

教育部 107 學年度中小學科學教育專案期末報告大綱

計畫名稱：太魯閣國家公園森林小學戶外教學模組之開發研究

主持人：李志成

E-mail：jippcherng@gmail.com

共同主持人：陳怡禎

執行單位：花蓮縣西寶國小

一、計畫執行摘要

1. 是否為延續性計畫？（請擇一勾選） 是 否

2. 執行重點項目（請擇一勾選）：

- 環境科學教育推廣活動
- 科學課程教材、教法及評量之研究發展
- 科學資賦優異學生教育研究及輔導
- 鄉土性科學教材之研發及推廣
- 學生科學創意活動之辦理及題材研發

3. 辦理活動或研習會等名稱：

- (1) 20181103 第一次砂卡礑田野調查。
- (2) 20181104 第一次白楊步道田野調查。
- (3) 20181208 砂卡礑、燕子口戶外教學。
- (4) 20181209 白楊步道、慈母橋戶外教學。
- (5) 20190102 白楊步道戶外教學。
- (6) 20190617 白楊步道戶外踏查。

4. 辦理活動或研習會對象：（若無，請填無）

- (1) 20181103 第一次砂卡礑田野調查，研究團隊小組。
- (2) 20181104 第一次白楊步道田野調查，研究團隊小組。
- (3) 20181208 砂卡礑、燕子口戶外教學，團隊研究小組、松山社大地質課學員。
- (4) 20181209 白楊步道、慈母橋戶外教學，團隊研究小組、松山社大地質課學員。
- (5) 20190102 白楊步道戶外教學，團隊研究人員、西寶國小全校師生。
- (6) 20190617 白楊步道戶外踏查，西寶國小校長、主任、六年級學生。

5. 參加活動或研習會人數：（若無，請填無）

- (1) 20181103 第一次砂卡礑田野調查，9 人。
- (2) 20181104 第一次白楊步道田野調查，8 人。
- (3) 20181208 砂卡礑、燕子口戶外教學，38 人。
- (4) 20181209 白楊步道、慈母橋戶外教學，38 人。

(5) 20190102 白楊步道戶外教學，30 人。

(6) 20190617 白楊步道戶外教學，6 人。

6.參加執行計畫人數：10 人。

7.辦理/執行成效：(以 300 字以內為原則，若為延續性計畫，請說明與前年度之差異)

(1)為西寶森林小學及其所處環境建立密切伙伴關係，並發展環境教育作新的嘗試。

(2)學校本位教育，利用太魯閣國家公園豐富的大地資源，從田野調查與體驗活動建構出一種適合中小學的活性教材。

(3)為 S.T.S.建構主義模式及順流教學法精神，開發出一部具有理論基礎，兼具實際應用之戶外教材及多媒體，並為國家公園每年數以萬計的遊客和國內外莘莘學子提供生動活潑之活性教材，可作戶外教學或遊旅之指南手冊。

二、計畫目的

本計畫係依據本縣森林小學設置要旨、十二年國教課程目標及學校所在區域(太魯閣國家公園)和相關學者專家諮詢結果釐訂如下目的：

(一) 基礎調查：涵蓋地質、地形、植被及敏感區評估

1. 研究團隊將重要環境教育相關文獻加以統整外，並做地質、地形系統調查，並以西寶台地、白楊瀑布、砂卡礑步道等構造和地景豐富區且前人研究較少涉獵者為優先開發區塊，建檔登錄，作為本校鄉土教材研發參考理論依據。
2. 潛勢及敏感區踏查評估：花蓮縣歷經多次颱風豪雨及去(108)年 2 月 6 日規模 6、震度 7 之大地震，在迭遭多次重大天然災害，太魯閣國家公園轄區內落石不斷，許多景點或步道封閉或交通管制，尤其白沙橋之嚴重山崩，觸目驚心。本研究擬由地質探勘、地形面對比，為大地演育留下珍貴的紀錄，並試圖初步建立潛勢及敏感區評估。

(二) 在地化環境教育教材研發

1. 環境永續、社區融入之教學資源調查開發：以森林小學社區核心之精神，及課程內容中增列鄉土教材戶外體驗、人地互動之時數和過程，達到真正教材與環境融合之教材生動化、教法活動化、概念生活化、評量多元化之崇高境界。具體教材有基礎調查(略似教學指引)、特殊戶外教學路線及景點開發(相當課本)、戶外教學活動設計和評量設計(略如習作)，期許三者聲通氣連，可為應用及推廣之活性教材。
2. 動植物、昆蟲等生態體系之引介：為顧及中小學生認知過程，皮亞傑等曾強調由具體、半具體至抽象，所以本計畫為顧及田野包羅萬象有其整體性，因此，周遭常見之植物、昆蟲生態，乃至西寶台地之土地利用、生活變遷也將作扼要調查。
3. 利用計畫區峽谷、山林、岩礦等特殊區域性，隨機引入環保概念，揭櫫人地和諧、環境永續等偉大情懷。

三、研究方法

1. 計畫目標、理念之確立：確定森林小學之課程主題與發展方向。本研究小組認為森林小學除執行教育部法定課程標準之外，並應釐訂學校本位具區域特性之鄉土課程研發方向。
2. 研究人員聘請：因本研究主要定義於森林小學教材開發研究，同時由田野調查（理論基礎）、特殊教育資源開發（課程發展）和潛勢敏感區評估（環境永續）三個面向形塑，所以聘請研究專長之團隊，分工合作。
3. 主持人召集相關人員敲定田野調查區塊為西寶台地、白楊步道及砂卡礑祕境，同時決定以交通易達性、路線安全性及景點之教育性為前提，三條路線各有其特殊教育意義。
 - (1)西寶台地：西寶國小在地形上乃為由西北延伸至東南的山間盆地河階，洵為研究該地區之身世之謎的上好關鍵。
 - (2)白楊瀑布，居天祥西側穿過長隧道後可見塔次基里溪與小瓦黑爾溪交會點，再沿塔次基里溪西行可至白楊瀑布、水濂洞，其出露地層為天祥層片岩和部分太魯閣大理岩，對瀑布形成機制之裂點（kinck point）及分類會加以仔細調查。
 - (3)砂卡礑祕境，兩溪交會處之協合河谷，沿下降梯下縋至步道，為長春層片岩和以塊狀大理岩及累帶狀大理岩、綠泥片岩、石英岩等組合之鋸切谷，屬高溫低壓變質帶，韌性變形造成全台最壯美之流褶皺、剪移褶皺、偃臥褶皺、包裹體、穿透體、串腸構造、透鏡體、崩移斷層等，集台灣各型褶皺之大成，亟待系統調查並登錄建檔、輯成教材。
若經費、時間許可，得視情況加入白沙橋、天祥等景點。
4. 資料搜集、地圖、空照圖判讀：資料含數位網路及書面二者。
5. 田野調查 3-8 次，由主持人和研究人員視需要靈活調配，並以任務相同、相互搭配為優先。
6. 戶外教學或交流活動：戶外教學可先在室內做簡要說明和儀表操作，然後再去田野體驗；儘量讓學生觀察、推理、測量、類比及分類，控制變因、分析及歸納等過程；並特別注重形成性評量，交流活動指教育處或太管處有類似科學性活動，本校師生樂意參與。
7. 田野調查資料建檔、登錄，並經篩選後，輯為教材並製作教學多媒體，儘量用深入淺出、圖文並茂、趣味化、生活化內容呈現。
8. 檢討會議：每四個月一次，時間、地點可靈活調配，掌握進度和效率。
9. 訪問、訪談區內資深人員，並納入教材。
10. 教材開發編輯完成，送請外審後定稿，輯成報告（書面、電子檔），分送教育主管單位及相關學術行政、學校等單位。

四、研究成果

(一) 太魯閣國家公園區位與自然環境概述

太魯閣國家公園座落於花蓮、臺中及南投三縣市之間，是台灣第四座成立的國家公園。其範圍以立霧溪峽谷、東西橫貫公路沿線及其外圍山區為主，全部面積共計九萬二千公頃。

太魯閣國家公園境內地勢高聳，大致由西部的中央山脈（脊樑山脈）主稜線向東傾斜，其間山巒起伏，二千公尺以上的山區面積約佔全境之半，其中有將近六分之一的面積為三千公尺以上的高峰所據。

境內河川以中央山脈為主要的分水嶺向東西奔流。東側是立霧溪流域，面積約佔整個國家公園的三分之二，主流貫穿公園中部，支流則由西方及北方來會。太魯閣國家公園涵蓋了劇烈造山運動隆起形成的變質岩區，園內峽谷深邃，地質、地形景觀豐富，極具特色。

本研究申請單位西寶國小位在西寶河階。比高約 350 公尺，原為大沙溪（陶塞溪）支流之沖積扇，後經切割而分為 4 塊，沿中部橫貫公路露出之礫石層，以次圓、次角的大礫為主，最大礫石的長徑約 1 公尺，一般為 20~30 公分，礫石岩性有黑色片岩、綠色片岩、大理岩與石英岩。

本研究選擇頗具特色又適合戶外教學的兩條步道：白楊步道與砂卡礑步道，設計為戶外教學路線。這兩條步道位在中央山脈東斜面，地質屬於台灣最老（2 億年）的地質構造單元：大南澳片岩的太魯閣帶。

(二) 白楊步道戶外教學路線設計及重點描述

本步道的地層，根據中央地質調查所出版的台灣地質圖大禹嶺圖幅的說明，屬大南澳片岩中的谷園片岩與天長大理岩。谷園片岩的年代為古生代晚期至中生代，岩性為千枚岩、雲母片岩、石英雲母片岩，其中並夾有若干礫岩、大理岩等之透鏡體。早期的研究將石英雲母片岩與千枚岩統稱為黑色片岩，石英雲母片岩因受過強烈的擠壓作用，經常可以看到小型的褶皺構造及水晶。天長大理岩的年代較為年輕，為中生代晚期至古新世，岩性為透鏡狀大理岩及石英岩（變質燧石）獨立岩體。

1. 步道口及第一隧道

在步道口可觀察立霧溪最大支流大沙溪繞著對岸的山嘴，呈一大曲流，因集水區有山崩，故雨後常水濁；滑走坡低緩，基蝕坡高陡，後者因而容易崩塌，有關單位乃於此段中橫公路築明隧道以防治。

第一隧道內的洞壁常見石藤、鐘乳石等小型石灰華地形，此為地下水下滲的途中，溶解大理岩，攜帶碳酸鈣，滲出隧道時，沉澱碳酸鈣所形成。

2. 瓦黑爾溪

走出第一隧道，迎面而來的是塔次基里溪（立霧溪上游段）支流瓦黑爾溪，第一隧道即穿過大沙溪與瓦黑爾溪之間的稜線，該稜線頂部有河階地形。

步道沿著瓦黑爾溪，出露礫石層，一顆顆頗圓的卵石，為河流長途搬運、滾動、

磨去稜角所成，其原本位在河床，今卻離河床高達 30 公尺，此為地盤抬升、河流下切的明證。礫石具有明顯的覆瓦構造，指示古代水流的方向與今日一致。

礫石層有的大小混雜，淘選不良，有的均一，淘選良好，顯示堆積當時水流的大小，前者水流大，後者水流小。礫石層堆積的年代較新，可能只有百千年，因此較為疏鬆，容易被雨水沖刷，惟有礫石保護其下方沙土處，則凸出如指，此為土指地形。

0.75K 處有一兩谷，由其鬆散混雜的大小角狀岩塊與沙土，顯示為土石流的堆積物；今設有蛇籠與防護網以防止土石流災害。

3. 觀景平台

1K 處的觀景平台，俯視瓦黑爾溪注入塔次基里溪附近有相當大的落差，造成瀑布，但因樹木遮掩，只聞轟隆的水聲。

第二隧道與第三隧道相隔約十餘公尺，地層不穩，有落石之虞，需小心快速通過。第三隧道內有石灰華地形。此地附近可欣賞塔次基里溪峽谷景觀之美。峽谷形成的主因是地盤的大量隆起或侵蝕基準的迅速降落，使河流發生劇烈的下切作用所致，其次因地層之抵抗侵蝕力很強，使河蝕專力進行下切，不行側切之故。此地地層為谷園片岩，較大理岩軟弱，因而形成 V 字形峽谷。

4. 大崩壁

進入第四隧道前不遠處 (1.5K) 有一片裸露的岩壁，地質以黑色片岩和綠色片岩為主，屬於斜交坡，岩層破碎不穩定，每遇大雨，上方岩石容易崩落，是步道全段較危險的路段，雖設有防護網，但通過此路段時仍要注意安全。

5. 白楊瀑布

白楊瀑布位於三棧溪注入塔次基里溪處，為太魯閣國家公園最大、最壯觀的瀑布。由於三棧溪的水量較小，侵蝕力遠小於塔次基里溪，河床較高而造成支流懸谷瀑布，又因地層中夾著 4 層大理岩硬岩，而使瀑布分為 4 段。太魯閣族人稱它為「達歐拉斯瀑布」，意思是斷崖瀑布。

隔著塔次基里溪對岸，瀑布下方有觀景平台，以吊橋銜接步道，在觀景平台上，可近距離感受白楊瀑布水從天上來的震撼，又可聽聞塔次基里溪小瀑布衝入深潭、激起白色水花所產生的巨響，還可觀賞鋸切峽谷、河蝕凹壁、河蝕洞等地形景緻。

6. 水簾洞

從白楊瀑布續向前行，穿過第 6、7 兩座隧道，約三百公尺就可到達水簾洞。第 7 隧道內的石藤、鐘乳石、球離晶等小型石灰華地形，造型多樣，是本步道石灰華地形最美者。

水簾洞是地下湧泉從隧道頂部傾洩而下，形成一幕水簾的特殊景觀。水簾洞主要因為進行立霧溪水力發電計畫時，於修築此段隧道不慎挖破含水層，於是地下水循著岩石裂隙流出。隧道內受到地下水強烈沖蝕的岩層有可能鬆動掉落，具潛在危險。隧道裡面也有石灰華地形。

	
<p>隧道內的石簾</p>	<p>步道沿途有八座隧道</p>
	
<p>白楊瀑布白練低垂</p>	<p>水簾洞水瀑體驗</p>

(三) 砂卡礑戶外教學路線設計及重點描述

砂卡礑步道的地層，根據中央地質調查所出版的台灣地質圖新城圖幅的說明，屬大南澳片岩的九曲大理岩，穿插接觸白楊片岩之透鏡體。年代均為晚古生代至中生代，九曲大理岩的岩性為層狀大理岩，在岩石外觀上常有灰色、白色或黑白相間的條紋，常見灰白色中夾碳質物集中處呈暗灰色條紋，形成清楚之葉理或紋理。九曲大理岩在野外因岩體堅硬，在地形上常形成峽谷及陡峭的崖壁。

1. 步道起點

砂卡礑步道入口位於砂卡礑隧道西洞口外，從入口循著迴旋梯直下即可到達步道起點。從這裡向南望去，可看到砂卡礑溪協合注入立霧溪中，就在步道對岸匯流口附近有兩段河階，那裡曾是太魯閣族人的部落所在，今第一階闢為停車場。砂卡礑溪流路短，水流湍急，但集水區的水土保持良好，水中含沙量少，因此無論平常或颱風豪雨之後，溪水都能保持清澈。匯流口附近可觀察到許多大大小小的溪石，大者為附近岩壁崩落後尚未能經過長距離的滾動，因此保留稜角的形貌；小者為經長途的滾動而呈次圓形，且相疊呈覆瓦狀，指示水流的方向。步道旁岩壁上的大理岩含緊密（尖頂）或剪移的褶皺。

2. 背斜與斷層

步道的路塹段，橫切一背斜與斷層，背斜向東南傾沒，其東北翼地層，水平層與直立層不連續，推測其間為一斷層。

3. 褶皺

從這裡仰頭上望，可以看到對岸裸露的山壁上有許多柔美的線條，像千層糕一般，層層分明地堆疊著，這種地質構造稱為「褶皺」。這些岩石遠在數百萬年以前，被深埋在超過十公里深的地底下，受到高溫與高壓作用，岩石呈半流體的塑性狀態，岩層彎曲時會產生流動，厚度發生變化，且相同成分的礦物會聚合在一起，形成層層顏色分明的現象。由於臺灣受到板塊運動劇烈的影響，地殼快速隆起，地底下的岩層被推擠上來，快速冷卻，再經溪水切割，於是美麗的大小褶皺就這樣出現了。這些褶皺包含背斜和向斜，可分為對稱、不對稱、倒轉、偃臥等類型。這片山壁除了褶皺之外，還可看到山壁上有許多凹凸不平的表面，這是砂卡礑溪的傑作，在溪水切割的過程中，水侵蝕岩層較鬆軟的部分，而留下較硬的部分所致。

若向國家公園管理處申請研習勘察活動，則可下到河床，近看各樣地景：美麗的褶皺，宛如敦煌飛天飄逸的舞衣；岩石形成的過程中，周圍較老的岩石碎塊掉入而被包裹或捕獲的包裹體（捕獲岩）；片岩中有黃鐵礦（俗稱愚人金），但大半已氧化成褐黑色之褐鐵礦。河邊有因雨水溶解大理岩所帶來的碳酸鈣成分，將沙石膠結成灘岩，灘岩含黃鐵礦沉積物。台灣的灘岩多分布海邊，如七星潭、南澳、墾丁南灣、澎湖吉貝嶼等地，但分布河邊者，此地為首見。此地左岸有灘岩將崩落的岩塊包圍，再經雨蝕而殘餘如鱗剝狀。

觀賞著河道中流水與覆瓦狀巨礫的對話，激起一圈圈向外擴大的漣漪、白色的水花與潺潺的水聲，大自然的奧秘可任我探索、解讀。

4. 斯維奇

距步道入口約 1.5 公里處的五間屋，舊名為「斯維奇」(Swiji)，太魯閣語「斯維奇」(Swiji)是指大型葉片的榕樹，包括稜果榕、幹花榕、雀榕、水同木等都是，由於此地榕樹族群數量相當多，因此太魯閣族人以「斯維奇」為地名。此處為平坦的河階地形，至今仍有太魯閣族人在此農耕，以種植山蘇等作物維生，過去因有五間房舍，故稱為「五間屋」。

5. 大水管

橫跨砂卡礑溪谷的綠色大水管，是立霧發電廠引立霧溪水發電的輸水管，水管下方的溪床開闊，形成 2-3 個平靜的大水潭，水色是翠綠或碧藍。

6. 攔砂壩

攔砂壩為放流式水壩，將砂卡礑溪水用全長 879 公尺的水道引至立霧發電廠，供發電機組冷卻及人員飲用。水量豐沛時，溢流水會順著溪谷流到下游；但水量較少時，溪水幾乎被水壩完全攔截，水壩下游則幾近枯竭。

7. 三間屋

砂卡礑步道盡頭是「三間屋」，這裡曾是太魯閣族人的聚落，因過去有三間屋舍而得名，但太魯閣族人卻稱這裡為「柏拉耀」(brayaw)，是「姑婆芋」的意思，這裡陰濕的環境，適合姑婆芋的生長，因而得名。



五、討論及建議（含遭遇之困難與解決方法）

1. 本研究可提供森林學校俟後研究發展與環境互動確立正面的方向。
2. 為太魯閣國家公園多年研發的著作中，添加白楊步道（隧道、瀑布）和砂卡礑祕境增加特殊地景的魅力，其成果可簡列為：
 - (1) 白楊步道：完成各主要隧道內 karst 地貌調查登錄，如滴石（石鐘乳、石筍、石柱）、流石（石莖、石藤、石簾）和緣石（石皿、石田）。各型瀑布之成因、類型、美質等，以補以往文獻之遺缺。
 - (2) 砂卡礑祕徑（步道），由兩溪交流處，往北經觀景台至五間屋之間，乃鋸切谷所在，也是中央山脈東翼板塊擠壓韌性變形（太魯閣相）的最佳舞台，高應力使沿途長春層形成之各型褶皺崩移斷層，石英脈串腸構造、牛眼構造、包裹體、穿透體…等，將活生生以嶄新面貌呈現。
 - (3) 本研究將建立西寶森林小學特殊教學資源網站，以利教育主管、觀光、學術及至普羅大眾參酌利用。