

文章编号: 1674 - 5566(2012)04 - 0609 - 07

2010年北太平洋公海秋刀鱼渔场分布及其与表温的关系

晏磊^{1,2,3,4}, 朱清澄^{1,2,3,4}, 张阳^{1,2,3,4}, 商李磊^{1,2,3,4}

(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. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 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: 根据2010年5-10月的北太平洋公海秋刀鱼生产调查资料及其表温数据, 按月及经纬度 $1^\circ \times 1^\circ$ 时空分辨率, 利用渔业地理信息系统软件 Marine Explorer 4.0 和数理统计方法对北太平洋公海秋刀鱼作业渔场时空分布及其与表温的关系进行分析。结果显示, 北太平洋公海各月作业渔场变化较大, 作业区域主要集中在 $36^\circ\text{N} \sim 47^\circ\text{N}$ 、 $145^\circ\text{E} \sim 163^\circ\text{E}$ 海域; 渔场重心随时间推移在纬度上有先向北后向南的变动趋势, 在经度上有向西变动的趋势; 作业渔场分布在表温为 $10 \sim 17^\circ\text{C}$ 的海域, 最佳作业表温为 $10 \sim 13^\circ\text{C}$, 且适宜表温随着时间推移有先下降后上升的变动趋势。调查期间各个温度组作业单位捕捞努力量渔获量(CPUE)不存在显著性差异。

研究亮点: 北太平洋公海秋刀鱼渔场分布存在周期性变动现象, 利用2010年最新的全时间序列调查数据, 并结合环境数据, 阐述了北太平洋公海秋刀鱼渔场的分布及其与SST的关系, 为该领域的科学研究积累了数据, 并可为我国大陆在该海域秋刀鱼生产提供参考。

关键词: 秋刀鱼; 渔场; 表温; 北太平洋公海

中图分类号: S 931.4

文献标志码: A

秋刀鱼为冷水性表上层洄游性鱼类, 在寒暖海流交汇处聚集, 适温范围为 $10 \sim 20^\circ\text{C}$, 最适宜水温为 $15 \sim 18^\circ\text{C}$ 。具有明显的昼夜垂直移动现象, 白天在距海面15 m左右的水层活动, 夜间上浮至水层的表上层活动, 具有趋光性和集群性^[1]。秋刀鱼属于短生命周期鱼类, 一般为2年, 对环境变化极为敏感, 其渔获量有着十分剧烈的年间变化, 渔场位置也随着环境状况的变化而变化。表温作为影响秋刀鱼资源变化的重要因子, 研究其对秋刀鱼渔场分布的影响有着重要意义。日本很多学者对秋刀鱼的渔场渔获水温做过研究^[2-4], 而国内对秋刀鱼渔场渔获水温的研究较少, 邹晓荣和朱清澄^[5]、花传祥等^[6]、朱清澄等^[7]对渔场表温和垂直水温进行过研究, 但其调查时间很短, 且对其整个作业期间的研究还未

见报道。本文通过2010年5-10月的北太平洋公海秋刀鱼生产调查资料及其表温数据, 利用渔业地理信息系统(geographic information system, GIS)软件 Marine Explorer 4.0 和数理统计方法, 对其作业渔场分布及其与表温的关系进行初步研究, 为我国秋刀鱼渔场分布研究提供进一步的参考。

1 材料与方法

1.1 生产数据和表温数据来源

生产数据来自农业部远洋渔业资源调查和探捕项目。按经、纬度 $1^\circ \times 1^\circ$ 进行统计, 计算产量和平均CPUE, 其中产量为某月 $1^\circ \times 1^\circ$ 空间内的总产量, 单位为t; 平均CPUE为某月 $1^\circ \times 1^\circ$ 空间内的总产量除以总网次和天数, 单位为t/d。

收稿日期: 2011-10-24 修回日期: 2011-12-28

基金项目: 上海市重点学科建设项目(S30702); 农业部远洋渔业探捕项目(2007-91); 上海高校选拔培养优秀青年教师科研专项基金(B-8101-08-0044)

作者简介: 晏磊(1988-), 男, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源与渔场。E-mail: yanlei111211@126.com

通讯作者: 朱清澄, E-mail: qczhu@shou.edu.cn

2010 年 5-7 月跟随普陀远洋渔业总公司的“天顺”号船进行探捕调查,探捕海域为 36°42'N ~ 44°28'N、155°57'E ~ 163°07'E,2010 年 8-10 月跟随大连国际合作远洋渔业有限公司的“国际 909”号船进行探捕调查,探捕海域为 39°55'N ~ 47°12'N、145°51'E ~ 159°35'E。北太平洋秋刀鱼整个作业期间调查站位图如图 1。

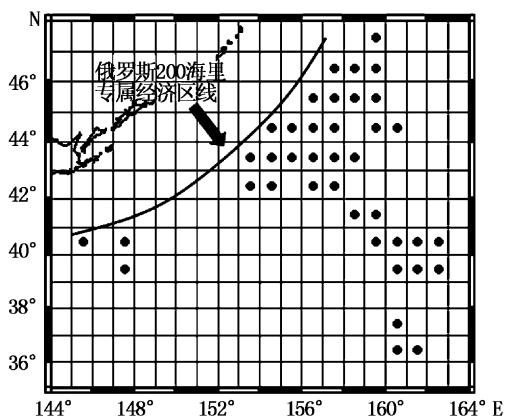


图 1 北太平洋秋刀鱼渔场调查站位图
Fig. 1 Investigation stations of the saury fishing ground in north Pacific Ocean

表温(sea surface temperature, SST)数据来自美国哥伦比亚海洋数据库(<http://iridl.ldeo.columbia.edu/>),空间分辨率为经纬度 1° × 1°。

1.2 数据处理和分析方法

1.2.1 生产数据标准化修正

根据秋刀鱼舷提网的渔具渔法及其作业特点,采用效能比法对 CPUE 数据进行标准化修正,考虑到 8-10 月每个月的作业次数较多,因此以大连国际合作远洋渔业有限公司的“国际 909”船的船舶参数和渔具参数为参考标准,修正 5-7 月的 CPUE 数据。修正时确定的参数为:①网具面积;②渔船总功率;③集鱼灯总功率,修正公式如下:

$$C_{\text{效能比}} = \frac{1}{3} \times \left(\frac{A_1}{A_2} + \frac{P_1}{P_2} + \frac{p_1}{p_2} \right) \times C_i \quad (1)$$

式中: $C_{\text{效能比}}$ 表示利用效能比法得到的标准化 CPUE; A_1 、 P_1 、 p_1 分别表示“天顺”船的网具面积、渔船总功率、集鱼灯总功率; A_2 、 P_2 、 p_2 分别表示“国际 909”船的网具面积、渔船总功率、集鱼灯总功率。 C_i 表示 5-7 月的名义 CPUE。

1.2.2 产量重心计算

根据渔场产量重心位置,绘制产量重心沿经纬度变化趋势图,分析产量重心变化规律,产量

重心的计算公式^[8]如下:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^k (C_i \times X_i)}{\sum_{i=1}^k C_i} \quad (2)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^k (C_i \times Y_i)}{\sum_{i=1}^k C_i} \quad (3)$$

式中: X 、 Y 分别为渔场产量重心位置; C_i 为渔区 i 的产量; X_i 为渔区 i 中心点的经度; Y_i 为渔区 i 中心点的纬度; k 为渔区的总个数。

1.2.3 渔场分布及其与表温关系分析

利用 Marine Explorer 4.0 绘制产量与 SST、以及 CPUE 与 SST 叠加的空间分布图,分析作业渔场分布及其与表温的关系。

采用 Kruskal-Wallis 检验法^[9-11]对调查期间各表温进行适温关系的显著性检验。将 2010 年 5-10 月各渔区的 SST 配以相应的 CPUE 作 $f(t)$ 和 $g(t)$ 两条累计频度曲线,求出 K-S 检验的统计量 D 并作显著性检验。累计分布曲线方程式和统计量 D 表示如下:

$$f(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n l(x_i) \quad (4)$$

$$g(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{y_i}{\bar{y}} l(x_i) \quad (5)$$

$$D = \max |g(t) - f(t)| \quad (6)$$

式中: $f(t)$ 和 $g(t)$ 分别为 SST、SST-CPUE 的 2 条累计频度曲线; n 为资料个数; t 为分组 SST 值,以 0.5 °C 为组距; x_i 为 SST 的观察值; y_i 为 CPUE 的观察值; \bar{y} 为平均 CPUE; $l(x_i)$ 为若 $x_i \leq t$, $l(x_i)$ 值为 1,否则为 0。

根据给定的显著水平,若 K-S 检验统计量 D 小于临界值 $d_{n,\alpha}$,则在置信度 $(1-\alpha)$ 下接受并服从所假设的理论分布。反之,假设则不成立。

2 结果

2.1 产量、CPUE 的时间分布

调查期间,各月产量相差较大,其中以 10 月产量最高为 503.11 t,其次是 9 月为 320.74 t,其余各月相差不大(图 2)。另外,其平均 CPUE 跟产量分布有所差异,以 5 月、10 月 CPUE 较高,分别达 3.10 t/d 和 2.24 t/d,而 8 月最低,为 0.77 t/d(图 3)。从各月产量来看,渔获产量随着时间的推移有增加的趋势,而 CPUE 却没有这种变化趋势。

2.2 渔场产量重心沿经纬度变化

从纬度方向上看,2010 年 5-10 月作业期间产量重心随时间推移有先向北后向南变动的趋

势,其中5-8月产量重心逐月向北移动,分别为 $37^{\circ}03'N$ 、 $40^{\circ}40'N$ 、 $43^{\circ}56'N$ 和 $46^{\circ}01'N$,且产量重心均相隔3个纬度左右,并于8月达到最高后,随时间推移又向南移动,9-10月产量重心分别为 $45^{\circ}20'N$ 和 $42^{\circ}48'N$ (图4)。

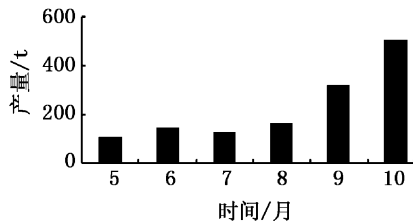


图2 各月产量分布关系
Fig.2 Monthly catch distribution

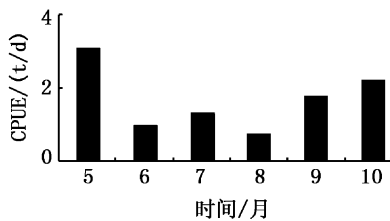


图3 各月 CPUE 分布关系
Fig.3 Monthly CPUE distribution

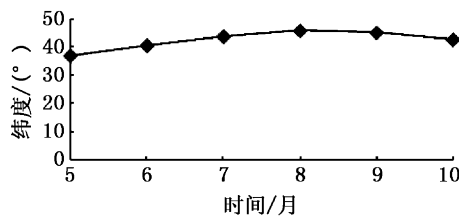


图4 产量重心沿纬度变化
Fig.4 The changes of weight position along the latitude

从经度方向上看,2010年5-10月作业期间产量重心随时间推移有向西变动的趋势,其中5-6月产量重心变化不大,都在 $160.70^{\circ}E$ 附近,而7-10月产量重心随时间推移向西移动,变化趋势较大,分别为: $159^{\circ}06'E$ 、 $158^{\circ}24'E$ 、 $157^{\circ}20'E$ 和 $153^{\circ}03'E$ (图5)。

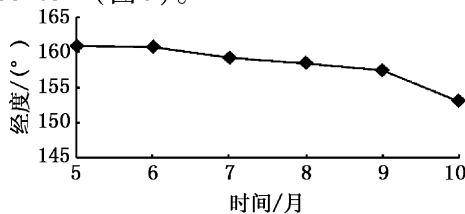


图5 产量重心沿经度变化
Fig.5 The changes of weight position along the longitude

2.3 产量、CPUE 与 SST 的关系

各月作业渔场分布变化较大,5月秋刀鱼渔场主要分布在 $36^{\circ}N \sim 38^{\circ}N$ 、 $160^{\circ}E \sim 162^{\circ}E$,适宜SST为 $14 \sim 16^{\circ}C$,产量较低,但CPUE达到最高;6月秋刀鱼渔场主要分布在 $40^{\circ}N \sim 42^{\circ}N$ 、 $160^{\circ}E \sim 163^{\circ}E$,适宜SST为 $12 \sim 14^{\circ}C$,产量较5月高,但CPUE偏低;7月秋刀鱼渔场主要分布在 $43^{\circ}N \sim 45^{\circ}N$ 、 $158^{\circ}E \sim 161^{\circ}E$,适宜SST为 $9 \sim 12^{\circ}C$,产量和CPUE与6月相似;8月秋刀鱼渔场主要分布在 $45^{\circ}N \sim 47^{\circ}N$ 、 $157^{\circ}E \sim 160^{\circ}E$,适宜SST为 $11 \sim 13^{\circ}C$,产量与CPUE都较低;9月秋刀鱼渔场主要分布在 $44^{\circ}N \sim 47^{\circ}N$ 、 $155^{\circ}E \sim 160^{\circ}E$,产量和CPUE都有较大上升,适宜SST为 $11 \sim 14^{\circ}C$;10月秋刀鱼渔场主要分布在 $39^{\circ}N \sim 45^{\circ}N$ 、 $145^{\circ}E \sim 158^{\circ}E$,分布范围很广,且产量达到最高,占总产量的36%,CPUE较高,仅略小于5月的最高CPUE,适宜SST为 $10 \sim 12^{\circ}C$,但在SST为 $15 \sim 17^{\circ}C$ 的海域秋刀鱼也有较多分布(图6,图7)。

2.4 K-S 检验

计算全年K-S检验统计量 D ,并以 $\alpha = 0.10$ 做显著性检验。检验结果表明,在显著水平 $\alpha = 0.10$ 的水平下, $D = 0.083 < P(\alpha/2) = 0.500$,此时假设检验条件 $F(t) = G(t)$ 成立,没有显著性差异,即认为各月作业渔场的SST范围是合适的(图8)。

3 讨论与分析

从产量来看,秋刀鱼各月产量分布有差异,随时间推移有递增的趋势,在10月达到最高。在纬度方向上,秋刀鱼产量重心有先向北后向南变动的趋势,并于8月达到最北;在经度方向上,产量重心有向西变动的趋势。这与国内外邹晓荣和朱清澄^[5]、花传祥等^[6]、TIAN^[12]、沈建华^[13]等的研究基本相同。从平均CPUE来看,秋刀鱼各月平均CPUE分布差异较大,且CPUE的变化没有规律。研究结果显示,产量最大的海域与平均CPUE最大的海域基本是吻合的。另外,研究表明^[2-5,12,15],秋刀鱼中心渔场主要形成在亲潮前锋附近的亲潮冷舌前端,略微偏东,且随着黑潮锋线向北洄游,在7月穿越亲潮锋线,渔场9月在亲潮锋线,11月早期在黑潮锋线。这与文中得出秋刀鱼沿经纬度的变动趋势是一致的。

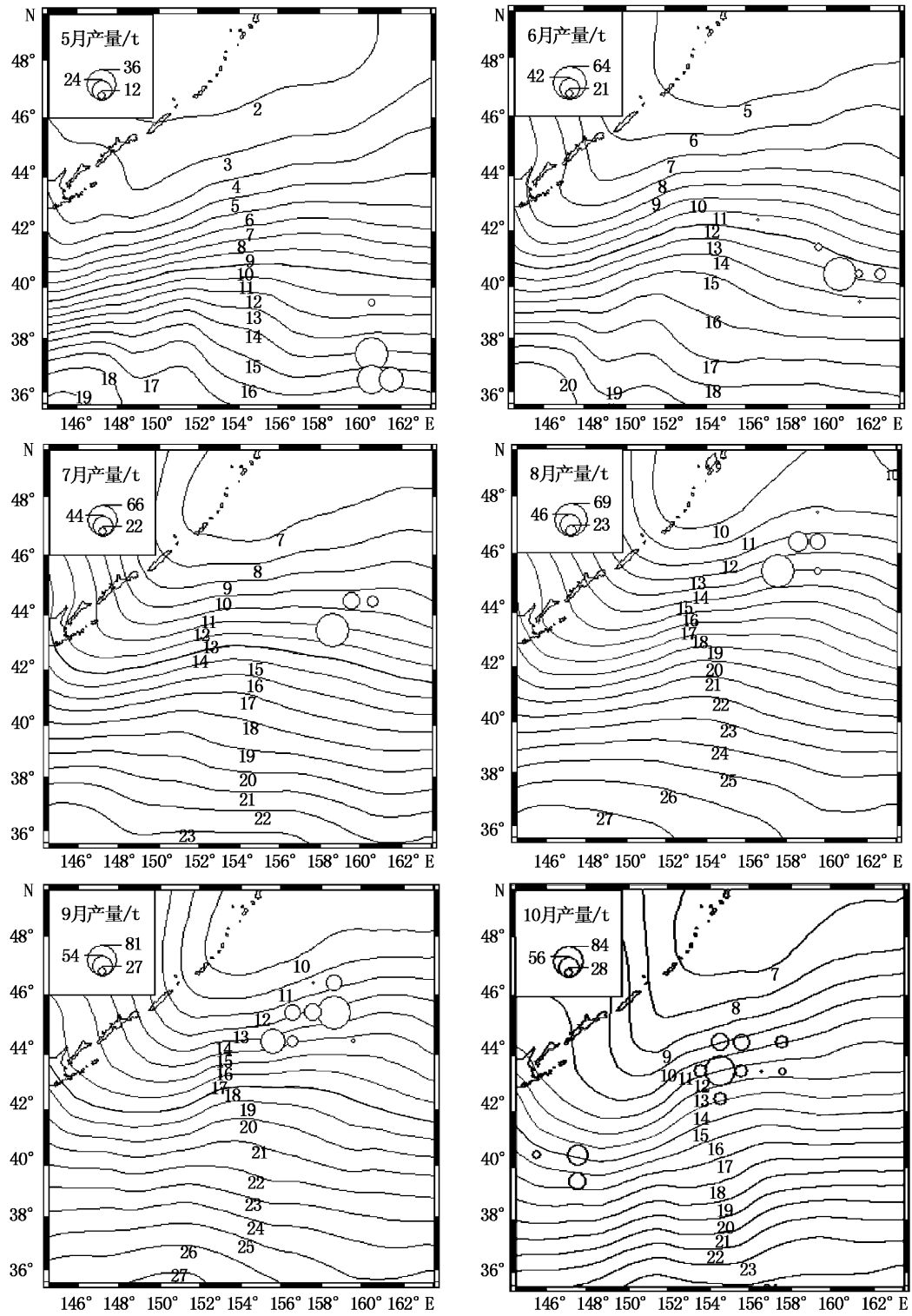


图6 各月秋刀鱼产量分布及其与 SST 的关系

Fig. 6 The catch distribution of saury and its relationship with SST in each month

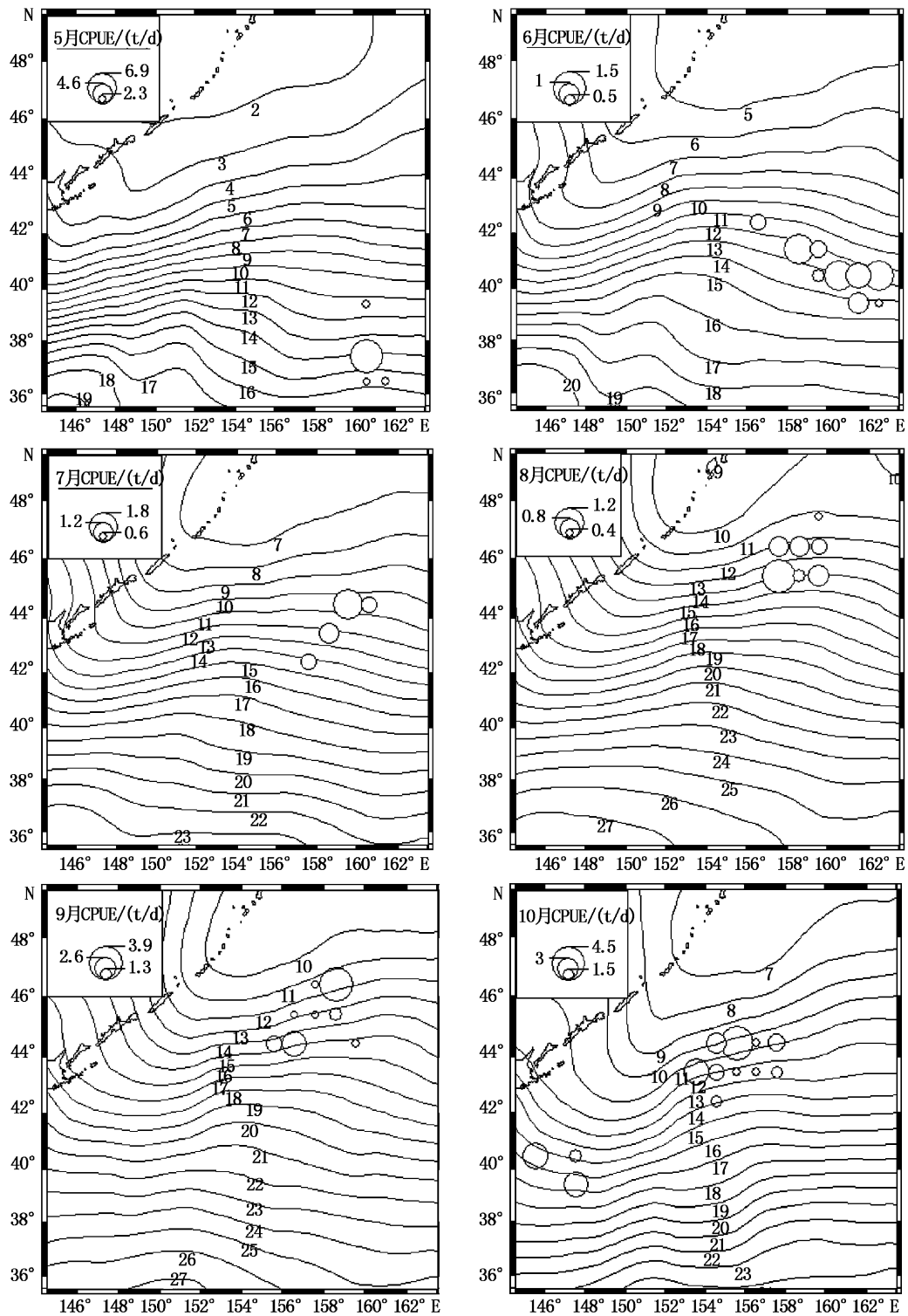


图 7 各月秋刀鱼 CPUE 分布及其与 SST 的关系

Fig.7 The CPUE distribution of saury and its relationship with SST in each month

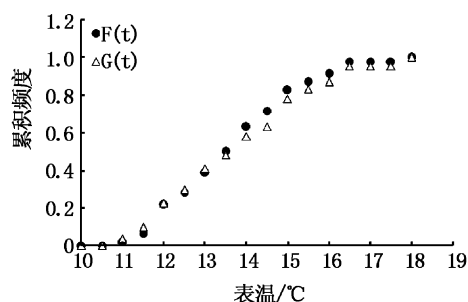


图 8 K-S 检验分析

Fig. 8 The curve of K-S test

研究发现,秋刀鱼各月作业渔场的海水表温有所差异,作业渔场分布在表温为 10 ~ 17 °C 的海域,最佳作业表温为 10 ~ 13 °C,且适宜表温随着时间推移有先下降后上升的变动趋势。5 月适宜 SST 在 14 ~ 16 °C,6 - 10 月适宜 SST 都在 9 ~ 14 °C,这和国外研究稍有差异^[12,14],这可能是由于作业时间和作业区域不同引起海水环境有所差异造成的以及黑潮和亲潮的年间变动所致。

由于资料有限,生产统计数据只采用了国内的秋刀鱼作业数据,其他国家和地区的秋刀鱼统计数据难以获得,国内秋刀鱼资源调查虽已进行好几年,但始终未能形成产业化生产,产量数据等缺少代表性,故对结果的分析带来一定的影响。秋刀鱼作业属于集中作业,本次统计数据作业持续时间较长,基本可以代表北太平洋公海秋刀鱼作业渔场时空分布。今后的研究需要从更多的环境因子^[16-18]方面来分析秋刀鱼作业渔场的时空分布,以完善数据。

参考文献:

- [1] 汤振明,黄洪亮,石建高. 中国开发利用西北太平洋秋刀鱼资源的探讨[J]. 海洋科学,2004,28(10):56-59.
- [2] 相川广秋. 太平洋沿岸における鯧鮪及び秋刀魚の魚況[J]. 水产学会报,1933,5(4):54-69.
- [3] 宇田道隆,渡边信雄. サンマ. カツヲの漁況と秋の低気圧及び海況との關係[J]. 日本水産学会誌,1938,6(5):240-242.
- [4] 为石日出生. サンマの回遊と漁場形成[J]. 日本水産学会誌,2000,66(2):304-305.
- [5] 邹晓荣,朱清澄. 西北太平洋秋刀鱼渔场分布与海水表层温度的关系分析[J]. 广东海洋大学学报,2006,26(6):26-29.
- [6] 花传祥,朱清澄,吴永辉,等. 2005 年西北太平洋公海秋刀鱼渔场分布及其与表温之间的关系[J]. 中国农业科技导报,2006,8(5):90-95.
- [7] 朱清澄,花传祥,许巍,等. 西北太平洋公海 7-9 月秋刀鱼渔场分布及其与水温的关系[J]. 海洋渔业,2006,28(3):228-233.
- [8] 陈新军,钱卫国,许柳雄,等. 北太平洋 150°E-165°E 海域柔鱼中心渔场的年间变动[J]. 广东海洋大学学报,2003,23(3):26-32.
- [9] PERRY R I, SMITH S J. Identifying habitat associations of the marine fishes using survey data: an application to the northwest Atlantic [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1994, 51:589-602.
- [10] 颜月珠. 商用统计学[M]. 台北:三民书局(省),1985:787.
- [11] 魏季瑄. 数理统计基础及其应用[M]. 成都:四川大学出版社,1991:184-185.
- [12] TIAN Y J. Variation in the abundance of Pacific saury (*Cololabis saira*) from the northwestern Pacific in relation to oceanic-climate changes [J]. Fisheries Research, 2003, 60:439-445.
- [13] 沈建华,韩士鑫,樊伟,等. 西北太平洋秋刀鱼资源及其渔场[J]. 海洋渔业,2004(1):61-64.
- [14] YASUDA I, WATANABE Y. On the relationship between the Oyashio front and saury fishing grounds in the northwest Pacific - A forecasting method for fishing ground locations [J]. Fish Oceanography, 1994(3):172-181.
- [15] 田永军,赤岭达郎,须田真木. 北西太平洋における資源の长期变动特性と气候变化[J]. 水产海洋研究,2002,66(1):16-25.
- [16] 姜浪波,许柳雄,黄金玲. 印度洋大眼金枪鱼垂直分布与水温的关系[J]. 上海水产大学学报,2005,14(3):332-336.
- [17] 钱卫国,陈新军,郑波,等. 智利外海茎柔鱼资源密度分布与渔场环境的关系[J]. 上海水产大学学报,2008,17(1):98-103.
- [18] 李纲,郑晓琼,朱国平,等. 基于水温因子的东、黄海鲈鱼剩余产量模型建立[J]. 上海海洋大学学报,2011,20(1):108-113.

Fishing ground distribution of saury and its correlation with SST in the Northern Pacific high sea in 2010

YAN Lei^{1,2,3,4}, ZHU Qing-cheng^{1,2,3,4}, ZHANG Yang^{1,2,3,4}, SHANG Li-lei^{1,2,3,4}

(1. College of Marine Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. The key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 3. National Engineering Research Centre for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China; 4. Scientific Observing and Experimental Station of Oceanic Fishery Resources, Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Based on the catch data collected by Chinese Pacific saury fishing vessels and remote sensing data in North Pacific, this paper analyzed the distribution of fishing ground of Pacific saury and their relationship with SST by using Explorer 4.0 on a grid of $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ scale. The result indicated that the distribution of fishing ground changed widely in month, and it mainly concentrated in the waters near $36^{\circ}\text{N} - 47^{\circ}\text{N}$, $145^{\circ}\text{E} - 163^{\circ}\text{E}$; The movement of barycenter of catch had a tendency from south to north firstly and then moved in the opposite direction on the latitude, while on the longitude it moved from east to west. SST in the fishing grounds ranged from 10 to 17 $^{\circ}\text{C}$ with an average of 10 - 13 $^{\circ}\text{C}$. Meanwhile, SST decreased firstly and then increased as time goes on. Krnska1-Wallis test showed that there were no significant differences in CPUE related to temperatures during investigative period.

Key words: *Cololabis saira*; fishing ground; sea surface temperature; Northern Pacific high sea