

南黄海暖流水的温、盐度分布特征*

蓝淑芳 顾传成 傅秉照

(中国科学院海洋研究所)

在南黄海的东南部,有一支较强的高温、高盐水入侵,这一水体通常称为黄海暖流,也有人称之为南黄海高盐水。从环流和水团的结构来看,这一水体来源于济州岛东南的对马暖流,我们则称之为南黄海暖流水。本文试图从水团分析角度研究这一水体的温、盐度分布基本特征。

南黄海暖流水自对马暖流分出后,沿西北方向侵入南黄海,对黄海、渤海、东海的海洋环境有着重大的影响。更因其高温特征,携带大量热量,对我国沿海地区和朝鲜半岛的气候也有一定的影响。所以,它很早就引起了国内外海洋学界的重视^[3-6]。我国曾于六十年代初期对黄海暖流作过研究^[1,2],但研究海区仅局限于 124°E 以西海域。

本文引用的海洋观测资料包括中国和南朝鲜在 1976—1979 年间在南黄海及其东部邻近海区的(双月)调查资料(共计 141 个测站)。研究海区向东扩至 128°E。

一、冬季(12月)南黄海暖流水的温、盐度指标

由于南黄海暖流水具有明显的冬强夏弱的季节变化特征^[2],这里首先讨论冬季(12月)的平均(1976—1979年)状况。从南黄海表层平均温度分布图(图1)可以看出,有一明显的高温水舌自济州岛东南(约 32°N, 128°E 处)沿西北方向由东海东北部伸入南黄海。这一高温水舌由 20—11℃ 等温线组成,几乎占据整个南黄海。源地附近的温度在 20℃ 左右,然后沿西北方向递减。到达山东沿岸和苏北沿岸海区,等温线趋向与海岸线大体平行。源地附近高温水舌的舌轴方向与纬线交角约为 30°,为西北偏西方向;水舌向西北推进到 124°E 后,舌轴开始向右偏,与纬线交角约为 50°;在 13℃ 等温线顶端附近(约 34°30'N, 122°30'E),舌轴方向又向西折,与纬线又成 30° 交角。

在垂直方向上,20m 以浅各层深度上的温度分布与表层基本一致。近底层,由于南黄海北部底层冷水向南伸展,在一定程度上阻挡了南黄海暖流水的入侵。在 34°N 附近两股水交汇,形成明显的温度梯度——锋面。

与表层平均温度分布图相对应,在表层平均盐度分布图上(图2)也有一高盐水舌自济州岛东南沿西北方向伸入南黄海,高盐水舌远不及温度水舌那么典型和广泛。这一高盐水舌的盐度值范围在 34.4—31.8‰ 之间;源地附近则在 34.4‰ 左右。在垂直方向上,20m

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1064 号。

本文曾在中国海洋湖沼学会水文气象学会学术讨论会(1984年7月,青岛)上宣读。

收稿日期: 1984年8月17日。

1) 赫崇本, 1964。中国近海的水系。全国海洋综合调查报告,第四册,第五章。

2) 管秉贤、陈上及, 1964。中国近海的海流系统。全国海洋综合调查报告,第五册,第六章。

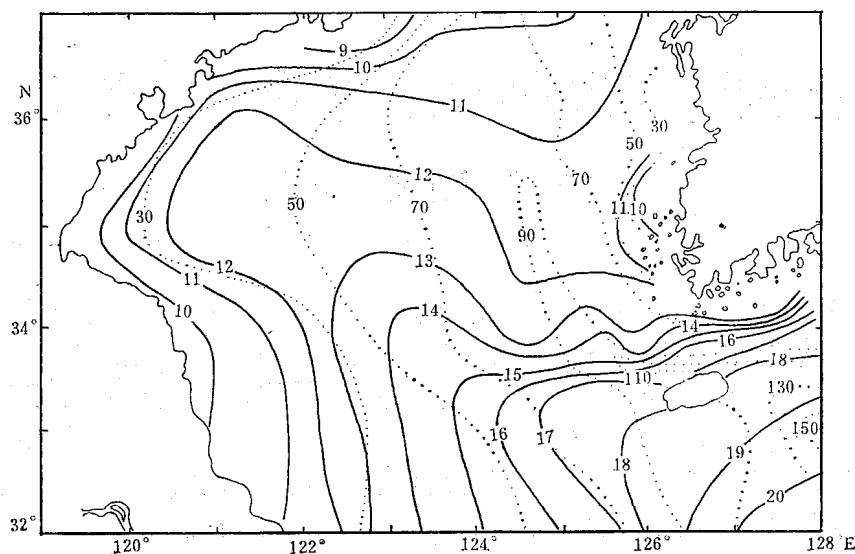


图1 南黄海暖流水域平均温度(°C)分布图(表层)
虚线表示等深线 (m)

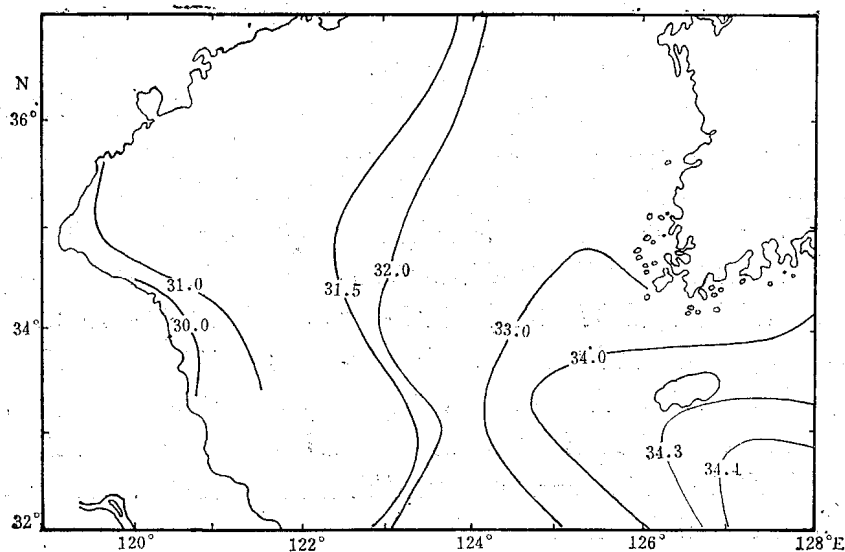


图2 南黄海暖流水域平均盐度(‰)分布图(表层)

以浅各深度上的盐度分布与表层也基本一致。近底层与上层相比,盐度较高,盐度等值线略向西推移。

根据以上平均温、盐度分布特征的讨论,如将沿舌轴方向锋面范围以内温度和盐度水舌的显著部分看作南黄海暖流水的主体,那么,冬季南黄海暖流水主体的平均温度和盐度范围分别为 20.5—13°C 和 34.5—31.8‰。

南黄海暖流水带有射形流的性质¹⁾,其流动方向应是沿着高温、高盐水舌轴线的方向(主要是温舌方向)而不是沿着水舌的边缘,也就是说,自济州岛东南向西北方向流动。通常说南黄海暖流水流轴循着南黄海水下洼地北上,我们认为这种说法容易引起混淆。南黄海水下洼地应指南黄海最大深度轴线附近水域,而最大深度轴线由 33°N , 128°E 起始沿西北方向在济州岛北侧折向西,在 $33^{\circ}30'\text{N}$, 125°E 附近急转向北^[1](参阅图 1)。所以,南黄海暖流水流轴与附近最大深度轴线是不完全一致的。

二、南黄海暖流水的季节变化

南黄海暖流水呈现明显的季节变化特征。按照南黄海暖流水海域全年的温、盐度分布特征,大致可分为冬(半年)、夏(半年)两种分布类型。总的说来,冬半年(12月—翌年4月)各月温、盐度分布趋势相近,为南黄海暖流水的强盛时期;夏半年(6月—10月)温、盐度变化较为复杂,为南黄海暖流水的消衰期。

我们以 1979 年为例,讨论南黄海暖流水的季节变化特征。

冬半年 南黄海暖流水等温线在全海域均呈现舌状分布,1978 年 12 月,从表层到底层由 $19-11^{\circ}\text{C}$ 等温线组成的高温水舌自济州岛东南沿西北方向进入南黄海,几乎盘踞全海域。翌年 2 月,由于冬季气温持续下降,南黄海全域水温也随之持续下降,高温水舌仍遍及全海域。表层,由 $17-5^{\circ}\text{C}$ 等温线组成的水温舌的轴线方向相对 12 月的西北方向略有改变。在 10°C 等温线的舌端 (35°N , $122^{\circ}30'\text{E}$) 附近,舌轴方向由西北转向北,其它各层也在 10°C 等温线的舌端处向北转向。4 月,由于气温升高,南黄海北部东、西近岸海

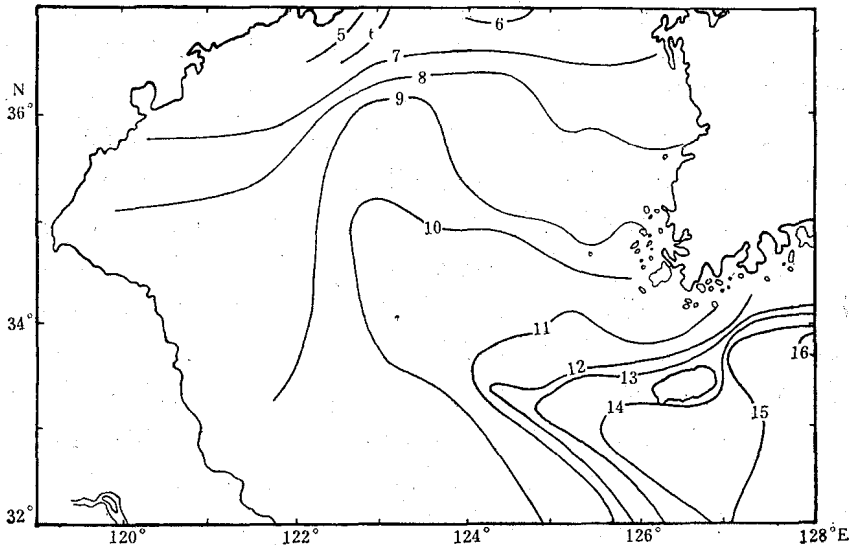


图 3 1979 年 4 月,南黄海暖流水域温度($^{\circ}\text{C}$)分布图 (20m)

1) 见 45 页脚注 2)。

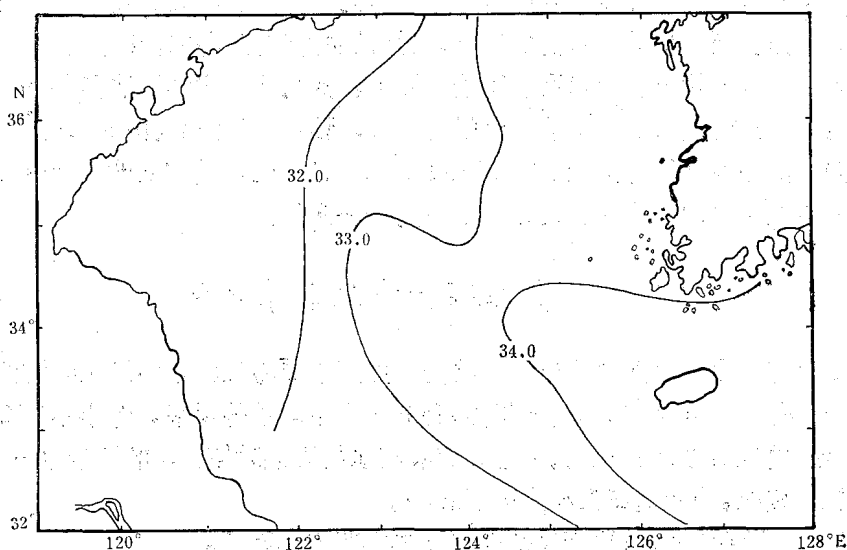


图4 1979年4月,南黄海暖流水域盐度(‰)分布图(20m)

区水温随之升高,但由 $15-10^{\circ}\text{C}$ 等温线组成的舌仍由济州岛东南沿西北方向进入南黄海,舌轴方向在 10°C 等温线舌端(35°N , $122^{\circ}25'\text{E}$)附近转向北。随着深度的增加, 10°C 等温线的舌端位置略向东南退缩(图3)。

冬半年南黄海暖流水的盐度分布(图4)与温度分布相对应,只是盐舌形态不及温舌那么典型和广泛。各月盐度在水平和垂直方向上的分布趋势基本一致。1978年12月,上层盐舌范围为 $34.5-32.5\text{‰}$,舌轴方向指向西北。 32.0‰ 等盐线从中央贯穿整个南黄海,随深度的增加略向西推移。翌年2月,南黄海的盐度普遍升高,由 $34.5-32.5\text{‰}$ 等盐线构成的舌相对12月向西北扩展约一个纬度。 32.5‰ 等盐线舌端可达 $35^{\circ}20'\text{N}$, $122^{\circ}35'\text{E}$ 附近海域。4月, $34.5-33.0\text{‰}$ 等盐线构成的舌自济州岛东南沿西北方向进入南黄海,盘踞南黄海东南海域。舌轴方向在 33.0‰ 等盐线舌端(35°N , 123°E)处向北偏移。

综上所述,由温、盐分布特征可以大体确定南黄海暖流水的流向在12月为西北向,2月和4月源地附近流向也为西北向,在到达 35°N , $122^{\circ}30'\text{E}$ 附近则转向北。在冬半年,外来的高温高盐水从济州岛以南海域由表层至底层大量涌入南黄海。因此,有理由认为南黄海水文状况除受气象和黄海沿岸流等影响外,主要受南黄海暖流水的制约。

下面对南黄海暖流水的体积输送作一粗略估算。如取流向为沿等温线舌轴方向,取平均流速为 $0.1\text{kn}^{[1]}$,断面深度按观测深度,那么,12月平均通过 126°E , $32^{\circ}-34^{\circ}\text{N}$ 断面的流量量级约为 $10^3(\text{km})^3$ 。这一体积输送相当于南黄海、东海总容积的百分之一。

夏半年 由于沿岸水的扩展以及垂直方向上水温层化等原因,夏半年南黄海水温分布甚为复杂。6月,南黄海大部海域显著增温。上层,朝鲜西南海岸外的罗州群岛附近出现冷水块;南黄海西海岸长江口以北和射阳河口外则出现小块高温水舌。近底层,黄海冷水团势力强盛,自北向南入侵,使南黄海暖流水入侵范围显著缩小,温度舌状分布局限于 124°E 以东海区。8月,南黄海上层水温持续上升,是全年水温最高的月份。罗州群岛

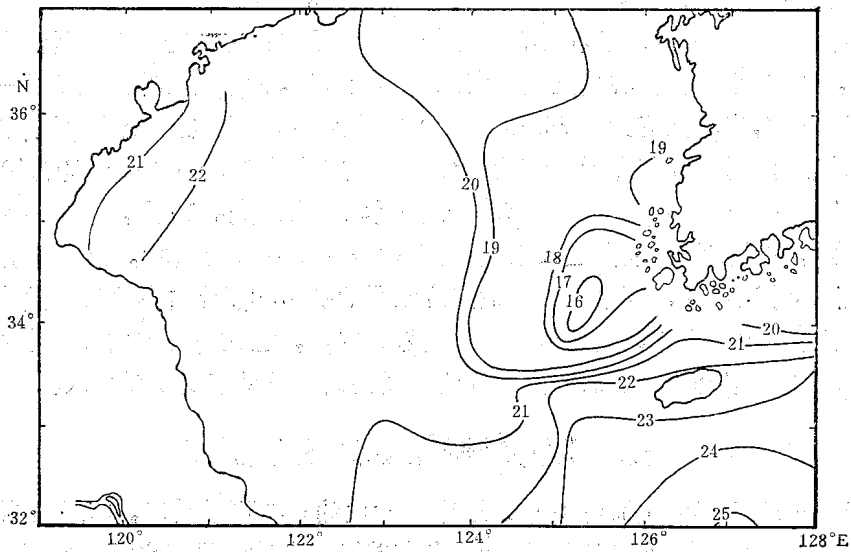


图5 1979年10月,南黄海暖流水域温度(°C)分布图(10m)

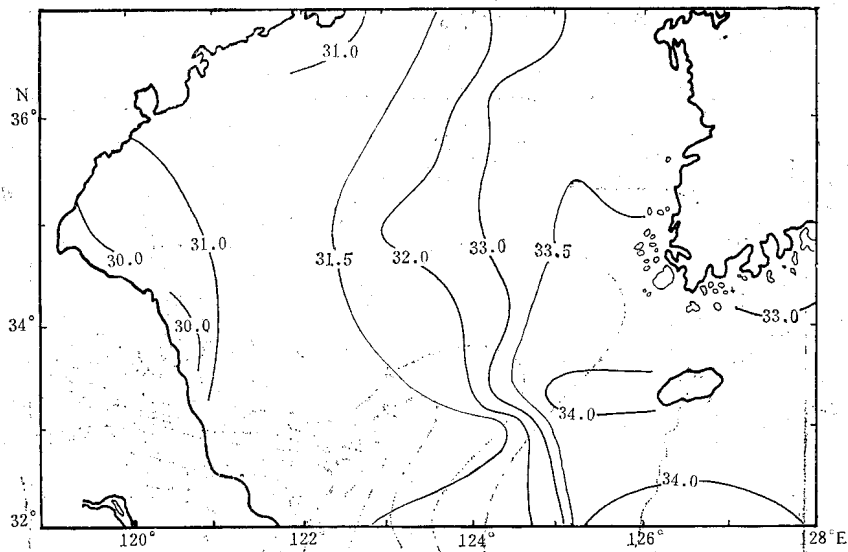


图6 1979年10月,南黄海暖流水域盐度(‰)分布图(10m)

附近的冷水块依然存在,水温随深度的增加递减;在 20m 至底层范围,强大的黄海冷水团南北、东西的跨度达三个经、纬度左右,控制和影响着整个南黄海。此时南黄海暖流水势力锐减,温度的舌状分布消失。10月,在南黄海 20m 以浅的上层, 124°E 以西广大海域温度分布较为均匀(如图 5),罗州群岛附近的冷水块持续存在,由 $25-21^{\circ}\text{C}$ 等温线组成的南黄海高温水舌又从济州岛东南沿西北方向进入南黄海,但局限于 124°E 以东海区;近底层,由于黄海冷水团仍然强盛,南黄海暖流水继续受到阻挡。

夏半年南黄海暖流水锐减,6月和10月高温水舌局限于 124°E 以东海区,8月,南黄

海暖流水势力最弱,入侵受阻。温度的舌状分布消失。

夏半年南黄海暖流水的盐度分布(如图6)与水温分布也相对应。6月,在南黄海西南部上层,伴随高温水舌出现的是由南向北的低盐水舌,它是长江冲淡水舌的一部分。在济州海峡西北部,出现盐度大于34.0‰的封闭高盐水块,与温度图上冷水块相对应,形成高盐冷水块。此时与南黄海暖流水的高温水舌相应的是34.0‰等盐线的舌状分布。8月,由于南黄海暖流水减弱和受阻,等盐线的舌状分布消失。10月,南黄海暖流水又在20m以浅范围内从济州岛东南进入南黄海,34.0‰等盐线又呈舌状,但很不规则。

根据上述讨论可知,夏半年由于黄海冷水团的扩展和罗州群岛附近高盐冷水块的出现以及长江冲淡水的影响,南黄海暖流水的势力减弱,它在南黄海的入侵范围缩小或受阻。因此,在夏半年制约南黄海水文状况的主要因素不再是南黄海暖流水。

三、南黄海暖流水的逐年变化

由1976—1979年南黄海冬季(12月)温、盐度的分布可以看出,各年温、盐度的分布趋势大体上是一致的,虽然各年的温、盐值存在差异。南黄海暖流水温度的逐年变化似有冷、暖年交替的趋势,1976年温度最低(如图7),1977年和1979年则是温度较高的年份(如图8)。就盐度而言,1977年较低,而1979年较高。故1979年温度和盐度均高,而1978年则是温、盐度分布较为正常的一年。

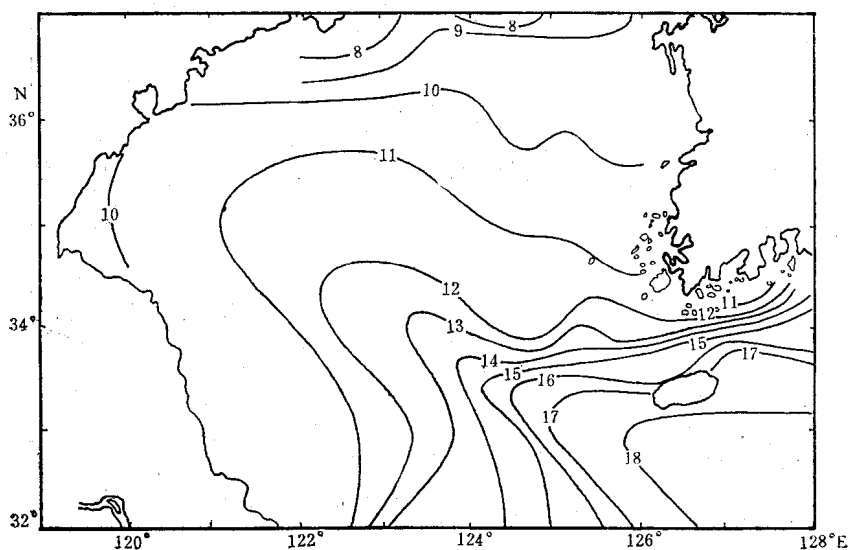


图7 1976年12月,南黄海暖流水域温度(°C)分布图(20m)

1. 温度的逐年变化

各年冬季(12月)均有高温水舌自济州岛东南沿西北方向伸入南黄海,舌的前锋及边缘可达山东和江苏沿岸。南黄海暖流水温舌的温度变幅,在10m以浅水层均在8℃左右,20m层在7—8℃,底层为6—7℃。也就是说,随着深度的增加,温舌范围内的温度变幅有减小的趋势。在南黄海暖流水源地附近和边缘海域,四年中温度最大变幅为2℃

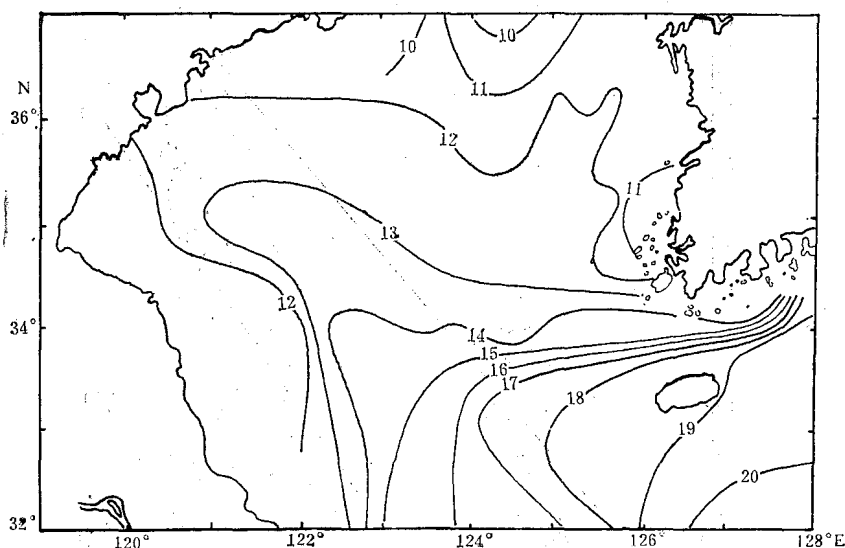


图 8 1979 年 12 月, 南黄海暖流水域温度(°C)分布图 (20m)

左右。如源地附近 20m 以浅各水层, 1977 年和 1979 年温度均在 20°C 左右, 1976 年则为 18°C 左右, 南黄海暖流水边缘 1977 年和 1979 年为 11—12°C, 1976 年则为 9—10°C。

2. 盐度的逐年变化

南黄海暖流源地附近, 盐度的年变幅为 0.5‰ 左右。其中以 1979 年盐度最高, 盐度值在 34.5‰ 以上。34.5‰ 的等盐线舌端在济州岛以西、125°E 附近海域。1977 年是盐度较低的一年, 源地附近盐度值在 34.0‰ 左右, 构成盐舌的 34.0‰ 等盐线位于济州岛东南。其他各年, 34.0‰ 的等盐线均在济州岛以西, 跨两个经度。

在此应指出, 1979 年南黄海暖流水温度和盐度较高的原因还有待进一步探讨, 但根据我们的初步分析, 可有如下两种解释: (1) 气候因素的影响。根据邻近南黄海暖流水的山东沿岸海洋站的气象观测资料获知, 1977 年和 1979 年是南黄海 12 月平均气温较高的年份。(2) 黑潮变异的影响。根据文献[2]报道, 1979 年是黑潮在日本本州以东海域异常北偏的一年, 黑潮在中国海域是否也发生同样的异常北偏, 从而导致南黄海暖流水的高温高盐特征, 尚待今后探讨。

四、南黄海暖流水的结构

根据冬季 (12 月) 南黄海暖流水主体范围内的温度和盐度资料绘制的 T-S 图表明, 其高温高盐年份 (1979 年) 的 T-S 点群的分布 (图 9) 基本上呈三角形。三角形的三个顶点 (A, B, C) 应分别代表三种不同的水。A 点代表高温高盐水, 它位于济州岛以南, 起源于对马暖流水, 密度 (σ_t) 范围为 24.2—25.1, T-S 点分布密集。B 点代表低温高盐水, 位于朝鲜西南海岸外, 济州海峡以西, 密度范围为 25.2—25.5。C 点代表低温低盐水, 位于南黄海南部中央海区, 密度较低, 为 23.6—24.2, T-S 点分布比较稀疏。

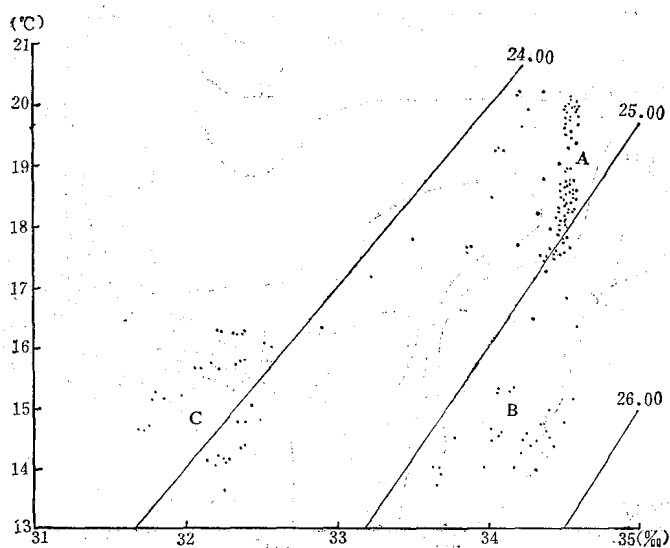


图9 1979年南黄海暖流水(主体) T-S 图

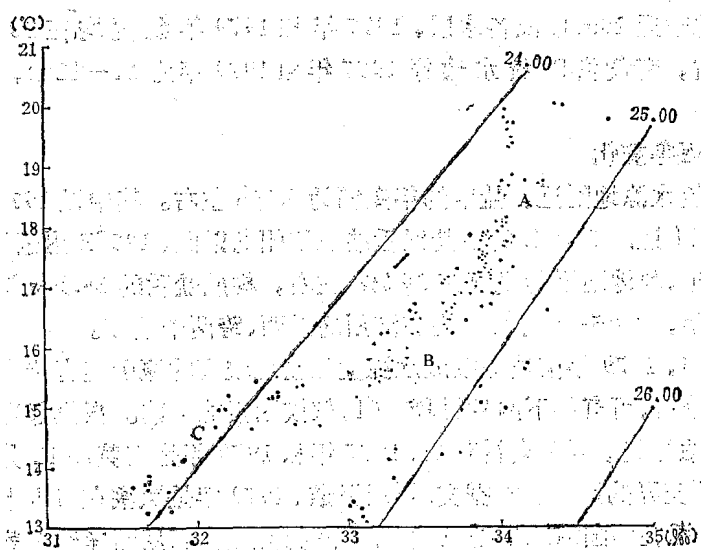


图10 1977年南黄海暖流水(主体) T-S 图

高温低盐年(1977年) T-S 点群的分布(图10)呈弧形。南黄海暖流水仍由上述三种水组成,弧形上端为高温高盐水,下端为低温低盐水,弧形的切点附近为低温高盐水,只是低温高盐水相对1979年变弱而已。

根据上述分析可得出这样的结论: 南黄海暖流水主体部分是由高温高盐水、低温低盐水和低温高盐水三种水混合而成,它是起源于对马暖流水的高温高盐水,随着流向西北,与位于朝鲜西南海岸外的低温高盐水和位于南黄海南部中央海区的低温低盐水,发生混合而形成的混合水。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院《中国自然地理》编辑委员会, 1979。中国自然地理(海洋地理)。科学出版社, 224页。
- [2] 上桥宏, 西山胜畅, 1983。1979年本州东方海域の黒潮の異常北偏。海と空 58(4): 149—157。
- [3] 藤原伊佐美, 1980—1981。東シナ海の海況。海象と気象。25, spe. 264—270。
- [4] Nakao, T., 1977. Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and the Yellow Sea. *Jour. of the Faculty Marine Science and Technology Tokai Univ.* Special Number: 199—367。
- [5] Osecar K. Huh, 1982. Satellite Observations and the Annual Cycle of Surface Circulation in the Yellow Sea, East China Sea and Korea Strait. *La mer* 20: 210—222。
- [6] Sawarh, T., 1974. On the sea surface temperature in the East China Sea for the years 1953—1972. *The Oceanographical Magazine* 26(1): 17—26。

CHARACTERISTICS OF TEMPERATURE AND SALINITY OF THE SOUTHERN YELLOW SEA WARM CURRENT WATER*

Lan Shufang, Gu Chuancheng and Fu Bingzhao
(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

In the south-east of the Southern Yellow Sea, there is often a strong intrusion water with higher temperature and salinity originated from Tsushima Current. It is named at the present the Southern Yellow Sea Warm Current Water. Using the data from National Oceanographic Bureau of China and Fisheries Research and Development Agency of the Republic of Korea for years 1976—1979, the authors obtained the average December temperature-salinity of the body of the Southern Yellow Sea Warm Current Water, its seasonal changes, and its year by year variance. The results of its T-S Diagram analysis are presented.

* Contribution No. 1064 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.