

RES057



RES057

(64.P)

保存研究報告第57號

墾丁國家公園地區的珊瑚礁定年及地形研究

國立台灣師範大學地理學研究所

石 再 添

蔡 文 彩

許 民 陽

三重大學人文學部地理學教室

目 崎 茂 和

關西大學文學部地理學教室

木 庭 元 晴

內政 部 營 建 署 墾 丁 國 家 公 園 管 理 處

中 華 民 國 七 十 八 年 六 月

保育研究報告第57號

墾丁國家公園地區的珊瑚礁定年及地形研究

國立台灣師範大學地理學研究所

石 再 添
蔡 文 彩
許 民 陽

三重大學人文學部地理學教室

目 崎 茂 和

關西大學文學部地理學教室

木 庭 元 晴

內 政 部 營 建 署 墾 丁 國 家 公 園 管 理 處

中 華 民 國 七 十 八 年 六 月

中文提要

墾丁國家公園的全新世及更新世珊瑚礁分布甚廣，若採集適當珊瑚礁樣本予以測定形成年代，輔以野外實地踏查與測量，當為確定第四紀舊濱線，探討新时期地殼變動與地形面的最佳地區。本區的更新世珊瑚礁採 ESR 定年法（電子旋轉共振法，Electron spin resonance），全新世珊瑚礁則採 C¹⁴ 定年法來測定形成年代。

研究區內更新世珊瑚礁石灰岩（恒春石灰岩）所構成的地形面可劃分為三個面，即 KNP-I，KNP-II 與 KNP-III 三者。KNP-I 面舊稱龜仔角台地，現今之墾丁森林遊樂區即大部份在此面上，拔高 230 ~ 300 公尺左右，為公園內珊瑚礁層最厚及最廣地區，以珊瑚生物岩為主，再結晶程度甚大，不易採得適當的定年標本。KNP-II 面主要分布在西恒春台地，高度由台地西部關山的 145 公尺向東緩傾至 30 公尺左右，傾角約 5° 左右。由通往關山頂部東西向道路兩旁露出的剖面顯示石灰岩上部厚 8 公尺，以大型原地性塊狀珊瑚、桌狀珊瑚、枝狀珊瑚等為主。下部層厚 5 公尺以上，為石灰藻球相，另外有珊瑚碎片、有孔蟲殼、貝殼碎片等。由關山附近採得的 8 個樣本，其 ESR 定年均為 13 萬年左右，亦即形成於最後間冰期，此面的石灰岩即稱為「關山石灰岩」。KNP-III 面亦分布在鵝鑾鼻台地，由社頂向東南延伸經籠

仔埔、埔頂（電台草原）至最南端的龍坑。由籠仔埔、龍坑所採得的樣本所得 ESR 年代為 50 萬年，因此此面的石灰岩可稱為「鵝鑾鼻石灰岩」。已經用了很久的「恒春石灰岩」可包括上述鵝鑾鼻石灰岩和關山石灰岩做為今後使用的層群 (Group) 名稱。恒春東南方的赤牛嶺台地亦屬 KNP - II 面，頂部有厚層珊瑚礁，頂部之下可能為扇前的石灰質礫石、石英粒、生物碎屑等堆積物。KNP - III 面分布於鵝鑾鼻台地西緣，高度 60 ~ 80 公尺，此階上為厚層紅土、礫石構成的太平層，下為厚層珊瑚礁。

由鵝鑾鼻台地的森林公園、籠仔埔、龍坑所得的 ESR 年代為 50 萬年，顯示 50 萬年前海進，當海水徐徐上升時，珊瑚礁由低處的龍坑沿斜面向上生長，一直持續到現今高 300 公尺的森林公園。此 50 萬年前的海進與紀文榮在恒春石灰岩底部找到的 *Pseudoemilliana lacunosa* 之化石，屬 NN19 上部，其滅絕年代為 45 萬 8 千年相吻合。

太平層為珊瑚礁離水後受風化及侵蝕變薄，由於來自陸源砂礫的潛移作用，使砂礫聚集堆積在未風化的石灰岩凹凸面或四溝層上，看起來好像不整合的樣子，但兩者完全是整合的關係。由關山、貓鼻頭等處的剖面觀察顯示恒春石灰岩在上位，四溝層不整合在下位的關係。四溝層下部具有明顯交錯層的有孔蟲石灰岩可以認定是構成堡礁的物質，屬四溝層之一部份，而不是鄭與黃（1975）所認定的恒春石灰岩。

龍坑海蝕溝內所露出的剖面顯示全新世珊瑚礁所構成的累層不整合在更新世珊瑚礁上，此不整合面可以辨認出三段被埋沒的小階，可認定至少有二次急劇的地震性隆起海退。上覆的全新世珊瑚礁累層可分為五個分層，全體而言可判為海進相，其定年均為 7000 年以來所生長各種礁相。

現生珊瑚礁就全體而言為一貧弱地形，後壁湖為唯一具有廣大礁池的珊瑚礁，因其為發達於沈降帶之故，因此可知本區全新世的地殼變動也影響珊瑚礁地形的形成，同時車城附近的海口的珊瑚礁地形的形成也具有相同的環境。另在萬里桐、後灣也具有礁台的珊瑚礁，此由於位於小海灣內側，波蝕作用較低，故有較寬廣的礁台。同時利用深度記錄器探測海底地形的結果，可推斷全新世珊瑚礁基底水深約在 30 公尺處。

The Study of Ages and Terraces of Coral Reef in the Kenting National Park Area

ABSTRACT

The Holocene and Pleistocene coral reefs are widespread and abundant in the Kenting National Park area. It becomes the best place to collect samples and dated by radiocarbon and ESR (Electron Spin Resonance) methods, which provide the informations of neotectonic movement, ages of marine (coral reef) terraces and former shoreline etc.. In this study, Holocene corals use C^{14} dating and Pleistocene corals take ESR method respectively.

In our study area, reef terraces which are constituted by Pleistocene coral (Hengchun limestone) can be divided into KNP-I, KNP-II and KNP-III surface. KNP-I is the highest one that only distributes in Kenting Forestry Park, mainly composed of coral biolithite; KNP-II appears in Oluanpi tableland and Kuanshan tableland. Six autochthonous coral samples collected from Oluanpi tableland gain ESR age of 500 Ka Y.B.P. (Oluanpi Formation). In Kuanshan tableland, eight samples gain ESR age of 120 Ka Y.B.P. (Kuanshan Formation), they are inferred to form in the last interglacial times. Based on those results, we can combine Kuanshan Formation with Oluanpi Formation, and transfer the Hengchun Limestone to "Hengchun Group". The so-called "Taiping Formation" consisting of terrigenous pebbles, presents a conformity with Szekou Formation or Hengchun Limestone. When coral reef is uplifted and emerged, it becomes thinner by erosion and weathering. At the same time the inland originated pebbles are washed away and remained after the solution of limestone. On the other hand, by the inspection of many outcrops in Kuanshan, Maupitou, Toukou and Szekou, it appears the Szekou Formation is beneath the Hengchun Lime-

stone, and the unconformity between the two formation is clearly recognized near the viewpoint station of Maopitou. The foraminiferous limestone with remarkable cross-bedding in the lower part of Szekou Formation can be referred to barrier reef deposits. It isn't belong to Hengchun Limestone as Cheng and Huang's study (1975).

In the southmost of Oluanpi Peninsula, Longkeng Profile (TR-1) shows Holocene coral Formation uncomformably overlain the Oluanpi Formation. The uncomformity plane can be recognized as three buried small erosional steps, and it indicates at least twice catastrophic regression that may be originated by co-seismic uplift. Classified by types of coral facies, Holocene coral Formation can be divided into five beds as follows:

Uppermost (5): various massive corals with abundant platy *Montipora*.

Upper (4): ramose *Pocillopora* with little massive corals.

Middle (3): landward: platy *Acropora* and *Montipora*.

seaward: massive *Montipora* and *Porites* with ramose *Pocillopora*.

Lower (2): ramose *Pocillopora*.

Lowest (1): encrusting *Montipora*.

Above-mentioned five beds can be identified as a transgression facies, the ages of 7 samples in this profile have been dated from 5510 ± 140 Y.B.P. to 7170 ± 140 Y.B.P..

The whole of living fringing corals in the study area grow very poor compare with Ryukyu islands. Located at subsidence belt, Houpihu is the only place with wider moat, another two places, Wanlitong and Houwan have only narrow reef flat in the front of Holocene elevated reef. Surveying by depth recorder with echo-sounding method in the fishing boat, the basement of Holocene corals may be at the depth of 30 m.

目 錄

第一部份 更新世和全新世的珊瑚礁石灰岩	1
第一章 概論及方法	1
第 1 節 更新世珊瑚礁石灰岩	1
第 1 項 更新世珊瑚礁石灰岩的 E S R 法年代測定	2
第 2 項 更新世海階的分布圖	2
第 2 節 全新世珊瑚礁石灰岩	2
第 1 項 全新世珊瑚礁石灰岩的 C ¹⁴ 法年代測定	2
第 2 項 全新世珊瑚礁的形成過程	2
第二章 利用恒春石灰岩的 E S R 年代來劃分海階	3
第 1 節 有關恒春石灰岩年代區分的前人研究	3
第 2 節 恒春石灰岩的 E S R 年代值	4
第 3 節 更新世海階的劃分和鵝鑾鼻石灰岩、關山石灰岩的關係	4
第 4 節 50 萬年前的海進	13
第 5 節 特論太平層	13
第三章 四溝層與恒春石灰岩的關係	14

第四章	全新世隆起珊瑚礁的 C^{14} 年代和形成過程	16
第 1 節	全新世隆起珊瑚礁的年代	16
第 2 節	龍坑全新世珊瑚礁剖面的選定	17
第 3 節	龍坑剖面的岩層分布	17
第五章	總 結	25
第二部份	現生珊瑚礁地形	27
第一章	珊瑚礁的分布和形態	28
第二章	珊瑚礁的海底地形	37

圖表目次

表 1	恆春石灰岩的定年.....	5
表 2	恆春石灰岩的 ESR 年代	11
表 3	龍坑全新世剖面的碳十四年代.....	24
圖 1	恆春地區海階、河階及活斷層分布圖.....	7
圖 2	恆春地區全新世隆起珊瑚礁樣本高度對應碳十四年代關係 圖.....	18
圖 3	龍坑剖面珊瑚礁定年樣本採集位置圖.....	20
圖 4	龍坑剖面 (Tr-1) 的碳十四年代.....	23
圖 5	恆春半島的珊瑚礁分布.....	29
圖 6	後壁湖、萬里桐和海口三處之珊瑚礁地形圖.....	33
圖 7	後壁湖、萬里桐和海口三處之珊瑚礁剖面圖.....	34
圖 8	南灣海域的音響探測剖面位置圖.....	38
圖 9	音響探測剖面圖.....	40

第一部份

更新世和全新世的珊瑚礁石灰岩

第一章 概論及方法

台灣島自從上新世末期以來，即呈現陸弧衝撞的狀態，此種世界少有的激烈造山運動，已有許多研究者加以探討，但是有關的年代資料並未十分清楚。墾丁國家公園內更新世及全新世的珊瑚礁分布廣汎，爲確定第四紀舊濱線，採定年樣本的適當場所。

本研究的第一部份，首先說明墾丁國家公園更新世、全新世珊瑚石灰岩年代測定的結果，再經由野外調查的結果來討論本區第四紀的地殼變動。更新世的珊瑚礁採用ESR定年法（Electron spin resonance，電子旋轉共振法），全新世珊瑚礁採用C¹⁴定年法來測定年代，ESR定年法在理論上最老可以測定200萬年以來的珊瑚化石。

第一節 更新世珊瑚礁石灰岩

第一項 更新世珊瑚礁石灰岩的ESR法年代測定

更新世珊瑚礁在關山、森林公園、龍坑等地從事調查及採取定年樣本。定年樣本必須採集完全未變質的原地性 (Autochthonous) 珊瑚化石。然而要找到這種樣本却是十分困難，珊瑚化石若經過變質只能求得其最小的年代 (Minimum age)。樣本採取後帶回實驗室，用X光繞射法檢定變質的程度，低度變質和未變質的樣本定年的結果如表二所示。ESR定年法有關的實驗並得到大阪大學工學部產業研究所池田稔治先生，理學部地球物理學教室池谷元伺先生的協助。

第二項 更新世海階的分布圖

更新世海階的分布圖利用立體鏡判讀航空照片並輔以現地調查做成，其結果與ESR定年並無矛盾。

第二節 全新世珊瑚礁石灰岩

第一項 全新世珊瑚礁石灰岩的C¹⁴法年代測定

測定的樣本交由東北大學理學部地理學教室分析，這種方法已經確立，故在此不必詳述，測定結果後並經安定同位素比較加以補正。

第二項 全新世珊瑚礁的形成過程

此項研究選擇研究區東南端龍坑的海蝕溝剖面。利用經緯儀 (Transit) 及自動水準儀 (Automatic level) 加以測量，並採取定年樣本，以及垂直剖面上珊瑚化石的分布調查，此種調查方法在台灣不

曾進行過。

第二章 利用恆春石灰岩的ESR年代 來劃分海階

第一節 有關恆春石灰岩年代區分的前人研究

由表一顯示可知，1930年代的研究恆春石灰岩的堆積年代為上新期晚期，1930年代後的研究為更新世的堆積。矢部長克、半澤正四郎（1930）依據Daly的研究，將更新世定為冰河時代，認為在當時珊瑚礁海的四周，並沒有珊瑚礁形成，此種想法反應1930年代對更新世的認識。半澤正四郎（1930）將墾丁國家公園由恆春石灰岩所形成的階地有礫層分布者稱為台地礫層。六角兵吉與牧山鶴彥（1934）稱為鵝鑾鼻砂礫層，上述兩者皆認為此些礫層為更新世的堆積物與恆春石灰岩成不整合關係。

在石崎和彥（1942）的層序學研究，張麗旭的有孔蟲研究以後，雖然認為恆春石灰岩為更新世的堆積物，但宮守業（1982）與鄭穎敏等（1986）更進一步認為恆春石灰岩為更新世晚期之最後間冰期的堆積物。對應最後一次間冰期的珊瑚礁層和階地，在全世界隆起珊瑚礁區可普遍看到，對1980年代的研究有相當影響。林朝燦（1966）的研究反映當時世界的冰河性海水變動的研究，由石灰岩的高度分

布來對應 G / M、M / R、R / W 三個間冰期。許中民 (1985) 首先用鈾系定年來確定恒春石灰岩的年代，總體結果看起來和本報告一致，但也有矛盾之處。

第二節 恆春石灰岩的 ESR 年代值

墾丁國家公園西部的關山、東部的森林公園以及龍坑等地所採取的未變質珊瑚礁樣本測定年代，顯示 50 萬年前左右及最後間冰期的 13 萬年前為珊瑚礁形成的兩個時期。

第三節 更新世海階的劃分和鵝鑾鼻石灰岩、關山石灰岩的關係

墾丁國家公園更新世的海階可分為 I 面 (KNP - I) 面、II 面 (KNP - II) 和 III 面 (KNP - III)。I 面即半澤 (1931)，林朝榮、宮守業等人所稱的龜子角台地所在，現今之墾丁森林遊樂區即在此面上，由拔高 300 公尺的觀海樓向東南緩降至 230 公尺左右，地表雖為濃密熱帶雨林所覆，但仍可見厚達 20 餘公尺的礁層，為公園內礁層最厚及最廣地區。以珊瑚生物岩 (coral biolithite) 為主 (宮守業，1982)，亦即原地生長的珊瑚架構間填入石灰泥、石英粒及有孔蟲等其他生物碎屑，再加上石灰藻及苔蘚蟲表覆其上而形成的石灰岩。岩性堅硬而緻密，再結晶程度甚大，不易採得適當的定年標本，本

表 1 恒春石灰岩的定年

Table 1 Dates of the Hengchun Limestone

Report 報告別	This report (1988) 本 報 告	Yabe & Hanzawa (1930) 牛澤(1931)	六角・牧山 (1934)	石崎(1942) 張(1966) 詹(1974)	林(1966)	宮(1982)	鄭・黃・劉 (1986)	許 中 民 (1986)
Method for correlation 對比法	E SR dating E SR 定年	Geomorphology, stratigraphy 地形學, 層位學	stratigraphy 層 位 學	Stratigraphy, foraminifera 地層學及有孔蟲	Geomorphology 地 形 學	Degrees of crustal movement 地殼變動程度	Pollen analysis 花粉分析	Uranium series dating 鈾系定年
Formative Period 形成年代	Hengchun Group 恒春層群 120,000 yr BP. (Kuanshan Formation) 關山石灰岩 600,000 ~ 500,000 yr BP. (Ouanpi Formation) (鵝鑾鼻石灰岩)	Latest Pliocene (Ryukyu Limestone) 上新世晚期 (琉球石灰岩)	Latest Pliocene (Hengchun Limestone) 上新世晚期 (琉球石灰岩)	Pleistocene 更 新 世	R / W間水期 (鵝鑾鼻隆起 珊瑚礁) M / R間水期 (龜子角隆起 珊瑚礁) G / M間水期 (鼻子頭隆起 珊瑚礁)	120,000 ~ 80,000 yr BP. 鵝鑾鼻台地 新期珊瑚礁層 雷達所珊瑚礁層 龜子角台地 老期珊瑚礁層	Late Pleistocene 更新世晚期	The last interglacial 最後間冰期 100 ~ 130 m 圍繞社頭、龜仔埔及南灣的 階地 Terrace around Shet'ing, Lungtzevu and Nanwan

研究在此區所採得的標本（表 2，編號 TW - ESR - 5，TW - ESR - 6，TW - ESR - 7）中所含方解石比例均在百分之二至五左右。礁體間多裂谷，一線天、垂榕谷等即屬之。主要裂谷均向東南延伸。其前身為與海岸垂直，由波浪侵蝕而成的海蝕溝，迨珊瑚礁離水後，受溶蝕及地殼隆升運動產生的張力，不斷地加深及擴大，乃成今日之裂谷。

第 II 面（KNP - II）主要分布在西恒春台地，台地西部由關山拔高 145 公尺向東緩傾至縱谷平原高約 30 公尺的沖積低地，地形面的傾角約 5 度左右。半澤（1931）、石再添等（1985）認為西恒春台地為向東傾動的地塊，但由通往關山頂部的道路兩旁露出的東西向剖面所顯示的地層傾角却幾乎水平（照片 1），故其在地形面上的傾動表現和地層的傾角不一致，其原因須進一步探討。

由關山頂部通往高山巖廟的道路旁採集的珊瑚礁的 ESR 定年為 13 萬年（表 2），亦即形成於最後間冰期，此面的石灰岩即稱之為關山石灰岩。由前述通往關山頂部東西向道路兩旁露出的剖面顯示關山石灰岩的上部層厚 8 公尺以上，由大型原地性塊狀珊瑚，如 *Porites*，*Goniopora* 等，直徑可超過 2 公尺以上（照片 2）；原地性桌狀珊瑚如 *Montipora* 等，異地性枝狀珊瑚則以 *Acropora* 碎片為主。下部層厚 5 公尺以上，為石灰藻球（*Algal nodules*）相，藻球中心有由墾丁層供給的泥岩碎屑，另外可見珊瑚碎片、有孔蟲殼、貝殼碎

片等。

上述關山石灰岩的 ESR 定年全部都在 13 萬年左右，與許中民（1985）利用鈾系定年法所得的 30 萬年左右的結果相差很大，由於本報告所採集者為 8 個未變質的珊瑚礁樣本，故本報告的年代值可信度很高，ESR 定年法可以明確劃分 13 萬年至 30 萬年的標本。

KNP - II 面亦分布在鵝鑾鼻台地，由社頂向東南延伸經籠仔埔、埔頂（電台草原），至最南端的龍坑。由籠仔埔、龍坑所採得的樣本所得的 ESR 年代為 50 萬年，上述的地形面可知為由古石灰岩組成，因此可稱之為鵝鑾鼻石灰岩。已經用了很久的「恒春石灰岩」（六角、牧山，1934）可以包括鵝鑾鼻石灰岩和關山石灰岩做為今後使用的層群（Group）名稱，就如 Yabe and Hanzawa（矢部與半澤，1930）曾經用琉球石灰岩（Ryukyu limestone）的名稱，而 Mac - Neil（1960）將之改為琉球層群（The Ryukyu Group）。

鵝鑾鼻台地可能有關山石灰岩分布，拔高約 120 公尺的雷達站東側的鵝鑾鼻累層（Formation）不整合於三角洲的前置礫層上，礫石的圓磨度甚佳，有數處可辨認的皮殼狀（Encrusting）原地造礁珊瑚如 Montipora、Acropora、Favia、Cyphastrea、Goniopora 等直接累生（Colonized）在礫層上。此些生物顯示礁前部份的沈積環境，礫層的上方有屬於太平層的礫層分布，礫層上呈現起伏的地貌。

表 2 恒春石灰岩的ESR年代

Table 2 ESR ages of the Hengchun Limestones.

地點 Locality	標本編號 sample name	海拔 Elevation above SL (m)	階地別 Related terrace	珊瑚屬及 形態 Genus, Life form	含方解石比率 Calcite ratio (%)	地 層 Stratigraphic formation	ESR 強度 ESR intensity (Non-irradiated) (arbit)	根據琉球石灰岩 計算出的ESR 年代 ESR age calculated based on the Ryukyu Lst	可能的 ESR年代 Probable ESR age
森林公園 Forestry Recreation Area Loc.9	TW-ESR-5	ca.300	KNP-I	Goniastrea hemisph.	> 5		405	> 204 kyr BP	520 kyr BP
	TW-ESR-6	ca.300	KNP-I	Lepidoria hemisph.	2~5		840	440 kyr BP	
	TW-ESR-7	ca.300	KNP-I	Lepidoria hemisph.	> 5		390	> 200 kyr BP	
龍仔埔 Lungtzebu Loc.8	TW-ESR-36	ca.100	KNP-II	Montipora tabular	0	御鼻石灰岩 Ouanpi Limestone	810	430 kyr BP	500 kyr BP
	TW-ESR- RN9	ca.10	KNP-II	Montipora tabular	0		970	520 kyr BP	600 kyr BP
龍坑 Longkeng Loc.1	TW-ESR- RN11	ca.10	KNP-II	Goniastrea hemisph.	0		1020	540 kyr BP	640 kyr BP
	TW-ESR-26	ca.150	KNP-II	Montipora tabular	0		193	90 kyr BP	120 kyr BP
隴山 Kuanshan Loc.22	TW-ESR-27	ca.150	KNP-II	Montipora tabular	< 2		165	> 74 kyr BP	
	TW-ESR-28	ca.150	KNP-II	Montipora tabular	< 2		165	> 74 kyr BP	
	TW-ESR-29	ca.150	KNP-II	Platygyra hemisph.	2~5	隴山石灰岩 Kuanshan Limestone	150	> 67 kyr BP	
	TW-ESR-31	ca.150	KNP-II	Acropora tabular	< 2		158	> 70 kyr BP	
	TW-ESR-32	ca.150	KNP-II	Montipora tabular	0		190	88 kyr BP	120 kyr BP
	TW-ESR-33	ca.150	KNP-II	Acropora branchies	2~5		140	> 63 kyr BP	
	TW-ESR-34	ca.150	KNP-II	Acropora tabular	< 2		168	> 76 kyr BP	

介於風吹沙與社頂之間的籠仔埔牧場面亦屬KNP - II面，以80 ~ 110公尺部份最為平坦，東南緣靠近風吹沙部份，可見零星的珊瑚碎塊泥質礫岩構成的綴礁（Patch reef），最高者約10公尺左右。許中民（1986）在附近採得的珊瑚礁樣本得到12萬年的年代，比此地高位的社頂面分別得到4萬、6萬、15萬年的年代，此年代值的整合性很難明確辨認。本報告在籠仔埔Loc.8（圖1）所採取的未變質珊瑚礁的ESR年代為50萬年前，其差值尚在ESR定年所採用的誤差容許範圍之內。

恒春東南方的赤牛嶺台地亦屬KNP - II面，頂部有厚層的原生珊瑚構成的珊瑚礁，鎮南宮南側可見許多由此層崩落的礁塊散布斜坡上。頂部之下為石灰質礫岩，由圓磨度佳的石英粒、珊瑚及其他生物碎屑、泥土等組成，可能為扇前（Fore-fan）的堆積物，此台地尚未找到可資定年的樣本，故其形成年代尚須進一步研究。

圖1所示的更新世海階尚有KNP - III面，位於鵝鑾鼻台地的西緣，高度在60 ~ 80公尺之間，呈略向內緣反傾狀態。階面上有厚層紅土及礫石構成的太平層，下伏有厚層珊瑚礁，本階面尚未採得定年標本。另西恒春台地西緣有數40 ~ 50公尺的小塊階地分布，觀察其剖面組成物質與KNP - III面相同，可能為II隆起時，由於重力斷層的變位而向下滑落形成。

第四節 50萬年前的海進

東南方的龍坑所得的 ESR 年代約為 50 萬年，非常值得重視。區分恒春石灰岩的林朝槩（1966）和宮守業（1982）等人依據以前的研究，以常識來判斷構成越高位的海階的石灰岩越老，但是鵝鑾鼻石灰岩由海拔 10 公尺的龍坑至更高的 300 公尺處，皆顯示 50 萬年前所產生。無論何者均顯示珊瑚礁本體散佈在海拔 10 ~ 300 公尺的上部斜面的珊瑚礁相。

此者並非海水面徐徐下降時於珊瑚礁斜面下部所形成，而是在海水面徐徐上升時於珊瑚礁斜面的上部向上生長，一直持續到 300 公尺的海進。

宮守業（1982）依據紀文榮（1981）在跳石附近的恒春石灰岩底部找到 *Pseudoemiliana lacunosa* 之化石，屬 NN19 之上部，其滅絕年代為 45 萬 8 千年前，與 ESR 年代的結果相符合。

第五節 特論太平層

前述恒春石灰岩之上不整合覆有礫層（太平層）。在此對太平層做若干敘述，半澤（1931）發現恒春石灰岩之上不整合覆有台地礫層，以後的研究如詹新甫（1974）繼承此觀念將之命名為太平層。

珊瑚礁離水後受侵蝕，上部的珊瑚礁相會變薄，像此區接近山地

之處，珊瑚礁相的下部變成礫層的情形很多。珊瑚礁離水後的風化作用將部份石灰岩溶解，由於來自陸源的砂礫潛移作用，使之聚集堆積在未風化石灰岩的凹凸面上，看起來呈現不整合的樣子，若做為潛移而堆積的證據而言，則可以看出小規模沿坡下滑楔形的疊瓦構造（Imbrication，照片3）。

照片15 為太平層典型露出地點的露頭，看起來好像四溝層之上不整合覆蓋有礫層，但兩者完全是整合的關係。照片下部的黏土質堆積物也含有如照片上部的多層礫質堆積物。

第三章 四溝層與恆春石灰岩的關係

六角與牧山（1934）的研究，認為恆春石灰岩是在四溝層層位之上的關係，但鄭穎敏與黃奇瑜（Cheng and Huang, 1975）把此種關係倒轉過來，認為恆春石灰岩是在四溝層之下的整合關係。筆者對此之野外調查雖不是十分詳細，但對此持有疑問。

鄭與黃（1975）認為未固結泥質的四溝層之下有含明顯的交錯層之有孔蟲砂岩露頭，故認為恆春石灰岩在四溝層之下，一般皆接受此項看法。

鄭和黃把固結的有孔蟲石灰岩當做恆春石灰岩，但卻沒有記錄此項判斷的根據。在西恆春台地可辨認出像關山那樣高位，且具有珊瑚

礁本體相的恒春石灰岩，很明顯地在地形上（＝層位學上）位較低位置者可認定是四溝層。

具有交錯層的有孔蟲石灰岩在西恒春台地西海岸的陡崖下可以容易地找到，且向南延伸至貓鼻頭，至少在後壁湖也可觀察到。在貓鼻頭具有此交錯層構造的有孔蟲石灰岩層之上位，可看到許多含有全殼完整的貝殼及石灰藻球的有孔蟲石灰岩。此兩者呈現明顯不整合關係，貓鼻頭周圍亦可以看到類似此露頭，如照片 16 所示。

類似此種含多量貝殼的石灰岩在關山 Loc.21（圖 1）附近也可找到。此地有許多原地性的軸孔珊瑚（*Acropora*）層整合在下位的貝殼包含層之上。因此，貓鼻頭的含貝殼層可說是恒春石灰岩（關山石灰岩）的一部份。在貓鼻頭不整合面下位，含有明顯交錯層的有孔蟲石灰岩，並不是分布於關山的恒春石灰岩，而是把它當做更古老的四溝層較為妥當。鄭和黃所指出具有交錯層的有孔蟲石灰岩之上的泥質層一起稱做四溝層，對此見解的四溝層今後必須充分採集樣本。但是它的形成過程可做如下的說法，即四溝層下部具有明顯交錯層者可以認為是構成堡礁（Barrier reef）的物質。四溝層上部一般呈現未固結的砂質、礫質與泥質的互層。泥質部的貝殼以全殼性的為主，殼體較小。礫質部幾無全殼貝類，而含有大型牡蠣。因此泥質部份為三角洲底置層物質，礫質部份為三角洲沖積扇的礫層，亦即四溝層可說是堡礁及其後方三角洲性的堆積物。

依據上述論點可做下列的結論，與關山珊瑚礁有關連的石灰岩（關山石灰岩）和四溝層為不整合關係，四溝層在下位。當四溝層堆積時，陸源性堆積物的供給較多，沒有珊瑚礁的形成，隨著冰河期依序（Order）的海退與最終間冰期的海進，使四溝層堆積時距河口的距離增加，而成適合珊瑚礁形成的環境，與關山珊瑚礁有關的堆積物即在此時堆積。至於四溝層的堆積年代現正在檢討中。

第四章

全新世隆起珊瑚礁的C¹⁴年代和形成過程

第一節 全新世隆起珊瑚礁的年代

分布於琉球群島和台灣的全新世隆起的珊瑚礁，Yabe and Hanzawa（矢部長克、半澤正四郎，1930）把它定義為隆起珊瑚礁（Raised coral reef）。半澤（1931）已經對台灣隆起珊瑚礁的分布及形態，有一大致明瞭的說明，因以現今墾丁國家公園一帶最為發達，故以此地為標準地點，其後多篇研究，總共有24個以上樣本的放射性碳十四定年報告。

公園內舊濱線的高度在5～36公尺間，富於變化（Liew and Lin：劉平妹、林久芳，1987）。今若以橫軸為年代，縱軸為採取樣本的高度，繪一直線關係圖（圖2），可知一般越高位者年代越老，

由此圖可辨認出的全新世最高位階地，以世界各地的例子而言已經相當古老，其年代達 9000 年。但在日本本土或琉球群島所看到的 6500 及 3000 年前附近的年代在墾丁國家公園還沒找到。

第二節 龍坑全新世珊瑚礁剖面的選定

上述圖 2 為許多地區既有年代的單純合成直線關係，但是不能說明墾丁國家公園全新世珊瑚礁的形成過程。因此必須在限定的地區做詳細的地史組合研究，因此選定研究區東南端龍坑 TR - 1 剖面（照片 4）所在做為研究地點。

此地 在公園內來說，舊濱線的高度雖然較低，但隆起礁原（Reef flat）有許多海蝕溝（Groove）侵入，利用海蝕溝較易觀察垂直剖面及採集樣本。本研究利用此剖面觀察並記錄化石珊瑚的層態及形成環境，並採取許多定年樣本，其結果大致了解有關龍坑珊瑚礁的形成過程。

第三節 龍坑剖面的岩層分布

龍坑剖面的向陸側，為全新世隆起珊瑚礁的基盤出露鵝鑾鼻石灰岩。此剖面位置的更內陸側，就完全看不到全新世的珊瑚礁，此剖面的全新世珊瑚礁最厚的地方為 6130 年前和 6950 年前所出露者附近，其厚度僅 5 公尺左右。

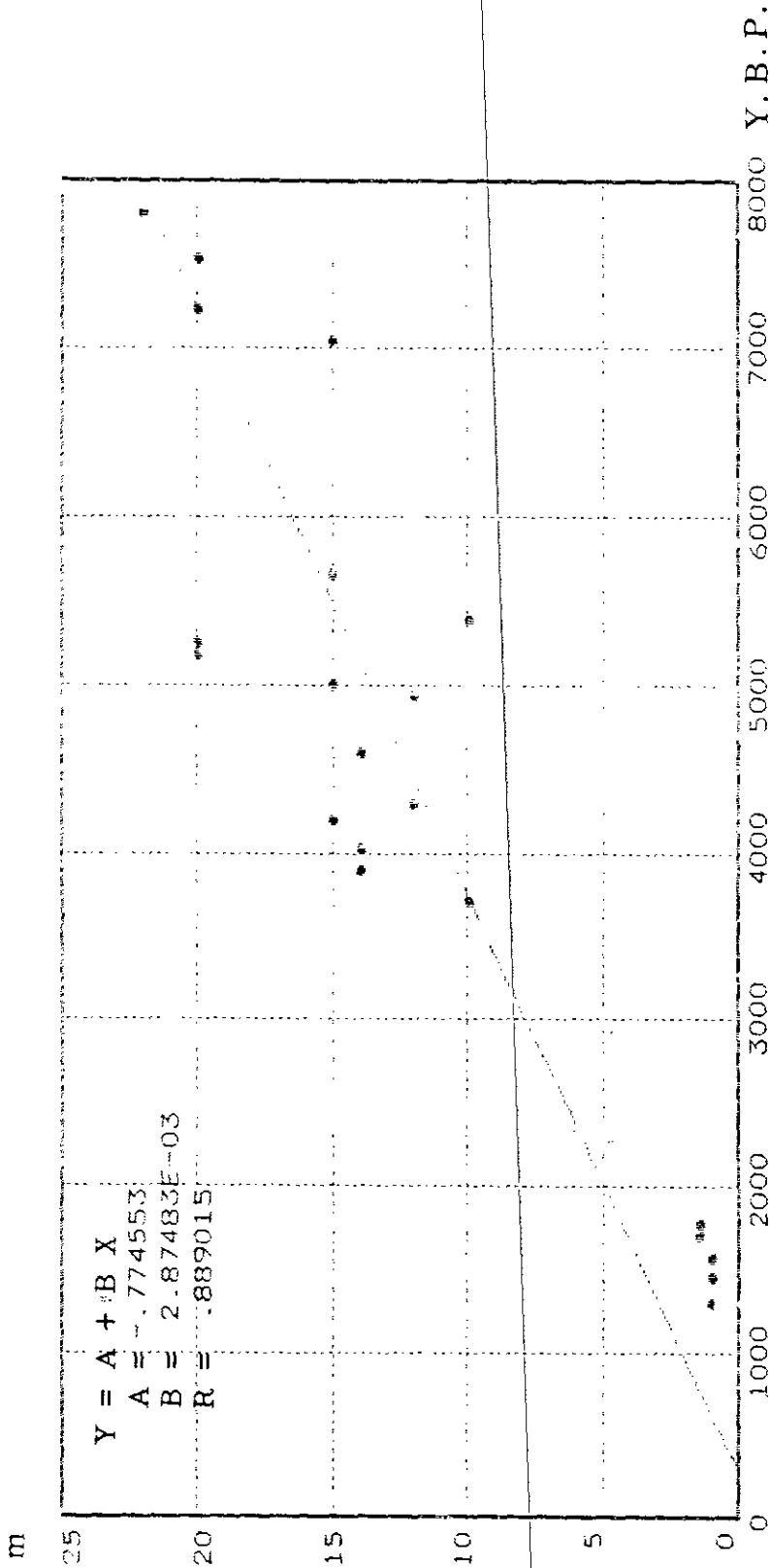


圖 2 恒春地區全新世隆起珊瑚礁樣本高度對應碳十四年代關係圖
 Fig. 2 Radiocarbon ages versus altitudes of coral samples obtained from the
 Holocene raised coral reefs in Hengchun Area.

此剖面的鵝鑾鼻石灰岩和上覆的全新世隆起珊瑚礁石灰岩間的不整合面，可以辨認出三段被埋沒的小階。全新世隆起珊瑚礁層內部看不出明顯的不整合，可能是一個累層（Formation）。此面所顯示的離水面，以珊瑚相的觀點而言，並非海進時堆積的原面，而是呈現海退時侵蝕性的礁原。堆積全新世珊瑚礁的海面高度可由此剖面西北側，切割鵝鑾鼻石灰岩的海蝕凹壁（Notch），或剖面後背部的隆起濱堤（砂丘）的基部來對應。此海蝕凹壁的後退點（Retreat point）的高度為 10.5 ~ 11 公尺（照片 5），隆起濱堤的基部高度超過 11 公尺。此地的最高潮位面（Highest high water level）和平均潮位面（Mean sea level）之差距不到 1 公尺，但此地的波浪經常很高，現在的高潮濱台（High-tide shore platform）較平均潮位高 1.5 公尺。像這種地方的海蝕凹壁由於波浪的衝上作用有向內陸漸高的傾向。因此由海蝕凹壁推定舊濱線的高度大致在 9 公尺左右。

龍坑剖面的全新世珊瑚礁按礁相來區分，可分為下列數層（圖 3）：

最上部層(5)：各種塊狀珊瑚及豐富的皿狀表孔珊瑚層（Platy Montipora）：

上部層(4)：分歧鹿角珊瑚（Ramosa Pocillopora）及少數塊狀珊瑚。

中部層(3)：內陸部，皿狀軸孔珊瑚（Acropora）和表孔珊瑚層。

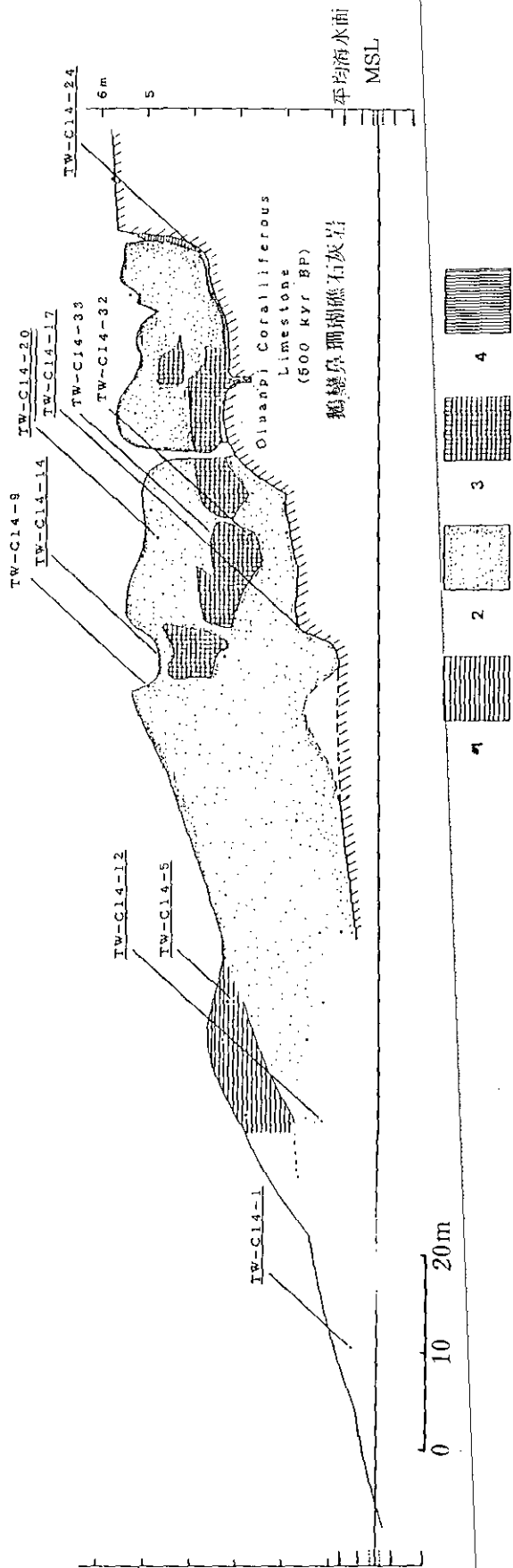


圖3 龍坑剖面珊瑚礁定年樣本採集位置圖

註：樣本編號劃線者為採用碳十四及ESR兩種定年法，其餘者僅採用ESR定年。

Fig.3 Localities of corals dated by the C¹⁴ and ESR dating methods at Longkeng profile (Tr-1). Underlined samples were dated by the two methods, and the others only by the ESR.

圖例：1.各種塊狀珊瑚及豐富的皿狀表孔珊瑚。
 2.分枝鹿角珊瑚及少數塊狀珊瑚。
 3.皿狀軸孔珊瑚及表孔珊瑚層。
 4.表覆表孔珊瑚層。

Explanation: 1. Various massive corals with abundant platy Montipora facies.
 2. Ramose Pocillopora with little massive corals.
 3. Platy Acropora and Montipora facies.
 4. Encrusting Montipora facies.

近岸部，塊狀表孔珊瑚和微孔珊瑚（*Porites*）並有分歧鹿角珊瑚層。

下部層(2)：分歧鹿角珊瑚層。

最下部層(1)：表覆表孔珊瑚（*Encrusting Montipora*）層。此岩層的變化可分為：

- ①急劇海進，礁緣（*Reef edge*）相。
- ②急劇海進，礁嶺（*Reef crest*）下部相。
- ③稍微海退，尚安定的礁嶺下部相。
- ④海進，礁嶺下部相。
- ⑤海退，礁嶺上部相。

上列的珊瑚礁剖面層相表全體而言可判為海進相，前者的層序可和後者的時間系列的①～⑤相對應。就在此剖面海側海域的現生珊瑚礁的帶狀構造，楊榮宗（1980）曾加以研究，與構成龍坑剖面的珊瑚礁種類一致。

此斷面的7個碳十四放射性定年中，最老的為編號TW - C14 - 24者，其年代為7170 ± 140年，位在此珊瑚礁層最內陸的位置（圖4，表3），此樣本屬表覆型表孔珊瑚，可與前述之最下部層相對應，可以稱為先驅珊瑚礁（*Pioneer reef*），此種生物相一直分布至此剖面的最高處，直接覆蓋在老期的鵝鑾鼻珊瑚礁之上，可以認為此時的海進至少達到現在隆起礁原的高度，此處剖面如照片6所示。照

片 7 位照片 6 之向海側約 8 公尺處，可看到鵝鑾鼻石灰岩被侵蝕成的平坦面，平坦面之正上方為原地性表覆型微孔珊瑚 (Porites) 所覆蓋，為上述的先驅珊瑚礁的一部份。照片 8 表示照片 7 剖面中央偏下部的微孔珊瑚，此微孔珊瑚的上方為碎屑狀的原地性或異地性的分歧鹿角珊瑚堆積物。

對應此海面而更向海側的 TW - C 14 - 17 (6950 ± 180 Y. B. P) 及 TW - C 14 - 12 (6980^{+160}_{-150} Y. B. P) 兩標本亦含有下部層的堆積物，主要為枝狀原地性鹿角珊瑚 (照片 9) 及軸孔珊瑚 (照片 10) 。

其次此剖面的內陸側有板狀的表孔珊瑚和軸孔珊瑚相 (照片 11) ，向海側有塊狀的表孔珊瑚和微孔珊瑚，並有分歧鹿角珊瑚屬的形成。分歧鹿角珊瑚覆蓋在表孔珊瑚和軸孔珊瑚的狀態如照片 12 所示，此處有許多塊狀的表孔珊瑚，主要為原地性者 (照片 13) 。此層得到的放射性碳十四年代為 TW - C 14 - 1 (6170^{+150}_{-140} Y. B. P) ， TW - C 14 - 14 (6130 ± 140 Y. B. P) 及 TW - C 14 - 24 (6000 ± 140 Y. B. P) 。

最上部層向海側分布有許多種塊狀珊瑚及表覆型表孔珊瑚，其放射性碳十四年代為 5510 ± 140 Y. B. P (TW - C 14 - 5) 。

以上所示的珊瑚礁層之上有明顯的不整合珊瑚礁層覆蓋，此上覆礁層含有許多珊瑚礫 (Coral rubbles) ，在不整合界面處有皮殼狀

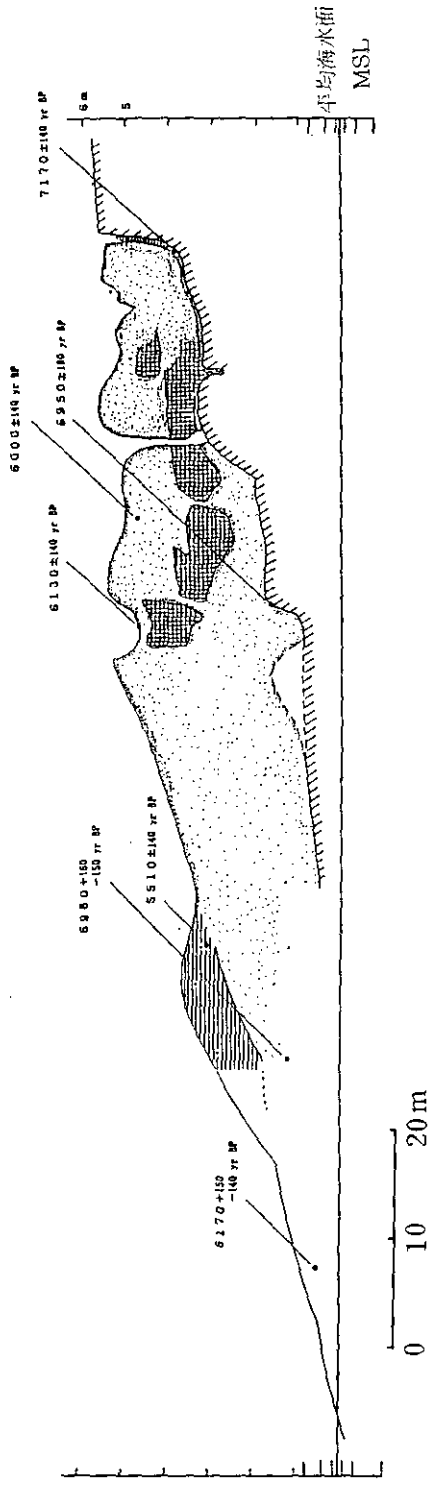


圖 4 龍坑剖面 (Tr - 1) 的碳十四年代
 Fig. 4 C-14 dates and C-14 section of Longkeng profile (Tr - 1).

表 3 龍坑全新世剖面的破十四年代

Table 3 Radiocarbon ages of the Longkeng Holocene Profile.

樣本編號 Sample name	海拔 Height above MSL (m)	珊瑚種類 Type of coral facies (niche)	珊瑚種類及形態 Genus, Life form (in situ or not)	含方解石比率 Calcite ratio (%)	Code number	年代 Date (yr BP.)
TW-C14-1	1.0	Various massive corals (lower reef crest)	<u>Leptoria</u> , massive (in situ)	0	TH-1494	6170 ± 150 - 140
TW-C14-5	3.2	uppermost part of massive <u>Montipora</u> and <u>Porites</u> with ramose <u>Pocillopora</u> (lower reef crest)	<u>Porites</u> , hemisph. (in situ)	0	TH-1501	5510 ± 140
TW-C14-12	0.9	on the <u>Oahu</u> <u>Ljmst.</u> , ramose <u>Pocillopora</u> and mass. <u>Montipora</u> rubble (fore reef)	<u>Montipora</u> , massive (in situ)	0	TH-1498	6980 ± 160 - 150
TW-C14-14	4.9	on the platy <u>Montipora</u> and <u>Acropora</u> bed (upper reef crest)	<u>Montipora</u> , massive (in situ)	0	TH-1499	6130 ± 140
TW-C14-17	1.1	in situ ram. <u>Pocillopora</u> reef with massive <u>Porites</u> and <u>Montipora</u> (lower reef crest)	<u>Montipora</u> , massive (in situ)	0	TH-1502	6950 ± 180
TW-C14-20	4.8	massive <u>Montipora</u> and <u>Porites</u> with ramose <u>Pocillopora</u> (lower reef crest)	<u>Goniastrea</u> , massive (in situ)	0	TH-1495	6000 ± 140
TW-C14-24	4.0	encrusting <u>Montipora</u> and <u>Porites</u> (pioneer reef)	<u>Montipora</u> , encrusting (in situ)	0	TH-1493	7170 ± 140

珊瑚 (*Goniastrea*) 附生 (照片 14 上方有鐵鎚敲破部份) 。

由以上的敘述可以得到下述的結論，依三段埋沒小階的存在可認定至少有二次急劇海退的現象，此二次海退不能推想為冰河性海退，而為地震性隆起海退所產生。其後有冰河性急劇海進，且至少有二次為比較激烈且較新的海退，可能是地震性隆起。照片 14 所示的不整合面還未求得年代，故不包含在此處所述的海準變動史內。

第五章 總 結

1. 恒春石灰岩的 ESR 年代值可分為 50 萬年前和 13 萬年前 (最後間冰期) 兩者，若將恒春石灰岩再下定義，前者可稱為鵝鑾鼻石灰岩，後者稱為關山石灰岩，恒春石灰岩可當做一新的層群 (Group) 的名稱。
2. 50 萬年前的海進至少達 300 公尺，此大海進可對應鵝鑾鼻石灰岩的堆積。
3. 四溝層與恒春石灰岩為不整合關係，四溝層在恒春石灰岩 (本報告為關山石灰岩) 之下。
4. 先探究龍坑全新世隆起珊瑚礁相的垂直分布，再求得放射線定年結果，得知 7000 年前急劇的海進及其後海水面的微變動，今後對變動史和珊瑚礁的形成史的年代學須加以進一步的探究。

第二部份 現生珊瑚礁地形

墾丁國家公園的海域，為台灣珊瑚礁分布最發達的地區，由於終年黑潮暖流經過，海水月平均溫在 21.0 ~ 29.5 度之間，適合珊瑚生長，故此熱帶性海岸地形也成為本公園代表性的景觀。以往本海域珊瑚礁的研究以生物生態學為中心的調查為主（楊榮宗等，1980；張崑雄、方力行，1986；戴昌鳳，1986；張崑雄、戴昌鳳，1987 等），至於地形方面的研究並非做的很徹底，加上過去幾十年非常時期的特殊原因，台灣海域地形形成的知識並不十分充足，有待進一步的探討。

台灣的珊瑚礁全部以裙礁（Fringing reef）為主，其地形無論何處寬度均狹窄，明顯發達成為礁台的礁很少，以全體來看，存著裙礁的性格，伴著裙礁在靠海側沒有發達的台礁（Platform reef）形成，只不過在海灣的內部可以辨認小規模的綴礁（Patch reef）而已，此處所說的現生珊瑚礁指全新至起源者，除隆起離水者外，指潮間帶以下發達的珊瑚礁地形。

整個台灣海域可說是造礁珊瑚可能生長的地區，但珊瑚礁地形比

起琉球群島差很多，此和台灣島的地形發育有關。伴隨著激烈的地殼變動，山岳島的形成供給多量的泥土和砂石流到海裡，砂濱和砂床海域廣泛分布阻礙珊瑚礁的著生與生育，因此限制珊瑚礁的生長。

與更新世和全新世石灰岩的分布一致，現生珊瑚礁的分布僅於本公園周圍和台灣島周圍的離島部（澎湖群島的一部份、琉球嶼、蘭嶼、綠島）等，這些地區河川搬運來的土砂少，故可獲得造礁珊瑚生育的基盤。

又現生珊瑚礁和更新世、全新世隆起珊瑚礁的分布大部份一致，表示更新世以來珊瑚生育的環境繼續不斷。現生珊瑚礁和全新世隆起珊瑚礁可認為是連續的地形及地質。本公園的海域大半具有現生珊瑚礁在隆起珊瑚礁之前連續發達的特徵，此特徵在琉球嶼與蘭嶼等離島也可看到。本公園內的珊瑚種類，全部石珊瑚類有 57 屬 208 種，水螅珊瑚類 4 屬 10 種，八放珊瑚類 14 屬 42 種（戴昌鳳，1986）。公園內由於海域不同，可以看出主要種屬的差異（張崑雄、方力行，1986）。

第一章 珊瑚礁的分布和形態

圖 5 顯示本公園及周邊現生珊瑚礁的分布，全屬裙礁，具有明顯礁台（礁原）的區域只限於狹小的範圍。大半的海域為礁原不明顯的

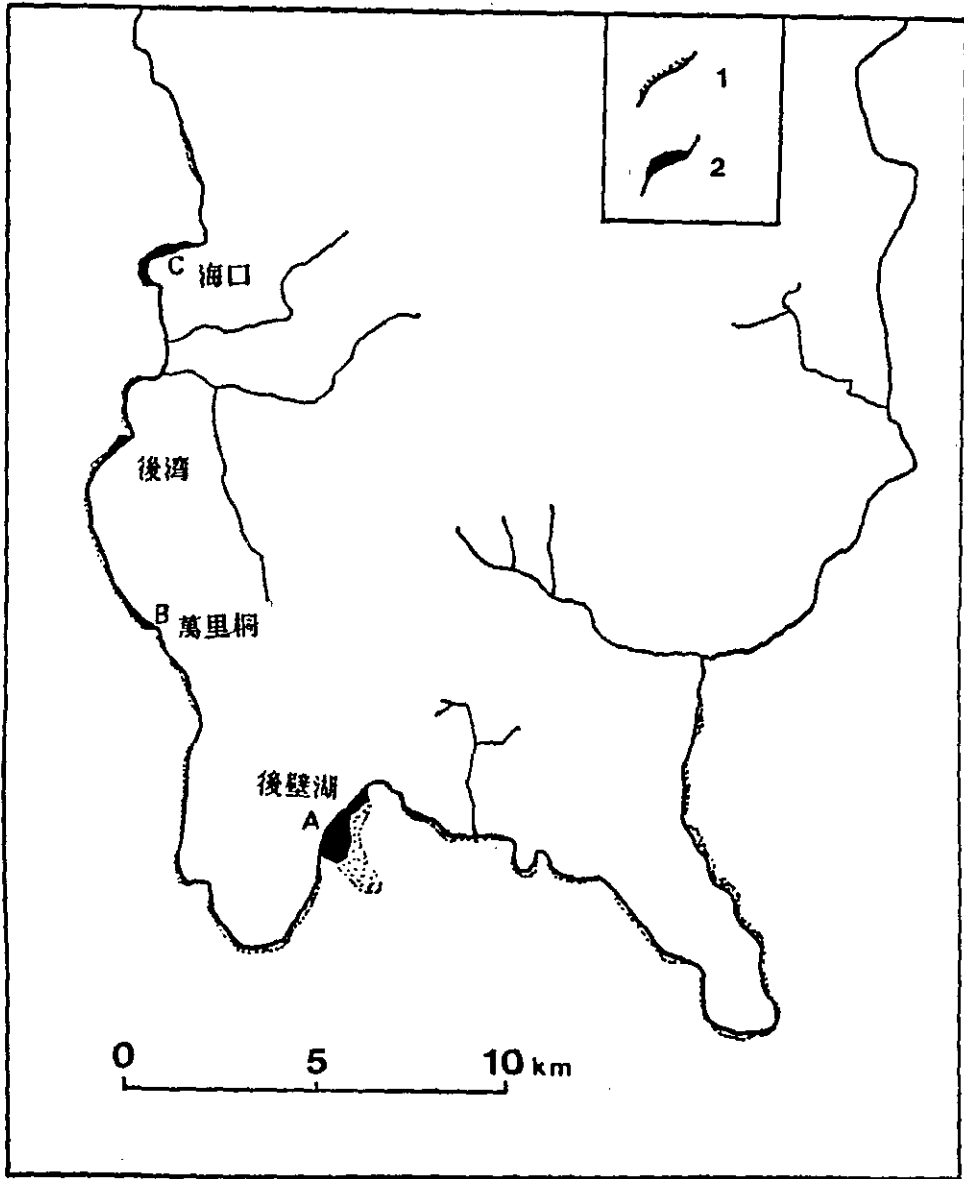


圖 5 恒春半島的珊瑚礁分布
 1. 礁前及礁前斜坡。
 2. 礁臺。

Fig.5 Distribution of the coral reef in the Hengchun peninsula.
 1.Reef front and slope. 2.Reef flat.

地形。由於礁原發達的程度的不同，珊瑚礁地形特徵也大異其趣，藉此本公園內珊瑚礁可依次分類如下：

(I) 具有礁台的珊瑚礁 (裙礁)

(1) 具有礁台—礁池的珊瑚礁

(2) 只有礁台 (沒有礁池) 的珊瑚礁

(II) 無礁台 (或不明瞭) 的珊瑚礁

(3) 以礁線、礁斜坡為主體的珊瑚礁

更由海岸地形來看，也有缺珊瑚礁的海岸，一般來說就成為砂濱海域區域。

(1) 的例子僅在後壁湖附近，也成為台灣島最大珊瑚礁 (圖 6)。

(2) 在後灣、萬里桐附近，在本公園之外，海口附近亦有。

(3) 除了上述(1)、(2)外占本公內園內大部海岸，成為全新世隆起珊瑚礁的前緣部。一般而言，寬 10 公尺以下礁台狀的面發達於潮間帶以下，也具有波蝕棚 (Wave-cut bench) 的特徵。其他如港口、砂島、南灣、白砂等地都有很長的砂濱部，不見珊瑚礁發達。

以現生珊瑚礁和全新世隆起珊瑚礁的關係而言：

(1) 的背後和側方兩者沒有隆起珊瑚礁。

(2) 的背後無珊瑚礁，但側方有連續及無連續珊瑚礁兩者。

(3) 的背後有隆起珊瑚礁地形的特徵。

依據此種現生珊瑚礁分布的特徵來看，可以推想與全新世隆起等

地殼變動有關，使現生珊瑚礁一直發達下來，後壁湖和海口的廣大珊瑚礁可認為因位在沈降帶之故。

以下為低潮時簡易的測量和觀察，記載各個珊瑚礁的地形特徵，同時做礁池各礁緣部的徒手潛水（Skin diving）所得的結果：

(1)後壁湖附近

如圖 6 所示，後壁湖漁港東側具有發達礁台（Reef flat）和礁池（Moat）的裙礁，為恒春半島唯一的此種地形（照片 17、18）。自後壁湖漁港東側突堤至核能發電廠分布弧狀的礁台和其內側的礁池。相當於張崑雄、戴昌鳳（1987）所述的礁台（Reef flat）和潟湖（Lagoon）。

如地形剖面（圖 7）所示，其礁台的寬度約 260 公尺，礁池的寬度約 200 公尺，自濱外的大、小老鼓或細塊礁的離岩或岩礁，礁緣至礁斜坡，其水深在 10 公尺以淺者約有 1 公里寬，如此的珊瑚礁地形特有形態在別處無法看到。像這樣的礁池和礁斜坡非常廣域發達的因素，可以認為是內灣性環境和海底基盤地形的影響所使然。如由海灘至濱外依序敘述地形特性如下：

a. 海灘（Beach）

寬約 35 公尺，幾乎全為珊瑚礁生物起源的砂質堆積物，暴浪時打上來的珊瑚碎片及珊瑚礫散布在海濱。海灘背後曾有風成沙丘形成，但因人為的改變，其地形並不十分清楚，海灘沙以中砂至粗砂為主，

大部份由珊瑚、貝殼、有孔蟲等生物砂構成。

b. 礁池 (Moat)

由海灘至低潮時露出礁台為主，約 200 公尺寬，平均深 1 公尺，以砂床為主體的礁池或潟湖成爲本珊瑚礁地形的特徵，亦爲恒春半島唯一具有此特徵者。礁池除暴浪時外，因礁台使波浪破碎，所以波浪較爲平靜，礁池底部幾全爲砂床，除此外爲樹枝狀的珊瑚碎片爲主的礫床，砂床上有少許海藻、海草生長，但看不到清楚藻場。

再者，砂床上有高 50 ~ 70 公分，直徑 1 ~ 5 公尺前後的岩體 (珊瑚頭，Coral head)，但幾乎全是死的珊瑚岩，附著其上的現生珊瑚只呈點狀存在而已，主要的珊瑚種類爲鐘形微孔珊瑚 (*Porites lutea*)，團塊微孔珊瑚 (*Porites lobate*)，多半爲直徑 10 公分之小型者。其他者，如千孔珊瑚 (*Millepora* spp.) 類，菊珊瑚 (*Favia* spp.) 類，列孔珊瑚 (*Seriatopora* spp.) 等附著在岩體上，以整體而言，現生珊瑚被覆的程度極少，魚類生物相貧弱。

c. 礁台

礁台或稱礁原 (Reef flat)，由礁池底向上高 50 公分至 1 公尺的部分，形成礁池外緣，低潮時露出海面成寬約 40 公尺的岩盤，成礁嶺 (Reef crest) 狀，其高度大致與平均海準面相同。岩盤比較平滑，被藻類覆蓋，礁緣的近處成爲碎波帶，覆有被覆狀或桌狀的數十公分以下之小規模群體所成的珊瑚。

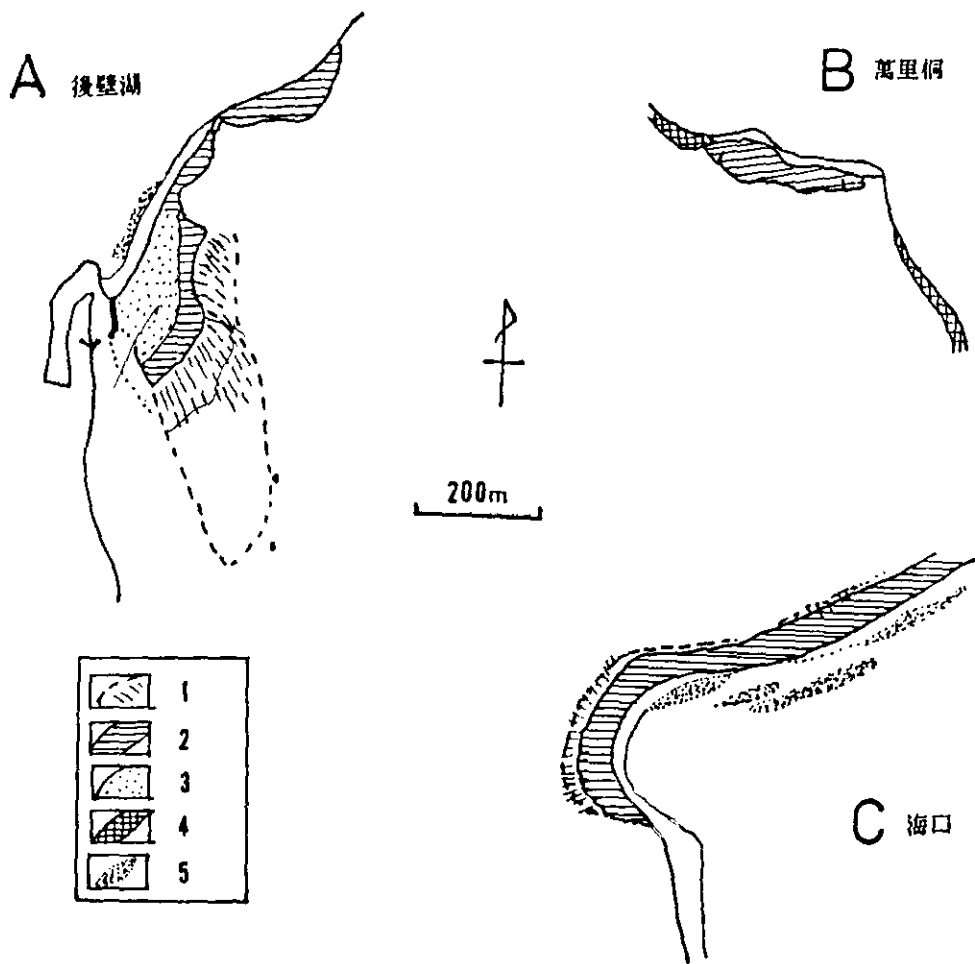


圖 6 後壁湖(A)，萬里桐(B)，和海口(C)三處之珊瑚礁地形圖。

- 1. 礁前及礁前斜坡。
- 2. 礁臺。
- 3. 礁池。
- 4. 全新世隆起珊瑚礁。
- 5. 海岸沙丘。

Fig. 6 Reef map of Houpihu (A), Wanlitong (B), and Haikou (C).

- 1. Reef front and slope .
- 2. Reef flat.
- 3. Moat.
- 4. Holocene elevated reef.
- 5. Coastal dune.

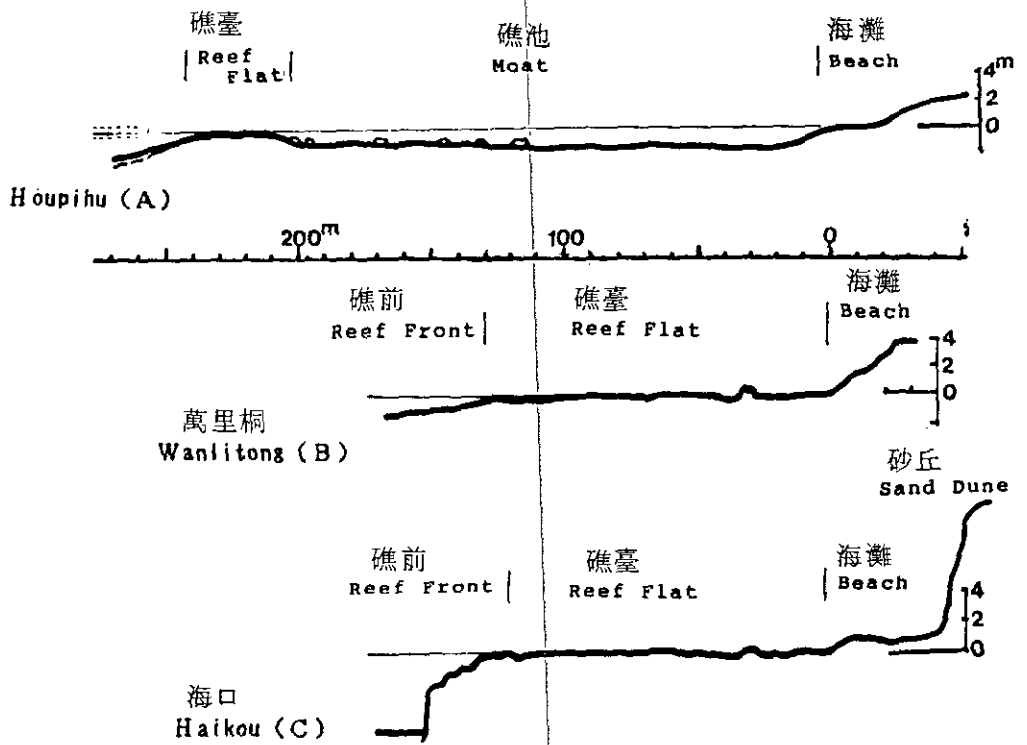


圖 7 後壁湖(A)，萬里桐(B)及海口(C)三處之珊瑚礁剖面。
 Fig. 7 Reef profiles of Houpihu (A), Wanlitong (B), and Haikou (C).

礁台有許多淺溝與礁嶺成直角相交，也有連續到礁池內的溝，特別是現生珊瑚多長在溝的周緣，此種溝叫做碎浪溝（Surge channel），由礁緣之緣溝向海側連續變深，現生珊瑚有連續沙珊瑚（*Psammodora contigua*），聯合微孔珊瑚（*Porites rus*），細枝鹿角珊瑚（*Pocillopora damicornis*），匍匐軸孔珊瑚（*Acropora palmerae*）等可加以確認（張崑雄、戴昌鳳，1987）。

d. 礁緣

由礁台向海側到深 5 公尺程度的地帶，雖受波浪影響，但造礁作用最顯著，與礁台相關連的溝成爲多數平行的緣溝及緣腳系（Groove and spur system）的地形。現生珊瑚以緣腳部爲中心，成桌狀、被覆狀、塊狀形態的比例很高爲其特徵，以桌形軸孔珊瑚（*Acropora hyacinthus*）之外，千孔珊瑚（*Millepora* spp.）和菊珊瑚類（*Favia* spp.）等最明顯，另一方面緣溝部爲深 1~2 公尺，寬數公尺，由溝底的珊瑚岩礫所構成。

根據張崑雄、戴昌鳳（1987），緣溝帶之濱外有礁前帶（Reef front），海底平台（Submarine terrace，水深 5~12 公尺），礁前斜坡（Reef slope，15~25 公尺）等地形，這一帶以軟珊瑚生長占優勢。

(2) 萬里桐附近

萬里桐珊瑚礁在恒春半島西岸萬里桐小灣，裙礁的海蝕溝北側

沒有礁池，整體由岩盤狀的礁台所成的裙礁為主，自礁緣算起，寬度約 130 公尺（圖 6、7）。並且礁台平行北側和南側海岸漸轉化為全新世隆起珊瑚礁，大體觀之為侵蝕性起的地形面（照片 19），同樣的礁台地形在後灣（照片 20）及海口附近（照片 21、22）也廣泛分布（圖 6、7）。

a. 海灘

寬度約 20 公尺，整體為砂質，暴浪打上來之小珊瑚礁在大潮之高潮位線或比它更高位的後濱成帶狀排列。海灘背後有高 80 公分的崖，成為瓊麻田的前端，此崖由含有珊瑚礁的砂質構成，在暴浪時會成侵蝕崖。

b. 礁台

礁台面大致在平均海平面附近，有水深 30 ~ 50 公分左右的潮池（Tidal pool）散布各處，岩盤上有突出狀高 50 ~ 60 公分的小突起岩體，平行海岸線成帶狀發達，這種小凹凸的成因，推想是由礁台受侵蝕及溶蝕所致。

礁台整體成岩盤狀，局部覆有珊瑚礁，即使在露出海面的岩盤內之窪地也幾乎看不到現生珊瑚礁。生物有海參、海藻、海草類等。

c. 礁緣

礁台前緣部成為深度漸漸增加的坡面，有互相平行深 1 公尺左右，寬度很窄的緣溝發達，其間緣腳部表面有現生珊瑚發育，在碎波帶

附近有桌狀、被覆狀及塊狀現生珊瑚礁發育附著，3公尺以深的地方，以軟珊瑚類爲主要構成種，主要的石珊瑚爲軸孔珊瑚（*Acropora* spp.）、表孔珊瑚（*Montipora* spp.）等，浮游生物多，故透明度不大。

第二章 珊瑚礁的海底地形

爲調查由珊瑚礁前緣至更遠的海底地形，租用漁船利用深度記錄器（Depth recorder）。探測時由於颱風過後，波浪相當高，故調查的區域，僅限定於貓鼻頭、青蛙石兩地點連線以北的南灣海域（圖8）。加上正確位置的測定困難，接近礁原具有危險，因此僅能測水深5公尺以上的水域。

測深時用二台深度記錄器，且儘可能靠近海岸，漁船定一目標以直線等速（每分鐘約170公尺）航行。更詳盡的調查可能留到以後再做，但預察的海底地形已可以把握。由珊瑚礁海底地形的剖面可以推知現生珊瑚基底的深度等。

至於全新世隆起珊瑚的情況可認爲是由現生珊瑚礁的礁原延伸至更遠的地方，成一平緩的礁斜坡，在(1)青蛙石，(2)潭子灣，(4)後壁湖漁港外(5)核能電廠排水口等處，水深10～20公尺的緩斜坡可以辨認出來（圖9），特別在(1)(2)(4)，水深在20～30公尺處有急斜的礁斜

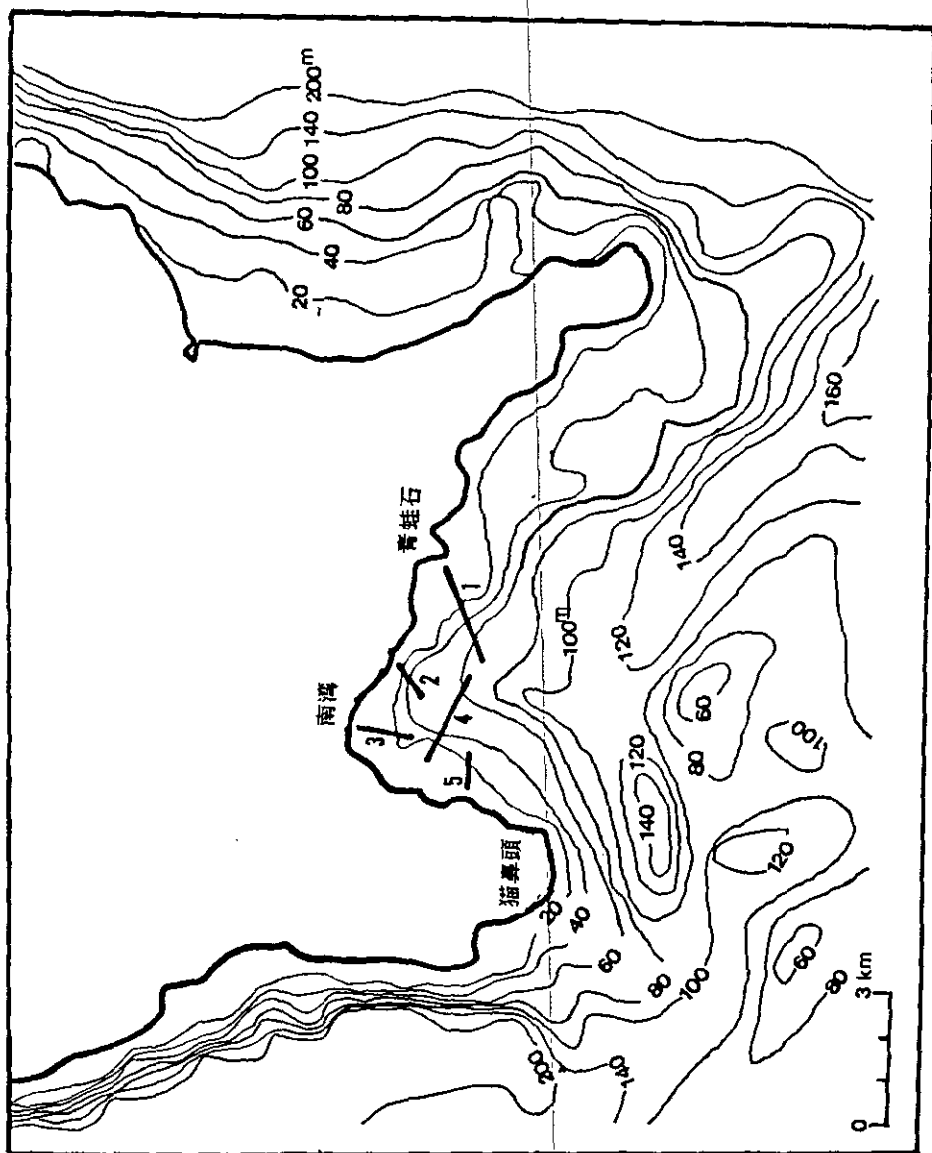


圖 8 南灣海域的回聲測深剖面位置圖

Fig. 8 Location map of the echo-sounding profiles.

坡部，水深約 30 公尺處有明顯的傾斜變換點，比此處更處更深的地方，南灣中央最深部的 60 ~ 80 公尺處，形成一連續的斜坡。但(5)處水深 20 ~ 30 公尺處沒有明顯的急斜坡部，而在 20 ~ 40 公尺處成爲緩斜坡。(3)之南灣海濱水深慢慢地增加，水深 20 公尺的海底有高 10 公尺的海底丘，可能是綴礁 (Patch reef) 或殘丘。

張崑雄、戴昌鳳 (1987) 認爲至水深 5 公尺爲礁緣帶 (Reef margin zone)，由此至更深的 5 ~ 12 公尺有平坦的海底階地存在，此特徵可以(4)後壁湖漁港外的大小老鼓附近爲例，且認爲礁前帶 (Reef front zone) 爲由礁緣至水深 15 ~ 25 公尺有均勻的傾斜，而礁前斜坡 (Reef slope) 爲通常在 15 ~ 25 公尺間者。

本測定可以認出在水深 20 ~ 30 公尺之間有明顯的急斜坡部份，相當於張崑雄、戴昌鳳 (1987) 的礁前斜坡，至此深度，確實有珊瑚礁分布。20 公尺以淺的平坦部具有珊瑚礁堆積的特徵，水深約 30 公尺處確實有明顯的傾斜變換點存在，因此現生珊瑚礁基底深度在 30 公尺處的可能性非常的大。

這一次調查的區域很小，不能確定是否有海底階地存在，以前的報告也沒有提及，因此無法確認現生珊瑚礁的基盤地形與海底階地關係，但水深 20 ~ 30 公尺間的海底階地地形，可能影響現生珊瑚礁的形態。

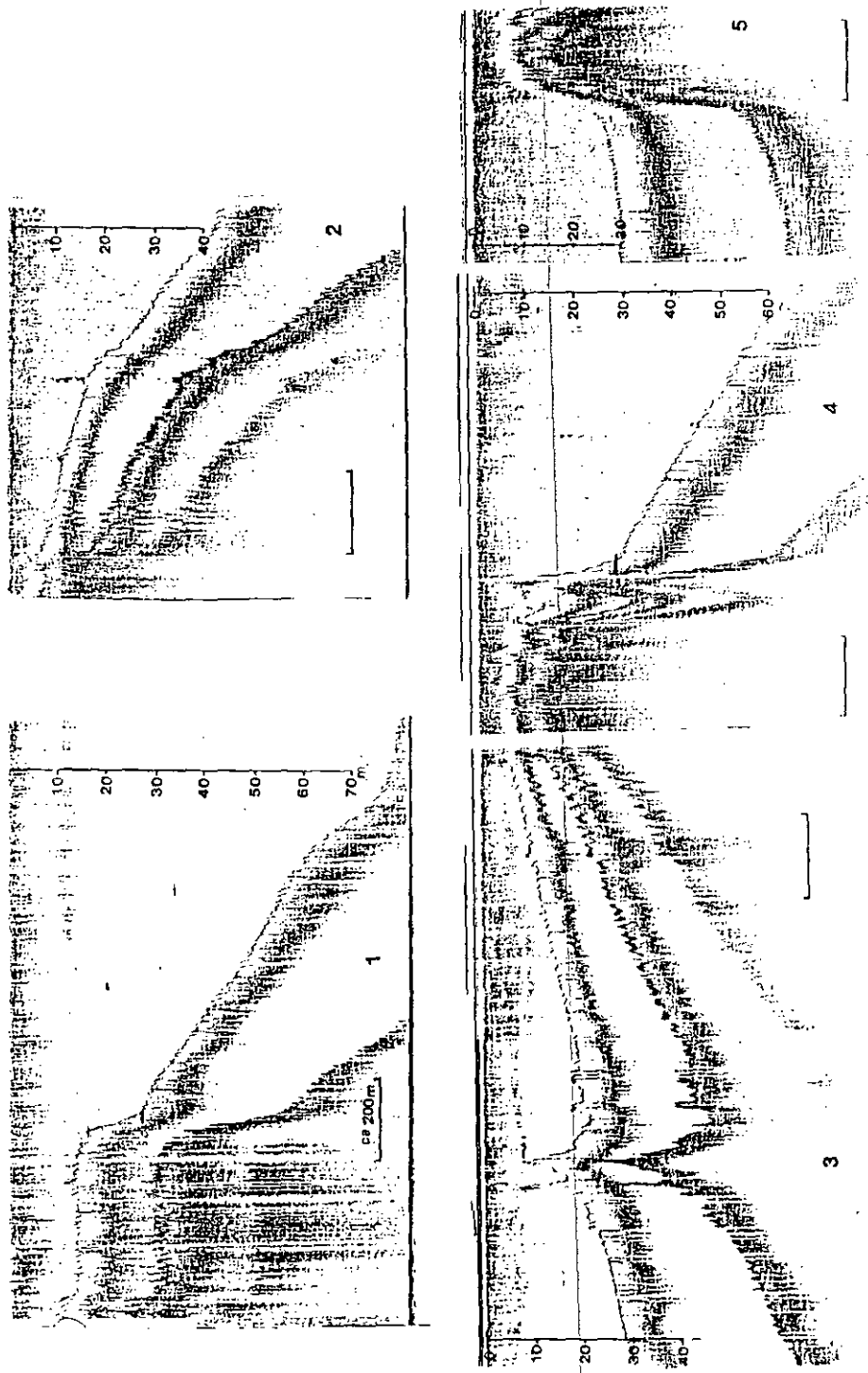


圖 9 回聲測深剖面圖
Fig 9 Echo-sounding profiles

結 論

本公闌內的現生珊瑚礁爲台灣地區最發達且良好者，全體而言，並不十分繁盛。在全新世珊瑚礁廣汎分布的地帶，現生珊瑚礁幾乎不顯著，後壁湖爲唯一具有廣大礁池的現生珊瑚礁，但其爲發達於沉降帶者，因此可知全新世的地殼變動也影響珊瑚礁地形的形成，同時海口附近的珊瑚礁地形的形成也可能具有相同的環境。另在萬里桐、後灣具有礁台的珊瑚礁，由於位於小海灣的內側，波蝕作用比直接面臨外洋的其他全新世隆起珊瑚礁低，故有較寬廣的礁台。同時由海底地形測定的結果，可推斷現生全新世珊瑚礁基底水深約在 30 公尺處。

今後更須進一步做外洋水域的探測及其與海底階地的關係，因時現生及全新世隆起珊瑚礁的採樣和定年，更可明確的了解現生珊瑚礁的形成。

謝 辭

本計劃順利完成，首先得感謝營建署及墾丁國家公園管理處的經費贊助，林前處長益厚及現任蕭處長清芬的敦促與鼓勵，保育課鄭燦陽課長及解說課周民雄先生的多方協助。野外考察期間更得力於貝柄徹、池田すみ子、周坦弘、中島洋典、石同生等諸位先生參予測量與採集。珊瑚礁 ESR 年代測定與有關的實驗得關西大學工學部土木工程教室青山千彰先生，大阪大學工學部產業研究所池田稔治先生，理學部地球物理學教室池谷元伺先生等的協助，在此謹致崇高的謝忱。

參考文獻

1. 王鑫 (1980) 台灣的地形景觀，渡假出版社有限公司，95-103 頁。
2. 中華顧問工程司 (1986)，墾丁國家公園墾丁與鵝鑾鼻遊艇碼頭規劃，墾丁國家公園管理處。
3. 石再添 (1975)：台灣南端珊瑚礁海岸域的地形學計量研究，師範大學地理研究所，「地理研究報告」，No.1, pp.69-102。
4. 石再添、鄧國雄、張瑞津、楊貴三 (1985)：恒春地區的活斷層與地形面，國立台灣師範大學地理學會「地理教育」，No.11 p.1-14。
5. 林朝榮 (1957)：台灣地形，台灣省文獻委員會出版。
6. 林朝榮 (1966)：概說台灣第四紀的地史並討論並自然史和文化史的關係，台灣第四紀之研究第六篇，國立台灣大學考古人類學刊，No.28，p.7-41。
7. 紀文榮 (1981)：台灣利吉相及墾丁層內之超微化石及其在地質構造上之意義。地質，vol.4，No.1，p.99-112。
8. 許中民 (1986)：台灣南端恒春半島第四紀後期構造運動之研究，國立台灣大學地質研究所博士論文，pp.1-135。

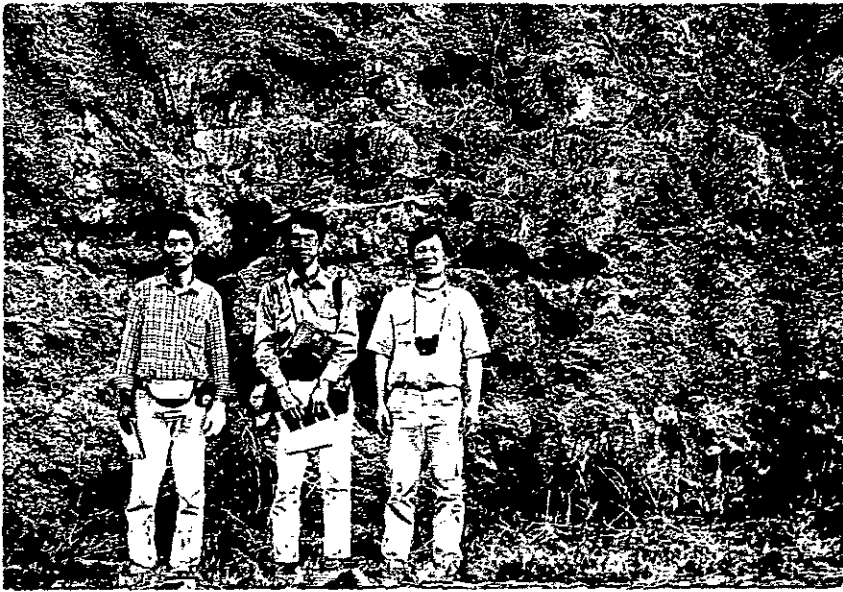
9. 許民陽 (1988): 台灣海階之地形學研究，中國文化大學地學研究所博士論文。
10. 宮守業 (1982): 恒春石灰岩沈積環境之研究，台灣大學地質研究所碩士論文，pp.1-60。
11. 張崑雄、方力行 (1986): 墾丁國家公園海域珊瑚礁及海洋生物生態研究——珊瑚保育及生理生態研究 34 號之六。
12. 張崑雄、戴昌鳳 (1987): 墾丁國家公園海域珊瑚礁及海洋生物生態研究——海域珊瑚的分布及群聚生態學之研究 42 號之四，墾丁國家公園管理處。
13. 楊榮宗等 (1980): 墾丁國家公園地區海洋生態資源調查報告，台大海洋研究所專刊 26 號，104 頁。
14. 劉平妹、黃奇瑜 (1988): 墾丁國家公園及臨近地區地質古生物調查——低階台地地質與變動地形保育研究報告第 51 號，pp.1-84。
15. 詹新甫 (1974): 恒春半島之地質及構造並申論中新世傾瀉層，台灣省地質調查所彙刊，No.24，p.99-100。
16. 鄭穎敏、黃奇瑜、劉平妹 (1986): 墾丁國家公園及臨近地區地質古生物調查，保育研究報告，No.26，p.215。
17. 戴昌鳳 (1986): 墾丁國家公園海域珊瑚礁分類學暨生態學之研究，墾丁國家公園管理處，158 頁。

18. 戴昌鳳 (1987) : 珊瑚與珊瑚礁 , 墾丁國家公園管理處 , 100 頁。
19. 六角兵吉、牧山鶴彥 (1934) : 高雄州恒春油田調查報告 , 殖產局出版 , No.660 。
20. 半澤正四郎 (1931) : 台灣に於ける隆起珊瑚礁に就いて , 地理評 , vol. 7 , p.91-104 。
21. 半澤正四郎 (1931) : 台灣に於ける琉球石灰岩の層位及地形に就いて地理評 , vol. 7 , p.196-213 。
22. Chang, L. S. (張麗旭 , 1966) : A biostratigraphic study of the Tertiary in the Hengchun Peninsula, Taiwan, based on smaller Foraminifera. (III : southern part) . G.S.C. Proc., No.9 , p.55-62 .
23. Cheng, Y. M. and Huang, C. Y. (1975) Biostratigraphic study in the West Hengchun Hills. Acta Geologica Taiwanica, No. 18, p. 49 ~ 59.
24. Ishizaki, K. (1942) : Geological observations in the Hills Region to the west of Koshun. Taiwan Taigaku Kizi, vol. 13, p.45-64.
25. Koba, M., Ikeya, M., Miki, T. & Nakata, T. (1985) : ESR ages of the Pleistocene coral reef Limestones in

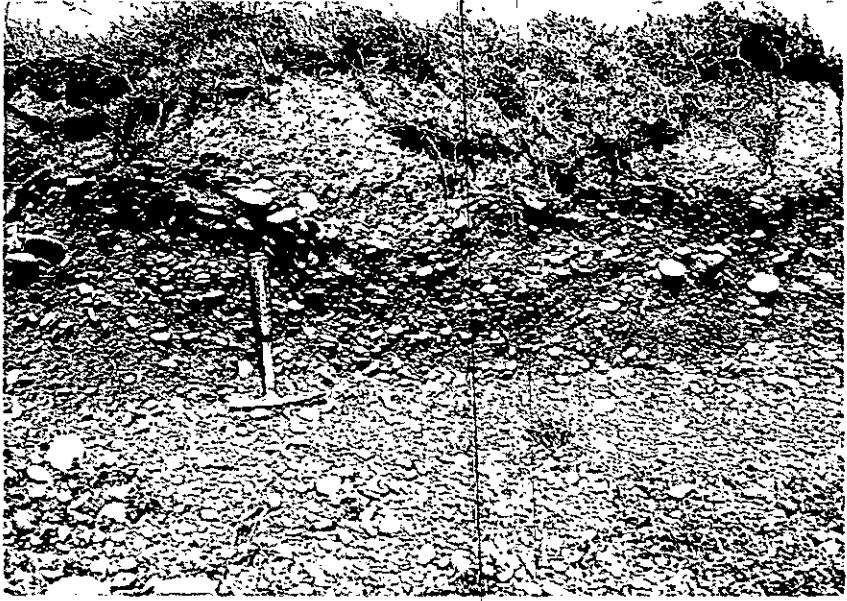
- the Ryukyu Islands, Japan. ESR Dating and Dosimetry (IONICS) , Tokyo, p.93-104.
26. Liew, P. M., and Lin, C. F. (1987) : Holocene tectonic activity of the Hengchun Peninsula as evidenced by the deformation of marine terraces. Memoir of the Geological Society of China, No. 9, p.241-259.
 27. MacNeil, F. S. (1960) : Tertiary and Quaternary Gastropoda of Okinawa. Geol. Surv. Prof. Pap., 339, 148p.
 28. Yabe, H. and Hanzawa, S. (1930) : Tertiary foraminiferous rocks of Taiwan (Formosa) . Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., 2nd Ser. (Geol.) , vol. 14, p.1-46.



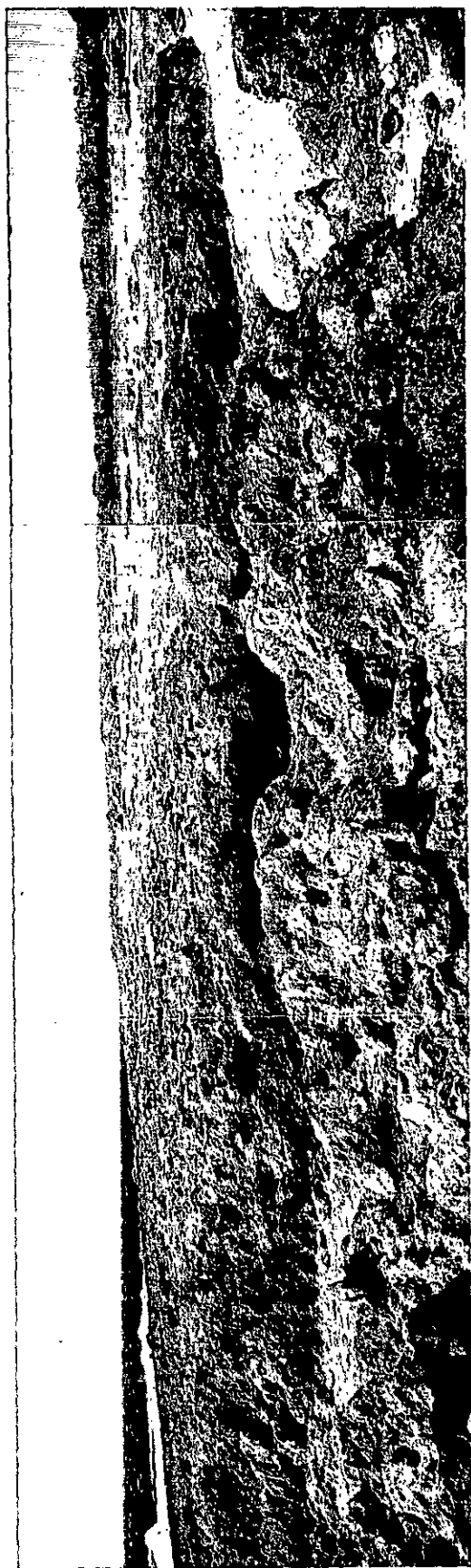
照片 1 關山東側道路旁露出的關山石灰岩剖面顯示上部層與下部層間的層面近乎水平。



照片 2 關山石灰岩上部層中的半球狀 *Goniopora* 珊瑚塊體，直徑達四公尺。



照片 3 電台草原雷達站附近公路旁出露的通稱「太平層」的海相礫石層，圓磨度甚佳，在恒春石灰岩溶蝕後堆積在地表上，並顯示潛移（Creep）的構造。



照片 4 龍坑全新世珊瑚礁剖面 (TR - 1) 的向陸側，沿海蝕溝可觀察其剖面組成。



照片 5 龍坑剖面附近與剖面平行的隆起海蝕凹壁。



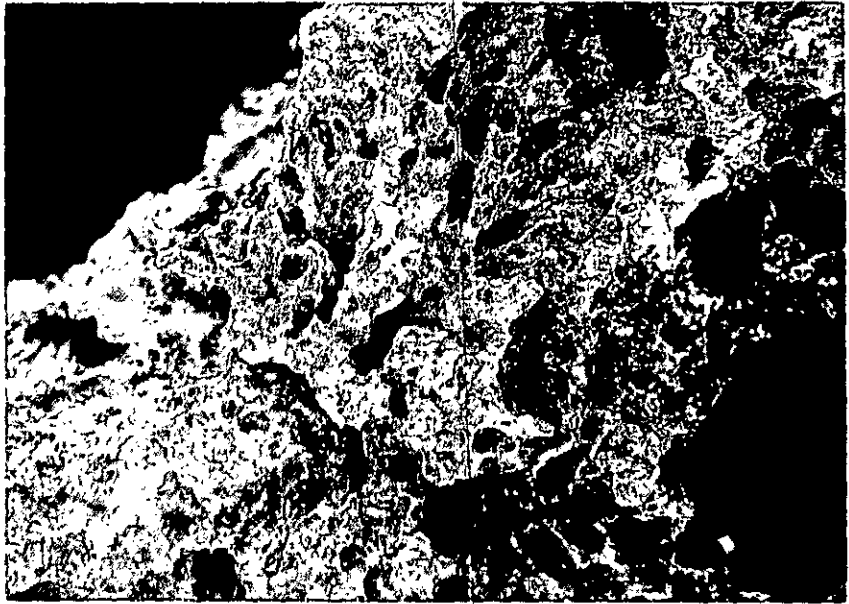
照片 6 龍坑全新世珊瑚礁累層 (Formation) 的最內陸側的先驅珊瑚礁 (Pioneer reef)。



照片 7 龍坑剖面由更新世鵝鑾鼻石灰岩所構成的被埋沒小階的內陸側最高處可見到清楚的不整合面（黑線處），面以上為全新世珊瑚礁累層。



照片 8 由照片 7 的中央偏下部可見到在侵蝕面上生長的先驅珊瑚礁，為表覆微孔珊瑚。



照片9 龍坑剖面的原地性分歧鹿角珊瑚。



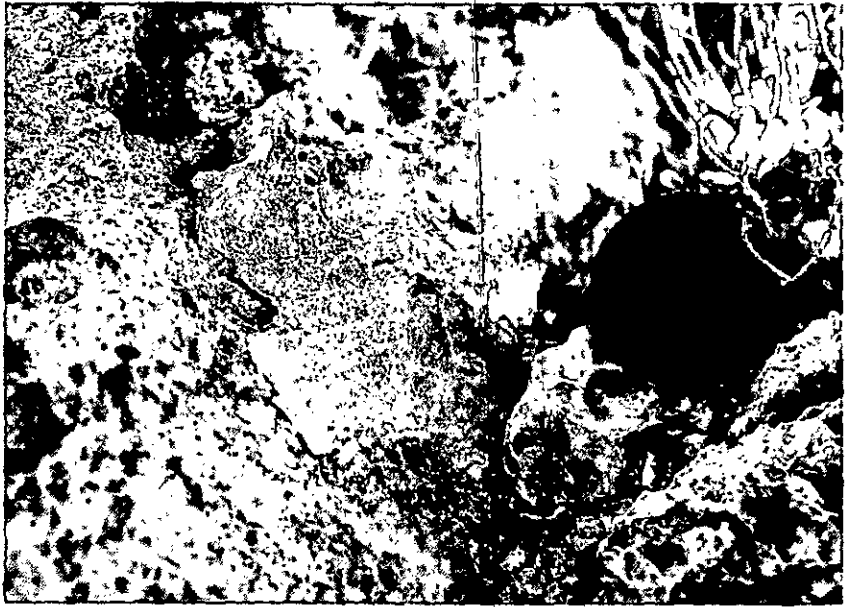
照片10 龍坑剖面的分歧軸孔珊瑚。



照片11 龍坑剖面中部層的皿狀表孔珊瑚及軸孔珊瑚。



照片12 龍坑剖面上部層（分歧鹿角珊瑚）和中部層（皿狀表孔珊瑚層）的交界。



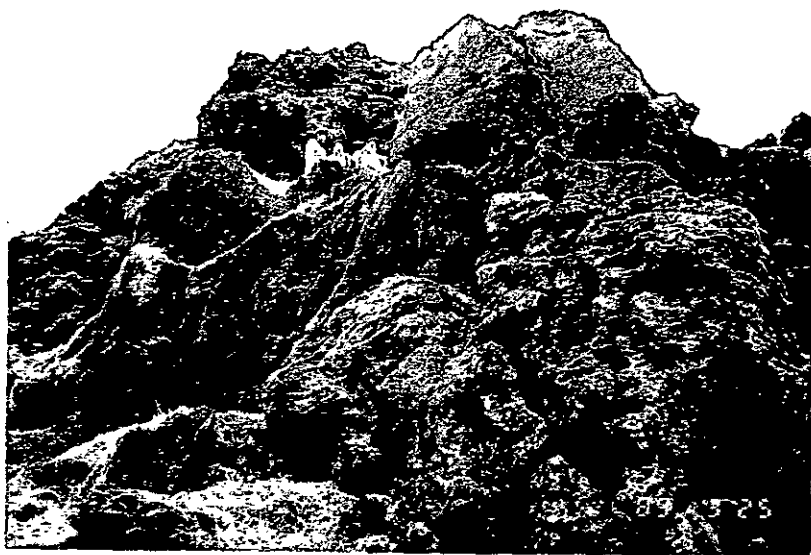
照片13 龍坑剖面上部層的原地表孔珊瑚。



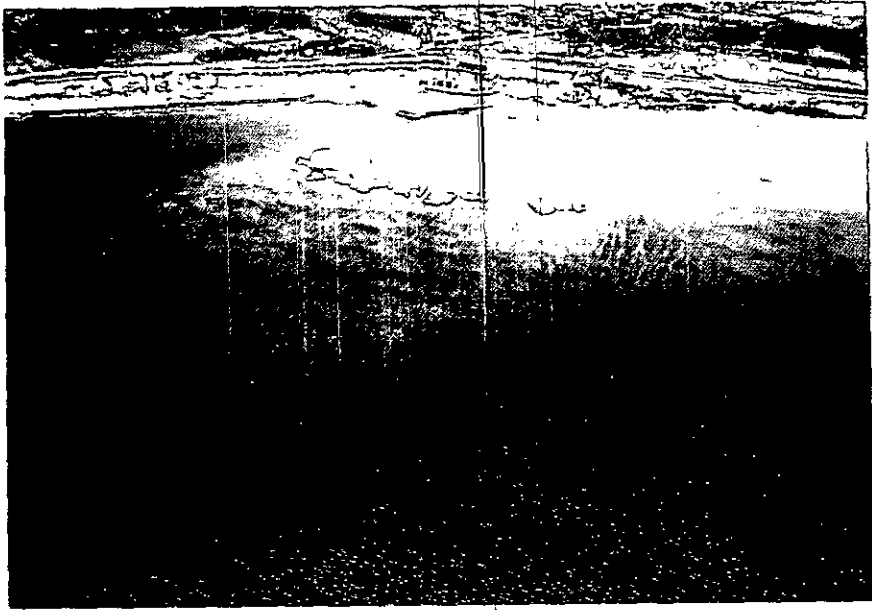
照片14 龍坑剖面上部層最年輕的累層，主要由珊瑚礫組成，覆蓋在6000～7000年前的珊瑚礁上。



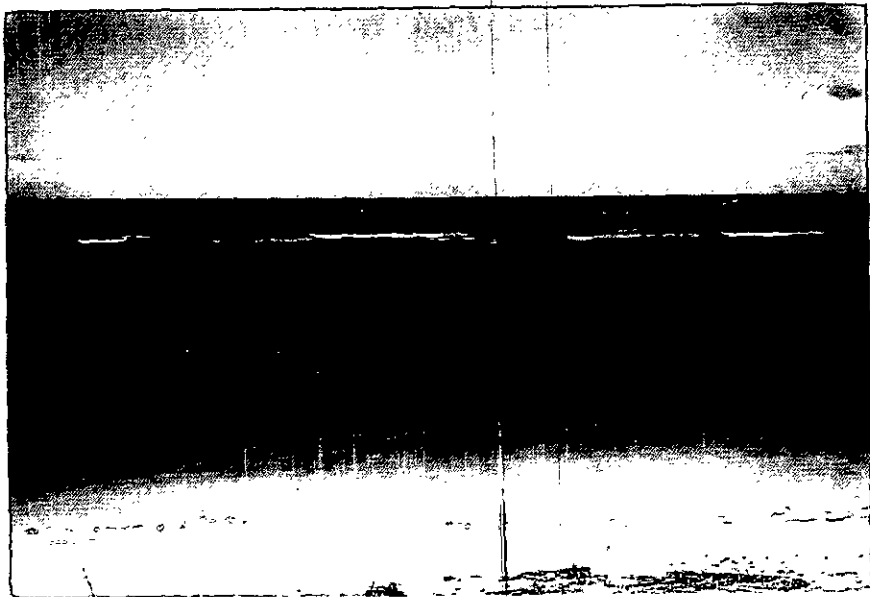
照片15 恒春西部台地大平頂附近的剖面，下部為四溝層，看起來好像四溝層之上不整合覆有太平層的礫層，但兩者完全是整合的關係。



照片16 貓鼻頭附近所呈現的露頭，上部為恒春石灰岩（＝關山石灰岩），下部為四溝層，兩者間為不整合關係。



照片17 後壁湖港東側裙礁的空照景觀。



照片18 後壁湖珊瑚礁於高潮位時呈現的礁台與礁前帶
兩者之上有海灘，礁池及碎浪帶。



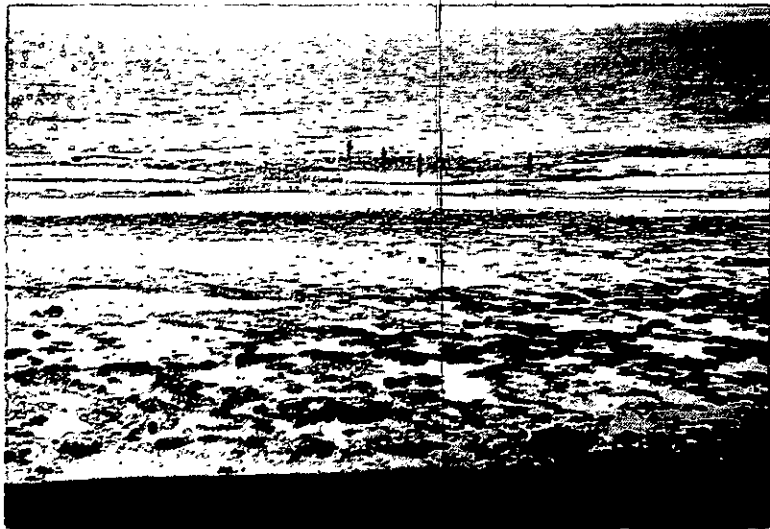
照片19 萬里桐的礁台以及全新世隆起珊瑚礁的殘餘。



照片20 後灣礁台的航照景觀。



照片21 海口附近的沿岸沙丘及珊瑚礁的空照景觀。



照片22 海口珊瑚礁的礁台。