

黑潮第七次大弯曲

孙 湘 平

(国家海洋局第一海洋研究所, 青岛)

作者分析了近期的海洋资料, 指出1989年12月起, 黑潮又发生大弯曲现象(第7次), 并讨论此大弯曲的形成过程和进入强盛期的情形。目前, 此大弯曲仍在进行中, 推测本次大弯曲约持续2~3年, 约1991年底或1992年底大弯曲消失。

黑潮与湾流齐名, 号称世界上最瞩目的两大西边界强流。两者有许多相似之处, 但发生在本州以南的黑潮路径的大弯曲和伴生的大型冷水团, 却是黑潮所独有的重要现象^[1]。自宇田道隆(1937)首次科学报道这一现象以来的50多年里, 黑潮发生过6次大弯曲^[2, 3]。增泽让太郎(1965)、二谷颖男(1977)、庄司大太郎(1972)、福岡二郎(1960)、森安茂雄(1963)、小长俊二(1981)、松平康夫(1979)、岡田正富(1980)、西田英男(1982)、小杉瑛(1978)以及孙湘平(1989, 1990)等, 从不同角度, 分别对黑潮第一、第二、第三、第四及第六次大弯曲作过研究, 特别是对第四次大弯曲现象分析得尤为细致。日本神户海洋气象台(1987)最先报道了第六次大弯曲的现象, 但该台对其全过程并没有作分析。本文作者在分析1934~1990年的黑潮路径变异中发现, 1989年12月开始, 黑潮又发生一次大弯曲, 并进入其强盛期。目前, 此大弯曲仍在持续之中, 故本文把它记为第七次大弯曲。关于黑潮第七次大弯曲现象, 迄今还未见有报道和论述, 这里拟对第七次大弯曲的形成、强盛过程作些探讨, 并对这次大弯曲的持续时间作一估计。

一、日本以南海域的黑潮路径和温度场

图1、图2分别表示1989年6月~1990年7月间, 每半个月一次的黑潮路径和200m层的温度分布。黑潮路径是根据Doppler海流计测得的表面流而确定的, 温度值由CTD测得。应该说, 日本的这些资料是比较准确的, 能较好地反映出这次大弯曲的实际状况。若把两幅图重叠在一起, 则可看出: 黑潮路径与200m层15~18℃等温线的分布和走向极为一致; 15℃等温线可视为黑潮内(左)侧的边界线, 18℃等温线可看作黑潮外(右)侧的边界线。黑潮表层流轴与200m层等温线梯度最大的位置相当, 具有明显的地转流性质。根据这一关系, 可探讨本次大弯曲的形成过程和进入强盛期的情形。

1. 大弯曲的形成期(1989年7月~12月)

收稿日期: 1990年8月10日。

这次大弯曲的形成过程,与其他几次的有些相似。首先在九州东南都井岬、种子岛一带,黑潮路径出现小弯曲,并在那里出现气旋式小环流和低温冷水块。随着时间的推移,小环流和冷水块逐步加强和变化,使黑潮路径呈波状(图1, K)向东北和东方向移动、传播而形成大弯曲。

具体来讲,1989年6月的黑潮路径为N型,从7月20日~8月2日起,都井岬东南和种子岛以东海域黑潮出现小弯曲(图1.b);对应于200m层温度场,出现伸向东南的低温水舌(图2.b)。8月底至9月上旬(图1.c、图2.c),200m层的闭合冷水块形成,小环流和闭合冷水块逐步北移。10月,它们由北移转向东移到纪伊水道的南方海域,冷水块势力加强,由原来的 14°C 下降为 13°C (图1.d、图2.d)。11月下半月,气旋式小环流和冷水块通过潮岬进入熊野滩近海,冷水块势力继续加强而降温,冷中心低于 11°C (图1.e、图2.e)。到12月下旬,冷水团继续向东南方向稍作移动,范围扩大,以致发展成为大型冷水团。黑潮运行受阻,在冷水团南侧迂回绕行而过,发生大弯曲(图1.f、图2.f)。至此,黑潮大弯曲正式形成。在东移过程中,冷水团范围逐渐扩大,中心温度逐渐降低,冷水块势力逐步加强,由 14°C 下降至 12°C 或 11°C 以下。从都井岬附近黑潮出现小弯曲开始,至远州滩~熊野滩外大弯曲正式形成,约需5个月左右时间(图2.k)。冷水块的移动速度,估算为 3.7km/d 左右。

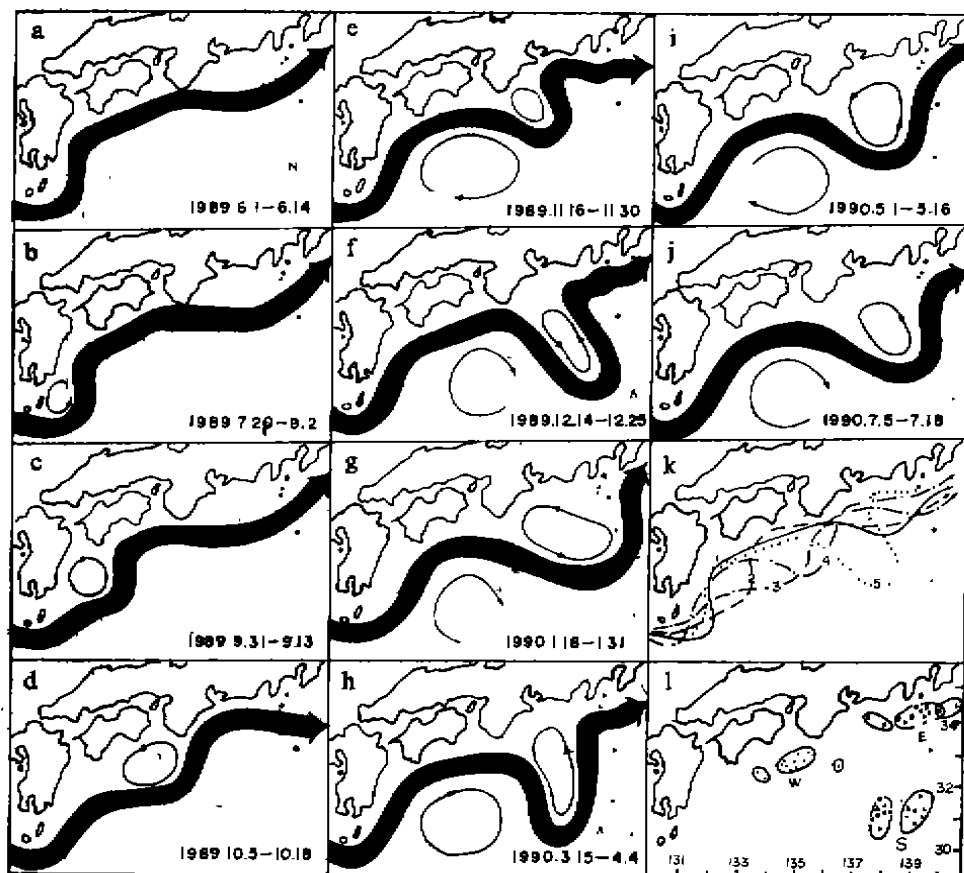


图1 1989年6月~1990年7月日本以南海域的黑潮路径(根据文献〔4〕资料改绘)

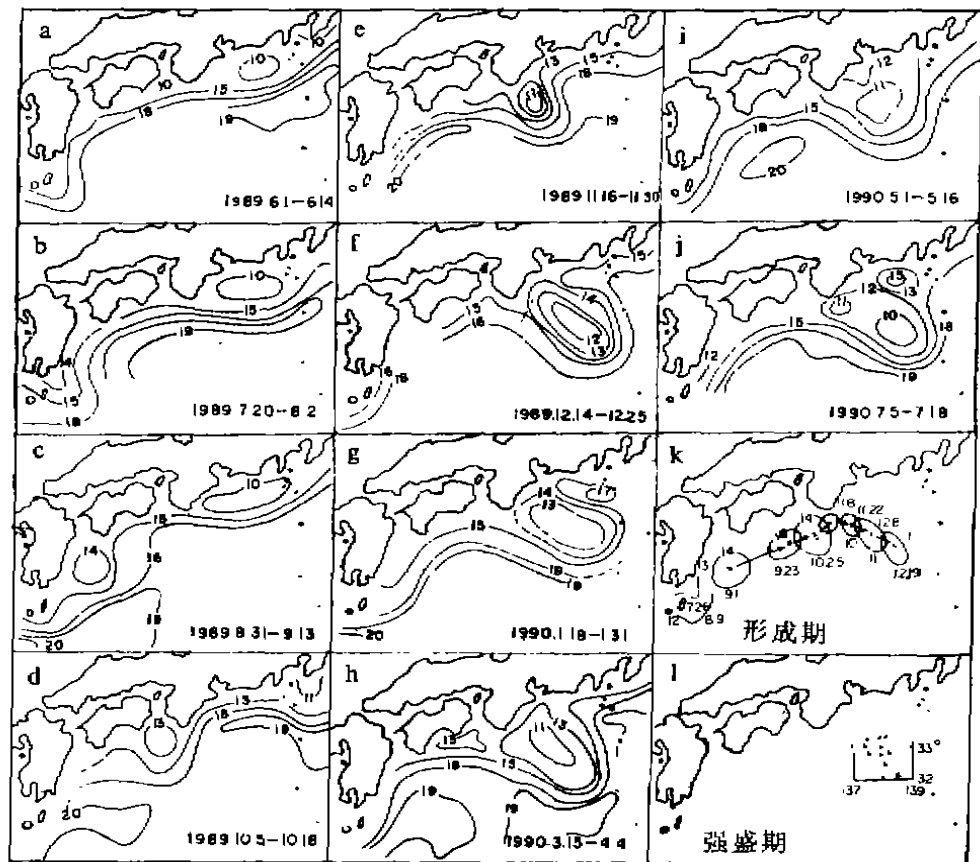


图2 1989年6月~1990年7月日本以南海域200m层温度场 (根据文献(4)资料改绘)

2. 大弯曲的强盛期 (1989年12月~现在)

从图1.f、图2.f~J中明显看出,从1989年12月开始,大弯曲现象逐步趋于稳定阶段,黑潮路径呈现为A型。黑潮大弯曲内侧的气旋式冷涡位置,基本上停滞在伊豆群岛以西、远州滩以南海域,而不再继续向东移动了,从而大弯曲进入它的强盛期(阶段)。气旋式的冷涡(指黑潮内侧),是黑潮大弯曲最典型的特征之一,反映在水文特征上是大型冷水团。大型冷水团与黑潮大弯曲,是同一物理现象的两种表现形式。大型冷水团盘踞在黑潮流轴内侧,其立体模式如图3所示。它表示了黑潮大弯曲强盛期水文结构的概貌。

大弯曲强盛期的主要特点是:黑潮路径呈比较稳定的U或V字形,即A型、B型;大型冷水团中心温度低到 11°C ,有时在 8°C 或 7°C 以下(200m层),冷水团的中心位置较形成期南伸1个纬度,大体在 $32^{\circ}\sim 33^{\circ}\text{N}$ 、 $137^{\circ}\sim 139^{\circ}\text{E}$ 之间(图2.c)。冷水团的范围约 $1.5^{\circ}\times 2^{\circ}$ 经纬距,形状多为长轴呈南~北向的椭圆形,长轴 $148\sim 278\text{km}$,短轴 $111\sim 185\text{km}$,面积 $6860\sim 20580\text{km}^2$ 。冷水团很深厚,不仅200m、400m、800m、1000m,甚至2000m,3000m层的温、盐分布,均有明显的低温特征,厚度至少在3500m以上。图3是根据有关资料^[5]整理、补充和改绘的,图中的“海面”从100m开始,100m以浅,因受外界影响较大,冷水团不如百米以下明显。冷水团的范围和位置,随季节而异,似乎秋、夏略大,位置

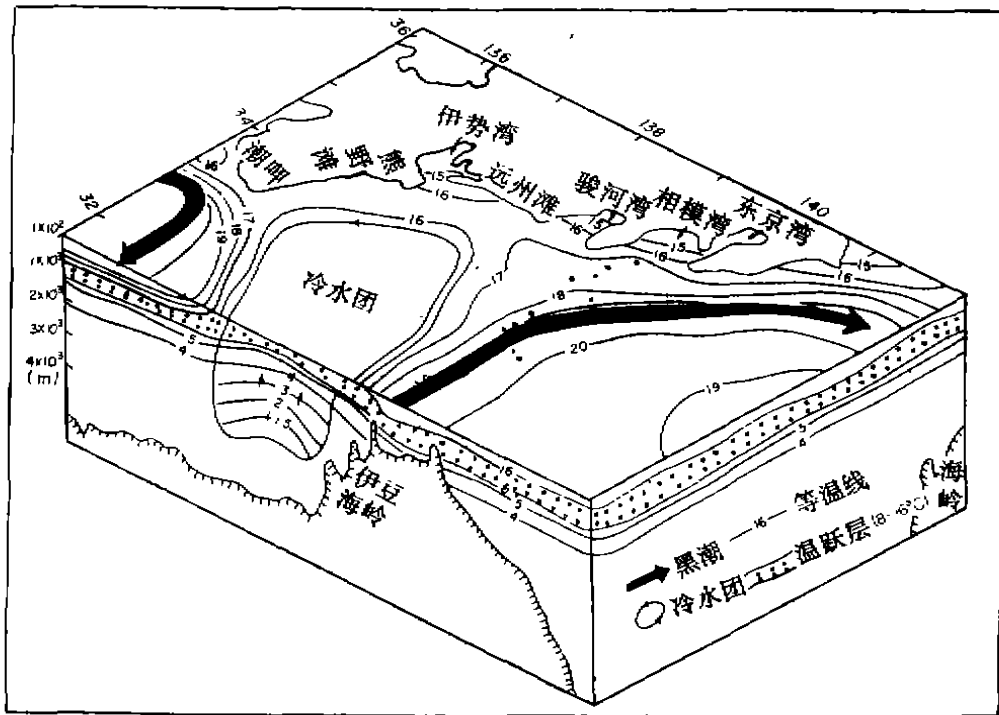


图3 大弯曲强盛期水文结构的立体模式 (根据文献〔5〕资料补充改绘)

偏东,冬、春季稍小,位置也偏西。冷水团中心附近,有明显的抬升现象。

截止1990年7月,本次大弯曲仍在强盛期,究竟大弯曲持续多久,何时消失?将在后面讨论。

二、确定第七次黑潮大弯曲的依据

人们通常所说的黑潮大弯曲,系指日本以南海域黑潮路径发生U或V字型弯曲而言,其它黑潮路径的变异和摆动,均不属黑潮大弯曲的本意。1961年,吉田昭三根据远州滩外大型冷水团出现的场所、规模和持续时间,把图3所示的围绕大型冷水团的黑潮路径划分为A、B、C 3型;接着,二谷颖男(1969)作了补充,增加了D、N 2型,从而把黑潮路径的类型完善起来。嗣后,石井春雄(1984)、小林雅人(1984、1986)又分别提出S、W型以及As I、As II、As III、As IV、A I、A II 6型。本文作者(1988)对黑潮路径还增加了Φ、A₁、A₂、N₁、N₂型。尽管近期诸家对黑潮路径做了更为细致的划分,但最基本的黑潮路径仍为A、B、C、D、N 5型。

关于判别黑潮大弯曲的标准或指标,至今尚无具体的条文与报道。本文作者(1989)根据各次黑潮大弯曲的特点和大弯曲的涵义,提出了判别或确定黑潮发生大弯曲的四个条件^[2],它们是:

(1) 稳定性。黑潮流路有无出现较稳定的U或V字型路径以及远州滩~熊野滩外有无

较稳定的大型冷水团出现,即有没有较稳定的 A、B 型路径。

(2) 连续性。黑潮大弯曲必须具备有形成、强盛和衰消三个阶段(过程),即 $N \rightarrow A$ 、 $B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow N$ 的路径转换是否连续存在。

(3) 持续性。黑潮大弯曲必须有一定的持续时间,从以往的 6 次大弯曲来看,大弯曲持续时间最长达 120 个月,最短为 22 个月,平均为 52 个月。

(4) 远州滩~熊野滩外大型冷水团的范围、强度和厚度要求。水平尺度为 $1.5^\circ \times 2^\circ$ 经纬距,中心温度在 11.5°C 以下,厚度在 2 000 m 以上。

上述 4 条必须同时具备,缺一不可。满足以上 4 条,我们称为黑潮发生大弯曲,反之,就不能算是黑潮大弯曲。

现在按上面 4 条来衡量 1989 年 6 月至今的黑潮变异情况。

第一,图 1、图 2 表明,1989 年 12 月至 1990 年 7 月(资料截止 7 月),日本以南 $135^\circ \sim 140^\circ\text{E}$ 海域的黑潮路径,一直为 A、B 型。大型冷水团比较稳定地出现在伊豆群岛以西、远州滩外海域,冷水团的中心在 $32^\circ \sim 33^\circ\text{N}$ 、 $137^\circ \sim 139^\circ\text{E}$ 范围内(图 2.1)。

第二,本次大弯曲的形成、强盛过程极为明显(图 1.k,图 2.k),这是区别大弯曲和准弯曲的一个重要标志。作者的体会,准弯曲和小弯曲的时间尺度短,形成期也短,现有的历史资料,很难划分出准弯曲的形成过程。只有大弯曲的形成过程,用现有历史资料尚可区别开来。图 1 中的黑潮路径,明显由 $N \rightarrow A$ 、B 型。

第三,本次大弯曲从形成到现在(指本文成稿时间)已持续了 8 个多月,仍处于目前大弯曲强盛期,并无衰消的迹象,大弯曲还会持续下去。

第四,就本次大弯曲的强盛期而言,大弯曲内侧的大型冷水团范围(仅这 8 个月资料),与以往几次的规模相差无几。冷中心强度,1989 年 12 月~1990 年 3 月,低于 12°C 、 11°C ;1990 年 4~6 月,低于 10°C 、 11°C ;7 月,低于 10°C 。至于厚度,因手头无深层(如 2 000 m,3 000 m 或更深)资料,无法说明。

鉴于以上各点,作者认为,1989 年 12 月开始,黑潮又发生一次大弯曲现象。

三、关于黑潮第七次大弯曲的消失问题

黑潮第七次大弯曲已持续了 8 个多月,目前仍处于强盛时期,那么本次大弯曲可持续多久?何时消失?这是不少人关心的问题。这里从几个零散的侧面作一估计。

1. 黑潮大弯曲的回顾

表 1 系作者分析了 1934~1990 年间黑潮七次大弯曲的情况后,概括给出的它们的简况。该表表明:7 次黑潮大弯曲持续时间的平均值为 4 年零 4 个月。两次大弯曲间隔时间,平均为 4.7 年。但从 80 年代开始,大弯曲似乎出现频繁起来了,10 年(1981~1990)内发生 3 次大弯曲,而 80 年代以前的 40 多年里,出现 4 次大弯曲。在大弯曲发生频繁的同时,大弯曲的持续时间和两次大弯曲的间隔时间都有缩短。近两次的大弯曲持续时间分别为 34 个月和 22 个月,而它们的两次大弯曲的间隔时间仅为 1 年。鉴于大弯曲出现频繁,那么持续时间不会很长,估计本次大弯曲持续时间也不会很长,可能与第二、第五、第六次大弯曲的持续时间相当。

表1 7 次黑潮大弯曲的简况

项 次	目	出现时间	形成期	强盛期	衰退期	持续时间	两次大弯曲 的间隔时间
1		1934.3.~1944.3.	—	1934.8.~1943.8.	1943.9.~1944.3.	120个月	9年
2		1953.7.~1955.12.	1953.1.~7.	1953.7.~1955.4.	1955.5.~12.	30个月	4年
3		1959.5.~1963.6.	1959.1.~5.	1959.6.~1963.1.	1963.2.~6.	49个月	12年
4		1975.8.~1980.8.	1975.4.~8.	1975.10.~1979.12.	1980.1.~8.	60个月	1年
5		1981.11.~1984.8.	1981.7.~11.	1981.12.~1984.3.	1984.4.~8.	34个月	1年
6		1986.12.~1988.10.	1986.7.~12.	1987.1.~1988.5.	1988.6.~10.	22个月	1年
7		1989.12.~	1989.7.~12.	1989.12.~			

2. 本次大弯曲与其余6次大弯曲的比较

首先,从大弯曲的形成过程看。本次与第五、第六次比较相近,具体表现在:1)这三次大弯曲的形成期都出现在7~12月份;2)这三次大弯曲形成期的冷水块移动路径也比较相似,它们的冷水块在东移进入熊野滩近海时,距潮岬较近,而第四次则距潮岬较远。至于第一、第二和第三次的情况,因当时无观测资料,无法比较。

其次,从强盛期大型冷水团的中心位置看。第一、第四次属一种类型,位置比较分散,散布在 $30\sim 34^{\circ}\text{N}$, $132\sim 138^{\circ}\text{E}$ 海域内;其他各次另属一类型,位置比较集中,分布在 $32\sim 34^{\circ}\text{N}$, $136\sim 138^{\circ}\text{E}$ 之间。冷中心位置分布散而不集中,表明大弯曲的U或V路径和大型冷水团的位置不稳定,存在着较大幅度的东~西向移动和南~北向摆动。如第四、第一次的冷中心跨4~5个经度的东~西向移动,而其他各次的东~西向移动为1~2个经度。

第三,从大型冷水团的中心强度看。本次大弯曲内侧的冷中心温度平均值 $<11.2^{\circ}\text{C}$,而其余各次分别为:第三次 $<10.1^{\circ}\text{C}$,第四次 $<10^{\circ}\text{C}$,第五次 $<10^{\circ}\text{C}$,第六次 $<10.2^{\circ}\text{C}$ 。本次的冷中心强度比较弱。

第四,从流环分离看。第一、第四次大弯曲的强盛期期间,都各有3次流环分离现象发生,而其余几次均无此现象。作者认为,有无流环分离,也是大弯曲能否持续时间长的重要标志之一。

第五,从表示黑潮大弯曲的西(W)、南(S)、东(E)三个边界点来看。W、S、E三点,尤其是S点的纬度位置,是表示黑潮大弯曲南伸、北缩的程度。在7次大弯曲中,以第四次、第一次的S点南伸最甚(31°N 以南),第五次、第六次南伸最弱(31°N 以北)。第二、第三次处于中间状态,仍以南伸弱为主。本次(图1.e)与第五、第六、第二次的情况接近。

从上面的几个侧面说明,本次大弯曲现象与第一、第四次无明显的相似之处,而与第

五、第六、第二次倒有某些相似的地方。上述 3 次大弯曲的持续时间分别为：34 个月、22 个月和 30 个月。因此，估计本次大弯曲的持续时间不会太长，大约持续 2～3 年时间，可能在 1991 年底或 1992 年底，第七次大弯曲将消失。

参 考 文 献

- (1) 管秉贤, 1981, 日本以南黑潮大弯曲及其与东海黑潮变异的关系。海洋实践, 4, 1～9.
- (2) 孙湘平, 1989, 黑潮第六次大弯曲。黄渤海海洋, 7, 4, 1～10.
- (3) 孙湘平, 1989, 1986～1988 年黑潮的变异, 日本东京黑潮学术研讨会论文集 (正在印刷中)。
- (4) 海上保安厅, 1988～1990 海洋速报。
- (5) 海上保安厅水路部, 1984, 黑潮の水温构造图。

ON SEVENTH LARGE MEANDER OF KUROSHIO

Sun Xiangping

(First Institute of Oceanography, SOA, Qingdao)

ABSTRACT

Analyses of the recent oceanic data indicate that another large meander of the Kuroshio, or, the 7th large meander has taken place since December, 1989. The course of its formation and the situation at its mature stage are discussed in this paper. The results show that the large meander is still in progress. It is suggested that the meander will go on for 2～3 years, or terminate at the end of 1991 or 1992.