

Eruptions and Extinctions

(噴發與滅絕)

南中國的化石提供我們發生在 2.6 億年前二疊紀中期一個大滅絕事件的證據；由於此事件和同時期大量傾注到海中的熔岩有密切的關聯性，顯示劇烈的火山作用可能是造成這一個大滅絕事件的原因。

在二疊紀中期，南中國經歷了大規模且短暫噴發的火山活動。火山活動的殘留物，形成了峨眉山大型火成岩區 (Emeishan large igneous province)，其在現今分佈的區域高達數十萬平方公里，證實了當時具有大規模的火山活動 (圖一)。在火山活動的早期階段，傾流入海裏的熔岩與海水激烈的相互作用，形成了厚層的碎屑物堆積。大約在同一個時期，一半以上的海洋無脊椎動物物種滅絕。在最近 *Science* 期刊的一篇文章中，英國利茲大學 Paul Wignall 教授與中國地質大學 (武漢) 賴旭龍教授共同組成的研究團隊獲得的研究成果，證實這兩個事件很可能有其關連性，熔岩與海水作用所釋放出的大量有害氣體，具有引發生物物種滅絕的可能性。

「滅絕」是所有的物種的最終命運-很有可能包括我們自己。地球在過去 5.5 億年的歷史中，記錄著了五次大規模的物種大滅絕 (mass extinction) 事件，以及十幾個較小規模的滅絕事件。想要找出是什麼原因導致這些大規模的生物滅絕，吸引了眾多科學家的興趣與研究。外來星體的撞擊以及大規模火山作用與熔岩流常被認為是可能的原因，但是到目前為止卻沒有任何一個單一機制被整個科學界所接受。

要證實因為火山活動而引起物種大規模的滅絕事件，對於火山活動與物種滅絕之間的相對時間關係必需要有精確的制約。這是件不容易的事，因為含有滅絕證據化石的沉積岩通常都出現在距離可能是導致滅絕的火山岩很遠的地方。然而，南中國峨眉山大型火成岩區是個非常獨特的區域，此處可見含化石的石灰岩與火山岩出現在同一個露頭剖面。因此，這裡的岩層非常利於調查火山活動與生物物種滅絕的時間關係。

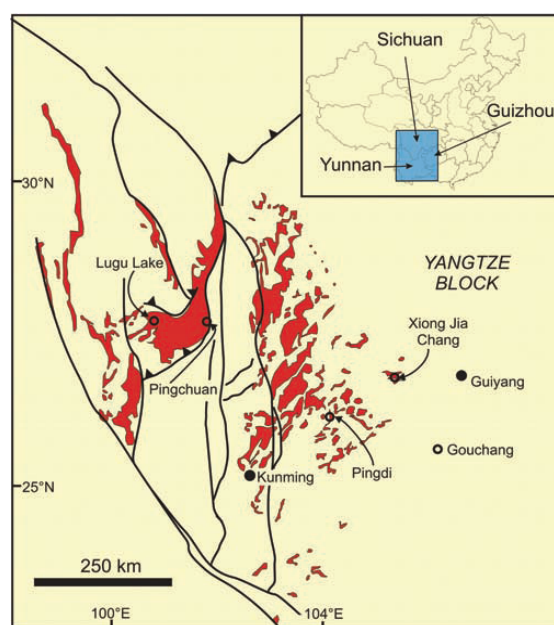
Wignall 研究團隊研究了峨眉山地區數個二疊中期的地質剖面。這些剖面較下層的區域，大部分以含有豐富化石的石灰岩為主，屬於海洋環境的沉積物。這些岩層上覆蓋著火山岩，將含化石的沉積岩區隔開來（圖二）。從熊家場（Xiong Jia Chang）一個關鍵性的剖面中，研究員記錄了岩石種類和化石類群的突然變化，反映出當時的沈積環境有一個明顯但可能是短暫的變深的時期。根據研究人員的調查，這個突然的變化中，含有孔蟲與藻類的石灰岩和含有放射蟲燧石（radiolarian chert）的岩層交界面即相當於大滅絕時期的層面。而峨眉山地區最古老的火成岩就堆積在這個交界面的上方約 1 至 2 米處，兩者間這樣子緊密的關連讓 Wignall 與研究團隊對於火山活動和生物物種滅絕之間的時間關係作出推論。

研究人員證實，大規模的火山活動會產生大量的有害氣體。因為溫度高達攝氏 700~800 度的大量熔岩傾流入海裏的瞬間，會引起激烈的相互作用，釋放出的二氧化硫（有害氣體）進入到大氣層中，形成富含硫酸鹽的雲層。此外，這些不易消散的硫酸鹽雲層，會阻擋到達地球的太陽光，而導致地球在短時間內急劇變冷，造成環境異常變化，進而引發生物物種的大量滅絕。這種急劇冷卻的環境異常變化，在最近的火山爆發事件中也有被記錄下來，如同：1815 年在印尼（Indonesia）坦博拉（Tambora）的火山爆發事件。

Wignall 研究團隊證實了熊家場地質剖面中最老的碎屑物堆積，是由熔岩與海水激烈的相互作用所形成的。他們的數據支持更早的跡證，顯示此類的沉積物廣泛出現在峨眉山地區。研究人員表示，這些激烈的相互作用不僅只是會產生大量的碎屑物堆積，還會因激烈作用的過程，增加釋放出大量的有害氣體。據估計，原始峨眉山大型火山岩區的體積大約有 50 萬立方公里。雖然無法取得精確的放射年代測定值，但是由古地磁分析的資料顯示，火山活動發生在地質年代上短暫的約一百萬年期間。峨眉山的火山活動造成環境惡化，似乎已經能夠造成嚴重的環境衝擊。

Wignall 研究團隊對於生物物種滅絕事件所作的解釋之關鍵，取決於物種滅絕事件和火山活動能夠對比或關連起來的可信度。根據熊家場地質剖面中的地層關係，顯示出這裡的火山活動是可以在二疊紀中期物種滅絕事件發生後才開始，這可能是在峨眉山火成岩區之其他地區的噴發事件稍微早於熊家場地區，或者是全球滅絕事件的時代稍微晚於熊家場地區所判定的滅絕事件的時代。火山活動和滅絕事件之間的對比關係是否一定意味著彼此間有因果關係，依然有待進一步確定。

在較早對於大型火成岩區和物種大滅絕事件之間的關連性的評估研究中，發現有四次大滅絕事件可以暫時和火山作用關連起來，然而在每一個例子中，火山開始噴發的時代似乎都略晚於物種滅絕的主要階段。而最近的一個研究完整地重新評估三疊紀末的物種大滅絕與中大西洋大型火成岩區的關連，其結論是沒有證據支持岩漿作用開始發生的時間要早於物種大滅絕事件發生的時間。正如同 Wignall 研究團隊的研究結果，物種大滅絕的地層和火山岩可以被保存在同樣的剖面中。



圖一、位於南中國的峨眉山大型火成岩區 (Emeishan large igneous province)，紅色區域為露頭出露區域。

(圖片來源：Wignall et al., 2009)



圖二、二疊紀中期的噴發事件。在峨眉山火山活動時期，(淺色)的地層為熔岩與海水激烈相互作用所形成，並覆蓋在熔岩流(深色)之上。Wignall與研究團隊提出，類似的噴發可能會釋放大量的有害氣體進入大氣，造成嚴重的環境影響。

(圖片來源：Christie-Blick, 2009)。

參考文獻：

Christie-Blick, N. (2009) Eruptions and extinctions. *Nature Geoscience*, Vol. 2, No. 8, 539-540

Paul B. Wignall, Yadong Sun, David P. G. Bond, Gareth Izon, Robert J. Newton, Stéphanie Védrine, Mike Widdowson, Jason R. Ali, Xulong Lai, Haishui Jiang, Helen Cope, Simon H. Bottrell. (2009) Volcanism, Mass Extinction, and Carbon Isotope Fluctuations in the Middle Permian of China. *Science*, **324**, 1179-1182.

編譯：曹懿麒