

棉兰老冷涡的变异及其与 El Niño 的关系*

管秉贤

(中国科学院海洋研究所, 青岛)

提要 本文根据北太平洋西南部分 1965—1974 年冬季的水文资料及附近区域 1975—1983 年月平均水位资料, 比较详细地探讨了棉兰老冷涡的变异及其是否与 El Niño 事件有关的问题。结果表明, 棉兰老冷涡的变异与 El Niño 有着密切的关系, 在 El Niño 期间, 棉兰老冷涡变得较强; 而在非 El Niño 期间, 冷涡变得较弱。然而, 冷涡强化的程度并非总与 El Niño 的强度相对应。这显然是由于 El Niño 仅是影响或控制冷涡变化的主要因素之一而已。

北赤道流自东向西流, 在遇到菲律宾海岸前, 有一部海水折向南流成为棉兰老海流 (Mindanao Current), 并又折向东流成为北赤道逆流, 在转弯过程中右侧有一部分水体进入苏拉威西海, 左侧形成棉兰老涡 (Mindanao Eddy)。这是棉兰老岛和新几内亚岛之间

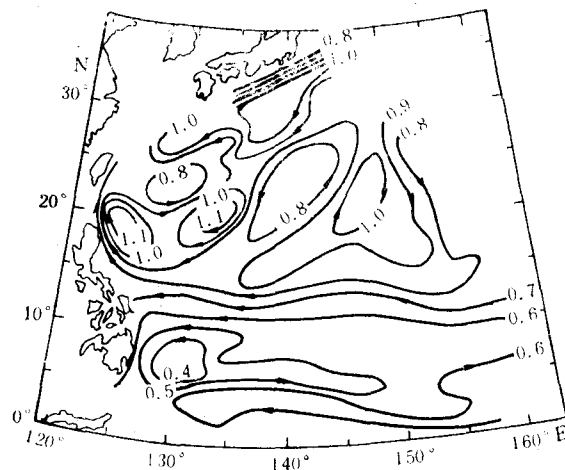


图 1 100m 层上的 ΔD 分布 (根据 Koenuma, 1937)

(图上数字均应加上 680, 例如, 0.8 应读为 680.8)

Fig. 1 Distribution of ΔD at 100 m layer (After Koenuma, 1937) (680 should be added to the numerals in the figure, for example, 0.8 should be read as 680.8)

* 本文得到国家自然科学基金的资助。
中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1692 号。
收稿日期: 1988 年 5 月 30 日。

海域引人注目的一个较强大的冷涡。早在 30 年代, Koenuma^[4] 在讨论北太平洋西南部的的水文特征时, 已根据动力高度偏差的分布指出这一海域存在着一个显著的气旋型涡旋(如图 1 所示)。冷涡中心约位于 7°N , 130°E 。60 年代初期, Wyrki^[6] 在 Naga 报告中曾引用 Snellius 号调查船(1929—1930)的调查资料, 对这个冷涡的西南部分作过较详细的阐述。这个冷涡的海面动力高度(0/1250db)如图 2 所示。

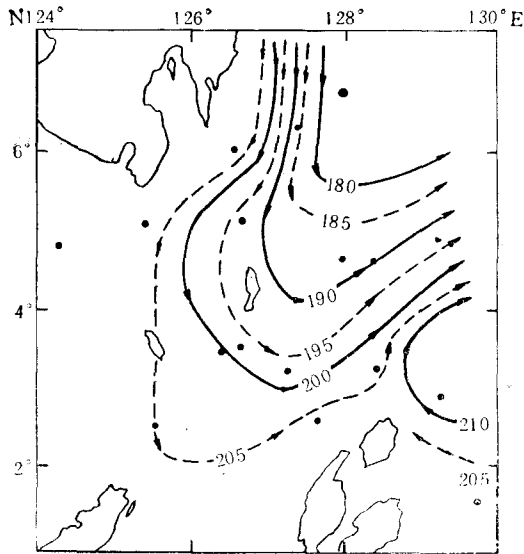


图 2 棉兰老冷涡的海面动力高度分布
(根据 Wyrki, 1961)

Fig. 2 Sea surface dynamic height topography of the Mindanao Cold Eddy (After Wyrki, 1961)

上下层的低盐水, 在盐度垂直结构上表现为上层盐度极小值, 与略深处的氧含量极小值同时出现。这一上层盐度极小值是北太平洋中间水所固有的, 它随着棉兰老海流带入苏拉威西海, 并遍布在棉兰老岛以东、 $4-5^{\circ}\text{N}$ 以北的 $200-300\text{m}$ 层水域中。最低盐度约为 34.4‰ , 也可低于此值^[8]。低盐水体的存在, 在某种程度上减弱了上层冷涡的强度。

2. 棉兰老冷涡的变异

菲律宾以东和新几内亚岛以北海域海面动力高度的分布如图 4 所示。从图上可以明显地看到, 在北赤道流与北赤道逆流之间的最西端部分有一个有时趋于封闭的低值槽区, 四个冬季都有。1965—1966 年冬季槽区向东扩展超过 140°E 。1967 年冬季低槽向西大大收缩, 因 130°E 以西无资料, 故图上只呈现半个向西开口的槽区。1968 及 1969 年冬季低槽向西趋于封闭, 分别呈近似的圆形及菱形。

如以 1.5 动力米线作为冷涡核心的界限, 则其平均纬度约在 7°N 处。在 1965—1966 年冬季, 涡核向东扩展呈一带状, 其纬向长度约 12 个经度或以上, 经向宽度约 2.5 个纬度。在 1967 年冬季, 涡核大大缩小, 图上几乎不见。1968 年冬季涡核重新出现并向西趋于封闭, 纬向长度只有 3 个经度, 经向宽度约 3 个纬度。1969 年冬季封闭涡核又向东扩展, 纬向长度达到 6 个经度以上, 经向宽度约 2 个纬度。如取 1.6 动力米线作为冷涡的边界, 则

本文主要引用冷涡及其毗邻区域 1965—1974 年间冬季的水文资料及 1975—1983 年间月平均水位资料, 比较详细地来讨论这个冷涡的变化。同时, 由于这个冷涡毗邻西太平洋的“热库”(Heat Pool), 后者被公认为是引发 El Niño 的关键性区域之一, 故还拟讨论冷涡变异是否与 El Niño 有关的问题。

1. 棉兰老冷涡的水文特征

图 3 指出了棉兰老冷涡及其附近区域 200m 层的温、盐度分布^[3]。这是一个中心为低温的气旋型涡旋。特异的是, 它在 200m 层上下却显现为一个低盐的水体。例如, 在 1968 及 1969 年冬季, 该层上涡旋中心的低温、低盐分别为 $< 10^{\circ}\text{C}$ 及 $< 34.4\text{‰}$ 。这种低盐特征与赤道以北(新几内亚北岸)的高盐水形成了十分明显的对比。这种出现在 200m 层

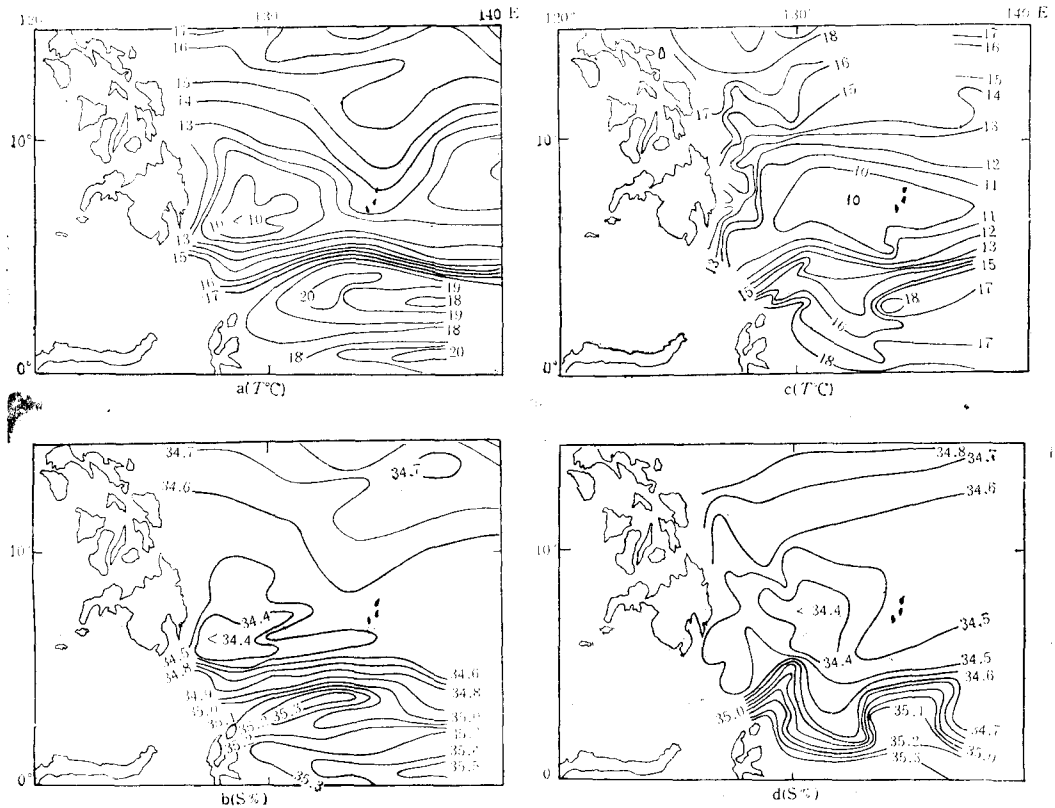


图3 棉兰老冷涡及其附近200m层的温度(°C)及盐度(‰)分布

Fig. 3 Temperature (°C) and salinity (‰) distribution at 200m layer in the area adjacent to the Mindanao Cold Eddy

1968年(a-b)及1969年(c-d)年1—3月(根据C. S. K. Atlas^[3]改画)

四个冬季冷涡最大经向宽度分别约为6, 2.5, 4.5及5.5个纬度。归纳起来,可以这样认为,在这四个冬季,棉兰老冷涡时而向东扩展,时而向西收缩,尺度有明显变异。1965—1966年冬季向东扩展最甚,1969年冬季其次。1968年冬季向西收缩,1967年冬季收缩最甚。

3. 冷涡变异与 El Niño 的关系

在1965—1983年期间,出现过多次强弱不等的 El Niño,即强型(1972—1973),中等型(1965—1966及1976—1977),弱型(1969)及甚弱型(1975) El Niño^[7]。并且有迹象表明,1979—1980年也应视为一次弱型 El Niño^[5]。当然,1982—1983年是甚强型 El Niño。

上节所述1965—1969年四个冬季冷涡在水平尺度上的变异,显然与 El Niño 的出现与否及强弱有关。在非 El Niño 年(1967, 1968),冷涡在不同程度上向西收缩,并趋于封闭,1967年冬季收缩最甚。在 El Niño 年(1965—1966, 1969),冷涡在不同程度上向东扩展。在1965—1966年的中等型 El Niño 期间,冬季冷涡向东扩展最远而呈带状。在1969年的弱型 El Niño 期间,冬季冷涡亦较非 El Niño (1968)年为扩展。所以,从

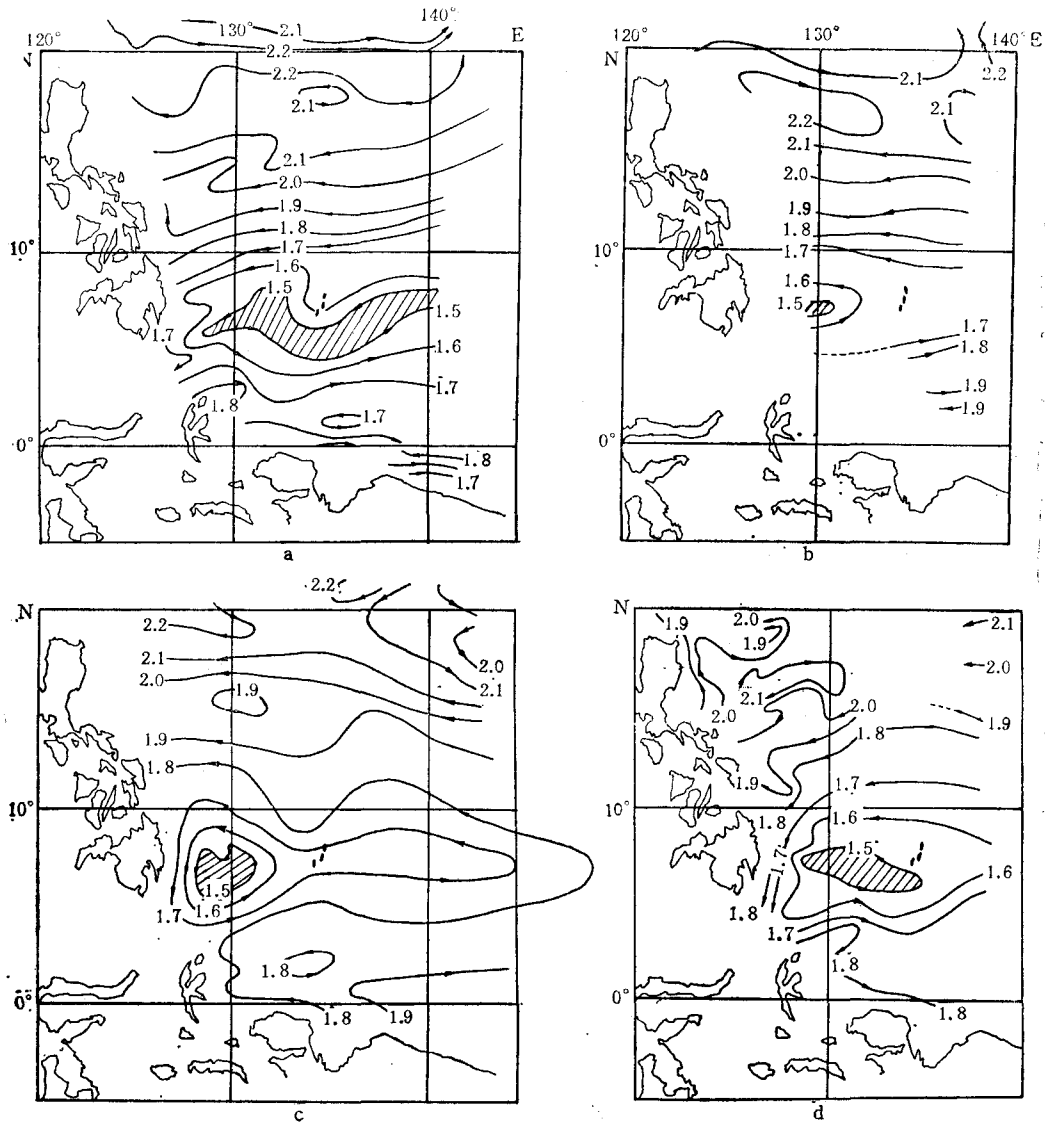


图4 棉兰老涡旋及其附近区域海面动力高度(0/1000 db, dyn. m.)的分布^[3]

Fig. 4 Sea surface dynamic height topography (referred to 1000db, dyn. m.) in the area adjacent to the Mindanao Cold Eddy^[3]

- a. 1965—1966 年冬季; b. 1967 年冬季;
c. 1968 年冬季; d. 1969 年冬季。

这四个冬季的情况来看,冷涡向东扩展或向西收缩的程度,是与这几年 El Niño 的强弱或出现与否相联系的。

检验一下这种关系在 70 年代及 80 年代早期的几次 El Niño 期间是否存在,是很有意义的。

在 1970—1974 年间,只有沿 137°E 断面的观测资料^[2]可用以检验这一关系。137°E 断面位于帕劳群岛以东,有时冷涡向东扩展成带状低槽可跨越 137°E 线,如 1965—1966

年(中等型 El Niño)冬季。

137°E 断面(0—10°N) 1970—1974 年冬季海面动力高度的分布(见图 5)表明,在此期间,只有两个冬季出现 1.5 及 1.6 动力米等高线。一次是在 1970 年冬季,于 7°N 附近出现 1.6 动力米线。这表明此时冷涡的边界向东扩展达到或跨越 137°E 线。这是 1969 年弱型 El Niño 残余影响的反映,与 1969 年冬季冷涡边界向东扩展的情形相一致的。另一次是在 1973 年冬季,于 5—10°N 范围内出现 1.5 及 1.6 动力米线。1.5 动力米线所围的冷涡核心位于 7—10°N 之间。这表明此时冷涡的核心及边界向东扩展达到或超过 137°E 线。这情况与 1965—1966 年冬季(中等型 El Niño)冷涡向东扩展的情况相类似。显然,这是 1972—1973 年强型 El Niño 显著影响的反映。

在 1975—1983 年期间,没有 60 年代后期那样测站密布的动力高度分布图可用以监测冷涡的变化。幸运的是,有月平均水位的系列资料^[10,11],可以检验上述关系。水位与比容水位(即动力高度)具有线性关系,而且水位包含斜压和正压两部分效应,能更全面地反映冷涡的变化。

本文选取位于帕劳群岛上的 Malakal (7°20'N, 134°28'E) 作为监测冷涡变化的参考站,它是最接近冷涡的一个海岛水位观测站,有时位于冷涡边界上。图 6 指出了 Malakal 站这 9 年(1975—1983)逐月平均水位相对于该站 1975—1981 年平均水位(MSL)的距平(cm)。

(1) 1975 年 1 月至 1976 年 1 月出现一强正距平(高达 27.8cm)。紧接着,自 1976 年 3 月至 1977 年 3 月出现一显著的负距平(1976 年 3 月超过 -20cm)。水位的这一涨落过程与 1976—1977 年的中等型 El Niño 有关。这表明,涡核毗邻区域的水位在 1976—1977 年 El Niño 期间下降(相对于 MSL,下同)超过 20cm。

(2) 自 1977 年春至 1979 年底, Malakal 水位虽多波动,但总趋势偏高,最大正距平约 10cm。随后 1980 及 1981 年初出现一负距平(达 -20cm)。水位的这一涨落过程与 1979—1980 年的弱型 El Niño 有关。虽然,此时在东太平洋未出现 El Niño,但在西太平洋却观测到通常由 El Niño 引起的许多现象^[1]。这表明,在 1979—1980 年 El Niño 期间,涡核毗邻区域的水位下降约 20cm。

(3) 1981 及 1982 年初 Malakal 水位出现一弱正距平。自 1982 年 4 月至 1983 年初出现一强达 20cm 的负距平。水位的这一涨落过程显然与 1982—1983 年的甚强型 El

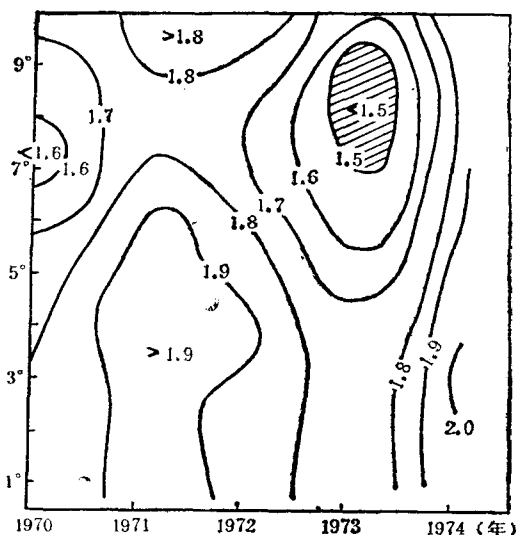


图 5 137°E 线上 1970—1974 年冬季(1 月)海面动力高度(0/1000 db, dyn. m.)的分布
Fig. 5 Sea surface dynamic height topography (0/1000db, dyn. m.) distribution at 137°E in the winters (JAN) from 1970 to 1974

Niño 有关。这表明,在 1982—1983 年 El Niño 期间,涡核毗邻处的水位下降约 20cm。

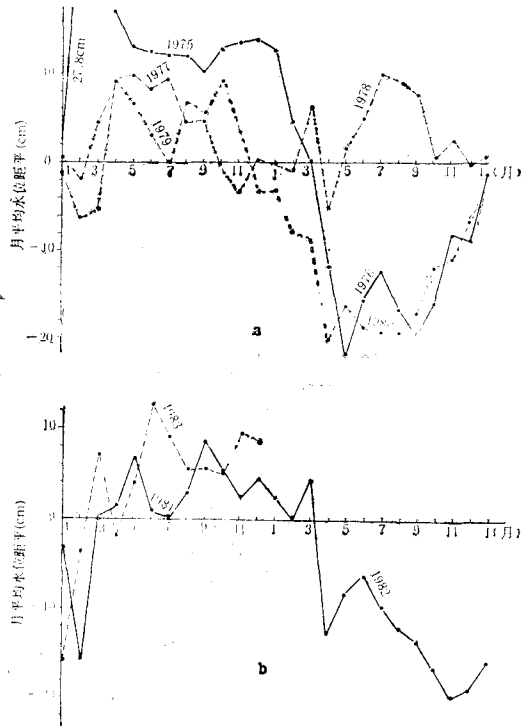


图 6 Malakal 站 1975—1983 年逐月平均水位距平 (cm)

Fig. 6 Monthly mean sea level deviations (cm) at Malakal from 1975 to 1983

a. 1975—1980; b. 1981—1983.

显而易见,冷涡低比容水位范围(即动力高度的槽区)的向东扩展与冷涡毗邻区域的水位比正常偏低,两者是互相一致的。因而,可以概括上述结果得出如下结论:即根据 60 年代后期(包括 1965—1966, 1969 两次 El Niño)水文资料中得出的棉兰老冷涡的变异与 El Niño 的这种密切关系,在 70 年代及 80 年代初期的 El Niño 期间(包括 1972—1973, 1976—1977, 1979—1980 及 1982—1983 四次 El Niño)也存在。这就是说,在 El Niño 期间,冷涡低比容水位范围向东扩展和(或)冷涡毗邻区域的水位比正常偏低,因而冷涡变得较强。反之,在非 El Niño 年间,冷涡低比容水位的范围向西收缩和(或)冷涡毗邻区域的水位比一般偏高,因而冷涡变得较弱。然而,水位下降或低比容水位范围向东扩展的程度(也就是冷涡强化的程度)并非总与 El Niño 的强度相对应。这显然是由于 El Niño 仅是影响或控制冷涡变化的主要因素之一而已。

西太平洋赤道区域海水的低温、高盐、低比容水位特征是与中及东太平洋赤道区域的表面水高温特征即秘鲁外海的 El Niño 事件有关^[6]。同时,上述关系的机制可用赤道太平洋热结构对大气扰动力(或风场变异)的响应来阐明。在一般的信风情况下(即非 El Niño 年),水位向西上升,温跃层加深,亦即海面比容水位升高,低比容水位范围缩减。但当信风衰退时(即 El Niño 年),海水向东倾泻,导致西太平洋(包括棉兰老岛以东及新几内亚岛以北海域)水位下降和温跃层上升^[9],亦即海面比容水位下降,低比容水位范围扩大,因西部受阻于棉兰老海岸,才向东展延。所以,本文的结论是:棉兰老冷涡的上述变化和 El Niño 之间的这种局部性的中尺度关系是与赤道太平洋海—气变异之间的总的大尺度关系相一致的。

参 考 文 献

- [1] Donguy, J. R., C. Henin and G. Meyers, 1982. Appearances in the western Pacific of phenomena induced by El Niño in 1979—1980. *Trop. Ocean-Atmos. Newslett.* 10: 1—2.
- [2] Japan Meteorological Agency, 1971—1975. The Results of Marine Meteorological and Oceanographic Observations. Nos. 47, 49, 51, 53, 55.
- [3] Japanese Oceanographic Data Center, 1967—1977. CSK Atlas, Vol. 1—7.

- [4] Koenuma, K. 1937. On the hydrography of the southwestern part of the North Pacific and the Kuroshio. Part I: General oceanographic features of the region. The Memoirs of the Imperial Marine Observatory Kobe, *Japan* 6(1): 279—332.
- [5] Luther D. S., D. E. Harrison and R. A. Knox, 1983. Zonal winds in the central equatorial Pacific and El Niño. *Science* 222: 327—330.
- [6] Masuzawa, J. and K. Nagasaka, 1975. The 137°E oceanographic section. *Jour. Mar. Res. (Supplement)*, 33: 109—116.
- [7] Quinn, W. H. D. O. Zopf and K. S. Short et al., 1978. Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño, and Indonesian droughts. *Fish Bull.* 76: 663—678.
- [8] Wyrski, K., 1961. Scientific results of marine investigation of the South China Sea and the Gulf of Thailand, 1959—1961. *Naga Report* 2: 1—195.
- [9] Wyrski, K., 1982. The Southern Oscillation, Ocean-Atmosphere Interaction and El Niño. *Mar. Technol. Soc. J.* 16(1): 3—10.
- [10] Wyrski, K., 1985. Monthly maps of sea level anomalies during the El Niño of 1982 and 1983. In Time series of ocean measurements. Vol. 2, 43—54. *I. O. C. Tech. Series*, No. 30.
- [11] Wyrski, K. and S. Nakahara, 1984. Monthly maps of sea level anomalies in the Pacific 1975—1981. Univ. Hawaii, Ref. HIG-84-3, pp. 1—8.

VARIATION OF THE MINDANAO EDDY AND ITS RELATION WITH EL NIÑO EVENT*

Guan Bingxian

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao*)

ABSTRACT

Mindanao Cyclonic Eddy (MCE) is one of the most striking phenomena in the sea region between Mindanao and New Guinea.

Based on the hydrographic data in the southwestern part of the North Pacific Ocean in winters from 1965 to 1974 and monthly sea level data from 1975—1983 in the adjacent area, the variation of MCE and its relation with El Niño event are discussed in some detail in this paper.

Geopotential topography of the sea surface (relative to 1000db) in winters of late sixties in the area east of the Philippines and north of New Guinea shows that a trough was displayed between the westernmost parts of North Equatorial Current and North Equatorial Countercurrent in winters of 1965—1969. Judging from its horizontal extent, MCE was stronger (eastward expanding) in winter of 1965—1966, moderate in winter of 1969, weaker (westward reducing) in winter of 1968 and weakest in winter of 1967.

The above-mentioned variation of MCE is evidently consistent with the classification of El Niño events, that is, MCE became stronger in the moderate El Niño period (1965—1966), moderate in the weak El Niño period (1969), weaker or weakest in the non-El Niño period (1968, 1967).

This relation is further examined with hydrographic observations along 137°E in the period 1970—1974 and with time series of monthly sea level anomalies at Malakal for the period 1975—1983.

Results show that the relation between the variation of MCE and El Niño deduced from the hydrographic data of late sixties (including El Niño events of 1965—1966, and 1969) also holds for the periods of El Niño events in the seventies and early eighties (including El Niño of 1972—1973, 1976—1977, 1979—1980 and 1982—1983). That is to say, during the period of El Niño, the steric sea level of the core of MCE and/or the sea level in the adjacent area are lower than normal; and hence, MCE becomes more intense. On the contrary, during the period of non-El Niño, the steric sea level of the core of MCE and/or the sea level in the adjacent area are higher than normal; and hence, MCE becomes weaker. However, the degree of the sea level drop or of the steric sea level reduction (and hence, the degree of the intensification of MCE) does not always correspond to the strength of El Niño. It is due to the fact that El Niño is only one of the main factors controlling or influencing the variation of MCE.

Finally, the mechanism of this relation is briefly discussed and concluded that such a local and mesoscale relation between the variation of MCE and El Niño is consistent with the general and large scale relation between oceanographic and meteorological fluctuations in the equatorial Pacific.

* Contribution No. 1692 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.