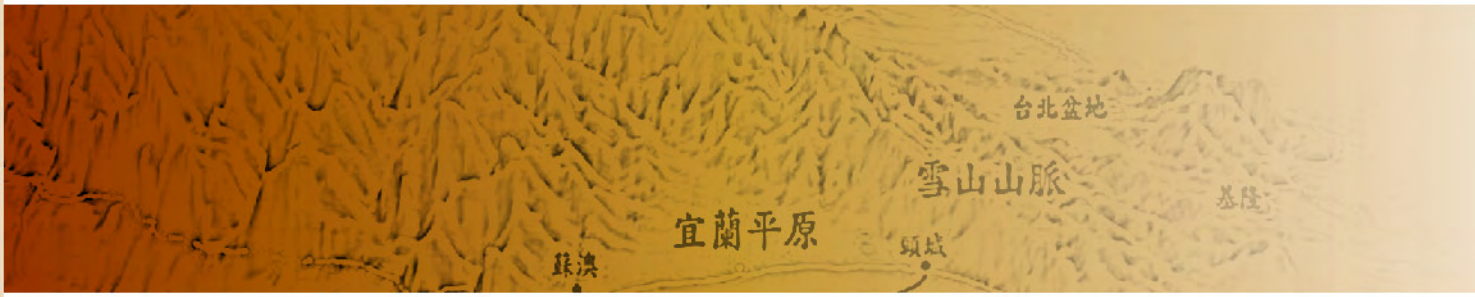
臺灣的海嘯威脅

主講人：郭鎧紋　中央氣象局地震測報中心主任
整　理：陳彥伶　本刊特約撰述



三月十一日，發生在日本東北的一場芮氏規模9.0的大地震，以及隨後引發的滔天海嘯，重創了日本。台灣和日本同樣位於地震頻繁的環太平洋地震帶，而四面環海的地理位置，也使得台灣不能免於海嘯的威脅，因此如何防患未然，各界都很關心，也引起廣泛的討論。

國立臺灣科學教育館每年均舉辦大眾科學講座，「不能不面對的真相－大自然反撲後的省思」系列講座之一，於三月二十七日邀請中央氣象局地震測報中心主任郭鎧紋，從台灣的海底地形和地質環境談起，向民眾說明目前台灣地震海嘯預警系統的運作方式，與當前面臨的發展困境。之後仍將邀請各界專家學者，與民眾一起關心切身的議題，也歡迎有興趣的您報名參加。

台灣周邊的海底地形：台灣東北部和西南部海岸最受海嘯威脅

有地震就一定有海嘯嗎？事實上海嘯的衍生與否，仍須視當地的海底地形而定，因此並非所有的沿海地區都會面臨海嘯的威脅。

郭鎧紋說明，海嘯形成的條件之一，就是要有一個海水由深到淺的緩坡地形。當海水隨著地殼變動而大幅波動並向陸地擴散時，在水深三、四千公尺處海水的速度可比噴射機，而在水深一、兩百公尺處，速度則趨近於汽車。當後方的海水不斷推擠前浪，遇到陸地而無處可進時，海水就會堆高，形成我們所謂的海嘯。一般來說，海水位的增加若低於50公分，是不會造成災害的（如圖1）。

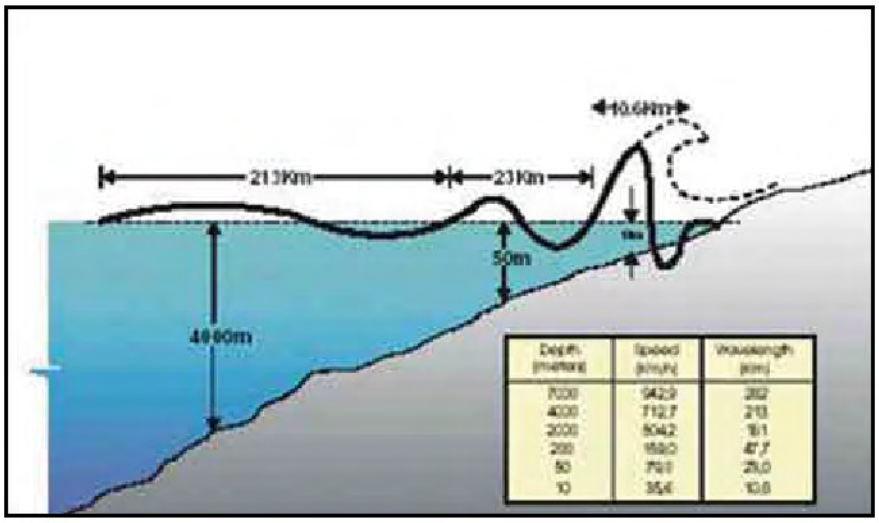


圖1

就台灣周邊的海底地形而言，台灣海峽的海水較淺，不易形成海嘯；而花東地區一帶，若發生芮氏規模大於6.5且屬淺層的地震時，確實有可能形成海嘯，但因高度變化大且坡度較陡，且有海岸山脈作爲屏障，海浪來時無法堆高起來，即使來了也會被峭壁反彈回去，所以受到海嘯襲擊的可能性也不高。

反觀東北部海岸，外海有基隆海谷、棉花峽谷及沖繩海槽（見圖2）海底地形相對平坦，因此基隆和蘭陽平原是較爲危險的區域。另一方面，西南部海岸則因爲從馬尼拉海溝、澎湖峽谷到澎湖水道，也是由深到淺的地形，因此若於馬尼拉海溝附近發生芮氏規模9.0以上的地震，隨後引發的海嘯可能十分鐘就會到達台灣最南端，約二十分鐘會侵襲高雄和台南地區，屆時可能將造成極大的危害。

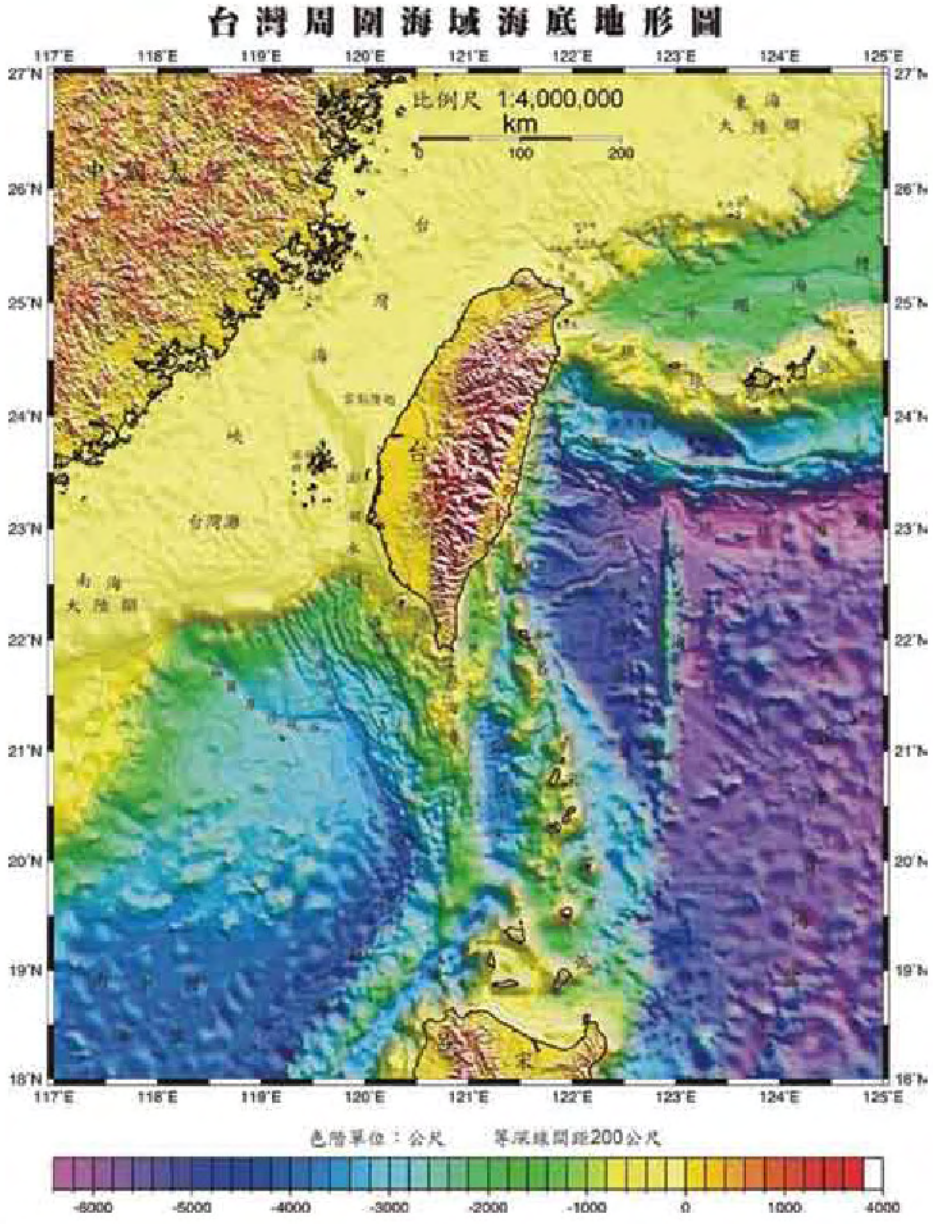


圖2

台灣附近著名的海嘯紀錄，分別有1867年的基隆海嘯與1771年的石垣島大海嘯。後者掀起的巨浪高達85公尺，造成極重大的災害，據歷史紀錄，當時被海嘯吞沒的有一萬多人。

斷層錯綜複雜，災害「週期」誰說得準？

台灣位於歐亞大陸板塊和菲律賓海板塊的交界，受到兩個板塊的相互擠壓，斷層多，地震也非常頻繁。經濟部中央地質調查所去年更新了台灣活動斷

層分布圖，目前有33條活動斷層和4條存疑性斷層，且在地質勘察後，計算了一些主要斷層的大地震再現機率，郭鎧紋對此數據則持較保留的態度。

郭鎧紋認爲，會重複出現的東西未必有週期。像是台灣每年都有颱風，但不能說颱風的形成和侵襲有規律，水災也是一樣，有時候看似有規律的東西其實只是巧合。

地震的發生難以預測，自然也無法斷定地震有週期，因爲斷層間的活動會相互影響，尤其台灣的斷層錯綜複雜，能量的釋放難以評估。然而，雖然我們沒有辦法對某條斷層多久會發生一次大地震，作出精確的預測，還是能夠根據對地質活動和地震的觀測，來推估某個地區發生多少規模以上地震的機率。

中央氣象局針對1900年到2010年的地震觀測資料進行分析，台灣平均一年會出現兩個芮氏規模6以上的地震，未來發生機率較高的地方，則在花東外海近琉球海溝或和平海盆的地方。

爭取時效：地震預警是場與時間的競賽

既然很難預測地震何時會發生，且海嘯的威脅還是存在，郭鎧紋認爲，建立起一個完善的預警系統非常重要。郭鎧紋說明，海嘯是要靠地震來預警的，因爲地震波傳遞的速度比海嘯快。

地震預警是指在地震發生後，將各地觀測站回傳的資料進行分析，預估在各地的震度及發生的時間，最快二十至三十秒內，完成初步的地震定位報告。郭鎧紋表示，預警大概可以幫助爭取數秒到十數秒的應變時間（見圖3）。

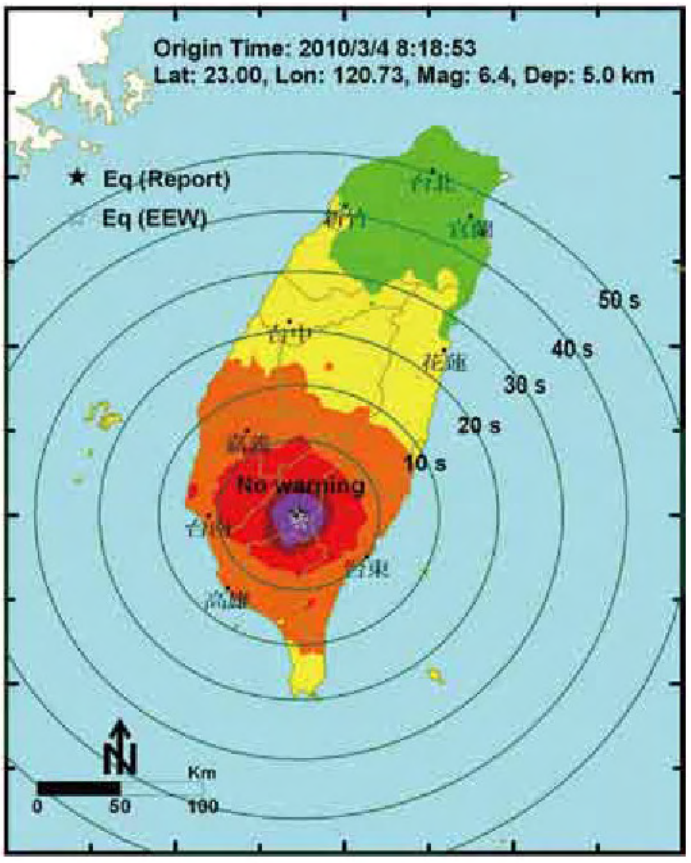


圖3

然而，郭鎧紋強調，地震預警不是預測地震，還是有其侷限，如在距離震央一百公里內的地區，即所謂的盲區（blind area），就無法充分發揮功效。

另一方面，有時候測得的「有感地震」，是雷擊或有砂石車經過所造成

的，仍須由地震測報中心確認爲地震後，才會對外發布正式地震報告。因爲還須經由人工檢查，有時預警無法爭取時效，是目前地震預警系統發展上的困境。

以這次日本東北地方太平洋沖地震爲例，東京離震央約三、四百公里，在地震發生的兩分鐘後會感受到最大震動，扣除預警作業所需時間，則東京大概可有一分半鐘的時間應變。台灣和日本的地震環境不同，地震經常發生在鄰近都會區的地方，往往預警的流程還沒跑完，地震就到了。

他山之石：預警系統必須上、中、下游整合運作

地震預警的主要目的，還是在於地震防災作業的實際應用，郭鎧紋強調，仍需要不同單位共同的努力和合作，才能夠建立起完整的地震預警系統。郭鎧紋說明，以日本的經驗爲例，整個地震預警系統可以分成上、中、下游。上游是日本氣象廳，主要的工作就是面對地震本身，負責設立地震觀測站，並在地震發生後快速確定地震發生的位置。

中游則是電信業者和防災單位，負責將地震和避難的資訊傳遞給大眾；下游則是終端的使用者，不一定是個人，也可能是一些特定的民生設施，如醫院的手術室或電梯，在地震來臨前可以多爭取一些應變的時間。

日本NTT Docomo的Area Mail訊息廣播系統，發展得很成功。消費者可以依照不同的需求來購買服務，如要求發生了多少規模以上的地震再行通知。由於是使用者付費，預警系統的下游形成了可觀的產業。

但郭鎧紋提到，目前台灣的電信業者表示，這種同步、大量的訊息廣播技術可能還需要一年的時間研發，目前3G的系統也不太能用，甚至可能必須倒回2G，因此預警系統能否完整建立，還有待設備的建置與電信技術的突破。

料敵從寬：發展預警系統與建置海底電纜的重要性

郭鎧紋提及，先前有日本專家質疑地震預警系統在台灣的效用，認爲台灣的面積太小，並不適合發展預警系統，但他認爲防災必須「料敵從寬」，除了基本的結構工程，如建築的耐震設計或逃生規劃等，一定要做好之外，預警系統也必須完善，也許多爭取的幾秒鐘時間，可以幫助更多的人遠離災禍。

針對東部外海的地震觀測，目前規劃從頭城到地震頻繁的和平海盆一帶，開始建置台灣第一條海底電纜（簡稱海纜），上頭裝載了地震儀和海嘯壓力計等設備。對於地震和海嘯預警的效益，前者預估可以多爭取到十數秒的時間，後者則可多出十分鐘的時間因應。另

外，多增設一個站，一年預計可以多觀測到一萬多個小地震，有助於了解台灣地區的地體構造（見圖4）。

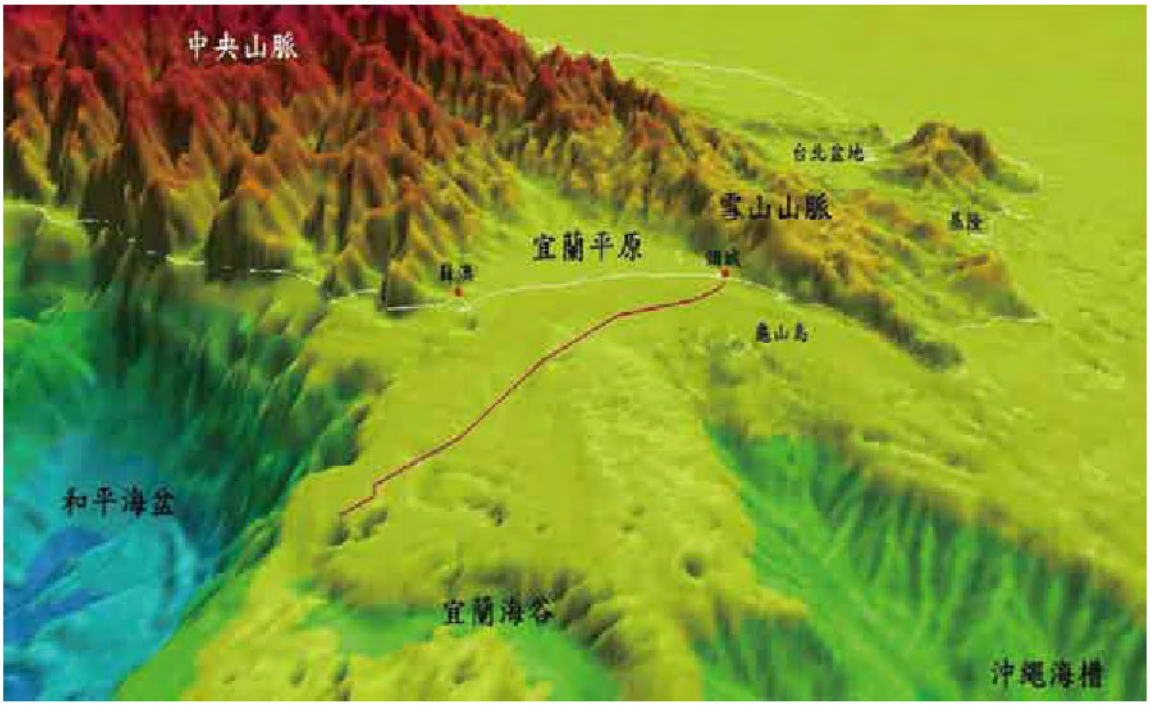


圖4

對於有媒體報導台灣「終於破蛋」，甚至質疑爲什麼日本有九條海纜，台灣只有一條，郭鎧紋說明，因爲日本的面積是台灣的11倍，才需要這麼多的海纜。未來還會在現有的海纜之後多加2～3個節點，沿著花蓮外海多接兩條海纜，另外也會在西南海域設置浮標式的海嘯觀測系統。

除此之外，郭鎧紋認爲預警系統還必須結合平時的教育宣導與演練。他提到之前與宜蘭國小合作防災演習，小朋友普遍認爲若先知道地震會來，較能有心理準備，而練習逃生路線和保護自己的方法，也會比較清楚遇到大地震的時候應該怎麼應變。