

行政院農委會林務局林業發展計畫 105 林發-07.1-保-87(5)

棲蘭山檜木林地質地地形文獻整理及 資源調查 (1/2)

A survey of Geological and Geomorphic Resources
of Chilan Mountain Cypress Forest (1/2)

計畫主持人：藍世欽 助理研究員

委託單位：行政院農業委員會林務局

研究單位：財團法人成大研究發展基金會
大地資源研究中心

中華民國一〇五年十二月

摘要

本計畫根據經濟部中央地質調查所現有資料，以及迄今中外研究文獻，針對棲蘭山檜木林所在的雪山山脈北段及其鄰近地區，整理出棲蘭山檜木林地質地地形文獻目錄，並總結出一份棲蘭山檜木林及其鄰近地區的地質地地形研究文獻回顧。

本計畫總期程為兩年，各年度計畫目標分別說明如下：

第一年度：

本年度計畫目標為研究區內地質及地形現有相關文獻之蒐集整理，工作重點說明如下：

1. 整理出本研究區內具代表性、特殊性的地形及地質景點。
2. 探討這些景點的地質、地形特性及背後所包含的地球科學意義，亦可視計畫需要進行研究區內之調查。
3. 依地形、地質景觀特性將本研究區棲蘭山檜木林區分成湖泊景觀、河流景觀、稜線景觀及地質景觀四大類。

第二年度：

第二年度之計畫目標為蒐集整理本研究區崩山生態相關之文獻及田野調查成果，確認本研究區內災害與資源的分佈情形。可作為日後經營管理參考，以及環境教育材料。工作重點說明如下：

1. 整理研究區內具代表性之崩塌地，並探討其崩塌類型及發生機制等特性。
2. 探討人為活動(如除林、道路開闢等)及自然（如河谷解壓、河流侵蝕等）等因素與研究區內山崩之相關性。
3. 蒐集整理研究區各項自然環境圖(地質分佈、地質災害區、落石或易崩塌區分佈等)。

目錄

目錄.....	1
第一章 前言	1
1.1 計畫緣起	1
1.2 計畫目的	1
第二章 研究區概述.....	3
2.1 地理位置及範圍.....	3
2.2 氣候	3
2.2.1 氣溫	4
2.2.2 降水	5
2.3 地質構造	7
2.3.1 地質分區與地體構造分區	7
2.3.2 研究區的地質	13
2.4 地形及水系	19
2.4.1 蘭陽溪流域	20
2.4.2 大漢溪流域	21
2.4.3 大漢溪與蘭陽溪河流地形之比較	25
第三章 工作成果	26
3.1 地質及地形現有相關文獻之蒐集整理.....	26
第四章 結論與討論.....	55
參考文獻.....	57

圖目錄

圖 2-1 臺灣山地氣候分區	4
圖 2-2 中央山脈西翼地質區	9
圖 2-3 上衝板岩帶之範圍	12
圖 2-4 研究區地質圖	14
圖 2-5 棲蘭附近的地質構造	18
圖 2-6 大漢溪流域地形剖面	24
圖 3-1 地形、地質景點調查流程.....	27
圖 3-2 廬山層清水湖段顯露於路基地下	36
圖 3-3 明池森林遊樂區入口處.....	41
圖 3-4 三光溪上游進行河道工程整治中	42
圖 3-5 明池森林遊樂區內部景觀之一	42
圖 3-6 悠揚音樂飄動於森林與湖泊美景之中	43
圖 3-7 蘭陽溪河床寬廣並且堆滿礫岩	44
圖 3-8 石頭溪沖積扇所形成河階因農業需求而進行整地.....	45
圖 3-9 四稜砂岩露頭	46
圖 3-10 四稜砂岩中泥質岩產狀與表本採樣位置	46
圖 3-11 西村層露頭外觀	47
圖 3-12 西村層露頭與沉積構造.....	48
圖 3-13 獨立山(左側)與蘭陽溪左岸之露頭岩層位態不一致	50
圖 3-14 獨立山之高角度位態露頭.....	50
圖 3-15 蘭陽溪對岸之水平位態露頭.....	51
圖 3-16 獨立山亦呈現環流丘的地形.....	51
圖 3-17 蘭陽溪左岸之崩塌地	52
圖 3-18 蘭陽溪與土場溪匯流現貌.....	53

圖 3-19 蘭陽溪左岸崩塌處	54
圖 3-20 廬山層仁澤段灰黑色硬頁岩近景	54

表目錄

表 2-5 臺灣地體構造單位	11
表 2-6 研究區內雪山山脈出露的地層	13
表 2-7 石門水庫集水區主支流流域面積統計	23
表 2-8 石門水庫集水區主、支流河床比降	24
表 2-9 大漢溪與蘭陽溪河流地形之比較	25
表 3-1 地形、地質景觀類型與景點名稱	40

第一章 前言

1.1 計畫緣起

本規劃案的最終目的，是完成棲蘭山檜木林世界遺產的申請書類 (nomination dossier)，該申請書必須說明遺產地的內容以及棲蘭山檜木林為何具有潛在傑出之普世價值(Outstanding Universal Value)等緣由，全文也必須保持清晰一致的目的、資訊論述和結論，並盡量完整呈現其保育現狀以及影響遺產地的因素。依「棲蘭山檜木林世界遺產諮詢委員會」建議，總體規劃可分為自然資源與環境史、生物資源、經營管理、人文歷史、環境教育和社區參與及國際合作交流六大工作事項。

本項細部計畫為根據自然資源與環境史項目，對於地景生態，特別是崩山生態部份之研究，主要研究內容為依據經濟部中央地質調查所現有資料，以及迄今中外研究文獻，針對棲蘭山檜木林所在的雪山山脈北段及其鄰近地區，整理出棲蘭山檜木林地質地形文獻目錄，並總結出一份棲蘭山檜木林及其鄰近地區的地質地形研究文獻回顧。

1.2 計畫目的

本項細部計畫，預期完成棲蘭山檜木林所在的雪山山脈北段及其鄰近地區地質地形文獻目錄以及研究回顧，提供地質圖、地質災害圖、地質地形景觀分佈圖，並且說明其環境內涵和地球科學意義。兩年計畫期程的計畫目標如下：

第一年度：

1. 完成中文版的地質與地形研究文獻整理與回顧。
2. 整理、確認具有代表性、特殊性的地質地形景點，製作地質地形景觀分佈圖，並說明這些景點的地質地形特性，以及地球科學意義。

3. 參與規劃團隊的聚落工作坊、田野實察、工作會議。
4. 參與王鑫老師主持的世界遺產研討會。

第二年度：

1. 完成英文版的地質與地形研究文獻整理與回顧。
2. 整理區內具有代表性之崩塌地，探討崩塌類型、發生機制，說明人為活動(除林、道路開闢等)，以及自然作用(河谷解壓、河流侵蝕等)，與崩塌的相關性。蒐集、整理、編輯地質圖，以及地質災害圖。
3. 協助團隊，舉辦國際研討會，參與討論世界山地森林遺產的保育。
4. 參與規劃團隊的聚落工作坊、田野實察、工作會議。

第二章 研究區概述

2.1 地理位置及範圍

本計畫之研究區除林務局原公告之「棲蘭野生動物重要棲息環境」外，還包含「鴛鴦湖自然保留區」(面積 374 公頃)，其中「棲蘭野生動物重要棲息環境」位於臺北、宜蘭、新竹、及桃園等四縣之行政交界處東起中橫宜蘭支線、西至新竹縣尖石鄉秀巒村的鎮西堡部落，北迄中央山脈稜線的唐穗山，南達大霸尖山北鄰的大漢溪源頭塔克金溪一帶，面積達 54,748 公頃，地理位置上居雪山山脈的北段區域，包括大漢溪和蘭陽溪的上游地區。而「鴛鴦湖自然保留區」位於大漢溪上游支流塔克金溪支流的源頭，地理位置分佈在新竹縣尖石鄉、桃園縣復興鄉及宜蘭縣大同鄉交界處(行政區域屬新竹縣尖石鄉)，約為北緯 24°35'，東經 121°24'附近，林政區域劃分上屬國有林事業區之大溪事業區 89~91 林班，面積為 374 公頃，正處於本研究區的中心所在位置。

2.2 氣候

戚啟勳(1969)曾選擇臺灣山地測站約 50 處，整理這些測站 10 年間(1956-1965)的氣象資料，並依據緯度與河谷朝向的差異，將臺灣的山地劃分成六個氣候分區(圖 2-1)，分別是：I 東北丘陵區，II 西北山區，III 中部西側山區，IV 西部西側山區，V 南部東側山區，VI 中部東側山區；並介紹各氣候分區內的氣候特徵。

本研究區位於蘭陽溪與大漢溪(大嵙崁溪)兩溪上游地區。依循上述的氣候分區，研究區正好橫跨「西北山區」與「中部東側山區」兩個氣候分區。而兩氣候分區的分界線，正是本研究區內呈現東北—西南走向的主要分水嶺(尖山 1852 公尺—稜山 1802 公尺—唐穗山 2090 公尺—東保津寒山 1963 公尺—島俱子 2346 公尺—眉有岩 2328

公尺—馬惱山 2580 公尺—邊吉巖山 2824 公尺)。因此本研究區的氣候狀況深受山脈走向所影響，西側屬於西北山區氣候區，而東側則屬於中部東側山區氣候區。



圖 2-1 臺灣山地氣候分區（戚啟勳，1969）

2.2.1 氣溫

臺灣山地地區的年平均溫度隨著海拔高度的增加而遞減，年均溫攝氏 20 度的等溫線大致與海拔高度 1000 公尺等高線相符合，攝氏 10 度的等溫線大致與海拔高度 2500 公尺等高線相符合，攝氏 5 度的等溫線大致與海拔高度 3000 公尺等高線相符合（戚啟勳，1983）。

(一)研究區西側的氣溫

在戚啟勳的氣候分區中，本研究區之西側屬於西北山區氣候區，東側屬於中部東側山區氣候區。西北山區氣候區一般在夏季時山區呈現多雲，溫度較低；冬季則冷空氣下注，低地反而較冷，山地則多雲霧。海拔高度 2000 公尺處，一月的平均溫度為攝氏 5 度，七月約為攝氏 16.5 度；海拔高度 1000 公尺處，一月約為攝氏 9 度，七月約為攝氏 22.5 度。

(二)研究區東側的氣溫

中部東側山區氣候區在海拔高度 2000 公尺處，一月月均溫約為攝氏 5.5 度，七月約為攝氏 17.5 度；海拔高度 1000 公尺處，一月為攝氏 9.5 度，七月約為攝氏 23.5 度；海拔高度 500 公尺處，一月為攝氏 11.5 度，七月約為攝氏 27 度。

2.2.2 降水

臺灣本島一年內雨量的變化不僅非常明顯，而且還能表現出冬夏季風的興衰交替，以及颱風雨控制的時期。山地雨量的變化深受盛行風和地形的影響。以下將研究區分為東西兩側，選擇位於研究區內或附近的水文測站，進一步瞭解研究區的降水特性。

(一)研究區西側的降水

本區屬於石門水庫上游集水區，集水區內已設立二十多個雨量觀測站。本研究以位於研究區附近的 8 處雨量測站，從各測站的觀測資料中瞭解本區的降水特性。各測站的基本資料與降水資料如**錯誤! 找不到參照來源。**。大致而言，本區雨季較短，大約始於五月，九月結束，九月後雨量銳減。較高山地的降水量以九月最多，大約在 500 公釐以上，深受颱風所影響

(二)研究區東側的降水

本區位於蘭陽溪中上游集水區，本研究選取了棲蘭、明池（池端）、留茂安、四季與南山等五個位於本區內或附近的雨量觀測站，從各測站的觀測資料中瞭解 本區的降水特性。

2.3 地質構造

2.3.1 地質分區與地體構造分區

(一)地質分區

臺灣地區大致可分為七個主要地質區、四個地質亞區(何春蓀, 1994), 分別是:

- I 澎湖群島(洪流式玄武岩)
- II 濱海平原(沖積層)
- III 西部麓山地質區(以新第三紀碎屑岩為主)
- IV 中央山脈西翼地質區(中新世至古第三紀硬頁岩及板岩系)
 - IVa 雪山山脈帶
 - IVb 脊樑山脈帶
- V 中央山脈東翼地質區(先第三紀變質雜岩)
 - Va 太魯閣帶
 - Vb 玉里帶
- VI 東部縱谷(縫合帶)
- VII 海岸山脈地質區(新第三紀火山岩及濁流式碎屑岩覆蓋的火山弧)

棲蘭山地區位於中央山脈西翼地質區內的雪山山脈帶北段(圖 2-1)。中央山脈西翼地質區的範圍北起台灣東北端的三貂角, 向南延伸到恆春半島的牡丹山以南, 全長約 350 公里, 最寬的部分達 50 公里(何春蓀, 1994)。本區大部分是由經過變硬或變質的第三紀巨厚泥質沈積岩所組成, 包括深灰或灰黑色劈理良好的硬頁岩(argillite)、板岩(slate)以及千枚岩(phyllite)。本區西部以硬頁岩為主向東逐漸變為板岩或千枚岩, 顯示本區的變質度由從西界向東邊的先第三紀基盤或中央山脈的核心地帶逐漸增強。

在巨厚的輕度變質岩中常出現白色和灰色的砂岩。砂岩常呈現厚塊狀, 通常夾有薄層或不規則凸鏡狀的石墨質煤或炭質頁岩, 有

時和灰黑色的硬頁岩與板岩互層，在大比例尺的地質圖上呈現犬牙相錯之狀。

根據岩石與地層的特性，以及地理區位的分布，中央山脈西翼地質區可分成「雪山山脈帶」與「脊樑山脈帶」兩個岩石構造亞帶。雪山山脈帶以位於本帶中央的雪山（3886 公尺）為名。本帶長約 200 公里，平均寬度為 20—25 公里，涵蓋範圍北起東北角海岸的福隆，向南延伸經過烏來、雪山、埔里、日月潭地區，到達玉山山脈南側的荖濃溪上游為止。本帶西側以屈尺斷層與西部麓山地質區分隔，東側以梨山斷層與脊樑山脈帶相隔。

雪山山脈帶的岩層主要以深灰色的硬頁岩和板岩為主，並具有炭質岩層、厚層白色石英岩質砂岩與薄層凸鏡狀的煤層。本帶幾乎沒有石灰岩質凸鏡體，礫岩也很少發現，火山碎屑岩則在本帶的北部和中部發現較多。

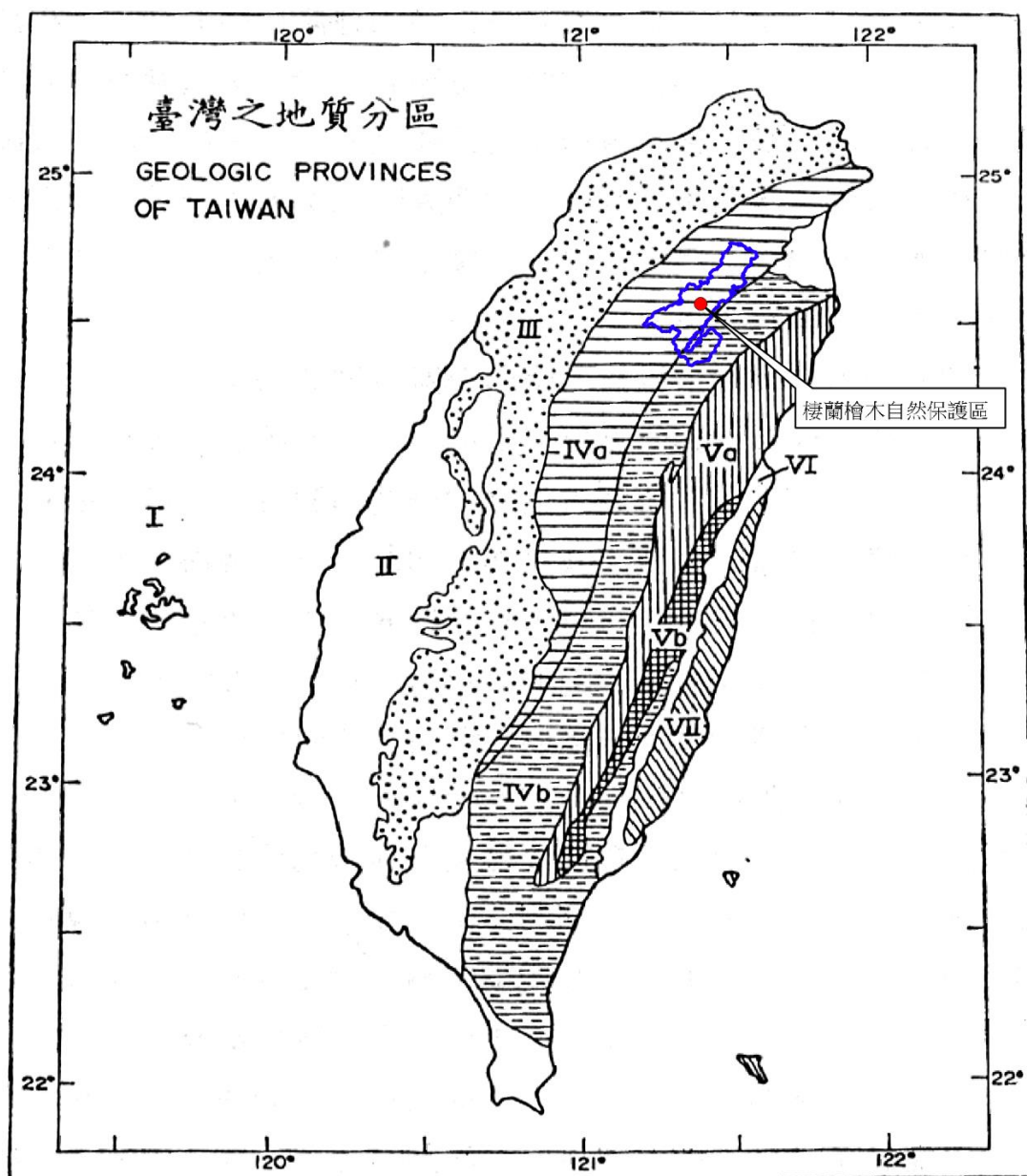


圖 2-2 中央山脈西翼地質區 (何春孫，1994)

(二)地體構造分區

地體構造是指一地區受地殼變動後所呈現的構造單位或岩石單位。藉由不同的構造單位，我們可以瞭解地殼現在的結構，或過去演變的歷史。地球科學家採用不同的模式來解釋區域地體構造的演育，並劃分出不同的地體構造單元。

地槽學說與板塊構造學說先後影響了台灣地體構造演化的研究。在民國 56 年以前，十分流行地槽學說，許多國家，包括台灣，出版的地體構造圖都是依據地槽模式推演而成。但從民國 56 年以後，由於海洋學和地球物理學研究的突破，得到大量有關地殼運動的資料，進而形成了板塊構造學說，成為另一種地體構造模式，用以解釋地殼運動的作用力。

使用地槽或板塊構造學說來解釋地體構造的演化，一直是學術界爭論的議題。目前國內的學者融合了地槽學說與板塊構造學說，藉此說明台灣的特殊地質情況和重要的構造特徵，並劃分台灣主要的構造單元與單位。所持的理由是「台灣位於歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊聚合的邊界上，因之應重視板塊運動所造成的構造，並以板塊構造學說來做本區地體構造的分析。但台灣地方太小，倘全用此說來討論當地構造，只能分出極少數構造單位，似乎過於簡單。相反的，台灣在地體構造上是一個造山褶皺帶，用褶皺帶的區劃來處理島上不同而複雜的構造應更實用。」（何春蓀，1982）

臺灣地體構造可分為東西兩個主要分區，兩區中間的狹長斷層谷地是主要的分隔界線。西區在地槽模式中稱為前陸褶皺衝斷帶，在板塊構造模式中稱為歐亞

大陸板塊的大陸邊緣；本區可以細分成 9 個二級構造單位。東區在地槽模式中稱為優等地槽褶皺衝斷帶，在板塊構造模式中稱為

菲律賓海板塊的前導邊緣；本區則可細分為 3 個二級構造單位（何春蓀，1982）。各級構造單位如表 2-1。

表 2-1 臺灣地體構造單位（何春蓀，1982）

西區	
W9	第四紀蓋層 a 台地礫石層及現代沖積層 b 更新世洪流式玄武岩
W8	更新世安山岩
W7	外緣褶皺衝斷帶
W6	內緣褶皺衝斷帶
W5	山間槽谷
W4	上新更新世混同層及更新世沈積物
W3	上衝板岩帶
W2	褶皺衝斷帶的變質基盤 a 超基性岩 b 酸性深成岩、片麻岩及混合岩 c 片岩及大理岩
W1	分開東西地體構造區的構造縱谷
東區	
E3	上新更新世蛇綠岩混同層
E2	海岸山脈褶皺衝斷帶
E1	中新世及更新的安山岩

上衝板岩帶（W3）是前陸褶皺衝斷帶最東側的一個構造單位，涵蓋的範圍以中央山脈山脊與其西翼斜面為主，由厚層的第三紀海相泥質沈積物構成（圖 2-2）。經過上新更新世的造山運動及區域變質作用後，這些泥質岩層大多變成硬頁岩、板岩及千枚岩，變質度由西向東逐漸增強。

本帶與西部麓山褶皺衝斷帶以一條主要的上衝斷層為界。此界限斷層通常在北部稱為屈尺斷層，在中部改稱為水長流斷層，在南部又稱為荖濃溪斷層。而梨山斷層則是將本帶分成雪山山脈與中央山脈主脊兩個次要構造單元的界線斷層。梨山斷層向南延伸逐漸與本帶西界的界限斷層在台灣南部六龜以北合而為一。位於這兩條界

限斷層之間的地體構造單元就是雪山山脈上衝斷塊。而本研究區便是位於此上衝斷塊的北部地區。

雪山山脈上衝斷塊，寬約 20 至 25 公里，其岩性特點是具有分布廣泛且富有石英和炭質的厚層砂岩，但幾乎不見其夾有石灰岩。此外，礫岩和火山碎屑岩在北部和中部發育比較良好。雪山山脈上衝斷塊北部及西部的岩層僅受到輕度硬化，且劈理不甚完美，因此可以判斷出一些寬廣的平行背斜與向斜構造，軸面走向大致為北 25 至 30 度東，傾斜頗陡（詹新甫，1971）。

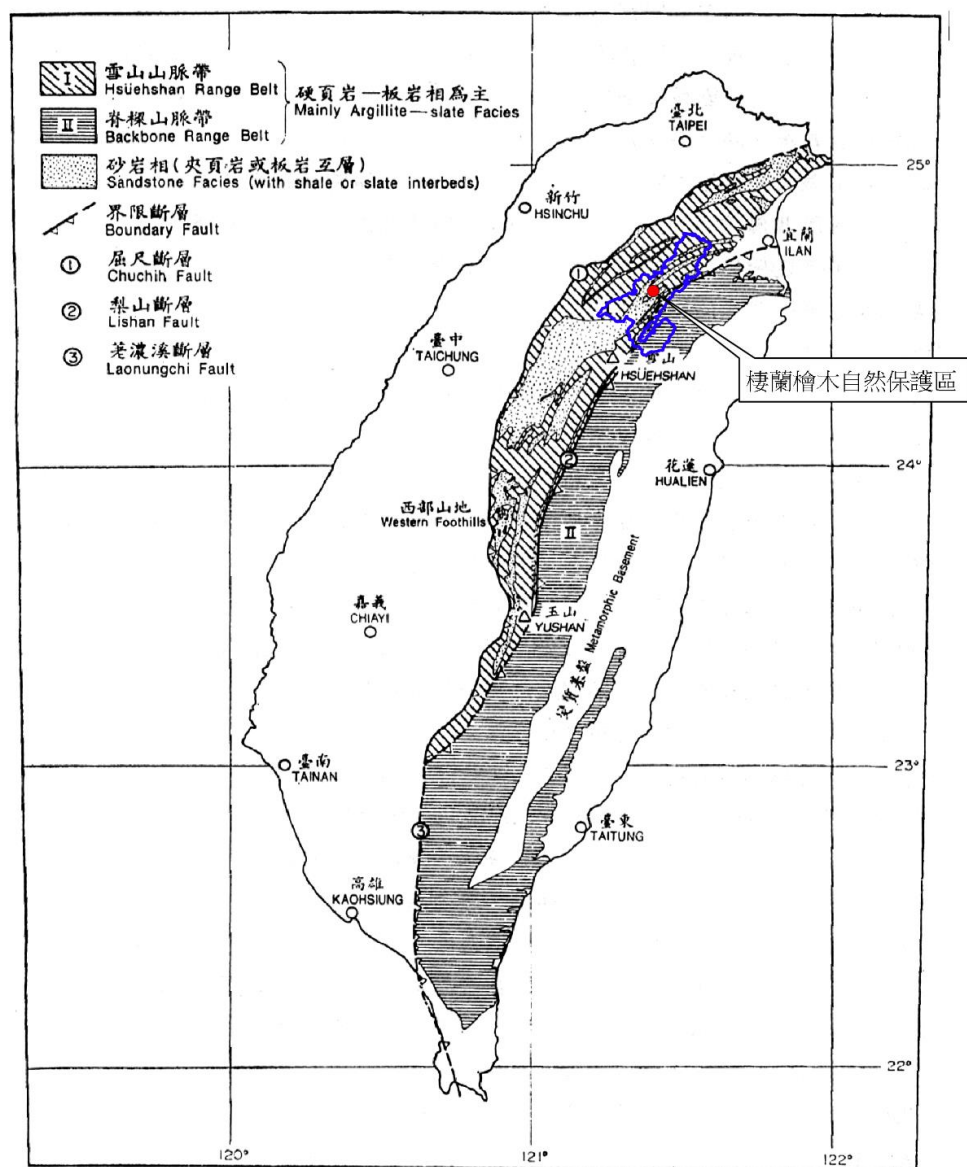


圖 2-3 上衝板岩帶之範圍（何春蓀，1982）

2.3.2 研究區的地質

(一)地層概述

中央山脈西翼地質區又可細分成雪山山脈帶和脊樑山脈帶，即蘭陽溪中、上游河谷以西的雪山山脈東翼，以及蘭陽溪河谷以東的部分山地。本區地層分類及對比如表 2-2。棲蘭山地區即位於蘭陽溪中、上游河谷以西的雪山山脈東翼地區，附近出露的地層包括西村層、四稜砂岩、乾溝層、大桶山層等，都屬於輕度變質的砂、頁岩層。由於經過變硬、變堅作用，因此頁岩層有時候被稱為硬頁岩。始新世至中新世的輕度變質岩包括深灰色硬頁岩、灰色砂岩、白色砂岩、板岩及千枚岩。更新世及全新世的沈積物分布在主要河流兩側、山麓及海岸。研究區的地質分布情形如圖 2-4 所示。

表 2-2 研究區內雪山山脈出露的地層

地質年代	雪山山脈帶北部
中新世	
漸新世	大桶山層（含粗窟砂岩） 乾溝層 四稜砂岩
漸新—始新世	西村層
古生代晚期—中生代	

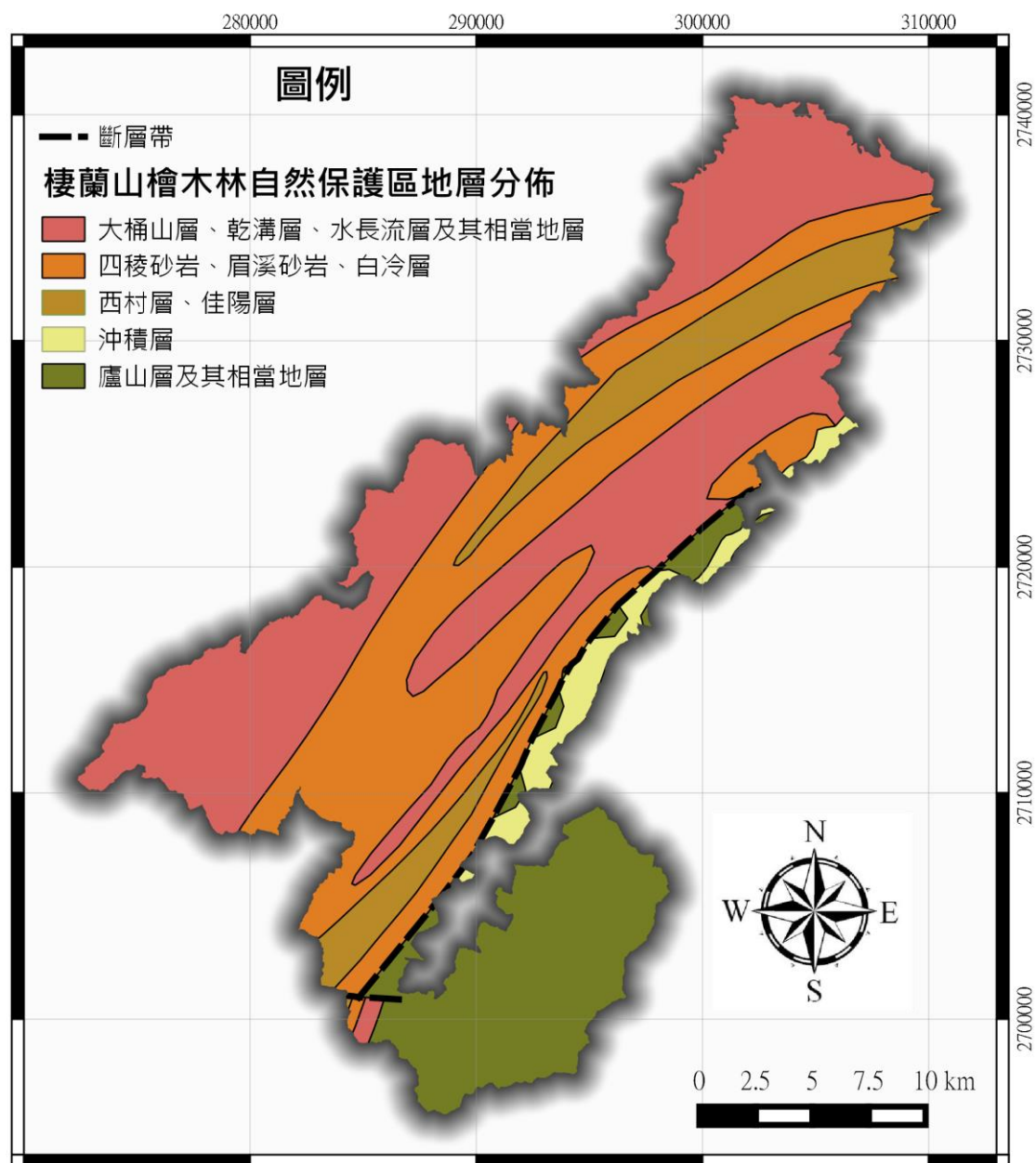


圖 2-4 研究區地質圖

(經濟部中央地質調查所五十萬分之一地質圖 2000 年版)

茲將蘭陽溪河谷西北區屬於雪山山脈東翼的地層，簡述如下：

1. 廬山層及其相當地層

廬山層主要以板岩與硬頁岩為主，由下而上可細分成古魯段、清水湖段與仁澤段（曾長生，1978）。研究區內出露的岩層主要是仁澤段，其標準地出露於土場溪下游的仁澤溫泉，岩性以淺灰色或灰色的硬頁岩，以及硬頁岩與薄層變質砂岩的互層為主。由有孔蟲化石推測本段的年代可能為中新世中期。

2. 西村層

西村層是雪山山脈帶北部出露的最老岩層，由葉理發達的深灰色板岩和千枚岩質板岩所構成，夾有暗灰色、中粗粒、堅硬的石英砂岩互層，這種互層尤其常見於本層的較下部。西村層的主要露頭形成一條狹帶，從它的標準地點北橫公路台中縣和宜蘭縣交界附近的西村向東北延伸到靠近宜蘭平原的員山附近。在少數早期的報告中，將西村層的下部稱之為中嶺層，但是在小比例尺的地質圖上實在無此必要，因為兩層的岩性很是相似。在標準地點背斜中心部分出露的西村層，厚度可以達到六百公尺，但是下部並沒有完全出露。由於沒有發現可資定年的化石，西村層的時代尚不能確定。因為認為它是整合在漸新世的四稜砂岩的下面，所以它的時代被推定為漸新世至始新世，但是準確的時代還須留待更多的古生物或其他定年資料得到後方能知道。西村層在岩性和地層層位上被認為可以和雪山山脈帶中部的佳陽層相當。

3. 四稜砂岩

四稜砂岩是一個很重要的岩性層準，根據本砂岩的出現，可以將雪山山脈帶中出露的硬頁岩和板岩系分為若干製圖單位。其標準地點在北部橫貫公路上的四稜，屬桃園縣。本層的特徵就是以厚層

淺灰色到灰白色石英岩質砂岩或石英岩為主，夾有暗灰色硬頁岩或板岩，砂岩混有炭質頁岩時常呈現暗灰的色調。

四稜砂岩主要出露於臺灣的北部和東北部，最北分布在雪山山脈帶中的北勢溪及南勢溪與大漢溪的河谷中，都成小規模的露頭。在北宜公路的東段和北部橫貫公路上有分布較長的四稜砂岩露頭，零星分布的四稜砂岩也見於宜蘭平原西邊山地的頭城、礁溪、和員山一帶。南延到臺灣的中部，四稜砂岩的地層名字就為白冷層所取代；到了雪山山脈帶的東部，四稜砂岩的名稱又為眉溪砂岩取代，這都要在以後加以討論。四稜砂岩中的石英岩質砂岩通常不含可以鑑定的化石，只有其中的板岩質頁岩曾有一些時代不能十分確定的貝類和有孔蟲化石，尤其在其頂部較多，其他四稜砂岩中所發現化石的報導仍舊缺少可靠的證實，因之有關四稜砂岩的時代問題仍待研討。目前根據層序上的推定，暫時將四稜砂岩列入漸新世下部。

4. 乾溝層

雪山山脈帶中，位於四稜砂岩以上的變質泥質沈積物被分為兩個地層單位；上層為大桶山層，下層為乾溝層。乾溝層以受了變堅作用成為硬頁岩或是受了變質作用成為板岩的黑色到深灰色頁岩質沈積物為主。硬頁岩和板岩相當致密，通常形成陡壁。

5. 眉溪砂岩

眉溪砂岩主要由層理明顯、細粒至粗粒的灰色厚層變質砂岩為主，偶爾出露砂岩與黑色硬頁岩的互層，主要分布在雪山山脈帶的東緣，自宜蘭縣的牛鬥、土場一帶沿蘭陽溪向南延伸至霧社附近的人止關，直達秀姑巒山西側的孫海林道上，全長約一百多公里。雖然眉溪砂岩的層位、年代與雪山山脈北段的四稜砂岩相當，但岩性、岩層位態仍有不同，因此在野外仍可分辨兩者之差異。

(二)地質構造概述

雪山山脈帶的區域構造呈現東北—西南走向，北側地質區內主要的地質構造為錦屏山向斜和西村背斜，褶皺軸往南傾沒；而南側地質區則以一大複背斜為主，褶皺軸向北傾沒（圖 2-5）。因此褶皺作用可能有兩期，第一期先形成東北—西南走向的褶皺軸，第二期再形成褶皺軸褶曲，而呈現蛋盒形構造圖樣（黃艦水、林偉雄，1999）。

棲蘭山地區附近以牛鬥斷層、四圍山斷層、梵梵溪斷層與西村背斜、錦屏山向斜為主要的地質構造（林啟文、楊昭男，1999）（圖 2-4）。牛鬥斷層大致呈北偏東 38 度至北偏東 45 度之間，斷層西北側出露四稜砂岩與乾溝層，斷層東南側出露留茂安砂岩與廬山層清水湖段。根據斷層兩側的地層分布、褶皺延伸方向及褶皺軸的特性研判本斷層是一左滑斷層。而右移的四圍山斷層與左移的梵梵溪斷層則是本區持續受到構造應力所產生的共軛平滑斷層（conjugate faults）。

本區附近以寬廣的褶皺為主，兩翼夾角寬緩，如西村背斜與錦屏山向斜；局部褶皺呈現尖頂褶皺（chevron fold），兩翼夾角緊密。受到岩性的控制及斷層的影響，褶皺最大波長的分布可從數十公尺到十多公里。褶皺軸大多為東北—西南走向，褶皺軸面除了少數成鉛直位態外，大多呈現高角度向東南傾斜，其伸向（vergence）指向西北。

本區的岩層中普遍發育次生葉理，包括無前理劈理（disjunctive cleavage）、鉛筆狀劈理（pencil cleavage）與板劈理（slaty cleavage）。劈理面大多呈現一組東北—西南走向，顯示劈理受同時期的應變場（strain field）或壓扁作用（flattening）所形成（林啟文、楊昭男，1999）。

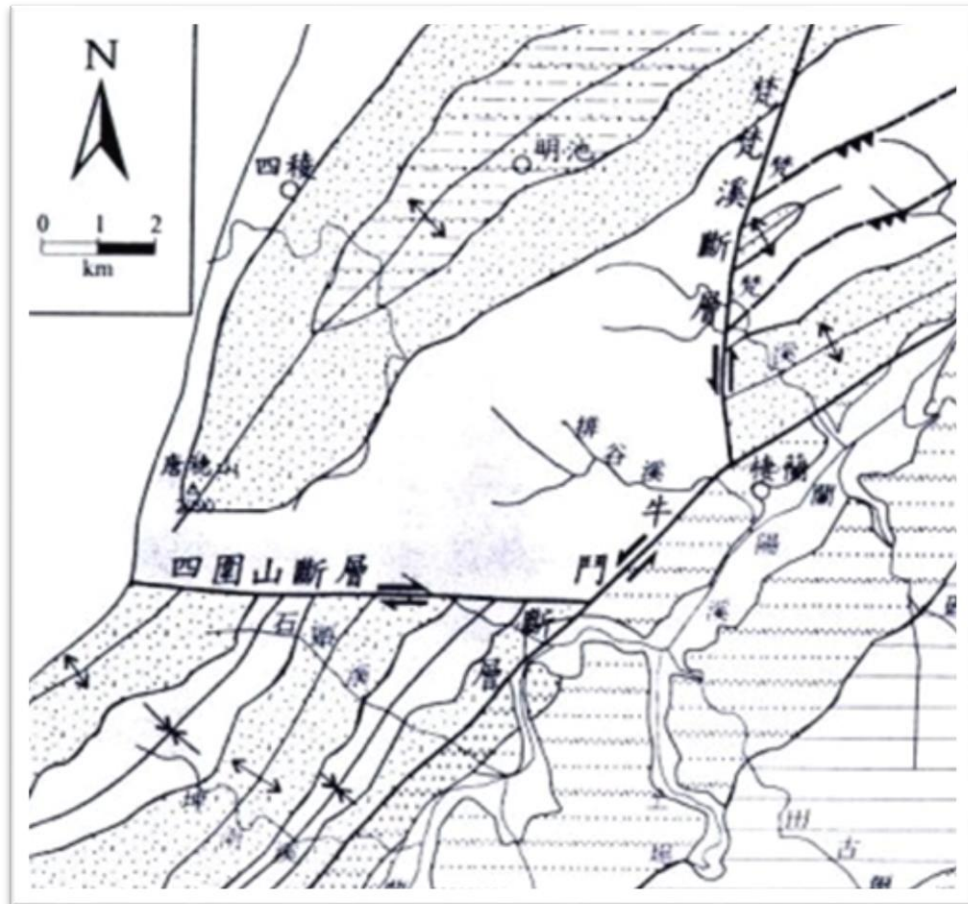


圖 2-5 棲蘭附近的地質構造（林啟文、楊昭男，1999）

2.4 地形及水系

雪山山脈主稜線將研究區分為東翼的蘭陽溪上游地區與西翼的大漢溪上游山地。其中，東翼山地由北而南，可分為梵梵溪集水區（位於北部橫貫公路以北）、排谷溪（棲蘭附近匯入蘭陽溪）、石頭溪（加蘭灣匯入蘭陽溪）、埤南溪（留茂安北方匯入蘭陽溪）等，在埤南溪南方約一公里另有一條支流，再向南即達思源啞口。這些溪流都源自雪山山脈主稜線，並匯入蘭陽溪。在地圖上，從稜線到蘭陽溪溪床的直線距離都不超過五公里。

雪山主稜線上山峰的高度由北而南分別是：

巴伯庫魯山（2101 公尺）

梵梵山（1713 公尺）

烏山（1626 公尺）

唐穗山（2090 公尺）

東保津寒山（1963 公尺）

馬惱山（2580 公尺）

邊吉巖山（2824 公尺）

留茂安附近，溪床高度約在 400—500 公尺之間。雪山主稜線在唐穗山（2090 公尺）南方約一公里處，向西延伸出稜線，並再折向北，至巴陵、三光附近。主稜線上的山峰有西丘斯山（2427 公尺）、雪白山（2444 公尺）等。三叉形的稜線構成桃園縣復興鄉、新竹縣與宜蘭縣大同鄉的邊界。

雪山山脈主稜線西側，由北而南則有塔曼溪（在巴陵東方附近匯入三光溪）、三光溪（在巴陵附近匯入大漢溪）、鴛鴦溪（匯入泰崗溪）、塔克金溪（即泰崗溪上游）等集水區。

鴛鴦溪上源之一即鴛鴦湖。鴛鴦湖向西流與塔克金溪會合後，即為泰崗溪，再向西即至司馬庫斯及鎮西堡附近。

2.4.1 蘭陽溪流域

(一) 蘭陽溪河流地形概述

蘭陽溪貫流於在雪山山脈與中央脊樑山脈之間，從蘭陽溪源頭—思源埡口，沿著中橫公路北支線下行，溪流在牛鬥附近流出出溪谷後，經宜蘭與羅東之間注入海域。全長約 66 公里，是宜蘭地區第一大河。蘭陽溪發源於思源土亞口附近，源頭分水嶺上的高峰包括喀拉業山（3132 公尺）、多加屯山（2793 公尺）、南湖北山（3539 公尺）等。由源頭向東北流，蘭陽溪上游匯入的支流包括馬當溪、逸久溪、米磨登溪、賓谷富溪、夫布爾溪、四重溪、加那富溪、多望溪、田古爾溪、瑪崙溪、梵梵溪、清水溪等，都是流路短、坡度陡的小溪谷。

蘭陽溪中、上游河床走向呈直線，與臺灣本島的長軸平行。由於上游地區降雨強大，地形陡峻，因此溪流的侵蝕力量旺盛，主流河床上有大量的砂石堆積。主流河床有著深厚的沖積層，而且兩岸之間少有基盤岩層出露，顯示著旺盛的堆積作用。小支流匯入主流的溪口附近，常發育著低平的沖積扇。蘭陽溪進入蘭陽平原之後，起初是礫石組成的沖積扇平原，越向下游，沖積物的顆粒大小逐漸降低，然後轉變成細沙。

蘭陽溪的特徵是盛行堆積；相對地，下游的侵蝕作用並不顯著。上述證據，加上蘭陽溪中上游的高山背景，指示區域性的地質環境是個下陷的地塊。這些現象進一步證明蘭陽平原、蘭陽溪中上游溪谷和沖繩海槽之間的相關性。

(二) 雪山山脈

雪山山脈分布在臺灣本島的北部，呈東北到西南的走向，北起三貂角，向南延伸到濁水溪岸，全長約 180 公里，寬度約 28 公里。雪山山脈主峰高達 3886 公尺，是臺灣本島第二高峰。雪山山脈中高度超過三千公尺以上的著名山峰，包括喀拉業山、桃山、池有山、品田山、大霸尖山、雪山、火石山、大雪山、佳陽山、白狗大山等。

雪山山脈是大漢溪流域和蘭陽溪流域主要的分水嶺。這條向東北方延伸的主要分水嶺同時也是台北縣、桃園縣、新竹縣與宜蘭縣的縣界。縣界上（也是主要的分水嶺）的山峰包括灣坑頭山（617 公尺，大里附近）、鶯子嶺（942 公尺，北關附近）、金面山、大礁溪山（1161 公尺）、阿玉山（1419 公尺）、紅柴山（1138 公尺）、拳頭母山（1550 公尺）、棲蘭山（巴博庫魯山，2101 公尺）、烏山（1625 公尺）、唐穗山（2089 公尺）、喀拉業山（3132 公尺）、羅葉尾山（2715 公尺）等。

雪山山脈的東西兩翼毫不對稱，東翼遠較西翼陡峻，因此北部橫貫公路翻越分水嶺下降至蘭陽溪河谷的這一段路程不僅坡陡而且十分彎曲。除此之外，雪山山脈東翼上的溪流也普遍地短小陡急。從最北端到最南端，都是平行的小溪谷。

2.4.2 大漢溪流域

大漢溪（舊名大嵙崁溪）上游發源於雪山山脈北段，在石門東側的流向是由東向西，河谷橫切山脈，形成橫谷地形；山脈延伸的方向與岩層的走向平行，大致為北偏東 70 到 80 度，山峰的高度由東南向西北逐漸降低。河谷在石門始出山地，並右折北行，穿過桃園台地的東緣，流入臺灣海峽。

白石溪（舊名薩克雅尖溪）與泰崗溪（舊名塔克金溪）是大漢溪最上游的兩個源頭，分別發源於雪山山脈北段的大霸尖山（3573

公尺)、品田山(3529 公尺)和池有山(3301 公尺)諸峰之北麓，向北奔流，在秀巒附近匯流成玉峰溪(舊名馬里闊丸溪)，再流至玉峰，於巴陵附近東納發源於明池(舊名池端，1141 公尺)、唐穗山(2090 公尺)與西丘斯山(2427 公尺)的三光溪(舊名高干溪)之後，開始稱為大漢溪。此後溪水蜿蜒北流抵達羅浮附近，凡此直線距離約 14 公里之間，河谷呈現深切的峽谷，稱為高坡峽谷部。羅浮以下，開始進入石門水庫的範圍內，由此直到石門水庫壩址為止，有眾多的河階面，在地形上稱為角板山河階群。

大漢溪上游地區(玉峰溪與三光溪合流以上)在地質上屬於雪山山脈帶，以硬頁岩與板岩為主，板狀的石英砂岩亦十分發達，其中四稜砂岩更號稱東亞最堅硬的砂岩。由於本區大致位於地盤上升軸附近，地盤不斷地隆起，使得大漢溪上游地區層巒疊嶂，山勢巍峨。河道穿行於群山之中，大多呈現成育嵌入曲流的狀態。深峽險谷，水流湍急，景色優美，是本區地形的特色(圖 4-3)。在上游分水嶺附近可發現兩處深邃的湖澤，分別是位於北部橫貫公路途中的明池，以及鴛鴦溪上游源頭的鴛鴦湖。其中，後者依文化資產保存法已劃定為鴛鴦湖自然保留區，主要是為了保護山地湖泊生態系，以及紅檜、東亞黑三稜等稀有植物。

大漢溪一般以泰崗溪為其源頭，發源於品田山北麓約 3220 公尺處，距離石門水庫壩址的流路長約 111.3 公里。從主、支流域面積統計資料(表 2-3)可知，大漢溪上游(即玉峰溪與三光溪匯流點以上河段)集水區面積可達 507.53 平方公里，約佔石門水庫上游集水區面積的 2/3 左右。

從大漢溪主、支流河流剖面來看，除了大漢溪中游較為平緩外，其餘河段的河床比降均大(表 2-4)。上游河段如泰崗溪河床比降為

1/4，鎮西堡溪比降為 1/5，鴛鴦溪比降為 1/8，河床十分陡峻；而白石溪與三光溪的河床比降則較緩，分別是 1/16 和 1/20。由於研究區大致分布在泰崗溪、鴛鴦溪與三光溪上游地區，河流的等級大多為一級河～三級河，可知研究區內的河床呈現坡陡流急的情況，而河流的侵蝕情況應十分嚴重。

表 2-3 石門水庫集水區主支流流域面積統計（石再添等，1980）

流 域	面積 (Km ²)	累加面積 (Km ²)
泰崗溪 (源頭至鴛鴦溪口)	95.48	95.48
鴛鴦溪	38.08	133.56
↓ 支流區間	9.54	143.10
鎮西堡溪	18.36	161.48
↓ 支流區間	6.05	167.53
雪白溪	13.90	181.43
↓ 支流區間	15.61	197.04
白石溪	122.68	319.72
↓ 支流區間	32.86	352.58
馬里闊丸溪	10.88	363.46
↓ 支流區間	3.89	367.35
三光溪	107.40	507.53
↓ 支流區間	19.18	526.71
寶里苦溪	13.47	561.38
↓ 支流區間	6.23	567.61
榮華溪	13.01	580.62
↓ 支流區間	0.31	580.93
西布喬溪	24.32	605.25
↓ 支流區間	26.69	631.50
義盛溪	19.56	651.50
↓ 支流區間	4.12	655.62
雲霞溪	24.20	679.80
↓ 支流區間	12.80	692.62
奎輝溪	12.24	704.86
↓ 支流區間	8.44	713.30
枕頭溪	10.45	723.75
↓ 支流區間	7.20	730.95
高遠溪	12.05	743.00
石門壩	20.10	763.10

表 2-4 石門水庫集水區主、支流河床比降 (石再添等, 1980)

河 段	河距（公里）	落差（公尺）	比降
大漢溪（源頭至石門壩）	111.3	2970	1/37
（源頭至喀拉業山西麓	6.2	1210	1/5
（喀拉業山西麓至秀巒	38.8	1180	1/33
（秀巒至三光溪合流	23.9	290	1/82
（三光溪合流至羅浮	25.5	270	1/94
（羅浮至石門壩）	16.9	20	1/845
白石溪	36.0	2280	1/16
鴛鴦溪	9.0	1070	1/8
鎮西堡溪	6.5	1360	1/5
三光溪	27.6	1390	1/20
馬里闊丸溪	6.3	1430	1/4
拉拉溪	13.2	1200	1/11
寶里苦溪	7.2	1360	1/5
西布喬溪	13.1	1470	1/9
榮華溪	5.9	1300	1/5
義盛溪	9.2	1240	1/7
雲霞溪	8.7	850	1/10
奎輝溪	5.6	1050	1/5
高遶溪	6.9	940	1/7



圖 2-6 大漢溪流域地形剖面（石再添等，1980）

2.4.3 大漢溪與蘭陽溪河流地形之比較

大漢溪與蘭陽溪兩流域範圍內，其地形表現特性差異甚大，主要是受到地盤升降之影響所致。

大漢溪與蘭陽溪發育於臺灣北部幅度約僅五十公里之地區內，其河流之地形表現絕然不同，其間之差異比較列於表 2-5 中。

兩流域唯一相同之處在於其下游地區皆有深厚廣泛的堆積物。大漢溪下游在大溪、龍潭、桃園一帶的沖積層分布至為廣泛，而蘭陽溪下游的沖積層亦頗為發達，且形成蘭陽三角洲平原。雖然如此，但實際上，即兩者有不同之成因，不可相提並論。蓋前者為上游侵蝕成果，早年河流至此而盛行堆積；後者則係整個中下游河谷都呈堆積作用，且堆積物皆由附近支流所供應。此點亦為上述溪流特性差異之處。

表 2-5 大漢溪與蘭陽溪河流地形之比較

河谷形態	大漢溪	蘭陽溪
階地	多級階地發達	階地甚少
曲流	切入曲流眾多	河谷平直
河谷	峽谷	廣闊河谷
沖積扇	支流溪口少有沖積扇	支流溪口多有沖積扇
支流	支流發達	支流少且短促
河床	河床基岩出現	河床沖積物深厚
河流類別	順向河	後成河
河流特性	侵蝕	堆積

(資料來源：徐鐵良、李建堂，1985)

第三章 工作成果

3.1 地質及地形現有相關文獻之蒐集整理

本研究以棲蘭山檜木林所在的雪山山脈北段及其鄰近地區為研究範圍，根據經濟部中央地質調查所現有資料，以及迄今中外研究文獻，整理出棲蘭山檜木林地質地形文獻目錄，並總結出一份棲蘭山檜木林及其鄰近地區的地質地形研究文獻回顧。地景生態，特別是崩山生態，在這一地區十分普遍。

本年度計畫目標為研究區內地質及地形現有相關文獻之蒐集整理，工作重點說明如下：

1. 整理出本研究區內具代表性、特殊性的地形及地質景點。
2. 探討這些景點的地質、地形特性及背後所包含的地球科學意義，亦可視計畫需要進行研究區內之調查。
3. 依地形、地質景觀特性將本研究區棲蘭山檜木林區分成湖泊景觀、河流景觀、稜線景觀及地質景觀四大類。

本研究的地形、地質景觀調查主要是沿著道路進行路線的景觀調查工作，因此主要的調查區域以研究區的北部和東部為主。各項工作現階段規劃內容概述如後。

一、地形、地質景點調查流程

本調查記錄研究區內具代表性、特殊性的地形、地質景點，藉此瞭解研究區的地形與地質特性，以及它們背後所包含的地球科學意義。景點調查的流程如所示：

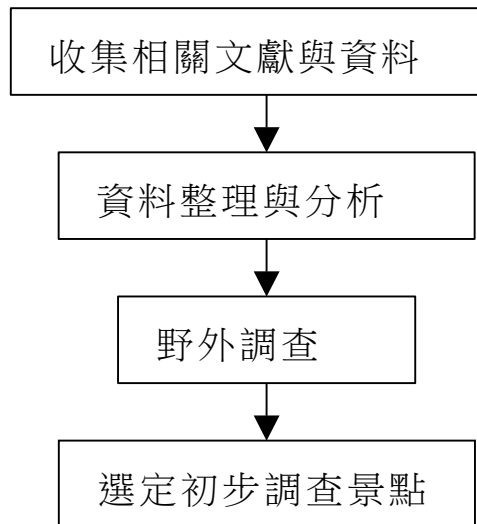


圖 3-1 地形、地質景點調查流程

二、研究區的地質文獻蒐集整理

本區域的地層大致可以分成兩個部分，分別是雪山山脈之西村層、四稜砂岩、以及巴陵層；以及中央山脈西斜面之留茂安砂岩與廬山層。各別地層描述順序，本計畫優先討論雪山山脈區，接著討論中央山脈西斜面區域；個別區域內以目前學界所鑑定並普遍承認之沉積年代由老至新依序說明。

地層簡介之後，緊接著介紹地質構造，依序介紹本計畫範圍內之褶皺與斷層等構造。

(一) 西村層

1. 命名：大江二郎(1931)。
2. 分布及延伸：北部橫貫公路(台七線)西村至明池一帶，以及 130 號林道附近。
3. 標準露頭：北部橫貫公路西村附近。
4. 岩性特徵：以細粒或中粒變質砂岩偶夾薄層硬頁岩或板岩為主；砂岩為塊狀或層狀，膠結堅實。在較南側之 130 號林道附近出露之西村層，以灰黑色至灰色細至中粒變質砂岩夾黑灰色硬頁岩所組成。該處所含硬頁岩比例較高，常可見到厚層硬頁岩出露。
5. 地層界線與接觸關係：本層整合接觸於中嶺層之上，且與上覆之四稜砂岩整合接觸；中嶺層未出露於本研究範圍內，故不另外說明介紹。

6. 地層厚度：由於北橫公路沿線植被茂密，本地層之上下接觸邊界均難以觀察並進一步的量測厚度。在經濟部中央地質調查所出版之「土場地質圖幅說明書」(塗明寬，1991 年)中，本層厚度估計約有 550 公尺厚。
7. 地質特徵：西村層位於中嶺背斜軸部，露頭裂隙與破裂面廣布。洪崇勝等人認為西村層中存在有磁黃鐵礦，係因本層之區域變質作用較為劇烈所導致(洪崇勝，2011)。磁黃鐵礦為由地層中熱液作用所形成，根據洪崇勝等人的研究，磁黃鐵礦生成溫度約為攝氏 320 度左右，適合作為低度變質岩中一重要訊號(洪崇勝，2011)。
8. 地質年代：本層尚未發現可資定年之化石，確切地層沉積年代尚無法明確知曉。若由四稜砂岩內化石鑑定資料來回推(Fong et al., 1994; Matsumaru, 2005; 黃敦友，2007)，本地層之時代可能為始新世早期。

(二) 四稜砂岩

1. 命名：大江二郎(1931)首先提出四稜砂岩層的名稱，來代表烏來統梵梵群中的厚砂岩層；何春蓀等(1953)改稱為四稜砂岩。
2. 分布及延伸：在本計畫中分布於四稜至蘭陽溪左岸。
3. 標準露頭：北部橫貫公路四稜附近。

4. 岩性特徵：四稜砂岩在北部橫貫公路以灰色或灰白色中粒至粗粒之厚層石英岩質砂岩為主，偶夾薄層之硬頁岩或板岩，其中在四稜與西村間的中嶺背斜西翼，四稜砂岩中間出現一層厚約一百五十公尺的板岩及硬頁岩夾砂岩。在百韜橋以南的台七甲線公路邊，出露淡灰色厚層中至粗粒變質砂岩夾薄層板岩，或變質砂岩與薄層板岩之互層。
5. 地層界線與接觸關係：本層的下伏地層為西村層，為整合接觸；上覆地層為巴陵層，原先一般認為為整合接觸，然由上覆巴陵層(乾溝層)之浮游性有孔蟲化石(Chang, 1973)及本層之大型有孔蟲化石資料(Matsumaru, 2005；黃敦友，2007)，本層與巴陵層似有時間上之間隙存在。
6. 地層厚度：由於露頭不連續及受植被影響，對於本層的厚度有不同的量測結果，大江二郎(1931)認為厚度約為 500 公尺。鍾振東(1973)認為總厚度約 700 公尺。顏滄波(Yen, 1973)認為其厚度約 600 至 1000 公尺。吳永助(1976)將四稜砂岩分為三段，上段以砂岩為主厚度約 200 公尺，中段以頁岩為主厚度約 130 公尺，下段以厚層砂岩為主厚度約 350 公尺，總厚度約為 680 公尺。
7. 地質年代：張麗旭(Chang, 1973)在北部橫貫公路四稜砂岩的露頭上，發現四地點含有孔蟲化石，屬於砂質種，計 10 屬 12 種，其

中有指示地質年代為始新世。鍾振東與菅野三郎(Chung and Kanno, 1975)在標準剖面的本層黑灰色頁岩中發現貝類與有孔蟲等化石。原先一般均認為本層的時代應為始新世晚期至漸新世早期（何春蓀，1986；謝凱旋等人，2003）。然由方中權等人(Fong et al., 1994)於北宜高速公路雪山隧道三號豎井附近鑽孔內四稜砂岩上段發現大型有孔蟲化石，最近已確認鑑定為 *Nummulites junbarensis* Matsumaru (Matsumaru, 2005；黃敦友，2007)，其地質時代，相當於浮游性有孔蟲的 P9~P11 Zone，屬早始新世末期到中始新世初期。

(三) 巴陵層

1. 命名：詹新甫(1976)。
2. 分布及延伸：本層於本區有廣大出露，主要分布於雪霧關至蘇樂及巴陵至四稜間附近，向東北及西南方向延伸至拉拉山、石磊至秀巒以及一〇〇號林道一帶。
3. 標準地點：：北部橫貫公路上之巴陵
4. 巴陵層以暗灰色至灰色之硬頁岩及板岩為主，下段偶含灰色細粒泥質薄層砂岩，砂岩中偶可見交錯層構造。硬頁岩多見於巴陵以西及新光、鎮西堡與司馬庫斯一帶，越往東側巴陵板岩增多，板劈埋愈趨發達。新鮮硬頁岩為塊狀，組織頗堅緻，部分略呈葉理；

風化後之碎片呈球狀風化或鉛筆狀構造。本層上部夾有安山岩質熔岩流及凝灰岩。後者通常平行於岩層走向，呈斷續分布，於雪霧關、道下、馬美及北橫公路之蘇樂橋附近有皆有出露(並未在本計畫範圍內)。本層在西南側新光、鎮西堡及司馬庫斯一帶，硬頁岩中偶夾灰白色細至中粒變質砂岩或灰黑色細粒變質砂岩；而在北部橫貫公路沿線之巴陵層，除巴陵附近接近頂部有部分砂岩出露，幾乎完全為硬頁岩及板岩。此外，巴陵層在榮華附近出露一段厚度約 300 公尺的灰黑至灰白色層狀細粒砂岩或粉砂質砂岩，自榮華附近向南延伸至里安對岸之野溪即為插天山斷層所截，而在插天山斷層東南側，並未發現此層狀細粒砂岩或粉砂質砂岩出露(並未在本計畫範圍內)。

5. 地層界線與接觸關係：本地層之下為四稜砂岩，之上為木山層。原先認為本地層與上下相鄰之地層為整合接觸關係，但由浮游性有孔蟲化石(Chang, 1973)及大型有孔蟲化石資料(Fong et al., 1994; Matsumaru, 2005; 黃敦友, 2007)，本層與四稜砂岩似有時間上之間隙存在。在本計畫範圍內，由於造山運動與地質作用緣故，本地層東緣不僅與四稜砂岩相鄰，部分區域似乎與留茂安砂岩相接觸，二地層之間以牛鬥斷層為界線。

6. 厚度：根據中興工程顧問社(1978)在翡翠水庫壩址附近調查之結果顯示，在該處乾溝層、粗窟層與大桶山層之總和厚度約為 1550 公尺；中興工程顧問社(1990)在雪山隧道之調查成果顯示，該處乾溝層、粗窟層與大桶山層之總和厚度約為 1700 公尺。因本層單調的岩性使本層中許多小型褶皺難以詳細判別，但依據野外資料顯示本層岩層轉折多次，故巴陵層的實際厚度應比地質圖上所表示者為薄，實際厚度依估計約 1500 至 2000 公尺（塗明寬等人，1991）。
7. 地質年代：據張麗旭(1973)有孔蟲化石研究，本層之年代應屬漸新世晚期。黃廷章(1978)之鈣質超微體化石研究亦得相同結果。鍾振東及菅野三郎(1975)之貝類化石研究認為屬於中新世早期。目前，本區域地層年為漸新世，較為大家所接受（黃奇瑜等人，1983；謝凱旋等人，2003）。巴陵層在層位上與三分法的乾溝層、粗窟層、大桶山層或二分法的乾溝層、大桶山層之總合相當（塗明寬，1990）。本層在層位上可與東北角的蚊子坑層及臺灣中部之水長流層可相對比(Chi, 1981；Huang, 1984)。

(四) 留茂安砂岩

1. 命名：林啟文及林偉雄(1995b)。
2. 分布及延伸：宜蘭蘭陽溪上游之獨立山至留茂安附近。
3. 標準地點：宜蘭縣大同鄉土場村南方之留茂安。
4. 岩性特徵：石頭溪以厚層塊狀變質砂岩為主，偶夾變質砂岩與硬頁岩之互層，砂岩為細至中粒，普遍具平面交錯層。獨立山則出露厚層板岩夾薄層變質砂岩，砂岩連續性差，向上砂岩厚度變厚。
5. 地層界線與接觸關係：本層下部為牛鬥斷層所截切；上覆地層為廬山層清水湖段。由獨立山及石頭溪附近之野外觀察顯示，本地層與廬山層清水湖段未見明顯地質構造或沉積間斷跡象，但是否為整合接觸或假整合接觸，仍待進一步野外或化石資料確認。
6. 厚度：約 320 公尺。
7. 地質年代：本層尚未發現可供定年之化石。林啟文及林偉雄(1995b)認為本層與廬山層清水湖段為整合接觸，其時代應為中新世早期至中期；謝凱旋等人(2003)則認為本層與廬山層為假整合接觸，可與眉溪砂岩及四稜砂岩上段相對比，其時代應為漸新世早期。若留茂安砂岩確可與四稜砂岩上段對比，由四稜砂岩內大型有孔蟲化石最新鑑定資料來推估(Fong et al., 1994；Matsumaru, 2005；黃敦友，2007)，本地層之時代可進一步推測為始新世中期。

(五) 廬山層：廬山層在早期稱下部板岩系或廬山階(Chang, 1974)，其並非正式的地層名稱，僅泛指中央山脈脊樑地區所出露的板岩地層；廬山層則由時代地層廬山階演變而來（何春蓀，1975），其標準剖面在南投縣廬山溫泉附近。廬山層是一以板岩或硬頁岩為主的地層，曾長生(1978)將本層由下而上細分為古魯段、清水湖段與仁澤段。本計畫區域內則有清水湖段與仁澤段。

A. 清水湖段：

1. 命名：曾長生(1978)。
2. 分布及延伸：主要分布於蘭陽溪右岸，部分出露於左岸(烏帽子山上游 200 至 500 公尺左右)。
3. 標準地點：宜蘭縣清水溪與蘭陽溪交口之清水湖。
4. 岩性特徵：以厚層灰黑色板岩為主，有發育良好的板劈理(圖 3-2)。

本區域內均以厚層板岩為主，偶夾薄層或透鏡狀砂岩。



圖 3-2 廬山層清水湖段顯露於路基地下

5. 地層界線與接觸關係：下伏地層為留茂安砂岩，接觸關係可能為整合接觸或假整合接觸（林啟文等，1995b；謝凱旋等，2003）；上覆地層為仁澤段，為整合接觸。
6. 厚度：約 1500 公尺左右。
7. 地質年代：依據張麗旭(1974)在本段中發現之有孔蟲化石，推測本段的時代可能為中新世中期。

B. 仁澤段

1. 命名：曾長生(1978)。
2. 分布及延伸：由仁澤沿東北方向延伸至清水溪中游地區。
3. 標準地點：宜蘭縣土場溪與蘭陽溪匯口南方之仁澤溫泉，現名鳩之澤溫泉。
4. 岩性特徵：以淺灰色至灰色硬頁岩，或硬頁岩與薄層變質砂岩的互層為主。
5. 地層界線與接觸關係：本區域範圍中與廬山層清水湖段為整合接觸關係。
6. 厚度：約為 1200 公尺。
7. 地質年代：依據張麗旭(1974)在本段中發現之有孔蟲化石，推測本段的時代可能為中新世中期。

(六) 中嶺背斜

本背斜背斜軸呈東北東走向，自一六〇號林道北側，經稜山向東北方向延伸至北部橫貫公路之西村附近，繼續向東北方向棲蘭山附近延伸，向斜之東北段延伸至本區範圍外之三星。中嶺背斜為一不對稱之背斜，在本區域內東南翼傾角在 30 至 55 度之間，而西北翼傾角則在 50 至 70 度間。背斜軸部所出露者為西村層，兩測由老至新依次分布四稜砂岩與巴陵層，由側向的岩層追蹤結果，此背斜向西南方向傾沒。

(七) 牛鬥斷層

本斷層位於本區域之東南側，位於蘭陽溪左岸，大致與蘭陽溪平行。牛鬥斷層北側所出露的地層為四稜砂岩，其南側則為留茂安砂岩。牛鬥斷層在本研究區範圍內主要有兩個出露位置：第一個位於獨立山西南側之蘭陽溪左岸，可見近水平位態之四稜砂岩及高角度傾斜位態之留茂安砂岩，中間以約 30 公尺寬之斷層帶接觸；第二個位於石頭溪下游，近乎垂直之留茂安砂岩與水平位態之四稜砂岩，以約 60 公尺寬之斷層帶相接。

在臺灣地質圖說明書(何春蓀，1975；1986)中將早期所命名的牛鬥斷層改稱為梨山斷層。由於蘭陽溪牛鬥橋南側出露約 30 公尺厚、以厚砂岩與薄層頁岩互層之岩層，吳永助(1976)認為與牛鬥橋北側的

厚砂岩層屬於相同的地層—眉溪砂岩。但由兩側岩層層態、厚度以及現有的斷層露頭資料來說，牛鬥斷層的存在應無疑問，只是目前仍為地質模式建立階段，其斷層性質仍不明確。根據目前已出版之文獻，李建成等人(Lee et al., 1997)認為牛鬥斷層自更新世以來為背衝斷層，而林啟文等人(1999)認為牛鬥斷層為一左移的橫移斷層。

三、研究區的地形文獻蒐集整理

大漢溪上游地區大致位於褶皺上升軸附近，地盤不斷地隆起，使得大漢溪上游地區層巒疊嶂，山勢巍峨。河道穿行於群山之中，大多呈現成育嵌入曲流的狀態。峽谷深峻，水流湍急，支流發育良好，河床常見基岩露出，是本區西側的地形特色。

蘭陽溪中、上游河谷走向呈直線，約略與臺灣本島的長軸平行，係沿著臺灣主要斷層構造線發育而成的，可說是一斷層線谷。由於上游地區降雨強大，地形陡峻，因此溪流的侵蝕力量旺盛，主流河床上有大量的砂石堆積。主流河床有著深厚的沖積層，而且兩岸之間少有基盤岩層出露，顯示著旺盛的堆積作用，而呈現出所謂的「埋積谷」地形，與一般河流所見的V型河谷呈明顯的對比。在支流匯入主流的出口附近，因堆積作用而常有沖積扇地形的發育。研究區內的蘭陽溪支流，由於受到地盤沉降的影響，只有在石頭溪出口處有較大規模的沖積扇地形出現(加蘭灣對岸)，其餘的規模均相當有限。

四、研究區的地形、地質景觀

經初步文獻蒐集後選出 17 處景點，依其景觀特性區分成四大類，分別為湖泊景觀、河流景觀、地質景觀與稜線景觀，各類型所包含的景點名稱列於表 3-1 中，並分別說明部分景點的特性於下。

表 3-1 地形、地質景觀類型與景點名稱

景觀類型	景 點 名 稱
1.湖泊景觀	(1) 明池 (2) 鴛鴦湖
2.河流景觀	(1) 塔曼溪峽谷地形 (2) 三光溪曲流地形 (3) 蘭陽溪埋積河谷 (4) 石頭溪沖積扇
3.地質景觀	(1) 台 7 線 55K 附近崩塌地 (2) 四稜砂岩標準露頭 (3) 西村層露頭 (4) 四稜砂岩順向坡 (5) 獨立山牛鬥斷層 (6) 四圍山及崩塌地
4.稜線景觀	(1) 馬望來山—尖山—稜山—唐穗山—西丘斯山—雪白山稜線 (2) 婆羅山—梵梵山—烏山—唐穗山稜線 (3) 雪白山—留倉賀—馬望海—馬洋山—前馬洋山稜線 (4) 留茂安—眉有岩—馬惱山—邊吉巖山稜線

(一) 湖泊景觀

明池

明池位於三光溪上游，茂密的植被以及的清新空氣，使得明池成為著名的避暑勝地(圖 3-3)。從宜蘭方向出發，沿著北部橫貫公路宜蘭端，約需 1 至 2 個小時車程。台灣在山高坡陡以及高雨量的影響之下，常發生崩塌、土石流等現象；大量的土料沖進河床，常造成淤積，一不小心就有可能會發生淤塞，導致二次災害。故目前台灣公路維護單位常互相協調，進行河道清淤整治工程。北部橫貫公路與三光溪流域交會處，在本計畫執行期間亦進行工程整治中，如圖 3-4 所示。



圖 3-3 明池森林遊樂區入口處



圖 3-4 三光溪上游進行河道工程整治中

明池位於大漢溪流域與蘭陽溪流域平坦的分水嶺上，是北橫公路越過雪山山脈最高之處。明池長約 150 公尺、寬約 50 公尺，池水碧綠，與周遭的群山、森林相互呼應(圖 3-5、圖 3-6)。明池附近的地形起伏緩和，淺谷中有幽邃的湖泊，有學者認為此處是高山赭土緩起伏面的一部分，是臺灣劇烈抬升、侵蝕下切之前的地形平坦面(林朝榮，1957)。



圖 3-5 明池森林遊樂區內部景觀之一



圖 3-6 悠揚音樂飄動於森林與湖泊美景之中

(二) 河流景觀

蘭陽溪埋積河谷

從家源橋往上游觀察，可發現蘭陽溪的河床十分寬廣、平直，而常流河的河道僅佔了河床的一小部分，河床其餘地方則遺留著乾涸而蜿蜒的河道(圖 3-7)。溪谷底部均是沖積物質，夾雜著巨大的礫石與沙土。溪谷下邊坡處與河床幾乎是以垂直或高角度相接。這些現象與分水嶺另一側的大漢溪溪谷形成截然不同的情況。大漢溪多呈現曲流、峽谷地貌，河床出現基岩。造成兩流域有著這樣明顯差異的原因主要是受到地盤升降之影響所致。大漢溪流域大致位在地盤上升帶，因此河流容易發生下切侵蝕；而蘭陽溪流域則大致位於地盤沈降帶，支流在研究區內的中、上游地區，同樣也呈現出深切的河谷，而支流侵蝕所挾帶的沉積物，在出口處及主流河道上呈現出明顯的堆積現象。



圖 3-7 蘭陽溪河床寬廣並且堆滿礫岩

石頭溪

加蘭灣的對岸是石頭溪匯入蘭陽溪之處，在石頭溪集水區的出口可見沖積物呈扇狀分布，形成現生的沖積扇。沖積扇的前端受到蘭陽溪的沖刷而形成了高數公尺的河階地階崖。加蘭灣沖積扇前端大多種植蔬菜，整齊畫一地排列著(圖 3-8)。像石頭溪集水區這樣不大的區域，竟也能在河口堆積出明顯的沖積扇；反觀大漢溪上游範圍相等的流域卻並無此現象。僅一山之隔，卻因為地盤升降的不同，便造成地形景觀上明顯的差異，實在令人讚嘆大自然的奇妙。



圖 3-8 石頭溪沖積扇所形成河階因農業需求而進行整地

(三) 地質景觀

北部橫貫公路四稜砂岩標準露頭

沿著北部橫貫公路，向東經過四稜工作站之後，可發現有深灰色板岩，間夾有薄層成透鏡狀泥質岩與厚層變質砂岩(圖 3-9)。本研究觀察四稜砂岩中泥質岩外觀破碎，無頁理等幾何構造，有微弱反光。考慮本處露頭已經呈現輕微變質現象，若薄泥層為沉積作用所形成，岩層中應亦出現方向性構造，因此本計畫推測本露頭應有受到構造運動所產生之剪裂帶影響，露頭中出現剪碎、具有反光之泥質岩應為斷層泥等構造作用產物(圖 3-10)。



圖 3-9 四稜砂岩露頭

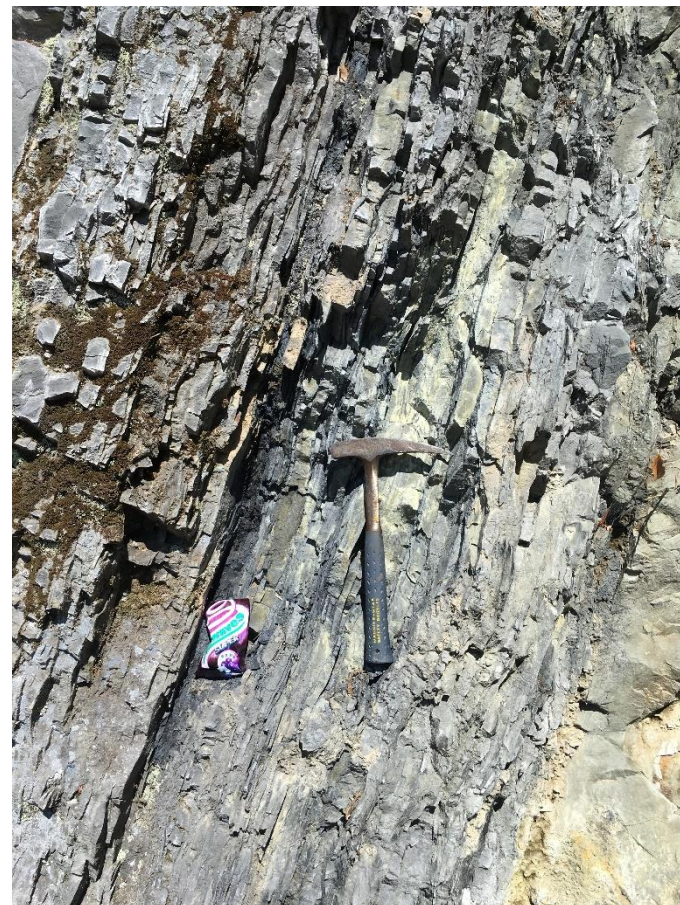


圖 3-10 四稜砂岩中泥質岩產狀與表本採樣位置

西村層露頭

過了四稜之後不久便抵達西村，這是西村層出露的標準地點。西村層是由葉理發達的深灰色板岩與千枚岩質板岩所構成，偶見暗灰色、中粗粒、堅硬的石英砂岩互層(圖 3-11)。西村層的主要露頭形成一條狹帶，構成西村背斜構造的軸部，而四稜砂岩則分布在背斜的兩側，與西村層成整合接觸。本處出露岩層的走向為北偏東 45 度，向西傾斜 70 度，為背斜的一翼。西村層中夾的砂岩可發現底痕、波痕(ripple mark) 沈積構造(圖 3-12)。



圖 3-11 西村層露頭外觀



圖 3-12 西村層露頭與沉積構造

獨立山牛鬥斷層

由於蘭陽溪牛鬥橋南北側出露的岩層在岩層層態、厚度，以及現有的化石資料方面均顯示兩側岩層有所差異，因此推測其中存在一走向橫移斷層，並命名為牛鬥斷層。

獨立山附近是最容易察覺牛鬥斷層的地點之一。從公路上遠眺獨立山與對面的岩壁，可發現兩側的岩層傾斜方向有差異，獨立山的岩層層態是高角度傾斜，而對岸的岩層層態則是接近水平狀態(圖 3-13)。獨立山出露的岩層以厚層變質砂岩、向東傾斜的留茂安砂岩為主(圖 3-14)，而對岸的岩層則以厚層砂岩與薄頁岩互層、層態接近水平的四稜砂岩為主(圖 3-15)。因此可推斷牛鬥斷層從中通過。斷層的寬度約 40-60 公尺，而斷層的露頭可能深埋於蘭陽溪巨厚的沈積物之下。除此之外，獨立山亦呈現環流丘的地形(圖 3-16)。獨立山工作站、公路通過之處與大同國中所在地均是古河道流經之處。

此外，從烏子帽山下的公路往對岸觀察，可見乾溝層、四稜砂岩與廬山層岩層岩性上的差異，也因而造成邊坡起伏變化。推測牛鬥斷層由邊坡中段地方通過。同時，可見遠方公路通過一谷口平坦地，此乃加蘭溪所堆積出的沖積扇，受到蘭陽溪河流作用而形成平坦的河階地，形成聚落分布的地區。



圖 3-13 獨立山(左側)與蘭陽溪左岸之露頭岩層位態不一致



圖 3-14 獨立山之高角度位態露頭

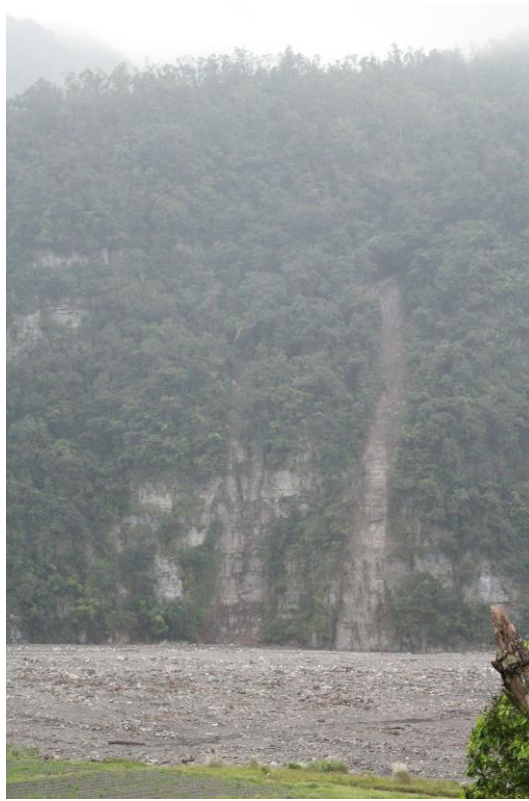


圖 3-15 蘭陽溪對岸之水平位態露頭



圖 3-16 獨立山亦呈現環流丘的地形

四圍山及崩塌地

往蘭陽溪上游眺望則可見到研究區東側的山嶺，如四圍山（1646 公尺）、留茂安（1368 公尺）、島俱子（2346 公尺），以及崩塌地(圖 3-17)。在德荃橋北方約 1.5 公里轉彎處可見面對石頭溪出口時左側的四圍山，其外觀呈現四四方方的形貌，這主要是受到四稜砂岩岩層位態呈現水平所影響。不禁讓人想起位於雪霸國家公園內著名的世紀奇峰——大霸尖山，也是以水平位態的四稜砂岩所構成的。四圍山下方的崩塌地，長約 500 公尺，高約 150 公尺，出露廬山層仁澤段的岩石，以灰黑色的硬頁岩為主。



圖 3-17 蘭陽溪左岸之崩塌地

(四) 稜線景觀

婆羅山—梵梵山—烏山—唐穗山稜線

往仁澤山莊的路上可遠眺研究區東側地區（棲蘭工作區）與幾個山頭，如唐穗山、烏山、梵梵山。在接近土場的多望橋上可見研究區的東界，以及蘭陽溪與土場溪匯流(圖 3-18)。從土場隔著蘭陽溪可見對岸的棲蘭苗圃與森林遊樂區，以及橫跨蘭陽溪的家源橋。



圖 3-18 蘭陽溪與土場溪匯流現貌

留茂安—眉有岩—馬惱山—邊吉巖山稜線

志航橋附近的村落，主要是分布在留茂安溪與附近幾條小溪流所沖積出的河階地上。此處可眺望對岸的埤南溪與南側的溪流，後者南側的集水區山嶺便是本研究區東側的界線之一，包含了幾座山頭，如眉有岩（2328 公尺）、馬惱山（2580 公尺）與邊吉巖山（2824 公尺），集水區出口亦有明顯的沖積扇。集水區出口處的邊坡有兩處大規模的崩塌現象(圖 3-19)，出露了廬山層仁澤段灰黑色的硬頁岩(圖 3-20)。



圖 3-19 蘭陽溪左岸崩塌處

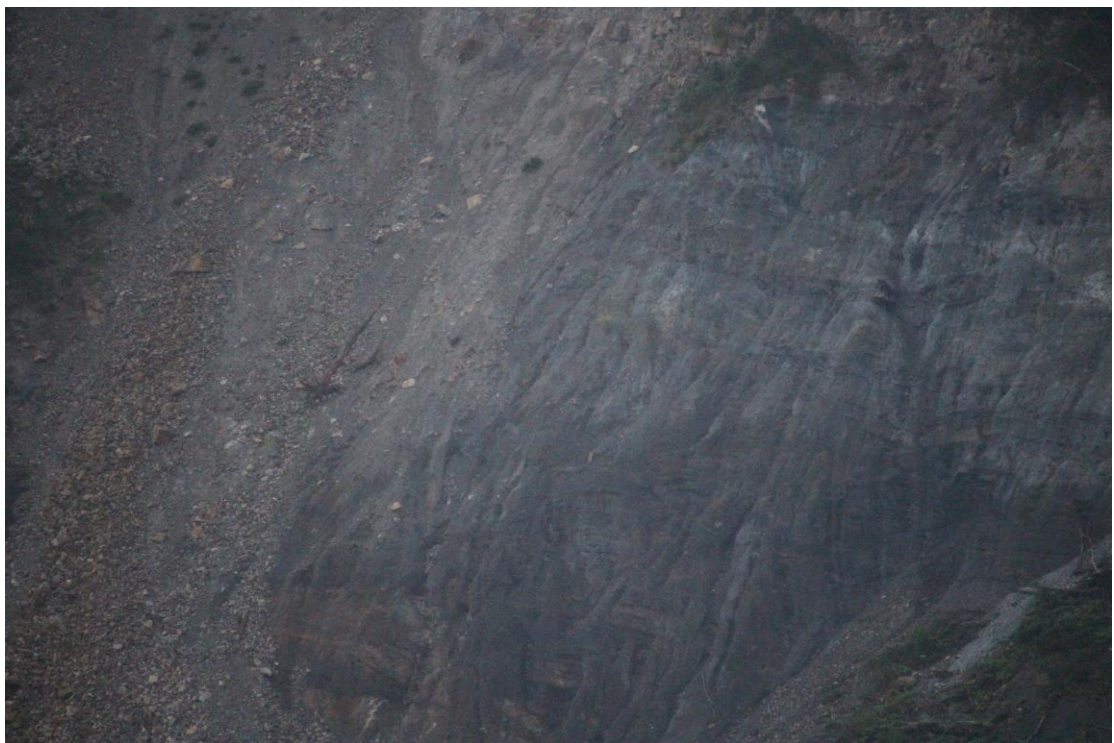


圖 3-20 廬山層仁澤段灰黑色硬頁岩近景

第四章 結論與討論

一、結論

棲蘭山地區位於雪山山脈帶的北段，屬於中、高海拔的山區，平均高度為 1464 公尺，受地殼構造運動的影響甚劇，有許多斷層及褶皺構造。棲蘭山區出露的地層主要有西村層、四稜砂岩、巴陵層，都屬於輕度變質的砂、頁岩層，而主要的地質構造有牛鬥斷層、四圍山斷層、梵梵溪斷層與西村背斜、錦屏山向斜(圖 2-3)。研究區內由於雨量豐沛，植被覆蓋良好，反而不易見到這些主要的地質構造景觀，僅在研究區東側的獨立山附近可推測牛鬥斷層的通過。但是雪山山脈地層中的西村層和四稜砂岩，則以研究區內的地名命名，主要因為這些地層的標準露頭出現於研究區內，在學術上具有其特殊意義。

地殼構造運動對於研究區的地形也有重大的影響。研究區東側的蘭陽溪流域屬於地殼沉降帶，而西側的大漢溪流域則為上升帶，因而造成此兩流域的河流地形景觀有極大的差異。研究區內的坡度相當陡峻，坡度大於 55% 的區域約佔全區面積的三分之二以上，而坡度小於 30% 的面積，僅約佔全區的 7% 左右，但是卻分布於各稜線附近，而且大部分集中分布於研究區的中心地帶。這些較平緩的稜線區域，應為林朝榮(1957)所說的赭土緩起伏面，而且分別位於不同的海拔高程上，可能為早期舊河道或山麓堆積，後經地盤不斷上升再侵蝕，而逐漸呈現出目前所見的地形面，其中明池附近即為此種赭土緩起伏面位於河谷上游者。

二、建議

茲對於棲蘭山地區的地形、地質調查及未來規劃管理兩方面建議如下：

(一)地形、地質方面之調查研究

1. 大漢溪與蘭陽溪流域整體的河流地形特性已有比較之研究，但兩流域上游區域的地形特性及差異仍有待進一步的探討，尤其兩流域的分水嶺在研究區內形成平坦稜線的成因及演變過程，在學術上極具研究價值。
2. 明池位於大漢溪與蘭陽溪流域的平坦分水嶺處，其成因及形成過程在地形學研究上仍有待進一步確定。
3. 鴛鴦湖為特殊的山區湖泊生態系，於民國 75 年已劃為自然保留區，並且持續進行著各類生態方面的研究，但其中並未有針對棲息地有關地形、地質等方面的研究，實屬憾事。可將生態系中有關地形、地質方面的研究，納入整體生態系研究中，且應列為當務之急。

(二)經營管理規劃方面

1. 區內較平緩的地區主要位於各稜線附近，未來各項發展或建設活動，勢必以這些區域為主。就地形觀點而言，稜線本身為一環境敏感區，對其下方的生態環境影響甚巨。未來經營規劃須考慮現況，規劃區內部的發展範圍及生態保護區。
2. 明池森林遊樂區、棲蘭森林遊憩區，以及目前內部已發展的神木園區，可利用已有的設施規劃為遊憩區，其餘的遊憩發展盡量在研究區的外圍區域。
3. 研究區內地形、地質景觀主要分布於道路沿線，可考慮將北橫規劃成景觀道路，但宜維持其目前的路況，盡量不再拓寬。

參考文獻

1. Chang, L.S. (1973) A biostratigraphic study of the so-called Slate Formation in Taiwan based on small foraminifera: 3. Sankuang-Hsiuluan Area along the Upper Courses of the Tanshuiho and the Yulochi: Proc. Geol. Soc. China, 16, 69-84.
2. Chang, L.S. (1974) A biostratigraphic study of the so-called Slate Formation in Taiwan based on small foraminifera: 4. Northernmost part of the Central Range: Proc. Geol. Soc. China, 17, 85-93.
3. Fong, Christopher C. K., Huang, Tunyow and Shea, K. S. (1994) New occurrence of larger foraminifera in northern Taiwan and its stratigraphic significance: Special Publication of The Central Geological Survey, No. 8, P. 205-212.
4. Lee, T.Q., Lin, H.S., Liew, P.M., (1998) Magnetic analysis on lacustrine deposits of Yuan-Yang Lake, Northern Taiwan, Journal of the Geological Society of China, 41(1): 143-158
5. Mataumaru, K. (2005) Nummulites junbarensis and Assilina formosensis (late Early to early Middle Eocene) from Taiwan (Formosa): Rev. Paleobiol., Geneve, v.24, no.2, p.551-561.
6. Miller, J.R., Ritter, D.F. and Kochel, R.C. (1990) Morphometric assessment to flithologic controls on drainage basin evolution in the Crawford Uplands,
7. Schumm, S.A. (1956) Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey, Geological Society of America Bulletin, 67: 597-646.
8. south-central Indiana, American Journal of Science, 290: 569-599.
9. Strahler, A. N. (1952) Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional

topography, Geological Society of America Bulletin, 63:1117-1142.

10. 王鑫（1979）石門水庫集水區的地勢分析。國立台灣大學地理學系研究報告，10：43-72
11. 王鑫（1979）石門集水區河川形態的研究，中華水土保持學報，10（1）：27-50。王鑫（1990）宜蘭縣的地質與地形，宜蘭縣政府委託中華民國國家公園學會研究。
12. 石再添、鄧國雄、張瑞津、黃朝恩、石慶得（1980）台灣地區集水域地形計測分析圖集，國立台灣師範大學地理學系。
13. 石門水庫管理局（1968）石門水庫集水區治理調查規劃報告，台灣省森林水利水土保持聯合工作技術小組與石門水庫集水區治理規劃小組聯合辦理。
14. 石門水庫管理局（1990）石門水庫集水區第二階段治理規劃，中華水土保持學會辦理。
15. 何春蓀(1975)台灣地質概論，中華民國經濟部。
16. 何春蓀（1982）台灣地體構造的演變—台灣地體構造圖說明書，台北：經濟部中央地質調查所。
17. 何春蓀(1986)台灣地質概論第二版，經濟部中央地質調查所。
18. 何春蓀（1994）台灣地質概論—台灣地質圖說明書，二版，台北：經濟部中央地質調查所。
19. 宜蘭縣政府（1994）宜蘭縣地理圖集。
20. 林啟文(1998)台灣東北部板岩帶與片岩帶之構造特性與構造演化。國立台灣大學地質研究所博士論文。
21. 林啟文、楊昭男（1999）台灣東北部板岩帶與片岩帶之斷塊研究，經濟部中央地質調查所彙刊，12：39-62。
22. 林啟文、林偉雄(1995b)臺灣東北部蘭陽溪中下游地質構造研究。

經濟部中央地質調查所彙刊，第十號，第 23-49 頁。

23. 林朝榮（1957）台灣地形，臺灣省通志稿卷一，臺北市：臺灣省文獻委員會。
24. 徐潔（1978）台灣中部山地氣候之研究，師大地理研究所碩士論文。
25. 徐鐵良、李建堂(1985)臺灣大漢溪與蘭陽溪之河流地形及其在近期地殼運動之意義，國立臺灣大學地理學系研究報告，12：27-34。
26. 戚啟勳（1969）台灣之山地氣候，台灣銀行季刊，20（4）：155-207。
27. 戚啟勳（1981）氣象與工程（下篇），台灣工程基本資料叢書之一。台北：科技圖書股份有限公司。
28. 戚啟勳（1983）登山與氣象，台灣實用登山/求生/自然全集。台北：張正雄發行。陳邦禮（1996）蘭陽溪上游沖積扇的地形演育，國立台灣大學地理學研究所碩士論文。
29. 陳惠芬（1981）台灣當今地盤的上升與下降，中國文化大學地學研究所地理組碩士論文。
30. 詹新甫（1971）台灣雪山山脈南部之地質構造。中國地質學會會刊，14：62-75。黃艦水、林偉雄（1999）雪山山脈的地質研究，八十八年度中央地質調查所年報，37-38。
31. 臺灣省農林廳山地農牧局（1974）蘭陽溪中上游集水區水土保持初步勘查規劃報告，農復會補助 73-B21-N-820-A2-B 計畫執行報告。
32. 齊士崢（1991）池端的地形發育過程，中國地理學會會刊，19：33-41。
33. 潘俊富（1996）自然保留區經營管理手冊初稿，台灣省林業試驗

所生物系。台北：行政院農業委員會。

34. 中興工程顧問社(1990)國道南港宜蘭快速公路工程路線評選階段坪林隧道段地質調查工作期末報告。交通部台灣區國道新建工程局。
35. 張麗旭(1954)台灣下部漸新世之魚行有孔蟲化石組及其地層學上之意義。台灣省地質調查所彙刊，第五號，101-116 頁。
36. 張麗旭(1959)臺灣西部中新世地層之基於小型有孔蟲之生物地層學研究（其一：浮游性有孔蟲）。中國地質學會會刊；第 2 號，第 47-72 頁。
37. 張麗旭(1973)臺灣變質區第三系基於小型有孔蟲之生物地層學研究（三：淡水河上流三光一秀巒區）。中國地質學會會刊，第十六號，第 69-84 頁。
38. 張麗旭(1974)臺灣變質區第三系基於小型有孔蟲之生物地層學研究（四：中央山脈最北部）。中國地質學會會刊；第 17 號，第 85-93 頁。
39. 曾長生(1978)宜蘭縣清水及土場區地質及地熱產狀，臺灣石油地質，第十五號，第 11-23 頁。
40. 黃廷章(1978)台灣北部上部烏來群與下部汐止群（漸新世到中新世）之超微化石，古沉積環境，年代和對比。中國地質學會會刊，第二十一號，第 128-150 頁。
41. 黃奇瑜、鄭穎敏(1983)臺灣北部漸新統及中新統之浮游性有孔蟲生物地層學研究。中國地質學會會刊，第二十六號，第 21-56 頁。
42. 黃敦友(2007)台灣雪山山脈東北端金面山地區四稜砂岩之貨幣石化石及其意義。台灣礦業，第五十九卷，第二期，第 18-36 頁。
43. 謝凱旋、黃敦友(2003)台灣第三系的地層層序。台灣礦業，第 55

卷，第 4 期，第 17-27 頁。

44. 大江二郎(1931)李棟山圖幅與說明書。臺灣總督府殖產局，第 608 號。(日文)
45. 洪崇勝、陳國航、林俊宏(2011) 台灣北部橫貫公路低度變質岩之岩石磁學兼論雪山山脈與中央山脈之地層對比，經濟部中央地質調查所特刊，第 25 號，第 167-169 頁。