

澎湖內灣(大倉、菜園)生態環境因子調查研究

蔡萬生・胡興華

Study on Ecological Factor and Enviroment Survey of Penghu inner Bay (Dah-Tsang. Tsay-Yuan)

Wann-Sheng Tsai and Sing-Hwa Hu

Fifteen water samples from Penghu Bay area were analized monthly from September 1983 to August 1984.

The average water temperature were from 18.33—27.31°C, Lowest water temperature were found in January and February and the highest in June, the water Temperature difference between surface and bottom layer were about $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ and was directed affected by season. Salinity was from 33.78 — 35.88 %. The clear water in the Penghu Bay area had very low concentration of nutrients. And they were NO₃-N, 0—46.8 ppb, NO₂-N, 1—11.8 ppb, PO₄-P, 0—17.64 ppb and SiO₂-Si, 0—2.85 ppm.

There are 2 times of tidal changes on each day. The tidal phenomenon of Penghu Bay and the direction of sea water current are completely affected by the tide and the geographic conditions.

The population of zooplankton reached to the highest amount in August. Average annual biomass is 23.2g/1000m³, and the average number of individuals are 4.695 ind/100m³ of sea water. In the year of research the number of copepoda was the highest which was 30.35%. The next was fish eggs about 27.11 % shrimp larvae was 15.29%, and crab larvae was 15.01%. January to June were the major spawning perioia for fishes in each year.

前　　言

澎湖群島係由 64 個島嶼以及多數岩礁(屬玄武岩)所組成的一群火山島，全部面積為 126.86 平方公里，其中以本島為最大(約 64.23 平方公里)、次為西嶼、白沙兩島，且由該三島環抱，中間形成一內灣，其面積約 60 平方公里，為一良好的魚介類之生棲場所，且為沿岸漁業及近海漁船活動頻繁的地方，近來更成為各項淺海養殖事業之發展區域。目前除了少部份的箱網養殖、真珠養殖及紫菜養殖外，大部份均以牡蠣養殖為主。故鑑於其養殖地位日益重要及所需的淺海養殖基本資料十分缺乏，已發表的報告很少，且涵蓋的時間與空間亦不足，乃從 72 年 9 月至 73 年 8 月，在澎湖內灣海域選擇 15 個觀測點，每月定期測定水文(溫度、鹽度、流向、流速)，營養鹽(硝酸鹽 NO₃⁻、亞硝酸鹽 NO₂⁻、磷酸鹽 PO₄⁻ 及矽酸鹽 SiO₂) 及 8 個採集站採集浮游動物等影響因子以為內灣淺海養殖環境的瞭解及資源保護的參考資料。

材料與方法

本工作進行時間為民國 72 年 9 月至 73 年 8 月，在澎湖內灣海域選擇 15 個採樣點（圖 1），每月觀天候出海前往測定，並採水及採集浮游生物回實驗室分析，以比較其地點和季節性上之差異，測定分析的項目與方法如下：

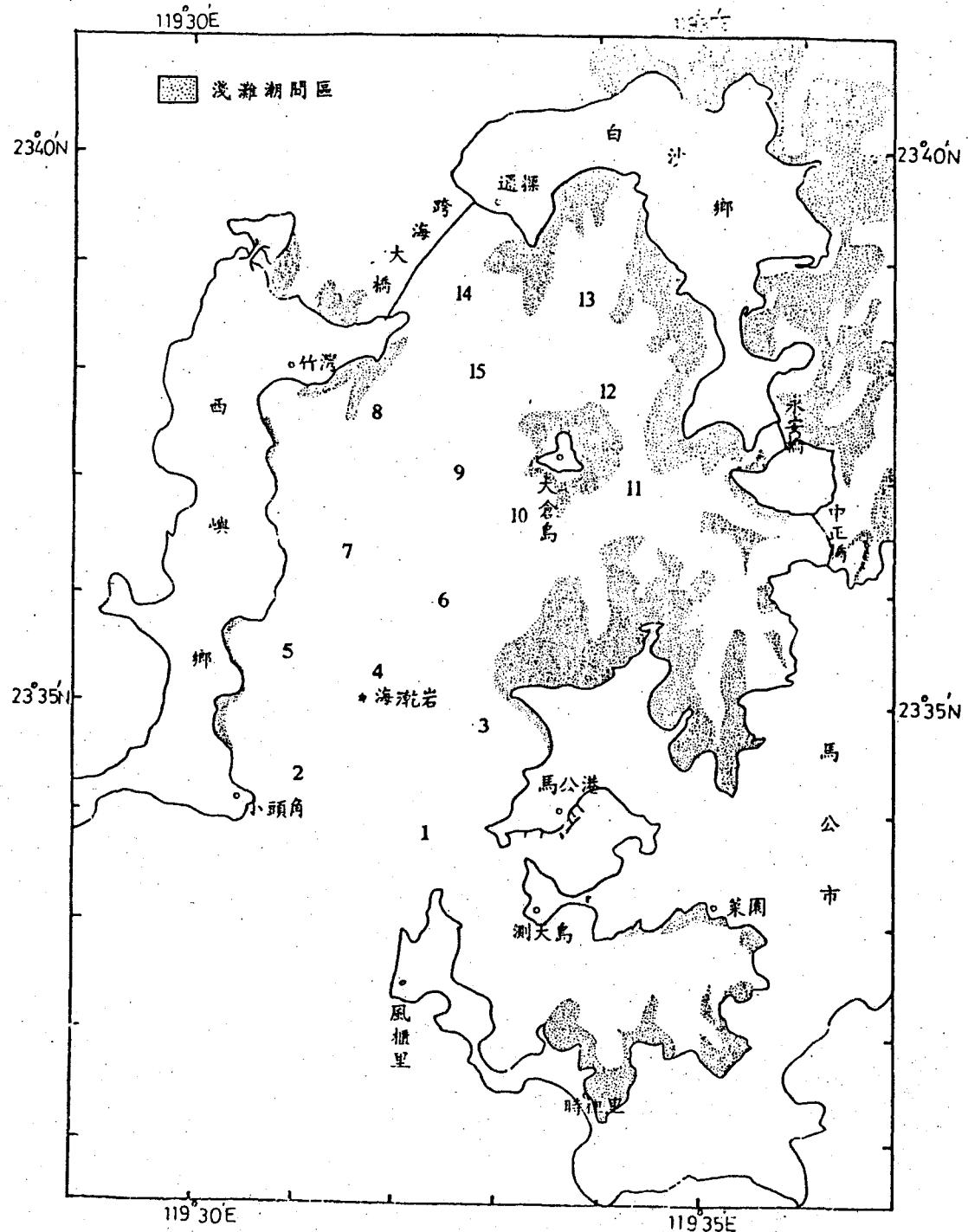


圖 1 澎湖內灣採集站位置圖

Fig. 1 Locations of sampling stations in Penghu Bay

一水溫：以北原式採水器，採取表層（0 m）及底層（10m）水，並由採水器之溫度計讀其水溫至小數點第1位。

二鹽度：以精密海水比重計（1.020—1.030）測定之，並以溫度校正後換算而得。

三硝酸鹽（NO₃-N）：依Bower-Thomas法（陳1981）⁽¹⁾，以分光光譜儀（CECIL 292 DIGITAL UV SPECTROPHOTOMETER）測定而得。

四亞硝酸鹽（NO₂-N）：依Wood-Armstrong-Richard法（陳1981）⁽¹⁾以分光光譜儀測定而得。

五磷酸鹽（PO₄-P）：依Molybdenum blue-Ascorbic acid法（陳1981）⁽¹⁾以分光光譜儀測定而得。

六矽酸鹽（SiO₂-Si）：依Molybdate silicate（陳1981）⁽¹⁾法，依分光光譜儀測定而得。

七流向流速：

(一)定點觀測法：於澎湖內灣每月15個採集點分表、底層，以流速計（SD-2）測定而得，測定時並錨泊固定之。

(二)浮標追蹤法：自製浮標板如圖2，下接鉛塊，使浮標板上面平板剛好沒入水中，平板上並裝設較細鐵絲約1m長，頂端繫細布條使伸出水面，以為小船追蹤觀察用，同時於陸上視野較寬處，設置2台定位儀，每隔5—10min由小艇人員以無線電聯絡陸上2組人員施行浮標定位，故從追蹤浮標的時間及定位記錄，可以計算出各點的流速及看出水流的軌跡線。

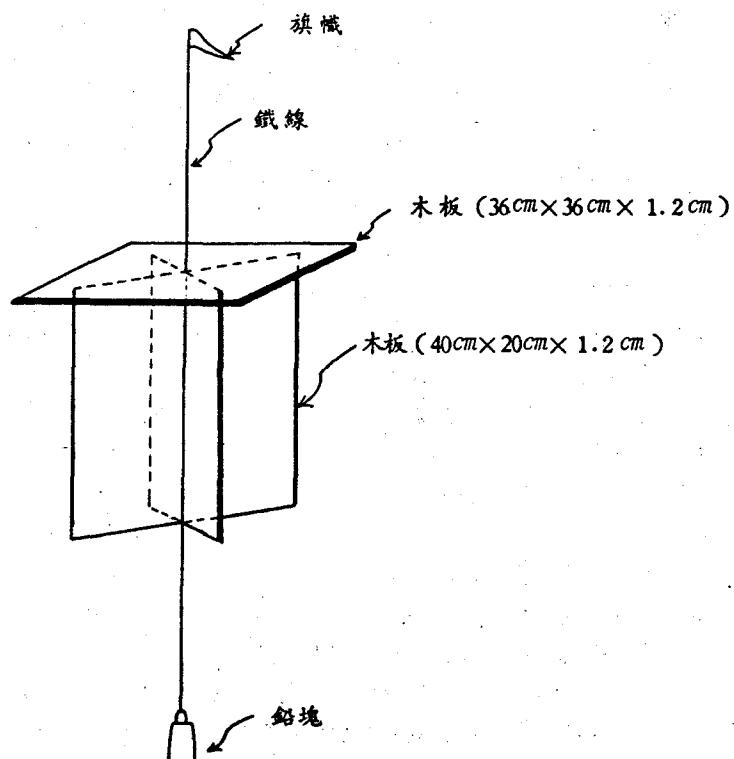


圖2 浮標板構造圖

Fig. 2 Structural diagram of floating board

八、浮游動物：浮游動物之採集係利用浮游生物網，網口口徑 0.6 m，網側長 1.0 m，網目 0.33 × 0.33 mm（即 GG# 54），以 0.5 m/sec 之速度做表層水平拖曳 5 分鐘，採集魚卵、稚魚及動物性浮游生物等，採得標本以 5% 中性福馬林（Formaldehyde Sol'n）加入數滴 picric acid 固定，然後帶回實驗室分析整理，將標本瓶內浮游生物細分成 13 大群，即橈腳類（Copepoda）、皮囊類（Tunicata）、毛領類（Chaetognatha）、有尾類（Appendiculata）、水母類（Medusa）、蝦（Shrimp larva）、蟹（Crab larva）、腹足類（Gastropoda）、翼足類（Pteropoda）、多毛類（Polychaeta）、稚魚（Fish larva）、魚卵（Fish egg）及其他等。並測其生物量（Biomass gm/1000 m³）及個體數（Abundance individual/100 m³），以瞭解整個浮游動物各族群中數量和季節性上的變動。

結果與討論

一、水溫：澎湖內灣海域 15 個觀測點，每月採樣分析結果，其水質之變化情形如圖 3 所示，水溫的變化，由於直接受季節、採集時間等之影響，每月測定 1 次只能看出季節性之變化，由各採集站每月取其平均值，經整理得如圖 4 顯示，全年水溫平均在 18.33 – 27.31°C，1 年中除了冬季（12、1、2 月）外，表層水溫均高於底層水溫，表、底層水溫差約在 ± 0.7°C 左右。全年最高溫在 6 ~ 7 月，最低溫在 1 ~ 2 月，低於 20°C，水溫 11 月份開始顯示下降，至翌年 3 月方始回升。

二、鹽度：鹽度範圍在 33.78 – 35.88‰ 之間，大部份介於 34.20 – 34.86‰，較南台灣海峽其他地區略高（Hung. 1978）⁽²⁾，這可能是因為澎湖地區雨量稀少，又乏河川，無陸地排水稀釋，而蒸發量又較大所致。季節性的變化值並不顯著，表層水與底層水其變動差值亦很小，約在 ± 0.5‰ 之間。此可能係內灣水淺（平均約 12 m）又受每日 2 次漲退潮，水位變動交替混合結果所致。

三、營養鹽：磷酸鹽、矽酸鹽、亞硝酸鹽及硝酸鹽為水中之營養鹽類，這些營養鹽含量之多寡可代表其生產力。根據 Hung 等 1974 及 1977⁽³⁾⁽⁴⁾ 年於台灣沿岸海域、西南沿岸及澎湖群島附近海域對於其基礎生產力的調查研究結果，澎湖附近海水營養鹽 [PO₄-P (0.10–1.4 μg-at/L), NO₃-N (0.10–6.04 μg-at/L)] 低於台灣沿岸海水 [PO₄-P (0.20–12.0 μg-at/L), NO₃-N (0.20–7.50 μg-at/L)]，且澎湖群島附近海水，8 月及 6 月的基礎生產力僅 0.277 及 0.230 gC/m²/day 亦較台灣西南海各處平均 0.61 及 0.47 gC/m²/day 低得很多，同化數 (Assimilation number) 澎湖海域僅 0.90 ~ 1.94 mgc/mg Chlorophyll, a/hr 遠小於台灣西南岸海水之 5.55–6.12 mgc/mg Chlorophyll, a/hr，這可能都是澎湖海域營養鹽含量較低之緣故。本次內灣各測站水樣分析結果，NO₃-N 含量在 0 – 46.8 ppb 之間，僅第 8、11、12、13 採集點含量稍高，是否係陸地排水所致（第 8 點為竹灣港口，第 11 點為大倉島碼頭外），抑或其他原因（如 12、13 點間為內灣藻床……）尚待研究，其他各點一般約在 0 – 20 ppb。各採集點大都發現在 6 月有一高峯，表底水層之間的含量差值於夏季（5 ~ 8 月）時變化較大，其他季節則差值較小，底層水較表層水有稍高的傾向。NO₃-N 之含量則在 0 – 11.8 ppb 之間，大部份測站介於 2 – 6 ppb，季節上的差異不大，但 8 月份有較高值，表底水層含量的差異亦顯著。PO₄-P 之含量在 0 – 17.64 ppb 之間，但除了第 1 採集點在 8 月份稍高外，其他各點主要範圍在 0 – 3 ppb 之間，而 SiO₂-Si 之含量在 0 – 2.85 ppm 間，與 PO₄-P 含量之差異相似，表底水層與季節上的差異均很小。本次的實驗與過去薛等（1981）⁽⁵⁾ 於澎湖本島沿岸進行營養鹽含量調查 (NO₃-N : 3 – 24 ppb, NO₂-N : 1 – 22 ppb, PO₄-P : 0 – 6.7 ppb, SiO₂-Si : 0.6 – 3.9 ppm) 及李（1977）⁽⁶⁾ 於內灣養殖漁場的水質調查 (NO₃-N : 14 – 75 ppb)，其一般主要的營養鹽含量皆很低，故將來在推展內灣區域的養殖方面，對於發展吸收營養鹽之藻類或濾食植物性浮游生物之貝類養殖，尤應特別注意到海水中營養鹽之補充，否則以澎湖海水之貧乏只有消耗而不設法補充，養殖效果一定受到限制。

四、海底地形、底質：圖 5 為 1984 年 9 月 6 日在澎湖上空所攝得經處理過的彩色航空照片圖，圖中白

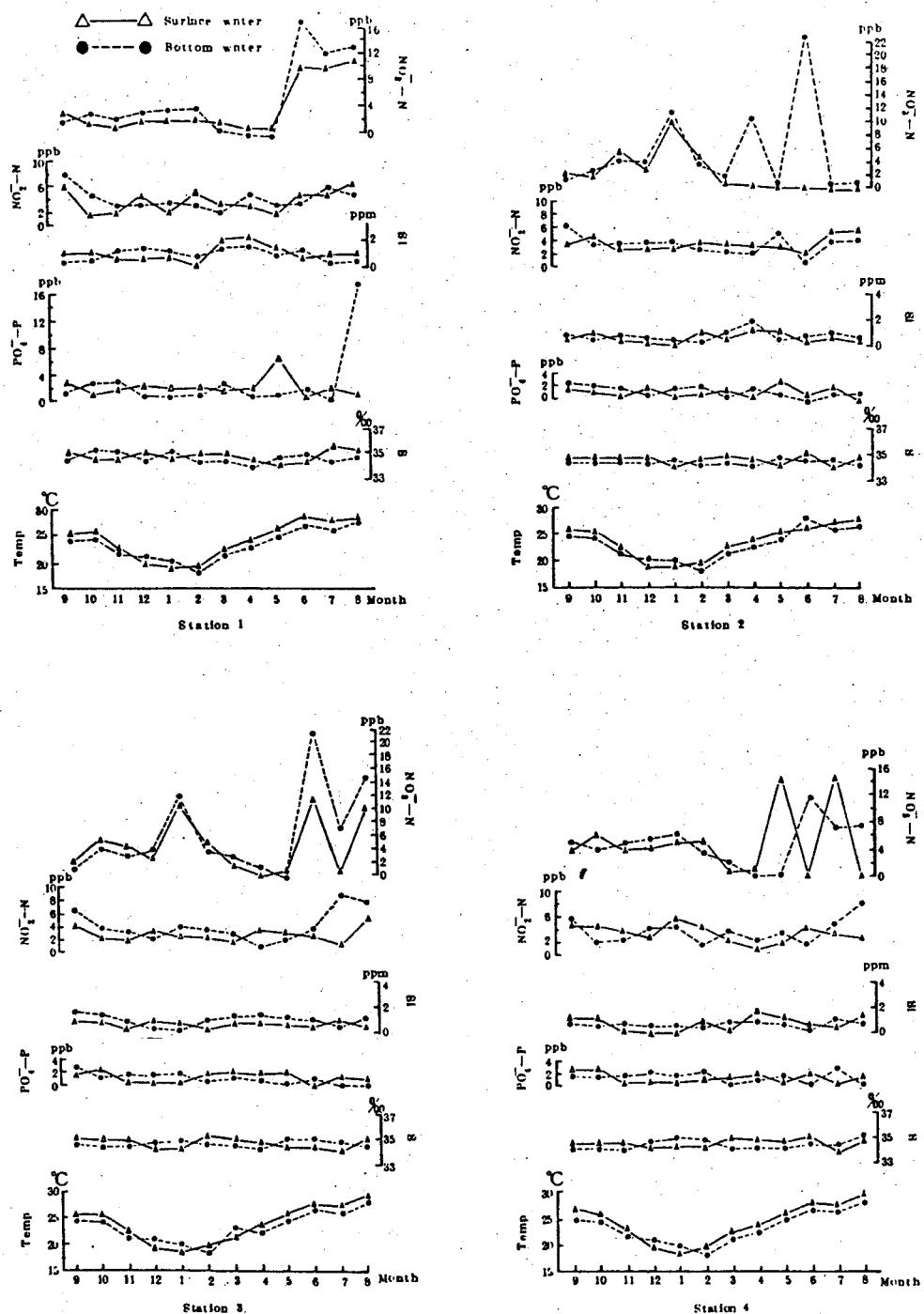


圖 3 澎湖內灣各採集站(第 1 站至第 15 站)水質季節變化圖
Fig. 3 Seasonal changes of water qualities of each sampling stations in Penghu Bay.

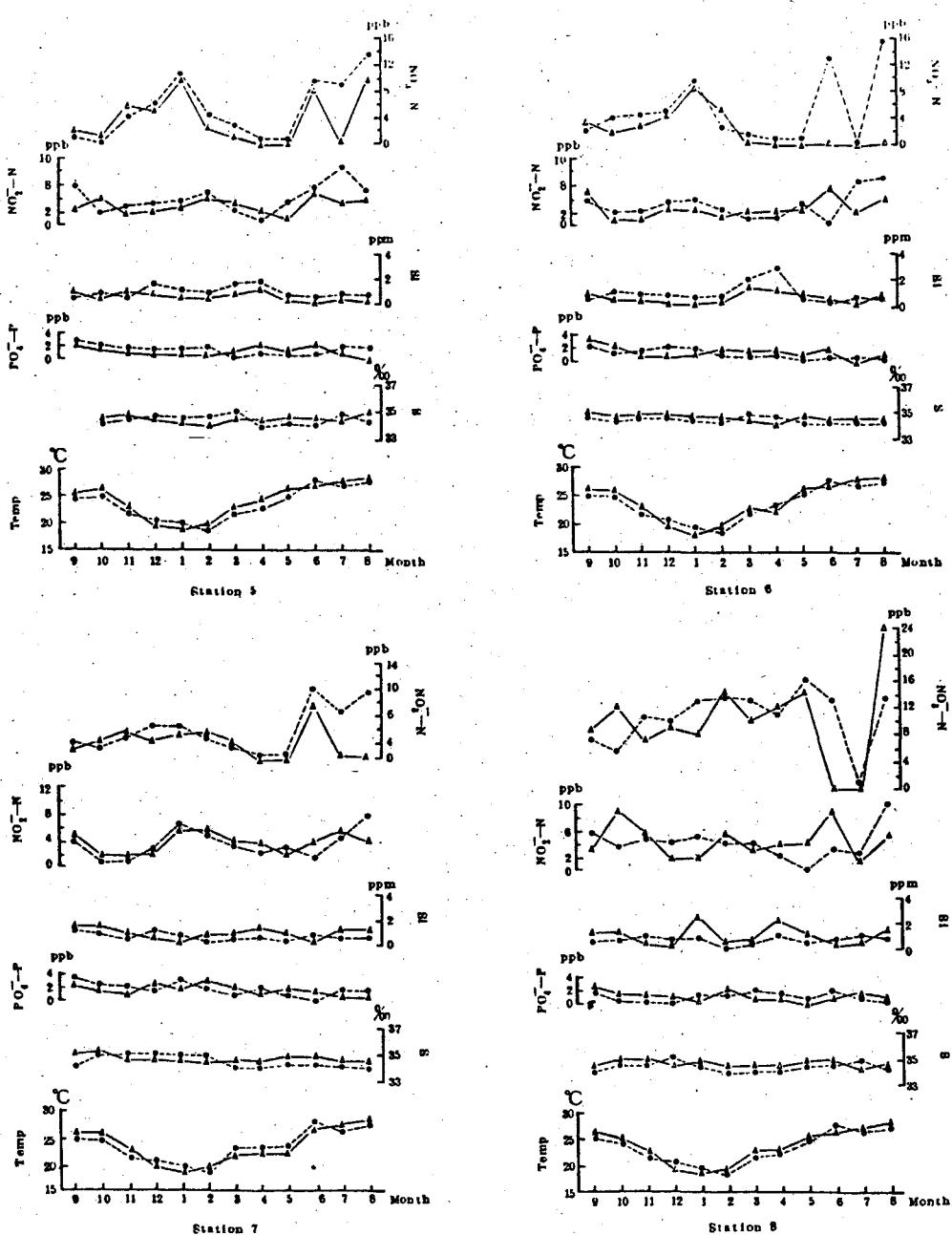


圖 3 繼
Fig. 3 (Continued)

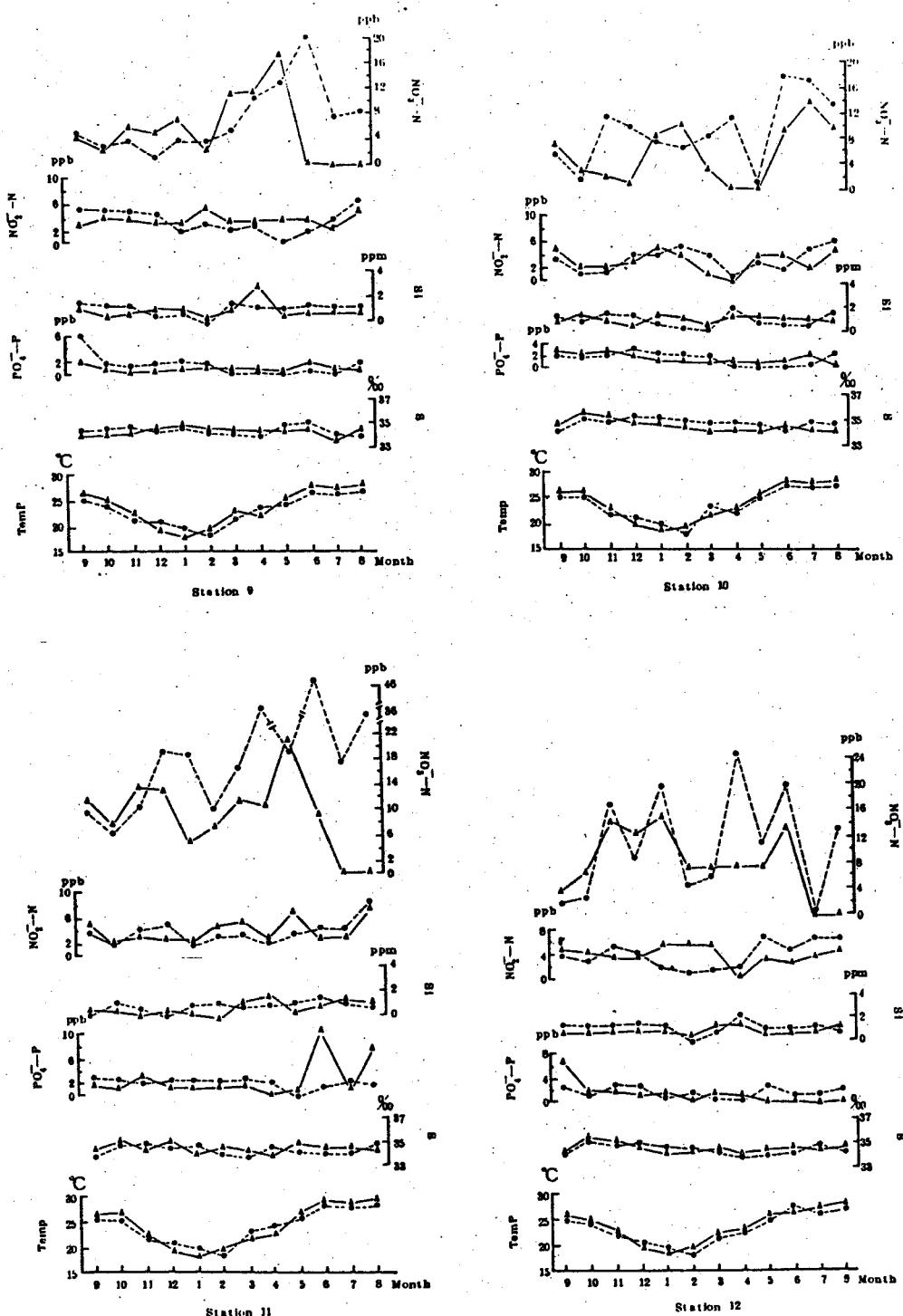


図 3 繰
Fig. 3 (Continued)

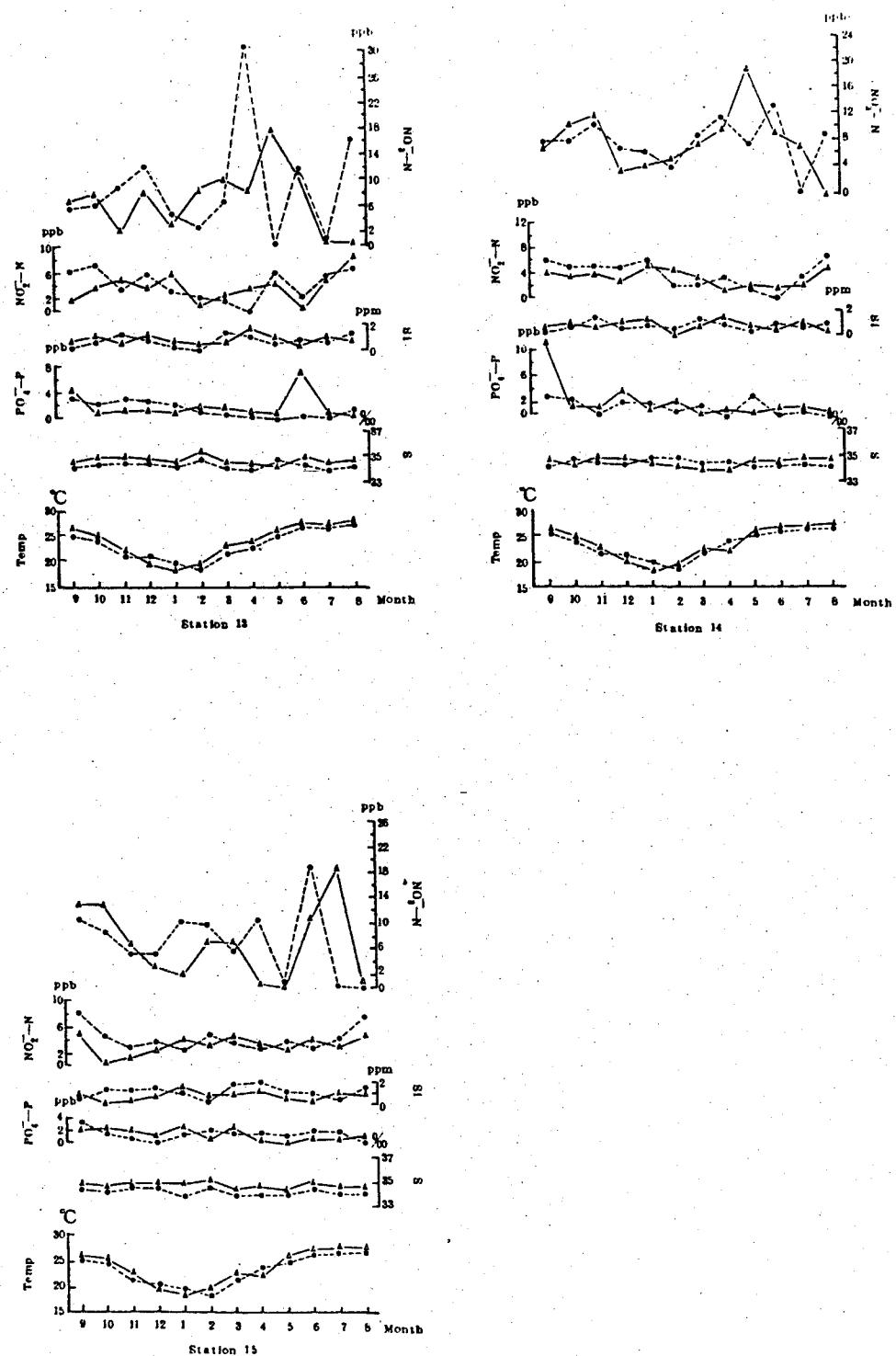


圖 3 繼

Fig. 3 (Continued)

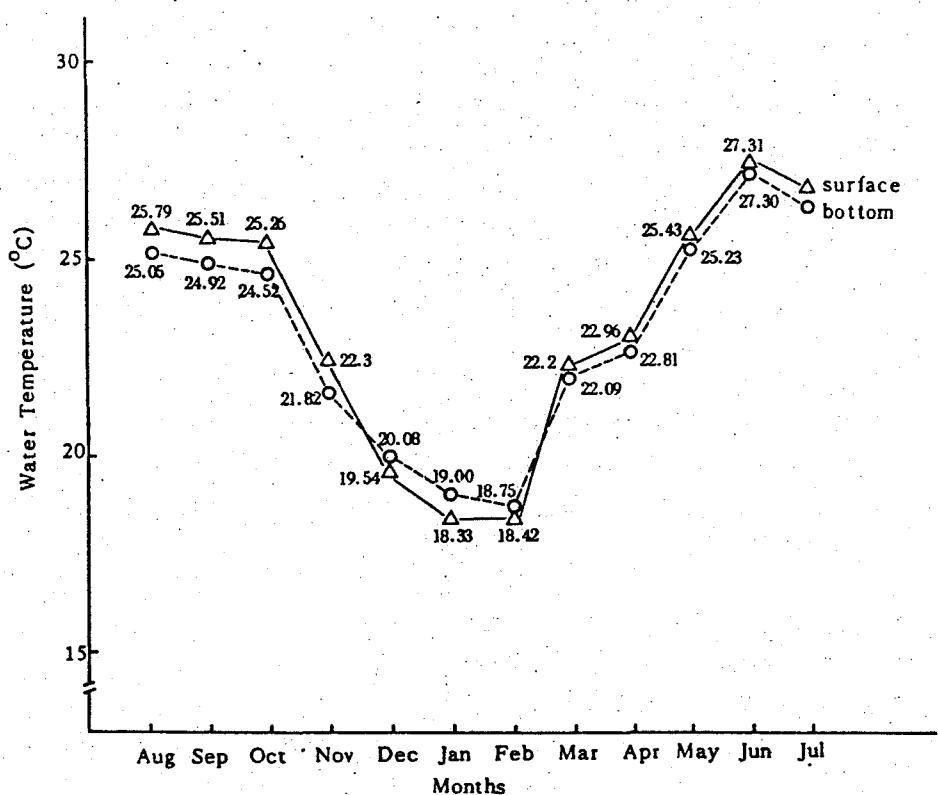


圖 4 澎湖內灣表層和底層平均水溫分佈圖

Fig. 4 Mean water temperature distribution diagram of surface and bottom layers of water in Penghu Bay.



圖 5 1984 年 9 月 6 日 10 時 10 分澎湖上空航空多譜掃描假色影像

Fig. 5 The false color image of airborne MSS above Penghu at AM 10:10 on September 6th, 1984.

色、黃色及淡紅色部份表陸地或潮間帶，由圖中顏色的深淺可以大概的看出內灣的海底地形分佈。西嶼與大倉、馬公間為主航道水較深（顏色愈暗水愈深），大倉島以東大部為較淺的潮間區，跨海大橋至大倉島間則有似海溝的條狀分佈，海底地形起伏較大，其餘坡度至為平緩，大部在水深15公尺以內，海底泥沙淤積，沉積物分佈相當單純，經調查幾乎全為細沙和泥質沉積物，但其沙與泥比值分佈的情形，與水流的緩急有較密切的關係，風櫃嶼至小頭角間及跨海大橋下，為內灣水流進出之處，水流較急，因此泥沙不易沉澱，前者海底完全為顆粒較大的砂質沉積，後者則礁石裸露。馬公至西嶼間（含沙量約30%），大倉灣附近（沙量約60%）及澎南海區北岸（沙量約70%），均為沙泥混合底質。另澎南海區南岸由於水較淺，潮流亦小，為一泥質的沉積，泥質佔80%。

五海流至潮汐：

(一)定點觀測法

於澎湖內灣每月15個採樣點測定其表層及底層之流速、流向，由於內灣海水流向流速，受著灣外水流變動及風和內灣地形等影響，可說隨時在變，而測定時又無法同時測定，故由一年實測資料歸納所得，假設以天文潮時間為橫坐標，潮高為縱坐標，繪出一理想的潮汐曲線，然後將每一測站每一次測流之時間依海軍海洋測量局（1983、1984）馬公潮汐表所標示的潮時、潮高差距計算出標示於理想潮汐曲線上（如圖6），然後摘取出每一測站表層最接近滿潮時之流速、流向，標繪於圖上，則可得到潮汐表馬公港滿測時候，澎湖灣內表層流速流向之分佈（如圖7），同理亦可得到滿潮時候底層15個測站及乾潮時灣內表層及底層之流向、流速分佈（如圖8、9、10），由上述諸圖知滿潮時候，灣內水流均向南，表層與底層之流向大致吻合，乾潮時候潮流向北，表、底層之流向也大致相似。陳民本等（1982）⁽⁷⁾在「中國的海洋」一文中述及澎湖群島附近的潮流為南北向，北流（漲潮）自乾潮後約0.5小時開始，至滿潮後0.5小時為止。南流（退潮）自滿潮後0.5小時開始，至乾潮後0.5小時為止。每日均有2次潮汐，所以每日亦有2

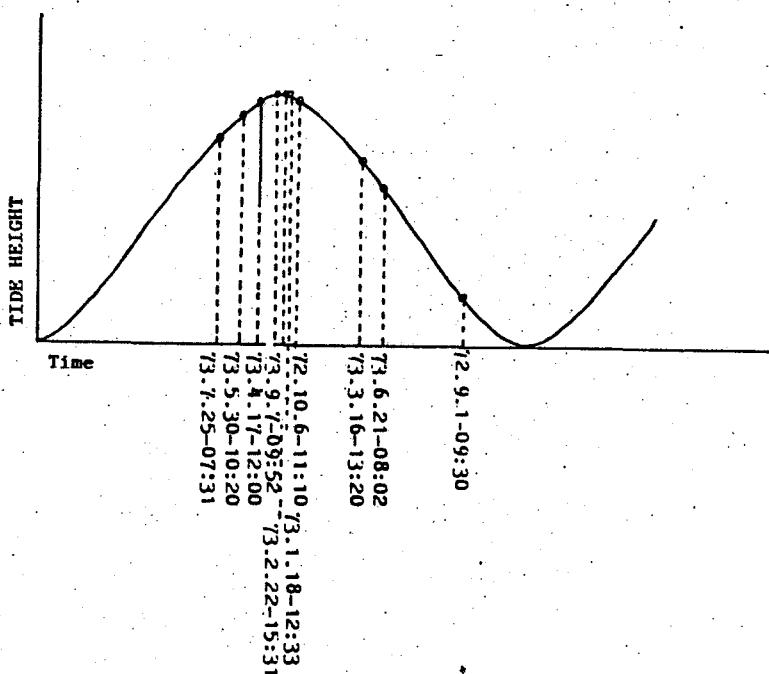


圖6 理想潮汐曲線與實測時間之分佈（以第12測站為例）

Fig. 6 Theoretical tidal curve and the distribution of observation time (on the base of the 12 th sampling station).

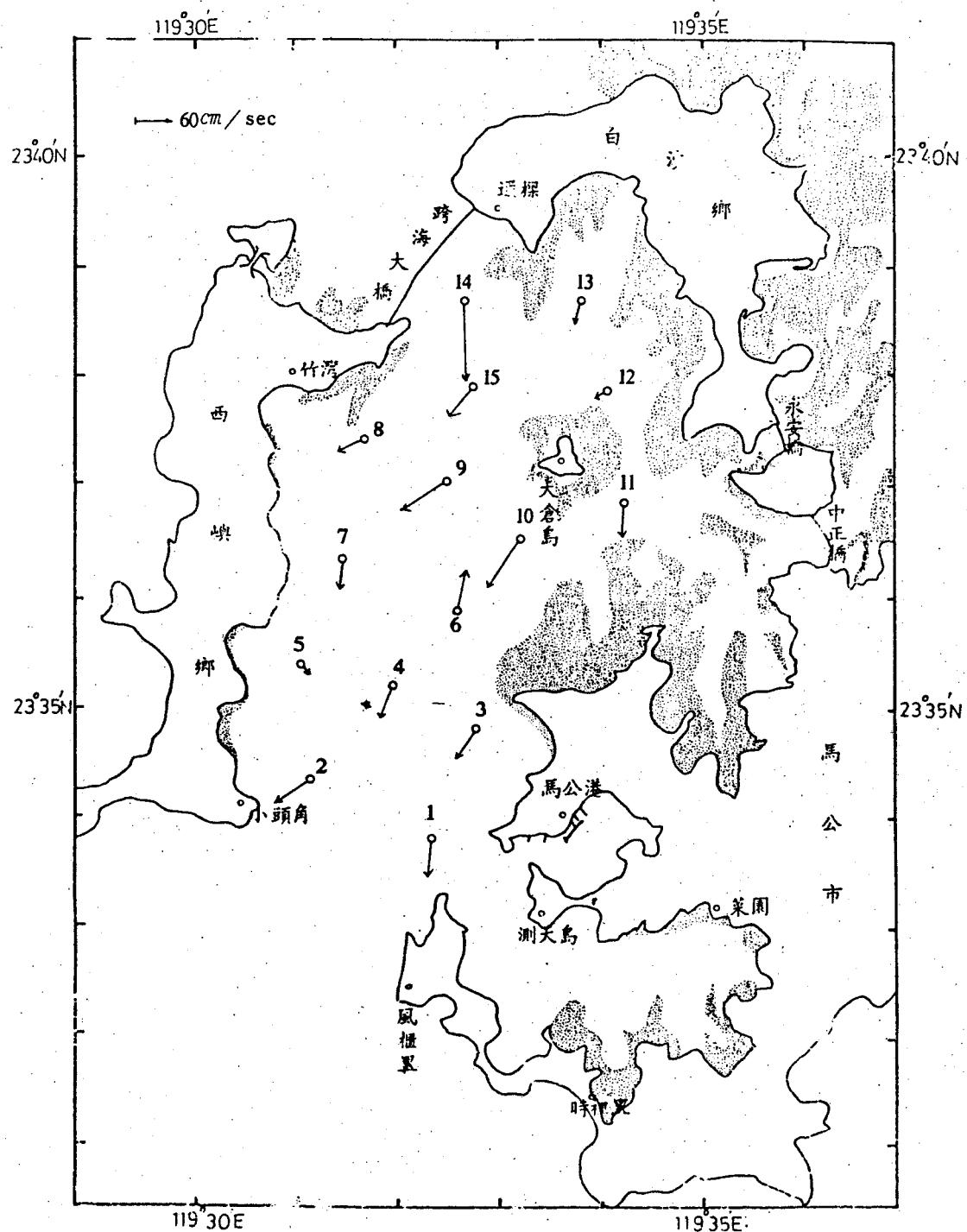


圖 7 澎湖內灣滿潮時表層的流速流向

Fig. 7 The directions and speeds of water current on the surface layer of water in Penghu Bay in Spring Tide.

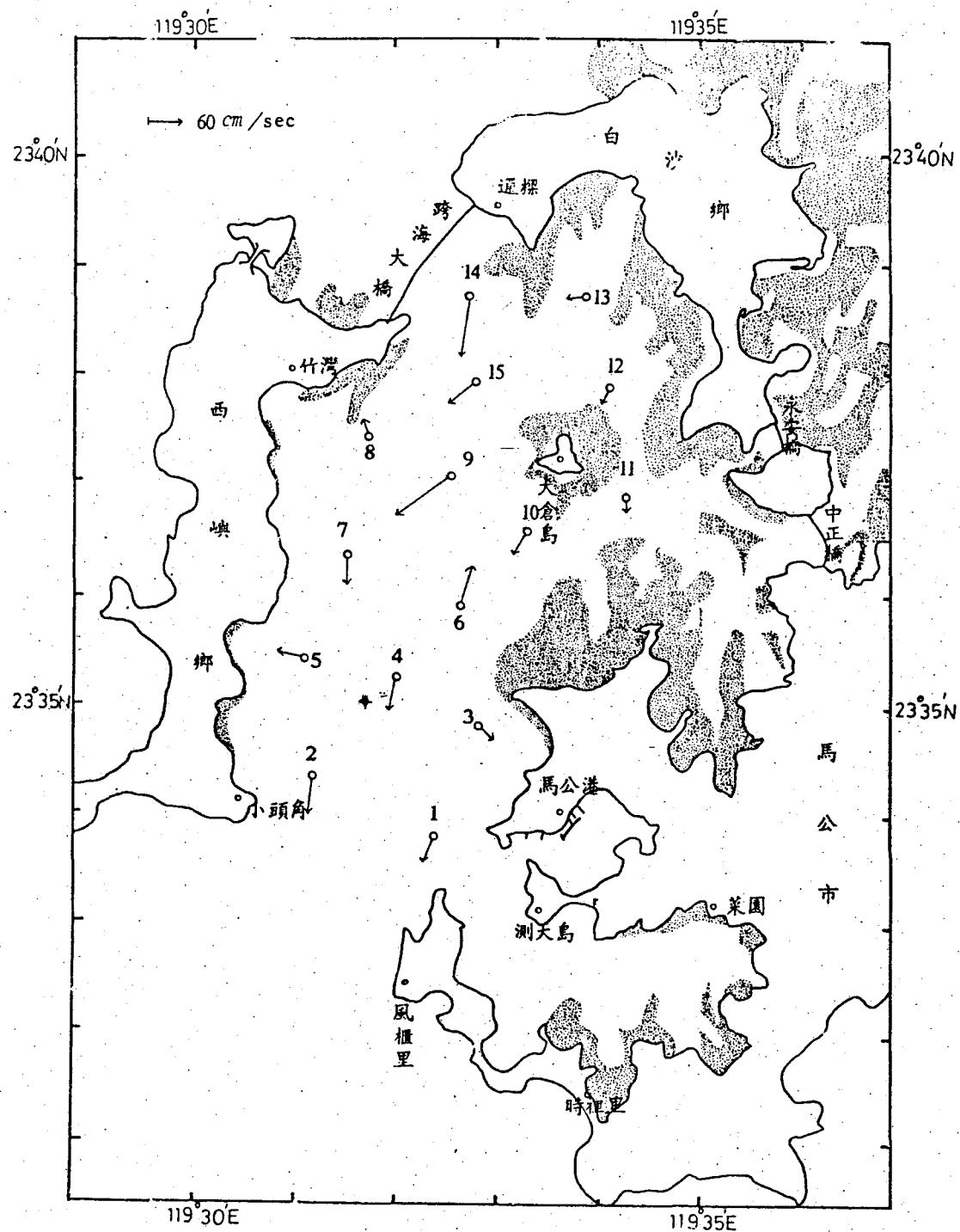


圖 8 澎湖內灣滿潮時底層水的流速流向

Fig. 8 The direction and speeds of water current on the bottom layer of water in Penghu Bay in Spring Tide.

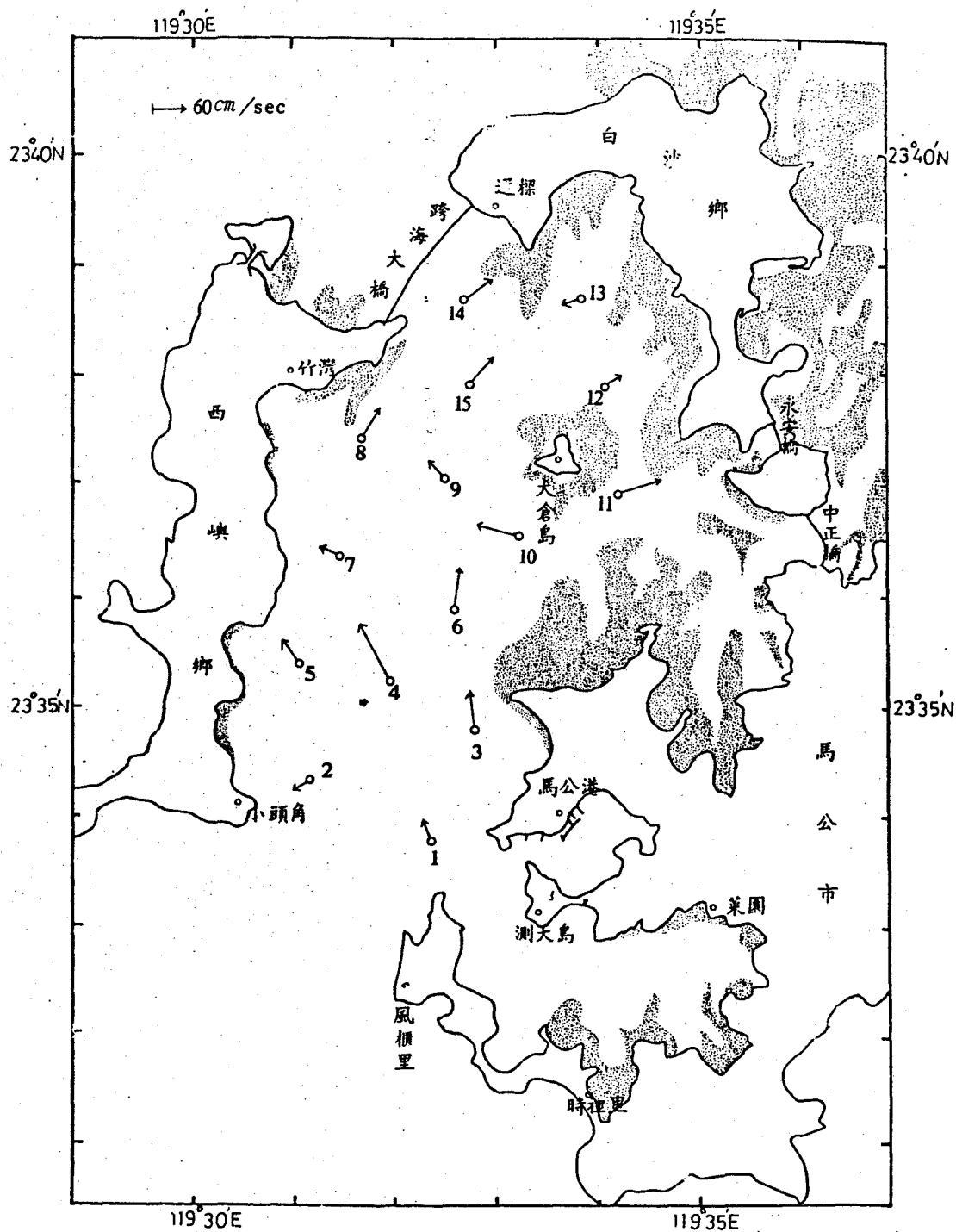


圖9 澎湖內灣乾潮時表層水的流速流向

Fig. 9 The directions and speeds of water current on the surface layer of water in Penghu Bay in Leap Tide.

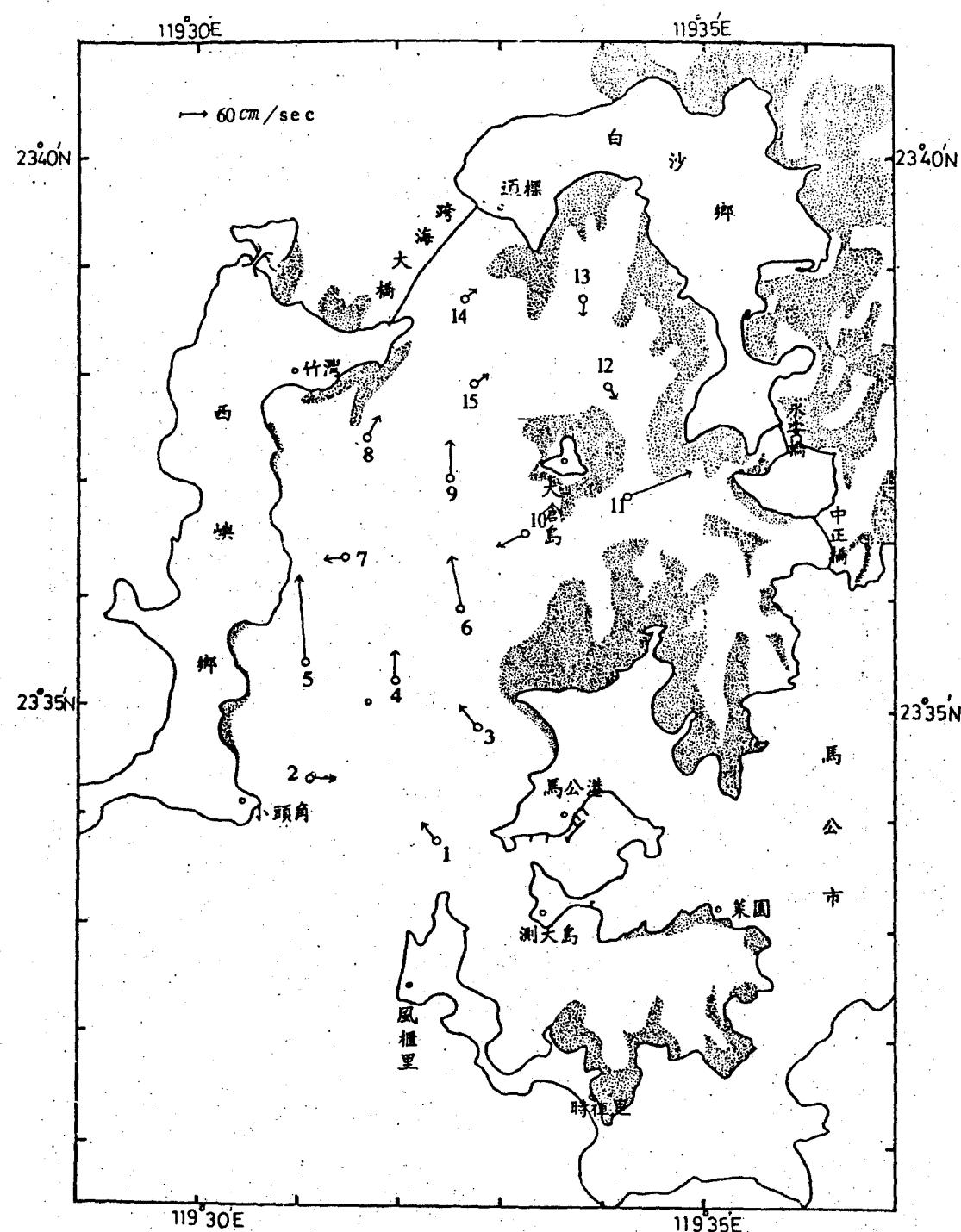


圖 10 澎湖內灣乾潮時底層水的流速流向

Fig. 10 The directions and speeds of water current on the bottom layer of water in Penghu Bay in Leap Tide.

次南北往復性的潮流，平均滿潮間隙以馬公港為 11 時 30 分。故由內灣定點觀測所得，內灣的水流滿潮時，水往南，乾潮時，水往北，此乃潮位週期與潮流週期相差所致。而一般在漲潮時，內灣海水向北流，灣外海水由風櫃與小頭角間入口流入，但部份流入馬公港及測天島、菜園與時裡包圍之澎南內灣，主流北向流至大倉島附近，並會合中正橋及永安橋下海水流入水流，結合往跨海大橋下流出。退潮時，海水在跨海大橋下由外往內流，部份經過大倉島從中正橋、永安橋下出，主流則經小頭角與風櫃間出。同時馬公港及澎南內灣水亦向外流出。流速方面，灣內南北 2 個出入孔道有較強的流速，跨海大橋下約 1.0—6.6 節 ($51.4-339.5 \text{ cm/sec}$)，馬公與小頭角間約 0.3—1.6 節間，中正橋及永安橋下在滿潮時其最大流速約在 5~6 節間，其餘灣內一般在 0.3~2.4 節 ($15.4 \sim 123.4 \text{ cm/sec}$)。

(二) 浮標追蹤法

為追蹤內灣水流主流的軌跡線使用浮標追蹤法，分別於 73 年 5 月 10 日及 8 月 10 日 2 次，追蹤了 3 條軌跡線（其中 2 條於跨海大橋分別於南北吼門下投放浮標，1 條由南方開口海灘岩西約 100 m 處投放）。73 年 8 月 10 日值大潮時之落潮期間，將浮標板投放於跨海大橋下水流最湍急的南吼門處，由圖 11 之記錄軌跡顯示，灣內主流較靠近西嶼近岸，且由追蹤浮標的時間及定位點（軌跡線上的數字）定位記錄可以計算出各點的流速（如圖 12）及流向，由圖 12 之記錄顯示，此區域內潮位週期與潮流週期於大潮落潮期間相差約 3 小時（水流於第 25 定位點已轉向），亦即潮位下降至一半仍下降中，但潮流已經轉向了。另一結果顯示，一次潮水（大潮約 6 小時）之浮標記錄，只走了約 7 公里之遠，即由跨海大橋下向南移動了約內灣水域的 2/3 長，因此即使在大潮時期，一次潮水的漲落亦無法將灣內海水完全更新，但如以過日言，西嶼東岸區域應可作大部份置換。而在小潮時，於 73 年 5 月 10 日於漲落潮期間追蹤了 2 條軌跡線，由追蹤記錄顯示，即水流最慢時兩定位點其平均流速僅 10 cm/sec ，一次潮水只能走灣內水域長度的 $1/6$ 左右，故即使周日也無法置換。此外，由西嶼東岸落潮期間 6 小時之軌跡線圖，潮水主流剛好經過整個牡蠣養殖區（第 5、7、8 採集站與西嶼沿岸間），故我們可以得到一個說明，何以內灣海水營養鹽並不豐富，但此區歷年來均能維持一定水準的牡蠣高生產量，原因可能即是新海水能夠適時補充而確保了基礎生產力。

六 浮游生物：Hu 和 Lee (1984)⁽⁸⁾ 於澎湖內灣海域稚幼魚場的調查研究裡，發現內灣海域為高經濟價值海水稚魚（如石斑、鯛類……等）生棲和繁衍的場所，又指出大倉島北部及白沙鄉南部淺水區為良好的底棲魚（鯛魚為主）稚幼魚場，故為了瞭解內灣稚幼魚與浮游動物等食物鏈其在數量和季節的相關性，每月於內灣設定 8 個採樣站進行分析，其結果如圖 13-a、b、c。每月取各站平均值得表 1。由表 1 顯示內灣的浮游動物，就全部個體數 (Total abundance ind's/ 100 m^3) 而言，全年以春 (2、3、4、5 月)，秋 (8、9、10 月) 兩季為最多，分別為每 100 m^3 海水中，含 6,636、4,937、6,837、8,257、8,864、5,724 及 5,325 隻，月平均值為 4,695 隻，如就全部生物量 [Total Biomass (wet wt) g/ 1000 m^3] 則以 8、9、5 月及 2 月較多，分別為每 1000 m^3 海水中含 54.8、38.7、32.8 及 30.9 gm，月平均值為 23.2g。8 月份含量則不論生物量或個體量均高於其他月份。整個海域之浮游動物族群中，取其月平均，則以橈腳類 (Copepoda) 所佔比例 30.35% 為最高，其次為魚卵 27.11%、蝦幼生 15.29% 及蟹幼生 15.01%，橈腳類在一年中，8、9、10 月於南方出入水口處有較高含量，於 2 月為族群優勢種。魚卵含量從元月份起，其月平均個體數即顯著的增加至 5 月份達到最高值，3~6 月均為族群主要優勢種，故顯見內灣海域 1~6 月為魚類主要的產卵期。區域性的分佈，元月份以大倉島附近海域較多，2 月份有往南移的趨勢，3 月份各區域較平均，4、5、6 月則又有南移的趨勢。然魚卵的分佈，除了產卵場主要靠潮流的傳送，故由上述季節的分佈情形，我們也很難判斷主要的產卵場所在何處，但如就內灣底質考慮，應以大倉島附近淺灘潮間區較為可能。蝦、蟹幼生則分別於 7、8 月及 4、9 月有較高的月平均個體數，於大倉島北部一年中 4~11 月均有較高的族群月含量比值，Hu 和 Tsai (

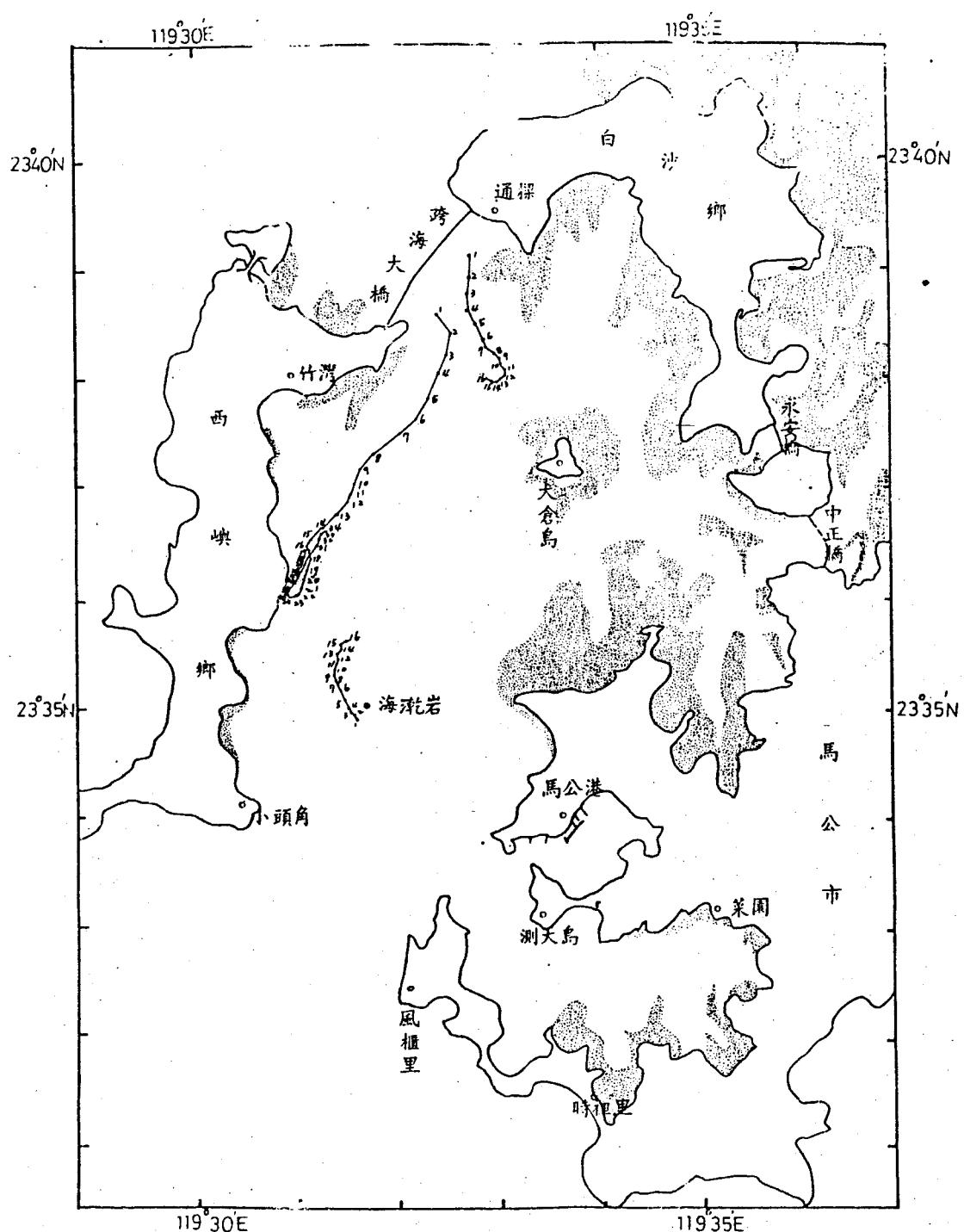


圖 11 澎湖內灣以浮標追蹤法所得之軌跡線圖

Fig. 11 Diagram of tracing line by tracing the float in Penghu Bay.

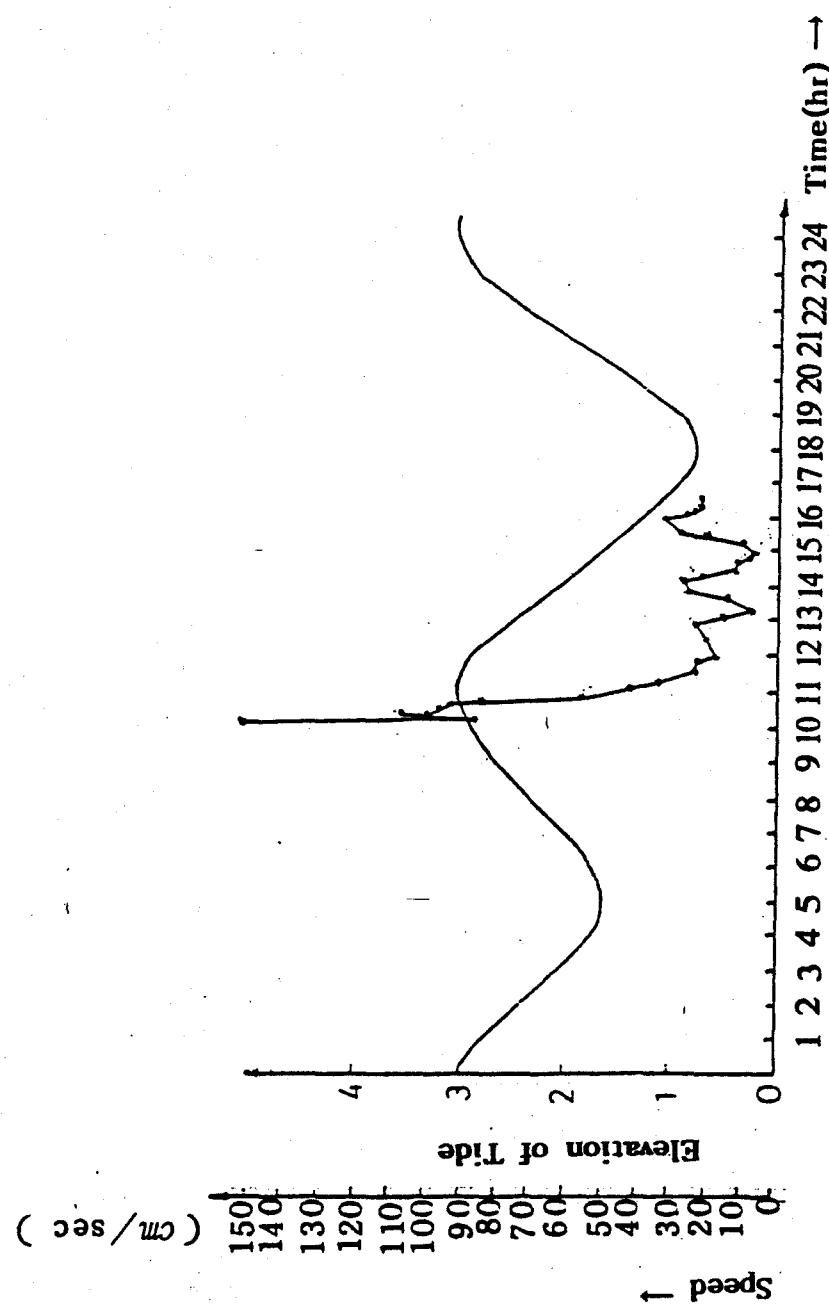


圖 12 澎湖內灣 1984 年 8 月 10 日潮位週期與潮流週期
Fig. 12 Cycles of tidal currents and elevation of tide in Penghu Bay on August 10th of 1984

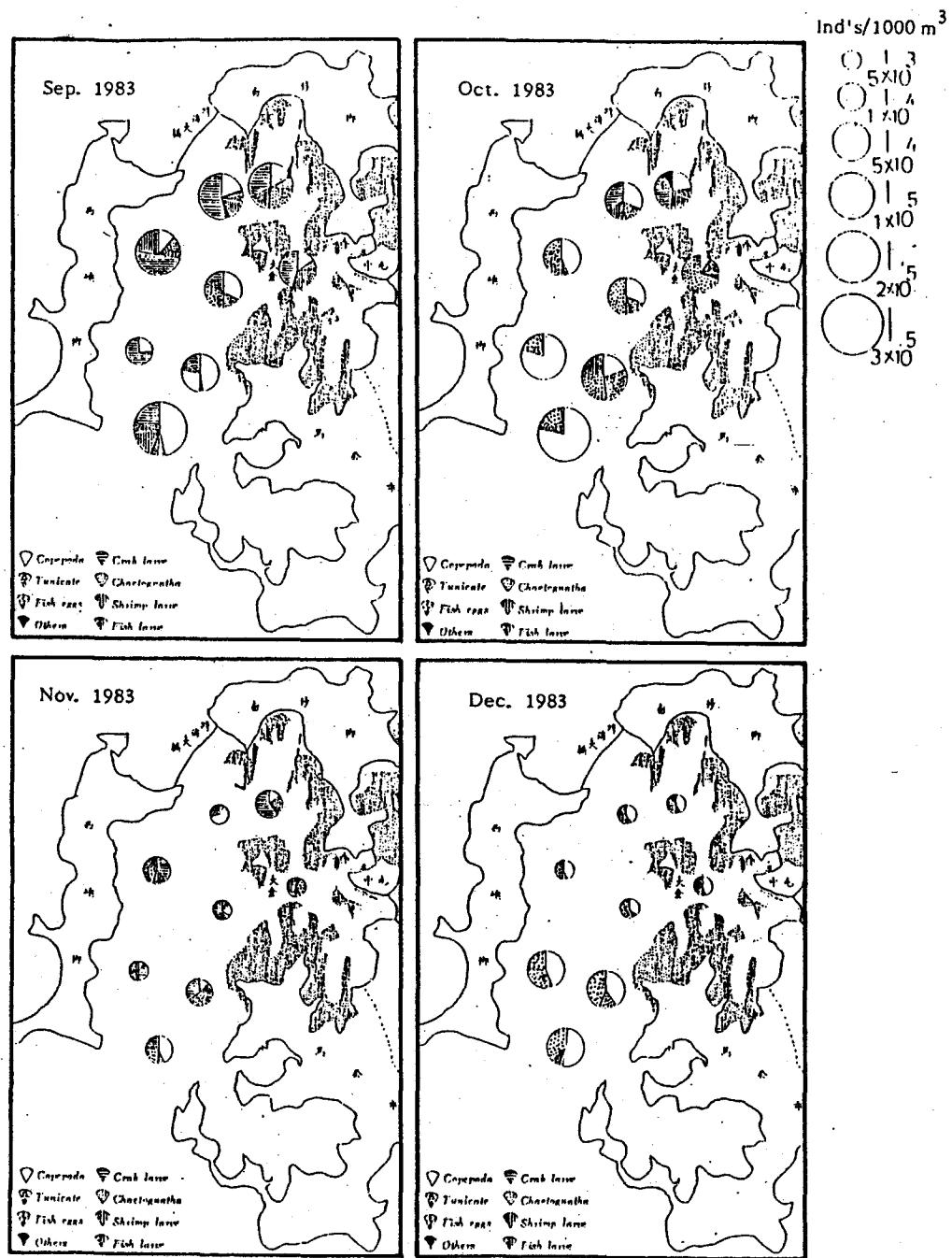


圖 13 - a 澎湖內灣 1983 年 9 月至 12 月各月份水平採集浮游動物組成分佈
Fig. 13-a Composition distributions of eight major groups of zooplankton collected from September to December in 1983.

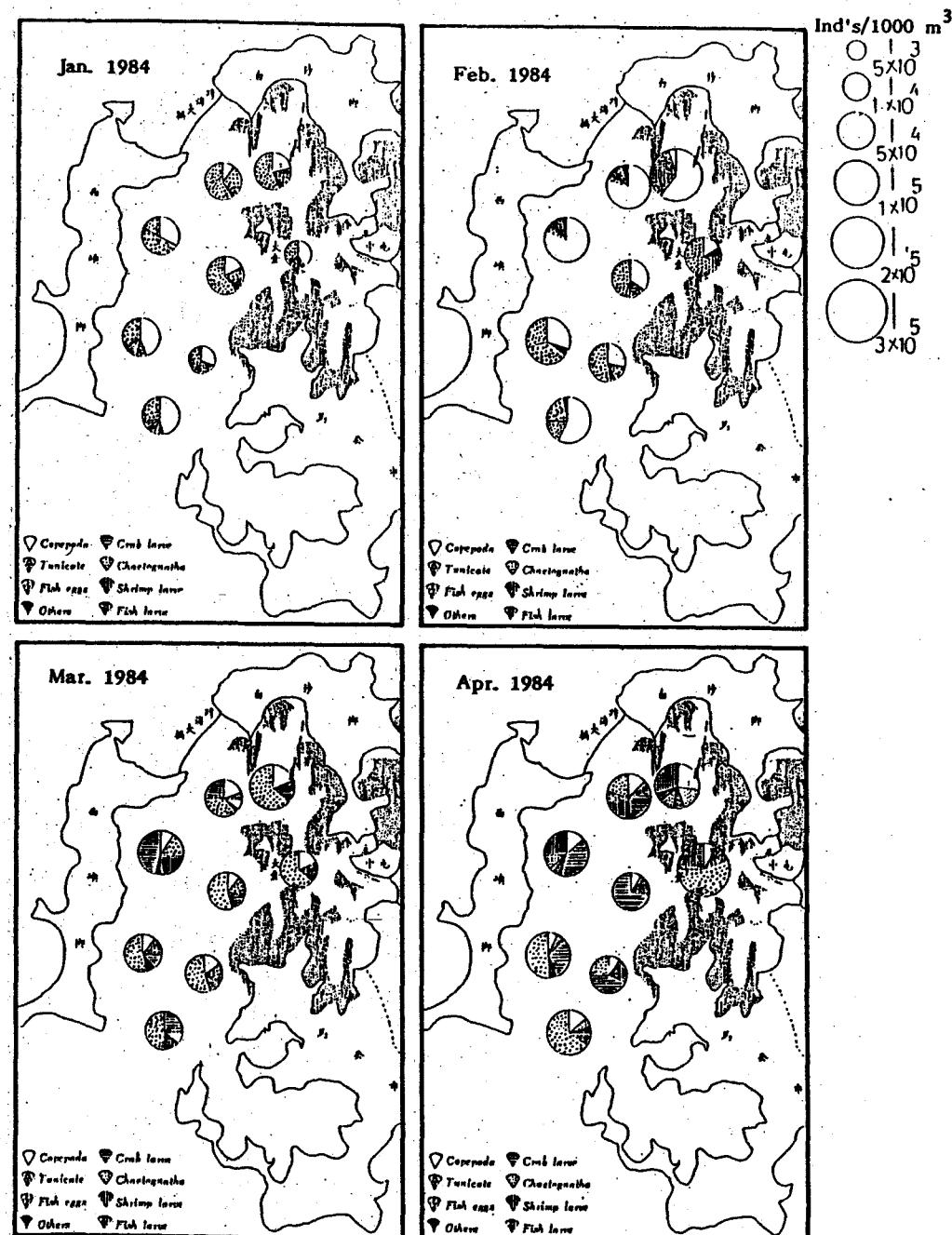


圖 13 - b 澎湖內灣 1984 年 1 至 4 月各月份水平採集浮游動物組成分佈
Fig. 13-b Composition distributions of eight major groups of zooplankton collected from January to April in 1984.

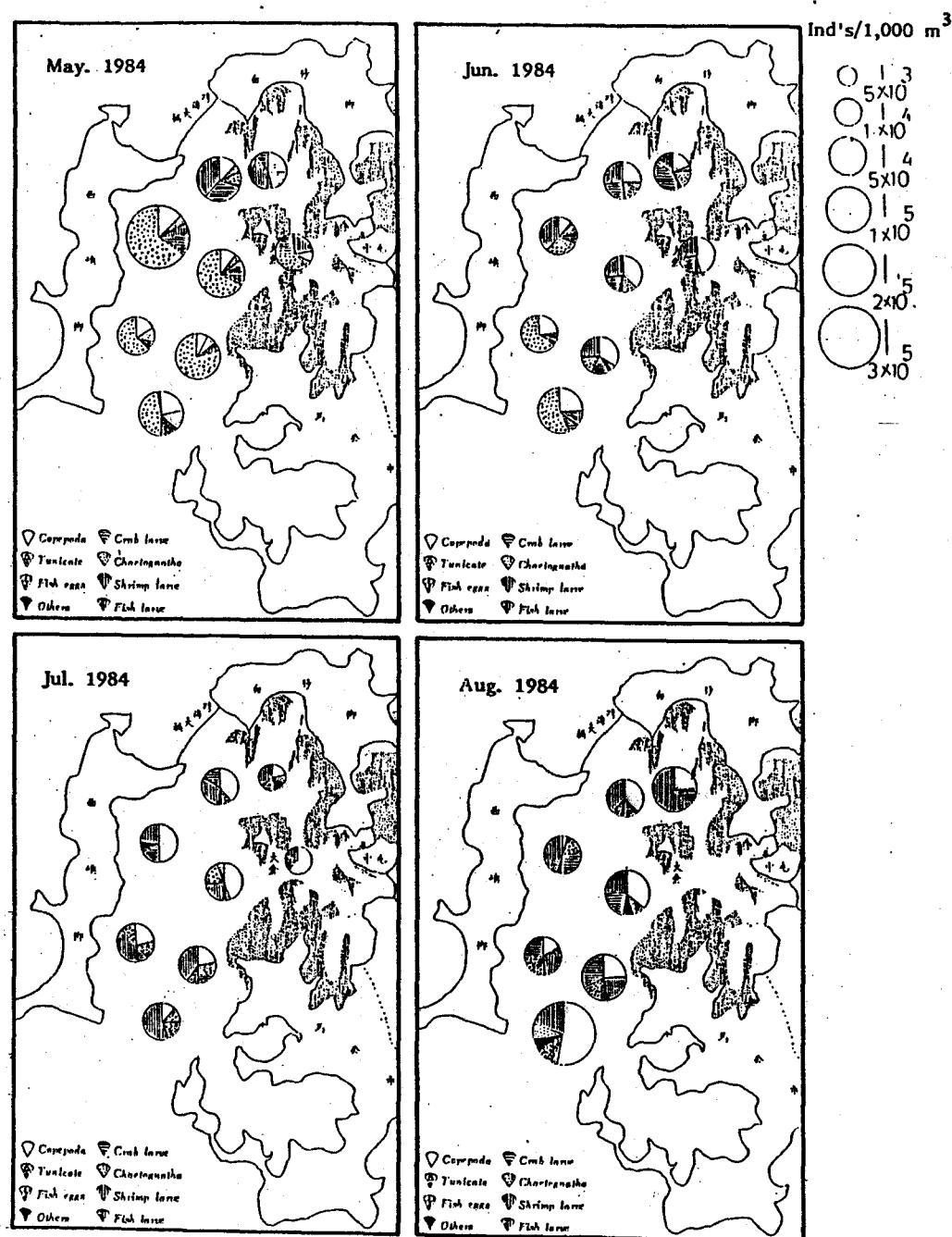


圖 13 - c 澎湖內灣 1984 年 5 月至 8 月份水平採集浮游動物組成分佈

Fig. 13-c Composition distributions of eight major groups of zooplankton collected from May to August in 1984.

Table 1 Abundance (individual / 100 m³). Biomass (gm / 1000 m³) and percentage of zooplankton in the Penghu Bay area.

A abundance

1984)⁽⁹⁾於此區分析稚幼魚場主要魚種胃容物時，發現其中大多數以蝦、蟹幼生為主，說明了甲壳類蝦、蟹幼生除了在內灣海域繁衍並在食物鏈中負擔著重要地位。此外，有尾類及毛頷類亦有少量分佈，分別於2月及5月有較高的月平均個體數，其他的種類含量則很少。

摘要

由澎湖內灣15個採集點，經過一年之採樣分析，內灣海水為一高鹽33.78～35.88‰，受季節影響不大，平均水溫18.33～27.31°C之間，1、2月最低，6月份最高，表底層水溫差約在±0.7°C，直接受季節影響。澎湖沿岸水質清澈，營養鹽含量較低，NO₃-N在0~82.1 ppb間，NO₂-N 1~11.8 ppb間，PO₄-P 0~17.64 ppb間，SiO₂-Si 0~2.85 ppm間。遇日有二次漲退潮，內灣的潮汐現象及海流的流向，完全受潮流的影響及內灣地形而異。整個浮游動物族群中，以8月份含量最豐，全年月平均生物量(wet wt)為23.2g/1000m³，月平均總個體數為4,695 ind's / 100 m³，其中以橈腳類所佔比率30.35%為最高，其次為魚卵27.11%，蝦幼生15.29%及蟹幼生15.01%。內灣海域1~6月為魚類之主要產卵期。

謝辭

本報告之完成承蒙王進益、鍾金水先生出海協助，薛月娥小姐做營養鹽的分析、高雪卿小姐做浮游生物及高素滿小姐之打字整理，工研院盧誌銘先生的協助與指導，以及劉分所長繼源之鼓勵與校正，在此一併致謝。

參考文獻

- 1.陳建初(1981). 水質分析，九大圖書公司，98—109.
2. Hung. T. C. (1978). Primary Productivity and Hydrographical Observations in waters Surrounding Taiwan. Proceedings of the Colloquium on Aquatic Environment in Pacific Region. Scope/Academia Sinica. 25 : 126 .
3. Hung. T. C. and charley C. H. Tsai (1974). Study on chemical nutrients and photosynthetic pigments in the kuroshio current around Taiwan island, Acta oceanogr, Taiwanica 4 : 71—92 .
4. Hung. T.C, C.H. Tsai and M.C. Ko (1977). Study on Primary Productivity along the Southwestern Coast of Taiwan and the Penghu island, Proceeding fo the National Science Council. 1(11)68—72.
5. 薛月娥、蔡萬生、胡興華(1981). 澎湖沿岸營養鹽及水質調查研究，台灣省水產試驗所試驗報告，33，306—316。
6. 李慶隆(1977). 澎湖縣主要內灣養殖漁場水質調查，台灣省水產試驗所試驗報告，28，145—170。
7. 陳民本、陳汝勤(1982). 中國的海洋，中央文物供應社，163—167.
8. Hu. S. H. T. J. Lee (1984). Structure of Fish communities in the Nursery Ground of Penghu Bay. Annual Collected Reports of the Penghu Branch Taiwan Fisheries Research institute. 4 , 1—18.
9. Hu. S. H. W. S. Tsai (1984). Stomach Content of Dominant Fishes in the Nursery Ground of Penghu Bay. Annual collected Reports of the Penghu Branch. Taiwan Fisheries Research institute. 4, 19—29.