

西藏隆升與岩漿活動

台灣大學地質科學系 鍾孫霖

序言

印度和亞洲兩大陸塊的碰撞可說是地球在新生代歷史中最重要地質事件，這個大陸碰撞作用不但造成了「世界的屋脊」—喜馬拉雅山脈和青藏高原、進而引起整個東亞大陸板塊的變形和重組，還對亞洲季風環流、全球氣候乃至海水的化學成分產生無遠弗屆的影響。本文將簡介我國的「東亞地體構造演化」研究團隊在西藏地區的一些近期研究成果。

CREATE 整合型研究計畫

我國的「東亞地體構造演化」(Comprehensive Research on East Asia Tectonic Evolution, 簡稱：CREATE) 研究團隊從 1997 年開始成軍，透過國科會整合型專題研究計畫的推動，以南中國海周邊地區的研究工作為基礎，從追蹤紅河斷裂帶的發育、探索印支和三江地區的地質、進而展開對青藏高原以至整個東亞大地構造演化的一系列研究。目前，這項整合型研究計畫已進行到第三期(2003/8/1-2006/7/31)，共有台灣大學、師範大學、中央大學及中央研究院等單位的研究人員和研究生十餘人參與，國際合作的對象則包含越南、緬甸、中國、印度、俄羅斯、蒙古、美國、法國及澳洲等國的科學家。

攀登世界的屋脊

印度-亞洲大陸碰撞的“直接結果”為喜馬拉雅山脈與青藏高原的形成；前者綿延高聳，其中海拔 8848 公尺的聖母峰為地球的第一高峰，後者東西寬約三千公里，南北縱深逾一千公里，平均高度則在五千公尺以上，構成所謂的「世界的屋脊」。由於它們構成了當今地表上最壯觀的造山帶，喜馬拉雅山脈以至青藏高原形成的時間和隆起的過程，多年來一直是國際地學界的研究焦點。相對於過去的國際研究工作大多集中在高原的西部，CREATE 團隊與大陸學者合作，於

1998 年首次報導在高原東部有廣泛的高鉀火成岩體出露，並確認此類岩漿活動約在四千萬年前即已開始。這個廣受國際矚目的發現，不但對青藏高原的構造演化研究注入了新的觀點，還讓 CREATE 團隊在世界的屋脊上邁開成功的第一步，我們也因而能在高原上逐步推動更上一層樓的研究工作迄今。最近，我們又在藏南拉薩陸塊中鑑認出所謂的大陸碰撞型埃達克岩，此一發現對區域地體構造演化、高原隆升、全球碰撞造山作用以及大陸地殼的形成等領域的研究，均能寓以新意。

西藏岩漿活動的時空規律

亞洲大陸是由許多大小不一的板塊拼合而成，這些板塊大多源自南半球的岡瓦那超級大陸。一般相信，印度板塊大約在三疊紀-侏羅紀之交從這個超級大陸裂解出來，隨即逐漸向北飄移，於新生代(六千五百萬年前起至今)的初期開始撞上亞洲大陸，加上其後印度洋的不斷擴張，結果遂造成喜馬拉雅山脈和青藏高原，以及衝擊涵蓋陸(岩石圈)、海(水圈)、空(大氣圈)乃至全球自然環境的連鎖反應。在青藏高原上，並因此形成了廣泛的、新生代以來的“後碰撞”岩漿活動。根據我們所作的綜合分析，這些後碰撞岩漿活動具有非常規律的時空展佈，應可區分成三期，即：(一) 約從五千到三千萬年前在高原北部發生的以鉀質岩漿為主的活動、(二) 隨後(約三千到一千萬年前)形成於高原南部的碰撞型埃達克岩和伴隨的鉀質岩漿活動、(三) 最終(約一千三百萬年前開始迄今)又在高原北部重新啟動的鉀質岩漿活動。此外，岩石地球化學研究顯示，這些岩漿的主要來源為高原之下大陸岩石圈的深部。這樣的時空規律，暗示青藏高原的構造演化和隆升過程，主要受控於發生在岩石圈深部或上部地幔的動力學機制，因此，所有的青藏高原構造演化模式均應考量並合理地解釋這個重要的現象。

青藏高原的隆升與構造演化

基於上述觀察，輔以其他相關的地質、地球物理和地球化學資料，我們乃提出一個新的模式，描述青藏高原形成的過程及其板塊構造演化[1]。這個模式訴諸的地體動力機制依序包括：特提斯海洋隱沒板塊的反轉與崩落、拉薩陸塊大規模的增厚與拆沈、印度大陸板塊向北的下插與推擠、藏北岩石圈的壓縮與底部拆離等。我們進而推論青藏高原應該由南向北異時隆起，藏南可能在兩千五百萬年前左右即已抬升到今日的高度，並從此保持不墜，而藏北高原則最早需到大約一千三百萬年前才能達成現今的海拔和幅員。就地體動力或重力均衡而言，要將這個世界屋脊“高高在上”地維持一、兩千萬年之久誠非易事，其難度甚至不在造成高原隆升之下，非得一特殊的機制無以為功。我們的新模式特別探討「印度大陸板塊向北下插」肇始的時間和原因，強調此一關鍵作用不但足以“托起”藏南高原，還間接促成了藏北地形的隆升，在整個青藏高原形成的過程中扮演著不可或缺的要角。

主要參考文獻：

- [1] S.-L. Chung, M.F. Chu, Y.Q. Zhang, Y.W. Xie, T.Y. Lee, C.H. Lo, X.H. Li, C.Y. Lan, Q.

Zhang and Y. Wang, *Earth-Science Reviews*, **68**, 173 (2005).

其他參考文獻：

- [2] S.L. Chung et al., *Nature*, **394**, 769 (1998).
 [3] S.-L. Chung et al., *Geology*, **31**, 1021 (2003).
 [4] S.-L. Chung et al., *Geology* (2003). (On-line–
<http://www.gsajournals.org/i0091-7613-31-6-e7.html>).
 [5] E.J. Fielding, *Tectonophysics*, **260**, 55 (1996).
 [6] H.-Y. Lee et al., *Earth Planet. Sci. Lett.*, **205**, 185 (2003).
 [7] T.-Y. Lee and L.A. Lawver, *Tectonophysics*, **251**, 85 (1995).
 [8] P. Molnar et al., *Rev. Geophys.*, **31**, 357 (1993).
 [9] T.J. Owens and G. Zandt, *Nature*, **387**, 37 (1997).
 [10] M.E. Raymo and W.F. Ruddiman, *Nature*, **359**, 117 (1992).
 [11] R.A. Spicer et al., *Nature*, **421**, 622 (2003).
 [12] P. Tapponnier et al., *Science*, **294**, 1671 (2001).
 [13] P. Zhang et al., *Nature*, **410**, 891 (2001).