

文章编号: 1674-5566(2013)06-0835-06

青草沙水库刀鲚生物学特性初步研究

田思泉^{1,2,3}, 高春霞^{1,3}, 王绍祥⁴, 戴小杰^{1,2,3}

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 农业部大洋渔业资源环境科学观测实验站, 上海 201306; 3. 上海海洋大学 大洋渔业资源可持续开发省部共建教育部重点实验室, 上海 201306; 4. 上海城投原水有限公司, 上海 201306)

摘要: 青草沙水库在合龙和进水过程中引入长江口洄游的刀鲚, 目前刀鲚是水库内的优势鱼类, 其在水库生态系统中具有重要的地位。根据对2011年5月、7月、10月和12月青草沙水库随机采集的刀鲚样本进行的生物学特性研究, 对全长分布、体重分布、全长与鱼体原重和净重的关系、性比、性腺成熟度、性腺指数和摄食等级等进行了分析。研究结果表明: 雌雄平均全长分别为25.0 cm、23.4 cm, 优势全长组均为20~25 cm; 雌雄平均体重为52.0 g和41.0 g, 优势体重组均为20~40 g; 不分性别刀鲚全长 T_L 与鱼体体重 B_W 及净重 D_W 的关系分别为: $W_B = 0.0008L_T^{3.3983}$, $W_D = 0.0006L_T^{3.4286}$; 不分性别刀鲚的体重 B_W 与净重 D_W 的线性关系为 $W_D = 1.0598W_B - 0.3425$; 雌、雄刀鲚的性腺重量与全长、体重之间呈显著正相关性($P < 0.01$), 雌雄刀鲚的性腺重量随全长、体重的增加而增加; 雌雄性比为2.6:1, 经 χ^2 检验不符合1:1比例; 雌雄性腺的发育期多为II期, 分别占各自总数的69.6%和72.2%, 性成熟个体相对较少, 4月份和7月份性成熟个体较多, 而10月份和12月份成熟个体较少; 雌、雄性腺指数具有差异性, 雌性性腺指数大于雄性, 成熟个体的性腺指数大于未成熟个体, 性未成熟的个体性腺指数随着鱼体增大而增大, 而性成熟个体的性腺指数却随着鱼体增大而减小; 刀鲚胃含物中以虾为最多, 摄食等级以0~1级为主, 占61.11%。

研究亮点: 青草沙水库刀鲚来源于长江口洄游性的刀鲚群体, 其生态习性存在由洄游型逐步转化成定居型的可能。本研究基本探明了其生态习性变化早期阶段的生物学特性, 从而为研究青草沙水库刀鲚的生态变化提供基础资料。

关键词: 青草沙水库; 刀鲚; 生物学特性
中图分类号: S 931.1; S 917

文献标志码: A

刀鲚 (*Coilia nasus*), 学名长颌鲚 (*Coiliaecetenes* Jordan), 隶属于鲱形目 (Clupeiformes)、鲱科 (Engraulidae)、鲚属 (*Coilia*)。长江刀鲚栖息于长江口及邻近浅海底层摄食, 而在繁殖季节, 成熟个体会集群溯河至长江口及长江中下游水域产卵^[1]。长江刀鲚作为洄游性种类, 因近年来长江水文条件的变化使产卵场遭到破坏, 又因不断升高的市场价格引起渔民的过度捕捞, 造成资源的明显衰退, 而水质环境的恶化, 更导致产量的锐减^[2-6]。

上海市自2006年开始在长江口的长兴岛附

近开建青草沙水库, 2010年基本合龙, 围成约70平方公里的水域。根据本研究的先前预调查以及胡忠军等^[7]对青草沙水库正式供水前的鱼类资源调查显示, 刀鲚是青草沙水库鱼类中资源丰度最高的种类之一。刀鲚可能通过两个途径进入青草沙水库: 一是水库合龙时被围圈起来的; 二是通过取水口游进水库 (或可能是鱼卵通过取水口进入水库存活)。由于取水口是通过水泵抽取, 因此可以判断水库内的刀鲚较难逃逸; 此外, 水库内禁止渔船的捕捞活动。因此, 青草沙水库为刀鲚提供了良好的栖息和保护场所, 也可能会

收稿日期: 2013-08-22 修回日期: 2013-09-25

基金项目: 上海市教育委员会科研创新项目(10YZ124)

作者简介: 田思泉 (1978—), 男, 副教授, 研究方向为渔业资源评估和管理、渔业海洋学。E-mail: sqtian@shou.edu.cn

通信作者: 戴小杰, E-mail: xjdai@shou.edu.cn

使该水库内刀鲚由洄游型转变为定居型。本文根据 2011 年 4 个季度对青草沙水域的调查资料,分析青草沙水域刀鲚的生物学特征,有助于更好地了解青草沙水库内刀鲚的生长、繁殖状况,为其种质资源的保护和管理提供重要的信息。

1 材料与方法

1.1 样本采集时间和位置

本研究的采样时间为 2011 年 5 月、7 月、10 月和 12 月,调查网具为刺网(网目为 2 cm、4 cm、6 cm、8 cm 和 10 cm,每片网的长度是 30 m,2 cm 和 4 cm 的网高为 0.8 m,其它网高为 1.5 m)。由于对刀鲚的调查与青草沙水库的鱼类多样性调查同步进行,因此调查的区域划分主要根据青草沙水库的鱼类多样性调查的研究需要。根据正式调查前的预调查情况和水文情况^[6],将青草沙水库划分为 3 个区域(图 1),分别是放养区、对照区和西区,每 3 个区域设置 4 个站点。放养区用 1 cm 网目的网与外部隔离,主要放流鲢鳙等滤水性种类用于净化水质;对照区的水文环境与放养区相似,可以用于比较两个区域的鱼类资源情况;西区靠近进水口,水深较浅、流速较快,此外中心还有一个小岛,因此水文环境与另外两个区显著不同。

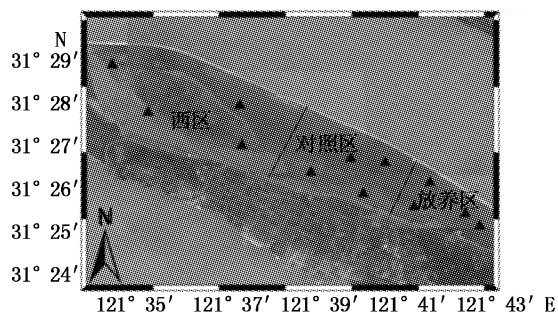


图 1 采样站点

Fig.1 The location of sampling sites for *Coilia ectenes*

1.2 生物学观测和数据分析

将采集到的刀鲚样本放于冰冻保温箱中带回实验室,在实验室中测量刀鲚的全长、原重、净重等生物学数据,全长测定用直尺,精确到 0.1 cm,原重和净重测定用天平,精确到 0.01 g;解剖刀鲚,判别其胃饱满程度以及性腺的发育成熟度,取其性腺,用万分之一电子天平称重,精确到 0.001 g。根据精巢和卵巢发育情况,将性腺成熟

度分为 6 期(I、II、III、IV、V 和 VI),其中 I、II 期划分为性未成熟,III 期及其以上为性成熟^[8];摄食等级采用 5 级标准(0、1、2、3、4 和 5 级)^[9]。

1.3 数据分析方法

(1) 采用 Kolmogorov-Smirnov 检验长度分布、体重分布差异性,该检验为非参数检验,无需对原始数据作分布类型上的假设;采用协方差分析(ANCOVA)检验雌雄样本全长和体重、净重关系是否存在显著性差异;利用皮尔逊相关分析检验雌雄性腺重量与体长、体重的相关性;采用 χ^2 检验判断性比是否符合 1:1;采用 Mann-Whitney 检验不同性别性腺指数的差异性^[10-12]。

(2) 全长与体重、净重关系采用幂函数关系进行拟合: $W = aL^b$ (1)

式中: W 为重量(g); L 为全长(cm); a , b 为参数。

(3) 性比: 雌雄个体尾数的比值。

(4) 性腺指数: $I_{CS} = G_{ow}/G_w \times 100$ (2)

式中: G_{ow} 指的是性腺重量; G_w 为体重,雌、雄的性腺重量分别指卵巢、精巢重量。

以上数据检验和分析使用 SPSS 17.0 和 Excel 2007。

2 结果

2.1 刀鲚全长和体重组成

本研究共采集刀鲚 506 尾,全长范围为 8.2 ~ 34.2 cm,经 Kolmogorov-Smirnov Z 检验,刀鲚全长分布不符合正态分布($P = 0.013 < 0.05$)。由于每次调查放网时间是一整夜,以及天气和网具操作等原因,部分刀鲚样本身体腐烂或者残缺,在剩下的样本中随机采集 130 尾带回实验室进行性别鉴定、性腺测定和胃含物分析,其中雄性 36 尾,全长范围为 11.40 ~ 34.20 cm,平均全长为 (23.4 ± 5.84) cm,优势全长组为 20 ~ 25 cm,占雄性总尾数的 41.7%;雌性 94 尾,全长范围为 12.5 ~ 33.9 cm,平均全长为 (25.0 ± 5.28) cm,其中优势全长组为 20 ~ 25 cm,占雌性总尾数的 33.7%(图 2);雌、雄样本全长分布经双样本 Kolmogorov-Smirnov Z 检验无显著性差异($P = 0.284 > 0.05$)。青草沙水域雄性刀鲚样本的体重范围为 3.44 ~ 122.90 g,平均体重为 (41.00 ± 30.40) g,优势体重组为 20 ~ 40 g,占雄性总体重的 33.3%;雌性刀鲚样本的体重范围为 4.09 ~ 128.30 g,平均体重为 (52.00 ± 33.20) g,优势体

重组为 20 ~ 40 g, 占雌性总体重的 31.9%; 经双样本 Kolmogorov-Smirnov Z 检验, 雌、雄样本体重分布无显著性差异 ($P = 0.163 > 0.05$)。

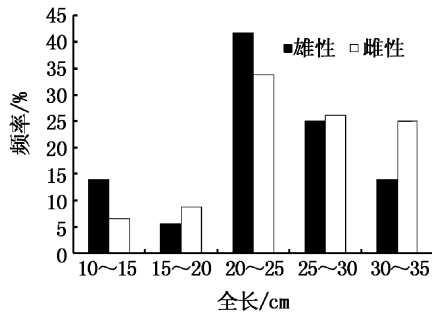


图 2 刀鲚全长频率分布

Fig.2 Total length frequency distribution of *C. ectenes*

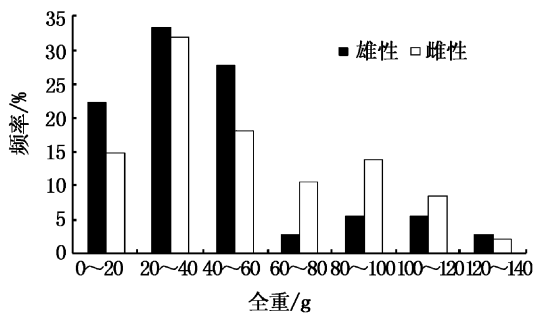
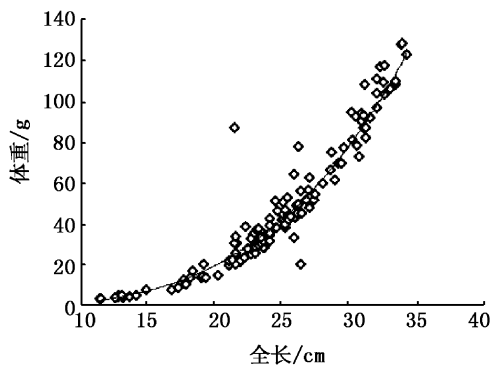


图 3 刀鲚体重频率分布

Fig.3 Body weight frequency distribution of *C. ectenes*

2.2 刀鲚全长和体重、净重的关系

经过协方差分析检验, 雌、雄样本的全长和



体重之间无显著性差异 (ANCOVA, $F = 0.698$, $P = 0.405 > 0.05$), 雌雄样本全长与净重之间无显著性差异 ($F = 0.097$, $P = 0.756 > 0.05$), 故可将雌雄样本数据混合, 拟合全长-体重的关系式为: $W_B = 0.0008L_T^{3.3983}$ ($R^2 = 0.9501$, $n = 130$), 全长-净重的关系式为: $W_D = 0.0006L_T^{3.4286}$ ($R^2 = 0.8788$, $n = 130$), b 值 > 3 , 表明刀鲚属于异速生长 (图 4)。

2.3 雌雄性比和性腺成熟度

刀鲚样本的性比值为 2.6:1, 经 χ^2 检验, 雌雄性比不符合 1:1 ($P < 0.01$)。按不同月份分析, 4 月份雌雄性比为 4.5:1, 7 月份性比为 2.8:1, 10 月份性比为 2.75:1, 12 月份的性比为 2.2:1, 其中 4 月份雌雄性比比例最大, 随后月份比例逐渐减小。

雄性的性腺发育期主要为 II 期, 占雄性总数的 72.2%, 性成熟个体占总数的 16.7%; 雌性的性腺发育在各个长度段也主要为 II 期, 占雌性个体总数的 69.6%, 性成熟个体则占总数的 27.2%。图 5 为不同月份的刀鲚样本性腺成熟度频率分布, 4 月份和 7 月份的刀鲚性腺发育期 III 期以上所占比例大于 II 期所占比例, 成熟个体所占比例分别为 66.67% 和 57.14%, 而 10 月份和 12 月份的性腺发育期为 II 期居多, 未成熟个体比例分别达到 63.64% 和 96.08% (图 5)。

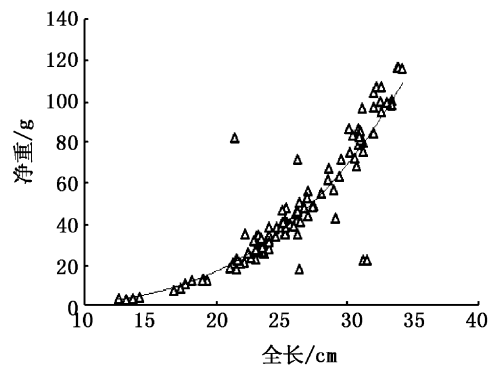


图 4 刀鲚全长和体重、净重关系

Fig.4 Relationship between total length-body weight and total length-dressed weight of *C. ectenes*

2.4 性腺重量与刀鲚全长、体重的关系

雄性刀鲚样本的精巢重量平均值为 0.25 g, 变化范围为 0.020 ~ 1.089 g ($SD = 0.277$, $n = 36$); 雌性刀鲚的卵巢重量均值为 0.62 g, 变化范围为 0.0082 ~ 4.591g ($SD = 0.606$ g, $n = 94$)。

经皮尔逊相关分析检验, 雌雄刀鲚的性腺重量与全长, 体重之间呈显著正相关性 (表 1)。如图 6 所示, 雌、雄刀鲚的性腺重量基本随全长和体重的增加而增加, 刀鲚繁殖能力与体长、体重关系密切。

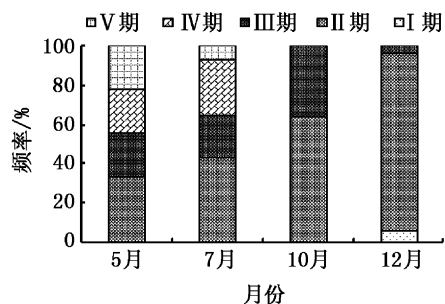


图5 雌性卵巢发育成熟度与月份关系
Fig.5 The variations of gonad maturity stages in the seasons

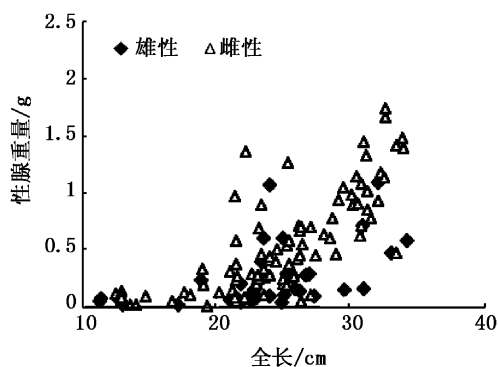


表1 雌雄刀鲚性腺重量与全长、
原重关系的皮尔逊相关分析
Tab.1 Pearson correlation analysis for the relationship
between total length-gonad weight and
body weight-gonad weight of *C. ectenes*

关系	性别	相关系数 r	显著性 P
性腺重量-体重	雄性	0.688 **	<0.01
	雌性	0.601 **	<0.01
性腺重量-全长	雄性	0.506 **	<0.01
	雌性	0.526 **	<0.01

注: ** 表示在 0.01 水平上显著相关。

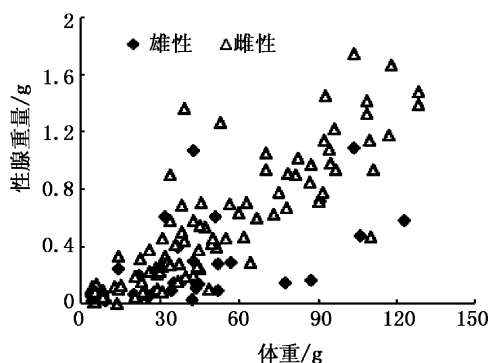


图6 雌雄刀鲚性腺重量与全长、体重的关系

Fig.6 Relationship between total length-gonad weight and body weight-gonad weight of male and female *C. ectenes*

2.5 性腺指数

经过 Mann-Whitney 检验,雌雄性成熟个体的性腺指数与未成熟个体的性腺指数间存在显著性差异($P < 0.05$)。雄性性腺指数总变化范围为 0.088 ~ 2.514,平均值为 0.71 ± 0.62 ($n = 36$);雌性性腺指数总变化范围为 0.06 ~ 9.91,平均值为 1.17 ± 1.09 ($n = 94$)。经 Mann-Whitney 检验,雌、雄性腺指数有显著性差异($P < 0.01$),雌性性腺指数大于雄性性腺指数。雄性成熟个体的性腺指数平均值为 1.14 ± 0.69 ,变化范围为 0.430 ~ 2.022,未成熟个体的性腺指数平均值为 0.63 ± 0.58 ,变化范围为 0.089 ~ 2.514;雌性成熟个体的性腺指数均值为 1.85 ± 1.81 ,变化范围为 0.427 ~ 9.907,未成熟个体的性腺指数均值为 0.90 ± 0.38 ,变化范围为 0.060 ~ 2.338;性成熟个体的性腺指数均值较未成熟个体的性腺指数大。图7为雌性未成熟性腺指数和性成熟指数与全长的关系,发现性未成熟的个体性腺指数随着长度的增加而出现轻微增加趋势,而性成熟个体的性腺指数却随着长度的增加而减小。

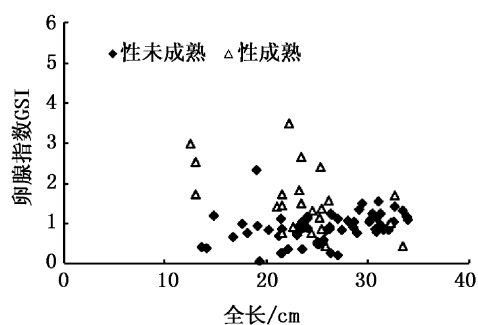


图7 雌性性腺指数与全长的关系
Fig.7 Relationship between gonad somatic index (GSI) and total length of females

2.6 摄食等级

对刀鲚样本的胃饱满度进行分析,发现大型刀鲚胃含物中主要有虾类、刀鲚、银鱼等,其中虾所占比例最大,为 47.4%。摄食等级中以 0 级为主,占总数的 39.81%;其次为 1 级,占总数的 21.30%;2 级占总数的 19.44%,3 级占总数的 10.19%;4 级占比重的 9.26%。

3 讨论

鉴于刀鲚采样调查是与青草沙鱼类多样性的调查相结合进行的,因此调查区域划分和站点设计主要依据青草沙鱼类多样性调查的需要,调查中所划分的3个区域中,每个区域设置4个站点,西区面积很大,但由于靠近取水口,调查时风浪较大且流速较快,调查船操作较为困难,同时下网和收网也相当困难,很难设置更多的站点进行调查,因此调查活动相对集中在放养区和对照区;为了尽可能捕获很多且不同大小个体的刀鲚样本,每个站点都同时放置了不同网目的刺网;此外,调查时间是每次放网时间为一整晚,一些刀鲚样本浸泡水中时间过长导致腐烂,有时青草沙水库的风浪大导致收网较为困难,加上操作会对样本损伤等这些不可避免的因素会造成部分刀鲚样本身体残缺,因此很多样本只能直接测量体长,而无法进行进一步的性腺研究。带回实验室用于进一步分析的样本基本涵盖了各个体大小的刀鲚,因此研究结果基本可以反映青草沙水库刀鲚的一般生物学特性。

青草沙水库雌、雄刀鲚的体长范围主要集中在20~30 cm,体重范围主要集中在20~60 g,与管卫兵等^[13]研究的2006~2008年长江洄游刀鲚体长、体重分布一致,且取样样本中均以小个体刀鲚为主,间接证实青草沙水库的刀鲚来源于长江的洄游刀鲚;管卫兵等^[13]发现利用多年的数据拟合洄游刀鲚体长、体重数据,结果误差较大,而同一年的洄游刀鲚雌雄体长、体重拟合曲线较准确且性别间无差异,因此文中拟合出的2011年的青草沙水库刀鲚体长与体重、体长与净重之间的关系式可信度较高,研究也证实了同年雌、雄长度和重量间无显著性差异;青草沙刀鲚的生长状态与管卫兵等^[13]研究长江洄游刀鲚的结果一致,生长处于异速状态,这些都显示青草沙水库目前的环境对刀鲚的生长影响较小,水库内刀鲚仍保持着洄游性刀鲚的生长特性。何为等^[14]认为长江刀鲚性腺成熟程度与洄游时间及水温密切相关,认为6月上旬洄游群体的性腺发育程度为IV、V期;闻海波等^[15]研究长江下游刀鲚性腺发育时发现雌性在12月份卵巢处于II期,而6月份卵巢能发育至IV期晚期;通过性腺研究发现5月和7月长江口刀鲚性腺发育多为性成熟状态,而

10月、12月调查的刀鲚性腺主要以II期为主,水库刀鲚的性腺发育状态与洄游刀鲚的性腺发育保持一致性,卵巢的成熟期多集中在5、6月份。LI等^[16]和管卫兵等^[13]研究雌、雄刀鲚性腺重量时发现性腺重量与体长、体重关系密切,此研究同样证实了这个观点,性腺重量与体长、体重呈正相关性。由此可以看出青草沙水库刀鲚与长江刀鲚的生物学特性一致,目前仍保持洄游性刀鲚特性,因此青草沙水库刀鲚可以为研究洄游性刀鲚的生态演化提供很好的范本。

近年来长江刀鲚资源出现严重的衰退现象,恢复刀鲚资源最直接有效的措施是保护刀鲚的产卵群体^[2],而青草沙水库位于长江口段,为刀鲚产卵群体提供了适宜的产卵场;同时青草沙水库禁止渔业行为,进一步保护了刀鲚的生殖群体以及幼体的生长,对刀鲚资源的保护具有重要作用。青草沙水库是新生的封闭生态系统,有研究者认为,水利工程的兴建会阻隔破坏洄游性鱼类的洄游通道,造成资源的衰退^[7],而在本调查中却发现了刀鲚的仔稚鱼,这又从一定程度上说明水库内的刀鲚有可能会从洄游性被迫转变成成为定居型,通过自身延续下一代,这为研究刀鲚的生态演化过程提供了重要的信息,可进一步地进行深入的研究;另外根据2011年的调查资料分析,并对比其他人的研究成果,推测目前青草沙水库的刀鲚大多仍保持洄游型的生物学特性,因此下一步工作可以利用分子生物学方面的技术来对其生理生态进行研究。

参考文献:

- [1] 长江水产研究所资源捕捞研究室,南京大学生物系鱼类研究组. 刀鲚的生殖洄游[J]. 淡水渔业, 1977(6): 19-24.
- [2] 万全,赖年悦,李飞,等. 安徽无为长江段刀鲚生殖洄游群体年龄结构的变化分析[J]. 水生态学杂志, 2009, 2(4): 60-65.
- [3] 袁传宓. 长江中下游刀鲚资源和种群组成变动状况及其原因[J]. 动物学杂志, 1988, 23(3): 12-14.
- [4] 黄仁术. 刀鱼生物学特性及资源现状与保护对策[J]. 水利渔业, 2005, 25(2): 33-34.
- [5] 张敏莹,徐东坡,刘凯. 长江下游刀鲚生物学及最大持续产量的研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(6): 694-698.
- [6] 张宏伟,吴健,车越,等. 长江口青草沙水源地开发的生态环境影响[J]. 华东师范大学学报:自然科学版, 2009(3): 38-47.

- [7] 胡忠军, 吴昊, 陈立桥. 长江口青草沙水库正式供水前的鱼类群落结构特征[J]. 水产学报, 2012, 36(8): 1234 - 1241.
- [8] WEST G. Method of assessing ovarian development in fishes: a review [J]. Australian Journal of Marine & Freshwater Research, 1990, 41: 199 - 222.
- [9] 苏锦祥. 鱼类学与海水鱼类养殖[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 300 - 312.
- [10] OLIVEIRA P, HAZIN F H V, CARVALHO F, et al. Reproductive biology of the crocodile Shark *Pseudocarcharias kamohara* [J]. Journal of Fish Biology, 2010, 76(7): 1655 - 1670.
- [11] HAZIN F, FISCHER A, BROADHURST M. Aspects of reproductive biology of the scalloped hammerhead shark, *Sphyrna lewini*, off northeastern Brazil [J]. Environmental Biology of Fishes, 2001, 61(2): 151 - 159.
- [12] 高春霞, 田思泉, 戴小杰. 热带中东大西洋拟锥齿鲨生物学的初步研究[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(2): 289 - 294.
- [13] 管卫兵, 陈辉辉, 丁华腾, 等. 长江口刀鲚洄游群体生殖特征和条件状况研究[J]. 海洋渔业, 2010, 32(1): 73 - 80.
- [14] 何为, 李家乐, 江芝娟. 长江刀鲚性腺的细胞学观察[J]. 上海水产大学学报, 2006, 15(3): 292 - 296.
- [15] 闻海波, 张呈祥, 徐钢春, 等. 长江刀鲚与池塘人工养殖刀鲚性腺发育的初步观察[J]. 动物学杂志, 2009, 44(4): 111 - 117.
- [16] LI Y, XIE S, LI Z, et al. Gonad development of an anadromous fish *Coilia ectenes* in lower reach of Yangtze River [J]. Fisheries Science, 2007(73): 1224 - 1230.

Biological characteristics of *Coilia ectenes* in Qingcaosha reservoir

TIAN Si-quan^{1,2,3}, GAO Chun-xia^{1,3}, WANG Shao-xiang⁴, DAI Xiao-jie^{1,2,3}

(1. College of Marine Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. The Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 4. Shanghai Chengtong Raw Water Company, Shanghai 201306, China)

Abstract: *Coilia ectenes* is an abundant species in Qingcaosha reservoir and plays an important ecosystem role. Seasonal surveys were conducted in 2011 to sample the specimens of *Coilia ectenes* for studying their biological property. Statistical approaches were used in data analysis to describe the biological characteristics of *Coilia ectenes* in Qingcaosha reservoir. The dominant total length (TL) of the samples of both females and males was 20 - 25 cm with the means of 25 cm and 23.4 cm, respectively. And also, the dominant round weight of different sex samples was same with the range of 20 - 40 g. The relationships between TL and BW (body weight), TL and DW (dressed weight) of all samples could be described as $W_B = 0.0008 \times L_T^{3.3983}$ and $W_D = 0.0006 \times L_T^{3.4286}$. Pearson correlation analysis showed a positive correlation existing in both gonad weight versus total length and gonad weight versus round weight for different sex samples. Moreover, it showed a trend that the gonad weight of *C. ectenes* increased with both their total length and round weight. The sex ratio of the samples of *C. ectenes* was 2.6:1 which was not in accord with 1:1. The gonad analysis indicated that more mature individuals were found in May and July, and the dominant maturity samples were mainly at stage II which accounted for 69.6% for femals and 72.2% for males; Furthermore, the mature individuals' gonad somatic index (GSI) was obviously higher than immature individuals' and the immature individuals' GSI tended to increase with total length and conversely for the mature individuals'. The main prey of *Coilia ectenes* was shrimp and the feeding intensity was mostly in the class 0 and 1 which accounted for 61.11% of the total in the samples.

Key words: *Coilia ectenes*; biological characteristics; Qingcaosha reservoir