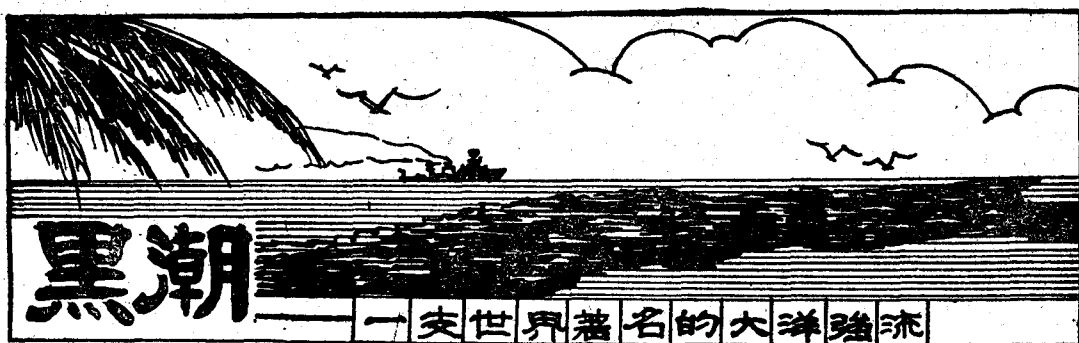




管 秉 贤

(中国科学院海洋研究所)

翻开世界大洋的海流图，在北太平洋赤道与付热带区域之间，有一个巨大的顺时针转动的环流系统映入我们的眼帘。这就是由北赤道流-黑潮-黑潮延续体-北太平洋流-加利福尼亚流共同组成的付热带环流。黑潮位于大洋的西部边界，它以流幅窄、流速强、厚度大著称，成为这个大环流系统中最重要的环节。黑潮是与大西洋中的湾流齐名的世界大洋两大强流。

一提到黑潮，就使人同时联想到我国神圣的领土台湾省。黑潮就起源于台湾岛东南和吕宋岛以东的海域。北赤道流在菲律宾以东分成两支，一支向北，另一支向南，黑潮即由向北的那个分支延伸而来。它沿着台湾东岸北上，通过苏澳—与那国岛之间的海脊区域，自北太平洋进入东海。并以此为折转折点，转而流向东北，紧贴着陆架与陆坡的毗连区域，并经琉球群岛以西的深海槽，再通过吐噶喇海峡，又从东海流入太平洋。自此以后，黑潮沿着日本九州、本州诸岛的南岸，滚滚东流，最后转向东北，直到北纬35°处。当它延伸为黑潮的延续体时，已变得又宽又弱，消失了它西部边界强流的特色了（见图1）。

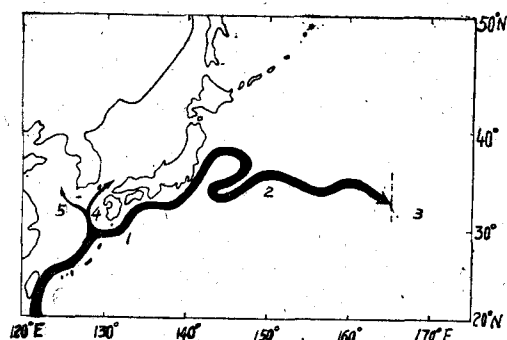


图1 黑潮流系途径的示意图

(1—3部分根据Hideo Kawai, 1972)

1. 黑潮, 2. 黑潮延续体, 3. 北太平洋流,
4. 对马暖流, 5. 黄海暖流。

进入东海的黑潮，大约在九州—大隅海峡以西，分出一个向北的分支——对马暖流。后者在五州列岛以南又分成两支，主流通过朝鲜海峡和对马海峡进入日本海。西分支转向西北，流入南黄海，成为黄海暖流。所以，黑潮是我国黄、东海海流系统的主干，是高温高盐的外海水向北输送的主要通道。它好比是人体中血液循环系统的大动脉。

黑潮及其延续体合称为黑潮系统，它南北跨15个纬度（20°—35°N），东西跨40个经度（120°—160°E）。其中流经台湾东岸和东海的部分，南北跨10个纬度（20°—30°N），东西跨10个经度（120°—130°E）。流经台湾附近的这段海流，称为黑潮的起源部分，也有人把这段黑潮称为“台湾海流”或“台湾暖流”。由此可见，流经我国近海的这部分

黑潮,在整个黑潮系统中占有十分重要的地位。本文将着重介绍这部分黑潮。

黑潮因水色呈深兰,初看之下,好似黑色而得名。

下面拟从黑潮的水文特征、流速结构及其变化等几方面来阐述这支强流的基本情况。

总的讲来,相对于黑潮所流经的海区,它是一支具有高温、高盐水特征的流系,因而也有称它为“黑潮暖流”的。如就东海的黑潮而说,夏季表层最高水温可达 30°C ,出现在次表层的最高盐度几乎达到 35‰ 。温度随着深度的增加而减低,但盐度的垂直变化比较复杂。

黑潮的厚度约为1,000米,在这范围内,大致可自上而下地划分为这样四个水层。即:

(1) 表层水,厚度最薄,它源自太平洋的北热带表层水。这层的温、盐度易受外界环境条件的影响,因而具有明显的季节变化。

(2) 次表层水,位于表层水之下到400米层处。它源自北付热带次表层水,温、盐度的变化范围分别为 $24-14^{\circ}\text{C}$, $34.6-35.0\text{‰}$ 。最高盐度值即位于这层,其深度约为150米。

(3) 中层水,位于400—800米层之间,为源自亚极带海区的北太平洋中层水,系一低温($14-6^{\circ}\text{C}$)、低盐($34.3-34.6\text{‰}$)水团,最低盐度值位于600米层左右。

(4) 深底层水,位于800米层以下直到海底处。温、盐度分布较均匀,变化幅度分别为 $6-4^{\circ}\text{C}$, $34.3-34.7\text{‰}$ 。

黑潮与湾流相比,它们温度变化的范围很接近,但就盐度而论,黑潮就很逊色了。例如,黑潮盐度的最高值仅 35‰ ,而湾流的竟达到 36.5‰ 以上。由此也可看出,太平洋的盐度远比大西洋的为低。

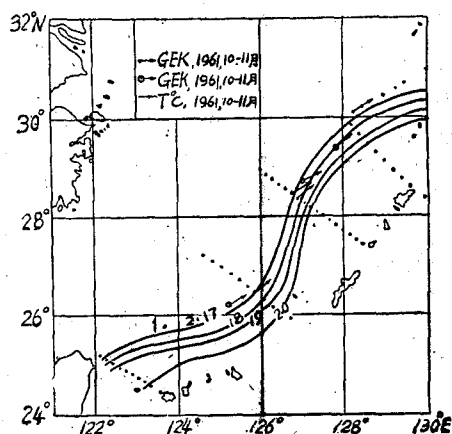
以上所述,系黑潮水体中温、盐度的垂直分布。至于黑潮流幅内温、盐度的水平分布,它最显著的特点是,盐度较均匀,温度则流向右侧的高于左侧,因而密度是左侧的大于右侧。这样,使得海面及其以下的水层自左侧向右侧上倾,从而产生了自右侧指向左侧的水平压力梯度力。这就是引起黑潮流动的最主要的内力。当它和由于地球自转而引起的偏转力取得平衡时,海流就沿着等压面上的等高度线流动。

当然,就整个付热带大环流系统的成因而言,它是由北太平洋洋面上的风系,即东北信风和西风所组成的大气环流所引起的。

再从温跃层的分布来看,位于100—500米层间的以 $10-25^{\circ}\text{C}$ 等温线为标志的温跃层,大约在3—4个经度范围内,自东向西陡升达200余米。温跃层的坡度愈陡,黑潮流速愈强。这是黑潮温度断面上最引人注目的热结构,并与黑潮窄而强的流速结构互相对应。

由于黑潮温度的变化幅度远比盐度的大,所以,黑潮的密度分布将主要决定于温度。从温度大面分布图上可以看出,上述黑潮途径,与200米层上温度水平梯度最大的地带颇相吻合。因而,这种温度分布图,成为分析黑潮途径及其变动的极为有用的资料。如取梯度中某一条等温线为代表,则就 130°E 以西海区的黑潮而言,200米层的 18°C 等温线是黑潮表层流轴位置的一个良好指标。这从海流观测结果中也得到了证实(见图2)。

黑潮是北太平洋付热带环流系统中流速最强、厚



度最深，因而流量也最大的一个组成部分。当然，在黑潮整个流程中，即使在同一时间内，各部分的流速流量也是不尽相同的。但总的可这样说，最大流速变化在2—5节（1—2.5米/秒）之间，最大流量可超过 70×10^6 米³/秒。在东海，黑潮的平均流量也可达到 35×10^6 米³/秒。这个平均值相当于长江年径流总量的一千倍左右。即是说，我国第一大河长江一年内所输送的径流量，黑潮只要化八小时就可输送完了。从这一对比中可以看出，黑潮流量是一个何等巨大的数字呀！

虽然，黑潮的流速很强，但如上述，它的流幅却很狭窄，平均不到100海里，二节以上的强流带也不到25海里宽。从断面上的流速分布来看，一般都有两个北向（或东北向）的流核，中间隔着一个反向的逆流。其中较强的那个流核，都位于靠近海岸的一侧，这充分体现了大洋环流向西岸强化的特征。随着深度的增加，黑潮流速迅速地减小，但流向变化不大。同时，黑潮流轴却渐次右偏，这在陆架附近，表现更为明显（见图3）。

实测流速资料（其中大量的电磁海流计资料）表明，黑潮具有显著的地转流性质，同时横流方向上的流速分布又与地形有着密切的关系。就东海而论，黑潮最大流速（即流轴）往往位于深度激增最剧之处；而其右侧的逆流，则位于地形隆起处。所以，黑潮流轴与200—500—1,000米等深线颇为接近，这里正是海底坡度最大的地方。因而，东海黑潮的途径，不是迳直地指向东北，而是随地形有所波动。

主流右侧出现逆流，这是黑潮流速结构的又一重要特征。巴士海峡以东的逆流最为发达，自南向北延伸成为一个暖流涡。琉球群岛以西，也有逆流出现。但逆流远较主流为弱，厚度也浅薄，其平均流量仅及主流的 $\frac{1}{3}$ 左右。

在东海，黑潮水的涌升现象也较显著，特别是在大陆坡和黑潮辐散处。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，将丰富的营养盐类带到表层，促使浮游生物大量繁殖，因而这些区域一般都是良好的渔场。

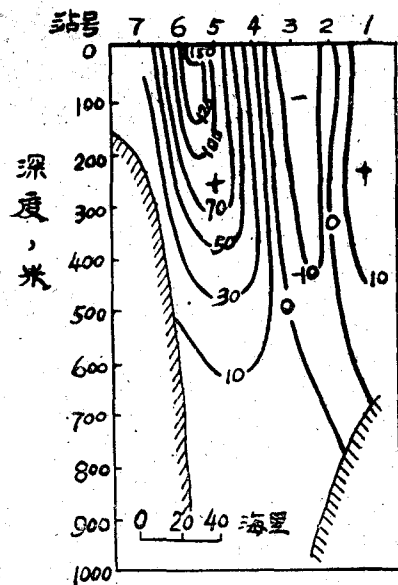


图3 东海冲绳NW断面1960年6月的流速（厘米/秒）分布正值：流向NE

当我们从气候式平均状态的观点研究大洋环流时，往往把黑潮视为一支稳定的海流。其实，黑潮不仅在空间观布上变化多端，在时间上也处于不断的变化之中。随着分测次数的增加和新技术测量仪器的广泛应用，变化愈来愈显得突出。黑潮不仅流速、流量有变化，流轴也有摆动和弯曲。从时间上讲，有着长、中、短的各种周期变化；从空间上讲，也有着中、小尺度等的变化。其中最重要的有两方面，其一是流速、流量的季节变化和逐年变化，另一是流轴的弯曲现象。

黑潮变动规律及其动力机制的研究，既是一个重要的理论课题，也是富有实践意义的，因为这方面的研究与黑潮预报问题紧密相连。

我们的初步研究结果表明，从台湾以东断面的历史统计资料来看，黑潮北向净流量的月平均值具有半年周期性的变化。最大值出现于春、秋两季，最小值出现于冬、夏两季。而且流量季节变化的这种趋势，又与北太平洋上夏威夷群岛附近海区海面风应力涡度的季节变化，有着显著的相关关系。

日本学者的研究也指出,在日本南岸的一些断面上,黑潮流量的季节变化,也有着类似的半年周期性。

黑潮流量的逐年变化,也颇为显著。例如,东海黑潮1955—1968年间流量的年变幅最大的可达到 10×10^6 米³/秒或以上。其他海区的变幅还可能更大些。流量的逐年变化,似有7—9年的长周期。

由于受资料序列较短的限制,这些变化的周期性,有待今后积累更长期的资料,来予以验证。

黑潮流经日本南岸海区时,其途径有着两种显然不同的形式。有时,黑潮几乎是笔直地沿岸向东流动的;有时则出现大的弯曲现象(日本称为“大蛇行”),并伴以大冷水团(涡旋)。这是130°E以东海区中黑潮长周期变动的最重要现象。它以存在较稳定并向东传播为其特点。尽管出现大弯曲的成因及其机制,目前还未清楚,但多数学者认为,它与海底地形密切相关。

这种大弯曲和涡旋的“寿命”,有的可持续几年之久。自第二次世界大战以来,已先后出现了三次大弯曲。前两次分别出现于1953—1955年,1959—1963年。1975年7月起在远州滩外面又出现了第三号大弯曲和大冷水团,并已稳定地存在了很长一段时间。黑潮途径的这种巨大的长周期变动,不仅在理论上,而且在生产实践上,都有着特殊重要的意义。因为,对日本来说,这种持续几年的大弯曲现象,不仅对附近海区的渔业生产,邻近地区的气候,更有甚者,对九州等地稻谷收成的丰歉,都有很大的影响。所以,日本对此予以极大的重视,建立了专门监视黑潮变动的机构。据报道,在这次出现大弯曲的期间,还及时组织科学家,成立了弯曲研究组,积极开展工作。目前日本更与美国合作,制订了长期研究计划,以期有一天搞清大弯曲现象的成因,掌握其变动规律,能为黑潮的长期预报工作作出贡献。

从现有资料来看,东海区域黑潮的途径,似较稳定,还没有发现象日本南岸那样的大弯曲现象,只有在台湾东北方,冬季有可能出现小的弯曲。但是,随着我们对东海黑潮调查的加强和观测技术的提高,也可能出现新的变动问题。

不仅如此,根据现有资料,也可以提出许多问题。例如,日本南岸出现的大弯曲和大冷水团现象,它与东海黑潮的相互关系如何?除了黑潮右侧出现逆流和暖流涡以外,黑潮邻近区域是否还有其他型式的中、小尺度的涡旋?当黑潮绕流过台湾时,由于地形屏障作用,夏季在基隆北方将出现小尺度的气旋式涡旋。这种涡旋以及它的变化,对我国东海近海的影响如何?位于我国浙闽近海的台湾暖流,其途径是否也有季节变化?它与黑潮的关系又是怎样?还有,黑潮在深底层是否也有逆流?等等。这些问题都与黑潮在空间、时间上的变动有关,值得我们重视。

黑潮各种周期的变动情况,不仅对舰船航行,水下通讯,鱼类洄游,渔场位置以及污染物的漂移等等产生各种影响,更重要的是,它将对气候变迁产生比较深刻和持续的影响。这是近年来海-空相互关系研究中的一个重要的课题。

黑潮以日夜不息、万马奔腾之势,将巨量的高温水,从低纬度海区带到我国近海和西北太平洋的广大海区,它将对这些地区的大气环流产生巨大的影响,这是毫无疑问的。更应指出的是,由于黑潮本身的变动,这种热量和水汽的输送值,也无时无刻不处于变动之中,从而它所产生的影响,也将是非常不同的。

根据近年来国内外的有关研究,包括我国近海及大陆东部在内的广大北太平洋西部地区的气候变迁(亦即旱、涝和酷热、严寒现象),都在不同程度上与黑潮的变动有关。

例如,日本海、鄂霍茨克海等是位于较高纬度的海区,如果不考虑海流所输送的热量的话,它们的热量年平衡将是负值,也就是这些海区的年平均温度将逐年下降。可是事实不是这样,年平均温度几乎保持常量。这是由于海面所消耗的热量,从黑潮及其分支所输送的热量中得到了补

偿。这是一方面。另一方面,研究表明,鄂霍茨克海的冰情还与黑潮强度有关。黑潮带到西北太平洋的热量愈多,鄂霍茨克海的冰愈少。

黑潮地区的海水在冬季将输送大量的热量给大气;这对北太平洋上付热带高压的进退有影响,而后者又对我国东部的降水和旱涝现象有着重要的作用。还有渤海的冰情,也与黑潮地区的海水温度的变动有关。

近年来长期天气预报的经验表明,黑潮地区,特别是它前期冬季的水温,已成为影响我国东部降水的一个重要因子了。

所以,黑潮对于人类,特别是它所流经区域附近的人类的生产实践和生活活动等各方面都有着巨大的影响,从而迫使人们对它展开积极的调查研究。

追溯到黑潮的发现史,就得提到古代我国聪明、勇敢、勤劳的人民。在有关的太平洋调查研究史上有这么一段记载:

“在公元前四世纪,中国人已经在所有的邻海上航行,他们到过日本、琉球群岛和东印度群岛,并且航进了大洋。他们发现了邻海各地水温分布的差异和日本沿岸附近的强大的表面海流”。

这里所说的发现了强大的表面海流,指的就是黑潮。有关黑潮的科学研究,始于1893年,当时日本的海洋学家第一次用漂流瓶研究了日本以东、南的黑潮。从那时起,主要是日本的海洋学家,对黑潮作了许多观测和研究工作。当然他们的调查海区,大部分局限于 130°E 以东。对于东海,特别是台湾外海、巴士海峡以及菲律宾以东即黑潮源地区的调查,过去进行得比较少,更缺乏广泛、系统而质量较好的观测。这一落后面貌,直到十余年前开展了“黑潮及邻近海域的合作调查”(简称CSK),才得到了改变。

这一调查是在联合国教科文组织的建议下,于1965年夏季开始,并已于1969年完成了第一次调查,1970年以后转入了以南海为重点的第二次调查。调查范围涉及 160°E 以西和 $40^{\circ}\text{N}-4^{\circ}\text{S}$ 之间的广大西北太平洋海域及其邻海,包括日本海和我国东、黄、南海,是西北太平洋合作调查史上规模最大的一次。许多国家和地区参加了这次调查,共有科学调查船60余艘,其中日本占了三分之一以上。

调查的主要内容有:研究黑潮在水平、垂直方向上的结构及其时间、空间上的变化,黑潮的起源部分,通过巴士海峡的水交换,黑潮与东海、南海水团的混合过程,西北太平洋热带和付热带的水文学等等。

黑潮合作调查已取得了丰硕的成果,到1975年3月为止,测站总数达一万六千余个,并及时出版了大量的资料报告,《图集》和《调查通讯》等。此外,还有两部以“黑潮”命名的研究专著先后问世。就世界大洋深海区域观测资料的数量而论,黑潮区域首屈一指。这也充分表明人们对黑潮调查研究的重视了。

通过这次调查,除了对黑潮途径的长周期变化,即大弯曲和大冷水团的出现问题有了更多更深刻的认识以外,还发现在 $20^{\circ}-25^{\circ}\text{N}$ 附近有一支新的东向的付热带逆流。这对大洋环流,特别是付热带大环流系统的研究,提出了新的问题,显然,这个大环流系统的南半部,实际情况远比过去认识的要复杂得多。此外,通过对黑潮起源部分和延伸部分的综合观测,进一步摸清了这些区域的温度分布,了解了黑潮水通过混合与东海、南海水的交换过程。这些对我们今后研究黑潮起源部分的变动规律(显然,它与黑潮各部分的变动有着密切的关系)是有启发意义的。

除了黑潮合作调查之外,日本有关部门,如气象厅、水产厅、水路部和大专院校等,自五十年代以来,还对东海进行了许多定期的断面和大面调查。其目的是试图搞清楚这部分黑潮及其分支对马暖流的变动规律,以便为研究日本南岸海域和日本海的海况变化提供有意义的线索。当然,

还有其他实践上的目的，因为东海是重要的石油运输线和许多重要渔场所在之地。

例如，为了了解东海黑潮秋季的变动情况，在1973年10月下旬到11月初的半个月內，日本曾组织了三条船，对包括几乎是整个东海的区域，重复进行了三次大面调查。又在1967到1971年间，他们还专门开展了东海陆架海流和底层流的观测工作。在这些调查中，其西端测站的位置，已很接近我国沿岸区域了。

这些例子充分表明，日本对东海黑潮的研究是何等的重视呀！

除了日本以外，苏、美等国也在东海针对黑潮进行过一些调查。

解放以来，在毛主席和党中央的英明领导下，我国有关部门也积极开展了东海的调查研究，积累了大量的比较系统的水文气象资料和海流连续观测资料，对东海近海区域的水团分布和海流系统及其变动情况有了粗线条的认识。但是，我们的观测海区还是比较浅而窄的，黑潮主干区域我们还未触及，全面而系统的黑潮调查工作以及黑潮动力学的研究，正等待我们迅速去展开。

黑潮不仅是黄、东海海流系统的主干，它对南海（主要是东部）也有影响，因为黑潮在流经巴士海峡时，实际上已或多或少地进入了南海。所以，可以这样说，黑潮不仅是它本身，还通过它的各级分支，每时每刻都对祖国四海的海况，以及附近地区的气候等等产生不同程度的影响。因而研究东海及台湾外海这部分黑潮及其变化规律，使我们对黑潮的认识，从比较粗略的气候式平均状态，逐步上升到比较细致的天气式瞬时状态，这不仅是世界大洋环流理论研究中头等重要的课题，也是探索我国四海海况变化及其影响的关键所在。当然，黑潮也受到我国近海其他水团，特别是黄海冷水团和长江冲淡水等的影响。但是，黑潮是矛盾起主导作用的方面，这是显而易见的。

黑潮好比是我国四海海流系统的纲，抓住了这个纲，目（分支及其对附近海区的影响）也就不难掌握了。

与此同时，为了解放台湾；为建设强大的海军，巩固国防，御敌于千里海疆之外；为了开发和利用海洋资源，使之服务于社会主义建设事业，黑潮的调查研究，无疑也应列为重要的研究课题之一。

我们坚信，在毛主席革命路线指引下，在以华主席为首的党中央的英明领导下，我国的海洋科学工作者，一定能以“攻城不怕坚，攻书莫畏难”的精神，大力开展黑潮的调查研究工作，攀登高峰，赶超争朝夕，努力在这方面作出较大的贡献！

宇宙尘埃和沉积物

随着科学技术的飞跃发展，人们把二十世纪六十年代叫做空间时代或海洋时代，空间科学和海洋科学都成为当代三大科学的组成部分。

有趣地是科学家们通过对深海沉积物中宇宙尘埃的研究，在空间科学和海洋科学之间建立了联系。

在大洋的深海沉积物中屡次发现过从地球以外的天体上落下的陨石和陨铁的碎屑。由于

深海沉积物的沉积速度极为缓慢，所以宇宙尘埃在深海沉积物中所占的比例是相当大的。不久前，在研究深海沉积物的柱状样品时，测定了过去宇宙尘埃的降落量，并由此得知：宇宙尘埃的降落量并不是最近才有明显增大的。另外，根据深海沉积物的沉积速度及其中所含有的宇宙尘埃总量的测定，估算出整个地球上宇宙尘埃的降落量为每天1万吨。国际上已有人提出了地球是由宇宙尘埃积聚而成的学说，从这个意义上讲，研究大洋深海沉积物中的宇宙尘埃也是重要的。

（鸣）