

影响太平洋褶柔鱼冬生群资源丰度的表温因子及其机理分析

鲁红月, 陈新军

Mechanisms analysis of the stock abundance index for the winter-spawning cohort of *Todarodes pacificus* based on the factor of SST

LU Hongyue, CHEN Xinjun

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.12024/jsou.20210303327>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

西北太平洋柔鱼产卵场时空分布及最适水温范围的推测

Suitable environmental conditions for spawning ground affecting the abundance of neon flying squid in northwestern Pacific Ocean
上海海洋大学学报. 2019, 28(3): 448 <https://doi.org/10.12024/jsou.20181202466>

基于海表面温度SST的剩余产量模型评估太平洋褶柔鱼秋生群资源

Stock assessment for autumn cohort of *Todarodes pacificus* based on surplus yield model with sea surface temperature
上海海洋大学学报. 2019, 28(6): 933 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190202526>

基于灰色系统的澳洲鲈太平洋群系资源量预测模型

Forecasting model for spotted mackerel biomass based on grey system theory
上海海洋大学学报. 2019, 28(1): 154 <https://doi.org/10.12024/jsou.20170602086>

基于不同阶数灰色系统模型的北太平洋柔鱼资源丰度预测

Prediction of abundance index of *Ommastrephes bartramii* in the North Pacific Ocean based on different order grey system models
上海海洋大学学报. 2021, 30(4): 755 <https://doi.org/10.12024/jsou.20200202920>

西北太平洋柔鱼渔场重心变化及其与环境的关系

Variations of gravity centers of fishing ground for neon flying squid *Ommastrephes bartramii* in the northwest Pacific Ocean and its relation with marine environment
上海海洋大学学报. 2020, 29(6): 899 <https://doi.org/10.12024/jsou.20190802770>

文章编号: 1674-5566(2022)02-0534-08

DOI:10.12024/jsou.20210303327

影响太平洋褶柔鱼冬生群资源丰度的表温因子及其机理分析

鲁红月¹, 陈新军^{1,2,3,4}

(1. 上海海洋大学海洋科学学院, 上海 201306; 2. 大洋渔业资源可持续开发教育部重点实验室, 上海 201306; 3. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306; 4. 农业农村部大洋渔业开发重点实验室, 上海 201306)

摘要: 根据 1998—2018 年太平洋褶柔鱼冬生群体单位捕捞努力量渔获量 (catch per unit effort, CPUE)、1—3 月产卵期间产卵场 (25°N ~ 40°N 和 125°E ~ 145°E) 和 6—7 月索饵期索饵场 (26°N ~ 40°N 和 125°E ~ 145°E) 的海表面温度 (sea surface temperature, SST), 采用广义线性模型分析获得影响 CPUE 的 SST 值, 并对连续高值年份 (2007、2008、2009) 和连续低值年份 (2016、2017、2018) 的 CPUE 和获得的影响因子 SST 进行空间叠加分析。结果表明: CPUE 与产卵场 1—3 月 SST 显著相关的月份为 1 月 (25°N ~ 40°N 和 125°E ~ 145°E), 该海区 SST 最适温度范围为 18 ~ 26 °C; CPUE 与索饵场 6—7 月 SST 显著相关的月份为 7 月 (27°N ~ 39.5°N 和 125°E ~ 144.5°E), 该海区 SST 最适温度范围为 18 ~ 28 °C; CPUE 连续高值年份的 SST 要低于连续低值年份。研究认为, 太平洋褶柔鱼冬生群资源丰度受产卵场和索饵场的 SST 影响较显著, 而黑潮实力强弱也是间接影响资源丰度的主要原因之一。

关键词: 太平洋褶柔鱼; 冬生群; 资源丰度; 海表面温度

中图分类号: S 931.3 **文献标志码:** A

太平洋褶柔鱼 (*Todarodes pacificus*) 主要分布在日本海及太平洋沿岸以及我国的黄海和东海^[1], 是世界上重要的大洋性经济头足类和我国重要的捕捞对象之一。太平洋褶柔鱼主要有冬生、夏生和秋生 3 个产卵群体, 其中冬生和秋生群体为日本的主要捕捞对象^[2]。冬生群分布最广、数量最大, 该群体产卵期主要集中于 1—3 月, 产卵场主要分布在日本九州西南东海大陆架外缘区域, 集中分布在东海东北部。索饵期主要集中在 6—7 月, 该群体沿着日本毗邻太平洋沿岸北上索饵, 南下产卵^[3]。

太平洋褶柔鱼为一年生的短生命周期物种, 产卵后即死亡, 其资源补充量对其资源丰度起决定性作用。已有研究^[4-6]表明, 海洋环境与鱼类资源补充量密切相关, 因此探究环境变化与资源丰度的关系并分析其影响机理, 为后续渔业资源评估和管理提供基础。张硕等^[7]和杨林林等^[8]利用相关性分析认为太平洋褶柔鱼冬生群体产

卵场海表面温度 (sea surface temperature, SST) 是导致单位捕捞努力量渔获量 (catch per unit effort, CPUE) 变化的重要因子。解明阳等^[9]利用灰色系统分析 5 种环境因子对太平洋褶柔鱼冬春生群 CPUE 变化的影响趋势。但目前对影响太平洋褶柔鱼冬生群体资源丰度的环境因子研究及其机理分析涉及较少^[10]。因此, 本研究根据 1998—2018 年太平洋褶柔鱼冬生群体产卵场和索饵场资源丰度以及环境因子数据, 选取影响显著的环境因子与资源丰度进行回归分析, 找出资源分布相对集中的海域, 并对其影响因子进行机理分析, 为科学评估和管理太平洋褶柔鱼资源提供依据。

1 材料与方法

1.1 数据来源

太平洋褶柔鱼冬生群资源丰度数据来自加贺敏树等^[11]的 2019 年太平洋褶柔鱼冬生群资源

收稿日期: 2021-03-10 修回日期: 2021-08-27

基金项目: 国家重点研发计划 (2019YFD0901404); 国家自然科学基金 (41876141); 上海市科技创新行动计划 (10DZ1207500)

作者简介: 鲁红月 (1995—), 女, 硕士研究生, 研究方向为渔业资源评估。E-mail: 2471959205@qq.com

通信作者: 陈新军, E-mail: xjchen@shou.edu.cn

评估报告 (http://abchan.fra.go.jp/digests2019/html/2019_18.html), 时间为 1998—2018 年。

SST 数据来自美国 NOAA Ocean Watch 数据库 (https://oceanwatch.pifsc.noaa.gov/erddap/griddap/CRW_sst_v1_0_monthly.html), 时间为 1998—2018 年 1—12 月, 空间范围为 25°N ~ 45°N 和 125°E ~ 145°E 海域, 时间分辨率为月, 空间分辨率为 0.5° × 0.5°。

1.2 研究方法

(1) 环境因子选取。根据已有研究^[3,12]显示: 太平洋褶柔鱼冬生群体产卵月份主要为每年 1—3 月, 产卵场主要分布在 28°N ~ 34°N 和 125°E ~ 134°E 海域; 索饵期主要为每年 6—7 月, 索饵场为 35°N ~ 45°N 和 128°E ~ 145°E 海域。对 1998—2018 年太平洋褶柔鱼冬生群体产卵场和索饵场范围内 SST 时间序列值和 CPUE 年序列值进行回归分析, 选出与 CPUE 显著相关区域和月

份, 将此作为影响太平洋褶柔鱼冬生群体资源量变动的重要影响因素。

(2) 利用 ArcMap10.4 软件绘制分布图, 将与 CPUE 显著相关的 SST 进行均值化处理, 分析其温度变化对 CPUE 的影响, 并绘制出与 CPUE 显著相关的 SST 的分布图, 并将与 CPUE 显著相关月份的温度层叠加在海域中。结合黑潮及其分支海流势力强弱对产卵场和索饵场 SST 分布的影响进行探讨, 解释其资源丰度变动的机理。

2 结果

2.1 CPUE 年际变化

1998—2018 年太平洋褶柔鱼冬生群 CPUE 年间波动大且近年来持续下降 (图 1), 其 CPUE 为 0.27 ~ 1.77 t/d, 2007—2009 年 CPUE 持续高位位于波峰位置, 2016—2018 年 CPUE 持续下降处于低谷阶段。

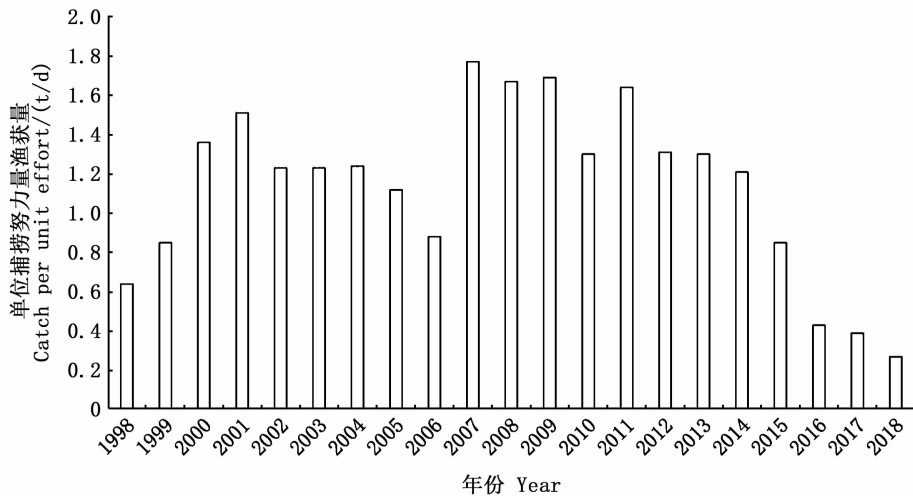


图 1 1998—2018 年日本太平洋褶柔鱼冬生群各年 CPUE 分布图

Fig. 1 Distribution of CPUE of winter population of *Todarodes pacificus* from 1998 to 2018 in Japan

2.2 回归分析结果

对产卵场 1—3 月 SST 序列值和 CPUE 做回归分析, SST 与 CPUE 显著性相关的区域分布较集中 (图 2), 其产卵场 1 月 SST 与 CPUE 显著相关性高于 2、3 月 (表 1), 1 月显著相关点相对比较集中 ($P=0.0028$), 因此选取 1 月海域作为产卵场 SST 机理分析的研究区域。

对索饵场 6—7 月 SST 序列值和 CPUE 做回归分析认为, SST 与 CPUE 显著相关的点分布集中 (图 3), 其索饵场 6 月和 7 月 SST 与 CPUE 显

著相关和相关海域相近 (表 1), 7 月的显著相关区域较集中 ($P=0.0048$), 主要集中在 32.5°N ~ 37.0°N 和 140.0°E ~ 143.5°E 海域内。因此选取 7 月作为索饵场 SST 机理分析的研究区域。

2.3 产卵场和索饵场的表温分布

由图 2 所示, 产卵场 (1 月) 产卵群体主要分布在九州岛以东、北太平洋以南沿日本沿岸集中分布, 显著相关区域的等温线较密集 (SST 变化较大), 该群体存在适宜性温度范围 (18 ~ 24 °C)。1 月显著相关海域主要分布在对马暖流的前锋,

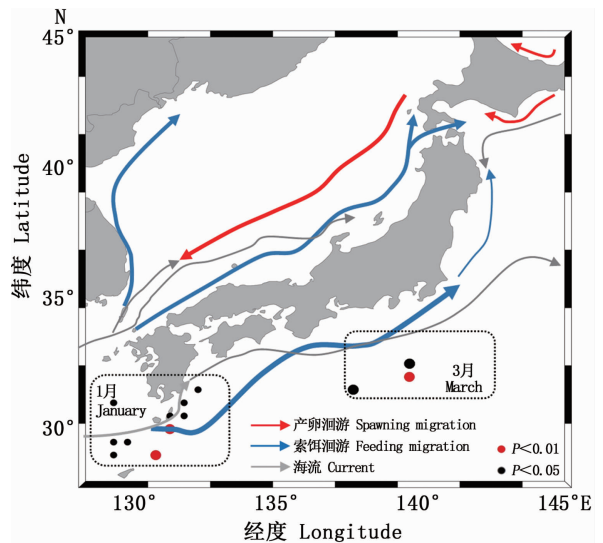
黑潮主轴及其分支前锋少量分布,2月显著相关海域主要集中在黑潮主轴及分支前锋,3月显著相关海域主要集中在黑潮主轴前锋海域,分布区域的变化因黑潮势力强弱对 SST 造成影响,并对资源量及分布存在影响。CPUE 连续高低值不同年份的 SST 进行成对样本差异性 t 检验,发现不同年份同一月份的温度值均表现出显著差异 ($P < 0.01$),而不同年份均值 SST 之间差异均不显著 ($P > 0.05$),CPUE 高的年均值 SST 普遍低于 CPUE 低的(图 4),黑潮前锋的月均温比对马暖流前锋高(图 5),黑潮势力强弱使 SST 变化,进而对资源丰度造成影响。太平洋褶柔鱼的不同年份温度值差异较大但适宜性温度变化不大,且不同年份均值 SST 的变化与 CPUE 呈现负相关。温度升高不一定会带来资源量的增加,年间波动较大可能会造成资源量减少。

由图 3 所示,索饵场(7月)主要分布在北太平洋以北、北海道以南海域黑潮第一分支前锋和亲潮的交汇处集中分布,索饵场海域等温线向北弯曲,显著相关的区域主要分布在 $18 \sim 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 黑潮末端和亲潮的交汇处,主要集中在亲潮前锋区域,CPUE 连续高值年份 SST 年均值低于 CPUE 连续低值年份(图 4),黑潮前锋的月均温比亲潮前锋高,CPUE 与温度变化呈负相关。黑潮第一分支势力增强造成中高纬度索饵场 7 月水温偏高(图 4)。太平洋褶柔鱼冬生群的资源丰度与海温密切相关,温度对资源分布和资源量大小都会造成一定的影响,而黑潮势力强弱对 SST 造成直接影响。

3 讨论

太平洋褶柔鱼作为短生命周期物种,其资源易受到海洋环境的影响。产卵场环境对资源量影响显著,其中以 SST 为直接影响因子。SAKURAI 等^[13]认为产卵场位置随温度的变化而变化。在温暖期,太平洋褶柔鱼冬生种群数量增加,产卵场海域增大;在寒冷期,种群数量减少。本文选取 $25^{\circ}\text{N} \sim 45^{\circ}\text{N}$ 和 $125^{\circ}\text{E} \sim 145^{\circ}\text{E}$ 的 SST 环境数据,将 1998—2018 年的 1—3、6—7 月 SST 与 CPUE 进行回归分析,CPUE 受环境影响随之发生变化,产卵期(1—3 月)资源分布随海流位置而发生变化,主要处在我国东海及其向东延伸至太平洋西海岸部分海域(图 2)。索饵期(6—7

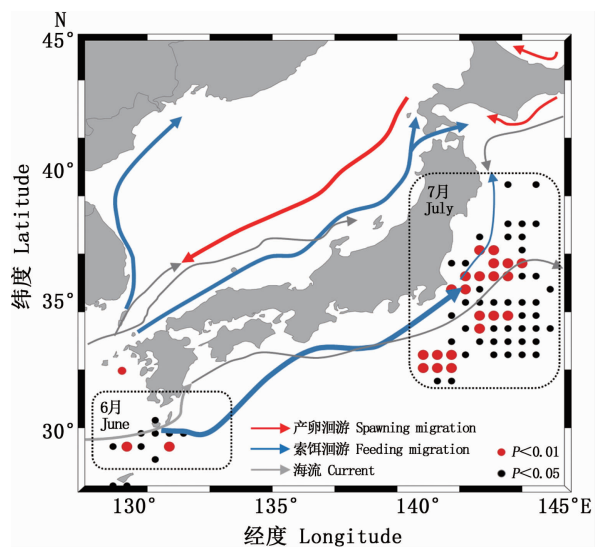
月)进行北上索饵主要分布在亲潮和黑潮第一分支交汇处(图 3)。



1—2 月代表黑潮主轴及其分支;3 月份黑潮前锋。
January to February represents the main axis of Kuroshio and its branches; Kuroshio forward in March.

图 2 产卵期 SST 与太平洋褶柔鱼冬生群资源丰度显著相关的海区

Fig. 2 Areas with significant correlation between SST of spawning ground and CPUE of winter cohort of *T. pacificus*



6 月为黑潮主轴;7 月为黑潮第一分支前锋。
June is the main axis of Kuroshio; July for the Kuroshio first branch forward.

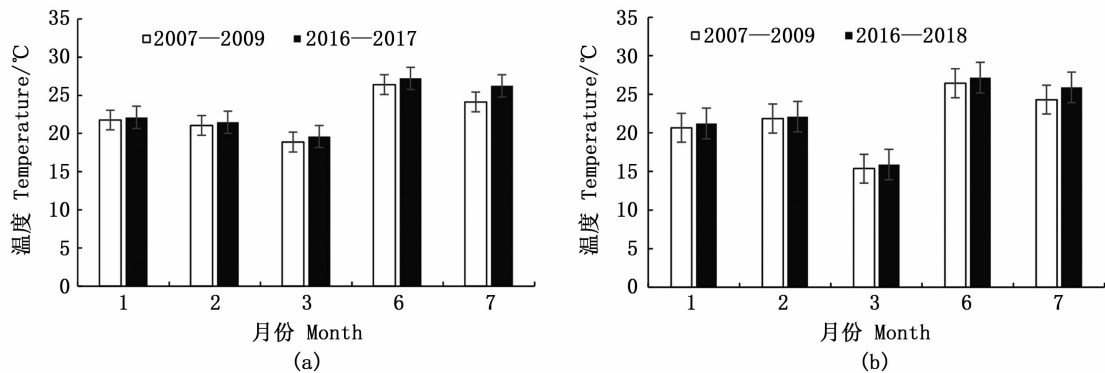
图 3 索饵期 SST 与太平洋褶柔鱼冬生群资源丰度显著相关的海区

Fig. 3 Areas with significant correlation between SST of feeding ground and CPUE of winter cohort of *T. pacificus*

表 1 1998—2018 年产卵场和索饵场 SST 与 CPUE 回归分析结果

Tab. 1 Regression analysis between CPUE and SST in the spawning and feeding grounds from 1998 to 2018

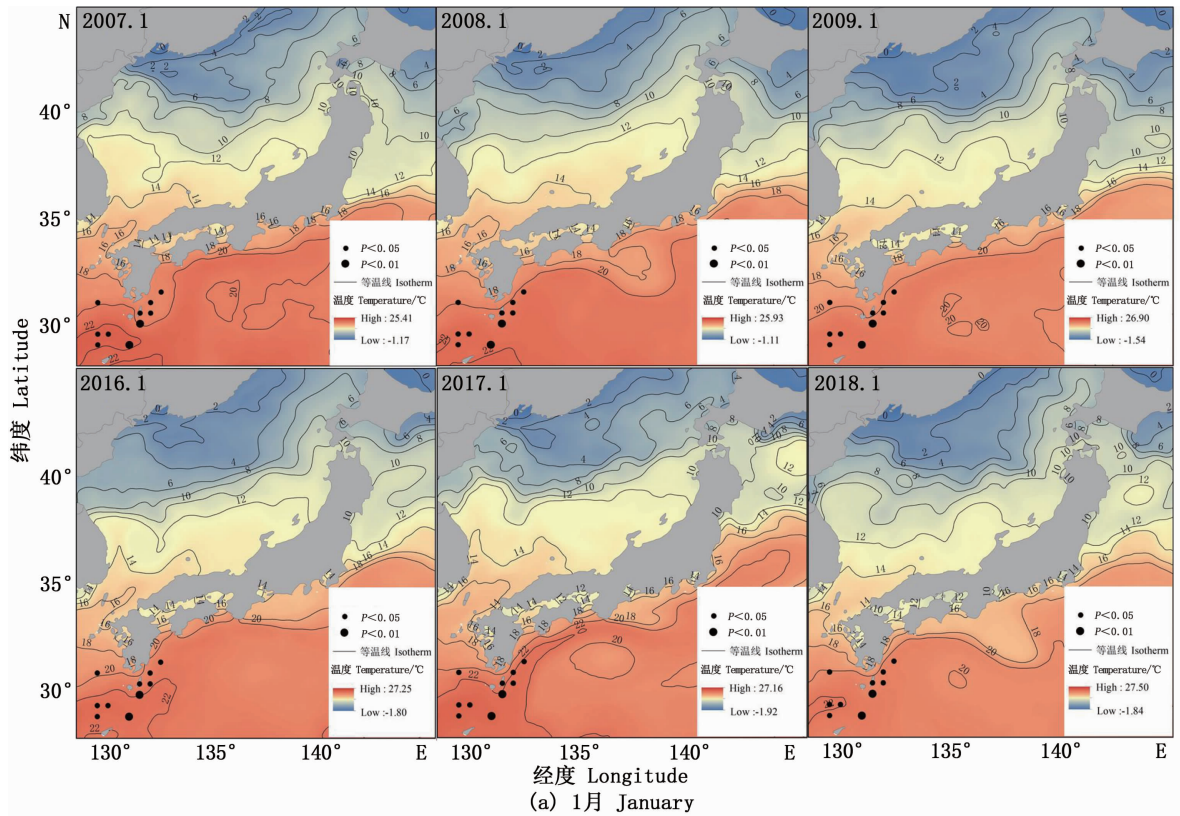
月份 Month	产卵场和索饵场位置 Spawning and feeding areas	P
1	26.0°N ~ 30.0°N 和 130.5°E ~ 131.0°E	0.002 8
2	27.5°N ~ 30.5°N 和 127.0°E ~ 130.0°E	0.006 1
3	27.5°N ~ 32.0°N 和 130.0°E ~ 139.5°E	0.007 2
6	26.0°N ~ 29.5°N 和 125.5°E ~ 131.0°E	0.003 2
7	32.5°N ~ 37.0°N 和 140.0°E ~ 143.5°E	0.004 8

图 4 产卵场和索饵场 CPUE 连续高值与连续低值年份的 SST 比较(a 为 $P < 0.01$, b 为 $P < 0.05$)Fig. 4 SST comparison of between continuous high CPUE and continuous low CPUE in spawning and feeding grounds (a stands for $P < 0.01$, b stands for $P < 0.05$)

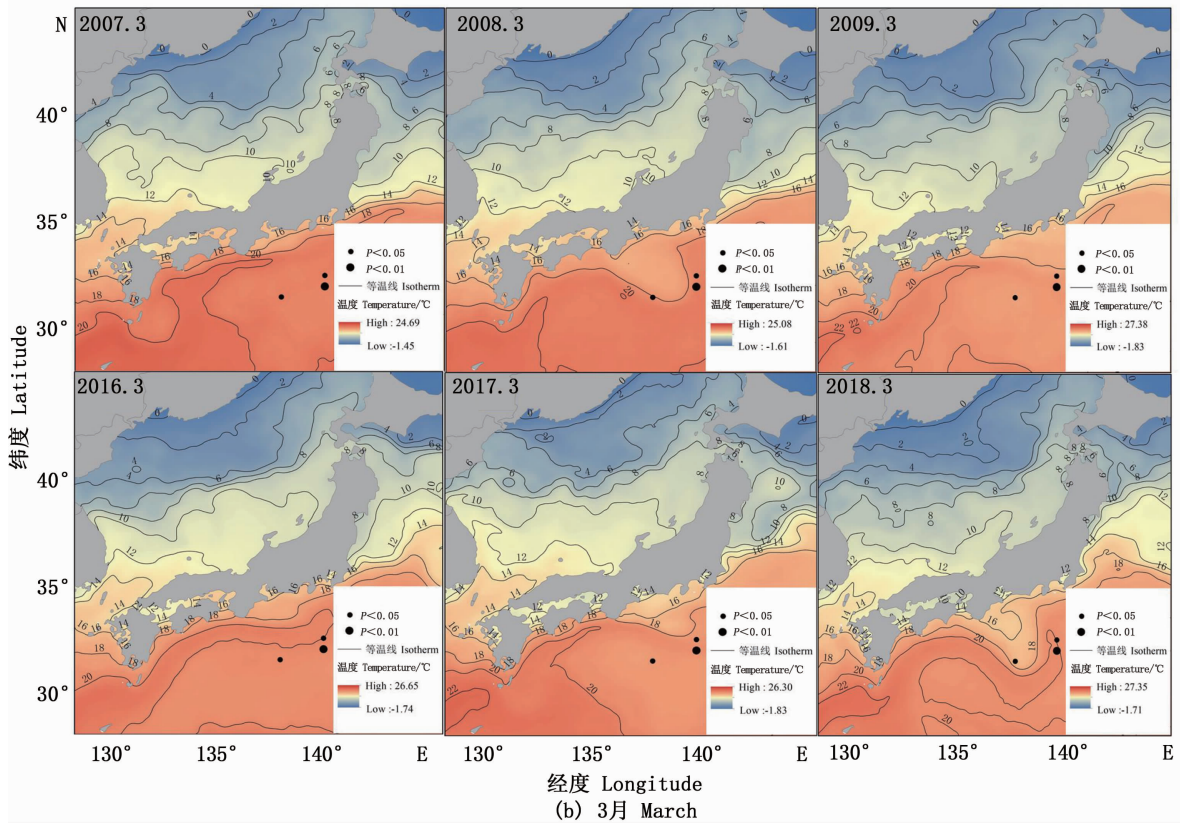
3.1 空间分布随温度的变化

从月平均温度角度来看,JI 等^[14]认为太平洋褶柔鱼空间分布变化主要受产卵场影响(图 2),水温对其产卵、孵化生长有明显的影响^[15]。本文分析 SST 对太平洋褶柔鱼冬生群产卵场和索饵场空间分布的影响。从回归分析的结果和图像拟合来看,产卵期间资源分布随着海流北上,对马暖流前锋温度低于黑潮主轴及其分支前锋(图

5 和图 6),路径与太平洋褶柔鱼冬生群体空间分布变化的移动轨迹基本一致(图 2,图 3)。索饵期大部分群体位于北太平洋 32°N 以北区域,逐渐接近黑潮分支前锋路径先向西北,与亲潮汇合后转而向东部海域和亲潮的交汇处(图 3)。KIYOFUJI 等^[16]认为不同年代产卵场位置范围是不断发生变化的,黑潮对 SST 产生影响,SST 对产卵场和索饵场的分布造成影响。



(a) 1月 January



(b) 3月 March

图5 特定年份1月和3月作业海区(0.5 × 0.5)的SST与CPUE相关性的空间分布
Fig.5 The spatial distribution of the correlation between SST and CPUE in the operation area (0.5 × 0.5) in January and March of the specific year

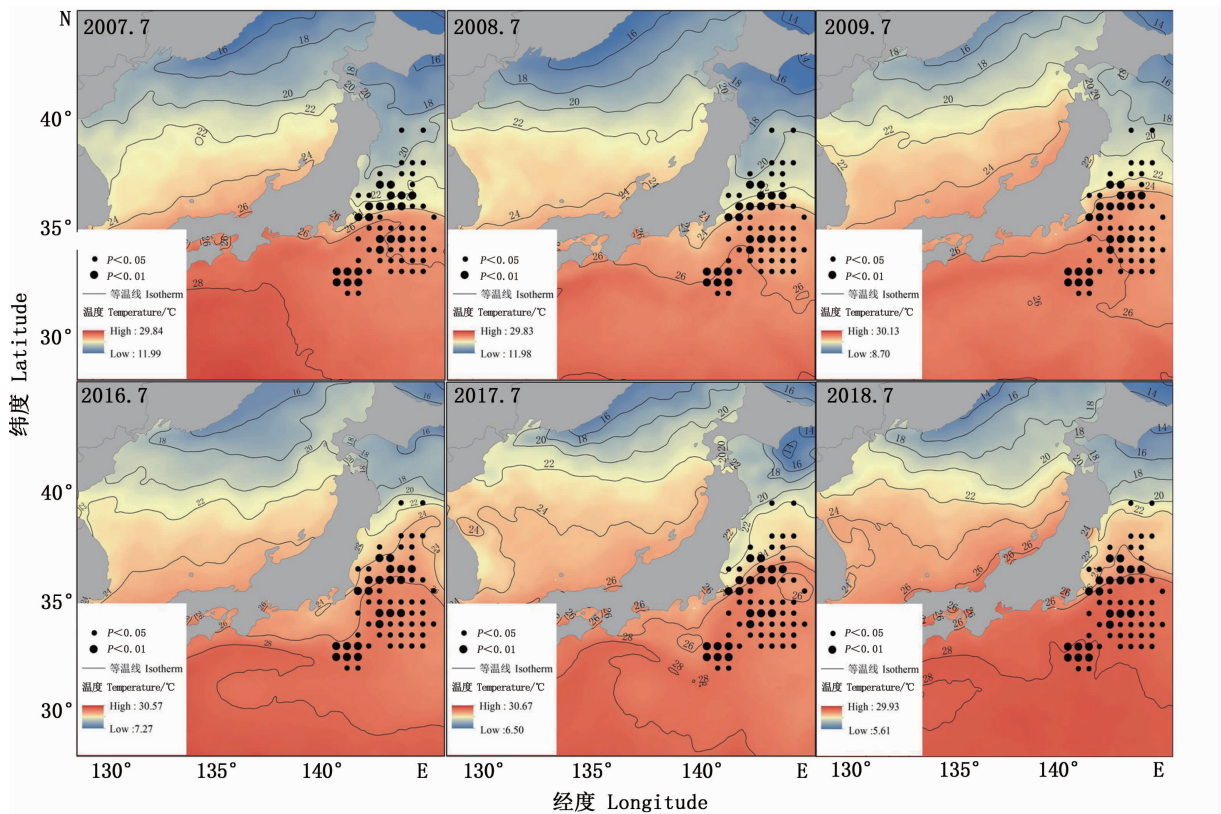


图 6 特定年份 7 月作业海区 (0.5×0.5) 的 SST 与 CPUE 相关性的空间分布

Fig. 6 The spatial distribution of the correlation between SST and CPUE in the operation area (0.5×0.5) in July of the specific year

3.2 不同生长阶段适宜温度范围的变化

从早期生活史角度来看,温度影响其胚胎发育的时间和发育速度^[17],对调节种群动态和食物网结构具有重要作用^[18]。太平洋褶柔鱼作为短生命周期物种,其胚胎发育高度依赖温度,其在 $14.7 \sim 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 之间存活率增加 70%^[19]。产卵场 CPUE 与 SST 显著相关点分布的主轴主要位于 $20 \sim 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (图 5,图 6),该范围等温线走向持续向北,与黑潮移动路径方向保持一致。大多数胚胎发育期超过 $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度、低于 $9 \sim 13.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 会加快死亡降低胚胎存活率^[19],本文研究产卵场的分布范围为 $18 \sim 24 \text{ }^{\circ}\text{C}$,索饵场为 $16 \sim 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$,由此可见索饵场温度比产卵场温度高,物种生长环境会发生变化。该结果说明同一物种在同一海域不同生长阶段的温度分布范围存在差异,其主要是因为其生长阶段的不同生物特性对生长环境的适应程度,其中温度是重要的影响因素,黑潮是影响温度变化的重要影响因子。

3.3 海表面温度与资源丰度

从资源丰度角度来看,作为短生命周期物

种,其繁殖和生长多取决于物理和生物环境。CPUE 连续高值年份的 SST 普遍低于 CPUE 连续低值年份(图 4),而连续低值年份黑潮势力较强,造成产卵场和索饵场海域温度升高,对物种的生存环境造成威胁,促使成活率降低,进而影响其资源丰度。以 $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 等温线为基点,随着温度升高(图 4),该等温线逐渐北移(图 5,图 6),且 CPUE 也随之减少。因此黑潮对温度影响显著,温度进一步影响资源丰度。已有研究表明,20 世纪 40—70 年代,环境变化与太平洋褶柔鱼资源量变化一致,种群数量波动主要是环境引起的繁殖与生长变化,进而引起资源丰度的变化^[20]。该结论与本文研究一致,太平洋褶柔鱼冬生群体数量波动与产卵场和索饵场环境变化有关,等温线走向与黑潮移动路径一致(图 5,图 6),温度与 CPUE 呈负相关。由此可见,黑潮势力强弱是影响太平洋褶柔鱼资源丰度的主要原因之一。

由于本研究中使用的渔业数据全部来源于日本水产厅,对研究范围具有一定的局限性,环境因子局限于 SST,忽略太平洋年代际涛动、叶绿

素 a 质量浓度等环境因素对资源丰度的影响。今后的研究应考虑多种环境因子对太平洋褶柔鱼冬生群资源量的影响,对环境因子之间的交叉影响进行分析,在环境因子选择的同时要考虑早期生活史阶段,结合物理海洋学等学科,综合探究太平洋褶柔鱼资源量变化及其机制。

参考文献:

- [1] KIDOKOROH, GOTO T, NAGASAWA T, et al. Impact of a climate regime shift on the migration of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) in the Sea of Japan[J]. ICES Journal of Marine Science, 2010, 67(7): 1314-1322.
- [2] 王尧耕, 陈新军. 世界大洋性经济柔鱼类资源及其渔业[M]. 北京: 海洋出版社, 2005.
- WANG Y G, CHEN X J. Oceanic economic squid resources and its fisheries in the world [M]. Beijing: Ocean Press, 2005.
- [3] 方舟, 陈新军. 太平洋褶柔鱼渔业资源及渔场学研究进展[J]. 海洋渔业, 2018, 40(1): 102-116.
- FANG Z, CHEN X J. Review on fishery of Japanese flying squid *Todarodes pacificus* [J]. Marine Fisheries, 2018, 40(1): 102-116.
- [4] 唐峰华, 史赟荣, 朱金鑫, 等. 海洋环境因子对日本海太平洋褶柔鱼渔场时空分布的影响[J]. 中国水产科学, 2015, 22(5): 1036-1043.
- TANG F H, SHI Y R, ZHU J X, et al. Influence of marine environment factors on temporal and spatial distribution of Japanese common squid fishing grounds in the Sea of Japan [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(5): 1036-1043.
- [5] SAKURAI Y, KIYOFUJI H, SAITOH S I, et al. Stock fluctuations of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, related to recent climate changes [J]. Fisheries Science, 2002, 68(s1): 226-229.
- [6] 李建生, 严利平. 东海太平洋褶柔鱼的数量分布及其与环境的关系[J]. 海洋渔业, 2004, 26(3): 193-198.
- LIJ S, YAN L P. Quantity distribution of *Todarodes pacificus* and its relation with environment in the East China Sea [J]. Marine Fisheries, 2004, 26(3): 193-198.
- [7] 张硕, 李莉, 陈新军. 基于海表温因子的太平洋褶柔鱼冬生群资源丰度预测模型比较[J]. 水产学报, 2018, 42(5): 704-710.
- ZHANG S, LI L, CHEN X J. A comparative study on forecasting model of the stock abundance index for the winter-spawning cohort of *Todarodes pacificus* in the Pacific Ocean based on the factor of SST [J]. Journal of Fisheries of China, 2018, 42(5): 704-710.
- [8] 杨林林, 姜亚洲, 程家骅. 东海太平洋褶柔鱼生殖群体的空间分布及其与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2010, 30(7): 1825-1833.
- YANG L L, JIANG Y Z, CHENG J H. Spatial distribution of mature stock of Pacific squid, *Todarodes pacificus* and its relation to environmental factors in the East China Sea [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(7): 1825-1833.
- [9] 解明阳, 陈新军, 汪金涛. 基于灰色系统的太平洋褶柔鱼冬春生群资源丰度变化研究[J]. 海洋渔业, 2018, 40(6): 641-648.
- XIE M Y, CHEN X J, WANG J T. On changes of abundance index of winter-spring cohort of *Todarodes pacificus* in the northwest Pacific based on grey system theory [J]. Marine Fisheries, 2018, 40(6): 641-648.
- [10] HAYKINS, NETWORK N. A comprehensive foundation [J]. Neural Networks, 2004(2): 41.
- [11] 加賀敏樹, 山下紀生, 岡本俊, 等. 平成 30 年度スルメイカ冬季発生系群の資源評価 [R]. 平成 30 年度我が国周辺水域の漁業資源評価, 水産庁. 水産研究. 教育機構, 2019: 652-697.
- TOSHIKI K, NORIO Y, SHUN O, et al. Resource evaluation of the winter generation family of the squid in 2018 [R]. Fiscal Year 2015 Survey on Survey Resources of Surrounding Fishery Resources in Japan, Fisheries Agency, Fisheries, education agency, 2019: 652-697.
- [12] 宁欣, 陆化杰, 刘凯, 等. 2018 年春季拉尼娜发生期东海太平洋褶柔鱼的渔业生物学特性 [J]. 水产学报, 2020, 44(10): 1676-1684.
- NING X, LU H J, LIU K, et al. Fisheries biological characteristics of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) in spring in the La Niña year of 2018 in the East China Sea [J]. Journal of Fisheries of China, 2020, 44(10): 1676-1684.
- [13] SAKURAI Y, KIYOFUJI H, SAITOH S, et al. Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions [J]. ICES Journal of Marine Science, 2000, 57(1): 24-30.
- [14] JI F, GUO X Y, WANG Y C, et al. Response of the Japanese flying squid (*Todarodes pacificus*) in the Japan Sea to future climate warming scenarios [J]. Climatic Change, 2020, 159(4): 601-618.
- [15] KIM Y H, CHOIK, LEE I. Migration and distribution of the common squid (*Todarodes pacificus*) in Korean waters [J]. Journal of Environmental Science International, 2017, 26(2): 173-181.
- [16] KIYOFUJI H, SAITOH S I, SAKURAI Y. A visualization of the variability of spawning ground distribution of Japanese common squid (*Todarodes pacificus*) using Marine-GIS and satellite data sets [J]. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 1998, 32: 882-887.
- [17] MARQUEZ L, LARSON M, ALMANSAE. Effects of temperature on the rate of embryonic development of cephalopods in the light of thermal time applied to aquaculture [J]. Reviews in Aquaculture, 2021, 13(1): 706-718.

- [18] PARKT H, LEEC I, KANG C K, et al. Seasonal variation in food web structure and fish community composition in the East/Japan sea [J]. *Estuaries and Coasts*, 2020, 43(3): 615-629.
- [19] MINOBES. A 50-70 year climatic oscillation over the North Pacific and north America [J]. *Geophysical Research Letters*, 1997, 24(6): 683-686.
- [20] GOTO T, TAKANASHI A. Changes in the strategy of a small-scale jigging fishery for Japanese flying squid *Todarodes pacificus* off northeastern Japan [J]. *Fisheries Science*, 2020, 86(1): 1-11.

Mechanisms analysis of the stock abundance index for the winter-spawning cohort of *Todarodes pacificus* based on the factor of SST

LU Hongyue¹, CHEN Xinjun^{1,2,3,4}

(1. College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Key Laboratory of Sustainable Exploitation of Oceanic Fisheries Resources, Ministry of Education, Shanghai 201306, China; 3. National Engineering Research Center for Oceanic Fisheries, Shanghai 201306, China; 4. Key Laboratory of Oceanic Fisheries Exploration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Shanghai 201306, China)

Abstract: Understanding and mastering the environmental factors that affect the resource abundance of the winter-spawning cohort of *Todarodes pacificus* are of great significance to the development of fishery forecasts and fishery resource assessment and management. In this study, Sea Surface Temperature (SST) was used to measure the catch per unit effort (CPUE) of the winter-spawning cohort of *Todarodes pacificus* from 1998 to 2018, the spawning ground (25°N – 40°N and 125°E – 145°E) during the spawning period from January to March, and the feeding ground (26°N – 40°N and 125°E – 145°E) during the feeding period from June to July, the SST value affecting CPUE was obtained by generalized linear model analysis, and we made the spatial overlay analysis of the CPUE and the obtained influence factor SST in consecutive high-value years (2007, 2008, 2009) and consecutive low-value years (2016, 2017, 2018). The results showed that CPUE and spawning ground SST from January to March were significantly related to January (25°N – 40°N and 125°E – 144.5°E), and the optimal range of SST in this sea area was 18 – 26 °C. The significant correlation between CPUE and SST in June and July was mainly concentrated in July (27°N – 39.5°N and 125°E – 144.5°E), and the optimal range of SST in this sea area was 18 – 28 °C, the SST of consecutive high value CPUE years was lower than that of consecutive low value years. The study suggests that the stock abundance of the winter-spawning cohort of *Todarodes pacificus* was significantly affected by SST.

Key words: *Todarodes pacificus*; winter-spawning group; abundance index; sea surface temperature