

文章编号: 1674 - 5566(2013)02 - 0289 - 06

热带中东大西洋拟锥齿鲨生物学的初步研究

高春霞¹, 田思泉^{1,2,3}, 戴小杰^{1,2,3}, 吴峰², 许友伟¹

(1. 上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306; 2. 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; 3. 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)

摘要: 拟锥齿鲨是金枪鱼延绳钓渔业中常见的兼捕鱼种, 处于海洋食物链的顶端, 对海洋生态系统的稳定和多样性起着极其重要的作用。根据我国金枪鱼渔业国家观察员在热带大西洋海域(4.24° ~ 14.03°N, 38.28° ~ 27.13°W)调查时采集的383尾拟锥齿鲨样本, 按不同性别对其生物学特征进行初步研究。结果表明: 拟锥齿鲨雌性比约为1:0.36, 且存在显著性差异; 雌、雄性拟锥齿鲨的优势叉长范围分别为75~95 cm、65~90 cm; 雌性肝重指数与性腺的发育程度关系不明显, 雌性性成熟个体的肝重指数小于未成熟个体; 雄性成熟个体占雄性总数的96.8%, 雌性性成熟度以Ⅱ期和Ⅳ期为主, 性成熟个体占雌性总数的56.12%, 雌性拟锥齿鲨50%性成熟叉长为84.6 cm; 摄食等级以0级为主, 其次为1级, 分别占52.38%和33.86%; 胃含物中以沙丁鱼出现频率最高, 其次为鱿鱼, 分别占72.56%和27.44%; 雌、雄的叉长和重量关系式分别为: $W_R = 2 \times 10^{-5} L_F^{2.7614}$, $W_R = 2 \times 10^{-6} L_F^{3.3287}$ 。

研究亮点: 作为大洋食物链顶端种类, 拟锥齿鲨在海洋生态系统处于重要地位, 本文利用我国金枪鱼渔业观察员在海上采集的样本, 首次较为全面地描述了拟锥齿鲨的生物学特征。很好地补充了我国为应对国际管理组织要求而进行大洋性鲨鱼的研究, 研究结果可作为区域性国际管理组织评估资源的依据。

关键词: 拟锥齿鲨; 金枪鱼延绳钓; 生物学特征; 热带大西洋

中图分类号: S 931

文献标志码: A

拟锥齿鲨 (*Pseudocarcharias kamoharui*) 隶属于鼠鲨目 (Lamniformes)、拟锥齿鲨科 (Pseudocarchariidae)、拟锥齿鲨属 (*Pseudocarcharias*), 异名鳄鲨。拟锥齿鲨作为大洋性小型中上层卵胎生鲨鱼, 主要分布于印度洋、太平洋和大西洋的温带或热带海域, 栖息的水深从表层到590 m之间^[1-2], 其处于海洋食物链的顶端, 对海洋生态系统的稳定和多样性起着极其重要的作用。拟锥齿鲨是金枪鱼延绳钓渔业中常见的兼捕种类^[3-4], 因此渔业活动对其资源具有较大的影响, 虽然其鱼肉的经济价值较小, 在渔业生产中常被丢弃, 但其肝脏中具有丰富的角鲨烯, 因此存在潜在的较高经济价值^[5-6]。近些年来国际上越来越关注对鲨鱼资源的保护, 国际自然联盟 (World Conservation Union, IUCN)

根据COMPAGNO和MUSICK^[7]的评估, 将拟锥齿鲨定为“近危物种”。

拟锥齿鲨作为大洋性的种类, 其样本采集和数据收集较为困难, 本文利用中国金枪鱼渔业国家观察员收集的样本, 对其基本的生物学特征开展研究, 尽管国内外有学者对拟锥齿鲨的生物学开展过研究, 但主要集中在对其繁殖特征方面研究^[8-11], 其基本生物学信息仍缺乏。本研究利用在大西洋热带海域采集的样本和数据, 较为全面地阐述了拟锥齿鲨的生物学特征, 研究结果可以作为区域性国际管理组织评估资源的依据。

1 材料与方法

1.1 采样时间和区域

采样时间为2011年11月-2012年3月, 由

收稿日期: 2012-08-03 修回日期: 2012-10-05

基金项目: 农业部三大洋金枪鱼观察员项目(08-54)

作者简介: 高春霞(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源生物学。E-mail: gaochunxia.good@163.com

通信作者: 田思泉, E-mail: sqtian@shou.edu.cn

中国金枪鱼渔业国家观察员在大西洋热带区域(4.24°~14.03°N, 38.28°~27.13°W)进行采样(图1),共收集拟锥齿鲨样本383尾。

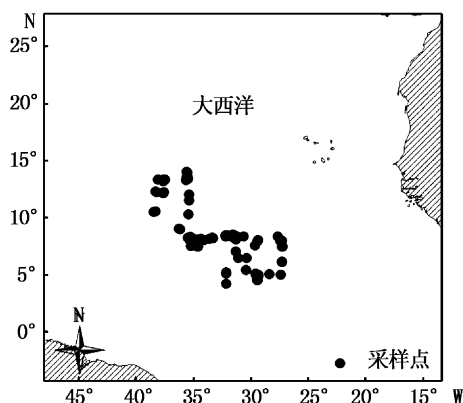


图1 拟锥齿鲨的采样区域

Fig.1 The sampling area for *P. kamoharai*

1.2 生物学观测和数据分析

观察员在渔船上观察每个拟锥齿鲨样本的性别、性成熟度、胃含物等,并测量其全长(total length, L_T),叉长(fork length, L_F)、全重(round weight, W_R)、肝重(liver weight, W_L)、鳍脚长度(cluster length, L_C)等数据。主要研究方法如下:

(1)叉长分布以5 cm组距,绘制雌雄样本频率分布图,确定优势叉长组;并采用Kolmogorov-Smirnov检验和 t 检验方法来判别雌雄样本长度分布有无显著差异性。

(2)采用线性回归拟合全长与叉长的关系,叉长与重量关系采用幂函数关系进行拟合^[12]:

$$W_R = aL_F^b \quad (1)$$

式中: W_R 为全重(g); L_F 为叉长(cm); a , b 为参数,并利用协方差分析(ANCOVA)检验雌雄样本叉长和重量的关系是否存在显著性差异。

(3)肝重指数^[13](Hepatosomatic indices, HSI) = (肝重/体重) × 100

(4)性比 = 雌性个体尾数/雄性个体尾数 × 100%,并采用 χ^2 检验判断性比是否符合1:1。

(5)通过鳍脚钙化程度来判断雄性拟锥齿鲨是否达到性成熟,当鳍脚呈完全钙化状态,则雄性达到成熟,反之为未成熟^[10-11]。通过观察生殖系统(卵巢发育情况)来判别雌性拟锥齿鲨的性成熟程度,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^[14-16]。对各叉长组成熟个体

的比率和叉长组组中值数据采用非线性 Logistic 模型拟合,建立成熟比例-叉长关系模型^[10], Logistic 模型公式为:

$$P = \frac{1}{1 + e^{[r(L_F - L_{50})]}} \quad (2)$$

式中: L_F 为各叉长组组中值; P 为各叉长组的成熟个体比率; r 为曲线斜率; L_{50} 为成熟个体比率为50%所对应的叉长。

(6)摄食等级采用5级标准^[17],分别为0级(空胃)、1级(胃内有少量食物,体积不超过胃腔的1/2)、2级(胃内食物较多,体积超过胃腔的1/2)、3级(胃内食物充满,但胃壁不膨胀)、4级(胃内食物饱满,胃壁膨胀凸出)。

数据分析软件为 Microsoft Excel 2007 和 SPSS 17.0。

2 结果

2.1 叉长分布

样本中雄性282尾,叉长范围为48~97 cm,平均值为78.4 cm,优势叉长组为65~90 cm,占总尾数的94.3%;雌性101尾,叉长范围为56~99 cm,平均值为84.7 cm,优势叉长组为75~95 cm,占总尾数的83.2%(图2)。根据Kolmogorov-Smirnov检验,雌雄样本叉长分布呈显著性差异($P < 0.01$);经 t 检验,雌性样本平均叉长显著大于雄性样本($P < 0.01$)。

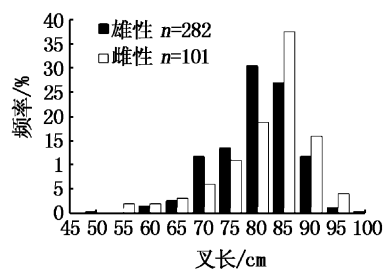


图2 雌雄拟锥齿鲨叉长频率分布

Fig.2 Fork length frequency distribution for female and male of *P. kamoharai*

2.2 全长与叉长关系

经协方差分析检验,雌雄样本全长和叉长的关系无显著性差异(ANCOVA, $P > 0.05$),因此将雌雄样本数据合并,线性回归拟合出全长和叉长的线性关系式为: $L_T = 1.1513L_F - 0.3496$ ($n = 248$, $R^2 = 0.9407$,图3)。

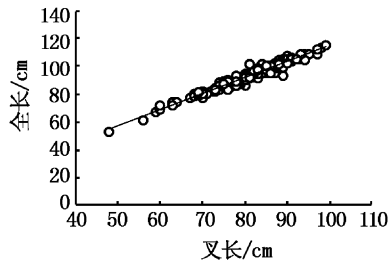


图3 全长和叉长的关系

Fig. 3 Total length versus fork length for *P. kamoharai*

2.3 叉长-全重的关系

雄性叉长-全重的关系式为: $W_R = 2 \times 10^{-6} L_F^{3.3287}$ ($n = 238, R^2 = 0.8365$); 雌性叉长-全重的关系式为: $W_R = 2 \times 10^{-5} L_F^{2.7614}$ ($n = 89, R^2 = 0.8534$); 经协方差分析检验雌雄样本叉长-体重关系呈显著性差异 (ANCOVA, $P < 0.01$), 雌雄拟锥齿鲨的生长呈异速生长。

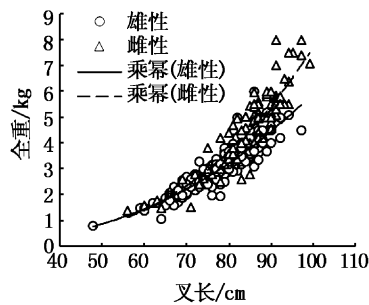


图4 雌雄拟锥齿鲨叉长-全重的关系

Fig. 4 Fork length to round wight relationships of both males and females of *P. kamoharai*

2.4 性比

通过鉴定每月调查的拟锥齿鲨性别, 发现每月的雌雄性比均不符合 1:1 比例, 雄性的数目明显多于雌性 (表 1)。雌雄总性比为 2.79:1, 经卡方检验, 性比不符合 1:1 比例 ($P < 0.05$)。

2.5 叉长、性成熟期与肝重指数的关系

肝脏可以为拟锥齿鲨的发育提供能量。在收集的样本中, 雄性拟锥齿鲨的肝重范围为 0.13 ~ 1.20 kg, 平均值为 0.61 kg; 雌性拟锥齿鲨的肝重范围为 0.25 ~ 1.50 kg, 平均值为 0.84 kg, 经 t 检验, 雌性的平均肝重大于雄性 ($P < 0.05$)。

肝重指数是鱼类肝脏重量占总重的比例, 雄性肝重指数为 13.87 ~ 26.67, 其未成熟个体的肝重指数范围为 13.57 ~ 24.78, 平均值为 18.44, 成

熟个体肝重指数范围为 14.00 ~ 26.67, 平均值为 19.63; 经单因素方差分析显示雄性拟锥齿鲨成熟和未成熟个体的肝重指数无显著性差异 ($P > 0.05$)。雌性肝重指数范围为 11.27 ~ 31.54, 其未成熟个体的肝重指数范围为 15.63 ~ 31.54, 平均值为 20.68, 成熟个体的肝重指数范围为 11.27 ~ 24.30, 平均值为 16.3; 经 t 检验显示雌性成熟个体的肝重指数明显小于未成熟个体 ($P < 0.01$)。

表 1 热带大西洋雌雄拟锥齿鲨月调查数目及 χ^2 性比检验结果

Tab. 1 The number of samples and χ^2 for testing the hypothesis that if the sex ratio (female to male) is 1:1 for *Pseudocarcharias kamoharai* from November 2011 to March 2012 in the tropical Atlantic Ocean

调查时间	雌性数目	雄性数目	χ^2	P 值
2011.11	4	20	10.67	<0.05
2011.12	42	89	16.86	<0.05
2012.01	15	53	18.85	<0.05
2012.02	11	52	26.68	<0.05
2012.03	29	68	15.68	<0.05

经 Pearson 相关分析显示雄性拟锥齿鲨的叉长与肝重指数呈显著正相关 ($r = 0.169, P < 0.05$), 而雌性拟锥齿鲨的叉长和肝重指数呈负相关性, 但显著性不明显 ($r = -0.152, P > 0.05$)。

2.6 性成熟期和性成熟长度

通过观察雄性拟锥齿鲨鳍脚的钙化程度发现, 雄性达到性成熟的个体有 273 尾, 占总数的 96.8%, 叉长范围为 63 ~ 97 cm, 平均值为 78.96 cm, 鳍脚长度范围为 9 ~ 13.5 cm, 平均值为 10.95 cm; 未成熟个体有 9 尾, 叉长范围为 48 ~ 68 cm, 平均值为 60.78 cm, 鳍脚范围为 3.5 ~ 9 cm, 平均值为 6.74 cm, 因此推断当鳍脚长度达到 9 cm 时, 表明雄性拟锥齿鲨达到成熟, 反之, 则未成熟。

通过观测卵巢发育状况发现, 雌性样本性成熟期有 I、II、III 和 IV 期, 其中 II 期和 IV 期分别占总样本的 40.82% 和 41.84%, 性成熟个体 (III 期以上) 占总数的 56.12%。叉长在 55 ~ 85 cm 之间, 主要为 I 期和 II 期的未成熟个体, 占该段总样本数的 76.3%; 随着叉长的增大, 性成熟个体

数目增多,叉长在 90 ~ 100 cm 时主要为性成熟个体,占该段总样本数的 89.66% (图 5)。不同叉长组雌性拟锥齿鲨的性成熟率 P 的 Logistic 曲线方程为 $P = \frac{1}{1 + e^{-0.254 \times (L_F - 84.63)}}$, 对应的 50% 性成熟叉长为 84.6 cm (图 6)。观测到 101 尾雌性拟锥齿鲨样本中怀仔拟锥齿鲨为 38 尾,叉长范围为 78 ~ 99 cm, 平均叉长为 89.13 cm, 优势叉长为 80 ~ 95 cm。

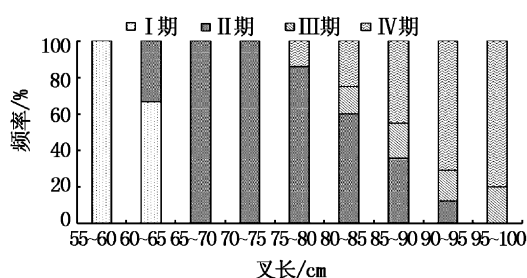


图 5 雌性拟锥齿鲨性成熟期随叉长变化

Fig. 5 Size-specific proportions in different maturity stages of females of *P. kamoharai*

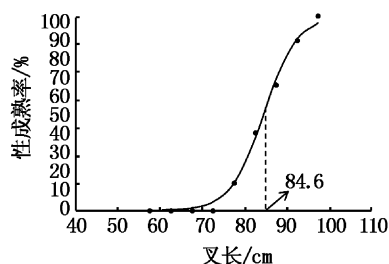


图 6 不同叉长组雌性拟锥齿鲨性成熟率和 L_{50}

Fig. 6 Percentages of mature females of *P. kamoharai* by fork length intervals and their L_{50}

2.7 摄食等级和摄食种类

样本的摄食等级为 0 ~ 3 级,其中以 0 级为主,占总数的 52.38%;其次为 1 级,占总数的 33.86%;2 级占总数的 9.26%;3 级所占比重为 4.5%。胃含物主要为鱿鱼和沙丁鱼,其中以沙丁鱼出现频率最高,所占比例为 72.56%。

3 讨论

本研究中雌雄拟锥齿鲨最大全长分别为 114 cm 和 111 cm,与表 2 中其它区域相比^[7-10],雄性的全长值最大,雌性的全长值最小;与同一区域的戴小杰和许柳雄^[6]研究相比,拟锥齿鲨全长、平均值及优势全长组值基本一致。从表 2 中,可以发现各区域不同性别拟锥齿鲨长度组成呈较明显地差异,雌性的平均长度显著大于雄性,且雌性的最大长度大于雄性的最大长度,这可能与种群的不同及渔具的选择性相关。

在大西洋拟锥齿鲨繁殖研究中,戴小杰等^[8]认为当鳍脚长度大于或等于 7 cm 时,雄性拟锥齿鲨达到性成熟,全长在 79 ~ 81 cm 之间;OLIVEIRA 等^[10]在研究中发现鳍脚长度大于 8 cm 时,雄性拟锥齿鲨为成熟个体,反之为未成熟和日渐成熟个体,全长值为 76 ~ 81 cm 之间;而在本研究中,认为当雄性拟锥齿鲨鳍脚长度达到 9 cm 时,鳍脚才出现钙化,拟锥齿鲨全长在 82 ~ 111 cm 之间,本研究与其它研究结果相比,存在较明显差异,这可能与采样的位置不同以及海洋生态环境的变化等因素有关,有待进一步的调查研究。戴小杰等^[8]认为雌性拟锥齿鲨的 50% 性成熟全长为 94.2 cm,而本研究中 L_{50} 的叉长为 84.6 cm,即全长为 97 cm,两结果基本一致。

表 2 不同区域捕获的雌雄拟锥齿鲨长度值

Tab. 2 Comparison of sizes for both males and females of *P. kamoharai* in different areas

区域	雄性			雌性		
	最大全长/cm	全长平均值/cm	优势全长组/cm	最大全长/cm	全长平均值/cm	优势全长组/cm
太平洋	110	94.3	99 ~ 106	117	100.6	78 ~ 117
	110	94.5		117	101.9	-
大西洋	109	93.9	78 ~ 105	117	99.4	92 ~ 109
	109	91.8		122	96.5	-
	111	89.9	75 ~ 103	114	97.2	86 ~ 109

注:叉长转换全长公式 $L_T = 1.1513L_F - 0.3496$ 。

本研究中,拟锥齿鲨雌雄叉长和体重的关系具显著性差异,雌雄参数 b 值分别为 2.761 4 和

3.328 7,雌雄为非匀速生长,雄性生长较雌性快;刘维和戴小杰^[9]发现太平洋雌雄拟锥齿鲨叉长

和体重关系呈显著性差异,参数 b 值分别为 2.311 6 和 2.900 7,表明雄性生长快于雌性,因此在大西洋和太平洋区域的拟锥齿鲨雄性生长可能均快于雌性,这仍需进一步收集样本进行分析。

本研究中雌性拟锥齿鲨的肝重指数与卵巢的发育期相关,雌性成熟个体的肝重指数较未成熟个体的小,而雄性的肝重指数却与性成熟期无关,究其原因,是因为雌性卵巢发育所需的能量主要是由肝脏供应,随着性腺的发育成熟,肝脏的重量也逐渐呈减小趋势,而雄性鳍脚的钙化不需要肝脏供应能量,在大青鲨中同样发现了这种现象^[13]。

本研究通过对拟锥齿鲨的胃含物分析,发现其空胃率比例较高,占总数的 52.38%,其次为 1 级,占总数的 33.86%,这可能与拟锥齿鲨在不同生长时期摄食强度不同有关,或与延绳钓的作业方式有关,这种作业方式会导致拟锥齿鲨的胃含物遭海水冲洗而消失殆尽,从而导致对胃含物的误判。

本研究的采样区域属于热带中东大西洋区域,但取样范围未能全部覆盖此区域,这主要是由于渔业生产的局限性,观察员在海上收集数据依赖于商业性渔船,而渔船总是倾向于目标鱼种集中的地方。由于前人对该鱼种研究的缺乏及数据不足的原因,本研究未考虑该区域的拟锥齿鲨是否存在不同群体,这需在今后的研究中进一步深入了解。由于在大洋里实施专项的科研调查花费较高,导致大洋鱼类样本收集较为困难,本文的研究有助于人们更好地理解拟锥齿鲨的生物学信息。

参考文献:

- [1] COMPAGNO L J V. Sharks of the world. An annotated and illustrated catalogue of shark species known to date volume 2 [M]. Rome:FAO,2002.
- [2] 戴小杰. 世界金枪鱼渔业渔获物物种原色图鉴[M]. 北京:海洋出版社,2007:132.
- [3] HAZIN F H V, COUTO A A, KIHARA K, et al. Distribution and abundance of pelagic sharks in the south-western equatorial Atlantic [J]. Journal of the Tokyo University of Fisheries, 1990, 77(1): 51-64.
- [4] 姜润林. 热带中东大西洋鲨鱼生物学及其渔获分析[D]. 上海:上海海洋大学,2009.
- [5] CASTRO J I, WOODLEY C M, BRUDEK R L. A preliminary evaluation of the status of shark species [R]. Rome:FAO, 1999(380):72.
- [6] 戴小杰, 许柳雄. 大西洋中上层鲨鱼资源状况的初步探讨[J]. 水产学报, 2003, 27(4): 328-333.
- [7] COMPAGNO L J V, MUSICK J A. *Pseudocarcharias kamoharai* [EB/OL]. <http://www.iucnredlist.org/details/39337/0>, 2005.
- [8] 戴小杰, 姜润林, 许柳雄, 等. 东大西洋热带海域拟锥齿鲨繁殖生物学特征调查[J]. 水生生物学报, 2010, 34(4): 890-892.
- [9] 刘维, 戴小杰. 热带东太平洋海域拟锥齿鲨的繁殖生物学特性[J]. 南方水产, 2008, 4(2): 21-25.
- [10] OLIVEIRA P, HAZIN F H V, CARVALHO F, et al. Reproductive biology of the crocodile shark *Pseudocarcharias kamoharai* [J]. Journal of Fish Biology, 2010, 76(7): 1655-1670.
- [11] DAI X J, ZHU J F, CHEN X J, et al. Biological observations on the crocodile shark *Pseudocarcharias kamoharai* [J]. Journal of Fish Biology, 2012, 80(5): 1207-1212.
- [12] 李纲, 贾涛, 刘必林, 等. 哥斯达黎加外海茎柔鱼生物学特性初步研究[J]. 上海海洋大学学报, 2011, 20(2): 270-274.
- [13] 戴小杰, 许柳雄, 宋利明. 东太平洋热带海域大青鲨长度组成、肝重指数特征分析[J]. 上海水产大学学报, 2005, 14(1): 93-96.
- [14] WEST G. Method of assessing ovarian development in fishes: a review [J]. Australian Journal of Marine & Freshwater Research, 1990, 41: 199-222.
- [15] 宋利明, 陈新军, 许柳雄. 大西洋中部金枪鱼延绳钓渔场大眼金枪鱼的生物学特性[J]. 水产学报, 2004, 28(2): 216-220.
- [16] 刘必林, 陈新军, 钱卫国, 等. 智利外海茎柔鱼繁殖生物学初步研究[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(1): 68-73.
- [17] MEJUTO J, DE LA SERNA J M, GARCÍA B, et al. An overview of the sex-ratio at size of the swordfish (*Xiphias gladius* L.) around the world; Similarity between different strata [J]. ICCAT Collective Volume of Scientific Papers, 1995, 6(3): 197-205.

Preliminary analysis of the biology of the crocodile shark, *Pseudocarcharias kamoharai* in the tropical Eastern-central Atlantic Ocean

GAO Chun-xia¹, TIAN Si-quan^{1,2,3}, DAI Xiao-jie^{1,2,3}, WU Feng², XU You-wei¹

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. The Key Laboratory of Oceanic Fisheries Resources Exploitation of Shanghai Education Commission, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Crocodile shark, *Pseudocarcharias kamoharai*, is a common by-catch species of tuna longliner. As an important part of the oceanic food chain, it plays a vital role in the marine ecosystem. According to the total of 383 crocodile shark samples collected by China's national tuna fisheries observers in the tropical Eastern-central Atlantic Ocean (4.24° - 14.03°N, 27.13° - 38.28°W), the biological characteristics of both females and males of crocodile sharks were analyzed and described, respectively. The results can be summarized as follows: (1) The female-male ratio was 1:0.36, and with significant difference; (2) The dominant fork length of males and females was 75 - 95 cm, 65 - 90 cm, respectively; (3) There was no significant difference between Hepatosomatic indices (HSI) and gonad development for male of *P. kamohara*, however, HSI of mature individuals was greater than that of immature individuals of female; (4) 96.8% of males and 56.12% of females were mature. Maturity stages at II and IV of females' gonads were dominant and the size at 50% maturity (L50) of female was 84.6 cm in fork length; (4) Feeding stage 0 was dominant with the percentage of 52.38%, and feeding stage 1 accounted for the percentage of 33.86%; (5) The prey composition in the stomachs of these shark samples was mainly sardine (72.56%) and squid (27.44%); (6) The relationships between fork length and round weight for females and males was described by $W_R = 2 \times 10^{-5} L_F^{2.7614}$, $W_R = 2 \times 10^{-6} L_F^{3.3287}$ respectively. Due to the difficulty for collecting the oceanic species samples, this study contributed to a better understanding of crocodile shark in biological characteristics, and the information from this study would be helpful for some regional fisheries management organizations to conduct stock assessment and decision making.

Key words: *Pseudocarcharias kamoharai*; tuna longline fishery; biological characteristics; tropical Eastern-central Atlantic Ocean