園區聚落與民舍周圍地區
潛在災害調查與預警之調查研究

陽明山國家公園

委託機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

承辦單位：中華民國國家公園學會

中華民國八十九年十二月

園區聚落與民舍周圍地區
潛在災害調查與預警之調查研究

計畫主持人：黃宏斌　台灣大學農業工程學系教授
兼水工試驗所特約研究員

協同主持人：張倉榮　台灣大學農業工程學系助理教授

兼任研究助理：楊凱鈞　台灣大學農業工程系碩士班研究生

李偉哲　台灣大學農業工程系碩士班研究生

林雲晛　台灣大學農業工程系碩士班研究生

委託機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

承辦單位：中華民國國家公園學會

謝誌

本研究執行期間，承蒙蔡處長佰祿之費心指導，曾前秘書偉宏、詹秘書德樞、保育課黃琡珺之全力協助；以及台大森林系陳教授信雄、地理系王教授鑫和中興大學水土保持系何教授智武之撥冗指正，謹此，敬致萬分謝忱。

摘要

由於台灣本身地形、地質和水文之特性，山坡地土砂災害原本就高；再加上近年來休閒生活水準之提高，進入陽明山國家公園園區遊憩之遊客眾多。為保護園區既有聚落和不固定遊客能夠免於土砂災害之威脅，本研究針對整個園區聚落做全面之土砂潛在災害調查，除依集水區分別劃定敏感區和選定避難區外，並提出預警方式和準則之建議。

ABSTRACT

Because of the special properties of topography, geology and hydrology in Taiwan, the sediment disaster on hillside originally occurs frequently. In association with the increasing recreation activities, tourists entering into Yangmingshan National Park increase recently. In order to protect the existed settlements and tourists from the threat of sediment hazards, this study, with investigating the potential sediment hazards in whole park area, selected sensitivity area as well as its sanctuary in each watershed, and proposed the pre-warning methods and regulation suggestions.

目錄

一、 前言……1
二、 自然環境……2
三、 山坡地潛在災害評估……4
四、 研究方法……6
五、 敏感區之判識準則……11
六、 結果與討論……12
七、 結論與建議……16
八、 參考文獻……17

表目錄

表一、各編號集水區之基本資料…… 18

圖目錄

圖一　數值高程地形圖…… 21
圖二　未經修補之園區等高線圖…… 22
圖三　修補過後之園區等高線圖…… 23
圖四　坡度圖…… 24
圖五　坡向圖…… 25
圖六　集水區編號圖…… 26
圖七　聚落圖…… 27
圖八　五級坡以上坡度圖…… 28
圖九　農委會公佈之危險溪流、崩塌地及斷層圖…… 29
圖十　現場踏勘資訊圖…… 30
圖十一　1 號集水區局部放大圖（一）……31
圖十二　1 號集水區局部放大圖（二）……32
圖十三　2 號集水區局部放大圖（一）……33
圖十四　2 號集水區局部放大圖（二）……34
圖十五　4 號集水區局部放大圖（一）……35
圖十六　4 號集水區局部放大圖（二）……36
圖十七　5 號集水區局部放大圖……37
圖十八　9 號集水區局部放大圖……38
圖十九　12 號集水區局部放大圖…… 39
圖二十　14 號集水區局部放大圖…… 40
圖二十一　15 號集水區局部放大圖（一）…… 41
圖二十二　15 號集水區局部放大圖（二）…… 42
圖二十三　16 號集水區局部放大圖…… 43
圖二十四　19 號集水區局部放大圖（一）…… 44
圖二十五　19 號集水區局部放大圖（二）…… 45
圖二十六　20 號集水區局部放大圖…… 46
圖二十七　21 號集水區局部放大圖…… 47
圖二十八　25 號集水區局部放大圖…… 48

照片目錄

照片一：青山橋附近之溪流型土石流淹沒產業道路……49
照片二：尖山湖橋附近之溪流型土石流淹沒產業道路…49
照片三：園區邊界外，阿里磅溪谷被土石流掩埋情形…50
照片四：竹里一號橋上游之阿里磅溪谷有土石流發生之跡象……50
照片五：重和村聚落被土石流掩埋情形〈一〉……51
照片六：重和村聚落被土石流掩埋情形〈二〉……51
照片七：重光溪土石流淤積河道，堵塞箱涵……52
照片八：重光溪土石流引起產業道路坍方……52
照片九：馬槽附近陽金公路路旁之上邊坡崩塌……53
照片十：瑞泉附近之路段上邊坡崩塌……53
照片十一：溪底附近之路段上邊坡崩塌……54
照片十二：興福寮溪土石流越過道路情形……54
照片十三：真聖宮附近民宅被土石流流經之水痕……55
照片十四：賓士園別墅中之邊坡崩塌……55
照片十五：楓樹湖集水區產業道路邊坡崩塌……56
照片十六：楓樹湖溪土石流越過產業道路災情……56
照片十七：烘爐北溪土石流發生跡象……57
照片十八：店仔村中之一受災民宅後牆破裂情形……57
照片十九：店仔村中之一處崩塌地……58
照片二十：大屯溪土石流掩埋產業道路……58
照片二十一：石槽子坑中之崩塌型土石流……59
照片二十二：圓山村中之崩塌型土石流……59

一、前言

台灣地區之自然環境隨著工、商業之快速發展與山坡地之高度開發而遭受到嚴重之水、土資源破壞和水質、空氣污染，這些破壞和污染已經深深地影響原有之生活品質和身體健康。為了資源保護，並考慮永久性、合理性、教育性、本土研究和生態體系平衡之利用，內政部陸續地規劃出陽明山、墾丁、玉山、太魯閣和雪霸等國家公園。

依國家公園法第十二條之規定，國家公園得按區域內現有土地利用型態及資源特性，劃分一般管制區、遊憩區、史蹟保存區、特別景觀區和生態保護區五大類。陽明山國家公園除了明、清時期即因採硫、種茶、種菜，乃至於近期之花卉栽培等，形成大小不一之聚落，得列入一般管制區外；目前本園區也劃設了磺嘴山生態保護區、鹿角坑生態保護區和夢幻湖生態保護區；二子坪遊憩區、大油坑遊憩區、馬槽七股遊憩區、內雙溪遊憩區、冷水坑遊憩區和龍鳳谷、硫磺谷遊憩區；擎天崗特別景觀區、小油坑地質景觀區、大屯自然公園、陽明書屋以及童軍露營場和菁山露營場等。由於台灣本身地形、地質和水文之特性，山坡地土砂災害日益增多，再加上近年來休閒生活水準之提高，進入本園區遊憩之遊客眾多，為保護園區既有聚落和不固定遊客能夠免於土砂災害之威脅，實有必要針對整個園區做全面之土砂潛在災害調查，除劃定敏感區和選定避難區外，且提出預警方式和準則之建議。

二、自然環境

陽明山舊稱「草山」，係指大屯山、七星山和紗帽山所圍繞之山谷地區，因其多芒草而得名。陽明山國家公園位處台北盆地北緣，東起磺嘴山、五指山東側，西至向天山、面天山西麓，北從竹子山、土地公嶺，南迄紗帽山南麓，面積約 11,455 公頃。行政區包括台北市士林區、北投區、台北縣淡水鎮、三芝鄉、石門鄉、金山鄉、萬里鄉等之山區；海拔高度在 200 公尺至 1,120 公尺之間。

園區在二百五十萬年前，由於菲律賓板塊和歐亞板塊之相互撞擊、擠壓之下，除產生部分地殼之抬升外，也發生劇烈之火山活動。而火山爆發所噴出高達攝氏一千多度之灼熱岩漿覆蓋在第三紀中新世與上新世之岩層上，構成了大屯火山群。例如竹子山、小觀音山、七星山、大屯山、磺嘴山和紗帽山等二十餘座火山。最高峰為海拔 1,120 公尺之七星山；其次有 1,103 公尺之竹子山；1,081 公尺之大屯山；977 公尺之面天山；912 公尺磺嘴山；882 公尺之大尖山；832 公尺之菜公坑山，以及山形特別明顯，海拔 643 公尺之紗帽山。

園區主要由沉積岩與火山岩所構成，邊緣地帶多屬沉積岩，中心地區則為各式各樣之火山錐，主要成份為安山岩和少數玄武岩層安山岩，屬中性之火成岩。火山區內典型之景觀特徵為溫泉、噴氣孔、地熱、火口湖和斷層。另外，在大型火山形成時，如果有熔岩自山腰處流出並在附近形成另一座小火山時則稱寄生火山；如面天山是大屯山之寄生火山；而紗帽山則是七星山之寄生火山。山谷中之溪流被火山噴出之熔岩堵塞形成之湖泊稱堰塞湖，位於七星山和大屯山間之竹子湖，便是湖水乾涸後之堰塞湖。

由於火山地形之影響，河流呈放射狀分佈，分別注入台灣海峽和淡水河流域。各溪流之源頭海拔高而流程短，水流湍急。主要之溪流包括北磺溪（包括其支流鹿角坑溪和馬槽溪）、瑪鍊溪、外雙溪、內雙溪、南磺溪、磺港溪、公司田溪、大屯溪、八連溪、老梅溪和阿里磅溪等。火口湖有向天池和磺嘴池等。瀑布較著名者有大屯瀑布、楓林瀑布、絹絲瀑布和聖人瀑布等。

園區內金山斷層提供溫泉和噴氣孔之通達孔道，所以，北投至金山之間有一條長約 18 公里、寬約 3 公里之溫泉地熱分布區，便隱約地與金山斷層重合在一起。噴氣孔活動強烈之大油坑、馬槽、小油坑等地因為噴氣腐蝕，以致岩層鬆散，遇到大雨或地震則容易發生崩落，甚至產生土石流。

由於園區具有明顯之亞熱帶地區季節型氣候之特徵，夏季受西南季風之影響，多為晴朗、午後有雷陣雨之天氣；冬季則因東北季風南

下，而變得潮濕多雨。鞍部之年平均雨量為 4459.3 公厘；竹子湖則為 4688.2 公厘。全年降雨日數約在 200 日左右。年平均氣溫較鄰近之台北盆地約低 3℃~4℃，為 15℃~19℃；冬季較寒冷，月平均氣溫約為 9℃~13℃，偶而降至 0 ℃以下，呈現冬冷夏涼之季節特性。由於地形起伏形成之複雜地勢，局部地區之微氣候變化十分明顯，常有東山飄雨西山晴之景象。東北坡面因受東北季風之影響，冬天雲霧多且陰濕；西南坡面則因位處背風面，較為暖和，故聚落亦較多。另外，山峰所圍繞之谷地也因為較為平坦，適合耕作和居住，也形成不少聚落。

三、山坡地潛在災害評估

目前已經從事山坡地環境地質調查和評估潛在災害者有三個單位，分別是經濟部中央地質調查所(中央地質調查所，1980、1981、1984、1985)、工業技術研究院能資所(能資所，1985、1986、1987、1988、1989、1990、1991、1992、1993)、以及台灣大學地理系張石角教授(張石角，1987、1993)。他們所採用之評估方法並不相同，其評估因子之多寡和分級亦有很大之差異，像地調所用了 4 個、能資所 13 個、簡確法 5 個；其中，「坡度」和「岩性」二項為共同採用之評估因子，但分級與內涵均不同。「地質構造」因子則為地調所和簡確法所用，但內涵亦全然不同。其餘各項評估因子則三者無一共通。以下說明其評估體系及成果圖之應用：

(一)中央地質調查所

地調所於民國 68 年起進行之「坡地社區工程地質調查與探勘」，調查之內容包括地質調查、工程地質調查及工程地質試驗等三大項。完成之成果圖分別為坡度分析圖、坡地社區開發建議圖、及地質圖三種，由其成果報告歸納為：以岩性、構造、坡度、環境等四項參數，合成坡地社區開發建議圖；坡度分析圖則依坡度陡緩分成五級；地質圖主要以岩性做為分層之基準，岩性範圍太小無法表現於圖上時，則依地層界線繪出地層分布圖。內容較偏重開發之坡地社區。

(二)工業技術研究院能資所

能資所之研究主題為「台灣省重要都會區環境地質資料庫」，其成果圖分別為環境地質圖、山崩潛感圖、土地利用潛力圖三種。每一種圖均有多個評估參數，由坡度、七種地質災害種類及斷層計九項評估參數形成環境地質圖；依坡度、基岩性質、新舊崩塌地、崩塌堆積、河岸侵蝕、向源侵蝕、表層沖蝕、廢棄土石及人為填土等七項評估參數形成山崩潛感圖；依坡度、地盤下陷、基礎沉陷、土壤侵蝕、及邊坡破壞三個評估參數分別由五項、三項、九項不同參數組合而成。由以上可知能資所之調查和製圖系統十分複雜。

(三)簡確法

由張石角教授自創之「簡確工程地質調查評估法」，研究主題為山坡地環境地質及土地利用潛力調查，成果圖有工程環境地質圖、潛在自然災害分布圖、土地利用潛力分布圖。評估參數有五種，包括坡度、地表現象(坡面沖蝕度)、工程地質因子(岩性、構造與土壤厚度)。

此評估法最大特色為以「土地單元」為調查基礎，而「土地單元」係以地形圖上之坡向、坡度、以及坡面之複雜度三者之均質區。其中坡向決定地質構造與坡面之關係，坡度決定於岩性和土壤厚度，而坡面之複雜度即代表地表侵蝕或崩塌之現況。

四、研究方法

應用數值地形模型(DTM)進行地形分析，並劃分土地單元是本研究之重要工作之一，在應用時必須探討數值地值模型之適用性及可行性。在過去，受限於資料蒐集之成本及準確度，集水區水文模擬分析大多為簡單之集中參數（Lump parameters）模式，隨著資訊科技發達，複雜之集水區環境，可以藉助地理資訊系統（Geographic Information System, GIS），及配合數值高程資料，有效且正確地提供水文分析所需之環境資訊，也因此分散式參數（Distributed parameters）之分析模式，在集水區水文分析上，扮演著越來越重要之角色，目前本研究以陽明山國家公園管理處委託中華工程顧問公司於民國 86 年所完成之數值地形檔加以組合、修補，並由電腦輔助處理坡向分級劃分土地單元。但 DTM 處理流程繁瑣，須花費相當多之時間與人力，以下簡述本研究之處理方法：

(一) DTM 之資料蒐集與正規化

DTM 資料是將高程資料以網格之方式，儲存在地表上等分佈之每個點，每個資料點即代表該網格在空間對應位置之高程值；使用 DTM 資料時，必須注意網格尺寸之大小，該因素會影響地理資訊系統是否能真實地展現整個區域之地形變化，例如：一個 30m× 30m 之網格相當九個 10m× 10m 之網格，除非該區域是一個相當平緩之地形，否則用 30m× 30m 網格所製作之三度空間立體圖當然比 10m× 10m 網格之立體圖粗略的多；然而大尺寸網格也有其適用之時機，當研究區域較大時，使用小網格之 DTM 資料，無論在資料取得及計算之考量上均比較不經濟，此時大尺寸網格之使用則是較實際之做法，一般如偏遠地區之自然資源管理便是屬於這樣之應用領域。

陽明山國家公園管理處業已建置一千分之一數值地形圖，並配合開發一親合力高、圖形化人機界面之地形圖管理系統，對輔助管理業務助益良多。向量式之等高線資料，經過該系統可轉換為網格(grid)形態，提供水文系統模擬所需之基礎資料，圖一為基地內之網格狀數值高程資料，每 100 公尺一個顏色，自 0 公尺至 100 公尺以上共分 12 級。自圖一知，園區較高處乃東北－西南向排列之大屯山脈，主要之平緩地區為南、北磺溪之河谷、瑪鍊溪、內雙溪河谷等四處；水文系統模擬所採用之高程資料為所有陽明山園區內之數值地形圖，該區域涵蓋台北縣市。

(二)DTM 前處理

原始之數值化高程資料不能直接運用於電腦分析作業，原因為自然之地形上會有局部窪陷之地貌，另外一方面，也會由於資料之缺漏造成地形上之吸洞(sink)，漫地流流至該區域時，由於較周圍地勢低，水流將會先蓄滿該吸洞後，再向低處流動，電腦模擬漫地流，只根據高程資料來判定流向，若遇到吸洞地形時，電腦自動分析程序便無法繼續執行，位在此特定網格周圍之八個網格，其高程均較高，落於此間之水流將無法繼續向下游流動；為了改善此一現象，需要將原始高程資料進行吸洞填平之工作，經此前置處理之高程資料方能提供後續之水文分析。因此我們採用距離平方法使缺漏之資料加以平滑化，目的在消除原有資料之缺漏，以免造成分析上之誤差。

圖二為修補前之園區等高線圖；圖三為修補後之等高線圖。藉由圖二及圖三之比較，可以很明顯地看出其修補前後之差異。

(三) 坡度、坡向分級

在資料分析處理之前須先設定坡度分級標準及坡向之分級標準，以對照表之方式儲存各分級之最高及最低值，作為電腦運算之依據，經電腦運算後各網格所得之值為坡度、坡向。坡度之分級依水土保持技術規範第四十四條規定，小於 5% 者為一級坡；介於 5% 和 15% 者為二級坡；介於 15% 和 30% 者為三級坡；介於 30% 和 40% 者為四級坡；介於 40% 和 55% 者為五級坡；介於 55% 和 100% 者為六級坡；大於 100% 以上者為七級坡。其成果如圖四所示。坡向則依八分坡向法分類，即每 45 度表示一分區；也就是介於 337.5 度和 22.5 度者為北向；介於 22.5 度和 67.5 度者為東北向；介於 67.5 度和 112.5 度者為東向；介於 112.5 度和 157.5 度者為東南向；介於 157.5 度和 202.5 度者為南向；介於 202.5 度和 247.5 度者為西南向；介於 247.5 度和 292.5 度者為西向；介於 292.5 度和 337.5 度者為西北向，其成果如圖五所示。自圖四知，陡坡區大部分位於大屯山脈兩側。園區西北側、東側以北向坡向；西南、南側則以南向為主（如圖五）。

(四)網格流向分析

經吸洞填平處理後，數值高程資料之各個網格，均需與相鄰網格之高程進行對比，而最後之流向為某網格與周圍八個網格之最大高程差者。

(五)河川網路分析

分析完網格流向後，集水區中每一網格均有其唯一路徑流至集水區之匯集點或出流口（Outlet），稱之為流徑（Flow path）；而流量累

積值（Flow accumulation value）為任一網格累積上游網格流入之個數，依此定義可知，流徑上之流量累積值一定較非流徑之網格者大，且愈向下游流量累積值愈大，運用流量累積值即可劃定河川渠道之網路；有了河川渠道網路後，可進一步進行河川級序（Stream order）之分析，級序分析是將河溪編號，由分水嶺發源之小溪定義為一級河溪，兩條或兩條以上之一級河溪匯流後成二級河溪，依此類推，一般而言，級序愈高，代表其流域面積、河道斷面、流量愈大。

(六)集水區劃定

電腦分析程序可根據設定之門檻值（Threshold）或是集水區最小面積值自動找出集水區之範圍，對同一區域而言，門檻值或是集水區最小面積值愈高，所劃定之集水區個數就愈少。然而，目前 Arcview 軟體所繪出之集水區形狀並不合乎水土保持法之集水區定義。因此，本研究是用 TNTmips 先自動畫出集水區邊界後，再套疊兩萬五千分一之地形圖以檢驗之，雖然部分集水區之劃定合乎集水區之定義，但是也有部分集水區之範圍並不合理，最後就以人工依地形圖上之集水區範圍加以數值化補遺，並自北邊依順時針方向予以編號。圖六為集水區編號圖。

(七)平均坡度之計算

當集水區劃定後，將其套疊至坡度圖，即可計算各集水區之平均坡度(單位為百分比)。也就是將集水區範圍內之坵塊坡度依表一第三欄之集水區面積加總後，即可得到該集水區之平均坡度（如表一之第四欄）。其中，以 5 號集水區面積最大，為 2191.251 公頃；6 號集水區最小，為 59.516 公頃。集水區平均坡度最大者為 24 號之八連溪集水區，為 58.480% ；最平緩者為 22 號之無名溪集水區，為 32.110% 。

(八)套疊園區建物圖檔

本研究使用之圖檔取自陽明山國家公園地理資料庫，其建制檔案於民國七十八年。由於年代稍有久遠，為免遺漏，故對照陽明山國家公園管理處在八十六年所繪製之一千分一之地形圖加以補遺，結果發現民國七十八年至八十六年間並無新增聚落或遺漏。建物和聚落均以咖啡色之方格來表示，如圖七所示。建物、聚落主要集中在 12 號集水區，亦即七星山和紗帽山間之河谷地。

(九)套疊各類圖層

為了分析園區聚落可能之危險性，本研究套疊下列圖層：

1．五級坡坡度圖：依內政部營建署規定，坡度在百分之四十以上（即五級坡以上）禁止開發，故套疊五級坡坡度圖以檢討既有園區聚落可能之危險性。以建物聚落之圖層為基圖，將五級坡以上之紅色坵塊加以套疊，其成果如圖八所示。而圖八亦清楚說明圖四之陡坡大都分布在大屯山脈兩側之趨勢。

2．斷層圖：斷層分佈為地質狀態之一個重要因子，本研究引用中央大學應用地質所，工程地質研究室所提供之斷層圖數化而來。

3．危險溪流分佈圖：由農委會所出版之「台灣地區土石流危險溪流分佈圖」數化而來。

4．山坡地崩塌地分佈圖：由農委會所出版之「台灣地區山坡地崩塌地分佈圖」數化而來。將斷層圖、危險溪流分佈圖及山坡地崩塌地分佈圖套疊如圖九。其中粗綠線代表危險溪流，藍色及紅色方塊分別為中危險崩塌地及高危險崩塌地，另外以桃紅色表示金山斷層線。

(十)現場踏勘

實地探訪園區各聚落之實際狀況，由於雨量豐沛之象神颱風對北台灣地區帶來極大之災情，而這正是檢驗敏感度之最佳時機，因此，本研究再次踏勘園區聚落，以蒐集更具價值之資料。

(十一)數化踏勘結果

將踏勘所拍攝之相片，掃描至電腦中，並結合 Arcview 軟體，使其呈現在電腦中，並套疊集水區邊界圖和兩萬五千分一之地形圖，再加上斷層圖、危險溪流分佈圖及山坡地崩塌地分佈圖，其中黑色點表示實地踏勘後無發現災害之地區，藍色點為發生邊坡崩塌之地區，紅色點則為發生溪流型或崩塌型土石流之地區。如圖十所示，此次象神颱風所造成之土砂災害較集中在園區西北側之集水區。

(十二)劃定敏感區及避難區

依據現場踏勘結果劃定，將發生災害之區域劃定為敏感區，若實際發生之災害附近有聚落，再為其選定避難區，並表現在 Arcview 中。除了敏感區及避難區之外亦將農委會所公佈之危險溪流及山坡地崩塌地圖皆清繪於陽明山國家公園管理處所出版之一千分之一之地形圖中，其結果依集水區編號之先後順序排列，其中紅色區域表示發生溪流型土石流，藍色區域則為發生崩塌型土石流，黃色區域為上邊

坡發生崩塌，土黃色則為下邊坡崩塌，桃紅色之線段為農委會劃定之土石流危險溪流，桃紅色區域則為農委會劃定之高危險崩塌地，藍紫色區域為農委會劃定之中危險崩塌地，綠色區域為本研究所選定之避難區，見圖十一至二十八。

五、敏感區之判識準則

山坡坡地一般屬於環境敏感度較高之地區(張石角，1987)，即其土地資源之利用潛力或可利用度(Land use capability)受自然環境之影響及限制較大，開發使用後應先審慎作好自然環境與土地資源調查，並評估自然災害之潛在危險率，方可避免人民生命財產之損失。因此，如何建立預警和預報機制之建立、訂定適當之評估體制，成為當前土地潛在災害評估最重要之研究課題之一。

由於水土保持技術規範計算環境風險率之參數，如坡面沖蝕度、岩質、地質構造、土壤厚度等都需要露頭或取樣分析，甚至須長時間之觀測才能得到，因此，本研究以套疊之五級坡坡度圖、斷層圖、危險溪流分佈圖和山坡地崩塌地分佈圖配合張石角教授劃定之敏感區，一一比對分析，再依現有災害發生之型態加以補遺、劃定敏感區。

並從敏感區附近選擇適當之地區視為緊急避難區；其中，敏感區和避難區均會清繪於一千分一之像片基本圖，以及地理資訊系統之資料庫中。最後，再針對既有聚落、民舍和不固定遊客形成之臨時聚落，提出預警方式和準則之建議。

敏感區之劃定範圍將比照「特定水土保持區劃定與廢止準則」第三條規範各類特定水土保持區劃定之範圍，如

1. 洪水或土砂災害頻度及損失較高之上游集水區、或為維護水土資源所需之集水區；
2. 易受沖蝕、崩塌之湖泊沿岸土地，其寬度自沖蝕或崩塌地之外緣起算，陸側水平距離三十公尺或坡長一百公尺範圍內；
3. 易受沖蝕、崩塌之水道兩岸土地，其寬度自沖蝕或崩塌地之外緣起算，陸側水平距離三十公尺或坡長一百公尺範圍內；
4. 山坡地坡度陡峭，其在百分之七十以上，總面積在五十公頃以上，具有危害聚落、重要公共設施、名勝、古蹟等之虞者；
5. 新、舊崩塌地，具危害公共安全之虞者；
6. 土壤沖蝕嚴重地區，其水系密度在 4.5 以上，且其面積在五十公頃以上者；
7. 土石流危險區：以溪床坡度 15 度以上，其上游集水區面積在十公頃以上，且下游有聚落、重要公共設施、名勝、古蹟等須保護之重要對象者；
8. 環境風險率在 12 以上，且總面積在五十公頃以上者。

六、結果與討論

依套疊坡度圖之分析結果，絕大部分建物皆不位於坡度百分之五十五以上之山坡地，而且根據現場踏勘之結果各集水區之植生良好。聚落最密集之地方在紗帽山周圍，即磺溪集水區中，由於該處係背風山谷，排水系統良好，颱風對其之損傷力不大，此次現場踏勘之結果發現該處並無明顯之災害產生。

此次象神颱風造成園區週邊土地許多災情，主要災情或較重大者均發生在緊鄰園區界線處外圍之民有地或租地。園區以東北沿著反時鐘方向繞至西南處之邊緣地帶都有規模大小不一、形態不同之崩塌或土石流出現，各集水區發生災害概述如下：

1. 1 號集水區：此集水區為北向之老梅溪集水區，集水區面積為 842.205 公頃，平均坡度為 48.030%。老梅溪有土石流發生，青山橋、青山瀑布附近之土石流情嚴重（見照片一）。尖山湖橋（土地公嶺溪，為老梅溪之一支流）附近亦發生大型之溪流型土石流，惟下游無聚落，故未造成嚴重之災害（見照片二）。圖十一、十二為該集水區之局部放大圖。
2. 2 號集水區：此集水區為東向之阿里磅溪集水區，集水區面積為 290.992 公頃，平均坡度為 49.690%。在園區外，往天霞寺之路上，發現有嚴重之崩塌型土石流，附近民房被土石流掩埋（見照片三）。園區內天霞寺附近路段有發生下邊坡崩塌。在竹里一號橋之阿里磅溪谷中，有土石流發生但被包容在河道中，故未發生嚴重之災害（阿里磅溪被農委會劃定為土石流危險溪流），如照片四。圖十三、十四為該集水區之局部放大圖。
3. 4 號集水區：本區有兩條東向之河流流經，北有重光溪，南有嵩山溪，集水區面積為 623.830 公頃，平均坡度為 56.070%。這兩條溪流皆是上磺溪之支流。此次象神颱風，在重光溪上發生非常嚴重之土石流，幾乎埋掉半個重和村（見照片五與照片六），土石流經過之處滿目瘡痍（見照片七）。其中，在土石流流經重和村往竹子山腳之路段，也造成此路段嚴重坍方，道路中斷（見照片八）。此區為此次象神颱風受災最嚴重之區域。圖十五、十六為該集水區之局部放大圖。
4. 5 號集水區：此區流經之溪流為東北向之北磺溪及清水溪（清水溪為北磺溪支流之一），集水區面積為 2191.251 公頃，平均坡度為 51.896%。在馬槽附近路段，發生一些上邊坡崩塌，但都不甚嚴重，不致使道路中斷（見照片九）。圖十七為該集水區之局部放大圖。

5. 9 號集水區：此集水區為東向之瑪鍊溪集水區，集水區面積為 734.562 公頃，平均坡度為 47.160%。在瑞泉及溪底附近各發現一處上邊坡崩塌，但規模都不大（見照片十與照片十一）。圖十八為該集水區之局部放大圖。
6. 12 號集水區：此集水區之主要溪流為南向之磺溪，集水區面積為 1480.13 公頃，平均坡度為 43.550%。竹子湖溪為其支流，此區為陽明山國家公園聚落最密集之區域，竹子湖溪雖被農委會劃定為土石流危險溪流，但此次風災卻未造成任何災害。圖十九為該集水區之局部放大圖。
7. 14 號集水區：此區為西南向之貴子坑溪集水區，集水區面積 224.658 公頃，平均坡度為 45.910% 。貴子坑溪雖被農委會劃定為土石流危險溪流，但此區並未產生災害。圖二十為該集水區之局部放大圖。
8. 15 號集水區：此區為西南向之興福寮溪之集水區，集水區面積為 104.838 公頃，平均坡度為 48.750%。興福寮溪此次發生嚴重之土石流（見照片十二）。其沿路都有土石流流經之痕跡，道路雖然已經搶通，但民宅牆上尚可隱約看出流經之痕跡。在真聖宮附近有民宅被土石掩埋（見照片十三）。圖二十一、二十二為該集水區之局部放大圖。
9. 16 號集水區：此區為西向之碧湖溪集水區，集水區面積為 102.683 公頃，平均坡度為 40.440%。碧湖被農委會劃定為高危險崩塌地區。賓士園別墅有發生一些上邊坡崩塌，但規模不大（見照片十四）。圖二十三為該集水區之局部放大圖。
10. 19 號集水區：此區有西北向之楓樹湖溪及公司田溪，集水區面積為 589.321 公頃，平均坡度為 49.830%。其中公司田溪為楓樹湖溪之支流，在園區外匯流。楓樹湖中某些路段發生下邊坡崩塌（見照片十五）。楓樹湖溪亦發生土石流，道路雖已搶通，但仍有大石遺落在道路旁（見照片十六）。目前楓樹湖溪為農委會公佈為土石流危險溪流。在 101 甲上，不時有路段上邊坡發生崩塌，但規模都不大，不致發生道路中斷。圖二十四、二十五為該集水區之局部放大圖。
11. 20 號集水區：此區為西北向之烘爐北溪集水區，集水區面積為 195.789 公頃，平均坡度為 42.670%。烘爐北溪被農委會劃定為土石流危險溪流。此溪有小規模之土石流發生（見照片十七），溪旁民宅有土石流流經之痕跡。在店子村中，發生兩處崩塌，有一戶民宅被崩塌之土石掩埋，其後牆已被土石沖垮，受災情形嚴重（見照片十八）。附近另有一處規模較大之上邊坡崩塌，且有一民宅位於崩塌區之上方，其基地已有三分之一之坍塌，情況危急

（見照片十九）。圖二十六為該集水區之局部放大圖。

12. 21 號集水區：此區主要溪流為西北向之大屯溪及其支流菜公坑溪，集水區面積為 448.236 公頃，平均坡度為 56.970%。此區有部分路段上邊坡發生坍方，規模不大，在踏勘過程時仍有怪手在清理土石（見照片二十）。大屯溪亦發生土石流，其災情不是十分嚴重。在石槽子坑中有處大規模之上邊坡崩塌發生，所幸未釀成嚴重災害（見照片二十一）。圖二十七為該集水區之局部放大圖。

13. 25 號集水區：此區為西北向之八連溪流經集水區，集水區面積為 202.880 公頃，平均坡度為 54.480%。在其園區邊界附近發現一規模不小之崩塌型土石流（見照片二十二）。其下游附近有民宅險些遭受土石流波及。在圓山村至真武寶殿之途中亦有幾處上邊坡崩塌。圖二十八為該集水區之局部放大圖。

園區中受颱風影響而產生土石流之溪流有老梅溪（尖山湖村中），阿里磅溪，重光溪，楓樹湖溪，烘爐北溪，興福寮溪，菜公坑溪等，其中，以北向老梅溪一處支流發生溪流型土石流淹沒產業道路，以及一處崩塌型土石流衝入民房和東北向重光溪之溪流型土石流淹沒河谷出口處之重和村聚落和另一處崩塌型土石流沖毀產業道路最為嚴重。

阿里磅溪竹里一號橋上游河道有溪流型土石流發生之跡象，但是因為所有土砂仍然為河道所包容，故未發生任何災害。

楓樹湖溪集水區內並未發生危害聚落之災害；只是道路沿途多處之上邊坡崩塌，其崩下之土砂規模也不足以阻礙交通。

農委會在園區內所劃定之五條土石流危險溪流中，只有烘爐北溪和楓樹湖溪各有一處局部規模不大之崩塌型土石流，其餘三條皆無災情發生。不過，未劃定之溪流發生土石流者有老梅溪，興福寮溪及重光溪，其中重光溪為此次發生土石流嚴重之地區，不僅數段道路被沖毀，也造成三和村幾乎半數房屋被淹沒之災情。

由張石角（1989）將國家公園邊界之阿里磅溪及重光溪河谷劃為『低』環境敏感地區，卻發生規模如此大之溪流型土石流；而劃為『中』環境敏感地區之楓樹湖溪、烘爐北溪、興福寮溪、菜公坑溪和老梅溪等卻只發生局部規模不大之崩塌型土石流可知，敏感度之劃定殊為不易。

由於張石角之『高』、『中』環境敏感地區約佔園區之 80%，且大部分集中在較陡峭之山區；而聚落卻是散佈在較平坦或是坡度較平緩處，因此本研究劃定之敏感區僅包含農委會之土石流危險溪流，崩塌地高、中危險區和此次發生災害之地點。

對於需要緊急避難之敏感區則須規劃設定避難所，以之前所述之

集水區而言，重和村之避難所為其下游處之朝天宮；福興寮之避難所為其西南方之土地公廟。

而預警方法以降雨強度和累積雨量為主，碰觸式之預警鋼索為輔，其中，降雨強度和累積雨量之預警值和避難值則需經仔細之集水區水文與地文調查分析後，方能決定之。碰觸式預警鋼索則裝置在土石流潛在發生區段。

七、結論與建議

本研究劃定之敏感區僅包含農委會之土石流危險溪流，與崩塌地高、中危險區和此次發生災害之地點。

對於需要緊急避難之敏感區則須規劃設定避難所，以本研究劃定集水區而言，重和村之避難所為其下游處之朝天宮；福興寮之避難所為其西南方之土地公廟。

以此次之象神颱風災情而言，敏感度之劃定殊為不易。目前，由於敏感度之決定極難在短期間內以學術或理論基礎予以劃定。因此長期持續性之觀察和檢討是十分必需的。

本研究謹此建議管理處宜逐年編列經費，針對園區之崩塌、土石流做全面之水文、地文之調查分析，並依此規劃短、中、長程之治理計畫。由於地處國家公園，又有硫磺噴氣孔充斥其中，傳統之土木工法並不適宜在此構建。治理計畫宜兼顧防災、生態保育、環境綠化和教育推廣之功能。

八、參考文獻

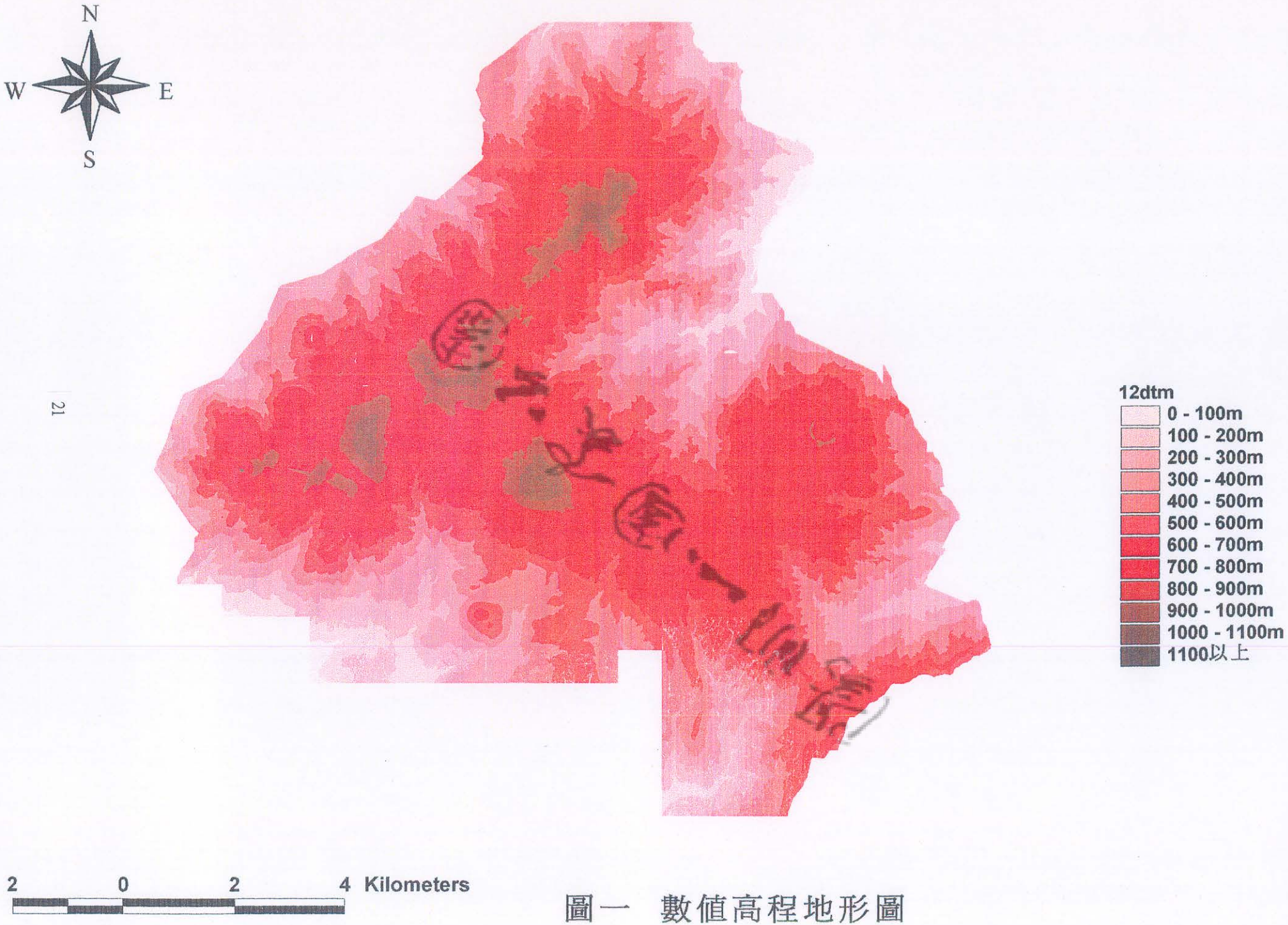
1. 內政部營建署陽明山國家公園管理處，陽明山國家公園摺圖
2. 中華水土保持學會，2000，水土保持技術規範。
3. 李乾朗，1988，陽明山國家公園傳統聚落暨建築調查研究。
4. 李麗玲，1994，土地資源資料庫之建立與應用—以評估山坡地潛在災害為例。
5. 林峰田、藍國賓，地理資訊系統輔助土地分區劃設之研究----以陽明山國家公園依般管制區為例.
6. 陳文恭、蔡清彥，1986，陽明山國家公園之氣候，內政部營建署陽明山國家公園管理處。
7. 張石角，1989，陽明山國家公園環境敏感區及潛在災害地區之調查研究，內政部營建署陽明山國家公園管理處。
8. 張揚祺、邱文彥，1999，陽明山竹子湖溼地水文系統分析研究。
9. 蔡佰祿，1997，陽明山國家公園簡介。

表一、各編號集水區之基本資料

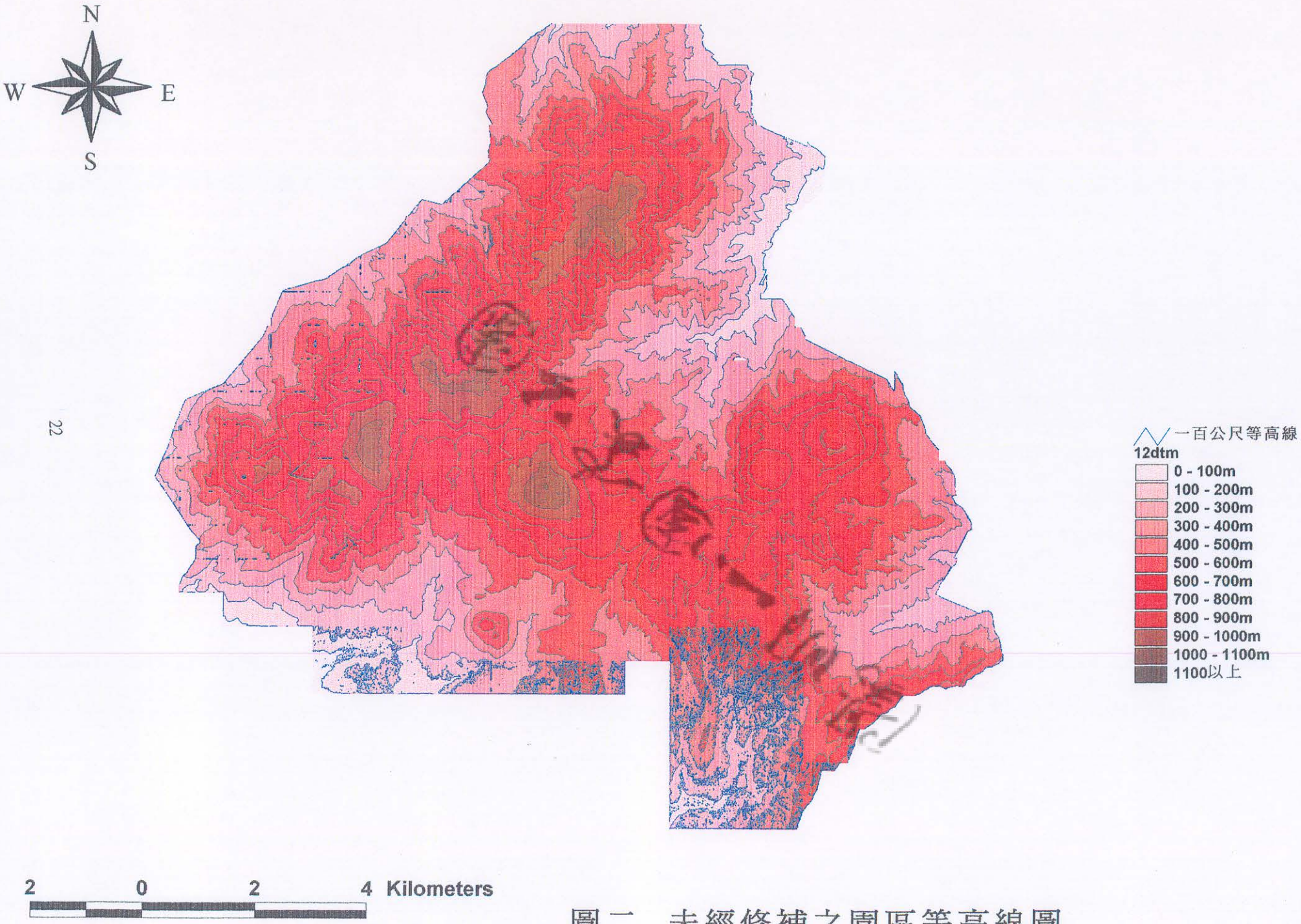
集水區編號	溪流名稱	面積(ha)	平均坡度	備註
1	土地公嶺溪	842.205	48.030	老梅溪有發生土石流
2	阿里磅溪	290.992	49.690	農委會定阿里磅溪為土石流危險溪流
3	倒照湖溪	64.508	43.550	
4	重光溪、嵩山溪	623.830	56.070	重光溪有發生土石流
5	清水溪、北磺溪	2191.251	51.896	
6	無名溪	59.516	57.080	
7	萬里磺溪	168.834	46.630	
8	頭前溪	367.125	44.195	
9	瑪鍊溪	734.562	47.160	
10	礁坑溪	1167.605	41.840	
11	內雙溪	367.962	38.320	

集水區編號	溪流名稱	面積(ha)	平均坡度	備註
12	竹子湖溪、磺溪	1480.13	43.550	竹子湖溪上游農委會定為土石流危險溪流
13	行義溪、永春寮溪	634.382	48.230	
14	貴子坑溪	224.658	45.910	農委會定貴子坑溪為土石流危險溪流
15	興福寮溪	104.838	48.750	興福寮溪有發生土石流
16	碧湖溪	102.683	40.440	
17	無名溪	157.390	52.570	
18	無名溪	63.490	52.870	
19	楓樹湖溪、公司田溪	589.321	49.830	農委會定楓樹湖溪為土石流危險溪流；且楓樹湖溪有發生土石流
20	烘爐北溪	195.789	42.670	農委會定烘爐北溪為土石流危險溪流；且烘爐北溪有發生土石流
21	大屯溪、菜公溪	448.236	56.970	大屯溪有發生土石流

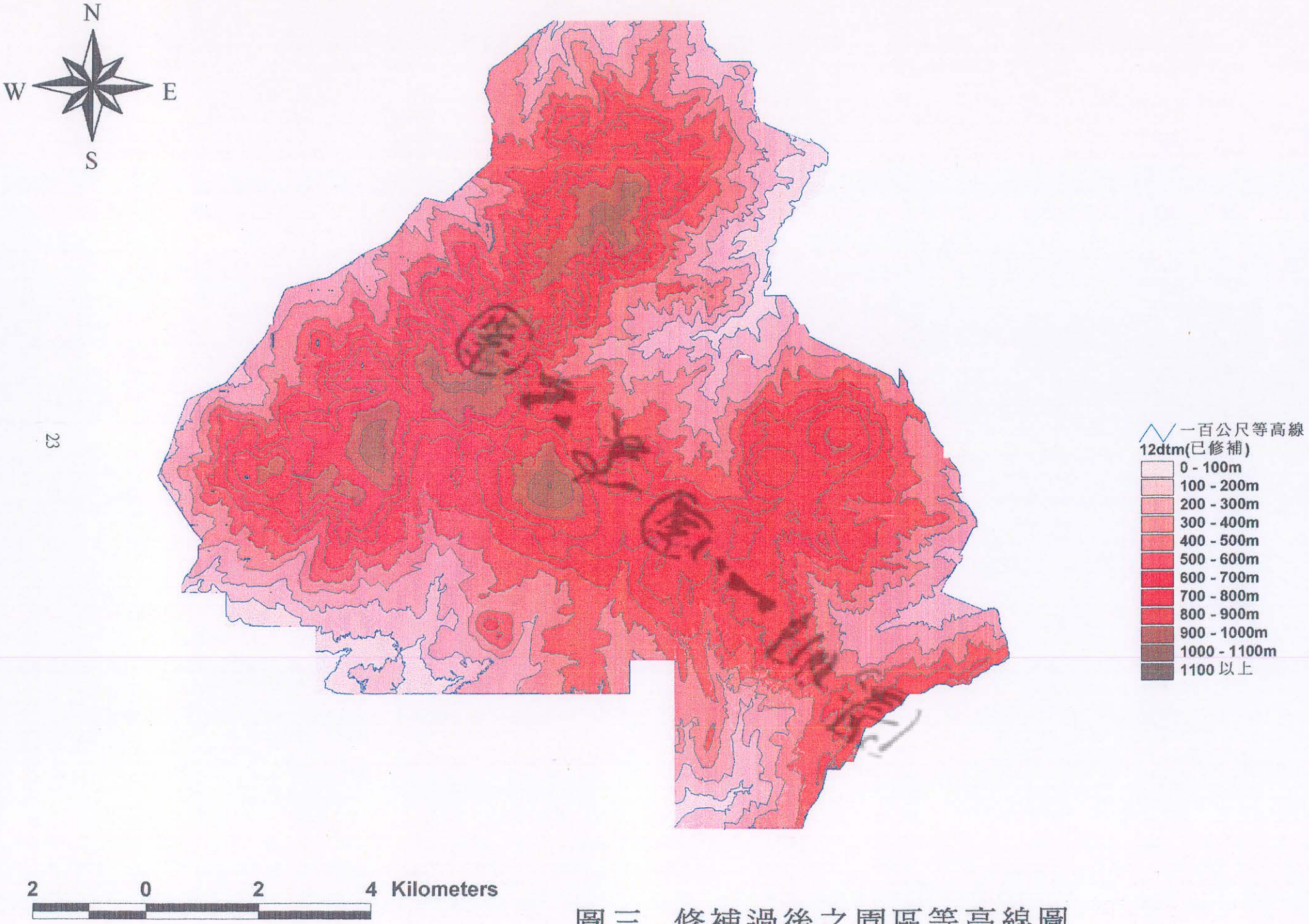
集水區編號	溪流名稱	面積(ha)	平均坡度	備註
22	無名溪	84.608	32.110	
23	無名溪	169.754	53.430	
24	八連溪	260.068	58.480	
25	八連溪	202.880	54.480	


N
W
E
S
12dtm
0 - 100m
100 - 200m
200 - 300m
300 - 400m
400 - 500m
500 - 600m
600 - 700m
700 - 800m
800 - 900m
900 - 1000m
1000 - 1100m
1100以上
2 0 2 4 Kilometers

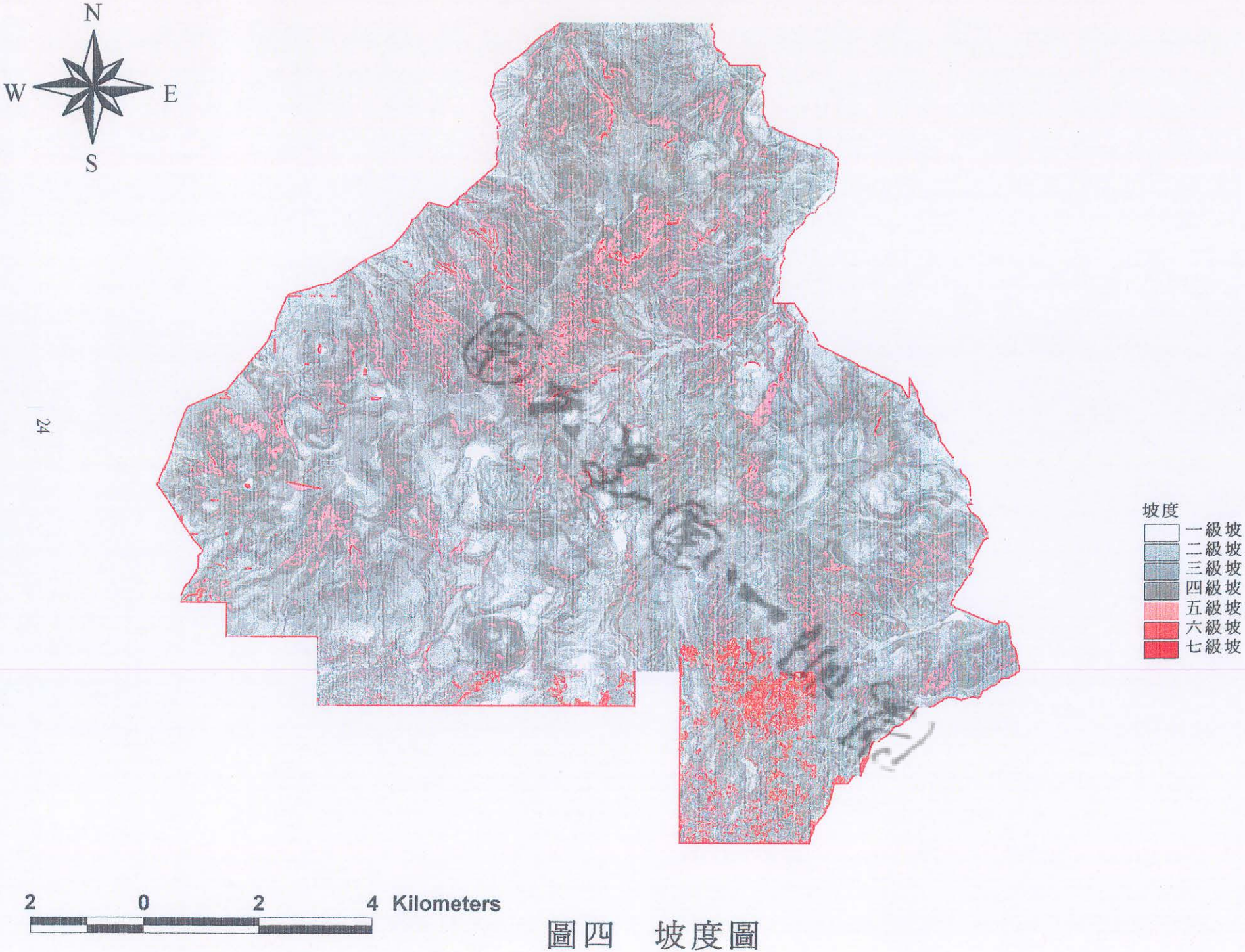
圖一　數值高程地形圖



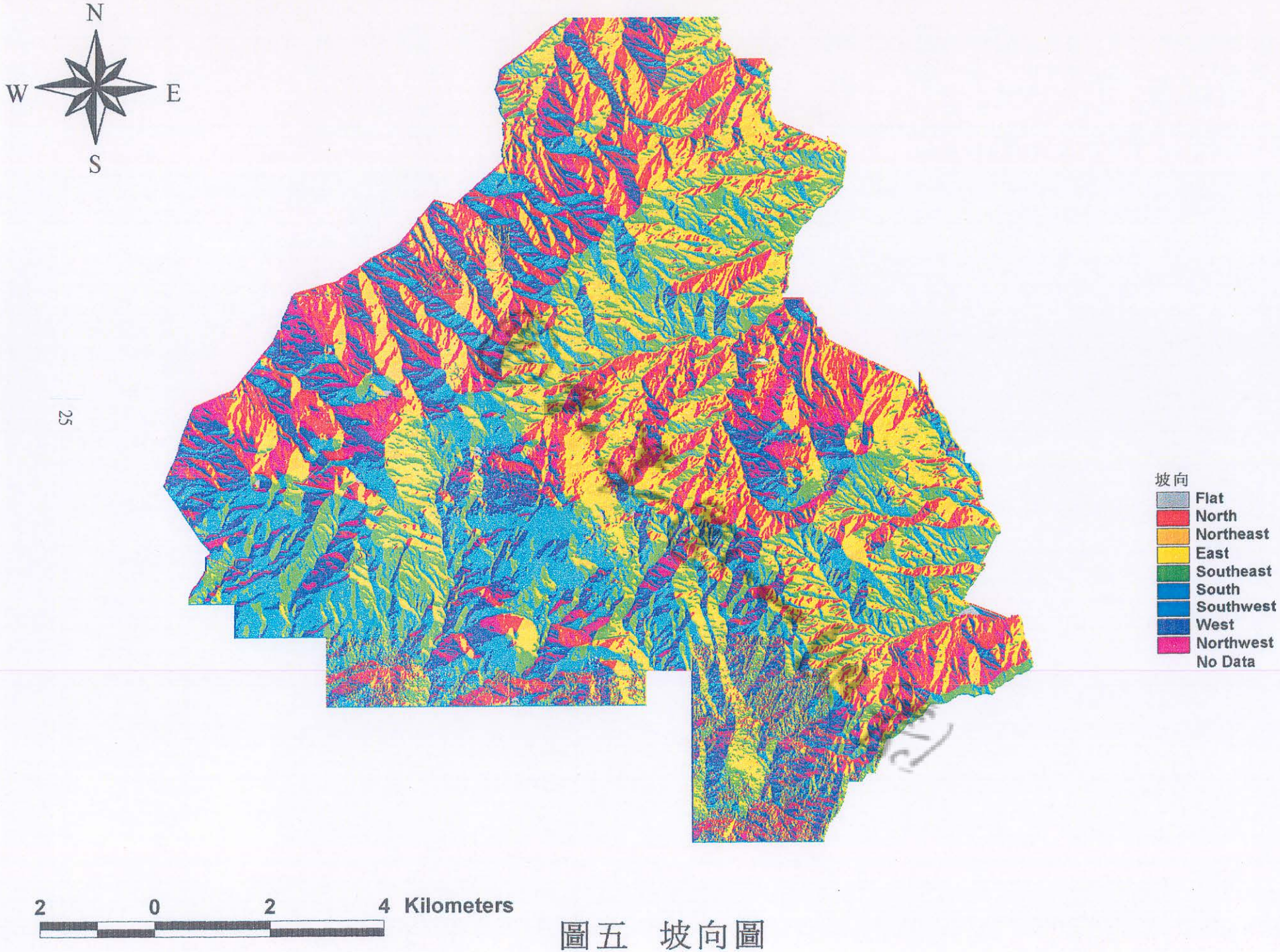
圖二　未經修補之園區等高線圖



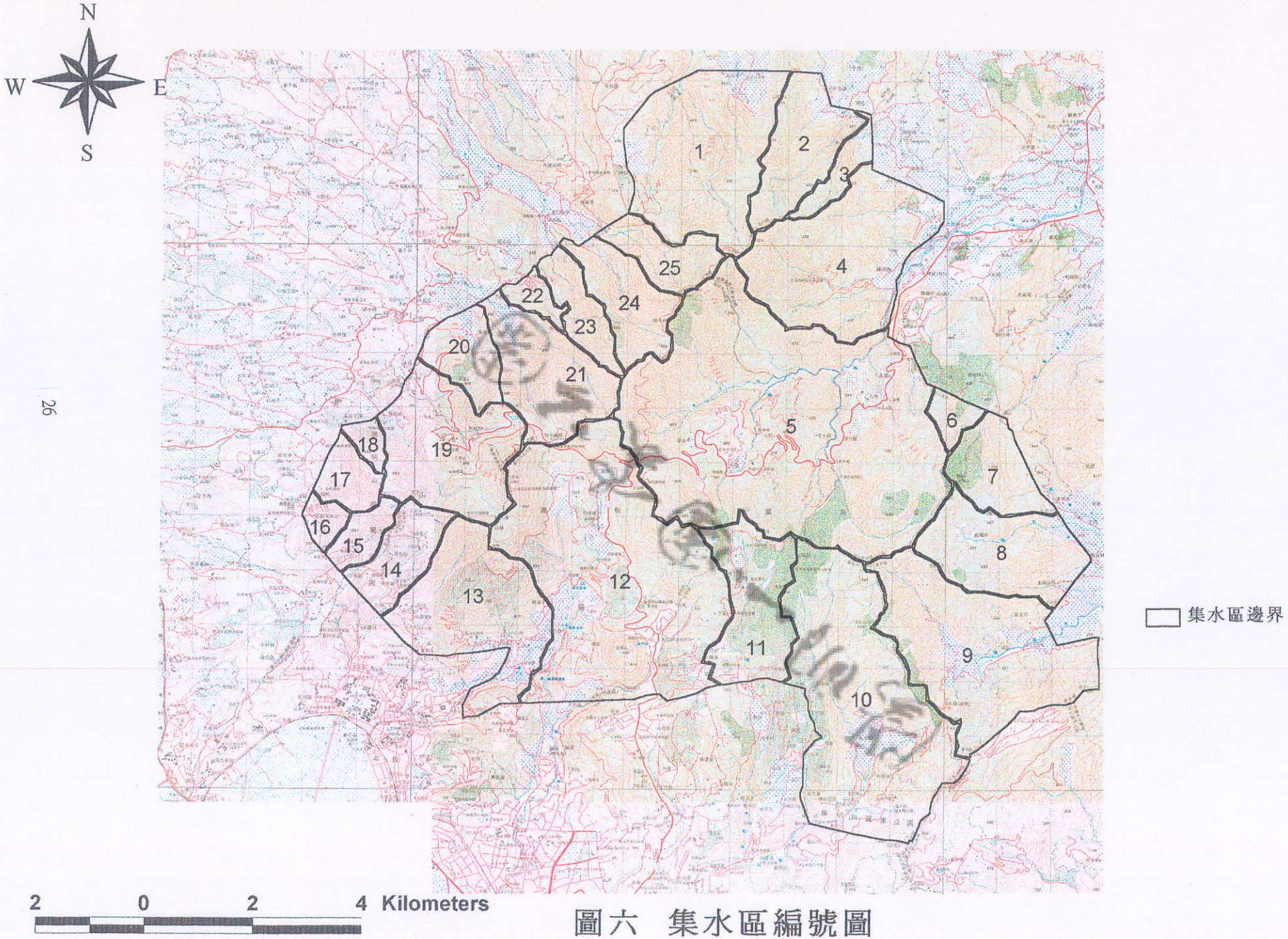
圖三　修補過後之園區等高線圖



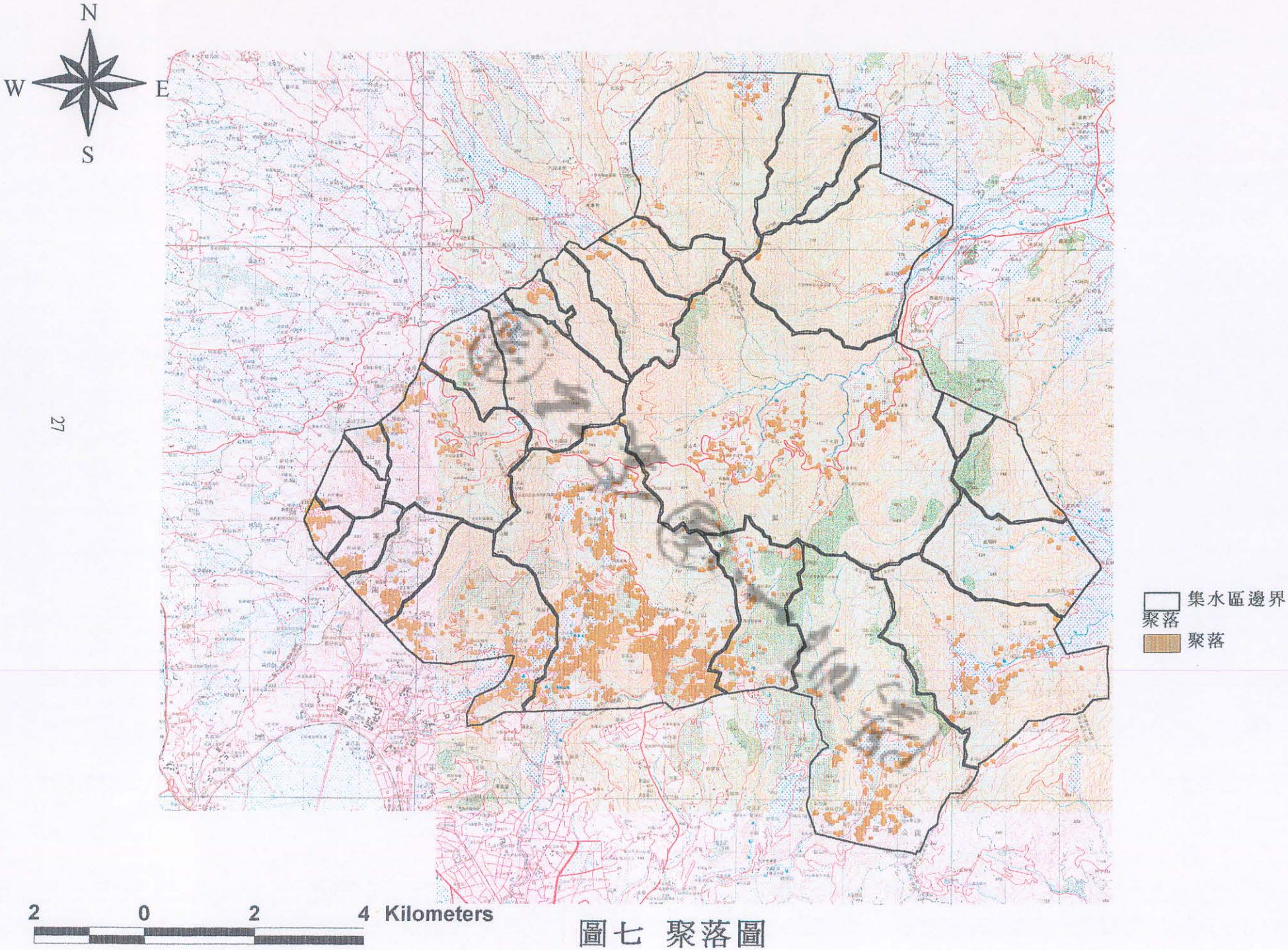
圖四　坡度圖


N
W
E
S
坡向
Flat
North
Northeast
East
Southeast
South
Southwest
West
Northwest
No Data
2
0
2
4 Kilometers

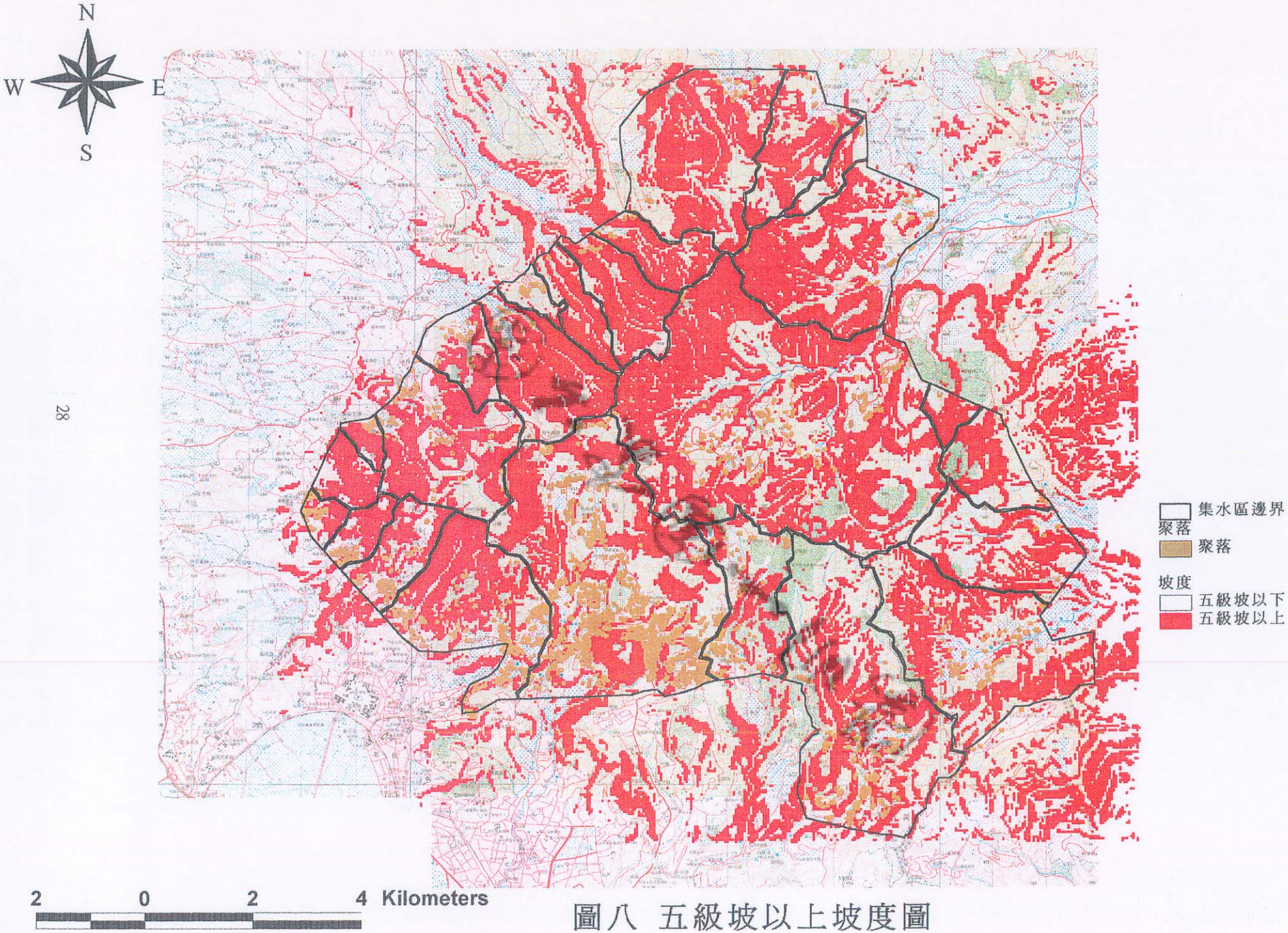
圖五　坡向圖


N
W
E
S
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
集水區邊界
2 0 2 4 Kilometers

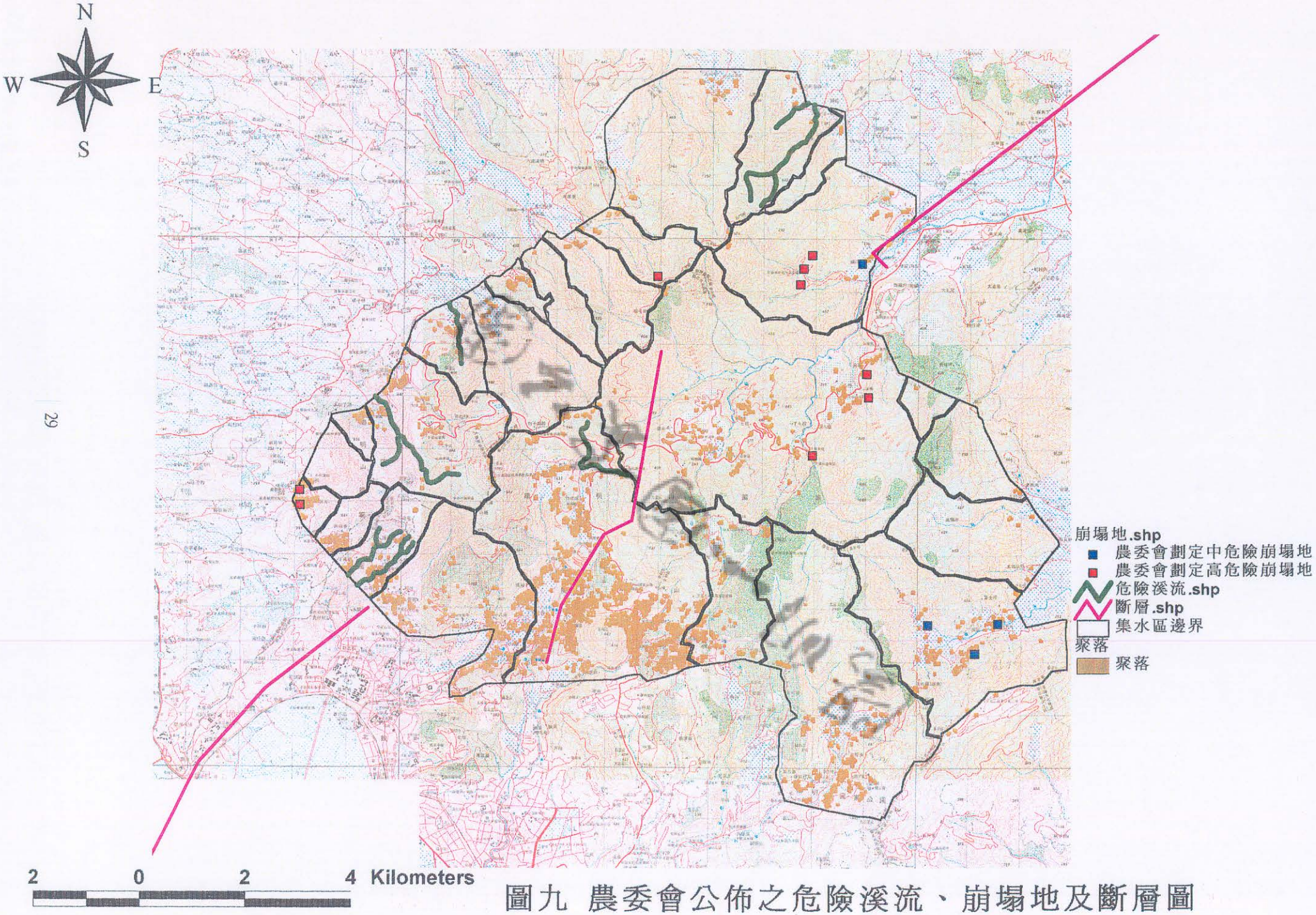
圖六 集水區編號圖



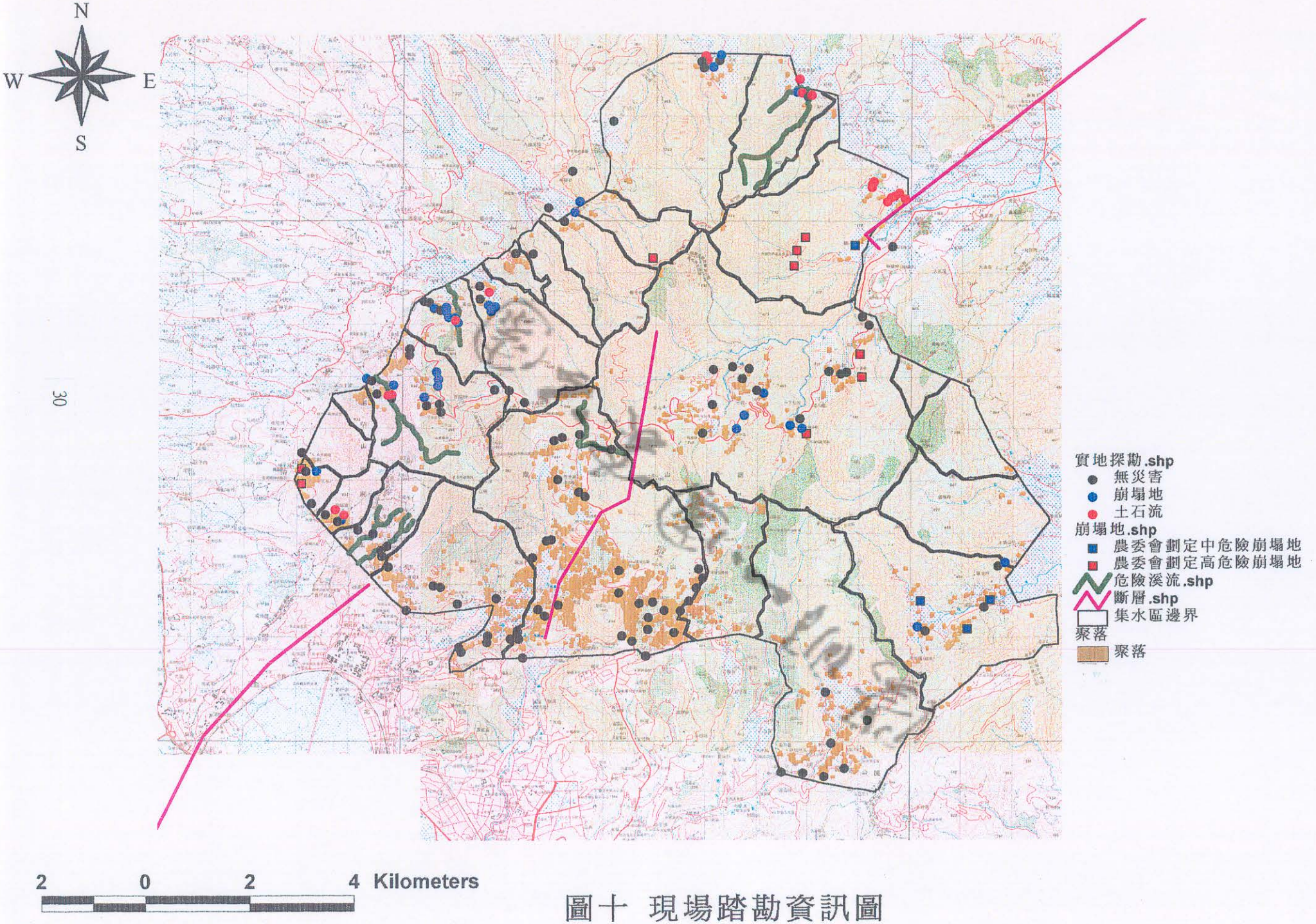
圖七 聚落圖



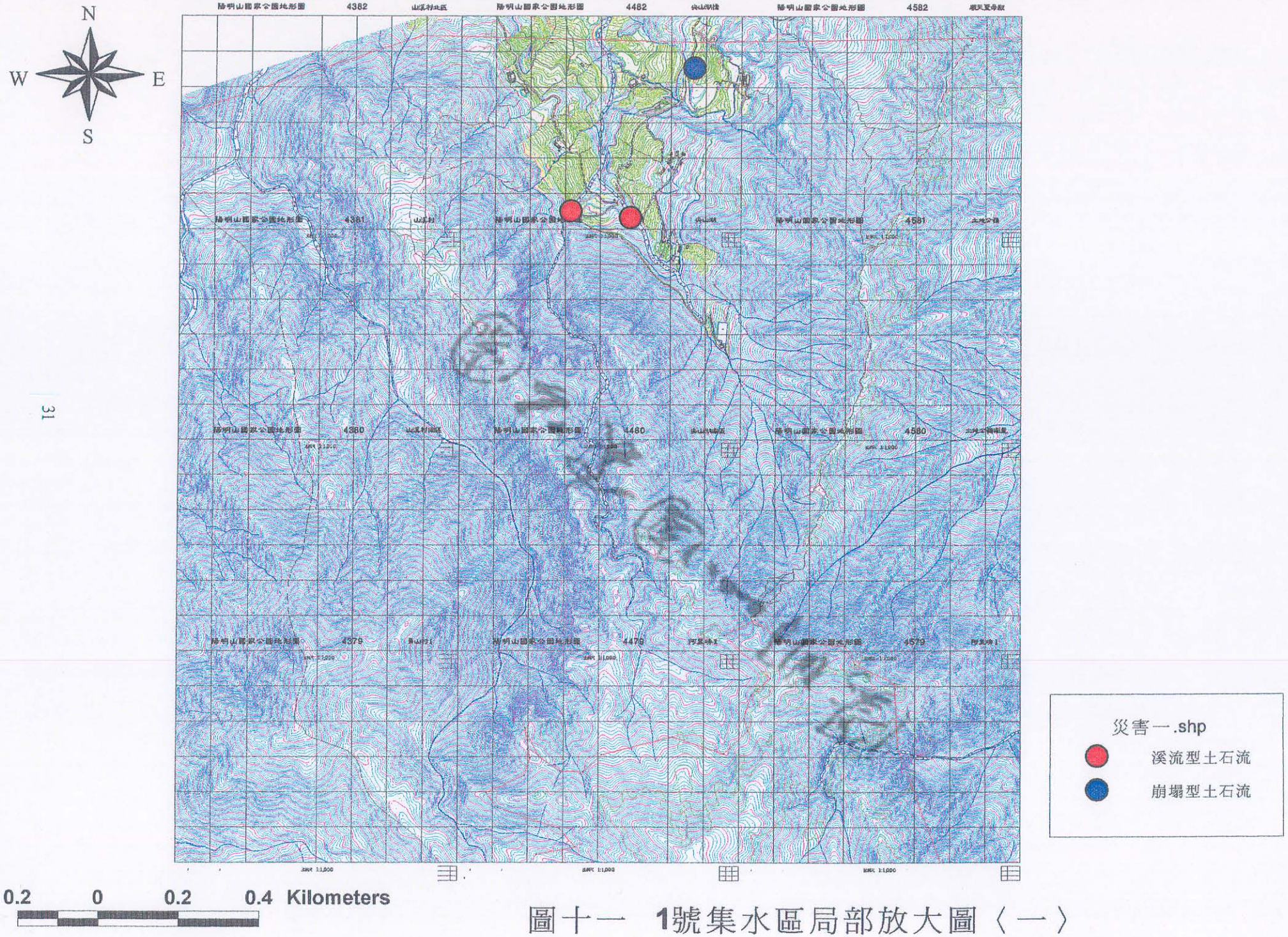
圖八 五級坡以上坡度圖



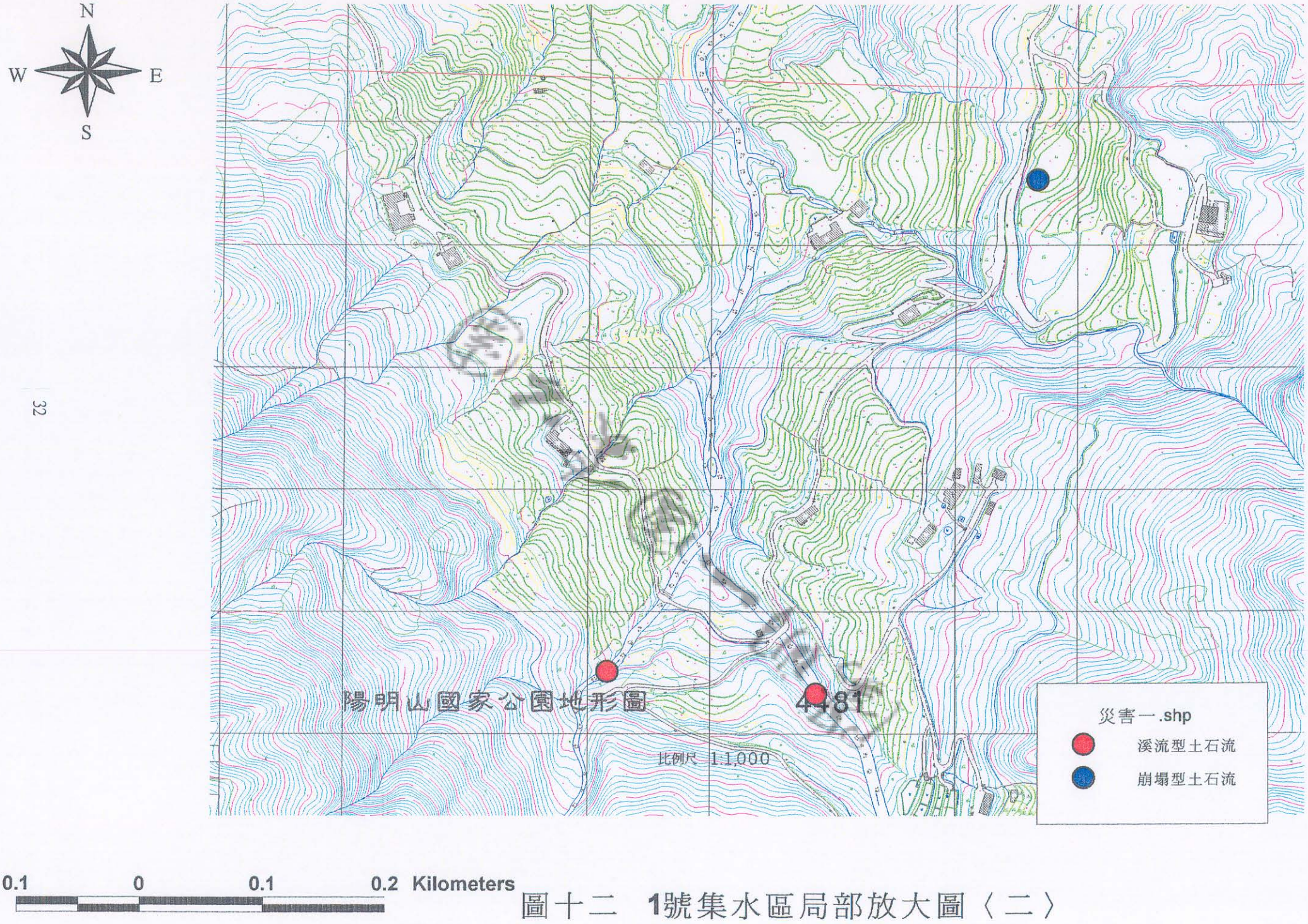
圖九 農委會公佈之危險溪流、崩塌地及斷層圖


N
W
E
S
實地探勘.shp
無災害
崩塌地
土石流
崩塌地.shp
農委會劃定中危險崩塌地
農委會劃定高危險崩塌地
危險溪流.shp
斷層.shp
集水區邊界
聚落
聚落
2 0 2 4 Kilometers

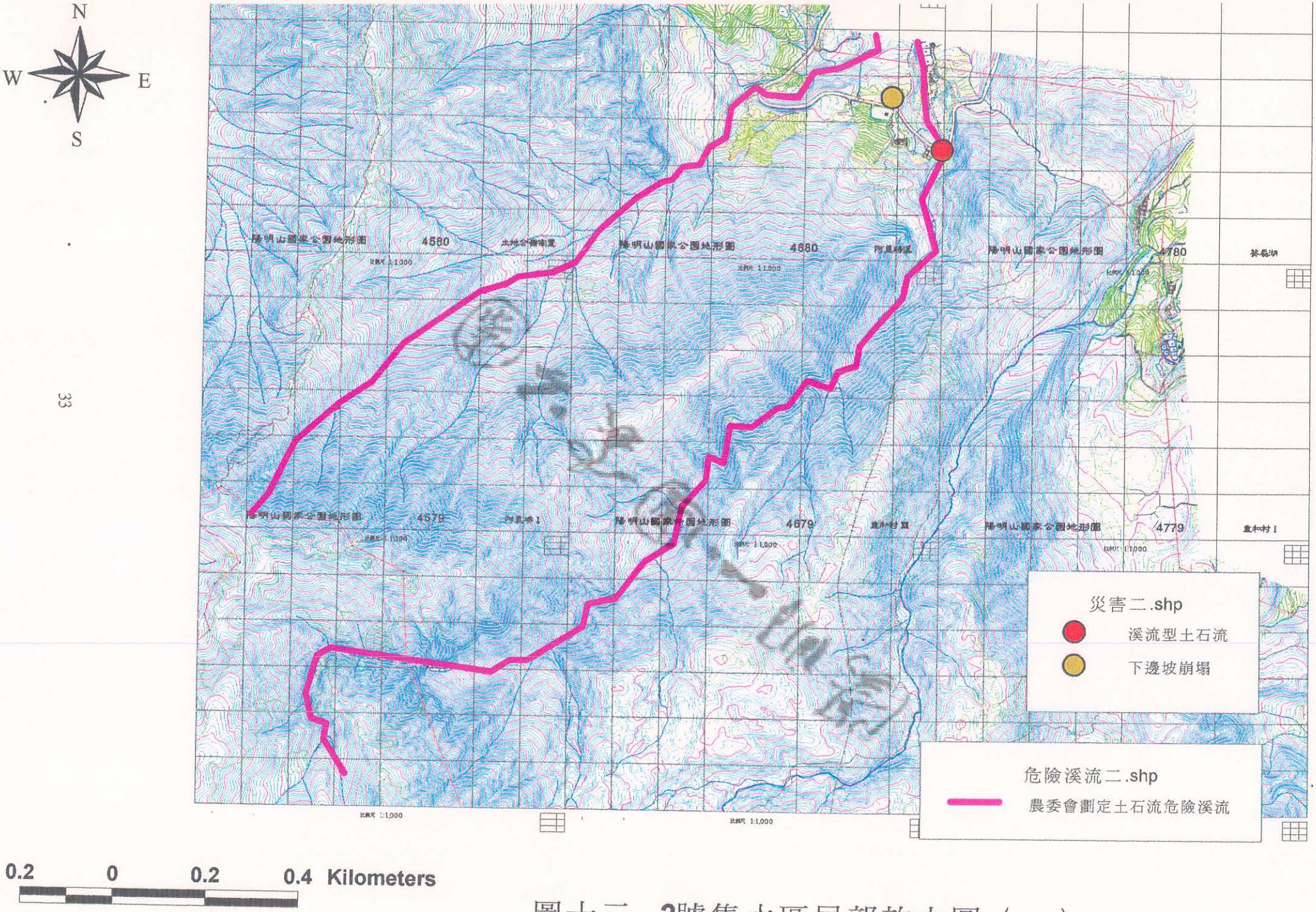
圖十 現場踏勘資訊圖



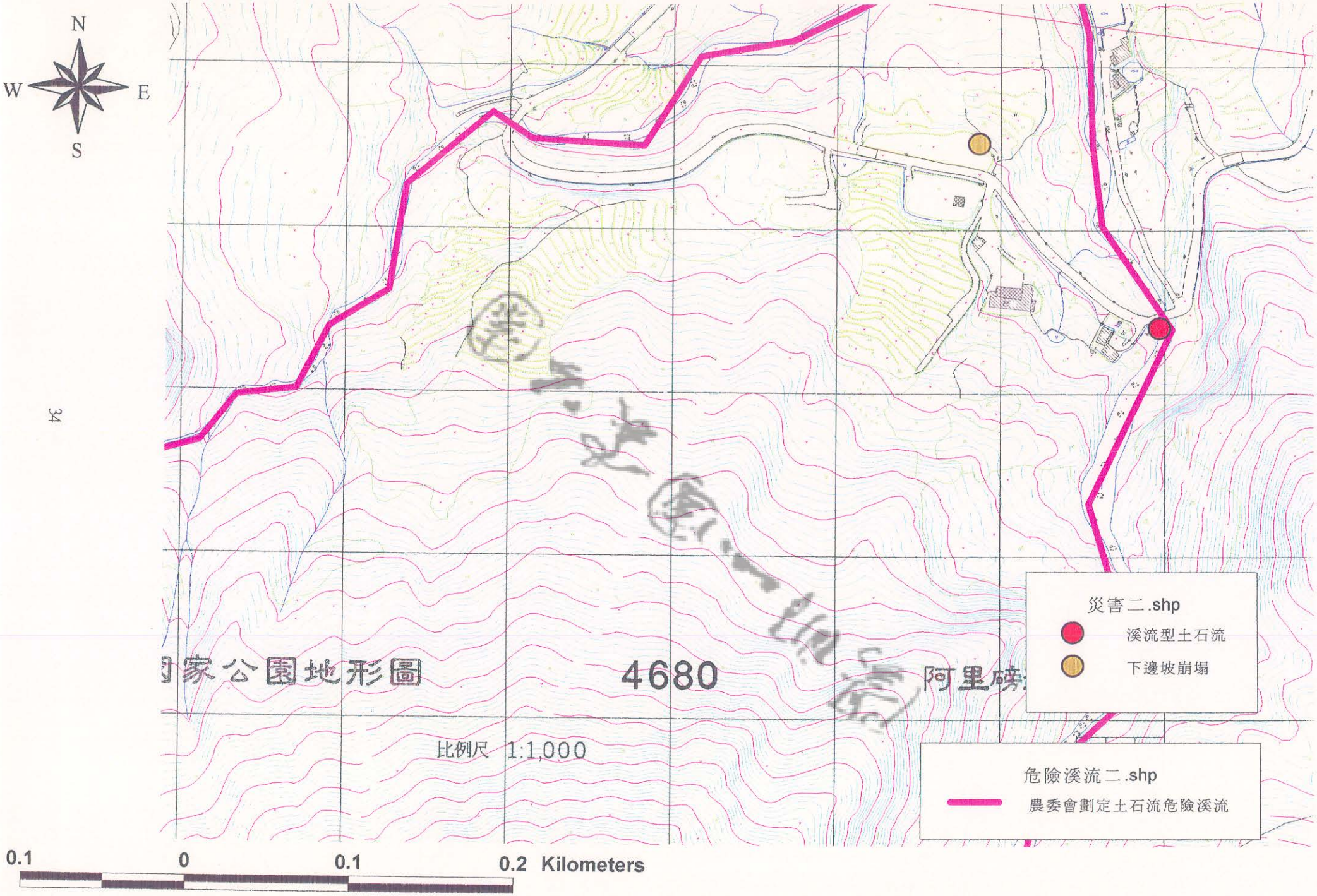
圖十一　1號集水區局部放大圖〈一〉



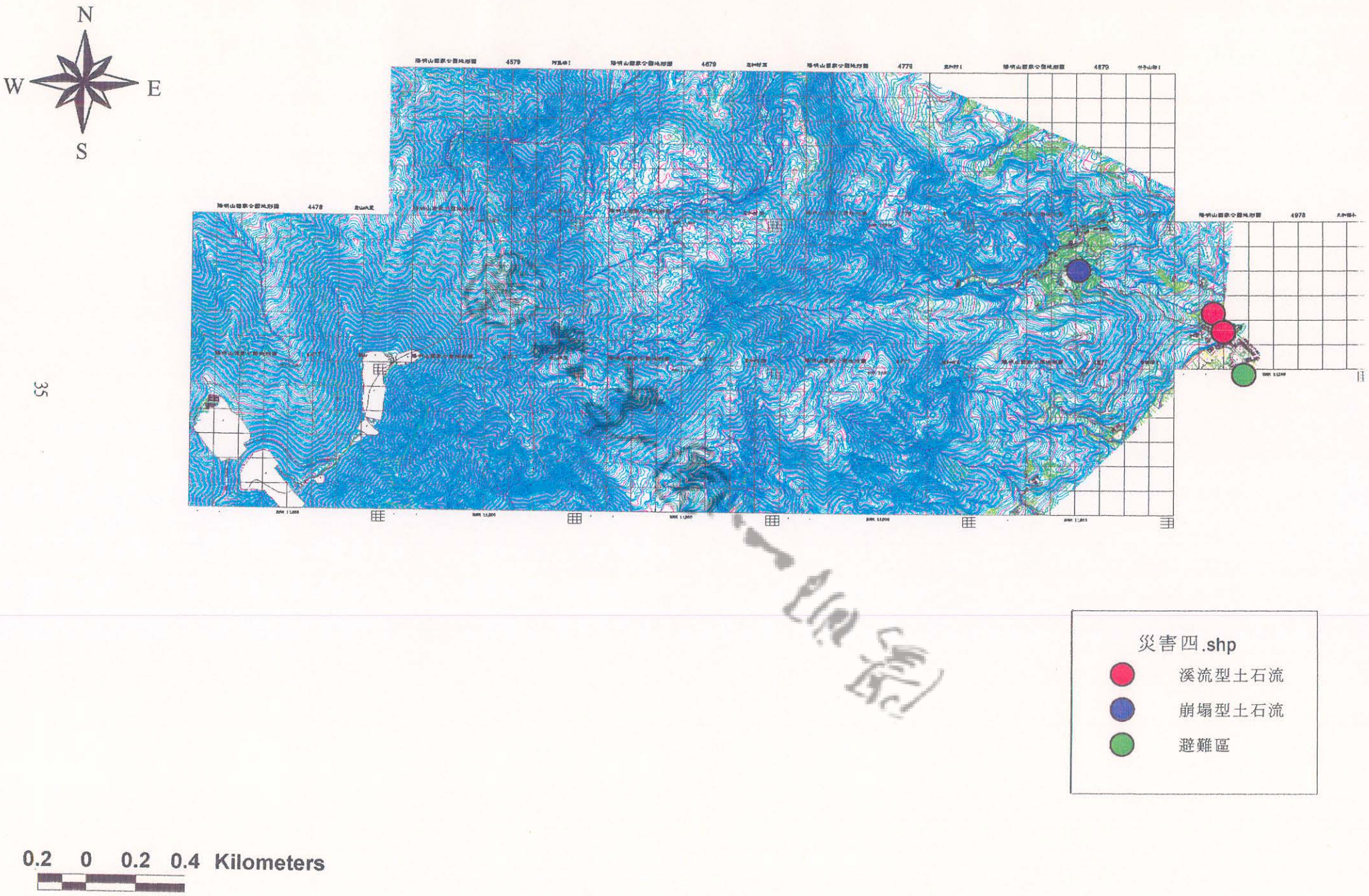
圖十二　1號集水區局部放大圖〈二〉



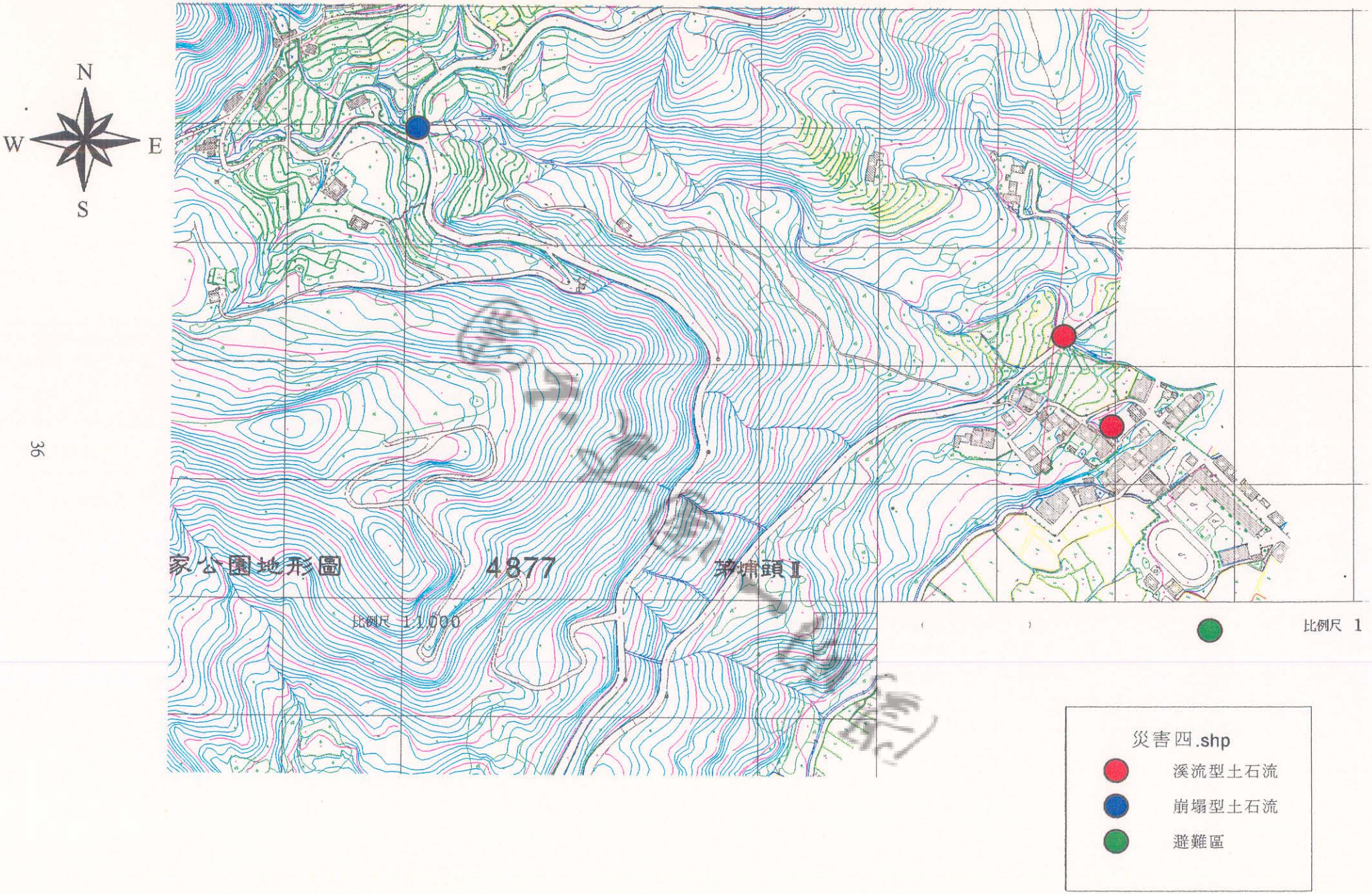
圖十三　2號集水區局部放大圖〈一〉



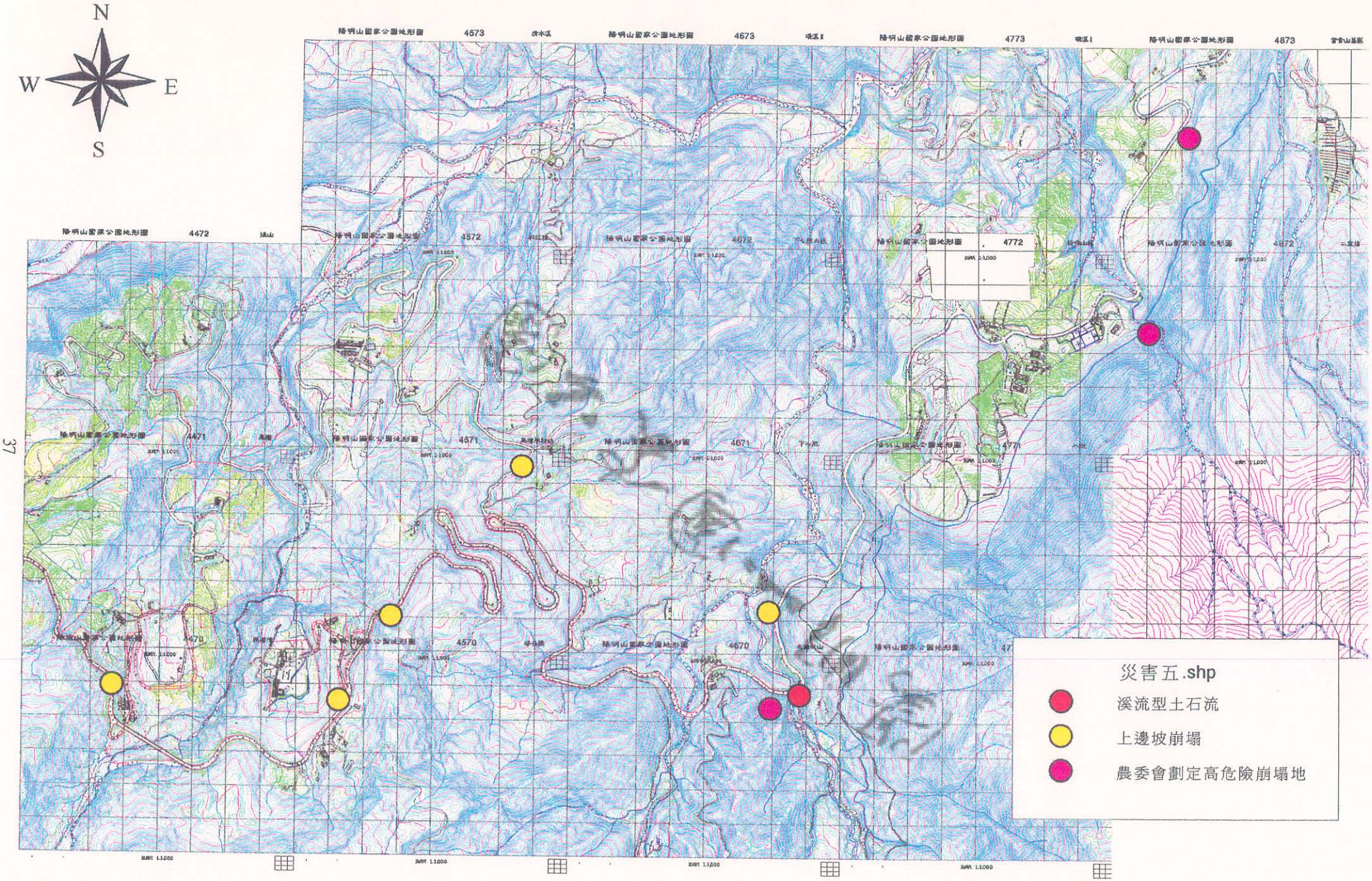
圖十四　2號集水區局部放大圖〈二〉



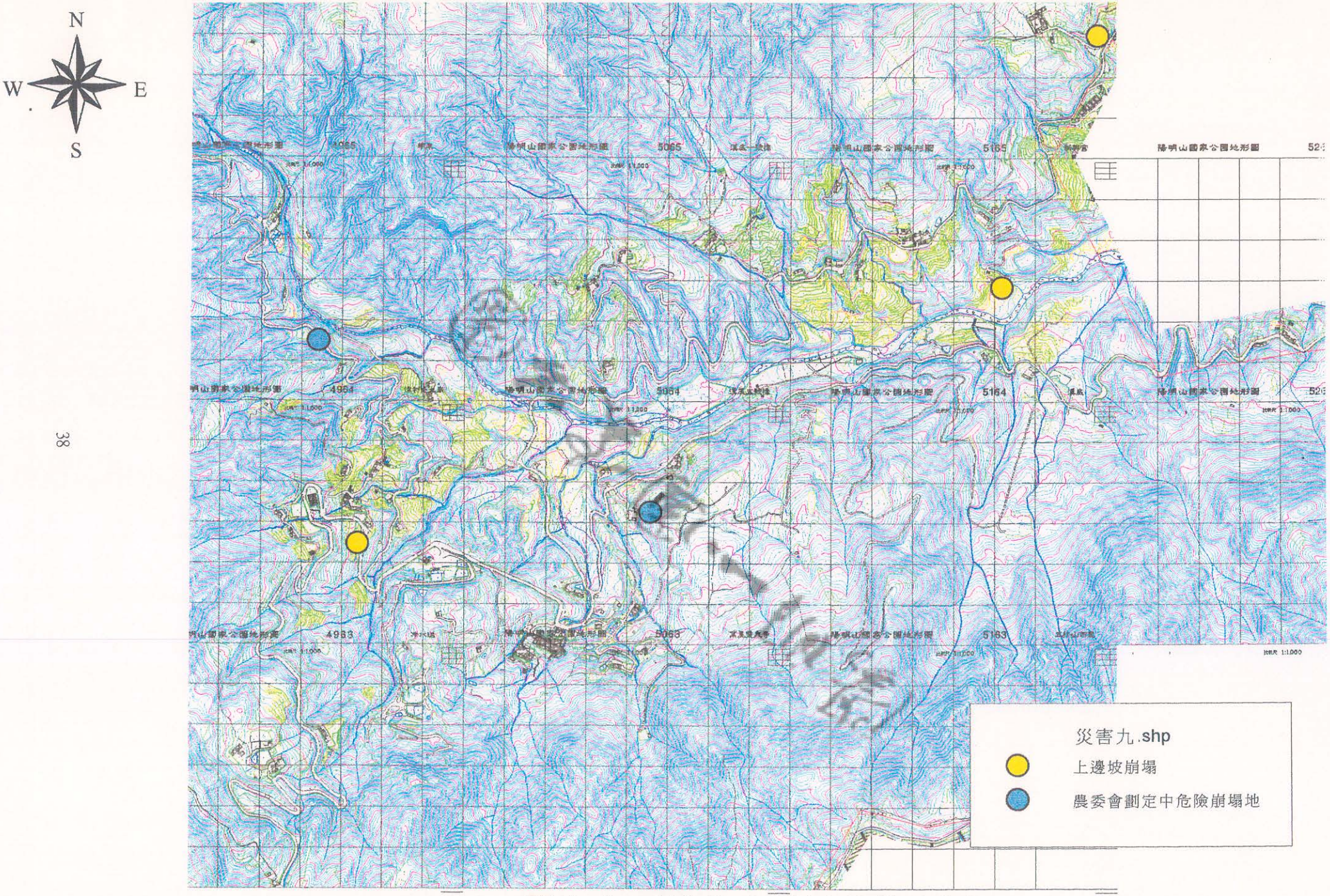
圖十五 4號集水區局部放大圖〈一〉



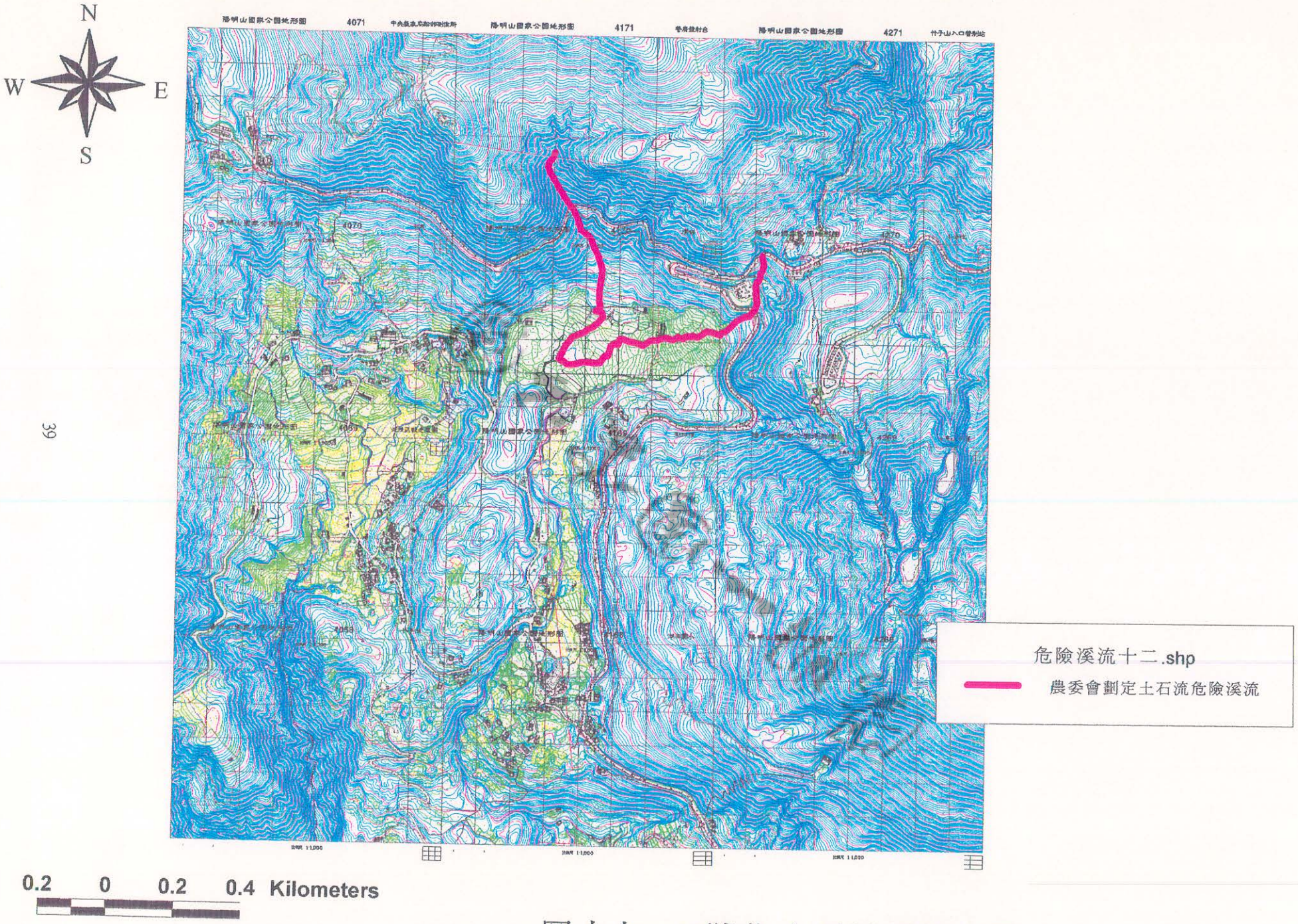
圖十六　4號集水區局部放大圖〈二〉



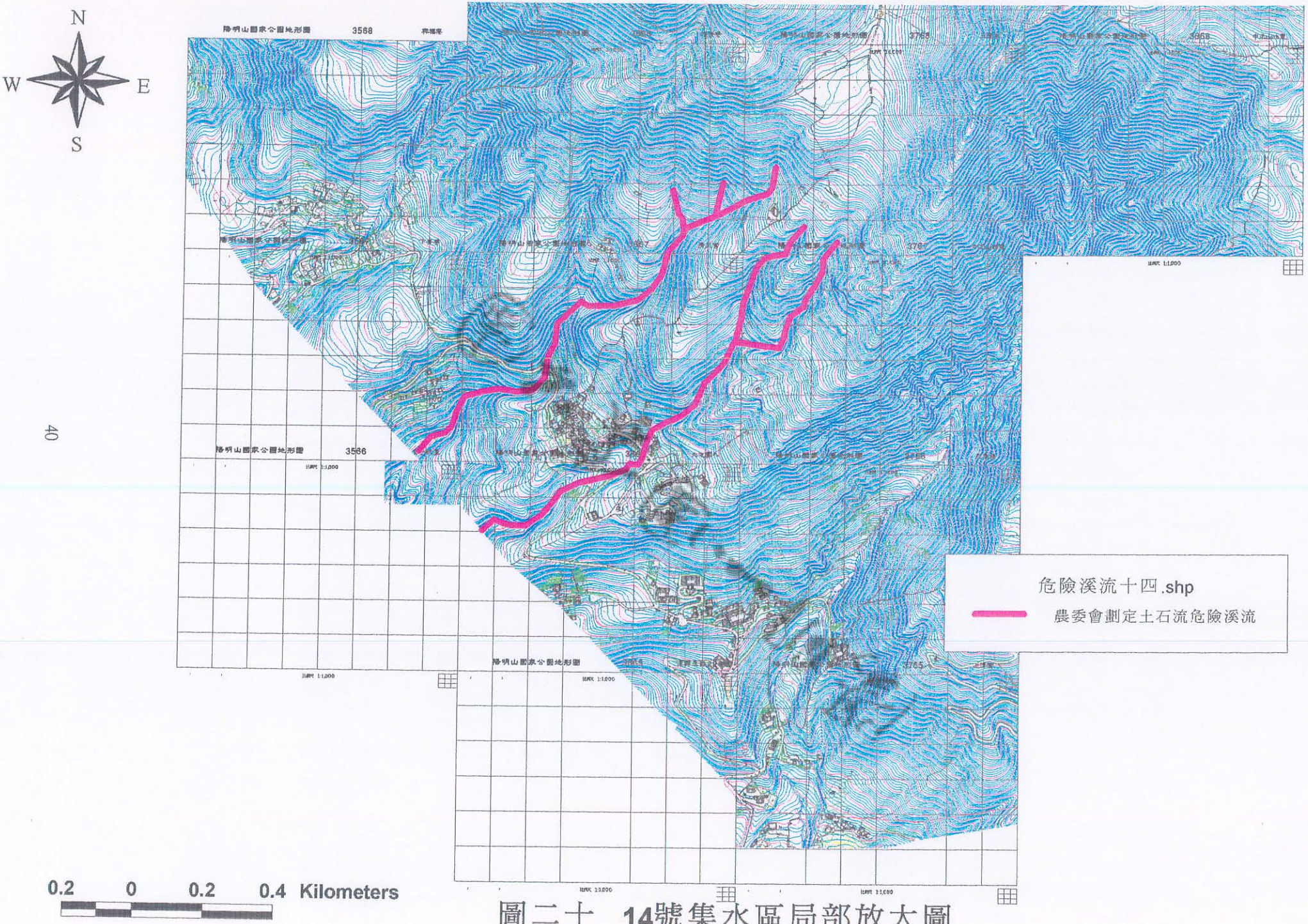
圖十七 5號集水區局部放大圖



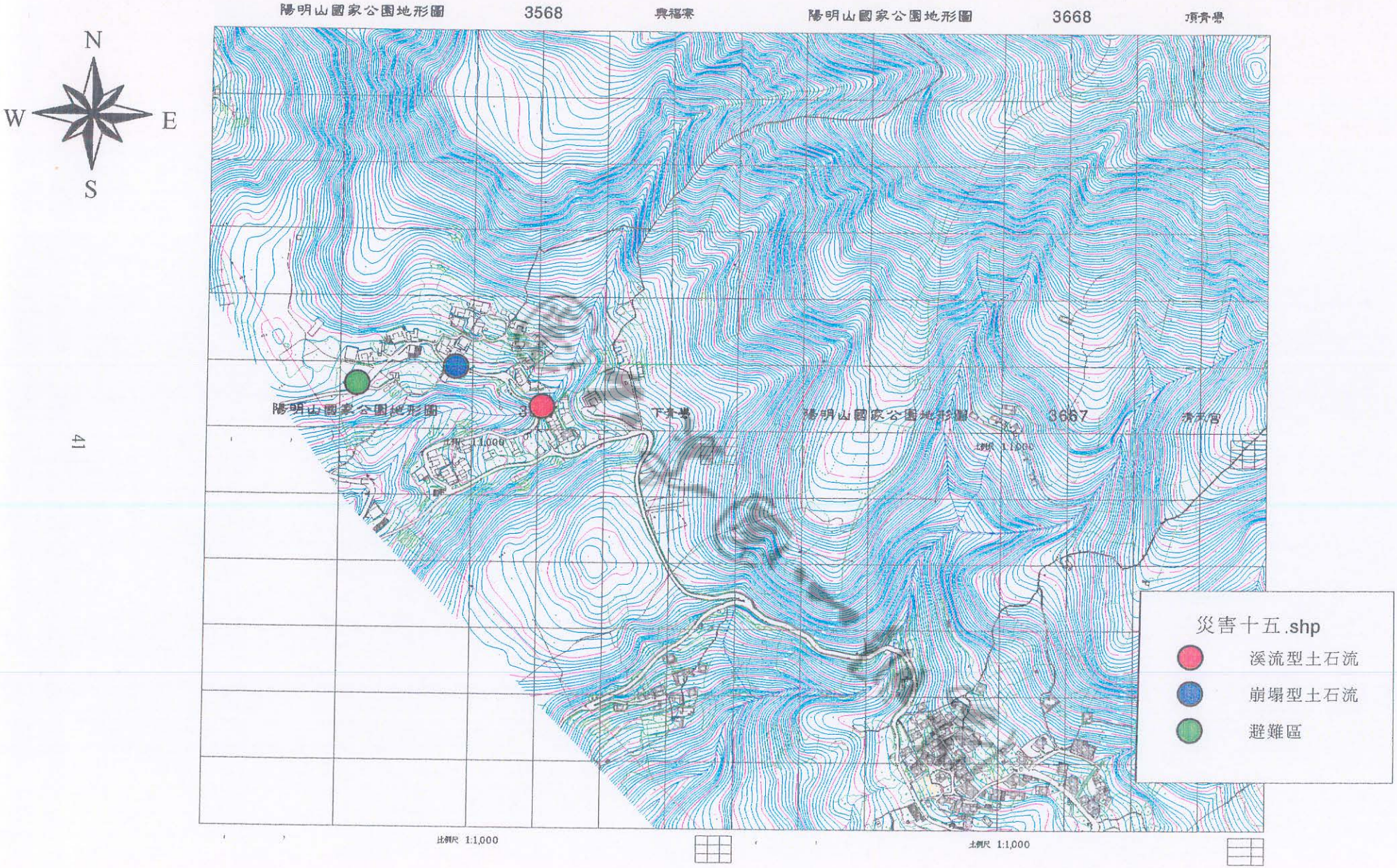
圖十八 9號集水區局部放大圖



圖十九　12號集水區局部放大圖



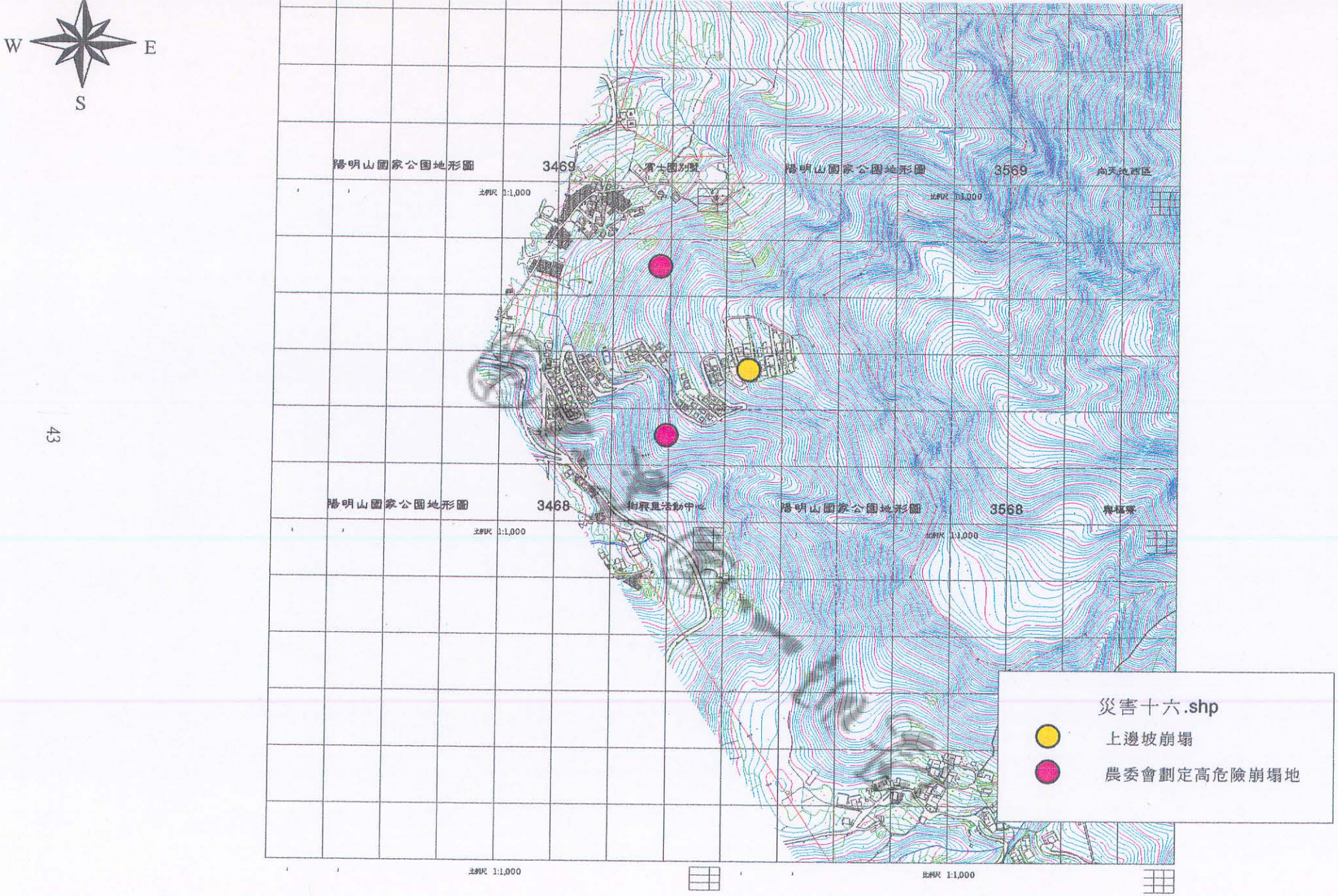
圖二十 14號集水區局部放大圖



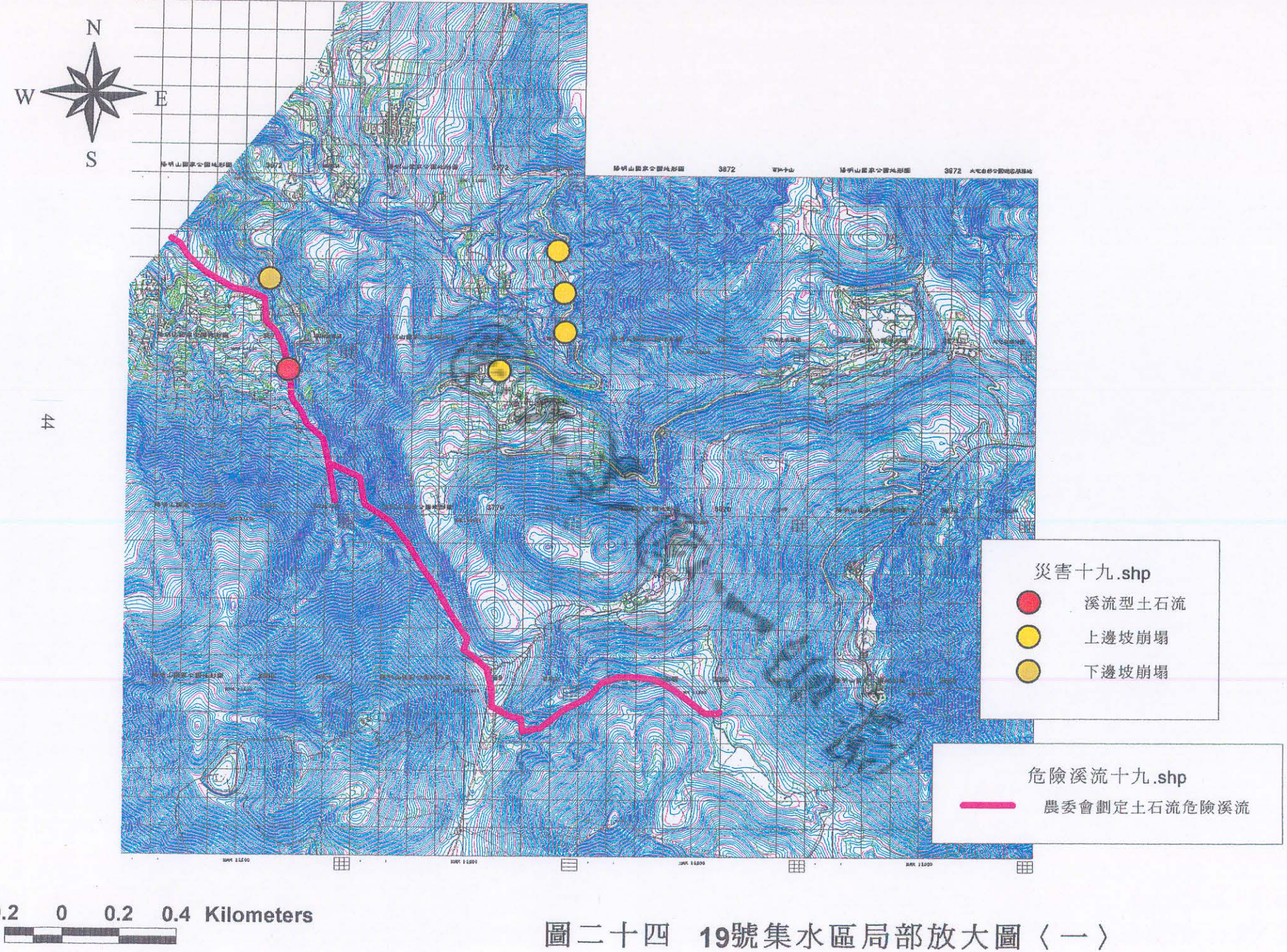
0.2 0 0.2 0.4 Kilometers

圖二十一 15號集水區局部放大圖〈一〉

圖二十二　15號集水區局部放大圖〈二〉



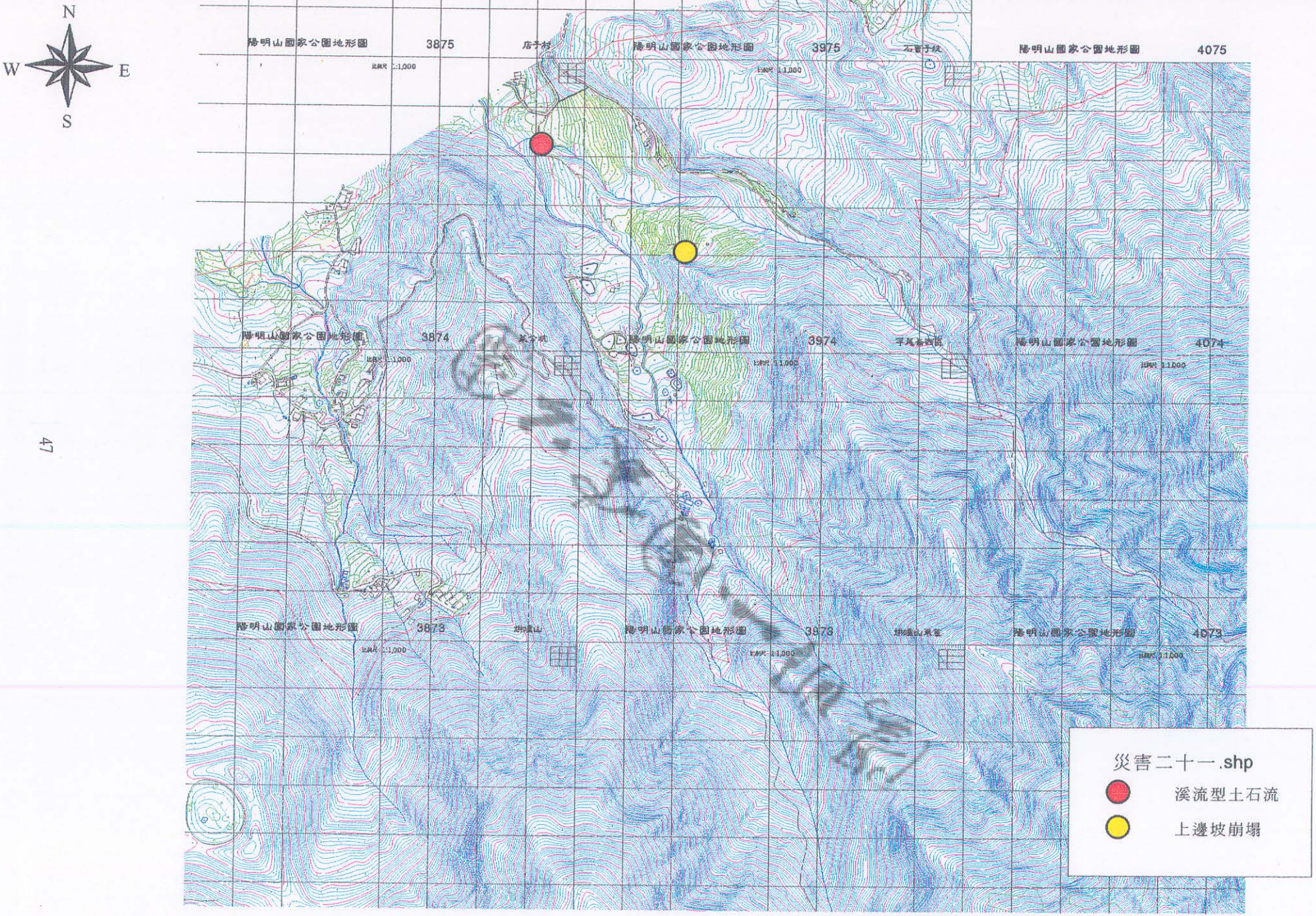
圖二十三　16號集水區局部放大圖



圖二十四　19號集水區局部放大圖〈一〉

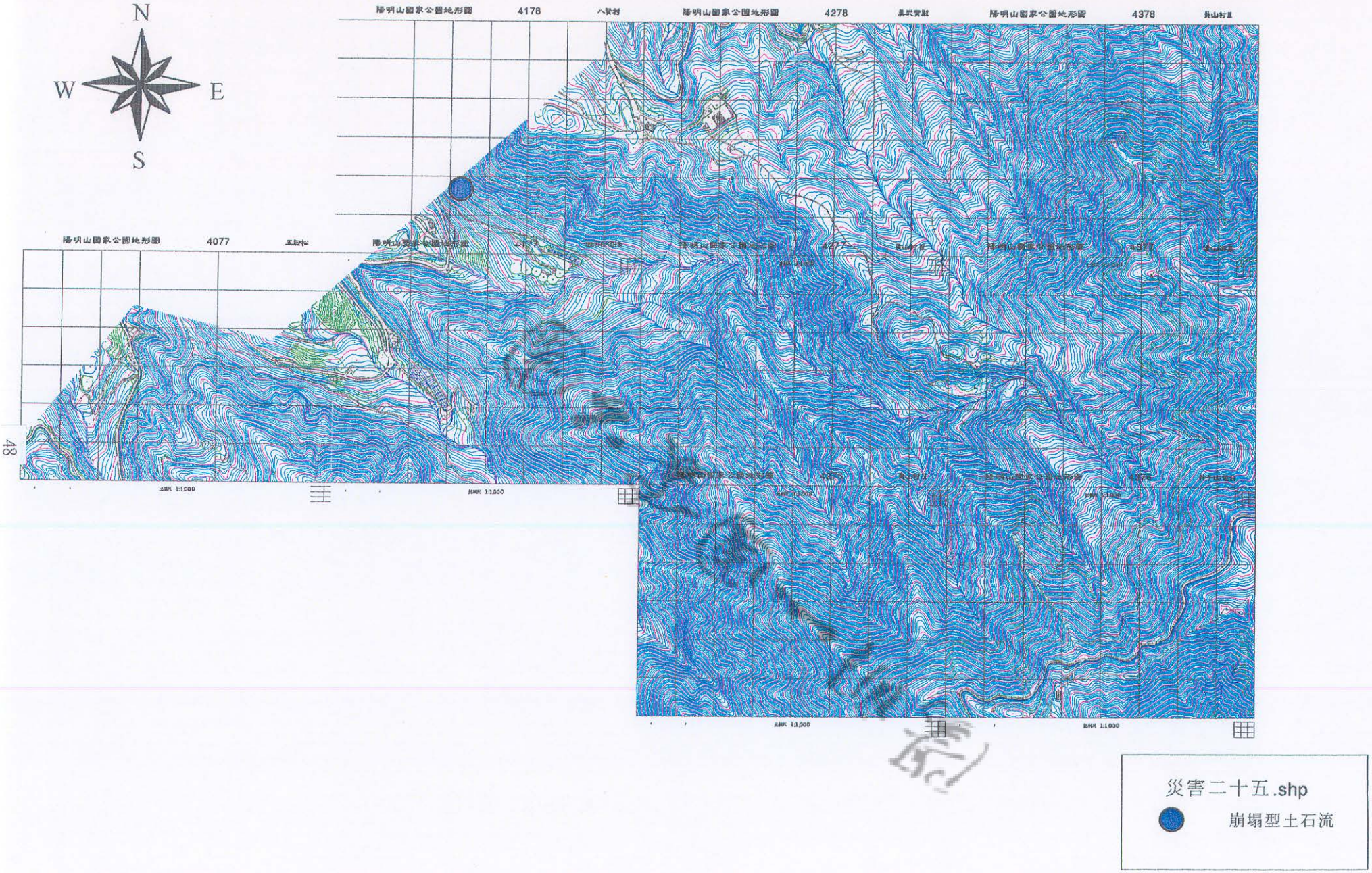
圖二十五　19號集水區局部放大圖〈二〉

圖二十六　20號集水區局部放大圖



圖二十七　21號集水區局部放大圖

0.2　0　0.2　0.4 Kilometers



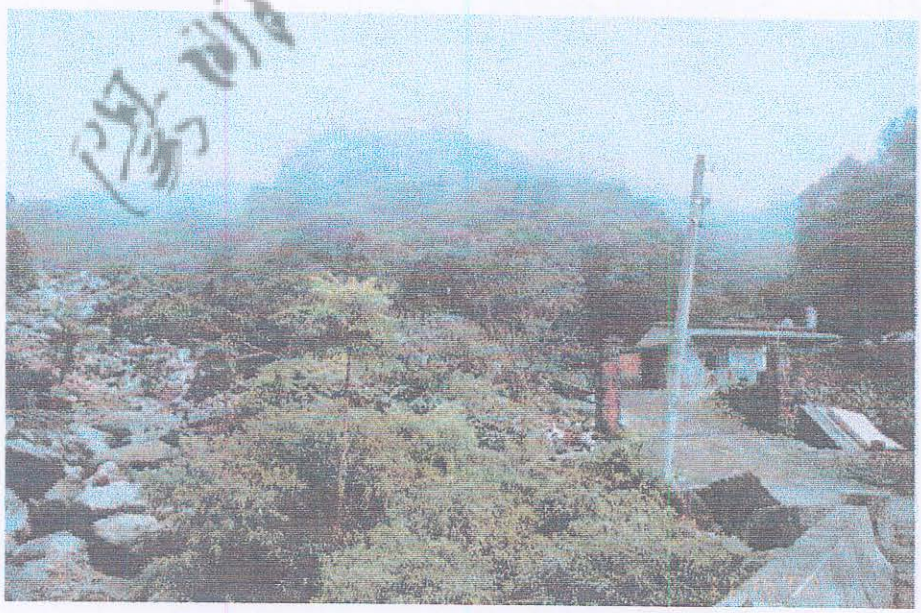
0.2 0 0.2 0.4 Kilometers

圖二十八 25號集水區局部放大圖

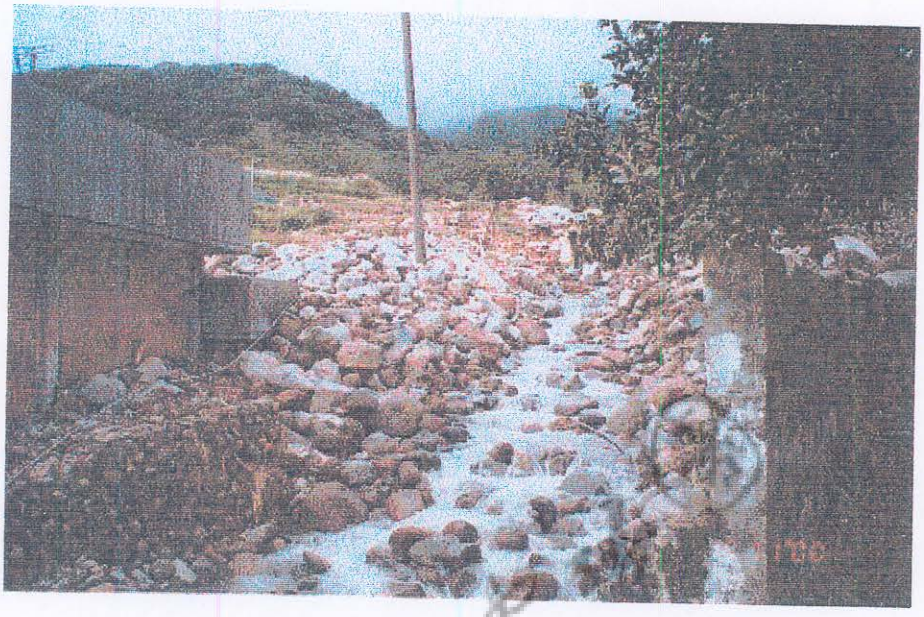
照片一：青山橋附近之溪流型土石流淹沒產業道路

照片二：尖山湖橋附近之溪流型土石流淹沒產業道路

照片三：園區邊界外，阿里磅溪谷被土石流掩埋情形



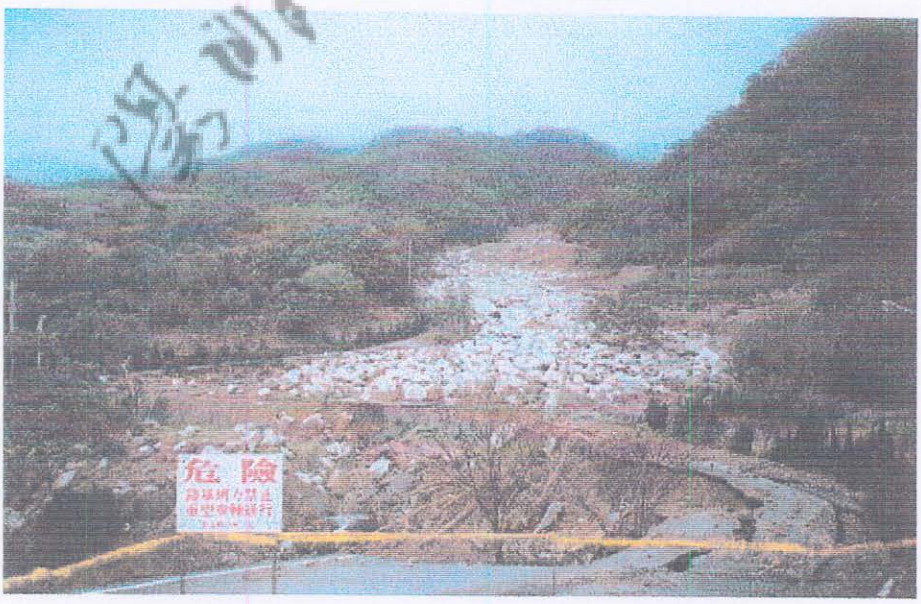
照片四：竹里一號橋上游之阿里磅溪谷有土石流發生之跡象



照片五：重和村聚落被土石流掩埋情形〈一〉

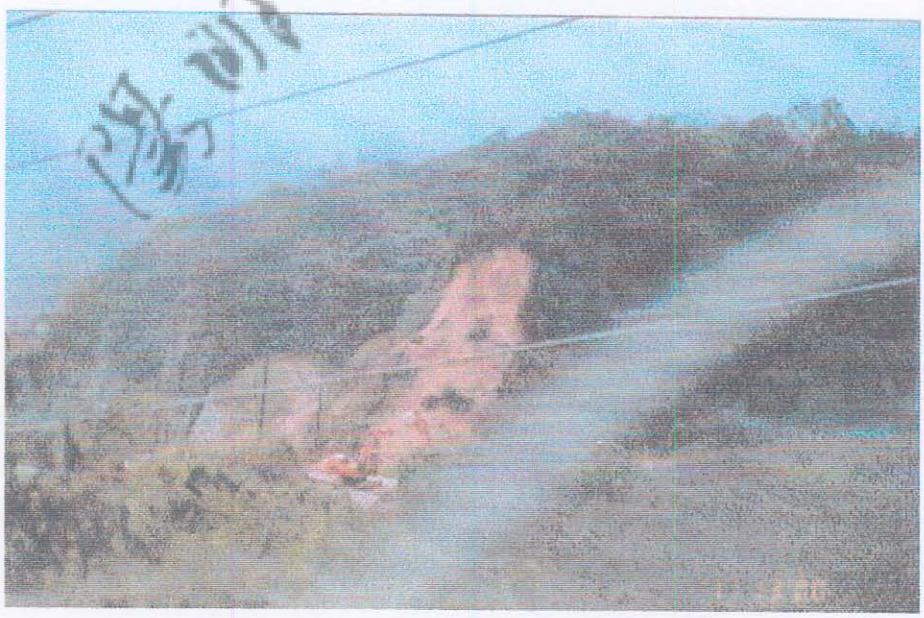
照片六：重和村聚落被土石流掩埋情形〈二〉

照片七：重光溪土石流淤積河道，堵塞箱涵

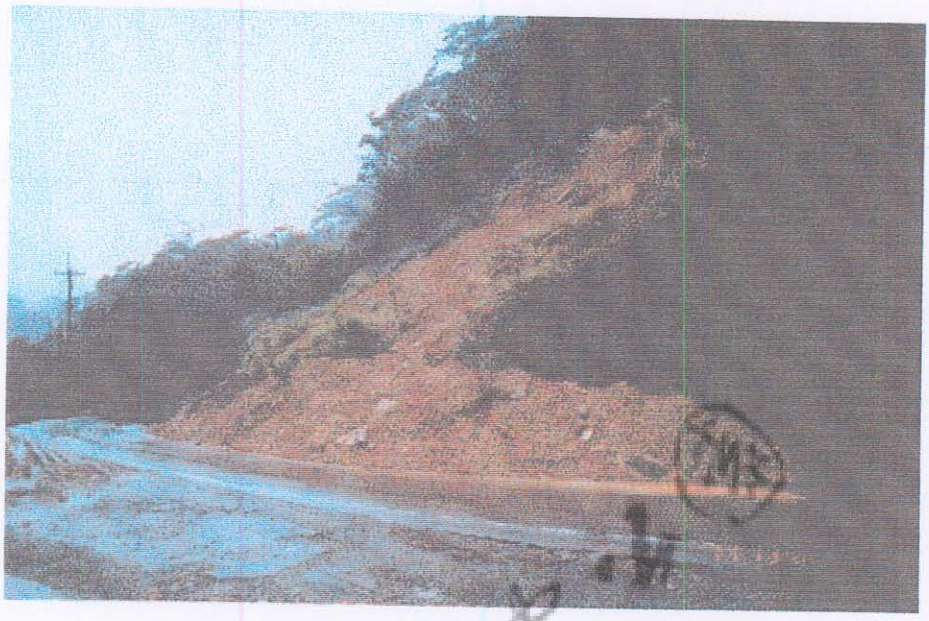


照片八：重光溪土石流引起產業道路坍方

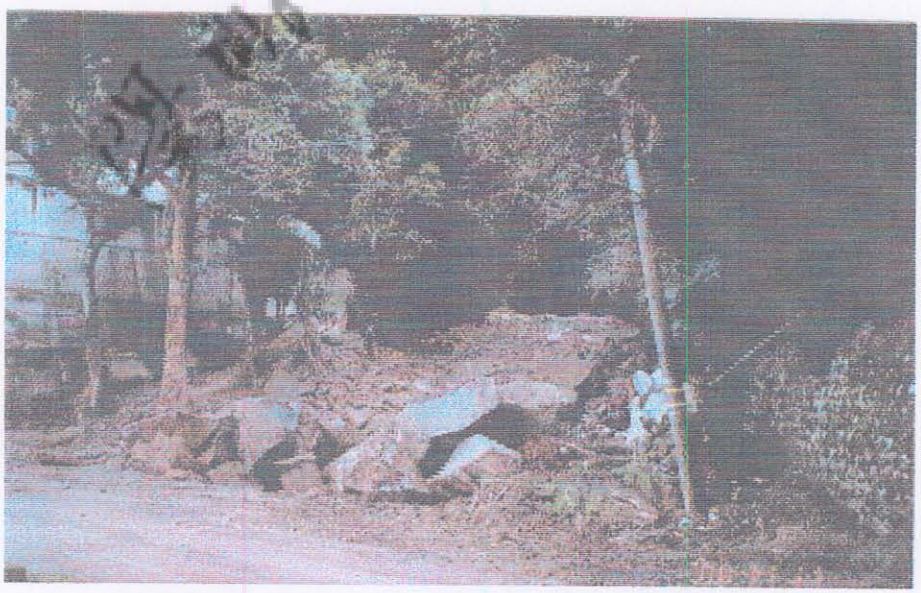
照片九：馬槽附近陽金公路路旁之上邊坡崩塌



照片十：瑞泉附近之路段上邊坡崩塌



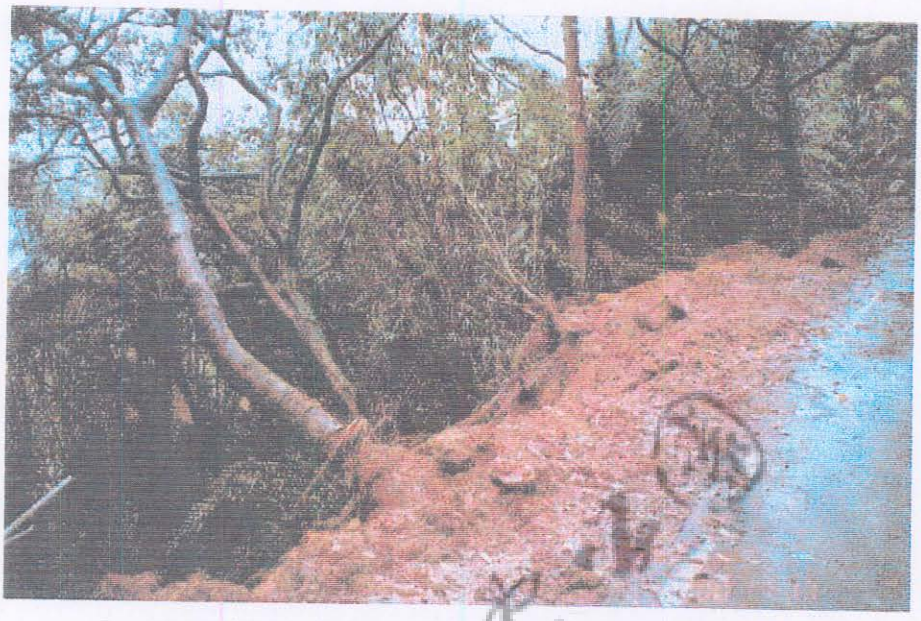
照片十一：溪底附近之路段上邊坡崩塌



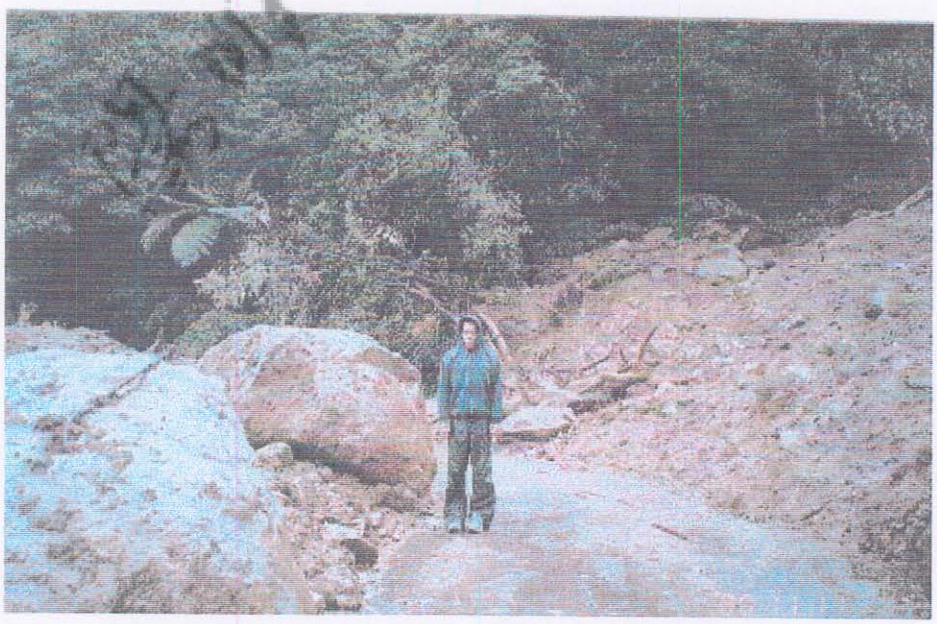
照片十二：興福寮溪土石流越過道路情形

照片十三：真聖宮附近民宅被土石流流經之水痕

照片十四：賓士園別墅中之邊坡崩塌

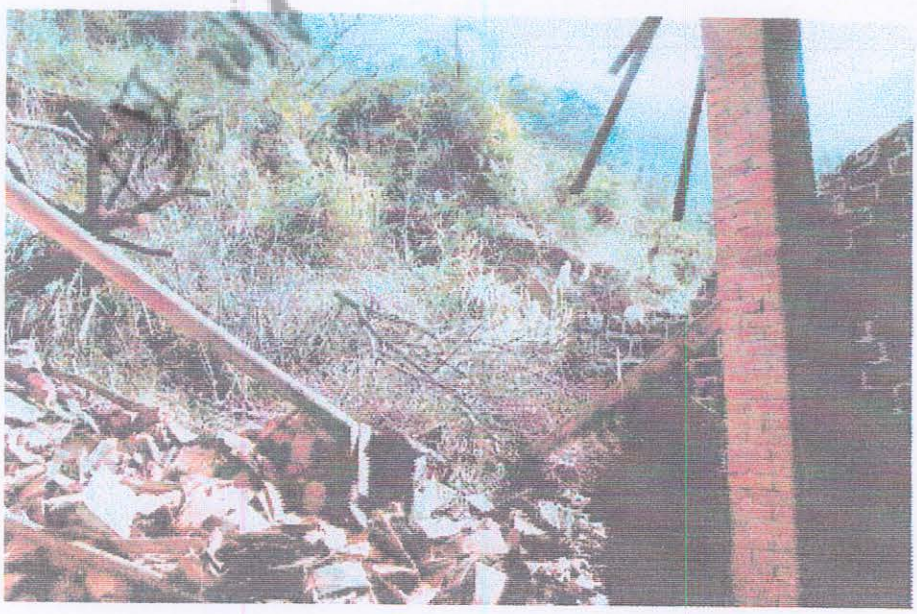


照片十五：楓樹湖集水區產業道路邊坡崩塌

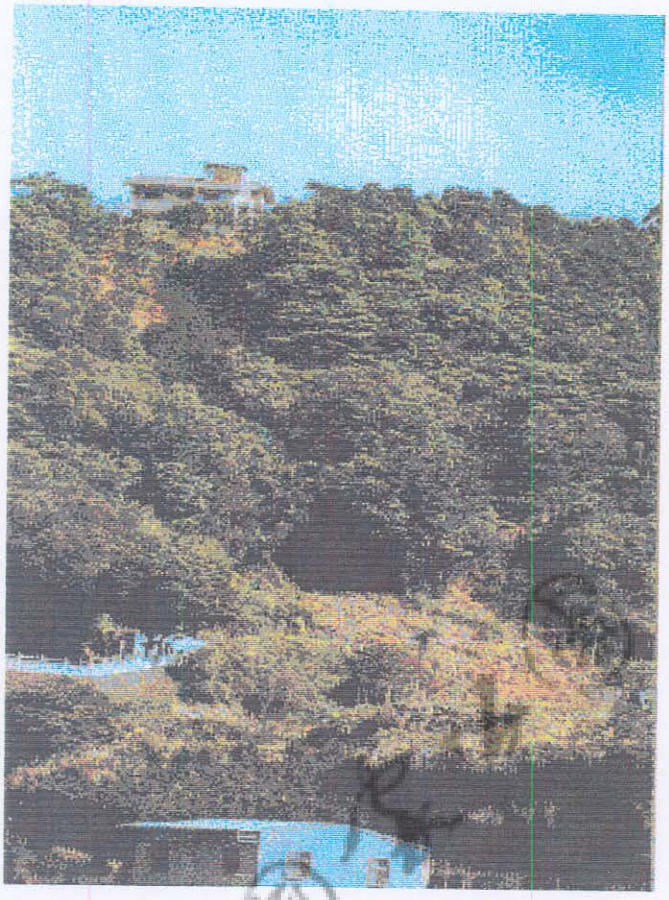


照片十六：楓樹湖溪土石流越過產業道路災情

照片十七：烘爐北溪土石流發生跡象

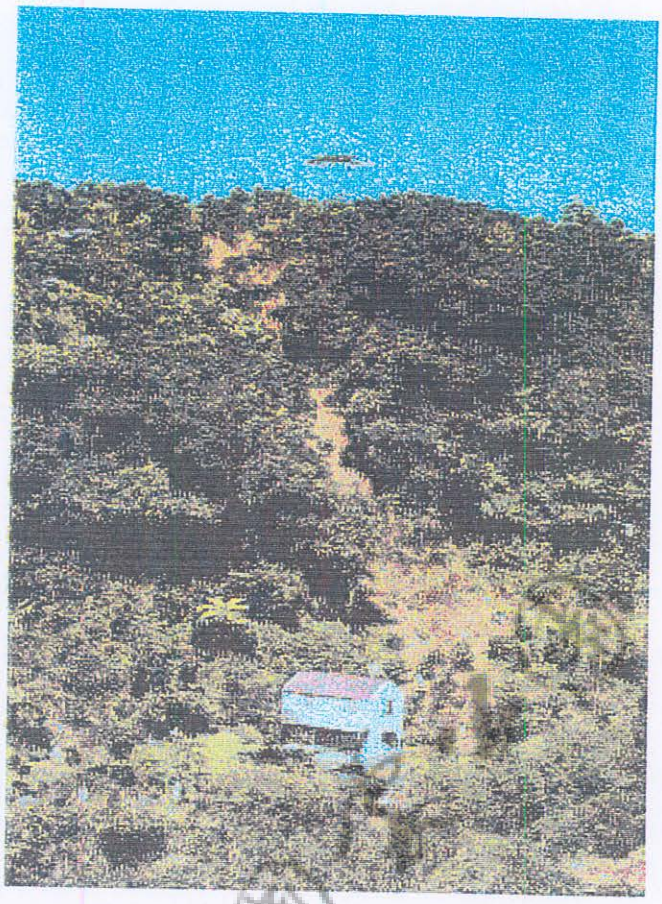


照片十八：店仔村中之一受災民宅後牆破裂情形

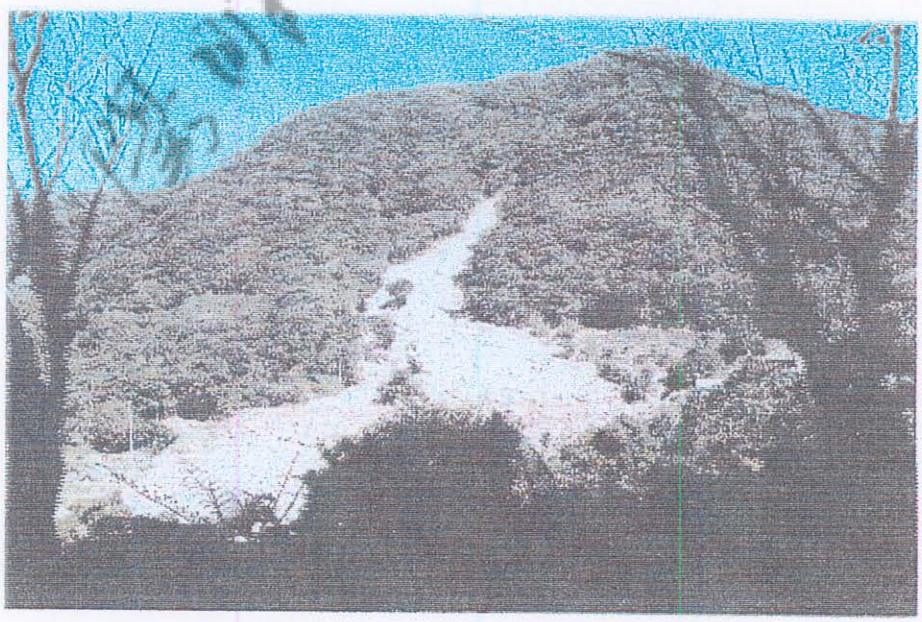


照片十九：店仔村中之一處崩塌地

照片二十：大屯溪土石流掩埋產業道路



照片二十一：石槽子坑中之崩塌型土石流



照片二十二：圓山村中之崩塌型土石流

園區聚落與民舍周圍地區
潛在災害調查與預警之調查研究

發行人：蔡佰祿

出版機關：內政部營建署陽明山國家公園管理處

出版機關地址：臺北市陽明山竹子湖路一之二十號

出版機關網址：www.cpami.gov.tw/ymsnp/ymshome.htm

電話：(02)28613601

編著者：黃宏斌　張倉榮

出版日期：中華民國八十九年十二月

版次：第一版

定價：新台幣 650 元