

# 臺灣二〇〇六年國際科學展覽會

科 別：地球與太空科學

作 品 名 稱：松鶴土石流災害初步調查分析

學 校 / 作 者：臺中市立四張犁國民中學 曾智欣  
臺中市立四張犁國民中學 林雨蓉

## 作者簡介



### 曾智欣(圖右)

因為對自然科學的興趣，因此和有豐富登山經歷的組員以土石流作為專題的主題，有參展的意願外，老師耐心的教導，使我們有更進一步的研究。在學習討論中，增加我對地球科學的興趣，也希望將來能有更深入的了解。

### 林雨蓉(圖左)

國小常隨家人登山健行，接觸大自然。進犁中後，雖然課業煩忙；假日也會抽空跟家人、老師爬爬山，舒解身心壓力。每次到山上看到不同的崩塌狀況，總覺得心有餘而力不足。好奇之餘，開始與同行的夥伴們提問題。去年，我把這段經歷與智欣、老師討論。今年，自然與生活科技的課程，學習到天然災害的知識；於嘗試展開科學的探索。

## Abstract

The heavy rain fall brought by Typhoon Mindulle in 2004 caused debris flows in the mountains of Taiwan. The most serious debris flows took place in the areas along the East-West Expressway. The area from Mt. Li to Tien Leng, namely, from the upper course to the middle course of River Da Chia. There was plenty of debris flowing to the courses of the rivers from the hot spring area in Ku Kuan to the starting place of East-West Expressway, Tien Leng. This situation caused the sedimentation of the river courses. According to the data issued by The Soil and Water Conservation Bureau of the R.O.C, on July 2<sup>nd</sup> debris flows erupted in the First and the Second branches of the river in Sung Ho Village and caused 1 death and 2 injuries, besides, the disaster destroyed 8 major roads causing transportation breakdown. On August 24<sup>th</sup>, the Typhoon Aere caused the heavy flow of the river which destroyed Po I Elementary School and Chun Chin Bridge.

The researchers employed research reviews and field investigations as the research methodology with the research scope of Sung Ho Village in middle Taiwan and disaster of debris flow. The First and the Second branches of Sung Ho River belong to the category of high potentiality of danger of debris flows. The Chichi Earthquake had accumulated sufficient sedimentation of soil and stone.

## 摘要

2004年敏督利颱風豐沛的雨量，引起台灣山區發生土石流，中橫公路沿線尤其嚴重。從大甲溪上游的梨山到中游的天冷都有災情；谷關溫泉區至新中橫起點的天冷，大量土石，流入溪中，造成河道淤積。據水土保持局的資料顯示，7月2日松鶴一、二溪爆發土石流，傷亡各1人，2人失蹤，對外聯絡道路台8省道崩塌中斷。8月24日艾莉颱風來襲，溪水暴漲，沖毀博愛國小、長青橋及民房7戶【1】。

本文以松鶴為試區，土石流災害為對象，使用文獻探討及現場調查的方法，進行研究。結果顯示，松鶴一、二溪，均屬於土石流高危險潛勢溪流；肇因於九二一地震的崩塌地，提供充足的土石堆積物。

### 一、研究動機

松鶴部落，位於岳界習稱谷關七雄之一的唐麻丹山下方。德芙蘭生態步道(如圖一)，由九二一震災災後重建委員會補助林務局興建區域步道，係利用台電保線路加以改建，借豐富

動植物生態及松鶴泰雅文化試圖重建災區【2】。七二水災併發的土石流，讓松鶴一夕之間全面崩塌。由於經常在此登山健行，親眼目睹地震後的二次災害—土石流的威力。又從自然與生活科技教科書第六冊，我們學習到天然災害的可怕及水土保持的重要。所以，決定深入了解松鶴部落土石流的來龍去脈。

## 二、研究目的

松鶴地區山壁陡峭，九二一地震崩落的土石及敏督利颱風豐沛的雨量，導致土石流災害。本文以松鶴為試區，土石流災害為對象，針對土石流災害發生之原因進行分析，並對土石流現場調查及整治狀況作介紹；現場調查包含土壤採樣測試、居民訪問。希望引起大家關心山坡地開發和居住問題。

## 三、研究過程及方法

### (一) 試區概述

松鶴位於東卯山東南方，屬於雪山山脈大雪山支脈的範圍，雪山山脈呈東北—西南走向，長達一百八十餘公里，但因受到大漢溪，大安溪及大甲溪的侵蝕，而將此地域切割成北部的阿玉山階段山地、中部的雪山地壘以及南部的埔里陷落區。雪山地壘以雪山為中心，呈放射狀分歧，大致可分為六道稜脈，分別為主稜（大雪山稜脈）、南支稜（雪劍稜脈）、北稜（雪霸稜脈）、北東支稜（桃山稜脈）、東南支稜（志佳陽大山稜脈）、及東支稜（雪山東峰稜脈）【3】，如圖二、圖三。

2004年7月，輕颱敏督利引進的西南氣流卻對台灣中南部帶來極大的降雨，造成河川水位暴漲釀成巨災。台中縣境內以大甲河流域沿岸，所造成的災害最為嚴重。災害的主要原因是降雨過於集中、延時過長，以及降雨強度過大(台中縣的降雨量一千六百多公釐)所導致的山洪爆發，再加上九二一地震所造成的鬆動土石，雖經人為治理卻仍未達穩定的階段，因此在大雨沖刷之下產生了大量泥漿與植物混合的水流進入河川，而部分河川水流湍急造成跨河橋樑的危損或暴漲速度過快越堤而出，甚至衝垮護岸堤防，造成洪流亂竄，傷及人命財產。

### (二) 災害問題分析

#### 1. 地文因子(區域地質)分析

集水區內的達見砂岩及白冷層屬古第三紀(始新世—漸新世)變質砂岩，如圖四，膠結佳且強度大，由於變質砂岩的高抗風化力，其所形成的坡面通常呈現高陡坡度的崖坡地形。由於坡度陡，其所形成的水系特性呈現溪流上游岩坡及幼年期高

流速、強大侵蝕力的坡面逕流型式。松鶴部落住戶主要居住的位置為沖積而成的緩坡地，溪溝的坡度在進入松鶴工作站旁側後，坡度驟降；而此處溪溝危險之處亦為岩坡面直衝而下的水流及土砂，倘若為充分降低其能量及土砂含量，容易在進入部落後造成附近住戶、道路等的危害【4】。

雪山山脈南部之始新世白冷層，北部稱四稜砂岩。本層分布於大甲溪岸南勢、白冷南北兩側，南勢斷層以東之大、小雪山山脈，及水長流東側阿冷附近之白狗大山山脈，北面可以延伸到大安溪和後龍溪流域，南面穿過埔里盆地和日月潭一帶，再向南可以延伸到南投縣的陳有蘭溪東側上游的山地中，形成狹長帶狀。主要由石英質砂岩、粘板岩及頁岩所成。是日人烏居敬造 (1935)於中部大甲溪流域谷關一帶調查時，根據白冷層巨厚的白色砂岩特性所提出來的地層名稱。

達見砂岩是陳肇夏(1977)根據中橫公路的調查結果歸納提出的地層名稱，達見砂岩整合位於十八重溪層之上，本層分布在雪山山脈帶的中部大甲溪、西螺溪、北港溪、陳有蘭溪及玉山塊一帶。主要由白色或淺灰色中粒至粗粒石英岩狀砂岩組成，呈厚層或塊狀，夾有薄層至厚層板岩或變質頁岩互層，頁岩有時略含炭質。陳肇夏(1979)根據其調查指出達見砂岩厚度至少可達二千七百公尺，其下部(六百五十公尺)主要為細粒至粗粒石英岩、綠色綠泥石質砂岩、粉砂岩及少量板岩；中部(一千三百公尺)大都為粗粒塊狀石英岩，交錯層至為發達；上部(七百五十公尺)為厚層中粒至粗粒石英岩狀砂岩，夾有少量頁岩或炭質頁岩。下部的綠色砂岩為認識達見砂岩的重要指標。達見砂岩因為岩性堅強，常構成瀑布及陡崖地形【4】。

## 2. 水文因子分析

氣象水文狀況依地理位置，取中央氣象局設博愛村鄰近之白冷測站資料為參考。依據台灣電力公司氣象年表電子書 1954 年~2001 年統計資料顯示，年平均雨量 2267.1 公厘，雨量集中於二月至九月，月平均雨量 300 公厘以上分佈在五月~八月較多，如表 1 所示。全年平均降雨日數約 111 天，月平均降雨日數分佈類似降雨量分佈，以五~八月較多【1】，如表 2 所示。

本地區屬於亞熱帶氣候，因位處山區，全年平均氣溫約 22.4°C，月平均氣溫變化約在 16~28°C 之間，各月平均氣溫以七月 28.5°C 較高，一月 14.4°C 較低【1】，如表 3 所示。

根據白冷測站資料，7 月 2 日降雨量為 309.5 公釐，7 月 3 日降雨量為 399.5 公釐，7 月 4 日降雨量為 418.5 公釐，累積雨量達 1100 公厘。日本學者川上浩，研究日本宇原川土石流與降雨特性的關係，認為累積雨量達 150~200 毫米以上，即會發

生土石流；累積雨量達 400 毫米以上，一定會發生土石流【5】。

### (三) 松鶴土石流之回顧

民國 89 年 5 月 1 日豪雨，烏來溪(松鶴二溪)溪水淹過部落橋面，土石流遍溪旁道路，裡冷巷七重天瀑布附近土石流崩落，土石累積達三層樓高，烏來溪旁的住家外堆滿土石，甚至淹到住家的窗戶。民國 90 年中度颱風桃芝、納莉挾帶之豐沛雨量，松鶴一溪、二溪再度發生土石流，造成下游橋樑、產業道路及附近耕地遭土石掩埋，幸無人傷亡。921 集集地震發生後，上游集水區產生多處大規模崩場地，根據現地勘查時發現，地震所產生之崩場地，因受歷年颱風豪雨侵襲，造成崩場地持續擴大，如圖五【6】。

### (四) 災害現況調查說明

博愛村在七二水災中，主要受到洪水與土石流等災害影響。因第 8、9、10 鄰受松鶴一溪爆發土石流衝擊，計有 30 棟房屋遭土石掩埋（分佈於第 7、8、9、10 鄰）造成 30 戶以上人家無家可歸。93 年 8 月艾莉颱風，溪水暴漲，沖毀博愛國小操場、長青橋及民房 7 戶【1】。

松鶴一溪，全長為 3401m，集水區面積由 91 年的 16.1 公頃至 93 年增為 27.7 公頃。松鶴二溪，全長為 965m，集水區面積由 91 年的 2.7 公頃至 93 年增為 6.1 公頃。經現場踏勘及調查說明，如圖六~十六所示。取土石流後地表下 30cm 之土壤及未被土石流侵襲地表下 30cm 之土壤各約 2kg。依參考文獻【11】方法做土壤水分含量測定及土壤粒徑分析。

## 四、結果與討論

由松鶴附近之麗陽攀岩場在七二水災前後之照片估計，大量土石滑落溪床，大甲溪河床上升 15 公尺，使得河床與台 8 省道部份路段同高。此後，每遇颱風豪雨，溪水淹沒路面，谷關、松鶴交通中斷，變成孤島。從居民訪問，我們了解到當地居民除了土石流發生時的恐懼記憶猶新外，對於其危險性與適合居住與否？並不全然了解。但教育及災害防治機構人員確已待命，並隨時提高警覺。所以，2005 年海棠、泰利、龍王等強颱橫掃全台，松鶴地區雖有災情，但居民皆能安然度過，歸功於災害防治計畫得宜。

土壤採樣測試結果顯示，含水率由高到低依序為上游、非土石流區、中游、下游，如圖十七。推測原因為上游區域瀑布的水滲入地底，經大雨浸漬，土石已達到飽和，形成流體運動，造成土石流。土石流區上游土壤的含水率，約為非土石流區土壤的一倍，推測原因為黏土的吸水性(保水力)、滲透性及黏滯性較砂粒佳，而非土石流區的黏土成分較土石流區的成

分高所致，如圖十八。圖十九顯示，砂粒含量由高到低依序為上游、中游、下游、非土石流區。圖二十則顯示，粉粒含量由高到低依序為非土石流區、下游、中游、上游。符合土石流中的物質主要由大量的砂粒所組成，粉粒加黏粒的量小於砂粒的量之現象，推估上游有崩塌，造成砂粒含量較高。從圖二十一顯示，石含量百分率由高到低依序為上游、中游、下游、非土石流區。上游因崩塌的現象，石含量百分率最高，大量堆積的土石，提供土石流的材料來源。

現場調查中，我們發現過去土石流及崩場地整治工作，多在中下游地區興建防砂壩、沉沙池、整流工程、堤防或疏濬等消極攔截、圍堵、導流之防災工程，以消耗土石流潛能，或侷限土石流流徑，而且防災工程以混凝土構造物居多，對自然生態環境衝擊頗巨。很慶幸的這次我們發現，以就地取材為主，因地制宜，採用柔性材質、生物棲息、結合景觀之自然生態工法在下游已有成效，如圖二十二。由於土石尚未穩定，後續整治建議以中、上游為主，由於中、上游部分河段側壁易遭淘刷，且有古老崩場地土石堆積，一旦誘發其運動恐將造成大量淘刷，巨量土石下沖時現有整治設施或將不敷所需，故應設法進行加強中、上游整治。

## 五、結論

新聞媒體總是認為土石流災害難以防範。這次的專題，實地走訪土石流現場，並且了解土石流的成因。對土石流不等於土石流災害、土石流無法也無必要消滅至不存在、發生土石流災害才需要治理、土石流研究尚未到可以準確預報【1】等整治的觀念，有了新的認知。由於松鶴地區土石流溪谷未來均有可能再發生，因此必須詳細加以規劃，考量工程設施之配置與適當性，以免發生無可挽救的天災人禍。

中橫谷關地區，因九二一大地震而產生許多大型的崩場地，累積了大量土石，屢遭颱風豪雨侵襲。加上山坡地大量種植果樹，根系很淺，無法牢固地保護土壤，有機質分解加速，使得有機質含量變小，土壤孔隙變小，滲透率降低，導致雨滴直接打擊地表，使地表逕流量增加，土壤嚴重流失，造成了土石流災害。埋怨大自然的無情之餘，對於與天爭地的人們，我們認為減少大量使用混凝土構造物，重建山坡綠地資源，才能獲得水土及生態資源永續發展。

## 六、登山經歷

野外現場探勘調查須跋山涉水，是件苦差事。除了身心的勞累外，更潛藏著無數的危險。還好經常參加登山健行活動，談不上訓練有素，但學習到的登山常識與技巧，使這次專題能圓滿。感謝台中縣登山會教導並帶我走入山林，在此特別把我的經歷與大家分享。中級山健

行部份：唐麻丹山(我的家庭成員同登)、屋我尾林道(假日全家健行遊)、德芙蘭生態步道(假日全家健行遊)。高山健行部份：奇萊南峰與南華山(能高越嶺古道西段：國一與台中縣登山會同登)、合歡群峰(主北峰、石門：國一與台中縣登山會同登)、合歡溪步道(華岡圓環至合歡西峰登山口：假日全家健行遊)、玉山前峰(國一與台中縣登山會 25 期義工同登)、單攻玉山主峰(單日來回：國二與本校老師同登)、八通關古道西前段(寒假全家健行遊)、七彩湖與六順山(丹大林道：國一與台中縣愛山登山協會同登。在此也要悼念與我同遊七彩湖的護士姐姐，不幸於 2005 年 5 月初，在南三段失足墜落罹難。同為山林人，願她愛山情操與我們同在)。

## 七、誌謝

本文承蒙逢甲大學環境工程與科學學系協助實驗方法及設備，台中縣和平鄉公所、台中縣警察局東勢分局天輪派出所、谷關派出所等單位提供寶貴之意見及協助，使本作品得以順利完成。在此特別表示由衷之感謝。

## 八、參考文獻

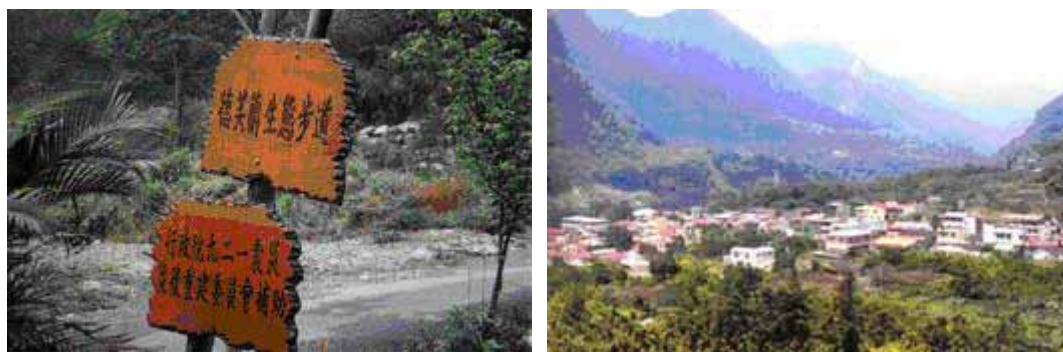
- 【1】重大土石流災例(民國 93 年 9 月 8 日)。南投縣：行政院農業委員會水土保持局。民國 94 年 5 月 8 日，取自：<http://debris.swcb.gov.tw/history/home.htm>。
- 【2】旅遊資訊/國家步道系統(無日期)。台北市：行政院農業委員會林務局。民國 94 年 7 月 17 日，取自：<http://www.forest.gov.tw/web/information/information-all.htm>。
- 【3】認識雪霸(民國 92 年 3 月 13 日)。苗栗縣：內政部營建署雪霸國家公園管理處。民國 94 年 7 月 17 日，取自：<http://www.spnp.gov.tw/>。
- 【4】台中縣和平鄉博愛村中-003、004 土石流特定水土保持區劃定計畫(無日期)南投縣：行政院農業委員會水土保持局。民國 94 年 5 月 8 日，取自：<http://debris.swcb.gov.tw/history/home.htm>。
- 【5】認識土石流(無日期)。南投縣：行政院農業委員會水土保持局土石流防災教育網站。民國 94 年 4 月 3 日，取自：<http://debris.swcb.gov.tw/home.php>。
- 【6】張政亮等(民 94)。遙測與地理資訊系統應用於大甲溪流域之環境災害分析。中國地質學



會九十四年年會暨學術研討會。中央地質調查所。民國 94 年 4 月 3 日，取自：

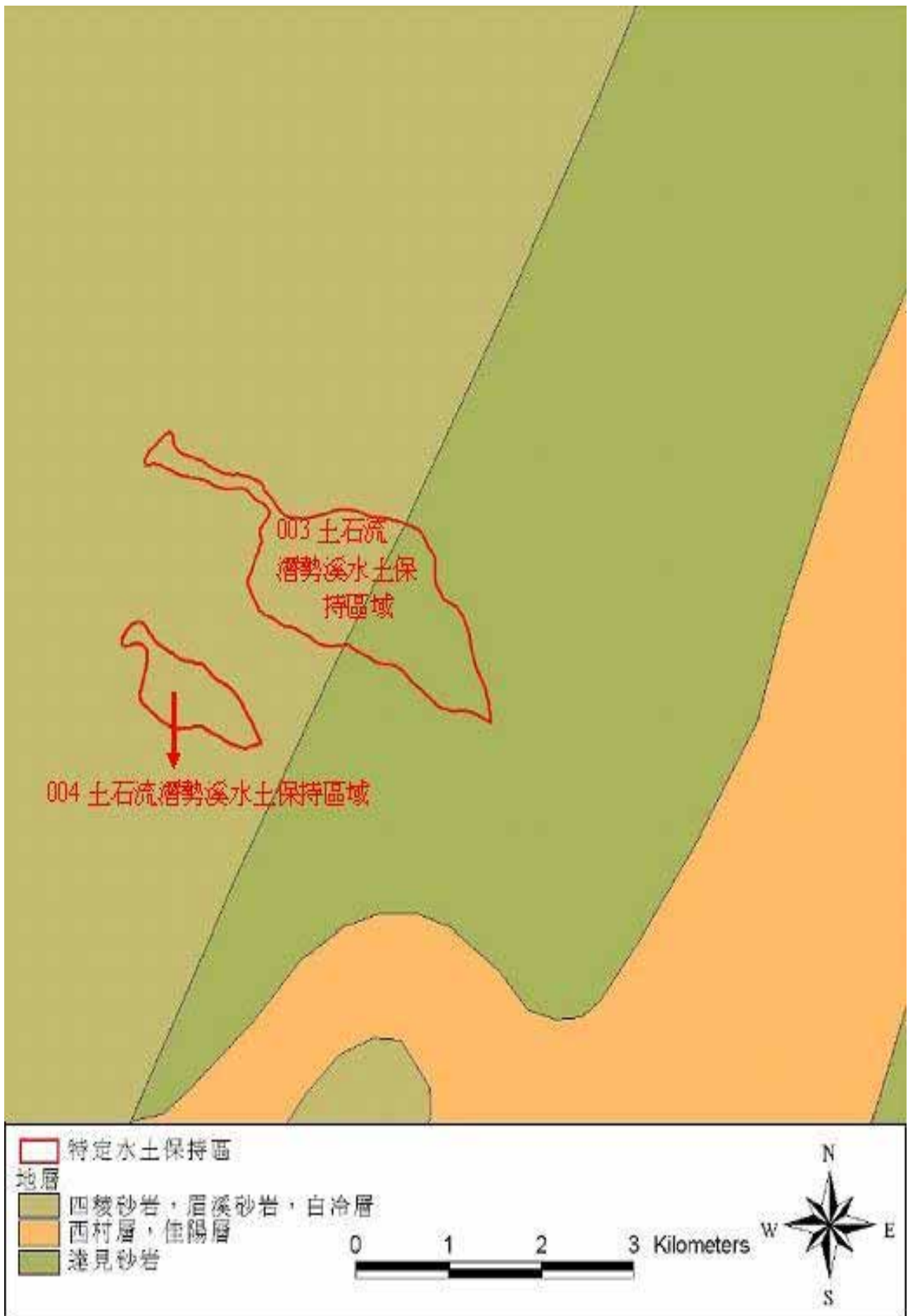
<http://twgeoref.moeacgs.gov.tw>

- 【7】李毅宏(民 92 年)。土石流預警與降雨關係之研究。國立中興大學碩士論文，未出版。  
民國 94 年 4 月 13 日，取自：「全國博碩士論文資訊網」：<http://datas.ncl.edu.tw/theabs/1/>  
(編號：92NCHU0080013)。
- 【8】謝正倫(民 91 年)。921 震後災區土石流二次災害防治之研究。歷史建築保存與再生研討會。行政院文化建設委員會。民國 94 年 4 月 13 日，取自：<http://email.ncku.edu.tw/~em50190/ncku/196/b/b1.htm>。
- 【9】吳輝龍(民 91 年)。自然生態工法與災害防治。內政部營建署「生態工法講習會手冊」。民國 94 年 4 月 13 日，取自：<http://www.swcb.gov.tw/Newpage/swcb13/>。
- 【10】鄭富書等(民 92 年)。溪頭森林遊樂區鹿寮坑土石流災害案例分析。中華技術雜誌。財團法人中華顧問工程司。民國 94 年 4 月 13 日，取自：<http://www.ceci.org.tw>。
- 【11】土壤分析手冊第二版(民 93 年)。中華土壤肥料學會。
- 【12】陳尊賢、許正一(民 92 年)。台灣的土壤。遠足文化。
- 【13】連鋒宗等(民 93 年)。台灣高山全覽圖。上河文化股份有限公司。



圖一 72 水災前的德芙蘭步道(左)921 地震前的松鶴部落(右)【2】





圖四 003、004 土石流潛勢溪區域地質圖【4】

表 1 白冷氣象觀測站月平均雨量統計表(1945~2001)

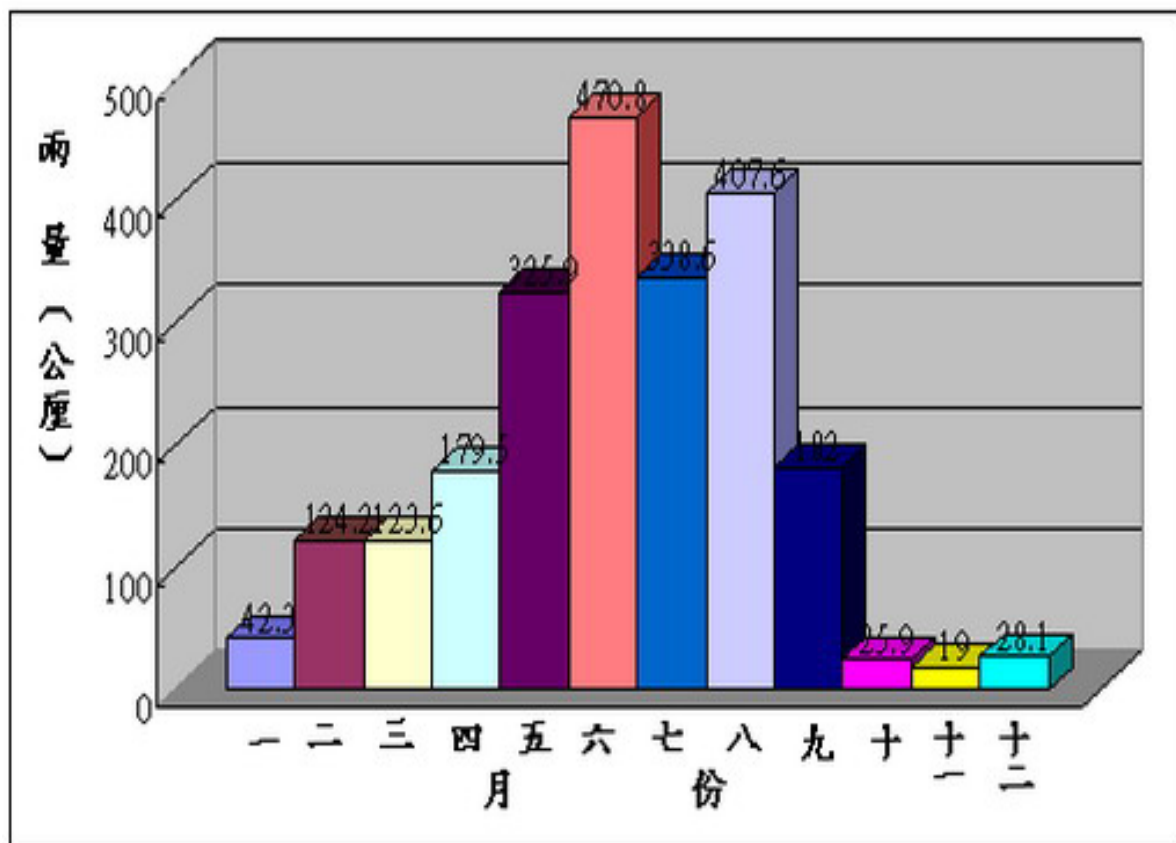


表 2 白冷氣象觀測站月平均降雨日數統計表(1945~2001)

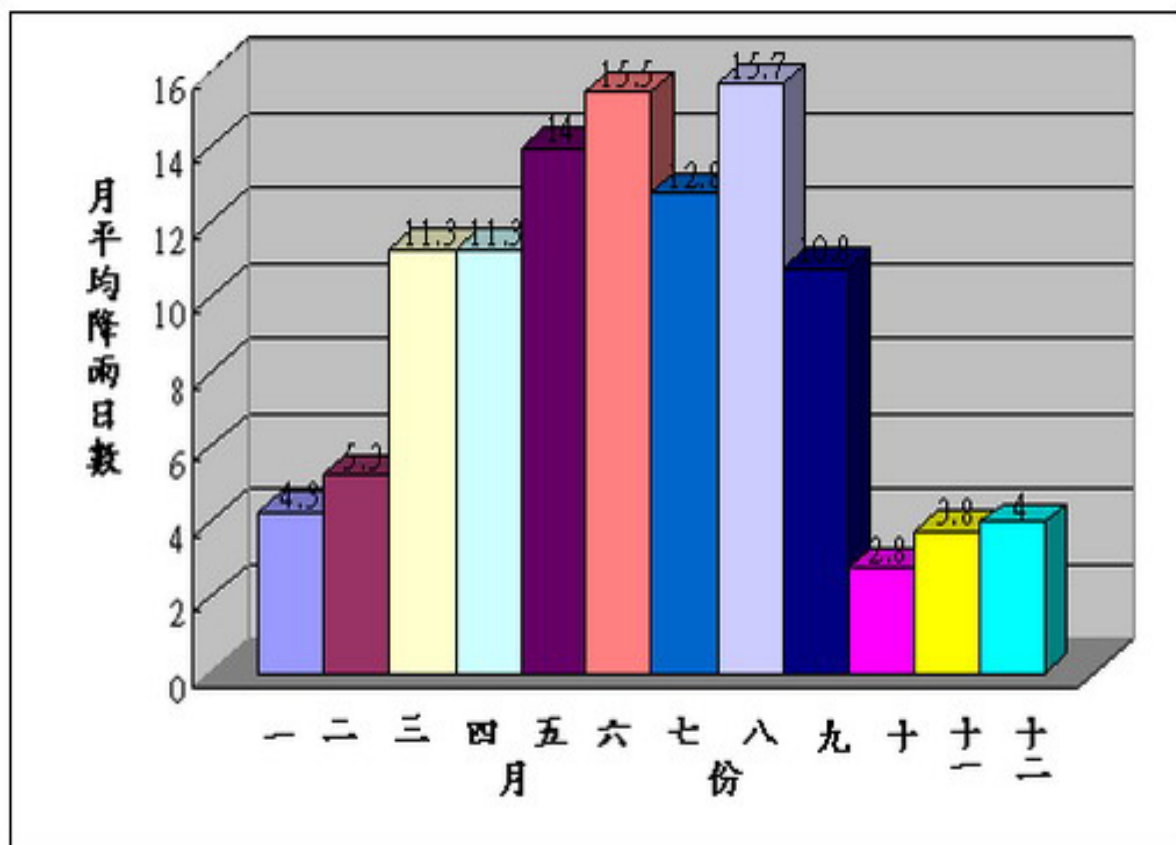
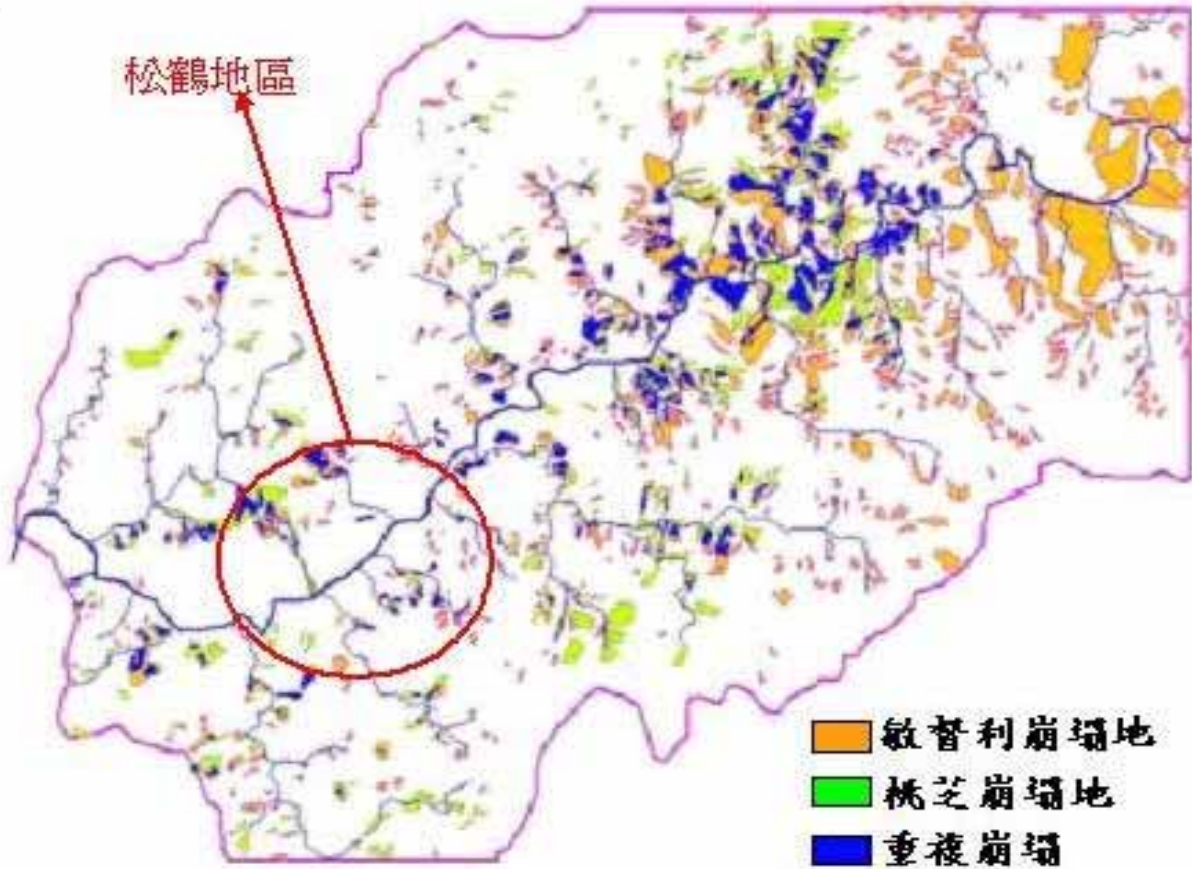
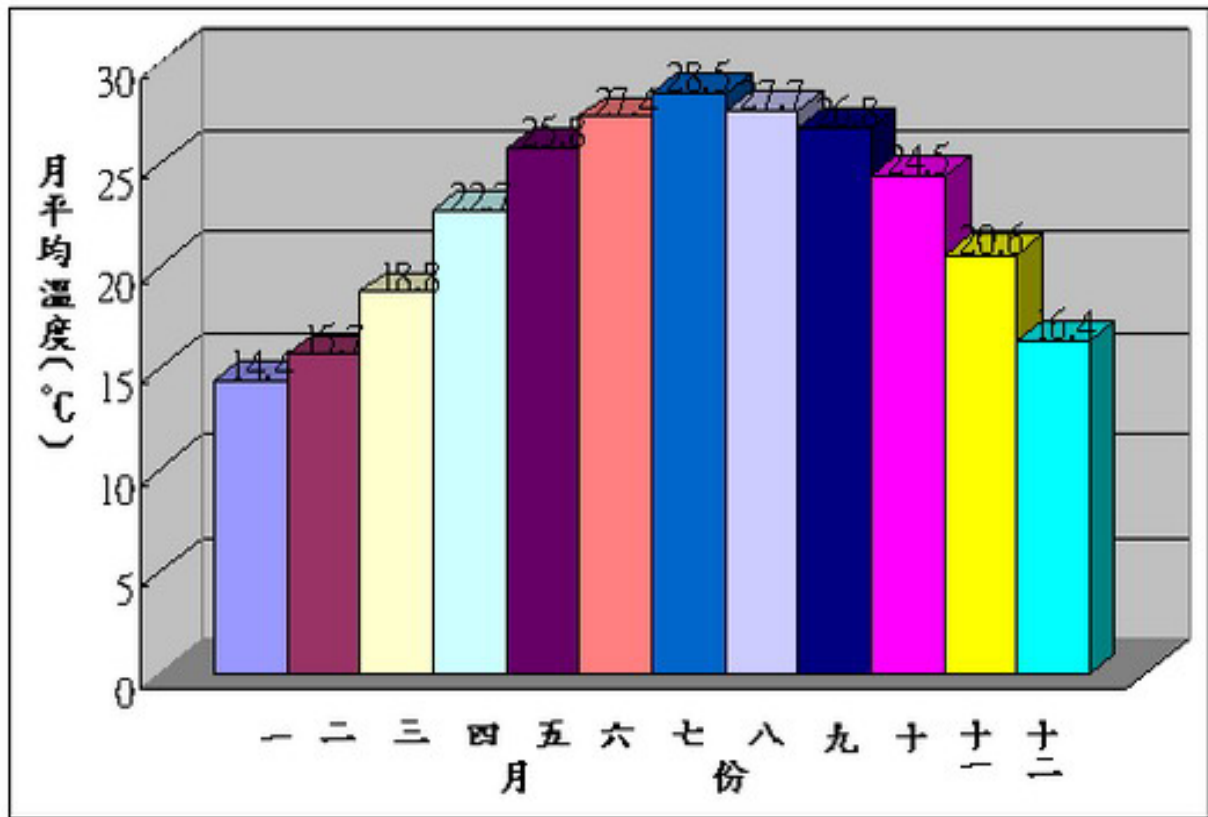


表 3 白冷氣項象觀測站月平均氣溫統計表(1945~2001)



圖五 大甲溪流域屢次颱風崩塌地分佈狀況【4】



圖六 七二水災後松鶴土石流災區航照圖【1】



圖七 被土石流淹沒的松鶴派出所及德芙蘭活動中心



圖八 唐麻丹山下金谷關農場旁土石流後大甲溪河流改道情形



圖九 谷關溫泉區，河床上升 15 公尺



圖十 七二水災前的麗陽天然攀岩場（20~30 米高之攀岩路線）



圖十一 七二水災後麗陽攀岩場的階梯護欄及攀岩路線(剩 4~5 米高)





圖十二 松鶴一溪與大甲溪交會處



圖十三 沖毀的裡冷橋橋墩



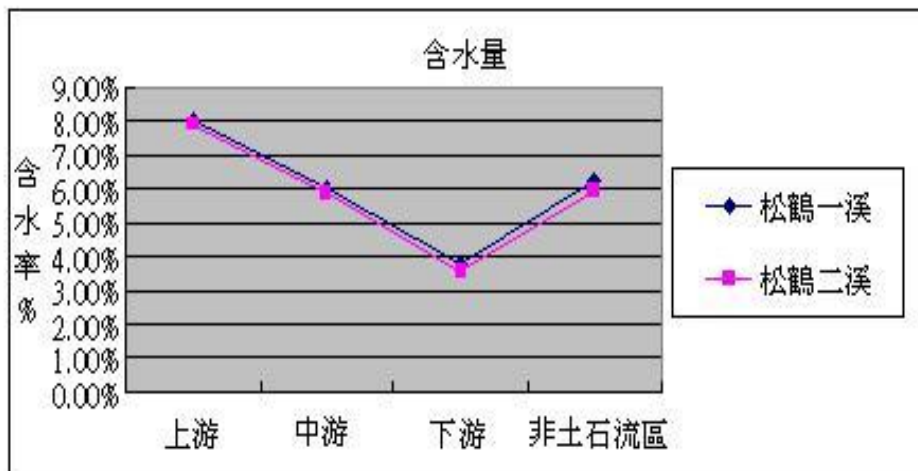
圖十四 台 8 線公路旁被土石流摧殘的民房



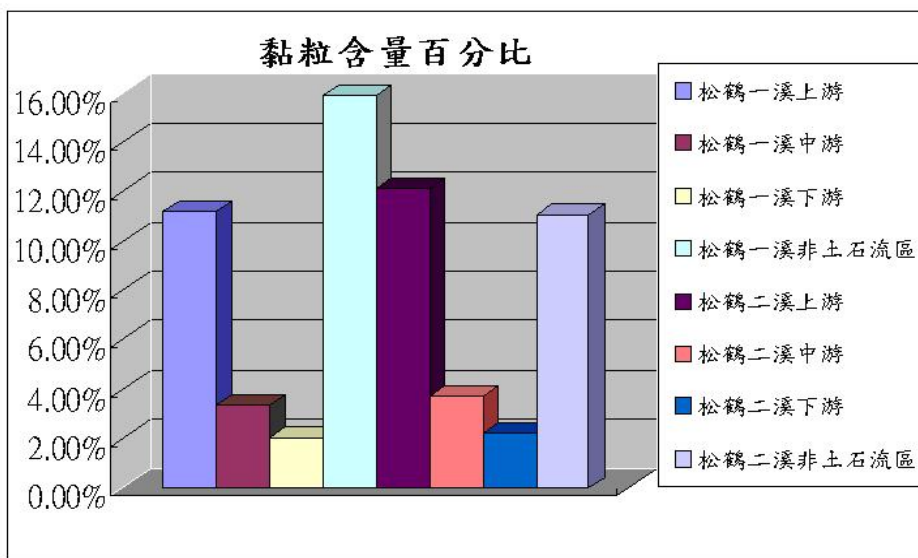
圖十五 台 8 線公路旁堆積的土石



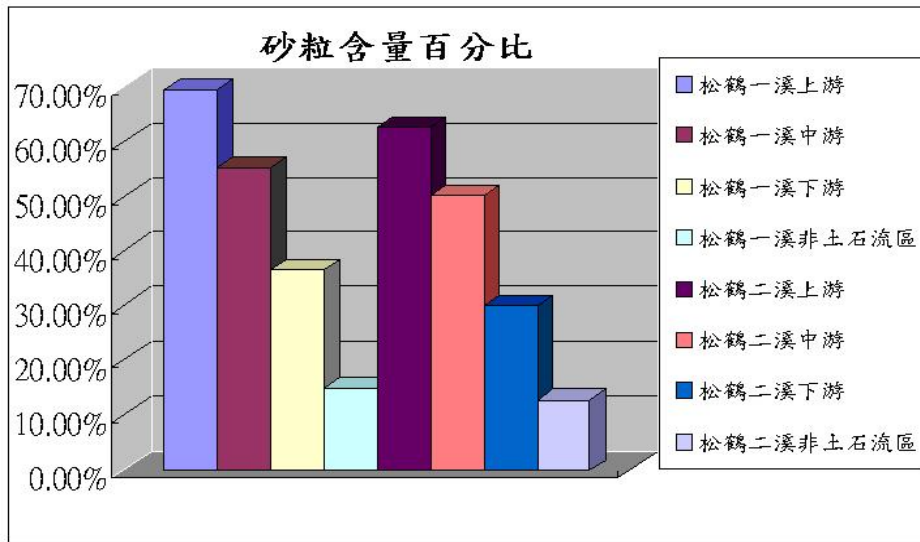
圖十六 土地公廟附近的災情



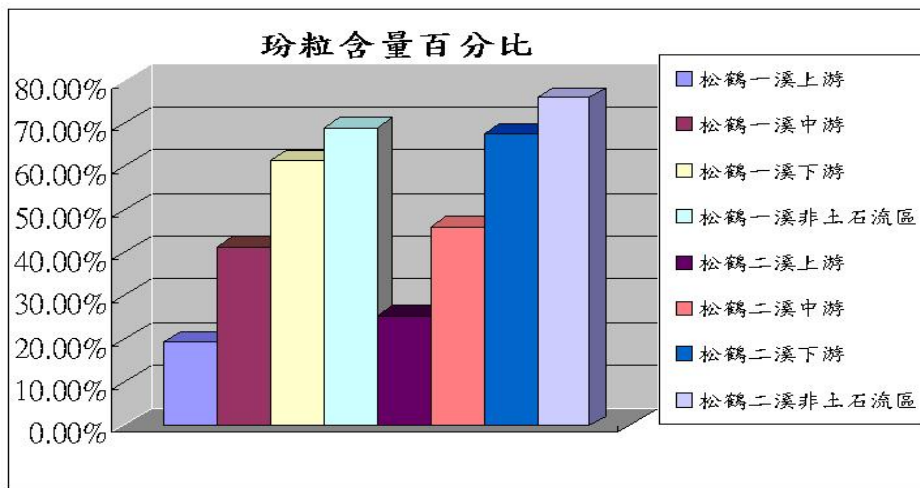
圖十七 含水率測定結果



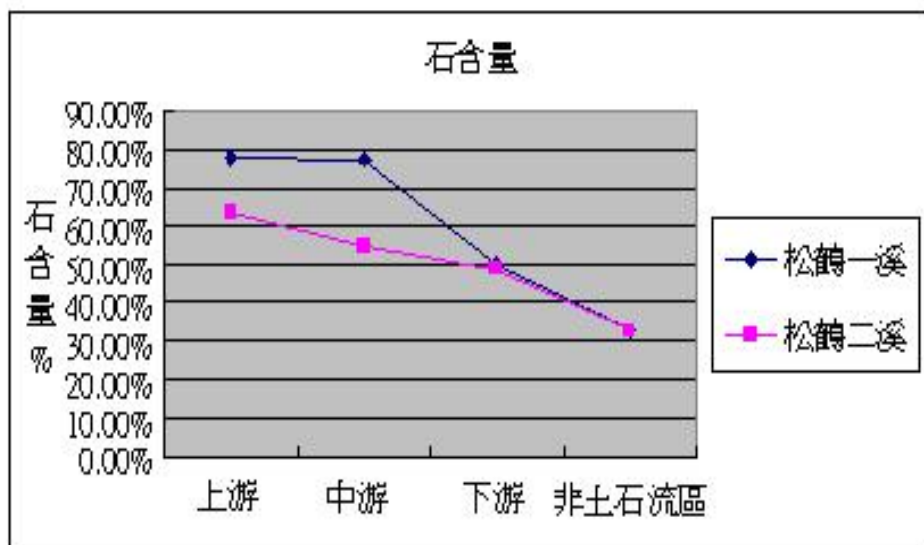
圖十八 松鶴地區土壤黏粒含量



圖十九 松鶴地區土壤砂粒含量



圖二十 松鶴地區土壤粉粒含量



圖二十一 松鶴地區土壤石含量



圖二十二 松鶴地區土石流整治之生態工法

## 評語

本作品調查松鶴部落土石流災害，探討發生土石流之原因。作者在現場基地調查並採取樣品做含水量及程度分析並拍攝相片多張，本作品具有鄉土性，但在創意方面尚有加強之空間。