經濟部

活動斷層地質敏感區劃定計畫書

F0014 瑞穗斷層

劃定機關：經濟部

中華民國 105 年 12 月

活動斷層地質敏感區劃定計畫書
F0014 瑞穗斷層

目　　次

圖　目

表　目

壹、劃定依據

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

瑞穗斷層為臺灣東部花東縱谷中重要的活動斷層之一，斷層自花蓮縣光復鄉富田村南延至玉里鎮德武里，全長約 25 公里，加計分支斷層長度後，總長度約 30 公里。斷層沿線具有明顯的斷層線狀崖之構造特徵。本斷層也是 1951 年 11 月 25 日地震的地震斷層，除了 1951 年的地震之外，由槽溝開挖結果顯示尚有 3 次古地震事件，古地震的活動週期約 190±20 年，本部中央地質調查所將之列為第一類活動斷層。

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」，其中第三類為「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」，由於瑞穗斷層為 1951 年 11 月 25 日地震之地震斷層，根據槽溝定年資料，瑞穗斷層近代曾發生滑動並錯移近地表的全新世地層，學理上代表瑞穗斷層曾於距今 1 萬年內曾經發生活動，符合前述條文規定，故針對瑞穗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

臺灣位處環太平洋地震帶，地震頻仍，自西元 1900 年以來臺灣地區共發生過近百次災害性地震，總計造成近八千人死亡，而臺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。

考量臺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義，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 1972 年推動通過的地震斷層區劃分法案－Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act，該法將下次斷層活動時，較易發生錯動區域劃定為地震斷層區（Earthquake Fault Zones）之方式，並採取適當管理，以減少因地表斷層錯動而造成的傷亡（California Department of Conservation，2015）。其劃定原理以劃定當時之基礎資料為依據，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；在斷層跡位置較不明確之斷層兩側各劃定約 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（約 400 公尺），再透過轉折點標示地震斷層區之範圍，並公告相關圖件。

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，依斷層兩側變形狀況可分為二類，若兩側變形狀況對稱，則斷層兩側繪製等寬之影響範圍，即兩側各約 150 公尺寬的區域；若兩側變形狀況不對稱，則斷層兩側繪製不等寬之影響範圍，依據車籠埔斷層於 921 地震時產生的地表變形帶的特性，以及古地震研究，發現逆斷層錯動時在主要變形側（上盤）影響範圍較大，而在非主要變形側（下盤）影響範圍則較小，因此劃設原則為主要變形側約 200 公尺，非主要變形側約 100 公尺圈繪易受斷層影響之範圍（經濟部，2014）。上述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圖 3-1。

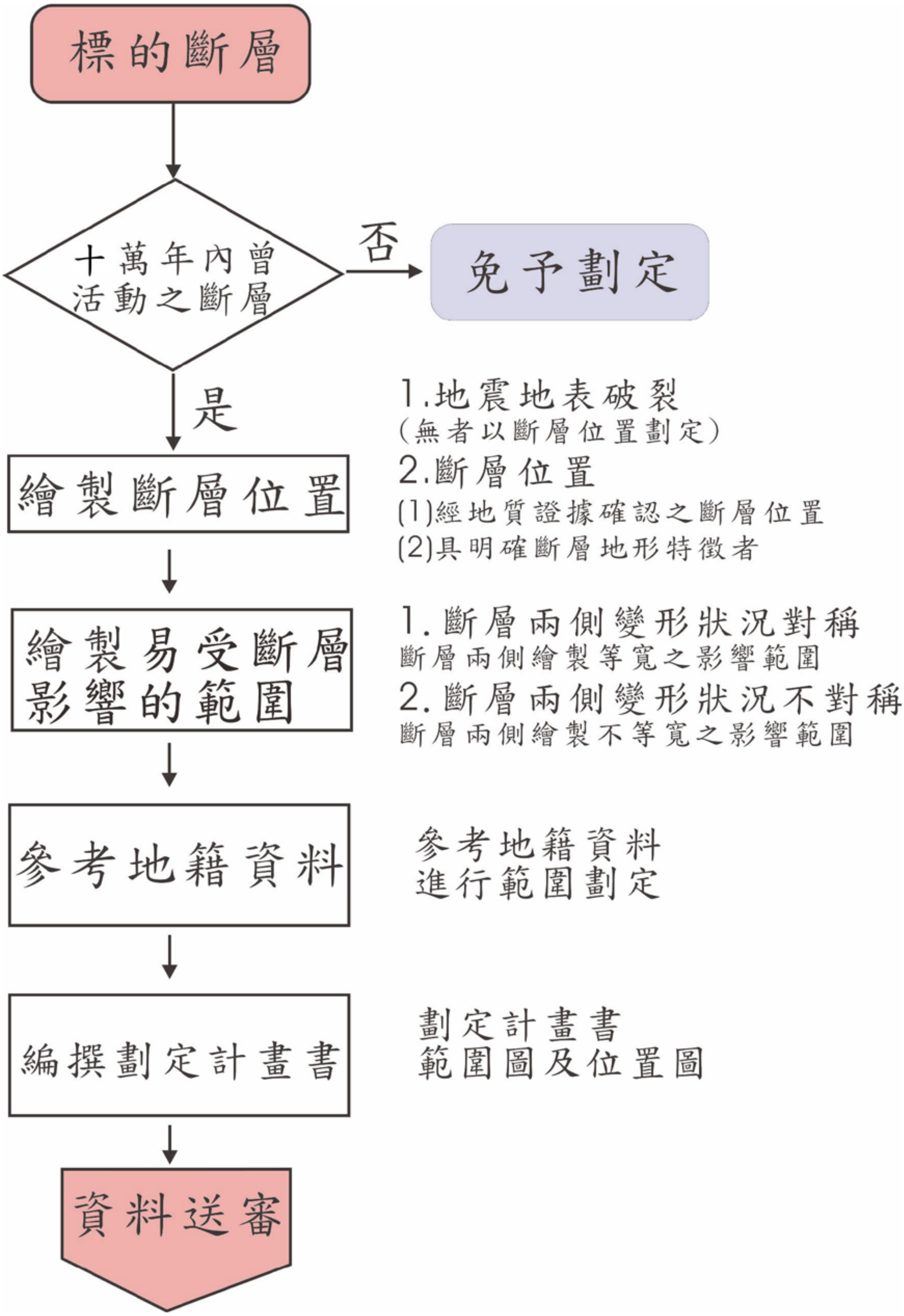

圖 3-1 活動斷層地質敏感區劃定流程圖。

（一）標的斷層之選定

瑞穗斷層為臺灣東部花東縱谷中重要的活動斷層之一，斷層沿線地形上具明顯的斷層線狀崖，北起花蓮縣光復鄉富田村，向南延伸經大富、烏漏、鶴岡，越過秀姑巒溪後通過德武臺地西側，至花蓮縣玉里鎮德武里附近，全長約 25 公里，加計分支斷層長度後，總長度約 30 公里。本斷層也是 1951 年 11 月 25 日地震的地震斷層，此外，由槽溝開挖結果顯示尚有 3 次古地震事件，古地震的活動週期約 190±20 年（陳文山等，2006）。由於瑞穗斷層為一條具高度活動性，且發生位置具有高度重複性的斷層，因此列為標的斷層。

（二）判斷是否符合十萬年內曾經活動之斷層

瑞穗斷層是 1951 年 11 月 25 日地震的地震斷層，除了 1951 年的地震之外，由槽溝開挖結果顯示尚有 3 次古地震事件，古地震的活動週期約 190±20 年，本部中央地質調查所將之列為第一類活動斷層。

（三）繪製斷層位置

本地質敏感區之斷層位置參考線即依前人相關研究（林啟文等，2009），配合本部中央地質調查所現階段研究調查成果，將具地質證據可判別斷層位置列為斷層位置參考點，再透過明確之構造地形證據或相同地形特徵之變化，以及其它合於學理之推論事證相連接為斷層線段。其中構造地形特徵為由航遙測影像、地形圖、數值地形資料等方式所判讀而來，並經現地查核前述判釋結果一致且連續者。

瑞穗斷層活動斷層地質敏感區斷層跡位置參考線位於花蓮縣光復鄉富田地區至玉里鎮德武里，全長約 25 公里，加計分支斷層長度後，總長度約 30 公里。與現今瑞穗斷層條帶地質圖（林啟文等，2009）範圍相似，而德武以南至春日間因現階段無明確之近地表地質資料，未劃入瑞穗斷層活動斷層地質敏感區範圍內。未來若地質調查資料足以指示該斷層位置，將再行補充劃入瑞穗斷層活動斷層地質敏感區範圍。

（四）繪製易受斷層影響範圍

瑞穗斷層屬於逆斷層，依據地質調查資料，該斷層兩側之變形不對稱，上盤為主要變形側，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。

本計畫書劃定之地質敏感區以外地區，不代表其安全無虞，僅是其未符合地質敏感區之劃定原則，而活動斷層地質敏感區鄰近地區，未來亦具有受到斷層活動影響之可能。這些地區若有土地之開發行為，仍應依相關法令辦理地質調查。

（五）參考地籍資料進行編修

考量國土管理與實務操作之需求，本項流程為將前述之易受斷層影響範圍與內政部國土測繪中心提供之地籍資料進行套疊，並參考該資料編修活動斷層地質敏感區邊界。其編修方式為在易受斷層影響範圍與地籍資料之數值檔套疊後，以主要變形側 200 公尺及非主要變形側 100 公尺為活動斷層地質敏感區範圍之參考線，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。

（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，尚包括瑞穗斷層活動斷層地質敏感區位置圖、瑞穗斷層活動斷層地質敏感區範圍圖等主要附件資料。

二、位置圖

瑞穗斷層活動斷層地質敏感區位於臺灣東部，自北方花蓮縣光復鄉富田地區沿著海岸山脈西緣，向南方向延伸，經大富、烏漏、鶴岡，穿越秀姑巒溪後向南沿德武臺地西緣至德武地區。瑞穗斷層活動斷層地質敏感區之位置分布於通過花蓮縣光復鄉、瑞穗鄉與玉里鎮等

3 處行政區(圖 3-2,附件一:瑞穗斷層活動斷層地質敏感區位置圖)。

三、範圍圖

瑞穗斷層活動斷層地質敏感區位於臺灣東部花東縱谷中,北起花蓮縣光復鄉富田地區,向南延伸至花蓮縣玉里鎮德武地區,全長約 25 公里,加計分支斷層長度後,總長度約 30 公里,總面積約 8 平方公里,使用比例尺二萬五千分之一經建版地形圖上繪製瑞穗斷層活動斷層地質敏感區範圍圖,共 3 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:瑞穗斷層活動斷層地質敏感區範圍圖。

本地質敏感區之地形底圖為灰階化的原始地形圖,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二萬五千分之一地形圖一覽表

圖號	圖名
96202NE	光復
96202SE	鶴岡
96191NE	靜浦

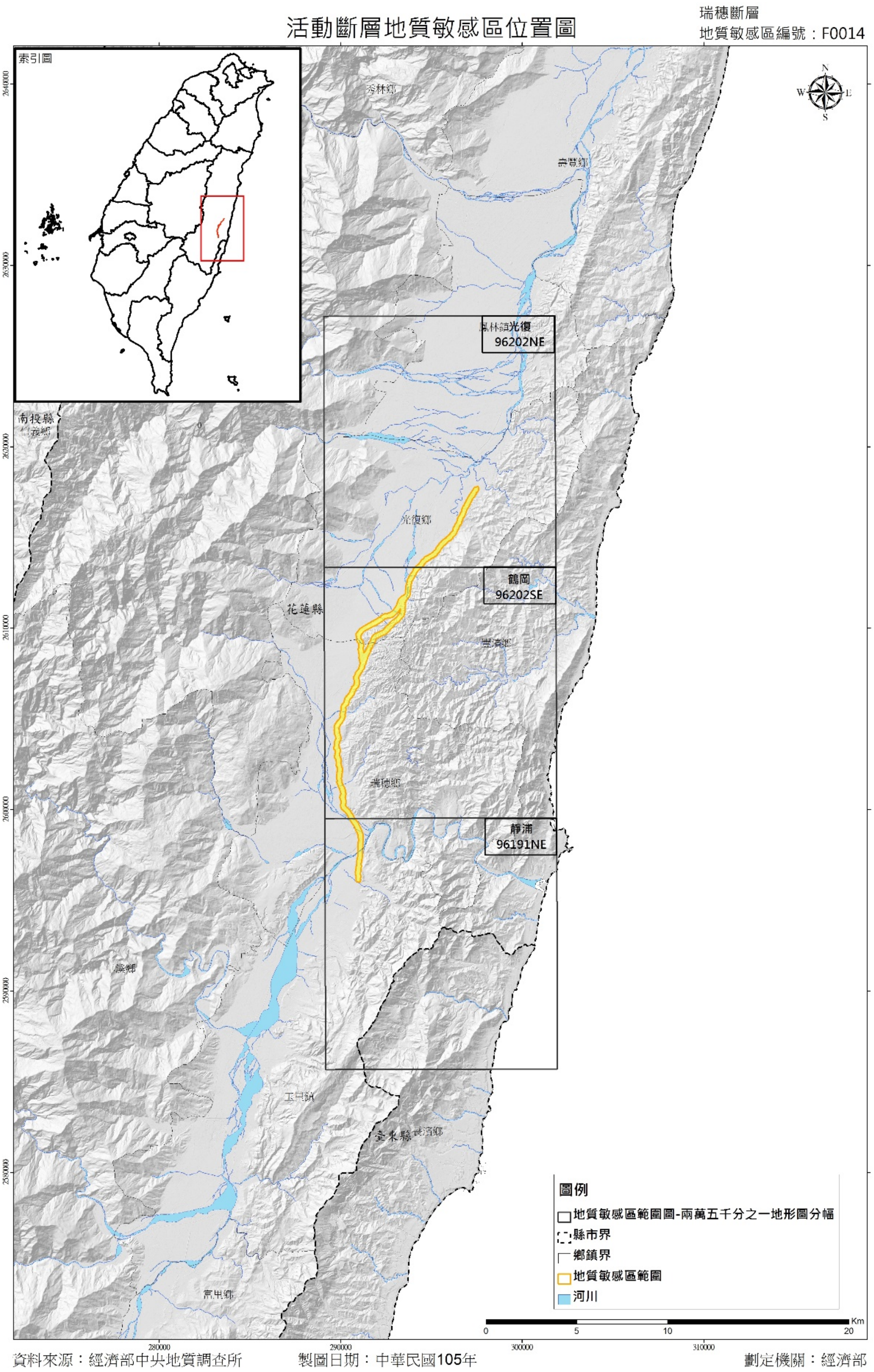

圖 3-2 活動斷層地質敏感區位置圖-瑞穗斷層（詳附件一，原圖比例尺為十萬分之一）。

肆、地質環境

瑞穗斷層由光復鄉富田村向南延伸至玉里鎮德武里，為逆移斷層兼具左移性質，呈東北走向。德武以南至春日間雖然學理上該處活動斷層應存在，但因現階段無明確之近地表地質資料足以確認斷層跡位置，故未劃入瑞穗斷層活動斷層地質敏感區範圍內。1951 年 11 月 25 日地震的所造成的地表破裂為本斷層最近一次的活動時間，除此之外，從古地震研究之槽溝開挖工作成果推估，本斷層尚有 3 次古地震事件，活動週期約 190±20 年，顯示此斷層具週期性，且發生位置具有高度重複性的斷層，以下分述其地形、地層、斷層性質。

一、地形

瑞穗斷層沿線位於海岸山脈與花東縱谷的交界處，斷層沿線具明顯的線形，斷層北段約東北走向，至偏遠以南則呈南北走向。鶴岡地區受斷層多次活動影響，形成多階之階地，秀姑巒溪匯流處因河流作用影響，斷層活動造成之構造地形特徵較不明顯（圖 4-1）。

從 LiDAR 的判釋資料來看，瑞穗斷層的變形帶較為單純，主要均沿著海岸山脈的西緣分布。在光復鄉富田與大富村之間，構造地形的特徵較不明顯，然而可以確認斷層位於海岸山脈的前緣以西。就野外之觀察，由大富村向南到富源溪與秀姑巒溪的匯流處之間，斷層的構造地形特徵則相當清楚，在安定橋北端，有一斷層小崖位於海岸山脈前緣以西約 100 公尺，高約 2 公尺。再往南於大肚滑溪與富源溪的匯流處，斷層帶在地表也形成了明顯的南北向斷層崖。繼續往南在鶴岡附近，於主斷層東側的鶴岡臺地上有一伴生的南北向次生斷層崖，這也是瑞穗斷層沿線少數較為明顯的次生構造。鶴岡以南到玉里鎮德武里附近，此一斷層的地表地形特徵較不明顯，然而此斷層應切過富源溪，並於瑞穗大橋西端附近斜切過秀姑巒溪主流向南沿德武階地之西緣延伸（張國楨等，2014）。

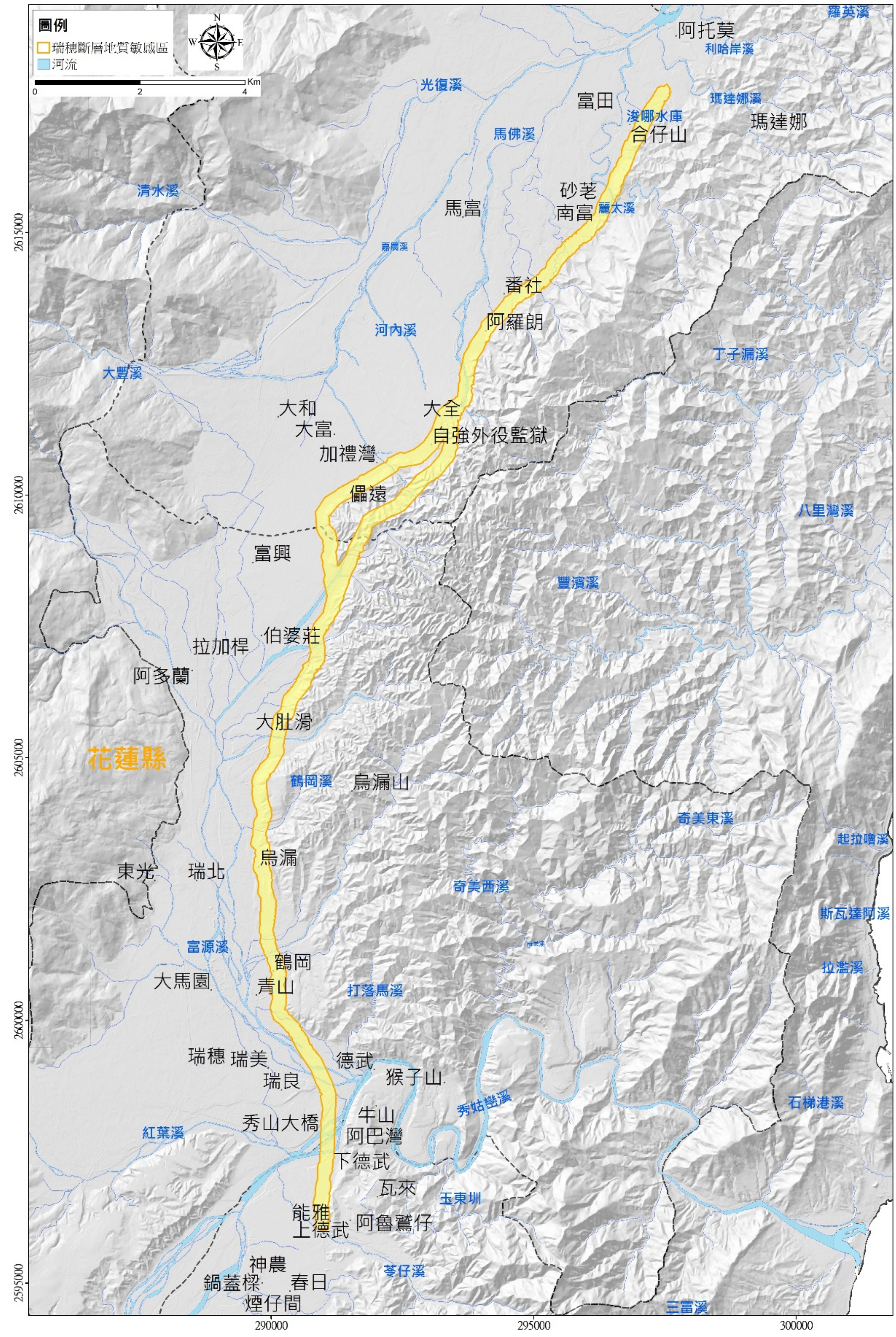

圖 4-1 瑞穗斷層活動斷層地質敏感區沿線之地形。

二、地層

本地質敏感區中（圖 4-2、圖 4-3），出露的地層有八里灣層、舞鶴礫岩、階地礫石層及沖積層。八里灣層，以礫岩、砂岩及頁岩組合而成為主。舞鶴礫岩，以由變質岩質礫石所組成的礫石層為主，下部含厚層泥層，泥層中夾有原生之漂木，頂部具紅土化。階地堆積層，由未膠結礫石層所組成，夾薄層疏鬆砂層。沖積層由未膠結礫石、砂及泥所組成。

<table>
<tr><th colspan="3">地質時代</th><th colspan="3">海岸山脈(修改自陳文山，王源，1996)</th></tr>
<tr><td rowspan="5">第四紀</td><td rowspan="2">全新世</td><td rowspan="2"></td><td colspan="3">現代沖積層</td></tr>
<tr><td colspan="3">階地礫石層</td></tr>
<tr><td rowspan="3">更新世</td><td>晚期</td><td>舞鶴礫岩</td><td colspan="2">初鹿礫石層
卑南山礫岩</td></tr>
<tr><td>中期</td><td rowspan="6">利吉層</td><td colspan="2" rowspan="3">八里灣層</td></tr>
<tr><td>早期</td></tr>
<tr><td rowspan="5">第三紀</td><td rowspan="2">上新世</td><td>晚期</td></tr>
<tr><td>早期</td><td rowspan="3">都鑾山層</td><td>蕃薯寮層</td></tr>
<tr><td rowspan="3">中新世</td><td>晚期</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>中期</td></tr>
<tr><td>早期</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

圖 4-2 瑞穗斷層區域地層年代對比圖，修改自陳文山與王源(1996)。

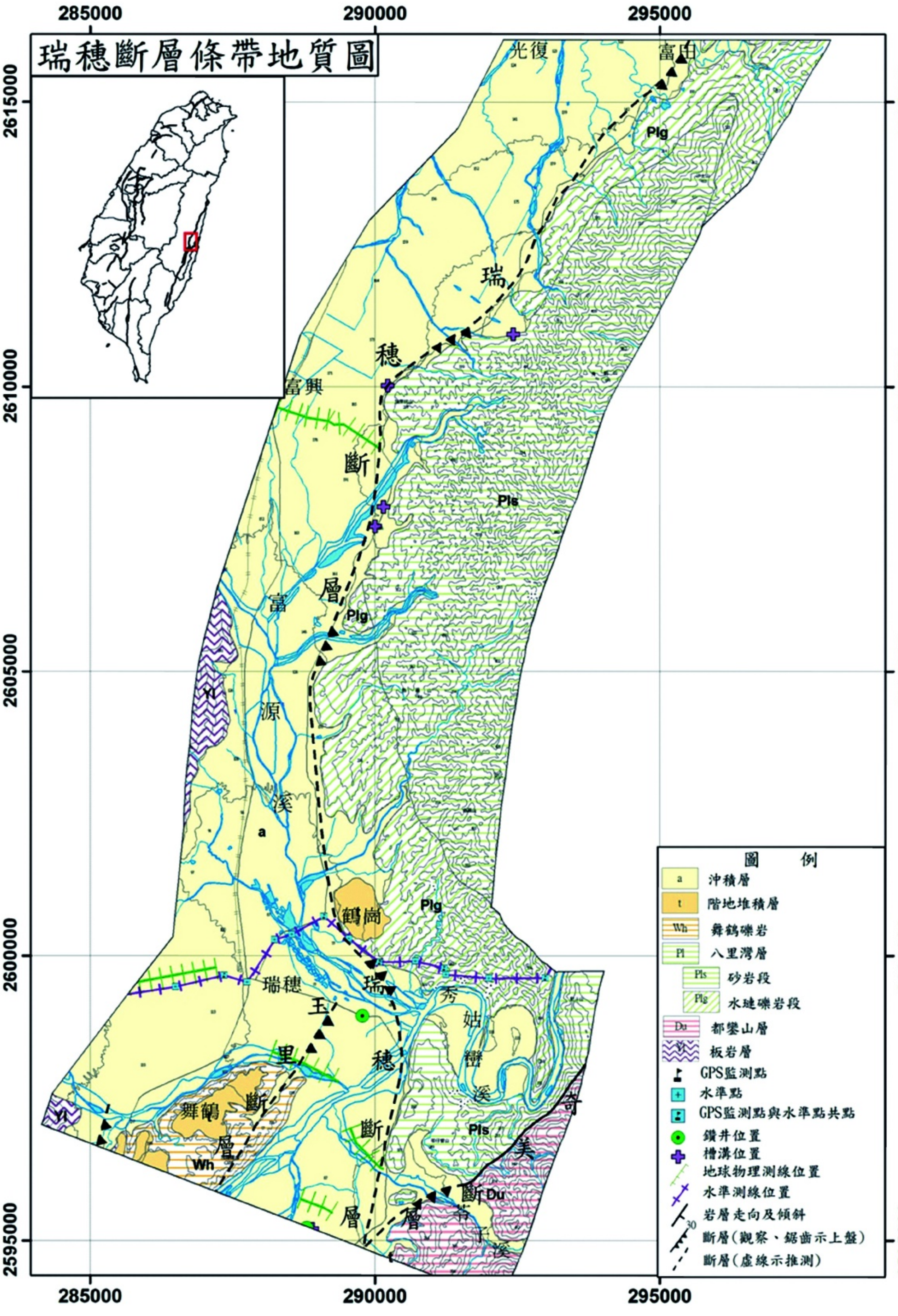

圖 4-3 瑞穗斷層條帶地質圖（坐標系統：TWD67），修改自林啟文等（2009）。

三、斷層性質

臺灣東部花東縱谷位於板塊碰撞地帶，因此於花東縱谷東側的海岸山脈與現代沖積層間，存在一系列斷層系統，瑞穗斷層北連嶺頂斷層，南接池上斷層，屬花東縱谷一系列斷層中之一段，上盤為八里灣層，下盤則為現代沖積層，為一兼具左移分量之逆移斷層。

瑞穗斷層最早是徐鐵良（Hsu, 1962）針對 1951 年 11 月 25 日縱谷中部地震的研究所認為的地表破裂帶的一部份，當時稱之為玉里斷層的北段。其後中央地質調查所調查歸結瑞穗斷層應屬縱谷斷層之一部分，與玉里斷層活動特性不同，故特別將其獨立出來，列為第一類活動斷層。瑞穗斷層原與池上斷層相接，後遭奇美斷層所截切，形成兩條不同斷層。兩者震間活動行為不同，池上斷層為具有潛移特性的斷層，相對的瑞穗斷層則未見有潛移現象，斷層沿線的變形皆來自於地震發生時的一次性變形（陳文山等，2008）。另一方面，與北邊嶺頂斷層的分段也是由於斷層活動機制差異而區分，瑞穗斷層為兼具左移分量之逆移斷層的特徵，而嶺頂主要以左移運動為主（陳文山等，2008）。

1951 年 11 月 25 日地震在瑞穗北方並未詳細繪製地表破裂，後人透過照片與現地探查來推論斷層可能位置，並認為當時的破裂為瑞穗斷層活動所造成（陳文山等，2006；鍾令和等，2003；Shyu *et al.*, 2007）。林啟文等（2009）參考前人研究之 1951 年地震地表破裂紀錄與野外查核得知，瑞穗斷層由光復鄉大富村向南至富源溪與秀姑巒溪交會處，斷層地形特徵明顯。在光復鄉大富村內自強外役監獄附近，斷層上盤的礫岩向西逆衝到沖積層上，礫岩內斷層帶寬度超過 680 公尺，斷面以高角度向東傾斜。陳文山等（2004）於此段的槽溝開挖工作證實此為斷層崖，且地表破裂東側沖積層傾斜超過 30 度，越接近地表破裂越陡，上覆近期沉積物，西側則維持水平，顯示具有多次活動的跡象。

在斷層的幾何形貌上，重新定位之 1991-2002 地震分布與臺灣速度剖面（Kuochen *et al.*, 2004, 2012）結果顯示瑞穗斷層地震分布主要集中在地下約 30 公里，斷層面在淺層傾角較高（< 25 km），約為 60-70 度，深度 25-40 公里傾角為 45 度（圖 4-4），越接近地表

斷層角度越陡。

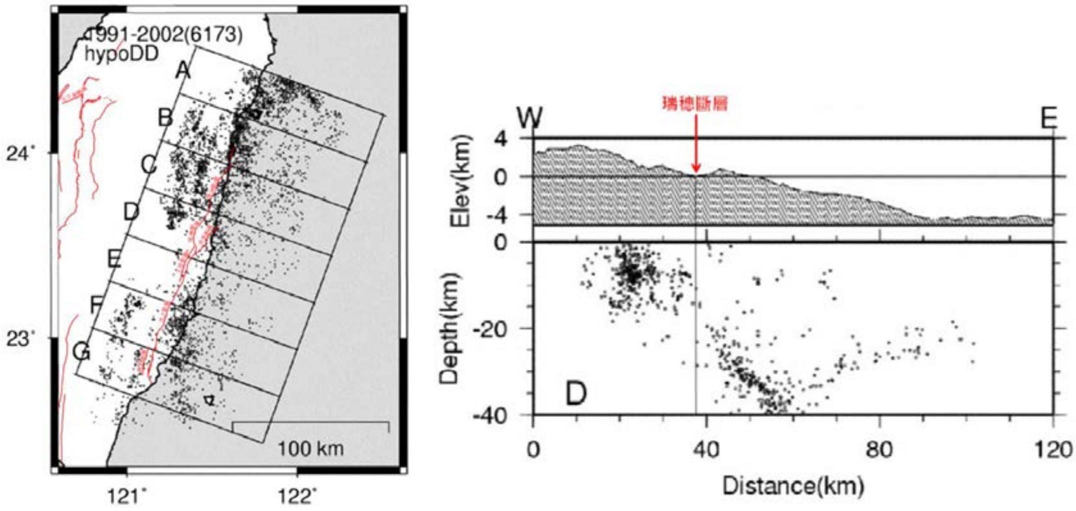

圖 4-4 利用 1991-2002 地震資料重定位結果，顯示瑞穗斷層斷層面在淺處（<25 km）傾角較陡，深處則變緩（Kuochen *et al*., 2012）。

從 GPS 資料來看，在跨瑞穗斷層的地質剖面中，以中央山脈為基準，瑞穗斷層上盤的水平速率從海岸邊向西逐漸遞減，其縮短率約為 23.6±3.0 mm/yr，而在跨越斷層下盤之一分支斷層則減少 12.8±2.0 mm/yr，整個地表的水平變形廣泛地分布在 20 公里寬的海岸山脈範圍內（圖 4-5）。而從 GPS 與古地震結果分析，瑞穗斷層的變形特性與南邊的池上斷層有明顯的不同，瑞穗斷層的結果顯示其在淺部可能鎖定，能量持續累積，一次性地釋放能量，在地表會形成較顯著的垂直變位（Chen *et al*., 2007）。

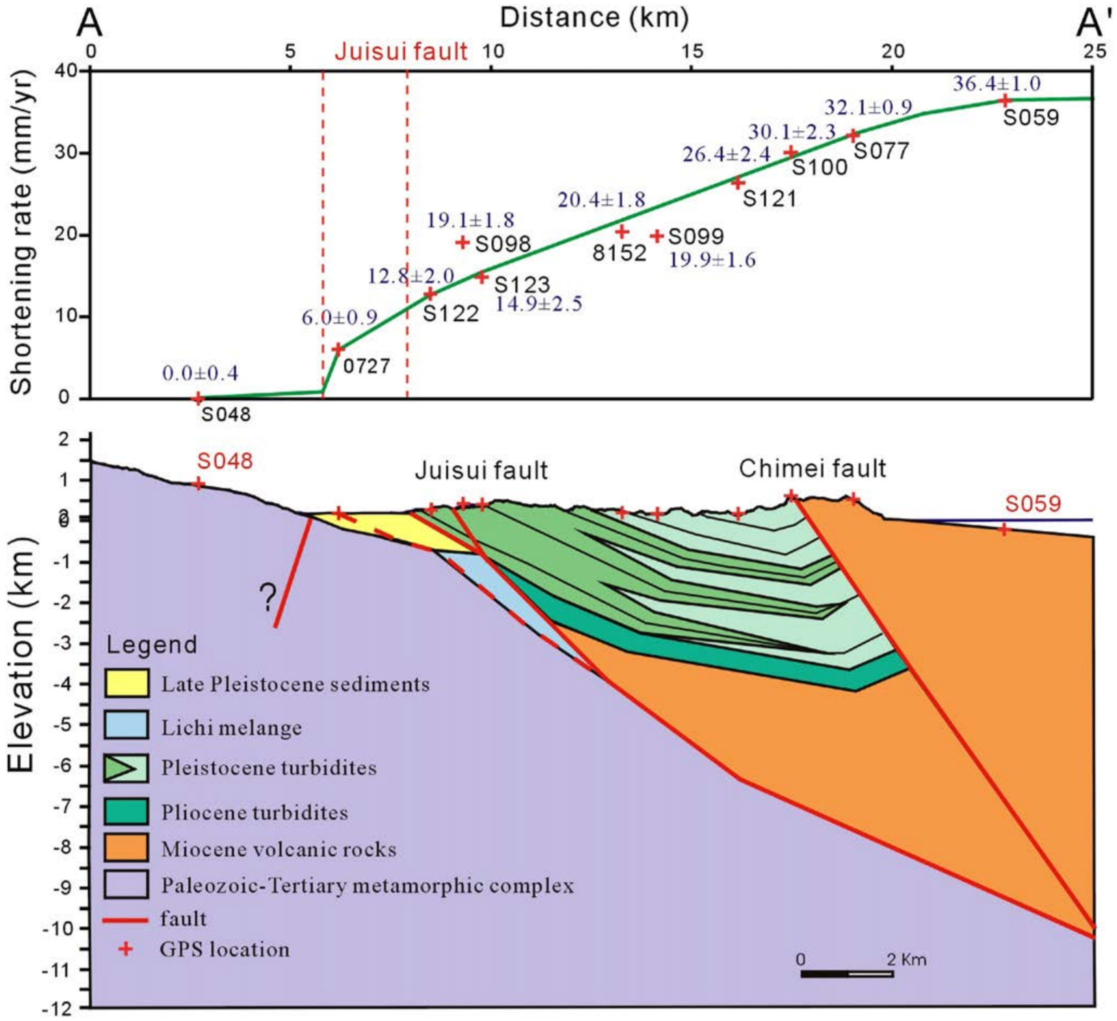

圖 4-5 瑞穗斷層地質剖面與相對中央山脈之地表縮短率(陳文山等，2007）。

另外，從 GPS 垂直速度場結果來看，在花東縱谷北段由於受到琉球海溝下拉牽引的影響，呈現出持續下降的趨勢，一直到玉里附近垂直速率才轉為正值。此外，為了解水準測線沿線各水準點的絕對變動情形，胡植慶等（2015）利用水準點與鄰近的 GPS 固定點結果進行校正，得到測線相對澎湖白沙站的地表年平均變位速率，從光復-豐濱與紅葉-靜浦兩條跨瑞穗斷層的測線結果來看，垂直速率在通過瑞穗斷層後分別增加了 10 mm/yr 與 7 mm/yr，說明斷層的活動性。

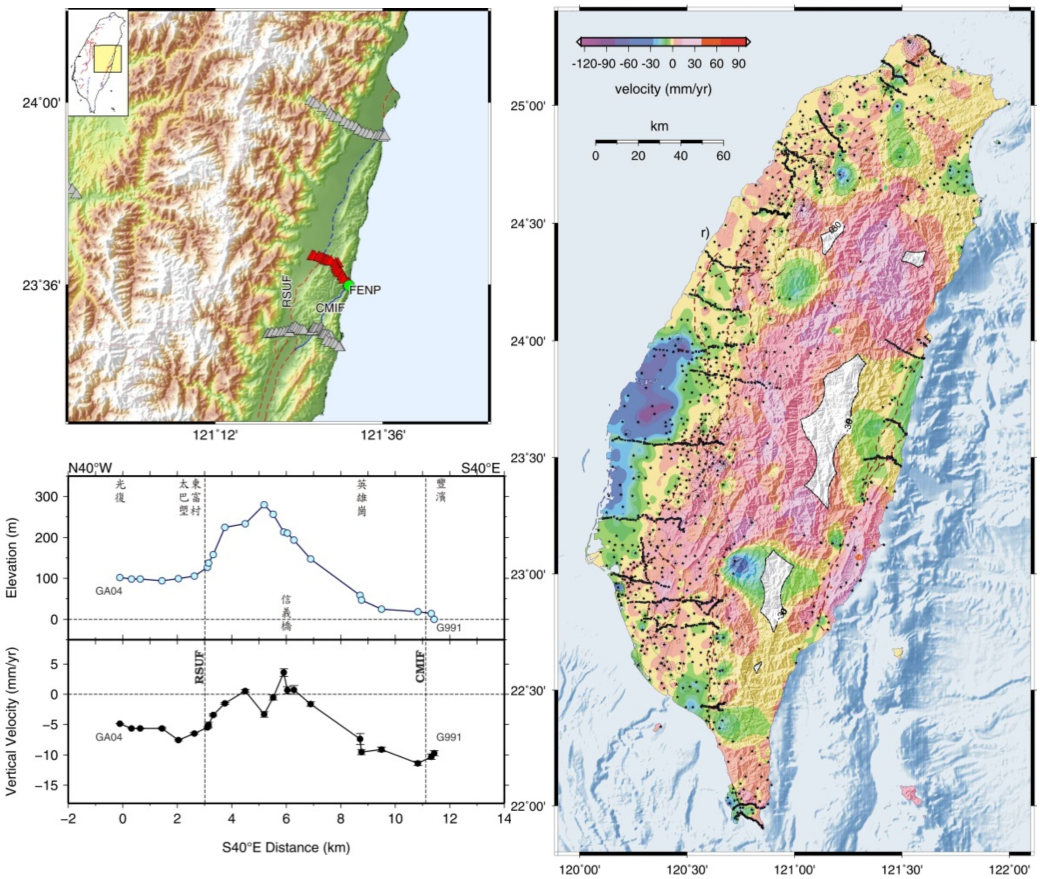

圖 4-6　圖左上為光復至豐濱水準測線位置圖，左下為水準測線高程變化圖與年平均速率變化圖，垂直虛線標示活動斷層之地表出露位置，RSUF 為瑞穗斷層、CMIF 為奇美斷層。圖右為 2002-2015 年全台灣相對於澎湖白沙站（S01R）之 GPS 垂直速度場，暖色系表示抬升，冷色系表示下沉（胡植慶等，2015）。

在活動歷史方面，陳文山等（2006）於瑞穗斷層進行槽溝調查，由岩層與構造特徵分析，發現瑞穗斷層的古地震事件計有 4 次，時間分別為 P1 古地震（西元 1951 年）、P2 古地震（距今約 260 年前）、P3 古地震（約介於距今 150 至 290-440 年前）、P4 古地震（距今約 500 至 640 年前間，圖 4-7）。而古地震的發生時距約為 170-210 年，瑞穗斷層未來發生大地震的時間可能在下個世紀。

將槽溝調查之古地震事件變位量除以定年資料，可獲得瑞穗斷層之長期抬升速率為 12.5-16.0 mm/yr，這與 Shyu *et al.*（2006）利用秀姑巒溪河階比高，計算所得的抬升速率 15.1-19.3 mm/yr 結果相近。

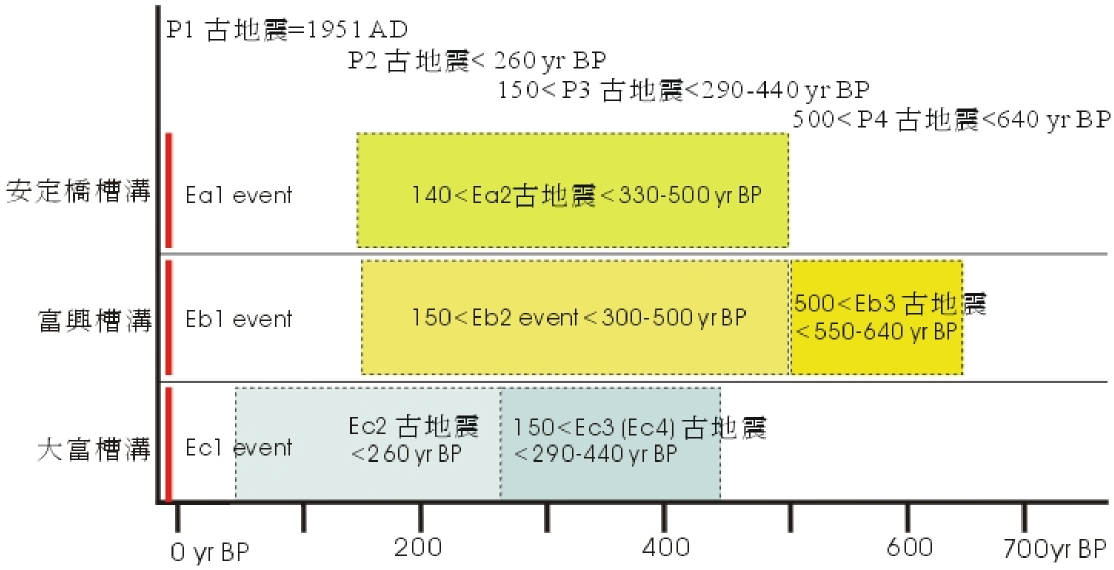

圖 4-7 瑞穗斷層的古地震事件（陳文山等，2006）。

伍、參考資料

本地質敏感區之標的斷層瑞穗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地震地質調查及活動斷層資料庫建置-活動斷層監測系統計畫總報告（饒瑞鈞等，2006）、地震地質與活動斷層資料庫建置－槽溝開挖與古地震研究總報告（陳文山等，2006）、斷層長期滑移速率與再現週期研究總報告（陳文山等，2010）、地球物理探勘計畫總報告（董倫道等，2007）及臺灣東部與南部的活動斷層：二萬五千分之一活動斷層條帶圖說明書（林啟文等，2009）等相關資料。

（一） 數值及網頁參考資料

California Department of Conservation(2015) The Alquist-Priolo Earthquake Fault Zoning Act. http://www.conservation.ca.gov/cgs/rghm/ap/Pages/index.aspx

（二） 英文參考資料

Chen, W.S., Yen, I.C., Fengler, K.P., Rubin, C.M., Yang, C.C., Yang, H.C., Chang, H.C., Lin, C.W., Lin, W.H., Liu, Y.C. and Lin, Y.H. (2007) Late Holocene paleoearthquake activity in the middle part of the Longitudinal Valley Fault, eastern Taiwan: Eath and Planetary Science Letters, Vol. 264, p.420-437.

Hsu, T. L. (1962) Recent faulting in the Longitudinal Valley of eastern Taiwan. Mem. Geol. Soc. China, No. 1, p.95-102.

Kuochen, H., Vu, Y. M., Chang, C. H., Hu, J. C., and Chen, W. S. (2004) Relocation of eastern Taiwan earthquakes and tectonic implications. Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences, Vol. 15, No. 4, p.647-666.

Kuochen, H., Wu, F. T., and Roecker, S. W. (2012) Three−dimensional P velocity structures of the lithosphere beneath Taiwan from the analysis of TAIGER and related seismic data sets. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Vol. 117, B06306.

Shyu, J. B. H., Sieh, K., Avouac, J. P., Chen, W. S., and Chen, Y. G. (2006) Millennial slip rate of the Longitudinal Valley fault from river terraces: Implications for convergence across the active suture of eastern Taiwan. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, Vol. 111, B08403.

Shyu, J. B. H., Chung, L. H., Chen, Y. G., Lee, J. C., and Sieh, K. (2007) Re-evaluation of the surface ruptures of the November 1951 earthquake series in eastern Taiwan, and its neotectonic implications. Journal of Asian Earth Sciences, Vol. 31, p.317-331.

（三） 中文參考資料

林啟文、陳文山、劉彥求、陳柏村（2009）台灣臺灣東部與南部的活動斷層二萬五千分之一活動斷層條帶地質圖說明書。經濟部中央地質調查所特刊，第23號，共178頁。

張國楨、徐澔德、詹瑜璋、陳柔妃、葉恩肇、賴光胤（2014）近斷層高精度地形資料之判釋與分析總報告。經濟部中央地質調查所研究報告，共329頁。

胡植慶、劉啟清、景國恩、鄭錦桐（2015）斷層活動性觀測研究第三階段-斷層整合性觀測與潛勢分析（3/4）。經濟部中央地質調查所研究報告，第100-07號，，共484頁。

陳文山與王源（1996）臺灣東部海岸山脈地質。經濟部中央地質調查所，臺灣地質系列，第7號，共101頁。

陳文山、顏一勤、楊志成、楊小青、陳勇全、蔡坤志、朱耀國、黃能偉、張徽正、林啟文、林偉雄、劉彥求（2004）1951年花蓮地震斷層的古地震研究。經濟部中央地質調查所特刊，第15號，第137-145頁。

陳文山、陳于高、楊志成、顏一勤、楊小青（2006）地震地質與活動斷層資料庫建置－槽溝開挖與古地震研究總報告。經濟部中央地質調查所研究報告，共133頁。

陳文山、游能悌、松多信尚、楊小青（2010）地震地質與地變動潛

勢分析計畫－斷層長期滑移速率與再現週期研究總報告。經濟部中央地質調查所研究報告，共141頁。
董倫道、陳文山、李奕亨（2007）地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫－地球物理探勘計畫總報告。經濟部中央地質調查所研究報告，共221頁。
鍾令和、陳于高、李建成、徐澔德、王昱（2003）民國四十年玉里池上地震序列之新構造意義。中國地質學會九十二年年會摘要，第157頁。
饒瑞鈞、余致義、洪日豪、胡植慶、李建成、詹瑜璋（2006）地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫－活動斷層監測系統計畫（5/5）。經濟部中央地質調查所研究報告，第95-10號，共147頁。
經濟部（2014）F0001 車籠埔斷層活動斷層地質敏感區劃定計畫書，共 31 頁。