

台灣活動斷層調查的回顧與展望

李元希、盧詩丁、石同生、林偉雄、林啟文

經濟部中央地質調查所

摘要

台灣活動斷層的調查，在過去偏重於對斷層定位且研究較為散亂，地質調查所於 1998、2000 彙編過去研究，出版活動斷層概論第一版及第二版，將台灣的活動斷層分為 42 條，目前亦將部份結果上網供大眾參考(www.moeacgs.gov.tw)。自集集地震後，政府與學界開始投入大量人力與經費進行活動斷層相關研究，與國外學者的交流亦愈趨緊密。新的方法如由槽溝開挖研究古地震或斷層監測系統、干涉影像及地球化學分析等也都開始進行研究，自此活動斷層研究往前邁進一大步，希望未來這些新的研究成果皆能真正達到防災的作用。

一、前言

由於台灣位處於非常活躍的造山帶，菲律賓海板塊每年以 7-8 公分的速度向歐亞板塊聚合(Yu *et al.*,1997)，這種速率導致山脈的急速隆起及西部麓山帶構造不斷的向西遷移，但同時伴隨的就是不斷的地震，過去一百年來，即有九條活動斷層的活動，每次皆伴隨極大的地震及重大的傷亡，因此未來再度發生大地震是台灣島的宿命，但也是讓台灣島成長的動力，許多的學者早已針對台灣地區的活動斷層有許多的研究，因此本文首先將回顧過去研究，進而討論在過去的研究基礎上，未來我們的目標與方向。

二、臺灣的災害性地震

臺灣的地震主要發生在東部海域、花東縱谷以及西部麓山帶變形前緣。關於台灣地區的地震記錄可分為史料記載以及地震觀測儀的觀測記錄兩類。台灣地震的史料最早可追溯至明朝（西元 1604 年），部份學者即根據古書中對地震災害的記載及描述，推估這些災害性地震的地震規模、最大震度及震央所在；由於所取決的標準不同，因此定出之震央位置、震度及地震規模皆有些許的差異性存在（徐明同，1980；1983；Tsai, 1985；鄭世楠、葉永田，1989；鄭世楠等，1996）。台灣地區在 1891 年裝置了第一部地震儀，而地震觀測科學化的時代則在 1897 年後才開始。其後，台灣各地陸續裝設地震儀，地震相關資料才較為詳細。自 1898 年至 1995 年台灣地區共發生 123 次災害性地震，而嘉南地區災害性地震次數最為頻繁（徐明同，1980；鄭世楠等，1996）。鄭世楠等（1999）整理近一百年來臺

灣地區災情最為慘重的十次震災資料及圖片(表一);其中數次大地震更在地表產生地震斷層(表二)。

表一 臺灣十大災害地震概況(修改摘自交通部中央氣象局,1996;鄭世楠等,1999)

地震名稱	發生時間 (年/月/日)	震央 (經度/緯度)	震源 深度 (公里)	規模 (ML)	人口死傷/ 房屋損毀	地質現象與災害
斗六地震	1904/11/06	北港溪下游 (120.3/23.5)	7	6.1	145死 158 傷/3840棟	新港附近發生地裂與噴砂。
梅山地震	1906/03/17	嘉義縣民雄 (120.5/23.6)	6	7.1	1258死 2385傷 /20987棟	民雄至大連坑一帶發生斷層,長13公里,三疊溪至埤仔頭、中洋仔庄至番婆一帶發生龜裂。龜裂帶多噴砂、噴泥及噴水現象。
南投地震	1916/08/28	濁水溪上游 (120.9/23.7)	45	6.8	16死 159 傷/5499棟	埔里至阿里山多處山崩,埋沒14戶。
新竹- 台中 地震	1935/04/21	苗栗縣關刀 山附近 (120.8/24.3)	5	7.1	3276死 12053傷 /54688棟	新竹臺中烈震,伴生獅潭、屯子腳斷層。新竹苗栗地區地裂,大關刀山山崩,中港河流域噴土沙,地下水噴出,地鳴。
中埔 地震	1941/12/17	嘉義中埔附 近 (120.5/23.4)	12	7.1	358死 733 傷/15606 棟	嘉義地方烈震,並造成草嶺山崩,形成震生湖清水潭。
新化 地震	1946/12/05	台南新化附 近 (120.2/23.1)	5	6.1	74死 482 傷/4038棟	伴生新化斷層,自那拔林延伸至鹽行,長12公里。地裂、噴水、噴泥、井水變位、電桿與鐵路歪斜等現象。
花東 縱谷 地震 系列	1951/10/22	花蓮東南東 15公里 (121.7/23.8)	4	7.3	68死 856 傷/2382棟	米崙斷層再度活動,自花蓮港延伸至壽豐東北附近。多處地點山崩,玉里地區地裂,玉里、壽豐等地發生噴水,多處地區聽到地鳴,並有鐵路彎曲下沉的現象。
	1951/11/25	台東北方 30公里 (120.9/23.0)	36	7.3	17死 326 傷/1598棟	伴生玉里地震斷層,自瑞穗北方延伸至富里以南,全長約43公里。地裂、山崩、噴水、地鳴、發光等現象。
恆春 地震	1959/08/15	恆春 (121.3/21.8)	20	7.1	17死 68傷 /2589棟	恆春半島多處地裂,滿洲鄉發生山崩。
白河 地震	1964/01/18	臺南東北東 43公里 (120.6/23.2)	18	6.3	106死 650 傷/36320 棟	嘉南烈震,有地裂、噴砂。
花蓮 地震	1986/11/15	花蓮東偏南 10公里 (121.7/23.9)	15	6.8	13死 45傷 /75棟	蘇花及橫貫公路全線中斷,北迴鐵路鐵軌扭曲。中和華陽市場2/3房屋倒塌。

表二 台灣之地震斷層概況表 (增修整理自 Hsu and Chang, 1979)

地震斷層	地震日期	地震規模	斷層走向	斷層長度 (公里)	* 水平位移 (公分)	* 垂直位移 (公分)
梅山斷層	1906.03.17	7.1	N53-75° E	13.5	240	180
獅潭斷層	1935.04.21	7.1	N20-30° E	21	-	300
屯子腳斷層	1935.04.21	7.1	N60° E	20	200	60
神卓山斷層	1935.04.21	7.1	N20-30° E	10	-	60
新化斷層	1946.12.05	6.1	N70-80° E	6	200	76
米崙斷層	1951.10.22	7.3	N20-55° E	10	200	120
玉里斷層	1951.11.25	7.3	N20-30° E	43	163	130
瑞穗斷層	1972.04.24	6.9	N25° E	2.5	-	70
車籠埔斷層	1999.09.21	7.3		100	> 500	980

* 部份位移量係指視位移量 (如道路、田埂等被錯移), 並非斷層滑移之水平、垂直分量
車籠埔斷層於台中豐原以南至南投名間大致為近南北向, 豐原以北則由東北走向逐漸轉
為近東西走向, 名間以南至桶頭則為 N10-30° E

三、過去的調查研究

在日據時代, 活動斷層的調查資料散見於如區域地質圖、油田調查及地形調查等各式的調查研究報告及文獻中 (花井重次, 1930; 市川雄一, 1931; 1934; 鳥居敬造、吉田要, 1931; 鳥居敬造, 1932; 1936; 丹桂之助, 1934; 六角兵吉、牧山鶴彥, 1934, 石崎和彥, 1942), 其中以大地震後的震災報告最為詳盡, 如 1906 年嘉義大地震 (Omori, 1907; 臺灣總督府民政部總務局, 1907) 及 1935 年新竹 - 台中大地震 (臺灣總督府, 1935; Government-General of Taiwan, 1936; 大江二郎, 1936; 大塚彌之助, 1936; 西村傳三, 1936)。

光復之後, 有系統性的活動斷層研究不多, 來自於地形學上的研究成果卻不少 (林朝榮, 1957; Ku, C. C., 1963; 石再添、張瑞津, 1982; 1983; 石再添等, 1982; 1983a; 1983b; 1984a; 1984b; 1985a; 1985b; 1985c; 1986a; 1986b; 石再添、鄧國雄, 1983), 但大多著重於地形上的表徵, 雖然比較缺乏地質上的佐證, 但也提供相當多值得未來參考的訊息。

在 1980 年代, 行政院國科會大型防災計畫推行之後, 才開始大規模進行多樣化研究及調查工作 (表三)。雖然引進相當多樣的調查方法, 但對於斷層的活動歷史、斷層性質及斷層與地震間的相關性尚所知有限, 其中重要的原因在於不同領域 (地球物理、地球化學、區域地質調查等) 資料的整合不良, 同時在調查方法及野外地質調查上缺乏重大突破, 降低許多研究成果的確實性與可信度, 也因此就算進行挖溝或定年, 效果也都不甚理想。但相當多的地球物理調查方法都在此時逐漸成熟, 如遙測及航照、微震觀測、淺層震測、重力測量、磁力測量、地電阻測量、大地測量、全球定位系統 (GPS) 等, 未來在此基礎上

改進，累積更豐富的資料及經驗，加上不同調查方法的整合，應能獲致較佳的結果。

而自集集地震後，新的一波對活動斷層及相關地震的研究正開始如火如荼的展開。由於我國是在大地震發生前已佈建好強震站的唯一國家，而地震前的 GPS 地殼變形監測網亦提供對大地震及好的訊息，再加上充分的地表破裂及地質的資料，可說是提供對活動斷層特性重要的資訊。另一方面，在集集地震後，一波波的外國學者參與車籠埔斷層研究，也建立了我國學者與國外學者的交流。自此我國的活動斷層研究進入了一個新的領域，由於與國外學者的交流，尤其是利用槽溝開挖進行的古地震研究，自此才有較好的研究成果。

表三 活動斷層相關之行政院國科會防災科技計畫報告（1983年至1992年）

年份	作者	篇名
1983	徐泓	清代台灣天然災害史料彙編
1983	潘國樑、王文能、胡國興、顏滄波	臺灣中部 1935 年地震斷層之航照地質研究
1984	葉義雄、顏宏元、蔡義本	以微震及重力方法勘察活動斷層可行性之研究
1984	葉義雄、陳光榮、王維豪、蔡義本	1906 年嘉義梅山地震斷層之觀測研究
1985	黃明哲、王文能、潘國樑、顏滄波	活動斷層之航照地質研究（二）：嘉義梅山地震斷層研究
1985	葉義雄	桃園新竹地區活斷層之調查研究 - 重力與微震觀測
1986	葉義雄、蔡欽舜、陳光榮、袁時正	桃園新竹地區活斷層之調查研究 - 重力與微震觀測（二）
1987	梁敬豪、郭烈銘	桃園新竹地區活動斷層調查研究 - 地電阻法探測
1987	梁敬豪、郭烈銘、張濟權、李斌全	桃園新竹地區活動斷層調查研究 - 地電阻法探測（二）
1987	黃明哲、潘國樑	桃園新竹地區活動斷層調查研究（一）
1987	黃明哲、潘國樑	桃園新竹地區活動斷層調查研究（二）
1988	黃明哲、潘國樑	活動斷層調查新技術之建立 - 熱紅外線掃描及放射性調查法
1988	李伯當、梁敬豪	活動斷層研究（五）活動斷層之甚低頻率電磁法探勘研究 - 嘉義梅山斷層
1988	葉義雄、陳光榮、顏宏元、林正洪、王理文、黃維彰	梅山斷層向西延伸之調查研究
1988	謝昭輝、辛在勤	梅山斷層的震波測勘研究（一）
1988	翁寶山	利用土壤中放射性氫氣含量變化對金山斷層之調查與研究
1988	余水倍、劉啟清	嘉義梅山及台東縱谷活斷層之監測研究（二）
1989	王乾盈	活斷層調查震測資料處理系統之研究
1989	葉義雄、陳光榮、顏宏元	金山斷層之調查研究 - 重力與微震觀測
1989	楊潔豪、陳平護、陳洲生	併合暫態法與電阻法探查金山斷層之研究
1989	謝昭輝	梅山斷層的震波測勘研究（二）
1989	翁寶山、孫觀漢	利用天然輻射對崁腳斷層之調查研究

1990	王乾盈	淺層構造之震測及震波模擬研究
1990	葉義雄、辛在勤、李錫堤、 陳正興、蔡益超、張荻薇、 余貴坤、高健章、劉啟清	1990年7月16日菲律賓地震震災考察報告
1990	葉義雄、陳光榮	崁腳斷層之調查研究 - 微震觀測
1990	鄧屬予、陳文福、陳培源	台北盆地及其鄰近地區第四紀地層與活動斷層研究 (一)
1990	余水倍、劉啟清	台東縱谷活斷層之監測研究
1990	盧佳遇、李錫堤	台北盆地及附近地區斷層分析
1990	楊潔豪、陳洲生、陳平護	併合電探法研究金山斷層
1990	楊潔豪、呂崇嘉、陳洲生、 陳文山、曾鴻文	地電法研究金山至迴龍之斷層特性
1990	謝昭輝、楊健超、孫若琥	台北盆地西緣(五股、泰山)地區地下構造之震測研究
1991	王乾盈	折射震測法使用於斷層偵測研究
1991	黃鑑水、李錦發、劉桓吉	台灣北部金山斷層之地質調查與探勘研究
1991	余水倍、劉啟清、劉至忠、 陳新壹、趙志弘、蘇文志	台灣西南部活斷層之監測研究(一)
1991	葉義雄、陳光榮	金山斷層之調查研究 - 微震觀測
1991	謝昭輝、蔡龍珩、林呈欣、 林聰明	崁腳 - 金山地區地下構造之研究
1992	黃鑑水、劉桓吉、張憲卿	台灣南部觸口斷層之地質調查與探勘研究(一)

因報告數量過多，此處僅列出 1983 年至 1992 年之部份調查報告供參考

四、活動斷層分布圖

將全臺活動斷層資料彙整並繪製成活動斷層分布圖者，有 Bonilla (1977)、徐鐵良及張憲卿 (Hsu and Chang, 1979)、楊貴三 (1986)、蔡義本等 (1997)、張徽正等 (1998) 與林啟文等 (2000) 數種版本。每一種版本對於活動斷層的定義、列出的活動斷層數目、斷層名稱、斷層位置及分類標準等都有所差異。

Bonilla (1977) 列出 47 條活動斷層 (圖一)，徐鐵良及張憲卿 (Hsu and Chang, 1979) 列出 36 條活動斷層 (圖二)，兩個版本所採用的活動斷層定義皆為第四紀斷層，但兩者的比例尺都較小 (小於兩百萬分之一)，且對於活動斷層個別的描述亦較簡略，不易瞭解斷層的全貌，具參考價值但實用性較低。

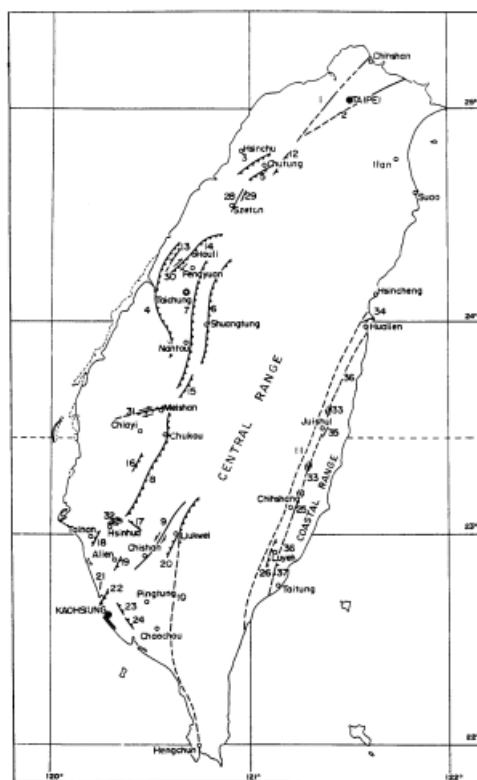
楊貴三 (1986) 的版本則以地形學的考量為主，並依據日本活動斷層的標準將活斷層定義為「在第四紀內反覆活動，並推其將來可能再活動的斷層」，並依確實度加以分成三類，除參酌許多地形學之參考文獻外，並將臺灣分為北部、中部、南部及東部等四區，分區探討地形面與活動斷層間的關係，共列出 158 段活動斷層及線型 (圖三)，其中確實度 級者 88 段， 級者 43 段， 級者 27 段。各分區之活動斷層分布圖比例尺約為一百萬分之一。

蔡義本等 (1997) 的「臺灣地區活斷層分布圖」比例尺為五十萬分之一，共列出 55 條

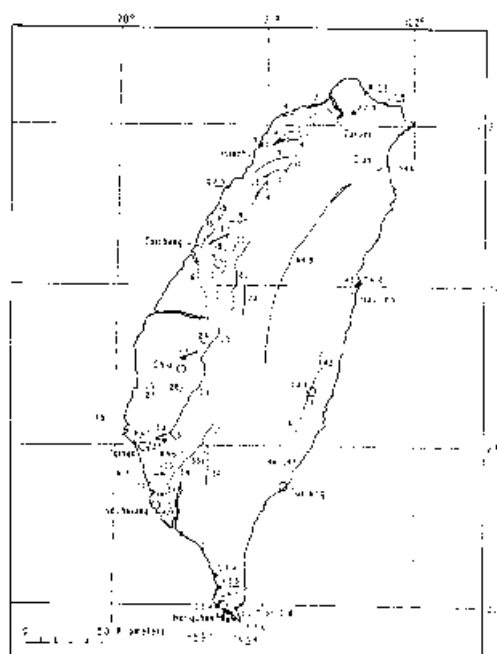
活動斷層(圖四),此一版本的特色在於將活動斷層的位置數值化,提供二度分帶之斷層座標值方便使用者套疊應用,但並未針對個別的活動斷層特性加以描述。

張徽正等(1998)的「臺灣活動斷層概論 - 五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書」,係彙整臺灣地區過去有關活動斷層之調查文獻及資料,將活動斷層定義為更新世晚期(距今約 100,000 年)以來曾發生錯移之斷層,並依據活動斷層最近之活動時期,將活動斷層區分為二類。第一類活動斷層為全新世(10,000 年內)以來曾經發生錯移之斷層;第二類活動斷層則為晚更新世以來曾經發生錯移之斷層;對於部份學者專家曾提出其為活動斷層,但於彙編時仍無法明確歸類者,則暫時列為存疑性活動斷層。共列出 51 條活動斷層,其中第一類者 9 條,第二類者 15 條,存疑性者 27 條(圖五)。本書除了五十萬分之一的活動斷層分布圖外,更針對活動斷層定義、個別斷層之特徵及分類之依據做較詳細的描述,方便使用者對於斷層特性有更深入的了解。

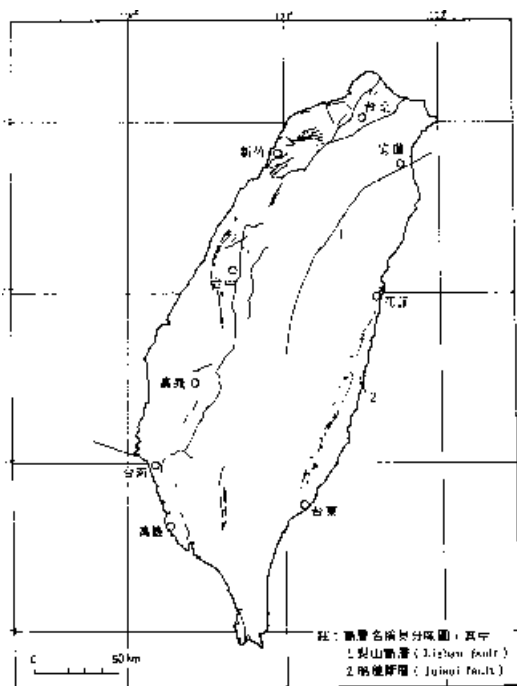
「臺灣活動斷層概論 - 五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書」初版在九二一地震過後已絕版,為因應各界的需求,出版第二版(林啟文等,2000),除增修原有的內容,加入近兩年最新的調查資料外,並調整部份活動斷層之分類等級,比例尺維持初版的五十萬分之一,共列出 42 條活動斷層,其中第一類者 12 條,第二類者 11 條,存疑性者 19 條(圖六)。



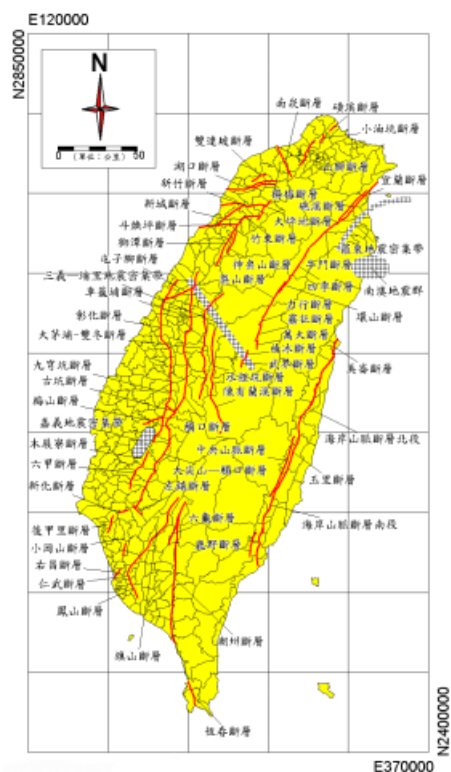
圖一 台灣第四紀斷層分布圖(Bonilla, 1977)



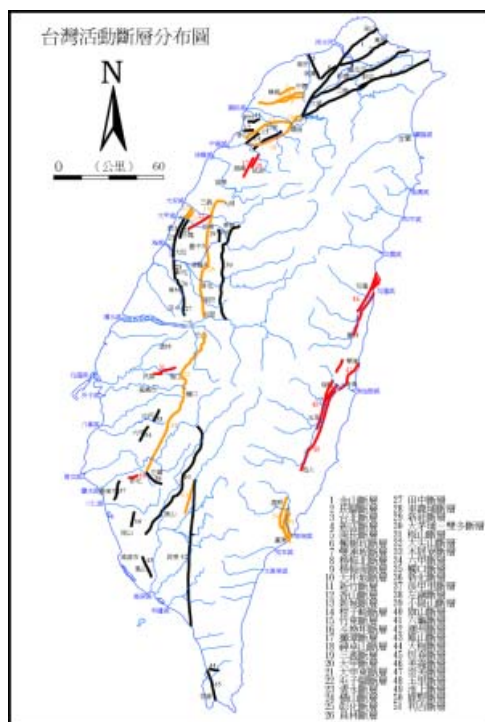
圖二 台灣第四紀斷層分布圖 (Hsu and Chang, 1979)



圖三 台灣活斷層的分布 (楊貴三, 1986)



圖四 台灣活斷層的分布 (蔡義本等, 1997)



圖五 台灣活動斷層分布圖 (張徽正等, 1998)



圖六 台灣活動斷層分布圖第二版 (林啟文等, 2000)。

五、活動斷層調查之目標與對策

在過去的調查中，大多偏重於斷層本身性質的確認，如利用地質調查、地形方法、震測或其他物理方法確認活動斷層位置，但要應用並達到防災的程度仍須其他資訊配合，以為美國加州地區對於地震防災整合性計畫的規劃為例，對於地震防災認為有須有以下幾個重要資訊 1. 地震分析 2. 斷層古地震分析 3. 震波的場址效應 4. 地質構造 5. 斷層判釋 6. 應力轉換 7. 地殼變形 8. 由 Insar 分析區域性地殼變形 9. 地殼的震波速度構造 10. 破裂動力學等項目（圖七）。

一個對地震災害完整的評估所需資訊不僅是地質，更須統合地震、地殼變形等相關資訊。以目前台灣的現況而言，對區域性地殼變形我們已經有及好的資料(Yu *et al.*, 1997)，但針對斷層的監測則開始起步，古地震的研究亦為草創之初，區域的場址效應已有相關研究，破裂動力學針對集集地震，國內學者也有相當的成果；利用 Insar 分析區域性變形，國內亦開始起步。區域性地質構造有相當程度的了解，但更精細的地質資料如 1/25,000 的活動斷層圖則仍須努力。活動構造與地震活動性關連則研究甚少；斷層間應力的轉換則尚未有研究。整體而言，古地震分析及活動構造與地震之間關連的研究最須加強，更詳細的活動斷層地質圖亦為未來重點。經濟部中央地質調查所為國內唯一政府的地質機構，自不能置身事外，八十七年起對活動斷層展開較有系統性的調查，表四為本所最近活動斷層調查計畫沿革，其中普查部份除了編撰了活動斷層圖外，近期亦將已經普查的活動斷層調查結果上網公告（網址：www.moeacgs.gov.tw），最重要的內容包含 25 條活斷層 1/25,000 比例尺的活動斷層兩側地質圖，圖八即為新城斷層沿線條帶地質圖。

進一步的工作則自九十年起，本所開始執行防災國家型計畫，在這個計畫中以活動斷層地質圖、古地震研究，活動地形分析、建立近斷層監測系統為主，未來並將增加如微震及 Insar 等分析。具體而言，本所希望完成以下工作

- （一）針對每一活動斷層建立短期的滑移速率監測系統，主要以近斷層的密集 GPS 測站及水準測量監測，以五年時間完成活動斷層監測系統。
- （二）建立每一條活動斷層長期的滑移速率，主要以槽溝開挖及活動地形研究為主。
- （三）活動斷層位置確定，主要經由地表地質調查、鑽井、淺層震測、電測、地下地質探測等方式，確定斷層位置，並出版斷層兩側活動構造圖供外界參考。
- （四）區域構造環境研究，藉由區域性地質研究並配合地下地質、新期構造的分析，了解區域性大地構造背景，以提供區域構造背景資料。
- （五）活動斷層資料庫，整合近年來及正進行有關活動斷層研究資料，建立活動斷層資料庫，提供學界研究及民眾查詢之用。

並希望在中短期的計畫能回答以下問題，（一）活動斷層的定位；（二）斷層的性質；（三）斷層的滑移速率；（四）斷層的活動週期，藉由這些工作目標，最後能落實進行地震災害評估及達到防災的目的。由於限於人力與經費，本所預計第一期的計畫預計調查 27

條斷層，並分年完成，以下即為本所規劃之工作時程：

九十一年：新城斷層、新化斷層、梅山斷層、車籠埔斷層、彰化斷層。

九十二年：九芎坑斷層、觸口斷層、大尖山斷層、後甲里斷層、六龜斷層。

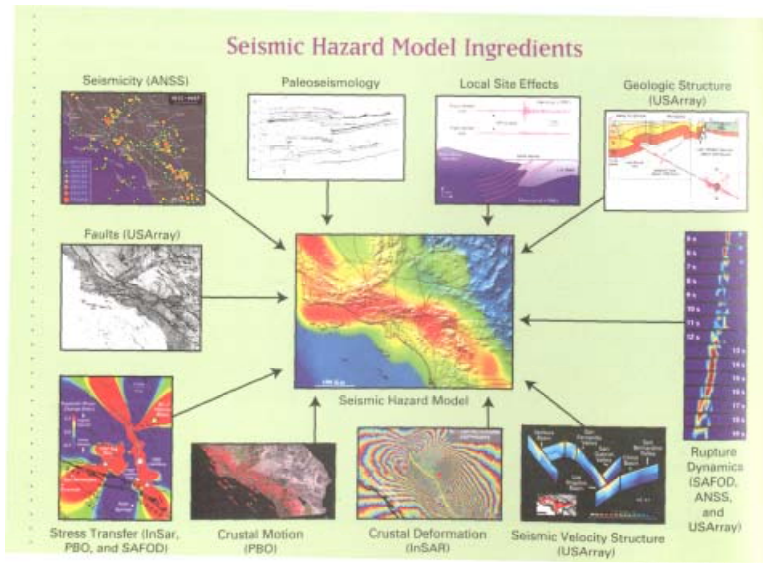
九十三年：金山斷層、山腳斷層、大平地斷層、湖口斷層、神卓山斷層。

九十四年：三義斷層、大甲斷層、獅潭斷層、屯子腳斷層、鐵鈷山斷層、池上斷層。

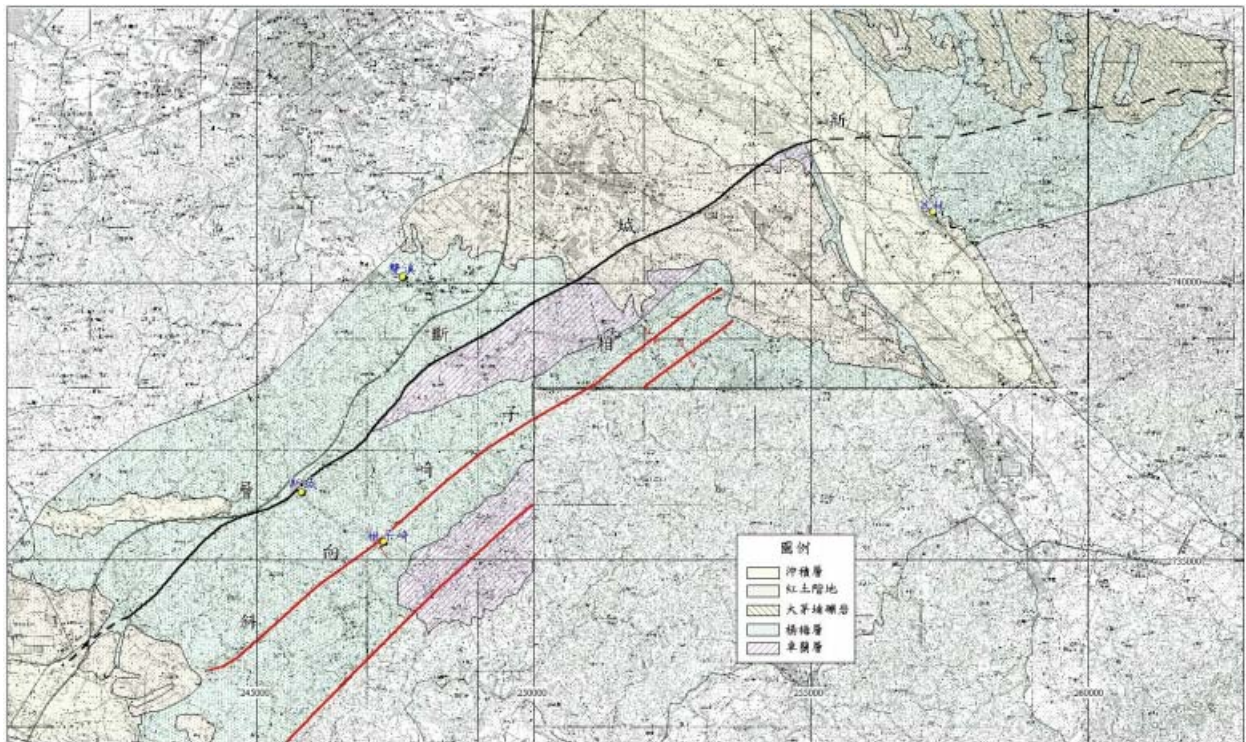
九十五年：米崙斷層、月眉斷層、玉里斷層、奇美斷層、利吉斷層、鹿野斷層。

表四、經濟部中央地質調查所活動斷層計畫沿革

時程	計畫名稱	計畫項目	主要成果
86.7-87.7		西南部地區活動斷層普查 西南部低區活動斷層淺層反射研究	
87.7-88.7		北部地區活動斷層普查 北部地區活動斷層淺層反射研究	87 年出版 50 萬分之一活動斷層圖及說明書
88.7-89.12	斷層活動性觀測與斷層潛勢評估	中部地區部分斷層普查 中部地區活動斷層淺層反射研究 建立觸口斷層觀測井 環境地球化學分析斷層活動性 西南部構造分析及 GPS 監測	921 地震地質調查報告 1/25,000 車籠埔斷層分佈圖及網頁製作 成功完成觸口斷層監測井與日本地質調查所合作進行草屯地區槽溝開挖
90.1-90.12	斷層活動性觀測與斷層潛勢評估	東部北段活動斷層普查 觀測井的觀測分析 環境地球化學分析斷層活動性 西南部構造分析及 GPS 監測 槽溝開挖與古地震分析	50 萬分之一活動斷層及說明書第二版（加入歷年調查成果） 車籠埔斷層專刊 準備公布已完成之/25000 活動斷層斷層兩側地質圖
91.1-92.12	斷層活動性觀測與斷層潛勢評估 地震地質調查與活動斷層資料庫建置	斷層帶鑽探取樣與井下觀測儀器埋設 斷層帶之地質構造與地質潛勢評估研究 斷層活動性之環境地球化學觀測研究 東部南段活動斷層調查 南部地區活動斷層調查 新期構造分析 槽溝開挖與古地震分析 活動斷層資料庫建置 活動地形分析	



圖七 美國對地震災害的整合性規劃。



圖八 新城斷層 1/25000 分之一地質圖，摘自 www.moeacgs.gov.tw 網址

六、近期成果

目前我們已針對新城斷層、新化斷層、車籠埔斷層、彰化斷層、梅山斷層及後甲里斷層進行近斷層的精密 GPS 監測及水準監測，以後甲里斷層而言，由於以往學者利用合成孔徑干涉雷達(Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR)研究顯示，台南台地在 96-98 年間(630 天內)，上昇了 3.2 公分也就是每年 1.85 公分，有鑑於台南台地人口密集，因此本所於九十年開始建立精密水準監測網，每年監測其變化，以作為防災之用。圖九即為針

對台南後甲里地區的測量結果，我們已經進行了 10 個月的精密水準測量，結果顯示台南台地之最大抬昇量約 7mm，抬升速率平均為 8.4mm/yr。未來我們將持續監測台南台地的變形特性。

在古地震研究方面，本所已進行車籠埔斷層槽溝開挖調查，藉由槽溝開挖不僅觀察到最近的斷層活動事件，更可觀察到過去斷層活動的歷史（圖十），藉由這些訊息，可進一步推估斷層可能的回復週期及滑移速率，目前仍持續進行的有新城斷層、梅山斷層及新化斷層的槽溝開挖研究。以車籠埔斷層而言，我們認為車籠埔斷層北段與中段的前一次活動時間並不相同。在北段可能在 1500-2000 年前，中段則在數百年前。藉由古地震的研究可讓我們了解未來斷層活動的機率有多大及可能帶來多大地震。

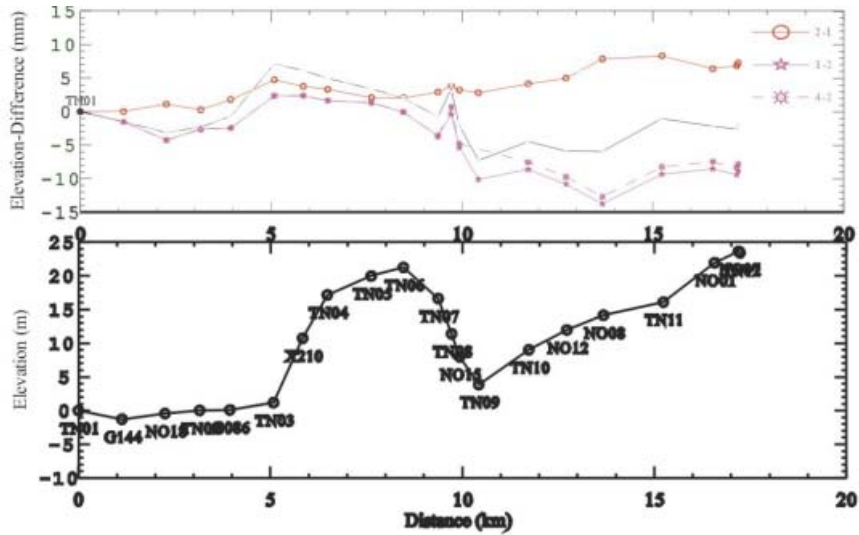
由於調查工作不斷的進行，因此新的研究成果也會不斷的修正過去的結論，以新城斷層而言，在過去的研究中發現此斷層位移具有累積性，即愈高階的河階面錯移量愈大。本所在 2001 出版的活動斷層概論中（林啟文等，2001）將其劃歸為第二類活動斷層；但最近的調查顯示，新城斷層切過最年輕的階地（圖十一），位移量達 5-6 公尺，由於所切過之階地未有任何紅土化現象，推估其年代應小於 10,000 年，依據本所之分類標準應改列為第一類活動斷層，也就是未來仍有高度危險性的活動斷層，由於新城斷層切過新竹科學園區，因此本所將加速調查此斷層之活動性。

目前在第二版活動斷層說明書中，本所列了 42 條斷層，但這僅是彙編過去國內學者的研究成果，由於許多地區過去並未有詳細的研究，因此活動斷層數量應多於 42 條，為能進一步分析可能存在的活動斷層，本所亦開始進行全台活動地形之判釋工作，分析是否仍有其他活動斷層存在，由於許多斷層在地表的露頭常由於植被覆蓋或人為因素而不易觀察，但地形的特徵常是提供是否有斷層活動的重要工具之一，因此本所自今年起，分三年時間分析全台的活動地形，以作為未來更進一步調查的依據。圖十二即為后里地區可能的活動斷層及地表變形區域，這些斷層並未標示在本所出版的活動斷層圖中，未來將針對這些可疑斷層做進一步研究。

此外，本所亦開始進行利用地球化學方法，嘗試建立地震活動與地殼中特殊氣體或液體成份在地震時的變化關係，這部份成果也是值得期待的。

七、未來展望

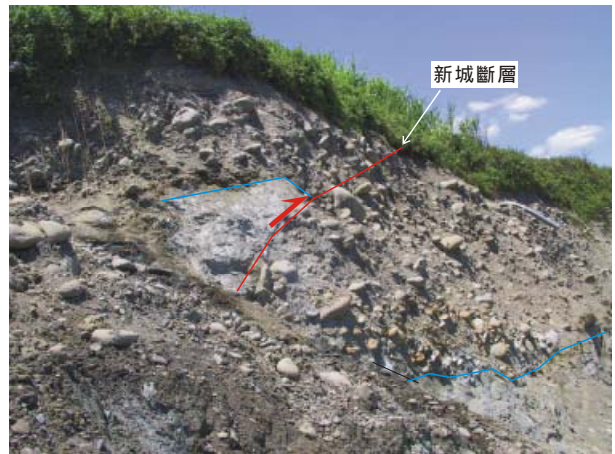
近年來活動斷層研究除本所的地震地質調查及活動斷層資料庫建置計畫外，國科會亦同時進行活動斷層的重大科技計畫，新的研究方法如利用槽溝開挖研究古地震與滑移速率，或用干涉圖像進行地殼變形，都是正開始的研究領域。且自集集地震後，與國外學者的交流頻繁，國內地質與地球物理學門之間的交流也亦趨頻繁，這對於活動斷層與地震的整體研究及調查的品質皆大有提升，也希望這些工作在未來大地震再度來臨時，我們的努力能發揮作用，真正達到減災的目的。



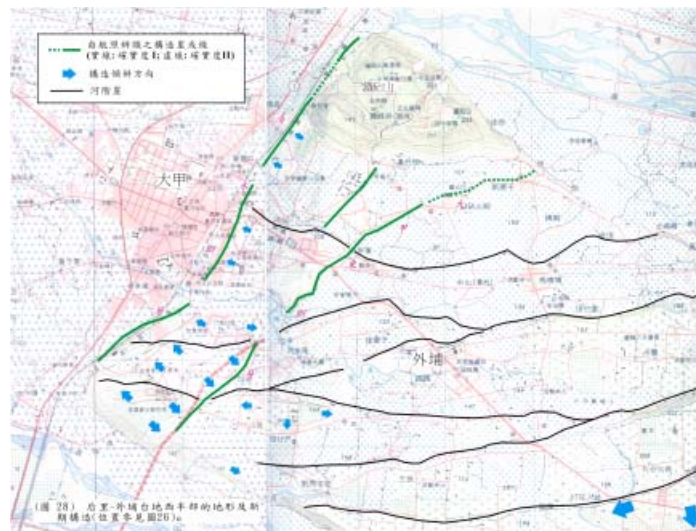
圖九 四次水準測量所得的高度變化圖。上圖為四次水準測量的比較，垂直與與水平方向的比例為 1：200；下圖為四次水準測量所得的高度剖面（相對高度，以 TN01 為原點），垂直與水平方向的比例為 1：100。



圖十 在霧峰地區的槽溝開挖



圖十一 新城斷層露頭野外照片，圖中顯示斷層切過最新的階地，此階面研判小於 10,000 年，因此應將新城斷層改列第一類活動斷層。



圖十二 后里地區可能的活動斷層及地表變形。

八、參考文獻

- 大江二郎 (1936) 大安溪地震調查報告 (礦物及地質調查報告第四號)。臺灣總督府殖產局出版, 第 733 號, 28 頁。
- 大塚彌之助 (1936) 昭和 10 年 4 月 21 日臺灣中部地方地震及地震斷層。東京帝國大學地震研究所彙報別冊, 第 3 號, 第 22-74 頁。
- 丹桂之助 (1934) 臺灣新竹州竹東台地的地形考察。地學雜誌, 第 46 卷, 第 539 號, 第 35-43 頁。(日文)
- 六角兵吉、牧山鶴彥 (1934) 高雄州恆春油田調查報告。臺灣總督府殖產局, 第 660 號, 共 43 頁。(日文)
- 市川雄一 (1931) 桃園圖幅說明書。臺灣總督府殖產局, 第 581 號, 共 38 頁。
- 市川雄一 (1934) 新店圖幅說明書。臺灣總督府殖產局, 第 655 號, 共 19 頁。
- 石再添、張瑞津 (1982) 活斷層研究的簡介。國立臺灣師範大學地理教育, 第 8 期, 11-18 頁。
- 石再添、張瑞津、楊貴三 (1982) 活斷層研究的概觀。中國地理學會會刊, 第 10 期, 50-57 頁。
- 石再添、張瑞津 (1983) 活斷層挖溝及其意義。國立臺灣師範大學地理教育, 第 9 期, 4-6 頁。
- 石再添、鄧國雄 (1983) 潮州斷層帶的活斷層與地形。國立臺灣師範大學地理學研究, 第 7 期, 17-34 頁。
- 石再添、張瑞津、黃朝恩、石慶得、楊貴三、孫林耀明 (1983a) 臺灣北部與東部活斷層的地形學研究。臺灣師範大學地理研究所地理研究報告, 第 9 期, 20-72 頁。
- 石再添、張瑞津、楊貴三 (1983b) 后里台地活斷層與地形面。中國地理學會會刊, 第 11 期, 46-55 頁。
- 石再添、鄧國雄、張瑞津、石慶得、楊貴三、許民陽 (1984a) 臺灣西部與南部活斷層的地形學研究。師大地理研究所地理研究報告, 第 10 期, 49-94 頁。
- 石再添、鄧國雄、楊貴三 (1984b) 大肚台地的活斷層與地形面。中國地理學會會刊, 第 12 期, 9-21 頁。
- 石再添、楊貴三 (1985) 八卦台地的活斷層與地形面。師大地理研究所地理研究報告, 第 11 期, 173-186 頁。
- 石再添、張瑞津、楊貴三、許民陽 (1985a) 草屯與車籠埔河階群的活斷層與地形面。中國地理學會會刊, 第 13 期, 1-12 頁。
- 石再添、鄧國雄、張瑞津、楊貴三 (1985b) 恆春地區的活斷層與地形面。國立臺灣師範大學地理教育, 第 11 期, 1-14 頁。
- 石再添、鄧國雄、張瑞津、楊貴三 (1985c) 竹東台地的活斷層與地形面。國立臺灣師範大學地理教育, 第 9 期, 1-16 頁。
- 石再添、鄧國雄、張瑞津、石慶得、楊貴三 (1986a) 臺灣活斷層的地形學研究。國立臺灣師範大學地理研究所研究報告, 第 12 期, 1-44 頁。
- 石再添、鄧國雄、楊貴三、許民陽 (1986b) 新社河階群的活斷層與地形面。地學彙刊, 第 5 期, 29-39 頁。
- 石崎和彥 (1942) 西恆春臺地附近的地質學的觀察。臺灣地學記事, 第 13 卷, 第 2-3 號, 45-64 頁。(日文)
- 西村傳三 (1936) 臺灣地震史 (昭和十年臺灣地震災誌)。臺灣總督府殖產局, 121-142 頁。(日文)

- 林朝榮 (1957) 臺灣地形。台灣省文獻委員會, 424 頁。
- 林啟文、張徽正、盧詩丁、石同生、黃文正 (2000) 臺灣活動斷層概論 - 五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書 (第二版)。經濟部中央地質調查所特刊, 第十號, 共 122 頁。
- 花井重次 (1930) 臺灣桃園台地的活斷層。地理學評論, 第 6 卷, 第 7 號, 第 778-789 頁。
(日文)
- 徐明同 (1980) 台灣之大地震。氣象學報, 第二十六卷, 第三期, 第 32-48 頁。
- 徐明同 (1983) 明清時代破壞性大地震規模及震度之評估。氣象學報, 第二十九卷, 第四期, 第 1~18 頁。
- 張徽正、林啟文、陳勉銘、盧詩丁 (1998) 臺灣活動斷層概論 - 五十萬分之一臺灣活動斷層分布圖說明書。經濟部中央地質調查所特刊, 第十號。
- 鳥居敬造 (1932) 台南州新化油田調查報告。臺灣總督府殖產局出版, 第 633 號, 36 頁。
- 鳥居敬造 (1936) 東勢圖幅說明書。臺灣總督府殖產局出版, 第 732 號, 26 頁 (中文), 8 頁 (英文)。
- 鳥居敬造、吉田要 (1931) 新竹州苗栗吉竹東油田調查報告。臺灣總督府殖產局出版, 第 585 號, 81 頁。
- 楊貴三 (1986) 臺灣活斷層的地形學研究-特論活斷層與地形面的關係。私立中國文化大學地學研究所博士論文, 共 178 頁。
- 臺灣總督府 (1935) 昭和 10 年臺灣震災誌。臺灣總督府出版, 532 頁。(日文)
- 臺灣總督府民政部總務局 (1907) 嘉義地方震災誌。共 428 頁。
- 蔡義本、王乾盈、李錫堤、許茂雄 (1997) 台灣省中小學校園附近活斷層普查及防震對策研究報告。台灣省教育廳委託計畫報告。
- 鄭世楠、葉永田 (1989) 西元 1604 年至 1988 年台灣地區地震目錄。中央研究院地球科學研究所, 共 63 頁。
- 鄭世楠、葉義雄、黃文紀、辛在勤、吳建興 (1996) 1898 年 1995 年台灣地區地震目錄。中央氣象局, 共 182 頁。
- 鄭世楠、葉永田、徐明同、辛在勤 (1999) 臺灣十大災害地震圖集。交通部中央氣象局出版, 290 頁。
- BONILLA, M. G. (1977) Summary of Quaternary faulting and elevation changes in Taiwan. *Memoir Geol. Soc. China*, No. 2, p. 43-55.
- BONILLA, M. G., Mark, R. F. and Lienkaemper, J. J. (1984) Statistical relations among earthquake magnitude, surface rupture length, and surface fault displacement. *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, Vol.74, p. 2379-2411.
- GOVERNMENT-GENERAL OF TAIWAN (1936) The disastrous earthquake in Taiwan in 1935. 711pp.
- HSU, T. L. and Chang, H. C. (1979) Quaternary faulting in Taiwan. *Memoir Geol. Soc. China*, No. 3, p. 155-165.
- KU, C. C. (1963) Photogeologic study of terraces in north-western Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, No. 6, p. 51-60.
- OMORI, F. (1907) Preliminary note on the Formosa earthquake of March 17, 1906. *Imp. Earthquake Invest. Comm. Bull.* No.2, p. 53-69.
- TSAI, Y. B. (1985) A study of disastrous earthquakes in Taiwan, 1683-1895. *Bull. Ins. Earth Science Academia Sinica*, Vol. 5, p. 1-44.
- Yu, S.B., H.Y. Chen, and L.C. Kuo (1997). Velocity field of GPS stations in the Taiwan area, *Tectonophysics*, **274**, 41-59.