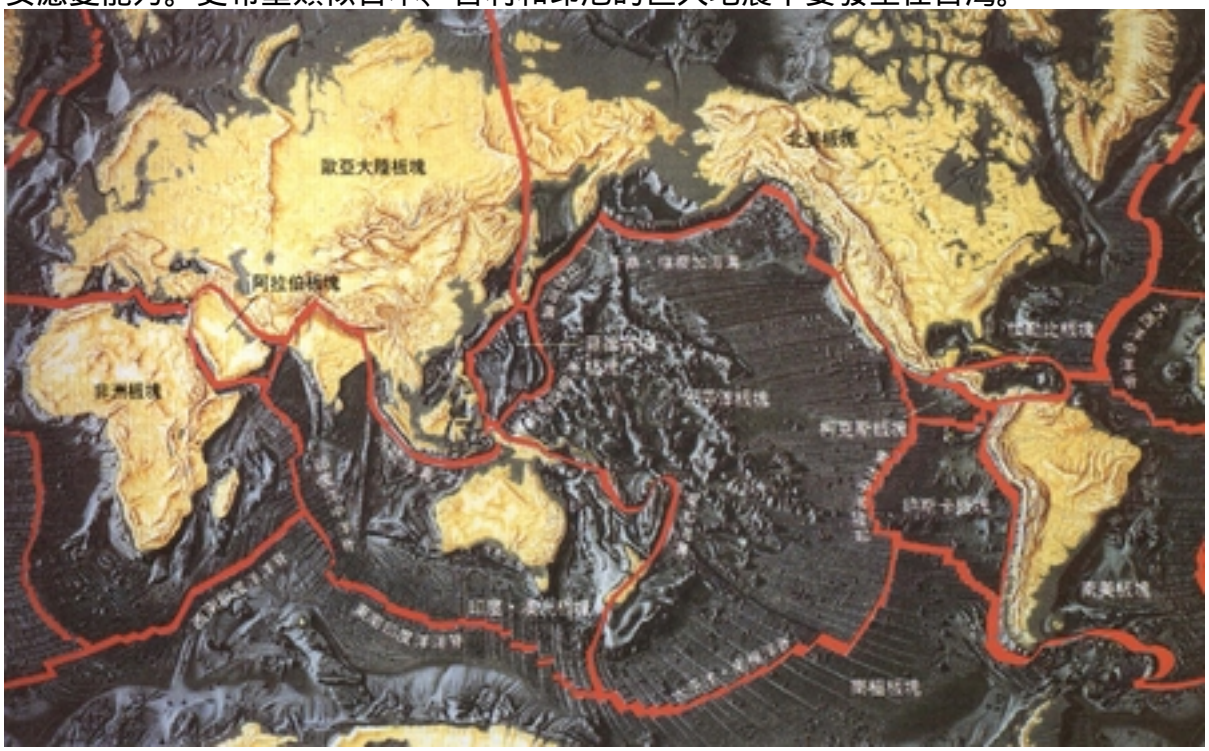
發佈：2011-06-20, 週一 18:22
點擊數：12989

壹、前言

全球大略可以分成10多個板塊(圖一)。當二個或多個板塊相互運動的時候，會造成分裂、擠壓、和錯動等不同的運動形態。這些累積下來的運動能量，自然就會產生地震。以每年10公分的板塊運動速率為例，10年累積1公尺的位移量，100年就是10公尺。這次日本仙台規模=9.0的巨大地震，大約就是疊積200年以上的結果。大地震特別容易發生在一個板塊向另一個板塊俯衝擠壓所造成的隱沒帶上。全球90%以上的地震能量集中在這種隱沒帶上，因為它發生在環太平洋的海溝之上，所以也稱呼為環太平洋火圈(圖一)。台灣、日本、印尼、智利、美國、菲律賓等國家就是座落在火圈之上，所以地震頻繁，災害不斷，但相對的地震上常常是風調雨順，物產豐同的地區。當地震的撕裂面夠大(超過100公里以上)，而且水深夠深(深於2,000公尺以上)，由地震擾動勝大的水團，就會形成海嘯(日語「津波」，意思為港灣內發生的大波浪)。巨大的海嘯，洶湧而來，無處可逃、無物可擋。那種情景就是全球的人在3月11日從電視現場轉播中，目睹大海嘯攻擊日本東北海岸的慘狀。

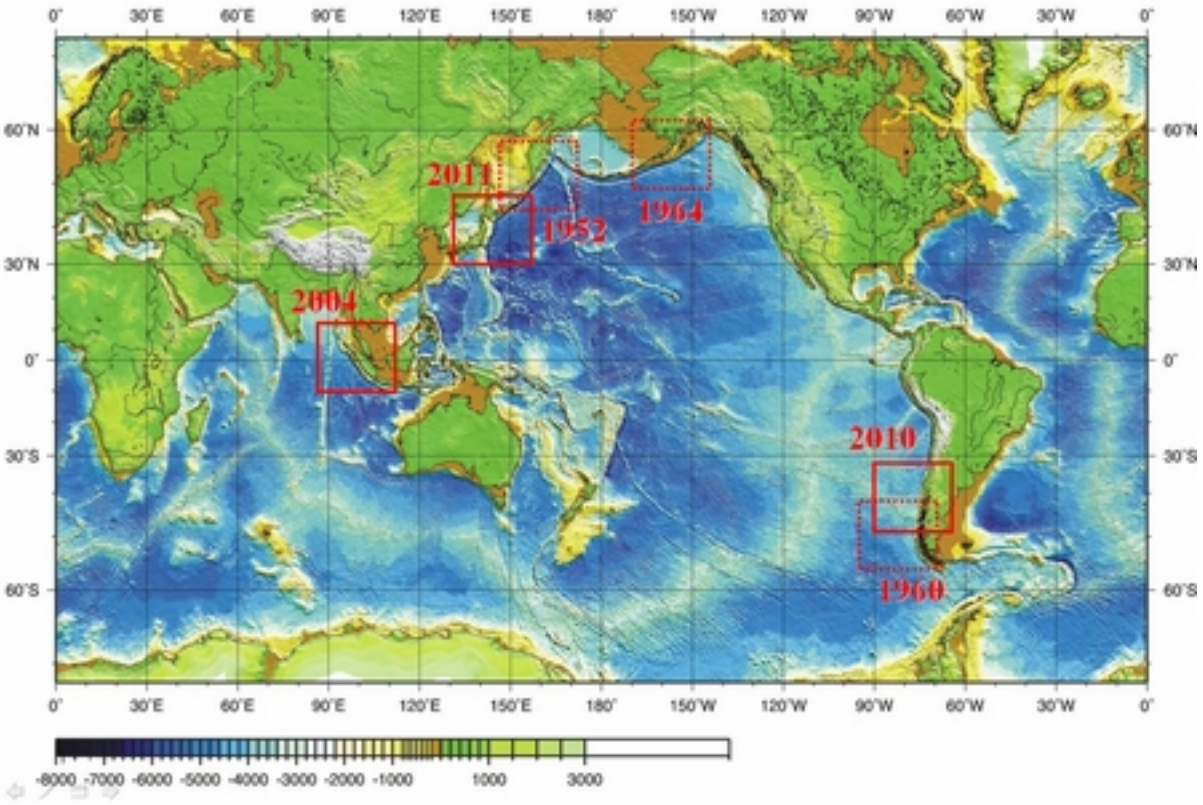
全球在最近十年內發生了3次巨大地震和海嘯，亦即2011年在日本東北海域，2010年在智利南部海域和2004年在印尼北部海域，這些都是所謂「萬顆原子彈」級的規模(圖二)。1950-1960年代也發生3次如是的巨大地震和海嘯。唯一與今日發生的日本海嘯的最大不同:在於以前的災難地區，人類還沒有發明核能電廠的新科技，所以沒有核災的危險。在正發展中的國家(例如智利和印尼)，而他們的海邊還沒有核能電廠，所以也沒有核災的威脅。這次日本的巨大地震和海嘯雖然已經過去，但核災的惡夢，才正開始。本文的目的，希望借由日本的慘痛經驗，來檢討台灣的核安應變能力。更希望類似日本、智利和印尼的巨大地震不要發生在台灣。



Phoca PDF

發佈：2011-06-20, 週一 18:22
點擊數：12989

圖一、全球10多個板塊之間相互運動的示意圖。環繞太平洋週圍大多為地震頻繁的隱沒帶，也是所謂的太平洋火圈。



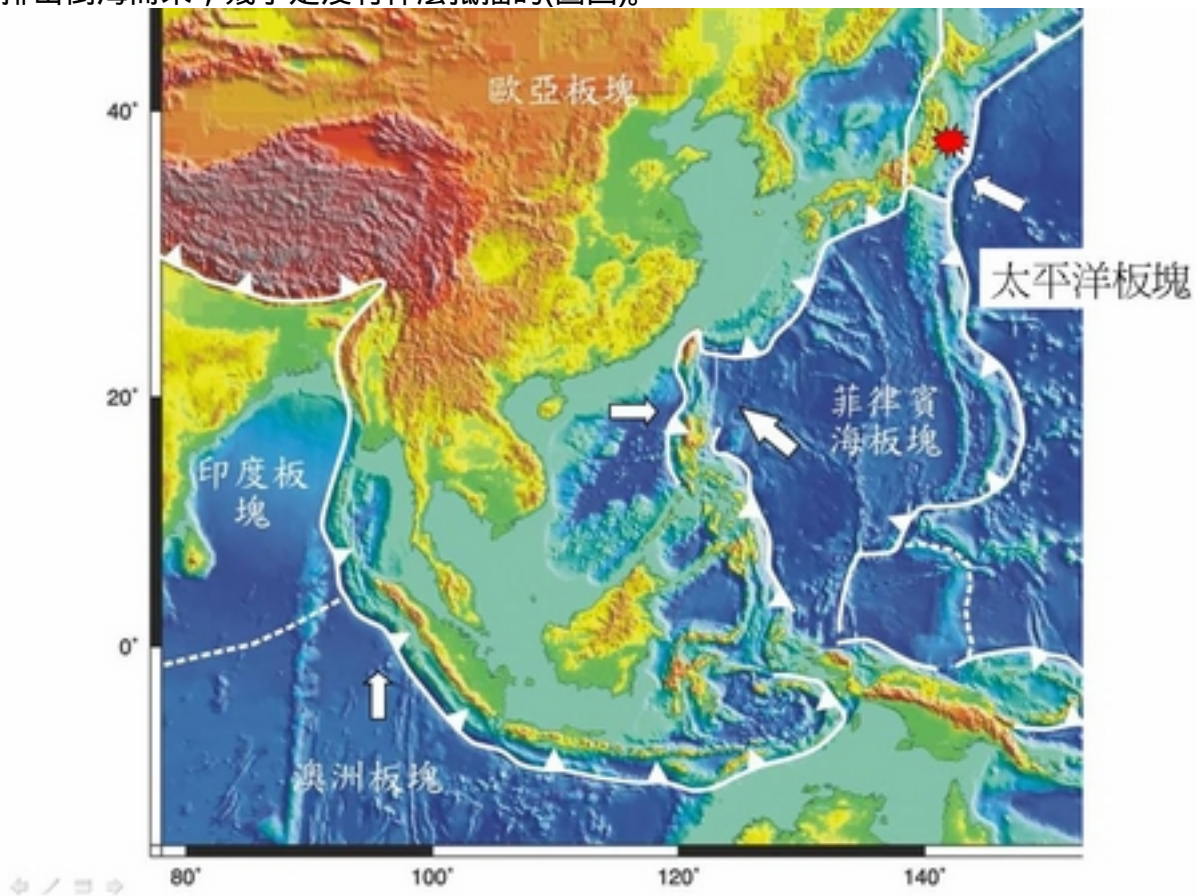
Phoca PDF

圖二、近60年來全球6個「萬顆原子彈」級規模的巨大地震和海嘯災區。

貳、 2011年日本巨大地震與海嘯

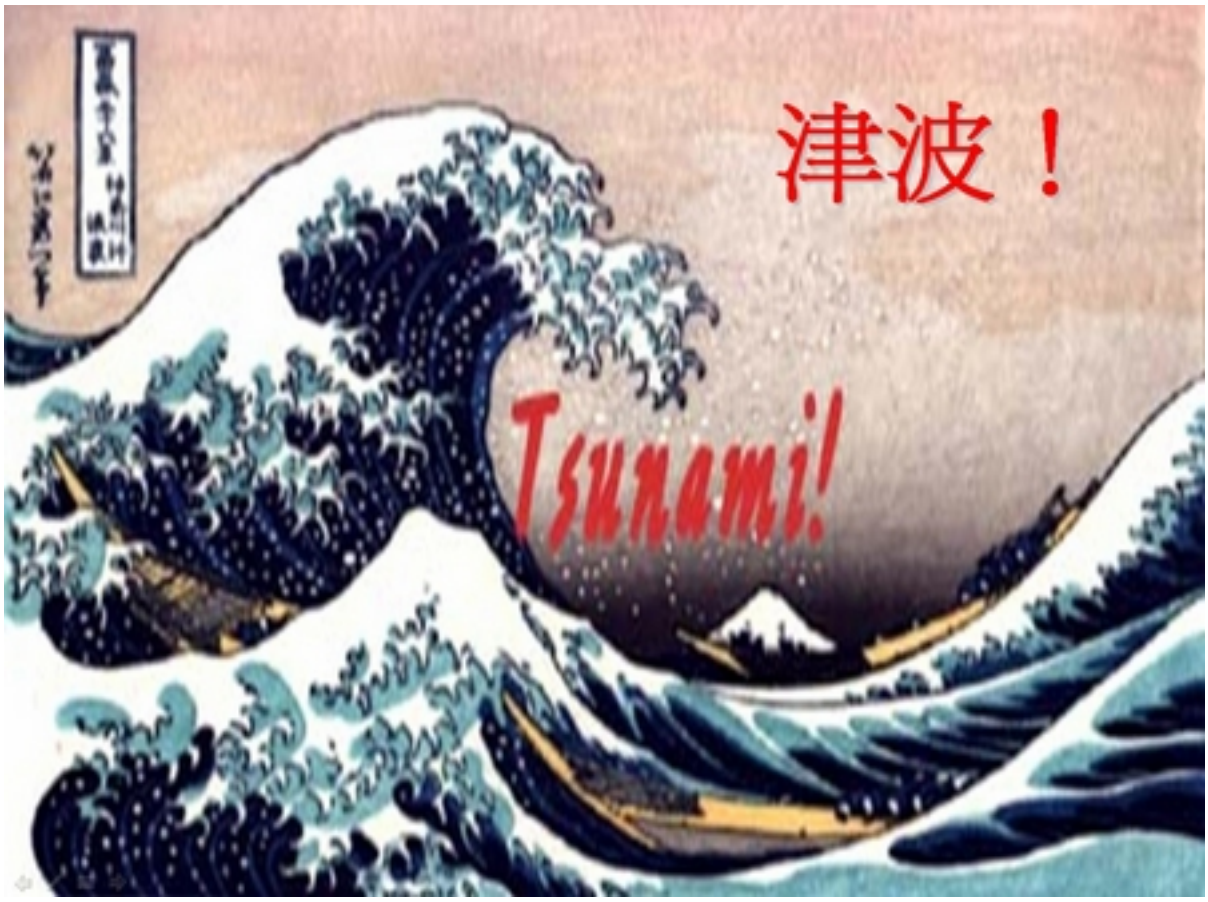
日本東北海域介於太平洋板塊(Pacific Plate)和歐亞大

(Eurasia Plate)板塊之間(圖三)。這二個板塊都是超級的大板塊。太平洋板塊每年以8-10公分的速率向歐亞大陸板塊隱沒。在隱沒的過程中，如果遭遇海底山的阻礙，隱沒的秩序不順暢，或者一個板塊相對另一個板塊之間有相互閉鎖的現象，地震的能量就被疊積起來。如同前述，100-200年的短暫年代，可以儲藏10-20公尺的海床俯衝量(相當於日本仙台巨大地震的海底地形位移量)。當它的斷裂面是廣大的 (例如200 □500平方公里)，加上深海的環境，海嘯就因應而生。當海嘯向四周散播，水深愈淺，它的速度愈慢，但它的能量就愈被放大。海嘯在4,000公尺深海，大約是飛機的速度，到了10公尺的海岸，它是慢跑的速度，但它的浪高卻被累積成為10-30公尺的巨浪。排山倒海而來，幾乎是沒有什麼抵擋的(圖四)。



Phoca PDF

圖三、西太平洋板塊運動圖，箭頭( )指出板塊向另一板塊隱沒和俯衝的方向。



圖四、日本海嘯 (津波)之示意圖。

日本這一次的海嘯，因為有NHK電視台利用直昇機空拍的畫面，所以它是第一次人類史上，幾乎全球的人口都在注視的海嘯現場實景。它的震憾性和警戒性，幾乎就是全世界人類最好的一次「海嘯操演」。當然，日本人民付出的代價和慘痛的經驗，卻是我們省思的最佳機會。

海嘯後的一星期內，日本東北海岸的福島第一核能電廠頻頻出現危機，加上輻射外洩的事實，使得日本政府不得不面對日本史上最嚴重的核能危機，並且正式宣佈進入核安的緊急狀態。

參、 2010年智利和2004年印尼巨大地震與海嘯

2010年2月27日智利南部海域，介於首都聖地牙哥(Santiago)

和第二大康世祥城(Conepcion)之間，發生規模=8.8的巨大地震。發生地震的主要原因，是納斯卡板塊(Nezca Plate)向南美板塊(South America Plate)隱沒，相互之間的俯衝，可能年久不暢，累積下來的能量釋放。1960年，在智利更南部的海域發生規模=9.5的世界第一大地震。台灣在24小時後，遭受1.9公尺海嘯的侵擊。地震後，海嘯接著來襲。南部海邊的幾個城市都遭淹沒和冲毀(圖五)。筆者從事地震與海嘯研究，所以在2010年間，與全世界其他的研究團隊，5次到智利南部海域，深入探討巨大地震發生的成因。

Phoca PDF

發佈：2011-06-20, 週一 18:22
點擊數：12989

圖五、2010年2月27日，智利南部底峽拖市遭受海嘯襲擊的情景。

Phoca PDF

發佈：2011-06-20, 週一 18:22
點擊數：12989

2004年12月26日印尼蘇門答臘北部海域發生規模=9.3的世界第三大地震。澳州板塊(Australia Plate)向歐亞板塊隱沒的結果(圖三)。海嘯席捲22萬人的性命，孤鴻遍野(圖六)。筆者2011年帶領二位印尼學生造訪他們的家鄉-蘇門答臘最北方的首都班達亞齊(Banda Aceh)。雖然事隔8年，但海嘯的陰霾，仍然存在。聽他們陳述海嘯來襲的情景，真是觸目驚心。筆者的二位印尼學生之一，在海嘯中，失去所有的親人。從他的回憶中，另人深感痛失親人的淒涼。

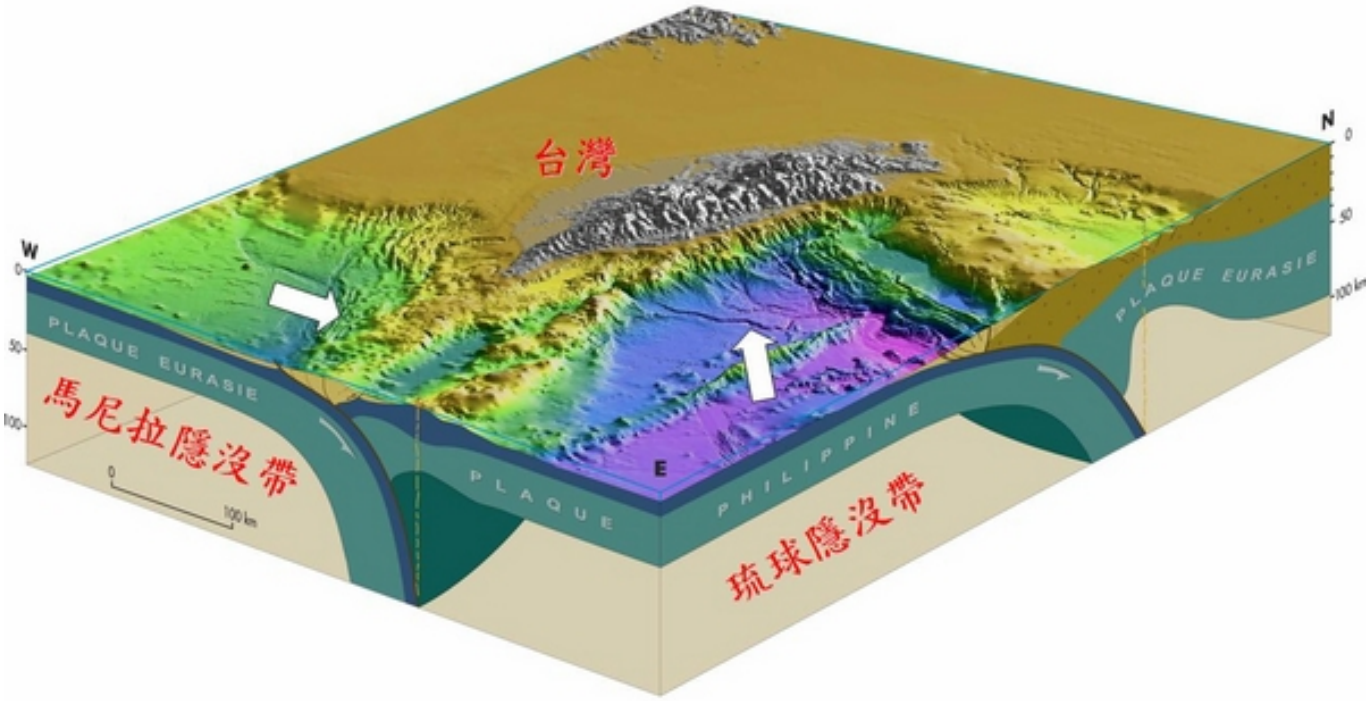
Phoca PDF

圖六、2004年12月24日印尼班達亞齊市被海嘯沖毀之情況

這三場近十年來的海嘯浩劫中，最大的不同在於智利和印尼的海岸沒有核能廠，所以大災難後，就是慢慢恢復和重建的問題。但日本和台灣的海岸有大約相同密度的核能廠設施（台灣的北部海岸有核一和核二，加上正在建廠中的核四；南部則有核三）。如果，加上中國沿岸的十多座核能廠，這才是我們不能掉以輕心的最大原因。

肆、 台灣會發生巨大地震與海嘯嗎?

台灣附近海域就如同日本、智利和印尼的海域一樣，介於二大板塊之間的交接處。台灣東部海域有菲律賓海板塊（Philippine Sea Plate）向歐亞板塊隱沒的現象（圖七），每年以8公分的速率；台灣西南部則有歐亞板塊反向俯衝的事實（圖七），每年也以8-9公分的速率前進（1999年9月21日集集地震，即發生在這種的板塊運動；因為地震震央在陸上，所以沒有海嘯發生）。國人記憶猶新，當時的慘重，歷久不忘。當一個板塊每年以8-9分的累積，100年就是8-9公尺，200年即16-18公尺，已經不是我們任何核能電廠所能承受的壓力。雖然我們不希望它發生，但我們有充分的理由相信它會發生，只是不知道正確發生的日期？今日？明日？今年？明年？或10年後？這種威脅是存在的。



Phoca PDF

發佈：2011-06-20, 週一 18:22
點擊數：12989

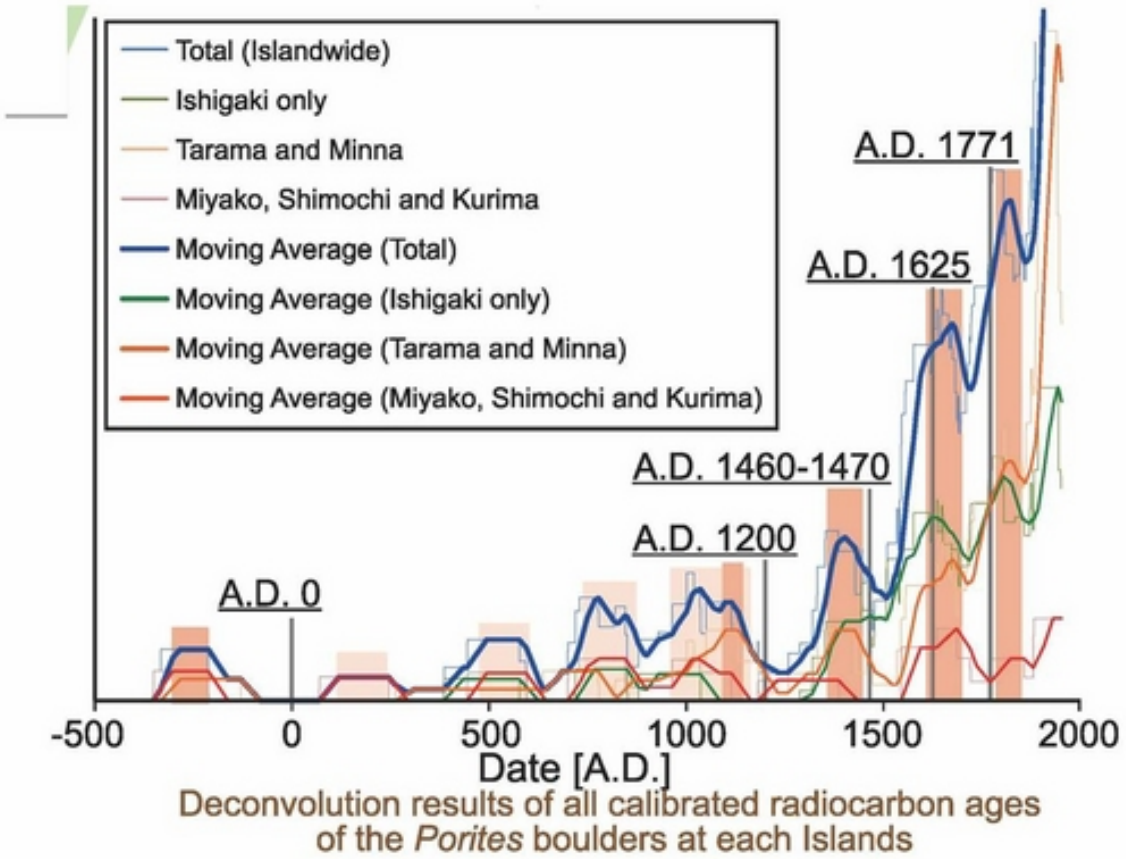
圖七、台灣附近海域的板塊運動，琉球隱沒帶每年以平均8公分速率前進，馬尼拉則每年以9公分前進。150年可累積12-14公尺。

日本是一個記錄海嘯最完整的國家，差不多有最近一千多年來的古海嘯歷史記錄。我們遍查台灣東部琉球隱沒帶的記錄(圖8):1200年、1460-1470年、1625年、1771年(亦即日本史上最大的石垣島大海嘯，浪高達80公尺)和1867年(基隆海嘯8公尺)。它的發生頻率大約是150年。依此類推，台灣東部和東北部海域(也是日本的琉球海域)已經沉寂有一段時間，萬一巨大地震發生，觸動火山爆發，引起海嘯，都是我們最不樂見的事實。

中央大學水文與海洋科學研究所吳祚任教授發表:「侵台灣之海嘯研究」，指出台灣南部的馬尼拉隱沒帶(圖七)，每年以8.7公分錯動，已經225年沒有發生大地震。依他的推論，可能發生規模=8.5的巨大地震，而其海嘯浪高可達20公尺。

Phoca PDF

發佈：2011-06-20, 週一 18:22
點擊數：12989



圖八、琉球海溝的海嘯記錄:1200,1460-1470,1625,1771(石垣島海嘯),1867(基隆海嘯)。發生頻率

Phoca PDF

大約是150年。
伍、 台灣的核安問題

如果台灣附近海域發生巨大地震，捲起10-20公尺的海嘯，台灣

沿岸的4座核能廠能躲得開嗎?這是我們最關切的問題。台灣核能廠的主要問題在於:

1. 4座核能廠都位在斷層附近 - 原能會副主委日前語出驚人說:台灣核能廠坐落在堅固的岩盤上。但台灣人民能相信嗎?相反地，根據中央地質調查所和現有的地質資料顯示:台灣的4座核能廠都位在斷層附近。核一、和二廠位在金山、山腳斷層的5-7公里的二側，核三廠在恆春斷層的2公里附近，核四廠則在蚊子坑斷層的旁邊。因為20多年前以前規劃蓋廠的時候，沒有這些資料，所以當然沒有防護措施。但如果發生巨大地震，引起海嘯、恐怕20-30年前的設備是抵擋不住的。

2. 核一、二、和四的台灣東北部海域有海底火山的威脅 - 在距離台灣東北沿岸的30-80km海床上有明顯的火山存在。如果地震引發火山的「連動」，對我們北部的3座核能廠，也是另外一個隱憂。

3. 抗震係數不夠 - 核一廠的抗震係數為0.3G，核二、三和四為0.4G。而這次發生核災的日本福島電廠的抗震係數為0.6G。福島電廠都抵抗不過巨大地震和海嘯，我們有什麼理由說我們會是安全的?

4. 核四廠拼裝趕工 - 興建中的核四廠，改變過去向美國業者統包採購的作法，將重要的設備分包給10多家廠商承包，並且自行更改核能發電設備達1,000多項。如是的拼裝核能工程，說它能夠比日本更能抵抗海嘯。大家相信嗎?

5. 核廢料的問題 - 因為我國沒有被允許處理核廢料，而全島也找不到核廢料最終埋藏的地點，所以數量龐大的燃料廢棒仍然儲藏在核電廠。如果發生巨大地震與海嘯，這些廢料，就會變成可怕的原子彈。數量達1萬5千多根。

6. 核一、二和三廠役期過長 - 三座核電廠的六部機組都已經服役超過20年。美國核能廠的平均壽命是15年。現在台灣還要在40年到期後，再延役。加上歷年來，核災事故不斷，監控管理不佳的情況下，實在很令人擔心。

一旦發生核災後，要在短短的幾小時內，撤離方圓30公里內，新北市、台北市和基隆市的600萬人口，是一項不可能的任務，而且一定亂成一團。

陸、 結語

日本前原子局長島村武久(=我國原能會主委)，在退休後寫了一本名為「原子力講義」的書指出:「日本政府的核能政策只不過是在自圓其說，其實根本沒有電力不足的問題。不敢明言拒絕美國的日本一口氣蓋了太多核電廠，搞得自己手上屯積了一塊鈾和鈽，不知該如何是好」?這個問題，好像也是我們的寫照。核安的問題是國人最關切的問題，也是我們的子子孫孫要在這片土地立足的大問題。我們的結語和呼籲對執政者的如下:

Phoca PDF

1. 不怕一萬，只怕萬一。希震望我們可以從日本這次的慘痛經驗中，學習到我們對於核安應有的防護措施。

2. 2011年日本、2010年智利、和2004年印尼大地震與海嘯都是萬顆原子彈級的巨大威力。但智利和印尼的海岸沒有核電廠，所以遭受地震與海嘯的蹂躪後，雖然也很慘重(例如印尼在2004海嘯中死亡22萬人的性命和無數的財產)，但災後，可以慢慢重建。對日本而言，這次福島核安事故，還不知道要影響多久。

3. 以上巨大地震的威力是1999年台灣集集地震的500倍大。國人慘遭災難，記憶猶新。如果未來面對更為巨大的地震災難，加上海嘯，再加上核災，國人恐怕無法承受。

4. 把核能廠蓋在30公里內600萬人口的首都區，加上火山和斷層的威脅，是很不智的決定。

5. 無法處理核廢料，又要強迫自己使核能發電，是「債留子孫」的不良行為。

6. 希望沒事就好。天佑台灣!

作者李昭興為國立臺灣海洋大學應用地球科學研究所 教授
（本文僅代表作者個人意見，不代表本智庫立場）

Phoca PDF