

## 20140401 智利北部外海地震及海嘯避難作為省思

吳秉儒<sup>1</sup>、柯孝勳<sup>1</sup>、李中生<sup>1</sup>、陳秋雲<sup>1</sup>

1 國家災害防救科技中心地震及人為災害組

### 摘要

2014 年 4 月 1 日智利北部外海發生規模  $M_w 8.2$  的地震，造成 6 人死亡，並產生波高約 2m 的海嘯，引起國際媒體高度關注。美國太平洋海嘯警報中心(Pacific Tsunami Warning Center)陸續對智利、祕魯、厄瓜多爾、哥倫比亞、巴拿馬等中南美洲國家發布海嘯警報，智利接獲海嘯警報後疏散了沿海數十萬民眾，民眾依循避難指標往高處避難，其操作經驗值得我國海嘯疏散避難規劃參考。

### 一、智利北部外海地震概況

智利北部外海地區於當地時間 2014 年 4 月 1 日 20:46(臺灣時間 4 月 2 日 7:46)發生規模  $M_w 8.2$  的地震，根據美國地質調查所(United States Geological Survey, USGS)資料顯示，震央(圖 1)位於北部城市伊基克(Iquique)西北方約 90 公里外海，即南緯 19.642 度、西經 70.817 度，震源深度 20.1 公里，最大震度為修正莫卡利震度(Modified

Mercalli Intensity, MMI)7 級(相當於我國震度 5 級) ，震度分布圖如圖 2，最大地表加速度約為 300gal；主震過後又發生多起餘震，最大餘震規模 7.6。

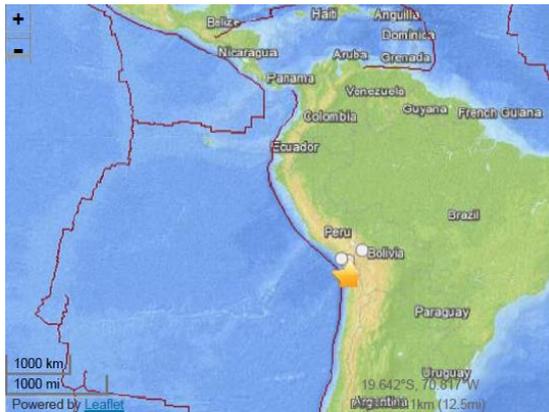


圖 1、智利北部外海地震震央位置 (USGS)

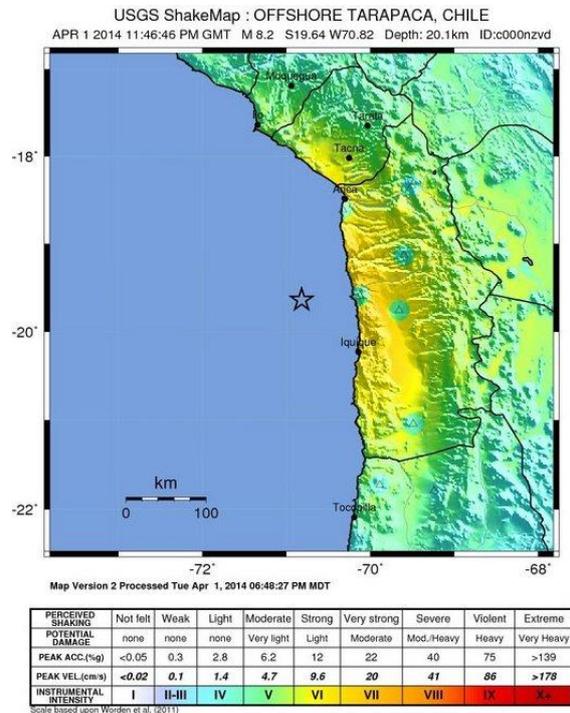
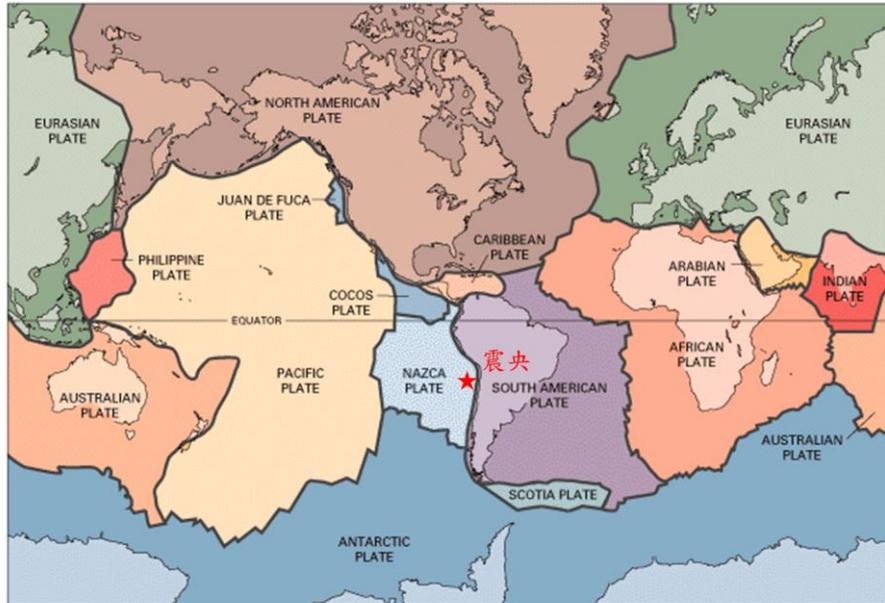


圖 2、震度分布(USGS)

### (一)地震成因

智利位於環太平洋地震帶上，本次地震震央位於納斯卡(Nazca)板塊與南美洲板塊邊界處(如圖 3)，納斯卡板塊以每年 65mm 至 74mm 之速率向東隱沒至南美洲板塊下方。根據 USGS 之震源機制解，本次地震為向東傾、低角度的逆衝型斷層錯動所產生；因為是逆衝斷層，海床有垂直的運動，因而生成海嘯並向四周傳遞。



The Earth's tectonic plates courtesy of the U.S. Geological Survey

圖 3、本次地震所在板塊位置(USGS)

## (二)地震災情

本次地震主要災情說明如下：

1. 人員傷亡：本次地震共造成 6 人遇難，其中 3 人因為地震引致山崩而罹難。
2. 建物破壞：因為當地建築很多是磚造或土造，連日發生的地震及餘震，造成逾 2,600 間房屋損毀，如圖 4(a)。
3. 海嘯災情：鄰近震央的 Iquique、Pisagua 兩城市之最大波高為 2m 左右，海嘯造成港口超過 80 艘漁船破壞；海嘯往 Iquique 市區入侵至少 100m，將許多船隻及汽車抬起沖往內陸，如圖 4(b)、(c)。
4. 山崩：Iquique 市距離海岸線 2km 左右即是丘陵及高山，地震引致山崩，造成山區道路中斷，並壓毀數台汽車，如圖 4(d)。

5. 道路破壞：地震產生劇烈的地表變位，造成道路開裂，如圖 4(e)。
6. 火災及電力中斷：地震造成數起火警，如圖 4(f)，靠近震央的 Iquique 市一度電力中斷，不過隨後已恢復供電。



(a)建物破壞



(b)汽車及船隻遭海嘯沖毀



(c)漁船遭海嘯沖往內陸



(d)地震引致山崩



(e)地震造成道路開裂



(f)地震引致火災

圖 4、智利北部地震主要災情(CNN、法新社、路透社)

### (三)海嘯警報發布歷程

地震發生後 8 分鐘，美國太平洋海嘯警報中心(Pacific Tsunami Warning Center, PTWC)首先對智利、祕魯、厄瓜多爾三個國家發布海嘯警報；隨後 USGS 地震資料將地震規模由 8.0 上修至 8.2，PTWC 於海嘯警報第 4 報將哥倫比亞、巴拿馬列入警報通知國家，臺灣及亞洲國家皆未在警報範圍內。根據海嘯實測資料，只有在靠近震央的 Iquique、Pisagua 兩城市觀測到最大波高為 2m 左右的海嘯，其他地方觀測到的海嘯波高皆較小，因此於震後 5 小時(臺灣時間 4 月 2 日中午 12:43)解除海嘯警報。

### (四)智利歷史地震災害

智利過去曾發生幾次重大地震災害事件(如圖 4)，簡述如下：

1. 1960 年 5 月規模 9.5 地震：此次地震是觀測史上記錄到規模最大的地震，地震產生高達 25m 海嘯，海嘯侵襲了智利、夏威夷、日本、菲律賓、紐西蘭東部、澳洲東南部與阿拉斯加的阿留申群島等地區，造成智利超過 2000 人死亡、夏威夷 61 人死亡、及日本 200 人死亡。
2. 1922 年 11 月規模 8.5 地震：此次地震造成數百人死亡與導致嚴重的財產損失，且引起約 9m 海嘯導致智利海岸地區淹水，以及與夏威夷希羅港(Hilo)口之船隻破壞。

3. 2010 年 2 月 27 日規模 8.8 地震：此次地震造成 507 人死亡、50 萬棟房屋破壞。海嘯於地震後 26 小時抵達台灣東部地區，最大波高約為 30cm。

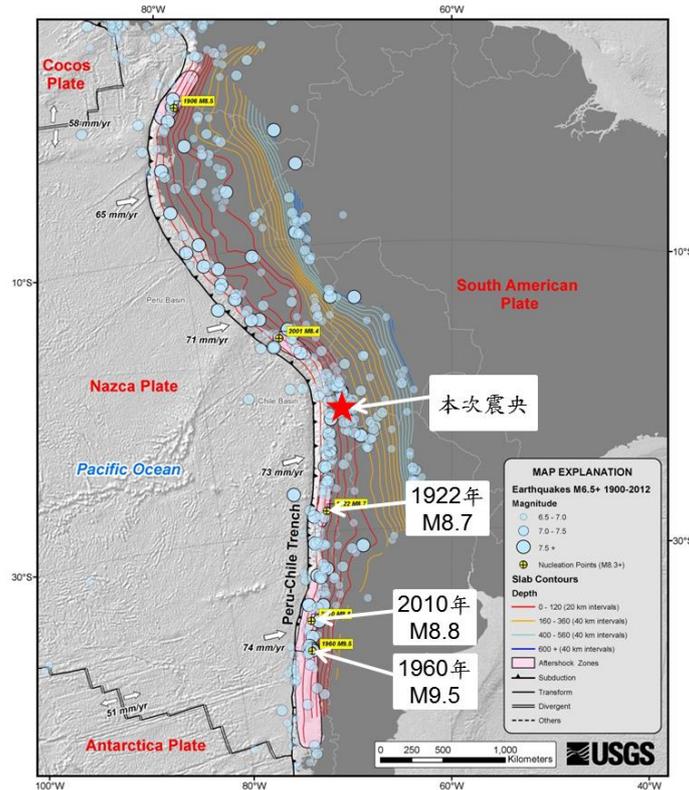


圖 5、智利歷史重大地震位置(USGS)

## 二、智利海嘯疏散避難作為

智利總統在地震後發表電視演說，宣布北部三省(Arica、Parinacota、Tarapaca)進入應變狀態，並下令疏散沿海地區數十萬居民，民眾依循海嘯避難指標步行往高處避難，抵達安全避難地點集結，如圖 6。智利政府開設 18 個收容場所，有些民眾前往收容場所安置，有些民眾則在居家附近空地夜宿，如圖 7。



(a)民眾依循指標前往高處避難



(b)民眾抵達安全避難地點集結

圖 6、智利民眾海嘯疏散避難情形(CNN、路透社)



(a)民眾前往收容場所安置



(b)民眾在戶外空地夜宿

圖 7、智利民眾收容安置及戶外空地夜宿情形(法新社、CNN)

這次地震在 Iquique、Pisagua 兩城市造成波高為 2m 左右的海嘯，但是海嘯並未造成任何傷亡，數十萬人能夠井然有序地完成避難，歸功於智利政府早已製作了主要沿海城市的海嘯溢淹潛勢圖及海嘯疏散避難地圖，於避難路線上設置許多海嘯疏散避難指標，並透過教育宣導讓民眾熟悉避難路線。

圖 8 為智利中部比尼亞德爾馬市(Viña del Mar)之海嘯溢淹潛勢圖，圖中標示溢淹水深 0 至 1m、1m 至 2m、2m 至 4m、4m 至 6m、

6m 以上之影響範圍。圖 9 為伊基克(Iquique)市政府製作之海嘯疏散避難圖，將市區分為 5 個區域，以紅線標示疏散避難路線，民眾必須依循避難路線往內陸高處移動，至綠色線上標示為 PE 之安全避難地點集結。由圖 6 照片顯示，民眾的確依照指示完成避難行動。

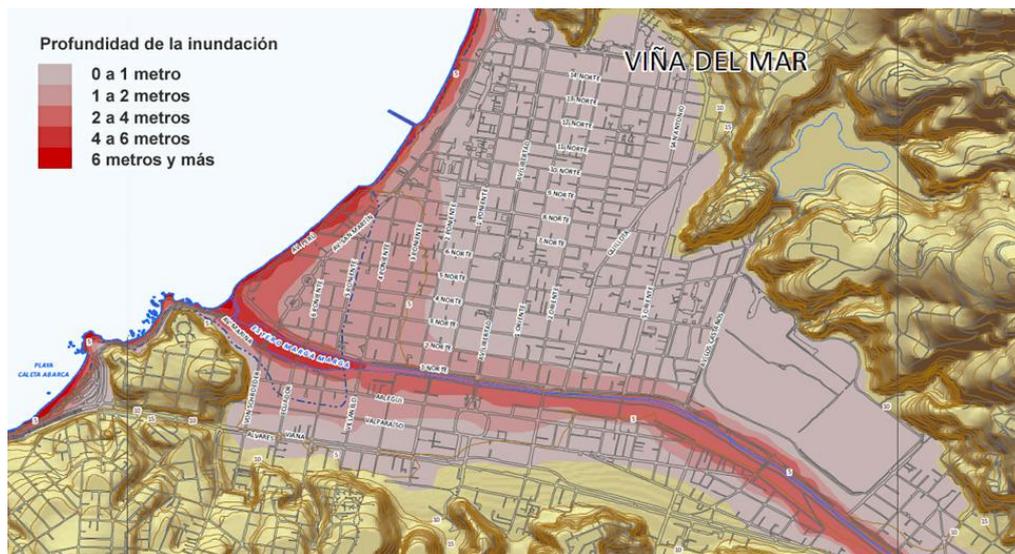


圖 8、智利比尼亞德爾馬市之海嘯溢淹潛勢圖  
(<http://www.vinadelmarchile.cl/page/0/150/informacion-evacuacion-tsunami.html>)



圖 9、智利伊基克市之海嘯疏散避難地圖  
(<http://www.municipioiquique.cl/>)

### 三、海嘯由智利至臺灣之傳遞模擬結果

地震發生後，本中心立即請中央大學吳祚任教授協助進行海嘯傳遞模擬，圖 10 為海嘯走時預估，海嘯由智利傳遞至臺灣大約需要 24 小時至 26 小時。圖 11 為海嘯模擬預估到達臺灣各地岸邊之預估波高，最大值在烏石港將近 7cm，其他地方則在 5cm 以下。

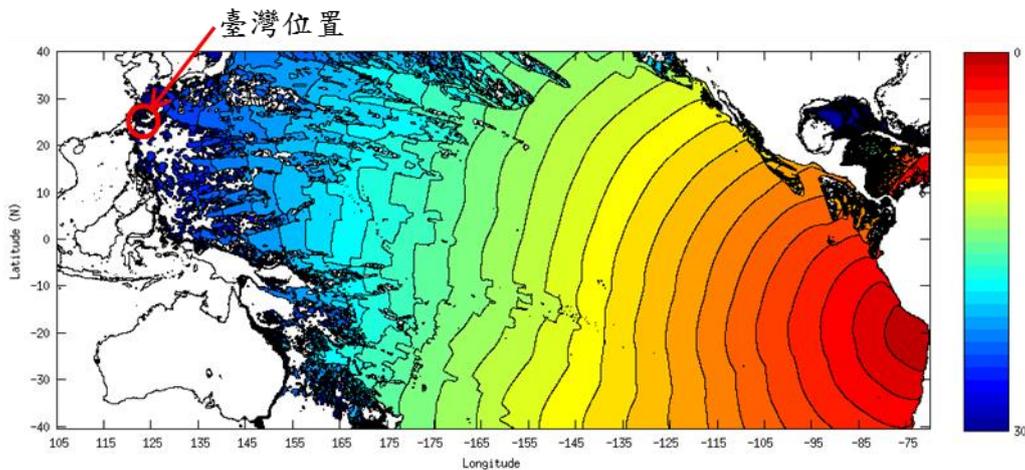


圖 10、智利海嘯傳播模擬之走時預估(吳祚任，2014)

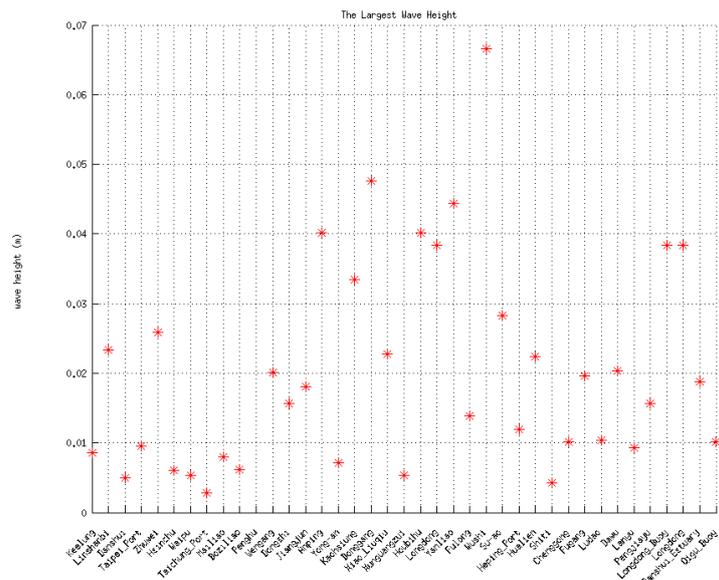


圖 11、智利海嘯到達臺灣各地岸邊之預估波高(吳祚任，2014)

日本氣象廳表示，他們於當地時間 4 月 3 日中午 12 時 20 分(台灣時間上午 11 時 20 分)在岩手縣久慈市(Kuji)觀測到 60cm 高的海嘯，12 時 45 分在茨城縣大洗町觀測到 30cm 高的海嘯，在仙台市、八丈島觀測到 20cm 高的海嘯。不過臺灣並未觀測到明顯海平面變化。

#### 四、結語

本中心依據科技部提供之海嘯模擬結果，加值產製臺灣本島各縣市海嘯溢淹潛勢圖，並完成「運用海嘯模擬結果進行海嘯疏散避難規劃參考指針」，提供地方政府海嘯疏散避難規劃參考。已有許多縣市更新海嘯模擬結果並製作海嘯疏散避難地圖，惟圖資內容及避難路線標示方式不一，建議可參考國外經驗修正調整。

本次地震規模高達 Mw8.2，引發波高約 2m 之海嘯，美國太平洋海嘯警報中心發布海嘯警報之後，智利政府立即疏散沿海數十萬民眾，民眾依循原已規劃之避難路線前往內陸高地，無人因為海嘯而傷亡。這次地震能迅速疏散數十萬民眾，主要是智利政府已製作沿海主要城市之海嘯溢淹潛勢圖，並根據當地街道分布及地形狀況，規劃疏散避難路線及安全避難地點，其操作經驗值得我國參考。建議中央目的事業主管機關及地方政府可參考智利政府製作之海嘯疏散避難地圖，清楚標示海嘯避難路線及安全避難地點，並於避難路線上廣設避難指標，配合教育宣導及防災演練，讓民眾熟悉海嘯避難路線，以掌

握避難時效。

## 參考文獻

1. 美國地質調查所：<http://www.usgs.gov/>
2. 太平洋海嘯警報中心：<http://ptwc.weather.gov/>
3. Earthquake Report: <http://earthquake-report.com/>
4. 智利比尼亞德爾馬市海嘯溢淹潛勢圖，比尼亞德爾馬市政府：  
<http://www.vinadelmarchile.cl/page/0/150/informacion-evacuacion-tsunami.html>
5. 智利伊基克市海嘯疏散避難地圖，伊基克市政府：  
<http://www.municipioiquique.cl/>
6. 美國有線電視新聞網：<http://edition.cnn.com/>
7. 法新社：<http://www.afp.com/>
8. 路透通訊社(Reuters)：<http://www.reuters.com/>
9. 香港成報：<http://www.singpao.com/>
10. 中央社：<http://www.cna.com.tw/>
11. 吳祚任(2014)，2014年4月1日智利海嘯模擬結果(簡報檔)。
12. 吳秉儒、柯孝勳(2013)，「運用海嘯模擬結果進行海嘯疏散避難  
規劃參考指針」，國家災害防救科技中心技術報告，NCDR  
101-T35。