國立自然科學博物館
NATIONAL MUSEUM OF NATURAL SCIENCE
www.nmns.edu.tw

館訊

中華民國108年 9月

382

發行人／孫維新
國立自然科學博物館發行
40453臺中市館前路1號
Tel +8864.2322.6940
ISSN:16825225 GPN:200750037

p2 緬甸探查(四)
p3 從知高遺址與鹿港第一公墓初探鐵器時代晚期中部地區的開發
p4 御風飛行的種子與果實
p5 從科博館小行星談小行星的命名
p6 門得列夫元素週期表與原子序
p7 二十年前的那個地震(四)—看圖說故事 剝製標本製作：穿皮過程示範

國立自然科學博物館，除了臺中市北區的本館館區外，尚包括位在霧峰區的「921地震教育園區」、南投縣鹿谷鄉的「鳳凰谷鳥園生態園區」及竹山鎮的「車籠埔斷層保存園區」。各區除了生動有趣的常設展及特展之外，尚包括世界級的現地保存遺址、戶外的現生動植物活體展示及大自然景觀，呈現出豐富、多元的博物館面貌，歡迎您的光臨！

集集地震「知」多少

文·圖—鍾令和

這個月的21日是集集地震發生後正式滿20年的日子，相關的研討會與活動非常多，921地震教育園區與車籠埔斷層保存園區也有為期一週的免費參觀(9/19-9/25)。在此之前，筆者想先在這裡討論學界在過去20年因為集集地震讓我們多知道了些什麼。

地震研究統計學

國際地震中心(International Seismological Centre，簡稱ISC)在7月份整理出全世界被研究最多的地震事件前50名，其中集集地震名列第4位(http://www.isc.ac.uk/event_bibliography/overview.php)，一共有619篇相關研究報導（截至8/9已更新到640篇，表1)。根據地震個數的統計資料(圖1)，每年與集集地震規模相近或是更大的地震約有10-15個，規模6以上的更有200個左右，是什麼原因讓這50個地震這麼的特別？

這些被徹底研究的地震事件有幾個共通點：第一、大部分都是發生在地震發生頻繁的城市鄰近地區，這些地區具備完善的地震觀測網(如：日本、美國加州、臺灣等地)。這也反映出在前10名的地震事件中，有3個發生在美國加州(排名5、7、10)，兩個發生在日本(排名1與6)。第二、除了一些規模很大或是死傷很嚴重的「老」地震之外(如：公元1923年關東大地震)，80%地震事件是在公元1980年之後發生的，這也顯示觀測儀器的進步與世界地震網的成立，讓我們可以對地震了解更多。

在1980年這個時間點之後，每年幾乎都有超過200篇的英文期刊被發表。而文章爆炸的現象在公元2000年之後更是成長了一倍，而前50名被研究的地震事件更佔到一半以上(28/50)，這也反映出1999年的集集地震是位於一個承先啟後的位置，同一年還有第11名的土耳其伊茲米特地震(İzmit earthquake)與第30名的美國加州赫克托礦地震(Hector Mine earthquake)。這些研究成果也在在顯示出過去的20年間，我們對地震的認知有了更深入的進展。

在前10名的地震中，有一個是因為特殊原因才上榜的，就是名列第8名、公元2009年發生在義大利中部的拉奎拉地震(L'Aquila earthquake)。它會受到這麼多研究關注，主要是因為地震學家無法從若有似無的地震前兆中判讀出地震到底會不會發生。當年原本發現可能是地震前兆的氡氣指標上升，後來經過專家檢驗可能是誤判。依據這份報告，當地官員請大家不要驚慌，結果在報告發表幾天後的凌晨地震就發生了，造成308人喪命(表1)。

義大利政府因此而控告這些參與的專家學者過失殺人罪，雖然在各國學者聲援後，6年的牢獄之災被駁回，但也引發了地震到底有沒有地震前兆的廣泛討論，到目前為止這個討論並沒有定論產生。但是這些相關知識的累積與討論正是讓學者可以往下一步前進的基礎。

20年磨一集集地震事件

接著，讓我們回過頭來看看這些與集集地震相關的640篇文章到底做了哪些研究。筆者將其粗略地分成四大類。最大宗的是地震學領域的相關研究工作，約占4成(238/640)，包含地震序列、強地動觀測、震源機制、各種的震波觀測與反演等等。第二大類則是與地質學領域相關部分，也是接近3成5的比率(227/640)。再者是防震工程與災後重建相關部分約占兩成(121/640)。最後則是運用測地學與其他地球物理方法來研究集集地震的文章。而這些研究成果也成為後來同為逆斷層引起的2008年汶川地震的研究基礎(第二名，表1)。

集集地震的研究重點之一—車籠埔深鑽計畫

這4大類中的地質類又可以細分成兩類：第一類是集集地震伴隨產生的地質災害(115/227)，例如：山崩地滑(如草嶺潭、九份二山)、土壤液化、地下水位變化等。而第二類就是與車籠埔斷層相關的研究(112/227)，竹山槽溝的古地震研究也包含其中。但是這些都比不上已經產出36篇以上文章的車籠埔深鑽計畫(圖2)。

簡單地說，這個計畫就是在車籠埔斷層的上盤鑽一口約兩公里的深井，取得地震發生不久後新鮮斷層帶的材料來進行研究。從這些被斷層作用磨碎，甚至熔化成似熔岩的樣本中，我們知道車籠埔斷層至少活動了33次以上，而深鑽計畫除了鑽穿車籠埔斷層之外，連帶的也取得更深的三義斷層的樣本。這些新鮮的樣本也告訴我們：斷層活動時，流體對組成物的化學性質變化的影響；我們也利用非斷層帶的樣本在實驗室裡研究：在什麼條件下可以產生斷層泥，並進一步估算斷層摩擦所產生的熱能(以前被忽略掉的部分)。

深鑽計畫最後在井中放入觀測儀器，對地下1.5公里深的斷層面進行各種觀察與紀錄，等於是從頭到腳可以用的都利用上了。在整理這640篇文獻時，筆者深深地感覺到集集地震教了我們很多的事情，也希望我們可以把學會的東西應用在後續的地震研究中。

表1 全世界被研究最多的地震事件前10名(資料來源：國際地震中心)

排名	地震發生時間(GMT*)	當地時間	地震矩規模	震源深度（公里）	文章數	慣用名稱	ISC event**	死亡人數
1	2011/3/11 5:46	2011/3/11 14:46	9.1	29	1519	2011年日本東北地方太平洋近海地震（311地震）	16461282	~2.2萬
2	2008/5/12 6:27	2008/5/12 14:27	7.9	19	1217	2008年汶川大地震	13228121	69227
3	2004/12/26 0:58	2004/12/26 7:58	9.1-9.3	30	836	2004年印度洋大地震（南亞海嘯）	7453151	~29萬
4	1999/9/20 17:47	1999/9/21 1:47	7.6-7.7	8	640	921集集地震	1718616	2415
5	1994/1/17 12:30	1994/1/17 4:30	6.7	18	466	1994年北嶺地震	189275	57
6	1995/1/16 20:46	1995/1/17 5:46	6.9	18	451	阪神大地震（神戶地震、西大地震）	124708	5502–6434
7	1989/10/18 0:04	1989/10/17 5:04	6.9	19	424	1989年洛馬普里塔地震	389808	63
8	2009/4/6 1:32	2009/4/6 3:32	6.3	10	420	2009年拉奎拉地震	13438018	308
9	2010/2/27 6:34	2010/2/27 3:34	8.8	35	392	2010年智利大地震	14340585	525
10	1992/6/28 11:57	1992/6/28 4:57	7.3	1	383	1992年蘭德斯地震	289086	3

* GMT (Greenwich Mean Time) 格林威治標準時間
**ISC event (International Seismological Centre) 國際地震中心的地震編號

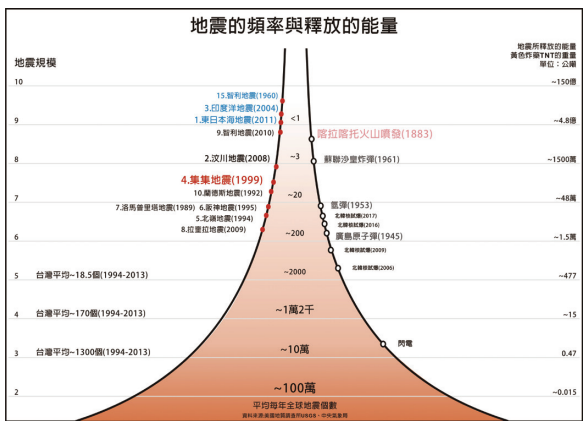

圖1 全球地震個數與能量對應圖(資料來源：USGS、ISC與中央氣象局)

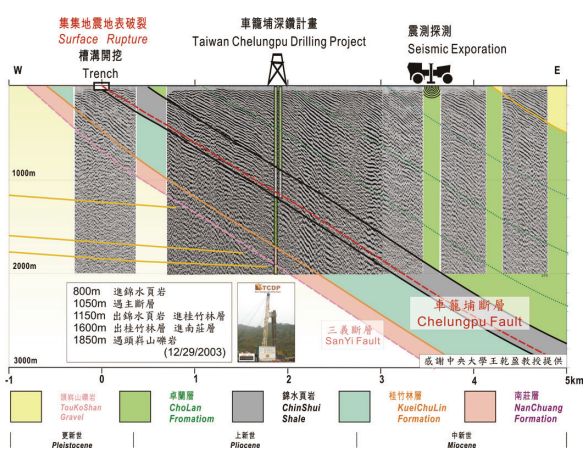

圖2 車籠埔深鑽計畫(TCDP)與反射震測剖面

紀潤新美術設計 財政部印刷廠印製