

台湾暖流水(团)夏季 T-S 特征 和来源的初步分析*

翁学传 王从敏

(中国科学院海洋研究所)

在濒临我国闽、浙两省的东海陆架西部海域,终年存在着一股自南北上、具有高盐特性的外海水(图 1),它是该海域的主要水团。它的消长和运移,对陆架西部海域的水文状况有着十分显著的影响,我国东南沿海渔场位置的变动以及气候的变化等也与之密切相关。因此,对这股高盐水的研究具有很重要的现实意义,很早就受到了国内、外海洋学者的重视。

较长期来,这股高盐水的名称及涵义一直较为混乱,有称“中间暖水”^[10,16],或称“黑潮北上分支水”^[5],也称“台湾暖水”和“台湾暖流水”^[1]等等。本文根据这股高盐水的来源和特性,采用了“台湾暖流水”这一名称。

关于台湾暖流水,国内、外海洋学者已相继作过一些研究。早在 1894 年, C. O. Макаров 曾根据 1886—1889 年“勇士”号的调查结果指出:“在东海西部有一支黑潮分支出来的中间暖水”¹⁾。1932 年,安井善一在其研究上海—长崎间水温、盐度年变化的著作中曾提到:“在中国大陆沿岸有一黑潮水的分支北上,其温、盐度的性质与日本近岸的黑潮水系相近”^[8]。其后,许多日本海洋学者,诸如宇田道隆^[9,10]、辻田时美^[5]、井上尚文^[6]、深濑茂^[4]、松宫义晴^[13]、中尾徹^[18]、以及西田英男^[11]等人在研究东海水文状况和水团结构的著作中,都先后在不同程度上对台湾暖流水作过一些概要的分析。

自本世纪五十年代末期以来,我国海洋科学工作者在研究中国近海水文基本特征的同时,也对台湾暖流水作了一些研究^[1],但因受资料限制,这些研究仅局限于分析台湾暖流水在 28°N 以北、124°E 以西海域内的分布和变化特性,而未能探讨其全貌。

近年来,在东海陆架西部海域的海洋水文调查逐渐增多,已经积累了一些观测资料,本文试图根据目前所能收集到的 1958—1977 年间的资料,对台湾暖流水夏季的温、盐特性及来源作一初步探讨。

一、台湾暖流水的温、盐特性

东海陆架西部海域的海洋水文调查资料,在空间和时间上的分布很不均匀:测站多

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 662 号。本文承毛汉礼教授热忱指导,并提出宝贵意见;白少英、宋跃同志参加资料整理;杜渭山同志绘图,特此致谢。

收稿日期:1980 年 9 月 18 日。

1) 转引自文献 [14]。

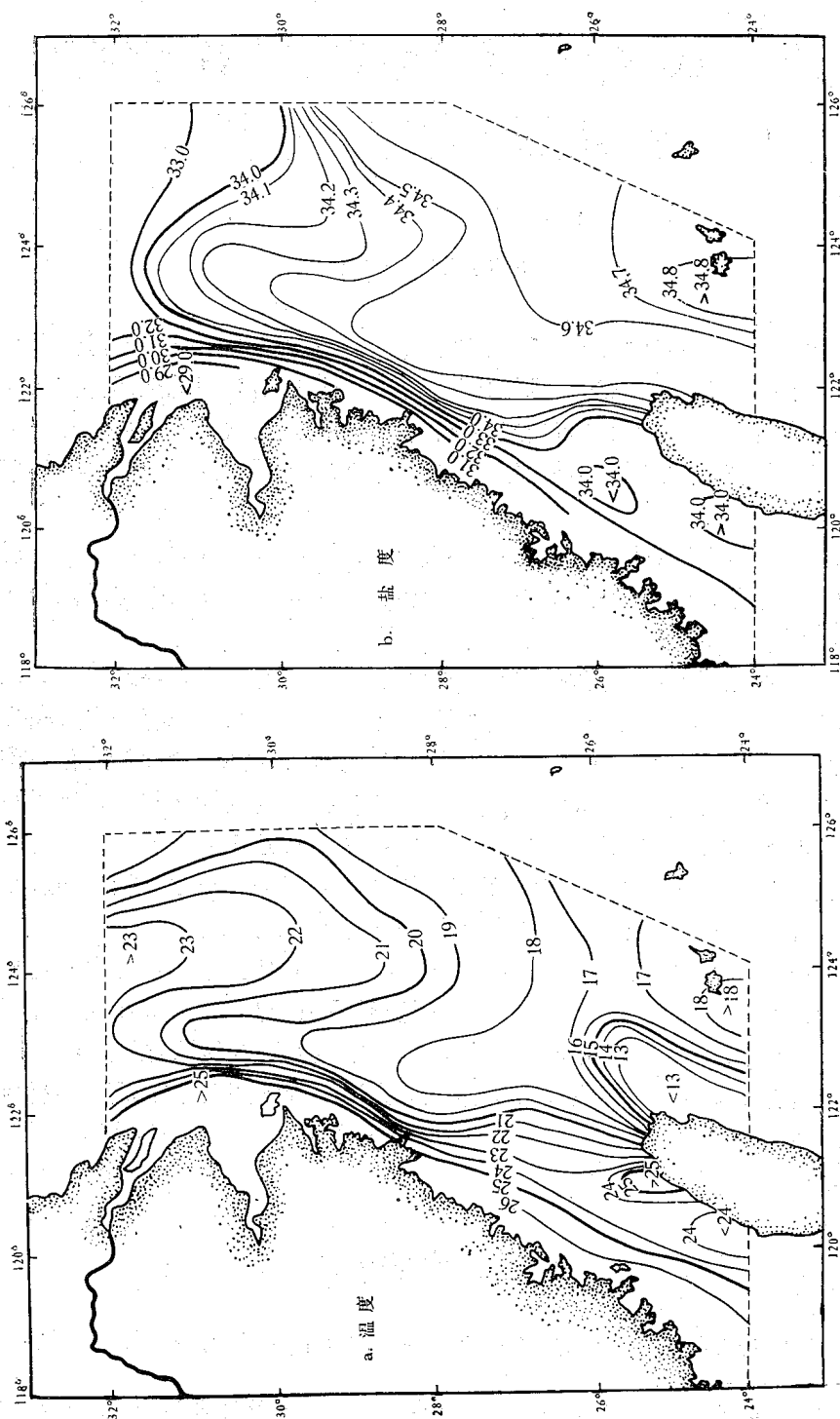


图 1 东海陆架西部海域夏季温、盐度分布(底层 1966 年 7—8 月)

数集中在 28°N 以北、 124°E 以西的近岸海区,其它海区较少,尤其是 28°N 以南以及台湾海峡区更为稀少;夏季资料远多于冬季。

东海陆架西部海域的水文状况和水团的结构比较复杂。为了能够得出关于台湾暖流水温、盐特征的比较可靠的论断,若用常规的按 $1^{\circ}\text{E} \times 1^{\circ}\text{N}$ 或 $30^{\circ}\text{E} \times 30^{\circ}\text{N}$ “方格”平均的方法来整理统计多年的观测资料,必然会导致较大的误差。因此,本文采用按固定站点进行多年平均的方法,具体作法如下:

首先,在 $27^{\circ}-32^{\circ}\text{N}$, 126°E 以西海域,按经距半度、纬距一度,选取均匀分布的 55 个测站。根据 1958—1977 年二十年间日本气象厅、水产厅、水路部以及有关单位在上述海域内所作的海洋水文调查资料,计算了夏季(8月)这些测站各层(0, 10, 20, 30, 50, 75, 100, 200, 300 米和底层)的温、盐度平均值。凡距选定站点 3 海里范围以内的测站,都纳入选定站点进行统计。参与整理统计的全部观测资料,共计 411 站次,平均每站有 7 次以上的观测资料。以下分析就在这一统计结果的基础上进行。

1. 台湾暖流水的确定

划分和分析水团的方法甚多,但 T-S 分析法迄今仍被认为是最有效的方法之一。应用此法,能确定水团的示性特征以及相互配置的情况,又可分析水团间的相互作用和变化,还可定量地研究水团的特征以及混合变性的过程。

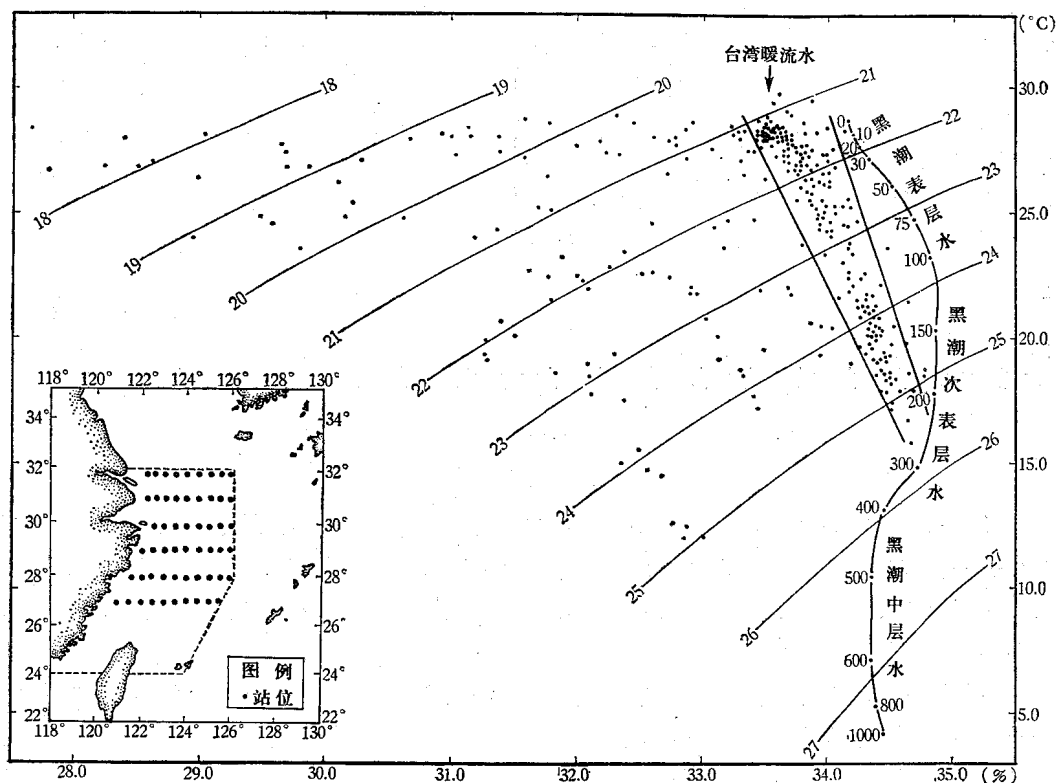


图2 T-S点聚图(1958—1977年)

В. Т. Тимофеев 指出:“确定水团的方法,在每一个具体情况下,都必须考虑并反映所研究海域的这些独特的水文特征”^[22]。综合以往的研究结果表明,台湾暖流水的水文状况具有独特的分布和变化特性,即具有水文要素空间分布的相对均一性和时间变化的规律性。因此,本文采用了 T-S 分析法来确定台湾暖流水,并分析其温、盐特性。

首先,我们绘制了上述 55 个测站的 T-S 曲线和 T-S 点聚图(图 2)。本文研究海域(27° — 32°N , 126°E 以西) T-S 曲线的形状比较复杂,但是将全部曲线进行归纳之后,可以得出三种基本类型,即台湾暖流水型、江浙沿岸水型和黄海混合水型。它们的典型 T-S 曲线如图 3 所示。为了便于分析台湾暖流水与黑潮水的关系,在图 2 和图 3 中,我们还根据 1930—1966 年的多年平均资料,绘制了台湾东测海区(23° — 24°N , 122° — 123°E)黑潮水的 T-S 曲线。

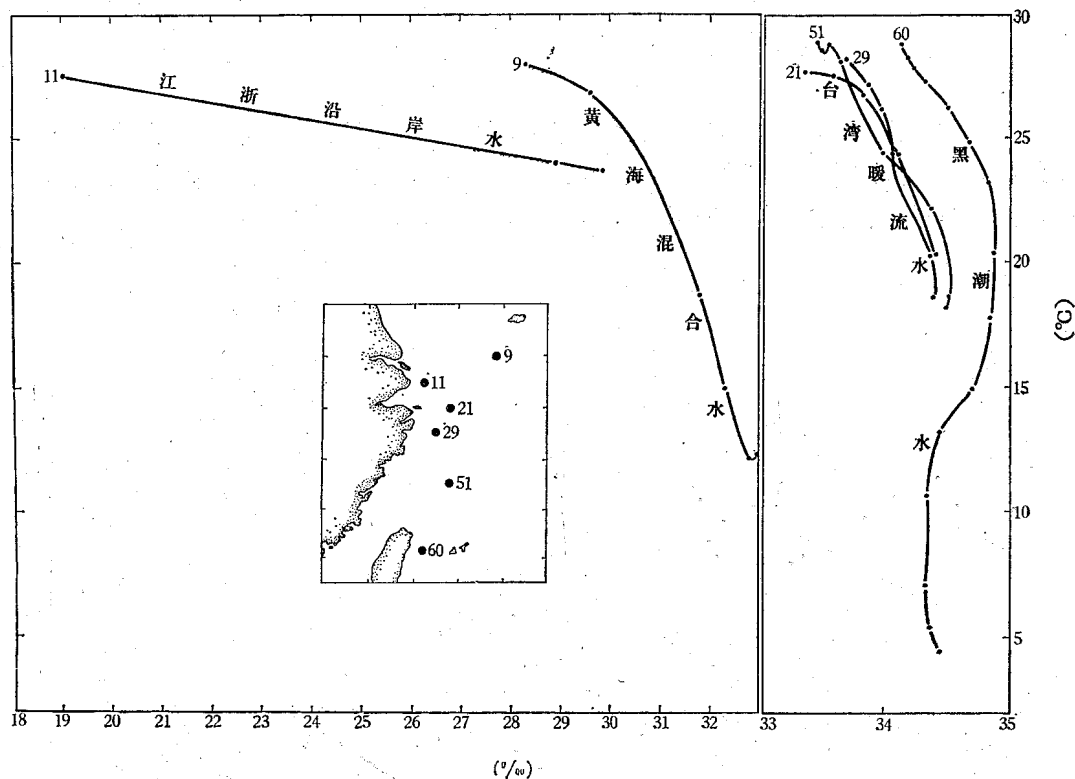


图 3 典型 T-S 曲线

在 T-S 点聚图(图 2)上, T-S 点的分布较为集中。引人注目的是代表本海域主要水团——台湾暖流水的 T-S 点,极大部分聚集在温、盐度值为 29.0°C , 33.3‰ 和 16.0°C , 34.6‰ 以及 29.0°C , 34.0‰ 和 17.0°C , 34.8‰ 这四点构成的两条直线之间的范围内。此外,还可以划分出江浙沿岸水和黄海混合水。

从上述这几个水团的温、盐性质来看,江浙沿岸水具低盐特征;黄海混合水的温度较低;台湾暖流水的盐度比江浙沿岸水和黄海混合水都高,但比黑潮水略低(图 2, 3)。由此可见,台湾暖流水的温、盐性质与具高温、高盐特征的黑潮水比较相近。

台湾暖流水的 T-S 曲线,其形状近似于一条直线(图 3),在 T-S 点聚图(图 2)上,

其 T-S 点又相对密集于“直线”两端。按照 B. Б. Штокман 提出的由 T-S 曲线确定水团数目的原则^[23], 可以把台湾暖流水划分为台湾暖流表层水(简称表层水)和台湾暖流深层水(简称深层水)两部分。由 T-S 点聚图和 T-S 曲线确定出的表层水和深层水的温、盐度范围和特征值列于表 1。

表 1 台湾暖流水夏季温、盐特征

水 团 名 称	温、盐 度 范 围	特 征 值
台湾暖流表层水	23.0°—29.0°C; 33.3—34.2‰	27.0°C, 33.7‰
台湾暖流深层水	17.0°—23.0°C; 34.2—34.6‰	19.0°C, 34.4‰

表层水是一个以高温、次高盐为其主要特征的水团, 温、盐度垂直分布比较均匀; 其温度在东海陆架西部海域是最高者; 由于它与沿岸低盐水不断发生混合, 其盐度低于深层水。深层水的主要特征是低温、高盐, 其温度垂直分布不如表层水均匀, 存在着明显的垂直梯度, 但是深层水的温、盐度值比较稳定, 全年都维持在 16.0—23.0°C 和 34.1—34.7‰ 之间。

2. 台湾暖流水的分布

由 T-S 点聚图(图 2), 可以比较容易地得出台湾暖流水的分布情况。从图 4, 5 清楚地看出, 台湾暖流水大致沿 123°30'E 自南向北伸展。其中, 表层水的前缘可及 31°N; 深

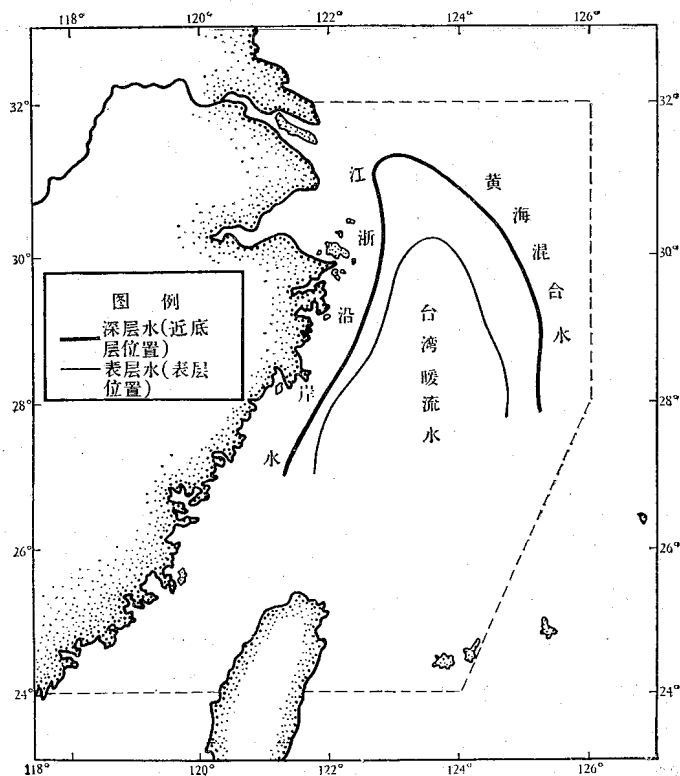


图 4 台湾暖流水的平面分布

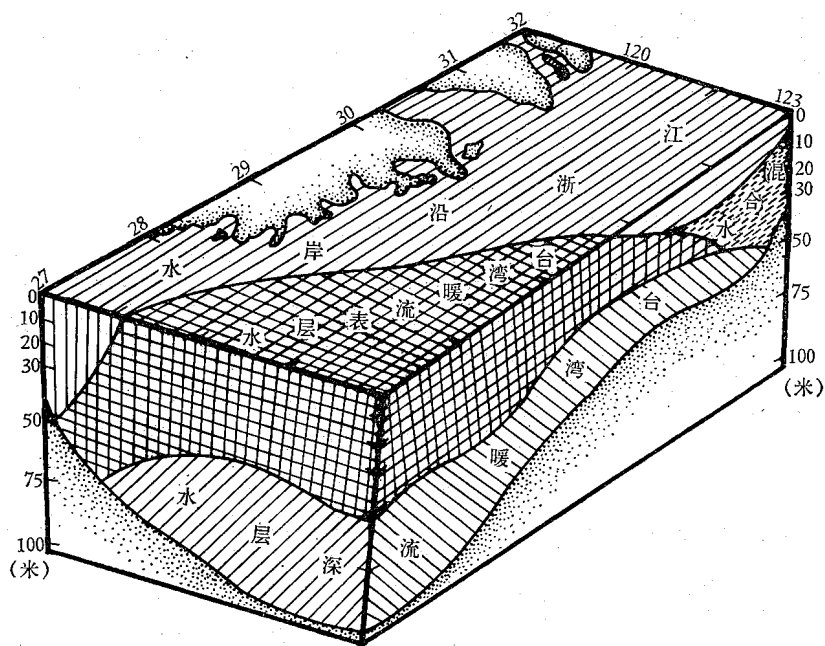


图5 台湾暖流水的空间分布

层水向北伸展反较表层水为远,可达 31°N 以北,但不超越 32°N 。在水平方向上,台湾暖流水西接低盐的江浙沿岸水,东北与黄海混合水相邻,其交汇处存在着明显的水文要素梯度——锋面。所以,它们之间的边界也可近似地按锋面的位置确定。在 28°N 以南,台湾暖流水的东边界不太明显;尤其是深层水的东边界,因为它和东海中部沿陆坡涌升的黑潮水的温、盐度属性十分相近,仅依海水温、盐要素来划分边界是比较困难的。所以这部分边界划分在何处为宜,尚是一个值得探讨的问题。台湾暖流水南宽北窄,在 28°N 附近东西宽度约为 3 个经度,而在 31°N 处仅占 1 个经度。在垂直方向上,表层水和深层水上、下叠置,在分界面上,存在着较大的温度垂直梯度——温跃层,而且该处海水的稳定度也特别大(一般在 $6000-8000^{\circ}\text{E} \cdot 10^8$ 之间)。由此可见,表层水和深层水之间,不易发生强烈的垂直混合。

表层水和深层水的界面深度,在 27°N 附近一般位于 50—55 米。由此向北,界面的深度随着海域深度的减小逐渐变浅,在 30°N 处已变浅到 25 米左右。需要指出的是,在浙江中部近海 ($28^{\circ}-29^{\circ}\text{N}$ 间) 深层水沿海底斜坡涌升,界面与海底地形按同一方向倾斜,呈西高、东低之势。近岸边,界面可上升到 10—15 米左右,这可能是受横向环流影响所致。表层水和深层水的厚度,总的说来是南大北小,只是深层水的南北差异较表层水略小而已。

若以表征深层水特征的 34.4‰ 等盐线的分布变化趋势来表示深层水主体的消长情况,由图 6 可见,深层水主体形若扁舌,大致沿 123°E 自南向北伸展。夏季北伸最远,接近 31°E ,冬季仅及 28°N 。这种变化趋势,显然是受黄海混合水入侵舌的轴线夏季东移、冬季西移的影响^[46],也反映了台湾暖流夏强冬弱的重要性质。

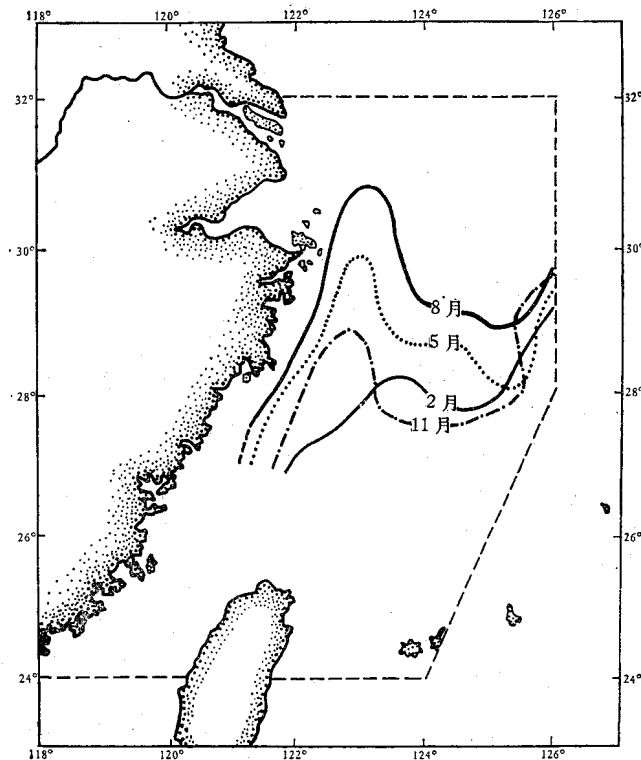


图6 各代表月底层 34.4‰ 等盐线分布

3. 台湾暖流水的体积

T-S 体积统计分析法是由 Montgomery^[19], Cochrane^[15] 和 Pollak^[20] 同时提出的。本文关于台湾暖流水体积的统计,基本上采用了 Montgomery 的方法,但考虑到东海陆架西部海域海水温、盐度的水平和垂直结构比较复杂,在海区单元面积的划定和水层单元厚度的选取上作了改进。根据图 2 所示的站位,按经、纬线方向,把研究海域分成大小不等的 55 个海区单元,使每个测站都位于海区单元的中心,并以每个测站二十年平均的海水温、盐度值来代表海区单元内的海水温、盐度性质。文中,自海面至海底,取 5 米作为水层的单元厚度。各水层单元的温、盐度值,用直线内插法从各标准层的温、盐度值求得。在 T-S 图上,则以温度 1℃,盐度 0.1‰ 为间隔,组成 T-S 方格;其后,按各个水体单元(海区单元×水层单元厚度)所相应的温、盐度值,分别将各个水体单元的体积统计在 T-S 图中。统计结果如图 7 所示。图中,方格内的数字表示具有相应温、盐度值的海水的体积(立方公里)。

计算结果得出,台湾暖流水的体积(图 7 中细折线所包的范围)为 9876 立方公里,它约占研究海域(27°—32°N, 126°E 以西)总体积(14205 立方公里)的 70%。这进一步表明,台湾暖流水是东海陆架西部海域的主要水团。同时从图 7 也可以得知,台湾暖流水可分为表层水和深层水两部分。表层水的体积较大,为 6208 立方公里,深层水的体积仅有 3668 立方公里。两者相比,表层水体积约为深层水的 1.7 倍。它们的温、盐度范围与前述

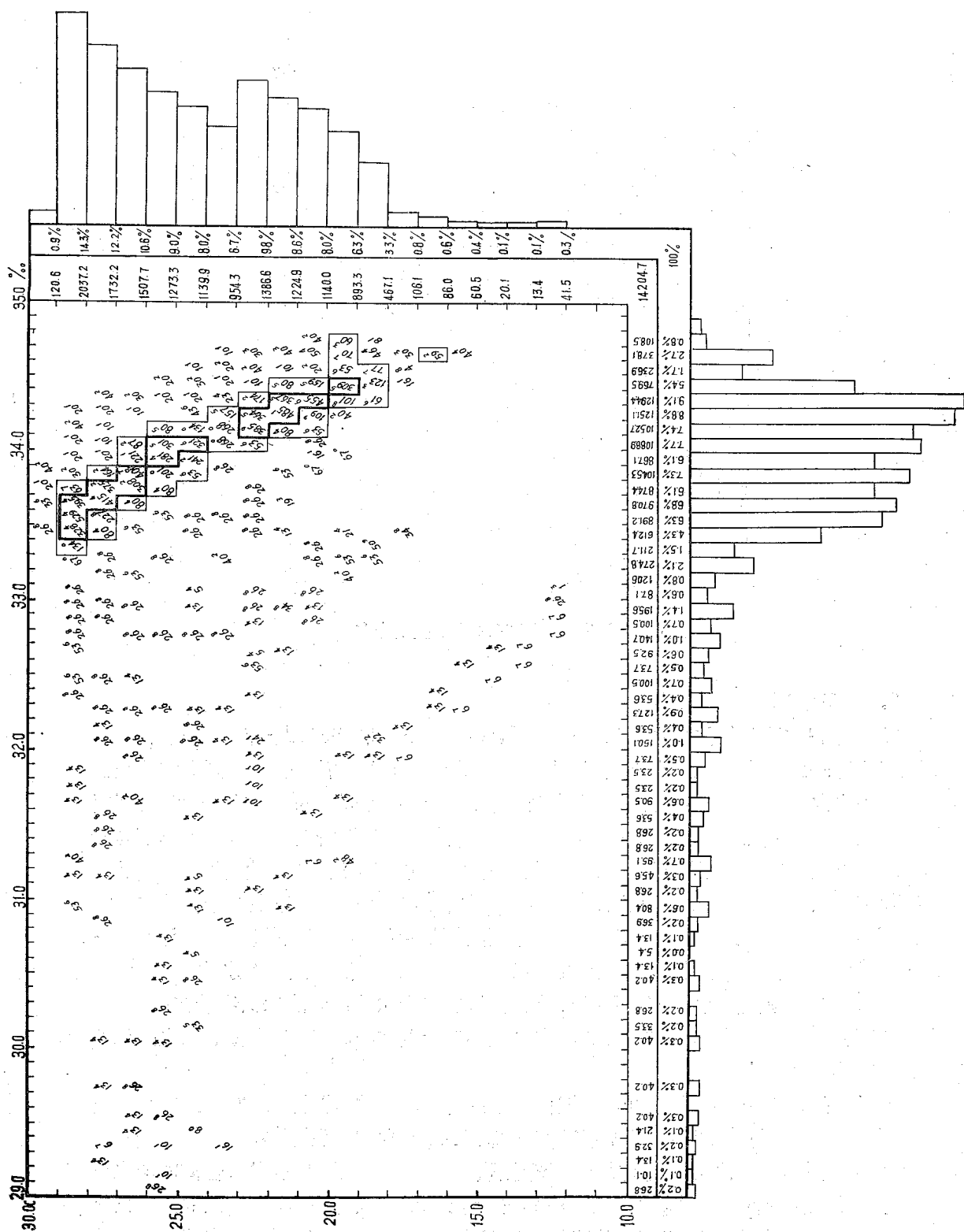


图 7 T-S 体积统计分析图

的按 T-S 点聚图和 T-S 曲线得出的结果较为一致。由图 7 我们还计算了表层水和深层水的平均温、盐度值,结果列于表 2。

表 2 台湾暖流水的体积和平均温、盐度值

水 团 名 称	体 积 (公 里 ³)	平均温、盐度值
台湾暖流表层水	6208	26.4℃, 33.8‰
台湾暖流深层水	3668	20.9℃, 34.3‰

需要指出的是,上述典型 T-S 曲线和点聚图上 T-S 点集聚的形式,主要存在于夏半年。在冬半年,由于风的搅拌加强和海水冷却失热,东海陆架西部海域海水的温、盐度处于垂直均匀状态。此时,应用 T-S 分析法来研究台湾暖流水温、盐特征的可能性,尚需进一步探讨。

二、台湾暖流水的来源

台湾暖流水的来源是一个十分重要的问题,但由于缺乏台湾海峡和台湾北部海区的观测资料,至今尚未得到比较一致的看法。某些海洋学者,例如宇田道隆(1950)^[10]、毛汉礼(1965)¹⁾、井上尚文(1974)^[6]、近藤正人(1975)^[12]、深濑茂(1975)^[14]、中尾徹(1977)^[16]、松宫义晴(1977)^[13]等认为,出现在东海陆架西部海域的台湾暖流水,是黑潮在台湾东北分支出来的。郑执中等(1962)根据浮游有孔虫的分布,也得出了类似看法^[2]。而管秉贤(1978)根据三十及七十年代夏季的观测资料分析,得出了夏季的台湾暖流来自台湾海峡的结论^[4]。

本文从海洋水文学的观点研究了台湾暖流水夏季的来源。经初步分析,我们认为,表层水是由台湾东侧北上的黑潮表层水和来自台湾海峡的海水(简称海峡水)混合形成的;深层水则完全源自我国台湾东侧的黑潮次表层水。

本文拟从海水运移,水团的混合和海水温、盐特性三个方面,探讨台湾暖流水的来源。所用资料以 1966 年 7—8 月间日本气象厅长崎海洋气象台的调查资料为主,因为在收集到的资料中,此次调查设站较多,资料比较完整^[7]。至于台湾海峡区,因缺少同期观测资料,采用了 1930—1966 年间多年平均的夏季(8月)温、盐度资料。

1. 台湾暖流源自台湾东侧黑潮水的可能性

从图 8a 可以看出,在台湾东北方的东海陆架外缘,水深突变,存在着一条坡度特别大(平均坡度为 4°20′)的狭窄地带,其走向大致与 26°N 线平行,水深自南向北由大于 1000 米陡减至 200 米以内。如此陡峻的海底地形,宛若“台地”(图 8b),在很大程度上影响着海水的运动。

根据前人的研究结果,著名的黑潮沿着台湾东侧北上,经台湾和与那国岛之间进入东海,流速颇强,西侧达 80 厘米/秒,东侧为 45 厘米/秒。由于受台湾东侧海脊地形(24°—

1) 据毛汉礼、任允武等 1965 年资料。

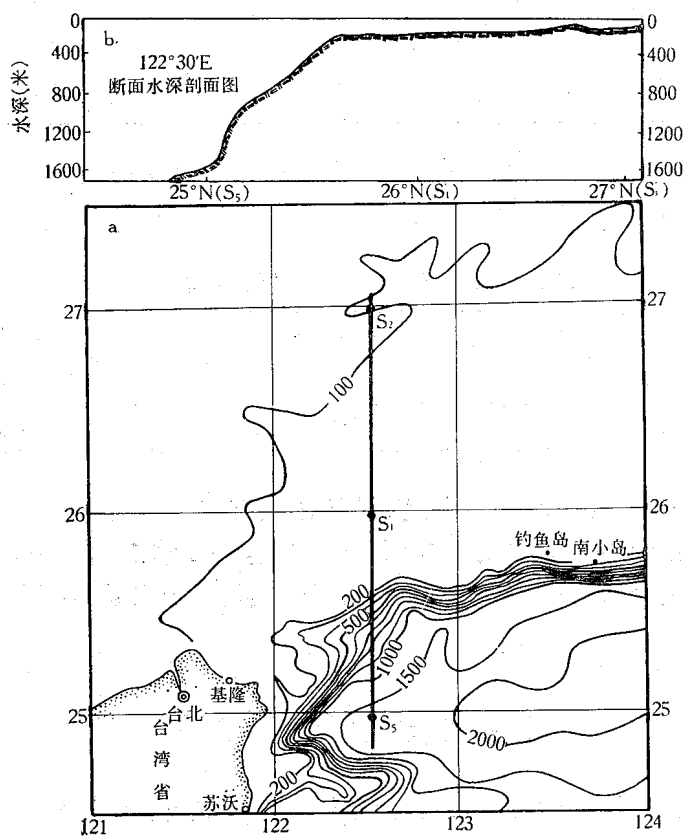


图 8 台湾东北方海区深度分布

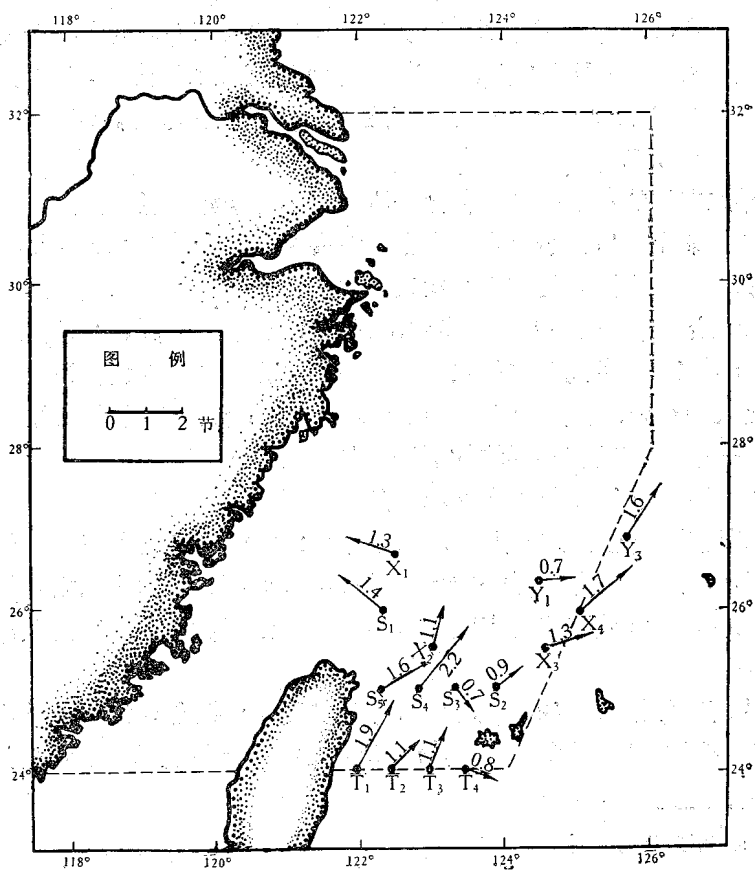


图9 台湾东北海区表层流分布 (GEK, 1966年7—8月)

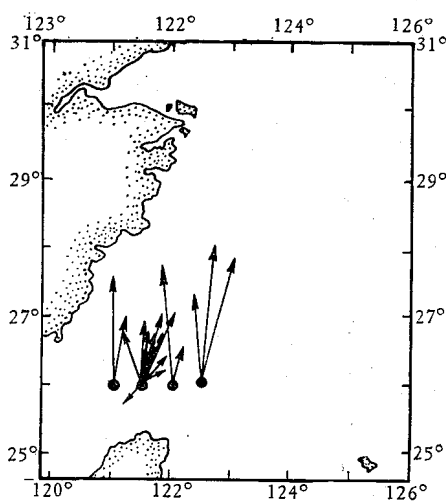


图 10 台湾北部海区底层流分布(据 Inoue 1971 年 6 月)

25°N 间)的影响,黑潮主干发生右偏,而“在台湾东北海区,出现黑潮分支——台湾暖流水……。黑潮分支(台湾暖流水)大致沿 123°E 北上,可到达长江口南部海域”^[13]。

从夏季的实测资料(图 9, 10)可看出,黑潮在进入东海后,其主干发生右偏,流向偏东北;在接近 26°N 的上述“台地”处,明显地出现北向流,即有源自黑潮主干的海水向北运移。

由此可见,这股源自黑潮主干的海水,在向北运移过程中,首先遇到上述“台地”的影响。为分析海水越过“台地”的情况,我们引用气象学上风吹向海岸的模式(图 11),来加以说明。根据图 11 的模式,在上述“台地”的前沿,海水应沿陆坡上升,出现涌升现象;而

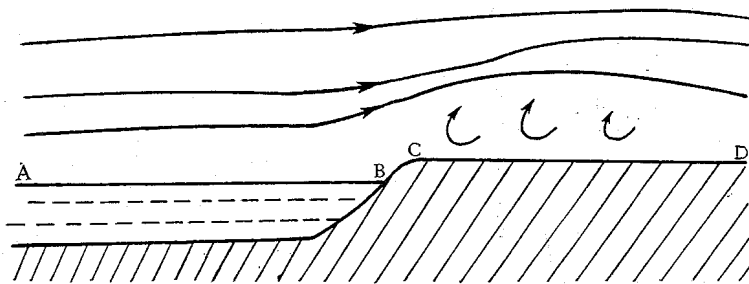
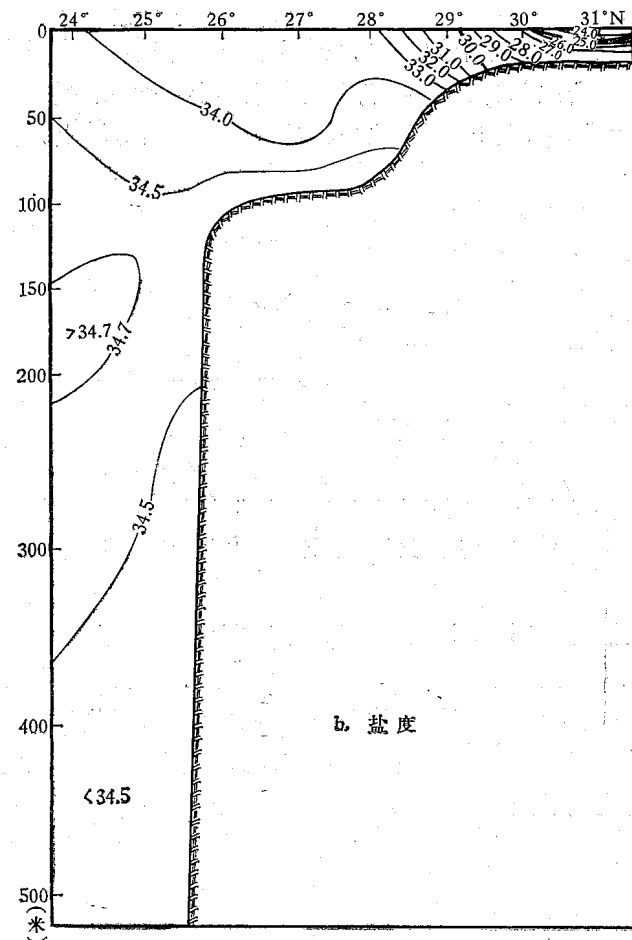
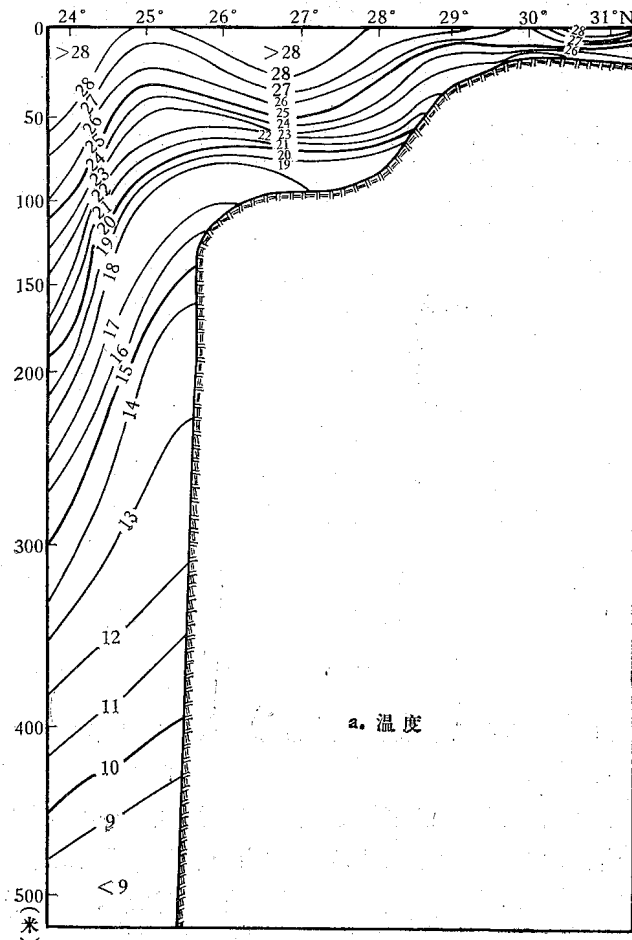


图 11 海岸附近流线图(据么枕生, 1959 年)

较“台地”深度为浅、涌升水影响不到的水层,则海水大都仍按原来方向继续向北运移。这种现象,也可以明显地从垂直于“台地”的两个断面的温、盐度和溶解氧分布图(图 12, 13)中看出。图中温、盐度和溶解氧等值线的分布趋势,清楚地表明了黑潮表层水向北运移和黑潮次表层水沿陆坡涌升的现象。关于台湾东北海区黑潮次表层水沿陆坡涌升的现象,早在 1941 年宇田道隆就已经指出^[9]。



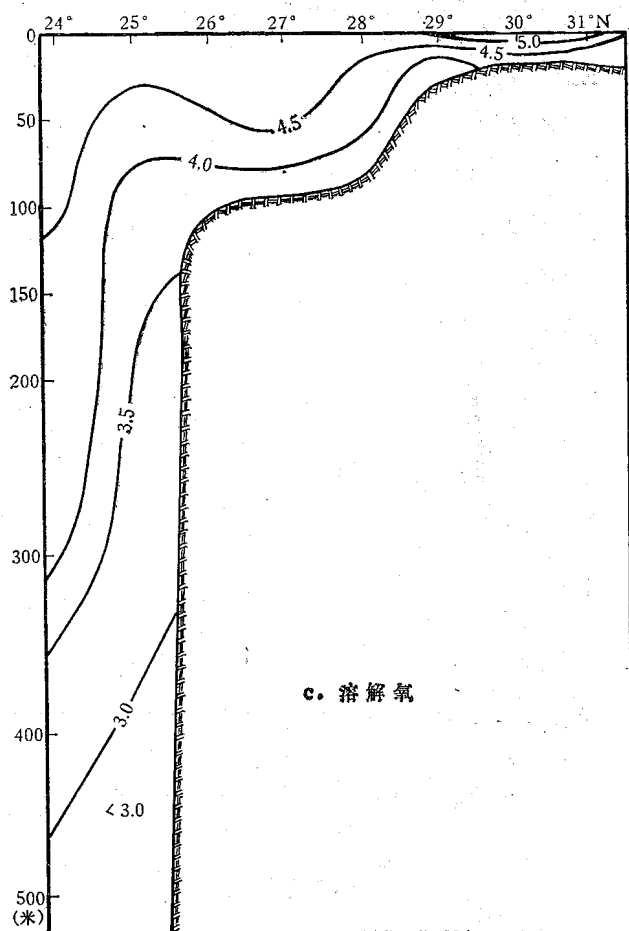
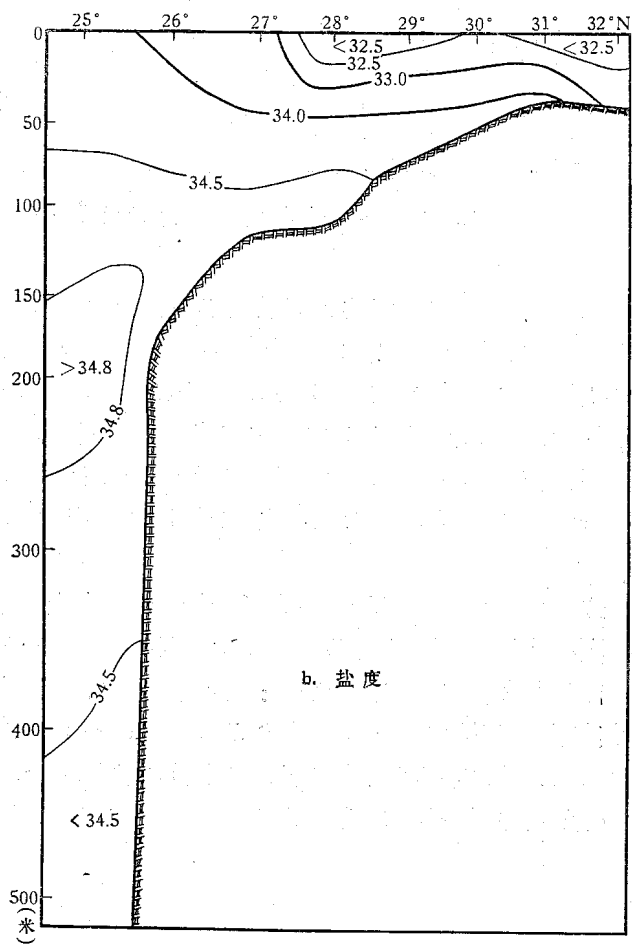
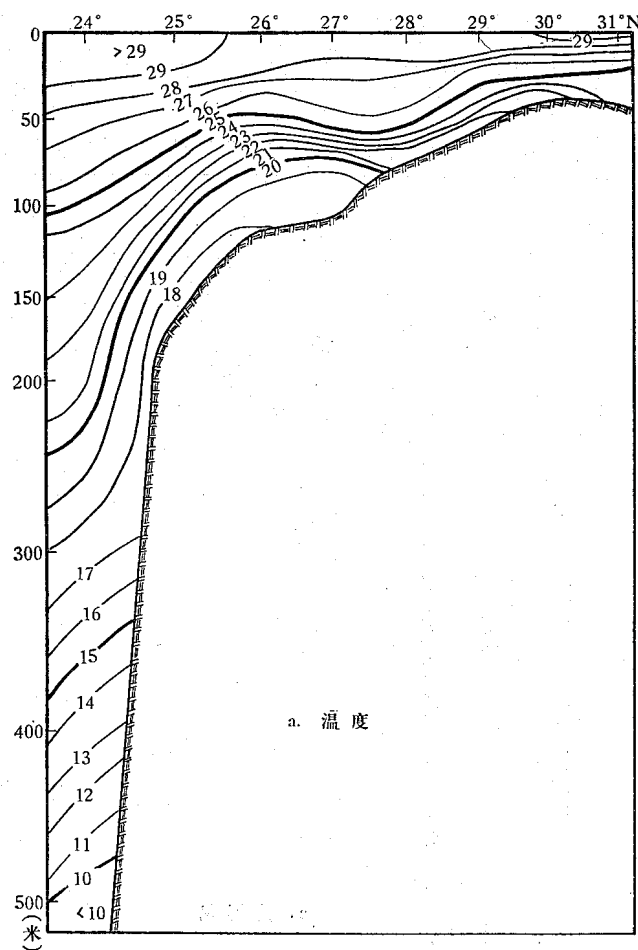


图 12 122°30'E 断面温、盐度和溶解氧分布

为分析源自黑潮主干的海水在向北运移过程中混合变性的情况，绘制了沿 123°E 断面上各测站的 T-S 曲线。从 T-S 曲线的形状来看(图 14)，台湾暖流水和黑潮上层部分海水(黑潮表层水和黑潮次表层水)的 T-S 曲线很相似，所不同的是前者的盐度值比后者略低，这尤以表层较为明显。根据 T-S 曲线的连续性和相似性，可以认为台湾暖流水的 T-S 曲线是由黑潮上层部分海水的 T-S 曲线演变而成。这就是说，台湾暖流水是由黑潮上层部分海水在向北运移过程中与周围低盐水(包括江浙沿岸水、黄海混合水和海峡水)混合、变性而成。

为验证上述结论，我们应用 Miller^[18] 混合四边形的方法，进一步分析 123°E 断面上黑潮水在北移过程中与周围低盐水发生混合变性的情况。在这一断面上，选取了四个水团(为简便起见没有考虑海峡水)，它们分别是：黑潮表层水、黑潮次表层水、黑潮中层水和江浙沿岸水。其相应的原始水型分别取为 29.5°C, 34.60‰; 19.5°C, 34.95‰; 8.5°C, 34.30‰ 和 28.0°C, 28.26‰。黑潮诸水团的原始水型，是按照 B. Б. Штокман 的 T-S 曲线理论，从台湾东侧黑潮主干流经的 T₃ (24°N, 123°E) 和 S₃ (25°N, 123°E) 深水站的



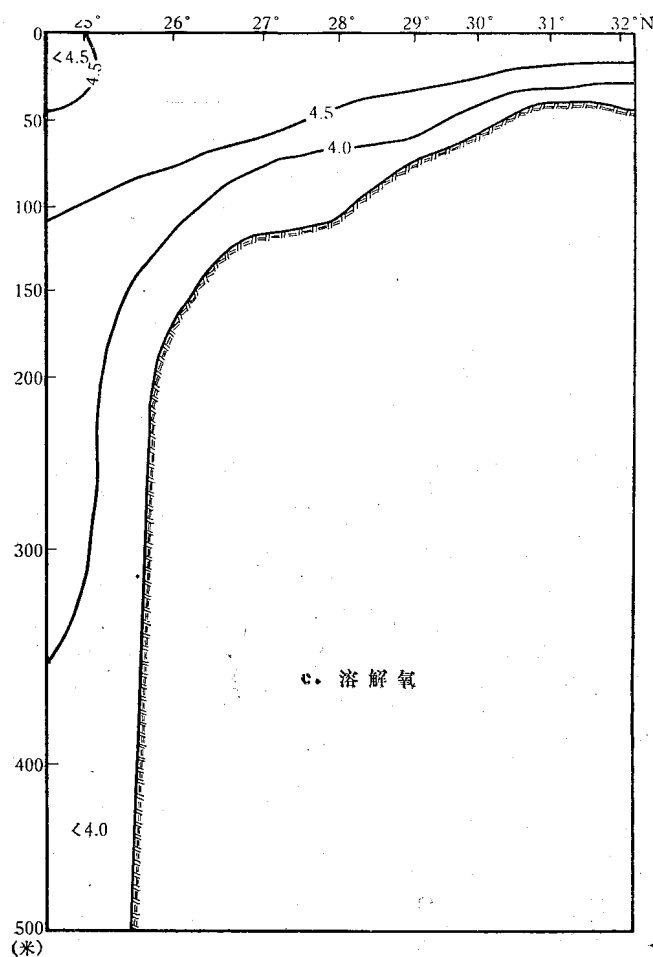


图 13 124°00'E 断面温、盐度和溶解氧分布

T-S 曲线确定的。据此确定的黑潮诸水团的原始水型与二谷颖男的研究结果较为一致^[17]。江浙沿岸水主要源自长江和钱塘江入海的径流,在本文中,其原始水型取自 30°—32°N, 122°00'—123°30'E 范围内各测站表层温、盐度的平均值。分析结果如图 15 所示。如以 50% 等混合线表示水团的范围, 75% 等混合线代表水团的主体,则由图可以看出,黑潮表层水和黑潮次表层水占据的范围最广,它们上下叠置,自南向北伸展。黑潮表层水可扩展至 30°N 以北,黑潮次表层水向北伸展更远,超越 31°N。黑潮中层水没有在东海陆架西部海域出现,它只存在于断面南部、台湾东侧 400—500 米以下。江浙沿岸水仅出现在 30°N 以北的表层。对比台湾暖流水的分布(图 4, 5, 15),这一分析结果充分说明,台湾暖流水是由黑潮上层部分海水变性而成的。更确切地说,表层水主要是变性的了的台湾东侧的黑潮表层水,深层水则是沿陆坡爬升上来的台湾东侧的黑潮次表层水。

我们再以温、盐特性来进一步分析深层水和台湾东侧黑潮次表层水的关系。据 A. M. Муромцев 研究结果,台湾东侧 200 米层附近的黑潮次表层水,其温度比黑潮表层水有明显的降低,但是温度值较稳定,全年介于 17°—20°C 之间,年变幅在 2°C 左右^[21]。这

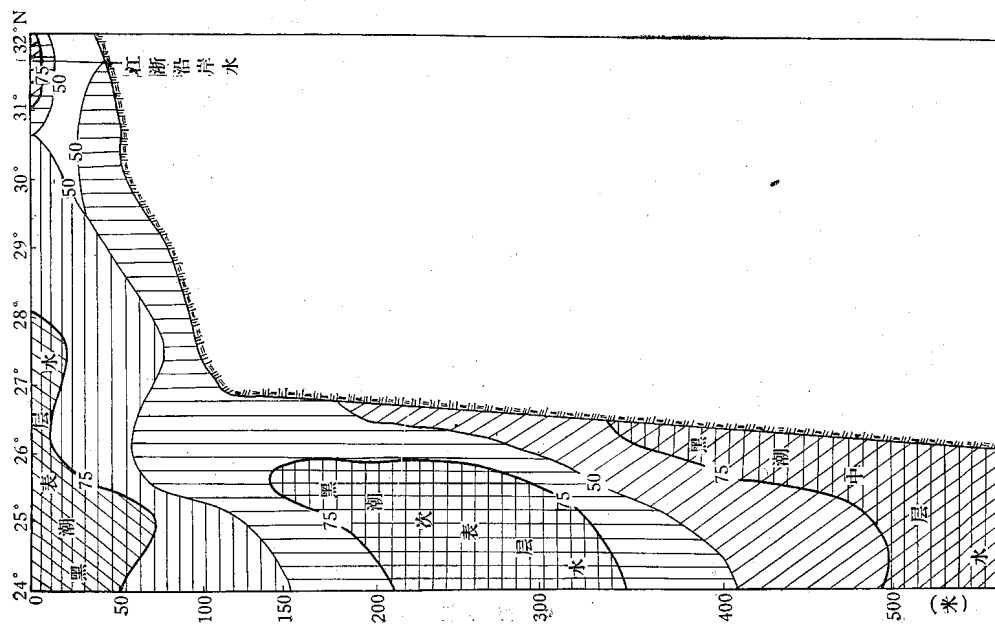


图 15 123°E 断面水团的配置

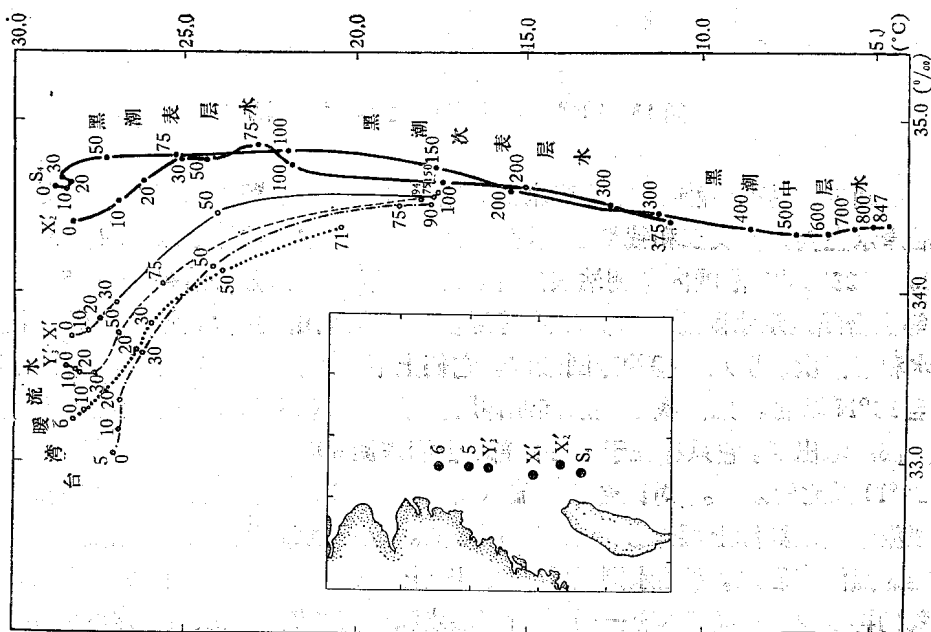


图 14 123°E断面黑潮水和台湾暖流水的 T-S 曲线 (1966 年 7—8 月)

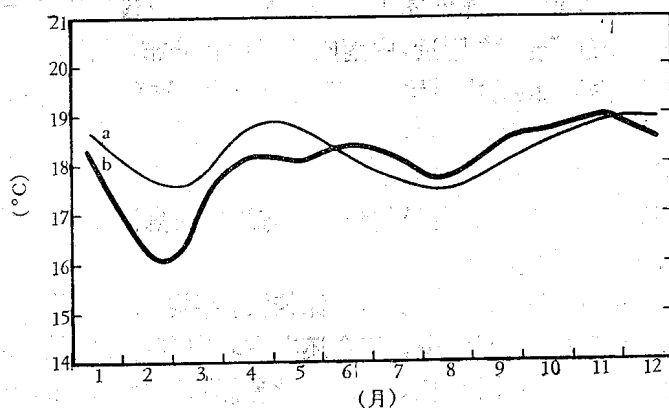


图 16 温度年变化曲线

- a. 黑潮次表层水(台湾东侧,据 Муромцев, А. М)
b. 台湾暖流深层水(4084 站, 28°N, 124°E)

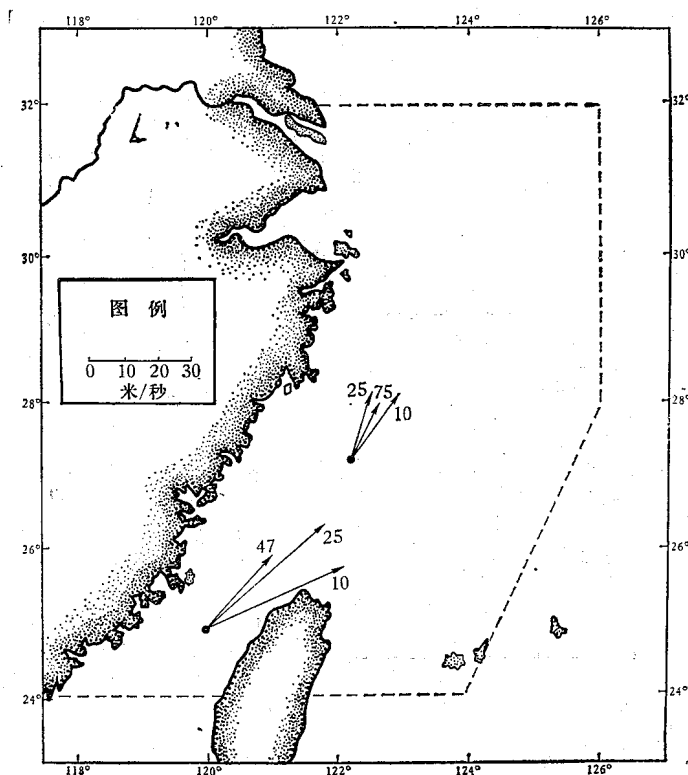


图 17 台湾海峡实测流分布(1939 年 6 月)

与我们在上一节中得出的深层水的温度特征极为相近。从深层水和台湾东侧 200 米层黑潮次表层水的温度年变化曲线(图 16) 也可以看出, 二者的温度值极为接近, 变化趋势也基本一致。由此可以认为, 就温度特性而言, 深层水和台湾东侧 200 米层附近的黑潮次表层水应同属一体。

此外,从底层温、盐度平面分布¹⁾(图1)来看,它们的分布趋势比较一致。等值线大致都自台湾东北,即自上述“台地”附近,由南向北呈舌状分布,特别是表征深层水特征的19°C等温线和34.4‰等盐线的分布位置,几乎完全一致。这种分布趋势,也进一步说明了深层水来自台湾东侧的黑潮次表层水。

2. 台湾暖流水来自台湾海峡的可能性

这一问题,管秉贤已在“我国台湾及其附近海底地形对黑潮途径的影响”^[4]一文中作过详细分析,因此本文论述从简。

台湾海峡呈东北—西南走向,南宽北窄,水深较浅,平均深度小于50米,台湾海峡区的水文状况和流况,由于观测资料太少,至今还存在着许多不详之处,有待进一步调查研究。但从已有的研究结果来看,国内、外海洋学者都认为台湾海峡夏季主要是东北向流^[4,6]。根据流体的连续性原理,夏季必然有海峡水北上进入东海陆架西部海域。图17是根据1939年6月实测资料绘制的流速、流向图,清楚地表明了台湾海峡和闽、浙近海夏

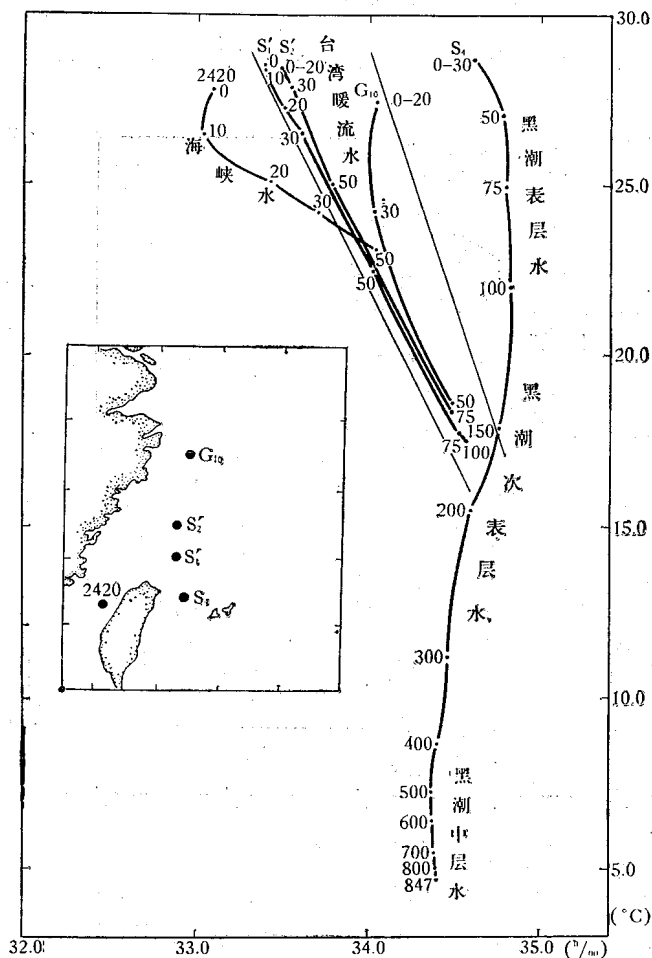


图18 海峡水、台湾暖流水和黑潮水的T-S曲线

1) 图1中深度超过300米的测站,取300米作为底层。

季存在着东北向流。

夏季,海峡水(系指 24°N 以北的海峡区)的温度较高,受入海径流和降水的影响,盐度略偏低。据 1930—1966 年间多年平均的夏季(8月)资料,其温度一般在 23° — 29°C 之间,盐度在 34‰ 左右,其中,表层小于 34.0‰ ,深层略大于 34.0‰ 。由此可见,海峡水具高温、次高盐特性。

从 T-S 曲线图(图 18)可以看出,台湾暖流水的 T-S 曲线位于海峡水和黑潮水的 T-S 曲线之间。根据 T-S 曲线的配置,台湾暖流水应是黑潮水和海峡水混合形成。此外,图 18 还表明,海峡水温度较高,盐度略偏低,因此,密度较小。它进入陆架西部海域后,主要与来自台湾东侧的黑潮表层水发生混合,形成台湾暖流表层水;而与具低温、高盐特性的黑潮次表层水发生混合的可能性较小。关于后一种情况,也可以从台湾北方出现密集的南北向温、盐度等值线这一事实(图 1)得到证实。

为了分析海峡水在形成台湾暖流表层水中的作用,曾估算了夏季(8月)通过台湾海峡的平均输水量 Q_1 和 28°N 断面台湾暖流表层水横截面上的输水量 Q_2 。 Q_1 直接取自苏育嵩在“台湾海区海水环流及黄、东海水平衡的初步探讨”一文中的研究结果,得出 $Q_1 = 1.3 \times 10^6$ 立方米/秒^[3]。 Q_2 则按 28°N 断面上台湾暖流表层水范围内不同年份 7—8 月实测余流的平均值和台湾暖流表层水的截面积进行估算,得出 $Q_2 = 3.3 \times 10^6$ 立方米/秒。由此可见,通过台湾海峡的输水量约为通过 28°N 处台湾暖流表层水横截面上的输水量的一半。这一结果似可间接证明,台湾暖流表层水并非完全源自海峡水。

综合以上分析,可以得知,夏季,台湾暖流水既不完全来自台湾东侧的黑潮水,也不全是从台湾海峡北上的海峡水。比较确切的说法是,台湾暖流表层水是由台湾东侧北上的黑潮表层水和来自台湾海峡的海水混合而成;而台湾暖流深层水则完全源自台湾东侧的黑潮次表层水。

最后,需要指出的是,本文仅就目前已收集到的调查资料,对台湾暖流水夏季的温、盐特性和来源作了初步分析,得出了一些粗浅的看法。期望今后能收集更多更完整的资料,以便作进一步的分析研究。

参 考 文 献

- [1] 毛汉礼、任允武等,1964。应用 T-S 关系定量地分析浅海水团的初步研究。海洋与湖沼 6(1): 1—22。
- [2] 郑执中、郑守仪,1962。黄海和东海浮游有孔虫生态的研究。海洋与湖沼 4(1—2): 60—86。
- [3] 苏育嵩,1963。台湾海区海水环流及东海水平衡的初步探讨。太平洋西部渔业研究委员会第四次全体会议论文集。科学出版社,第 17—33 页。
- [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—22。
- [5] 辻田時美,1950。珪酸塩よりみたる支那東海冬の水塊。東海黄海の海況,第 2 報: 11—22。
- [6] 井上尚文,1974。東シナ海大陸棚上の海底流動。海洋科学 7(1): 12—18。
- [7] 日本気象庁海洋気象観測資料, No. 40, 1967。
- [8] 安井善一,1932。長崎—上海間水温塩分の年変化に就いて。海洋時報 4(1): 241—248。
- [9] 宇田道隆,1941。昭和 14 年 6、7 月に於ける支那海方面の海況。水産試験場報告 11: 39—97。
- [10] 宇田道隆,1950。東支那海の水温变化(其の 1)。東海黄海の海況,第 2 報: 1—10。
- [11] 西田英男、岩永義幸,1978。秋季東シナ海大陸棚にすける水塊特性にノソて。水路部研究報告 13: 37—49。
- [12] 近藤正人、玉井一壽,1975。東シナ海の流況。海洋科学 7(1): 27—32。
- [13] 松宮义晴、和田時夫、岡正雄,1977。水型から見た東シナ海黄海の水塊解析と底魚漁場にノリて。長崎大学水産学部研究報告 43: 1—21。

- [14] 深瀬茂, 1975. 対話“東シナ海”. 海洋科学 7(1): 6—11.
- [15] Cochrane, I. D., 1958. The frequency distribution of water characteristics in the Pacific Ocean. *Deep-sea Res.* 5(2):111—127.
- [16] Nakao, T., 1977. Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and Yellow Sea. *Jour. of the Faculty of Marine Science and Technology Tokai University, Special Number*: 199—367.
- [17] Nitani, H., 1972. Begining of the Kuroshio. in “Kuroshio—its Physical Aspects”. Tokyo Univ. press., pp. 129—156.
- [18] Miller, A. R., 1950. A study of mixing processes over the edge of the continental shelf. *Jour. Mar. Res.* 9(2): 145—160.
- [19] Montgomery, R. B., 1958. Water characteristics of Atlantic Ocean and World Ocean. *Deep-Sea Res.* 5(2): 134—148.
- [20] Pollak, M. I., 1958. Frequency distribution of potential temperatures and salinities in Indian Ocean. *Deep-Sea Res.* 5(2): 128—133.
- [21] Муромцев, А. М., 1958. Основные черты гидрологии Тихого океана. Гидрометеиздат, стр. 129—156.
- [22] Тимофеев, В. Т. и Панов, В. В., 1962. Косвенные методы выделения и анализа водных масс. Гидрометеиздат, стр. 5—6.
- [23] Штокман, В. Б., 1943. Основы теории θ - S кривых, как методы изучения перемешивания и трансформации водных масс. *Проблемы Арктики* № 1, стр. 32—71.

A PRELIMINARY STUDY ON THE T-S CHARACTERISTICS AND THE ORIGIN OF TAIWAN WARM CURRENT WATER IN SUMMER*

Weng Xuechuan and Wang Congmin

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

In this paper, the characteristics of temperature and salinity of Taiwan Warm Current Water in summer was analyzed in detail, based on the data observed for twenty years (1958—1977) and the T-S analysis method; the origin of which was discussed too. Some new ideas different from those of predecessors were proposed. Its major topics are as follows:

1) The boundary of Taiwan Warm Current Water was determined, using T-S diagrams analysis theory. The Taiwan Warm Current Water was divided into two: the Taiwan Warm Current Surface Water and the Taiwan Warm Current Deep Water. The ranges of temperature and salinity were 23.0—29.0°C, 33.3—34.2‰ and 17.0—23.0°C, 34.2—34.6‰ (corresponding characteristic values were 27.0°C, 33.7‰ and 19.0°C, 34.4‰) respectively. The Surface Water possesses the characteristics of higher temperature and subhigher salinity. Vertical distributions of temperature and salinity were much the same everywhere in this region. The Deep Water possesses the characteristics of lower temperature and higher salinity. The structure of temperature and salinity were comparatively steady. It was obtained that the volume of the Taiwan Warm Current Water determined from T-S statistical analysis was bigger, about 70 percent of the volume of the area studied. The volume of Surface Water was about 1.7 times as large as that of Deep Water.

2) The origin of Taiwan Warm Current Water was analysed based on the water movement, the mixture of water masses and the characteristics of the temperature and salinity. Some preliminary results were obtained that the Taiwan Warm Current Surface Water was formed by the mixing of the Kuroshio Surface Water flowing north-ernly from the east of Taiwan with the channel water coming from Taiwan Strait, and that the Taiwan Warm Current Deep Water was completely derived from the Kuroshio Subsurface Water east of Taiwan.

*Contribution No. 662 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.