

## 南灣海域沈積物及有孔蟲所顯示之沈積環境

### Marine Sediments and Foraminifera Indicating the Depositional Environments around Nan Wan (South Bay) Area

謝英宗 陳民本

Ying-Tzung Shieh and Min-Pen Chen

1. 台灣大學海洋研究所

#### 摘 要

位於台灣最南端的南灣是墾丁國家公園的一部份。從 58 個拖曳採樣及 6 個活塞岩心之研究，顯示南灣海域的海床上，表層之粗砂沈積物被中央大坂埕深谷的細粒沈積物所分隔。因為流入南灣的河流及流量都非常少，因此，沈積物中至少含有 70% 的生物殼體。這些淘選度差的中砂至粗砂中散佈著一些來自於珊瑚礁的珊瑚碎片，這些砂粒的碳酸鈣含量通常在 50% 以上，鵝鑾鼻外海的沈積物中則可達 90% 以上。陸源的碎屑物質則主要堆積在兩條河流的河口附近，這些岩屑受到波浪、潮汐和海流的作用而重新散佈沈積。

南灣海域所發現的 13 種浮游性有孔蟲明顯地呈現出熱帶羣集的特性，有孔蟲羣中 *Globigerinoides sacculifer* 的相對含量顯著的高於 *Globigerinoides ruber* 的含量，顯示南灣海域主要受來自低緯度具有高溫高鹽特性的黑潮洋流所影響。由沈積物中浮游性有孔蟲含量的分佈亦可說明黑潮在本區之流向，黑潮來自東南方並沿著海底地形上昇，至南灣中央後再轉向貓鼻頭之南流出灣外，但在貓鼻頭東側外海形成迴流。

南灣海域共可發現 112 種和亞種的底棲性有孔蟲，其中 *Amphistegina* 是南灣海域含量最多，也是最重要的一屬，它明顯地呈現出珊瑚水域的特徵。*Rotaliina* 是本區含量最多的亞目，而在離岸較遠海水深度較深之處 *Miliolina* 亞目的含量則逐漸增加，*Textulariina* 亞目在本區含量甚少。由底棲性有孔蟲之分佈可將南灣海域區分為五個有孔蟲生物相，即(1)南灣近岸相：水深在 50 公尺以內，以粗砂質沈積物為主，有孔蟲含量以 *Amphistegina* 最



多，一般在 60% 以上。(2) 南灣淺海相：水深在 50 到 100 公尺之間，以珊瑚和岩石底質為主，*Amphistegina* 的含量一般在 40% 以上，*Lenticulina* 有增多的趨勢。浮游性有孔蟲的含量一般在 20% 左右。(3) 南灣外陸棚相：水深深於 100 公尺，*Amphistegina* 的含量不及 10%，*Lenticulina*、*Cibicides*、*Pyrgo* 等深水性之種的含量明顯地增加。浮游性有孔蟲的含量在 30% 以上。(4) 白砂近岸相：沈積物以粗砂為主，有孔蟲羣以 *Amphistegina* 和 *Calcarina hispida* 為主，合計可達 80% 以上。(5) 風吹砂近岸相：以細砂質沈積物為主，有孔蟲羣以 *Amphistegina*、*Calcarina hispida* 和 *Pararotalia taiwanica* 為主。

南灣沈積物中底棲性有孔蟲的 Fisher  $\alpha$  值比浮游性有孔蟲在所有有孔蟲中之含量和海水深度具有更高的相關性，可作為視深度的良好指標，但浮游性有孔蟲羣的分佈則具有指示水團性質和水團移動的價值。底棲性有孔蟲之 Fisher  $\alpha$  值與水深之關係為  $D = 4.1719 + 7.7052 \alpha$  ( $\alpha$  相關係數為 0.794 (D 為水深，單位是公尺))。

### Abstract

Nan Wan (South Bay) is located at the southernmost extremity of Taiwan and is an oceanic portion of Kenting National Park. From the studies of 58 dredged surface sediments and 6 piston core tops, it is shown that the coarse-grained sandy sediments are separated by a central canyon. Because the bay receives only minor amounts of sediment from backshore drainages, therefore, the sediments mainly compose of 70% biogenic skeletons at least. The poorly sorted, medium-to coarse-grained carbonate sand interspersed with variable amounts of coral fragment reefs. These sediments usually consist of 50% carbonate content. Off Oluanpi Promontory, the carbonate materials may reach as high as 90%. Near two drainage exits, clastic materials from the backland are deposited. These materials are constantly reworked and redistributed by the waves, tides and currents.

13 species of the planktonic foraminifera have been identified from the studied sediments. Among this tropical assemblages, the relative abundance of *Globigerinoides sacculifer* is more than the amount of *G. ruber*. From the quantitative study of these deposited planktonic foraminifera, the water mass in Nan Wan reveals a similar characteristics to the warm and saline Kuroshio current. The statistical results indicate that the flowing path of Kuroshio current in this bay is parallel to the canyon from the south of Oluanpi Promontory toward the Kenting offshore, then turns southwestly and passes around Maopitou Promontory. A small loop current exists at the eastern side of Maopitou Promontory.

112 species and subspecies of benthic foraminifera have been found in the sediments of Nan Wan. *Amphistegina* is the most abundant and important genus which usually is a symbiotic organism with the coral reef. *Rotaliina* is a main suborder in Nan Wan; the ex-

istence of *Miliolina* becomes abundant at the deep neritic area; but, the occurrence of *Textulariina* is very few. In terms of assemblages, the foraminifera can be grouped into five facies; they are: (1) Nan Wan near-shore facies (less than 50m), characterized by predominant *Amphistegina* (more than 60%) in the assemblage; (2) Nan Wan neritic facies (50-100m), characterized by dominant occurrence of *Amphistegina* (40-60%), common occurrence of *Lenticulina* and 20% planktonic foraminifera in the assemblage; (3) Nan Wan outer-shelf facies (deeper than 100m), characterized by the dominance of *Lenticulina*, *Cibicides* and *Pyrgo*, more than 30% planktonic foraminifera and less than 10% *Amphistegina*; (4) Bai Sha (White Sand) near-shore facies, characterized by predominant *Amphistegina* and *Calcarina hispida* in the assemblages; (5) Feng Chuei Sha (Wind-blown Sand) near-shore facies, characterized by the dominant occurrence of *Amphistegina*, *Calcarina hispida* and *Pararotalia taiwanica*.

The Fisher  $\alpha$  is well correlated with the water depth,  $D(m) = 4.1719 + 7.7052 \alpha$  ( $r = 0.794$ ). The skeletons of planktonic foraminifera is brought into Nan Wan by the branch of Kuroshio current.

### 前 言

南灣位於台灣最南端的恆春半島。在南灣海域內東有鵝鑾鼻岬、西有貓鼻頭角延伸入海，隔水相峙。鵝鑾鼻和貓鼻頭為經地殼運動隆起之近代珊瑚礁台地。由於鵝鑾鼻和貓鼻頭為突出的海岸，坡度甚大，又沒有大河流注入，因此南灣海域可以認為是一個十分安定的獨立海岸 (Liang *et al.*, 1978)。

從台灣大陸棚沈積物之組成及成份的研究中 (Boggs *et al.*, 1974) 發現南灣海域大約是由 68% 生物遺骸的粗砂所組成的殘留 (relict) 沈積物。由馬鞍山附近海域的水文研究 (Liang *et al.*, 1978) 亦指出南灣海域的海流主要是潮汐流，黑潮次之，風的影響較小。楊榮宗等人 (Yang *et al.*, 1977) 對南灣海域內珊瑚羣集的分佈和生態調查後認為南灣海域由於水質清澈，溫度適宜，珊瑚生長非常繁盛。南灣海域內石珊瑚的種類繁多，但數量少；軟珊瑚種類少但數量多。葉國傑 (1984) 對南灣附近海域低頻運動的研究發現本區的上昇流可能是灣外質量輸送遇地形淺化抬昇，中層水湧至表層所造成的地形型之上升現象。蘇仲卿等人 (1984) 對南灣海域生態的綜合研究，認為本區為尚屬清潔之黑潮正常海水的海域。

由於底棲性生物缺乏高度自由運動的能力，不像浮游性生物受海流所載隨處漂流，因此底棲性生物是當地最直接且可靠的環境指標。南灣海域沈積物中，保存最完整且有意義的生物殼體就是有孔蟲。自從挑戰者號 (H.M.S. *Challenger*, 1872-1876) 作大規模的全球性調查研究以來，已有不少學者對有孔蟲發表研究報告。但在台灣附近海域只有黃敦友 (Huang, 1971, 1983) 對台灣海峽的有孔蟲羣作過研究。因此本文旨在探討南灣附近海域有孔蟲羣集和海洋環境之關係。



## 材料和方法

標本的採集分別以潛水、拖曳及岩心採樣法於南灣、風吹砂和白砂外海 65 個採樣點採樣(圖一,表一)。1 至 40 採樣點係表層沈積物, P1 至 P7 為活塞岩心採樣點, 41 至 50 在風吹砂外海, 51 至 58 在白沙外海。其中第 23 和 36 兩站為岩石, 37 站未獲沈積物, 50 及 51 為珊瑚。

採回實驗室之標本首先用清水洗去鹽分, 烘乾後備用, 以二分法取約 200 公克之砂樣, 採 0.5  $\phi$  的篩網間隔, 用超音波篩震器乾篩, 再將各網目之沈積物秤重並換算成重量百分比。若為泥質沈積物, 則取約 15 公克之標本置於玻璃瓶中, 加入 3 公克的六偏磷酸鈉(Sodium Hexa Meta Phosphate)分離劑, 並加入適量之蒸餾水, 置於震盪器中搖盪 8 小時, 以分離泥質顆粒。再將玻璃瓶中之沈積物溶液以 63 微米之篩網濕篩, 大於 63 微米部份烘乾後以篩網分析之。小於 63 微米部份收集於 1000 毫升的大量筒中, 加蒸餾水至 1000 毫升, 依 Stokes 定律, 作吸管(Pipette or Hydrometer)分析。實驗所得數據再依 Folk(1974)之公式計算各項參數。

碳酸鈣含量分析則依陳民本(Chen, 1978)改良 Molnia(1974)的鹽酸處理法, 在鹽酸溶解處理之前先除去沈積物中之鹽分, 如此可得到更精確的碳酸鈣含量。Shaw(1964)認為沈積物的成份佔 1% 者會在 300 個顆粒中被發現的或然率達 95%。因此, 一般分析沈積物的礦物成份或生物成份時, 至少要分析 300 個以上。本研究對有孔蟲羣集的分析方法是取約 10 公克的沈積物, 以二分法分為八等份, 挑取八分之一沈積物中之有孔蟲並計數之, 若有孔蟲之個數未達 300 個時, 則再取另一份挑取之, 直到超過 300 個以上為止。

## 沈積物之粒度及碳酸鈣含量分佈

南灣海域沈積物之平均粒度介於 -1.26  $\phi$  到 5.90  $\phi$  之間, 最普遍之顆粒大小則介於 -1  $\phi$  和 1  $\phi$  之間, 屬於極粗砂到粗砂的範圍。標準偏差一般在 1  $\phi$  到 1.5  $\phi$ , 屬劣淘選。圖二顯示南灣海域沈積物之平均粒度由西向東變細, 至南灣海域中央再逐漸向東變粗。顆粒在 13、21、22、26 及 27 站附近最粗, 而在 39、40、P5 附近較細, 這與南灣海域之海底地形有密切關係, 即粒度隨海水深度的增加而變細。灣內的第 2、3 站附近顆粒較細, 可能是漲潮時海水在此處有一個小的封閉環流(loop current)的形成(Liang *et al.*, 1978)使得陸源較細的顆粒無法被潮汐帶出而沈積的結果。風吹砂外海沈積物的平均粒度分佈介於 2.13  $\phi$  到 2.53  $\phi$  之間, 屬於細砂。其砂粒平均粒度逐漸向南增粗。標準偏差則在 0.4  $\phi$  到 0.48  $\phi$  之間, 屬良淘選, 但標準偏差往南逐漸增加, 顯示其淘選度愈往南愈差。白沙外海的平均粒度則在 0.34  $\phi$  到 1.65  $\phi$  之間, 屬於粗砂到中砂的範圍, 標準偏差在 0.4  $\phi$  到 1.06  $\phi$  之間, 屬良到中等淘選。

碳酸鈣含量可以視為沈積物中所有鈣質生物遺骸的含量。南灣海域沈積物之碳酸鈣含量(圖三)和平均粒度的分佈呈正相關的關係, 即顆粒較粗的沈積物中碳酸鈣含量亦較高。在南灣海域中, 碳酸鈣含量亦由西向東遞減, 至南灣中央向東又呈遞增的現象。其分佈大致上和等深線一致。在 15、22、27、35 站和 P1、P2、P3 站的碳酸鈣含量高達 90% 以上。但近岸

的 2、3、7、8 站及離岸較遠的 39、40、P5、P6 站的碳酸鈣含量則不及 50%。南灣海域沈積物中碳酸鈣含量的分佈和生物碎片的分佈非常一致, 這亦說明沈積物中的碳酸鈣含量主要來自於生物碎片。圖三亦顯示船帆石外海的碳酸鈣含量不及 50%, 此反應出該處非碳酸鈣的陸源物質含量超過沈積物總重量的二分之一以上, 這些陸源物質主要可能來自於風吹砂沙灘往內陸延伸之沙河被東北季風挾帶而來。風吹砂外海的碳酸鈣含量僅及 10~20% 之間, 但往南側含量愈高, 顯示陸源物質可能來自北面的樂水層及台地堆積層。

## 浮游性有孔蟲

南灣海域 60 個沈積物標本中共可鑑定出 13 種浮游性有孔蟲(表二), 這些浮游性有孔蟲的含量以 *G. sacculifer* 最多, 其次依序為 *P. obliquiloculata*, *N. dutertrei*, *S. dehiscens*, *G. conglobatus*, *G. menardii*, *G. ruber* 等共佔全部浮游性有孔蟲羣集的百分之八十五以上。南灣海域的浮游性有孔蟲呈現出典型的熱帶羣集的特性。

Bé 和 Tolderlund(1971)曾對 *G. ruber* 和 *G. sacculifer* 這兩種在熱帶水域含量最多的浮游性有孔蟲作過進一步的研究, 結果發現 *G. sacculifer* 較適應中等鹽度的水域(即 34.5‰~36‰)而 *G. ruber* 則適應於較低(<34.5‰)或較高(>36.0‰)鹽度的水域。在赤道中央地區鹽度中等的海域以 *G. sacculifer* 含量較多, 可達 50% 以上。謝凱旋和陳民本(1984)亦指出南中國海由於鹽度比開闊海洋要低, 因此 *G. ruber* 的含量一般均較 *G. sacculifer* 要高, 只有在南沙羣島附近 *G. sacculifer* 較多。而南沙羣島東側, 即巴拉望東北之明多羅海峽和西南的巴貝克海峽, 正是太平洋海水流進南中國海的通道。這亦說明位於菲律賓羣島東方源於赤道具有高溫高鹽特性的黑潮水團含有較多的 *G. sacculifer*。位於黑潮流經的風吹砂外海, 雖然水深在 30 公尺以內, 但是 *G. sacculifer* 的含量仍然佔有孔蟲含量的 1.8% (45 站)和 1.1% (47 站), 其餘各種(species)皆在 1% 以下。南灣海域中浮游性有孔蟲的含量與海水深度具有高度的正相關, 其關係為  $D=215.1-15.9 \times (B/B+P)$   $r=0.687$  (D 為海水深度, 單位是公尺; B 是底棲性有孔蟲之相對含量; P 是浮游性有孔蟲之相對含量)亦即南灣海域中央部份, 水深超過 100 公尺之處的沈積物中浮游性有孔蟲的含量最多, 因此分析這些浮游性有孔蟲可以說明海流在南灣海域中之路徑。

## 底棲性有孔蟲

南灣海域 60 個沈積物標本中可鑑定出 112 個種(species)和亞種(subspecies)的底棲性有孔蟲(表二)。*Amphistegina radiata* 和 *A. gibbosa* 是南灣海域中含量最多也是最重要的兩種有孔蟲, 從水深 4 公尺到 210 公尺的海域內皆有這兩種的分佈, 平均含量在 40% 以上, 而以水深 50 公尺以內的水域含量最多, 最高可達 93.5%, 這兩種有孔蟲的含量隨離岸距離和海水深度的增加而減少。

*Calcarina hispida* 多半分佈在水深淺於 30 公尺的水域內, 以白沙外海最多, 平均含量可達 42% 以上。*C. hispida* 隨水深的增加而急遽的減少, 至水深 100 公尺的海域幾乎已不存在。*Baculogypsina sphaerulata*、*Heterostegina depressa*、*Lenticulina* spp.、*Pyrgo* spp.、*Cibicides* spp. 則存在於較深的水域。*Pararotalia taiwanica* 僅存在於風吹砂外海, 其含量



由北面最高的 21.4% 往南遞減至 0%，且風吹砂外海 *P. taiwanica* 皆分佈於平均粒度在  $2\phi$  以下的細砂質沈積物中。

根據 Murray (1973) 的 MILIOLINA-ROVALIINA-TEXTULARIINA 三角環境圖(圖四)顯示南灣海域的底棲性有孔蟲羣集含有較多的 ROTALIINA，但離岸較遠，水深較深之處 MILIOLINA 的含量則逐漸增加。配合南灣海域的水文資料和 Murray 的三角環境圖亦指出南灣海域係屬中等鹽度(34.5‰~36.0‰)的海水。南灣海域中底棲性有孔蟲之 Fisher  $\alpha$  值介於 1.3 與 16.0 之間(表三)，較淺水域之 Fisher  $\alpha$  值亦較低，較深水域之 Fisher  $\alpha$  值亦較高。一般而言，水深在 50 公尺以內者其 Fisher  $\alpha$  值多在 6 以下，水深 100 公尺以上者之 Fisher  $\alpha$  值則在 9 以上，且 Fisher  $\alpha$  值和水深呈明顯之正相關(圖五)，其關係式如右： $D=4.1719+7.7052\alpha$   $r=0.794$ (D 為水深，單位是公尺)。

圖六為南灣海域九個測站有孔蟲羣集相對含量之剖面圖，圖中顯示底棲性有孔蟲之相對含量隨海水深度的增加而減少，而浮游性有孔蟲的含量則隨水深的增加而增加。*Amphistegina* spp. 和 *Calcarina hispida* 隨離岸距離和水深的增加而減少，*C. hispida* 尤其明顯，說明 *C. hispida* 僅生存於近岸的水域內。*Lenticulina* spp. 和其他含量較少之種屬則隨海水深度的增加而有增多的趨勢。有孔蟲的種數(number of species)則隨水深的增加而增多，在 25 站(水深 150 公尺)達 51 種。

依有孔蟲羣集和海洋環境(圖七)可將南灣海域分為五個有孔蟲生物相(圖八)：

a. 南灣近岸相：水深在 50 公尺以內，沈積物之平均粒度以粗砂為主。*Amphistegina* spp. 含量一般約在 60% 以上，最高可達 90.5%，*Calcarina hispida* 含量在 10% 左右，浮游性有孔蟲含量在 5% 以下。

b. 南灣淺海相：以珊瑚礁和岩石底質為主，水深介於 50 到 100 公尺之間。*Amphistegina* spp. 一般在 40% 以下，*Calcarina hispida* 含量在 5% 左右，*Lenticulina* spp. 有隨水深的增加而增多的趨勢，浮游性有孔蟲的含量一般在 20% 左右。

c. 南灣外陸棚相：水深在 100 公尺以下。*Amphistegina* spp. 的含量少於 10%，*Calcarina hispida* 已不存在，*Lenticulina* spp.，*Cibicides* spp.，*Pyrgo* spp. 有明顯增多的趨勢。浮游性有孔蟲含量在 30% 以上。

d. 白砂近岸相：沈積物之平均粒度以粗砂為主。以 *Amphistegina* spp. 和 *Calcarina hispida* 為主，兩者含量合計可達 80% 以上。

e. 風吹砂近岸相：以細砂質沈積物為主，*Amphistegina* spp. 含量在 30~50% 之間，往南有增加的趨勢，可達 81.5%；*Calcarina hispida* 一般含量在 20~40%，往南則遞減至 2.9%。*Pararotalia taiwanica* 是風吹砂近岸相具代表性之種，一般含量在 10~20% 之間。

### 沈積物之粒徑、成份與海洋環境的關係

表四是選取南灣海域沈積物十六項性質及成份所作的最大變異(Varimax)因子相關係數。表四中之因子一(F1)指出水深、有孔蟲之種數(number of species)和浮游性有孔蟲在所有有孔蟲中所佔的百分比(P/P+B，浮游性有孔蟲/浮游性有孔蟲加底棲性有孔蟲)的相關係數達 0.7638，0.6626，0.9653 呈高度之正相關，顯示有孔蟲之種數和浮游性有孔蟲之含

量隨水深的增加而增加。底棲性有孔蟲在所有有孔蟲總數中所佔之百分比(B/P+B，底棲性有孔蟲/浮游性有孔蟲加底棲性有孔蟲)與 *Amphistegina* spp. 和 *Heterostegina depressa* 之相關係數為 0.9656，0.6802，0.6354 亦呈正相關的關係。但前者(水深、有孔蟲種數、浮游性有孔蟲在所有有孔蟲總數中所佔之百分比)與後者(底棲性有孔蟲在所有有孔蟲中所佔之百分比、*Amphistegina* spp.、*Heterostegina depressa*)則呈負相關之關係，顯示底棲性有孔蟲之含量、*Amphistegina* spp.、*Heterostegina depressa* 之分佈隨海水深度的增加而減少。因子二(F2)顯示粗砂和碳酸鈣含量及生物碎片之相關係數為 0.8716、0.8918、0.9294 呈高度之正相關，但與細砂(-0.8669)則呈負相關，說明粗砂多半為碳酸鈣質之生物碎片。因子三(F3)顯示極粗砂(-0.6336)和中砂(0.9408)呈明顯之負相關，這是因為極粗砂中大多為生物碎片，而岩石碎片和礦物顆粒等非生物源之砂粒則集中於中砂之中。因子四(F4)指出有孔蟲之種數、*Eponides* spp. 和海水深度呈正相關，因為有孔蟲羣之種數和 *Eponides* spp. 都隨海水深度的增加而增多。因子五(F5)則指出 *Operculina ammonoides*(0.8942)為獨立因子。因子六(F6)顯示底棲性有孔蟲含量(0.9117)和極粗砂(0.5216)及 *Amphistegina* spp.(0.4436)呈中等程度之正相關。此現象說明了南灣海域中之有孔蟲大多存在於極粗砂之中，而且以 *Amphistegina* spp. 為主。以上述六個因子在每一測站中之分數(表五)所繪成之等值圖(圖九)更能清楚顯示南灣海域之生態環境。圖九中 F1A 顯示黑潮所帶來之浮游性有孔蟲，主要係沿著灣中水深較深之處進入南灣後再從貓鼻頭海面轉向西南流出南灣。F2A 則指出南灣海域沈積物中，生物碎片和碳酸鈣含量主要集中在鵝鑾鼻西側外海和貓鼻頭南面外海約五海里處，這兩處的碳酸鈣含量都在 90% 以上(圖三)，鵝鑾鼻西側之粗粒生物碎片也是砂島沙灘砂粒的主要來源。F3A 顯示東北季風所挾帶的風吹砂沙灘砂主要分佈在船帆石和小灣一帶外海。F4A 說明南灣海域第 21 和 29 兩個採樣站附近，是最適宜有孔蟲生長的环境。F5A 顯示南灣海域的 *Operculina ammonoides* 主要集中在第 3 和第 10 採樣站附近。F6A 指出南灣海域的有孔蟲含量，主要以 13 和 16 兩個採樣站附近最多，這可能是生態環境、海流之作用、波浪的沖刷等數個因子共同影響的結果。綜合以上的分析亦可說明南灣海域的海流主要是受來自其東南方的黑潮所影響，黑潮沿著海底地形上昇，至南灣中央地區再轉向西南，沿著貓鼻頭外海流出灣外。而在核三廠附近淺水區之海流似乎有一個迴流，使得該處之沈積物比附近地區為細，有孔蟲的含量也少得多。

### 沈積物中有孔蟲的分佈與海洋環境之關係

南灣海域 56 個測站沈積物中，有孔蟲的個數超過 85 個的 30 種(species)有孔蟲之最大變異因子相關係數列於表六。表中之因子一(F1)指出 *Eponides repadus*、*Heterolepa praecincta*、*Lenticulina expansus* var. *planulatus*、*L. gibba*、*L. vortes*、*L. sp.*、*Globorotalia menardii*、*Sphaeroidinella dehiscens* 的含量具有明顯之正相關，說明上述之有孔蟲羣的生存環境具有一致性。再由表七之 30 種有孔蟲羣在 56 個測站中的最大變異因子相關分數表和其等值線圖(圖十)可清楚的顯示因子一(F1)所指出的有孔蟲羣是生存在較深水域的海底，主要是沿著貓鼻頭外海往南轉東南的方向呈弧形延伸分佈。表六中的因子二(F2)明顯地區分了底棲性有孔蟲和浮游性有孔蟲的羣集，同時亦指出 *Globigerinoides ruber*、*Glo-*



*borotalia crassaformis*、*Orbulina universa* 三者具有高度之正相關，而這些浮游性有孔蟲又以南灣西側海域的 2、14、28 三個測站的含量較多(圖十之 F2)。因子三(F3)說明 *Elphidium crispum*、*Pyrgo depressa*、*Quinqueloculina* sp.2 具有明顯之正相關，圖十之 F3 亦說明此三種有孔蟲一般較適宜生存在水深 100 公尺以上的水域。因子四(F4)顯示 *Baculogypsina sphaerulata*、*Calcarina hispida* 具有高度之正相關，圖十之 F4 則指出此兩種有孔蟲主要集中在南灣西側水深 30 公尺以內的近岸環境。因子五(F5)指出 *Heterostegina depressa*、*Operculina ammonides*、*Pararotalia taiwanica* 具有明顯之正相關，且以風吹砂外海的含量最高(圖十之 F5)，而 *H. depressa* 和 *P. taiwanica* 也正是風吹砂近岸相的代表性有孔蟲。因子六(F6)中 *Cibicides pseudoungerianus*、*Globigerinoides sacculifer*、*Neoglobobadrina dutertrei*、*Pulleniatina obliquiloculata* 具有明顯之正相關。由因子六在 56 個測站中之相關分數所繪的圖十之 F6 顯示上述四種有孔蟲在南灣海域的分佈，顯然的這些浮游性有孔蟲的分佈可以指出黑潮流進南灣後有一支流轉向東北，流向砂島外海，而在貓鼻頭東側則形成一個迴流。因子七(F7)顯示 *Textularia foliacea* 為獨立因子，圖十之 F7 則指出 *T. foliacea* 主要是沿著大坂埤深谷水深較深處分佈。雖然底棲性有孔蟲的 Fisher  $\alpha$  值和海水深度具有較好的相關性，可作為視深度的良好指標，但是浮游性有孔蟲羣的分佈則具有指示水團性質的水團移動的價值。

綜合沈積物性質和有孔蟲分佈的因子分析，可以繪出南灣海域長期之海流淨流向，再配合本區的盛行風向，繪成圖十一。圖中說明南灣海域的海流主要受來自其東南方的黑潮所控制，黑潮主要沿海底地形上升，流至南灣中央地區後有一股小支流折向東北，流向砂島附近海域；另一支流流進核三廠外海，再沿南灣西側海岸在貓鼻頭東側形成一個迴流。黑潮主流則從貓鼻頭南方流入台灣海峽。在南灣中央轉向東北的小支流和核三廠外海的迴流，可能是黑潮(向西)受退潮潮流(向東)影響的結果。而在恆春半島東岸的風吹砂外海，黑潮(由南向北)和受東北季風影響而產生的沿岸流(由北向南)在風吹砂外海附近會合，且風吹砂地區地形上是向陸地凹陷的海灣，適於沈積物的堆積，因此造成風吹砂濱岸的大量砂質堆積物。

## 結 論

1. 南灣海域的底質可分為三類，即珊瑚或岩石質、砂質和泥質。沈積物之平均粒度以砂島西南方海域最粗，核三廠東側外海的顆粒最細。大致而言，南灣海域沈積物的顆粒以西面和東面較粗，中央大坂埤深谷部份的海底顆粒較細。鵝鑾鼻南方五公里外海海底則為泥質沈積。南灣海域沈積物的成份則以生物碎片最多。碳酸鈣含量在鵝鑾鼻西側海域達 90%，貓鼻頭東側海域較少，不及 50%。在北緯 21°52' 以南、東經 120°46' 以東之海底，碳酸鈣含量亦達 90% 以上。

2. 南灣海域所發現的 13 種浮游性有孔蟲明顯地呈現出熱帶羣集的特性，有孔蟲羣中 *Globigerinoides sacculifer* 之相對含量顯著的高於 *Globigerinoides ruber* 之含量，顯示南灣海域主要受來自低緯度具有高溫高鹽特性的黑潮洋流所影響。由沈積物中浮游性有孔蟲含量之分佈亦可說明黑潮在本區之流向，黑潮來自東南方並沿海底地形上昇，至南灣中央後再轉向貓鼻頭之南流出灣外，但在核三廠附近外海有迴流形成。

3. 南灣海域共可發現 112 種和亞種的底棲性有孔蟲，其中 *Amphistegina* 是南灣海域含量最多，也是最重要的一屬，它明顯地呈現出珊瑚水域的特徵。*Rotaliina* 是本區含量最多的亞目，而在離岸較遠海水深度較深之處 *Miliolina* 亞目的含量則逐漸增多，*Textulariina* 亞目在本區含量甚少。由底棲性有孔蟲之分佈可將南灣海域分為五個有孔蟲生物相，即：(1) 南灣近岸相：水深在 50 公尺以內，以粗砂質沈積物為主，有孔蟲的含量以 *Amphistegina* spp. 最多，一般在 60% 以上。(2) 南灣淺海相：水深在 50 到 100 公尺之間，以珊瑚和岩石底質為主，*Amphistegina* spp. 的含量一般在 40% 以下，*Lenticulina* spp. 有增多的趨勢。浮游性有孔蟲的含量一般在 20% 左右。(3) 南灣外陸棚相：水深在 100 公尺以上。*Amphistegina* spp. 的含量不及 10%，*Lenticulina* spp.、*Cibicides* spp.、*Pyrgo* spp. 等深水性之種的含量明顯地增多；浮游性有孔蟲的含量一般在 30% 以上。(4) 白砂近岸相：沈積物以粗砂為主。有孔蟲羣以 *Amphistegina* spp. 和 *Calcarina hispida* 為主，兩者合計可達 80% 以上。(5) 風吹砂近岸相：以細砂質沈積物為主。有孔蟲以 *Amphistegina* spp.、*Calcarina hispida* 和 *Pararotalia taiwanica* 為主。

4. 本研究發現底棲性有孔蟲的 Fisher  $\alpha$  值比浮游性有孔蟲在所有有孔蟲中之含量和海水深度具有更高的相關性，可作為視深度的良好指標，但浮游性有孔蟲的分佈則具有指示水團性質和水團移動的價值。底棲性有孔蟲之 Fisher  $\alpha$  值與水深的關係為  $D=4.1719+7.7052\alpha$ ，相關係數為 0.794(D 為水深，單位是公尺)。

## 誌 謝

作者特別感謝黃敦友教授對有孔蟲鑑定所提供的指導。薛樂青先生和陳若玲小姐在實驗與繪圖，巫翠惠小姐在碳酸鈣含量測定，劉純琪、鄭兆威、祝樹基諸位在採樣上的協助，在此一併誌謝。本研究經費係墾丁國家公園所支助。

## 參考文獻

1. 葉國傑 (1984) 南灣附近海域低頻運動之研究：國立台灣大學海洋研究所碩士學位論文。
2. 謝凱旋、陳民本 (1984) 南海表層沉積物中之浮游性有孔蟲：經濟部中央地質調查所彙刊第三號，81-106頁。
3. 蘇仲卿、洪楚璋、江永棉、譚天賜、張崑雄、楊榮宗、鄭穎敏、范光龍 (1984) 南部核能電廠附近海域之生態研究第五年執行報告：中研院國際環境科學委員會專刊第二十七號，214頁。
4. Bé, A.W.H. and Torderlund, D.S. (1971) Distribution and ecology of living planktonic foraminifera in surface water of the Atlantic and Indian Ocean. In: Funnell, B.M. and Riedel, W.R., eds., The micropaleontology of oceans, Cambridge Univ. Press, 105-149.
5. Boggs, Sam. Jr., Wang, W.C. and Chen, J.C. (1974) Textural and compositional patterns of Taiwan Shelf sediments. Acta Oceanographica Taiwanica, Inst. Oceanogr. N.T.U. (4):13-56.
6. Chen, M.P. (1978) Calcareous nannoplankton biostratigraphy and paleoclimate history of Late Neogene sediments of the Northwest Florida continental shelf. Ph. D. Dissertation, Texas A&M Univ., College Station, Texas, 464p.
7. Folk, R.L. (1974) Petrology of sedimentary rocks. Univ. of Texas. Hemphile Publ. Co., Austin, 182p.
8. Huang, T. (1971) Foraminiferal trends in the surface sediments of Taiwan Strait. United Nations



ECAFE, COOP Tech. Bull., 23-61.

9. ----- (1983) Foraminiferal biofacies of the Taiwan Strait, R.O.C. : Bollettino della Societa Paleontologica Italiana. 22(1-2):151-177.

10. Liang, N.K., Lien, S.L., Chen, W.C. and Chang, H.T. (1978) Oceanographic investigation in the vicinity of Ma-an-shan-Nan-wan Bay. Inst. Oceanogr., N.T.U. Special Publ. (18):207p.

11. Molnia, B.F. (1974) A rapid and accurate method for the analysis of calcium carbonate in small samples. Journal of Sedimentary Petrology. 44(2):589-590.

12. Murray, J.W. (1973) Distribution and ecology of living benthic foraminiferids. Heinemann Educational Books Co., London, 274p.

13. Shaw, A.B. (1964) Time in stratigraphy. McGraw-Hill, New York. 365p.

14. Yang, R.T., Huang, C.C., Wang, C.H., Yeh, S.Z., Jan, Y.F., Liu, S.J., Chen, C.H., Chen, S.J., Chang, L.F. and Tsai, C.F. (1977) A marine biological data acquisition program pertaining to the construction of a power plant in Nan-Wan Bay area. Phase II. Biological data Acquisition. Inst. Oceanogr., N.T.U., Special Publ. (13):194p.

採樣站 Station Number	位 置 Location		Water 水深 Depth (公尺) (m)
	N 北緯	E 東經	
1	21°56'12"	120°44'40"	20
2	21°56'00"	120°45'04"	65
3	21°56'00"	120°46'02"	50
4	21°56'10"	120°47'00"	14
5	21°56'13"	120°47'49"	5
6	21°55'53"	120°48'45"	9
7	21°55'24"	120°45'30"	85
8	21°55'00"	120°44'36"	60
9	21°55'00"	120°45'00"	75
10	21°55'00"	120°46'00"	80
11	21°54'54"	120°46'54"	93
12	21°55'00"	120°48'00"	45
13	21°55'00"	120°49'00"	32
14	21°54'24"	120°43'18"	62
15	21°54'20"	120°50'07"	7
16	21°54'00"	120°44'00"	50
17	21°54'00"	120°45'00"	55
18	21°54'00"	120°46'00"	93
19	21°54'00"	120°47'00"	140
20	21°54'00"	120°48'00"	130
21	21°53'48"	120°49'12"	47
22	21°54'00"	120°50'00"	29
23	21°53'30"	120°43'00"	150
24	21°53'30"	120°45'00"	60
25	21°53'30"	120°47'00"	150
26	21°53'30"	120°49'00"	55
27	21°53'30"	120°50'00"	35
28	21°53'00"	120°43'00"	80
29	21°53'00"	120°44'00"	90
30	21°53'00"	120°45'00"	92
31	21°53'00"	120°47'00"	120
32	21°53'00"	120°48'00"	150
33	21°53'00"	120°49'00"	80
34	21°53'00"	120°50'00"	49
35	21°53'00"	120°51'00"	56
36	21°51'24"	120°42'36"	80
37	21°52'00"	120°45'00"	120
38	21°52'00"	120°47'00"	110
39	21°52'00"	120°49'00"	170
40	21°52'00"	120°51'00"	85
41	21°57'03"	120°50'03"	4
42	21°57'03"	120°50'12"	10
43	21°57'03"	120°50'30"	17
44	21°57'03"	120°50'56"	27
45	21°56'30"	120°50'34"	17
46	21°56'30"	120°50'50"	24
47	21°56'30"	120°51'15"	28
48	21°56'00"	120°50'52"	20
49	21°56'48"	120°51'32"	25
50	21°55'33"	120°51'36"	8
51	21°56'30"	120°42'00"	10
52	21°56'08"	120°42'06"	11
53	21°56'09"	120°42'31"	4
54	21°56'00"	120°42'00"	22
55	21°56'00"	120°42'30"	7
56	21°55'30"	120°42'12"	30
57	21°55'30"	120°42'30"	8
58	21°55'19"	120°42'12"	36
p-1	21°51'00"	120°43'00"	90
p-2	21°51'00"	120°45'00"	110
p-3	21°51'12"	120°46'05"	135
p-4	21°51'00"	120°47'00"	145
p-5	21°51'12"	120°49'00"	140
p-6	21°51'00"	120°51'00"	210
p-7	21°51'00"	120°47'06"	120



表二 南灣海域之有孔蟲羣

一、底棲性有孔蟲

*Ammobaculites reophaciformis* Cushman  
*Ammonia beccarii* (Linneus)  
*Amphicoryna scalaris sagamiensis* (Asano)  
*Amphistegina gibbosa* d'Orbigny  
*Amphistegina radiata* (Fichtel and Moll)  
*Amphistegina radiata papillosa* Said  
*Anomalina glabrata* Cushman  
*Anomalina rostrata* (Brady)  
*Archaias* sp.  
*Asanonella shojii* Huang  
*Baculogypsina sphaerulata* (Parker and Jones)  
*Biloculinella taiwanica* Huang  
*Bolivina subaenariensis* Cushman var.  
*Bolivinita quadrilatera* (Schwager)  
*Bolivinita subangularis* (Brady)  
*Brizalina semicostata* (Cushman)  
*Brizalina* sp.  
*Calcarina hispida* (Brady)  
*Cancris indicus* (Cushman)  
*Cassidulina pacifica* Cushman  
*Cibicides pseudoungerianus* (Cushman)  
*Cibicides refulgens* Montfort  
*Cibicides subhaidingerii* Parr.  
*Dentalira communis* d'Orbigny  
*Dorothia pseudoturris* (Cushman)  
*Eggerella propinqua* (Brady)  
*Elphidium crispum* (Linnaeus)  
*Elphidium taiwanum* Nakamura  
*Eponides berthelotianus* (d'Orbigny)  
*Eponides procerus* (Brady)  
*Eponides repandus* (Fichtel and Moll)  
*Euuvigerina aculeata* (d'Orbigny)  
*Flintina* sp.  
*Fronicularia* sp.  
*Gaudryina* (*Siphogaudryina*) *rugulosa* Cushman  
*Gaudryina siphonifera* (Brady)  
*Guttulina pacifica* (Cushman and Ozawa)  
*Guttulina regina* (Brady, Parker and Jones)

*Gyroidina neosoldanii* Brotzen  
*Hanzawaia hoppoensis* (Nakamura)  
*Hauerina fragilissima* (Brady)  
*Heterolepa praecincta* (Karrer)  
*Heterostegina depressa* d'Orbigny  
*Hoglundina elegans* (d'Orbigny)  
*Lagena laevis* (Montagu) var.  
*Lagena sulcata* (Walker and Jacob)  
*Laticarinina halophora* (Stache)  
*Lenticulina calcar* (Linnaeus)  
*Lenticulina gibba* (d'Orbigny)  
*Lenticulina* var. *planulatus* (Cushman)  
*Lenticulina vortex* (Fichtel and Moll)  
*Lenticulina* sp.  
*Lingulina kansireiensis* Nakamura  
*Miliolinella iongchuananae* Huang  
*Miliolinella* sp.  
*Mississippina concentrica* (Parker and Jones)  
*Nodosaria albatrossi* Cushman  
*Nodosaria lepidula* Schwager  
*Nummoloculina contraria* (d'Orbigny), juv.  
*Operculina ammonoides* (Gronovius)  
*Pararotalia taiwanica* (Nakamura)  
*Patellinella jugosa* (Brady)  
*Pegidia dubia* (d'Orbigny)  
*Peneroplis* sp.1  
*Peneroplis?* sp.2  
*Planispirinella* sp.  
*Pseudonodosaria laevigata* (d'Orbigny)  
*Pseudorotalia indopacifica* (Thalmann)  
*Pullenia bulloides* (d'Orbigny)  
*Pyrgo denticulata* (Brady)  
*Pyrgo denticulata* (Brady) var. *striolata* (Brady)  
*Pyrgo depressa* (d'Orbigny)  
*Pyrgo lucernula* (Schwager)  
*Pyrgo vespertilio* (Schlumberger)  
*Quinqueloculina* cf. *agglutinens* d'Orbigny  
*Quinqueloculina boueana* d'Orbigny  
*Quinqueloculina bradyana* Cushman  
*Quinqueloculina distorta* Cushman

表二(1)

*Quinqueloculina granulocostata* Germeraad  
*Quinqueloculina kansireiensis* Nakamura  
*Quinqueloculina parkeri* (Brady)  
*Quinqueloculina pseudoreticulata* Parr.  
*Quinqueloculina* aff. *sawanensis* Asano  
*Quinqueloculina vulgaris* d'Orbigny  
*Quinqueloculina* sp.1  
*Quinqueloculina* sp.2  
*Quinqueloculina* sp.3  
*Quinqueloculina* sp.4  
*Rectobolivina bifrons* (Brady)  
*Rectobolivina* sp.  
*Reussella* sp.  
*Saracenaria italica* Defrance var. *volpicelli* (Costa)  
*Siphogenerina raphanus* (Parker and Jones)  
*Siphoninoides echinata* (Brady)  
*Spiroloculina angulata* Cushman  
*Spiroloculina communis incisa* Cushman  
*Textularia foliacea* Heron-Allen and Earland  
*Textularia rugosa* (Reuss)  
*Textularia sagittula* Defrance var. *fistulosa* Brady  
*Textularia* sp.1  
*Textularia* sp.2  
*Textularia* sp.3  
*Textularia* sp.4  
*Textularia* sp.5  
*Textularia* sp.6  
*Trifarina* sp.  
*Triloculina bertheliniana* (Brady)  
*Triloculina tricarinata* d'Orbigny  
*Triloculina trigonula* (Lamarck)  
*Uvigerina pepregrina dirupta* Todd  
*Vaginulina bradyi* Cushman  
*Vaginulinopsis tasmanica* Parr.?  
 二、浮游性有孔蟲  
*Globigerina calida* Parker  
*Globigerinella aequilateralis* (Brady)  
*Globigerinoides conglobatus* (Brady)  
*Globigerinoides ruber* (d'Orbigny)  
*Globigerinoides sacculifer* (Brady)

*Globorotalia crassaformis* (Galloway and Wissler)  
*Globorotalia menardii* (d'Orbigny)  
*Globorotalia truncatulinoides* (d'Orbigny)  
*Globorotalia tumida* (Brady)  
*Neogloboquadrina dutertrei* (d'Orbigny)  
*Orbulina universa* d'Orbigny  
*Pulleniatina obliquiloculata* (Parker and Jones)  
*Sphaeroidinella dehiscens* (Parker and Jones)



表三 南灣海域各測站沈積物中底棲性有孔蟲之 Fisher  $\alpha$  值分佈 (括弧內數字為水深, 單位是公尺)

Fisher $\alpha$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	5	41	15	6	57	18	47		9	11	21	14	2	7	8	
	(5)	(4)	(7)	(9)	(8)	(93)	(28)		(75)	(93)	(47)	(62)	(65)	(85)	(60)	
	55	53	46	1	43		24		20	P2	3	38	25		29	
	(7)	(4)	(24)	(20)	(17)		(60)		(130)	(110)	(50)	(110)	(150)		(90)	
	42	48	26	34	45				P3	P4	10	P7			32	
	(10)	(20)	(55)	(49)	(17)				(135)	(145)	(80)	(120)			(150)	
	52	49			44						P1				39	
	(11)	(25)			(27)						(90)				(170)	
	4	22			12						30					
	(14)	(29)			(45)						(92)					
	54	56			17						31					
	(22)	(30)			(55)						(120)					
	13	27									19					
	(32)	(35)									(140)					
	35	58														
	(56)	(36)														
	16															
	(50)															

表四 南灣海域沈積物中 16 項因子之最大變異 (Varimax) 因子相關係數表

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Depth (m X 10) 水深 (公尺)	.7638	.1143	-.0828	.4100	.0483	.1704	-.2125
Very Coarse Sand 極粗砂 (%)	-.0747	.4083	-.6336	.0920	-.1015	.5216	.0992
Coarse Sand 粗砂 (%)	-.1390	.8716	.0061	-.1715	-.0049	-.0226	-.3110
Medium Sand 中砂 (%)	-.0800	.1123	.9408	-.1627	-.0849	-.1777	-.0992
Fine Sand 細砂 (%)	-.0459	-.8669	.0059	-.1151	.2802	-.2678	-.1021
Carbonate Content 碳酸鹽含量 (%)	-.1574	.8918	-.0537	.1842	-.1155	.2537	.0152
Biogenic Fragment 生物碎片 (%)	-.0185	.9294	.0164	.0402	-.1336	-.0177	.0902
Species No. (X 100) 有孔蟲之種類	.6626	-.0553	.0194	.6363	.2520	-.1357	-.0738
Benthic Foram. 底棲性有孔蟲之含量	-.0673	.1777	-.2462	-.0649	-.0623	.9117	.0121
B/P+B 底棲性有孔蟲/有孔蟲總含量	-.9656	.1327	.0172	-.0058	.0785	.0869	-.0991
P/P+B 浮游性有孔蟲/有孔蟲總含量	.9653	-.1313	-.0162	.0066	-.0807	-.0883	.0996
Amphistegina spp.	-.6802	.1632	-.1885	-.1948	.1296	.4436	.3864
Calcarina hispida	-.5509	.1242	.2506	-.4950	-.2471	-.2677	-.4271
Eponides spp.	.1562	.1927	-.1965	.8766	-.1721	-.0961	.0320
Heterostegina depressa	-.6354	-.5505	.0936	-.3090	.0591	-.0072	-.1062
Operculina ammonoides	-.0924	-.3724	-.0517	-.0543	.8942	-.0722	.0375



表五 南灣海域沈積物中 16 項因子之最大變異 (Varimax) 係數在各測站中之相關分數表

Station Number	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	-.3050	1.0016	-.1952	-.7965	-.3578	-.9255	-1.0219
2	1.6448	-.9324	.0278	-.7205	-.1711	-.1754	.8659
3	-.0488	-.7145	.3077	.3168	3.2756	-.2346	.4335
4	-.7127	1.1196	-1.3424	-1.0148	.6278	-.6566	2.5968
5	-.9288	.1526	1.5090	-.6487	-.4630	.5010	1.3432
6	-.7955	-.8535	1.7300	.0103	-.2315	-.2765	2.1656
7	1.0409	-.5674	-.3540	-.2671	.6614	.3815	-.0750
8	.7035	-.6737	-.2435	.0108	.4880	.4796	-.1298
9	-.1778	.4594	-1.0001	.4535	.2905	.5576	-.3138
10	.8811	.7926	1.1006	-.3654	3.0522	.8896	-.2410
11	.3447	.4477	.6336	.3757	.3955	.3262	-1.2683
12	-.4886	.0794	.8256	-.2112	.7411	2.2638	-.4477
13	-.7371	-.6252	-.0402	-.5690	-.6258	3.5488	-.2833
14	.4906	.1849	-.8347	1.3163	-.7012	-1.0604	.8668
15	-.8695	.8608	1.9969	-.3763	.0217	-.2802	1.2826
16	-.5875	-.4380	-.5257	-.6402	-.4732	3.0527	-.5408
17	-.7085	.2396	-.4154	.9949	-.3970	.2665	1.0718
18	-.6279	.6380	-.3786	1.8026	-.2014	-.0521	.5103
19	1.0711	.4609	-.6674	.0420	.2441	.5488	-1.1777
20	1.8721	-.3441	.4070	-.8449	-.0553	.9688	-.3700
21	-.5741	.1831	-.4679	2.1453	-.5264	-.0942	.0386
22	-.5208	.6085	-1.6817	-.8509	-.5374	1.6016	.5851
24	-.6082	.2950	-.2334	1.8243	-.4370	-.2218	1.3108
25	.9964	-.1611	1.0250	.3831	-.2303	-.0396	.8636
26	-.4469	.0314	-.3322	-.1366	-.3053	.9199	.6458
27	-.5335	.9498	-1.4523	-.8302	-.2814	.8696	-.3166
28	3.5298	-1.2293	-1.4957	-2.8895	-1.5807	-1.3889	2.0653
29	.0009	-.0407	-.9680	2.6525	-.8960	-.7867	-.3480
30	.3357	.6044	-.7819	1.8056	-.3577	-.5668	-.7044
31	.6994	.0497	.6069	1.2200	.0576	.1298	-.8906
32	1.5471	-.5263	1.3306	.7294	-.1162	.7896	-.7517
34	-.4815	.5952	-.9868	.1766	-.1341	.6149	1.3297
35	-.3818	.8009	-1.3868	-.9209	-.3024	1.2679	-.7443
38	.6683	.2221	-.3011	1.3262	-.3066	-.2382	-.5265
39	2.1975	-.3590	.8086	.1779	-.3238	-.0924	-.2003
41	-.8162	-1.3535	2.3964	-.1737	-1.3507	.0378	.1432
42	-1.1305	-2.3944	-.4326	-.5635	-1.5155	-.7833	-1.7348
43	-.9674	-2.4550	-.5588	-.0469	-.7824	-.7734	-1.1553
44	-.9543	-1.0036	-.1466	.2097	.8950	-.4684	.7439
45	-.7154	-2.0768	-.7336	-.2275	1.3152	-.8799	-.0992
46	-1.0517	-2.1615	-.2574	-.2320	-1.2237	-.7575	-1.6264
47	-.6905	-1.6970	-.9666	-.2297	4.0777	-1.0121	-.1376
48	-.6463	.2080	.2610	-.8399	.1126	-.6928	-.7174
49	-1.0572	.1180	-1.4878	-.3587	-.3599	.1456	2.0368
52	-.6845	1.2602	.6925	-1.2724	-.2434	-1.1074	-.8448
53	-.6289	1.5171	.1774	-1.2957	.0098	-1.4286	-1.0131
54	-.7618	.8435	1.8777	-.5527	-.3462	-.6167	.3100
55	-.6189	1.3788	.5706	-1.1486	-.1562	-1.2160	-.9491
56	-.5741	1.3085	-.2114	-1.2536	-.1054	-1.1503	-1.1644
57	-.5543	-.2376	2.5065	.3049	-.6530	-.1846	1.0400
58	-.6652	1.2992	-.0741	-1.0057	.1090	-.8725	-1.2741
p-1	.3875	1.0850	-.3996	.6641	.4423	-.7540	.3522
p-2	.7095	.8403	-.6080	.5249	.1982	-.3773	-.1927
p-3	.8718	.5380	.1112	1.0622	-.0717	-.1093	-.4159
p-4	1.6757	.3478	1.0801	.0695	.1485	.2714	-.6494
p-7	1.3836	.3230	-.0210	.6768	-.3429	-.1591	-.2759

表六 南灣海域 56 個測站中 30 種 (species) 有孔蟲羣之最大變異 (Varimax) 因子相關係數表

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
<i>Amphistegina gibbosa</i>	.3703	-.3487	.2950	-.2667	-.3148	.4871	.0733
<i>A. radiata</i>	.4212	-.2594	.2179	-.3520	.3915	.5264	-.1861
<i>A. radiata papillosa</i>	.0909	-.1738	.0660	-.5152	-.2495	-.3672	.4135
<i>Baculogypsina sphaerulata</i>	.1800	-.1435	.1334	.7787	-.1309	.0369	-.0246
<i>Calcarina hispida</i>	.3357	-.2287	.2652	.7039	.0049	.2718	-.2017
<i>Cibicides pseudoungeri</i>	-.2930	-.0369	-.2151	-.1550	.0900	-.8030	-.0177
<i>C. subhaiderli</i>	-.5207	-.0857	-.3399	-.0859	.1116	-.6561	-.1234
<i>Elphidium crispum</i>	.0500	-.0356	-.7922	-.0759	-.2547	-.1094	-.0244
<i>Eponides repandus</i>	-.7860	-.0734	.0167	-.2238	.1892	.0505	.2685
<i>Heterolepa praecincta</i>	.3585	-.2189	.2939	.0326	.1466	.1137	.2437
<i>Heterostegina depressa</i>	-.3121	-.0607	.1950	.2043	-.5947	.2997	-.2518
<i>Hoplundina elegans</i>	-.8569	-.0183	-.5285	-.1028	.1523	-.5753	.2817
<i>Lenticulina expansus</i> var. <i>planulatus</i>	-.6451	.0208	-.0267	-.1244	-.0160	-.2947	-.0712
<i>L. gibba</i>	-.8915	-.0145	-.5470	-.0710	.1491	.3881	-.0688
<i>L. vortesi</i>	-.7689	-.0685	-.2256	-.0486	.0955	-.2622	-.0150
<i>L. sp.</i>	.1786	-.1278	.0799	-.1329	.1652	-.1489	.2388
<i>Operculina ammonides</i>	.1034	-.0185	-.1405	-.3603	-.6728	.0078	.1253
<i>Pararotalia taiwanica</i>	-.4204	-.0045	.7475	.3212	-.6926	.1753	-.1186
<i>Pyrgo depressa</i>	-.2028	.0247	-.8555	-.0181	.1671	-.1887	-.0002
<i>Quinqueloculina</i> sp. 2	-.2110	.0031	-.1416	-.1037	.0911	-.1414	.1902
<i>Textularia foliacea</i>	-.2283	.5368	-.1135	-.1578	.0564	-.0848	.8122
<i>G. conglobatus</i>	.0768	.9447	.0569	-.1131	.0802	-.6554	-.2383
<i>G. ruber</i>	-.0482	.6138	-.1183	-.0506	.0130	-.0626	-.0252
<i>G. sacculifer</i>	-.0176	.4839	-.0682	-.1384	.0704	-.7271	.1063
<i>N. dutertrei</i>	-.2517	.7332	-.0256	-.1070	.0778	-.7151	.3573
<i>G. crassaformis</i>	-.6371	.3641	-.0332	-.0053	.1010	-.2242	.3967
<i>G. menardi</i>	.0254	.9076	.0284	-.0148	.0748	-.4654	.0420
<i>O. universa</i>	-.2396	.3246	-.1194	-.0750	-.0033	-.1193	-.1453
<i>P. obliquiloculata</i>	-.9300	.2005	-.0111	-.1176	.1094	-.7755	.2932
<i>S. dehiscentes</i>				.0063	.0314	-.0777	-.0088



表七 南灣海域 56 個測站中 30 種 (species) 有孔蟲羣最大變異因子之相關分數表

Station Number	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	.5486	-.3388	.3512	2.7720	.4093	-.2129	.6095
2	1.0332	1.6592	-.4786	.2045	.3961	-.7910	1.7129
3	.2896	.1928	.0471	-1.6722	-2.0739	-.0006	-.6662
4	.5355	-.2253	.3862	-1.2557	.7529	.8617	-.8965
5	.4734	-.3416	.5006	-.2625	.2315	.5725	-.8172
6	.6816	.1252	-1.6912	-.2174	-1.0131	1.1947	-.4565
7	.7711	-.1460	.3665	-1.3249	-.7145	-1.6142	.0443
8	.5048	-.8501	.9192	-1.1247	-.5505	-2.1073	.4498
9	.1898	-.5945	.6655	-.9001	.1219	.2175	1.1816
10	.6713	.2239	.5275	-.6977	-1.0175	-.5005	2.8889
11	-.2604	.1804	.4386	.0636	.0520	.3495	.3111
12	.5663	-.3885	-.1779	-1.0141	-.5655	.6788	.7074
13	.5233	-.3301	.4872	-.7848	.5201	.5505	-.9771
14	-1.9402	1.0201	.7514	.6551	.2602	.3264	2.3163
15	.4706	-.3918	.4332	.1973	.0530	.4451	-.5090
16	.5529	-.2933	.4177	-.5682	.5971	.5838	-.9855
17	.1128	-.2275	.4752	-.7988	.7614	.8246	.5227
18	-.2655	-.2351	.4258	-.7885	.7439	1.0970	.7839
19	-.3754	.6322	.3602	.4403	.6005	-.0888	1.6506
20	1.1942	.5500	.8470	-.0062	.5598	-2.3783	.9150
21	-.4707	-.5680	.4365	-.7294	.2879	.2891	1.3877
22	.6133	-.1680	.2510	-.5029	1.8112	.7219	-1.0077
24	-.2434	-.3875	.0167	-1.0380	.4673	.7396	.6002
25	.3951	-.1936	.0932	.0241	.2915	-2.1582	2.0469
26	.5289	-.3173	.3188	-.6049	.6297	.6372	.9909
27	.5538	-.2249	.3273	-.2839	1.4391	.6293	-.8496
28	.3877	6.6712	.4036	-.1473	.1467	.3449	-.9643
29	-3.1692	-.1439	.3416	.1025	.1384	.7413	.2920
30	-3.7331	-.0510	1.3205	-.2013	-.5102	.7571	-.3455
31	-1.2987	-.7787	-.1775	-.6405	.1007	-1.5360	-.7402
32	-1.3946	-.4937	.2318	.2097	.1282	-1.9871	.0442
34	.3480	-.2837	.4008	-1.0450	.8682	.6478	-.1290
35	.5524	-.1931	.2622	-.2053	1.4024	.5971	-.9442
38	-3.0456	.3431	-.7180	-.0203	-.0217	.3061	-.9346
39	-.6664	.7763	.3528	-.2119	.1810	-2.5633	-1.9768
41	.3329	-.0455	-.4531	1.7478	-1.3011	.3931	-.5620
42	.1989	-.2514	.2835	1.4995	-1.6967	.2013	-.5191
43	.1242	.0897	-.6943	1.4497	-3.0030	.6355	-.0757
44	.3430	-.0715	-.0720	-.9024	-1.6988	.7544	-.4522
45	.4067	-.1386	-.1457	-.5524	-2.4104	.1413	-.4856
46	.3095	-.3300	.2732	2.1067	-.9793	.1000	-.3271
47	.3078	-.1718	.3537	-1.3105	-2.6364	.3970	.2447
48	.3883	-.5371	.6233	2.8178	-.3542	-.2077	.1757
49	.5841	-.2605	.1176	-.8551	.1443	.6541	-.8564
52	.4731	-.3387	.4919	1.0629	.4756	.2669	-.5385
53	.4519	-.3737	.4378	1.2962	.6651	.1892	-.4095
54	.5098	-.3006	.3353	.7668	.6664	.3736	-.6290
55	.4970	-.3151	.4426	1.2201	.8879	.2197	-.5292
56	.4968	-.3053	.5128	.9796	.6777	.3077	-.2316
57	.3029	.0224	.0985	.4556	.0888	.4771	.0316
58	.4333	-.3400	.3402	.7170	.4295	.4267	-.3378
p-1	.4980	-.2571	-4.1388	-.6227	.1695	.0865	-.0076
p-2	.0292	.1378	-4.0356	.4931	1.1871	.6123	1.5826
p-3	-1.4385	.0421	-1.9815	.0769	.4131	.3984	.5980
p-4	-.3326	-.3240	-1.5402	-.0173	.4533	-2.4593	-1.6185
p-7	-.5510	-.0947	-1.1628	-.0518	.3364	-2.1429	-1.3088

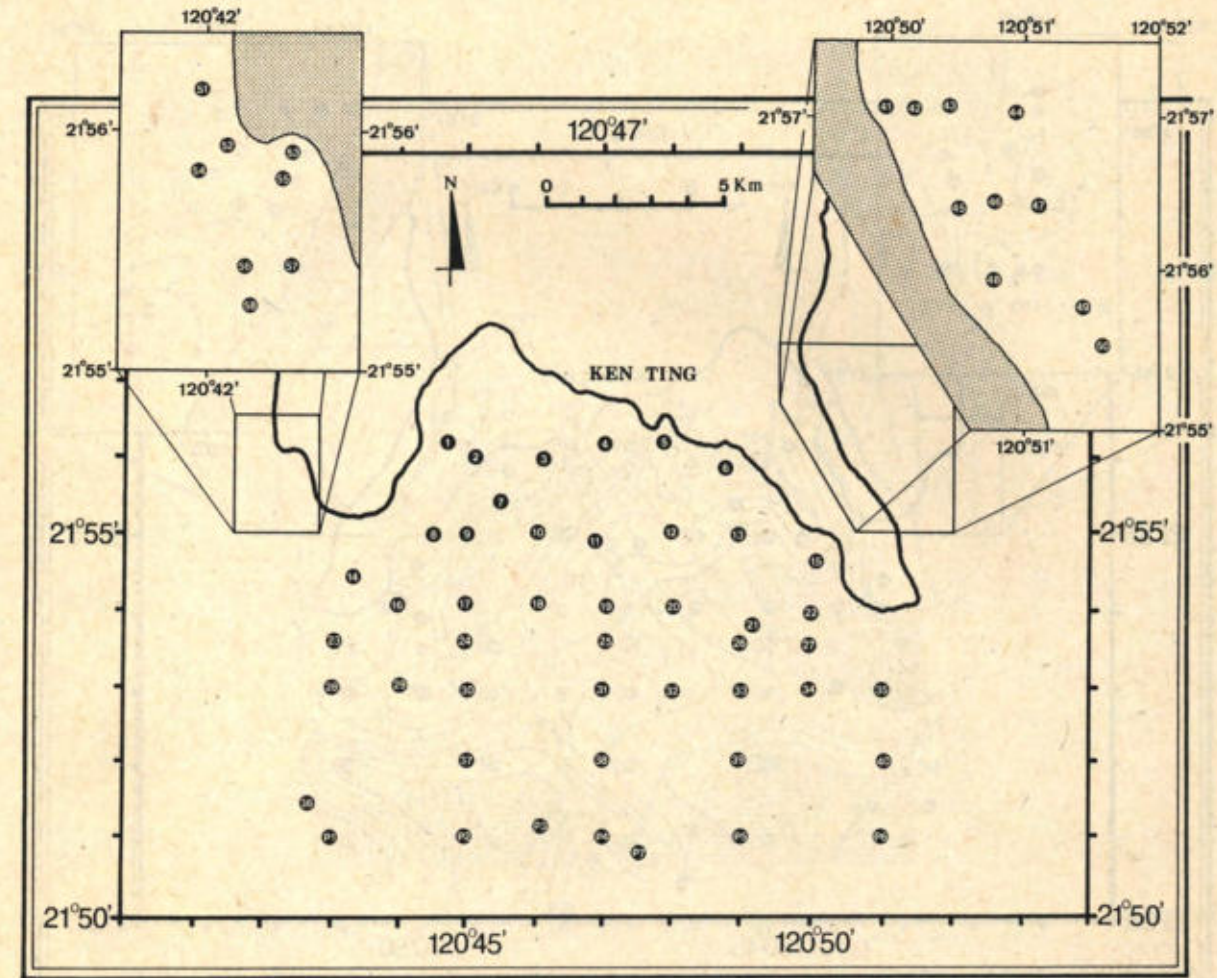


圖 1 南灣海域沈積物採樣位置圖



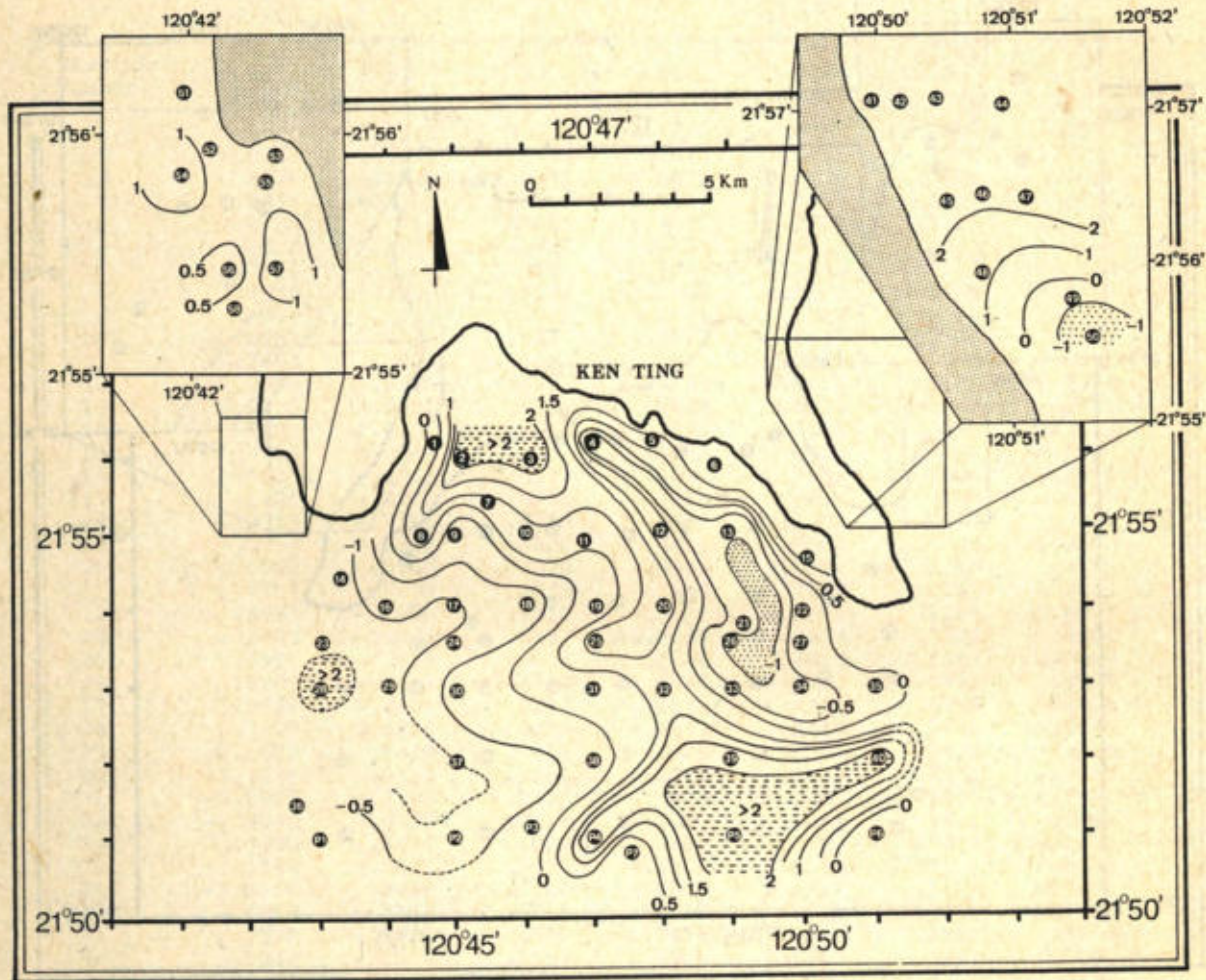


圖 2 南灣海域沈積物平均粒度等值線圖 (單位 $\phi$ )

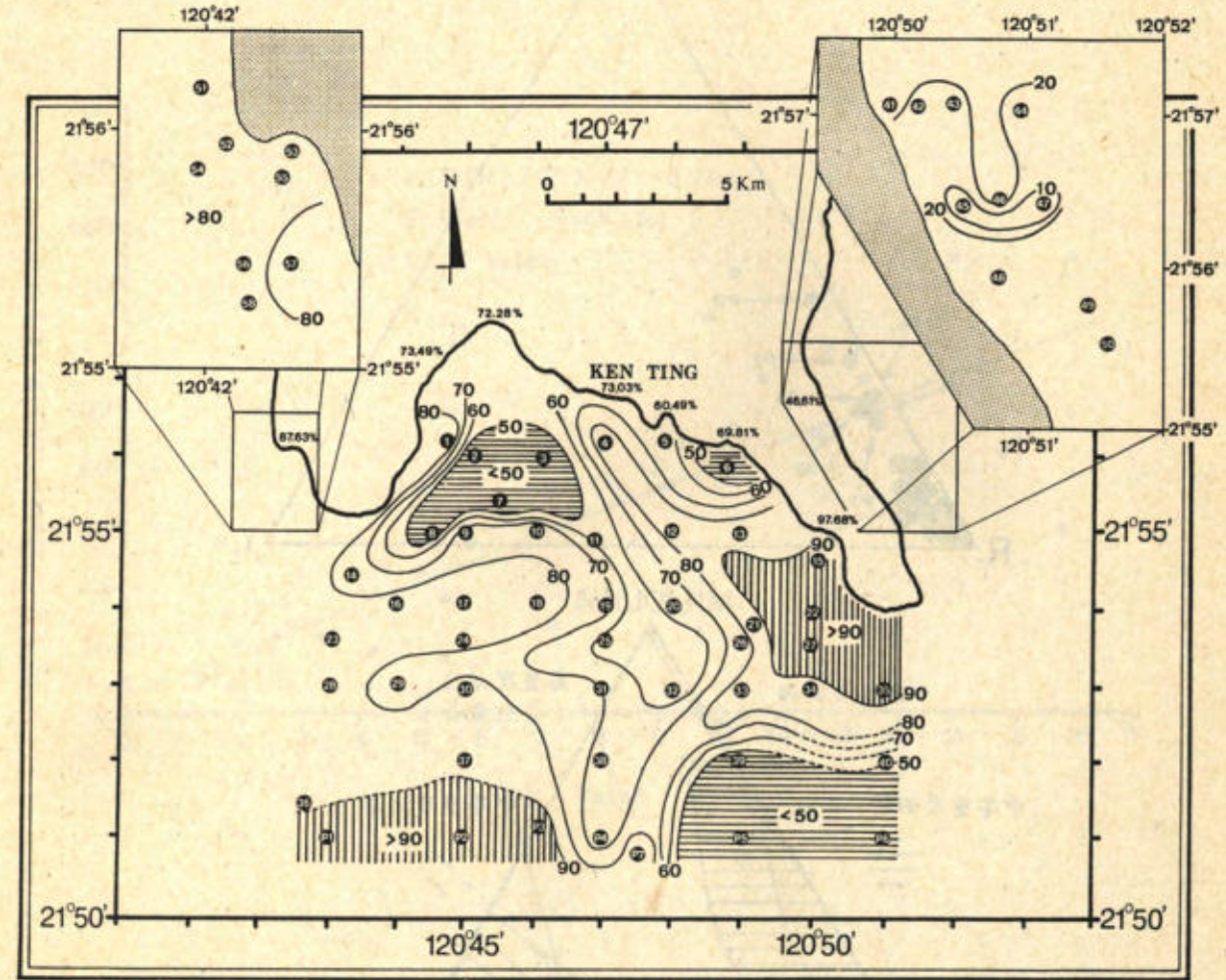


圖 3 南灣海域沈積物中碳酸鈣含量 (%) 之等值線圖



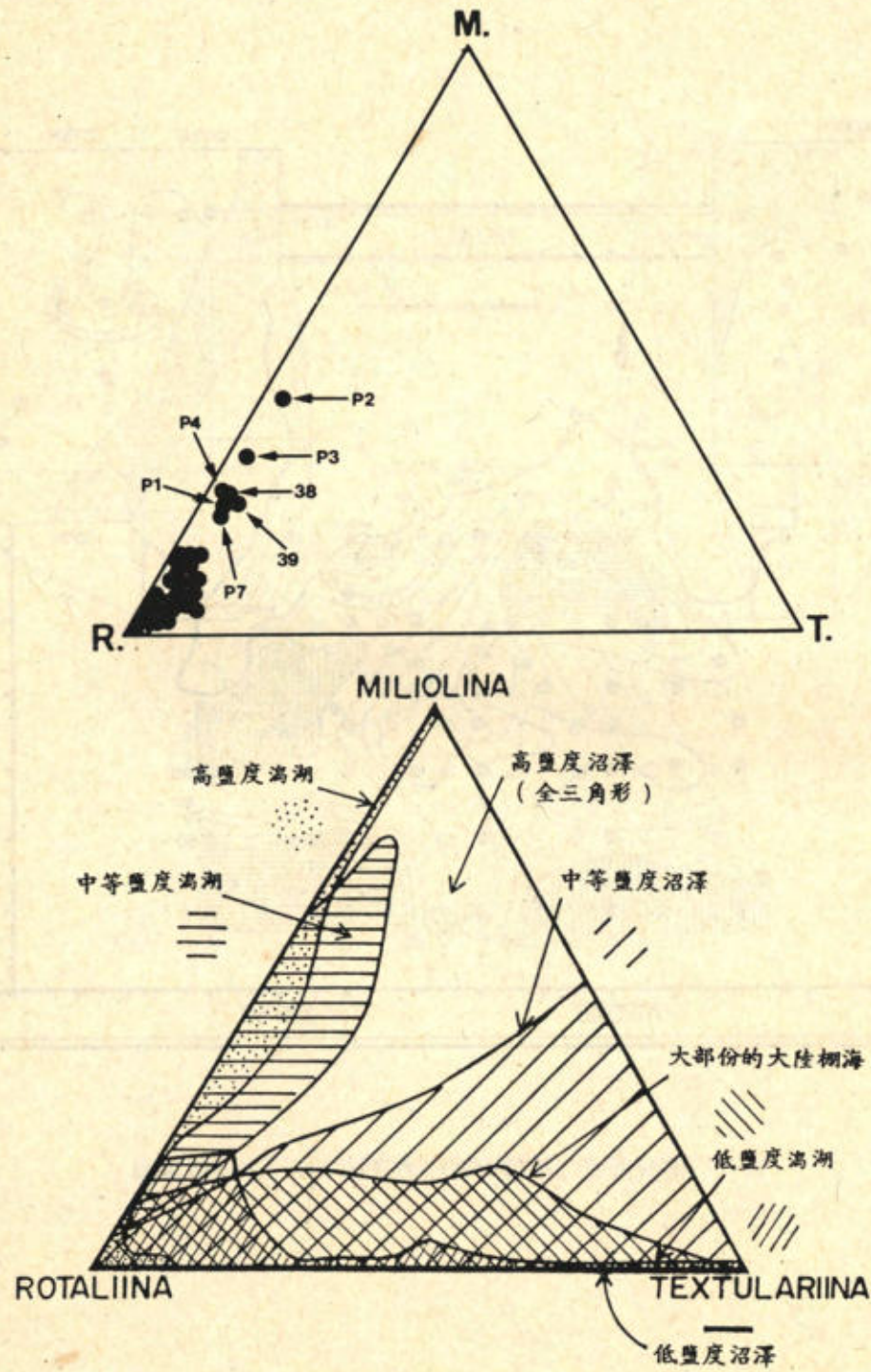


圖 4 南灣海域沈積物中之底棲性有孔蟲在 Murray (1973) 三角環境圖中之分佈

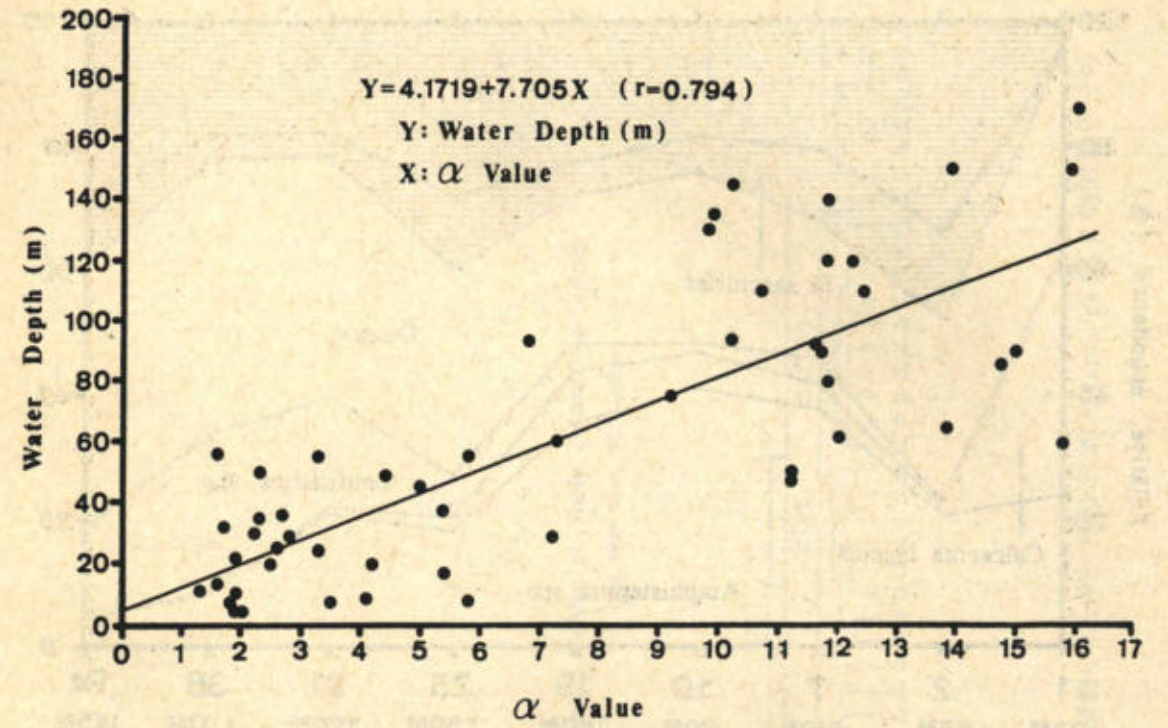


圖 5 南灣海域水深與底棲性有孔蟲 Fisher  $\alpha$  值之關係



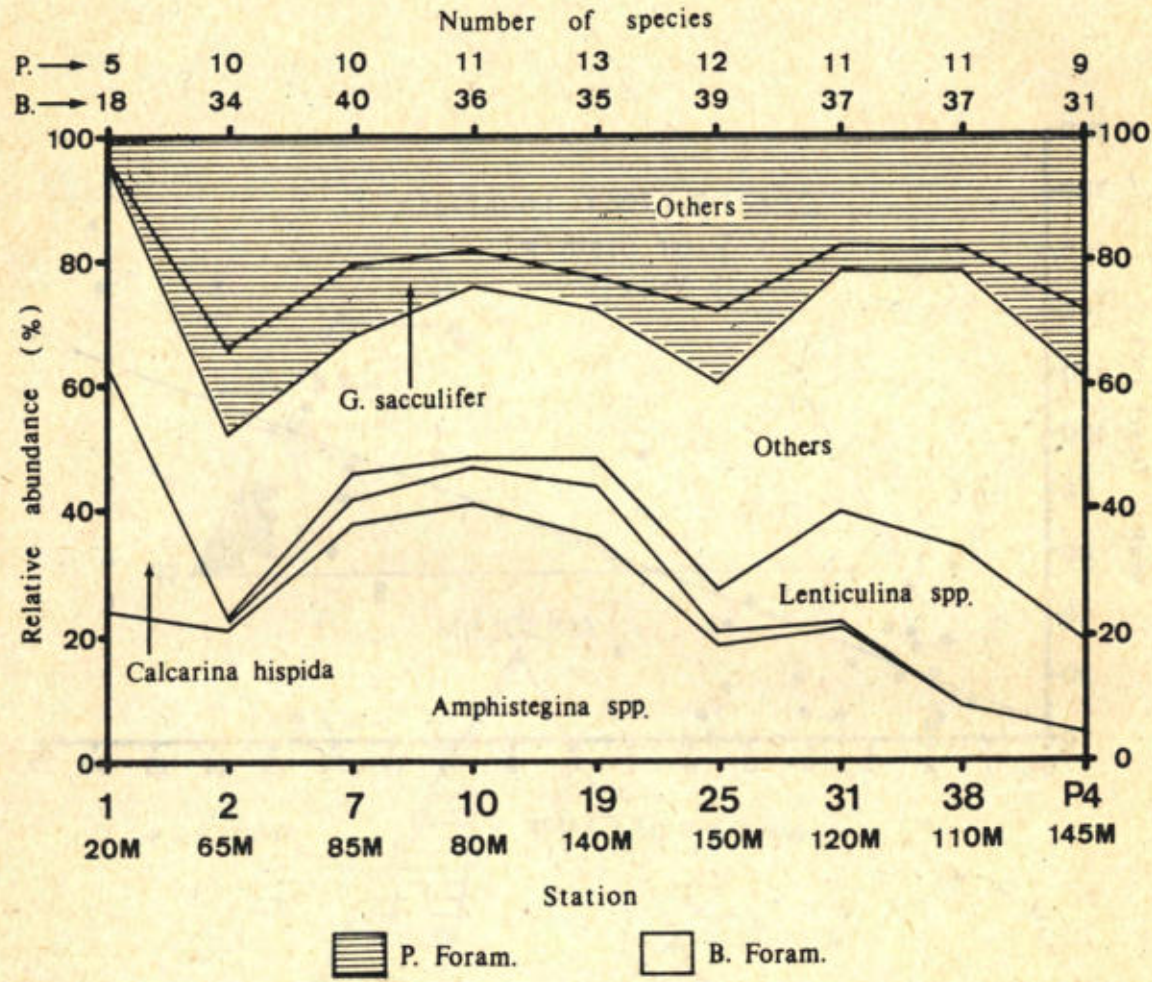


圖 6 南灣海域九個測站沈積物中有孔蟲羣之相對含量

Cluster Analysis of Thirty Foraminifera Species  
For Nan Wan Area 56 Samples

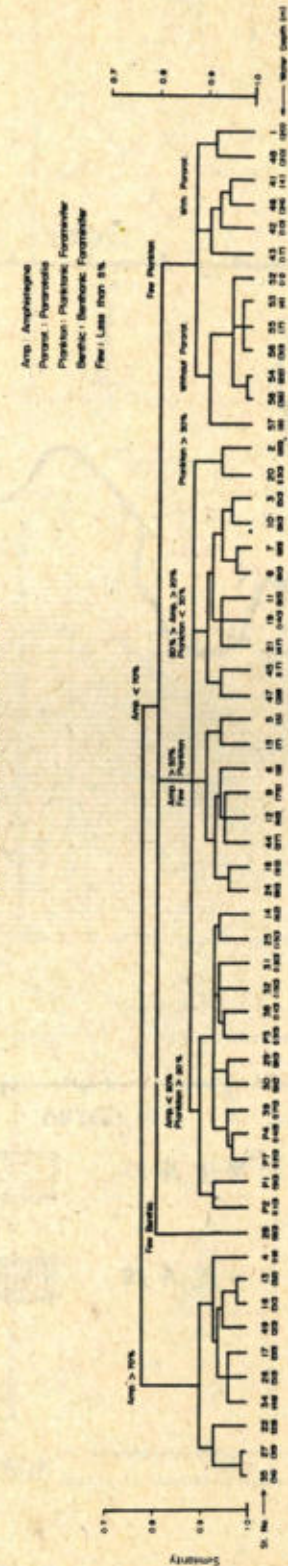


圖 7 南灣海域沈積物中 56 個採樣站之 30 種 (species) 有孔蟲的羣集分佈



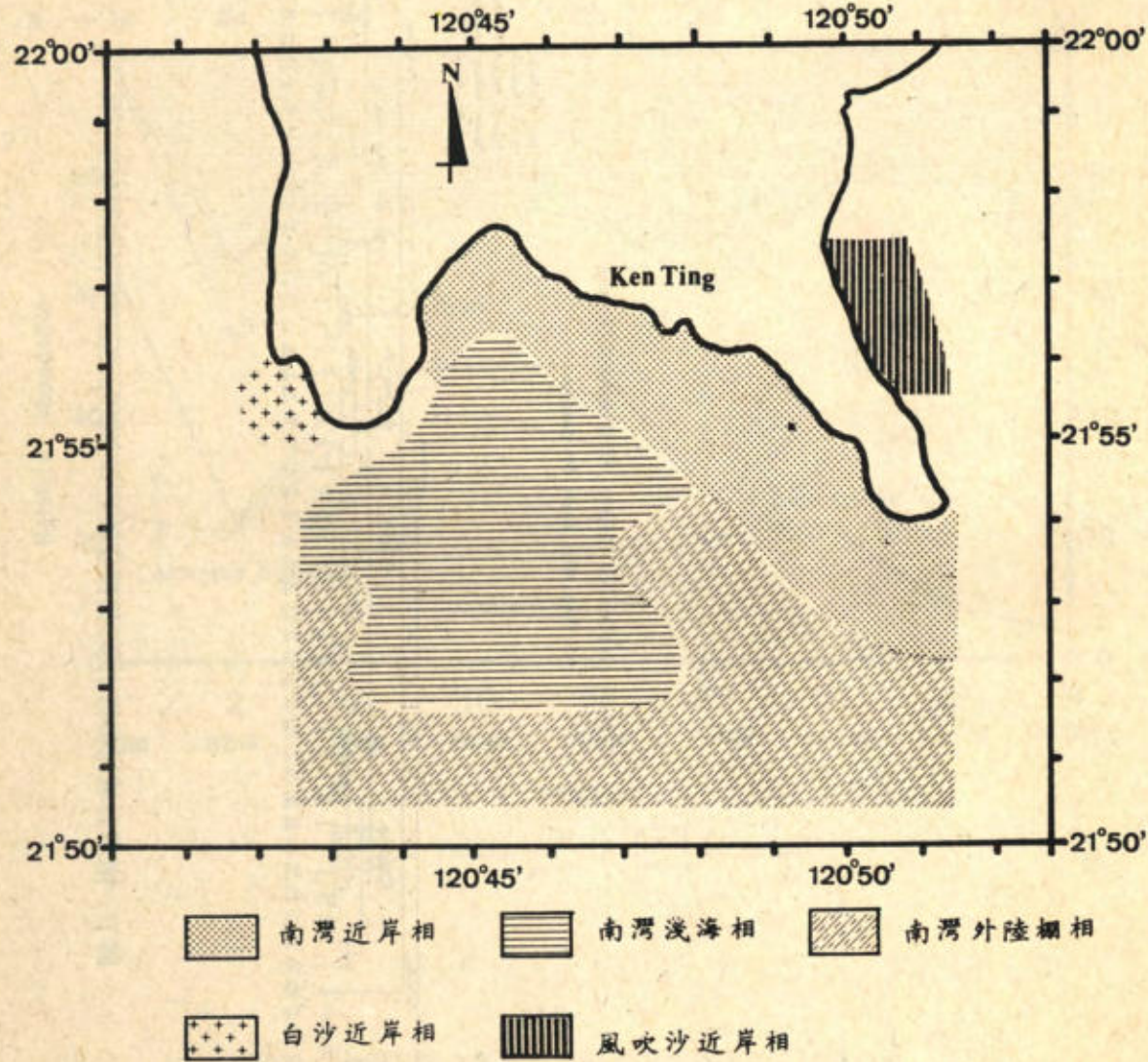


圖 8 南灣海域之有孔蟲生物相



圖 9 南灣海域沈積物十六項性質之因子分析分數等值圖



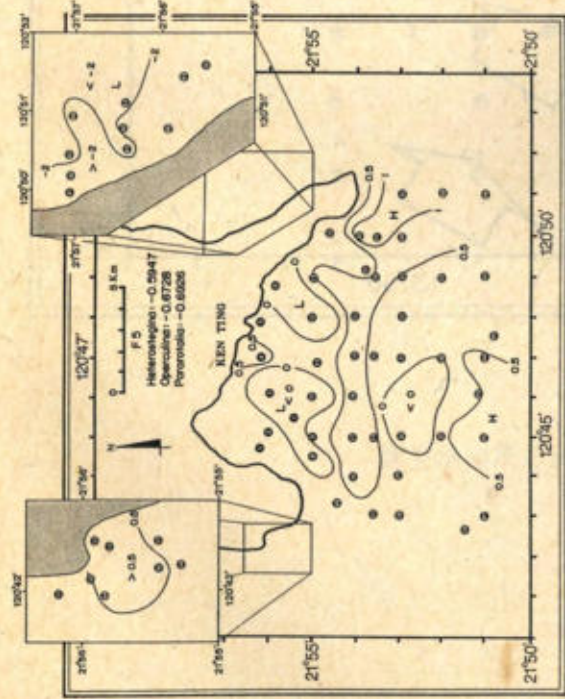
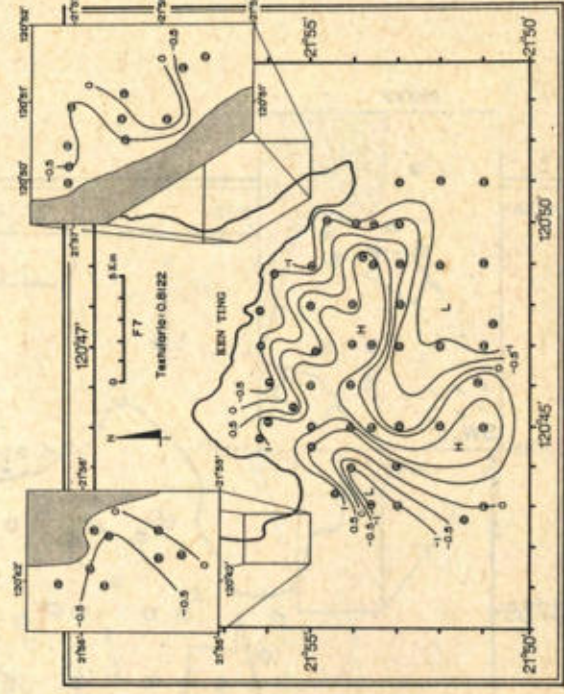
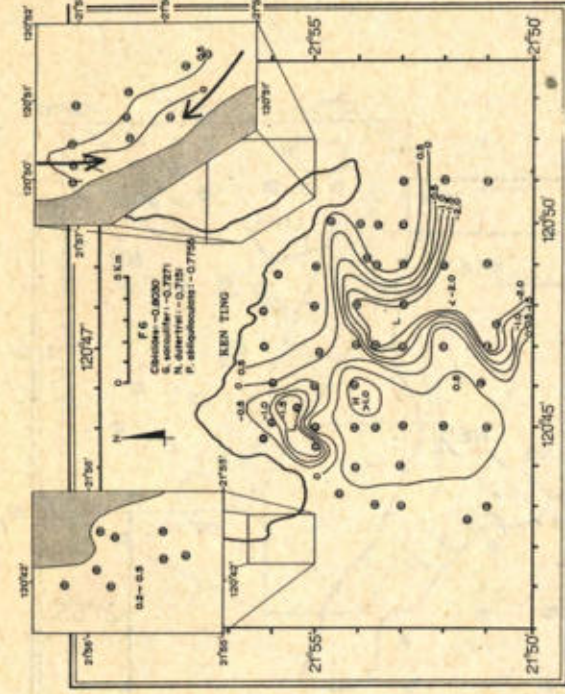
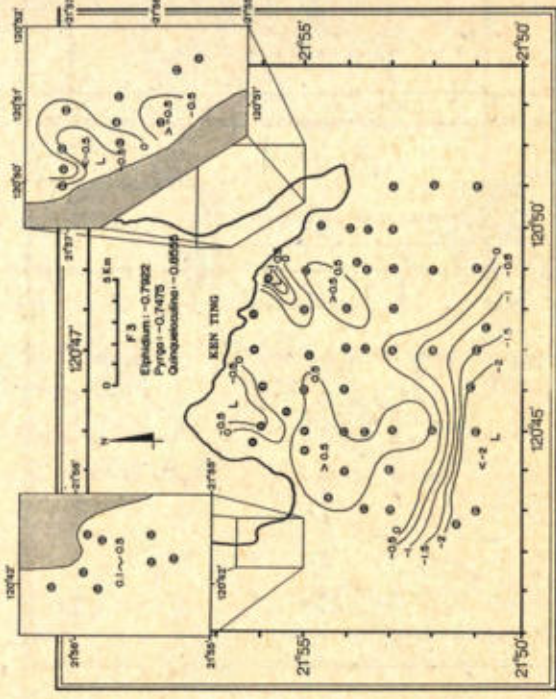
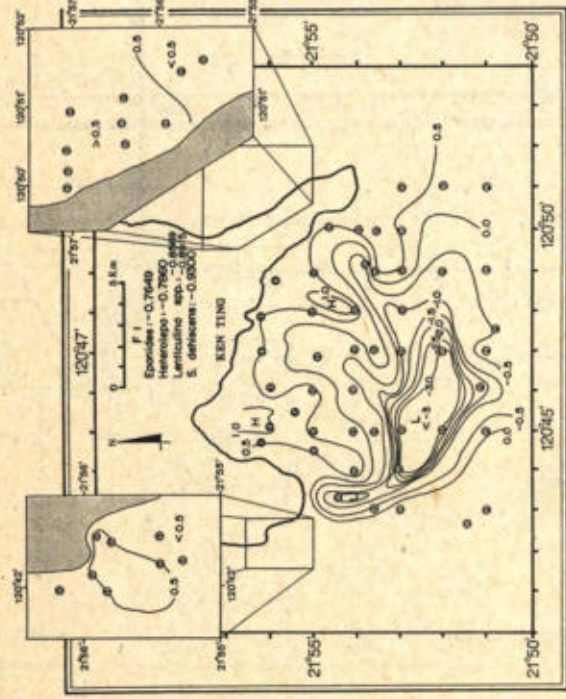
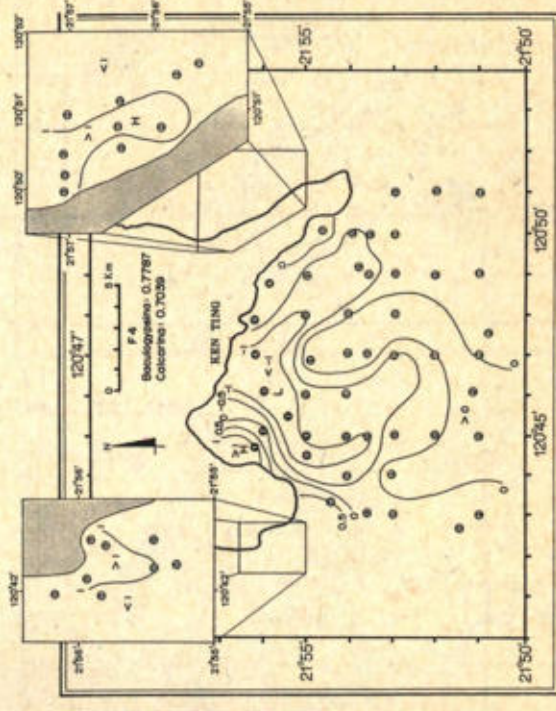
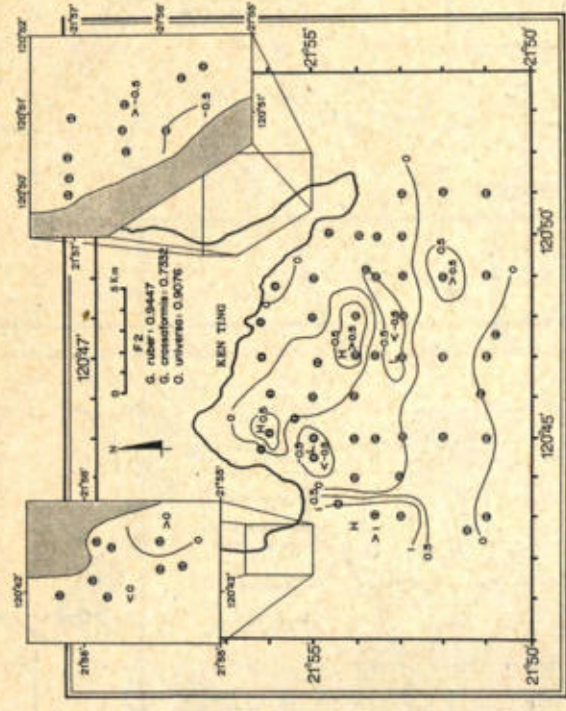


圖10 南灣海域沈積物中有孔蟲羣之因子分析分數等值圖



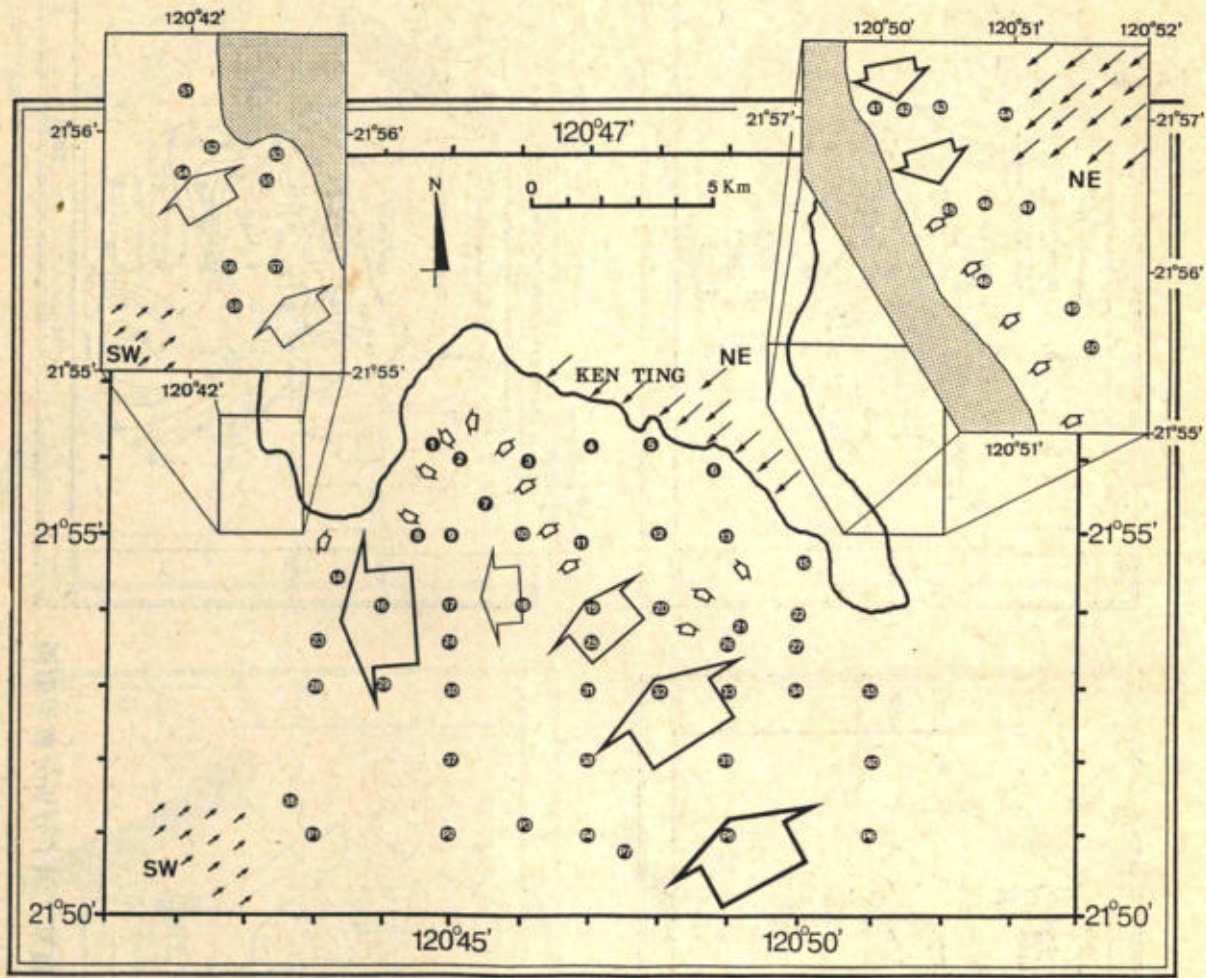


圖11 南灣海域海流及風向示意圖