.92	0.02	0.05	0.01	0.30	0
110~120	0.49	0.01	0.01	0.01	0.48	0.01
120~130	0.20	0.01	0.01	0.01	0.13	0
130~140	0.42	0	0.01	0.01	0.26	0
140~150	0.44	0.01	0	0.02	0.45	0
150~160	0.50	0.05	0.01	0	0.08	0.01
160~170	0.92	0.09	0.03	0.02	0.09	0.03
170~180	1.06	0.12	0	0.02	0.04	0.02
180~190	1.04	0.14	0.08	0.02	0.04	0.04
190~200	0.33	0	0.07	0	0	0
200~210	0	0	0	0	0	0

注: 0表示该值小于0.01或“未检出”, 下表同。

2.3 不同水域凤鲚食物中桡足类和糠虾类数量的变化

长江口水域和杭州湾水域之间比较: 长江口水域凤鲚饵料中糠虾数量较少, 出现的体长组数也较少。长江口长兴岛北港(长江口1)水域的凤鲚仅有4个体长组中出现糠虾, 且在

这些体长组中每尾凤鲚的糠虾类数量在0.1个左右; 长江口九段沙南槽水域(长江口2)的凤鲚出现糠虾的体长组有6个, 糠虾类数量为0.06~0.67个。而在杭州湾, 每尾凤鲚的糠虾类数量在1.0个左右, 且在100~180 mm体长组中连续出现(表3)。

表3 不同水域凤鲚食物(桡足类和糠虾类)的体长变化

Tab.3 Variation in the diet of each size class of *C. mystus* in the three waters

体长组/mm	个/尾					
	桡足类			糠虾类		
	长江口1	长江口2	杭州湾	长江口1	长江口2	杭州湾
60~70	0	0	0	0	0	0
70~80	0	0	0	0	0	0
80~90	0	0	0	0	0	0
90~100	0.43	0	0	0	0	0
100~110	1.84	0	0.88	0.26	0	0.96
110~120	0.10	0.08	1.50	0.14	0	1.47
120~130	0.09	0.23	1.14	0	0.09	1.04
130~140	0.12	0.20	1.54	0	0.06	1.13
140~150	2.29	0.06	0.81	0	0.08	1.24
150~160	1.29	1.18	0.67	0	0.18	0.67
160~170	3.31	0.18	2.00	0.08	0.27	0.50
170~180	2.32	0	0	0.03	0	2.00
180~190	1.74	0	0	0	0.67	0
190~200	0	0	0	0	0	0
200~210	0	0	0	0	0	0

长江口不同水域之间比较:以桡足类为例,在长江口长兴岛北港(长江口1)水域,绝大多数凤鲚体长组胃含物中都出现桡足类,每尾凤鲚的桡足类数量在1.0个以上,个别体长组的比例达到了3.3个。而在长江口九段沙南槽水域(长江口2),出现桡足类的体长组数量少于长兴岛北港水域的凤鲚,只有6个体长组出现桡足类。这6个体长组凤鲚胃含物的桡足类数量,只有150~160 mm体长组在1.18个,其余5组的桡足类数量较低,均在0.2个左右,明显小于栖息于北港长江口1水域的凤鲚。

依据观察,2009年长江口1水域凤鲚性腺成熟度都在4级、5级,长江口2水域附近凤鲚性腺成熟度都在3级。

2.4 不同水域浮游动物种类组成和数量分布的研究

在凤鲚定置张网附近水域,采集浮游动物样品进行分析。由表4可知,长江口长兴岛北港水域(长江口1)和九段沙南槽水域(长江口2)附近桡足类的平均丰度值相近,两处所采集的浮游动物中皆没有出现糠虾类的记录。

杭州湾采集的浮游动物,桡足类的平均丰度为1 083.75个/m³。糠虾类的平均丰度为68.25个/m³。共记录到3种糠虾类的出现,它们是长额刺糠虾(*Acanthomysis longirostris*),漂浮囊糠虾(*Gastrosaccus pelagicus*)和近糠虾(*Anchialina typica*)(表4)。

表4 邻近水域浮游动物主要类群平均丰度及丰度百分比

Tab.4 Average abundance and percentage of abundance of the major groups for zooplankton in nearby waters

站位		平均丰度(个/m ³)		丰度百分比	
		桡足类	糠虾类	桡足类	糠虾类
长江口1	1			93.52	0
	2	17.86	0	70.00	0
长江口2	3			100.00	0
	4	21.50	0	61.67	0
	5			92.98	6.22
杭州湾	6	1 083.75	68.25	94.21	3.14
	7			65.23	19.29

2.5 选择系数

通过选择系数 I 的计算来反映鱼类对环境中的饵料生物的选择性, I 值范围为-1到1之间,当指数介于0到+1之间,表示鱼类主动选择饵料生物;当指数介于0到-1时,则说明鱼类对这种食物不喜好,属于选择回避的饵料生物。

选择系数计算结果显示(表5), I 值为正数的有6个种:中华华哲水蚤(*Sinocalanus sinensis*)、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)、真刺唇角水蚤(*Labidocera euchaeta*)、长尾类幼体、短尾类大眼幼体和长额刺糠虾。其中 I 值最大的是中华哲水蚤(*Calanus sinicus*), $I = 0.89$;其次是长额刺糠虾, $I = 0.86$ 。

I 值为负的有:火腿许水蚤(*Schmackeria poplesia*)、虫肢歪水蚤(*Tortanus vermiculus*)、太平洋纺锤水蚤(*Acartia pacifica*)、短尾类溞状幼体和糠虾幼体。其中 I 值最小的是太平洋纺锤水蚤, $I = -0.95$ 。

表5 凤鲚胃含物和栖息水域浮游动物选择性系数和优势度的比较

Tab.5 Comparison of selectivity coefficient and dominance between zooplanktons in stomach and waters

种名	I 值	Y 值
火腿许水蚤	-0.39	0.30
中华华哲水蚤	0.69	+
中华哲水蚤	0.89	+
虫肢歪水蚤	-0.24	0.10
真刺唇角水蚤	0.05	0.06
太平洋纺锤水蚤	-0.95	0.26
长尾类幼体	0.12	+
短尾类溞状幼体	-0.64	+
短尾类大眼幼体	0.62	+
长额刺糠虾	0.86	+
糠虾幼体	-0.57	+

注: + 表示该值小于0.02。

3 讨论

3.1 长江口不同水域凤鲚饵料数量变化

长江口 1 和长江口 2 浮游动物平均丰度分别为 17.86 个/ m^3 、21.5 个/ m^3 , 数量相差不大。这两个水域均以桡足类个体为主(表 4)。从两个采集点凤鲚胃含物的桡足类数量看, 长江口 1 桡足类出现在 10 个体长组胃含物中, 长江口 2 凤鲚胃含物中仅有 6 个体长组出现桡足类; 前者每尾凤鲚桡足类数量为 0.10~3.31 个, 其中 6 个体长组的桡足类为 1.29~3.31 个, 后者仅有一组的桡足类数量达到 1.18 个, 其余均小于 1.0 个, 为 0.06~0.23 个(表 3)。因此长江口 1 水域凤鲚胃含物中桡足类数量远远大于长江口 2 水域凤鲚, 长江口 2 水域附近的凤鲚其摄食强度较长江口 1 水域低。

根据文献[5]可知长江口 2 水域附近不是传统意义上的凤鲚产卵场, 而产卵场是位于长兴岛以西, 浏河以东的淡水水域。故可以推知, 长江口 2 水域附近可能是凤鲚产卵洄游的路过场。由于 2009 年长江口 1 水域凤鲚性腺成熟度都在 4 级、5 级, 因而长江口 1 水域是凤鲚产卵场。由长江口 1 水域的摄食强度高于长江口 2 水域凤鲚看, 凤鲚洄游过程中摄食强度较弱, 而产卵场的凤鲚摄食强度较大。这与 OLASO 等^[14] 的鱼类在产卵前和产卵前期摄食强度变化规律有所不同。凤鲚具有滤食习性, 是以滤食海洋浮游生物为主, 而 OLASO 等^[14] 的研究对象是肉食性鱼类, 这可能与两种鱼类摄食习性不同有关。

3.2 不同体长凤鲚饵料种类的组成

鱼类摄食习性随体长的变化是一个非常普遍的现象^[15-17]。鱼种不同食性变化主要有 3 种表现形式: (1) 摄食的食物种类没有随着体长的改变而发生明显的转变, 如闽南-台湾浅滩的二长棘鲷(*Parargyrops edita*)^[18] 幼鱼(39~122 mm) 生长发育到成鱼(94~178 mm), 其食物均以底栖生物为主食; (2) 摄食的食物个体大小、种类的变化。如黄海的高眼鲧(*Cleisthenes herzensteini*)^[19]、其幼鱼的食物个体较小, 范围较为狭窄, 仅为 16 种, 而成鱼的食谱范围较广, 为 42 种; (3) 在发育的各个阶段, 有十分明显的食物转换现象, 如东、黄海的带鱼(*Trichiurus lepturus*)^[17], 当体长小于 100 mm 时, 几乎完全以磷虾类为食。随着体长

增加到大于 200 mm 后, 以小型鱼类和长尾类为主。带鱼这种随体长增加, 食性类型发生转变, 实际上也是随体长增加, 摄食的食物种类扩大的结果。

本研究结果中, 在 60~100 mm 的体长中, 桡足类所占比例较小; 在 100~110 mm 体长组中, 桡足类在每尾凤鲚中的比例为 1.0 个左右; 在 110~160 mm 中, 每尾含桡足类所占比例基本接近 0.5 个; 在 160~170 mm 和 170~180 mm 两组中, 每尾凤鲚饵料中个体较小的桡足类数量又升至 1.0 个左右(表 2)。以上结果显示, 桡足类被摄食数量与凤鲚体长增加不存在明确而有规律的变化趋势。

在小于 150 mm 凤鲚的体长组(100~150 mm)中, 每尾含浮游动物饵料个体较大的糠虾类所占比例达到了近 0.3 个; 而个体较大凤鲚(大于 150 mm)的 3 个体长组(150~180 mm)中, 每尾凤鲚含糠虾的数值不到 0.1 个(表 2), 随着凤鲚体长增加, 饵料中糠虾数量反而有所减少。

上述结果表明, 在凤鲚中不存在类似带鱼^[17] 的现象, 即随着凤鲚体长的增大, 饵料个体体积没有转换和增大的趋势。综上所述, 胃含物中, 桡足类和糠虾类都是重要的食物种类(表 2)。比较胃含物中桡足类和糠虾类数量可知, 较大个体的凤鲚并未对个体较大的糠虾类有更多摄食的趋势, 凤鲚食性没有因个体增大显示出规律的变化, 也不存在随体长体重变化其摄食数量有明显规律性增长的趋势。这些摄食特征, 与肉食性鱼类不同, 可能与凤鲚以滤食浮游生物为主的摄食习性相关。

3.3 栖息水域浮游动物与凤鲚饵料种类组成之间的关系

栖息水域中的生物组成可以在很大程度上决定着该水域鱼类胃含物中饵料种类的组成^[20]。而凤鲚所摄食海洋浮游生物的种类, 可能与栖息水域中浮游动物种类组成密切相关。

对于桡足类来说, 在栖息水域中, 杭州湾的桡足类平均丰度为 1 083.75 个/ m^3 (表 4), 而长江口长兴岛北港水域和九段沙南槽水域附近桡足类的平均丰度值相近, 分别为 17.86 个/ m^3 、21.5 个/ m^3 (表 4)。杭州湾和长江口栖息水域的桡足类数量虽有一定差距, 但是栖息水域中桡足类数量还是大于糠虾的数量(表 4), 从表 3 和表

5 可见,无论是长江口凤鲚还是杭州湾凤鲚,其胃含物中均含有较多的桡足类。从桡足类数量变化可见,胃含物中的桡足类数量和栖息水域中的数量是一致的,一些种类如太平洋纺锤水蚤、火腿许水蚤、虫肢歪水蚤等,分布在受长江径流影响的河口区,长江口北支^[21],浑浊带^[22],也在杭州湾^[23-25]以及长江口南支长兴岛^[26-27]附近大量分布,在本文中,这些种类无论在栖息水域中还是在胃含物中都是优势种(表5)。显示出胃含物种类和栖息水域分布种类,胃含物中数量和栖息水域中数量的一致性。由此可认为,凤鲚对某些饵料生物的摄食,与栖息水域中浮游动物组成密切相关。

对于糠虾来说,由表3和表5可知,糠虾类例如长额刺糠虾、糠虾幼体等,大量出现在杭州湾样品的胃含物中,每尾凤鲚含糠虾的数值大于1.0个,且与胃含物中的桡足类数量相当。长江口水域凤鲚样品的胃含物中仅零星出现糠虾类的记录。在栖息水域中,糠虾只存在杭州湾栖息水域的样品中,而长江口栖息水域的样品中没有出现(表4)。这再一次说明,凤鲚饵料种类数量的不同,是由生境的差异所造成的,而与个体大小无关。由此可认为,凤鲚胃含物中其饵料生物组成,与栖息水域中浮游动物组成密切相关。不同栖息水域环境中生物组成的差异导致了不同采样点凤鲚饵料种类的不同。

3.4 凤鲚对不同种类浮游动物个体的选择

鱼类往往对食物具有一定的选择能力,这种选择能力是依据鱼类对饵料生物的需求和环境这种饵料生物的多寡和可获得的程度来决定的。OLASO等^[14]利用该指数研究了威德尔海东部尖棘鲈科(Arteidraconidae)的5种鱼类对食物的选择性,发现它们很少摄食该海域数量丰富的多毛类,却对端足类的选择性很高。凤鲚依靠鳃耙过滤摄食桡足类^[28],表2-4结果显示,桡足类和糠虾类是重要的食物种类;凤鲚食性没有因个体增大显示出有规律的变化,也不存在随体长体重变化而其摄食数量有明显规律性增长的趋势。凤鲚食性与其生活的水域生物情况有关。虽然凤鲚体长与食性没有明显差异,究竟是否存在其对某些食物的喜好呢?

本文计算了选择系数(表5),结果认为凤鲚对中华华哲水蚤、中华哲水蚤、短尾类大眼幼体

的 I 值为正,有一定的选择性;对火腿许水蚤、虫肢歪水蚤以及太平洋纺锤水蚤选择性较差。而在水环境中火腿许水蚤($Y = 0.30$)、虫肢歪水蚤($Y = 0.10$)以及太平洋纺锤水蚤($Y = 0.26$)在调查栖息水域的浮游生物组成中占绝对优势。在胃含物中桡足类是主要食物类群,火腿许水蚤、虫肢歪水蚤以及太平洋纺锤水蚤是胃含物中桡足类的主要组成成分。 I 值为负,显示胃含物中桡足类的数量较水环境中的数量要少。说明在水域中的优势种桡足类对于滤食的凤鲚来说是被动摄食,不具选择性。

依据本研究的调查结果(表3-5),凤鲚胃含物中的糠虾数量比例远远大于栖息水域中糠虾数量的比例。可以认为凤鲚对个体较大的食物,如长额刺糠虾($I = 0.86$)等糠虾类,有一定的主动摄食行为。由于糠虾个体大约是桡足类的20倍左右,相比桡足类而言,如果栖息水域中糠虾数量较多,糠虾是凤鲚更适宜的饵料生物。

胡剑等帮助采集样品,沈晓民老师在本论文构思和撰写中提供了非常有益的帮助,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 周永东,薛利建,徐开达.舟山近海凤鲚 *Coilia mystus* (Linnaeus)的生物学特性研究[J].现代渔业信息,2004,19(8):19-21.
- [2] 郑重,方金钊.厦门鲚鱼的食料研究——1.六丝鲚 (*Coilia mystus*)的食料研究[J].厦门大学学报:自然科学版,1956(1):1-20.
- [3] 倪勇,王云龙,蒋玫,等.长江口凤鲚的渔业生物学特性[J].中国水产科学,1999,6(5):69-71.
- [4] 仲伟,邵鑫斌,胡利华,等.凤鲚瓯江种群的生物学特性[J].温州大学学报:自然科学版,2009,30(4):14-18.
- [5] 张国祥,倪勇.上海鱼类志[M].上海:上海科学技术出版社,1990:93-115.
- [6] 施炜纲,王博.长江河口区凤鲚的资源现状[J].水生生物学报,2002,26(6):648-653.
- [7] 刘凯,张敏莹,徐东坡,等.长江口凤鲚资源变动及最大持续产量研究[J].上海水产大学学报,2004,13(4):298-303.
- [8] ADAMICKA P. Investigations on the stomach content of *Cottus gobio* near Lunz[J]. Osterreichs Fischerei Salzburg, 1987, 40(1):8-10.
- [9] ARENDT M D, OLNEY J E, LUCY J A. Stomach content analysis of cobia, *Rachycentron canadum*, from lower Chesapeake Bay[J]. Fishery Bulletin, 2001, 99(4):665-670.

- [10] COETZEE D J. Stomach Content Analyses of *Gilchristella aestuarius* and *Hepsetia breviceps* from the Swartvlei System and Groenvlei, Southern Cape[J]. South African Journal of Zoology, 1982, 17(2): 59-66.
- [11] 徐兆礼, 陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与鲈鱼渔场的关系[J]. 生态学杂志, 1989, 8(4): 13-15.
- [12] 陈亚瞿, 徐兆礼. 南黄海、东海鲈鱼索饵场浮游动物生态特征[J]. 应用生态学报, 1990, 1(4): 327-332.
- [13] 窦硕增. 鱼类摄食生态研究的理论及方法[J]. 海洋与湖泊, 1996, 27(5): 556-561.
- [14] OLASO I, RAUSCHERT M, BROYER C D. Trophic ecology of the family Artedidraconidae (Pisces: Osteichthyes) and its impact on the eastern Weddell Sea benthic system [J]. Marine Ecology Progress Series, 2000, 194: 143-158.
- [15] LABROPOULOU Y, GALZIN R, HARMELIN-VIVIEN M. Temporal variations in the diet of the damselfish *Stegastes nigricans* (Lacepede) on a reunion fringing reef[J]. Journal of Experimental Marine Biology Ecology, 1997, 217(1): 1-18.
- [16] MORATO T, SERRAO SANTOS R, PEDRO ANDRADE J. Feeding habits, seasonal and ontogenetic diet shift of blacktail comber *Serranus atricauda* (Pisces: Serranidae), from the Azores, north-eastern Atlantic [J]. Fisheries Research, 2000, 49(1): 51-59.
- [17] 张波. 东、黄海带鱼的摄食习性及其随发育的变化[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(2): 6-12.
- [18] 张其永, 张雅芝. 闽南-台湾浅滩二长棘鲷食性研究[J]. 海洋学报, 1983, 5(3): 349-362.
- [19] 姜卫民, 韦晟, 孙建明. 黄海高眼鲈食性及摄食季节变化的研究[J]. 海洋水产研究, 1989(10): 9-15.
- [20] 殷名称. 鱼类生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 1-295.
- [21] 徐兆礼. 长江口北支水域浮游动物的研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1341-1345.
- [22] 徐兆礼, 王云龙, 陈亚瞿, 等. 长江口最大浑浊带区浮游动物的生态研究[J]. 中国水产科学, 1995, 2(1): 39-48.
- [23] 徐兆礼, 沈新强. 长江口水域浮游动物生物量及其年间变化[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(3): 282-286.
- [24] 朱启琴. 长江口、杭州湾浮游动物生态调查报告[J]. 水产学报, 1988, 12(2): 110-123.
- [25] 徐兆礼, 沈新强, 袁骥, 等. 杭州湾洋山岛周围海域浮游动物分布特征[J]. 水产学报, 2003, 27(s): 69-75.
- [26] 徐兆礼. 长江口邻近水域浮游动物群落特征及变动趋势[J]. 生态学杂志, 2005, 24(7): 780-784.
- [27] 徐韧, 李亿红, 李志恩, 等. 长江口不同水域浮游动物数量特征比较[J]. 生态学报, 2009, 29(4): 1688-1696.
- [28] 苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993: 293.

Study on feeding habit of *Coilia mystus* in Yangtze River Estuary

LIU Shou-hai^{1,2}, XU Zhao-li^{1,2}, TIAN Feng-ge^{1,2}

(1. Key and Open Laboratory of Marine and Estuary Fisheries, Ministry of Agriculture of China, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fisheries Sciences, Shanghai 200090, China ; 2. Department of Oceanography, Xiamen University, Xiamen 361005, Fujian, China)

Abstract: In order to study the diet composition and quantity of *Coilia mystus*, 1 355 stomach samples of *C. mystus* collected from Yangtze River Estuary and Hangzhou Bay from June to August in 2009 were analyzed in this paper. The feeding amount of Copepoda ranged from 0.10 ind/fish to 3.31 ind/fish in North Channel, Changxing Island, Shanghai, while 0.06 – 0.23 ind/fish in South Passage, Jiuduansha Wetland, Shanghai, which indicated that the feeding intensity of *C. mystus* in spawning ground was relatively higher than that during migration. It's detected that the amount of Mysidacea was about 0.40 ind/fish in 100 ~ 150 mm size classes, and 0.10 ind/fish in 150 – 190 mm ones, which demonstrated that there was no obvious tendency of preying bigger Mysidacea by *C. mystus* in bigger size classes. Besides, the relationship between amount distribution of Copepoda and the size classes of *C. mystus* was not evident. Mysidacea was found both in stomachs of *C. mystus* and water samples collected from Hangzhou Bay, while there was a little amount of Mysidacea in *C. mystus* and none in water samples collected from Yangtze River Estuary. This showed that different composition of diet organism in various waters was the primary reason for the variety of *C. mystus* feeding components. It's also found that *C. mystus* showed a preference for *Calanus sinicus* ($I = 0.89$) and *Acanthomysis longirostris* ($I = 0.86$), while *C. mystus* had no active selectivity for dominant species in waters, such as *Schmackeria poplesia* ($I = -0.39, Y = 0.30$).

Key words: *Coilia mystus*; Yangtze River Estuary; feeding habit; zooplankton