

大西洋中部大眼金枪鱼垂直分布与温度、盐度的关系

宋利明, 许柳雄, 陈新军

(上海水产大学 海洋学院, 上海 200090)

摘要:根据 2001 年 7 月 4 日至 10 月 27 日 3 艘在大西洋中部公海海域作业的中国金枪鱼延绳钓船上随机观测到的大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)的上钩钩号,应用悬链线钩深计算公式,分别计算出各钩号的钩深;根据 STD 仪测得的温度、盐度的垂直分布以钩深为引数,查出该尾鱼捕获时的温度和盐度数据。根据大眼金枪鱼的取样数据,利用频度统计的方法,推算出各水层、水温、盐度范围的渔获率。渔获率最大的水层、水温、盐度范围为大眼金枪鱼的最适水层、水温和盐度范围;渔获率为前 3 位的水层、水温、盐度范围为大眼金枪鱼活动较频繁的水层、水温和盐度范围。结果表明:大西洋中部,大眼金枪鱼的最适水层为 240.00~269.99 m 水深、最适水温为 12.00~12.99℃、最适盐度为 35.00~35.09;大西洋中部渔场大眼金枪鱼活动较频繁的水层为 240.00~329.99 m 水深、水温为 10.00~12.99℃、盐度为 35.00~35.29。

关键词:大眼金枪鱼;垂直分布;温度;盐度;大西洋中部

中图分类号:S937.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-8737-(2004)06-0561-06

大眼金枪鱼(*Thunnus obesus*)是大西洋中部渔场大洋性金枪鱼延绳钓作业的目标鱼种,按照“养护大西洋金枪鱼国际委员会(ICCAT)”的管理规定,2003 年中国大陆在大西洋的大眼金枪鱼的限额为 5 000 t。ICCAT 对于大西洋大部分金枪鱼鱼种的生物学特性^[1-2]、资源状况、分布^[1-4]、主要鱼种分布的适宜水温等^[3-4]进行了广泛的研究,但国际上对于大西洋中部金枪鱼延绳钓渔场大眼金枪鱼的垂直分布与盐度的关系的研究未见报道,国内也未曾有过这方面的报道。本研究根据国家科技部“863”计划大西洋金枪鱼渔场生产调查项目和中国政府第一次向大西洋公海金枪鱼渔业派遣科学观察员项目的要求,对大西洋中部金枪鱼延绳钓渔场进行调查,根据所收集的数据,研究大眼金枪鱼的垂直分布与温度、盐度的关系,以期对大眼金枪鱼的资源保护、提高船队大眼金枪鱼的渔获率、减少兼捕渔获物起到

一定的作用,从而更好地遵守 ICCAT 的有关规定,保持生物的多样性。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 调查船、调查时间与调查海域 3 艘调查船(顺昌 4 号、金丰 2 号和丰顺 3 号)均为大洋性超低温金枪鱼延绳钓渔船,国际总吨位在 740 t 左右,总长约 56 m。渔船主捕大眼金枪鱼,兼捕黄鳍金枪鱼(*Thunnus albacares*)、箭鱼(*Xiphiidae istiophoridae*)、长鳍金枪鱼(*Thunnus alalunga*)、旗鱼科(Istiophoridae)鱼类等。调查时间为 2001 年 7 月 4 日至 10 月 27 日。调查海域范围为 12°26'N~04°11'S, 32°02'W~16°50'W,具体调查情况见表 1。实际测定温度、盐度数据的各站点分布见图 1。

收稿日期:2003-11-21; 修订日期:2004-04-10。

基金项目:国家“863”高技术研发项目(818-11-03);上海市教委 2003 年度上海高校优秀青年教师后备人选资助项目(03YQHB125);上海市教委捕捞学重点学科资助项目(科 02-155)。

作者简介:宋利明(1968-),男,副教授,博士生,主要从事金枪鱼渔业、极地渔业的研究, E-mail: lmsong@shfu.edu.cn

1) SCRS. Special meeting of the commission. Report of the standing committee on research and statistics(SCRS)[R]. Report for Biennial Period, 2000-01, part II (2001)(Madrid Spain, 2002), 2002. 17-102.

2) Arocha F, Lee D W, Marciano L A, et al. Preliminary studies on the spawning of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, in the western Central Atlantic [A]. ICCAT. Collective Volume of Scientific Papers, Vol. 51[C]. SCRS/99/79, 2000. 538-552.

3) Maury O, Fonteneau A. An age-size and time-space structured statistical model for the assessment of the Skipjack population dynamics[A]. ICCAT. Collective Volume of Scientific Papers, Vol. 51[C]. SCRS/99/61, 2000. 344-350.

4) McAllister M K, Babcock E A, Pikitch E K, et al. Application of a non-equilibrium generalized production model to South and North Atlantic swordfish: combining Bayesian and demographic methods for parameter estimation[A]. ICCAT. Collective Volume of Scientific Papers, Vol. 51[C]. SCRS/99/85, 2000. 1523-1551.

表 1 调查船、调查时间及调查海域
Table 1 Information of research vessels, time and areas

调查船 Research vessel	调查时间 Research time	调查海域 Research areas
顺昌 Shunchang No. 4	2001-07-04 ~ 2001-08-22	03°21' N ~ 12°26' N; 18°46' W ~ 32°02' W
金丰 Jinfeng No. 2	2001-08-23 ~ 2001-09-07	02°44' N ~ 05°32' N; 16°50' W ~ 22°41' W
丰顺 Fengshun No. 3	2001-10-14 ~ 2001-10-27	01°55' S ~ 04°11' S; 22°52' W ~ 24°47' W

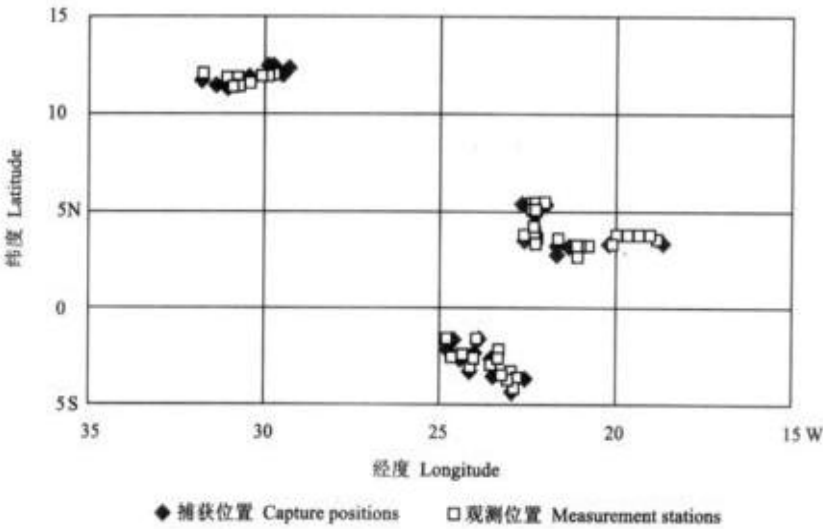


图 1 实际观测的各站点的分布及大眼金枪鱼的捕获位置

Fig.1 Distribution of measured stations and bigeye tuna's capture positions

1.1.2 调查仪器 调查仪器为美国 SeaBird 公司 SBE37SM 温盐深仪(STD)。该仪器能根据设定要求测定水深 0~350 m 水层的温度和盐度。测定数

据能够通过计算机读取或打印出温度和盐度的垂直变化曲线图(图 2 和图 3)。

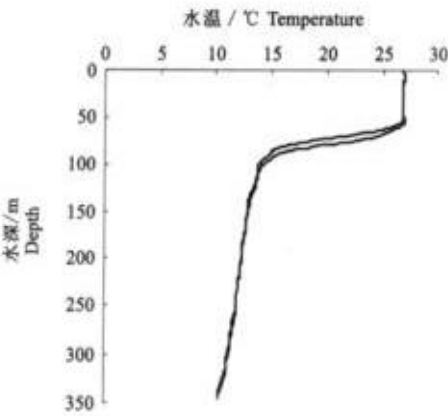


图 2 2001 年 10 月 23 日 03°05'S, 23°41'W 水温垂直变化

Fig.2 Vertical distribution of temperature at 03°05'S, 23°41'W on 23 Oct. 2001

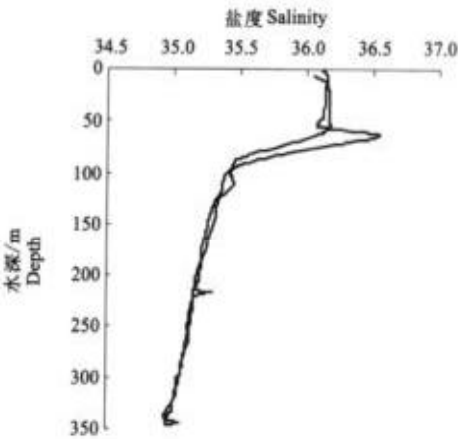


图 3 2001 年 10 月 23 日 03°05'S, 23°41'W 盐度垂直变化

Fig.3 Vertical distribution of salinity at 03°05'S, 23°41'W on 23 Oct. 2001

1.1.3 调查方法与内容 由于调查期间不得妨碍渔船的正常生产,调查时间和空间受到限制,调查属生产性调查,不设具体调查站点,调查的海区也只能根据生产渔船以往的生产经验,根据其所掌握的渔期和渔场进行调查。每天放钩后或起绳前测定水深0~350 m水层的温度、盐度数据,得出温度、盐度垂直变化曲线图(图2、3),因水深较深而没有测得的温度和盐度数据则添加趋势线估算得出。

记录每天的投绳位置、投绳时间、起绳时间、船速、出绳速度、两浮子间的钩数、两钩间的时间间隔、投钩数;并记录大眼金枪鱼的上钩钩号、捕获位置。具体捕获位置见图1。

1.2 方法

分析各水层、水温、盐度范围的大眼金枪鱼的渔获率。渔获率最大的水层、水温、盐度范围为大眼金枪鱼的最适水层、水温范围、盐度范围;渔获率前3位的为大眼金枪鱼活动较频繁的水层、水温、盐度范围。

1.2.1 大眼金枪鱼的钩获水深 根据观测到的每尾上钩的鱼的上钩钩号,按照理论钩深计算方法^[5]计算得出该尾鱼钩获时的理论深度,即:

$$D_j = h_a + h_b + l \left[\sqrt{1 + \cot^2 \varphi_0} - \sqrt{\left(1 - \frac{2j}{n}\right)^2 + \cot^2 \varphi_0} \right] \quad (1)$$

$$L = V_2 \times n \times t \quad (2)$$

$$l = V_1 \times n \times t/2 \quad (3)$$

$$k = L/(2l) = V_2/V_1 = \cot \varphi_0 \cdot \operatorname{sh}^{-1}(\operatorname{tg} \varphi_0) \quad (4)$$

式(1)~(4)中: D_j 为理论钩深; h_a 为支线长; h_b 为浮子绳长; l 为干线弧长的一半; φ_0 为干线支承点上切线与水平面的交角,与 k 有关,作业中很难实测 φ_0 ,采用短缩率 k 来推出 φ_0 ; j 为2浮子之间自一侧计的钩钩编号序数,即钩号; n 为2浮子之间干线的分段数,即支线数加1; L 为2浮子之间的海面上的距离; V_2 为船速; t 为投绳时前后2支线之间相隔的时间间隔; V_1 为投绳机出绳速度。

根据实际生产中记录的浮子绳长度、支线长度、2浮子间的钩子数、计算短缩率 k ,按式(4)或查悬链线因素表得出 φ_0 ,然后把 φ_0 及其他有关的参数代入式(1)得出各个钩号的理论深度。

1.2.2 钩获时的温度、盐度 根据STD仪测得的温盐深数据图,以深度为引数,查出该尾鱼钩获时的温度和盐度数据。

1.2.3 数据处理方法

(1)水层、水温、盐度的分段方法。①水层:从120.00 m起到389.99 m,每30 m为1层,分为9层;②水温:从8.00℃起到14.99℃,每1℃为1段,分为7段;③盐度:从34.80起到35.49,每0.10为1段,分为7段。

(2)各水层、水温、盐度范围的渔获率。统计该渔场各水层、水温、盐度范围的大眼金枪鱼的渔获尾数(分别记作 N_{s1j} 、 N_{s2j} 、 N_{s3j})、钩数(H_{s1j} 、 H_{s2j} 、 H_{s3j})及占该渔场取样总尾数(记作 N_s)的百分比[分别记作 P_{1j} 、 P_{2j} 、 P_{3j} ,见式(5)]、占该渔场取样总钩数(记作 H_s)的百分比[P_{H1j} 、 P_{H2j} 、 P_{H3j} ,见式(6)],根据取样数据推算出该渔场的实际总渔获尾数(记作 N)、总钩数(记作 H)在各水层、各水温段、各盐度段的渔获尾数[分别记作 N_{1j} 、 N_{2j} 、 N_{3j} ,见式(7)]、钩数[分别记作 H_{1j} 、 H_{2j} 、 H_{3j} ,见式(8)], H_{2i} 和 H_{3i} 可根据各水温和盐度范围相对应的水层计算出在该水层的钩数而推算得出],再计算大眼金枪鱼各水层、水温、盐度范围的渔获率[分别记作 $CPUE_{1j}$ 、 $CPUE_{2j}$ 、 $CPUE_{3j}$,见式(9)],其表达式分别为:

$$P_{ij} = N_{sij} / N_s \quad (5)$$

$$P_{Hij} = H_{sij} / H_s \quad (6)$$

$$N_{ij} = P_{ij} \times N \quad (7)$$

$$H_{ij} = P_{Hij} \times H \quad (8)$$

$$CPUE_{ij} = N_{ij} / H_{ij} \quad (9)$$

式(5)~(9)中: $i=1,2,3$;统计各水层的数据时, $j=1,2,3,\dots,9$;统计各水温范围数据时 $j=1,2,3,\dots,7$;统计各盐度范围的数据时, $j=1,2,3,\dots,7$ 。

2 结果

调查期间大眼金枪鱼渔获物的纯重(去鳍、去内脏、去部分鳃盖重量)总重量为30 622 kg,数量705尾,总投钩数186 610枚。调查期间共测定了134尾大眼金枪鱼的捕获钩号,取样覆盖率(尾数)达19.0%,样本总纯重6 286.6 kg,平均为46.9 kg,净重7.2~112.0 kg,其中雌性为34尾、雄性为94尾、未分性别的为6尾,活鱼94尾、死鱼40尾,取样鱼的捕获钩深为125.60~381.80 m、捕获水温为9.80~14.30℃、捕获盐度为34.88~35.48。

表层盐度范围为35.33~36.29;表温范围为24.7~27.8℃;50 m左右水层以浅为混合层。温跃

层深度范围一般为 40~120 m, 其平均梯度为 0.18~0.30 °C/m; 150 m 以下水层的温度变化范围一般在 11~14 °C 之间。受赤道潜流的影响比较明显, 在 50~100 m 水层盐度变化剧烈, 盐跃层的深度范围为 40~140 m。

2.1 大眼金枪鱼的最适水层、水温、盐度范围

2.1.1 大眼金枪鱼的最适水层 由图4得出, 大西洋中部大眼金枪鱼 $CPUE_{1j}$ 最高的水层为 240.00~269.99 m, 相应的 $CPUE_{1j}$ 为 6.226 尾/千钩, 因此大眼金枪鱼的最适水层为 240.00~269.99 m。

2.1.2 大眼金枪鱼的最适水温范围 由图5得出, 大西洋中部大眼金枪鱼 $CPUE_{2j}$ 最高的水温范围为 12.00~12.99 °C, 相应的 $CPUE_{2j}$ 为 6.588 尾/千钩, 因此大眼金枪鱼的最适水温范围为 12.00~12.99 °C。

2.1.3 大眼金枪鱼的最适盐度范围 由图6得出, 大西洋中部大眼金枪鱼 $CPUE_{3j}$ 最高的盐度范围为 35.00~35.09, 相应的 $CPUE_{3j}$ 为 6.957 尾/千钩, 因此大眼金枪鱼的最适盐度段为 35.00~35.09。

2.2 大眼金枪鱼活动较频繁的水层、水温、盐度范围

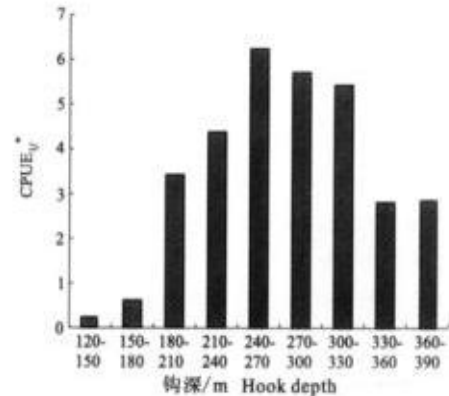
大西洋中部渔场大眼金枪鱼 $CPUE$ (尾/千钩) 排名前 3 位的水层、水温、盐度范围数据见表 2。

由表 2 显示, 大西洋中部渔场大眼金枪鱼活动较频繁的水层深度为 240.00~329.99 m、水温范围为 10.00~12.99 °C、盐度范围为 35.00~35.29, 都处于温、盐跃层的下方。

3 讨论

(1) 根据大西洋中部测得的温度和盐度随深度变化的曲线图, 大部分情况下取得较高渔获率的水层所对应的水温和盐度范围也就是取得较高渔获率的水温和盐度范围, 三者是一致的, 在不一致的情况下, 应把水温作为主要因子, 因为大眼金枪鱼对于水温的变化反映最敏感, 水温及其体温的变化, 决定其活动水层^[6-7]。

(2) 大西洋中部大洋性金枪鱼延绳钓作业以大眼金枪鱼为目标鱼种, 黄鳍金枪鱼和箭鱼等为兼捕鱼种, 因此, 在今后的生产中应视船上的方便尽量把钓钩设置在大眼金枪鱼 $CPUE$ 较高的水层、水温、盐度范围中的任何一个指标范围内, 取得较高的大眼金枪鱼渔获率($CPUE$)的概率相对会大一些。

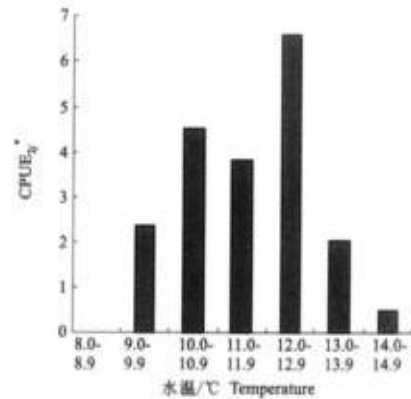


* 单位为: 尾/千钩

* The unit is ind/(1 000 hooks)

图4 大眼金枪鱼各水层的 $CPUE_{1j}$

Fig.4 Bigeye tuna $CPUE_{1j}$ in different depth range

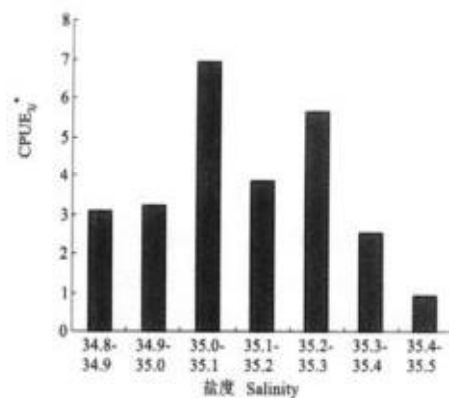


* 单位为: 尾/千钩

* The unit is ind/(1 000 hooks)

图5 大眼金枪鱼各水温范围的 $CPUE_{2j}$

Fig.5 Bigeye tuna $CPUE_{2j}$ in different temperature range



* 单位为: 尾/千钩

* The unit is ind/(1 000 hooks)

图6 大眼金枪鱼各盐度范围的 $CPUE_{3j}$

Fig.6 Bigeye tuna $CPUE_{3j}$ in different salinity range

表2 大眼金枪鱼 CPUE 排名前3位的水层、水温范围、盐度范围及其 CPUE
Table 2 Range of depth, water temperature and salinity with first three highest CPUE of bigeye tuna and its CPUE

项目 Items	CPUE order		
	First	Second	Third
CPUE *	6.226	5.726	5.440
水层范围/m Depth range	240.00 - 269.99	270.00 - 299.99	300.00 - 329.99
CPUE *	6.588	4.506	3.829
水温范围/℃ Temperature range	12.00 - 12.99	10.00 - 10.09	11.00 - 11.99
CPUE *	6.957	5.681	3.840
盐度范围 Salinity range	35.00 - 35.09	35.20 - 35.29	35.10 - 35.19

* CPUE 的单位为:尾/千钩。

* The unit of CPUE is ind/(1 000 hooks).

(3) Masahiko Molhri 等¹⁾应用 1986 年 10 月至 1987 年 1 月的海上实测钩深、水温数据,结合 1981 - 1986 年 6 年的钩数、渔获尾数数据及理论计算的钩深,在水深 61 m - 280 m 间,以每 20 m 的间隔分析印度洋大眼金枪鱼的垂直分布与水层、水温范围的关系,得出在水深 261 - 280 m 处、12 - 13 ℃ 处 CPUE 最高。这一结论与本研究结果基本一致,推测大西洋、印度洋的大眼金枪鱼具有相同的游泳水层、水温范围(在温跃层的下方)的特性。

(4)大眼金枪鱼活动较频繁的水层、水温、盐度范围研究得出的结论,可供今后的实际生产、资源评估(可用于“栖息环境数据模型”)、资源保护作参考,提高目标鱼种的渔获率,减少兼捕渔获物,提高资源评估的精度,并符合 ICCAT 的管理规定,保持生物的多样性。

(5)由于本研究中所用的钩深为理论计算得出值,而不是实际测得值,每尾钓获的鱼所处的水温、盐度也是用理论计算得出的钩深为引数,查当天的温、盐深变化曲线得出的,各水温、各盐度范围的钩数,也是用相应的钩深范围的钩数来计算的,因水深较深而没有测得的温度和盐度数据则以添加趋势线估算得出,而且,一天中不同位置、不同的温度和盐度数据都使用了实测位置的温度和盐度数据,加上观测到的大眼金枪鱼的尾数较少,因此得出的结论只是初步的,可能存在一定的误差。

(6)今后可应用微型深度温度计(TDR),测定捕获的鱼的实际水深、所处的水温和盐度,得出更接近实际的各水层、水温和盐度范围的渔获率。

致谢:本研究得到中水远洋渔业有限责任公司吴湘峰总经理、姜作义、刘湛清副总经理、金丰公司项忆军经理、三艘调查船船长及全体船员等的大力支持,谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 齊藤 昭二.マグロの游泳層と延縄漁法[M].東京:成山堂書屋,1992.19 - 630.
- [3] 宋利明,陈新军,许柳雄.大西洋中部黄鳍金枪鱼的垂直分布与有关环境因子的关系[J].海洋与湖泊,2004,35(1):64 - 68.
- [4] Alain Fonteneau. Atlas of tropical tuna fisheries world catches and environment [M]. Paris: ORSTOM Editions, 1997. 149 - 162.
- [5] 齊藤 昭二.マグロの游泳層と延縄漁法[M].東京:成山堂書屋,1992.9 - 10.
- [6] Brill R W, Dewar H, Graham J B. Basic concepts relevant to heat transfer in fishes, and their use in measuring the physiological thermoregulatory abilities of tunas [J]. Envir Biol Fish, 1994, 40: 109 - 124.
- [7] 沈汉祥,李善勋,唐小曼,等.远洋渔业[M].北京:海洋出版社,1987.322 - 352.

1) Masahiko M, Tom N. Distribution of bigeye tuna and its relationship to the environmental conditions in the Indian Ocean based on the Japanese longline fisheries information [C]. 1999, 12 - 15.

Relationship between bigeye tuna vertical distribution and the temperature, salinity in the Central Atlantic Ocean

SONG Li-ming, XU Liu-xiong, CHEN Xin-jun

(College of Marine Science & Technology, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090)

Abstract: This study was based on the identified hook number of the hooked fish, fishing parameters (such as vessel speed, mainline laid out speed, time interval between two setting hooks, hook numbers between two floats), number of hooks used per day, number of hooked bigeye tuna per day, STD measured temperature and salinity vertical profile data sampled in random from three China tuna longliners operating in the Central Atlantic Ocean high sea area from July to October 2001. The hook depth was calculated using the catenary curve hook depth equation according to the identified hook number of the hooked fish. The temperature and salinity of the hooked fish's swimming depth were calculated from temperature and salinity vertical profiles measured by the STD guided by the hook depth.

During the investigation, 134 individual's hook number were identified with the coverage (No. of fish) of 19.0%. The hook depth was from 125.6 m to 381.8 m, the water temperature of the hooked fish was from 9.8 to 14.3 °C, the salinity of the hooked fish was 34.88 – 35.48.

The range of depth, water temperature and salinity with the maximum catch rate of bigeye tuna indicated optimal swimming depth, water temperature and salinity range of the fish. The range of depth, water temperature and salinity with the first 3 highest catch rates indicated the common swimming depth, water temperature and salinity range. The results indicate that in the Central Atlantic Ocean the optimal swimming depth, water temperature and salinity range of the bigeye tuna were 240.00 – 269.99 m, 12.00 – 12.99 °C and 35.00 – 35.09, respectively. The common swimming depth, water temperature and salinity range were 240.00 – 329.99 m, 10.00 – 12.99 °C (under the thermocline) and 35.00 – 35.29 (under the salinocline) respectively. The conclusions from this research can be applied to fishing practices in order to target bigeye tuna and hooks which should be laid to one of the index ranges of depth, water temperature and salinity. Generally, the depth range of the water temperature range and salinity range with the maximum bigeye tuna catch rate corresponds to the depth range with the maximum catch rate. If any disparities exist between the depth range, the water temperature range and the salinity range, the water temperature range should be considered as the main factor.

It should be pointed out that the above analysis was obtained based on the theoretical hook depth. Every day, the STD measured temperature and salinity vertical profile once, this profile was considered to be this day's profile wherever the fishes were caught. Due to the limitations in sampling size and these restrictions, this research is at a preliminary stage. Further investigations should be made. Precision of results would also be improved if TDRs were used to measure the actual water temperature and salinity of the layer where the fish are caught.

Key words: bigeye tuna; vertical distribution; temperature; salinity; the Central Atlantic Ocean