



活動斷層地質敏感區劃定計畫書

F0001 車籠埔斷層

劃定機關：經濟部

中華民國 103 年 3 月

活動斷層地質敏感區劃定計畫書

F0001 車籠埔斷層

目 次

壹、劃定依據.....	1
一、法規依據	1
二、條件依據	2
貳、劃定目的.....	3
參、範圍說明.....	5
一、劃定原則	5
二、位置圖	9
三、範圍圖	11
肆、地質環境.....	12
一、地形.....	12
二、地層.....	17
三、斷層性質	21
伍、參考資料.....	26

附件一： 車籠埔斷層活動斷層地質敏感區劃定計畫位置圖一幅

附件二： 車籠埔斷層活動斷層地質敏感區劃定計畫範圍圖八幅

圖 目

圖 3-1 活動斷層地質敏感區劃定流程圖	6
圖 3-2 本活動斷層地質敏感區位置圖縮圖及範圍圖索引	10
圖 4-1 本地質敏感區豐原以東之地形	13
圖 4-2 本地質敏感區於豐原以南至烏溪之地形	14
圖 4-3 本地質敏感區於烏溪以南之地形	16
圖 4-4 車籠埔斷層台中一帶地層對比圖(何信昌與陳勉銘，2000)	17
圖 4-5 車籠埔斷層條帶地質圖-豐原以北（林啟文等，2008）	18
圖 4-6 車籠埔斷層條帶地質圖-豐原至烏溪（林啟文等，2008） ..	19
圖 4-7 車籠埔斷層條帶地質圖-烏溪以南（林啟文等，2008） ...	20

表 目

表 3-1 本地質敏感區套繪之 1/25000 地形圖一覽表	11
--------------------------------------	----

壹、劃定依據及目的：

一、法規依據

地質法

第五條 中央主管機關應將具有特殊地質景觀、地質環境或有發生地質災害之虞之地區，公告為地質敏感區。

地質敏感區之劃定、變更及廢止辦法，由中央主管機關定之。

中央主管機關應設地質敏感區審議會，審查地質敏感區之劃定、變更及廢止。

前項審議會之組成，專家學者不得少於審議會總人數二分之一；審議會之組織及運作辦法，由中央主管機關定之。

地質敏感區劃定變更及廢止辦法

第二條 具有特殊地質景觀、地質環境或有發生地質災害之虞之地質敏感區，包括以下各類：

- 一、地質遺跡地質敏感區。
- 二、地下水補注地質敏感區。
- 三、活動斷層地質敏感區。
- 四、山崩與地滑地質敏感區。
- 五、其他經中央主管機關認定之地質敏感區。

第五條 活動斷層指過去十萬年內有活動證據之斷層。

活動斷層及其兩側易受活動斷層錯動或地表破裂影響範圍，並經中央主管機關劃定者為活動斷層地質敏感區。

二、條件依據

車籠埔斷層為逆移斷層，為 1999 年引發芮氏地震規模 7.3 的集集地震（921 集集地震，921 地震）的主要活動斷層。集集地震為自 1935 年新竹台中地震後在我國傷亡損失最大的地震災害，發生時間為台灣時間 1999 年 9 月 21 日凌晨 1 時 47 分，震央位於台灣南投縣的集集鎮，震源深度 8.0 公里。該次地震在地表造成長近 100 公里的地震地表破裂帶，全島均感受到嚴重搖晃，造成近 2 千 5 百人罹難及失蹤，1 萬餘人受傷，近 11 萬間房屋半倒或全倒。本斷層之活動斷層地質敏感區係依據地質法第 5 條第 1 項「中央主管機關應將具有特殊地質景觀、地質環境或有發生地質災害之虞之地區，公告為地質敏感區。」及地質敏感區劃定變更及廢止辦法第 2 條「具有特殊地質景觀、地質環境或有發生地質災害之虞之地質敏感區，包括以下各類：一、地質遺跡地質敏感區。二、地下水補注地質敏感區。三、活動斷層地質敏感區。四、山崩與地滑地質敏感區。五、其他經中央主管機關認定之地質敏感區。」，其中第 3 類為「活動斷層地質敏感區」。另依據地質敏感區劃定變更及廢止辦法第 5 條「活動斷層指過去十萬年內有活動證據之斷層。活動斷層及其兩側易受活動斷層錯動或地表破裂影響範圍，並經中央主管機關劃定者為活動斷層地質敏感區。」，而車籠埔斷層為 1999 年引發集集地震之發震斷層，符合前述條文規定，故針對車籠埔斷層進行活動斷層地質敏感區之劃定工作。並依據「地質敏感區劃定變更及廢止辦法」第 5 條第 2 項進行劃定地質敏感區。

本地質敏感區之載明內容及格式，依據「地質敏感區劃定變更及廢止辦法」第 8 條之規定辦理，並依該辦法第 7 條研提計畫書，送地質敏感區審議會審查。

貳、劃定目的

台灣位處環太平洋地震帶，地震頻仍，自 1901 年至 2010 年台灣地區共發生過上百次災害性地震，總計造成近 8,000 人死亡，而台灣陸地上斷層的再度活動是災害性地震的主因，因此必須積極面對活動斷層議題。

世界上面臨活動斷層威脅的國家，對於斷層沿線不得興建學校、醫院、機場、車站、發電廠、水庫等重要設施的共識度相當高，但對於一般的土地開發與建築物興建是否應受到限制，則依據每個國家的客觀條件及法令限制而有所不同。現行國內有關活動斷層帶附近之土地利用管制係分散在不同的法規中，土地開發行為之審查亦分別由各項不同的審查機制把關，不同的法規間對於活動斷層議題缺乏整體相同的判斷標準與作業流程，難免會衍生審查標準不一致之疑慮；同時，現行法令大多未公告活動斷層相關圖件，審查時只能參考現有的調查成果或出版文獻為準，但由於上述資料會隨著調查資料的累積而不時變更，卻不需要經由嚴謹的法制作業程序公告周知，容易衍生適法性的質疑與審查過程的爭議。

考量台灣地狹人稠的土地利用情況，全面禁止開發具有活動斷層災害風險的土地可行性不高，但是對於風險較高區域的土地開發行為採取適當管理，應可大幅降低斷層活動所帶來的災害，有效控制地震災害的衝擊。因此藉由地質法制定統一的標準進行活動斷層地質敏感區的劃定與公告，以及辦理基地地質調查與地質安全評估，整體考量活動斷層對於土地開發行為的影響，可大幅減低現行法令的缺失與疑議，也可提升國土開發的安全性。

活動斷層地質敏感區劃定的目標區域，包含活動斷層地表位置本身在學理上可接受的變動範圍，再外加斷層錯動可能產生嚴重影響的區域，亦即公告的活動斷層地質敏感區內必定有活動斷層存在，且未來發生災害的潛勢較高，土地開發行為所需要承擔的風險也較高。因此，土地開發行為基地位於活動斷層地質敏感區者，應依地質法第 8 條「土地開發行為基地有全部或一部位於地質敏感區內者，應於申請土地開發前，進行基地地質調查及地質安全評估。但緊急救災者不在

此限。」，故除緊急救災者外，位於活動斷層地質敏感區內之土地開發行為應依「地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則」第 4 章之第 12 條至第 15 條「活動斷層地質敏感區之調查及評估」規定，進行基地地質調查及地質安全評估，並依地質法第 11 條「依第八條第一項規定應進行基地地質調查及地質安全評估者，應於相關法令規定須送審之書圖文件中，納入調查及評估結果。」。因此，位於活動斷層地質敏感區內的土地並非完全被禁止使用，但需要藉由基地地質調查與地質安全評估來確定土地開發行為的適當性，遠離災害風險較高區域或因應風險大小調整土地利用強度與密度，以提升土地利用的合理性與安全性，避免未來斷層活動時造成重大災害與損失。

參、範圍說明

一、劃定原則

本活動斷層地質敏感區之劃定方式主要參考自美國加州地質調查局，該局根據 1972 年通過的地震斷層區劃分法案(Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act)，將下次斷層活動時，較易發生錯動區域劃定地震斷層區(Earthquake Fault Zones)之方式以減少因地表斷層錯動而造成的傷亡。其劃定原理在為依劃定當時之基礎資料為劃定依據，在斷層跡位置明確或小規模斷層之兩側，劃定約 200~300 英呎(約 60-90 公尺)之地震斷層區；在斷層位置較不明確之斷層兩側劃定約 500 英呎(約 150 公尺)之地震斷層區，實際上地震斷層區的寬度沒有一定的規定，平均約為四分之一英哩寬(400 公尺)，再透過轉折點標示地震斷層區之範圍。

由於我國土地使用的密度以及斷層特性與美國加州有所不同，斷層錯動時在主要變形側影響範圍較大，而在非主要變形側影響範圍較小，影響範圍亦較小，因此本活動斷層地質敏感區之劃定方式為依現階段調查資料與學理推衍，參考集集地震地表破裂相關資料(經濟部中央地質調查所，1999，2002；Ouchi *et al.*, 2001) 評估地表破裂影響範圍得知，主斷層的地表破裂範圍一般約在 50 公尺以內，最大可至 80 餘公尺。在豐原以東的地表破裂方面，李元希等(2000)曾評估此區域的地表破裂範圍，其中除上新斷層變形帶達 200 公尺寬外，多條地表破裂複合型式之變形帶可達 500 公尺，但，一般情況下地表破裂範圍多小於 100 公尺，因此於標的斷層之主要變形側約 100-200 公尺及非主要變形側約 50-100 公尺圈繪易受斷層影響之範圍，此範圍經參考國土測繪中心提供參考之地籍資料並經必要編修後，決定活動斷層地質敏感區之範圍。本地質敏感區劃定之流程詳如下列(圖 3-1)。

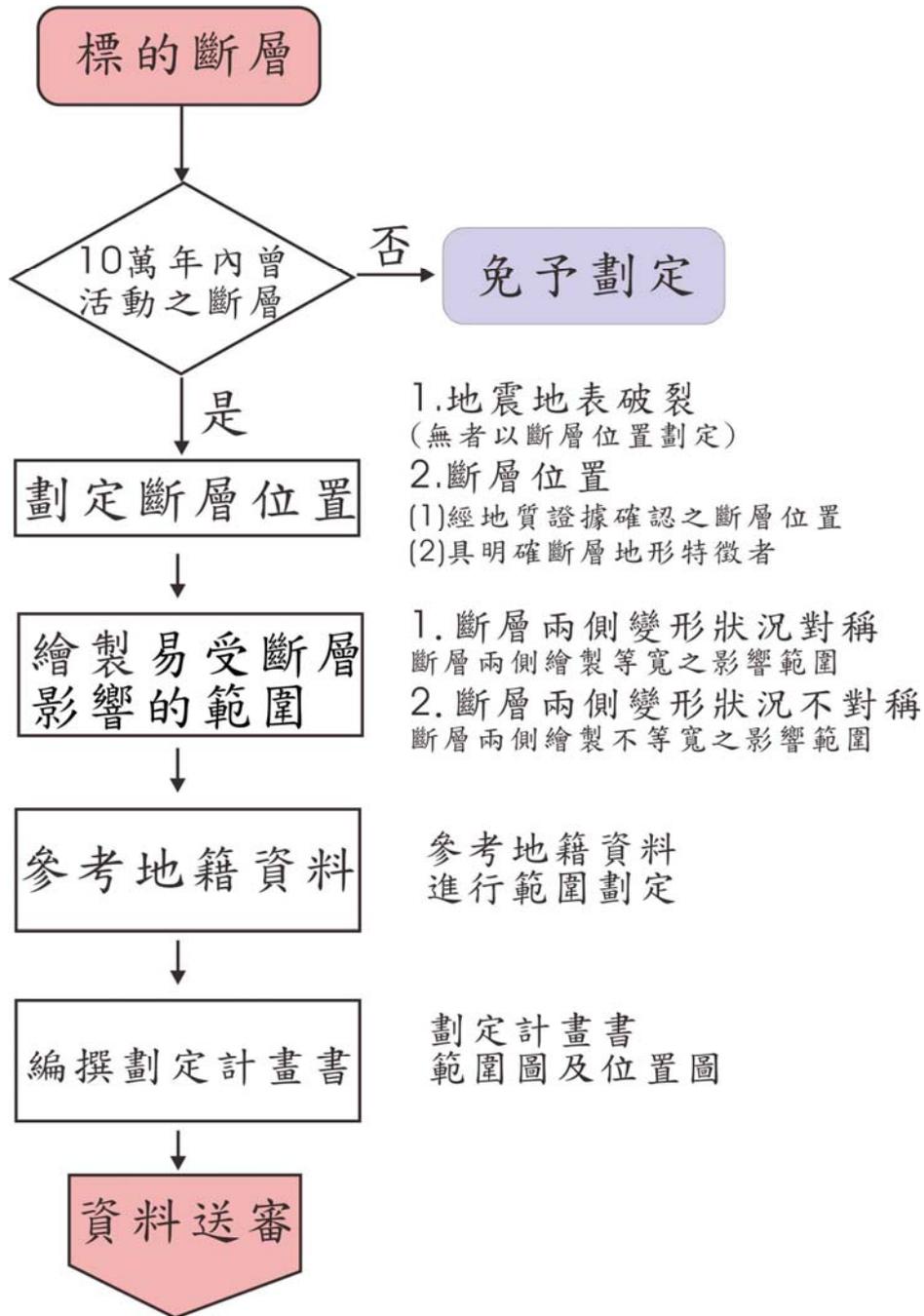


圖 3-1 地質敏感區劃定流程圖

(一) 標的斷層之選定：

車籠埔斷層為民國 88 年 9 月 21 日集集地震之地震斷層，並且發現多次活動之證據，故針對車籠埔斷層劃定活動斷層地質敏感區。但 921 集集地震所造成的地表破裂主要分布於車籠埔斷層及大尖山斷層

沿線，本地質敏感區之範圍除了考量沿著車籠埔斷層之地表破裂部分約 80 公里外，也涵蓋豐原區北陽里以東新產生的地表破裂，長度約 20 公里（經濟部中央地質調查所，1999），但位於嶺腳以南約 11 公里的地表破裂跡，係位於大尖山斷層帶之西側，由於大尖山斷層之滑移特性、上下盤地層特性與車籠埔斷層有所差異，且活動斷層地質敏感區係以斷層為單元進行劃定之規劃，因此，本地質敏感區範圍並未包含大尖山斷層之區域。但提醒未來位在車籠埔斷層及大尖山斷層活動斷層地質敏感區內的土地開發行為之地質安全評估都必須將集集地震地表破裂之整體影響納入考慮。

（二）判斷是否符合十萬年內曾經活動之斷層：

車籠埔斷層為民國 88 年 9 月 21 日集集地震之地震斷層，多處槽溝、鑽井之定年資料均證實車籠埔斷層於近十萬年來曾多次活動（地調所，2006; Chen *et al.*, 2007），符合法規之劃定條件。基於車籠埔斷層屬於一條具高度活動性，且發生位置具有高度重複性的背景下，因此研提車籠埔斷層活動斷層地質敏感區劃定計畫書。

（三）繪製斷層位置：

車籠埔斷層為民國 88 年 9 月 21 日集集地震之地震斷層，中央地質調查所與國家科學委員會均曾測繪其地表破裂位置，故本地質敏感區之斷層線跡即以前述中央地質調查所（中央地質調查所，1999，2000），及國家科學委員會之地表破裂資料為斷層線的主要基準。但是，前述的地表破裂資料為地震當時之調查成果，因受限與自然環境、人為條件、調查精度、製圖比例尺之關係，無法代表集集地震所有的破裂位置，以及將來可能發生斷層錯動之所有位置，因此，位於本地質敏感區中之土地開發行為須應依法進行調查與評估，不應以前述之地表破裂資料權代所有地表破裂位置。

此外，集集地震之地表破裂部份位於山區之中，或是並未位在主要的地形變化位置時，與既有調查資料與學理認知車籠埔斷層之位置多位於山麓與階地之交界或是階地前緣與平原交界的地形崖位置之看法不同，因此本計畫書亦以現階段之調查成果，將具地質證據確認

為斷層位置者及具明確斷層地形特徵者納為斷層線的基準之一。此類補充斷層線段共有 4 類，第一類為集集地震地表破裂位於山麓前方階地之前緣，但於山麓與階地交界地形崖處，有明顯的斷層地形。第二類為集集地震地表破裂位於山區之中，但山麓前緣之地形崖處，為明確的斷層位置；第三類為既有地表破裂線或斷層崖之間連接線；第四類則為既有地表破裂線之延伸地形，進行補充斷層線斷之繪製。

（四）繪製易受斷層影響的範圍：

車籠埔斷層屬於逆斷層，依據 921 地震時之經驗與紀錄，該斷層之變形狀況不對稱，其上盤為主要變形側，斷層下盤則為非主要變形側。本案依據已知的斷層位置在斷層的上、下盤圈繪易受斷層影響的範圍，其範圍為上盤 200 公尺、下盤 100 公尺。繪製方式為利用地理資訊系統，將前述已知的斷層位置採用環域(BUFFER)方式劃設，環域的範圍為斷層主要變形側 200 公尺及非主要變形側 100 公尺之區域。

（五）參考地籍資料編修邊界：

考量國土管理與實務操作之需求，在圈繪易受斷層影響範圍後，參考國土測繪中心提供之地籍資料進行疊合，疊合後以主要變形側 200 公尺及非主要變形側 100 公尺為劃出區之參考線，考量地籍資料的完整性與圈繪範圍的合理性後，進行活動斷層地質敏感區範圍之編修。劃定成果之內容詳如計畫書第二章範圍說明所示。

（六）編撰劃定計畫書：

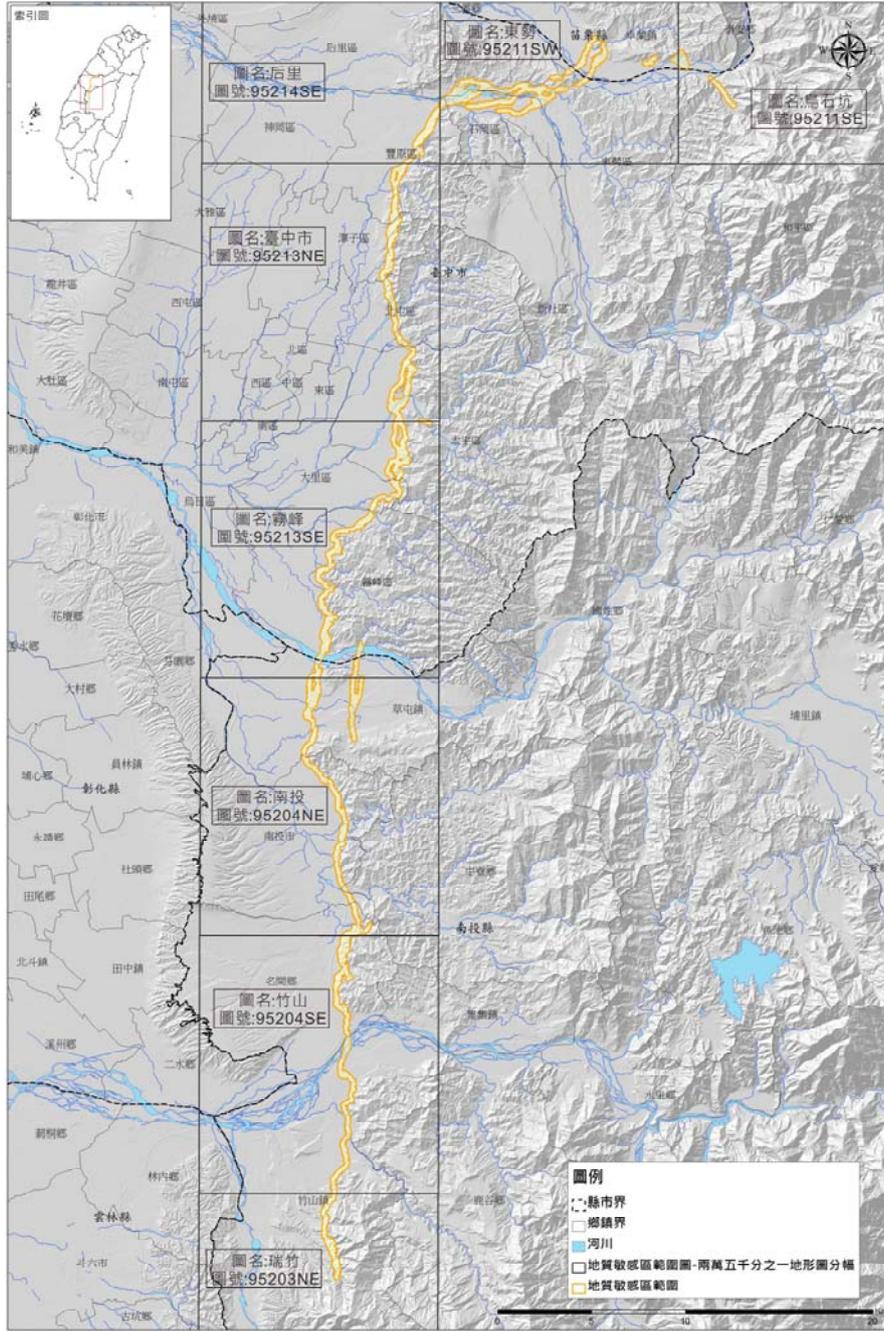
本地質敏感區之劃定計畫書除劃定計畫書本文外，尚包括車籠埔斷層活動斷層地質敏感區範圍圖、車籠埔斷層活動斷層地質敏感區位置圖等主要附錄資料。

二、 位置圖

車籠埔斷層活動斷層地質敏感區位於台灣中部，由北而南依序通過豐原山地、台中盆地、南投山地與竹山丘陵等主要地形分區，並通過大安溪、大甲溪、烏溪與濁水溪等台灣西部之主要河流。車籠埔斷層活動斷層地質敏感區之位置分布於苗栗縣卓蘭鎮；台中市東勢區、石岡區、豐原區、潭子區、北屯區、太平區、大里區、霧峰區，和平區；南投縣草屯鎮、南投市、中寮鄉、名間鄉、竹山鎮等3個縣市、15處行政區中(圖 3-2，附件一)。

活動斷層地質敏感區位置圖

車籠埔斷層
地質敏感區編號：F0001



資料來源：經濟部中央地質調查所

製圖日期：中華民國103年

制定機關：經濟部

圖 3-2 籠埔斷層地質敏感區位置圖縮圖及範圍圖索引，原圖如附錄一，比例尺為 10 萬分之一。

三、 範圍圖

因活動斷層地質敏感區分布範圍較廣，跨越苗栗縣、台中市及南投縣等 3 縣市，總面積約 38 平方公里，故於比例尺二萬五千分之一經建版地形圖上繪製車籠埔斷層活動斷層地質敏感區範圍圖，共 8 分幅（圖 3-2，表 3-1），範圍圖標示內容包括地質敏感區之邊界與地形圖基本資訊，請參照附件二。

本地質敏感區之地形底圖為灰階化的原始之地形圖，本地質敏感區採半透明淺黃底色、橘色為邊界之圖徵繪於地形底圖之上。地質敏感區範圍圖之圖版左下方標示本範圍圖之圖例、製圖年份等基本資訊，圖版右上方標示地形圖之圖號與圖名，左下角標示原始地形圖版本資訊，圖版右下角則標示範圍圖之位置索引圖，左幅索引圖為地質敏感區所在縣、市行政區之相對位置圖；中幅為本範圍圖分幅內之行政區界線；右幅則為本範圍圖分幅與鄰幅之相對位置關係。

表 3-1 本地質敏感區套繪之 1/25000 地形圖一覽表

圖號	圖名	圖號	圖名	圖號	圖名
95203NE	瑞竹	95211SE	烏石坑	95213SE	霧峰
95204NE	南投	95211SW	東勢	95214SE	后里
95204SE	竹山	95213NE	臺中市		

肆、地質環境

車籠埔斷層，為一低角度（30-50 度）逆移為主的斷層，其上盤地層主要為新第三紀的錦水頁岩，卓蘭層與頭嵙山層，下盤地層主要為更新世以來的頭嵙山層、階地堆積層與沖積層。以下分述其地形、地層、斷層性質。

一、 地形

本地質敏感區依地形特徵可分為豐原以東、豐原至烏溪之間及烏溪以南等 3 個部份。本地質敏感區於豐原以南約呈南北走向，位於台中盆地與豐原、南投丘陵的交界附近，自豐原向南延伸經潭子、太平、大里、霧峰、草屯、南投至名間，長度超過 80 公里。在此區域中呈現兩個差異明顯的地形：本地質敏感區東側由北而南分別為豐原丘陵、南投山地與竹山丘陵；斷層西側則為台中盆地與斗六丘陵（林啟文等，2008）。

本地質敏感區於豐原以東之地形主要為丘陵地與大安溪、大甲溪等河川地，地質敏感區與地形特徵之關係較不顯著。

（一） 豐原以東

本地質敏感區在豐原以東主要是依據集集地震地表破裂位置進行劃設，集集地震地表破裂於豐原附近明顯向東轉入石岡（圖 4-1），越過大甲溪河床至大安溪北岸，呈一近東西走向，由數段破裂帶與隆起所組成。此地表破裂經過豐原丘陵向東轉進入東勢丘陵，該處丘陵受北端的大安溪與南邊之大甲溪侵蝕而形成一狹長東西向區域，屬於北端卓蘭丘陵向南之延長，為一褶皺山地；東勢丘陵內部包含數個小構造，自西往東分別有牛稠坑背斜、石圍牆向斜與吊神山背斜，丘陵高度大致為 450~700 公尺。破裂帶繼續延伸至卓蘭丘陵南端，越過南邊高度約 450~470 公尺之卓蘭台地，上覆厚約 40 公尺的紅土礫石層，或為舊大安溪沖積扇或河岸階面，過去覆蓋住整個卓蘭丘陵與南方的東勢丘陵和北方的豐原丘陵大部分，屬於一廣大的老年期紅土緩起伏面（林朝榮，1957；地調所，2002）

(二) 豐原至烏溪

本區段北起大甲溪南岸，南至烏溪北岸，在地形上本區呈現兩個差異明顯的地勢。東側豐原丘陵，其山麓線大致呈現南北走向的直線狀（圖 4-2）；西側為台中盆地，盆地的西緣與大肚台地及八卦台地相接；丘陵與盆地間為斷層接觸。

豐原丘陵分布於大甲溪以南，雙冬斷層以西，西臨台中盆地，南為烏溪所截斷，長約 30 公里，寬約 10 公里。山地的西半部地層主要由砂岩與頁岩的互層所構成，岩性的差異加上降雨量多，形成本區具明顯的豚背脊地形。山地的東半部則出露膠結較差的礫石層，受雨水沖刷後則呈現惡地地形。山地的東北端有大甲溪遷徙所造成的新社階地群。台中盆地係一狹長的盆地，其南北縱長約 40 公里，北端於豐原附近寬約 9.5 公里，於台中附近約 14 公里，往南逐漸變窄，尖滅於濁水溪北岸。

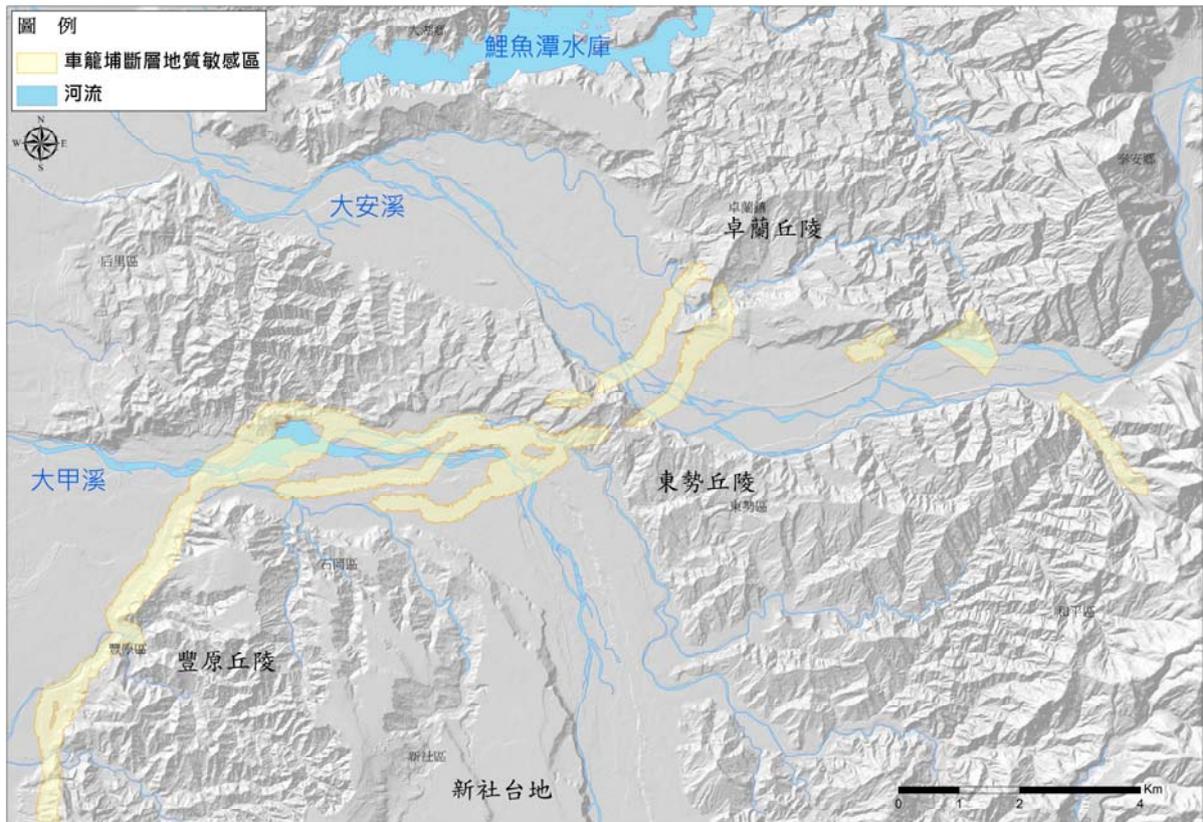


圖 4-1 地質敏感區豐原以東之地形。

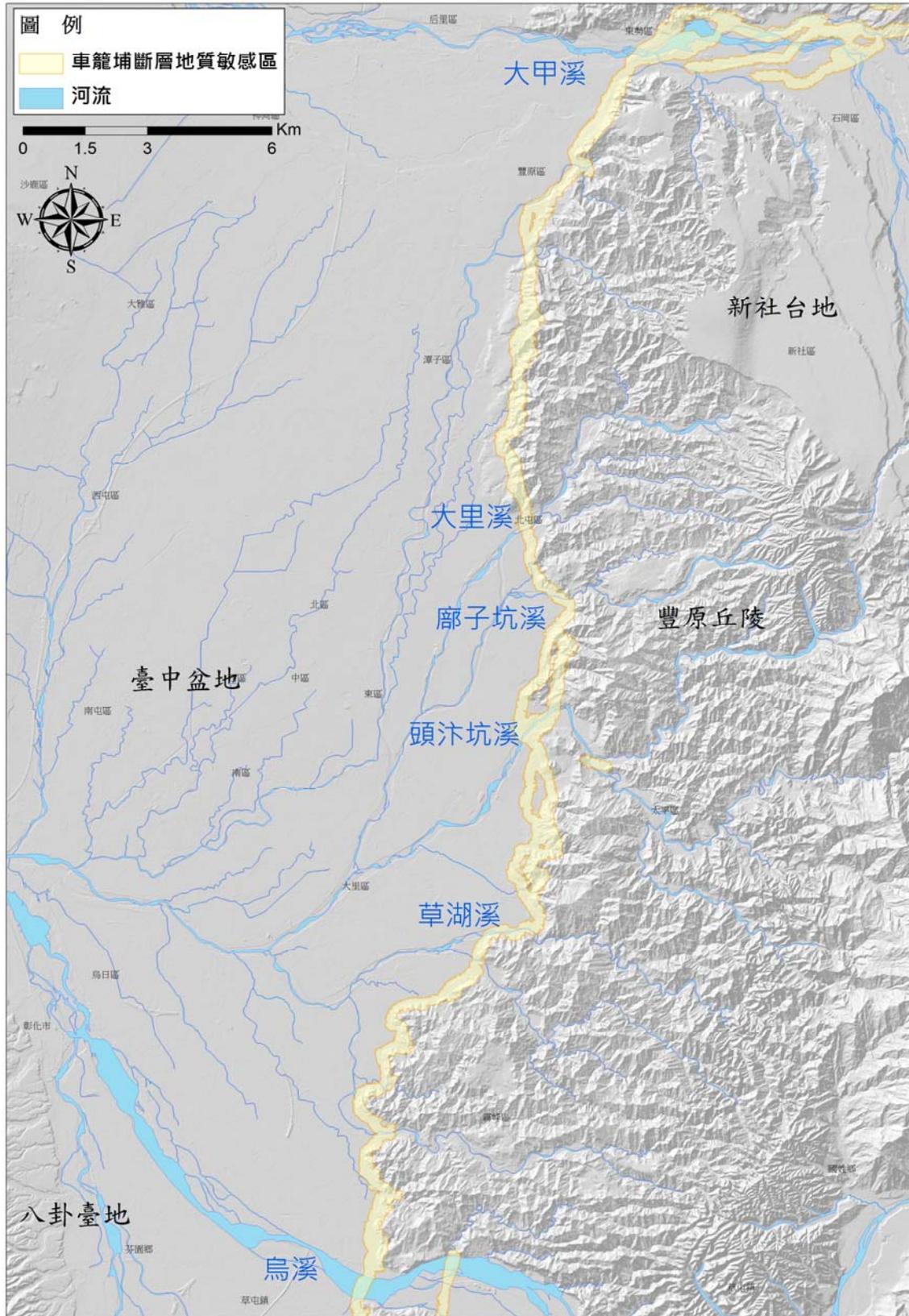


圖 4-2 地質敏感區於豐原以南至烏溪之地形。

台中盆地的北邊為大甲溪截切，與大甲溪北岸的后里台地相對，盆地西側為大肚台地與八卦台地，台中盆地的東側與西部衝上斷層山地以斷層相接觸。盆地北部為大甲溪古沖積扇，中部有由大里溪、廂子坑溪與頭汴坑溪造成的大平合成沖積扇及烏溪沖積扇(林朝榮，1957；地調所，2002)。

(三) 烏溪以南

本區段北起烏溪南岸，南至嶺腳一帶，本區包含西部麓山帶及其西側的丘陵區及盆地區、地形上分別為八卦台地、台中盆地、南投山地、竹山丘陵及斗六丘陵；區域內主要河川為烏溪及其支流貓羅溪，濁水溪及其主要支流東埔蚋溪及清水溪(圖 4-3)。

八卦台地由烏溪(大肚溪上游)向南延伸至濁水溪北岸，長約 32 公里，寬 4~7 公里；台地長軸呈北北西—南南東方向，中央部狹窄而兩端較寬，呈凸面向東之弓形切割台地；台地西坡陡而東坡緩，東方緩坡面逐漸移化為南投附近的台中盆地面。本區位於台地南段的東緣。

南投山地，為西部衝上斷層地塊的一部份(於濁水溪以北稱加里山山脈)，北界烏溪，南界濁水溪，南北長 26 公里，東西寬 8 公里，東以斷層與集集大山山脈接觸(林朝榮，1957)，本山地北部有烏溪遷徙所造成之草屯階地群。

斗六丘陵位於濁水溪南側的西部平原與清水溪之間，清水溪東側的丘陵稱為竹山丘陵，竹山丘陵以東則為麓山帶。根據富田芳郎的研究(林朝榮，1957)，斗六丘陵與竹山丘陵原本相互連結，後為清水溪所分隔。竹山鎮北方向東呈緩傾斜的坪頂埔台地，就比高、岩性等特徵作比較，其原先可能與八卦台地、斗六丘陵相連接。除了丘陵之外，在清水溪及東埔蚋溪兩岸均有高位河階，而竹山鎮則位於一低位河階之上(地調所，2002)。

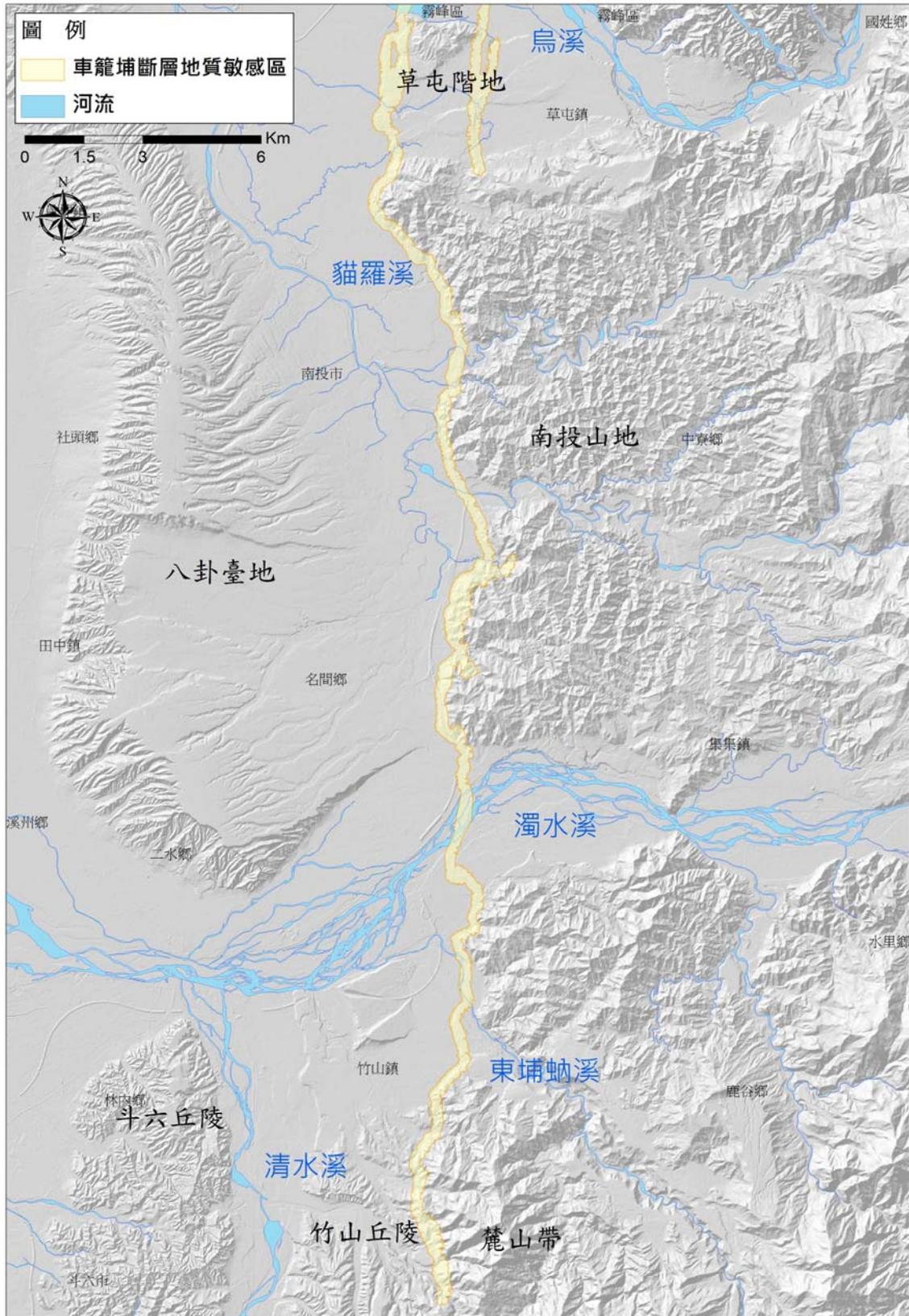


圖 4-3 本地質敏感區於烏溪以南之地形。

二、地層

本地質敏感區中出露的地層包括桂竹林層、錦水頁岩、卓蘭層、頭嵙山層、紅土台地堆積層、階地堆積層與沖積層(圖 4-4 至 4-7)。桂竹林層，以淡青灰色塊狀細至中粒泥質砂岩，灰色至白灰色砂岩或砂質頁岩組成。錦水頁岩，以深灰色頁岩為主，間夾薄層粉砂岩與泥岩。卓蘭層，為青灰色至淡灰色細粒至粗粒泥質混濁砂岩、粉砂岩、砂質頁岩及砂岩與頁岩互層所組成，下部以砂質頁岩與砂岩互層為主，向上砂岩比例逐漸增加。頭嵙山層，下部為厚層砂岩與薄層頁岩的互層，向上則變為厚層緻密砂岩偶夾砂頁岩薄互層，上部以礫岩為主。紅土台地堆積層，主要為礫石、砂及泥所組成，礫石礫徑數公厘至數十公分不等，呈紅土化。階地堆積層由未膠結的礫石及砂所組成，間夾透鏡狀薄層砂岩。沖積層由未固結的礫石、砂、粉砂及黏土等組成(林啟文等，2008)。

大甲圖幅 (張憲卿,1994)	東勢圖幅 (烏居敬造,1935)	台中圖幅 (中油,1982)	本圖幅 (何與陳,2000)
沖積層	現世層	沖積層	沖積層
階地堆積層	段丘堆積層	臺地堆積層	階地堆積層
紅土台地堆積層 不整合	台地礫層	紅土台地堆積層	紅土化階地堆積層 不整合
頭嵙山層	東勢層群 礫岩 砂頁岩	頭嵙山層 火炎山相 香山相	頭嵙山層
卓蘭層	卓蘭層	卓蘭層	卓蘭層
錦水頁岩	錦水頁岩層	錦水頁岩	錦水頁岩 斷層

圖 4-4 車籠埔斷層台中一帶地層對比圖(何信昌與陳勉銘，2000)。



圖 4-5 車籠埔斷層條帶地質圖-豐原以北 (林啟文等, 2008)。

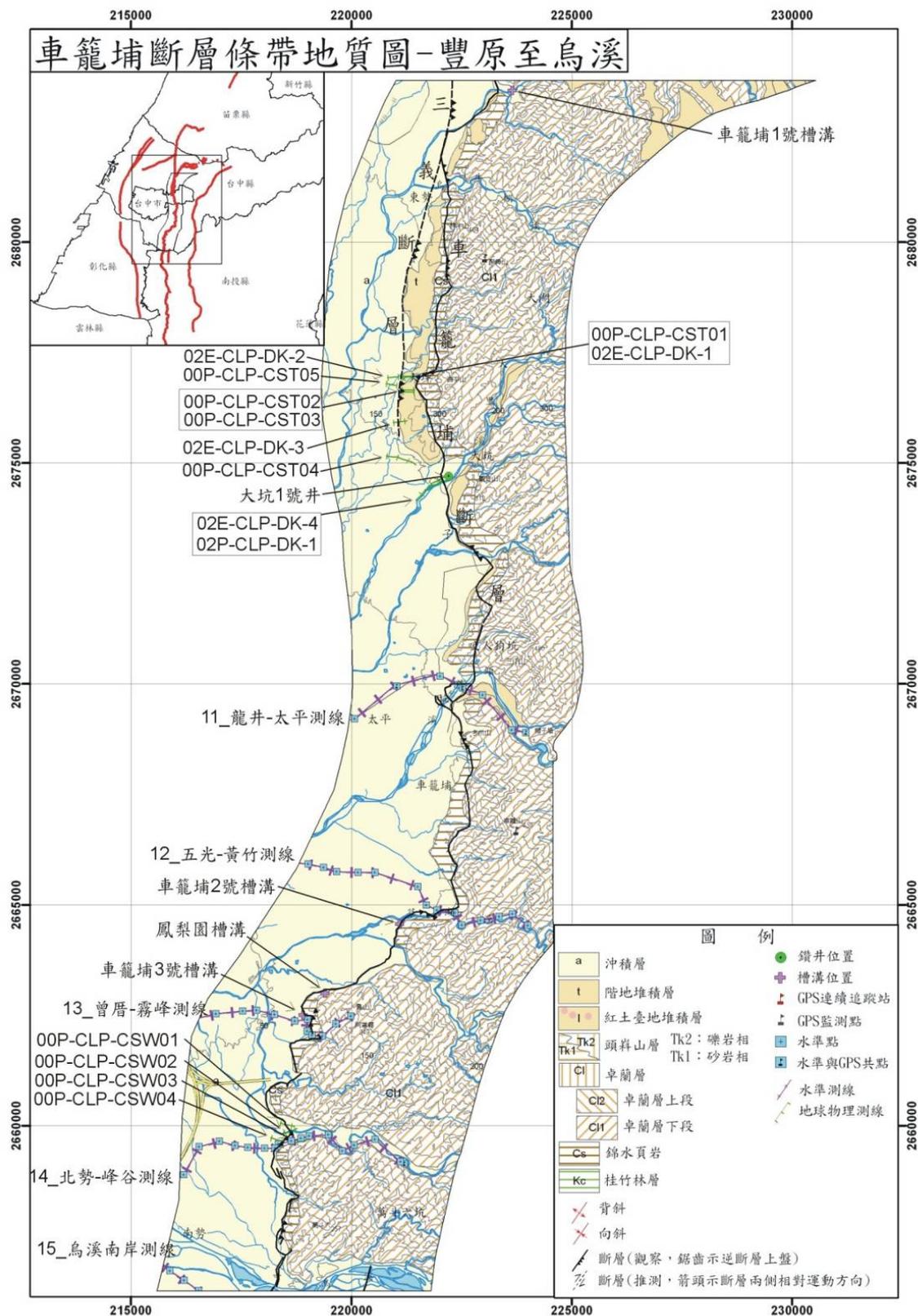


圖 4-6 車籠埔斷層條帶地質圖-豐原至烏溪 (林啟文等, 2008)。

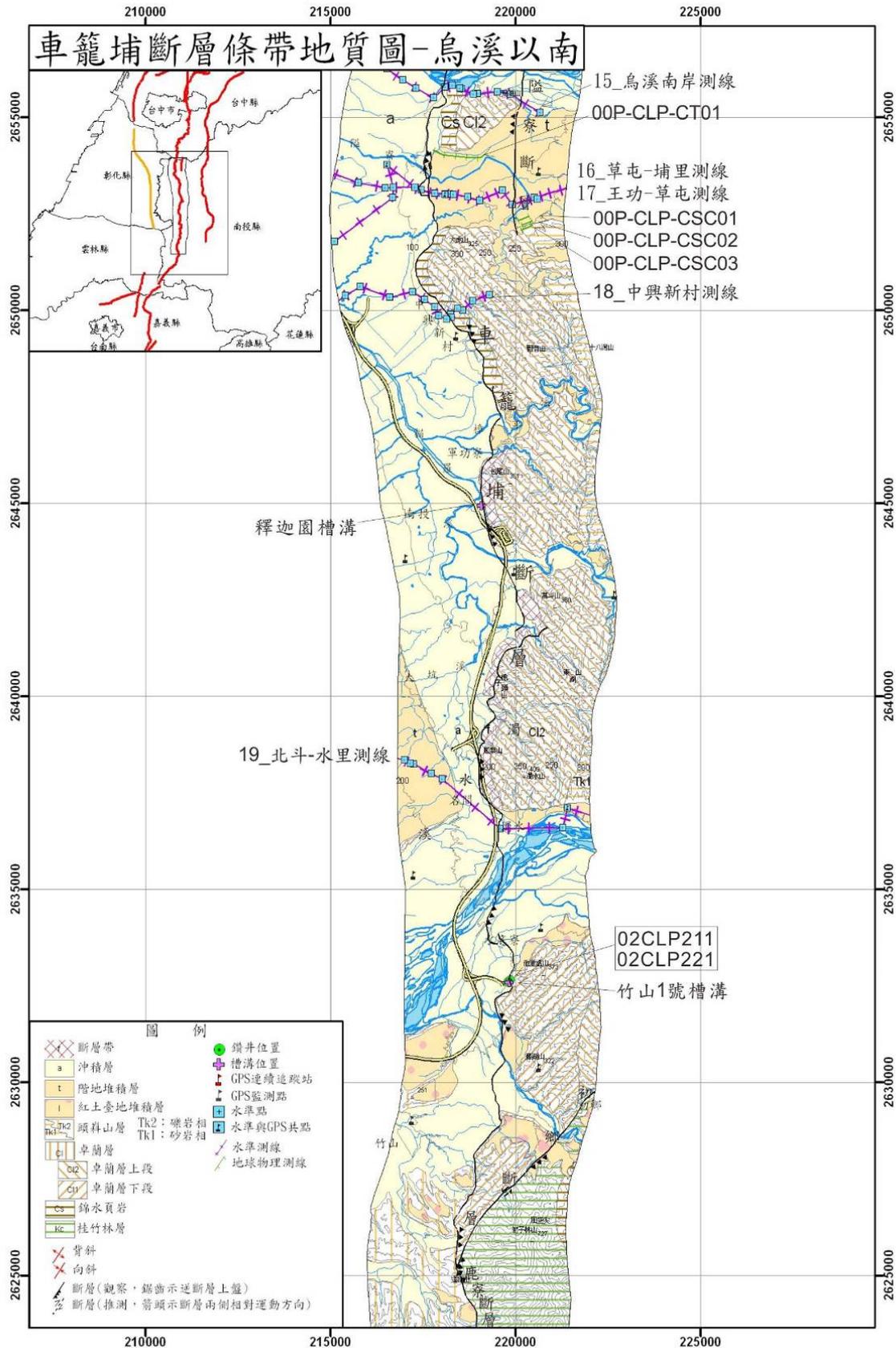


圖 4-7 車籠埔斷層條帶地質圖-烏溪以南 (林啟文等, 2008)。

三、 斷層性質

台灣中部麓山帶的地質構造乃一典型覆瓦狀排列的褶皺-逆衝斷層帶，地層尚未受到變質作用，但已受到開放型褶皺作用的變形。車籠埔斷層位於台中盆地之東緣，為一低角度逆斷層，全長約 80 公里，該斷層於 1999 年活動引發了集集地震。該次地震地震斷層沿錦水頁岩底部(楊耿明等,2003)至卓蘭層底部的位置滑動(林啟文等,2003)。

地震地表破裂跡(車籠埔斷層區段)在南北方向上由台中市豐原區北陽里向南延伸經霧峰區，由南投縣草屯往南延伸至竹山鎮嶺腳附近，總長約 80 公里。在東西方向上由豐原以北、石岡以東至苗栗縣卓蘭鎮也形成地表破裂與地面隆起，其破裂面最東可分布至雙崎一帶，總長度約 20 公里。此外，在南投草屯一帶，在 1999 年集集地震時，於隘寮一帶形成南北長約 5 公里的地表破裂。

車籠埔斷層截切第四紀地層（更新統及全新統），依中央地質調查所現階段之活動斷層分類，該斷層屬於第一類活動性斷層（林啟文等，2000），集集地震之地表破裂在石岡以東地區，大多是錦水頁岩或卓蘭層中的層間滑動為主，在石岡至卓蘭之間形成一個寬緩的背斜形式構造（李元希等，2000；陳文山等，2000）。車籠埔斷層於豐原至烏溪之間有多處地點可以看到斷層沿著錦水頁岩產生滑動所造成的斷層崖，其餘地點因為人工建築、稻田與沖積層覆蓋，所見到地表變形大多以撓曲崖、地表破裂與隆起抬升等為主；在車籠埔斷層於烏溪以南區域，除了在名間鄉斷層滑動面多位於錦水頁岩與卓蘭層的交界附近以外（林啟文等，2003），地表變形大多以撓曲崖為主，以及地表破裂與隆起抬升等，很少有斷層崖出露（林啟文等，2008）。

由集集地震時的地表破裂由地形與岩性的關係可歸納為 3 類：1. 地表破裂位於沖積層和階地堆積層；2. 地表破裂位於山麓與平原的交界處，地表破裂大多位於錦水頁岩底部；3. 地表破裂位於車籠埔斷層上盤的錦水頁岩中或與卓蘭層的交界。何信昌與陳勉銘（2000）在測製台中圖幅時，在某些地區發現橫移斷層的露頭，在大坑地區者為左移性質，竹子坑地區則屬右移性質，由露頭所見，此橫移斷層均切過地表相當年輕的階地堆積層或現代沖積層（林啟文等，2008）。

就地表變形所造成的崖，由北向南有逐漸降低的趨勢。有關集集地震造成中部地區 10 個鄉鎮市區的地表變形與相關地震地質資料，可以參考中央地質調查所（2000）的「921 地震地質調查報告」，以下簡述豐原以東、豐原至烏溪及烏溪以南 3 區段之斷層性質。

1. 石岡以南

在 1999 年集集地震時，石岡以東至苗栗縣卓蘭鎮形成之地表破裂與地面隆起長約 20 公里（圖 4-5；地調所，2000；李元希等，2000），豐原以東之地表破裂在 1999 年集集地震時，豐原北陽里以東形成許多地表破裂與地面隆起（地調所，1999），李元希等（2000）將這些地表破裂或地面隆起稱為斷層（圖 4-5），分別為：（1）頂埔背衝斷層：走向 $N30^{\circ}W$ ，斷層北端相接主斷層，向南伸延至石岡壩，西側為升側。（2）石岡壩斷層：走向為 $N70^{\circ}E$ ，西起頂埔背衝斷層，向東通過石岡壩，延伸至長庚大橋附近，為向北逆衝兼具右移的高傾角斷層。（3）石岡斷層：呈東西走向，斷層切過卓蘭層，為向南逆衝兼具右移性質的高傾角斷層；斷層在西端形成崖面，向東延伸至豐勢橋形成撓曲崖，有寬廣的變形帶。（4）石圍橋斷層：呈東西走向，由觀瀛橋延伸至石岡壩北側後轉為南北走向，再向南延伸至石岡壩附近，為逆衝兼右移斷層，斷層面傾角約 80 度。（5）九房厝斷層：由石岡地區延伸至東勢校栗埔，在大甲溪南岸約東西走向，向東延伸時轉為北東走向，南側為升側。（6）梅子斷層：有 2 個區段，北側為升側，在欣豐冷凍廠地區呈撓曲崖。（7）興隆橋斷層：走向 $N80^{\circ}E$ ，切過沙蓮溪，北側為升側，長約 500 公尺，向北可能連接內灣斷層。（8）吊神山斷層：走向 $N70^{\circ}E$ ，通過吊神山電視轉播站附近，斷層切過卓蘭層，向北可能連接上新斷層。（9）上新斷層：由卓蘭食水坑向南至大安溪，斷層位於東勢背斜西北翼，變形帶寬度約 50~200 公尺，在大安溪旁變形帶最寬，呈撓曲崖形態。（10）內灣斷層：由卓蘭食水坑向南至大安溪南岸，崖面變形集中在很窄的斷層帶。（11）活動中心斷層：在內灣社區西方，破裂方向北偏東 30 度，東側為升側（林啟文等，2008）。陳文山等（2000）則統稱這些地表破裂為石

岡斷層（或集集地震斷層石岡段 2000）。

2. 豐原至烏溪

車籠埔斷層在豐原北陽里以南至烏溪間大致呈北北東至南北走向（圖 4-6），斷層大致沿著桂竹林層與錦水頁岩的界面，或在錦水頁岩中滑動，由斷層擦痕顯示以逆滑至逆斜滑為主。本段車籠埔斷層鄰近地震斷層有數條舊的斷層帶，包括潭子鄉湳底附近，錦水頁岩底部有一斷層剪切帶；大里溪剖面可觀察到斷層上盤之變形帶；廊子坑溪地震斷層前緣（西側）有一主斷層，為錦水頁岩逆衝至河階礫石層之上，但集集地震時並未活動。在頭汴坑溪，車籠埔斷層之斷層帶，是由主斷層與其東側約之 2 處次要斷層帶共組，於頭汴坑溪一江橋西南側 550 公尺處，可以見到泥岩至粉砂岩斷層帶逆移至礫石層之上之露頭。該露頭位於溪床面上，並可追跡頭汴坑溪南岸的堤岸之上，整體走向為北偏西 60 度，朝東傾斜約 30-40 度，研判此一斷層之走向為近南北向，與頭汴坑溪南側至茶寮、北側至虎頭山西側咬人狗坑之線形相當吻合，研判屬於車籠埔斷層斷層帶中的主要分支之一。在大里垃圾衛生掩埋場東側，錦水頁岩逆衝至近代河階礫石層之上，斷層面向東傾斜約 20~25 度。斷層上盤的錦水頁岩因受斷層作用，使得岩層呈現剪碎斷裂與褶皺現象；而斷層下盤的礫石層未受明顯的傾動且維持近乎水平而略向西傾。光復國中南方乾溪河床，於錦水頁岩的頂部（卓蘭層的底部），斷層作用使得岩層受剪碎擠壓而變形的相當嚴重，有許多褶皺與小斷層出現。在草湖溪健民橋下可見一處塊狀泥岩逆移至礫石層之上的厚約斷層帶露頭。亦有學者將石岡至頭汴坑溪的集集地震地表破裂稱為石岡斷層（陳文山等，2000）。

3. 烏溪以南

在烏溪以南，車籠埔斷層大致呈南北走向（圖 4-7），斷層大致在錦水頁岩或錦水頁岩與卓蘭層的界面附近滑動，由斷層擦痕顯示以逆滑至逆斜滑為主。本段車籠埔斷層鄰近地震斷層有數條舊的斷層帶，烏溪—草屯一帶位於烏溪南岸地區的草屯市東方集集地震造成數

條地表破裂，其大致呈南北走向，部分則有分叉、合併等不規則形貌；此外在主破裂帶東方 2 公里的隘寮則有一條西高東低的撓曲崖，崖呈南北走向，延伸約 4 公里，與前述地表破裂的崖面方向相反。在草屯階地上隘寮地區，集集地震所造成西高東低的崖被稱為背衝斷層（backthrust），但實際上地表未產生破裂現象，而是形成撓曲崖，此崖本文暫稱為隘寮斷層。日本專家曾進行槽溝開挖，但未發現有斷層跡象（林啟文等，2003）。於中興新村—貓羅溪地區，中興新村在集集地震時的地表破裂主要位於平原與丘陵交界，在其東方亦有一些小破裂。在主破裂帶東北方約 500 公尺處的中興別莊附近發現一露頭，其中岩層具褶皺與斷層等現象；在中興新村東南方的大埤地區，除平原與丘陵交界的主破裂帶之外，距集集地震斷層東方約 170 公尺處有一斷層帶露頭，具有較厚的斷層泥帶，其間夾有的砂岩斷塊；由龍興大橋至樟平溪轉彎處（大埤南方），可見厚層泥岩中夾有厚層砂岩，砂岩偶含貝類化石，在地層上屬於錦水頁岩與卓蘭層的交界。由南投往中寮公路上距離集集地震斷層東方約 150 公尺處的一個露頭，岩性頁岩與砂岩薄層互層為主的錦水頁岩，其間有許多分支斷層，這些小斷層的斷面呈北北東走向、向東南呈高角度傾斜，局部具北北西走向的高角度次要斷層，研判此露頭也位於車籠埔斷層帶內；霧霜地區的集集地震斷層由平林溪千秋斗向南延伸經山仔腳、霧霜至馬助橋，此段位於平原與丘陵的交界；另一地表破裂則由東勢坑東側向西延伸至山腳巷，此段則位於丘陵區內，大約是錦水頁岩與卓蘭層的交界；虎子頭山以南，地表破裂又轉回丘陵與平原的交界。名間地區的集集地震地表破裂大致位於平原與丘陵的交接處；在名間東方新厝底第二高速公路的開挖剖面中，發現地表破裂所造成的崖，其上盤岩性為以泥岩為主的錦水頁岩。在此崖東方約 100 公尺，出露以泥岩夾厚層砂岩、具覆瓦狀的逆斷層；竹山地區的集集地震斷層大致位於平原區或平原與丘陵的交界，在地層上則位在沖積層與卓蘭層、頭嵙山層與卓蘭層交接位置。在濁水溪以南，斷層約呈北北東走向，至竹山後轉為北北西走向，一直延伸至抄封、嶺腳一帶與鹿寮斷層連接。

4. 古地震資料

1999 年集集地震後，在車籠埔斷層沿線進行許多槽溝開挖工作，陳文山等（地調所，2006；Chen *et al.*, 2007）整合車籠埔斷層的十數個槽溝的調查結果，評估過去 3,000 年以來車籠埔斷層形成地表破裂的地震次數共有 7 次。最後 6 次古地震之間的發生時距最小約 200 年，最長約 700 年。最老兩次古地震的時距相距約 1,200 年，似乎較之後的地震時距長，原因可能是之間應尚有多次的古地震事件未被發現。

伍、參考資料

本地質敏感區之標地斷層車籠埔斷層調查資料已多有專書及報告記載，詳請參考中央地質調查所中央地質調查所「集集地震地質調查報告」(1999, 2000)、地震地質與活動斷層調查總報告(地調所, 2002)、新期構造、古地震與槽溝開挖研究計畫(地調所, 2001)、活動斷層網頁資料及地震地質與活動斷層調查總報告(地調所, 2002)、新期構造、古地震與槽溝開挖研究計畫總報告(地調所, 2006)、地球物理探勘計畫總報告(2007)、台灣中部的活動斷層(林啟文等, 2008)、近斷層高精度地形資料之判釋與分析計畫(地調所, 2011、2013)及國家科學委員會(1999) 1/1000 集集地震地形測量等相關資料。

(一) 數值及網頁參考資料

行政院國家科學委員會(1999) 1/1000 集集地震地形測量，電子檔案。
經濟部中央地質調查所(1999) 1/25000 九二一地震地質調查報告，
集集地震地表破裂地形測量，電子檔案。

李元希、盧詩丁、石同生、林偉雄、林燕慧、劉彥求、黃存慧，車籠埔斷層-車籠埔斷層調查。活動斷層精查報告，網路版。

(二) 英文參考文獻

Chang, S. L., (1971) Subsurface geologic study of the Taichung Basin, Taiwan. *Petro. Geol. Taiwan*. 8, 21-45.

Chen, W.S., Huang, B.S., Chen, Y.G., Lee, Y.H., Yang, C.N., Lo, C.H., Chang, H.C., Sung, Q.C., Huang, N.W., Lin, C.C., Sung, S.H., and Lee, K.J. (2001a) Chi-Chi earthquake, 1999 September 21: A case study on the role of thrust-ramp structures for generating earthquakes: *Bull. Seism. Soc. Amer.*, 91, 5, 986-994.

Chen, W.S., Chen, Y.G., and Cheng, H.C. (2001b) Paleoseismic study of the Chelungpu fault in the Mingjian area: *Western Pacific Earth Sciences*, 1, 3, 351-358.

- Chen, W.S., Chen, Y.G., Shih, R.C., Liu, T.K., Huang, N.W., Lin, C.C., Sung, S.H., Lee, K.J. (2003) Thrust-related river terrace development in relation to the 1999 Chi-Chi earthquake ruptures, Western Foothills, central Taiwan, *J. Asian Ear. Sci.*, 21, 473-480.
- Chen, W. S., Chen, Y. G., Shih, R. C., Liu, T. K., Huang, N. W., Lin, C. C., Sung, S.H., and Lee, K. J., (2003) Thrust-related river terrace development in relation to the 1999 Chi-Chi earthquake rupture, western foothills, central Taiwan, *J. Asian Earth Sci.*, 21, 473-480.
- Chen, W.S., K.J., Lee, L.S., Lee, Daniel. J. Ponti, C., Prentice, Y.G., Chen, H.C., Chang, and Y.H. Lee (2004a) Slip rate and recurrence interval of the Chelungpu fault during the past 1900 years: *Quaternary International*, 115-116, 167-176.
- Chen, W.S., Yang, C.C., Yen, Y.C., Lee, L.S., Lee, K.J., Yang, H.C., Chang, H.C., Ota Y., Lin, C.W., Lin, W.H., Shih, T.S., Lu, S.T. (2007) Late Holocene paleoseismicity of the southern portion of the Chelungpu fault, central Taiwan: Evidence from the Chushan excavation site, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 97(1B), 1-13.
- Heermance, R., Shipton, Z. K. and Evans, J. P. (2001) Structural controls and the nature of slip distribution for earthquake propagation in the 1999 rupture of the northern end of the Chelungpu fault, Taiwan: *Proceeding of ICDP workshop on Drilling the Chelungpu fault, Taiwan: Investigating the physics of faulting for a recent large earthquake*, 24–29.
- Heermance, R.V., Shipton, Z.K. and Evans, J.P. (2003) Fault structure control on fault slip and ground motion during the 1999 rupture of the Chelungpu fault, Taiwan. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, vol. 93,no. 3, 1034-1050.
- Isaacs, A.J., Evans, J.P., Song, S.R., and Kolesar, P.T. (2007) Structural, mineralogical, and geochemical characterization of the Chelungpu thrust fault, Taiwan. *Terr. Atmos. Ocean.Sci.*, vol. 18, no.2,

183-221.

- Lin, A., Lee, C.T., Maruyama, T., Chen, A. (2005) Meso- and Microstructural Analysis of Coseismic Shear Zone of the 1999 MW 7.6 Chi-Chi Earthquake, Taiwan. . Bull. Seismol. Soc. Am., vol. 95, no. 2, 486-501.
- Lin, C.W., Shih, R.C., Lin, Y.H., Chen, W.S. (2002) Structural characteristics of the Chelungpu fault zone in the Taichung area, central Taiwan, Western Pacific Earth Sciences, 2(4), 411-426.
- Ota. Y., Shishikura, M., Watanabe, M., Sawa, H., Yamaguchi, M., Yanagida, M., Ichikawa, K., Lee, Y.H. Lu, S.T., Shih, T.S., and Amagasa, S., (2005) Paleoseismology deduced from the Fengyuan trench on the northern part of the Chelungpu fault central Taiwan-an example of very low angle reverse fault. accepted to J. Asian Ear. Sci.
- Ouchi, T., Lin, A., Chen, A., and Maruyama, T. (2001) The 1999 Chi-Chi (Taiwan) earthquake: earthquake fault and strong motions, Bull. Seism. Soc. Am., vol. 91, no. 5, 966–976.
- Shimaki, K., and Nakata, T. (1960) Time-predictable recurrence model for large earthquakes: Geophy. Reser. Letters, 7, 279-282.
- Sone, H., Yeh, E.C., Nakaya, T., Hung, J.H., Ma, K.F., Wang, C.Y., Song, S.R. and Shimamoto, T., (2007) Mesoscopic structural observations of cores from the Chelungpu fault system, Taiwan Chelungpu-fault Drilling Project Hole-A, Taiwan. Terr. Atmos. Ocean. Sci., vol. 18, 359-377.
- Tanaka, H. et al., (2002) Initial science report of shallow drilling penetrating into the Chelupung fault zone, Taiwan, Terr. Atmos. Ocean. Sci. 133, 227-251.

(三) 中、日文參考資料

九二一集集大地震專輯 (2000) 經濟部中央地質調查所。

中國石油公司臺灣油礦探勘總處 (1989a) 比例尺十萬分之一地質圖

—苗栗幅。

中國石油公司臺灣油礦探勘總處（1989b）比例尺十萬分之一地質圖
—台中幅。

何信昌、陳勉銘（2000）台中圖幅及說明書，五萬分之一臺灣地質圖
第 24 號。經濟部中央地質調查所出版，共 65 頁。

何春蓀（1959）臺灣中部台中與南投間之逆衝斷層構造。臺灣省地質
調查所彙刊，11 號, 13-20 頁。

李元希、朱傲祖（2005）集集地震地表變形特性。九二一集集大地震，
行政院國家科學委員會「地震及活斷層研究」跨部會重大科技計
畫辦公室，第 2 章，第 2 節，103-136 頁。

李元希、吳維毓、石同生、盧詩丁、謝孟龍、張徽正（2000）九二一
集集地震地表變形特性—埤豐橋以東，經濟部地質調查所特刊，
第十二號，19-40 頁。

李建成、陳于高、謝凱瑞、朱傲祖、詹瑜璋、陳文山（2001）車籠埔
斷層構造與古地震研究：霧峰車平營附近槽溝開挖分析研究，中
國地質學會九十年年會暨學術研討會，6-8 頁。

李彥良（2001）921 集集地震地震斷層研究，國立成功大學地球科學
研究所碩士論文。

李錫堤、康耿豪、鄭錦桐、廖啟雯（2000）921 集集大地震之地表破
裂及地盤變形現象。土工技術，第 81 期，第 5-18 頁。

林啟文、石同生、石瑞銓（2003）臺灣中部南投地區的車籠埔斷層帶
特性研究。經濟部中央地質調查所彙刊，第 16 號，53-72 頁。

林啟文、盧詩丁、石同生、黃文正、張徽正（2000a）臺灣中部濁水
溪以南地區的集集地震斷層與構造分析。經濟部中央地質調查所
特刊，第 12 號，89-112 頁。

林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正（2000b）臺灣活動斷層
概論（第二版），經濟部中央地質調查所特刊，第 13 號，共 122
頁。

林啟文、盧詩丁、石同生、林偉雄、劉彥求、陳柏村（2008）臺灣中
部的活動斷層。經濟部中央地質調查所特刊，第 21 號，81-120

- 頁。
- 林啟文、盧詩丁、黃文正、石同生、張徽正（2002）臺灣中部濁水溪以南地區的集集地震斷層與構造分析，經濟部中央地質調查所特刊，第十二號，第 89-111 頁。
- 林朝榮（1935）臺灣豐原地方第三紀及第四紀地層研究。臺北帝國大學農學部紀要(英文)。第十三卷，第三期，第 13-30 頁。
- 林朝榮（1957）台灣地形。台灣文獻委員會，424 頁。
- 柯炯德（1997）三義台地、大肚台地及八卦台地地區頭嵙山層之沉積環境研究。國立臺灣大學地質學研究所碩士論文，90 頁。
- 洪日豪（2008）車籠埔斷層大坑鑽井所顯示集集地震的滑動機制。經濟部中央地質調查所特刊，第 20 號，147-163 頁。
- 洪日豪、廖卿妃（2003）車籠埔斷層鑽探豐原井岩心之變形組構。經濟部中央地質調查所特刊，第十四號，99-110 頁。
- 張徽正、林啟文、陳勉銘、盧詩丁（1998）台灣活動斷層概論。經濟部中央地質調查所，103 頁。
- 陳文山（2002）車籠埔斷層的古地震研究。科學發展，第 350 期，626-30 頁。
- 陳文山、李龍昇、楊志成、劉立豪、陳勇全（2003）南投竹山槽溝的古地震研究，「地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫—槽溝開挖與古地震研究計畫（2/5）」，中央地質調查所報告，共 22 頁。
- 陳文山、陳于高、劉聰桂、黃能偉、林清正、宋時驊、李昆杰（2000）921 集集大地震的地震斷層特性與構造意義。經濟部中央地質調查所特刊，第 12 號，139-154 頁。
- 陳柏村、盧詩丁、莊釗鳴（2012）臺中軍功寮-竹子坑地區車籠埔斷層帶構造特性研究，經濟部中央地質調查所特刊 26 號，第 75-100 頁。
- 陳勉銘、何信昌（2000）九二一集集地震斷層與車籠埔斷層之關連。經濟部中央地質調查所特刊，第 12 號，113-138 頁。
- 集集大地震特輯（1999）交通部中央氣象局與中國地球物理學會(臺

灣)。

黃文正、陳致言、劉思妤、林燕慧、林啟文、張徽正(2000)臺灣中部大甲溪至頭汴坑溪九二一集集地震地表變形模式。經濟部中央地質調查所特刊，第12號，63-87頁。

楊耿明、黃旭燦、吳榮章、丁信修、李長之、梅文威、徐祥宏，2003，斷層活動性觀測與地震潛勢評估調查研究：台灣陸上斷層帶地質構造與地殼變形調查研究(4/5)—台灣中部麓山帶地區，經濟部地質調查所，共51頁。

經濟部中央地質調查所(2000)九二一地震地質調查報告。經濟部中央地質調查所，共315頁。

經濟部中央地質調查所(2002)地震地質與活動斷層調查總報告，121-263頁。

經濟部中央地質調查所(2006)新期構造、古地震與槽溝開挖研究，槽溝開挖與古地震研究計畫(總報告)，中央地質調查所報告，共133頁。

經濟部中央地質調查所(2007)地震地質調查及活動斷層資料庫建置：淺層地球物理探勘(總報告)，中央地質調查所報告，共221頁。

經濟部中央地質調查所(2011)近斷層高精度地形資料之判釋與分析(1/4)，中央地質調查所報告，共289頁。

經濟部中央地質調查所(2013)近斷層高精度地形資料之判釋與分析(3/4)，中央地質調查所報告，共224頁。

蔡衡與宋國城(2000)震區的地形。九二一集集大地震，行政院國家科學委員會「地震及活斷層研究」跨部會重大科技計畫辦公室，第2章，第1節，83-102頁。