

秀姑巒溪
恒春半島
關西地區

地質、地形考察指引

Field Guidebook for the Sieukuluanchi,
Hengchun Peninsula and Guansie Area



台北市立中山女子高級中學編印

秀姑巒溪
恒春半島
關西地區

地質、地形考察指引

台北市立中山女子高級中學編印

Taipei Municipal Chuanshan Girls' Senior High School

中華民國七十五年十月出版

關西地區
恒春半島
秀姑巒溪

地質、地形考察指引

版權所有
翻印必究

發行者：梁素霞

策劃：台北市立中山女子高級中學地球

科學教材製作小組

撰稿：許民陽

編印者：台北市立中山女子高級中學

地址：台北市長安東路二段一四一號

電話：五六一五八一

印刷者：爵士彩色印刷有限公司

地址：台北市光復南路五十七巷十八號

電話：七六二九二二七

校長序

地球科學爲教育部近年推行的高級中學數學及自然科學，課程改進計劃的重點科目之一，本校除配合計劃積極研究外，並被指定爲新課程媒體製作學校，歷年均有優異成果。六十九～七十一學年度參加北市科學展覽均獲教師組特優，參加全國科學展覽，分獲一、二名。七十四學年度參加北市科學展覽獲高中組化學科特優，全國亦獲第二，七十二學年製作「宇宙的奧秘」幻燈片一套，配合文字及錄音帶說明，七十三學年製作礦物彩色投影片一套，均被評選爲優等，業經複製推廣至各校使用，頗獲好評。基於上述的良好基礎，乃於七十四學年提出中小學科學教育計劃——野外地質調查及岩石礦物標本採集研究，獲教育部補助二十萬元。

本島位於大陸板塊與海洋板塊的接觸帶，地質構造十分複雜，地質景觀更是多姿多采，以有限的補助經費實無法一一探查，研究同仁乃儘量撙節開支，選取具代表性的地區進行研究，拍攝照片、幻燈片、錄影帶並採集礦物岩石標本，成果十分豐碩。除陸續整理剪輯外，決定先撰寫本書。全書約四萬字，照片一百四十餘張，圖表二十餘幅，足供各級地球科學教師及研習該科學生做爲良好的考察指引。本校並計劃於七十六年度提出第二年度計劃，將此次未詳盡調查及其他地區繼續研究，期盼上級能給與充足的補助經費。

本計劃進行期間，承蒙中央地質調查所方中權、胡賢能、塗明寬諸位專家戮力指導；本校前設備組長（現任教台北市立師專）許民陽老師協助策劃考察、採集標本，並擔任本書總執筆，出力最多。本校全體地球科學教師暨教務處同仁犧牲假日進行考察採集、攝影、記錄、整理及編印作業，在此一併致最誠摯的謝意。茲值書成即將付梓之際，爰書數語，藉之嘉勉，並爲之序。

梁 素 霞

序於民國七十五年十月十六日

前言

地球科學是探討地球的形態、組成物質、構造、演化過程和歷史等問題的科學。地球的組成物質中則以岩石圈最重要，而構成岩石圈的岩石和土壤不僅為人類生活圈的基層，也供應人類生活所必須的天然資源，它是地質學與地形學的主要研究對象。但以往教師講授這部份教材時，由於教學資源的匱乏，常感難以達成預期的目標。若能有良好的岩石、化石標本，和清楚的地質或地形照片為輔助，其效果當遠勝於長篇的文字解說。尤其這種輔助教材若取之於本土，則不但可促進學生對鄉土的認識，更可增長愛鄉愛國的情懷。基此理念，本校遂在教育部補助下進行「野外地質調查及岩石礦物標本採集研究」。

自去年八月至今年六月底，進行野外考察與採集，足跡遍及秀姑巒溪、恒春半島南部、中部橫貫公路、南部橫貫公路及新竹縣關西地區，本年七月初起擷取資料蒐集較完整的路線，彙集成書，除了地質景觀外，也將地形景觀一併納入，增廣其實用性，以便講授自然地理的教師選為教材，或指定為參考用書，同時也可供有興趣的社會人士做為了解鄉土地理的讀物。惟成書倉促，疏繆之處在所難免，尚祈方家不吝指正。

台北市立中山女子高級中學 謹識
地球科學教材製作小組

目次

序、前言

壹、秀姑巒溪瑞穗—奇美段地質、地形景觀

- 一、秀姑巒溪概述…………… 1～3
- 二、一般地質…………… 4～6
- 三、沿線地形、地質說明…………… 7～13
- 四、泛舟所見的地質、地形景觀…………… 14～15

貳、恒春半島南部的地質、地形景觀

- 一、一般地質…………… 16～19
- 二、一般地形…………… 20～22
- 三、沿線地形、地質說明…………… 23～35

參、關西鎮赤柯山石灰岩區的地質景觀

- 一、地質概觀…………… 36～38
- 二、沿線地質說明…………… 38～44

肆、地質、地形照片索引

- 一、秀姑巒溪瑞穗—奇美段地質、地形景觀照片目錄 45～46
- 二、恒春半島南部地質、地形景觀照片目錄 47～48
- 三、關西鎮赤柯山石灰岩區的地質景觀照片目錄…… 49

伍、與高中基礎地科及自然地理相關之照片索引

- 一、基礎地球科學…………… 50～56
- 二、自然地理…………… 57～58

陸、地質、地形照片

- 一、秀姑巒溪瑞穗—奇美段地質、地形景觀照片… 60～79
- 二、恒春半島南部地質、地形景觀照片…… 80～111
- 三、關西鎮赤柯山石灰岩區的地質景觀照片…… 112～127

壹、秀姑巒溪瑞穗——奇美段的地質、地形景觀

一、秀姑巒溪概述

秀姑巒溪為台東縱谷的三大溪流之一，發源於池上附近的大坡池，沿縱谷向北流，合併由中央山脈東注的拉庫拉庫溪、太平溪、紅葉溪、馬蘭釣溪後，於瑞穗附近突折向東流，橫切花東海岸山脈，於大港口附近入海。

徐鐵良、陳培源(1951)認為秀姑巒溪原為海岸山脈東麓的順向河，由於向源侵蝕而切穿海岸山脈，截奪瑞穗以南的花蓮溪上游，為典型的河川襲奪(圖一)，所造成的地形有下列諸端

(1)反流河、通谷與風口

馬蘭釣溪(照片1)原向北流，注入花蓮溪，襲奪形成後反流南入秀姑巒溪，為一反流河(inverted river)，其與現今花蓮溪於大富附近，呈谷中分水，附近地表幾全為礫層覆蓋，地勢平緩，無顯著之分水嶺，成為東西兩側山嶺屏障，中間低下的通谷(through valley)，約5公里之間，有谷無水，成為風口(wind gap)。

(2)礫石台地

台東縱谷的中段，古礫石層堆積甚厚，襲奪完成後由於秀姑巒溪水量增加，造成河蝕復活現象，將古巨厚礫石層切割，而形成掃叭台地、謝德武階地、烏漏及打落瑪階地等(表一)。這些階地祇見於秀姑巒溪向東轉折的襲奪點附近，而不見於花蓮溪河谷，階地與河床比高甚大，以上特徵固可由於地殼上升造成(徐鐵良，1954)，但襲奪後的靜力復活(static rejuvenation)當為主因。

(3)花蓮溪谷的沖積扇與河道東移：

花蓮溪過去水量甚豐，經襲奪後水量驟減，侵蝕力及搬運力隨之衰退，河床日漸淤積，各支流的侵蝕面昇高的結果促使沖積扇發育甚快，尤以木瓜溪的沖積扇(照片2)最為壯觀，花蓮溪的主流被迫東移，緊貼著海岸山脈流動後出海。(照片3)。

表一 瑞穗附近階地分布表

階地名稱	與河床比高	組 成
掃 叭	120cm	上層有 4 公尺厚紅土，餘為厚層礫石
打 落 瑪	60cm	礫層厚40公尺
謝 德 武	60cm	礫層厚 4 公尺，下為大港口層底岩
烏 漏	40cm	全為底岩組成，礫層甚薄

(4)峽谷與曲流

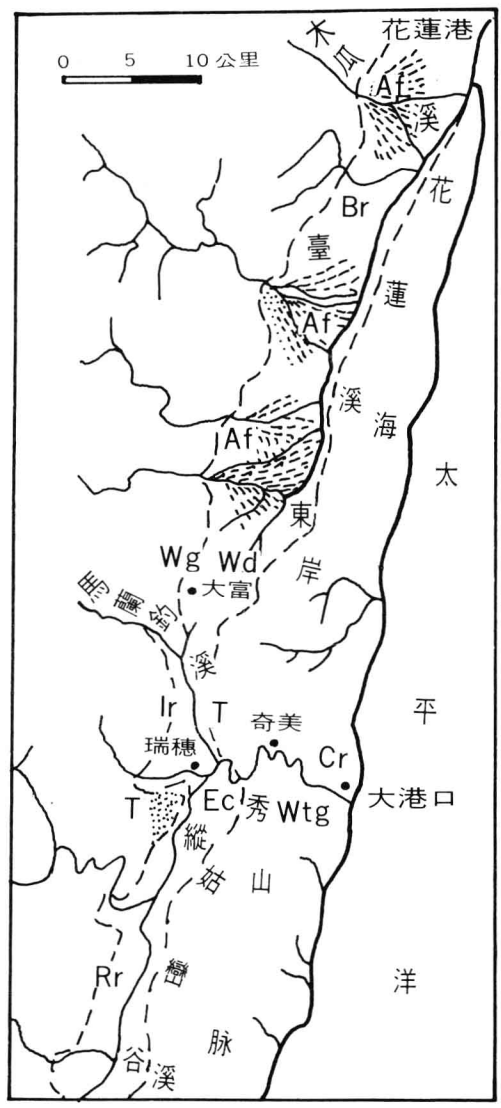
襲奪河水量增加，侵蝕力復活，常形成峽谷與曲流，秀姑巒溪自瑞穗至大港口，幾全為峽谷，兩岸斷崖峭立，岩層裸露，河水湍急，具備賞景、泛舟的絕佳條件。曲流的發達使凹、凸兩岸交替出現，使河況變化萬千，更增加泛舟的刺激性，此種一面下切，一面增加曲率者，應是成育曲流(ingrown meander)。

徐鐵良、陳培源的秀姑巒溪襲奪理論提出後，一般講授河川襲奪地形時，均舉此例為典型代表，但鄧屬予(1977)提出一些修正意見，認為台東縱谷由於中央山脈與海岸山脈的沖積扇堆積，每易形成寬廣谷地，此現象在大富、富源附近最顯著，不一定全由河川侵蝕造成，故風口、乾谷的證據並不充份。

另掃叭台地向東北傾斜，徐、陳認為是原花蓮溪北流造成，但鄧認為現今秀姑巒溪的流向即可成，且當秀姑巒溪在今日掃叭台地位置時，就有了今日的河道，故其形成台地以地盤上升所造成的動力回春(dynamic rejuvenation)為主似乎較妥。秀姑巒溪的東折彼認為是地質構造支配的結果，與由中央山脈東坡順向注入縱谷的河川之直角轉彎並無二異，不一定據此狀判斷為襲奪灣。

至於花蓮溪沖積扇的發育則認為是因其由西側中央山脈下注的支

流皆水大而坡陡，東側海岸山脈幾無支流，所以西側冲積扇充分發育而迫使河道偏東乃正常之事，不一定是花蓮溪爲斷頭河 (beheaded river) 所造成。



Cr 襲奪河，Rr 改向河，Ir 反流河，Br 斷頭河，Ec 襲奪彎，Wd 谷中分水嶺，Wg 風口，Wtg 峽谷，T 礫石階地，Af 冲積扇。

圖一 秀姑巒溪與花蓮溪的河流襲奪 (徐鐵良，陳培源，1951)

二、一般地質

海岸山脈概述

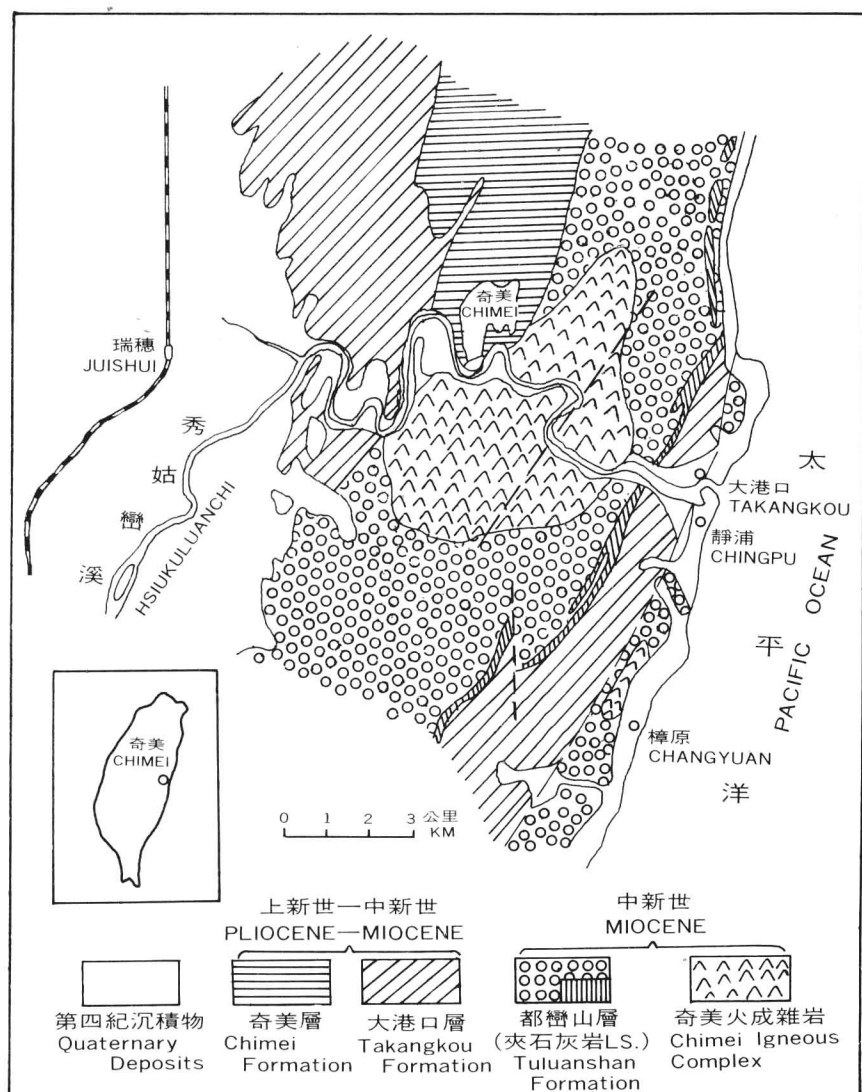
海岸山脈北起花蓮，南至台東，長約150公里，呈北北東至南南西之走向。最寬處165公里(成功、富里間)，平均寬度10公里。西以東台灣裂谷(rift valley)與先第三紀變質岩為基盤的中央山脈為鄰。

台灣在上新世蓬萊造山運動時，東側的菲律賓板塊和西側的歐亞大陸板塊互撞，兩板塊間的海溝就告閉合，目前花蓮和台東間的裂谷就是板塊的縫合線。許多研究皆認為海岸山脈本為菲律賓板塊前端的火山島弧與弧前沈積物，後來因板塊互撞而和台灣合在一起，當兩板塊接合的時候，有隱沒作用、島弧移動、掩覆作用等作用產生。陳佳元(1974)由三角點檢測證實海岸山脈自民國二十九至六十二年間向北北東方向移動3.65公尺，平均每年6~13公分。此種移動造成的水平剪力在海岸山脈西側的台東縱谷造成無數的左移斷層，縱谷內仍不時有地震產生，伴隨著斷層的活動，許多斷層已被判定為活斷層(石再添等，1983)。

由於秀姑巒溪橫切海岸山脈，因此沿溪谷兩岸就成觀察海岸山脈地層橫剖面的最好路線，由瑞穗至奇美段可分為三個岩層單位(圖三)，由下而上為：(1)奇美火成雜岩，(2)大港口層，(3)奇美層。

奇美火成雜岩為海岸山脈最老的中新世岩層，覆蓋在此層之上的為中新世晚期至上新世的大港口層，以及更新世晚期的奇美層。各層的特徵如下：

奇美火成雜岩：分布於海岸山脈中段，主要岩類是安山岩，以角閃石安山岩和輝石安山岩為主，由於銅礦化作用使得雜岩內的火成岩產生熱液換質作用而成黃褐色，有薄層石膏夾在已被換質的安山岩中。根據何春蓀(1969c)，用鉀氬法測定奇美火成雜岩的六個岩石標本，其中四標本採自秀姑巒溪東北一帶(C1至C4)，所得年齡分散在一千七百萬到二千二百二十萬年之間。最老之C1為二千二百二十萬年，可能為奇美火成岩體開始侵入與結晶之上限。採自秀姑巒溪西南的兩個標本(C5至C6)年齡是九百萬年和一千四百萬年，可能代表岩石受強烈礦化及換質作用，年齡因而減少。



圖二 海岸山脈秀姑巒溪兩岸地質圖 (何春蓀, 1969C)

表二 奇美火成岩的鉀氬年齡表
(何春蓀1969C)

標本號碼	測定年齡 (百萬年)
C1	22.2 ± 3.5
C2	19 ± 2.2
C3	17 ± 2.5
C4	18 ± 1.8
C5	14.2 ± 1.5
C6	9 ± 0.7

大港口層：由相當厚的島弧前海底沈積物，以深灰色或灰色頁岩或泥岩為主，常夾有薄層混濁砂岩及石灰岩的小凸鏡體。岩石中由濁流作用產生的粒級層理(graded bedding)，以及同期變形作用(contemporaneous deformation) 非常普遍，如荷重鑄形(load cast)，旋捲層(convolute bedding) 和崩移層(slumped bedding)等。

奇美層：厚約1250公尺，以灰黑色砂岩與頁岩互層為主，整合於大港口層之上，此二地層是漸變的，無清楚的界面存在。

研究顯示海岸山脈以前為一急速下沉、快速沈積，大規模海底崩移、濁流發達（大港口及奇美層具上述等特性），以及大規模海底安山岩噴發（奇美火成岩）的區域，造成今日出現在海岸山脈的各種構造和地層現象。

三、沿線地形、地質說明

由瑞穗東行，沿往奇美公路過瑞岡大橋後，抵海岸山脈，即進入本區。惜山區為碎石路，高低不平，邊坡不穩，豪雨時每易坍方，故考察以步行方式最佳。駕車須租用底盤較高的箱形小客車或吉普車。若欲節省時間及體力可在瑞穗租用強化底盤的大型計程車直抵奇美，至奇美村下方的秀姑巒溪谷考察後，再回奇美村沿公路下坡慢慢考察沿途的露頭及地形。如此以一整天的時間，沿途的曲流、河階、峽谷等地形景觀，沉積構造、地質構造、火成岩體等地質現象皆可一覽無遺，並可採集礦物、岩石等標本，定可有豐碩的成果。

第一站：謝德武河階對岸的公路上

地層：大港口層，砂岩與泥岩互層

觀察事項：

1. 河階及斷層

謝德武河階位秀姑巒溪東折入海岸山脈轉折處的右岸，共有三階，有德武斷層通過（石再添等，1983），走向東北東，穿過第一及第二段河階，露出的地層近乎直立，東側上升，有左移性質，斷崖高度在一、二階為10及5公尺，河階的移距各為60及30公尺，顯示活斷層的累積性。（照片4）。

2 曲流及河階

秀姑巒溪瑞穗至奇美段河階及曲流十分發達，曲流凹岸被侵蝕，凸岸盛行堆積的現象十分顯著，凸岸常有半圓形劇場發育，此種一面增加曲流率，一面向下加深河道者為典型的成育曲流。（照片5）

3. 掃叭台地：由此遠眺掃叭台地微向東北傾斜，東側為秀姑巒溪所切，高出河面140至180公尺，東北側為紅葉溪所切，高出河面約120公尺。階地由卵石沙土作層狀堆積而成，（照片6），最上層有紅土堆積，由於排水良好，而有咖啡種植（照片7）。

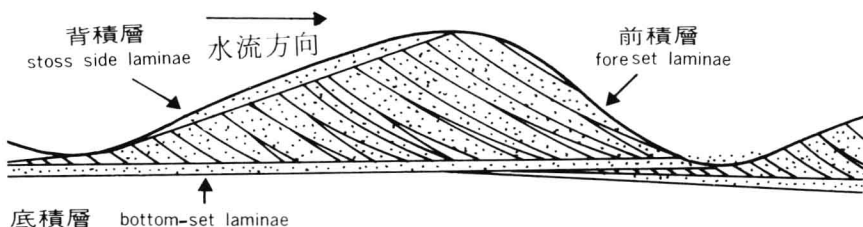
第二站：瑞穗—奇美公路上，距瑞穗5.2 公里公路右側

地層：大港口層，砂岩與泥岩互層，砂岩較薄，泥岩為主。

觀察事項：

1. 漣痕(ripple mark)：可分為二類

a. 流痕 (current ripple)：為砂粒經水流或風之搬運後又沈積形成者，一般多見於淺水區，但深海若有底流 (contour current) 亦可形成，又濁流岩中之C層亦有流痕。



圖三 流痕的內部構造 (Reineck, & Singh 1980)

砂粒沿底部向前滾動，當水流達一定速度時，底部開始形成波浪的形狀。砂粒沿流痕背側(stoss side)上滾越過波峯，沿前側(lee side)向下崩落堆積，形成前積層(foreset laminae)，流痕兩側因此而不對稱，背側坡度較緩，前側坡度較陡，此種不對稱狀態可決定水流方向。

b. 波痕 (wave ripple)：為波浪往復振盪而成，波痕兩側對稱，形成於較深但仍為波浪影響可及之海底。

本站的漣痕屬流痕，水流方向由上往下。(照片8)

2. 結核 (concretion)：沈積岩地層中，某些微量成分或膠結物，經溶解後，再以一小的物質為核心，重行沈澱而成，此處的結核順應薄砂岩層，形狀扁圓，但仍可看出成圈狀環繞沈澱的特徵。(照片9・10)。

3. 大港口層層面及岩性：此處以薄砂岩與泥岩的互層為主，砂、泥岩的接處面即為層面 (bedding)。砂岩富含漣痕及結核構造，泥岩則呈灰黑色的緻密塊狀 (massive)。地層近乎直立。(照片11)

第三站：瑞穗至奇美公路旁，距瑞穗6.1 公里公路左側

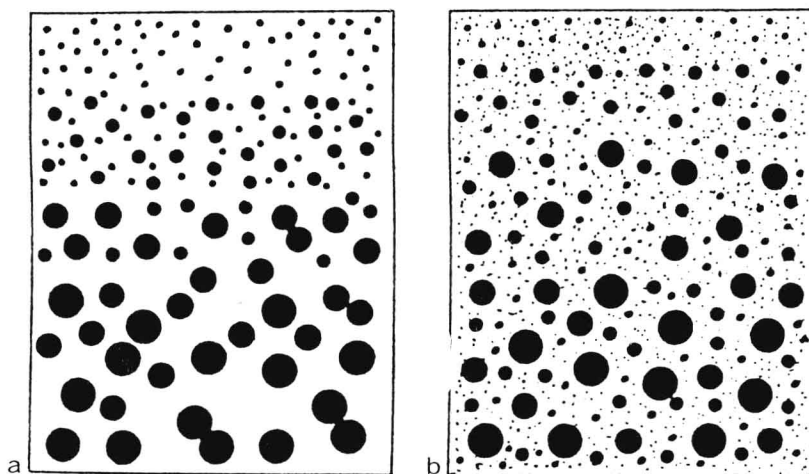
地層：大港口層濁流岩 (turbidite)

觀察事項：

1. 粒級層 (graded bedding)：沈積物顆粒按機械沈積作用，

粗大的先沈降在下，細小的在上，成帶狀並做有規則的重覆，如圖四所示。一般認為是混濁流（turbidity current）所形成者。混濁流的產生是在沈積速率很高的環境下，如大陸棚的最前緣或三角洲前緣，沈積物堆成不穩定的坡度，受地殼變動（如地震）的影響而崩落，崩落的沈積物與水混合，造成比重1.2~1.5的強勁水流，其頭部侵蝕力甚大，可切割未硬化之岩床，混濁流反覆依一路徑流動則可造成陸棚邊緣的狹谷，更有破壞切斷海底電纜的記錄。

混濁流堆積成的地層稱為濁流岩（turbidite），按包瑪（Bauma）的單層濁流岩堆積構造（圖五），粒級層為A層部份的沈積相。照片12中大港口層的粒級層常做數層有規則的分布，每層代表「一次」濁流，相鄰兩層截然相接，缺乏紋理（lamination）。

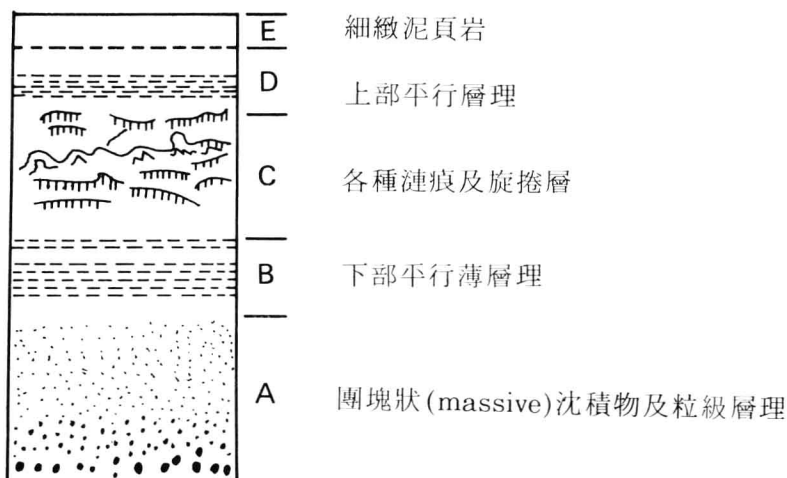


圖四 二種不同型態的粒級層
(Reineck, & Singh, 1980)

a. 由上至下沈積物逐漸變粗。

b. 由上至下沈積物逐漸變粗，但下部粗粒沈積物中夾雜有細粒沈積物。

2. 旋捲層（convolute bedding）：常出現於包瑪濁流岩構造的C層，為沈積時濁流力量加之於沈積物的一種同時褶皺變形，夾於上



圖五 包瑪的單層濁流岩堆積構造 (葉明官, 1982)

下正常岩層間，多發育於頁岩或細質沈積層中。旋捲層下部與正常岩層連續無間，上部則常為較新沈積層所截切或疊覆，故其變形作用發生於沈積時，為同期沈積變形的一種（照片13），為快速沈積的特徵之一。

第四站：瑞穗至奇美公路左側，距瑞穗6.7公里

地層：大港口層的崩移層（slump bedding）

快速沈積但尚未固結的厚層砂、頁岩互層，受地殼變動作用，依重力向下坡方向滑動，擠壓成褶曲，上方再沈積正常的平行岩層，為正在沈積時的一種變形作用，其特殊之處為中間局部褶曲，與一般褶曲上、下地層一起產生褶曲不同。（照片14）

第五站：瑞穗至奇美公路旁，距瑞穗6.3 公里

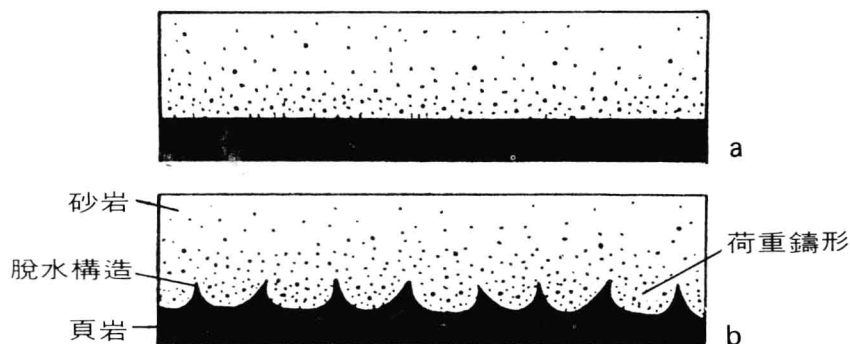
地層：大港口層

觀察事項：

1. 荷重鑄形（load cast）：砂、頁岩互層的地層中，新堆積未固化的沈積物，常因各層材料不同產生比重差異，上層（砂岩）下壓沈落於密度、比重較小的頁岩或泥岩中。

2. 脫水構造（water-escape structure）砂岩重量較大向下壓鑄

沈落形成荷重鑄形的同時，富含水分的頁岩受壓迫，水分沿兩荷重鑄形間壓力較弱處排出，形成彎曲的火焰狀（flame-like）脫水構造。



圖六 荷重鑄形與脫水構造形成示意圖 (Reineck, & Singh 1980)

3. 粒級層：此處的粒級層十分發達，且地層易崩落，可在馬路旁採取完整的標本攜回。（照片16）

第六站：瑞穗至奇美公路左側，距奇美1.5公里

地層：大規模的大港口層露頭，長30 餘公尺，高10 餘公尺。

觀察事項：

1. 大港口層：以灰色和深灰色的砂岩（混濁砂岩 greywacke）和頁、泥岩互層為主。為中新世晚期至上新世，海岸山脈盆地急速下降，地槽邊緣和兩側山地的大量碎屑物隨之快速充填沈積，可能為濁流有關的標準地槽相沈積物。由於沈積環境的不穩定，地殼變動的擠壓，厚層剖面中出現許多和層面垂直的斷裂並輕微錯移的線條。（照片17）。

2. 斷層：由於擠壓力量來自東方，斷裂線兩側的地層常出現許多小型的逆斷層。可從許多砂岩層斷裂並位移觀察出來。（照片18）

3. 球枕狀構造（ball and pillow）：在快速的沈積環境中，較厚層的砂岩其荷重鑄形若繼續向下壓鑄未固結的頁岩或泥岩，即可成球枕狀構造（圖七）。（照片19・20）