

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

080509

生活圈土石流潛勢溪流之探究

學校名稱：宜蘭縣礁溪鄉四結國民小學

作者：	指導老師：
小六 周芷妘	許淑蘭
小六 謝玕芸	黃佑家
小六 曹峻森	
小六 陳關兆	
小六 蔡翼臣	

關鍵詞：土石流潛勢溪流、土石流模擬裝置、

土石流潛勢溪流風險潛勢等級評估

摘要

本研究的第一個部份為：透過 google earth 平台測量生活圈中土石流潛勢溪流的性質，如：流動區的坡度、長度、高度與高度剖面圖；扇狀地的面積、扇狀地土地利用面積等。藉著以上測量對溪流型土石流形態的認識，設置土石流模擬裝置，進行實驗，以期了解激發土石流發生的水量，此為研究的第二部份。

研究的第三部份為土石流潛勢溪流現地調查，使用相機等工具，記錄場域的地質、地形特徵。最後運用農委會水保局提供的土石流潛勢溪流風險潛勢等級評估之方式，將研究一、三的資料導入，以了解本研生活圈中土石流潛勢溪流的風險潛勢等級。

壹、研究動機

阿兆：每到夏、秋之際，颱風侵襲台灣，帶來的強風豪雨總會引發一些地區發生土石流，造成物資、人員的傷亡，真是可怕。

小臣：為了避免這個情形的發生，農委會水土保持局會發佈最新的土石流警戒預報，讓地區的居民能提早撤離啊！

阿兆：土石流的發生具有區域的隨機性、時間的快速性及破壞力強大，所以任何土石流潛勢溪流都有一定的危險性。

紘紘：哇~，那我們生活的區域中，有幾條土石流潛勢溪流啊？真該好好研究，才能趨吉避凶、安居樂業啊~。

阿兆：經濟部中央地質調查所地質資料查詢系統，網址：

<http://gis.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8/index.cfm>，在這個系統中結合 GOOGLE EARTH，就可以了解某一地區土石流潛勢溪流的 GPS 位置、地質構造、土石流流動區坡度、長度等性質。

紘紘：太好了，我們可以按圖索驥去看看土石流長什麼樣子。

小臣：是土石流現地調查，喂~，阿兆你發什麼楞？

阿兆：我在觀察學校的溜滑梯。

紘紘：溜滑梯有什麼好看的？

阿兆：溜滑梯的滑道像不像是溪谷型土石流的流動區，我們可以將溜滑梯改造成土石流模擬裝置，設計實驗以了解引發土石流的機制以及土石流發生後造成的地質及地形現象。

小臣：哇~，我們可以將生活圈中的土石流潛勢溪流定義為研究場域，然後在各項系統中建立土石流潛勢溪流的各項資料，再設置土石流模擬裝置進行實

驗，最後進行研究場域的現地調查。這個研究一定很有趣。
紘紘：我也想參加，現在就找老師討論研究。

貳、研究目的

- 一、運用各項系統提供的訊息，建立生活圈土石流潛勢溪流之資料。
 - (一)測量流動區之高度、長度、坡度及順向坡面積
 - (二)測量扇狀地之面積及土地利用面積
- 二、利用研究目的一之資料，建置土石流模擬裝置
- 三、擬定變項，進行土石流模擬裝置實驗
- 四、生活圈土石流潛勢溪流現地調查
 - (一)記錄流動區之環境地質、岩層組成、岩塊性質、植物分佈等
 - (二)記錄扇狀地土地利用情形
- 五、建立生活圈土石流潛勢溪流之風險潛勢等級評估

參、研究方法

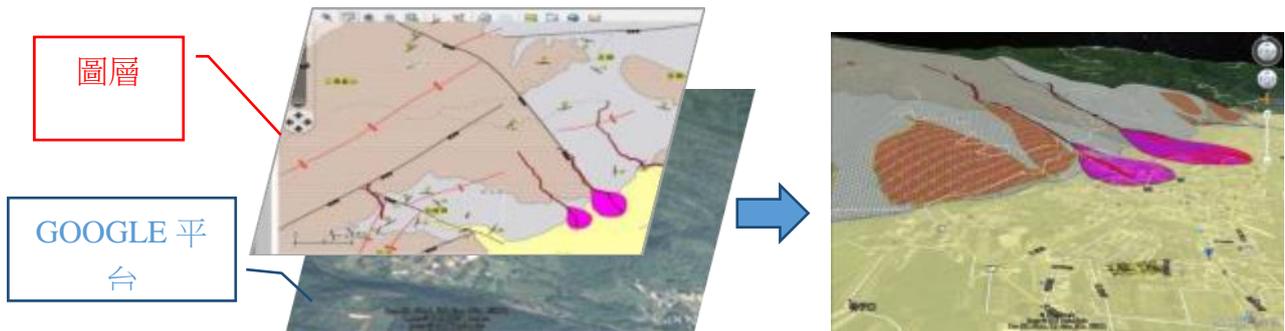
一、定義研究場域

進入經濟部中央地質調查所網站後選環境地質圖選單，核取土石流流動區、土石流扇狀地，再拉動捲軸調整，即可看到生活圈土石流潛勢溪流共有三條，由北而南，分別為猴硐坑溪、十一股溪、DF25(水保局之編號)，本研究將生活圈中三條土石流潛勢溪流定義為研究場域。

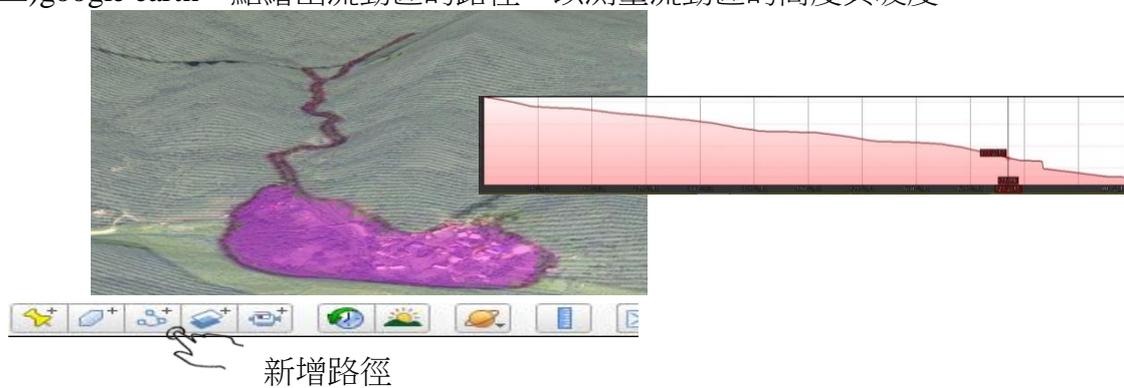


二、在 google earth 平台進行研究場域的測量，以下為操作步驟及說明。

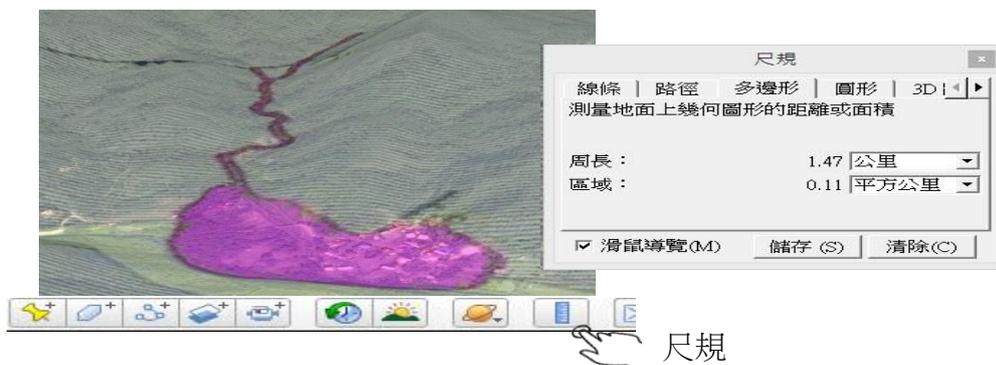
(一)以 google earth 為平台，將從中央地質調查所下載的圖層套疊上去。



(二)google earth，點繪出流動區的路徑，以測量流動區的高度與坡度。



(三)利用 google earth，點繪出沖積扇外形，以測量沖積扇的面積。



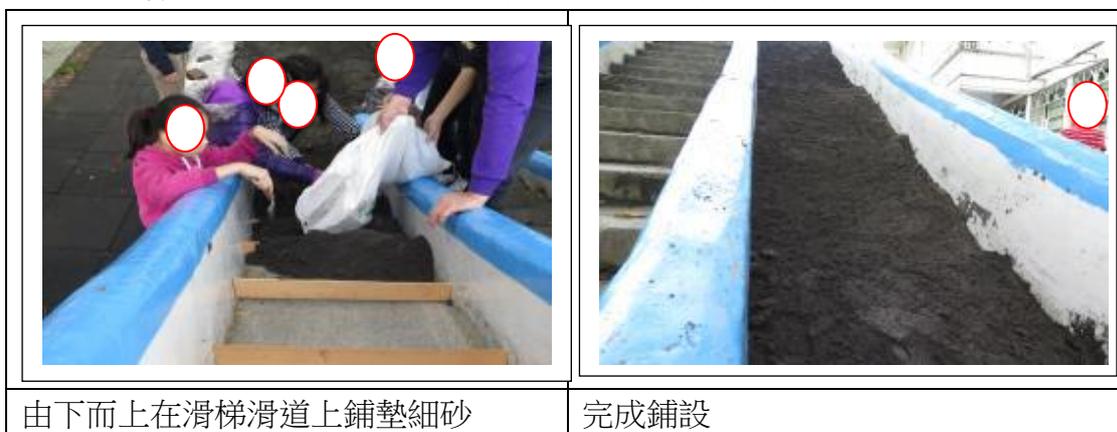
三、設置土石流模擬裝置

(一)土石流流動區

1.以坡度 25° 高度 1.98 公尺的溜滑梯為原型，如下圖。



2.在溜滑梯的滑道鋪設土砂約 8cm 模擬河床，過程如下圖。



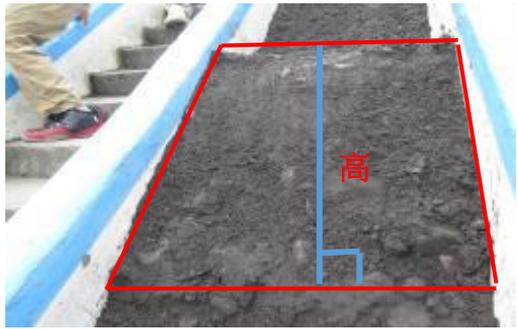
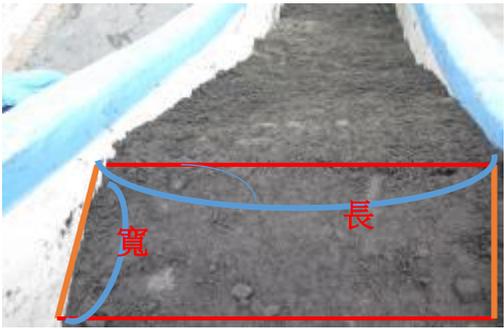
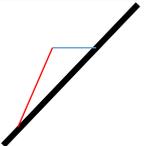
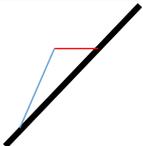
完成後，測量流動區之長度與坡度，分別為 4 公尺、 26° 。

(二)調製土體

1.土料的成份有土、細砂、水，依 1 : 1 : 0.4 的比例調勻，再放入數顆平均粒徑 6.5 公分~7.2 公分的石粒後，混著土砂再調均。



2.將土體堆置於流動區

	
<p>紅色區域為 土體下方構造</p> 	<p>紅色區域為 土體上方構造</p> 

土體的長 0.41 公尺、寬 0.57 公尺、高 0.51 公尺，體積 0.06 立方公尺，若土體密度為 1.8，則土體重量約 105 公斤。

(三)土石流扇狀地

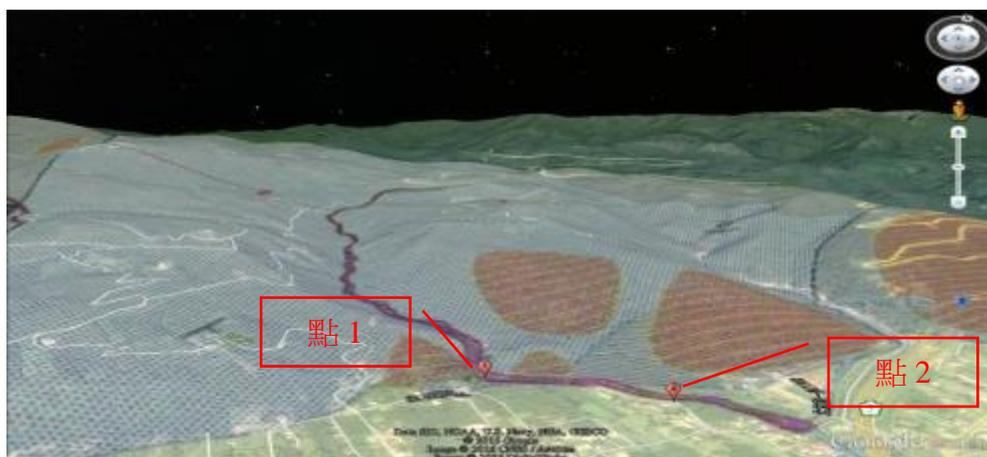
在溜滑梯的下方區域模擬為扇狀地，長約 3.9 公尺、寬約 1.36 公尺，面積約 5.07 平方公尺，在這個範圍內鋪設約 5cm 細砂，放置塑膠製三角形積木模擬屋舍。

	
<p>在扇狀地鋪設細砂</p>	<p>放置三角形積木模擬房舍</p>

四、製做現地調查觀測點地圖

以 Google Earth 為平台，顯示順向坡、土石流潛勢溪流流動區、扇狀地等環境地質之區域，再訂定觀測點，並標示觀測點的經、緯度，現地調查時，便可以 GPS 找到觀測點的位置。考量安全因素，本研究以車輛或步行可以到達的車道或步道為觀測點。以下分別說明研究場域的觀測點。

(一)猴硐坑溪



預定觀測點有 2 處，點 1 觀測重點為流動區的地質地形，位置為北緯 $24^{\circ} 50.481'$ 、東經 $121^{\circ} 46.857'$ 。點 2 的觀測重點為防制工程及扇狀地土地利用情形，位置是北緯 $24^{\circ} 50.537'$ ，東經 $121^{\circ} 47.169'$ 。

(二)十一股溪



預定觀測點有 2 處，點 1 觀測重點為流動區的地質地形，位置在北緯 $24^{\circ} 50.368'$ 北、東經 $121^{\circ} 46.336'$ 。點 2 的觀測重點為扇狀地土地利用情形，位置是北緯 $24^{\circ} 50.211'$ 北、東經 $121^{\circ} 46.582'$ 。

(三)DF25



預定觀測點有 2 處，點 1 觀測重點為流動區的地質地形及扇狀地土地利用情形，位置在北緯 24° 50.011'、東經 121° 46.156'。此場域有大面積的順向坡，故設置點 2 觀測點，位置在北緯 24° 49.985'、東經 121° 46.116'。

五、建立本研究場域的風險潛勢等級評估

根據水保局”土石流潛勢溪流風險潛勢等級評估”方法，建立本研究場域的風險潛勢等級評估，茲將水保局”土石流潛勢溪流風險潛勢等級評估”內容說明如下：

風險潛勢等級評估		土石流發生潛勢等級		
		高	中	低
級 度 等 保 全 危	高	高	高	中
	中	高	中	低
	低	中	低	低

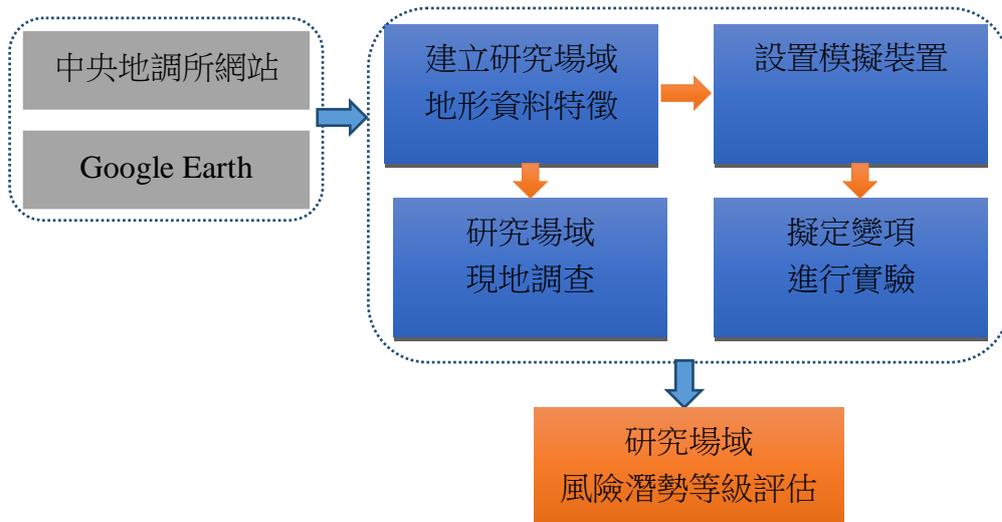
土石流發生潛勢等級判定：

根據土石流發生之三大條件足夠堆積物、水、及坡度條件，選定影響土石流發生最顯著之因子做為評分因子，分別為崩塌規模、坡度因子、堆積土石情形、岩性因子以及植生因子，並考慮各個因子與發生潛勢之影響關係加以配分，其配分方式如下表所示，最高分為 100 分。土石流發生潛勢因子等級判別為高、中及低，若發生潛勢得分於 46 分以下為低發生潛勢等級，46~62 分為中發生潛勢等級，62 分以上則為高發生潛勢等級。

保全危害度等級判定：

保全危害度因子之選定主要考慮兩項因子，分別為對建築物之危害及對交通設施之危害。在建築物部分因公共建築一般使用人數較多，故評分等級最高，另外保全戶數越多，評分也越高；交通方面則以橋樑受損對交通之危害較高，故給予較高分數。而經歷 921 地震及桃芝颱風災害後，已有不少土石流潛勢溪流進行整治設施工程，故於現地調查時加入現地整治設施成效評估，若整治設施成效良好，則可降低土石流潛勢溪流對保全對象之危害。其保全危害度因子配分方式如下表所示，最高得分為 100 分，其評分乃綜合上述建物、交通設施以及現地整治成效等分數累加，若評分結果大於等於 60 分者，列為高保全危害度；小於 60 大於 40 者列為中保全危害度；小於等於 40 者列為低保全危害度。資料來源：土石流防災資訊網

肆、研究流程



伍、研究工具

期程	項目	數量	用途
建立研究場域地形	電腦	每生 1 台	查詢、下載資料、操作 google earth 等
	google earth pro	每生 1 式	在平台上進行研究場域的各项測量
設置模擬裝置	土、砂、石粒	適量	模擬河道、土料、扇狀地等
	溜滑梯	1 具	模擬土石流潛勢溪流流動區
模擬裝置實驗	攝影機	1 台	拍攝誘發土石流發生的過程
研究場域現地調查	捲尺	1 個	現地調查時測量岩塊體積
	相機	2 台	現地調查時拍攝地質環境用
	GPS	1 台	現地調查時尋找觀測點
	野外調查紀錄表	每生 1 份	野外調查時記錄用

陸、研究過程與討論

一、建立生活圈土石流潛勢溪流之地形資料

本研究為了解生活圈土石流潛勢溪流流動區、扇狀地之地形，故先至中央地質調查所網站選取土石流流動區、扇狀地為環境地質，擷取圖層後套疊到 google earth，再以 google earth 為平台，進行生活圈土石流潛勢溪流的地形測量。茲將三個研究場域之地形分述如後。

(一)研究場域之地形

1.猴硐坑溪

(1)土石流流動區

最高高度(m)	總長度(m)	平均坡度
410	1880	21 度

(2)土石流扇狀地

土石流扇狀地面積公頃	1.44
土石流扇狀地土地利用面積公頃	0
土地利用比例	0%

(3)土石流流動區高度剖面圖



2.十一股溪

(1)土石流流動區

最高高度(m)	總長度(m)	平均坡度
441	1290	23 度

(2)土石流扇狀地

土石流扇狀地面積公頃	30.8
土石流扇狀地土地利用面積公頃	19.4
土地利用比例	63%

(3)土石流流動區高度剖面圖



3.DF25

(1)土石流流動區

最高高度(m)	總長度(m)	平均坡度
518	1692	25 度

(2)土石流扇狀地

土石流扇狀地面積公頃	29.1
土石流扇狀地土地利用面積公頃	22.9
土地利用比例	79%

(3)土石流流動區高度剖面圖



(二)討論

茲將研究場域三條土石潛勢溪流之地形資料及開發情形整理於下表：

		猴硐坑溪	十一股溪	DF25
流動區	高度	410 公尺	440 公尺	510 公尺
	長度	1880 公尺	1290 公尺	1690 公尺
	坡度	21 度	23 度	25 度
扇狀地	面積	1.44 公頃	30.8 公頃	29.1 公頃
	土地利用面積	0 公頃(0%)	19.4 公頃 (63%)	22.9 公頃 (79%)

1.本研究之研究場域屬於雪山山脈延伸的山麓，平均高度在 800 公尺~600 公尺，從高度來看，溪流的源頭不是在山麓最高點，是否與在 400~500 公尺處容易蓄積水源有關，有待再研究。

2.水土保持局將坡度 15° 以上的溪流列為土石流潛勢溪流，相關研究顯示，土石流流動區的坡度多分佈在 15° ~30° 以上，且坡度越大，沖蝕的動力就越大。本研究之場域流動區的坡度介於 21 度和 26 度之間，若與其他環境條件交互作用下，有發生土石流的可能性。

3.本研究場域中十一股溪、DF25 扇狀地的面積相近，推測應與場域的地質、地形條件相仿有關。DF25 土地利用面積最大，表示人口密度較高。

4.從土石流流動區高度剖面圖中，可以發現土石流流動區末段，都有明顯的高度落差(約 20 公尺以上)，且分為兩種形態，其中一種屬於堆積的型態(如本研究十一股溪的高度剖面圖)，另一種屬於向下沖刷的型態(如本研究 DF25 高度剖面圖)。根據國內模擬土石流發生的研究，其分析結果發現(費立沅，2012)，流速小於 0.2m/sec 者，堆積潛勢高，可以判定為土石流堆積區，如十一股溪場域；最大流速大於 0.2m/sec 者，刷深的潛勢高，可以判定為土石流流動區，如 DF25 場域。

二、建置土石流模擬裝置

(一)土石流模擬裝置構造之性質說明

為了解土石流性質、操作實驗等，故依以上研究過程一之測量結果設置土石流模擬裝置。本研究土石流模擬裝置是以溜滑梯為原型，設置土石流流動區、土石流扇狀地、土料等，其建置步驟已於研究方法(二)說明，請參閱。茲將本研究土石流模擬裝置構造說明如下表。

流動區	高度	1.98 公尺
	長度	4 公尺
	坡度	26 度
扇狀地	面積	5.07 平方公尺
	土地利用面積	積木 16 個
土體	長	0.41 公尺
	寬	0.57 公尺
	高	0.51 公尺
	體積	0.06 立方公尺

(二)討論

1.本研究的土石流模擬裝置流動區的坡度為 26° ，與研究場域相近，是非常理想的狀態。模擬裝置流動區的長度與研究場域的比例約為 1：400，是一個具體而微的裝置。

2.進行土石流現地調查前，先以模擬裝置說明土石流流動區、扇狀地的位置，土體的組成成份等性質，讓學生對土石流地形有更具體的認識。

三、土石流模擬裝置實驗

依上述的土石流模擬裝置，本研究以水量為變項進行實驗，說明如下：本研究實驗土體組成成份土：細砂：水的比例為 1：1：0.4，經充份調勻後堆置於坡道，所以土體含水量接近飽和之狀態，因此模擬實驗的水量所模擬的是誘發土石流的直接激發雨量。根據土石流防災資訊網所解釋土石流的密度約 1.3~1.5，故本研究之土體的重量約 100 公斤，以此推估，實驗所需的水量約 35 公升。

(一)第一次實驗

依推估之水量 35 公升進行實驗

實驗結果坡道上的土體餘留約 1/3，故要增加水量。



(二)第二次實驗

將水量增為 45 公升進行實驗

實驗結果坡道上的土料僅存少量的餘留量，故依實驗之模擬裝置，誘發土石流的水量為 45 公升。



(三)討論

1.水源不僅是土石流的組成物質，更是土石流發生的激發條件，相較於溪流坡度與崩落土體，直接誘發土石流發生的降雨量是比較難掌握的條件。本研究依模擬裝置構造性質進行實驗，所需的水量約為 45 公升，冀望對誘發土石流發生的降雨量之相關研究有所助益。

2.本實驗在模擬扇狀地上放置模擬房屋的積木，經誘發土石流發生後，放置在模擬扇狀地順時鐘方向的積木全部被沖倒，並形成凹岸。逆時鐘方向的積木多數沒有被沖倒，並形成凸岸。以傾斜儀測量，扇狀地兩邊大致呈水平狀態，故不是地面傾斜造成，推測是北半球科氏力向順時鐘方向的偏向力造成的。



誘發土石流發生前



誘發土石流發生後
藍色箭頭為順時鐘方向
紅色箭頭為逆時鐘方向

四、生活圈土石流潛勢溪流現地調查

本研究根據擬“現地調查觀測點地圖”所制定的觀測點進行調查，使用單眼相機等工具，記錄研究場域之地質、地形特徵，以下即為記錄內容。此部份的呈現方式為，在一張研究場域的全景照片中標示觀察項目的位置，再以文字和照片說明觀察項目的性質與特徵。

(一)研究場現地調查

1.猴硐坑溪：有兩個觀測點，點 1 觀測重點為流動區的地質地形。點 2 的觀測重點為防制工程及扇狀地土地利用情形。

觀測點 1



觀測點 2



① 岩層組成

溪床上大部份是四稜砂岩 (A)。



② 溪谷岩塊性質

淘選均勻，觀察到的岩塊平均粒徑為 0.28m(B)。



③ 防治工程 階段性固床工(C)。



④ 土地利用
以梯田的方式開發利用，
種植蔬菜、果樹(D)。

2.十一股溪：有兩個觀測點，點1觀測重點為流動區的地質地形，點2的觀測重點為防制工程及扇狀地土地利用情形。

觀測點 1



觀測點 2



① 岩層組成

觀測點 1：溪谷的岩塊多為片板岩(A)。觀測點 2：裸露岩層為四稜砂岩(B)。



② 溪谷岩塊性質

岩塊的形狀多為扁平狀，淘選度差，呈巨石疊瓦狀(C)。平均粒徑 0.95m，最大目視粒徑 2.33m(D)。



③防治工程：節制壩(E)、階段性固床工(F)。

④土地利用：以前種植檳榔，目前種植山蘇(G)



3.DF25：點 1 觀測重點為流動區的地質地形，此場域有大面積的順向坡，故設置點 2 觀測點。

觀測點 1



觀測點 2



①岩層組成

觀測點 1：溪谷的岩塊多為四稜砂岩(A)。觀測點 2：為順向坡地質，由四稜砂岩層和乾溝層互層組成的風化帶(B)。



② 溪谷岩塊性質

磨圓度差，淘選度差，平均粒徑 0.97m，最大目視粒徑 2.43m (C)。堆積剖面上有逆級配(D)的情形。



③ 防治工程

(E)為順向坡擋土牆；(F)為扇狀地上崑廬寺的擋土牆。



(二) 討論

本研究場域，為經濟部中央地質調查所網站之環境地質圖所標示：土石流流動區與扇狀地，其發生土石流的時間已不可考，如果與當下發生或發生不久的土石流相比，可謂是”老”土石流。這些”老”土石流平常溪水流量小，甚至是乾溝，雖然立有土石流潛勢流的危險標誌，但常不為居民注意，若當地人口稠密(如十一股溪、DF25 之扇狀地)，一旦發生土石流就會造成嚴重的災害。故本研究先透過 google earth 平台測量高度、坡度等，以初步了解研究場域的地形資料，之後再進行場域的現地調查，希望可以找出場域曾經發生過土石流的地形特徵，以喚起當地居民及政府單位的重視。

五、建立生活圈土石流潛勢溪流之風險潛勢等級評估(評估方式詳見研究方法五(第 6 頁))

建立研究場域之風險潛勢等級評估，是將研究過程一：在 GOOGLE EARTH 測量土石流潛勢流各項資料及第四部份：現地調查記錄內容，導入行政院農委會水保局所制定”土石流潛勢溪流風險潛勢等級評估”方法，進行評估。茲將三個研究場域之土石流潛勢溪流的風險潛勢等級評估說明如下：

(一) 研究場域風險潛勢等級評估

註 1、A 為台東縱谷、東部海岸山脈，B 為片岩、片麻岩，C 為變質砂岩，D 為沉積岩，E 為紅土台地，F 為火成岩，G 為盆地與平原。

1. 猴硐坑溪

土石流發生潛勢因子配分表				
因子	分類	評分	GOOGLE EARTH 測量(或) 現地調查記錄	本研究 評分
崩塌規模(25)	明顯大面積崩塌	25	無新增崩塌	5
	小規模崩塌	15		
	無明顯崩塌	5		
坡度因子(25)	坡度大於 50 度	25	13 度	5

	坡度介於 30~50 度	15		
	坡度小於 30 度	5		
堆積土石(20)	平均粒徑大於 30CM	20	溪谷中的土石粒徑平均粒徑約為 0.23m	13
	平均粒徑 7.5~30CM	13		
	平均粒徑小於 7.5CM	2		
	無明顯堆積材料	2		
岩性因子(15) *注 1	第一類(A、D、F地質區)	15	多為四稜砂岩	15
	第二類(C、E地質區)	15		
	第三類(B、G地質區)	5		
植生因子(15)	裸岩、落石堆積	15	該區林相組成爲樟、楠、榕混竹林，植被茂密	3
	植被稀疏	15		
	植被中等稀疏	6		
	植被密集	3		
保全危害度因子分配表				
因子	分類	評分	GOOGLE EARTH 測量(或) 現地調查記錄	本研究 評分
建物(65)	與防災措施相關之公共場所(學校、醫療設施及避難公共場所等)	65	住戶零星分散，沒有大型聚落	30
	5 間民宅以上	60		
	1~4 戶民宅	30		
	無民宅	0		
交通設施(35)	橋梁	35	有道路及步道	20
	道路	20		
	無	0		
現在整地成效 (100%)	待改進或無	100%	河床上有階段固床工之防治工程	80%
	尚可	80%		
	良好或無需整治	60%		

此研究場域土石流發生潛勢因子得分 41 分，屬”中”發生潛勢等級。保全危害因子得分 40，屬”低”保全危害度。故得到的土石流潛勢溪流風險潛勢等級為”低”等級。

2.十一股溪

土石流發生潛勢因子配分表				
因子	分類	評分	GOOGLE EARTH 測量(或) 現地調查記錄	本研究 評分
崩塌規模(25)	明顯大面積崩塌	25	無新增崩塌	5
	小規模崩塌	15		

	無明顯崩塌	5		
坡度因子(25)	坡度大於 50 度	25	23 度	5
	坡度介於 30~50 度	15		
	坡度小於 30 度	5		
堆積土石(20)	平均粒徑大於 30CM	20	平均粒徑 95cm	13
	平均粒徑 7.5~30CM	13		
	平均粒徑小於 7.5CM	2		
	無明顯堆積材料	2		
岩性因子(15) *注 1	第一類(A、D、F地質區)	15	溪谷中多為扁平片板岩	5
	第二類(C、E地質區)	15		
	第三類(B、G地質區)	5		
植生因子(15)	裸岩、落石堆積	15	該區林相屬次生林後期，有較多的稜果榕、山棕、山黃麻等植物，植被茂密	3
	植被稀疏	15		
	植被中等稀疏	6		
	植被密集	3		
保全危害度因子分配表				
因子	分類	評分	GOOGLE EARTH 測量(或) 現地調查記錄	本研究 評分
建物(65)	與防災措施相關之公共場所(學校、醫療設施及避難公共場所等)	65	扇狀地的面積有 0.3 平方公里，土地利用面積有 0.19 平方公里，扇狀地下緣靠近台 9 線，故有較多的開發，如民國 103 年 12 月啟用的礁溪轉運站、大小型車停車場，和一些零星的高級集合式住宅。	65
	5 間民宅以上	60		
	1~4 戶民宅	30		
	無民宅	0		
交通設施(35)	橋梁	35		35
	道路	20		
	無	0		
現在整地成效 (100%)	待改進或無	100%	溪谷上有觀察到節制壩、階段固床工的防治工程	60%
	尚可	80%		
	良好或無需整治	60%		

此研究場域土石流發生潛勢因子得分 31 分，屬”低”發生潛勢等級。保全危害因子得分 60，屬”中”保全危害度。故得到的土石流潛勢溪流風險潛勢等級為”低”等級。

3.DF25

土石流發生潛勢因子配分表				
因子	分類	評分	GOOGLE EARTH 測量(或) 現地調查記錄	本研究 評分

崩塌規模(25)	明顯大面積崩塌	25	在觀測點 2，可觀察到順向坡的岩層構造，是由四稜砂岩層和乾溝層互層組成的風化帶，岩層破碎現象明顯，有大面積崩塌情形	25
	小規模崩塌	15		
	無明顯崩塌	5		
坡度因子(25)	坡度大於 50 度	25	25 度	5
	坡度介於 30~50 度	15		
	坡度小於 30 度	5		
堆積土石(20)	平均粒徑大於 30CM	20	流動區岩塊磨圓度差，淘選度差，平均粒徑 0.97m，最大目視粒徑 2.43m	20
	平均粒徑 7.5~30CM	13		
	平均粒徑小於 7.5CM	2		
	無明顯堆積材料	2		
岩性因子(15) *注 1	第一類(A、D、F地質區)	15	溪谷中大多是四稜砂岩	15
	第二類(C、E地質區)	15		
	第三類(B、G地質區)	5		
植生因子(15)	裸岩、落石堆積	15	植物則大都是五節芒、台灣蘆竹等易崩塌地的先驅植物	15
	植被稀疏	15		
	植被中等稀疏	6		
	植被密集	3		
保全危害度因子分配表				
因子	分類	評分	GOOGLE EARTH 測量(或) 現地調查記錄	本研究 評分
建物(65)	與防災措施相關之公共場所(學校、醫療設施及避難公共場所等)	65	沖積扇因有溫泉，多開發為溫泉旅館或溫泉浴池，是礁溪極為熱鬧的商圈。	65
	5 間民宅以上	60		
	1~4 戶民宅	30		
	無民宅	0		
交通設施(35)	橋梁	35		35
	道路	20		
	無	0		
現在整地成效 (100%)	待改進或無	100%	無觀察到防制工程	100%
	尚可	80%		
	良好或無需整治	60%		

此研究場域土石流發生潛勢因子得分 80 分，屬”高”發生潛勢等級。保全危害因子得分 100，屬”高”保全危害度。故得到的土石流潛勢溪流風險潛勢等級為”高”等級。

(二)討論

茲將研究場域”土石流發生潛勢因子”、”保全危害因子”、“土石流潛勢溪流風險潛勢等級”整理成如下表

研究場域	猴硐坑溪	十一股溪	DF25
土石流發生潛勢因子	得分 41	得分 31	得分 80
	等級”中”	等級”低”	等級”高”
保全危害因子	得分 40	得分 60	得分 100
	等級”低”	等級”中”	等級”高”
土石流潛勢溪流風險潛勢等級	低	低	高

1.猴硐坑溪因岩性屬於四稜砂岩，故土石流發生潛勢因子較(十一股溪)高。扇狀地上土地利用面積小，住戶少且零星分散，故保全危害因子較低。本研究根據以上研究過程評定為”低”土石流潛勢溪流風險潛勢等級。

2.十一股溪岩性屬於片板岩，故土石流發生潛勢因子較(猴硐坑溪)低。扇狀地上土地利用面積大，有汽車轉運站、溫泉飯店等設施，故保全危害因子較高，但經現地調查，此區有節制壩、階段固床工的防治工程，且防制成效良好，本研究根據以上研究過程評定為”低”土石流潛勢溪流風險潛勢等級。

3.DF25 岩性屬於四稜砂岩且區域內有大面積四稜砂岩層和乾溝層互層組成的風化帶，岩層破碎現象明顯，有大面積崩塌情形，故土石流發生潛勢因子很高，且此區有溫泉，故形成人口密集的商圈，但卻無觀察到防制土石流發生的工程。本研究根據以上研究過程評定為”高”土石流潛勢溪流風險潛勢等級。

柒、結論及建議

- 一、本研究之研究場域屬於雪山山脈延伸的山麓，岩性多為四稜砂岩層與乾溝層互層之構造。由於地理位置很接近，因此本研究以 google earth 平台測量流動區的高度、長度、坡度，其性質都十分相似，高度介於 410 公尺~510 公尺之間；長度最長 1880 公尺、最短 1290 公尺；坡度在 21 至 25 之間。
- 二、本研究以 google earth 平台測量流動區的高度、長度、坡度，發現可以發現土石流流動區末段，都有明顯的高度落差(約 20 公尺以上)，且分為兩種形態，其中一種屬於堆積的型態(末段堆高)，如十一股溪；另一種為向下沖刷的型態(末段下切)，如 DF25。
- 三、學校溜滑梯坡度等性質與土石流流動區的性質相近，以本研究的方法，可以以滑梯建置 1：400 的土石流模擬裝置。本研究以誘發土石流發生的水量為變項進行實驗，發現約 100 公斤的土體，誘發土石流發生所需的水量約 45 公升。

四、本研究經現地調查發現：

- (一) 猴硐坑溪溪谷岩塊淘選均勻，沒有觀察到土石流的地形特徵。
- (二) 十一股溪流動區岩塊的形狀多為扁平狀，淘選度差，呈巨石疊瓦狀，平均粒徑 0.95m，最大目視粒徑 2.33m，研判曾經發生過土石流。溪谷兩岸林相屬次生林後期，有較多的稜果榕、山棕、山黃麻等植物，植被茂密。扇狀地有節制壩及階段性固床工之防制工程。
- (三) DF25 觀察到溪床上有多為四稜砂岩，流動區岩塊磨圓度差，淘選度差，平均粒徑 0.97m，最大目視粒徑 2.43m。堆積剖面上有逆級配的情形。溪谷兩側坡地林相屬次生林後期，有較多的稜果榕、山棕、山黃麻等植物。溪谷旁的坡地可觀察到順向坡的岩層構造，是由四稜砂岩層和乾溝層互層組成的風化帶，岩層破碎現象明顯，附近的植物則大都是五節芒、台灣蘆竹等易崩塌地的先驅植物。順向坡坡面有整治危石、種植植物的防治工程，基部設有擋土牆。扇狀地因有溫泉，所以溫泉旅館、飯店及商店林立，是礁溪非常熱鬧的商區，但卻沒有發現有防制工程。

五、本研究根據行政院農委會水保局所制定”土石流潛勢溪流風險潛勢等級評估”方法，將研究資料導入進行評估，評估結果：

- (一) 猴硐坑溪為”低”土石流潛勢溪流風險潛勢等級。
- (二) 十一股溪為”低”土石流潛勢溪流風險潛勢等級。
- (三) DF25 為”高”土石流潛勢溪流風險潛勢等級。

其中，DF25 曾經發生過土石流的地形明顯，且溪谷旁有大面積四稜砂岩層和乾溝層互層組成的風化帶之順向坡，極容易崩塌，成為提供發生土石流的土體，該區為礁溪熱鬧的商圈，人口密集，卻沒有防制土石流發生的防制工程，一旦發生土石流就會造成嚴重的災害，鑒請有關單位的重視與及早做好防範工程。

捌、參考資料

一、經濟部中央地質調查所網站

<http://gis.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8/index.cfm>

二、行政院農委會水土保持局網站 <http://246.swcb.gov.tw/index.aspx>

三、費立沅、紀宗吉、吳文隆、楊智堯，2012，土石流扇狀地危險度分析案例探討，中華技術，93 期，p124-135。

四、詹錢登、李明熹、郭峰豪，2010，以降雨因子進行土石流警戒值訂定。農委會水土保持局。

【評語】 080509

1. 研究內容適合學生程度，主題與「環境教育」和「防災教育」相關，且利用資料蒐集，模擬實驗及實地考察等方法進行研究，惟難度偏高，亦屬不易。
2. 如實驗模擬材料能盡量與自然實地狀況相一致會較佳。
3. 研究動機與表述方式特別，若能具體表述其研究發現，更能顯出成果的價值。