

**深層崩塌與區域水文及水質特徵
變化之關聯性研究**

**Research on the relationship between the
hydrological and water quality of
deep-seated landslide area**

執行 單位：財團法人成大研究發展基金會

執行 期間：106 年 01 月 01 日 - 106 年 12 月 31 日

計畫主持人：蔡元融博士

行政院農業委員會水土保持局委託研究

中華民國 106 年 12 月

(本報告內容及建議純屬執行單位意見，不代表本局意見)

目次

目次	I
表次	V
圖次	VII
第一章 緒論	1-1
第一節 背景說明	1-1
第二節 計畫目的	1-2
第二章 計畫執行進度說明	2-1
第一節 計畫期程	2-1
第二節 計畫目標	2-1
第三節 計畫執行架構	2-2
第三章 既有研究回顧	3-1
第一節 大規模崩塌潛勢地點調查方法	3-1
第二節 大規模崩塌發生機制相關研究	3-3
第三節 水質指標與崩塌關聯性研究	3-4
第四節 水文指標與崩塌關聯性研究	3-8
第五節 小結	3-9
第四章 水質特徵調查方法	4-1
第一節 現場水樣採集作業方法	4-1

第二節 水樣來源分析	4-2
第三節 水樣分析方法	4-4
第五章 水質特徵背景值分析成果.....	5-1
第一節 水樣來源分析成果	5-1
第二節 水質特徵背景值建立	5-2
第三節 水質特徵時間差異	5-3
第六章 廣域水質特徵調查成果.....	6-1
第一節 採樣地點選定	6-1
第二節 潛在大規模崩塌區之水質特徵	6-3
第七章 區域性水質特徵調查成果.....	7-1
第一節 本年度執行狀況說明	7-1
第二節 本年度調查區基本資料說明	7-2
第三節 現地電導度變化	7-8
第八章 結論與建議.....	8-1
第一節 結論	8-1
第二節 建議	8-2
附錄	
附錄一、期中審查意見辦理情形	附-1
附錄二、期末審查意見辦理情形	附-7

附錄三、本年度採集水樣基本資料	附-13
附錄四、研究成果產出	附-49
參考書目	參-1

表次

表 2-1 計畫工作進度表.....	2-1
表 5-1 各流域電導度高低值數值	5-3
表 6-1 採水樣數量統計.....	6-1
表 6-2 子集水區潛在大規模崩塌崩塌率與水質調查成果	6-4

圖次

圖 1-1 近年世界各地發生之大規模崩塌災害	1-1
圖 1-2 大規模崩塌防減災計畫執行策略架構圖	1-2
圖 3-1 日本大規模崩塌危險範圍劃設成果案例	3-2
圖 3-2 利用微地形要素進行潛在大規模崩塌區範圍之劃設	3-2
圖 3-3 中央地質調查所判釋之潛在大規模崩塌區分布位置	3-3
圖 3-4 滲流水錘現象發生概念圖	3-4
圖 3-5 滲流水錘現象引致孔隙水壓驟升概念圖	3-4
圖 3-6 橫手谷川流域電導度值分布	3-5
圖 3-7 大規模崩塌發生後電導度值之變化(橫手谷川左支流)	3-6
圖 3-8 溪流電導度值差異性	3-6
圖 3-9 電導度與崩塌發生之關聯性	3-7
圖 3-10 不同流動路徑之水質差異	3-10
圖 4-1 現地水質採樣地點說明	4-1
圖 4-2 Piper 水質菱形圖	4-3
圖 4-3 離子層析儀.....	4-5
圖 4-4 分光光度計.....	4-5
圖 4-5 電導度儀.....	4-6
圖 5-1 本研究所有水樣套用至 Piper 水質菱形圖	5-1

圖 5-2 水樣點導電度值分類	5-2
圖 5-3 採樣水乾濕季差異(四分位圖).....	5-3
圖 5-4 時空差異之電導度比較	5-4
圖 6-1 採樣點位置及研究區域集水區	6-2
圖 6-2 潛在大規模崩塌率計算說明圖	6-4
圖 6-3 崩塌率與電導度值之關係	6-4
圖 7-1 現場電導度量測.....	7-1
圖 7-2 高市 DF054 土石流潛勢溪流位置(衛星影像圖).....	7-2
圖 7-3 高雄市六龜區興龍里溪流量測點位分布	7-3
圖 7-4 美瓏溪溪流位置(衛星影像).....	7-4
圖 7-5 高雄市六龜區寶來里溪流量測點位分布	7-5
圖 7-6 石灰坑野溪溪流位置(衛星影像).....	7-6
圖 7-7 南投縣仁愛鄉石灰坑野溪流量測點位分布	7-7
圖 7-8 高雄市六龜區興龍里溪流電導度值觀測成果	7-8
圖 7-9 高雄市六龜區寶來里溪流電導度值觀測成果	7-9
圖 7-10 南投縣仁愛鄉石灰坑溪流電導度觀測成果	7-10

第一章 緒論

第一節 背景說明

近年全球在氣候變遷影響下，大規模崩塌(深層崩塌)災害現象頻傳(圖 1-1)，以台灣為例，在民國 98 年 8 月莫拉克颱風因颱風引進旺盛之西南氣流，在台灣南部地區降下廣區域、高強度、長延時的降雨，造成台灣中南部及東南部嚴重的災害。尤其以高雄縣甲仙鄉小林村大規模崩塌的發生，同時誘發了深層、淺層等不同規模的崩塌、土石流、堰塞湖及淹水等不同類型的土砂災害。這些災害同時或先後侵襲同一區域，不僅造成該區域之重大災害，也使得現有坡地土砂災害警戒、預報與應變機制面臨考驗。

大規模崩塌造成的嚴重災情，在於崩塌開始發生後的一瞬間，整個村落，連同原本預計安全的避難場所，全部都毀於一旦，幾乎沒有任何逃生及營救的機會，且後續需要的復建與恢復期也相當長。因此針對大規模崩塌災害的災前準備、災中應變及災後復原等土砂災害風險管理相關工作均應積極推動，以降低大規模崩塌災害對坡地環境及人民財產造成之威脅。



圖 1-1 近年世界各地發生之大規模崩塌災害

(氣候變遷下大規模崩塌防減災，水土保持局，2015)

第二節 計畫目的

目前水土保持局針對大規模崩塌可能帶來之災害，已透過農業委員會於 104 年提出「氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫」，並獲得國家發展委員會認可後通過，後續將透過「強化大規模崩塌危機應變能力」、「建立大規模土砂災害智慧防災體系」、「增進大規模土砂災害區治理成效」、「精進大規模土砂災害區資源保育」、「推動大規模土砂災害區水土保持管理」與「統合大規模土砂災害區防減災決策資訊及推廣交流」等 6 大策略，執行相關措施及防減災調適工作。

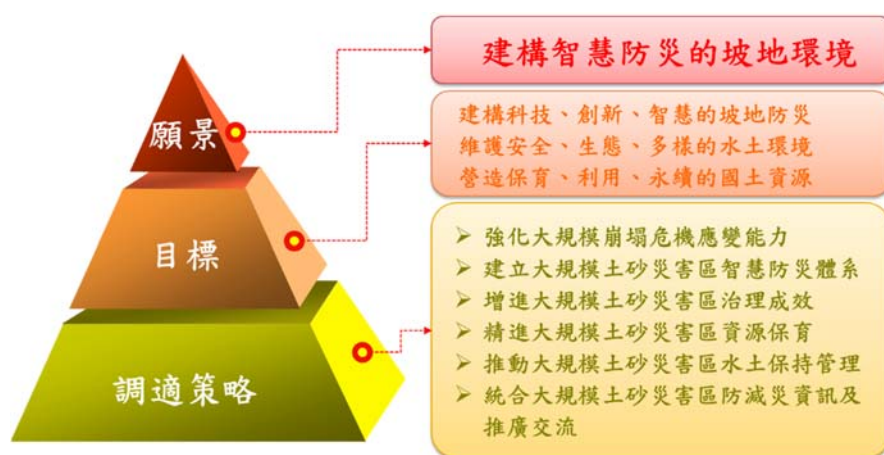


圖 1-2 大規模崩塌防減災計畫執行策略架構圖

(氣候變遷下大規模崩塌防減災，水土保持局，2015)

針對防減災十年計畫之第一項策略「強化大規模崩塌危機應變能力」，主要針對大規模崩塌防減災工作所需之各項關鍵技術進行開發工作，內容包含「大規模崩塌潛勢區劃設及防護能力盤查」、「大規模崩塌風險管理之落實」、「大規模崩塌應變能力之強化」及「大規模崩塌防災意識之普及」等執行方法所需關鍵技術進行開發與研究，因此本計畫以「深層崩塌與區域水文及水質特徵變化之關聯性研究」為題，希望透過崩塌區水質指標(導電度、矽含量)之逐時觀測，建立水質指標與坡地水文之關聯性，做為坡面地下水文狀況變化之推估基礎，做為未來大規模崩塌之發生預警基準建立之參考。

第二章 計畫執行進度說明

第一節 計畫期程

本計畫預定期程為三年，本年度為計畫第一年，相關工作時程規劃如表 2-1，目前為計畫執行第四季，已完成本年度現場採樣以及分析工作，本年度共完成 處潛勢區水質指標之取樣與量測。

表 2-1 計畫工作進度表

重要 工作項目	工作 比重 %	預定 進度	106			
			1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月
潛在大規模崩塌區 水樣採集	70	工作量或 內容	現地水質採樣 及分析	現地水質採樣 及分析	現地水質採樣 及分析	現地水質採樣 及分析
		累計百分 比	20	50	80	100
建立大規模崩塌水 文與水質指標之關 聯性	30	工作量或 內容	採集資料分析	採集資料分析	關聯性建立	關聯性檢討及 更新
		累計百分 比	25	50	75	100
累計總進度	百分比		21.5	50	78.5	100

第二節 計畫目標

本計畫總目標主要係以水質指標之觀測成果，建立大規模崩塌發生預測方法。

第一年預定針對潛在大規模崩塌所在流域進行水質採樣至少 60 瓶，並採集現地土樣進行室內砂箱試驗，重現降雨入滲後之水質變化，最後再依據分析成果，嘗試建立與大規模崩塌發生相關之水質特性。

第三節 計畫執行架構

為建立及了解到大規模崩塌(深層崩塌)與水質指標之特性，本研究預定執行流程說明如下

壹、水質特徵調查

本研究以現場採樣為主要工作方法，工作包括了水樣品位置選定、採集及標準程序介紹，採集之水樣則需再經過資料分析與處理：包括室內水質檢驗、水化學分析試驗、數位化水樣品的座標，以及現場照片依據水樣品編號分類等工作。

貳、水質特徵背景值建立

為探討水質特徵與大規模崩塌(深層崩塌)之關聯性，對於水質特徵之背景值掌握是必要之工作，因此本研究規劃於中南部之主要集水區(濁水溪、曾文溪、高屏溪)進行現場水體之採集，建立各流域之水質特徵背景值資料庫。

參、廣域水質特徵之調查

針對不同集水區之水質特徵調查成果進行分析，並嘗試建立水質特徵與大規模崩塌之空間分布特性分析。

肆、區域性水質特徵之調查

針對具潛在大規模崩塌(深層崩塌)區之集水區內水質特徵變化進行分析，釐清水質特徵與大規模崩塌(深層崩塌)潛勢區之相對位置、距離之關聯性。

第三章 既有研究回顧

目前針對大規模崩塌發生之研究，大致上可分為潛勢地點調查、發生機制分析、大規模崩塌發生偵測等主題，分別說明如下：

第一節 大規模崩塌潛勢地點調查方法

針對大規模崩塌潛勢地點之調查，因其巨大規模導致現場調查相當不易，因此日本土木研究所(2008)將調查工作分為三個階段(圖 3-1)，分別就全國尺度、集水區尺度以及坡面尺度等三種不同空間尺度進行調查分析。

壹、全國尺度：

透過過去全國大規模崩塌案例的統計，以及全國地質、地形資料庫的引入，進行全國大範圍的範圍評估，其成果雖空間尺度較大，但可做為防災資源規劃、分配等的主要參考。

貳、集水區尺度：

在全國尺度之分析後，其次為集水區尺度的範圍評估，其空間尺度相對全國來說較小，但可將焦點集中在山區內的子集水區，有助於集水區規劃治理計畫擬定，或是聚落防災的參考。

參、坡面尺度：

在進入集水區尺度後，則可以開始坡面尺度的範圍評估，其成果與前述兩個階段不同，需要確實掌握坡面上大規模崩塌發生的位置、深度與發生條件等，需要結合地形調查、地質調查、水文條件等的掌握，綜合各種成果訂定坡面尺度的大規模崩塌範圍，其成果可以直接用於坡面規劃治理、聚落防災等參考之用。

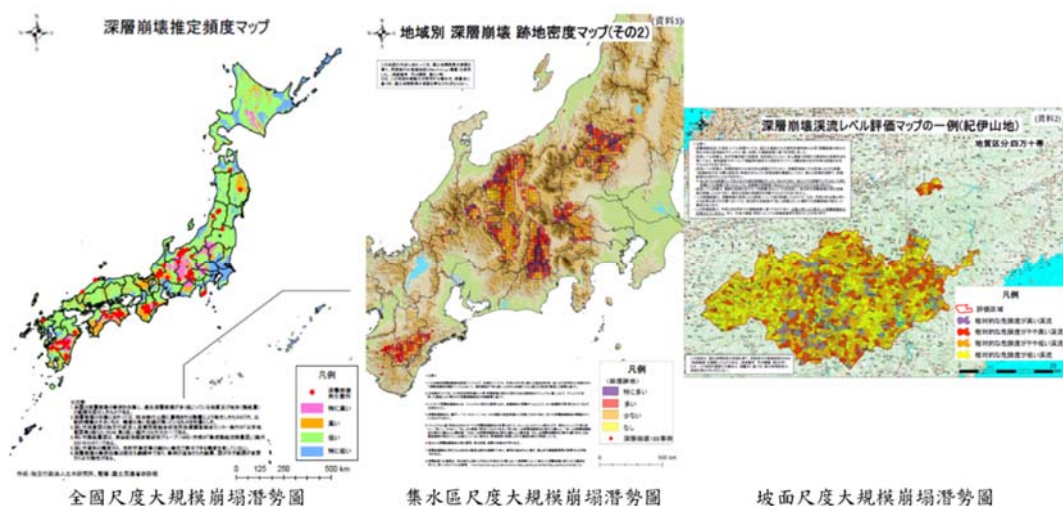


圖 3-1 日本大規模崩塌危險範圍劃設成果案例

(日本土木研究所 2008)

在台灣，因中央地質調查所於坡地崩塌防災權責分工，主要負責「崩塌敏感區調查」的主辦工作，利用「莫拉克與非莫拉克國土保育之地質敏感區調查分析計畫」及「強化坡地環境地質與防災應用」等計畫，進行潛勢地區判釋及重點地區監測等相關工作。在潛勢地區判釋部分，利用光達（LiDAR）數值地形資料、航照影像，輔以既有地質圖之地層與構造資料、合併地形坡向資料進行綜合判釋(圖 3-2)，對於大規模崩塌潛在地區進行初步分析，已判釋出 2,103 處潛在大規模崩塌區(圖 3-3)，其中有 94 處潛勢區鄰近 84 個聚落。

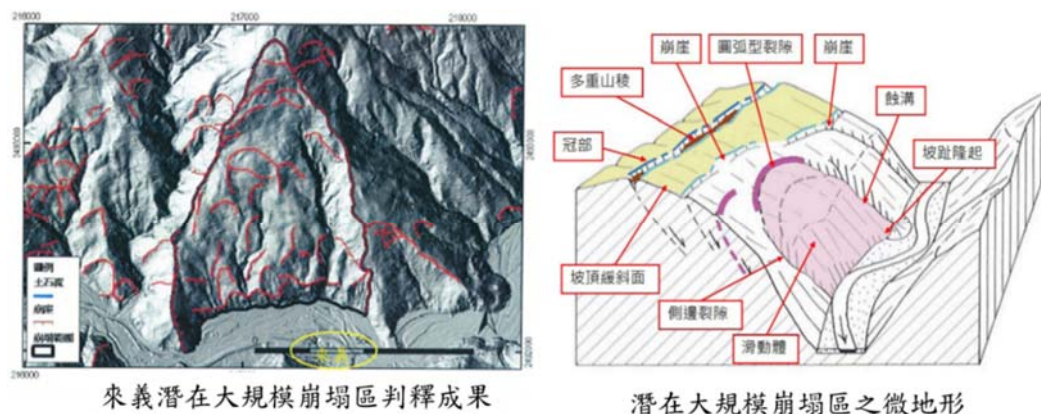


圖 3-2 利用微地形要素進行潛在大規模崩塌區範圍之劃設

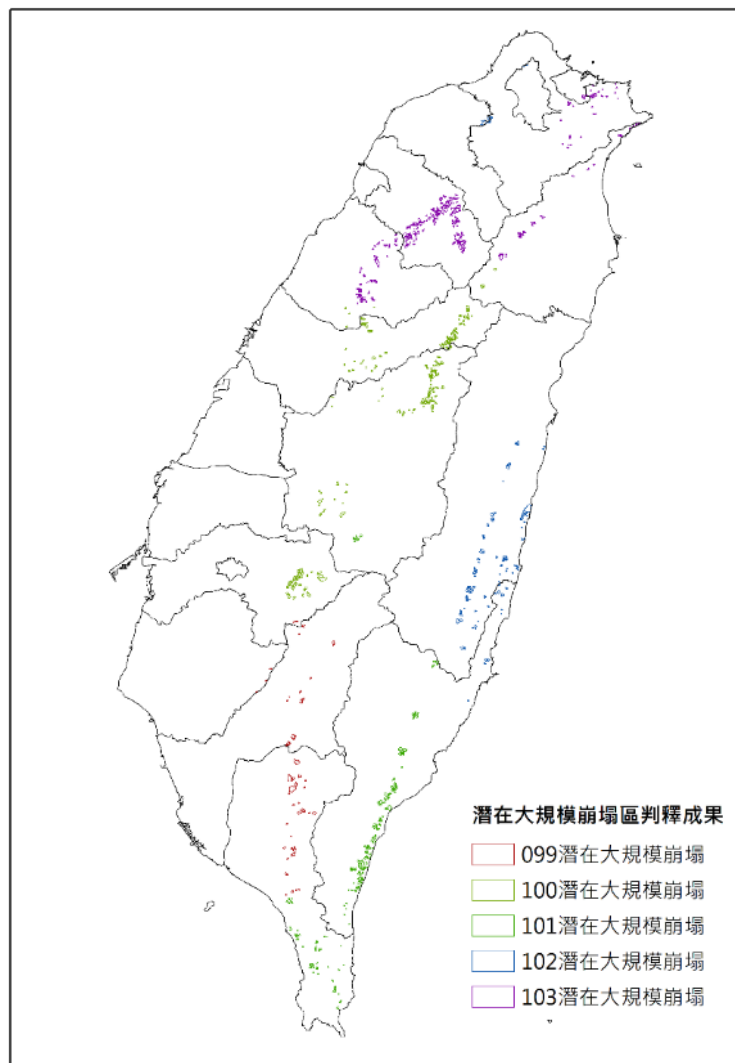


圖 3-3 中央地質調查所判釋之潛在大規模崩塌區分布位置

(中央地質調查所，2010~2014，本研究彙整)

第二節 大規模崩塌發生機制相關研究

針對大規模崩塌之發生，相關研究多指出大規模崩塌之發生與降雨、入滲過程及地下水變化之關係是很密切的(Celia et. al,1992 林芳慈、張守揚，2007；Miyamoto et.al ，2012；李威霖等，2015)。

在這些研究過程中都觀察到在入滲發育過程時，當濕鋒接觸底部不透水或地下水面時，如圖 3-4 所示，其交界面處將產生快速孔隙水壓上升現象，國內相關研究指出此現象類似管流閘關閉所導致的水錘現象(張守陽，2007)。

此現象發生的原因，主係入滲水流層接觸不透水面或地下水面時，沿著運動方向的

滲流物理量(方向及大小)會產生突然變化，此瞬間流體所保有的慣性動量仍持續推擠界面，並導致界面處孔隙水壓瞬間上升，其發生現象概念如圖 3-5 所示，由於該現象是由入滲水流所導致之孔隙水壓上升，並類似管流閥門關閉所引起的水錘現象。李等人(2015)認為滲流水錘現象是快速崩塌現象發生的重要機制，即當降雨入滲邊坡後自重增加，使得驅動力(Driving Force)增加，同時入滲導致孔隙水壓上升和有效應力下降，使得抵抗力(Resistance Force)減小，最後使得整體安全係數下降，這說明孔隙水壓的驟升和有效應力的驟降將會導致邊坡不穩定現象(Terzagh, 1943)，因此掌握降雨量、入滲量與地下水量對於大規模崩塌的發生預測是必要的。

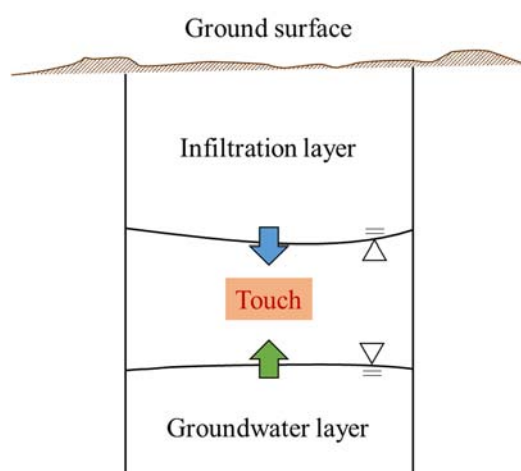


圖 3-4 滲流水錘現象發生概念圖

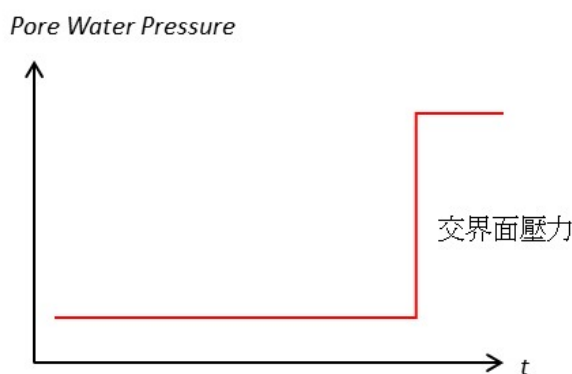


圖 3-5 滲流水錘現象引致孔隙水壓驟升概念圖

第三節 水質指標與崩塌關聯性研究

由於崩塌是指構成斜坡的岩塊、土體在重力作用下失去平衡、沿著坡體內部單個或

多個弱面發生剪切而產生的整體性下滑的現象，崩塌包含了墜落、崩塌、滑動、側向擴展和流動五大類別。當大規模崩塌發生時，土體是順著破壞面或是岩盤交界處滑動，因此順著裂隙流出的地下水會將滑動面之物質洗出，因此可用來判斷潛在大規模崩塌之活動可能，一般來說這些水質特性包含：導電度(Electricity Conductivity, EC)、PH 值(PH 值)、總固體溶解量(Total Dissolved Solid, TDS)、二氧化矽(SiO_2)、氧同位素($\delta^{18}\text{O}$)等等。從上可知，在理論上水質之變化確實可以用來做為坡面破壞之預警指標，希望藉由建立潛在大規模崩塌區之水文條件與水質特性之關聯性，做為後續大規模崩塌發生預測方法之參考。本研究主要探討大規模崩塌潛勢區與水質指標的關係，透過採集大規模崩塌潛勢區的溪流水或是地下水，採集範圍以台灣南部山區及東南部山區為主，測定採樣之水樣品內的：導電度(Electricity Conductivity, EC)、二氧化矽(SiO_2)、酸鹼值(PH 值)、總固體溶解量(Total Dissolved Solid, TDS)。

Jitousono et al. (2014) 提出深層崩塌與電導度值的關係，內文提及若是已經發生崩塌的地區，對其做水質調查，所測定出來的電導度值明顯高於崩塌地上游的電導度值，如圖 3-6，橫手谷川內的溪水電導度值變異，因為 Y2 集水區內擁有深層崩塌地，由圖 3-7 可知，位於崩塌地上游溪流電導度值(小於 $5 \mu\text{S/m}$)明顯低於崩塌地內的電導度值($18 \mu\text{S/m}$)，但是由於崩塌區內的地下水豐沛導致崩塌地下游的溪流電導度值無法隨距離而下降。

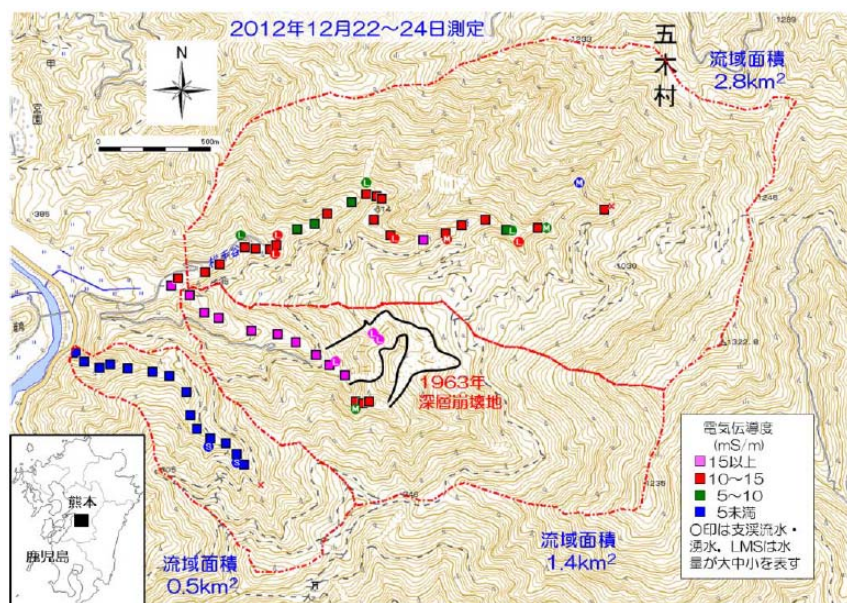


圖 3-6 橫手谷川流域電導度值分布

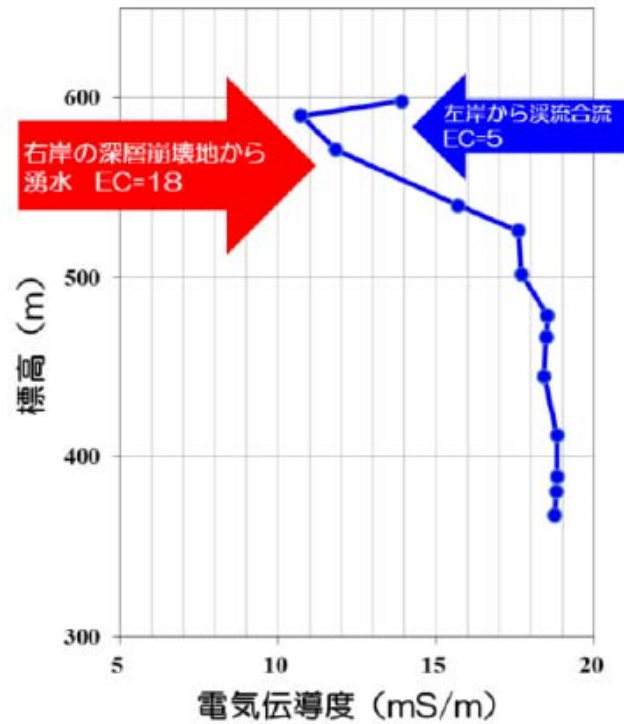


圖 3-7 大規模崩塌發生後電導度值之變化(橫手谷川左支流)

Jitousono et al. (2006) 針對集水區內溪流水體電導度值進行調查，結果發現在崩塌發生區之電導度值會明顯高於未有崩塌發生之地區，如圖 3-8，分析結果主要為地下水的大量流出，會使水體的電導度值增加。因此若針對集水區內溪流沿程的電導度值進行觀測，可做為地下水湧出量推估之參考。

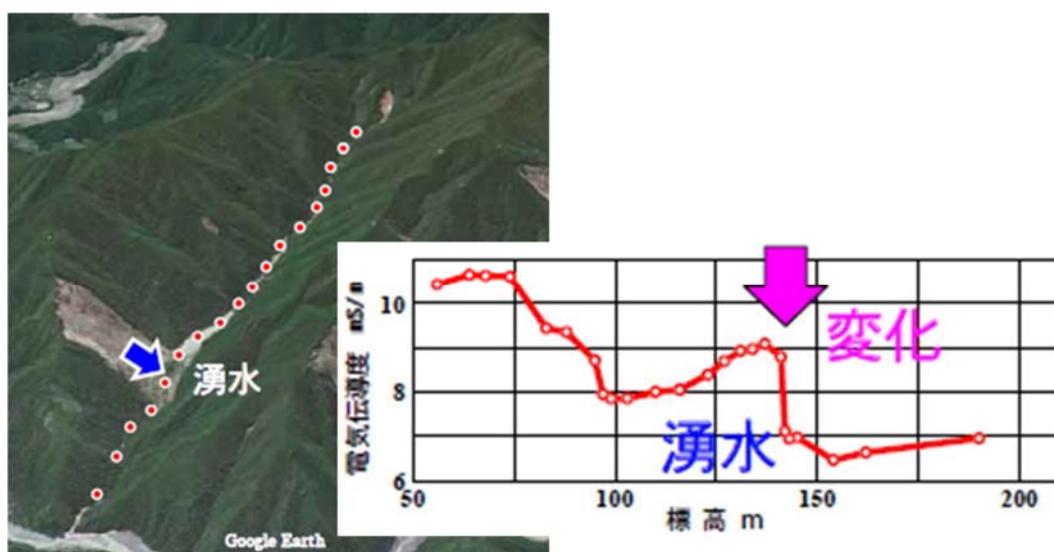


圖 3-8 溪流電導度值差異性

Ibe (2000)在 Nigeria 的 Cross 河之土石流發生後，於不同河段及深度採集水樣與土樣，做一連串的環境化學試驗，結果發現由上游至下游鎂離子與硫酸根離子濃度呈現遞增的現象；而土壤的分析結果指出土壤中存在鉀、鎂、鈣以及氯離子。

楊晁晟、范正成 (2003) 地下水電導度值與土石流發生關係之研究中提及，在長期觀測土石流中，地下水之電導度值是評估的項目之一。當有地滑發生時，該區域之深層地下水有上升的趨勢，使得電導度值上升。也包含砂箱試驗實驗設計：將試驗土體上方裝設一個水頭箱，並依據時間推移而增加水頭高度，同時監測土體內的電導度值及變位計，並同時觀測土體有無破壞或崩塌現象發生。發現到當崩塌發生初期時，電導度值會突然升高，經過一段時間，電導度值會趨於穩定；這是因為崩塌發生初期土體細顆粒尚未穩定，因此會受水流影響並且影響水中電導度值，但隨著時間的增加，土體內之地下水電導度值會趨近於穩定；也提出，電導度值能在地下水中傳輸，由此可推測若集水區上游之電導度值有明顯的變化時，則由集水區下游出口的監測計應該可以偵測到其值的改變。

孫偉騰、范正成(2005)針對滲流水之離子濃度及電導度值與土體崩塌發生關係之研究中提及，透過砂箱試驗後，發現當土體發生崩塌前，電導度值並無明顯變化，但是當崩塌發生後電導度值會提升(圖 3-9)，並在崩塌發生時達到最高峰，可能是受到土壤間的化學鍵因被破壞而解離出來，導致水中電導度值上升之原因。有提出，崩塌尚未發生時，由於各個實驗渠槽內土壤性質不同，導致電導度值基準值有差異，但是當崩塌發生時電導度值會突然上升，上升趨勢受到電導度值與硫酸根離子影響，其他離子如：鉀、鈉、鈣、鎂，沒有像硫酸根離子影響顯著。

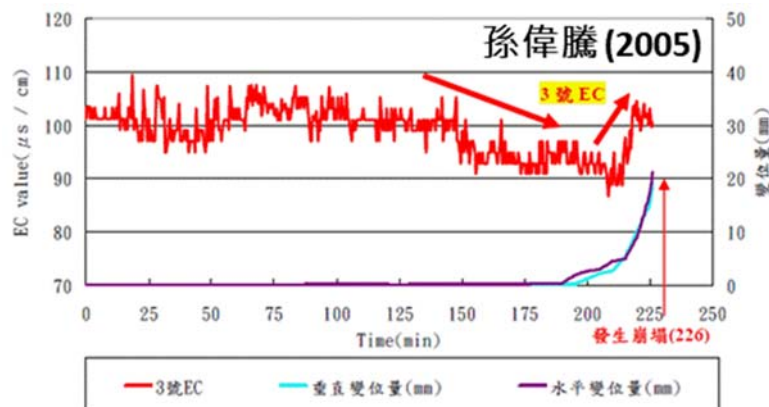


圖 3-9 電導度與崩塌發生之關聯性

Jitousono et al. (2015) 於土木學會誌內提出坡面湧水之流量與深層崩塌區域降雨警戒值有關，初期由於降雨關係，導致坡面湧水流量上升，當坡面湧水突然急遽下降時，亦指坡面排水時造成坡面內有發聲管湧現象，其基岩造成破壞面產生，導致坡面排水受阻，地下水累積於土體內，導致地下水位湧升，進而引發大規模崩塌。

Ronchetti et al. (2009) 坡面內岩層走向會影響地下水流向，在地下水與水文監測的表現上呈現出高複雜性，這是由於坡面內岩層走向及斷層裂隙影響之結果。研究中指出，深層崩塌潛勢區內之地下水流向是可以預測的，其對降雨條件對深層崩塌潛勢區有不同的影響。此外地下水內化學分析可找出地下水流經深層崩塌，且會反過來一直影響其深層崩塌區域內地下水水位，並影響穩定性。這些發現與邊坡穩定性有關，然而地下水是深層崩塌發生的驅動力。

第四節 水文指標與崩塌關聯性研究

有效應力 N 是指岩體(或土壤)在荷重作用下，透過接觸面傳遞的平均法向應力，當有效應力越大的時候，其抗剪強度越大。1932 年，Terzaghi 在含水飽和土壤力學特徵研究基礎上提出有效應力原理，即有效應力等於總應力減去孔隙水壓。1941 年，Biot 在研究三軸壓縮力學問題時，針對低滲透性多孔介質(例如岩石)，提出 Biot 係數修正孔隙水壓為有效孔隙壓力，其 Biot 係數(α)為 0 至 1 的值，當 Biot 係數(α)為 1 時即滿足 Terzaghi 的公式。之後，Fredlund(1993)進一步去探討含水未飽和土壤的力學特徵，將土壤孔隙間的毛細作用納入考慮，並假設毛細作用為孔隙氣壓(u_a)和孔隙水壓(u_w)之間的差值，最後修正得到未飽和土壤條件下的有效應力。本計畫將含水飽和土壤、含水飽和岩石、未飽和土壤有效應力公式羅列如下，

$$N = W - u_w, \text{ 含水飽和土壤(Terzaghi, 1932);}$$

$$N = W - \alpha u_w, \alpha [0, 1], \text{ 含水飽和岩石(Biot, 1941);}$$

$$N = (W - u_a) + \chi(u_a - u_w), \chi [0, 1], \text{ 未飽和土壤(Fredlund, 1993).}$$

一般而言，自然邊坡內的孔隙氣壓(u_a)變動量相較於孔隙水壓(u_w)變動量來得有限，

所以評估一個滑動主體的有效應力變化，通常係以孔隙水壓的變化作為參考指標。

自然邊坡內孔隙水壓的長期變化，通常主控於地下水位的发展，其地下水流經的範圍多屬於飽和含水狀態，然則相對於短期的降雨事件，孔隙水壓變化通常主控於入滲層的发展，此時入滲層流經的範圍變屬於未飽和含水狀態，因此，若要能掌握自然邊坡內孔隙水壓的長短期變化，意謂者飽和和未飽和地下水於孔隙介質滲流的理論必須被掌握。法國工程師 Darcy(1856)透過砂箱實驗結果來提出飽和地下水的滲流速度公式(Darcy law)，Buckingham(1907)提出未飽和含水的滲流過程應考慮毛細作用的影響，Green and Ampt(1911)更進一步指出未飽和含水滲流的主要影響因子為飽和度、孔隙氣壓、孔隙水壓和水力傳導係數，然後 Richard(1931)以前人研究成果為基礎來發展連續體力學基本方程式，即為近代地下水現象研究常用的理查方程式(Richard's equation)。由於理查方程式是一個複雜的非線性偏微分方程式，所以於往後將近 30 年的期間，各種理查方程式的解析方法被提出來，包括 Philip(1957,1969)應用博茲曼轉換(Boltzmann transformation)的求解、Heasley 和 Alksne(1961)應用幂定律(power law)的求解、Parlange(1971,1972)應用雙重積分法(double integration technique)的求解等等，使得理查方程式於工程上的應用更為普及。之後，以理查方程式為基礎的地下水滲流理論被其他學者應用於土壤和岩石等邊坡穩定分析，例如 Fredlund(1993)將其應用於未飽和土壤力學、Iverson(1992)應用其來分析滲流於均/非均質邊坡穩定的影響等等，孔隙水壓對邊坡穩定的影響被掌握的越來越清楚。

第五節 小結

由前人研究可以知道大規模崩塌(深層崩塌)之發生，係由降雨、入滲及地下水位變動之聯合作用下所產生之成果，一般緩慢變動之地滑係由地下水位變化主控，而淺層崩塌則與入滲關係較大，這與大規模崩塌(深層崩塌)有明顯不同。為了解這些水文量之變化，往往需於現場進行鑽井並安裝觀測設備方可得到數據，然從目前之調查成果可以知道潛勢區數量眾多，若要全面性進行監測設備之安裝，恐在人力、經費上都有所不足，因此需有較簡易之觀測方式。

從地頭菌之研究成果可以知道，水質導電度高低與水體是否流過坡面深層有很高之關聯性，以圖 3-8 為例來說，左邊之示意圖表示的為降雨入滲後，會進入土體或是岩盤，

當水體在坡面中流動之時間越久，過程中水質的改變也會越大，主要原因是流徑較長，大量的物質會逐漸溶解於水體中，因此不論是 Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^{-} 等離子，或是 Si 的含量，甚至是導電度(EC)的都會隨著流徑越長而越高。若是流徑又經過大規模崩塌之滑動面時，這些物質在水中的改變量會更大。

也就是說透過水中物質的量測，我們可以用來判斷水體在坡面中的流徑，是從風化層經過的、從岩盤經過的，又或是經過滑動面流出的，其水質特性應該都有所不同，即透過不同的離子濃度、Si 含量或是 EC 之高低，可以判斷出水體之流徑長短，也就可以當作不同來源之水體含量。

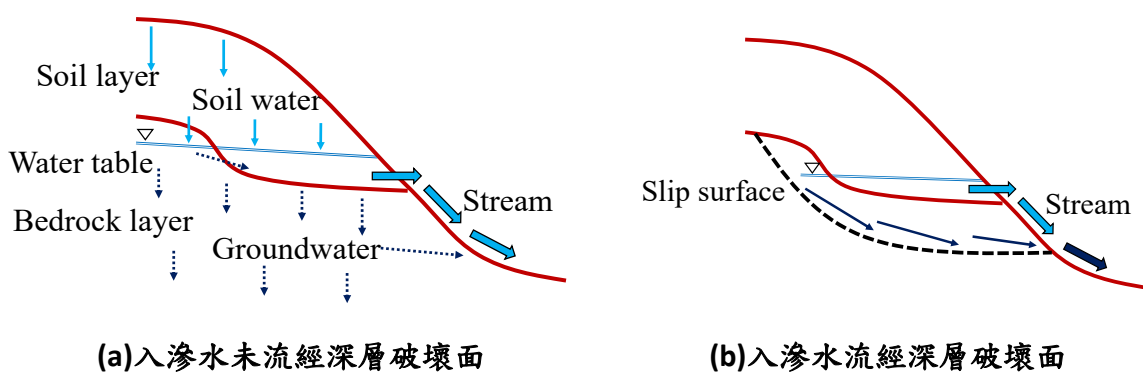


圖 3-10 不同流動路徑之水質差異

第四章 水質特徵調查方法

第一節 現場水樣採集作業方法

為了釐清採集水體之主要來源，在現場調查時就須分別針對坡面或是河道進行水體之採集，以進行水質指標之比對。水樣採集地點以主流河道、支流匯入點及邊壁滲水等區域為主(圖 4-1)。

採樣重點區域通常為邊壁滲水、較有代表性的主流，及支流的最上游位置，採樣時應該注意請將瓶口朝上游方向，並請避免裝入碎小石頭、土壤、葉子，由於以上物質浸泡水樣後會有陰離子、陽離子、溶解態矽酸鹽及導電度稀出，影響化學分析結果，盡量以裝滿水為主。採樣點應該選擇避免已經受到人為活動，如：住家排水管、畜牧場、工寮。



	<p>A. 於坡面湧水處採集水體 透過水體內含離子之分析，可以判斷湧水來源(淺層或是深層地下水)。</p>
	<p>B. 於溪流源頭進行採樣 可以釐清溪流水體之狀況，若下游有明顯變化時，則表示有較深層之水體混入溪流。</p>
	<p>C. 於下游溪流採樣 可以用來建立集水區水質之背景值，以建立深層地下水判斷之門檻值。</p>

圖 4-1 現地水質採樣地點說明

採樣時位置與樣品應符合下列原則

壹、採水樣位置判斷：

- 一、判斷溪流有無受到人為活動影響，如：農田、房屋、工地。
- 二、判斷溪流是否為其他集水區引流至本集水區內的水，因水管長年失修或受到山區土石滑落影響，導致水管破裂漏水形成小支流，如：溫泉管線。

貳、採水樣標準程序：

- 一、將水樣瓶沒入水體中，並裝滿約一半，闔上蓋子，並搖晃數下，在往下游處倒掉，此動作重複三次。
- 二、將水樣瓶完全沒入水體中，並且避免裝入大碎石頭、青苔、氣泡，應將採樣瓶完全填滿採樣水體。

第二節 水樣來源分析

採集之水樣，可以透過地下水水質結構進行分類，江漢全 (1994)提出地下水水質指標，可由地下水水質結構著手，將地下水水質中之主要陰陽離子繪製 Piper 水質菱形圖，並分類。依據常用之地下水水質圖或地下水水質評估指標，以 Piper 水質菱形圖為主，判斷本研究區域內所採樣之水樣品是否有受到人為活動干擾或是受到海水鹽化之判斷。

Piper 水質菱形圖為將地下水中之陰陽離子，以當量濃度相對百分比來呈現，如圖 4-3 所示，中間菱形將地下水水質結構分成四區，此四區分別為：

1. 第 I 區稱為 Carbonate hardness. 係以 Ca-HCO_3 型為主，為深層自由地下水、雨水、河水等在此範圍。
2. 第 II 區稱為 Carbonate alkali. 係以 Na-HCO_3 型為主，正常深層受壓地下水在此範圍。
3. 第 III 區稱為 Non-carbonate hardness. 係以 Ca-SO_4 及 Ca-Cl 型為主，農業污染之地下水、火山地區地下水等在此範圍。
4. 第 IV 區稱為 Non-carbonate alkali. 係以 Na-SO_4 及 Na-Cl 型為主，海水或受

鹽水污染之地下水在此範圍。

另菱形圖下方三角圖，係將陰陽離子作兩方面相對百分比，亦以當量濃度呈現，由此二區可觀察地下水中，陰離子或陽離子其所含之主要成分，及其所佔總離子濃度。本研究著重之水體應以第 I 區及第 II 區為主，若採集之水樣不屬於此二種分類則不列入分析對象。

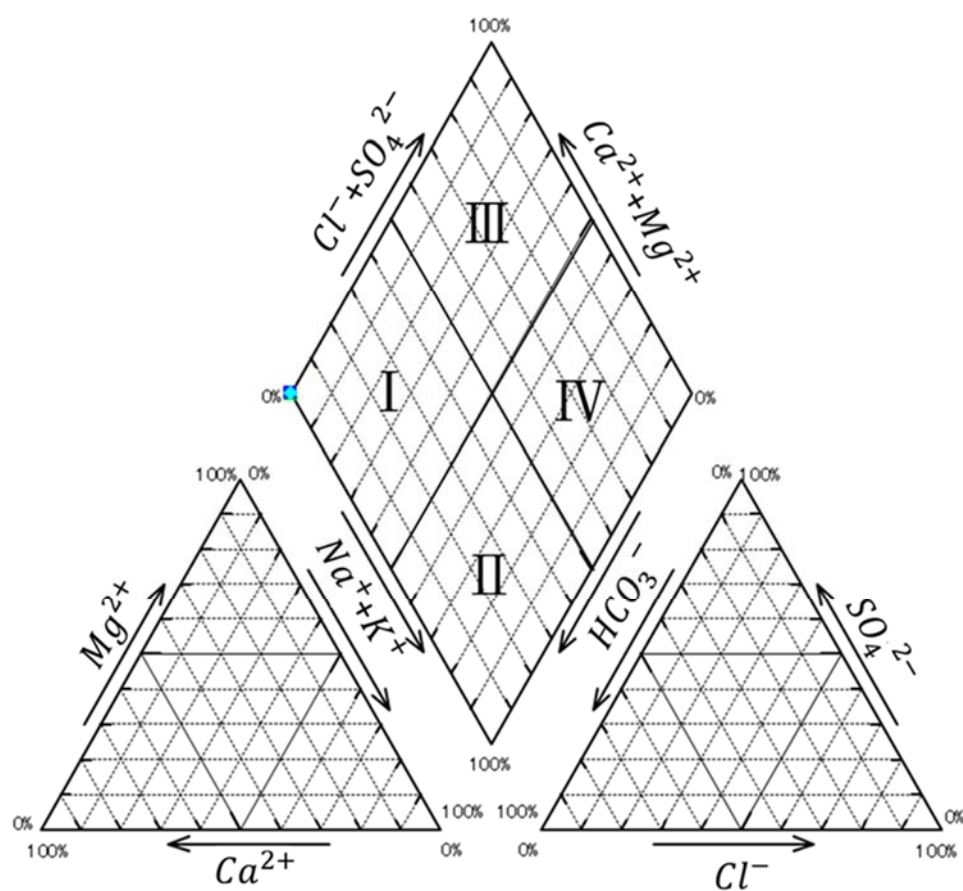


圖 4-2 Piper 水質菱形圖

第三節 水樣分析方法

雨水與土壤、岩盤的交互作用中，會發生化學風化，其化學風化不僅僅發生於地表，連地下深處皆可進行，其分成三種：(1)水解作用(Hydrolysis)為礦物與水作用，破壞礦物內化學鍵；(2)碳酸化作用(Carbonation)大氣或土壤中的二氧化碳與水一起沿著裂隙滲入岩體內部，二氧化碳溶於水後變成碳酸，再分解成氫離子與碳酸氫根離子，氫離子與碳酸氫根離子擁有較高的分解礦物之能力；及(3)氧化作用(Oxidation)為岩石內含有鐵的礦物與水結合氧化後，會將二價鐵變成三價鐵，也有可能形成硫酸，腐蝕或弱化岩石(王文能，2016)。

水樣化學性質係與東京大學農業部森林水理及砂防研究室合作，針對水中無機離子，如：氯離子(Cl^-)、鈉離子(Na^+)、鈣離子(Ca^{2+})，是使用 Shimadzu, LC-10A 來分析，而該機器是透過離子層析方式(Ion chromatography)進行。針對溶解態矽酸鹽的部分，使用的設備為 Hitachi U-1800，可以透過分光光度計進行量測以及鉬黃光度法進行。溪流導電度是可以透過現地導電度量測可以得到，使用的設備為 HORIBA, B-713 及 EZDO 7000。

壹、水中無機離子分析

量測水中無機離子採用“高效液相色譜法”：是一種色譜分析技術，用來分離混合物，以確認並量化各個成分的比例。它依賴泵加壓樣品以令其通過填充有吸附劑的壓力柱，導致樣品的各個成分因而分離。本研究使用離子層析儀(Shimadzu, LC-10A，如相片 3-3-1-1)，需要配合陰、陽離子交換管柱(IC-C4)。

本研究分析的陽離子為鈉離子(Na^+)、鉀離子(K^+)、氫離子(NH_4^+)、鎂離子(Mg^{2+})以及鈣離子(Ca^{2+})，陰離子包括了氯離子(Cl^-)、硝酸根離子(NO_3^-)及硫酸根離子(SO_4^{2-})，以離子層析法進行分析，其原理為不同離子由於電荷數、質量、離子半徑等因子不同，因此對離子交換管柱樹脂的親和力也不同，造成通過管柱的時間不一樣，使液體中不同的離子分離。分離後的離子，流經導電度偵測器時所造成的波峰面積，可以換算成濃度，故可以得出樣品中不同離子的濃度值(O'Dell et al.,1984)。



圖 4-3 離子層析儀

貳、水溶解態矽酸鹽分析

溶解態矽酸鹽(SiO_2)之測定，採用鉬黃光度比色法來進行分析，其原理為溶解態矽酸鹽在酸性條件下，會與鉬酸結合形成黃色的矽鉬黃雜多酸(heteropoly acid)，當樣品中溶解態矽酸鹽越多，可以與越多的鉬酸結合，形成的矽鉬黃雜多酸濃度越高，使反映後樣品的顏色越深。利用分光光度計測量樣品對波長 410 nm 的光之吸光度，即可換算成樣品的溶解態矽酸鹽濃度(Coradin et al., 2004)。

本研究使用分光光度計(Hitachi U-1800 spectrophotometer)來量測反應後的樣品對 410nm 波長的光之吸光度，並且在樣品中加入檸檬酸，以降低磷的干擾，並抑制鉬酸的自我還原反應。



圖 4-4 分光光度計

參、溪流導電度分析

導電度的測定原理為電解質於水溶液中，一部份解離為帶電之原子或原子團，即

離子(Ion)。其中帶正電者稱陽離子(Cation)，帶負電者稱陰離子(Anion)。陰離子係中性原子團之外圍負電子數，過多或不足所致。於是當溶液中放入兩電極時，各被陰、陽離子極所吸引至電極後，相互吞吐電子。結果於溶液中兩電極間發生一連串電子之流動，此即電解質溶液具有導電性之理由。電解質溶液之導電性與金屬導體同。

本研究中溪流導電度的測定使用 HORIBA, B-713 及 EZDO 7000 來量測現地溪流導電度及現地採水樣品後的導電度，每次量測水樣品導電度前須通過薄膜 (ADVANTEC, CS045AN)，來避免水樣品內的細砂影響水樣品的導電度。



圖 4-5 電導度儀

第五章 水質特徵背景值分析成果

第一節 水樣來源分析成果

本研究所採樣的水樣品分析後，首先依據 Piper 水質菱形圖(江漢全，1994)，將 Piper 水質菱形圖區分為四個象限，本研究所要探討的水質偏向於未受人為影響或是海水鹽化之地下水，故本研究將第Ⅲ區及第Ⅳ區內的水樣品剔除，如圖 5-1。

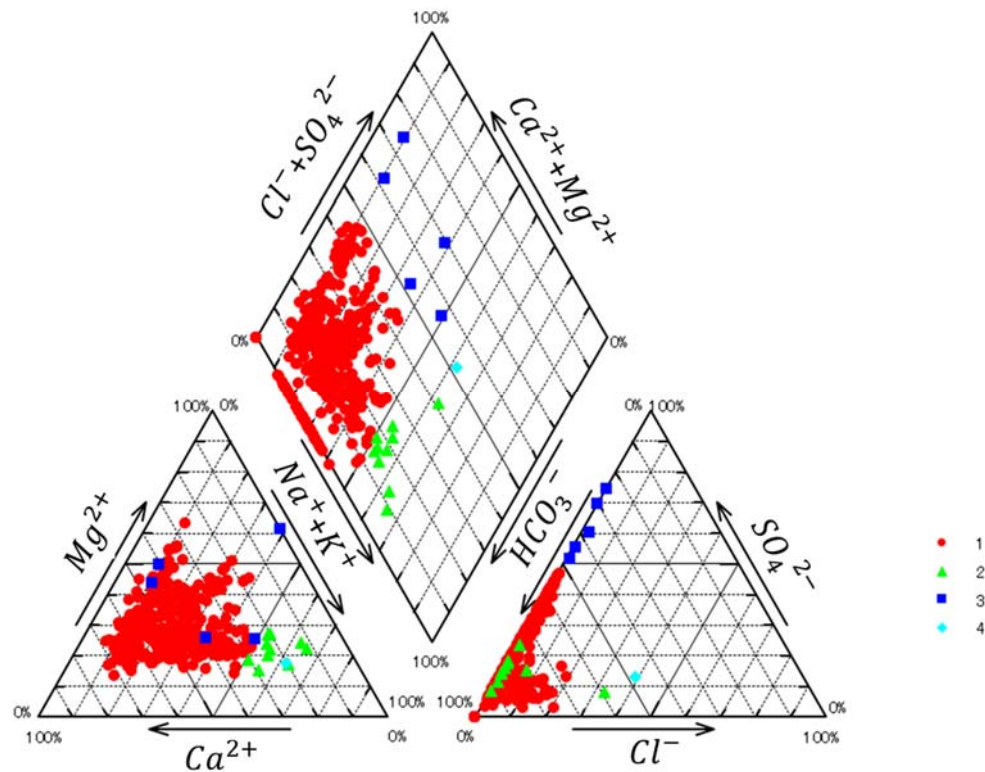


圖 5-1 本研所有水樣套用至 Piper 水質菱形圖

第二節 水質特徵背景值建立

剔除後再依據空間分類，即各個流域去分類，分別為曾文溪流域、高屏溪流域、林邊溪流域及台東沿海地區四大流域來探討個地區的高值分布及基準；再依據時間分類，各流域的乾濕季作分類，乾濕季節分類基準分別為濕季以 5 月至 10 月、乾季以 11 月至隔年 4 月為基準去分類；以乾濕季分類完之後本研究使用盒鬚圖方式來分析本研究所採取的水樣品(John Tukey, 1977)，再探討各流域的水質基準值。

本研究將所有的採集水樣先依是否位於大規模崩塌潛勢區內或位於已發生崩塌的位置附近，再將其電導度大小排列，並依據權重由小到大分為 25%、60%及 15%，其電導度分別為 0 至 300.0 $\mu\text{S}/\text{m}$ 、300.1 至 600.0 $\mu\text{S}/\text{m}$ 及 600.1 至 1200.0 $\mu\text{S}/\text{m}$ ，各部分位於大規模崩塌潛勢區內或位於已發生崩塌所占比例為 33.96%、48.31%及 61.19%，如圖 5-2 所示，可以發現儘管在電導度值相對較高的部分也有未發生崩塌及非位於大規模崩塌潛勢區域內；也可以發現在大規模崩塌潛勢區內或位於已發生崩塌區位有較高的導電度的趨勢。

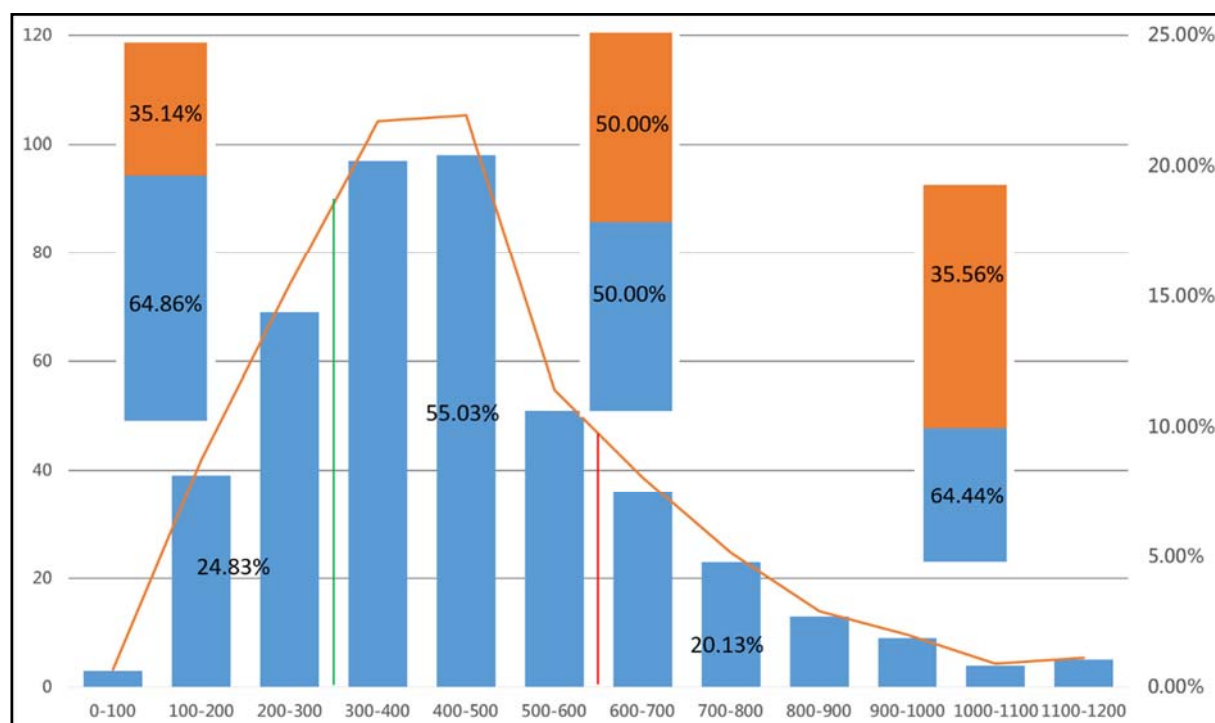


圖 5-2 水樣點導電度值分類

第三節 水質特徵時間差異

透過 4-1 節水樣分析結果後，可以藉由盒鬚圖來訂定各流域的高值與低值，該流域高值為第三四分位數(Q3)、流域低值為第一四分位數(Q1)，此做法不僅可以較容易區分同一流域中的電導度高值與低值分布，及乾濕季高值與低值的差異，甚至也可以區分不同流域中的高值與低值的差別，如圖 5-3。從時間差異，可以發現乾季的電導度值大於濕季的電導度值，其導電度值相差約為 300 μ S/m，主要為是否受到降雨影響，乾季時溪流主要以地下水為主故測得之電導度值較高。然而單就高屏溪流域內，其美瓏溪流域與濁口溪流域的電導度值相差 200 μ S/m，如圖 5-4。

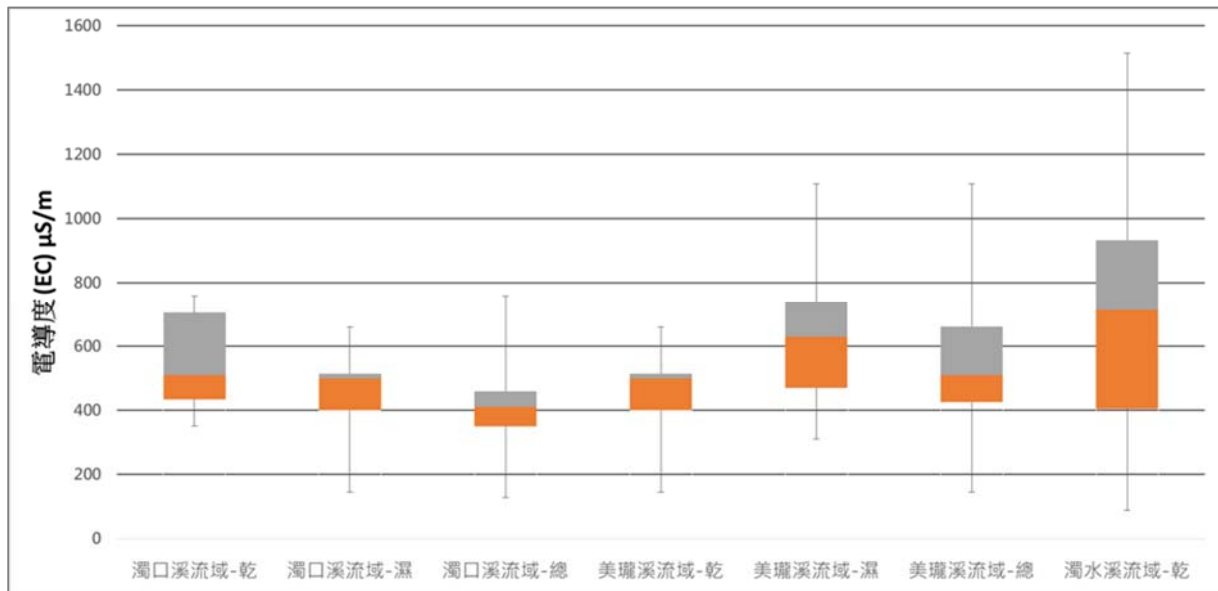


圖 5-3 採樣水乾濕季差異(四分位圖)

表 5-1 各流域電導度高低值數值

電導度 (μ S/m)	濁口溪 (乾季)	濁口溪 (濕季)	濁口溪 (總)	美瓏溪 (乾季)	美瓏溪 (濕季)	美瓏溪 (總)	濁水溪 (乾季)
第 1 四分位數 高值	705	515	460	515	740	662.5	933.25
中位數	510	500	410	500	630	510	714.5
第 3 四分位數 低值	435	400	350	400	470	425	405.25

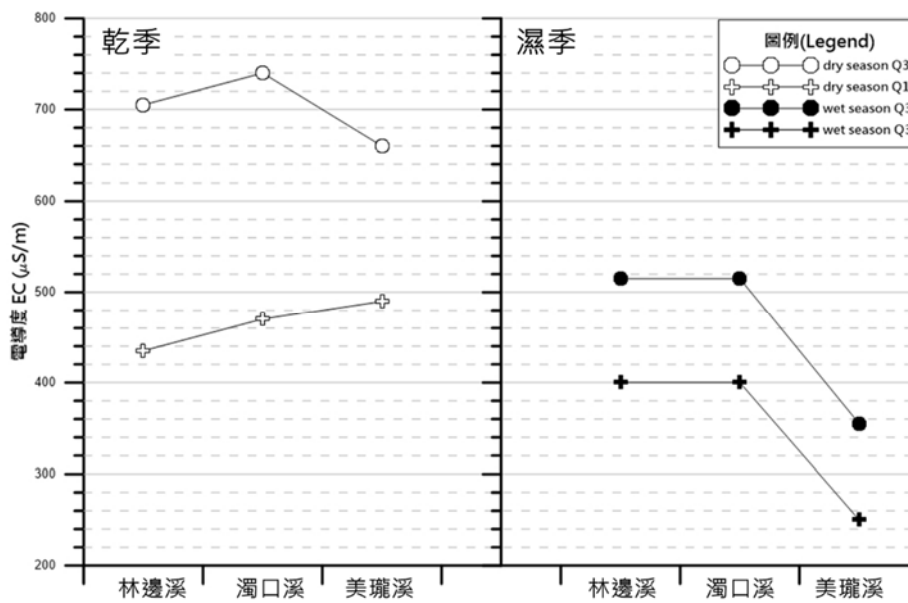


圖 5-4 時空差異之電導度比較

第六章 廣域水質特徵調查成果

第一節 採樣地點選定

野外調查工作主要分為水樣品位置選擇、水樣品採集及採樣作業方法。本研究目前採取四百餘瓶，本研究野外調查工作分布於高屏溪流域、曾文溪流域、林邊溪流域以及台東縣台東沿海、濁水溪流域，各個流域採水樣數量如表 4-1，採樣點分布圖 6-1。

表 6-1 採水樣數量統計

流域名稱	溪流名稱	數量	小計
曾文溪流域	曾文溪	101	101
高屏溪流域	高屏溪	207	207
林邊溪流域	林邊溪	51	51
台東沿海地區	太麻里沿海	1	50
	斑鳩溪	1	
	知本溪	8	
	大竹溪	8	
	卑南溪	11	
	大鳥溪	21	
濁水溪流域	濁水溪主流	27	27
	陳有蘭溪	11	11
		累積樣品數	447

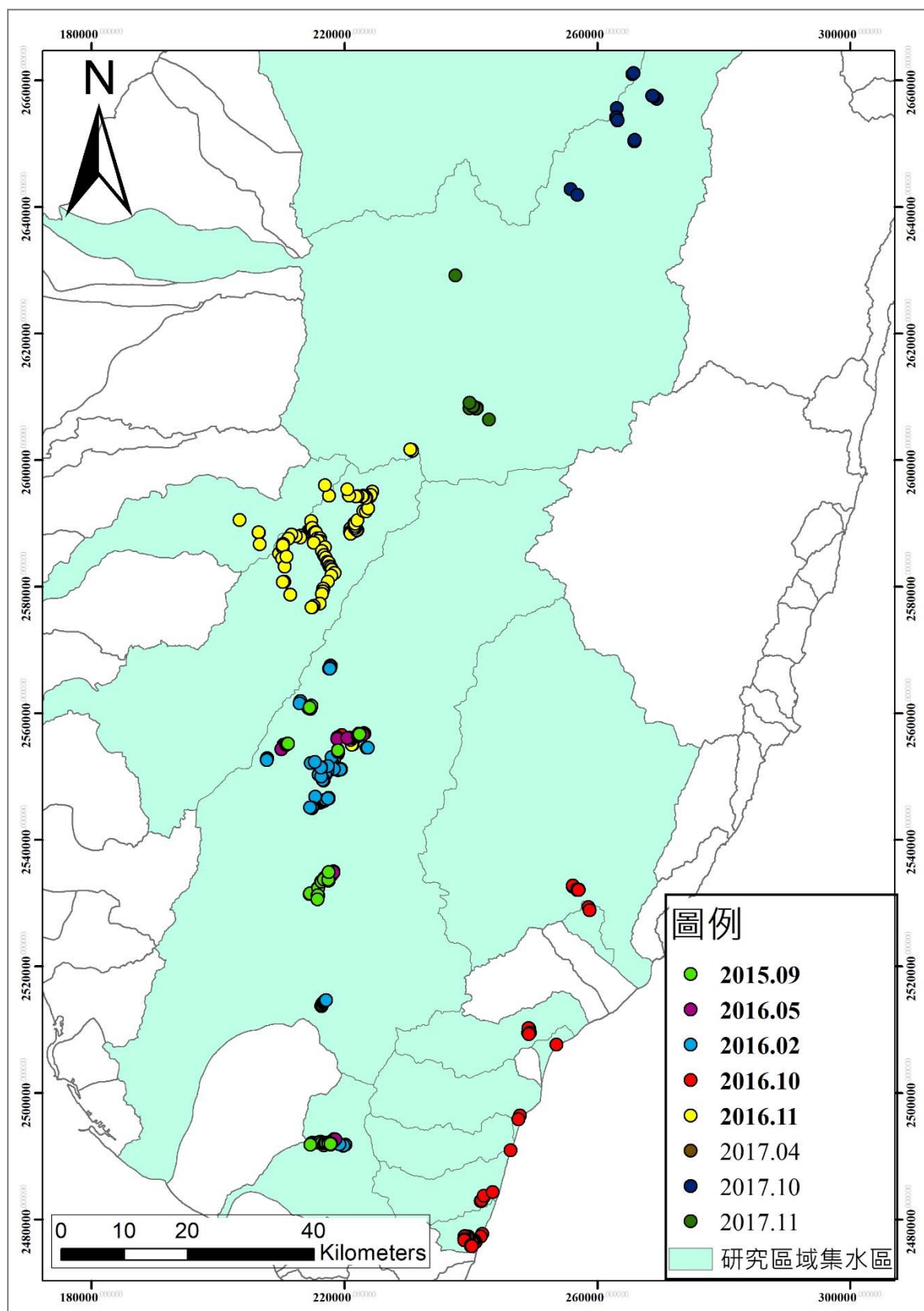


圖 6-1 採樣點位置及研究區域集水區

第二節 潛在大規模崩塌區之水質特徵

本研究欲建立水質特徵與大規模崩塌(深層崩塌)之關聯性，因此初步利用潛在大規模崩塌率與電導度來建立關聯性。

壹、潛在大規模崩塌率

為釐清水質特徵是否能用來判斷大規模崩塌之活動性，初步先分析集水區內潛在大規模崩塌之所占比率，圖 6-2 為旗山溪崩坪坑集水區之分析成果，圖中黃線為集水區範圍，紅線則為目前已完成判釋之潛在大規模崩塌區，潛在大規模崩塌率之計算公式如下

$$\text{潛在大規模崩塌率} = \frac{\text{大規模崩塌潛勢區面積}}{\text{子集水區面積}} * 100\% \quad (\text{式 6-1})$$

貳、水質特徵

本分析所採用之水質特徵為集水區出口點之水體分析成果，即圖 5-2 中紅點位置。

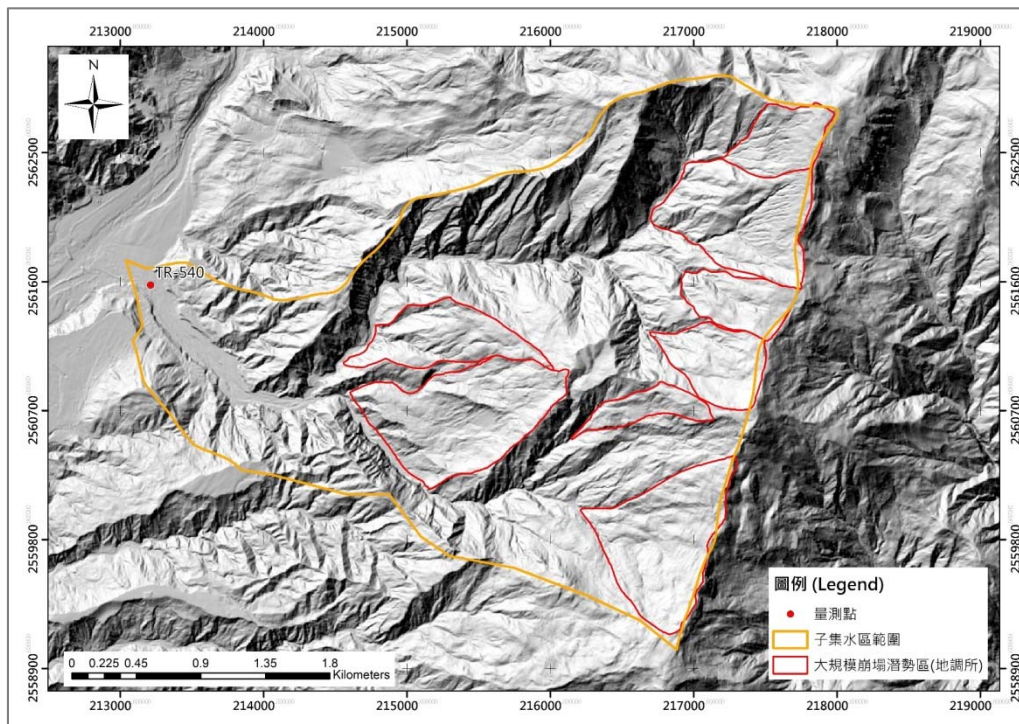


圖 6-2 潛在大規模崩塌率計算說明圖

參、關聯性建立

本研究選定 26 個子集水區(表 6-2)之分析成果，得到關係式為回歸出一條 $R^2=0.7152$ 的回歸線，如圖 6-3，透過此回歸線可以發現當崩塌率越高，其電導度值也會有越高的趨勢。

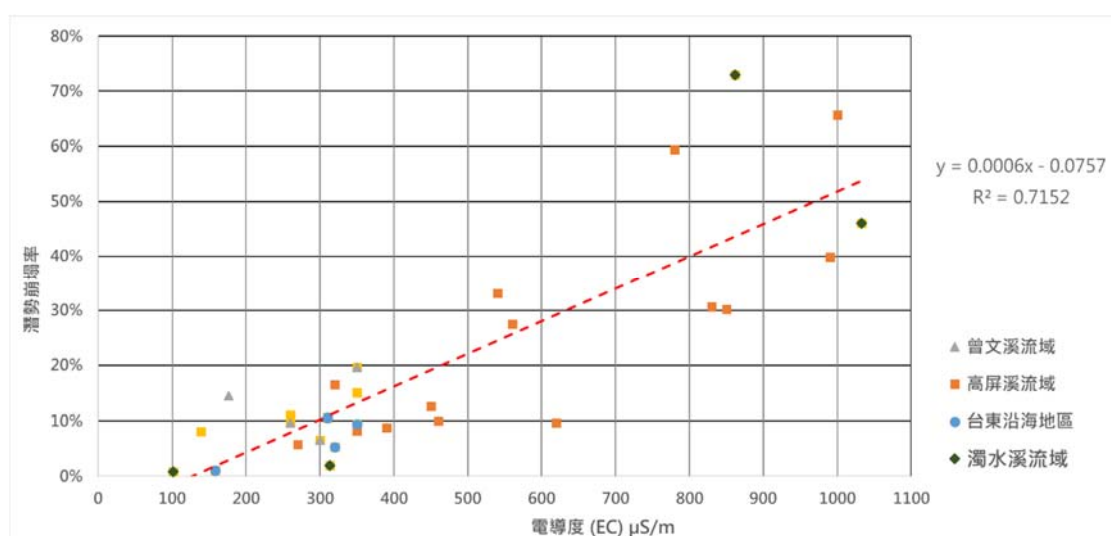


圖 6-3 崩塌率與電導度值之關係

表 6-2 子集水區潛在大規模崩塌崩塌率與水質調查成果

Name	Study area	Rate(%)	EC($\mu\text{S/m}$)
Zhiben river	Coastal areas in Taitung	1.05%	158
Nanpingpu	Kaoping watershed	5.30%	320
Zhenwoshan	Kaoping watershed	5.74%	270
Dabang	Tsengwen watershed	6.51%	300
Caoshan	Tsengwen watershed	8.07%	139
Huaguoshan	Kaoping watershed	8.26%	350
Putou river	Kaoping watershed	8.77%	390
Zhuowushan North	Tsengwen watershed	9.42%	350
Huaguoshan	Kaoping watershed	9.70%	620

Name	Study area	Rate(%)	EC(μ S/m)
Daniao coastal	Coastal areas in Taitung	9.71%	260
Dongtengzhi	Kaoping watershed	10.06%	460
Shanmeiqiao	Tsengwen watershed	10.55%	310
Daxi	Coastal areas in Taitung	11.02%	260
Zhipu river	Kaoping watershed	12.66%	450
Hudiqiao	Tsengwen watershed	14.57%	176
Huanggoukeng	Tsengwen watershed	15.11%	350
Youkuang river	Kaoping watershed	16.50%	320
Longmei	Tsengwen watershed	19.24%	410
Shanhuangma	Tsengwen watershed	19.64%	350
Ailiaobei	Kaoping watershed	27.53%	560
Meilunshan	Kaoping watershed	30.20%	850
Meilunshan	Kaoping watershed	30.70%	830
Wuziliaobei	Kaoping watershed	33.15%	540
Putou river	Kaoping watershed	39.92%	990
Zhipu river	Kaoping watershed	59.36%	780
Meilunshan	Kaoping watershed	65.64%	1000

第七章 區域性水質特徵調查成果

第一節 本年度執行狀況說明

為了重現 Jitousono et al. (2006)針對集水區內進行溪流水體電導度值調查，發現崩塌發生區時電導度會有明顯高於未發生崩塌的地區，故本節將依據 Jitousono 的方法針對高雄市六龜區興龍里妙崇寺附近及高雄市六龜區寶來竹林里進行溪流電導度值調查，此次溪流調查所使用的儀器為 EZDO 7000，溪流電導度量測方法，先將採樣瓶先以採水樣清洗步驟清洗，清洗完後，採取欲量測之溪流水體，採取完畢後將採樣瓶瓶蓋緊閉，並靜置 1 至 2 分鐘，量取溪流電導度前應先將欲量測之採樣瓶搖晃均勻，再打開採樣瓶插入電導度觀測儀，並等待電導度值穩定後方可記錄。



圖 7-1 現場電導度量測

第二節 本年度調查區基本資料說明

壹、高雄市六龜區興龍里

高雄市六龜區興龍里主要位於荖濃溪中游，高程變化不大，並鄰近妙崇寺，其溪流流域地質主要以潮州層為主，並且於該溪中上游位置有一大規模崩塌潛勢區，如圖 7-2；該溪流為水土保持局列管之土石流潛勢溪流，編號為高市 DF054，其 2009 年莫拉克時有發生過歷史災害，故本研究選此溪流當作電導度分析。

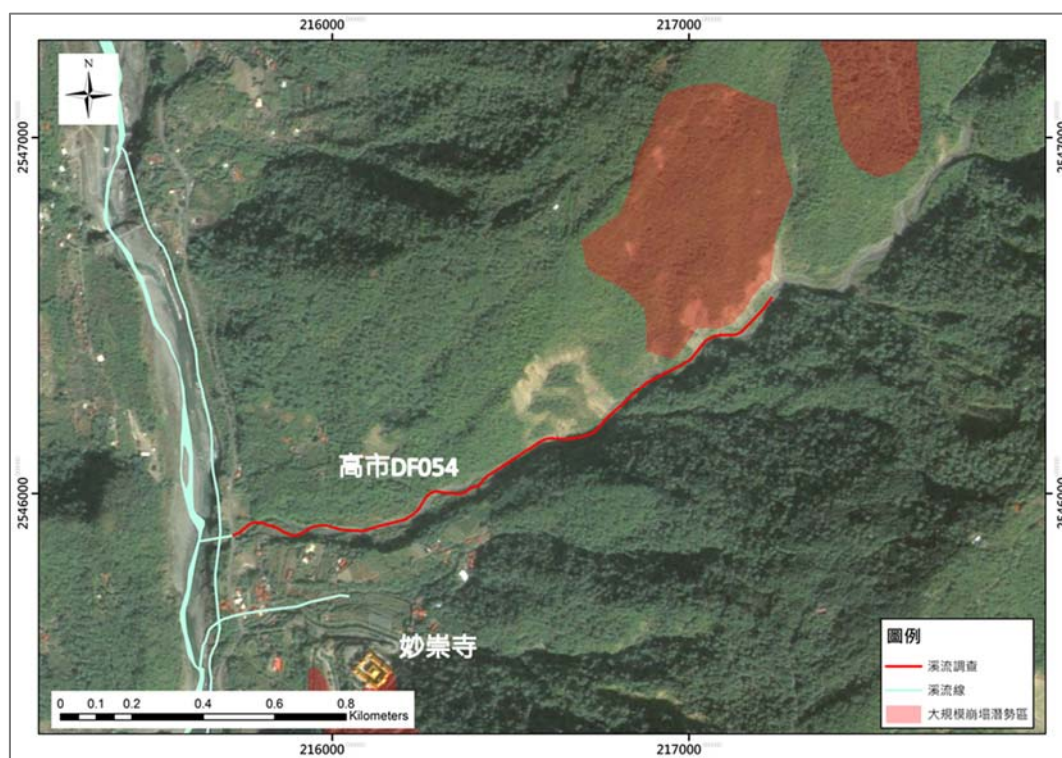


圖 7-2 高市 DF054 土石流潛勢溪流位置(衛星影像圖)

本研究區之導電度測量係以下游匯入主流為起點，並由溪流下游往溪流上游調查，溪流調查方向主要以量測電導度，溪流調查距離主要以超過大規模崩塌潛勢區，最長是以主河道內溪流無水體後便停止採樣紀錄；各個採樣前也與隨行兩位老師討論，採樣時會注意附近有無較明顯的崩塌地，故本次採樣點位置分布如下圖 7-3；圖中藍色點為主流河道內測量點、黃色點為主流側壁測量點及紅色區域為大規模崩塌潛勢區，故以黃色點主流側壁測量點代表該潛勢區流入主流前之電導度，其箭頭方向也代表；其現地情況以魚骨圖表示，如圖 5-6。

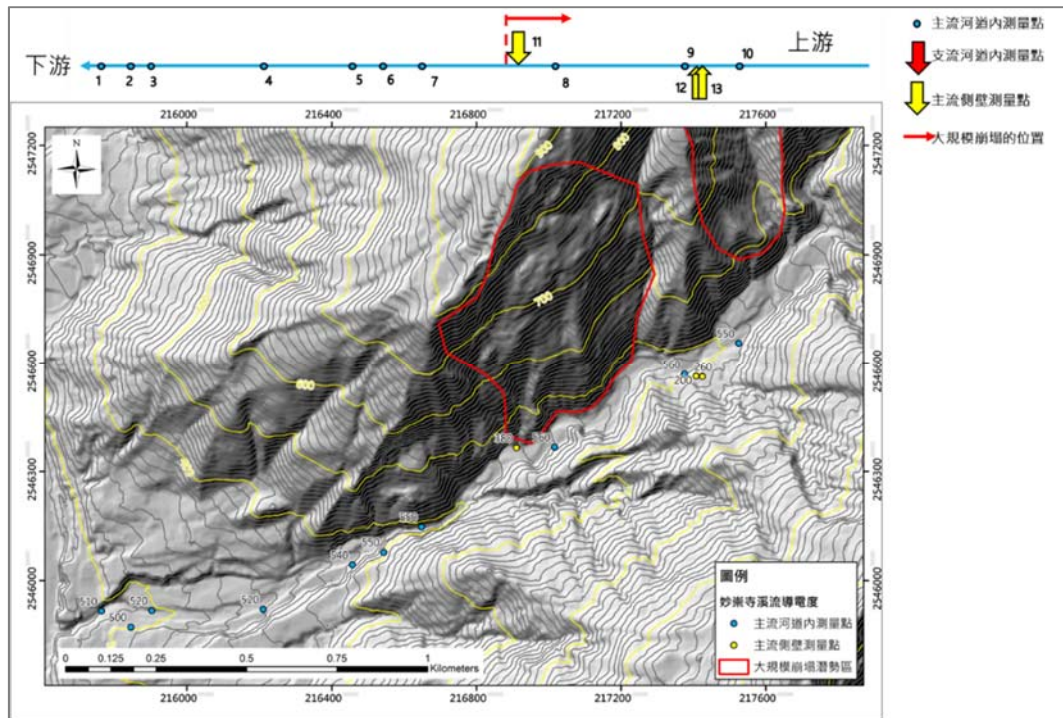


圖 7-3 高雄市六龜區興龍里溪流量測點位分布

貳、高雄市六龜區寶來里

高雄市六龜寶來里竹林地區主要位於荖濃溪中上游-美瓏溪，並位於荖濃溪Ω型轉彎處之東側，為一個東西向溪流，其集水區海拔高度由 400 至 1400 公尺之間，集水區面積大小約為 5.61 平方公里(及 561 公頃)，如圖 7-4，此溪流流域地質以潮州層為主，並且位於溪流上游左岸有一個大規模崩塌潛勢區，溪流兩岸坡面地形差別極大，溪流右岸坡面範圍較小、坡度較陡、整體地形較崎嶇；溪流左岸坡面範圍較大、坡度較緩；而此溪流 2009 年有受到莫拉克風災後發育多個大面積的崩塌發生。

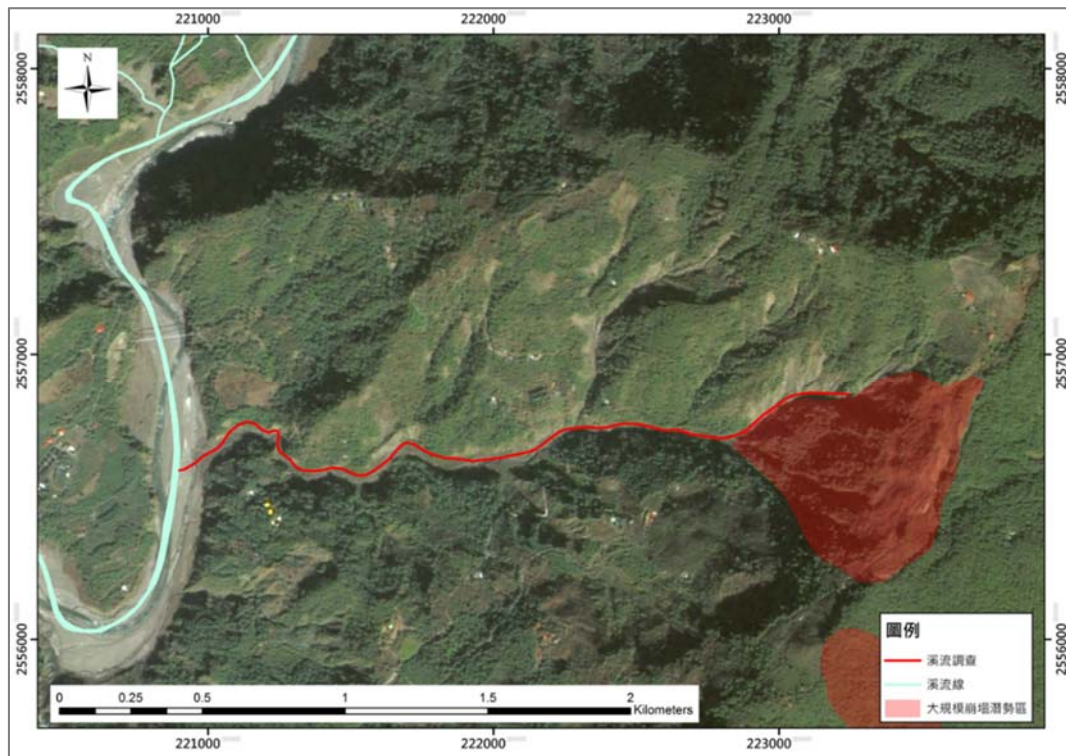


圖 7-4 美瓏溪溪流位置(衛星影像)

美瓏溪之調查為 2017 年 4 月，屬於乾季，所以主要調查溪流水體偏少不易觀測，其水位偏低，卻也較容易沿著溪流走至最上游的部份。測量點位分布主要先以下游為起點，並由溪流下游往溪流上游調查，溪流調查方向主要以量測電導度，溪流調查距離主要以超過大規模崩塌潛勢區，最長是以主河道內溪流無水體後便停止採樣紀錄。

以藍色的點代表主流河道測量點、黃色點代表主流側壁測量點及紅色點代表支流河道內測量點，箭頭的方向帶表會入主流之方向，如圖 7-5，由於此集水區右岸有一子集水區，並於 2009 年莫拉克風災後有發生崩塌，故另外進行子集水區的電導度量測(圖 7-6)。

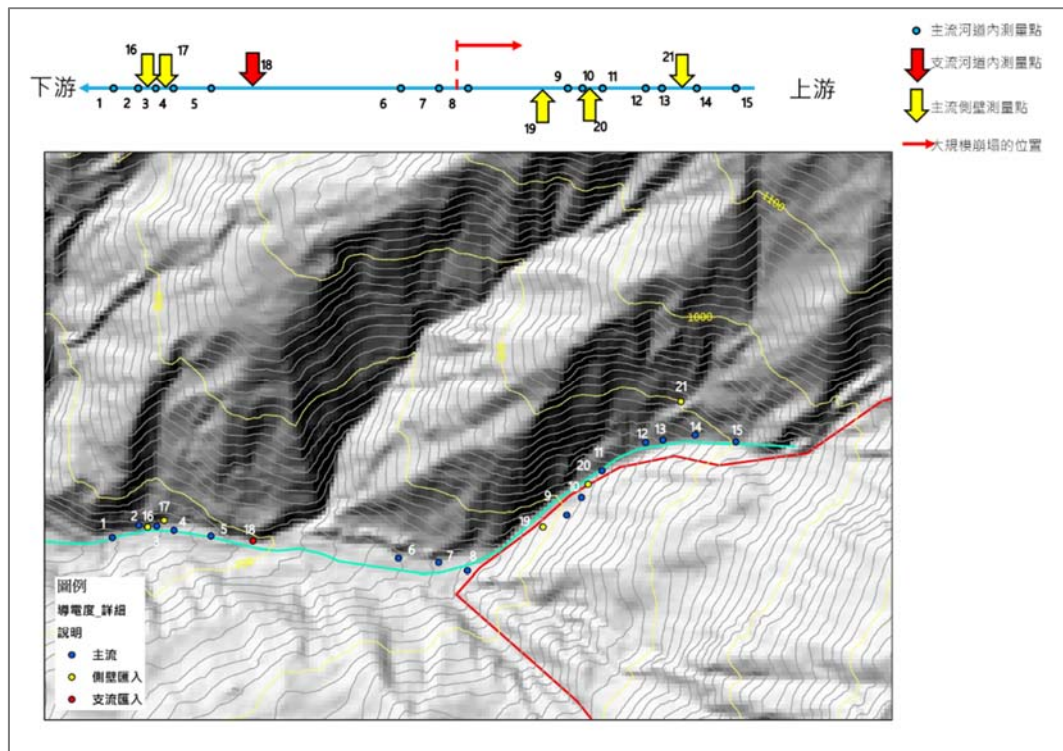


圖 7-5 高雄市六龜區寶來里溪流量測點位分布

參、南投縣仁愛鄉石灰坑野溪

南投縣仁愛鄉石灰坑野溪位於萬大溪集水區中，為南北向溪流，其集水區海拔高度由 1090 至 1840 公尺之間，集水區面積大小約為 68 公頃，如圖 7-6，此溪流流域地質以廬山層為主，岩性以硬頁岩為主，集水區恰位於兩處潛在大規模崩塌區中間(以石灰坑野溪為界)；而此野溪於莫拉克颱風期間有崩塌發生，今年 6 月梅雨期間亦有崩塌發生，崩落土石一度阻斷道路。



圖 7-6 石灰坑野溪溪流位置(衛星影像)

石灰坑之調查為 2017 年 10 月，屬於乾季，所以主要調查溪流水體偏少不易觀測。測量點位分布主要先與道路交會處為起點，並往溪流上游調查，溪流調查方向主要以量測電導度。

以藍色的點代表主流河道測量點、黃色點代表主流側壁測量點，如圖 7-6，由於此集水區左右岸各有一潛勢崩塌區，於 2009 年莫拉克風災後有發生崩塌，故另外進行子集水區的電導度量測(圖 7-7)。

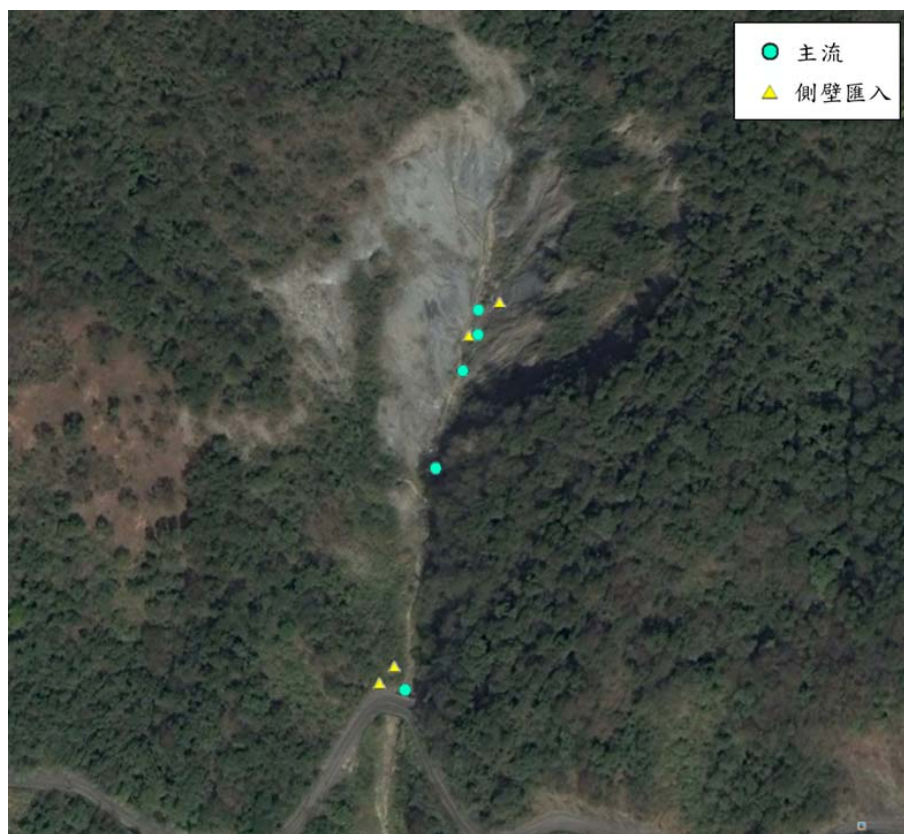


圖 7-7 南投縣仁愛鄉石灰坑野溪流量測點位分布

第三節 現地電導度變化

壹、高雄市六龜區興龍里調查成果

透過此次現地溪流調查，可以發現溪流上游兩岸皆有崩塌地，不只有左岸有大規模崩塌潛勢區，其右岸也有大範圍的崩塌發生，有可能是因為其地質走向關係。由於此集水區內包含另一個子集水區(編號 18 的位置)，此子集水區於 2009 年莫拉克颱風時，曾發生崩塌，故此點有相對高值匯入溪流主體內。以大規模崩塌潛勢區作分界線，可以發現當溪流水體流經潛勢區前後的電導度值趨勢為急速上升後緩慢下降。從溪流電導度圖可以發現此區溪流的電導度基值較前一節所討論的高出許多，並且可以發現儘管溪流中段存在大規模崩塌潛勢區但是其溪流匯入主流電導度與最上游電導度值並無太大的差別，如圖 7-8。

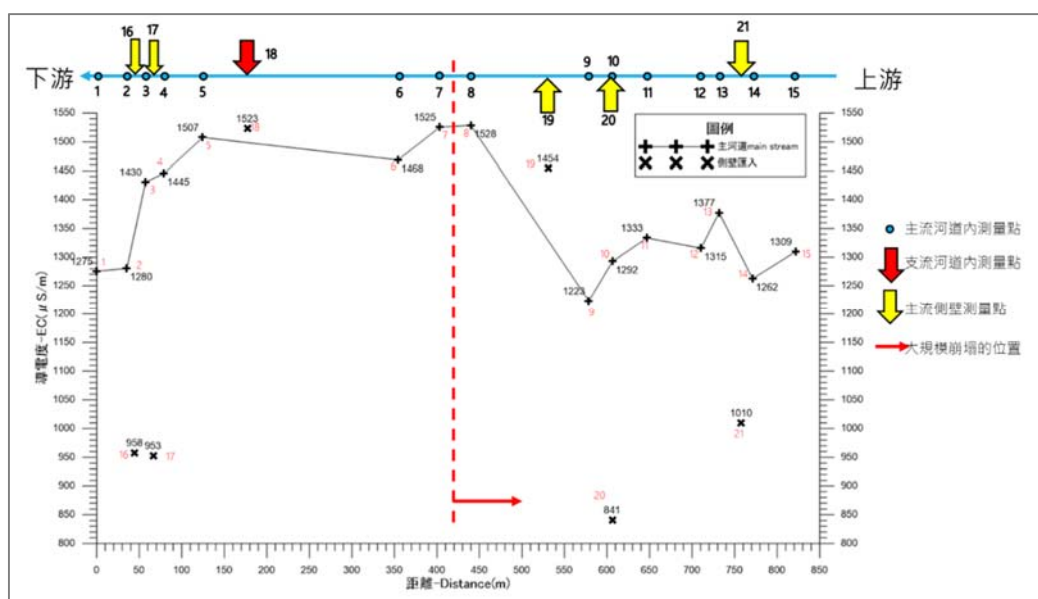


圖 7-8 高雄市六龜區興龍里溪流電導度值觀測成果

貳、高雄市六龜區寶來里調查成果

透過此次溪流調查，由於此溪流上游左岸為另一個子集水區，雖然當時無法採集該子集水區的溪流水體，導至此溪流上游部份電導度偏高；若是以大規模崩塌潛勢區當分界線，如圖 7-9 內虛線位置，可以發現當溪流水體從崩塌地上游至下游時，溪流電導度會有明顯的抬升，而且當溪流水體流過大規模崩塌潛勢區後，會有下降的情況發生；由此趨勢可以看出，當一溪流中上游有大規模崩塌潛勢區的話，雖然其溪流電導度值會受到崩塌地所流出的側壁影響，但是並非電導度會一直呈現該區域高值的狀態。

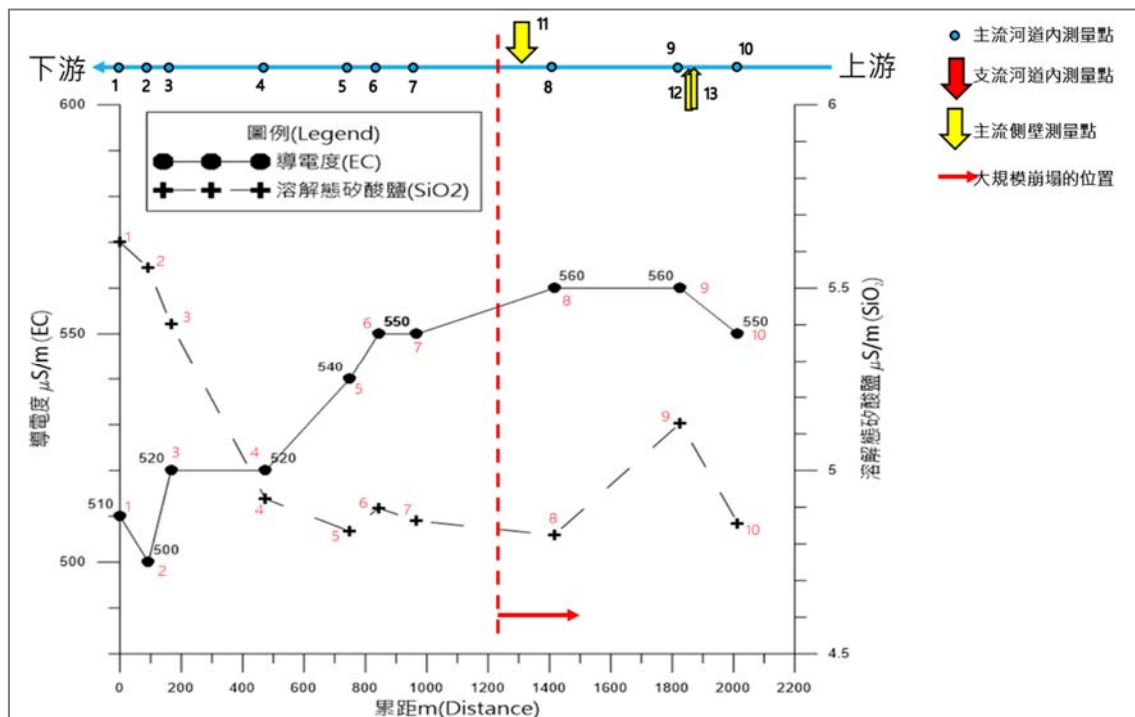


圖 7-9 高雄市六龜區寶來里溪流電導度值觀測成果

參、南投縣仁愛鄉石灰坑野溪調查成果

此次調查時間為汛期後，因此並無明顯水流，水流多由坡面滲出匯集，由於本溪流兩側坡面均為潛在大規模崩塌區，因此本區觀測之水樣應都夠其影響，因此本區調查後之水體電導度多屬於較高數值區域(900-1178)。

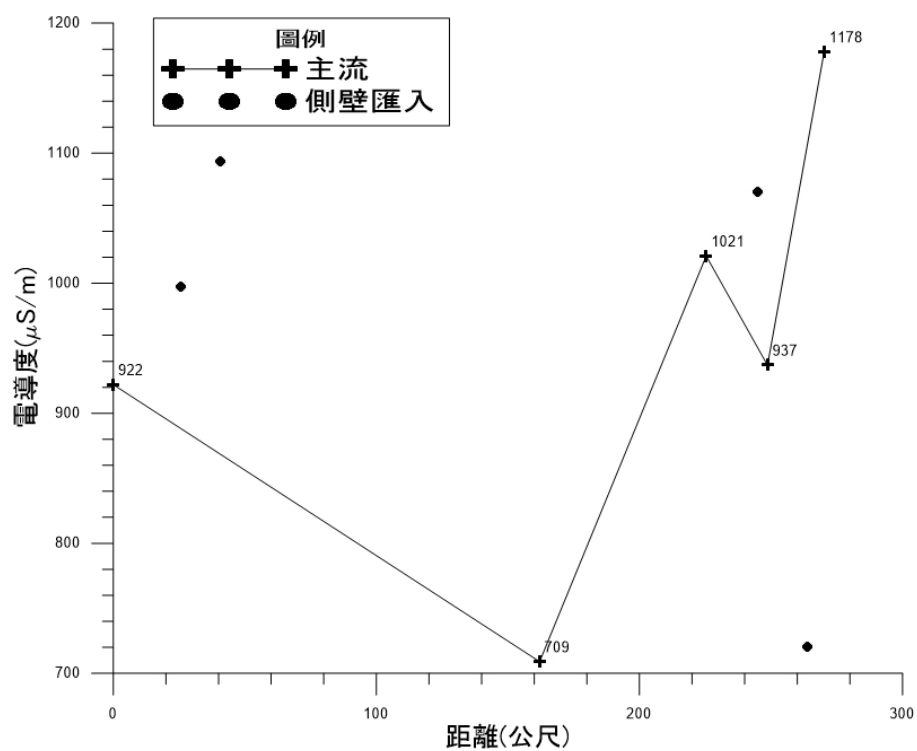


圖 7-10 南投縣仁愛鄉石灰坑溪流電導度觀測成果

第八章 結論與建議

第一節 結論

坡面湧水包含很多深層地下水的資訊，如流量、溫度、電導度值等訊號進行調查分析，預測深層崩壞危險度跟發生時間。根據以前山區溪流電導度空間分析的研究調查結果，電導度急增的地方其也越靠近崩塌發生位置(地頭菌隆，2012)。

本研究以現場調查的方式，將台灣南部、東部進行大範圍的水質調查，大範圍調查範圍包刮嘉義縣阿里山、高雄縣小林區、高雄縣六龜區、高雄縣茂林區、屏東縣來義部落、台東縣紅葉部落、台東縣大島部落…等，調查的水系包刮曾文溪上游流域、荖濃溪上游流域、濁口溪流域、林邊溪上游、北絲蘭溪、大鳥溪，小範圍調查包括高雄市寶來區竹林，以及高雄市六龜區妙崇寺旁，透過採集水樣品來分析溪流水內的電導度值(Electricity Conductivity, EC)、二氧化矽(溶解態矽酸鹽)(SiO₂)、酸鹼值(pH 值)、總固體溶解量(Total Dissolved Solid, TDS)、氧與氫的同位素，並以大規模崩塌區之上游、下游、主流中心、主流側壁及支流當作採樣地點，分別於曾文溪流域採 101 瓶、高屏溪流域採 210 瓶，林邊溪流域採 52 瓶、台東沿海採 52 瓶及濁水溪流域 38 瓶，共計 453 瓶。水樣品分析使用離子色譜法來測定水樣飲中的離子濃度，並使用電導度計量測水樣品中的電導度值；最後再依據 Piper 水質菱形圖，剔除受到人為活動影響或受到海水鹽化影響之水樣品，剔除了高屏溪流域 3 瓶、林邊流域 1 瓶及台東沿海地區 2 瓶，故本研究透過 447 瓶進行討論。

本研究的時間差異主要為乾季與濕季之分，濕季為 5 月至 9 月；從時間差異，可以發現乾季的電導度值大於濕季的電導度值，其導電度值相差約為 300 μ S/m，主要為是否受到降雨影響，乾季時溪流主要以地下水為主故測得之電導度值較高；本研究的空間差異為四大流域的差異；從空間差異，可以發現四大流域中，電導度值最高的為高屏溪流域、林邊溪流域、曾文溪流域及台東沿海地區，然而單就高屏溪流域內，其

美瓏溪流域與濁口溪流域的電導度值相差 $200\mu\text{S}/\text{m}$ ；

從溪流調查與導電度的關係可以發現，溪流的導電度值受到崩塌地湧水影響，當溪流越靠近崩塌地湧水其電導度值也越高，從 $1223\mu\text{S}/\text{m}$ 升高至 $1528\mu\text{S}/\text{m}$ ，其斜率約為 2.40，當溪流遠離崩塌地湧水其電導度值會降低，從 $1525\mu\text{S}/\text{m}$ 降低至 $1468\mu\text{S}/\text{m}$ ，其斜率約為 1.16；有些量測點儘管靠近大規模崩塌潛勢區，但是其量測出的電導度值較低，有可能是因為致災原因並非地下水升高所驅使，而是受到重力變形影響。

第二節 建議

壹、增加採樣位置空間分布

根據 Kosugi 之分析，電導度與湧水之關聯性在透水層及不透水層中間累積有大量地下水的地區特別有效，這在火成岩地區特別明顯，但對於砂岩或頁岩地區則需要持續地觀察才可確認。

本研究目前已完成台灣中、南部及東部地區之潛在大規模崩塌區水樣特徵調查為主，後續應持續增加台灣各地之水質特徵之調查。

貳、水文關聯性分析

大規模崩塌區電導度較高之主要原因為由潛勢區坡面流出的湧水跟雨水還有伏流水比起來電導度相當的高，因此實務上應該以湧水量作為大規模崩塌活動性之判斷，然在豪大雨期間流量觀測不易，因此如何透過電導度來觀測湧水量為後續應加強之工作，亦即將降雨量、地下水流量與電導度三因子之關聯性進行分析；未來調查點位選擇除了以大規模崩塌潛勢區，也可以應用山區地下水調查資料來篩選採樣點。

附錄一、期中審查意見辦理情形

開會地點：水土保持局第一會議室

開會時間：106 年 8 月 2 日上午 9 時

主持人：柯總工程司燦堂

委員意見	辦理情形
1. 題目針對深層崩塌，內文卻是大規模崩塌，宜一致。	本計畫研究對象係以深層崩塌為主，惟目前國內係以大規模崩塌為統稱，故文章內容以大規模崩塌為主，相關說明補充於報告第三章。
2. P7, 文謂“如圖 4 所示”，卻無該圖？	已重新檢視相關文字說明，文中描述應為圖 3-4 及圖 3-5。
3. 地下水大量流出與電導度增加之論述，所引用文獻及論述之邏輯性宜再斟酌。	Jitousono et al. (2015) 於提出坡面湧水之流量與深層崩塌區域降雨警戒值有關，初期由於降雨關係，導致坡面湧水流量上升，當坡面湧水突然急遽下降時，亦指坡面排水時造成坡面內有發聲管湧現象，其基岩造成破壞面產生，導致坡面排水受阻，地下水累積於土體內，導致地下水位湧升，進而引發大規模崩塌。
4. 圖 4-2 採樣地點與水質關係或水體分布之關係說法，有待商榷。	已重新檢視相關文字說明並進行修正，於坡面湧水處採集水體主要係用來判斷湧水來源（淺層或是深層地下水）；於溪流源頭進行採樣是為了釐清溪流水體初始值，若下游有明顯變化時，則表示有較深層之水體混入溪流；於下游溪流採樣是用來分別有無大規模崩塌潛勢區對於水質特徵之影響。

委員意見	辦理情形
5. 由水質變異來探討深層崩塌發生的可能性需有長期與廣泛的採樣調查，已採樣分析應為可行，可考慮先進行背景的建立。	目前針對已完成判釋之區域進行調查，本研究至今共完成 411 組水體樣本之採集。
6. 初步結果符合現況應有的情況，電導度應受背景水質影響，不可只用一個樣品或少數樣品做過多的推論。	目前針對電導度成果之使用，均透過不同採樣時間點與以檢核，並非以單一案例來做為說明。
7. 預定用砂箱試驗來模擬崩落地發生造成水質變化，做法上可能要再考慮土壤會產生吸附現象。	砂箱試驗係用來觀測降雨進入土體後浸泡時間對於水質特徵之變化情形，以定性瞭解為主要目標。
8. 對水質能否分析崩塌並作為預警指標，持保留態度。	目前成果與相關研究成果均顯示水質特徵與大規模崩塌之發生有相關之關聯性，然如何應用於豪大雨發生期間之預警使用，尚需相當研究工作之投入，目前計畫以基礎資料建立為主。
9. 採集溪水只能說流域的水質，但無法指出是那一處會發生崩塌。	目前針對崩塌發生之具體位置係參考潛勢區調查成果為主，因此採集水樣以潛勢區下游為主，並不直接討論崩塌本身之發生機制。
10. P31，如何建立電導度與崩塌之關係？電導度還受什麼條件的影響？	目前針對兩者關係之建立，初步先以定性分析為主，待相關資料累積足夠後，將嘗試結合降雨、地下水湧出量及水質特徵之關聯性建立。
11. Ch6，結論以電導度代表水質？還是地下水變化？	目前係以電導度作為水質特徵之一，與地下水位變化之關聯性尚未完成建立。
12. 水質是否有環境背景值？目前的變化到底是哪一種影響？	水質指標之背景值可以透過不同時間之觀測成果進行分析，就目前分析成果

委員意見	辦理情形
	來看，降雨會對不同季節之背景值產生變化。
13. 如何由坡面湧水處所採集的水體釐清源自於淺層或深層地下水，應於期末報告補充說明。	採集水體之來源判斷，主要係透過水體內離子解析成果進行分類，相關說明請參考成果報告 4-2 節。
14. 由下游溪流水體的明顯變化，如何得知受較深層水體混入的影響？宜加強論述。	有無深層水體混入下游溪流水體可透過採集水體之離子解析成果進行分類。
15. 各採樣點的地質條件差異將影像地下水體的移動，故應將各採樣點的地質條件詳加說明。	補充相關資料，如地質、採樣位置、高程分布等資料補充於採樣成果列表中。
16. 砂箱實驗是否可回饋主現場有待釐清，因試驗設計主導試驗的結果，應謹慎考慮。	砂箱試驗係用來觀測降雨進入土體後浸泡時間對於水質特徵之變化情形，以定性瞭解為主要目標。
17. 水質取樣分析是否有分析其內含之化學成分？如光憑電導度做判斷，是否合理？	水質取樣分析包含電導度與離子分析，電導度可於現地直接量測，而離子分析則須將水樣攜回後方可進行。
18. 較高之電導度值，有位於未發生崩塌及非位於大規模崩塌潛勢區內之情形，是否可將不同地質條件納入考量，以利將各流域易發生大崩塌之電導度值域分析歸納出。	後續會針對不同地質條件與電導度成果進行分析。
19. 本案太麻里沿海及斑鳩溪支採樣數建議可增加。	後續會持續針對已採樣之地點進行追蹤，以釐清水質特徵於時間上之變異。
20. P33 第三段文字“乾季為 5 月至 9 月”，應有誤，請修正。	依委員建議重新檢視相關文字並進行修正。

附錄二、期末審查意見辦理情形

開會地點：水土保持局第一會議室

開會時間：106 年 11 月 29 日上午 9 時

主持人：柯總工程司燦堂

委員意見	辦理情形
1. 本計畫以學術研究之角度進行研究，惟其學理基礎尚嫌薄弱，有待加強。	本研究補充相關前人文獻採用之學理依據於文獻回顧章節。
2. 本案取用之電導度值預測崩塌，此值易受環境因素干擾而失準，建議從基礎學理探討起。	目前針對電導度之預測，確實如委員所述易受環境因素之干擾，因此目前規劃係以多點、多時期之追蹤為主，待確定相關數據之穩定性後對於實際落實方有一定之依據。
3. 本計畫想驗證何成果，應於報告中明確說明。	本研究初步先以潛在大規模崩塌區之水質指標(電導度)觀測為主，後續會再與其他離子建立關係。
4. 本計畫預估三年完成，然第一年完成何項目均未說明。	本年度主要目標為廣域水質指標資料庫之建立，目前已完成全國共 447 件有效樣本之採集。
5. P8，提到「滲水流水錘現象是快速崩塌現象發生的重要機制」此理論似乎有問題，請重新檢視說明。	目前此理論係相關學者所提出之理論，並非本計畫所提理論。
6. 本案屬新概念的實施，長期會有助於新技術的發展。	謝謝委員肯定。
7. 依據 P22 的論述，電導度值在目前的研究範圍並未有具體結論，因此建議最後結論應保守一點。	計畫目前係以初步資料庫建立為主，會議委員建議修正相關結論之文字說明。
8. 請在 P23 Fig5-3 補充說明各流域的	根據採樣日期增補各流域之狀況於途

委員意見	辦理情形
狀態。	5-3。
9. 潛在大規模崩塌率定義，不能表達崩塌趨勢或結果，所以未必具影響電導度。	目前潛在大規模崩塌率主要係用來評斷集水區內是否有無潛在大規模崩塌區之差異性，就成果來看確實有其差異性。
10. P28，Fig6-3 崩塌率及電導度，這裡的崩塌率是指潛勢崩塌率，不是真的崩塌率。因此在結論上未必相關，論述要嚴謹。	針對目前分析方式確實是以潛在大規模崩塌區之為主，並非直接崩塌之影響，相關文字予以修正。
11. 未來的方向應該要如何聚焦、如何釐清問題？	目前規劃係以潛在大規模崩塌區之預警方法建置為主要目標，希望透過電導度等水質指標之觀測做為潛勢區活動性變化之參考依據，因此後續會依據目前觀測成果，選定示範區進行水質指標之連續觀測，做為活動性變化追蹤之基礎。
12. 本案為執行的第一年，以目前利用水質的特徵變化尋求深層崩塌的關聯性，目前仍存在不確定性以及取樣地點水質背景值與變化值之間的問題。	目前針對取樣地點透過本年度執行後，對於潛在大規模崩塌區活動性追蹤之取樣位置建議以坡趾河道出口即可，因此後續會依此原則進行追蹤，以增加分析成果之可信度。
13. 屬應用型研究，目前已獲知電導度與崩塌率之間的線性關係，但仍需再深入確認，以免未來誤導實務應用。	目前針對電導度高地與潛在崩塌率確實有不錯之正向關聯性，後續會針對選定示範區進一步釐清水質指標在時間上之差異性。
14. 本年度的研究成果對於前瞻策略擬定的貢獻無法預見，期待後來研究成	謝謝委員鼓勵。

委員意見	辦理情形
果完善後，並經國內外相關研究的技術與經驗交流，也許可以做為崩塌預警所使用。	
15. 電導與崩塌潛勢區之關聯性似有初步成果，惟採樣及分析之嚴謹性可再討論。	針對採樣以增列標準作業流程以供後續作業參考。
16. 自評表上有發表國內(外)期刊並於研討會發表，但未見佐證，建議成果報告時宜補上。	以補充相關發表資料，請參考成果報告附錄四。
17. 本計畫已初步完成中、南、東部之集水區電導度與大規模崩塌關聯性，若研究較具成果時或可作為大規模崩塌之研判機制之一。	謝謝委員肯定。
18. 集水區的水文特性未深入探討，建議未來再深入研究。	針對水文特性部分，目前以相關文獻蒐集為主要工作。下年度工作於示範區選定後會針對水文特性進行分析。
19. 對於深層崩塌與水質變化之關聯性或可作為未來大規模崩塌相關計畫的執行參考。	謝謝委員肯定。
20. 建請參照本局規定之格式製作委辦計畫，如封面、中英摘要、期出及期中審查意見回復。	依委員建議辦理。
21. 錯誤如下，請修正 甲、圖次：圖 3-8~3-10 及圖 4-1~圖 4-6 編號有誤。 乙、P4 第 1 行，為建立為了瞭?詞意不清；第十行掌握式→掌握是。	已重新檢視及修正相關文字說明。

委員意見	辦理情形
丙、P7 倒數第 3 行圖 4→圖 3-4。	
22. 成果報告請雙面影印，報告中之圖請放大，以能看清楚為原則，如 P6。	依委員建議辦理。
23. 本計畫題目為「…區域水文及水質特徵…」，惟內容中只提及水質，請增補有關水文一節，以符合題意。	針對水文部分，主要列為第二年工作項目，目前以文獻蒐集為主，請參報告 3.4 節。

附錄三、本年度採集水樣基本資料

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
1	214630	2561109	五子寮北	旗山溪	高屏溪	糖恩山砂岩	厚層砂岩和泥質砂岩	370
2	214566	2561109	五子寮北	旗山溪	高屏溪	糖恩山砂岩	厚層砂岩和泥質砂岩	440
3	214752	2561257	五子寮北	旗山溪	高屏溪	糖恩山砂岩	厚層砂岩和泥質砂岩	370
4	214789	2561197	五子寮北	旗山溪	高屏溪	糖恩山砂岩	厚層砂岩和泥質砂岩	370
5	214471	2560955	五子寮北	旗山溪	高屏溪	糖恩山砂岩	厚層砂岩和泥質砂岩	360
6	210784	2555085	芝埔溪	旗山溪	高屏溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	370
7	211014	2555199	芝埔溪	旗山溪	高屏溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	370
8	211055	2555239	芝埔溪	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	340
9	214552	2531562	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	350
10	215831	2532418	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	350
11	216380	2533429	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	320
12	216359	2533387	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	330
13	216748	2533781	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	350
14	217464	2533639	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	800

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
15	217463	2533760	真我山	荖濃溪	高屏溪	階地堆積層	泥、砂及礫石	970
16	217485	2534939	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	675
17	217511	2534919	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	415
18	215756	2531243	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	420
19	215771	2531310	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	300
20	222168	2556442	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	128
21	222247	2556594	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	490
22	222295	2556670	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	430
23	222402	2556753	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	400
24	222396	2556713	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	390
25	215767	2530607	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	430
26	218958	2554180	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	500
27	215774	2492162	義林	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	160
28	215810	2492204	義林	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	250

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
29	216188	2492347	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	270
30	216223	2492371	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	240
31	216364	2492112	義林	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	199
32	216726	2491780	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	250
33	216805	2492045	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	220
34	216893	2492182	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	380
35	217123	2492154	義林	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	200
36	217422	2492244	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	240
37	217459	2492240	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	310
38	217485	2492226	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	400
39	217502	2492198	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	330
40	217521	2492174	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	330
41	217512	2492066	義林	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	340
42	217821	2491865	來義	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	290

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
43	217782	2491987	來社溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	295
44	214610	2491875	義林	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	280
45	215861	2532390	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	270
46	216357	2533453	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	390
47	216878	2534028	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	350
48	217951	2534429	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	510
49	218273	2535033	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	530
50	218238	2534887	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	510
51	218117	2534839	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	430
52	216408	2513759	隘寮北溪	隘寮溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	144
53	216340	2513849	隘寮北溪	隘寮溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	490
54	216457	2514040	隘寮北溪	隘寮溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	500
55	216632	2514320	隘寮北溪	隘寮溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	490
56	216795	2514482	隘寮北溪	隘寮溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	500

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
57	217004	2514637	隘寮北溪	隘寮溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	500
58	217091	2514676	隘寮北溪	隘寮溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	500
59	215386	2546861	花果山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	450
60	215764	2545915	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	510
61	215845	2545871	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	500
62	215903	2545917	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	520
63	216211	2545920	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	520
64	216457	2546043	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	540
65	216544	2546077	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	550
66	216648	2546146	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	550
67	216850	2546206	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	380
68	217016	2546367	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	560
69	217525	2546656	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	550
70	217503	2546578	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	520

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
71	217444	2546592	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	570
72	217424	2546562	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	260
73	217407	2546564	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	200
74	217375	2546569	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	560
75	214869	2545058	兔和山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	620
76	214869	2545159	兔和山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	460
77	214562	2545147	兔和山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	480
78	217925	2492044	來社溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	350
79	218349	2492527	來社溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	350
80	218346	2492678	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	460
81	218368	2492702	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	460
82	218404	2492702	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	500
83	218466	2492621	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	350
84	218554	2492684	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	690

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
85	218562	2492594	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	350
86	218702	2492411	來社溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	340
87	218787	2492318	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	330
88	219829	2491682	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	390
89	220156	2491894	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	290
90	219868	2491758	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	310
91	214784	2492094	義林	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	450
92	214928	2492197	瓦魯斯溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	450
93	219221	2491929	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	230
94	210524	2554990	芝埔溪	旗山溪	高屏溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	800
95	210404	2555056	芝埔溪	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	510
96	210389	2554992	芝埔溪	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	540
97	213025	2561955	小林	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	430
98	212878	2561626	五星埔	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	420

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
99	217838	2567488	安輪名山	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	470
100	217781	2567561	安輪名山	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	420
101	217750	2567461	安輪名山	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	440
102	217793	2567451	安輪名山	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	480
103	217747	2567142	安輪名山	旗山溪	高屏溪	紅花子層	厚層粉砂岩，及粉砂岩和砂岩厚互層	490
104	217593	2567121	安輪名山	旗山溪	高屏溪	紅花子層	厚層粉砂岩，及粉砂岩和砂岩厚互層	420
105	217658	2567098	安輪名山	旗山溪	高屏溪	紅花子層	厚層粉砂岩，及粉砂岩和砂岩厚互層	580
106	217700	2567103	安輪名山	旗山溪	高屏溪	紅花子層	厚層粉砂岩，及粉砂岩和砂岩厚互層	610
107	222161	2556441	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	520
108	222326	2556632	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	390
109	222305	2556815	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	620
110	222462	2556790	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	680
111	222697	2556779	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	1000
112	222700	2556718	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	850

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
113	222872	2556657	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	870
114	222871	2556720	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	890
115	222934	2556666	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	870
116	222927	2556750	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	1150
117	221000	2555829	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	850
118	221126	2556105	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	830
119	223720	2554582	東藤枝	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	660
120	223500	2554597	東藤枝	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	220
121	220792	2556177	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	420
122	218997	2556129	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	570
123	218915	2556224	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	420
124	218982	2554243	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	710
125	219046	2553911	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	700
126	218955	2553969	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	760

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
127	218919	2553559	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	570
128	218258	2553067	美輪山	荖濃溪	高屏溪	階地堆積層	泥、砂及礫石	510
129	218003	2553127	美輪山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	440
130	218003	2553127	美輪山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	530
131	218003	2553127	美輪山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	440
132	218410	2552724	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	490
133	218134	2552054	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	660
134	217528	2551456	美輪山	荖濃溪	高屏溪	階地堆積層	泥、砂及礫石	650
135	217367	2551697	美輪山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	560
136	217968	2551190	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	580
137	214690	2552166	花果山	荖濃溪	高屏溪	長枝坑層	砂岩及頁岩互層	610
138	217999	2551227	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	530
139	218204	2551266	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	740
140	218306	2551322	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	990

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
141	218484	2551232	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	630
142	218780	2551264	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	670
143	218780	2551264	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	660
144	218784	2551176	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	640
145	218869	2551079	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	580
146	218967	2551040	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	520
147	218997	2551096	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	660
148	219351	2551220	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	480
149	219383	2551245	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	410
150	219354	2551227	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	500
151	219358	2551233	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	450
152	219362	2551237	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	370
153	219447	2551152	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	680
154	219445	2551222	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	500

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
155	219355	2551186	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	670
156	218352	2551219	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	790
157	218332	2551236	美輪山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	800
158	217310	2550913	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	620
159	216987	2550308	花果山	荖濃溪	高屏溪	階地堆積層	泥、砂及礫石	660
160	216707	2549422	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	430
161	216726	2549527	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	610
162	216656	2549492	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	450
163	216562	2549503	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	570
164	215931	2550355	花果山	荖濃溪	高屏溪	階地堆積層	泥、砂及礫石	560
165	216316	2550026	花果山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	440
166	216343	2551437	花果山	荖濃溪	高屏溪	階地堆積層	泥、砂及礫石	550
167	216324	2551509	花果山	荖濃溪	高屏溪	階地堆積層	泥、砂及礫石	570
168	216295	2551473	花果山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	540

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
169	215314	2552333	花果山	荖濃溪	高屏溪	長枝坑層	砂岩及頁岩互層	600
170	207747	2552938	南平埔	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	590
171	207790	2552877	南平埔	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	590
172	207726	2552731	南平埔	旗山溪	高屏溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	320
173	207697	2552642	南平埔	旗山溪	高屏溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	0
174	217785	2491895	來義	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	370
175	217818	2492014	來社溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	330
176	217932	2492041	來社溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	330
177	218188	2492336	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	270
178	218134	2492535	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	300
179	218366	2492680	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	410
180	218380	2492681	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	410
181	218412	2492710	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	470
182	218377	2492738	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	430

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
183	218410	2492772	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	470
184	218556	2492680	來社溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	600
185	217932	2492041	來社溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	310
186	217818	2492014	來社溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	310
187	217515	2492127	義林	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	330
188	217424	2492129	義林	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	340
189	214979	2492122	義林	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	350
190	214932	2492183	義林	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	280
191	214821	2492122	瓦魯斯溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	330
192	216892	2534056	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	400
193	216879	2534043	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	390
194	217498	2533615	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	520
195	217394	2534636	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	550
196	217934	2534427	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	420

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
197	218084	2534829	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	290
198	218082	2534834	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	300
199	218136	2534999	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	310
200	215634	2531248	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	440
201	218838	2556008	美輪山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	450
202	222166	2556443	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	460
203	222133	2556427	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	760
204	222306	2556671	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	350
205	222434	2556686	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	630
206	222443	2556776	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	570
207	222487	2556792	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	670
208	222480	2556770	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	570
209	222527	2556717	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	780
210	222785	2556688	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	680

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
211	222906	2556720	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	1110
212	210711	2555023	芝埔溪	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	780
213	210931	2555207	芝埔溪	旗山溪	高屏溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	740
214	210010	2554359	油礦溪	旗山溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	560
215	241815	2477770	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	460
216	241606	2477380	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	390
217	240772	2476470	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	沖積層	礫石、砂及粘土	420
218	240601	2476750	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	430
219	240398	2476620	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	370
220	240270	2476420	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	230
221	240251	2476410	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	260
222	239699	2476890	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	230
223	239596	2477240	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	240
224	239594	2477380	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	290

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
225	239607	2477380	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	240
226	239605	2477370	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	260
227	239416	2477350	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	300
228	239019	2477390	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	122
229	238984	2477080	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	136
230	238999	2477360	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	86
231	238959	2476950	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	144
232	240055	2475980	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	沖積層	礫石、砂及粘土	260
233	240035	2475820	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	沖積層	礫石、砂及粘土	240
234	240049	2475860	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	沖積層	礫石、砂及粘土	173
235	240144	2475850	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	沖積層	礫石、砂及粘土	178
236	242038	2483600	大溪	大竹溪	大竹溪	沖積層	礫石、砂及粘土	1210
237	241723	2483090	大溪	大竹溪	大竹溪	潮州層	透鏡狀砂岩體	300
238	241692	2483020	大溪	大竹溪	大竹溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	230

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
239	241629	2482960	大溪	大竹溪	大竹溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	220
240	241596	2482970	大溪	大竹溪	大竹溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	220
241	241706	2483100	大溪	大竹溪	大竹溪	潮州層	透鏡狀砂岩體	220
242	241706	2483100	大溪	大竹溪	大竹溪	潮州層	透鏡狀砂岩體	230
243	242053	2483780	大溪	大竹溪	大竹溪	沖積層	礫石、砂及粘土	240
244	243477	2484390	大溪	大竹溪	大竹溪	沖積層	礫石、砂及粘土	260
245	256168	2532660	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	490
246	256159	2532640	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	440
247	256125	2532630	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	460
248	256203	2532640	桃源	卑南溪	卑南溪	階地堆積層	礫石、砂、粉砂及粘土	470
249	256166	2532790	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	310
250	256166	2532800	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	260
251	256845	2532120	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	310
252	256880	2532200	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	370

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
253	256899	2532230	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	410
254	257115	2532140	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	390
255	257031	2532090	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	480
256	258601	2529410	萬萬	太平溪	斑鳩溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	58
257	258778	2528930	萬萬	太平溪	斑鳩溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	139
258	249048	2509580	知本溪	知本溪	知本溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	940
259	249045	2509570	知本溪	知本溪	知本溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	890
260	249126	2510090	知本溪	知本溪	知本溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	750
261	249174	2510260	知本溪	知本溪	知本溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	400
262	249272	2510240	知本溪	知本溪	知本溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	280
263	249146	2510290	知本溪	知本溪	知本溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	310
264	249362	2509570	知本溪	知本溪	知本溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	280
265	249212	2509360	知本溪	知本溪	知本溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	158
266	253571	2507670	太麻里沿海	太麻里沿海	太麻里沿海	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	370

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
267	214594	2560740	五子寮北	旗山溪	高屏溪	糖恩山砂岩	厚層砂岩和泥質砂岩	370
268	214587	2560760	五子寮北	旗山溪	高屏溪	糖恩山砂岩	厚層砂岩和泥質砂岩	350
269	214558	2560800	五子寮北	旗山溪	高屏溪	糖恩山砂岩	厚層砂岩和泥質砂岩	350
270	214533	2560810	五子寮北	旗山溪	高屏溪	糖恩山砂岩	厚層砂岩和泥質砂岩	370
271	214350	2560850	五子寮北	旗山溪	高屏溪	糖恩山砂岩	厚層砂岩和泥質砂岩	330
272	203431	2590552	石石弄溪	八掌溪	八掌溪	沖積層	礫石、砂、粉砂及黏土	420
273	206455	2588584	藤寮仔	八掌溪	八掌溪	鳥嘴層	泥質砂岩、砂質頁岩及厚砂岩	350
274	206401	2588573	藤寮仔	八掌溪	八掌溪	鳥嘴層	泥質砂岩、砂質頁岩及厚砂岩	360
275	206426	2588649	藤寮仔	八掌溪	八掌溪	鳥嘴層	泥質砂岩、砂質頁岩及厚砂岩	350
276	206584	2586760	藤寮仔	八掌溪	八掌溪	糖恩山砂岩	厚層塊狀砂岩和泥質砂岩	280
277	209648	2585261	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	糖恩山砂岩	厚層塊狀砂岩和泥質砂岩	430
278	210201	2586287	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	480
279	210241	2586217	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	糖恩山砂岩	厚層塊狀砂岩和泥質砂岩	340
280	210142	2584478	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	鹽水坑頁岩	塊狀頁岩，偶夾薄層粉砂岩	520

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
281	210567	2583199	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	350
282	210425	2580799	烏埔	曾文水庫	曾文溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	500
283	210447	2580788	烏埔	曾文水庫	曾文溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	430
284	210469	2580856	烏埔	曾文水庫	曾文溪	水體	水體	400
285	210280	2580806	烏埔	曾文水庫	曾文溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	680
286	211439	2578776	大埔	曾文水庫	曾文溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	460
287	220903	2589173	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	290
288	220908	2589213	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	290
289	221676	2589188	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	190
290	221865	2589033	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	200
291	222050	2588994	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	240
292	222063	2588988	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	230
293	221773	2588876	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	165
294	221709	2588830	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	152

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
295	220902	2588589	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	200
296	220860	2588660	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	174
297	221066	2588564	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	165
298	220971	2588408	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	200
299	221960	2588999	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	210
300	221660	2589274	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	188
301	221676	2589283	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	210
302	221687	2589265	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	187
303	221698	2589310	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	183
304	221700	2589641	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	119
305	221556	2590015	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	113
306	221677	2589983	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	44
307	222054	2590501	里佳	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	146
308	222973	2591979	草山	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	149

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
309	223382	2591955	草山	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	139
310	223774	2592383	草山	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	340
311	224030	2594275	達邦	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	320
312	224402	2595039	達邦	曾文水庫	曾文溪	南莊層	砂岩及頁岩互層，含煤層	390
313	224189	2594529	達邦	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	300
314	223412	2594241	達邦	曾文水庫	曾文溪	沖積層	礫石、砂、粉砂及黏土	410
315	223443	2594111	達邦	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	320
316	223406	2594056	達邦	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	270
317	223332	2594041	達邦	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	490
318	223006	2594396	達邦	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	460
319	222842	2594309	達邦	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	520
320	222090	2594352	石壁	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	390
321	221834	2594262	石壁	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	270
322	220713	2594441	湖底橋	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	300

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
323	220754	2594381	湖底橋	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	176
324	220442	2595397	湖底橋	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	360
325	217558	2594410	石壁	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	210
326	214758	2590400	石壁	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	187
327	214341	2588882	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	400
328	214306	2588612	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	220
329	214687	2588740	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	166
330	214942	2588902	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	180
331	215016	2588916	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	172
332	214909	2589318	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	360
333	215274	2588576	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	490
334	215445	2588679	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	420
335	215481	2588586	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	450
336	215765	2587710	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	440

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
337	216157	2587710	龍美	曾文水庫	曾文溪	糖恩山砂岩	厚層塊狀砂岩和泥質砂岩	410
338	216156	2587247	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	430
339	215798	2587249	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	410
340	215175	2586972	龍美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	310
341	216904	2596062	石卓	八掌溪	八掌溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	330
342	216920	2586287	山美橋	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	330
343	216920	2586287	山美橋	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	250
344	216464	2585703	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	300
345	216767	2585008	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	420
346	216784	2585040	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	540
347	217065	2584603	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	320
348	217253	2583969	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	290
349	217554	2583818	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	220
350	217526	2583823	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	270

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
351	217606	2583229	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	860
352	217871	2583094	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	640
353	218038	2582789	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	370
354	218034	2582769	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	370
355	218057	2582725	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	380
356	218417	2582214	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	290
357	218452	2582185	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	290
358	217947	2581799	新美	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	460
359	217398	2580866	卓武山	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	330
360	216664	2579711	卓武山	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	350
361	216624	2579734	卓武山	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	240
362	216543	2579328	卓武山	曾文水庫	曾文溪	階地堆積層	砂、粉砂、泥及礫石	440
363	216475	2578865	卓武山	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	370
364	216085	2577341	卓武山	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	310

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
365	215148	2576986	玉打山	曾文水庫	曾文溪	階地堆積層	砂、粉砂、泥及礫石	480
366	214910	2576759	黃狗坑吊橋	曾文水庫	曾文溪	階地堆積層	砂、粉砂、泥及礫石	380
367	214797	2576765	黃狗坑吊橋	曾文水庫	曾文溪	沖積層	礫石、砂、粉砂及黏土	350
368	230670	2601678	阿里山溪	清水溪	濁水溪	南莊層	砂岩及頁岩互層	116
369	230729	2601476	阿里山溪	清水溪	濁水溪	南莊層	砂岩及頁岩互層	98
370	230400	2601714	阿里山溪	清水溪	濁水溪	南莊層	砂岩及頁岩互層	145
371	213030	2588123	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	800
372	213021	2587807	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	185
373	212293	2588062	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	108
374	211607	2588283	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	420
375	211143	2587605	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	隘寮腳層	粉砂岩和頁岩薄互層	122
376	210316	2586769	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	460
377	210307	2586763	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	660
378	210273	2586589	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	長枝坑層	砂岩及砂頁岩互層	260

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
379	210871	2584799	山黃麻湖	曾文水庫	曾文溪	鹽水坑頁岩	塊狀頁岩，偶夾薄層粉砂岩	380
380	222151	2556435	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	410
381	222130	2556443	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	410
382	222257	2556584	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	380
383	222232	2556574	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	340
384	221334	2555117	東藤枝	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	600
385	221338	2555120	東藤枝	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	530
386	221190	2555053	東藤枝	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	660
387	215781	2532388	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	270
388	215768	2532323	真我山	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	410
389	268967	2657464	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	沖積層	礫石、砂及黏土	374
390	269408	2657096	馬海僕溪	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	101
391	268977	2657485	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	沖積層	礫石、砂及黏土	461
392	268738	2657579	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	1515

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
393	268750	2657579	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	1163
394	265582	2660992	梅木	南港溪	烏溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	324
395	265794	2661190	梅木	南港溪	烏溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	398
396	263137	2655662	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	427
397	263048	2654187	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	799
398	263019	2654142	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	809
399	263049	2654204	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	1033
400	263038	2654152	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	802
401	263202	2653686	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	862
402	263209	2653689	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	915
403	263215	2653693	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	758
404	263235	2653750	萬大水庫	霧社水庫	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	987
405	265895	2650439	腦寮溪	武界調整池	濁水溪	大禹嶺層	板岩、千枚岩及變質砂岩	922
406	265880	2650418	腦寮溪	武界調整池	濁水溪	大禹嶺層	板岩、千枚岩及變質砂岩	997

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
407	265895	2650417	腦寮溪	武界調整池	濁水溪	大禹嶺層	板岩、千枚岩及變質砂岩	1094
408	265912	2650537	腦寮溪	武界調整池	濁水溪	大禹嶺層	板岩、千枚岩及變質砂岩	709
409	265929	2650598	腦寮溪	武界調整池	濁水溪	大禹嶺層	板岩、千枚岩及變質砂岩	1021
410	265937	2650616	腦寮溪	武界調整池	濁水溪	大禹嶺層	板岩、千枚岩及變質砂岩	1070
411	265939	2650619	腦寮溪	武界調整池	濁水溪	大禹嶺層	板岩、千枚岩及變質砂岩	937
412	265945	2650633	腦寮溪	武界調整池	濁水溪	大禹嶺層	板岩、千枚岩及變質砂岩	720
413	265939	2650635	腦寮溪	武界調整池	濁水溪	大禹嶺層	板岩、千枚岩及變質砂岩	1178
414	255803	2642827	武界	武界調整池	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	751
415	256871	2641939	武界	武界調整池	濁水溪	廬山層	板岩及變質砂岩與板岩薄互層	500
416	237595	2629220	南平坑	陳有蘭溪	濁水溪	白冷層	厚層石英岩質砂岩與長石質砂岩	88
417	239797	2608270	東埔二號橋	陳有蘭溪	濁水溪	深坑砂岩	厚砂岩及頁岩，含化石富集層	322
418	239786	2608238	東埔二號橋	陳有蘭溪	濁水溪	深坑砂岩	厚砂岩及頁岩，含化石富集層	440
419	242890	2606441	八頂溪	陳有蘭溪	濁水溪	十八重溪層	板岩與薄層砂岩或粉砂岩互層	178
420	240845	2608146	東埔二號橋	陳有蘭溪	濁水溪	深坑砂岩	厚砂岩及頁岩，含化石富集層	216

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
421	240958	2608268	東埔二號橋	陳有蘭溪	濁水溪	深坑砂岩	厚砂岩及頁岩，含化石富集層	290
422	240980	2608246	東埔二號橋	陳有蘭溪	濁水溪	深坑砂岩	厚砂岩及頁岩，含化石富集層	601
423	240855	2608194	東埔二號橋	陳有蘭溪	濁水溪	深坑砂岩	厚砂岩及頁岩，含化石富集層	313
424	240402	2608498	東埔二號橋	陳有蘭溪	濁水溪	深坑砂岩	厚砂岩及頁岩，含化石富集層	705
425	240367	2608576	東埔二號橋	陳有蘭溪	濁水溪	深坑砂岩	厚砂岩及頁岩，含化石富集層	616
426	239813	2609078	東埔二號橋	陳有蘭溪	濁水溪	深坑砂岩	厚砂岩及頁岩，含化石富集層	542
427	222177	2556428	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	470
428	222260	2556583	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	687
429	222402	2556722	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	868
430	222309	2556846	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	720
431	220345	2557389	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	461
432	220085	2558315	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	593
433	220704	2558820	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	長枝坑層	砂岩及頁岩互層	582
434	222295	2559698	塔羅留溪	荖濃溪	高屏溪	長枝坑層	砂岩及頁岩互層	482

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
435	221890	2558827	埔頭溪	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	455
436	214217	2539715	六龜分局	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	399
437	213824	2531058	真我山	荖濃溪	高屏溪	沖積層	礫石、砂及粘土	522
438	217772	2491963	來社溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	326
439	217471	2492220	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	391
440	217415	2492229	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	502
441	217395	2492303	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	366
442	215379	2492124	義林	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	331
443	215327	2492866	瓦魯斯溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	422
444	217350	2495785	大後溪	林邊溪	林邊溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	247
445	217379	2495853	瓦魯斯溪	林邊溪	林邊溪	沖積層	礫石、砂及粘土	317
446	256882	2532201	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	390
447	256843	2532122	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	267
448	256916	2532247	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	500

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
449	257426	2532323	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	509
450	257515	2532039	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	105
451	257391	2531916	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	66
452	255794	2530894	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	462
453	255502	2530952	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	520
454	255552	2531032	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	475
455	255766	2530465	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	208
456	255611	2529713	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	246
457	255499	2529687	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	269
458	255395	2530260	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	431
459	256128	2532672	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	531
460	256113	2532630	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	394
461	256156	2532791	桃源	卑南溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	359
462	252273	2564410	向陽	新武呂溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	603

序 號	X 座標	Y 座標	子集水區	集水區	流域	岩層	岩性	EC
463	251950	2564589	向陽	新武呂溪	卑南溪	畢祿山層	板岩和千枚岩	519
464	253146	2563531	向陽	新武呂溪	卑南溪	高嶺片岩	石英雲母片岩	1229
465	255049	2561821	向陽	新武呂溪	卑南溪	高嶺片岩	石英雲母片岩	393
466	255135	2561913	向陽	新武呂溪	卑南溪	高嶺片岩	石英雲母片岩	619
467	255143	2561959	向陽	新武呂溪	卑南溪	高嶺片岩	石英雲母片岩	791
468	256017	2561621	向陽	新武呂溪	卑南溪	高嶺片岩	石英雲母片岩	978
469	256664	2561200	向陽	新武呂溪	卑南溪	高嶺片岩	石英雲母片岩	638
470	258027	2560284	向陽	新武呂溪	卑南溪	高嶺片岩	石英雲母片岩	446
471	262188	2559066	新武	新武呂溪	卑南溪	沖積層	礫石、砂、粉砂及粘土	446
472	243615	2482276	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	590
473	243576	2482157	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	369
474	243231	2481204	大鳥沿海	大鳥沿海	大鳥溪	潮州層	硬頁岩或板岩間夾透鏡狀砂岩體	393

附錄四、研究成果產出

Study on correlation of water quality and large-scale landslide in Taiwan

Chieh-Hsuan Weng,¹ Yuan-Jung Tsai,^{2*} Chjeng-Lun Shieh³ and Tomohiro EGUSA⁴

¹ Graduate student, International Master Program on Natural Hazards Mitigation and Management, National Cheng Kung University, Taiwan

² Researcher, Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University, Taiwan

³ Director, Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University, Taiwan

³ Researcher, Agricultural and Life Sciences, the University of Tokyo, Japan

*Corresponding author. E-mail: rongtsai@dprc.ncku.edu.tw

INTRODUCTION

How to predict the occurrence of the large-scale landslide become a big issue in Taiwan after Hsiaolin Village disaster in 2009. The rainfall, infiltration and groundwater play important roles in the occurrence mechanism of the large-scale landslide. To clarify the volume or ratio of groundwater is the first to setup the conceptual model.

METHOD

In this study, select the water sample points by large scale potential landslide provided by Central Geological Survey, Taiwan, totally collecting 415 water samples, including Tsengwen watershed taken 101 samples, Kaoping watershed taken 210 samples, Linbian watershed taken 52 samples and coastal areas in Taitung taken 52 samples.

The concentration of inorganic ions are detected by ion chromatography and using electricity conductivity meter to detect the electricity conductivity in water samples. Also using piper diagram to remove the water samples affected by human activities and saltation by sea water, in the water samples, there are 6 bottles in two zones.

RESULT AND DISCUSSION

From time difference, as figure 1 shows, the electricity conductivity of dry season is larger than wet season, the electricity conductivity value is about 300 μ S/m, because the electricity conductivity is affected by rainfall. From spatial difference, in four study zones, the Kaoping watershed has highest value and coastal area in Taitung has lowest value.

In Kaoping watershed, the difference electricity conductivity value is about 200 μ S/m between Meilong River and Zhuko River. From the relationship between landslide rate and electricity conductivity, the potential landslide rate is calculated by sub-watershed area divides into large scale potential landslide area, using the measurement points at downstream of the sub-watershed to represent the sub-watershed. .

Figure 2 presents the correlation of electricity conductivity and potential landslide rate. It can show linear relation, which $R^2=0.69$. If the landslide rate is high, the electricity conductivity will be high.

CONCLUSIONS

From analysis of electricity conductivity of stream, the electricity conductivity of stream is affected by inrush water from the potential landslide. When the measurement points close to the inrush water, the electricity conductivity will raise, on the contrary, when the measurement points away from the inrush water, the electricity conductivity will decrease.

Above all, it can handle the relationship between landslide and electricity conductivity, and hope to stablish the warning system of the large-scale landslide, to fight for more time to response the large scale landslide.

Keywords: large scale landslide, water quality

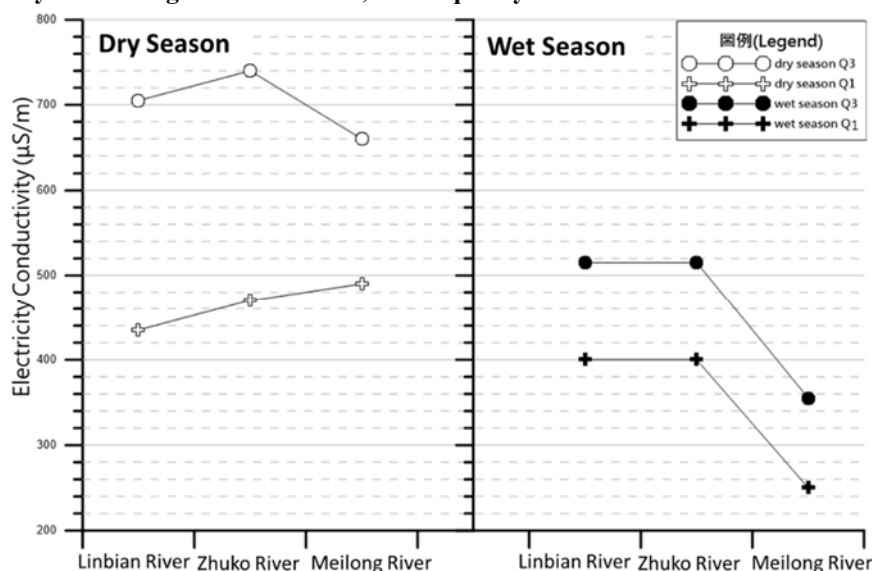


Figure 1. The correlation of electricity conductivity and time difference

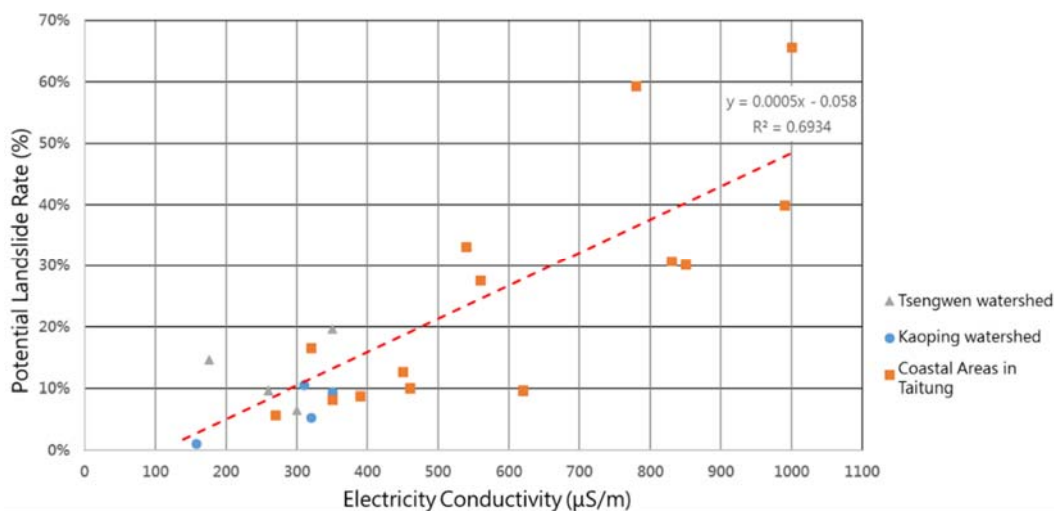


Figure 2. The correlation of electricity conductivity and potential landslide rate

2017/11/2

Gmail - Information of Interpraevent2018 (ID_167)



Yuan-Jung Tsai <gbrong@gmail.com>

Information of Interpraevent2018 (ID_167)

shuin@cc.utsunomiya-u.ac.jp <shuin@cc.utsunomiya-u.ac.jp>
 收件者: rongtsai@dprc.ncku.edu.tw

2017年9月25日 上午11:33

Dear Dr. Yuan-Jung Tsai

As a member of editorial board of international symposium INTERPRAEVENT 2018 (INPRI2018), I inform you the following three points.

1: Request for submitting revised extended abstract
 Your ex-abstract will be accepted after minor revision. Please send me the revised abstract by 27th October 2017.

2: About your preference of presentation
 Please refer to the presentation preference and respond to INTERPRAEVENT office about your preferred presentation style by 27th October 2017 (see attached file).
 Deadline: 27th October 2017
 Contact e-mail address: info@interpraevent2018.jp

3: About request of submitting full paper
 We request for submitting a full paper. Please refer to attached file "request for submitting a full paper". And send me your manuscript by 31st December 2017 according to the "Guideline for authors" (see attached file)
 Deadline: 31st December 2017
 Contact e-mail address: shuin@cc.utsunomiya-u.ac.jp

Best regards.

SHUIN Yasuhiro
 350, Mine-cho, Utsunomiya, Tochigi pref. 321-8505, Japan
 Utsunomiya University
 Division of Forest Science, Lab. of Erosion Control Engineering
 TEL: +81-28-649-5544, Fax: +81-28-649-5545
 e-mail: shuin@cc.utsunomiya-u.ac.jp

3 個附件

presentation preferences_167.docx
 20K

Guidline for authors of full_paper (INPRI2018).pdf
 55K

EG_Request for submitting full paper (INPRI2018).pdf
 34K

參考書目

壹、圖書：

貳、研究報告：

范正成，「雨量與地下水電導度（EC）監測方法之研究（二）」，行政院國家科學委員會，2003。

地頭菌 隆、寺本 行芳、和田 大祐、田淵 陽介、中島 希，「深層崩壊の予測と地域防災力向上」，「南九州から南西諸島における総合的防災研究の推進と地域防災体制の構築」報告書，2013。

宋聖榮，「地質震害報告調查報告，921 集集大地震」，國家地震研究中心，2002。

參、期刊：

范正成、楊智翔、張世駿、黃效禹、郭嘉峻，「氣候變遷對高屏河流域崩塌潛勢之影響評估」，中華水土保持學報，44(4) pp 335-350，2013。

李鎮鍵、林昂、蔡元融，「莫拉克颱風引發土砂問題之研究—以曾文水庫集區為例」，中華防災學刊，2(1) pp 51-58，2010。

地頭菌 隆，「溪流水の電気伝導度を用いた深層崩壊発生場の予測-地頭菌」，砂防学会誌，Vol.66, No.6 p.56-59，2014。

地頭菌 隆、下川 悦郎、迫 正敏、寺本 行芳，「鹿児島県出水市針原川流域の水文地形的特性と深層崩壊」，砂防学会誌，Vol.56, No.5 p.15-26，2004。

地頭菌 隆、下川 悦郎、寺本 行芳，「深層崩壊発生場予測法の提案-鹿児島県出水市矢筈岳山体を例にして」，砂防学会誌，Vol.59, No.2 p.5-12，2006。

陳榮河，「土石流之發生機制，地工技術」，74, 21-28，1999。

江漢全，「蘭陽平原地下水之主要化學成分」，中國農業工程學報，第四十卷，第四期，85-95 頁，1994。

陳振宇、藤田正治、堤大三，「基岩位置及土層特性對降雨逕流與大規模崩塌之影響」，中華水土保持學報，45(4)：243-256，2014。

王文能，「崩塌的地質特性與防災」，中華防災學會，Vol. 4, 73-76，2016。

木下篤彦、北川真一、内田太郎、海原莊一、竹本大昭、只熊典子，「深層崩壊が集中的に発生する降雨条件—平成23年台風12号の降雨分析」，砂防学会誌，Vol. 66, No. 3 p. 24-31，2013。

Anderson S. P., Dietrich W. E., Montgomery D. R., Torres R., Conrad M. E. and Loague K. , “*Subsurface flow paths in a steep, unchanneled catchment*”, Water Resources Research, 33, 2637-2653, 1997.

Schopka H. H., Derry L. A. and Arcilla C. A. , “*Chemical weathering, river geochemistry and atmospheric carbon fluxes from volcanic and ultramafic regions on Luzon Island, the Philippines.*”, Geochimica et Cosmochimica Acta, 75, 978-1002, 2011.

Ibe, K. M. Sr. and A. M. Ebe, “*Impacts of debris-flow deposits on hydrogeochemical processes and the development of dryland salinity in the cross-river catchment, SE, Nigeria.*” Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 64, pp. 449~456, 2000.

Jen-Chen Fan, Che-Hsin Liu, Chih-Hsiang Yang, Hsiao-Yu Huang, “*A laboratory study on groundwater quality and mass movement occurrence*”. Environmental Geology, 57 pp 1509-1519, 2009.

Takahashi, T., “*Debris Flow.*” International Association for Hydraulic Research, Published by A. Balkema, Rotterdam and Brookfield. U.S.A, pp. 63-75, 1991.

Ietro Aleotti, “*A Warning System for Rainfall-Induced Shallow Failures*”, Engineering Geology, Vol. 73, pp 247—265, 2004.

Chigira M., “*Geologic factors contributing to landslide generation in a pyroclastic area: August 1998 Nishigo Village, Japan.*” Geomorphology, 46, 117-128, 2002.

Tomohiro Egusa, Nobuhito Ohte, Tomoki Oda and Masakazu Suzuki, “*Relationship*

between catchment scale and the spatial variability of stream discharge and chemistry in a catchment with multiple geologies”, Hydrological Research Letters 7(2), 12–17, 2013.

肆、會議論文：

林昱汶，「地下水水質與邊坡崩塌及崩落型土石流發生之關係-以南投地區為例」，國立台灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文，2006。

楊展源，「地下水離子濃度、電導度與土石流發生關係之研究」，國立台灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文，2004。

林芷薇，「使用自然電位觀測與FLAC3D模式分析實驗室砂箱尺度邊坡破壞歷程」，國立中央大學應用地質研究所碩士論文，2016。

陳冠樺，「林邊河流域河川化學性質、輸砂量與山崩之關係」，國立台灣大學理學院地質科學研究所碩士論文，2014。

吳天佑，「氣候變遷下降雨型態變異對集水區崩塌潛勢及水質之影響」，逢甲大學水利工程與資源保育學系碩士班碩士論文，2014。

孫偉騰，「滲流水之離子濃度及電導度與土體崩塌發生關係之研究」，國立台灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文，2005。

青木滋，「地エトベ地ソ地質，地下水調査」，層滑動之規劃與整治工法研討會論文集，1998。

陳子揚，「以不同水質參數研析台灣山區地下水與地質間之關係」，國立宜蘭大學環境工程學系碩士班，2012。

廖仲威，「台灣中斷山區地下水水質特性與地質間之關係研析」，國立宜蘭大學環境工程學系碩士班，2014。

江草 智弘，「*Survey of Stream Water Chemistry in a Region at Risk of Deep-seated Landslides in Taiwan*」，2016 大規模崩塌災害防治技術交流國際研討會，2016。

堀田 紀文，「岩盤風化に伴う溪流水質の変化に着目した深層崩壊の発生時期予

測手法の開発」，2015。

地頭藺隆、下川悦郎、寺本行芳，「針原川流域の水文地形的特性と深層崩壊」，土砂災害論文集，2004。

李三畏，「崩坍地與土石流災害防治技術對策」，台北都會區地質災害研討會論文集，中央地質調查所，2001。

Berner E. K. and Berner R. A., “*Global Environment: Water, Air, and Geochemical Cycles*”, Prentice Hall, New Jersey, 1996.

伍、網路資源：

陸、其他：