

RES0051



RES051

(98.P)

保育研究報告第51號

國立台灣大學
地質學研究所

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

劉平妹 黃奇瑜

內政部營建署 墾丁國家公園管理處

中華民國七十七年九月

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

劉平妹 黃奇瑜

內政部營建署 墾丁國家公園管理處

中華民國七十七年九月

目 錄

英文摘要	v
中文摘要	vii
第一章 前言	1
第二章 地質概況	5
第三章 研究方法	9
第四章 全新世海階	17
第五章 低位海階之變動地形	33
第六章 石牛橋台地之沈積與化石	61
後 記	67
參考文獻	71
圖版說明	77
附錄 海岸線高度的決定與高度測量	79

圖表目錄

- 表一 恆春地區珊瑚礁定年資料
- 表二 本計劃所採珊瑚目前已有之定年結果（採樣位置示於圖四）
- 表三 恆春地區全新世海階之內緣高度及變動形態一覽表
-
- 圖一 恆春半島的地質背景圖（摘自何，1986）
- 圖二 一萬年以來的海水面曲線
- 圖三 海蝕凹壁的高度與海水面停滯的關係
- 圖四 海蝕凹壁高度測量位置及本研究定年採樣點（sp. st
wl 及 hp）
- 圖五 海蝕凹壁高度圖
- 圖六 恆春地區全新世海階分佈狀況及構造線或斷層分佈情形
- 圖七 海階剖面圖
- 圖八 西恆春台地更新世海階面與低階台地內緣高度在東西方向上的投影，顯示相似的變化趨勢
- 圖九 潭仔灣（左）至大圓山低階台地之內緣高度在垂直於斷層線A1方向上的投影，斷層A1為一高角度逆斷層，在石牛溪附近造成一撓曲構造（Upbuckling Structure）
- 圖十 石牛橋附近台地面之鑽探資料及槽溝挖掘位置
- 圖十一 槽溝剖面，位置示於圖十（槽溝 I, II 及剖面III描述詳見正文）
- 圖十二 石牛溪橫切剖面示意圖
- 圖十三 石牛溪全溪曲線距離之縱剖面圖，細線為河階分佈處
- 圖十四 石牛溪中下游河階水平分佈圖

- 圖十五 石牛溪下游河道遷移模式
- 圖十六 石牛溪下游河道遷移速率
- 圖十七 石牛溪附近撓曲及斷層構造之立體示意圖
- 圖十八 鵝鑾鼻更新世海階面高度與全新世階面的內緣高度在垂直於番仔寮背斜軸（見圖六）方向上的投影
- 圖十九 石牛橋附近公路剖面中有孔蟲種類之統計，結果顯示由下而上二次移置化石增多而原地生化石則遞減，表示向上逐漸接近河口相，故海相原地生化石種類減少

英文摘要

The Hengchun Penninsula is located in the continental margin of the Eurasian plate, which is consumed beneath the westward moving Philippean Sea plate. The interaction of these plates results an active crustal movements in this Penninsula. Study of the lower marine terrace in the Kengting park area will provide the neotectonic information here.

Based on this study, Holocene uplifting and tilting were remarkably active in the Shihniuchiaio area and on the West Hengchun Hills of the south and western parts respectively, of the Hengchun Penninsula of south Taiwan. The neotectonic activity is recognized from the attitude of certain beds of Flanderian (middle Holocene transgression) age which forming the conspicuous lower marine terrace. This bed consist of 2-3 m of reef clastics overlain by 2-5 m of beach sands. The general altitude of the inner edge of the terrace is 10-15 m but the altitude gradually increases westward from 10-15 m in the Oluanpi area to about 36 m in the Shihniuchiaio area. Near Shihniuchiaio, the terrace has been upbuckled into a dome-like structure which is disrupted on its western side by a clean-cut linear feature. This feature is an east-dipping thrust fault, and is of much importance in the tectonic framework of the penninsula southernmost part of Taiwan.

The tilting is also recognizable on the West Hengchun Hills from the various altitudes of the inner edge of the afore-said terrace. The altitude of the inner edge is 10-13 m above mean sea level in the southern part of the West Hengchun Hills but is 13-20 m on the western coast. This suggests that, west of Shihniuchiaio, the terrace has been deformed once again into another structure as well as topographic high during the Holocene movement.

Active folding may exist in the middle part of the Oluanpi area as viewed from the concordance of topographic high in the Holocene marine terrace with the axial part of the Fantzuliao anticline on the Pleistocene terrace.

The area in which the Holocene strata has been affected or disrupted by tectonic or tectonic-induced sliding are represented as lineaments in figure. It is nessessary to pay more attention to such spots in urbanization.

中文摘要

恆春地區地質上背景特殊，位於菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊之交界處，自地質時代第三紀中新世以來迭有地質變動的記錄，且此處構造變動至今未息。本研究以低階海成台地之平坦地形為基準，探討數千年來此區在複雜的大地應力或地質構造作用之下，所造成的變動形態，從而預知本區存在的地質薄弱帶，以提供國家公園設施及保育的參考。

由甫形成於全新世高海水準時（亦即距今約六千年前）的海成階地之分佈，得知恆春半島西部及南部之隆升與傾動自全新世以來依然持續。這期的海成階地大部分由厚約二至三公尺的珊瑚礁碎屑及其上覆的二到五公尺的海濱砂所組成。本階地在地形上為明顯的緣海低位階地，階面內緣之高度在鵝鑾鼻地區為海拔十到十五公尺，向西逐漸升高，到了石牛橋以西竟達三十餘公尺海拔高度，且階面於此處形成穹窿，穹窿西翼為一斷層所截切而成一小崖，階面內緣高度通過此構造所造成之坡崖後陡然下降，回復到十餘公尺高。本斷層與台灣南部之主要構造線平行。由於其影響使年代極近於今的全新世海階面受擾動，因此判斷此構造之活動性持續至今。

西台地向陸傾動可能發生於更新世中期，此傾動之應力，今天仍應存在，此點可由低階海成台地內緣高度的起伏不均而

得知，在西台地之南緣及東緣，此階內緣高度為海拔十至十三公尺，顯示除了石牛橋附近以外，在此區亦有一個持續造成的地形及構造高點存在。

在略具穹窿狀的鵝鑾鼻台地番仔寮附近，本為高位階地穹窿之軸部，加上其左右側地區階面內緣的高程呈規則且穹窿狀的變化，推斷背斜構造可能持續作用至全新世。

本研究將國家公園區內之低階海成台地地層受到新期構造或與其有關之崩落作用的地區以線性表示於圖中。線性之通過帶，地層呈現裂隙、落差或斷裂現象或極傾向於有該現象，故值得適當保育以防患未然。

又由於石牛橋附近低階台地因構造作用形成穹窿地形，使得低階海成台地之沉積剖面出露較好，因此可對此低階台地之沉積與化石作進一步研究。從定年資料得知此台地上部之淺海相地層乃為全新世之海進所造成，由陸側至海側，這層沉積層有明顯的側向沉積相變化，在陸側為最淺處受波浪作用聚集的生物碎屑相，而向海側則逐漸有原生的珊瑚與貝類等的存在，顯示當時古地形深度變化。這期的海進，雖然開始於一萬年前，但海水面不斷升高到距今約六七千年前方達到今日的高度。而距今六七千年前也正是全新世以來最暖的時期，應為最適於

許多種類生物繁殖、孕育的時期。

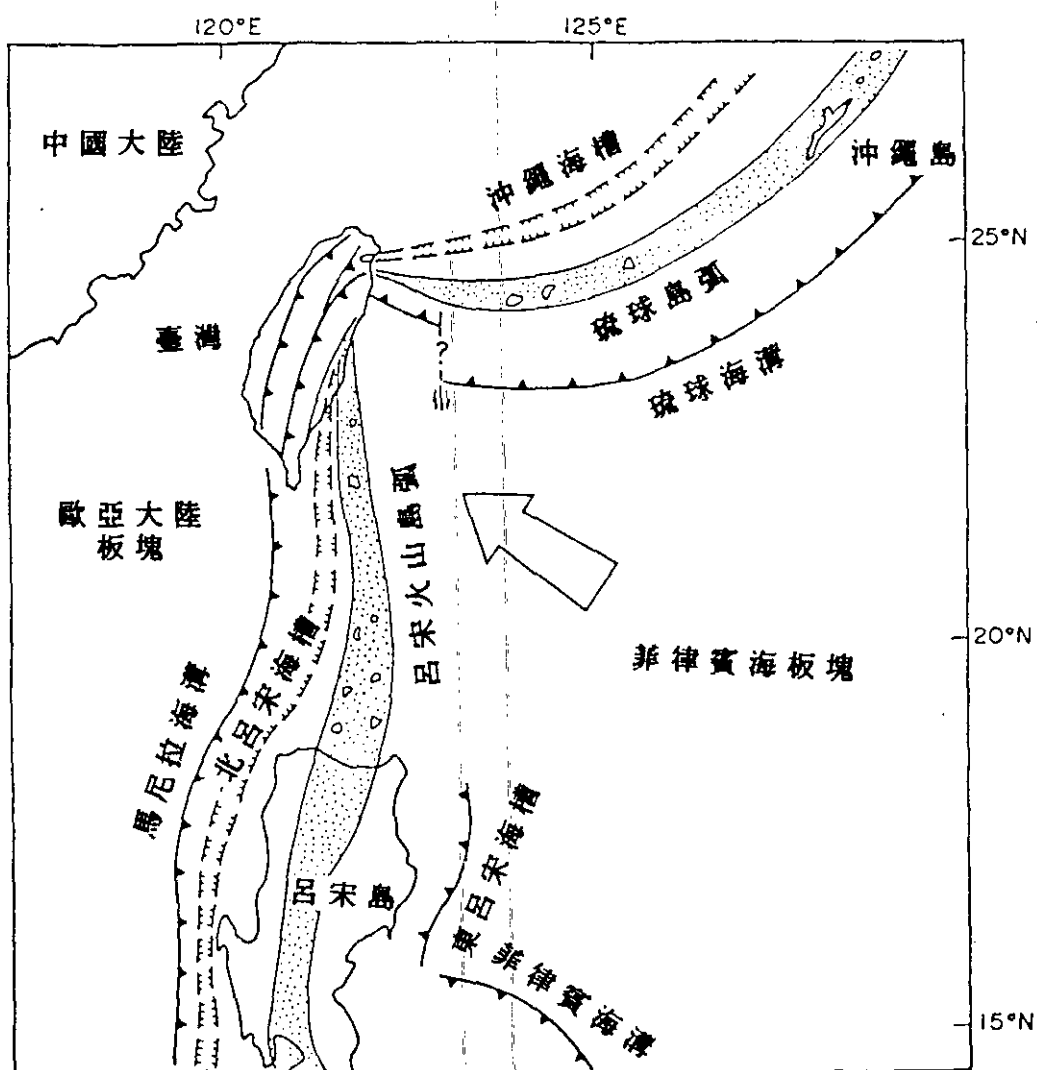
石牛橋台地出露的剖面，不但可告訴我們在此層沉積當時類似於今日的海面下由淺變深的地形與沉積相，也可知道當時主要的生物種類。

第一章 前 言

墾丁國家公園，位於臺灣島的最南端，擁有其獨特的南台灣氣候與生物。然而更可貴的是有由特殊大地構造背景造就的特殊地形與地質景觀。在地質構造的佈局上，恆春半島位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊的界面附近，東臨菲律賓海板塊，西以高角度的逆掩斷層與南延的屏東谷地接壤，北為中央山脈的綿延，南側為菲律賓海板塊與中國南海洋殼折衝之處（圖一）。由於位於板塊的交界帶附近，使此處得以表現出特殊的地質構造與展示出特殊的地層；例如有構成大小尖石山地形的傾瀉岩層及特殊的無根岩塊；又有原係深海沖積扇的佳樂水海岸的砂岩；也有原屬淺海沉積的富含貝類化石的恆春西台地的地層。另外更引人注目的是一階階扶級而上，大部為珊瑚礁所構成的海成台地地形以及向陸側傾動的恆春西台地景觀。

國家公園處為瞭解公園及其臨近地區的地質與地形景象，早於民國七十四年就曾委託臺灣大學地質學系做調查計劃，亦即「墾丁國家公園及臨近地區地質及古生物調查」，在頭一年的調查中，對於國家公園範圍內的地層分佈及其地質意義，已有詳細扼要的闡述（見保育研究報告第26號）。本年度的研究計劃，研究子題乃針對年代上較年輕的低階台地的地質及變動地形方面，故名為低階台地之地質與變動地形之調查。

由於墾丁國家公園的建築用地，利用率最高的還是在這些



圖一 恆春半島的地質背景圖 (摘自 Ho, 1986)

地質年代極輕的台地面，因此對這些成階台地的地質必須有進一步的瞭解。這些台地本是更新世晚期以來不同時期的海水面停滯期所造成的海成平台，經由地殼不斷抬升而形成。本島在地質上迅速而持續隆昇的特性，在這一階階扶級而上的海階地形上表露無遺。在墾丁，高如公園面（300公尺），社頂面（190公尺），籠仔埔面、電台面、鵝鑾鼻面及低階台地面（10-15公尺），等等明顯的階地面常可見到，它們原本都是分別在不同的年代形成於海岸線附近的海成平台，在形成之初，應也和今日沿海的平台一樣，外緣常為珊瑚礁所盤踞或圍繞，而後於地質年代中逐漸抬升。今日於鵝鑾鼻台地或其他台地仍可見到裙礁。過了數千年或數萬年後，今日的裙礁也將隆升成一階階台地。

與這些階面形成有關的古海水停滯期，則多與更新世中晚期以來全球性間冰期與冰期交替而造成的高低海水面升降和停滯期有密切關係。間冰期時，海水面上升，是為高水位期，而冰期時，海水面下降則為低水位期。由於間冰期時氣候暖和，更有利於珊瑚的衍生，因此間冰期的高海水位，則常成為階面的形成年代。今日高高在上一階階隆起的珊瑚礁台地，即最可能是晚更新世的幾個高水位期所形成。目前定年資料雖仍不足，但初步資料似同意此說法（Hsu, 1986）。因此，這些台地的研究，將是解決更新世晚期以來地質歷史的鎖鑰。另一方面，這些地質年代較輕的台地，保存度佳，更可提供作為研究。詳

細的探討各台地的高程分佈、延續性、剖面之地質，表面沉積物的組成以及各台地之受侵蝕、切割程度比較，進而進行台地的對比，對於公園區內保育措施，將甚有助益。

恆春地區，因地質構造背景的特殊，來自菲律賓海板塊力源的側向擠壓持續存在，使得即使是最低階的數千年內甫形成的台地亦受變動，此點可從低階台地的高程分佈看出來。因為海階本是昔日古海岸線附近發育的海成平台，其內緣高度代表當時的古海岸線（Kirk, 1977; Gray, 1983; Bull, 1984），當其生成以後，若經大地應力作用緩慢隆升，則同一階高度應各處相同。但若恆春地區的大地應力特殊，使其產生不等量隆升，則於同一階上會有傾斜，撓曲或斷裂的現象發生，且內緣高度會有變化。本計劃從而先研究全新世生成的海階-----即低階台地，受大地應力作用後的結果與變動地形，再由此推出地質薄弱帶或應力釋放帶的位置，以供保育參考。

第二章 地質概況

近年多位學者的研究，增進了人們對墾丁及恆春地區的瞭解 (Cheng & Huang, 1975; Page and Lan, 1983; Pelletier et al., 1984; Sung et al. ., 1987; 黃奇瑜等, 1985; 陳文山等, 1985)。大體而言，本區主要有兩大套地質年代不同的岩層，一為中新世晚期地層，分佈於恆春縱谷以東的山區，有墾丁層，里龍山層及樂水層等。另一為上新更新世以來的地層，有馬鞍山層，四溝層，大平層，恆春石灰岩及部份墾丁層。其中較具特色的是墾丁層。本層在沉積學上，名為傾瀉層，即在地質背景上不穩定環境下沿坡度崩滑的快速且混雜的沉積層，粒度全無淘選，有大如一公里的岩塊，也有細泥沉積。究竟這種地層是與那些地質事件相關呢？墾丁層的成因毫無問題是牽繫著恆春地區的地質歷史。在第一期計劃已曾加以敘述。除墾丁層外的中新世地層則尚有里龍山層與樂水層，這兩層是屬於深海沖積扇的沉積環境。這些地層沉積時。所在的位置正是歐亞大陸的邊緣地帶。當晚期中新世大量碎屑沉積由北而來充填於此，使盆地逐漸淺化，中新世最晚期，本區受了菲律賓海板塊碰撞歐亞大陸板塊的影響，使沉積盆地極度不穩，發生了褶皺、逆衝斷層等構造及變形。逆衝斷層夾帶有自海底沖積扇所崩下之大小岩塊，向西崩落於不遠的沉積盆地，亦即掉落於本以細粒沉積為主的墾丁層的沉積區。那些崩落的深海沖積扇

岩塊，大部以礫岩為主。至於礫岩的來源物質則種類複雜，甚至有源於海洋板塊的物質，因此更早以前當深海沖積扇沉積時，其來源物質的地質背景，頗堪玩味。值得多加研究。

當中新世最晚期的墾丁層沉積之後，此區進入另一階段的沉積時期。亦即細粒沉積為主的馬鞍山層，沉積於已經褶皺的中新世地層的西側，厚達千餘米。接著在更新世中期（或早期）仍有一次菲律賓海板塊顯著的向西推擠，再將馬鞍山層褶皺起來或形成斷裂，此時也仍有部份的傾瀉岩層發生，即更新世的墾丁層——乃為部份的馬鞍山層碎屑物及更早的地層碎屑物的崩移所成。在更新世的地殼運動之後，沉積盆地終於極度的淺化，於是在這新生的地上開始有恆春石灰岩，四溝層，大平層等一連串淺海到陸相的沉積不整合掩蓋於馬鞍山層之上。

恆春石灰岩及四溝層的年代，據最近研究的資料看來（Hsu, 1986，鄭穎敏等，1986）推測屬於三十萬年內的產物。當這些地層逐漸抬升上陸以後，新期的珊瑚礁面也沿著當時海岸逐漸發育，此後這些礁面或階面的形成以及恆春地區的地形演育就深深受到晚期更新世以來由於間冰期、冰期交替所導致的海水面升降的影響。

晚近地質時代的歷史，即地層的沉積，構造與地形的演育除了受上述古海水面升降的影響之外，另一不可忽視的是來自菲律賓海板塊側向擠壓所造成的大地應力，這些現象多少保存

於新生成的珊瑚礁面或階地面上，因此研究這些新期地層、構造與地形，有助於瞭解最近地質時代的地史。尤其是目前緣海的低階海階，更記錄了自從它形成以來的數千年間所承受的大地應力。由此可探知作用於今日的新構造運動。

第三章 研究方法

低階海階變動地形的研究方法，分為室內工作與野外工作兩大部份。室內工作側重航照判讀而野外工作則包括地質剖面與地貌的實際觀察以及高度計測。在海階的判識上，首先注意該階組成物質是否為海相或海濱砂的沉積，是否有其他近岸或海濱沉積的特徵，其次是選量適合的代表古海岸線高度特徵的地形，最後將階面上的化石定之以放射性元素定年，以求階面形成之年代。這些手續完畢後察測同一階內緣高度的分佈情況，若有規則變化者，再確定究竟是否肇因於地質構造，再赴野外調查相關之構造線及其延伸。如此才能得知可能的地殼薄弱帶的分佈地點。現將各步驟記述於下：

(一) 航照判讀

為瞭解低階台地的分佈、延展及連續性，首先在航空照片上觀察，並標示於五千分之一地形圖上。

航照立體判讀是遙測學(Remote Sensing)中一個重要的主題。透過立體鏡(Stereo Scope)的觀察，兩張以不同角度照的部份重疊的照片，便可顯示出立體並具垂直誇大的效果。本研究採用的航照為比例尺 1 : 17000之黑白航空照片。

使用立體航照判讀海階地形，重要的原則列舉如下：

1. 注意地形平坦的台地面。
2. 注意成群的高度大約一致但已受侵蝕切割的小地形面。

3. 注意高度相似的陵脊，其可能為受侵蝕後的殘餘地形。
4. 高度一致的珊瑚礁頂面。
5. 若有不止一階的海階面出現，則以延續性以及高度作為分階之參考，高度相當者歸為一階。
6. 分階後，並將古海岸線的位置描出，通常古海岸線都存在每一階階面靠陸側的邊緣或稱階面內緣 (Inner edge) 上，或在每一階與其上鄰階之交接處的崖腳 (Shoreline angle) 上，即指古海岸線的位置。

將來自航空照片觀察的結果，標示於五千分之一比例尺之照片基本圖上。此時資料包括初步的階數、各階面延續情況與古海岸線的約略位置及大致高度。這些資料詳細標於地形圖上便於野外調查。若海階上無陸相物質覆蓋則可直接於圖上讀出海階內緣高度。

本研究乃針對全新世中期，規模最大的一次海進（約自一萬至五千年前）所造成的海階，本階年代甚新，階面保存亦好，判識較為單純，並無上述判識原則上的第2, 3, 5 等項干擾，是以航照判讀多著重階面的分佈、延續及有否變形。

(二) 野外實地調查

航空照片的觀察在地形研究上雖具極重的份量，但野外實地觀察地質記錄仍為最可信的證據。二者乃相輔相成，俾能使研究結果更趨向真象。野外調查的項目包括海階的確定、古海岸線證據及位置的劃定、海階沈積剖面的記錄、構造線的延伸

以及高度的測量等等。

為確實證明初步由航空照片中繪出的地形面屬於海成階地，必須於野外實際觀察階面沉積物，如濱灘沈積(Beach sediments)。古海岸線的位置所量得的高度與海階研究的構造解析休戚相關，故須仔細確認。地形上，古海岸線位於崖腳的部位，又稱海岸線角(Shoreline angle)，此處究竟有否為崩積物或陸相沉積物所覆蓋，致使所量之古海岸線高度非真，是古海岸線調查的主要目的。

古海岸線的高度與地質上證據，有如海濱砂 (Optalsand)，海濱礫石等。而在以潮汐作用為主的海岸，則可能有魚骨狀交錯層 (Herring-bone structure)，潮汐河道構造 (Tidal channel structure) 等沉積構造出現於沉積物上。另外古海岸線的位置也可能由海蝕凹壁 (Notch) 加以辨認。海蝕凹壁是由於海水面相對陸地停滯了相當一段時間而造成，但用此特徵時，要注意採用內緣部位的凹壁，才較能代表昔日海水面高度，否則在昔日海水面的上位或下位都可能造成凹壁，最好有高頻出現於某一高度的現象，否則難以決定它是否能代表古海岸線。

沈積剖面的比較，有助於海階的對比，所以儘可能搜尋海階沈積剖面，加以詳細描繪記錄。

調查構造變動的地點、延伸及分佈則首先依據由航空照片所提供的初步資料，加以野外追蹤。譬如異常的隆起，線性構

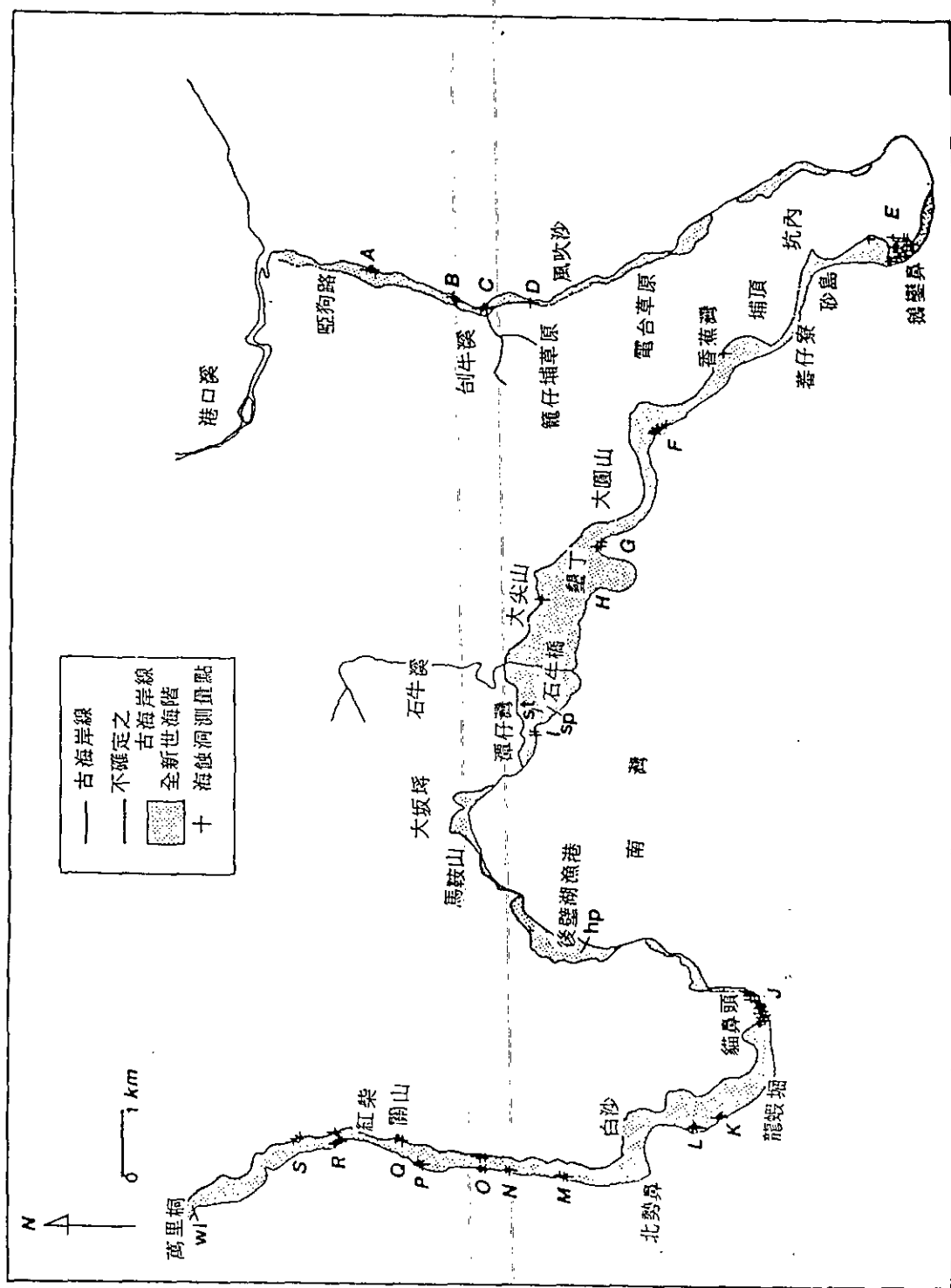
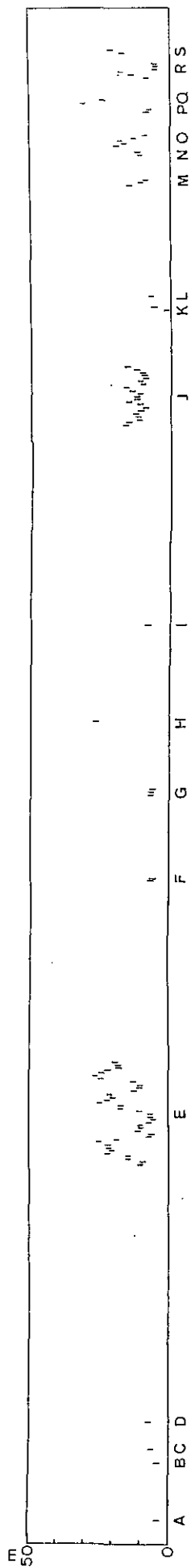


圖14 海蝕河壁高度測量位置及本研究定年採樣點 (sp. st. wl 及 hp)



圖五 海蝕凹壁高度圖

造的存在(Lineament)、斷裂、地面傾動及不自然的崖坡(Scarp)等現象；其次在野外尋找地質上的構造證據。即地層面的撓曲，傾動或斷裂等。在恆春，即使全新世的新成海階面都有明顯受應力而撓曲、斷裂的情況。

古海岸線高度的測量的工作，以氣壓式高度計測量，有關測量工作細節，於本文後的附錄中有詳盡說明。

(三) 古海岸線高度的決定與測量

古海岸線高度的決定是一項重要的問題。為了求得某一特定海階的高度，常須多觀察階面的下列特徵作為高度參考，最後加以歸納並回歸入階面內緣高度作為代表該階之古海岸線高度(Ota, 1981)：

1. 海岸平台，上附有濱灘沉積如海濱砂者。
2. 海蝕柱(stack)的高度。
3. 具清楚內緣之海岸平台(以內緣高度作參考)。
4. 海濱砂或濱灘沉積物的頂部高度。
5. 沉積剖面上海相與陸相交界面的高度。

因此往往注意許多屬同一階面的古海岸線特徵，而後加入歸納，求得合理的階面內緣高度。

測量高度乃以精密氣壓計來度量(Aneroid barometer)，同時參考以航空攝影度量法所繪製的五千分之一地形圖作定位度量，並儘可能在野外作現場修正。度量的基準根據聯勤製圖

廠統一以台灣基隆平均海水面為零公尺起算，所得數值誤差為 ± 2.5 公尺。

(四) 放射性元素定年以瞭解海階之生成年代

在確定階面分佈及其延續性之後，儘可能搜尋適於定年的生物標本，如珊瑚、貝殼或炭化木等。本研究試圖採石牛橋附近高度不同的階面的貝殼標本作為定年，以確定此高度差異是否乃構造運動造成。

(五) 化石研究

海階中含有近岸的生物化石，因此研究化石組合，也是瞭解沉積環境的重要一環。本研究本想對石牛橋台地海成層的化石加以研究。可惜計劃開始時，遊客中心已施工興建，開挖的剖面所得的化石均已無法系統收集，目前做了有孔蟲的分析以及所收集到的貝殼及珊瑚化石的鑑定，期能將來作為解說之用，並能儘可能的對沉積環境加以瞭解。

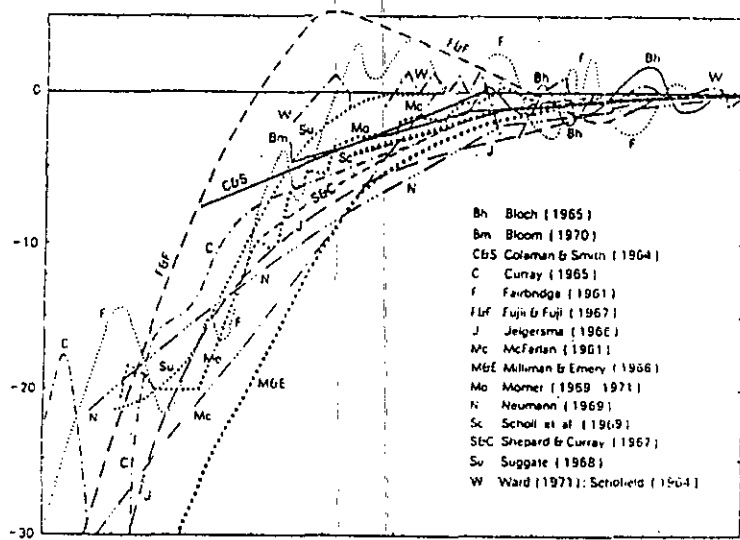
第四章 全新世海階

4-1 全新世中期的海進

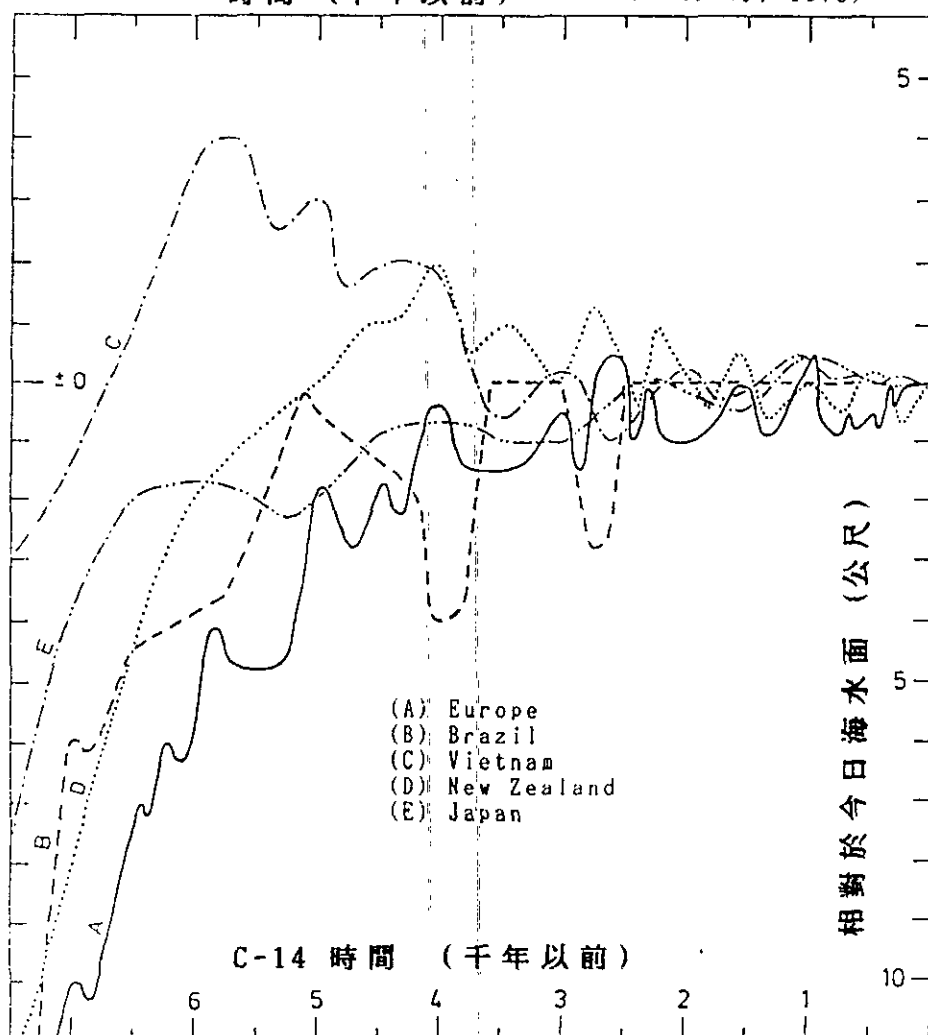
一萬年以來，在地質時代上稱為全新世，也是歐美所謂的後冰期。意即具有冰河期時代之後的時代。末次冰期發生於約七萬到一萬年前。一萬年以來，全球氣候轉暖，融冰作用，使得海水亦呈現全球性的上升。海水面的上升也造成新的海階面並沉積了海相沉積物。海水面快速上升到約六千年前便穩定下來(圖二)，六千年以來至今海水升降的幅度甚小可能不超過五公尺。當海水面上升趨於緩慢而能與長久以來持續的陸地上升速率吻合時，即海水相對陸地為停滯時適於形成平台。經持續陸升則成海階，全新世的海階就是指這一次顯著的海進所造成的海階。倘若在陸地抬升速率並不高的地方，這全新世顯著的海進所成的海階，往往仍然在海水面下或僅在數公尺高度上下。但在一個新期構造頻繁的年輕造山帶如台灣，則陸地不斷抬升的結果，使得這階海成階地可抬高到十公尺以上，甚至於在台灣東部，抬升到數十公尺以上。

目前各國仍努力研究各自區域自一萬年以來，海水上升的速率變化，大體上都同意自一萬至六千年前乃最快速的上升時期，此後轉緩並趨於平穩(圖二)。在中國大陸的研究看來，自一萬年以來海水上升百米以上，近六千年以來仍有四到五次海水相對陸地的停滯時期，他們也認為六千年前的海水面要比今

相對於今日海面 (公尺)



時間 (千年以前) (摘自 Hopley, 1978)



C-14 時間 (千年以前)

相對於今日海面 (公尺)

(摘自 Matsushima, Y. et al., 1983)

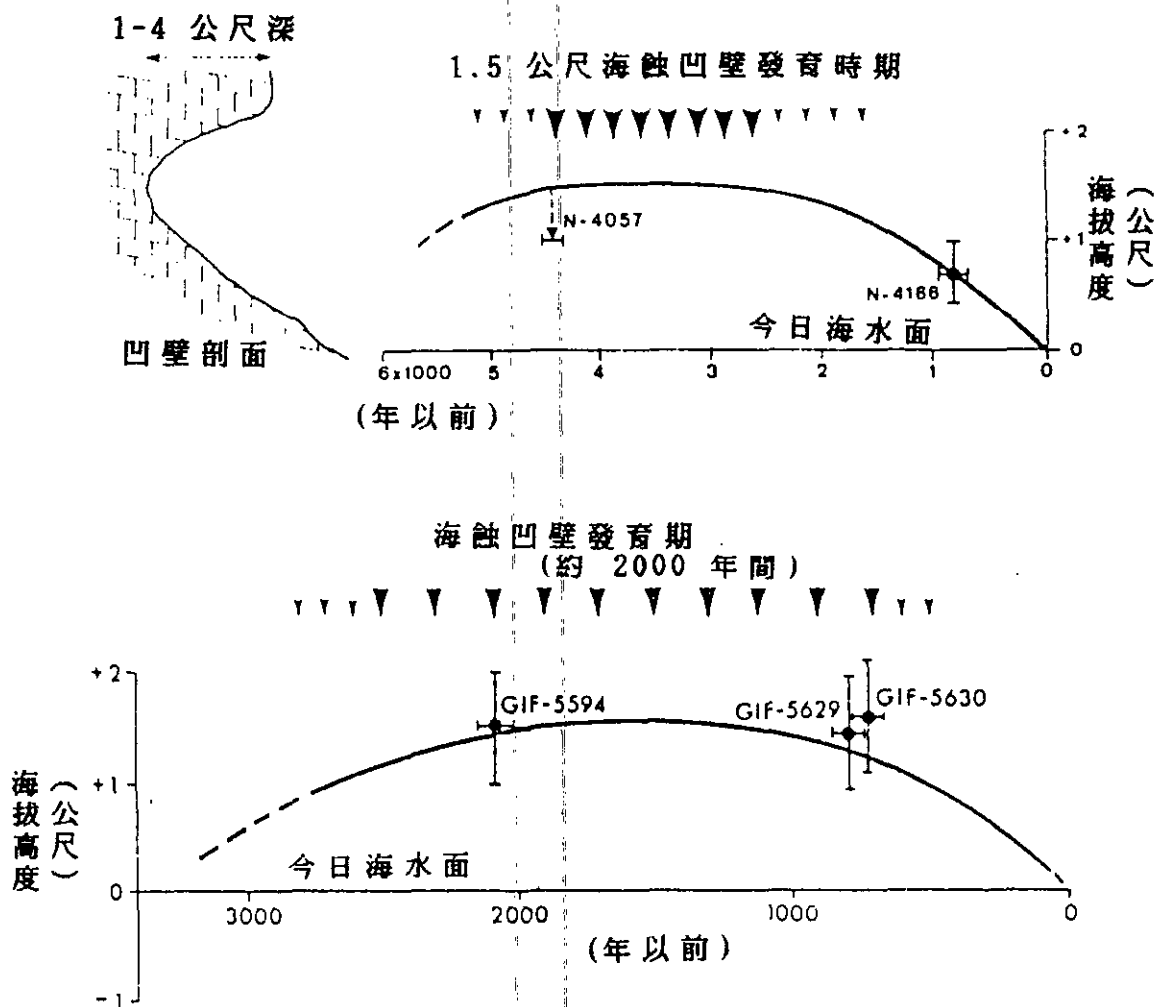
圖二 一萬年以來的海水面出露

日者高出 3-5公尺左右(趙希濤, 1984)。由日本的研究看來, 也顯示六千年前的海水面比現在高數公尺, 此後趨於穩定。台灣目前正在研究, 也希望把一萬年來, 海水面變化的速率及高度探得。

海水對陸地的長期停滯亦表現於海蝕凹壁上(圖三), 在本研究中為進一步瞭解恆春地區海水面變化與陸地相對停滯的情況, 在圖四 A至S 等十九個地區做了九十四組海蝕凹壁高度的測量(圖版二), 詳細的測量細節及測量數值附於文後之附錄中, 圖五即為十九個地區所量得的海蝕凹壁高度, 結果顯示高度數值並沒有明顯集中的趨勢, 量得高度在 0至26公尺間零散分佈, 此一結果與由地形上調查的結果相符合, 即恆春地區全新世海水面在趨向穩定以後, 並未發生其他足以造成規模較大的地形面的時期, 因此只能在本區發現僅有一階最具規模的全新世海階。

4-2 全新世海階之分佈概述

如前節所提, 當一萬年來海水持續上升, 到六千年前後, 上升速率趨於微小而平穩並趨近今日海水面, 此時在許多地點都形成有相應於此海水面的平台。只是各處陸殼升降情況不一, 有些地方陸殼持續上升如台灣, 則可能把六千年前形成的海階抬升到比今日海水面更高的地方。相對的, 有些區域不斷下沉或維持穩定, 則此階可能仍在海水面以下, 或海水面附近數公尺高罷了。台灣由於地殼快速隆升, 使得大部份全新世的海



(摘自 Pirazzoli, P.A. et al., 1983)

圖三 海蝕凹壁的高度與海水面停滯的關係

上圖：日本Tarama 島全新世後期之海水面曲線。N-4057 是一個代表當時平均海水最低高度的珊瑚標本，N-4166 為隆升灘岩上所採的tridacna貝殼，圖左抬升之海蝕凹壁顯示一個高1.5 公尺的平均海水面持續至少四千年左右。

下圖：日本 Yoron島三千年來的海水面曲線，GIF-5594、GIF-5630及 GIF-5629 為三個可代表當時海水面附近之化石高度，配合當地海蝕凹壁剖面，表示古海水面到達高於今日約1.5 公尺後並持續約2000 年。

階都已隆起。在恆春，此階一般約在十到十五公尺左右。除了局部地區受構造影響例外。然而，誠如中國大陸東海的研究顯示，六千年來曾有四次或五次的海水停滯期，倘若陸地隆升足夠快，則也可能另有四階或更多屬於全新世的海階；事實上在台灣東部的全新世海階即不止一階，而有四至五階。該處隆升率確實數倍於台灣南端。在恆春地區，全新世以來的階地，大體上為一階，除了局部地區受構造影響致使隆升加快，產生不止一階的階面以外。

全新世中期海進的階面的內緣，在恆春地區為十至十五公尺高，亦即是目前沿海分佈的明顯低階台地(圖六)，西起龜山附近南延貓鼻頭，階面發育良好且延續性甚佳，此階與其上之更新世階面以明顯的崖坡相接(圖版一，a)。更東南，環繞南灣沿海，在後壁湖、南灣附近有零星散佈的階面。更往東去，從潭子灣開始向東延展，發育有最廣的海階面，直至鵝鑾鼻未有間斷，尤以墾丁附近的海階規模最大，最寬處超過1.0 公里，也是多數建築利用地區。

至於鵝鑾鼻東面，瀕臨太平洋的海岸，海崖陡峭，海岸平原狹窄，僅在少數地區有全新世的海階分佈(圖六)，但發育不良，表面常為厚層沙丘所蓋，如風吹沙，啞狗路等處均是。

在此低階的階面下或前緣，常有珊瑚化石或貝殼化石。過去有數位學者做過碳十四定年或鈾—釷定年 (Lin, 1969; Ma, 1967; Peng et al., 1977; Hsu, 1986; Taira, 1975, 1976;

Konishi et al. 1968, 1972; Hashimoto et al., 1970; Hashimoto, 1972) (表一), 因此得知屬於全新世的階。在定年採樣點附近的高度, 再順地形延伸, 於是推測此階海階即全新世中期海進所形成者。但在石牛橋附近, 本研究則輔之以定年資料加以確認。全新世中期海進也很可能曾經進入縱谷, 但目前縱谷地區為恆春鎮所在地, 已開發甚劇, 非鑽井難以得到剖面資料, 故暫未探討, 本文討論的全新世海階, 主要乃指沿海的階面。

4-3 海階之地質剖面

本低階海成台地的外緣, 多數為群礁, 並逐漸移化為現世礁或台階。而由外緣到內緣間, 雖多被利用開發, 但仍有多處可見到剖面, 一般而言, 剖面組成有共通特性, 在中新世地層之基底上, 主要為外積式珊瑚碎塊或者為化石碎屑以及海濱砂等淺海到濱灘沈積物為主, 茲就觀察的剖面中選擇下列十七點記述於下(圖七):

剖面一：啞狗路海邊剖面之一

基底為樂水層, 其上不整合覆蓋有外積式珊瑚礁碎屑沈積, 珊瑚以及其他生物碎屑顆粒大小約自數公分至數十公分, 淘選普通, 總厚度由1.5公尺至3.5公尺不等, 膠結良好, 珊瑚礁面高度約海拔十公尺, 上覆砂丘, 厚處可達五公尺以上。

表一. 恆春地區珊瑚礁定年資料

標本位置	高 度 (M)	放 射 性 定 年 (yr. B.P.)	資 料 來 源
L1 啞狗海	10	3700 ± 250	A
L2 墾 丁	1	1580 ± 120	C
"	12	4310 ± 120	G
"	14	3900 ± 125	G
"	14	4040 ± 120	F
"	14	4600 ± 400	E
"	20	5200 ± 95	E
"	20	7530 ± 480	B
"	22	7810 ± 115	E
"	20	8410 ± 155	G
"	20	8660 ± 155	G
L3 石牛橋	1.5	1710 ± 110	F
"	1.5	1780 ± 115	F
"	15	5000 ± 300	A
"	15	5670 ± 140	F
"	15	7050 ± 145	F
"	15	5000+400 -300	D
"	15	9600+1000 -900	D
L4 山海里	12	4950 ± 125	F
L5 番子寮	1	1300 ± 120	C

A: Lin (1969)

B: Ma (1967)

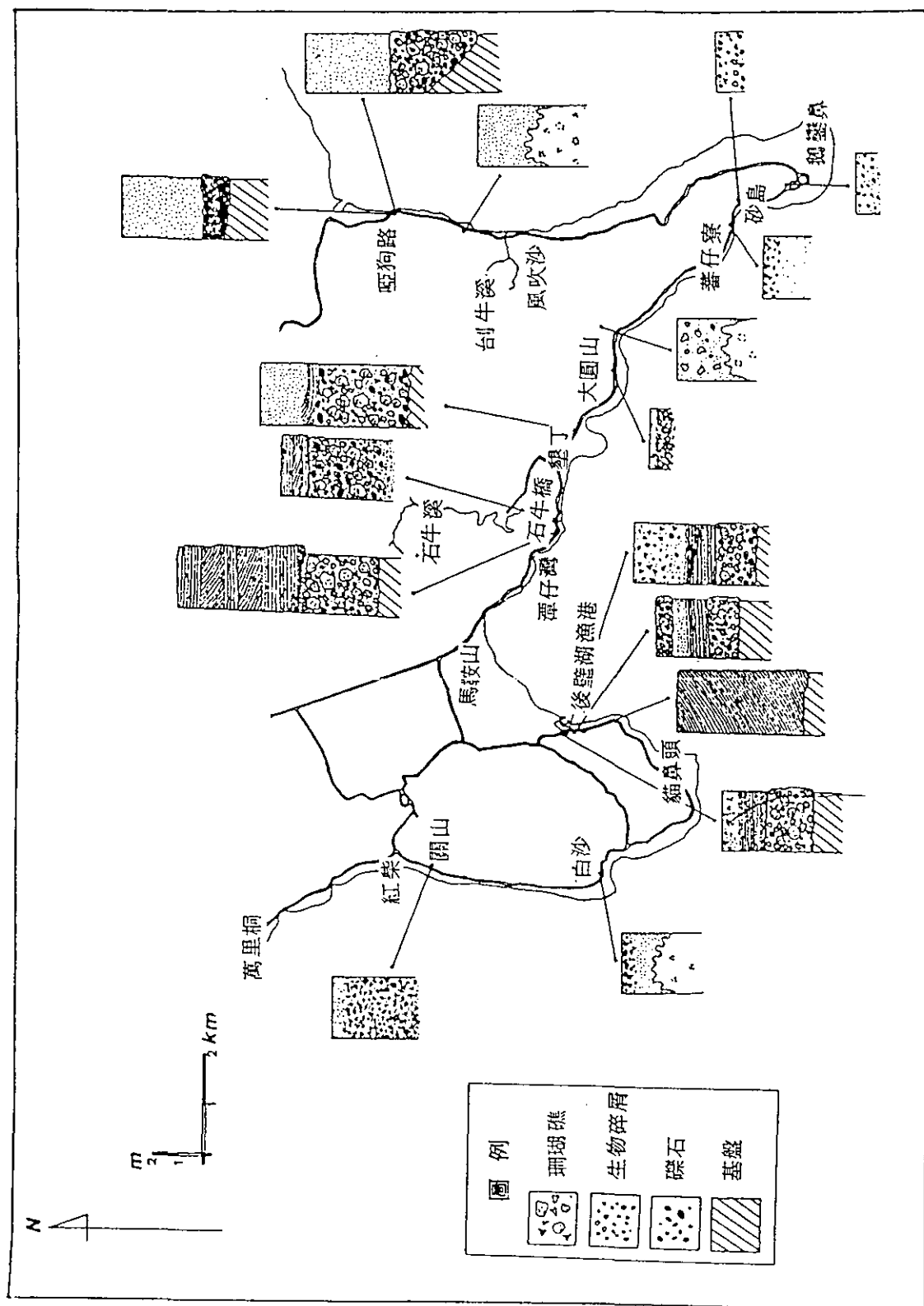
C: Peng *et al.*, (1977)

D: Hsu (1986)

E: Taira (1975 and 1976)

F: Konishi *et al.*, (1968 and 1972)

G: Hashimoto *et al.*, (1970)
and Hashimoto (1972)



圖七 海階剖面圖

剖面二：啞狗路海邊剖面之二

與剖面一毗連，但此處外積式已膠結的珊瑚礁碎屑之層面高度僅剩海拔五公尺上下。其組成物質除珊瑚碎屑之外，扁圓的小礫石增加，顆粒大小亦在數公分至數十公分之間，可看出覆瓦狀(Imbrication)構造，所量得數組扁平狀礫石的位態如下：

北東十度 向東傾斜

北東八度 向東傾斜

北西五十五度，向東傾斜

指示向東之古水流方向。由礫石的扁平及磨圓的形狀、外積式珊瑚碎屑岩面的驟然低降以及基盤岩石的完整連續、礫石之覆瓦狀構造等，綜合推判，此處應為一古河口環境。

剖面三：創牛溪以北溪流剖面

此處為生長式珊瑚礁上覆海灘砂，剖面未能見及基底岩出露。同時珊瑚礁之厚度由於底部未露出而無法估計。

剖面四：鵝鑾鼻公園停車場附近

可見及珊瑚等化石碎屑及海灘砂的沉積。

剖面五：砂島國小附近

見到約一公尺厚的樹枝狀珊瑚混雜著海灘砂，代表濱灘環境的沉積，與剖面三類似。

剖面六：番子寮附近

近兩公尺厚的海濱砂層，最頂部有約半公尺厚的生物化石碎屑沈積。

剖面七：大圓山東部小溪流剖面

生物碎屑及砂層覆蓋於珊瑚礁之上，覆蓋層約兩公尺厚。

剖面八：大圓山下

剖面以樹枝狀珊瑚等生物化石碎屑為主，加上海濱砂，厚度超過一公尺。

剖面九：凱撒飯店地基剖面

基盤為墾丁層，不整合面上沈積有外積式珊瑚石灰岩及生物碎屑，礫石等，厚約3.5公尺，最上層海灘砂厚約2.5公尺，結構鬆散，砂層底部可見交錯層(Cross bedding)及水平層理。

剖面十：石牛橋東岸路邊剖面

基盤未露出，外積式珊瑚石灰岩塊中含礫石厚約三公尺，其上有膠結良好的鈣質砂層，由砂和磨圓的礫石所組成，厚度至少一公尺以上。

剖面十一：石牛橋西岸路邊剖面(圖版九，a)

可與石牛橋東岸剖面對比，基底為中新世的頁岩層，其上有薄層土質層(約0.1公尺)，其上為外積式珊瑚石灰岩，中含珊瑚、貝殼、及一些滾落之砂岩塊，厚約2.5公尺，再上則為樹枝珊瑚以及海濱砂層，厚約1.5公尺。最頂部有砂丘砂。

剖面十二：後壁湖漁港路邊剖面之一(圖版三, b)

珊瑚碎屑組成的沈積層，可細分為三個單位：最下層為圓磨度高的珊瑚碎塊及其他生物碎塊所組成，顯示高能量環境下的沈積，厚約二公尺；第二層為具層理的珊瑚及生物碎屑沈積，碎屑顆粒大小約數公釐至數公分，層厚約一公尺，上層為細砂，含生物碎屑，厚約半公尺。

剖面十三：後壁湖漁港路邊剖面之二

類似上述剖面十二，下部的兩層厚度與上述者相似，最上部的砂層則變厚至二公尺左右。

剖面十四：後壁湖漁港路邊剖面之三(圖版三, a)

除了有類似於前兩個剖面的三層外，最上部出現一層鈣質膠結良好的生物碎屑層，厚度為半公尺至1 公尺左右；而其下的砂層則不含生物化石，半公尺厚；具水平層理的的生物碎屑沉積，有半公尺厚；下層的珊瑚及數種生物碎塊堆積則約為一公尺至一公尺半的厚度。

剖面十五：後壁湖漁港路邊剖面之四

此處由厚達五公尺半的海濱砂所成，具交錯層理。

剖面十六：白砂附近

裙礁上覆砂層，表面有生物碎屑沈積。

剖面十七：關山路邊剖面。

剖面主要為砂及生物碎屑所組成，顆粒一般為數公分，間或有數公分至數十公分之珊瑚化石碎塊。

綜合上述觀察，對恆春地區緣海的低階台地瞭解如下：

1. 本階面主要乃海相沉積層所構成之海階。
2. 由所觀察到的剖面看來，全新世中期海進所形成的海階主要由外積式珊瑚或生物碎屑所構成——亦即這些碎屑係經過海浪搬運而來，僅有少數原地生長的珊瑚，這些原地生長的珊瑚也僅限於階面外緣，並與現世緣海裙礁相連，或可能應屬現世裙礁。
3. 所有的剖面顆粒組成均表現出向上變細的沈積型態，即表示海水逐漸淺化或陸地逐漸上升。自中新世的基盤岩以上主要為一次循環，表示本階乃全新世唯一一次較大規模的海侵所形成的沈積。
4. 剖面中的砂層，有為風成者，亦有為海水沉積者，在濱臨太平洋的東岸地區，盛行風強，不少砂層可能屬於風成沉積，而剖面十及十一之砂層，含生物碎屑及礫石，砂之顆粒亦較粗，應屬海浪的作用沉積者。

4-4 定年資料

恆春沿海平原，因常有隆起珊瑚礁，所以許多學者也先後採了一些樣本，做放射性元素的定年。已有的定年資料，列於表一。這些工作，多是以隆起珊瑚礁的高度，直接除以所得出之年代，作為隆起率之值，而並未以古海岸線高度或古階面高

度的關係來作標準，於是終究難明其究竟，因為珊瑚礁可以自海水面分佈到數十公尺深的生長範圍，因此隆升率的求得，實須把珊瑚的產狀認清，再求其與階面的關係，知道屬那階後，再以當時的古海水面資料求取當地的隆升率，才会有正確的結果。

本計劃所採珊瑚，結果亦記明其屬於全新世海階，其位置示於圖四，定年結果列於表二。

表二. 本計畫所採珊瑚目前已有之定年結果 (採樣位置示於圖四)

標本位置	海拔高度 (m)	碳十四定年 (yr.B.P.)
st 石牛橋	28	7530 ± 70
sp ₁ 石牛橋	23	6900 ± 350
sp ₂ 石牛橋	23	7000 ± 350
hp 後壁湖漁港	10	4300 ± 350
wl 萬里桐	15	6960 ± 70

第五章 低位海階之變動地形

從上一章已知今日恆春緣海的明顯階地面，乃主要為全新世中期海進所形成，倘若古海岸線，以此階的階面內緣為代表，則度量該階面內緣的高度，理應為一平面。當然先決條件為：此海階自從形成以後，恆春地區各處乃以等速率上升。反之，如果階面內緣高度差異幅度太大且又呈規則性變化，則應考慮是否為階面形成後之不等速抬升，此不等速抬升是受何種構造因素所控制，從而探討晚近地質時代以來作用於此區的大地應力及地質構造。

因此研究海階對於影響該區的新期構造變動有很大的意義，尤其全新世以來形成的海階，距其階面形成，不過數千年，這數千年內發生的地質構造變動，很可能會持續至今日，甚至未來，的確直接影響到人們居住與活動的安危。為瞭解恆春地區或公園範圍內數千年以來所承受的新期地質構造的作用及大地應力影響，乃詳細研究此低階台地。在完成低階海階地質剖面的普查與確定其分佈範圍之後，開始檢視此階的階面內緣高程的情況，所得的測量數值標於圖六，測量的原則與方法已於第二章闡述，要領乃在於儘量除去因陸域帶來的崩積或河流沖積所導致的階面內緣高程受影響。

由檢視低階台地內緣高度分佈，及透過航照立體圖判讀，有一初步的概念後，即展開實地的調查工作。發現恆春地區的低階台地，雖是近五、六千年才形成，但卻已受到可觀的構造

變動影響。為便於討論及描述，以下分三小節分三區進行，分別是西區西台地地區；中區潭仔灣至大圓山地區；以及東區：鵝鑾鼻及太平洋沿岸地區。

5-1 西區西台地地區

向陸側傾斜的西台地，指的是高位的更新世的台地面，當從北方逐漸接近恆春時，濱海公路上可以看到略傾向東的斜坡地形劃過山海之間。而地質學家們則更注意到它傾斜的方向，與一般海成平台以極緩坡向海側傾斜隱去的方向不同。根據已有之太平洋區向陸側傾斜的台地之研究資料發現 (Ota & Yoshikawa, 1978)，在海溝附近的大陸邊緣的台地常有與海溝相應的傾斜現象，並發現其與地震時發生的變動有關 (Coseismic movement)，例如日本四國南岸的海階，就有這種現象。恆春西台地目前尚無證據證實與地震作用絕對相關，且馬尼拉海溝也無明顯的地形證據顯示確實北延至恆春西台地外海，但恆春縱谷是個斷層控制的陷落谷地，究竟與西台地的向陸傾動有何等的關連性？仍是非常令人關懷的問題。關於西台地的傾動作用是否持續至今？我們且從低階海階的高程表現檢視起 (圖版八，b)。

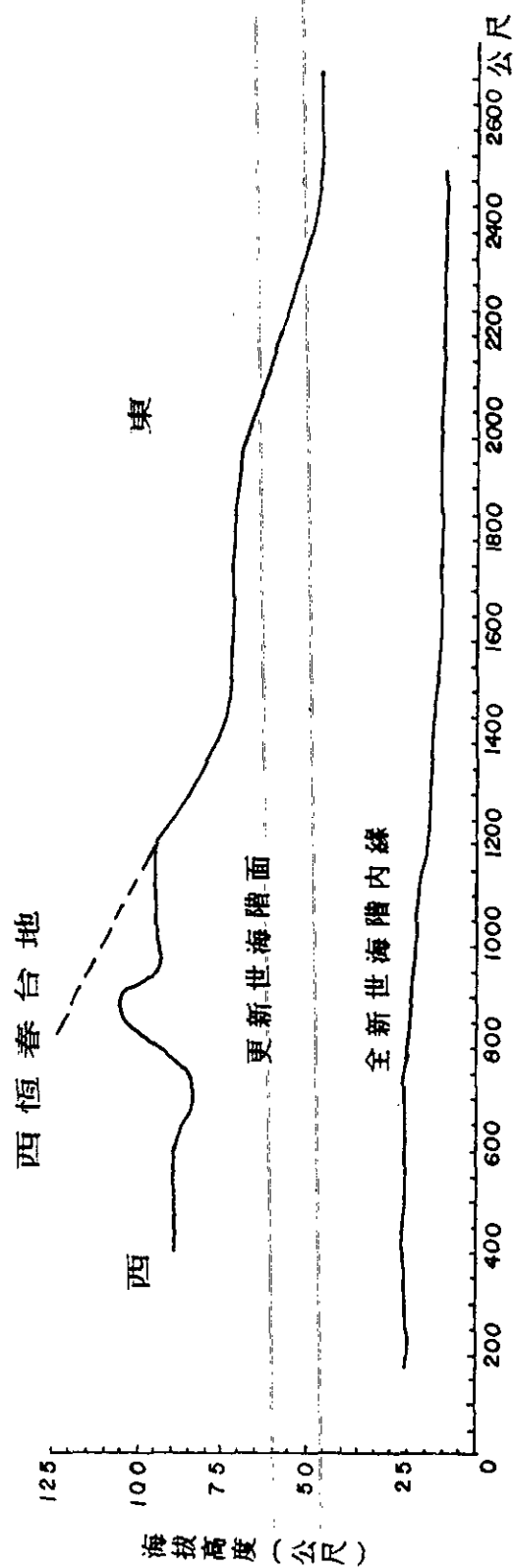
地形上，西台地的高位台地面不僅整體略向內陸側傾斜，同時，在南北向的高度上也有變化，中部的紅柴坑谷地似分隔了此地形面。台地的基盤為上新統到更新統的馬鞍山層，不整合面上覆蓋著近水平的更新世的恆春石灰岩與四溝層以及大平

層的沉積，大平層已紅土化且大部為陸相地層。至於低階的台地，分佈於緣海沿岸，通常以顯著的崖面與更新世的上位台地面相接，延續性良好。階面北自後灣一直南延至貓鼻頭，除了在萬里桐以北有一段階面係為砂丘所覆蓋，而無法正確量得內緣實際高度以外，其餘地區均可求得。整段的海階內緣高度數值顯示了相當程度的變化（圖六），在後壁湖漁港附近也仍保存了低階，其沿緣海公路有極好的海階沉積剖面出露，海相沉積物頂部高度約在13--14公尺間，此高度與在貓鼻頭所量得的海蝕洞平均高度大體互相吻合。

台地南部，檳榔腳（圖六，J 點）乃西台地緣海低位海階之內緣高度最低處，從此處向北增加，到白砂南部，增加到十五公尺，到白砂與北勢鼻間更高達二十公尺以上，為西台地低階海階內緣高度最高處。檢視白砂、北勢鼻之間階面內緣乃為侵蝕階面（圖版四，a），上面無因崩積造成之高度錯估。階面微向海側傾，但在北勢鼻附近則局部地區可能往陸側傾斜，此點尚待繼續研究。（圖六，北勢鼻）。西台地的低階內緣，由此處往北，高度開始下降，在關山南方約一公里處（圖六，點k），以及山海里附近（圖六，點L）降到約13公尺，但兩點之間，又有增高之趨勢，最高處達18公尺（圖六，紅柴與山海里間）。兩斷層（H2，H3）（圖六）切過該全新世台地。

關於西台地的低位海階變動的情況，歸納如以下兩點：

1. 全新世海階內緣高度呈現西部較東部為高的現象（圖八）



圖八 西恆春台地更新世海階面與低階台地內緣高度在東西方向上的投影，顯示相似的變化趨勢

，表示向東側傾動的西台地，即使最近數千年內所形成的台地上也有這種表現，亦即上升率西高東低，此趨勢持續至今。

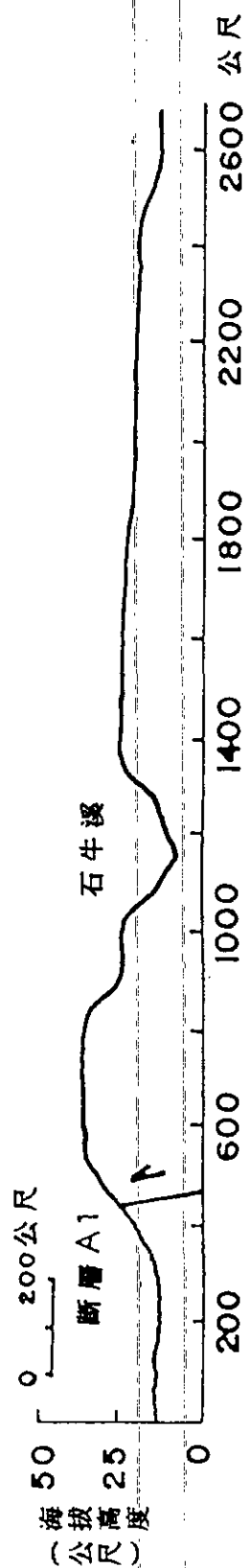
2. 幾個低階海階內緣高度較低處，如檳榔腳(J)，關山南方1 公里處(K) 以及山海里(L) 附近，亦大致吻合於其上位更新世台地的低降部位，指示此應力自晚更新世以來似持續存在至今。可能主要為水平向壓力造成的波狀作用(Undulation)。

3. 低位海階內緣高度之最高點，位於西南方白砂附近，此與目前上位的更新世台地最高點不一致。推測白砂附近更新世台階可能比目前更高，今日上位台地西南部的裂線或許是因地形面抬高後不穩而產生重力滑落作用(圖六，H4，H5)，造成原始高度減低。

5-2. 中區：石牛橋地區

全新世海階在這段區域中發育最好，自潭子灣經墾丁一直延到大圓山，階面最寬處超過 1公里，而這段區域中全新世的海階內緣高度有很大的變化。

大圓山前緣附近，階面內緣高度只有13--15公尺(圖六)，但往西則逐漸升高至17公尺，到墾丁附近已達24公尺，往西仍繼續增高，接近石牛溪時，更是明顯抬高，過了石牛溪，竟高達36公尺，且在此處形成穹窿狀，此穹窿的西翼，被一北西走向的線性構造所截切(圖六，A)，此線性在航照立體圖之下，有一明顯的崖坡存在，野外實地觀察更是清楚。此一內緣高度的變化見於圖九。過了此線性通過區，全新世海階的內緣高度



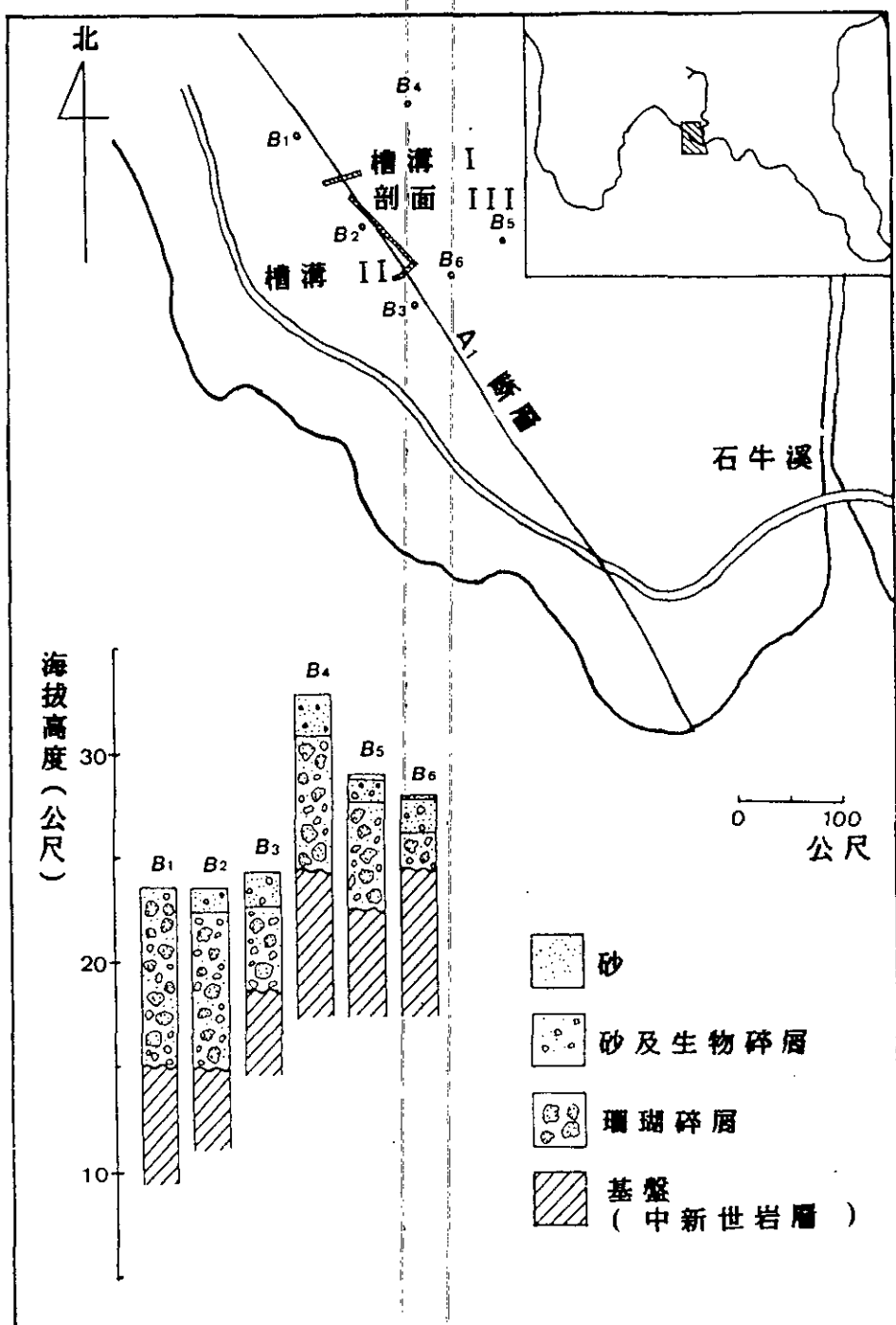
圖九 潭仔灣 (左) 至大圓山低階台地之內緣高度在垂直於斷層線A1方向上的投影，斷層A1為一高角度逆斷層，在石牛溪附近造成一撓曲構造 (Upbuckling Structure)

陡降至15公尺。初步研判係斷層作用所致，使這全新世以來才形成的海階地形被錯開，顯示非常顯著的新期構造。

為證實此處的新構造存在，於是進行一系列的研究：首先對公路邊坡剖面加以觀察，其次檢視井樣，最後在石牛橋台地遊客中心施工剖面挖溝，並觀察施工開挖面，結論認為應屬全新世以來之新構造無疑。現將上述觀察與證據列舉於後。

石牛橋附近公路剖面北側：如圖版九，圖a，剖面因開路而露出，非常完整，在中新世的基底地層上沉積有約 6-8公尺的海相沉積，如剖面十一所描述，此海相沉積的下層為外積式珊瑚石灰岩，並含貝殼及崩落岩塊以及礫岩，此層以上則包括海濱砂，樹枝珊瑚等海濱沉積層，層理明顯，清楚表示出穹窿構造，過了線性以西，地形陡然變低而破碎，且只能見到頂部的海濱砂部份。當時懷疑是否為全新世的不同階，使得高度不同。但是經由進一步觀察以及墾丁公園管理處所提供的鑽井（圖十），終於確定此崖坡兩側應為同一階。同時在公路南側的剖面，也觀察到極為規則有序的細集節理及小斷裂，其位態如下： $N 20^{\circ} - 30^{\circ} W$ ，高角度向東南傾斜，接近 80° 。據已往研究，初生斷層面常有此細集鋸齒狀的小斷裂(Zig- Zag shape)（圖版六，a），這些小構造，在斷層進一步發育後，可能會消失(Ota, 1981)。

其次再從為興建遊客中心而做的地質鑽井資料看來，如圖十所示，在崖坡高低兩側的井樣分別為 B4, B5, B6與 B1, B2



圖十 石牛橋附近台地面之鑽探資料及槽溝挖掘位置

，B3明顯顯示地表的海成層與其下的中新世基底岩均有一致落差，強烈支持斷層及撓曲的看法。圖中柱狀圖的高度係已恢復到海拔高度，便於比較。

為了進一步證實此構造及其運作的頻度。曾得公園處工務課協助而進行剖面挖溝觀察。挖溝之地點如圖十所示，挖溝之剖面 I與II描繪如圖十一。圖十一最下剖面乃工程開挖面（圖版六，b）。現在將挖溝剖面及工程開挖面的露頭描寫於下：

挖溝剖面 I：走向北東 70° （圖版九，b）

高度從海拔30.5到23.1公尺，長度38公尺，寬度 1公尺
深度2.5--3公尺

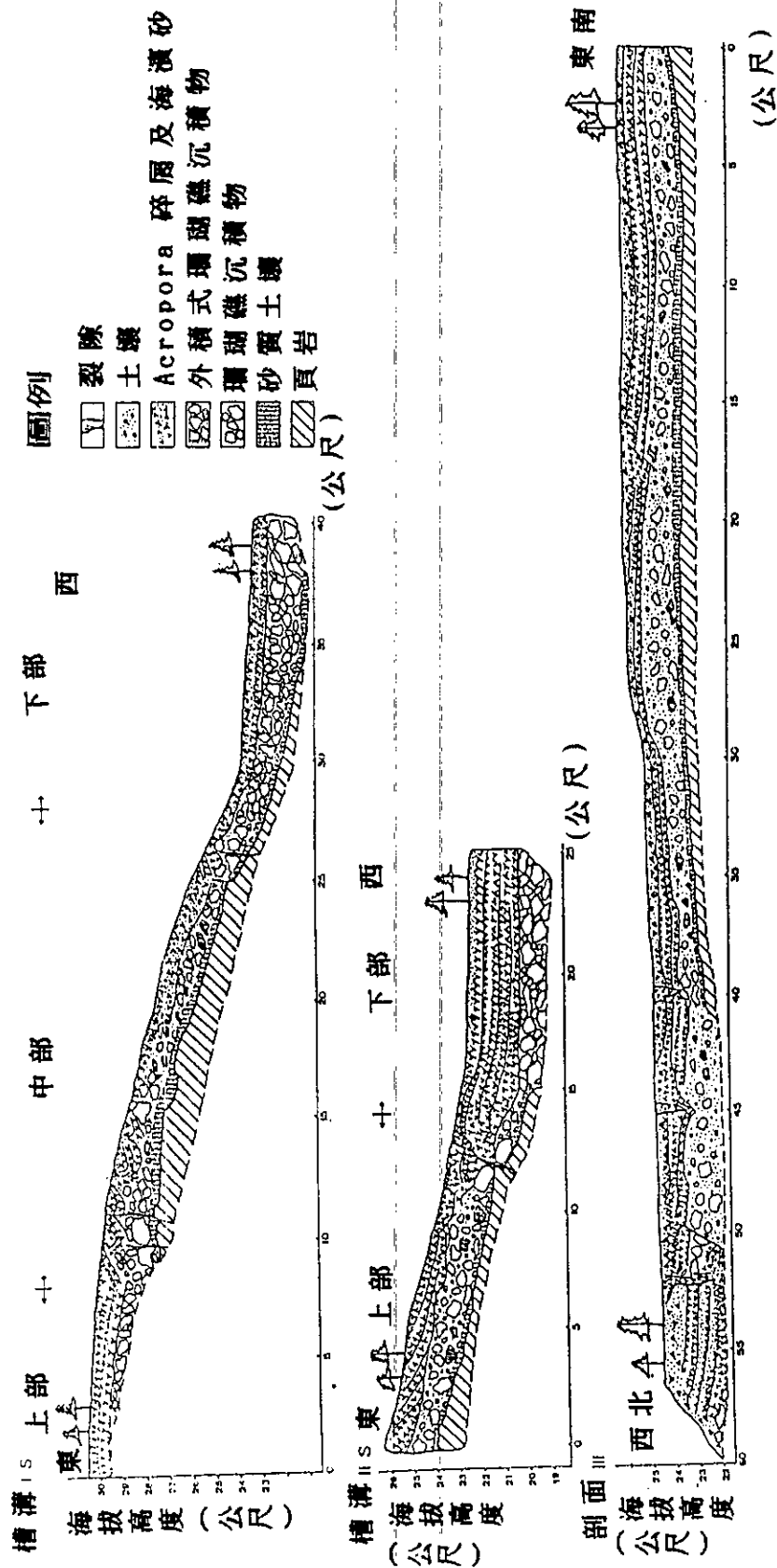
挖溝剖面II（圖版七，b）

高程：自26.3公尺至22.5公尺，長度：25公尺，

寬度 1公尺：深度2.5--3公尺。

施工開挖剖面III：走向 $N 30^{\circ} W$ ，長60公尺，高 1.3公尺（圖版六，b）。

若將基底岩除外，分四小層描述，最下部為略受風化的砂層，此層介於基底岩與全新世海相沉積物之間，厚度數公分到約十公分；上為外積式生物石灰岩，中含砂岩岩塊，約 1.0到2.5 公尺厚，含豐富的貝殼與珊瑚，月光貝即出自此層。再上層為特殊的樹枝珊瑚（Acropora）沉積，樹枝狀的小塊珊瑚混合著海濱砂，厚度約0.5到1.5公尺，最上部則為海濱砂、少數



圖十一 槽溝剖面，位置示於圖十 (槽溝 I, II 及剖面 III 描述詳見正文)

樹枝珊瑚及土壤，代表現世地形面，約 0.2公尺厚。

在挖溝剖面I 的中部，亦即坡度最陡處，外積式生物性石灰岩及樹枝珊瑚層均變薄，而由層理良好的樹枝珊瑚層可看出受撓曲的現象。除此之外，撓曲現象還可在挖溝剖面II及施工開挖面 III中觀察得到。因此極可能自菲海板塊來的壓力在此受到阻擋。在10公尺到25公尺間有許多小裂面存在。

挖溝剖面II的上部相當於上述挖溝剖面 I的中部，亦即均屬受壓帶，同樣外積式石灰岩塊層以及樹枝珊瑚層在此部位均變薄，且含崩落之砂岩塊。在從東方起算12公尺處樹枝珊瑚層的厚度突然變厚，且可觀察到至少十公分的位移落差。同時層面在此部份亦受干擾。

施工開挖剖面III 把撓曲及斷層現象表現得更為清楚，可以在數處發現裂隙充填，這些裂隙在距東端52公尺處者為 2公尺深，地層移位亦為2 公尺(圖版七，a)，而在距東端40公尺及45公尺處，則裂隙深為 1公尺，地層移位亦為 1公尺。絕大多數的裂隙係向東傾斜且為高角度。在此並可見到地層受擾動位移的現象。

因此，這個崖坡是由於斷層引起，菲海板塊西推之力在斷層前面受擋而造成地層撓曲現象。

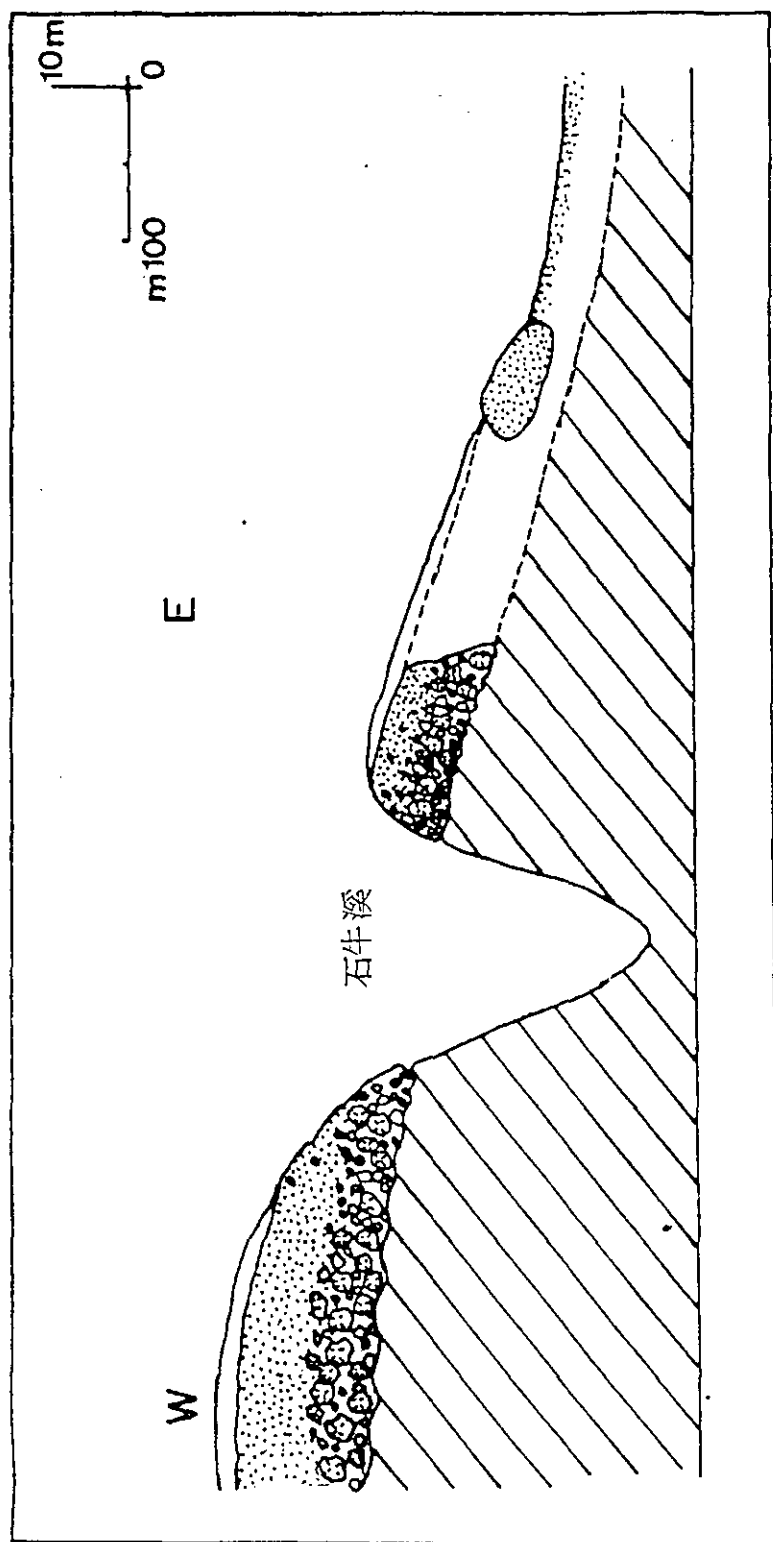
在開始研究石牛橋台地的變形時，曾懷疑為崖坡所分隔的高低兩台地面係為不同年代所形成者，但由於恆春地區全新世階面，主要呈明顯的一階，而在已有的研究中，此處採的珊瑚

標本定年，又仍顯示屬於全新世者（Konishi *et al.*, 1968, Hsu, 1986, 表一），再由崖坡高低兩側所示的沉積剖面可以對比（圖十二），故認為崖坡兩側應為相同沉積所成。事實上，本研究亦在遊客中心建地的施工開挖剖面採過貝殼做C-14定年，已於前章討論過，如此，更加證據確鑿，崖坡之形成乃源於構造運動，致使原為同一沉積之地形面分成高低兩面。

石牛溪東岸的階面向東延伸，即逐漸降低而與墾丁之低位階地面連為一片，溪以東，在石牛橋東端有出露完整的剖面，墾丁附近僅出露剖面之上層，且多少受人為開發的影響；石牛溪以東的階面及不整合面均呈向東傾斜的位態。石牛溪出海口東岸剖面（圖版五），不整合面上有非常明顯的東降趨勢，圖十二為石牛溪兩岸階面變化及剖面出露情形的橫示意圖。

本構造在石牛溪附近造成撓曲及斷裂，為一高角度逆衝斷層，倘若再仔細觀察，推論它可能含有左移成份，此推斷乃根據石牛橋西側公路剖面，在斷層東側地層的海成層比起西側有稍薄的現象，一如地質井樣所提示者。事實上左移成份的斷層往往得到如此結果。

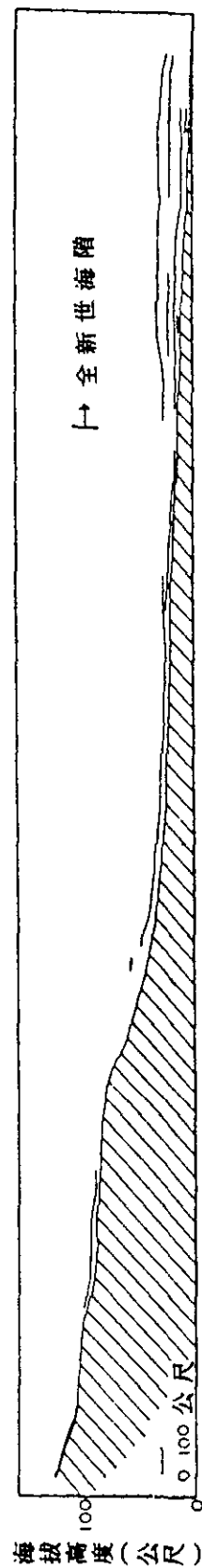
在發現石牛溪附近有一快速隆起的穹窿及斷層構造之後，回頭觀察石牛溪的發育是否受此構造的影響，以便對該穹窿構造的性質以及斷層的性質有進一步認識。石牛溪發源於大山母山北緣，河床的基盤為中新統流的石門層(?)，它向東流約 1.5 公里之後，即直角轉向南，此後直奔流入海，在距離出海口約



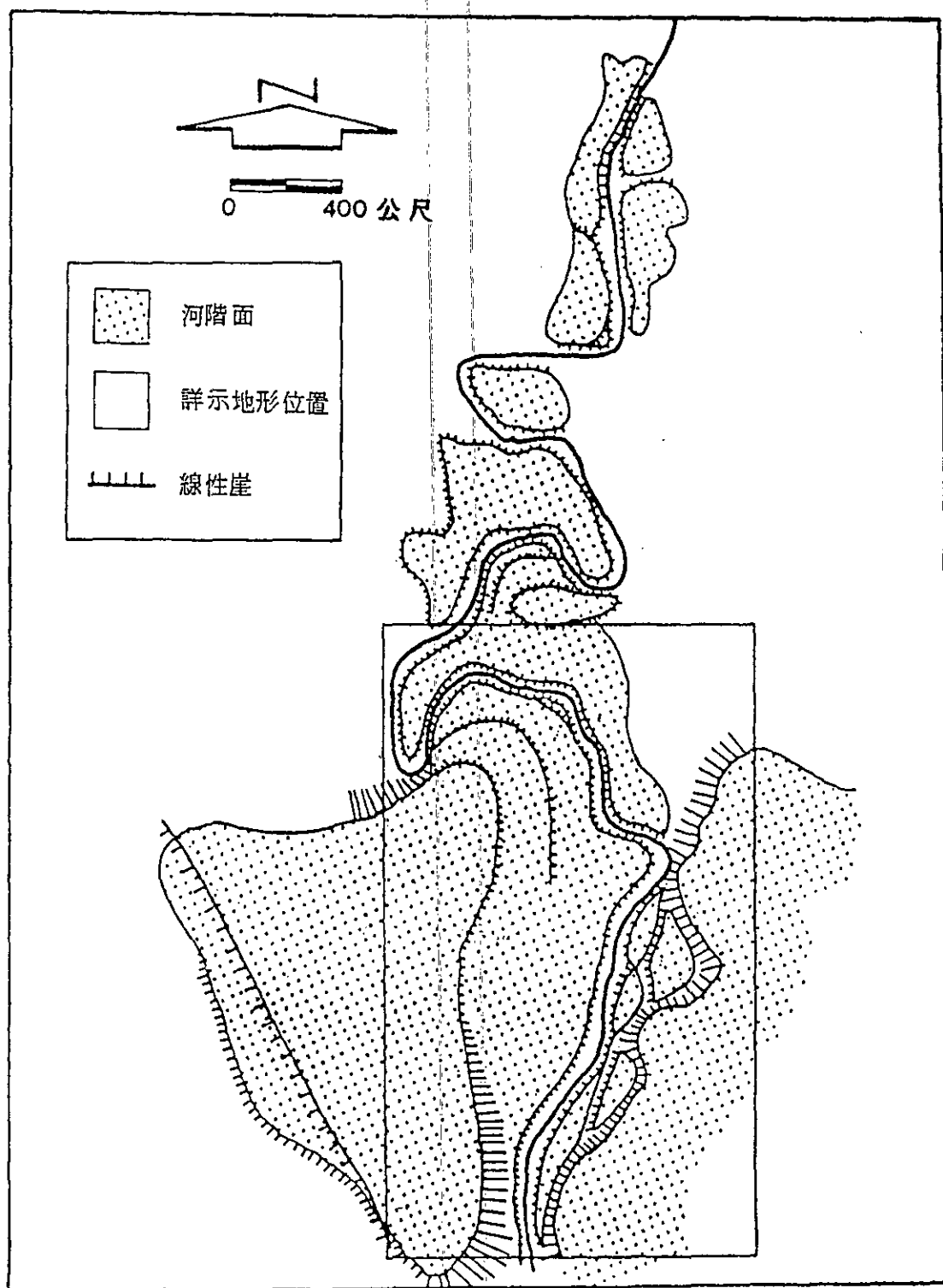
圖十二 石牛溪橫切剖面示意圖

3.5 公里處，即開始形成曲流；由石牛溪的縱剖面可以看出一有趣現象(圖十三)，亦即河流河階的階數在整條流路分佈的狀況。圖十三可看出，石牛溪上游僅發育有一階比高約5-10公尺的河階；在河流向南彎曲之後，中下游曲流開始處亦出現河階，仍以一階為主，河流越來越流近穹窿區，則發育了多達四階的河階，且成對出現在兩岸，最高階即全新世的海階面。圖十三及圖十四所示為石牛溪中下游的河階及其高程分佈。

石牛溪流路上河階的發育明顯的反映出下游地區的快速隆起。因為在恆春地區，全新世以來，由於海平面變化所造成的海階，絕大多數只呈現一階階面，也就是說這個階面乃由自一萬年前海進以來到約六千年前呈現穩定的那次海進所造成的。在最近六千年以來，雖然海水面仍有小幅度的升降變化，但恆春地區陸殼本身的抬升率並不像台灣東部海岸那麼快，因此未能在六千年內再形成很明顯的海階，這個論點，當然指的是一般恆春沿海地區，但若在局部隆升快速的地區，或可能找到規模不大的新隆起階面。同理，恆春地區其他入海的河流，如創牛溪等，並無發育出如同石牛溪下游那種成對且多階的河階，因此，有理由相信，此新期的逆衝斷層構造使得斷層的前緣成為穹窿的作用，的確影響石牛溪的地形發育。除了河階形態以及其階數之外，若研究古河道的變遷，更可印證。圖十五之上圖代表石牛溪下游四階河階分佈情形，由高到低分別標示為T1 T2, T3及T4，以階面外緣當作該期河階的河道位置。圖十五之



圖十三 石牛溪全溪曲線距離之縱剖面圖，細線為河階分佈處



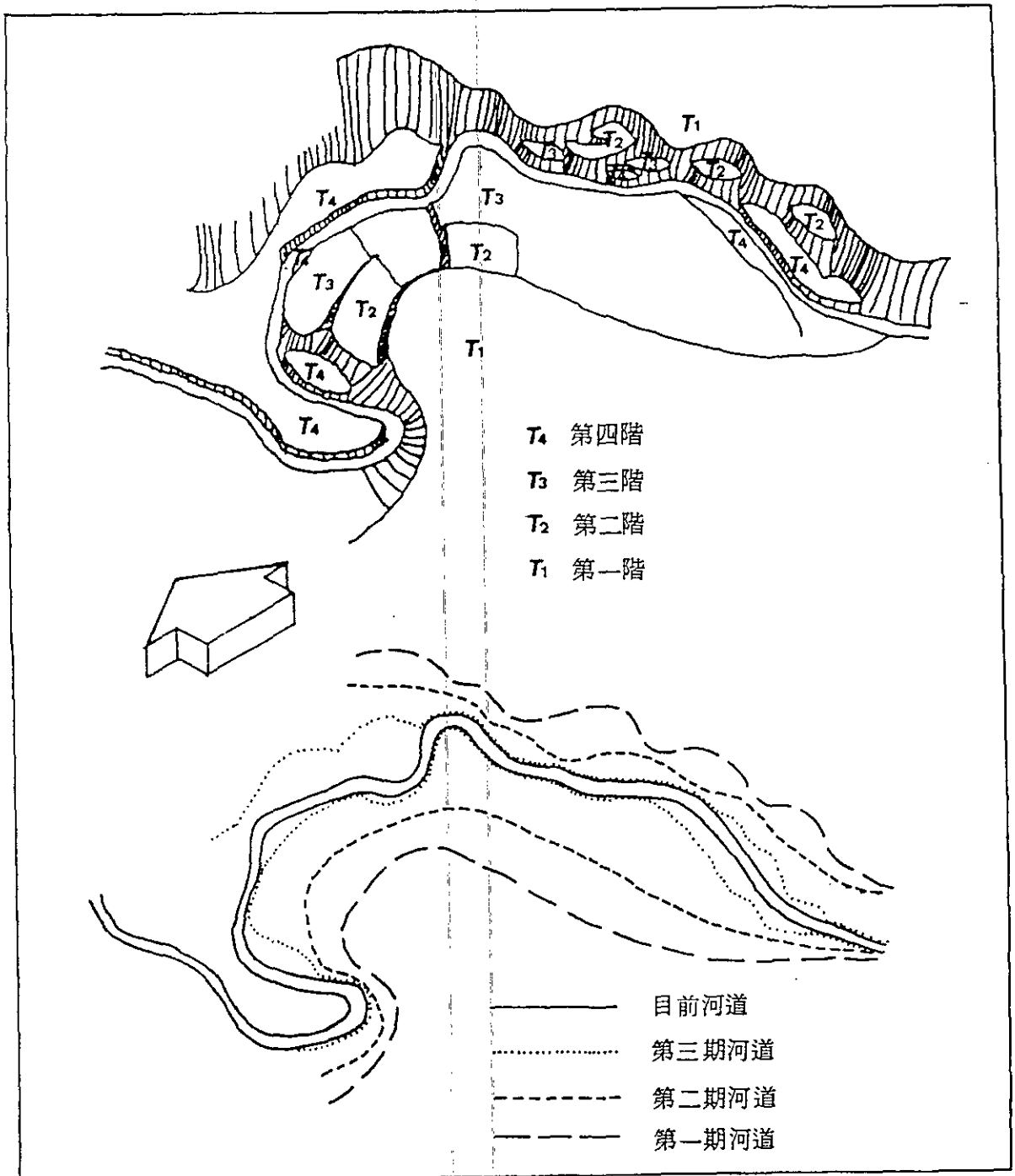
圖十四 石牛溪中下游河階水平分佈圖

上圖便描繪出四期古河道的位置，如圖十五之下圖；並從而得知石牛溪下游河道遷移的模式。由此看出其河流的中心點依著由老期而新期的河階的個別階段向東北方向遷移，亦即穹窿構造在溪流西方的影響。

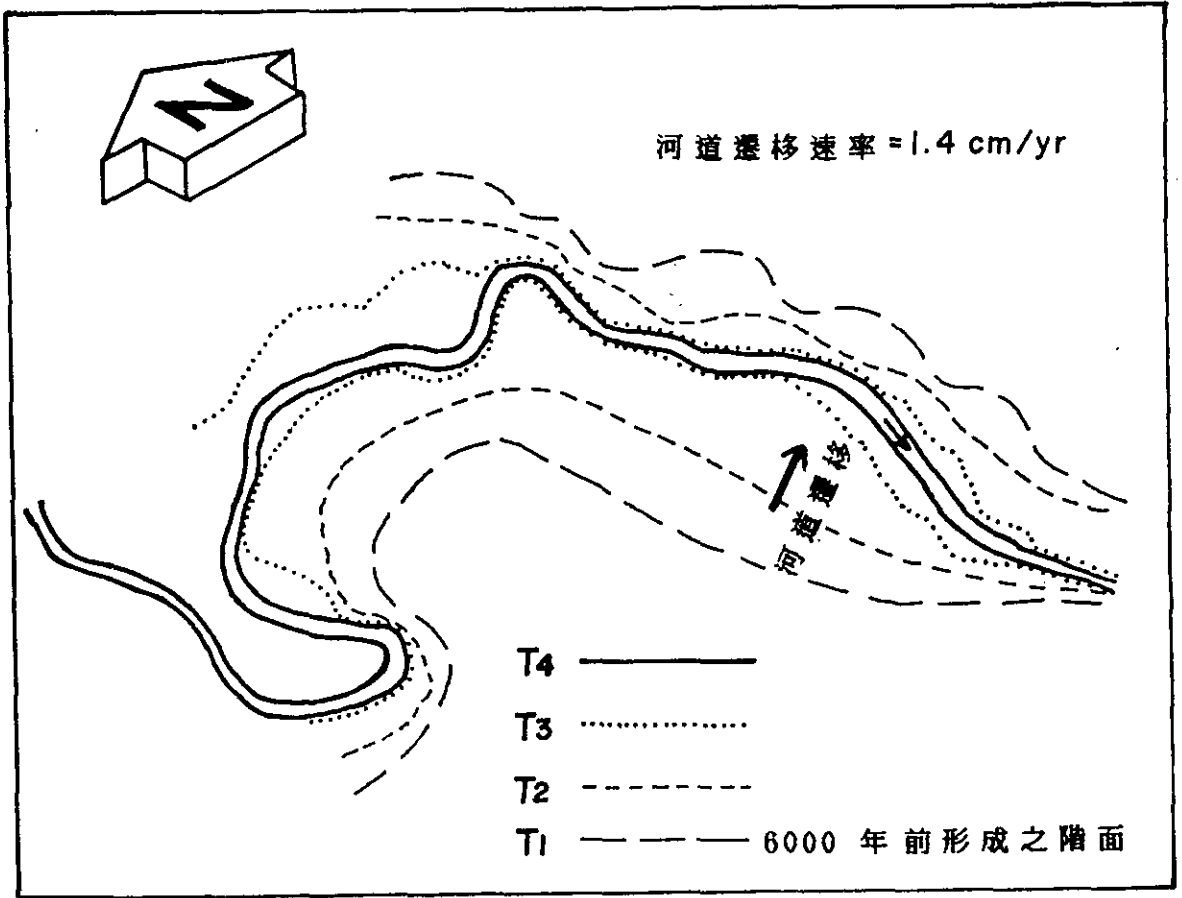
將每一時期河道的中心點記下，可得近六千年來，石牛溪下游河道向東遷移的速率，因為最頂上的面即約六千年前的海階面，如此則得河道每年東移約 1.4公分。(圖十六)

在恆春地區，中期全新世的海階一般高度為10-15 公尺，例如在貓鼻頭、鵝鑾鼻以及後壁湖區，因此，這裡由於構造而抬升的高度，在近六千年以來，高達約 15-20公尺。

以上所探討的是自潭子灣至大圓山一帶，由海階研究所體認出數千年以來恆春地區的地形變化與新構造運動。在追究出這條重要而新期的逆掩斷層之後，對其北延的分佈及活動性也試圖作進一步的追查。首先順著由航照所顯示的線性向西北延長，一直到達縱谷區，沿途可能有露頭的點均設法調查，但困難處在於植生密佈，良好露頭難以覓得，在其延線上可確定的是其係為一破碎帶，由南向北追蹤，即遇到墾丁層的出露區。因墾丁層主要為頁岩加外來岩塊，而頁岩本身已有剪力面（Shearing）存在，難以與由斷層所造成之剪碎分開，致使追溯不易。沿線地區確有地形上落差的表徵，在東側的恆春石灰岩與西側者有明顯落差，且石灰岩上節理密集，但由於恆春石灰岩並非全新世的地層，無法印證斷層在全新世時的活動性，為



圖十五 石牛溪下游河道遷移



圖十六 石牛溪下游河道遷移速率

此，繼續往西北追尋，到達了縱谷附近，在虎頭山西側山腳，觀察到明顯的斷層露頭，走向、傾斜符合於得自石牛溪剖面者，此處地層斷裂所能觀察到的仍為更新世晚期之恆春石灰岩。此處有老翁告知，距虎頭山西側山腳軍營旁新開公路剖面不遠的東方，約四十年前曾因地震而引起地表壕溝，深不見底，老翁舊居附近的水田因無法蓄水，於是舉家遷下山來。此為本條斷層系統有關的新期活動資料，筆者雖想探尋此裂隙，但終因植生密佈而告罷。

再往西北，這西北向線性A1係穿過數條河流，如網砂溪、保力溪等，在保力溪觀察的現世河階顯示了受擾動的跡象，尚待進一步的研究其確實性與變形尺幅。

更北延到海口附近，初步觀察在沿線性A1沿線上，有整齊的階面沿線切割的地形，此階面應也是全新世的海階，這裡未屬公園範圍內，但值得將來詳細研究，以明瞭這條石牛橋附近的逆掩斷層向北延展之情況。

在斷層A1的東側，由航照立體圖上看來也有一條由線性所示的斷層，可能屬高角度逆衝性質，切過了石牛橋全新世台地以北的更新世台地，但在石牛橋台地上卻不明顯，即A2所表示的位置。

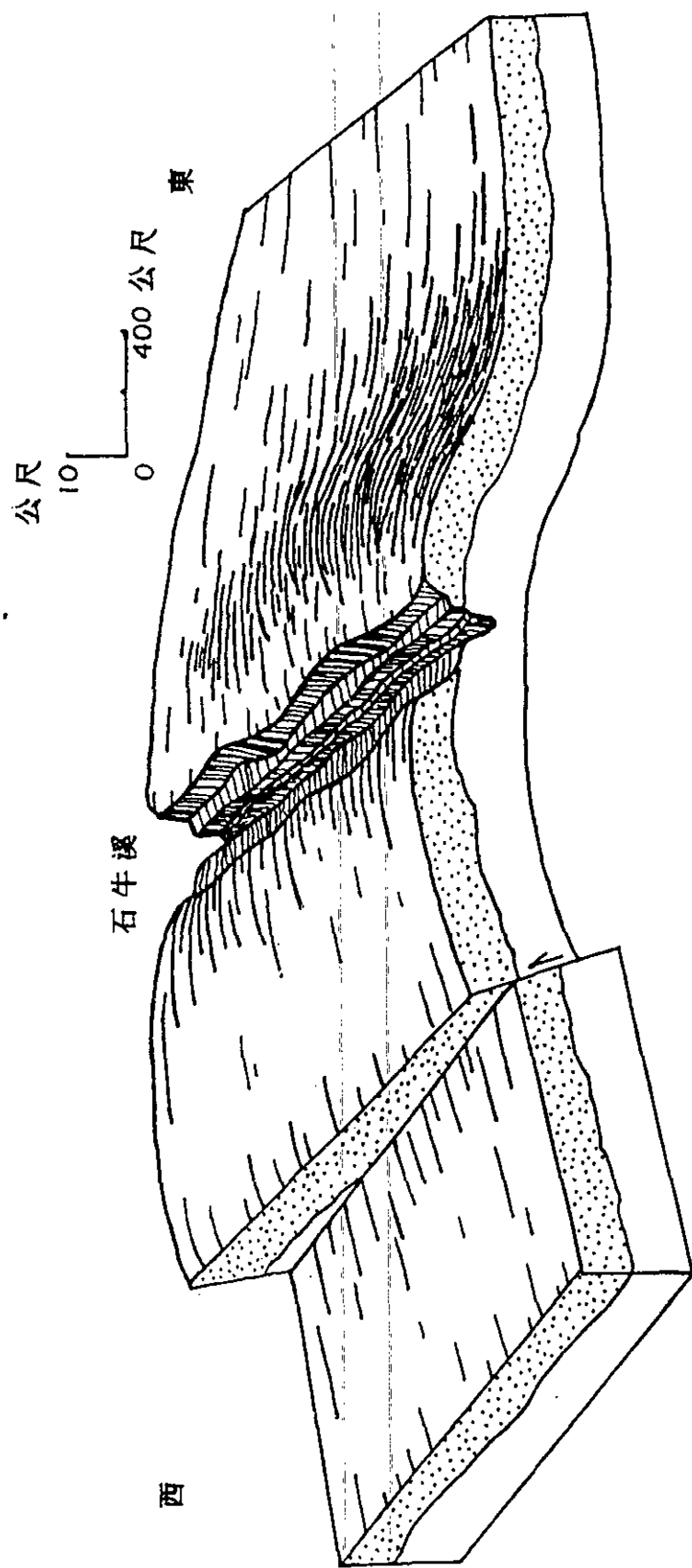
在潭子灣到大圓山這一部份，另一個有線性的地區乃大圓山附近，為東北向的B1、B2以及西北向的A3、A4線性。自船帆石向西，海階內緣高度有可測的變化，即在B2的東側到西側

由12公尺增加到15公尺；在A4的東西側為15公尺增加到17公尺，僅在 A3由東到西海階內緣高度略減；其中B1，B2可能為風吹砂的構造南延，而A3，A4則筆者懷疑是否乃石牛橋A1、A2的雛型，但這點仍須更多資料與研究方能證實。

綜合以上討論，中區的低階台地的確受新期構造運動所影響，主要的原動力為來自菲律賓板塊的壓應力，而在全新世以來，此壓應力以表現在石牛橋地區附近台地的撓曲及逆衝斷層最為明顯(圖十七)。

據已有的研究，恆春斷層本認為是坐落於恆春縱谷地區的斷層，牧山鶴彥與六角兵吉(1934)提出此斷層乃更新世的四溝層與中新世的地層分界線。後來許多學者 (Ishizaki and Makiyama, 1942; Tsan, 1974) 再將斷層定位於比牧山等所作的地質圖更東的位置。鄭穎敏等(1986)由野外觀察與室內化石分析認為恆春斷層可能通過馬鞍山與大阪埕之間，陳文山 (1985) 則認為在大阪埕以東的位置，因此較好的解釋為這是一組斷層系統，本文前段所提的石牛橋附近的A1、甚至A2，應都是這個斷層系統的產物，至於恆春斷層系統的基本型態與其活動歷史，則是頗富趣味的問題，是否其活動性有往東遷移的趨向，使得A2在全新世表現得如此顯著。

以地質學的眼光看，恆春地區全新世以來的地層能夠表現出這麼明顯的構造變動記錄，在世界其他地方亦不多見，由此可瞭解台灣這個地史上極新造山帶的新構造脈動的頻度多大，



圖十七 石牛溪附近撓曲及斷層構造之立體示意圖

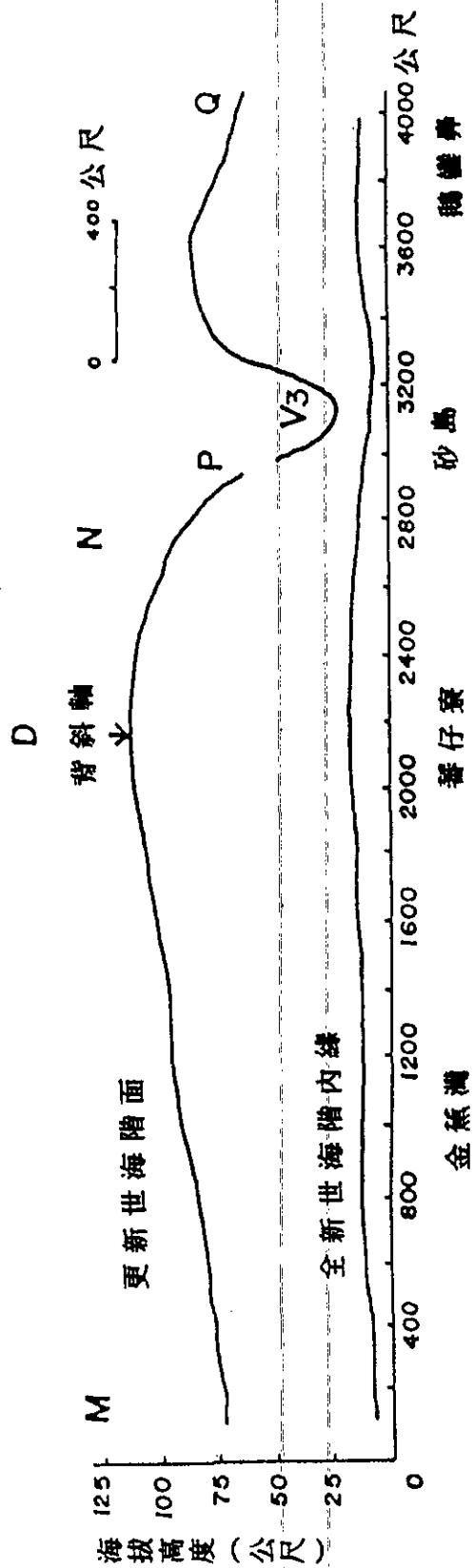
也認識研究新構造的重要性。

5-3 東區：鵝鑾鼻及太平洋沿岸地區

太圓山以東的區域，全新世中期的海階發育不差，但到太平洋岸則僅有非常狹小的面發育。

鵝鑾鼻台地，通常也指上位的更新世台地面，這個台地面呈現緩穹窿，在表層有濱灘沉積，而此沉積已遭紅土化。全新世的階地分佈在緣海地帶，陡崖與高位階地面相接，此處的構造自北而南，有風吹砂構造、番子寮背斜與砂島斷層帶等。

檢視全新世海階，發現其內緣高度竟與其上位的更新世台地的構造相互呼應(圖十八)。在鵝鑾鼻，低階台地的階面內緣僅十二公尺(鵝鑾鼻車站附近)，但向北逐漸低降，到砂島附近只剩下五公尺左右，再往北突然升高至10-11公尺，此間高程變化，竟發生在只短短兩百五十公尺的距離內。砂島以北地區，階面稍為變狹，主要為珊瑚礁所形成，在階面內緣處常有海蝕凹壁，有趣的是由階面高度以及海蝕凹壁的高度所指示的內緣階面高低變化，竟在番子寮處表現出最高的數據的現象，此最高點正是高位階地上穹窿的軸部，稱為番子寮背斜軸。從圖六的D1為11公尺，D2為13公尺，D3為16公尺，D4為12公尺，圖十八顯示出下位與上位台地高程變化相互對應的情形，此處高程係以氣壓高度計來回校對測量，加以讀圖而得的(圖六)。番子寮的低階台地內緣海拔高度變化與番仔寮上位台地的背斜



圖十八 鵝鑾鼻更新世海階面高度與全新世階面的內緣高度在垂直於蕃仔寮背斜軸 (見圖六) 方向上的投影

構造有關，其最好的解釋為此背斜正在形成，即使最近數千年來才形成的台地也接受到這個新期構造的訊息，反映出錐形背斜的隆起作用。

在金蕉灣D4與船帆石之間，除了C3線性兩側以外，沒有明顯的內緣高程的變化，但是在風吹砂斷層帶的表面裂斷及小的位移是存在的。在靠近船帆石的公路站牌附近可以見到小規模的斷層泥。

此外在航照立體圖上仍然可以見到西北向的線性V1、V2以及V3(圖版八，a)(見圖六)，當沿此線性檢視全新世的海階時，也發現有小的位移存在。這些地方若有公路或其他建築物通過，也須防範地質構造因素所造成的破壞。這些小斷裂造成的原因，究竟為重力滑落呢？抑或是壓力造成的？尚須進一步蒐集資料，才能解決。事實上第四紀以來的斷層，是須把因重力滑落所造成者與因大地構造的壓力或張力所造成者，進一步區分開來的。這是研究新期斷層與研究一般年代較老的斷層之不同處。

以上所敘述的，是由低階台地的研究而得知恆春地區新期構造變動的訊息，以及構造應力效應所造成的地質脆弱部位。當然目前檢視的，僅以能造成全新世地層變位的構造為主，而全新世的地層即以低位海階為最佳代表。除此之外，可能仍有部份的斷層通過較老的地層，而仍然具有潛在的活動力，但由於未通過全新世地層，無法印證它在數千年內的活動性，因

此未包括在本文討論之內。

為便於說明及比較，將恆春地區低位海階的特性以及變動形態綜合歸納成表三，分西部西台地地區、中部石牛橋地區及東部鵝鑾鼻地區三個單元描述。

表三 恆春地區全新世海階之內緣高度及變動形態一覽表

	西部地區 (西恆春台地)	中部地區 (石牛橋地區)	東部地區 (鵝鑾鼻地區)
全新世台地之內緣高度	13-20 公尺	13-36 公尺	5-16 公尺
變動形態	傾動 撓曲及斷層	穹窿構造 斷層	褶皺 斷層
露頭特徵	傾動： 全新世海階內緣高地 度的變化反應西台地 西高東低的傾動 (見圖八) 撓曲： 圖六中 J, K, L 三處 由於撓曲作用因而低 於鄰近地區 斷層：(或由於崩塌作 用?) 全新世海階上沿 H2, H3 線性有小錯斷	穹窿構造： 1. 石牛橋地區沿 A1 線 性向西北方向逆衝 隆起(在 A1 與 A2 之間尤為明顯) 2. 大圓山地區(?)的 穹窿構造可能亦為 沿 A3 方向向西北隆 起之構造 (在 A3 及 A4 間) 3. 斷層： A1, A2, A3, A4, B1 B2 線性通過之全新 世台地高度有突然 的變化	褶皺： 番仔寮背斜： 在番仔寮背斜軸延線 上的全新世海階亦表 現背斜構造 斷層： 1. 砂島斷層帶： 海階內緣高度在斷 層帶驟然降低 2. 斷層(?) V1, V2, V3 在最新的珊瑚礁平 台上造成位移全新 3. 在 C3, C4 通過全新 世台地處發現有小 錯斷

第六章 石牛橋台地之沉積與化石

石牛橋附近全新世台地剖面出露於海岸公路及新建遊客中心之開挖面。這些全新世地層不整合覆於中新世墾丁層之上，這種不整合關係廣泛見於恆春半島海岸附近之第四紀地層間（Cheng and Huang, 1975）或第四紀地層與晚新第三紀地層間（Huang, 1988），代表著台灣全島蓬萊運動的一幕。

石牛橋台地上之沉積物全為海相，僅最上一小部份可能為河海交會相。此全新世沉積物大致上可分成兩部份：上為海濱砂，下為珊瑚礁。縱觀海岸公路剖面及遊客中心之開發面可以把台地之形成歷史分成四期：

- 一、更新世或晚新第三紀末時恆春半島經褶曲、變形，形成今日之主要恆春半島地貌。
- 二、全新世海進，使得在半島南側延伸入海部份，於近陸淺海處，珊瑚發育於晚中新世已褶曲之墾丁層上，珊瑚礁之發育大都沿著海岸，類似於今日環繞墾丁半島之現今珊瑚礁。
- 三、由於活動斷層之進行及恆春半島之抬升，使全新世沉積明顯地發生海退層序發育，也就是在珊瑚礁相之上伏於海濱砂之下。
- 四、由於石牛橋台地及附近之繼續抬升，海相沉積終於結束，形成今日之地形。

石牛橋台地之沉積分析：

石牛橋台地海相沉積物厚約3 - 6 公尺不等。依遊客中心開挖面及海岸公路剖面之觀察，由沉積物之組合顯示此台地上在水平與垂直方向有明顯的沉積相變化。這些變化說明如下：

一．在垂直方面：

遊客中心開挖面：

遊客中心開挖面剖面層序如下：

海濱砂（ 0-1.2公尺 ）

頭狀樹枝狀珊瑚塊(1.5-1.7 公尺)

~~~~~不整合~~~~~

墾丁層

海濱砂層由生物碎屑及石英砂組成，淘選度佳，砂層小角度向海側傾斜，海濱砂層與下伏之樹枝狀珊瑚塊層變化極速，且層面不規則。海濱砂層在遊客中心開挖面之西側大都侵蝕，但在東側尚保存良好。

樹枝狀珊瑚碎塊層是由樹枝狀珊瑚 Acropora， Stylocoeniella， Pocillopora 等之破碎屑組成，厚1.2公尺至2.5公尺，全為碎塊雜陳，無方向性（圖版九，b）。珊瑚塊中填以生物碎屑砂，甚為疏鬆，貝類化石如 Tridacna 及 Turbo亦常見於本層中。

頭狀珊瑚碎塊層是由 Favia， Favites， Coeloseris， Galaxea 或 Fungia 等之碎塊組成，這些珊瑚大都為塊狀，少

部分樹枝狀珊瑚之碎塊亦見其中。貝類化石 Tridacna ,  
Turchus , Periglypta 及斧足類之口蓋大多見於此層。

在海岸公路剖面：

全新世台地海相沉積物層序見於海岸公路為：

疏鬆砂及紅土 (0.5-0.8公尺)

海濱砂 (3.5-4.0公尺)

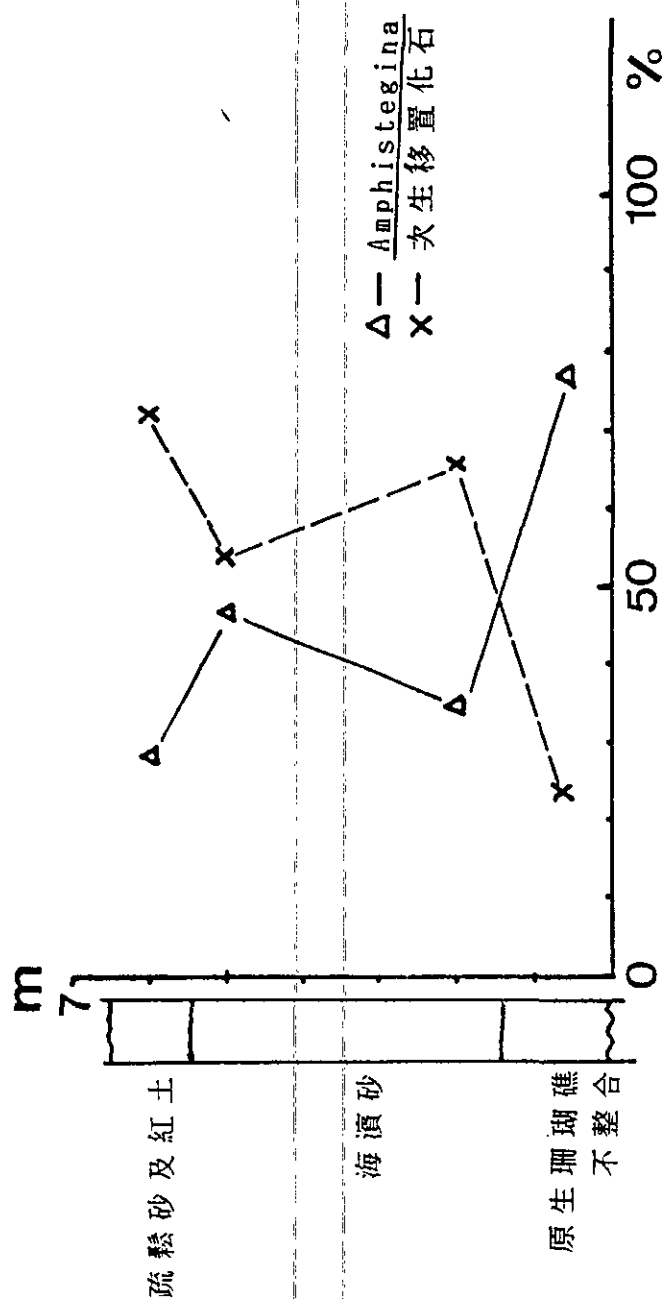
原生珊瑚礁 (1.2-1.5公尺)

~~~~~ 不整合 ~~~~~

墾丁層

疏鬆砂及紅土厚0.5--0.8公尺不等，為河口入海處之河海交接環境沉積物，主要特徵為層中具有小礫石，淘選度不佳，具有海濱砂之化石內容，如 Amphistegina (佔 28%)，但亦有大量侵蝕自中新世地層之移置化石。移置化石之量佔全部化石之72%(圖十九)。

海濱砂為中至細粒，淘選良好，厚3.5公尺至4.0公尺不等。海濱砂層之最大特徵為具有向海岸方向傾斜之交錯層或砂體呈不規則波浪形(圖版九，圖 a)。本層中化石以Amphistegina , Elphidium , Bacuogypsina及海膽針刺等為主。貝類化石碎片中亦可發現二次移置自中新世地層，在海濱砂之上部為 53.7 %，下部為 65.7%，平均為 59.7%，低於河口相之疏鬆砂及紅土層(圖十九)。主要之底棲有孔蟲 Amphistegina 在海濱砂層之上部佔42%，在下部佔30.5%，但大部份均有磨損現象。



圖十九 石牛欄附近公路剖面中有孔蟲種類之統計，結果顯示由下而上二次移置化石增多而原地生化石則遞減，表示向上逐漸接近河口相，故海相原地生化石種類減少

珊瑚礁：在海岸公路剖面，此部份珊瑚大多為原生者，厚約 1.2公尺至 1.5公尺，這些珊瑚以 Favites，Galaxea 及 Goeloseris 為主。附著於珊瑚之上常見有原生、兩瓣相合之 Periglypta reticulata。採自珊瑚體間之砂產有 Amphistegina (35.3%)，Bacuogypsina (12.6%)，海膽針 (25.2%)。二次移置化石僅佔全部有孔蟲之 23.5% (圖十九)。

石牛橋台地沉積物在水平方向有明顯之沉積相變化，最明顯的在於珊瑚礁之組織方面。在遊客中心開挖面中所見之珊瑚礁上部由樹枝狀珊瑚之碎塊所組成，而下部為由頭狀珊瑚碎塊組成。這些珊瑚塊均非原地生長，而是被搬運過後再堆積；但在海岸公路之珊瑚礁卻是由原生的頭狀珊瑚組成。這些原生的狀況尚可由附生於其上的二枚貝 Periglypta 之產狀得到支持。這種海側為原生珊瑚，陸側為珊瑚碎塊的水平變化在現生珊瑚礁中是正常而普遍可見的情況，顯示當全新世海侵發生時，海岸公路剖面之珊瑚礁發育位置之水深要比在遊客中心開挖面所見之珊瑚碎塊堆積位置之海域為深。

後 記 從地質觀點對保育的建議

一．對設施的保育方面：

由於恆春地區承受來自菲律賓海板塊撞擠歐亞大陸的西北向壓力，新期構造運動方殷未已，因此公園保育工作必須考慮地質上的因素，在圖六已將本區致使全新世地層受到擾動的線性標出。線形通過帶，地層較可能斷裂而呈現裂隙或落差，最好能有定期記錄並檢查的辦法，以便保障安全。

對於中區而言，石牛橋附近所呈現的撓曲與裂隙，肇因於由壓應力所致的逆衝斷層，從遊客中心的挖溝及施工開挖面的觀察，此擠壓力係持續存在一直到地表，倘若一直是緩而持續的擠壓，則定期例行的檢查記錄與適時的維修，應是可行的方案；倘若此斷層與恆春地區之地震有連帶關係時，則更須謹慎，此時，每次例行勘察的記錄就顯得更重要了，往往從記錄中，可以瞭解裂隙有無突然加大的趨勢，再從而做裂隙變化的圖表，以便進一步瞭解有無週期性存在。到目前為止，能夠收集到的地震資料不多，主要的原因，乃南面為海洋，無法多設測站，因此恆春地區地震的型態，仍待研究。但是做好因應措施，防患未然，總是須盡力的。

筆者並曾與工程地質方面的專家們談起，在石牛橋附近建築所應有的對策，彼等曾建議試請工程界或工程地質界的專家們，計算該處的 " g " 值，並對此值做適當的評估及防範。一

般而言，若只是兩層的建築物，可能問題較單純，但仍須加以定期檢視。

對於東區而言，番仔寮背斜與風吹砂的斷裂構造可能對設施的影響不大，前者係以地質時代之尺度緩慢隆起，後者似乎較鵝鑾鼻台地南部的裂線構造為老些，但由於菲律賓海板塊的壓應力持續存在，因此通過這些線性區的道路或建築定期檢視，仍然是不可或缺的工作。

對西區而言，西台地西南部的裂線，目前推測其可能是因台地在更新世晚期時傾動，之後造成局部地區不穩，導致重力下滑。果真如此，則公園的新設施最好避開此帶以及其延伸帶。若已有設施，則亦應定期查驗，若發現異常，應及早加以修補或處置。重力滑落型態的斷裂，往往是應力累積到一定程度後突然發生，因此，平時應加注意。

二．對景觀的保育方面：

對於特殊或有代表性的地質景觀或地形現象，補充即景說明，以圖案及簡介方式表達，目前有些地區已有，但有些地區未盡完善，倘若能在風景區，樹立小木屋或類似公告般的圖案及對景觀作重點式說明，可能提高教育效果。

最後仍想提的是環境的維護問題、清潔與秩序仍為最主要的觀光基礎，因此無論任何設施，要能顧及未來的發展，而符合安全要求。

致 謝

在本工作期間，除計劃內工作人員之外，協助研究工作進展的有台大地理系賴政國同學，台大地質系張慧中同學，墾丁公園管理處保育課及工務課的同仁，在此謹致崇高謝忱。

同時感謝內政部管建署以及墾丁公園管理處給予研究的機會，使得從事的同仁及學生們，獲得不少經驗，也增進了對台灣南端新期地質歷史演變的瞭解。

參考文獻

英文部分：

- Bloom, A. L., Broecker, W. S., Cappell, J. M. A.,
Matthews, R. K. and Mesolella, K. J. (1974)
Quaternary sea level fluctuations on a tectonic
coast : new Th-230/U-234 dates from the Huon
Peninsula, New Guinea. Quaternary Research 4,
185-205.
- Bull, W. B. (1984) Correlation of flights of global
marine terraces ; In Morisawa, M. and Hack, J.
T., (eds), " Tectonic geomorphology ", Boston, Allen
& Unwin, 129-152.
- Chappell, J. M. A. (1974) Geology of coral terraces,
Huon Peninsula, New Guinea: a study of Quaternary
tectonic movements and sea-level changes. Geological
Society of American Bulletin 85, 553-570.
- Cheng, Y. M. and Huang, C. Y. (1975) Biostratigraphic
study in the West Hengchun Hills. Acta Geologica
Taiwanica 18, 49-59.
- Cronin, T. M. (1983) Rapid sea level and climate change
: evidence from continental and island margins.
Quaternary Research 1, 177-214.

- Gray J. M. (1983) The Measurement of relict shoreline altitudes in areas affected by glacio-isostasy shoreline and isostasy, Academic Press, 97-127.
- Hashimoto, W., Taira, K., Kurihara, K., Imai, T. and Makino, Y. (1970) Studies on the younger Cenozoic deposits in Taiwan (Formosa): Part I the younger Cenozoic deposits of the middle part of west Taiwan. Geology and Paleontology of the Southeast Asia 8, 237-252.
- Hashimoto, W. (1972) Problems on the Tainan Formation and related Formations, brought about by C-14 dating. Acta Geologica Taiwanica 15, 51-62.
- Hashimoto, W. (1972) Studies on the younger Cenozoic deposits in south and east Taiwan: Geology and Paleontology of the Southeast Asia 10, 265-303.
- Ho, C. S. (1986) A synthesis of the geologic evolution of Taiwan. Memoir of the Geological Society of China 7, 15-29.
- Hopley, D. (1978) Sea level change on the Great Barrier Reef : an introduction. Philosophical Transactions Royal Society of London, A, 291, 159-166.
- Hsu, C. M. (1986) Late Quaternary neotectonic study of

- the Hengchun Peninsula, southern Taiwan. unpubl.
Ph. D. thesis of Natl. Taiwan Univ., 135p.
- Huang, C. Y. (1988) Foraminiferal paleoecology of a late Pleistocene lagoonal sequence of the Szekou Formation in the Hengchun Peninsula, Southern Taiwan. Proceedings of the Geological Society of China 31 (1), 181-206.
- Kidson, C. (1982) Sea level changes in the Holocene. Quaternary Science Reviews 1, 121-151.
- Kirk, R. M. (1977) Rates and forms of erosion on intertidal platforms at Ikoura Peninsula, South Island, New Zealand. New Zealand J. Geol. Geophys. 20, 517-613.
- Konishi, K., Omura, A. and Kimura, T. (1968) U-234 Th-230 dating of some late Quaternary coralline limestones from southern Taiwan (Formosa). Geology and Paleontology of the Southeast Asia 5, 211-224.
- Lin, C. C. (1969) Holocene Geology of Taiwan. Acta Geologica Taiwanica 13, 87-105.
- 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 9, 241-259.

Ma, T. Y. H. (1967) The two fundamental laws of earth evolution derived from the formation of peneplains and deposition of sediments on sea and ocean bottom. *Oceanographia Sinica* 9, 1-26.

Japan. Abstracts of International Symposium On Coastal Evolution In The Holocene, 89-96.

Matsushima, Y., Ota, Y., Myoshi, M., Maeda, Y., Kashima, K. and Moriwaki, H. (1983) Holocene transgressive history of the Choshi Peninsula, Eastern Kanto,

Ota, Y., Williams, D. N. and Berryman, K. R. (1981) Parts sheets Q27, R27 and R-28-Wellington, Late Quaternary tectonic map of New Zealand 1:50000 with notes. Wellington, New Zealand. Dept. Sci. and Indust. Research. 35P.

Page, B. M. and Lan, C. Y. (1983) The Ke melange and its record of tectonic events, *Memoir of the Geological Society of China* 5, 227-248.

Pelletier, B. and Stephan, J. F. (1984) Middle Miocene obduction and late Miocene beginning of collision registered in the Hengchun Peninsula: Geodynamic implication for the evolution of Taiwan.

Tectonophysics 125, 133-160.

Peng, T. -H. , Li, Y. -H. and Wu, F.T. (1977) Tectonic uplift rates of the Taiwan island since the early Holocene. Memoir of the Geological Society of China 2, 57-69.

Pirazzoli, P. A. , Delibrias , G. , Kawana , T. and Yamaguchi, T. (1983) Crustal movements as deduced from Holocene shorelines (Ryukyu Islands, Japan) . Abstracts of International Symposium on Coasyal Evolution in the Holocene, 119-122.

Sung, K. (1987) Geological study of the Hengchun Peninsula. Ph. D. thesis National Taiwan Univ. 1969.

Taira, K. (1975) Holocene crustal movements in Taiwan as indicated by radiocarbon dating of marine fossils and driftwood. Tectonophysics 20, 1-5.

Taira, K. (1976) A wave-like pattern of Holocene crustal warping in eastern Asia. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 19, 249-254.

Tsan, S. F. (1974) Stratigraphy and structure of the Hengchun Peninsula, with special reference to a Miocene olistostrom . Bull. Geol. Surv. Taiwan 24, 99-128. (In Chinese with English)

中文部份

陳文山，鄭穎敏，黃奇瑜(1985) 台灣南部恆春半島之地質。

地質 6卷，2 期，第47- 74頁。

黃奇瑜，鄭穎敏，葉家正(1985) 論恆春半島上墾丁層之成因。
地質 6卷，1 期，第21- 38頁。

趙希濤 (1984) 中國海岸演變研究。福建科學技術出版社。
194頁。

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。保育研究報告第26號。內政部營建署墾丁
國家公園管理處。215P。

日文部份

六角兵吉，牧山鶴彦(1934) 高雄州恆春油田調查報。殖產局
出版第 660號，台灣總督府殖產局。

石崎和彦 (1942) 西恆春台地附近の地質學的觀察。台灣地學
記事，第十三卷。

圖 版 說 明

- 圖版一. a. 西恆春台地西緣低位海階
b. 白砂南方海岸的裙礁地形，為全新世最新期生成之珊瑚礁
- 圖版二. a. 大尖山前墾丁階面內緣一留在墾丁層岩塊上的海蝕凹壁，量得高度為海拔24米
b. 鵝鑾鼻公園內海蝕凹壁
- 圖版三. a. 後壁湖剖面三
b. 後壁湖剖面一
- 圖版四. a. 白砂附近內緣呈現裸露的基盤，為侵蝕性內緣
b. 白砂附近外緣海濱砂及生物屑碎屑沈積
- 圖版五. a. 石牛溪出海口東岸呈向東低降的地形面及不整合面(右為東方)
b. 同上剖面之近照，可見礫石層及不整合面均向東傾斜(右為東方)
- 圖版六. a. 石牛橋附近公路邊剖面，在斷層線A1平行的方向上發現有留在珊瑚礁層上之細鋸齒狀(Zig-Zag Shape) 的小斷層，走向與斷層A1一致
b. 石牛橋遊客中心階面上開挖的剖面，即圖十一之剖面III 西端
- 圖版七. a. 圖十一剖面III 距東端52公尺處的裂隙
b. 槽溝II的開挖情形
- 圖版八. a. 砂島構造的溝裂處(照片台地面左方之低處) 以

及其南方的穹窿構造(右為南方)

b. 由龜山南眺東傾的西台地

圖版九. a. 石牛橋公路邊剖面, 即剖面十一

b. 槽溝 I (石牛橋遊客中心階面之開挖)

圖版十. a&b. Tridacna crocea Lamarck

c&d. Trochus maximus (Philippi)

e&f. 樹枝狀珊瑚

圖版十一 a&b. Periglypta reticulata (Liunaeus)

c&d. gastropod

e&f. Turbo (Lunatina) marmoratus Livneaus

附 錄

海岸線高程的決定與高度測量

古海岸線高度的決定包括兩種方式，一是從五千分之一地形圖上讀出，二是使用高度計直接測量。

在航照觀察與五千分之一照片基本圖上作業的同時，古海岸線的位置一旦於地形圖上畫定，便可直接由間隔五公尺的等高線讀出整條古海岸線的高度，其誤差至少在五公尺以下，這樣的決定方式必須在一個前題之下，就是要保證由航照圖上所畫出的古海岸線位置轉繪至五千分之一照片基本圖上之確切無誤，由於使用儀器，尤其是氣壓式高度計可能造成誤差的因素太多，既無法一一控制，所以多在地形圖無法讀出高度時，或幾個少數地點才使用高度計測量，絕大部分的古海岸線高度還是從圖上作業得來的，由於等高線間隔五公尺，所以我們只可能得到古海岸線高度變化一個大的趨勢，但高度誤差五公尺，於現階段研究工作中已能符合研究的要求。

在珊瑚礁地區，海蝕洞容易形成也很容易保存，海蝕洞被挖得最深的部位可以表示海浪沖刷最頻繁，也就是海蝕洞記錄了海水較長期的停滯，因此海蝕洞高度的測量值也列為古海岸線高度的一個數據。測量儀器使用氣壓式高度計，儀器靈敏度極高，是以對一切可以影響氣壓變化的因素，計凡日照、風、地形及時間均極敏感，而常使測量值不預期地發生變化，因此

儘可能的控制變因是測量時最主要工作。

由於必須測量的點數極多，因此無法在極短的時間中測量完畢，於是就可能產生與時間有關的氣壓變化，所以控制變因的第一項，是在兩個校正高度計的時間之中，以內插法校正每一個測量值，即是假設在穩定氣候下氣壓變化與時間成正比，由氣壓變化產生的高度差額也與時間變化成正比函數，每一個記下測量時間的高度值均可在函數中內插而得一校正值。另一影響的因素是日照條件，依數次試測的結果，同一高度在有日照地點所測得的高度值往往較無日照之陰暗地點為高，其差值大小不一，平均約為半米左右，雖然偶有例外情形，但在測量時儘可能在有無日照處均加以量測，俾便在其日照條件不同的欲測地點做為選取校正量之依據，實際測量時每一測量點視野外條件儘量多測，一般在六個以內，其理想情況下有無日照時測得者各三組值，但如露頭有限，（如僅發現一或二個海蝕洞時，則可能只得少數測量值）。

校正高度計的地點為五千分之一之地形圖上明顯而容易到達的水準點，示有明確的高度，藉以校正高度並記下校正時間，接著便展開測量工作，測量結束時再回到該水準點，記下時間及此時高度計所顯示之值，以便內插校正之用。例如某日早上六時二十三分於恆春西門校正高度計為十八米，出發測量折返後再至該點，高度計讀數十一米。又如日照校正一項，視校正點於校正時之日照條件有無而定，如校正時該點有日照，則

所有測量點之有日照下測量值（ H ）在內插後不再經日照校正，直接取其平均值（ AH ）代表該點之高度，然在測量點因天候或地物遮蔽無法尋得有日照地點量測時，則將無日照測量值（ D ）內插校正後，再依其他地點所測得之有無日照測量值比較，算出其平均校正量加以校正，然後再平均而得其高度值（ AD ）。同上例，核計所有測量點，有二種值者有 36 組， AH 值減去 DH 值大於零者有十六組，差額總和 12.66 米，平均 0.75 米，其差小於零者有十五組，差額總和為 -15.66 米，平均約為 -1.04 米，其差等於零者有五組，所有差額之總和為 -3.0 米，平均為 -0.083 米，顯示就單一測量值而言，因日照或其所附帶引起的氣壓變化導致的誤差可達正負一米左右，然就大數量機取樣測量而言，其對最後之平均值則無顯著之偏差。

對於較高的海階而言，三、五米的高度誤差並不足道，但對於最低之海階面而言，其高度多在 10 米之下，因此對於高度測量值的精確度要求較高，故皆以上述方法校正，作為增進可信度的一種努力。

ALTITUDES OF NOTCH MEASUREMENTS

| SmpCod | CH1 | CH2 | CH3 | CD1 | CD2 | CD3 | AH | AD | HO |
|---------|-------|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| E062201 | --- | --- | --- | 9.00 | 12.50 | 14.00 | --- | 11.83 | 11.62 |
| E062201 | --- | --- | --- | 10.50 | --- | --- | --- | 10.50 | 10.29 |
| E062202 | 9.00 | --- | --- | 9.50 | --- | --- | 9.00 | 9.50 | 9.00 |
| E062203 | 14.00 | --- | --- | 13.00 | --- | --- | 14.00 | 13.00 | 14.00 |
| E062204 | 14.00 | --- | --- | 16.50 | --- | --- | 14.00 | 16.50 | 14.00 |
| E062205 | --- | --- | --- | 22.00 | --- | --- | --- | 22.00 | 21.79 |
| E062206 | 20.00 | --- | --- | --- | --- | --- | 20.00 | --- | 20.00 |
| E062207 | 21.00 | --- | --- | 20.50 | --- | --- | 21.00 | 20.50 | 21.00 |
| E062208 | 21.00 | --- | --- | 22.00 | --- | --- | 21.00 | 22.00 | 21.00 |
| E062209 | --- | --- | --- | 25.00 | --- | --- | --- | 25.00 | 24.79 |
| E062210 | --- | --- | --- | 18.00 | 18.50 | --- | --- | 18.25 | 18.04 |
| E062211 | 6.00 | 7.00 | --- | --- | --- | --- | 6.50 | --- | 6.50 |
| E062212 | 6.00 | --- | --- | 2.50 | 5.50 | --- | 6.00 | 4.00 | 6.00 |
| E062213 | 10.50 | --- | --- | 10.00 | --- | --- | 10.50 | 10.00 | 10.50 |
| E062214 | 9.50 | --- | --- | 8.00 | --- | --- | 9.50 | 8.00 | 9.50 |
| E062215 | --- | --- | --- | 9.00 | 11.00 | --- | --- | 10.00 | 9.79 |
| E062216 | 7.50 | --- | --- | 7.00 | 9.00 | --- | 7.50 | 8.00 | 7.50 |
| E062217 | 5.00 | --- | --- | 5.50 | 6.50 | --- | 5.00 | 6.00 | 5.00 |
| E062218 | --- | --- | --- | 7.50 | 6.00 | 5.00 | --- | 6.16 | 5.95 |
| E062220 | 6.00 | --- | --- | 5.50 | --- | --- | 6.00 | 5.50 | 6.00 |
| E062221 | 10.00 | --- | --- | 8.00 | --- | --- | 10.00 | 8.00 | 10.00 |
| E062222 | --- | --- | --- | 16.00 | 18.00 | --- | --- | 17.00 | 16.79 |
| E062223 | --- | --- | --- | 17.00 | --- | --- | --- | 17.00 | 16.79 |
| E062224 | --- | --- | --- | 24.00 | 24.50 | --- | --- | 24.25 | 24.04 |
| E062225 | --- | --- | --- | 22.50 | 20.50 | 22.00 | --- | 21.66 | 21.45 |
| E062226 | --- | --- | --- | 20.00 | --- | --- | --- | 20.00 | 19.79 |
| E062227 | --- | --- | --- | 20.50 | --- | --- | --- | 20.50 | 20.29 |
| E062228 | 12.00 | --- | --- | 11.50 | 10.00 | --- | 12.00 | 10.75 | 12.00 |
| E062229 | 10.00 | --- | --- | 10.50 | --- | --- | 10.00 | 10.50 | 10.00 |
| E062230 | --- | --- | --- | 12.50 | --- | --- | --- | 12.50 | 12.29 |
| E062231 | 23.50 | --- | --- | --- | --- | --- | 23.50 | --- | 23.50 |
| E062232 | --- | --- | --- | 26.00 | --- | --- | --- | 26.00 | 25.79 |
| E062233 | --- | --- | --- | 23.50 | --- | --- | --- | 23.50 | 23.29 |
| E062234 | 21.00 | --- | --- | 20.00 | 23.50 | --- | 21.00 | 21.75 | 21.00 |
| E062235 | --- | --- | --- | 17.50 | --- | --- | --- | 17.50 | 17.29 |
| E062236 | --- | --- | --- | 18.00 | --- | --- | --- | 18.00 | 17.79 |
| E062237 | --- | --- | --- | 19.00 | --- | --- | --- | 19.00 | 18.79 |
| E062238 | 8.00 | --- | --- | 7.00 | --- | --- | 8.00 | 7.00 | 8.00 |
| E062239 | --- | --- | --- | 10.00 | --- | --- | --- | 10.00 | 9.79 |
| R062301 | --- | --- | --- | 8.15 | --- | --- | --- | 8.15 | 8.15 |
| R062302 | --- | --- | --- | 5.55 | 5.05 | 4.55 | --- | 5.05 | 5.05 |
| R062303 | --- | --- | --- | 3.05 | 4.55 | 7.55 | --- | 5.05 | 5.05 |

| SmpCod | CH1 | CH2 | CH3 | CD1 | CD2 | CD3 | AH | AD | HO |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| R062304 | 5.50 | --- | --- | 6.00 | 5.00 | --- | 5.50 | 5.50 | 5.50 |
| P070306 | --- | --- | --- | 9.03 | 8.03 | 8.03 | --- | 8.36 | 8.36 |
| P070307 | 7.48 | 7.98 | --- | 7.48 | --- | --- | 7.73 | 7.48 | 7.48 |
| 0070308 | --- | --- | --- | 19.39 | 18.39 | 18.39 | --- | 18.72 | 18.72 |
| 0070309 | --- | --- | --- | 15.82 | 16.32 | 15.82 | --- | 15.98 | 15.98 |
| 0070310 | --- | --- | --- | 17.30 | 18.80 | 16.80 | --- | 17.63 | 17.63 |
| 0070311 | 12.12 | 13.12 | 12.12 | 12.62 | --- | --- | 12.45 | 12.62 | 12.62 |
| 0070312 | 9.10 | 10.10 | 7.60 | --- | --- | --- | 8.93 | --- | 8.73 |
| N070313 | 10.91 | 10.41 | 10.41 | --- | --- | --- | 10.57 | --- | 10.37 |
| N070314 | 12.36 | 12.36 | 11.36 | 11.36 | --- | --- | 12.02 | 11.36 | 11.36 |
| M070315 | 12.77 | 15.27 | --- | 14.27 | --- | --- | 14.02 | 14.27 | 14.27 |
| M070316 | 9.24 | --- | --- | 10.74 | 10.24 | 10.24 | 9.24 | 10.40 | 10.40 |
| M070317 | 8.70 | 8.20 | --- | 7.20 | --- | --- | 8.45 | 7.20 | 7.20 |
| L070318 | 5.89 | 6.89 | --- | 6.89 | --- | --- | 6.39 | 6.89 | 6.89 |
| K070319 | 7.08 | 6.58 | --- | 5.58 | --- | --- | 6.83 | 5.58 | 5.58 |
| K070320 | 2.02 | 0.52 | --- | --- | --- | --- | 1.27 | --- | 1.07 |
| Q070321 | 30.61 | --- | --- | --- | --- | --- | 30.61 | --- | 30.41 |
| Q070322 | 25.06 | --- | --- | 24.06 | --- | --- | 25.06 | 24.06 | 24.06 |
| H070328 | 26.40 | --- | --- | 26.90 | 26.40 | --- | 26.40 | 26.65 | 26.65 |
| G070329 | 6.04 | --- | --- | 5.54 | 7.54 | --- | 6.04 | 6.54 | 6.54 |
| G070330 | --- | --- | --- | 6.68 | 7.68 | 5.68 | --- | 6.68 | 6.68 |
| G070331 | 5.71 | --- | --- | 6.21 | 5.21 | --- | 5.71 | 5.71 | 5.71 |
| F070332 | 6.41 | 6.41 | 5.91 | --- | --- | --- | 6.24 | --- | 6.64 |
| F070333 | 5.02 | --- | --- | 5.52 | 4.52 | --- | 5.02 | 5.02 | 5.02 |
| I070325 | --- | --- | --- | 7.49 | 7.49 | 7.49 | --- | 7.49 | 7.49 |
| S070301 | --- | --- | --- | 17.22 | 16.72 | --- | --- | 16.97 | 16.97 |
| S070302 | --- | --- | --- | 21.27 | --- | --- | --- | 21.27 | 21.27 |
| R070303 | --- | --- | --- | 17.44 | 17.44 | --- | --- | 17.44 | 17.44 |
| R070304 | 15.38 | --- | --- | 14.38 | --- | --- | 15.38 | 14.38 | 14.38 |
| J070402 | --- | --- | --- | 16.60 | 15.60 | 14.60 | --- | 15.60 | 15.60 |
| J070403 | --- | --- | --- | 14.24 | --- | --- | --- | 14.24 | 14.24 |
| J070404 | --- | --- | --- | 11.83 | 10.33 | --- | --- | 11.08 | 11.08 |
| J070405 | --- | --- | --- | 11.46 | 10.96 | 10.96 | --- | 11.12 | 11.12 |
| J070406 | --- | --- | --- | 12.10 | --- | --- | --- | 12.10 | 12.10 |
| J070407 | --- | --- | --- | 10.69 | 10.19 | 9.69 | --- | 10.19 | 10.19 |
| J070408 | --- | --- | --- | 8.73 | --- | --- | --- | 8.73 | 8.73 |
| J070409 | --- | --- | --- | 10.32 | --- | --- | --- | 10.32 | 10.32 |
| J070410 | --- | --- | --- | 14.91 | 15.41 | 13.91 | --- | 14.74 | 14.74 |
| J070411 | --- | --- | --- | 12.05 | 13.05 | 11.55 | --- | 12.21 | 12.21 |
| J070412 | --- | --- | --- | 10.64 | 11.14 | 13.64 | --- | 11.80 | 11.80 |
| J070413 | --- | --- | --- | 10.68 | --- | --- | --- | 10.68 | 10.68 |
| J070414 | --- | --- | --- | 14.27 | 13.27 | 13.27 | --- | 13.60 | 13.60 |
| J070415 | --- | --- | --- | 14.49 | 16.49 | 14.99 | --- | 15.32 | 15.32 |

| SamCod | CH1 | CH2 | CH3 | CD1 | CD2 | CD3 | AH | AD | HO |
|---------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| J070416 | --- | --- | --- | 9.63 | --- | --- | --- | 9.63 | 9.63 |
| J070417 | 9.76 | --- | --- | 11.26 | 11.26 | 9.26 | 9.76 | 10.59 | 10.59 |
| J070418 | 7.49 | --- | --- | --- | --- | --- | 7.49 | --- | 8.26 |
| J070419 | 8.12 | --- | --- | 9.12 | --- | --- | 8.12 | 9.12 | 9.12 |
| J070420 | 8.17 | 8.17 | --- | 10.17 | 8.67 | --- | 8.17 | 9.42 | 9.42 |
| J070421 | 10.94 | 11.94 | --- | 11.44 | --- | --- | 11.44 | 11.44 | 11.44 |
| J070422 | --- | --- | --- | 14.66 | 15.66 | --- | --- | 15.16 | 15.16 |
| B062102 | 3.50 | 3.50 | 4.50 | --- | --- | --- | 3.83 | --- | 3.83 |
| A062103 | 3.80 | 4.20 | 4.00 | --- | --- | --- | 4.00 | --- | 4.00 |
| C062003 | 6.00 | 6.30 | 6.00 | --- | --- | --- | 6.10 | --- | 6.10 |
| D062104 | 6.00 | 7.50 | 7.00 | --- | --- | --- | 6.83 | --- | 6.83 |

a



b



圖版一

a



b



圖版二

a



b

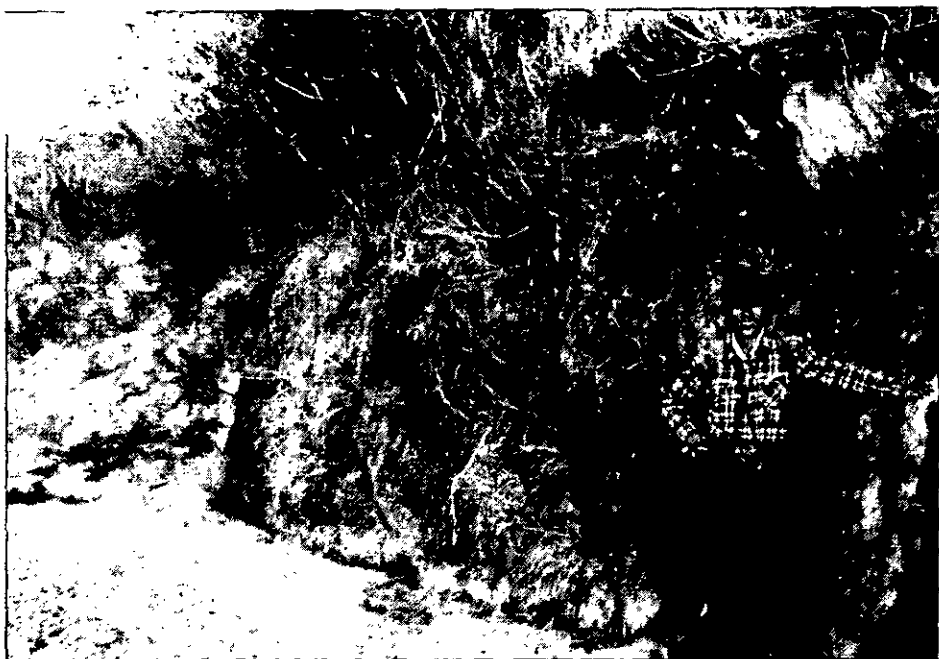


圖版三

a



b



圖版四

a



b



圖版五

a



b



圖版六

a



b



圖版七

a



b



圖版八

a



b

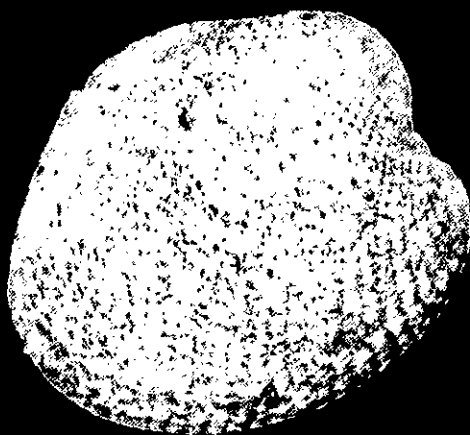


圖版九

a



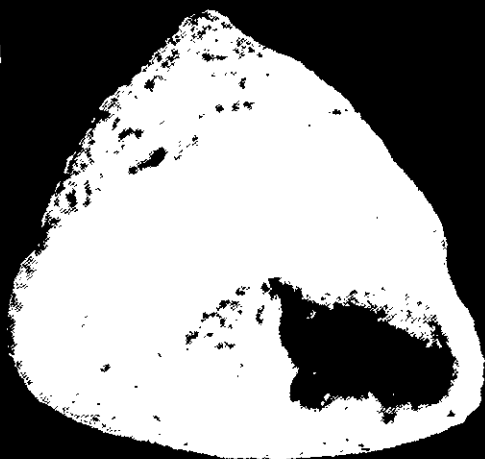
b



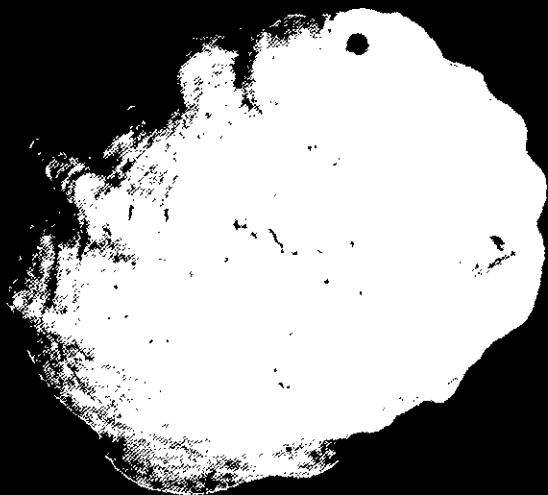
c



d



e



f



