

水土保持的重要性

貴子坑水土保持教室戶外教學

陳滢如* 鄭悅海**

*臺北市立中正高級中學

**臺北市立明德國民中學

前言

山崩、土石流可以說是年年都會發生的天然災害，尤其是在連續的豪雨之後。雨水原本是老天爺給大地滋潤的禮物，而今卻常常在某些地區造成了禍害。如何讓山崩、土石流這種災害減到最低，甚至消失，而讓雨水和善地留下來呢？在這篇教材中，我們就要請大家到貴子坑水土保持教室走一走，以台北市北郊的貴子坑水土保持教室為例，看看全區的地質條件、開發歷史及後期的整治工程，讓我們回顧過去常有嚴重土石流的貴子坑地區，在政府做了補救的工作之後，再也沒有傳出嚴重災害；也讓我們一起來關心我們的周圍環境。

模組介紹

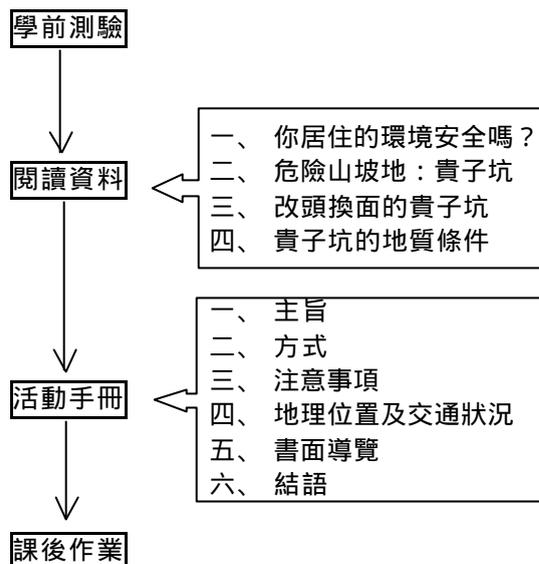
- 一、本模組的使用，建議以戶外教學的方式進行為佳，若無法實地教學時，亦可以利用錄影帶、幻燈片等媒體配合進行教學。
- 二、本模組內容是針對已稍具地質知識者設計，因此不適合對地質知識完全陌生的初學者；但是教師可以截取適合初學者程度部份加以組編，作為認識我們的環

境與保護水土資源的基礎教材。

三、實地戶外教學需時約三至四小時。

四、戶外教學首重安全，出發前一定要加強學生對戶外教學的注意事項。

五、本模組設計之進行流程如下：



學前測驗

現在先請你回答下列問題，看看有關山崩、土石流方面的知識你了解多少？

1. 你認為在哪些天氣狀況下會發生山崩和土石流？

答：

2. 哪種地方常可以聽到發生山崩？

答：

3. 除了天氣的因素之外，你認為有哪些因素也會造成山崩和土石流？

答：

4. 請舉出二處近年來台灣發生山崩或土石流的地點。

答：

閱讀資料

一、你居住的環境安全嗎？談水土保持的重要性

我們居住的環境，曾被譽為人間仙境，三百多年前荷蘭人發現這個位於西太平洋上，有著林木蒼鬱，景色優美的海島，特別稱讚為福爾摩沙（Formosa 即為美麗的寶島之意）。但是由於台灣的地理位置處於歐亞板塊與菲律賓板塊交界處的造山帶上，全島面積雖然不大，卻充滿了高山、奇嶽，除西半部少數的沖積平原外，實在不適合做高密度的開發。怎奈因人口逐漸增加，人稠地狹的壓力迫使人們朝山坡地不斷的發展，政府相關單位雖然有法可管，卻因為取締困難而未能落實執法。在這樣的情況之下，我們秀麗的青山綠水就一點一滴的被腐蝕掉了。

當都市中心人口密度越來越大之後，逐漸有人往山坡地發展，早期多開發為農地、墓地、產業道路，近來則增加了休閒觀光場所、廟宇，連房屋也往這些不宜開發的地區擴展。綜觀目前山坡地被破壞的類型有下列

幾種：

1. 濫葬：中國人相信轉世輪迴的觀念，希望死者遺體必須完整入葬，因此大大增加了葬地的面積，尤其是所謂的風水好、景觀優美、依山傍水的地方都被據為墓地。而這些地點經過開挖之後，表面植被消失，使得岩層土石裸露，對於坡面的穩定，水源的涵養都造成了極大的傷害。

2. 農地：台灣平原面積狹小，迫使農民往山坡地開發種植柑橘、水梨、蘋果等水果，或是茶、花卉、竹筍及高冷蔬菜等。但是為了種植這些作物，就需要整地並砍伐掉原始森林，且因為這些作物的根部植土淺，而使較多的表土流失，甚至裸露出底層岩石，結果加速岩石的風化，增加土石流發生的危機。

3. 建築物：在地狹人稠的居住壓力之下，人們將居住地點不斷的向山坡地上發展，住宅及廟宇等建築物一棟一棟的蓋了起來。有時只著眼在土地的取得，而不注意地質條件是否合宜的情況下，就將房屋建築在順向坡上或建在無法承受較大壓力的岩層上，再加上沒有做好應有的排水及護坡等水土保持工程，使得在豪雨或地震來臨時就很容易釀成災害。

4. 礦場和砂石場：台灣全島並沒有高經濟價值的礦物資源。只有一些石灰岩、石英、高嶺土可供開採用以製作水泥、玻璃、陶瓷，或直接採河砂去作各項建築工程等等，這些開採事業都是大面積地在吞噬我們的土地資源。而且採礦、採砂之後，若不做完善的處理，青山被挖空後會破壞景

觀不說，甚至使上游的水流、土石失去了支撐，一旦遇到大雨就可能造成大規模的崩塌，使得大量土石流竄，造成嚴重災害。

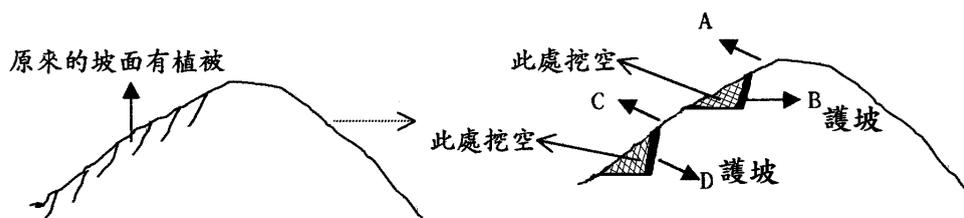
5. 高爾夫球場：由於經濟的繁榮富裕，人們對休閒生活的需求更趨多元化，於是越來越多人仿倣歐美人士，背起球具享受爬上果嶺揮桿的樂趣。許多山坡地上的森林因而被大片地砍伐掉，換上薄薄的一層綠草，而草坪對表土的保護作用實在遠不如原始林地，且闢建大面積的球場會改變原來山坡地的坡度，若邊坡的穩定工程沒作好，就會經常產生崩塌，遺害下游民眾。另外，草坪的維護常需要噴灑大量農藥，對於地下水也會造成嚴重的污染。

6. 道路：人們為了到達山區的農場、礦場、住家、遊樂區等等地方，必須闢建便利的交通網路，而道路的開挖也同樣地會影響坡地原有的穩定性與生態環境。

由於各種山坡地開發破壞，造成地表土

壤流失，土地逐漸喪失涵養水源的功能，而且人為的開發造成了許多違反自然的高角度人工坡面，如圖(一)所示，雖然作了一些護坡的工程，但仍然有崩塌的危險性。圖(一)中若B、D兩處護坡發生崩塌，所造成的土石往下滑動，一定會影響到A、C兩處，可能使得整個山坡全部崩移。若是夾雜大量雨水，則可能造成土石流，危害的面積也會增加。

以民國八十六年發生災變的台北縣汐止林肯大郡為例，就是選擇了地質條件極差的山坡地（順向坡）來蓋房子，雖然建商以擋土牆、格樑、和地錨來穩定邊坡，但仍擋不住坡地土石的滑移。為了減少這種傷害，首要的工作當然是降低對山坡地的開發、或嚴格審核山坡地開發的條件(包括：了解各種岩性及該岩石其坡面的穩定角度，若該處地形的坡度超過其限度，則嚴格禁止開發。)至於已經開發的山坡地，則盡量作好各種善後的水土保持工程。



圖(一) 人為開發造成的高角度人工坡面：左圖表示原來的山坡地，右圖為開挖形成的階地，使得A和C兩處坡度改變。

二、危險山坡地：貴子坑

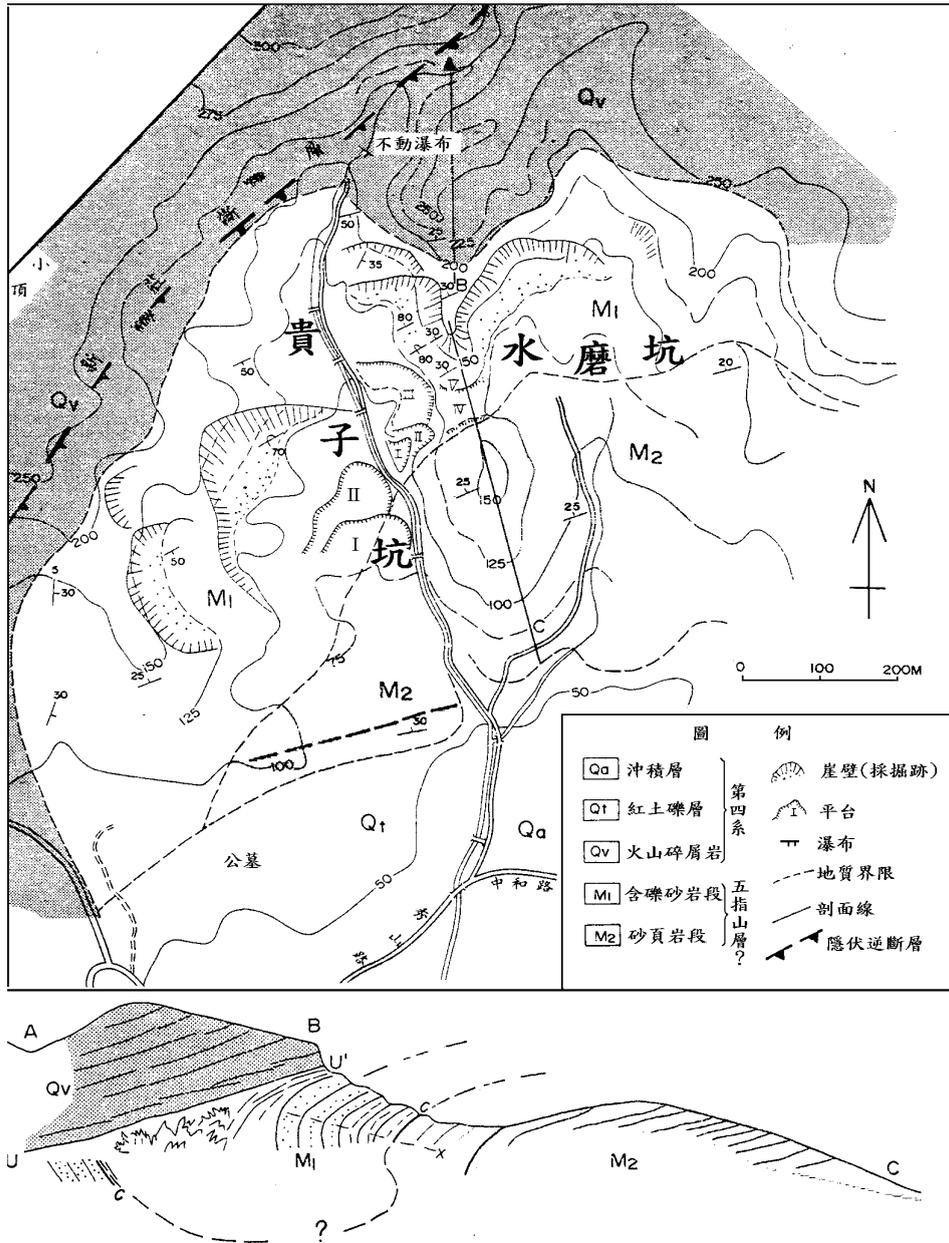
貴子坑位於台北盆地北端貴子坑溪溪谷兩側的山坡附近（圖二）。早期利用山坡地做為墳場，由於缺乏管理，久而久之成為雜亂

的亂葬崗，因為有許多鬼魅之說而被稱為「鬼子坑」。但是礙於名稱不雅，後來更名為「貴子坑」。

早期的亂葬崗還不算是大規模開墾，直

到日本人發現在貴子坑溪溪谷兩側山坡上的砂石裡，除了主成份是純度頗佳的二氧化矽 (SiO₂) 石英砂，可作為製作玻璃的原料之外，另外孔隙中存有許多黏土，是品質的陶瓷原料，俗稱「北投土」。舊時北投地區有

很多陶瓷工廠就是以貴子坑的黏土作為原料。光復之後，此地採礦的風氣日盛，使得溪谷兩側的山凹愈挖愈大，到了民國 60 年前後，甚至挖掘掉了貴子坑溪與水磨坑溪之間分水嶺山脊的部分，形成了跨越兩條溪谷之



圖(二)位於台北盆地北端的貴子坑溪溪谷。(摘自陳培源，民 79 年，地質第十卷第二期。)

間的一個廣大平台，如圖(三)。貴子坑地區的岩層以火山碎屑岩和砂岩(砂岩孔隙中多含黏土)為主，兩種岩石的滲透率都很好。每遇大雨，水分滲入岩層中，便造成岩石本身的鬆動、崩塌，加上採礦商在取走了可利用的礦物資源後，便將廢棄的礦渣隨意堆置，而這些廢礦渣加重坡地的負重，混合這些土石與地表雨水便產生土石流，使下游農田、房舍常遭洪水和土石流淹沒沖毀。



圖(三) 臺灣光復之後貴子坑採礦的風氣日盛，使溪谷兩側的山凹愈挖愈大，貴子坑溪與水磨坑溪之間分水嶺山脊部分，形成了跨越兩條溪谷之間的平台

三、改頭換面的貴子坑

民國六十六年薇菴颱風造成嚴重的土石流，於是市政府決心進行貴子坑的整治工程。整治工程包括全面禁止採礦，各種已開挖的山坡地進行坡面重建及坡面種植植物，還有貴子坑溪及水磨坑溪河床水流控制工程。

今日的貴子坑已經徹底地改頭換面，除提供了遊客郊遊踏青的場地外，也成立了水土保持教室，讓來這兒的遊客可享有一趟知

性之旅。在我們出發實地去探訪之前，先來看看貴子坑豐富的地質歷史，它可是擁有台北市最古老的地層喔！

四、貴子坑的地質條件

貴子坑地區的岩層，主要可分為兩大類岩石：一為沉積岩；另一為火成岩。原來沉積的水平層理受到壓力作用後，產生褶皺(如圖四)；然後火山噴發的碎屑岩層再覆蓋在此一構造之上。



圖(四) 貴子坑的偃臥褶皺。

1. 沉積岩：貴子坑的沈積岩是屬於台北盆地最古老的岩層，其年齡大約是距今三千萬年前至二千四百萬年前之間，在地質年代的劃分上，屬於新生代第三紀中新世的五指山層。地層中主要是由厚層白色粗粒砂岩所組成，砂岩孔隙中有純度很高的高嶺土(即黏土的一種)，在白色厚層砂岩中仍夾雜著薄層黑色炭質、煤質頁岩(圖五)，代表曾經有陸生植物存在；砂岩中的顆粒大小不均，顯示這是一個搬運力強的水流環境。綜合來看，這是一個離岸邊不遠的沈積環境。而且厚層砂岩的節理發達(圖

六), 更凸顯了這裡裸露岩層經雨蝕之後容易崩塌的特性。【圖六箭頭所指可看到清楚的節理】

2. 火成岩：由 1 2 5 平台向北側仰望，可看到下層的沉積岩（五指山層）與疊在上面沒有層理的火成岩之間有一明顯界限，這個明顯的界限稱為不整合（圖四和圖六）。據推測火成岩是距今 8 0 萬到 6 0 萬年前的火山爆發所噴出的碎屑物堆積而成，其中含有火山細屑、火山灰及顆粒較大的安山岩角礫。



圖（五）白色厚層砂岩中仍夾雜著薄層黑色炭質、煤質頁岩。



圖（六）五指山層沉積岩與疊在上面沒有層理的塊狀火成岩，兩者間出現明顯的不整合。

現在你對貴子坑有了初步的了解，是不是躍躍欲試？

想來一趟野外的實地探險，那麼就讓我們一起出發吧！

活動手冊

一、主旨：了解如何避免山崩的發生，及其發生原因。

二、方式：到貴子坑水土保持教室，實地考察並思考相關問題。

三、注意事項：

1. 攜帶物品：筆、活動手冊、透明膠帶、刀片、放大鏡。
2. 建議穿著：戴帽子、著休閒服及休閒運動鞋。
3. 身體狀況：不可以半路走不動或喊累喔！
4. 聽從老師指導，不得脫離團體而私自行動。

四、地理位置及交通狀況：

地理位置見圖（七）、圖（八），可搭乘大南公車 216、217、218、223、266 在復興站下車，步行約十五分鐘即可到達。



圖（七）貴子坑位置圖。



圖(八) 貴子坑活動地點示意圖。

五、書面導覽：【在行進的過程中，需要隨時觀察記錄，同時回答問題。】

< 第一站 >

當你沿著水磨坑溪走上來時，一定發現河床被築成一階一階的(圖九)，聰明的你來想一想，為什麼要這樣做並回答下面的問題：

1. 河床被築成一階一階的，水流速度會變急或變緩？

答：_____

2. 你認為在何種情形下要將河床築成一階一階的？

答：_____

3. 在河床中長了許多水草(圖十)，以及泥沙大量沉積，這是預期中的效果嗎？

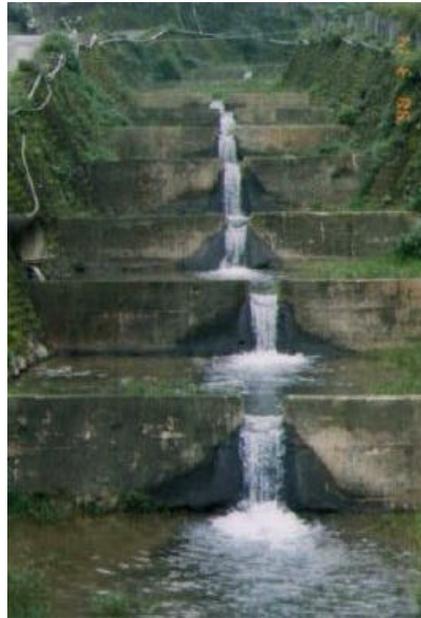
答：_____

4. 階梯式河床中有大量的泥沙淤積時，我們需要做什麼改進工作？

答：_____

5. 看看說明的看板，你會發現這種一階一階的河床工程有二種：跌水工(圖九)和齒跌(圖十一)，說明兩者外觀上和功能上有什么不同？

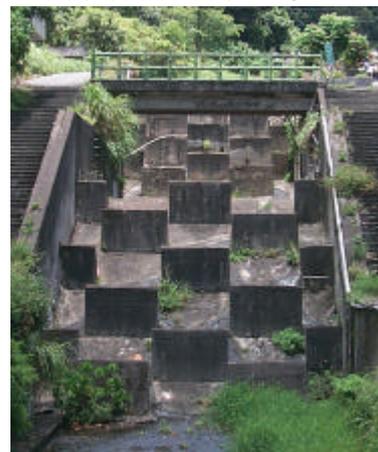
答：_____



圖(九) 跌水工工程：河床改成一階一階的以改變水流的速度。



圖(十) 泥沙大量淤積雜草叢生，形成了小白鷺喜愛的棲息地。



圖(十一) 河床中有控制水流流速的齒跌。

< 第二站 >

現在我們終於走到水土保持教室的大門口，你如果覺得喘，可得回家好好鍛鍊一下，體能太差了！走進大門前，可別光是踏著一階一階的樓梯，要記得你是來學習的，仔細看看石階是什麼岩石做成的？【提示：(1) 這石頭就產在附近 (2) 看看裡面有一種形狀呈長條柱狀的結晶，它是什麼礦物？】



圖(十二)125平台北側有沉砂池，可減少進入兩條溪流中的砂石含量。

< 第三站 >

1. 進入大門看到的是 125 平台(標高 125 公尺)，別忘了看清方位，走到活動地點示意圖上的 B 位置，看到了沉砂池及排水溝(圖十二及圖十三)，試說明它們的用途。

答：_____

若近日曾下雨，別忘了看看排水溝功效是否發揮了！

2. 在這坡面上的排水溝(圖十三)你可以看到上面特別加置了卵石，你覺得這有什麼作用？

答：_____

3. 除了沉砂池、排水溝外，再往北看，還看到了裸露的山坡地，坡底圍著欄柵，你猜它有什麼作用？

答：_____



圖(十三)沉砂池北側的裸露山坡上，有人工排水溝，水溝中特別嵌入了大塊鵝卵石。

< 第四站 >

1. 走到白土路上，看到地上的白土，你就知道路名的由來了，請你彎下腰來抓一把白土，(1) 看看裡面有什麼礦物？(2) 你猜一猜這些白土從哪兒來的？

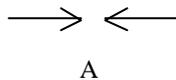
答：_____

2. 向北看到凸出的小丘，這兒有清楚的露頭（圖十四）。

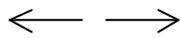
(1) 請你將整個露頭外型的構造畫下，這樣你會看得更詳細。

(2) 你認為下面三種作用力方式哪一種可以造成貴子坑的褶皺構造？

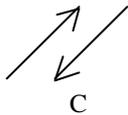
答：_____



A



B



C

(3) 順著一層層被扭曲的層理，你看到其中夾有成層的黑色的岩層（圖十四），那是什麼？它代表什麼樣子的沉積環境？

答：_____

(4) 你若看不出來黑色的岩層，可能要靠近一點兒看，用手摸摸看，同時觀察附近岩石中的顆粒大小及排列方式。

(5) 你可以再靠近一點兒，找出五指山層中的石英、黏土、煤及黃鐵礦，請各取一點兒，放在下表的空格處，再用透明膠帶固定。

石英	黏土	煤	黃鐵礦

(6) 粗粒砂岩與煤是五指山層中主要的沉

積岩，各代表了當時不同的沉積環境，請你指出哪個是陸相沈積？哪個是海相沈積？並且看看此處有幾層煤層？

答：_____

(7) 在下面的五指山層（約 3000—2400 萬年前）與上面覆蓋的火山岩（約 80—60 萬年前）中間少了二千多萬年岩層的記錄，你將如何解釋？

答：_____

(8) 有些砂岩可看出近乎平行的裂痕，稱節理，你可以指出來嗎？



圖（十四）125 平台北側的小丘，褶皺清楚可見。

< 第五站 >

請仔細看排水管是否都發揮了功效？

1. 從 125 平台沿斜坡步行到 110 平台，右側綠色的水泥護坡上的裂縫中可看到漏水，你覺得是好現象嗎？為什麼？

答：_____

2. 圖(十五)中的排水管有的有水痕，有的沒有，為什麼？

答：_____

- 3.仔細觀察越接近 110 平台的排水管直徑變大了或變小了？為什麼要這樣設計？

答：_____



圖(十五)水泥護坡上都設有排水管，以維持良好的排水，防止內部水壓過高，造成坡面破裂。

< 第六站 >

經過以上的種種努力，貴子坑溪與水磨坑溪下游已得到較好的改善，居民的生命財產比較有保障。唯美中不足的是整治區域集中在貴子坑溪谷東側到水磨坑溪谷之間，而在貴子坑溪谷西側直到目前仍有多處坍方。在西側側門附近的正覺禪寺後方，土石崩塌嚴重。

< 第七站 >

- 1.走在 100 平台向東北側觀察，可以看到格樑植生。【註：以水泥鋼筋作成格子狀來固定坡面，再讓格子之中的空間長植物。】

< 第八站 >

- 1.再走回 125 平台的水池南側，可發現南邊的山坡上，不但用格樑護坡，另外還加上客土包【註：在格樑中有一包一包由外地運來比較肥沃、用黑色帶子裝起來的土壤。】，才使這裡長出新的草木，請你想想為什麼兩個山坡地處理的方式不同？

答：_____

結語：

貴子坑的整治工程，雖然控制了大自然對人為破壞所作的嚴重反撲。但台灣仍有許多山林被人們恣意的濫墾、濫建，每一次的颱風、豪雨都可能有土石流的危機，難道我們還要再如此無知地一面摧毀大自然，一面又等著大自然反撲來摧毀我們的生存環境嗎？85 年的賀伯颱風在南投、嘉義、新竹……等地山區所造成的嚴重土石流，淹沒了許多山區的村莊。86 年的溫妮颱風又再度造成了台北縣汐止林肯大郡的慘重岩層滑落、擋土牆倒塌，以及台北市德行東路的民宅被土石流淹沒……這些讓我們付出生命、財產的血淋淋教訓，難道還不能給我們足夠的警惕？人們應該覺醒到惟有了解生存環境的價值，充分且有效地利用地球資源，並做好回收及再利用；小心謹慎地維護周遭的自然環境，如此才能使我們的青山綠水、美麗寶島永續留存。

課後作業

1.現在請你說說看！過去的貴子坑為什麼常會發生土石流？

答：

2.現在的你是否可以整理出來，一旦下了雨貴子坑一帶的雨水是如何收集流入兩條溪流之中，以避免土石流的再度發生？

答：

3.觀察你家附近的排水系統，說明下雨時雨水靠什麼方式排除，注意那些排水溝(溪流)是自然界力量造成的或是人為開發的。

【註：可以用畫圖方式來表示。】

答：

4.一般所謂的危險山坡地在連續大雨後，一星期之內，你都儘量不要前往，為什麼？

答：

5.說說看經過這次活動之後，你有什麼感想？

感 想

致謝：

本模組教材為國立台灣師範大學科學教育中心八十七年度國中數學及自然科學生活化實驗設計學習模組的研究開發與推廣計畫成果之一，感謝國立台灣師範大學科學教育中心促成這個教材的產生與提供協助，同時感謝參與計畫的盧昭如老師、范卓正老師、羅珮華老師對本教材提供寶貴意見。