

第一章 緒論

1.1 前言

印度大陸與歐亞大陸碰撞運動為新生代最重要的地質事件，而西藏高原則位於此板塊運動最直接作用的位置。許多地質學者對西藏地區的大地構造做了一連串的研究，從早新生代西藏受到印度大陸的碰撞-擠壓，造成西藏高原的增厚 (Harrison et al., 1992)，使得東亞地區陸塊開始向東脫逸 (Tapponnier et al., 1982) 造成大規模剪切帶活動的發生 (Tapponnier et al., 2001)，也引發岩石圈層脫作用 (Break-off) 導致地溫梯度急劇增加，導致西藏高原的快速抬升 (Chung et al., 2004)；進而在西藏中部與南部出現東北-西南走向及西北-東南走向的張裂系統。GPS 資料明顯地顯示東亞地區現今位移的狀態 (Wang et al., 2001)，這對於整個東亞地塊向東南旋轉脫逸構造運動模式提供了明確的證據，而東喜馬拉雅構造結 (East Himalaya Syntaxis) 正位於印度大陸、西藏、中南半島及華南地塊的交界處 (Tapponnier et al., 圖 1-1.)，是現今地質學家研究上述碰撞作用所引發之地塊構造運動的重要區域。綜合這些研究結果顯示，東南亞地區的新生代地體演化具有相當的複雜性，而印度碰撞擠入歐亞大陸造成西藏中南部的張裂盆地或是剪切斷層活動，都是近來學者們爭相研究的重點。

喜馬拉雅山構成西藏高原的南緣，近東西向的延伸，長逾 2400 km，平均海拔 6000 m 以上，然而在西藏東南方的東久-米林區域，平均海拔不到 4500 m，遠遠低於喜馬拉雅山其它地段；雅魯藏布江在此一地區急劇轉折，形成大轉彎，其平均切割深度達 5000 m 左右，由於地形起伏頗大，野外地質調查不易，因此此地區的地質研究幾乎是空白，其地質與地貌成因也一直是個謎。印歐碰撞作用的影響在西藏東、西部產生了兩個特殊的構造結，分別為南迦巴瓦 (Namche Barwa) 及南迦巴帕 (Nanga Parbat) 的特殊構造結 (Zeitler et al., 2001, 圖 1-2.)，形成碰撞脫逸旋轉中心，與東亞地體構造活動一定有相關的地質意義；雅魯藏布

江和印度河兩大流域分別發育於上；因此，地殼變形、地形河流的發育與構造結的活動歷史有著密切的關係。

東久-米林剪切帶位於東喜馬拉雅構造結的邊界，與嘉黎剪切帶剛好為共軛方向。本論文研究工作針對東久-米林剪切帶進行定年分析，以了解此一邊界斷層的演化歷史，提供南迦巴瓦與東喜馬拉雅構造結演化歷史的約制。

1.2 研究動機與目的

誠如上述，東喜馬拉雅構造結處於喜馬拉雅造山帶碰撞變形最強烈的區域，也是印度大陸碰撞歐亞大陸側向走滑的轉換部位，具有特殊構造型態和豐富岩石類型，多年來，此一區域內剪切帶的活動歷史就成為許多學者爭相研究的方向。然而，前人研究工作多集中在西北-東南向的大型剪切帶上，如嘉黎剪切帶 (Lee et al., 2003)、紅河-哀牢山剪切帶 (Wang et al., 1998) 及近南北向的鮮水河-小江斷裂帶等 (Roger et al., 1995)，但對東北-西南向的剪切帶卻少有研究，因此在解釋東南亞地區的地體演化時，或因此而有所遺漏。基於此，本研究工作選定西藏東南地區雅魯藏布江大轉彎區域內之東久-米林剪切帶，作為研究題材探討斷層剪切作用發生的時間與機制，期望得以提供印度-歐亞碰撞作用下地殼變形之進一步了解。

研究剪切帶的活動歷史有許多方法，本論文工作利用氫-氫定年學方法，針對對東久-米林斷裂帶的變動歷史做一系統性的分析，期望能了解新生代以來，東南亞地體碰撞造山運動的地體演化；並藉由與東喜馬拉雅構造結周圍其他斷裂帶做比較，來看是否為共軛斷層或有其他關係，目的在於完整探討東久-米林剪切帶活動史，藉由此剪切帶的活動史以了解東喜馬拉雅構造結大轉彎內的構造活動。

1.3 研究區域地質背景

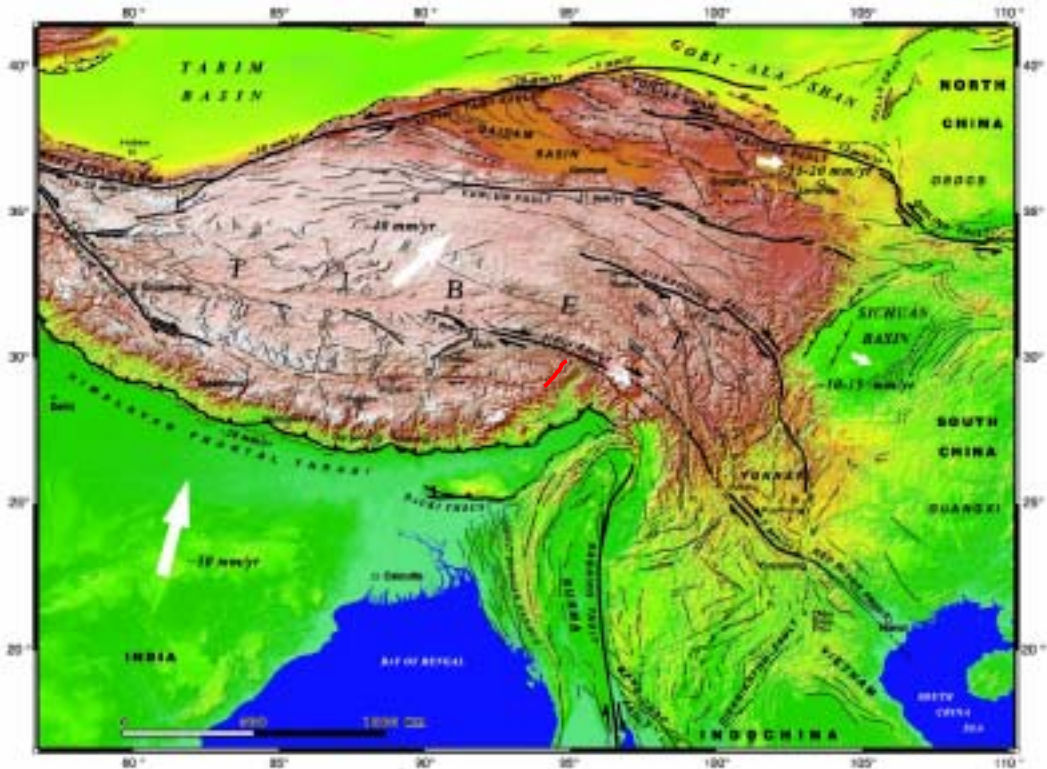


圖 1-1. 東久-米林剪切帶及其附近地區之地質圖。紅色線條即表示東久-米林剪切帶（修改自 Tapponnier et al., 2001）

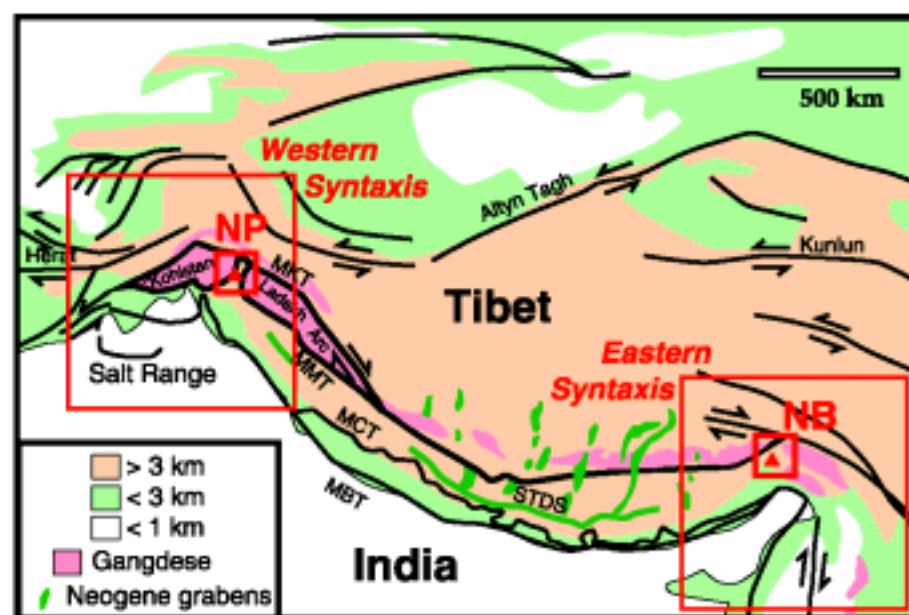


圖 1-2. 東喜馬拉雅構造結(南迦巴瓦構造結)地質圖(Zeitler et al., 2001)
NP(Nanga Parbat) ; NB(Namche Barwa) ; MKT(Main Karakorum thrust) ;
MBT(Main Boundary thrust) ; STDS(Southern Tibetan detachment system) ;
MMT(Main Mantle thrust) ; MCT(Main Central thrust) 。

東久-米林剪切帶為東喜馬拉雅構造結的邊界斷層帶，位於印度大陸碰撞歐亞大陸碰撞前緣，碰撞運動導致強烈擠壓作用，促使雅魯藏布江縫合帶在該區域強烈錯位和急劇轉折形成大轉彎構造結，此為喜馬拉雅造山帶向東延伸的區域，稱之為東喜馬拉雅構造結；其地殼塊體不僅包含了來自岡瓦納大陸邊緣的地殼塊體，也包含了陸相沉積發育地層和島弧沉積的海相地層。

南迦巴瓦 (Namche Barwa, 7756 m) 為東喜馬拉雅構造結的中心，在南迦巴瓦區域是由不同變質程度的變質岩和眾多小型花崗岩、花崗閃長岩等侵入體所組成，並在南迦巴瓦峰西側發現大片石榴石藍晶石高壓麻粒岩 (丁林和鐘大賚, 1999)。高壓麻粒岩的出露暗示這裡深部地殼已抬升至地表，並提供一個觀察西藏高原深部地殼結構的窗口。高壓麻粒岩岩帶沿南迦巴瓦峰西側的派區走滑斷裂斷斷續續分布，其與相接觸之圍岩以糜嶺岩帶為主，包含矽線石石榴子石片麻岩、花崗片麻岩、黑雲母片麻岩等組成。其中石榴子石片麻岩，呈片麻狀構造，斑狀變晶結構，石榴子石斑狀變晶內有大量包裹體，如黑雲母、長石、藍晶石、石英及鐵鎂礦物等。

南迦巴瓦構造結東、西邊界分別由右移的阿尼橋斷裂和以左移為主的東久-米林斷裂界定，北邊界則是嘉黎斷裂系統。本論文的研究區域位於此構造結的西邊界—東久-米林斷裂帶，該斷裂帶自通麥以南呈 $35^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 走向向西南延伸至米林，為一寬約 20 km 的東北-西南走向的變形帶，分隔西北方的岡底斯岩漿岩帶和東南方的高喜馬拉雅麻粒岩相片麻岩體。此變形帶由一系列強烈變形左移剪切帶組成，自通麥到色濟拉段岩石組成以糜嶺狀角閃岩和花崗岩為主；至米林附近的岩石組成主要為糜嶺岩化石榴石雲母片岩為多，該斷裂帶上的糜嶺狀片麻岩中含有發育不對稱微褶皺和長石碎斑構造，顯示此邊界剪切帶的走滑錯移運動 (張

進江等人, 2003)。

1.4 前人研究

以下就東喜馬拉雅構造結的地質特徵及同位素定年分析之前人工作，概述如下：

1.4.1 東喜馬拉雅構造結的地質特徵

季建清等人 (1999) 提及雅魯藏布江大峽谷地區地幔上湧體的存在，是該地區現代地殼快速抬升、地熱泉廣布、新構造活動常活躍的原因，也可能是中、深地震得以發生的主因，如 1950 年 8 月的 8.5 級大地震，更是大峽谷、大拐彎得以形成的根本原因。依據推論，大峽谷的形成應是水流切蝕岩石和地殼抬升兩方面綜合的結果，其中又以地殼快速抬升作用為主導因素。

以往，許多學者利用地質和地球物理方法來，測定印度—歐亞碰撞作用下地殼運動與變形情形，並提出相關模式加以解釋。Molnar and Tapponnier (1977) 根據發生在高原內部地區的地震震源機制，提出在印度板塊向北的擠壓作用下，西藏高原地塊正沿著眾多的走滑斷裂向東逃逸，這表明現今高原地殼的縮短應力部分主要是由地殼的側向逃逸運動所吸收。Tapponnier et al. (1982) 進一步發展了這個模式，提出地殼的向北運動始於第三紀中期，大約有 1/3 的地殼縮短是由地塊的側向逃逸造成的。例如，印支地塊就是沿實皆右移剪切帶和紅河-哀牢山左移剪切帶從高原內部逃逸出去的。而在 England and Houseman (1986) 提出的力學模式中，西藏高原地殼被看作是一薄粘滯體，通過其內部岩層的南北向縮短，垂直方向上增厚將印度板塊向北運動基本上全部吸收了，不存在地殼的側向逃逸。Burchfiel and Royden (1991) 根據高原內部的走滑斷裂和高原邊緣的擠壓相交這一現象提出，地殼側向逃逸僅發生在高原內部，到了高原邊緣就被轉換成了擠壓構造。這一模式介於前兩個極端模式之間，上述變形和地貌特徵表明，在東喜馬拉雅構造結內，岩石的衝斷和褶皺是地殼縮短的主要機制。依據此一模式，王二七等人 (2001a) 進一步估計新生代的構造活動造成的地殼的縮短量為

500 m。Ding et al. (2001) 提出南迦巴瓦構造結的形成是一個由於擠壓大褶皺所造成的複背斜構造，同時認為印度向歐亞碰撞並不是一個簡單模式就可以描述完全的。

王二七等人 (2001b) 在南迦巴瓦構造結邊界剪切帶南段 (米林區域) 提出研究報告，認為東喜馬拉雅缺口是由米林韌性正斷層的活動造成的。米林斷裂帶主要是以眼球狀糜嶺岩組成，該斷裂的東南端和藏南拆離系 (South Tibet Detachment System, STDS) 相交，於東北端和派區斷裂相接，構成東喜馬拉雅擠入構造的西邊界，也就是說剪切帶南段的米林斷層可能是藏南拆離系的側翼斷裂，其活動是東喜馬拉雅缺口形成的原因。由以上種種模式的差異，可見東喜馬拉雅構造結的形成原因，仍有待理清。

1.4.2 東喜馬拉雅構造結的同位素定年研究

以往，東喜馬拉雅南迦巴瓦構造結中心區域進行同位素定年研究結果包括：Burg et al. (1998) 利用 U/Pb 定年法得到鋯石年齡 484 ± 3 Ma，另外用 Sm/Nd 法得到變質泥岩的年齡為 16 ± 2.5 Ma，還有一個核飛跡冷卻年齡為 2.5 Ma 和 1.1 Ma 他認為在構造結核心的岩石來源是印度地塊的原岩，另有一個高峰變質作用期 (約 16 Ma) 在構造結中心發生，研究認為南迦巴瓦構造結歷經快速成長抬升，這個年輕的構造結地貌因而產生，且在一個聚合複雜的環境中，伴隨著褶皺和斷層的結合，與鐘大賚和丁林 (1996) 就認為南迦巴瓦經歷快速剝蝕活動的結果是相同的。

接著對東久-米林剪切帶北段 (東久附近) 的片麻岩進行同位素定年研究，Ding et al. (2001) 利用 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 法得到白雲母年齡為 15.9 Ma，在嘉黎剪切帶上有一淡色花崗岩 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 鋯石年齡為 22.6 Ma，其他研究區域在構造結核心 (加拉-派區公路附近的剖面)， $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 角閃石年齡為 17.5 Ma 和 ~8 Ma，U/Pb 定年有四個年代群 ~160Ma、~65Ma、~40Ma 和 ~25Ma，以上結果顯示，他認為這些年代分別反映了岡底斯岩漿活動、印度-歐亞碰撞、逆衝斷層向北傾的複背斜構

造及高壓麻粒岩相的變質作用事件，此外還提出至少在晚中新世時，南迦巴瓦構造結發生快速冷卻剝蝕的作用。與丁林和鐘大賚（1999）在南迦巴瓦發現了高壓麻粒岩，暗示這裡的下地殼已抬升到地表。

Zhang et al. (2002) 亦對南迦巴瓦構造結邊界進行 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 定年研究，在構造邊界上的糜嶺岩和淡色花崗岩進行分析，邊界的滑移運動可能是沿著構造帶印度大陸（高喜馬拉雅）和亞洲大陸（岡底斯岩漿帶）之間發生。早期的變形活動年代範圍為 62-59 Ma，據此提出東喜馬拉雅南迦巴瓦構造結邊界斷層經歷了印度-歐亞碰撞的發生。晚期另有一個年代範圍 24-12 Ma，可能是碰撞後另一期較強烈地殼變形活動產生的。

由上述可知，前人對於東久-米林剪切帶的研究，多針對南迦巴瓦構造結區域的野外觀測、岩石學研究及構造測量，雖有些許定年研究資料，但所定年區域範圍較雜亂，且對於斷裂帶上沒有精確的定年研究，資料間也無系統性，對於剪切帶活動歷史也是值得懷疑，在此情況下提出地體模式是相當可議的。