

[研究動態報導]

發現臺灣古海嘯(Discovering paleotsunamis in Taiwan)

東華大學自然資源與環境學系 顏君毅

臺灣有沒有受過海嘯侵襲？

臺灣是否曾受過海嘯侵襲？要回答這個問題並不容易，而最簡單直接的方法就是先找尋歷史資料。然而臺灣由於文字歷史時期短，歷史紀錄與近代觀測紀錄都不充分，因此這個問題不是很容易回答。在過去的歷史紀錄中，1867年基隆金山的地震海嘯的紀錄最為詳實，並且有多個不同單位的人士紀錄這一事件。除了該事件以外，其他的紀錄就不甚明確。徐泓在1986年整理了清代臺灣天然災害(徐，1986)，其中有幾則跟海嘯有些相關的事件，例如臺灣采訪冊「鳳港西里有加藤港，……乾隆四十六(1781)年四、五月間，時甚晴霽，忽海水暴吼如雷，巨湧排空，水漲數十丈，近村人居被淹…」及「壬子(1792)，將赴鄉闈，時六月望，泊舟鹿耳門，船常搖盪，不為異也。乎無風，水湧起數丈。舟人約：地震甚。又在大洋中亦然。茫茫黑海，遙遙巨舟，亦知地震，洵可異也。」。這些史料都有一兩句類似海嘯的現象紀錄，但是這些紀錄對於確切時間、地點、影響範圍、波高等都沒有記錄，因此後續利用這些資料需要做很多的假設。另外，在歷史紀錄中也有很多矛盾的紀錄，例如蘇聯院士Soloviev & Go的紀錄中提到臺灣西部在1782或是1682「幾乎全島」超過120公里被海嘯淹沒，四萬多人喪生(Soloviev and Go, 1974)，但是此紀錄與同樣在1781年「發生」在屏東的疑似海嘯事件的位置、規模皆不相符。林明聖的研究也指出前者應該是訛傳造成(林，2006)。

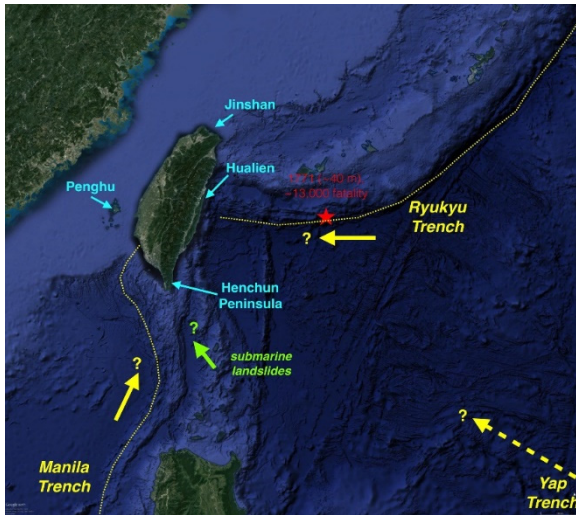
歷史紀錄有問題，那近代是否有實際發生海嘯的紀錄呢？根據許明光等人的研究(1995)，近數十年來臺灣比較明顯的海嘯僅有1951年10月花蓮地震海嘯(約數十公分)，1960年5月智利海嘯影響，造成基隆的波高66公分、花蓮的波高30公分，並造成基隆港內海潮高於海平面1.9

公尺、1993年8月關島地震造成花蓮約30公分之波高。其餘尚有少數影響臺灣的海嘯，但是造成的波高都僅有十數公分。這些紀錄看起來，臺灣就算有海嘯侵襲，也都危害不大。但是歷史紀錄中又很確定在1867年金山地區曾經受過海嘯侵襲(Yu *et al.*, 2016; 岡本, 1913)。我們要如何解決這明顯的矛盾呢？又這些常常發生的近代海嘯事件大多沒有留下太多的地質紀錄或是地表改變，然而在金山基隆的歷史紀錄中也明確告訴我們海嘯對當地造成極大的損害，所以是否在較長的歷史裡，臺灣曾經受到很久才出現一次，但是會造成災害的海嘯事件呢？

地質調查建立可信的古海嘯資料

前幾年臺灣開始有古海嘯地質紀錄調查，主要由臺灣大學太田陽子教授開始，先在九棚發現疑似海嘯石(Matta *et al.*, 2011)，而最近則是在蘭嶼又發現可能是古海嘯證據的海嘯石(Ota *et al.*, 2015)。然而，在九棚地區的海嘯石與其底部的隆起珊瑚礁平臺的年代接近，各處「海嘯石」的數量也少，因而難以對其作出統計或是其他科學測試，因此不容易確認這些巨大礫石的成因與形成時間。

為了進一步解決這些問題，最近幾年位於花蓮東華大學的臺灣東部地震研究中心與清華大學游能悌(原新竹教育大學)、高雄師範大學齊士崢、臺灣大學林立虹與其他研究人員針對臺灣各區是否有海嘯侵襲過的地質紀錄。由於臺灣古海嘯侵襲紀錄實在不夠充分，因此我們透過合作到日本觀察了許多研究過並且確認的古海嘯野外區域調查並學習，調查區域包含了太平洋側與日本海側的數十個點，以及距離臺灣約百餘公里的石垣島(圖二)。再利用我們調查學習到的經驗，配合沈積、地形、大地構造等條件，在臺灣各處做野外的古海嘯地質紀錄調查。



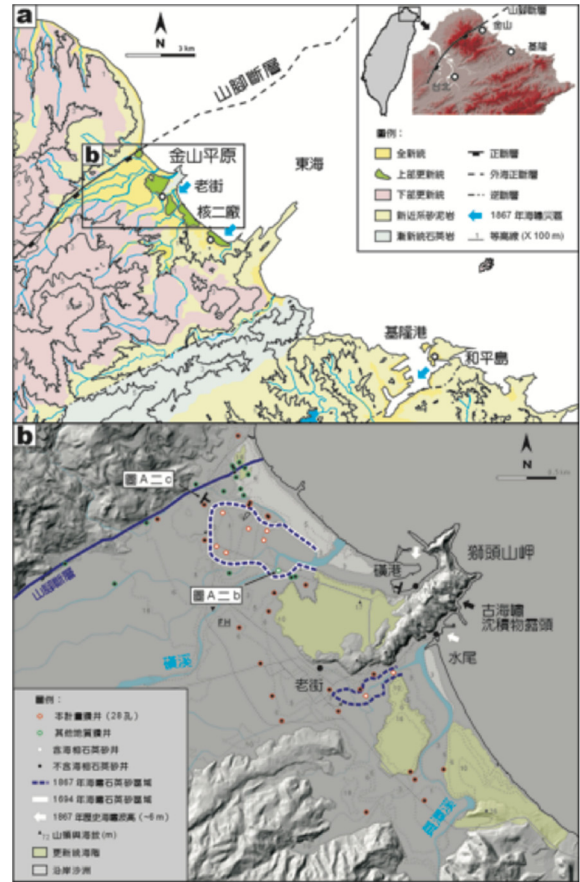
圖一 臺灣附近有馬尼拉海溝、琉球海溝等發震的海溝，在琉球諸島中也有多次大規模海嘯侵襲的紀錄（1771 明和大海嘯在八重山諸島造成超過一萬人死亡）。遠距離地震來源如致力與 Yap 海溝距離雖遠，其地震引起之海嘯仍可能抵達臺灣東部。另外在馬尼拉海溝東部與呂宋島弧中間，有許多大規模海底山崩，也可能引起大規模的海嘯。；綠色與黃色箭頭代表海嘯來源。



圖二 石垣島的海嘯石

為了可以有效找到古海嘯沈積物的地質紀錄，我們綜合了歷史海嘯發生地點、與臺灣周遭的地體構造，分成了以下四大區塊進行調查，包括北臺灣（金山—基隆）、東臺灣（花東海岸）、西臺灣（澎湖群島）、與南臺灣（恆春半島）。

在各處野外工作、比較後，我們先在金山地區的地質紀錄找到海嘯沉積物（圖三）。經過詳細調查與定年後，除了確認了歷史紀錄上較詳細



圖三 (a)金山—基隆地區地質簡圖。(b)金山平原地形、地質井位、與露頭剖面位置圖。

記錄的 1867 基隆金山地震海嘯，還發現在同一區域於 17-18 世紀間曾經發生過另一次海嘯(Yu *et al.*, 2016)。這兩次海嘯侵襲區域、溯上高以及沈積物分佈特性皆非常類似，顯示金山基隆地區的地震海嘯並非單一事件。除了平原區發現的兩次古海嘯事件以外，在距今兩千多年內稍老沈積層中也找到多次古海嘯紀錄，更確認基隆金山地區海嘯事件的重複發生之確切紀錄

我們在花東海岸多個地點發現古海嘯的地質紀錄（圖四），這些記錄的特徵和我們在日本野外與槽溝觀察露頭特徵非常相似，都是來自海洋的高能量沉積物夾在代表低能量、穩定環境的沈積層中間，例如夾在古土壤中間。由露頭以及槽溝發掘，在花東海岸地區大致有三次明顯的「異常事件」，這些事件的時間分別是，<300B.P.，400~700 B.P.，以及 750~960 B.P. 三次事件。這樣的事件普遍分布在海岸山脈北段的海岸，顯示臺灣東部受到重複的海嘯事件影響。



圖四 花蓮海邊的槽溝



圖六 阿朗壹古道可能海嘯事件露頭



圖五 澎湖野外露頭

而在西臺灣以及西南部，由於土地耕種、開發使許多自然狀態沉積的淺層土壤與地層遭到擾動，因而近千年來之地質紀錄受到人工破壞取得不易。其中一個解決此困境的方法是到開發較少的外島找尋古海嘯的地質證據。我們選擇澎湖做調查區域，這是基於可以影響臺灣西部的海嘯事件也很可能會影響澎湖的假設。在數次的調查之後，我們發現了數處類似花東海岸的野外露頭（圖五），沉積層露頭的共同特徵是來自海洋的沉積層堆積於古土壤層之上。考量澎湖地區的最近數千年來的海水面變化、潮位和波浪紀錄，以及發育廣大濱臺的海岸對波浪能量的消滅作用，所以我們將高於當代海水面超過 5 公尺的高能量事件記錄，視為可能代表古海嘯的「異常事件」記錄。而在澎湖我們在本島南方，以及南方的外島地區共發現三次事件，時間大約落在距今 500 年、1000 年與 1500 年附近。

在恆春半島地區的調查，我們僅在太平洋岸的旭海、南田間海岸找到可能代表古海嘯的「異

常事件」沈積物（圖六）。初步發現這一地區在最近一千年內可能至少紀錄了兩次事件，較近的事件約距今 500 年而較老的事件時間大約落在距今 1000 年附近。不過因為學者發現恆春半島東岸分布海嘯石，所以我們仍需要在這個地區廣泛調查，再多找尋是否有其他的露頭，以更進一步了解恆春半島東岸是否有其他古海嘯地質記錄。

結果與討論

綜合以上各區的調查成果，我們可以看出北臺灣海嘯是一個清楚、獨立於其他各區的成因。北臺灣的古海嘯應該與山腳斷層有非常直接的關聯性，因而造成基隆金山地區重複受到海嘯侵襲。以最粗估的方式推算，北臺灣海嘯的再現週期約落在兩三百年左右。

臺灣東部、西部、南部的古海嘯成因或許有些關聯。首先，臺灣西部，由澎湖地區看來，幾個事件似乎落在距今 500、1000、1500 年左右，這樣的年代在恆春半島東部也有發現距今約 500 與 1000 年的事件。因此，這兩區的成因可能有關聯。而同樣在臺灣東半部的花蓮、以及恆春半島東部，發生海嘯的時間與再現週期似乎不同。在恆春半島，再現週期與臺灣西部類似，都是約略在 500 年左右，然而在花蓮地區的海嘯紀錄卻在 <300 B.P., 400~700 B.P., 以及 750~960 B.P.。這個發生的時間與 Araoka *et al.* (Araoka *et al.*, 2013) 利用珊瑚訂年得到石垣島海嘯侵襲時間非常類似。因此，我們推測東臺灣的較北部受到琉球海溝來源的海嘯，而恆春半島東部則是與臺灣西部類似的來源。由於 1000 年前的事件，在恆

春半島東部、澎湖以及西沙群島的東島都有紀錄，因此我們推測影響臺灣西部、南部的主要是馬尼拉海溝來源。

結 論

雖然在近代儀器開始紀錄後，臺灣未曾受到災害性的海嘯侵襲，但是在全國踏勘、選點調查後我們發現臺灣許多區域有明顯、無法用一般氣候事件解釋的異常事件的地質紀錄。根據這些異常事件之地質紀錄本身的特性、分佈，部分地區再佐以歷史紀錄，我們可以推定這些為侵襲臺灣的古海嘯事件。從地質紀錄可以得知，臺灣各個區域的古海嘯特徵、可能來源都有各自的特性。

參考文獻

- [1] 徐泓，清代臺灣天然災害史料彙編：v. 72 (1986)
- [2] Soloviev, S L, and Go, Ch N., Catalogue of Tsunamis on the western shore of the Pacific Ocean: 1-447 (1974).
- [3] 林明聖，歷史海嘯的研究方法：地質 v. 25，第 71-81 頁 (2006).
- [4] Yu, Neng-Ti, Yen, Jiun-Yee, Chen, Wen-Shan, Yen, I-Chin, and Liu, Jin-Hsing., Geological records of western Pacific tsunamis in northern Taiwan: AD 1867 and earlier event deposits: *Marine Geology* v. 372, p. 1-16 (2016).
- [5] 岡本要八郎，金包里附近之地變：臺灣博物學會會報，v. 20，第 168-169 頁 (1913).
- [6] Matta, Nobuhisa, Ota, Yoko, Chen, Wen-Shan, Nishikawa, Yuka, Ando, Masataka, and Chung, Ling-Ho., Finding of Probable Tsunami Boulders on Jiupeng Coast in Southeastern Taiwan: *Terrestrial Atmospheric and Oceanic Sciences* v. 24, p. 159 (2011).
- [7] Ota, Yoko, Shyu, J Bruce H, Wang, Chung-Che, Lee, Huey-Cheng, Chung, Ling-Ho, and Shen, Chuan-Chou., Coral boulders along the coast of the Lanyu Island, offshore southeastern Taiwan, as potential paleotsunami records: *Journal of Asian Earth Sciences* v. 114, p. 588-600 (2015).
- [8] Araoka, D, Yokoyama, Y, Suzuki, A, Goto, Kazuhisa, Miyagi, K, Miyazawa, K, Matsuzaki, H, and Kawahata, H., Tsunami recurrence revealed by Porites coral boulders in the southern Ryukyu Islands, Japan: *Geology* v. 41, p. 919-922 (2013).