

# 教育部九十六年度中小學科學教育專案期中報告大綱

計畫名稱：花蓮縣美崙河流域特性及鄉土教材之開發研究

主持人：陳佩君

執行單位：花蓮縣明禮國民小學

## 一、計畫目的：

- 1.由本校歷年地震損害紀錄資料中，整理出災害類型、程度與鑑定報告，另由學者提出之美崙斷層、忠烈祠斷層做比對（本校位居美崙斷層之上升側，居忠烈祠盲斷層之西方），得出簡易結論，編成可培養學生對環境覺知和敏感度之教材。亦即將位居斷層區位帶之特徵與理論作印證。
- 2.美崙河流域之田野調查，包含地質、地形、水文、生態及土地利用等，已吻合九年一貫課程之環境教育目標：識覺與敏感度、概念與知識、倫理與價值觀、行動技能等面向加以結合、系統化編成教材。用鮮明簡易圖表，試繪出美崙溪的發育史和教學資源分佈。
- 3.以美崙溪和美崙山為主題，參酌新課程分段能力指標與十大基本能力關係，將鄉土性科學教材以「指引式」集成學習材料，使學生在探究過程中獲得科學概念和素養。

## 二、執行單位對計畫支持（援）情形與參與計畫人員

本計畫因本人調職，難得原校長及校方全力支持，因此請教學組長劉貞蘭老師協助文書及經費核銷行政作業。計畫參與人員及指導教授合作良好，另商請劉茂雄老師協助田野調查。

## 三、研究方法

### （一）資料蒐集整理與分析

- 1.文獻探討：利用網路、圖書館論著、報章雜誌、縣志及本校檔案，找出有關美崙溪相關之各類文獻，以及歷年地震美崙斷層錯動紀錄。摘錄合於九年一貫課程的自然環境特徵及教材細目，製作卡片備用。
- 2.耆老訪問：自民國四十年（1951）及民國七十五年二次大地震，震度皆達 6-7 級，與美崙及縱谷活斷層有關。而花蓮尚志路、明禮路及本校校舍皆曾嚴重受損，透過親歷其境之耆老口述歷史或老照片列入珍貴資料備用。
- 3.地圖判讀：  
蒐集中央地調所及中央大學之 1/5000 地質構造圖、空照圖、聯勤測量署 1/25000 地形圖各篇有關論著中之插圖，做為田野工作時之基本資料。

### 4.田野調查：

本計畫所指之美崙河流域係以加禮宛山和娑婆礮山東麓，吉安溪以北至須美基溪東北側地區。為因該溪穿過花蓮市核心地帶，兩岸都市化程度甚高，不合科教研究主題，故本計畫以河床地及兩側未經人工開發地區為範圍。本計畫除做理論性基礎調查外，更以適合於九年一貫環境教育之教學資源實察為主，分區與調查主題有：

- (1)美崙溪之生成背景、演育過程及水文特性、重大洪患等。
- (2)美崙溪上游：沖積扇與沖積錐、河階、交錯山腳，不當開發與洪患、土地利用現況與展望。
- (3)美崙溪中游：潛流（溪水潛入地下）、氾濫平原、河床不當利用及水污染，土地利用及後續效應。

- (4)美崙溪下游：河道變遷、斷層谷及水患、曲流變化、河口淤積及水災、沒口溪與沙嘴變遷。
- (5)全段之公共工程規劃評鑑、治水策略評估。
- (6)美崙山之生成與演育，美崙山之生態調查、開發與檢討、田野調查、應用地圖、地質羅盤、水準儀、相機、採集袋，並以觀察、測量、採集、比對、歸納、推理、分類、及解釋資料等方式進行。

## 5.課定科學概念與科學態度

教學資源編擬以地球科學與環境教育為核心，依九年一貫課程精神，主要科學概念過程略析如下：

### (1) 地球科學部分：

- \* 河流是雕塑大地的主要營力，也是文明發展的泉源。
- \* 河流有不同特性和型態，和人類生活環境關係密切，二者交互作用，會產生不同的歷史和文化。
- \* 花蓮是海陸兩個板塊的碰撞帶，美崙溪的成長與此種地殼變動休戚相關，如美崙、民意等斷層。
- \* 板塊隱沒帶會帶來自然災害（地質、地形）；地震、斷層、褶皺，便是其中最明顯者。
- \* 美崙溪的不同地形，對於花蓮市不同的自然景觀和土地利用，二者有密不可分的因果關係。
- \* 美崙山為中央山脈下注的礫石層，與海岸山脈為不同的地質單元。

### (2)環境教育部分：

- \* 人與環境有相互依存關係，且需保持和諧，超限利用會引起環境惡化。
- \* 自然災害是地球演化的必然結果，有效的永續經營可減災和消災。
- \* 地球在不斷改變環境因子，若發生重大變遷，就會釀成災害。
- \* 自然的存在不僅為人類，而是為所有生物。
- \* 每一個人都有責任，瞭解保護周遭之生活環境。
- \* 河川的污染、濫墾會嚴重影響人類和其他生物的生存。
- \* 位處美崙斷層（民國 41 年曾發生規模 7.3 的兩次地震，損失慘重）地質敏感帶的兩側學校（如本校明禮國小），有必要讓大家瞭解這種災害的嚴重性及防制之道。

## 6.教材初擬與試用

依據九年一貫課程鄉土教學之「課程目標」（以鄉土自然及鄉土地理為主）、「能力指標」，初擬美崙河流域特殊教學資源試用教材乙輯（適合國小中高年級程度）並用 G.I.S 繪製圖表，配合照片，用 powerpoint 或 O.H.P 加以試用（校內實驗）。

## 7.編擬戶外教學路線手冊（含實察）

以美崙河流域豐富之教學資源分佈區和露頭所在為重點，編擬戶外教學活動設計，內含教學目標、教學路線、教學準備和心得等。並舉辦一次學童戶外教學活動，教材在試用後加以修正。

## 8.編寫報告

本計畫依據上列步驟，編寫成研究報告，報告內容依據兒童認知心理（由近到遠、具體而抽象、統整而分化）理論呈現，並以生動流暢筆觸及活潑鮮明之圖表展示。

## 四、目前完成程度

### (一) 美崙河流域一般概述

美崙河流域泛指加禮宛山、娑婆礁山、七腳川山東麓以東、吉安溪北側以北到須美基溪東北側的區域。林朝棨（1957）將此區分為米崙溪氾濫原及娑婆礁沖積扇，然因兩者均屬於美崙溪水系，故將之合併為美崙河流域。

美崙溪舊稱娑婆礁溪，發源於七腳川山東麓，自水源村出谷入平原後，及形成網流，造成沖積扇。林朝棨（1957）指出美崙溪是古烏亞瑙溪、古烏伊里溪、古娑婆礁溪及七腳川溪等四條延長河，而美崙斷層形成後，美崙隆起為台地，此四條延長河逐漸被美崙台地西側之美崙溪斷層谷所襲奪合併，成為同一河系。駱相林（1974）提及美崙溪在國慶里分歧為二，本流向東北，於美崙山西麓北端合發源加禮宛山東麓之樹林溪（即須美基溪）折南，經美崙山西麓南流，沿途歷經秀林鄉水源村、花蓮市國福（溪北）、國慶（溪南）、國強等里及新城鄉佳林、嘉里、嘉新（北）等村，在嘉里國小附近折向南方，則沿美崙斷層和市區國強、國聯、國防、民意、民勤等里入海。流程全長 19 公里又 580 公尺，源頭標高 2014 公尺，集水面積 72.54 平方公里，最大洪水流量每秒 650 立方公尺，河口水位與海平面，河床比降平均為十分之一。

文史記載美崙溪在清朝時可航行，後因河道堆積，而不通舟楫。美崙溪由於河道多彎曲、早期上游水土保持不良、林木濫伐，花蓮市本身排水不良、佳山計畫及台泥採礦等造成砂石沖蝕，淤積美崙溪河床，以致每遇暴雨常氾濫成災。如民國 79 年歐菲莉及黛特颱風入侵花蓮，豪雨驚人，美崙溪即在下流氾濫，使花蓮舊市區汪洋一片，近年如 2005 年龍王、海棠、泰利及今年（2007）之聖帕颱風肆虐，皆造成若干災害而河口因東防波堤之阻隔，淤砂也日漸嚴重，旱季美崙溪出口被泥沙堵塞而形成沒口溪。

美崙溪河水自古以來便供應花蓮市及其鄰近地區用水，花蓮市最早發跡地豐川（又稱十六股）的自流井，其水源即美崙溪滲入地下的地下水。美崙溪出谷後，即成一片沖積扇，扇頂在水源村附近，扇端逼近吉安、花蓮市、嘉里一線，扇徑約 5500 公尺，頂比高 90 公尺，坡度約 1 度，美崙溪自扇頂滲入的水至扇端流出，而豐川位置剛好接近扇端部分，因此地下水豐富，鑿井至受壓水層，則易成自流井。但此地的自流井限於濕季，乾季時地下水量減少，無法從井口流出。

在三仙橋附近，從其挖掘出的泥沙中，發現多為黏土及砂，乃早期美崙溪氾濫的堆積物，此處為美崙溪分流舊河道寬約 50 公尺，目前水量不多，然以此寬度研判，以前水量應相當豐富。美崙溪在國福大橋至嘉國橋一帶，泥沙大量淤積，易氾濫，故兩岸築有堤防，目前這一帶有很多魚塢。

美崙溪下游切過美崙台地，形成北岸的美崙山和南岸的花崗山。南岸有兩段河階面，第一階與第二階間崖高約五公尺，花蓮女中正位於第一階面上。北岸河階位在中正橋北端之曲流滑走坡，

屬於第二階。美崙溪原在嘉新附近向東流至今花蓮港（舊花蓮灣）附近入海，後因美崙台地隆起，才往南流。

須美基溪又稱樹林溪，發源於加禮宛山，在嘉里村南方入美崙溪，流程約 7 公里，在嘉里二號橋附近的原來河道較今日者曲折，後經人工整治，截彎取直，使得河道變直了。

## (二)特殊教學資源田野露頭介紹

本研究將美崙溪依河谷特性及河段位置分為源頭區（峽谷）--自源地至南北兩溪交會處；上游（沖積扇頂）--檢查哨至水源大橋；中游（沖積扇面）--水源大橋至新生橋；下游（斷層谷和曲流）四部分；其特殊教學資源分布殆與河道流域特性息息相關。

### 1.源流區

美崙溪主流（七腳川溪）北方支流（嵐山溪）兩源在 200 公尺等高線以上，即進入峽谷地區。主流發源於七腳川了(2014m)東麓，自西向東流；北方支流發於嵐山(2033m)南側，自北向南流，前者長 6.3 公里，平均坡降達 280‰，後者長約 5.1 公里，平均坡降 251‰，二溪交會於入山檢查哨附近，其中主流又為大花蓮地區自來水源供應所在。

地質部分：

- (1) 大南澳片岩：這裡可看到台灣最古老（2 億 5000 萬年~6 千 500 萬年）的變質岩系，以碳質或方解石大理岩、砂質片岩、黑色片岩、變質燧石、變質砂岩為主。河床巨礫阻道，在岩面上可看到褶皺、剪裂、透鏡體、葉理，順向排列等變質構造和石英、雲母、綠泥石等變質礦物，是觀察變質岩的自然標本教室。
- (2) 河谷與地層的反向構造：可清晰看到河床剖面的地層傾向與河道流向相反（見圖片），主流在第一攔砂壩上下都可發現地層向北傾斜，而河流卻向南流動，呈逆斜谷構造，露頭實為珍貴，這與海板塊來自東南方的剪應力有關。

### 2.地形與生態：

- (1) 鋸切谷：美崙溪源流區坡降極大，全域以急湍、瀑布水流型態下注，是故河谷呈銳「V」字形之鋸切谷，下切遠大於側蝕，氣勢懾人，是幼年期河谷的標準地形。

#### (2) 河床礫石層

這段河床是美崙溪探根究底的好地點，因為有許多的謎底身世，可以從這裡得到解答：

A. 岩石的分類：在科學方法上，分類必須依據一定的標準或準則，我們試著依成因和變動、來源及方式、特徵和堆積等項加以觀察說明。

(A) 成因和變動：美崙溪發源於中央山脈東麓，是海陸板塊擠壓碰撞最激烈的第一線，所以屬於歷盡滄桑的變質岩系。在河床上，巨礫遍地、水珠飛濺，如果細細看來，又可以見到有

葉理的變質岩和無葉理的變質岩二種，前者如黑色片岩、板岩、千枚岩（頁岩或砂岩變質）、綠泥片岩、蛇紋岩（基性火成岩變質）、石英片岩（石英變質），無葉理或葉理不明顯者則有大理岩（石灰岩變質）、變質砂岩（砂岩變質）和石英岩等，至於再推敲下去，這些變質前的原岩又是怎麼來的？這就要追溯到古生代末至中生代的華南古陸塊（福建一帶）河流沖刷堆積，西太平洋海槽弧盆的海洋生物殘骸和海底火山作用等。

(B) 來源及方式：我們可以清楚分辨某些大石頭是附近山崩掉下來的，稱落石（falling rock）；若河流從上游帶下來的，稱轉石；河流攜帶礫石方式又可分滑動（slideing）、滾動（rolling）、跳動（jumping）、懸浮（suspension）和溶解（solution）。這段河床，巨礫、大礫大致以滑動、滾動居多，其中礫（pebble）、小礫（granule）則以其他類型出現。最後一種是有根、有底的露裸岩塊，屹立河床不動者叫露頭（outcrop），露頭代表溪底深層的岩床，此段河床三者兼具，是大自然擺出的精彩石頭陣。

(C) 特徵和堆積：各類地貌的形成一定要經過內外交迫的過程，內營力指地球內部岩漿的活動，如：板塊運動、火山作用；最常見的為褶曲和斷層現象，外營力則指太陽輻射所產生的氣候變化，包括侵蝕及風化。本區河床處處可見內外營力較勁的痕跡，精彩絕倫。

在第一攔砂壩下的矽質片岩與薄層大理岩互層中可見造型完美的尖頂型急褶皺（kindbend），和各類石英脈的剪裂構造（shearing）、透鏡體和穿腸構造，經過氧化作用呈銹紅色的鐵石英，次生礦物形成的結核，垂直的劈理和平直的節理組合，熱力風化和水流差異侵蝕形塑了豐富的色彩和多變的外型。本段河床因片岩的特性，使巨礫的覆瓦（embrace）構造最為明顯。此種排列略可推斷水流方向、流量、流速的變化。

### (3) 壺穴和壺溝

整個美崙溪除佐倉礦區外，只有此帶出現壺穴，由於本河段水流急、含沙量多、變質岩硬度大，再加上縱橫節理發達，所以有壺穴形成的良好條件。壺穴以幼年期之單一壺穴和聯合壺穴為主，也有發育不良的壺溝（channel），由急湍和小瀑布水流渦蝕和鑽蝕（drilling）造成。在大壩下方的大理岩巨礫上最典型，通常以卵型、匙型、楔型和橄欖型最頻見，壺穴四周並見差異侵蝕和溶蝕所造成之「漣痕狀」刻痕。

### (4) 河中洲與臄狀丘

河中洲指河床中因洪水埋積消退後之高灘地，通常都高出水面且常有草本植物滋生。臄狀丘則指河道呈分歧或本支流會合處中央島狀高地。本河段在南北兩溪會流處以上，標高 160m 河灘，發現巨大之河中洲，將水流分成南北兩個水道，如果水流繼續下切，則可能變為臄狀丘。不過在聖帕颱風 700mm 以上豪雨時，則此丘已被淹沒和改變，其成因是否與河道整治有關，則有待進一步探究。

## 2、上游

美崙溪上游河谷略指入山檢查哨往水至水源大橋附近處，本區位於美崙溪沖積扇之扇頂位置，也即山地與平原交會處之谷口，因坡度突然降低，沖積物大量拋積，故河道埋積旺盛，巨礫（boulder）、大礫隨處可見。但因水保局在近年大肆整治之攔砂壩、堤防紛紛完工，故埋積現象已不若往昔，其特性教學資源有二：

### 2-1 沖積河階：

河階係指河川因基準面下降，河谷回春，水流在原河道下切，造成兩岸高出河床之台地面，通常在地盤上升或流量增加情況下才會產生。水源地河階屬於最年輕的礫石河階，在台灣地形面演育過程中稱低為河階之第一階（FT<sub>3</sub>），是全新世（11000年前～至今）晚期才形成，所以上層無紅土出現。在水源大橋上游北側即為水源村原住民（泰耶）部落，大橋下方南側，尚未有堤防建築，乃觀察河階崖最佳地點，此河階比高約7~12cm，用觀察、測量、分類、比對、推理等方式，可得出如下科學概念：

- (1) 岩類：此處河階崖出露岩層，大抵為變質岩系之大理岩、石英岩、矽質片岩、綠泥片岩、黑色片岩、蛇紋岩、變質砂岩和混成岩，偶見板岩、薔薇輝石和閃玉，可代表集水區之地質現況。
- (2) 礫岩：本河階出露礫石以中礫（pebble）和大礫（cobble）分布最廣，但巨礫的比率也高，小礫（granule）、粗砂（sand）不多，可知它是高能量荷載下所埋積者，亦即流速快、流量較大之河段，屬高濃度之荷載物因坡度突降或流量突降之濁流堆積物。
- (3) 圓磨度：礫石依其圓滑程度分成圓、次圓、次礫、礫四級，本河階離源流地不遠，搬運距離較短，所以圓磨度不佳，以次圓、次礫較頻見，硬度較大之塊狀岩圓磨度較差。
- (4) 搬運方式：河道搬運有滑動、滾動、跳動、懸浮、溶解五種，本河階因變質岩常有葉理、劈理、節理等構造，故以滑動的扁圓形卵石最常見。河階堆積物越往下游，顆粒越細，蓋與河流流速減緩有關。
- (5) 疊瓦排列：本河階崖之礫石以扁平狀出現者，則疊瓦排列明顯，傾斜面的升起側（缺口）向下游，下降側（封口）在上游，即缺口代表水之去向，封口為水之來向，較細之小礫或圓礫則疊瓦不明顯。
- (6) 淘選作用（sorting action）：淘選係指河階礫石，依大小顆粒自動分級排列情形，通常河道水流年中變化呈規律性者淘選較好。但本段河階礫石在崖面上可見大小參雜，圓、糙不一、淘選不良，除洪水、枯水流量變化（河川係數）極大外，亦與急速堆積有關。

### 2-2.沖積扇頂：

在水源大橋上，往上看是狹窄的谷口和山地峽谷，美崙溪主流往上望尚可發現交錯山腳（interlocking）地形，往下進入沖積扇面則河道立即開闊，水道成南北兩流路，中間之河中洲（channel bar）呈橄欖形高出水面，由茂盛之植物觀察，此河中洲正穩定擴展中。沖積扇頂比高約90cm，由此而下，扇端逼近嘉里，花蓮市與吉安一帶，扇徑約5500m，坡降只有1.2°。

扇頂附近土地利用變化甚大，除水源大橋往西至水源內橋間，此岸為古老之泰耶部落外，其他地帶休閒型農村觀光聚落日益發達，如北岸之東方夏威夷、山中傳奇，南岸之柏家花園、向陽山莊、九虹山莊、秀朗茶園等。但此區也見大型養雞場、警犬訓練場、墓地果園，甚至垃圾棄置，水源地集水區附近之土地因缺乏有效分區使用法令和管理機制，弄成雞飛狗跳，令人匪夷所思。

2-3 在水源大橋以上河道左岸，即為太魯閣部落所在，本村落屬古老之線村，人口外移，日漸沒落。

2-4.在水源大橋以上之美崙溪谷口兩側，階地和山坡緩丘，農舍紛紛改建為休閒農舍，但因道路狹窄，坡地有許多法令問題，所以觀光業始終氣若游絲。

## 五、 預期效果

- 1、以美崙河流域為範圍，建構一套以大地構造和地形演育為主題的鄉土教材，使「教材生動化、教法活潑化、評量多元化、概念生活化」的理想成為事實。
- 2、地球科學常受時間（地史演育時間漫長）和空間（地理區範圍廣闊）限制，因此與大自然直接接觸體驗乃成最有效的教學途徑，本計畫設計之戶外教學活動手冊（含評量）能達成以下效益：
  - (1)延伸課堂教學之不足，並能加強感官覺知能力訓練（觀察、分類、測量、推理、預測、排序、實驗、時空關係、控制變因等）。
  - (2)戶外教學活動必須運用所有感官，加強學習概念的感應結，最能迎合兒童「好動、好奇、好勝、好玩、好辯」的身心特質。
  - (3)經由親身體驗，了解自然環境的演化與人類互動關係，能養成珍惜資源、熱愛鄉土，與大地生物永續共存的襟懷。
- 3、研究成果電子檔擬提供相關學校、社團、觀光和政府單位，作為基本參考資料。
- 4、統整美崙斷層所造成之災害，以作防災參考。為免引起後遺症，本計畫不擬畫出市區斷層線敏感區，但會明確指示該斷層特性，可能災害及防制之道。

## 六、 檢討

- (一) 美崙溪源流地質多變，地形優美，水質清澈，因入山管制，破壞相對較少，但仍有野炊、垂釣、採集、狩獵等活動，應予禁制。
- (二) 美崙溪上游在水源大橋附近，土地利用凌亂，如養雞、訓狗，與觀光產業極不調和。
- (三) 本計畫核定較晚，且臨時要配合款，補助款已相當有限，配合款難上加難，請免予自行籌款。
- (四) 本區因佳山計畫軍事基地，列極機密，但本計畫不涉及軍事，故農林航空測量所數值圖請免送國防部核定。