

臺灣南部恆春半島之地質

陳文山¹ 鄭穎敏¹ 黃奇瑜¹

節 要

恆春半島位於菲律賓海板塊，歐亞大陸與南中國海洋地殼隱沒於菲律賓海板塊之下折衝處。此沈積盆地自中新世晚期即因菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊之碰撞，而產生褶皺與斷層作用。

恆春半島上中新世地層劃分為墾丁層、里龍山層、石門層與樂水層。墾丁層為一傾瀉層；不整合覆蓋於里龍山層與石門層之上。墾丁層中含有海洋性地殼的外來岩塊與源於海洋性地殼的再沈積礫岩及其他濁流岩沈積岩塊。墾丁層的時代分為兩個時期：晚期中新世與早期更新世。里龍山層是由厚層砂岩與礫岩所組成厚度約 2,000 公尺的陸源碎屑沉積物，由下往上碎屑物顆粒逐漸變大。沈積相由厚度 1 公尺以下的中粒至粒砂岩逐漸變為以厚度 1 公尺以上的中粒至粗粒砂岩，再覆以礫岩層。沈積環境屬於大陸棚至大陸斜坡之上的海底沖積扇環境，由沉積相之疊置顯示沈積環境可能由下向上逐漸變淺及海底沖積扇向海測之外伸長現象。利用流槽鑄型、礫石粒徑與岩相變化的研究推測古水流方向是由北向南流。里龍山層有 *Gyrochorda*、*Muensteria*、

Thalassioides 與 *Skolithos* (?) 等生痕化石群。里龍山層沉積時代為晚期中新世 (N 15 - N 17)。石門層的岩相以砂頁岩與頁岩為主且其中零星分散若干砂岩與礫岩層。這些透鏡狀的砂岩與礫岩是屬於海底沖積扇水道 (Channel) 的沉積環境，因水道經常向兩側遷移，故無法形成厚層的砂岩與礫岩。石門層中發現之生痕化石群共有 *Scolicia*、*Subphyllochora*、*Peleodictyon*、*Ramidictyon*、*Cosmophraphe*、*Spirophaphe*、*Paleomeandron*、*Dendrotichnium*、*Helminthoida*、*Lophoctenium*、*Asteriacites* 與 *Chondrites* 等 12 屬。沉積相的組合與生痕化石族群顯示石門層是屬於深海相的下部沖積扇環境 (lower fan)。時代為中期中新世至晚期中新世 (N 14 - N 17) 並與里龍山層呈犬牙交錯的沉積關係。樂水層為一深海相中部沖積扇 (mid-fan) 之沈積環境。出露厚度約 1,500 公尺岩相以砂岩與砂頁岩為主。古水流方向由南往北流與里龍山及石門層之流向截然不同。生痕化石族群計發現有 *Paleodictyon*、*Helminthoida*、*Cosmophraphe*、*Chondrites*、*Lorenizinia*、*Belorhaphae*、*Scolicia*、*Spirodesmos* 等 8 層。時代為中期中新世 (N 14) 與石門層是以滿州逆掩斷層接觸。

恆春半島中新世時期之沉積盆地位於歐亞大陸邊緣。晚期中新世因以北方中央山脈為主之碎屑物大量的向南充填，使得沉積盆地逐漸由深海相轉變為淺海相之沈積環境。至最晚期中新世 (N 17) 因為菲律賓海板塊碰撞歐亞大陸板塊的影響，使得沉積盆地產生褶皺與逆掩斷層作用。同時逆掩斷層夾帶部分海洋性地殼的岩塊與同一沉積

盆地內的沉積岩塊或外來的沈積岩塊向西崩移而形成壘丁層。晚期中新世壘丁層形成之後，恒春盆地則趨於穩定的構造環境，並在受褶皺的中新世地層以西的盆地沉積了 1400 公尺以上的馬鞍山層。此後至早期更新世菲律賓海板塊再度向西擠壓使得馬鞍山層產生褶皺與斷層作用，而部分馬鞍山層碎屑物與早期至晚期中新世之物質發生崩移形成早期更新世之壘丁傾瀉層。

一、引言

五十年來許多位地質學者（六角兵吉、牧山鶴彥，1934；石崎和彥，1942 a, b；Chang, 1964, 1965, 1966；Cheng and Huang, 1975；詹新甫，1974；Page and Lan, 1983；Cheng *et al.*, 1984 a, b；Huang, 1984；Yen, 1984；Sung and Wang, 1984；Pelletier *et al.*, 1984）在恒春半島作過有系統的地質調查工作。由這些研究工作之進行，大致可以看出地質學家們對於恒春半島上地質的解釋，可以分成兩個不同的階段。早期的學者，大多將恒春半島上的中新世岩層解釋為淺海相沈積，而後期的學者，則將之解釋為深海相沉積。

六角兵吉、牧山鶴彥（1934）最先將恒春半島上中新世地層分為潮州層與恒春層（如表一）。張麗旭（1964-1966）研究此區之有孔蟲化石，確定半島上主要地層為中期至晚期中新世，少部分為更新世。彼甚至認為在恒春半島上獨缺上新世地層。詹新甫（1974）重新詳細做全面的地質調查，將恒春斷層以東之地層重新畫分為丹路層，長樂層，樂水層與壘丁層（表一），並首先提出壘丁層為一傾瀉層，成因為晚期中新世時，沈積槽受來自東方強大擠壓，碎屑物向西崩移，並成為盆地最後填充物。恒春半島地質自詹新甫提出壘丁層後，才引起地質學界廣泛的重視。畢慶昌（Biq, 1977）提出壘丁層是南中國海洋地殼向菲律賓海板塊隱沒時海溝的產物。斐其、藍晶瑩（Page and Lan, 1983）對壘丁層的沈積構造，與外來岩塊之岩性作一詳細研究，認為外來岩塊可能是菲律賓海板塊與歐亞大陸會合時，混雜有海洋性及大陸性岩石的呂宋島弧增積岩體之碎屑物，向西沈積成礫岩，後因地形陡峻不穩定產生向西移動的岩屑流，形成壘丁層，且壘丁層與正常層序沈積岩是漸變的關係。倍提爾等（Pelletier *et al.*, 1984）認為中期中新世（13-15 Ma）時一部分南中國海洋地殼逆衝到歐亞大陸邊緣，形成了正常層序地層與傾瀉層中的基性與超基性岩石的來源。至晚期中新世時（5 Ma）因菲律賓海板塊上之火山島弧與大陸碰撞，使得正常層序地層受擠壓產生褶皺與逆掩斷層。在逆掩斷層的前緣產生壘丁層，此後正常層序地層再以逆掩斷層覆蓋於壘丁層之上。黃奇瑜等（Huang *et al.*, 1985）將壘丁層之成因分為中新世晚期傾瀉層期與上新世至更新世之混同層期兩個階段。前期不含二次化石而後期含有大量二次化石，且壘丁層被認為是在一胚胎期馬尼拉海溝（Biq

一表

地質年代	六角兵吉， 牧山鶴彦 (1934)	詹新甫 (1974)	鄭顯敏等 (1984)	費利提耳等 (1984)	顏滄波 (1984)	宋國城， 王 源 (1984)	本文
更新世	恒春石灰岩	恒春石灰岩	恒春石灰岩	恒春石灰岩			大平層
	四溝層	四溝層	馬鞍山層	馬鞍山層			四溝層
上新世	四溝層	四溝層	馬鞍山層	馬鞍山層			恒春石灰岩
	四溝層	四溝層	馬鞍山層	馬鞍山層			馬鞍山層
中新世	恒春層	恒春層	里龍山層	里龍山層	U ₃	佳樂水層	里龍山層
	砂岩及頁岩互層	砂岩及頁岩互層	石門層	石門層	U ₂	里龍山層	石門層
	砂岩層	砂岩層	樂水層	樂水層	U ₁	樂水層	樂水層
	頁岩層	頁岩層	丹路層	丹路層	下部層		

五：新墮

1977) 中沉積。

從以上地質學者的工作，可了解這些學者們大部分都集中於墾丁層的研究。雖然墾丁層的成因是了解恒春半島中新世構造運動的關鍵所在，但要了解墾丁層之成因，則必先研究其與上下地層之間的關係與墾丁層本身所含外來岩塊之來源。在過去五十年來對於恒春半島上正常層序地層（里龍山層、石門層、樂水層）之沈積環境研究，除少數學者（Page and Lan, 1983 ; Cheng *et al* , 1984 b ; Sung and Wang, 1984 ）發表過有關樂水層及里龍山層的沈積環境，與宋國城、王源（1985）的岩象學研究之外，尚未有完整性的討論文獻。所以本文將以沈積學、岩象學與生痕化石學的研究結果，重新檢討里龍山層、石門層、樂水層與墾丁層的成因與其間之關係。並嘗試重建恒春半島中新世地層的古沈積環境。

二、地層與沉積環境

恒春半島之中新統岩層分布於恒春斷層以東（圖一）。本文正常層序地層的分層單位是依據鄭穎敏等（Cheng *et al* . , 1984 a ）的分層，分為里龍山層、石門層與樂水層等三層。墾丁層則沿用詹新甫（1974）之命名。岩層的沈積大致可分為：具有濁流岩相之沈積岩及不具濁流岩相之沈積岩，與傾瀉岩相等三種。具濁流岩相之地層有樂水層、石門層與部分的里龍山層。不具濁流岩相之地層則為大部分的里龍山層。而墾丁層則為傾瀉岩相之地層。

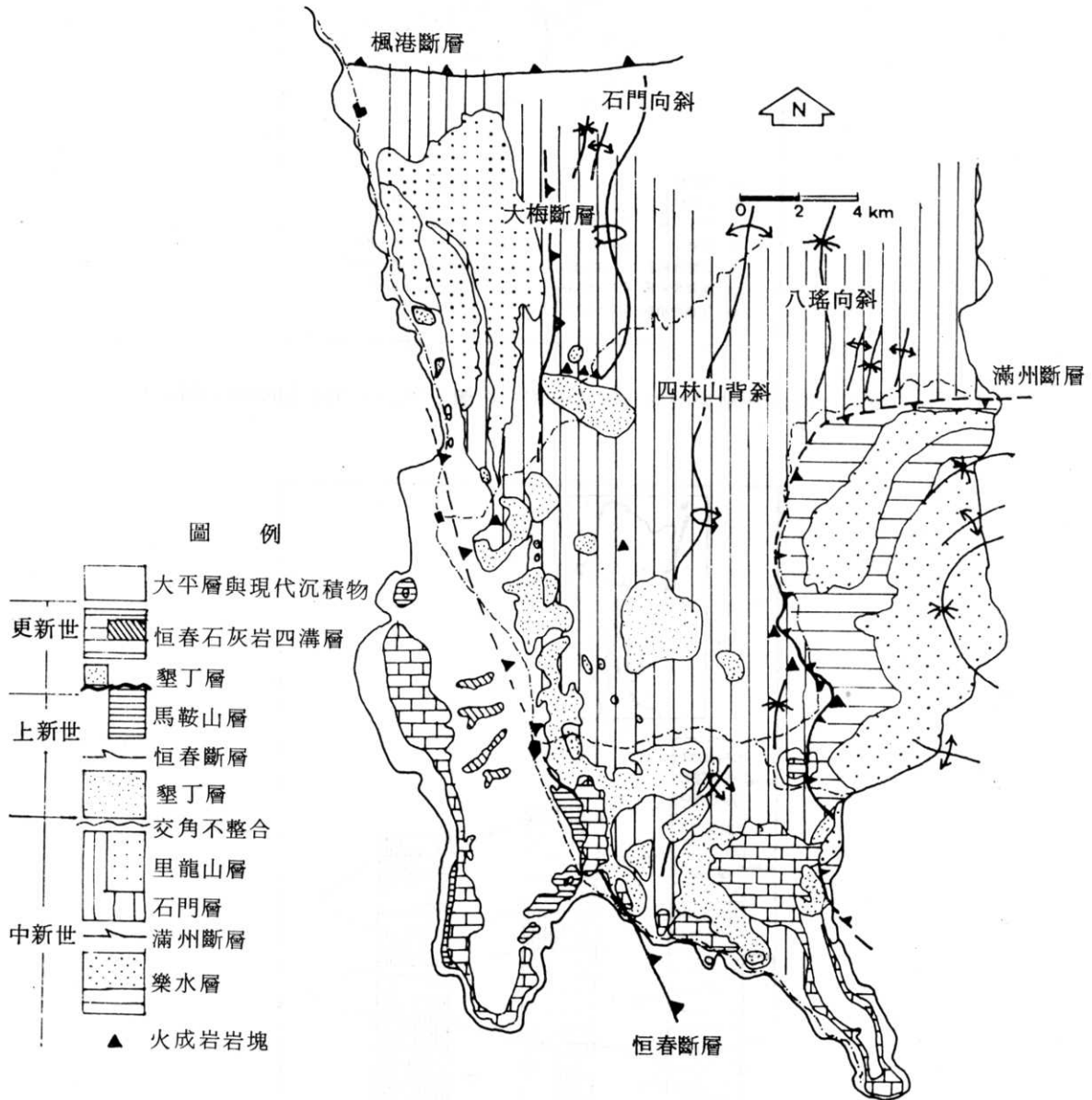
本文濁流岩相的分類是沿用穆提、露奇（Mutti and Lucchi , 1972 , 1975 , 1978）所提出的七種岩相，與其解釋深海沖積扇的模式（如圖二）。研究工作如欲採用此七種岩相組合重建古沉積環境，則必先探討相異岩相之間的時空變化關係。

茲將恒春半島上各地層之沈積相說明如下：

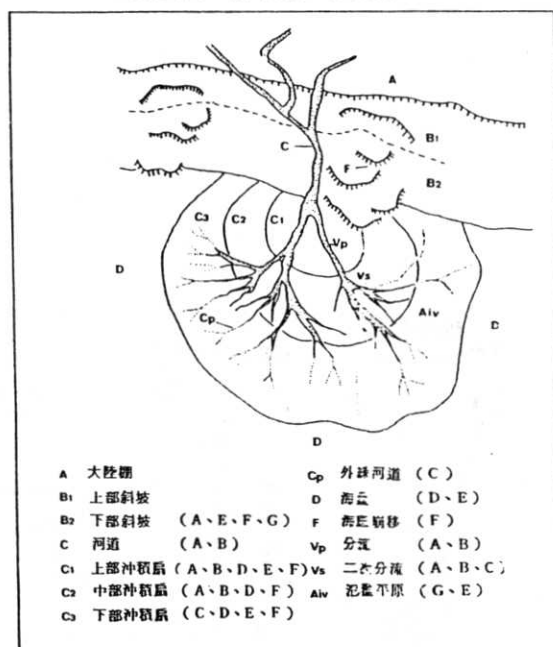
里龍山層

里龍山層厚度超過 2,000 公尺，岩相以青灰色砂岩與礫岩為主。礫岩層厚度約 200 公尺，位於本層之最上部或偶而呈透鏡狀夾於下部的砂岩層之中。礫石岩性以變質砂岩（約佔 60 %）為主，其餘有玄武岩、輝綠岩、輝長岩、角閃石片岩、綠色片岩、結晶石灰岩、砂岩、頁岩、鈣質泥岩，石英脈碎塊與牡蠣碎片。

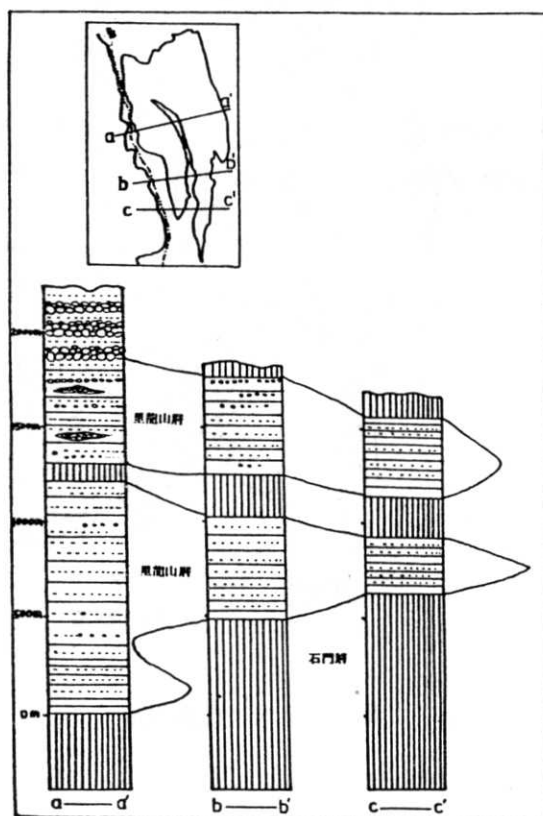
里龍山層以大部分未具濁流岩相之砂岩為主要的岩相。砂岩之沈積構造以平行紋層為主或偶而具有交錯層。砂岩中經常夾有厚度 1 公尺以下的透鏡狀礫岩或 10 公分以下的層狀礫石層。而砂頁岩互層水平橫剖面經常不具波馬層序（Bouma sequence）。本層在垂直縱剖面或地層走向上，無論砂岩之總厚度，單層砂岩厚度或礫石粒徑皆有明顯地變化。分佈在較北方的里龍山一帶單層砂岩厚度約從 1 公尺至 4 公尺，總厚度約



圖一 恒春半島地質圖

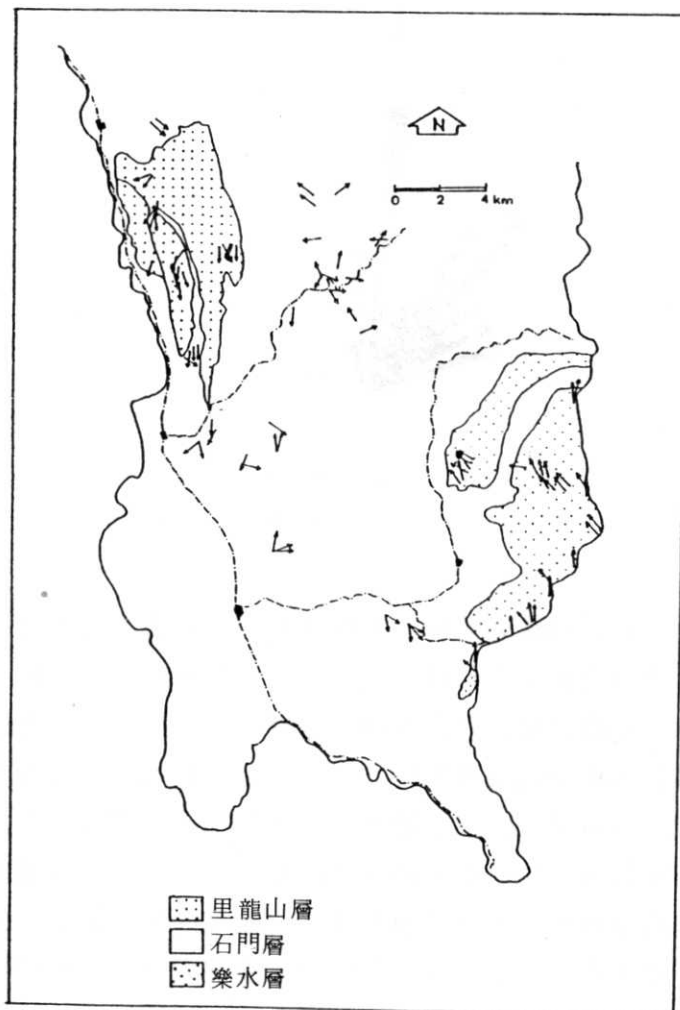


圖二：海底沖積扇地形與濁流岩相分布圖 (Mutti and Lucchi, 1975)

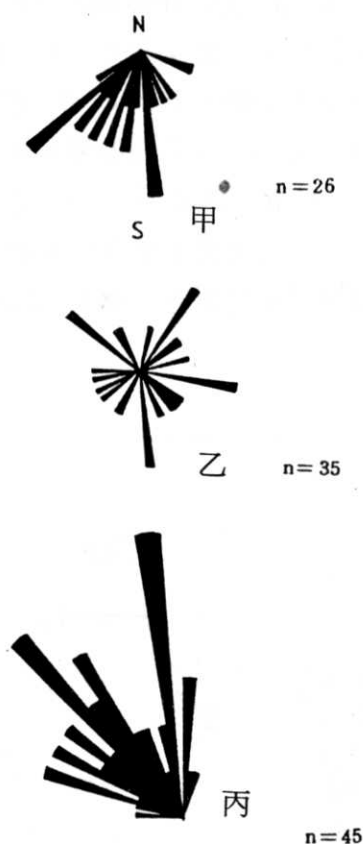


圖三：里龍山層剖面

2,000 公尺以上（如圖三 a - a'）；往南到蚊罩山一帶之單層砂岩厚度約從 0.5 公尺至 1 公尺，總厚度約 1,000 公尺以下（如圖三 b - b'）；至四重溪一帶里龍山層則逐漸尖滅變為石門層的砂頁岩互層（如圖三 c - c'）。礫石粒徑往南逐漸變小，礫岩厚度亦逐漸變薄或轉變為砂岩層。從以上沈積相的變化顯示沈積當時的水流方向是由北往南流。且由 22 處流槽鑄型（flute cast）之方向（如圖四），亦表示平均古水流方向為南偏西 10 度（如圖五甲）。綜合流槽鑄型方向、砂岩厚度、岩相與礫石粒徑的變化結果顯示里龍山層的沈積來源是來自北方。礫石的岩性亦表示含有侵蝕自恒春半島北方之中央山脈變質岩物質。



圖四：流槽鑄型方向分布圖

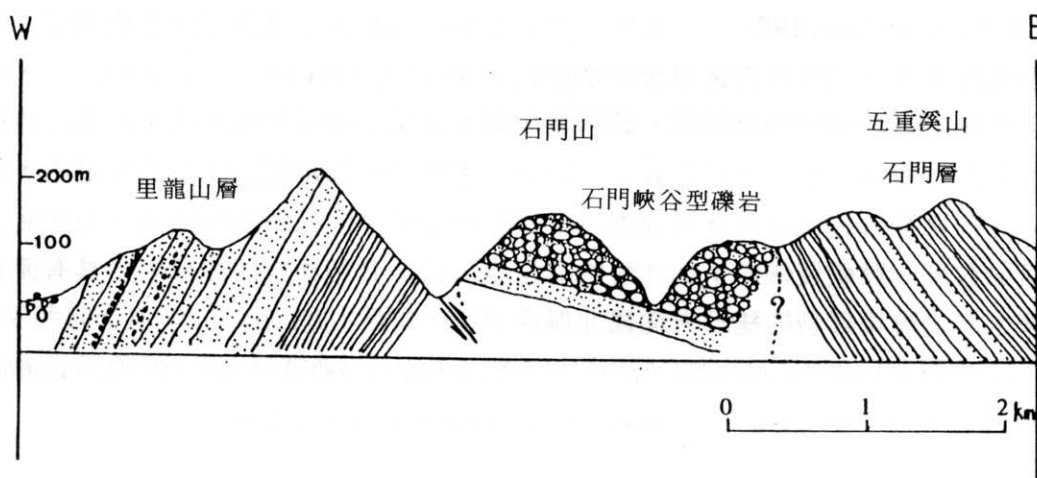


圖五：恒春半島上各地層流槽鑄型方向統計圖；
甲：里龍山層；乙：石門層；丙：樂水層。

本層垂直剖面之岩相亦有顯著的變化，單層砂岩厚度由下往上愈來愈厚。砂岩中經常夾有礫石，所含礫石之比率與粒徑亦是愈往上愈多或愈大；至最上部轉變為以厚層礫岩為主之岩相。故里龍山層的垂直沈積相則有向上碎屑物顆粒逐漸變粗與層厚變厚的現象。顯示一海底沖積扇向海側外伸（*progradation*）的結果（*Cheng et al.*, 1984）。里龍山層砂岩之內部沈積構造大部分不具有濁流岩相之沈積構造。砂岩以塊狀構造，平行紋層或交錯層的沈積構造最顯著，砂、頁岩互層的砂岩經常只有平行紋層構造而不具有爬升構造與交錯層（*Tc*）；砂岩的底部與頁岩的關係是呈粒度漸變的現象，這些沈積構造皆不是濁流岩的特徵。里龍山層的岩相只有少部分具有濁流岩之特徵。所以里龍山層可能是位於大陸棚至大陸斜坡之上的海底沖積扇，並非位於大陸斜坡以下的沖積扇故其岩相只部分具有濁流岩之構造。

石 門 層

石門層出露厚度至少在 2,000 公尺以上。岩相以 D, E 相之砂頁岩互層為主要, 單層砂頁岩厚度約從 5 公分至 30 公分。單一砂頁岩互層之砂岩與頁岩厚度比率約為 5 : 1 至 1 : 3。砂岩粒度一般從細粒至中粒, 含波馬層序 Tbcde、Tbce 與 Tcde 的濁流岩。G 相之頁岩與 F 相之崩移層的兩種岩相大部分分布於石門村一帶。石門層除含 D、E、F 與 G 相之四種岩相外尚含有三層厚度約 20 公尺之 B 相砂岩位於石門村, 四林山與港仔一帶, 並有兩層厚度約 10 公尺的 A 相礫岩位於高士附近。砂岩與礫岩之四週皆沈積厚層的砂、頁岩互層與頁岩, 此種沈積構造組合表示砂岩與礫岩是沖積扇之支流水道環境。而砂、頁岩互層與頁岩為河道與河道之間的沈積環境。因支流水道深度較淺, 以致經常向兩側遷移而無法長期維持原來水道的位置。所以石門層中的砂岩層或礫岩層是零星分散於砂、頁岩互層或頁岩之中。且厚度常只有數十公尺。從以上岩相組合顯示石門層屬於海底下部沖積扇的沈積環境。流槽鑄型所示的方向(如圖五乙)



圖六：石門山與五重溪山之剖面圖

非常不一致, 因為下部沖積扇環境的水系經常呈放射狀, 瓣狀或曲流; 而且常受到海底底流影響, 方向常沿著盆地軸線方向流動, 而無一致方向。但從石門層中砂岩與礫岩厚度由北向南變薄與尖滅的現象, 顯示海底沖積扇支流水道可能也是一由北往南的方向。

樂水層

本層出露總厚度約為 1,500 公尺。下部地層為 500 公尺厚的 D, E 相砂、頁岩互層及 G 相頁岩, 其中並夾若干層厚約數公尺的 B 相砂岩。此種岩相組合則屬於下部沖積扇之沈積環境。上部的 1,000 公尺地層以 B 相砂岩為主並夾有四層 F 相之崩移層 (Cheng *et al.*, 1984 b)。砂岩中常見的沈積構造有平行層紋, 塊狀構造, 爬升波紋及碳質物質。砂岩與頁岩的比率一般為 10 : 1 以上, 而同層砂岩中平行層紋 (Tb) 的厚度與爬升波紋 (Tc) 的厚度比率非常高, 一般為 10 : 1 以上。這些現象與其

他學者對於深海沖積扇之中扇沈積特徵相似(Walker and Mutti, 1973; Mutti and Lucchi, 1975 ; Ingersoll, 1978)。T_c的厚度約在3公分至10公分之間，T_c構造只出現爬升波紋而幾乎沒有交錯層紋。厚度1公尺以上的砂岩內部常具有塊狀構造，但波馬(1962)於濁流岩之內部構造分類中並未提到塊狀構造之成因，並且穆提，露奇(1972, 1975, 1978)的岩相分類中亦未提到此種構造及其成因。英格索(Ingersoll, 1978)認為塊狀砂岩構造在B相砂岩中是常見的沈積構造，其可能為顆粒流(grain flow)所形成。塊狀砂岩之中或之上經常伴隨碟狀構造或脫水構造。此乃由於顆粒流攜帶沈積物沈積時，內部經常含有大量的孔隙水，當上部沈積物逐漸增厚時，孔隙水受壓往上脫逃而產生碟狀構造或脫水構造。B相砂岩底部常具有侵蝕構造，所以底部經常呈不平整面且富集許多被沖蝕下來的泥塊。單層砂岩常向一側變薄或尖滅；此種變化都是河道環境中常具有的沈積構造(Ingersoll, 1978; Pickering, 1983)。本層之中大部分的B相砂岩厚度可從1公尺至4公尺，而厚度超過1公尺的砂岩常呈複合型砂岩(amalgamated sandstone)，內部常發現具有一層以上的侵蝕面構造，顯示是經過1次以上的侵蝕後再沈積的作用造成。此種現象在沖積扇水道之中是常具有的特徵。尤其在中部沖積扇以上的水道中，水流能量大，經常沖蝕底面或兩側河堤的沈積物而形成不平整的侵蝕面構造。侵蝕面上部的沈積物粒度一般較侵蝕面下部沈積物的粒度為粗。B相砂岩的底部經常具有流槽鑄型。樂水層之流槽鑄型的統計方向為北偏西30度，向西北流(如圖五丙)且方向非常一致(如圖四)。從以上1,000公尺的樂水層砂岩岩相組合與沈積構造特徵所顯示的環境為海底中部沖積扇環境(submarine mid-fan environment)。

壘 丁 層

壘丁層由詹新甫(1974)所命名：成因為晚期中新世時沈積槽受來自東方強大擠壓力破壞時所產生的傾瀉層並成為沈積槽之最後填充物。斐其、藍晶瑩(Page and Lan, 1983)則認為經過褶皺但層序正常的壘丁層沉積物(石門層)，在構造上可以移變為破裂的同一岩層，再移轉為發育完備的混同層，其間皆為漸變的關係。本次地質調查發現壘丁層是覆蓋於石門層與里龍山層之上，並含此二地層受構造作用後破碎之沈積岩塊。其產狀是剪裂非常強烈的泥岩、包夾著火成岩與沈積岩岩塊。而在此混雜無章的泥岩中，則無層面可言。少部分的石門層覆蓋在壘丁層之上，此部分之石門層的濁流岩可能是構造運動作用形成壘丁層之後，發生濁流時所形成的。壘丁層之物質來源部分是來自同一盆地之沈積物，如其中所含部分的礫岩岩塊之岩性與里龍山層，或石門層中的礫岩層之岩性極為相同；另一部分壘丁層之物質則可能來自海洋性地殼的產物，如玄武岩、玄武岩質角礫岩、枕狀玄武岩、輝綠岩與尖晶石岩。

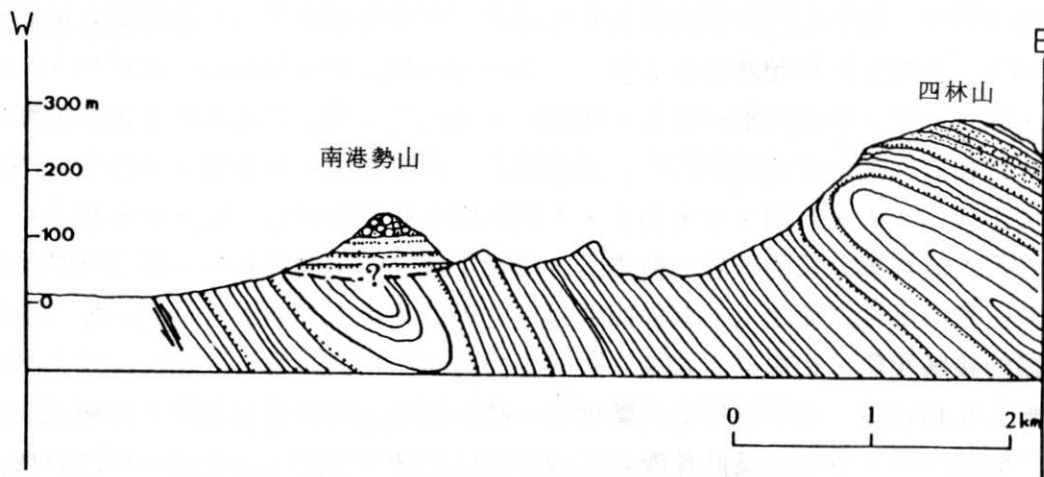
沈積岩塊除部分來自於石門層與里龍山層外，尚有部分原沈積環境可能為海底沖

積扇的沈積物，類似石門峽谷的礫岩（此後稱石門峽谷型礫岩）。此種礫岩的特徵是含有 90% 以上的基性與超基性火成岩之礫石，包括輝長岩、輝綠岩、玄武岩、角閃石片岩、綠色片岩，異剝鈣榴輝長岩、角斑岩、角閃岩、斜長花崗岩與少部分的變質砂岩。含此種岩性之礫岩見於石門山、五重溪山、南港勢山、虎頭山、三台山、門馬羅山、大山母山、大尖石山、小尖石山、大圓山與青蛙石等幾處山頭，大至數公里小至數百公尺或直徑數公尺的礫岩塊散佈於各處墾丁層之中。此種礫岩一般分佈於恒春斷層東側一帶的高地形面之上。其與四週岩層之構造關係（如圖六、七、八、九）並無整合連續的接觸現象。相鄰礫岩岩塊之間的走向與傾角相異非常大故相同岩性之礫岩岩塊亦無法互相連接。若依照構造判斷則每一礫岩岩塊之四週應畫為斷層接觸或成為一獨立之傾瀉岩塊。筆者認為此種礫岩岩塊因常見於墾丁層之中故認為一傾瀉岩塊的可能較為合理。且於恒春半島中新世之正常層序地層中亦無此種岩性之地層存在，可見此種礫岩是一外來之傾瀉岩塊。

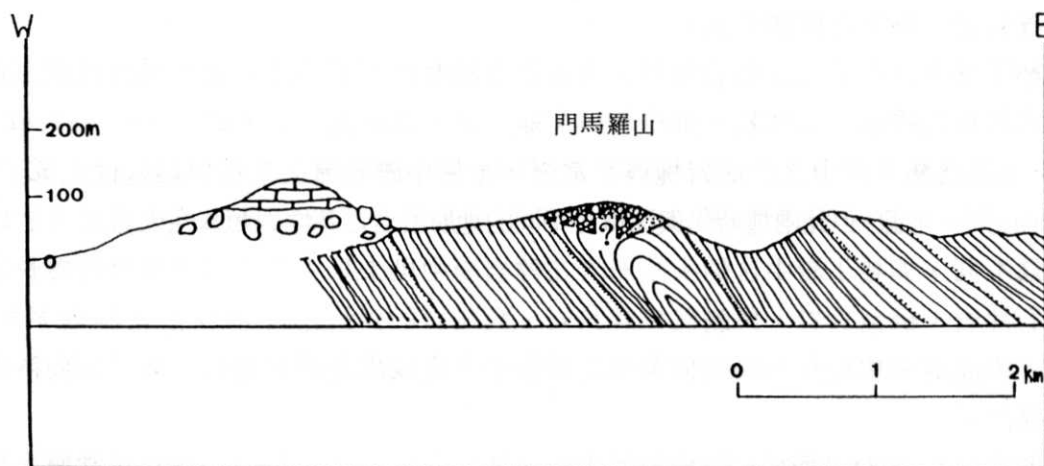
墾丁層除含部分之沈積岩塊外亦含有許多的基性與超基性火成岩塊如枕狀玄武岩、玄武岩質角礫岩、玄武岩、輝綠岩與尖晶石岩。倍提爾等（Pelliter *et al.*, 1984）認為墾丁層中之火成岩塊與正常層序地層中礫岩層之基性與超基性火成岩礫石是來自同一來源。但此兩種時代與沈積相不同的地層所含之基性與超基性火成岩之岩性種類極為不同，如墾丁層中含的尖晶石岩在礫岩層中則未見；礫岩層中所含的輝長岩、角閃石片岩、綠色片岩、異剝鈣榴輝長岩、角斑岩與斜長花崗岩亦未見存在於墾丁層中。因此這兩種存在不同沈積環境的地層中之火成岩是否來自同一來源則尚待進一步的探討。

倍提爾（1984）對於石門峽谷河床中之枕狀玄武岩的解釋是一夾於正常層序地層（石門層）中之崩移岩塊（slumping block）。但在此區域的石門層露頭並未發現枕狀玄武岩夾於正常層序地層之中而只是置於河床之上。其他地區之正常層序地層中亦從未見火成岩之崩移岩塊夾於正常層序地層之中。並且在石門峽谷之左岸，石門山北側山坡上分布著大量的巨塊火成岩（最大直徑約三公尺），但其週圍並未發現墾丁層之露頭。此種現象亦見於老佛山東麓、港口溪、保力溪與統埔一帶。原因可能是原來分布於較北側的墾丁層皆位於現今較高的地形面之上，風化侵蝕作用使得基質被侵蝕待盡只殘留較大且不易搬運的岩塊留置於山坡或附近河床之中。所以原來墾丁層的分佈範圍應涵蓋更大的區域。若以目前傾瀉層與基性、超基性火成岩塊分布範圍為墾丁層的真正範圍其應位於滿州逆掩斷層以西與恒春斷層以東的地區且位於正常層序地層（石門層，里龍山層）之上。

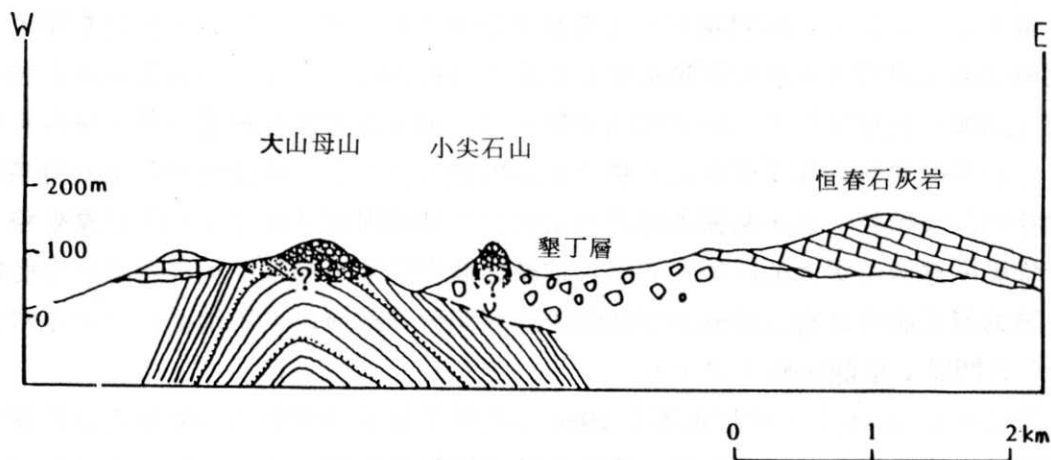
詹斯甫（1974）、倍提爾等（1984）的墾丁層東側界限為一斷層與正常層序地層相接觸。倍提爾等並認為是由一東向西的逆掩斷層作用造成正常層序地層的破碎而產生傾瀉層，傾瀉層產生之後逆掩斷層繼續向西逆衝再覆蓋於傾瀉層之上。所以其墾



圖七：南港勢山之剖面圖



圖八：門馬羅山之剖面圖



圖九：大山母山與小尖石山之剖面圖

丁層之範圍皆分佈於此斷層帶以西區域。但筆者於此區域調查發現於此斷層以東之老佛山東麓地區尚分佈有部分之墾丁層露頭與許多的基性、超基性火成岩塊。若依照其所解釋的模式，這些位於逆掩斷層以東或逆掩斷層帶之上的墾丁層則將無法解釋其成因。以目前筆者所調查墾丁層的範圍與其構造關係顯示其成因極可能與滿州逆掩斷層有密切關係。以下兩種現象可能顯示墾丁層與滿州逆掩斷層的關係及滿州逆掩斷層的存在性質（如圖一）。一滿州逆掩斷層帶上分布許多基性、超基性之火成岩塊與礫岩岩塊。且墾丁層皆分布於斷層帶以西地區。二以八瑤山爲界之四林山背斜南北兩側的背斜型態截然不同。北側爲開放式的背斜褶皺型態；南側爲掩臥式的背斜褶皺型態。南側之掩臥式背斜明顯地是受樂水層，此一岩塊向西擠壓而造成背斜軸面向東傾斜。從以上現象顯示墾丁傾瀉層受樂水層此一岩塊向西逆衝擠壓，使得以西的石門層與里龍山層產生強烈的褶皺與破碎作用。並且逆掩斷層夾帶部分的海洋性地殼岩塊向西崩移形成晚期中新世的墾丁傾瀉層。

三、生物地層與生痕化石

里龍山層

此地層的化石資料非常缺乏，只限於張麗旭（1964）、張敏（1985）的資料中幾處具有孔蟲化石。從這些極有限的有孔蟲資料中稍可了解里龍山層層位大致位於N 15帶至N 17帶，爲晚期中新世之地層。張麗旭依據底棲性有孔蟲化石認爲其族群爲溫暖帶乃至濱海棲之有孔蟲群。

生痕化石以 *Gyrochorda* ., *Thalassinoides* ., *Muensteria* . 與 *Skolithos* . (?) 爲主（如表二）。此四屬生痕化石是屬於淺海相的族群（Crimes, 1975 ; Chamberlian , 1978 ; Seilacher , 1978 ; Hantzschel , 1970 ; Hantzschel and Reineck, 1968）。此外里龍山層中夾有幾層厚度約1公尺至3公尺呈透鏡狀的牡蠣富集帶，部分牡蠣化石保存相當完整。從以上有孔蟲，生痕化石與牡蠣化石富集帶等三種不同的化石相的資料顯示里龍山層應屬於淺海相的沈積環境。

石 門 層

石門層的時代依據張麗旭（1964, 1965, 1966）、張敏（1985）的有孔蟲化石資料屬於N 14帶至N 17帶，大致時代爲中期中新世至晚期中新世。張麗旭依據底棲有孔蟲化石認爲此地層屬於深海相之沈積環境。

生痕化石共有 *Subphyllochora* ., *Paleodictyon* ., *Ramidictyon* ., *Helminthoida* ., *Lophoctenium* ., *Asteriacites* ., *Scolicia* . 與 *Chondrites* . 等12屬，是屬於半深海至深海相之族群（如表二）（Crimes, 1975, 1976 ; Cham-

表二 恒春半島之生痕化石環境帶表；上：樂水層，中：石門層，下：里龍山層

生痕化石屬 \ 環境帶	淺海帶	半深海帶	深海帶
<i>Paleodictyon</i>		-----	-----
<i>Helminthoida</i>		-----	-----
<i>Cosmorhapha</i>		-----	-----
<i>Lorenzina</i>		-----	-----
<i>Belorhapha</i>		-----	-----
<i>Spirodesoms</i>		-----	-----
<i>Chondrite</i>	-----	-----	-----
<i>Scolicia</i>	-----	-----	-----

<i>Paleodictyon</i>		-----	-----
<i>Subphyllochora</i>		-----	-----
<i>Ramidictyon</i>		-----	-----
<i>Cosmorhapha</i>		-----	-----
<i>Spirohapha</i>		-----	-----
<i>Paleomeandron</i>		-----	-----
<i>Dendrotichnium</i>		-----	-----
<i>Helminthoida</i>		-----	-----
<i>Lophoctenium</i>		-----	-----
<i>Asteriacites</i>		~~~~~	~~~~~
<i>Chondrites</i>	-----	-----	-----
<i>Scolicia</i>	-----	-----	-----

<i>Gyrochorte</i>	+++++		
<i>Thalassinoides</i>	-----		
<i>Muensteria</i>	~~~~~		

—— Seilacher(1978)

----- Crimes(1975,1976)

----- Chamberlain(1970)

~~~~~ Hantzschel(1970)

+++++ Hantzschel & Reineck(1968)

berlian, 1978 ; Seilacher, 1978 )。顯示石門層的沉積環境應屬於半深海相至深海相之環境。

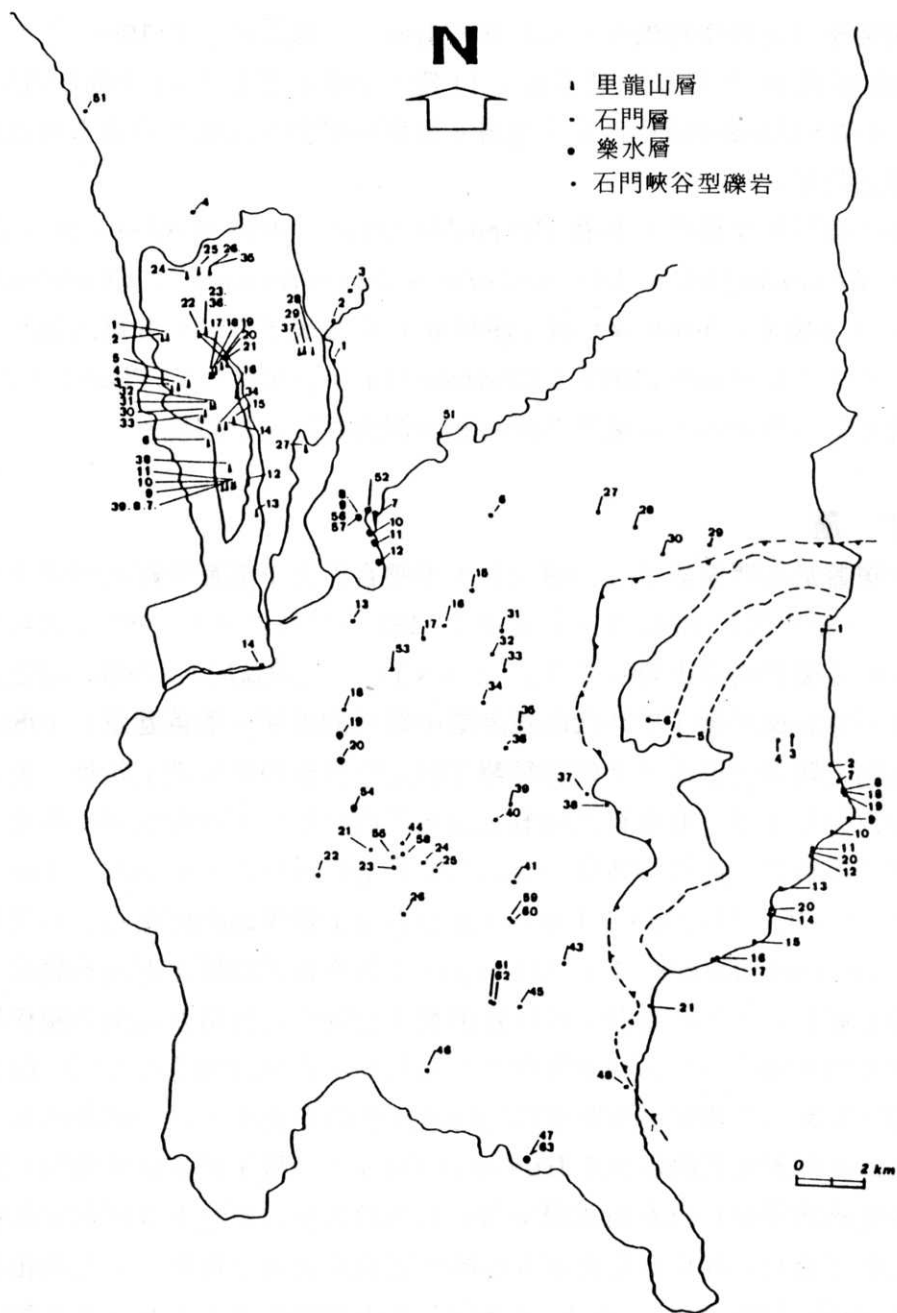
### 樂 水 層

前人研究樂水層所獲得的化石資料非常有限。依據張麗旭 ( 1966 )、張敏 ( 1985 ) 的有孔蟲化石顯示是屬於 N 14 帶。宋國城等 ( 1984 ) 的超微化石資料為 NN 9 / 8 帶，同屬於中期中新世之地層。張麗旭研究此區域之底棲有孔蟲化石亦表示為深海相之族群。

本層中所發現的生痕化石共有 *Paleodictyon*、*Helminthoida*、*Cosmophraphe*、*Belorhaphe*、*Lorenzina*、*Spirodesmos*、*Chondrites* 與 *Scolicia* 等 8 屬 ( Cheng *et al*, 1984 b ) ( 如表二 )。此 8 屬皆屬於半深海相至深海相的族群 ( Crimes, 1975 ; Chamberline, 1978 ; Seilacher, 1978 )。故從生痕化石族群特徵顯示是屬於半深海相至深海相的沈積環境。

### 墾 丁 層

不整合覆蓋於石門層與里龍山層之上，不整合面之下部最年輕地層為上部里龍山層 ( N 17 )。紀文榮 ( 1982 )、黃廷章 ( 1983 ) 與黃奇瑜 ( 1985 ) 之墾丁層中大部分化石資料是屬於晚期中新世 ( N 17 , NN 11 )。從覆蓋於上部里龍山層之上的不整合關係與化石資料顯示墾丁層時代應為晚期中新世的地層。而黃廷章 ( 1983 ) 於墾丁層中發現晚期上新世之傾瀉岩塊則認為墾丁層之時代應晚於晚期上新世。黃奇瑜 ( 1985 ) 發現部分墾丁層含有更新世的有孔蟲化石則認為墾丁層時代可從晚期中新世一直持續至早期更新世。但其中所認為 9 個可能是上新世的標本 C 142、156、158、159、361、I、B、-120M、-150M，並沒有含上新世的指標化石，只是 *Globorotalia truncatulinoides* ( d'Orbigny ) 的更新世指標化石沒有發現，所以才認為其可能是屬於上新世的地層。但以目前墾丁層的化石資料及其構造關係筆者重新認為墾丁層可能有兩次不同的沈積時代。一為晚期中新世時期 ( N 17 )。即為恒春半島中新統地層受皺褶作用與逆掩斷層作用時所產生的傾瀉層。此一時期的墾丁層有孔蟲化石沒有二次移置化石的現象 ( Huang, 1984 )。二為早期更新世時期。即馬鞍山層沈積之後受構造運動 ( 恒春石灰岩交角不整合於馬鞍山層之上 ) 所形成的傾瀉層。此一時期之墾丁層有孔蟲化石除含有 5 % 的早期更新世與上新世之有孔蟲化石外則其餘 95 % 的化石為早期中新世 ( N 4 — N 5 帶 )，中期中新世 ( N 8 — N 9 帶 ) 及晚期中新世 ( N 14 — N 17 帶 ) 之二次移置化石 ( 黃奇瑜等, 1985 )。此外亦有馬鞍山層之岩塊 ( 黃廷章發現的晚期上新世岩塊中所含有孔蟲化石族群與晚期上新世馬鞍山層之有孔蟲化石族群極為相似 )。從此兩個時代之墾丁層的不同有孔蟲化石組成顯示墾丁層



圖十：岩石標本採樣點圖

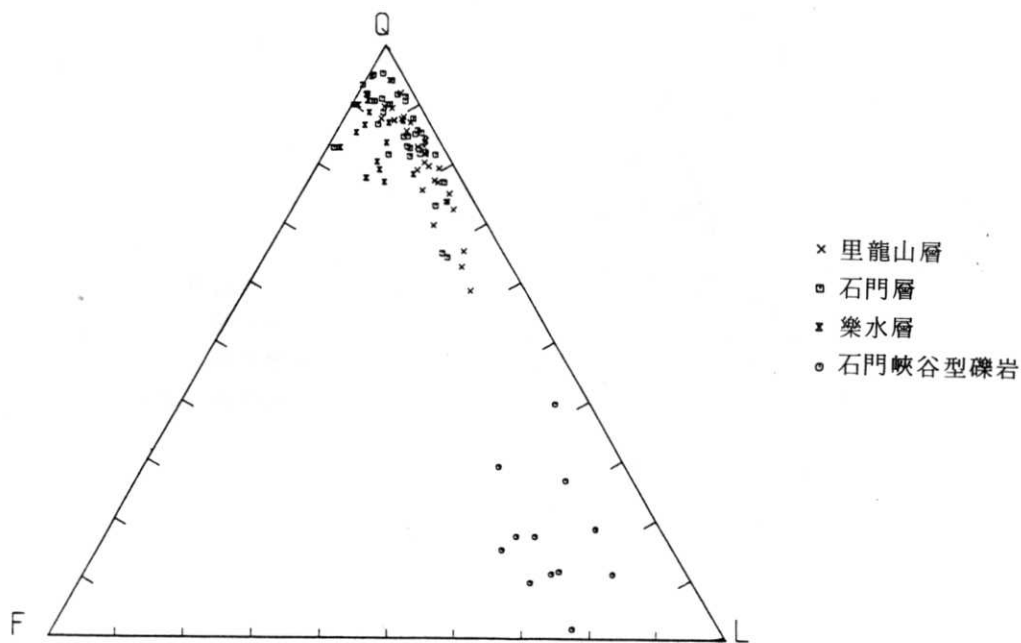
可能有兩段的沈積階段，可能是受到兩次構造運動所造成，而此兩次運動與馬尼拉海溝的演化歷史有著密切的關係，此關係將於討論一章中詳細地檢討。

#### 四、岩 象 學

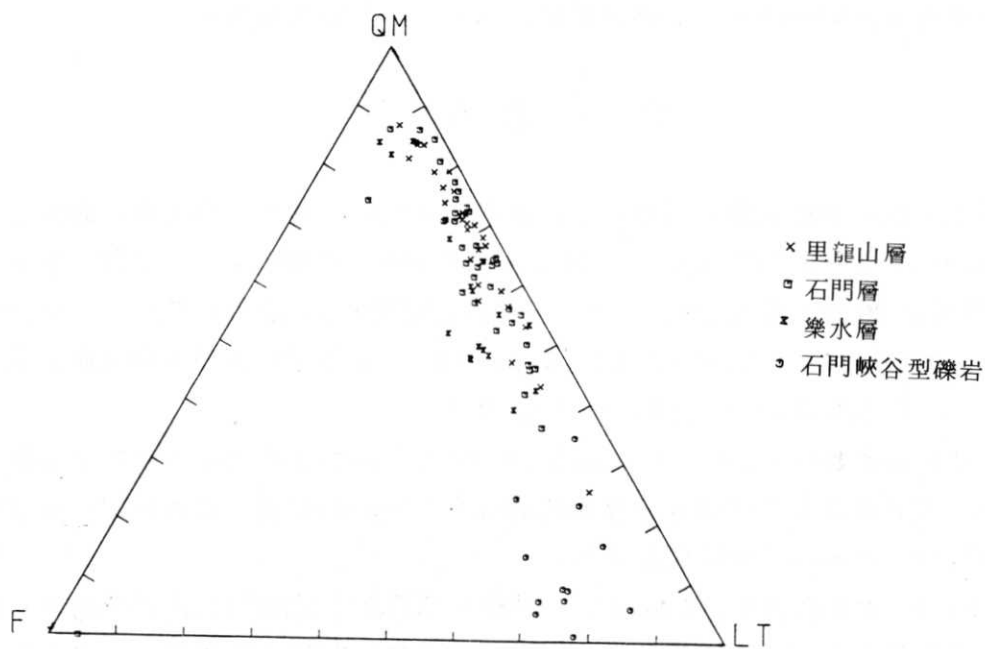
此區域中共採集 200 餘個岩石標本包括礫岩、砂岩與粉砂岩。利用點計數器 (point counter) 統計的岩石薄片有 97 片；砂岩粒度從細粒至中粒。里龍山層共計 29 片、石門層計 39 片，樂水層計 17 片，石門峽谷型礫岩計 12 片 (圖十)。並將此四種不同地層的砂岩以 QFL, QmFLt, QpLvmsm 等三種三角成分圖顯示其成分的異同性。採樣地點如圖十，統計之成分如表三。

從 QFL 三種參數比率 (如圖十一) 顯示石門峽谷型礫岩之砂岩中所含的微晶質之岩石碎片 (L) 比率非常高與其他三種砂岩的成分有明顯的區別。樂水層的長石含量較里龍山層為高，其餘則沒有明顯地差異。

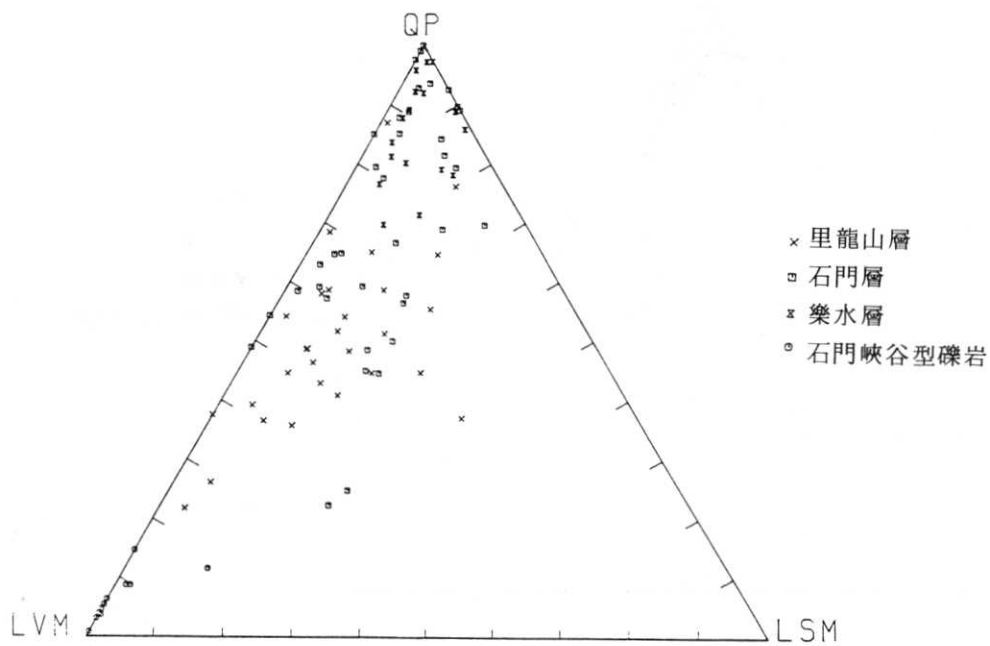
以 QmFLt 三種參數比率 (如圖十二) 亦顯示石門峽谷型礫岩之砂岩中的岩石碎屑物 (Lt) 含量非常高。樂水層的長石含量亦較里龍山層與石門層為高，其餘亦沒有明顯的差異。



圖十一：QFL三角成分圖



圖十二：QmFLI 三角成分圖



圖十三：QpLvmLsm三角成分圖

表三：樂水層石門層與里龍山層之砂岩成分統計圖

A) TYPE B: HENGCHUN.CCC

The composition of s.s. in the Hengchun Peninsula.

| Samp. n/ | Qm | Qt   | Qf   | F   | Fv   | Fs   | Fm  | Lv   | Ls   | Chert | Qzite | Lm   | Shale | I  | M   | Size | Fac. |
|----------|----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-------|-------|------|-------|----|-----|------|------|
| LL-1     | 7  | 70.3 | 18.3 | 0.7 | 3.3  |      |     | 9.0  | 2.3  | 2.3   | 9.0   | 1.0  | 2.7   | 1  | 88  | f    | B    |
| LL-2     | 7  | 73.7 | 15.7 |     | 5.0  |      |     | 5.3  |      | 2.3   | 11.3  | 0.3  | 2.0   | 4  | 144 | f    | D    |
| LL-3     | 7  | 86.7 | 15.3 |     | 5.3  |      |     | 5.0  |      | 2.0   | 1.0   |      |       | 6  | 120 | vf   | B    |
| LL-4     | 7  | 68.0 | 9.0  |     | 2.0  |      |     | 7.3  |      | 0.3   | 15.7  | 2.7  | 4.0   | 6  | 264 | f    | A    |
| LL-5     | 7  | 59.0 | 9.0  |     | 3.7  |      | 0.3 | 13.0 |      | 2.0   | 18.7  | 1.7  | 2.0   | 5  | 133 | f    | B    |
| LL-6     | 7  | 66.7 | 9.7  |     | 2.3  | 0.3  |     | 8.0  |      | 0.7   | 12.0  | 2.7  | 7.7   | 4  | 164 | f    | B    |
| LL-7     | 7  | 76.3 | 10.0 |     | 4.0  | 0.3  |     | 13.7 |      | 1.3   | 2.7   | 1.3  | 0.7   | 2  | 123 | vf   | B    |
| LL-8     | 7  | 60.0 | 2.0  |     | 6.7  | 1.3  |     | 12.0 |      | 1.3   | 14.3  | 1.0  | 4.7   | 3  | 126 | f    | B    |
| LL-9     | 7  | 56.3 | 7.7  |     | 4.0  |      |     | 6.7  |      | 2.7   | 14.7  | 8.3  | 7.3   | 5  | 250 | f    | B    |
| LL-10    | 7  | 69.7 | 12.7 |     | 3.0  |      |     | 6.7  |      | 2.0   | 7.3   | 6.0  | 2.0   | 2  | 220 | f    | B    |
| LL-11    | 7  | 43.0 | 1.3  |     | 5.7  | 2.3  |     | 24.0 |      |       | 22.3  | 1.3  | 3.7   | 9  | 132 | f    | B    |
| LL-12    | 7  | 83.3 | 6.0  |     | 3.3  |      |     | 7.0  |      | 2.3   | 2.3   | 0.7  | 1.0   | 5  | 130 | vf   | B    |
| LL-13    | 7  | 70.0 | 6.0  |     | 2.3  |      | 0.3 | 3.3  |      | 0.3   | 23.7  |      | 0.3   | 11 | 238 | vf   | B    |
| LL-14    | 7  | 72.0 | 15.0 |     | 2.7  |      |     | 10.3 | 0.7  | 1.0   | 10.0  | 1.7  | 1.7   | 8  | 158 | f    | B    |
| LL-15    | 7  | 75.7 | 12.0 |     | 2.7  |      |     | 7.3  |      | 0.3   | 11.0  | 0.7  | 2.3   | 6  | 131 | vf   | A    |
| LL-16    | 7  | 79.0 | 10.3 |     | 1.7  |      |     | 5.7  |      | 0.3   | 12.7  | 0.3  | 0.3   | 8  | 179 | vf   | B    |
| LL-17    | 7  | 64.3 | 10.7 |     | 5.7  |      | 0.3 | 8.7  |      | 1.0   | 13.7  | 1.3  | 5.3   | 7  | 157 | f    | D    |
| LL-18    | 7  | 81.0 | 14.3 |     | 6.7  | 1.0  |     | 5.3  |      | 1.3   | 5.3   |      | 0.3   | 4  | 149 | f    | D    |
| LL-19    | 7  | 59.0 | 15.0 |     | 3.7  | 1.0  |     | 9.3  |      | 1.0   | 12.3  | 1.3  | 13.3  | 1  | 84  | f    | D    |
| LL-20    | 7  | 25.3 | 1.3  |     | 7.3  | 4.0  | 0.3 | 22.3 |      |       | 37.3  | 3.7  | 4.0   | 1  | 84  | f    | D    |
| LL-21    | 7  | 66.0 | 9.3  |     | 3.7  | 0.3  |     | 15.7 | 0.7  | 3.0   | 8.0   | 2.3  | 0.7   | 2  | 179 | f    | B    |
| LL-22    | 7  | 57.3 | 11.0 |     | 8.0  | 2.7  |     | 18.0 |      | 0.7   | 11.7  |      | 4.3   | 5  | 110 | f    | B    |
| LL-23    | 7  | 47.0 | 10.0 | 0.7 | 8.0  |      |     | 30.7 | 1.7  | 1.7   | 10.0  | 0.3  | 0.7   | 6  | 145 | f    | B    |
| LL-24    | 7  | 64.0 | 5.0  |     | 4.0  | 0.3  |     | 13.7 |      | 1.3   | 12.0  | 1.0  | 4.0   | 11 | 203 | f    | B    |
| LL-25    | 7  | 53.0 | 12.3 | 1.3 | 3.0  |      | 0.3 | 5.3  | 6.7  | 2.0   | 20.0  | 10.0 |       | 3  | 200 | f    | B    |
| LL-26    | 7  | 50.3 | 1.7  |     | 5.7  | 0.7  | 0.3 | 22.3 | 2.3  | 1.3   | 15.0  | 0.3  | 2.7   | 2  | 39  | m    | B    |
| LL-27    | 7  | 79.0 | 12.7 |     | 4.0  |      |     | 7.0  |      | 2.0   | 4.7   | 0.7  | 2.7   | 12 | 163 | vf   | D    |
| LL-28    | 7  | 71.0 | 6.3  |     | 3.7  |      |     | 10.7 |      | 2.7   | 9.3   | 0.7  | 2.0   | 4  | 136 | vf   | B    |
| LL-29    | 7  | 83.3 | 14.0 |     | 4.3  |      |     | 5.3  |      | 1.3   | 4.7   |      | 1.0   | 5  | 116 | vf   | B    |
| LL-30    | 2  | 33.0 | 5.7  | 0.7 | 10.0 | 6.7  |     | 28.0 | 6.3  | 1.3   | 13.7  |      | 7.7   | 2  | 61  | m    | B    |
| LL-31    | 2  | 24.0 | 3.3  |     | 8.0  | 4.0  | 0.3 | 33.3 |      |       | 30.3  | 2.0  | 2.3   | 12 | 77  | c    | B    |
| LL-32    | 2  | 17.0 | 2.3  |     | 14.0 | 8.3  | 0.7 | 26.7 |      | 0.3   | 37.0  | 0.7  | 4.3   | 4  | 42  | m    | B    |
| LL-33    | 2  | 13.7 | 1.3  | 1.7 | 20.0 | 13.0 |     | 43.0 | 2.3  | 0.3   | 16.3  |      | 4.3   | 2  | 38  | c    | A    |
| LL-34    | 2  | 11.7 | 0.3  |     | 16.0 | 14.7 |     | 52.3 |      |       | 16.3  | 1.0  | 2.7   | 2  | 0   | c    | A    |
| LL-35    | 2  | 49.0 | 0.7  |     | 4.7  | 0.7  |     | 23.3 | 2.7  | 2.0   | 11.7  | 1.0  | 5.7   | 2  | 70  | m    | D    |
| LL-36    | 2  | 27.7 | 1.3  |     | 11.3 | 4.3  | 0.7 | 26.7 |      | 2.3   | 26.7  |      | 5.3   | 6  | 60  | c    | B    |
| LL-37    | 2  | 25.7 | 9.0  |     | 8.7  | 1.3  | 0.3 | 15.7 | 2.7  | 1.0   | 40.0  | 1.0  | 5.3   | 2  | 65  | m    | B    |
| LL-38    | 2  | 7.0  | 0.3  |     | 12.3 | 7.7  | 3.3 | 64.3 |      |       | 16.0  | 0.3  |       | 0  | 4   | c    | B    |
| LL-39    | 2  | 35.3 |      |     | 5.0  | 1.3  | 0.3 | 9.3  | 10.0 | 0.7   | 20.3  | 3.3  | 16.0  | 1  | 97  | m    | B    |
| SM-1     | 3  | 84.3 | 7.7  |     | 1.3  |      |     | 7.3  |      | 0.3   | 6.7   |      |       | 14 | 173 | vf   | D    |
| SM-2     | 3  | 80.7 | 15.3 |     | 2.3  |      |     | 5.3  |      | 2.0   | 9.0   |      | 0.7   | 6  | 118 | f    | D    |
| SM-3     | 3  | 40.0 | 17.3 | 6.7 | 8.3  | 1.7  | 0.3 | 15.3 | 4.7  | 2.0   | 19.7  | 3.0  | 3.0   | 0  | 62  | f    | D    |
| SM-4     | 3  | 64.7 | 30.7 |     | 1.7  |      |     | 5.7  |      | 1.0   | 25.0  | 1.0  | 1.0   | 3  | 76  | vf   | D    |
| SM-5     | 3  | 66.7 | 29.3 |     | 3.7  |      | 0.3 | 8.0  |      | 1.0   | 15.0  | 2.7  | 3.0   | 11 | 39  | f    | D    |
| SM-6     | 3  | 75.7 | 19.3 |     | 2.0  |      |     | 7.0  | 0.3  | 1.0   | 7.7   | 3.0  | 3.3   | 10 | 180 | vf   | E    |
| SM-7     | 6  | 8.7  | 3.7  |     | 18.7 | 7.7  |     | 69.7 |      |       | 2.7   |      | 0.3   | 1  | 308 | f    | B    |
| SM-8     | 6  | 14.3 | 11.0 |     | 22.0 | 9.0  |     | 60.7 |      |       | 3.0   |      |       | 2  | 0   | f    | B    |
| SM-9     | 6  | 16.3 | 8.7  |     | 9.7  | 4.0  | 0.7 | 71.3 |      |       | 2.3   | 0.3  |       | 3  | 0   | f    | B    |
| SM-10    | 6  | 4.7  | 1.0  |     | 25.3 | 11.3 | 1.7 | 59.7 |      |       | 10.3  |      |       | 0  | 41  | f    | E    |
| SM-11    | 6  | 6.7  | 3.3  |     | 23.7 | 17.0 | 0.3 | 66.0 |      |       | 2.7   |      |       | 5  | 0   | f    | E    |
| SM-12    | 6  | 5.7  | 4.7  |     | 11.0 | 6.0  |     | 78.0 |      |       | 5.3   |      |       | 0  | 33  | f    | E    |
| SM-13    | 6  | 7.0  | 5.0  |     | 20.0 | 14.3 |     | 69.0 |      |       | 4.0   |      |       | 0  | 22  | f    | D    |
| SM-14    | 3  | 72.0 | 20.3 |     | 4.3  | 1.7  |     | 7.7  |      | 2.3   | 10.3  | 2.3  | 1.0   | 4  | 145 | f    | E    |
| SM-15    | 3  | 72.3 | 32.7 |     | 2.0  |      |     | 8.3  |      |       | 15.3  | 1.3  | 0.7   | 4  | 81  | vf   | D    |
| SM-16    | 3  | 64.0 | 16.3 |     | 4.0  | 0.3  |     | 12.0 | 0.3  | 0.7   | 17.0  | 1.7  | 0.3   | 3  | 80  | f    | D    |
| SM-17    | 3  | 50.0 | 19.3 |     | 4.3  |      | 2.0 |      |      |       | 45.0  | 0.7  |       | 5  | 55  | vf   | E    |
| SM-18    | 3  | 74.0 | 31.3 |     | 16.3 |      |     |      |      |       | 8.7   | 0.3  | 0.7   | 10 | 110 | f    | D    |
| SM-19    | 6  | 34.3 | 14.0 |     | 5.0  | 1.7  |     | 54.3 |      |       | 5.3   |      | 1.0   | 3  | 5   | f    | E    |
| SM-20    | 6  | 24.0 | 5.7  |     | 18.7 | 9.7  |     | 50.7 |      | 1.0   | 4.0   | 0.3  | 1.3   | 0  | 17  | f    | E    |
| SM-21    | 6  | 23.0 | 7.3  |     | 10.0 | 5.0  |     | 63.3 |      |       | 3.7   |      |       | 0  | 0   | F    | E    |
| SM-22    | 3  | 46.7 | 16.3 |     | 5.7  | 0.3  | 0.3 | 7.7  |      | 3.0   | 31.7  | 3.0  | 2.3   | 8  | 64  | f    | D    |
| SM-23    | 3  | 73.0 | 30.0 |     | 2.0  |      |     | 1.3  | 1.3  | 1.0   | 20.0  |      | 1.3   | 7  | 17  | f    | E    |
| SM-24    | 3  | 55.0 | 26.3 | 2.0 | 2.7  |      |     | 9.7  | 2.0  | 2.0   | 20.0  | 3.3  | 5.3   | 4  | 136 | f    | E    |
| SM-25    | 3  | 63.0 | 16.7 |     | 5.3  |      |     | 3.7  |      | 2.0   | 18.0  | 2.7  | 5.3   | 6  | 154 | f    | E    |
| SM-26    | 3  | 45.7 | 29.3 |     | 6.0  |      | 1.3 | 2.0  |      |       | 43.0  | 2.0  | 1.3   | 2  | 32  | f    | B    |

|       |   |      |      |  |     |  |  |  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |    |
|-------|---|------|------|--|-----|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|
| SM-27 | 3 | 59.0 | 19.3 |  | 2.7 |  |  |  | 0.3 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | </ |
|-------|---|------|------|--|-----|--|--|--|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----|

LL：里龍山層

SM：石門層

LS：樂水層

Samp n/：標本編號

Q<sub>m</sub>：單結晶的石英顆粒

Q<sub>i</sub>：具有波狀消光之單結晶的石英

Q<sub>r</sub>：受壓破裂之單結晶的石英

F：長石

F<sub>v</sub>：火成岩碎片中之長石

F<sub>s</sub>：沈積岩碎片中之長石

F<sub>m</sub>：變質岩碎片中之長石

L<sub>v</sub>：微晶質之火成岩碎片

L<sub>s</sub>：微晶質之沈積岩碎片

L<sub>m</sub>：微晶質之變質岩碎片

Chert：燧石

Qzite：多結晶質之石英顆粒

Shale：頁岩碎片

以上資料數字為百分比（總共之統計點數為 300 點）

X：未知之礦物

M：基質

以上資料數字為統計點數（不包括於 300 點之中）

Size：粒度

Fac.：砂岩標本之原來的沈積岩相

e：粗粒砂（0.5mm—1mm）

m：中粒砂（0.25mm—0.5mm）

f：細粒砂（0.1mm—0.25mm）

vf：較細粒砂（0.03mm—0.1mm）

QpLvmsm之三種參數比率（如圖十三）顯示石門峽谷型礫岩中所含之火成岩量非常高，由此更顯示石門峽谷型礫岩的岩性是不同於其他正常層序地層之岩性。樂水層與里龍山層中所含的多結晶質石英與火成岩量有明顯不同。樂水層砂岩的多結晶質石英含量在70%以上，而里龍山層之含量在70%以下。樂水層所含的火成岩碎屑比率在30%以下，而里龍山層之含量在30%以上。石門層與里龍山層的砂岩岩性則沒有明顯差異。

從以上三種三角成分圖所示，石門峽谷型礫岩之岩性截然不同於其他地層砂岩之岩性。樂水層與里龍山層的多結晶質石英與火成岩的含量有明顯差異。且長石含量亦較石門層與里龍山層為高。顯示樂水層的岩性是不同於石門層與里龍山層之岩性。

## 五、討 論

恒春半島地質雖經許多地質學者多方面的研究討論。但關於全面性或區域性的地質問題尚有多處置疑而未解或資料收集未完整故本節之中提出五點以供研究者參考。

一恒春半島中期中新世至晚期中新世（N14—N17）地層中含大量來自中央山脈的變質砂岩之碎屑物且部分碎屑物為未變質的黃色砂岩、紅色頁岩與石灰岩之碎屑物。但台灣中北部地區之中期中新世地層中的碎屑物絕大部分是來自西側大陸地區的花崗岩，至晚期中新世時期才有來自中央山脈的物質。由此顯然中央山脈南端早於中期中新世即已受構造作用上升而接受侵蝕。此亦表示當時的恒春半島沈積盆地的物質來源自成一個系統。

二里龍山層之礫岩中含有許多基性與超基性火成岩之礫石。以沈積構造、沈積相變化與其他礫石岩性顯示是來自於中央山脈。但目前恒春半島北部的地層中並未發現含基性與超基性火成岩。故里龍山層中的基性與超基性之火成岩礫石的來源是否為倍提爾等（1984）所示是來自於中期中新世時期菲律賓海板塊逆衝至歐亞大陸邊緣時所帶來之物質呢？若依倍提爾等所言台灣南端中期中新世地層則應受此一逆衝作用影響而遺留下地層的記錄。

三石門峽谷型礫岩的礫石含90%以上的基性與超基性火成岩，火成岩是來自海洋性地殼之岩石。此種礫岩是墾丁層中之一傾瀉岩塊，而礫岩原來沈積的時代為中期中新世（N14）。但恒春半島的正常層序地層中並未發現此種岩性之地層。所以石門峽谷型礫岩的原來地層產地是值得再探討。

四樂水層從沈積相，岩性與構造來看，嚴然為一獨立系統之岩塊。其以滿州逆掩斷層與石門層相接觸，亦可能是產生墾丁傾瀉層的逆衝斷層。若為一外來岩塊則其真正之來源為何。是否如倍提爾等（個人討論，1984）所言，其與恒春半島的中新世正常層序

地層（里龍山層）是同一環境下的產物，只是海底底流才造成其與里龍山層截然不同的水的水流方向。但是樂水層與里龍山層的時代不同絕不能以此混為一談。故樂水層此一1,500公尺厚之岩塊之真正來源則尚待更進一步的研究。

五恒春半島唯一上新世地層為馬鞍山層。時代為早期上新世至早期更新世；早期上新世地層為較深海相環境至早期更新世則逐漸變為淺海相之環境，總厚度超過1400公尺（鄭穎敏等，1975）。而馬鞍山層在厚1,400公尺的沈積物中不含二次移置化石。但目前馬鞍山層的出露位置則與墾丁層緊鄰相接。黃奇瑜（1985）認為可能為犬牙交錯或斷層之接觸關係。而跳石地區出露的馬鞍山層則是以斷層與墾丁層相接觸。其次若是犬牙交錯之接觸關係則馬鞍山層為何無晚期中新世的墾丁層二次移置化石。所以筆者重新認為其間關係為一斷層接觸。而且馬鞍山層的沈積盆地與墾丁層及中新世之正常層序地層（已經受褶皺）的位置是位於兩相距不同的地點，至早期更新世時受再次由東向西的構造作用而以斷層相接觸。若馬鞍山層沈積於墾丁層或已褶皺的正常層序地層之鄰近盆地；而以墾丁層如此容易受侵蝕的泥岩地層而言，馬鞍山層絕不可能不含晚期中新世的二次移置化石。假如墾丁層與正常層序地層於上新世時是處於只接受沈積作用而不受侵蝕作用的沈積環境為何其上部絲毫未覆蓋有上新世的馬鞍山層。所以馬鞍山層與墾丁層之間的關係是值得重新詳細地檢討。筆者在此提出個人的看法，認為其可能與馬尼拉海溝的發展史有密切關係，可能是位於早期馬尼拉海溝的北端於更新世時期受擠壓封閉後，海溝再移至今之位置。

## 六、結 論

恒春半島中期至晚期中新世沈積盆地可能位於歐亞大陸邊緣的增積岩體之上（accretionary prism）。此一時期的沈積盆地是處於深海之環境。中期中新世（N14）時北方的中央山脈即有大量碎屑物充填至沈積盆地而至晚期中新世（N15-N17）時期北方來源的碎屑物更是有大量沈積物充填使得盆地轉變為淺海相之沈積環境。里龍山層沈積之後沈積盆地受菲律賓海板塊的擠壓產生一由東向西的構造運動（詹新甫，1974；Page and Lan, 1983；Pellitier *et al*, 1984；鄭穎敏等 1984）使得盆地發生褶皺作用與逆掩斷層作用，同時逆掩斷層夾帶部分海洋性地殼與部分盆地的沈積岩塊向西崩移形成墾丁層。晚期中新世的構造運動後，恒春半島則趨於穩定，開始沈積厚度1,400公尺以上的馬鞍山層。上新世至早期更新世之馬鞍山層中不含二次有孔蟲移置化石，表示馬鞍山層的沈積盆地與當時已褶皺形成的中新統岩層相距在不同的地區。當馬鞍山層沈積至早期更新世（N22）後盆地再次發生由東向西的擠壓構造作用，使得兩地層以斷層型態接觸（恒春斷層）。此時部分馬鞍山層碎屑物與其他早期至晚期中新世之物質發生崩移形成早期更新世的墾丁層。故早期更新世與晚期中新世的墾丁層的接觸

呈一交角不整合關係。此時恒春半島大致才真正形成目前之地形。第二次構造運動之後恒春石灰岩覆蓋於馬鞍山層，墾丁層與石門層之上；繼之濱海相的恒春石灰岩因陸殼上升而逐漸轉變為陸相沈積的大平層。大平層沈積後恒春半島再次受到輕微的構造運動，使得恒春西台地上之石灰岩與大平層受到輕微的傾動與斷層作用。恒春半島從晚中新世至更新世共發生三次不同時期的構造運動，此三期運動只是蓬萊運動之中前後不同時期的活動。而恒春半島的構造運動極可能與菲律賓海板塊向西運動擠壓歐亞大陸邊緣與馬尼拉海溝的演化歷史有極密切的關係。

## 七、誌 謝

此地區研究工作期間承蒙黃敦友先生，王源先生與羅煥記先生的協助，並提供諸多寶貴的意見，謹此特申謝忱。

## 引用文獻

- 六角兵吉、牧山鶴彥 (1934) 高雄州恒春油田調查報告。殖產局出版第 660 號，台灣總督府殖產局。
- 詹新甫 (1974) 恒春半島之地層與構造並申論中新世傾瀉層。台灣省地質調查所彙刊，第二十四號，第 99-109 頁。
- 紀文榮 (1982) 台灣利吉層與墾丁層內之超微化石及其在地質構造上之意義。地質，第四卷，第 1 期，第 99-114 頁。
- 黃奇瑜、鄭穎敏、葉家正 (1985) 論恒春半島上墾丁層之成因。地質，第六卷，第 1 期，第 21-39 頁。
- Biq, C.C. (1977) The Kenting Mélange and the Manila Trench: Proc. Geol. Soc. China, no. 20, p.119-122.
- Bouma, A.H. (1962) Sedimentology of Some Flysch Deposits: Elsevier, Amsterdam, 168 P.
- Chang, Li-Sho (1964) A biostratigraphic study of the Tertiary in the Hengchun Peninsula, Taiwan, based on smaller Foraminifera (I. Northern part): Proc. Geol. Soc. China, no. 7, p.48-62.
- Chang, Li-Sho (1965) A biostratigraphic study of the Tertiary in the Hengchun Peninsula, Taiwan, based on smaller Foraminifera (II. Middle part): Proc. Geol. Soc. China, no. 8, p.9-18.
- Chang, Li-Sho (1966) A biostratigraphic study of the Tertiary in the Hengchun Peninsula, Taiwan, based on smaller Foraminifera (III. Southern part): Proc. Geol. Soc. China, no. 9, p.55-63.
- Cheng, Y.M., and Huang, C.Y. (1975) Biostratigraphic study in the west Hengchun Hill: Acta Geologica Taiwanica, no. 18, p.48-59.

- Cheng, Y.M., Huang, C.Y., Yeh, J.J. and Chen, W.S. (1984) Preliminary report of sedimentologic and paleontologic studies in the Hengchun Peninsula, Southern Taiwan (Abs.): Seminar Geodynamics of the Eurasian-Philippine Sea Plate Boundary, Taipei, April, p.32-33.
- 
- (1984). The Loshui Formation: Deeper water sandstones on the Hengchun Peninsula, Southern Taiwan: *Acta Geol. Taiwanica*, no.22, p.100-117.
- Chamberlain, C.K., (1978) Recognition of trace fossils in cores: *In* Basan P.B. (ed.): *Trace Fossils Concepts. Soc. Econ. Paleont. Mineral. Short Course Notes*, vol.5, p.133-183.
- Crimes, T.P. (1975). The stratigraphical significance of trace fossils: *In* Frey, R.W. (ed.): *The Study of Trace Fossils* p.109-130.
- Crimes, T.P. (1977). Trace fossils of an Eocene deep-sea fan, Northern Spain: *In* Crimes, T.P. and Harper, J.C.(eds.): *Trace Fossils, Geol. J. (Liverpool)*, Spec. Issue 9, p.71-90.
- Huang, C.Y. (1984). Some Pleistocene foraminifera from the olistostromes of the Kenting Formation, Southern Hengchun Peninsula: *Acta Geol. Taiwanica*, no. 22. p.22-34.
- Huang, T.C., Ting, J.S., and Muller C. (1983). A note on Pliocene microfossils from the Kenting Melange. *Proc. Geol. Soc. China*, no. 26, p.57-66.
- Hantzschel, W. (1970). Star-like trace fossils, *In* Crimes T.P. and Harper J.C. (eds.): *Trace fossils, Geol. Jour. Spec. Issue*, no.3, p.201-214.
- Hantzschel, W. and Reineck, H.E. (1968) *Fazies-Untersuchungen in Hettangium Von Helmstedt: Geol. Staatsinst. Hambwrh. Mittel*, vol.37, p.5-39.  
text-fig 1-3.
- Ingersoll, R.V. (1978) Submarine fan facies of the Upper Cretaceous Great Valley Sequence, northern and central California: *Sediment. Geol.*, vol.21. p.205-230.
- Mutti, E. (1974). Examples of ancient deep-sea fan deposits from Circum-Mediterranean geosynclines, *In* modern and ancient geosynclinal sedimentation: *SEPM Spec. Pub.* 19. p.92-105.
- Mutti, E. and Lucchi R., F.(1975). Turbidite facies and associations, *In* Examples of Turbidite Facies and Facies Associations from Selected Formations of the Northern Apennines. p.21-36. *IX. Int. Sedim. Nice-75 Field, Trip. A II*
- Mutti, E. and Lucchi R., F.(1978). Turbidites of the Northern Apennines, introduction to facies analysis, *Int. Geol. Rev.*, 20, p.125-166 (trans. by Tor. H. Nilsen) U.S.G.S.
- Page, B.M. and Lan, C.Y.(1983). The Kenting mélangé and its record of tectonic events, *Mem. Geol. Soc. China* no. 5, p.227-248.
- Pelletier, B., Stephan, J.F., Blanchet, R., Miller, C., and Hu, H.N.(1984). Geology of

- the Hengchun Peninsula Southern Taiwan: arguments for a middle obduction and for an arc-continental collision since Upper Miocene (Abs): Sino-French Seminar on Geodynamics of the Eurasian-Philippine Sea Plate Boundary, Taipei, April 20-30, p.64-65.
- Pickering, K.T. (1983). Transitional submarine fan deposits from the late Precambrian Kongsfjord Formation submarine fan, NE Finnmark, N, Norway, *Sedimentology*, vol. 30, p.181-199.
- Sung, Q.C., Yen, T.P., and Wang, Y.(1984). Lithofacies of late Miocene sediments in the Hengchun Peninsula and its tectonic implications, (Abs): Sino-French Seminar on Geodynamics of the Eurasian-Philippine Sea Plate Boundary, Taipei, April, p.71-73.
- Sung, Q.C., and Wang, Y.(1984). Petrofacies of Miocene sediments in the Hengchun Peninsula and its tectonic implication. *Proc. Geol. Soc.* p. 322-325.
- Seilacher, A.(1978). Use of trace fossils assemblages, in recognizing depositional environments, *In* Basam P.B. (ed.) *Trace Fossils Concepts*, Soc. Econ. Paleont. Mineral. Short Course, vol. 5. p. 185-201.
- Walker, R.G., and Mutti, E.(1973). Turbidite facies and facies association: Turbidites and deep water sedimentation: Soc. Econ. Paleont. Mimer. Short Course, p. 119-158.
- Yen, T.P. (1984). Lithostratigraphy and geologic structure of the Hengchun Peninsula, southern Taiwan (Abs.): Sino-French Seminar on Geodynamics of the Eurasian Philippine Sea Plate Boundary, Taipei, April, p.78.

## GEOLOGY OF THE HENGCHUN PENINSULA, SOUTHERN TAIWAN

Wen-Shan Chen, Ying-Min Cheng and Chi-Yue Huang

**Abstract.** The Hengchun Peninsula is located at the junction between the Asian plate and the Philippine Sea plate which overrides the South China Sea oceanic crust. Since the late Miocene, collision between the Asian plate and the Philippine Sea plate has resulted in the intensive folding and faulting in the Hengchun Basin.

Lithologically, the Miocene sediments of the Hengchun Peninsula can be divided into the Kenting Formation, Lilungshan Formation, Shihmen Formation and Loshui Formation. The Kenting Formation, an olistostrome in origin, unconformably overlies the Lilungshan and Shihmen Formations. The olistoliths include ophiolitic rocks and turbiditic sedimentary rocks. The Kenting Formation is dated as late Miocene and early Pleistocene in age. The Lilungshan Formation is composed of thick sandstones and conglomerates for more than two thousand meters in thickness. This Formation is interfingered with the Shihmen Formation. A coarsening and thickening upward sequence in the Lilungshan Formation suggests that the deposition of this Formation represents a succession of a deltaic progradation. The occurrence of ichnofossils of *Gyrochorda*, *Muensteia*, *Thalassinoides* and *Skolithos* (?) might indicate that the Lilungshan Formation was deposited in a high-energy regime, possibly of a continental shelf setting. The azimuthal vector of flute casts and the pattern of grain size distribution of the Lilungshan Formation show that the paleocurrent was from north to south.

The Shihmen Formation is mainly of a lower fan deposition and composed of sandy and muddy turbidites in association with several lenses of distributary sandstones and conglomerates. The vectors of the paleocurrents are variable. Ichnofossils of *Scolicia*, *Subphyllochora*, *Paleodictyon*, *Ramidictyon*, *Cosmophaphe*, *Chondrites*, *Spirohaphe*, *Asteriacites* are found in the Shihmen Formation. These trace fossils belong to the *Nereites* ichnofacies.

The Loshui Formation is a middle-fan or suprafan deposits of sandy turbidites with the *Nereites* ichnofacies. Flute casts in this Formation suggest a south to north direction of paleocurrent. The Loshui Formation might have been in contact with the Shihmen Formation along the Manchou fault.

In the Miocene time, the Hengchun Basin was situated in the Asian continental margin. Huge terrigenous clasts derived from the Central Range were deposited in this Basin. During the late Miocene (Zone N17), the Hengchun Basin was deformed due to the collision between the Asian plate and the Philippine Sea plate. Pieces of oceanic materials were slumped westward to form the Kenting olistostrome. Moreover, a continuous eastward subduction of the South China Sea along the Manila trench might have made more intense folding and faulting in the Hengchun Basin, and parts of the Maanshan Formation and the late Miocene strata were slumped again during the early Pleistocene, having formed the Pleistocene part of the Kenting Formation.