

钓鱼岛近海的涡旋及其与 马面鲈渔场的关系*

方瑞生 郑元甲

(中国水产科学研究院东海水产研究所)

提要 本文根据1981—1984年各年春季(4月),绿鳍马面鲈产卵场的调查资料及产量统计资料,通过水温、盐度、密度 σ_t 、比容偏差 $10^3\delta$ 和地转流等海况要素,对钓鱼岛近海的涡旋特征、强度、位置变化及结合渔况进行分析研究。初步认为钓鱼岛东北海区即黑潮及其分支处附近,存在一气旋型涡旋,涡旋边缘的北侧和西侧流速较小,是马面鲈的过路渔场和产卵场。春季马面鲈的产卵场基本集中在钓鱼岛近海(26°N断面)的涡旋区及其西侧边缘的近底层,水温为17—18°C,盐度为34.6—34.8‰,比容偏差 $10^3\delta$ 为270—290。若以涡旋底部的比容偏差 $10^3\delta$ 作为衡量外洋水强弱的指标,则它与上海、舟山渔业公司4—5月份的马面鲈产量之间的相关系数为0.913;与马面鲈年总产量的相关为0.812。故认为该水文要素可提供渔获量预报的一项指标。马面鲈仔鱼基本沿涡旋周围的海流逐步向东北方向漂移。

主题词 涡旋、上升流、比容偏差、产卵场的形成、渔获量变动、马面鲈、东海

台北—闽东渔场,是东南南部捕捞越冬及产卵的中上层鱼类、底层鱼类的一个重要场所。此外,黄鲷、多齿蛇鲻等还常年在该海区栖息。我国自1974年对东海绿鳍马面鲈(以下简称马面鲈)开发利用迄今,年产量从4.5万吨上升到25万吨,其中机轮底拖网产量在该渔场占多数。所以,在研究这一渔场渔业生物学^[1,2]的同时,探索该渔场的海洋学特性,尤其是涡旋(Eddy)与渔场的关系,对了解渔场的形成原因同样具有重要意义。涡旋的存在往往伴随着上升流的出现。一般说,上升流的速度较小(10^{-5} — 10^{-2} 厘米/秒),但对海洋的能量再分配却起着重要作用。据有关资料报导,上升流区域的渔获量就占了世界海洋总渔获量的一半。所以,合理开发利用上升流区域的生物资源,已引起许多沿海国家的极大重视。

在东南南部的陆架外缘西侧,有关海洋学特性的研究已获得一些结果。他们有的仅对涡旋作了研究^[4,6,11],辻田、近藤等则对该海区的海洋环境与鲈鲷鱼类关系作了研究^[8,9]。关于钓鱼岛近海涡旋与马面鲈渔场关系的文章,迄今尚未见报导。

本文根据本所“东方”号,“东进”一、二号调查船,在1981—1984年的4月,东南南部马面鲈产卵场的渔海况调查资料和1980年7月、1981年5月的深沟渔场调查资料,以及日本实测海流^[10],并对照渔场作业资料写成。从水温、盐度、密度 σ_t 、比容偏

* 本文承赵传纮、林新濯、沈惠民副研究员、资源室丁仁福主任及山东海洋学院苏育嵩教授审阅,并提出宝贵意见。参加海上调查的有资源室底层鱼类组和环境室水文组有关同志,在此一并致谢。

差⁽¹⁾ $10^5\delta$ (Specific volume anomaly)、溶解氧以及动力计算的地转流等,分析了钓鱼岛近海涡旋的特征,探讨了产卵场形成和渔获量的变动原因,冀能为今后的渔获量预报提供依据。

钓鱼岛东北部海区的气旋型涡旋

1. 海况特征

分析 1982 年 4 月的海况资料,从其质量场的平面分布(图 1,2)看出, 20 米层的密度 σ_t 呈舌状分布,舌轴在钓鱼岛附近指向北部海区,舌前锋到达 27°N ,密度自南向北递增。在钓鱼岛东北附近海区,存在一个密度略比周围高的封闭区,成椭圆形,长轴位于经向上,短轴位于纬向上,长短轴分别约 50 海里和 30 海里。核心位于封闭区南端第 30 站($26^\circ30'\text{N}$, $124^\circ30'\text{E}$), σ_t 大于 24.4。若通过核心的纬向断面 I (图 3a, b, c) 可以看到温度和比容偏差 $10^5\delta$ 的分布,除 11 至 38 站因受沿岸低盐水影响略有差异外,大部分趋势基本相似,表明这一海区的质量场分布主要取决于温度场分布。

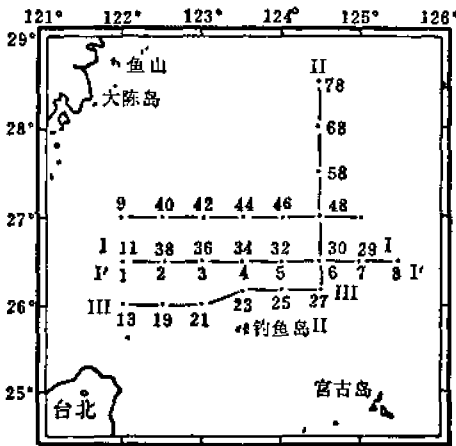


图1 1982、1983年4月断面配置图
Fig. 1 Section layout (April, 1982 and 1983)

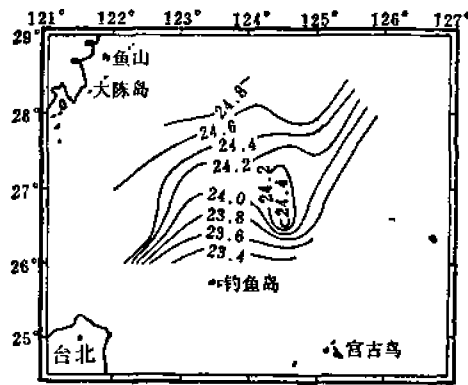


图2 1982年4月,20米层密度(σ_t)平面分布
Fig. 2 The horizontal distribution of density at 20M layer (April, 1982)

在核心(第 30 站)附近,等温面和等 $10^5\delta$ 面均呈上凸的圆顶状,75 米层以浅的地方(除 50 米层外),水温及 $10^5\delta$ 值均比周围相邻站的同层次小,温差为 $1.27-2.81^\circ\text{C}$, $10^5\delta$ 的差值为 27—70,盐度分布均匀(34.6—34.8‰)。上凸水体的轴心向西偏移至 32 站的底部,轴心底部比容偏差 $10^5\delta$ 小于 280,水温小于 18°C 。显示出这里有较强的黑潮次表层水上升趋势。

(1) 根据钓鱼岛近海春季马面鲷产卵场的水深为 100—150 米范围,若采用密度 σ_t 作断面分析,对揭示近底层的海洋特征有困难,故这里选用比容偏差($\delta = \sigma_{\text{STP}} - \sigma_{\text{St. O. P}}$)更合适,也便于水团分析。

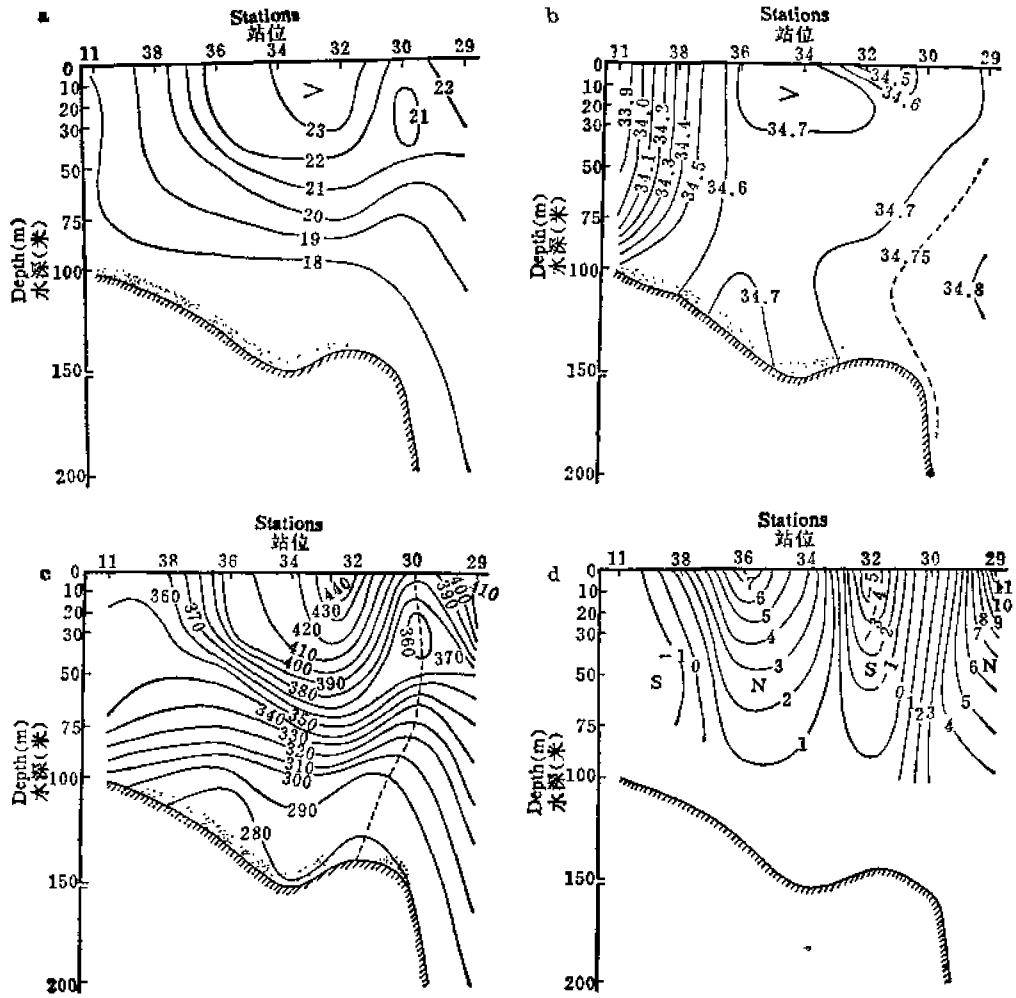


图3 1982年4月,水温(a)、盐度(b)、比容偏差 10^5 (c)、地转流分布(d)在断面I的分布图
 Fig. 3 The distributions of water temperature (a), salinity (b), specific volume anomaly 10^5 (c), and geostrophic current (d) at section I, April, 1982

图中密点处为马面鲈渔场(The thick dot area in the figure is filefish fishing ground)

核心处水温垂直分布曲线呈“S”状(图4), 20—50米层出现递增现象。各层稳定度 ($E \times 10^5 = \frac{d\sigma_t}{dz} \times 10^5$) 不大(表1), 上下水层具有明显的垂直涡动混合。

表1 第30站各水层的稳定度

Table 1. Each layer stability at St. 30 (April, 1982)

深度(m)	0	10	20	30	50	75	100
稳定度 $E \times 10^5$	100	2600	100	650	2200	800	320

断面I(图3a-c)中部的50米以浅, 是一个由下凹状等值线构成的暖水区。水温大于 22°C , 盐度 34.7% 左右, 比容偏差 10^5 为 $400-440$ 。在核心的经向断面II上(图5),

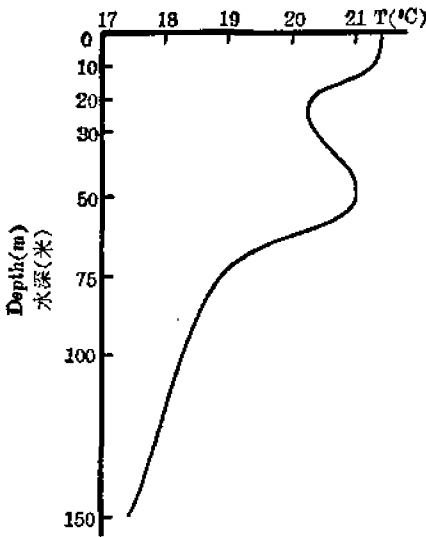


图4 1982年4月,第30站
水温垂直分布曲线
Fig. 4 The vertical distribution
of water temperature at St. 30
(April, 1982)

也同样可观察到核心(第30站)处具有上凸的水理结构。图6为该海区海洋结构的垂直轮廓图。以表征这里海水的运动模型。

根据上述比容偏差面(或密度面)上凸及下凹现象的存在,将意味着该海区可能有海水上升和下降。而断面I的30站东侧,10°δ面自左向右倾,西侧10°δ面则自右向左倾,在北半球这种现象存在,则意味着核心区的东部海水向北流动,西部海水向南流动。可以推测在封闭区26°30'N,124°30'E附近,将可能存在气旋型(逆时针)涡旋。并有底层冷水上升,其周围有下降流存在。这可在下面的动力计算的地转流给予证实。

2. 地转流流速分布

有许多海洋学者认为:地转流是上升流现象的一个重要特征。由地转流的流速流向能比较确切地判断涡旋存在及其性质。因手头上缺乏实测海流资料,且考虑该海区的海流主要为密度流^[5],

所以试以温、盐度资料来计算地转流。根据浅海地转流理论推算,若流速的计算采用公式^[7]

$$V = -\frac{g}{\rho f} \int_{-H}^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz,$$

其中流速V向北为正,x轴取向东为正,H为海底深度,ρ为海水的现场密度,g为重力加

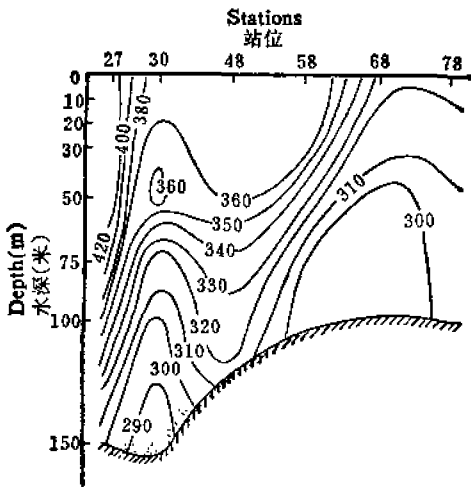


图5 1982年4月断面II比容偏差分布
Fig. 5 The distribution of specific volume
anomaly at section II (April, 1982)

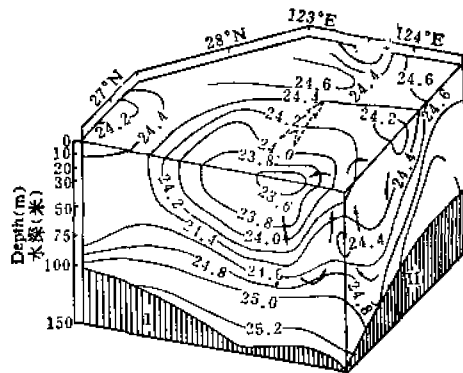


图6 1982年4月密度垂直轮廓图
Fig. 6 The vertical outline of
density (April, 1982)

速度, f 为柯氏参量。那么, 通过动力计算得出的断面 I 地转流流速分布如图 3d。图中明显看出, 第 30 站东侧, 流速为正值。海水具有向北流动分量, 表层最大流速为 11.9 厘米/秒, 正是黑潮主干向东北方向流动时, 其边缘在该处的北分量; 西部 38—34 站的 75 米层以浅, 海水也具有向北流动分量, 表层最大流速为 7.7 厘米/秒, 它正是具有高温、高盐和低密度的台湾暖流区; 而夹于东西两个北分量之间(第 32 站附近), 却存在一个较为狭窄的具有朝南分量(流速为负值)的区域, 表层最大流速为 5.2 厘米/秒。根据该处海水物理性质与西侧的海水相似, 推测这里应属台湾暖流东侧的反向流(逆流)。由反向流及其东部的北向流构成一个气旋型涡旋。以上的流速计算与邢成军在分析 1973 年夏季暖涡时, 所提及的相应位置的地转流相近^[6]。根据日本 1961 年冬季实测海流图得知, 黑潮从台湾东部进入东海, 先向北插入大陆架, 之后再转向东南偏东, 同时在这里派生出一支黑潮分支(即台湾暖流), 继而在大陆坡上朝东北方向流去^[10]。其流线与 1982 年 4 月的等密度(σ_t) 线分布颇为相似(图 2)。显然, 涡旋的形成与黑潮主干在该海区出现蛇行有密切关系。本文所讨论的钓鱼岛东北海区的涡旋, 正位于黑潮主干出现分支附近。在研究“一个水平大范围的上升流理论”中, 吉田(Yoshida)及毛汉礼(1957)指出, 在南、北两半球上, 凡是地转流有南北分量的地方均有垂直运动存在^[13], 管秉贤(1962)指出: 当黑潮沿陆坡流动, 或在某处出现分支时, 均可使黑潮的次表层水向上涌升^[5]。这些结论与本文分析的结果相一致。关于涡旋存在的事实还可以从后述的溶解氧及仔鱼分布得到证实。

3. 上升流的速度

为了能获得涡旋区上升流速粗略的定量概念, 我们拟用水温资料计算这里的上升流速, 并采用 Wyrki 导出的只考虑垂直贡献的简化公式^[12]

$$W = k_v \frac{\partial \ln(T - T_D)}{\partial z},$$

W 为垂直流速(负值即有上升流出现), T_D 为深层冷水的温度, k_v 为垂直混合系数(即垂直涡动热传导系数), z 向下为正。如 k_v 近似取为 1, 则计算的上升流速度量级约为 10^{-4} 厘米/秒。即上升流的速度每月约为 10 米。这与秋季在派塔外海, 利用上升流区密度线位移, 得出平均上升流为每月 12 米的量级相接近^[14]。

4. 涡旋的稳定情况

以上着重分析了 1982 年春季(4 月)钓鱼岛东北部近海的涡旋, 该涡旋是否每年存在? 位置是否每年变化? 下面再观察一下其他年份的情况。

由 1983 年春季(4 月)的调查资料得知, 20 米层的等 σ_t 线呈舌状分布(图 7), 舌轴指向西北偏西, 几乎与大陆沿岸正交, 密度 σ_t 从舌根(调查海区东南角)到舌端逐渐递增, 舌轴的南侧 σ_t 线呈东南—西北分布, 舌轴北侧的 σ_t 线为东西走向。与 1982 年的舌轴朝北分布有明显不同。舌状主体为低密度区(σ_t 在 23.2—23.8)。为方便比较, 取 1983 年的断面 I' 与 1982 年的断面 I 重叠(见图 1)。在断面 I' 中, 比容偏差 $10^5 \delta$ 与水温分布基本一致(图 8a-c)。6 站以东, 等 $10^5 \delta$ 面明显自左向右倾。西侧(第 5 站)附近的 35 米层以浅, $10^5 \delta$ 为 420—480 的等值线, 下凹程度没有 1982 年显著, 水温较高(为 22—25°C),

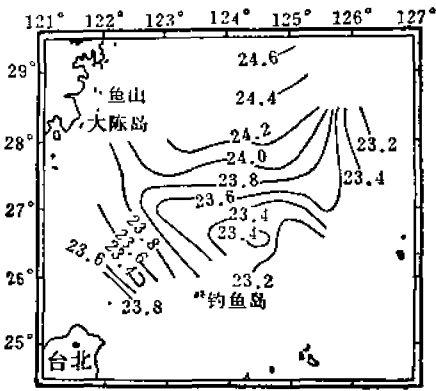


图7 1983年4月, 20米层密度平面分布
 Fig. 7 The horizontal distribution of density at 20M layer (April, 1983)

35米以深的等 $10^5\delta$ 面略向西倾($10^5\delta < 400$)。第5站底层冷水 $10^5\delta$ 为 290、水温为 18°C 的等值线向上偏东凸起, 自75米层开始向6站的位置上凸, 但比1982年不明显。而在经向断面 II 上的海洋结构却与1982年(图5)相似。断面 I' 的西部50米层以浅, 沿岸混合水较偏外(至第3站附近)。第4站以东盐度分布均匀(S 为 $34.6-34.8\%$)。

由地转流流速分布图 8d 看出, 第5站以东为北分量, 最大流速出现在第7站的表层, 为 29.8 厘米/秒。从这里的海水性质判断, 应为黑潮主干边缘。第5站以西主要为南分量, 最大流速出现在第1站表层, 流速为 6 厘米/秒。属于沿岸混合水边缘, 显示出1983年在该海区的沿岸水比1982

年强。第3站的40米层以深, 仅有较弱的北分量存在, 流速小于1厘米/秒。其东侧南分

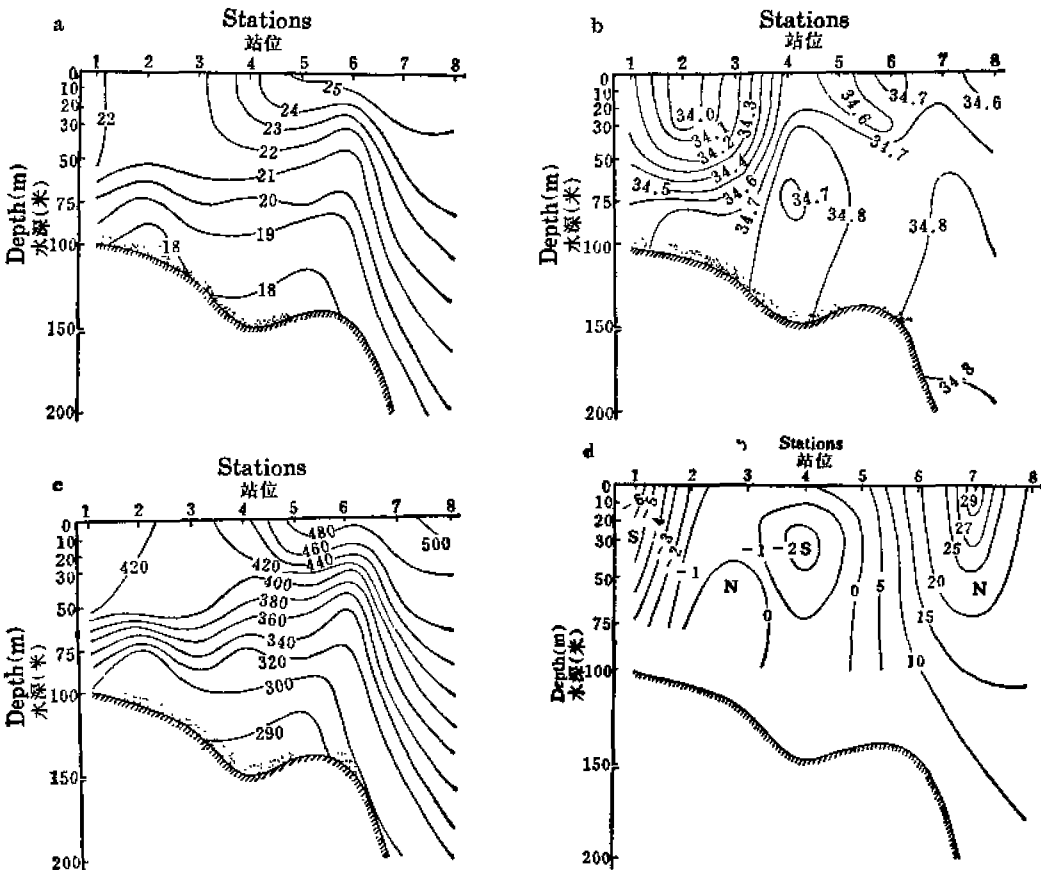


图8 1983年4月水温(a)、盐度(b)、比容偏差 $10^5\delta$ (c)、地转流(d)在断面 I' 的分布图
 Fig. 8 The distributions of water temperature (a), salinity (b), specific volume anomaly (c) and geostrophic current (d) at section I', April, 1983

量也较小,流速为2厘米/秒。根据上述分析,虽然第6站的水温和比容偏差 $10^{\circ}\delta$ 的等值线略有上凸,但西侧的等值线下凹深度及宽度均较小,台湾暖流在这里的北分量的流速甚微。因此可以认为,1983年在断面I'的第6站附近,形成的涡旋比1982年为弱。

此外,从图9和图10看出,1980年7月在 $26^{\circ}45'N$, $124^{\circ}45'E$ 和1981年5月在 $26^{\circ}50'N$, $124^{\circ}50'E$ 附近,水温、溶解氧的等值线也呈现上凸的圆顶状,且具有较低水温和较低溶解氧的水体自底层向中上层涌升,周围海水呈下降趋势。其中1980年上凸水体仅出现在50米层以深。

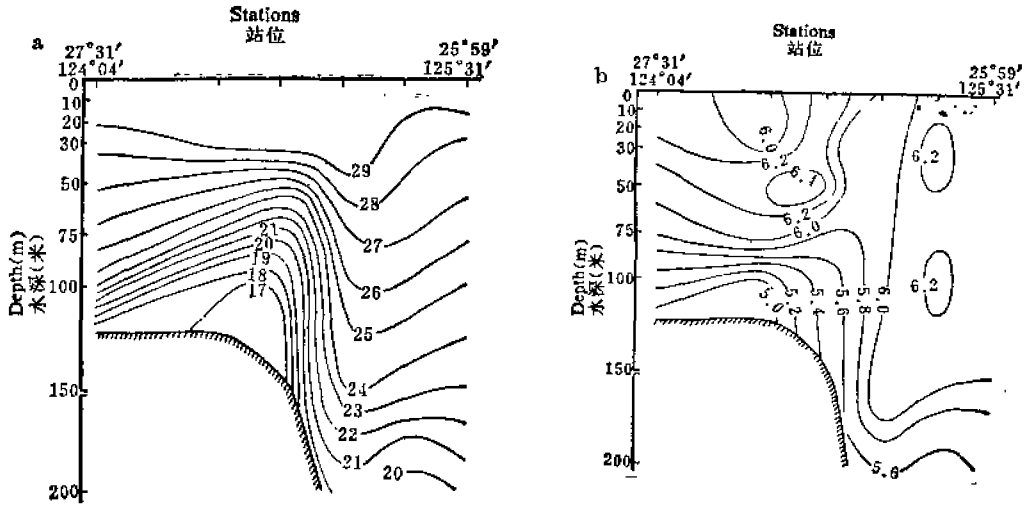


图9 1980年7月:水温(a)和溶解氧(b)断面分布

Fig. 9 The section distribution of water temperature (a), and dissolved oxygen (b) (July, 1980)

综上所述不难看出,在春季期间,钓鱼岛东北部的 26° — $27^{\circ}N$ 、 124° — $125^{\circ}E$ 海区,常不同程度地存在气旋型涡旋,甚至夏季也可见到。随着黑潮流轴的变化,涡旋位置及强度均有变化。在涡旋区域,表面海水呈辐散型,底部有黑潮次表层冷水上升。涡旋周围,上层的低密度暖水向下层沉降。

日本学者宫地、井上在1981年冬季(1982年1月28日—2月15日)的调查中^[11],通过温、盐度及地转流分析,认为赤尾屿西北附近海区有冷涡存在。从温、盐度结构、地转流分布以及涡旋性质来看,该冷涡似乎与笔者对1982年分析的涡旋是同一个。倘若根据这两次观测的时间间隔及涡旋的不同位置,可推算出该涡旋朝东北方向运动的平移速度约0.8公里/天,可见,此涡旋除自转外并伴有平移运动。

5. 气旋型涡旋的形成原因

根据以上所述,涡旋正位于黑潮主干的分支处附近,且黑潮主干的流速大于它分支的流速,故在分支处易于产生气旋型涡旋。但须指出:黑潮主干及其分支附近,海水应具有南、北分量,否则涡旋难于形成。从近藤(1957)等得出的结论:冬季黑潮在台湾东岸转向东北过程中常出现蛇行现象,夏季却不出现^[10]。根据这一事实,冬、春季在钓鱼岛东北附

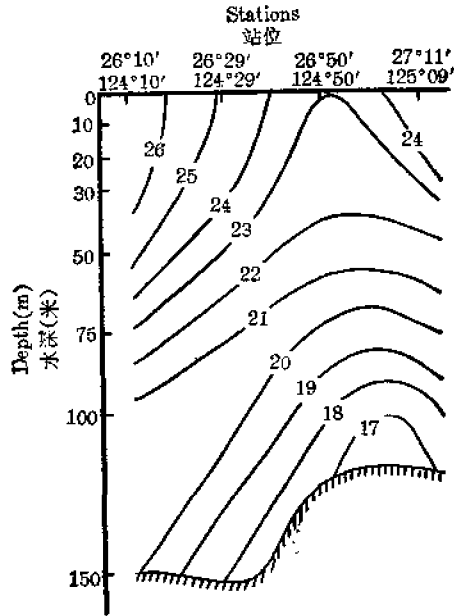


图10 1981年5月水温断面分布

Fig. 10 The section distribution of water temperature (May, 1981)

近海区,海水出现南北分量的可能性较大(如1982年),若冬、春季黑潮的分支偏西靠拢大陆沿岸,分支附近的南分量可能很小(如1983年),在这种情况下,涡旋不显著。显然,涡旋的形成与黑潮主干的蛇行、分支位置以及分支的指向有关,而黄海冷水的南下及其消长,对涡旋变化也可能有影响。

此外,形成涡旋的另一原因是该区域位于陆架外缘,黑潮的流径由深入浅的过程,受到地形边界层内的摩擦效应,促使黑潮次表层冷水向陆坡爬升也将导致上升流出现。

钓鱼岛附近海区的涡旋

管秉贤曾利用日本资料,对1929至1936年台湾北端海洋断面做了分析,认为至少在5—11月期间,常常存在着气旋式小涡旋。本文则根据本所1981至1984年各年春季(4月)的海渔况调查资料,分析了 26°N 断面⁽¹⁾的涡旋特征及其变化。

由图11b看出,1982年4月,在 26°N 断面的上半部为一均匀的暖水区,比容偏差 $10^5\delta$ 为430—460。暖水区覆盖的下方,存在一明显的气旋型涡旋,两者之间的 $10^5\delta$ 垂直梯度为4.1($10^5\delta/\text{米}$),暖水区的西部 $10^5\delta$ 的水平梯度达4.2($10^5\delta/\text{海里}$),涡旋呈上凸的圆顶状,中心位置约在 $123^{\circ}00'\text{E}$,涡旋顶部位于50米层,底部 $10^5\delta$ 为290—300,具有较弱的黑潮次表层水涌升。“较低”含氧水(6.2—6.3ml/l)从涡旋底部向上升起,涡旋周围具有“较高”含氧水(6.5—6.7ml/l)自上层向底层下降(图12)。

1983年在 26°N 断面的比容偏差分布与1982年有明显差异(图11c)。在30米层上

(1) 因 26°N 断面东没有岛屿,故实际设站略偏北,见图1中的断面III。

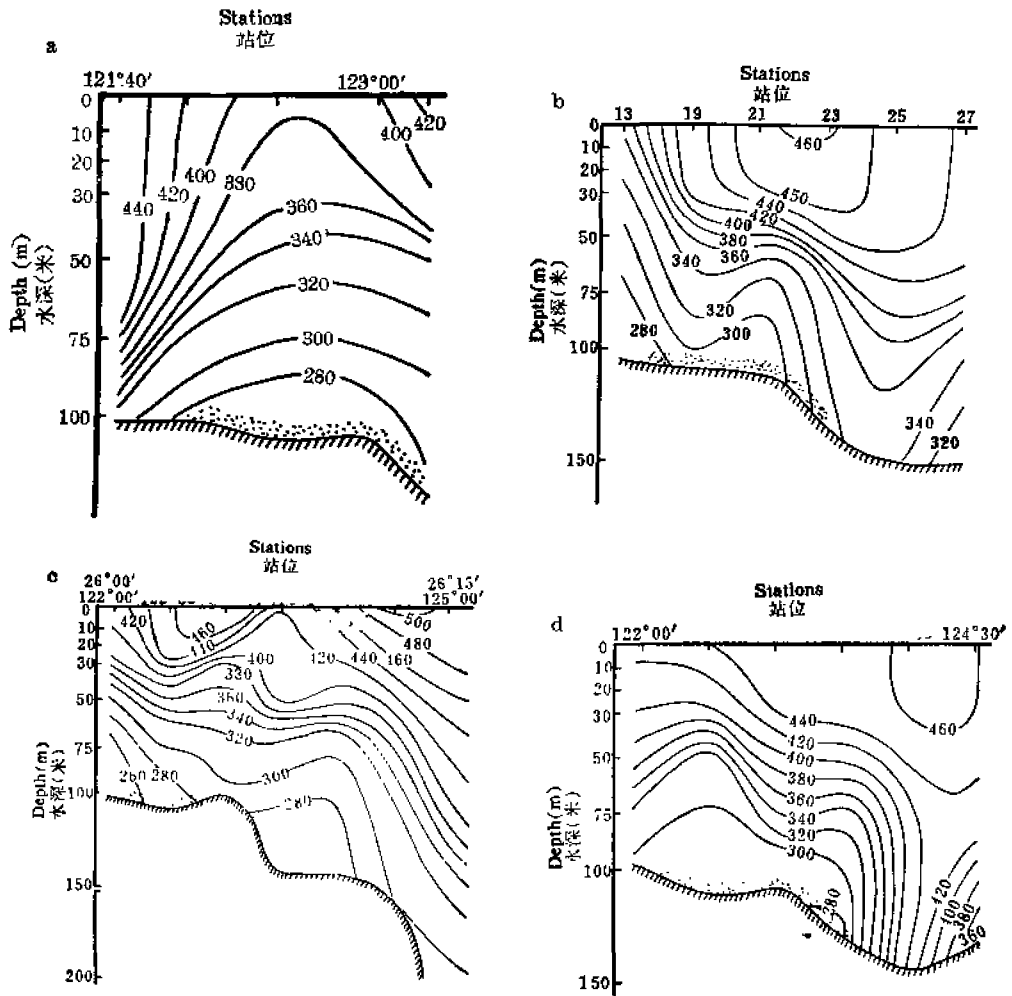


图 11 各年 4 月 26°N 断面比容偏差分布(a 1981 年; b 1982 年; c 1983 年; d 1984 年)

Fig. 11 The distribution of specific volume anomaly at section 26°N in April.
(a 1981; b 1982; c 1983; d 1984)

方, $10^5\delta$ 为 450—500 的上层暖水分成东西两小部分, 底部是由 $10^5\delta$ (为 270—320) 等值线所构成的气旋型涡旋, 顶部位于 70 米层, 中心位置在 $123^{\circ}30'$ — $124^{\circ}00'$ E, 比 1982 年偏东约 40 海里, 且底部的黑潮次表层水较强。涡旋西部却有一个范围较大但不够明显的下降流区。

1981 年的涡旋中心位于 $122^{\circ}30'$ E, 涡旋顶部已接近海面, 底部范围较宽, 约 90 海里, $10^5\delta$ 较小为 270 (图 11a)。可以看出这里的底层冷水向上涌升较强。

1984 年在断面上部, 暖水区的 $10^5\delta$ 为 440—460, 其数值和分布范围与 1982 年较相似(图 11d)。暖水区下缘 $10^5\delta$ 的垂直梯度明显 ($4.25 \times 10^5\delta/\text{米}$)。位于 50 米层以深, 由比容偏差为 280—320 的等值线构成的涡旋, 出现两个上凸的圆顶状。其中心分别位于 $122^{\circ}30'$ E 和 $123^{\circ}30'$ E。整个涡旋区的东西边界明显, 其中东部边界的水平梯度最大, 达 $4.9 (10^5\delta/\text{海里})$ 。

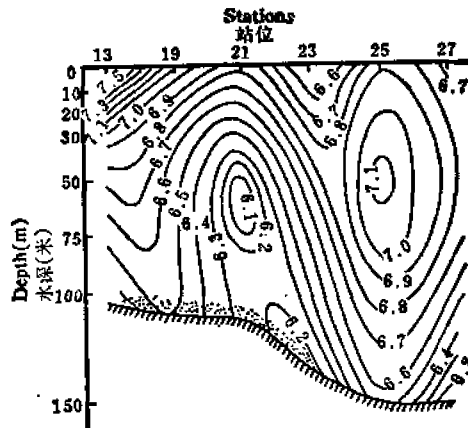


图 12 1982 年 4 月 26°N 断面溶解氧分布

Fig. 12 The distribution of dissolved oxygen at section 26°N (April, 1982)

从近年春季(4月)对 26°N 断面的分析,可以看出钓鱼岛附近海区经常存在着不同程度的气旋型涡旋。年份不同,涡旋强度及位置也有差异。该海区的涡旋主要是由于台湾岛对黑潮的绕流产生屏障作用所导致^[4]。从上述涡旋结构及位置变化可推测出:当涡旋偏东偏北时,黑潮势力较强(如 1983 年),而涡旋偏西偏南时,则黑潮势力较弱(如 1982 年)。

涡旋与渔场关系

春季,东海南部的台北—闽东渔场是马面鲀的主要产卵场,图 13 显示了机轮底拖网作业大部分集中在此一带,尤以台湾北部和东北部海区产量最高,也是中心产卵场。近年来,马面鲀产量波动较大,高产年可达 25 万吨(1978 年),低产年仅为 7—8 万吨(1979, 1983 年)。究竟什么海况因素影响着鱼群的聚散?这是生产科研单位关心的问题。

根据以上不同年份所出现涡旋的不同特点,结合春季在钓鱼岛马面鲀产卵场的产量变化,可发现 1982 年和 1983 年产量波动较大的原因与这两年所出现涡旋的差异有密切联系。1983 年在钓鱼岛附近海区出现的涡旋范围比 1982 年大,且位置明显偏东,涡旋底部含有低氧的深层冷水比 1982 年强。同时,涡旋西部暖水区域的下降流也比 1982 年弱,范围较宽阔。而钓鱼岛东北海区的涡旋底部外洋水却比 1982 年弱。从渔场的分布(图 14a, b)来看,1983 年的渔场位置明显地比 1982 年偏东北,且鱼群分散。

春季在钓鱼岛附近的马面鲀中心产卵场,大多位于气旋型涡旋区及其西侧的下降流区近底层,水温在 17—18°C,盐度在 34.6—34.8‰,比容偏差 $10^5\delta$ 为 270—290。从溶解氧的分布(图 12)来看,由于涡旋区的底层冷水向上涌升,使海水的含氧量较低(6.2—6.6 ml/l),这对产粘性卵的马面鲀似乎是不利因素,但在下降流作用下,涡旋周围的“较高”含氧水却能随时给予补充,以满足这里产卵鱼群的正常活动。

涡旋边界的明显程度对鱼群的活动也有一定影响。由分析得知,在涡旋边界,当比容

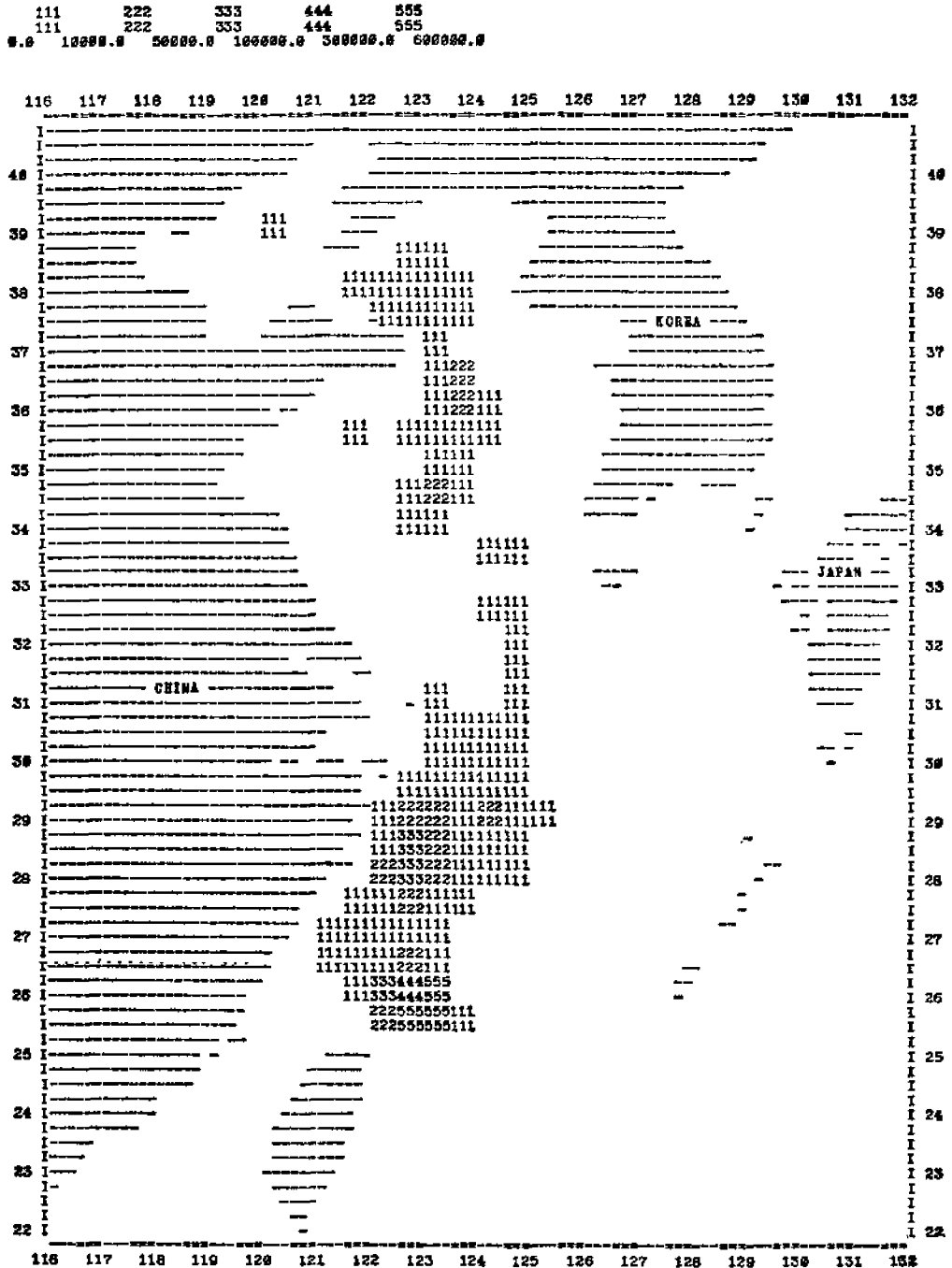


图 13 1979 年 4 月底拖网总渔获量等级分布图

注：本图由计算机输出，图中“5”表示此渔区产量为第 5 等级，即 30—60 万箱(20 千克/箱)

Fig. 13 The distribution of the total catch in class of the bottom trawl (April, 1979)

Note The output of the computer: "5" in Fig. 13 showed that the catch in a certain fishing area is regarded as class 5. The production range: 300, 000—600,000 boxes. (20kg/box)

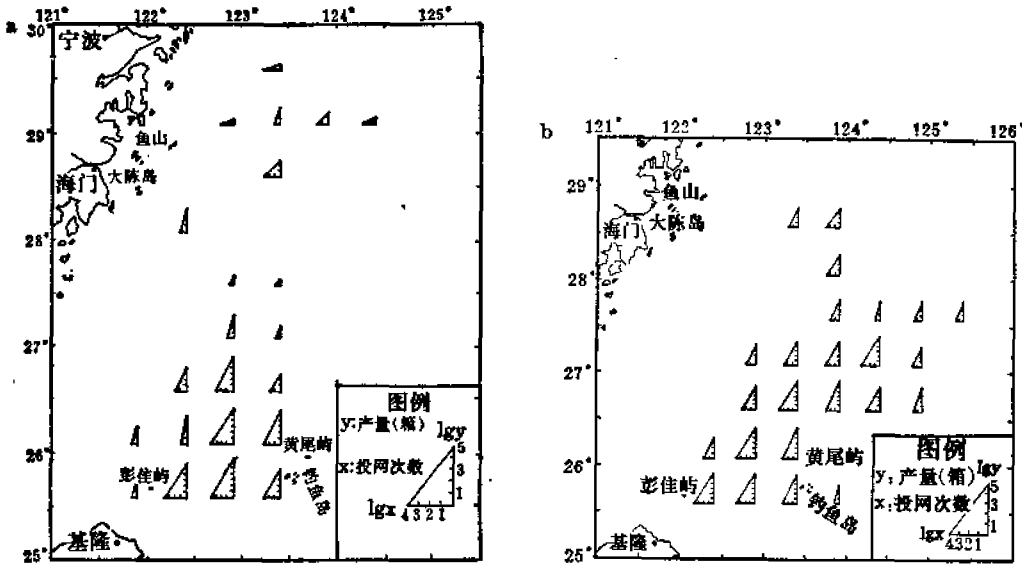


图 14 4月分马面鲈产量分布图(a 1982年;b 1983年)

注: 产量和投网次数取对数,图中直角三角形的斜率表示某渔区平均网次产量

Fig. 14 The distribution of filefish production in April. (a 1982; b 1983)

Note Taking logarithms of catch and haul number. The slope of right triangle in Fig. 14 showed CPUE in a certain fishing area

偏差的垂直梯度和水平梯度分别大于 $4 (10^5\delta/\text{米})$ 和 $4 (10^5\delta/\text{海里})$ 时, 鱼群的活动范围已受影响。图 15 是调查期间在涡旋区所测的鱼群映象与水温、密度 σ_t 、盐度垂直分布的关系。图中显示了鱼群上升的最大高度, 位于暖水区底部边界 30 米层附近, 即涡旋顶部海水的垂直梯度最大处附近 ($4.1 10^5\delta/\text{米}$)。涡旋的存在, 使其附近梯度较大的水层不再处于水平状态, 而呈现波峰和波谷的起伏状。当鱼群位于涡旋边缘的下凹区时, 鱼群常昼夜活动于近底层。因此, 尽管在白天拖网, 也有较好的渔获, 在气旋型涡旋区域, 海水结构为上凸圆顶状, 鱼群具有明显的昼夜垂直移动现象, 因而往往夜间生产比白天好。以上说明鱼群的活动空间是受到涡旋边界的约束, 而迫使鱼类的昼夜垂直移动习性发生了变化。

由钓鱼岛东海区的涡旋结构得知, 在涡旋北部边缘的 27°N 线附近, 北侧海水自西向东流, 南侧海水自东向西流, 两流向相反的水体之间似乎构成了“无流带”; 在涡旋区的西部边缘, 即台湾暖流(北分量)及其反向流(南分量)之间, 流速较小。这些区域往往是马面鲈的过路渔场, 而该涡旋区附近, 常有黄鳍马面鲈分布。

如果把 1981—1984 年 26°N 断面各年涡旋的不同特征, 与马面鲈的产量联系起来考虑, 则可以发现有这样的现象, 马面鲈的产量与涡旋底部外洋水的上升强度呈负相关。当涡旋底部外洋水弱的年份, 产量偏高, 反之, 当涡旋底部外洋水强的年份, 产量偏低。如果以涡旋底部的比容偏差 $10^5\delta$ 做为一种衡量外洋水强弱的指标, 则它与上海、舟山两渔业公司 4 至 5 月份的马面鲈产量求得的相关系数可达 0.913, 而与马面鲈年总产量的相关为 0.812。尽管资料的时间序列只有 4 年, 其关系是密切的(表 2)。可见, 利用该海区涡旋底部的比容偏差 $10^5\delta$ 这一物理量, 做为马面鲈产量预报的一项因子是可行的^[9]。因此, 在渔汛前调查时, 注意该海区涡旋强度及其位置变化是十分必要的。那么涡旋与形成

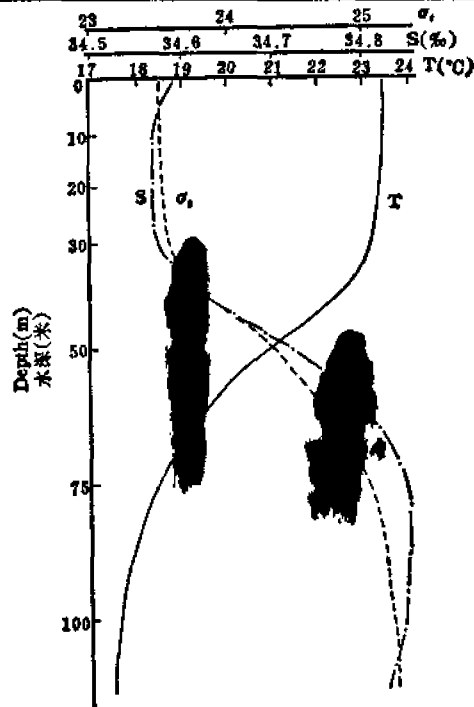


图 15 1982 年 4 月, 温度(T)、盐度(S)、密度(σ_t)垂直分布与马面鲷活动水层的关系
 海况观测时间: 21 日, 12:01; 地点: 25°59'N, 123°09'E
 鱼探机映象记录时间: 21 日, 10:20; 地点: 25°59'N, 123°06'E

Fig. 15 The relationship between vertical distribution of temperature, salinity and density and the migration layers of file-fish (April, 1982)

Observation of Oceanography Time: 12: 01,
 April 21; Location: 25°59'N, 123°09'E
The record of fish finder image Time: 10: 20,
 April 21; Location: 25°59'N, 123°06'E

渔场的物理机制是如何呢?

在涡旋区附近, 容易形成良好的底拖网渔场, 可以认为: 在气旋型涡旋作用下, 海面发生辐散, 导致这里的黑潮次表层水向上涌升, 把深层水的丰富营养盐类携带到真光层(光合作用层), 使水质变得肥沃, 引起浮游生物大量繁殖。同时, 因海水具有连续性, 使上升流区周围易于形成下降流。它把高含氧量、养料丰富的沿岸水和台湾上层暖水的混合水体带至底层。使产卵场附近海水的溶解氧和营养盐不断得到补充。这对于底层鱼类的产卵及鱼卵的孵化是个重要因素, 特别是产沉性卵的马面鲷更属必要。由此可见, 气旋型涡旋的存在, 将导致附近海区的生物特性的变化, 而使这里形成良好渔场。不过, 必须指出: 当涡旋底部外洋水特别强盛、海水含氧量过份低时, 却有可能导致鱼群逃避或渔获减少。

仔鱼与涡旋附近海流分布也甚为密切。在 1982 年 4 月份调查中, 仔鱼分布与海流的流线分布颇为一致(图 16 和图 2)。在涡旋中心(26°30'N, 124°30'E)南部附近, 仔鱼分布较集中, 尤其第 27 站的仔鱼数量高达 619 尾/网, 为历年调查中最高值。1983 年涡旋

表2 各年 26°N 断面涡旋底部水文要素及马面鲀产量关系

Table 2. The relationship between the hydrographic factors of the eddy bottom at the section 26°N and filefish production every year.

年 份 Years	1981年 (4月15日)	1982年 (4月19日)	1983年 (4月23日)	1984年 (4月27日)
涡旋底部(10 ⁵ 最小值)的位置 Location of the eddy bottom lowest SVA	26°00'N 122°30'E	26°00'N 123°00'E	26°20'N 123°30'E	26°00'N 123°30'E
水 深(米) Depth(m)	110	108	143	128
水 温(℃) Water temperature	16.50	18.14	16.90	17.14
盐 度(‰) Salinity	34.62	34.81	34.81	34.66
密 度(σ_t) Density	25.96	25.11	25.41	25.24
比容偏差(10 ⁵) Specific volume anomaly	266	290	262	278
上海、舟山4—5月产量(千吨) Catch of Shanghai and Zhoushan from April to May	20.59	37.00	19.23	37.38
年总产量(千吨) Total annual catch (10 ⁴ t.)	182	224	75	202

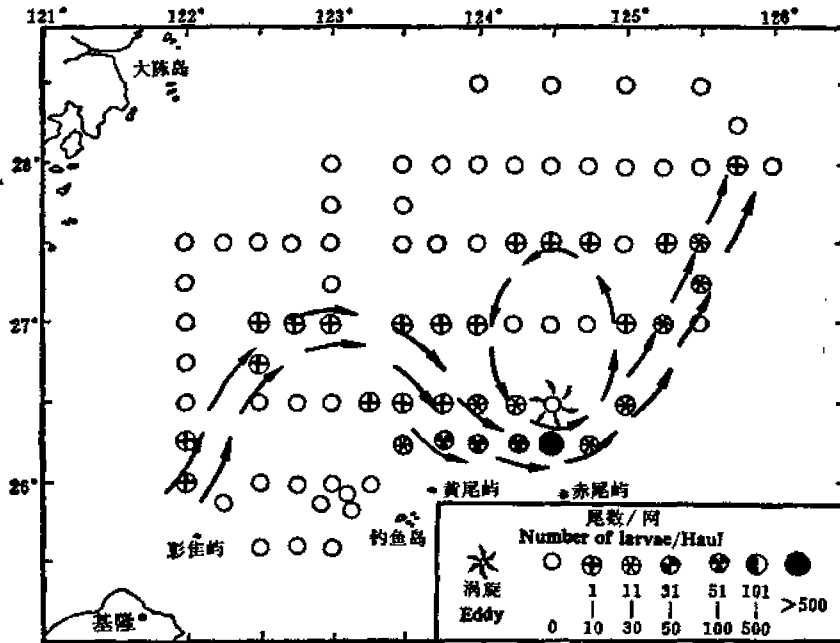


图 16 1982年4月仔鱼随海流分布的模式图

Fig. 16 The model map of larvae distribution with current (April, 1982)

不明显,仔鱼数量少且分散,分布趋势未出现 1982 年那种规律性。这种分布并非偶然现象,对于随波逐流漂浮的仔鱼,随海流的流动容易在涡旋区附近迂回,并随海水的向上运动逐渐带到上层,使涡旋区附近的仔鱼有可能相对集中。对照仔鱼发育所需时间(约 50 多小时),以及这里的黑潮流速,可以认为仔鱼是从产卵场随海流而聚集于涡旋区附近,并在黑潮蛇行及涡旋作用下,沿黑潮边缘逐渐向东北方向漂移。此外,从 1982 年的马面鲈产量分布和仔鱼分布看出(图 14a 和图 16),中心渔场与仔鱼的分布并不一致,事实表明仔鱼集中分布区域并非产卵场中心区域。

参 考 文 献

- [1] 林新潭等,1984。绿鳍马面鲈洄游分布的研究。海洋渔业,6(3)99—108。
- [2] 陈莲芳、郑元甲,1984。东海区绿鳍马面鲈的早期发育和产卵场、产卵期的探讨。生态学报,4(1)1—7。
- [3] 沈金鳌、方瑞生,1982。浙江近海冬汛带鱼渔获量预报方法的探讨。水产科技情报,5:1—5。
- [4] 管秉贤,1978。我国台湾及其附近海底地形对黑潮途径的影响。海洋科学集刊,14:1—21。
- [5] 管秉贤,1962。有关我国近海海流研究的若干问题。海洋与湖沼,4(3—4):121—141。
- [6] 邢成军,1983。1973 年夏季一个反气旋型涡旋的初步分析。海洋与湖沼,14(3):263—291。
- [7] 缪经榜、顾玉何,1976。浅海地转流速的计算。海洋科学集刊,11:69—76。
- [8] 辻田时美,1958。东中国海及对马海峡的渔业海洋学。1. 渔场的水理结构及其生态学特征。西海区研究所报告, No. 13。(中国科学院上海水产研究所,国外科技资料室译本)。
- [9] 近藤正人等,1963。東支那海、黄海漁場の海況とアジ、サバ類の海況について。(熊田强译)、水产译丛, 1966.2。
- [10] 近藤正人、玉井一寿,1975。東シナ海の流況。海洋科学。7(1)27—32。
- [11] 宫地邦明、井上尚文,1983。尖閣諸島近海における黒潮の流動特性。西海区水産研究所研究報告, No. 60. 57—70。
- [12] Wyrтки, K., 1961. The Circulation in Relation to the General Circulation in the Ocean. *Deep-Sea Res.* 8(1): 39—64.
- [13] Yoshida, K. and Han-lee, Mao., 1957. A Theory of Upwelling of Large Horizontal Extent. *J. Marine Res.*, 16(1): 40—54.
- [14] R·博吉, M·托姆克托克编辑,1981。Upwelling Ecosystems 上升流生态系。石小瓊译。海洋出版社, 1—260。

A STUDY ON THE EDDY OFF DIAOYU ISLAND AND ITS RELATIONSHIP TO THE FISHING GROUND OF FILEFISH (*NAVODON SEPTENTRIONALIS* GÜNTHER)

Fang Ruisheng and Zheng Yuanjia

(East China Sea Fisheries Research Institute, The Academy of Fisheries of China)

ABSTRACT Surveys of filefish spawning ground and in combination with the strength and the position variation of the eddy off Diaoyu Island in Spring (April) from 1981 to 1984 were carried out. Marine conditions such as temperature, salinity, density σ_t , specific volume anomaly $10^5\delta$ and Geostrophic current, were analysed in order to find out the reason of the formation of spawning ground and the

variation of catches, and it is expected to provide a basis for fishing forecast. The principal results are as follows:

1. There exists a cyclonic eddy in the sea area at the northeast of Diaoyu Island (26° — 27° N, 124° — 125° E), that is the area of Kuroshio and its branched region. The velocity of the upwelling in the center of the eddy is in the order of about 10^{-4} cm/s, and around it is downwelling area. Besides rotation, the eddy moves horizontally towards northeast, and the velocity is about 0.8km a day. On the northern and western edges of the eddy, the velocity is comparatively slow, where is the passing and spawning grounds of filefish.

2. In spring, the spawning grounds of filefish generally concentrated in the near bottom stratum of the eddy region and its edge off Diaoyu Island (26° N section), of which the seawater temperature was 17 — 18° C, the salinity was 34.6 — 34.8% and the specific volume anomaly $10^{\circ}\delta$ of 270 — 290 .

3. The eddy characteristics off Diaoyu Island in 1982 and 1983 were obviously different that the yield fluctuation of these two years was influenced to a certain extent.

4. The strength and the position of the eddy off Diaoyu Island (26° N section) have variation each year during 1981—1984. Supposed the specific volume anomaly $10^{\circ}\delta$ on the bottom of the eddy is taken as an index to measure the strength of the ocean water, the correlational coefficient between it and the filefish production of Shanghai and Zhoushan Marine Fishing Companies in April and May could reach 0.913, and that between the index and the total annual production was 0.812. So this hydrographic factor can be offered as an index for fishing prediction.

5. The larvae of filefish basically drift along the current around the eddy towards northeast gradually.

KEY WORDS Eddy, Upwelling, Specific volume anomaly, Formation of spawning ground, Variation of catch, Filefish (*Navodon Septentrionalis* Günther), East China Sea.