

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

南海季風實驗整合計畫—(子計畫三)南海之海洋環流

計畫編號：NSC 88-2611-M-002-012-AP7

執行期限：87年8月1日至88年10月31日

主持人：王 胄 國立台灣大學海洋研究所

E-mail:wang@ipx.oc.ntu.edu.tw, Fax：(02)23925294

一、中文摘要

黑潮通過呂宋海峽時，有時產生套流，有時入侵南海，而更多時段則又什麼也不發生。為釐清上述問題，我們沿著呂宋海峽佈放了觀測儀器，根據這些結果發現恆春海脊上海流的東分量以及當地之水位變化是兩個有意義指標，可作為研判黑潮變動行為的根據，並從而推斷出南海東北部海盆內海洋環流與黑潮之互動情形。

關鍵詞：黑潮、南海、套流、入侵

Abstract

Various patterns of Kuroshio, such as a loop current, an intrusion event or a rapidly NE flow, are observed when the current flows through the Luzon Strait. Long term observations by instrument moorings are used for clarifying these obscurities. Two indexes, the eastward velocity component and the sub-inertial water level on the Heng-Chuen Ridge, are found to be useful to interpret the variability of Kuroshio as well as to infer the mutual interaction between Kuroshio and the circulation in the northeastern South China Sea basin.

Keywords: Kuroshio, South China Sea, Loop Current, Intrusion

二、緣由與目的

呂宋海峽是南海與西菲律賓海間海

水交換的主要通道，因此是研究南海環流問題的一處關鍵海域。過去數年在「南海季風實驗」整合計畫項下即有相當大比例的海洋調查工作被分派到監測黑潮變化行為之任務以及探討黑潮對南海環流影響等方面的量測作業。這些年來，在此海域收集了許多錨碇站的海流觀測資料，使用的儀器包括有 ADCP、傳統式海流計、溫度計串以及深水水位計等。此外，研究人員也曾使用單船或是多船共同執行了一些水文調查航次，在南海中、北部較大範圍內搜集了許多海洋溫、鹽參數分佈的資料。綜合這些資訊讓我們對黑潮與南海環流之互動情形得到了很多新體認，其中相當重要的一項即是有關黑潮入侵南海的過程。關於後者許多較細緻的變化情形以及入侵後的演變歷程，過去了解得並不清楚，目前仰賴在海中所佈放的這許多錨碇儀器，根據它們所記錄到的長期時間序列資料，幫助我們觀察出了許多重要線索並從而推敲出不少端倪，更激發我們進一步地去思索其中牽涉到的種種動力機制。本計畫主要係負責上述作業中有關呂宋海峽北段的觀測任務，以下將集中報告從本計畫負責之各傳統式海流計錨碇觀測資料中所揭露出的一些有意義事件，接著再根據這些個案事件所反映的訊息，對黑潮入侵南海過程以及南海環流之反應情形提出一些初步性的綜合看法。

三、研判黑潮是否入侵南海的兩個可行指標

圖一、傳統式海流計以及水位計錨碇位置分佈情形。

呂宋海峽北段海域下方為南北走向之恆春海脊隆起地形，過去幾年各傳統式海流計錨碇站均是沿著恆春海脊設置(圖一)。理論上，主要海流皆應循著海底地形走向而流動，因此我們期望在海脊上各站之主要流向均應為北北東。連續幾年的觀測結果顯示每年春季至夏末確是如此。然而，每當冬季季風啟動後，恆春海脊上方的海流流向便有逐漸向東偏轉的趨勢(表示海水流出南海)，但是在呂宋海峽中段以南的 ADCP 觀測卻顯示當地為穩定的西北向海流。因此從質量守恒的觀點來看，海流流向在呂宋海峽北段呈現這種長期性且穩定的逐漸偏轉行為，應當是暗示南海東北部海盆內具有順鐘向的套流或是環流型態的流況，因此在恆春海脊上才會出現偏東向甚至東南向(均為逆風方向)的海流，因此這種偏東流便可視為研判黑潮是否已入侵南海的一項指標。

另方面，黑潮表層海水具有高溫的特性，同時橫越黑潮之海面高度為西低東高，當黑潮流軸趨近其西側之測站時，顯然該站之水位以及水溫都會同步升高，因此位於恆春海脊南端測

站所記錄到之低頻水位以及海水溫度同步的變化情形亦可作為研判黑潮流軸變動狀況的另一項指標。

四、冬季黑潮入侵南海過程(1998 年冬季之個案)

由於種種原因，這些年在恆春海脊上之錨碇作業並不順利，每年總有許多儀器損失，只有最近(1998 秋季-1999 年夏季)這兩次完全成功回收，以下即為以這段中之冬季資料為主，其餘年份資料為輔，來討論冬季黑潮入侵南海的過程。根據前述之低頻水位指標(圖二)，1998 年冬季之黑潮入侵過程似乎是由 10 月底開始啟動的(恆春海脊南端水位急劇上升並伴隨有北北西向的海流)。在此之前(7-9 月)，水位曲線雖然具有週期約 15 天左右的明顯波動，但因基準水位相對較低且波動振幅不大，整段曲線尚稱十分平穩，因此水位波動變化所反映的可能僅是黑潮流軸的左右擺動或是流速的增增減減。低頻水位的主要變化發生在 10 月下旬，當時南海北部係持續受著颱風環流之影響，10 月 28 日颱風於福建近海消失後不久，持續

圖二、恆春海脊南端 C1 站低頻水位與水溫記錄。

圖三、東沙島環礁中 T1 站低頻水位與水溫記錄。

之冬季季風又開始吹襲，此時恆春海脊南端的水位突然開始急升，於 11 月 15 日左右水位達到當年冬季高水位之平均基準(水位共升高約 40cm，圖二)。有趣的是東沙島的低頻水位亦有同樣的抬升趨勢，而且也是在 11 月 15 日附近達到冬季最高點(共抬升約 30cm 左右，圖三)，然而東沙水位在 12 月 10 日後又快速下降，於 12 月 18 日左右降至冬季基準(下降了 30cm 左

右)，但恆春海脊南端的水位卻能一直維持著相對較高的基準值。

此外，台灣南端恆春半島西側外海之錨碇站(C4)也是從 11 月 15 日這個時間附近開始出現持續的偏南向海流，而且從 12 月 12 日起南向流快速增強(圖四)。另外一個值得注意的現象是，恆春海脊南端錨碇站(C1)的海流。另外一個值得注意的現象是，恆

圖四、恆春西方外海錨碇站(C4)低頻海流流矢以及海水溫、鹽時序變化。

春海脊南端錨碇站(C1)的海流記錄顯示 1998 年 12 月 23 日起至 1999 年 2 月中旬這段期間當地出現了偏東向的海流。雖然歷年冬季在恆春海脊南端測站均曾觀察到這種東向海流，例如 1996 年冬季，但這一組資料顯示 1996 年 12 月 9 日即為東流(此為該組觀測之起始時間，實際出現時間可能更早)，但至 1997 年 1 月初東流即告結束，不若今年(1999)之東流竟能延遲到 2 月中旬始中止。因此可知流況變化行為在不同年間亦頗有差異，有時偏東流出現得較早，有時則較晚，同時偏東流之持續歷時亦有年際差異，造成這些變化之原因值得深入研究。

五、夏季風暴發後之套流事件(1998 年 6 月以及 1999 年 5 月之個案)

1998 年春末(5 月)後的水文觀測顯示黑潮已完全退出南海，當時整個南海東北部海盆內主要都是受一個大的氣旋型環流所控制。海表層低鹽份的海水從南海中西部循著此氣旋環流的南半部流向呂宋西岸，然後再沿呂宋西岸北上將源自黑潮流域之高鹽份海水阻隔在呂宋海峽以東的水域。表層低鹽水循著氣旋環流繼續北上後，其中大部份海水在台灣灘以南轉向西

流，顯示出南海東北部海盆內之海水受此氣旋控制而循環流動的情形，至於另部份盤據在台灣海峽南端入口處之低鹽海水則會沿台灣西岸北上。這份觀測資料明確顯示出海表層低鹽水的流徑，對解釋夏季時台灣海峽之海水來源問題甚有參考價值。另一方面，此時恆春海脊上之海流資料顯示盛行流向為北北東，和水文觀測的態勢一致，因此可知上述有關流況之描述應屬合理。當五月底夏季風暴發後，滯留鋒一直橫跨台灣南部，從歷史天氣圖看出這種天氣型態曾持續了好一陣時間，而當時呂宋海峽盛行偏東風。然而，1998 年 6 月上旬海流的觀測資料中卻顯示恆春海脊上又再度出現了一陣偏東向海流，此時 C1 站(圖二)的水位與水溫亦均有同步升高的趨勢，表示黑潮流軸又再一次彎入南海形成了套流型態的流況。

此外，從 1999 年春季資料中似乎也能觀察到類似的情形。當年 5 月 1 日至 15 日期間 C1 站之海流流向由原先之偏北流轉為流向東南，而 C4 上層持續之東南向海流則從 4 月中先減弱然後增強並於 5 月 1 日前後更為增強，同時段 C1 之水位曲線亦顯示處於水位高峰，凡此種種跡象均和上段所

述 1998 年春末之入侵情景十分相仿，由於連續兩年均有類似事件發生，因此我們或可認為黑潮支流在每年冬、夏季風轉換期間時仍會發生一次較為顯著的套流彎入南海海盆。這種在非冬季風時段所發生的黑潮套流事件是相當特殊的個案，值得深入探討。

六、結果與討論

從以上觀測可推知，黑潮入侵主要發生在冬季風期間。當黑潮入侵開始時，上層海水會全面西進，黑潮主軸亦因此而向西偏，這些效應又會促使高水位區伸至呂宋海峽並再向西延伸到東沙島附近海域。由地轉關係以及 C1 與 T1 水位差變化可知，此時南海東北部海盆內之海流應以西向流為主，但不久之後西伸之高水位水舌會再向東退縮(如圖三，東沙水位下降)，因此海盆內 C1 與 T1 連線上之平均海流將轉為以北向流為主(水位呈東高西低)，同時在海盆東北角之 C4 站出現強勁之東南向流，顯示南海東北部海盆內已生成了反氣旋型的環流。此外，在夏季風暴發前後時段內，呂宋海峽內的黑潮支流還會發生一次比較顯著的套流流況，至於盛夏期間黑潮支流則僅有小規模的流軸擺動(至少從近二年觀測資料中均未看見有任何比較顯著的套流流況發生)，似乎不易發生顯著之套流或是入侵事件。目前觀測資料尚短，以上說法仍有待認定。

從海洋動力學的觀點來看，恆春海脊之隆起地形是一個波導，其左右兩側斜坡會分別扮演不同的導引角色。在這種機制下，我們可以想像，除了風力作用外，呂宋海峽內之黑潮行為主要將受到另外兩項因素所控制，這分別是黑潮鋒左右兩側之密度分層差異，以及黑潮入流的入射角度。經由熱風效應知前者係反映入流之慣性，後者則和海流與恆春海脊地

形之作用有關。目前我們傾向使用這樣的機制來解釋黑潮冬季入侵過程以及夏季為何不發生入侵現象。此外，1997 年 9 月下旬在南海東北部之水文觀測作業正好處於黑潮開始大舉入侵前的階段。從 CTD 探測資料上觀察到入侵水在不同水層表現的行為亦很不一樣。發生入侵時，表層海水似乎是全面西進，但表層以下則呈現套流的型態，會以順鐘向的流徑偏東的流向跨越恆春海脊流出南海，這和恆春海脊上海流錨碇觀測的結果相當一致。另外，流況在不同年間的變化差異也頗大，以目前有限之觀測數據尚不足以提出任何具體定論，這些仍待繼續努力。

七、計畫成果自評

本年度現場觀測作業較為順利，資料回收率甚高(無任何儀器流失)，因此原計畫書內所承諾之觀測任務均可堪稱達成。這批觀測數據對了解黑潮支流在流經呂宋海峽時之變動行為甚有幫助，對闡明黑潮入侵過程、套流如何演變等甚有參考價值。