

行政院農業委員會林務局委託研究系列 97-23

行政院農業委員會林務局保育研究系列 97-04-08-01

九九峰自然保留區 地質地形調查及監測（2/3）

委託機關：行政院農業委員會林務局南投林區管理處

執行機關：臺灣大學地理環境資源學系

中華民國 97 年 12 月

摘要

九九峰自然保留區以其陡峻的礫岩地形著名。本研究主要針對九九峰的特殊地景，加以調查、監測。主要的目的是希望透過地質地形的調查、監測，整理過去的地形變遷的過程，瞭解地形特色。同時也希望瞭解侵蝕與地形變遷的機制，提供經營管理參考。

本年度主要的工作持續收集相關地形地質文獻及野外觀測資料。完成保留區西側自計式氣象站之架設。彙整及分析當地氣象資料，提出經營管理的建議，尤其在豪雨時期的管制策略。進行數值地形資料的初步分析，探討九九峰自然保留區在地震及颱風影響下的地形變遷模式以及辦理氣象資料技術轉移課程。

初步研究成果顯示(1)九九峰受到颱風豪雨以及地震的影響非常大。本年度卡玫基颱風及辛樂克颱風分別下了 508.6 公釐及 657.2 公釐，造成部分道路被土石沖毀。(2)由 10 個觀測區瞭解歷年來河床與邊坡的變遷，許多河床有埋積現象。顯示溪溝搬運礫石的能量不足。同時，九二一地震後的植生，也慢慢回復。(3)利用歷年航照判釋觀察 10 個地區的地形變化，顯示在颱風後溪床上變化很大。過去在溪床旁的農地許多在颱風被土石後沖毀。(4)持續收集與整理自計式氣象站的氣候資料；(5)完成西側自計式氣象站的架設。(6)完成辦理「九九峰自然保留區技術轉移研習班」。

Abstract

Mt. Chiu-chiu Nature Reserve is famous for its rugged conglomerate rock landforms. This research project mainly focuses on surveying and monitoring the geological and geomorphological characters. It is hoped to understand the mechanisms of the erosional processes and landscape evolution for future management.

The main work of this research project for this year is (1) to collect and establish geological and landform data bank; (2) to set up a meteorological station for rainfall data in west side; (3) to set up archive aerial photo data bank of the research area.(4) conducts “Chiu-chiu Nature Reserve technology transfer thorough workshop”

The preliminary results show that:

- (1) The landscape is vulnerable to the heavy rainfalls and typhoons because of loose cementation of the conglomerate rock. Chi-Chi earthquake of 1999 had also great impact on this area.
- (2) There are many gullies which has high volume of sediments within channels. Such buried channels indicated that high erosion rate on slope and low transportation capacity on gullies at this conglomerate rock area.
- (3) An archive aerial photo data bank has been set up. According to aerial photo data, at observation 10 local sites, there is a dramatic change at some channels after typhoons.

According to the typhoon rainfall data and field surveying, there are some morphological change at channel. However, there is not many obvious rock falls or landslide on slope. It is necessary to monitor each rainfall events and morphological change in more detail.

目錄

一、	前言.....	7
二、	研究目的.....	9
三、	研究區簡介.....	11
	(一) 行政區界.....	11
	(二) 地形.....	14
	(三) 地質.....	18
	(四) 氣候.....	22
	(五) 植被.....	24
	(六) 地震及颱風的影響.....	25
四、	研究方法.....	29
	(一) 即時氣象監測.....	29
	(二) 數值地形模型的建立.....	33
	(三) 地形變遷監測.....	36
	(四) 技術轉移研習.....	37
五、	研究成果.....	38
	(一) 自計式氣象站的架設.....	38
	(二) 氣候資料收集.....	40
	(三) 影像及航照資料蒐集.....	51
	(四) 歷年航照判釋.....	53
	(五) 控制點佈標及測量.....	68
	(六) 野外調查.....	77
	(七) 技術轉移研習班.....	97
六、	結論.....	100
七、	建議.....	102
八、	參考資料.....	103
附錄一	歷年航空照片	105
附錄二	技術轉移研習班簽到表	114
附錄三	期中審查意見回覆	117
附錄四	期末審查意見回覆	121

圖目錄

圖 1	九九峰自然保留區行政區域圖.....	11
圖 2	九九峰自然保留區林班地及水系分布圖.....	12
圖 3	九九峰自然保留區林班地及道路分布圖.....	13
圖 4	九九峰自然保留區高程地形圖.....	15
圖 5	九九峰自然保留區坡度百分比分布圖.....	16
圖 6	寬廣的河谷，為礫石所堆積而形成.....	17
圖 7	由於地勢陡峭，植物不易生長.....	17
圖 8	九九峰地層由礫石堆積而成，顆粒大小不均。.....	19
圖 9	九九峰自然保留區及鄰近地區地質圖.....	21
圖 10	鄰近九九峰自然保留區的氣象站分布圖.....	22
圖 11	1969-2007 年水利署草屯雨量站年雨量圖	23
圖 12	921 地震前後九九峰自然保留區 SPOT 影像比較圖.....	26
圖 13	GSM 無線數據機外觀.....	30
圖 14	自計式氣象觀測站系統架構圖.....	31
圖 15	通訊軟體 PC-208	32
圖 16	九九峰自然保留區正射影像.....	34
圖 17	內政部土地測量局控制點分布圖.....	35
圖 18	九九峰保留區自計式氣象站及鄰近氣象站位置圖.....	38
圖 19	九九峰保留區東側氣象測站照片（230889,2657921）	39
圖 21	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 1 月份氣候資料.....	40
圖 22	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 2 月份氣候資料.....	41
圖 23	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 3 月份氣候資料.....	41
圖 24	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 4 月份氣候資料.....	42
圖 25	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 5 月份氣候資料.....	42
圖 26	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 6 月份氣候資料.....	43
圖 27	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 7 月份氣候資料.....	43
圖 28	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 8 月份氣候資料.....	44
圖 29	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 9 月份氣候資料.....	44
圖 30	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 10 月份氣候資料.....	45
圖 31	2007 年每月氣象資料統計圖.....	45
圖 32	2008 年月氣象資料統計圖.....	46
圖 33	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 1-6 份風速風向資料	47
圖 34	九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 7-10 份風速風向資料	48
圖 35	卡玫基颱風時雨量與累積雨量統計圖（2008.7.17~18）	49
圖 36	辛樂克颱風時雨量與累積雨量統計圖（2008.9.13~15）	49
圖 37	航照變遷分析分區位置圖.....	53

圖 38	第 1 區歷年航照影像圖.....	55
圖 39	第 2 區歷年航照影像圖.....	56
圖 40	第 3 區歷年航照影像圖.....	57
圖 41	第 4 區歷年航照影像圖.....	59
圖 42	第 5 區歷年航照影像圖.....	60
圖 43	第 6 區歷年航照影像圖.....	61
圖 44	第 7 區歷年航照影像圖.....	63
圖 45	第 8 區歷年航照影像圖.....	64
圖 46	第 9 區歷年航照影像圖.....	65
圖 47	第 10 區歷年航照影像圖.....	66
圖 48	內政部土地測量局雙龍國小（MX20）控制點.....	68
圖 49	內政部土地測量局福城（MW78）控制點.....	69
圖 50	九九峰保留區新佈控制點分布圖.....	70
圖 51	NTU01 控制點佈標，位在 136 號省道 53K 附近.....	71
圖 52	NTU03 控制點佈標，位在梅竹橋旁.....	71
圖 53	NTU01 控制點 GPS 測量.....	72
圖 54	NTU03 控制點 GPS 測量.....	73
圖 55	NTU08 控制點 GPS 測量.....	73
圖 56	NTU12 控制點 GPS 測量.....	74
圖 57	NTU15 控制點 GPS 測量.....	74
圖 58	NTU17 控制點 GPS 測量.....	75
圖 59	NTU20 控制點 GPS 測量.....	75
圖 60	九九峰野外監測點位置圖.....	77
圖 61	樣點 1：中心橋旁崩場地觀測.....	78
圖 62	樣點 2：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測.....	79
圖 63	樣點 3：石灼巷同心橋左前側崩場地觀測.....	80
圖 64	樣點 4：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測.....	81
圖 65	樣點 5：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測.....	82
圖 66	樣點 6：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測.....	83
圖 67	樣點 7：廖合順商店旁.....	84
圖 68	樣點 8：埔里事業區第 20 林班【乾霧高分 1】電線桿旁.....	85
圖 69	樣點 9：埔里事業區第 20 林班【乾霧高分 1】電線桿旁.....	86
圖 70	樣點 10：埔里事業區第 8、20 林班界陵線陳世華租地轉角.....	87
圖 71	樣點 11：埔里 8 林班張天保工寮前.....	88
圖 72	樣點 12：埔里 9 林班賴博帥工寮前.....	89
圖 73	樣點 13：埔里 9 林班賴博帥工寮前.....	90
圖 74	樣點 14：埔里 10 林班小北坑前.....	91
圖 75	乾溪上、中、下游攔砂壩土石堆積情形.....	93

圖 76	田尾坑溪下游攔砂壩堆積情形.....	94
圖 77	辛樂克颱風後大量土石沿沖蝕溝被帶出.....	94
圖 78	乾溪上游河岸側蝕所產生的小規模崩塌及岩層裸露.....	95
圖 79	乾溪支流土石堆積情形（227411,2655510）.....	95
圖 80	過中心橋前方道路不同時間前後對照圖.....	96
圖 81	南投林區管理處長官致詞.....	98
圖 82	研習班活動情形.....	98
圖 83	儀器操作及說明課程.....	99
圖 84	野外實察合照.....	99
圖 85	1976 年航空照片.....	105
圖 86	1987 年航空照片.....	106
圖 87	1991 年航空照片.....	107
圖 88	1998 年航空照片.....	108
圖 89	1999 年航空照片.....	109
圖 90	2002 年航空照片.....	110
圖 91	2005 年航空照片.....	111
圖 92	2006 年航空照片.....	112
圖 93	2007 年航空照片.....	113

表目錄

表 1	草屯測站日雨量超過 200 公釐之降雨事件表.....	28
表 2	內政部土地測量局控制點點位資料表（TW97 座標系統）.....	36
表 3	九九峰附近氣象站降雨資料比較表（單位：公釐）.....	50
表 4	本研究蒐集的農林航空測量所航照影像.....	52
表 5	控制點座標計算結果.....	76
表 6	「技術轉移研習班」課程表.....	97

一、前言

九九峰自然保留區位於烏溪北岸，行政區分屬南投縣草屯鎮、國姓鄉及台中縣霧峰鄉、太平市境內。從台十四線公路雙冬路段上可清楚看見許多並列的山峰，據說總共有九十九個山峰，因而得名。從遠處眺望，這些分布密集而不規則的小山峰，很像跳躍的火焰，因此又稱為火炎山。

基於自然生態保育、教育、環境解說與科學研究，行政院農業委員會遂依據文化資產保存法於2000年5月22日公告成立「九九峰自然保留區」，全區域的面積為1,198.4466公頃，屬於行政院農業委員會林務局所管轄，其保育的對象屬於地震崩塌斷崖之特殊地景。九二一地震造成中部山區多處崩塌，大量土石崩落在山區河谷，於2001年7月底桃芝颱風侵襲，挾帶豐沛雨量引發土石流，2004年7月初又受敏督利颱風暨強盛西南氣流帶來強風豪雨之影響，亦造成本區嚴重災情。

由於九九峰自然保留區的特殊地景，易受到地震及颱風影響而發生改變，本計畫希望利用自計式氣候站氣候資料，瞭解當地氣候變遷對地形的影響。去年已經在保留區東側架設一自計式氣象站，持續監控溫度、溼度、降雨量及風速風向等氣候的變化。本年度將在保留區西側再設置一氣象站，希望能夠更瞭解本區的氣候特性。

在地形監測方面，主要收集歷年航空照片並加以判釋過去地形變化的情形，本計畫在九九峰自然保留區內選定10個區域，比較歷年航照的變化，並說明崩場地、植生及裸露的溪床變化的情形。同時在颱風過後實地現場調查，觀察颱風對本區的影響，並探討地形變化與氣候之間的關係。本研究蒐集台中工作站過去在本區定點監測的資料，選定14個監測點，持續觀察地形的變化，說明崩場地及植生的情形。

本年度將辦理一場技術轉移的課程，希望能提供管理處同仁更瞭解本區的地質地形的特性，如礫岩層的形成以及地形特徵。課程中也安排學習如何進行氣候資料的整理與分析以及相關地形變遷監測方法與技術，並安排野外實地勘查，實地觀察九九峰的地質地形特性，同時到自計式氣象站架設地點，學習如何架設與維護自計式氣象站。

二、 研究目的

九九峰自然保留區的特殊地景，由於易受到地震及颱風影響而發生改變，因此本研究希望透過地景的調查及相關研究資料的彙整，能對當地地質地形特徵有更深入的瞭解；同時在當地架設自計式氣象站，瞭解當地氣候變遷對地形的影響。並運用航空攝影測量技術，分析過去地形變遷的情況，監測地形的變化。

除了地震之外，颱風降雨為造成本區域地形變化的主要原因，為了瞭解降雨量與地形變化之間的關係，本研究從歷年航照來觀察颱風對河岸及邊坡崩塌的狀況，瞭解地形變化的程度。而微地形的變化可利用數值地形取得歷年高精度地形變化的情形（如河床的堆積與侵蝕、崩塌範圍）。

在氣象資料方面，除了收集歷年水利署草屯水文站的降雨資料，並在九九峰自然保留區東側及西社各架設一自計式氣象站，以取得更精確的降雨資料，並比較鄰近中央氣象局資料，瞭解區域降雨的特性。

利用高精度地形的變化資料，配合野外調查及實際降雨資料分析的結果，取得降雨量與地形變化之間的關係，可以估算出多少降雨量會造成崩塌及土石侵蝕堆積的狀況，使得保全對象遭受威脅，找出造成災害的最小降雨臨界值，以作為管理單位在進行災害防救的重要參考依據。而這些資料也可作為將來在環境教育上的解說題材。

本年度重要工作項目如下：

- (一) 持續進行九九峰自然保留區資料收集，並選定幾個區域，定期進行拍照記錄，觀察裸露的溪床堆積及邊坡的變化。
- (二) 控制點佈標及測量，進行數值地形資料的生產，觀察地形變遷的情形。
- (三) 在保留區內西側架設一自計式氣象站，並進行儀器的維護。
- (四) 整理歷年相關氣象資料，瞭解過去氣候變遷模式。
- (五) 在管理處辦理一場技術轉移課程。

監測九九峰動態變化的地形，不僅可以瞭解九九峰地形變化作用機制與其規模，更重要的是可以讓管理單位就其未來可能的地形發育，預先進進行相關的規劃。本研究預期成果如下：

- (一) 瞭解當地自然地形景觀資源，進而加以保育。
- (二) 建立九九峰自然保留區數值地形模式，監測當地地形的變化。
- (三) 架設氣象站，進行長期監測，瞭解當地氣候的變化。
- (四) 分析氣象資料，提出經營管理建議，可作為災害應變的參考，尤其在豪雨時期的管制策略。
- (五) 辦理氣象站技術轉移課程，提升維護管理人員知識與技能。

三、 研究區簡介

(一)行政區界

九九峰位於烏溪北岸，其主要範圍在埔里事業區第 8-13、15-20 林班大部分小班範圍內，行政區分屬南投縣草屯鎮、國姓鄉及台中縣霧峰鄉、太平市所管轄（圖 1），因為景觀獨特、山勢壯觀，大小山峰林立，不論台中市、中投公路或台十四線公路雙冬路段上均可清晰看見許多並列的山峰，即是九九峰所在的位置。主要包含了乾溪、田尾坑溪、油車坑溪、土南坑溪和仙洞指坑溪等 5 條野溪（圖 2）。

本區位於低海拔，人口稠密、交通便利之處，周邊農路縱橫，由台十四線公路雙冬路段石灼巷進入，約 200 公尺即達本保留區（圖 3）。區域內侵蝕溝發達，邊坡較陡，面積 1198.4466 公頃。

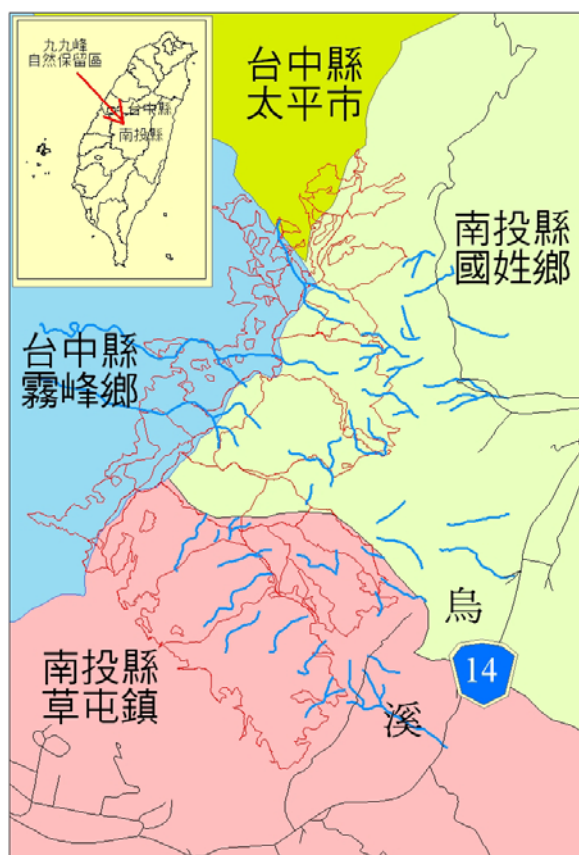


圖 1 九九峰自然保留區行政區域圖

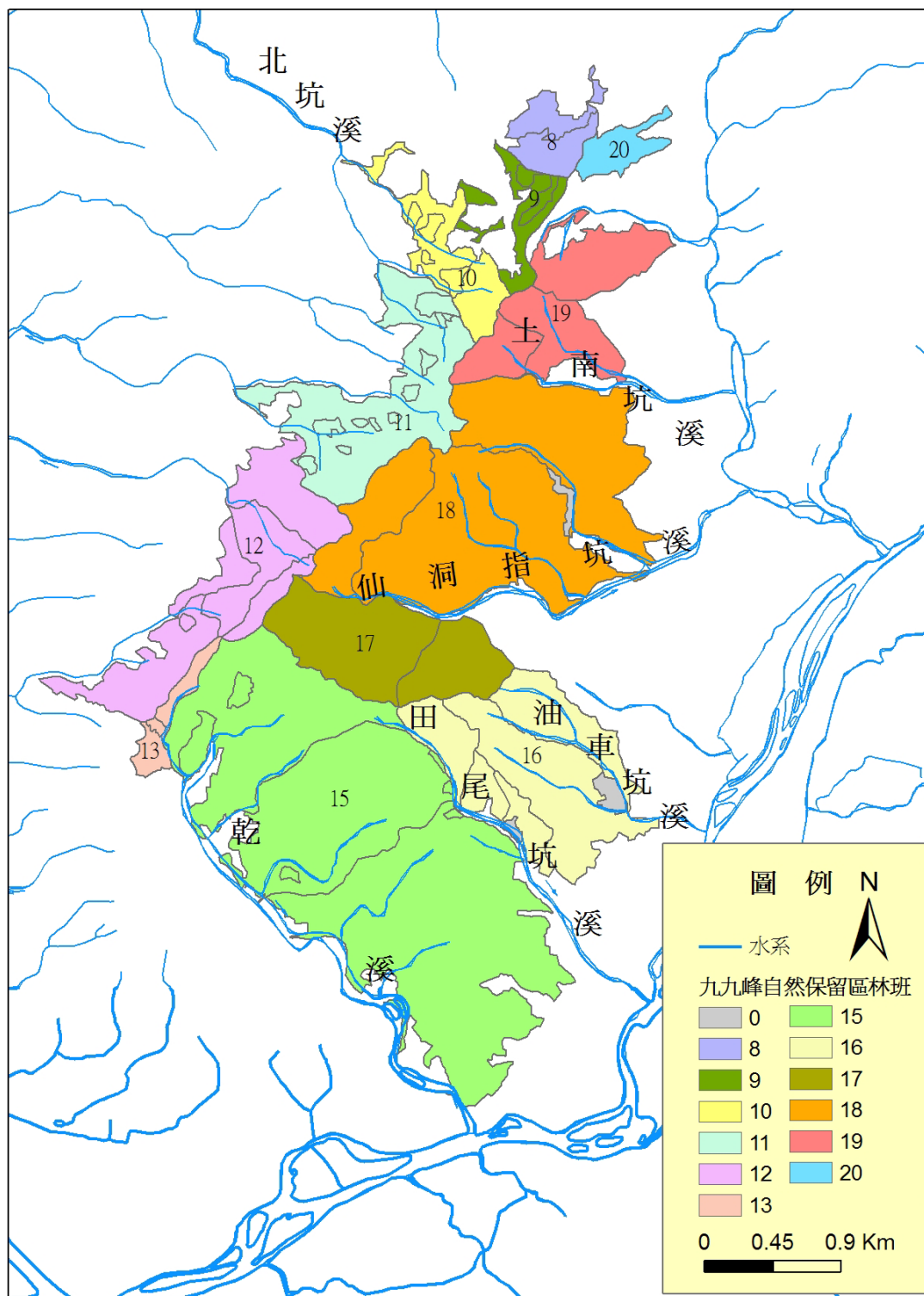


圖 2 九九峰自然保留區林班地及水系分布圖

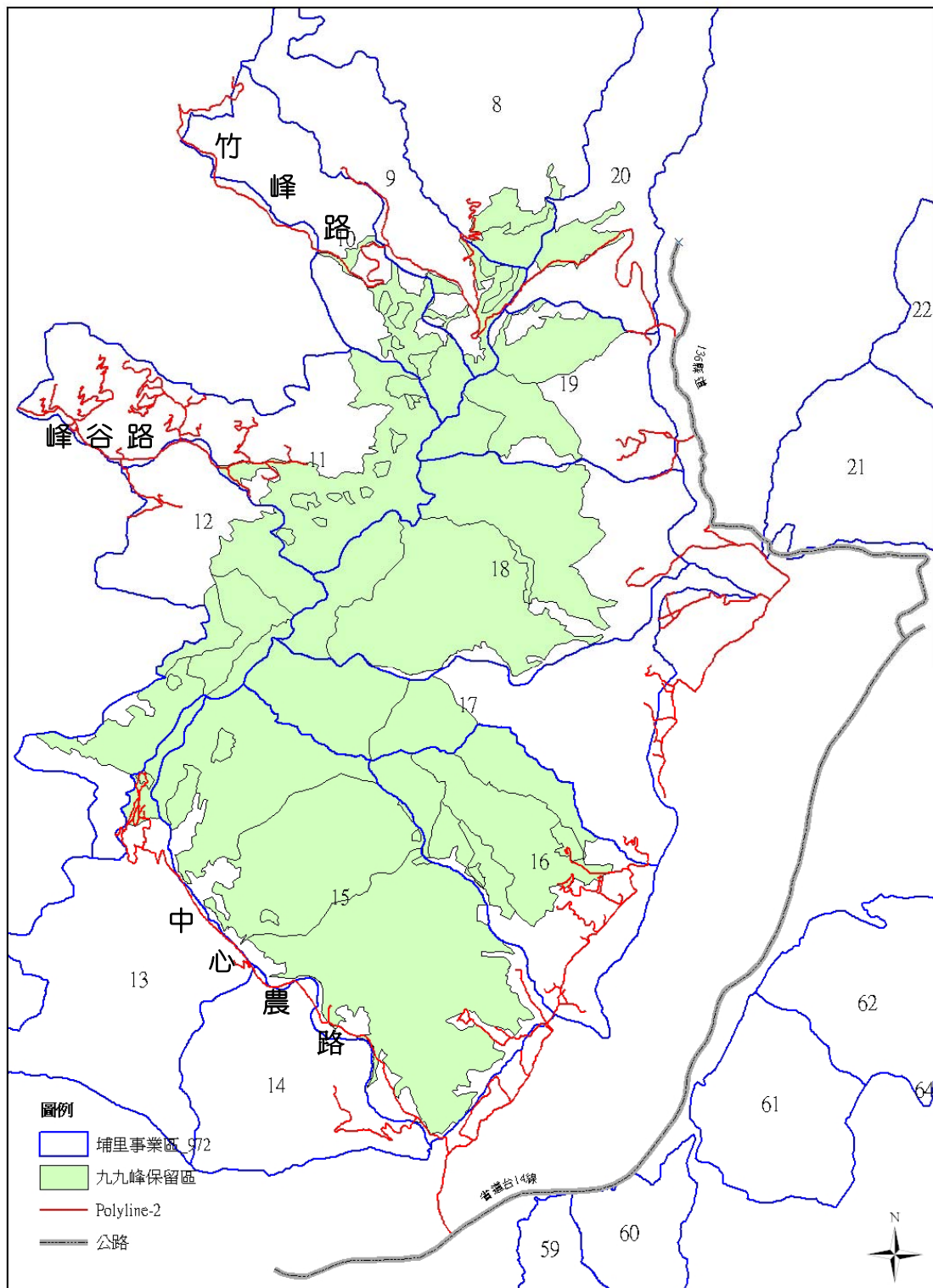


圖 3 九九峰自然保留區林班地及道路分布圖
(資料來源：臺中工作站提供)

(二)地形

九九峰自然保留區地勢北高南低，乾溪和田尾坑溪分別自西北向東南匯入烏溪，兩個流域的面積分別為4.35平方公里和1.25 平方公里。現地有乾溪、油車坑溪、土南坑溪、田尾坑溪以及仙洞指坑溪等5條溪谷發育並貫穿其中。溪谷平常沒有水流，只有在大雨過後才有發現水流跡象，區域南方的乾溪以及北方的仙洞指坑溪，河谷寬度可高達100公尺以上。

九九峰埔里事業區第8-13、15-20林班地海拔約200-780 公尺（圖4），其中位於300公尺至500公尺之間，面積接近占61.57%，各坡向所占面積差異不大。該區原本即多為覆蓋良好之闊葉林，土壤類型大多為棕色石質土，少部分位於溪谷旁區域為石質土，土層淺薄，排水良好（陳添水，2005）。由圖5可以瞭解，自然保留區內之坡度變化極大，尤其在西側之邊坡坡度更陡。

楊志成（1997）將流域依地形特性分為兩群：一、田尾坑溪、油車坑溪、支流1、與土南坑溪，集水區面積在 1.5km^2 以下，主流長度在 1~3km，平均坡降為 129~142%，屬於該區面積小而溪短流急的溪流；二、乾坑溪、仙洞指坑溪的盆地集水面積在 $3\sim 5\text{km}^2$ ，主流長度為 4~6km，平均坡降為 71~76%，屬於該區面積較大、主流長而緩的流域。

另外，對於本研究區地形與地表營力間的關係，呂岡侃（2002）曾討論土石流發生之地形特徵。他發現該區土石流可分為邊坡型山谷型兩種，並且發現邊坡型土石流會發生在內聚凸坡，崩塌時形成碗狀，具有4-6公尺寬的隘口，且當集水區面積達1,000 平方公尺時、單位崩塌面積為2-6 平方公尺時，發生邊坡型土石流的可能性較高；而山谷型土石流則在崩塌面積佔集水區面積20%以上，且集水區面積在15,000平方公尺以上時，才可能發生。

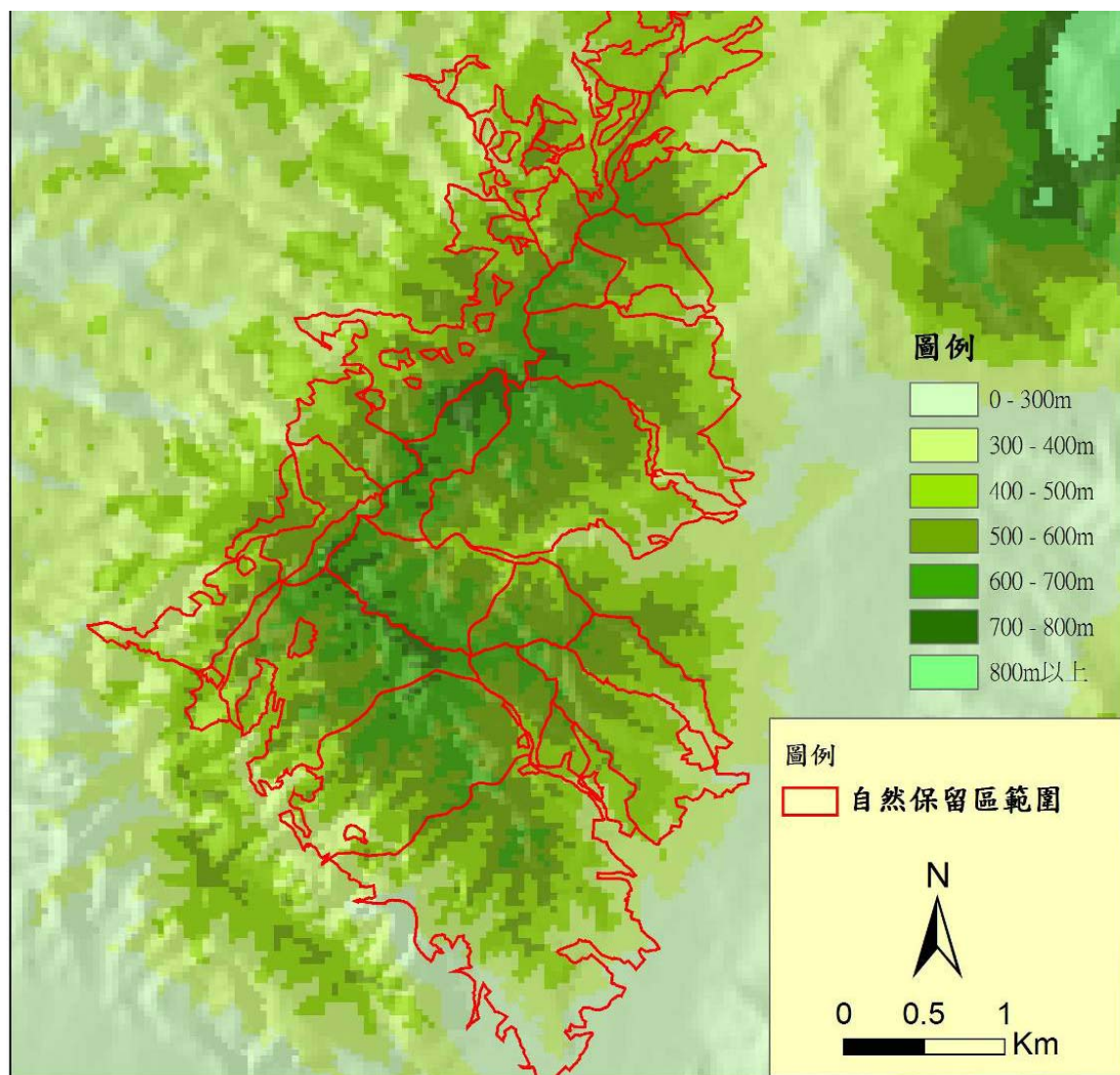


圖 4 九九峰自然保留區高程地形圖

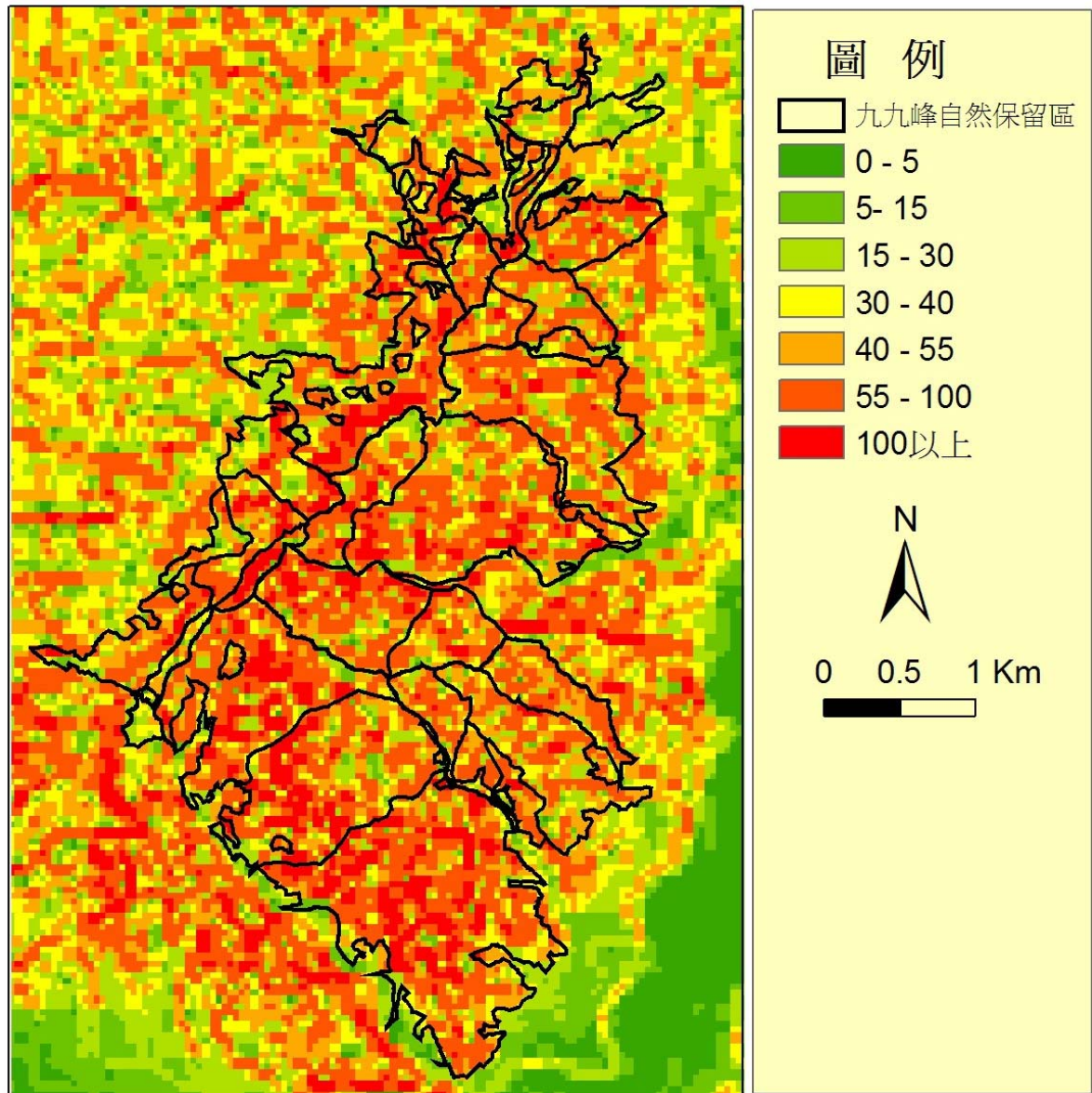


圖 5 九九峰自然保留區坡度百分比分布圖



圖 6 寬廣的河谷，為礫石所堆積而形成
(拍攝地點：乾溪上游、中心橋，日期 2007 年 10 月)



圖 7 由於地勢陡峭，植物不易生長
(拍攝地點：北坑溪上游、竹峰路，日期 2007 年 10 月)

(三)地質

九九峰自然保留區內岩性主要為礫石所組成，屬頭嵙山層上部的礫石層。頭嵙山層中的岩性，主要為厚層砂岩及礫岩兩種岩相。依據張麗旭（1955）的分層，將頭嵙山層分為香山相及火炎山相，分別代表砂岩相及礫岩相的岩性。

九九峰的形成是受到古烏溪的上游帶來的岩塊、土壤等沉積物質，經由搬運與堆積的作用，在現今九九峰位置形成沖積扇，加上長時間堆積、擠壓，將地層內的礫石彼此膠結，逐漸地形成卵礫石岩層，但此時仍是處於埋沒在地表之下，經過造山運動後，這些卵礫石構成的岩層得以露出地表(陳宏宇，2001)。

根據磁地層資料，頭嵙山層的沉積年代約年輕於 1Ma，老於 0.73Ma，約為更新世中期。此外，在 0.98-0.91Ma 期間，沉積速率高達約每百萬年 9500 公尺，顯示於此時期本區域可能已經進入前陸盆地快速沉降的沉積中心。因緊鄰造山帶的前緣，大量造山帶碎屑物迅速將盆地淺化至陸相環境。且率先於區域北側沉積古大甲溪流域的礫質辫狀河體系，爾後有一海進時期，之後才沉積古烏溪流域的礫質辫狀河體系（楊志成，1997）。

在地質材料特性上，本區礫石以砂岩組成為主，其中亦含有少許的板岩與玄武岩類（張憲卿，1994）。在九二一地震後，九九峰的禿頂再次吸引研究者的注意，張等研究發現，在地震波傳達該區的同時，由於礫石受到水平加速度的作用力大於基質膠結的機械強度，使其沿著原先邊坡的自由端向外崩下，造成大規模崩落（張憲卿等，2001）。



圖 8 九九峰地層由礫石堆積而成，顆粒大小不均。

根據經濟部中央地質調查所五萬分之一地質圖埔里及國姓圖幅，九九峰自然保留區的範圍大部分為頭嵙山層火炎山相（圖 9）。火炎山相一般呈厚層塊狀或凸鏡體，由中礫（cobble）為主，一般呈圓形至次圓形，成分以石英岩、石英砂岩等為主，礫石排列呈覆瓦狀結構，礫石與礫石中間由泥砂所充填，透水性良好，穩定性佳，故所構成邊坡可維持高角度穩定而不坍塌，在地形上常形成幾近垂直之邊坡或鋸齒狀山峰特徵。

頭嵙山層火炎山相，為九九峰自然保留區內主要的地層，岩性以厚層礫岩為主。礫岩厚度在數百至 1000 公尺之間，礫岩體的底部經常呈現砂岩與礫岩互層的過渡岩相，夾有砂岩或粉砂岩的薄凸鏡體，厚度不超過 1 公尺。礫石的形狀為圓形至次圓形，直徑大小在數公分到 1 公尺間（何春蓀，1997）。沉積構造經常為顆粒支持結構，略具平行層理，扁平狀礫石常具有疊瓦狀構造，且古水流多為由東向西。厚層礫岩中偶有具交錯層理的透鏡狀砂岩，或少部份具有基質支持結構的礫岩。在厚層礫岩底部與香山相交界處常為砂礫互層，礫岩具有顆粒支持結

構，粗粒砂岩則常具大型交錯層理，且常被礫岩層所截切，側向不連續。整體而言，火炎山相的岩相組合為一礫質辮狀河環境（楊志成，1997）。

在本研究區的東側有一南北走向之雙冬斷層通過，雙冬斷層可能為一高角度逆衝斷層，斷面向東傾斜，傾角可大至 60 或 70 度，本斷層東西兩側所出露的岩層，東側為第三紀地層，西側則全屬頭嵛山層，年代屬第四紀，層位落差極大。由於斷層上下盤岩性及構造差異極大，本斷層在地形顯示上相當明顯，地形線型特徵清晰；水系型態亦有明顯對比（張憲卿，1994）。

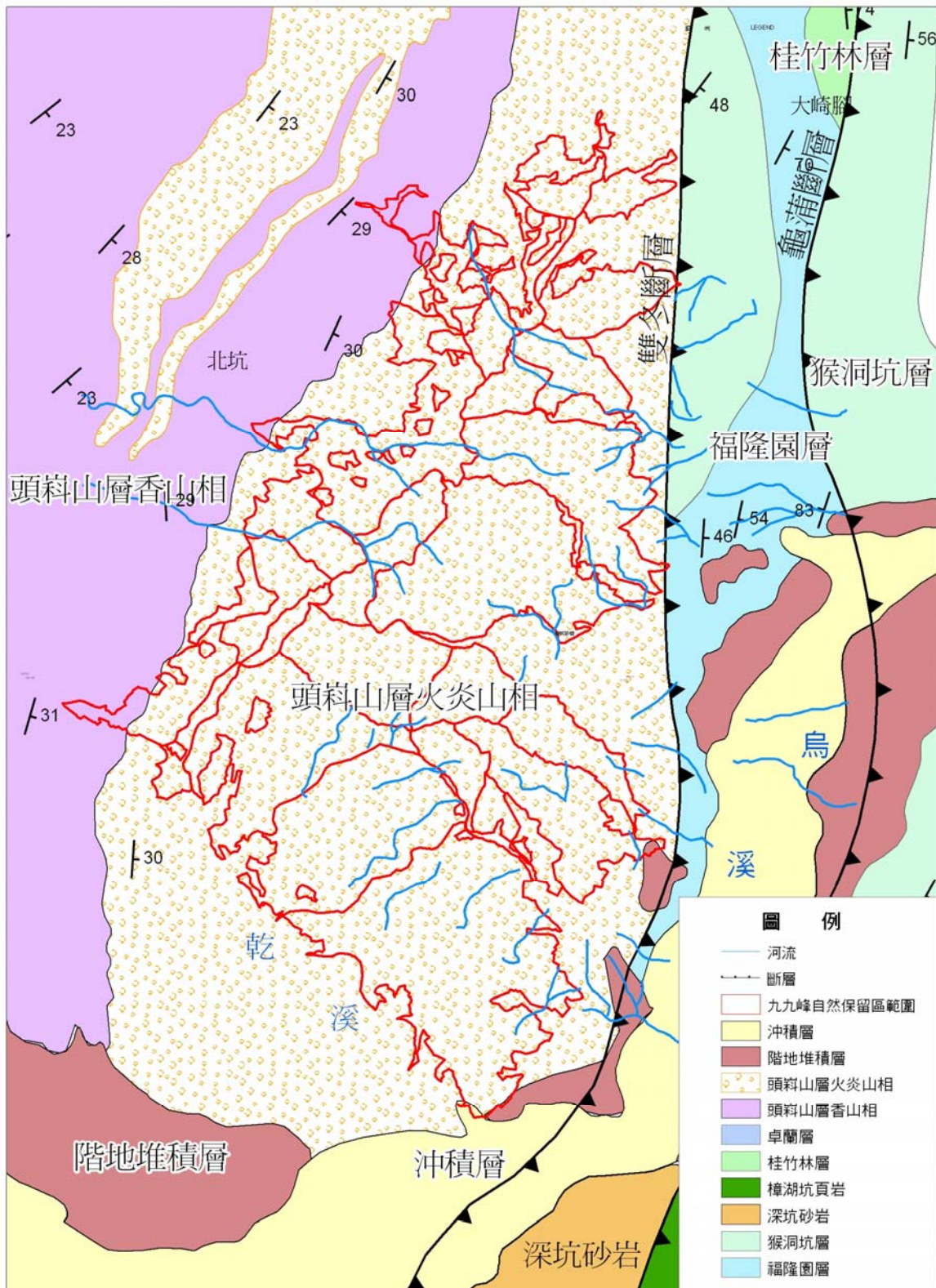


圖 9 九九峰自然保留區及鄰近地區地質圖

(修改自經濟部中央地質調查所 5 萬分之 1 地質圖埔里及國姓圖幅)

(四)氣候

在本區以南多為平原區，北邊則為苗栗丘陵區，西南季風向北吹襲至本區時，受地形影響突然被舉昇，導致本區多霧且溼度大。氣溫上最高平均溫為 7 月的 34.5℃，最低平均溫為 2 月的 12.1℃。相對溼度約為 86%。平均降水量約為 1800 公釐。

降雨量主要集中在 6~8 月之間，以颱風豪雨和午後雷雨為主，單場雨量可達 200 公釐以上，其餘各月平均雨量約僅 40 公釐。乾季時，溪谷遍佈著礫石，雨季則潛伏土石流動的危機(呂岡侃等，2004)。

由於現有的氣象站距九九峰自然保留區皆有一段距離(圖 10)，因此本研究以經濟部水利署草屯測站之日降雨量資料來表示當地的降雨特性。日後在本計畫完成自計式氣象站之後，能更準確反應當地的氣候狀況。根據水利署草屯雨量站 1969-2006 年年雨量統計圖(圖 11)，可以發現年雨量平均約為 1600 公釐，其中以 1981 年年雨量最大，達 2400 公釐。

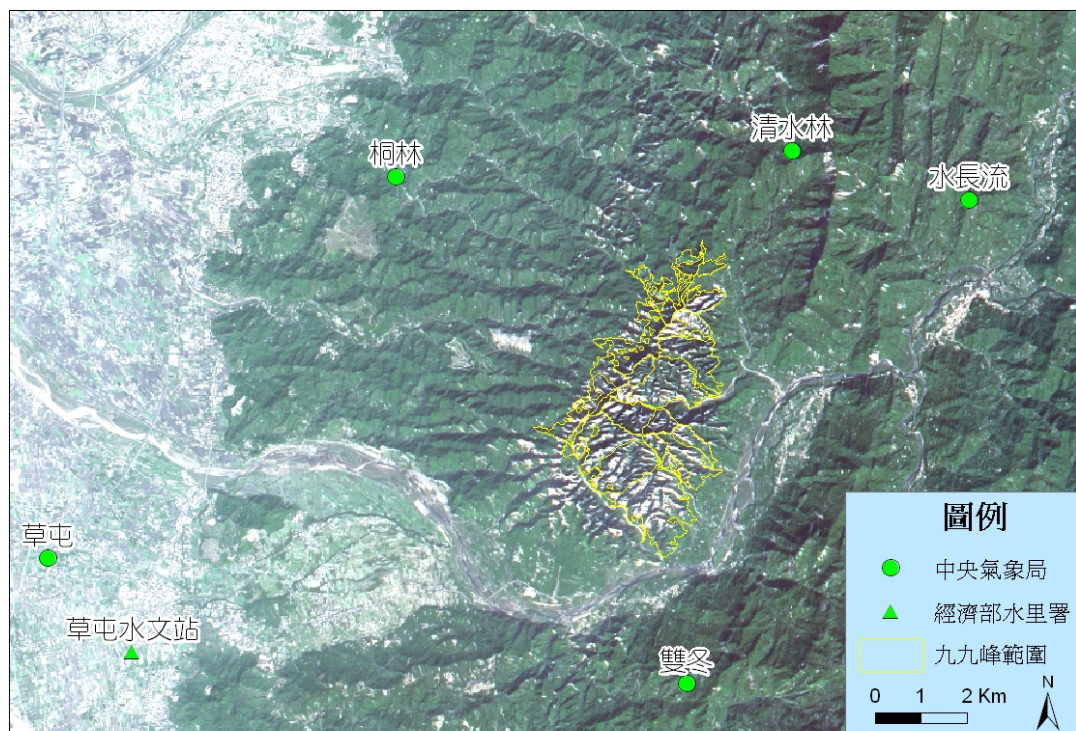


圖 10 鄰近九九峰自然保留區的氣象站分布圖

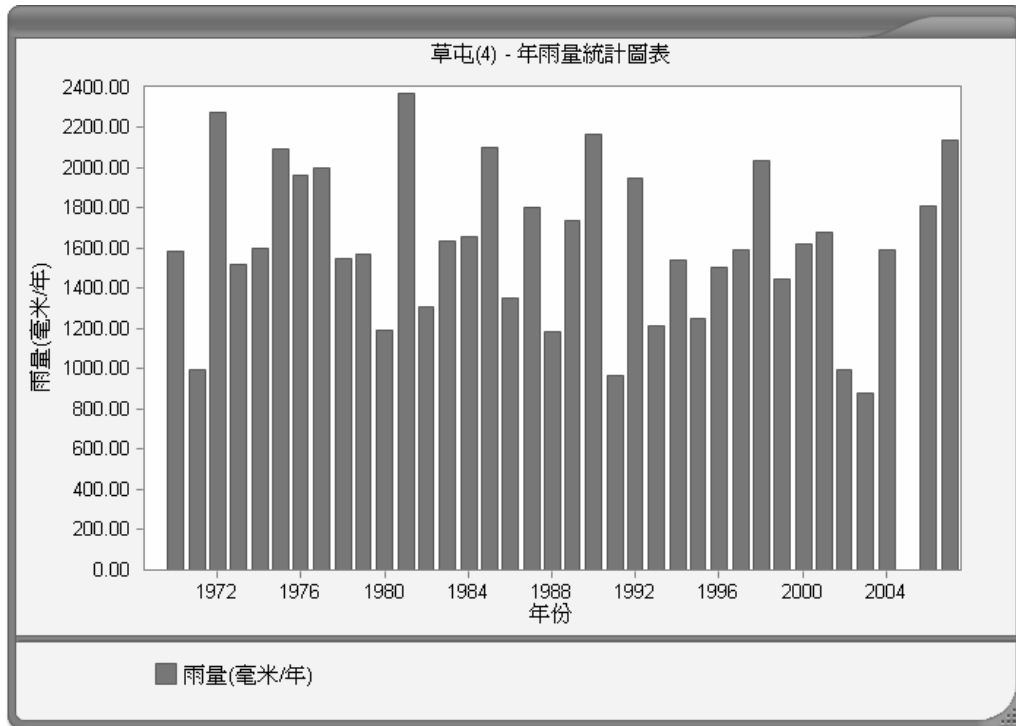


圖 11 1969-2007 年水利署草屯雨量站年雨量圖
 (1969、2005 年資料有缺不予統計，資料來源：經濟部水利署)

(五)植被

地震前的九九峰，原本青翠蓊鬱，除部分沖蝕較嚴重地區有礫石層裸露之外，地表多呈現穩定狀態，但因地形較陡，植物社會組成簡單，以臺灣蘆竹為主，只有在部分坡度較緩、稜線或坡腳處，才有木本植物出現，其組成以低海拔榕楠林帶及楠櫟林帶植群及先驅植物為主，如山黃麻、山鹽青、血桐、白臼、牛乳榕、臺灣檫、青剛櫟及楠木類等，並混生臺灣五葉松及臺灣二葉松。

九二一大地震時，由於劇烈搖晃和重力加速度之作用，使得九九峰山頂表層礫石紛紛震落，部分礫石被原生植被攔下，部分則堆積於山腹至坡腳處。崩落的礫石量雖並不算太多，但加上翻落的植株，與遭塵土覆蓋的臺灣蘆竹，呈現出黃土裸露、光禿禿的景象。原有的木本植物，除峭壁邊緣的植株隨礫石崩落外，大多尚稱完整，

植被的組成其樹冠層常以血桐、刺竹、光臘樹、山黃麻、白匏子、龍眼、荔枝等植種為主，台灣鐵莧、蟲屎、相思樹、糙葉榕、無患子也頗為常見。下層木則以山柑、龍船花、九節木等為主。猿尾藤、老荊藤、菊花木、葛藤、血藤、七日暈等則為常見的爬藤。地震後大量快速生長的木本植物以山黃麻、白匏子、血桐、山鹽青等陽性樹種為主，而小花蔓澤蘭、毛西蕃蓮、台灣蘆竹、臭茉莉、大黍、五節芒、杜虹花等則攀爬於地表或叢生於地面。

目前九九峰山頂上不斷有土石鬆落的山腰，以及崩塌嚴重的山下，種上烏心石、光臘樹與檫木，除了這 3 種造林樹種之外，其他自然長出的樹種，有山黃麻與血桐等先驅樹種。

(六)地震及颱風的影響

由 SPOT 衛星影像來看（圖 12），可以瞭解九九峰自然保留區之植被分布情形，在地震後可以觀察到在九九峰自然保留區內產生白色塊狀崩塌地分布，有許多地區因崩塌而導致地表裸露，因為，保留區自從九二一大地震之後，導致許多邊坡產生崩塌，使得原本植被覆蓋良好的九九峰自然保留區，產生許多裸露地。

陳添水研究本區崩塌地與土地利用的關係（陳添水，2005a），本區九二一大地震前之土地利用類型大部分區域仍為天然植被，人為開墾區域多位於鄰近村落或溪谷較平緩之處，其中以天然闊葉混淆林面積接近占 58.65%最大，其次為天然針葉闊葉混淆林約占 11.58%。依據林務局資料統計本區崩塌面積為 1,025.68 公頃，占總面積之 33.63%，尤以埔里事業區第 15 林班崩塌面積最大，占總崩塌面積之 26.89%，而崩塌區域大多位於海拔高度 400 公尺以上或坡度六級坡以上之山峰。自然保留區內海拔高度大多超過 400 公尺，坡度為六級坡以上面積約占 70.10%，顯示保留區內地勢較區外高且陡，甚易崩塌。保留區內崩塌面積為 729.36 公頃，約占保留區面積之 60.86%，而占埔里事業區第 8-13 及 15-20 林班總崩塌面積之 71.11%，為九二一地震主要崩塌區域。

陳添水以 NDVI 分析植生指數變遷（陳添水，2005b），顯示九二一地震前除溪床植被易遭豪雨洪水沖刷裸露外，幾乎為植物所覆蓋，NDVI 之平均值高達 0.61，而地震後多數山頭崩落之土石大量堆積於局部溪谷坡腳，部分溪床植被猶存，NDVI 平均值劇降為 0.37；九二一地震後至桃芝颱風前為回復期，此近二年期間氣候較為穩定，植被逐漸回復覆蓋，2001 年 NDVI 平均值已提高至 0.54；桃芝颱風後至敏督利颱風後期間為變動期，此三年期間歷經桃芝與敏督利颱風挾帶豪雨之沖刷，植生指數呈現(0.45-0.53-0.45)變動。綜觀地震後近五年本區植被已逐漸回復覆蓋，惟溪谷區域之植被易遭洪水沖刷。而因為地震主要崩塌裸露區，植被雖有回復，仍尚未很穩定，植生指數易受颱風豪雨之影響而變動。

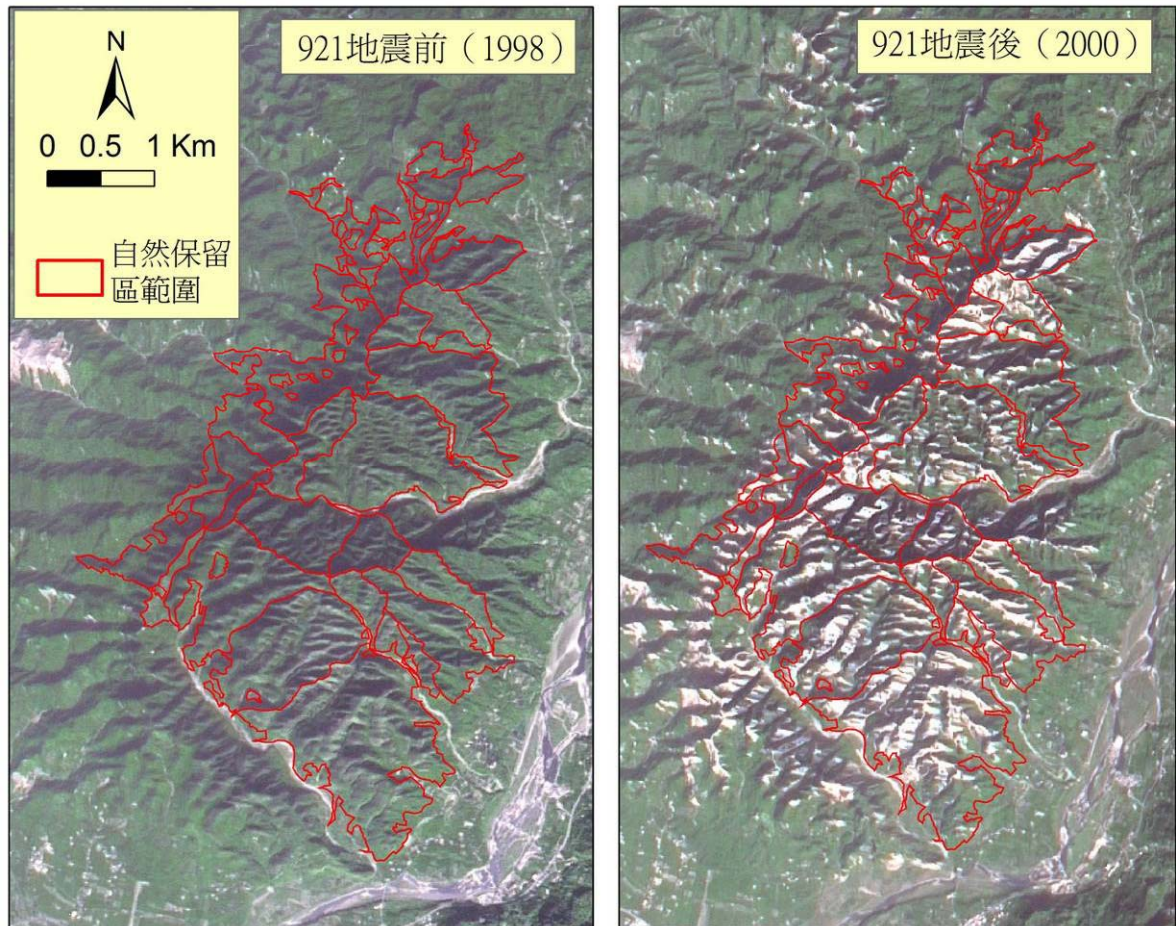


圖 12 921 地震前後九九峰自然保留區 SPOT 影像比較圖

相關研究如林等(2001)曾以本區在 921 地震前後之 SPOT 衛星影像進行分析，量化崩塌區位及植生復育之情形，提供植生復育區位資訊，作為崩塌地監測與治理評估之用。黃(2002)曾以九二一地震與桃芝颱風前後 4 期 SPOT 衛星影像評估九九峰自然保留區崩塌地植生恢復之狀態，發現歷經二年多植生稍有恢復，並建議該區崩塌地除急需處置者外，仍以自然恢復為宜。林等(2003)曾研究比較九九峰山坡基腳殘存樹林與崩塌土石掩埋區鳥類組成差異，評估地震後鳥類組成變化與植被回復之關係，指出該區地震後植被大都處於間歇性干擾的演替初期，而棲息的鳥類也以樹林邊緣及次生林鳥種為主，建議九九峰自然保留區之經營管理應注意非邊緣性森林鳥種之生態需求。林等(2004)曾以衛星影像資料監測九九峰地區九二一震災前後之崩塌地變遷及植生復育情形，結果顯示地震後二年(桃芝颱風前)植生已恢復 50%以上。

劉平妹以九九峰鄰近的中央氣象局國姓、土城及雙冬測站雨量資料（劉平妹、林玉儂，2002），分析 1949 年至 2001 年單日最大降雨量與三日內最大降雨記錄，分別為 1996 年賀伯(HERB)颱風單日最大降雨量近 400 公釐，1976 年魯碧(RUBY)颱風三日最大降雨量近 700 公釐，從資料顯示在 2001 年桃芝颱風前，仍有多次降雨事件的降雨量超過桃芝颱風，因此認為 921 地震大大降低了災害發生的臨界值。

本研究收集 1969 年至 2006 年經濟部水利署草屯測站之日降雨量資料，並與歷年颱風、豪雨資料進行比對，本區共計有 11 次的日降雨量超過 200 公釐，其中大多數為遭受颱風影響所致，僅有兩次為豪雨事件所造成（表 1）。這幾次重大的降雨事件中，以 1990 年楊希颱風的日降雨量為最高，達 372 公釐；而近幾年來更連續 3 年有日降雨量達到 200 公釐的事件，顯示本區地形上可能有劇烈變化的產生。降雨對本區的地形有著重要的影響，因此本研究希望透過對氣候的變化的瞭解，來探討地形發育作用演變。

表 1 草屯測站日雨量超過 200 公釐之降雨事件表

颱風名稱	西元年	侵襲期間	最大日總降雨量（公釐）
芙安（FRAN）	1970	09/06～09/07	285
魯碧(RUBY)	1976	06/27～06/30	242
諾瑞斯(NORRIS)	1980	08/26～08/28	287
豪雨	1981	05/30	282
莫瑞(MAURY)	1981	07/18～07/20	314
楊希(YANCY)	1990	08/17～08/20	372
賀伯(HERB)	1996	07/29～08/01	211
桃芝(TORAJI)	2001	07/28～07/31	240
敏督利(MINDULLE)	2004	06/28～07/03	207
海棠(HAITANG)	2005	07/16～07/20	233
豪雨	2006	06/09	224

四、 研究方法

本研究在監測地形變化之部分，是以變化量較大的區域為目標，不同的區域有不同的主題，針對不同的主題，提出相對應的研究方法。

(一)即時氣象監測

目前所採用的自計式氣象觀測站是由 CAMPBELL 公司所生產的資料收集處理器 (DATA LOGGER) 與相關感測器 (SENSOR)。由感測器將氣象資料轉換成電子訊號，再由資料收集處理器負責量測、轉換訊號與記錄，最後以量化的方式呈現。本計畫預計收集的基本氣象資料包括：降雨量、風速、風向、溫度與相對溼度等五項。其中各項氣象資料每 10 秒鐘收集一次，然後計算每 15 分鐘數值產生一筆資料。降雨量的最小觀測單位為 0.2 公釐、溫度則為 0.1 度、相對溼度則為 0.1%、風速最小單位為每秒 0.1 公尺、風向為 0.1 度 (Armstrong *et. al.*, 1985)。

本計畫採用的氣象觀測站，可以分為三個主要的部分。第一是收集、轉換氣象狀況的感測器，包括：雨量計、風速風向計與溫度相對溼度計等。第二是儲存系統，包括儲存記憶體。第三是無線傳輸系統，為 GSM 系統。

基本氣象資料收集的項目包括：降雨量、風速、風向、氣溫、大氣相對溼度等，由資料記錄處理器處理，然後記錄在記憶體中，等待研究人員讀取。在資料傳輸系統方面，以無線傳遞之 GSM 系統作為主要傳輸方式。由於 GSM 無線傳輸系統需要較大功率的電源，本研究採用以鉛酸電池作為觀測站主要的電力來源，且另外以太陽能板產生電能持續供電，只要太陽能板發揮功效測站便可持續運作，因此可延長測站收集資料時效。

1. 風速風向計

風速風向計為 YOUNG 公司所生產，其中風向計是以可變電阻將風的來向轉換成電阻的阻抗數值，由資料記錄處理器讀取並且轉換成 0 至 360 度；風速資料是由連接在螺旋槳上的脈衝訊號產生器所轉換，風速愈高則同一時間內所送出的脈衝愈多，由資料記錄處理器轉換成每秒的風速資料。

2. 溫度與溼度計

大氣溫度與相對溼度則由一組線路處理，將其轉換成高低不同的電壓大小輸出，然後由資料記錄處理器量測、轉換。

3. 雨量計

雨量計為傾斗式，雨量收集筒口徑為 6 英吋，將降雨收集到傾斗中，每 0.2 公釐降雨會啟動傾斗動作一次，並且將脈衝訊號傳送至資料記錄處理器中。資料處理器接收脈衝訊號，並且轉換成降雨量資料。

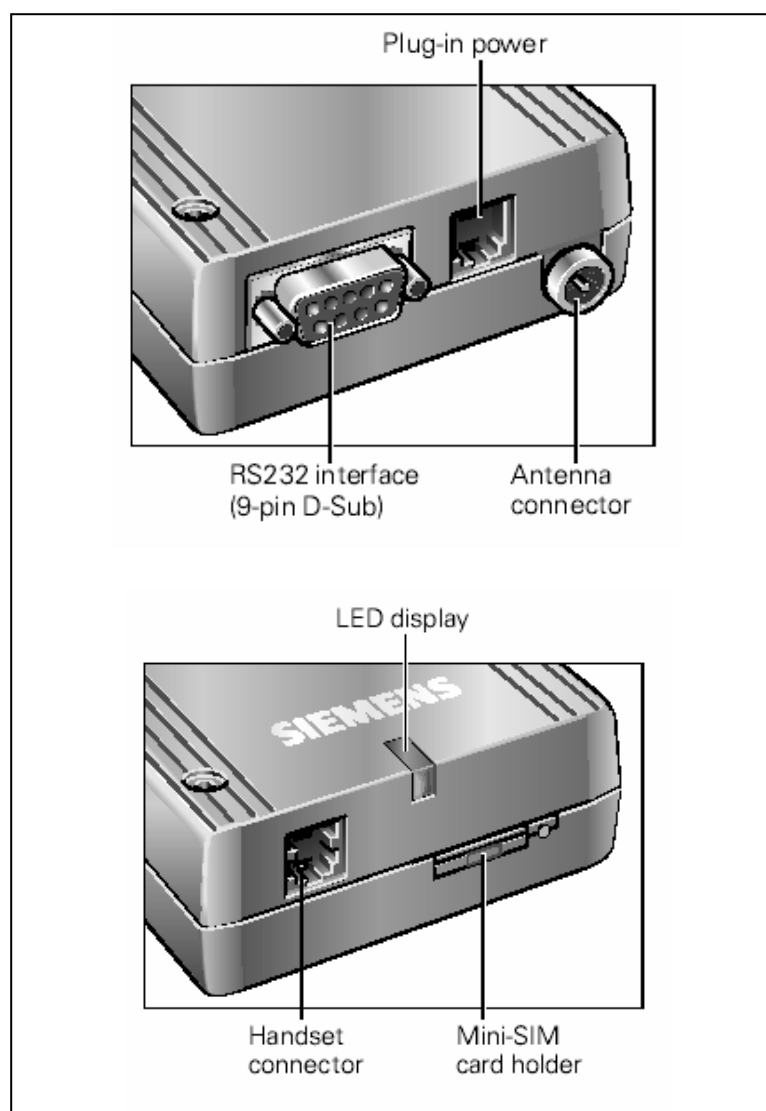


圖 13 GSM 無線數據機外觀

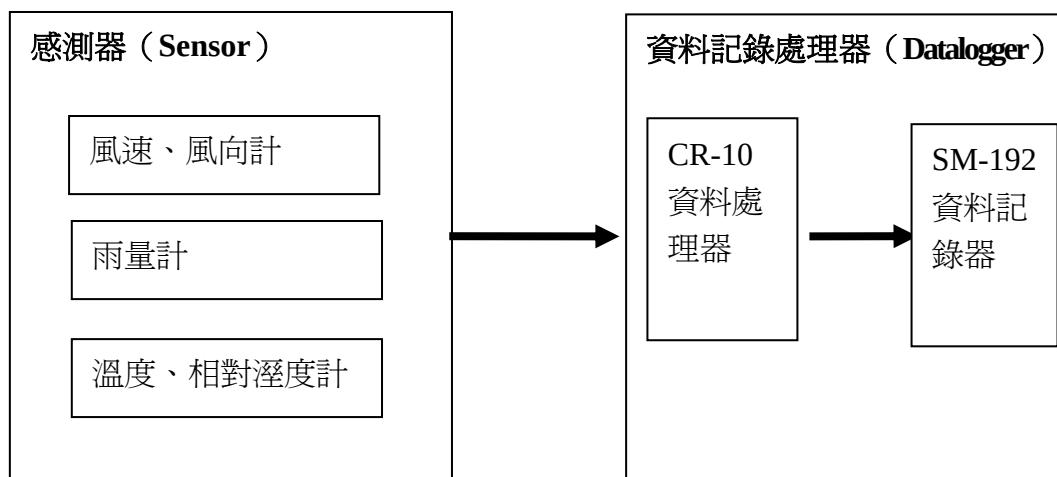


圖 14 自計式氣象觀測站系統架構圖

4. 資料處理器

本計畫所採用的資料記錄處理器是由美國 CAMPBELL 公司所出品的 CR-10 與 SM-192，主要由兩個部分所組成（圖 13），分別是量測與處理資料的 CR-10 與記錄資料的 SM-192。CR-10 主要的功能就是量測連接在其上的感測器所傳回的電子訊號，並且可以設定許多不同量測範圍、不同量測時間間距，還可以依據不同需要進行程式設定，以配合不同計畫的需求。簡而言之，CR-10 就是一個可以程式設定的複雜電表，專門量測電壓、電流與脈衝等電子訊號，轉換成數值，並且進行簡單的計算或統計。

5. 無線傳輸系統

目前裝設的無線資料傳輸系統是以德國 SIEMENS 公司所生產的 GSM 傳輸套件（無線數據機 TC35T）為主。其原理是透過 RS232 接頭，將資料記錄處理器中的資料轉換為電子訊號，運用無線數據機的原理將訊號傳出，遠端就可以獲取即時資料。在本系統的優點方面，無線傳輸代表可以遠端連線，GSM 系統代表可以運用電信系統連結，只要遠端的電腦透過電信網路，就可以監控這個測站的狀況，獲得即時的氣象資料。

除了硬體設施之外，要與資料處理器進行無線通訊必須透過相關軟體。CAMPBELL 公司發展出 PC-208W 軟體，可以進行直接與有線、無線數據連線，可以隨時隨地利用各種方式與資料處理器連線，掌握最新的動態。連線軟體與狀況請參閱圖 15。

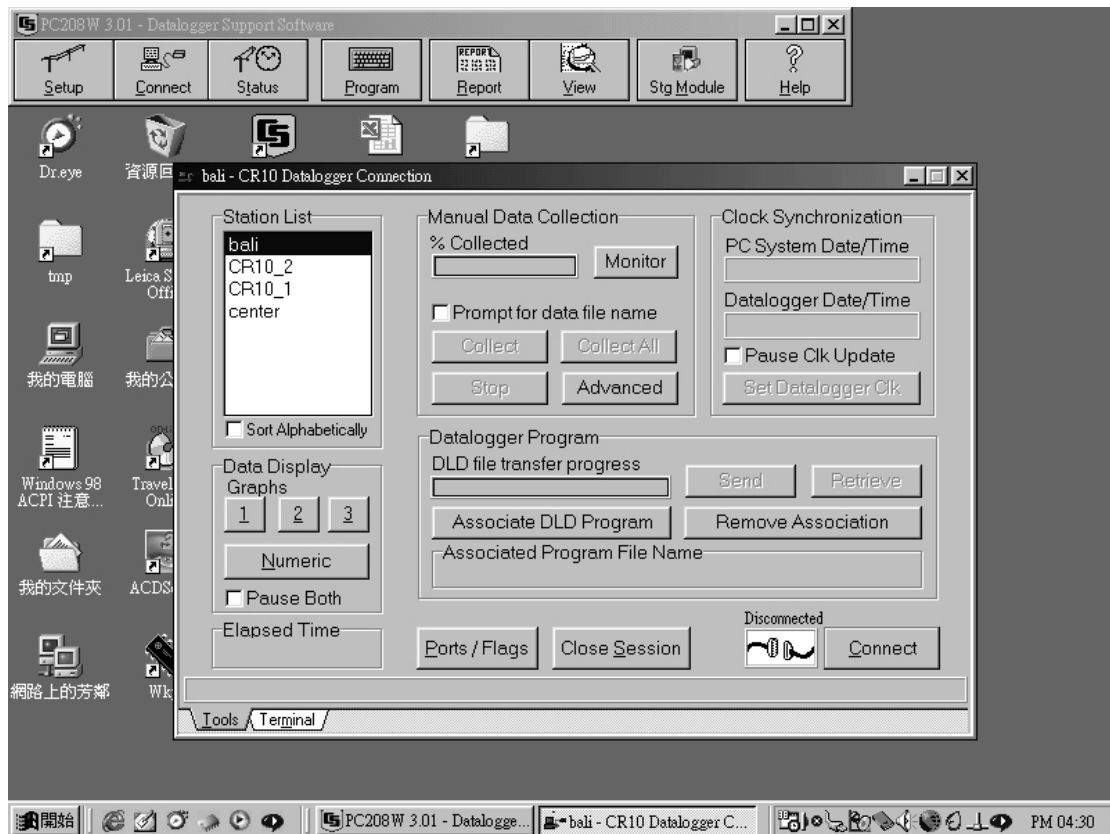


圖 15 通訊軟體 PC-208

在這些資料中，氣溫、相對溼度、風速、風向與降雨量等資料是感測儀器所收集的氣象資料，前面三項為時間資訊，最後的內部機器溫度與電池電壓是檢查儀器運作狀況的資料。若是儀器運轉有問題，很容易可以由最後兩項資料看出。

自計式氣象觀測站的儀器每十秒鐘會收集一筆資料，然後每 30 分鐘進行計算，產生一筆資料，所以最後呈現的格式為每 30 分鐘有一組資料。

以往對環境監測，只能進行事後收集資料方式來進行，即使是資料收集器可以提供即時資料，但是受限於沒有適當的連結網絡，只能在事後以人為方式擷取資料，在時效上往往已經錯失先機。研究人員藉著這套系統，可隨時進入即時監測系統，觀察測站的狀況。

(二)數值地形模型的建立

首先運用航空攝影所拍攝的地面影像，進行空中三角測量與影像正射化等作業，製作具有大地座標的正射化影像與數值地形模型。正射化影像與衛星影像相類似，可以用來辨識地形與地物，對於瞭解二維的地形變化非常有幫助。而地形的數值地形模型可以用來計算地形的變化量，以及整體地形侵蝕與堆積的情形，將原本的二維資訊轉換成為立體資訊。

為了達到完全掌握九九峰地區的地形變化資料，本研究嘗試進行該區域的正射化影像與數值地形模型製作。在數值地形模型的空間解析度上，希望可以達到 5000 分之 1 相片基本圖的製圖精度，也就是平面誤差控制在 2 公尺以內，高程誤差控制在 20 公分以內的水準，空間解析度為 5 公尺的數值地形模型，希望對於整體的地形變化掌握度會提高許多。

目前的技術而言，運用航空攝影測量就可以精確地掌握整個沖積地形的數值地形模型。如果將連續兩次數值地形模型加以對照，就可以獲得地形變化的分布情形，也就是在地形上沖蝕與堆積的位置及在裸露的溪床堆積與侵蝕的量，進而瞭解每一段時間內地形變化情形。最後將地形變化量與氣象資料進行比對，即可以大略估算出颱風降雨對地形變化的影響及相對空間分佈的關係。

由於九九峰地形起伏變化較大，受制於航空照片拍攝的限制，會產生較多的陰影區，因此在選取控制點上有較大的困難。一般而言在地形起伏較大的區域所生產的數值地形模型精度較平地來得差。

在控制點資料方面，依據內政部土地測量局的資料顯示，在本研究區鄰近的控制點有 13 處，如圖 17。

本年度的進度，主要是在航空照片的蒐集、整理、控制點的確認以及未來航照時控制點的掌握，用以作為日後建立數值模型之基礎。



圖 16 九九峰自然保留區正射影像（921 地震後）

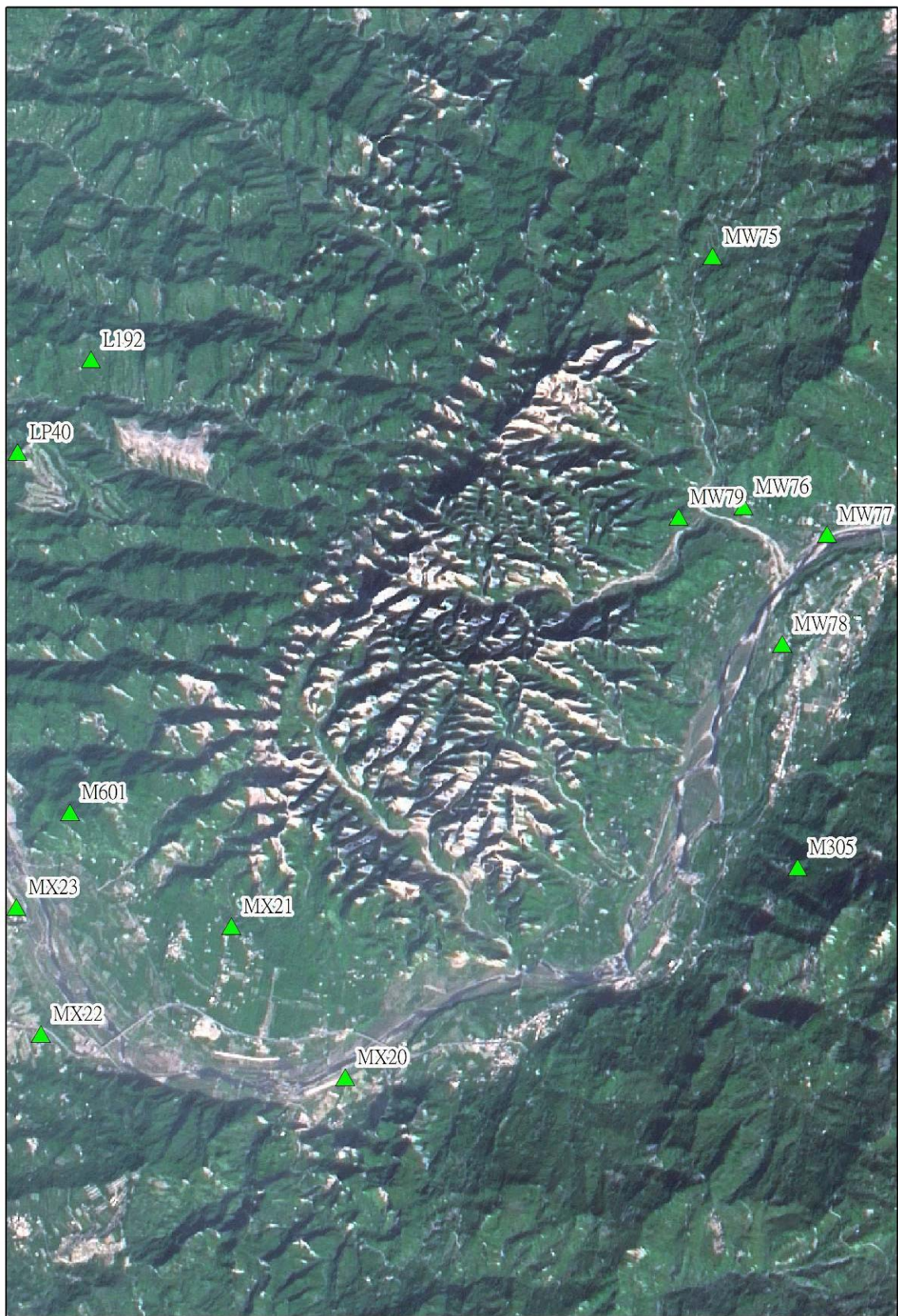


圖 17 內政部土地測量局控制點分布圖

表 2 內政部土地測量局控制點點位資料表（TW97 座標系統）

點名	點號	Y 座標	X 座標	高程
	LP40	2658753	224236.7	291.348
北坑橋	L192	2659624	224928.0	308.54
大崎腳	MW75	2660596	230800.1	388.707
	MW76	2658241	231091.5	267.954
乾 峰	MW77	2657981	231878.9	250.776
福 城	MW78	2656950	231456.6	242.709
火炎山	MW79	2658143	230476.5	356.53
昌 榮	MW80	2654803	234795.1	302.017
公司頂	MW81	2653818	233532.3	602.849
雙龍國小	MX20	2652864	227330.4	196.23
崁 腳	MX21	2654286	226255.1	234.84
土 城	MX22	2653273	224455.6	214.639
北勢湳一	MX23	2654465	224223.7	167.984

(三)地形變遷監測

礫石惡地地形變動非常大，當降雨量達到一定程度以上，就會產生邊坡沖蝕的現象，蝕溝發育，進而有許多礫石與細粒物質進入裸露的溪床，並向下邊坡移動，在土石搬運的過程中，會對裸露的溪床產生側蝕的作用，加速邊坡崩塌地的生成。由於九九峰地區在颱風豪雨時往往帶來大量的土石堆積在裸露的溪床上，使得裸露的溪床形成寬廣的河谷。

本計畫利用歷年航照判釋，可以觀察河谷發育的原因及歷年崩塌地的演育，同時瞭解歷年颱風災害對九九峰自然保留區的影響，以作為日後地形監測的參考。另外定點的拍照記錄，也可以更清楚瞭解局部地區崩塌地、植生及裸露的溪

床變化的情形。

除了地震造成本區大規模的崩塌外，引發地形變化的因子主要的外營力因子為降雨，尤其是颱風所帶來的豪雨，因此在本計畫之中，降雨和其他基本氣象資料的收集也顯得更為重要。目前本計畫已在九九峰自然保留區內設置兩個自計式的氣象觀測站，以便連續收集當地的氣象資料，瞭解外營力作用的情形。

在資料分析方面，透過歷年航照的判讀，可以瞭解過去崩場地、裸露的溪床侵蝕及堆積作用產生的地形變化，再與歷年颱風降雨資料進行比對，可初步瞭解地形變化與降雨之間的關係，但限於過去氣象站相距九九峰自然保留區較遠，無法完整呈現本區的降雨特性，而利用本計畫所架設的自計式氣象站，可使分析結果更具代表性。

(四)技術轉移研習

有關九九峰地形變遷監測的技術移轉，整個技術移轉的工作包括儀器架設的原理、自計式氣象觀測站的資料讀取與基本維護等。在自計式氣象觀測站資料讀取與基本維護方面，後續的工作人員需要瞭解氣象觀測站的基本運作原理，並且學習如何讀取資料，在每一次讀取資料之同時檢查測站與感測器是否運作正常，並且瞭解基本的故障排除以便在現地進行臨場維護。

五、研究成果

(一)自計式氣象站的架設

本計畫在 2007 年度設置在九九峰自然保留區東側約 800 公尺（圖 18）架設自計式氣象站，包括雨量計、溫溼度計及風速、風向計（圖 19），由於架設地點在野外，為保持儀器電力能維持正常運作，因此設置太陽能板，以維持電力能持續供應。本年度將持續進行自計式氣象站的維護及氣象資料的收集。

由於山區氣候經常受到地區性地形與海拔高度所影響，其降雨變化之空間異性是相當大的，因此本年度將再保留區西側再架設一組自計式氣象站（圖 20），兩測站相距約 4.5 公里，目前已於 2008 年 5 月完成架設，儀器測試運作正常。地區性之氣候監測資料是相當重要的本研究蒐集氣候與降雨資料除了可以瞭解九九峰自然保留區之氣候狀況，並且可以利用即時監測之技術，瞭解區域氣候之狀況。

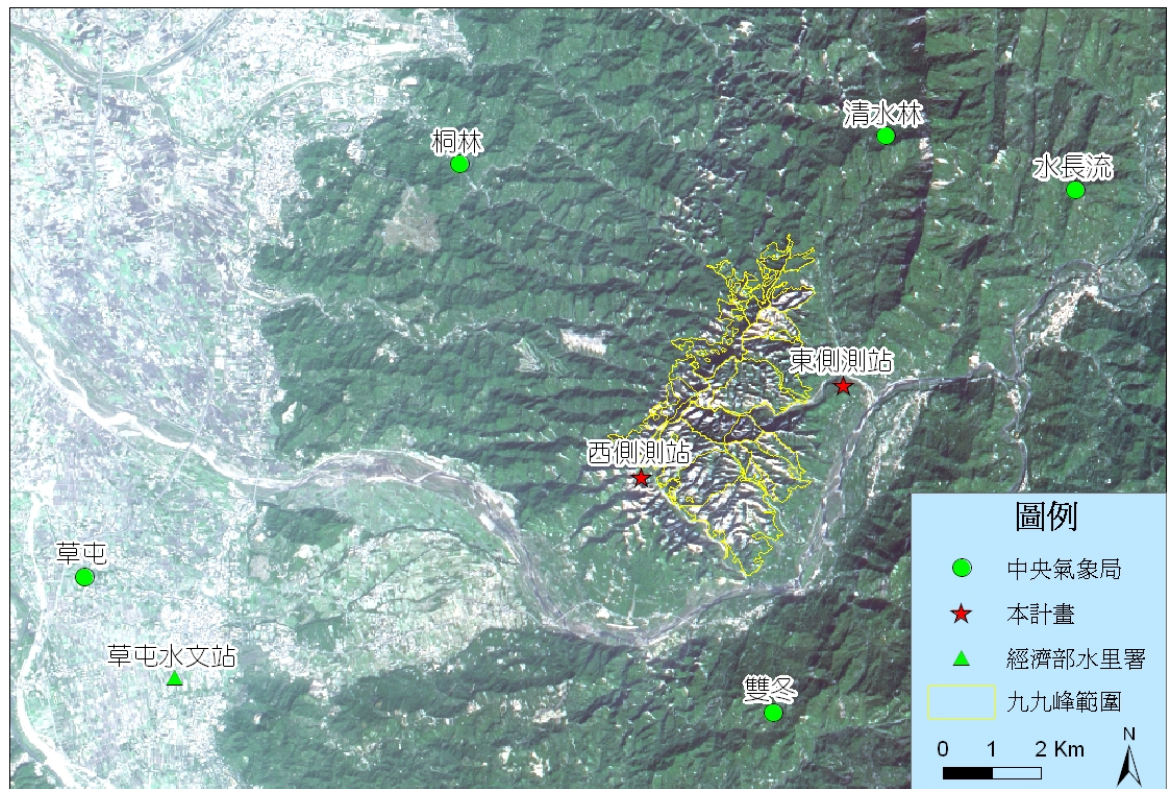


圖 18 九九峰保留區自計式氣象站及鄰近氣象站位置圖



圖 19 九九峰保留區東側氣象測站照片（230889, 2657921）



圖 20 九九峰保留區西側氣象測站照片（226793, 2656062）

(二)氣候資料收集

本研究架設之東側自計式氣象站自 2007 年 6 月 26 日開始正式記錄氣象資料，西側測站自 2008 年 5 月 13 日開始記錄，但 7 月中至 9 月中由於電力中斷，加上受颱風影響道路中斷，維修不易，使得記錄的資料並不完整。目前經過維修後，從 10 月初自今，資料接收均正常。收集的資料包括降雨量、溫度、溼度、風速及風向等資料，本年度持續進行檢測及維護。

1.氣象資料收集

目前由於東側設站資料較為完整，將本年度九九峰自計式氣象站整理之雨量、溫度及溼度資料統計圖（圖 21-30），資料從 2008 年 1 月至 10 月，每半小時紀錄一筆。從溫度資料來看，1 月至 3 月日夜溫差較大，溫度範圍約為 10°C 至 30°C 間；4 月至 5 月溫度約在 20°C 至 30°C，6 月至 9 月受到降雨的影響，溫度則有明顯的變化。

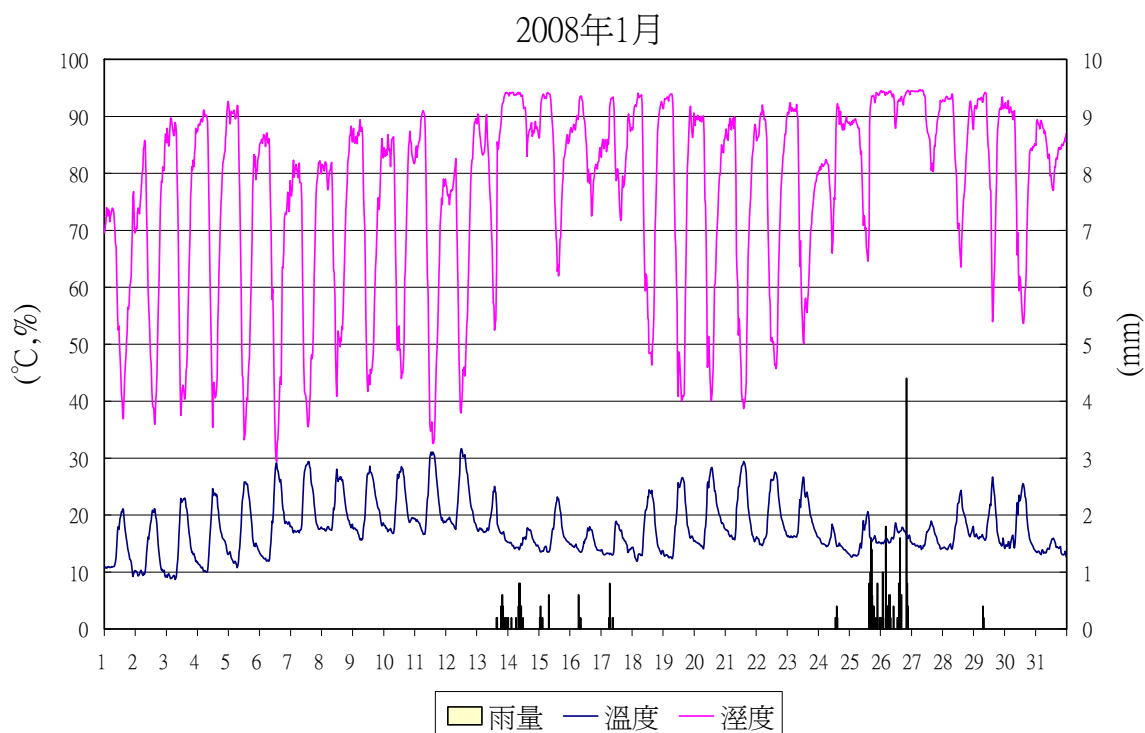


圖 21 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 1 月份氣候資料

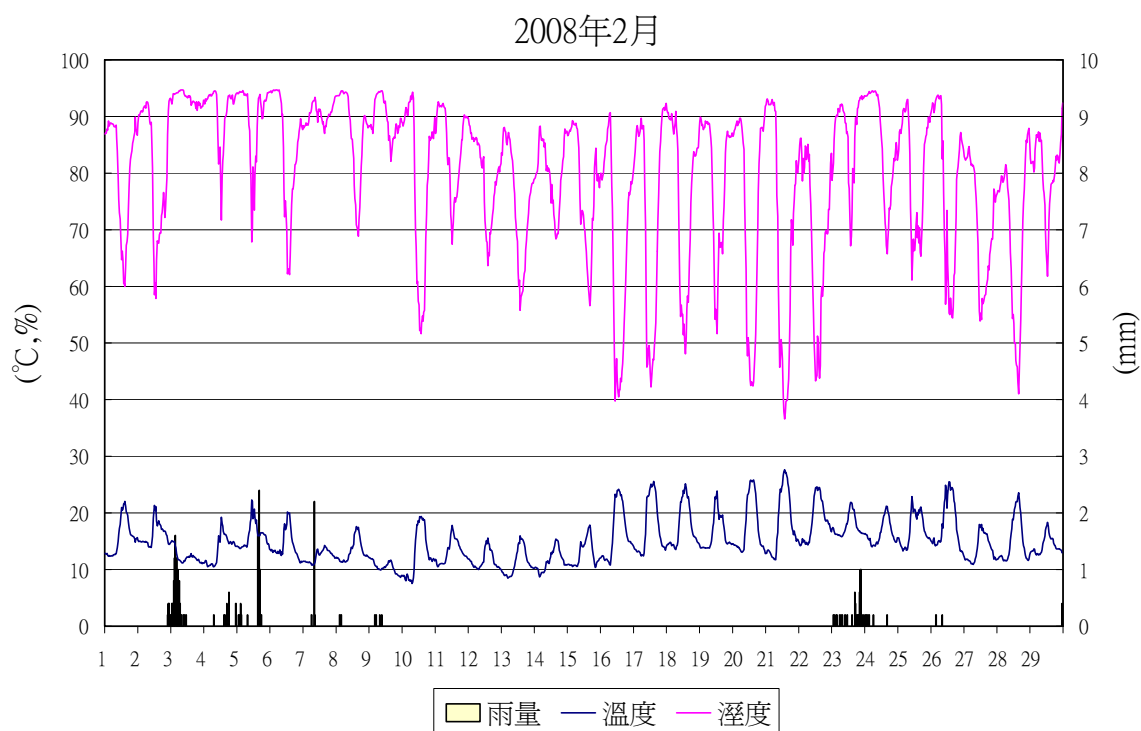


圖 22 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 2 月份氣候資料

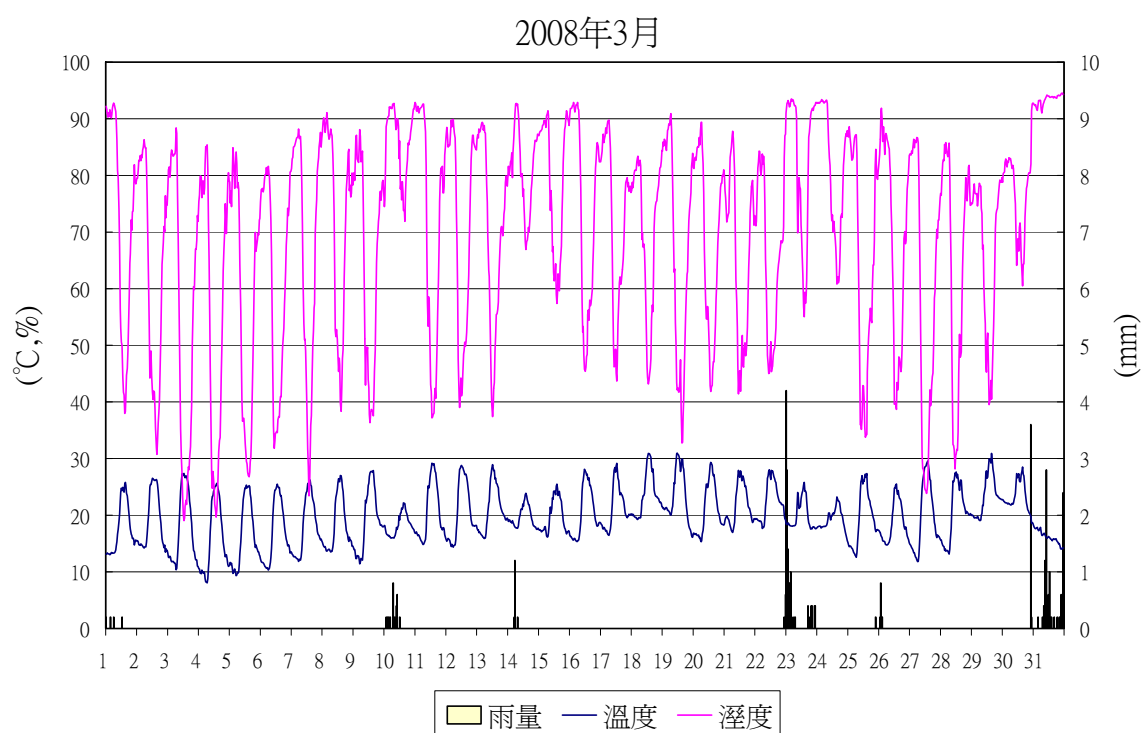


圖 23 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 3 月份氣候資料

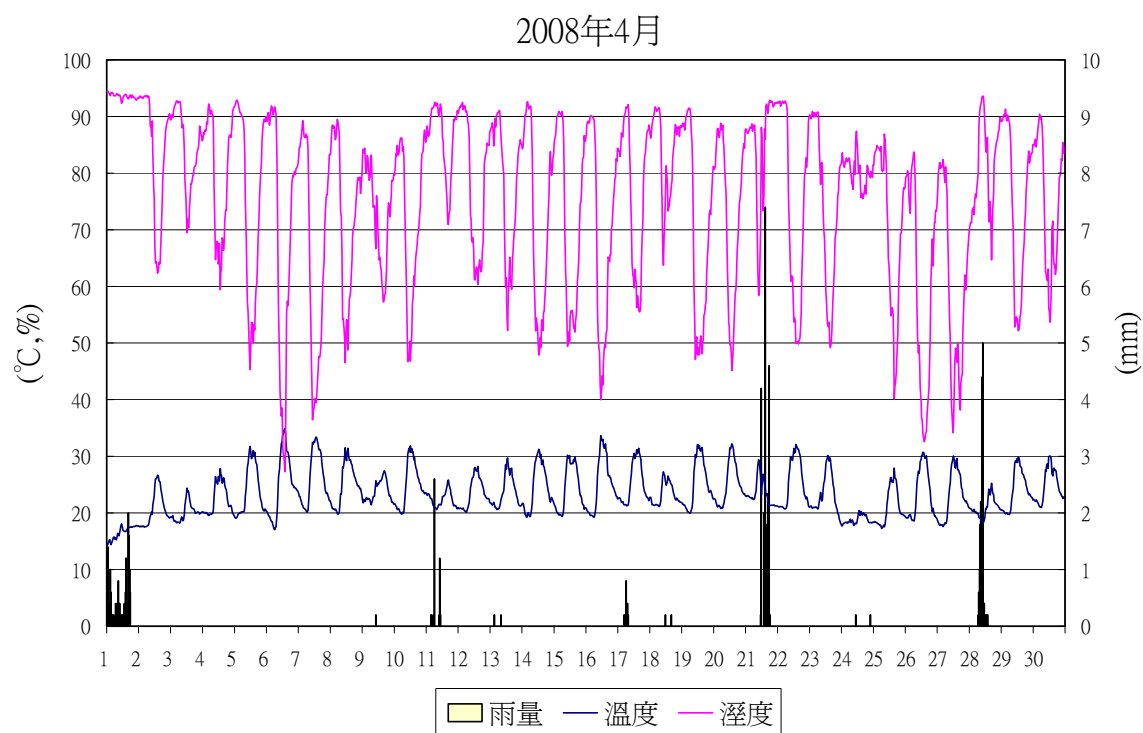


圖 24 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 4 月份氣候資料

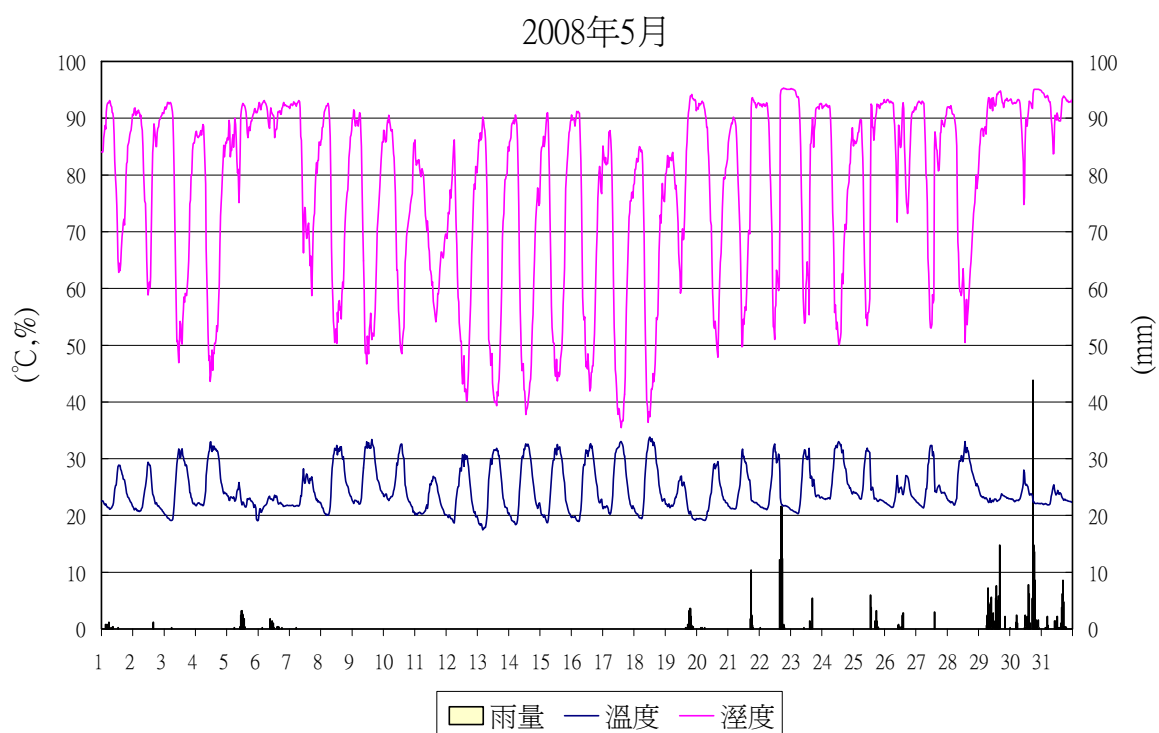


圖 25 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 5 月份氣候資料

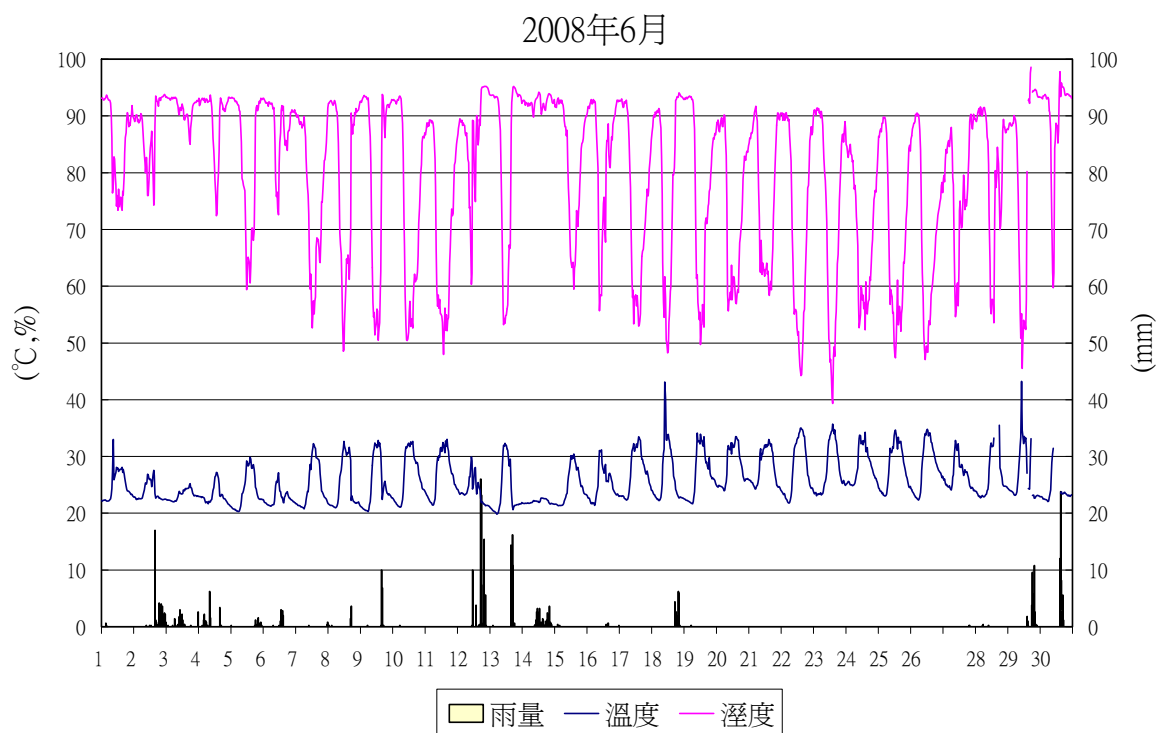


圖 26 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 6 月份氣候資料

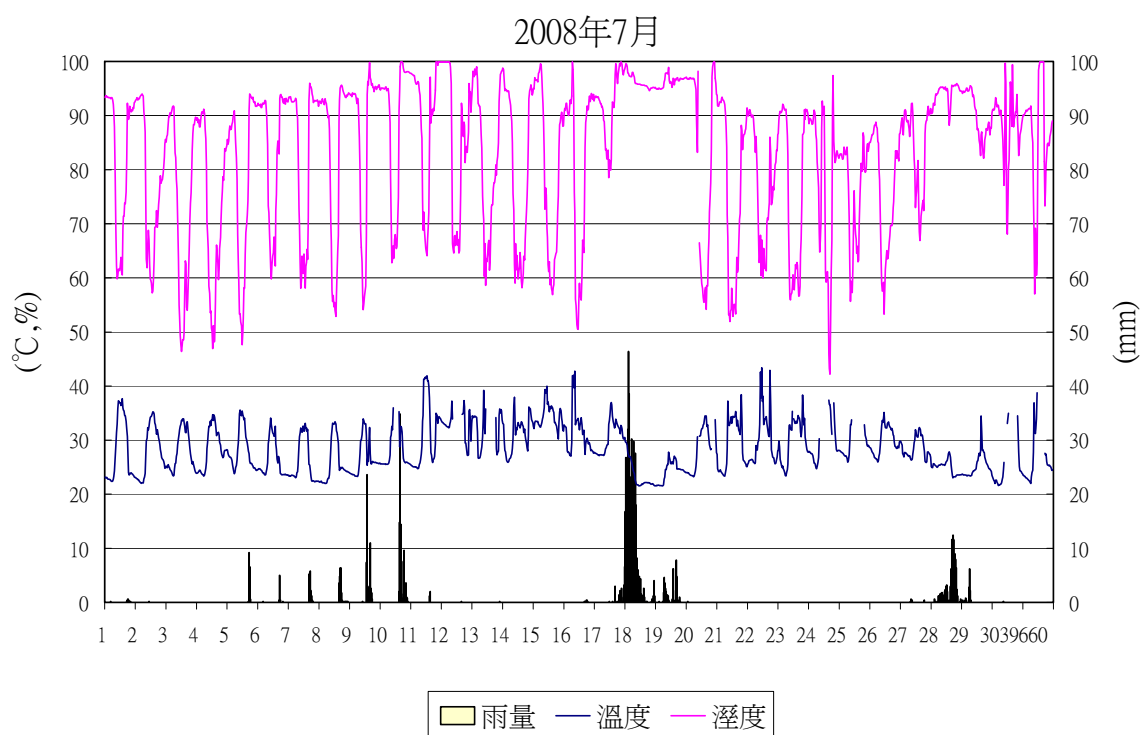


圖 27 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 7 月份氣候資料

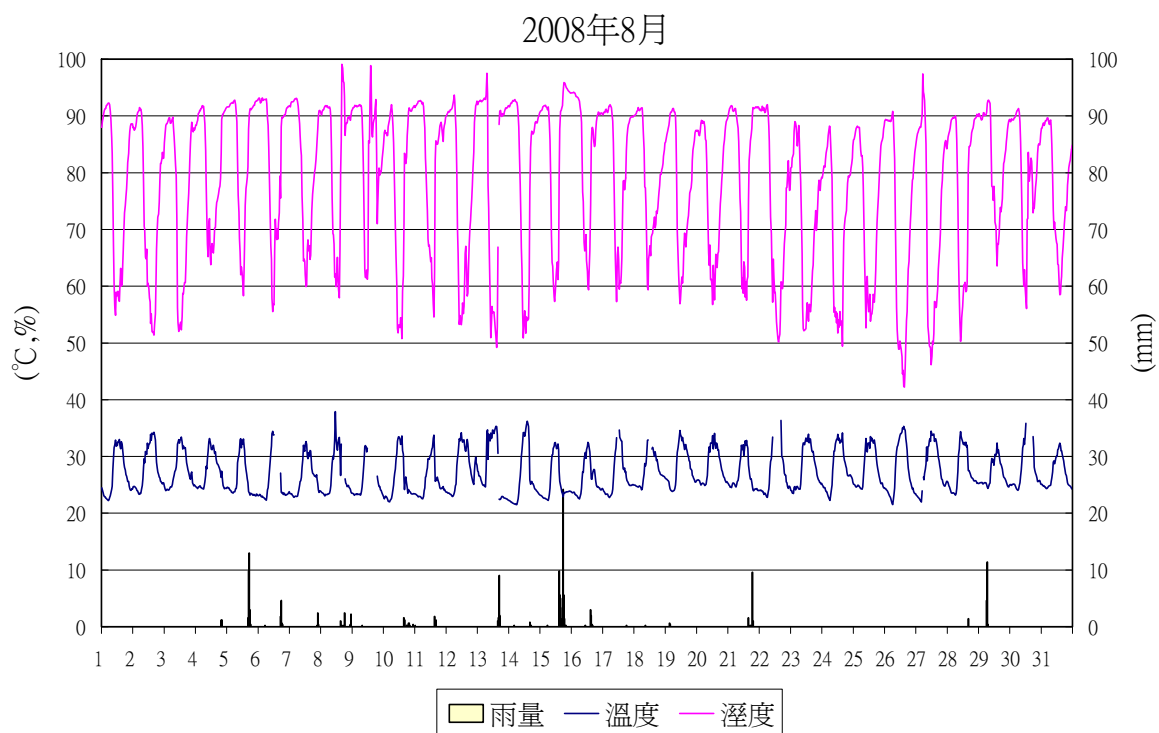


圖 28 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 8 月份氣候資料

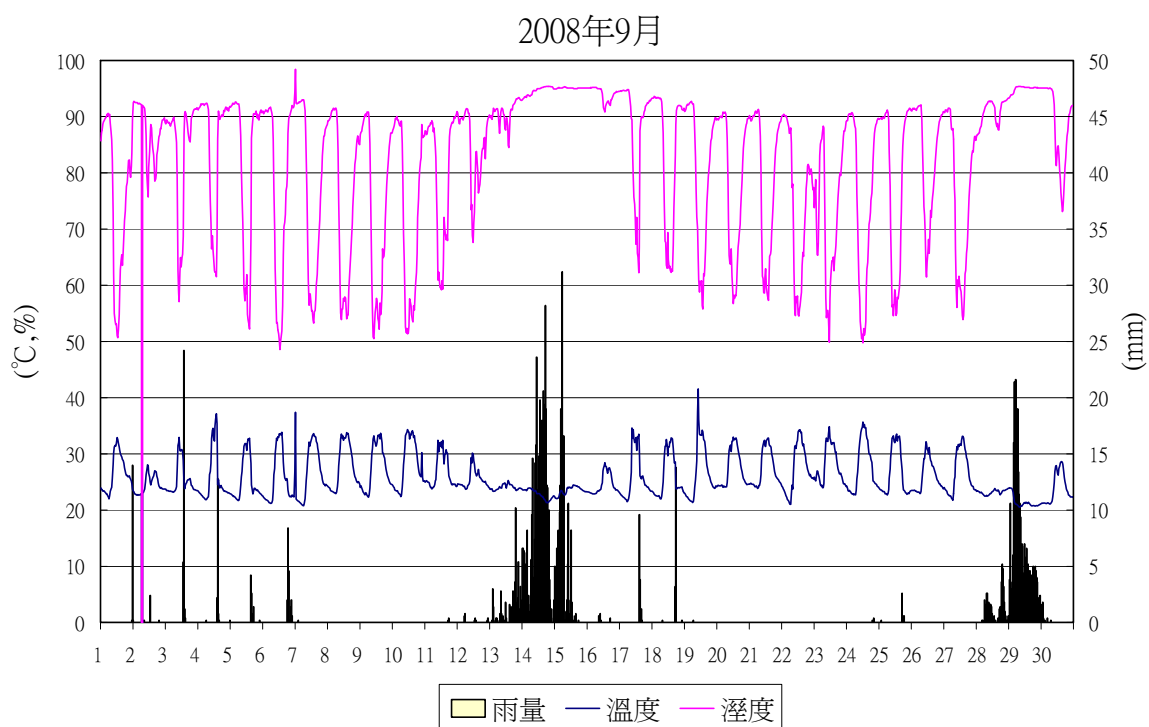


圖 29 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 9 月份氣候資料

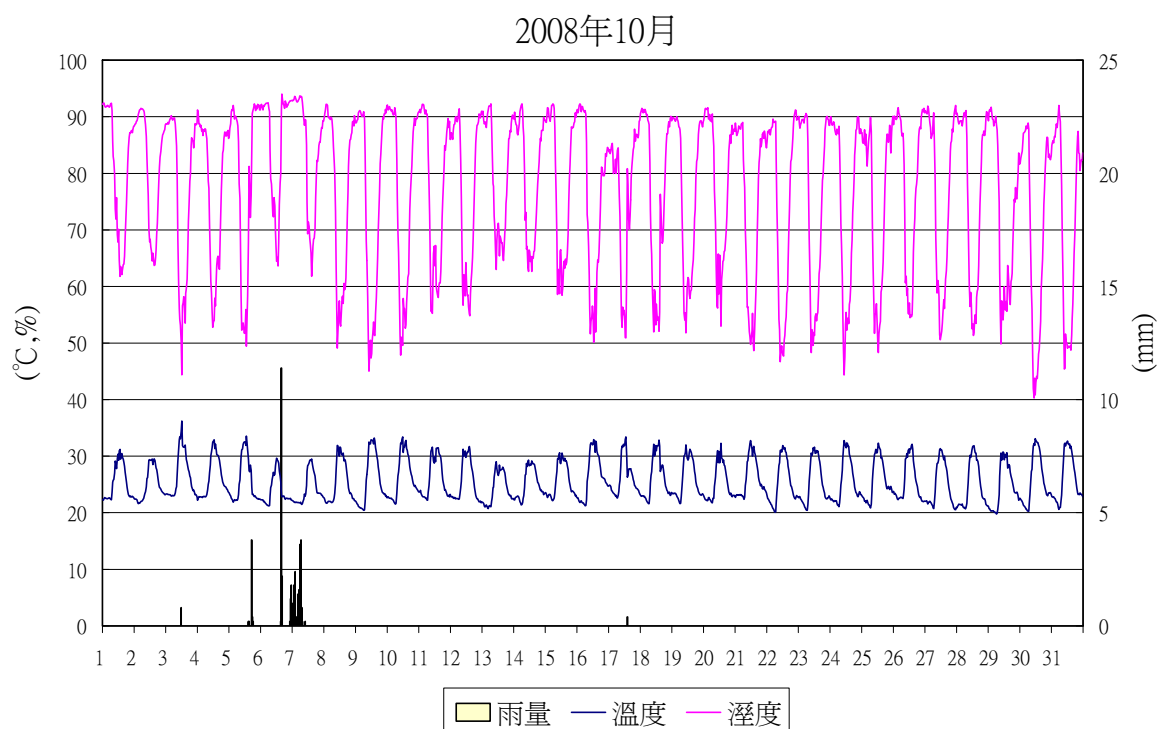


圖 30 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 10 月份氣候資料

統計 2007 年 6 月至 2008 年 10 月的月雨量，如圖 31、32，顯示降雨主要集中在夏季，2008 年降雨相較 2007 年來得多，2008 年 7 月及 9 月月總雨量分別為 900 公釐及 1200 公釐，主要還是受颱風影響造成雨量增多的情形。

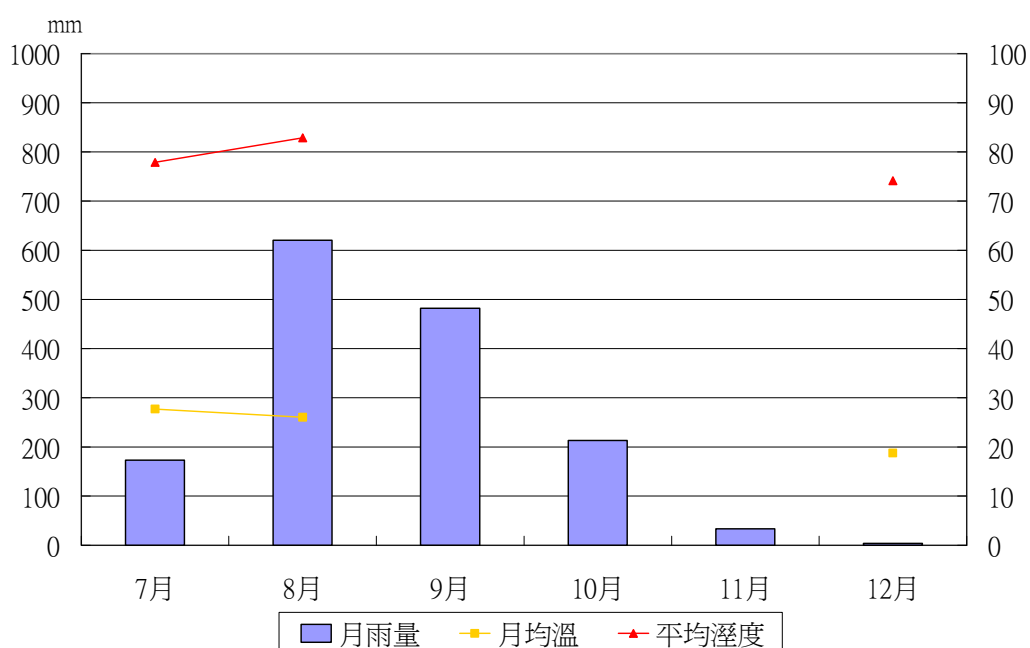


圖 31 2007 年每月氣象資料統計圖

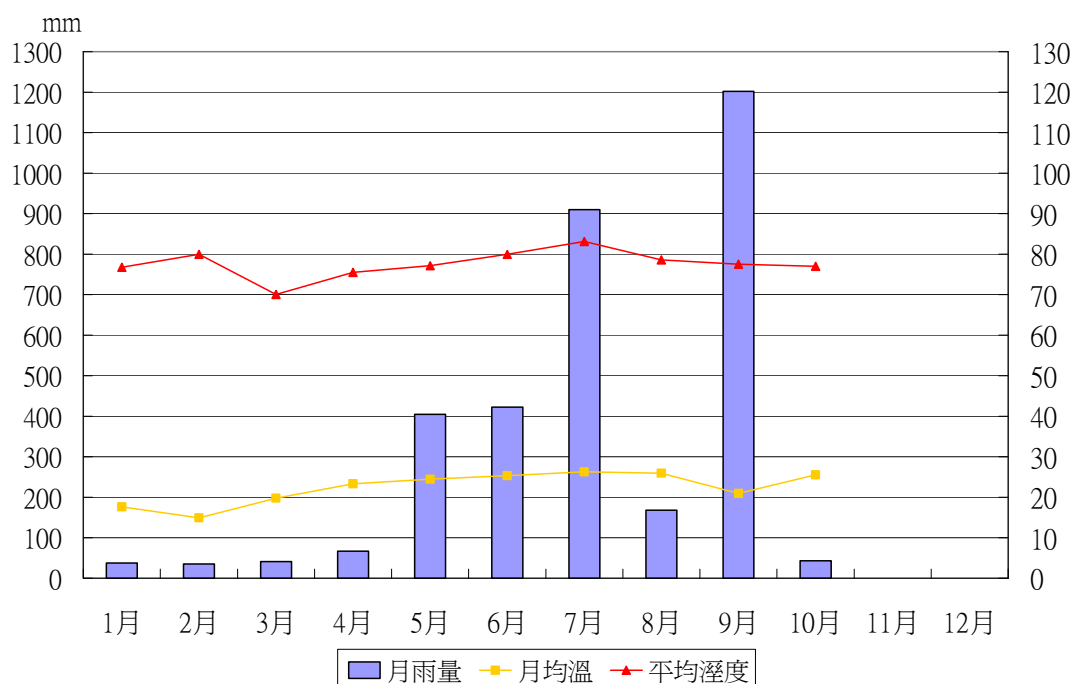


圖 32 2008 年月氣象資料統計圖

根據自計式氣象站資料，本區的風向主要為東南向或西北向，1 月及 2 月主要盛行方向為東南向，3 月為東南向或西北向風向為主，4 月至 6 月則偏向東南向，7 月至 10 月為東南向或西北向風向為主。

表 3 2008 年月氣候資料表

	月雨量	月均溫	平均溼度	平均風速
1 月	37.4	17.6	76.8	0.36
2 月	35	14.9	79.9	0.34
3 月	41.2	19.8	70.0	0.50
4 月	67	23.3	75.5	0.40
5 月	404.8	24.5	77.2	0.41
6 月	422.6	25.3	80.0	0.38
7 月	909.6	26.3	83.1	0.38
8 月	167.8	25.9	78.6	0.32
9 月	1201.8	20.9	77.5	0.30
10 月	43.2	25.5	77.0	0.21

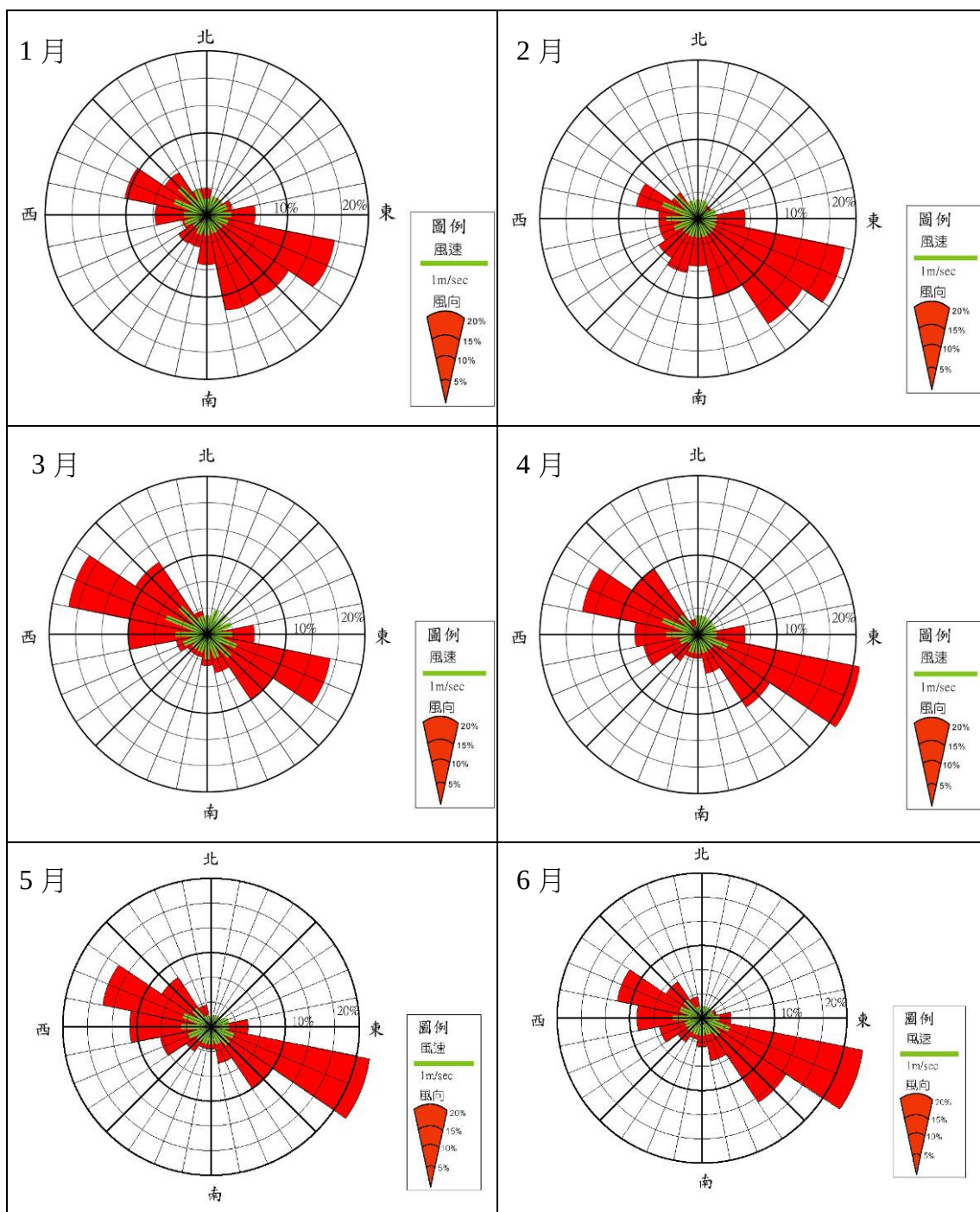


圖 33 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 1-6 份風速風向資料

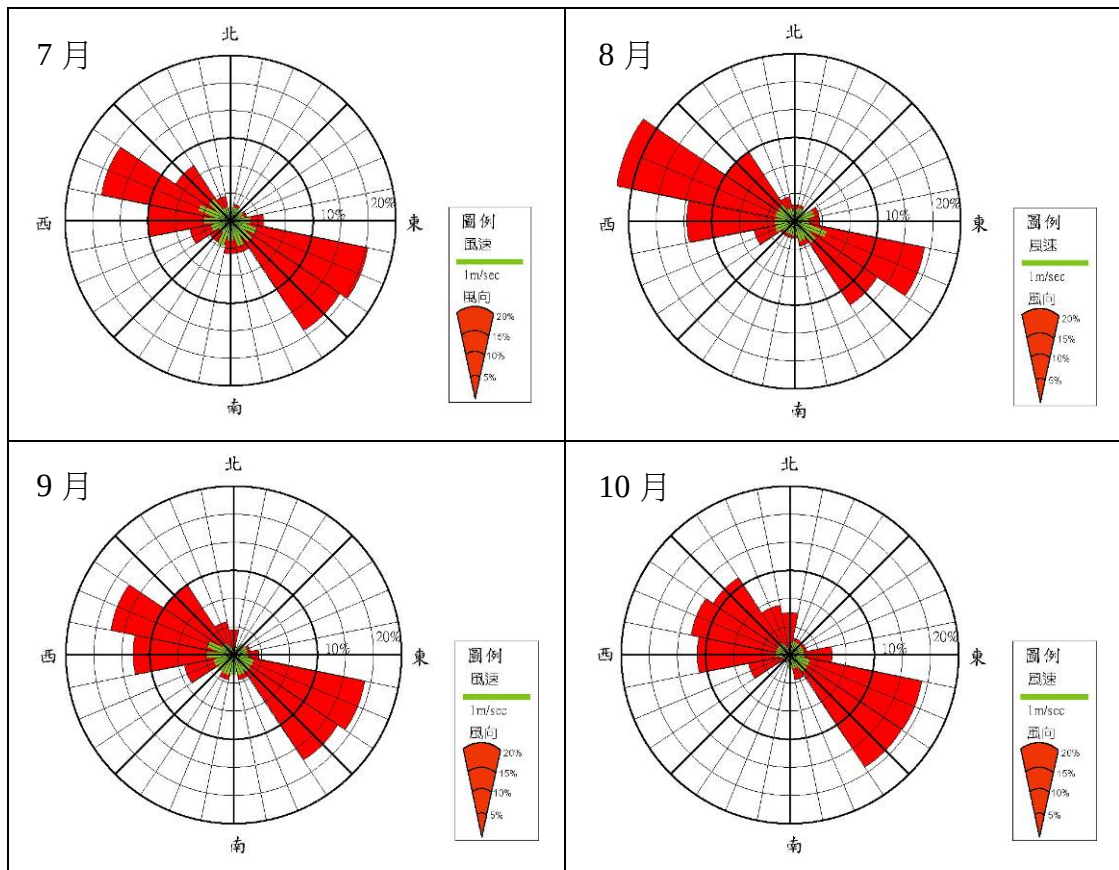


圖 34 九九峰保留區東側自計式測站 2008 年 7-10 份風速風向資料

2. 颱風降雨資料分析

本年度歷經兩次颱風，2008 年 7 月 17 日-18 日卡玫基颱風最大時雨量發生在 18 日凌晨 2 點，時雨量為 78 公釐，最大日降雨量為 486.2 公釐，累積 2 天雨量約 508.6 公釐（圖 35）。2008 年 9 月 13 日-15 日辛樂克颱風最大時雨量為 50 公釐，發生在 15 日凌晨 5 時，最大日降雨量為 426.6，累積 3 天雨量約 657.2 公釐（圖 36）。

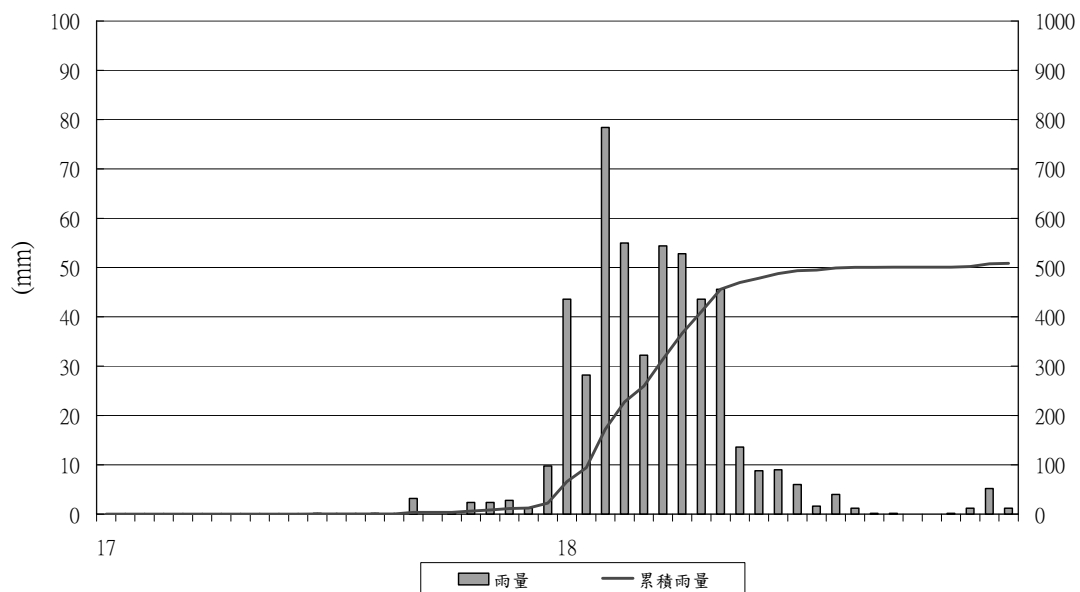


圖 35 卡玫基颱風時雨量與累積雨量統計圖（2008.7.17~18）

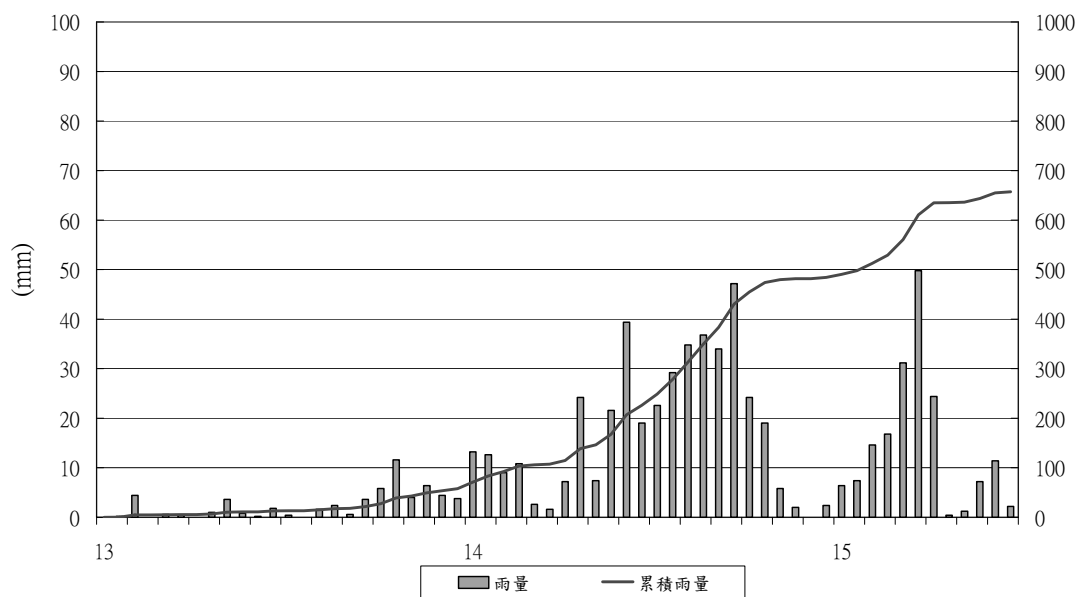


圖 36 辛樂克颱風時雨量與累積雨量統計圖（2008.9.13~15）

3.九九峰鄰近氣象站降雨比較

為了瞭解九九峰地區降雨的特性，本計畫將所架設的東側及西側測站降雨資料與中央氣象局氣象站草屯站及雙冬站兩測站降雨資料進行比較，共統計 4 個測站中 6 次日降雨量降雨事件，資料如表 3。

本研究架設的測站為最靠近九九峰自然保留區氣象測站，而草屯站及雙冬站距離自然保留區相對較遠，測站位置如圖 18。從 4 個測站的降雨量資料顯示，本計畫所架設的兩個測站中，以西側降雨量較高，在降雨量大的情況下如 7 月 18 日，西側與草屯站兩測站的日降雨量差異達 193.7 公釐。雙冬站與草屯站降雨量與東側測站資料較接近，但降雨量均較少。

在九九峰自然保留區即使是最靠近的東側及西側測站的降雨量，仍然可以看出明顯的差異，表示自然保留區內的氣候是呈現不一致的狀態，西側的降雨量比東側的降雨量為多，最大差異可達 100 公釐以上。因此，在降雨量差異相當大的情況下，自然保留區西側集水區上游可能已經造成嚴重的崩塌地及土石流災害，但東側下游處災害可能還不明顯，這種東、西側降雨差異如何影響地形變化，將是後續監測及觀察的重點。

表 3 九九峰附近氣象站降雨資料比較表（單位：公釐）

	西側測站	東側測站	雙冬站	草屯站	兩測站最大差值
2008 年 6 月 12 日	129.6	94	82	6.5	123.1
2008 年 7 月 8 日	39.6	24.8	13	21	26.6
2008 年 7 月 9 日	200.2	54.4	18	47.5	182.2
2008 年 7 月 10 日	215.6	94	74	67.5	148.1
2008 年 7 月 18 日	資料損毀	486.2	357	292.5	193.7
2008 年 9 月 14 日	資料損毀	426.2	303.5	236.5	189.7

註：西側及東側測站為本計畫所架設之自計式氣象站，草屯站及雙冬站為中央氣象局之氣象站。

(三)影像及航照資料蒐集

針對研究區的區域變遷差異的觀察。本研究利用農林航空測量所生產的航空相片對，進行地貌變遷的判釋。經過事件之後的地貌，與事件發生之前有所差異，利用立體像對與地面實際資料相互配合而產生判釋的圖面結果。再運用不同時期的地貌圖加以疊合，比較長時間縱剖面及橫段面之變化，以變化量配合時間計算侵蝕堆積速率，就能夠顯現出研究區地形變化的情況與趨勢，達成變遷監測的目的。

目前收集的影像資料包括經建二版、三版及相片基本圖資料，比較經建二版（1991 年）及三版（2000 年）資料，可觀察原本本區植生茂密，在地震後則產生許多裸露地。在航照部分共收集了 1976 年、1984 年、1991 年、1998 年、1999 年、2002 年、2005 年、2006 年及 2007 年的航空照片資料（表 4），運用航照判釋來進行地形變遷分析。

表 4 本研究蒐集的農林航空測量所航照影像

任務	照片號碼	任務	照片號碼	任務	照片號碼
65P80	84	87P45	51	94R77	72
65P80	80	87P45	52	94R77	73
65P80	77	87P45	53	94R77	74
65P80	74	87P45	54	94R77	75
65P80	70	87P45	107	94R77	76
65P80	225	87P45	108	94R77	129
65P80	222	87P45	109	94R77	130
65P80	219	87P45	110	94R77	131
65P80	215	87P45	111	94R77	132
65P80	212	88R76	43	94R77	133
73P32	106	88R76	44	95R45	171
73P32	110	88R76	45	95R45	172
73P32	113	88R76	46	95R45	173
73P32	116	88R76	47	95R45	174
73P32	119	88R76	48	95R45	175
73P32	221	88R76	100	95R45	176
73P32	224	88R76	101	95R45	177
73P32	227	88R76	102	95R45	178
73P32	230	88R76	103	95R45	179
73P32	234	88R76	104	95R45	180
80P100	83	88R76	105	96R011	071
80P100	87	91R75	179	96R011	072
80P100	91	91R75	180	96R011	073
80P100	95	91R75	181	96R011	074
80P100	99	91R75	182	96R011	075
80P100	113	91R75	183	96R011	173
80P100	117	91R74	60	96R011	174
80P100	121	91R74	61	96R011	175
80P100	125	91R74	62	96R011	176
80P100	129	91R74	63	96R011	177
87P45	50	91R74	64		

(四)歷年航照判釋

本計畫將所收集的歷年航照資料進行影像之判釋，觀察地形變遷的情形。選定九九峰自然保留區內 10 個地區，如圖 37，比較 1976、1984、1991、1998、1999、2002、2005、2007 共 8 個年代的航照影像，觀察崩場地、植生復育及裸露的溪床的變化，說明如下：

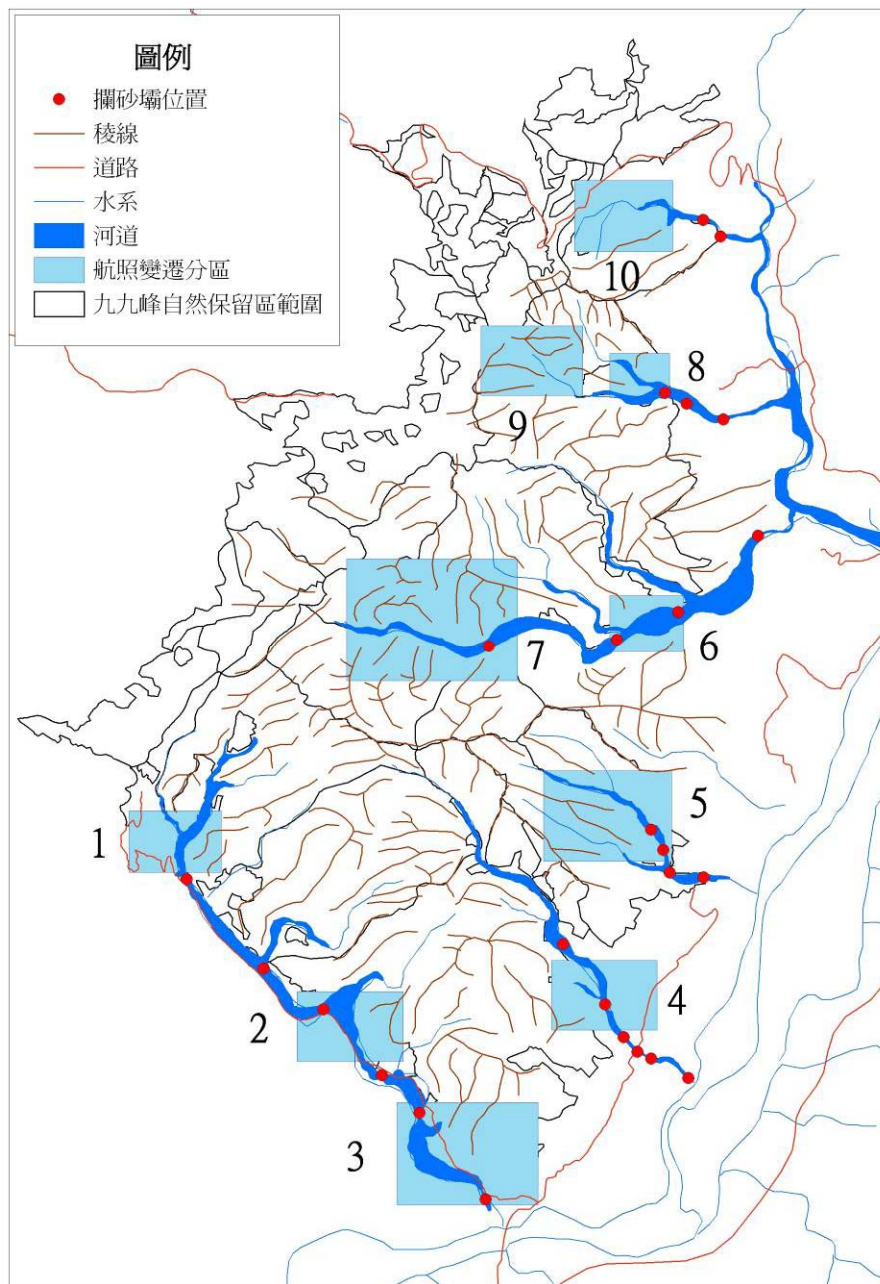


圖 37 航照變遷分析分區位置圖

第 1 區（圖 38）位於乾溪的上游，1976 年魯碧颱風(1996.6)帶來單日最大降雨量 242 公釐，從影像中可以看到裸露的溪床中堆積大量的土石，以及幾處小規模之崩塌地；至 1984 年變化不大，之前發生的崩塌地已植生復育；1991 年歷經楊希颱風(1990.8)帶來 372 公釐之單日最大降雨，裸露的溪床上土石堆積更加明顯。至 1998 年為本區植生最為茂密的時期，原本的溪床也被植生所覆蓋。1999 年九二一大地震後，東側的山頭大部分皆形成大規模之崩塌地，但裸露的溪床上並沒有明顯的土石堆積；至 2002 年為桃芝颱風(2001.7)後影像，原本在裸露的溪床旁的植生，已被土石掩蓋，在上游西側裸露的溪床相較於過去有明顯加寬的現象。2005 年受到敏督利及海棠颱風的侵襲，但在本區看不到明顯的崩塌及變化，顯示本區已趨於穩定，且植生復育良好；2007 年地形變化不大，植生則更為茂密。

第 2 區（圖 39）位於乾溪的中游，1976 年魯碧颱風可明顯看到東側山頭幾處崩塌地，在裸露的溪床上有堆積相當多的土石；至 1984 年變化不大，之前發生的崩塌地已大部分復育；1991 年在裸露的溪床東岸被開發成農地，受到楊希颱風的影響，東岸沿沖蝕溝崩落，可看到農地受到土石破壞的情形；至 1998 年本區已看不出受到颱風災害的情形；1999 年九二一大地震後，可明顯看出山頭已光禿禿一片，但裸露的溪床兩旁較平緩地區受到影響並不大；2002 年在桃芝颱風後影像上，可看到裸露的溪床上土石堆積更加明顯，原本在裸露的溪床上的植生已消失一大半，但山頭的植生有逐漸復育的現象；2005 年至 2007 年影像中看不出明顯的變化，顯示本區以趨於穩定。

第 3 區（圖 40）位於乾溪的下游，1976 年在影像中裸露的溪床中段開發為農地，當年度受到魯碧颱風的影響，可以在稜線上看到幾處崩塌地，裸露的溪床上有許多土石堆積；至 1984 年崩塌地較為穩定，大部分已長出植生，裸露的溪床中段的農地則開發更為明顯；1991 年在東北側的沖蝕溝有土石崩落的現象，主要受到楊西颱風的影響，使得部分農地受到破壞。1998 年大部分植生都已恢復，且較先前更為茂密，裸露的溪床上有許多被植生所覆蓋。1999 年九二一大地震後，本區的崩塌及裸露的溪床上的土石相較於中上游來的少；2002 年裸露的溪床中段大部分的農地都被桃芝颱風將上游所帶來的土石給沖毀，但崩塌地並沒有比地震來的多；2005 年由颱風帶來的土石持續在此地堆積，使得裸露的溪床持續再加寬；至 2007 年則變化不大植生持續在復育中。

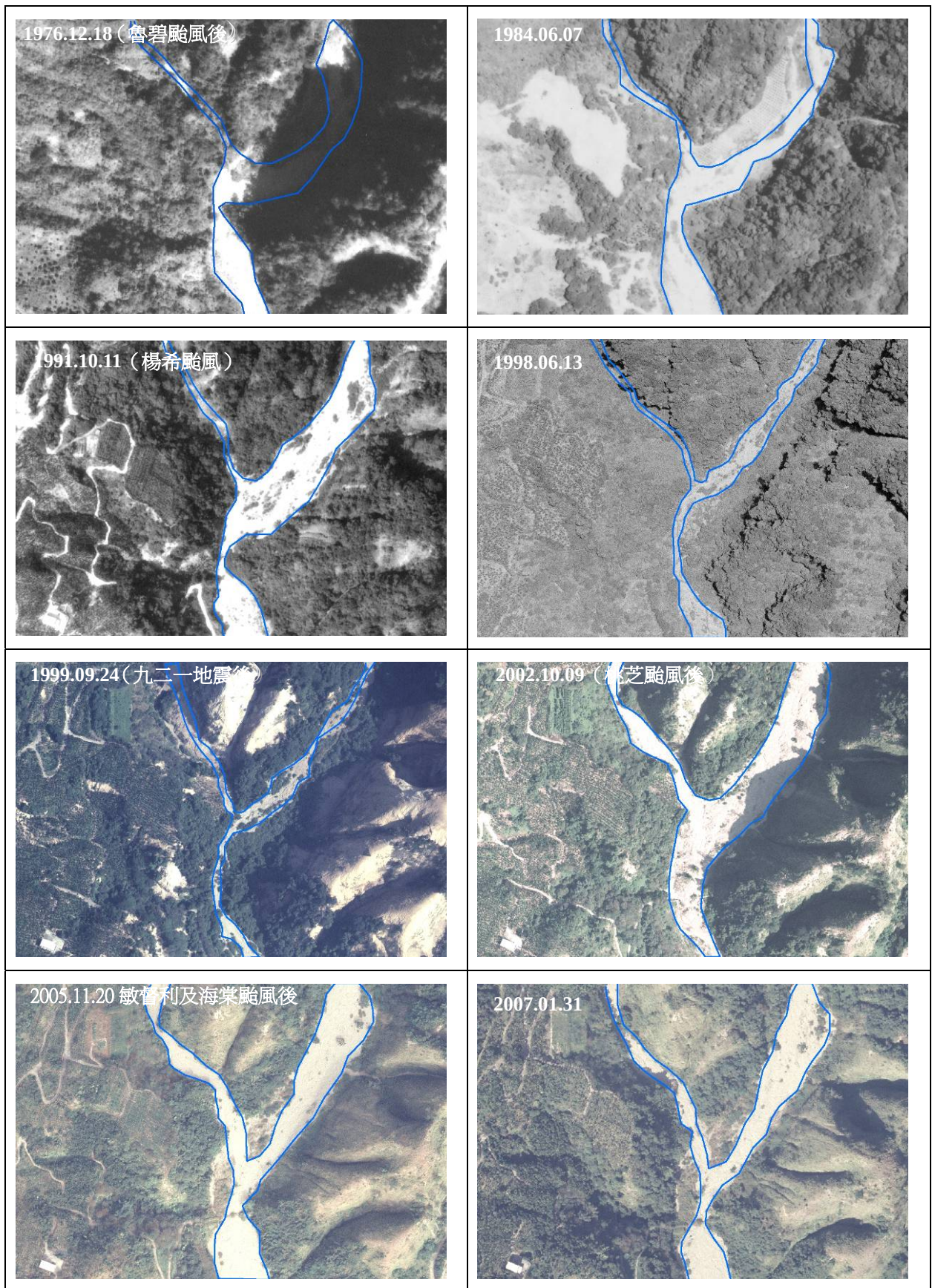


圖 38 第 1 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

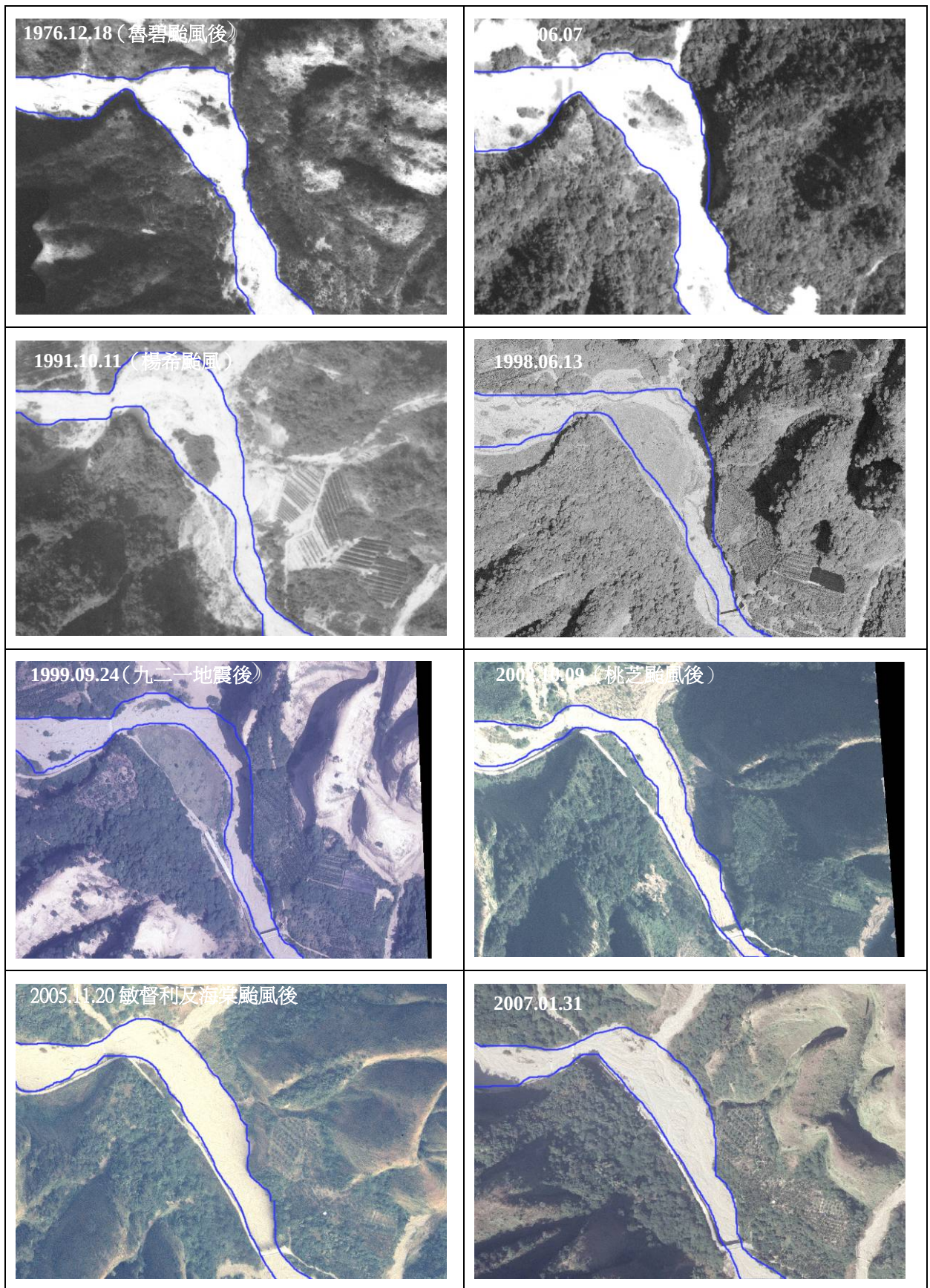


圖 39 第 2 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

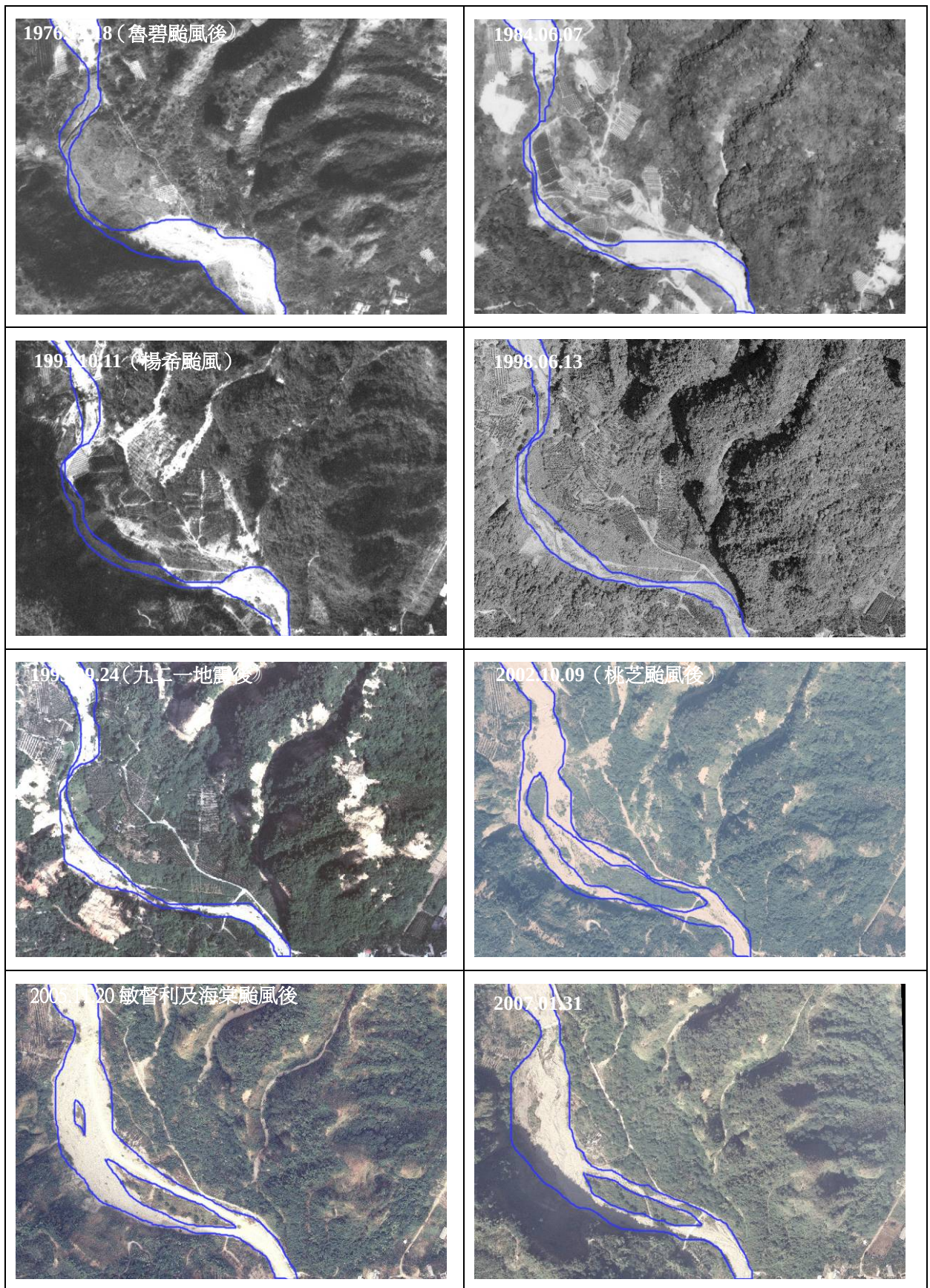


圖 40 第 3 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

第 4 區（圖 41）位於田尾坑溪下游，1976 年可以看到裸露的溪床上堆滿了土石；至 1984 年裸露的溪床上已有植生覆蓋，植生則較為茂密，1991 年受到颱風的影響使得裸露的溪床上土石堆積增加，至 1998 年植生更加茂密，裸露的溪床兩側的農地開發更為廣闊；1999 年受到地震的影響在裸露的溪床的東側有一處明顯的大崩塌，其他的崩塌主要位於西側的稜線上，整體而言裸露的溪床影響並不明顯；2002 年桃芝颱風後裸露的溪床上的土石堆積相當明顯，沿著沖蝕溝也有許多的土石崩落，東側的崩塌地土石有持續再崩落；2005 年至 2007 年變化並不大，崩塌地的植生也持續在復育中。

第 5 區（圖 42）位於由車坑溪的中游，1976 年受到魯碧颱風的影響可看到稜線上有許多崩塌地產生；至 1984 年大部分崩塌地已被植生所覆蓋，地形逐漸趨於穩定；1991 年可看到裸露的溪床上土石有增多的現象，主要是楊希颱風將沖蝕溝中的土石往裸露的溪床上帶，相較於 1976 年崩塌較不明顯；至 1998 年可看到裸露的溪床上已長出植生，地形逐漸趨於穩定；1999 年九二一地震後，影像中間的稜線上發生大規模的崩塌，在沖蝕溝尚可看到許多鬆散的土石堆積；至 2002 年桃芝颱風後，大量土石堆積在裸露的溪床上，可看出裸露的溪床明顯加寬。2005 年至 2007 年地形變化不大，植生持續復育中。

第 6 區（圖 43）位於仙洞指坑溪的中游，1976 年受到魯碧颱風的影響可看到裸露的溪床上堆積許多土石，在裸露的溪床的北岸也有崩塌地的發生；至 1984 年裸露的溪床上依然堆積相當多土石，但部分已有長出植生；1991 年在裸露的溪床的西南側可看到已經蓋攔砂壩，在裸露的溪床北岸有幾處小的崩塌地；至 1998 年邊坡大部分以長出植生，原本裸露的溪床上有一半長出植生，並被開闢為農地；1999 年九二一大地震後在北岸的邊坡有許多大型崩塌地，而位於就裸露的溪床上的農地似乎還維持相當完整，並未受到地震影響；至 2002 年桃芝颱風後裸露的溪床上的農地完全被沖毀，沖蝕溝上的土石堆積更加明顯，裸露的溪床也明顯較過去更為寬廣，顯示颱風在本區帶來大量的土石堆積，裸露的溪床上的攔砂壩被土石掩蓋也失去作用；2005 年至 2007 年地形變化不大，植生逐漸在復育中。

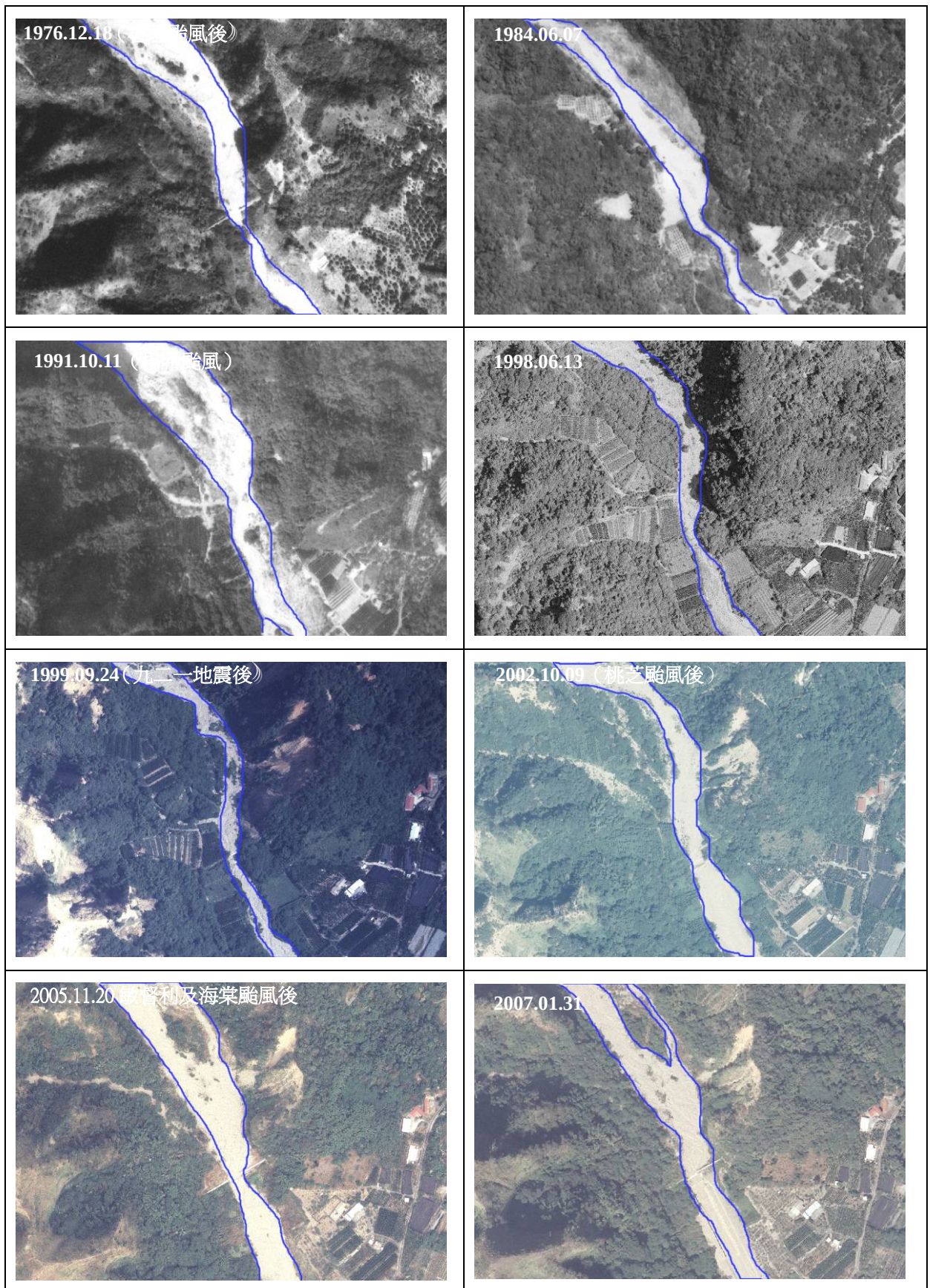


圖 41 第 4 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

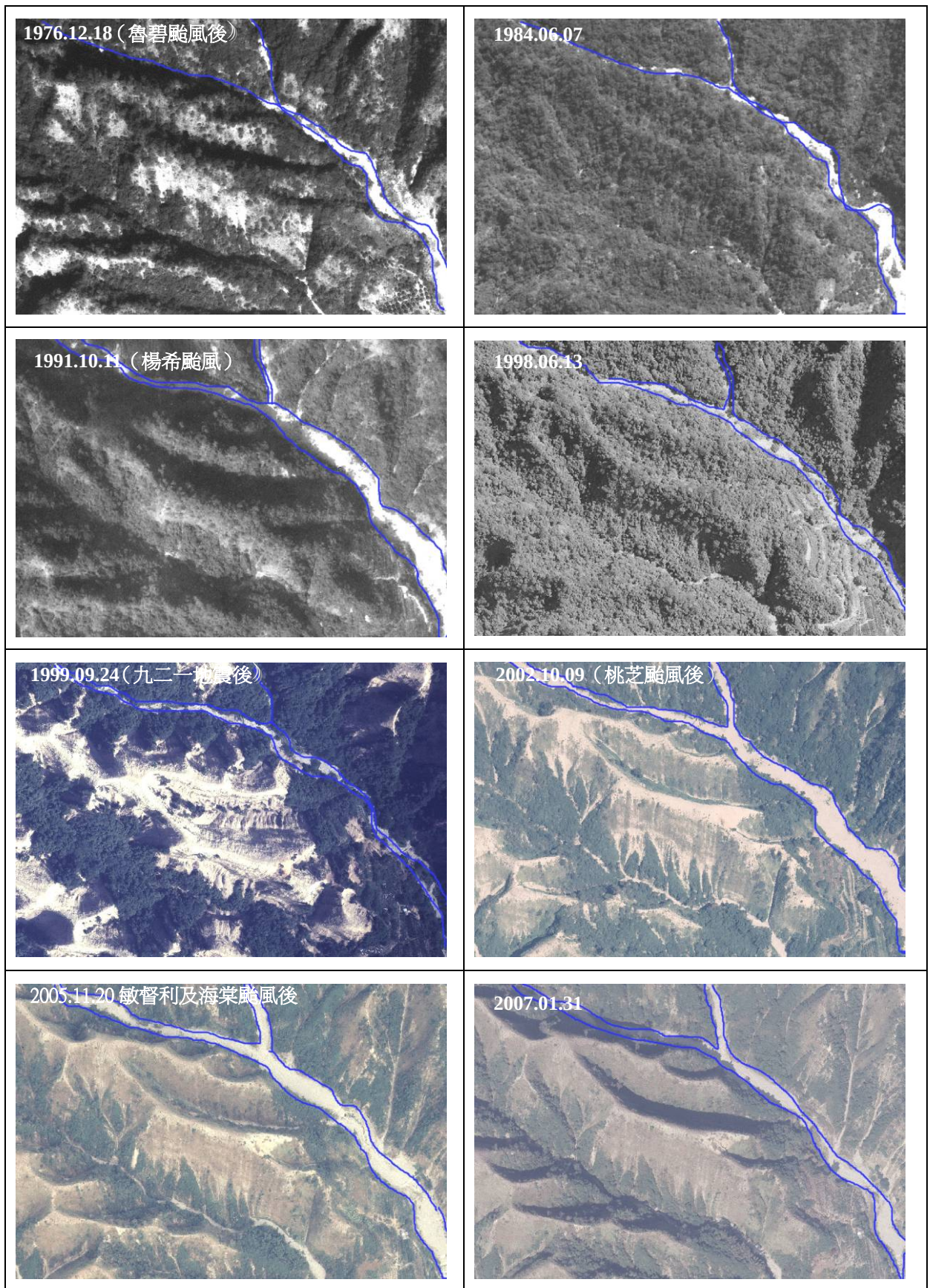


圖 42 第 5 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

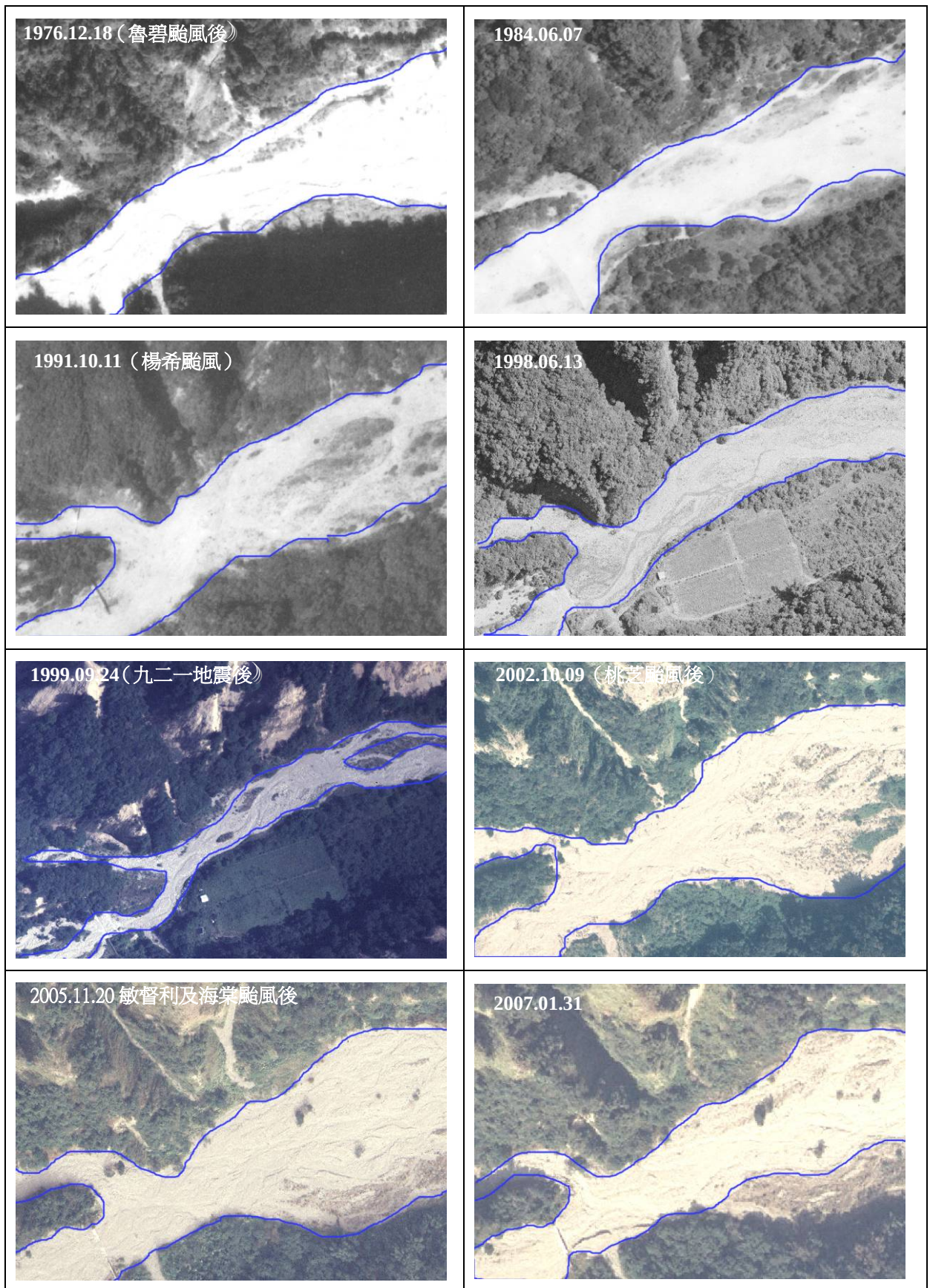


圖 43 第 6 區歷年航照影像圖 (藍色框線為裸露的溪床位置)

第 7 區（圖 44）位於仙洞指坑溪的上游，1976 年在稜線上可看到魯碧颱風所造成的崩場地，裸露的溪床上土石堆積也相當明顯；至 1984 年崩場地及裸露的溪床上大部分已長出植生，顯示本時期地形較為穩定；1991 年在楊希颱風後，本區的裸露的溪床土石堆積更加明顯，也可以看到幾處小崩場地；至 1998 年本區植生相較過去更為茂密，裸露的溪床上也長出許多植生；1999 年九二一大地震後，本區山頭上的植生幾乎完全崩落，明顯看到光禿禿的一遍，而這些崩落的土石似乎堆積在下邊坡或沖蝕溝上，並未帶到裸露的溪床，裸露的溪床還維持地震前的狀態；至 2002 年桃芝颱風（2001.7）後裸露的溪床上明顯看到許多土石的堆積，沖蝕溝更加明顯，整個裸露的溪床也因為土石堆積而加寬，但相較於地震後，本區的植生大部分已經恢復；2005 年至 2007 年地形變化不大，植生逐漸在復育中。

第 8 區（圖 45）位於土南坑溪的中游兩條支流匯集之處，1976 年魯碧颱風後造成邊坡上有幾處崩場地，裸露的溪床上也堆積許多土石；至 1984 年崩場地大部分已植生覆蓋，裸露的溪床上也有植生生長；1991 年楊希颱風(1990.8)過後，由於大量的土石堆積，使得裸露的溪床明顯加寬，可看到裸露的溪床下游處築攔砂壩（影像右下方）；至 1998 年裸露的溪床上已佈滿植生，土石災害完全看不到，地形趨於穩定；1999 年九二一大地震後裸露的溪床兩側山頭發生嚴重崩塌，但裸露的溪床上土石堆積並不明顯；至 2002 年裸露的溪床明顯加寬，原下游處攔砂壩已被土石堆滿；2005 年至 2007 年邊坡及裸露的溪床上的植生逐漸變多，地形趨於穩定。

第 9 區（圖 46）位於土南坑溪的上游，1976 年的颱風在此區造成許多崩場地；至 1984 年崩場地已完全被植生所覆蓋；1991 年有許多崩場地的產生，主要為 1990 年楊希颱風所造成；之後 1998 年已完全看不出崩塌的景象，本區的植生相當茂密，1999 年九二一大地震後，本區植被幾乎完全崩落，形成光禿禿的一片，沖蝕溝上可清楚看見崩落的土石；至 2002 年影像上除了原本崩場地長出些許植生外，沖蝕溝因土石堆積而更加明顯，有大部分的土石被帶往下游，但航照上並不容易觀察；2005 年至 2007 年變化並不大，大部分植生逐漸在復育中。

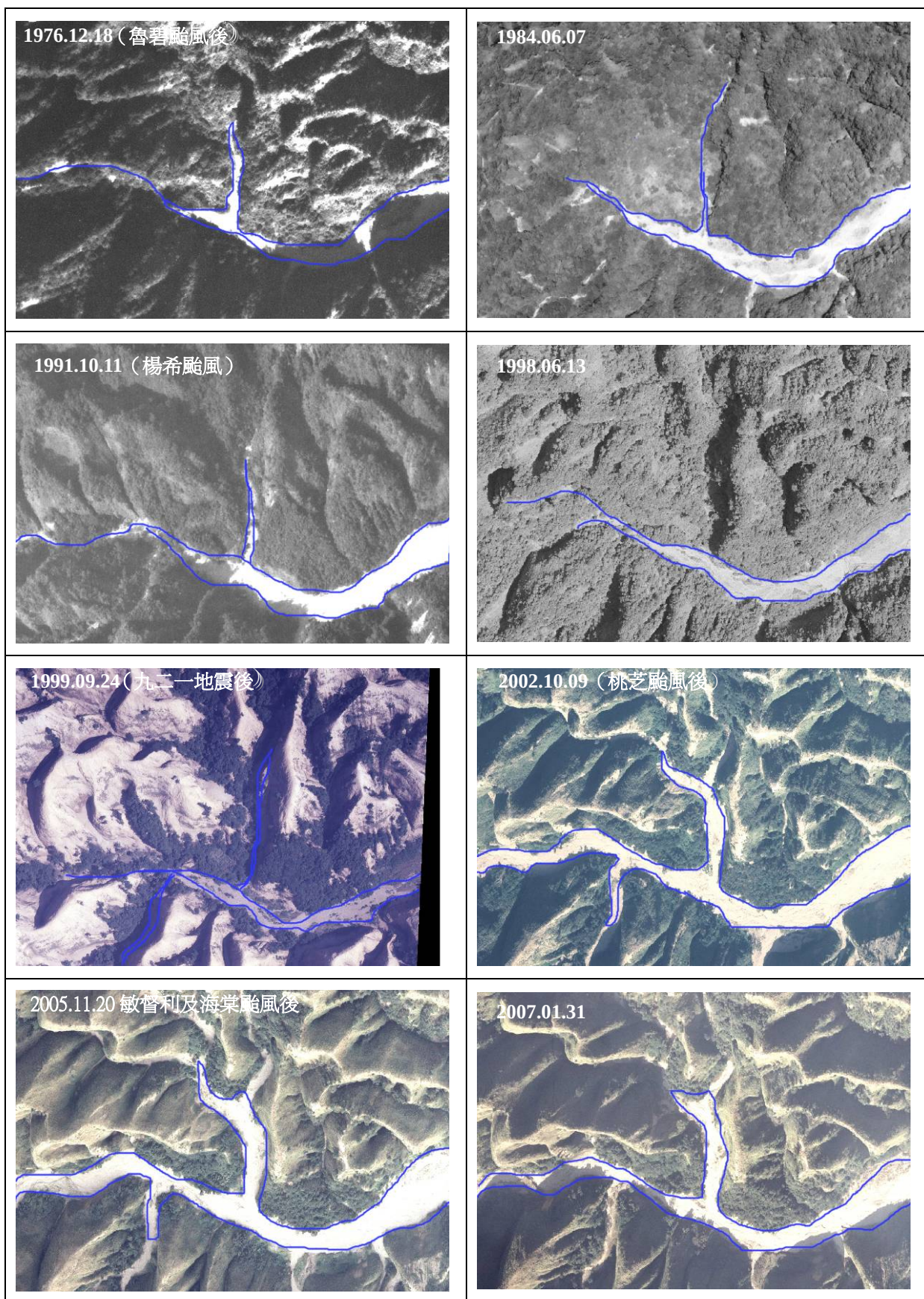


圖 44 第 7 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

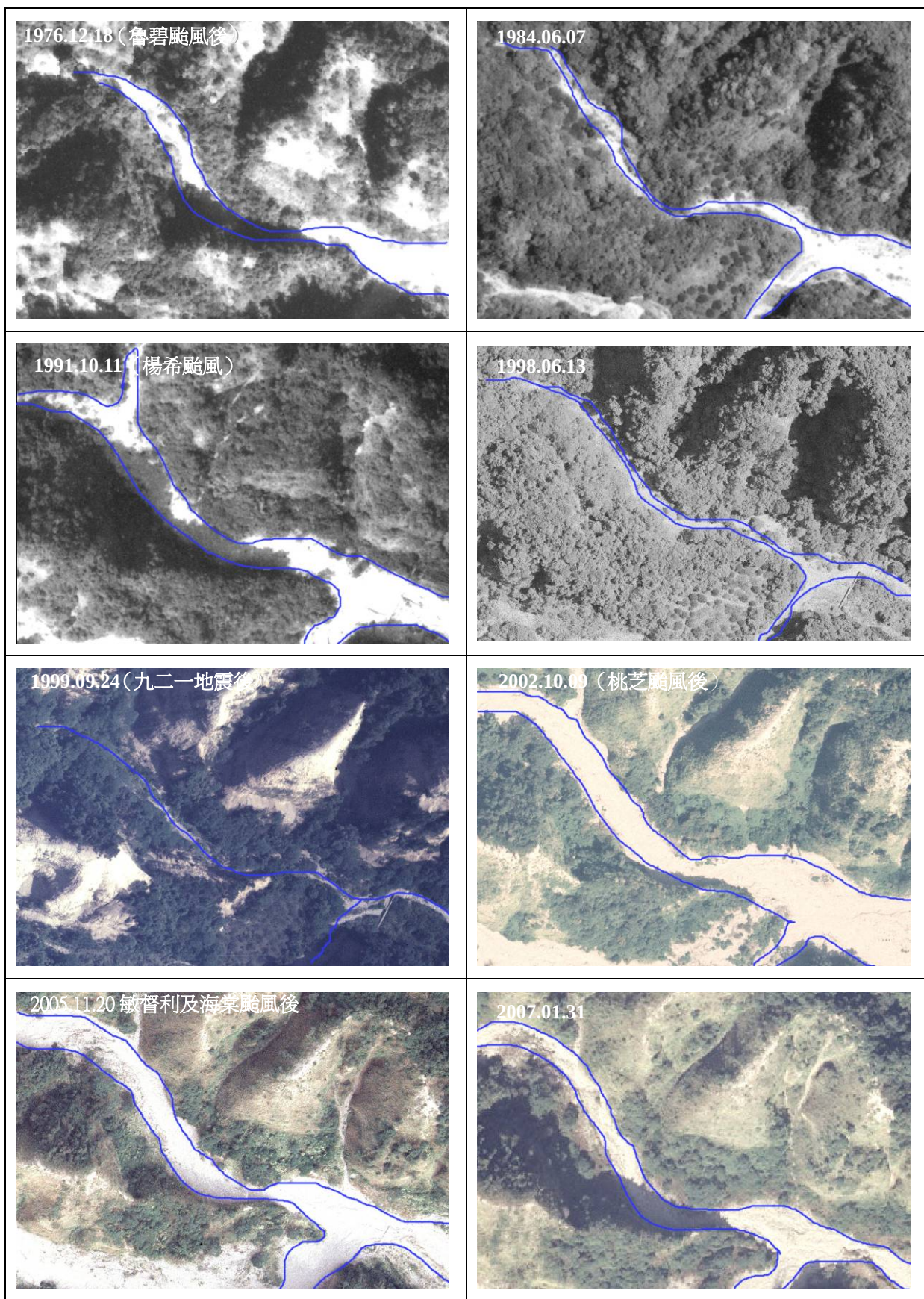


圖 45 第 8 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

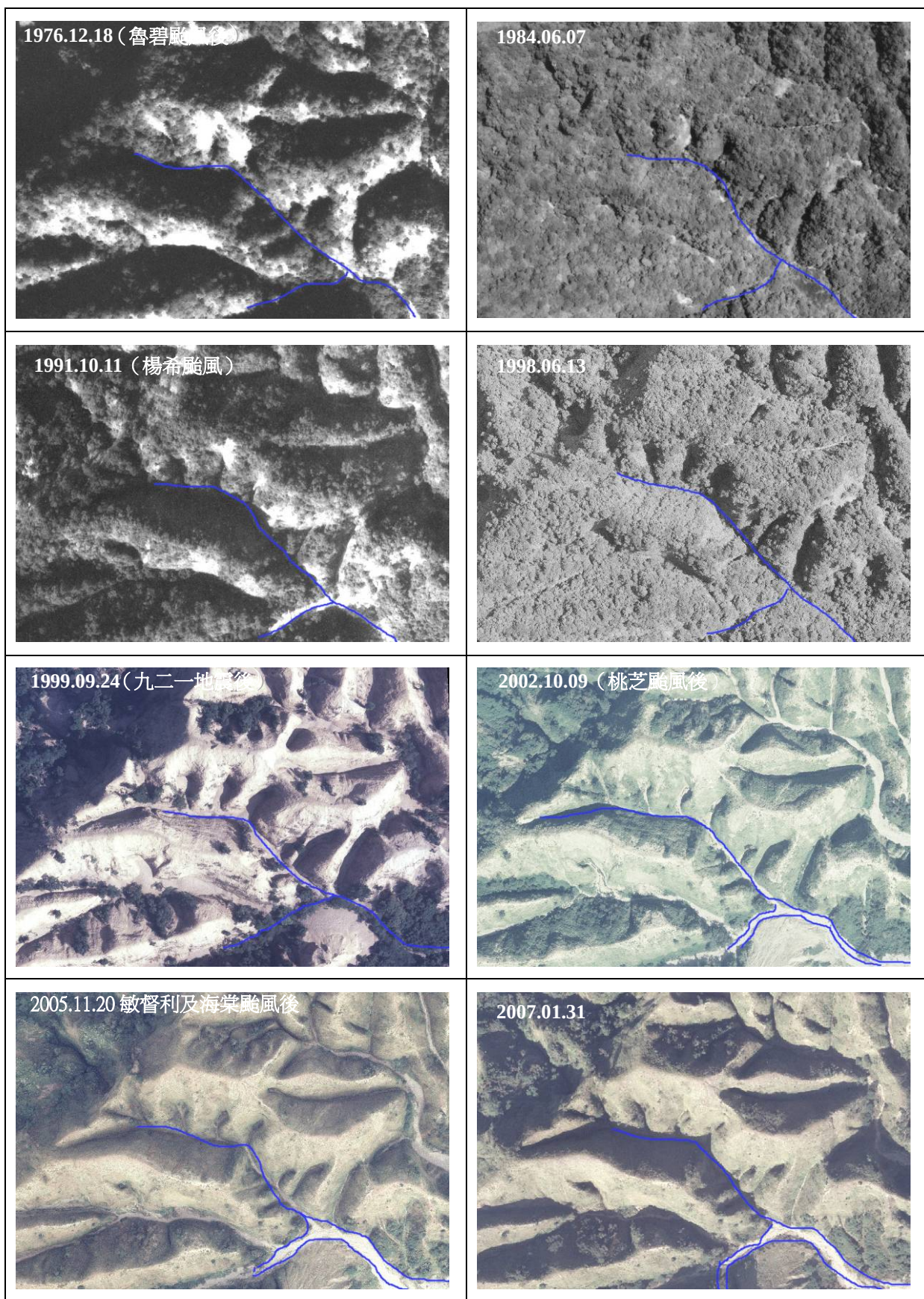


圖 46 第 9 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

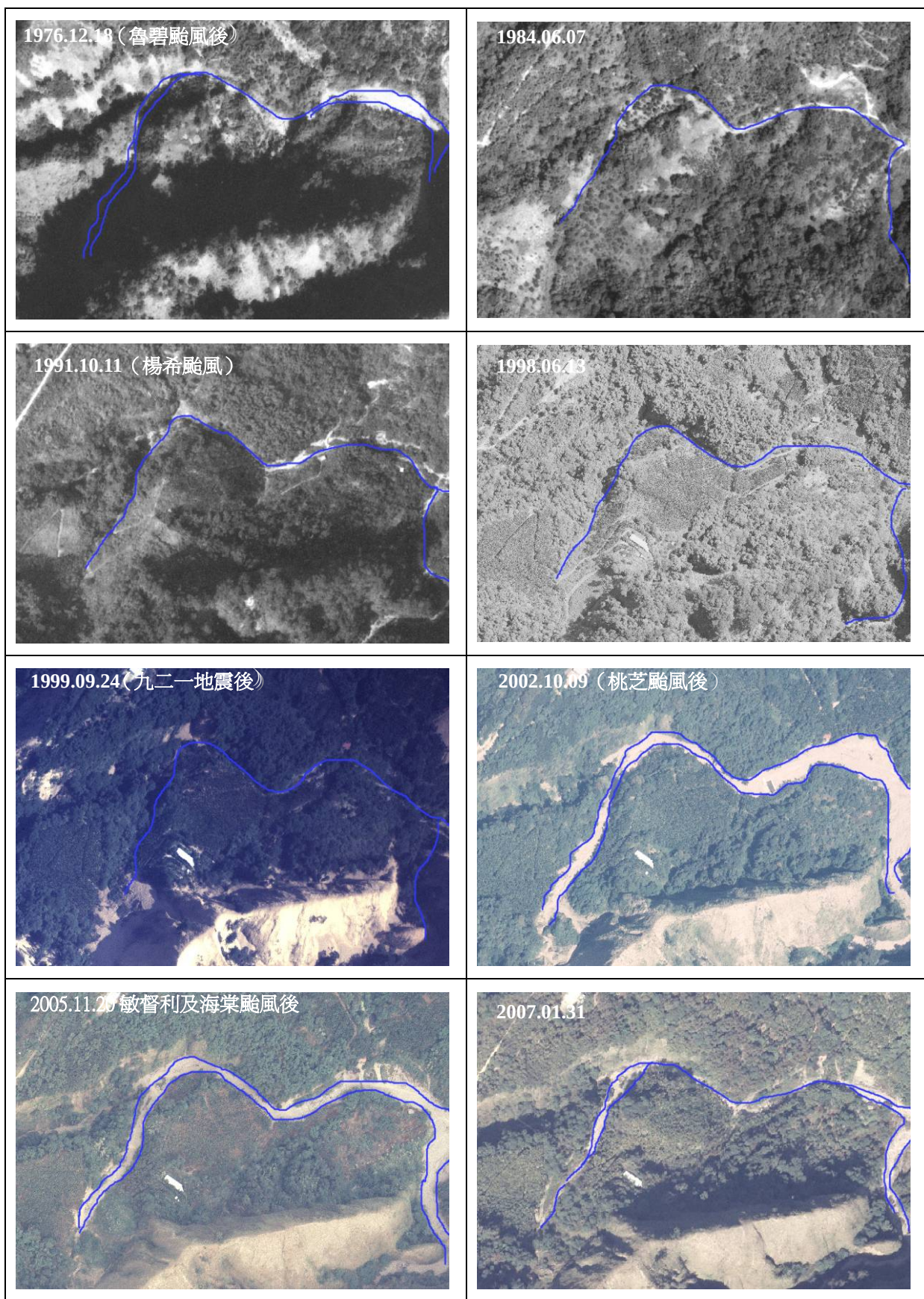


圖 47 第 10 區歷年航照影像圖 (藍色框線為裸露的溪床位置)

第 10 區（圖 47）位於九九峰自然保留區的最北端的野溪，1976 年可看到幾處崩塌地，至 1984 年大部分崩塌地已經長出植生；1991 年本區並沒有因楊希颱風而造成崩塌，地形變化並不大，至 1998 年則維持相同狀況；1999 年本區南側邊坡可看到明顯崩塌地，其他地區影響並不大；至 2002 年桃芝颱風（2001.7），裸露的溪床上堆積相當多的土石，裸露的溪床明顯加寬，2005 年大部分崩塌地以恢復植生，至 2007 年植生更為茂密，顯示本區已趨於穩定。

圖 39-47 為保留區內 10 個主要的觀測區。所選的 10 個區域利用歷年的航照加以對比，便可以發現其間的變化。這些照片並未經座標糾正，因此無法疊合加以比較變遷，只能定性瞭解。

同時上述照片，因為放大後，得以較清楚看到其變遷，尤其是颱風地震影響的狀況。值得注意的是在 1999 年九二一地震後，大部分植生都以回復原地震前的狀態。

綜合 10 區的觀察結果，九二一大地震是造成本區大規模崩塌的主要原因，歷年颱風所造成的崩塌遠小於地震崩塌，且分佈較為零散，大部分發生在陡坡處，部分推測可能與河岸側蝕產生的崩塌有關。而颱風對裸露的溪床的影響較大，大部分颱風過後，原本長在裸露的溪床上的植生，都會被土石掩埋，過去在裸露的溪床上的開墾地，也因颱風破壞而消失。本區在地震以前，颱風所造成的崩塌及裸露的溪床上土石堆積，從航照觀察在 7-8 年內都能回復原有的植生狀態，但地震過後至今在陡坡處的崩塌地，仍可看到舊崩塌地的痕跡，同時植生種類與地震前不一樣，因此地震後對本區的植生分佈有重大的影響。

(五)控制點佈標及測量

在航空照片數值地形產出上，為了讓數值地形資料更為精確，在每一組航空相片對需找出 4 個點以上的地面控制點資料，本研究蒐集內政部土地測量局的控制點資料，在本區共有 13 個控制點，並進行野外調查。

從去年度調查的結果發現，這些地面控制點的資料，除了 MX20 有佈地面標（圖 48），其餘的控制點有的已經損壞，或無法在航空照片上辨識出來，因此這些點將來需重新引測或佈標，才能將資料輸入軟體內進行處理，以產出精確的數值地形資料。

本年度將完成控制點的佈標及測量，後續將持續進行資料的處理與分析。



圖 48 內政部土地測量局雙龍國小（MX20）控制點 (227330,2652864)



圖 49 內政部土地測量局福城（MW78）控制點（231457,2656950）

1.控制點佈標：

由於本區的控制點不足，在所產出正射影像的誤差較大，因此本年度將進行控制點的佈標，即在地面上以白色油漆圖上十字形的標誌，以便後續航拍時可觀測到的地面座標。本計畫目前完成 16 個控制點佈標的工作（圖 50）。

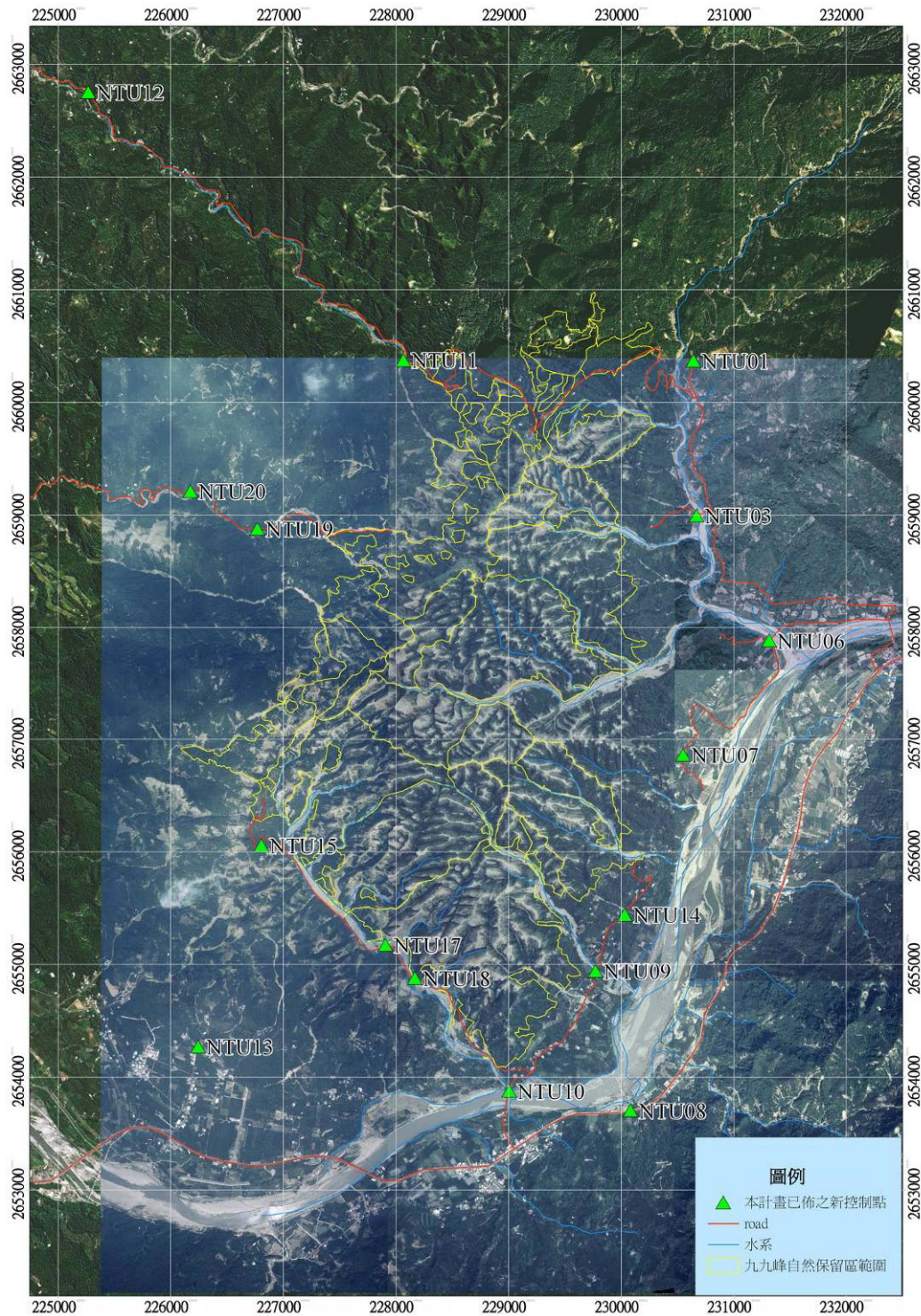


圖 50 九九峰保留區新佈控制點分布圖

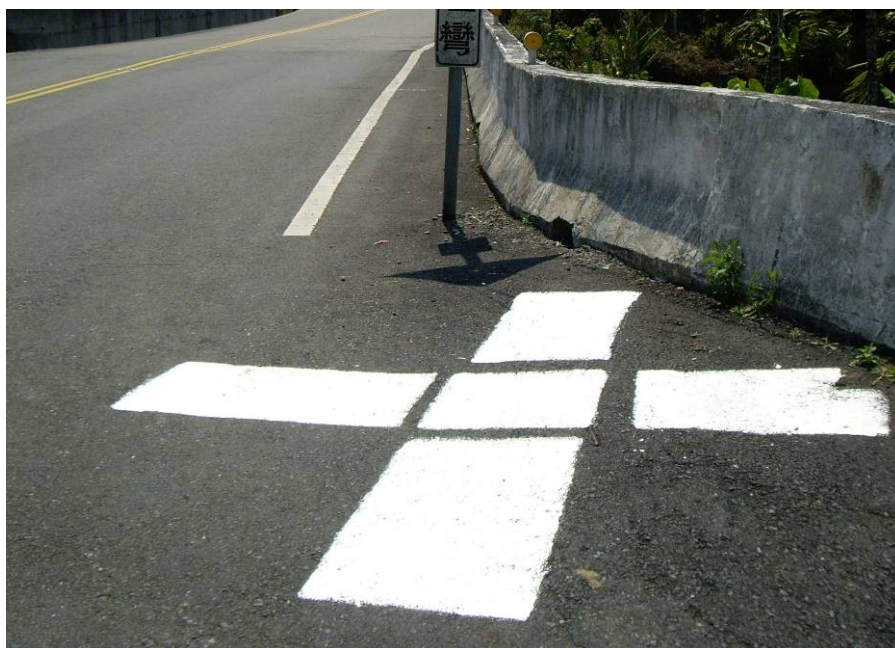


圖 51 NTU01 控制點佈標，位在 136 號省道 53K 附近 (230644,2660371)



圖 52 NTU03 控制點佈標，位在梅竹橋旁(230671,2658997)

2.控制點測量：

本計畫以內政部地政司 NW78 為基準點，進行控制點點位測量。最後將所收集到的各點資料，以電腦軟體進行差分運算，求出該點的 GPS 座標，目前測量的結果誤差可達到 1 公分以下。另外，本計畫與內政部地政司申請 GPS 控制站點位資料，在野外進行測量時，可以手機接收控制站資料進行同步運算，在進行單點測量時可達公分級以下的誤差，實際測量結果如表 5。但缺點是在沒有手機訊號的控制點，所測量的誤差較大，在精度要求較高的情況下，必須捨棄誤差較大的控制點資料，本計畫所佈的控制點中，其中 NTU11 及 NTU19 控制點由於收不到手機訊號，所計算出來的座標值誤差約 5 公尺左右，因此捨棄此二點之座標。



圖 53 NTU01 控制點 GPS 測量



圖 54 NTU03 控制點 GPS 測量



圖 55 NTU08 控制點 GPS 測量



圖 56 NTU12 控制點 GPS 測量



圖 57 NTU15 控制點 GPS 測量



圖 58 NTU17 控制點 GPS 測量



圖 59 NTU20 控制點 GPS 測量

表 5 控制點座標計算結果

編號	X	Y	Z	誤差 (mm)	說明
NTU01	230639.060	2660367.719	370.176	9.2	
NTU03	230670.645	2658995.469	300.356	0.01	
NTU06	231318.082	2657886.714	258.093	5.5	
NTU07	230550.481	2656863.539	250.548	0.01	
NTU08	230085.550	2653709.318	221.720	4.98	
NTU09	229770.181	2654941.344	275.635	0.01	
NTU10	229002.511	2653875.278	222.621	0.01	航照不明顯
NTU11	228067.495	2660378.31	329.130	4985	誤差過大
NTU12	225370.580	2662545.408	206.946	17.2	
NTU13	226242.643	2654279.363	233.664	14	
NTU14	230013.386	2655431.924	297.652	15.9	
NTU15	226802.563	2656056.391	485.368	2.6	
NTU17	227909.954	2655173.943	312.107	1.93	
NTU18	228174.351	2654886.904	285.801	17.6	
NTU19	226714.259	2658878.424	314.701	5690.7	誤差過大
NTU20	226169.652	2659211.193	309.733	40.5	
NW78	231456.648	2656949.845	242.709		內政部衛星控制點

註：97 座標系統

(六)野外調查

本研究進行期間，為補足航照影像所無法觀察到之細微地形變化，會不定期至九九峰觀察並拍攝裸露的溪床及邊坡之侵蝕堆積變化，並透過不同時間點的照片比對，試圖發現地形改變類型及空間分布特性。

過去南投林區管理處台中工作站，從 2001 年至今有 19 個地區進行長期觀測並拍照記錄。本計畫將延續進行觀察記錄，並從這 19 個區域選定位於九九峰自然保留區內崩塌較明顯的 14 個監測點，持續進行觀測及拍照記錄，說明歷年變化的結果。



圖 60 九九峰野外監測點位置圖

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2006 年 7 月	2007 年 10 月
	
2008 年 5 月	2008 年 9 月
說明： 2001 年照片中心位置的沖蝕溝中有堆積一些土石，主要為來自沖蝕溝左側上方的崩場地；至 2004 年邊坡上植生更為茂密，但沖蝕溝左側上方崩塌的地方因坡度較陡，植生不易，仍維持崩塌形貌；2004 年至 2006 年中間雖然有幾次颱風，但從照片中崩塌的範圍並沒有明顯擴大；至今年（2008）9 月辛樂克颱風後本區的變化不大，顯示目前已趨於穩定。	

圖 61 樣點 1：中心橋旁崩場地觀測(228154,2654887)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 位於過中心橋 14 林班地的邊坡上，本區的地勢相當陡，中間有一沖蝕溝在 2001 年可看到一些堆積的土石，在陡坡上可看到因地震所造成礫石崩落的痕跡，但已部分長出植生；至 2004 年植生更為茂密，2006 年至 2008 年變化不大，原本沖蝕溝上的土石上也長出植生。	

圖 62 樣點 2:埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測(228154,2654887)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2008 年 5 月	2008 年 7 月
說明： 2001 年石灼巷同心橋左前側崩塌地在地震後的 2 年崩塌地仍相當明顯，邊坡下方為烏溪流域，至 2004 年崩塌地上已長出部分植生，但仍可看到舊崩塌地形貌；2005 年艾利颱風後，在舊崩塌地的左側產生一處新崩塌地。2006 年至 2008 年崩塌地大部分已經被植生所覆蓋，本區也逐漸穩定中。	

圖 63 樣點 3：石灼巷同心橋左前側崩塌地觀測(228966,2653691)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 本區位於過中心橋 14 林班地的邊坡上，左側的邊坡大部分土石崩落，形成大規模的崩塌，至 2001 年有部分已長出植生，2004 年至 2006 年植生復育良好，但在邊坡上方仍看見崩塌裸露的區域，至 2008 年崩塌地上方的植生更為茂密，但位於陡坡處仍部分呈裸露狀態。	

圖 64 樣點 4：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測(228038, 2655036)

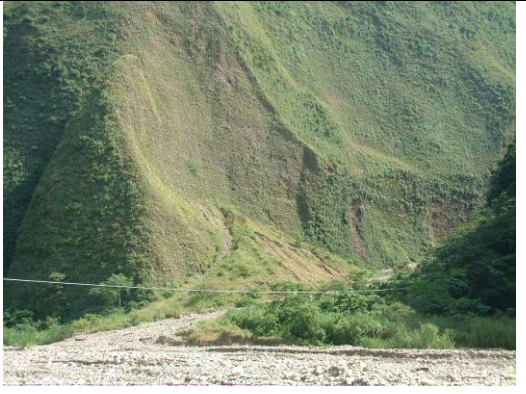
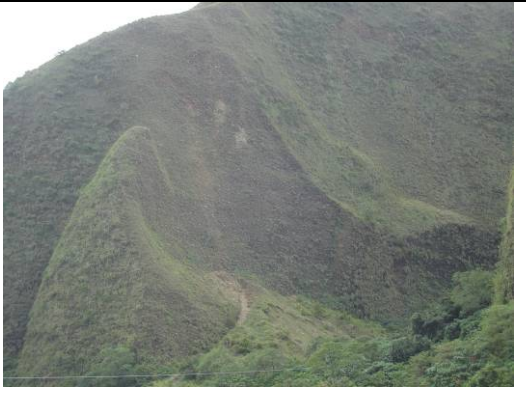
	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 本區位於乾溪與其支流的匯集處的邊坡上，2001 年照片中央有一處明顯崩場地，在 2004 年邊坡上的崩場地已長出植生，2005 年至 2008 年在邊坡下方並沒有明顯的土石堆積，顯示上邊坡以趨於穩定，且植生更為茂密。	

圖 65 樣點 5：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測(228038, 2655036)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 本區位於乾溪的上游，從 2001 年照片中，仍可看到因地震造成一座座禿頭峰的景象，中間的裸露的溪床為乾溪的上游，裸露的溪床兩側有許多植生長出，至 2004 年邊坡上植生更為茂密，但在裸露的溪床上可能因颱風或豪雨，使得裸露的溪床上植生被宜除或掩蓋，溪床也顯得較為寬闊，2005 年至 2008 年，植生逐漸復育，目前已完全看不到地震土石崩落的景象。	

圖 66 樣點 6：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測(226704,2655901)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 本區拍攝地點位於廖合順商店旁，在 2001 年照片中右上方邊坡有明顯崩塌地，下方為野溪，野溪上有橋樑及攔砂壩，2004 年大部分崩塌地已植生復育，但在陡坡上仍可看到舊崩塌地的形貌。2005 至 2008 年地形變化不大，植生則更加茂密。	

圖 67 樣點 7：廖合順商店旁(230668,2659833)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 2001 年照片中有一野溪經過，裸露的溪床上可看到清楚的土石堆積，兩側的為地震所造成的崩落，已部分長出植生，2004 年原本崩塌地上已大部分長出植生，在裸露的溪床上土石堆積仍相當明顯，2005 年至 2008 年植生更加茂密，裸露的溪床上也逐漸長出植生，顯示本區以趨於穩定。	

圖 68 樣點 8：埔里事業區第 20 林班【乾霧高分 1】電線桿旁(229809,2660281)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 2001 年照片的崩塌地在沖蝕溝上堆積相當多的土石；至 2004 年崩塌地上已長出部分植生，在邊坡下方仍可看到堆積的土石，2005 年至 2008 年大部分邊坡都長出植生，邊坡下方堆積的土石也完全看不到，表示本區已完全復育。	

圖 69 樣點 9：埔里事業區第 20 林班【乾霧高分 1】電線桿旁(229809,2660281)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 在 2001 年照片中仍可看到崩塌地及下方土石堆積的情形，至 2004 年在崩塌地上大部分植生已長出，2005 年至 2008 年邊坡上的植生則更茂密，以完全看不出舊崩塌地形貌。	

圖 70 樣點 10:埔里事業區第 8、20 林班界陵線陳世華租地轉角(229436,2659963)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 2001 年在靠近稜線的地區有明顯的崩塌，至 2004 年崩塌地已長出植生，2005 年至 2008 年可看到邊坡上的植生更加茂密，表示本區以趨於穩定。	

圖 71 樣點 11：埔里 8 林班張天保工寮前(229190,2659692)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 本區為陡峭的山壁所形成的崩塌，2001 年崩場地已發育至下邊坡，2004 年山壁上有長出些許植生，2005 至 2006 年下邊坡的植生更為茂密，至 2008 年下邊坡已被植生所覆蓋，但上邊坡仍可看到裸露的情況，可能是上邊坡地勢較陡，植生不易。	

圖 72 樣點 12：埔里 9 林班賴博帥工寮前(228256,2660946)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 2001 年在稜線的地方可以明顯看到土石崩落的情形，2004 年大部分以長出植生，2005 年至 2008 年植生更為茂密，以完全看不出舊崩塌地的景象。	

圖 73 樣點 13：埔里 9 林班賴博帥工寮前(228256,2660946)

	
2001 年 7 月	2004 年 7 月
	
2005 年 8 月	2006 年 7 月
	
2007 年 7 月	2008 年 7 月
說明： 2001 年照片中有明顯的土石崩落，2004 年位於裸露的溪床上邊坡的崩塌地仍相當明顯，2005 年至 2008 年植生更加茂密。	

圖 74 樣點 14：埔里 10 林班小北坑前(227431,2660824)

從這些歷年拍攝的照片來看，從九二一大地震後，大部分崩場地都已經植生復原，至 2006 年以後有些地區上可以看到舊崩場地的形貌，但大部分植生茂密的區域已看不出地震後崩場的形貌。

除了歷年照片的崩場地的監測比對外，從歷年的航照影像觀察的結果，發現在颱風過後，裸露的溪床堆積的情形變化也相當大，因此在野外調查時也記錄在攔砂壩附近土石堆積的情形。以乾溪為例，在裸露的溪床的上、中、下游曾經興建攔砂壩（圖 75），攔砂壩的功能除了攔砂外，還有減緩溪床坡度、降低侵蝕作用的產生。從野外調查發現這些攔砂壩目前大部分都已經被土石堆滿，已無法有效發揮攔砂的功用。另外在田尾坑溪下游處（圖 76），由於此區在 2003 年曾經疏浚過，因此溪床上的土石堆積相對較不明顯。

在辛樂克颱風過後，本研究以乾溪流域實地觀察颱風對此溪流的影响。在颱風過後在裸露的溪床兩側陡坡處並未產生明顯的崩場地，但是在沖蝕溝卻有大量土石沖出（圖 77），這些土石可能是原本在沖蝕溝中堆積的鬆散土石，在颱風豪雨時因土石的搬運產生侵蝕作用，使得土石堆積在下游處。在乾溪上游處可明顯看到因側蝕作用產生小規模的崩塌現象及岩層裸露（圖 78）。另外在支流處也有大量土石的堆積（圖 79），照片中支流與主流的匯集處有長一棵樹，當下次颱風來臨時，可以此棵樹作為觀察土石堆積的指標。

在過中心橋的路堤上（圖 80），也可觀察土石堆積的情形，我們觀察 5 月 19 日及 9 月 23 日不同時間裸露的溪床土石堆積的情形，這段時間歷經卡玫基（2008.7.17）與辛樂克（2008.9.14）兩次颱風，但在裸露的溪床上與路堤之間的高度變化不大，表示颱風對在此區的侵蝕及堆積作用達到平衡，地形變化並不明顯。



上游



中游



下游

圖 75 乾溪上、中、下游攔砂壩土石堆積情形



圖 76 田尾坑溪下游攔砂壩堆積情形 (229778,2654944)



圖 77 辛樂克颱風後大量土石沿沖蝕溝被帶出 (227634,2655270)



圖 78 乾溪上游河岸側蝕所產生的小規模崩塌及岩層裸露（226973,2656046）



圖 79 乾溪支流土石堆積情形（227411,2655510）



圖 80 過中心橋前方道路不同時間前後對照圖

(七)技術轉移研習班

本計畫為提升維護管理人員知識與技能，謹訂於 97 年 5 月 2 日假南投林區管理處 3 樓禮堂舉辦一場「技術轉移研習班」，由台大地理環境資源學系林俊全教授及高雄師範大學任家弘助理研究員擔任本次研習班的講師，邀請行政院農業委員會林務局南投林區管理處、南投縣政府、台中市政府、台中縣政府、太平市公所、霧峰鄉公所、國姓鄉公所、草屯鎮公所、台中工作站、埔里工作站、水里工作站、竹山工作站及丹大工作站等相關單位參與，參加人數共 34 人，參加名單如附錄三。活動課程如表 6：

表 6 「技術轉移研習班」課程表

時間	課程	主講者
09:00-09:10	報到	
09:10-09:20	長官致詞	
09:20-10:20	礫岩地形之特性	臺灣大學地理系林俊全教授
10:20-10:40	休息	
10:40-12:00	監測技術的概念與發展	臺灣大學地理系林俊全教授
12:00-13:30	午餐	
13:30-14:30	氣象站儀器操作說明	高雄師範大學 任家弘助理研究員
14:30-17:00	九九峰自然保留區現場實習	高雄師範大學 任家弘助理研究員

本次研習班的辦理，希望能提供管理處同仁更瞭解本區的地質地形的特性，如礫岩層如何形成、以及地質、地形特徵。有關整個技術移轉的工作包括儀器架設的原理、自計式氣象觀測站的資料讀取與基本維護等，工作人員需要瞭解氣象觀測站的基本運作原理，並且學習如何讀取資料，在每一次讀取資料之同時檢查測站與感測器是否運作正常，並且瞭解基本的故障排除以便在現地進行臨場維護。



圖 81 南投林區管理處長官致詞



圖 82 研習班活動情形



圖 83 儀器操作及說明課程



圖 84 野外實察合照

六、 結論

- (一) 本計畫目前已 2008 年 5 月 13 日完成九九峰自然保留區西側自計式氣象站的架設包括雨量計、溫溼度及風速風向計，目前系統正持續在監測當地的氣候變化。本計畫希望透過東、西側兩個氣象站的資料，能夠更瞭解當地微氣候的變化，有助於管理單位進行災害評估及預防。
- (二) 從自計式氣象資料顯示，在本年度 7 月 17 日卡玫基颱風及 9 月 14 日辛樂克颱風，最大日降雨量分別為 486.2 公釐及 426.6 公釐，累積降雨量分別為 508.6 公釐及 657.2 公釐，造成山區道路被土石掩蓋及崩塌的災害，單日大量的降雨為造成本次災害的主要原因。
- (三) 比較本計畫測站與鄰近中央氣象局草屯站與雙冬站降雨資料，顯示東側測站與中央氣象局降雨資料較接近，但降雨量相對較多；然而西側的降雨量相較其他 3 站來得多，最大日降雨量差異可達 100 公釐以上。
- (四) 九九峰自然保留區有許多動態的地貌特徵，如埋積河谷、礫石邊坡沖蝕等現象，都是將來必須更進一步追蹤變遷的地方。本計畫參考台中工作站過去監測的地區持續進行觀測，選定 14 個觀測區進行拍照及紀錄，觀察地形的變化。從 1999 年地震後的照片至本年度觀察的結果，大部分的有崩塌的地區都已經恢復植生，即使是歷經幾場颱風對這些監測點的影響並不大，表示地震對於本區的影響比颱風來得更加嚴重。
- (五) 本研究去年度已經收集 1976 年、1984 年、1991 年、1998 年、1999 年、2002 年、2005 年、2006 年及 2007 年之航照影像資料，並從航照上劃分成 10 個地區觀察歷年地形變化的情形。研究結果發現在九二一地震前的颱風對本區只產生零星的崩場地，在幾年內也會能恢復原有的地貌。但在地震後近 10 年，地震所造成的崩塌形貌能依稀可見，尤其是崩塌地的植生跟地震前有明顯的差異。
- (六) 在颱風過後進行野外調查結果顯示，因颱風所造成崩場地沿著中心農路及北峰路都可以看到零星的崩塌，但大都位於河岸的邊坡，對道路影響並不大；而颱風所造成主要地災情，大部分是由沖蝕溝所帶來的土石堆積在道路上，以中心農路為例就有相當多處道路被土石掩蓋，造成道路中斷的情形。

- (七) 去年度調查內政部土地測量局地面控制點資料，發現大部分控制點均已無法使用，需重新佈標及測量。因此本年度安排進行控制點的佈標及測量。目前已經完成 16 個新控制點的佈標，並已完成控制點測量的工作。
- (八) 本計畫已於 2008 年 5 月 2 日假南投林區管理處 3 樓禮堂完成辦理一天的「技術轉移研習班」，參加人數共 34 人，希望透過研習班的辦理，提升管理處有關自然保育及地形監測方面的專業技能。

七、 建議

- (一) 保留區內主要有兩條農路，一為北邊的竹峰路，一為南邊的中心農路。本年度卡玫基颱風及辛樂克颱風均造成這兩條道路中斷，由於這兩條道路平時並無相當多人員進出，同時沖蝕溝常有大量土石被帶出，因此建議只需維持道路順暢，並不需要過度整修。
- (二) 從歷年航照影像判釋的結果顯示，每次颱風侵襲對裸露的溪床的影響最為明顯，在裸露的溪床上原本就堆積相當多的礫石，過去原本在溪床邊的農地，在幾次颱風後均被沖毀，建議沿著溪床兩側不宜進行開發。尤其是在過去發生災害的地區，在颱風來侵襲時可能會持續發生災害。
- (三) 由於礫石大部分以未膠結的方式堆積在沖蝕溝及裸露的溪床上，一場豪雨極可能將大量土石帶往下游或河岸兩旁。從本年度卡玫基颱風及辛樂克颱風對本區的影響來看，雖然產生的新崩塌地不多，但都可以看到沖蝕溝有有大量土石被帶出，這些土石可能是因為裸露的溪床侵蝕所帶來，一旦有豪雨就具有潛在危險性；因此，在下雨時應避免人員進入保留區內。
- (四) 利用本計畫架設的自計式氣象站資料，讓管理處瞭解即時的氣象資料，未來當降雨量達到某一臨界值時，管理處可進行封路、疏散及警告等相關管理措施，以降低可能造成的災害損失。目前測站仍持續運作中，未來希望能藉以分析氣象災害的致災條件。
- (五) 在九九峰自然保留區內溪流中的攔砂壩除了攔砂外，可減緩河床坡度降低侵蝕作用，但目前本區攔砂壩已相當密集，過去興建的攔砂壩每次在颱風後都會被土石淤滿，若持續再興建效果應該不大。建議在保留區外的攔砂壩可進行清淤，對於過去發生災害的區域則加強監控。
- (六) 從氣象資料來看，5月～9月為降雨量最多的月份，在這些月份從事環境教育解說，風險較高，建議在1～4月及10～12月來進行比較適合。環境教育解說之地點建議規劃在中心農路及竹峰路上。

八、 參考資料

- 王瑞斌 (2000) 南投九九峰卵礫石之排列及其形狀對坡度的影響，台大地質所碩士論文，共 143 頁。
- 呂岡侃 (2002) 南投縣九九峰土石流發生區之地形特徵，國立臺灣大學地理環境資源學系研究所碩士論文，共 145 頁。
- 呂岡侃、徐美玲 (2004) 南投縣九九峰土石流發生區之地形特徵，地理學報 38：1-16。
- 江政人 (2004) 臺灣中部地區崩塌地植被恢復之研究，國立中興大學森林學系碩士論文，共 61 頁。
- 何春蓀 (1997) 臺灣地質概論，經濟部中央地質調查所。
- 林昭遠、吳瑞鵬、林文賜 (2001) 921 震災崩塌地植生復育監測與評估。中華水土保持學報 32(1): 59-66。
- 林瑞興、許富雄、姚正得、艾台霖 (2003) 九二一地震後台灣九九峰鳥類組成變化與植被回復之關係。特有生物研究 5(2):47-59。
- 林文賜、黃碧慧、林昭遠、周文杰 (2004) 921 震災崩塌地特性分析及變遷監測之研究。中華水土保持學報 35(2): 141-149。
- 林俊全 (2003) 火災山地形變遷監測計畫(1)，行政院農委會林務局新竹林區管理處。
- 林俊全 (2004) 火災山地形變遷監測計畫(2)，行政院農委會林務局新竹林區管理處。
- 林俊全 (2005) 火災山地形變遷監測計畫(3)，行政院農委會林務局新竹林區管理處。
- 林俊全 (2007) 九九峰自然保留區地質地地形調查及監測 (1/3)，行政院農委會林務局南投林區管理處。
- 許明仁 (2003) 的台灣西部卵礫石地層之坡度影響因子及其地質材料特性，台灣大學地質科學研究所碩士論文，共 177 頁。

- 楊志成（1997）台灣中部地區錦水頁岩、卓蘭層與頭嵙山層的沈積環境研究，國立台灣大學地質科學研究所碩士論文，共 120 頁。
- 黃凱易（2002）九九峰自然保留區地覆變遷之監測與分析，林業研究季刊，24（3）： 35-47。
- 張麗旭（1955）台灣之地層。臺灣銀行季刊，第七卷，第二期，第 26-49 頁。
- 張憲卿（1994）五萬分之一臺灣地質圖幅第十七號，大甲圖幅說明書，經濟部中央地質調查所，第 17,63 頁。
- 張伯宇（2003）頭嵙山礫岩區谷系發育作用之探討--以觸口山東翼及九九峰為例，中國地理學會會刊，32： 17-39。
- 張憲卿、任家弘、王鑫、林俊全（2001）九九峰變成禿頭峰之探討，第五屆臺灣地理學術研討會暨石再添教授榮退紀念學術研討會，第 130-150 頁。
- 經濟部水利署水文水資源資料管理供應系統(2008)<http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/>
- 陳宏宇（2001）九九峰的石頭，特有生物研究保育中心出版，第 18 頁。
- 陳添水（2005a）應用地理資訊系統於九九峰九二一地震崩塌分析，特有生物研究 7(1)： 69-87。
- 陳添水（2005b）九九峰地區九二一地震崩塌植生指數變遷分析特有生物研究 7(2)： 63-75。
- 陳樹群、吳俊鋆（2005）集集地震引發九九峰地區之崩塌型態探討，中華水土保持學報，36（1）： 101-112。
- 劉平妹、林玉儂（2002）九九峰地區攔砂壩的興建對河流地形之影響及其工程上的應用，行政院國家科學委員會補助大專參與專題研究計畫研究成果報告。
- 鍾翼戎（2004）九二一地震引致九九峰崩塌特性之研究，國立中興大學水土保持學系碩士論文，共 98 頁。
- 鄭遠昌（2004）地形變遷之研究:以苗栗火炎山地區為例，臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文，共 129 頁。

附錄一 歷年航空照片



圖 85 1976 年航空照片

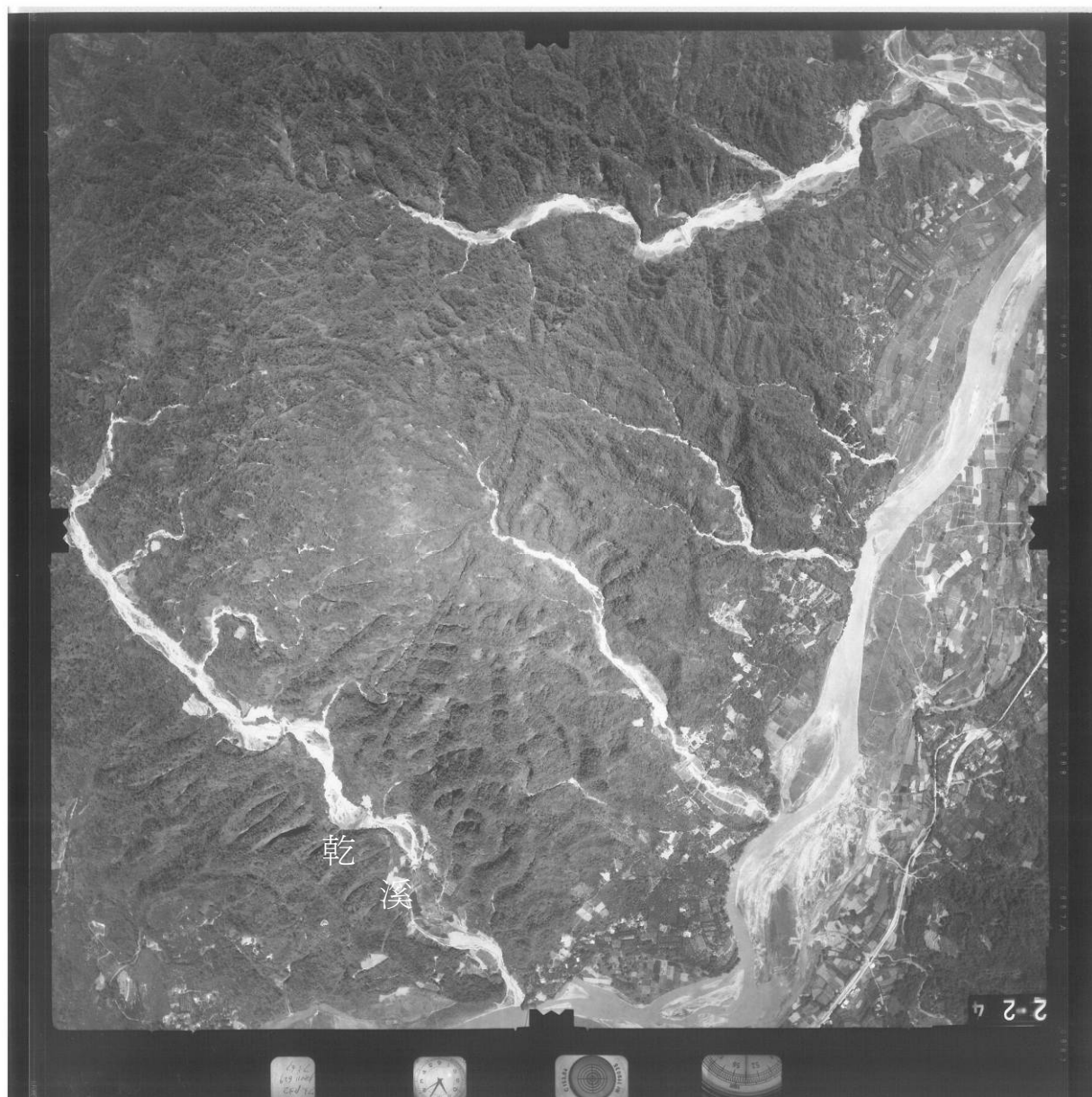


圖 86 1987 年航空照片

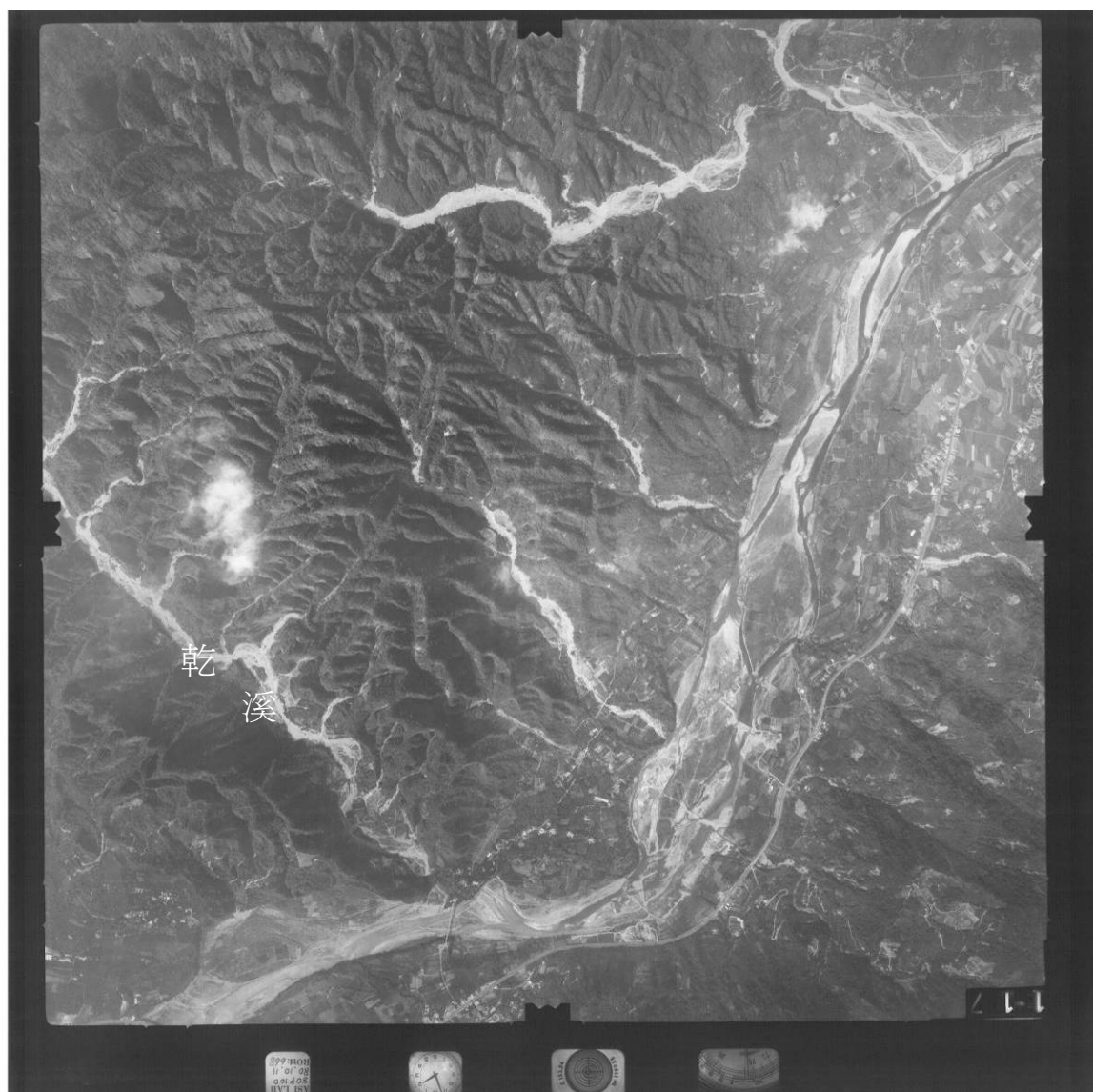


圖 87 1991 年航空照片



圖 88 1998 年航空照片

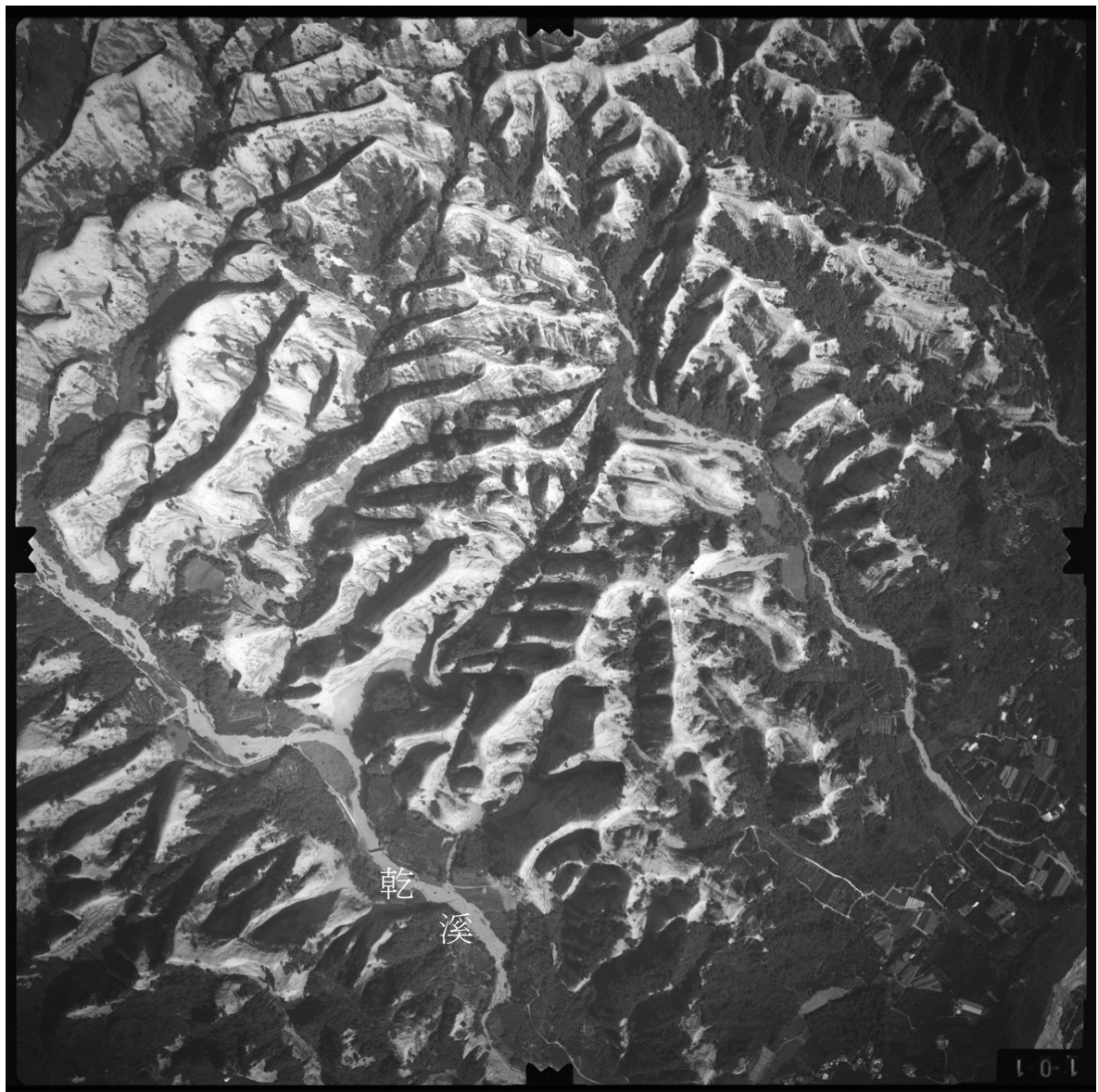


圖 89 1999 年航空照片



圖 90 2002 年航空照片

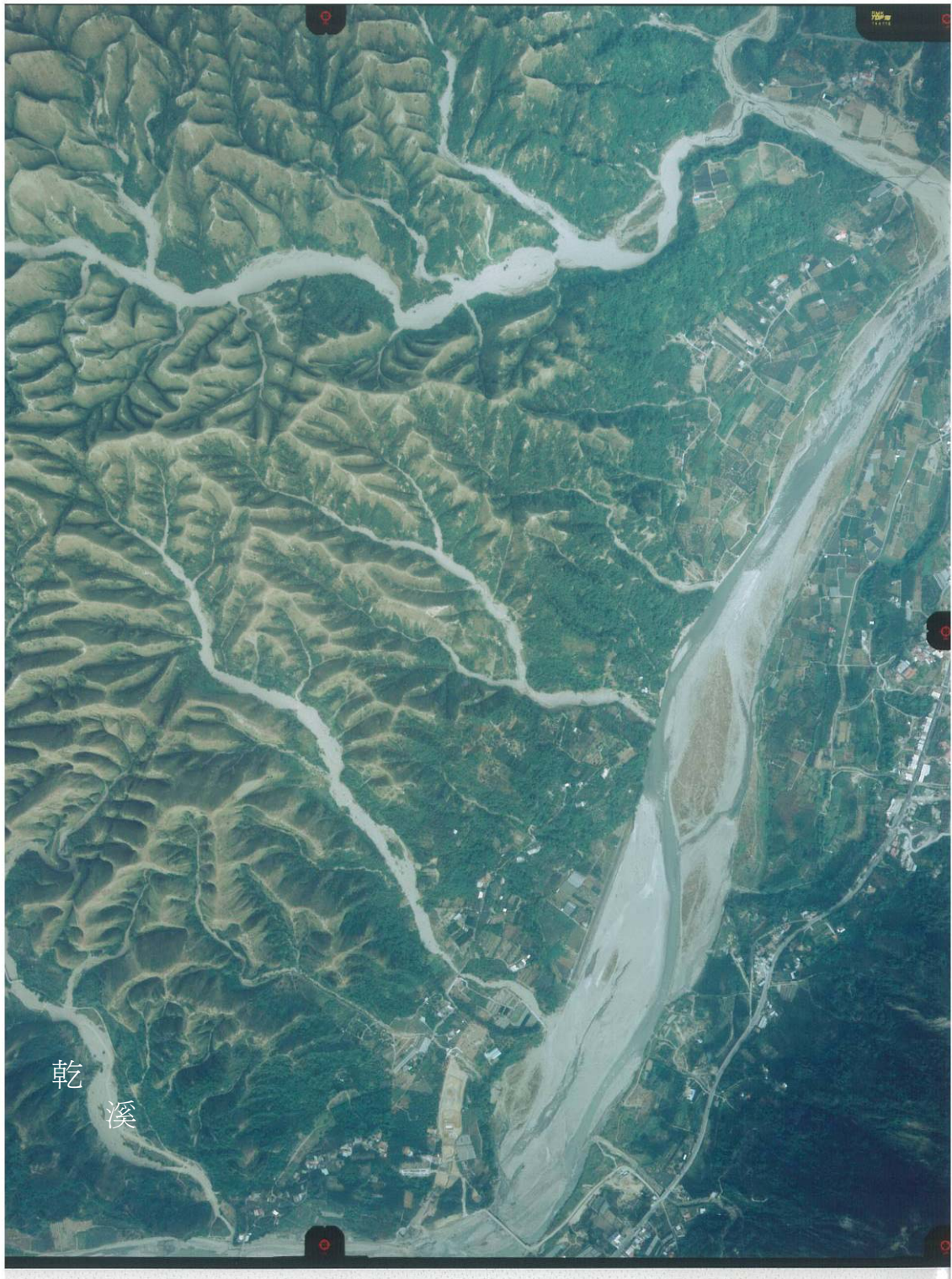


圖 91 2005 年航空照片

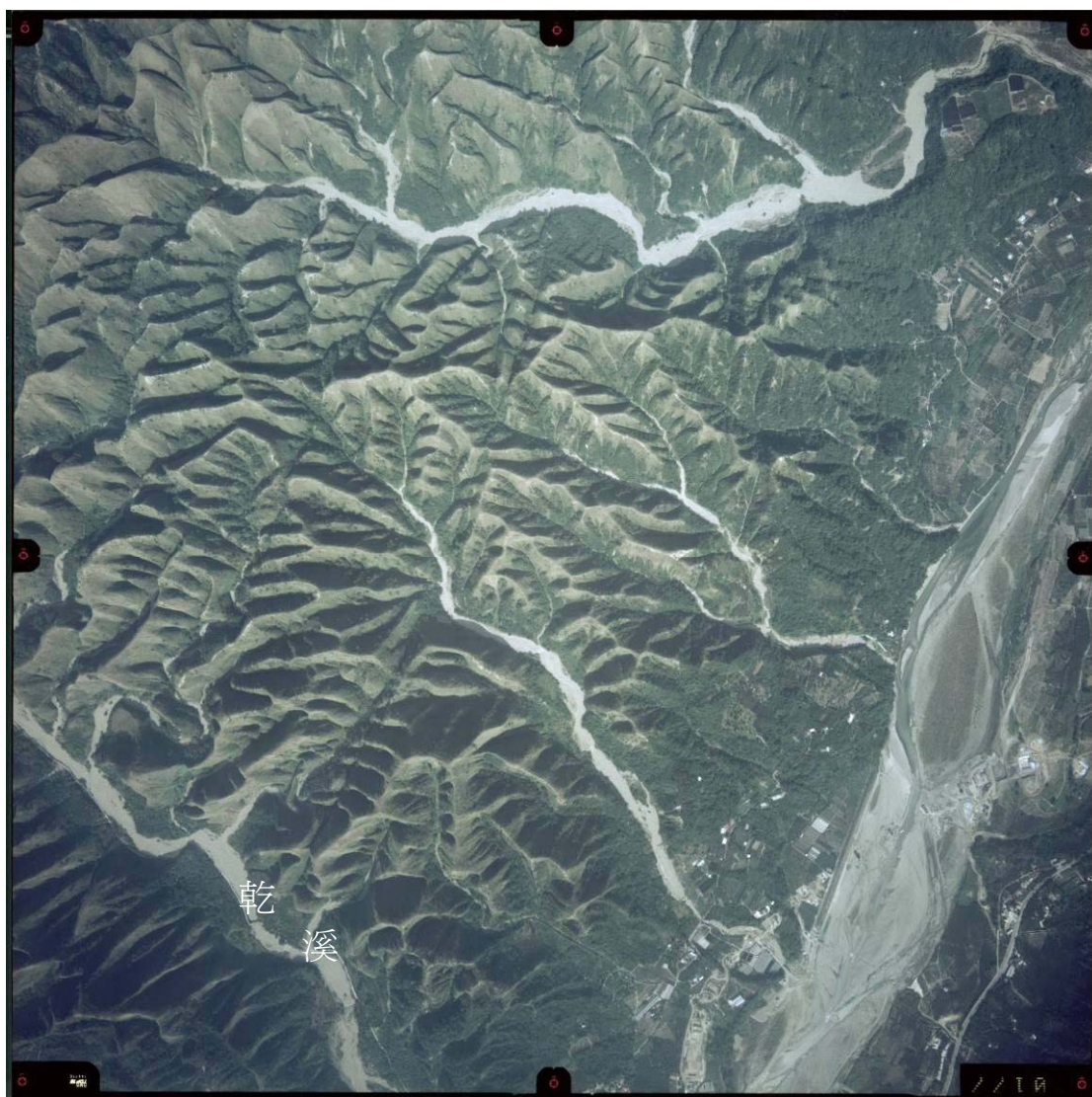


圖 92 2006 年航空照片



圖 93 2007 年航空照片

附錄二 技術轉移研習班簽到表

九九峰自然保留區技術轉移研習班簽到表 1

姓名	單位	簽到	飲食	野外
林文永	竹山工作站	林文永	☒ 葷 ☐ 素	☐ 參加
張敏聰	竹山工作站	請假	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
林志昇	南投林區管理處	林志昇	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加
洪淑瑜	南投林區管理處	洪淑瑜	☐ 葷 ☒ 素	☐ 參加
廖吟梅	南投林區管理處	廖吟梅	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加
蔡碧麗	南投林區管理處	蔡碧麗	☐ 葷 ☒ 素	☒ 參加
藍瑞銘	南投林區管理處		☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
葉榮景	南投林管處工務課	請假	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
林志成	南投林管處育樂課	林志成	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加
廖慶森	南投林管處育樂課	請假	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
賴聰源	南投林管處育樂課	賴聰源	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加
張凱博	南投林管處治山課	張凱博	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加
游翠芬	南投林管處治山課	游翠芬	☐ 葷 ☒ 素	☒ 參加
詹益源	南投林管處治山課	請假	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
廖一光	南投林管處治山課	請假	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
藍育燦	南投林管處治山課	藍育燦	☐ 葷 ☒ 素	☒ 參加
藍瑞銘	南投林管處治山課	請假	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
李淑君	南投林管處秘書處	李淑君	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加

九九峰自然保留區技術轉移研習班簽到表 2

姓名	單位	簽到	飲食	野外
楊淑惠	南投處丹大站	楊淑惠	☐ 葷 ☒ 素	☒ 參加
蘇僊惠	南投處丹大站	蘇僊惠	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加
余啟瑞	南投處台中工作站	余啟瑞	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
巫岳峰	南投處台中工作站	巫岳峰	☐ 葷 ☐ 素	☒ 參加
陳帥名	南投處台中工作站	陳帥名	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
詹文輝	南投處台中工作站	詹文輝	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加
王朝宗	埔里工作站	請假	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
洪金宗	埔里工作站	洪金宗	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加
楊叔錠	埔里工作站	楊叔錠	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加
劉俊宏	埔里工作站	請假	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
賴幸君	埔里工作站	賴幸君	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加
周宏昱	草屯鎮公所	周宏昱	☒ 葷 ☐ 素	☒ 參加
林東霖	草屯鎮公所	林東霖	☒ 葷 ☐ 素	☐ 參加
王守宏	霧峰鄉公所建設課	王守宏	☒ 葷 ☐ 素	☐ 參加
洪鈺泰	霧峰鄉公所建設課	請假	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
陳世玉	霧峰鄉公所建設課	請假	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
陳志名	霧峰鄉公所建設課	陳志名	☐ 葷 ☒ 素	☐ 參加
鄭建志	治山隊	鄭建志	☒ 葷 ☐ 素	☐ 參加

九九峰自然保留區技術轉移研習班簽到表 3

姓名	單位	簽到	飲食	野外
李友宏	竹山社	李友宏	☒ 葷 ☐ 素	☐ 參加
陳啓榮	育樂課	陳啓榮	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
胡章起	秘書室	胡章起	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
陳彩銀	"	陳彩銀	☐ 葷 ☐ 素	☐ 參加
莊昭馨	會計室	莊昭馨	☒ 葷 ☐ 素	☐ 參加
許逸玟	育樂課	許逸玟	☐ 葷 ☐ 素	☒ 參加
董孝	育樂課	董孝	☐ 葷 ☒ 素	☐ 參加
呂桂琴	人事室	呂桂琴	☒ 葷 ☐ 素	☐ 參加
梁思文	人事室	梁思文	☒ 葷 ☐ 素	☐ 參加

附錄三 期中審查意見回覆

審查意見	處理情形
一、臺灣大學地質科學系謝兼任講師孟龍 1. 本報告中未見具體研究結果：如航照資料僅止於收集，尚未分析或製作 DEM；幾無野外調查資料，也無調查項目或重點，請儘量補充之。 2. 本計畫目前設置的氣象站與測量控制點有助於往後氣候與地形的監測，但未見細節(如，如何利用這監測資料或預期結果)，請補充之。 3. 地形監測包羅萬象，請事先了解區域地形特性後再針對問題、設定監測目標，避免盲目運用科術，流於「空洞」。如，若透過歷年航照判識了解九九峰地區崩坍與土石流發生具全面性(即：不發生崩坍或土石流則已，一發生則幾乎每條溪都有)，請在有限的人力、經費與時間下，妥善運用以發揮本計畫之最大效益。 4. p.10, 第二段：溝谷(最寬可達 20 公尺)與河谷(最寬可達 200 公尺以上)兩詞用法不清楚。 5. p.10, 第 10 行；p.14, 第 7 行：大多數的人應該不會認為九九峰的山峰「尖銳」。 6. p.14--17, 有關九九峰的地質：文中所提的地名均無對應之圖，不易了解；各地層空間、時間的配置與沉積環境的說明也不清楚(其實本章節和九九峰大多無關，在語意不清的情況下大可縮減，反倒可補充九九峰地區隆升的歷史與萬年來的演育紀錄)。 7. p.14, 第 2 行：文獻上並無「九九峰礫石層」此地層單元。 8. p.14, 倒數第 5 行：「本區域」，應指大台中、南投地區，非	1.由於 DTM 資料尚未能處理，將於期末報告中加入定性之研究成果。 2.期末報告中將加入說明 (P.31)。 3.謝謝指教，本計畫已加入歷年航照的定性分析。(P.50-63) 4.已修正部分說明(P.12)。 5.已刪除。 6.已修正部分說明。並重新整理此章節。(P.16) 7.已修正。 8.已修正。

九九峰。 9. p.15, 第 4 行：「粒岩層」應為「礫岩層」。 10. p.15, 第 7 行：既然以「砂頁岩互層為主」就不宜喚作香山相「砂岩」。p.15, 第 8 行：「長為」應為「常見」。p.16, 第 2 行：「沙礫互層」應為「砂礫互層」。p.16, 倒數第 3 行：「分部」，應為「分佈」。 11. p.17, 第 9 行：「南莊層」，但圖 8 並無此地層名稱。p.17, 倒數第 2 行：「礫狀礫石」？p.23, 倒數第 3 行：既然是近幾年來發生的事實，不應用「可能」兩字；作為計畫的目的之一，文中應給肯定的觀察結果——有或無。 12. p.35, 第 7 行：為何是「日月潭氣象站」而非「草屯氣象站」(p.18)？ 13. p.35, 第 9 行：「2007 年 6 月底至 9 月中」，但以下圖為 2008 年 1 月至 4 月。今年五、六月中部豪雨成災，而九九峰是否受影響？既是計畫的重點，請呈現監測結果。 14. p.74, 倒數 2 行：「研究區範圍內絕大多數為相思樹」；和 p.20 不合，請確認後修正。	9.謝謝指正。 10.已修正，謝謝指正。 11.謝謝指正，已將此章節重新修改。(P.16) 12.已改為草屯測站資料。 13.將於期末報告加入。 (P.38-43) 14.已刪除 74 頁相關內容。
二、國立彰化師範大學地理系蔡教授衡 1. 本案之研究目的似不夠明確與具體，例如要透過監測觀察地形變遷，但監測項目似過於簡略，因為河床剖面變化，沉積物輸送情形，沉積物量等亦是未來應用於防災預警，必須要瞭解的重要參數。 2. 本報告書在地質的背景上著墨甚多，但全案在工作內容上卻並未有所連結，請補充之。 3. 其實本案最終目的若與防災預警有關，則除了蒐集資料外，更重要的是資料如解讀，因此背後的學理根據未來也不應有所偏廢，請補充之。	1. 謝謝指教，沈積物之搬運量非本研究之重點。由於本研究並無過去剖面資料，因此無法說明 2.已修改此章節。 3.已補充說明 (P.34) .。

三、臺中工作站詹先生文輝 1. 有關自計式氣象站技術轉移方面，請製作操作手冊以利現場工作人員使用。 2. 有關崩塌地觀測點照片與本站自 92 年度起本處選定 之定點植被覆蓋率拍攝樣點相同（共設 19 個樣點），請評估是否作為本案監測之樣點。 3. 請多提供有關保留區內裸露的溪床的堆積速度及變化，供日後與地方政府部門或民間團體溝通之依據。	1.研習手冊已有說明。 2.已選定 14 個樣點進行比較。(p.74-88) 3.謝謝指教，堆積速率在本研究中無法量得，主因是裸露的溪床高程變化受攔砂壩影響，河床高程變化不大。
四、林政課陳技士國佃 1. p.18（四）氣候第 3 段提及本區 1969-2006 年雨量統計數據乙節，請再確認之。	1.為水利署草屯測站資料。
五、育樂課陳課長啟榮 1. 請加強本區河川土石搬運量、豪大雨量之防災預警應變措施及相關之數據解讀與使用、土地開發潛在危險性之監測成果分析，供周邊縣市政府及本處經營管理參考。 2. 請在期末報告中提出本區監測及管理維護上之具體建議及本處未來接手自行監測之技能。	1.已利用歷年航照判釋說明（P.50-63）。 2.相關建議請參考 P.98。
六、育樂課蔡技正碧麗 1. 本案 p.3 圖目錄請補圖 25-29、圖 43-45；圖 40 重複請修正。 2. 請將 96、97 年監測收集之溫度、溼度、雨量、風速等變化情形以柱狀圖或曲線圖呈現比較之。 3. 本區內河谷（岸）土石堆積量經調查監測其情形如何？有哪	1.已修正，謝謝指正。 2.以加入說明（P.38-46）。 3.已加入監測

幾點變化較明顯？目前中部地區常有豪大雨，請於雨後速至現場做定點拍照監測各坑谷、裸露的溪床土石堆積及邊坡變化情形，以利後續比較分析。	成果 (P.74-93)。
4. 有關本區「數值地形模型之建立」進度如何？	4.目前已將控制點測量完畢，需更進一步分析。
5. 有關本區地質崩塌與區內植生演替情形如何？	5.本研究利用歷年航照比對，說明如P.50-63。

附錄四 期末審查意見回覆

臺灣大學地質科學系謝講師孟龍：

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. 相較於期中報告，本期末報告增列了近六個月的氣象監測紀錄(東測站)，歷年航照判釋與些許野外調查、拍照，並得到一些初步結論。惟這些結論多不需要特別研究即可得知(如結論二、三、四；p. 97)。整體而言，本計畫雖擁有絕佳的體材與資料，但在科學論述、資料分析尚顯薄弱，請多加著墨。 2. 不清楚如何連結「氣候監測」與「地形監測」。如建議第四項中提及(p. 98, 倒數第三行)：「……未來當降雨量達到某一臨界值時，管理處可進行封路、疏散及警告……」；然而這某一臨界值當如何界定？發生多大或怎樣的地形變化才算數？(現有的資料應已能下初步結論，而非放於「建議」章節中)。設立兩個氣象站、了解微氣候變化的目的為何？為何報告書中不列出西測站的資料？兩測站的資料有多大的差別？和鄰近的氣象站(如草屯)比較又如何？ 3. 請提出具體科學問題並擬定研究方法，加強航照判釋功能與野外調查、拍照結合。如，依照結論二(p. 97)，既然九九峰地形已趨向穩定——即使經歷這些年來的大雨，那麼往後「地形監測」的策略為何？又如，數值地形模型的建立似乎是本計畫重要的工作之一，但其目的為何？為什麼在期中審查意見回覆表中聲稱：「堆積速率在本研究中無法量得……」(p. 115, 處理情形第 6 行以下)？數值地形模型的建立不正是解決這個問題嗎？(p. 31, 第 5 行) 4. 請加強對專業地質、地形知識之調查與描述，請補充對文中地形營力的推論，及野外調查成果。(建議：野外調查選 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 謝謝指教。資料僅就觀察結果來陳述，未來將加強說明其科學上的含意。待明年數值地形生產後，會有更詳細的分析。 2. 本計畫主要利用氣候資料討論對地形變化的影響。降雨臨界值的界定為造成災害的最小降雨量。鄰近氣象站降雨比較已加入說明 P. 49 3. 補充說明於研究方法中。地形趨向穩定為航照判釋定性觀察的結果，事實上有許多微地形的變化需靠數值地形資料來取得高精度的定量分析。結果將於明年度計畫中呈現。 4. 謝謝指教。 |
|--|--|

定一溪床並深入溪床，嘗試分辨出河流與土石流營力作用)。 5. p. 12, 第一段：保留區地勢北高南低。和底下第四段「本區主要溪流乃呈放射狀注入烏溪」不合，也和 p. 13 圖四相違，請確認修正之。 6. p. 12, 第二段以下。本文常用「陡峭」來形容九九峰的山巒，並不貼切。吾人常用「陡峭」來描述陡而尖的山峰，如中央尖山；但九九峰山巒大多圓圓像饅頭一樣，只是其下方的溪谷很陡(即切一橫剖面，九九峰的山巒下部陡，向上變緩，具有向外凸出的坡面)。這樣的形狀是不尋常的，當反映其特殊的岩性、侵蝕機制或歷史，請加以著墨。 7. p. 12, 第二段：” V” 字型形貌。九九峰的侵蝕溝大多非典型的” V” 型谷——邊坡太陡了，幾乎垂直。 8. (4) p. 12, 第二段：……形成一類似惡地之地形。易造成誤導；讀者會以為：擁有密佈” V” 型侵蝕溝的陡峭地形就是惡地地形，其實不然。又，現在的九九峰自然保留區還能稱惡地嗎？ 9. p. 12, 第三段：……，顯見該區多為陡峭之山峰與深溝、而各坡向……。前述為海拔 300 至 500 公尺地區所佔面積比例(61.57%)，和以下有關坡度的描述無關，不宜用顯見兩字相連，請修飾之。 10. p. 12, 第 11 行：……幾乎無平緩區域。但第 14 行：保留區內之坡度變化極大。兩描述似有些衝突，易產生誤導，請考量並修正之。 11. p. 12, 第 13--15 行：……，地形不穩定，甚易崩塌……，尤其在西側之邊坡坡度更陡，就先天地形條件來看，很容易造成崩坍等地表塊體運動。但 p. 17, 第 5 行：……，穩定性佳，故所構成邊坡可維持高角度穩定而不坍塌……。兩立論矛盾。又，由監測結果來看，西側之邊坡真的容易	5. 謝謝指正。應為地勢南高北低，錯誤敘述已刪除。 6. 已刪除「陡峭」敘述。 7. 已刪除。 8. 已刪除此段敘述。 9. 謝謝指正。已修正。 10. 刪除「……幾乎無平緩區域」此敘述。 11. 此段為引用前人之論述，已刪除有爭議之部分。P. 12
---	--

造成崩坍嗎？請確認修正。 12. p. 12, 第四段：……，或稱為「礫石惡地」。易產生誤導；讀者會以為峽谷乃惡地的特徵，請修正之。 13. (9) p. 16, 倒數第 4 行。請確認在保留區觀察到因「坡腳遭受侵蝕」而造成的大規模崩落嗎？若有，請務必列舉說明之。 14. p. 16, 倒數第 2--3 行：……，受到雨水的沖蝕，……。雨水的沖蝕在保留區中不應是主要的侵蝕營力，但卻是文中唯一列舉的侵蝕營力，請說明之。 15. p. 17, 第 4 行：……礫石排列微呈覆瓦狀結構，……。但 p. 18, 第 9 行：……扁平狀礫石常具有覆瓦狀構造，……。請說明。 16. p. 17, 第 4 行：……礫石與礫石中間由泥砂所充填，……。但 p. 18, 第 7 行：膠結物質大多為細砂，……。一般而言泥比沙更容易成為膠結物質，請明察。 17. (13) p. 18, 第 4 行：……，兩厚層礫岩體……。為哪兩層？ 18. p. 18, 第 6 行：……，砂頁互層構成在地形上顯著的山脈走向。是否指：較厚的砂岩形成山脈的主脊？ 19. p. 18, 第 10 行：……具有基質支持沉積構造的礫岩請改為「具有基質支持結構的礫岩」。 20. p. 18, 第 12--14 行。改為「……，火炎山相的岩相組合指示一位於三角洲平原上的礫質瓣狀河，且由下至上，有從下部三角洲平原漸變為上部三角洲平原的趨勢」。建議整段刪除。 21. p. 18, 第 15 行起。香山相幾乎都出露在保留區外，建議整段刪除。 22. p. 18, 圖 9。香山相的圖例不清楚，請修正。 23. p. 47, 圖 35、36。該兩圖和圖 27、29 不同，請說明之。	12. 謝謝指正。已刪除。 13. 此段為引用前人之論述，已刪除。 14. 已刪除本段。 15. 已統一修改。 16. 謝謝指正。已刪除 P. 18 敘述。 17. 已刪除「兩厚層」。 18. 文意不清，已刪除。 19. 謝謝指正。 20. 已整段刪除。 21. 已整段刪除。 22. 已修正。 23. 圖 35、36 為時雨
---	---

24. p. 48, 第一段, 由本段描述, 讀者或以為所有航照都已正射處理完畢, 不同時期的航照已經可以「疊合」了 (第 4 行)。直到 p. 64, 第二段才發現並非如此。到底這些航照經過正射處理了嗎? 理論上, 只要正射處理過, 即使沒有絕對座標, 亦能作不錯的套疊。 25. p. 51 開始, 文中所有描述的「河道」, 大部分都非一般河流環境所謂的「河道」, 請自行定義之 (建議改為「裸露的溪床」、「未覆植被的溪床」或「植被稀少的溪床」)。 26. p. 51, 第二段最後兩行。2005 至 2007 溪床中確有明顯變化, 請明察之。 27. p. 59, 倒數第四行: ……本區幾乎完全被土石所掩蓋, 形成光禿禿的一片。(原意是否為: 本區植被幾乎完全崩落, 形成光禿禿的一片?) 28. p. 64, 最後一段, 第 2--3 行: …… , 大部分位於陡坡處以及河道側蝕產生的崩塌。真的是因河道側蝕產生的崩塌嗎? 請舉例。 29. p. 64, 最後一段, 倒數第二行: ……植生種類與地震前不一樣。請多增加一些描述, 或請林務局同仁協助。 30. p. 74, 圖 60。有兩個樣點 6, 但無樣點 4, 請補充。 31. p. 75, 圖 61。2001 年邊坡上似有幾片較大的「樹」(深綠色), 至 2004 年消失; 是植被真的有變遷還是只是拍照顏色的關係?。請明察之。 32. p. 80, 圖 66。說明第 4 行: ……因颱風或豪雨造成裸露的溪床侵蝕, 使得裸露的溪床上土石堆積更加明顯……。語意不清, 到底是侵蝕還是堆積? 在這麼遠的距離, 怎麼得知? 原意是否為: 颱風或豪雨造成溪水暴漲, 礫石的搬運	量, 圖 27、29 資料為每半小時一筆。 24. 謝謝指教。目前航照僅作空間校正, 正射影像將於明年完成。 25. 已將河道改為「裸露的溪床」。 26. 航照影像變化為陰影所造成。 27. 已修改敘述。 28. 許多位於河岸兩側之崩場地, 推測與河岸側蝕有關。 29. 植生之研究不在本計畫範圍。 30. 謝謝指正, 已修正。 31. 經照片放大觀察, 證實為照片拍攝顏色之差異。 32. 謝謝指教, 已修改此段敘述。
---	--

(侵蝕或堆積) 移除了原本在溪床上的植生？ 33. p. 88, 圖 74。看來照片右邊支流溪溝的土石扇漸漸減小、消失，是否為真？請確認。 34. p. 89, 第二段，倒數第 3 行：……這些攔砂壩目前大部分已被土石堆滿，已無法發揮功用。然攔砂壩主要的功能並非攔砂，這樣的評論有欠公平。 35. p. 89, 第二段，最後兩行：……田尾坑溪下游處，由於此溪集水面積較小，土石堆積的情況較不嚴重，此推論並不正確。比田尾坑溪小的溪流很多（如圖 79），為何它們都有顯著堆積？（按：田尾坑溪下游堆積較不嚴重的原因推測和堤防的興建有關（圖 76）——使土石容易向下游搬運。又，圖 76 上游河段 2003 年曾有大規模疏濬，疏濬後的空間至今尚未完全填滿。（保留區攔砂壩的興建可能影響此間河流演育，林務局同仁是否能提供各攔砂壩原始的高度及興建歷史，及利本研究的進行？） 36. p. 89, 第三段，第 4 行：……因土石的搬運產生側蝕作用，增加土石的堆積。請問怎麼知道是側蝕？ 37. p. 89, 第三段，第 4--5 行：……可明顯看到因側蝕作用在坡腳處產生小規模的崩塌現象（圖 78）。由圖 78「崩塌」的高度和形貌看來，較像是「河流側蝕，露出基盤或舊崩塌地的露頭」，請明察之。 38. p. 89, 最後一行：裸露的溪床上的土石堆積並不明顯，可能土石被帶往更下游處來堆積。語意不清。土石「一定」會被帶往更下游，但即使如此，裸露的溪床還是會向上加積（帶來多少、帶走多少的問題）。又，如圖 80，此間裸露的溪床是否已採砂、疏濬？	33. 過去照片為台中工作站所提供，就現場觀察原土石扇已消失。 34. 謝謝指正，已修改敘述。 35. 將本段推論改為與疏浚有關。明年將持續觀察土石堆積狀況。 36. 謝謝指正，已修改為侵蝕作用。 37. 謝謝指正，已修改。 38. 謝謝指正，已修改說明。本區在調查時有看到砂石車進行土石採取。
--	---

國立彰化師範大學蔡教授衡： 1. 報告書內所提研究目的僅是個短、中期的目的，看不出最終的目的，或者本計畫所要服務的目的為何？以至於該計畫的執行不易聚焦於核心問題上。 2. 希望未來計畫能增加一些其他重要影響因素或參數的調查與觀測。	1 謝謝指教，已加強研究目的的說明。 2. 將於明年度利用數值地形資料進行分析。
臺中工作站詹先生文輝： 1. 本次計畫架設氣象站於建議（四）中提到，可讓本處瞭解即時的氣象資料，可用於進行封路、疏散及警告等相關管理措施，請問本套系統管理處應如何接收相關氣象資訊？ 2. 報告中提到颱風侵襲對裸露的溪床的影響最為明顯，對於本站所設 19 個監測點，是否需調整增加對區內裸露的溪床的定點監測，另有什麼監測方式，可以瞭解裸露的溪床受侵蝕及土石搬運的程度。 3. p. 50 航照變遷分析分區位置圖中樣區，大致均分布於保留區東側，建議增加保留區西側的樣區，並收集相關資料分析比較兩側變遷情形。	1. 本計畫預計當雨量達臨界值時，可利用簡訊通知相關管理人員。 2. 本計畫已在乾溝進行定點拍照，觀察攔砂壩及路堤與河床的落差。明年將持續監測。 3. 將於明年正射影像生產後，進行全面性的觀察。
育樂課蔡技正碧麗 1. 請加英文摘要，並將期末審查意見納入結案報告中。 2. 報告書中內文之日期（西元或民國），請統一。 3. p. 36 圖 18、19、20 請加座標。 4. p. 43、44 雨量、溼度、溫度資料，請加月溫度、月雨量、月溼度比較 2007、2008 年度之情形。 5. 本區之警示系統，雨量累積至多大量時，即應啟動，人員勿進出系統，建議參考森林火災危險度警示表方式表示。 6. 請問經研究監測後，本區內之攔砂壩在本區之功能如何？	1. 遵照辦理。 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理。 4. 遵照辦理。 (P. 45-46) 5. 謝謝指教。將於明年度進行相關規劃。 6. 已補充說明於建議中 (P. 100)。

7. 請評估本區內有哪些地點、季節適合從事地質地形及環境解說教育，其特性為何？	7. 已補充說明於建議中 (P. 100)。解說地點將於明年進行規劃。
--	--