

行政院農業委員會林務局委託研究系列 98-13

行政院農業委員會林務局保育研究系列 98-04-8-01

九九峰自然保留區 地質地形調查及監測（3/3）

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 98 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自然保留區的特殊地景，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。

在氣象監測方面，除了收集歷年氣象資料外，本計畫在2007年9月及2008年6月於自然保留區東側及西側分別架設一自計式氣象站，觀察氣候資料的變化。監測項目包括雨量、溫度、溼度、風速及風向等，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。

為了瞭解地震前後九九峰自然保留區地形變化的特性，本計畫利用航空攝影測量的技術，收集地震前後的航空照片，進行數值地形資料的生產與分析；並利用歷年航空照片的比對，探討九九峰自然保留區在地震及颱風的地形變遷模式。為了取得較高精度的數值地形資料，本計畫於2008年進行14個地面控制點的佈標與測量，完成1998年及1999年地震前後數值地形資料，並分析從5條剖面線的數值高程資料，探討河谷堆積與邊坡崩塌的情形。

本計畫共辦理3場技術轉移及教育訓練課程，2008年5月2日完成一場「技術轉移研習班」，課程內容主要在自計式氣象站的介紹與維護管理。2009年5月16及2009年6月11日各辦理一場研習班，內容包括九九峰自然保留區地質地形的介紹與經營管理，參加對象為管理處員工、志工及中部四縣市政府承辦保育業務相關人員。

研究成果如下(1)九九峰自然保留區受到颱風豪雨以及地震的影響非常大，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。921 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）完成東側及西側自計式氣象站的架設，並持續收集與整理自計式氣象站的氣候資料。（5）2008 年完成辦理九九峰自然保留區一場技術轉移研習班，2009 年完成 2 場九九峰自然保留區地質地形教育研習班。（6）從數值資料分析顯示九九峰自然保留區的地震崩塌型態大部分屬於淺層的礫石滑落，堆積的礫石大多位於坡腳處，中上游河谷約有 5-10 公尺的土石堆積。

Abstract

Mt. Chiu-chiu Nature Reserve is renowned for its conglomerate rock landforms. This research project focuses on surveying and monitoring the geological and geomorphological characteristics of these landforms. It is hoped that through this study a better understanding of the mechanisms of the erosional processes and landscape evolution will be gained which will assist future management practices within the area.

This research aimed (1) to collect and establish a geological and landform data bank; (2) to set up a meteorological station for rainfall data on the west side of the reserve; (3) to set up an archive of aerial photo data and (4) to conduct a workshop which will educate government officials on the use and understanding of this technology.

The preliminary results show that:

- (1) The landscape is vulnerable to the heavy rainfalls and typhoons because of the loose cementation of the conglomerate rock. The Chi-Chi earthquake of 1999 had a substantial impact on this area.
- (2) There are many gullies which contain a high volume of sediments within channels. Such buried channels indicate a high erosion rate on slopes and low transportation capacity within the gullies.
- (3) An archive of aerial photograph data has been set up. According to aerial photo data, observing 10 local sites, there is a dramatic change within some channels in the aftermath of typhoons.

According to the typhoon rainfall data and field surveying, there are a number of morphological changes within the channel. However, there are not many obvious rock falls or landslide on slope. It is necessary to monitor each rainfall event and morphological change in greater detail in order to gain a better understanding of this landscape.

目錄

一、	前言.....	10
二、	研究目的.....	11
三、	研究區簡介.....	13
	(一) 行政區界.....	13
	(二) 地形.....	16
	(三) 地質.....	21
	(四) 氣候.....	23
	(五) 植被.....	24
	(六) 地震及颱風的影響.....	25
四、	研究工作項目.....	28
五、	過去研究成果.....	31
	(一) 歷年降雨資料分析.....	31
	(二) 自計式氣象站.....	36
	(三) 影像及航照資料蒐集.....	41
	(四) 歷年航照判釋.....	43
	(五) 控制點佈標及測量.....	45
	(六) 野外調查.....	51
六、	研究成果.....	58
	(一) 氣象資料分析.....	58
	(二) 颱風降雨資料分析.....	66
	(三) 降雨警戒發報系統.....	69
	(四) 數值地形資料分析.....	71
	(五) 野外調查記錄.....	80
	(六) 辦理研習班.....	87
	(七) 摺頁及手冊宣傳品編輯.....	91
七、	結論.....	93
八、	建議.....	95
九、	參考資料.....	97

期中審查意見回覆	100
期末審查意見回覆	103
附錄一：野外監測樣點說明	106
附錄二：歷年航照	120
附錄三：歷年航照比對說明	129
附錄四：地景保育研習手冊	143
附錄五：氣象站技術轉移操作手冊	168

圖目錄

圖 1	九九峰自然保留區林班地及水系分布圖.....	14
圖 2	九九峰自然保留區林班地及道路分布圖.....	15
圖 3	九九峰主要溪流坡降圖.....	17
圖 4	九九峰自然保留區高程地形圖.....	18
圖 5	九九峰自然保留區坡度百分比分布圖.....	19
圖 6	寬廣的河谷，為礫石所堆積而形成.....	20
圖 7	由於地勢陡峭，植物不易生長.....	20
圖 8	九九峰地層由礫石堆積而成，顆粒大小不均.....	21
圖 9	九九峰自然保留區及鄰近地區地質圖.....	22
圖 10	1969-2008 年水利署草屯雨量站年雨量圖	23
圖 11	921 地震前後九九峰自然保留區 SPOT 影像比較圖.....	26
圖 12	鄰近九九峰自然保留區的氣象站分布圖.....	31
圖 13	1969-1980 年草屯測站降雨資料統計圖	32
圖 14	1981-1990 年草屯測站降雨資料統計圖	32
圖 15	1991-2000 年草屯測站降雨資料統計圖	33
圖 16	2001-2008 年草屯測站降雨資料統計圖	33
圖 17	1992-2000 年雙冬測站降雨資料統計圖	34
圖 18	2001-2008 年雙冬測站降雨資料統計圖	34
圖 19	九九峰自然保留區東側氣象測站照片.....	37
圖 21	2007 年東側測站氣象資料統計圖.....	38
圖 22	2008 年東側測站氣象資料統計圖.....	38
圖 23	航照變遷分析分區位置圖.....	43
圖 24	內政部土地測量局雙龍國小（MX20）控制點	46
圖 25	內政部土地測量局福城（MW78）控制點	46
圖 26	NTU03 控制點佈標	47
圖 27	九九峰自然保留區 14 處新佈控制點分布圖.....	48
圖 28	NTU01 控制點佈標	49
圖 29	NTU08 控制點 GPS 測量	49
圖 30	九九峰野外監測點位置圖.....	54
圖 31	乾溪上、中、下游攔砂壩土石堆積情形.....	55
圖 32	田尾坑溪下游攔砂壩堆積情形.....	56
圖 33	辛樂克颱風後大量土石沿沖蝕溝被帶出.....	56
圖 34	乾溪上游河岸側蝕所產生的小規模崩塌及岩層裸露.....	57
圖 35	2009 年 1 月東側氣象資料統計圖.....	58
圖 36	2009 年 2 月東側氣象資料統計圖.....	59
圖 37	2009 年 3 月東側氣象資料統計圖.....	59

圖 38	2009 年 4 月東側氣象資料統計圖.....	60
圖 39	2009 年 5 月東側氣象資料統計圖.....	60
圖 40	2009 年 6 月東側氣象資料統計圖.....	61
圖 41	2009 年 7 月東側氣象資料統計圖.....	61
圖 42	2009 年 1 月西側氣象資料統計圖.....	62
圖 43	2009 年 2 月西側氣象資料統計圖.....	62
圖 44	2009 年 3 月西側氣象資料統計圖.....	63
圖 45	2009 年 4 月西側氣象資料統計圖.....	63
圖 46	2009 年 5 月西側氣象資料統計圖.....	64
圖 47	2009 年 6 月西側氣象資料統計圖.....	64
圖 48	2009 年 7 月西側氣象資料統計圖.....	65
圖 49	2009 年 8 月西側氣象資料統計圖.....	65
圖 50	韋帕颱風時雨量與累積雨量統計圖（2007.9.17~19）.....	67
圖 51	卡玫基颱風時雨量與累積雨量統計圖（2008.7.17~18）.....	67
圖 52	辛樂克颱風時雨量與累積雨量統計圖（2008.9.13~15）.....	68
圖 53	莫拉克颱風時雨量與累積雨量統計圖（2009.8.7~9）.....	68
圖 54	九九峰地區地震前後地形變遷圖.....	73
圖 55	乾溪地區剖線 A-B 分析圖.....	74
圖 56	乾溪地區剖線 C-D 分析圖.....	75
圖 57	乾溪地區剖線 E-F 分析圖.....	76
圖 58	乾溪地區剖線 G-H 分析圖.....	77
圖 59	乾溪地區剖線 I-J 分析圖.....	78
圖 60	樣點 2：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測比較圖.....	81
圖 61	樣點 3：石灼巷同心橋左前側崩場地觀測比較圖.....	82
圖 62	樣點 8 埔里事業區第 20 林班【乾霧高分 1】電線桿旁.....	83
圖 63	過中心橋前方道路不同時間前後對照圖.....	84
圖 64	過中心橋前方道路莫拉克颱風前後對照圖.....	85
圖 65	莫拉克颱風前後攔砂壩土石堆積狀況.....	86
圖 66	南投林區管理處劉處長福成致詞.....	88
圖 68	陳耀榮副處長致詞.....	88
圖 67	研習班上課情形.....	89
圖 69	九九峰乾溪野外現地解說.....	89
圖 70	活動結束後合照.....	90
圖 71	摺頁樣稿正面.....	91
圖 72	摺頁樣稿背面.....	92
圖 73	樣點 1：中心橋旁崩場地觀測.....	106
圖 74	樣點 2：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測.....	107
圖 75	樣點 3：石灼巷同心橋左前側崩場地觀測.....	108

圖 76	樣點 4：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測.....	109
圖 77	樣點 5：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測.....	110
圖 78	樣點 6：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測.....	111
圖 79	樣點 7：廖合順商店旁.....	112
圖 80	樣點 8：埔里事業區第 20 林班【乾霧高分 1】電線桿旁.....	113
圖 81	樣點 9：埔里事業區第 20 林班【乾霧高分 1】電線桿旁.....	114
圖 82	樣點 10：埔里事業區第 8、20 林班界陵線陳世華租地轉角.....	115
圖 83	樣點 11：埔里 8 林班張天保工寮前.....	116
圖 84	樣點 12：埔里 9 林班賴博帥工寮前.....	117
圖 85	樣點 13：埔里 9 林班賴博帥工寮前.....	118
圖 86	樣點 14：埔里 10 林班小北坑前.....	119
圖 87	1976 年航空照片.....	120
圖 88	1987 年航空照片.....	121
圖 89	1991 年航空照片.....	122
圖 90	1998 年航空照片.....	123
圖 91	1999 年航空照片.....	124
圖 92	2002 年航空照片.....	125
圖 93	2005 年航空照片.....	126
圖 94	2006 年航空照片.....	127
圖 95	2007 年航空照片.....	128
圖 96	第 1 區歷年航照影像圖.....	133
圖 97	第 2 區歷年航照影像圖.....	134
圖 98	第 3 區歷年航照影像圖.....	135
圖 99	第 4 區歷年航照影像圖.....	136
圖 100	第 5 區歷年航照影像圖.....	137
圖 101	第 6 區歷年航照影像圖.....	138
圖 102	第 7 區歷年航照影像圖.....	139
圖 103	第 8 區歷年航照影像圖.....	140
圖 104	第 9 區歷年航照影像圖.....	141
圖 105	第 10 區歷年航照影像圖.....	142

表目錄

表 1	經濟部水利署草屯測站及氣象局雙冬測站日雨量超過 200 公釐之降雨事件表.....	35
表 2	2008 年月氣候資料表.....	39
表 3	九九峰附近氣象站降雨資料比較表.....	40
表 4	本研究蒐集的農林航空測量所航照影像.....	42
表 5	內政部土地測量局控制點點位資料表.....	45
表 6	控制點座標計算結果.....	50
表 7	定點照相監測樣點位置對照表.....	52
表 8	2009 年九九峰東、西側月降雨量與月均溫比較表.....	66
表 9	研習班議程表.....	87

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。921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，為了瞭解當地氣候變遷對地形的影響，本計畫於2007年及2008年分別在自然保留區東側及西側架設一自計式氣象站，監控溫度、溼度、降雨量及風速風向等氣候的變化。本年度將持續進行氣象站的維護及氣象資料的收集與分析，並觀察颱風降雨的特性。並利用1998年及1999年921地震前後的航空照片生產數值地形資料，分析地形的變化。

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現地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。並收集歷年的航空照片及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，瞭解河道變遷及崩塌地的變化。而微地形的變化可利用航空攝影測量的技術生產數值地形資料，分析河床的堆積與侵蝕、邊坡崩塌範圍等地形變化的情形。

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

利用高精度地形的變化資料，分析921地震前後的地形變化，探討礫石堆積及侵蝕作用的情形。以拍照的方式記錄河道堆積的狀況，分析颱風降雨資料，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，推估可能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。並利用調查及分析的資料製作九九峰地質地形相關的摺頁及手冊，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，定期進行拍照記錄，觀察裸露的溪床堆積及邊坡的變化。
- (二) 自然保留區東側及西側自計式氣象測站的維護。
- (三) 持續進行氣象資料的收集與分析，瞭解氣候變遷模式。
- (四) 規劃辦理兩場地質地形研習班。

- (五) 編輯地質地形摺頁及手冊，協助管理處後續的教育宣導。
- (六) 完成數值地形模型的生產，分析地形變遷的特性。

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，預先進行相關的規劃。本研究成果如下：

- (一) 瞭解當地自然地形景觀資源，進而提出保育建議。
- (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) 辦理地質地形的研習課程，提升維護管理人員知識與技能。
- (六) 編輯地質地形教育宣導品，協助管理處地景保育的宣導。

三、研究區簡介

(一)行政區界

九九峰自然保留區位於烏溪北岸，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，即是九九峰自然保留區所在的位置。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。

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 公尺即達本自然保留區（圖 2），或由霧峰北坑溪旁的竹峰路進入，可抵達自然保留區的北側。區域內侵蝕溝發達，邊坡較陡，面積 1198.4466 公頃。

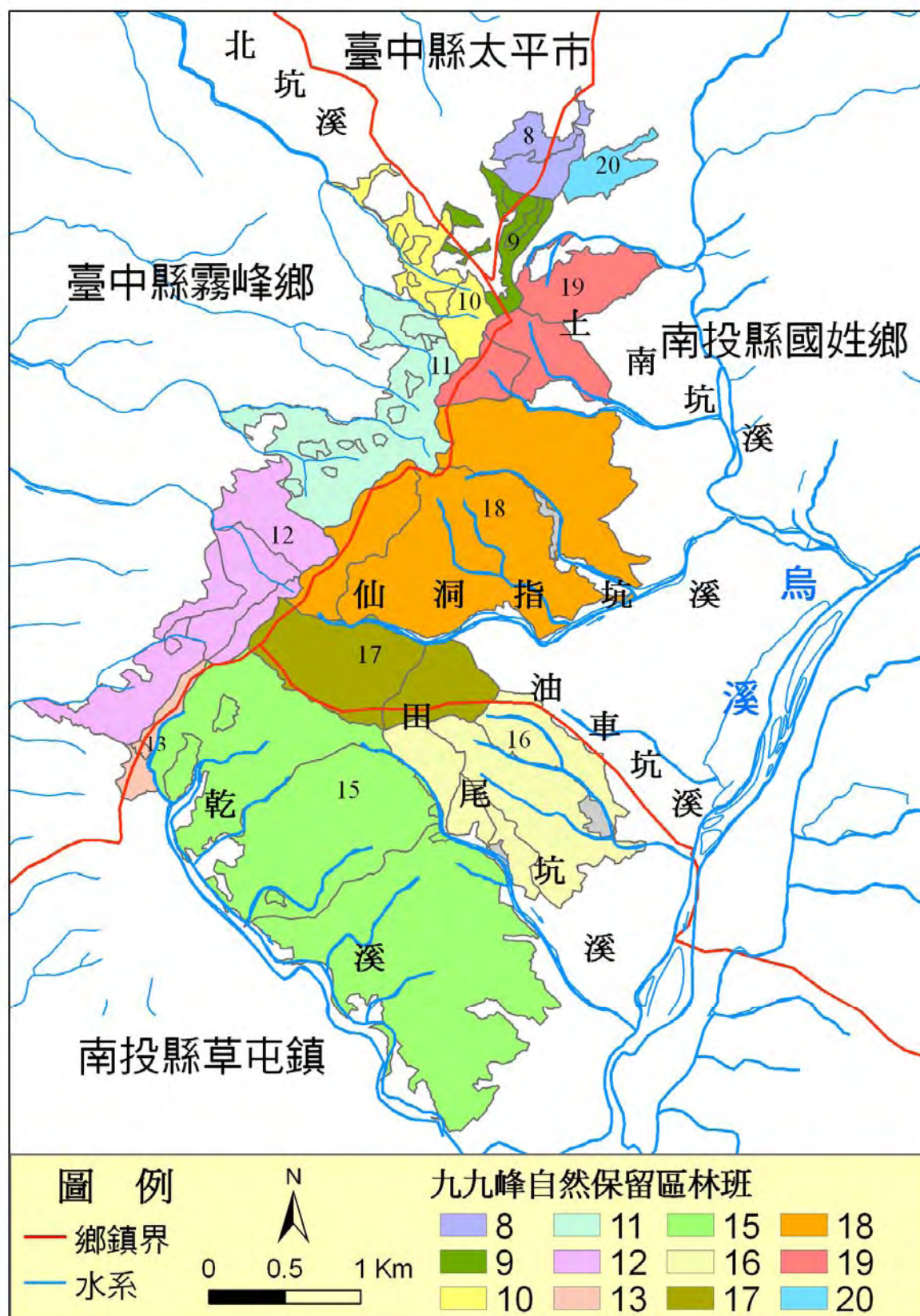


圖 1 九九峰自然保留區林班地及水系分布圖

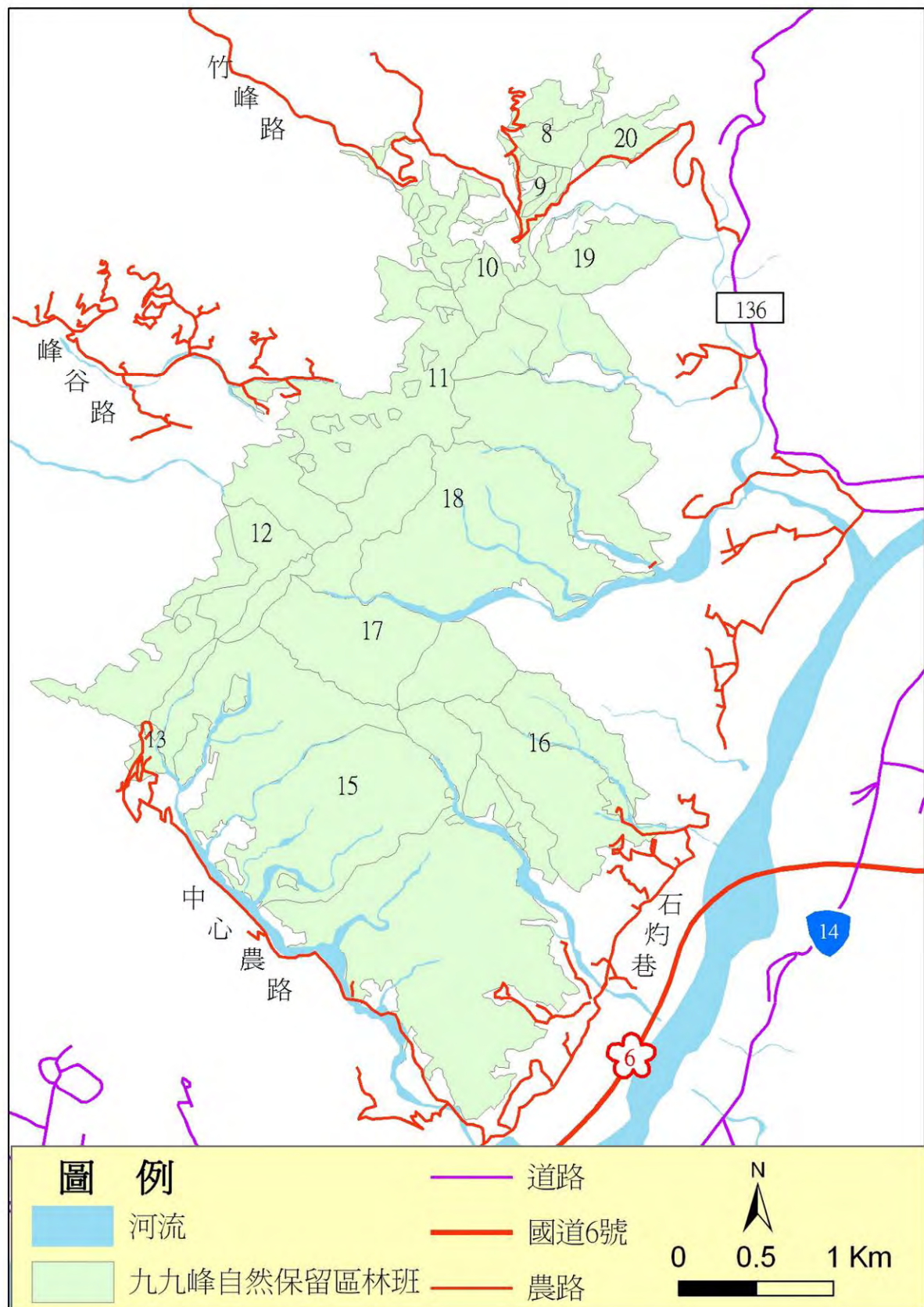


圖 2 九九峰自然保留區林班地及道路分布圖

(農路資料由台中工作站提供)

(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。

本研究計算4條主要溪流的坡降（溪流高度差與溪流長度的比值），大致上溪流長度越長，平均坡降則越小。平均坡降分別為乾溪1/11、田尾坑溪1/7、車油坑溪1/6、仙洞指坑溪1/12（圖3）。

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。

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與山谷型兩種，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0.1公頃時，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11.5公頃上時，才可能發生。

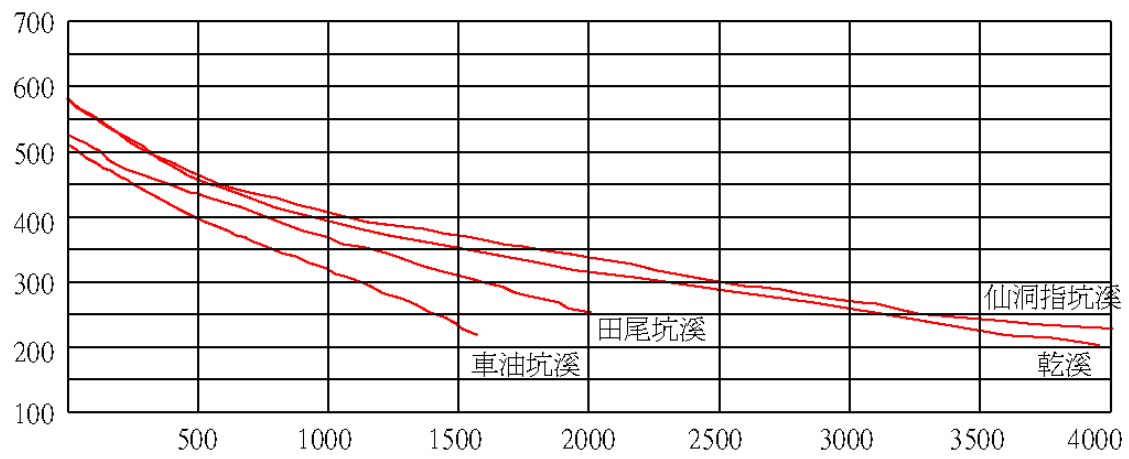


圖 3 九九峰主要溪流坡降圖

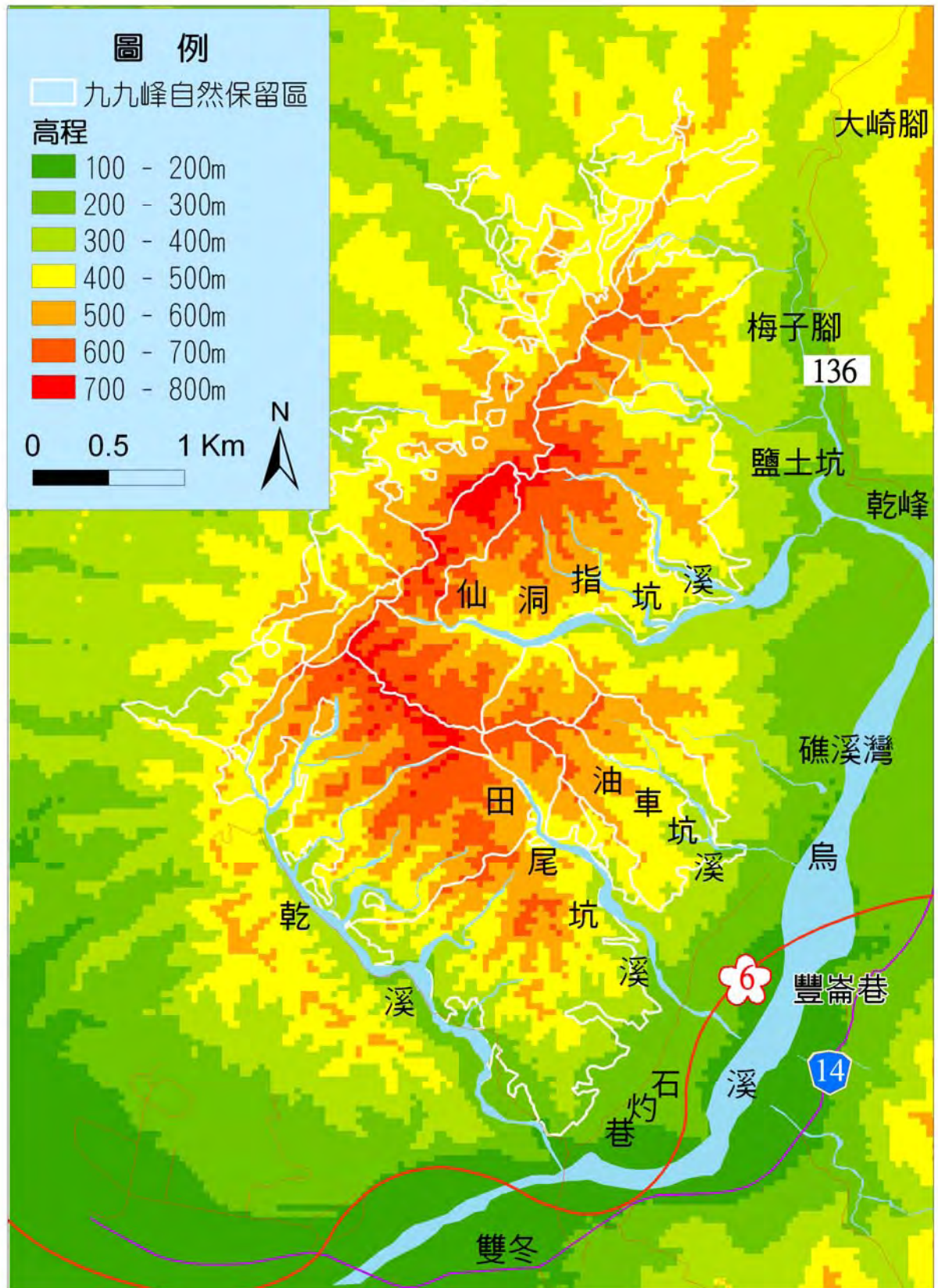


圖 4 九九峰自然保留區高程地形圖

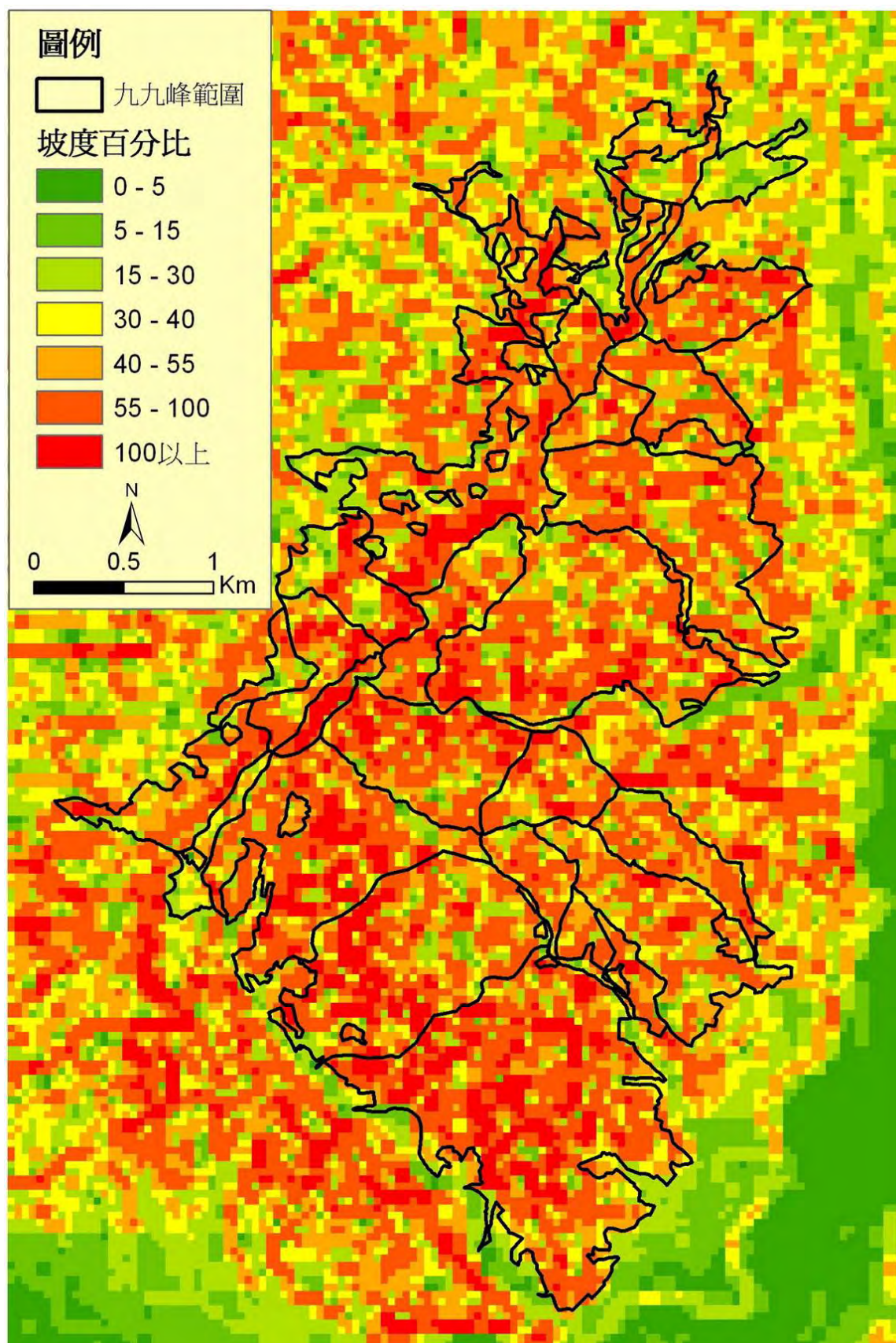


圖 5 九九峰自然保留區坡度百分比分布圖



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（圖 8）。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。

在地質材料特性上（圖 9），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 921 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。

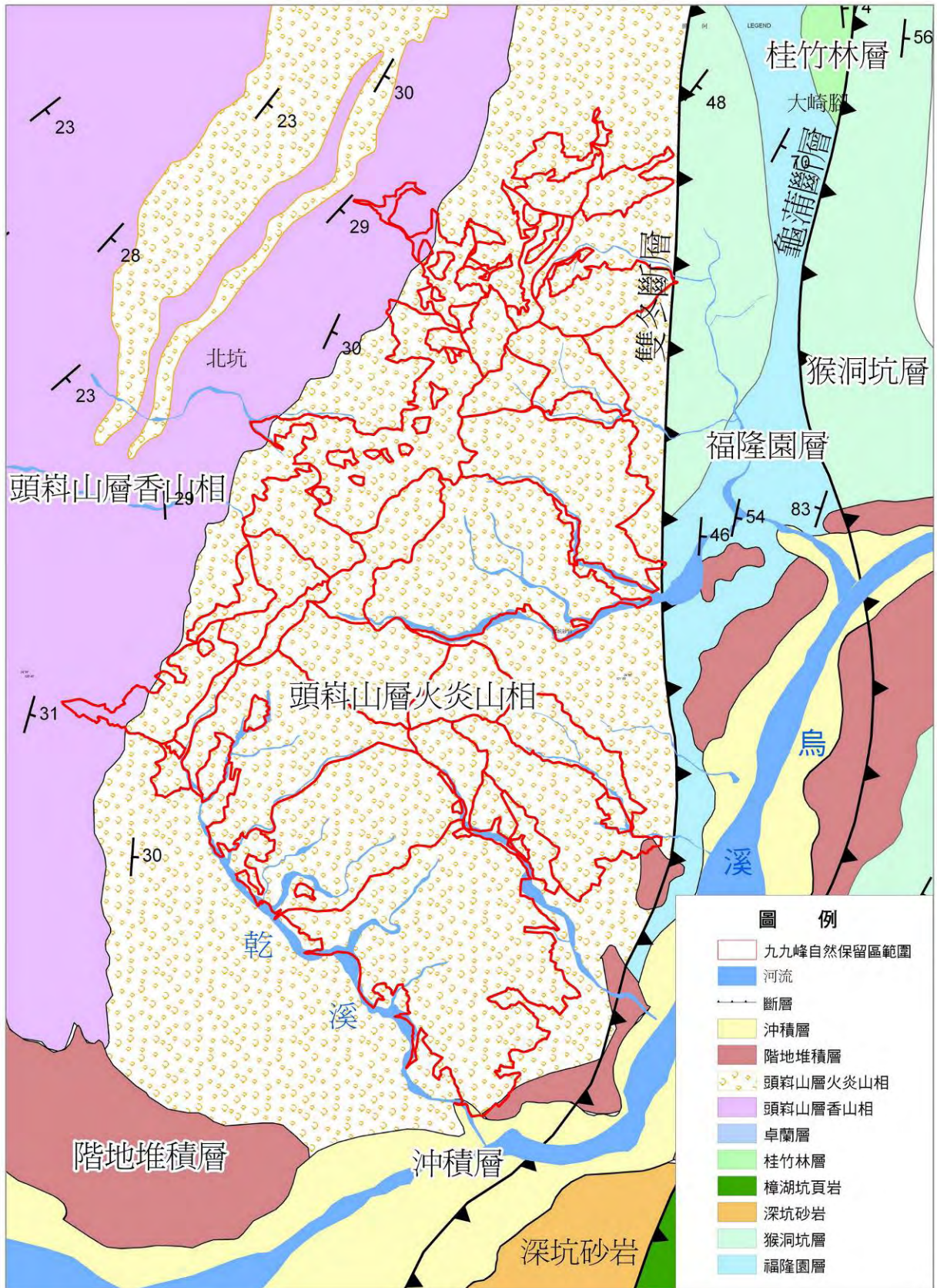


圖 9 九九峰自然保留區及鄰近地區地質圖

(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)。

在年雨量方面根據水利署草屯雨量站 1969-2008 年年雨量統計圖（圖 10），年雨量平均約為 1600 公釐，其中以 2008 年年雨量最大，達 2637 公釐。其次為 1981 年 2400 公釐。

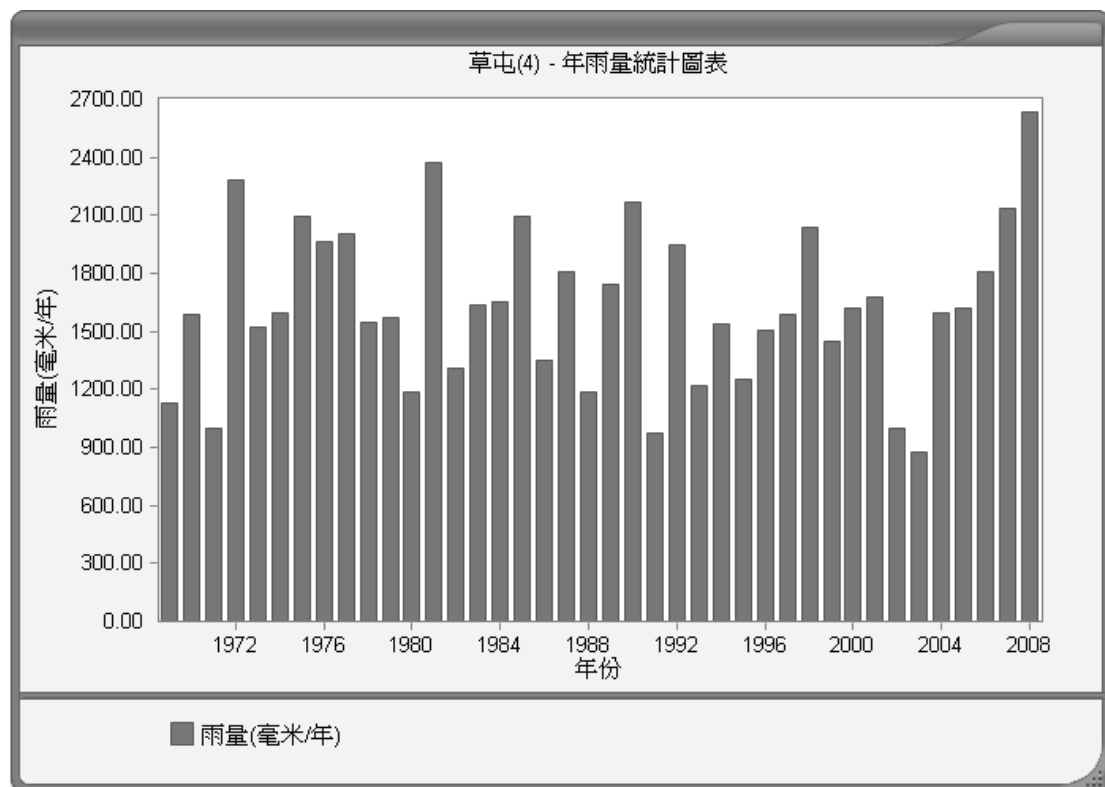


圖 10 1969-2008 年水利署草屯雨量站年雨量圖

（註：1969、2005 年資料有缺，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櫨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。

921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 11），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，自然保留區自從 921 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。

陳添水以 NDVI 分析植生指數變遷（陳添水，2005b），顯示 921 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；921 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。

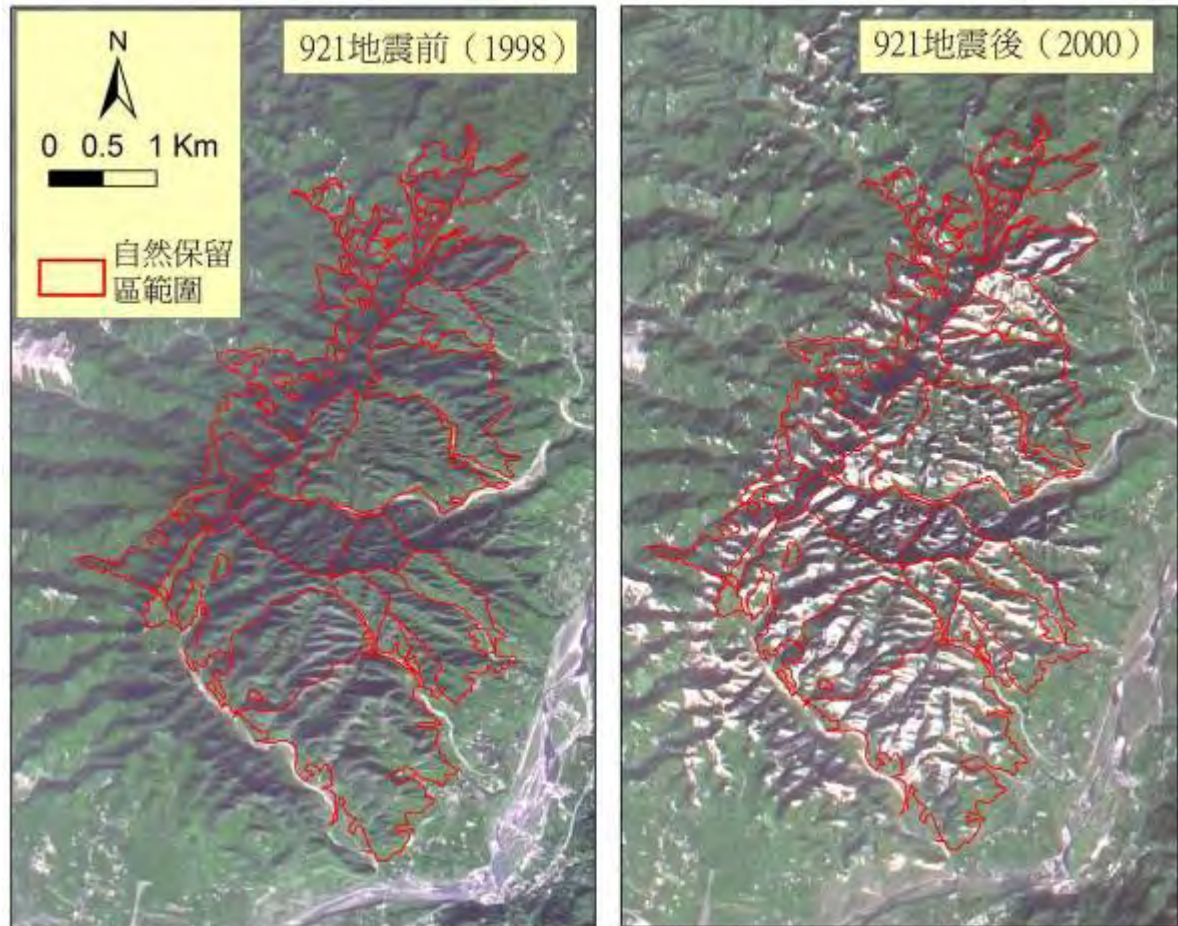


圖 11 921 地震前後九九峰自然保留區 SPOT 影像比較圖

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 921 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 921 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。

四、研究工作項目

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，茲說明主要工作項目。

（一）氣象資料分析及監測

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。

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自然保留區的地形變化資料，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 20 公分以內，高程誤差控制在 2 公尺以內的水準，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。

（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，就會產生邊坡沖蝕及蝕溝發育的現象，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，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）編輯宣傳品摺頁及手冊

本年度預計編輯九九峰自然保留區地質地形解說手冊文稿及摺頁樣稿一張。手冊頁面為 A5 大小；摺頁版面大小為 A2 長 59.4 公分寬 42 公分。宣傳品編輯完成後管理處可用於進行地質地形相關教育及宣導之用。

（五）辦理研習班

本年度將舉辦兩場研習班，一次對象為南投林區管理處的志工，另一場次為管理處內的員工。研習內容主要從介紹臺灣的特殊地景點出發，讓學員瞭解如何進行地景的登錄及地景的分類與評估方法，並瞭解臺灣各地特殊地景的特色及重要性。從對地景的瞭解，學習如何去維護及保育這些特殊的地景。

另外再介紹九九峰自然保留區的地質地形特色，從九九峰地形的演育以及鄰近地質構造的特性，說明九九峰特殊地景的形成。九九峰地質主要以礫石層為主所構成的景觀，本次課程將說明不同岩性的組成，從地質地形、氣候、颱風及地震的關係的基本資料，讓學員能更深入瞭解九九峰特殊地景的特性。

五、過去研究成果

(一) 歷年降雨資料分析

從氣象站分佈圖來看，現有的氣象站距九九峰自然保留區有一段距離（圖 12），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。本研究收集 1969 年至 2008 年經濟部水利署草屯測站及中央氣象局雙冬測站之日降雨量資料，並與歷年颱風、豪雨資料進行比對（圖 13-18），統計日降雨量超過 200 公釐（表 1），其中大多數為遭受颱風影響所致，僅有 3 次為豪雨事件所造成。這幾次重大的降雨事件中，草屯測站降雨量以 1990 年楊希颱風的為最高達 372 公釐，雙冬測站降雨量以 1996 年賀伯颱風的為最高達 374 公釐。

而近幾年來日降雨量達到 200 公釐的事件也常常發生，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，因此本計畫希望透過對氣候的變化的瞭解，來探討地形發育作用演變。後續可利用本計畫所架設位於自然保留區範圍的自計式氣象站氣象資料，能更準確反應當地的氣候狀況。

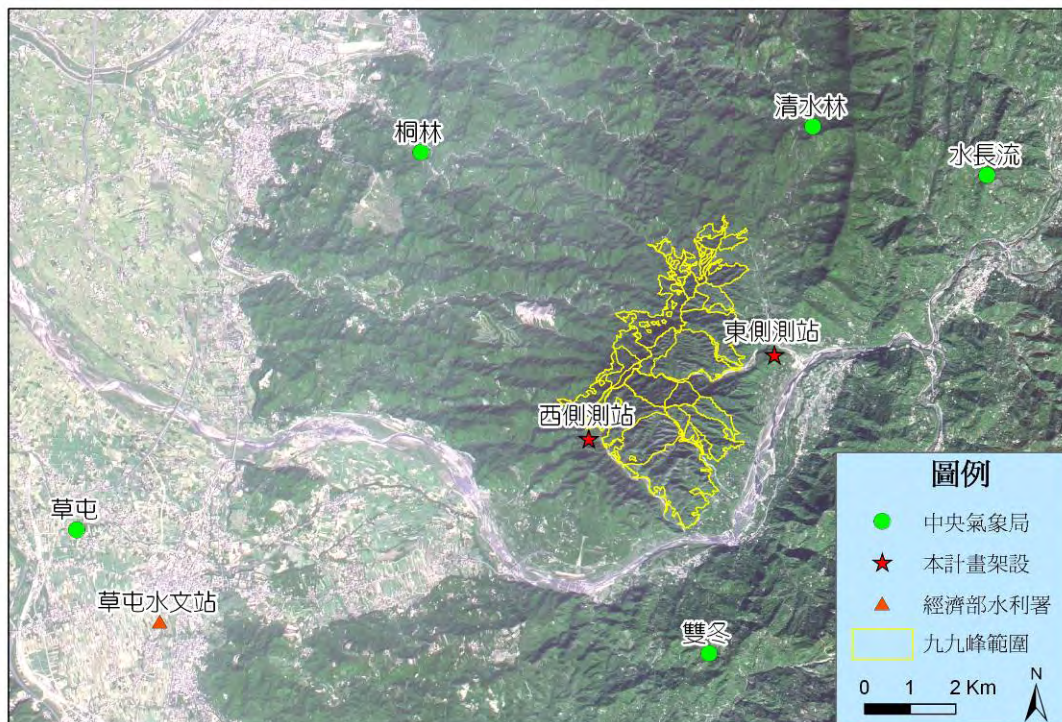


圖 12 鄰近九九峰自然保留區的氣象站分布圖

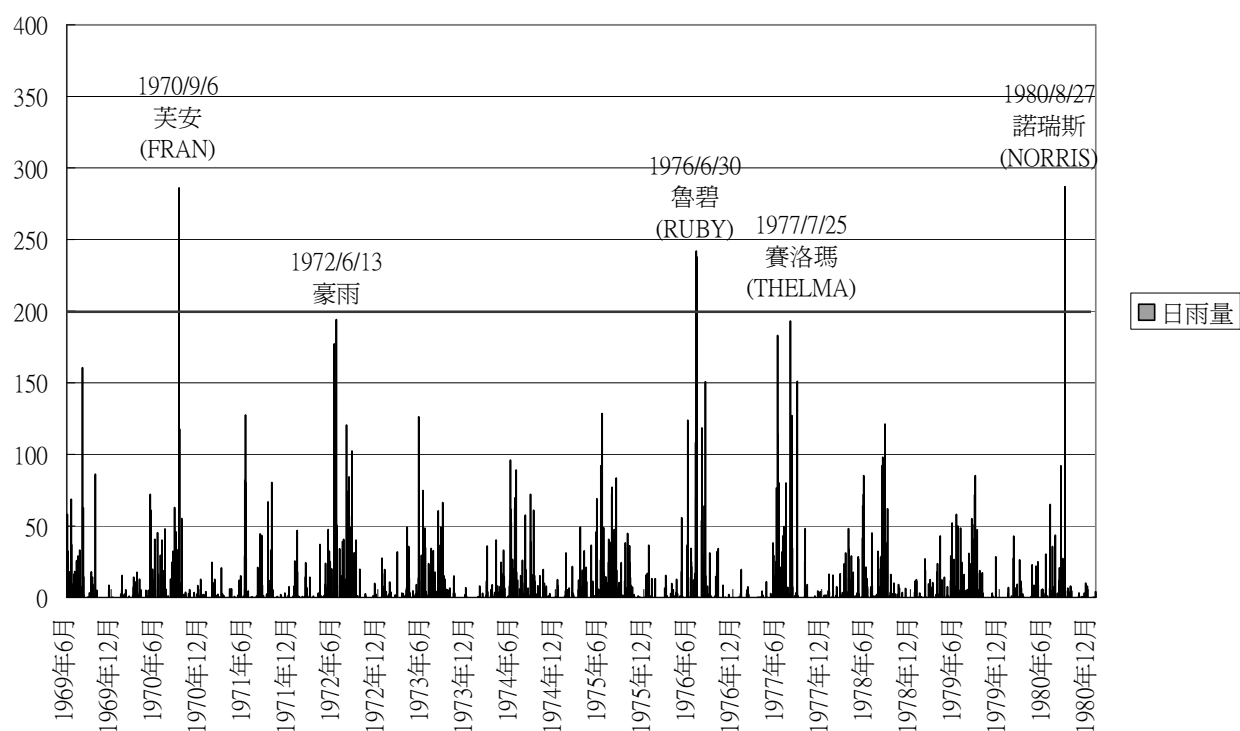


圖 13 1969-1980 年草屯測站降雨資料統計圖

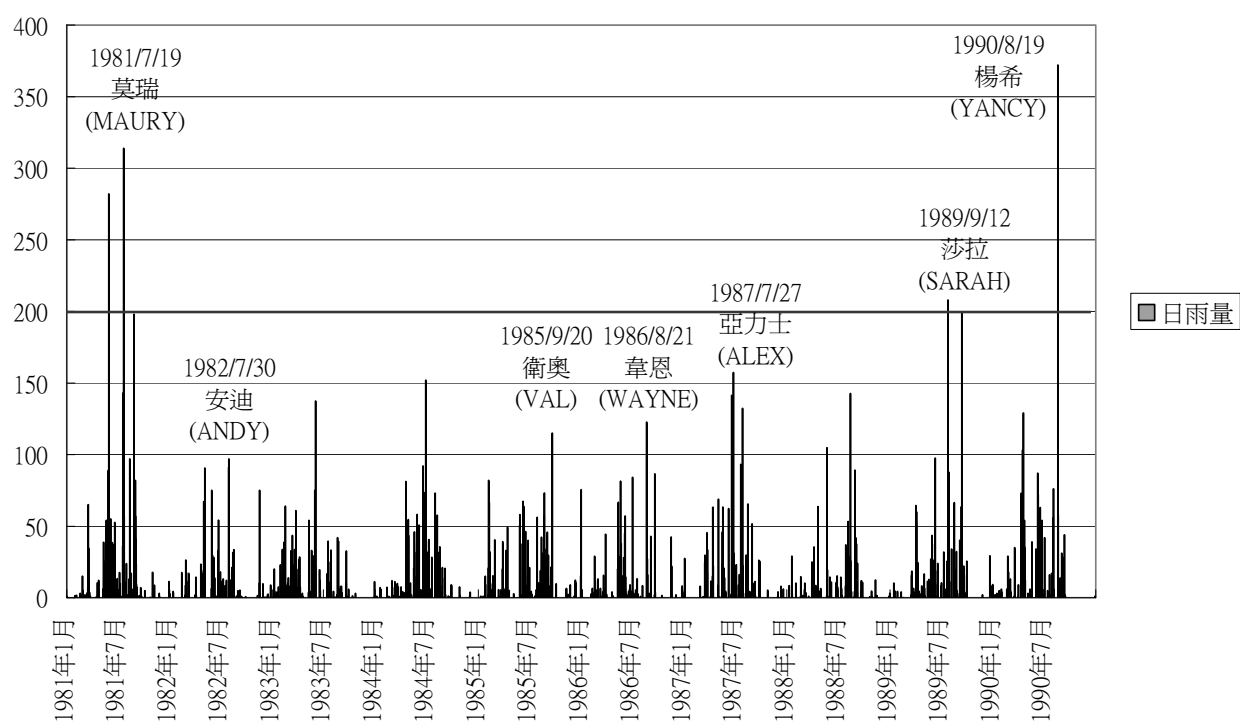


圖 14 1981-1990 年草屯測站降雨資料統計圖

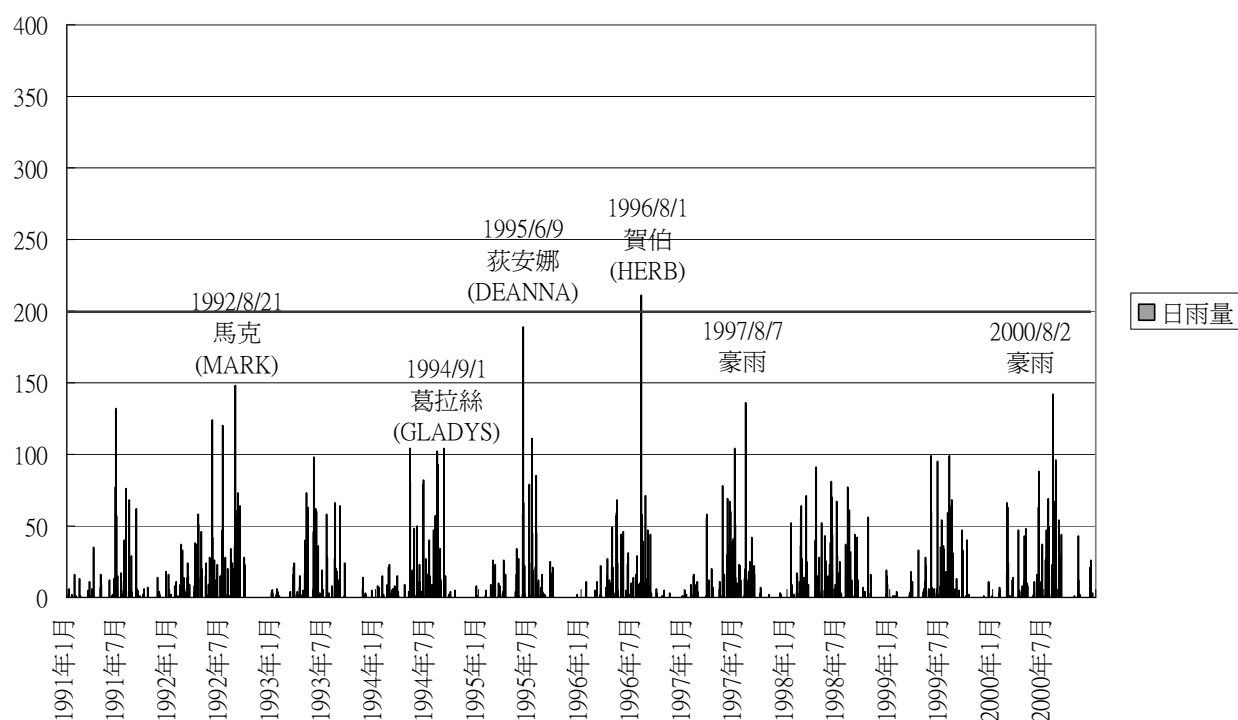


圖 15 1991-2000 年草屯測站降雨資料統計圖

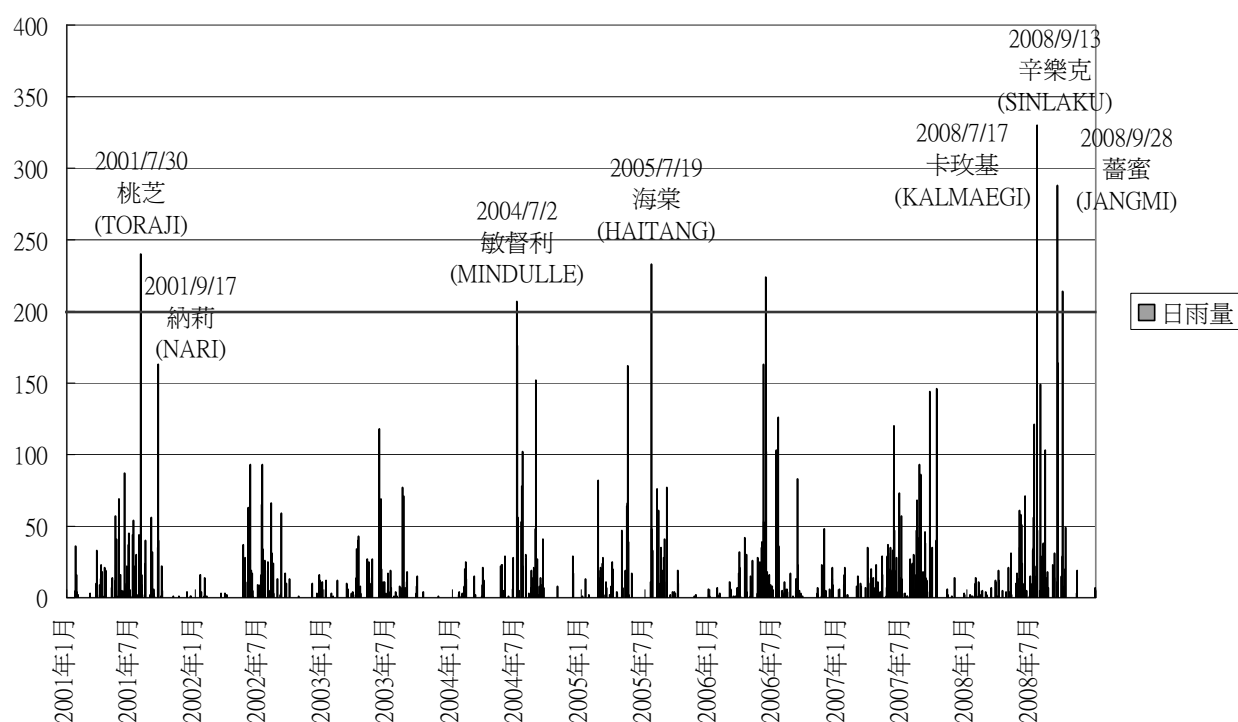


圖 16 2001-2008 年草屯測站降雨資料統計圖

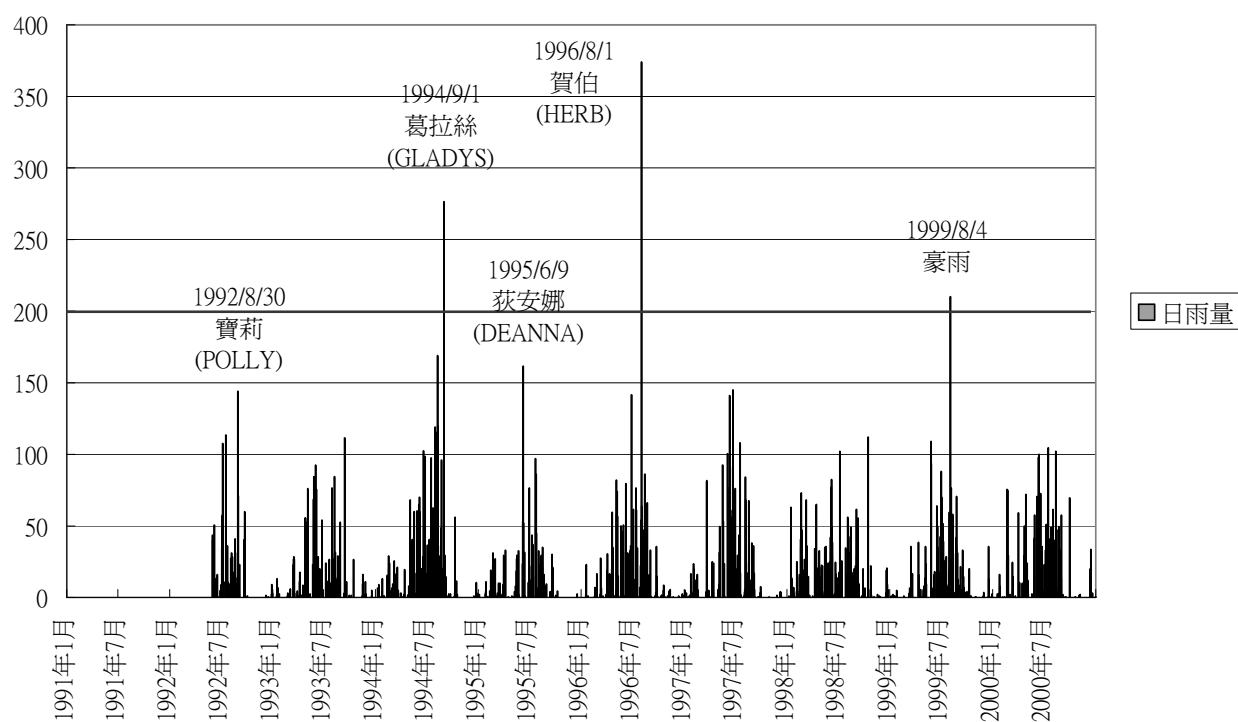


圖 17 1992-2000 年雙冬測站降雨資料統計圖

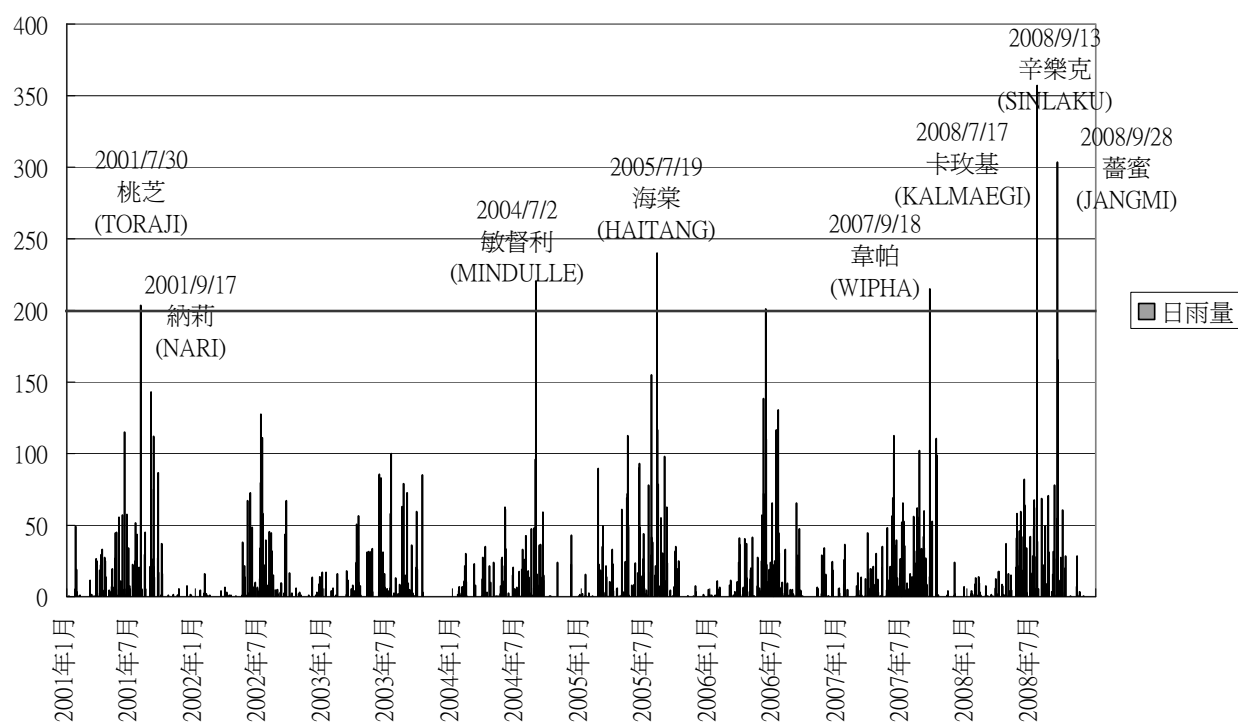


圖 18 2001-2008 年雙冬測站降雨資料統計圖

表 1 經濟部水利署草屯測站及氣象局雙冬測站日雨量超過 200 公釐之降雨事件表

颱風名稱	西元年	侵襲期間	草屯日雨量	雙冬日雨量
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	-
葛拉絲(GLADYS)	1994	08/31~09/01	104	276.5
賀伯(HERB)	1996	07/29~08/01	211	374
豪雨	1999	8/4	44	210
桃芝(TORAJI)	2001	07/28~07/31	240	203.5
敏督利 (MINDULLE)	2004	06/28~07/03	207	220.5
海棠(HAITANG)	2005	07/16~07/20	233	240
豪雨	2006	06/09	224	201
韋帕(WIPHA)	2007	09/17~09/19	144	215
卡玫基 (KALMAEGI)	2008	07/16~07/18	330	357
辛樂克 (SINLAKU)	2008	09/11~09/16	288	303.5
薔蜜 (JANGMI)	2008	09/26~09/29	214	60.5

(單位：公釐)

(二) 自計式氣象站

本計畫在 2007 年度在九九峰自然保留區東側約 800 公尺架設自計式氣象站，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，其降雨變化之空間變異性是相當大的，因此 2008 年於自然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，架設時間為 2008 年 5 月完成，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。

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，2009 年 7 月中至 9 月由於電力中斷，資料無法記錄，目前已維修完成，持續記錄中。西側測站自 2008 年 5 月 13 日開始記錄，2008 年 7 月中至 9 月中由於電力中斷，加上受颱風影響道路中斷，使得記錄的資料並不完整。經過維修後，從 2008 年 10 月至 2009 年 8 月，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，並持續進行檢測及維護。

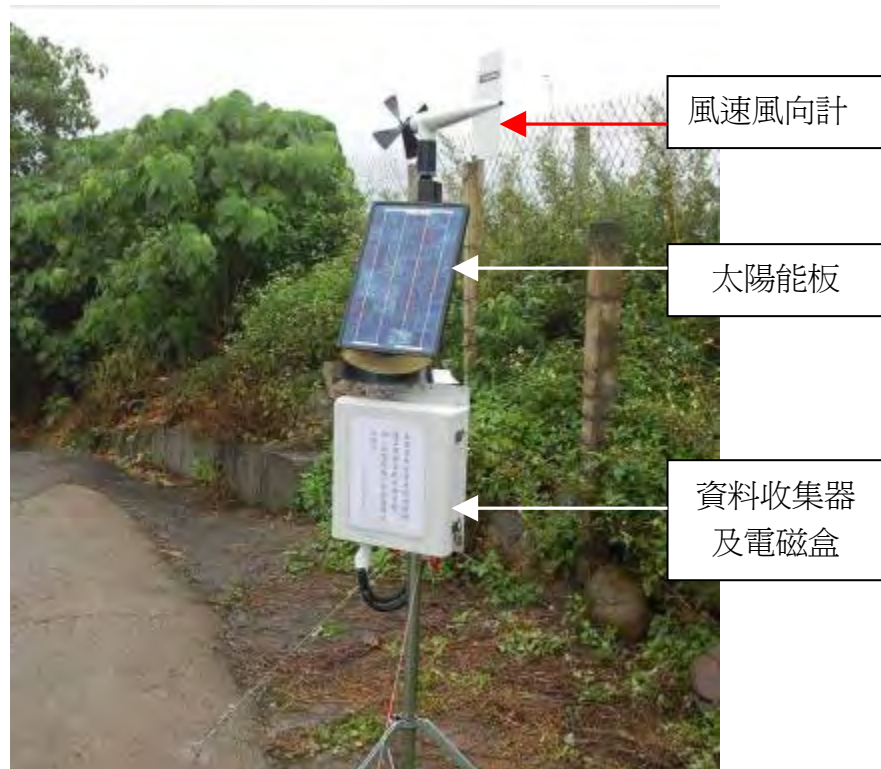


圖 19 九九峰自然保留區東側氣象測站照片（座標 230889,2657921）



圖 20 九九峰自然保留區西側氣象測站照片（座標 226793,2656062）

1.氣象資料收集

統計 2007 年至 2008 年月氣象資料（圖 21、22），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。

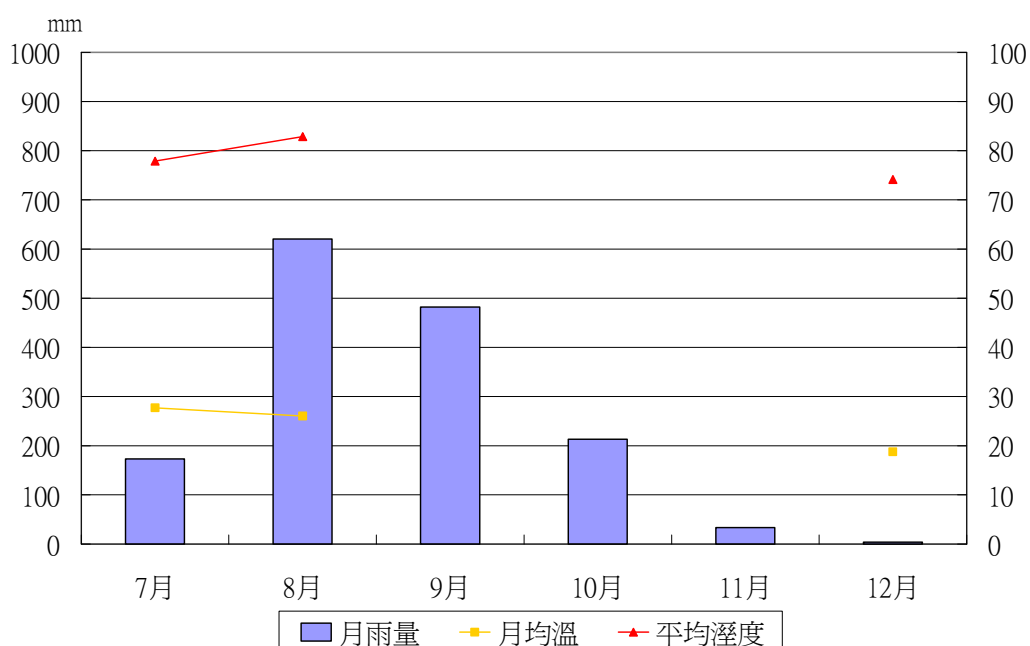


圖 21 2007 年東側測站氣象資料統計圖

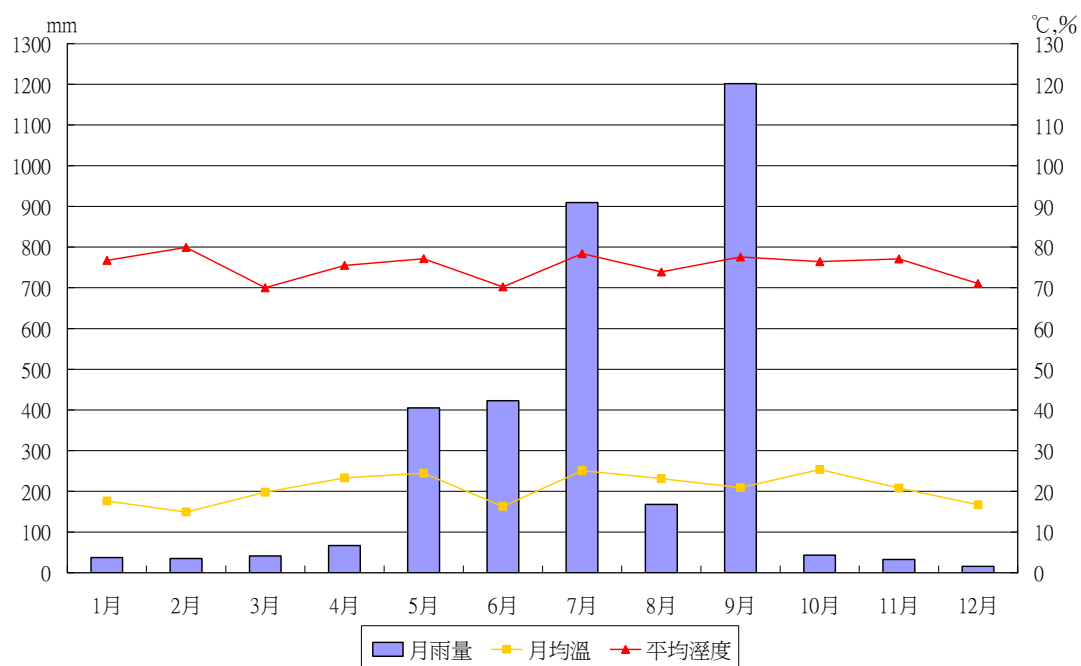


圖 22 2008 年東側測站氣象資料統計圖

根據自計式氣象站資料，本區在 2008 年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 12 月為東南向或西北向風向為主。平均風速大致維持 0.3-0.4 m/s，3 月份平均風速最高為 0.5 m/s。

表 2 2008 年月氣候資料表

月份	月雨量	月均溫	平均溼度	平均風速 m/s
1 月	37.4	17.6	76.8	0.4
2 月	35	14.9	79.9	0.3
3 月	41.2	19.8	70.0	0.5
4 月	67	23.3	75.5	0.4
5 月	404.8	24.5	77.2	0.4
6 月	422.6	16.3	70.3	0.4
7 月	909.6	25.1	78.4	0.4
8 月	167.8	23.1	73.9	0.3
9 月	1201.8	20.9	77.5	0.3
10 月	43.2	25.3	76.4	0.2
11 月	32.8	20.8	77.1	0.2
12 月	15.6	16.7	71.0	0.3

2.九九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、西側測站降雨資料及水利署草屯水文站、中央氣象局氣象站雙冬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 12。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 9 日，西側與東側兩測站的日降雨量差異達 145.8 公釐。雙冬站與草屯站降雨量在 6 月 12 日，降雨量最大差值達 75.5 公釐。

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，未來可持續監測及觀察。

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	差值	雙冬站	草屯站	差值
2008 年 6 月 12 日	129.6	94	35.6	82	6.5	75.5
2008 年 7 月 8 日	39.6	24.8	14.8	13	21	8
2008 年 7 月 9 日	200.2	54.4	145.8	18	47.5	29.5
2008 年 7 月 10 日	215.6	94	121.6	74	67.5	6.5
2008 年 7 月 18 日	資料損毀	486.2	-	357	292.5	64.5
2008 年 9 月 14 日	資料損毀	426.2	-	303.5	236.5	67

註：西側及東側測站為本計畫所架設之自計式氣象站，水利署草屯站及中央氣象局雙冬站為之氣象站。

(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（詳見附錄二）。

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 23，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。(詳見附錄三)

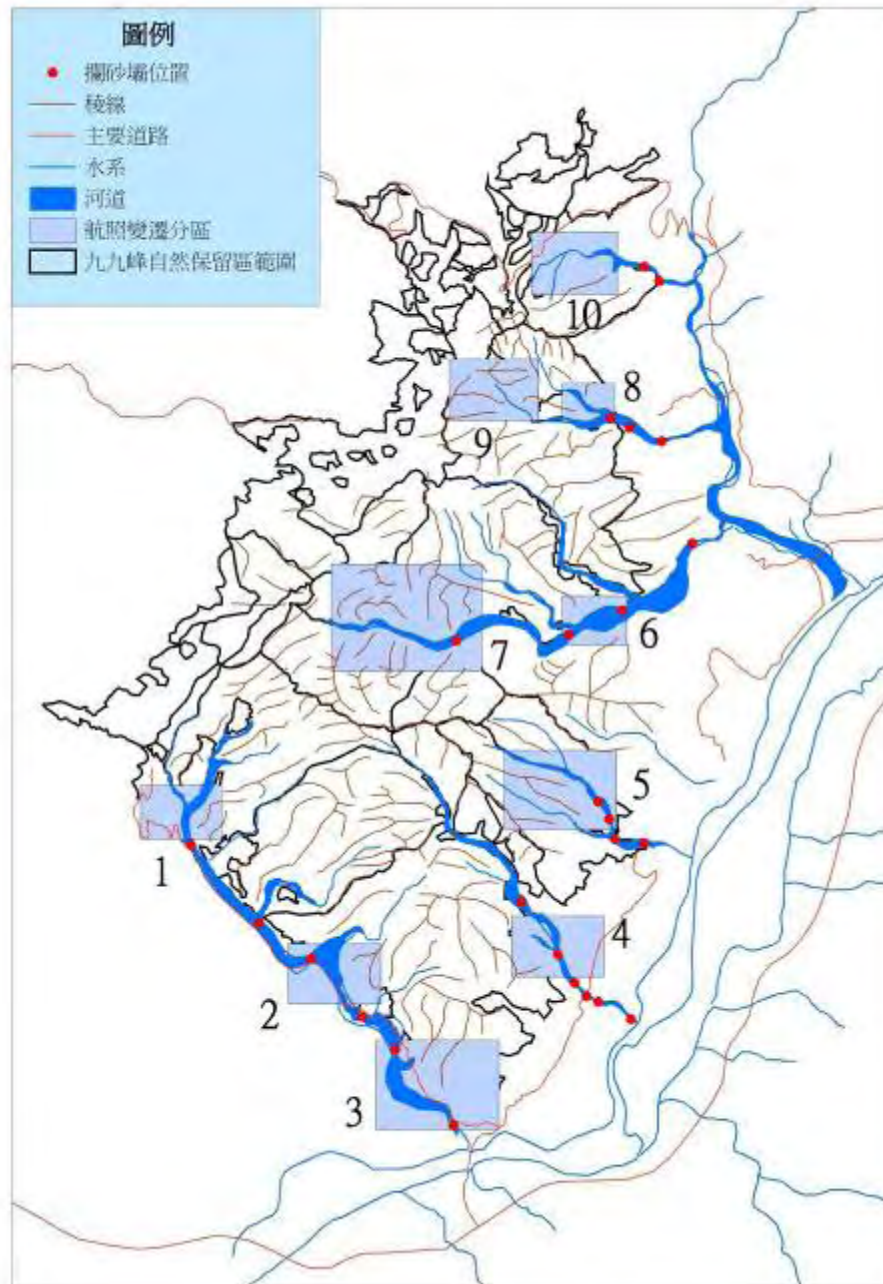


圖 23 航照變遷分析分區位置圖

圖 23 藍色方框為自然保留區內 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校正，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 921 地震後，大部分植生都已回復原地震前的狀態。

綜合 10 區的觀察結果，詳見附錄三，921 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。

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，如表 5。

表 5 內政部土地測量局控制點點位資料表（TWD97 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
坎 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

這些地面控制點的資料，除了 MX20 有佈地面標（圖 24），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（圖 25），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。



圖 24 內政部土地測量局雙龍國小 (MX20) 控制點 (227330,2652864)



圖 25 內政部土地測量局福城 (MW78) 控制點 (231457,2656950)

1.控制點佈標與測量：

由於本區的控制點不足，在所產出正射影像的誤差較大，因此本計畫年 2008 年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（圖 26），以便後續航拍時可觀測到的地面座標。本計畫目前完成 14 個控制點佈標的工作（圖 27～圖 29）。

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 6。



圖 26 NTU03 控制點佈標，位在梅竹橋旁(座標 230671,2658997)

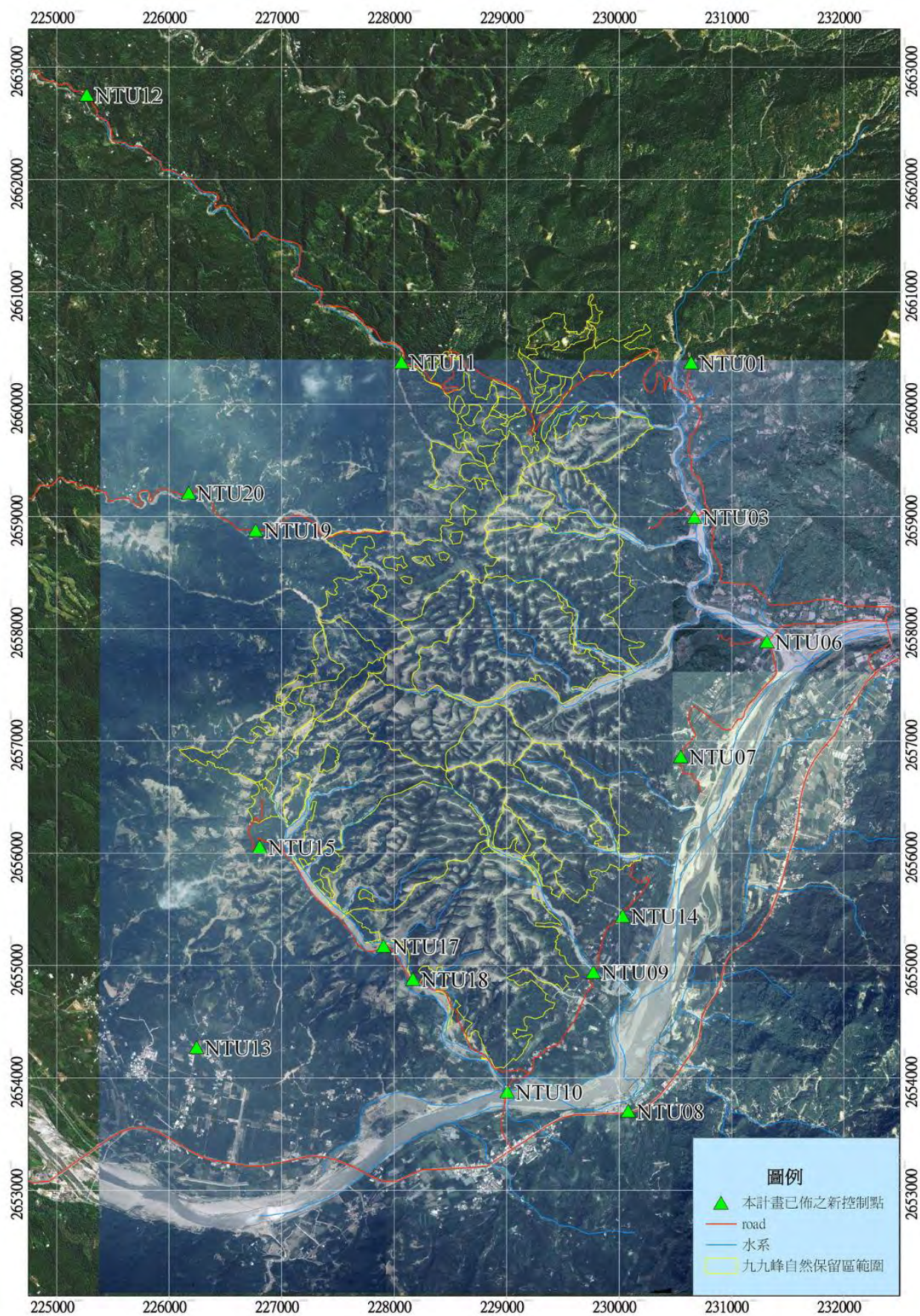


圖 27 九九峰自然保留區 14 處新佈控制點分布圖



圖 28 NTU01 控制點佈標，位在 136 號省道 53K 附近(座標 230644,2660371)



圖 29 NTU08 控制點 GPS 測量

表 6 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
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	
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：TWD97 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 2007 年共有 19 個地區進行長期觀測並拍照記錄，至 2009 年增加了 14 個點，共計 33 個監測點（表 7、圖 30）。本計畫將延續進行觀察記錄，並從這 33 個區域選定位於九九峰自然保留區內崩塌較明顯的監測點，持續進行觀測及記錄，說明地形變化的結果（詳見附錄一）。

從這些歷年拍攝的照片來看，從 921 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 31），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，已無法有效攔砂。另外在田尾坑溪下游處（圖 32），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 33），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 34）。

表 7 定點照相監測樣點位置對照表（TWD97 座標系統）

編號	樣點編號	X 座標	Y 座標	位置描述	備註
1	2	227363	2653288	中潭公路雙冬橋右側（墓碑山），垂直面裸露變化	
2	3	228966	2653691	石灼巷同心橋左側，埔里 14 林班，垂直面裸露變化	
3	5-1	228154	2654887	埔里 14 林班中心橋左側，垂直面裸露變化	
4	5-2	228154	2654887	埔里 14 林班中心橋左側，垂直面裸露變化	
5	6-1	228038	2655036	埔里 14 林班過中心橋左側，垂直面裸露變化	
6	6-2	228038	2655036	埔里 14 林班過中心橋右側，垂直面裸露及堆積變化	
7	9	226704	2655901	埔里 13 林班江順風租地上方，東側陵線，大範圍全景	
8	10-1	229505	2653697	中潭公路鱸鰻潭公園北側，大範圍全景	
9	10-2	229505	2653697	中潭公路鱸鰻潭公園北側，大範圍全景	
10	12	230668	2659833	埔里 19 林班牽牛坑橋上，楊萬成租地入口，垂直面裸露變化	
11	13	230275	2659814	埔里 19、20 林班界牽牛坑農路旁，垂直面裸露變化	
12	14-1	229809	2660281	埔里 20 林班乾霧高分 1 號電線桿旁（竹峰路），大範圍全景及牽牛坑支流變化	
13	14-2	229809	2660281	埔里 20 林班乾霧高分 1 號電線桿旁（竹峰路），大範圍全景及垂直面裸露變化	
14	15	229436	2659963	埔里 8、20 林班界陵線，陳世華租地轉角（竹峰路、瞭望台），垂直面裸露變化	
15	16	229190	2659692	埔里 8 林班張天保工寮前（竹峰路），侵蝕溝變化	
16	17-1	228256	2660946	埔里 9 林班賴博帥工寮前，侵蝕溝變化	
17	17-2	228256	2660946	埔里 9 林班賴博帥工寮前，垂直面裸露及侵蝕溝變化	
18	17-3	228256	2660946	埔里 9 林班賴博帥工寮前，垂直面裸露變化	

19	19	227431	2660824	埔里 10 林班小北坑前（北坑溪），垂直面裸露變化	
20	20	228116	2654921	埔里 14、15 林班界乾溪，垂直崩坍面變化	新增
21	21	227178	2655810	埔里 13 及 15 林班界乾溪支流，河道變化	新增
22	22	230252	2659815	埔里 19 林班牽牛坑農路，侵蝕溝變化	新增
23	23	230252	2659815	埔里 19、20 林班界牽牛坑農路，近距離垂直崩坍面變化	新增
24	24	228060	2660374	埔里 10 林班界北坑溪，河道變化	新增
25	25	228026	2658866	埔里 11 林班坑口溪邊，97 年 9 月卡玫基颱風造成新崩坍面，崩坍面變化	新增
26	26	228478	2660013	埔里 10 林班界北坑溪支流，河道變化	新增
27	27	228026	2658866	埔里 11 林班坑口溪邊，97 年 9 月卡玫基颱風造成新崩坍面邊，坑口溪支流，河道變化	新增
28	28	228026	2658866	埔里 11 林班坑口溪，人工設施（攔砂壩）掏空變化	新增
29	29	227901	2658874	埔里 11 林班坑口溪 6 號橋，徐裕安租地入口，人工設施（攔砂壩及護岸）掏空變化	新增
30	30	228425	2660121	埔里 10 林班竹峰路，97 年 9 月卡玫基颱風造成新崩坍面，平面型地滑變化	新增
31	31	228457	2660064	埔里 10 林班界北坑溪支流，97 年 9 月卡玫基颱風造成小型堰塞湖河道變化	新增
32	32	229558	2655267	埔里 15、16 林班界田尾坑溪，垂直崩坍面及堆積變化	新增
33	33	228483	2654271	埔里 14、15 林班界乾溪，垂直崩坍面及堆積變化，莫拉克颱風造成新崩坍面	新增

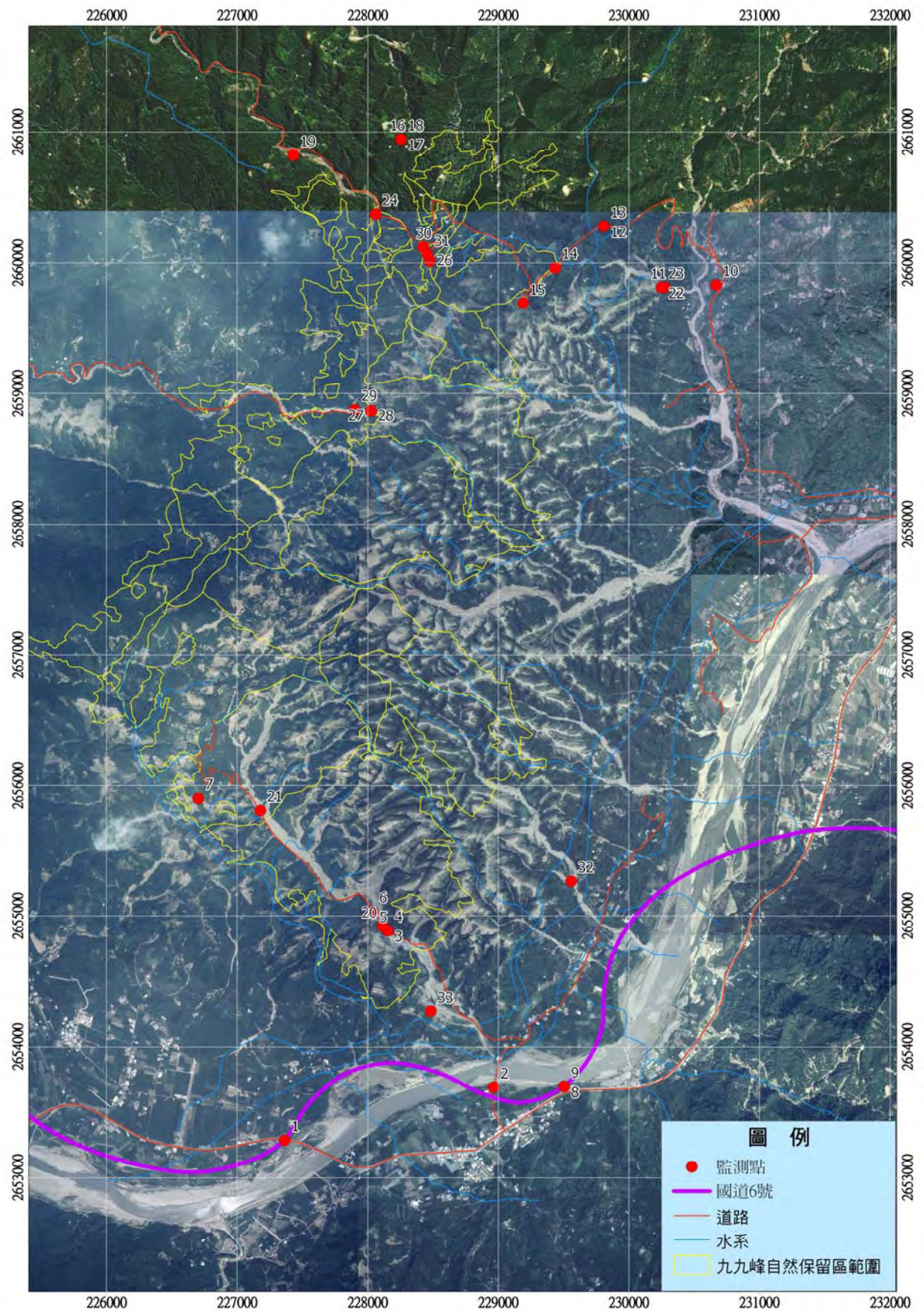


圖 30 九九峰野外監測點位置圖



上游



中游



下游

圖 31 乾溪上、中、下游攔砂壩土石堆積情形



圖 32 田尾坑溪下游攔砂壩堆積情形 (229778,2654944)



圖 33 辛樂克颱風後大量土石沿沖蝕溝被帶出 (227634,2655270)



圖 34 乾溪上游河岸側蝕所產生的小規模崩塌及岩層裸露（226973,2656046）

六、研究成果

(一) 氣象資料分析

本年度持續進行自計式氣象站的維護，西側氣象站目前為止儀器運作正常，東側 7 月中至 9 月由於電力中斷，目前已經修復，資料持續收集中。1 月至 8 月的氣象資料統計結果如圖 35-49。

平均氣溫從 1 月的 15 度，至 6 月逐漸升至 26 度，7 月及 8 月受到颱風的影響平均溫度下降 2-3 度，白天與晚上約有 10 度的溫差，並沒有劇烈的變化；溼度除了受到降雨的影響外，大致上跟過去的資料一致。

降雨方面 8 月份最多在西側測站記錄月降雨量達 1338 公釐，其次為 6 月 683.2 公釐，其他月份降雨量並不多，如表 8，而東側測站所量得的月降雨資料明顯較西側少很多。這與去年度降雨量的情況一致，降雨量主要還是集中於夏季受到颱風的影響最大。

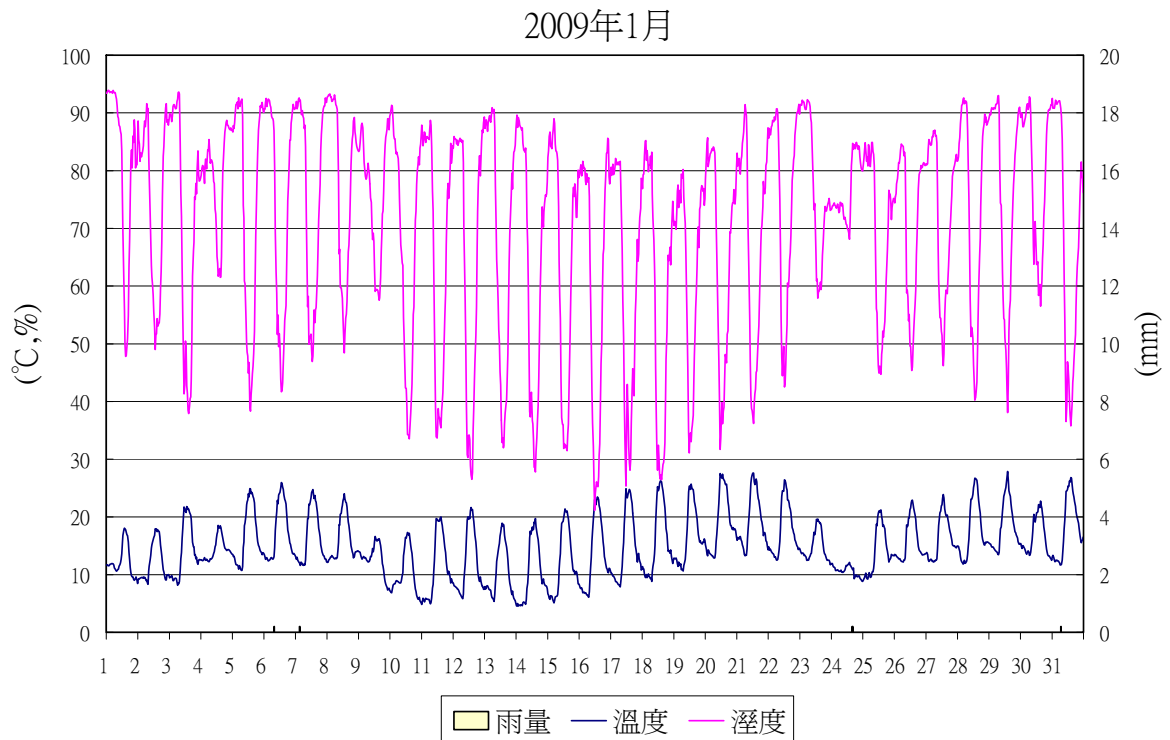


圖 35 2009 年 1 月東側氣象資料統計圖

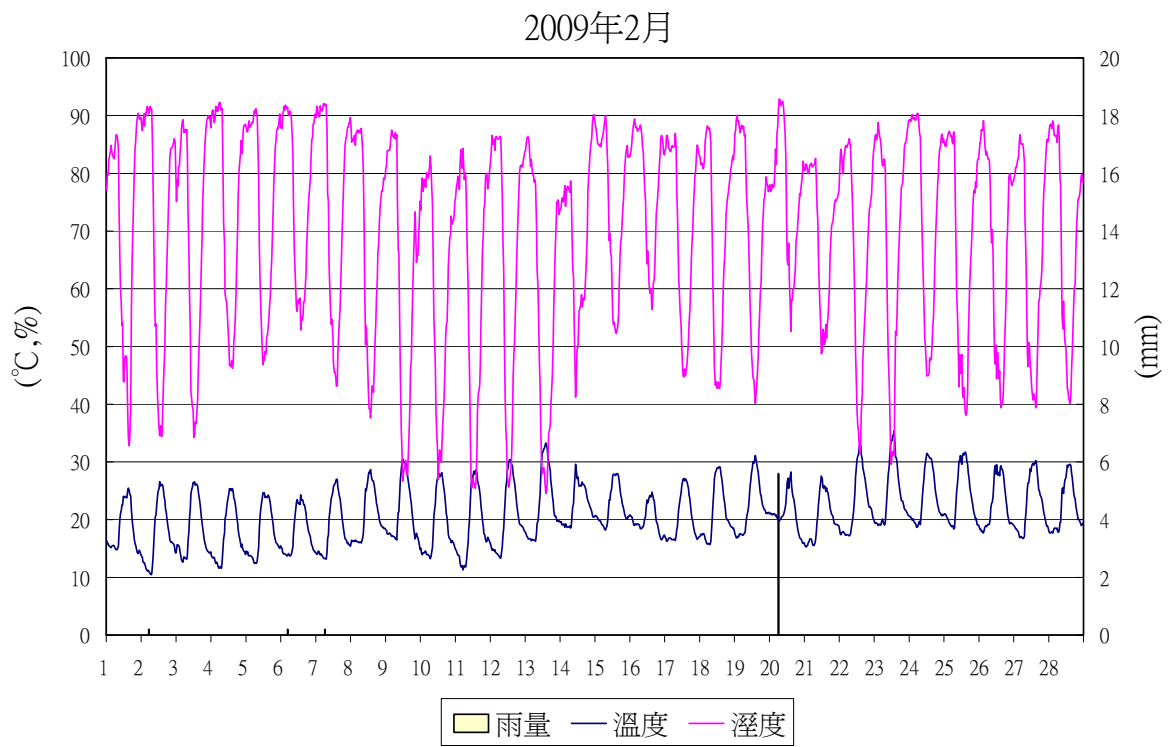


圖 36 2009 年 2 月東側氣象資料統計圖

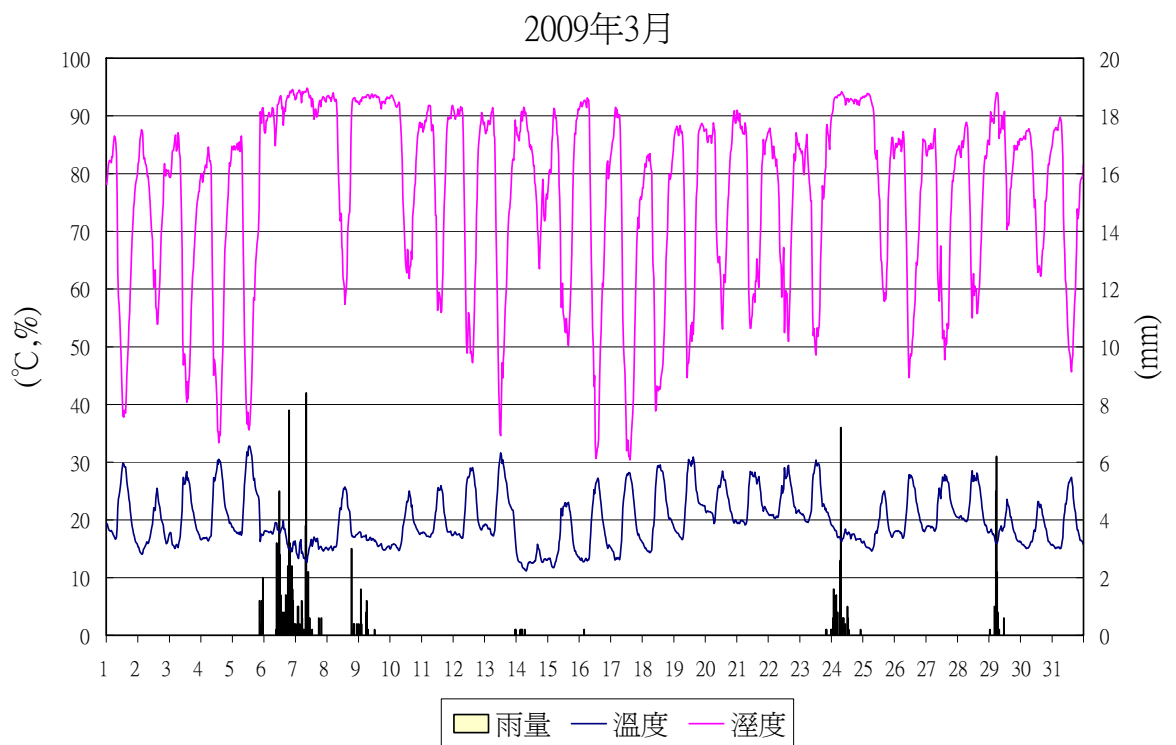


圖 37 2009 年 3 月東側氣象資料統計圖

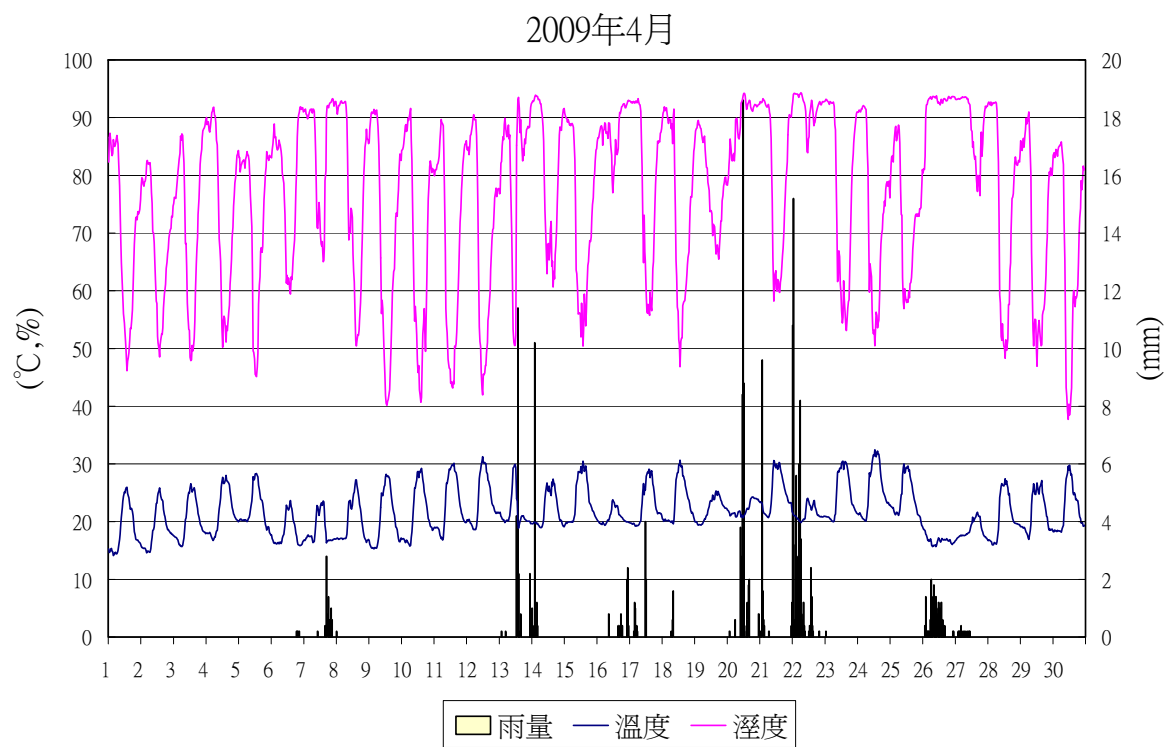


圖 38 2009 年 4 月東側氣象資料統計圖

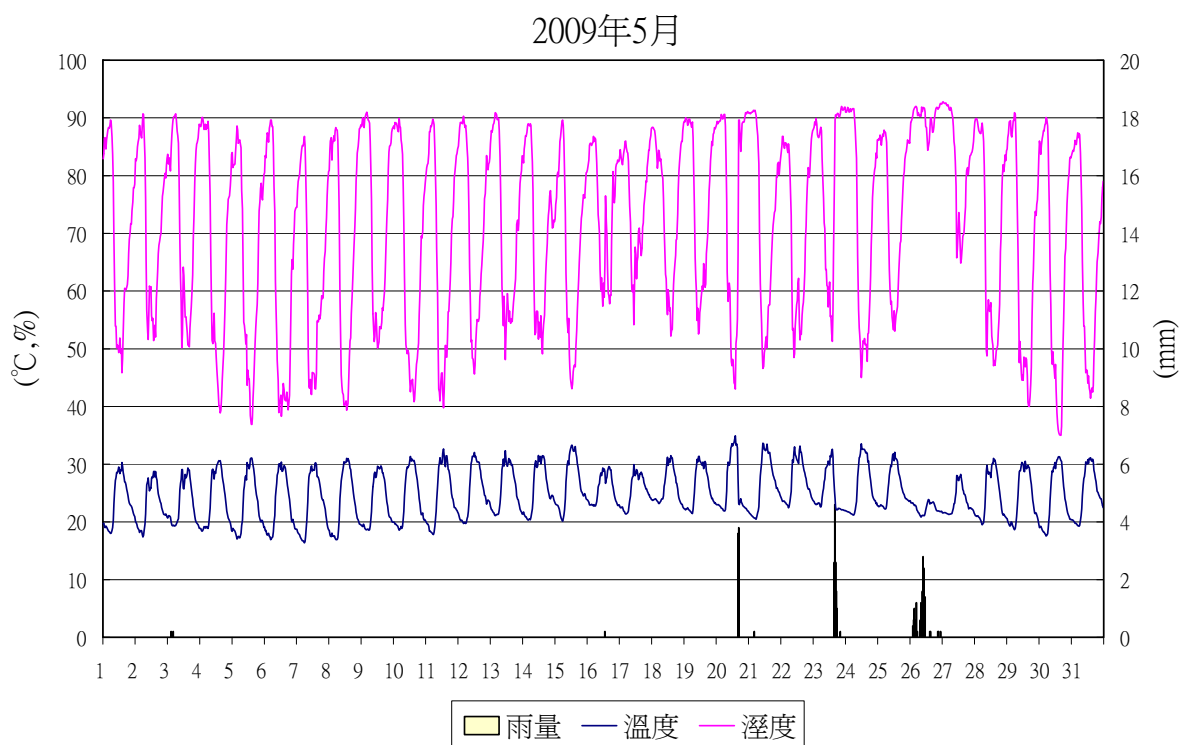


圖 39 2009 年 5 月東側氣象資料統計圖

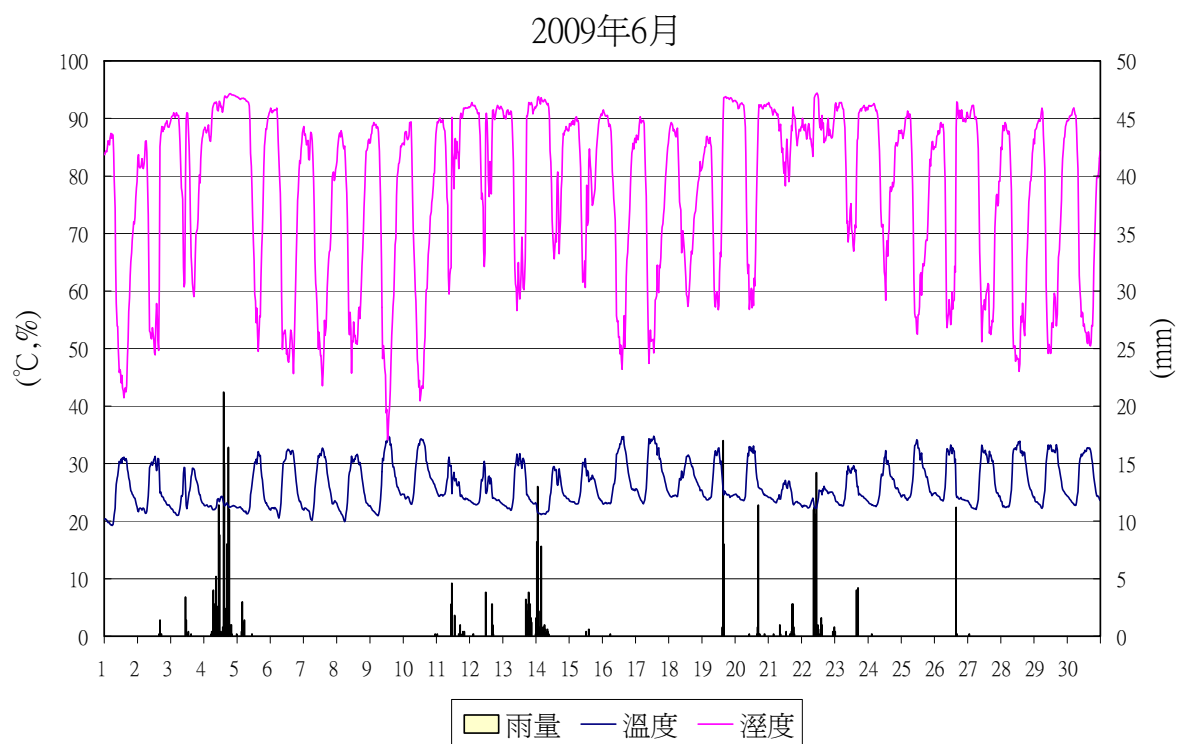


圖 40 2009 年 6 月東側氣象資料統計圖

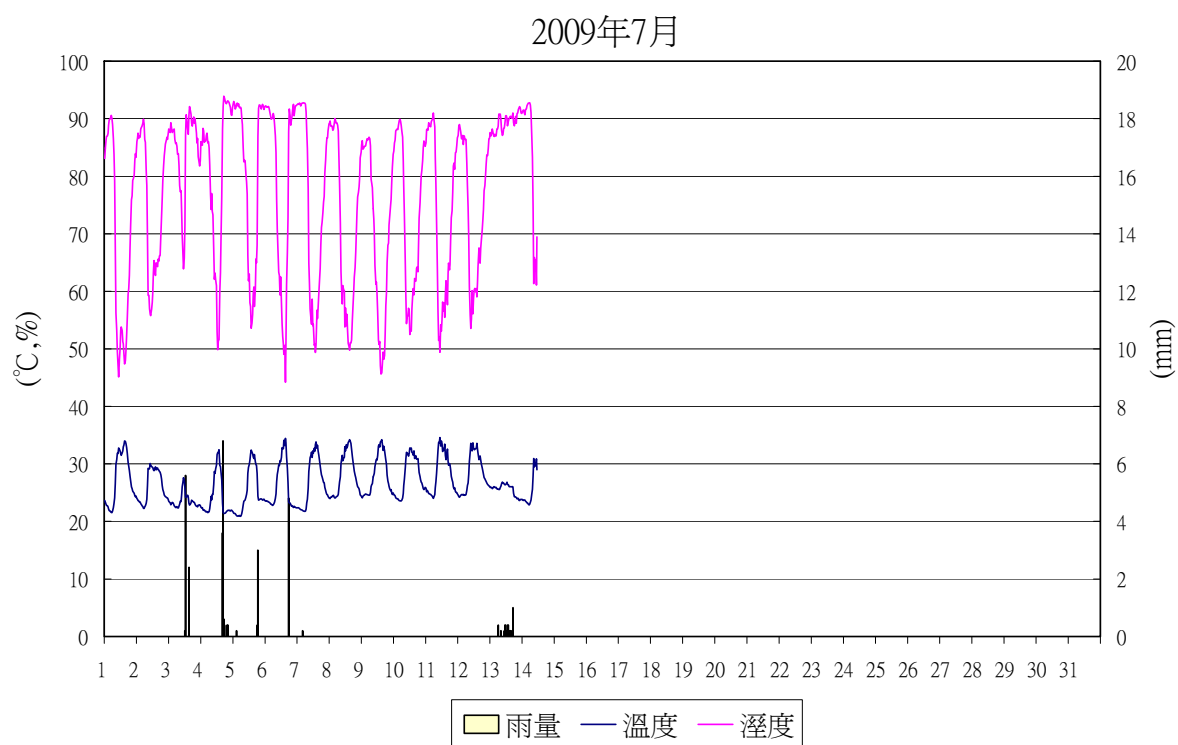


圖 41 2009 年 7 月東側氣象資料統計圖

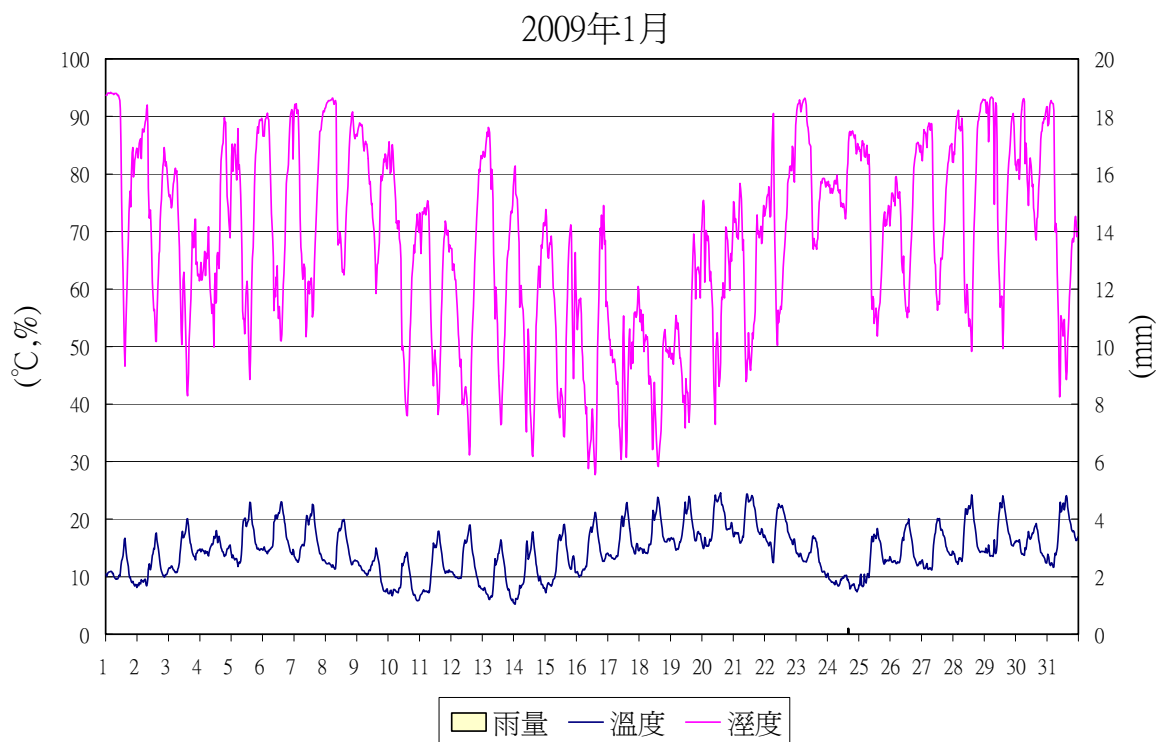


圖 42 2009 年 1 月西側氣象資料統計圖

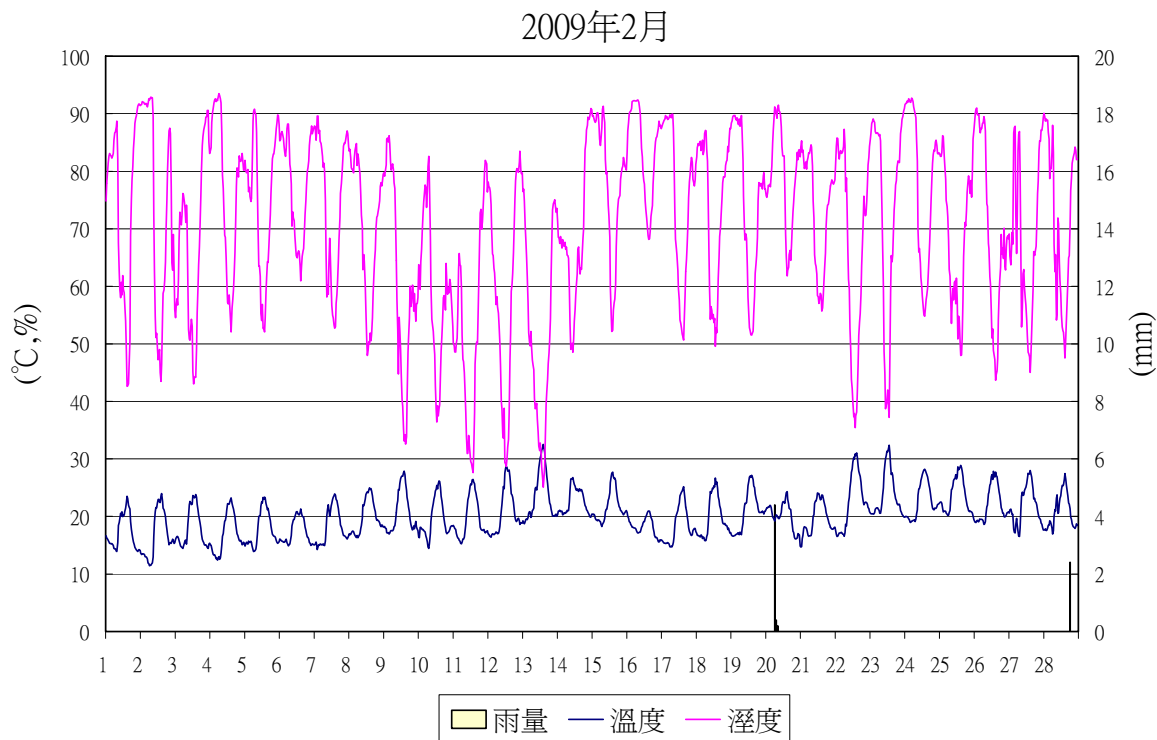


圖 43 2009 年 2 月西側氣象資料統計圖

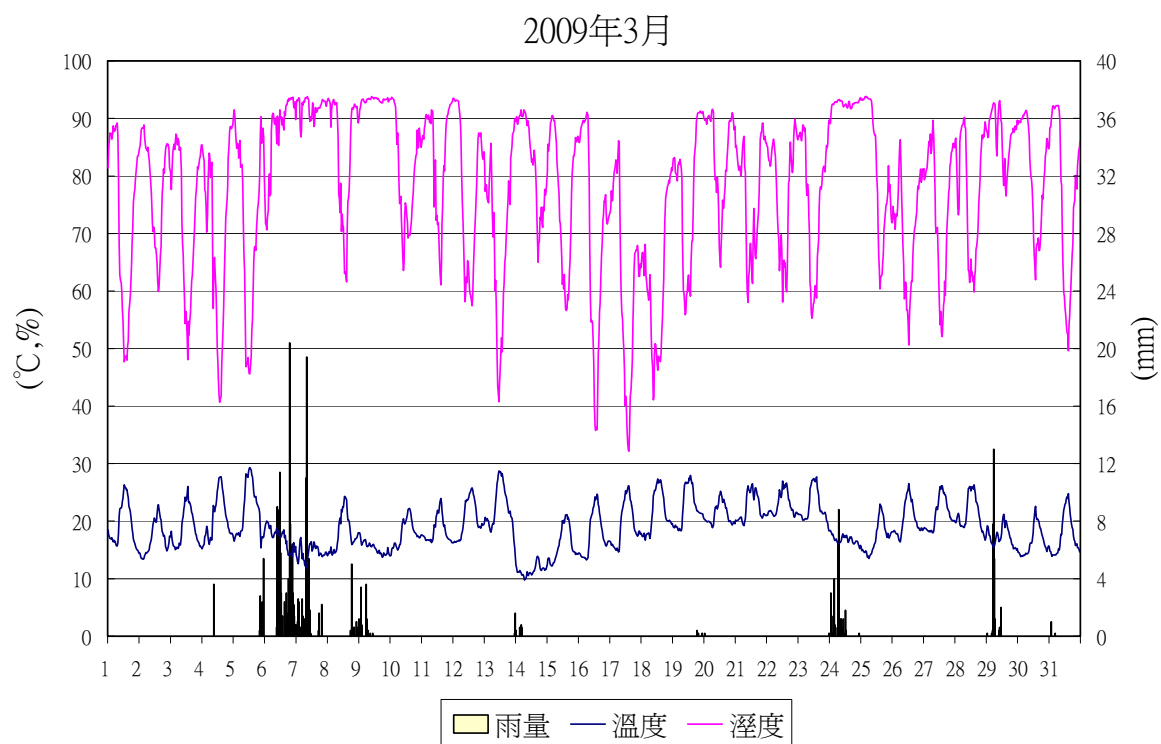


圖 44 2009 年 3 月西側氣象資料統計圖

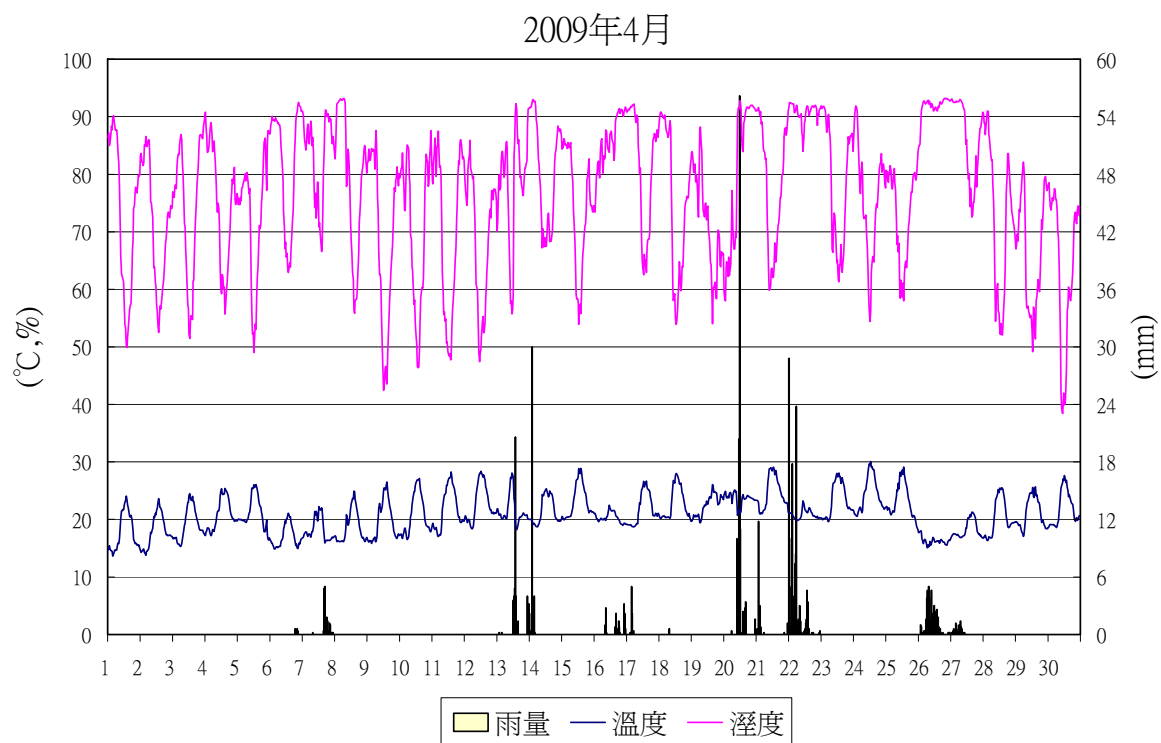


圖 45 2009 年 4 月西側氣象資料統計圖

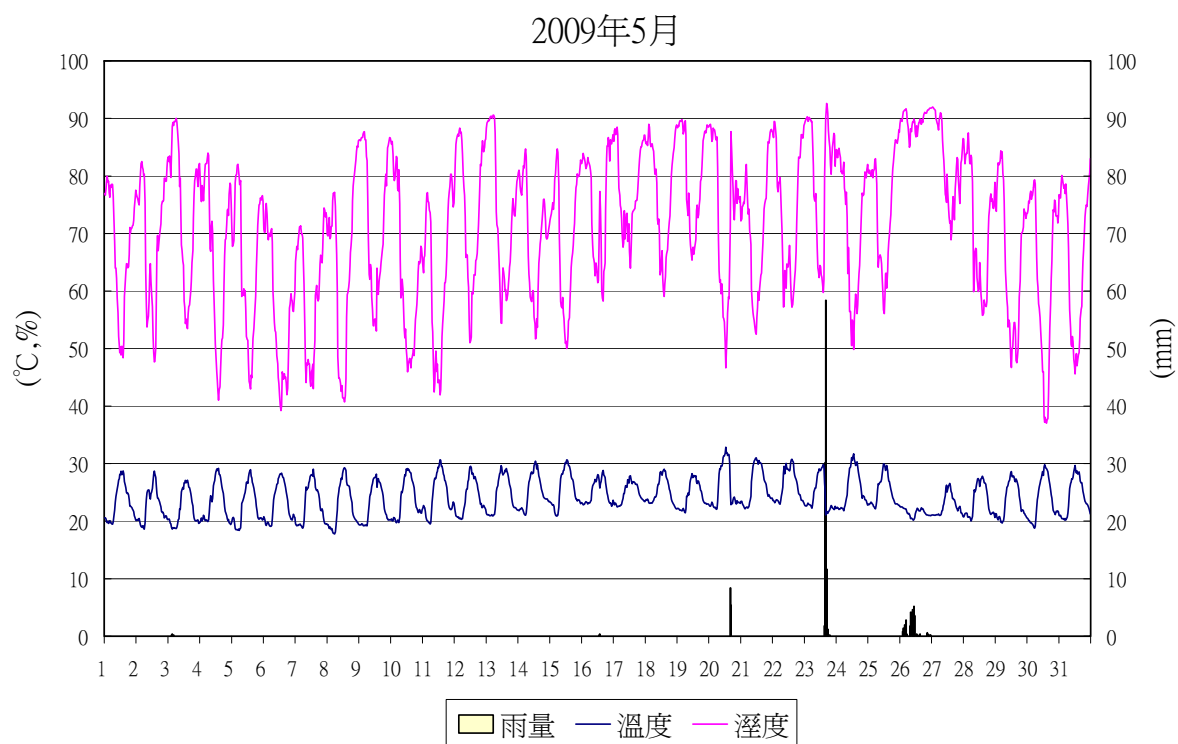


圖 46 2009 年 5 月西側氣象資料統計圖

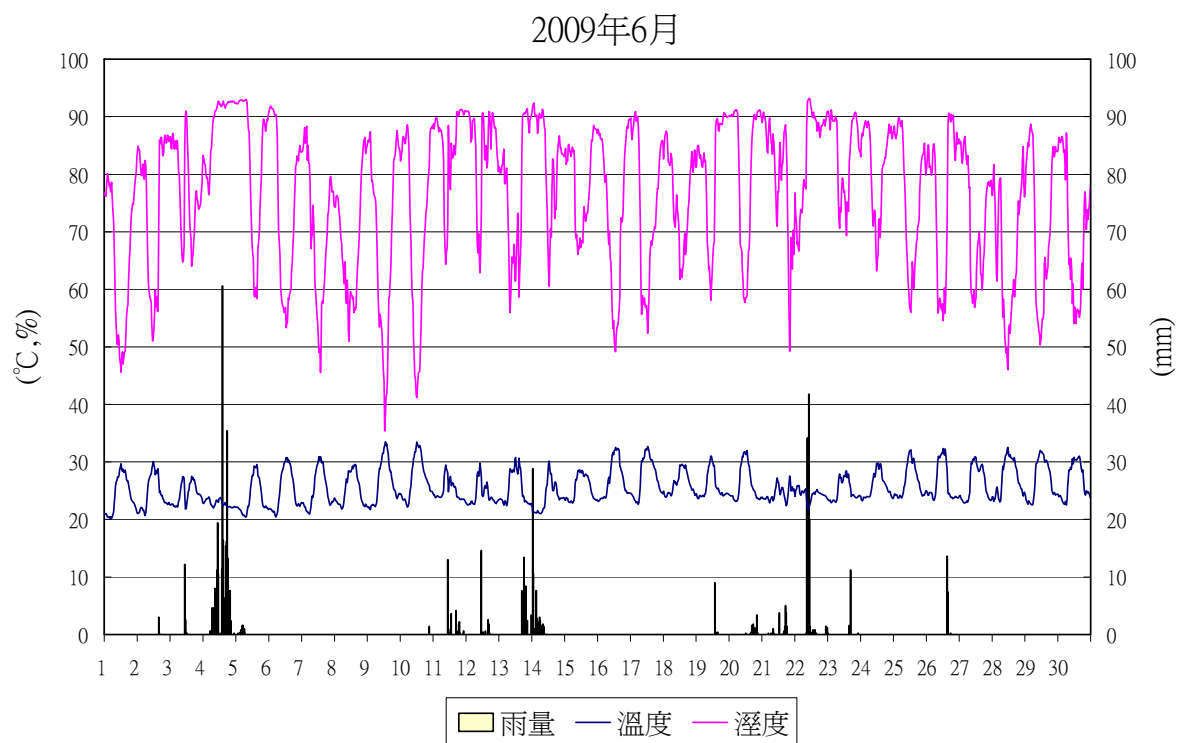


圖 47 2009 年 6 月西側氣象資料統計圖

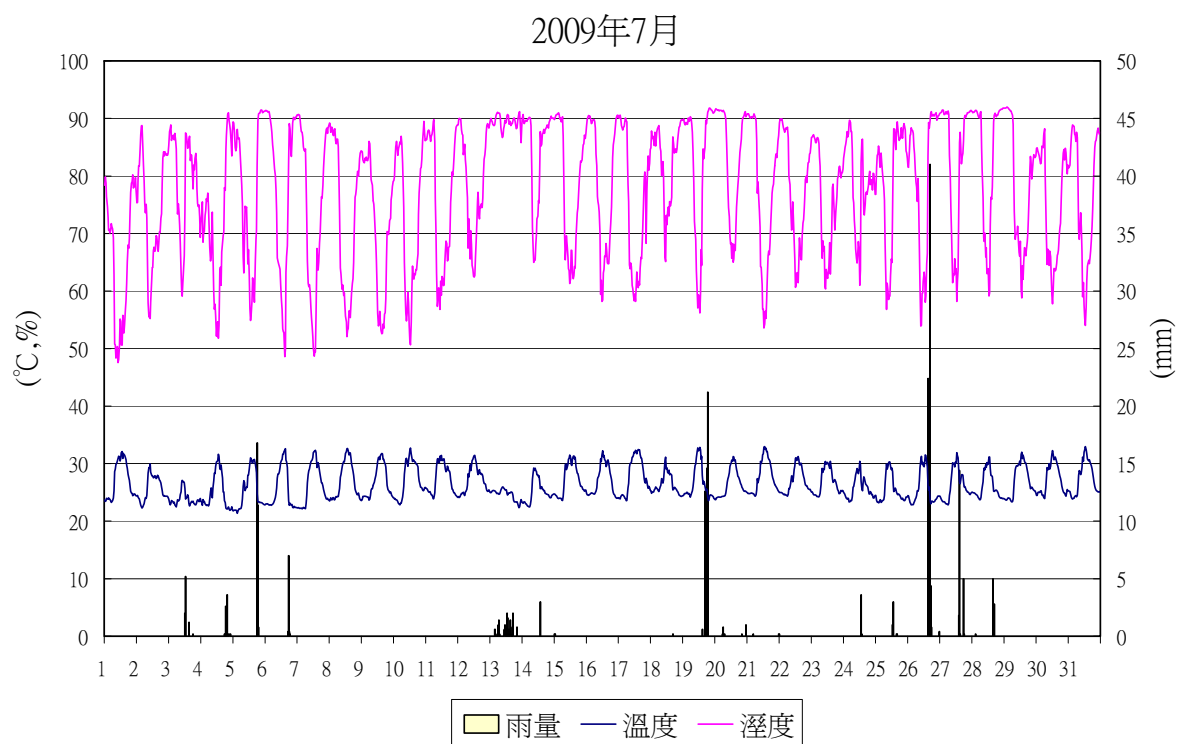


圖 48 2009 年 7 月西側氣象資料統計圖

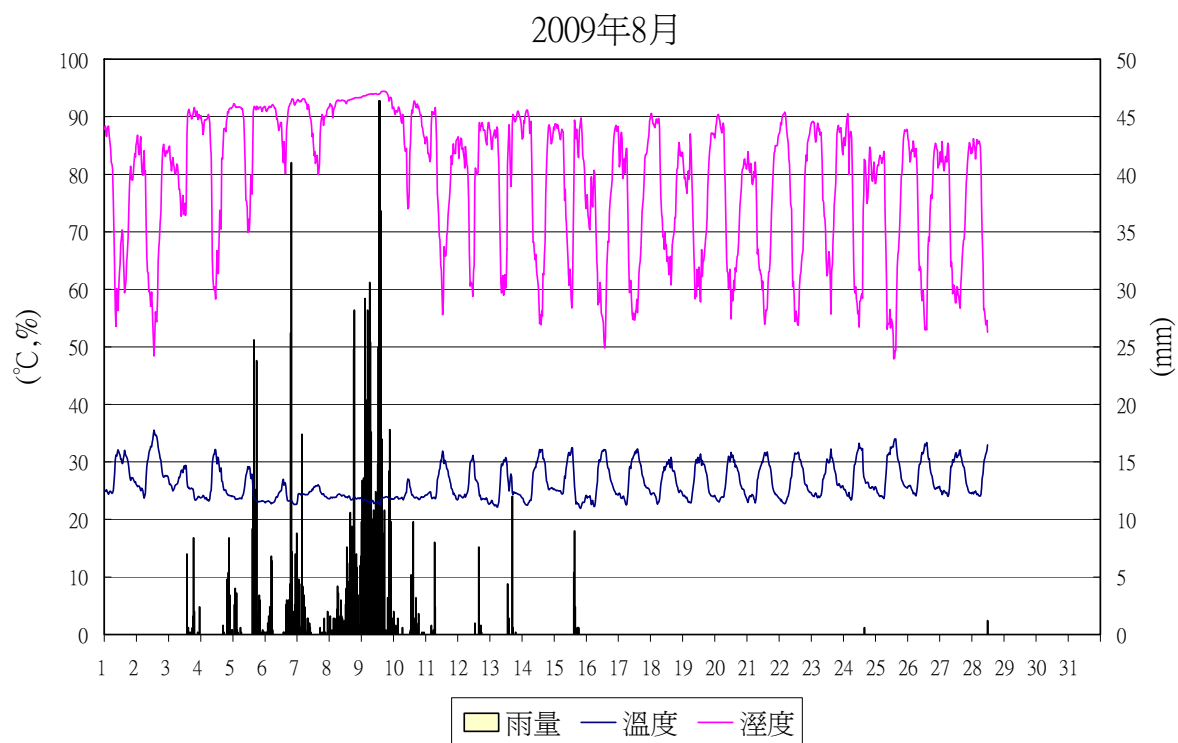


圖 49 2009 年 8 月西側氣象資料統計圖

表 8 2009 年九九峰東、西側月降雨量與月均溫比較表

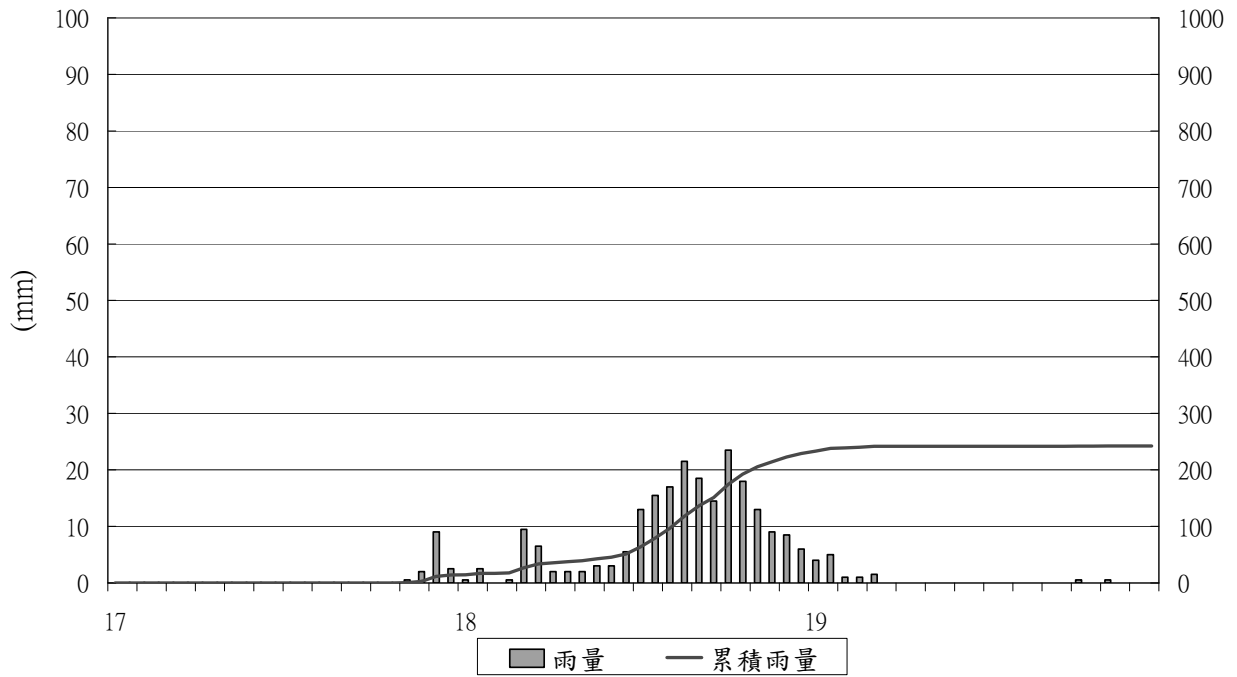
月份	西側測站		東側測站	
	月雨量（公釐）	月均溫（℃）	月雨量（公釐）	月均溫（℃）
1 月	0.4	14.4	1	14.8
2 月	7.6	20.2	6.2	20.8
3 月	283.2	19.0	126.2	19.9
4 月	469	20.9	228.6	21.6
5 月	165.4	24.0	37.6	24.6
6 月	683.2	25.5	342.6	26.1
7 月	241	26.4	33.6	-
8 月	1338	23.3	資料不全	-

（二） 颱風降雨資料分析

2007 年至 2009 年期間主要有四個颱風對本區的影響較大，本計畫將颱風降雨資料進行分析，比較颱風降雨的差異。2007 年 9 月 17 日-19 日韋帕颱風最大時雨量發生在 18 日下午 7 點，時雨量為 23.5 公釐，3 天累積降雨量為 242.5 公釐，當地並沒有發生重大的土石流災情（圖 50）。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 51）。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 52）。從現場調查資料顯示，在許多蝕溝中有大量的土石被帶出，堆積在河岸的道路上，尤其是乾溪集水區的中心農路上最為嚴重。

2009 年 8 月 7 日-9 日莫拉克颱風最大時雨量發生在 9 日下午 2 點，時雨量為 92.5 公釐，累積 3 天雨量達 941 公釐（圖 53），從現場觀察有大量土石堆積在河道上，時雨量及累積降雨量比 2007 年及 2008 年的颱風大很多，對本區地形影響也很大，本計畫將在後面章節說明野外觀察的結果。

2007年 韋帕颱風雨量資料-九九峰 9月17日~9月19日



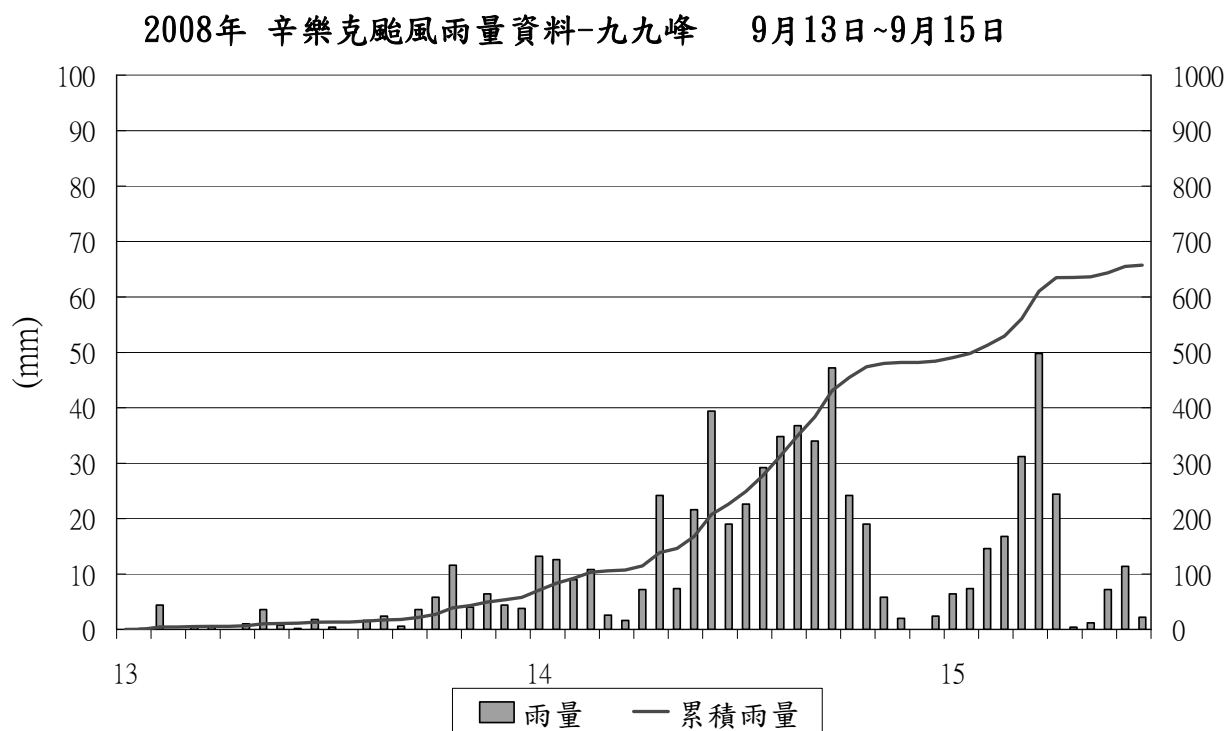


圖 52 辛樂克颱風時雨量與累積雨量統計圖（2008.9.13~15）

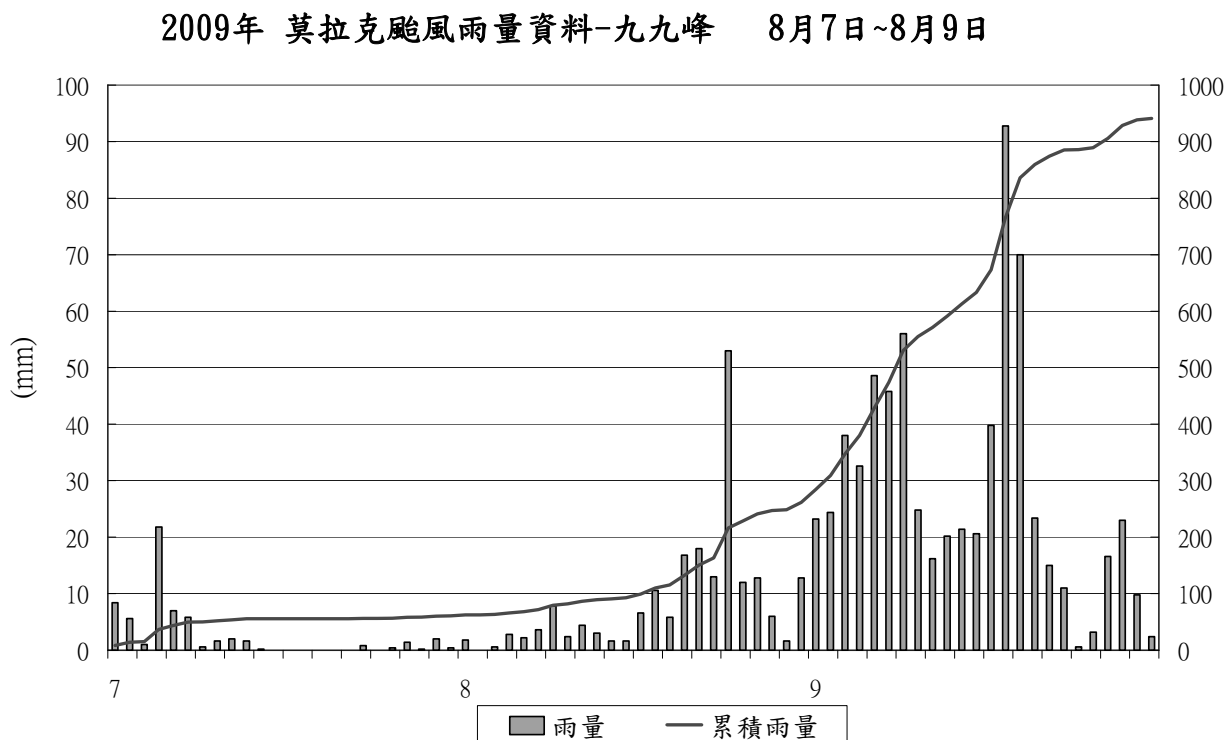


圖 53 莫拉克颱風時雨量與累積雨量統計圖（2009.8.7~9）

(三) 降雨警戒發報系統

土石流發生的原因處要有三種，降雨多、土石堆積多及陡坡多，其中任一項一旦達到條件，土石流即可能形成。因此，可藉由上述條件的成立與否來判斷土石流事件是否會發生。以水土保持局目前在進行土石流觀測系統為例，主要可分為非接觸性及接觸性兩種觀測方式，非接觸型監測系統是以與土石流可能發生有密切相關之因子，做為預警指標，即時將相關資料回傳土石流防災應變中心進行研判，一般均採用降雨量及降雨強度做為警戒指標。

九九峰自然保留區為崩塌產生的地形景觀，屬於土石堆積多、陡坡多的地區，在土石流形成條件中已經滿足兩項，因此降雨量的大小，為本研究區土石流災害的重要因子，氣候觀測的準確性在本研究區進行災害預測是相當重要的關鍵。本研究在自然保留區東、西兩側各架設一自計式氣象站，除了可以更準確統計降雨資料，也能瞭解即時降雨的情形。

由於九九峰岩層大多為礫石組成，膠結差，地勢陡，常發生落石及崩塌的現象，在下雨時更為頻繁，因此一旦發生降雨，建議九九峰內不得進入。本區的崩場地除了在 921 地震時產生大規模的崩塌，之後從航照觀察颱風所造成的崩場地並不明顯。目前從野外觀察在地震後原本裸露的崩場地，大部分已經恢復植生，邊坡已趨於穩定，但值得注意的是在地震後堆積在河道上的土石仍相當多，從近年幾次颱風現場觀察，仍有許多土石從蝕溝被帶出，因此應持續進行土石流的監測。

由於自然保留區內一般人員非申請不能進入，主要保全對象為自然保留區內的承租戶及鄰近的道路與住宅的安全。因此降雨警戒的發報主要針對規模較大的土石流及可能影響當地居民安全的考量為主。

本計畫所採用的監測方式為利用降雨資料，統計累積降雨量的大小，來推測可能發生土石流得潛在危險性。過去林俊全(2004)分析苗栗火炎山降雨的特性，估算當地造成發生土石搬運的降雨量，發現當 12 小時低降雨達到 100 公釐時，

當地就會有土石被帶出，而近幾年持續監測的結果，也得到驗證。九九峰自然保留區的地質、地形特性與苗栗火炎山相似，因此本研究的監測方式目前則採用此方法來進行降雨的警戒。

本計畫測站的降雨資料透過程式的撰寫，設計當 12 小時內累積雨量達到 100 公釐時，立即發佈簡訊通知相關人員。簡訊的發送系統設立在九九峰東側測站上，目前已經完成簡訊設定，將發佈給南投林區管理處及台中工作站相關人員，本年度 8 月的莫拉克颱風時由於正在測試期間，加上電力中斷，因此沒有簡訊發出，期望在下次颱風來臨時發揮即時通報的效果。

(四) 數值地形資料分析

本研究將數值地形資料分成兩種方式來進行分析。

1. 高程變動計算：

除了剖面，在瞭解地表的高程變動狀況的方式上，也可以將兩個年度的 DTM 高程資料，運用 Arc GIS 運算功能相減，得到的高度差異。

2. 地形剖面製作：

對變遷的研究而言，如利用歷年的 DTM 資料下，測量各年度變遷與位移量最快的方法，為定點剖線測量。選定固定位置，每年都測量出一條剖線並加以疊合，各時期的位移情況即能顯現。再由其間的時間長短，就可以估算出平均的變化量，以及觀察對象發育的趨勢。對集水區源頭的邊坡發育模式，即可運用此一原理，計算出邊坡後退的速率，亦可以從不同時期剖面外型的變化，瞭解上邊坡發育的形式。本研究先利用 Arc GIS 中 Arc Scene 模組內 3D Analysis 的功能，計算出地形模型的等高線。在依據等高線的排列情況，選擇適合的剖線取樣位置，繪製出各年度相同點位之間的剖面。

在河道變遷的觀察上，亦需讀取出河道的剖面資料，擷取河道中不同地點在時間序列的縱剖面，以瞭解河道是否有發生刷深或加積。。由於 DTM 高程資料誤差值為 2.5 公尺（5 公尺網格的一半），為了避免兩個比較年度之間的差異量小於誤差值，導致計算出的數值不能反映出真實的變動情況，高程的變動應累積超過了 DTM 誤差。

本研究以 921 地震前的影像（1998 年 6 月）及地震後的影像（1999 年 9 月 24 日）所生產的從 DTM 的成果資料發現（圖 61），在地形變化較大的區域，受限與控制點的不足，以致產生較大的誤差，這些誤差量需利用立體相片對重新檢視加以修正，以取得較正確的是數值地形資料。DTM 資料進行分析，選定乾溪、田尾坑溪及油車坑溪集水區為主要研究範圍，觀察地震前後地形的變化。

將地震前後的 DTM 資料以 Arc GIS 軟體相減，分析的結果如圖 54。由於本研究所分析的 DTM 資料高程誤差約 2.5 公尺，因此小於此範圍的變化量，不再細部討論。另外些地區高程變化大於 10 公尺以上，這些變化量從航照影像觀察大部分位於陡崖所形成的地形遮蔽或陰影區，這些區域是在進行航空測影測量技術上的限制，所得的資料包含的大量的誤差，因此變化量大於 10 公尺的地區，也將不進行細部的分析與討論。

由於九九峰當地地形起伏相當大，要取得更準確的高程資料相當困難，除非有更多的現地調查資料，尤其在山谷內進行測量，需花費更多的人力及物力，不在本計畫工作範圍內。本研究利用航空攝影測量所得到的高程數值資料，是最經濟及快速的方法，雖然高程誤差約 2.5 公尺左右，但這個誤差是平均的誤差，在靠近控制點的位置所得的數值資料更準確，而且本計畫在 2008 年加入 14 個控制點資料，對於數值地形資料有更準確的呈現。因此在過去沒有現場實際測量的資料情況下，此方法為瞭解過去地形變化的最簡便的方式。

從 DTM 分析結果可以發現，地震造成地形的變化並沒有預期的大，雖然地震後從影像上可以看到大範圍的崩塌地產生，但從 DTM 的資料顯示，邊坡的崩塌高程變化都很小，觀察地震前後的航照影像，大部分地形變化並不大，因此九九峰所產生的崩塌大部分屬於淺層的岩屑滑落。

本研究為了觀察細部河道及邊坡地形變化的情形，選定 5 條剖面區域來進行分析，探討地形變化的原因（圖 55-59）。數值地形分析的部分，將只探討地形變化 2.5 公尺至 10 公尺差異的部分，討論造成礫石堆積與侵蝕的地形現象。

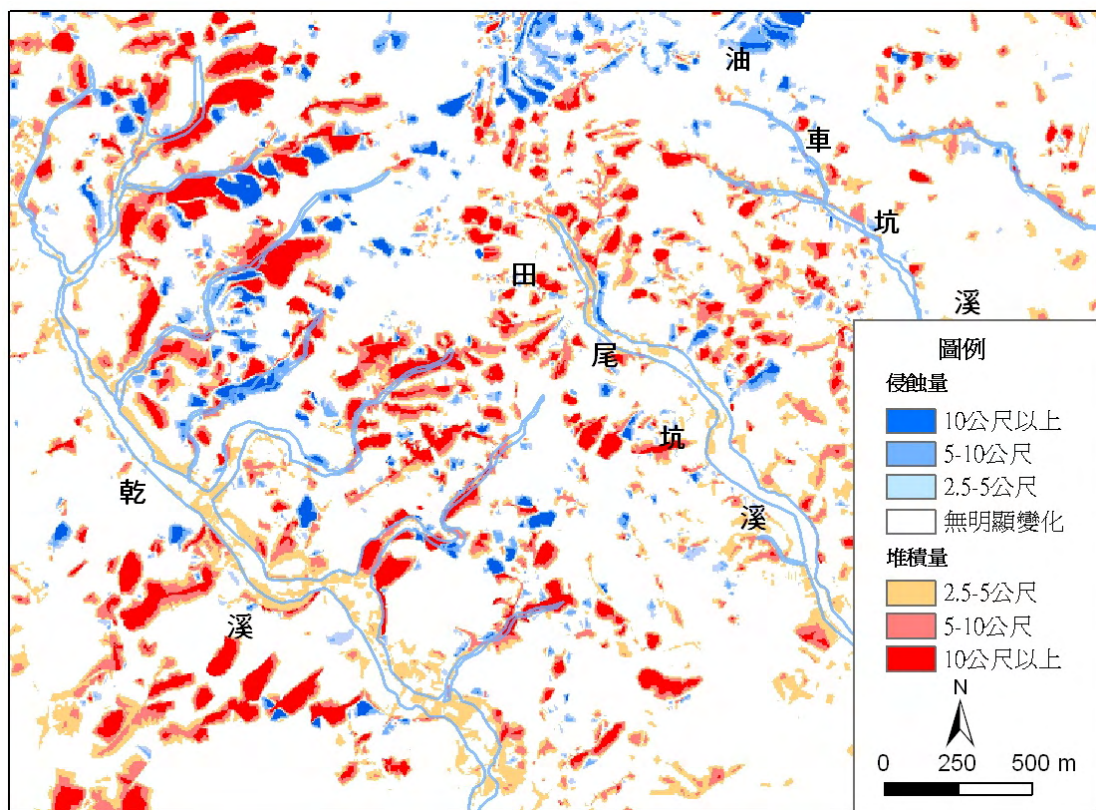


圖 54 九九峰地區地震前後地形變遷圖

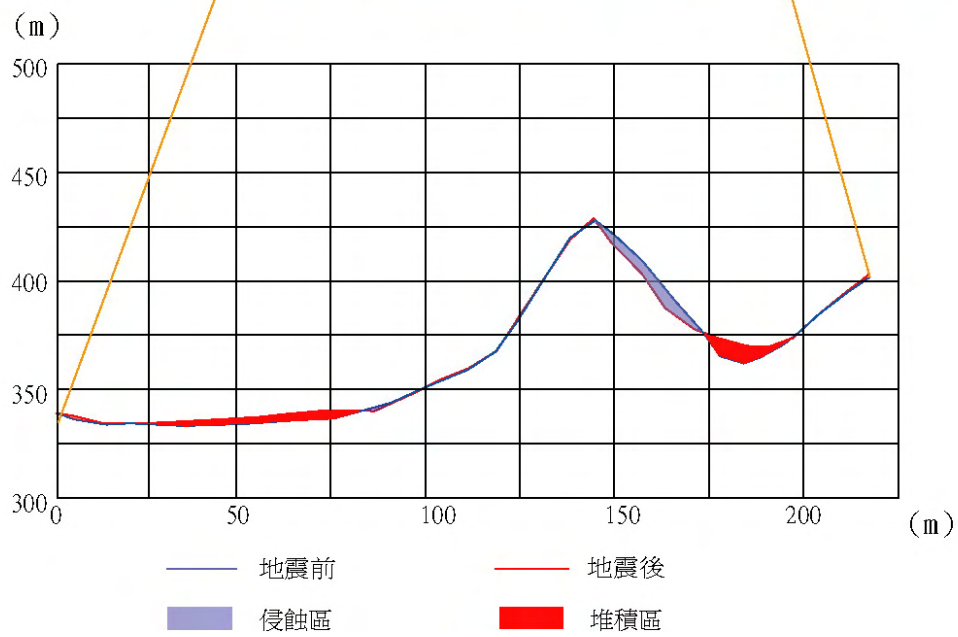
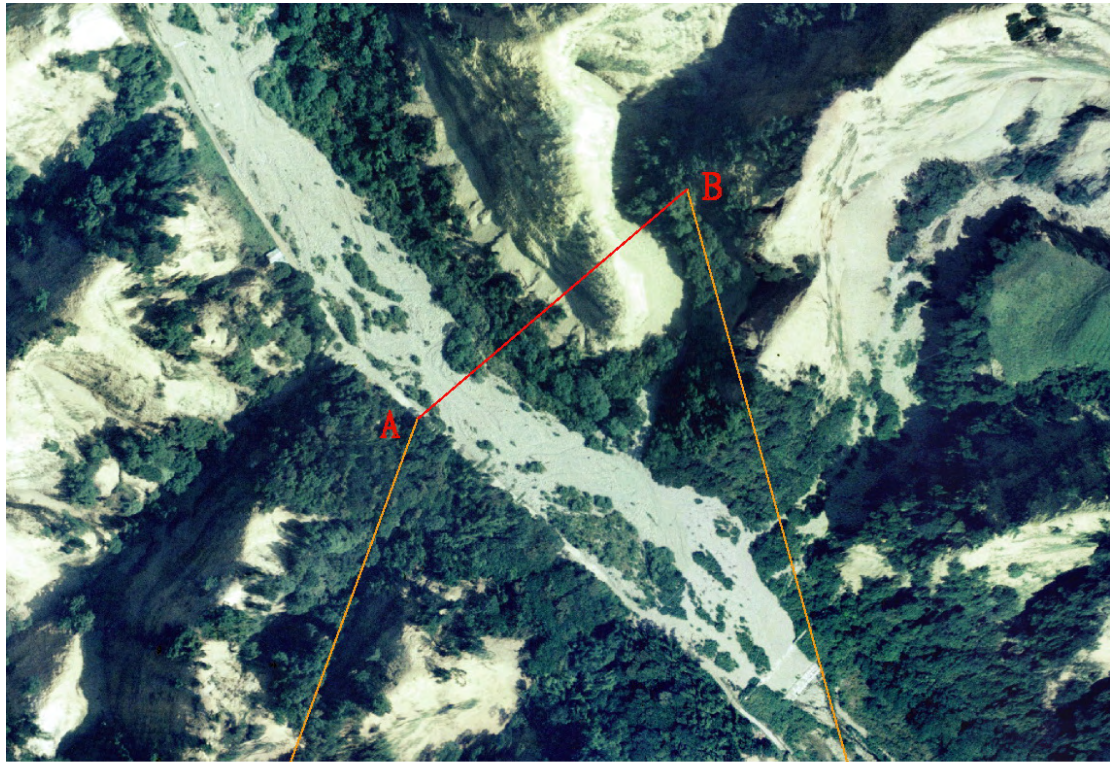


圖 55 乾溪地區剖線 A-B 分析圖

A-B 剖面位於乾溪的上游河道，河道的中間堆積與侵蝕現象並不明顯，在 A 處河道右側的坡腳處，地震後約有 4 公尺的堆積，表示地震後堆積物大多堆積於坡腳處。在靠近 B 處的山谷，則可看到邊坡有約呈現的崩塌估計約有 2 公尺深度的土石崩落，並在河道上呈現約 5 公尺的堆積。

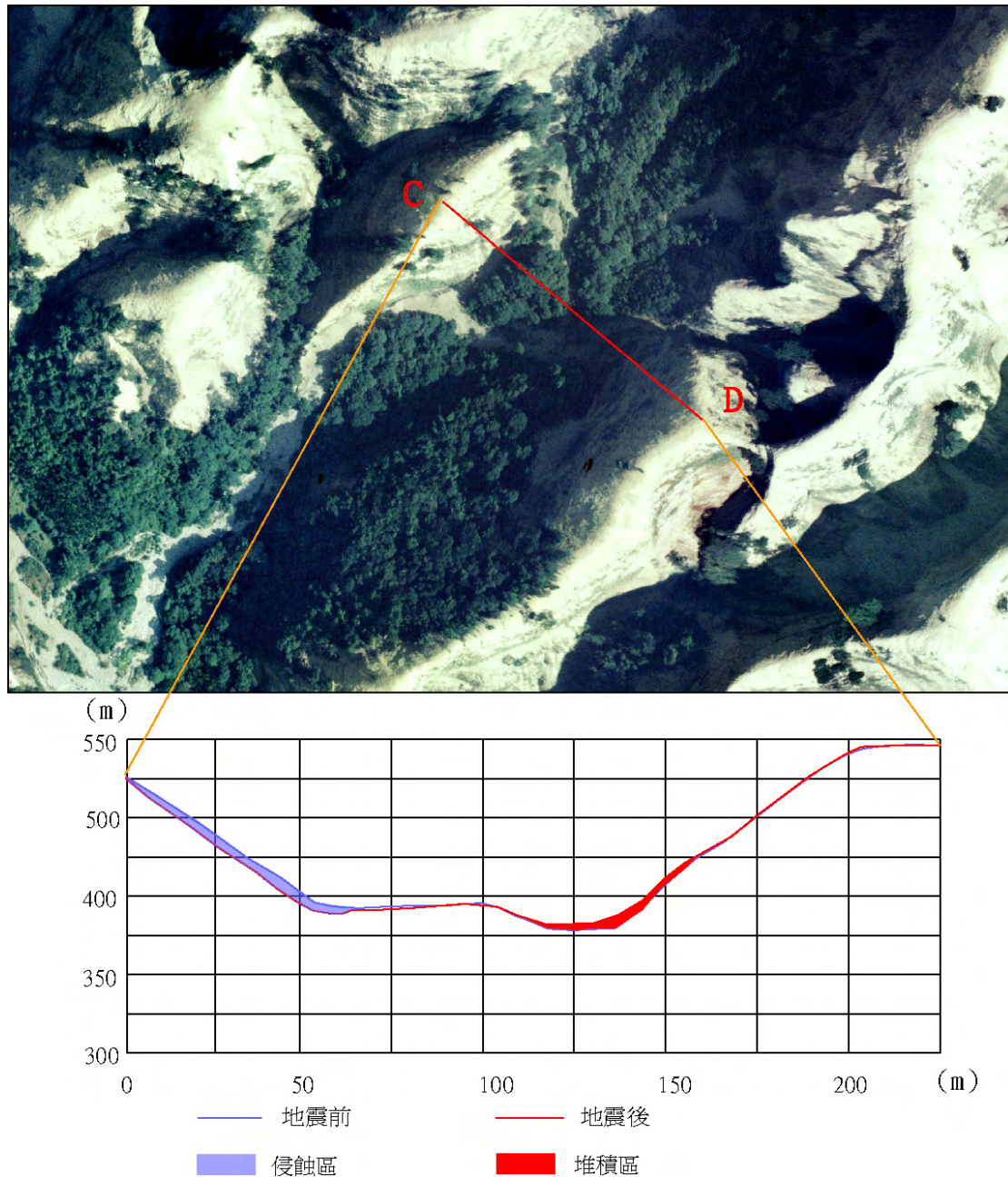


圖 56 乾溪地區剖線 C-D 分析圖

C-D 剖面為乾溪上游的支流處，C 處的邊坡呈現較明顯的崩落現象，中間的溪谷中可以看到約 4 公尺土石堆積，這些堆積在上游溪谷中的土石，並沒有繼續往下游搬運，這是地震後普遍在九九峰溪谷中堆積的現象。地震後大量堆積在溪谷中的礫石，當豪雨時將被沖到下游溪谷，容易造成土石流的災情。

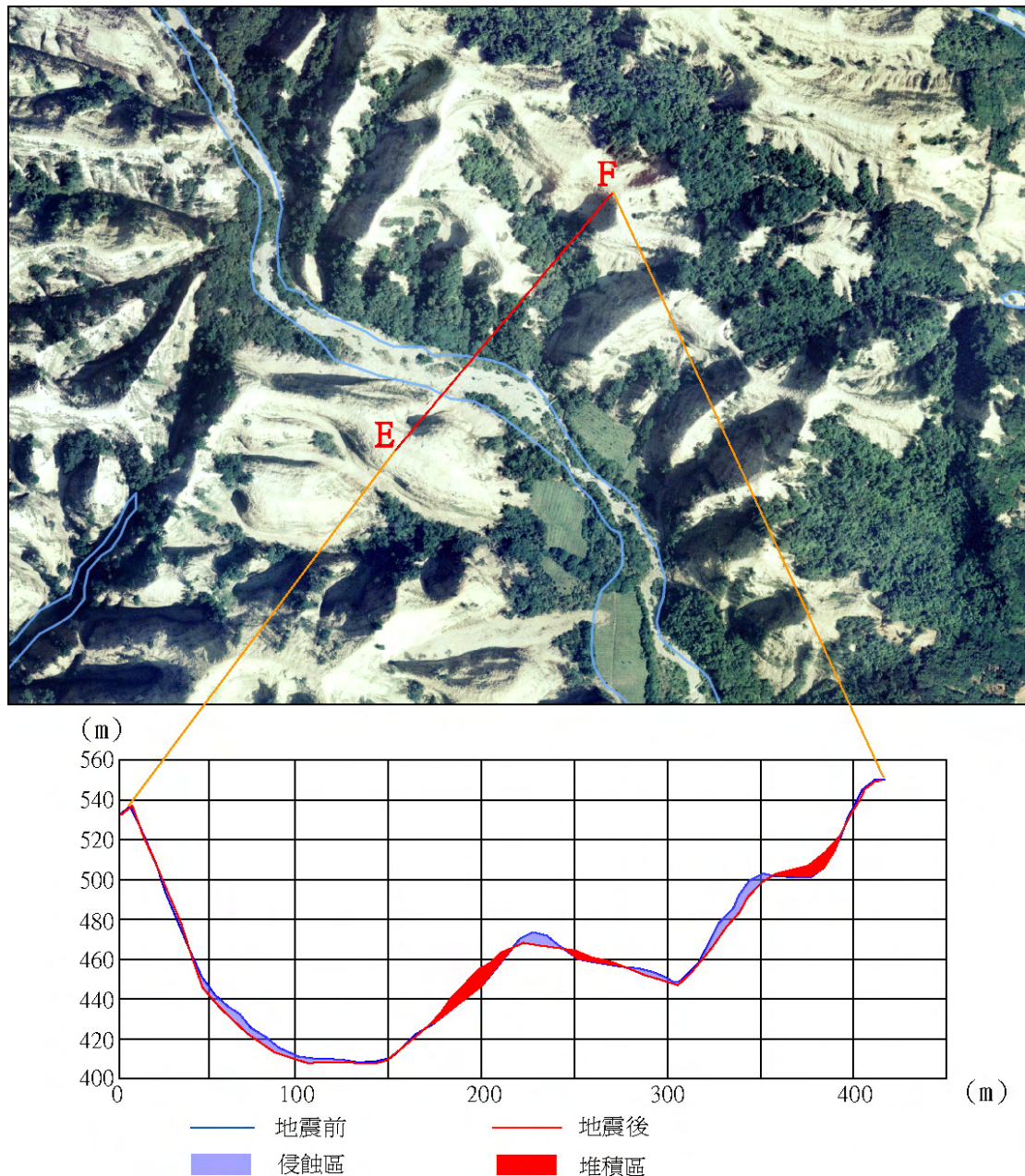


圖 57 乾溪地區剖線 E-F 分析圖

E-F 位於田尾坑溪的中游，E 處的上邊坡很陡，但從 DTM 資料來看崩塌的量並不明顯，但是下邊坡坡度較緩，可以看到明顯的侵蝕。但下游溪谷中並沒有看到明顯的堆積，推測因為剖面並不是順著坡面來觀察，土石堆積位於剖面位置的下游處。在田尾坑溪的北岸邊坡，有部分土石堆積在邊坡上，這種堆積現象認為應該是在下邊坡應受到植生的阻擋，土石無法繼續往下游搬運，使得邊坡呈現堆積的現象，但這些土石最後還是會受到雨水的搬運往河谷中堆積。

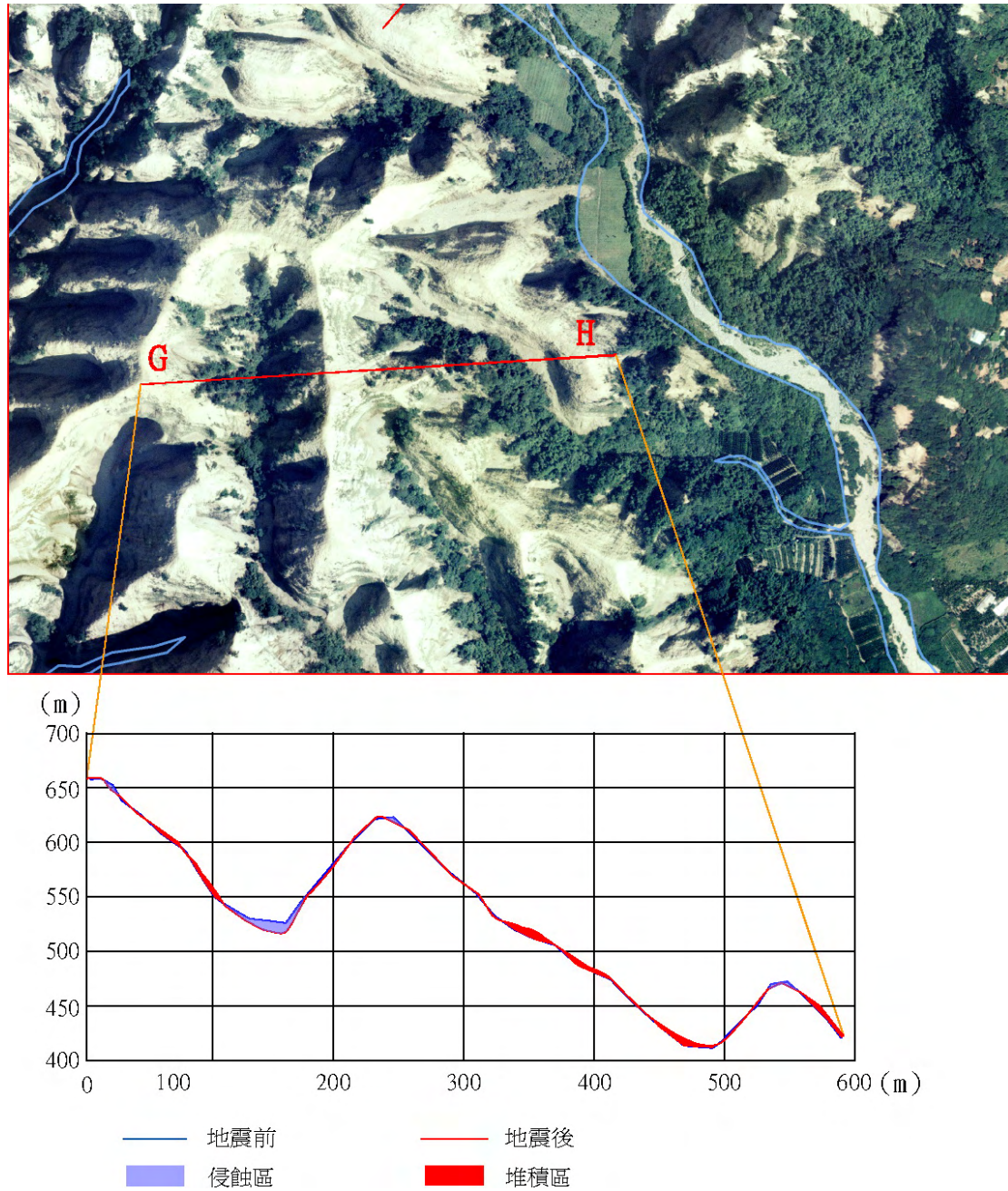


圖 58 乾溪地區剖線 G-H 分析圖

G-H 位於田尾坑溪的下游左側的邊坡上，從航照上來看大部分邊坡上的植生都已經崩落，。從 DTM 資料來比較地形上的變化，邊坡侵蝕的現象並不明顯，在靠近 G 位置的山谷中約有 5 公尺以上的堆積，往 H 方向的邊坡，侵蝕與堆積現象並不明顯，應該為淺層的礫石滑落。

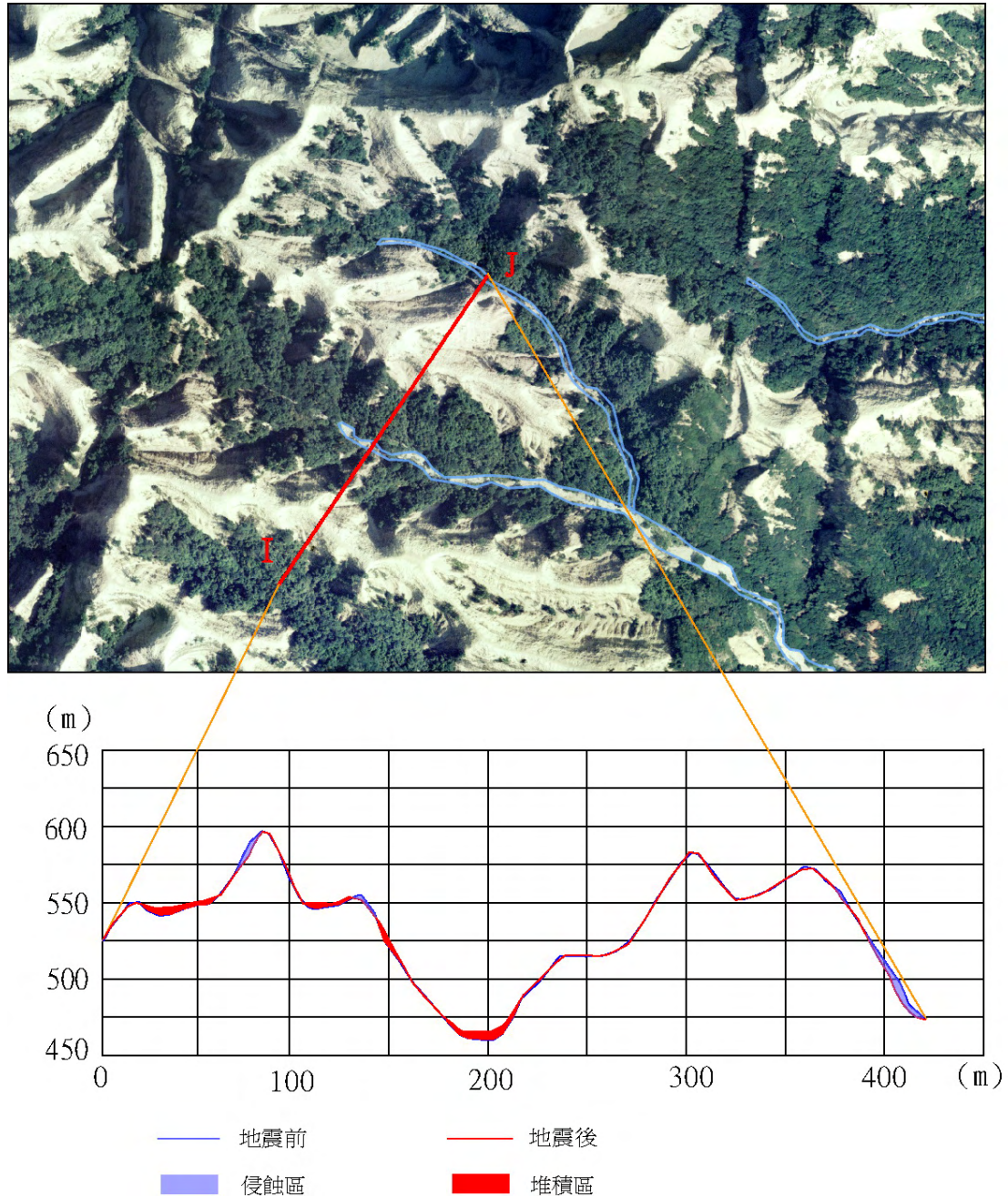


圖 59 乾溪地區剖線 I-J 分析圖

I-J 位於車油坑溪的上游，在 I 區的沖蝕溝中有礫石的堆積，左側由於地形叫平緩，植生仍保留在稜線上，因此堆積的土石主要來自右側邊坡及上游搬運堆積下來。在主河道上可以看到邊坡上的植生並沒有完全崩落下來，主要崩塌區大部分發生在稜線上，從剖面來看邊坡的地形變化並不明線，但河谷中仍看到從蝕溝崩落下來的土石堆積。

綜合地震前後的數值地形的變化，可以明顯看到大部分的崩塌的類型屬於淺層的礫石滑落，由於礫石本身膠結不良，原本位於邊坡上的植生，受到地震的搖晃而滑落到山谷中，因此造成九九峰變成光禿禿的地形景觀。

從剖面資料來看，在支流上游的河谷，由於河谷較窄，呈現 V 字形河谷，當邊坡發生崩塌時，堆積現象較明顯，在九九峰上游的河谷大部分呈現這樣的結果，估計堆積高度為 5-10 公尺。在主流上由於裸露的溪床大多為礫石形成的埋積河谷，河道呈現 U 字形的河谷地形，在地震後主河道中間堆積並不明顯。從數值資料來看，大部分土石堆積位於坡腳處約 2.5-5 公尺高，表示土石並沒有往下游處搬運。

(五) 野外調查記錄

本年度持續進行樣點的野外現地調查及拍照記錄，從今年 6 月份及 9 月現場觀察的結果來看，過去記錄的照片資料與現今調查的照片差異不大，拍攝的照片除了作為歷史的紀錄外，如果下次有颱風來臨時，可作為比對的資料，觀察颱風對地形變化的影響。

從各監測樣點的照片比對來看，在莫拉克颱風對本區並沒有造成大量的邊坡崩塌，在地震後形成的崩塌地上，植生覆蓋良好，表示這些邊坡已經趨於穩定（圖 60-62）。從過去航照的判釋結果顯示，颱風過後對溪床上的影響較大，本計畫已於 2008 年針對乾溪流域裸露溪床上土石堆積狀況進行拍照記錄，監測颱風前後土石侵蝕與堆積的變化。

在過中心橋的路堤上（圖 63），也可觀察土石堆積的情形，我們觀察 2008 年 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。2009 年 8 月 8 日莫拉克颱風在本區域帶來超過 900 公釐的雨量，本計畫比較颱風前後路堤下方土石堆積的情況，照片中紅色虛線為相對應的位置，估計在莫拉克颱風後河床堆積約有 1 公尺的高度（圖 64），表示本次颱風從上游帶來大量的土石，堆積的狀況比 2008 年辛樂克颱風更加明顯。

觀察攔沙壩土石堆積的狀況（圖 65），在莫拉克颱風後，原本攔沙壩與上游河床約有 3 公尺的高差，在莫拉克颱風後攔沙壩則被土石淤滿。表示上游河床上應該還堆積相當多的土石，等待下次颱風在往下游搬運。

2009.4.17



2009.9.18



圖 60 樣點 2：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩場地觀測比較圖

2009.4.17



2009.9.18



圖 61 樣點 3：石灼巷同心橋左前側崩塌地觀測比較圖

2009.4.17



2009.9.18



圖 62 樣點 8 埔里事業區第 20 林班【乾霧高分 1】電線桿旁（拍攝日期 2009.4.17）



2008.5.19



2008.9.23

圖 63 過中心橋前方道路不同時間前後對照圖

2009.6.8



2009.8.28



圖 64 過中心橋前方道路莫拉克颱風前後對照圖



颱風前



颱風後

圖 65 莫拉克颱風前後攔沙壩土石堆積狀況

(六) 辦理研習班

本年度已經完成 2 場研習班的辦理。第 1 場辦理時間為 98 年 5 月 16 日假南投林區管理處 3 樓禮堂及九九峰自然保留區舉辦。參加主要對象為管理處的志工，參加人數約 50 人。活動議程如下：

表 9 研習班議程表

時間	內容	演講者
8：30～9：00	報到	
9：00～10：30	臺灣的特殊地景	林俊全 教授
10：30～10：40	休息	
10：40～12：00	九九峰地質地形景觀	林俊全 教授
12：00～13：00	午餐	
13：00～16：30	野外考察（九九峰）	

第 2 場辦理時間為 98 年 6 月 11 日假南投林區管理處 3 樓禮堂及九九峰自然保留區舉辦。參加主要對象為管理處的人員，參加人數約 46 人。活動議程與前一場相同，內容上比較偏向經營管理方面。



圖 66 南投林區管理處劉處長福成致詞



圖 68 陳耀榮副處長致詞



圖 67 研習班上課情形



圖 69 九九峰乾溪野外現地解說



圖 70 活動結束後合照

(七) 摺頁及手冊宣傳品編輯

本年度預計完成摺頁及手冊的編輯，目前摺頁已經完成樣稿設計（如圖 59、60），手冊目前也已經完成 72 頁的文稿排版及美工。



圖 71 摺頁樣稿正面

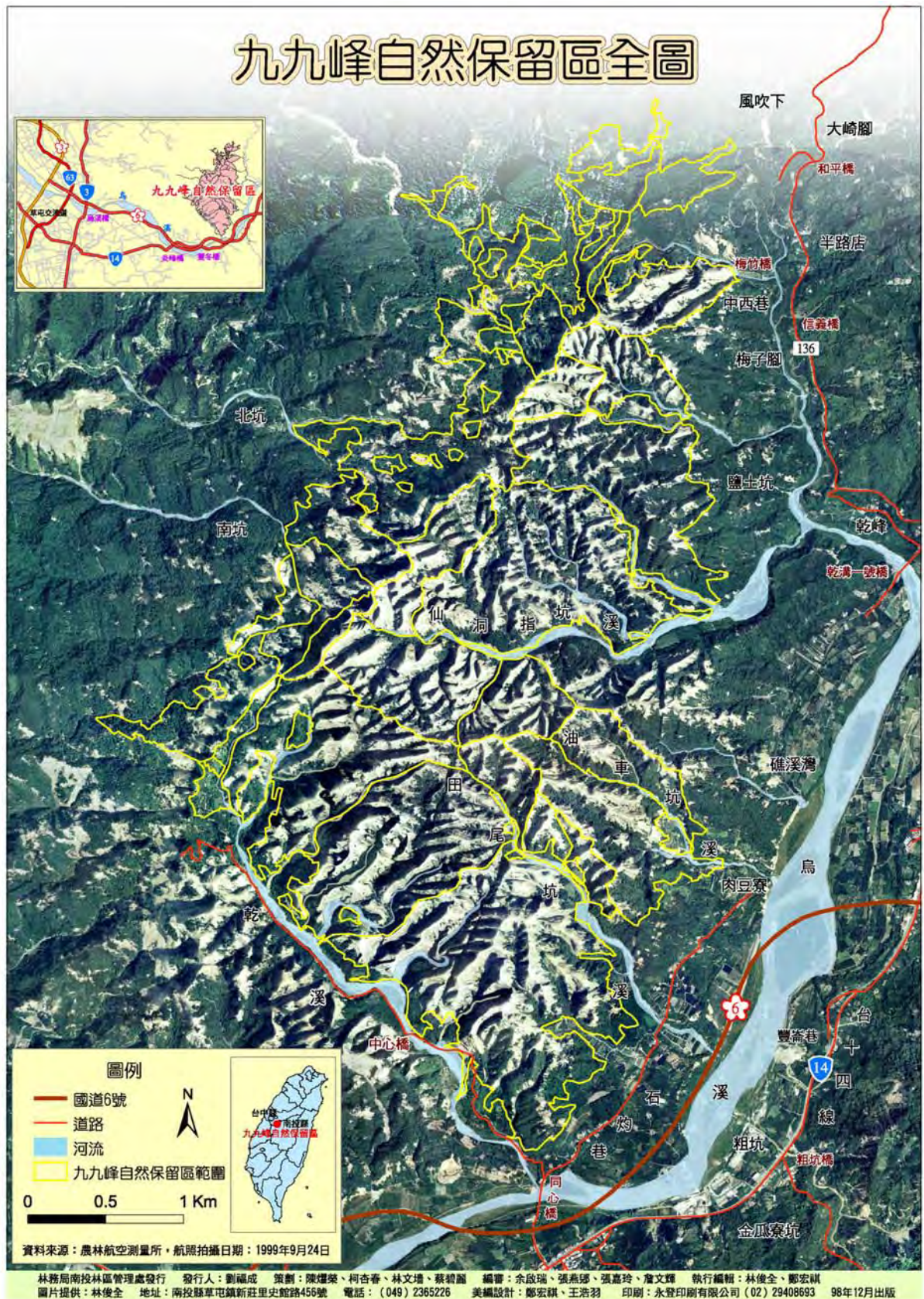


圖 72 摺頁樣稿背面

七、結論

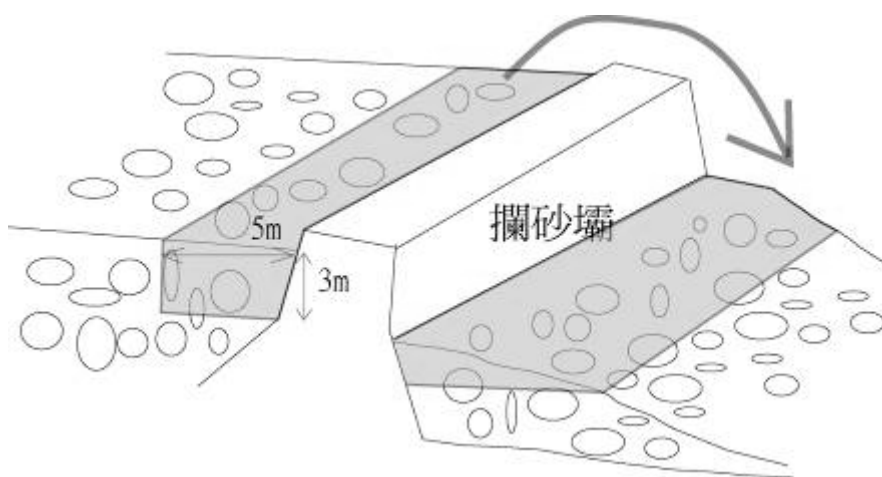
- (一) 本計畫持續進行東側及西側兩個自計式氣象測站的維護，以維持測站的正常運作。從今年 1 月至目前為止，除了東側測站在 7 月中至 9 月電力中斷，資料還算完整。本計畫希望透過東、西側兩個氣象站的資料，能夠更瞭解當地微氣候的變化，有助於管理單位進行災害評估及預防。
- (二) 降雨方面 8 月份最多在西側測站記錄月降雨量達 1338 公釐，其次為 6 月 683.2 公釐，其他月份降雨量並不多；而東側測站所量得的月降雨資料明顯較西側少很多。這與去年度降雨量的情況一致，降雨量主要還是集中於夏季受到颱風的影響最大。
- (三) 本計畫將及時通報系統設置於九九峰自然保留區東側自計式氣象站上，目前設定在 12 小時內累積降雨達 100 公釐，即會發送簡訊至相關人員手機上，以作為防災救災的應變參考。8 月 7 日-9 日莫拉克颱風其間因電力中斷，造成簡訊無法發出。
- (四) 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。以本自然保留區的現場教育宣導而言，以乾溪的中心農路為例，主要的原因是該區恰位於自然保留區的邊緣，造訪者並不需要進入自然保留區，便可以看到自然保留區內的地質地形特徵。本計畫所編印的解說摺頁內容，亦以該區為主。
- (五) 本年度已完成 921 地震前後數值地形資料的生產，並選定 5 條剖線觀察地形的變化。從剖線的分析結果來看，地震對於主要溪流的溪床影響並不大，支流的溪谷及邊坡兩側土石堆積較為明顯。
- (六) 在支流上游的河谷，由於河谷較窄，呈現 V 字形河谷，當邊坡發生崩塌時，堆積現象較明顯，在九九峰上游的河谷大部分呈現這樣的結果，估計堆積高度為 5-10 公尺。在主要溪流由於裸露的溪床大多為礫石形成的埋

積河谷，河道呈現 U 字形的河谷地形，在地震後溪床中間堆積並不明顯。從數值資料來看，大部分土石堆積位於坡腳處約 2.5-5 公尺高，表示土石並沒有往下游處搬運。

- (七) 本年度持續進行野外觀察與拍照記錄，在 2009 年 8 月 8 日莫拉克颱風後，可以明顯看到乾溪中心橋附近的溪床上有堆積 1 公尺的現象，另外在上游的攔沙壩颱風後也被土石淤滿，估計堆積有 3 公尺高。這些土石堆積的狀況，未來應持續觀察後續的演變。
- (八) 本年度已經完成摺頁及手冊的編輯，摺頁大小規格為 A2，手冊部分已完成排版及美工，頁數共 72 頁。
- (九) 本年度已經完成 2 場研習班的辦理。第 1 場辦理時間為 2009 年 5 月 16 日假南投林區管理處 3 樓禮堂及九九峰自然保留區舉辦。參加主要對象為管理處的志工，參加人數約 50 人。第 2 場辦理時間為 2009 年 6 月 11 日，假南投林區管理處 3 樓禮堂及九九峰自然保留區舉辦。參加主要對象為管理處及中部四縣市政府承辦保育業務相關人員，參加人數約 46 人。

八、建議

- (一) 繼續利用本計畫架設的自計式氣象站資料，讓管理處掌握即時的氣象資料，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。後續持續進行氣象資料的整理與分析，對於未來九九峰的致災條件可以有更進一步的瞭解。
- (二) 在九九峰自然保留區內溪流中的攔沙壩除了攔沙外，可減緩河床坡度降低侵蝕作用，但目前本區攔沙壩已相當密集，過去興建的攔沙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。建議在自然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。
- (三) 就河道變遷的觀測而言，由於許多攔沙壩皆蓋於自然保留區外或界線上，但由常引發河道淤積、沖蝕等問題。建議未來若要觀測河道的變化，可以將攔沙壩上游側河床挖出一定深度作為觀察基準。而挖出的礫石，可以置於攔沙壩下游側。



- (四) 國道 6 號目前已經開放通車，沿路可以欣賞到九九峰自然保留區的地形景觀。建議管理處可利用國道 6 號的視野，於適當媒體教育及宣導自然保留區的特殊地形景觀。
- (五) 利用九九峰歷年來的航空照片極具參考價值，可做為未來環境經理、教

育的參考。建議多加利用。

- (六) 由於九九峰自然保留區的大部分地區並不易進入，建議在入口處能設立告示牌，說明自然保留區的範圍以及限制內容。
- (七) 目前自然保留區的管理狀況良好，建議能繼續避免在自然保留區內有人為的工程設施。
- (八) 未來有關東、西兩側自計式氣象站的維護管理，建議管理處每年編列儀器的維護及資料傳輸預算，以持續記錄九九峰的氣象資料。建議由現場人員來進行維護及管理，以保持儀器的正常運作。

九、參考資料

- 大氣研究資料庫（2009）<http://dbar.as.ntu.edu.tw/>。
- 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。中央氣象局氣象資料。
- 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）臺灣中部地區崩場地植被恢復之研究，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 震災崩場地植生復育監測與評估。中華水土保持學報 32(1)：59-66。
- 林昭遠、蔡真珍、林家榮(2004)，「集水區崩塌區位分析與防治對策」，2004 坡地防災創新研發成果研討會論文集，第 119-128 頁。
- 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 震災崩場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(1994)，「礫岩邊坡沖蝕觀測之研究－以台灣中西部火炎山地區為例」，台大地理學報(17)，p47-64。
- 林俊全（2003）火炎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形調查及監測（1/3），行政院農委會林務局南投林區管理處。

林俊全（2008）九九峰自然保留區地質地形調查及監測（2/3），行政院農委會林務局南投林區管理處。

吳仁明(2006)，「礫石坡面土石流發生機制之探討」，國立中興大學水土保持學系博士論文。

周憲德(2002)，「土石流潛勢判定模式之研究(三)」，行政院國科會專題研究計畫成果報告，p23~40。

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。

徐永年、匡尚富、李文武、王力(1999)，「邊坡形狀對崩塌的影響」，泥沙研究，5：67-73。

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。

張石角(1987)，「山坡地潛在危險之預測及其在環境影響評估之應用」，中華水土保持學報，18(2)：41-48

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、吳俊鋁(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。

游繁結(1987)，土石流之基礎研究(一)：土石流發生機制之研究，中華水土保持學報，第 18 卷，第 2 期，第 28-40 頁。

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。

鄭凱文(2004)，「火炎山土石流地形特徵之研究」，國立中興大學水土保持研究所碩士論文。

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。

期中審查意見回覆

審查意見	
一、臺灣大學地質科學系謝兼任講師孟龍 1. p. 8—50 乃節錄自去年期末報告，建議：用「參見去年期末報告」一句取代即可。 2. 「東西降雨差異」是否及如何「影響地形變化」應已透過歷年航照判釋(五之四章)得到結論，不應淪為「後續監測及觀察的重點」。降雨形態勢必也影響植被。請同仁提供詳細植被分佈資料，驗證這個氣候差異現象的存在。 3. p. 51—54 圖 36—41，請標明是哪一個測站(東還是西?)。又，請呈現兩個測站的資料，並加以比較。 4. p. 55 最後一段，所設降雨警戒門檻值「12 小時累積雨量 100 公厘」的立論依據何在？另一方面，在透過航照、了解研究區近四十年來的侵蝕、堆積歷史之後，研究區的自然災害並非一門檻雨量即能充分解釋。正確的觀念應是：只要是下大雨或下過大雨，特別是在地震之後(即使震度只有兩、三級)，研究區溪流都處於潛在不穩定的狀況；若非需要，不宜進入。 5. p. 59(四) 摺頁及手冊宣傳品編輯：圖 47 字體太小，看不清楚，無法審查。 6. 圖 50 與 51 剖面：在經過 921 地震、山崩後，靠近 B 與 D 點裸露的邊坡坡面非但未呈現「侵蝕」狀態，反而「堆積」達十、二十公尺，請檢視資料正確性，並視需要利用合理的模式來修	1. 遵照辦理 2. 謝謝指教。本研究希望，持續進行分析東西兩測站資料分析。並請管理處提供植生資料來比較。 3. 遵照辦理。 4. 說明如 P68。預警值為提供管理單位防災上的參考。降雨時人員不宜進入此區。 5. 期末報告將輸出 A3 大小，以方便審查。 6. 謝謝指正，將檢視原始資料並修正。修正以重新

正。研究區溪谷的沉積物主要來自地震引發的山崩、落石；一次大地震後堆積在溝谷中的岩屑足以讓河流、土石流搬運三、四十年以上仍不枯竭。	繪製 5 條剖面，如 P.79(圖 62-66)
二、國立彰化師範大學地理系蔡教授衡 1、自然保留區為一難得之自然教室與科學研究對象，因此解說手冊與摺頁可多提供給各級學校作為輔助教材或戶外教學之用。 2、本案建議根據過去蒐集與分析資料，劃設敏感區或警戒區。	1.謝謝指教 2.謝謝建議。
三、臺中工作站詹先生文輝 1、感謝林教授對於本站執行定點植被覆率監測，給予寶貴的意見與指導。 2、今年恰好為 921 大地震屆滿 10 週年，本站於 98 年 7 月 24 日與鈞處陪同中天新聞台記者採訪拍攝九九峰自然保留區 10 年來地質、地貌與生態上的變遷情形；莊記者問及：921 地震後，九九峰是長高或是變矮？又地殼抬升作用，九九峰每年上升多少公分？ 3、P. 45，有關本站自 90 年度起長期定點植被覆率監測點為 19 點，至 97 年度起增為 32 個監測樣點。 4、摺頁簡介建議加入相關法令宣導。 5、解說手冊中有關生態資源部分、調查項目及內文有誤…照片與文字敘述有些不同，請確認並修正之。	1.謝謝指教。 2. 需比較地震抬升與礫石崩塌的差異。 3.謝謝指正。 4.謝謝建議。 5.謝謝指正。
四、治山課劉忠憲課長： 1、P. 11，有關本區野溪平均坡降是否正確（或過大），請依報告中溪流之主流長度及海拔高程差，再加以檢討。 2、本計畫選擇草屯雨量站來說明氣候環境，是否恰當，建請加以考量。	1.已修正，並繪製坡降圖，如 P.16 2.已加入中央氣象局雙冬測站降

3、本計畫研擬以 12 小時累積雨量達 100 公釐時，作為發佈簡訊通知警戒依據，為其適用範圍及有無後續應變作為，宜審慎說明或加以界定。 4、以地震前後之 DTM 高程資料來進行地形變化之研究，因其誤差值可達數公尺，是否有現地實測資料可做驗證？以確定資料之準確性。	雨量比較 P.33。 3.說明如 P.68-69 4.說明如 P.76-77
五、作業課 許文昌技士 1、本案報告書內之面積書寫方式有：平方公尺、公頃等，建議單位統一；另小數點以下 2 位即可。 2、P. 17，建議增列氣溫統計圖表。 3、P. 20 中提及『本區崩塌地除急需處置者外』，仍以自然恢復為宜，請問：崩塌地如何判斷急需處置？另本區內崩塌區域是否已趨向穩定？ 4、P. 37，有關歷年航照判釋成果，建議列表敘述分析比較，讓人較易瞭解其不同年度變化情形。	1.謝謝指導，將於文中修正。 2.見 P.65，表 8 3.有危害道路及居民安全優先處理。 4.謝謝指教。
六、育樂課蔡碧麗技正： 請將本處台中工作站自 90 年度起至今年（98 年）執行之定點植被覆率監測成果，擇優納入本案成果報告、摺頁及解說手冊中供參。	請台中工作站提供資料。

期末審查意見回覆

審查意見	
一、國立高雄師範大學地理學系齊教授士崢 1. 有關報告書中之第 27 頁所提研究方法，可改為執行方法或項目等。 2. 有關報告書中之第 39 頁所提：九九峰鄰近氣象站測站間降雨量比較值，建議將東測站與西測站比、雙冬站與草屯站比，不宜四站間比較；另可討論其差異原因，供管理處爾後經營管理參考。 3. 有關報告書中之相關照片、影像解說部分，請於其中增加適當符號、解說等，以增加可讀性。 4. 本研究目的或工作項目均已做，上次（期中）審查意見亦已參考修正，同意通過期末審查。	1. 遵照辦理。 2. 已重新比較，如 P. 40 表 3。 3. 遵照辦理。 4. 謝謝指教。
二、國立彰化師範大學地理系蔡教授衡 1. 有關本案之研究目的部份宜更清晰明確。 2. 建議將本調查觀測部份與推廣工作部份分開，另闢章節呈現，以使整份報告更具結構性，方便閱讀與瞭解。 3. 有關第 81 頁座標與圖例未標示，請補充並將侵蝕與堆積標示清楚。	1. 謝謝指教。 2. 已重新調整大綱。 3. 已標示。
三、行政院農業委員會林務局許技正曉華 1. 有關報告書中之「自然保留區」的名詞，宜在本報告中統一。 2. 有關報告書中之第 24 頁，所引用陳添水的研究及林務局統計崩塌面積與本自然保留區的崩塌比例乙節，請再釐清。 3. 有關報告書中之第 39 頁，第 6 行所提測站位置圖應為圖 12，請修正。 4. 有關報告書中第 7 行所提本計畫所架設之兩個測站，西站與草屯站之之日降雨量差異達 193.7 公釐是否為東測站？，請確認之。 5. 本計畫已達原委託目的提出預警系統，但今天無法順利發出簡訊，請老師協助解決之。	1. 已修正。 2. 刪除該段落。 3. 已修正。 4. 已重新分開比較 P. 40 表 3。 5. 目前簡訊系統測試正常，未來

6. 請管理處選本區適當地點，應用老師提供的資料製作解說牌。	在颱風前應檢查簡訊系統是否正常。 6. 謝謝指教。
四、臺中工作站詹先生文輝 1. 首先感謝林老師對本站所執行九九峰自然保留區定點植被覆蓋率監測的指導及給予許多寶貴意見，另外林老師也非常熱心到本站所輔導執行之社區林業計畫--猴洞坑社區，現場勘查其特殊地景，並給予日後發展生態旅遊的諸多建議方向。 2. 報告書中之第 64 頁圖 49，8 月西側氣象站資料統計圖表右軸，雨量最大刻度設定 50mm，好像太小，因為在第 65 頁中有提到 8 月 7 日~9 日莫拉克颱風期間最大時雨量達到 92.5mm，而單日降雨量也超過 50mm。 3. 報告書中之第 94 頁建議 3，示意圖中於攔砂壩上游挖深 2m 的深度，是否會太淺，因以今年度莫拉克颱風降雨量為例，攔砂壩深 3.1m，一次就填滿了，是否需要挖深一些？ 4. 有關解說手冊部分： （1）在第 8 頁之地理位置，請修正為埔里事業區第 8-13 及 15-20 林班，台 14 線公路及國道 6 號；另交通路線，南下、北上均未有國道 6 號的交通資訊，但交通路線圖中有標示國道 6 號，建議增加之。 （2）報告書中之防砂壩照片，颱風前及颱風後需對調。 （3）第 41 頁、第 53 頁、第 64 頁、第 68-71 頁等之照片，非屬九九峰區內，請抽換之。	1. 謝謝指教。 2. 本計畫原始資料為半小時 1 筆。 3. 已改為 3 公尺。 4. 遵照辦理。
五、育樂課蔡技正碧麗 1. 本報告書中之中、英文摘要，請單頁獨立呈現。 2. 本案封面之行政院農業委員會林務局保育研究系列編號，請修正為 98-04-8-01。 3. 報告書內文中之年、月、日；九二一地震或 921 地震之書寫，	1. 遵照辦理。 2. 遵照辦理。 3. 遵照辦理。統

請統一用西元或民國呈現。 4. 期末審查意見回覆請納入結案報告書中。 5. 圖 55 陳耀榮副處長…。「耀」，請改成「耀」。 6. 第 49 頁表 6 之註解：97 座標系統，請修正為 TWD97 座標系統； 第 13 頁圖 1 九九峰自然保留區林班地及水系分布圖之圖例 ” □0” ，請去掉。	—改為 921 地震。 4. 遵照辦理。 5. 已修正。 6. 遵照辦理。已修正。
六、育樂課張技士嘉玲 1. 文中第 79-83 頁之表格座標單位，請標明。 2. 文中第 123 頁之圖 94 標為圖 942，請修正為圖 94。	1. 已修正。 2. 已修正。

附錄一：野外監測樣點說明

	
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塌地；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 73 樣點 1：中心橋旁崩塌地觀測(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 74 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 75 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 76 樣點 4：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩塌地觀測(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塌地，在 2004 年邊坡上的崩塌地已長出植生，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 77 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 78 樣點 6：埔里事業區第 14 林班過中心橋左崩落地觀測(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 79 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 80 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 81 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 82 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 83 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 年崩塌地已發育至下邊坡，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 84 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 85 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 86 樣點 14：埔里 10 林班小北坑前(227431,2660824)

附錄二：歷年航照



圖 87 1976 年航空照片

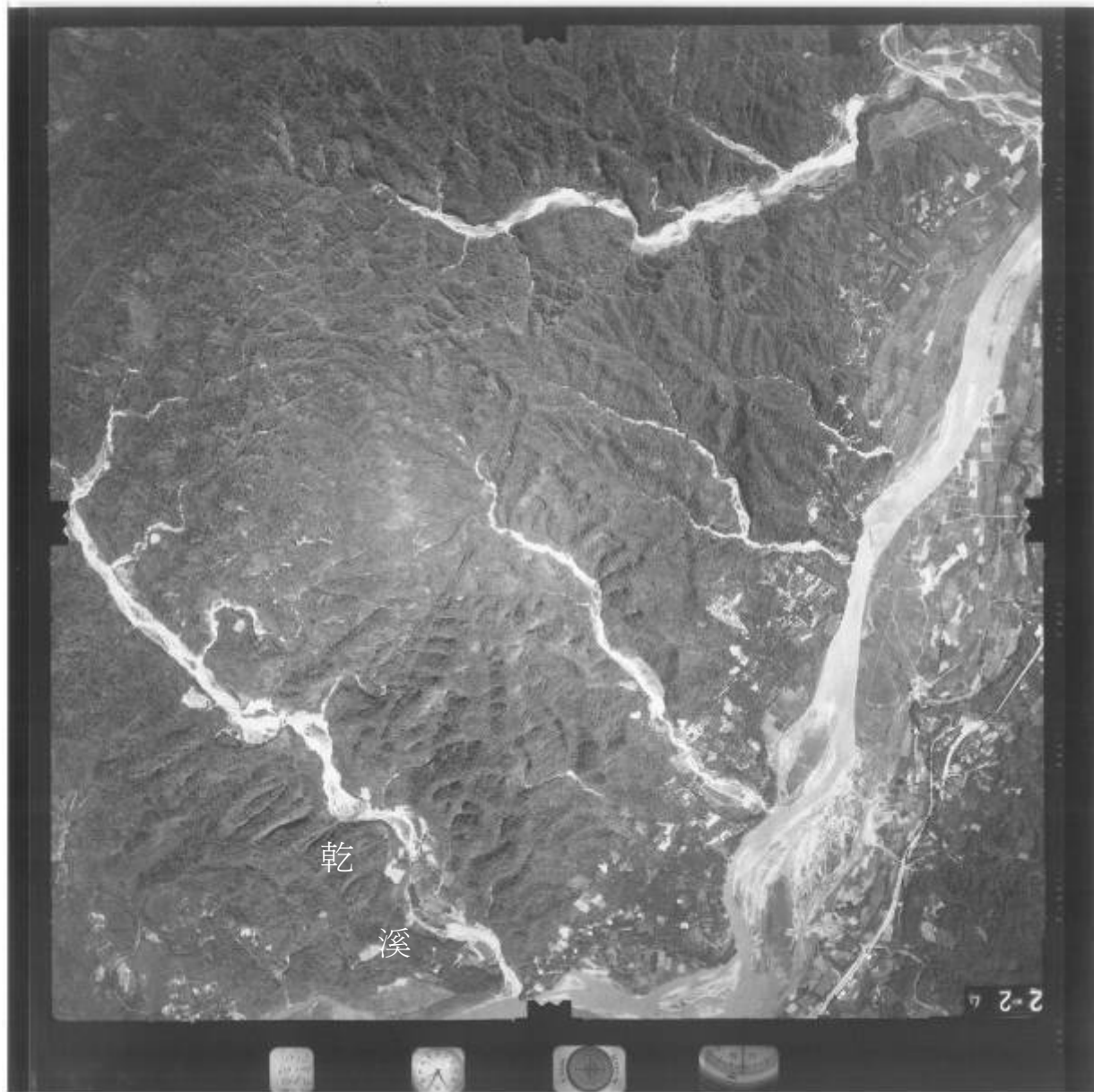


圖 88 1987 年航空照片

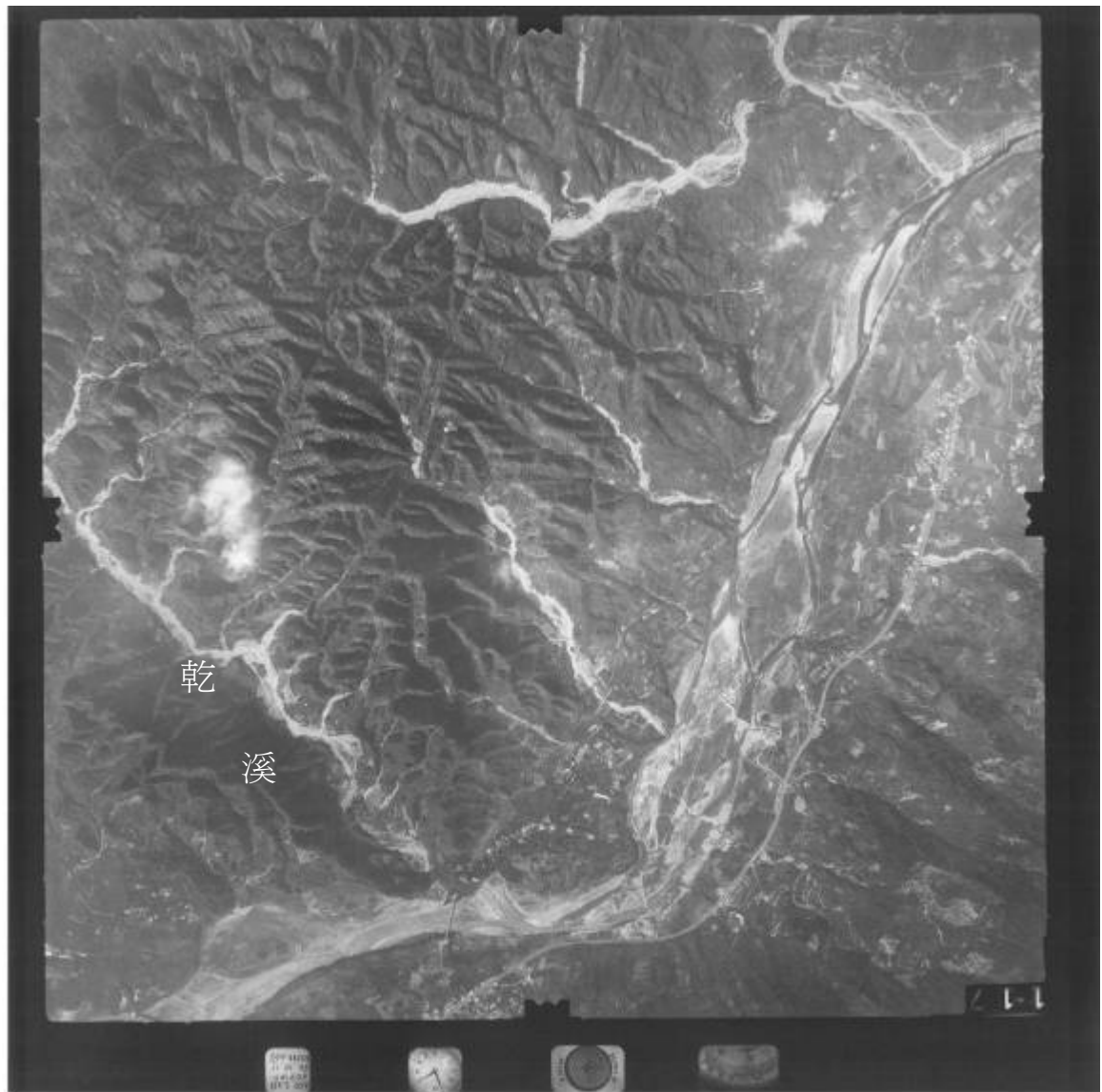


圖 89 1991 年航空照片



圖 90 1998 年航空照片

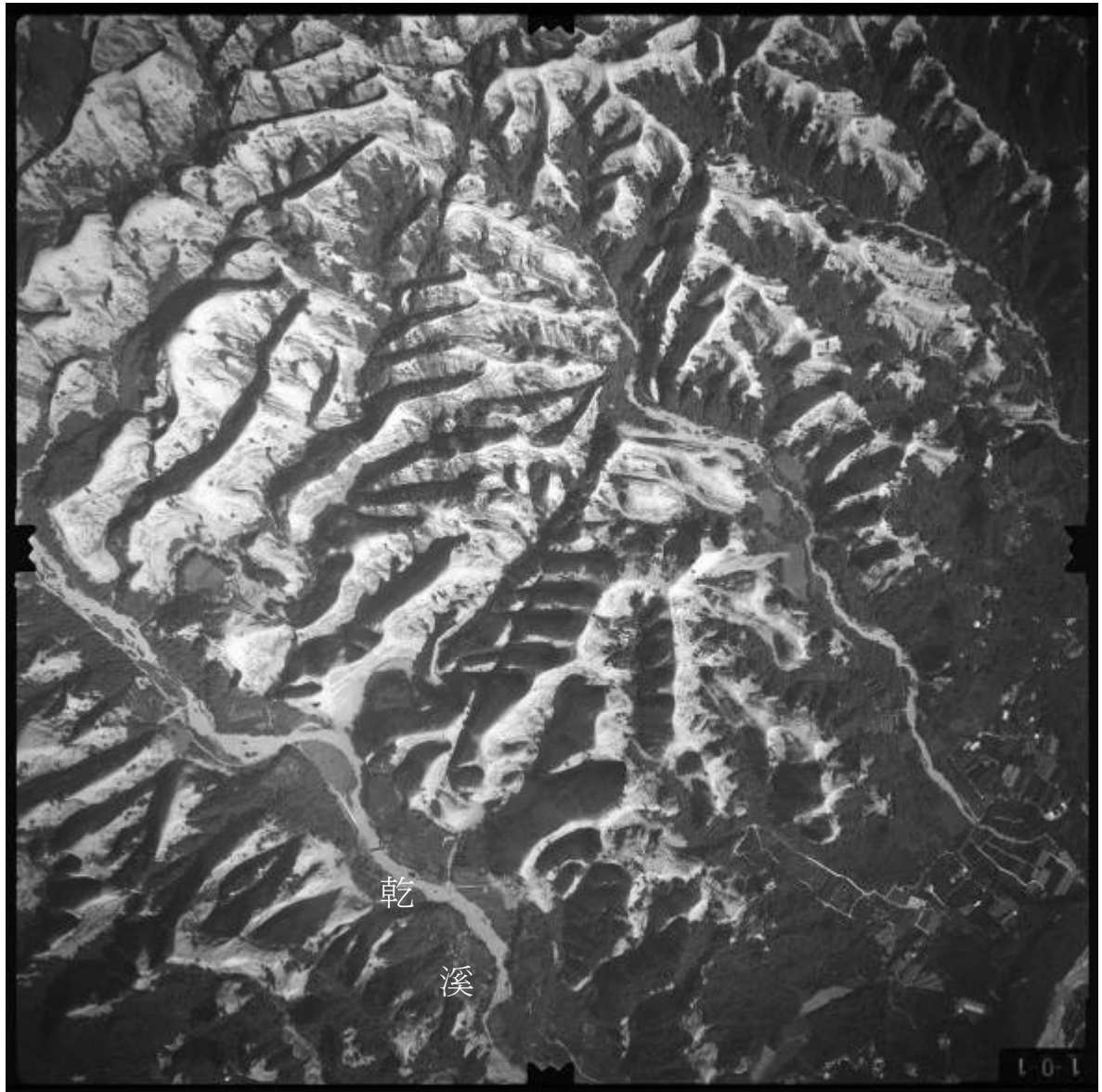


圖 91 1999 年航空照片



圖 92 2002 年航空照片



圖 93 2005 年航空照片

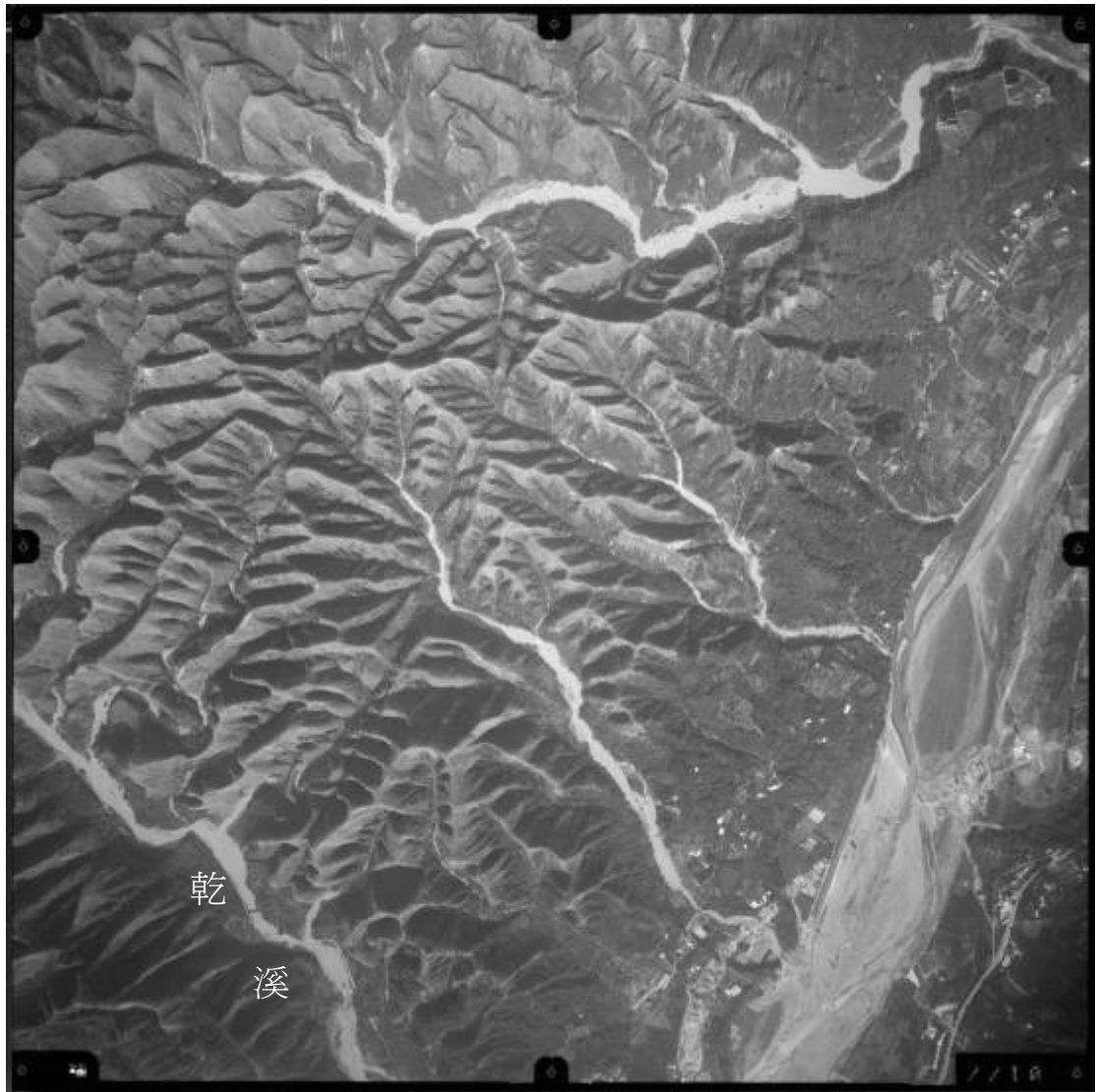


圖 94 2006 年航空照片



圖 95 2007 年航空照片

附錄三：歷年航照比對說明

第 1 區（圖 96）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 921 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 97）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 921 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 98）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 921 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。

第 4 區（圖 99）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 100）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 921 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 101）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 921 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。

第 7 區（圖 102）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塌地，裸露的溪床上土石堆積也相當明顯；至 1984 年崩塌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塌地；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 921 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 103）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塌地，裸露的溪床上也堆積許多土石；至 1984 年崩塌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 921 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 104）位於土南坑溪的上游，1976 年的颱風在此區造成許多崩塌地；至 1984 年崩塌地已完全被植生所覆蓋；1991 年有許多崩塌地的產生，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 921 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。

第 10 區（圖 105）位於九九峰自然保留區的最北端的野溪，1976 年可看到幾處崩場地，至 1984 年大部分崩場地已經長出植生；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場地，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 年大部分崩場地以恢復植生，至 2007 年植生更為茂密，顯示本區已趨於穩定。

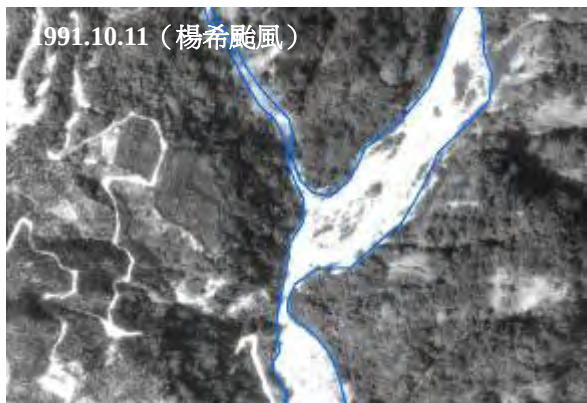
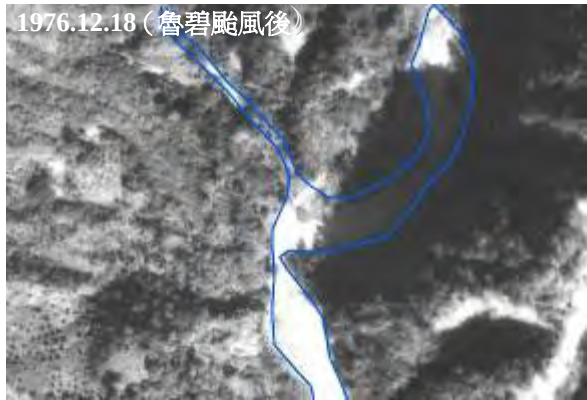


圖 96 第 1 區歷年航照影像圖 (藍色框線為裸露的溪床位置)

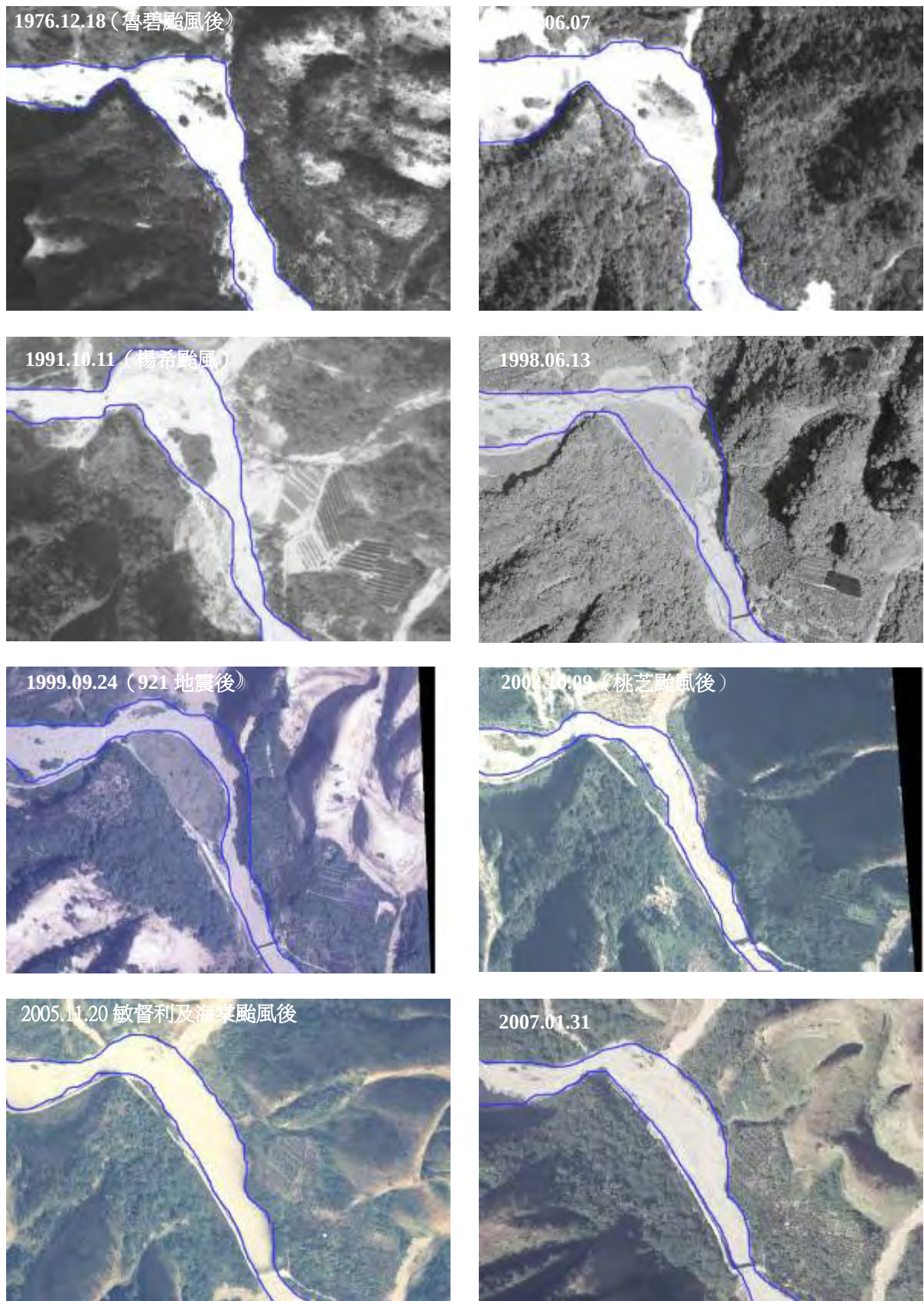


圖 97 第 2 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

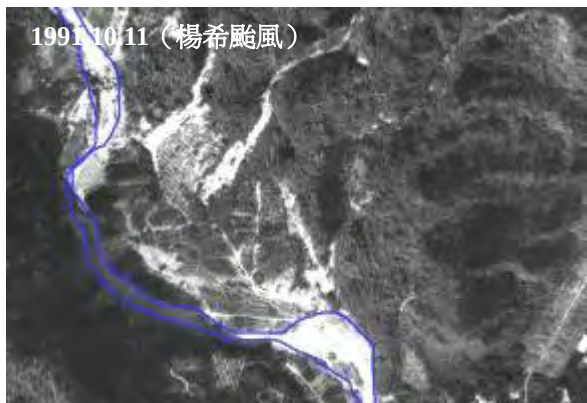
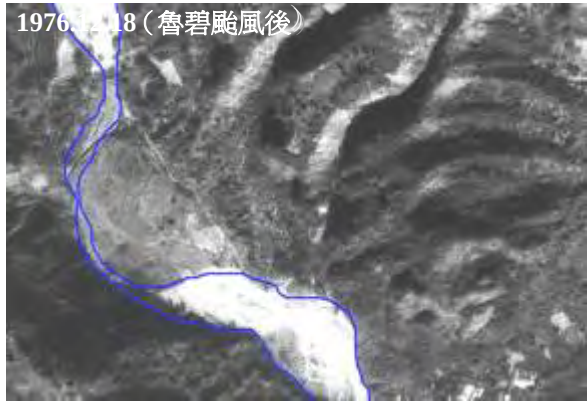


圖 98 第 3 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

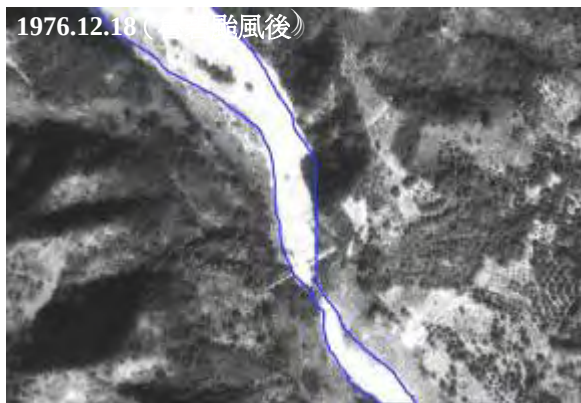


圖 99 第 4 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

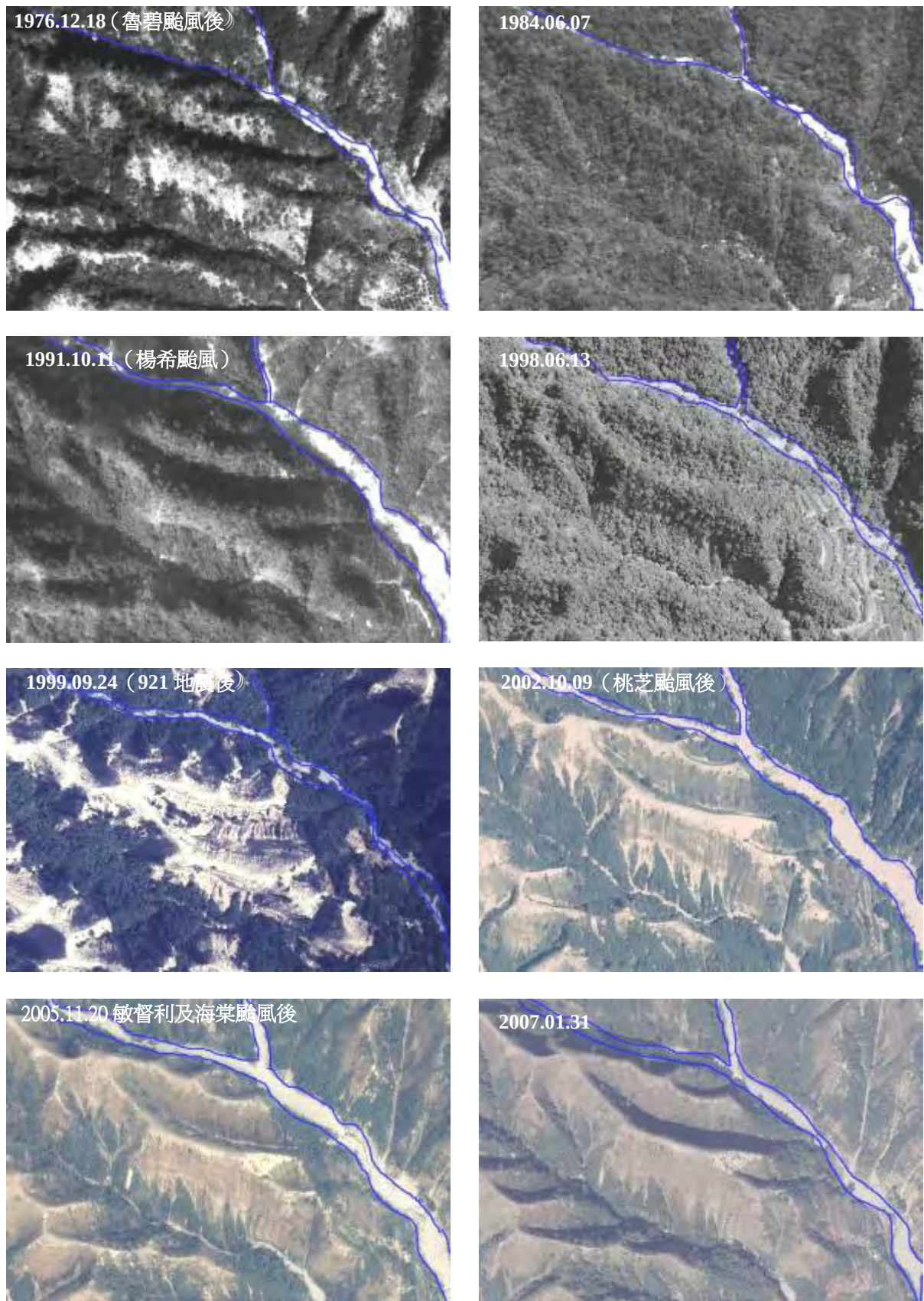


圖 100 第 5 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

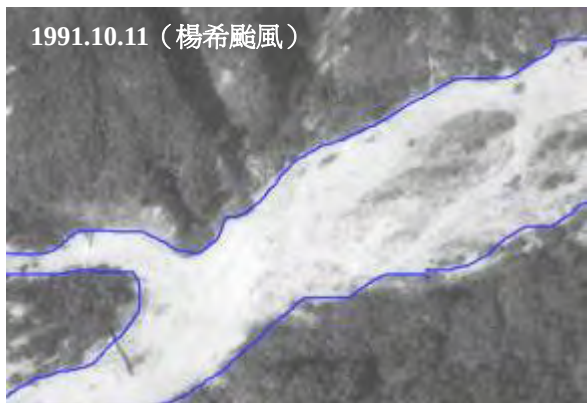
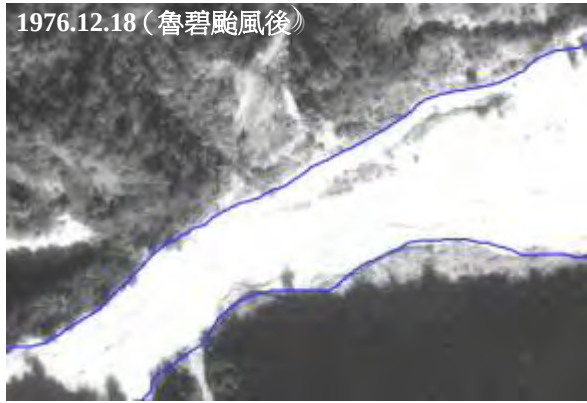


圖 101 第 6 區歷年航照影像圖 (藍色框線為裸露的溪床位置)

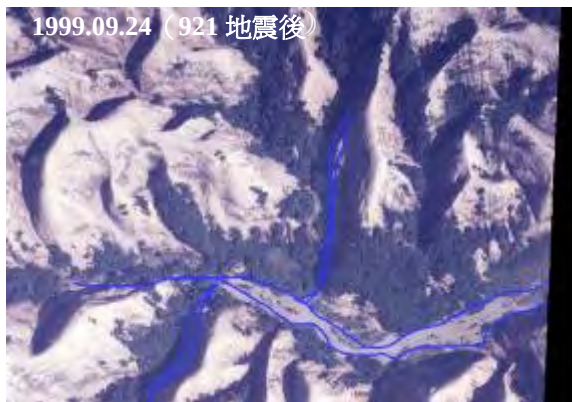
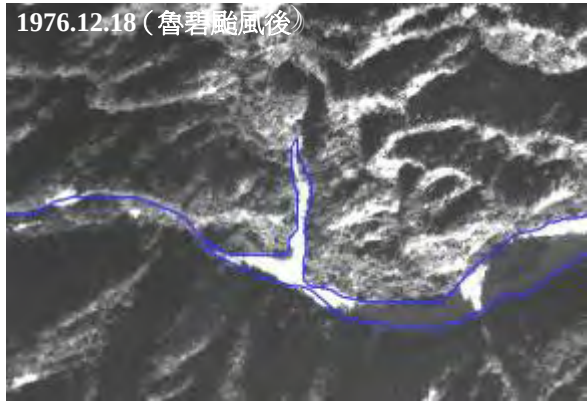


圖 102 第 7 區歷年航照影像圖 (藍色框線為裸露的溪床位置)

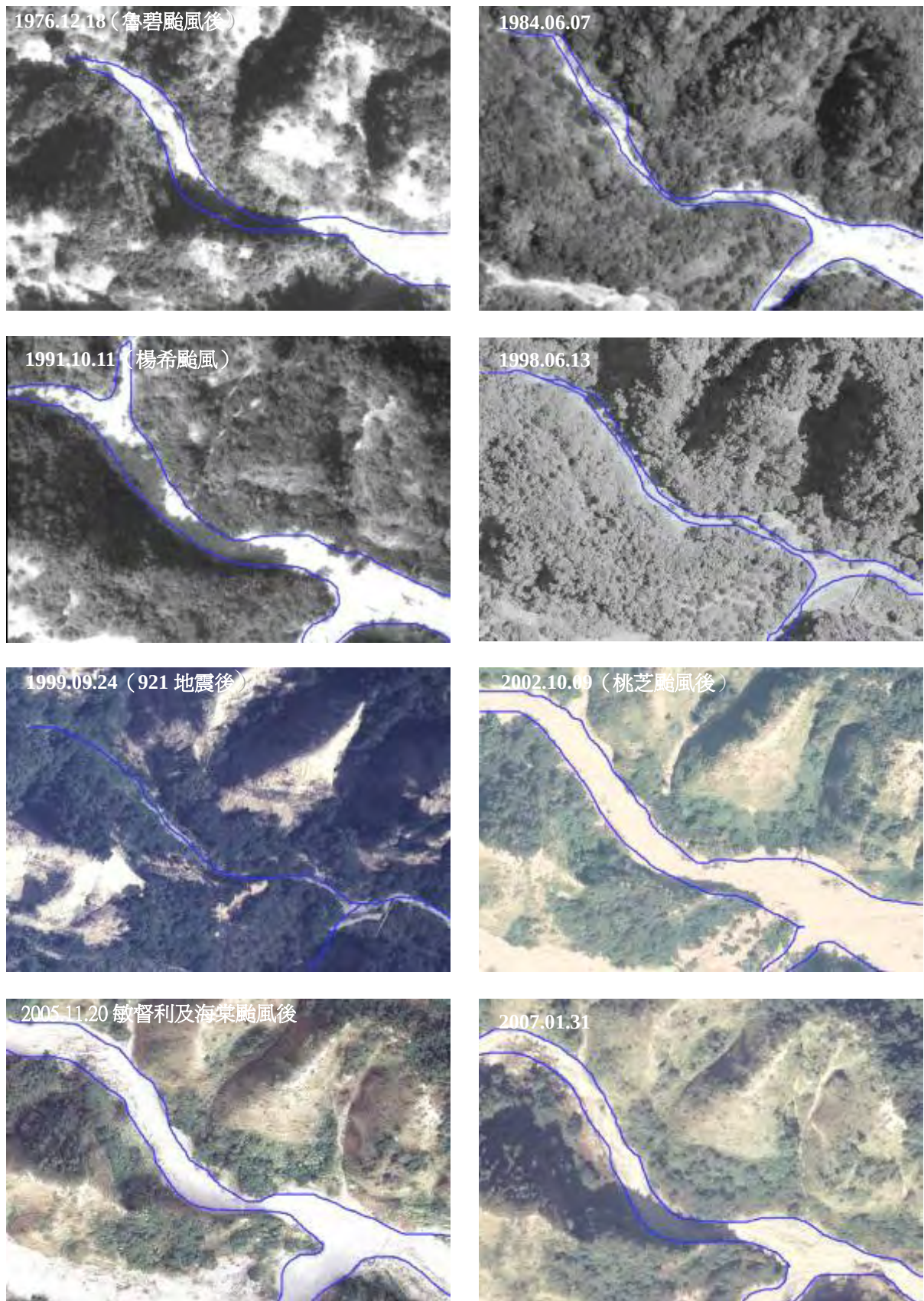


圖 103 第 8 區歷年航照影像圖（藍色框線為裸露的溪床位置）

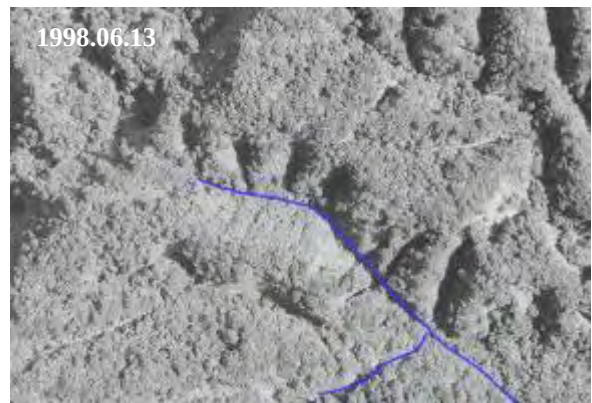
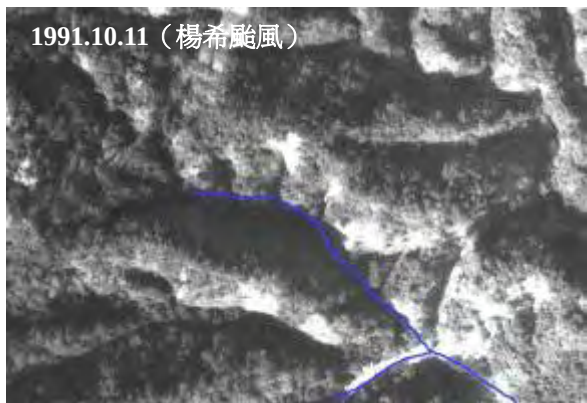
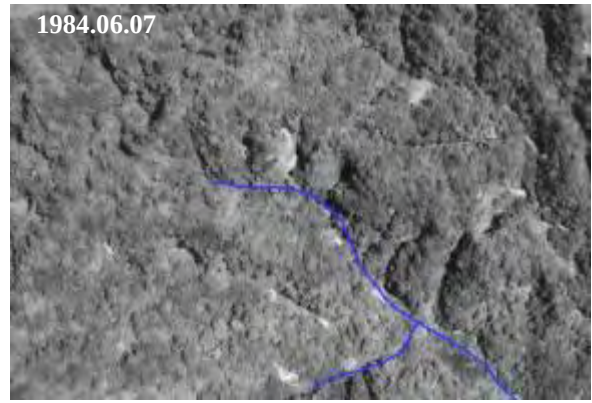
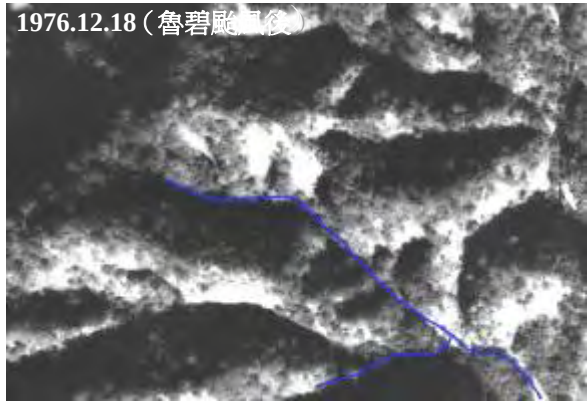


圖 104 第 9 區歷年航照影像圖 (藍色框線為裸露的溪床位置)

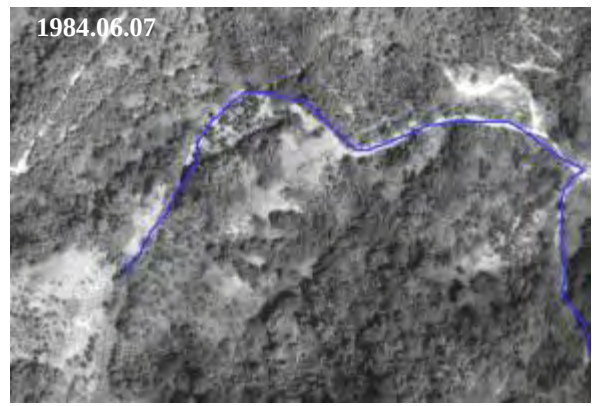
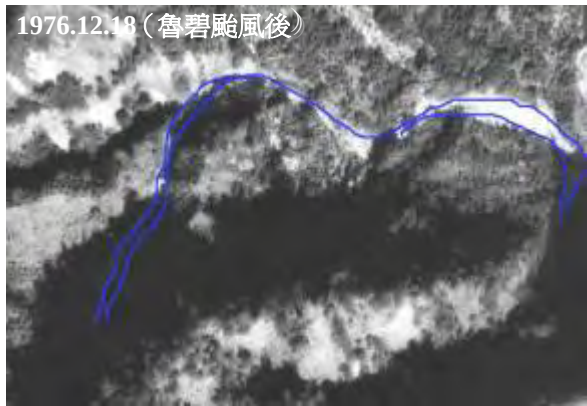


圖 105 第 10 區歷年航照影像圖 (藍色框線為裸露的溪床位置)

附錄四：地景保育研習手冊

臺灣的特殊地形景觀

台灣大學地理環境資源學系

林俊全教授

一、前言

台灣是一個位於西太平洋的一個小島，在歐亞大陸板塊以及菲律賓板塊的碰撞交界帶上，地質破碎且多斷層，加上氣候上的氣溫高、濕度大、降雨量大、降雨集中等特性的影響，塑造出豐富珍貴且多樣的地形、地質景觀。比之於全世界，地形的多樣性與珍貴性，也毫不遜色。說明了這個小島，麻雀雖小，五臟俱全的地形特色。

台灣地形景觀大致分成下列幾個類型：(1) 山岳型：包括了台灣三千公尺以上的高山與一千至二千公尺的中級山。至於一千公尺上下的山丘中，尤其是北部的七星、大屯火山，又是另一種景觀。(2) 海岸型：包括了台灣北、中、南、東部的不同海岸類型外，更包括幾個主要離島。(3) 河岸型：包括主、次要河川與支流和小溪。河川的上游、中游、下游的景觀類型皆不同。(4) 地質型：包括因為岩性所造成的景觀，例如泥岩所造成的惡地地形、礫岩所造成的火炎山地形、岩漿所造成的錐狀火山地形與玄武岩方山地形、泥岩泥漿噴出所形成的泥火山地形。(5) 作用型：包括各種地形作用所造成的地形，例如溶蝕作用所造成的石灰岩地形。(6) 其他型：包括其他因為人為的文化特質（例如溫泉的利用）乃至於宗教因素（例如各種山形的膜拜與聖山靈地等）而具有特殊地形景觀等。

當然上述的分類僅就其地理位置與地形特徵區分，各類彼此會有重疊與互補的現象。同時，地形景觀也會依照不同的氣候（例如高山上的雲海和晴雨）、不同的時間（例如春夏秋冬與早午晚）、不同的大小尺幅（例如板塊運動所造成的大規模海階與河階、小的活斷層剖面及因差異侵蝕所造成的小地形如豆腐岩等）而有所差異。如此的差異，造成了台灣地形景觀的多樣性、獨特性與珍貴性。與世界其他國家相比遑不相讓，的確是非常值得我們珍惜。

這些多樣的地形，便是孕育萬物的舞臺，也是我們立命安身的棲地。

二、台灣的山脈與主要高山

就地殼構造運動以及岩性而言，臺灣位於亞洲大陸的東南緣，由於其地處歐亞大板塊與菲律賓海板塊的碰撞帶上，受到大地構造作用的強烈擠壓，地形反映出地質的背景。台灣的五嶽三尖以其高大、山勢尖銳兩項因子，被公認為本島諸山之首。其中，玉山主峰高達 3952 公尺，是東亞地區第一高山。五嶽三尖的高度分別如下：

五嶽：玉山	3952 公尺（舊圖 3997 公尺）
雪山	3886 公尺（舊圖 3884 公尺）
秀姑巒山	3824 公尺（舊圖 3860 公尺）
南湖大山	3742 公尺（舊圖 3740 公尺）
大武山	3092 公尺（舊圖 3090 公尺）
三尖：中央尖山	3705 公尺（舊圖 3703 公尺）
大霸尖山	3492 公尺（舊圖 3505 公尺）
達芬尖山	3208 公尺（舊圖 3220 公尺）

高山區係指平均海拔高度大於一千公尺的山脈，可次分為下列幾個山脈：

1. 中央山脈：受到大地構造的擠壓作用，中央山脈的岩性多有變質作用，其變質程度東西側有明顯不同；西側之岩性以硬頁岩及板岩為主，地勢上較為緩和，東翼則變質較劇烈，地勢較陡，常見的岩石如片岩，大理岩和片麻岩等。其中秀姑巒山為最高的山，海拔高達 3824 公尺。
2. 雪山山脈：本山脈北起三貂角，南至八仙山，岩性以硬頁岩及板岩為主。雪山海拔高達 3886 公尺，為雪山山脈最高山峰。雪山山脈中最負盛名的除了雪山之外，還有素有世紀之山的大霸尖山與品田山、桃山、喀拉業山。
3. 玉山山脈：本山脈北起八仙山，南達荖濃溪上游，地質與雪山山脈類似。玉山國家公園是位於台灣中部的高山型國家公園，主要位於玉山山脈上。還有高山地區的草原景觀。玉山地區又是台灣幾條主要河流流域的分水嶺，諸如往北的陳有蘭溪，上游抵八通關。使八通關成為自古以來的埡口通道，著名的八通關古道便為一例。而荖濃清溪則由此向南流下。楠梓仙

溪(玉山山脈東側)則由塔塔加鞍部(玉山山脈西側)南流。

4. 阿里山山脈：北起濁水溪，南止曾文溪，東臨中央山脈，地質組成以砂、頁岩層為主。阿里山地區觀賞日出最負盛名的塔山，也是本區重要的山峰。阿里山山脈在台灣的山脈中雖然較小，卻是台灣的高山過渡到丘陵平原的地帶。
5. 海岸山脈：是近數百萬年來板塊碰撞出來的山脈，地質上含有許多碎屑物質組成的沈積岩、火山岩。海岸山脈北邊的山較低，最高的加路蘭山也才 732 公尺高。海岸山脈漸漸往南變高，最高的新港山海拔 1682 公尺，而頗負盛名的都蘭山海拔 1190 公尺，矗立於海岸山脈南端，也形成特殊的地景。

三、台灣的火山、丘陵、台地與盆地群

影像上也可以很容易辨識台灣的火山、丘陵台地、海岸平原與盆地地形。

1. 台灣地區主要之火山群有二，一為台北市北郊及西郊之大屯火山群，岩性組成為安山岩及其碎屑岩；二為東北部之基隆火山群，岩質皆屬安山岩。台灣北部地區的火山因為岩性偏向酸性，也就是會形成較為濃稠的岩漿的關係，多呈現錐狀或鐘狀的外貌。因此也有放射狀水系的外觀，其中以大屯火山地區最具代表性。
2. 丘陵台地區：丘陵區的海拔高度在 1000 公尺以下，雖然也是山地，丘陵地則為台地、沖積平原與山地的過渡地帶。由影像上看來，較為破碎，被河川切割的程度較為明顯。同時也有許多的水庫分佈，例如翡翠水庫、石門水庫、明德水庫、曾文水庫等，都是分佈在丘陵地上。主要的丘陵地有如竹東丘陵、苗栗丘陵、斗六丘陵、嘉義丘陵與新化丘陵。
3. 台地的地形：主要是由於河流沖積的沖積層，因為地殼抬升，而形成一個塊狀的平坦地形。台地的組成物質，有許多的礫石層的分佈，由於礫石層的膠結較不好，因此較為鬆軟，也較為容易受到侵蝕。主要的台地有如林口台地、桃園中壢台地、平鎮台地、伯公岡台地、湖口台地、后里台地、大肚台地與八卦台地等。以林口台地而言，原有的平坦地形便被河水切割成為許多河谷分佈的地形。
4. 第四紀沖積平原：地質組成為第四紀沈積之泥、沙、礫石堆積層，沈積物

來源來自於其上游之高山區及丘陵台地區。所謂的第四紀主要是指地質年代上，大約一萬年來的時間所沖積出來的沖積平原如嘉南平原等。位於台灣東部海岸山脈與中央山脈間的花東縱谷北起花蓮市南方，南迄臺東市附近，為一狹長谷地，是縱谷西側的歐亞大陸板塊與東側的菲律賓海板塊中的呂宋島弧相碰撞後的縫合線。菲賓海板塊本來離歐亞大陸板塊很遠，不過它以每年約 7 公分的速度向歐亞大陸板塊慢慢靠攏，造成現在花東縱谷寬僅 2~5 公里的板塊接合處。這個縱谷也是花蓮溪、秀姑巒溪與卑南大溪沖積出來的沖積平原。

5. 台灣的盆地：台灣的盆地大致可以分為幾個主要的盆地，諸如台北盆地、台中盆地、埔里盆地群以及東部海岸山脈的泰源盆地等。以臺北盆地為例，台北盆地外形略呈三角形的形狀，範圍約與 20 公尺等高線一致，地勢東高西低。大漢溪從樹林附近進入臺北盆地，新店溪貫穿三角形底邊，在萬華附近與大漢溪合流，基隆河由南港進入盆地，三河匯流後在關渡流出盆地；盆地周圍山地環繞，北有大屯火山群；東北有內湖丘陵與大武崙山脈；東南有南港丘陵及五指山脈；南有清水坑地塊；西南有山仔腳山塊；西為林口台地，西北為觀音山塊。

四、台灣的海岸地帶

臺灣海岸線全長 11.39 公里，一般甚為平直。因海岸線平直，故缺乏天然港灣，較佳之港口僅有基隆和高雄二處。雖然臺灣島的海岸線一般而言甚為平直，但因構造運動的擠壓，以及不同的氣候狀態和岩層軟硬的不同，使海岸地形富有變化，各地區各有其特色，海岸地形景觀變化萬千。

因此，東西兩區之海岸景觀截然不同，其生態資源以及土地利用類型也大異其趣，形成台灣海岸自然環境與國土資源之基本骨架。此處配合著衛星影像，分別大致由台灣的東邊與西邊說明台灣的海岸地帶的特色。

（一）台灣的北部與東部海岸地帶

淡水至金山為火山邊緣緩坡地與海岸地帶，海岸線較平直，僅有堅硬火成岩露出之處形成海岬或較低之海崖。從金山到三貂角，地層走向和海岸直交，受海水侵蝕作用非常明顯，岩石較軟處被侵蝕成海灣，易蓄沙成沙灘、岩石堅硬則突

出海面成海岬，海岬和海灣等地形重覆排列，為臺灣最具變化之岬灣海岸。東部海岸地帶，以斷層海岸地形為主，主要的原因是因為地殼擠壓，有些海岸因為地殼分別抬生與陷落，形成台灣東部有落差極大的海岸與海崖，也有正在隆起的海岸山脈。北方澳至花蓮及臺東至出風鼻間的海岸，均屬於斷層海岸，以陡峭山壁的海崖為主要特徵。海崖之下，地形直落，海水深度陡降。波浪直襲海岸，為侵蝕後退型海岸。

就三貂角以南的地形而言，大澳到頭城的海岸係屬雪山山脈北段東側(長約22公里)，海岸距第一條山稜線皆在三公里以內，海岸線曲折、緊臨山坡部份，則多以陡坡或海蝕平台與海相接。整個海岸線大致呈東北-西南走向。基本上本段屬於海蝕地形分佈區。海蝕平台自大澳往南持續分佈到蕃子澳。海蝕平台呈狹長帶狀分佈，寬可達150公尺。單面山及豆腐岩分佈為主，間亦夾雜著海蝕平台及沙灘。海蝕平台規模是台灣地區最大的。林朝棨(1957)將本段稱為礁溪斷層海岸，便是取此段海岸的陡峻。著名之草嶺古道即由大里西側之便道翻越此斷崖到三貂嶺、福隆。斷崖一直由此往南延續到蘭陽溪的溪谷，甚至延伸至台中縣與宜蘭縣交界的思源啞口。由衛星影像可以看出地貌變化非常大。沿著此斷崖，除了整體的斷崖地形非常平直外，由山區陡降至沖積平原，地形變化非常大。

頭城到北方澳的沿線，屬於蘭陽平原的一部份，主要由打馬煙溪、蘭陽溪、冬山河為主沖積成的沖積平原。海岸平直皆呈沙岸，唯於蘭陽溪口北岸略呈凹狀，是因為海岸侵蝕所致。由於東北季風作用盛行，沙丘於海岸地帶隨處可見。雖部份已被整為建地、墓地、養殖漁業或農地，唯多處於背風側，或沙丘間低窪地。同時這些農地也因為土壤質地以沙質土為主，出產西瓜、花生等作物。海岸沙丘呈數條直線狀平行排列，沙丘高達10—20公尺。蘭陽溪的南側具有數條平行沙丘分佈，尤以利澤地區最為顯著。海岸沙丘的形成並直接影響蘭陽平原上冬山河，得子口溪入海的方向，也增加了河水留滯平原內的時間。蘭陽溪口更因為寬廣的河口濕地，形成重要的濕地與水鳥的棲息生態環境。

北方澳到新城一段的海岸中，北端之蘇澳灣呈沈水內灣(林朝棨, 1957)，形成重要的天然港口，民國60—70年代，蘇澳港的擴建，也成了十大建設之一。南方澳則有一陸連島，由高約5公尺的連島沙洲相連，目前成為重要的漁港，與北方澳互相輝映。本段之海岸地形以斷崖為主，只有和平、南澳及東澳為主的河谷沖積平及三角洲。這幾條河每年都帶來相當大量的沖積物，雖然海水仍日以繼夜的侵

蝕海岸，這些沖積物，仍能使河口都變成向外延伸成半圓形的沖積扇三角洲，也可見沖積物的總量非常多。本段又以蘇花斷層海岸著稱。斷層作用使山地與海面的落差加大，自分水嶺至海濱水平相距不過30公里，高差竟達3000公尺的情況下，河床坡度甚陡，加上雨量豐沛，溪流的侵蝕異常劇烈。而山坡陡峻，變質岩因為地殼的擠壓，使節理發達，岩石非常破碎，加上地震、颱風頻仍，使山崩作用盛行。

花蓮平原主要是花蓮溪沖積出來的平原，由衛星照片看花蓮平原，除了淺綠色的方塊，主要為農業土地利用外，有許多的聚落，這些聚落呈現著細碎的色調。而主要的聚落則是花蓮市本身。花蓮平原與中央山脈間地貌變化非常大，由陡坡一下子變成平原。通常這樣的地貌，告訴我們這交界處常常是有斷層或重要的地質構造通過。在衛星影像上，呈現著近似直線的特徵，該直線特徵又稱為線形。在台灣地區的影像上，常常呈現出類似的線形，這裏是一個例子，上述的礁溪斷層海岸也是一個例子，台灣西南部的屏東潮州斷層，也是一個由山地突然變成沖積平原的線形特徵。

海岸山脈東麓海岸因為海岸沿著大陸斜坡邊緣，山脈離海岸不遠。靠海的地方，呈現的海岸地貌，大多是一個個的海階，也是因為地殼擠壓隆昇的結果，使海岸平原隆昇變成了海階。這些海階也是許多考古遺址的所在地。像都蘭便是位於一個非常大的海階上。花蓮至臺東間之海岸富有海階地形和海蝕平臺、海蝕洞、海蝕凹壁、顯礁和隆起珊瑚礁。

海岸山脈南端的台東三角洲平原為一平緩而稍向東南傾斜的平原，部分地勢低平，主要為卑南大溪的沖積平原。沿岸為沙灘，並有沙丘分布。更往南的大武斷層海岸，因受大武斷層的影響，呈現出平直的岩岸，除太麻里溪、金崙溪、大溪及大武溪等河口有小型三角洲外幾無平地。高潮時海水常淹沒沙灘直逼崖下，造成公路路基的淘刷。

（二）台灣西部與南部的海岸地帶

再從台灣的西邊由台灣北部往南看去，首先會看到的是台灣北部的七星、大屯山區，雖然這些地方山頂有些雲，然而仍可以看見成放射狀的水系在火山的四周。台北盆地則呈現近似三角形的外觀。也可以看出台北盆地似乎是被雪山山脈、七星大屯火山區與林口台地所夾包。

林口台地則被河水切割過，雖然仍有部份的平坦地形位於台地頂部，但可以

看出崎嶇的地形，已經不復當年剛被隆起時的寬廣平坦面。與林口台地相接者，為桃園台地。二者以南崁斷層為界。接近直線形的南崁斷層由人造衛星影像可以一目了然兩側的地形變化。

桃園台地與中壢台地上有許多的埤塘，以許多大小不同的圓點分佈於此區。同時更往南的鳳山溪與頭前溪則沖積出新竹地區的沖積平原。南寮漁港位於頭前溪口以南，是一個不到十五年的新漁港，但是因為沿著台灣西部海岸的漂沙受到沿岸流的堆積，造成漁港的嚴重淤積，使漁港的經濟效益減小許多。

西部的丘陵區，則以苗栗丘陵為主，苗栗丘陵中，可以由人造衛星照片看出台灣地區比較完整的出礦坑背斜。這個背斜就像隻長長的眼睛，中間被後龍溪所切過。這個背斜也是儲存油氣的所在地。台灣地區許多的油氣，便是產自此地。後龍溪切過的出礦坑背斜便形成了一個橫谷。

苗栗縣與台中縣的交界，主要是以大安溪為界。大安溪與大甲溪中間則為后里台地。由衛星影像，可以看出后里台地也是一個河階地，還有許多河流沖積與切割的痕跡。大安溪的上游，可以溯至雪霸國家公園的西部。大霸尖山、雪山沿著稜線到鞍馬山等都是大安溪與大甲溪的分界線。接近下游的卓蘭為台灣盛產水果的勝地，主要的原因是因為此地的日夜溫差大，使水果的甜度增加，備受歡迎。

大甲溪則有一系列的水利開發計畫，因為地形阻擋的關係，在本影像中不易看出。然而由於大甲溪與大安溪在台灣西部而言，是一條較為寬廣的河流，同時也相排再一起，裸露的溪床，在影像上呈現較亮的色調，變成為主要的辨識指標。

大甲溪南側的台中盆地被大度台地、八卦台地與頭嵙山、暗影山等圍繞，形成一個盆地的地形。大度台地與八卦台地成緩起伏地，靠近大度台地邊緣，可以看出清晰的飛機場跑道外，還可以看出大度台地已經被開發得非常多，比起大度台地南端的八卦台地多出許多，這可以由影像的色調與起伏，看出些端倪。而台中港便位於大度台地的西側，除了碼頭之外，還可以看出防波堤的排列呢。由於台灣西部海岸的地形主要是以沙岸為主，因此由台中港往南便以沙岸為主，而沙岸又常受到沿著海岸漂流的漂沙的堆積與海岸的侵蝕影響。台中港也不例外，雖然有長的南北防波堤，仍然擋不住漂沙的流入，常常必須疏濬。而過了台中港南側的大肚溪，海岸地帶有許多的人工海埔地，使海岸線看起來有稜有角的，一塊塊的排列著。

彰化縣與雲林縣以濁水溪為界。海岸平原受到濁水溪大量的輸沙，形成寬廣的海岸平原。濁水溪的河道常常變遷著，目前由於地表的土地利用程度非常密集，使得原來河道的位置不易看出。然而海岸地帶的海埔地，仍然呈現塊狀分佈。台塑公司的六輕煉油場，位於麥寮的離島工業區。由影像亦可見其填土開發的規模。事實上濕地、沙丘與海岸沖積平原等地形，都是台灣西部非常典型的地形。

就潟湖而言，潟湖是指濱海的沙洲或礁石與陸地相連，使得沙洲或礁石內之海域和外海隔，而形成平行或環繞海岸線之內海。潟湖並非封閉的海域，常有窄小的缺口，使潮水得以進出。潟湖依地形組成，可分區沙洲潟湖及環礁潟湖兩主要類型。台灣之潟湖，以前者為主。沙洲潟湖多形成於地勢平緩，潮差及波浪能量均不大，有足夠之沉積物可形成濱外沙洲之處。由於波浪能量會隨海流之方向以及暴浪之規模大小及頻率而變，故潟湖地形是呈現動態的變化，並非穩定的地形。如果因為人為的利用，例如以堤防改變潟湖外的海流方向，便極容易造成潟湖地貌受侵蝕，甚至改變原來潟湖的形態。

高雄港是一個潟湖，目前已經變為一個重要的商港，由影像上可以看見高雄港的規模非常大，大約佔據了高雄市一半的海岸地帶。原有的潟湖模樣也已經被人工海堤所改變及固定，同時也可以看出高雄地區已經高度開發，倒是柴山地區仍有許多的植生分佈。而高屏溪南側的大鵬灣潟湖目前也因為潟湖的特殊景觀，被交通部觀光局依觀光發展條例，設立國家風景區。可以想見未來的大鵬灣潟湖的土地利用方式，將有所改變。

台灣南端的恆春半島主要為珊瑚礁海岸，除了現生的珊瑚礁外，還有因為地殼抬生的珊瑚礁海階，成了墾丁國家公園的重要景觀。

五、地景保育景點的調查、登錄及建檔

確認地景保育的對象，為本項策略的主要內容。地景保育景點調查、登錄及建檔工作，目前由農委會辦理中。今後有賴經濟部地質調查所之積極參與，方能結合地質專業與保育專業。就長期發展而言，地景保育景點的調查、登錄及建檔工作，有必要持續更新，因此持續是必要的。理想的執行方式，仍然有賴保育部門與地質調查部門的合作。地景保育景點的調查、登錄及建檔工作，則以統一的格式進行為最佳。

行政院農業委員會自民國 83 年 7 月 1 日起實施「地景保育統籌計畫」，目的在於推動台灣特殊地質、地形景點保育工作。在此計畫下成立了「地質保育組」，由地球科學相關科系之大學教授、經濟部中央地質調查所、農委會保育科等共同組成。

地景保育統籌計畫的選址流程大致參考皇家自然保育學會（Royal Society for Nature Conservation, RSNC）（1993）的方法（圖 2-1），將台灣分成北、中、南、東四區，由四組專家學者進行分區的景點登錄工作，登錄表格則參考英國國家地質景點登錄計畫（National Scheme for Geological Site Documentation, NSGSD）（Stanley, 1992）。

自 83 年 7 月起至今，依據選定的登錄格式，分別就台灣北部地區（台北縣、桃園縣）、東部地區（花蓮縣、台東縣、宜蘭縣）、西南部地區（高雄縣、台南縣、嘉義縣），以及中部地區（新竹縣、苗栗縣、台中縣、南投縣）進行特殊地質、地形現象之調查、登錄工作。截至 88 年 6 月底，總計登錄了 320 個景點。

（一）地景的概念

地景是一種資源，構景元素為「形狀」、「線形」、「色彩」、「質地」（王鑫，1995）。近代對資源的概念：「以某種特定目的對環境之用處加以評價」為前提。所以「資源」是一種相對的觀念，它的界定依不同的規劃機構、規劃目的、人類利用環境來滿足某種需求、社會、科技條件限制下可利用的部份…等因素不同而使得「資源」的定義隨之改變。

時空條件的改變，例如科技的躍進、生活水準提高等等，使得傳統的「資源」觀念（農、林、漁、牧）改變。從前不受到學界、社會大眾注意的「開放空間」，已成為近年來深受重視的重要資源，例如地景、荒地、濕地等。地景資源的價值

雖然不容易以市場的價值或貨幣來表示或衡量，但卻與人們的生活息息相關，是一種「具有價值的空間」（張石角，1995）。「地景」除了是一種「有價值的空間」之外，具有下列幾種特質（王鑫，1995）：

- （1）非再生性的資源；
- （2）遊憩資源；
- （3）健康、精神上的資源；
- （4）歷史資源；
- （5）具有科學上的價值；
- （6）具有教育上的功能；
- （7）具有經濟上的價值；
- （8）具有環境保護的價值。

（二）地景的重要性

當前的地景研究以地景登錄、地景保育、地景美學、景觀分析、地景變遷等研究課題為主。地景的相關研究除了探索它的成因、價值之外，更有保護、保育它們的強烈取向。例如 IUCN（國際自然暨自然資源保育聯盟）所屬的 CNPPA（國家公園暨保護區委員會）將幾種需要被保護的區域做分類，其中之一便是「景觀保護區」；英國也有「景觀保護（protected landscape）」政策。

西德也在 1976 年頒訂了「聯邦自然保護法」，第 12 條即將自然區和景觀區劃分為自然紀念物、自然保護區、國家公園、景觀保護區、自然公園、保護的景觀組成單元等。對於景觀保護區的劃定理由是基於：

- （1）保持可再生自然資源之承載力或自然資源的利用潛力。
- （2）維護景觀的多樣性、獨特性或美質。
- （3）維護該地在遊憩上的特殊意義。

（三）地景的特殊性

地景具有以下幾種特殊性：

(1) 相對稀有性(rarity)

相對於一般所見的山川、平原景觀而言，難得一見的地形景觀具有特殊的價值！例如：火山地形並非隨處可見，受海浪侵蝕的奇岩也非到處皆有，它們的形成必需有特殊地質條件、地形作用相互配合之下才可得。

(2) 不可再生性(nonrenewable)

自然地景有其生成的特殊結構、營力、時間條件，因此一旦遭破壞，便難以再形成同樣的景觀。

(3) 視覺脆弱性(visual vulnerable)

這個概念是基於在自然環境中人為因素造成原有自然景觀的改變（如建築物的興築），在可見的景觀範圍內對於地景所造成的衝擊。也就是說，人為景觀的加入可能與原有的自然景觀無法和諧，進而破壞了原本自然景觀的和諧性。

(4) 不可復原性(irreversibility)

地景不僅不可再生，若遭破壞，也難以再回復其自然原貌。

(5) 不可移動性(immobile)

自然地景有其生成的特殊地質條件及地形作用，它是大自然的產物，若想一窺其特殊面貌，非得親臨當地不可，因為它是不可移動的！

(四) 地景調查方法

「地景調查」的進行是地景評估的基礎，通常必須詳細的記錄地景的各種特徵。地景調查方法分為「路線地景調查」與「區域地景調查」兩種，這兩種方法主要的差異在於所處理的問題在空間上的「尺度」並不相同。「地景」因為規模的大小不同，因此可以作成下列的區分「連續地景」、「地景區」、「地景單元」、「景點」四種類型。

在做景點登錄時，主要的資訊包括：景點名稱、編號、景點描述、景點類型分類、地質與地形特性（包括：岩性、構造與主要的外營力）其他資料（包括：景點特質、保育狀況、威脅景點的行為與公共設施等），並將所有景點的資料逐一填入相關的表格之中。而有關於景點的描述主要是以照片為主。

一般景點區分為以下幾種類型：

1. 全景景觀一周圍沒有或幾乎沒有視界上的限制，近景和中景的地物並不明顯地遮蔽著遠景。
2. 主題景觀一視野裡有一件主題佔據了重心，非常突出，而且是視覺的焦點。
3. 封閉景觀一無論空間大小，一景觀四周被一些連續的物體圍繞，即以「焦點景觀」稱之。
4. 焦點景觀一平行線或是成列的地物，會引導觀察者的視線匯向聚集的焦點。
5. 頂蓋景觀一當地方上有樹的枝葉遮掩時，就以「頂蓋景觀」稱之。
6. 小景觀一規模小的近景。
7. 短暫景觀一變遷作用下產生的暫時性景觀，其發生可能是有季節性的或無季節性的。

另外，將景點的所在位置地形、主要作用營力、岩性及特殊地形構造等都記載列出，說明影響此一特殊景點的因子。

地景調查，在野外實際記錄資料時，通常以一制式化的表格來記錄資料，此表格稱為「地景調查表」。因此，當室內作業完成後，通常會攜帶地形圖、地質圖、傾斜儀、地質鎚、地景調查表等等資料去野外調查，確定景點的實際情形，並瞭解是否有室內作業遺漏的部份。

（1）路線地景調查

路線地景調查的重點在於，以一條觀景道路為調查路線，沿線調查、記錄所看到景觀的視覺特徵。「觀景點」的選擇與「視域圖」的製作是路線地景調查的重要工作。

（2）區域地景調查

在進行區域地景調查時，必須先從室內作業著手，以蒐集相關文獻、分析地形圖、地質圖為主，對於整個區域具有初步的概念與瞭解，判釋何處可能具有特殊地景，景點的資料主要包含景點位置、景點附近的地質、地形狀況、附近土地利用現況與景點現況。除了提供劃設景點範圍時的參考之外，並可作為其他相關研究的基本資料庫。室內作業完成後，必須到野外調查先前所判釋出來的地點，並且注意是否有其他遺漏的重要景點。

（3）地景調查表的設計

在野外進行地景調查時，必須設計地景調查表，可將地景調查的資料予以格式化、標準化，在整理時才可以有整體性與一致性。一般地景調查的資料需要包含「景點位置資料」、「相關地質、地形資料」、「景點描述」與「景點特性」等等資料，如下頁表格。

地景的基礎調查（景點組成、類型等分類與描述）之後，將以下列方法進一步進行各景點的評估。

評估地景必然牽涉到人心中既成的景觀意象與鑑賞景觀的方式；而景觀意象中最為普遍的景觀類型就是各種意象得以顯現的條件。

一般評估地景之前，我們必須先對某一景觀的組成、構景元素、景觀類型有所瞭解，然後才進行景觀的評估。

在評估小區域景觀美質的研究上，若僅就地景的實質概念（地形、水體、植被等）來談，主要是從統一性、生動性、繁雜性、完整性、稀少性等幾個因子來討論（王鑫，1995），說明如下。

1. 統一性：一區的構景元素，組合起來成為和諧的整體視覺單元。
2. 生動性：構景元素具有適當的對象和主導性，而造成強烈久存的視覺印象。
3. 繁雜性：構景元素的組成種類、個數、分布和它們之間的大小、明暗、色澤的變化關係。
4. 完整性：指自然與人造物之間的整體秩序，著重於人為活動或開發特性與景觀特性之間達到合適共存。
5. 稀少性：在一地區內的景觀或構景元素具有美學、生態和人類旨趣的相對重要性和稀有性。

表一 地景調查表

景點位置資料	
地名：	編號：
地理位置所在：	其他地標：
隸屬行政管理區：	調查日期： 年 月 日
國際經緯座標： 東經 北緯	
景點類型： ☐ 全景景觀 ☐ 主題景觀 ☐ 封閉景觀 ☐ 焦點景觀 ☐ 頂蓋景觀 ☐ 小景觀 ☐ 短暫景觀	
相關地質、地形資料	
地層主要岩性：	
特殊地質構造：	
地形： ☐ 岬角 ☐ 海灣 ☐ 平地 ☐ 山丘 ☐ 谷地 ☐ 海崖 ☐ 沙灘 ☐ 礫灘 ☐ 台地 ☐ 河床	
主要外營力作用： ☐ 海水波浪 ☐ 雨水沖蝕 ☐ 風力 ☐ 其他：	
景點描述	
景點所在地的其他資料	
景點特質：	
保育狀況： ☐ 良好() ☐ 尚可，待加強() ☐ 不佳，應改善()	
威脅景點之行為類型： ☐ 不當垃圾處理 ☐ 人為種植與採集 ☐ 工程： ☐ 其他：	
非地質方面的重要內容： ☐ 軍事碉堡 ☐ 建物： ☐ 步道、小徑 ☐ 港口 ☐ 其他：	
公共設施： ☐ 停車場() ☐ 公車站牌 ☐ 公廁() ☐ 垃圾桶() ☐ 景觀台 ☐ 涼亭 ☐ 其他：	
抵達方式：	
遊憩容納量： ☐ 遊客_____人 ☐ 二十人座車輛_____輛 ☐ 小客車 輛	
遊憩規劃之建議事項	

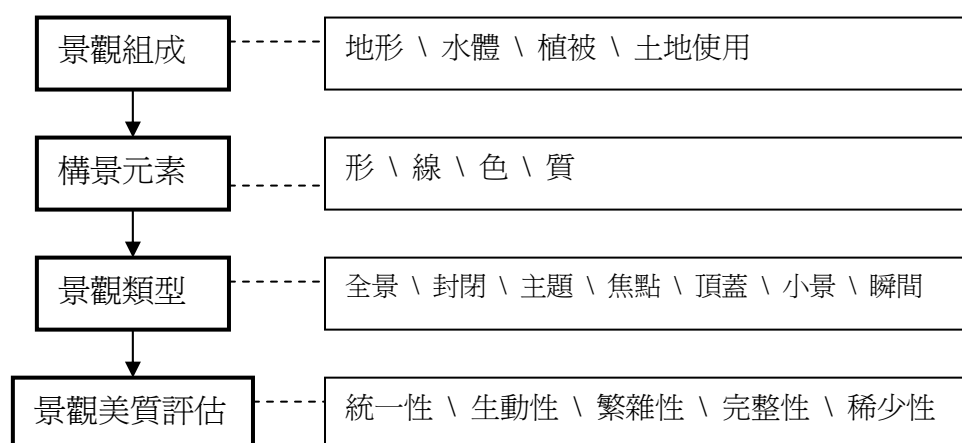


圖 1 地景評估的理論架構

針對以上五個景觀品質評估的因子，本研究參考上述及美國內政部土地管理局的評估方法，訂定小區域地景美質評估之分級標準（表三）。

在下面的評值表中，若一地地景皆屬於各因子的最高評值，則得分為 14 分，皆屬於最低評值的總分為 3 分，我們可以將所欲評估的地景美質分為三個等級，A 級地景的評質介於 10—14 分，屬於高等美質景觀；B 級評值介於 6-9 分，屬於中等美質景觀；C 級評值介於 3—5 分，屬於較普通的景觀。

表二 地景綜合評估表

編號	景點名稱	景點美質評估						景點主體脆弱性評估				景點視覺脆弱性評估			
		統一性	生動性	豐富性	完整性	稀少性	評值總分	地質組成	地形作用力	所處位置	評值總分	觀景距離	景觀豐富性	所處位置	評值總分

表三 地景美質評估分級表

地景美質評估因子	地景特徵	評值
統一性	• 景觀單元有明確的界線，形成獨立的個體。	3
	• 山脈、稜線有系統的綿延。	2
	• 地形、植生、水流等有系統的關連。	
	• 景觀界線不明確。	1
	• 構景元素之間沒有明確的關係。	
生動性	• 有特出的特徵景觀，如瀑布、奇峰、砂丘等，地表變化豐富的地貌。	3
	• 地形陡峭，高差大。	2
	• 地貌組成色彩特出。	
	• 地形平坦少變化，缺少富麗的小景觀。	1
繁雜（豐富）性	• 有多種構景組成元素。	3
	• 多樣的植生組成，高程、色彩變化明顯。	2
	• 景觀單調並無多種構景元素組成。	1
完整性	• 完全沒有人為開發，自然景觀受到良好的保存。	2
	• 人為設施與周圍景觀在色彩、形狀上搭配良好，不致造成強烈對比。	1
	• 有不協調之人為影響，降低了原來的視覺品質，但破壞的情形不嚴重。	0
	• 人為設施佔據大片視野，成為視覺的重心。	-1
	• 人為設施與環境不協調，形成強烈的對比。	-2
稀少性	• 奇特的、十分稀有的景觀。	3
	• 較少見，但深具特色。	2
	• 具有紀念價值的古蹟、人造物。	
	• 景觀美麗，但並不出奇不獨特。	1
	• 景觀不美麗也不獨特。	0

* A 級：評值介於 10—14 分，高等美質景觀

* B 級：評值介於 6—9 分，中等美質景觀

* C 級：評值介於 3—5 分，普通景觀

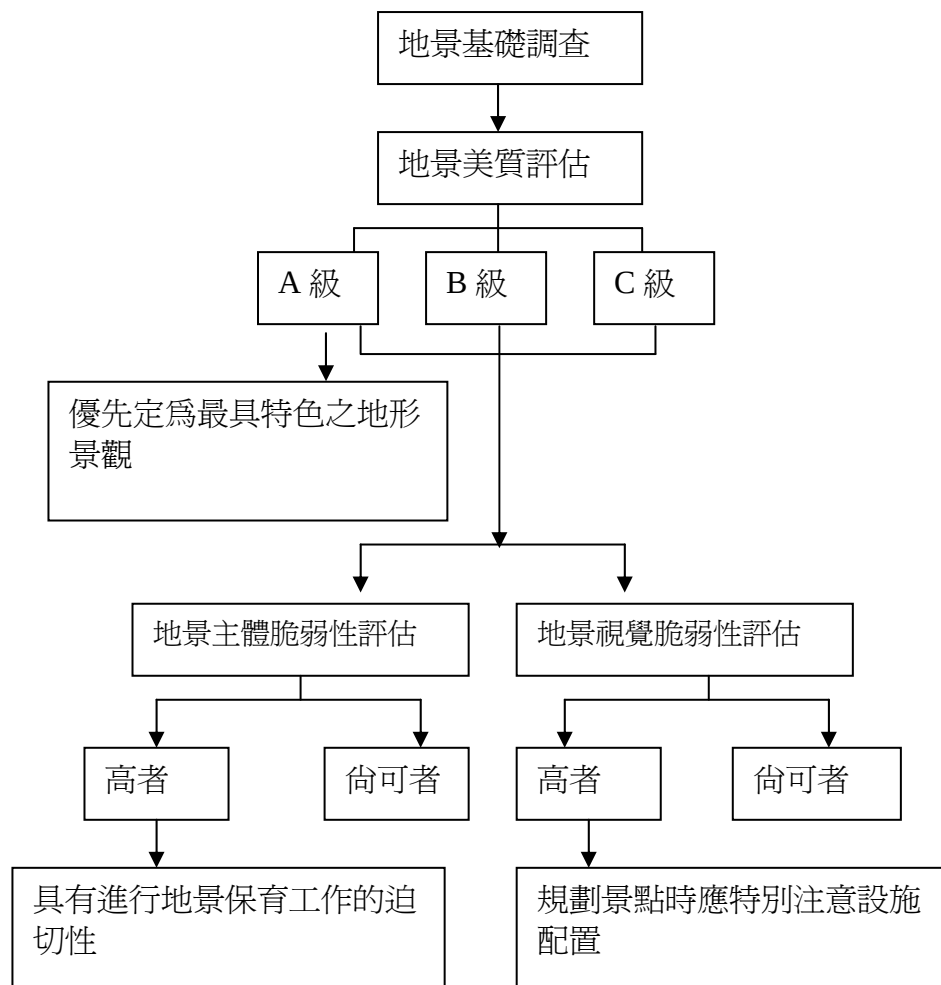


圖 2 地景評估流程評估等級原則

六、地景保育的推展

行政院農業委員會自民國 83 年 7 月 1 日起實施「地景保育統籌計畫」，目的在於推動台灣特殊地質、地形景點保育工作。在此計畫下成立了「地質保育組」，由地球科學相關科系之大學教授、經濟部中央地質調查所、農委會保育科等共同組成。

地景保育統籌計畫的選址流程大致參考皇家自然保育學會（Royal Society for Nature Conservation, RSNC）（1993）的方法，將台灣分成北、中、南、東四區，由四組專家學者進行分區的景點登錄工作，登錄表格則參考英國國家地質景點登錄計畫（National Scheme for Geological Site Documentation, NSGSD）（Stanley, 1992）。然後由「地質保育組」的委員們依據「地景保育景點內容、分類選取準則及其相對重要性」（表四）（王鑫，1996a）進行評鑑的工作，決定最後的地景保育景點。

「地景保育景點內容、分類選取準則及其相對重要性」是統整專家學者的意見後會商擬定的。將景點的內容分成地層、化石、構造、礦物、岩石、地形、文化地景、地質災害遺跡等 8 類。每一類中有其選取準則，並依照相對重要性排列。根據委員們的評鑑結果，再依景點的重要性將景點分為國家級、省級與縣市級，並進行管理保護分級，分別提供研究、教學及觀光遊憩的需求（表五）。

建立景點的保育目的是為了協助保育工作能穩定且按部就班的進行。針對管理的目的，可以設計各種因應的辦法與措施以達到景點保育的目標。同時也能瞭解可能遭遇到的約束、困擾。保育目的具有階層性（hierarchy），越高階層的目的屬於一般性，通常只是個概念；而越低階層的目的則越明確，偏重實際問題的解決。一般而言，我們將目的分成三個等級，依層級高低分別為：策略目的（strategic objectives）、經營目的（management objectives）與為了達成經理目的的實施目的（tactical objectives）（Wilson, 1994；李建堂，1999）。

表四 地景保育景點內容、分類選取準則及其相對重要性（王鑫，1996a）

分類項目	選取準則
地層	a1. 國際性（對比）標準地層剖面或台灣的代表性地層 a2. 區域性標準地層剖面 a3. 已有深入研究及完整資料之地層剖面且有重要意義者 a4. 露頭出露良好，可供教學實習之地點
化石	b1. 台灣特有或稀有之化石 b2. 有重大意義之指準化石 b3. 保存狀況良好可供教學實習之地點 b4. 具特殊地質作用證據之化石
構造	c1. 國內外研究已確立的典型構造現象 c2. 保存狀況良好可供教學實習之地點 c3. 具有全球比對性質之露頭，且具重要學術研究價值者 c4. 具有區域對比性質之露頭，且具重要學術研究價值者 c5. 具區域性地質作用之證據者
礦物	d1. 有全球性稀有礦物出露之地點 d2. 有台灣地區稀有礦物出露之地點 d3. 有區域性特殊礦物出露之地點，及晶形完美礦物之露頭 d4. 保存狀況良好可供教學實習之地點 d5. 具區域性特殊重要性之經濟礦物及其開採遺跡
岩石	e1. 台灣地區稀有岩石露頭 e2. 保存狀況良好可供教學實習之地點 e3. 能作為區域地質演化之證據，且具有高度學術研究價值者 e4. 具觀賞價值之岩石露頭
地形	f1. 罕見特殊之地形景觀 可作為過去地質（及地形）作用的證據，且具有高度學術研究價值者 f3. 保存狀況良好可供教學實習之地點 f4. 具觀賞價值之特殊地形
文化地景	g1. 古代人類活動的重要遺址 g2. 古代土地利用景觀，具有特殊意義者 g3. 古代人類工程設施遺跡，具有地質（及地形）意義及研究價值者 g4. 現代重要之文化地景
地質災害遺跡	h1. 重要地質作用（地震、火山等）所造成的遺跡（或遺址），且具特殊意義者 h2. 地質災害所造成的遺跡，具科學研究意義者 h3. 地質災害所造成的遺跡，具教學意義者

表五：特殊地質、地形現象景點登錄評鑑表（王鑫，1996a）

景點名稱	
評鑑等級	☐ 國家級 ☐ 省 級 ☐ 縣 級 ☐ 其他.....
特殊地質、地形現象登錄景點的分級標準 ◎ <u>國家級</u> ☐ 可以為一個大區域甚至全球地史演化過程中，某一項重大地史事件或演化階段重要證據的地質、地形現象。 ☐ 具有國際或國內大區域地層（構造）對比意義的典型剖面、化石及產地。 ☐ 具有國際或國內典型地學意義的地質、地形景觀或現象。 ◎ <u>省 級</u> ☐ 能為區域地質歷史演化階段提供重要地質證據的地質、地形現象。 ☐ 有區域地層（構造）對比意義的典型剖面、化石及產地。 ☐ 在地學分區及分類上，具有代表性或較高歷史、文化、旅遊價值的地質、地形景觀。 ◎ <u>縣 級</u> ☐ 在本縣的範圍內具有科學研究價值的典型剖面、化石及產地。 ☐ 在小區域內具有特色的地質、地形景觀或現象。 ◎ 其他：	
特殊地質、地形現象登錄景點保護程度的劃分 ☐ 一級保護---對國際或國內具有極為罕見或重要科學價值的地質、地形現象登錄景點實施一級保護，非經申請不得進入。若經該主管機關同意者，可進行研究、教育等活動。 ☐ 二級保護---對大區域範圍內具有重要科學價值的地質、地形現象登錄景點實施二級保護。經該主管機關同意者，可進行研究、教育、遊憩……等活動。 ☐ 三級保護---對具有一定價值的地質、地形現象登錄景點實施三級保護。該主管機關同意者，可進行研究、教育、遊憩……等活動。 ◎ 其 他（或建議事項）：	

表六 地質、地形景點登錄表

位置資料

地名：野柳風景區		
地理位置所在：北海岸		
隸屬行政管理區：台北縣政府及交通部觀光局		調查日期：1994
景點位置類型：海岸	環境現況：觀光風景區	主要挖掘物：
國際經緯座標：東經：° ' " 北緯：° ' "		其他地標：

地質、地形描述或示意圖 比例尺：

北海岸眾多名勝中，以野柳的名聲最著，假日裡遊人不斷。北海岸富於奇岩怪石，而野柳卻集各種奇岩怪石的精華於一處，難怪它能吸引眾多遊客。

野柳位於基隆市西北約十五公里處，有一海岬伸出海岸，長約三公里，寬約二百公尺，最狹處在中段，寬不及五十公尺，高潮時每遭淹沒。構成野柳岬的岩石是大寮層中部的厚層砂岩，層厚約三十八公尺。岩層表向與區域性海岸線直交，地層向東傾斜約 20 度，形成一個標準的單面山。野柳岬的岩層中，內夾圓形及不規則的石灰質結合。這些岩石抗蝕力較強，經差異侵蝕的結果，遂形成各種奇形岩體。綜觀野柳上的各種奇岩怪石，可區分為蕈狀岩、燭臺石及拱狀石三大類：

- (1) 蕈狀岩：外觀似磨菇，有一較細的石柱，上托一粗大的球狀岩石，著名的女王頭即為蕈狀石。野柳的蕈狀岩屹立成群，排列有序，且集中於一處，為數近百，形成奇特景觀。
- (2) 燭台石：燭台石的外型十分奇特，上細下粗呈半圓錐狀，高約 2 公尺，柱頂中央常有一石灰質結合，結核邊繞以環狀溝槽，整個岩體形同蠟炬燭台，頂端之結合恰如燭焰，故名之為燭臺石，也有人稱之為乳十。
- (3) 拱狀石：巨大岩塊，下段被海蝕洞貫穿後，即成為拱狀石。
- (4) 奇形岩：這些是質地較堅硬，而形狀不規則的石灰質結合或砂岩，在差異侵蝕作用下形成各種奇形怪石，如野柳岬上的海狗石、海龜石、象石及龍頭石等。

摘要描述：

地層：大寮層

岩性（岩石）：砂岩

礦物：

化石：沙錢（海膽）及生痕化石

地質構造：傾斜沉積岩

相互關係：

地形：風化地形，構造地形（單面山）、海岸地形

古環境：

景點所在地的其他資料

景點方圓大小：	長：約三公里	寬：約二百公尺	高：	深：	面積：
---------	--------	---------	----	----	-----

景點所在環境：交通部觀光局北海岸及觀音山國家風景區管理處		保育狀況： 尚可
威脅景點之行為類型：不當之遊憩規劃、開發建設，及遊客過多造成的危害。		
非地質方面的重要內容：海邊植物、海岸生物、及鳥類資源等。		
到達路線：公車、自用車		
地主／租地者：台北縣政府		
姓名、地址：		
記錄者姓名：王鑫，台大地理系		
記錄者地址：		電話：(02) 363-0231 轉 2382

文獻、資料、樣本

勾出適用的方格，並說明保存狀況及如何取得該資料		
	勾選	說明
樣本	☐	
詳細的描述	☒	王鑫，1980。台灣的地形景觀。渡假出版社。
化石／礦石名錄	☒	有沙錢(海膽)、生痕化石，未受到妥善的保存，將因遊客踐踏而破壞。
剖面圖	☐	
野外繪製的草圖	☒	王鑫，1987。台灣地區風景區—特殊地形景觀，交通部觀光局印行。
其他平面圖	☒	王鑫，1987。鬼斧神工的野柳。台北縣政府野柳風景特定區管理所印行。
照片	☐	

其他資料／續

1. 王鑫，1980。台灣的地形景觀。渡假出版社。 2. 王鑫，1987。鬼斧神工的野柳。台北縣政府野柳風景特定區管理所印行。 3. 王鑫，1987。國民旅遊叢書” 台灣地區風景區—特殊地形景觀”，交通部觀光局印行。 4. 黃朝恩、陳蒼遂，1993。高級中學地理科戶外教學活動設計：美哉！野柳。環境教育季刊，19期，64-77頁。 5. 遠流出版公司，1994。北部海濱之旅。
--

台灣的特殊地景 Area Of Nature Beauty (AONB) in Taiwan

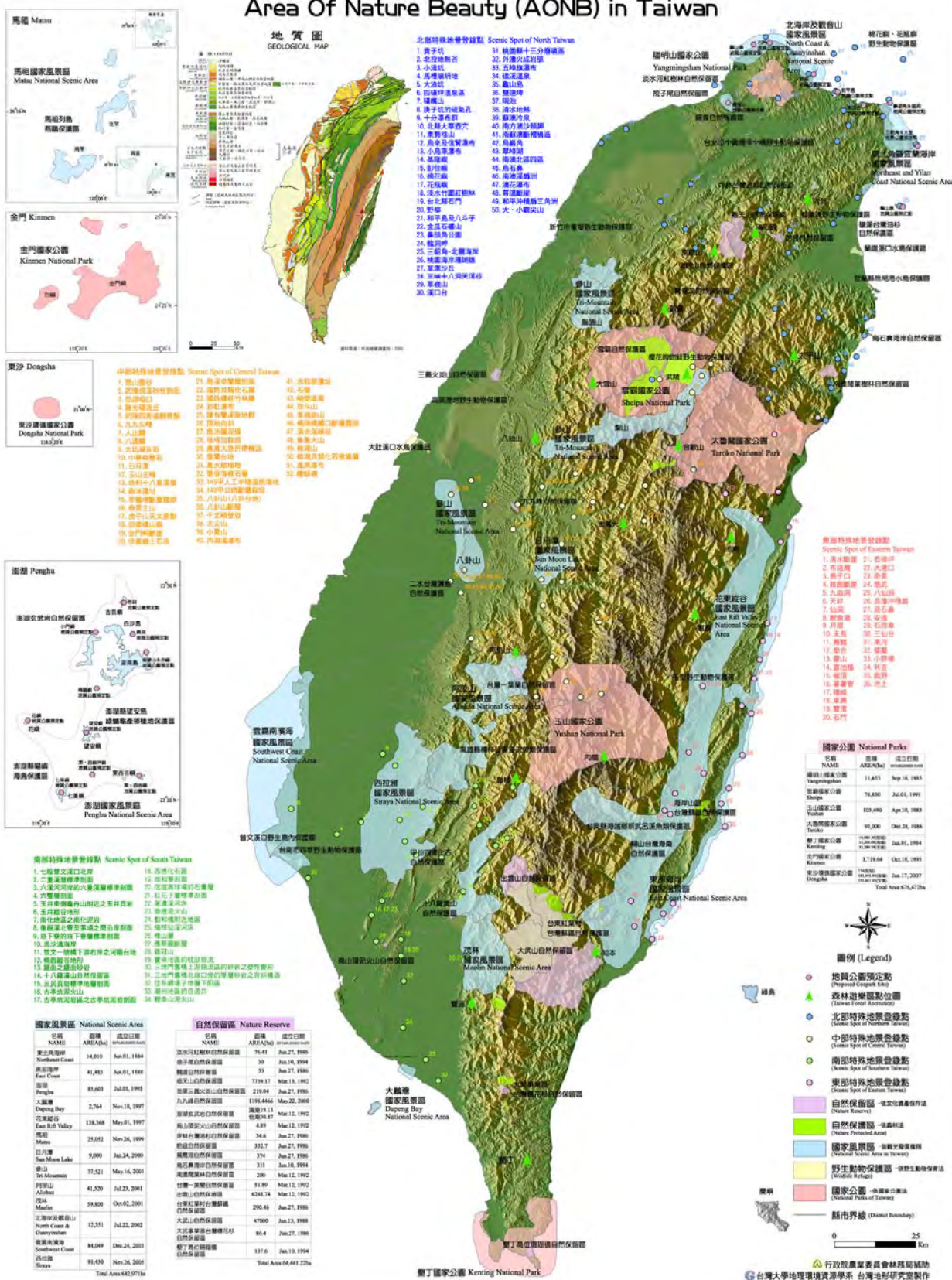


圖3 台灣的特殊地景圖

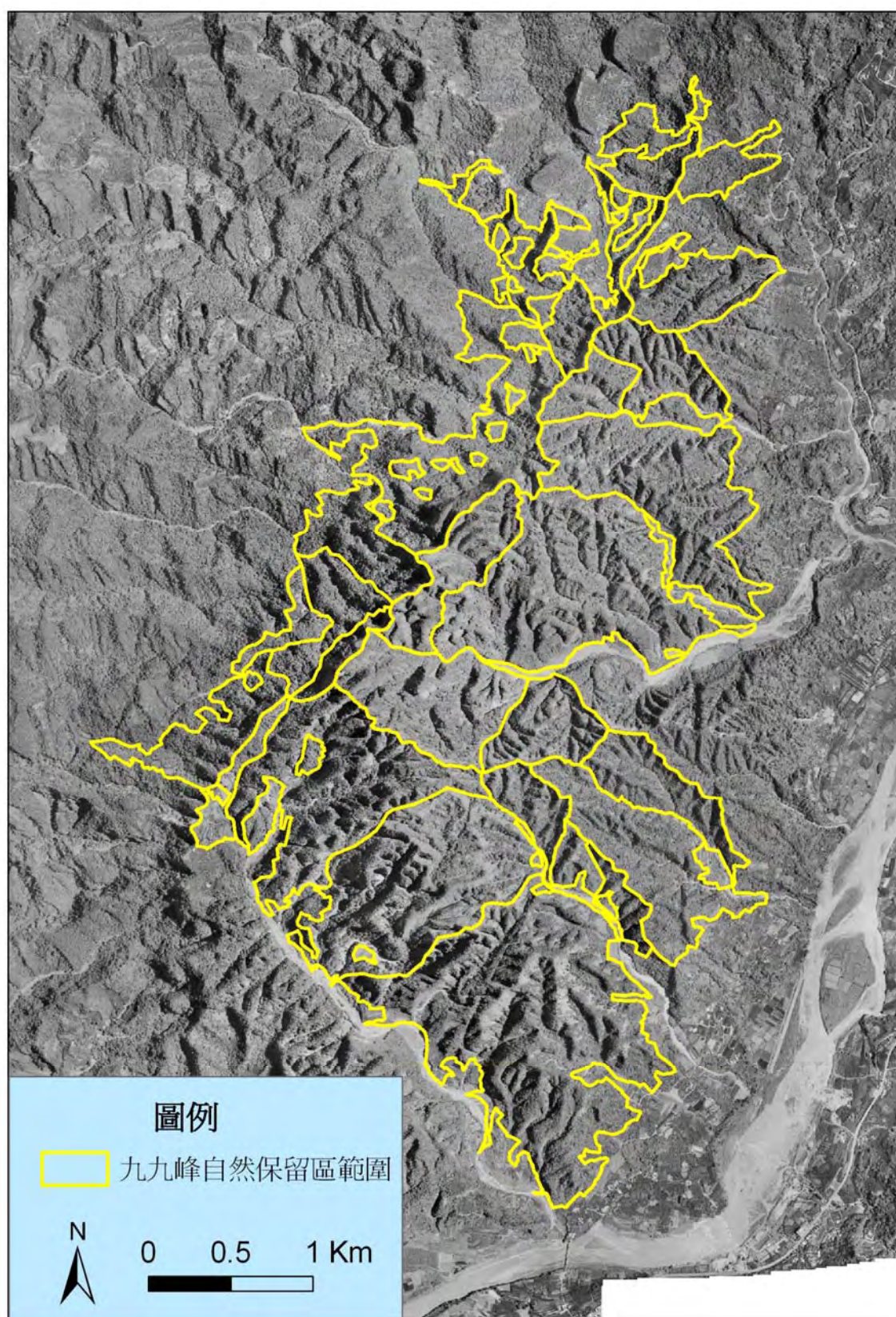


圖 4 九九峰自然保留區 1998 年 6 月正射影像

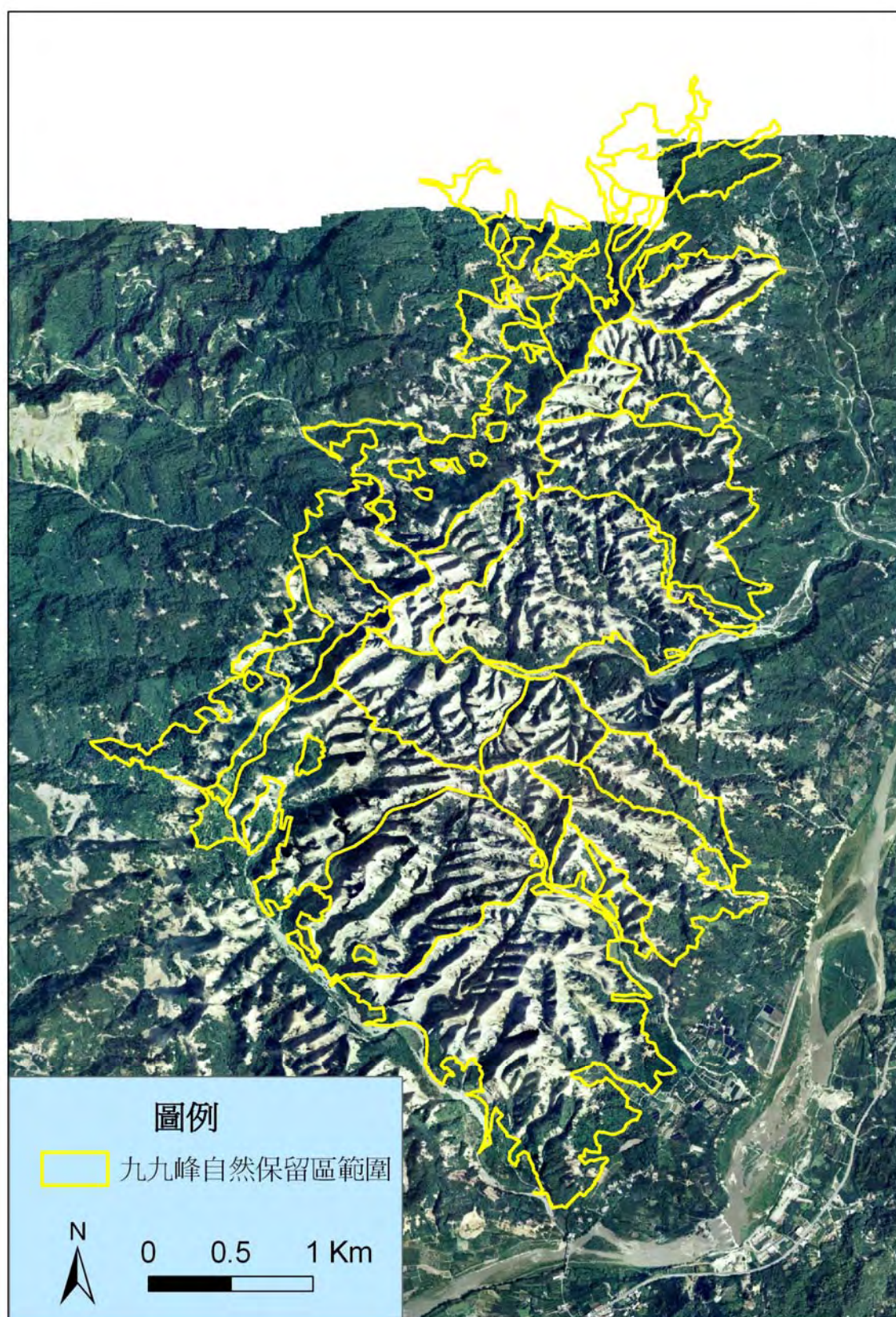


圖 5 九九峰自然保留區 1999 年 921 地震後正射影像

附錄五：氣象站技術轉移操作手冊

監測技術的概念與發展

一、 監測的概念與方法

（一）地形監測之介紹

地形監測可以概分為兩大部分，第一部份是有關於地形變化的監測，第二部份是有關於氣象資料之收集。兩者相結合將可以對九九峰自然保留區的地形變化有更進一步的瞭解。

地形變遷是日積月累所得出來的結果，每一筆資料的改變都是造成變化的原因，一次颱風，甚至會造成地形大規模發生改變，因此資料的持續收集是相當重要的。收集氣象觀測的資料，除了能瞭解氣象變化對地形變遷的影響外，對一個長期氣象觀測而言，更是一筆不可或缺的資料庫，也能提供將來在分析上的準確度。

（二）資料記錄器擷取的標準作業程式之介紹

本研究收集的基本本氣象資料項目包括：降雨量、風速、風向、氣溫、大氣相對溼度等。經由資料記錄處理器處理，然後記錄在記憶體中，必須經由研究人員讀取，才能繼續資料分析。

本操作手冊從各項感應器的特性、如何安裝設定、下載資料、刪除資料、檢查感應器等一一說明介紹，期望能達到簡明易了的目的，協助氣象資料分析整合。

（三）自計式氣象觀測站介紹

自計式氣象觀測站收集由感測器所傳來的訊號，將其轉換成數值並且進行計算與統計。

一般而言，脈衝訊號（降雨量與風速）以加總的方式處理，其他訊號以平均的方式處理。讀取資料處理器中記憶體的資料需要以 CAMPBELL 公司所提供的軟體。

過去的資料收集方式需要研究人員到儀器所設置的地區進行，由於本計畫設置 GSM 無線數據機與相關轉換介面，所以將來可以透過電腦與數據機，以遠端連線的方式來進行資料讀取。

透過這種方式，將來研究人員或系統維護人員可以不需要到現場，只要有電話連線的位置都可以進行連線，除了可以及時得知觀測站目前的情形，也可以下

載存在記憶體中的資料。



圖 1.1 九九峰氣象監測站照片

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；第二是資料處理、儲存系統；第三是資料傳輸系統（圖 1.1）。

以往對於環境監測，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。在將來遠距監測系統建置完成之後，就可以在監控實驗室中，直接擷取即時的資料與影像，立即可進行即時分析，瞭解現場狀況。

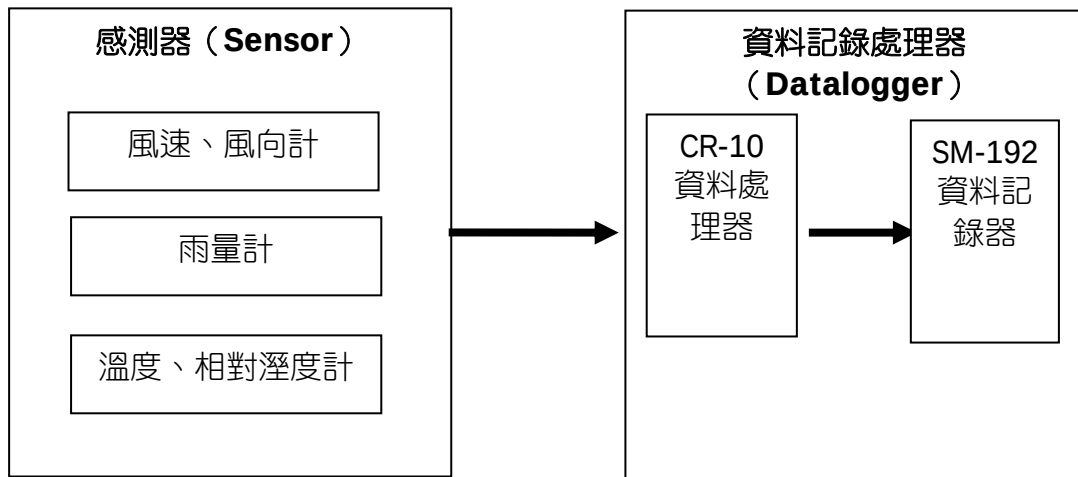


圖 1.2 自計式氣象觀測站系統架構圖

自計式氣象觀測站採用 CAMPBELL 公司生產的資料收集處理器(DATALOGGER) (圖 1.2 左方) 與相關感測器 (SENSOR) 。

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。

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。

各項氣象資料每 10 秒鐘收集一次，每三十分鐘自動計算數值產生一筆資料。降雨量最小觀測單位為 0.2 公釐、溫度為 0.1 度、相對溼度為 0.1%、風速最小單位為每秒 0.1 公尺、風向為 0.1 度。

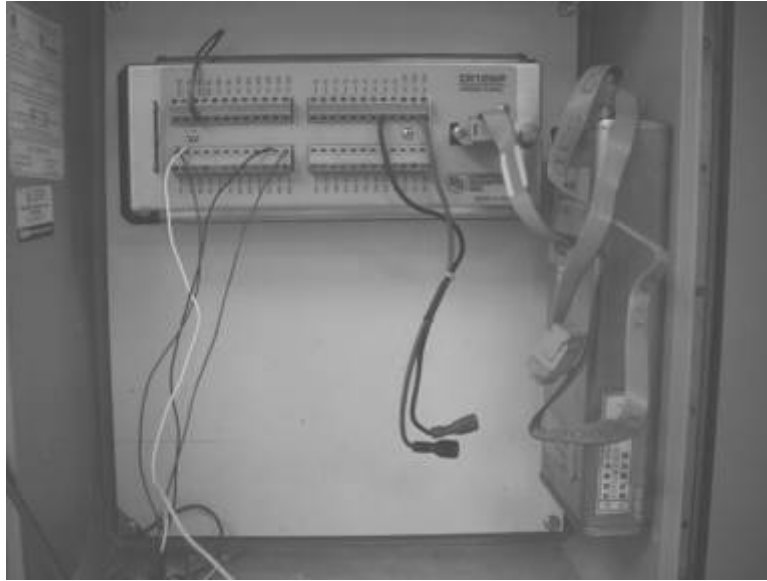


圖 1.3 Campbell 資料收集器(中間)與資料記錄器(右邊)

資料傳輸系統方面，可選擇現場傳輸與無線傳輸兩種主要方式。

在現場傳輸方面，可直接將資料下載至電腦。

無線傳遞又可以分成 GSM 系統、PHS 系統及無線電系統三種方式來傳輸。GSM 系統及 PHS 系統是較為簡便與低成本的方式，但是會受限於基地台的服務範圍與傳輸速率。無線電系統則是比較可靠，但是其建製成本會比較昂貴。在九九峰的氣象監測系統，由於有 GSM 系統的涵蓋，所以可以選擇較低成本的方式。

由於 GSM 無線傳輸系統需要較大功率的電源，本研究採用以鉛電池作為觀測站主要的電力來源，這種電池大約只可供應一個半月左右。

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（圖 1.3）。

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，透過這個 GSM 套件，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。以這樣的方式進行資料傳送，在速度上會有很大的限制，最高速只能達到 9k/bps，但是由於資料記錄處理器所呈現的資料都是體積很小的數值，所以運用這樣的無線傳輸系統具有可行性。

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，所以只要遠端的電腦透過電信網路，無論在世界各地都可以監控這個測站的狀況，並在第一時間內獲得九九峰即時的氣象資料。

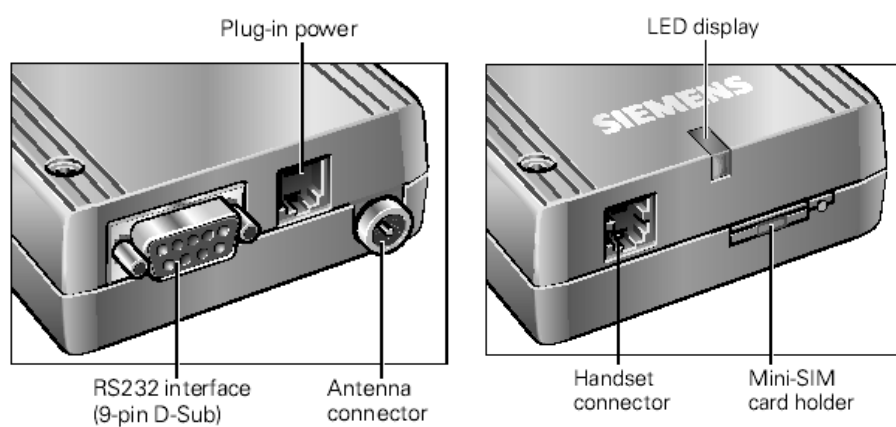


圖 1.3 GSM 無線數據機外觀



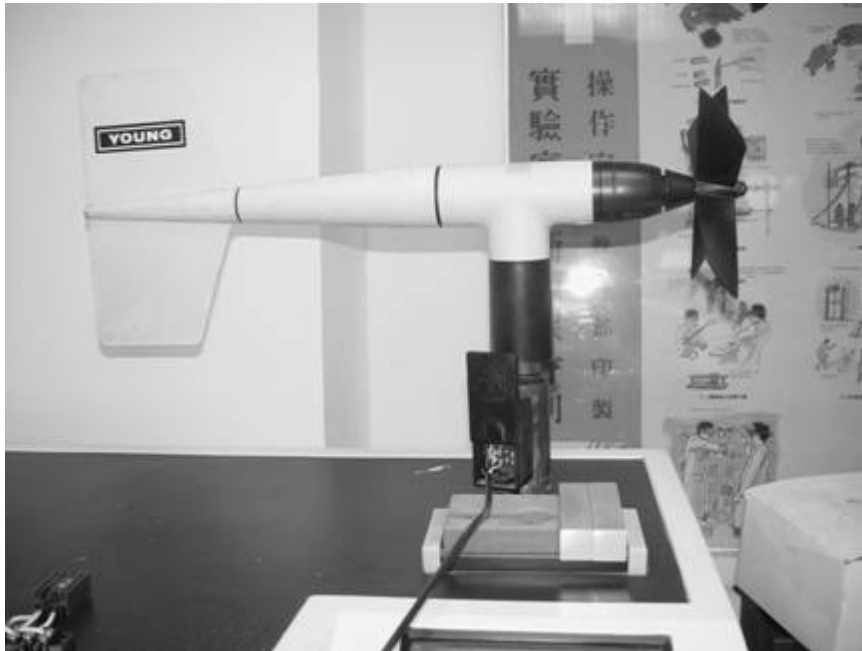
圖 1.4 風速風向計、溫溼度計與雨量計等感測器外觀

二、監測儀器原理及介紹

(一)風速風向計

1、記錄方式

風速風向計為 YOUNG 公司所生產（圖 2.1），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。



圖

圖 2.1 風速風向計

2、範例

風速：

風速使用脈衝紀錄(觸碰開關一次，即記錄一筆資料)

風轉動葉片，產生脈衝

Logger 接收脈衝

Logger 記錄脈衝資料

資料轉換

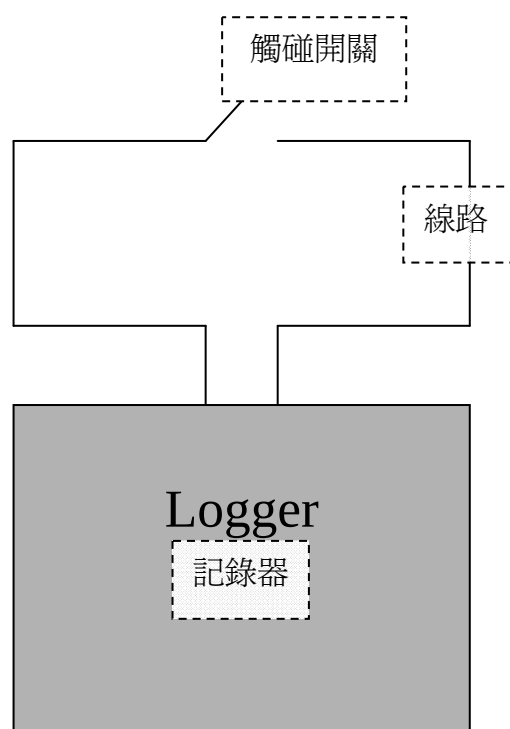


圖 2.2 風速記錄之過程

此為簡易電路接線圖，詳細過程如文中步驟所示。

風向：

風向使用可變電阻紀錄

風向改變變進而改變電阻量

Logger 傳送電流量

測電阻量以決定風向計之方向

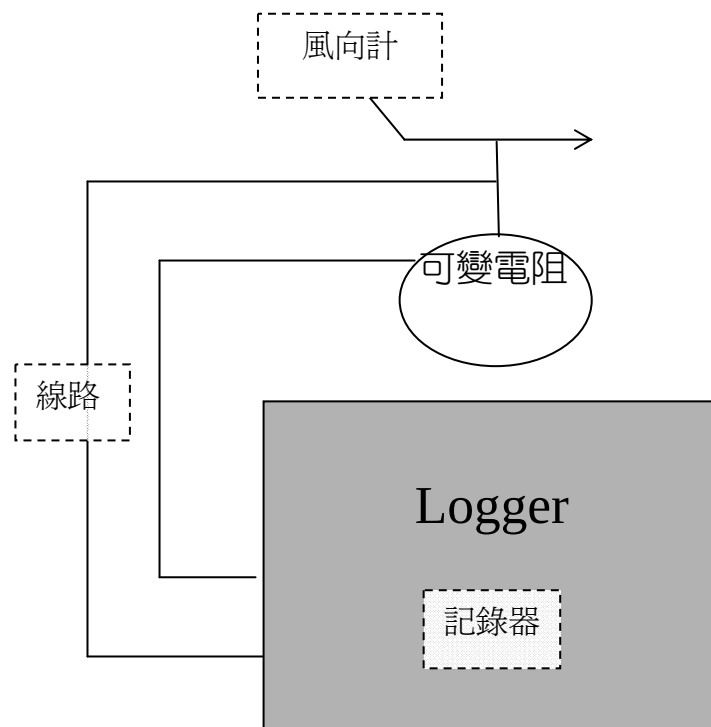


圖 2.3 風向記錄之過程

此為簡易電路接線圖，詳細過程如文中步驟所示。

3、接線圖

白線- Ground(G)

藍線- Pulse out(P2)

橘線- (E1)

黃線- (2H)

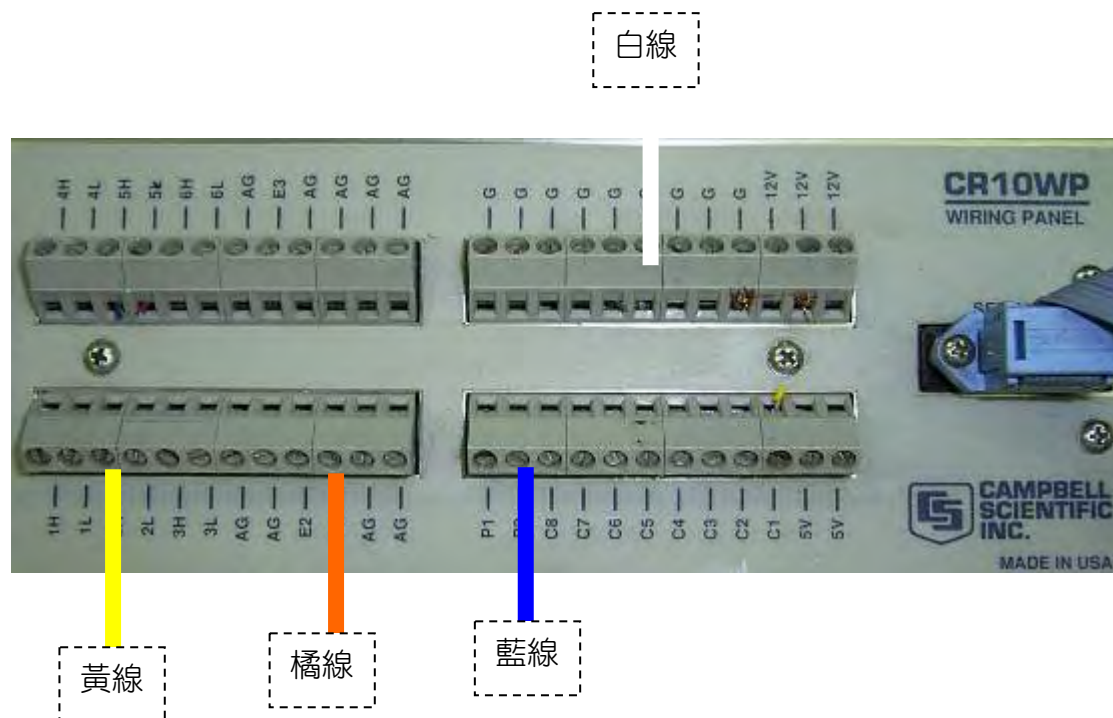


圖 2.4 接線圖

此為風速風向計接在 CR10 上的電路接線。風速風向計有 4 條線路為白、藍、橘、黃色，分別接在 G、P2、E1、2H。

4、需注意事項

在接線時，小心把螺絲頭用一字螺絲起子鬆開，把電線放進對應的孔中，然後鎖緊。

(二) 溫度與濕度計

1、記錄方式

溫濕度計為同一組感應器，裝在白色葉片覆蓋下的位置（圖 2.5）。

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。



圖 2.5 溫度與濕度計

2、範例

溫度：

溫度使用電阻產生感應

溫度使電晶體產生電阻變化

Logger 量測電阻得知溫度

Logger 記錄溫度資料

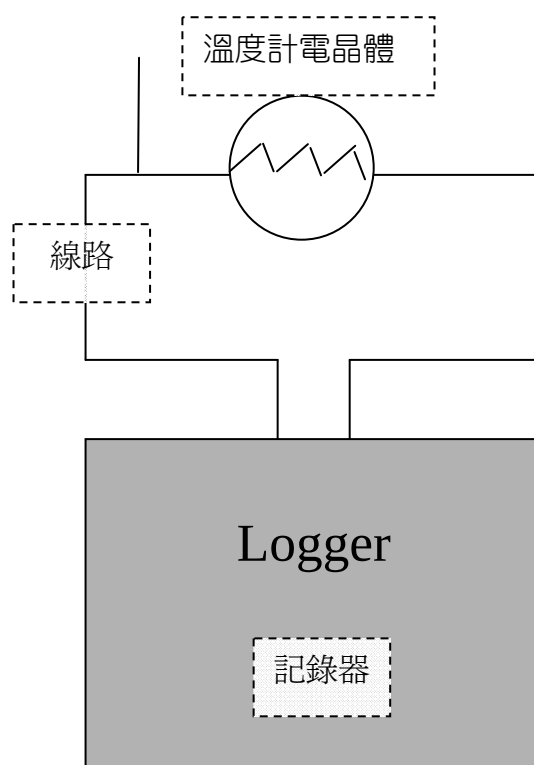


圖 2.6 溫度記錄之過程

此為簡易電路接線圖，詳細過程如文中步驟所示。

相對濕度：

濕度使用電壓產生感應

濕度使溼度晶體之電壓產生變化

Logger 量測電壓得知濕度

Logger 記錄濕度資料

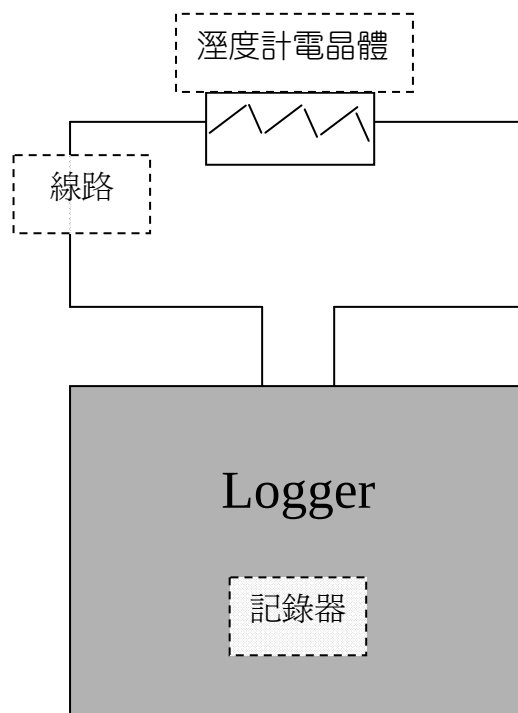


圖 2.7 濕度記錄之過程

此為簡易電路接線圖，詳細過程如文中步驟所示。

3、接線圖

黃線 - Channel (E2)
Channel 1-3 (1H)
紅線 - Channel 1-3 (1H) } 接在一起
綠線 - Channel 4-6 (2L)
白線 - Channel 4-6 (1L)
紅線 - Channel 4-6 (1L) } 接在一起
紅線 - 5V
透明線 - Ground(G)

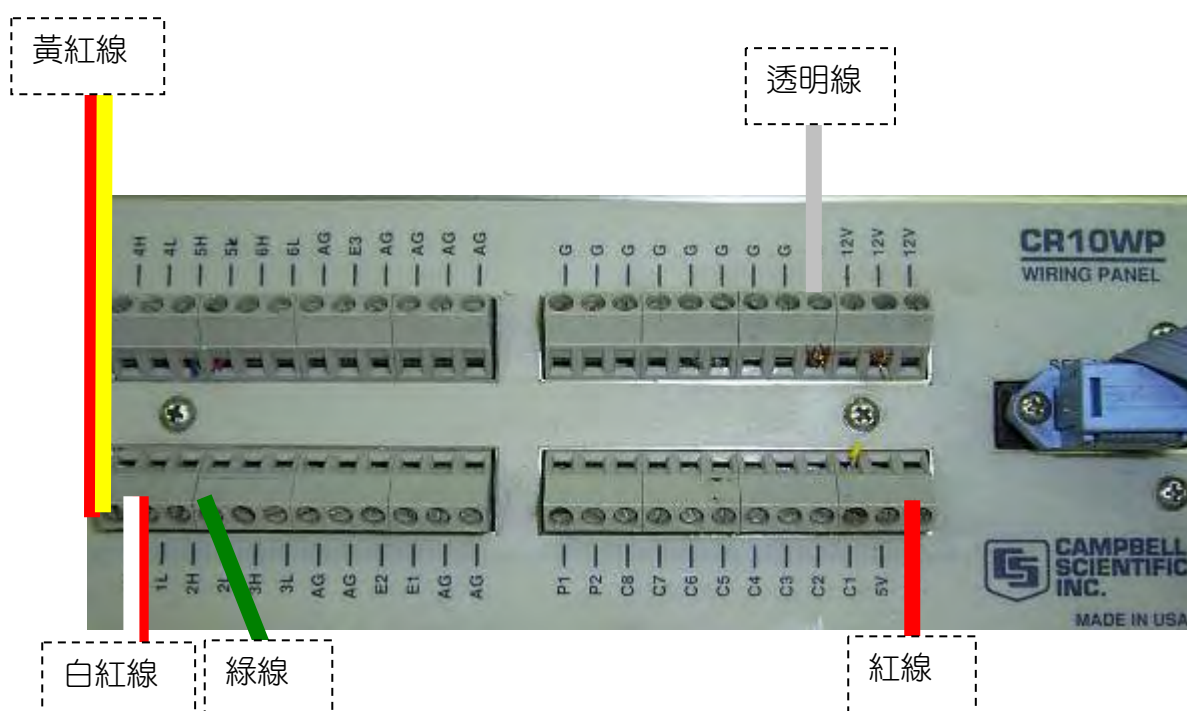


圖 2.8 接線圖

此為溫溼度計接在 CR10 上的電路接線。溫溼度計有 7 條線路為黃、紅、綠、白、紅、紅、透明色，分別接在 E2、1H、1H、2L、1L、1L、5V、G。

4、需注意事項

- (1) 紅、白色線要一起接在 1L 上。
- (2) 黃、紅線要一起接在 1H 上。

(三) 雨量計

1、記錄方式

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 公釐降雨會啟動傾倒動作一次，並且將脈衝訊號傳送至資料記錄處理器中。

降雨量以雨量計量測，在照片 4-6 左方之黑色雨量筒。資料處理器接收脈衝訊號，並且轉換成降雨量資料。



圖 2.9 雨量筒

2、範例

雨量使用脈衝紀錄

雨滴擺動漏斗，產生脈衝

Logger 接收脈衝

Logger 記錄脈衝資料

資料轉換

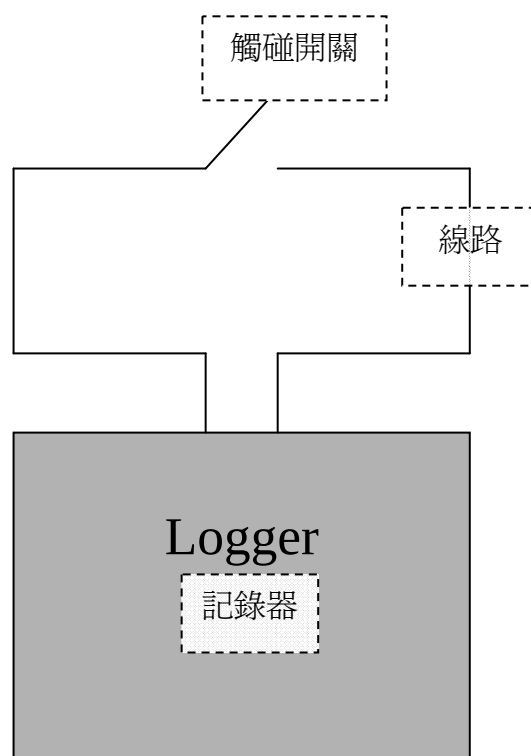


圖 2.10 雨量記錄之過程

此為簡易電路接線圖，詳細過程如文中步驟所示。

3、接線圖

紅線- (P1)

黑線- (G)

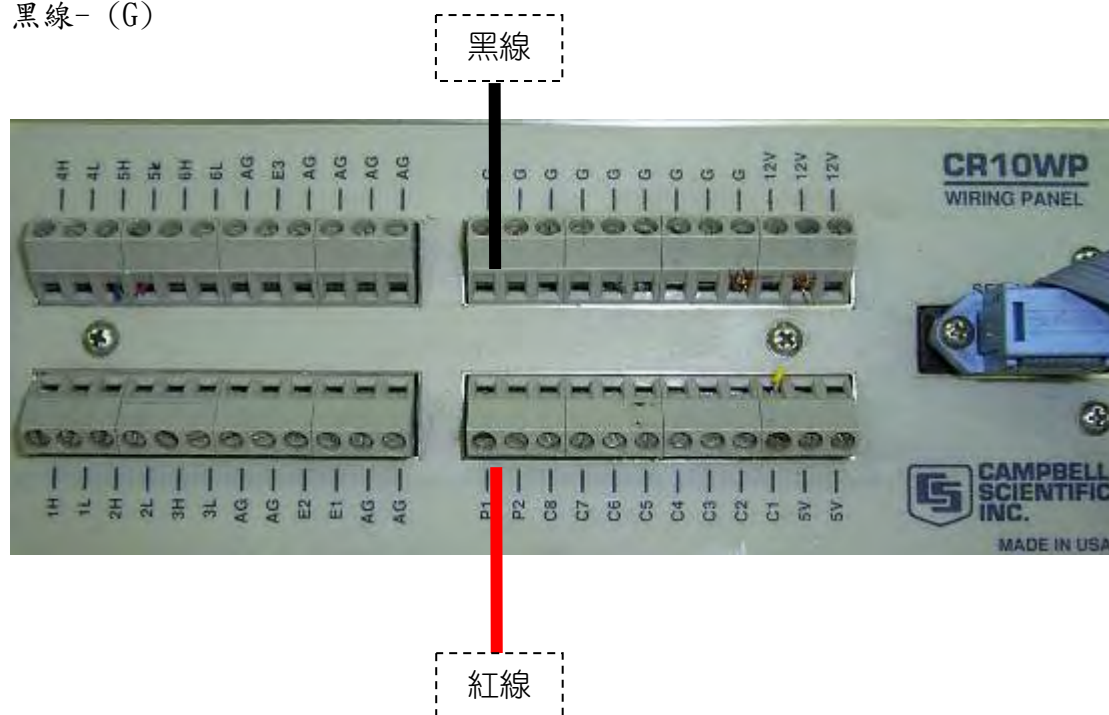


圖 2.11 接線圖

此為雨量計接在 CR10 上的電路接線。雨量計有 2 條線路為紅、黑色，分別接在 P1、G。

4、需注意事項

在接線時，小心把螺絲頭用一字螺絲起子鬆開，把電線放進對應的孔中，然後鎖緊。

(四) 儀器箱與內部設備

1、內部設備介紹

儀器箱(圖 2.12)內部裝設有 CAMPBELL 公司生產的資料收集處理器 (DATALOGGER)、資料記錄器(Storage Module)、GSM 無線數據機與電池(圖 2.13)。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。



圖 2.12 儀器箱



圖 2.13 儀器箱內部（中央為資料收集器、下方為電池、左方為資料記錄器）

2、資料處理器(CR10)、記錄資料器(SM-192)介紹

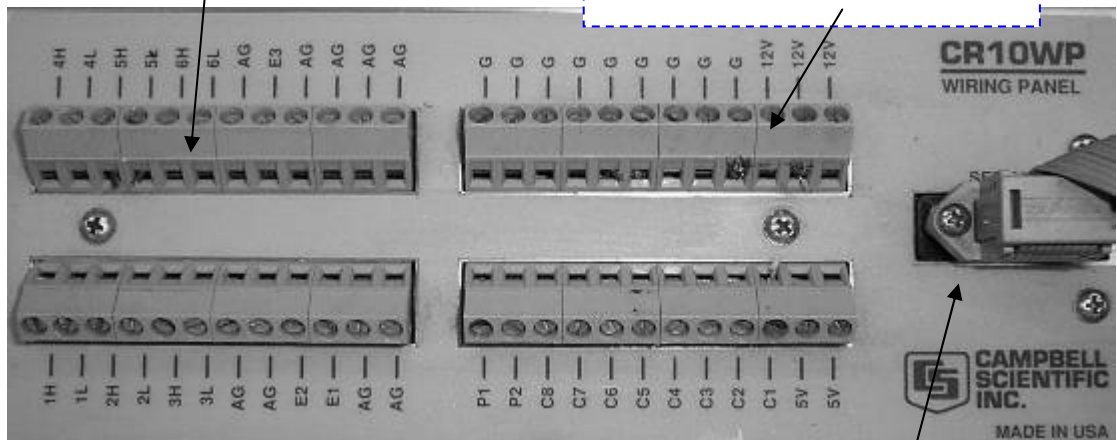
在資料處理器與無線數據機之間有一個資料處理介面，負責將兩方面的訊號加以轉換，是 CAMPBELL 公司所生產的 SC932A。這個介面主要的功能在於轉換資料處理器與無線數據機的訊號，讓兩者可以進行溝通。在進行遠端數據連線時，所有的控制訊號是由無線數據機經由 SC932A 介面傳入資料處理器中。在資料傳輸時，則是由資料處理器經過 SC932A 介面傳至無線數據機。

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。

其中量測與處理資料的是 CR-10，記錄資料的是 SM-192。

6 種不同 channel 的 Analog Inputs 可以根據不同的伏特來做測量記錄

電源連接處可接 12 V 或 5 V



9-Pin CS I/O 資料傳輸連接埠

圖 2.14 CR-10

表 2.1 CR10 規格

Inputs/Outputs	
Differential Analog Channels	6
Maximum Input Voltage	± 2500 mV
Analog Voltage Resolution	to 0.33 μ V
A/D Bits	13
Input Impedance	20 Gohm
Input Bias Current	± 9 nA
Scan Rate	64 Hz
Burst Mode	750 Hz
Pulse Channels	2
Excitation Channels	3 switched voltage
Excitation Voltage	± 2500 mV
CAO Channels	0
Digital Ports	8 I/O
Voltage Requirements	9.6 to 16 Vdc
Memory	
Program Memory (Bytes)	16K active 16K auxiliary
Data Storage(data points)	62,280
Optional Data Memory (data points)	1 million
Current Drain	
Quiescent	1.3 mA typical
Processing	13 mA

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。CR-10 的詳細規格如表 2.1。

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。

SM-192 的主要功能是將來自 CR-10 的數值儲存在記憶體中，以便研究人員以電腦讀取。由於野外環境惡劣，往往會使儀器失靈，因此 CR-10 所量測的數值需要有一個穩固的地方儲存，而 SM192 就扮演這樣的角色。

一旦資料進入 SM-192 後，除非經過電腦指令消除，否則資料將可以在其中

至少保留三年以上，不會受到 CR-10 失效或是其他外界幹擾的影響。所以由 CR-10 與 SM-192 所組成的資料記錄處理器可以有效執行自動化量測與記錄氣象的功能。

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。

3、電池介紹

本研究所使用的電力來源為為一般汽車用電池（20V），如圖 2.15。



圖 2.15 電池

1、如何連接、安裝

電池的接線:紅色為正極、黑色為負極。

紅線-12V

黑線-G

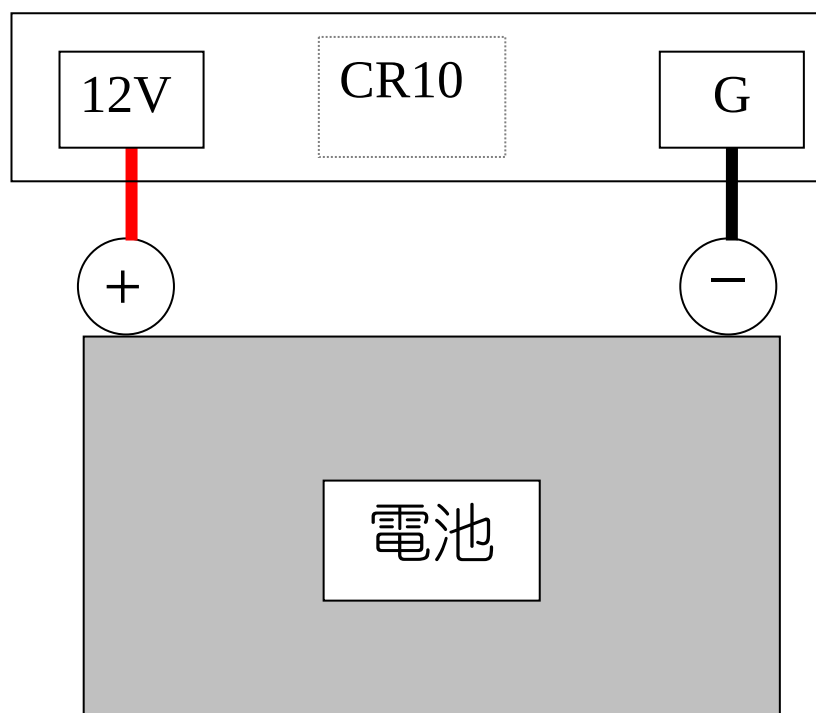


圖 2.16 電池接線

2、需注意事項

請攜帶 2 組電線(紅、黑線各二條)，以備換電池時可以先接上預備用的小電池，防止中途斷電與資料紀錄處理器重開機。

接好的電線請用絕緣膠帶黏貼，以防止短路的情形發生。

4、基本氣象資料收集項目介紹

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。

各項氣象資料每 10 秒鐘收集一次，每三十分鐘自動計算數值產生一筆資料。降雨量最小觀測單位為 0.2 公釐、溫度為 0.1 度、相對溼度為 0.1%、風速最小單位為每秒 0.1 公尺、風向為 0.1 度。

九九峰自計式氣象觀測站資料範例(表 2.2)，資料的第一欄為測站的編號、第二欄為日期、第三欄為時間(二十四小時制)、第四欄為氣溫、第五欄為相對溼度、第六欄為降雨量、第七欄為風速、第八欄為風向(0 至 360 度)、第九欄為內部機器溫度、第十欄為電池電壓。

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，然後每半個小時進行計算，產生一筆資料，所以最後呈現的格式為每半個小時有一組資料。

表 2.2 象觀測站資料

站名	日期	時間 (1/2hr)	溫度 (℃)	溼度 (%)	降雨量 (mm)	風速 (m/sec)	風向 (°)	內部溫度 (℃)	電壓 (V)
109	1	0	20.14	70.9	0	1.117	46.64	21.46	12.12
109	1	30	19.78	74.6	0	0.556	32.83	21.12	12.12
109	1	100	19.57	76.1	0	0.369	102.9	20.82	12.12
109	1	130	19.45	77.2	0	0.503	123.5	20.55	12.11
109	1	200	19.27	78.2	0	0.826	170.2	20.34	12.11
109	1	230	19.2	77.8	0	1.257	134	20.14	12.11
109	1	300	19.35	76.8	0	1.154	125.2	19.97	12.11
109	1	330	19.53	76.1	0	0.833	116.3	19.88	12.11
109	1	400	19.62	77	0	0.414	162.8	19.83	12.11
109	1	430	18.76	86.7	0.6	0.146	68.38	19.72	12.11
109	1	500	18.15	92.2	0	0	0	19.34	12.11
109	1	530	18.18	92	0	0.312	114.8	18.98	12.1
109	1	600	18.24	91.2	0	0.08	252.8	18.73	12.1
109	1	630	18.33	91.2	0	0.288	11.05	18.61	12.1
109	1	700	18.44	90.4	0	0.343	101.6	18.56	12.1
109	1	730	18.91	90.4	0	0.263	212.3	18.68	12.1
109	1	800	19.23	89	0	0.369	106.5	18.99	12.1
109	1	830	19.32	88.3	0	0.364	176.1	19.32	12.1
109	1	900	19.36	89.9	0	0.433	103.4	19.56	12.1
109	1	930	19.76	87.7	0	0.318	175.4	19.77	12.1
109	1	1000	20.66	86.1	0	0.186	125.9	20.21	12.1

三、測站設置位置

本測站設置在研究區東側約 800 公尺(圖 3.1)，位在稜線不受到地表植被與建築物影響之空曠地區，以避免地表物體影響氣候資料。

由於山區氣候經常受到地區性地形與海拔高度所影響，其降雨變化之空間變異性是相當大的，因此，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象狀況，並且可以利用即時監測之技術，瞭解區域氣候之狀況。

本研究所架設的自計式氣候站包括雨量計、溫溼度計及風速、風向計，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。

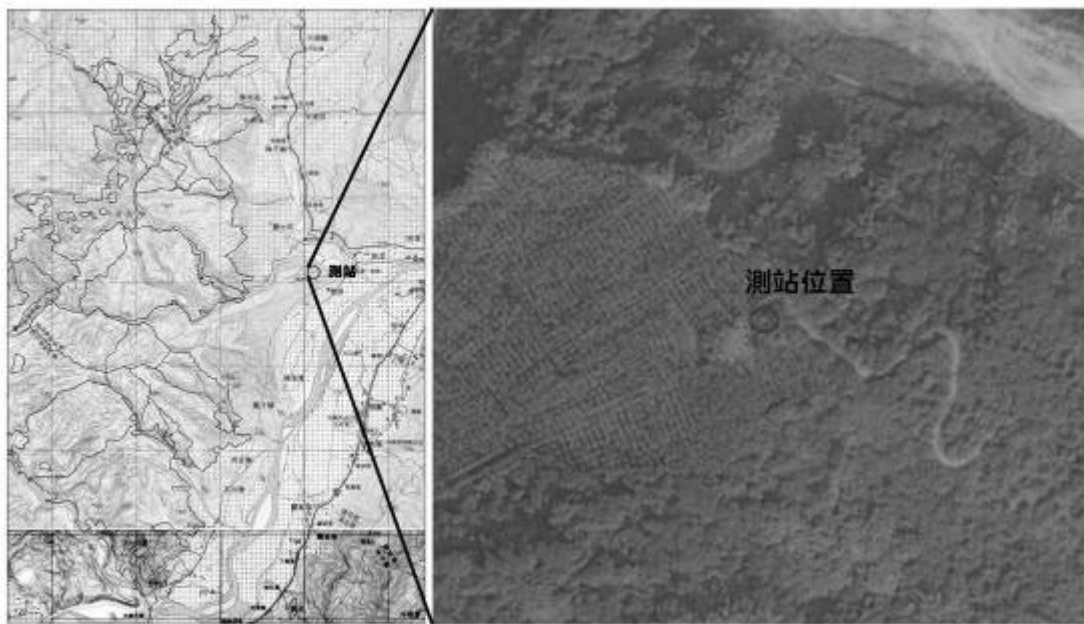
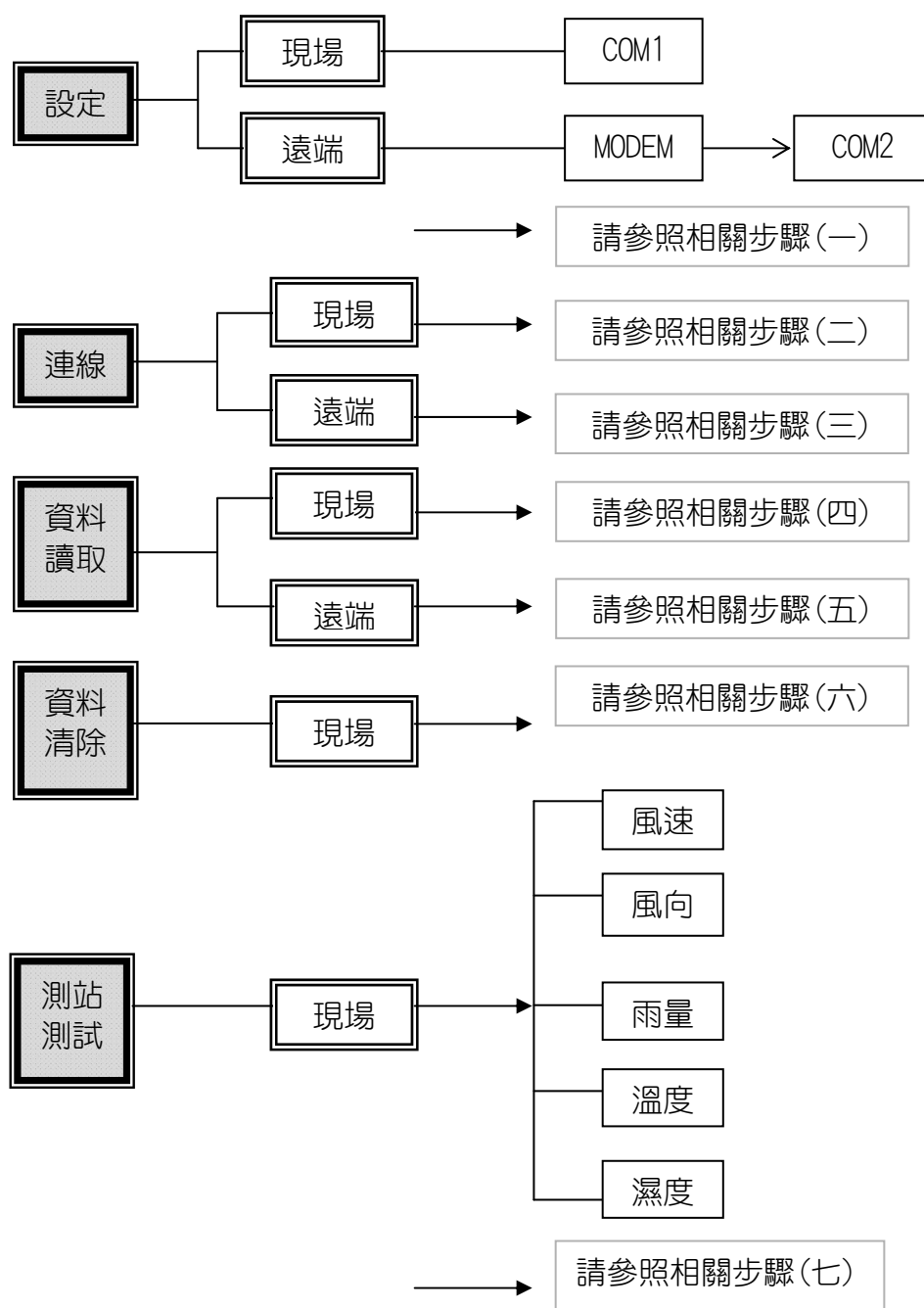


圖 3.1 氣象測站位置示意圖

四、資料下載設定與擷取

資料下載設定與擷取分別分為 2 個部分，分別是以現場下載與遠端連線的方式進行。所有資料擷取都需進行設定（請參照相關步驟一）。在現場下載狀況下，可行資料讀取與資料清除作業；在遠端電話連線的狀態下，只能進行資料讀取，無法清除記憶體之資料，因此每次更換電池，都需進行測站測試以及清除資料，以維持氣象觀測站正常運作。相關操作程序，請參照後方所述之步驟：



(一) 設定：

相關步驟(一)

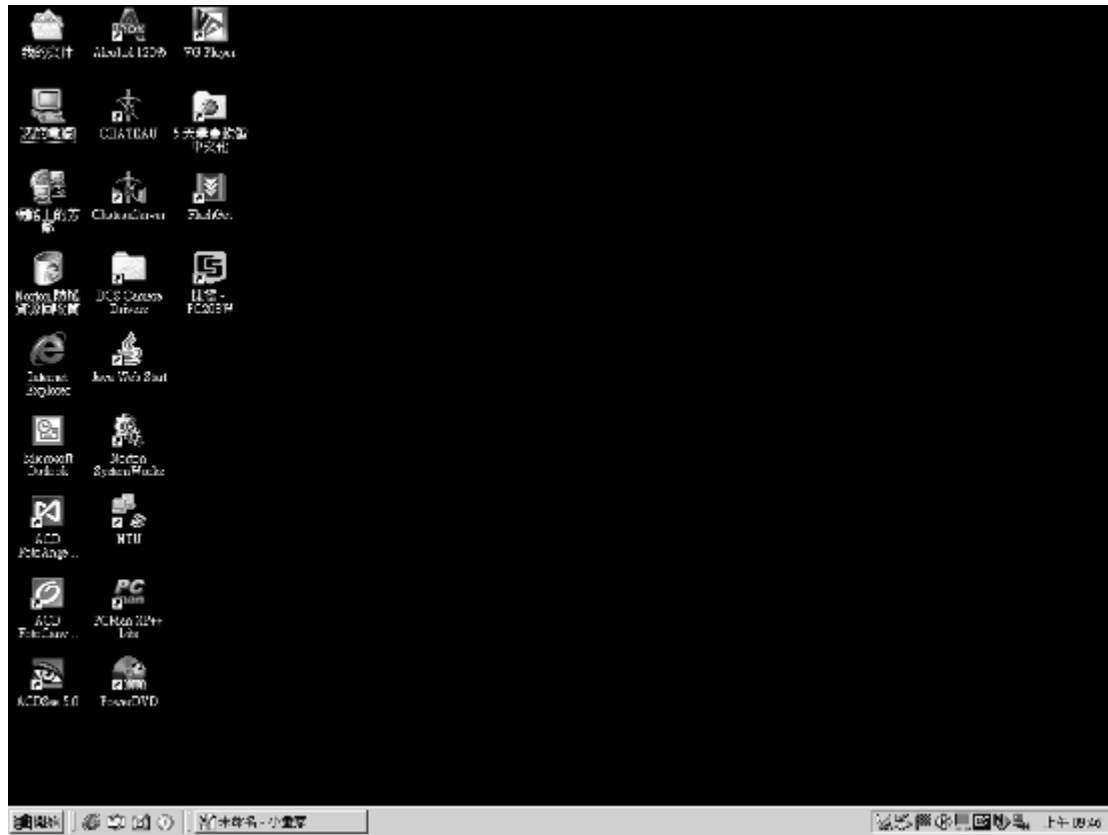


圖 4.1 開機，進入作業系統

開啟電腦 Power



選擇 Windows98 系統



出現作業系統視窗

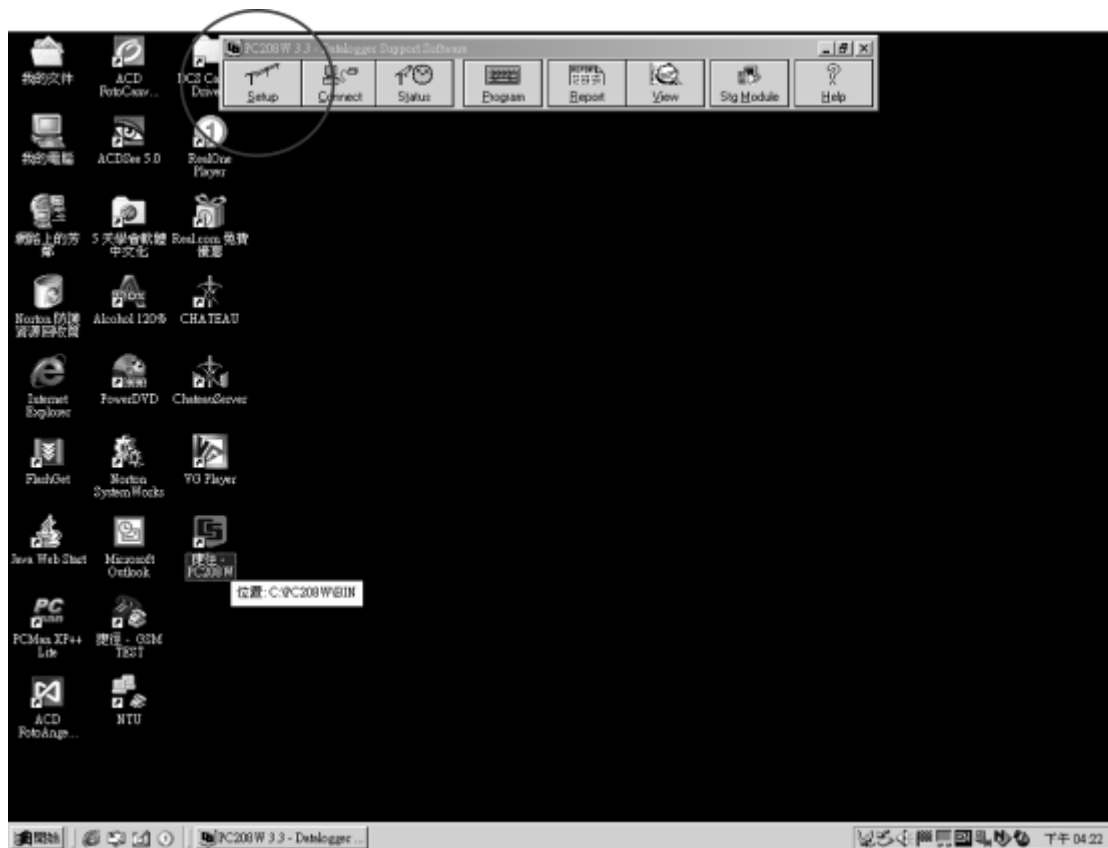


圖 4.3 開啟 Setup

PC208W 開啟後出現上方工具列



點選 Setup(滑鼠按一下)



下方出現新視窗，進行設定

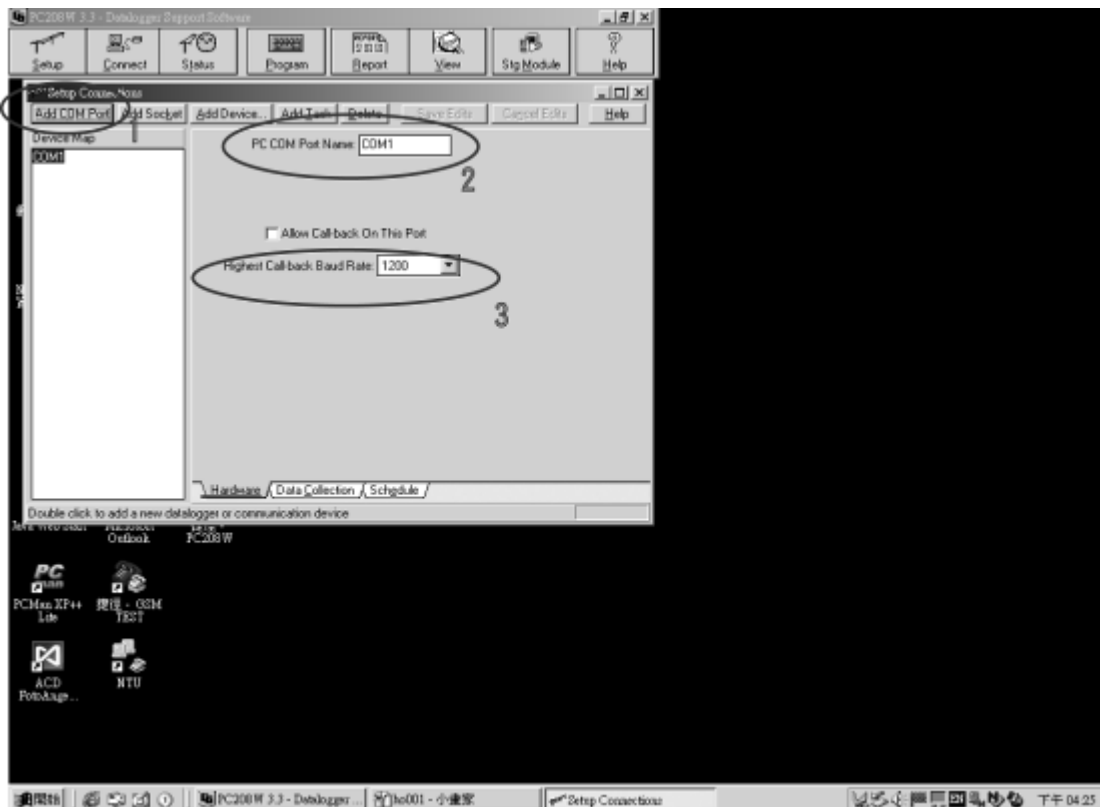


圖 4.4 PC208W 設定測站資料-1

點選 PC-208W 上方工具列的 Setup 後，下方出現新視窗(如上圖)



(請注意該設定是在標有粗底線的浮動視窗下進行)



選擇 Add COM (直接將數據機的 COM 代號輸入，若電腦數據機位於 COM1 則輸入 COM1 以此類推)



右方視窗設定如圖所示，請依照號碼順序進行設定

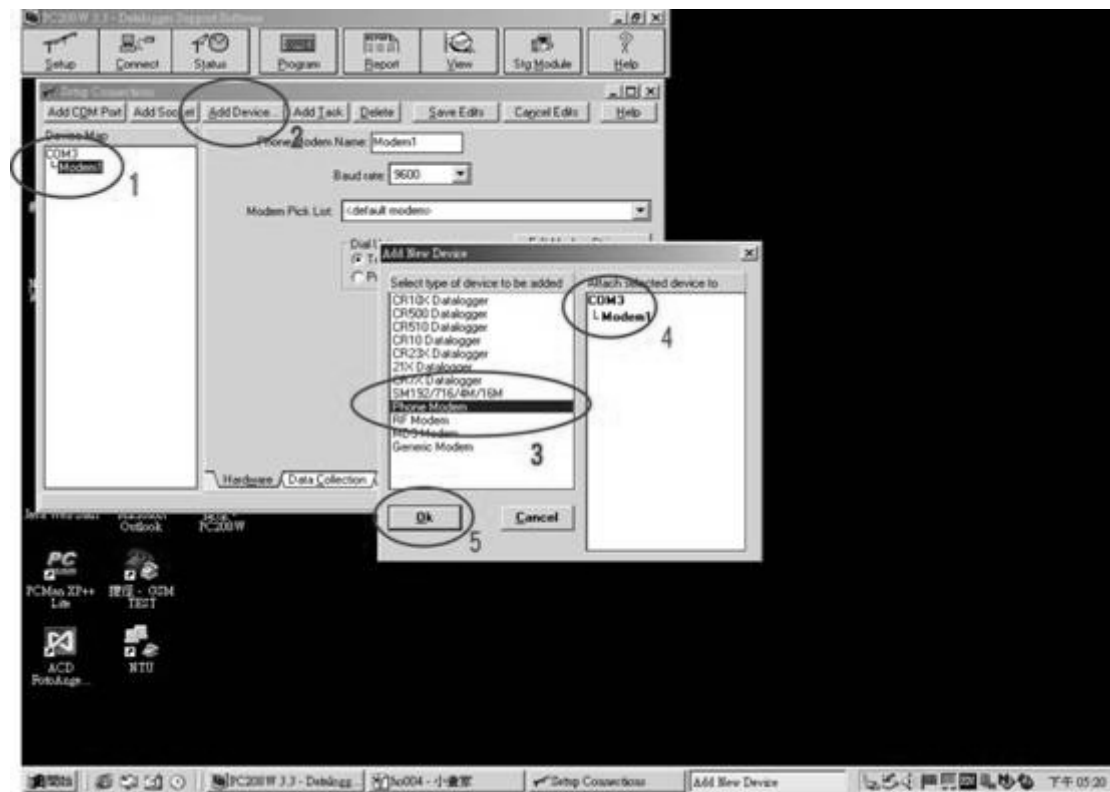


圖 4.5 PC208W 設定測站資料-2

遊標點一下剛剛新設的 COM3



在選擇上方 Add Device，出現新視窗



點選新增 Phone Modem



出現號碼 4



按 ok

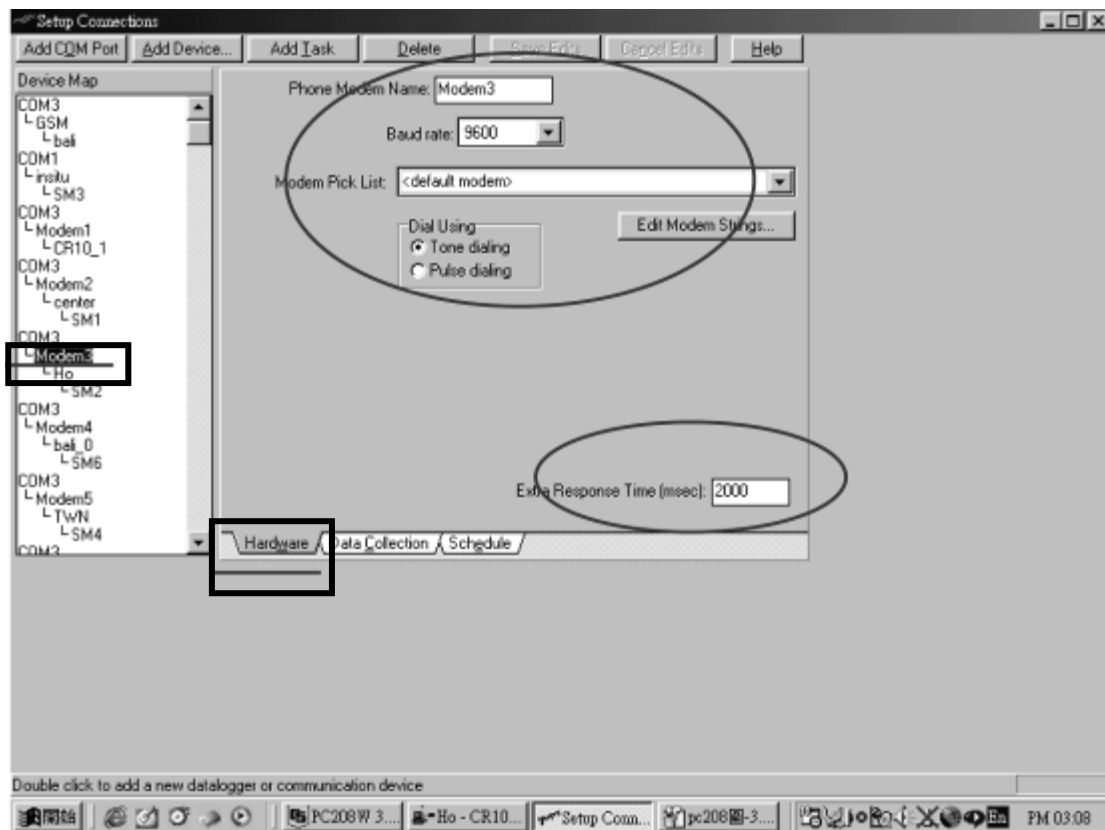


圖 4.6 PC208W 設定測站資料-3

Modem 的設定如上圖所示



(請注意該設定是在標有粗底線的浮動視窗下進行)



Phone Modem Number 選擇電腦數據機撥接位置設定



其他的設定依照上圖所示

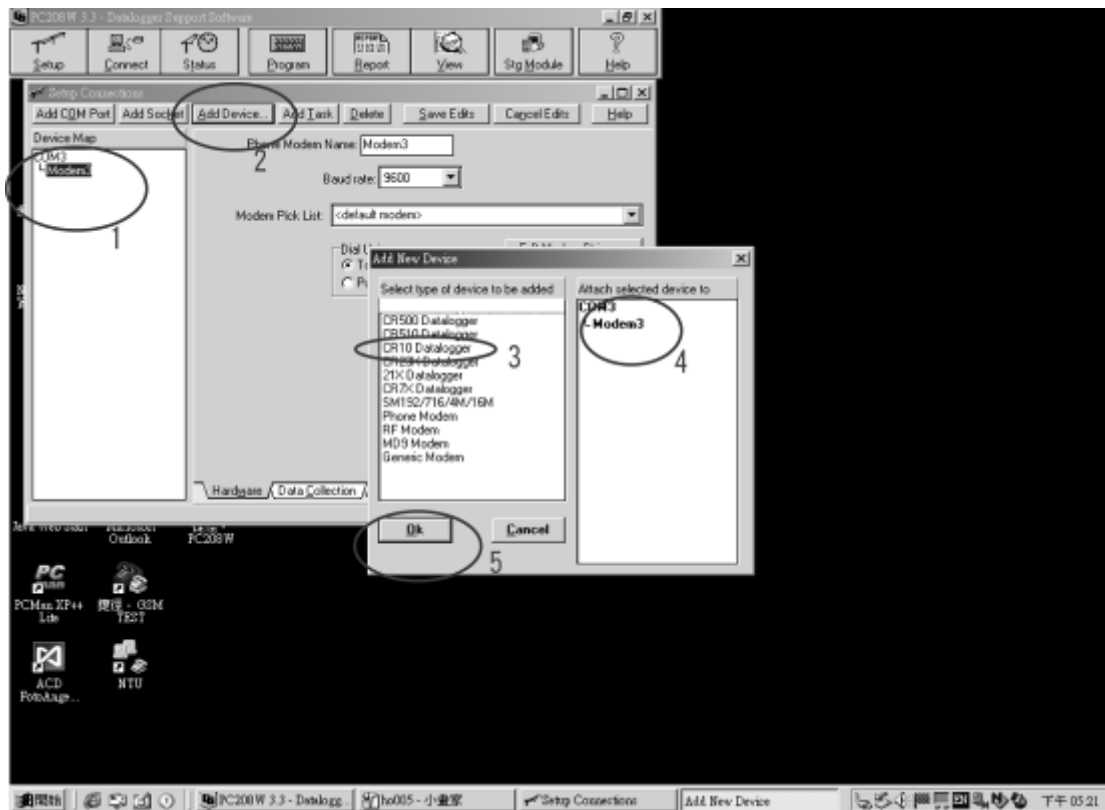


圖 4.7 PC208W 設定測站資料-4

遊標點一下剛剛新設的 Modem3



在選擇上方 Add Device，出現新視窗



點選新增 CR10 logger



出現號碼 4



按 ok

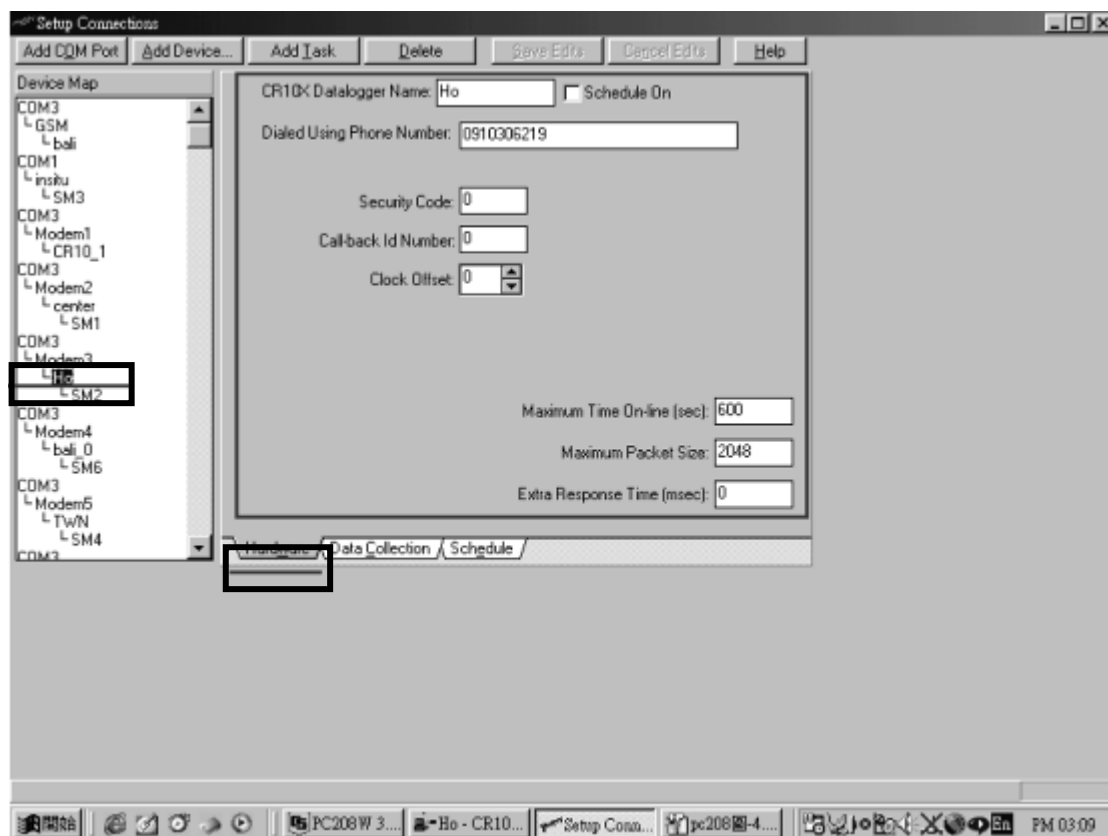


圖 4.8 PC208W 設定測站資料-5

CR10 logger 的設定如上圖所示



(請注意該設定是在標有粗底線的浮動視窗下進行)



CR10 Datalogger name 依照您的測站接位置所設定(此時我們設定為 Ho，為火炎山測站的代號)



電話請自行輸入測站所使用行動數據之號碼



其他的設定依照上圖

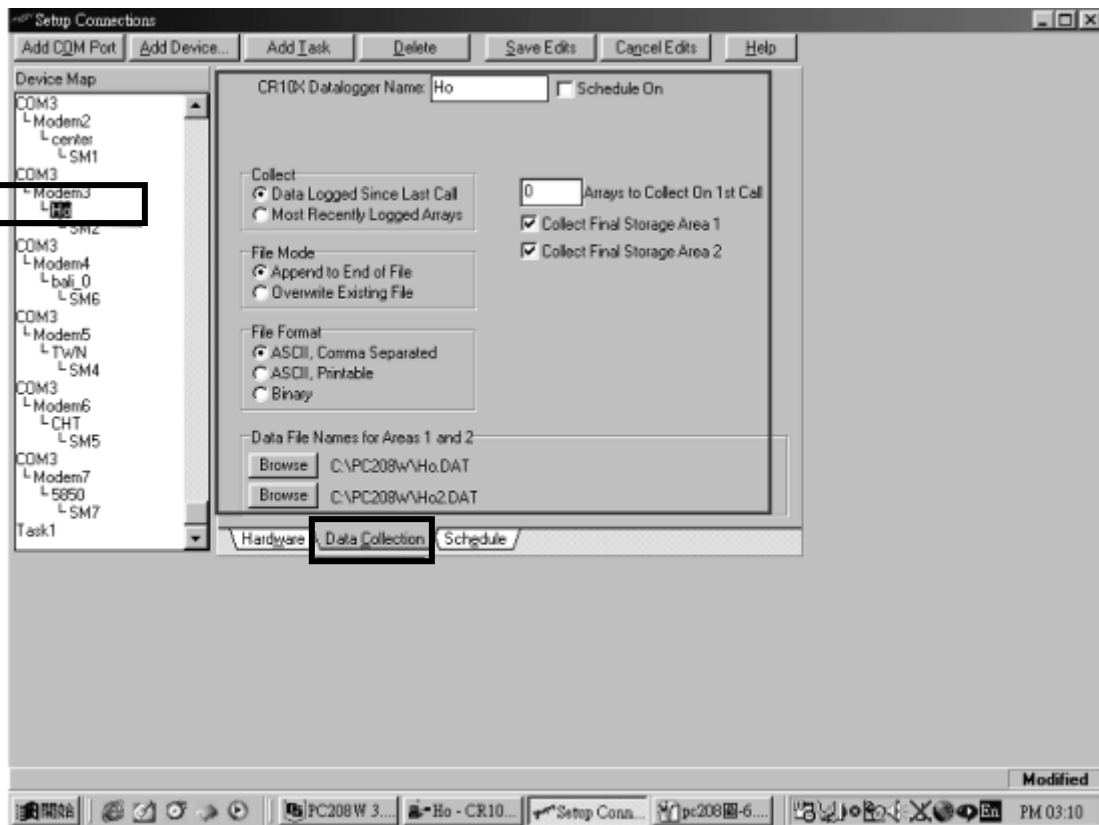


圖 4.9 PC208W 設定測站資料-6

CR10 Datalogge 的設定如上圖所示



(請注意該設定是在標有粗底線的浮動視窗下進行)



CR10 Datalogger name 依照您的測站接位置所設定(此時我們設定為 Ho)



其他的設定依照上圖

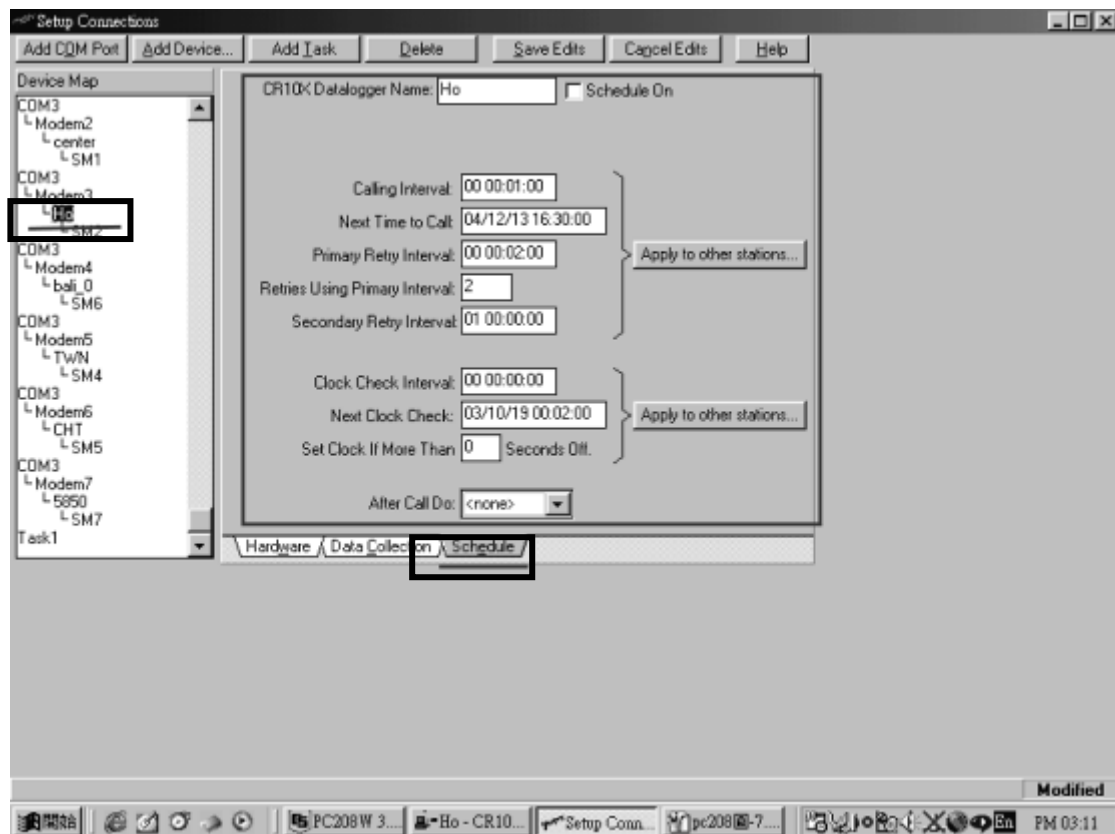


圖 4.10 PC208W 設定測站資料-7

CR10 logger 的設定如上圖所示

↓

（請注意該設定是在標有粗底線的浮動視窗下進行）

↓

時間會自動顯示

↓

其他的設定依照上圖

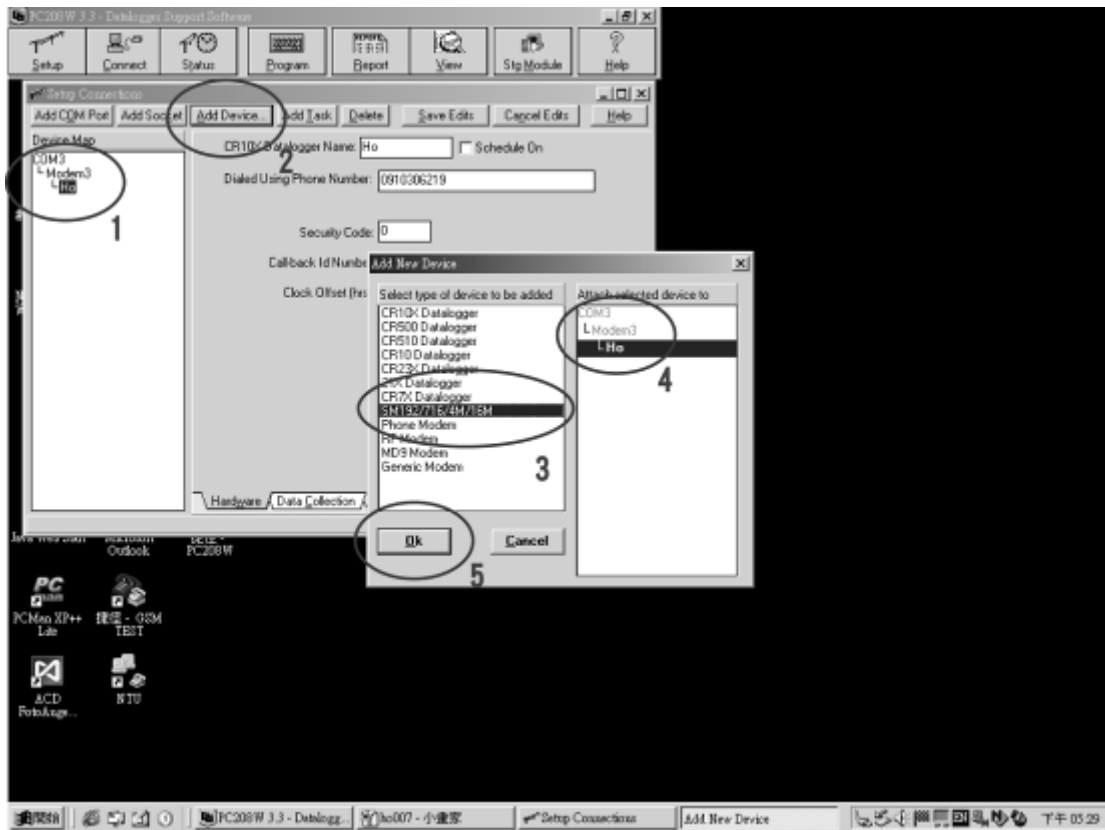


圖 4.11 PC208W 設定測站資料-8

遊標點一下剛剛新設的 Ho



在選擇上方 Add Device，出現新視窗



點選新增 SM192/716/4M/16M



出現號碼 4



按 ok

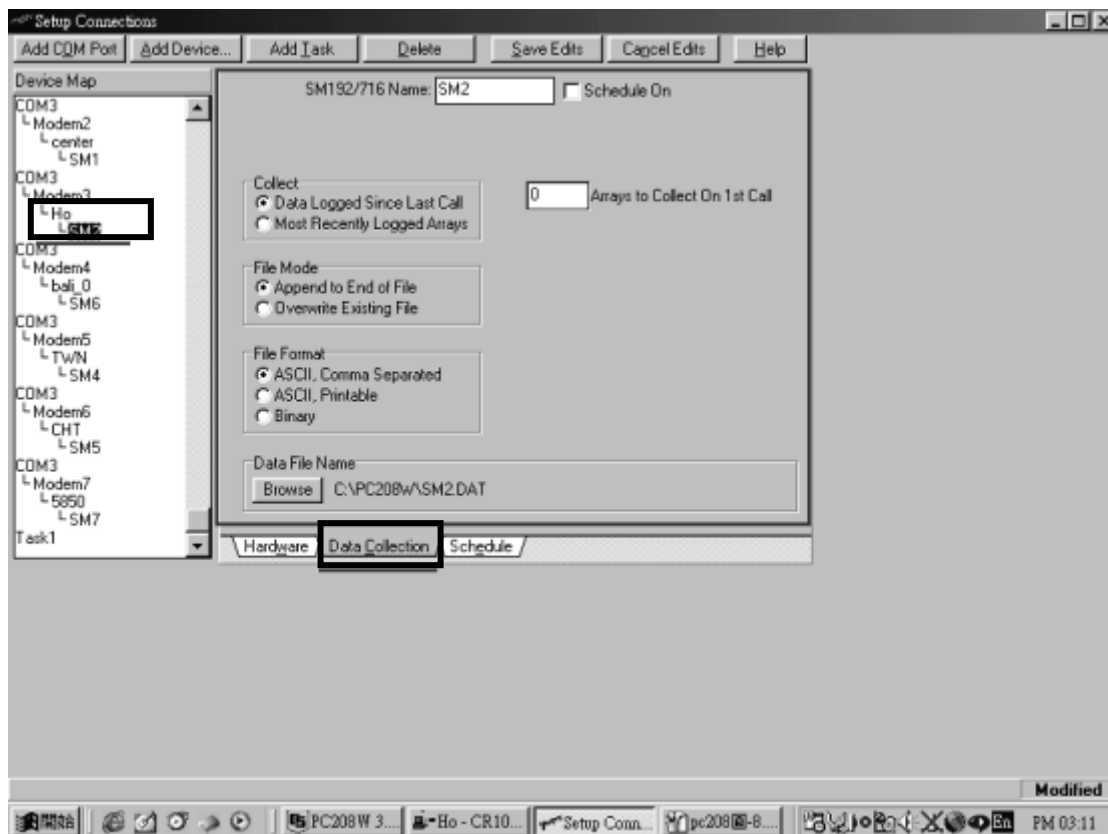


圖 4.12 PC208W 設定測站資料-9

SM192/716/4M/16M 的設定如上圖所示(可自行改變名稱)

↓

(請注意該設定是在標有粗底線的浮動視窗下進行)

↓

Datafile name 依照您的電腦儲存位置而自行設定

↓

其他的設定依照上圖

↓

Save Edit

↓

完成設定

(二) 連線：

現場連線-相關步驟(二)

打開儀器箱 → 將傳輸線接上 Notebook 的连接埠 → 打開電腦，執行 PC-208W (執行方法見相關步驟一)

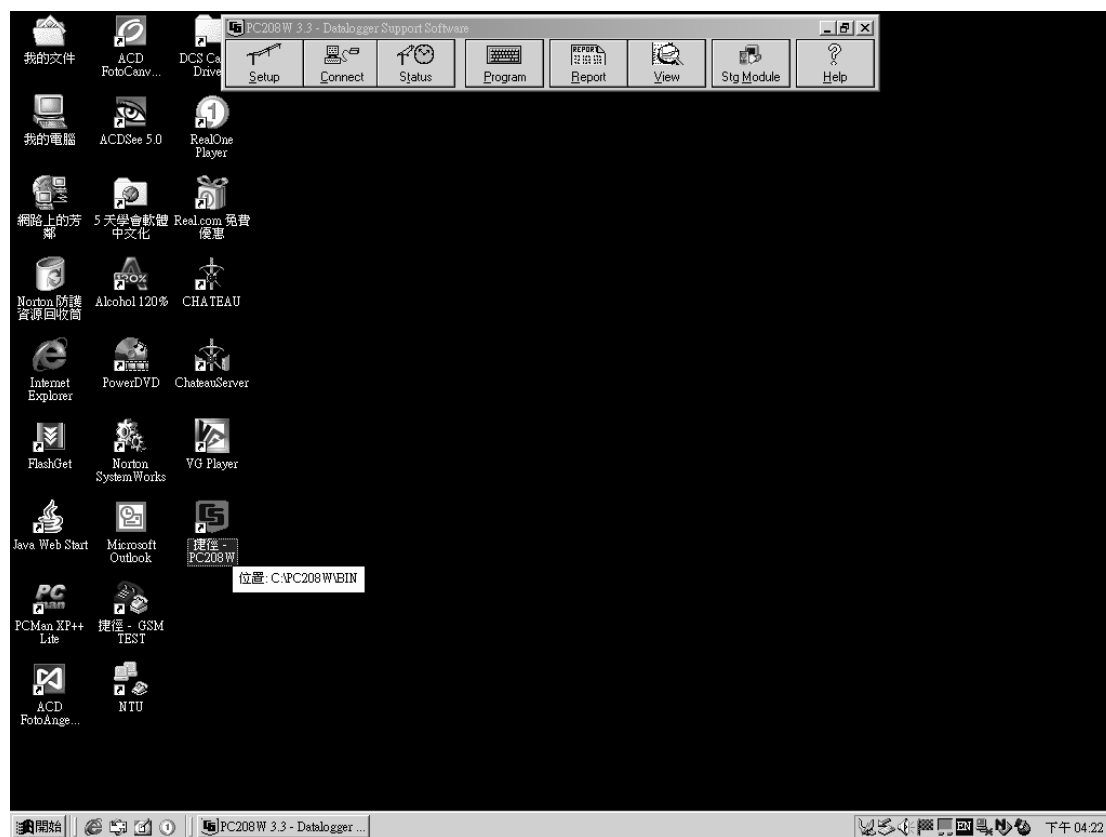


圖 4.13 執行 PC-208W

(點選桌面捷徑 2 下或從程式集→PC-208W)



上方出現 PC-208W 的工具列

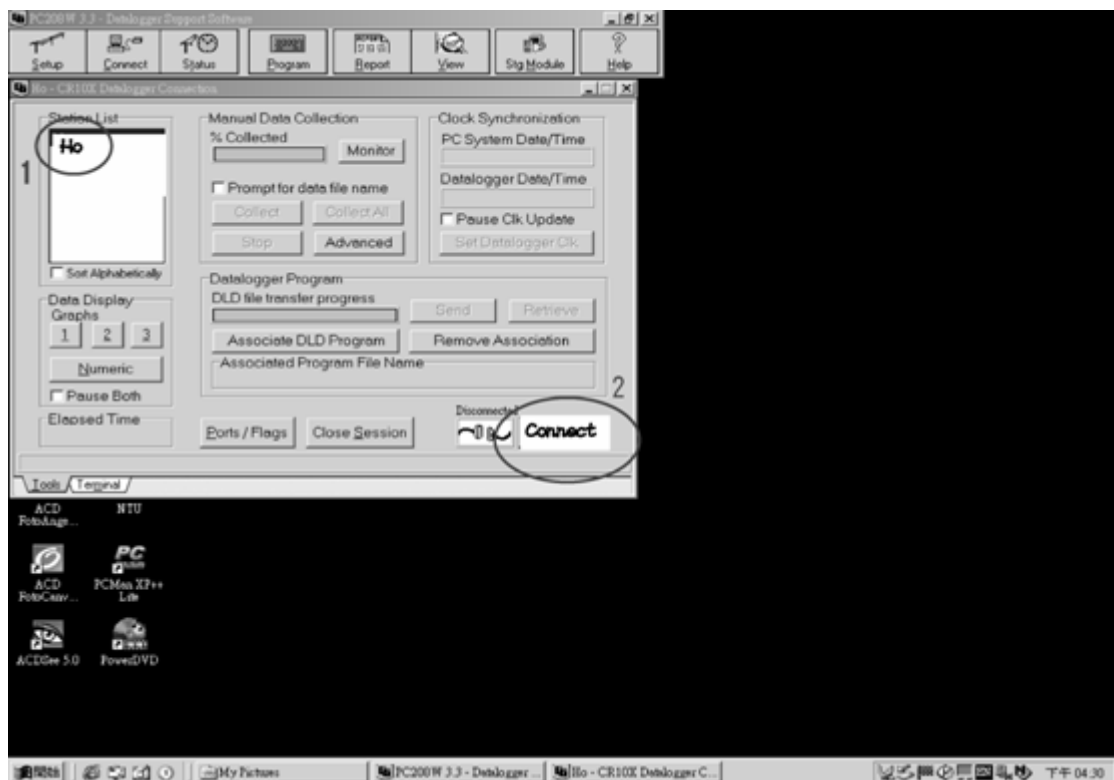


圖 4.14 現場連線

點兩下畫面上方 Connect



下方出現新視窗



選擇左方 Ho 測站代號



按右下方的 Connect



連線

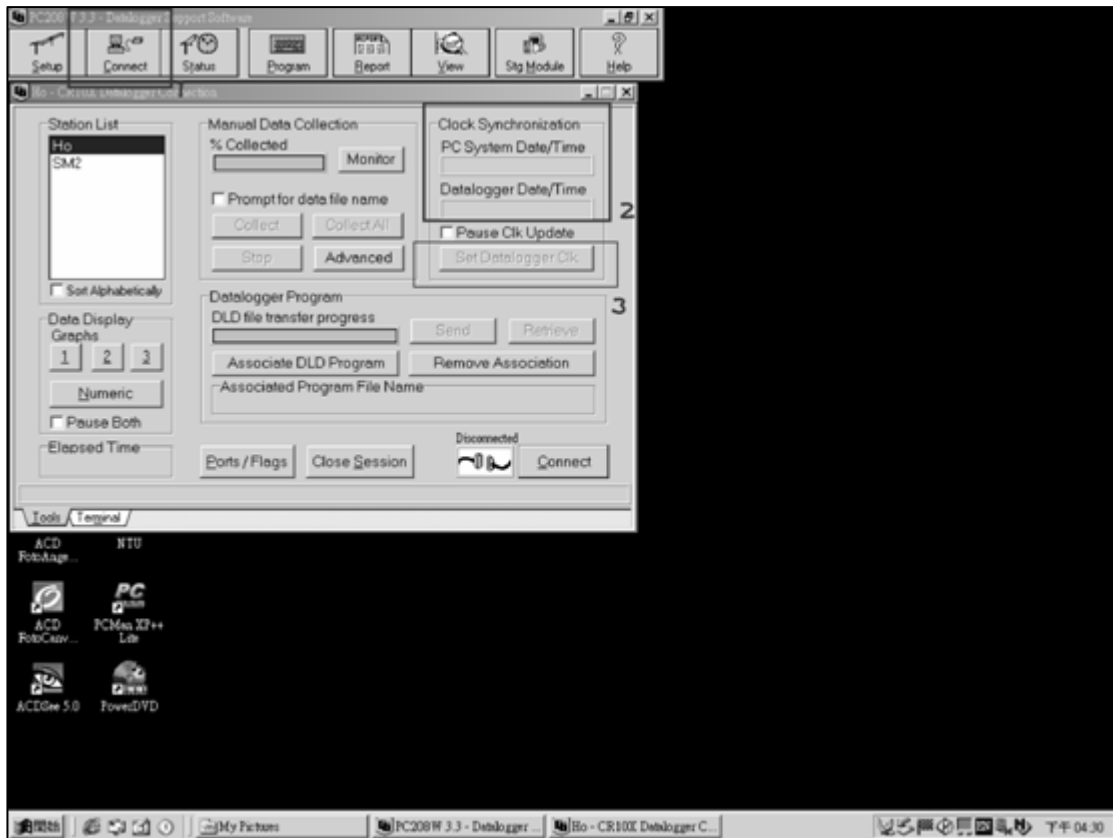


圖 4.15 現場連線-檢查 Datalogger 的時間

點選上方工具列的 Connect



下方出現新視窗



在新視窗右方出現 2 個時間:一個為 Datalogger 的時間,一個為電腦的時間



時間如果不一致,請調整正確時間



按一下 set datalogger clk, 調整正確的時間

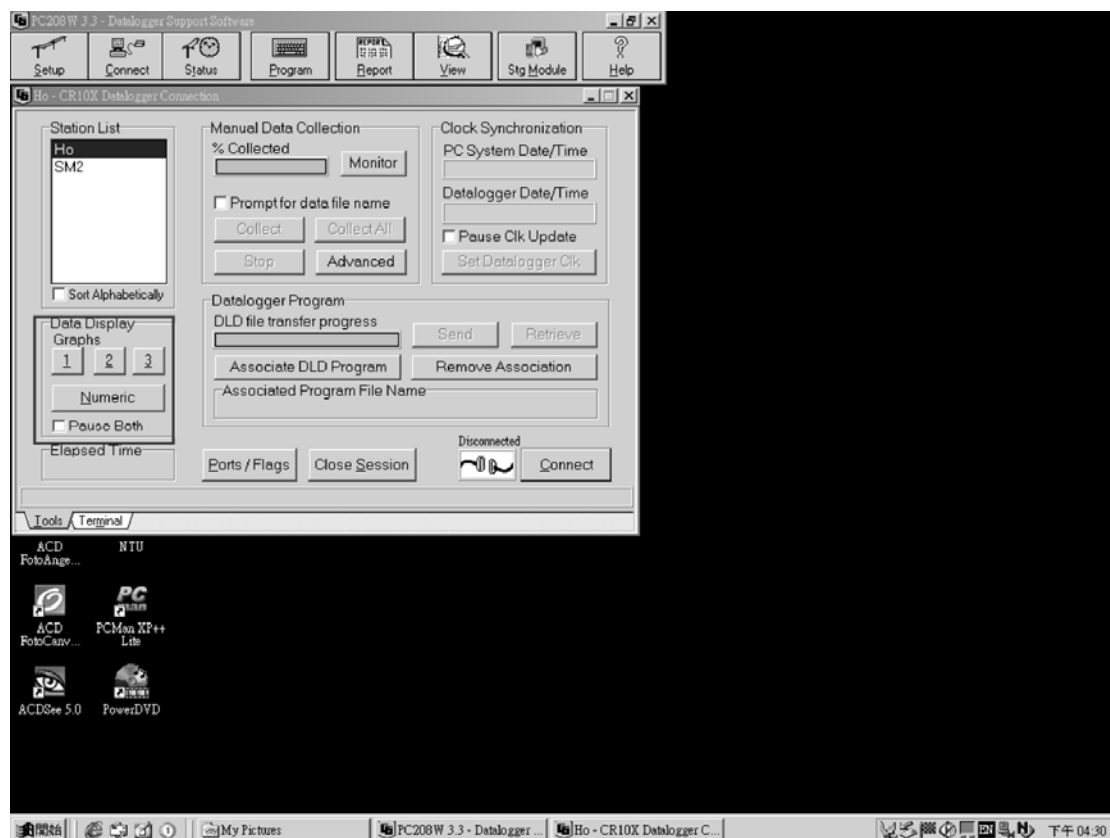


圖 4.16 現場連線-Check 各項感應器之數值-1

在視窗左下角 Data Display Graphs 中選擇 1



出現一新視窗

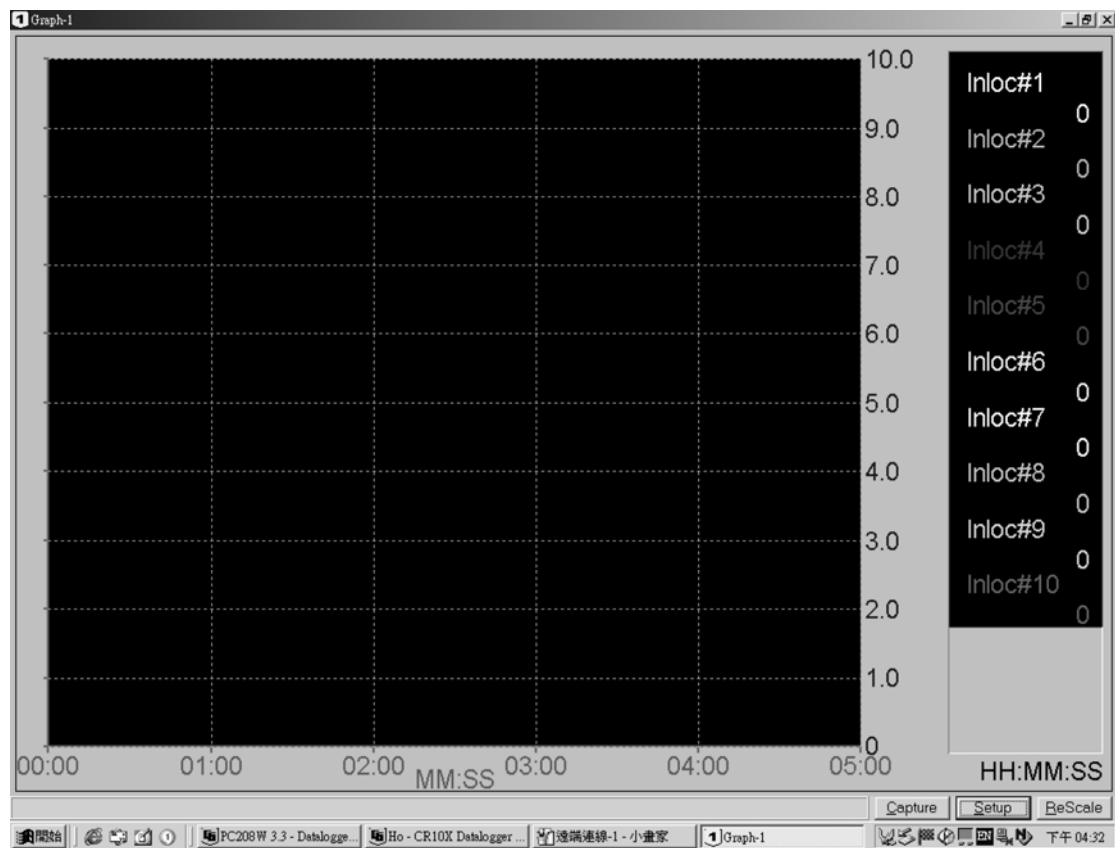


圖 4.17 現場連線-Check 各項感應器之數值-2

視窗右方為各項感應器的代碼（請參照前面設定的值）



下方為現場的時間



正常狀況下每一條曲線代表感應器的值

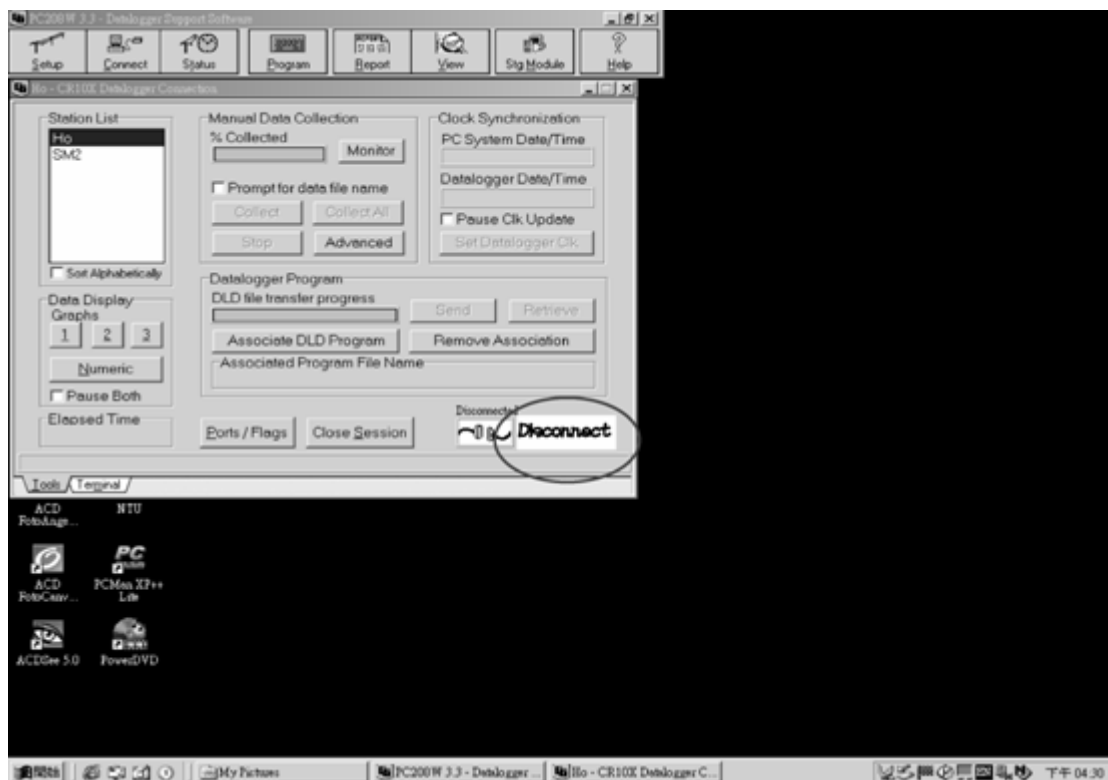


圖 4.18 現場連線-結束連線

按畫面右下方 Disconnect



結束連線

遠端連線-相關步驟(三)

將電話線接上 Notebook → 打開電腦，執行 PC-208W (執行方法見相關步驟一)

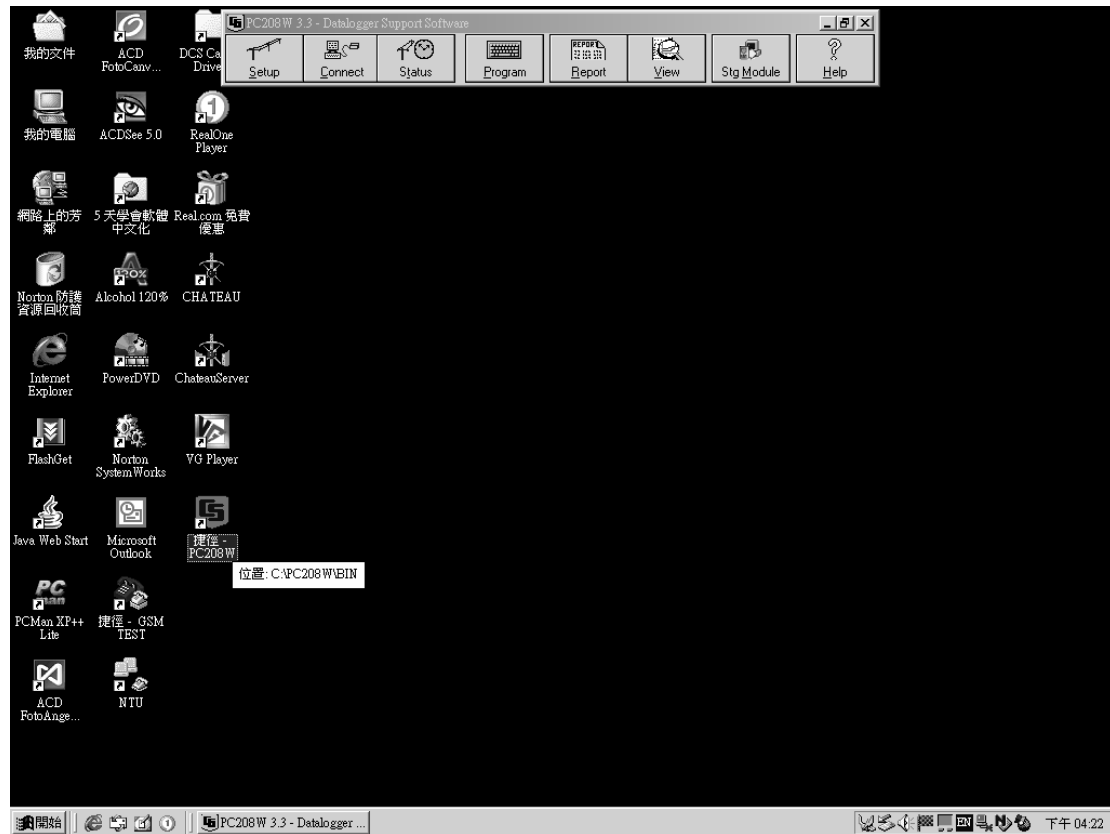


圖 4.19 執行 PC-208W

(點選桌面捷徑 2 下或從程式集→PC-208W)



上方出現 PC-208W 的工具列

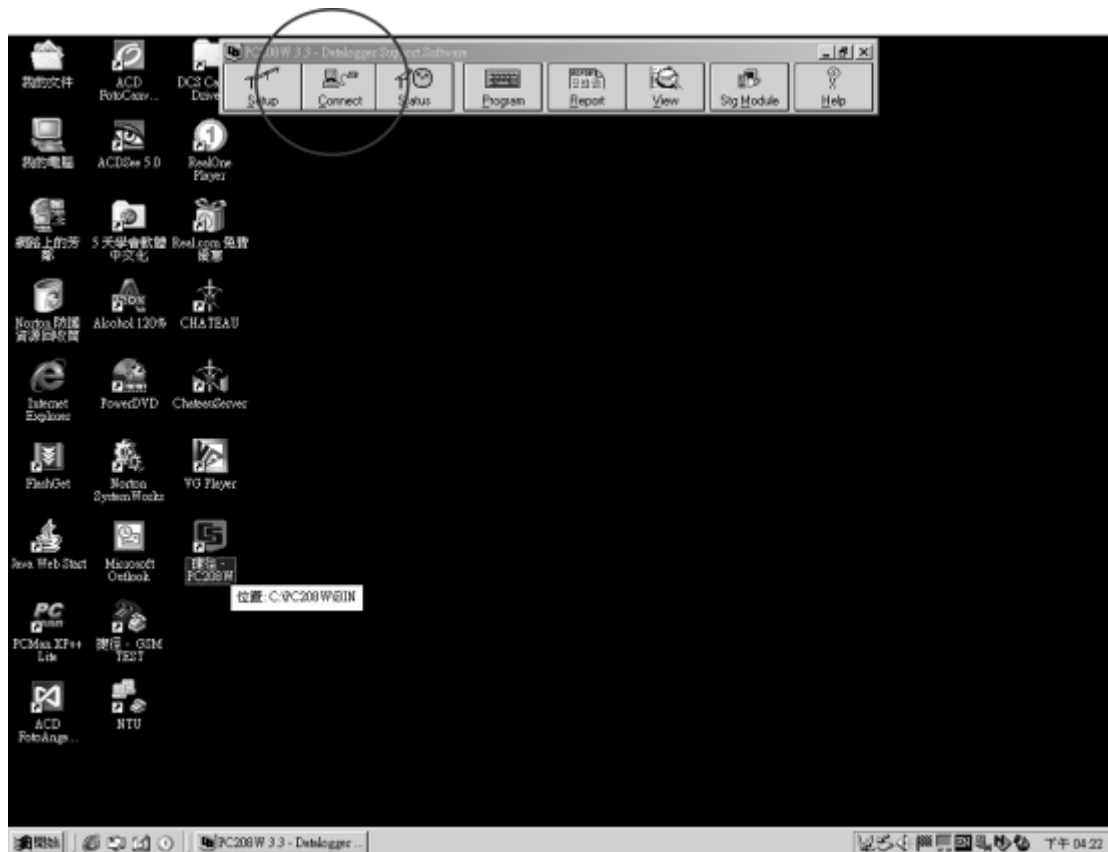


圖 4.20 PC-208W 遠端連線

選擇畫面上方按鈕 Connect(下方出現新視窗)



進行遠端連線

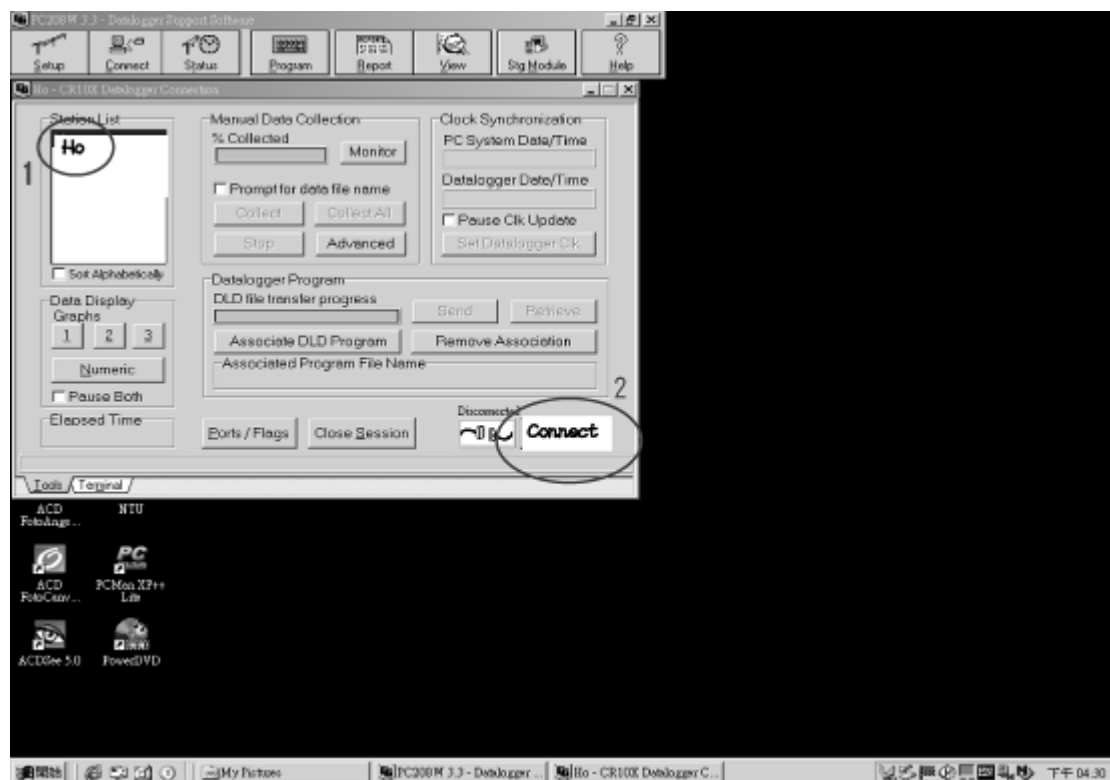


圖 4.21 PC-208W 遠端連線-連線

選擇左方的火炎山(Ho)測站



選擇畫面下方按鈕 Connect



請打開喇叭聲音，此時會出現撥號音



正確連接上

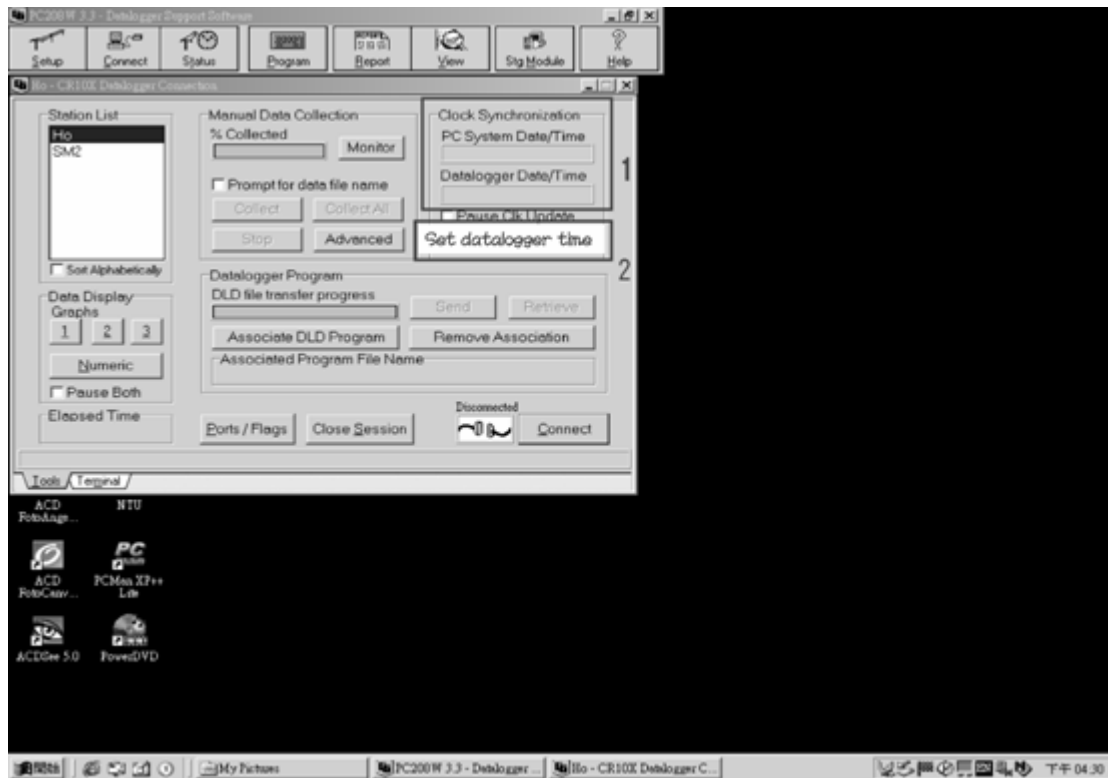


圖 4.22 PC-208W 遠端連線-檢查 Datalogger 的時間

（正常連接上時，在右上方則出現 2 個時間：一個為 Datalogger 的時間，一個為電腦的時間



時間如果不一致，請調整正確時間



按一下 set datalogger clk，調整正確的時間

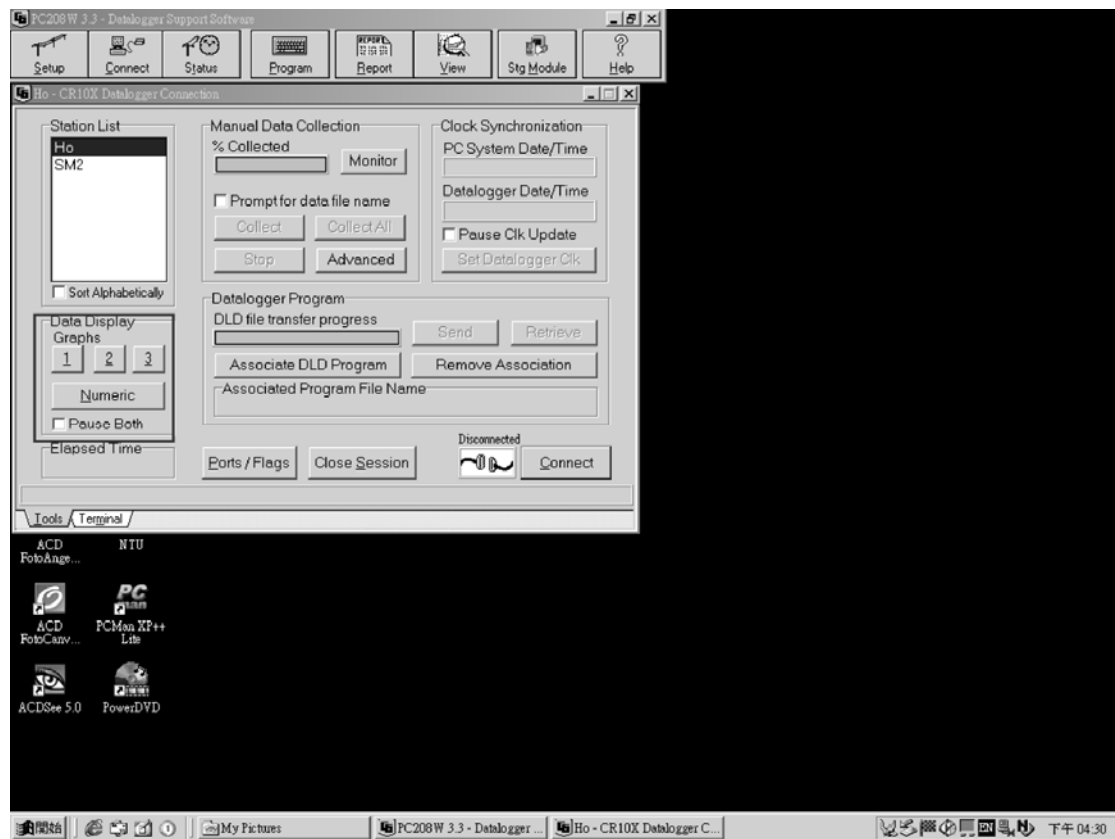


圖 4.23 遠端連線-Check 各項感應器的值-1

在視窗左下角 Data Display Graphs 中選擇 1



出現一新視窗

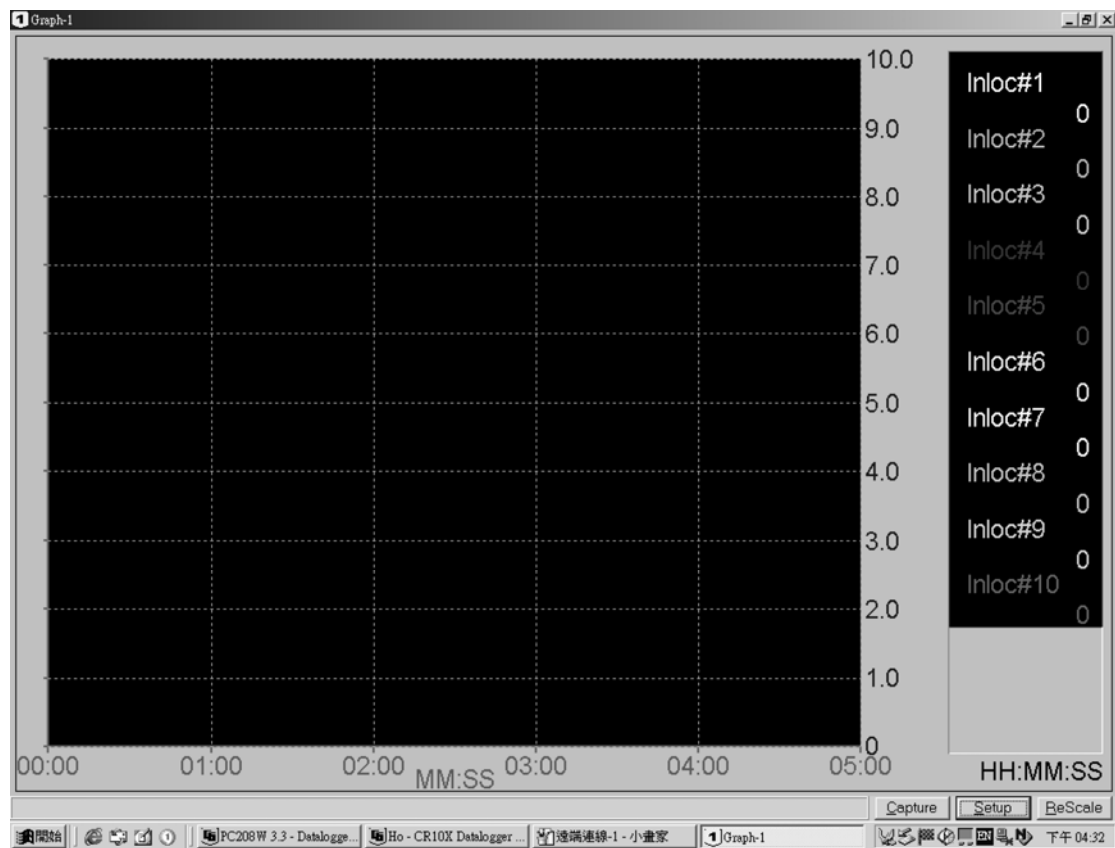


圖 4.24 遠端連線-Check 各項感應器的值-2

視窗右方為各項感應器的代碼（請參照前面設定的值）

↓

下方為現場的時間

↓

正常狀況下每一條曲線代表感應器的值

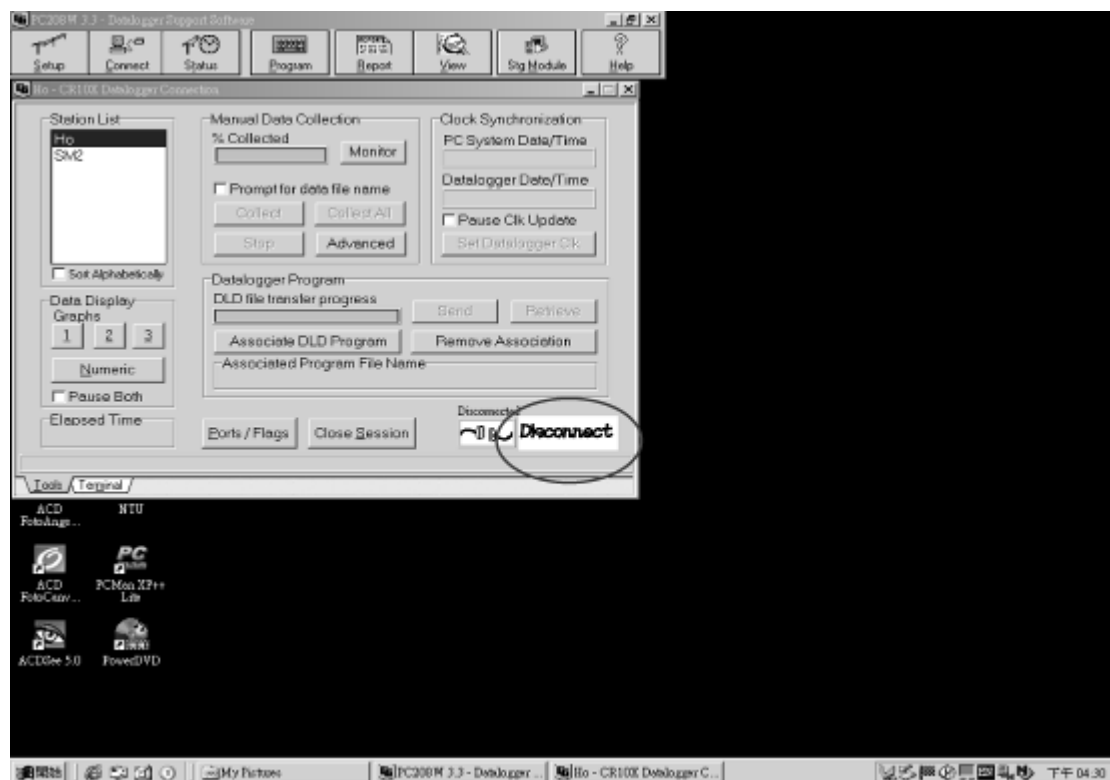


圖 4.25 遠端連線-結束連線

按右下方的 Disconnect



結束連線

(三) 資料讀取：

現場連線-相關步驟(四)

打開儀器箱 → 將藍色的傳輸線、介面卡接上 Notebook 的連接埠 → 打開電腦，執行 PC-208W（執行方法見相關步驟一）

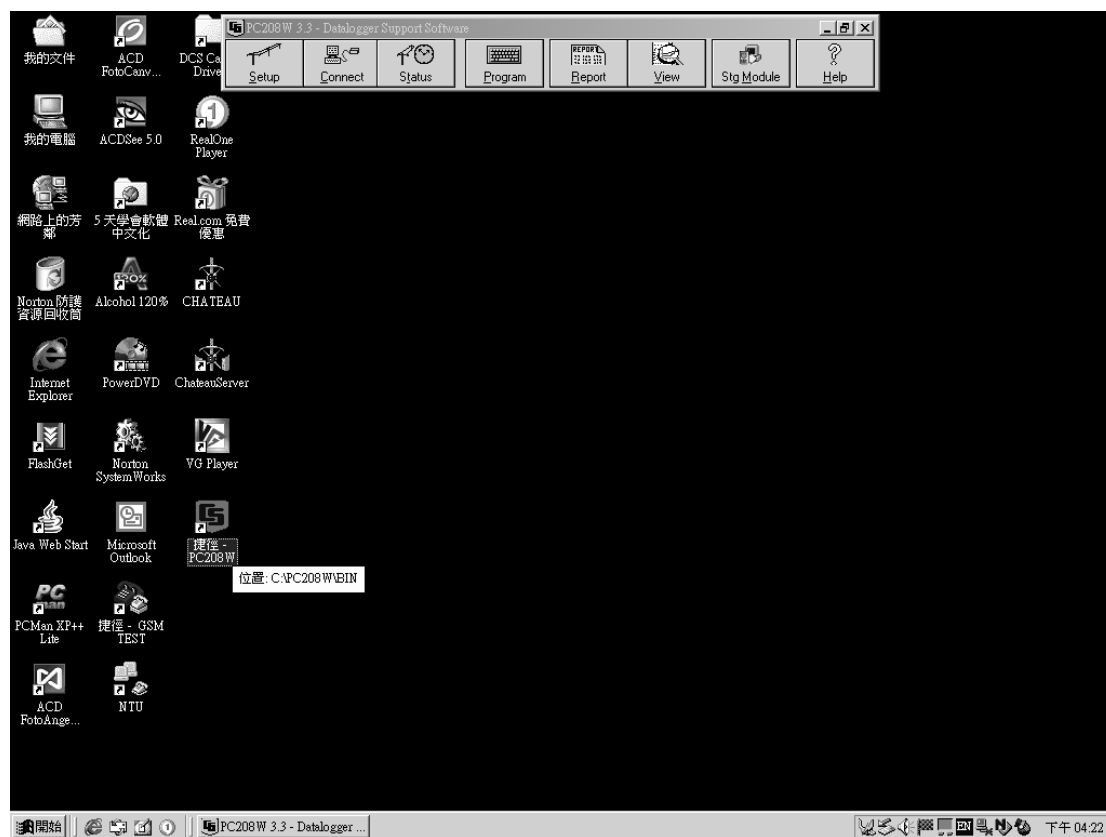


圖 4.26 執行 PC-208W

（點選桌面捷徑 2 下或從程式集→PC-208W）



上方出現 PC-208W 的工具列



圖 4.27 現場連線

點兩下畫面上方 Stg Module

↓

下方出現新視窗

↓

(請注意該以下的設定是在框線中的浮動視窗下進行)

↓

按右下方的 Connect

↓

連線

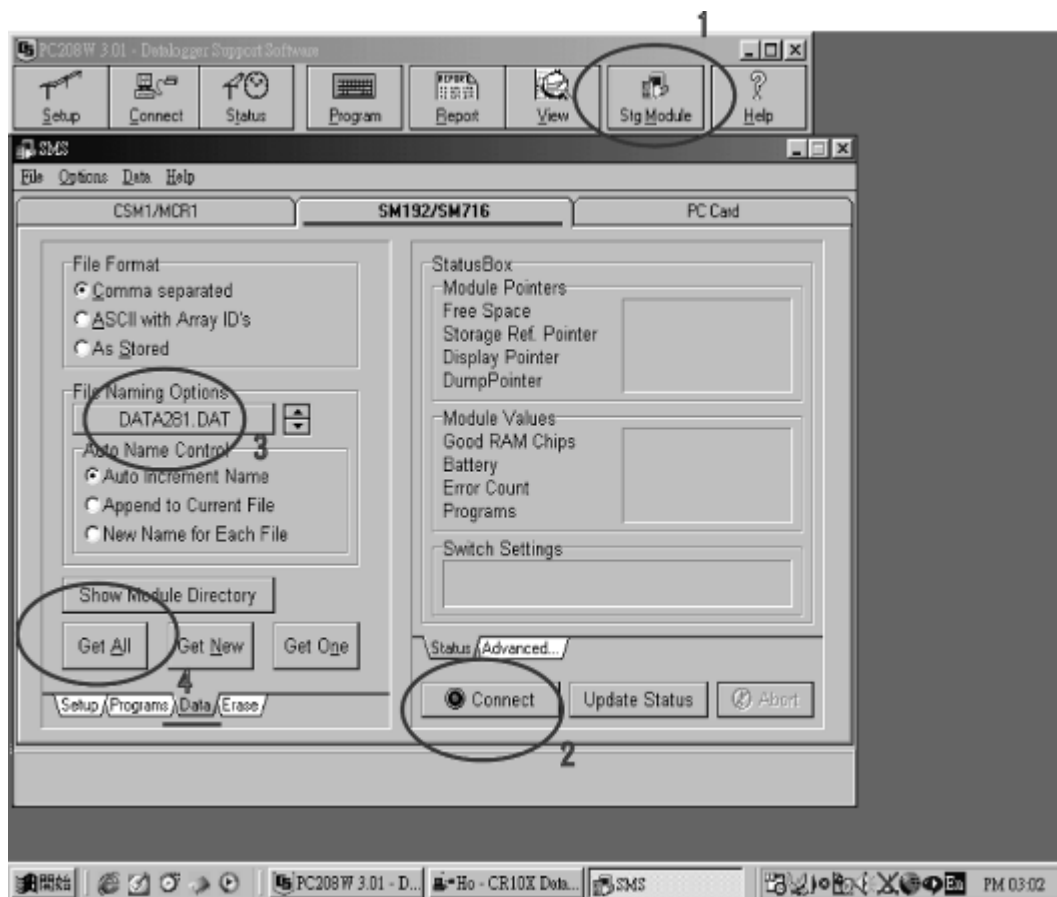


圖 4.28 現場下載 Datalogger 裡面的檔案

選擇畫面上方按鈕 Stg Module(下方出現新視窗)

↓

(請注意該設定是在標有粗底線的浮動視窗下進行)

↓

按右下方的 Connect

↓

在左方選擇檔案名稱(通常是以下載次數當為檔名*.DAT)

↓

按左下方的 Get All 下載檔案



圖 4.29 現場連線-結束連線

點兩下畫面上方 Stg Module



下方出現新視窗



按右下方的 Disconnect



結束連線

遠端連線-相關步驟(四)

將電話線接上 Notebook → 打開電腦，執行 PC-208W (執行方法見相關步驟一)

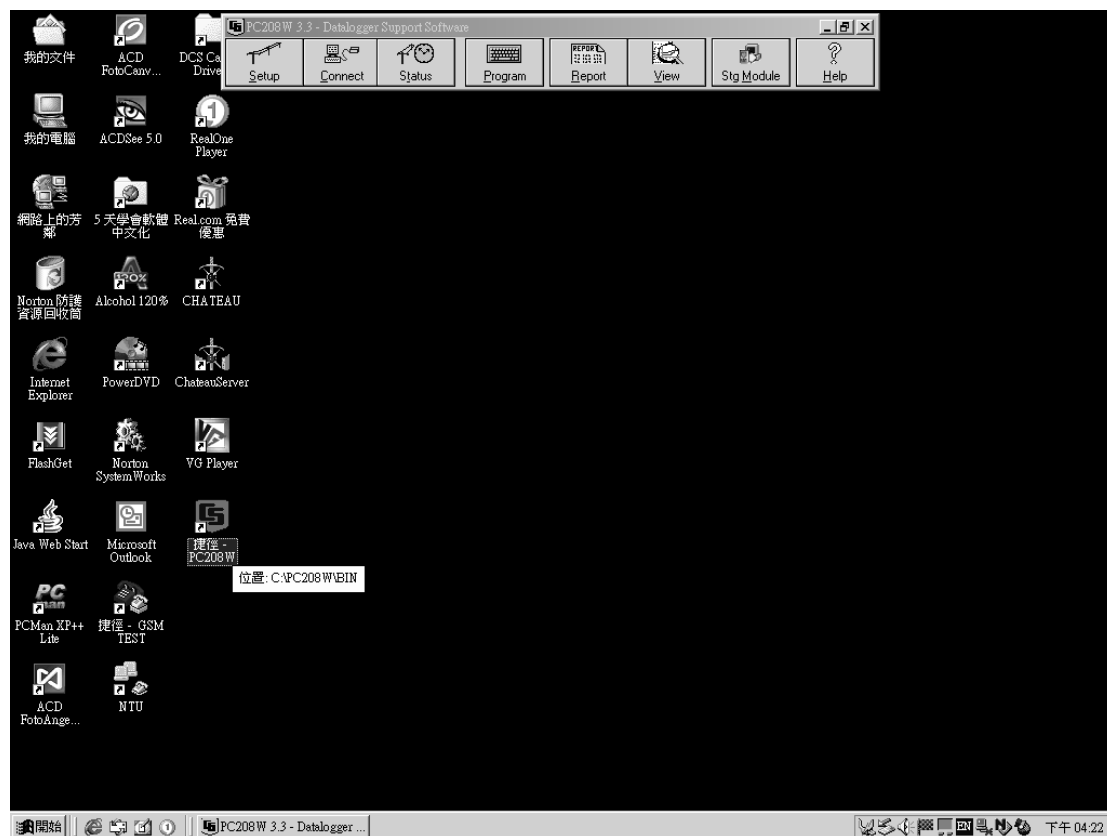


圖 4.30 執行 PC-208W

(點選桌面捷徑 2 下或從程式集→PC-208W)



上方出現 PC-208W 的工具列

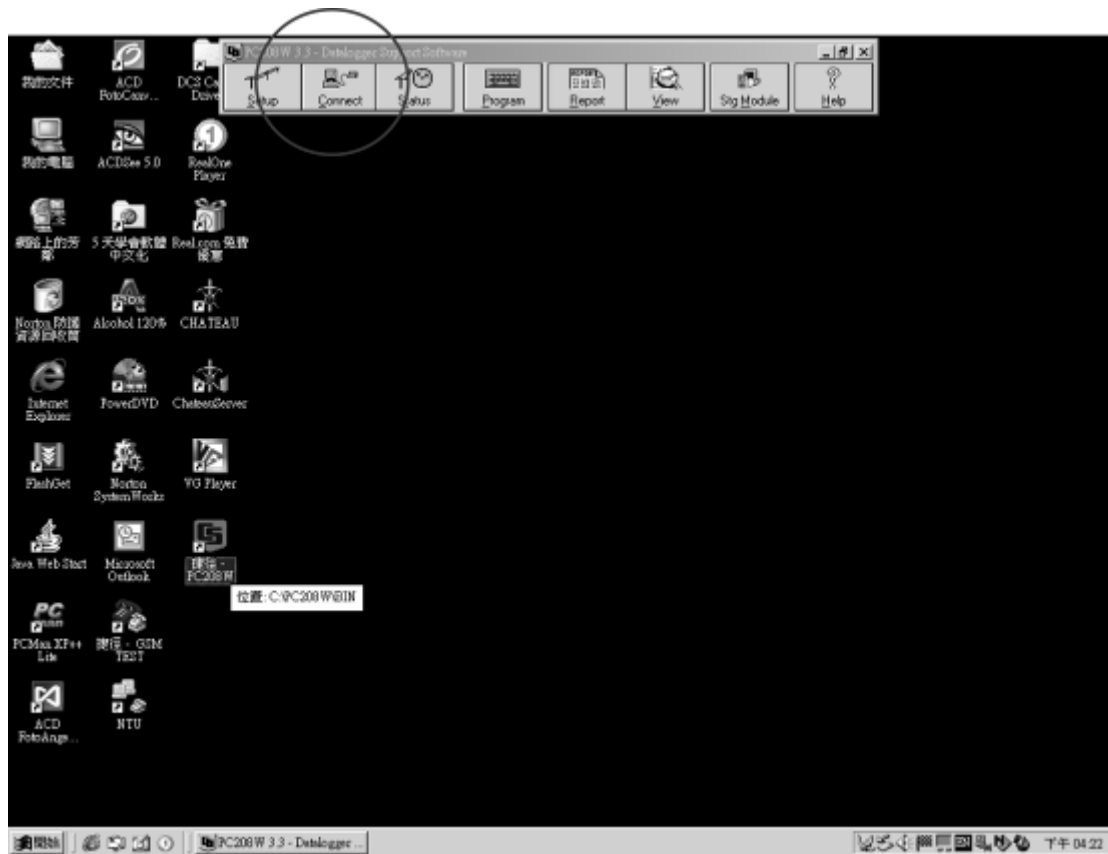


圖 4.31 執行 PC-208W 遠端連線

選擇畫面上方按鈕 Connect(下方出現新視窗)



進行遠端資料傳輸與監測

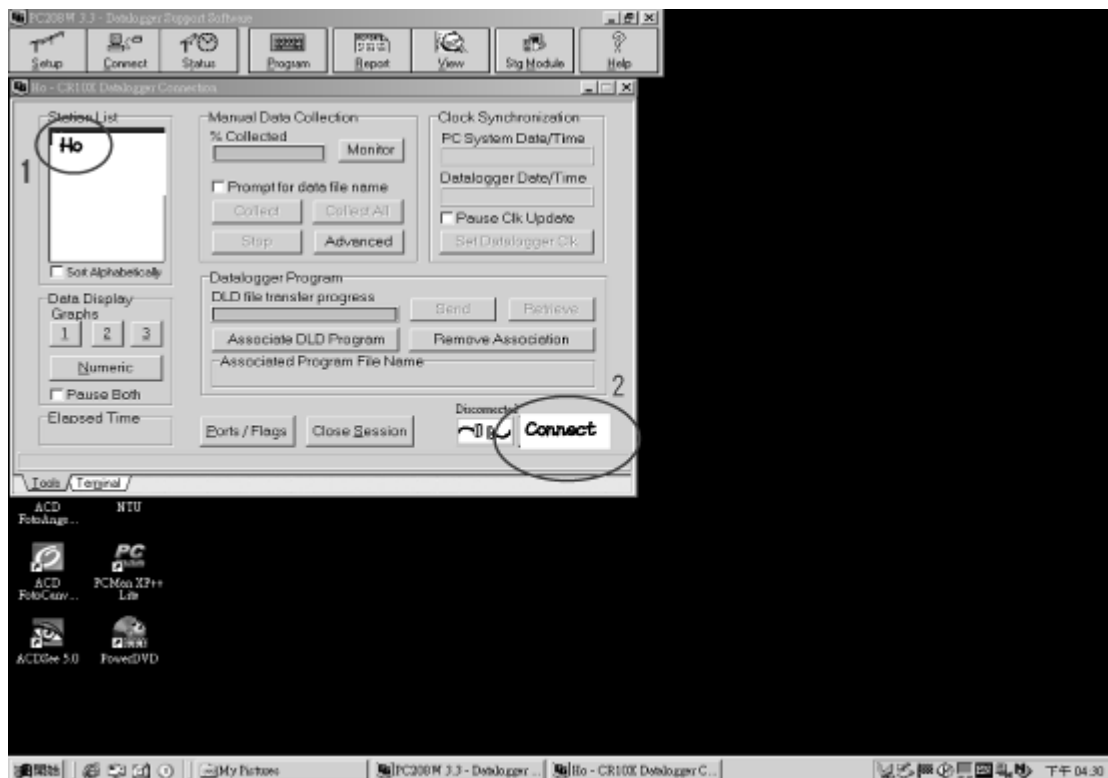


圖 4.32 PC-208W 遠端連線-連線

選擇左方的火炎山(Ho)測站



選擇畫面下方按鈕 Connet



請打開喇叭聲音，此時會出現撥號音



連接成功

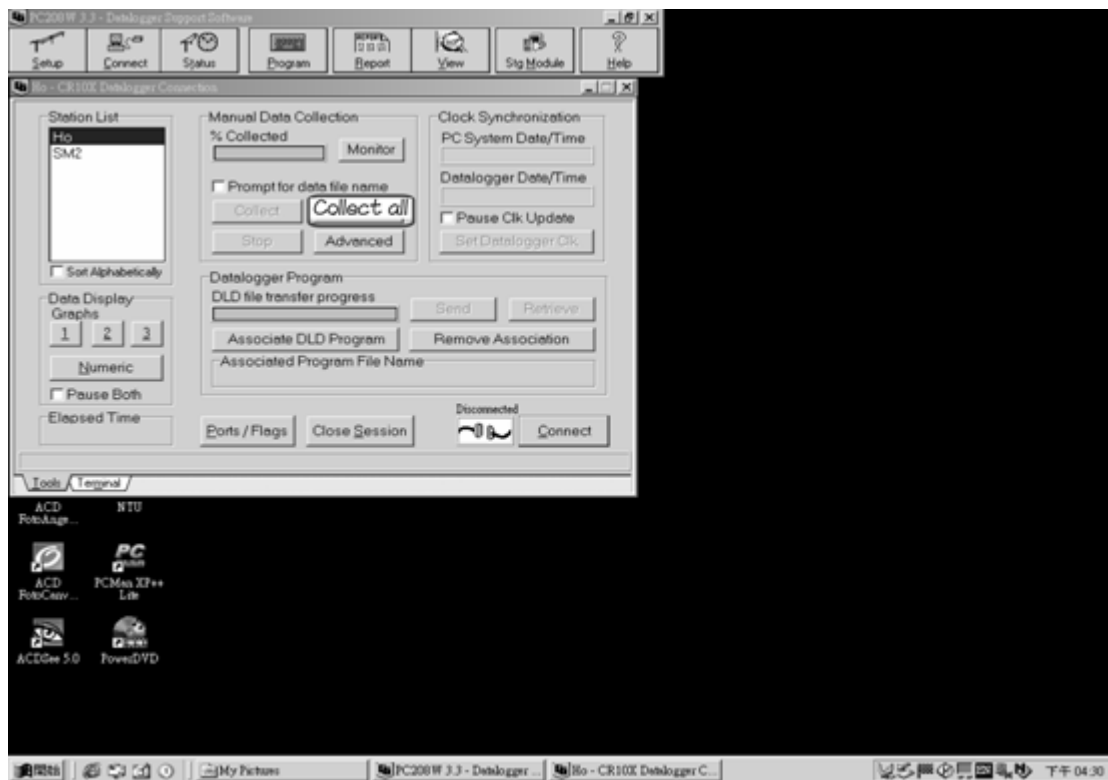


圖 4.33 遠端傳輸下載 Datalogger 檔案

選擇 Collect all



下載全部資料(*.DAT)



檔案會存放在之前 Setup 的位置

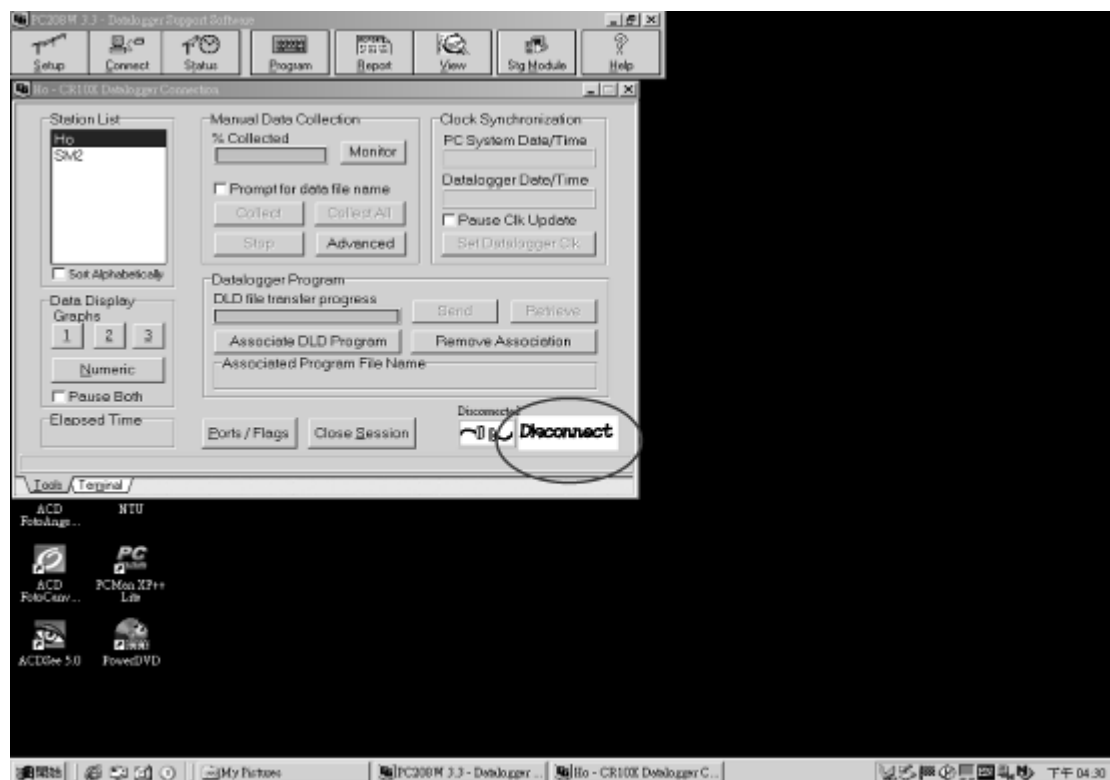


圖 4.34 遠端連線-結束連線

按右下方的 Disconnect



結束連線

(四) 資料清除：

～現場：相關步驟(六)

打開儀器箱 → 將藍色的傳輸線接上 Notebook 的连接埠 → 打開電腦，執行 PC-208W (執行方法見相關步驟一)

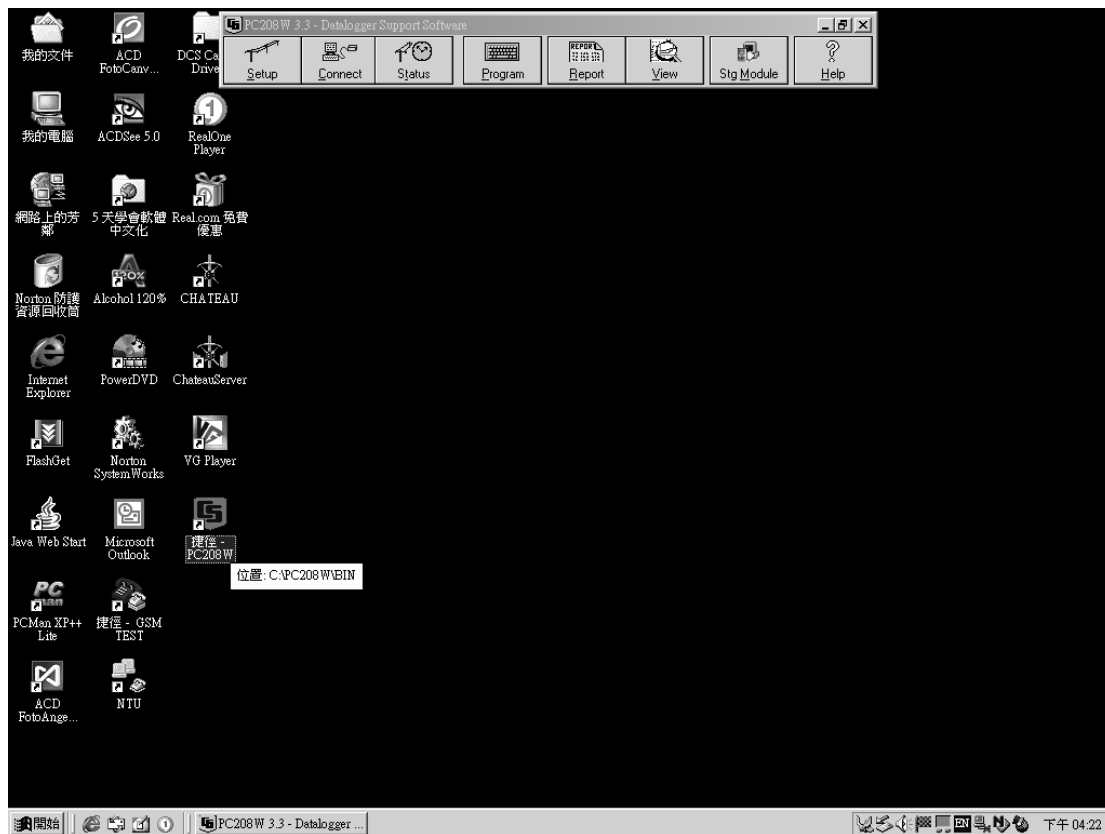


圖 4.35 執行 PC-208W

(點選桌面捷徑 2 下或從程式集→PC-208W)



上方出現 PC-208W 的工具列



圖 4.36 現場連線

點兩下畫面上方 Stg Module



下方出現新視窗



(請注意該以下的設定是在框線中的浮動視窗下進行)



按右下方的 Connect



連線

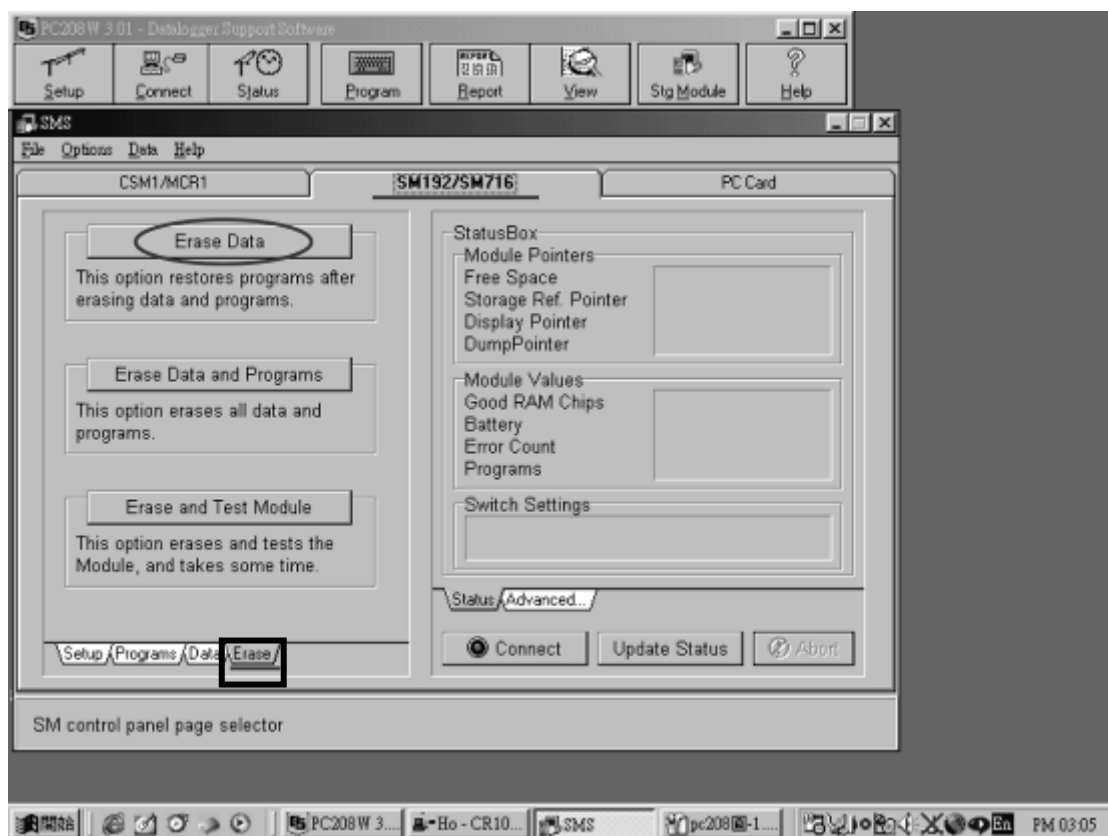


圖 4.37 刪除 Datalogger 的檔案

選擇左下方 Erase



按 Erase Data 刪除已下載的 Datalogger 檔案



圖 4.38 現場連線-結束連線

點兩下畫面上方 Stg Module



下方出現新視窗



按右下方的 Disconnect



結束連線

(五) 測站測試：

～相關步驟(七)

打開儀器箱 → 將傳輸線接上 Notebook 的连接埠 → 打開電腦，執行 PC-208W (執行方法見相關步驟一)

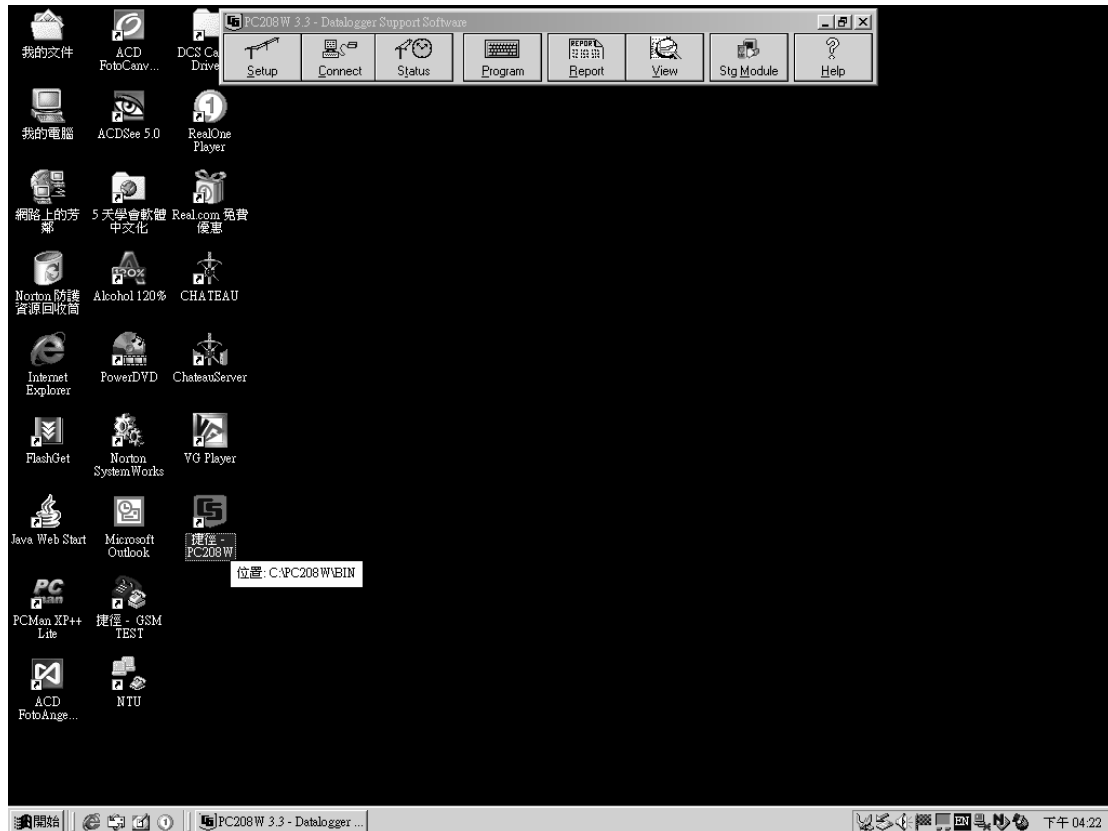


圖 4.39 執行 PC-208W

(點選桌面捷徑 2 下或從程式集→PC-208W)



上方出現 PC-208W 的工具列



圖 4.40 現場連線

點兩下畫面上方 Stg Module



下方出現新視窗



(請注意該以下的設定是在框線中的浮動視窗下進行)



按右下方的 Connect



連線

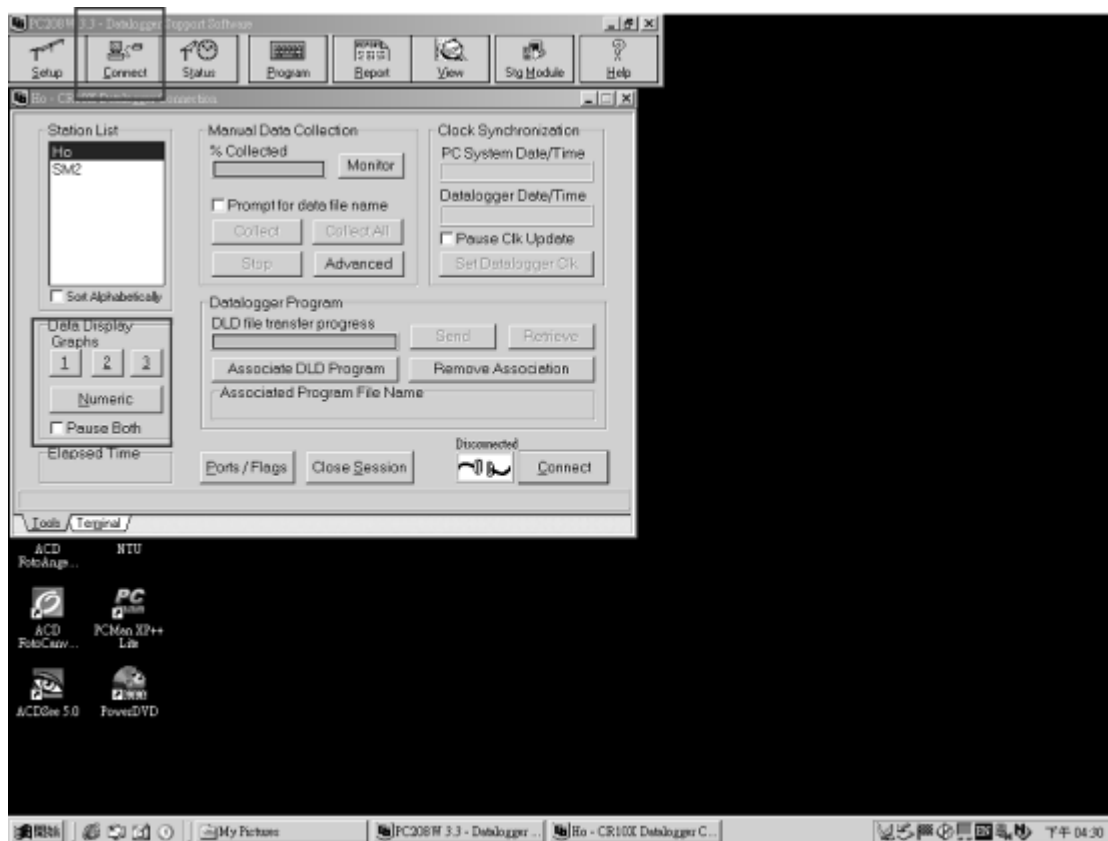


圖 4.41 現場連線-Check 各項感應器的值-1

在視窗左下角 Data Display Graphs 中選擇 1



出現一新視窗

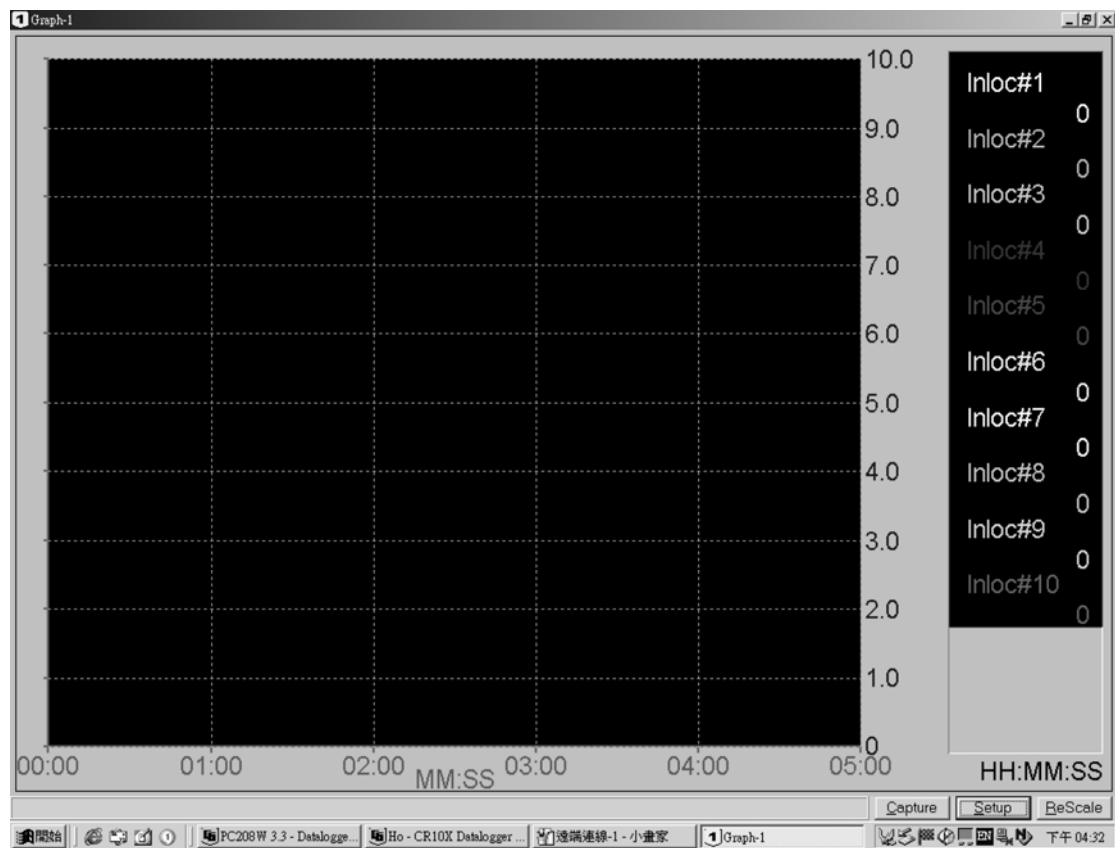


圖 4.42 現場連線-Check 各項感應器的值-2

視窗右方為各項感應器的代碼（請參照前面設定的值）

↓

下方為現場的時間

↓

正常狀況下每一條曲線代表感應器的值

↓

開始各項感應器的測試

各項感應器相關測試：

- 風速:用手轉動葉片，觀察螢幕中的數值是否有變動。
- 風向:把風向計轉向 0 , 90 , 180 270 度觀察螢幕中的值是否正確
- 雨量筒:打開雨量筒輕擺漏斗，觀察螢幕中的值是否正確變動(每敲一下變動值為 0.2)
- 溫度:以現場溫度與測量的溫度值作比較是否有異，可用其他準確之溫度計進行比較測試。
- 濕度:可將濕度計取出，對其呼氣，看濕度是否有變化。

五、電池更換

本計畫所使用的自計式氣象觀測站使用 12 伏特直流電為電源。由於測站裝置在無交流電源的野外，所以主要以 12 伏特的電池為電源。儀器箱內黑色的部分就是電池，提供儀器運轉所需電力。由於資料處理器所需的電源最小需要 9.5 伏特以上，所以每隔一個半月需要更換一次電池，以免整套儀器停擺。

● 打開儀器箱 → 電表打開至 20V → 將電表正負極兩端小心接上電池的正負極兩端（紅：正極；黑：負極） → 讀取讀數（小於 9.5v 則必須馬上更換電池）

● 先將備用小電池先接上旁邊的電線 → 接上 Keyborad（通電則有螢幕顯示） → （通電狀態下）把要更換的大電池小心的拆下（用膠帶黏貼住拆下來的正負極接頭，避免危險） → 將充電好的大電池接上原來的正負極接線，再將絕緣的膠帶黏在接頭上防止危險 → （使用 keyboard 確定通電狀態下）把小電池拆下 → 完成更換電池

六、資料格式與處理

(一) 資料格式

表 6.1 資料格式

站名	日期	時間	溫度	溼度	降雨量	風速	風向	內部溫度	電壓
		(1/2hr)	(°C)	(%)	(mm)	(m/sec)	(°)	(°C)	(V)
109	1	30	16.31	89.1	0	0.067	148.2	14.88	12.08
109	1	100	16.22	88.3	0	0.031	255.5	14.59	12.08
109	1	130	16.19	88.6	0	0.015	146.1	14.32	12.08
109	1	200	16.55	84	0	0.139	141	14.22	12.08
109	1	230	16.52	82.2	0	0.031	153	14.23	12.08
109	1	300	16.24	85	0	0	0	14.14	12.07
109	1	330	15.84	88.5	0	0.008	22.01	13.88	12.07
109	1	400	16.08	89.5	0	0.085	161.2	13.58	12.07

資料由 Microsoft Office 的 Excel 把檔案讀進來之後，可以使用內建的”圖表”製作統計分析圖。

溫濕度圖的詳細步驟見下圖說明：

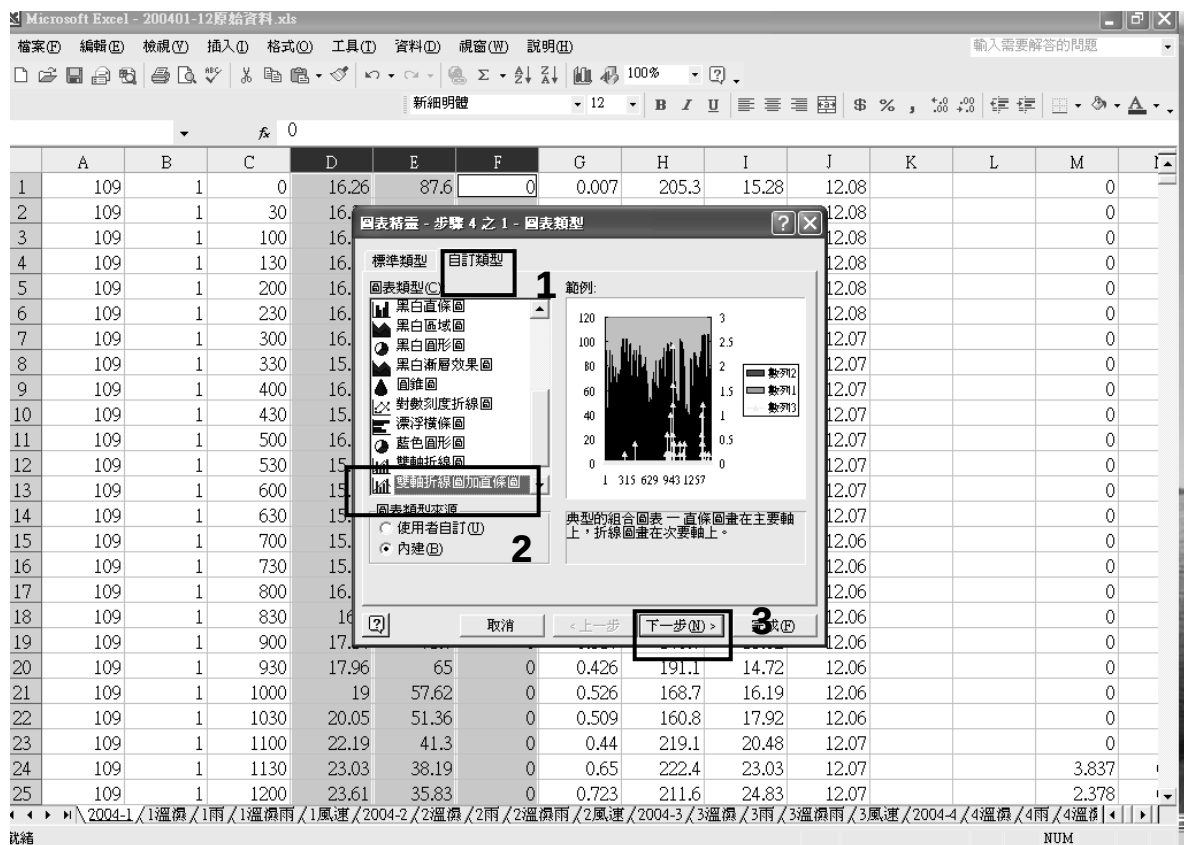


圖 6.2 資料處理步驟-2

開啟對話窗之後，先選擇”自訂類型”



在左方的選項選擇”雙軸折線圖加直條圖”



按”下一步”

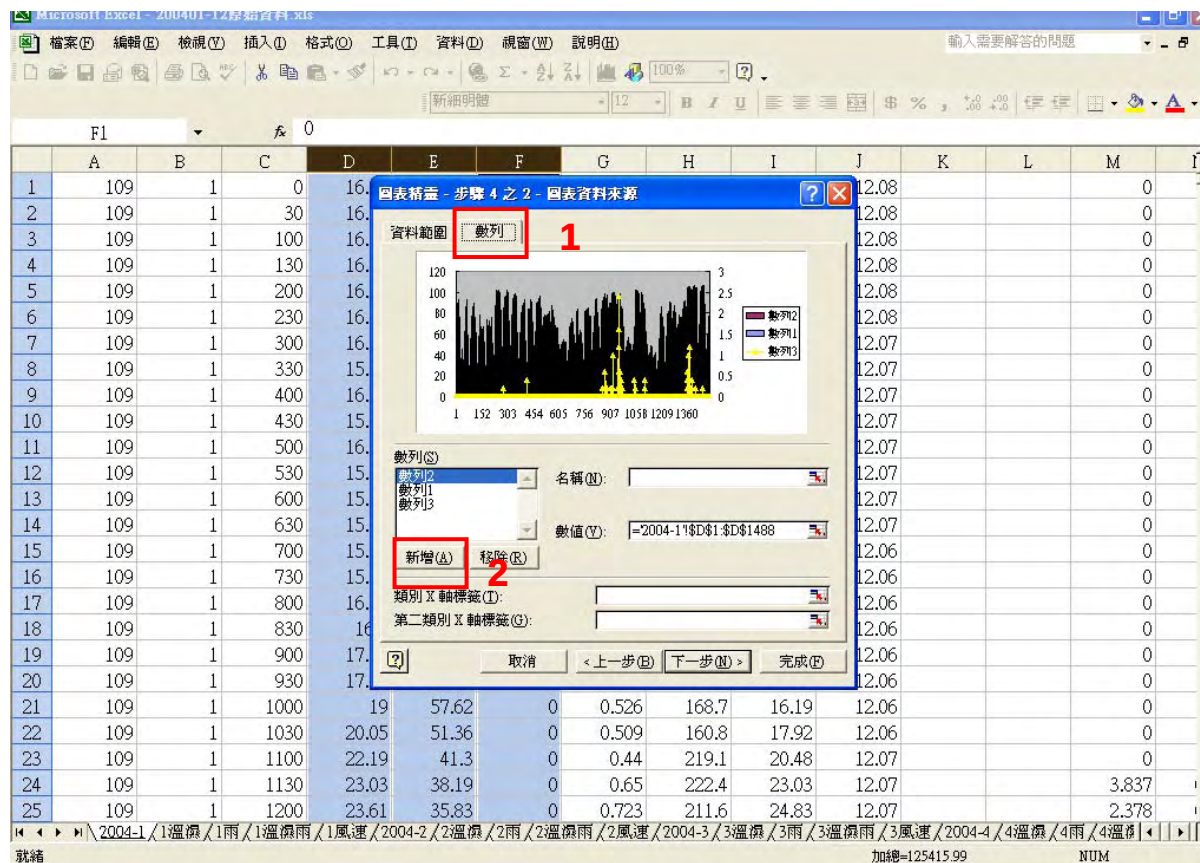


圖 6.3 資料處理步驟-3

開啟新對話窗



選擇上方”數列”（選 D、E、F 數列）



在左下方數列的框中出現 3 個數列



點選”新增”數列

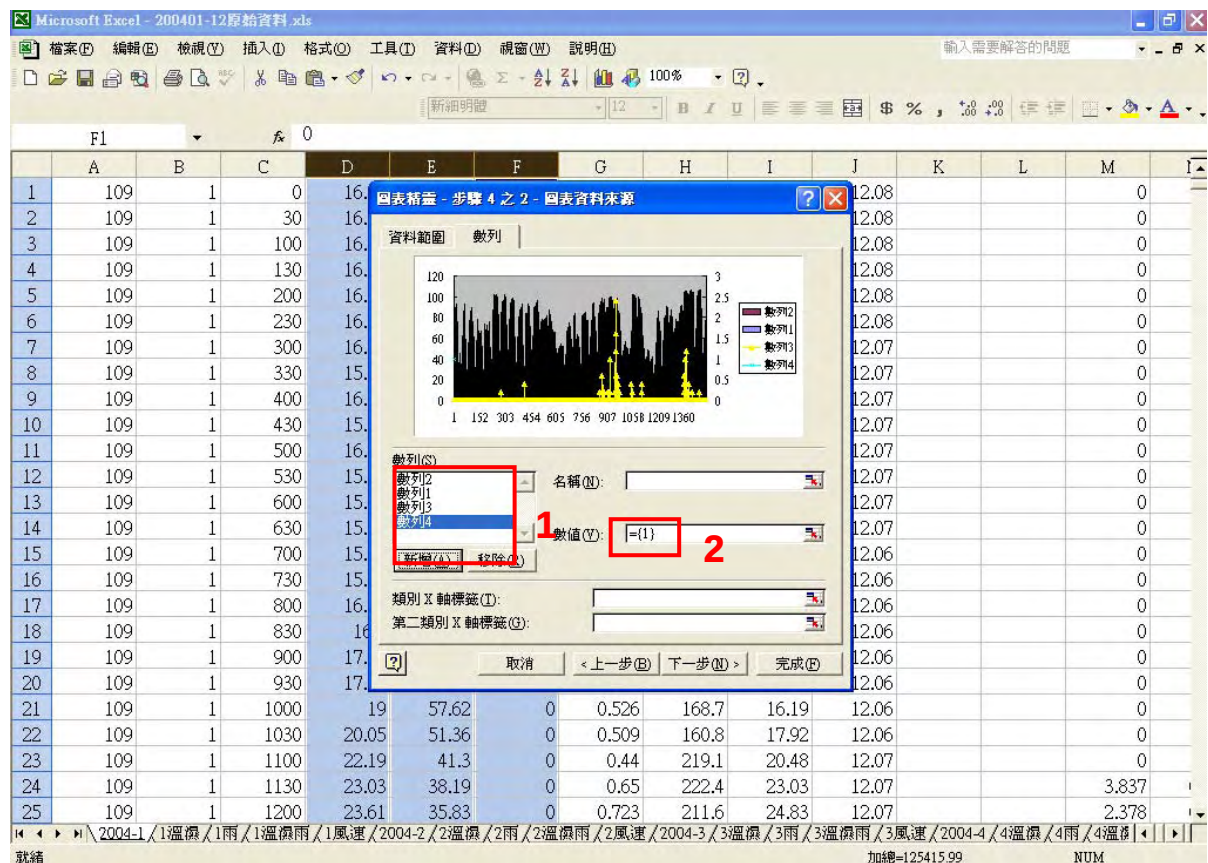


圖 6.4 資料處理步驟-4

在左下方數列的框中出現 4 個數列



在新增的數列中，先設定 $=\{1\}$ ，以免電腦讀不到資料



開始進行每個數列的設定

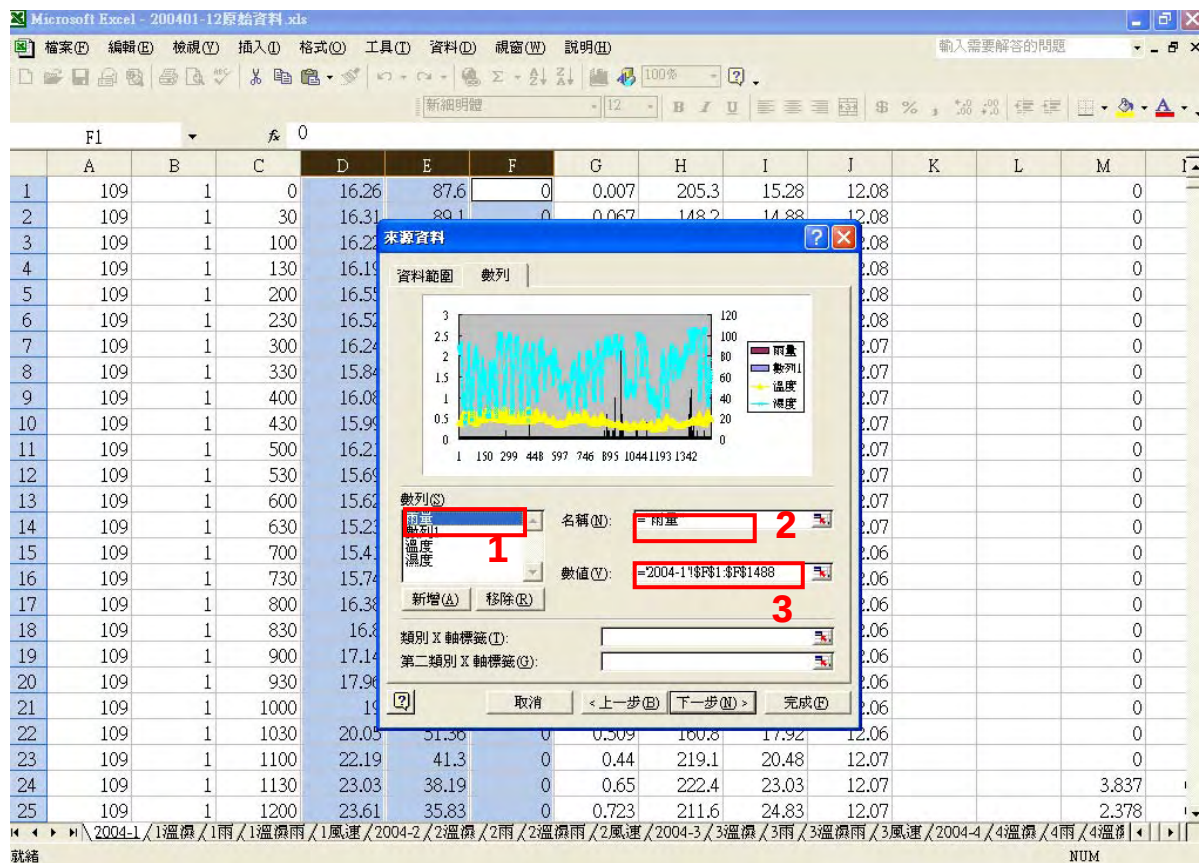


圖 6.5 資料處理步驟-5

選擇第一個數列(此為柱狀圖)



在名稱的地方打上”雨量”



數值的地方選擇”F” (雨量的數列)

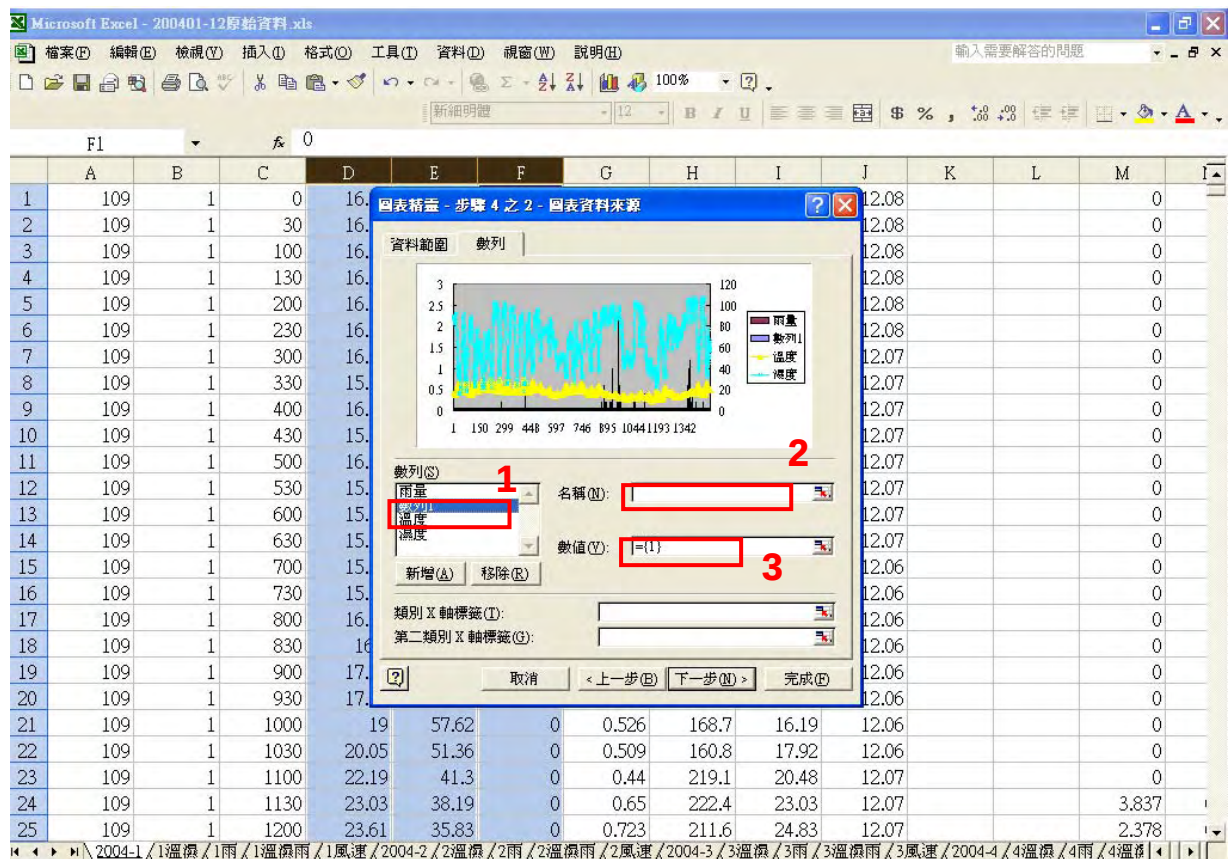


圖 6.6 資料處理步驟-6

選擇第二個數列



在名稱的地方空白



數值的地方選擇” = {1}” (空白的數列)，出圖時不會有任何顯示

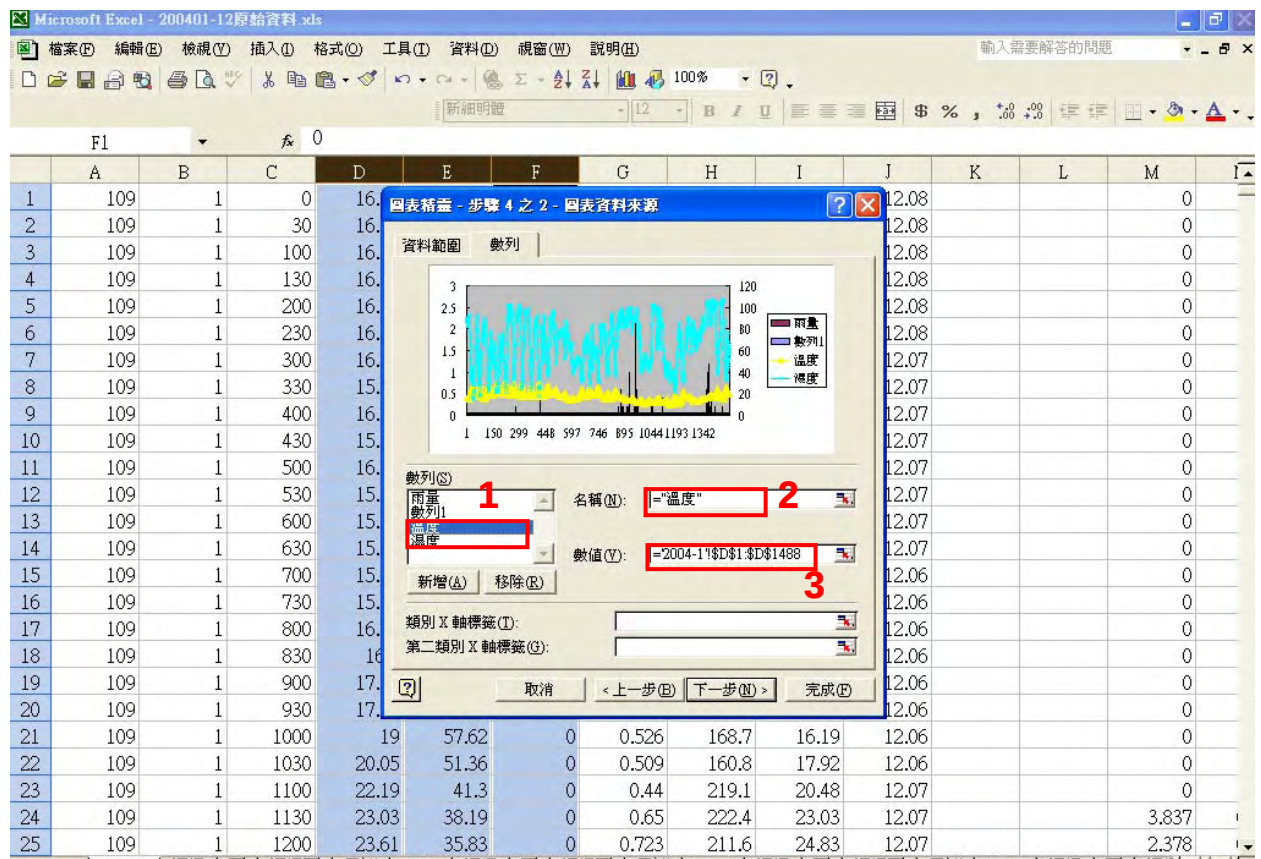


圖 6.7 資料處理步驟-7

選擇第三個數列



在名稱的地方打上”溫度”



數值的地方選擇”D”（溫度的數列）

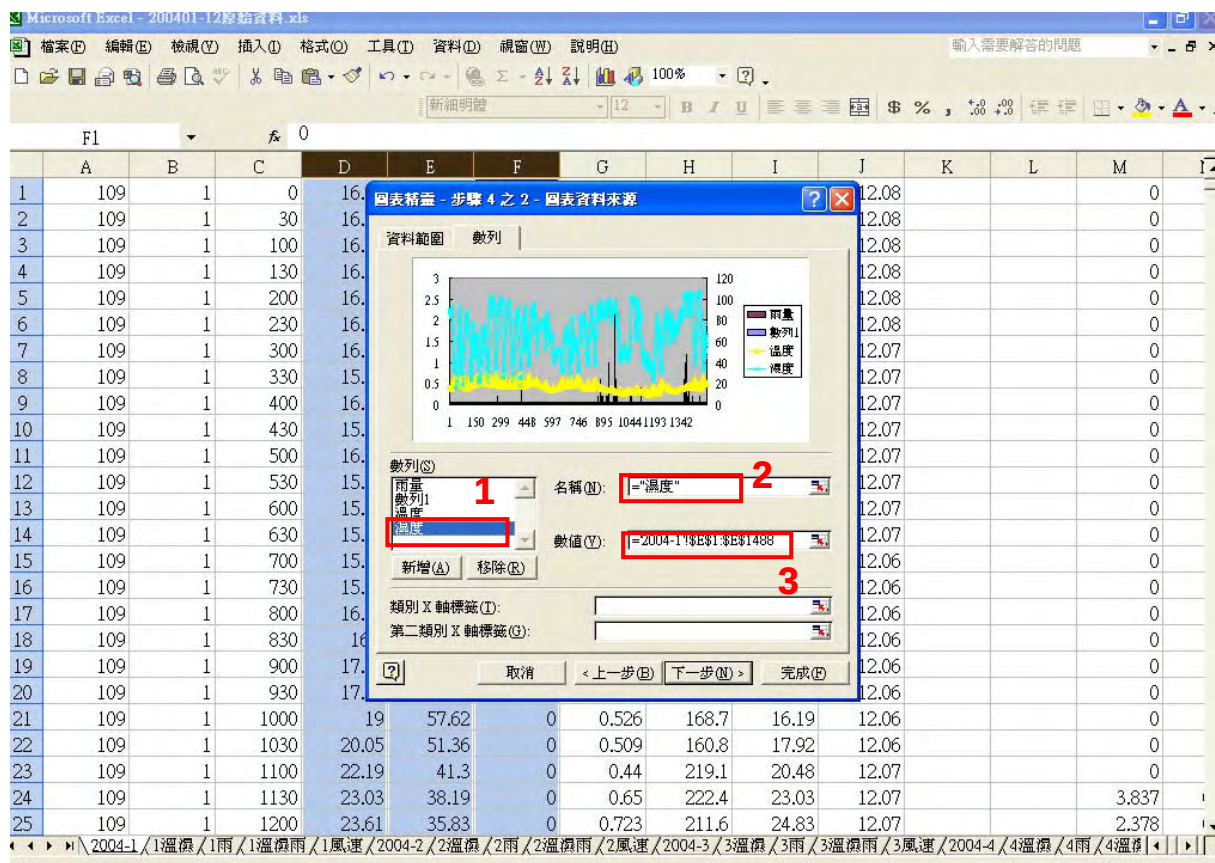


圖 6.8 資料處理步驟-8

選擇第四個數列



在名稱的地方打上”相對濕度”



數值的地方選擇”E”（相對濕度的數列）

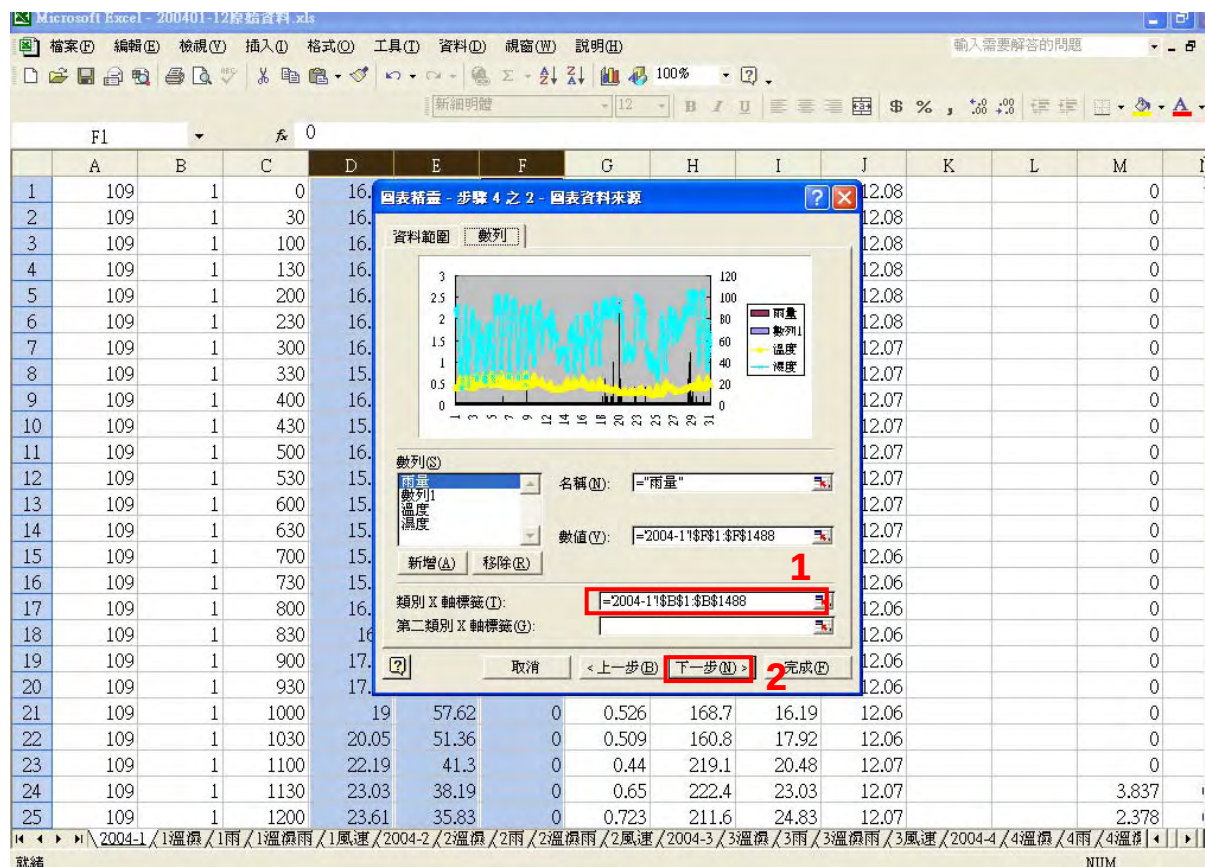


圖 6.9 資料處理步驟-9

選擇右下方” 類別 X 軸標籤”



選擇” B” 數列(此為日期的數列)



按下一步

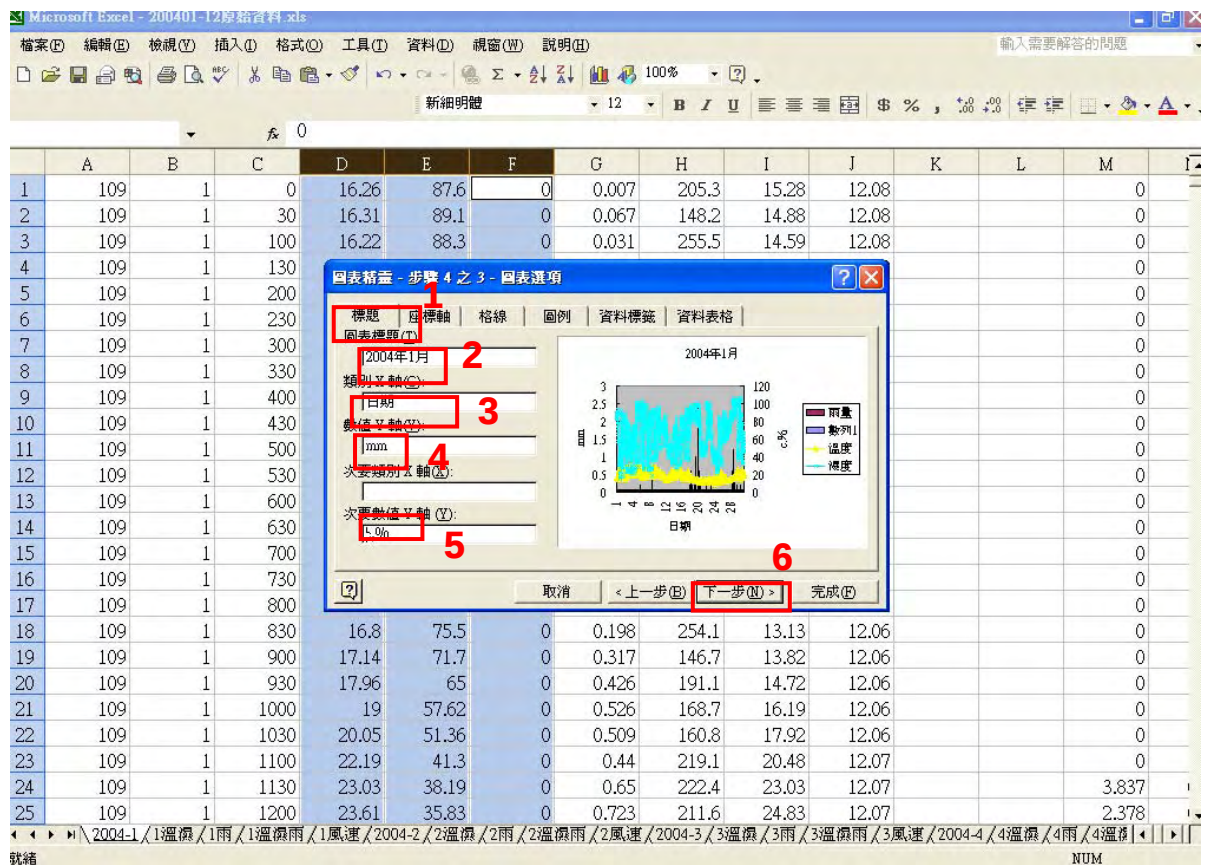


圖 6.10 資料處理步驟-10

出現新視窗



選擇標題



在圖表標題打上” 日期”



在類別 x 軸打上” 日期”



在類別 y 軸打上” mm” （雨量的單位）



在次要類別數值 y 軸” C、%” ，按下一步

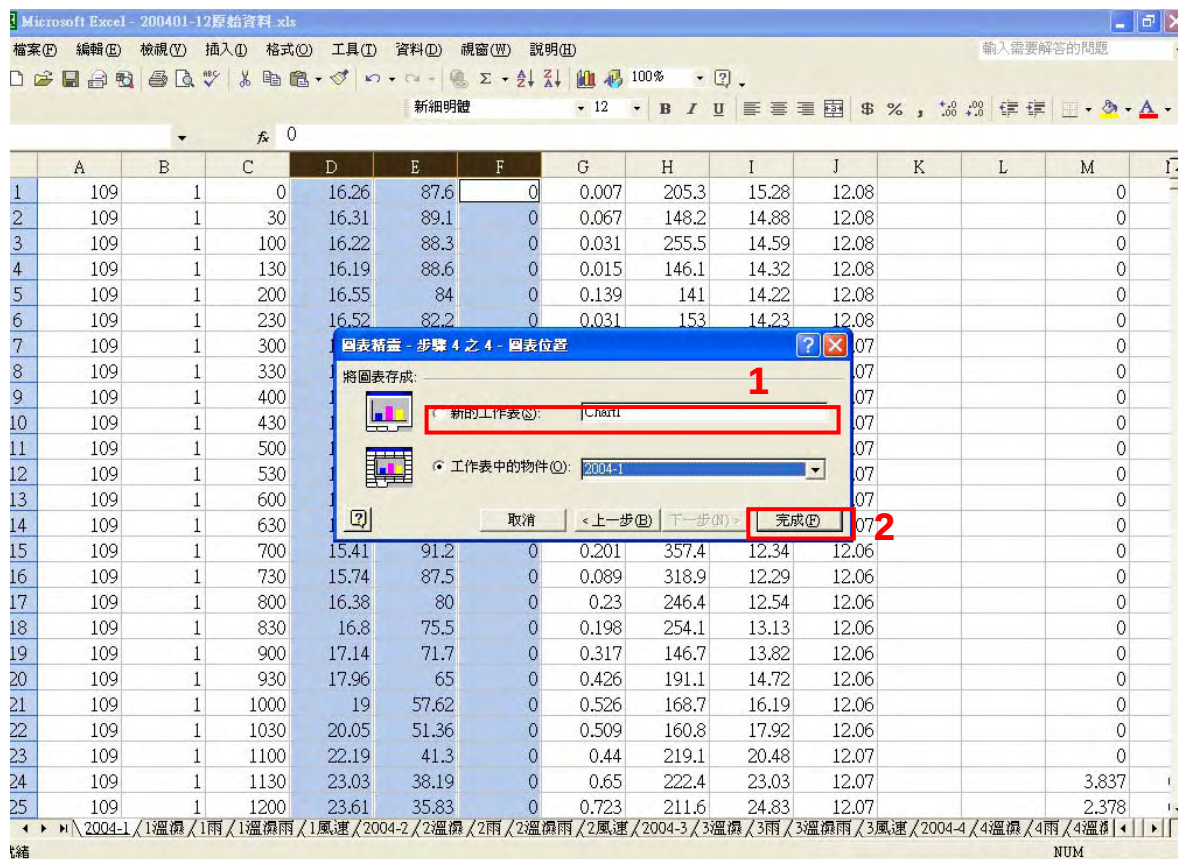


圖 6.11 資料處理步驟-11

出現新視窗



選擇”新的工作表”



按”完成”



圖表完成

(二) 資料處理成果

1、溫溼度雨量

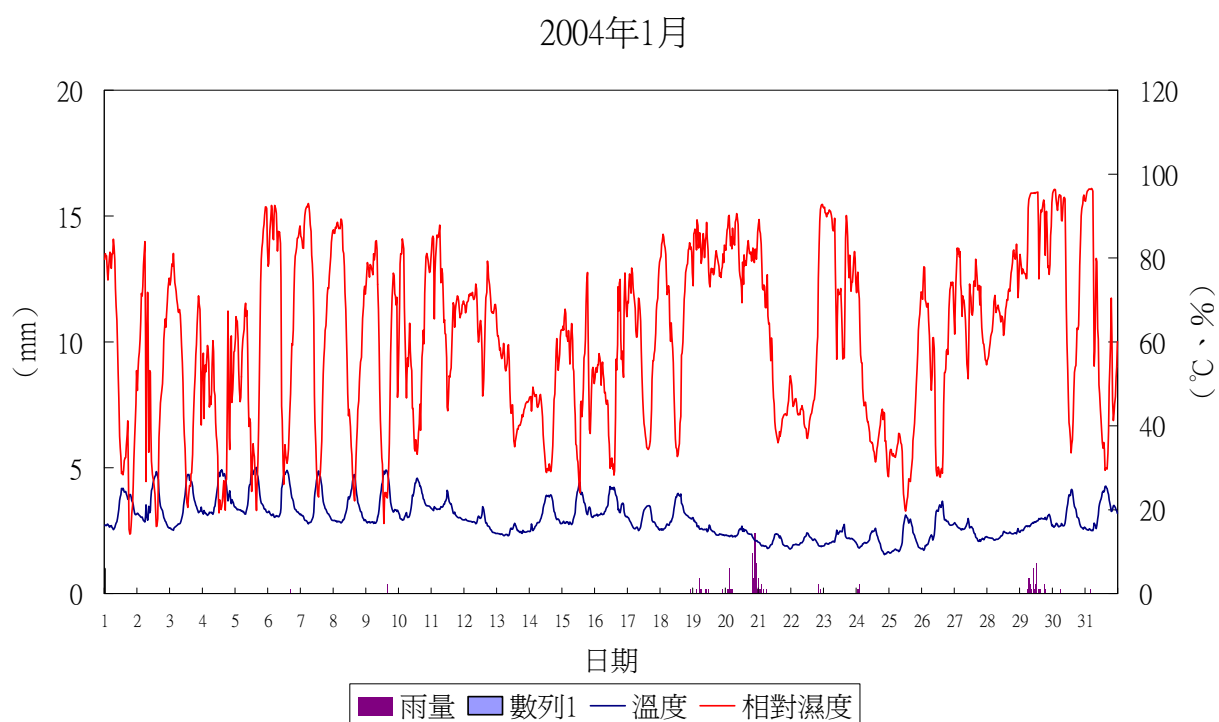


圖 6.12 單月溫濕度雨量圖

經過處理後的圖表如圖 6.12，由這張圖可以看出溫度、相對濕度、雨量三者之間的關係。如有興趣，還可以利用這些資料製成不同的圖表相互比較。此處只介紹其中的一種圖表製作，其他的資料可以依照相同的方法，製作成所需要的圖，協助後續的分析工作。

其他的圖表如下：

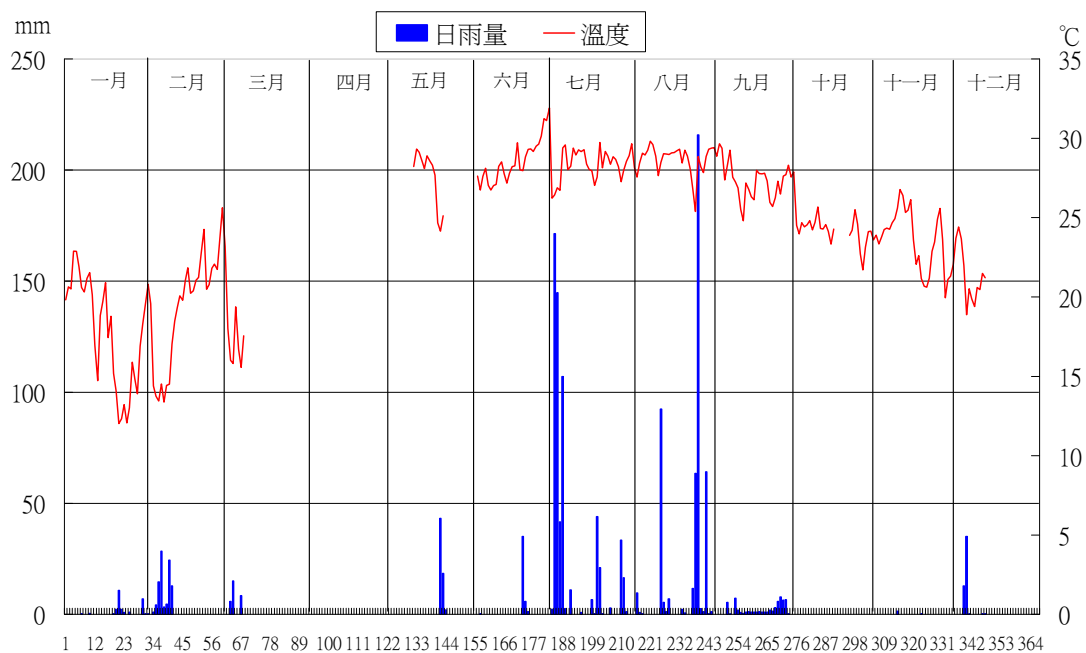


圖 6.13 2004 年月溫濕度雨量圖

2004年1月

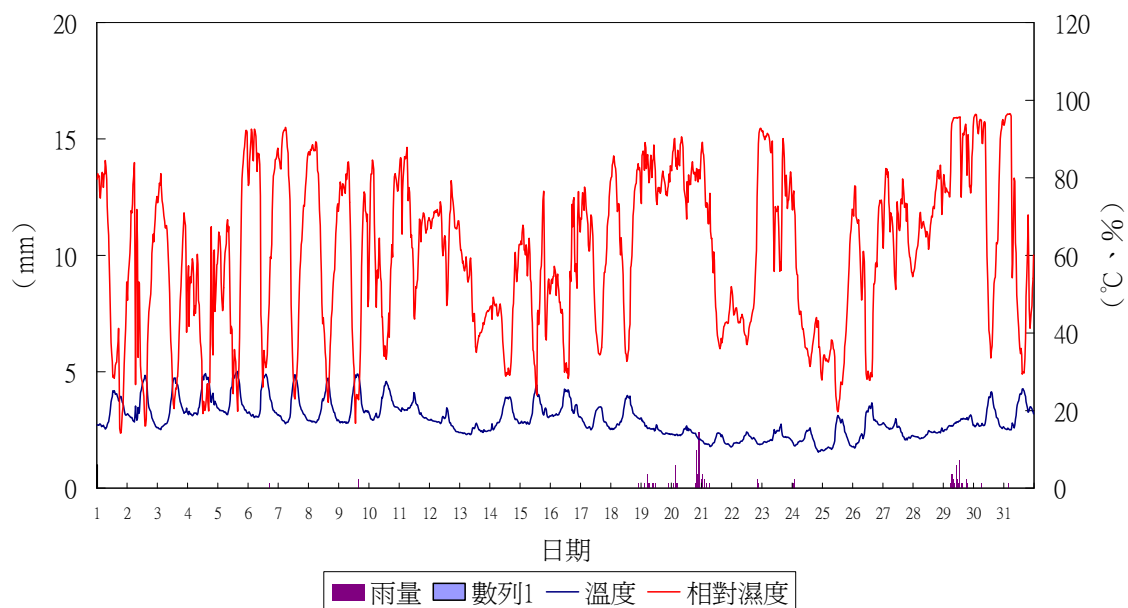


圖 6.14 2004 年 1 月溫濕度雨量圖

圖 6.14 為單 1 個月接收的資料，其中並沒有因外力因素而使機器漏接收，為完整的月資料。

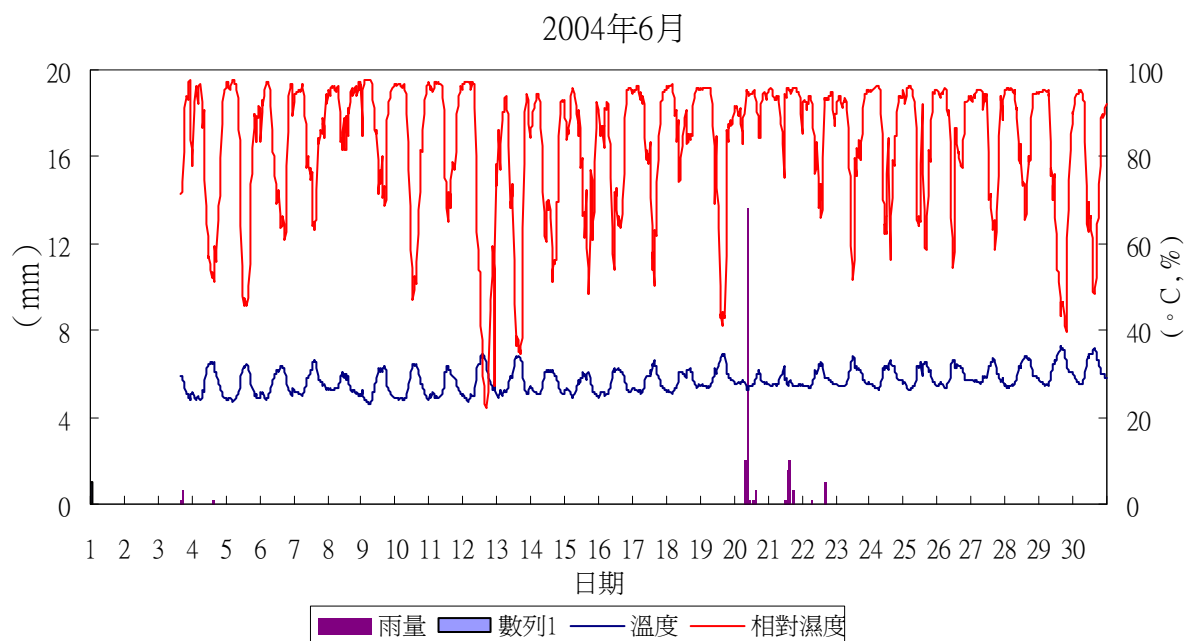


圖 6.15 2004 年 6 月溫濕度雨量圖

圖 9-15 為單一月份溫溼度雨量圖，跟圖 6.14 的不同在於本月前 3 天沒資料。因為本月份前 3 號，電池沒電導致 Logger 無法儲存資料，故時常關心測站的電力是十分重要的！一般來說，電池的電力最長只能維持 1 個半月，因此需隨時注意連線狀況，確定電力是否充足。當連線資料的電壓度顯示在 4V 以下，則是接近沒電的狀態，須立即前往測站更換電池。

2、風花圖

2004 年 1 月至 3 月份因當地在冬天盛行東北季風，因此這四個月的資料呈現風向偏北的情形；5 月至 9 月份的風向資料與去年有大致相同的結果，呈現東北向及東南向兩種風向，偏南的風向較冬季來的多，同時又受到地形屏障效應的影響，故東西向的風向很少。

可以由風花圖看出每月風速風向的狀態。而風花圖的製作，只需要知道風速及風向的變化值，再繪製成圖。

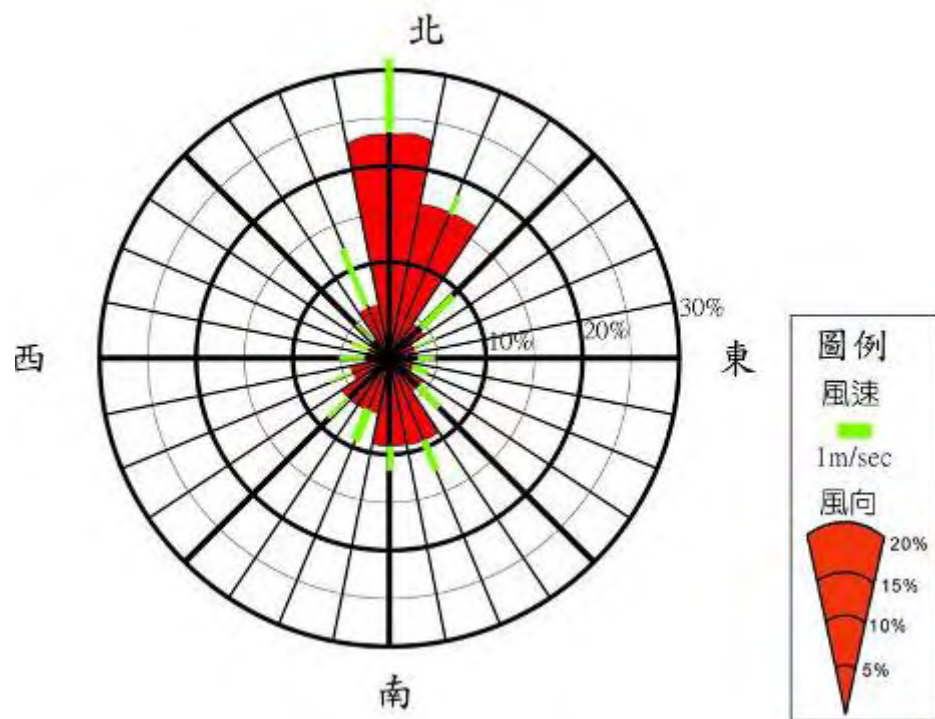


圖 6.16 2004 年 1 月風花圖

綠色的線條長度代表風速強弱，越長則風速越大。紅色的區塊則是分為 360 度，分別代表風的來向。

七、Q & A

Q1. 測站現場電腦連接不上?

A1. 第一步：請先檢查電池是否沒電，檢查方法請參照第六篇 電池更換。

第二步：檢查接線是否插在對應的连接埠，連接埠是否正常運作。

第三步：傳輸線是否正常，可多帶一條備用的傳輸線。

第四步：把所有接線拔除，重新再接一次。

Q2. 遠端傳輸連接不上?

A2. 第一步：請先檢查電話線是否插在正確的位置，且無鬆動。

第二步：檢查電話線撥接狀況，可正常向外撥接。

第三步：檢查測站電話設定，號碼是否正確。

第四步：請到現場檢查測站狀況：1. 沒電 2. 接線鬆脫 3. 測站儀器當機

Q3. 擷取資料時，需準備哪些工具?

A3. (1) 傳輸線

(2) 筆記型電腦 (已經灌有 PC-208W)

Q4. 電池多久需更換?

A4. 由於資料處理器所需的電源最小需要 9.5 伏特以上，所以每隔一個半月需要更換一次電池，以免整套儀器停擺。

Q5. 多久擷取一次資料?

A5. 氣象資料經由資料記錄處理器處理，記錄在記憶體中，等待研究人員讀取。

各項氣象資料每 10 秒鐘收集一次，每三十分鐘自動計算數值產生一筆資料。每隔一個半月需要讀取一次資料，以免記憶體儲存空間不敷使用。

Q6. 為何需要遠端傳輸?有何好處?

A6. 在短時間內可以得到現場資料，進行及時遠端監測，不需親臨現場，省

時省力。

Q7. 資料如何儲存處理？

A7. 從記憶體中擷取下來的檔案為*(檔名).DAT(詳細過程見第六章的資料讀取)，可以使用 Microsoft Office 的 Excel 把檔案讀進來，進行統計處理。

第一步：打開 Excel。

第二步：開啟檔案→匯入檔案(選取要處理的檔案*.DAT)。

第三步：出現下表 8-1。

第四步：進行氣象資料處理(過程請參考附錄)。

表 8-1 資料格式

站名	日期	時間	溫度	溼度	降雨量	風速	風向	內部溫度	電壓
		(1/2hr)	(℃)	(%)	(mm)	(m/sec)	(°)	(℃)	(V)
109	1	30	16.31	89.1	0	0.067	148.2	14.88	12.08
109	1	100	16.22	88.3	0	0.031	255.5	14.59	12.08
109	1	130	16.19	88.6	0	0.015	146.1	14.32	12.08
109	1	200	16.55	84	0	0.139	141	14.22	12.08
109	1	230	16.52	82.2	0	0.031	153	14.23	12.08
109	1	300	16.24	85	0	0	0	14.14	12.07
109	1	330	15.84	88.5	0	0.008	22.01	13.88	12.07
109	1	400	16.08	89.5	0	0.085	161.2	13.58	12.07