火炎山自然保留區地形變遷監測計畫

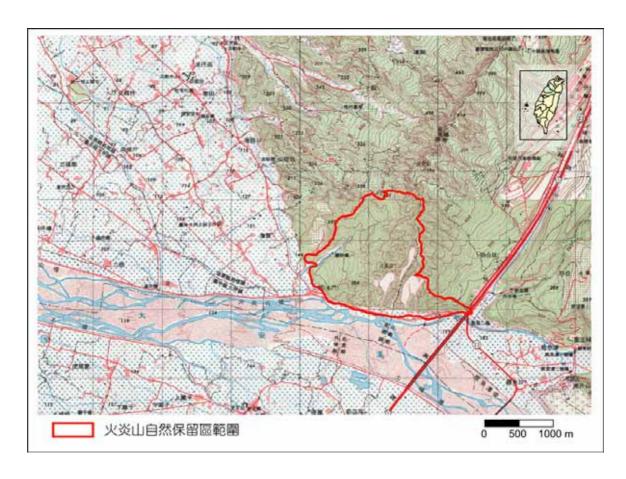
台灣大學林俊全教授

委託單位:林務局新竹林區管理處

執行單位:台灣大學地理環境資源學系

一、計畫緣起

苗栗三義火炎山自然保留區是臺灣現有十九個自然保留區之一,其特色主要為厚層礫石層惡地的侵蝕地形。整個火炎山是由頭嵙山層礫石層所組成,其特色是岩層中含有大量礫石以及少量細粒物質所組成的礫石層,由於礫石的膠結物是鬆散的沙與泥,因此常常會由於地表的侵蝕作用,產生劇烈的邊坡沖蝕現象。由於地表沖蝕過度激烈,因此形成裸露的礫石邊坡,以及由沖蝕所產生的大規模礫石沖積扇,在遠遠的高速公路上都可以看得一清二楚,這就是火炎山自然保留區最標準的地貌,在地形學上被稱為「惡地地形」,清楚地說明了礫石層受到劇烈沖蝕作用後,所產生的特殊地貌(林俊全,1992a)。「惡地地形」是指由於沖蝕作用強烈,使地表成為無植被或植被稀少,裸露情形嚴重的一種地形(王鑫,1987)。



圖一 火炎山自然保留區位置圖

由於火炎山自然保留區的礫石層惡地地形變動非常大,每當降雨量達到某個數值以上,就會產生邊坡沖蝕的現象,進而有許多礫石與細粒物質進入河道,最後向下邊坡移動,在鄰近大安溪河岸形成大規模的沖積扇。所以在火炎山地區,有三個地區變動非常劇烈。首先是最上方的礫石層邊坡,常常會受到地表侵蝕作用,表面的礫石會以落石的方式後退,形成非常高角度的裸露邊坡。這些邊坡由於經常發生邊坡後退作用,因此植物無法生長,長年保持光秃秃的狀態。在地形學的角度來看,這屬於一種邊坡演育的方式,也就是上方邊坡以高角度的方式後退,在下方產生由崩落物質堆積的崖錐,這就是「平行後退邊坡」。這個部分的地形變化非常大(林俊全,1992b)。

其次,在火炎山的谷地中,堆滿由兩側與上方搬運而來的大小礫石,在平常 狀況下谷地無地表水,這是由於堆積在此的物質孔隙度大且易於透水,所有的地 表水都入滲成為地下水,當大雨來時,谷地中會匯集由上方與兩側的地表逕流, 形成大量的地表水流。由於這時候的地表水流量很大,對河床與兩側河岸都會產 生劇烈的侵蝕作用,將原本靜止的細粒物質與礫石重新搬運,成為類似土石流的 情形。因此,這個河谷部分的地形變化也非常大,成為研究動態地形演變的最佳 題材(Anderson et. al., 1987)。

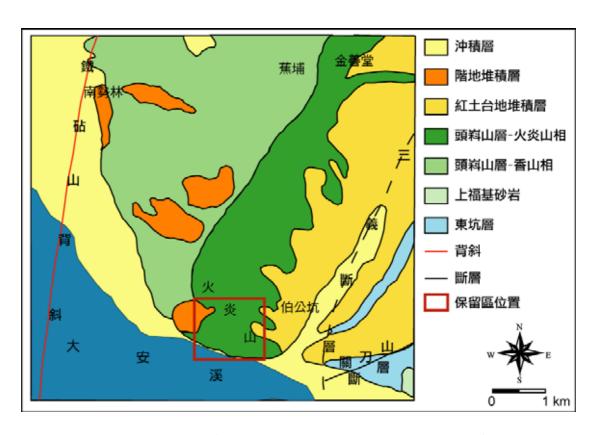
除了谷地與邊坡之外,在火炎山地區與大安溪相接的沖積扇也非常引人注目。遠在國道一號高速公路上就可以發現數個大型沖積扇。這些是由火炎山邊坡所掉落礫石,經過河道搬運作用所堆積而形成的。在大量降雨之後,地表逕流匯集,產生非常大的剪力與搬運力,將河道中原本堆積的礫石與細粒物質重新移動,這些物質的移動方式與土石流類似,也就是夾帶礫石的泥流(褚炳麟,1982)。在火炎山地區靠近大安溪的部分,主要可以劃分為五個小型集水區,每一個集水區都各自發展出沖積扇,其中以三號(由東向西算)與四號集水區的沖積扇規模最大。由於火炎山地區地勢較高,常常會產生地形雨,因此對於沖積扇的發育有很顯著的影響。往往在大雨過後,上游的土石就順著河谷向下搬運,使沖積扇的體積持續增加,對於苗130甲線道路產生極大的道路中斷威脅。因此,最下方沖積扇的地形發育也成為火炎山地區地形研究的焦點之一(黃朝恩,1990)。

地形變遷研究是地理環境資源學系中一個重要的研究課題往往可以結合其他新的科技進行相關課題的探討,例如衛星科技、環境監測科技與自動化氣象資料收集技術等等。與地形發育相關的課程包括:地形學、自然地理調查方法、地形學調查方法與環境監測等課程。而要瞭解學術與應用領域中,目前最新的發展觀念與技術,這是非常重要的學習焦點之一。在目前環境監測的領域中,遠端監測可說是一個重點發展項目,尤其是對於災害的防治與研究,這樣的系統有其價值與必要(De Ploey et. al., 1991)。

二、研究區背景

1. 火炎山地質概述:

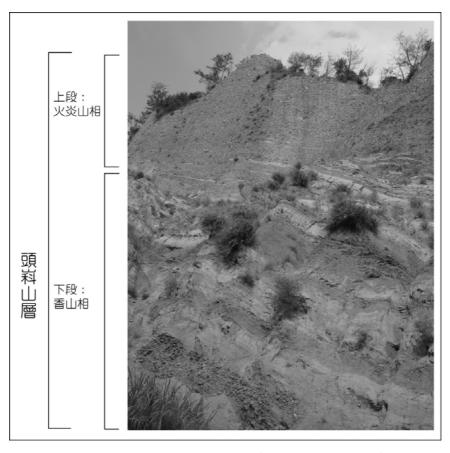
火炎山位於苗栗丘陵南部,大安溪的北側,旁邊分別為鐵砧山台地、后里台地。就地層而言,幾乎都屬沈積岩體系(砂岩、頁岩、礫岩、紅土台地堆積層與現代沖積層),沈積的年代從中新世到全新世之間。



圖二 火炎山地區地質圖(改繪自經濟部中央地質調查所,1994)

火炎山附近有三條構造線,分別為鐵砧山背斜、三義斷層與關刀山斷層。此三條構造線中,關刀山斷層對於本區的影響並不大。影響較大者為三義斷層與鐵砧山背斜,其中由於背斜通過火炎山西邊附近地區造成隆起,使火炎山的地層走向成為往西北西方向傾斜,傾角為 8°~20°不等。

就細部來看,據張憲卿(1994)調查,本區的地層分界主要以火炎山東側的三義斷層為界,以西為更新世到現代沖積層,屬較年輕的地層;以東為中新世到上新世、相對較老的地層。火炎山位在三義斷層西方,拜鐵砧山背斜軸東翼出露之賜,將原本水平的沈積岩層抬升出露。出露的地層從老到年輕分別為:砂岩、粉砂岩與頁岩之互層→礫岩間夾薄層泥岩地層→紅土台地堆積層,這個順序也是由上到下地層排列的順序。在火炎山沖積扇的第四、五號沖積扇與保留區西側外圍,都可以見到相當明顯的地層露頭。



圖三 火炎山地層露頭說明(攝於5號集水區)

頭嵙山層:此地層分佈涵蓋火炎山自然保留區全域,為本區最主要之地層,

而在外觀與特性上可分為上下兩層:火炎山相與香山相。頭嵙山層上部的火炎山相主要由礫石組成,其間亦有夾雜厚度較薄之砂、頁岩互層。與紅土台地堆積層不同的是,紅土台地堆積層的礫石多呈現橢圓狀,火炎山相的礫石大小較為接近,有良好的淘選度。但其膠結物質多為粗沙或細礫,膠結程度較差,很容易被雨水或表面逕流沖刷而崩落。這種易被侵蝕的特性,是火炎山形成惡地地形的基本條件。每當下雨,最外側靠近河谷的坡面即開始侵蝕掉落,形成峭壁聳立的特殊景觀。(※註)

頭嵙山層下部的香山相,以近海沈積相為主,為細粒的砂、頁岩為主,偶而可以見到如圖中所示的泥岩層與礫岩層。香山相由於地層位置在火炎山相的下方,出露的部分並不多,第四、五集水區以及保護區西側外圍部分才比較多見。由於本層主要以泥質砂岩、粉砂岩為主,膠結更為疏鬆,常可在第四、五號集水區中見到正在發育(崩落)中的香山相邊坡,而河道中亦可見到由地層中沖出之炭化漂木。

紅土台地堆積層:主要為古河道的河口堆積物,因地殼隆起後受到河川下切作用而形成台地,時間約為更新世中期。本層中所夾礫石厚度約30~80公尺以上,亦有再細分為紅土台地堆積、礫石台地堆積與現代堆積層者(林俊全,1992a)。本層礫石淘選度差,粒徑從10

~100 公分者皆有,且膠結不如下方的火炎山相地層,主要覆蓋 於頭嵙山層之上,為火炎山另一主要的地層,也是下方沖積扇物 質的來源之一。

階地堆積層:張憲卿(1994)曾調查報告認為,階地堆積曾主要出露於南勢溪、五北里溪、大安溪及大甲溪主支流兩岸,為晚更新世至現代早期之礫石堆積。主要組成物質為礫石、黏土、粉砂,在本區的分佈範圍並不廣。

※註:目前地質學者對於過去頭嵙山層火炎山相的命名有修正意見,認為原本的「頭嵙山層」應稱為「頭嵙山群」,「火炎山相」與「香山相」應稱為「火炎山層」與「香山層」。本研究中相關的地質敘述係依據中央地質調查所所出版的文獻與地質圖資料。

表一 火炎山地層表 (改編自張憲卿,1994)

地層	岩性	厚度(公尺)	化石	
階地堆積層(t)	礫石、砂、粉砂及黏 土	1-25	_	
紅土台地堆積層(I)	砂、泥及礫石,上覆 一至六公尺紅土	30-80		
礫岩 頭嵙 TK2	TK2: 礫岩間夾薄層 泥質粉砂岩	1980	貝類、有孔虫、 蘚虫、哺乳類及	
山層 砂、頁岩 TK1	TK1:砂岩、粉砂岩、頁岩之互層		珊瑚等	

表二 火炎山之主要地層及其岩性(林俊全,1992b)

地層	厚度	年代	主要組成岩性
現代堆		現代一萬年	礫石堆積:以石英砂岩、石英岩及石英礫
積層			岩爲主。
			泥沙堆積。
礫石台	10m-20m	更新世末期	由圓礫、次圓礫及稜角礫之石英砂岩及沙
地堆積			土組成。
層			
紅土台	10m-20m	更新世中期	紅土。
地堆積		至末期	礫石層:以石英砂岩、石英礫岩爲主。
層			由表層數十公分至2公尺之紅棕土與數十
			公尺之礫石夾紅棕土組成。
			層理不明顯。
頭嵙山	約 320m	更新世早期	礫石層以石英砂岩及粗粒石英砂岩爲主。
層火炎		至中期	部分粗粒石英砂岩礫含較高之長石及黏土
山相			礦物,經風化後孔隙較大、強度降低,易
			以鐵錘擊破。
			層理不明顯。
頭嵙山		上新世至更	以砂頁岩互層爲主,間雜有礫石層、碳化
層香山		新世	木,並含有褐鐵礦之成分。
相			間夾之礫石層。
			層理較明顯。

2. 火炎山的地形發育:

由上述的說明可以清楚地瞭解到,火炎山自然保留區的礫石層惡地地形 是非常動態而多變化的。整體而言,火炎山惡地的地形發育可以分為最上方 的裸露邊坡、中央的谷地,以及最下方的沖積扇等三大部分。這三個部分都 受到地表外營力的影響,呈現非常不穩定的狀態,當降雨達到某一個程度 時,這三個部分會受到作用力的衝擊,產生相當的變化,進而形成新的地貌。

其中,最上方的裸露邊坡是受到降雨的侵蝕,使原本膠結情形就不良好的礫石層產生表面物質破壞,進而使礫石失去支撐、掉落的現象,這時邊坡主要是以高角度的方式後退,在地形學上稱之為「平行後退」。經由測量就可以瞭解火炎山裸露邊坡的後退速率,也就是整個邊坡系統受到外界作用而產生的反應。

而中央的谷地系統,主要是掉落礫石與泥沙的暫時堆積地,當地表逕流 匯集時,會產生具大的剪力與搬運力量,破壞原本穩定的堆積結構,將礫石 以土石流的方式向下搬運。因此,只要降雨量到達某一個數值,超越整個系 統地形閾值時,就會產生土石流。對於礫石搬運特性與搬運量之研究,這個 區域提供非常好的材料。

在沖積扇部分,由於是來自上方五個集水區所搬運的物質,因此沖積扇 體積變化受到來自上方物質量的控制。由上方來的礫石多,所形成的沖積扇 體積隨之變大。所以測量沖積扇的數值地形模型(DTM)就可以確知整個地形的動態變化。以目前的技術而言,運用航空攝影測量就可以精確地掌握整個沖積扇地形的數值地形模型。如果將連續兩次數值地形模型加以相減,就可以獲得沖積扇體經增減的分佈情形,也就是在地形上沖蝕與堆積的位置與增減的數值,進而可以計算每一段時間內地形變化情形。對於地形學的研究與實際的規劃而言,現地的地形資料是非常重要的資料。



照片一 火炎山裸露邊坡與下方堆積沖積扇

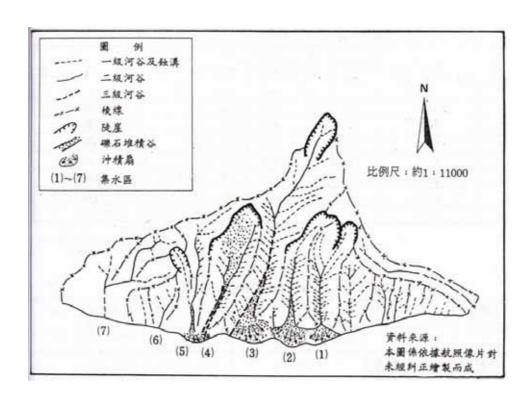


照片二 由邊坡崩落的礫石與泥沙是沖積扇物質的主要來源



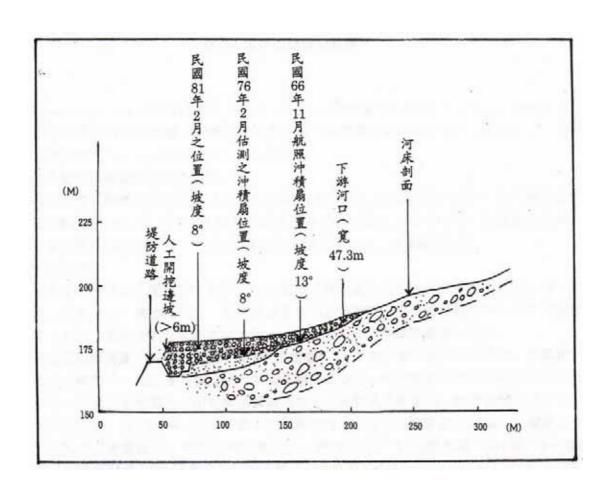
照片三 暫時堆積的沖積扇再度被流水切割

以計量地形的角度,可以把火炎山分成下列幾個小集水區來做討論。從東側的高速公路側開始,可分為七個小集水區(請參閱圖四)。



圖四 火炎山地區地貌圖(林俊全,1992b)

如圖四中所示,火炎山下方的沖積扇主要的物質來源是由 1 號到 5 號 集水區所提供。6、7 兩個集水區的下方沒有見到沖積扇的發育,顯示出河 道沒有攜帶大量的沖積物下移。1 號至 5 號集水區的頂端都被標示為陡崖, 此乃為強烈侵蝕作用的證據。剛風化出來的軟弱岩屑無法堆積在坡腳,被河 道帶往下游的谷中形成堆積。而且,1 號至 4 號集水區都發展成三級河谷, 累積了許多一級與二級河谷實力。如前段所述,當降雨量超過一定的閾值 時,原本堆積在谷中的土石就有機會衝出谷口形成沖積扇。6、7 兩個集水 區因尚未發育成熟,向源侵蝕的能力還沒有表現出來。加上面積小,還沒發 展出三級河道,在下方集水區的出口當然就比較少出現堆積的情況。



圖五 火炎山沖積扇縱剖面圖(林俊全,1992b)

圖五為針對第三號集水區所做不同時期之河床剖面圖。三號集水區是目前七個集水區中發育規模最大者。由圖中前後約十五年的三次調查資料所示,火炎山沖積扇扇緣向外擴張達三十公尺、堆高達十公尺以上,其高度甚至超過了下方的道路堤防,顯示出此集水區的強烈沖蝕作用。而堆積高度超過堤防的土石,也說明了為何此區一經大雨,就容易發生土石掩蓋道路的現象。

集水區的數值計量上,先探討七個小集水區的下列特徵:1. 描述流域 內侵蝕切割特性的相對高度面積百分比曲線(hypsometer curve)與起伏比 (relief ratio); 2.流域水系密度(drainage density); 3.描述流域規模的流域面積; 4.河流平均坡度比; 5.流域形狀的環性比(circularity ratio)與長性比(elongation ratio)。

由計量的結果說明下列的特性:

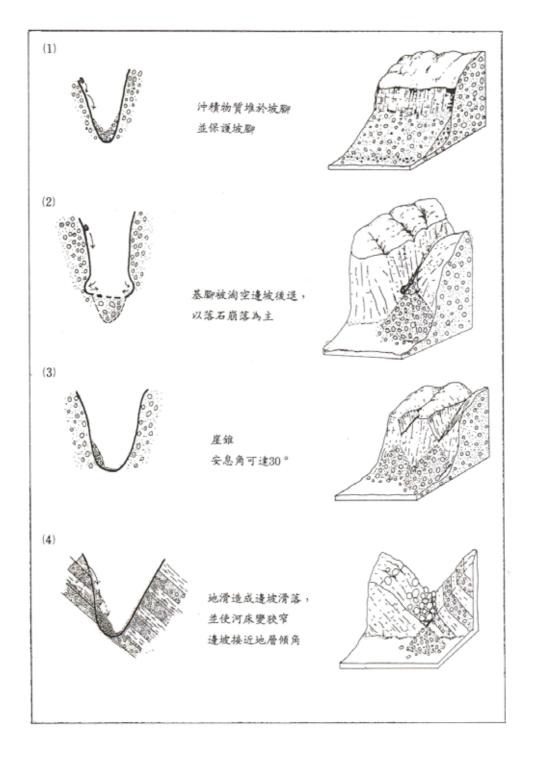
1. 一級河谷數(蝕溝)在本區地貌中比例皆高達85%以上,為剛發育之溪谷。與臺灣其他集水區相較,一級河谷比例並沒有明顯偏高現象,唯二者規模並不相同,本區最大的集水區面積才接近19.5公頃,比一般河川集水區面積小了許多,難做確切比較。

2. 集水區形狀:

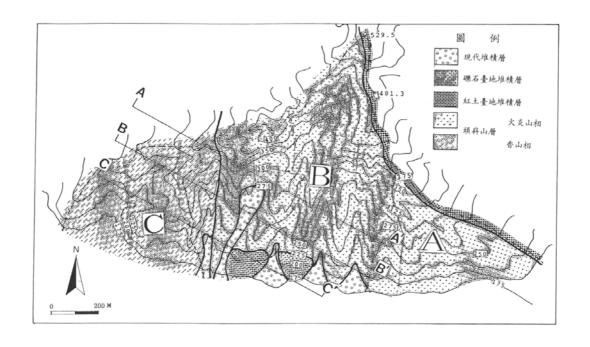
表三的起伏筆、環性比、長性比之比值顯示礫岩區之起伏比大於香山相之粉砂岩、泥岩區,而環性比、長性比反之。說明礫岩區之河谷發育時向上游侵蝕之作用大於側蝕之力量,故一方面形成平行排列之集水區,一方面上游皆呈裸露崩塌地之地貌。

本研究相對高度、面積分布圖(請參閱圖九)之繪製係由 1:5000 像 片基本圖為底圖,計算相對高度及面積而得。由於基本圖比例尺及製圖精度 之限制,等高線無法精確描繪出地表之起伏特徵。然而由圖九可看出,所有 集水區最高 20%之相對高度範圍內,相對面積所佔百分比均小於 20%,自 2.3%~16.3%不等。尤其是第四集水區,其面積僅佔 2.3%,可說明上游已 被侵蝕成以陡坡為主,相對面積因而減少。然而就 B 區(1~5 集水區)與

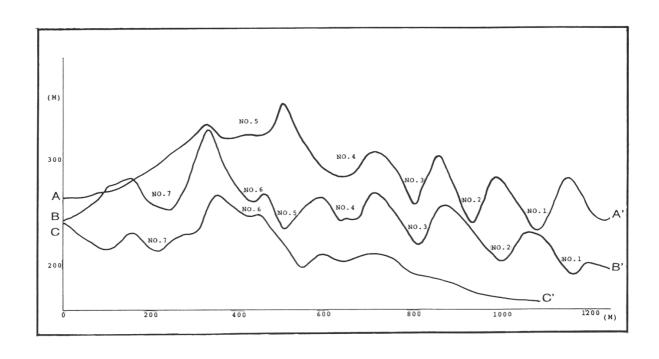
C 區(6~7集水區)之差異而言,則 B 區最高 20%的面積百分比略高於 C 區。



圖六 火炎山河谷邊坡發育示意圖 (林俊全,1992b)



圖七 火炎山地區地質、地形分區圖(林俊全,1992b)

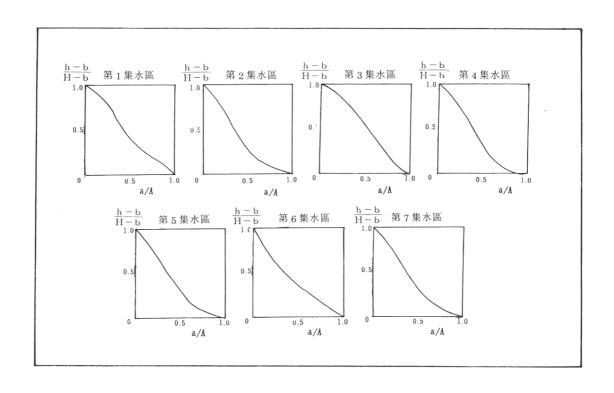


圖八 火炎山地區垂直地層剖面圖(林俊全,1992b)

表三 火炎山地形分區表 (林俊全,1992b)

分區	坡型	岩性	蝕溝 發育	主要邊坡坡型	地貌特徵		
A	斜交坡 爲主	火炎山相礫石層為主,上部並覆有紅土台地堆積層,厚度約10公尺。	中蝕溝爲主	>100%	1. 集水面積小,溪谷呈 V 形發育,但裸露地少。 2. 各集水區呈平行發育匯 入大安溪,但未發育大 沖積扇。		
В	斜交坡 傾斜坡 崖坡	火炎山相礫 石層爲主,頂 部有部分紅 土台地堆積 層,下部漸過 渡至香山相。	大蝕 溝爲 主	>100%	1. 蝕溝密佈平均密度約8 ~9公尺有一條蝕溝。 2. 上游源頭均呈陡坡發 育,坡度高達80°~90°。 3. 下游有礫石台地堆積層 分佈,形成一窄長之平 台,蝕溝亦較不發達。		
С	崖坡 傾斜坡 爲主	香山相粉砂 岩、泥岩爲 主。	中蝕 溝爲 主	45~ 100%	 坡度接近地層傾角。 邊坡發育呈左右不對稱,坡度小於A、B區。 		

※蝕溝發育之分及準則係以蝕溝切割邊坡程度而定。大蝕溝是以蝕溝切割至主要河床,溝底寬度超過2公尺以上。中蝕溝爲小於2公尺。小蝕溝則爲尚未切割至主要河床的蝕溝。



圖九 主要集水區相對面積高度分佈圖 (林俊全,1992b)

表四 火炎山地區主要集水區河川頻度計量表 (林俊全,1992b)

集水區	主要岩性	主流長度(公尺)	集水面積(公頃)	1級河谷數	河谷總數	比) 1 級河谷數/總數(百分	河川頻度
1	礫岩區	600	9.8	27	30	90.0	2.9
2	礫岩區	573	6.5	22	23	95.7	3.7
3	礫岩區	1050	1935	42	45	93.3	2.3
4	礫岩區	620	836	23	27	85.2	3.2
5	礫岩、粉砂 岩、泥岩區	572	10.4	14	17	82.4	1.7
6	礫岩、粉砂 岩、泥岩區	330	3.8	3	4	75.0	1.5
7	礫岩、粉砂 岩、泥岩區	641	17.6	7	10	70.7	0.7

表五 火炎山地區主要集水區地表起伏計量表 (林俊全,1992b)

地層	集水區	面積(公頃)	流域直徑(公尺)	起伏比	平均	環性比	平均	長性比	平均	主河平坡 (%)
	1	9.8	700	0.40	0.40	0.49	0.43	0.50	0.49	47.2
水	2	6.5	620	0.43		0.42		0.46		46.2
火炎山相	3	19.5	1125	0.32		0.36		0.44		34.3
相	4	8.6	660	0.40		0.46		0.50		42.9
	5	10.4	625	0.43		0.43		0.57		29.1
香山	6	3.8	340	0.43	0.35	0.52	0.65	0.65	0.00	43.9
香山相	7	17.6	580	0.26	0.33	0.65		0.82	23.4	

火炎山地區邊坡可歸納出下列四類型:(1)坡度大於70°,邊坡沖蝕方式主要為片洗。部分基腳常被淘空,以落石崩落為主要邊坡後退方式。(2)坡度仍大於70°,但基腳未被淘空,慢慢形成崖錐,並保護坡腳。崖錐之安息角可高達30°。(3)坡度小於45°,接近地層傾角,為受層面控制之坡型。平面型地滑為本區邊坡後退之主要方式,尤以香山相之傾斜坡為主。(4)坡度介於45°~70°之間,邊坡因受礫石層的風化、河谷流水沖蝕搬運而平行後退,分佈區主要在礫石台地堆積層上。

由集水區之計量顯示本研究區蝕溝密佈,也說明火炎山地區礫石層之河谷、蝕溝發與與集水區形狀、地表起伏等特性皆有關。同時由於豪雨後常造成邊坡沖蝕量的增加,當這些礫石沖積物匯入大安溪主流時,並形成沖積扇。本研究區之沖積扇可分成三類:(1)單獨成扇狀的礫石沖積扇(如第4、5沖積扇);(2)2個並排之聯合沖積扇(如第1~3沖積扇);(3)形成新舊重疊在一起之複合沖積扇(如第3沖積扇)。沖積扇之坡度由10°~20°,其大小則與礫石供應量有關,並不斷向外延伸。

3.「火炎山地形變遷監測」之目的:

以火炎山自然保留區為例,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 可以對火炎山地區的地形變化有更進一步的瞭解。

過去對於地形變化的研究主要是以地質時間尺度為主,所牽涉的時間為數千年、數萬年、數十萬年甚至更長,但是以火炎山自然保留區的地形變化而言,往往一次颱風或豪雨的侵襲,就可以形成可觀的變化,所以在此所要探討的時間尺度可能集中在數個月或者是數年的範圍內,觀察這個區域所可能產生的變化。

監測火炎山動態變化的地形,不僅可以瞭解火炎山地形變化作用機制與

其規模, 更重要的是可以讓管理單位瞭解火炎山的變化, 並且就其未來可能 的地形發育, 預先進行相關的規劃。

4.觀測的項目:

關於地形變化之監測,是以火炎山三個主要會變化的區域為目標,進行相關的研究與瞭解。

在航空攝影測量方面,主要是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。其中正射化影像與衛星影像相類似,可以用來判識地形與地物,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。過去農林航空測量所曾經製作臺灣地區的數值地形模型,其空間解析度為40公尺。以這樣空間解析度的資料運用於火炎山地區的地形變化監測可能有所不足。為了達到完全掌握火炎山地區三個區域的地形變化監測可能有所不足。為了達到完全掌握火炎山地區三個區域的地形變化資料,實在有必要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分之一相片基本圖的製圖經度,也就是平面誤差控制在2公尺以內,高程誤差控制在20公分以內的水準,空間解析度為5公尺的數值地形模型,這樣對於整體的地變化掌握度會提高

許多。

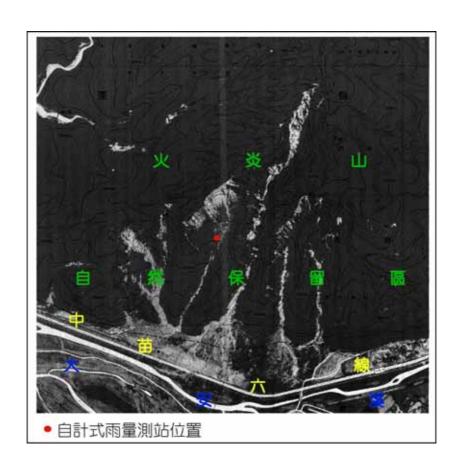
另外,由於引發地形變化的因子主要是地表外營力,所以對於這些外營力因子的資料收集也相當重要,尤其是要有當地局部的資料。對於火炎山地區而言,主要的外營力因子為降雨,因此在本計畫之中,降雨和其他基本氣象資料的收集也顯得更為重要。目前計畫在火炎山自然保留區內設置自計式的氣象站,以便連續收集當地的氣象資料,瞭解外營力作用的情形。

目前所預計採用的自計式氣象觀測站是由 CAMPBELL 公司所生產的資料收集處理器(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。本計畫預計收集的基本氣象資料包括:降雨量、風速、風向、溫度與相對濕度等五項。其中各項氣象資料每 10 秒鐘收集一次,然後計算每三十分鐘數值而產生一筆資料。降雨量的最小觀測單位為0.2 公釐、溫度則為 0.1 度、相對濕度則為 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)。

在目前的構想下,這套系統除了可以傳遞資料處理器所收集、記錄的資料之外,還可以傳遞現場的及時影像。除了學術研究的用途外,還可以將這套系統運用於天然災害防救與決策支援。以行政院農委會水土保持局為例, 為了有效監測土石流災害,水土保持局於陳友蘭溪的豐丘與神木村兩處地點 設置遠端監測系統,一方面收集基本的氣象資料,另一方面進行影像監測。 當氣候條件超越原本設定的閾值(Threshold),有可能發生土石流災害時, 位於遠端的監控中心就可以透過設定的聯絡網,通知當地的居民進行緊急疏 散,可以減少居民生命財產的損失。這個案例就是遠端監測系統所可以發揮 功能的一個例子。

5. 儀器設置位置:

本計畫前半段在火炎山自然保留區的第五號集水區上游部分設置一套氣象觀測系統(包含遠端監測系統)。選擇第五號集水區的原因是第五號集水區相對較為穩定,可以讓所裝設的儀器安全得到保障。然而,仍然有被落石擊中,導致損毀的可能。在此考量之下,參照過去臺灣大學地理環境資源學系在火炎山自然保留區設置觀測儀器的經驗,將測站的位置向右邊搬移到第四號集水區的邊坡上。此邊坡上已經長出多年生木本植物,顯示出已經安定一段時間,發生地形劇烈改變或是落石等狀況而危害到觀測儀器的機會相對的較小。



圖十 自計式雨量測站位置示意圖

6. 儀器裝置說明:

基本氣象資料收集的項目包括:降雨量、風速、風向、氣溫、大氣相對濕度等,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,可選擇衛星傳輸與無線傳輸兩種主要方式。在衛星傳輸方面,為了保證傳輸穩定性與品質,目前水保局在陳友蘭溪的觀測站是採用本方式,以中新二號衛星為中繼裝置,將資料轉換成衛星訊號上鏈,由衛星傳遞到地面的遠端監控中心。另一種方式是以無線傳遞為主,可以選擇GSM系統 PHS系統或是無線電系統。前兩者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。在火炎山的氣象監測系統,由於有GSM系統的涵蓋,所以可以選擇較低成本的方式。但是由於GSM無線傳輸系統需要較大功率的電源,而遠在第五號集水區上游的觀測站主要是以鉛酸蓄電池為電力來源。因此在電池持續力方面,還需要更進一步試驗。

7.無線傳輸裝置說明:

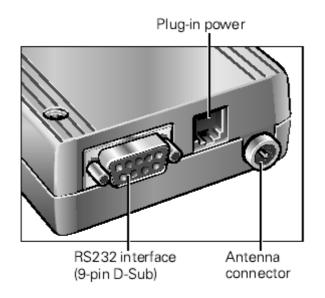
根據前述的資料,本遠距監測系統,不僅可以運用在學術研究上,更可以將其功能發揮在災害防救與決策支援上,尤其是火炎山測站,其資料可以 提供使用與資料交換,發揮更大的功效。

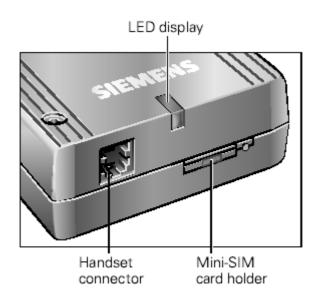
此外,也可以讓研究人員藉著這套系統,進入即時監測與防災救災體

系,開拓更廣的知識與就業體系。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。在將來遠距監測系統建製完成之後,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,並且支援決策。這種方式對於地理環境資源學系的教學與學生學習都會產生重大而深遠的影響,讓學生的學習即時化、深刻化。

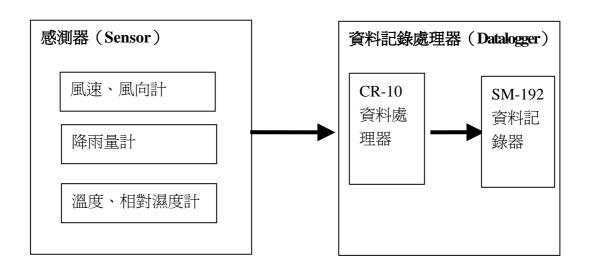
目前裝設的無線資料傳輸系統是以德國 SIEMENS 公司所生產的 GSM 傳輸套件(無線數據機 TC35T)為主。其原理是透過 RS232 接頭,將資料記錄處理器中的資料轉換為電子訊號,透過這個 GSM 套件,運用無線數據機的原理將訊號傳出,遠端就可以獲取即時資料。雖然以這樣的方式進行資料傳送,在速度上會有很大的限制,最高速只能達到 9k/bps,但是由於資料記錄處利器所呈現的資料都是體積很小的數值,所以運用這樣的無線傳輸系統具有可行性。在本系統的優點方面,無線傳輸代表可以遠端連線,GSM系統代表可以運用電信系統連結,所以只要遠端的電腦透過電信網路,無論在世界各地都可以監控這個測站的狀況,可以在第一時間內獲得即時的資料。

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。所以, 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 SC932 介面 傳至無線數據機。

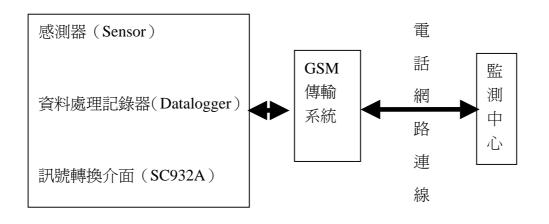




圖十一 GSM 無線數據機外觀



圖十二 自計式氣象觀測站系統架構圖



圖十三 GSM 無線連線系統架構圖

三、相關監測說明

由前述的說明可以清楚地瞭解到,要監測火炎山自然保留區的礫石層惡地地形發育可以分為三大部分,首先是有關於收集外營力作用的自計式基本氣象觀測站;其次是衛星影像;最後是有關的航空相片與後續的影像正射化與數值地形模型抽取和計算。以下就各個項目進行詳細說明。

1. 自計式氣象觀測站:

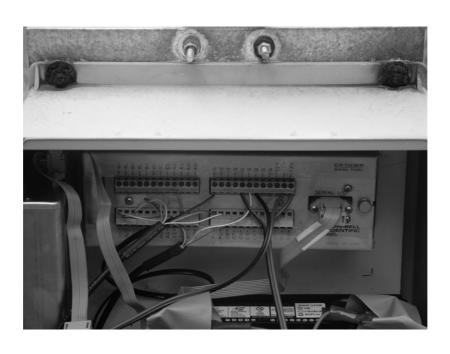
本計畫所預計要採用的氣象觀測站,可以分為三個主要的部分。第一是 收集、轉換氣象狀況的感測器,包括:降雨量計、風速風向計與溫度相對濕 度計等。雨量計為傾斗式,雨量收集斗口徑為6英吋,將降雨收集到傾斗中, 每0.2 公釐降雨會啟動傾斗動作一次,並且將脈衝訊號傳送至資料記錄處理 器中。

風速風向計為 YOUNG 公司所生產,其中風向計是以可變電阻將風的來向轉換成電阻的阻抗數值,由資料記錄處理器讀取並且轉換成 0 至 360度;風速資料是由連接在螺旋槳上的脈衝訊號產生器所轉換,風速愈高則同一時間內所送出的脈衝愈多,由資料記錄處理器轉換成每秒的風速資料;大氣溫度與相對濕度則由一組線路處理,將其轉換成高低不同的伏特輸出,然後由資料記錄處理器量測、轉換。

本計畫所採用的資料記錄處理器是由美國 CAMPBELL 公司所出品的 CR-10 與 SM-192, 主要由兩個部分所組成,分別是量測與處理資料的 CR-10 與記錄資料的 SM-192。 CR-10 主要的功能就是量測連接在其上的感 測器所傳回的電子訊號,並且可以設定許多不同量測範圍、不同量測時間間 距,還可以依據不同需要進行程式設定,以配合不同計畫的需求。所以簡而 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。



照片四 風速風向計、溫濕度計與雨量計等感測器外觀



照片五 資料記錄處理器外觀

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 失效或是其他外界干擾的影響。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。

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過去的資料。

2. 火炎山地形發育的航空相片影像、影像正射化與數值地形模型:

由上述的說明可以清楚地瞭解到,火炎山自然保留區的礫石層惡地地形需要有航空相片,以便進行更進一步的影像正射化與數值地形模型抽取的工作。為了節省經費,本計畫預計採用由林務局農林航空測量所拍攝的航空相片。一般而言,火炎山自然保留區範圍每一年有兩次的航空相片拍攝,因此若是拍攝狀況良好,可以獲取相當精確與珍貴之資料。

在本計畫中,預計採用彩色航空相片進行地形變遷監測,目前農林航空 測量所每一幅航空相片收費 400 元,本區域所需的航空相片約在 20 至 30 幅。

目前可以運用新的數位影像和地理資訊系統技術,將航空相片加以掃瞄成為電子檔,輸入軟體中處理,配合相關的大地座標與高程資訊,便可以由相片對中抽取數值地形模型,並且依照所生產的數值地形模型將地表影像正射化。在整個作業中,需要地面控制點的資料(包括該點的平面座標與高程)與相關的航空照片。地面控制點的資料可以運用大地測量或 GPS 衛星定位系統進行測量,航空照片需要有 60%涵蓋的相片對。

在後續的影像正射化與數值地形模型抽取工作方面,本計畫預計與民間

的數值測繪公司合作,運用民間的力量,將所有航照掃瞄、正射化與數值地形模型的抽取工作在最短的時間之內完成,以便監測整個區域內地形變化的情形。

3. 相關的人員訓練:

在本計畫的最後一個部分,是有關所有的火炎山地形變遷監測的技術移轉。整個需要技術移轉的工作包括:(一)自計式氣象站的資料讀取與基本維護、(二)影像資料庫之建立、維護與地形變遷判識、(三)航空相片正射化與數值地形模型抽取,以及後續的數值地形模型處理。

在自計式氣象站資料讀取與基本維護方面,後續的工作人員需要瞭解氣象站的基本運作原理,並且學習如何讀取資料,在每一次讀取資料之同時檢查測站與感測器是否運作正常,並且瞭解基本的故障排除以便在現地進行臨場維護。

在地面影像方面,可以運用航空照片進行正射化,進行地形變遷的判識,並且將影像資料放入資料庫之中,以便提供更多研究人員與環境教育之用。這個部分的人員訓練主要在於教導接管人員如何進行地形變遷判識,可以直接在 ARC/VIEW 或其他地理資訊系統軟體中進行螢幕數化(digitizing)工作,之後可以進行每一次數化資料之比較,瞭解整體礫石層惡地地形的變

遷。未來負責這個部分的人員必須具有地形學與地理資訊系統的背景訓練, 方可迅速進入狀況,學習相關的操作程序。

最後是有關地形航空相片的正射化與數值地形模型等相關作業。這個部分是整個地形變遷監測的核心,需要與許多其他單位有密切的聯繫與合作,以便能達成任務。而負責這個部分的人員也需要具有地形學與地理資訊系統的背景訓練,方可迅速進入狀況,學習相關的操作程序。

航空照片正射化與數值地形模型抽取(DTM)是由拍攝航空相片單位 所拍攝的航空相片中所獲取的資料。在台灣地區主要的航空相片拍攝單位是 林務局農林航空測量所,根據不同的任務進行航空相片拍攝。地表的地形與 植被等資訊便被紀錄在航空照片中,經過相關的處理便可以抽取所需要的資 訊。以地形研究而言,航空照片最重要的便是以二維的照片紀錄三維的空間 地形資訊,過去是以立體鏡直接觀察,可以在室內看到照片拍攝地區的立體 影像,配合相關的儀器(立體測繪儀)和大地座標與高程等資料,便可以繪 製地表等高線。這種方式是過去製作地圖所運用的主要方法之一,但是缺點 是需要耗費大量的時間與人力。

四、研究成果

本計畫第一年完成工作項目說明如下:

1. 自計式氣象站的設立

有關氣象站的儀器購置、測試與裝設作業方面,儀器主要選購的項目包括:(1)資料處理器、(2)各式感測器(包括:溫濕度計、風速風向計與雨量計等)、(3)儀器箱、(4)支架、(5)電池。

其中資料處理器與各式感測器依照之前所敘述的辦理採購與裝置作業。支架與儀器箱等物品是用於固定感測器與資料處理器,感測器主要的位置在支架上,其目的在於接收外在環境的資訊,並且轉換成電子訊號,透過電纜線傳至資料處理器。而資料處理器與電池則固定於儀器箱內,一方面有隔絕的作用,另一方面有乾燥劑保持儀器箱內的低濕度狀態,可使內部的儀器避免受到環境的濕度所傷害。

本計畫所設置的氣象站在九十二年七月間便完成相關的採購與測試作業,並且隨即進行野外裝設。由於火炎山地區的邊坡裸露,礫石掉落的情形時常發生,對於相關的儀器會有所威脅,所以在考慮設置地點時需要避免會發生危險的區域。經過相關技術人員現場會勘之後,選定第四號集水區的中上游位置。目前儀器設置持續運作,自動氣象觀測的任務正進行中。

氣象站設置的方式是以 1 英吋的鋼管為支架,配合放置資料處理器和電 池的儀器箱。鋼管支架的下方是以混凝土與小顆粒的礫石拌合後加以固定。 上方的鋼管則是以水管固定接頭加以固定。

支架上所裝設的感測器包括:(1)風速風向計、(2)溫濕度計、(3)雨量計(請參考照片七)。其中,支架最上方外型酷似無翼飛機的白色儀器就是風速風向計。黑色的螺旋槳是風速感測器,當風速到達一定強度時就會轉動螺旋槳,並且帶動後方的裝置,產生脈衝訊號,經過電纜線傳至資料記錄處理器。風速高時螺旋槳轉動速度大,所以在相同時間內傳遞至資料記錄器的脈衝訊號便較多,經過轉換便可以得到風速資訊。

風向計則是位於整組風速風向計的下方可轉動部分,內部是由一個可變電阻所構成。當風向轉變時,整個風速風向計會轉至正對風向的方向,可藉由讀取可變電阻的值獲知風向。



照片六 自計式氣象站固定情形

溫濕度的資料收集是以溫濕度感測器來進行,照片八中的右方就是設置溫濕度計的位置,外面以金屬葉片加以保護,以免陽光直接照射。其中溫度的量測是以溫度感測晶體量測,並且傳送至資料處理器加以處理,轉換成溫度訊號。大氣相對濕度則是以濕度晶片加以測量,由電纜線傳遞至資料處理器轉換成電子訊號。

降雨量以雨量計量測,在照片八左方黑色的儀器。雨量計的運作原理是以傾斗將定量的降雨轉換成脈衝訊號。每一次的脈衝訊號代表 0.2 公釐的降雨量。資料處理器接收脈衝訊號,並且轉換成降雨量資料。



照片七 自計式氣象站設立完成

自計式氣象站收即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公司統提供的軟體。

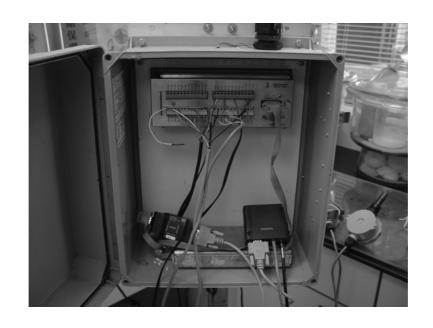
本計畫所使用的自計式氣象站使用 12 伏特直流電為電源。由於測站裝置在無交流電源的野外,所以主要以 12 伏特的電池為電源。照片八中儀器箱內黑色的部分就是電池,提供儀器運轉所需電力。由於資料處理器所需的電源最小需要 9.5 伏特以上,所以每隔 3 個月需要更換一次電池,以免整套儀器停擺。

2. 測試相關的遠端監控設施 (GSM 資料傳輸系統)

本計畫在自計式氣象站中裝設 GSM 資料傳輸系統,作為遠端監控之用。GSM 資料傳輸系統是以 GSM 數據機為傳輸主體,配合行動電話公司所提供的行動數據服務與相關轉換介面所組成。

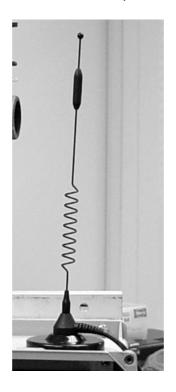
一般而言,讀取資料處理器所記錄的氣象資料,需要以直接連線或者是 透過電話線連接有線數據機的方式。第一種方式需要到現場,第二種方式需 要電話線。這兩種方式都有其限制性。以本研究的研究區火炎山為例,要到 現場或者是以電話線連線都有其困難,尤其是電話線連線的方式,需要架設 電話線路。但是火炎山地區地形變化速率很高,對於架線會產生困難。所以 無線連線的方式最可行。在無線連線方面,可以自行建置無線電通訊網,或 者是運用現有的行動電話網路。前者有其便利性,但是成本很高。利用市場 上現有的無線網路就成為較為可行的方式。

目前本計畫使用由德國西門子(SIEMENS)公司所生產的 GSM 無線數據機(MODEM),作為無線數據傳輸的工具。由於無線數據通訊屬於額外服務,所以必須另外開通無線數據通訊服務,以便進行數據通訊。目前國內主要的行動電話公司都有提供相關的服務。



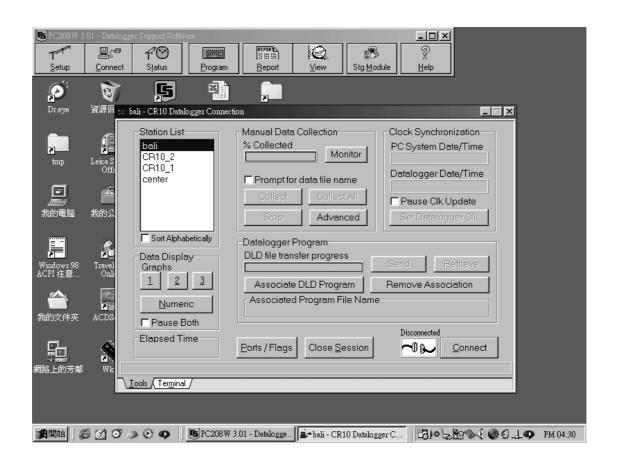
照片八 無線通訊室內測試

由於火炎山地處偏遠,易達性較低,所以要進行相關測試並不容易,因此本研究選擇在本系實驗室與八里地區實地進行遠端無線數據通訊測試。目前兩者都已經設置完成,目前運作正常(照片八與照片九)。



照片九 無線通訊數據機天線

除了硬體設施之外,要與資料處理器進行無線通訊必須透過相關軟體。
CAMPBELL 公司發展出 PC-208W 軟體,可以進行直接與有線、無線數據連線,可以隨時隨地利用各種方式與資料處理器連線,掌握最新的動態。連線軟體與狀況請參閱圖十四。



圖十四 通訊軟體 PC-208

PC208W 的主要功能是提供連線撥號程式,讓遠端的使用者可以透過數據機與電話線進行連線。在完成連線之後,可以進行的作業包括:(1)測量值之監看、(2)資料處理器與電腦時間同步、(3)傳遞與接收控制程式、(4)接收資料、(5)其他控制。

3. 購買相關的航空照片

本計畫第三項執行工作是火炎山地區航空照片的購買,這個部分的工作主要是為第二年的製作數值地形模型與影像正射化做準備,所以要購買涵蓋度超過 60%以上的航空相片對。由於製作正射化影像對於相片材質的要求較高,所以本計畫以選購翻陽的航空照片為主,避免因為照片伸縮所產生的誤差。

表六 火炎山航照購買統計表

航線	編號	數量				
88p72	1667	1 張				
82p83	6429 ~ 6433	5 張				
80p91	362 ~ 367	6 張				
77p41	7306 ~ 7307	2 張				
合計	14 張					

(實際購買之掃瞄影像見附錄一)



照片十 本計畫所購買的航照翻陽片

4. 自計式氣象站之氣象資料

目前在火炎山地區所架設的自計式氣象站已經開始運作,在計畫開始之初本研究便已在火炎山地區進行試運轉作業。由七月起至目前運轉的結果,除了八月初的電池失效之外,所有的儀器運轉正常。截至目前為止所有收集到的資料如下列圖表所示:

表七 火炎山自計式氣象站資料

站名	日期	時間	溫度	濕度	降雨量	風速	風向	內部溫度	電壓
----	----	----	----	----	-----	----	----	------	----

			(℃)	(%)	(mm)	(m/sec)	(°)	(℃)	(V)
108	1	0	20.14	70.9	0	1.117	46.64	21.46	12.12
108	1	30	19.78	74.6	0	0.556	32.83	21.12	12.12
108	1	100	19.57	76.1	0	0.369	102.9	20.82	12.12
108	1	130	19.45	77.2	0	0.503	123.5	20.55	12.11
108	1	200	19.27	78.2	0	0.826	170.2	20.34	12.11
108	1	230	19.2	77.8	0	1.257	134	20.14	12.11
108	1	300	19.35	76.8	0	1.154	125.2	19.97	12.11
108	1	330	19.53	76.1	0	0.833	116.3	19.88	12.11
108	1	400	19.62	77	0	0.414	162.8	19.83	12.11
108	1	430	18.76	86.7	0.6	0.146	68.38	19.72	12.11
108	1	500	18.15	92.2	0	0	0	19.34	12.11
108	1	530	18.18	92	0	0.312	114.8	18.98	12.1
108	1	600	18.24	91.2	0	0.08	252.8	18.73	12.1
108	1	630	18.33	91.2	0	0.288	11.05	18.61	12.1
108	1	700	18.44	90.4	0	0.343	101.6	18.56	12.1
108	1	730	18.91	90.4	0	0.263	212.3	18.68	12.1
108	1	800	19.23	89	0	0.369	106.5	18.99	12.1
108	1	830	19.32	88.3	0	0.364	176.1	19.32	12.1
108	1	900	19.36	89.9	0	0.433	103.4	19.56	12.1
108	1	930	19.76	87.7	0	0.318	175.4	19.77	12.1
108	1	1000	20.66	86.1	0	0.186	125.9	20.21	12.1

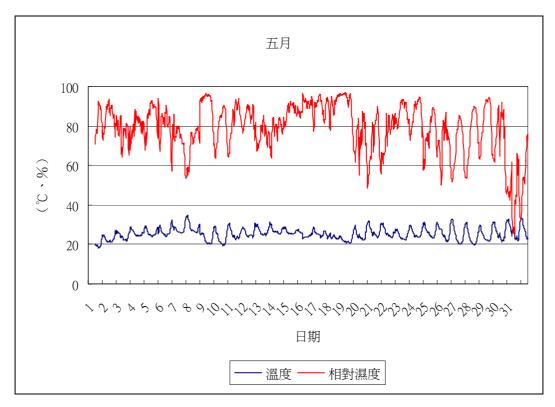
表七為火炎山自計式氣象站資料範例,資料的第一欄為測站的編號、第二欄為日期、第三欄為時間(二十四小時制)、第四欄為氣溫、第五欄為相

對濕度、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。

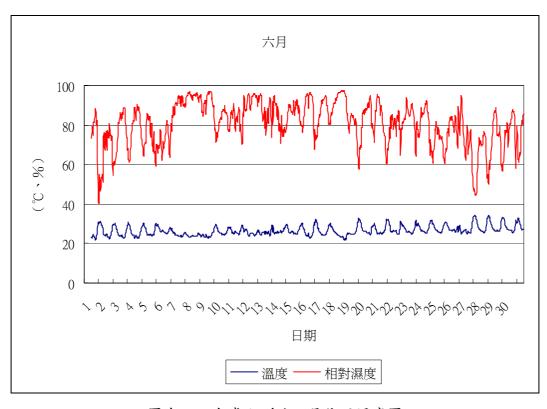
在這些資料中項目,氣溫、相對濕度、風速、風向與降雨量等資料是儀器所收集的氣象資料,前面三項為時間資訊,最後的內部機器溫度與電池電壓是檢查儀器運作狀況的資料。若是儀器運轉有問題,很容易可以由最後兩項資料看出。

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一組資料。以下的各圖是由每一個月的氣象資料所統計與轉繪而成。

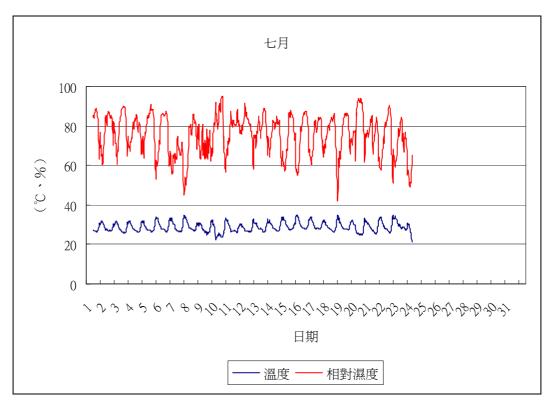
由於電池發生故障,所以七月底至八月中自計式氣象站呈現停止的狀態。目前已經將故障的電池替換,截至十一月中為止,氣象站運作正常。



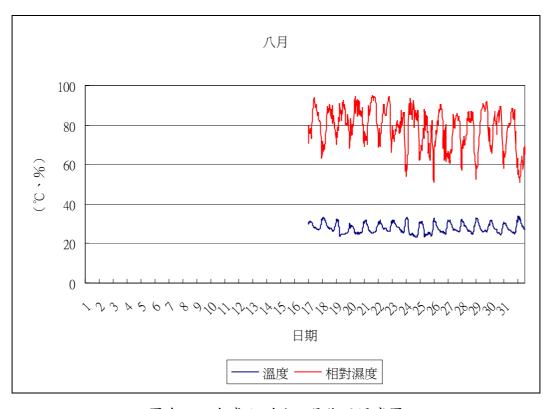
圖十五 火炎山測站五月份溫濕度圖



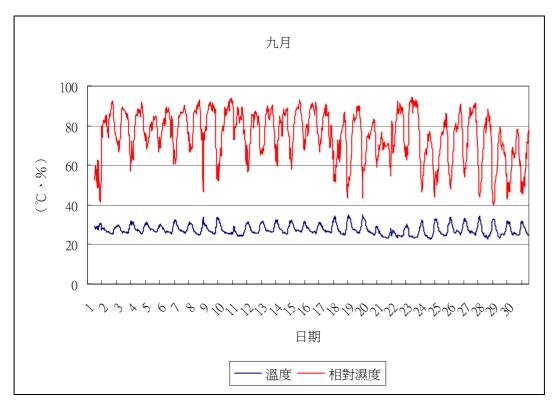
圖十六 火炎山測站六月份溫濕度圖



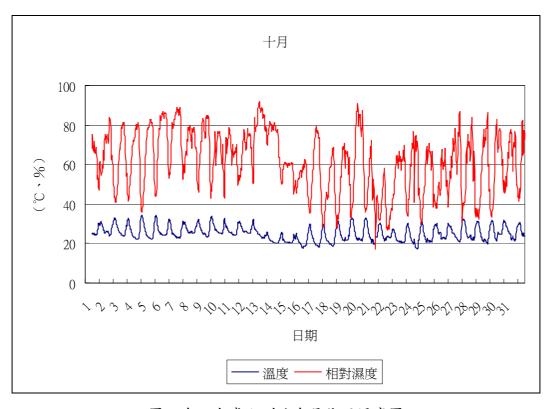
圖十七 火炎山測站七月份溫濕度圖



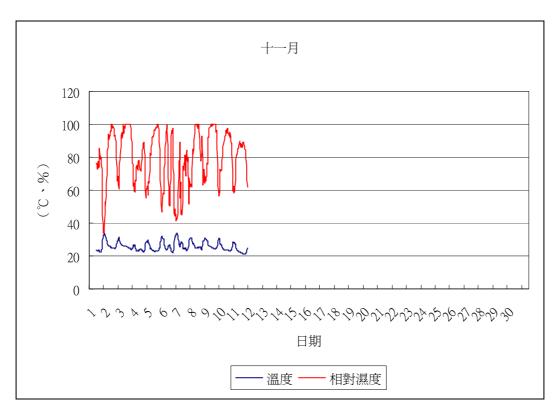
圖十八 火炎山測站八月份溫濕度圖



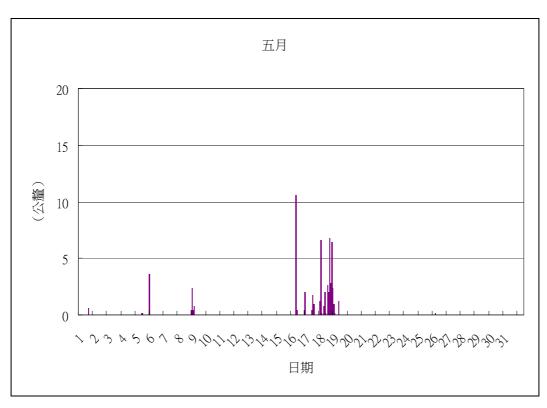
圖十九 火炎山測站九月份溫濕度圖



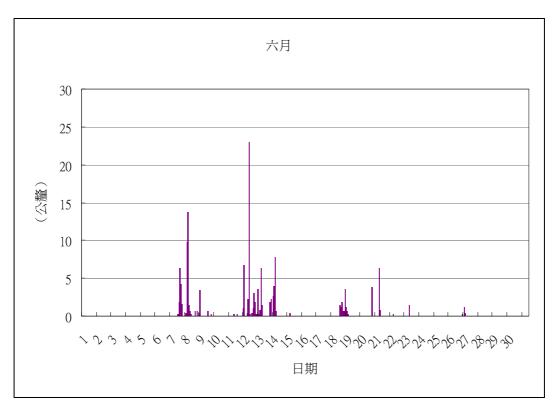
圖二十 火炎山測站十月份溫濕度圖



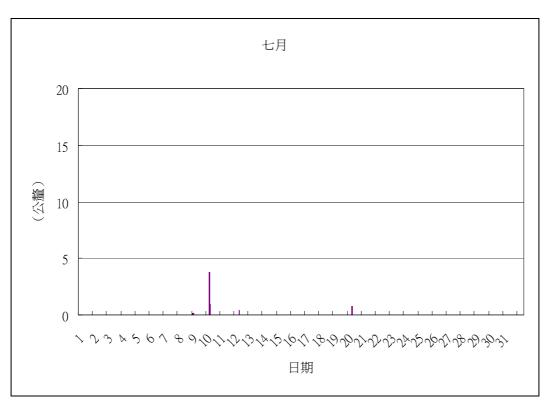
圖二十一 火炎山測站十一月份溫濕度圖



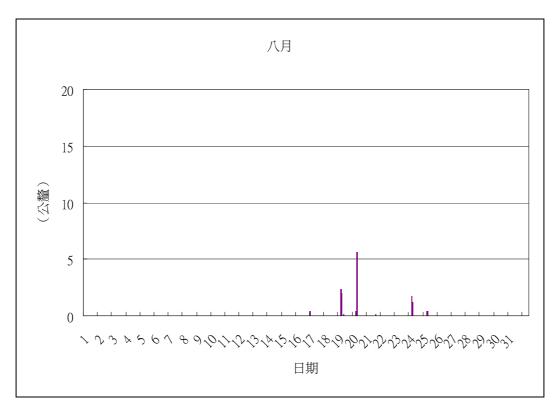
圖二十二 火炎山測站五月份降雨量圖



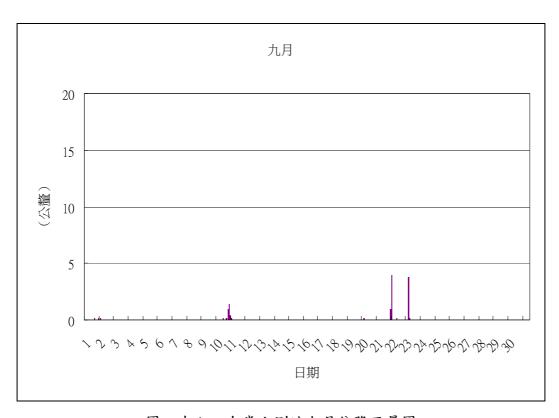
圖二十三 火炎山測站六月份降雨量圖



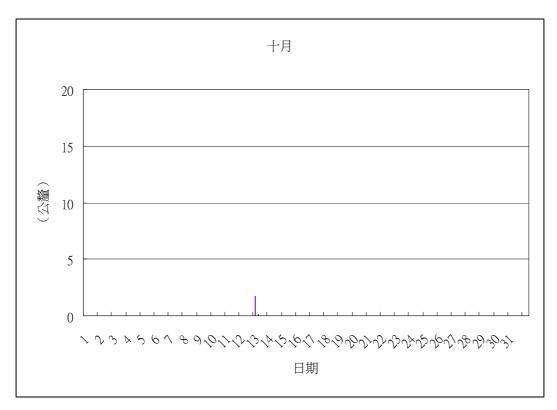
圖二十四 火炎山測站七月份降雨量圖



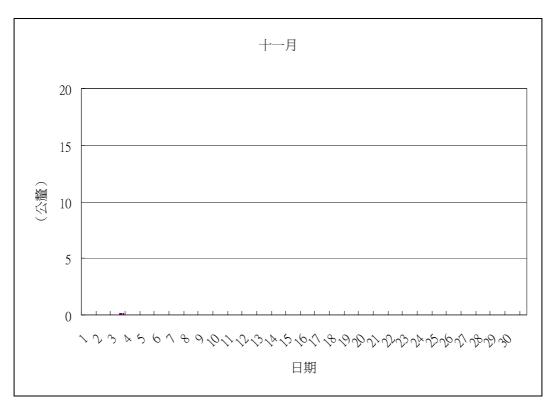
圖二十五 火炎山測站八月份降雨量圖



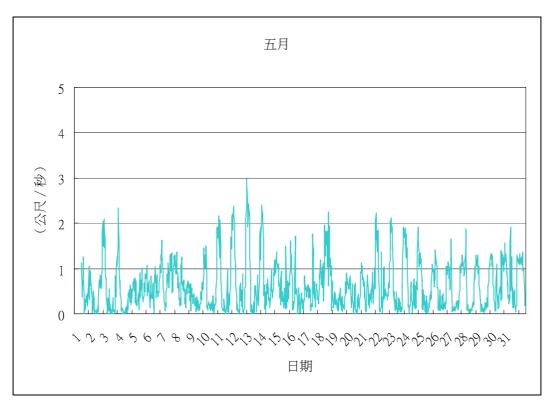
圖二十六 火炎山測站九月份降雨量圖



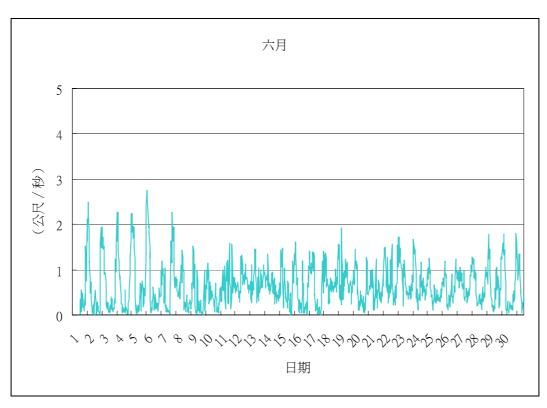
圖二十七 火炎山測站十月份降雨量圖.



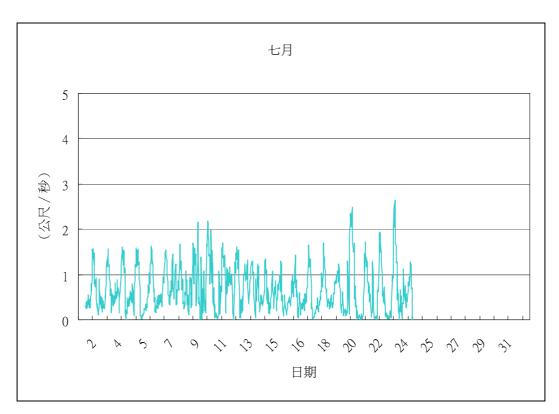
圖二十八 火炎山測站十一月份降雨量圖.



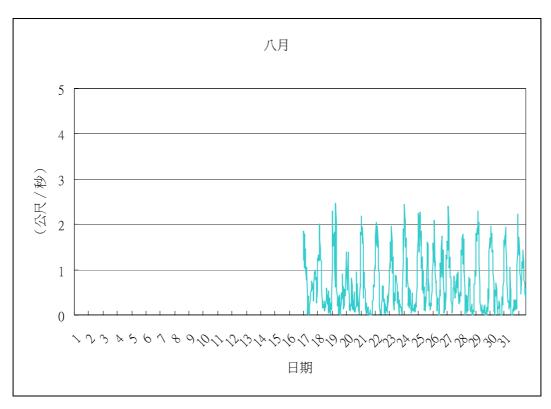
圖二十九 火炎山測站五月份風速圖



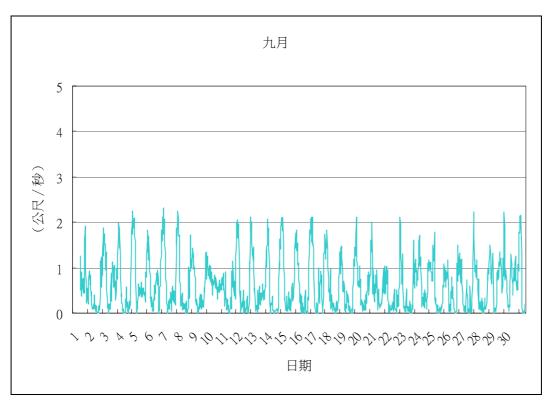
圖三十 火炎山測站六月份風速圖



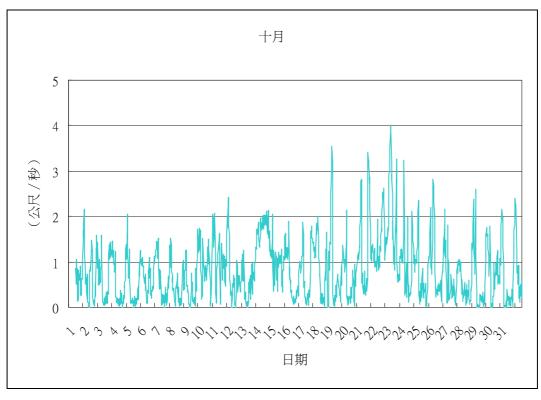
圖三十一 火炎山測站七月份風速圖



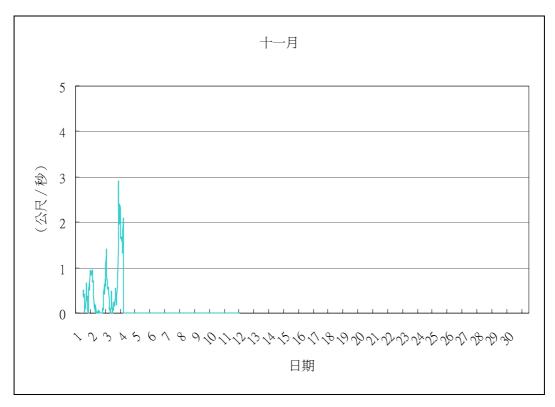
圖三十二 火炎山測站八月份風速圖



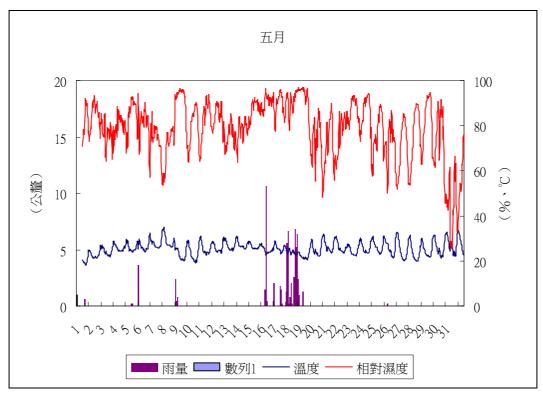
圖三十三 火炎山測站九月份風速圖



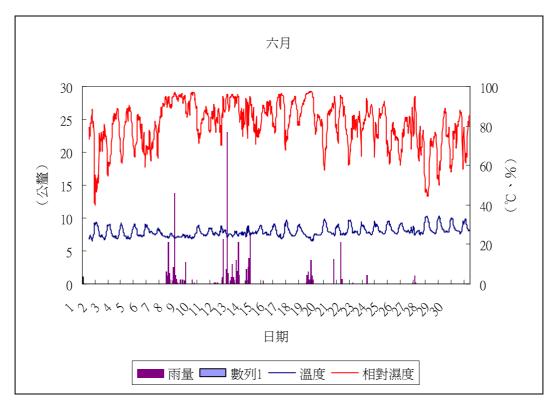
圖三十四 火炎山測站十月份風速圖



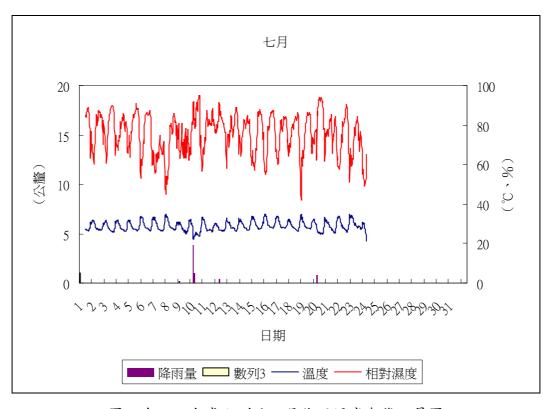
圖三十五 火炎山測站十一月份風速圖



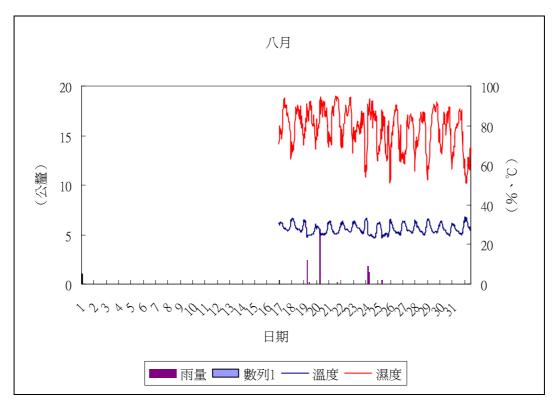
圖三十六 火炎山測站五月份溫濕度與降雨量圖



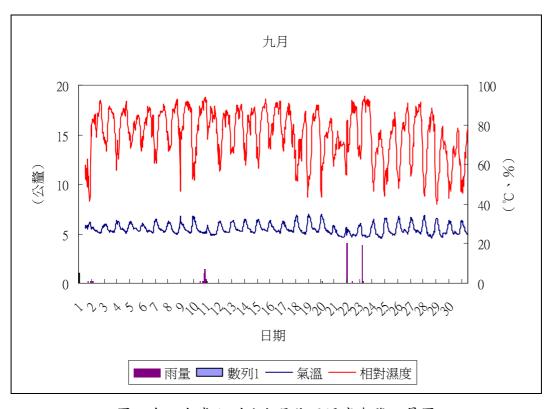
圖三十七 火炎山測站六月份溫濕度與降雨量圖



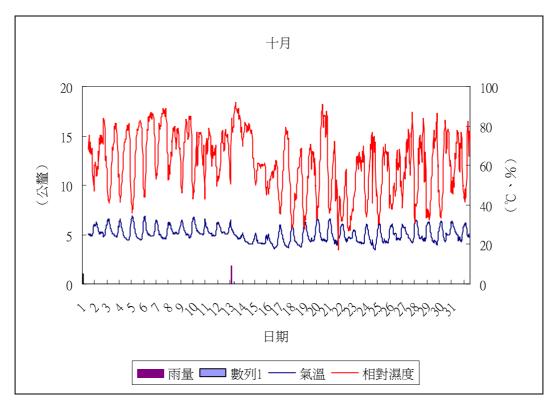
圖三十八 火炎山測站七月份溫濕度與降雨量圖



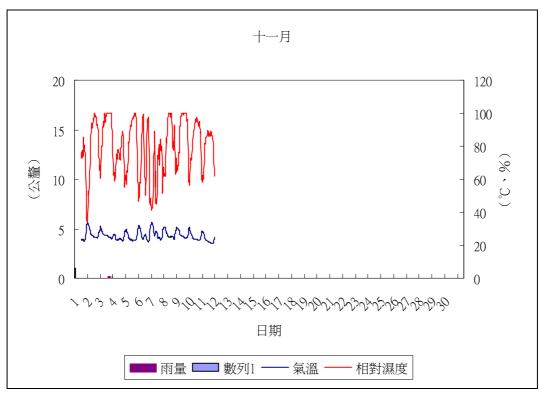
圖三十九 火炎山測站八月份溫濕度與降雨量圖



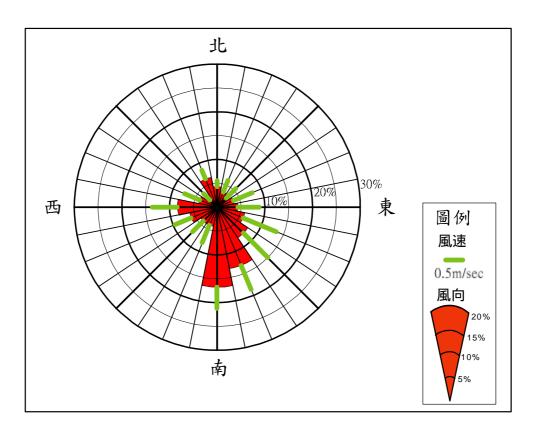
圖四十 火炎山測站九月份溫濕度與降雨量圖



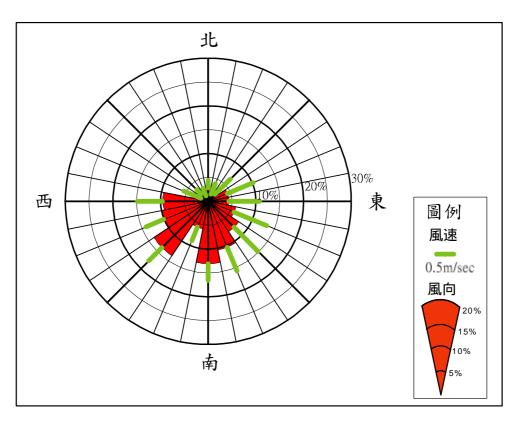
圖四十一 火炎山測站十月份溫濕度與降雨量圖



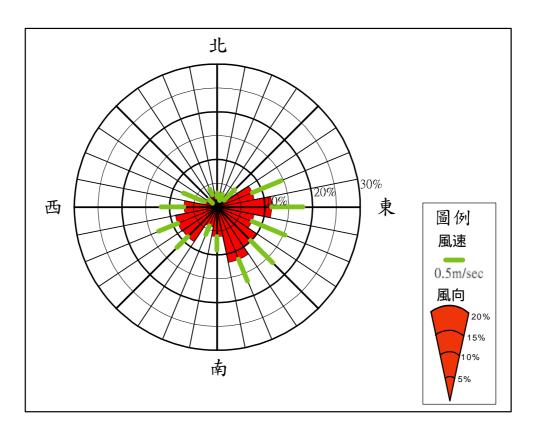
圖四十二 火炎山測站十一月份溫濕度與降雨量圖



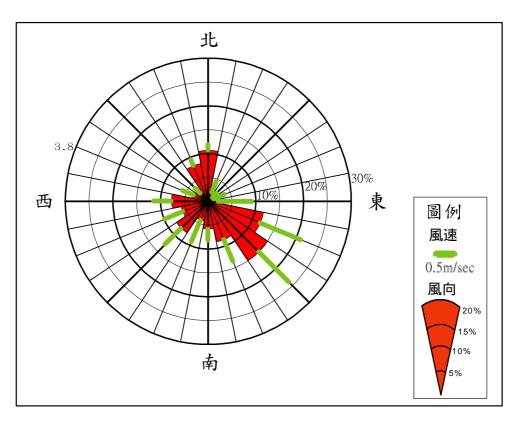
圖四十三 火炎山測站五月份風速風向圖



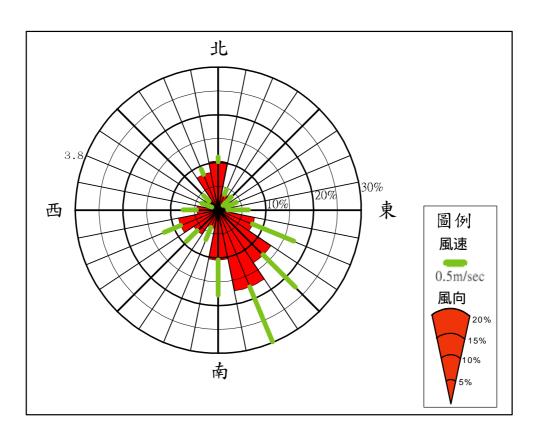
圖四十四 火炎山測站六月份風速風向圖



圖四十五 火炎山測站七月份風速風向圖



圖四十六 火炎山測站八月份風速風向圖



圖四十七 火炎山測站九月份風速風向圖

由以上的圖表可以清楚地看出火炎山地區在五月至十一月這段時間的氣候有一些特徵。首先是這幾個月降雨量非常低,只有五、六兩個月降雨量較高,其他月份的降雨量非常稀少。這表示這一段時間內的降雨有明顯地偏低的狀況,相較於台灣地區的缺水呈現出相同的趨勢。

在降雨和大氣溫、濕度關連性方面,在降雨時明顯地溫度下降、濕度上升。這是很明顯的自然反應,在氣象站的紀錄中很清楚地顯示。在五、六兩個月因為降雨較豐沛,所以相對濕度較高,其他月分相對濕度則較低。此外,每一天的大氣相對濕度也隨氣溫產生變化。

在風速與風向方面,火炎山測站受到地形屏障效應的影響,所以南風是

主要的盛行風向,包括西南、南與東南風出現的機率較高。這在風速與風向 玫瑰圖中很清楚地顯示。

5. 火炎山歷年氣候資料

火炎山位處苗栗台地的南端,隔著大安溪與后里台地相望。由於三義是台灣北部地區與中部地區的氣候分界,火炎山位於台地南端,在氣候上比較接近台灣中部地區的氣候型態。但由於附近平地上沒有接近的測候站,因此在資料的收集上只能退而求其次,選擇火炎山主峰北方的大坪頂雨量測站,進行歷年降雨資料的收集與分析。



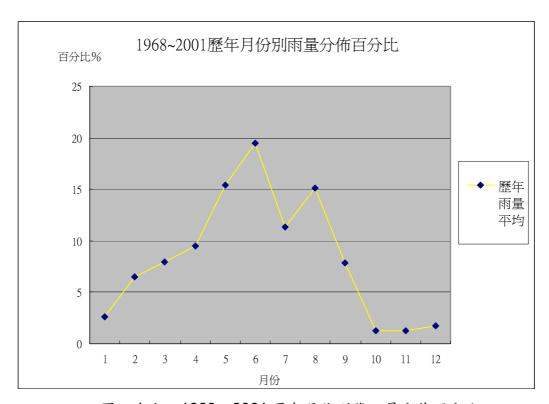
圖四十八 大坪頂雨量測站位置示意圖 (資料來源:經濟部水利署水文資料網路查詢系統)

大坪頂雨量測站的觀測時間到目前為止超過 30 年以上(1968~2001),中間沒有中斷或是測站搬移,算是很穩定的資料收集點。對於下年度的航空照片抽取歷年的地形資料之解釋,也很足夠。

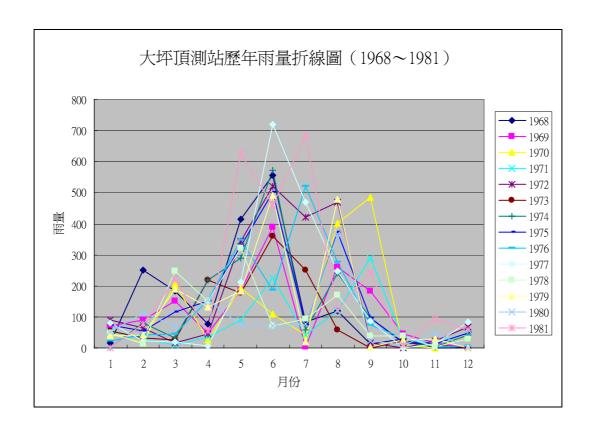
表八 大坪頂歷年月份別雨量統計表(單位:mm)

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總計
歷年平均	42.8	104.2	128.4	153.0	249.1	314.4	183.9	243.7	126.7	20.3	20.1	28.6	16152
百分比%	2.65	6.45	7.95	9.47	15.42	19.46	11.38	15.09	7.85	126	124	1.77	

由表八可知,火炎山地區的年平均降雨約 1600 公釐,比全台灣的平均 值略少。降雨特性上,有著很強的季節分佈情況,也就是乾濕季分明。主要 降雨集中於 5~8 月,換算成季節則為從梅雨季開始到 8 月颱風季節結束, 會降下超過全年 60%以上的雨量。依據過去的觀測資料,火炎山地形發生 大變化的時期,也多集中在 6~9 月,與降雨量的分佈情況相吻合。

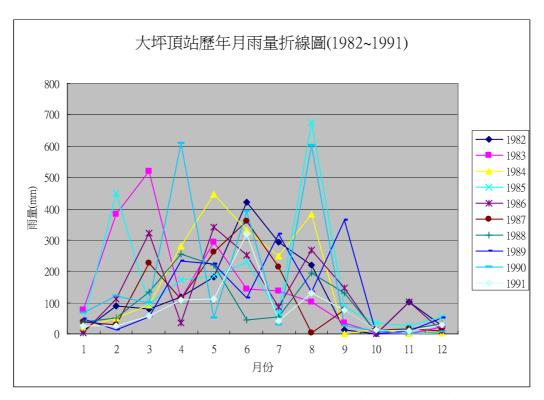


圖四十九 1968~2001 歷年月份別降雨量分佈百分比 依據過去的資料所製成的圖五十、圖五十一與圖五十二,可以瞭解三十年來各月份的雨量變化情況。



圖五十 大坪頂測站歷年雨量折線圖(1968~1981)

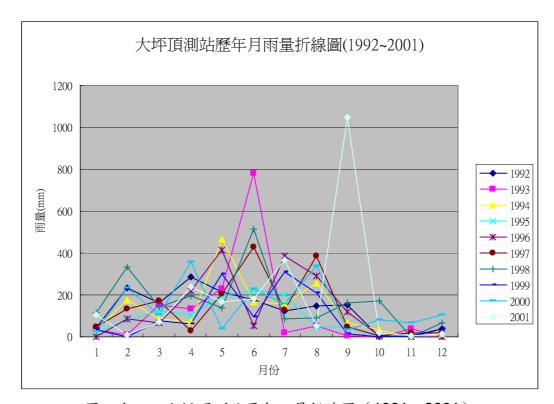
圖五十顯示由 1968 至 1981 的十三年中,大部分的雨量集中在 5~8 月,這 4 個月份的雨量都比其他月份高超過 100 公釐以上,夏季降雨的特性十分明顯。特別的是,有許多年的 7 月份降雨量非常的低,甚至少於 4 月的春雨。此現象應與夏季降雨的特性有關。台灣西半部夏季降雨的來源有兩種,一為午後的對流雨(雷陣雨),另一為颱風。對流雨的頻率雖高,但雨量並不會很多。颱風帶來的雨量較大,然而來襲時間並不固定,如果集中在八月份,七月的降雨就會比較少,這幾年七月份的缺水現象,可能就是這樣造成的。



圖五十一 大坪頂測站歷年雨量折線圖(1982~1991)

圖五十一的曲線與圖五十相比,其間的變化很大。在 1982~1991 的十

年裡,夏季反倒不是降雨最集中的季節。除了冬季(12~1月)之外,每個月份都有降雨,而且降雨集中的時間也往前提早到3月。當夏季的降雨比例下降時,該年的降雨量會比較少。圖中除了1985與1990的降雨分佈出現雙高峰之外,都呈現出了缺水的態勢,各年份的總雨量都比平均值要低。



圖五十二 大坪頂測站歷年雨量折線圖(1991~2001)

最近十年(1992~2001)年的降雨分佈曲線,又回到前夏季降雨的情况,5~8月的降雨總和都超過1000公釐以上,佔全年度雨量約2/3。與前期比較不同的,這十年中二月份的降雨量有明顯的增加,但卻很難找到顯著的影響因子來解釋。

就長年份的紀錄來看,降雨季節雖然大多集中夏季,冬季幾乎不下雨, 但歷年之間的差變化情況十分的大。夏季降雨的變異決定在於颱風的來襲與 否,而且直接的影響到全年雨量的總和。春季的降雨量不多,但變數大。當下雨達到一定的量,以火炎山卵礫石的地形條件,也有可能發生較具規模的變化。就此來看,火炎山地形發生變化最劇烈的時期,依序是夏季與春季,秋季再次之(端看颱風的侵襲時間);冬季則因為雨量稀少,幾乎不太有機會造成地形上的改變。

6. 自計式氣象站操作、資料讀取、維護與相關技術之轉移

本計畫預計於十月進行相關的人員講習。講習的主要內容可概分為三部分,第一是關於自計式氣象站的維護與資料讀取,其次是有關於地形資料處理,最後與有關地形變化監測。

在自計式氣象站的維護與資料讀取方面,主要的介紹內容為資料處理器運轉原理與實務;感測器的原理與運用介紹;無線數據機原理與運用。熟悉這些基本事項對於維持將來整個氣象站運轉有直接助益。

其次為地形資料的生產,主要的工作是由航空照片抽取數值地形模型與影像正射化。這個部分的工作屬於高度技術性的,需要對整個航空攝影測量有相當程度的瞭解才能執行。而由這個部分工作所生產出的火炎山地區數值地形模型與正射化影像是地形變化監測的資料來源。

地形變化監測的內容主要是以航空照片所抽取的數值地形模型與正射

化後所產生的影像為主,持續觀測三義火炎山地區的地形變遷。所以本項工作主要是生產地形資料,並且比對過去時間序列中的地形變化。由這些地形的變化可以研究火炎山礫石層惡地是如何發育與演變。除了能夠對地形的變化有更進一步的認識,更可以發展出適合這個地區的地景保育和經營策略。

7. 大地測量工作

航空攝影測量在良好狀況下,可以產出十分精準的地面高層資料。然而,其先決條件是需要有準確的地面座標量測,當作地面的絕對控制點。地面控制點的作用有兩個,一是給予立體相對固定點座標,來進行精準空中三角點的計算;二是給予立體模型在大地座標上的絕對位置,有如圖釘一般,把經由程式計算出來的立體模型,放在正確的大地座標上。

為配合航空攝影測量,在火炎山地區需要進行高精度衛星定位作業。根據精度的要求,至少需要三個以上的地面控制點才能夠達到基本的要求。 又,這三個點之中至少要有兩個大地三角測量基準點,才能確保平面上的 X,Y座標。在高層要求上,則至少有一點為大地水準點,如此在解算 GPS 監測網時,推求出來的未知控制點準確度也能夠達到相同精度的要求。

本計畫預計使用 GPS(衛星全球定位系統)網,在航空照片中尋找七個控制點,進行衛星定位作業,將其大地座標于以定位。這些控制點的精確 度與資料在會大大的影響空攝影測量作業所產出的成果。

五、結論

本計畫目前已經完成野外自計式氣象測站的建立,目前已開始運作,並且由 收集到的資料進行微地形氣候的研判。在降雨上,經由所得資料判斷,出現明顯 的乾濕季節分別,情況台灣大範圍的降雨分佈季節相同,以夏季的降雨為主。風 向上則受制於火炎山溝谷出口方向的限制,多以開口方向的偏南方為主。

對於過去雨量資料的分析上,經過約三十年的資料累積顯示,火炎山過去的降雨型態與自計式氣候測站的資料分析結果,有高度的相似性:以夏季的降雨為主。另外,在大致分為三個時期的情況下,月份別的降雨變率會有很大的變化情形。在特殊的情況下,有機會發生夏季缺水的情形。

對於下年度計畫的準備,目前除已經購買三個年份的航空照片且完成掃瞄, 供給研究人員訓練之用外,也開始著手計畫地面控制點的布建與測量。這個部分 將會大大的影響到第二年航空照片判釋與數化的結果,是計畫中的一個關鍵項 目。

除了大地測量的進行外,俟技術成熟後,下年度將繼續購買其他年份之航空照片,開始校正航空照片並抽取數值地形模型,並與收集之歷年降雨資料一起分析。野外的實地考察將一起配合,期待能得到相當良善之分析結果。

關於技術轉移,目前野外測站已經穩定,可約定時間進行儀器的轉移。至於 測站的技術維護,本計畫執行單位將會另定時間,進行自計式氣象測站維護技術 訓練。至於數值地形測量的部分,則需等待取得相關技術並訓練可行之後,再與 林管處進行轉移期。盼藉由持續的維護,讓測站保持良好的狀態,進行長時期的資料收集與觀察,提供林管處更多關於火炎山的現地氣象資料,在管理行政上有更多的參考資訊。

六、參考文獻

- 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。
- 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. 林朝綮,1957,台灣地形,269頁,台灣省文獻委員會。
- 4. 林朝綮,1974,台灣地質,89頁,台灣省文獻委員會。
- 5. 林俊全,1992a,台灣第四紀地形區邊坡沖蝕觀測,國家科學委員會專題研究計畫報告,9-12頁。
- 6. 林俊全,1992b,台灣苗栗火炎山地區邊坡沖蝕之研究,台灣大學地理學報,第十五期,63-79頁。
- 7. 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。
- 8. 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。
- 9. 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。
- 10. 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。
- 11.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。
- 12. Amstrong, A. C. and Whalley, W. B., 1985, An introduction to data logging, British Geomorphological Research Group, Technical Bulletin, No. 34.
- 13. Anderson, M. G. and Richards, K. S., 1987, Slope stability, John Wiley

- & Sons, 648p.
- 14. 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.
- 15. Selby, M. J., 1993, Hillslope materials and processes 2th edit, 219-246.
- 16. Schumm, S. A. and Mosley, M. P. 1973, Slope Morphology, 238-327.
- 17. Young, A., 1972, Geomorphology Text 3: Slope, 103-108.

七、期中報告問題與答覆

提問人	問題	回覆
國立成功大	1. 本委託計畫契約內容簽訂工程項	1. 期末報告除了本文外,亦會於附
學地球科學	目,請主辦機關進行檢視合約預定コ	。 錄中詳列各項轉 移的儀器設備。
系鍾教授廣	作內容及進度是否都已達到。	2. 謝謝指教,本研究單位會於技術
吉	2. 受委託機關係學術單位,實務上均會	轉移時特別注意。
	以最節省經費的方式進行環境調查	3. 關於航空相片的部分,主要是第
	研究,委託單位可以獲得超出工作目	的部分,明年度
	標之計畫效益,最重要的則是應加強	4. 經過勘查,該處
	技術轉移部分,務必切實完成,並請	測站,故配合上
	特別注意儀器設備之校正、精準度控	5. 有關地質解析並
	制技術方面之轉移。	非本研究之主題。
	3. 本計畫對火炎山自然保留區各項環	B Port
	境因子進行監測調查,調查資料提供	ţ
	精研管理分析之參考,建議可否再收	τ
	集該區歷年之航空照片,判斷颱風災	5
	害前後變化情形如何?建立更完團	
	的氣象調查資料,請就委託經費容討	F
	範圍內再作斟酌決定。	

- 4. 本計畫監測儀器設置地點係火炎山 自然保留區的西南側,建議於該區東 北側再設一處監測站。
- 關於火炎山礫石的地質解析方面能 否列入調查,再請斟酌合約內容辦 理。

經濟部中央 地質調查所 區域地質組 邵技正屏華

- 1. 自動監測設備採用先進科技以收集 現場環境因子並透過網路傳輸及時 訊息,係國內首件監測方式,非常先 進,建議林管處洽請台灣電力公司同 意於火炎山自然保留區前方苗 130 甲線旁所設電線桿附設監視器監控 現場地形環境變化情形,並傳輸回三 義火炎山解說教育館,提供民眾可以 觀察火炎山地形景觀,具有教育意 義。
- 本計畫調查資料可以提供苗 130 甲線公路管理單位做為土石流崩塌監控之預警系統運用。

- 1. 關材夠設然合了儀些克於一克上樂作架器技物。 電困與但地身限監如源難林目點還制限上與身限。 於本術。
- 2. 謝謝指教。
- 3. 將建議林管處參 酌辦理。
- 4. 謝謝指教,本單 位將會在技術轉 移時注意。
- 這個部分將會在 下一年度的計畫 中展開工作。

- 3. 火炎山自然保留區特殊地理地質因素,據悉有很多單位均在進行調查研究,建議未來林務局可以整合各單位經費進行更完整的資料監測與運用,更具效果。
- 4. 本計畫在技術轉移部分之訓練,請林 務局擴大辦理訓練,增加技術培養人 數,並請研究單位費心指導,有關儀 器使用技術的轉移,請特別注意校 正、精度的訓練。
- 5. 航空照片具有很高精準度之優點,請 研究單位多運用於地形變遷分析。

林務局森林 育樂組陳技 士信佑

- 本計畫內容與農林航空測量所業務 關係密切,建議日後應邀請該單位參 與。
- 現場及時資訊可以透過監視設備傳送至火炎山森林生態教育館,提供民眾教育機會,已有其他林管處在森林遊樂區進行鳥巢箱監測資料傳輸至

- 將建議林管處參 酌辦理。
- 將建議林管處參 酌辦理。
- 3. 將建議林管處參 酌辦理。
- 4. 謝謝,本研究將 會注意相關事 宜。

遊客中心,獲民眾熱烈迴響,建議新 竹處參考辦理。

- 3. 本計畫之調查資料對於雨量因子的 調查,對於苗 130 甲線道土石流的 監控及發送危險警示訊息,禁止人車 通過,以保障用路人安全等,至關重 要。建議本計畫在辦理期末簡報時函 邀農林航空測量所、公路局苗栗工務 段、水利署第三河川局、苗栗縣政府 等單位派員參與討論。
- 4. 對於技術移轉訓練部分,本局會擴大 辦理訓練,讓現場同仁都能習得技術 加以運用。

結論:各單位所提建議請研究單位參考辦理,並請擇定時間安排本處同仁到 現場觀察學系監測儀器之設置及使用。

八、期末報告問題與答覆

提問人	問題	答覆
國立成功大	1. 建議增加背景資料,如:1.地勢高	1. 已於期末報告中加入。
學地球科學	低、坡度起伏度 2.地質:礫石層平	2. 本部分需要以地 形變遷為基礎,
系鍾教授廣	均孔隙率 3.航空照片 : a.沖蝕溝變化	加上雨量資料進 行地形閾值。在
吉	(6、8、10 月份互相比較)b、沖積	第二年度的計畫 中,會以這個部
	扇變化(追蹤當年之雨量歷線圖相應	分為主軸進行分 析研究。
	配合)。	3. 本研究除價格外,器材的品質
	2. 雨量歷線圖之解釋與監測時機	與穩定度亦需要 兼顧。
	低峰→ 高峰→ 次高峰	
	解釋解釋	
	3. 設備: 儘可能協助尋找價錢低、可普	
	及化者。	
經濟部中央	1. 自計式氣象觀測站由營運資料來	1. 在縣道 130 甲設 置氣象站,需要
地質調查所	看, 應是相當成功的設計及建置, 而	與相關單位協 商。在台電高壓
區域地質組	此自計式氣象觀測站如未來再增加	電塔氣象設置氣 象站的建議,則
邵技正屏	觀測站,仍可考慮 130 甲或大安溪	會受到高壓電塔 的影響,因此本
華 :	床台電電塔,如有電源供應可考慮再	研究不建議將氣 象站設置在高壓
	增加(攝影)器。因本次會議有其他	電塔。攝影監測 的儀器設置在技

相關單位參與,可在討論協調這類工作。

- 2. 關於本計畫,因主題是為地形變遷監測,而變遷資料係由航照或衛星影像所得,而此資料係長時間才拍攝一次(time internal 很長),而自計式氣象站為短時間即時監測資料,此兩種不同時間尺度之配合分析方法或技巧,可再說明。
- 3. 資料擷取軟體是否為自行設計?是 否能再增加單位時間之降雨強度(即 降雨量)?在土石量發生區域或造成 水災,多係單位時間降雨量過大所 致,建議增加此項資料之記錄。
- 4. 相關地質之名詞描述,部分用字句稍 做修改可令用法更為精確,關於此點 本人可協助修潤地質資料部分。

- 術上已無問題, 但是需要克服電 源與設置點等細 節。
- 2. 氣象資料與地形 變遷資料的時間 尺度不同,與本 研究所探討的課 題相關。事實上 短時距地形的變 遷 (如火炎山地 區)受到內、外 營力的影響,所 以地形學中稱之 為「閾值」。本研 究的主要焦點有 部分在地形閾值 上,透過長時間 的地形變遷與氣 象資料收集,可 以瞭解到產生地 形變化的外營力 (如降雨)。
- 4. 謝謝協助。

林務局鄭技

士伊娟

 請新竹處於為來半年內完成監測技 術轉移的工作。

- 1. 遵照辦理。
- 2. 此可列為下一年 度計畫辦理事 項。

	2.	預警臨界值的設定是經營管理機關	
		極為重是的,未來一年內可否請林教	
		授預設看看,因為明年面臨颱風季節	
		時就有可能會有卵石流的危機,若有	
		一預警值,將可提供林管處及公路局	
		先做防範工作。	
農林航空測	1.	建議航空照片可繼續收集資料,農航	此二項建議將送林 管處參考。
量所王技正		所自從□年之後針對林區每兩年拍	
韻皓		一次、平地每一年拍兩次,而且是屬	
		於彩色照片,判釋更為清楚,可繼續	
		利用不同時期的航空照片進行變遷	
		判釋。	
	2.	建議建置火炎山影像資料庫去記載	
		歷史的演進如有航空照片,區的年度	
		可以補衛星影像,讓每年度都有影像	
		資料可進行變遷研究等利用。	
交通部公路	1.	火炎山下旁之公路原是中苗支線,現	1. 文中誤用處已修正。
總局第二區		已改名為苗 130 甲線。	2. 請管理處參考。3. 可列入下一年度
養護工程處	2.	對該段土石流之處置,可能將造匡型	辨理事項。

代表 隧道,其預算已通過並正辦理招標手續中。 3. 對公路遭受土石流災害斷絕交通,本局積極辦理維護供其暢通,惟對土石

提供更多相關資料,以便增加提高養

流沖蝕能進一步有預警措施,期望能

護功能,減少危害。

結論

- 1. 各單位所提建議請受委託單位納入期末報告後報局核備辦理。
- 2. 儀器操作技術能移轉並訓練本處人員,繼續使用及監測。
- 3. 農林航空測量所等相關單位參與,期望農航所能繼續提供 航空照片以利地形變遷判釋,調查資料可提供苗 130 甲線 公路管理單位作為土石流崩塌監控之預警系統運用,以維 人車安全。
- 本研究計畫必須作長期監測才能發揮功效,未來該調查資料將可提供各單位更廣泛的參考與運用。建請林務局能予以支持繼續辦理。