

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 台灣地震地質研究—台灣西南部活斷層研究--台灣西南部 活斷層的大地構造分析(IV) 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：整合型  
計畫編號：NSC 95-2745-M-002-002-  
執行期間：95年08月01日至96年07月31日  
執行單位：國立臺灣大學地質科學系暨研究所

計畫主持人：鄧屬予

計畫參與人員：學士級-專任助理：王芊  
碩士班研究生-兼任助理：莊釗鳴  
大學生-兼任助理：曾煒婷

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96 年 10 月 15 日

## 一、中文摘要：

依據大地構造和地殼變形的綜合分析，我們曾推斷台灣西南部斷層活動性最高的地方位於造山帶變形前緣附近。此區除了地表已知的活斷層外，地下還可能有許多活動的盲斷層。由於歷史文獻所記載的災害性地震多缺乏相應的地表破裂，因此地下盲斷層可能是這些大地震的推手，值得深入探討。

台灣西南部的基盤是伸張型的中國大陸邊緣，有一系列北東向的正斷層潛伏在地下。這些正斷層在東西向的碰撞擠壓下，可能會轉化成平移斷層或逆斷層。在過去的地震記錄中，新化和梅山地震展現出平移斷層的特性，瑞里和大埔地震顯示逆斷層的活動，而佳里地震則兼具平移和逆斷層性質。這些地震的震央多位於地下5~15公里深處，其破裂面與週遭大陸基盤的正斷層相似或相合，顯示本區深部正斷層確實已被活化。類似的斷層活化作用很可能是本區大地震的發動機制，未來需特別注意。

**關鍵詞：**大地構造、盲斷層、斷層活化、地殼變形

## Abstract

Based on tectonic and crustal deformation analyses, we surmised that the area near the deformation front of southwestern Taiwan orogen has the highest potentiality for active faulting. Besides the known active faults at the surface, this area might also have blind faults buried in the subsurface. Since many historical disastrous earthquakes were not associated with obvious surface faults, the deep blind faults might be the trigger for these earthquakes and hence require due attention.

The basement of the southwestern Taiwan orogen and its foreland pertains to the extensional China continental margin that is characterized by a series of northeast- to east-trending normal faults. During the collision, these normal faults are unlikely to continue moving but offer inherited weak zones that can be transformed into reverse or strike-slip faults. In the past, some well documented earthquakes characterized by both strike-slip and reverse faulting, including Hsinhua, Meishan, Chiali, Rueyli and Tapu Earthquakes, exhibit fault planes that are not consistent with surface faults but are either conformable or even connected with the subsurface normal faults of the neighboring continental basement. This shows that these large earthquakes might well have been induced by the reactivated normal faults and calls into attention the potentiality of the deep blind faults as the source for future disastrous earthquakes.

**Key words:** tectonics, blind fault, fault reactivation, crustal deformation

## 二、緣由與目的：

從斷層的形成機制和分佈型態，配合現今之大地構造格局，我們曾剖析了台灣西南部可能會發生的斷層活動，也推測在現今碰撞擠壓作用的主導下，台灣西南部各斷層都有滑動的潛能。不過相對而言，潛能最高的地方應在西部麓山帶的西緣和嘉南平原的東緣，也就是造山帶變形前緣的兩側。從過去地震記錄中，我們知道此區有許多災害性地震，但大多缺乏相應的地表破裂，顯示這些地震和地下深部的斷層活動有關(圖一)。

爲了進一步瞭解台灣西南部地下深斷層的活動機制，我們重新檢討本區斷層的分布形態和它們在現今大地應力下的反應，並根據現有的地震和地殼變形記錄加以驗證。

### 三、結果與討論：

台灣西南部在碰撞之前，原本為張裂性大陸邊緣的一部份，有許多潛伏在地下的正斷層。這些斷層的走向大抵為北東到近東西向之間。斷層面多向南傾斜，少數向北。這些正斷層主要截切上新統以下的地層，而大多被更新統所覆蓋，因此斷層活動主要發生在中新世晚期和上新世，第四紀以後幾乎停止下滑。

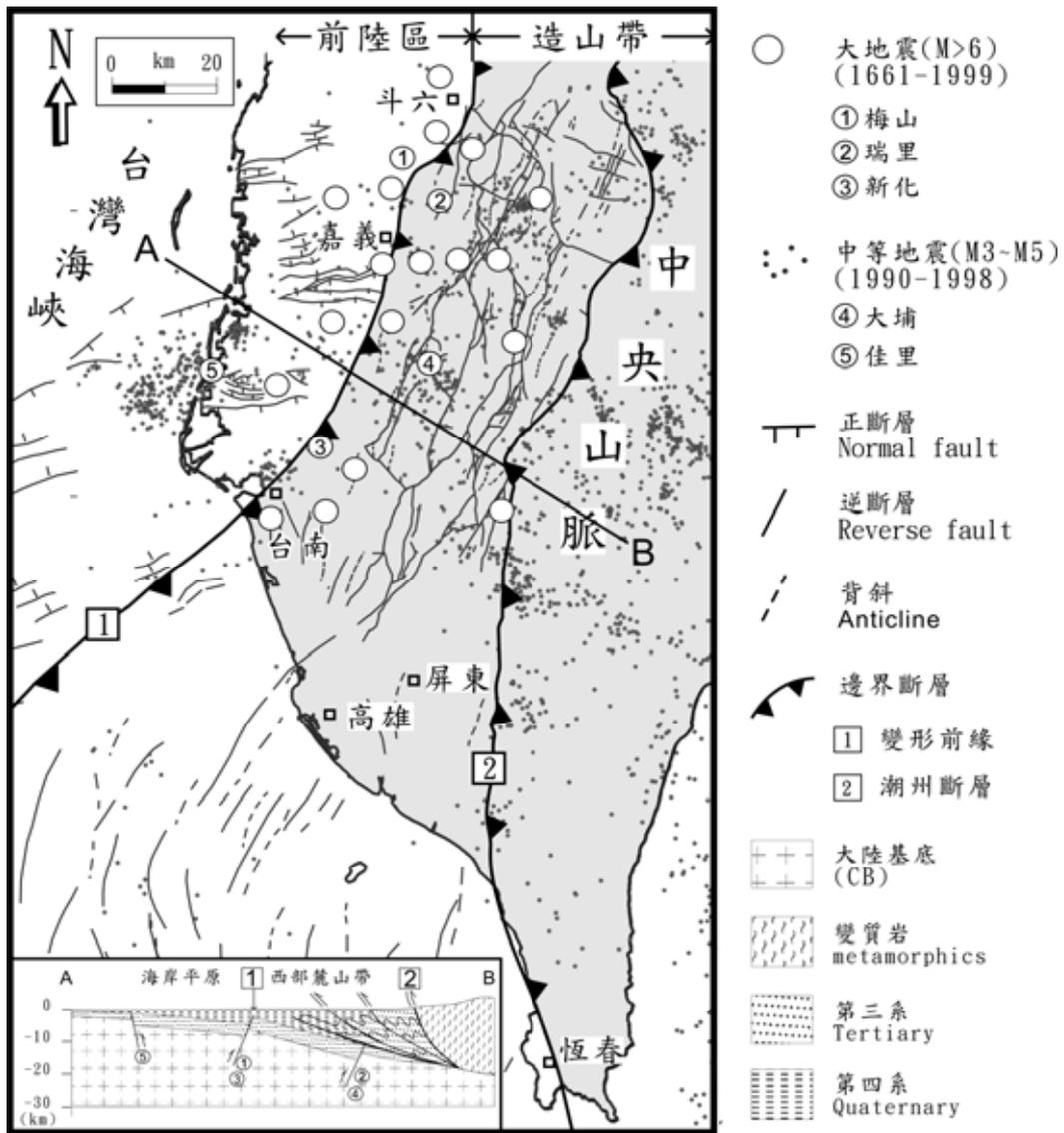
在碰撞造山運動近東西向的擠壓作用下。本區的正斷層大多難以持續下滑。不過正斷層提供了一些現成的脆弱帶，受擠壓時常可被活化成逆斷層或走滑斷層。在嘉南平原緊鄰造山帶的部分，許多近東西向的正斷層已被轉化成逆斷層或走滑斷層。其中最明顯的，就是新化斷層和梅山斷層。兩者的走向大抵為 $N70\sim 80^{\circ}E$ ，呈右移滑動。斷層帶在地表的寬度約數百公尺，在震測剖面上呈陡立的開花構造。這些斷層的走向和傾角與鄰近平原區的正斷層相似，梅山斷層甚至可和原有之正斷層相連，充分顯示這兩條地震斷層確實是由正斷層活化而成。此外，1991年的佳里地震也顯示出近東西向的斷層破裂，不但有走滑性質，還有明顯的逆衝活動，也可能是大陸基盤正斷層活化的表徵。

在西部麓山帶的西緣，地表出露有一系列向東傾斜的褶曲和斷片。這些斷片中的岩層原本是中國大陸邊緣表層的沉積層，如今已被捲入造山帶。這些褶曲和斷片大多分布在地表5公里內，再往下，原大陸邊緣的地層和基盤仍潛伏在深處。這些深部大陸岩盤中的正斷層在東西向的擠壓作用下，也可活化成逆斷層和走滑斷層。其中最明顯的就是1993年的大埔地震。其主震之震央位於地下12公里處，斷層面呈 $N12^{\circ}E, 52^{\circ}NW$ ，其位態與地表向東南傾斜的斷層不同，倒與原大陸邊緣北東向的正斷層系列類似。其震央深度遠超過地表造山帶岩層的厚度，應位於深部大陸基盤中。此外，1998年的瑞里地震亦有類似的特徵，也都代表大陸基盤中的正斷層已被反轉成逆斷層。這些地震同時伴有許多平移斷層活動，顯示有些正斷層亦被活化成平移斷層。

從上述的地震紀錄中，我們瞭解台灣西南部有許多地震活動可能來自於地下深斷層，與地表出露的逆斷層系統無關。這些深部斷層源自新生代以來的中國大陸邊緣的伸張活動，分布綿密，且常深入中下地殼，因此在碰撞擠壓作用下，可產生震央較深的地震，也就是規模較大的地震。這些斷層破裂時不一定延伸到地表，因此不一定有地表徵兆。事實上，在過去三百多年的歷史地震記錄中，有許多災害性大地震並沒有相應的地表變形報導，表示它們的震央可能位於深處。這些大地震的成因至今不明，不過從大陸基盤正斷層活化的角度來探討，或許我們可以得到一些線索。

### 四、成果自評：

到目前為止，我們從台灣西南部的地震震央分布，瞭解地下5~25km深處有許多斷層破裂活動。這些深部逆斷層的傾角有些超過 $50^{\circ}$ ，且向西北傾斜，與地表向東南傾斜之低角度逆衝斷層( $<30^{\circ}$ )明顯不同，倒是與大陸邊緣上的正斷層位態相近。這似乎暗示地下深部的確有正斷層，而且已經反轉。由於目前的探勘方法有深度限制，我們對地下5公里內的斷層有所掌握，但無法確認再深處的構造。因此我們對台灣西南部斷層的認識並不完整，許多深部正斷層和走滑斷層尚未被發現。這些原本屬於大陸邊緣的正斷層有些仍埋藏在嘉南平原之下。有些已隨著大陸邊緣向東潛伏到造山帶底部。它們的分布形態和活化機制至今不明，未來需要進一步的探測。



圖一、台灣西南部之構造特徵與地震分布，顯示大地震多發生於造山帶變形前緣的鄰近地區。過去記錄較為完整的地震可能來自大陸基盤的斷層反轉。

# 行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

95 年 12 月 01 日

附件三

報告人姓名	鄧 屬 予	服務機構 及職稱	國立台灣大學地質科學系 教授
時間	民國 95 年 11 月 10 日至 民國 95 年 11 月 20 日止	本會核定 補助文號	95-2745-M-002-002
地點	菲律賓 馬尼拉		
會議 名稱	(中文) 第二屆 IGCP516 國際研討會 (英文) Second International Symposium of IGCP516		
發表 論文 題目	(中文) 台灣和菲律賓之間的地體交換 (英文) Terrain Exchange between Taiwan and the Philippines		
<p>一、參加會議經過</p> <p>本人於 95 年 11 月 10 日由台北搭機赴馬尼拉，先赴呂宋島及帕尼島考察地質，再參加 14 日及 15 日於奎松舉行「第二屆 IGCP516 國際研討會」。會後前往碧瑤及染八里野外地質考察。20 日返回台北。</p> <p>二、與會心得</p> <p>本次研討會由 International Geological Corelation Project (IGCP) 516 之組織委員會及菲律賓科技部主辦，來自世界各地的學者約 80 人參加。其中日本 11 人、英國 2 人、台灣 4 人、中國大陸 4 人、馬來西亞 2 人、泰國 2 人、俄羅斯 2 人、印度 1 人、比利時 1 人、韓國 2 人、外蒙古 1 人，其餘皆為菲律賓本地的地質從業同仁。</p> <p>研討會以單一場次進行，除了第一天上午簡單的開幕式外，其餘時間即進行分項學術討論。由於本次研討會的主題為「東南亞的地質剖析」，因此所發表之論文以區域地質研究為主。從印度陸塊的岩漿活動、中南半島山脈的隆昇到俄屬東亞的增積岩楔演化，幾乎涵蓋了亞洲東部和南部所有的地區。本人以「台灣和菲律賓之間的地體交換」為題，在 15 日上午發表口頭報告。</p> <p>整體而言，本次研討會的內容雖然包羅甚廣，但主要的重點還在菲律賓、中南半島和日本。除了地緣因素外，日籍學者在中南半島和菲律賓的工作也是主因。由於 IGCP516 的主事者多為傳統地質學專家，因此研究的方法仍以野外考察、地層、古生物、構造和岩石學為主。地球化學和地球物理的研究較少。乍看之下，本研討會的內容似乎相當瑣碎，地域性甚強，然而由於各地彼此相連，同為歐亞大陸的一部份，因此相互間的確可發現許多的關連性。尤其是一些綜合性的研究，讓我們能跳出地域的框框，從亞洲整體的角度，來探視各自的特色和相互間的關係。</p>			

### 三、考察參觀活動

本人會前在菲律賓同儕的帶領下，赴帕尼島實地野外考察，參觀該地中生界混雜岩和中新統火山岩。由於帕尼島位在巴拉望地塊的東緣，與台灣隔著南海相望，而南海是漸新世晚期以後才張裂成形，因此如果將南海閉合，則帕尼島很可能直接與台灣接壤，形成早第三紀的中國大陸邊緣。該地的中生界混雜岩和台灣大南澳雜岩有許多類似之處，值得進一步對比研究。

在會後的地質考察中，本人隨團先到呂宋的中央山脈參觀上第三系火山岩和金銅礦床。由於呂宋的中央山脈和台灣東部的海岸山脈在大地構造上同屬呂宋火山島弧系列，因此兩者的地層、年代和岩性極為相似。本人過去在海岸山脈工作多年，此番在呂宋所見，心有戚戚焉。

中央山脈參訪之後，隨即轉往染八里山脈考察蛇綠岩套及鉻鎳礦床。本人過去在海岸山脈也曾看過蛇綠岩套，但大多為零星碎塊。此番在染八里所見，則為垂直厚達 5 公里以上，側向延伸達百公里之完整岩片，其層序之連續，岩種之齊全均非台灣之碎塊可比。不過染八里岩片的年代為始新世，台灣海岸山脈的岩塊為中新世，兩者在大地構造上互不相屬，各具特殊的地質意義。

### 四、建議

此次會議讓本人接觸到許多東南亞區域地質的工作者，也大體認識了他們的工作近況。這種地區性的交流活動，不但對本人長期從事台灣及鄰近地區的地質研究有利，同時也對國內許多從事亞洲地質研究同仁有所助益。未來國內同仁或許可進一步聯繫，爭取 IGCP516 會議來台召開，以擴展台灣在亞洲地學界的地位。

藉由此次會議的召開，菲律賓地學界也展現了邁向國際舞台的企圖心。台灣和菲律賓唇齒相連，有許多地球科學上的共同性，理當緊密合作。建議政府加強與菲律賓的連繫，從地球科學開始積極推展雙邊的科學合作。

### 五、攜回資料名稱及內容

1. Karlo L. Queano, Yolanda M. Aguilar, Graciano P. Yumul Jr. and Carla B. Dimalanta (2006) Abstracts volume & Proceedings Second International Symposium on Geological Anatomy of East and South Asia: Paleogeography and Paleoenvironment in Eastern Tethys (IGCP 516), November 11-19, 2006, Quezon city, Philippines, 145P.
2. Karlo L. Queano, Yolanda M. Aguilar, Graciano P. Yumul Jr. and Carla B. Dimalanta (2006) Field Guidebook of Second International Symposium on Geological Anatomy of East and South Asia: Paleogeography and Paleoenvironment in Eastern Tethys (IGCP 516), November 11-19, 2006, Quezon city, Philippines, 34P.

### 六、其他

# 行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

96 年 8 月 01 日

附件三

報告人姓名	鄧 屬 予	服務機構 及職稱	國立台灣大學地質科學系 教授
會議 時間	民國 96 年 07 月 18 日至 民國 96 年 07 月 28 日止	本會核定 補助文號	95-2745-M-002-002
地點	蒙古 烏蘭巴托		
會議 名稱	(中文) 歐亞地質研討會 2007 (英文) Eurasian Geological Seminar 2007		
發表 論文 題目	(中文) 增生山脈的起落-以台灣為實例 (英文) Rise and fall of an accretionary orogen – An actualistic example from Taiwan		
<p>一、參加會議經過</p> <p>本人於 96 年 07 月 15 日由台北啟程，經香港、北京到烏蘭巴托。7 月 18 至 21 日先赴蒙古中南部之戈壁考察地質，22 日及 23 日參加於烏蘭巴托舉行之「歐亞地質研討會」。會後再往肯地山區地質考察。7 月 30 日返回台北。</p> <p>二、與會心得</p> <p>本次研討會由蒙古科技大學、日本名古屋大學及 International Geological Corelation Project (IGCP) 516 之組織委員會主辦，來自世界各地的學者約 60 人參加。其中日本 15 人、加拿大 2 人、中國大陸 2 人、俄羅斯 2 人、瑞士、奧地利和台灣各 1 人，其餘皆為蒙古本地的地質從業同仁。</p> <p>研討會以單一場次進行，除了第一天上午簡單的開幕式外，其餘時間即進行分項學術討論。本次研討會的主題雖為「亞洲的地球動力作用」，然而所發表之論文以區域地質和礦產資源研究為主。本人以「增生山脈的起落」為題，在 22 日上午發表口頭報告。</p> <p>整體而言，本次研討會的重點在於蒙古和日本的區域地質。除了地緣因素外，日籍學者在蒙古多年來的經營也是主因。由於會議的主事者多為傳統地質學專家，因此研究的方法仍以野外考察、地層、古生物、構造和岩石學為主。不過在礦產探勘方面，則加入不少地球化學的研究。由於研討會內容的地域性甚強，相互間的關連性不夠明確，很難獲得一些綜合性的結論。所幸的是，蒙古位於亞洲大陸的核心，涵蓋了中亞造山帶中間的區段，它的地質演化史反應了亞洲大陸的形成過程。對於位居亞洲大陸邊緣的台灣而言，這正是我們所欠缺的一段早期地史。</p>			

### 三、考察參觀活動

本人會前在蒙古同儕的帶領下，赴戈壁實地野外考察，參觀該地中生界和新生界的沉積岩。戈壁地區從侏儸紀晚期以來，已陸化為亞洲的核心。該區白堊系及新生界多為陸相地層，且多沙漠堆積物。其中白堊系以富含恐龍化石聞名世界。相對於以海相地層為主的台灣而言，蒙古的陸相地層確實別有特色。

在會後的地質考察中，本人隨團到肯地山脈參觀古生界的深海相地層。該地從前寒武紀晚期到石炭紀一直是一片大洋，堆積了厚層的蛇綠岩、洋島玄武岩、燧岩和濁積岩。我們在野外看到了一套泥盆紀到石炭紀的玄武岩-燧岩-濁積岩序列，代表橫跨五千萬的增生楔和大洋隱沒作用。類似的增生楔岩體在台灣東部的利吉層中也可見到。不過利吉層的時間跨距不到兩千萬年，代表邊緣海的隱沒，缺乏大洋的典型堆積物-燧岩。這項差距在本次考察中顯得格外突出。

### 四、建議

此次會議讓本人接觸到許多蒙古的地質工作者，也大體認識了他們的工作近況。

以往在共產主義時代，蒙古的地質事業大多為俄羅斯人把持，本族學者並不多。從1990年開放以來，蒙古意識到如欲發展經濟，必須擴大開發礦產資源，因此對基本地質調查和礦產探勘非常重視。無奈地廣人稀，蒙古雖積極培養本國地質人才，但仍不敷所需，多仰賴外國礦業公司入境開發。本次會議的召開，展現了蒙古面向國際舞台的企圖心。台灣和蒙古過去接觸不多，但以台灣地質同仁的學識和工作經驗，有許多地方可以協助蒙古推展地質事業。建議政府不妨加強與蒙古的連繫，從地球科學開始積極推展雙邊的合作，並尋求礦產探勘及開發的契機。

### 五、攜回資料名稱及內容

1. Mongolian University of Science and Tectnology, Geological Information Center of Mongolia, The Nagoya University Museum, and IGCP 516 (2007) Abstracts of Geodynamic Processes of Asia: Its Origin, Crustal Evolution, and Natural Resources Potential: Eurasian Geological Seminar 2007, July 18-28, 2007, Ulaanbaatar, Mongolia, 72P.
2. Ichinnorov, N., Sersmaa, G., and Hasegawa, H. (2007) Bayanzag- Tugrugiin shiree, Field trip, Eurasian Geological Seminar 2007, July 18-21, 2007, 12P.
3. RCSP of Mongolian University of Science and Tectnology, Geological Information Center of Mongolia, The Nagoya University Museum, and IGCP 516 (2007), The Field trip Guidbook, Eurasian Geological Seminar 2007, July 18-21, 2007, 21P.

### 六、其他