

目錄

目錄	1
摘要	6
第一章 計畫緣起	8
第二章 計畫目的	9
第三章 火災山土石流的監測背景及方法	10
第一節 地形變遷	10
第二節 氣候觀測	18
第三節 影像監視觀測	24
第四節 三維儀器掃描監測	30
第五節 解說教育設計	32
第四章 研究成果	33
第一節 氣候資料分析	33
第二節 地形變遷分析	67
第三節 三維掃描測量地形分析	78
第四節 監視器影像監測	81
第五節 野外調查	92
第六節 社區參與	108
第七節 火災山邊坡監測木樁設置成果	121
第八節 解說牌文稿設計	138
第九節 解說教育文案規劃	143
第五章 結果與討論	146
第六章 建議	148
附錄一 邊坡監測木樁記錄表	149
附錄二 火災山氣象站監測標準作業程序	153
參考文獻	173
期末簡報會議審查意見回覆	176

圖目錄

圖 3.1	火炎山地貌圖(林俊全，1992)	10
圖 3.2	2005 年至 2006 年火炎山沖積扇面高程變動	13
圖 3.3	2006 年至 2008 年火炎山沖積扇面高程變動	14
圖 3.4	2005 年至 2008 年火炎山沖積扇面高程變動	14
圖 3.5	火炎山隧道在 3D 立體影像上的位置	15
圖 3.6	火炎山 1 號集水區剖面圖	16
圖 3.7	火炎山 2 號集水區剖面圖	16
圖 3.8	火炎山 3 號集水區剖面圖	17
圖 3.9	氣象測站位置示意圖	18
圖 3.10	2006 年火炎山地區每月降雨量統計圖	21
圖 3.11	2007 年火炎山地區每月降雨量統計圖	21
圖 3.12	2008 年火炎山地區每月降雨量統計圖	22
圖 3.13	2009 年火炎山地區每月降雨量統計圖	22
圖 3.14	2010 年火炎山地區每月降雨量統計圖	23
圖 3.15	火炎山隧道東口監視器架設位置	24
圖 3.16	西口影像監視器新架設位置	25
圖 3.17	卡玫基颱風前後隧道東、西口處影像監測	27
圖 3.18	2008 年 9 月辛樂克颱風其間隧道東口監視影像	29
圖 3.19	Lacia Scanstation 2 掃描儀器	31
圖 3.20	掃描資料拼合的結果	31
圖 4.1	2011 年 1 月氣候資料	34
圖 4.2	2011 年 2 月氣候資料	34
圖 4.3	2011 年 3 月氣候資料	35
圖 4.4	2011 年 4 月氣候資料	35
圖 4.5	2011 年 5 月氣候資料	36
圖 4.6	2011 年 6 月氣候資料	36
圖 4.7	2011 年 7 月氣候資料	37
圖 4.8	2011 年 8 月氣候資料	37
圖 4.9	2011 年 9 月氣候資料	38
圖 4.10	2011 年 10 月氣候資料	38
圖 4.11	2011 年 11 月氣候資料	39
圖 4.12	2011 年月平均氣候資料	39
圖 4.13	2011 年 1 月至 6 月風速風向圖	40
圖 4.14	2011 年 7 月至 11 月風速風向圖	41
圖 4.15	2012 年 1 月火炎山氣象資料圖	44
圖 4.16	2012 年 2 月火炎山氣象資料圖	44

圖 4.17	2012 年 3 月火炎山氣象資料圖	45
圖 4.18	2012 年 4 月火炎山氣象資料圖	45
圖 4.19	2012 年 5 月火炎山氣象資料圖	46
圖 4.20	2012 年 6 月火炎山氣象資料圖	46
圖 4.21	2012 年 7 月火炎山氣象資料圖	47
圖 4.22	2012 年 8 月火炎山氣象資料圖	47
圖 4.23	2012 年 9 月火炎山氣象資料圖	48
圖 4.24	2012 年 10 月火炎山氣象資料圖	48
圖 4.25	2012 年 11 月火炎山氣象資料圖	49
圖 4.26	2012 年 12 月火炎山氣象資料圖	49
圖 4.27	2012 年 1 月至 6 月火炎山風速風向圖	50
圖 4.28	2012 年 7 月至 12 月火炎山風速風向圖.....	51
圖 4.29	2013 年 1 月火炎山氣象資料圖	53
圖 4.30	2013 年 2 月火炎山氣象資料圖	54
圖 4.31	2013 年 3 月火炎山氣象資料圖	54
圖 4.32	2013 年 4 月火炎山氣象資料圖	55
圖 4.33	2013 年 5 月火炎山氣象資料圖	55
圖 4.34	2013 年 6 月火炎山氣象資料圖	56
圖 4.35	2013 年 7 月火炎山氣象資料圖	56
圖 4.36	2013 年 8 月火炎山氣象資料圖	57
圖 4.37	2013 年 9 月火炎山氣象資料圖	57
圖 4.38	2013 年 10 月火炎山氣象資料圖	58
圖 4.40	火炎山 2013 年 1 月至 6 月風速風向圖	59
圖 4.41	火炎山 2013 年 7 月至 10 月風速風向圖.....	60
圖 4.42	2011 年至 2013 年月雨量圖.....	61
圖 4.43	蘇拉颱風降雨量分析圖	63
圖 4.44	潭美颱風降雨量分析圖	64
圖 4.45	康芮颱風降雨量分析圖	65
圖 4.46	2009 年及 2010 年航照對照圖	67
圖 4.47	火炎山 1 號集水區沖積扇地形變遷	69
圖 4.48	火炎山 2 號集水區沖積扇地形變遷	69
圖 4.49	火炎山 3 號集水區沖積扇地形變遷	70
圖 4.50	火炎山 4 號集水區沖積扇地形變遷	70
圖 4.51	火炎山 5 號集水區沖積扇地形變遷	71
圖 4.52	2008 年至 2009 年沖積扇地形變遷圖	73
圖 4.53	2009 年至 2010 年沖積扇地形變遷圖	73
圖 4.54	2010 年至 2012 年沖積扇地形變遷圖	75
圖 4.55	2010 年至 2013 年沖積扇地形變遷圖	77

圖 4.56	掃描資料分析成果圖	79
圖 4.57	5 號沖積扇變遷圖（2010 年 9 月至 2011 年 9 月）	80
圖 4.58	5 號沖積扇剖線圖	80
圖 4.59	2011 年火炎山隧道東側監視影像	82
圖 4.60	2011 年火炎山隧道西側監視影像	83
圖 4.61	火炎山隧道西側監視影像.....	85
圖 4.62	2012 年 3 月至 10 月火炎山隧道東側監視影像	86
圖 4.63	2013 年 1 月至 9 月火炎山隧道西側監視影像	88
圖 4.64	2013 年 1 月至年 8 月火炎山隧道東側監視影像	89
圖 4.65	2009 年至 2012 年火炎山隧道監視影像對照圖	91
圖 4.66	2 號集水區沖積扇扇面	92
圖 4.67	5 號集水區下方土石溝	93
圖 4.68	5 號沖積扇現場照片	94
圖 4.69	5 號沖積扇上的小溝渠	95
圖 4.70	5 號沖積扇邊緣泥土與石塊的堆積	95
圖 4.71	3 號沖積扇崖坡上方堆積的礫石	96
圖 7.72	2 號沖積扇出口處的植生情形	96
圖 4.73	生長岩壁上的樹叢，在崖邊可看到持續崩落的跡象	97
圖 4.74	在陡坡上右側為新崩落岩層，是近期豪雨事件所產生的.....	97
圖 4.75	火炎山的地形相當陡，裸露的岩壁都將近垂直	98
圖 4.76	在颱風過後有許多泥流被帶出	98
圖 4.77	5 號沖積扇的土石堆積情形.....	99
圖 4.78	隧道東口的邊坡	99
圖 4.79	在隧道東口旁的機房	100
圖 4.80	4 號沖積扇外側長滿植被的景象	101
圖 4.81	3 號沖積扇沖蝕河道的景象	103
圖 4.82	5 號集水區沖積扇	103
圖 4.83	4 號集水區沖積扇	104
圖 4.84	4 號沖積扇（隧道上方）	104
圖 4.85	3 號沖積扇.....	105
圖 4.86	2 號沖積扇.....	105
圖 4.87	1 號沖積扇.....	106
圖 4.88	1 號集水區東口隧道邊坡.....	106
圖 4.89	火炎山沖積扇土石流動示意圖	107
圖 4.90	與山柑登山協會及當地居民在登山路口處合影	111
圖 4.91	火炎山登山地圖	112
圖 4.92	雨量計製作方法說明	114
圖 4.93	邊坡監測木樁設置位置圖，如黃色三角形位置	116

圖 4.94	山柑登山協會理事長說明登山步道監測成果	120
圖 4.95	公聽會討論情形	120
圖 4.96	監測樁測量時間與日雨量圖	136
圖 4.97	火炎山自然保留區解說牌	140
圖 4.98	火炎山登山步道解說牌	140
圖 4.99	火炎山隧道解說牌	141
圖 4.100	火炎山邊坡沖蝕觀測解說牌	141
圖 4.101	火炎山地形介紹解說牌	142
圖 4.102	火炎山監測解說牌	142

表目錄

表 3.1	2006 年至 2009 年火炎山自計式氣象站月雨量資料表	19
表 4.1	火炎山自計式測站月雨量表	62
表 4.2	火炎山 2006 年至 2013 年豪雨事件比較表	66
表 4.3	火炎山監測及社區環境教育實察活動說明表	115
表 4.4	社區參與火炎山監測公聽會說明表	117
表 4.5	監測木樁離崖坡長度表	121
表 4.6	火炎山雨量資料	127
表 4.7	沖蝕樁相對位置變化	131
表 4.8	火炎山雨量資料	131
表 4.9	沖蝕樁相對位置變化	134
表 4.10	火炎山雨量資料	134
表 4.11	沖蝕樁相對位置變化	135
表 4.12	紅樁與邊坡距離變化表	137

摘要

本計畫持續監測火炎山氣象及地形變遷，並將資料成果與當地社區及居民進行宣導及討論，希望未來能透過地方的參與，協助地景保育的工作。

計畫內容主要分成五大部分，一、氣象資料的收集與維護，二、即時監測影像收集為維護，三、地形變遷分析，四、在地參與監測活動之舉辦，五、解說教育資料的提供及解說牌文稿。

在氣象資料的收集與維護的部分，整理 2011 年至 2013 年的自計式氣象站資料，說明氣候變化的過程。在儀器部分 1 月中旬至下旬因電力設備損毀，造成部分資料損失，2013 年 4 月底至 7 月底溫濕度計發生故障，均已完成修復。

在即時監測影像的部分，除了維持監視儀器的正常運作外，由於隧道西口的影像因 3G 訊號受到干擾，2013 年已改為 ADSL 的資料傳輸方式，同時西口的監視影像在 9 月也改設置在西口堤防旁邊，更容易觀察土石變化的情形。整體而言，本年度從影像觀察，地形變化並不明顯。

在地形監測部分，2013 年 6 月以三維掃描儀記錄地形資料，並以 2010 年的生產的數值地形資料來比較，觀察土石堆積與侵蝕的狀況，從資料顯示，主要堆積的區域位於沖積扇的兩側，中間的區域呈現侵蝕的現象，主要原因是在沖積扇的中間已堆積相當高的土石，當有土石從集水區被帶出來時，則會從沖積扇的兩側來移動。

野外調查的結果，在 2013 年 8 月颱風發生前，當地植生覆蓋的情形良好，5 個集水區沖積扇的地形變化都不太明顯。在 5-6 月的降雨事件中，觀察土石堆積的狀況，可看到許多泥巴的堆積，表示降雨只能將細粒的物質帶出，礫石的堆積位置大致不變，僅有部分較陡的區域發生礫石滾動及滑落的現象。而 8 月潭美及康芮颱風，3 號集水區有大量土石帶到沖積扇上，沖毀了輸水管線。

在社區參與的部分，從 2011 年至 2013 年共舉行 2 次討論會與 2 次野外實察，除了教導當地社區認識火炎山地形變遷的特性、教導民眾自行製作雨量桶等

課程，本課程也可作為生態教育館解說活動規劃之參考。在 2013 年 5 月則與社區合作在登山步道上設置 6 處監測樁，瞭解邊坡後退的情形，在本年度 8 月的兩次颱風事件後，觀察到最大有超過 3 公尺的後退量。未來監測樁可由當地社區或登山團體等持續觀察，提供資訊給管理處參考。

本年度設計 6 處解說牌樣稿，規劃的解說內容包括邊坡沖蝕監測、地形監測、隧道、地形、沖蝕及陡崖等幾個項目來規劃解說內容，提供現場解說教育之參考。

第一章 計畫緣起

火炎山自然保留區為現有的 21 個自然保留區之一，其特徵為蝕溝發達、地表沖刷作用強烈，邊坡垂直聳立礫石惡地地形，加上一系列的聯合沖積扇，遠觀具有地景的形色之美，為本處地景保育重要區域。

造成火炎山自然保留區惡地地形的主要原因為地質地形條件以及豪大雨事件，本區礫石惡地地形變動非常大，當降雨量達到一定程度以上，就會產生邊坡沖蝕的現象，蝕溝發育，進而有許多礫石與細粒物質進入河道，並向下邊坡移動，在進入大安溪河岸前形成大規模的沖積扇。火炎山地區由於受到地表侵蝕作用，往往在颱風豪雨後，會在沖積扇外緣的道路淤積大量土石，因此公路單位於2005年在沖積扇下方興建一隧道。由於這個隧道正位於火炎山的坡腳下，未來礫石在堆積時，除從隧道上方通過外，礫石移動是否會側向延伸至隧道口？沖刷下來的泥沙堆積的模式，是否造成隧道口的封閉及不可預期的生命財產損失，值得本處持續觀察監測。

由於火炎山自然保留區屬惡地地形，林務局長期委託台大地理系進行地形監測，並透過歷年航照圖了解火炎山沖蝕情形，而自2006年公路局於保留區沖積扇興建火炎山明隧道，及2007年苗栗縣政府大量移除本保留區外土石，改變原已穩定之沖積現況，歷年監測已知豪大雨或持續下雨量達12小時超過100公釐，可能引土石流，並在2008年建立災害預警機制，以協助地方政府防災資訊連結，故本保留區持續監測蒐集相關資料仍為重要課題。

另外，由於公部門人力不足，未來期望能透過在地深耕、地方座談等方式，與在地伙伴建立良好關係，並將簡易定點監測移轉在地社區團體操作，相關資料及在地伙伴可成為未來在生態保育政策與環境教育之參考。

第二章 計畫目的

1. 分析火炎山自然保留區礫石侵蝕及堆積的情況，包括分佈的位置及數量，以便瞭解工程建設對火炎山自然保留區的影響，以提供管理處在經營管理及災害應變的參考。
2. 自計式氣象站的資料收集與維護，提供當地觀測資料，作為分析土石變遷的參考。
3. 利用即時影像監測火炎山自然保留區下游隧道口的變化。
4. 辦理座談會及培訓，提供當地居民土石流災害的應變措施之教育訓練。
5. 火炎山生態教育館環境教育解說資料設計及編輯，成果將提供教育館展示及解說之用。

第三章 火炎山土石流的監測背景及方法

第一節 地形變遷

農委會林務局新竹林區管理處 2003 年至 2005 年委託林俊全教授進行「火炎山自然保留區地形變遷監測」三年的研究計畫，以農航所航空照片來建立數值地形模型（DTM），產出網格精度為 5 公尺的 DTM，地貌圖如圖 3.1 所示，分析 1～5 號集水區地形變遷的情形。

從研究中發現，在地形的變遷中，火炎山自然保留區常常因為颱風造成地形大規模發生改變。研究結果顯示，火炎山邊坡後退的形式有兩種，一種為平行後退，多出現在搬運能力強的地方；另一種為減坡後退（Young, A., 1972），多發生在順向坡的邊坡。1991 年～2002 年的資料顯示，10 年間平均的後退速率分別為平行後退邊坡每年 2.5 公尺（以 3 號集水區的邊坡計算）、減坡後退邊坡每年 1.5 公尺（以 4 號集水區的邊坡計算）。

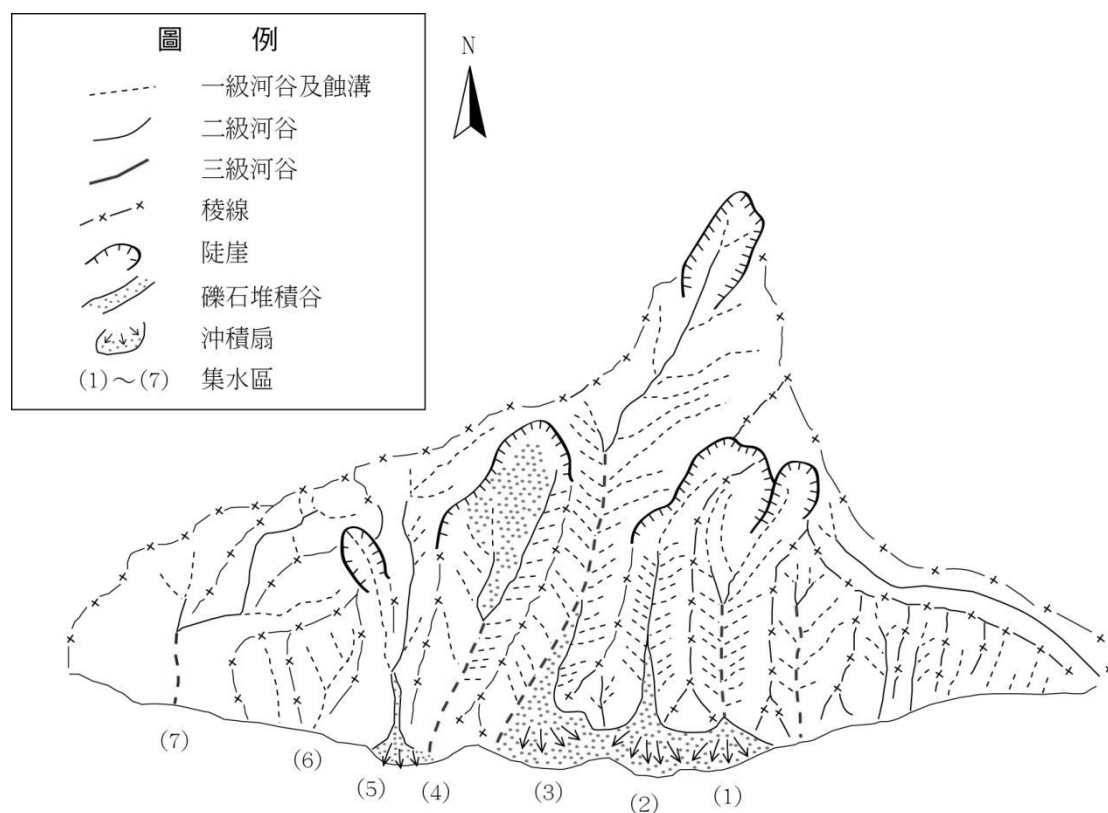


圖 3.1 火炎山地貌圖(林俊全，1992)

在集水區源頭，侵蝕地貌的範圍不斷擴大，裸露地的後退速率以 3 號集水區最快，達每年 3 公尺，此結果比兩種邊坡後退的速率稍快。由剖面顯示河道高程變動中，河道的堆積及侵蝕都發生在接近源頭的區域，河道中段的高度沒有發生太多變動。顯示在降雨事件發生時，堆積在源頭的土石會被沖出河谷進入沖積扇。各集水區沖積扇中，以 3 號集水區的沖積扇變動最為頻繁，堆積量與影響面積也最大，有時甚至會影響到隔壁沖積扇的發育。其原因可能是上游土方量供應最多，集水區面積也最大，上游河道較不易堆積土石，使河道可以完全把源頭侵蝕的土石全部帶出谷口，在谷口後方造成堆積，成為新的沖積扇。1986 年～2002 年間，以 2002 年的變遷幅度最大，主要的原因是受到 2001 年的桃芝颱風及納莉颱風影響。

在沖積扇地貌變遷，每個集水區下游沖積扇在不同的情況發生時，發生的反應不盡相同。倘若降雨事件的規模不大，通常只有 3 號集水區會發生反應。如果暴雨規模極大，如 2001 年納莉颱風，則所有的集水區都會有反應發生。以下為歷年數值地形資料分析的結果（林俊全，2003、2004、2005）：

1. 1991 年：3 號集水區左側沖積扇經計算結果，約比 1986 年高了 10 公尺以上，平均一年堆高達到 2 公尺。
2. 1992～1993 年：在 3 號～5 號集水區沖積扇的最外側，沖積扇的高度減少了 5 公尺以上。另外在 1 號集水區沖積扇的右側，新產生人為堆積的砂石堆。除此之外，其他區域幾乎沒有發生堆積或侵蝕的情況。
3. 1999 年：3 號集水區出沖積扇往左側改道，在下游堆出新的沖積扇。這次的變化情況較小，主流河道移動的距離不若前幾次這麼大，也沒有造成其他的新河道。5 號集水區沖積扇發生的情況也很類似，影響範圍小、沒有大型氾濫的痕跡。
4. 2002 年：由於納莉颱風帶來的充沛雨量（880 公釐）1、2 號集水區堆高了約 5 公尺，3 號集水區沖積扇的新扇面除了沖出馬路進入大安溪床的區域外，

新扇面也是沿著舊扇面堆積，4 號沖積扇的大變動，除了將 5 號集水區的主流擠回左邊，甚至將原本堆積在出口達十年以上（1986 年時開始堆積）的穩定土石堆冲破。

2005 年的航照影像，為隧道正在施工時所拍攝，2006 年的航照影像為隧道已經施工完成並通車後近八個月後所拍攝，利用此二幅航空照片進行地形變遷的高程與面積變化分析。

由立體影像觀察火炎山地貌變化特徵，發現沖積扇變動程度為區域內最大，特別是三號沖積扇面逕流流路與沈積物搬運路徑變動劇烈。此外區域內植被生長速度快，近一年時間便能新生出大面積的植被。

建議管理單位對於隧道體上方扇面之堆積土石若威脅到隧道主體結構，可進行侵淤，保障隧道口免受土石流之威脅，及行經此路段之人車安全。隧道口長度必須延伸。西口部分至少應延伸 350 公尺，東口則應延伸 200 公尺。如此才能避開未來土石掩埋困擾。

農委會林務局新竹林區管理處 2007 年至 2010 年委託林俊全教授進行「火炎山自然保留區土石流演變監測」四年的研究計畫，計畫中利用 2006 年與 2008 年航空照片的影像，生產 5 公尺網格的 DTM 資料，分析 2005 年、2006 年及 2008 年 9 月三個年代地形變遷的情況，分析沖積扇地形的變化。

2005 年為隧道正在施工的期間，2006 年為隧道通車後 8 個月，從兩年的數值地形資料來比較（圖 3.2），在隧道上方呈現明顯的堆積，主要原因可能為施工期間挖填所造成的高程變化差異，而自然地形的變化，因為受到人為工程的影響，因此無法明確說明因降雨所造成的地形變化。

2007 年隧道西口因颱風及豪雨造成 3 次泥流及土石堆積在隧道口的狀況，因此在 2008 年在隧道西口處興建一土堤，從 2006 年至 2008 年的數值地形資料可以看到隧道西口處有一堆積，這就是土堤的位置（圖 3.3）。2006 年至 2008 年航照拍攝的期間，發生了幾場較大的降雨事件，如 2007 年 6 月 10 日、2007 年 8 月 19 日、2007 年 10 月 7 日及 2008 年 7 月 17 日的卡玫基颱風，比較這段期間

數值地形資料分析的結果，除了在 4 號、5 號集水區（靠近隧道西口）有些許的堆積，3 號集水區沖積扇的部分呈現是大量侵蝕的現象。

過去利用歷年航照及數值地形資料研究火炎山地形變遷的結果，沖積扇發生侵蝕的現象主要是人為土石的清淤及砂石的採取所造成的，在 2008 年本區開放給苗栗縣政府進行土石的採取，從數值地形資料分析的結果顯示在 3 號與 4 號集水區間有大量的侵蝕區域，推估 2008 年 9 月時土石的採石量已經大於隧道完成後土石的堆積量，造成沖積扇地形呈現侵蝕較多的現象。

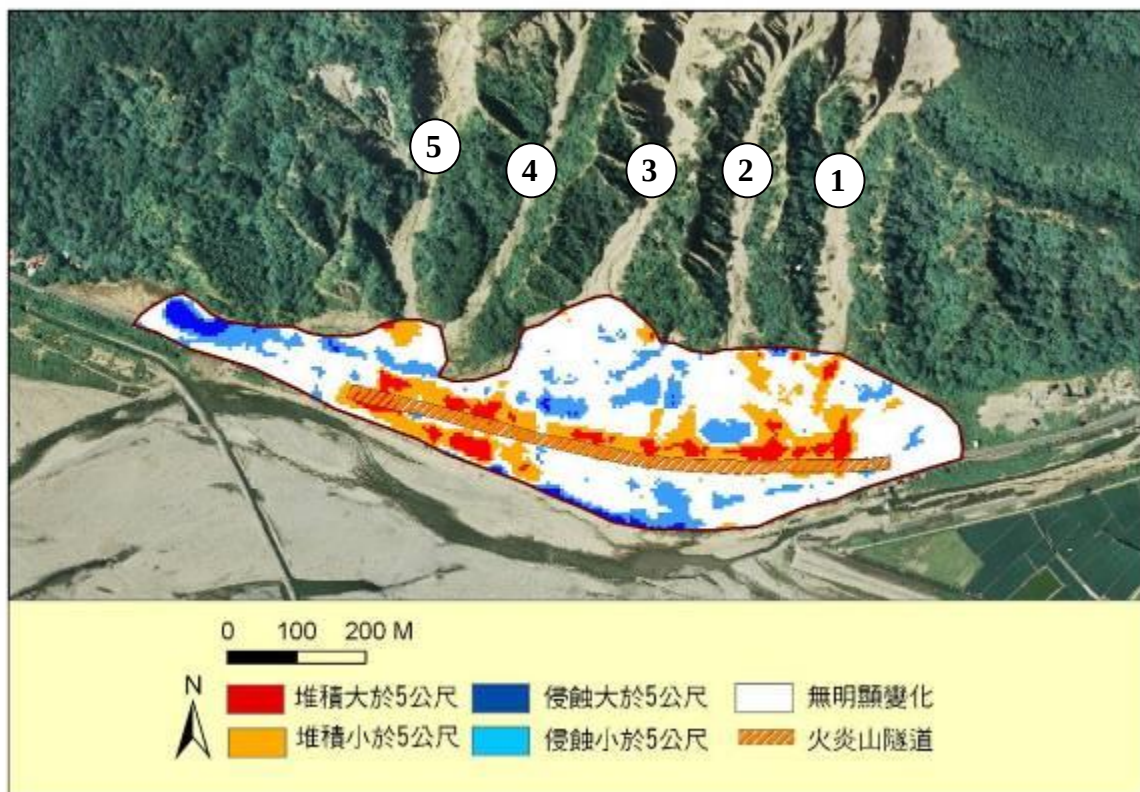


圖 3.2 2005 年至 2006 年火炎山沖積扇面高程變動

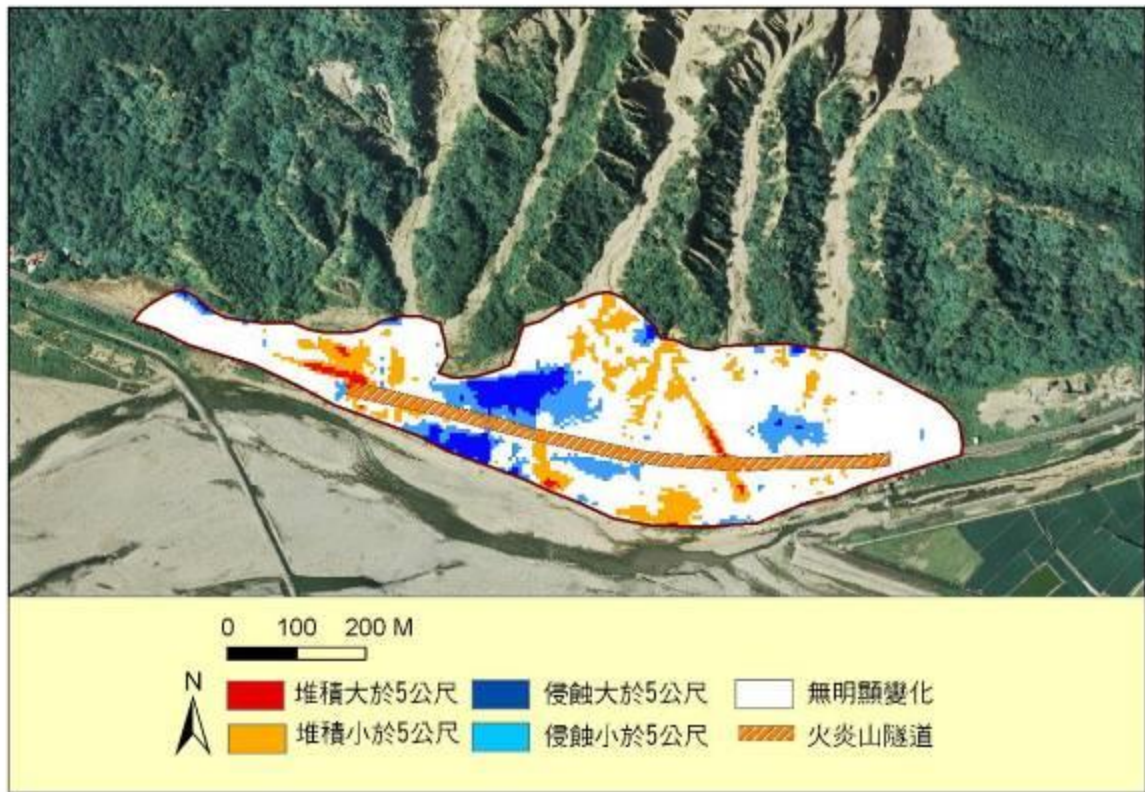


圖 3.3 2006 年至 2008 年火炎山沖積扇面高程變動

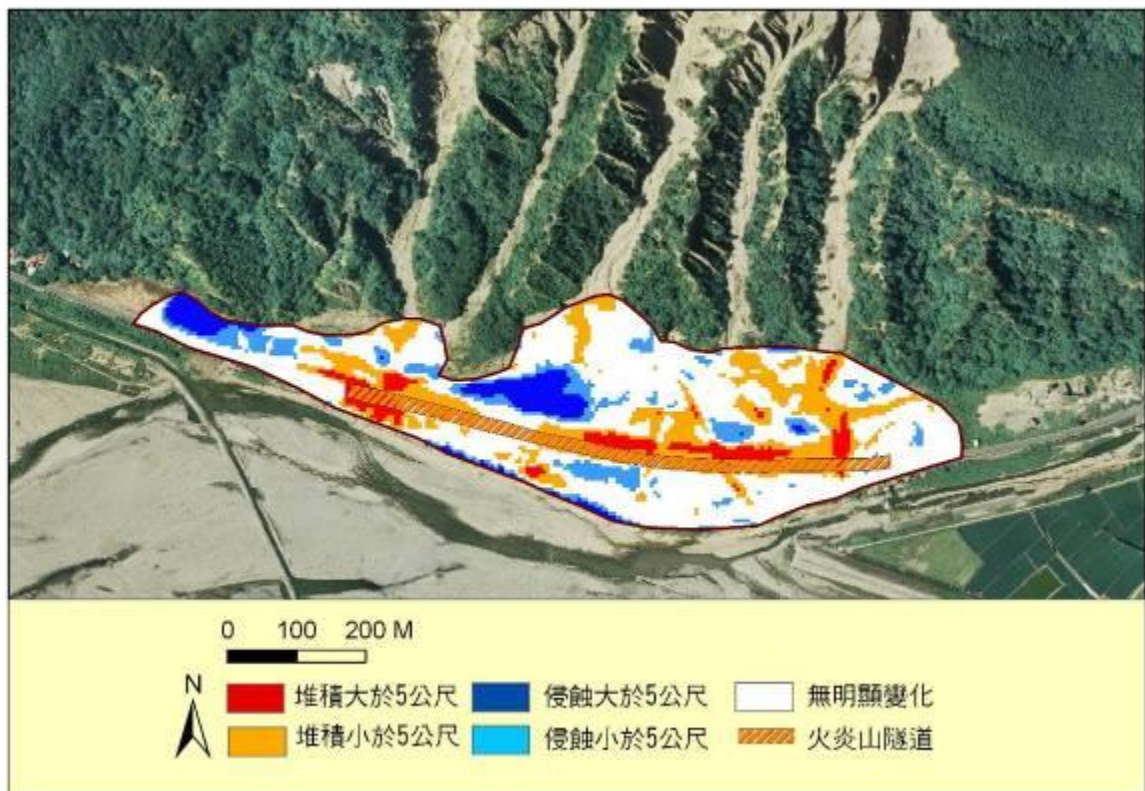


圖 3.4 2005 年至 2008 年火炎山沖積扇面高程變動

而就隧道上方的土石量而言，火炎山隧道原始設計可以承受隧道上方 7 公尺高的土石堆積量，若是超過 7 公尺則需要進行清除土石的动作。本研究找出 2006 年隧道完工後，隧道上方的土石堆積高度（圖 3.5）。隧道頂部的高度在完工的當時（2005）為 180 公尺，而在 2006 年的 DTM 上顯示（圖 3.6~3.8），隧道上方的土石在當年度的高度並沒有累積超過 7 公尺，還可以繼續的承受土石堆積。而未來是否需要進行土石的清除動作？就目前的觀察，隧道前方還有很大的空間可以累積土石，當土石流發生時，土石流應僅通過隧道上方，而並非停在隧道上方增加土石高度。就此點推斷，隧道上方的土石高度，在短期間內應該不至於累積超過 7 公尺的高度。

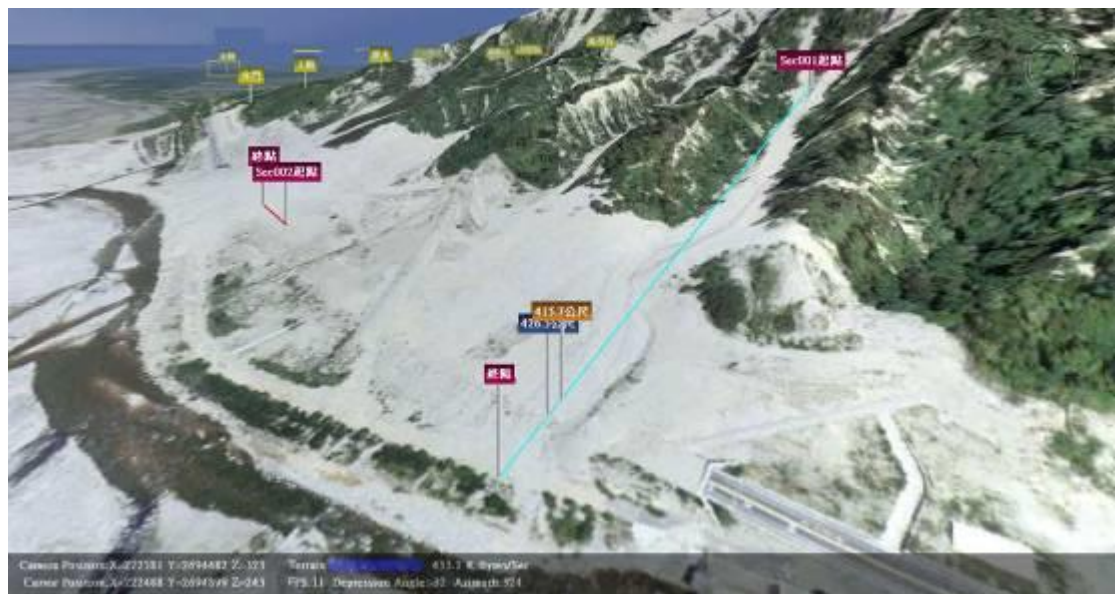


圖 3.5 火炎山隧道在 3D 立體影像上的位置

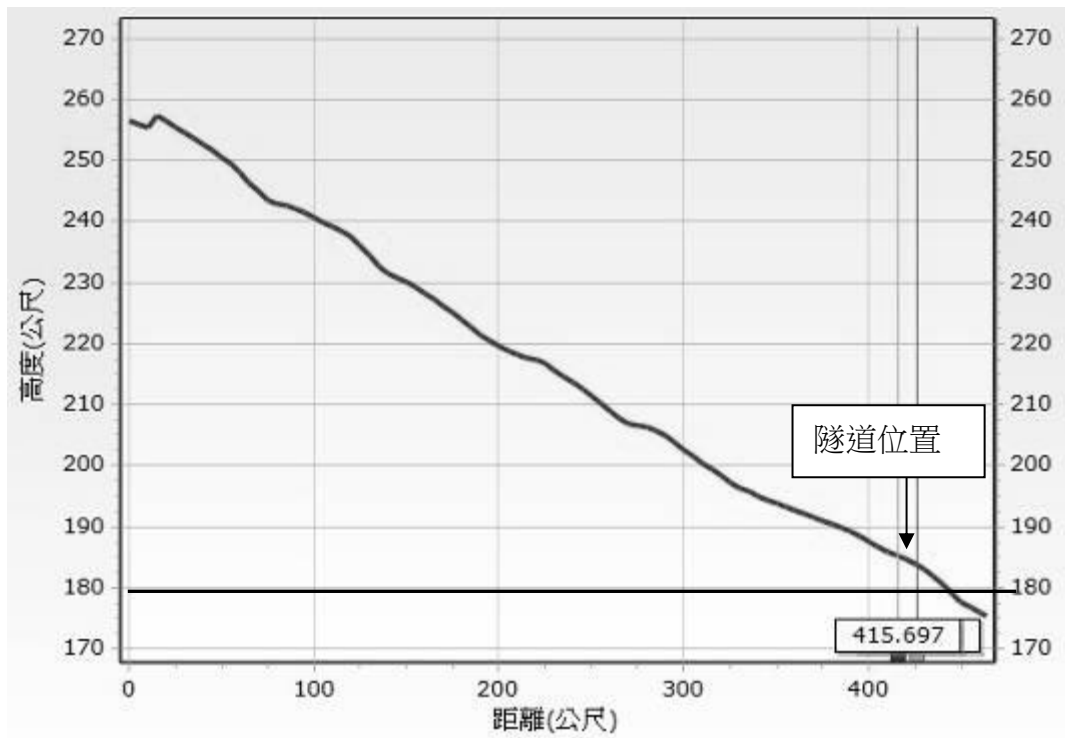


圖 3.6 火炎山 1 號集水區剖面圖

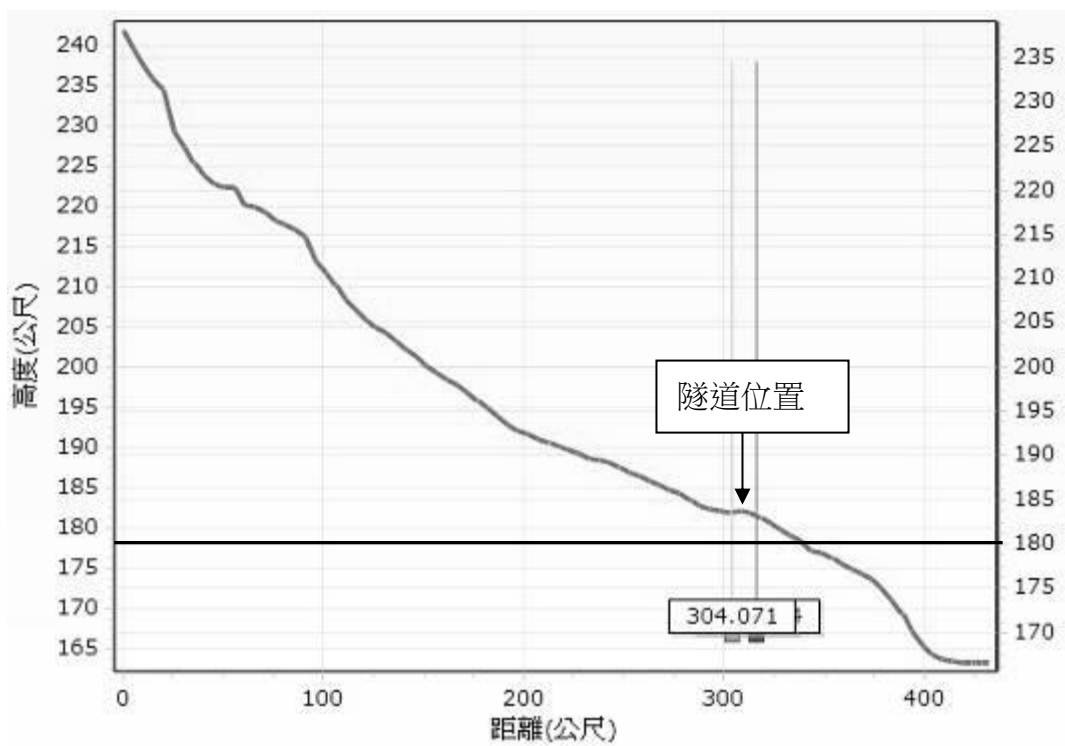


圖 3.7 火炎山 2 號集水區剖面圖

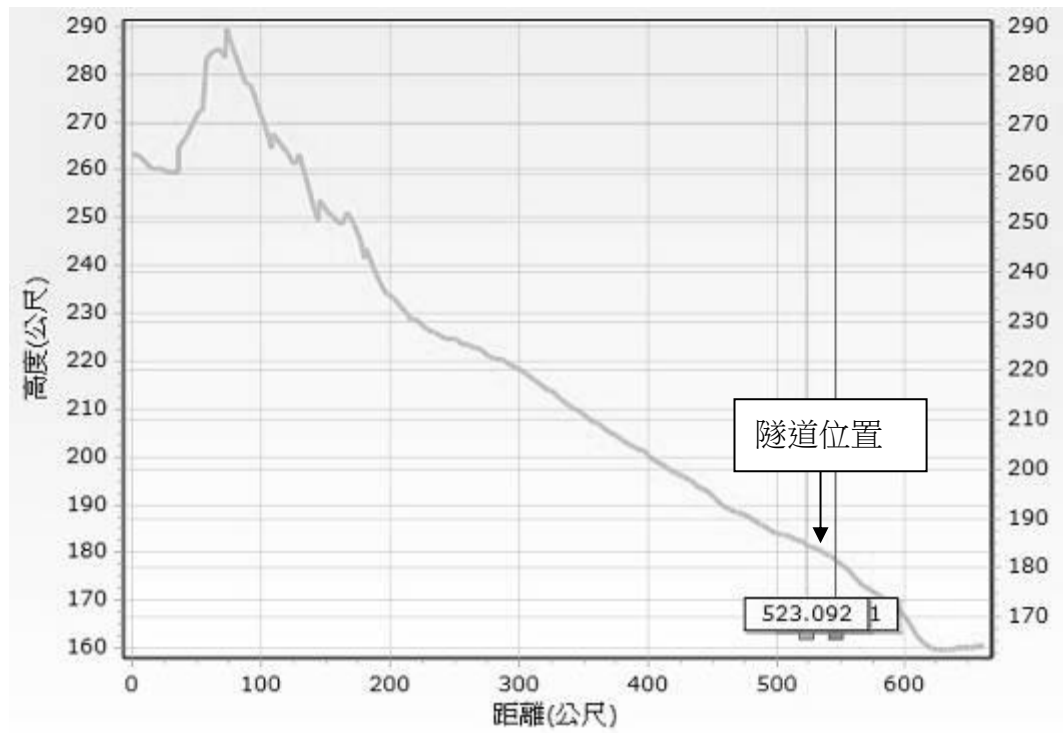


圖 3.8 火炎山 3 號集水區剖面圖

第二節 氣候觀測

林俊全（2010）在火炎山地區設置 2 個自計式氣象觀測站（圖 3.9），氣象觀測站是由 CAMPBELL 公司所生產的資料收集處理器（DATALOGGER）與相關感測器（SENSOR）。由感測器將氣象資料轉換成電子訊號，再由資料收集處理器負責量測、轉換訊號與記錄，最後以量化的方式呈現。在 4 號集水區上的氣象站收集包括：降雨量、風速、風向、溫度與相對溼度等五項，在隧道東口處的氣象站主要收集雨量資料，並設置災害預警系統。其中各項氣象資料每 10 秒鐘收集一次，然後計算每 15 分鐘數值產生一筆資料。降雨量的最小觀測單位為 0.2 公釐、溫度則為 0.1 度、相對溼度則為 0.1%、風速最小單位為每秒 0.1 公尺、風向為 0.1 度（Armstrong et. al., 1985）。

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。

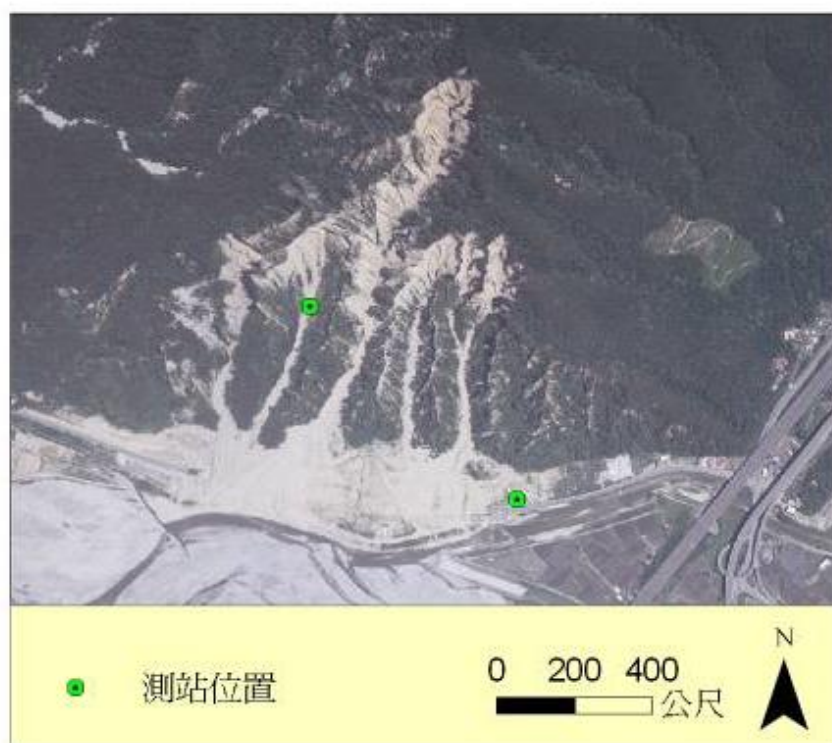


圖 3.9 氣象測站位置示意圖

林俊全（2010）分析自計式氣象站 2006 年至 2009 年月降雨資料（表 3.1），在資料記錄過程中，因為電力不足或儀器損毀，造成部分資料的損失，損失的月份則以經濟部水利署大坪頂雨量站或中央氣象局台中氣象站的資料來替代。從統計的月雨量資料顯示，最大降雨量發生的月份大部分集中在夏季，月降雨量最大發生在 2008 年 9 月將近 800 公釐，主要是是當月份有兩次較大的颱風（辛樂克及薔蜜颱風）所致。

表 3.1 2006 年至 2009 年火炎山自計式氣象站月雨量資料表

時間	月雨量	備註	時間	月雨量	備註
Jan-06	30	*	Jan-08	18	*
Feb-06	70	*	Feb-08	52	*
Mar-06	101.8		Mar-08	67	*
Apr-06	219.6		Apr-08	61	*
May-06	363	*	May-08	262	*
Jun-06	442	*	Jun-08	182.8	
Jul-06	188		Jul-08	354.4	
Aug-06	10		Aug-08	19.8	
Sep-06	83.4		Sep-08	797.6	
Oct-06	0		Oct-08	32	
Nov-06	136	*	Nov-08	24.2	
Dec-06	77	*	Dec-08	12.8	
Jan-07	0		Jan-09	0	
Feb-07	28.2		Feb-09	0	
Mar-07	121.6		Mar-09	139.8	
Apr-07	157	*	Apr-09	178.2	
May-07	182	*	May-09	11.4	
Jun-07	587.8		Jun-09	236.4	
Jul-07	53		Jul-09	47.8	
Aug-07	311.4		Aug-09	569	
Sep-07	94.6		Sep-09	5.2	
Oct-07	289.8	**	Oct-09	0	
Nov-07	21	*	Nov-09	0	
Dec-07	18	*	Dec-09	17.6	*

註：備註欄中*表示資料來自經濟部水利署大坪頂雨量站

**表示資料來自中央氣象局台中氣象站

2006 年火炎山在 7、8 月份的降雨量明顯減少（圖 3.10），8 月份只降下 10 公釐。7、8 月的雨量約佔全年的 26%，降雨總和只有 198 公釐，與過去相較要少許多。

2007 年最大降雨的月份在 6 月（圖 3.11），主要也是受到颱風的影響所致。6 月、8 月及 10 月因受到豪雨及颱風的影響，造成當月降雨量較高的現象，由於這 3 個月的降雨都較集中，在火炎山隧道造成土石流災情。

2008 年 1 月到 6 月間並無強烈的降雨事件發生（圖 3.12），單月最大降雨出現在 5 月為 108.8 公釐；7 月之後開始進入颱風季節，7 月及 9 月月雨量分別達 406 公釐及 798 公釐，主要是受到 7 月 18 日卡玫基颱風與 9 月 14 日辛樂克颱風影響使得降雨量增加。

2009 年單月降雨量最多發生在 6 月、8 月（圖 3.13），但降雨量較過去平均降雨量來得高，主要降雨量分佈還是受到颱風的來臨與季節有關，當有 1~2 次颱風，就會造成當月降雨量增加的現象。2009 年 8 月 6 日至 10 日在莫拉克颱風期間共降下 400 多公釐的雨量，為當年度最多的單月雨量。其次則以 4 月及 6 月的降雨量較多。若以降雨強度觀察，降雨事件中，也只有莫拉克颱風期間有發生超過 100 公釐的高強度降雨事件，其他月份則無。

從 2010 年度月資料統計圖中顯示（圖 3.14），月降雨最大發生在 6 月為 530 公釐，其次為 7 月的 463.5 公釐，主要都是豪雨造成的降雨 2011 年 8 月底前並沒有颱風登陸臺灣，9 月 17-20 日凡那比颱風，在台灣南部帶來大量的降雨，但在火炎山地區雨量並不多，在 10 月及 11 月降雨少於 5 公釐以下。從 2010 年度的降雨資料統計來看，本年度並沒有發生豪大雨事件，即 12 小時超過 100 公釐的雨量。從野外觀測，整體而言地形變化並不大。

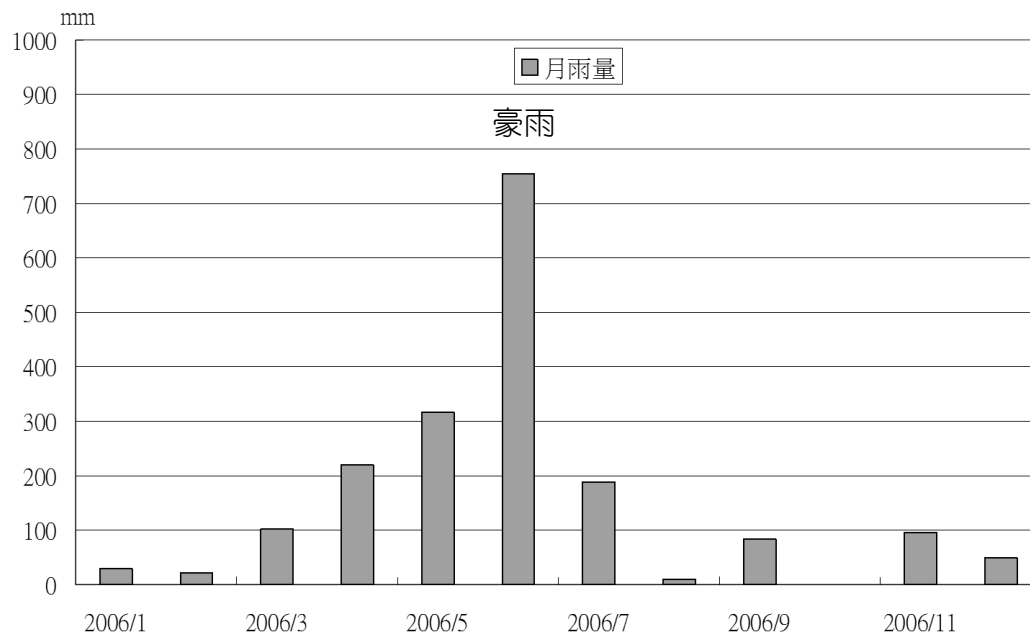


圖 3.10 2006 年火炎山地區每月降雨量統計圖

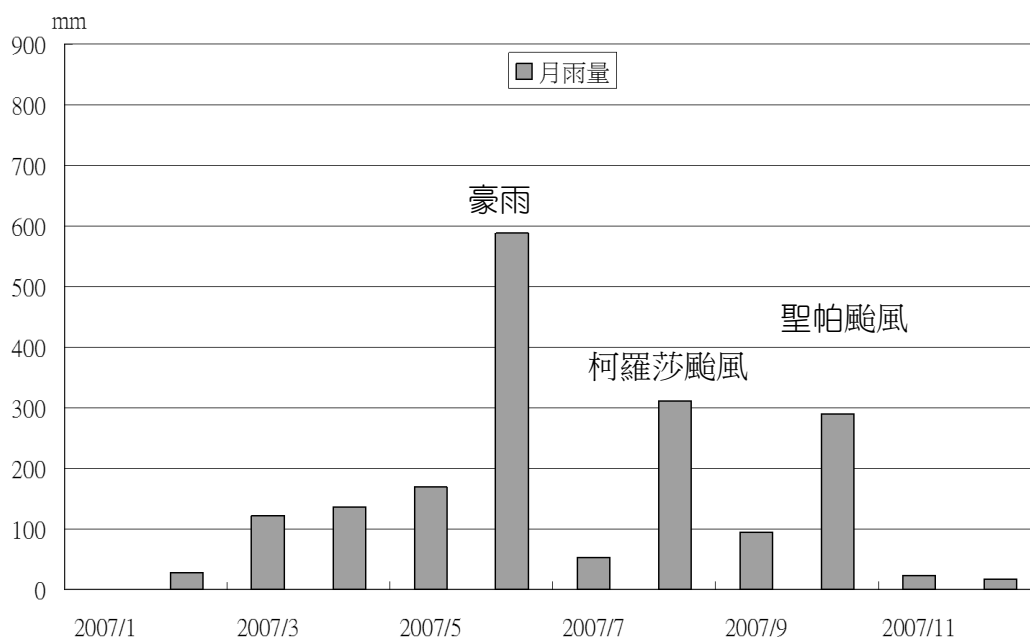


圖 3.11 2007 年火炎山地區每月降雨量統計圖

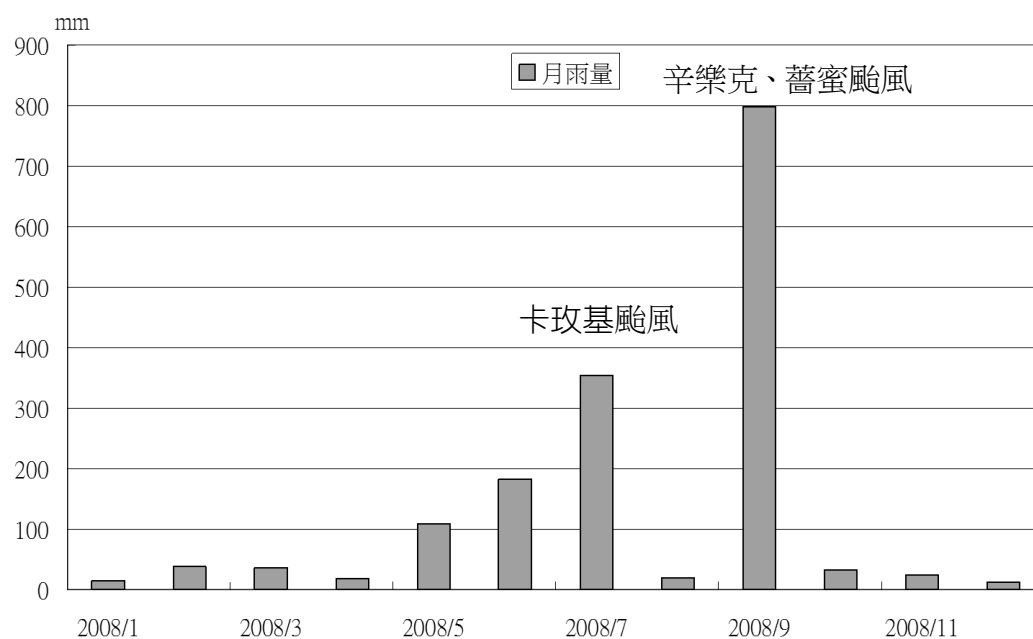


圖 3.12 2008 年火炎山地區每月降雨量統計圖

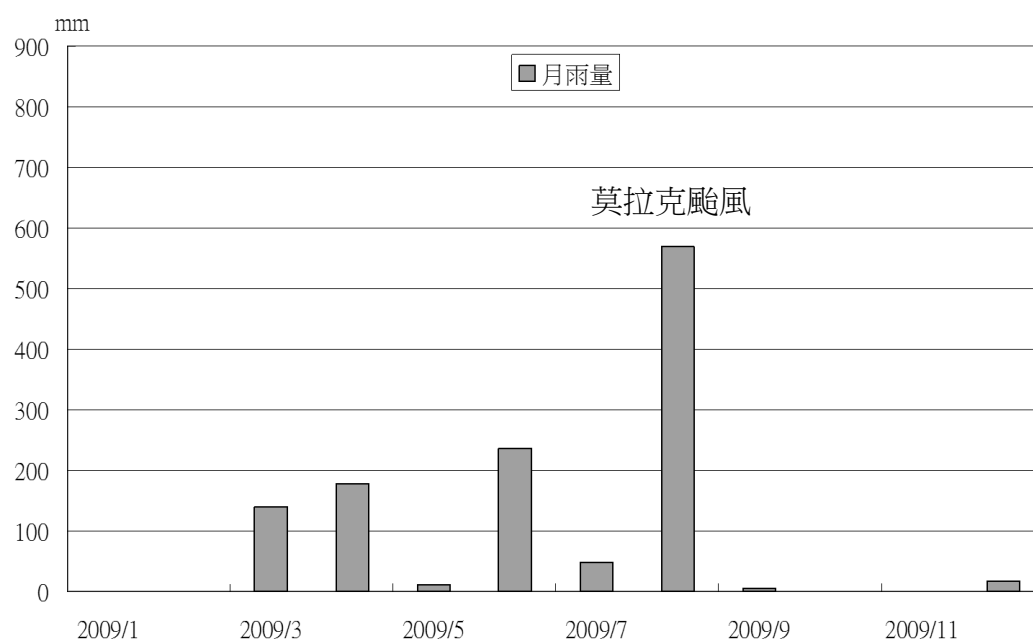


圖 3.13 2009 年火炎山地區每月降雨量統計圖

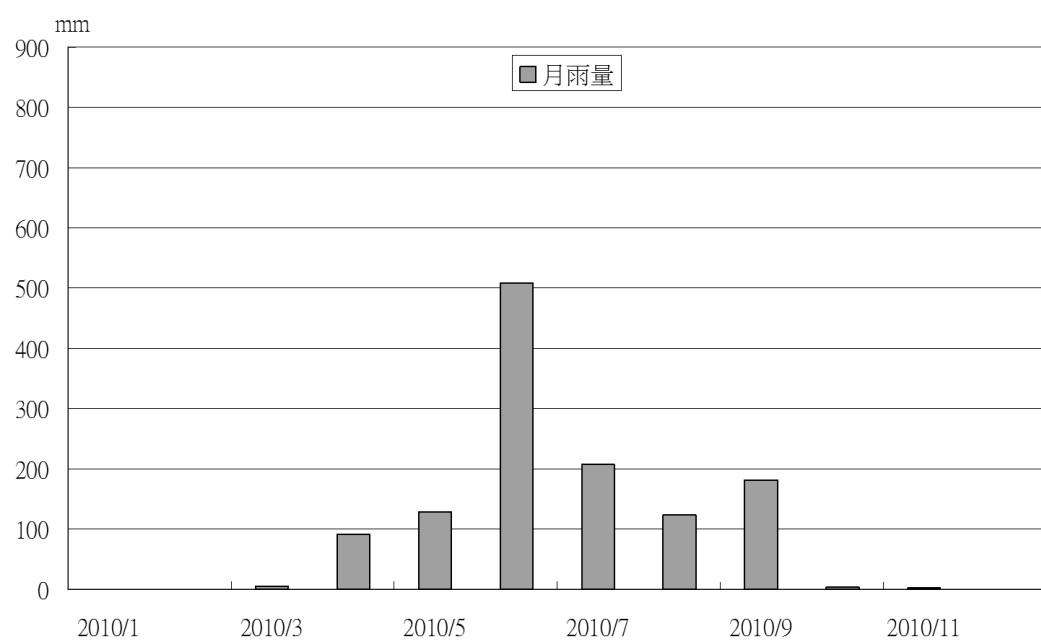


圖 3.14 2010 年火炎山地區每月降雨量統計圖

第三節 影像監視觀測

林俊全（2010）在火炎山隧道東、西口處各架設一台影像監視器，來監測隧道上方土石堆積的情形。隧道東口遠端監視系統（圖 3.15），可透過一般電腦進行遠端的監視，本區由於地點較偏僻，目前採用 256K/64K 的頻寬 ADSL 連線，連線時速度較慢，連線方式只要在電腦網址輸入連線的 IP 位址為 <http://219.87.249.240/>，即可進行遠端監測。

隧道西口處監視系統設備(圖 3.16)，本計畫採用 3.5G 的傳輸方式進行監測，以 2100 的 3G 寬頻路由器,配合 4140 去傳送一攝影機訊號，連線網址為 <http://ronny0131.dyndns.tv/>。

在 2007 年 10 月 7 日土石流事件發生後，苗栗縣政府在隧道西口處興建堤防，原本西口監視器的觀察沖積扇堆積的狀況，已被土堤遮擋住，因此必須移動監視器架設的位置，才能觀察沖積扇的堆積狀況。在 2008 年 10 月 5 日已將監視器的位置改架設在隧道西口的上方。



圖 3.15 火炎山隧道東口監視器架設位置（2007/9/12）



圖 3.16 西口影像監視器新架設位置（2008/10/15）

即時影像監視的目的，是希望瞭解在颱風侵襲的期間，可能產生災害發生的時間點，以及災害的變化的情形。2008 年從監視影像中記錄卡玫基颱風與辛樂克颱風兩次颱風對本區造成的影響，說明如下：

1. 卡玫基颱風

卡玫基颱風在 2008 年 7 月 17 日晚上 6 點風雨並不明顯（圖 3.17），18 日早上 9 點風雨較大，但在西口隧道仍然可以看到許多車輛經過，在這之前本區並未產生任何土石災害；在 18 日晚 6 時颱風過後，在地面上並未有土石堆積與泥流出現，顯示本次颱風並未在此造成災害。

雖然本次颱風並沒有對隧道交通造成影響，但現場觀察土石堆積的情形，在颱風過後仍有相當多的土石被帶到隧道上方堆積，估計堆積淤 3 公尺高度，顯示火炎山依舊與過去一樣，每次颱風過後都會有大量土石被沖出，在小規模的土石流事件中，隧道降低了土石流對道路安全的影響。

	
西口監視器 2008.07.17 晚上 6 點	東口監視器 2008.07.17 晚上 6 點
	
西口監視器 2008.07.18 早上 9 點	東口監視器 2008.07.18 早上 9 點
	
西口監視器 2008.07.18 晚上 6 點	東口監視器 2008.07.18 晚上 6 點

圖 3.17 卡玫基颱風前後隧道東、西口處影像監測（2008.7.17-18）

2. 辛樂克颱風

辛樂克颱風侵襲時間為 9 月 14-16 日，14 日 16 時隧道東口邊坡還是植生茂密的情況（圖 3.18a），14 日 19 時由於是晚上的影像（圖 3.18b），因此無法明確觀察是否有土石沖出，但在 19 時 30 分，從隧道的燈光亮度，感覺似乎有部分被遮蔽（圖 3.18c），之後燈光逐漸變小，至 15 日 0 時隧道口僅可看到微弱的燈光（圖 3.18d），推測可能是土石堆積所造成。至 15 日 5 時白天的影像，則可以清楚看到隧道出口處上邊坡已被土石被掩蓋（圖 3.18e），原本監視器的影像可以看到一半隧道口的位置，目前僅可以看到隧道口的上緣；至 9 月 16 日可清楚看到挖土機在清運土石（圖 3.18f）。

由於發生土石堆積的時間在晚上，從影像上無法實際看到土石沖出的狀況以及發生的時間，因此假設造成隧道燈光逐漸被遮蔽的結果是因為土石堆積所造成，則可以推估土石開始沖出的時間大約在 9 月 14 日晚上 7：00 至 7：30 分這段期間，至 15 日 0 時堆積逐漸趨緩，到 5 點以後已看不到土石沖出的現象。

	
(a) 2008 年 9 月 14 日 16 時	(b) 2008 年 9 月 14 日 19 時
	
(c) 2008 年 9 月 14 日 19 時 30 分	(d) 2008 年 9 月 15 日 0 時
	
(e) 2008 年 9 月 15 日 5 時	(f) 2008 年 9 月 16 日 14 時

圖 3.18 2008 年 9 月辛樂克颱風其間隧道東口監視影像

第四節 三維儀器掃描監測

以一般的平面掃描器來說，掃描即是將原本紙本上面的影像，透過儀器紀錄影像的相關位置，最後以數位方式將這些資料依照原本的位像關係重新展現。基本上三維掃描器也是相同的概念，將空間中物體的位相關係轉換成為數位資料，最後重新展現在電腦螢幕上。不過，由於立體世界要比平面複雜的多，需要考慮到其他的使用需求，如接邊、絕對座標的定位等，使得 3D 掃描器實際上比較接近一個測量儀器。

目前常見的測量儀器，已經從早期的經緯儀、水準儀進步到了 GPS 以及全測站（Total Station），而其中全測站使用的是雷射光，利用測量雷射光反彈的時間以及角度，計算出測量目標與儀器的空間關係。三維掃描器跟全測站十分類似，也是利用計算雷射的往返時間與角度，得到空間中物體的座標，測量的原理是相同的。不過，相對於全測站一次只能測量一點，3D 掃描器一次可以測量成千上萬個點，再加上儀器可以自動做 360 度的旋轉，效果就跟掃描一樣。

林俊全（2010）在 2010 年在 3 號、5 號集水區進行 360 度空間的掃描（圖 3.19）。掃描資料庫中會記錄三維的 XYZ 資料及每一個點的 RGB 值，資料組合的結果如圖 3.20 所示，上方為在掃描過程中儀器同時進行拍照的紀錄結果，下方為記錄的網格資料套疊在掃描區域的結果，不同的顏色表示儀器所記錄的 RGB 資料。

利用掃描儀器的所記錄的三維空間資料，可生產高解析的數值地形資料，甚至可以觀察到 10 公分以下的地形變化，比較不同時間的掃描的結果，可以更清楚瞭解地形變遷的情形。



圖 3.19 Lacia Scanstation 2 掃描儀器

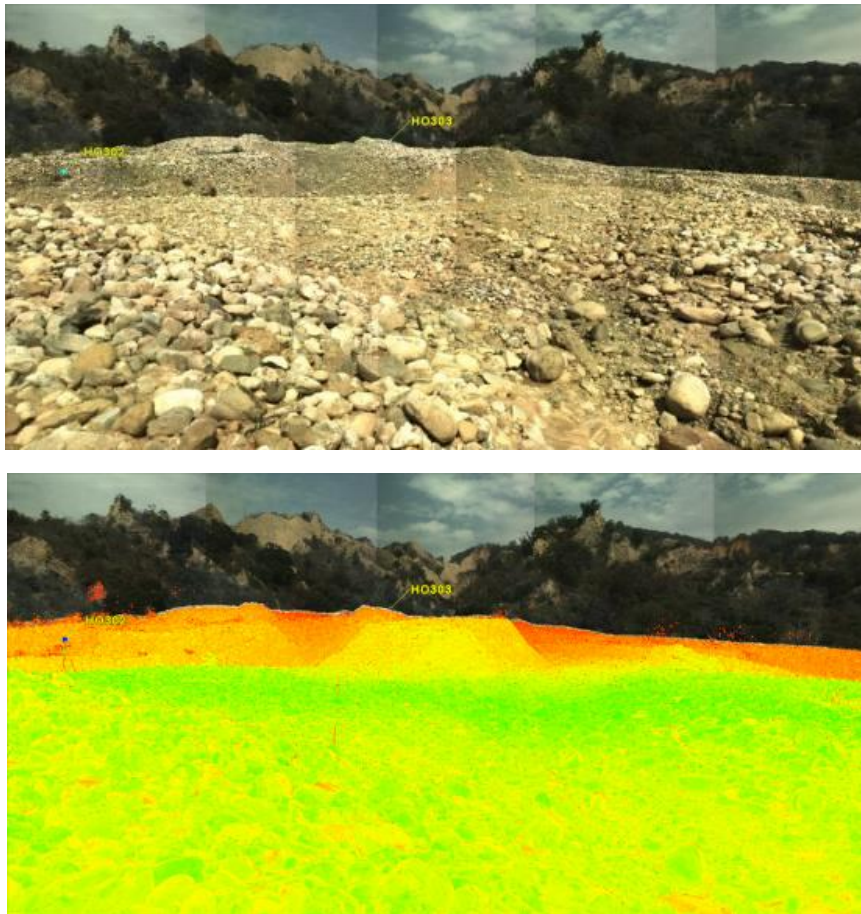


圖 3.20 掃描資料拼合的結果

第五節 解說教育設計

在 2009 年度已完成設計及編輯 8 張海報，2010 年並完成火炎山的故事解說手冊之編輯，提供管理處進行教育宣導，海報主題分別為：

1. 歷年航空照片影像共 5 張。
2. 火炎山的自然保留區全圖。
3. 火炎山礫石的特性。
4. 火炎山的監測。

本計畫則收集近幾年研究的相關成果，配合現場調查的資料，勘查適合設置解說牌的地點，來設計解說牌內容樣稿，提供管理處規劃解說牌硬體設計及環境教育規劃之參考。

第四章 研究成果

第一節 氣候資料分析

一、2011 年氣候資料分析

2011 年氣象儀器部分在 7 月初時因螺絲鏽蝕造成雨量計翻轉，因此有部分資料損失，但對照鄰近測站資料，由於那段時間並沒有明顯降雨，因此對資料處理影響不大，其他時間則資料記錄都正常（圖 4.1 至 4.12）。

在 1 月的氣象資料溫度大致在 10 度至 20 度間，在 1 月 14 日至 16 日有較大的溫差變化，在降雨部分本月的降雨不多，降雨天數為 5 天，大部分時雨量在 1 公釐左右。

在 2 月 1 日至 10 日溫度有明顯較高約在 20 度左右，在 10 日至 20 日溫度則又下降至 15 度，溫度變化較明顯。在雨量部分降雨天數約 6 天，大部分時雨量在 1 公釐左右。

3 月份的溫度在 22 至 28 日約在 12 度左右，溫度有較大變化從 10 度至 30 度。降雨天數為 7 天，時雨量在 1 公釐左右。

4 月溫度除了 4 日至 6 日溫度約在 15 度左右，大部分白天的氣溫都在 20 度以上。本月降雨量為零。

5 月的溫度較為穩定，氣溫在 20 度至 30 度間。5 月的有較多的降雨事件，降雨天數為 11 天，當月最高時雨量在 15 日為 15.6 公釐。

6 月的氣溫較 5 月來的高，氣溫在 30 度左右。在降雨部分 6 月的降雨天數為 6 天，但降雨量較過去幾個月來的多，主要是因為在 27 日雨量為 73.4 公釐，大於過去的月累積雨量。

7 月至 9 月的溫度約在 30 度左右，日夜氣溫變化不大。降雨部分，最大日雨量在 8 月 8 日為 27.25 公釐，其次在 7 月 19 日為 26.4 公釐。

10 的氣溫則較 9 月低，溫度在 20 度至 30 度間。10 月的雨量的降雨天數為 5 天，最大時雨量低於 1 公釐。

11 月初的溫度也在 20 度至 30 度間變化不大。在雨量部分 11 月 8 日至 11 日間有較密集的降雨，最大日雨量為 33.4 公釐，四天累計雨量為 100.8 公釐。

在風速風向方面（圖 4.13 及圖 4.14），各月份主要以北風為主，1 月～3 月及 10 月～11 月因受東北季風的影響有較高的風速最高達 1m/s，由於 2001 年沒有颱風，夏季的風速也較過去來得低。

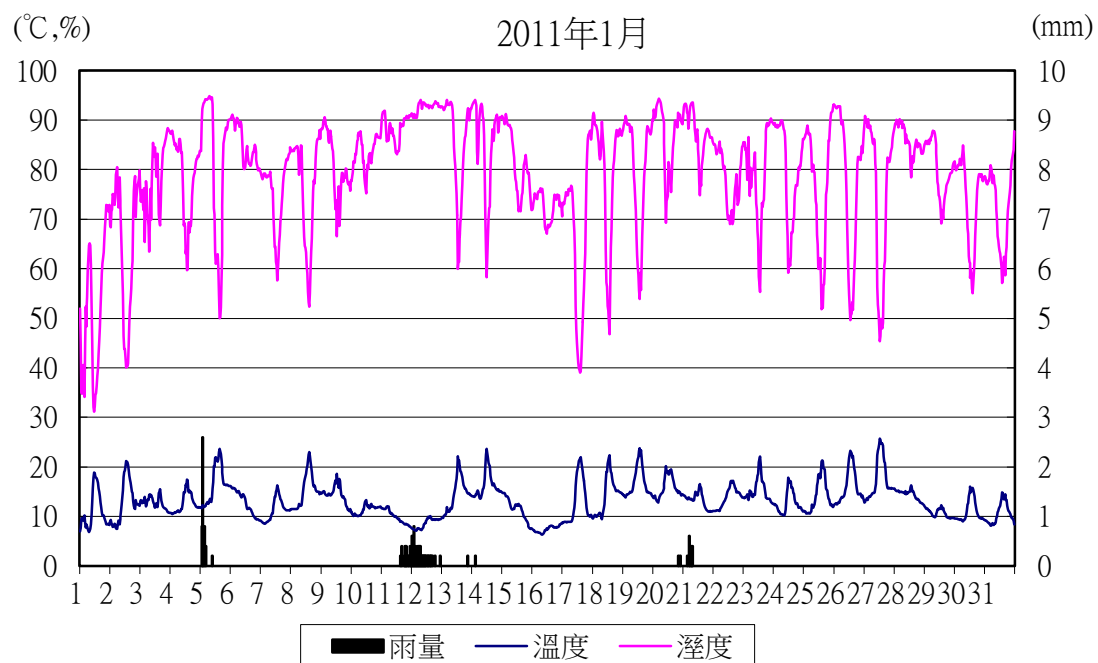


圖 4.1 2011 年 1 月氣候資料

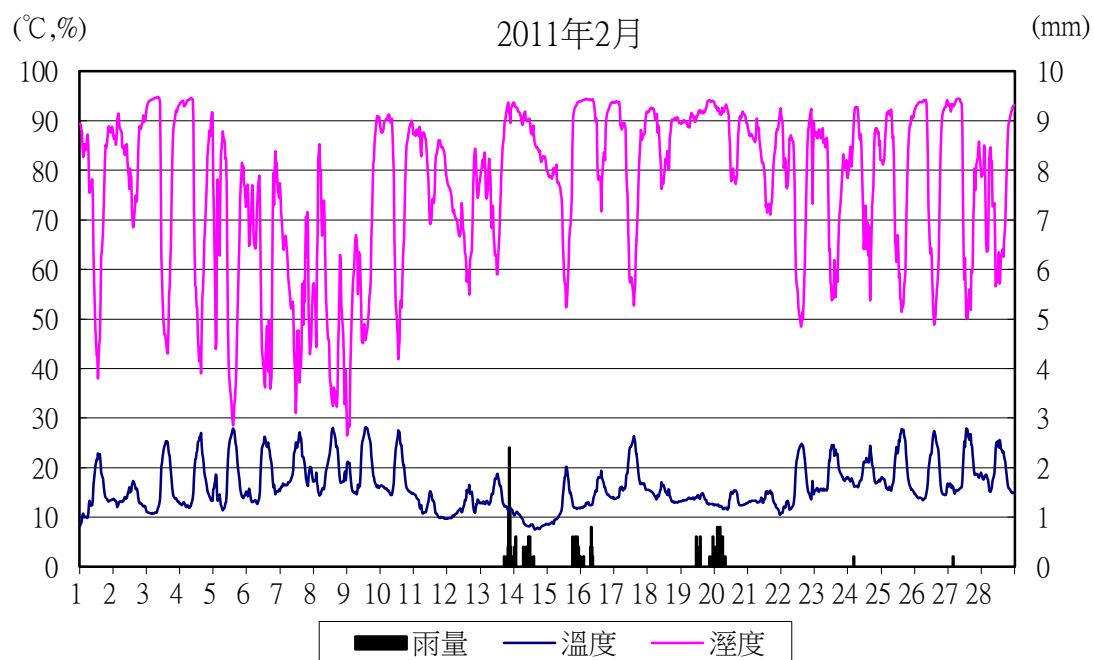


圖 4.2 2011 年 2 月氣候資料

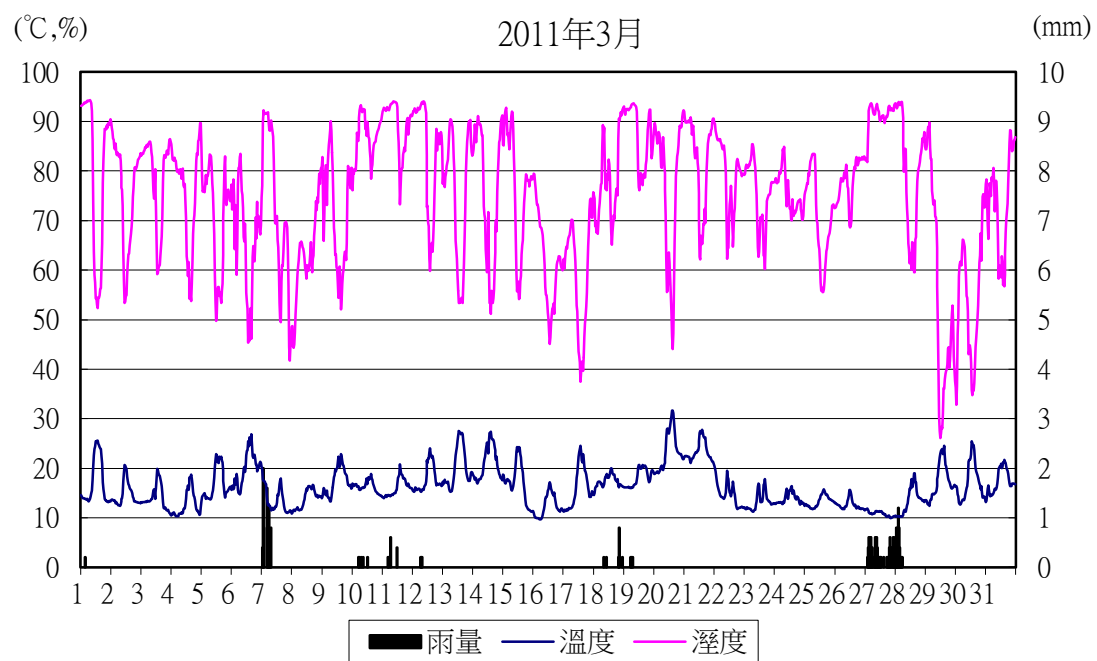


圖 4.3 2011 年 3 月氣候資料

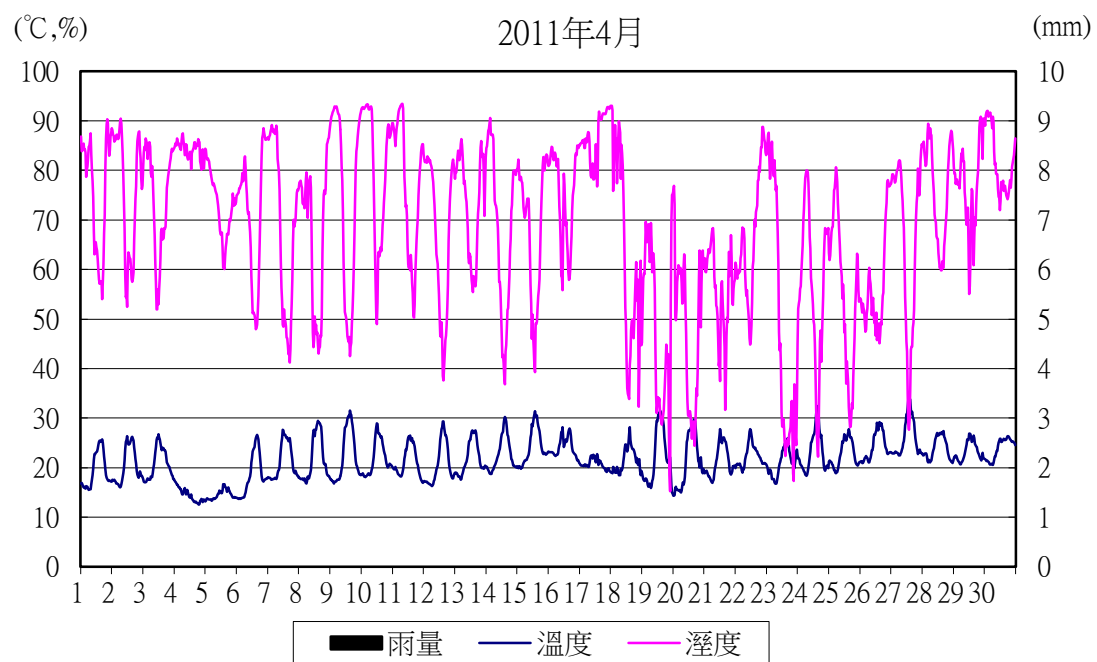


圖 4.4 2011 年 4 月氣候資料

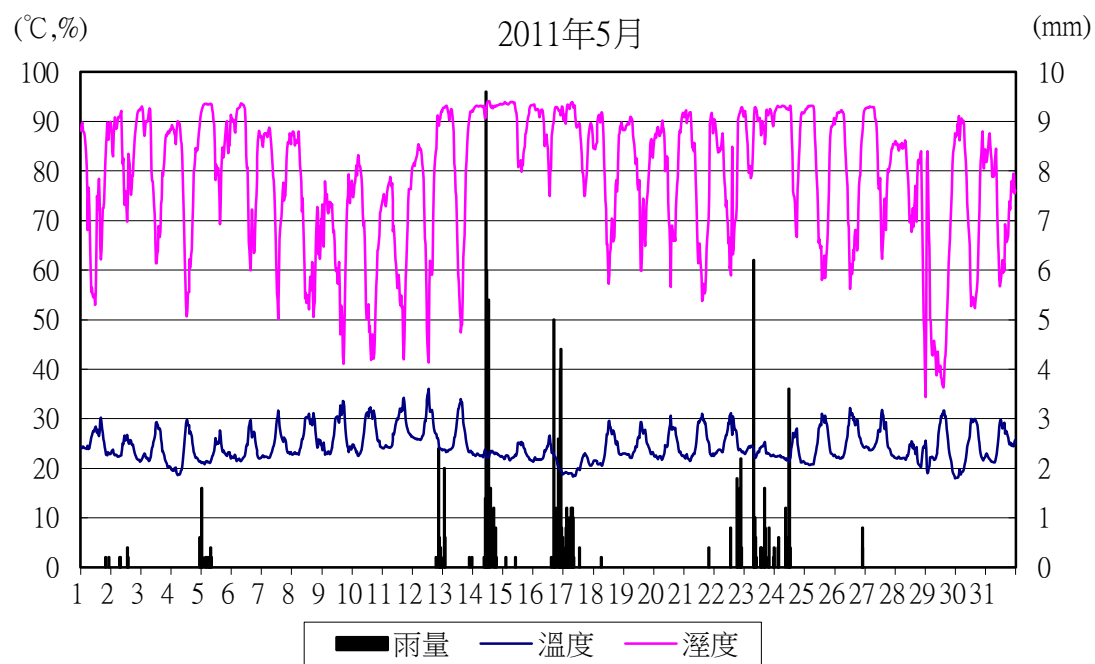


圖 4.5 2011 年 5 月氣候資料

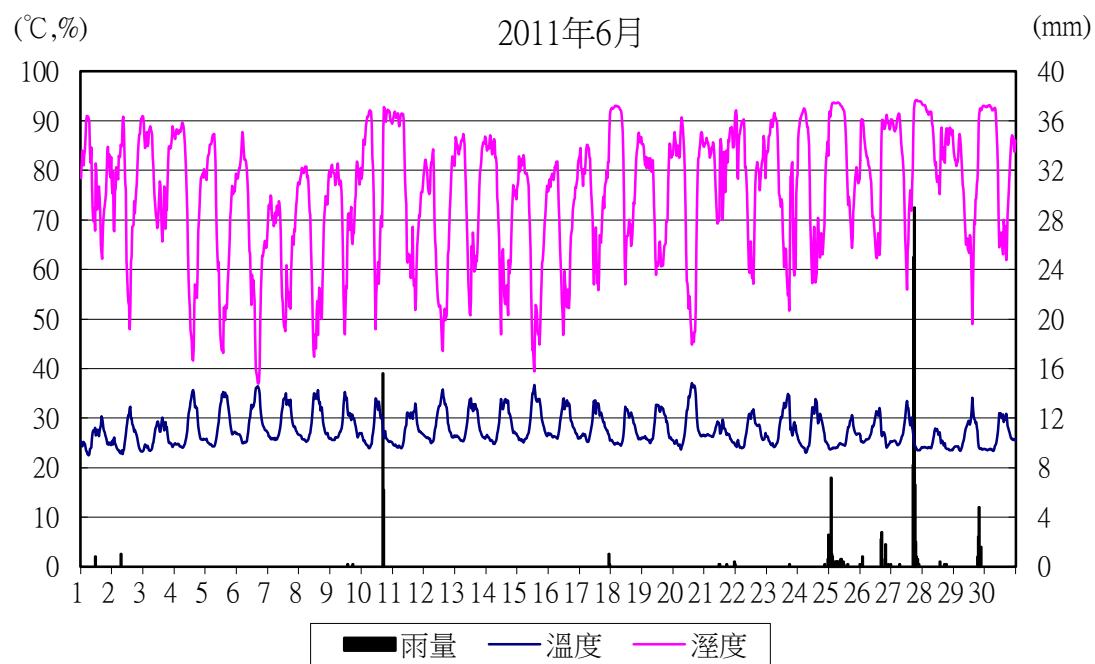


圖 4.6 2011 年 6 月氣候資料

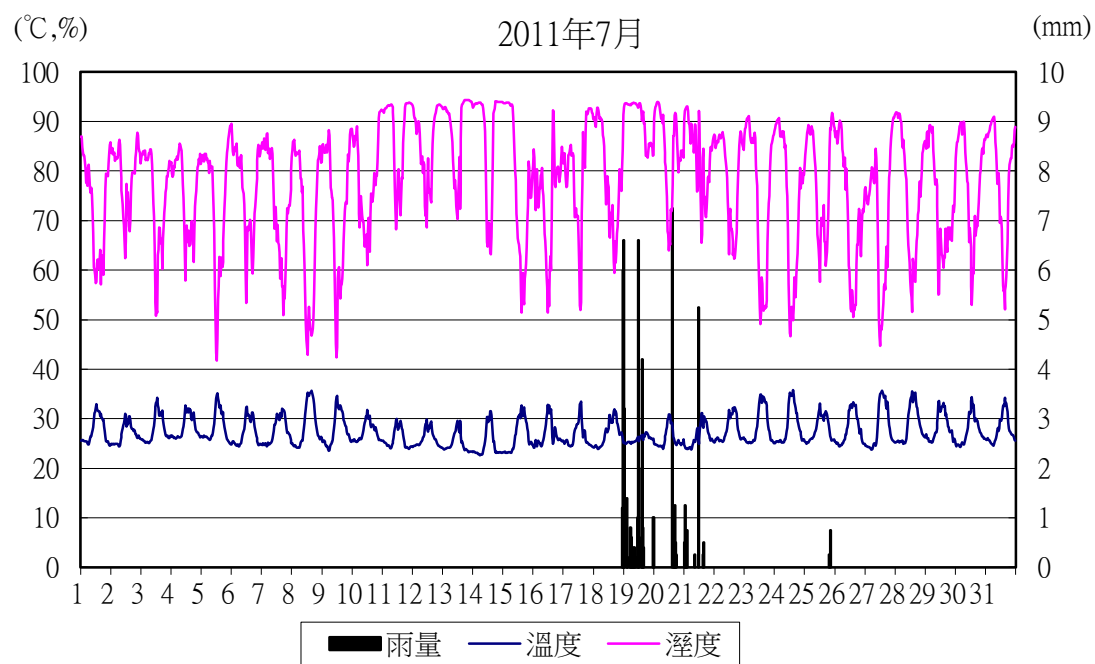


圖 4.7 2011 年 7 月氣候資料

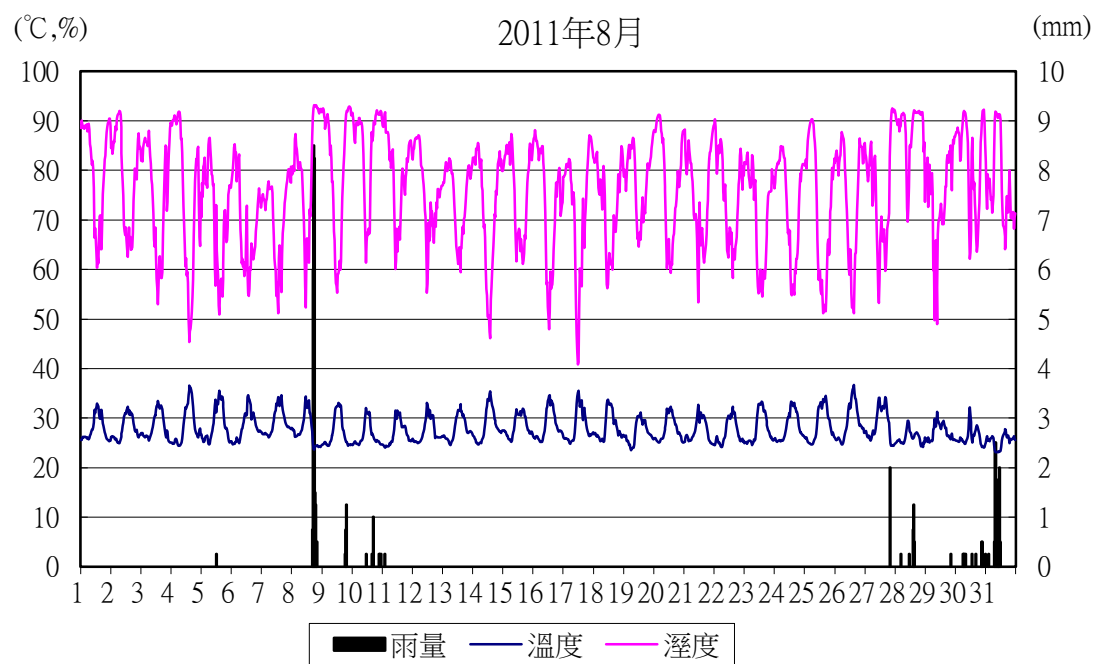


圖 4.8 2011 年 8 月氣候資料

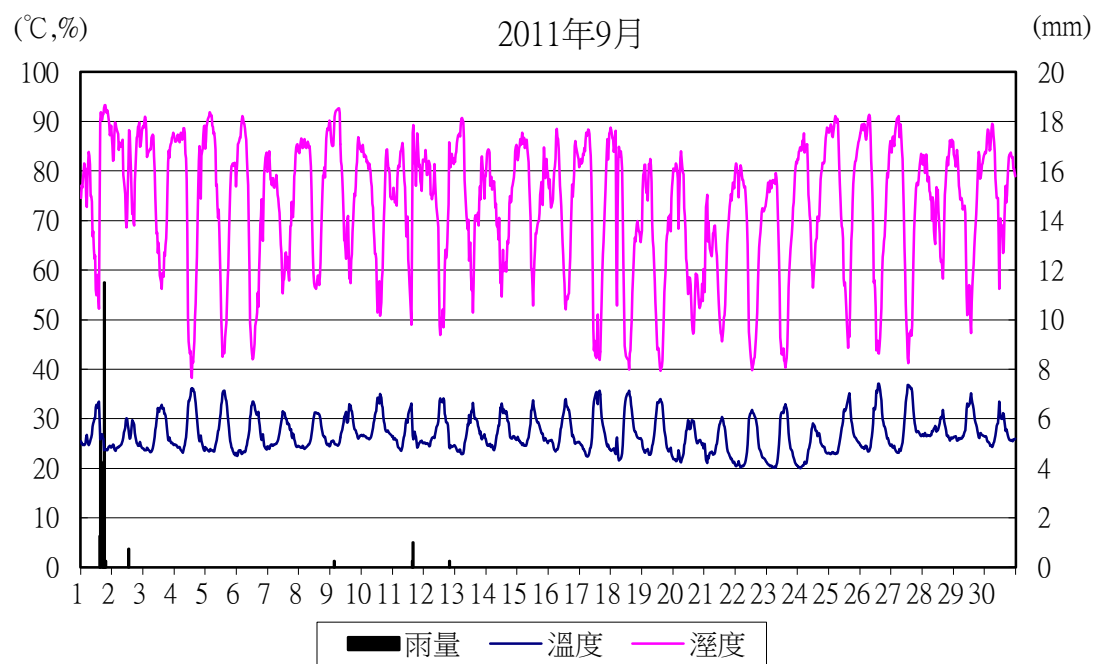


圖 4.9 2011 年 9 月氣候資料

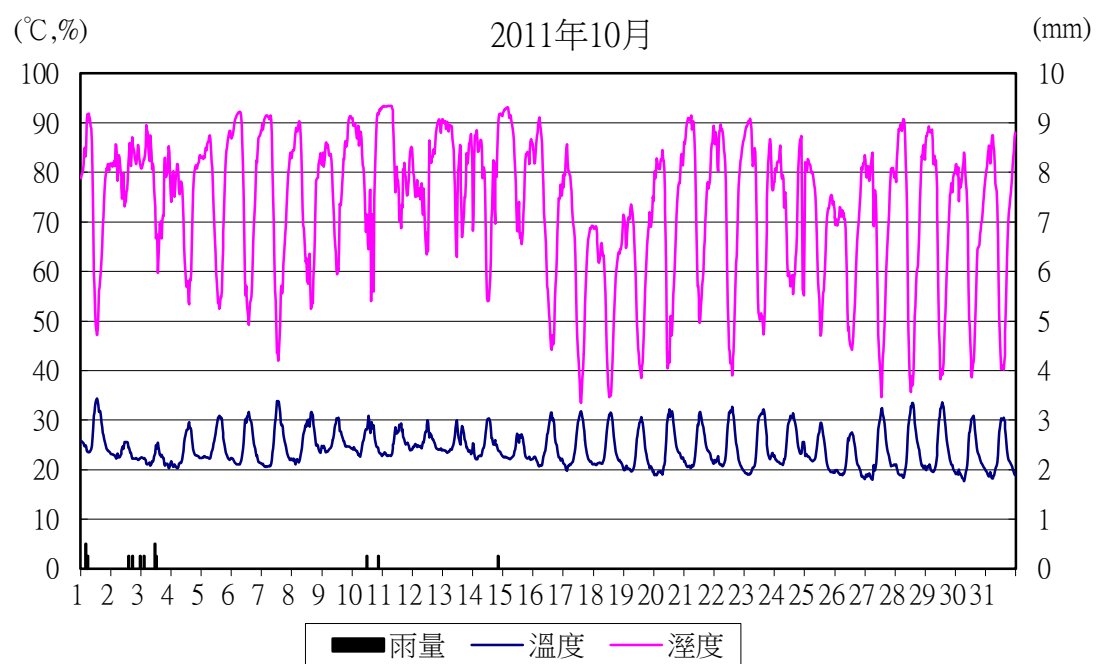


圖 4.10 2011 年 10 月氣候資料

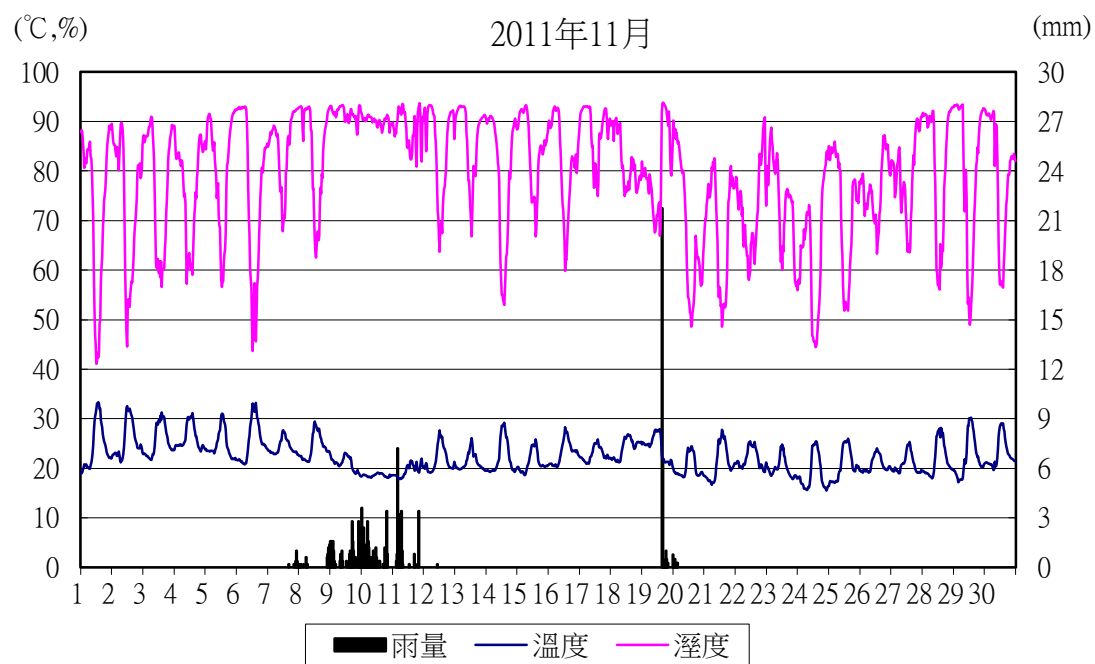


圖 4.11 2011 年 11 月氣候資料

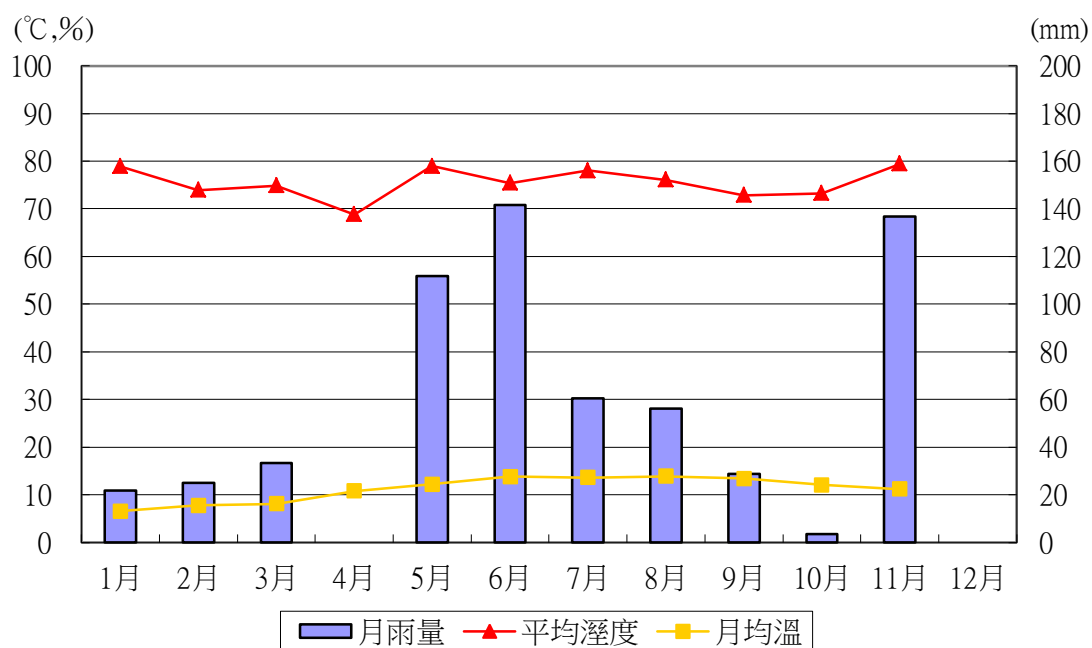


圖 4.12 2011 年月平均氣候資料

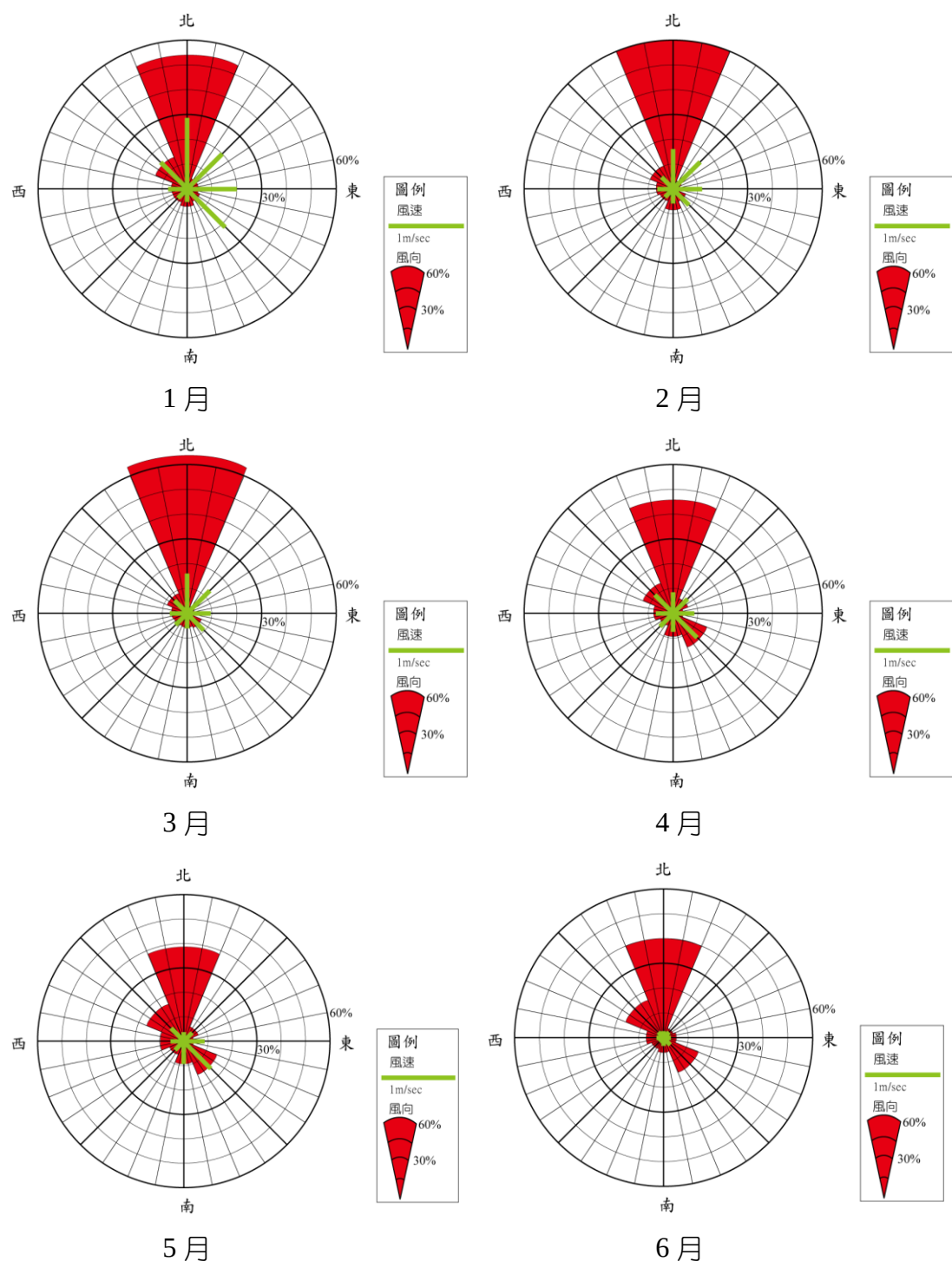


圖 4.13 2011 年 1 月至 6 月風速風向圖

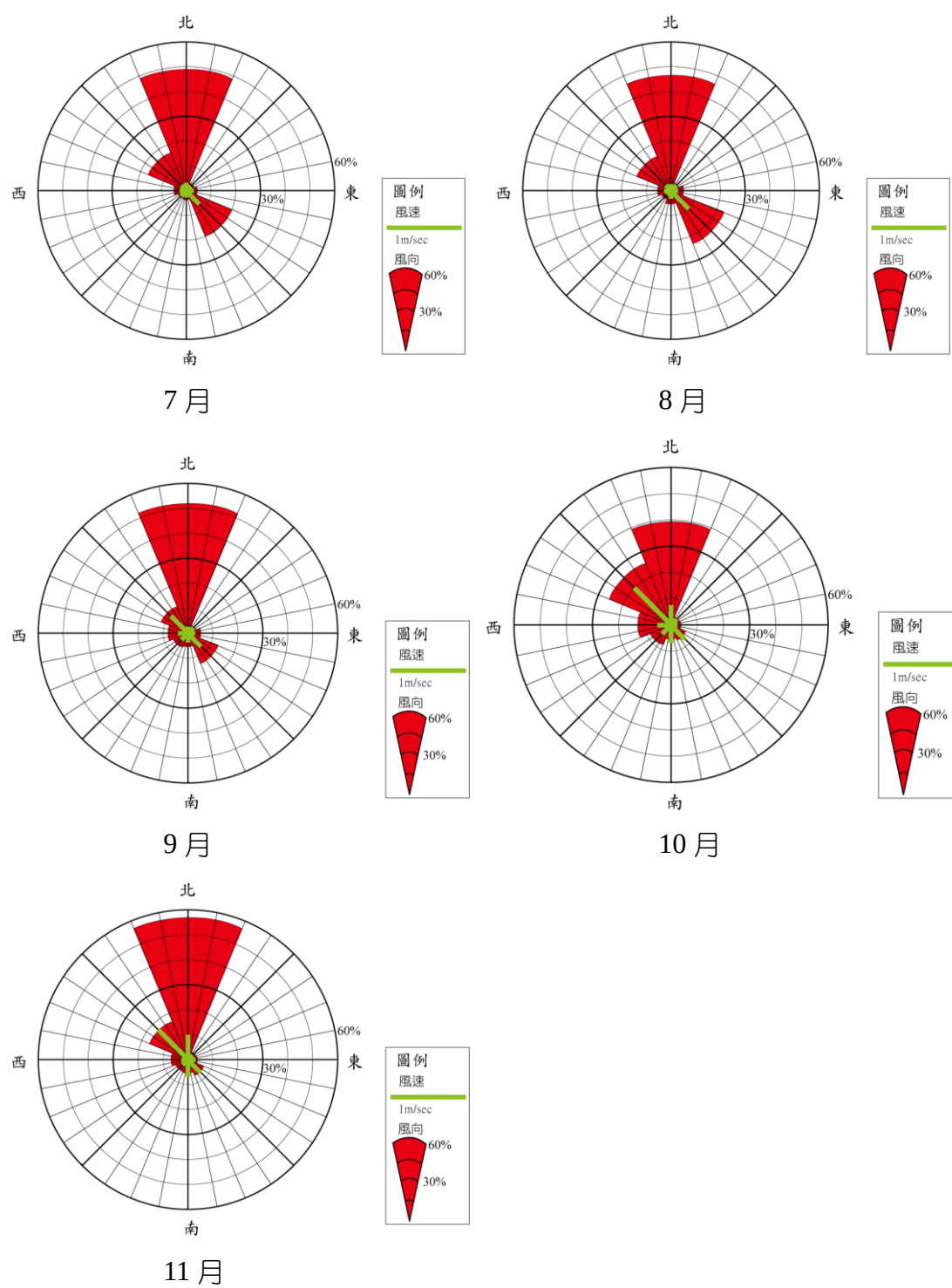


圖 4.14 2011 年 7 月至 11 月風速風向圖

二、2012 年氣候資料分析

2012 年氣象資料如圖 4.15 至 4.26。在 2012 年 1 月的氣象資料溫度大致在 10 度至 20 度間，溫度變化不大，在降雨部分本月的降雨不多，降雨天數為 7 天，大部分時雨量在 1 公釐左右。

2012 年 2 月溫度有較明顯的變化，從 6 日中午約 28 度，至 7 日晚上則降至 10 度，有 18 度的溫差，之後氣溫又逐漸上升，到 14 日氣溫上升至 28 度，至 18 日氣溫又下降至 10 度，之後氣溫又逐漸上升，到 24 日氣溫上升至 28 度，至 27 日氣溫又下降至 10 度。因此本月份有三次氣溫變化較大區間。在雨量部分降雨天數約 9 天，降雨量不大，最大日降雨 5 公釐。

3 月份的溫度在仍呈現較大變化，從 6 日至 10 日呈現 20 度的溫差，在 23 日至 24 日期間，氣溫從 30 度直接下降至 10 度的變化，呈現溫差 20 度劇烈的氣溫變化。本月降雨天數為 5 天，最大日雨量在 24 日為 6 公釐。

4 月的溫度變化大約在 20-30 度，溫度較穩定。在降雨方面本月比 1-3 月的降雨高出許多，降雨天數超過 10 天，4 月總降雨量為 193.5 公釐，最大時雨量發生在 4 月 26 日早上 6 時為 23.5 公釐，從現場來看沖積扇變化並不明顯。

5 月的溫度大約維持在 20-30 度之間，平均溫度相較於 4 月來得高。降雨天數超過 10 天，5 月總降雨量為 130 公釐，降雨的時間較分散。

6 月的平均溫度為 26.4 度，比 5 月高 1 度，溫度變化相當穩定。降雨方面主要降雨時間集中在 8 日至 22 日間，月降雨量為 328.25 公釐，時雨量最大為 6 月 12 日 18 : 00 的 21.25 公釐，日雨量為 91.5 公釐，此次降雨事件並沒有達到 12 小時 100 公釐的降雨，沖積扇的變化並不明顯。

7 月的溫度又較 6 月高 1 度，平均溫度為 27.7 度，溫度大致穩定。降雨主要在 7 月中以後，最大時雨量發生在 7 月 26 日 15 時為 24.5 公釐，月降雨量為 92.75 公釐，相較於 4-6 月雨量為少，且降雨時間較短，因此影響應不大。

8 月的平均氣溫較 7 月來的低，整體而言氣溫的變化不大。在降雨方面 8 月 2 日至 3 日由於受到蘇拉颱風的影響降雨量有明顯的增加，其中 8 月 2 日的日降雨量超過 500 公釐，並達到 12 小時超過 100 公釐的降雨量，這次颱風是過去幾年來最大的降雨事件，雖然有零星的小崩塌及泥流溢出，但整體而言對道路的安全並沒有很大的影響，在第四節中將針對蘇拉颱風的降雨作更詳細的分析。

2012 年 9 月的月均溫比 8 月來的低 1 度，溫度變化不大，但在 9 月 27 日後溫度有明顯下降的趨勢。9 月的降雨天較過去幾個月少很多，僅有三次降雨，除了 2 日有超過 20 公釐的時雨量外，但僅下不到 2 個小時，其他天數則降雨量都很少。

2012 年 10 月的氣溫又較 9 月來的低，氣溫變化不大，大致維持在 20 到 30 度間。降雨方面 10 月僅有一次降雨紀錄，時雨量低於 1 公釐，是本年度目前降雨量最少的月份。

在 2012 年 11 月的氣象資料溫度大約在 20 度至 30 度間，但到 11 中旬溫度有逐漸往下的現象；在降雨部分本月的降雨不多，大部分時雨量不到 1 公釐。

2012 年 12 月溫度有較明顯的變化，平均溫度相較於 11 月來得低，在 12 月中旬後，有三次溫度較大的變化，在 2-3 天內溫度從約 27 度下降至 10 度左右，甚至有低於 10 度的氣溫。在本月降雨在 5 日、8 日及 30 日有比較集中的降雨事件，但時雨量不大，約 2 公釐，在 30 日則有超過 5 公釐的時雨量，整體而言降雨量仍不多。

在風速風向方面（圖 4.27 及圖 4.28），1 月及 2 月以西北風為主，3 月的風向以西向比率較高，其次為西北風，4 月的風向則以東風及西風為主，部分為西南風，到了 5 月主要以西北風及西風為主，6 月則轉為東風，7 月則以東風及西南風為主；8 月的風向則轉為以南風為主的風向，9 月及 10 月的風向則變為西北及東南的風向為主。從火炎山的風向來看，本年度除了 1 月及 2 月有較明顯的西北風外，3 月到 7 月的風向變化相當大，除了較少南北向的風向外，每個月的風向都有變化。

1 至 3 月最大的平均風速為西北向的 2.9 m/s，4 月的風速較小，主要風向轉為東、西向，最大風速為西北向約 2 m/s。5 為的最大風速為西北向的 2.1 m/s，而東北及東向也有 2.0 m/s，呈現較多的變化。6 月的風速為 2.2 m/s，位在東向及西北向；7 月最大的平均風速為東向的 2.1 m/s，而 8 月及 9 月最大風速為 2.2 m/s，而 10 月的風速較高為 2.5 m/s。整體而言，在 1-3 月受到季風的影響，有較大的風速，4 至 7 月的風速則明顯變小，而 8 到 10 月風速則有逐漸轉強的趨勢。11 月至 12 月，主要的風向以西北向為主，11 月則有較多偏南的風向。

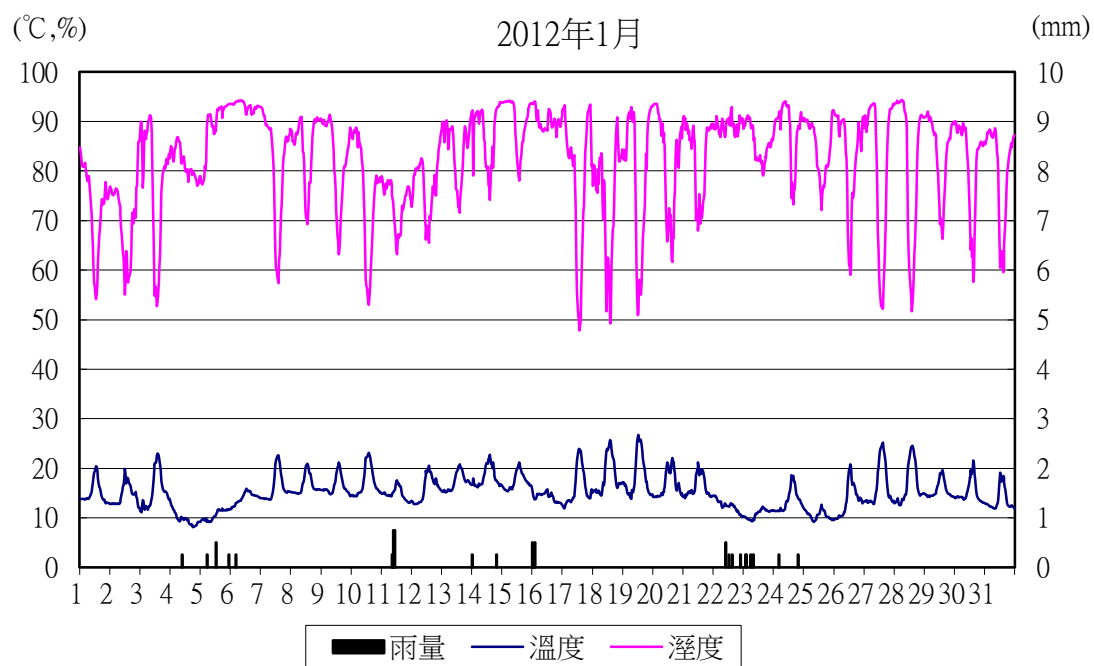


圖 4.15 2012 年 1 月火炎山氣象資料圖

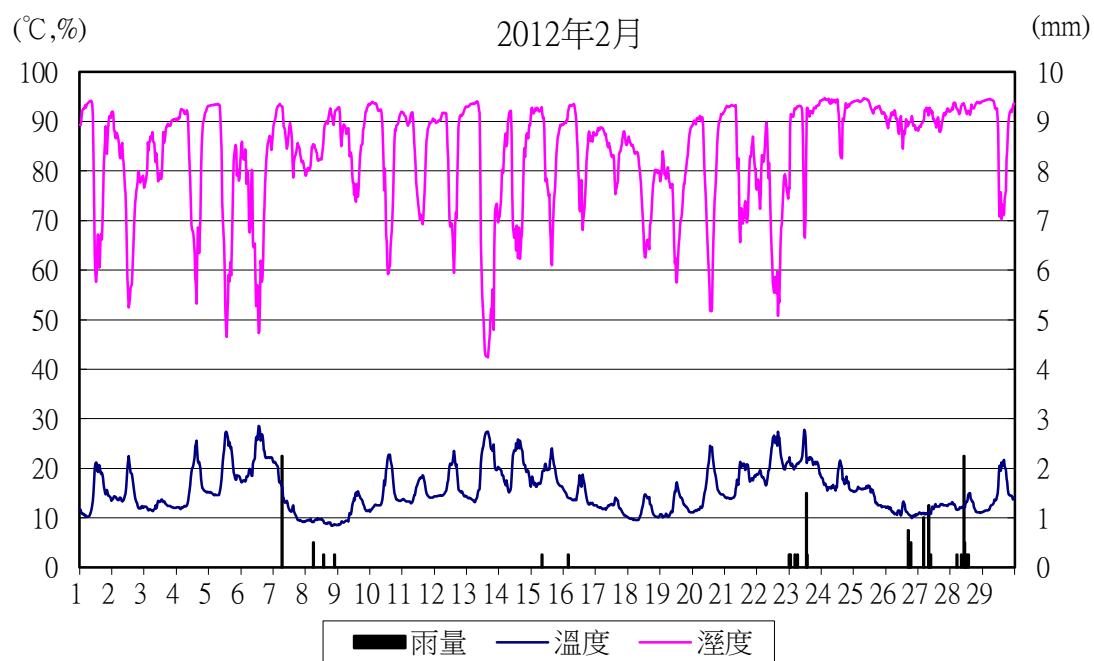


圖 4.16 2012 年 2 月火炎山氣象資料圖

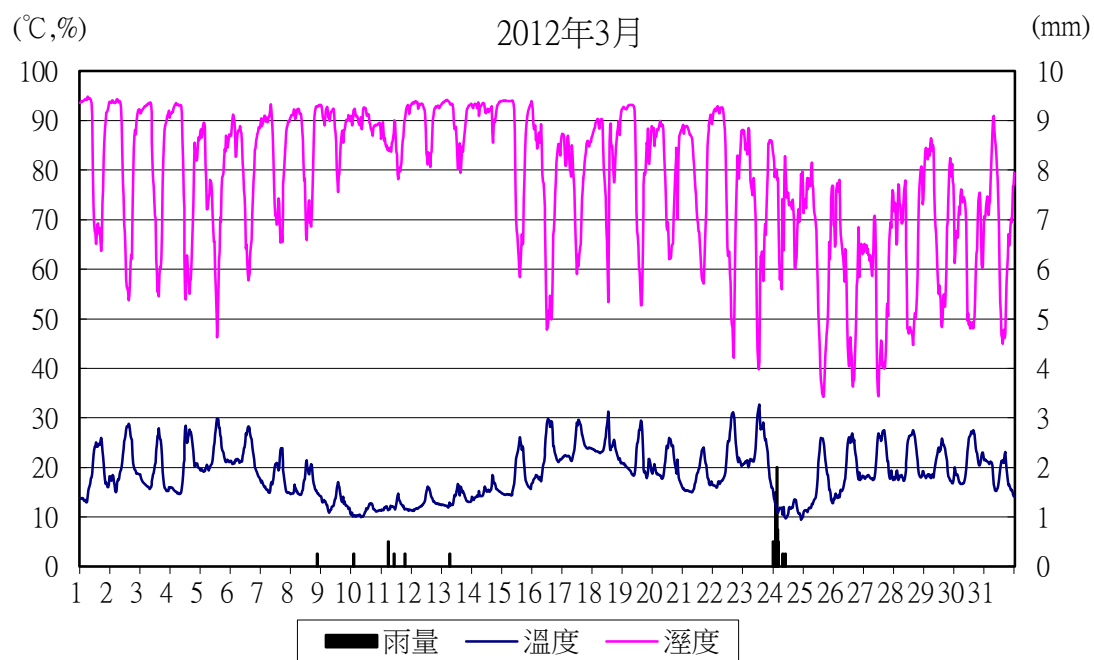


圖 4.17 2012 年 3 月火炎山氣象資料圖

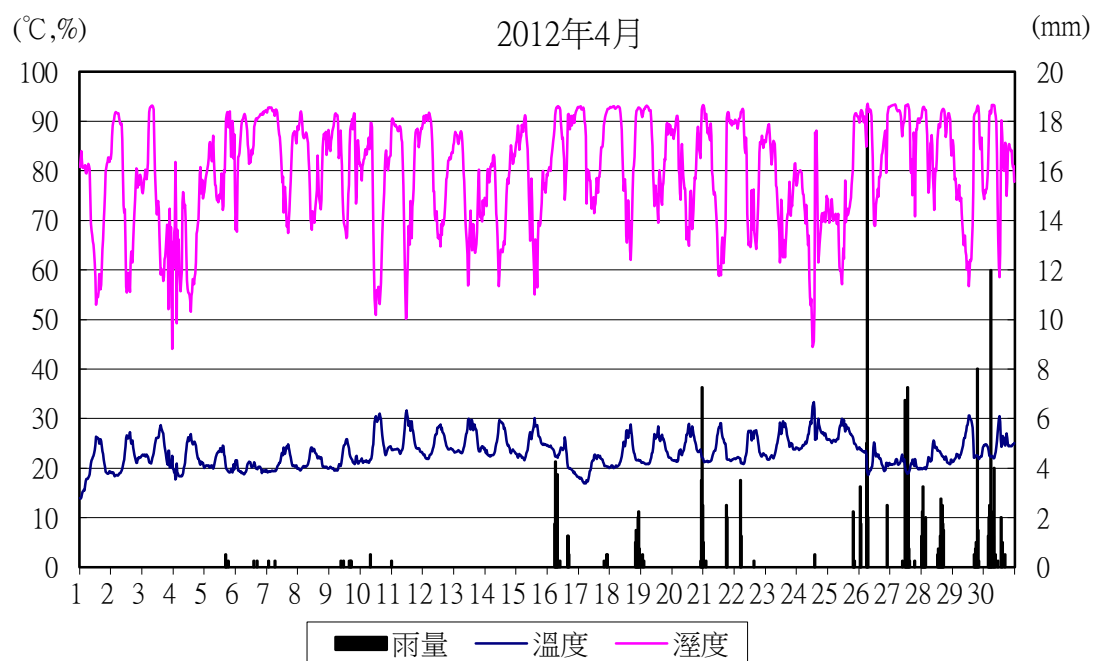


圖 4.18 2012 年 4 月火炎山氣象資料圖

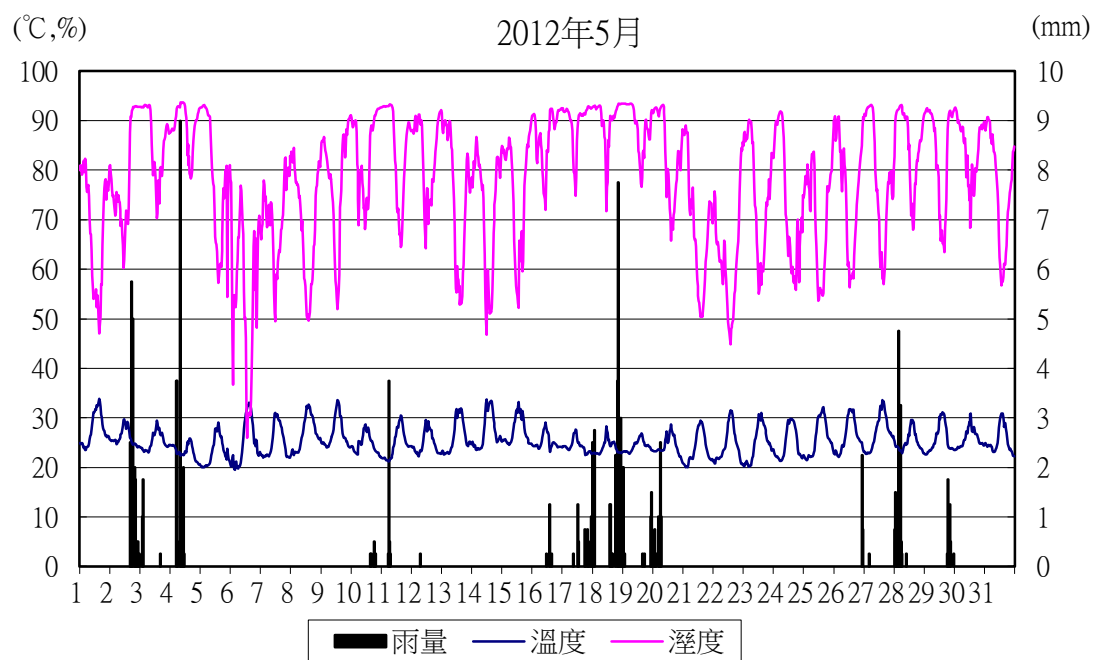


圖 4.19 2012 年 5 月火炎山氣象資料圖

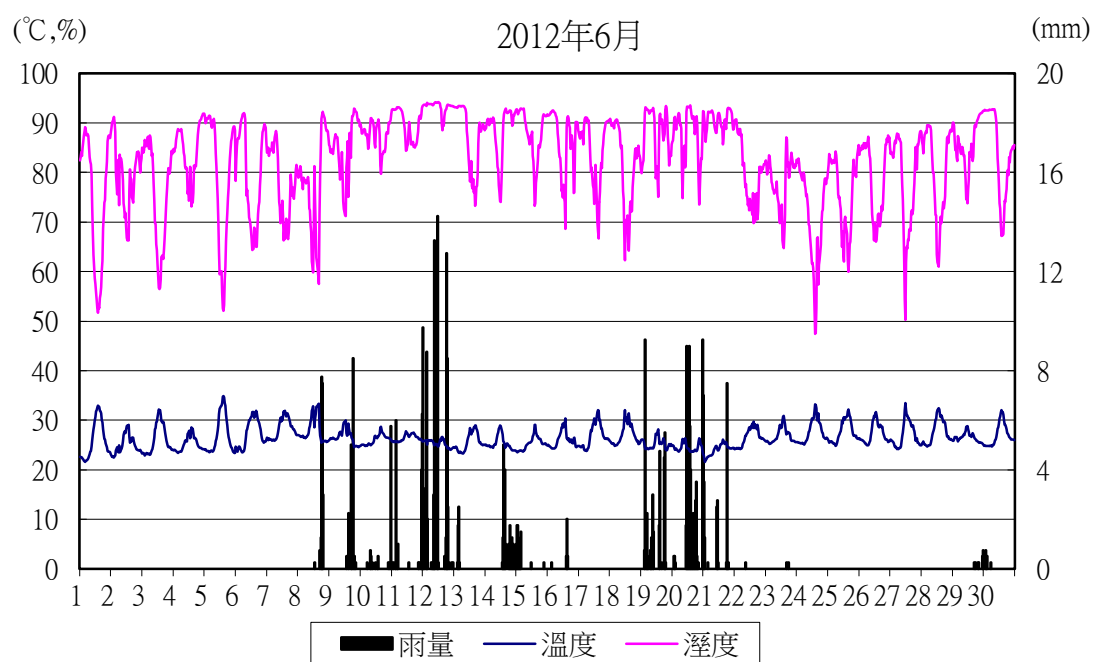


圖 4.20 2012 年 6 月火炎山氣象資料圖

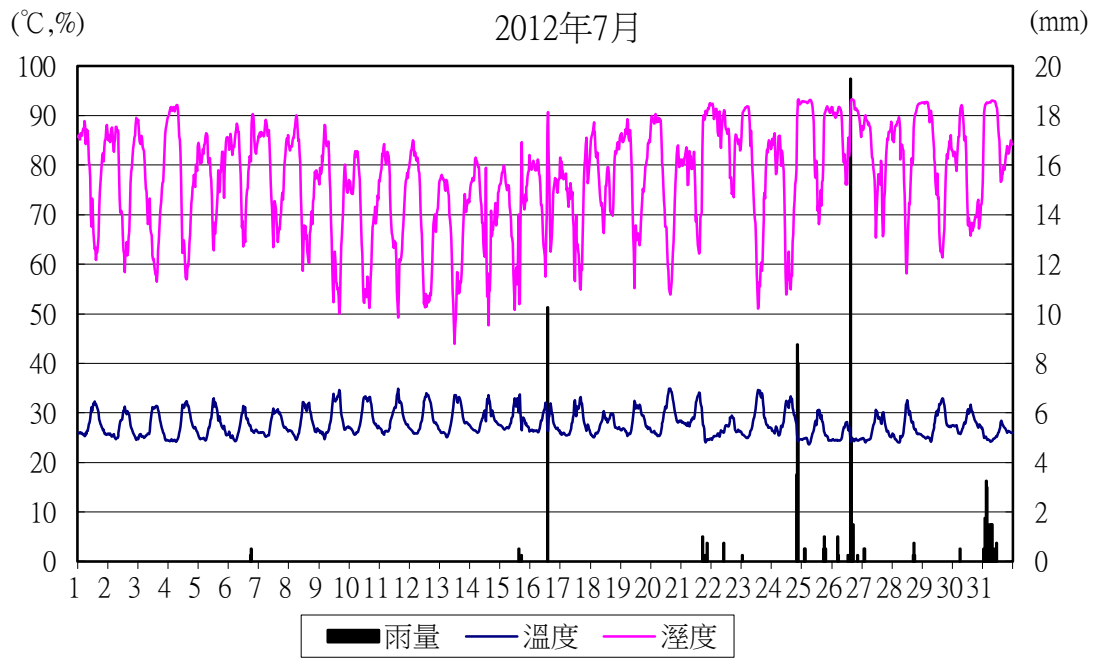


圖 4.21 2012 年 7 月火炎山氣象資料圖

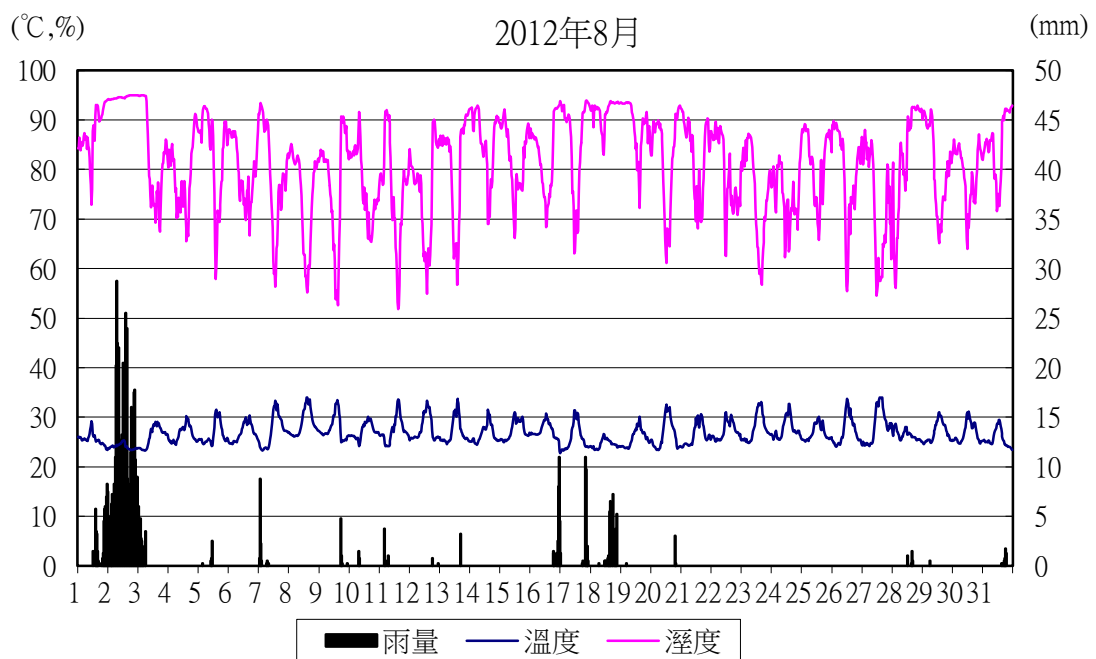


圖 4.22 2012 年 8 月火炎山氣象資料圖

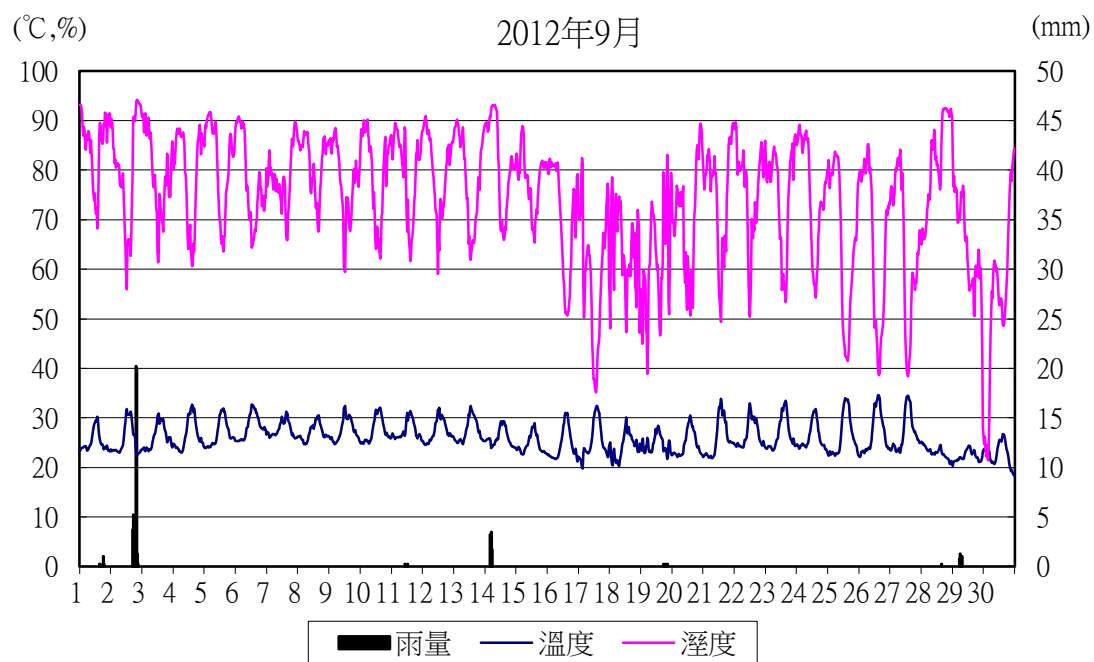


圖 4.23 2012 年 9 月火炎山氣象資料圖

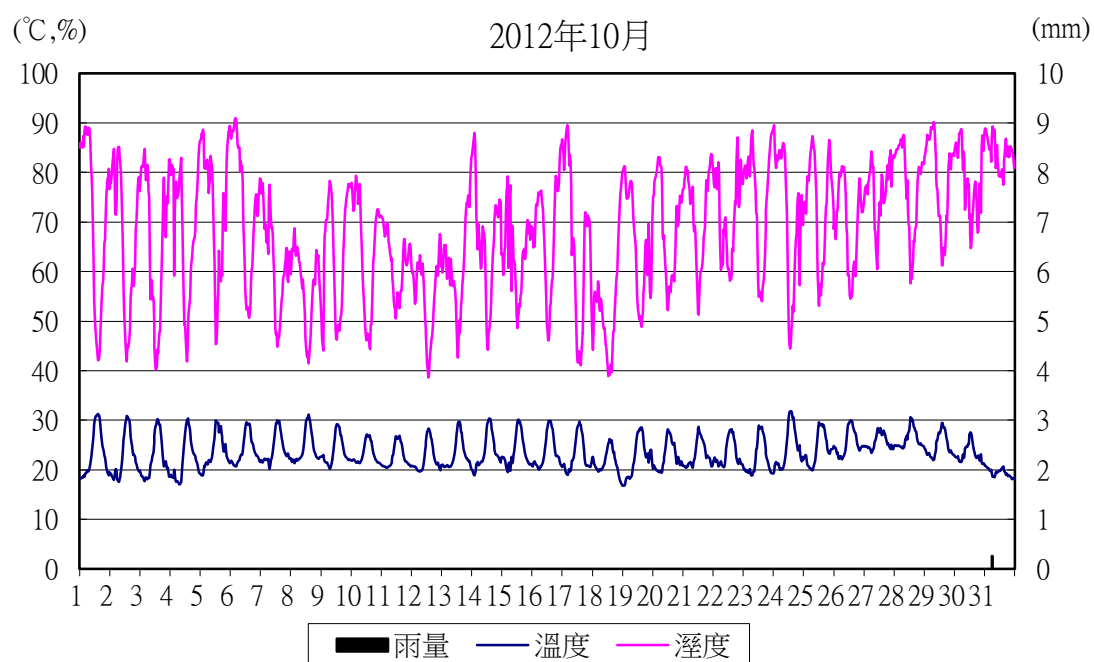


圖 4.24 2012 年 10 月火炎山氣象資料圖

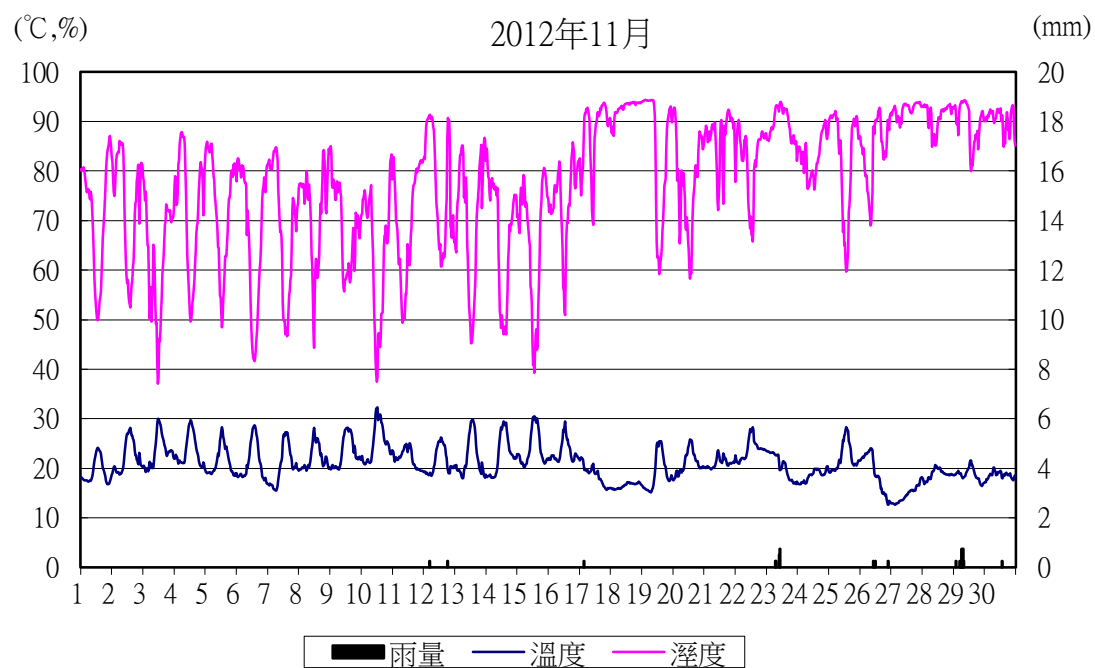


圖 4.25 2012 年 11 月火炎山氣象資料圖

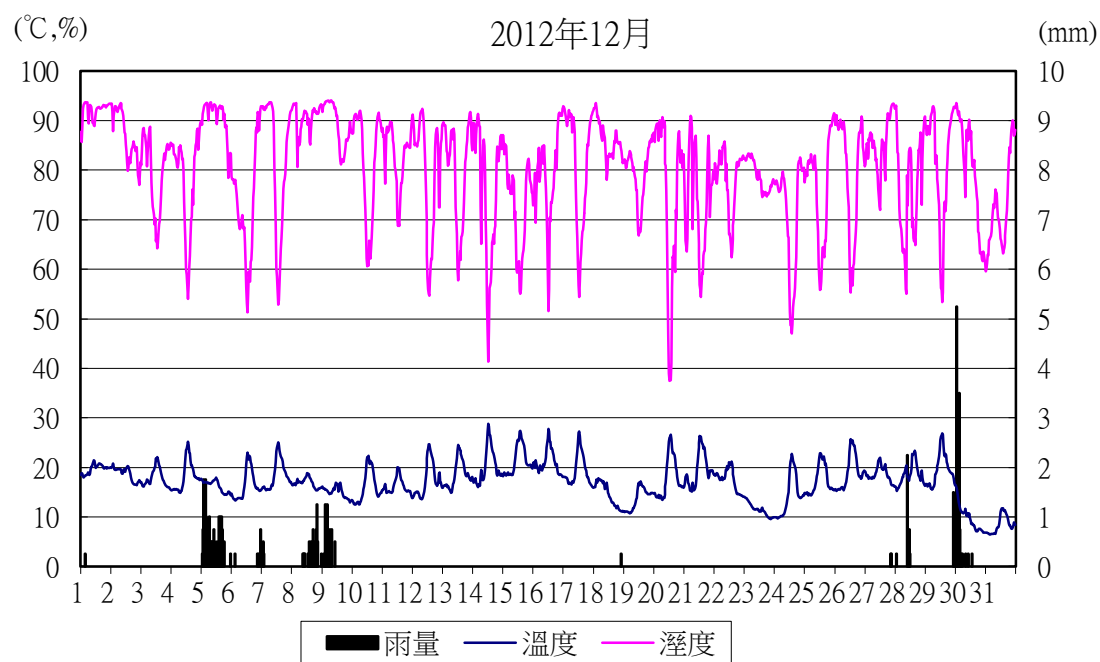


圖 4.26 2012 年 12 月火炎山氣象資料圖

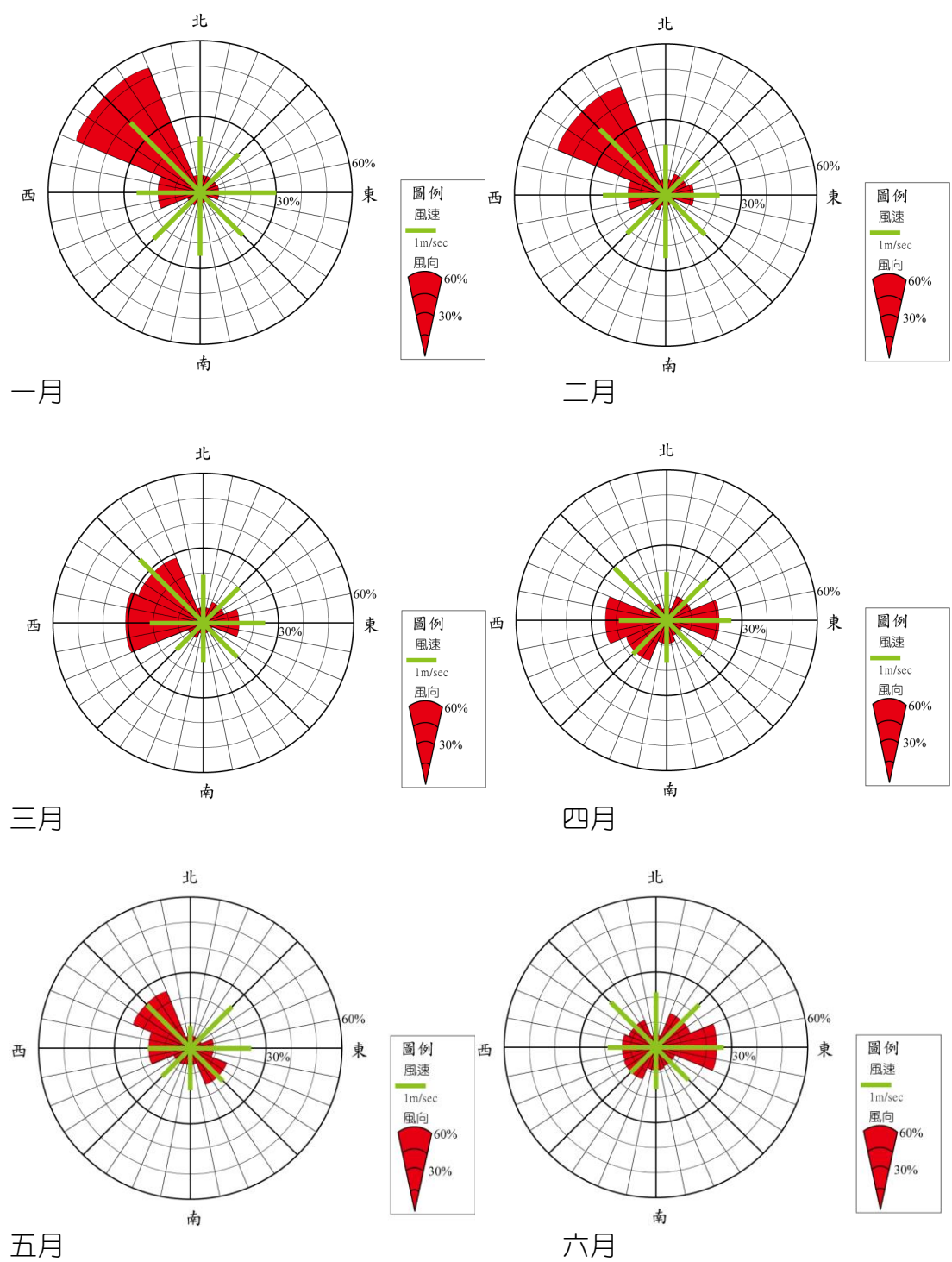


圖 4.27 2012 年 1 月至 6 月火炎山風速風向圖

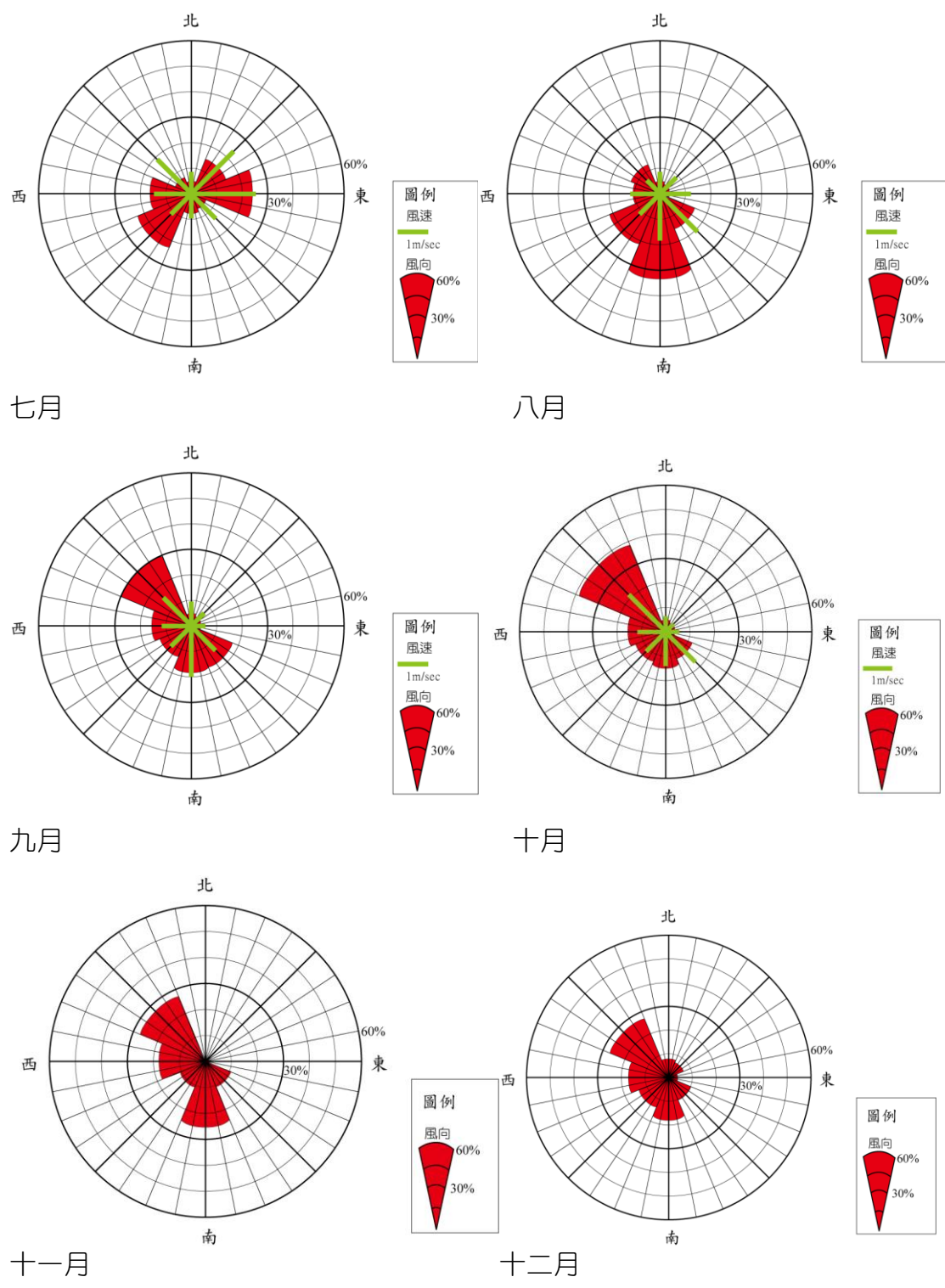


圖 4.28 2012 年 7 月至 12 月火炎山風速風向圖

三、2013 年氣候資料分析

在 2013 年 1 月中氣象儀器發生資料中斷的現象，但已於 1 月底完成修復，而在 4 月底至 7 月底間溫濕度計發生故障，經檢測後發現感測計已老舊，因此早成記錄資料為錯誤的情況，7 月底後以更新儀器。後續儀器正常運作，氣象資料統計如圖 4.29 至圖 4.39 所示。

2013 年 1 月的溫度主要在 10-20 度之間，溫度變化不大，儀器在 1 月中旬因電源設備損毀，造成資料中斷，已於 30 日完成修復。

2013 年 2 月的溫度相較於 1 月來得高，在 2 月 6 日-9 日及 18-20 日，溫度有較明顯變化，從約 28 降至約 12 度左右。在降雨方面僅在 3 日有降雨，月降雨量僅 1 公釐。

2013 年 3 月的溫度在 3 日下降至 10 度，之後溫度則呈現逐漸上升的趨勢，溫度大致維持 20-30 度間。在降雨方面本月在 18、27、29 及 31 日有較明顯的降雨事件，但時雨量均低於 5 公釐，整體而言降雨量不多。

2013 年 4 月的溫度在 15 日前約在 20 度左右，在 15 日之後溫度則呈現逐漸上升的趨勢，溫度大致維持 20-30 度間，但在 21 日溫度右下在至 20 度左右。在降雨方面本月的降雨量不多，除了 4 月 1 日有時雨量 15 公釐的降雨事件，其餘降雨皆低於 1 公釐。

2013 年 5 月有幾場明顯的降雨，在 17 日至 20 日則有連續降雨的情形，但雨量並不多，最大時雨量為 11 公釐。而 4 月底至 7 月這段期間因溫濕度計故障，資料呈現錯誤的資訊，已於 7 月底完成修復。

6 月降雨有明顯增加的情形，主要集中在 8 日至 22 日間，在 13 日最大時雨量為 21.2 公釐，是今年 1 月 6 月間最大的時雨量。

7 月的降雨比較分散，都是下 2-3 小時雨就停了，雨量較 6 月來得少，月雨量為 75.4 公釐。

8 月在氣溫方面大致在 25 度至 32 度間，氣溫變化不大，在降雨期間溫度大致在 25 度。8 月份為本年度降雨最多的月份，月雨量超過 1000 公釐，主要受到潭美（20-22 日）及康芮（27-29 日）兩個颱風的影響，除此之外，1 日至 3 日也有連續性的豪雨發生，因此，本月份的降雨期間主要集中在這三段。時雨量有 2 場超過 40 公釐，分別是 21 日 12 時的 45.8 公釐及 29 日 11 時的 46.8 公釐，而

21 日及 29 日這兩天也達到 12 個小時超過 100 公釐的降雨，警報系統也成功發出簡訊。

9 月的氣溫有稍微下降，約在 25 至 30 度間，氣溫還算穩定。在降雨方面本月降雨量非常少，有 5 場降雨日數，月雨量為 13.8 公釐。

10 月的氣溫約在 25 至 30 度間，在 10 月 21 至 28 間氣溫逐漸下降至 20 度以下，之後氣溫又逐漸回升，但日夜溫差有明顯變大。雨量方面僅在 4 日至 6 有有一場降雨事件，其餘時間均無降雨，月雨量為 30.6 公釐。

2013 年 1 月至 4 月的風向除了西北向外（圖 4.40），有轉為東南、西南及南向較多的現象。而 5 月至 8 月的風向，則以東西向為主（圖 4.41）。9 月的風向則以西風為主，10 月則轉為西北風。

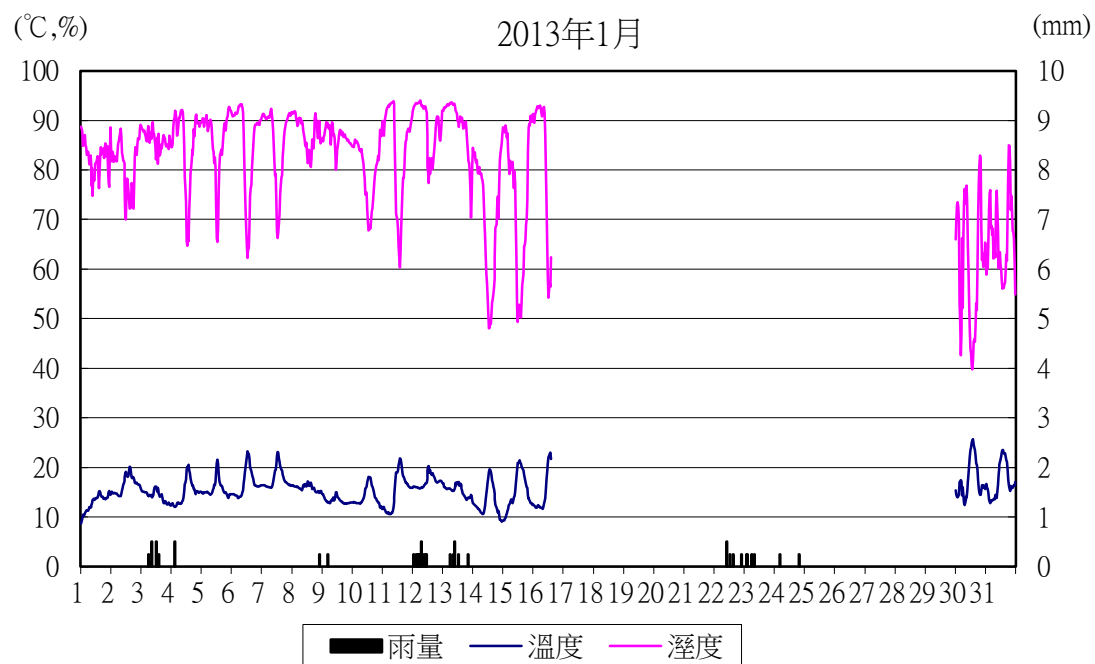


圖 4.29 2013 年 1 月火炎山氣象資料圖

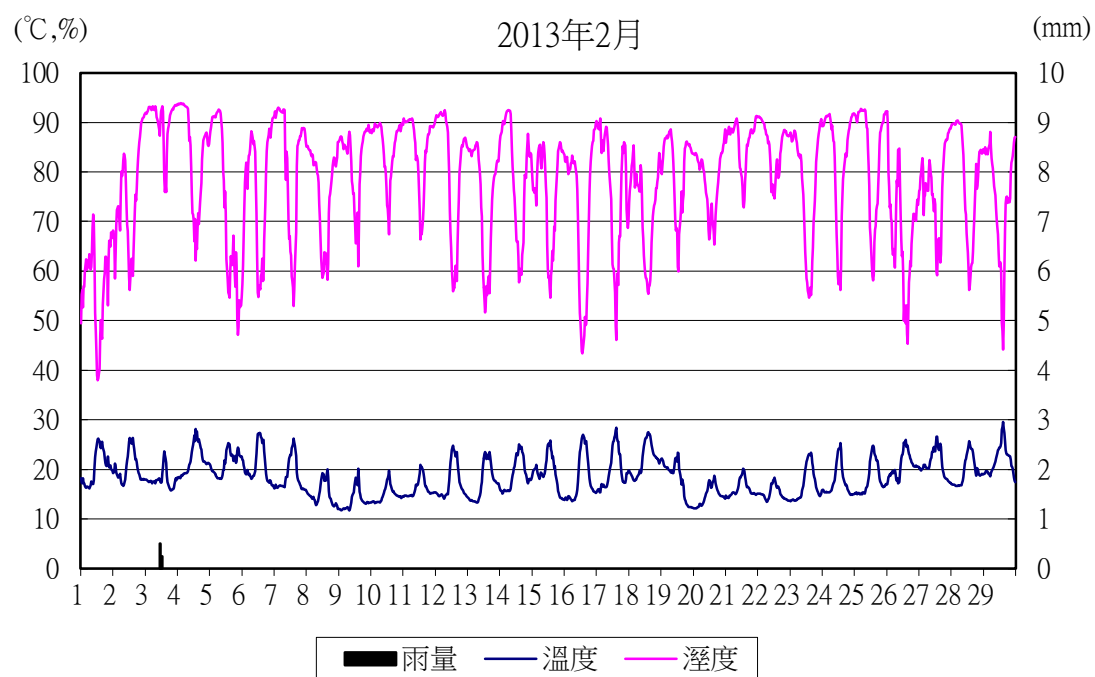


圖 4.30 2013 年 2 月火炎山氣象資料圖

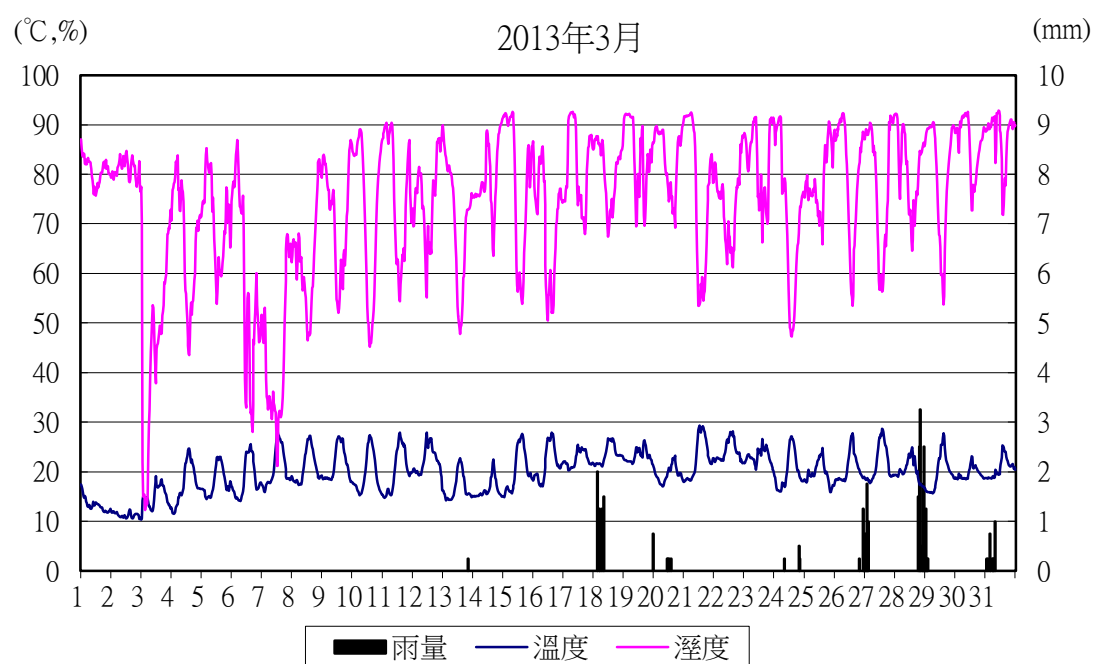


圖 4.31 2013 年 3 月火炎山氣象資料圖

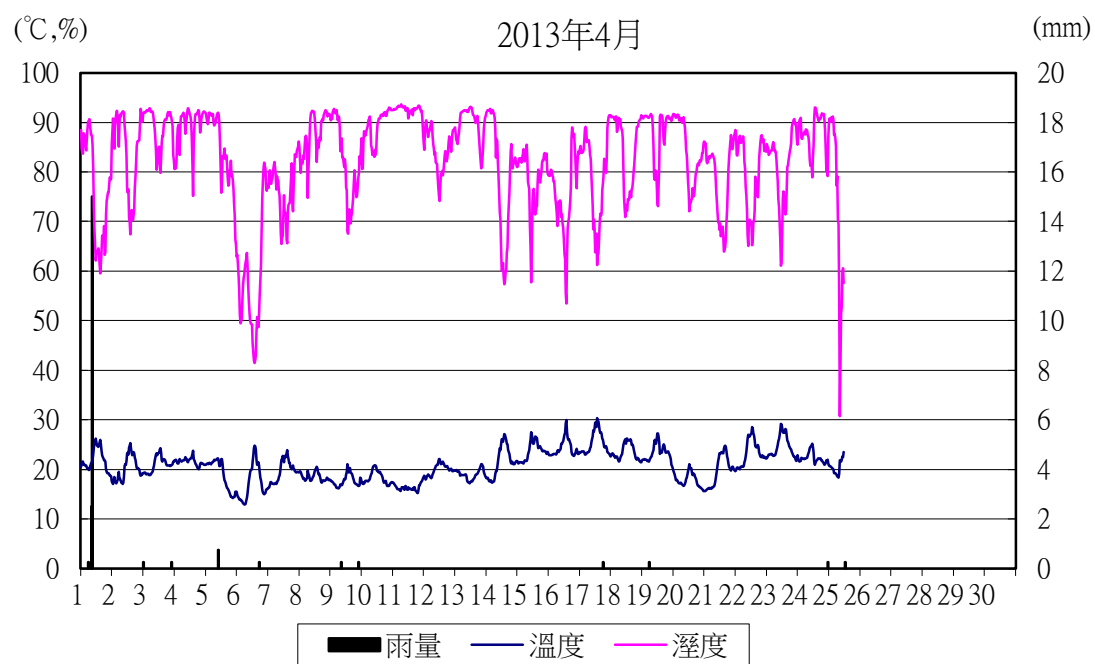


圖 4.32 2013 年 4 月火炎山氣象資料圖

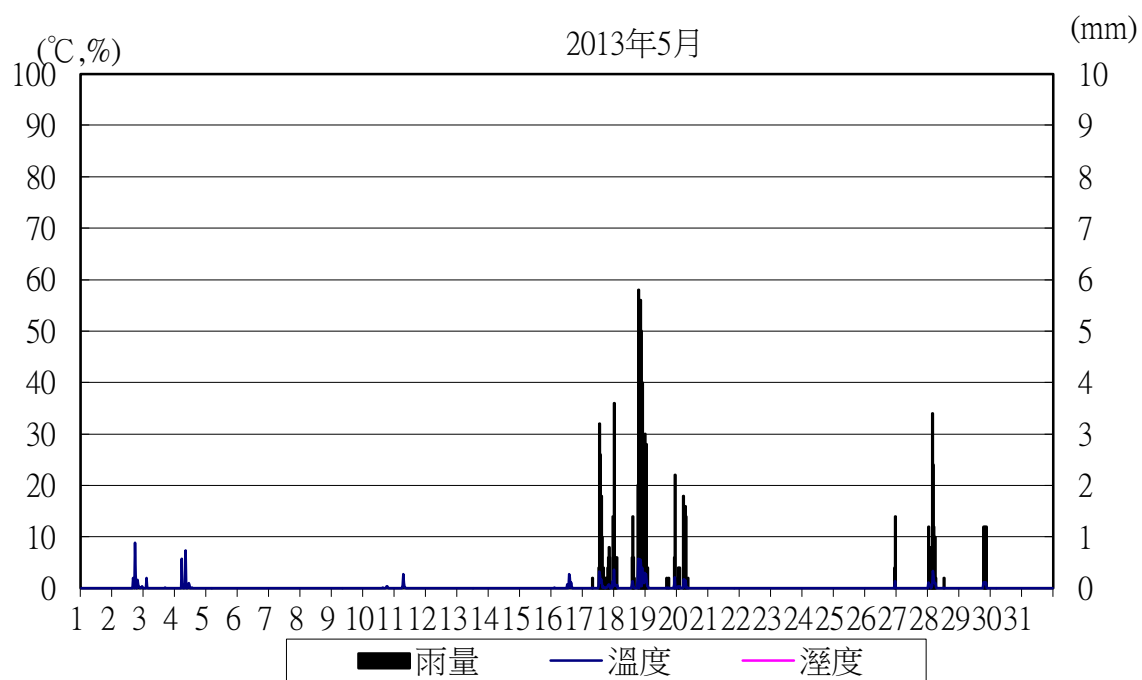


圖 4.33 2013 年 5 月火炎山氣象資料圖

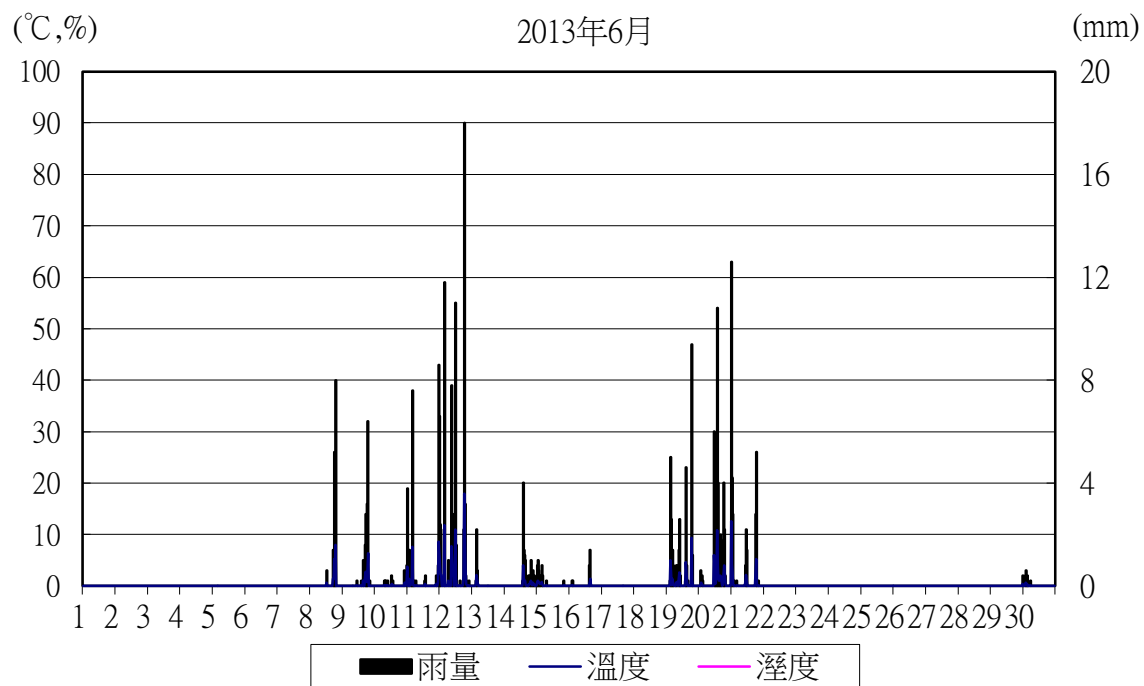


圖 4.34 2013 年 6 月火炎山氣象資料圖

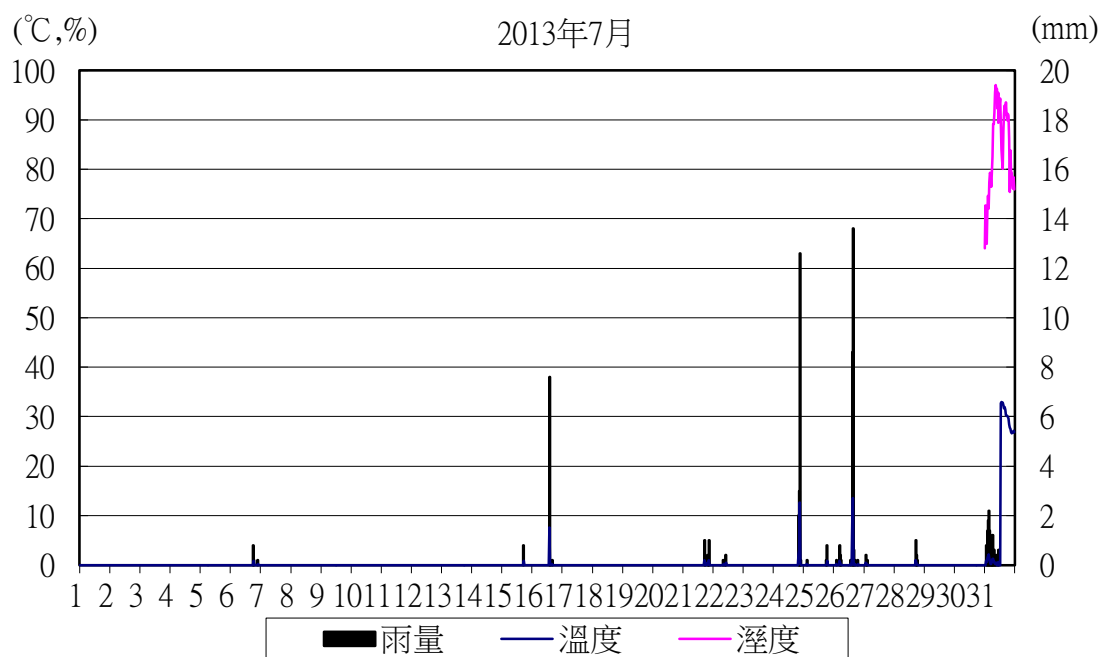


圖 4.35 2013 年 7 月火炎山氣象資料圖

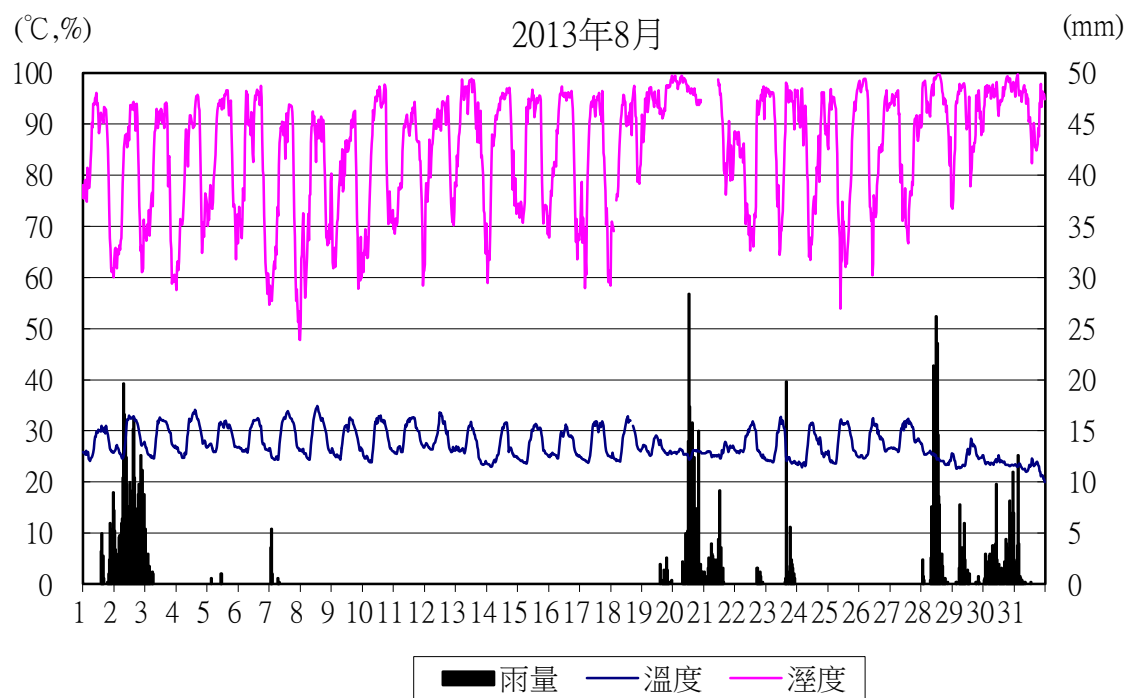


圖 4.36 2013 年 8 月火炎山氣象資料圖

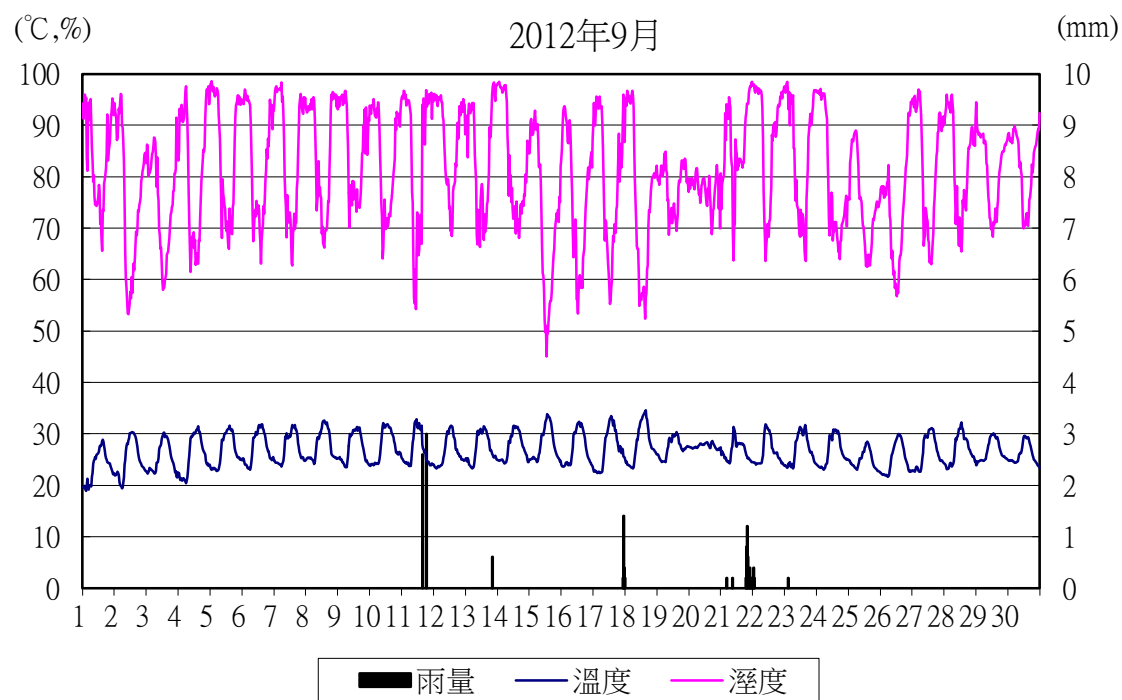


圖 4.37 2013 年 9 月火炎山氣象資料圖

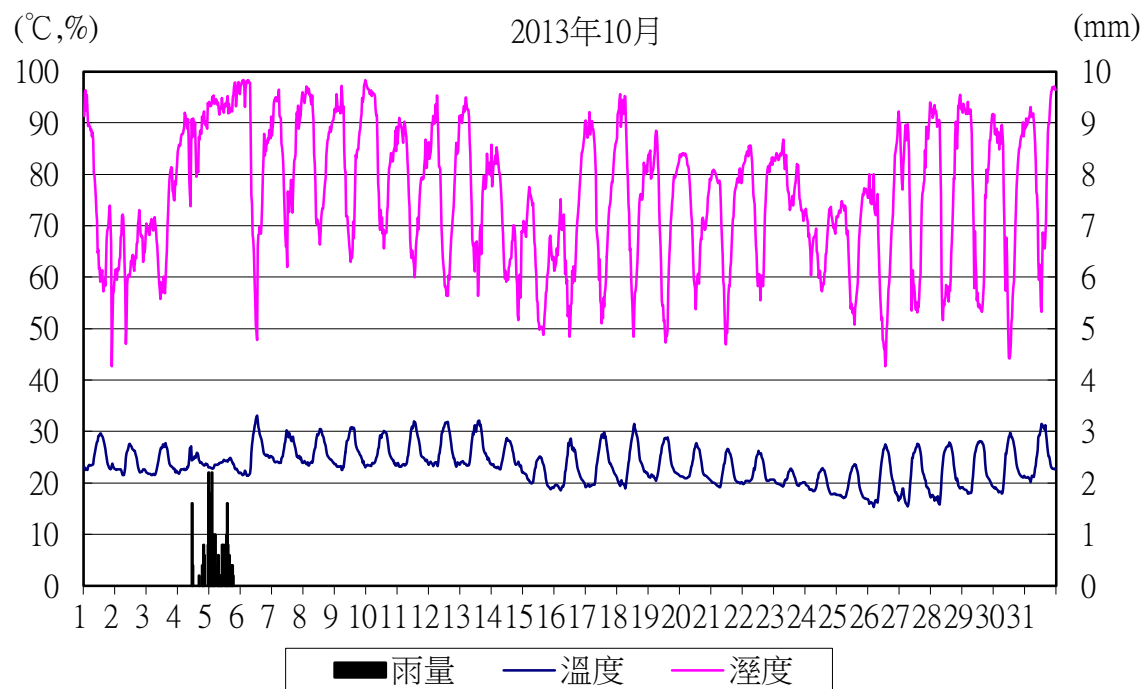


圖 4.38 2013 年 10 月火炎山氣象資料圖

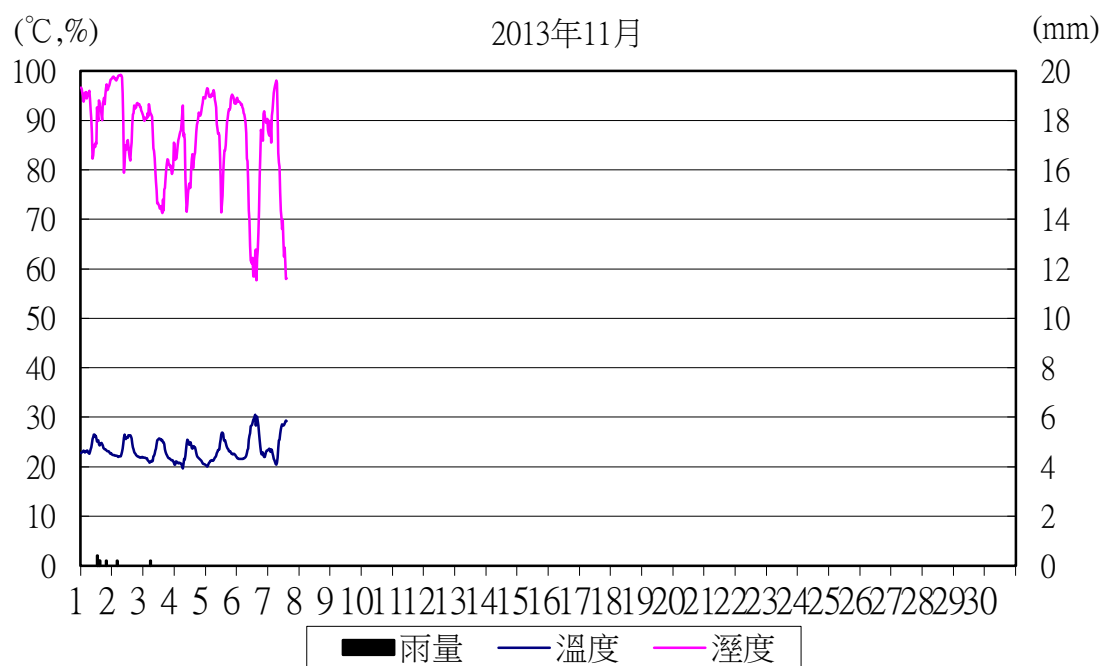


圖 4.39 2013 年 11 月火炎山氣象資料圖

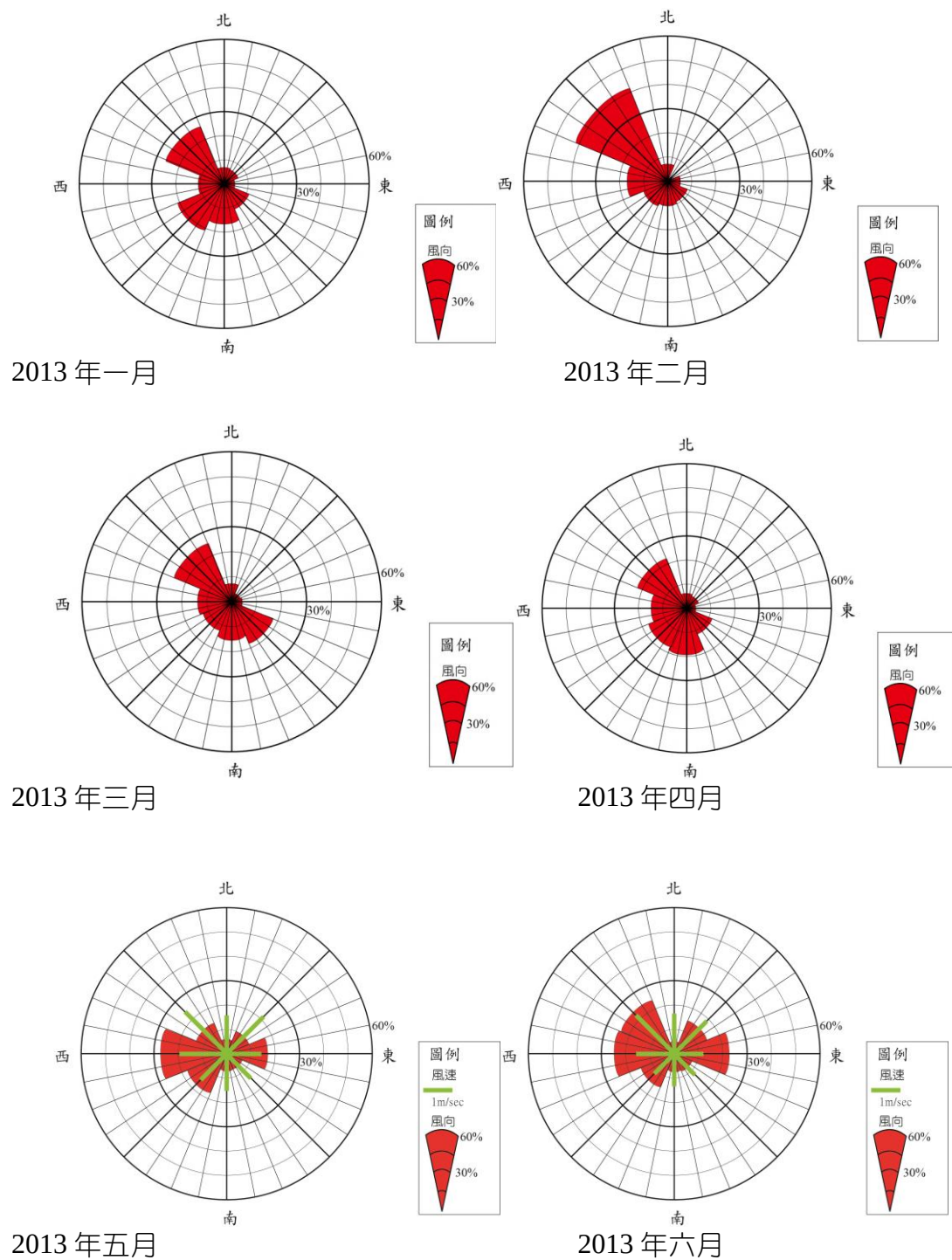


圖 4.40 火炎山 2013 年 1 月至 6 月風速風向圖

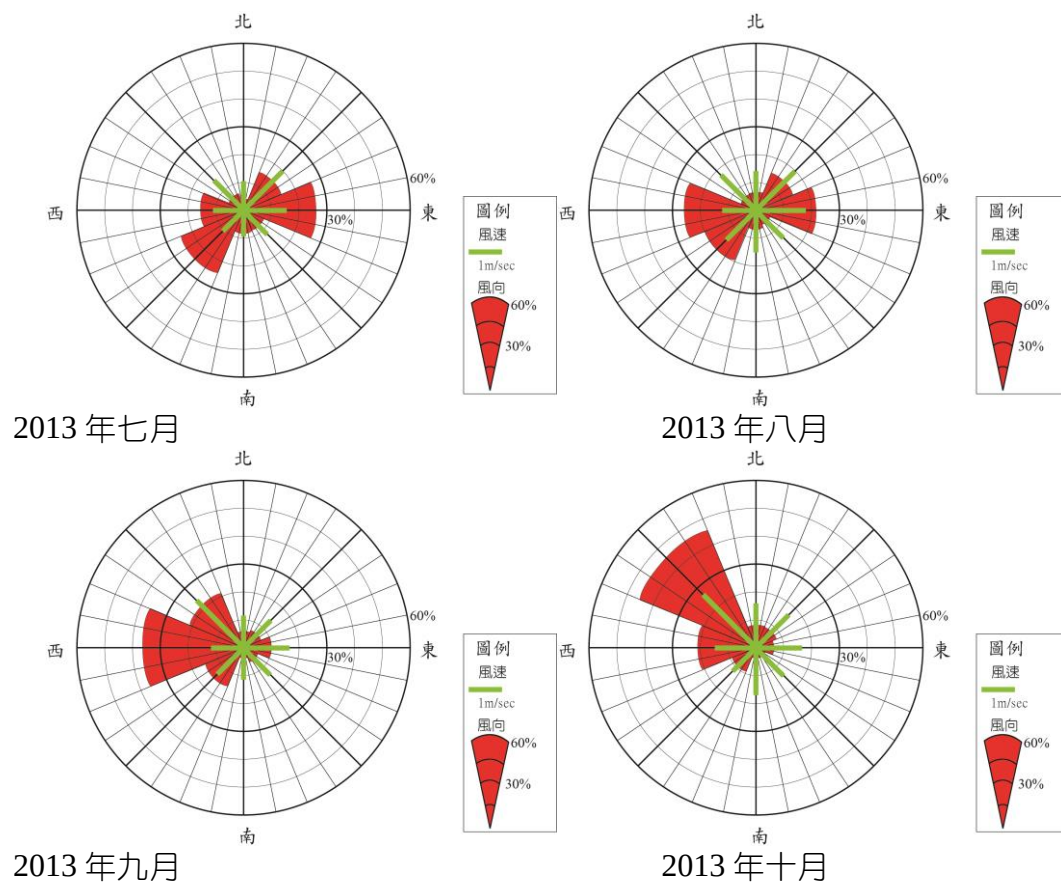


圖 4.41 火炎山 2013 年 7 月至 10 月風速風向圖

四、2011 年至 2013 年氣候資料總整理

從 2011 年至 2013 年與雨量資料來看(圖 4.42)，大部分的雨量集中在夏季，主要還是與颱風有密切的關係。2011 年並沒有颱風通過本地區，相較與 2012 年及 2013 年的降雨來得少，降雨集中在 5-7 月份，其中以 7 月的降雨量 342.4 公釐最高。2012 年降雨量除了 8 月受到蘇拉颱風的影響，月雨量達 754 公釐，其他月份的降雨比 2011 年略增加。2013 年在 8 月以前，降雨並沒有增加，變化也不大，但在 8 月受到兩次颱風的影響，在此月份有超過 700 公釐的降雨。

因此火炎山的地形變遷，除了 5-6 月間因梅雨季節帶來的降雨產生影響外，最主要還是因夏季颱風其間，帶來的豐沛雨量，對地形產生重大的改變。但除了降雨量之外，沖積扇土石的堆積及侵蝕位置的變化，也是影響火炎山未來地形變遷的原因。

火炎山的地形變化仍受到颱風降雨有比較明顯的改變，但就年雨量而言，這三年的年雨量相較於過去幾年少(表 4.1)，如 2012 年比 2008 年少了 700 公釐的降雨。

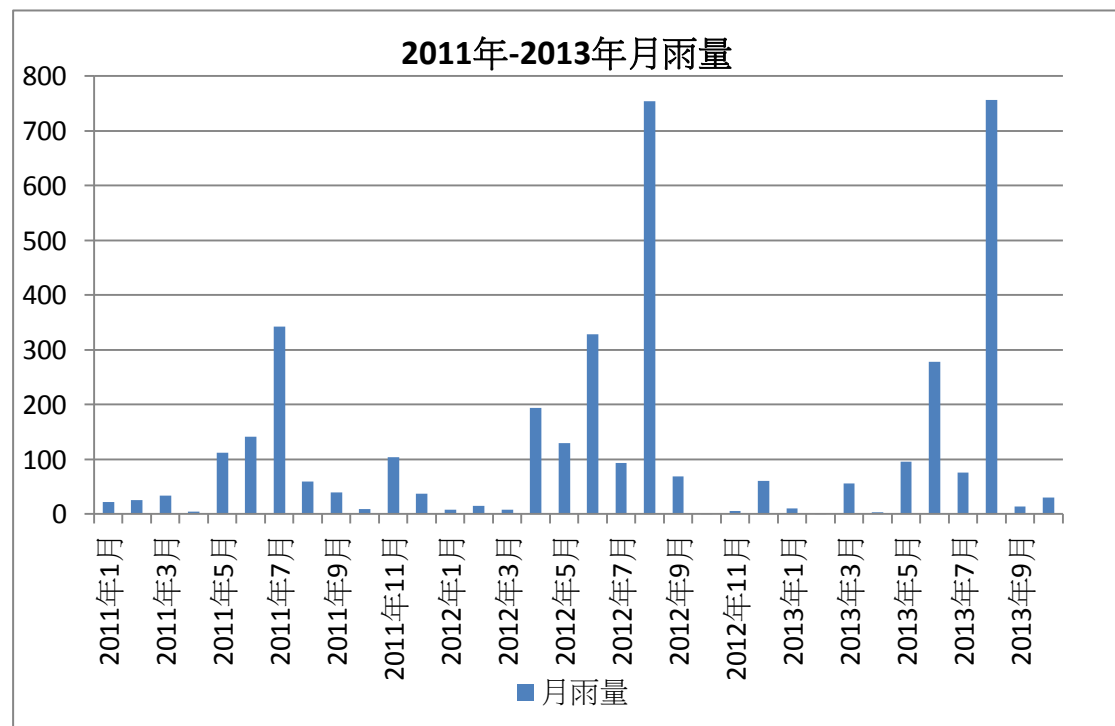


圖 4.42 2011 年至 2013 年月雨量圖

表 4.1 火炎山自計式測站月雨量表（單位：公釐）

時間	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
1 月	30	0	18	0	34	21.8	8	1
2 月	70	28.2	52	0	124	25	14.75	56
3 月	101.8	121.6	67	139.8	4.6	33.4	8.25	3
4 月	219.6	157	61	178.2	91.4	4.6	193.45	95.4
5 月	363	182	262	11.4	129.2	111.8	129.75	278
6 月	442	587.8	182.8	236.4	508.6	141.6	328.25	75.4
7 月	188	53	354.4	47.8	207.6	342.4	92.75	757
8 月	10	311.4	19.8	569	123.6	59.2	754	13.8
9 月	83.4	94.6	797.6	5.2	181.6	39.4	69	30.6
10 月	0	289.8	32	0	3.6	9.4	0.25	1
11 月	136	21	24.2	0	2.4	103.6	6	-
12 月	77	18	12.8	17.6	0	37.1	60.25	-
年雨量	1720.8	1864.4	1883.6	1205.4	1410.6	929.3	1164.7	-

五、颱風降雨分析

2011 年並沒有颱風對火炎山造成影響，2012 年度有兩個颱風登陸台灣，一個是 7 月 31 至 8 月 3 日的蘇拉（SAOLA）颱風，另一個是 8 月 24 至 28 的天秤（TEMBIN）颱風。這兩個颱風僅蘇拉颱風對火炎山地區造成影響。此颱風在花蓮秀林鄉附近登陸，四天的總降雨量超過 600 公釐，造成部分泥流的溢出及些許土石掉落的跡象，在沖積扇上有較多的土石堆積，但對火炎山隧道的安全影響不大。而天秤颱風其間火炎山地區則沒有降雨，並沒有產生任何的影響。

從蘇拉颱風的降雨記錄來看（圖 4.43），在 7 月 31 日早上有一些降雨事件，但中午過後就停止降雨，到了 8 月 1 日中午則又開始降雨，到了 8 月 2 日上午 5 點，累積雨量已經達到 12 小時超過 100 公釐的降雨記錄，本計畫所設定的簡訊通報系統，也成功的發佈到相關人員的手機中。8 月 2 日也是火炎山降雨量最多一天，日降雨量達 521.25 公釐。從火炎山隧道興建後至今的降雨事件（表 4.2），蘇拉颱風目前是最大一次的日降雨事件，而降雨強度 51.25 公釐也僅次於 2007 年 8 月的降雨事件。

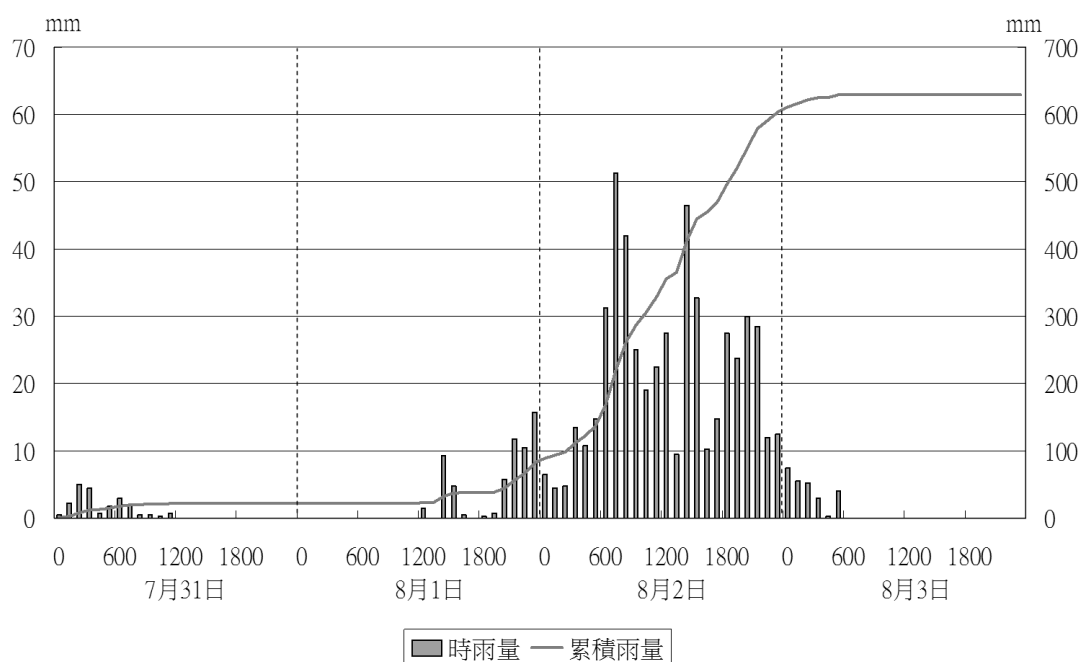


圖 4.43 蘇拉颱風降雨量分析圖

2013 年有兩次颱風對火炎山造成影響，一次是 8 月 20 日至 22 日的潭美颱風，颱風從臺灣北部通過，在火炎山地區下了超過 250 公釐的雨量，在隧道上方的土石沖毀了當地的輸水管線。從降雨記錄來看，雨量主要集中在 8 月 21 日，最大時雨量發生在中午 12 點為 45.8 公釐，在下午 2 點已經達到 12 小時超過 100 公釐的雨量，而 24 小時最大降雨則為 210.2 公釐，颱風降雨到 22 日下午則逐漸緩和。

第二個颱風同樣發生在 8 月份，康芮颱風降雨期間為 8 月 29 日至 8 月 31 日，颱風從臺灣東北部往北移動，在火炎山地區帶來了超過 300 公釐的降雨，而當時架設在隧道上方的輸水管線，也在颱風時再次被沖毀。從降雨記錄來看，康芮颱風降雨主要集中在 8 月 29 日及 31 日，降雨從 29 日早上開始，最大時雨量發生在 29 日中午 12 時為 44.2 公釐，當時的降雨記錄也達到 12 小時超過 100 公釐的降雨。而 24 小時最大降雨為 195.8 公釐，而降雨也持續到 9 月 1 日的早晨。

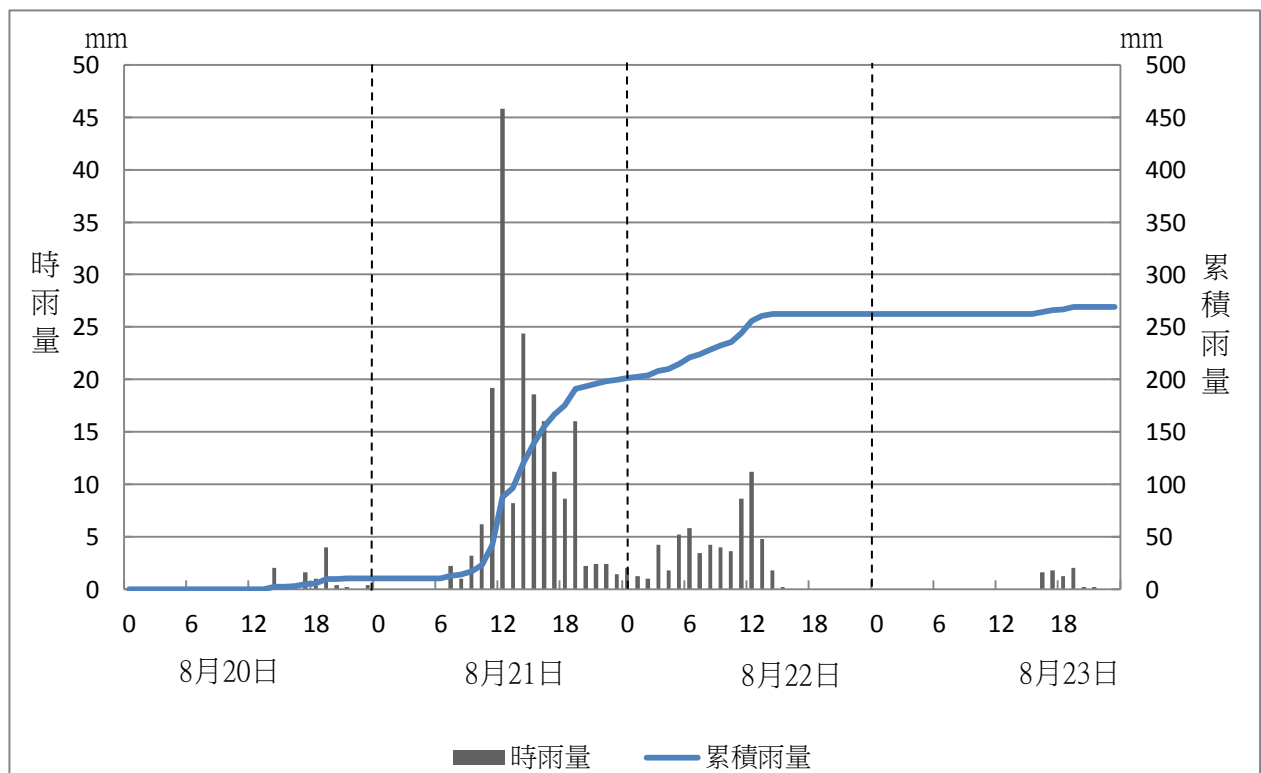


圖 4.44 潭美颱風降雨量分析圖

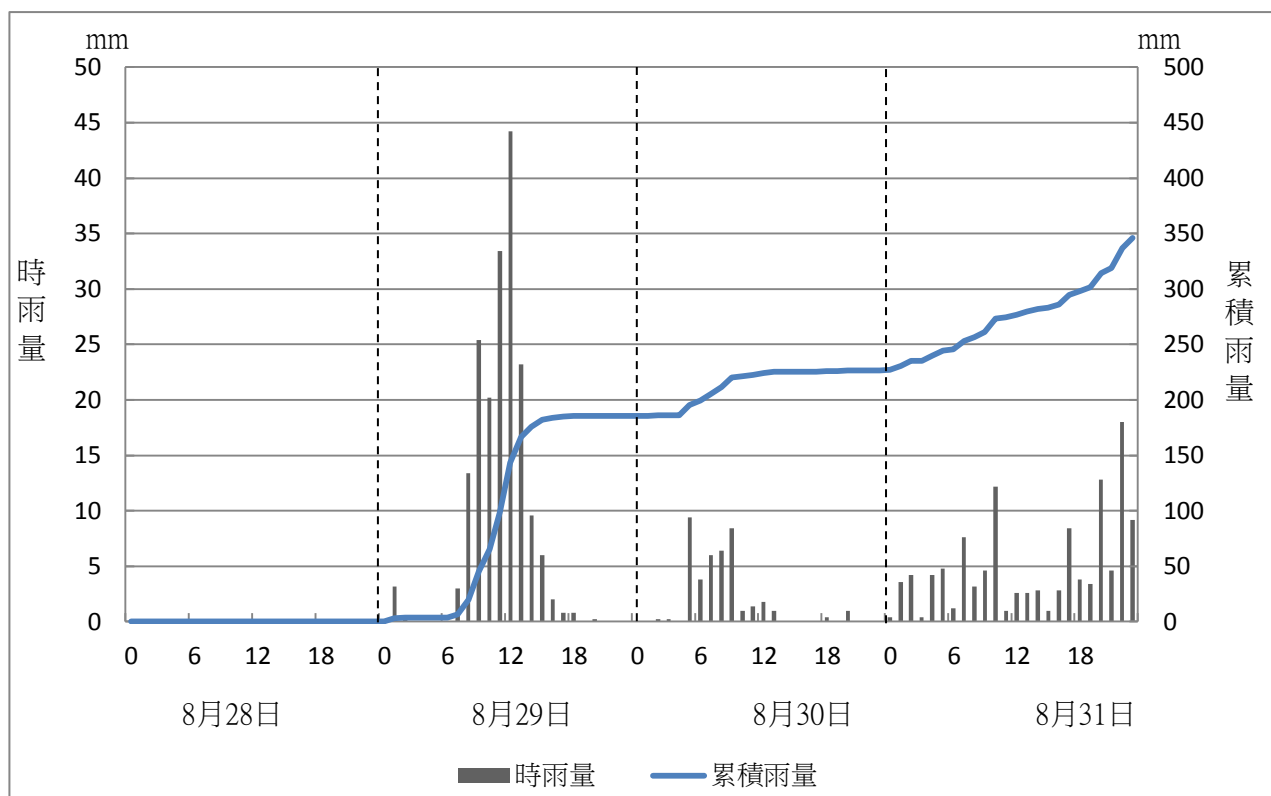


圖 4.45 康芮颱風降雨量分析圖

表 4.2 火炎山 2006 年至 2013 年豪雨事件比較表

時間	24 小時雨量 (公釐)	降雨強度 (公釐/hr)	說明
2005/12			火炎山隧道完工
2006/7/9	112.4	44.8	隧道東口泥流
2006/7/18	185.4	32.4	無明顯災害
2007/6/8	114.6	28.4	隧道西口泥流
2007/8/12	107.6	56	隧道西口泥流
2007/10/7	166.8	32	隧道西口泥流
2008/1			隧道西口土堤興建完成
2008/7/18	215.2	51.4	卡玫基颱風，無明顯災害
2008/9/14	255.6	30.8	辛樂克颱風，隧道東口土石流
2009/8/6	414	48.8	莫拉克颱風，7 日晚間隧道西口輕微土石流
2012/8/2	521.25	51.25	蘇拉颱風，無災害，但 3 號沖積扇有土石流產生，少量泥流溢出
2013/8/21	210.2	45.8	潭美颱風，3 號沖積扇有一些土石沖出，沖毀位於隧道旁的水管，但火炎山隧道交通並無影響
2013/8/29	195.8	44.2	康芮颱風，3 號沖積扇有一些土石沖出，在潭美颱風後臨時架設的水管再次被沖毀，但火炎山隧道交通並無影響

第二節 地形變遷分析

農林航空測量所的航空照片通常一年只有拍攝 1-2 次，且當年度並不一定有正射影像資料的生產，因此本研究收集 2010 年 7 月農航所拍攝之航空照片，進行正射化的處理，與 2009 年 10 月的航照來觀察比對（圖 4.30），瞭解這段期間內火災山地形的變遷。

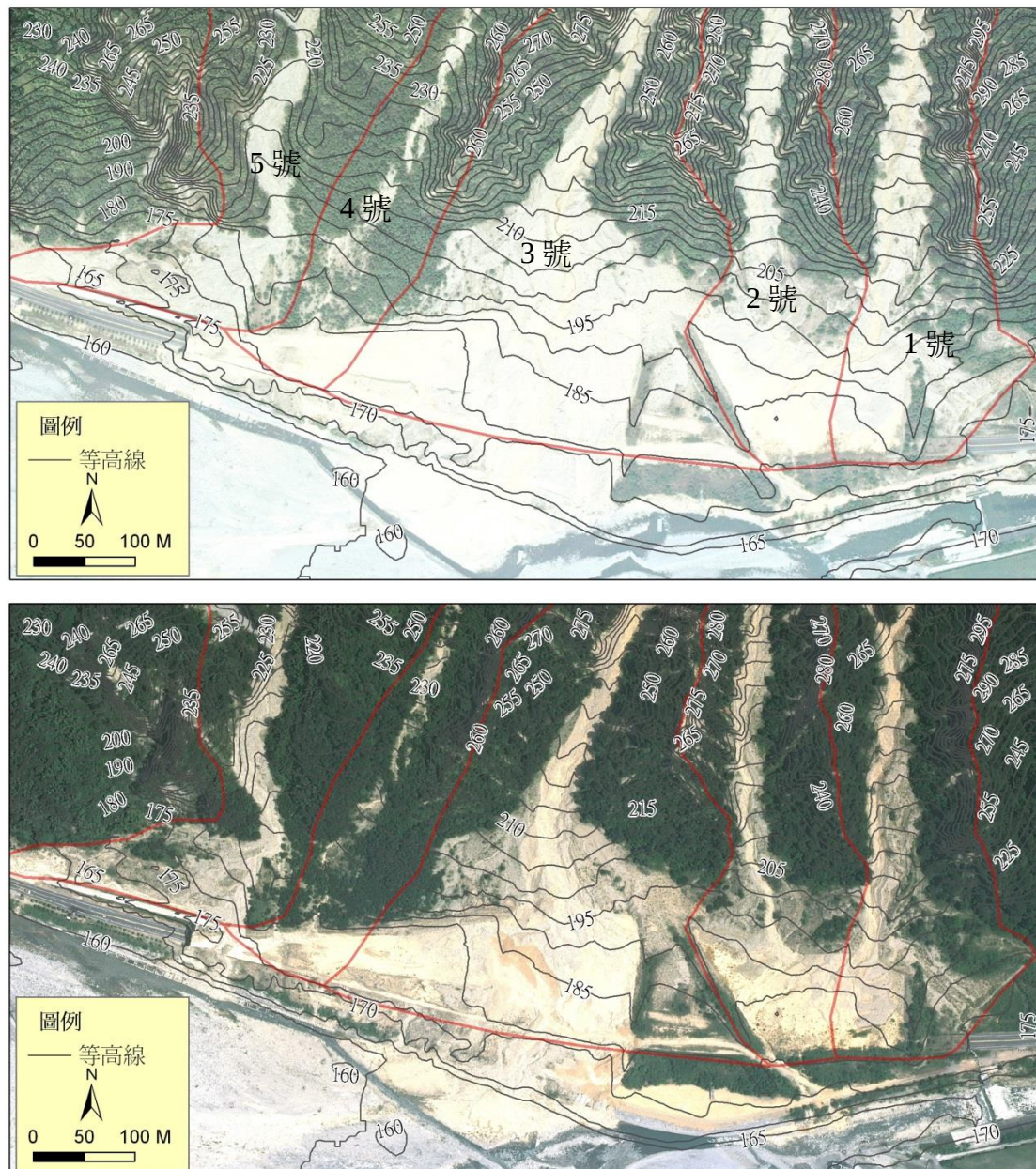


圖 4.46 2009 年及 2010 年航照對照圖

（上圖拍攝日期為 2009 年 10 月，下圖拍攝日期為 2010 年 7 月）

1 號集水區沖積扇東側下方為火炎山東側隧道口，在 2008 年 9 月辛樂克颱風時土石沖破土堤上方（圖 4.31 紅色圓圈處），造成隧道東口的破壞，雖然目前已經過整治，但就地形來看，若 1 號沖積扇土石堆高，仍有安全上的疑慮。比較 2009 年及 2010 年地形上的變化，沒有明顯的變動，整體而言主要是植生的範圍有些許的增加，由於長高且茂密，也使得影像上的植生更加清晰。

2 號集水區沖積扇兩個影響的比較差異也不大，只能判釋出植生有範圍有增加以及更茂密的現象（圖 4.32）。主要是這段期間雨量少、降雨時間不長，加上沒有颱風的影響，因此使得沖積扇呈現穩定的狀態。

比較 3 號集水區沖積扇的變化，影像中也只能觀察到在沖積扇上方兩側有明顯較多的植生長出，因此可以從影像資料的植生狀況來判斷土石變動的情形，有植生長出表示這個區域的地形變化不大。

4 號集水區的河谷出口處較其他的窄，且兩側有較多的植生，從航照影像上不容易觀察到河谷的出口。河道有大量的植生，表示這個集水區較其他 4 個更為穩定，其沖積扇的規模也比較小，表示在過去颱風期間，所帶出來的土石量也較少。比較兩個時期的變化，沖積扇及河谷都有植生變多的情況。

5 號集水區下方為火炎山隧道的西口，沖積扇面範圍大約 80 公尺，在隧道完工後，由於發生泥流及土石崩落的事件，因此在 2008 年於隧道西口出口處右側興建一座土堤，至今並沒有發生重大的泥流或土石崩落的事件。觀察兩個時期的影像，結果與其他四個集水區大致相同，植生的範圍明顯增加，表示目前沖積扇是呈現較穩定的狀態。

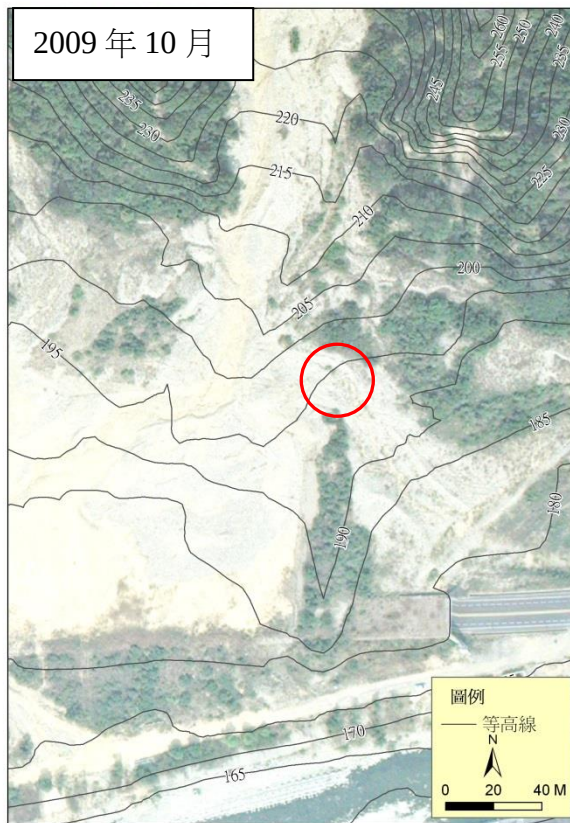


圖 4.47 火炎山 1 號集水區沖積扇地形變遷

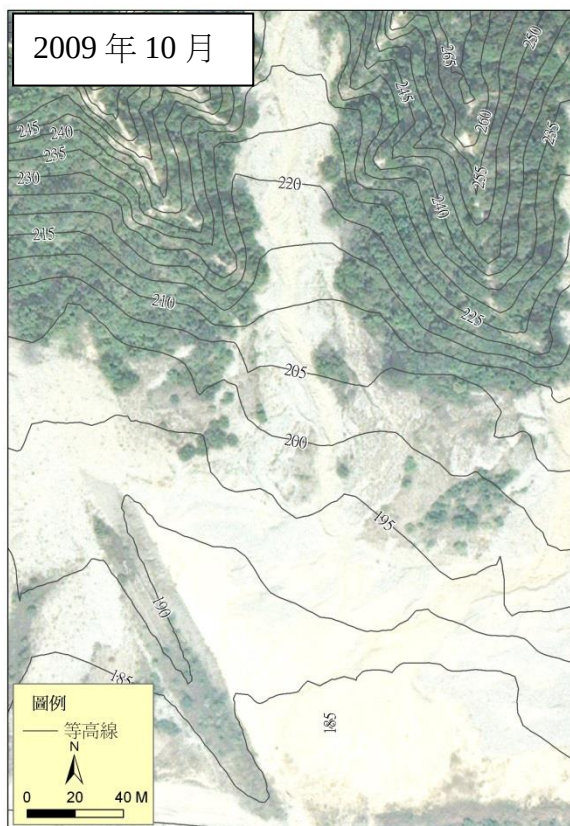


圖 4.48 火炎山 2 號集水區沖積扇地形變遷

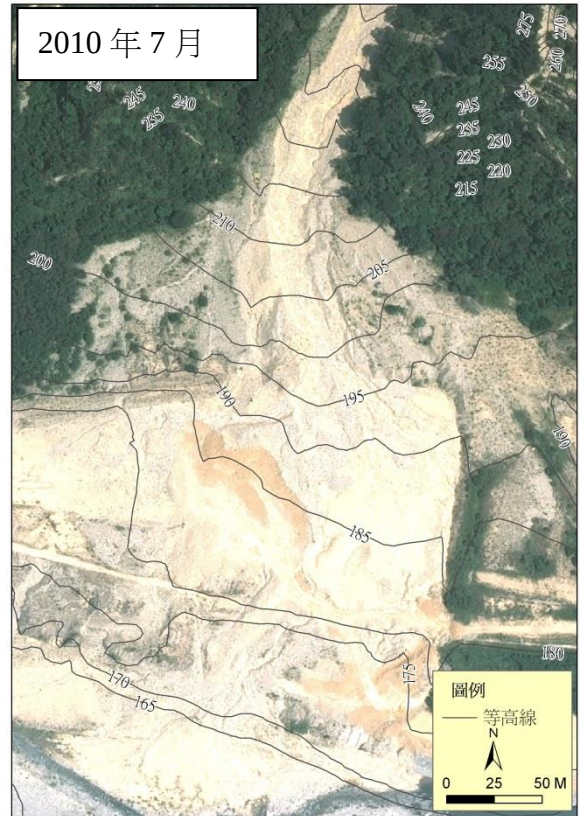
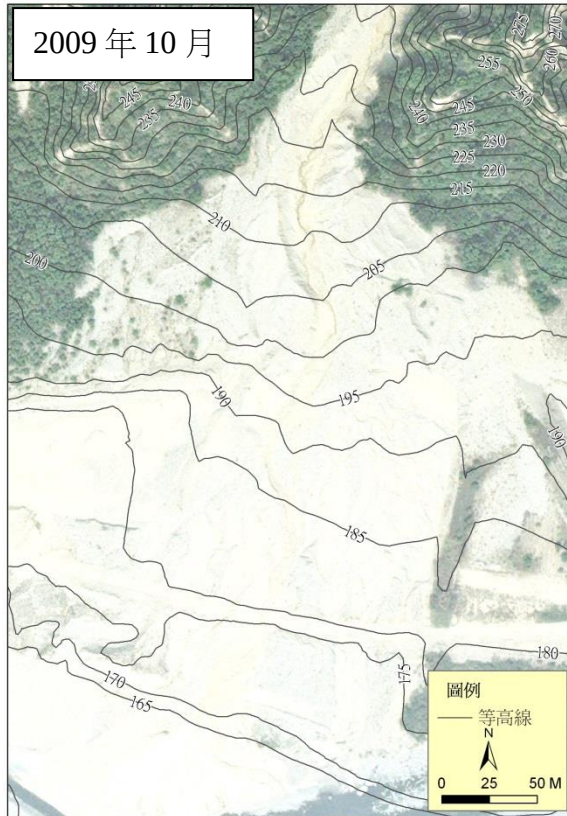


圖 4.49 火炎山 3 號集水區沖積扇地形變遷

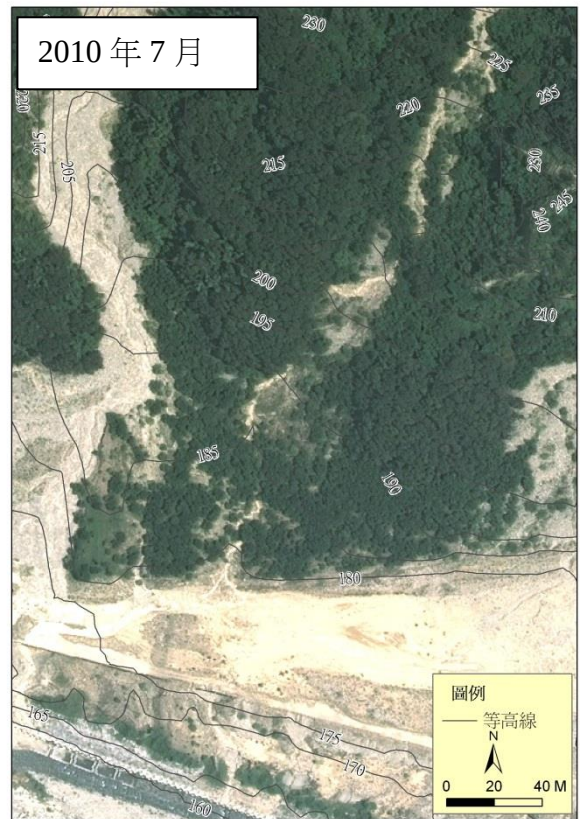
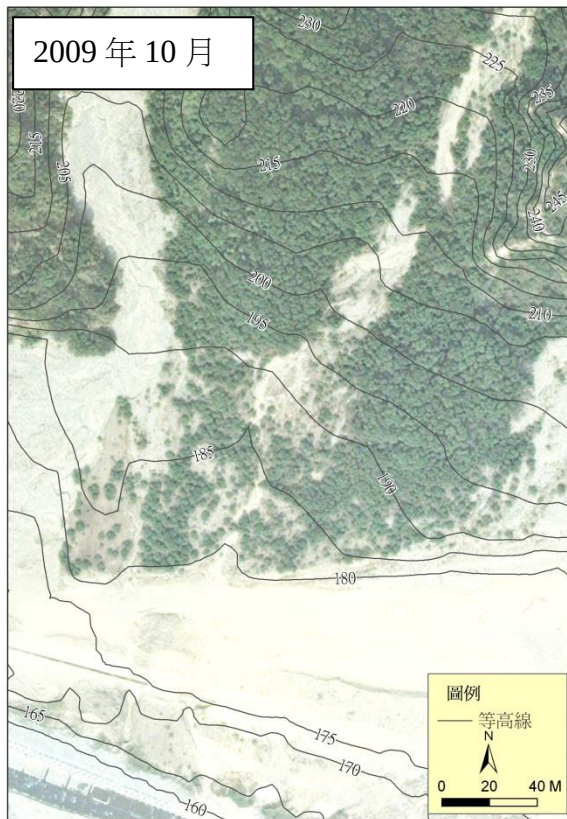


圖 4.50 火炎山 4 號集水區沖積扇地形變遷

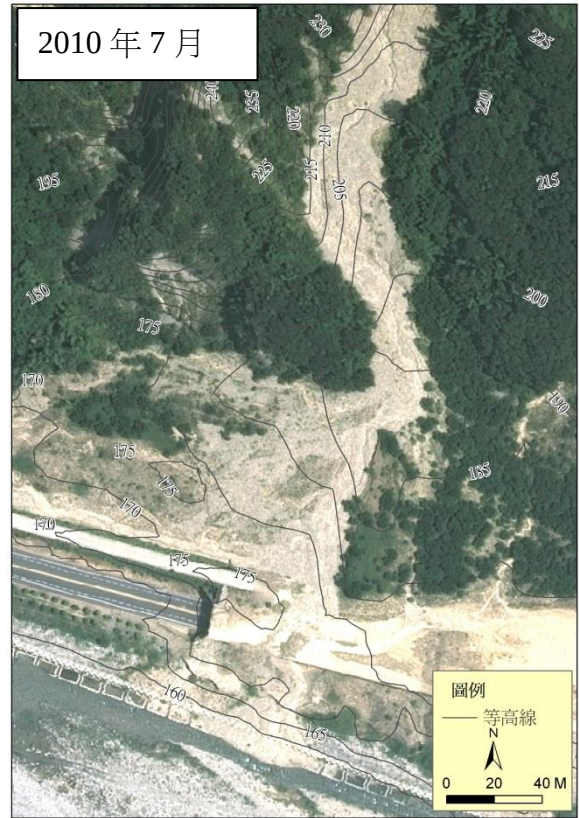


圖 4.51 火炎山 5 號集水區沖積扇地形變遷

一、2009 年至 2010 年數值地形分析

以 2010 年 7 月農航所拍攝之航空照片，進行正射化的處理，並運用航空攝影測量生產數值地形資料，與 2009 年 10 月的數值資料進行高程變化之分析（圖 4.53），瞭解這段期間內火炎山地形的變遷。

這段期間並沒有發生 12 小時內超過 100 公釐的降雨事件發生，在沖積扇的部分變化大部分在 2.5 公尺以內，從圖中可以看到在隧道上方的 3 號沖積扇大部分以侵蝕為主，這段期間並沒有重大的降雨事件將土石帶出，因此原本堆積在沖積扇的土石，往大安溪河谷搬運，相較於 2008 年至 2009 年呈現較多堆積的情形（圖 4.52），可以推測原本堆積較多的區域，為使沖積扇更為穩定，因此在 2010 年則呈現侵蝕的情況。在 1 號 2 號及 5 號沖積扇有局部呈現堆積，但堆積的位置大多為土石堆積的邊緣，受重力作用使得原本的土堆變為平緩，並不是由沖積扇上方的土石溝所帶來的。

另外在 2 號及 3 號沖積扇的下方河道邊坡，曾經因為河岸的侵蝕造成原本的隧道逃生出口受到破壞，在圖 4.52 中是呈現侵蝕的狀況，而在 2010 年經過人為整治及填平，原本侵蝕的區域已經被填高，在數值地形資料分析的結果，本區域有超過 5 公尺以上的堆積，呈現兩個時期不同的差異。

整體而言，當沒有 12 小時超過 100 公釐的降雨，沖積扇的堆積較不明顯，從現場來看當降雨量較少時，沖積扇的土石搬運並不明顯，大部分以泥流的方式將細粒的物質帶出，並沿著沖積扇的溝渠在流動。在長期降雨量較少時，一部份礫石因填充在礫石間的泥沙被帶走而重新排列，一部份因受重力作用原本礫石堆積較高陡區域，滾落到平緩的區域，所以整體分析上，若長期降雨量較少，沖積扇分析的結果會呈現以侵蝕為主的地形變化。

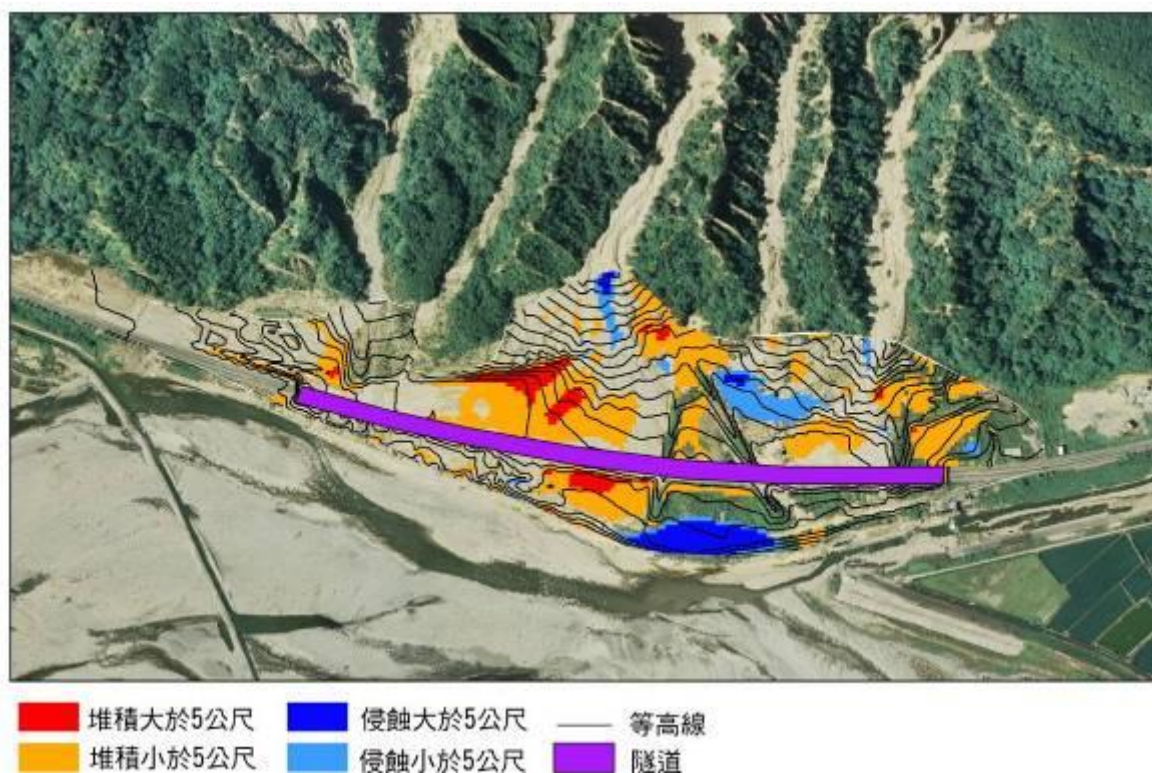


圖 4.52 2008 年至 2009 年沖積扇地形變遷圖

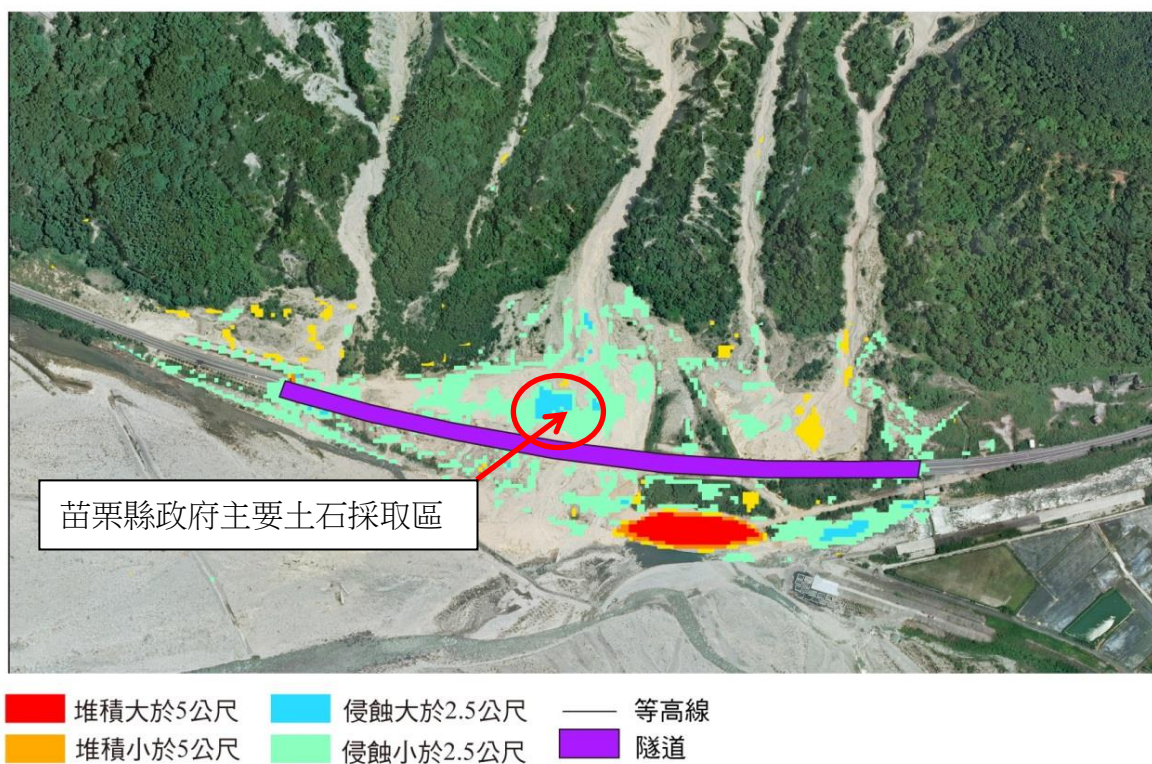


圖 4.53 2009 年至 2010 年沖積扇地形變遷圖

二、2010 年至 2012 年數值地形分析

2012 年利用 3D 掃描儀器進行 1~3 號沖積扇數值地形資料建置，並將數值地形資料與 2010 年利用航空攝影測量分析的資料進行比對，觀察沖積扇堆積及侵蝕的情形。

在 1 號及 2 號沖積扇中（圖 4.54），這段期間的沖積扇主要以堆積為主，堆積的範圍主要在 2.5 公尺以下，在靠近隧道上方部分區域有堆積超過 2.5 公尺，另外在 1 號集水區右側有呈現小於 2.5 公尺的侵蝕，推測是因土石被帶往更下方的沖積扇堆積。整體而言，在 2010 年至 2012 年間 1 號及 2 號沖積扇呈現輕微堆積的現象。

在 3 號沖積扇的部分，圖中從扇頂到扇底都是呈現堆積的現象，而且有三分之一的區域堆積高度超過 5 公尺，堆積的區域主要集中在沖積扇的中間及左側，而堆積的方式與沖積扇的地形有關。本研究觀察堆積比較多的區域在扇面上原本就為較低窪的區域，當土石被帶出時，土石沿著沖積扇的溝渠往下滾動及堆積，當土石量過多時，來不及宣洩，土石就會從扇端往兩側來堆積，甚至會越過原本較高的位置。因此整體而言，3 號沖積扇在 2010 年至 2012 年間則呈現較多土石堆積的狀況。

此結果與 2009 年至 2010 年因降雨量少大部分呈現侵蝕的狀況，有很大的差異。主要是在 2012 年有較多的降雨事件，導致許多土石被帶往沖積扇堆積，因此火炎山地形的變化主要與降雨量有密切的關係。

3D 掃描的時間是在蘇拉颱風之後，推測有大部分的土石可能是在蘇拉颱風後被帶出，從蘇拉颱風後的現場觀察結果，雖然沒有對火炎山隧道及道路交通造成災害，但從土石的堆積型態及一部份崩落的土石，說明蘇拉颱風對火炎山地形變遷的是有影響的，未來應持續觀察土石堆積的情形。

在數值資料分析方面，由於本年度是利用航空攝影生產的數值地形資料與 3D 掃描儀器的數值資料來分析結果，而航空攝影測量誤差約 2.5 公尺，因此即使 3D 掃描的儀器精度較高（小於 0.5 公尺），兩者進行數值地形分析的結果，仍

然有 2.5 公尺的誤差，這部分會影響判釋的準確度。另外，在火炎山沖積扇上，從現場觀察已經長出許多植生，有的雜草已經有將近 1 公尺的高度，這部分也會在資料中產生較大的誤差，也會影響到地形判釋的結果。因此在進行地形分析時，本計畫也會在現場進行觀察，例如已經有植生的區域，地形變化是相對最小的區域，例如 3 號集水區的東側有許多數值資料顯示堆積超過 5 公尺，這個部分可能是資料誤差所造成的，必須在資料分析及說明上進行檢驗及修正。

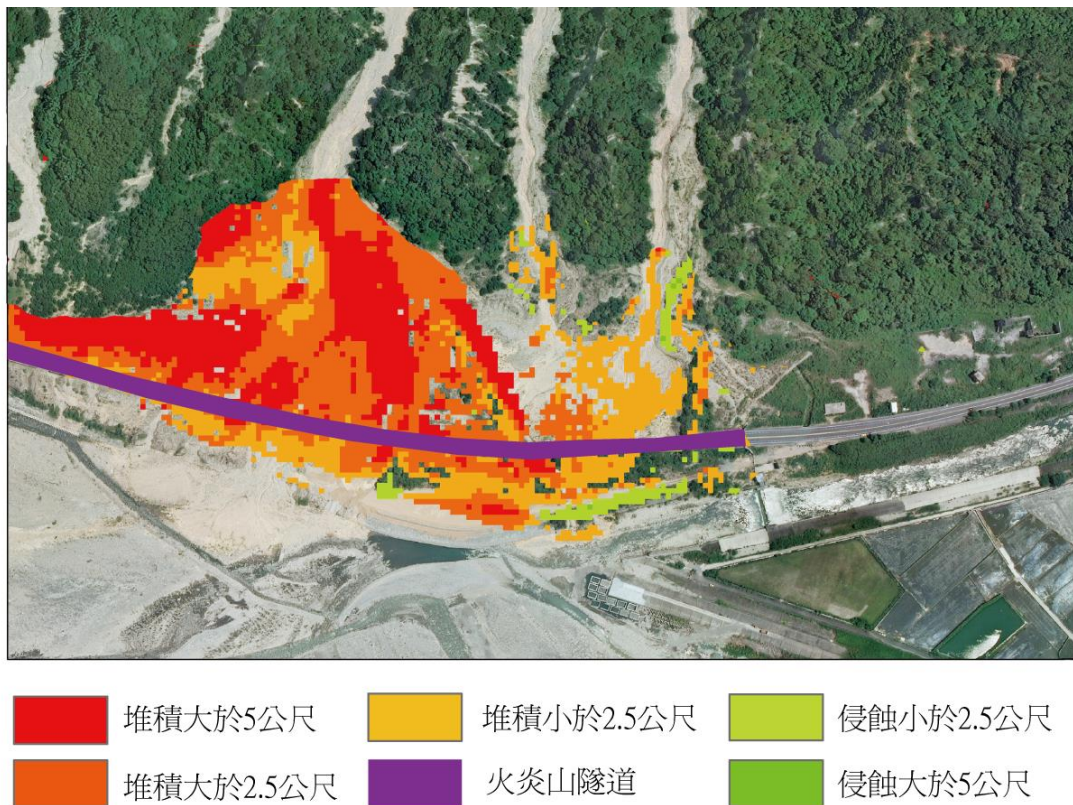


圖 4.54 2010 年至 2012 年沖積扇地形變遷圖

三、2010 年至 2013 年數值地形分析

2013 年的數地形資料分析，本計畫採用 3D 掃描器，於 2013 年 6 月 5 日進行火炎山地形的掃描，掃描的資料以電腦進行處理及分析後，生產數值地形資料。此數值地形資料與 2010 年生長的數值地形資料進比較分析，瞭解這三年間的地形變化，成果如圖 4.55。

圖中從隧道從東口往西分別為 1 號至 3 號沖積扇，在 1 號沖積扇上可以看到在谷口處，即沖積扇的頂端，呈現侵蝕的現象，可能 2012 年蘇拉颱風在此堆積的土石，受重力或雨水搬運往沖積扇兩側來堆積，而數值資料也呈現兩側是堆積的現象，1 號沖積扇土石堆積方式主要是往東及往西側移動，東側堆積的土石因位於隧道東口的邊坡上，這在 2008 年辛樂克颱風時造成隧道東口邊坡發生土石崩落的地點。往西側的土石則連接 2 號集水區，土石主要堆積在兩個集水區的中間，而在 1 號集水區的下方有大量的植生長出，表示土石並不會往此區通過，大部分都是泥流或細顆粒的泥沙堆積在此。

在 2 號集水區沖積扇上方是呈現侵蝕的狀況，此區域的變化並不明顯，在沖積扇堆積土石上方，都有一些植生的長出，本是在此區域是呈現穩定的狀況，而下方在隧道興建時在此區域有興建土石堤，沖下來的土石都會堆積在土石堤的旁邊，所以在數值地形資料上呈現大量堆積的情形，但這些土石是在 2012 年 8 月蘇拉颱風後堆積於此的。

在 2 號及 3 號集水區的中間有兩個土堤包圍的區域，因為土堤較高，一般土石並不會越過土堤。而這個區域的河岸，在隧道興建時是作為隧道逃生的出口，這兩個土堤也是為了阻擋土石越過此區域，阻礙逃生口。然而在這種情況下，由於此區域缺少的土石的供應，反而造成河岸的侵蝕，逃生口也因侵蝕而失去作用。在 2010 年時的數值資料此區域是呈現侵蝕的狀況，之後為了整修逃生口，在此區域設置的大量的消波塊以及整建的工程，因此在這段河岸的區域的資料是呈現堆積的現象。

而 3 號集水區沖積扇，早期在隧道興建前，已有相當多的土石堆積於此，隧

道興建後仍在此地方持續堆積，至 2010 年對 3 號集水區而言土石堆積量已相當的多，雖然苗栗縣政府在此區域移走相當多的土石，但經過幾次豪雨及颱風後，這些被開挖的區域也被土石堆滿。就 3 號沖積扇的土石堆積方式，由於沖積扇的中間部分土石堆積較高，除非有大量的土石從上方的蝕溝被帶出，才有堆積的可能，2012 年蘇拉颱風就曾帶大量土石堆積於此。而在沒有土石持續供應的情況之下，這些被堆高的土石，往往會朝下方來滾動，會堆積在沖積扇的兩側較低窪處，所以在數值地形變遷資料上，此沖積扇兩側的堆積量，往往高於中間的部分，在颱風後的一段時間內，甚至會呈現侵蝕的狀況，這種現象可以說是為維持沖積扇的侵蝕基準面。

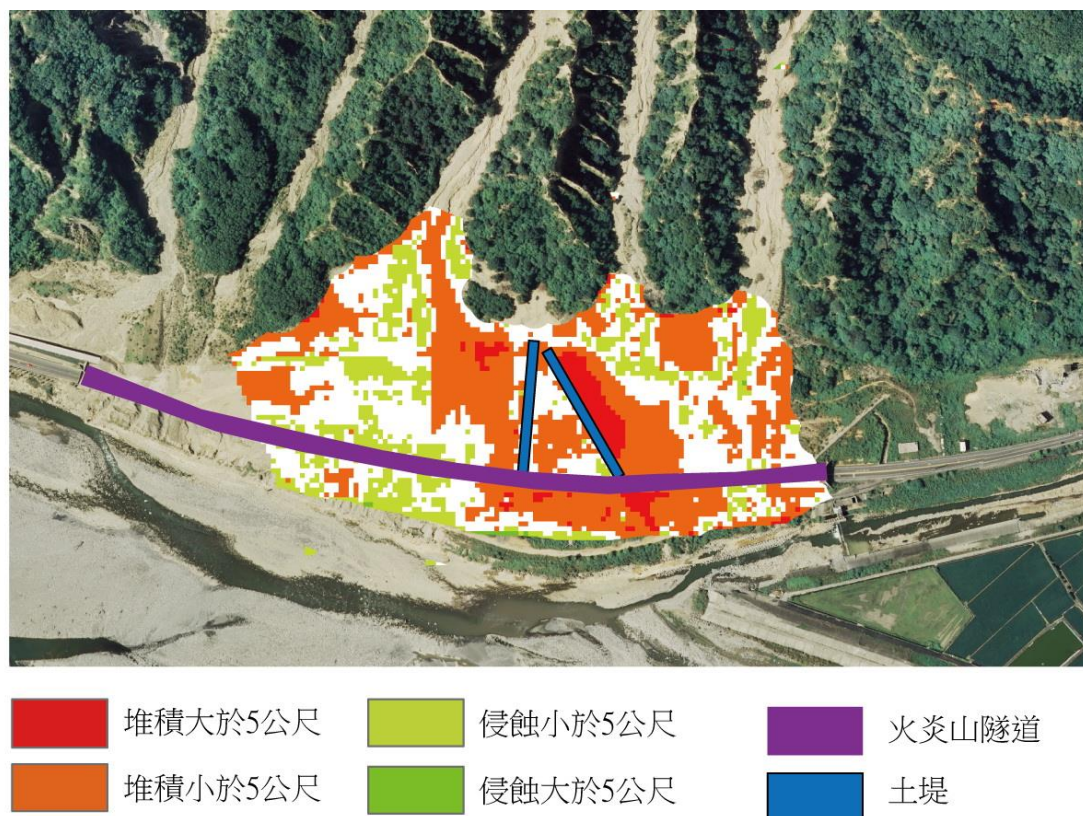


圖 4.55 2010 年至 2013 年沖積扇地形變遷圖

第三節 三維掃描測量地形分析

三維掃描的精度可達到 20 公分以下，一般使用在觀察微地形的變化，在非颱風豪雨造成的地形變化，利用三維掃描儀的資料，可瞭解在一般降雨的情況，對火炎山地形變化的影響。2010 年 1 月進行第一次的掃描，採用的機器型號為 Lacia Scanstation 2，每次掃描的範圍約 100 公尺，若掃描的範圍超過 100 公尺，就必須移動儀器進行掃描，每次移動測站的距離約 50 公尺。第二次掃描時間為 2010 年 9 月，由於本年度在火炎山地區並無嚴重的豪雨災害，整體而言地形變化不大，因此第二次掃描範圍在 3 號集水區沖積扇接近隧道中間的上方。1 月與 9 月掃描的成果進行分析比較，利用三維掃描的原始資料進行內差為 50 公分的網格，並將兩個時期的高程值相減，得到高程的變化值（圖 4.56）。研究結果顯示，在 1 月至 9 月期間本區大部分還是呈現堆積的現象，最大堆積量為 2-3 公尺。在圖中左側區域有呈現侵蝕的現象，最大侵蝕量為 3-4 公尺。

從本區地形變遷的模式來看，從最上方沖蝕出來的土石，沿著蝕溝的兩側進行堆積，除了崖坡的下方有較多的堆積（圖右上方），以及蝕溝中有較明顯的堆積外，越往集水區的下方有堆積越多的趨勢，表示在 1 月至 9 月間的降雨，將沖出的土石持續往下游攜帶，坡度越緩的區域，堆積土石的量越多。

另外造成本區域局部侵蝕現象的產生，本研究推測由於侵蝕區位於兩個土堆所包圍的區域，由於 2011 年度沒有較大的豪雨事件，在沒有足夠的營力將土石推過土堆上方，土石大多沿著土堆的兩側進行搬運及堆積，所包圍的區域因沒有土堤的供給，受到侵蝕及雨水沖刷均呈現侵蝕的現象，最大的侵蝕區位於土堆的上方，以及坡地較陡的區域。另外侵蝕區靠近土石採取的位置，是否部分受到人為干擾，無法得知。

根據現場調查發現，在研究區右下方的堆積區，在 1 至 9 月的掃描期間，有工程單位在此區進行土石採取的行為，估計約有 2 公尺的挖掘深度，因此實際堆積應該比計算出來的 1 公尺來的高，估計堆積高度約 3 公尺。

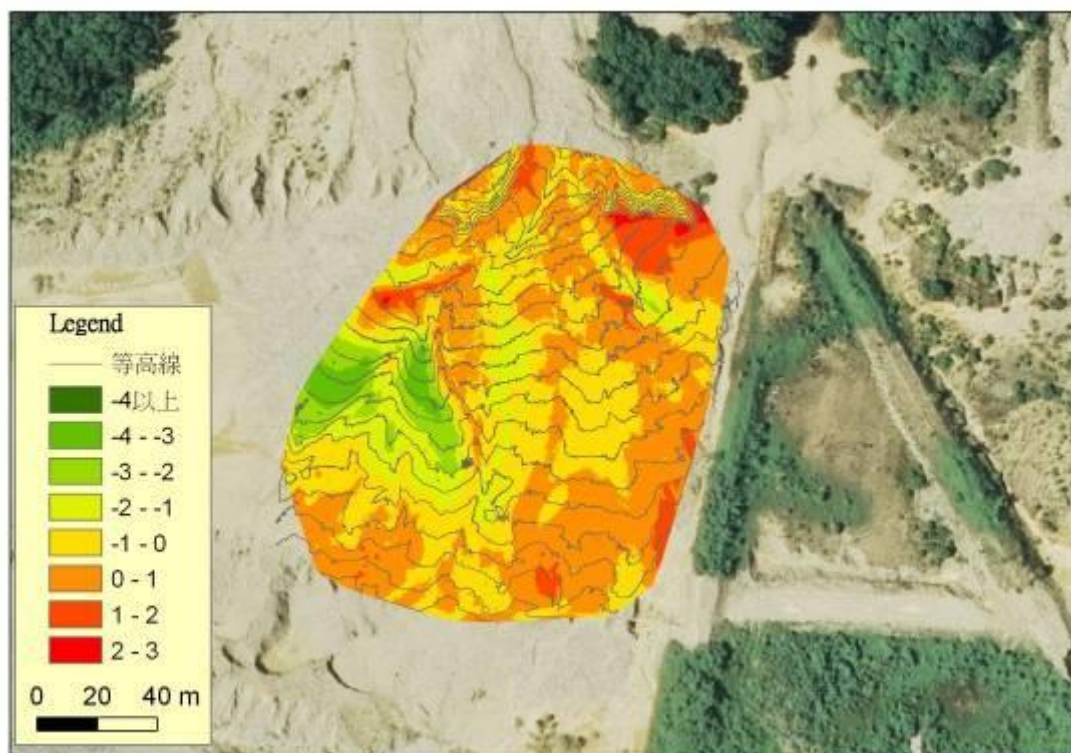


圖 4.56 掃描資料分析成果圖

第三次在 2011 年 9 月在 5 號集水區沖積扇上進行掃描，與 2010 年 9 月的資料來比較，觀察沖積扇侵蝕與堆積的情形（圖 4.57）。在資料處理方面將掃描的資料內插成 10 公分的網格，並將高程變化 20 公分的資料視為誤差，表示沒有發生侵蝕或堆積的區域，如圖中白色區域；資料的兩側由於有較多的植生的，在掃描時會造成訊號的干擾，呈現點狀不規律的變化，根據植生的高度，估計有 1 公尺的誤差，因此不作討論。

整個 5 號沖積扇的變遷主要呈現扇頂端侵蝕，扇底部堆積的現象。侵蝕與堆積的變化量大部分都在 1 公尺以內，對照這段期間的雨量，本區並沒有發生豪大雨的事件，最大日雨量為 2011 年 6 月 27 日為 73.4 公釐，由於沒有大量及長時間的降雨，使得沖積扇呈現較為穩定的狀態。

從剖面 A-A'來看（圖 4.58），在 2010 年 9 月的剖線中沖積扇的地形從扇頂部至底部大致上坡度變化不大，但在 2011 年 9 月由於頂部侵蝕使得坡度較為平緩，而沖積扇的中段並沒有明顯的變化，呈現一個穩定的坡面；在沖積扇的底部，由於堆積也使得扇面較為平緩。

從以上觀察資料顯示，本研究認為在這段期間內並沒有明顯的土石從集水區

的蝕溝中被豪雨帶出，由於在 2010 年 9 月測量時是在豪雨過後所測量的資料，當時堆積在沖積扇頂端的土石，可能為讓沖積扇地形的穩定，使得沖積扇變得平緩，這表示即使集水區沒有土石被帶出，沖積扇仍會發生變化，讓地形更為穩定。

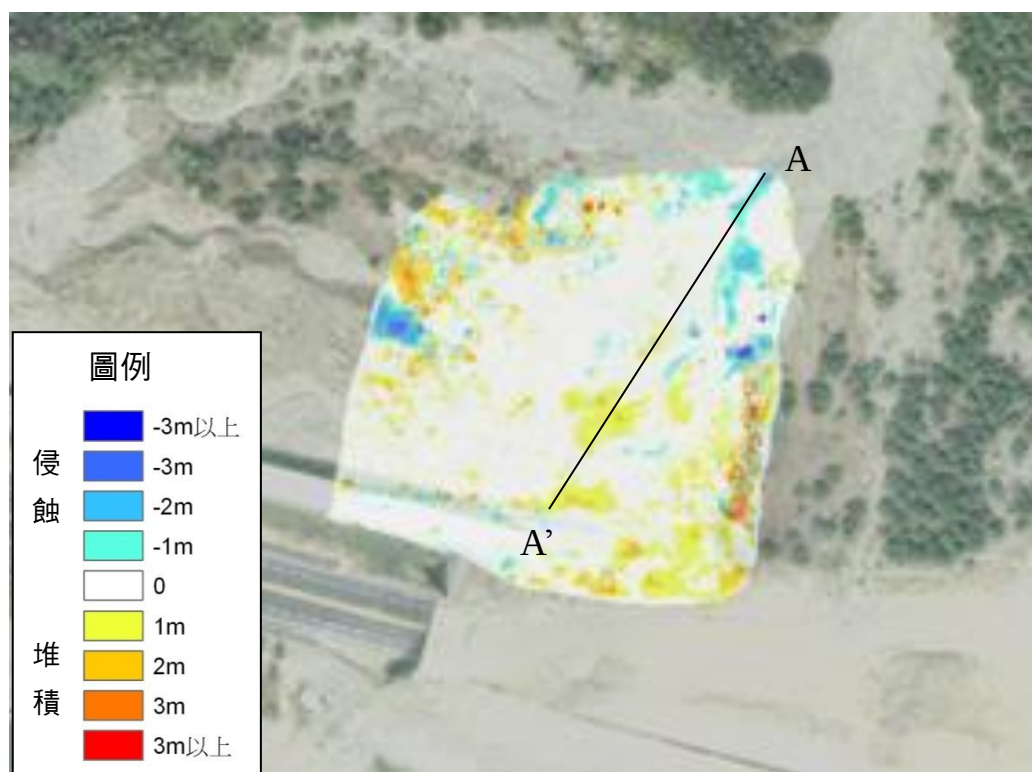


圖 4.57 5 號沖積扇變遷圖（2010 年 9 月至 2011 年 9 月）

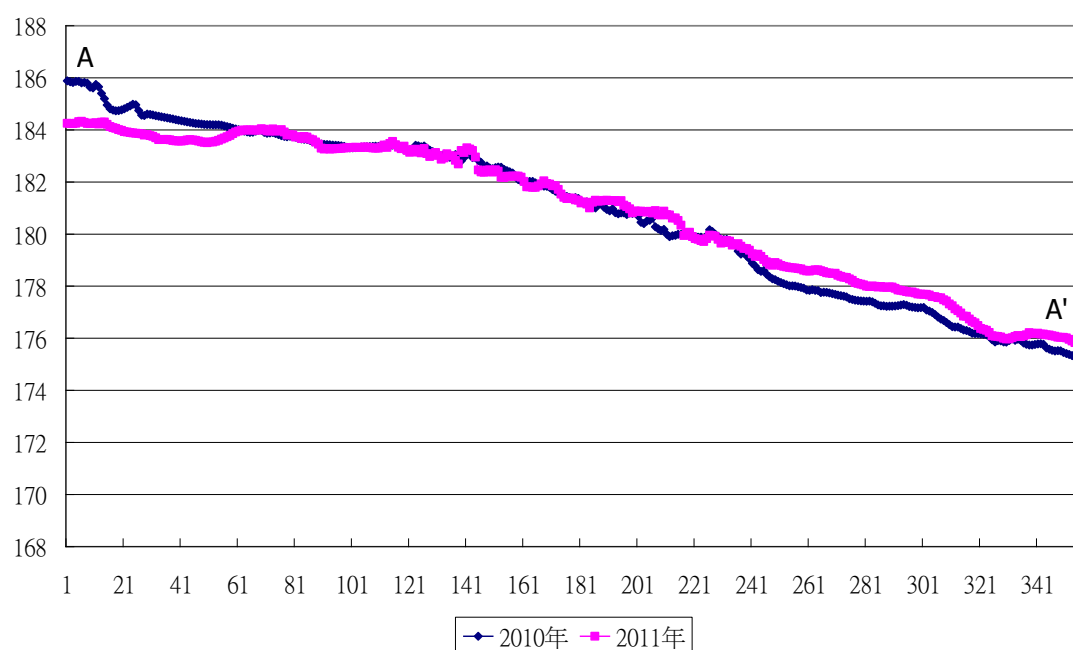


圖 4.58 5 號沖積扇剖線圖

第四節 監視器影像監測

在影像監視器方面，2011-2013 年持續進行監視器維護的工作，隧道東口的影像左側為隧道口（圖 4.59），此影像主要在監測隧道東側上方的邊坡，在 2008 年 9 月年辛樂克颱風時，此邊坡有大量的土石崩落，經過 3 年的時間完全沒有發生土石崩落的現象，邊坡也被植生所覆蓋。

隧道西口的影像架設在隧道口的正上方（圖 4.60），主要監測為 5 號集水區沖積扇變動的情形，若颱風發生時造成土石越過土堤，影像可立即監視，並由監視人員提出警告，適時進行隧道的封閉，降低隧道安全的風險。

詳細隧道監測系統連線及操作，請參考附錄 3 的說明。

1.2011 年影像監測成果說明

從 2011 年 4 月至 11 月的影像中，這段期間由於沒有重大的豪雨事件，影像中沒有明顯的改變。在 2011 年 9 月至 11 月間西側的影像無法連線，在經原廠進行檢測及維修後，已可以正常連線。從 2011 年影像監視的結果顯示，在 5 號沖積扇的變化不明顯，但事實上沖積扇仍有些許的變動，這種變化是在緩慢的在進行中，一般不容易觀察，故本研究利用三維掃描儀器進行更精確的測量，分析結果將於後面段落來說明。

	
2011 年 04 月 27 日 09 時	2011 年 05 月 12 日 09 時
	
2011 年 06 月 16 日 11 時	2011 年 07 月 15 日 11 時
	
2011 年 08 月 09 日 11 時	2011 年 09 月 02 日 12 時
	
2011 年 10 月 04 日 14 時	2011 年 11 月 08 日 09 時

圖 4.59 2011 年火炎山隧道東側監視影像



圖 4.60 2011 年火炎山隧道西側監視影像

2.2012 年影像監測成果說明

在影像監視器方面，2012 年持續進行監視器維護的工作，西側的影像目前正常運作，東側的部分在 4 月上旬突然斷訊，經檢查為錄影伺服器損毀，經維修後已能正常觀看。而西側的監視影像是以 3G 傳輸方式來觀察即時影像，但今年常發生無法連線的狀況，經檢查主要是 3G 訊號受到附近高壓電線干擾所致，目前已向電信公司在隧道西口申請 ADSL，希望將來能穩定的監視影像。

隧道西口的影像架設在隧道口的正上方，主要監測為 5 號集水區沖積扇變動的情形，2012 年 4 月雖然月雨量將近 200 公釐，但從影像觀察沖積扇的土石變化並不明顯（圖 4.61）。5 月到 7 月間雖然有零星的降雨，但降雨量不多且降雨時間短，因此對火炎山的地形影響不大，在監視影像中看不出有變化。在 8 月 1 日至 3 日的蘇拉颱風則在火炎山地區降下單日超過 500 公釐的雨量，在沖積扇可大略看到一些植生有減少的跡象，但從影像中仍不容易觀察實際的變動情形。而 8 月下旬以後至 10 月底降雨量相當少，因此看不出有任何影響。

隧道東口的影像左側為隧道口，此影像主要在監測隧道東側上方的邊坡，在 2008 年 9 月年辛樂克颱風時，此邊坡有大量的土石崩落，經過 3 年的時間完全沒有發生土石崩落的現象，邊坡也被植生所覆蓋。從 2012 年 3 月至 2012 年 4 月的影像中（圖 4.62），在邊坡上仍然呈現植生茂密的情況，而 5 月至 10 月間植生又有增加的現象，表示地形變化並不明顯。



圖 4.61 火炎山隧道西側監視影像



圖 4.62 2012 年 3 月至 10 月火炎山隧道東側監視影像

3.2013 年影像監測成果說明

在影像監視器方面，本年度持續進行監視器維護的工作，隧道東口以 ADSL 方式進行連接，目前正常連線中，而西側的監視影像的 3G 訊號受到附近高壓電線干擾，2013 年 1 月已改為 ADSL 方式來連接，監視影像目前可正常連線。本年度為讓土石流更容易觀察，在今年 9 月把西口的監視影像，改設置在土堤的內側，如圖 4.63 中 9 月的影像所示。由於攝影機離沖積扇更近，因此從這個角度更容易觀察土石或泥流流動的情形。

從每個月所擷取的影像照片資料來看(圖 4.63 及圖 4.64)，2013 年 1 至 8 月這幾個月份並沒有豪大雨發生，在降雨量少的情況下，影像上並無法觀察出明顯的土石堆積或侵蝕變化，然而從現場觀察植生的分布有明顯增多的情形。

	
2013 年 01 月 18 日 12 時	2013 年 03 月 15 日 10 時
	
2013 年 05 月 2 日 10 時	2013 年 6 月 18 日 12 時
	
2013 年 09 月 10 日 15 時	

圖 4.63 2013 年 1 月至 9 月火炎山隧道西側監視影像

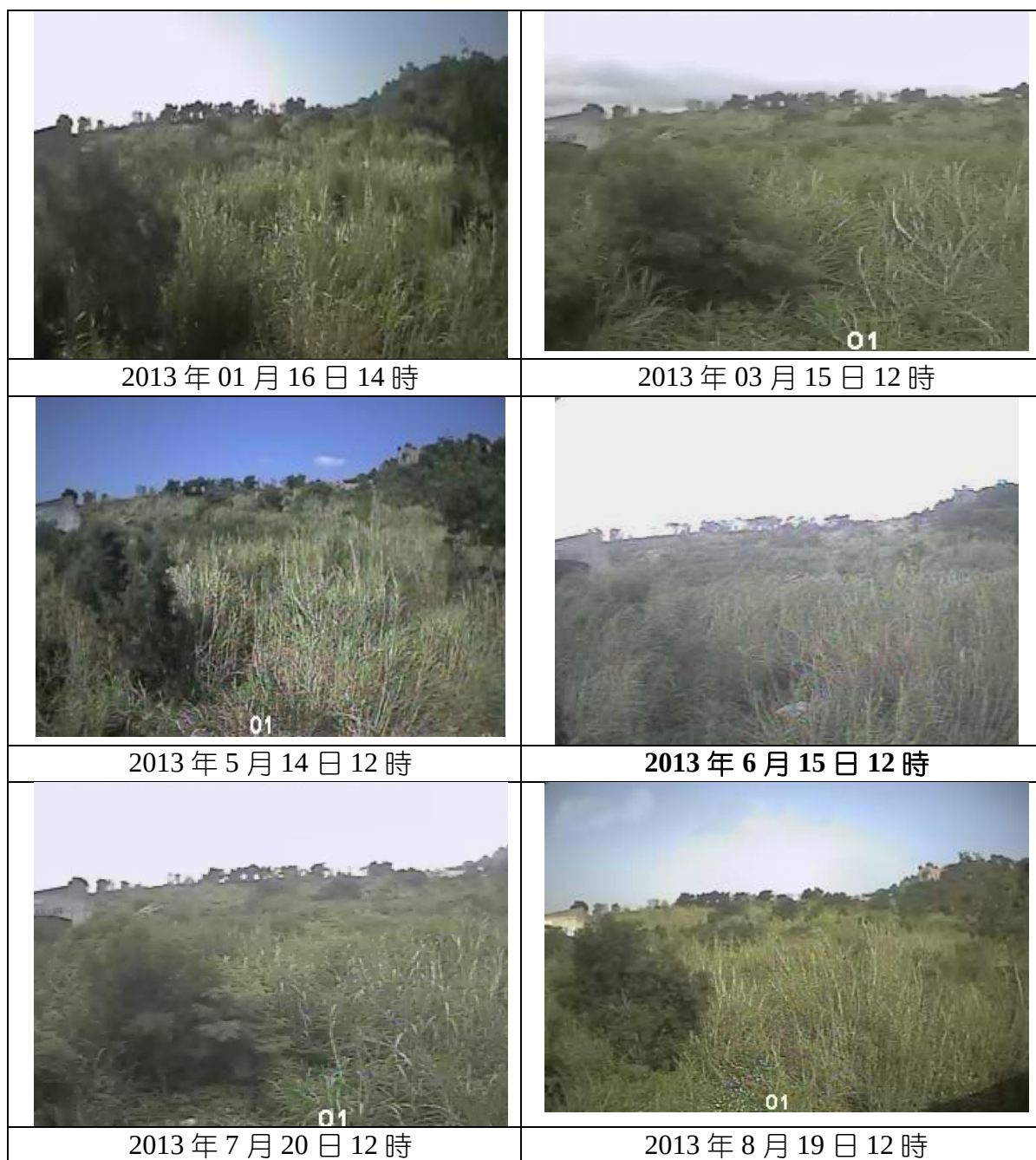


圖 4.64 2013 年 1 月至年 8 月火炎山隧道東側監視影像

本計畫整理 2009 年至 2012 年間影像監視記錄的成果，瞭解這 4 年來地形的變化。圖 3.17 左側為西口歷年的監視影像紀錄，從影像中則可以觀察這四年間 5 號沖積扇土石堆積並不明顯，反而是植生有明顯增加及長高的現象，這可能是代表這個沖積扇已經趨於穩定的狀態。圖中的右側為東口的監視影像，在 2008 年辛樂克颱風後重新改建的土堤及蛇籠已有一些植生長出，到了 2010 年植生已佈滿了整個土堤上，到了 2011 年及 2012 年這些植生則可以明顯看到逐漸的長高，表示這四年來的降雨事件，並沒有對此區造成影響。

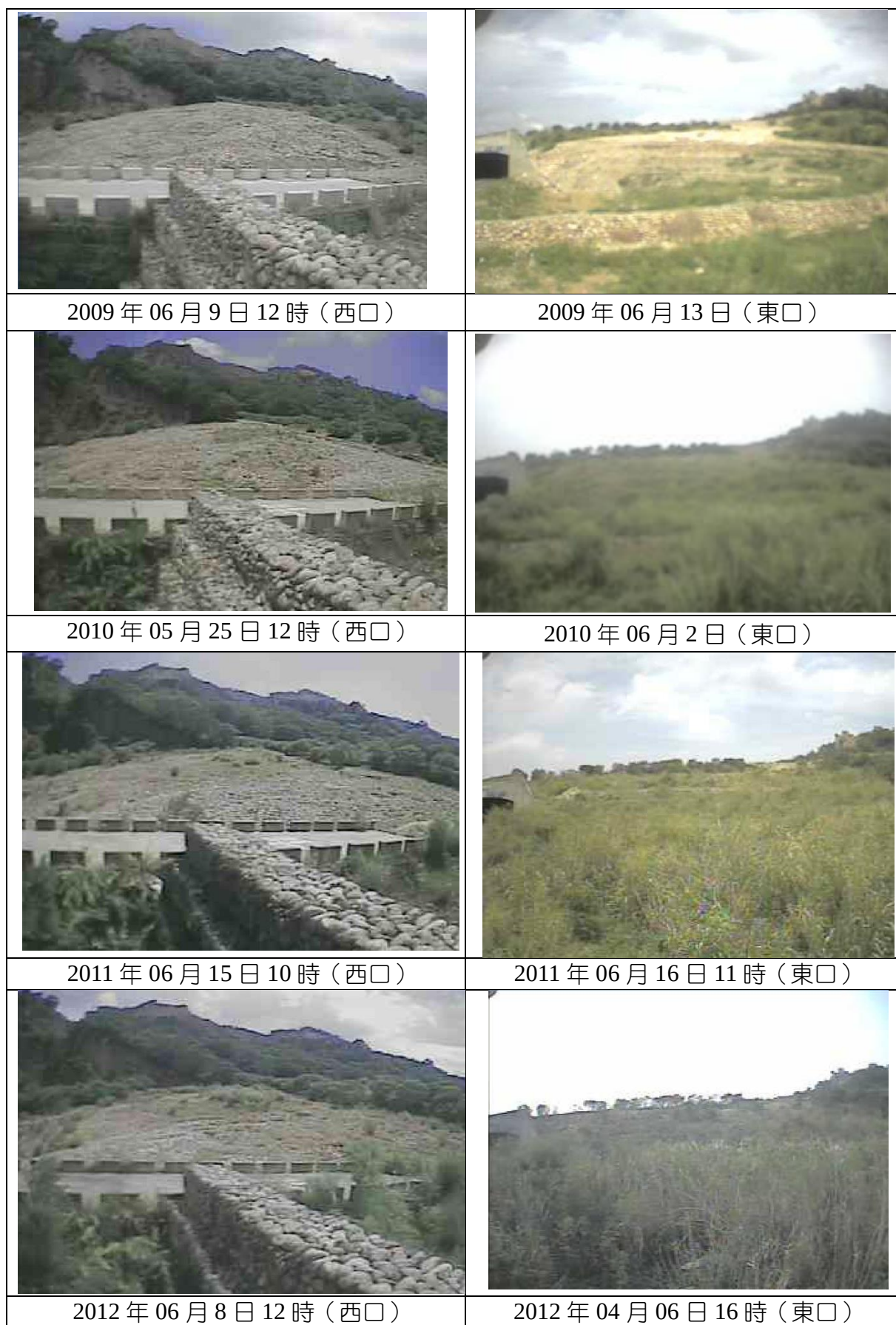


圖 4.65 2009 年至 2012 年火炎山隧道監視影像對照圖

第五節 野外調查

本研究除了透過監視攝影機每天進行觀察外，也會定期到現場拍照與記錄土石堆積的狀況，評估土石可能造成的影響。本研究除了定期進行拍照觀察外，主要變遷的參考為當地植生覆蓋的情形，因為當土石發生變動時，會破壞植生，因此若沖積扇上植生茂密，表示這個區域相對較為穩定。

1.2011 年野外調查說明

在 2011 年 7 月現場觀察，1 號及 2 號集水區沖積扇前端有較多的植生覆蓋，芒草的高度有超過一個人高，表示從 2008 年 9 月辛樂克颱風後這個區域的變動不大，使得植生能持續生長。圖 4.66 位在沖積扇的扇面上方，仍然可以看到有部分的植生分布，表示這個區域變動應該不大。

在 2011 年 9 月現場觀察（圖 4.67），位在隧道西口土堤的內側，為 5 號集水區的下方，土石堆上長了許多芒草，越靠近土堤處植生分布越多。從這些照片資料顯示這些區域在 2011 年間都是呈現穩定的情況。



圖 4.66 2 號集水區沖積扇扇面（拍攝日期：2011 年 7 月 21 日）



圖 4.67 5 號集水區下方土石溝（拍攝日期：2011 年 9 月）

2.2012 年野外調查說明

從 5 月 4 日現場觀察的結果 5 號沖積扇與去年的地形變化差異不大（圖 4.68 及圖 4.69）。另外在 5 號沖積扇的邊緣，可以看到泥土與礫石混雜堆積的區域（圖 4.70），當泥土持續被沖刷，礫石就會發生滾動的現象，這些細微的變化，雖然無法與颱風豪雨事件造成劇烈地形變化相比，但是就長時間而言，也會影響沖積扇地形變遷模式。

在 3 號集水區的部分，在沖積扇的前端因過去沖積扇的土石採取，形成約 2 公尺的崖坡，崖坡的前方有一層泥質的堆積，下方有一些小顆粒的礫岩堆積，直徑約 3-5 公分，在崖坡上方有較多直徑超過 10 公分的礫岩（圖 4.71），因此土石主要是因局部的崩落堆積在崖坡邊緣，整個沖積扇地形變化並不明顯。

在 2 號集水區的出口處，可以看到茂密的植生，表示本區是呈現穩定的狀態，也表示 2 號集水區在 2010 年至今並沒有土石從蝕溝被帶出來，使得植生在此區可以持續生長。

從過去的研究調查發現，火炎山發生降雨事件時，首先會將細粒的物質帶出，因此在沖積扇的前端，大多以泥流的形式產生，在平緩處大多都是泥岩為

主，比較少礫岩，本年度 8 月蘇拉颱風後，則可以清楚觀察到此現象（圖 4.72）。

對照今年 5 月（圖 4.68）及 8 月（圖 4.77）在 5 號沖積扇的照片，蘇拉颱風後可以看出部分區域有堆積的現象，尤其是原本較低窪溝道區域，許多植生已經消失不見，但是就整個扇面坡度而言變化不大，許多小草堆仍在生長在土石堆上，估計高程的變化應小於 0.5 公尺。

在隧道的東口處在蘇拉颱風後也沒有明顯的影響，在隧道口旁的邊坡上與過去植生茂密的情況相同，隧道口由於靠近 1 號及 2 號集水區，過去常常在颱風後，會有一些土石被帶出，未來這部分應持續監測及觀察。

在隧道東口旁的邊坡下方（圖 4.78），在蘇拉颱風過後可以看到地上都佈滿的泥沙，表示在颱風當時有泥流流經於此，但由於路旁有排水溝，在颱風當時泥流則沿著路邊的水溝排出，對道路安全並沒有產生影響。這與過去研究火災山地區當降雨量超過 100 公釐時，就會產生明顯的泥流事件，也在蘇拉颱風中得到驗證。



圖 4.68 5 號沖積扇現場照片（2012 年 5 月 4 日）



圖 4.69 5 號沖積扇上的小溝渠（2012 年 5 月 4 日）



圖 4.70 5 號沖積扇邊緣泥土與石塊的堆積（2012 年 5 月 4 日）



圖 4.71 3 號沖積扇崖坡上方堆積的礫石（2012 年 5 月 4 日）



圖 7.72 2 號沖積扇出口處的植生情形（2012 年 5 月 4 日）



圖 4.73 生長岩壁上的樹叢，在崖邊可看到持續崩落的跡象（2012 年 7 月 14 日）



圖 4.74 在陡坡上右側為新崩落岩層，是近期豪雨事件所產生的（2012 年 7 月 14 日）



圖 4.75 火炎山的地形相當陡，裸露的岩壁都將近垂直（2012 年 7 月 14 日）



圖 4.76 在颱風過後有許多泥流被帶出（2012 年 8 月 3 日）



圖 4.77 5 號沖積扇的土石堆積情形（2012 年 8 月 3 日）



圖 4.78 隧道東口的邊坡（2012 年 8 月 3 日）



圖 4.79 在隧道東口旁的機房（2012 年 8 月 3 日）

3.2013 年野外調查說明

從隧道西側的堤防看 5 號沖積扇(圖 4.80)，沖積扇上已經長出了為數眾多的芒草群，並且沒有看到明顯的溝渠流路。這代表著 5 號沖積扇已經有相當長的時間沒有大量的水流，扇面上呈現穩定的狀態，因此芒草可以安穩的群聚生長。靠近觀察，沖積扇上的礫石目前呈現波浪狀分布，沖積扇上方的排列較為緊湊，下方較鬆，礫石與礫石間由細沙填充的情況相當顯著。此乃沖積扇上的水量小，在無法沖出河道的情況下，僅由沖積扇尾端的礫石縫係間夾帶泥沙滲出，不影響沖積扇的型態。5 號沖積扇目前處於穩定平衡的狀態，未來若無人工疏浚或大豪雨、颱風事件來破壞平衡，5 號沖積扇將可保持目前的型態一段時日。

四號沖積扇的部分，由於之前河道的出口有大量的堆積，成為土石搬運的瓶頸。從瓶頸往上游，土石持續的累積，較去年增高接近 1 公尺。而在瓶頸處之下，在沒有土石沖出的情況下，出口處呈現相當穩定的狀態，兩旁的灌木已經長到超過 1 公尺，並且幾乎能夠攔截河道帶來的逕流與泥沙。因此在照片中(圖 4.81)，4 號集水區外側長滿了綠色的植被，絲毫沒有地形變動的情況發生。



圖 4.80 4 號沖積扇外側長滿植被的景象（2013 年 5 月 10 日）

在最大的 3 號沖積扇，從外側遠觀，看不出沖積扇有發生變動(圖 4.82)。要到達沖積扇上，才能觀察到 3 號沖積扇發生變化的部分。由於 3 號集水區範圍大，可以匯集較多的水流，因此雖然沒有大型降雨事件發生，然而匯集的地表逕流仍然能夠對沖積扇外型發生改變。與去年的情況相較，3 號沖積扇內多發生堆積的情況。雖然沖積扇上仍可見到由水流沖出的河道，然而河道的寬度縮小，河道兩側的落差也縮減，礫石將河道中因沖蝕產生的窪地填平，使沖積扇的表面趨於平整，這在變動量較大的 3 號沖積扇是相當少見的情況。

就堆積量來看，礫石不但填平了部分河道因為沖蝕而顯得低窪的部分，連沖積扇扇體上的礫石高度也增加了些許，降低了沖積扇上地形的崎嶇程度。而部分新堆積的礫石甚至被抬出過去沖積扇的區域，堆積並覆蓋了部分邊界土堤。就目前的情況來看，3 號沖積扇的主河道河床已經高於左側土堤的高度。未來大型降雨事件發生，沖積扇上的土石很有可能會跑出現有河道，衝擊並堆積在照片中綠色植被的區域，形成沖積扇範圍擴張的情況。

2013 年 8 月 19 日在次進行現場調查，觀察 5 個沖積扇的地形變化，調查時為正好在潭美颱風發生前。5 號集水區沖積扇從 2012 年 8 月蘇拉颱風後，經過

一年的時間，地形變化不大，是呈現穩定的狀況。土石流動主要是沿著隧道西口處的土堤內側移動（圖 4.89），然而在隧道西口的上方（隧道西口的頂端），有土石增多的情況，這是未來要注意的地方。

在 4 號集水區的沖蝕溝出口處(圖 4.83)，堆積一些的石土，這些土石並沒有繼續往前堆積，主要集中在谷口處，也長滿許多植生，表示有一段時間土石並沒有從 4 號集水區帶到沖積扇上，形成 4 號集水區沖積扇是火炎山 5 個沖積扇中最小的一個。在沖積扇前方則堆積主要是泥質(圖 4.84)，表示 4 號集水區帶出來的主要以細粒的物質居多，這些泥質的土層上方目前也長了許多植物，意味著這區域是目前呈現穩定的狀況。

3 號集水區沖積扇的土石堆積相當高(圖 4.85)，谷口的位置與 4 號沖積扇比起來有超過 20 公尺的高差，形成相當大的沖積扇扇面。沖積扇扇面一直延伸到隧道旁的河岸，在豪雨來時常有土石滾落至大安溪中。由於 3 號集水區沖積扇是火炎山 5 個沖積扇最大的，堆積的土石量最多，當土石堆積到一定的高度時，這些土石會被帶往大安溪，並不會持續向上堆積，也就是隧道上方土石產生的壓力，並不會超過隧道設計時所能承受的安全係數，但若在隧道內若有相關變形量監測之儀器，也能提供隧道安全更準確數據之參考。

2 號沖積扇跟 3 號沖積扇間隔著兩座土堤，這兩座土堤的兩側也接近被土石淤滿的狀況。靠近 2 號沖積扇的土堤有較多的土石量堆積，推測這些土石有部分是從 1 號及 3 號集水區帶過來的，主要原因是 2 號沖積扇頂部有許多植生長出(圖 4.86)，且谷口相當的窄，表示集水區帶出來的土石量不多。而從現場觀察，1 號及 3 號沖積扇跟 2 號沖積扇都有土石相連的區域，且 2 號沖積扇的位置較低，土石就會搬運往較低的 2 號沖積扇中。

1 號集水區沖積扇土石的流動方向(圖 4.87)，從主要是被帶往沖積扇的西側的 2 號集水區，而中間及東側的部分因土石已堆積很高，除非有更多的土石被帶出來，才有辦法往這兩處搬運及堆積。東側部分曾經在 2008 年辛樂克颱風時因蛇籠被沖毀產生土石流的災害，後來檔土牆及蛇籠重建後，目前以長滿植生，然而近幾年來 1 號集水區持續有土石被帶出的情況下，土石堆積的高度與檔土牆的高度已經一樣，具有潛在災害發生的危險，應持續觀察。



圖 4.81 3 號沖積扇沖蝕河道的景象（2013 年 5 月 10 日）



圖 4.82 5 號集水區沖積扇（2013 年 8 月 19 日）



圖 4.83 4 號集水區沖積扇（2013 年 8 月 19 日）



圖 4.84 4 號沖積扇（隧道上方）（2013 年 8 月 19 日）



圖 4.85 3 號沖積扇（2013 年 8 月 19 日）



圖 4.86 2 號沖積扇（2013 年 8 月 19 日）



圖 4.87 1 號沖積扇（2013 年 8 月 19 日）



圖 4.88 1 號集水區東口隧道邊坡（2013 年 8 月 19 日）

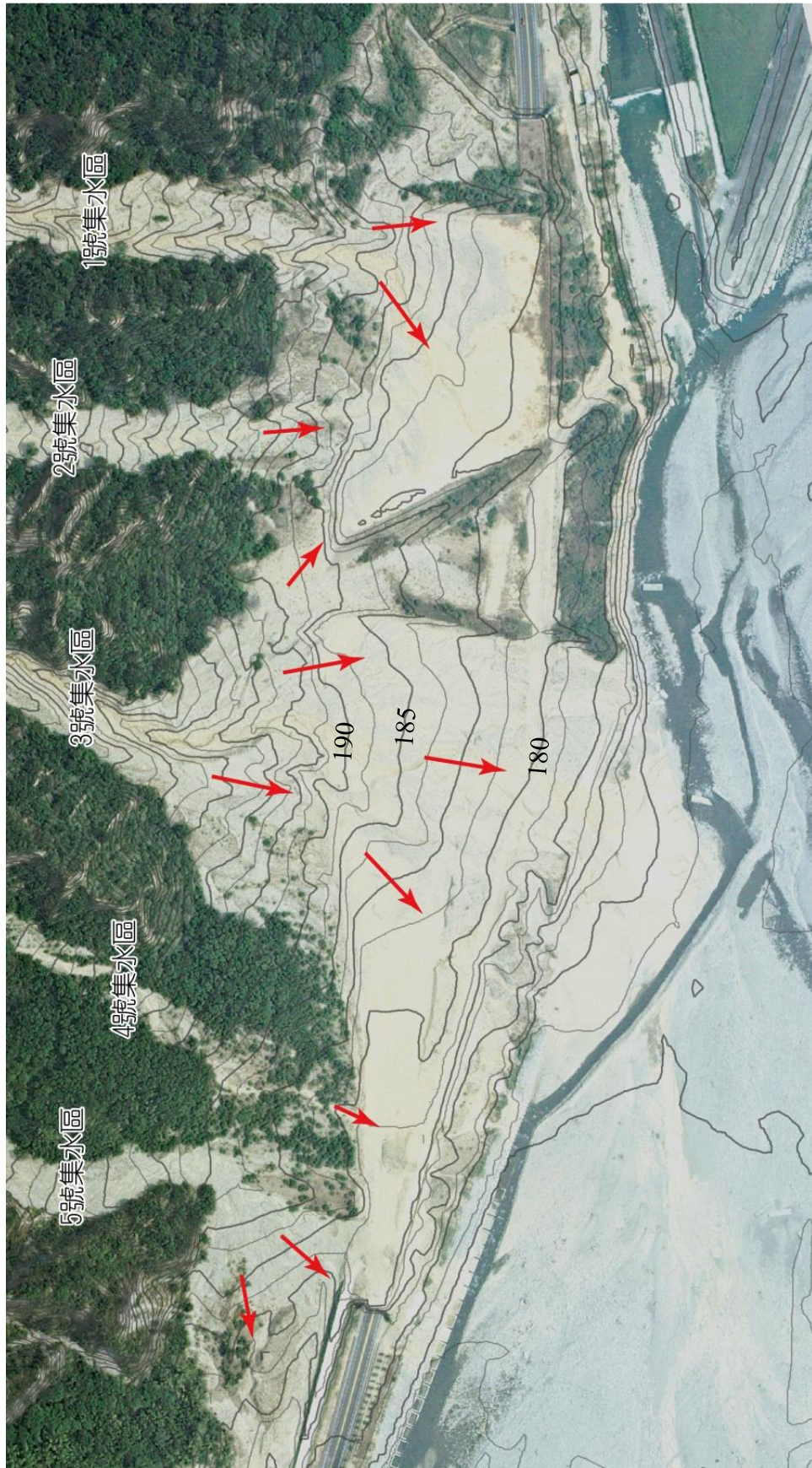


圖 4.89 火炎山沖積扇土石流動示意圖

第六節 社區參與

本計畫在社區參與的部分，共舉行 2 次討論會與 2 次野外實察，分別為「火炎山土石流對當地影響討論會」、「火炎山社區參與說明會」、「火炎山登山路線勘查」、「火炎山監測及社區環境教育實察活動」。期望透過與社區合作，達到永續監測的理想，並提升在地居民對火炎山的認同感與使命感。

1 火炎山土石流對當地影響討論會

於 2011 年 11 月 30 日上午 9:00 舉辦「火炎山土石流對當地影響討論會」，邀請當地社區文化及保育團體及相關政府機關共 16 人參與本次討論，討論會由主持人說明火炎山的自然地景以及環境變遷的過程，讓當地居民對於自己生活周遭的自然景觀有更深層的認識。會議時參與的民眾反應非常熱烈，也提出對自然保留區的建議及環境安全的看法，詳見會議記錄。

本次會議透過與民眾之間的討論，也瞭解了當地居民對火炎山自然保留區的看法，有些可作為將來後續研究的方向與目標，一方面也協助居民瞭解火炎山自然環境變遷及安全上的疑惑。希望將來經過多次的討論及互動，能與在地居民合作，一起推動地景保育的工作。

2.會議記錄

會議主題：火炎山土石流對當地影響討論會

時間：2011 年 11 月 30 日早上 9:00-11:00

地點：火炎山生態教育館 3 樓視聽室

主持人：林俊全

出席人員：如附簽到表

說明：

Q1 保護區界線會不會變？

答覆：過一定時間後就需要重新檢討，建議約每十年進行一次評估。

Q2 山崩會不會延伸到裕隆公司？

答覆：有生之年是不可能的

Q3.火炎山上有三義鄉公所的垃圾場，對環境的影響？

答覆：垃圾場位於火炎山後方的山上，不在保留區的範圍內，垃圾所產生的物質流(如汙水、瓦斯氣體)對環境的影響是一定會有的，但是否會是直接性、即時性則需要研究才能證實。

Q4 把火炎山的沉積物全部挖光會發生什麼事情？

答覆：棲地變遷、地形變遷、加速地表侵蝕、地景消失

Q5.風化層裡面有泥巴混石頭，那是什麼？

答覆：沖積扇與低處為香山相，岩性和高處的火炎山相有很大的不同，同時在香山相的區域還有一些古沼澤地的存在(ex:沉積物當中有碳化木)

Q6.火炎山的膠結物是怎樣？

答覆：二氧化矽的顆粒、以黏土為填充物

Q7.舊有斷層有沒有可能再度發生地震

答覆：有可能(ex:車籠埔斷層)，三義街上一直延伸到九華山山腳的斷層帶很顯著，雖然目前沒有引發地震的紀錄，但未來要多加注意

Q8F1.很多以前在三義跟火炎山周邊可見的現象現在都不見了(如沖積扇的變化)

答覆：誠如前段所言，這裡是具有高動態的特質的地區，外營利作用改變地貌相當顯著。

Q9.有沒有可能把保留區畫大一點，防止偷挖砂石

答覆：林管處：畫大與否是取決於在地的意見，雖然地主是林務局，但這裡也是居民生活的場域，因此要和地方民眾取得共識才能將保留區的範圍擴大。

Q10.隧道頂部的土石乘載量是否有極限？

答覆：照目前的堆積量來看，自然邊坡發育的情況不會堆超過 10 公尺，隧道安全是 OK 的。

Q11.裕隆公司那塊地的地質狀態有可能發生地滑嗎？

答覆：針對裕隆山的地質勘察情況需要進行回顧，而裕隆公司本身因為不能賣砂石，就算新廠區開發要挖，也不能把棄土轉賣，現有轉移土方與填方等並非營利行為，請居民不要過度擔心。

Q12.根據本地社區人士調查的結果。裕隆旁邊有新路開發，是要拿來挖土方賣錢？

答覆：新竹林管處回應：那條路是林務局臨時開闢進入林班地中，主要是林班地內的承租地進行林業活動（砍樹或植栽），跟裕隆公司無關，之後路徑就會廢除。

Q13.村民認同設廠，但是對於賣土方亂搞環境真的很擔心

裕隆公司回應：裕隆因為根本無法賣砂石，所以沒有利基去做這件事情，加上裕隆廠區的環境狀態非常好，生物數量也相當多，裕隆的垃圾也是列管處理，並沒有到處亂丟的問題。大體來說，裕隆公司相當注重三義廠區的環境保護，有興趣的人可以進來逛逛。

Q15.火炎山似乎沒有大山崩，為何？

答覆：因為火炎山坡度平緩、加上火炎山組成多為細粒物質，並不像中南部山區等沿著地層界線發生大型地滑事件。



林俊全理事長主持討論會



新竹林區管理處說明討論會的目的



當地居民提問

2. 火炎山登山路線勘查

2012 年 10 月 30 日早上 7 點於火炎山登山口與山柑登山協會及當地居民共 20 位，進行登山路線調查及地形變遷的勘查，瞭解地形變遷對登山路線的影響，並在登山過程中與當地居民進行溝通討論，瞭解當地居民對於登山道路的安全及地形監測的想法，必希望能建立相關的監測機制，能夠保障當地居民及登山活動的安全。調查結果除了協助提供最新的登山現場資訊，並將調查結果製作成火炎山登山地圖，作為當地社團及民眾登山時的參考。



圖 4.90 與山柑登山協會及當地居民在登山路口處合影

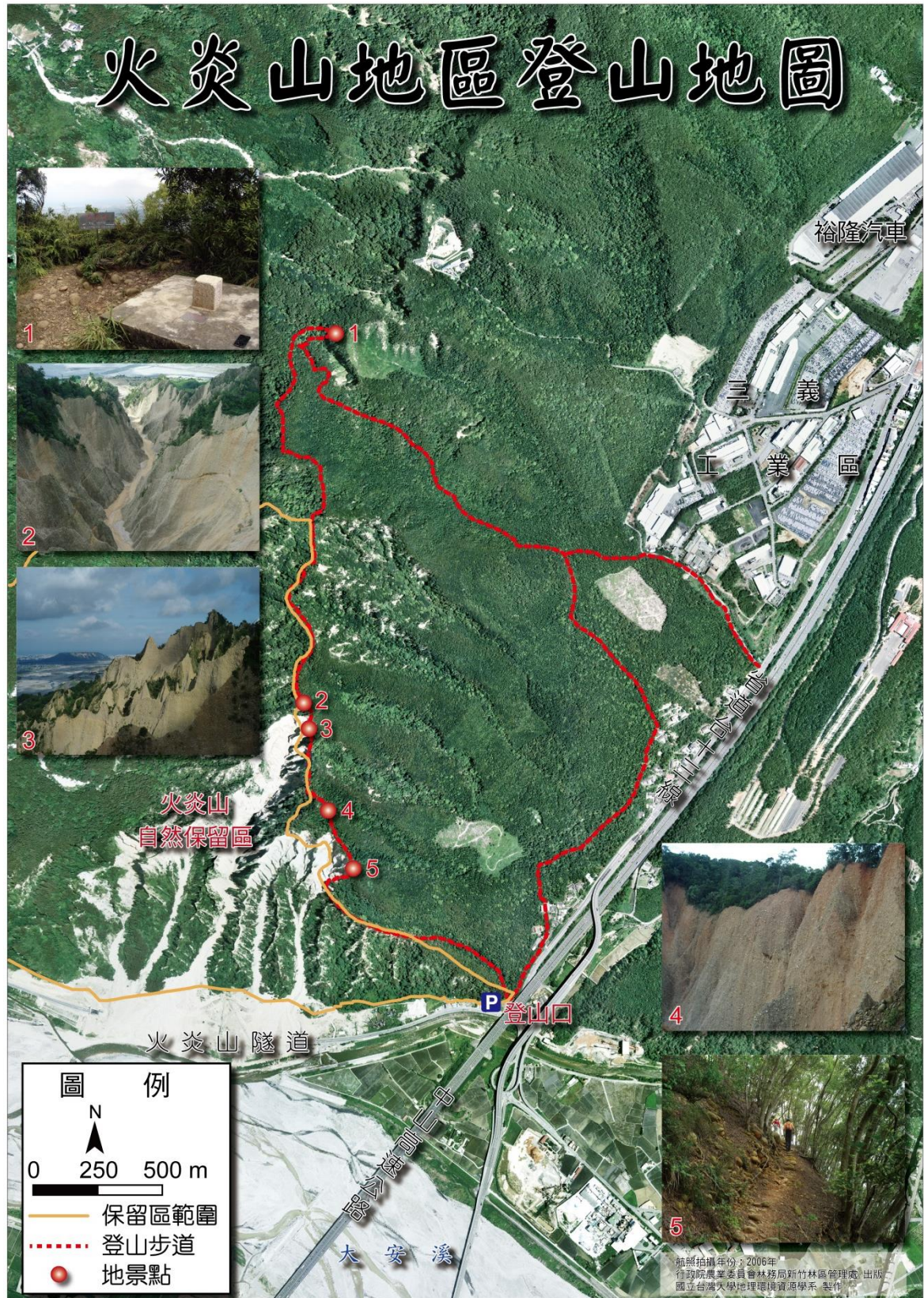


圖 4.91 火炎山登山地圖

3. 火炎山社區參與說明會

本計畫在 2012 年 11 月 3 日下午假火炎山森林生態教育館舉辦「社區參與火炎山地形變遷監測說明會」，本次活動主要是跟社區說明近年來火炎山地形變遷及雨量監測的成果，讓當地居瞭解到過去發生的災害事件與降雨之間的關係，提升對環境災害的意識。並當地居民的溝通討論，提供可以自行監測地形變遷及觀測降雨量的方法，提供居民在災害發生前進行自我保護的措施，以減輕災害可能造成的生命財產的損失。

當天參加的人數約 20 人，主要為當地登山協會、保育團體及居民，本次除了由臺大地理系林俊全教授教導居民地形監測及雨量觀測的方法，當地居民也分享了火炎山地形變遷觀察的經驗，互動相當熱絡。

在說明會中也示範及介紹簡易雨量桶的製作方法（圖 4. 92），希望當地居民瞭解降雨量與土石流發生之間的關係，讓居民自行量測雨量，當降雨量超過 100 公釐時儘量不要靠近火炎山隧道或進行相關的災害通報，提升居民對隧道安全的認知。

簡易雨量計製作方法

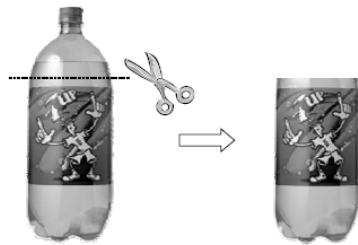
台灣大學地理環境資源學系
林俊全 教授
2012. 11. 3

材料

- 2公升保特瓶
- 量杯及秤子
- 石膏（500公克）
- 水（400毫升）
- 直尺一根（長度12公分）
- 小刀或剪刀一把
- 筷子一根
- 透明膠帶

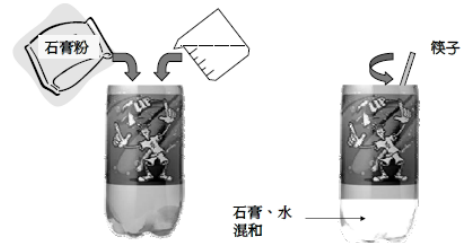
步驟一

- 將2公升保特瓶從上緣剪開成直桶狀



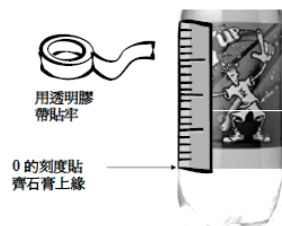
步驟二

- 將500公克的石膏及400毫升的水加入保特瓶中，並用筷子攪拌均勻。



步驟三

- 在保特瓶上黏貼有刻度的紙或尺，0的刻度要貼齊石膏的最上部（建議等石膏乾掉後再貼比較準確）



簡易雨量計放置地點

- 放在空曠且沒有障礙物的地方
- 高出地面30cm，以防止附近雨水濺射

圖 4.92 雨量計製作方法說明

4. 火炎山監測及社區環境教育實察活動

於 2013 年 5 月 18 日早上 7 點 30 分於火炎山登山口進行火炎山監測及社區環境教育實察活動，參加人數共 29 人，此活動主要沿著火炎山登山步道進行邊坡後退的觀察，並由林俊全教授講解邊坡後退的成因及作用，活動行程如表 4.3。

除此之外，本計畫在步道的邊坡上設置 6 處監測點（圖 4.93），以步道邊緣起算，每間隔一公尺則設立一處監測樁，最多設立三個，分別以紅色、黃色及綠色來區別，最靠近步道的為紅色，靠近邊坡的為綠色，當邊坡持續後退，最先崩落的為綠色的監測樁，當邊坡剩下紅色的監測樁，則表示步道目前處於危險的狀態，木樁設置及研究成果說明於第七節。

監測樁的設立，除了做為步道危險的警示參考，透過社區人士或登山協會等每月定期的拍照，可協助管理處掌握目前步道的狀況，定期的拍照資料，可進一步分析邊坡後退的速率及影響，監測的成果也可成為環境教育教材的使用。

表 4.3 火炎山監測及社區環境教育實察活動說明表

活動名稱：	火炎山監測及社區環境教育實察活動
時間：	2013 年 5 月 18 日(星期六)上午 7:30
地點：	火炎山登山步道入口處停車場
主持人：	台大地理系林俊全教授
報名人數：	40 人
議程：	7:30 登山步道口集合 7:30~8:30 登山步道實地考察及教育訓練 8:30-9:50 隧道口兩側土石流觀察及教育訓練 9:50~10:30 討論 10:30 解散

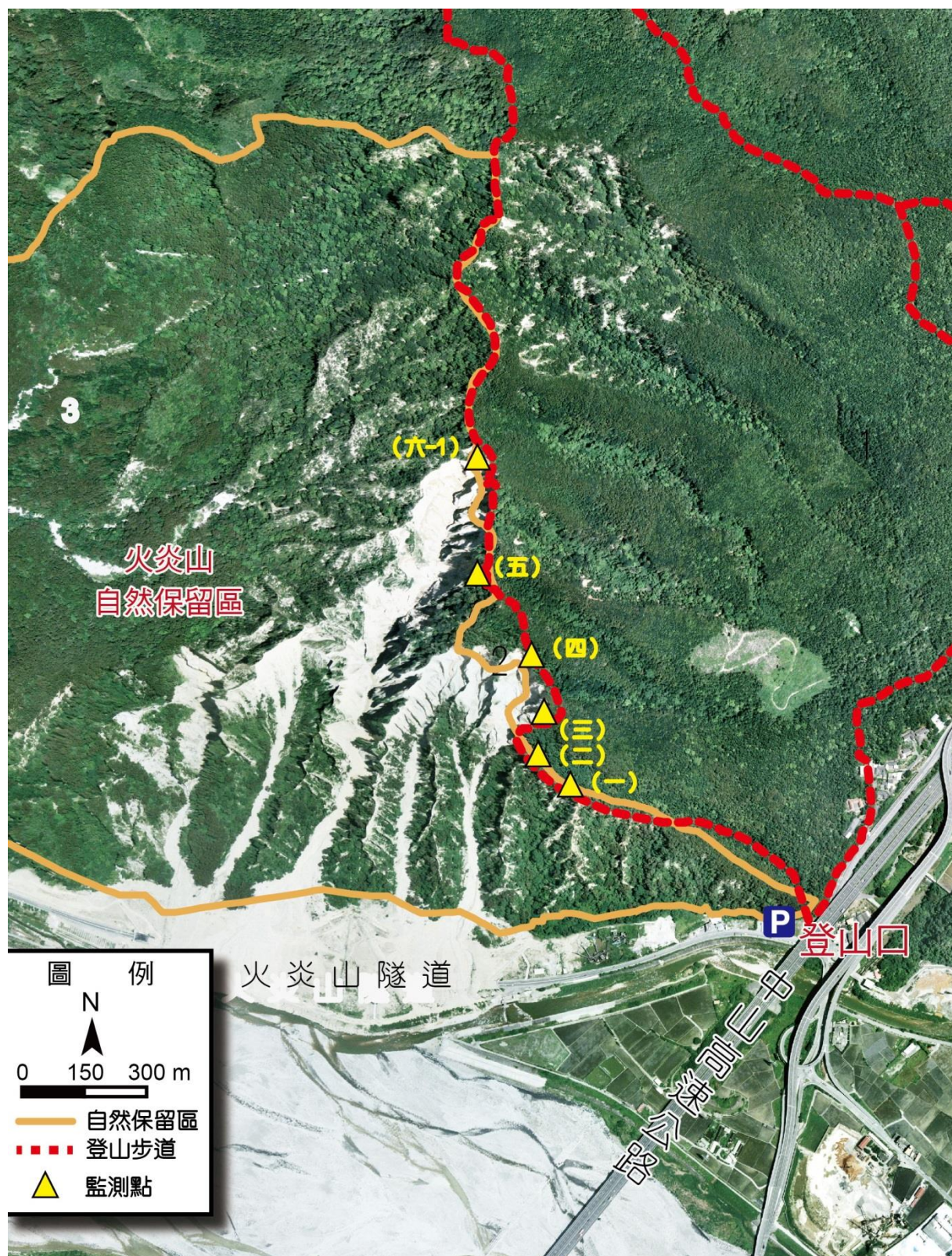


圖 4.93 邊坡監測木樁設置位置圖，如黃色三角形位置

5 社區參與火炎山監測公聽會

本計畫在 102 年 10 月 6 日舉辦社區參與火炎山監測公聽會，議程如表 4.4。舉辦公聽會是要瞭解當地居民對火炎山地形變遷的看法，以及將來管理措施對當地的影響。參與這次活動的人數約 20 位，並由山柑登山協會展示與本單位在地形監測方面合作的成果，經過近幾個月的觀察，火炎山登山步道的邊坡有很大的變化，這些觀測的結果，也對參與監測及釘樁活動居民有很大的衝擊，瞭解到火炎山地形變化之快速。這些將來以可由居民自行來觀測及紀錄，監測的成果也可提供解說及環境教育的參考資料。

表 4.4 社區參與火炎山監測公聽會說明表

活動名稱：	社區參與火炎山監測公聽會
時間：	102 年 10 月 6 日（星期日）上午 10：00 分
地點：	火炎山森林生態教育館多媒體播放室（3F）（地址：苗栗縣三義鄉中正路 73 號）
主持人：	台大地理系林俊全教授
報名人數：	40 人
議程：	10：00~10：40 火炎山土石流監測及隧道安全的影響 10：40~11：00 火炎山地形監測成果發表（山柑登山協會） 11：00~12：00 土流災害的應變措施及討論 12：00 會議結束

本次公聽會的討論內容說明如下：

（1）山柑登山協會會長：雨量和測風的即時資料可以透過何種管道來索取？因為居民常常會在此地活動，我們想立即知道當地的測量資料，來判斷是否該上山。老師回應：目前設備和技術不夠，所以還無法提供即時的資料，目前只能將資料整理下來。希望下個年度能設置完成，提供即時資料。

（2）苗栗縣客家文化推廣協會總幹事：希望能與居民合作，因為本協會主要是做幕後調查與步道的維護。希望透過與居民合作來保護這塊土地。未來希望靠山柑

登山社的實際登山來做山區安全的第一線調查，而本協會做遊樂的推廣與安排並將其推廣出去。

老師回應:很希望當地社區與各單位合作推廣當地的自然景觀。

(3) 居民:6 號樁掉落是不是向源侵蝕的一種?

老師回應: 是，尤其是 90 度的後退。在台灣這些地方變化極大，在保護區外也能看的到，很值得作為環境教育的一環。

居民:最近幾年火炎山變化很大，40 年前走河床都看的到的景觀到現在都看不到了。

老師回應:我第一次來是民國 67 年，只能步行進入火炎山。那時還是砂石場，後來跟著王鑫老師一同調查，被行政會農委會指定為第一個自然保留區。現在有 21 個自然保留區，其中第 20 個是澎湖縣政府為了阻止核廢料進入本島而設置的，目前在規畫成為國家公園。

(4) 林務局站長:很多年在思考火炎山的變動情形是如何，這幾年和客家文化協會合作的計畫而在火炎山釘了 3 根樁，且與登山協會合作監測樁的變化。今年和林老師合作在 5 月 18 日也釘了 6 個點，第 6 個點在三個月以內所有的樁都消失了，而釘樁的鄭大哥看到自己釘的樁掉了會有什麼感覺?我相信會有些想法。在整個過程可以看到火炎山一直在變，而變動快速，但有生之年他還是不會被侵蝕掉的，因為火炎山很大，雖然每年看見他的變動會有感觸，但我們要調適心情接受火炎山的變動，因為這也是火炎山的特色。

鄭大哥:我們要好好保護土地，看見崩落的土地很不捨。

(5) 居民: 康芮颱風後，在三號沖積扇溝底形成兩個小池塘，是難得景觀。剛開始看到的時候水是很清的，下雨後變濁。

老師回應:謝謝告訴我這個資訊，剛下雨水會變濁，而再過幾天又會變清澈。可用寶特瓶裝池水來看他的沉澱速度。在往後幾個月，希望設置解說牌，在經過時當地人可以向遊客和朋友解說。還有火炎山航空照片，可以看出歷年颱風造成的變化，而我們也會寫解說提供各位解說用。希望未來這裡可以變成環境教育中心，

未來需要各位協助，在這裡成為解說員的訓練中心。希望來參加活動者要向他們收費，是持續發展經營的重要措施，在未來能成為很好的環境教育中心。我們會將文件給管理處，將來各位可看文件來解說當地景觀。希望未來能常常來拍照，10 年下來資料可觀，照相希望各位來拍照捕捉。接下來五號點位將會很重要。登山地圖電子檔也做好了，可來索取。

（6）居民:登山地圖，希望你們能勾幾條路線，讓路線更完善。

老師回應: 沒問題，但需要有人提供 GPS 提供登山步道軌跡。只要提供給我們軌跡，就可以把登山路線畫上去。

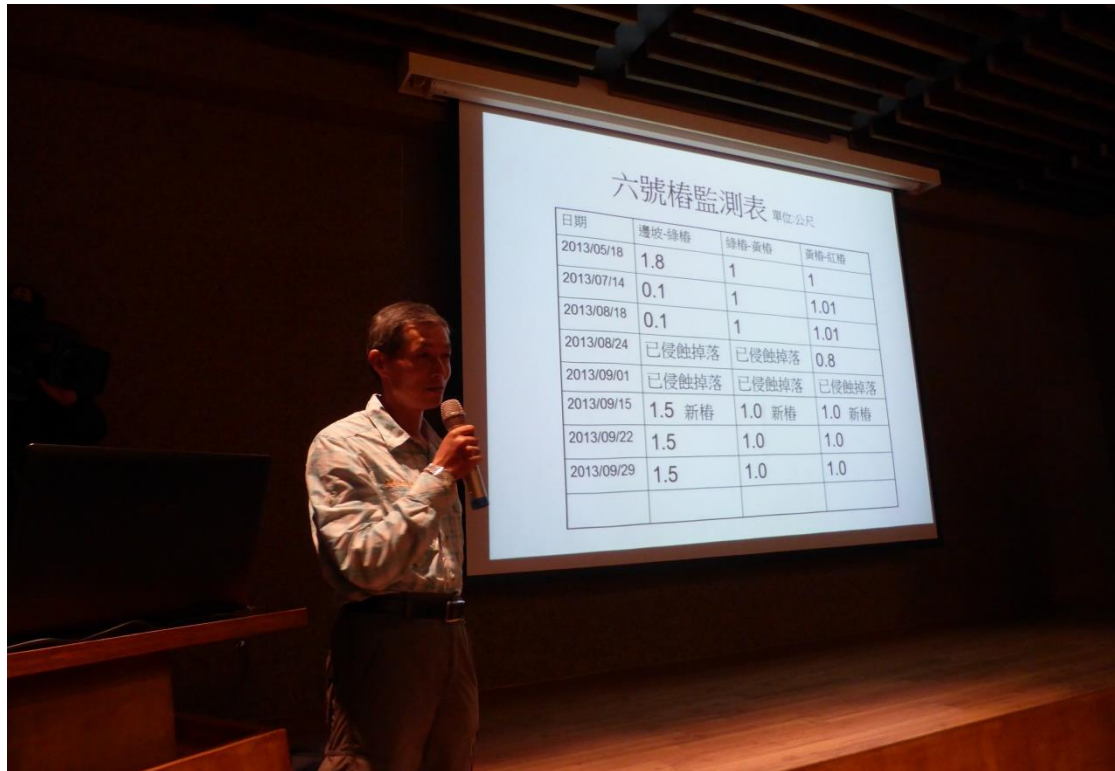


圖 4.94 山柑登山協會理事長說明登山步道監測成果



圖 4.95 公聽會討論情形

第七節 火炎山邊坡監測木樁設置成果

一、沖蝕樁設置目的

本計畫利用沖蝕樁設置於邊坡頂部，用以監測邊坡後退速率，同時達到警示作用。根據邊坡發展模式得知，此處邊坡屬於「平行後退」模式，故若發生侵蝕作用，綠色沖蝕樁首當其衝，而當紅色沖蝕樁出露地面時，則代表邊坡已緊鄰步道，將可能造成災害，遊客應盡速通報相關單位。

二、沖蝕樁設置地點與方法

在火炎山地區靠近大安溪的部分，主要可以劃分為五個小型集水區，每一個集水區都各自發展出沖積扇，其中以三號與四號集水區的沖積扇規模最大。本次計畫所使用的沖蝕樁設置於六處共計 18 根，分布於登山步道 500 公尺處、一號集水區東側和三號集水區東側，每點監測站共三根木樁，每根沖蝕樁的底面積直徑 5 公分、柱身長 40 公分，利用槌子打入邊坡頂部，且利用火炎山礫石層緻密的特性，可牢固的抓住木樁，依距崖坡距離，由近到遠，分別漆上綠、黃、紅色，並測量每根木樁距離崖坡位置，以作為日後比較邊坡後退速率之用，木樁之相對位置如表 4.5。

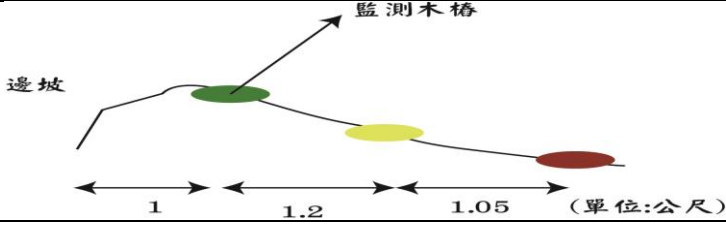
表 4.5 監測木樁離崖坡長度表

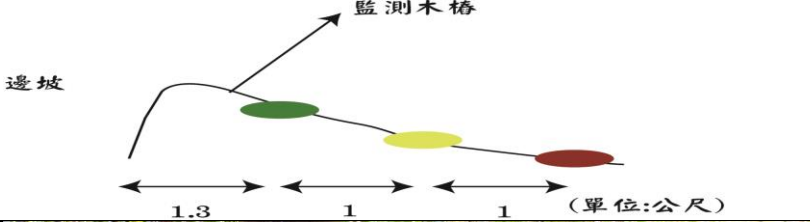
監測站次序（公）尺	綠	黃	紅
一	1	2	2.97
二	1.3	2.31	3.31
三	1	2.4	3.46
四	2	3.12	4.22
五	2.6	3.77	5.02
六	1.8	2.8	3.8

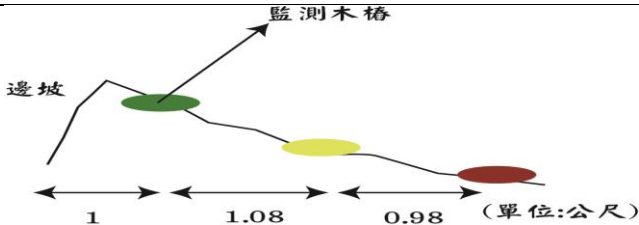
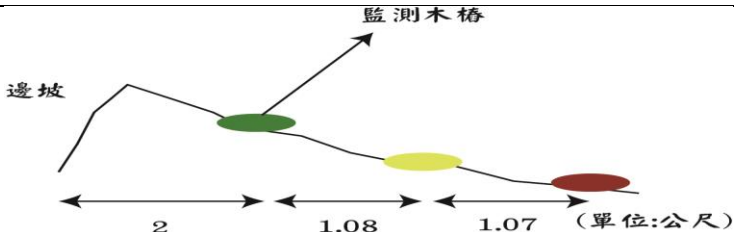
三、監測站點位說明

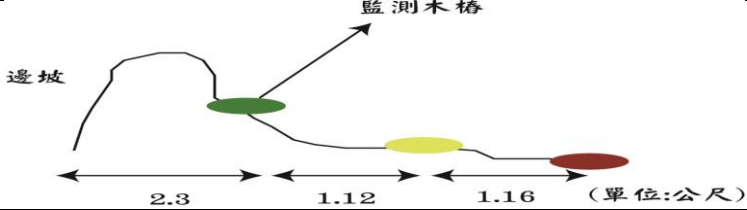
本計畫於登山步道 500 公尺處、一號集水區和三號集水區，全長兩公里，共計設有六個監測站，用以觀測邊坡後退的速率，由於各站點間，植被條件與地形

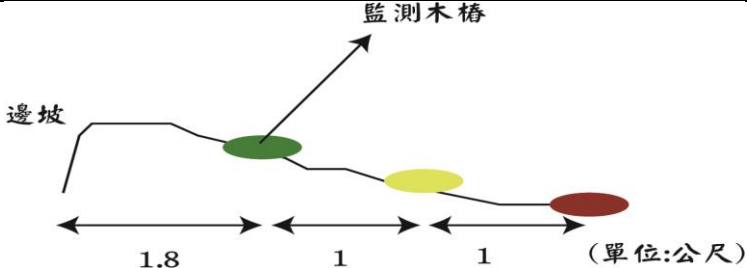
特徵不同，當面臨侵蝕事件，如颱風或是豪、大雨時，所造成的邊坡侵蝕速率與機制皆不盡相同，以下則針對各監測站說明其地理環境特徵，包含邊坡照片、經、緯度、坡頂形貌與周圍環境概述，用以日後探討邊坡侵蝕機制之用。

監測站一	
經緯度	坡頂形貌： 監測站一位於步道 500 公尺處，地勢低緩，植被稀疏，土壤淺薄，礫石少見，附近有木本植物。
24°21'36.16"N 120°43'52.62"E	

監測站二	
經緯度	坡頂形貌： 監測站二位於步道約 530 公尺處，地勢低平，植被稀疏，土壤淺薄，可見中礫至巨礫分布，附近有木本植物，可見突起樹根，顯示此處土壤侵蝕嚴重，樹根出露。
24°21'37.98"N 120°43'50.38"E	
監測站三	
經緯度	坡頂形貌： 監測站三位於步道約 800 公尺處，地勢低緩，位於一號集水區

	崖頂後側低緩處植被稀疏，土壤淺薄，可見中礫至巨礫分布，附近有木本植物茂密，地面可見突起樹根，顯示此處土壤侵蝕嚴重，樹根出露，目前已拉起紅色封鎖線，禁止遊客進入。
24°21′.43.87″N 120°43′51.24″E	
監測站四	
經緯度	坡頂形貌： 監測站四位於步道約一公里處，緊鄰一號集水區，地勢陡峭，土壤淺薄，可見中礫至巨礫分布，附近有木本植物茂密，崖坡平行後退現象非常明顯，附近已見有樹木向集水區下游方向倒塌，因步道侵蝕嚴重，目前已封閉步道。
24°21′.47.03″N 120°43′49.55″E	

監測站五	
經緯度	坡頂形貌： 監測站五位於步道約一·五公里處，緊鄰三號集水區，地勢平緩，土壤淺薄，植被為六個監測站中最为茂密，可見小礫至巨礫密集分布，附近有木本植物茂密，崖坡侵蝕嚴重，已拉起紅色封鎖線，禁止遊客進入。
24°21'57.21"N 120°43'46.86"E	

監測站六	
經緯度	坡頂形貌： 監測站六位於步道約一·五公里處，緊鄰三號集水區頂部，地勢平緩，土壤淺薄，可見小礫密集分布，附近木本植物較少，崖坡平行後退相當嚴重，已拉起紅色封鎖線，禁止遊客進入。
24°22′.00.38″N 120°43′45.37″E	

四、地形監測分析

沖蝕樁設置日期 2013 年 05 月 18 日，當天進行沖蝕樁相對位置的測量工作，以作為原始資料，並於 2013 年 08 月 19 日、及 2013 年 08 月 23 日（潭美颱風後）及 2013 年 09 月 10 日進行沖蝕樁相對位置的測量，所得數據進行比對，可推得邊坡後退速率與地貌變遷，記錄表如附錄一。

（一）第一次測量分析（2013 年 05 月 18 日到 2013 年 08 月 19 日）

1. 降雨分析

根據雨量資料¹，火炎山自 2013 年 05 月 18 日到 2013 年 08 月 19 日之總降雨量共計 903 公釐，且集中在 8 月份，達 52%，5 月下半月降雨量達到 95.2 公釐，6 月降雨量達 276.2 公釐，7 月降雨量則為 62 公釐，8 月雨量則暴增到 469.6 公釐，表 4.6 為自計式雨量降雨資料。根據降雨沖蝕指數之定義，計算歷史降雨沖蝕指數，首先必須對降雨事件作定義，本計畫使用 Wischmeier and Simth (1978) 發展之通用土壤流失公式(Universal Soil Loss Equation, USLE)，公式中定義歷年有效降雨事件有兩項條件(1)一場降雨雨量大於 12.7mm 且與該場降雨間隔 6 小時以上無降雨、(2) 一場降雨雨量小於 12.7mm，但在 15 分鐘內達 6.35mm。

表 4.6 火炎山雨量資料

	5 月	6 月	7 月	8 月
降雨量(mm)	95.2	276.2	62	469.6
降雨日數 ² （天）	8	13	11	5
有效降雨事件數（場）	3	8	2	1
最大降雨強度 (mm/hr)	11.6	25.2	27.2	32.4

火炎山的降雨型態多為午後短暫陣雨，或發生在清晨溫差較大的時段，5 月 18 日早上 6:30 至 5 月 19 日凌晨 1:30，降雨量達 22 公釐，最大降雨強度(I30)達

¹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。

² 降雨日數的定義為單日降雨量超過 0.2 公釐

7.2mm/hr，6月19日下午1:00至5月20日凌晨1:00，降雨量達43.4公釐，最大降雨強度(I30)達11.6mm/hr，5月29日凌晨0:00至5月29日凌晨5:30，降雨量達12.8公釐，最大降雨強度(I30)達6.4mm/hr，其餘降雨量則僅1公釐或不足1公釐，6月11號下午9:30至6月12日早上6:00，降雨量達16.8公釐，最大降雨強度(I30)達15.2mm/hr，6月12號下午9:00至6月13日下午9:00，降雨量達85.4公釐，最大降雨強度(I30)達23.6mm/hr，6月21日更出現最大降雨強度(I30)25.2 mm/hr，7月有效降雨事件有兩場，發生在7月25日和7月27日，總降雨量雖然不大，皆在15公釐以下，但最大降雨強度(I30)皆大於25mm/hr，而此種高降雨強度的降雨類型，是否為火災山邊坡後退的主要侵蝕作用，目前尚無足夠證據能夠證實。而8月份截至8月19日之降雨強度與降雨量均遠大於先前月份，8月2-4日三天之內就下了440.8公釐，最大降雨強度(I30)達32.4mm/hr。

2.沖蝕樁位置現場說明

本計畫分別在各次測量外業時，拍攝沖蝕樁與周圍地貌，主要期透過照片的比對，了解期間內沖蝕樁附近的植被、礫石數量、地形、邊坡後退的變化。

自2013年05月18日到2013年08月19日，整體而言，一號、二號、五號監測站的變化不大，只有草本植物變得茂密，礫石與邊坡後退變動皆不明顯，而四號與六號監測站的邊坡後退現象明顯，嚴重影響周圍植被與樹木生長。



上圖為一號監測站，地勢低緩，土壤淺薄，礫石少見，地表佈滿枯葉，附近有

木本植物。與前期相比變化不大，可見草本植物變得比較茂密。



上圖為二號監測站，地勢平坦，可見樹根出露，顯示此處的土壤侵蝕嚴重，但邊坡後退不明顯，與前期相比變化不大。



上圖為三號監測站，相較其他監測站，三號監測站的礫石表面布滿青苔，礫石以中礫至巨礫為主，且地表佈滿枯葉，顯示此處的侵蝕現象較不明顯，呈現亞穩定階段。



上圖為四號監測站，地勢陡峭，圖中可見部分樹木已經倒向集水區下游，邊坡呈現明顯的橘紅色，與前期相比，邊坡後退非常嚴重，不過可見此處的礫石佈滿青苔與地表也佈滿落葉，呈現此現在應與火炎山邊坡後退為平行後退型態有關，故邊坡頂部以落石崩落的形式後退，由外向內以塊體侵蝕崩落，並不會干擾崖坡周圍的地表形貌。



上圖為六號監測站，與前期相比，綠色沖蝕樁距離崖坡非常近，且出現很明顯可見一道裂隙，但礫石尚未掉落，地表則佈滿植物殘根，由圖推測火炎山的邊坡由礫石與紅土組成，故礫石與紅土互相支持，礫石扮演支撐邊坡的角色而紅土則作為礫石彼此鑲嵌的材料，此處的邊坡極為不穩定。

3.測量結果

此次測量結果自 2013 年 05 月 18 日到 2013 年 08 月 19 日，如表 4.7，只有第四號與第六號監測站邊坡後退明顯，其餘四處監測站大致變化不大，第四號監測站後退近 1 公尺，第六號監測站後退 1.58 公尺，一號監測站則小幅後退 0.1 公尺。

表 4.7 沖蝕樁相對位置變化

單位:公尺

	一號	二號	三號	四號	五號	六號
邊坡-綠樁	0.93 (-0.1) ⁴	1.3(0)	1.4(0)	1.03 (-0.98)	2.6(0)	0.22 (-1.58)
綠樁-黃樁	1(0)	1.01(0)	1(0)	1.12(0)	1.17(0)	1(0)
黃樁-紅樁	0.97(0)	1(0)	1.06(0)	1.12(0)	1.25(0)	1(0)

(二) 第一次測量分析 (2013 年 08 月 19 日到 2013 年 08 月 23 日)

1.降雨分析

2013 年 08 月 19 日到 2013 年 08 月 23 日上午 9:30 之總降雨量共計 235.8 公釐，最大降雨強度(I30)56.8 mm/hr，降雨延時 37 小時，主要降雨來源為潭美颱風所帶來的颱風雨。

表 4.8 火炎山雨量資料(08 月 19 日到 08 月 23 日)

	氣象測站
降雨量(mm)	235.8
降雨日數 ⁵ (天)	3
有效降雨事件數 (場)	1
最大降雨強度(mm/hr)	56.8

³ 2013 年 08 月 19 日的測量數據。

⁴ 括弧內數據為 2013 年 08 月 19 日與前期測量數據相減之結果。

⁵ 降雨日數的定義為單日降雨量超過 0.2 公釐。

2.沖蝕樁位置現場說明

一號、二號、三號、四號監測站自 2013 年 08 月 19 日到 2013 年 08 月 23 日，地貌變化不大。五號與六號監測站由於地勢較高且陡峭，受到此次潭美颱風侵襲影響，邊坡後退嚴重，但受到火炎山邊坡後退型態以平行後退為主，



上圖為四號監測站，與前期相比，傾倒的樹木已不復見，應是滑落至集水區內，由圖中可見，邊坡露出新鮮頗面，表示侵蝕現象退相當快速且近期才發生，此次侵蝕作用應是潭美颱風所造成的。



上圖為六號監測站，由於六號監測站位於三號集水區頂部，地勢最高且陡峭，侵蝕作用旺盛，2013 /08/22 受到潭美颱風侵襲後，測量結果顯示邊坡後退近 1.5 公

尺，截至目前已後退 3 公尺。

3.測量結果

此次測量結果自 2013 年 08 月 19 日到 2013 年 08 月 23 日，如表 4.9，第五號與第六號監測站邊坡後退明顯，其餘四處監測站大致變化不大，第五號監測站後退 0.4 公尺，第六號監測站後退嚴重，綠色沖蝕樁與黃色沖蝕樁已沖蝕掉落，8 月 19 日-23 日侵蝕 1.55 公尺，自設樁開始邊坡侵蝕後退已達 3.13 公尺，此外，二號監測站則小幅後退 0.1 公尺。

表 4.9 沖蝕樁相對位置變化

單位:公尺

	一號	二號	三號	四號	五號	六號
邊坡-綠樁	0.96(0) ⁷	1.2(-0.1)	1.4(0)	1.02(0)	2.2(-0.4)	0(-0.22)
綠樁-黃樁	1(0)	1.01(0)	1(0)	1.12(0)	1.17(0)	0(-1)
黃樁-紅樁	0.97(0)	1(0)	1.06(0)	1.12(0)	1.25(0)	0.77(-0.23)

(三) 第三次測量分析 (2013 年 08 月 23 日到 2013 年 09 月 10 日)

1 降雨分析

火炎山自 2013 年 08 月 23 日到 2013 年 09 月 10 日之總降雨量共計 420.2 公釐，其中降雨事件發生在 08 月 23 日和 08 月 29 日與 08 月 30 日，其中 08 月 29 日的降雨事件，造成累積降雨量 192 公厘，降雨延時達 48 小時以上，另外，08 月 29 日的累積降雨量達 185.8 公厘，且最大降雨強度 52.4mm/hr，故推測連日豪雨可能就是造成監測站六號侵蝕殆盡的原因。

表 4.10 火炎山雨量資料(08 月 23 日到 09 月 10 日)

	氣象測站
降雨量(mm)	420.2
降雨日數8 (天)	5
有效降雨事件數 (場)	3
最大降雨強度 (mm/hr)	52.4

2. 沖蝕樁位置現場說明

一號到五號監測站自 2013 年 08 月 23 日到 2013 年 09 月 10 日，地貌變化不大，僅有草本植物生長較密，只有六號監測站於 2013 年 9 月侵蝕殆盡，故重建監測站六-1，如下圖。

⁶ 2013 年 08 月 23 日的測量數據。

⁷ 括弧內數據為 2013 年 08 月 23 日與前期測量數據相減之結果。

⁸ 降雨日數的定義為單日降雨量超過 0.2 公釐。



測站六-1 木樁為位置圖

3.測量結果

此次測量結果自 2013 年 08 月 23 日到 2013 年 09 月 10 日，如表 4.11，唯第二號與第四號監測站有些微後退，其餘四號監測站大致變化不大，第二號監測站後退 0.09 公尺，第四號監測站後退侵蝕 0.02 公尺，而第六號監測站已於 2013/08 侵蝕殆盡，故本計畫於 2013/09/10 於六號監測站原址重新設置監測站六-1，以利持續觀測。綠樁距離邊坡 1.5 公尺，黃樁距離綠樁 1 公尺，而紅樁距離黃樁 1 公尺。

表 4.11 沖蝕樁相對位置變化

單位:公尺

	一號	二號	三號	四號	五號	六-1 號
邊坡-綠樁	0.99(0) ¹⁰	1.11(-0.09)	1.4(0)	1(-0.02)	2.2(0)	1.5
綠樁-黃樁	1(0)	1.01(0)	1(0)	1.12(0)	1.17(0)	1
黃樁-紅樁	0.97(0)	1(0)	1.06(0)	1.12(0)	1.25(0)	1

⁹ 2013 年 09 月 10 日的測量數據。

¹⁰ 括弧內數據為 2013 年 09 月 10 日與前期測量數據相減之結果。

五、測量結果說明

邊坡監測自 102 年 5 月 18 日設樁開始測量，之後分別在 8 月 19 日、8 月 23 日及 9 月 10 日各測量一次，共四筆測量記錄，其間於 8 月 22 日及 8 月 29 日受到颱風侵襲，測量時間與降雨記錄如下圖所示。

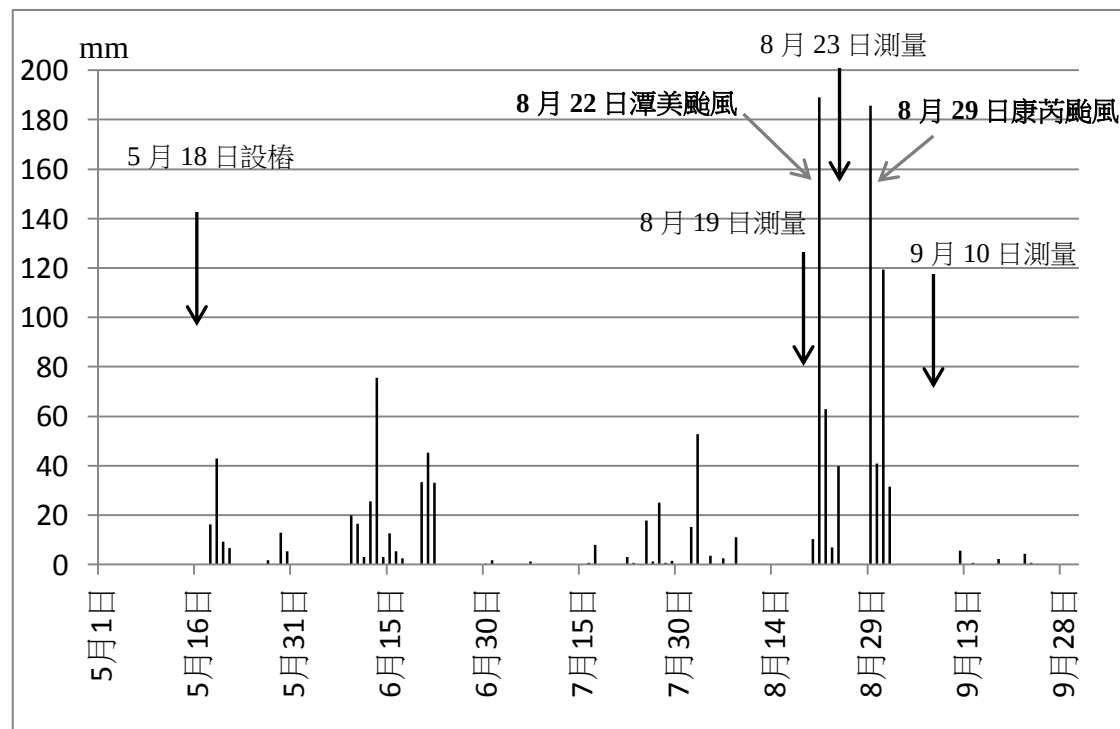


圖 4.96 監測樁測量時間與日雨量圖

本計畫分別在火炎山登山步道上設置 6 處監測樁，每處監測點間隔 1 公尺分別設置綠、黃、紅 3 個樁，綠色樁離邊坡距離約 1 公尺，紅色樁離邊坡最遠約 3-5 公尺，如表 4.12 所示。這四次測量時間間隔中 5 月 18 日至 8 月 19 日總降雨量為 903 公釐、8 月 19 日至 23 日總降雨量為 235.8 公釐，8 月 23 日至 9 月 10 日總降雨量為 420.2 公釐。從降雨記錄來看，雨量是造成邊坡沖蝕的主要原因之一。這 6 處監測樁中，在 5 月至 9 月的期間，其中以四號及 6 號邊坡侵蝕較大，總侵蝕量分別為 0.98 公尺及 3.13 公尺。而一、二、三號變化在 10 公分以內。

從現場觀察這些監測點均位於陡崖上，主要都是呈現平行後退的向源侵蝕，在地形上都是呈現幾乎垂直的陡崖，雖然有些地方有植生覆蓋，但是在邊坡的下方，由於雨水滲透，沖刷邊坡的下方，當崖坡下方被淘空後，造成上邊坡滑落的

現象，在第六號的邊坡觀察結果，可以說明此現象的產生。在 8 月 19 日由於第六號邊坡下方被淘空，在邊坡的邊緣上，形成一條裂縫，雖然上方有一些植物的根暫時支撐住上方的礫石層，但持續的降雨下，最後還是發生崩落的現象。

表 4.12 紅椿與邊坡距離變化表

測量 日期 編號	5 月 18 日	8 月 19 日	8 月 23 日 潭美颱風後	9 月 10 日 康芮颱風後	總侵蝕量
一	2.97 公尺	2.87 公尺 (侵蝕 0.1m)	2.87 公尺	2.87 公尺	0.1 公尺
二	3.31 公尺	3.31 公尺	3.21 公尺 (侵蝕 0.1m)	3.21 公尺	0.1 公尺
三	3.46 公尺	3.46 公尺	3.46 公尺	3.46 公尺	0
四	4.22 公尺	3.24 公尺 (侵蝕 0.98m)	3.24 公尺	3.24 公尺	0.98 公尺
五	5.02 公尺	5.02 公尺	4.62 公尺 (侵蝕 0.4m)	4.62 公尺	0.4 公尺
六	3.8 公尺	2.22 公尺 (侵蝕 1.58)	0.67 公尺 (再侵蝕 1.55m)	紅椿已消失	3.13 公尺
與前期測量期 間的總降雨量		903 公釐	235.8 公釐	420.2 公釐	

第八節 解說牌文稿設計

本計畫將協助管理處設計解說牌文稿，提供後續解說牌設立的資料及進行環境教育規畫之用。本計畫設計 5 面解說牌文稿，規劃設置的位置為火炎山步道登山口、隧道西口、隧道西口堤防上、隧道東口、邊坡沖蝕監測點、步道上的景觀點等六處。解說牌的版面以 A0(84.1*118.9 公分)大小來設計，實際大小可依據管理訂定的解說牌規格來調整，設計的圖文編排如圖 4.97 至圖 4.102。文稿內容如下。

一、火炎山自然保留區(隧道西口堤防上)

火炎山位於三義台地的南端，形成於更新世至中新世晚期(約 100 萬至 1000 萬年前)，原為礫岩紅土台地，經大安溪溪水的切割，加上侵蝕、崩塌作用，而形成壁立山峰、礫石層、卵石流、地下伏流等特殊地形景觀，行政院農業委員會於民國 75 年 6 月依文化資產保存法公告成為自然保留區。

火炎山自然保留區為沖蝕溝發達之礫岩地形。尤以颱風豪雨降雨超過 100 公釐後，則易形成泥沙沖刷，礫岩被雨水沖刷出沖蝕溝，並堆積成礫石沖積扇。由於沖蝕溝不斷被雨水沖刷，形成崖地獨特、陡峭、崎嶇的礫岩地形，值得我們記錄觀賞。

二、火炎山登山步道(登山口)

火炎山自然保留區是由極硬的石英礫岩所組成。礫岩的膠結強度不佳，因此極容易被雨水沖刷。火炎山自然保留區一共有五個沖蝕溝，都有向源頭侵蝕、向側面側蝕的現象，沿著登山步道，可以俯瞰這些獨特的蝕溝與陡崖。

三、火炎山隧道(東口)

火炎山自然保留區由於礫岩沖刷與堆積作用，沖積扇土石沒公路，造成災害，因此公路單位在 2005 年闢建了一條長 780 公尺的隧道，以便土石由隧道上側往

大安溪堆積。

自隧道興建後，觀察颱風時仍偶有發生邊坡土石崩落情形，因此隧道口是否被土石流淤積，造成行車安全，便成為一個課題。

四、火炎山邊坡沖蝕觀測(步道上觀測點)

步道上可見到 6 處地方釘有紅、黃、綠的木樁。這些木樁是做為火炎山自然保留區的邊坡沖蝕觀測系統參考。

當綠樁仍存在時，步道是安全的。當綠樁及黃樁被侵蝕流失時，在步道上只剩下紅樁，表示步道在這個位置上，已有超過 2 公尺以上的邊坡發生崩落的情形。此時步道已因邊坡沖蝕而呈現危險狀態，請遊客勿靠近並小心通過。

五、火炎山的地形(步道上方觀景點)

從火炎山山頂鳥瞰大安溪河岸，可遠眺右處前方的平頂小丘，即為鐵砧山。鐵砧山是一個因為斷層擠壓而隆起的地形。旁邊右側則為后里河階，是因為河川不斷相對下切而形成。

近看則是寬廣且兩側陡直壁立的沖蝕溝。這些沖蝕溝在豪雨時會不斷擴大，礫石會不斷往下游搬運與堆積，這些便是火炎山沖積扇土石的來源。

六、火炎山監測（隧道西口）

苗 140 縣道在豪雨颱風時，偶會有土石流溢流在道路上，行政院農業委員會林務局新竹林區管理處與國立台灣大學地理環境資源學系合作，在隧道口兩側分別架設一台監視影像，以便觀察土石流發生的情形。

異常的降雨是引發土石流發生的原因，架設氣候觀測站，可瞭解火炎山氣候變化的情形。根據台灣大學地理環境資源學系的研究，當降雨量在 12 小時內超過 100 公釐時，就容易導致土石的流動，本測站就會即時發送警報簡訊，達到災害預警的效果。

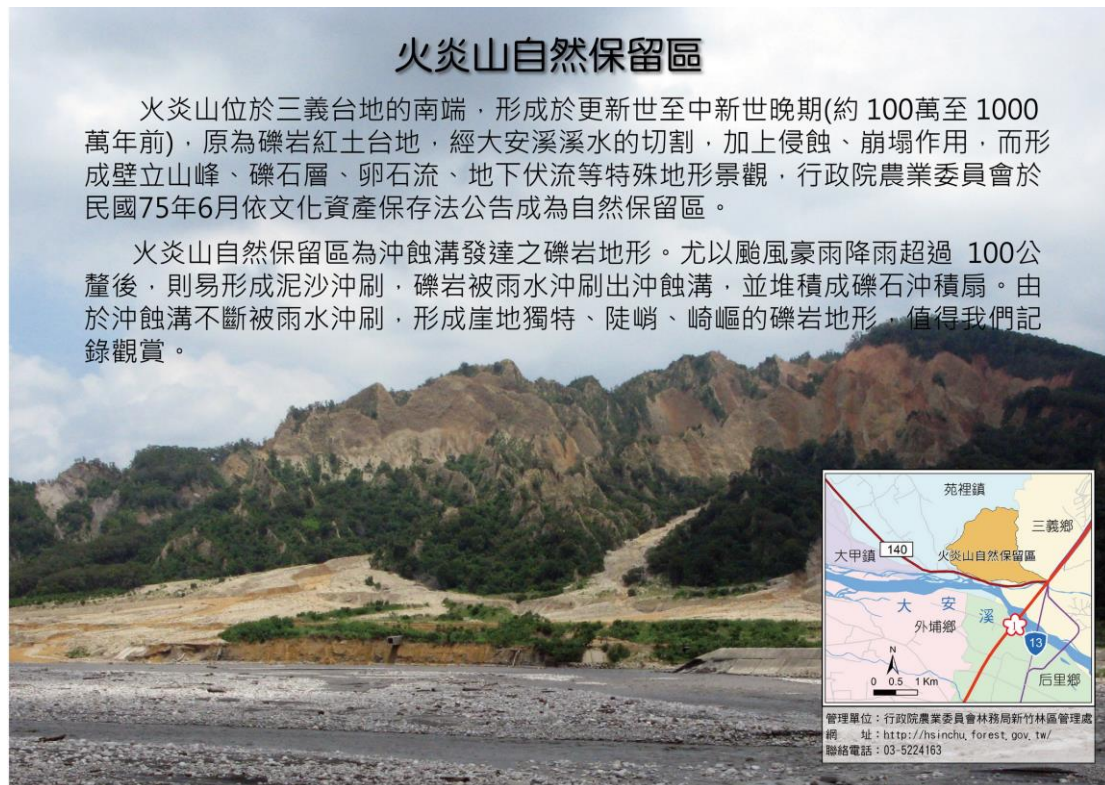


圖 4.97 火炎山自然保留區解說牌



圖 4.98 火炎山登山步道解說牌



圖 4.99 火炎山隧道解說牌



圖 4.100 火炎山邊坡沖蝕觀測解說牌



圖 4.101 火炎山地形介紹解說牌



圖 4.102 火炎山監測解說牌

第九節 解說教育文案規劃

在舉辦社區的培訓課程中，已有解說的文案內容，如簡易雨量桶的製作、地形變遷的監測原理及方法等，可提供火炎山森林生態教育館之解說使用，在解說內容上配合本計畫的研究成果，有以下規劃內容。

一、地質地形方面

（一）認識火炎山的礫岩

準備材料：火炎山沖積扇上的礫岩、捲尺、放大鏡

活動規劃：以捲尺來測量礫岩長寬的大小，並以放大鏡觀察礫岩岩石的顆粒組成，分辨是哪一種岩石。

學習目的：瞭解火炎山沖積扇礫石顆粒大小的特性，並從礫石的觀察，認識岩石及礦物的種類。

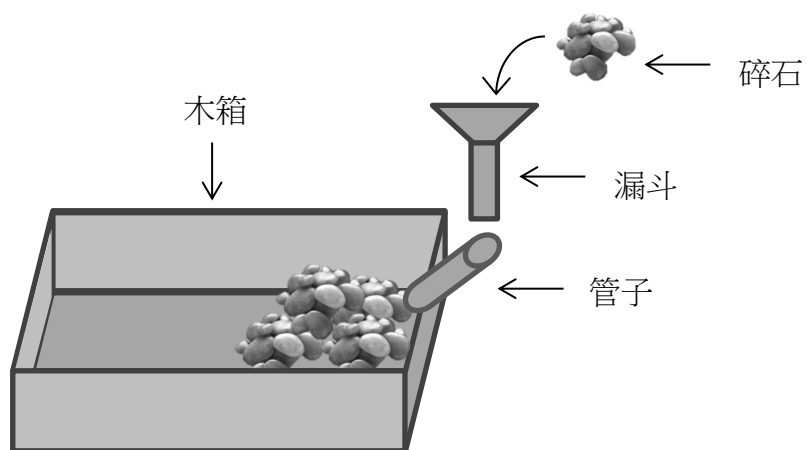


（二）火炎山的沖積扇堆積觀察

準備材料：直徑小於 3 公分的碎石、木箱（長寬高為 60*30*10 公分）、直徑大於 3 公分的管子、漏斗（可視需要調整材料及規格）

活動規劃：於木箱上先鋪上一層碎石，連接管子及漏斗，放置於木箱的邊緣，將碎石到入漏斗中，則碎石會沿著管子掉入木箱中，觀察碎石堆積的情形，是否與火炎山沖積扇的型態相似。

學習目的：管子將碎石不斷帶入木箱中，模擬火炎山沖蝕溝帶出的土石堆積於沖積扇上，實驗中可觀察沖積扇堆積的型態、扇面的傾斜角度、高度等，並與火炎山沖積扇來比較。



沖積扇觀察實驗示意圖

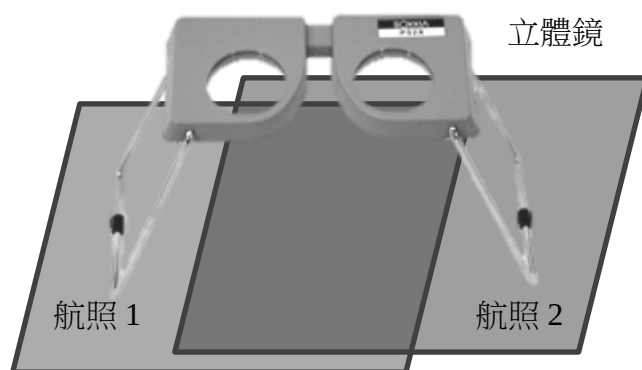
二、地形監測

(一) 航空影像判識

準備材料：5 個時期的火炎山航空照片像對影像、立體鏡 5 組

活動規劃：火炎山地形起伏變化很大，利用立體像對可讓民眾更容易觀察沖蝕溝及沖積扇的堆積型態，並同時觀察不同時期地形變化的結果。

學習目的：以立體鏡認識航照影像觀察的方法，並比較不同時期的影像資料，學習航照判識的觀察能力。



航照立體判識示意圖

（二）自計式雨量桶的製作

準備材料：2 公升保特瓶、量杯及秤子、石膏（500 公克）、水（400 毫升）、直尺一根（長度 12 公分）、小刀或剪刀一把、筷子一根、透明膠帶及完成製作的成品一個

活動規劃：火炎山沖積扇當降雨 12 小時超過 100 公釐的降雨，就會有土石被帶出，因此製作簡易雨量桶，可觀察土石流與降雨的關係，也可提供火炎山當地居民土石流災害預測之參考，詳細製作方法請參考 114 頁，圖 4.92。

學習目的：瞭解雨量的概念、雨量量測的原理，並討論降雨量與土石流的關係

第五章 結果與討論

- (一) 在氣象資料分析上，進行自計式氣象站的維護及資料分析，2011 年沒有受到颱風的影響，降雨量天數及降雨量相對較少，2012 年 8 月受蘇拉颱風影響有 754 公釐的月降雨；2013 年 1 月中旬至下旬因電力設備損毀，造成部分資料損失；2013 年 4 月底至 7 月底間溫濕度計發生故障，已更新儀器。整體而言，2013 年 1 月至 4 月相較於過去幾年的降雨來得少，2013 年 5-6 月降雨則有增加，8 月份受兩次颱風的影響有超過 1000 公釐的月雨量。
- (二) 在影像監視器方面，進行監視器維護的工作，隧道西口由於 3G 訊號受到干擾，在 2013 年 9 月改為 ADSL 方式來連接，監視影像已可正常連線。而位置也改設置在西口土堤的內側，更容易觀察土石變動的情形。隧道東口也都能正常來監測影像。監視影像監視影像可提供在颱風豪雨時，了解土石搬運及堆積作用的參考，也可提供災害警訊發布的參考依據，在本年度 8 月兩次颱風觀察的結果，隧道東口及西口並沒有明顯的變化。
- (三) 在地形監測部分，主要為記錄每年一次的地形變遷狀況，2013 年 6 月三維掃描儀記錄地形資料，並以 2010 年的生產的數值地形資料來比較，分析地形的變化，同時配合現場調查及照片紀錄，瞭解颱風對火炎山土石流的影響。從分析的結果顯示，主要堆積的區域位於沖積扇的兩側，中間的區域呈現侵蝕的現象，主要原因是在沖積扇的中間已堆積相當高的土石，當有土石從集水區被帶出來時，則會從沖積扇的兩側來移動。另一方面在 2012 年 8 月的蘇拉颱風在沖積扇上堆積相當土石，也影響了 2013 年沖積扇的變化。
- (四) 野外調查的結果，在 2013 年 7 月以前 5 個集水區沖積扇的地形變化都不太明顯，判別變遷的情況可以植生覆蓋的情形來參考，因為當土石發生變動時，會破壞植生，因此若沖積扇上植生茂密，表示這個區域相對較為穩

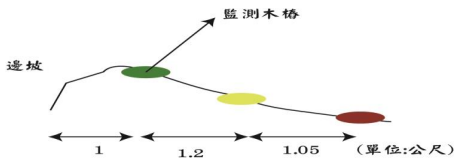
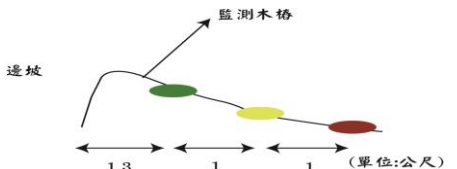
定。從 8 月潭美颱風後觀察，3 號沖積扇有較多的變動，當地的輸水管線也被沖毀。在 2013 年 5 月也加入登山步道的現場監測，並與社區合作觀察步道邊坡後退的情形。

- (五) 本計畫在社區參與的部分，從 2011 年至 2013 年共舉行 2 次討論會與 2 次野外實察，分別為「火炎山土石流對當地影響討論會」、「火炎山社區參與說明會」、「火炎山登山路線勘查」、「火炎山監測及社區環境教育實察活動」。期望透過與社區合作，達到永續監測的理想，並提升在地居民對火炎山的認同感與使命感。本活動除了教導社區成員地形監測的方法，將來可配合社區的登山或解說教育活動，協助火炎山持續進行地形監測，觀察邊坡後退及土石堆積的現象，提供管理處經營管理規畫之參考。
- (六) 本計畫在火炎山登山步道適合的地點，設置 6 處邊坡後退的觀測樣點，由於這些地段常在颱風豪雨過後發生崩塌現象，觀測點的設置可將邊坡後退的情形進行量化的分析，也可供當地民眾作為判斷步道的安全性及環境教育解說的資料來源。分析結果在 2013 年 8 月的潭美及康芮兩次颱風，在 3 號集水區上方記錄了明顯的邊坡後退現象，最大後退量超過 3 公尺以上。
- (七) 在本計畫在火炎山設計 6 處解說牌樣稿，規劃的解說內容包括邊坡沖蝕監測、地形監測、隧道、地形、沖蝕及陡崖等幾個項目來規劃解說內容，提供現場解說教育之參考。

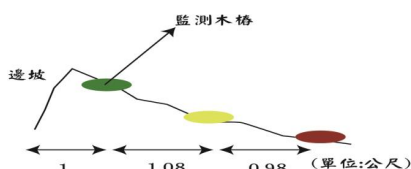
第六章 建議

- (一) 火炎山地形監測影像及氣象資料部分，建議後續應持續進行監測與維護，並將隧道東口、西口即時影像及氣象資料，整合至火炎山森林生態教育館中，成為館內解說或展示的一部份。
- (二) 火炎山在異常氣候的影響下，變化相當快速，雖然近 3 年來颱風並沒有產生重大的災害，但隧道因長度不足，隧道的東西口處，仍具有潛在災害發生的危險。建議未來可利用降雨及監視影像資料，持續建立災害防救的機制。例如在進入隧道前 500 公尺處設立電子看板，當 12 小時降雨量達到 100 公釐時，即顯示警示訊息，警告來車注意駕駛。若降雨仍持續，在必要時建議暫時封閉隧道。
- (三) 火炎山的監測可與當地居民、登山協會等持續合作來進行。本計畫已在登山步道上設置 6 處監測樁，並提供當地居民監測樁的記錄表，將來可由居民擬定監測的計畫來進行。例如每個月至少規劃一次監測樁的測量活動，監測成員的工作分配包括步道維護、監測樁的測量、監測分析等，若測量結果有超過 1 公尺的變化或影響步道安全時，應與管理處安排討論，研擬應變的方法及措施。
- (四) 本計畫規劃的解說教育文案，如簡易雨量桶的製作，沖積扇的地形變遷觀察等，建議可在火炎山森林生態教育館中作為解說員培訓的課程，進行實務演練，並將此文案，規劃成為環境教育解說的課程之一。
- (五) 建議將本計畫研究成果製作成地質地形的解說影片或文宣，展示火炎山的特殊景觀及地形變遷監測成果。內容包括 1. 火炎山的地質，2. 火炎山地形，3 火炎山的地形變遷，4. 沖蝕作用，5. 火炎山的邊坡沖蝕監測等。
- (六) 預警系統建議持續維護與更新，降雨資料可後續提供土石流災害分析之參考，簡訊警報系統可作為災害應變的參考依據，即時影像則可提供火炎山現場狀況的第一手資訊，以上這些資料都是管理處在經理管理上重要的參考資料。

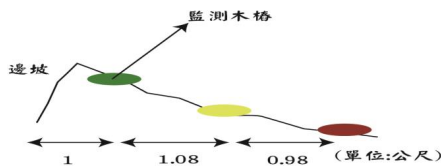
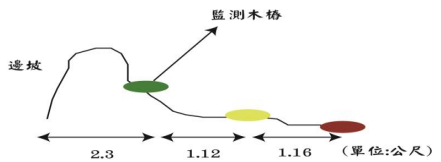
附錄一 邊坡監測木樁記錄表

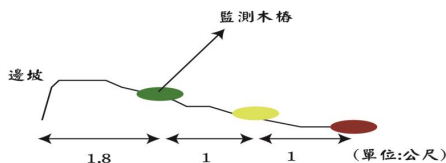
監測點位:一			
經緯度:			
24°21'36.16"N	N		
120°43'52.62"E	E		
邊坡狀態			
			
備註:			
監測記錄: 單位:公尺			
日期	邊坡-綠樁	綠樁-黃樁	黃樁-紅樁
2013/05/18	1	1	0.97
2013/08/19	0.9	1	0.97
2013/08/23	0.9	1	0.97
2013/09/10	0.9	1	0.97
監測點位:二			
經緯度:			
24°21'37.98"N	N		
120°43'50.38"E	E		
邊坡狀態			
			
備註:			
監測記錄: 單位:公尺			
日期	邊坡-綠樁	綠樁-黃樁	黃樁-紅樁
2013/05/18	1.3	1.01	1

2013/08/19	1.3	1.01	1
2013/08/23	1.2	1.01	1
2013/09/10	1.11	1.01	1

監測點位:三			
經緯度:			
24°21′.43.87″N	N		
120°43′51.24″E	E		
邊坡狀態			
			
備註:			
監測記錄: 單位:公尺			
日期	邊坡-綠樁	綠樁-黃樁	黃樁-紅樁
2013/05/18	1.4	1	1.06
2013/08/19	1.4	1	1.06
2013/08/23	1.4	1	1.06
2013/09/10	1.4	1	1.06

監測點位:四		
經緯度:		
24'21'.47.03''N	N	
120'43'49.55''E	E	
邊坡狀態		

			
備註: 邊坡侵蝕嚴重，測量結果顯示邊坡後退近 80 公分，且持續後退中。			
監測記錄: 單位:公尺			
日期	邊坡-綠樁	綠樁-黃樁	黃樁-紅樁
2013/05/18	2	1.12	1.10
2013/08/19	1.02	1.12	1.10
2013/08/23	1.02	1.12	1.10
2013/09/10	1	1.12	1.10
監測點位:五			
經緯度:			
24°21'.57.21"N	N		
120°43'46.86"E	E		
邊坡狀態			
備註:			
監測記錄: 單位:公尺			
日期	邊坡-綠樁	綠樁-黃樁	黃樁-紅樁
2013/05/18	2.6	1.17	1.25
2013/08/19	2.6	1.17	1.25
2013/08/23	2.2	1.17	1.25
2013/09/10	2.2	1.17	1.25

監測點位:六			
經緯度:			
24'22'.00.38''N	N		
120'43'45.37''E	E		
邊坡狀態			
			
備註:			
邊坡侵蝕嚴重，2013 /08/22 潭美颱風後，測量結果顯示邊坡後退近 1.5 公尺，截至目前已後退 3 公尺。			
監測記錄: 單位:公尺			
日期	邊坡-綠椿	綠椿-黃椿	黃椿-紅椿
2013/05/18	1.8	1	1
2013/08/19	0.22	1	1
2013/08/23	已侵蝕掉落	已侵蝕掉落	0.77
由於監測站六已於 2013/08 侵蝕殆盡，故本計畫於 2013/09/10 於監測站六原址重新設置監測站六-1，以利持續觀測。			
2013/09/10	1.5	1	1

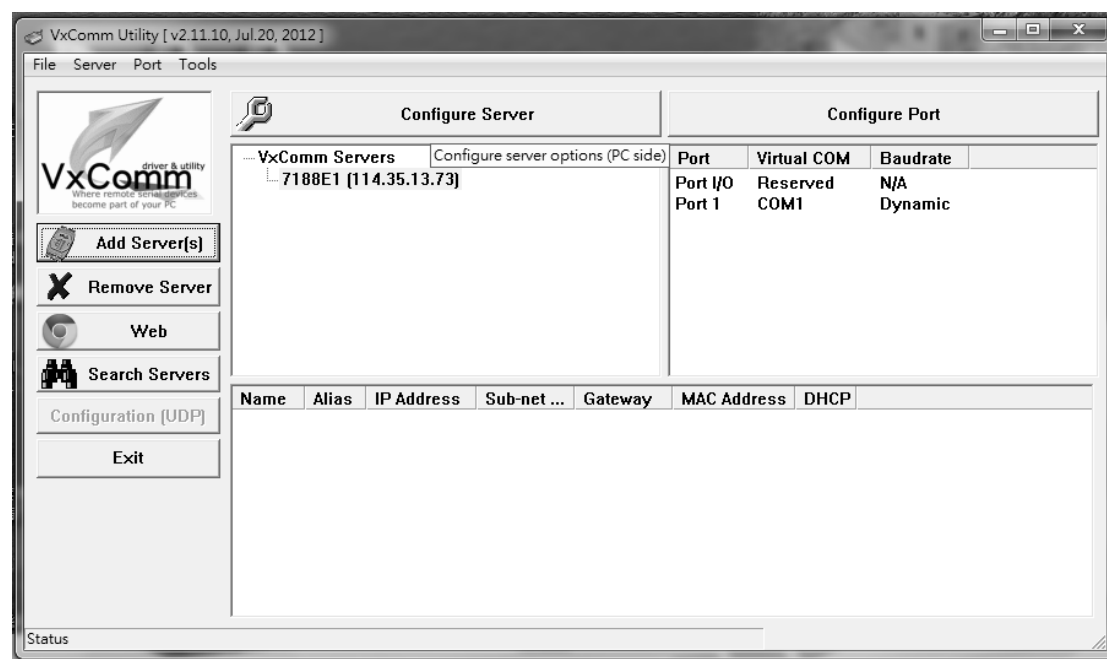
附錄二 火炎山氣象站監測標準作業程序

火炎山下機房站監測儀器

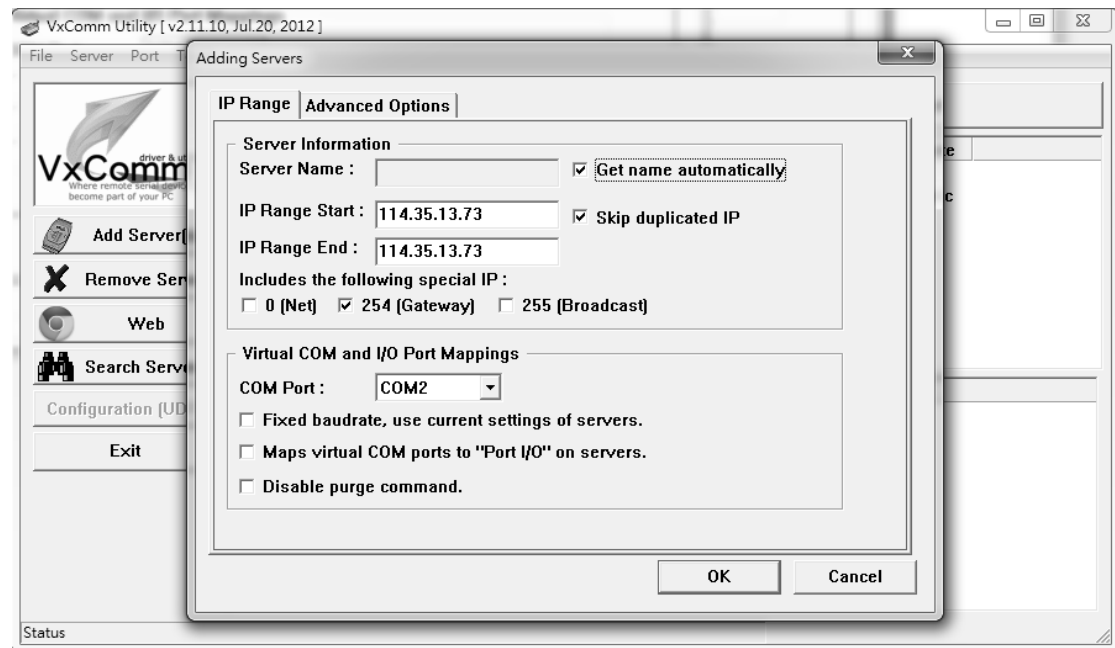
器材/型式	功能
資料記錄器 (含戶外用 FRP 防潮箱) 美國製 Campbell 型號: CR200X	各項氣象監測儀器控制;氣象資料紀錄
溫溼度計 (含通風罩) 美國製 Campbell 型號: CS215	測定即時大氣中之溫度與濕度資料
風速風向計 美國製 R.M. YOUNG 03002	測定即時大氣中風速與風向數據
雨量筒 美國製 Davis	測量現場之降雨量
VxComm 7188 資料傳輸模組	經由 ADSL 傳送氣象站之即時與累積資料
警報發送簡訊機組	當「12 小時累積雨量」超過 100 公厘時，發送手機警告簡訊

連線維護 SOP(機房站)

- 1.於遠端電腦安裝傳輸模組軟體
- 2.打開傳輸模組軟體，選擇左方 Add Server(s)選單



3.設定遠端連接鋪位置，第一欄 Server Name 不用書寫，勾選 Get name automatically(自動取得)即可。在 IP Range Start 選項中，輸入遠端的 IP 位置：114.35.13.73，通訊埠(COM Port)不須調整，程式會自動配與，拿筆記下來即可，下一個程式設定時會用到。設定完成後按下 OK，電腦會自動搜尋網路，直接連線到目標控制器。



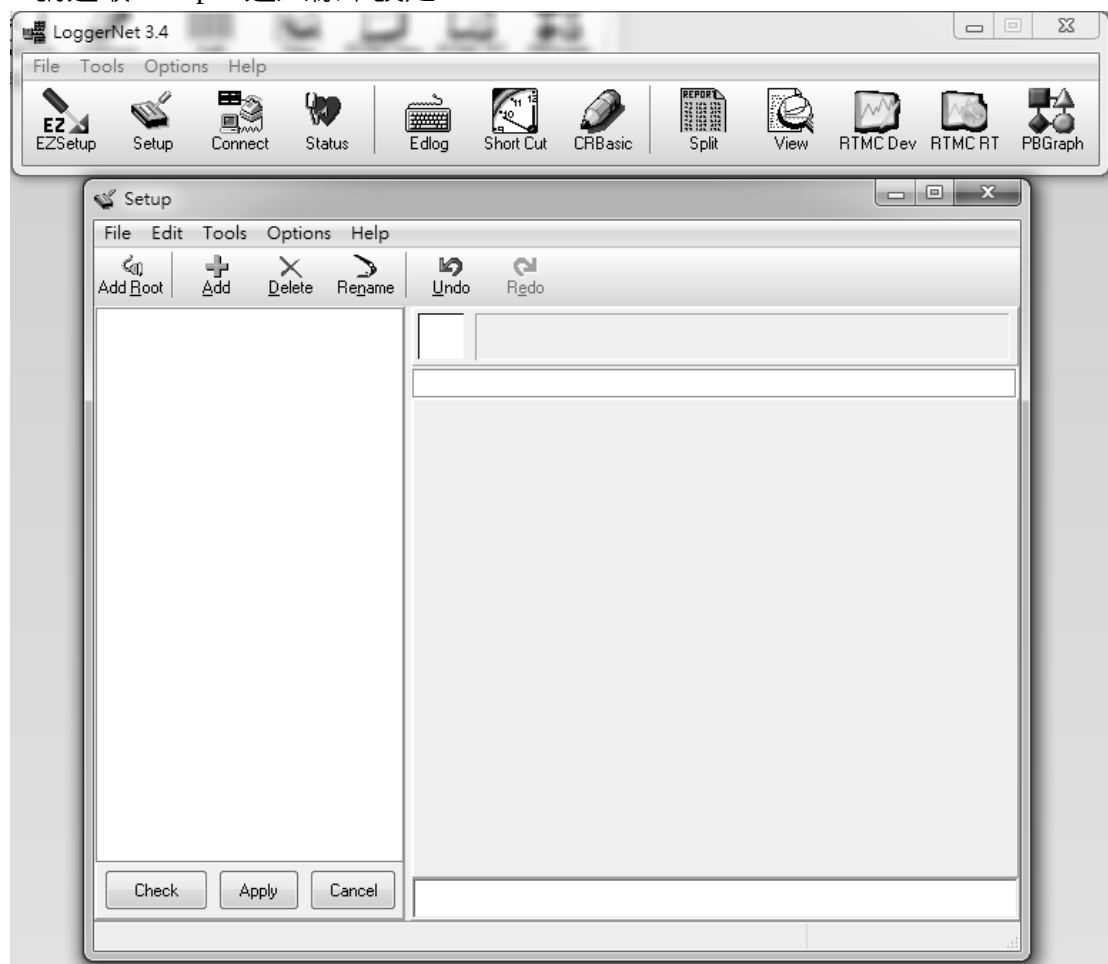
4.設定完成後，按下 Exit 退出。此時電腦會跳出警告視窗，要求寫入設定。此時選取 Restart Driver(重啟驅動)，讓剛才的設定寫入。電腦正確寫入後會自動關閉此一警告視窗，代表設定寫入完成。若警告視窗無法關閉，則代表寫入失敗，先選取 Cancel(取消)後重新開啟程式，再設定一次。



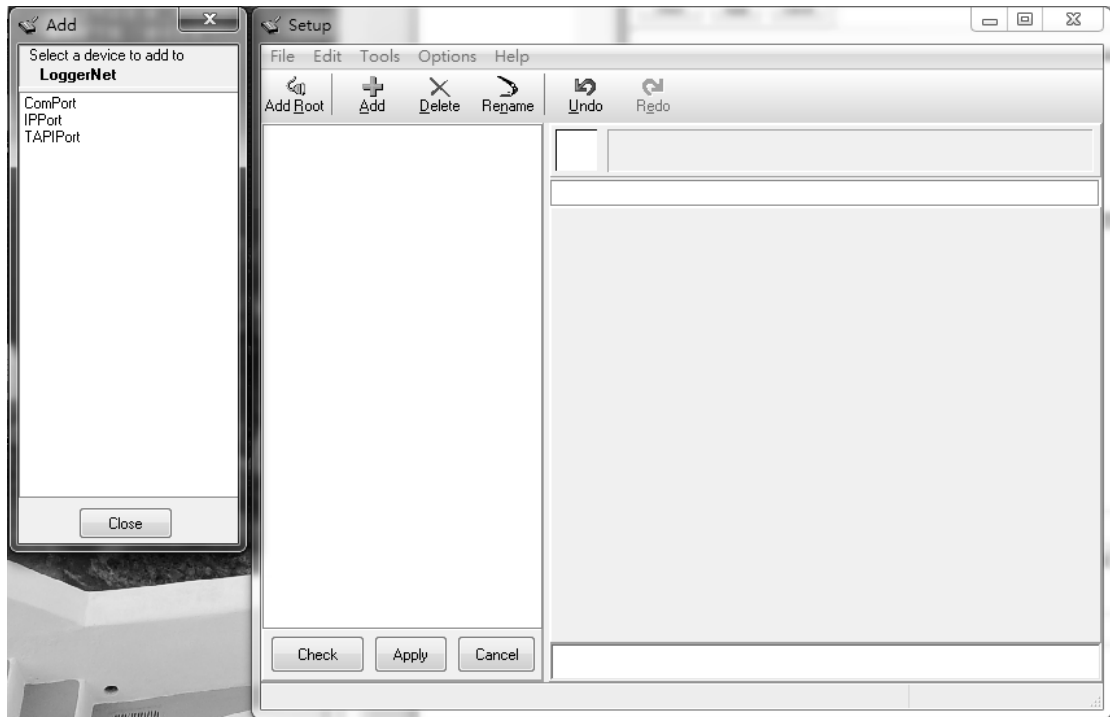
5.打開 Loggernet 程式，當程式開啟後，可見下列視窗設定。



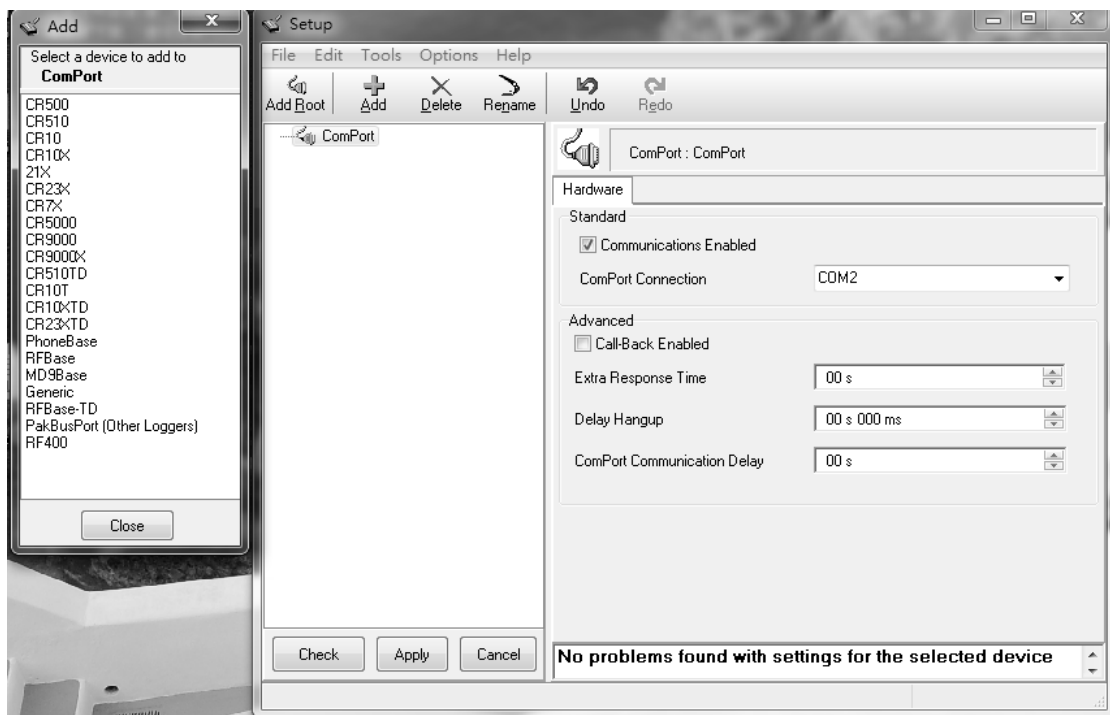
6.請選取 Setup，進入標準設定



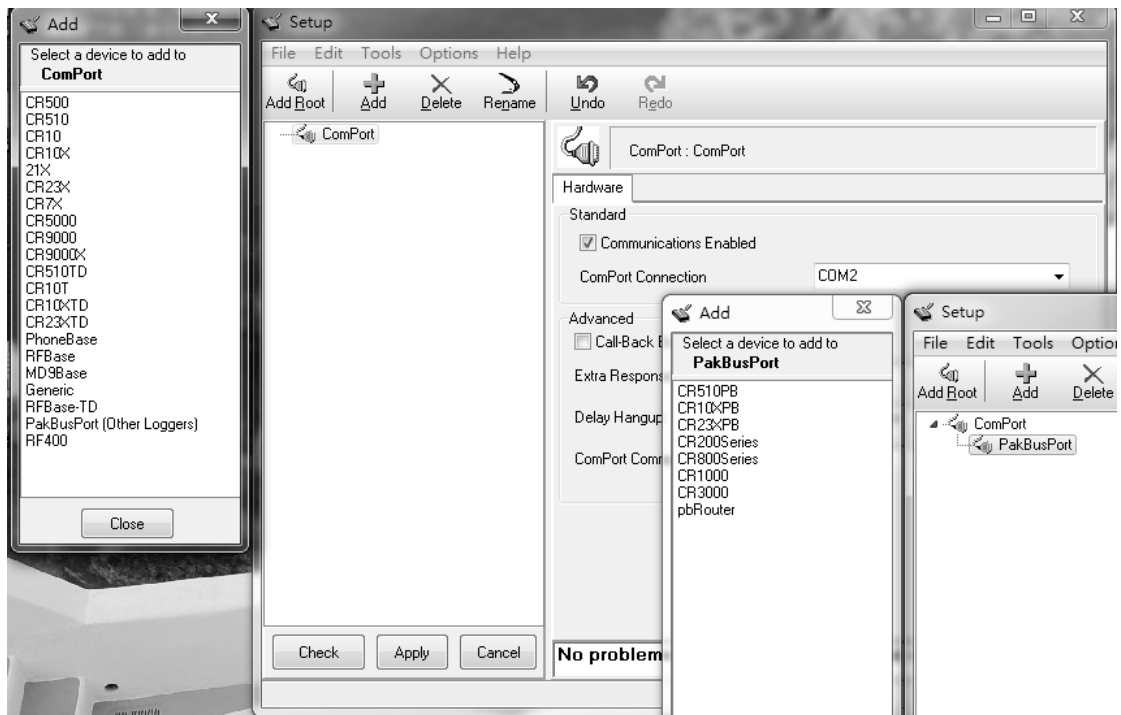
7.先選取 Add Root，進行連接埠設定



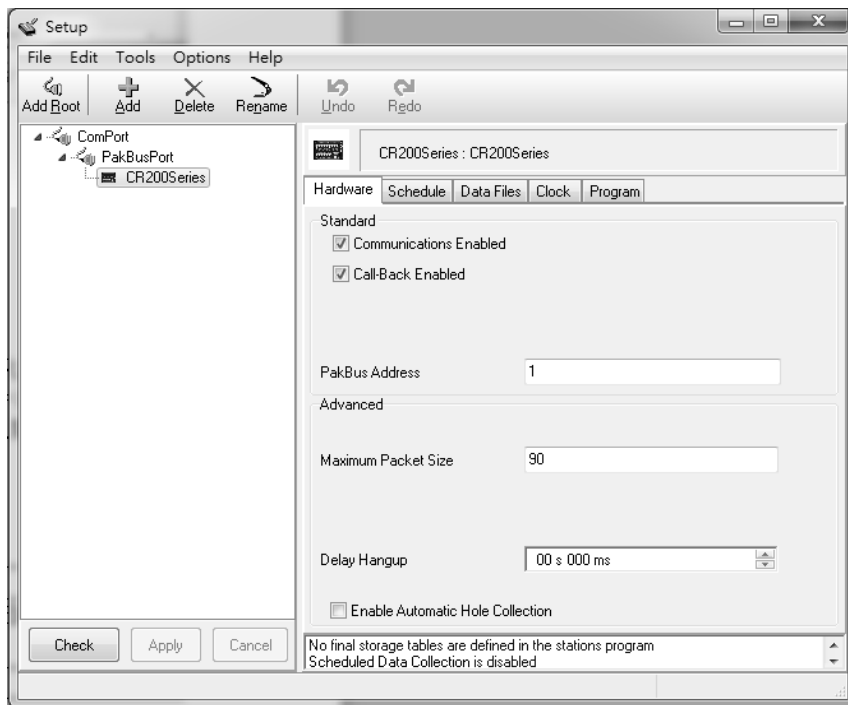
8. 選取 ComPort 後，會自動跑出剛才的 COM 設定。此時要先檢查 COM 的位置是否與此前抄下來相符。



9. 確定 COM 位置無誤後，選擇要連接的儀器。本計畫在火炎山使用的控制器為 CR200 型，不存在於第一頁的選單上，因此請選擇左邊 PakBusPort (Other Logger) 選項。



10.選擇完畢，選單會進入下一層，此時可見左側選單出現火炎山測站所使用的型號。選擇 CR200Series，左側選單會清空，此乃正常現象。接著將左側的選單按下 Close 關閉，並將大視窗下方的 Apply 按下，將設定存入電腦。設定完成後，Apply 鍵會變成灰白色而不可選擇，代表設定成功。



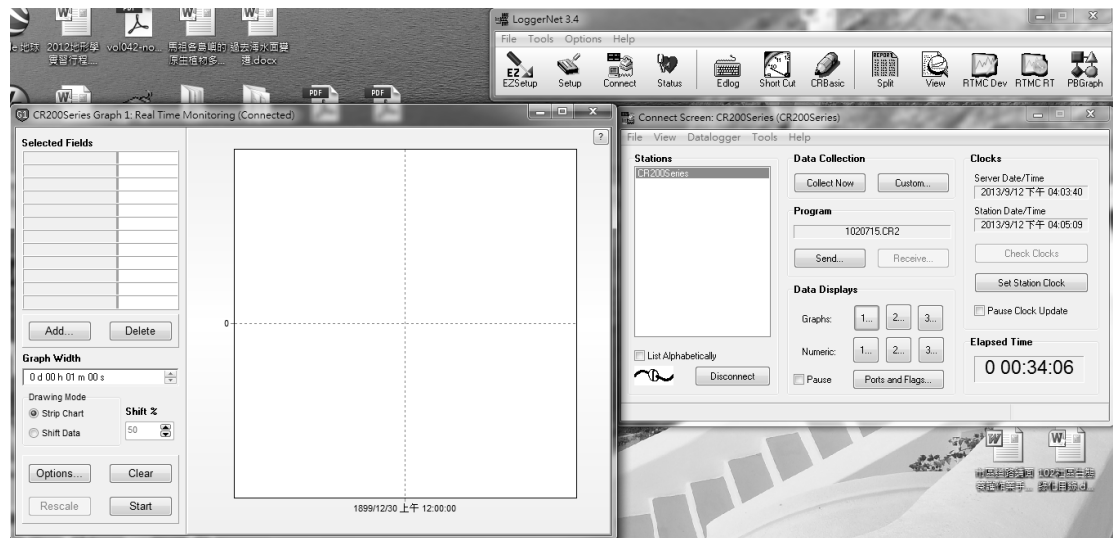
11.關閉此一視窗，回到橫排的按鈕，按下 Connect 鈕，進入連線選單。



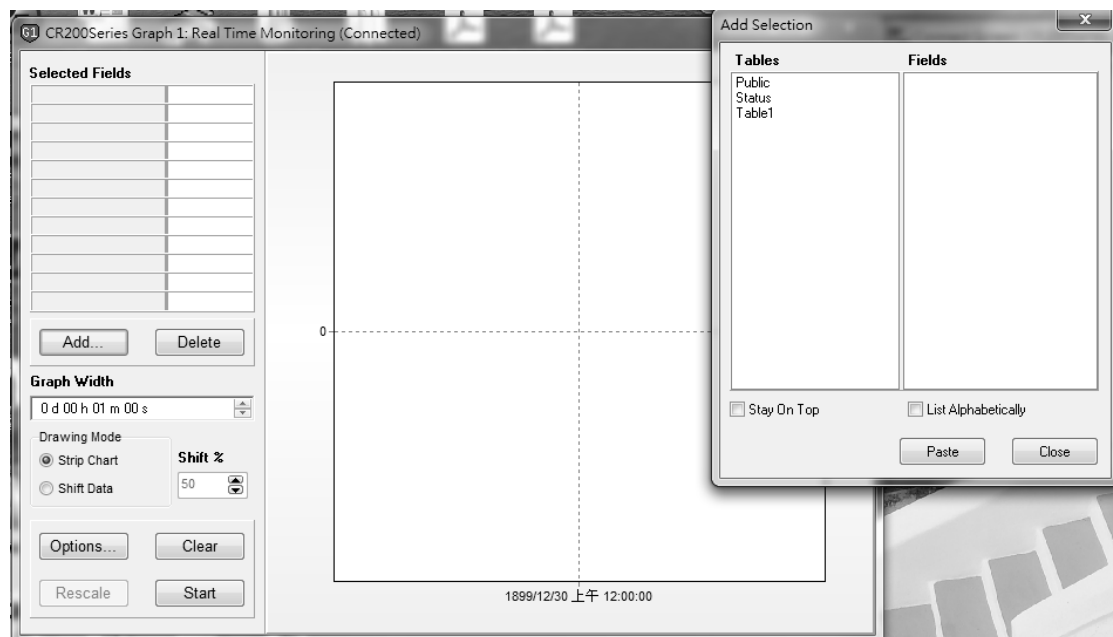
12. 大視窗中的左側的 Stations(測站列表)會出現剛才設定好的 CR200Series 測站。如果有兩個以上的測站，可在連線之前點選到該測站名稱上，更換連線的目標。要連線時，點選下方的 Connect 按鈕。此時，旁邊原本斷開的圖形會試圖接上。如果成功連接，圖示會將兩條電纜接上。如果失敗，會跳出警告視窗，並說明失敗原因。以下為成功的畫面。



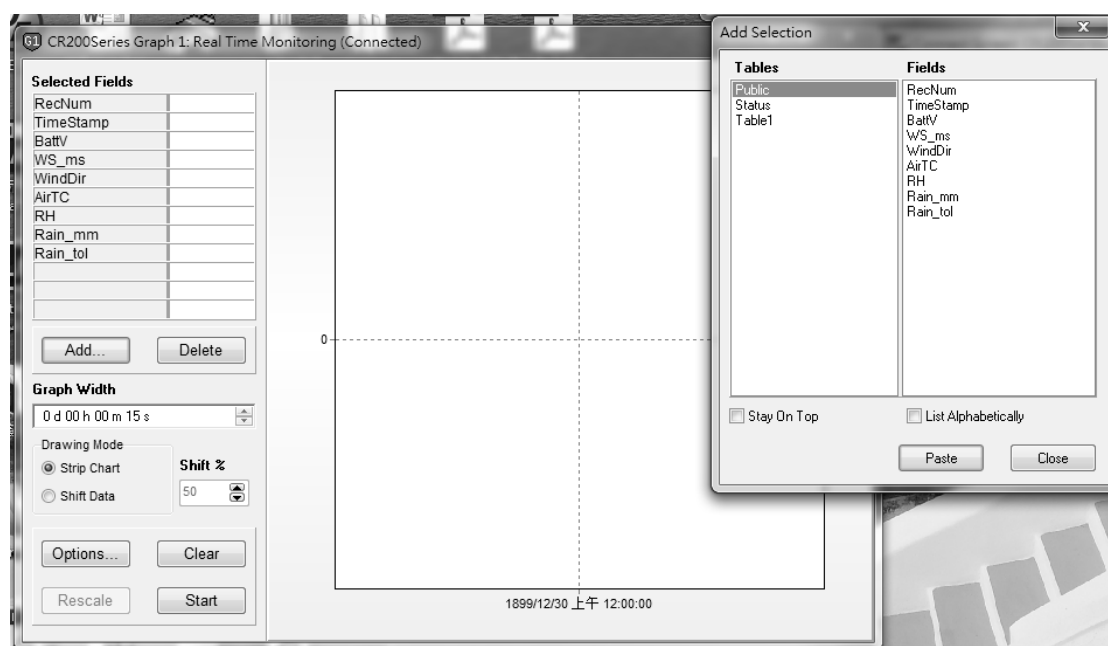
13.連線成功後，首先檢查時間是否正確，這是確認測站是否正常的第一步驟。時間無誤後，點選 Graphs 進入即時資料圖像畫面。



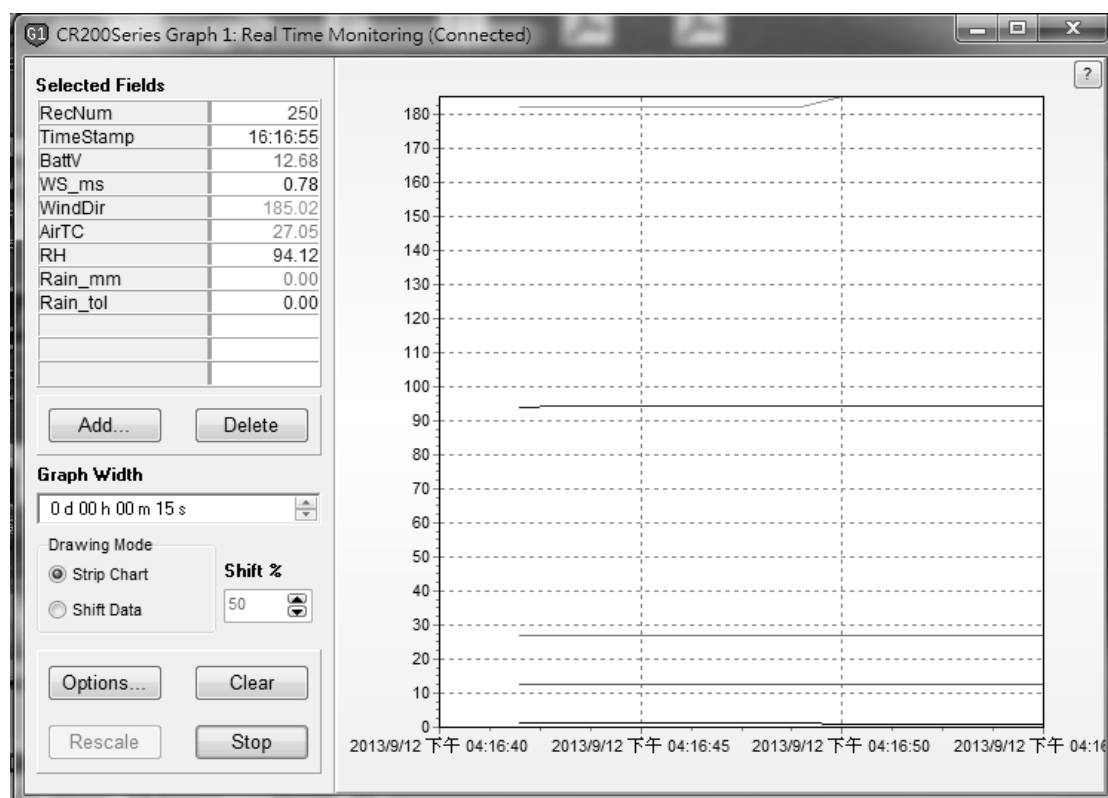
14.要取得即時資料欄位，點選畫面中 Add 的選項後，會跳出一個小視窗來選擇需要展示的資料。



15.在小視窗中選擇 Public 欄位，此時欄位的右側會出現要顯示的項目。點選小視窗下方的 Paste，這幾個欄位資料會被貼到大視窗上。



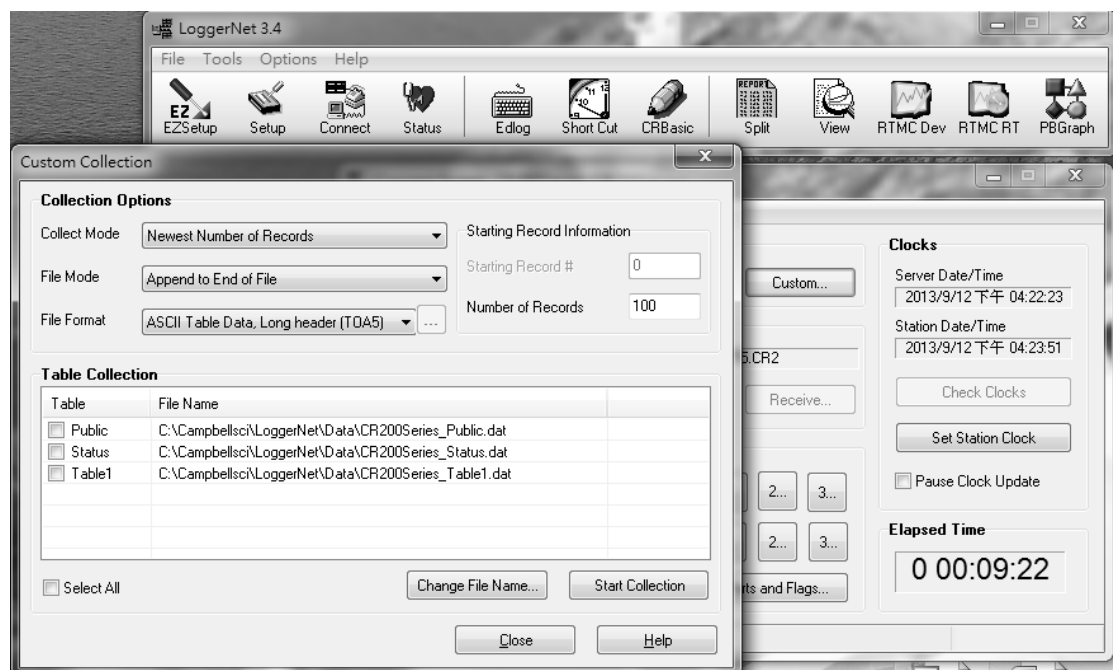
16. 選取小視窗中的 Close 將其關閉，回到大視窗左下方，按下 Start，此時將開始展現氣象測站的即時資料。



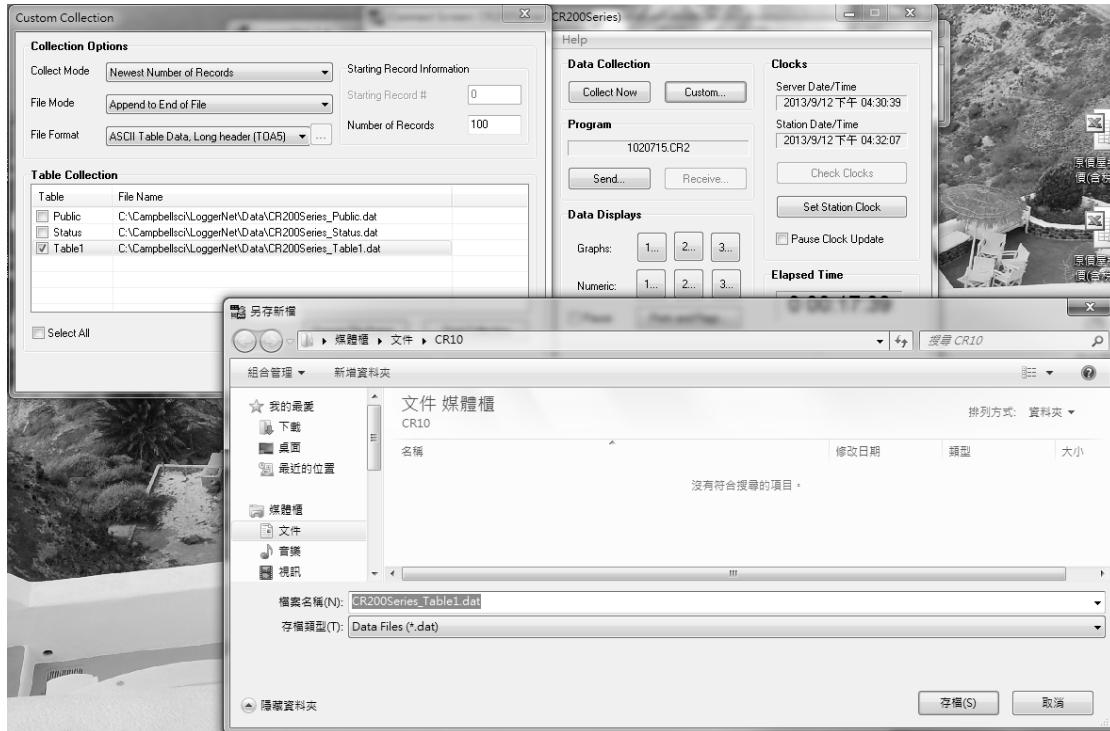
17. 若只想看測站的即時數值，則在第 13 步驟，選擇 Numeric，其餘步驟相同。利用這些數據，管理人員可以確認測站是否運作正常。確認無誤後，可按下 Stop 鍵停止展示，並且關閉視窗，回到主畫面。



18.接著要進行資料下載。回主畫面後，到 Data Collection 選單，選取 Custom 按鈕，進入資料選單。



19.要下載資料，要先將資料的儲存位置與檔名更換。首先點選 Table1，將其打勾，並在其 File Name 位置上雙擊使其反白，在按下 Change File Name... 更換新的位置與檔案名稱。請注意，若不更換新的檔案名稱，會有新下載的資料會覆蓋在舊的檔案上，造成前次資料遺失的風險。



20.更換檔案名稱後，回到畫面中。這邊要修改的為 Collect Mode。在選單中共有四種選項：

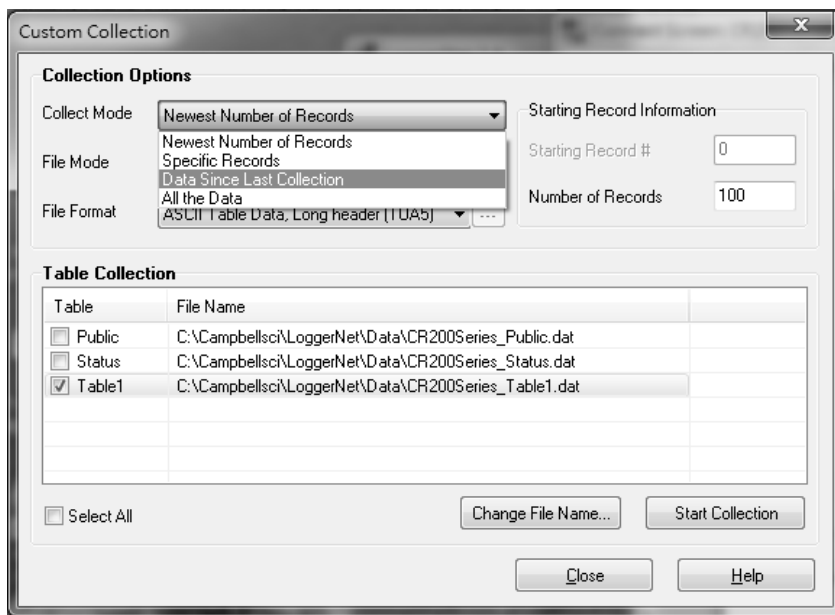
Newest Number of Records 最新一筆資料

Specific Records 特定時間內的資料

Data Since Last Collection 從上次下載完成處開始

All the Data 所有資料

通常選擇為「從上次下載完成處開始」，比較容易與前次資料整合。也可以選擇所有資料下載，可以將機器內的所有紀錄回傳，但需要較多的時間。



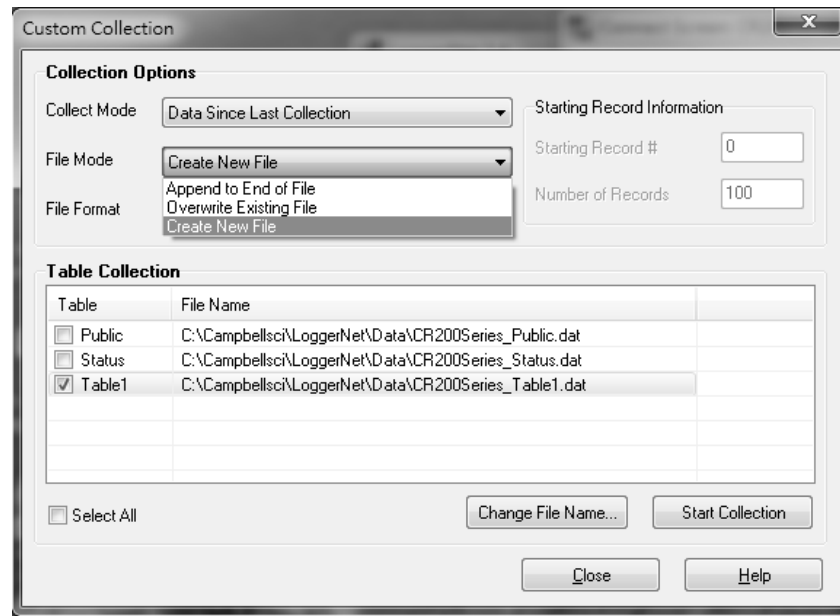
21.在 File Mode 選單，也有三個選項：

Append to End of File 附加在檔尾

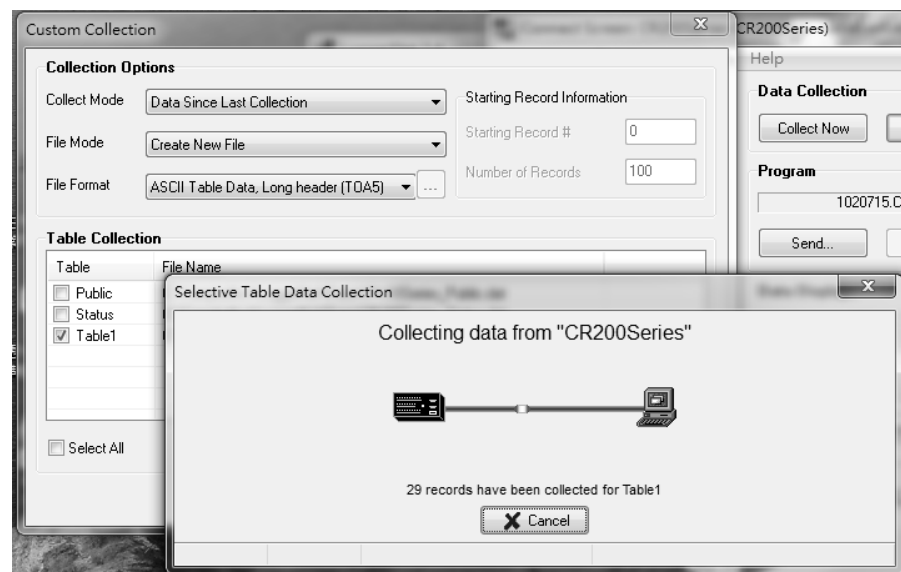
Overwrite Existing File 複寫資料

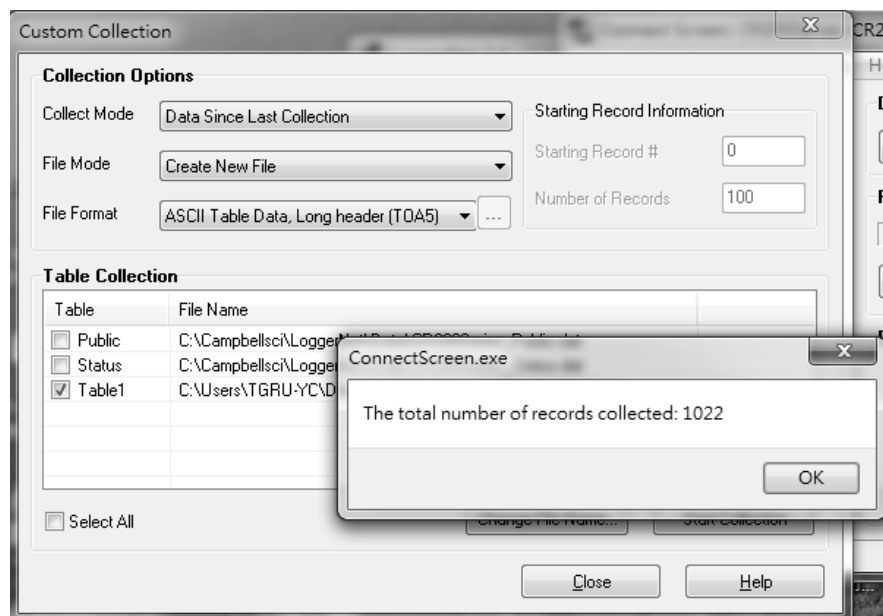
Create New File 新建檔案

程式的預設為附加在檔尾，但為了安全起見，除了之前的更換檔名動作外，多建議使用新建檔案較為安全。



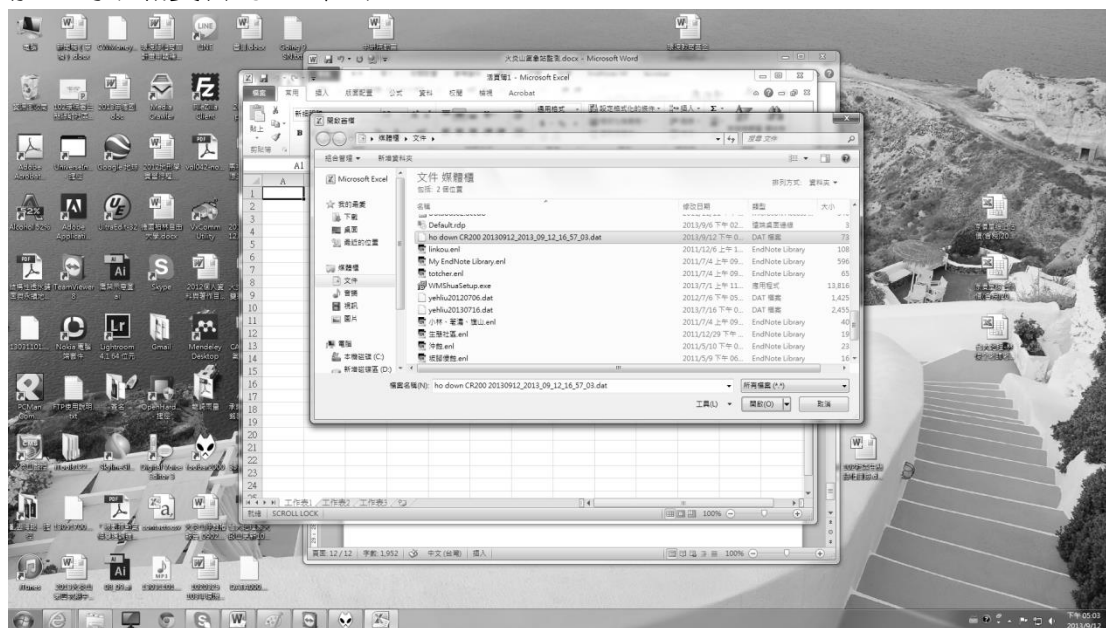
22.完成選擇後，按下 Start Collection 開始傳檔，期間會跳出傳輸狀態視窗，請不要誤觸 Cancel 取消，造成下載中斷。下載完成後，會跳出通知視窗，告知動作完成，並請按下 OK 確認。



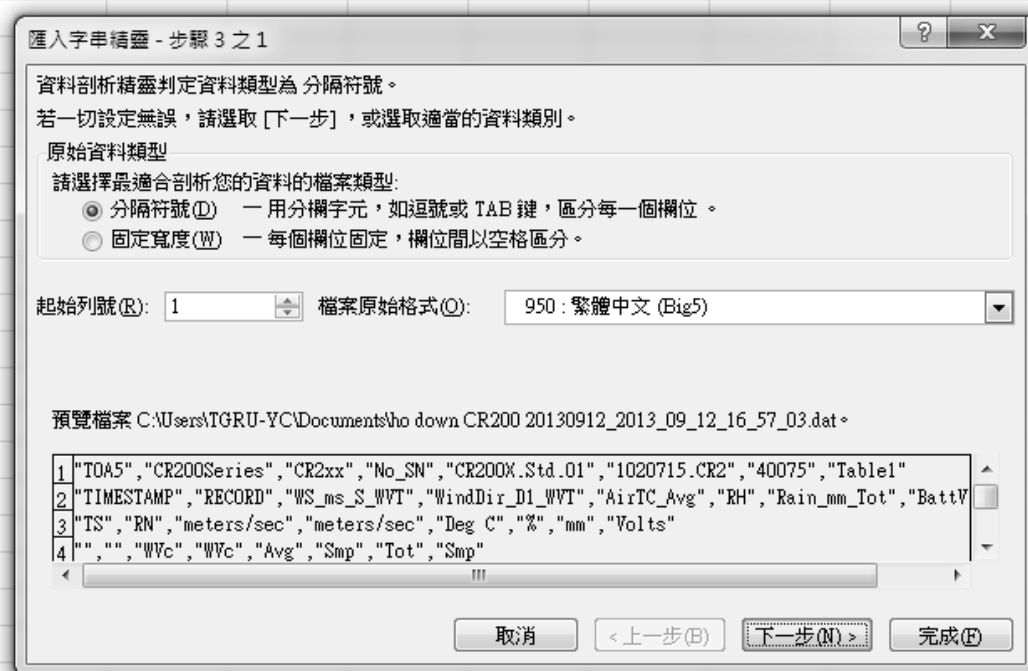


23.關閉小視窗，回到連線視窗，按下左下方的 Disconnect 鈕，結束連線動作。當圖示展示斷開連線後，可以將 Logger net 程式關閉。

24.打開 Excel，來到開啟舊檔畫面，並且將開啟的選項設定為所有檔案，這樣才能看到下載資料的 dat 檔案。



25.點開下載的資料檔，此時因為格式的不同，Excel 會詢問檔案要如何匯入，請選擇分隔符號，並按下一步。



26.Excel 將再詢問要如何分隔檔案，請選擇”逗點”，此時檔案將自動排列整齊，接著按完成，就可以得到排列完整的資料，再行另存新檔就完成了。

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	TOA5	CR200Series	CR2xx	No_SN	CR200X.Std.01	1020715.CR2	40075	Table1				
2	TIMESTAMP	RECORD	WS_ms_S	WindDir_D1_WVT	AirTC_Avg	RH	Rain_mm	BattV				
3	TS	RN	meters/sec	meters/sec	Deg C	%	mm	Volts				
4			WVc	WVc	Avg	Smp	Tot	Smp				
5	2013/8/22 10:00	0	1.959188	334.9644	25.07575	98.177	8.999996	12.68728				
6	2013/8/22 10:30	1	1.743511	113.186	24.95308	98.833	3.600001	12.69315				
7	2013/8/22 11:00	2	1.536459	135.2242	25.07696	98.792	4.4	12.69315				
8	2013/8/22 11:30	3	2.291549	89.75338	25.35085	97.498	4.2	12.66881				
9	2013/8/22 12:00	4	2.945698	53.44258	24.9539	97.835	9.199996	12.67049				
10	2013/8/22 12:30	5	2.243802	28.82816	24.64566	95.681	2	12.69232				
11	2013/8/22 13:00	6	1.966516	327.299	24.64029	96.044	3.600001	12.68728				
12	2013/8/22 13:30	7	2.017693	289.9958	25.09485	93.927	1.2	12.68392				
13	2013/8/22 14:00	8	1.855993	303.5701	26.2165	91.578	0.2	12.68392				
14	2013/8/22 14:30	9	2.204818	334.8362	25.65327	90.392	1.6	12.66713				
15	2013/8/22 15:00	10	2.162842	315.9983	25.77818	86.951	0.2	12.6856				
16	2013/8/22 15:30	11	1.849568	273.7046	26.629	80.96	0	12.69483				
17	2013/8/22 16:00	12	1.901726	226.8932	27.45404	80.169	0	12.6495				
18	2013/8/22 16:30	13	1.938968	204.4529	27.79808	82.312	0	12.70155				
19	2013/8/22 17:00	14	1.727123	178.3127	27.71313	76.21	0	12.6808				

火炎山影像監視系統

器材/型式	功能
網路伺服器主機	攝影機控制，影像紀錄與儲存；影像資料遠端上傳
sony700條高解紅外線攝影機	全天候攝影

位置	網路/帳號/密碼
火炎山隧道東口	http://ntu1.i-dvr.net 帳號：admin 密碼：123456
火炎山隧道東口	http://ntu2.i-dvr.net 帳號：admin 密碼：123456

連線 SOP

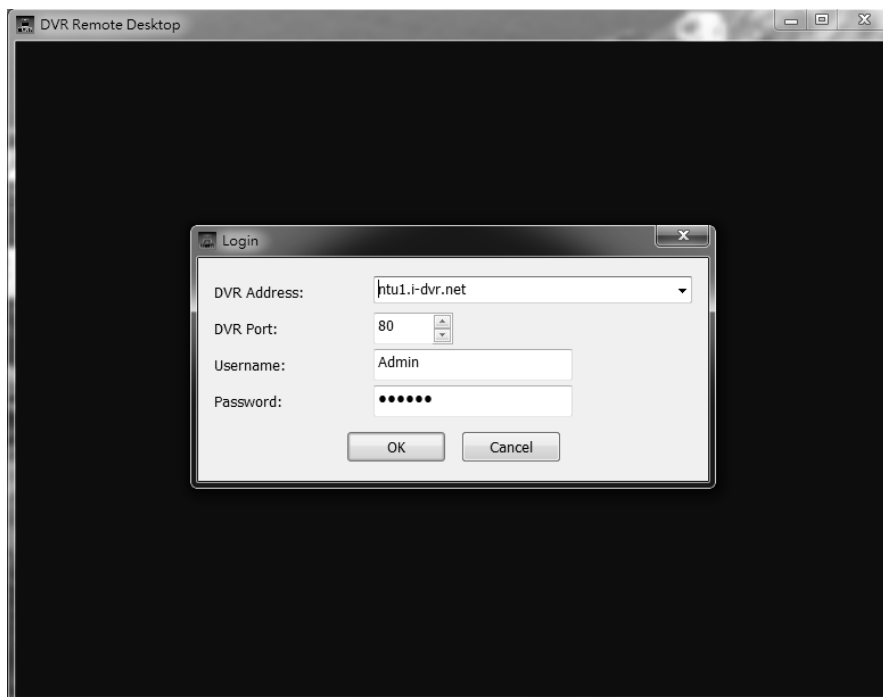
1.於網路瀏覽器中鍵入 <http://ntu1.i-dvr.net>，連網後會跳出認證視窗，在使用者名稱中鍵入 admin，密碼請鍵入 123456



2.第一次登入時，會要求下載遠端監看程式畫面。請將 [Download DVR Remote Desktop \(Windows XP, Windows Vista, Windows 7\)](#) (解壓縮後為 iCMS_IVS_ICT20110221A 資料夾)以及 [Download Record File Player \(Windows XP, Windows Vista, Windows 7\)](#)分別儲存後再予執行。



3.安裝完畢後，重新開啟安裝之 DVR Remote Desktop，並且重新連線至 <http://ntu1.i-dvr.net> 以及鍵入帳號密碼。



4.鍵入完畢後，會進入連線狀態。由於網路頻寬，畫面的畫質屬於 DVD 等級，更新速度則取決於有多少人連結。愈多人連結至主機，更新率相對下降。畫面右下方則有小選單，可針對目前的畫面進行遠端錄影或快照。



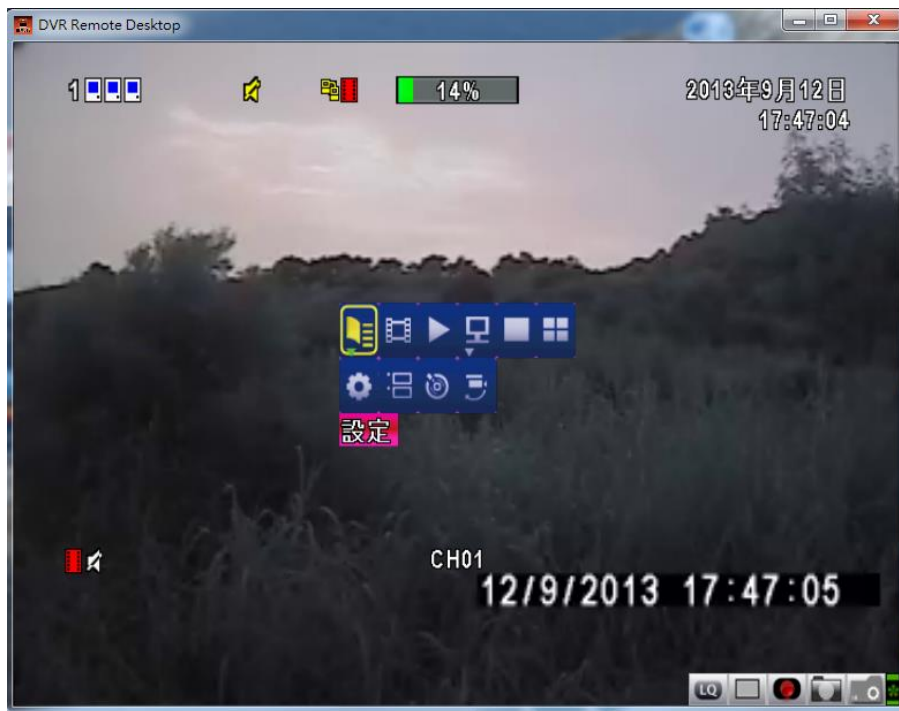
5.若要遠端預覽過去的錄影紀錄，請按下滑鼠右鍵，程式會秀出選單，進入設定
>>>搜尋設定



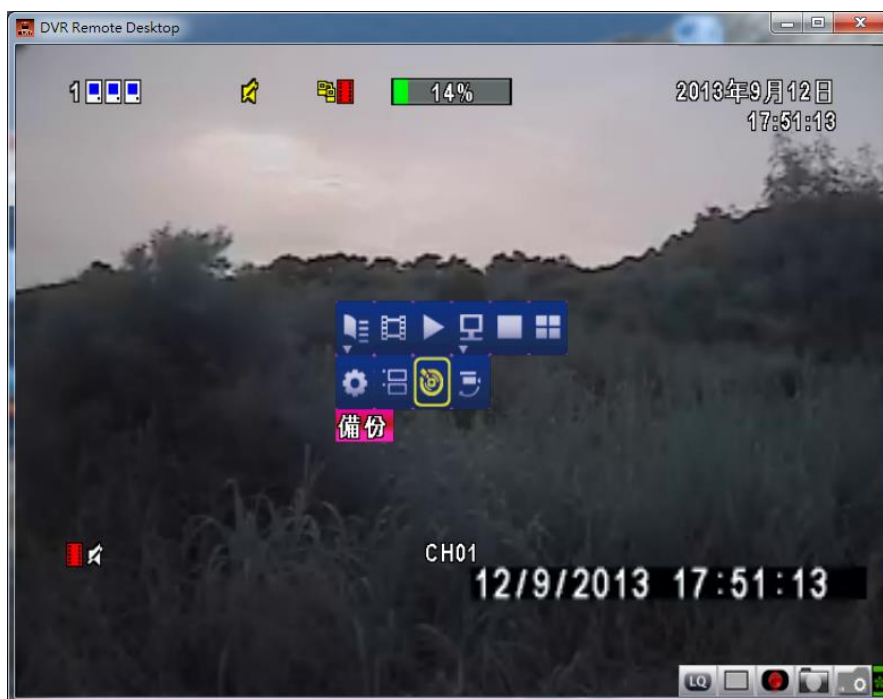
6.在搜尋選單中，設定想要回放的日期與時間，按下確定後，即可進行回放的動作。



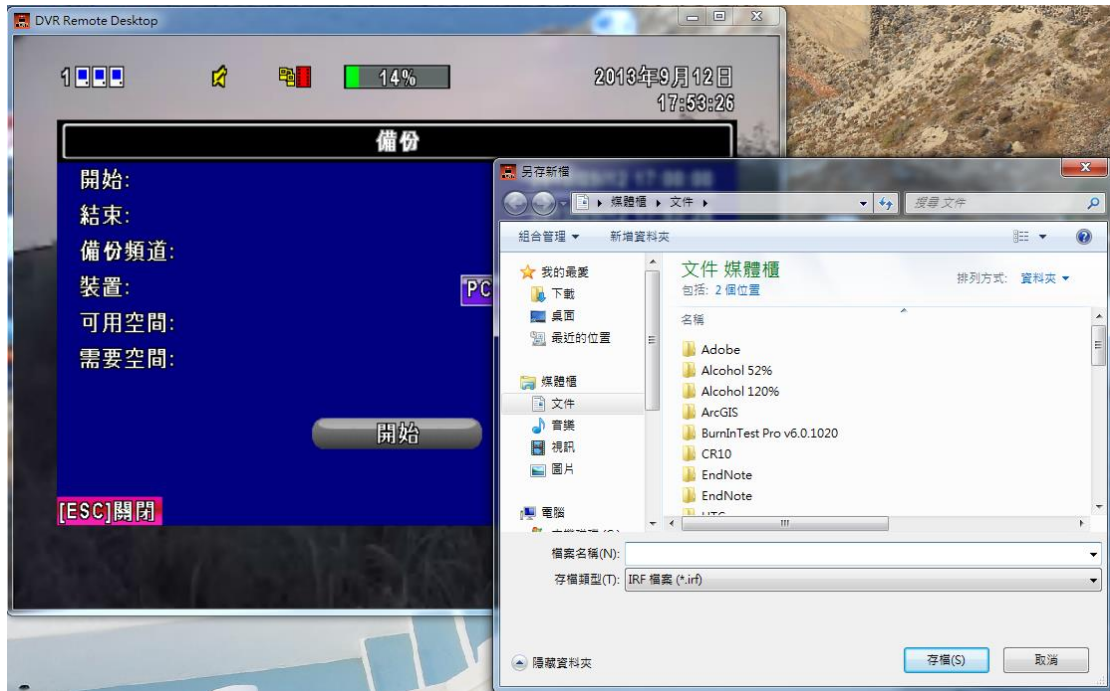
7.預覽完畢後，若要取回放置於遠端主機中的高畫質影像，則須對遠端主機進行畫面備分的動作。首先，於畫面上按下滑鼠右鍵，程式將會秀出選單。



8.為了避免更改到主機設定，建議不要去更動主機的任何選項。要遠端備份，進入設定下方的備份選項



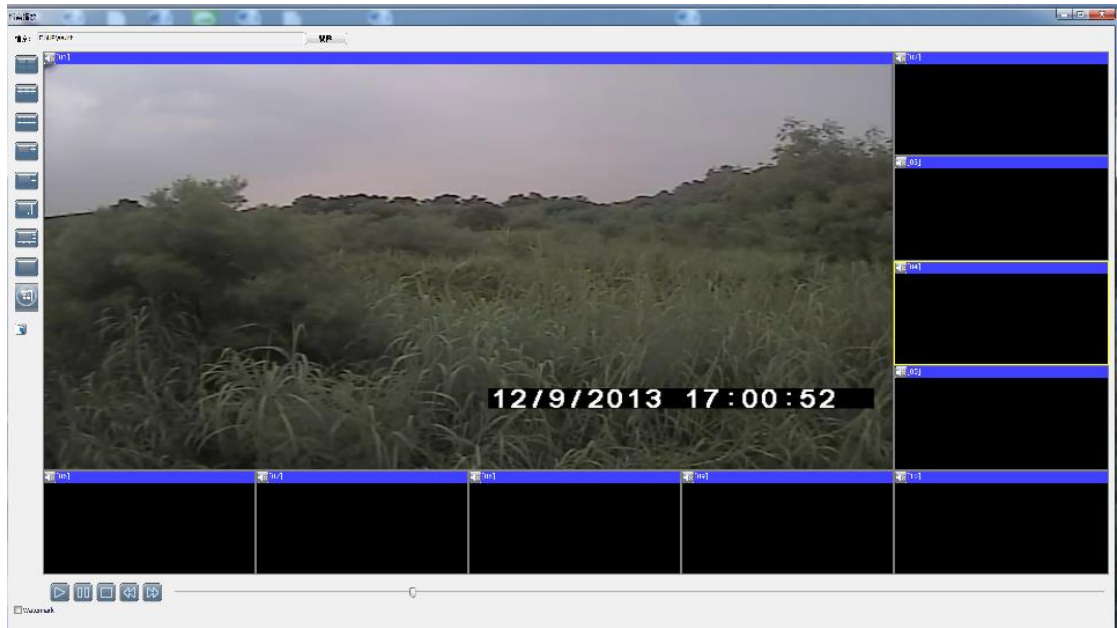
9.按下備份後，首先會跳出一個目的地資料夾選單，這是為了要計算資料回傳的大小以及備份的時間。



10.接下來要調整遠端備份的時段與頻道。設定完成後，要先按下計算，待計算完成容量之後，開始的按鈕才會亮起。此時按下開始，即可進行遠端的備份工作。由於壓縮率與頻寬影響，影像資料的傳輸需要大量時間，大約是每撥放 1 分鐘會需要 3 分鐘的傳送時間。



11.檔案下載完成後，點擊之前下載的撥放程式：ifileplayer，從程式中打開剛才下載的檔案即可撥放高畫質影像



參考文獻

1. 王鑫，1982，火炎山自然保留區生態之研究報告，行政院農業委員會 76 年生態研究第 003 號，69-117 頁。
2. 李錦南，1957，火炎山、大甲附近地質，國立台灣大學地質學系碩士論文。
3. 林朝榮，1957，台灣地形，269 頁，台灣省文獻委員會。
4. 林朝榮，1974，台灣地質，89 頁，台灣省文獻委員會。
5. 林俊全，1992，台灣苗栗火炎山地區邊坡沖蝕之研究，國立台灣大學地理學報，第十五期，63-79 頁。
6. 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。
7. 林俊全，2004，火炎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。
8. 林俊全，2005，火炎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。
9. 林俊全，2006，公路工程對火炎山自然保留區的影響，行政院農委會林務局新竹林區管理處。
10. 林俊全，2010，火炎山自然保留區土石流演變監測，行政院農委會林務局新竹林區管理處。
11. 林俊錄，1990，航測遙測技術應用於生態資源保育之研究火炎山自然保留區植群變遷之研究，國立臺灣大學森林研究所碩士論文。
12. 許明仁，2003，台灣西部卵礫石地層之坡度影響因子及其地質材料特性，國立台灣大學地質學科系研究所碩士論文。
13. 張憲卿，1994，五萬分之一台灣地質圖(17): 大甲，經濟部中央地質調查所。
14. 黃朝恩，1990，台灣中部火炎山沖積錐群的地形學研究，師範大學地理所研究報告，第十六期，139-166 頁。

15. 褚炳麟，1982，台灣地區麓山帶與台地礫石材料特質之初步研究，工程環境，第五十五卷第九期，21-39 頁。
16. 齊士崢，2002，台灣山地地區的主要沖積扇階地與地形災害，國立臺灣大學地理學報，32：75～87。
17. 鄭村益，1993，三義火炎山自然保留區崩塌地變遷之研究，國立中興大學水土保持學研究所碩士論文。
21. Armstrong, A. C. and Whalley, W. B., 1985, An introduction to data logging, British Geomorphological Research Group, Technical Bulletin, No. 34.
22. Anderson, M. G. and Richards, K. S., 1987, Slope stability, John Wiley & Sons, 648p.
23. Blair, T.C. 1999. Alluvial fan and catchment initiation by rock avalanching, Owens Valley, California, *Geomorphology*, 28:201-221.
24. Bovis, M.J. and Jakob, M. 1999. The role of debris supply conditions in predicting debris flow activity, *Earth Surface Processes and Landforms*, 24(11):1039-1054.
25. De Ploey, J., Kirkby, M. and Ahnert, F., 1991, Hillslope erosion by rainstorm- A magnitude- frequency analysis, *Earth surface processes and landforms*, 16, 399-409.
26. Bailly, B., Collier, P., Farres, P., Inkpen, R. and Pearson, A. 2003. Comparative assessment of analytical and digital photogrammetric methods in the construction of DEMs of geomorphological forms, *Earth Surface Processes and Landforms*, 28:307-320.
27. Field, J. 2001. Channel avulsion on alluvial fans in south Arizona, *Geomorphology*, 37:93-104.
28. Gomez-Villar, A. and Garcia-Ruiz, J.M. 2000. Surface sediment characteristics and present dynamics in alluvial fans of the central Spanish Pyrenees, *Geomorphology*, 34:127-144.

29. Harvey, A.M. 2002. The role of base-level change in the dissection of alluvial fans: case studies from southeast Spain and Nevada, *Geomorphology*, 45:67-87.
30. Huang, C., Gascuel-Oudoux, C. and Cros-Cayot, S. 2001. Hillslope topographic and hydrologic effects on overland flow and erosion, *Catena*, 46:177-188.
31. Martinez-Casasnovas, J.A. 2003. A spatial information technology approach for the mapping and quantification of gully erosion, *Catena*, 50:293-308.
32. Selby, M. J., 1993, Hillslope materials and processes 2th edit, 219-246.
33. Schumm, S. A. and Mosley, M. P. 1973, Slope Morphology, 238-327.
34. Young, A., 1972, Geomorphology Text 3 : Slope, 103-108.

期末簡報會議審查意見回覆

時間：102 年 12 月 5 日(星期四)上午 9 時 0 分

地點：林務局新竹林區管理處

審查意見	回覆
朱主任劍鳴	
1. 在本監測研究計畫目的，建議可與在地居民辦理相關座談會，並提供當地居民土石流災害應變措施之教育訓練。 2. 雨量圖例應該為黑色。 3. 雨量表是否可以做資料統整？ 4. 監測點的編號是否可以呈現完整？ 5. 火炎山除地形特殊外，土石流侵蝕也是其主要影響，在今年之前產生重大的傷害及影響，對現有土石流發生變化不大，但因今年兩個颱風來襲，造成該地形文化有所差異，老師的木樁監測土石流侵蝕狀況方式，已有實質的價值及其貢獻，希望可做為日後監測工作之延續參考。	1. 謝謝指教。 2. 已修正。 3. 整理於表 4. 1。 4. 已標示，P. 116 圖 4. 93。 5. 謝謝指教。
蔡委員博文	
1. 三年計畫已完成多項工作的研究與測試，包括技術、方法、社區參與等，建議從這些結果中思考規劃未來常態監測計畫的內容，尤其哪些部份可以移轉社區來協助執行，哪些部分由學術單位執行。 2. 經過一連串測試研究後，宜確定監測工作的具體目的，例如僅做為即時示警，還是儲存所有資料，作為長期分析使用等。 3. 社區經過三年的參與，已經激發出其能動性與認同性，後續宜趁勢規劃社區具體的協助工作。	1. 說明於第六章建議。 2. 監測目的最重要警示的功能，長期氣象資料收集，可作為地形變遷的參考。 3. 建議新竹處與社區擬定監測計畫，定期來觀察。
許委員民陽	
1. 本計畫地形監測，民眾參與等均十分成功，計畫圓滿達成。 2. p. 24-39，44-49，53-58 的雨量圖，顯示的雨量圖例應為黑色。	1. 謝謝指教。 2. 已修正。 3. 已修改。P. 140 圖 4. 98。 4. 已修改。P. 140 圖 4. 99。

3. p. 137 的解說牌建議用綜合解說牌的方式撰寫，內容可更詳細說明，例如：火炎山屬三義臺地的南端，何時形成臺地地層，再提到崩塌作用與雨水沖刷……造成今日的地貌，綜合解說牌也建議列出相關的資訊，如警察局，交通單位，與管理單位的聯繫方式。 4. p. 138 上圖解說稿第一段「…因此極容易被礫石沖刷」應改為「因此極容易被雨水沖刷」。 5. p. 139 下方的解說稿，第一行「鳥瞰火炎山全景」，建議修正為「站在火炎山沖蝕溝頂端向南看…」。 6. p. 115，圖 4-73 未標明第 1-6 號監測點的編號。 7. 建議在結果與討論加一段未來展望。 8. p. 111 的登山地圖，右側虛線的路線可能有誤，請修正。	5. 已修改。P. 142 圖 4. 101。 6. 已標示。P. 116 圖 4. 93。 7. 說明於第六章建議中。 8. 已修正。
林委員純徵	
1. 居民參與監測紀錄的工作該如何執行？ 2. 未來工作的執行，相關業務與生態資源該如何做連結？ 3. 8 年來的氣候與地形之變遷相關圖表，是否有相關記錄或大事紀可做彙整及提供？ 4. 2011-2013 的資料是否可以幾個重要的點作比較說明？ 5. 簡報中的資料表格化會更清楚易懂。 6. 邊坡後續監測之重要性？ 7. 解說牌內容儘量使用研究成果範圍，並提供給業務單位確認。	1. 說明於第六章建議中。 2. 建議為來能在新計畫中與相關生態資源調查整合。 3. 如 P66，表 4. 2。 4. 如 P66，表 4. 2。 5. 遵照辦理。 6. 說明於第六章建議中。 7. 遵照辦理。