

國際間地震預測研究概況

■林正洪／中央研究院地球科學研究所副研究員

對地震預測之研究，許多人裹足不前，其原因很簡單：只因為大多數人認為目前我們無法做到真正成功地預測地震。然而，今天人類有如此進步的科技成就，那一項不是開始時曾都被認為是不可能，但經由有毅力的人鍥而不捨的努力，最後終能完成？

一、序言

民國88年9月21日，台灣地區發生芮氏規模7.3的集集大地震。不僅無情地奪走了二千多條寶貴的生命，並造成數十萬人無家可歸。這是台灣自從第二次世界大戰以來，最大的一次災難，對社會、民生將造成莫大的長久傷害。因此最近有關地震”預測”之報導，亦甚囂塵上，引發了許多誤解與不必要的恐慌。為了建立正確的地震預測觀念，在此必須先作些簡單的澄清。成功的地震預測必須在地震發生前，能發佈準確的時間、地點與地震規模（大小）。但由於地震發生之過程非常複雜，雖然過去歐美各國亦曾努力於地震預測之研究，但以目前的科學方法，均很難達到成功的預測地震之目的。故絕不要輕信任何地震預測之報導或謠言。

為提高社會大眾對地震預測之認識，本文將簡述國際間過去對地震前兆之評估與討論，並簡單介紹三個較具代表性地震預測之研究計畫。希望最後經由人類智慧與經驗之累積，讓我們或至少我們下一代，不再畏懼「地震」的來臨。

二、地震發生過程之假設

目前一般較能接受之地震發生過程，是根據1906年舊金山地震所建立傳統之地震模式。也就是當地層受到大地應力作用時，即開始變形且累積能量，直到地層無法承受更大的應力而斷裂，將累積之能量，經由斷裂之方式瞬間釋放出來，即產生「地震」。一般相信，在這地震醞釀的過程中，能量隨時間累積是一個簡單的線性關係，而且是可預期的。這是過去一般相信地震預測研究之科學家所堅信的一項最基本的假設。因此他們認為仔細地分析地層的變形量與地震發生的關係，將有助於達成地震預測之目的。反之，最近有一些學者對地震預測卻持著強烈的反對意見，他們認為地震產生（或地層斷裂），很可能是屬於非線性的過程；也就是地震的產生，可能與地層內許多不可測得的細微物理狀態有極大的關係。換言之，任何一個小地震均有可能造成大地震的發生，故他們認為大地震之預警工作是無法達成的。

三、地震前兆之研究

雖然嚴格地來說，目前地震預測之成功性是很小，或可說是不可能的，但地震「前兆」之研究也許是很值得注意的。過去數十年間，有關地震前兆之研究與報導相當多，其中主要包括有地震波之速度變化、地殼變形、前震、非均向性變化、電磁波異常、地下水位變化、地球化學特性變化與異常的動物行為。

為了評估地震前兆的正確性，一個國際性的地震研究組織（IASPEI），於1989年決定成立了一個「地震前兆」認定的委員會。該委員會從入圍的40個報導中，經過多次嚴格的評審，於1997年正式公佈了最後的五個較為可能為地震前兆的例子（如表一）。其中有三項研究為地震震源分佈之變化特性，另一項為地下水之化學性質與溫度變化，最後一項是地殼變形

表一、IASPEI所公佈地震前兆之五個例子

	作者	地震前兆	地震
1.	Wu等 (1978)	前震現象	1975年中國海城地震
2.	Bowman (1997)	前震現象	1988年澳洲Tennant Creek地震
3.	Matsuura (1986)	無震現象	日本數個地震
4.	Wakita等 (1980)	地下水中氫氣與溫度下降	1978年日本Izu-Oshima-Kinka地震
5.	Roeloffs and Quilty (1997)	地下水位升高	1985年美國加州Kettleman Hills地震

所造成之地下水位升高現象。該委員會亦提醒他們所公佈上述五個報導，並不完全表示就是成功的地震前兆。同時，其他報導也不代表就完全不是地震的前兆。因為有些地震前兆的報導，因目前尚無法判斷其可靠度，故未列入最後公佈的名單內。總之，累積更多更具科學價值的地震前兆研究，也許有助於最後達成地震預測之目的。

四、國際間大規模地震預測研究計畫

1.美國加州Parkfield地區之地震預測研究，一直是全球最為注目的例子。1979年Bakun與McEvilly兩位學者，首先指出該地區約二十幾年左右，就會發生一個規模大約為六的大地震。他們根據1934年與1966年兩次的大地震發生之週期，再整合其他仔細的相關研究，推斷1993年前可能於該地區會再次發生大地震。但這項預測最後並沒有成功。不成功的原因，也許可歸咎於目前地震預測監測網的密度，不足以提供更高解析度的觀測資料，來探討地震發生之特性與過程。但也有些人認為不成功的原因，是由於地震發生過程是一個高度非線性的物理現象，地震發生與地層原始的物理狀態有極大的關係，故相信地震預測是不可能。

2.日本東京灣附近Tokai地區，也是另一個地震預測研究之重鎮。有位日本地震學者（Mogi）於西元1970年，首先提出Tokai地區未來可能發生大地震。1985年，另外一位日本地震學家（Ishibashi）強調該地區於1707年與1854年，均曾發生8.0之大地震，推估再發生大地震之週期約為120年左右。故呼籲該地區未來幾年

內，將要面臨大地震襲擊之可能性。因此，過去幾十年間，日本曾投入大量的人力與物力，到1999年3月止，一共執行了七次的五年計畫。最近幾年地震預測之研究計畫，每年的預算約為14億7千萬美元。其研究計畫之目標，就如同美國加州Parkfield地震之研究一樣，許多日本地震學者相信，仔細地研究「Tokai地震」的特徵，特別是研究該地震與某個特定斷層之關係，將足以提供我們瞭解大地震再次發生之可能性與週期。目前，距上次大地震時間已經超過預期之週期，但至今該預期的大地震並未發生。最近日本報紙曾報導該大地震可能發生時間延長至2023年。

3.除了美國與日本較大規模的地震預測研究計畫外，希臘的地震預測研究工作，也是最近國際上地震學者討論的熱門話題。一群以Varotsos為首的地震預測工作群，俗稱「VAN」，他們宣稱利用仔細的地電觀測資料，成功地預測1987~1995年間，於希臘地區所發生十餘個較大之地震。但也有部分學者持相反的看法，他們認為部分VAN的觀測結果是錯誤的，地電異常之訊號並非來自震央，故不能視為地震之前兆。Geller（1996）認為VAN的預測工作太含糊，因為完全沒有限定預期地震發生之時間，如何談的上「預測」呢！

五、結語

地震預測之困難度，也許就如同癌症治療一樣難。就悲觀點兒之看法而言，目前不管是地震預測或癌症治療均是不可能成功，但兩者對人類的影響與傷害是持續存在的。對癌症治療的研究，人類可說是全

力以赴。反之，對地震預測之研究，許多人是裹足不前，其原因是很簡單：只因為大多數人認為目前我們無法做到真正成功地預測地震。然而試想，今天人類有如此進步的科技成就，那一項不是開始時曾都被認為是不可能，但經由有毅力的人鍥而不捨的努力，最後終能完成！同樣的道理，如果今天我們只因認為地震預測目前不可能成功，就放棄所有可能之努力，如此未來怎麼可能有成功的一天？我想這道理，一直是人類努力與進步的原動力。總之，也許我們這一代對地震預測是束手無策的，但我們總希望我們下一代不再畏懼「地震」的來臨。

【參考資料】

1. Bowman, J. R. (1997). Case 22: A seismicity precursor to a sequence of M=6.3-6.7 midplate earthquakes in Australia, *Pure and Apply Geophys.*, 149, 61-78.
2. Matsuura, R. S. (1986). Precursor quiescence and recovery of aftershock activities before some large aftershocks, *Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo*, 61, 1-65.
3. Roeloffs, E and E. Quality (1997). Case 21: Water level and strain changes preceding and following the August 4, 1985 Kettleman Hills, California, earthquake, *Pure and Apply Geophys.*, 149, 21-60.
4. Wakita, H. et al. (1980). Radon anomaly: a possible precursor of the 1978 Izu-Oshima-Kinkai earthquake, *Science*, 207, 882-883.
5. Wu, K. T. et al. (1978). Certain characteristics of the Haicheng earthquake (M=7.3) sequence, *Chinese Geophys.*, 1, 289-308. ©