



驚天駭浪「震」先知—淺談 臺灣的地震與海嘯預警

嘉義大學數理教育研究所

主講者：張正杰

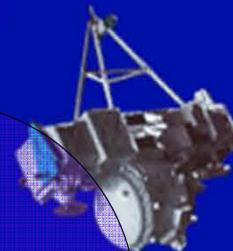
日期：100/6/8



事件概要

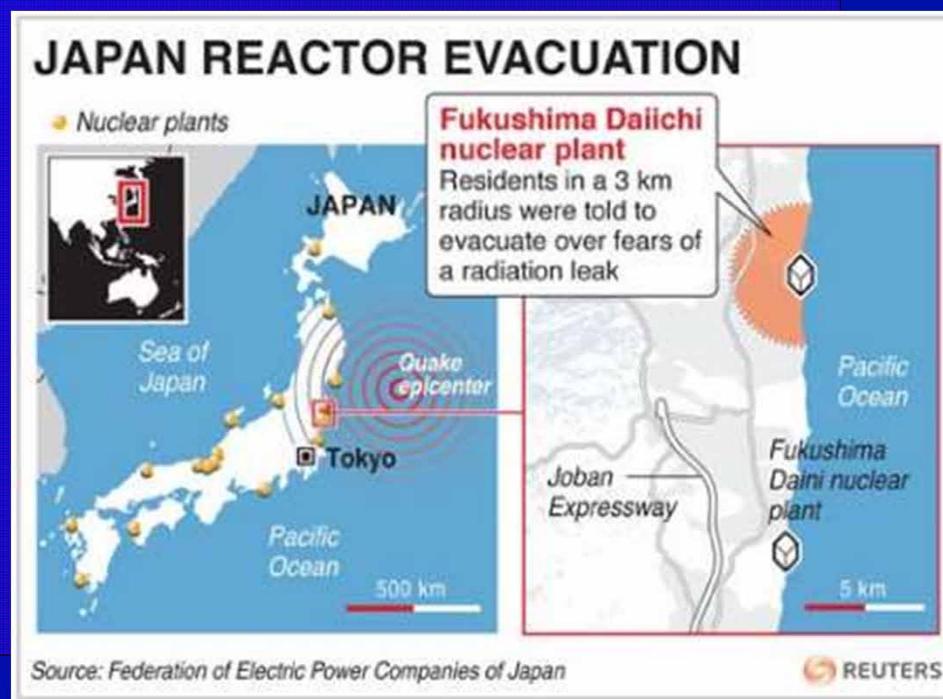
2011

311



地震發生

日本東北到關東地區2011年3月11日下午2時46分（臺灣時間下午1時46分）發生日本有史以來最強烈地震，規模達**9.0**，震央位於宮城縣首府仙台市外海（ 38.322°N ， 142.369°E ），震源深度測得數據為**32公里**，並引發最高10公尺的海嘯。



日本地震重災區位置圖

資料來源：路透

岩手縣

陸前高田市幾近全毀，發現3、400具屍體；釜石港船隻、汽車被捲入漩渦狀海嘯；大船渡市至少300棟民宅被摧毀。

宮城縣

南三陸町遭夷平，逾萬人下落不明；氣仙沼市三分之一泡在水中，其餘遭大火焚毀；仙台市發現2、300具屍體。

福島縣

核電廠恐核能外洩，已撤離附近十多萬災民；另福島市1800棟民宅被毀。

千葉縣

一處煉油廠大火。



福島第一核電廠

栃木縣 茨城縣

東京市 橫濱



事件概要



史上第4 威力如萬顆原子彈

日本仙台大地震是史上規模第4大的地震，日本氣象廳將其命名為「**東北地方太平洋外海地震**」。

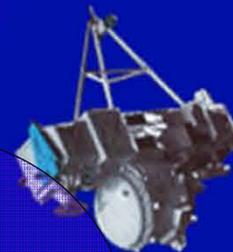
我國中央氣象局表示，規模8.9強震釋放出的能量相當於1萬1776顆原子彈威力，是921大地震釋放出的46顆原子彈能量的256倍。

地震規模及其能量

地震規模	相當原子彈能量
4.0	約1/2048個
5.0	約1/64個
6.0	約1/2個
7.0	約16個
7.6 (台灣921地震)	約46個
8.0	約512個
8.9 (日本宮城地震)	約1萬1776個 (約為921地震的256倍)
9.0	約1萬6000個

註：第二次世界大戰美軍在日本廣島市投下一顆原子彈，爆炸中心半徑1000公尺範圍內，鋼筋混凝土結構以外的建物全被摧毀，隔年日方統計爆炸瞬間7萬人死亡、7萬人受傷。 資料來源：《蘋果》資料室

事件概要



史上五大強烈地震

時間	芮氏規模	地點	影響
1960	9.5	智利 中部外海	造成超過1,600人死亡，200萬人流離失所。
1964	9.2	阿拉斯加	災害和死亡廣布1,500哩，地震與海嘯造成128人死亡。
2004	9.1	印尼	海嘯席捲12國，造成超過22萬人死亡、700萬人流離失所。
2011	9.0	日本東北	引發10公尺高海嘯，肆虐沿岸地區，目前確定死亡人數已經超過千人，估計最後死亡人數可能超過萬人。
1952	9.0	俄羅斯	俄羅斯遠東的堪察加半島外海強震，地震引發的海嘯波及夏威夷群島，但沒有造成人員傷亡。

事件概要

影片



2011

311

引發海嘯

日本東北地域太平洋沿岸及北海道東部沿岸都受到了海嘯的侵襲，高度最高達10公尺，其中，日本東北地方首府仙台市仙台機場跑道大部分被淹，只留下航廈大樓。**宮城縣、岩手縣、福島縣**等地遭到地震過後海嘯，沿海地區遭到毀滅性的破壞。



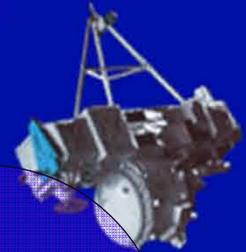
事件概要

2011

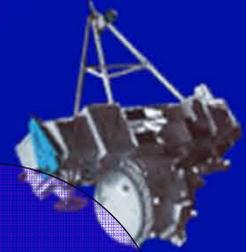
311

引發火災

東京近郊千葉縣市原市的科斯（COSMO）石油公司千葉煉油廠亦因地震導致廠區內數個儲油槽爆炸引發大火。氣仙沼市漁船用油槽被捲倒引發大火，燃燒物隨浪潮漂流，全市在一時內陷入火海並燃燒多時。



事件概要



2011

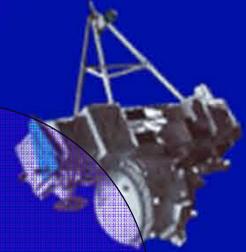
311

土壤液化

造陸填海東京迪士尼樂園被震出「土壤液化」，表層地基變泥漿、路面裂開，一度造成5萬5千名遊客受困，緊急休園一個禮拜。



事件概要



2011

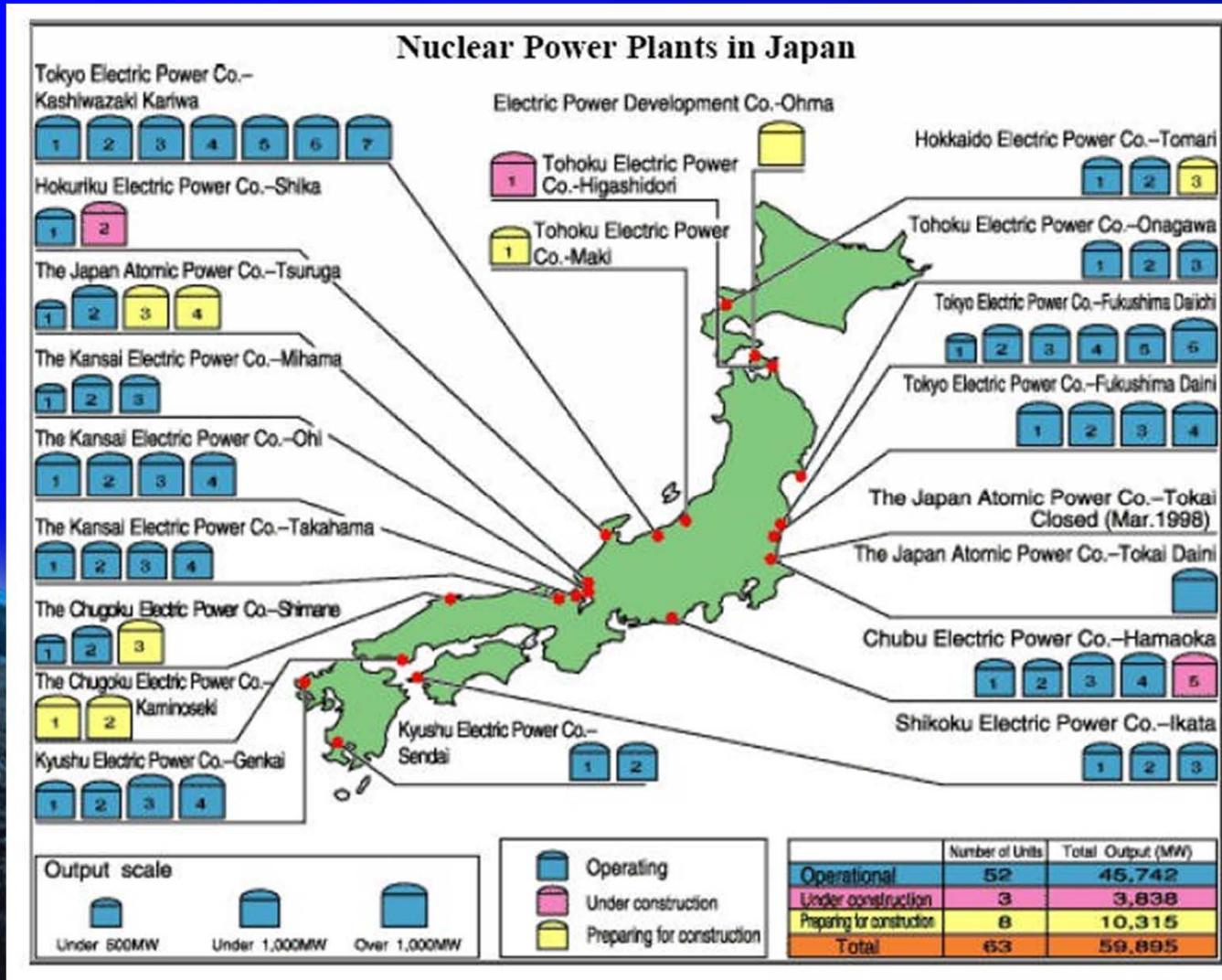
312

核電廠爆炸 1 2 3

12日下午3時36分左右，福島第一核電站發生氫氣冷卻劑爆炸，後來疏散半徑擴大到20公里。日本經濟產業省原子能安全保安院表示，1號反應爐的中央控制室輻射量已升至通常的1000倍。這是日本首次確認有放射性物質外洩。



日本的核电厂55



輻射外洩的危機



第一核電廠的燃料棒已經外露90公分，專家擔心反應爐的爐心可能已經融解出現輻射外洩，而導致爐心燃料熔解的原因。

核能電廠最令人擔心的安全事故，就是爐心燃料熔燬，這是核能反應爐故障時，所可能發生的嚴重事故，也就是核能外洩，它有可能會造成一定程度的傷亡。



福島第一核電廠輻射外洩示意圖



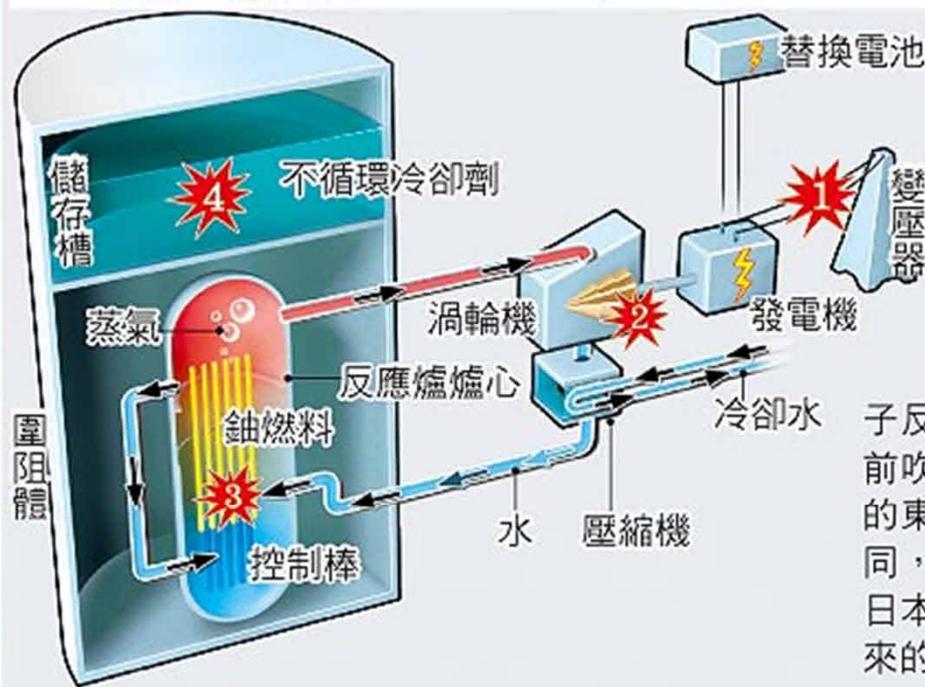
福島第1核電廠輻射外洩示意圖

資料來源：路透

爆發輻射外洩的1號反應爐屬沸水式核子反應爐，由6個組件構成，1971年開始運作

- 1** 反應爐的主要電力與緊急電力在地震與海嘯後失效
- 2** 發電機須靠電力將水注入反應爐，使其冷卻

- 3** 若缺乏冷卻劑，反應爐爐心中的鈾燃料可能融化並外洩
- 4** 儲存槽中不循環的水可能在幾天之內蒸發，導致槽內使用過的鈾燃料燃燒



福島第一核電廠第一號核子反應爐昨發生爆炸。日本目前吹西風，台灣吹由蒙古南下的東南風與南風，氣流系統不同，除非日本改吹南風，否則日本福島核電廠輻射塵往台灣來的機率很低。

福島第一核電廠輻射外洩示意圖



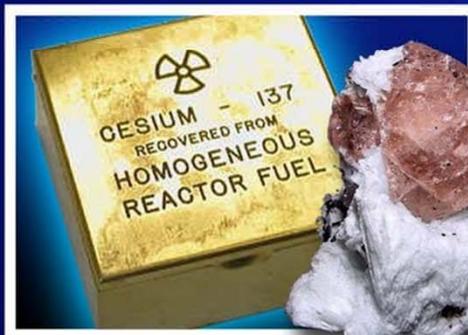
8.8大震後 更恐怖的毀滅性爆炸拉警報!



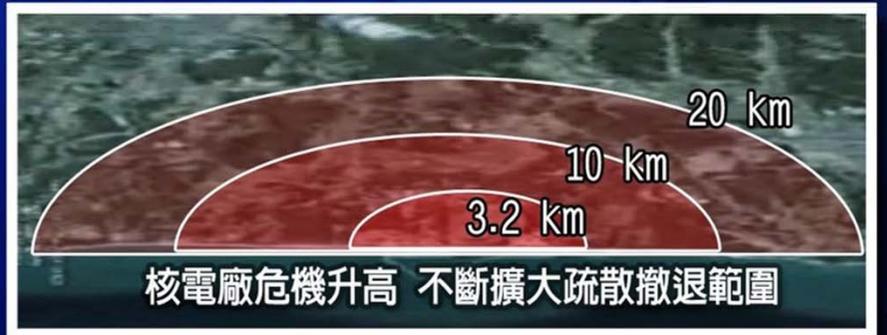
比較核電廠爆炸前後 一號機組外部建築只剩下鋼架



福島第一核電廠一號機組 爆炸直擊畫面



- 核電廠外的輻射水準已達正常的8倍!
- 1號機組中央控制室的放射線水準已達正常的1000倍!
- 核電廠大門附近的放射線量已超過正常的70倍並且還不斷上升中!



核電廠危機升高 不斷擴大疏散撤退範圍

輻射外洩的危機



日本公布輻射外洩數據，一個小時1015個微西弗的量，已經超過台灣民眾法定規定，1年可能承受的量，台灣法令限定1年只能排放1000個微西弗的輻射



輻射外洩的危機



原能會表示，輻射影響台灣的機率大約1成，而根據氣象局觀測，日本現在吹西風，也暫時不會將輻射吹到台灣上空。

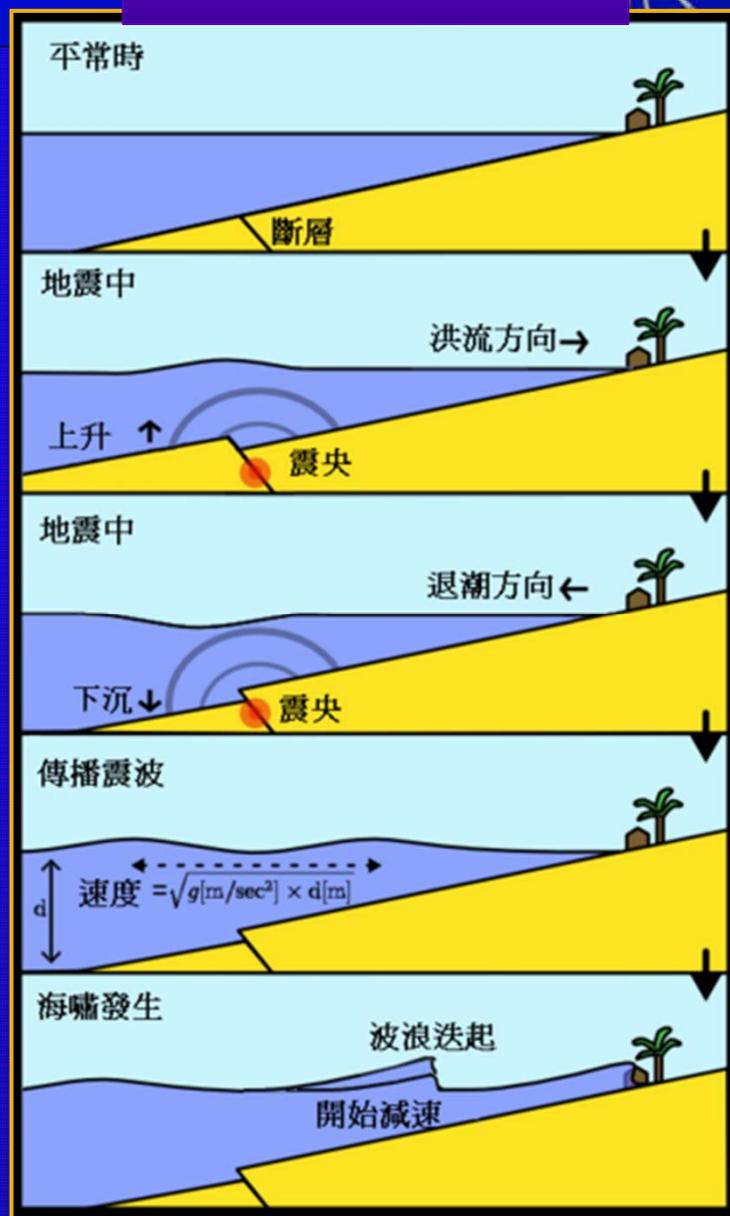


海嘯的危害

成因

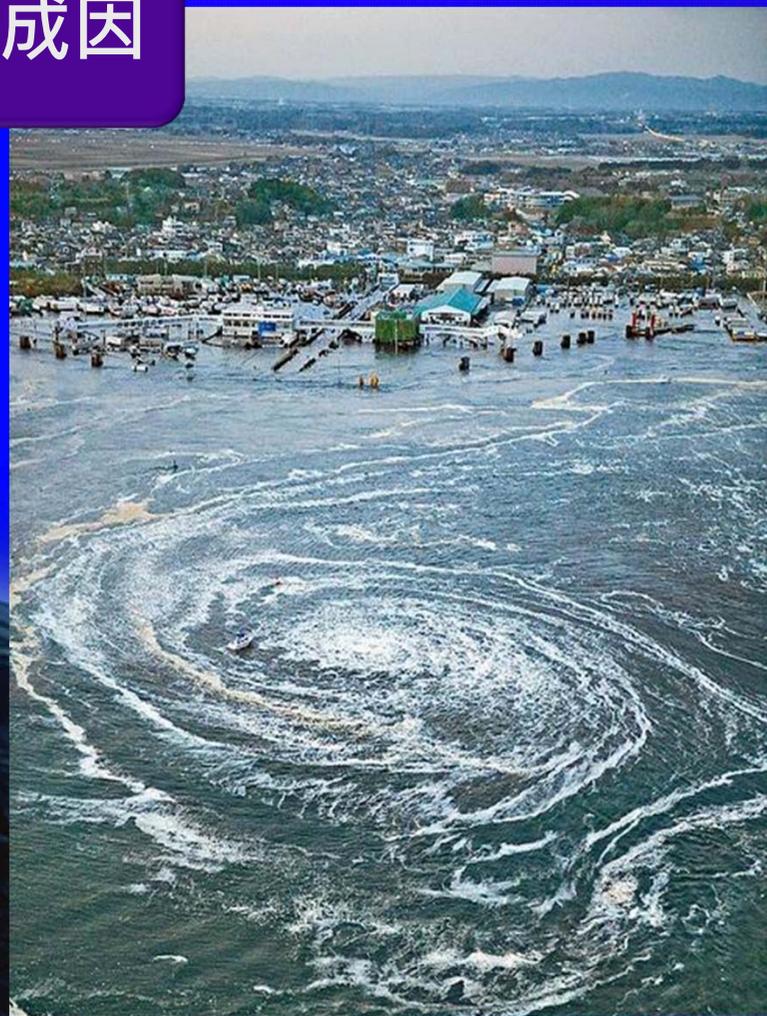
因地震、火山噴發造成海底地形變動後，海面擾動引起長週期的波浪，稱為海嘯。海嘯通常由震源在海底下50千米以內、**芮氏地震規模6.5以上**的海底地震引起。海嘯以極快的速率在寬闊的海洋中傳遞，當接近海岸時，波長減少，波高急速增加，打在海岸，釀成巨災。

海嘯成因示意圖



海嘯的危害

成因

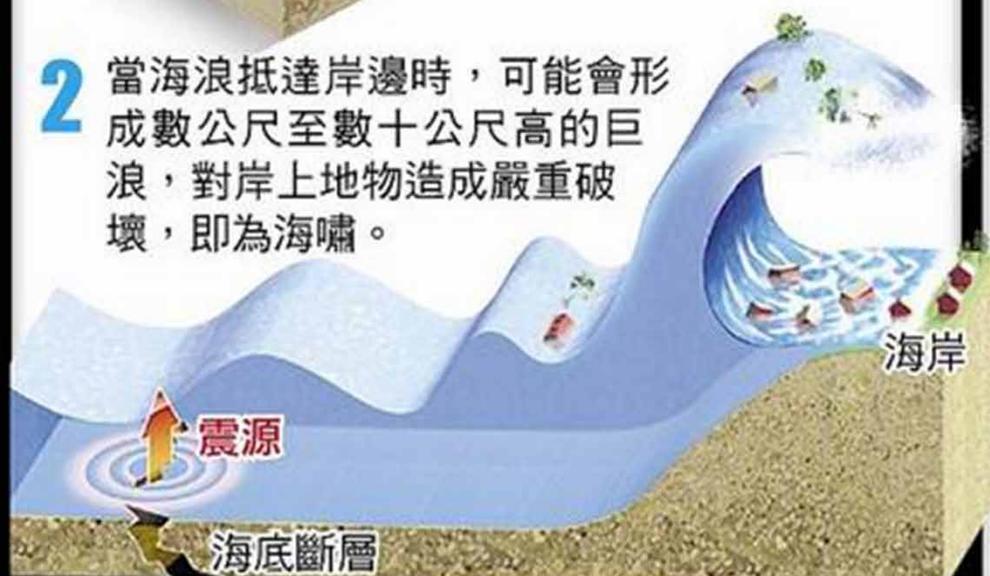


地震引發海嘯示意圖

- 1** 地震發生時，海床地層震動會引發速度極快的波浪，往震源兩側散去，並湧向岸邊。



- 2** 當海浪抵達岸邊時，可能會形成數公尺至數十公尺高的巨浪，對岸上地物造成嚴重破壞，即為海嘯。

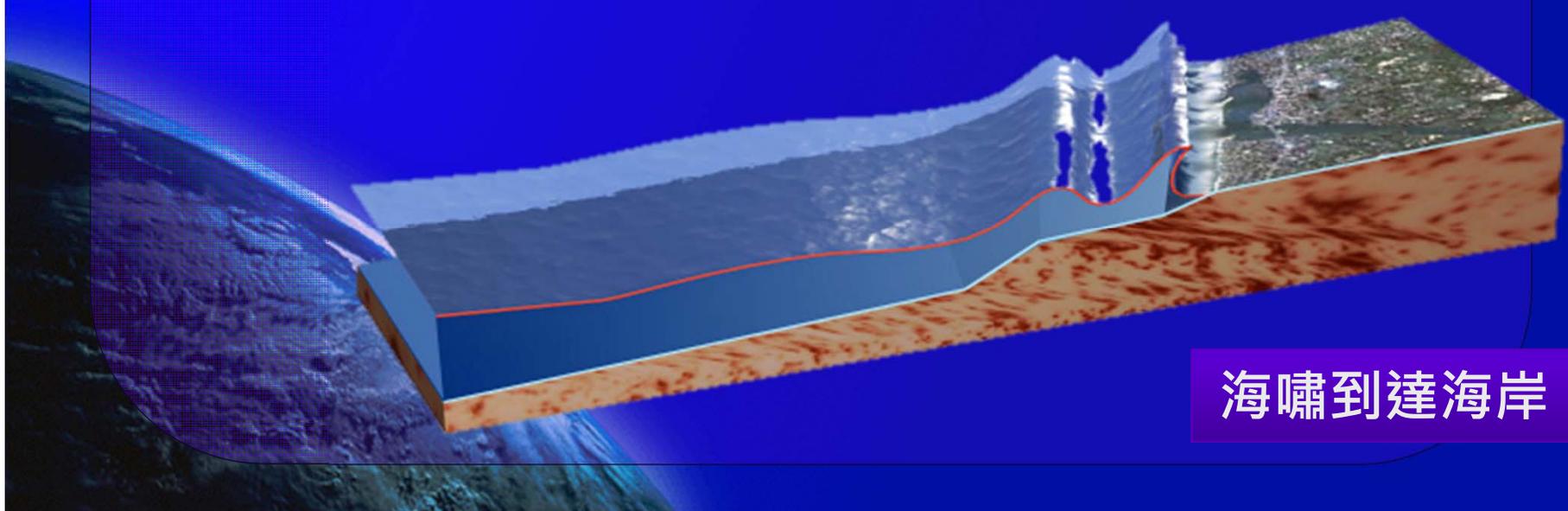


資料來源：《蘋果》資料室

海嘯的危害

水牆

海嘯波長比海洋的最大深度還要大，在海底附近傳播也沒受多大阻滯，海嘯在海洋的傳播速度大約每小時五百到一千公里，當海嘯波進入陸棚後，由於深度變淺，波高突然增大，它的這種波浪運動所捲起的海濤，波高可達數十米，並形成「**水牆**」。



海嘯到達海岸

海嘯的危害

水牆

由地震引起的波動與海面上的海浪不同，一般海浪只在一定深度的水層波動，而地震所引起的水體波動是從海面到海底整個水層的起伏。

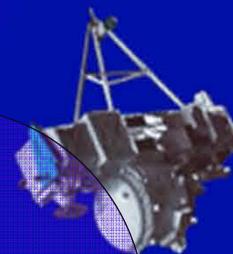


嘯源位置	日期	浪高 (公尺)	受害地區	死亡人數
阿留申群島	1946年 4月1日	32	阿留申群島、夏威夷和加州	165
智利	1960年 5月22日	25	智利、夏威夷和日本	1,260
阿拉斯加	1964年 3月27日	32	阿拉斯加、阿留申群島和加州	
西里伯斯海	1976年 8月16日	30	菲律賓群島	5,000
蘇門答臘西北外海	2004年 12月26日	?	印度洋	30萬以上
智利	2010年 2月27日	75	智利	

近百年海嘯資料

海嘯的危害

- 本州島往東邊位移2.4公尺。
- 地軸軸心移動了10cm，可能讓自轉軸移動速度加快，大約百萬分之1.6秒。
- 大約1700多年會加速一秒，也可能讓夏天變長，不過這個影響微乎其微，民眾不用擔心。



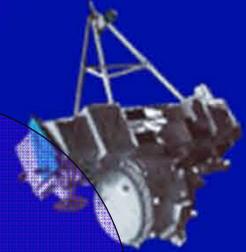
海嘯與海浪的差異？



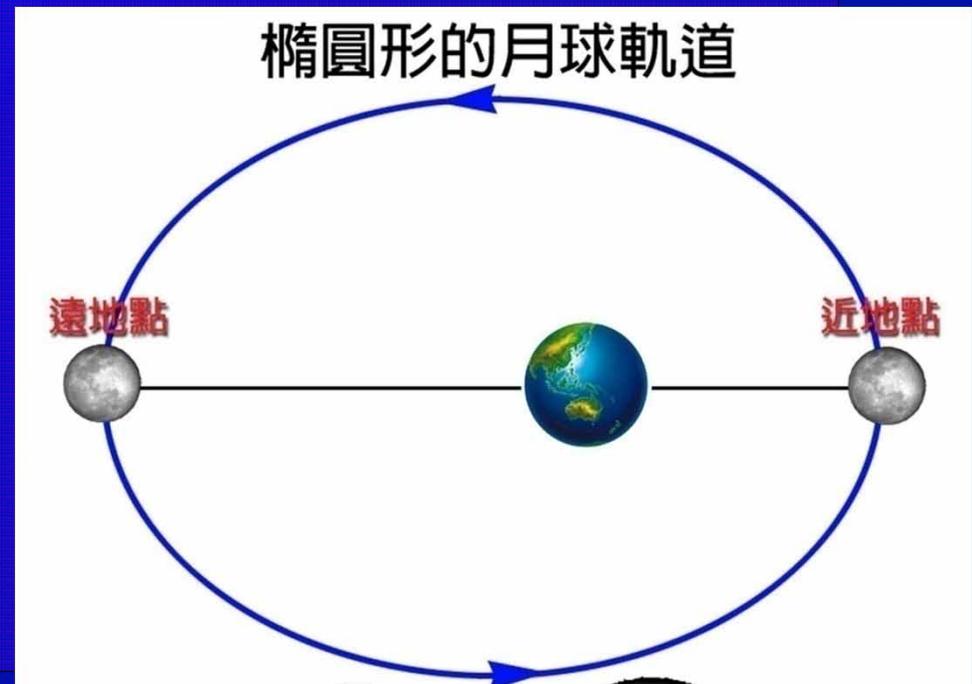
- 請看影片，你就知道了，兩者的不同。
- 1.成因不同。
- 2.波長不同。
- 3.波速不同。



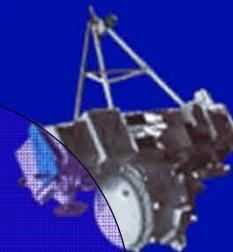
月亮沒有「超級」!?



- 月亮看起來有些微的大小差異，都是因為繞行地球的位置與距離不同所致，都是正常的現象，不可能變為「超級」，更不會帶來天崩地裂。[請看影片](#)
- 在每一圈的軌道繞行過程中，都會有一個時刻最接近地球，稱為「近地點」；此時月球與地球的距離約在35~36萬公里上下。同理在軌道上，最遠離地球的位置則稱為「遠地點」；遠地點的距離約在40~41萬公里左右。

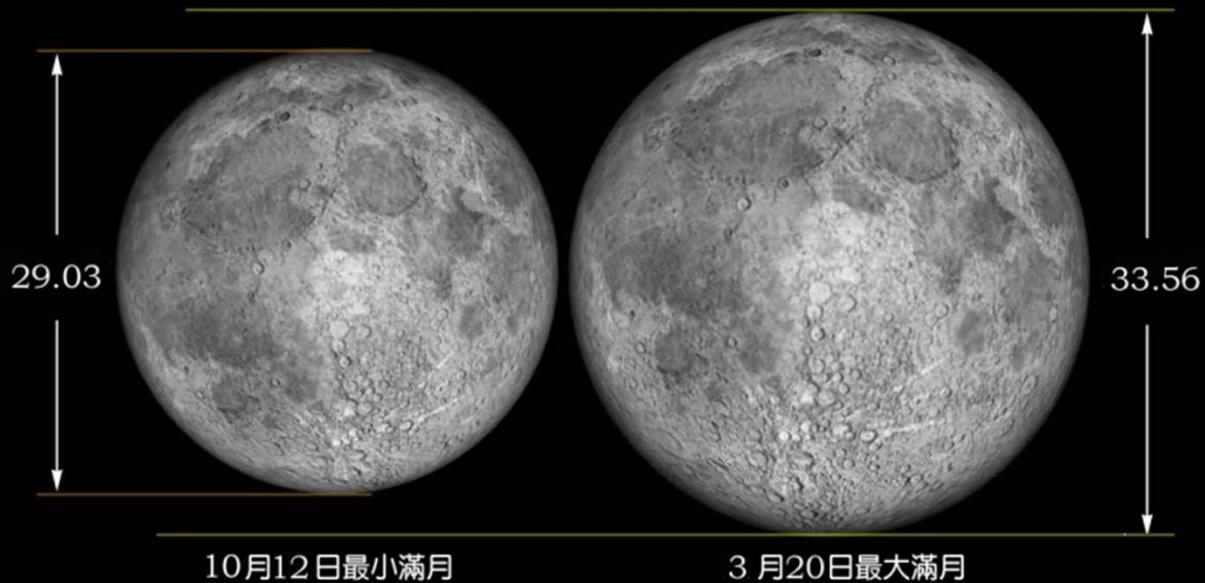


月亮沒有「超級」!?



- 今年3月20日凌晨3時9分月球過近地點，也是今年最接近地球的一次，恰巧凌晨2時10分，是月相逢到「望」，也就是滿月的時刻，因此我們可以觀賞到今年最大的一次滿月，月亮的視直徑達33角分56角秒。

2011年最大滿月與最小滿月視直徑



日本地震前後的衛星照片



<http://www.abc.net.au/news/events/japan-quake-2011/beforeafter.htm>

台灣核電廠與安全防範



台灣核電廠與安全防範

廠區	核一廠	核二廠	核三廠	核四廠
地點	新北市 石門區	新北市 萬里區	屏東縣 恆春鎮	新北市 貢寮區
每年發電量	100億度	124億度	123億度	193億度
正式運轉	1979年	1981年	1984年	預計2012年

安全防範

- ▶ 防震係數強度設計可抵擋規模6地震
- ▶ 可擋12公尺高海浪侵襲
- ▶ 偵測到不正常，反應爐會啟動自動急停設計，燃料棒迅速插入反應器，終止連鎖反應
- ▶ 若外部電力喪失，配有柴油發電機、汽渦輪發電機，可自行發電
- ▶ 反應爐外包覆數公尺厚的鋼筋水泥圍阻體，防爐心融毀、輻射線外洩

來源：原能會、台電公司

學界對核電廠的看法



- 堅若磐石的臺灣核電廠
- 福島電廠受到海嘯侵襲的影片
- 1影片
- 2影片
- 核電政策的未來呢？



臺灣的核電廠安全嗎？

<http://online.wsj.com/article/SB10001424052748703512404576208872161503008.html#articleTabs%3Dinteractive>



美國華爾街日報MARCH 19, 2011

<http://www.independent.co.uk/news/science/more-than-one-in-10-nuclear-power-plants-at-risk-from-earthquakes-2260817.html>

英國媒體《獨立報》(Independent)報導
Sunday, 3 April 2011, 2011

美國華爾街日報對位處地震帶的核電廠做了分析
 除了已經停機(shutdown)的兩座美國核電廠外，
 台灣的四座核電廠分別位居1, 2, 3, 5名

Reactor name	Country	Capacity (net) megawatts	Status	Type of reactor	Miles from coast	Seismic range
1 Humboldt Bay	United States	63	Shut down	Commercial Reactor	0.36	4, High Activity
2 Lungmen-1	Taiwan	1,300	Under construction	Commercial Reactor	1.86	4, High Activity
3 Lungmen-2	Taiwan	1,300	Under construction	Commercial Reactor	1.83	4, High Activity
4 Vallecitos VBWR	United States	5	Shut down	Commercial Reactor	10.00	4, High Activity
5 Maanshan-1	Taiwan	890	Operating	Commercial Reactor	2.11	4, High Activity
6 Maanshan-2	Taiwan	890	Operating	Commercial Reactor	2.11	4, High Activity
7 Kuosheng-1	Taiwan	948	Operating	Commercial Reactor	0.64	4, High Activity
8 Kuosheng-2	Taiwan	948	Operating	Commercial Reactor	0.66	4, High Activity
9 Hamaoka-1	Japan	515	Shut down	Commercial Reactor	1.03	4, High Activity
10 Hamaoka-2	Japan	806	Shut down	Commercial Reactor	1.00	4, High Activity
11 Hamaoka-3	Japan	1,056	Operating	Commercial Reactor	0.96	4, High Activity
12 Hamaoka-4	Japan	1,092	Operating	Commercial Reactor	0.93	4, High Activity
13 Hamaoka-5	Japan	1,380	Operating	Commercial Reactor	0.90	4, High Activity
14 Chin Shan-1	Taiwan	604	Operating	Commercial Reactor	0.65	4, High Activity
15 Chin Shan-2	Taiwan	604	Operating	Commercial Reactor	0.67	4, High Activity
16 Onagawa-1	Japan	498	Operating	Commercial Reactor	2.32	4, High Activity
17 Onagawa-2	Japan	796	Operating	Commercial Reactor	2.32	4, High Activity
18 Onagawa-3	Japan	796	Operating	Commercial Reactor	2.32	4, High Activity
19 Diablo Canyon-1	United States	1,130	Operating	Commercial Reactor	0.74	4, High Activity

英國媒體《獨立報》(Independent)報導，風險評估公司Maplecroft最新研究發現，全球442座核電廠中，超過十分之一位於「高風險」或「極高風險」地震區，其中包括台灣，專家警告，這些核電廠面臨與福島第一核電廠一樣的危機，但應對能力恐怕不及日本。

The screenshot shows a web browser window displaying a news article from The Independent. The browser's address bar shows the URL: www.independent.co.uk/news/science/more-than-one-in-10-nuclear-power-plants-at-risk-from-earthquakes. The page features the newspaper's logo and a navigation menu with categories like News, Opinion, Environment, Sport, Life & Style, Arts & Ents, Travel, Money, IndyBest, Blogs, Student, and Shop. The article title is "More than one in 10 nuclear power plants at risk from earthquakes" by Jonathan Owen, dated Sunday, 3 April 2011. The article text states: "Scores of nuclear power plants worldwide are at risk from tsunamis or earthquakes similar to the natural disasters that crippled Japan's Fukushima reactors, according to new research. Many at-risk plants are in countries less able to cope with a disaster than Japan, experts have warned. Seventy-six operating power stations in Japan, Taiwan, China, South Korea, India, Pakistan and the US are located in areas close to coastlines deemed vulnerable to tsunamis. Of 442 nuclear power stations globally, more than one in 10 are situated in places deemed to be at high or extreme risk of earthquakes - in Japan, the US, Taiwan, Armenia and Slovenia - according to a new study by the analysts". A photograph of a nuclear power plant with four cooling towers is visible. The page also includes social media sharing options (Recommend, retweet, Digg, 68) and an "EDITOR'S CHOICE" section with four featured items: Hussein Chalayan's collection, New: Johann Hari podcast, The death of architecture, and Liam sings for Japan. At the bottom, there is a red banner for a membership offer: "會員獨享大驚喜" (Exclusive member surprise).

交通部中央氣象局地震震度分級表(2000年8月1日公告)

震度分級	地動加速度 (cm/s ² , gal)	簡易圖示	人的感受	屋內情形	屋外情形
0 無感	0.8 以下		人無感覺。		
1 微震	0.8~2.5		人靜止時可感覺微小搖晃。		
2 輕震	2.5~8.0		大多數的人可感到搖晃，睡眠中的人有部分會醒來。	電燈等懸掛物有小搖晃。	靜止的汽車輕輕搖晃，類似卡車經過，但歷時很短。
3 弱震	8~25		幾乎所有的人都感覺搖晃，有的人會有恐懼感。	房屋震動，碗盤門窗發出聲音，懸掛物搖擺。	靜止的汽車明顯搖動，電線略有搖晃。
4 中震	25~80		有相當程度的恐懼感，部分的人會尋求躲避的地方，睡眠中的人幾乎都會驚醒。	房屋搖動甚烈，底座不穩物品傾倒，較重傢俱移動，可能有輕微災害。	汽車駕駛人略微有感，電線明顯搖晃，步行中的人也感到搖晃。
5 強震	80~250		大多數人會感到驚嚇恐慌。	部分牆壁產生裂痕，重傢俱可能翻倒。	汽車駕駛人明顯感覺地震，有些牌坊煙囪傾倒。
6 烈震	250~400		搖晃劇烈以致站立困難。	部分建築物受損，重傢俱翻倒，門窗扭曲變形。	汽車駕駛人開車困難，出現噴沙噴泥現象。
7 劇震	400 以上		搖晃劇烈以致無法依意志行動。	部分建築物受損嚴重或倒塌，幾乎所有傢俱都大幅移位或摔落地面。	山崩地裂，鐵軌彎曲，地下管線破壞。

你要知道的數據



法規規範的地震抗震係數**0.3G**，而且這還是九二一地震之後才修訂

日本對於核電廠可能造成的災害早已採取積極防範的作法，二〇〇七年新潟發生強震之後，日本即將核電廠的抗震標準，建築防震係數由**0.4g** (**g為地表重力加速度**) 提高至**0.6g**以上，並且立即著手結構補強。但遇到這次如此超級大強震，仍是無法防止核電廠受損，輻射可能外洩的災難。我們的核一、核二廠運作已超過卅年，當初核一廠的抗震設計標準僅為**0.3g**地表加速度，核二、核三、核四廠雖設計為**0.4g**地表加速度，但仍沒有如日本積極防範災難的作法，將抗震標準提高至**0.6g**以上。

日本的救災與避難



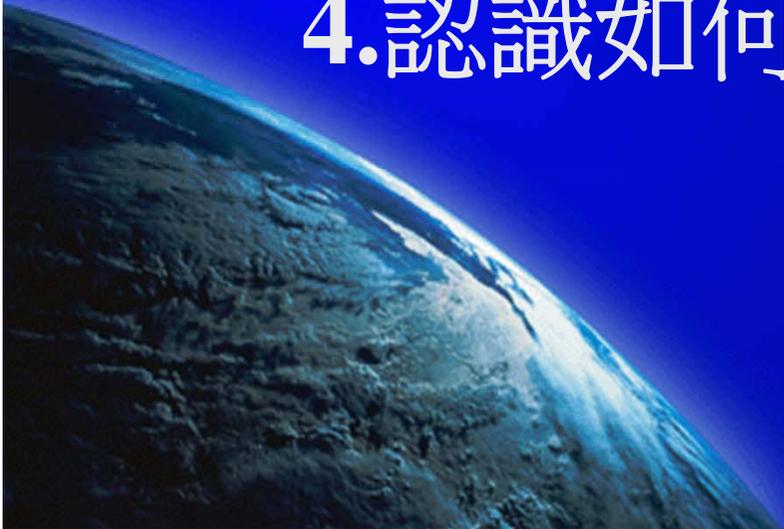
- 1. 一件令人感動的事
- 2. 日本震後的情況 (1) (2) 預警措施
- 若相同的情況在臺灣，社會秩序會如何呢？
- 想想九二一



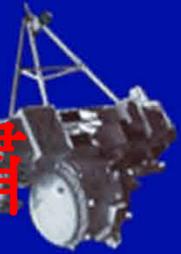
大綱



1. 認識海嘯與地震的關係
2. 認識海嘯的傳播
3. 認識海嘯的災害
4. 認識如何預防海嘯

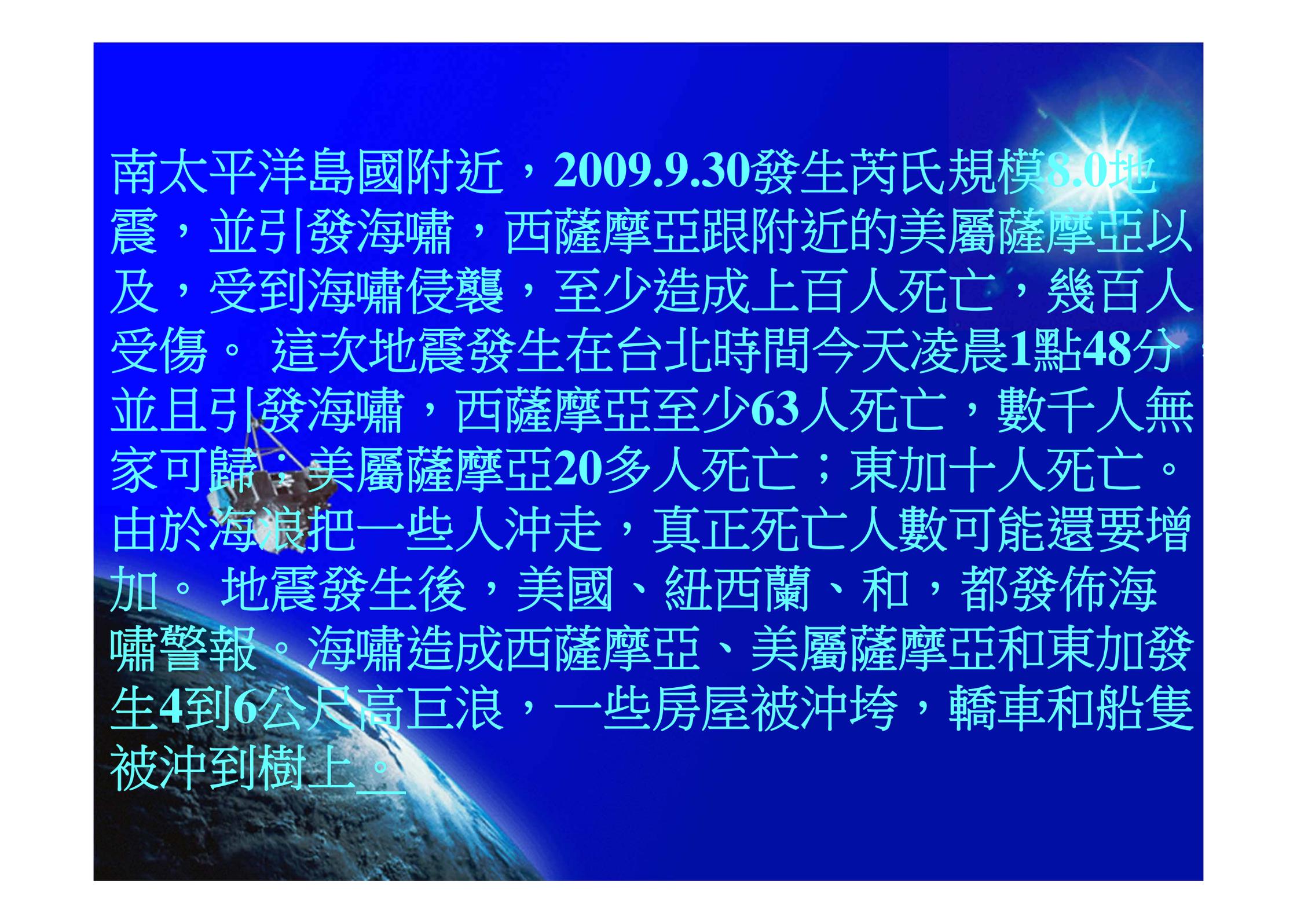


近幾年來全世界發生的災害性海嘯



- 2009 南太平洋薩摩亞海嘯
- 2006 台灣屏東海嘯 (海底電纜斷裂)
- 2006 西太平洋庫頁島海嘯 (東太平洋美國加州 **Crescent City** 的災難)
- 2004 印尼大海嘯





南太平洋島國附近，**2009.9.30**發生芮氏規模**8.0**地震，並引發海嘯，西薩摩亞跟附近的美屬薩摩亞以及，受到海嘯侵襲，至少造成上百人死亡，幾百人受傷。這次地震發生在台北時間今天凌晨**1點48分**並且引發海嘯，西薩摩亞至少**63**人死亡，數千人無家可歸；美屬薩摩亞**20**多人死亡；東加十人死亡。由於海浪把一些人沖走，真正死亡人數可能還要增加。地震發生後，美國、紐西蘭、和，都發佈海嘯警報。海嘯造成西薩摩亞、美屬薩摩亞和東加發生**4到6公尺**高巨浪，一些房屋被沖垮，轎車和船隻被沖到樹上。

南太平洋海嘯

薩摩亞群島、東加有百餘人喪生

● 發生傷亡地點



震央

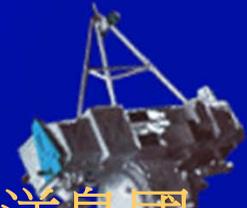
- ▶ 芮氏規模8.0
- ▶ 當地時間29日
清晨6時48分發生

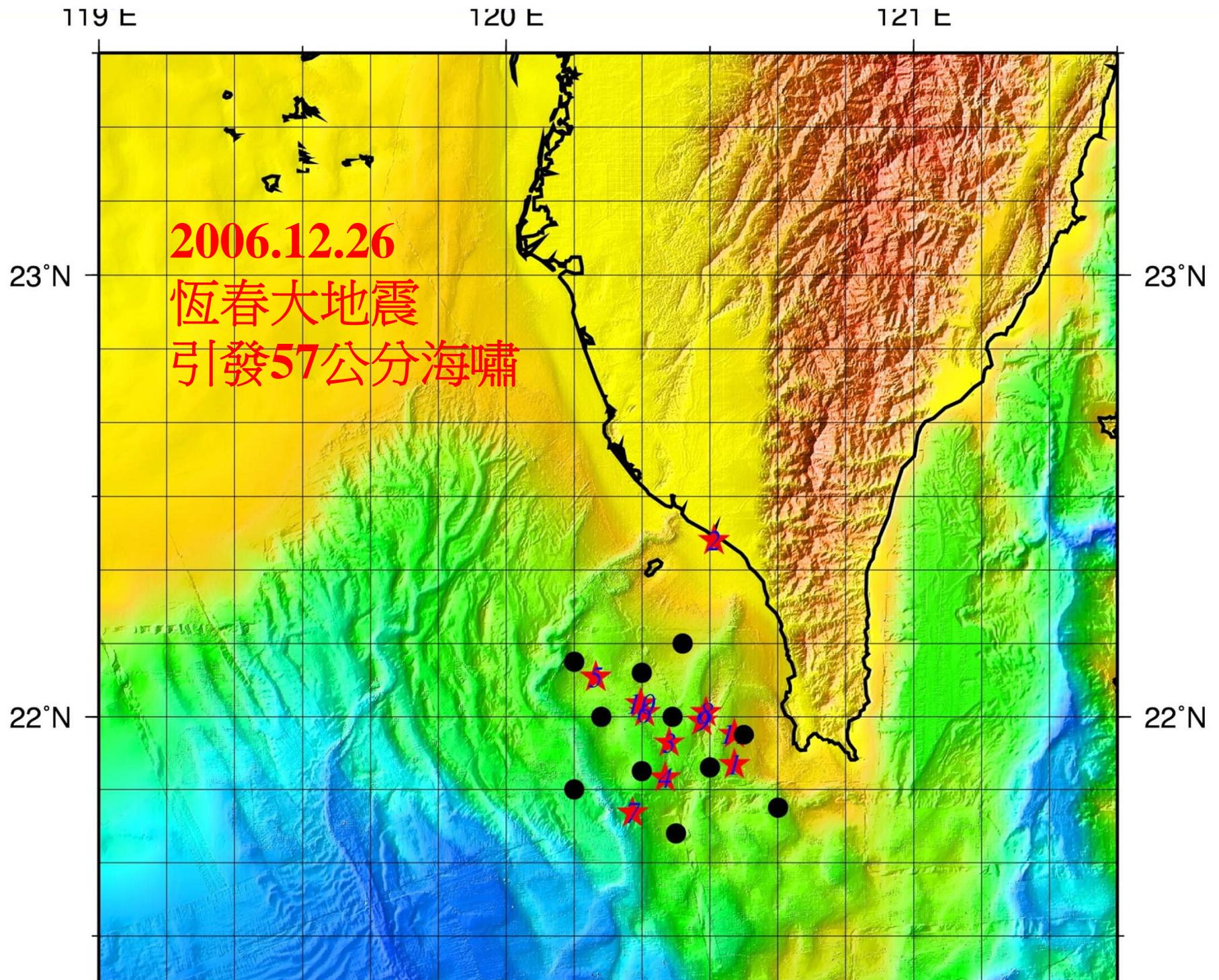
消息來源：
美國地質調查所
法新社



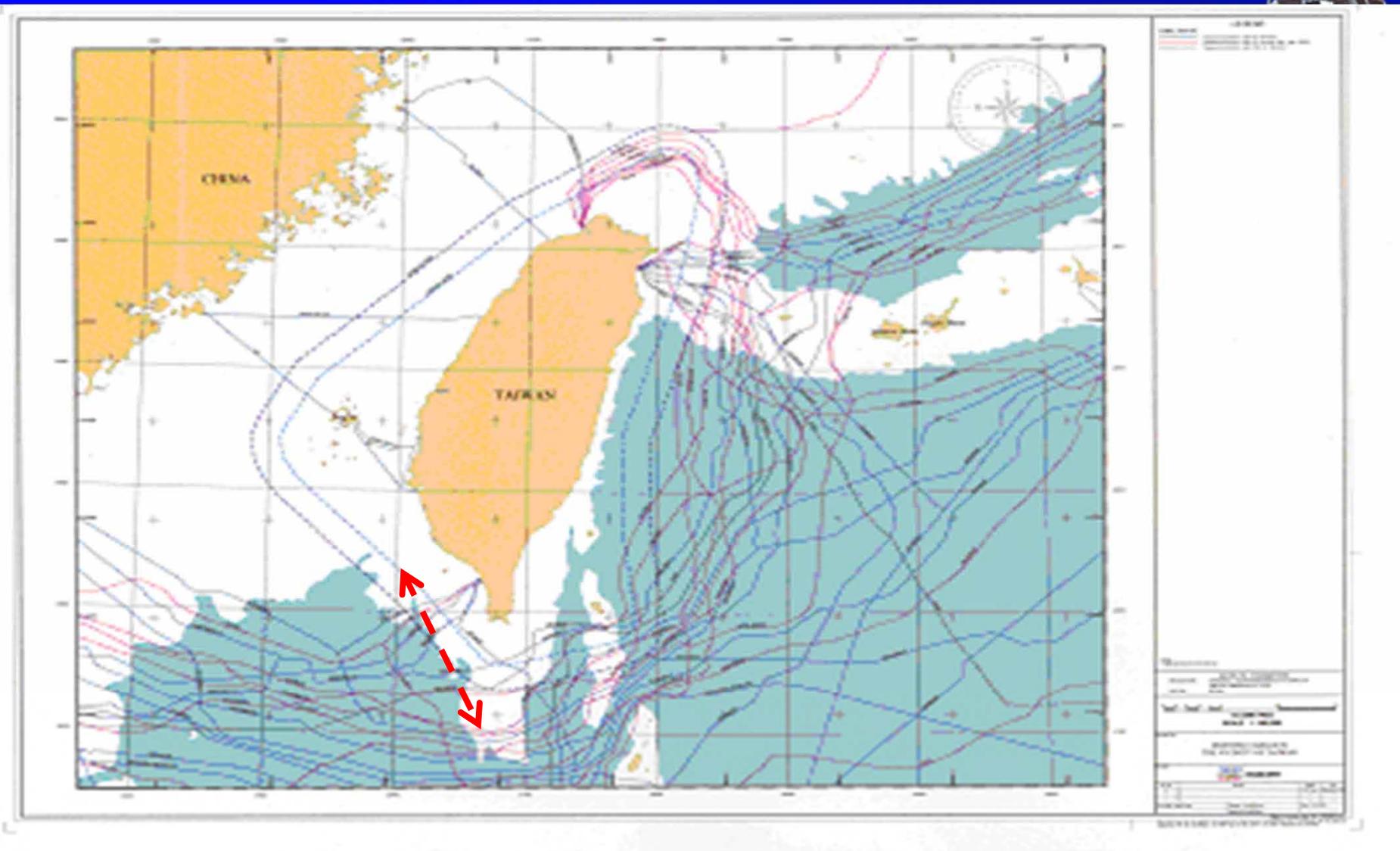


南太平洋島國
薩摩亞海嘯
2009.9.30



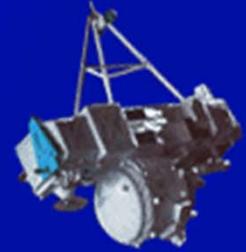


中華電信海底電纜

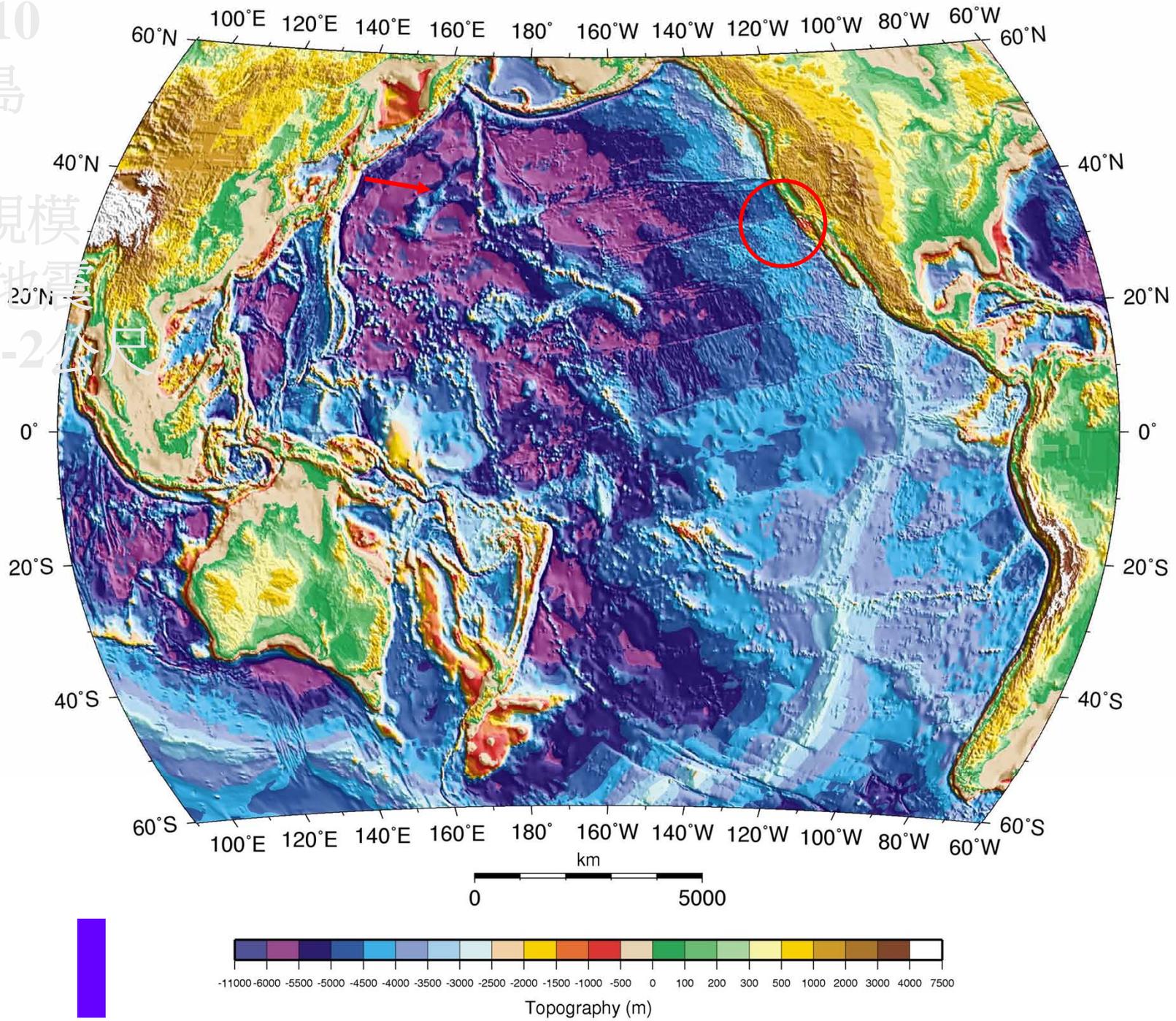


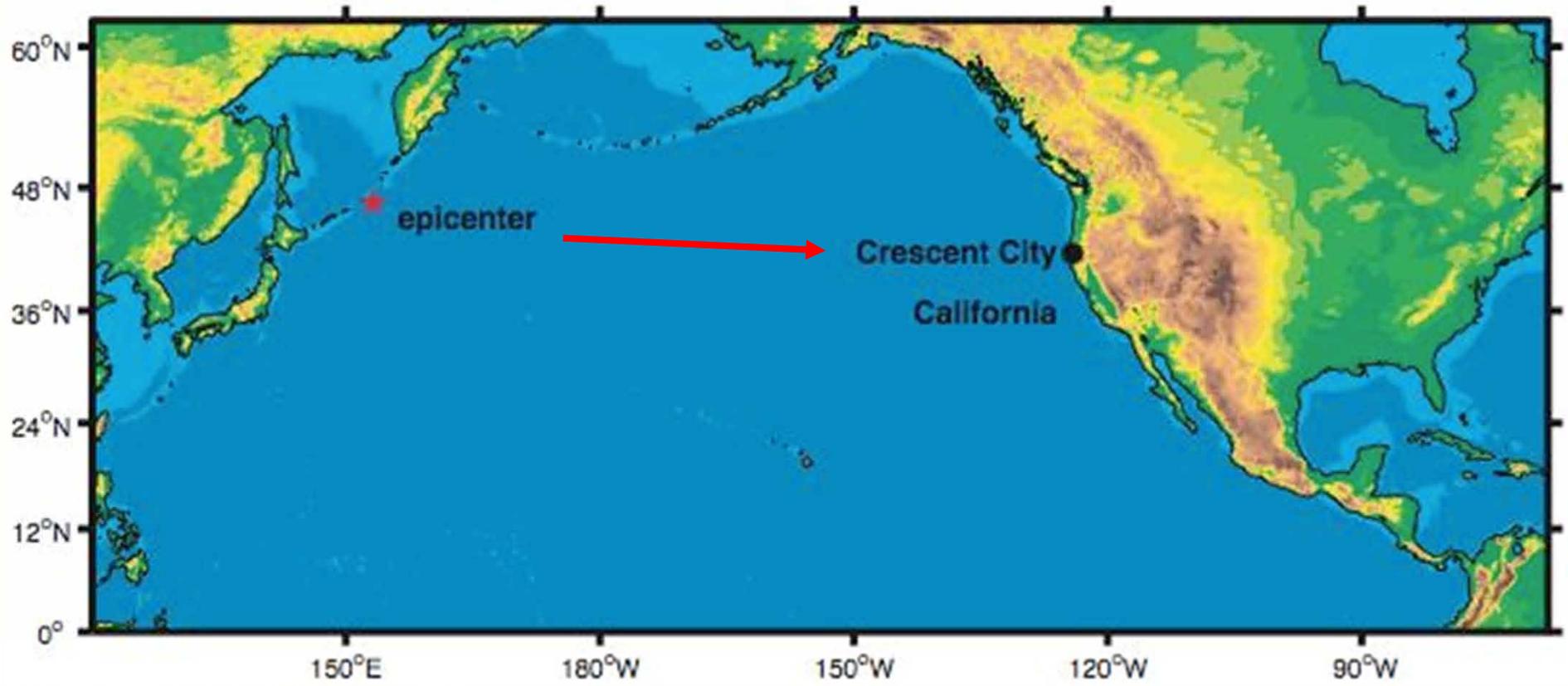
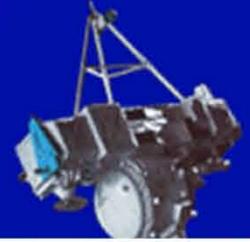
1959年恆春地震

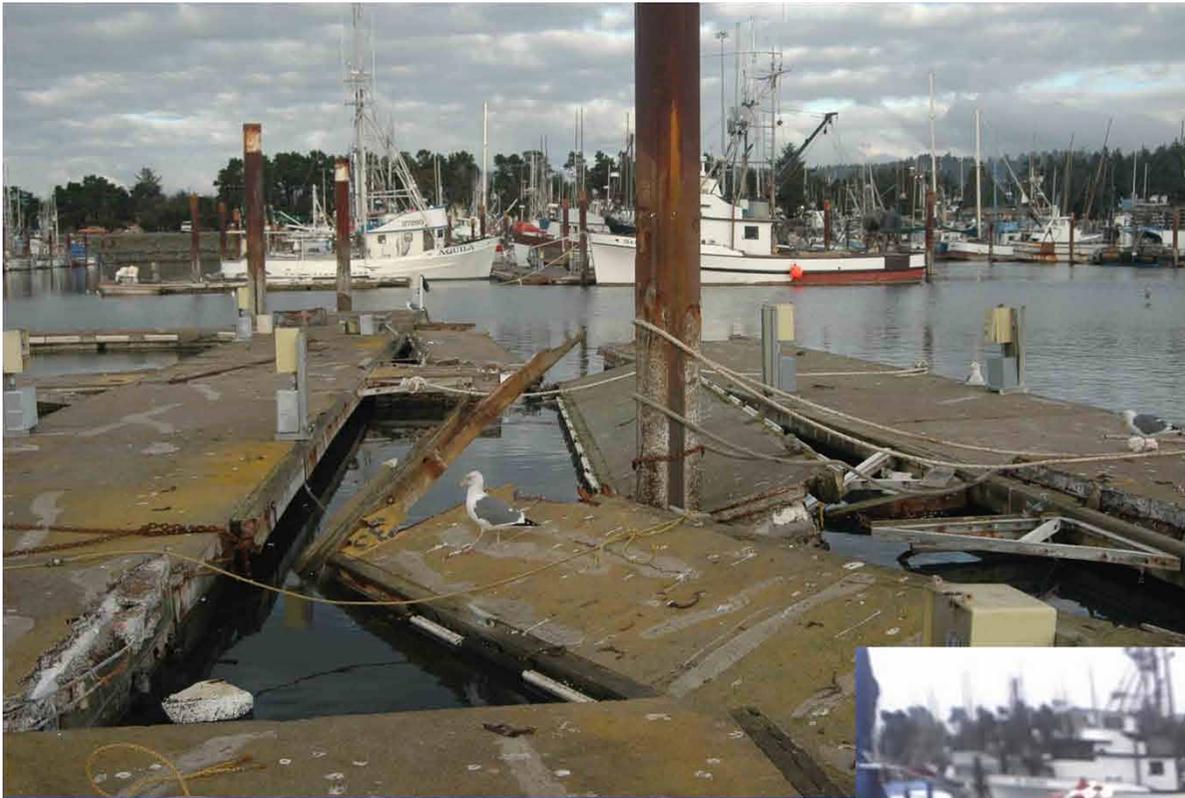
1959年8月15日16時57分，恆春東南東方約70公里海底(北緯21.7度，東經121.3度，震源深度20公里)發生芮氏地震規模(M_L)7.1的強烈地震，台灣全島及澎湖均有感，為南台灣的屏東縣帶來了空前未有的損害，其中又以滿州鄉、恆春鎮、車城鄉、佳冬鄉造成的損害較為嚴重。因震央位於恆春東南東方70公里海底，故陸地未發現斷層跡象，但山崩、地裂、井水異常、噴砂與噴水等現象皆有觀測，在港口溪之溪口入海處，有疑似海嘯的現象：根據正在溪口處洗澡之當地駐軍描述，海邊附近之海水曾減去4-5公尺，20分鐘後復原且溪水增漲約60公分高，兩邊溪岸浸侵4-5公尺(溪寬80公尺，水深約1-2公尺)。主要災區位於台灣南端之低山臨海區，時常遭受颱風與東北季風之苦，該地區居民基於防颱效果與經濟上的考量，大都採用卵石、土埆或卵石與土埆混合以泥漿砌造之房舍。此類建築物雖具有防颱、防風作用，但防震效果相當不理想。在強震侵襲下，紛紛倒潰，在永靖與港口村等村除少數草屋因耐震而幸存外，幾乎全部粉碎，且震後繼以颱風環繞災區，餘震接腫不絕，致使災情擴大。所幸，主震發生在下午4時57分，時近傍晚，居民大多活動於戶外，因天色尚未入晚，老弱婦孺亦易於逃避，故死傷人數較少(以房屋倒塌與死傷人數的比值而言)。此次地震共造成17人死亡、33人重傷、



2006.10
庫頁島
發生
芮氏規模
8.2大地震
引發1-2公尺
海嘯

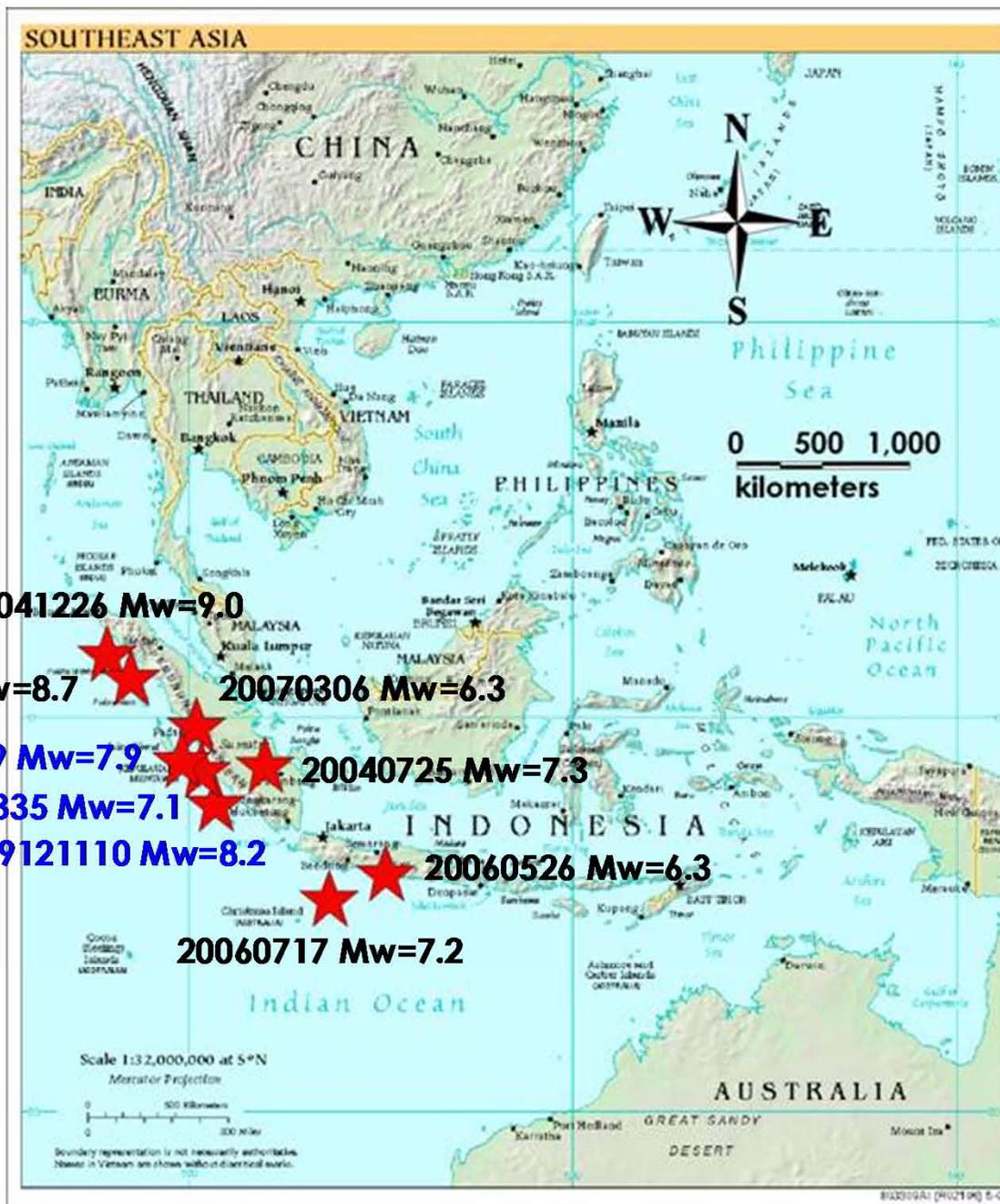






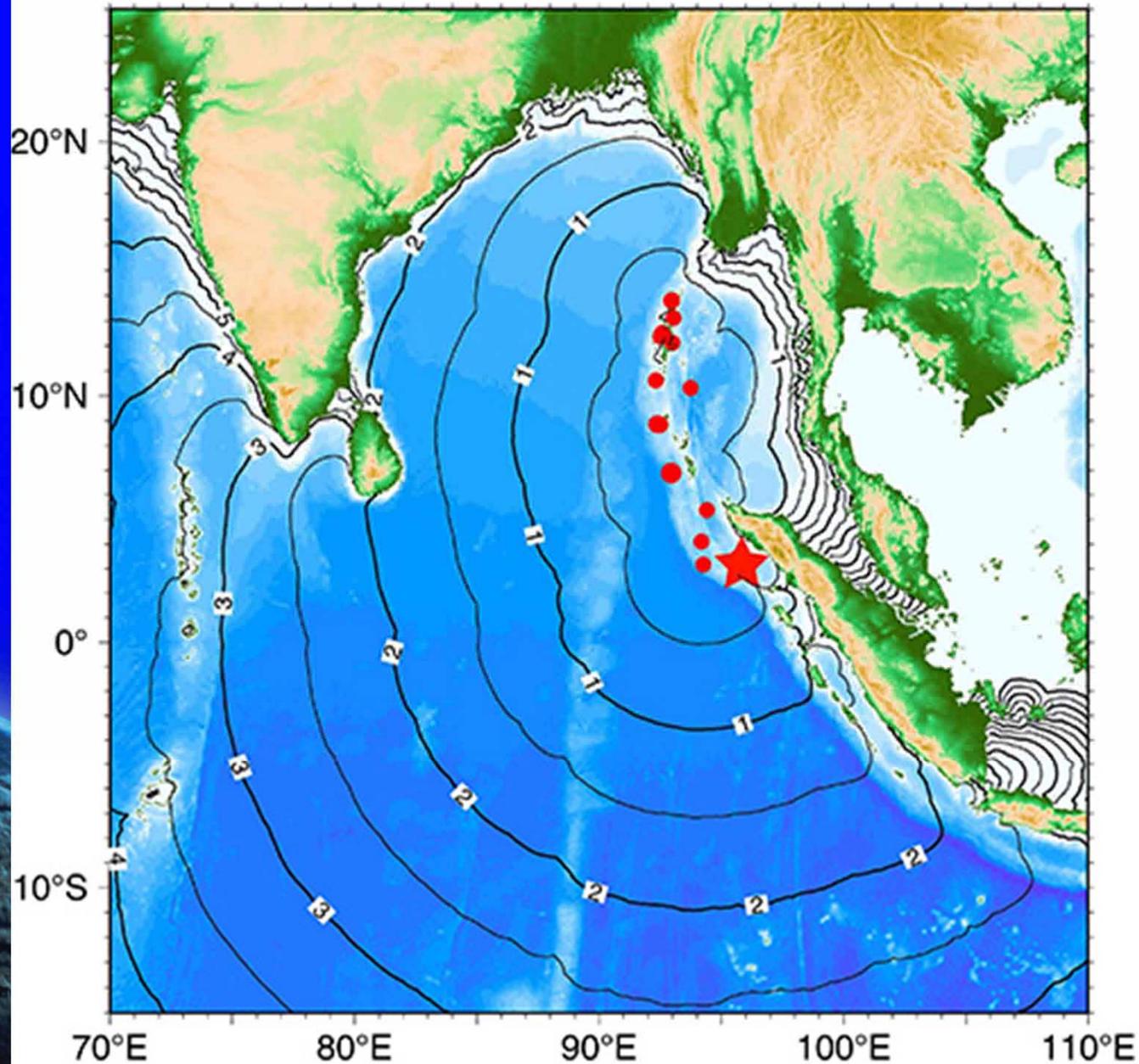
Crescent City, CA



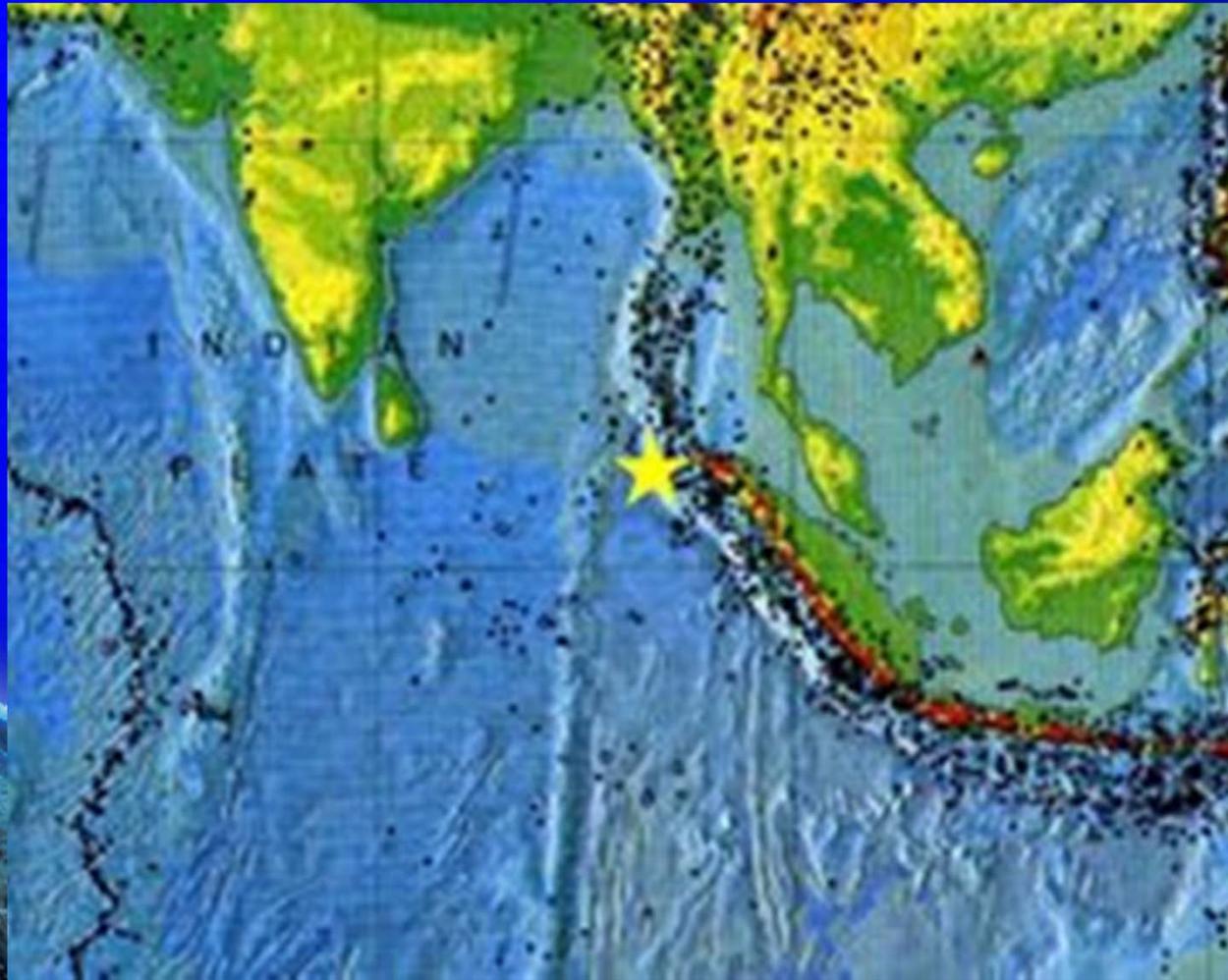


2004/12/26 Sumatra

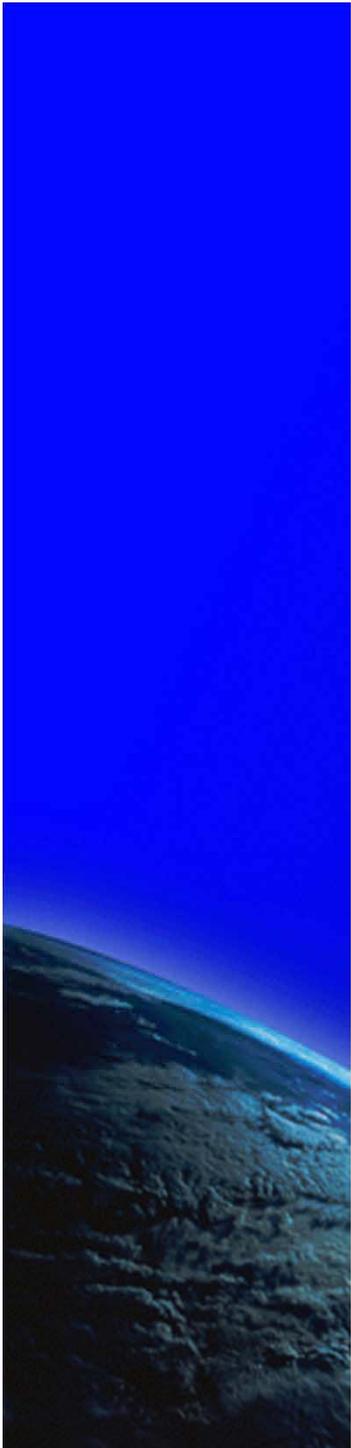
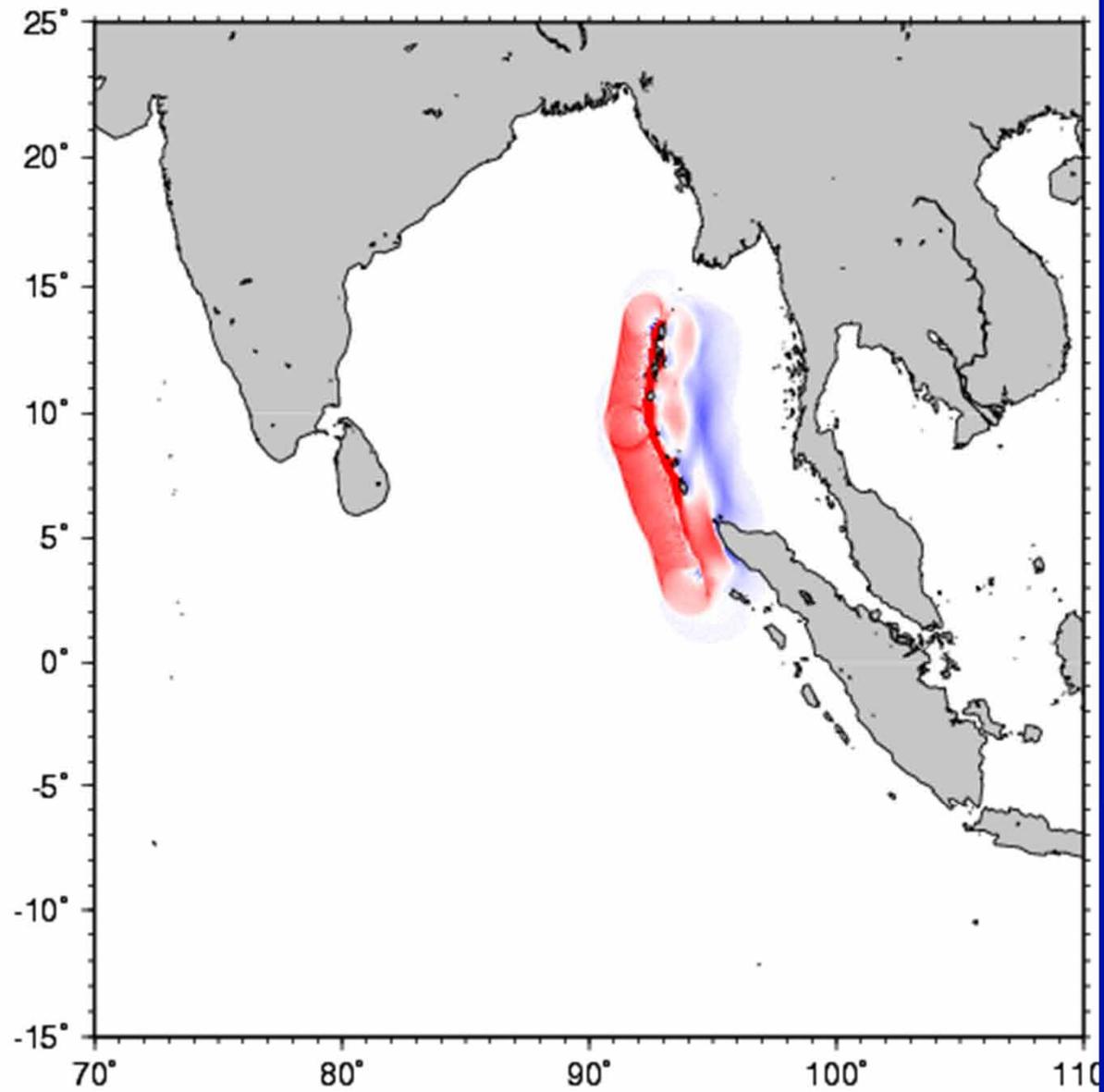
2004. 12. 26規模9.3的南亞大地震引發海嘯，奪走人命22萬！



南亞海嘯的模擬



2004 Sumatra Earthquake 010 min



©2005 USC Tsunami Research Group













大綱



1. 認識海嘯與地震的關係
2. 認識海嘯的傳播
3. 認識海嘯的災害
4. 認識如何預防海嘯



什麼是海嘯？



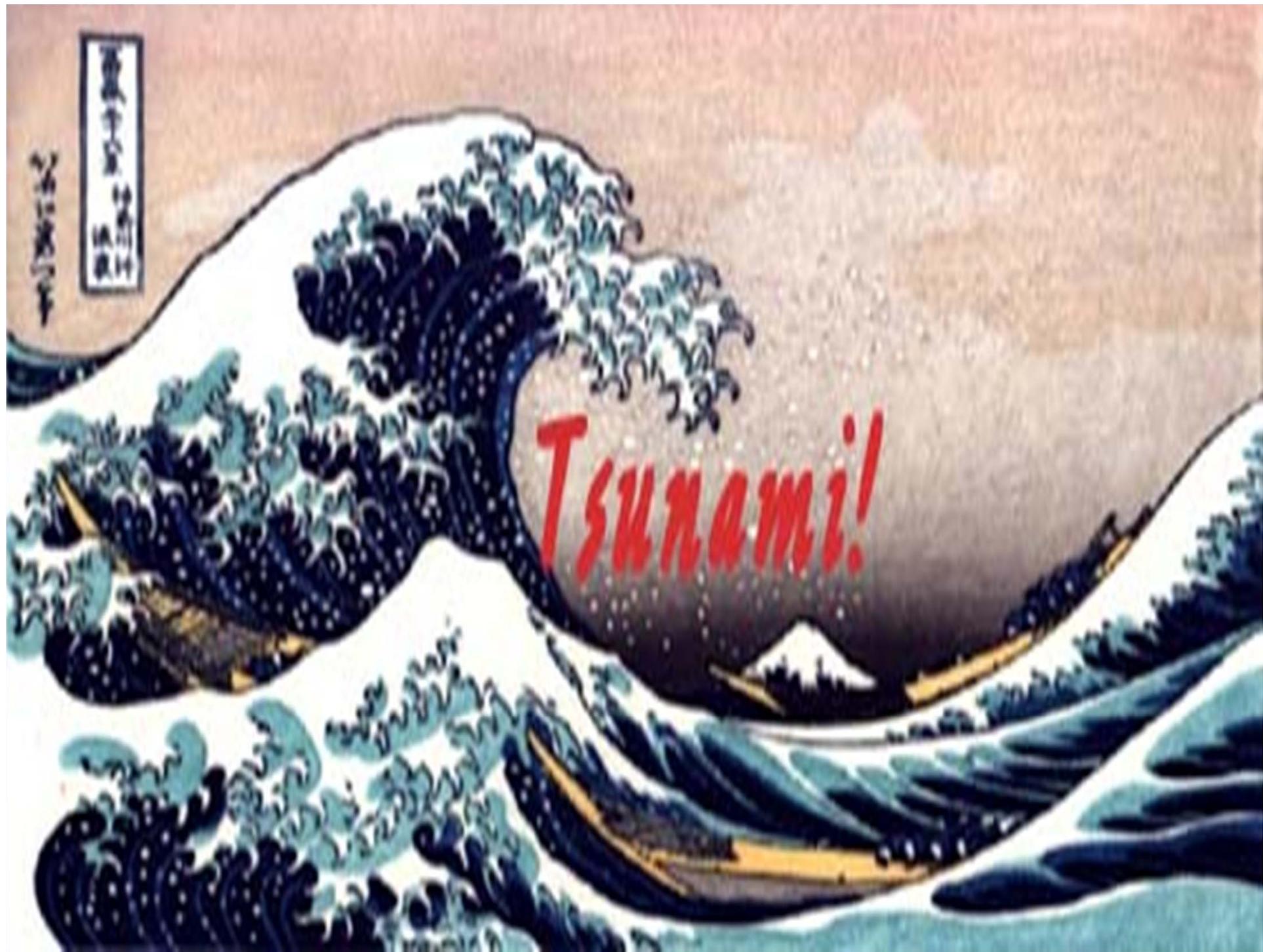
「海嘯」通常是指近岸或深海的海水突然間受到劇烈擾動，所引發一系列波長及週期極長的浪。這些浪由源區傳播開來，當它們到達岸邊可能造成嚴重的災害。



海嘯一詞的由來



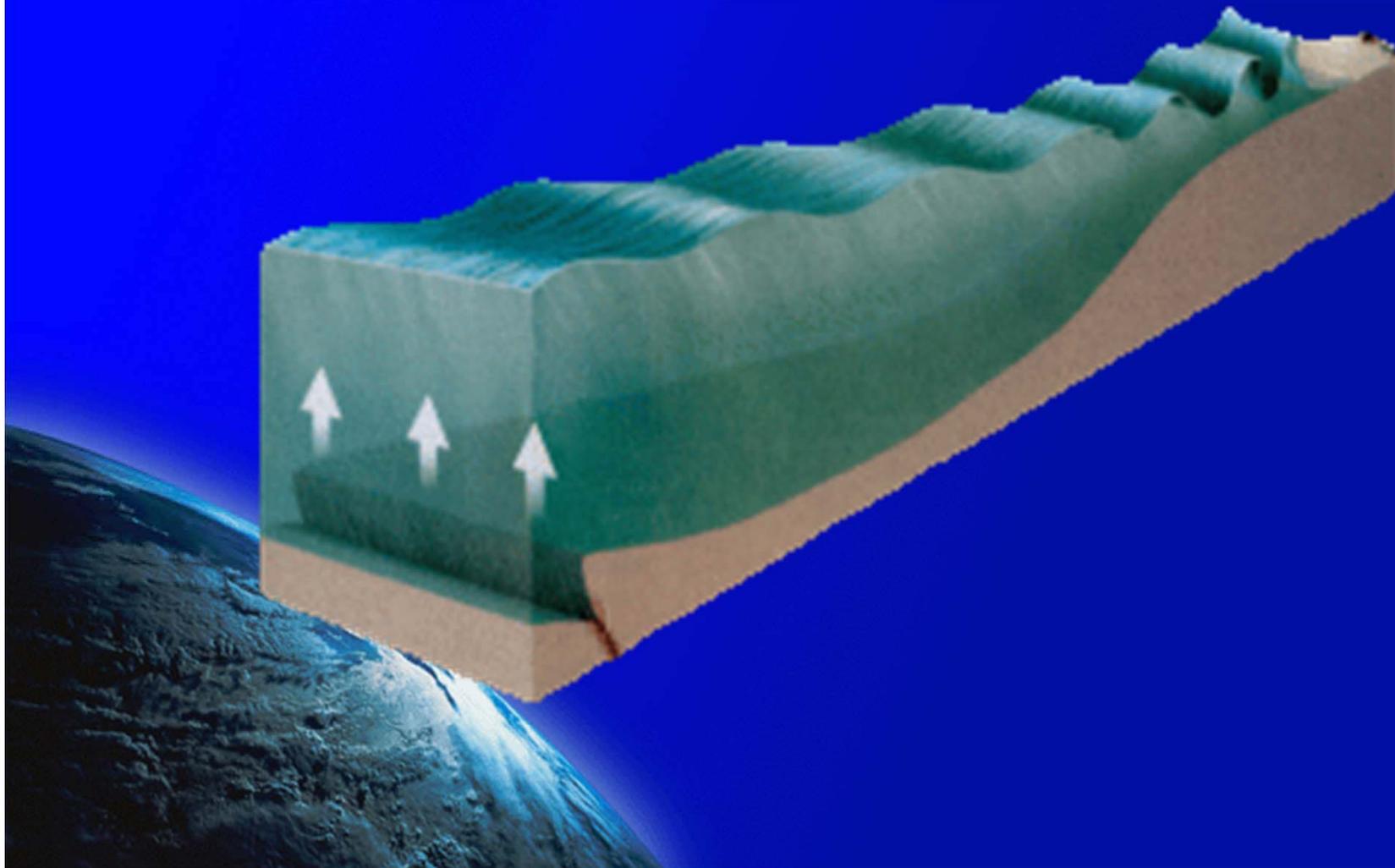
- 「Tsunami」一詞是音譯自日文「津波」，日文「津」（音tsu）的意思是「港灣」，而「波」（音nami）的意思是「波浪」。
- tidal sea wave「潮波」
- seismic wave「地震水波」
- 雖然「Tsunami」一詞的意思也不完美，但世人都是這樣用也就約定成俗了。



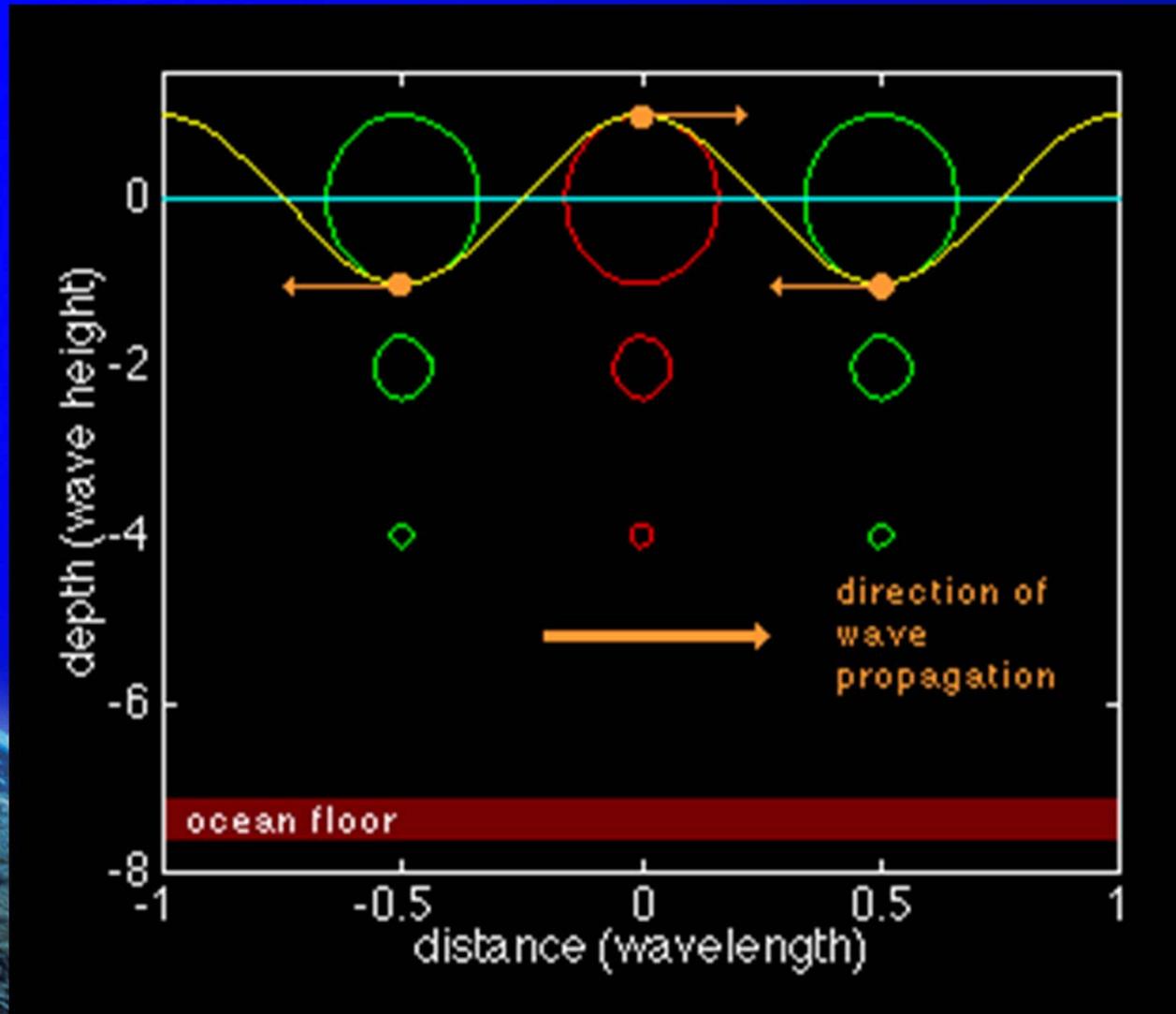
大波瀾
神奈川

Tsunami!

地震如何引發海嘯？



水分子在深水波中運動的情形



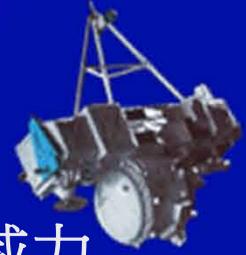
海嘯傳播

海嘯之速度：海嘯之波傳速度因海之深淺而有不同，愈深速度愈快；於海中時，速度約與噴射機之速度相當，接近陸面時速度仍可維持高鐵之速度。



$$v = \sqrt{g \times h} \quad (m/sec)$$

水深 5000m	噴射機相同之時速800km (秒速220m)
水深 500m	高鐵相同之時速250km (秒速 70m)
水深 100m	於高速道路行駛汽車之時速約100km (秒速30m)
水深 10m	短跑選手相近之時速36km (秒速 10m)



- **海嘯之波長：**
約10-100公里，因此於海上時完全感受不到海嘯之威力
- **海嘯之波高：**
因港灣地形有所差異（相較平均水位之高度）
- **反覆現象：**
必須持續12小時以上警戒（1波-2波-3波...）
- **共振效應：**
港灣週期與海嘯週期



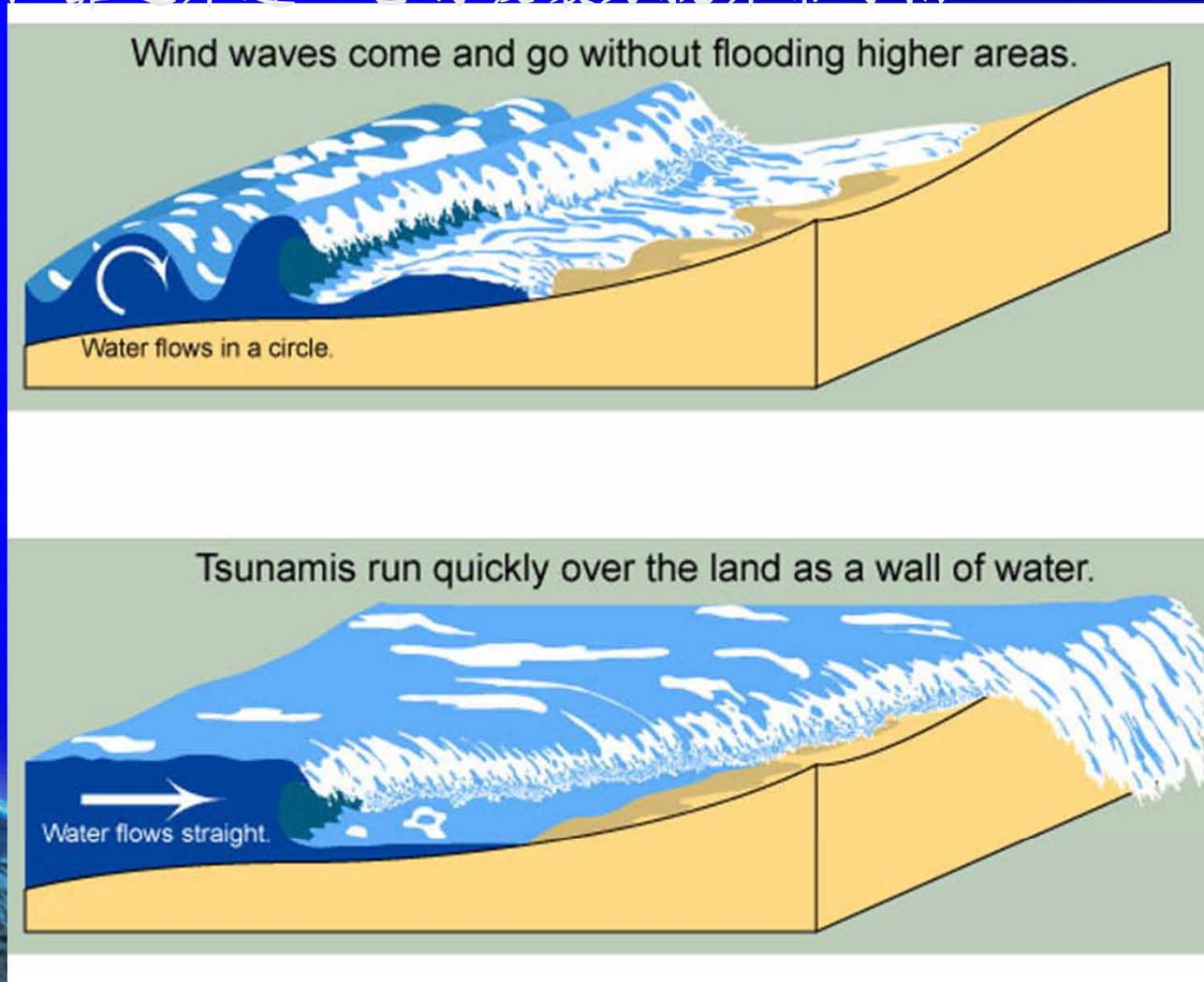
大綱



1. 認識海嘯與地震的關係
2. 認識海嘯的傳播
3. 認識海嘯的災害
4. 認識如何預防海嘯



海嘯在深海傳播時，和一般的波浪沒有什麼兩樣，但靠近岸邊，它的破壞力就非常可怕。



任何時候，當你在海邊感受到大地震，它很有可能轉成海嘯，最好的避災方法，就是往高處逃。



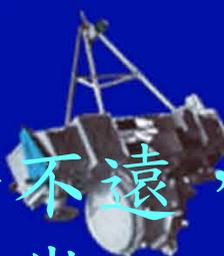
印尼亞齊省位於蘇門答臘島的北端，2004年12月26日海嘯，亞齊受災最重，尤其是亞齊省首府班達亞齊。左圖為印尼亞齊省海嘯前與海嘯後LANDSAT衛星圖



December 29, 2004

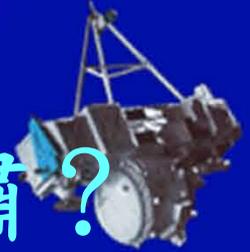


January 10, 2003



左圖為離首府不遠，蘇門答臘島西岸 Lhoknga 災前及災後 Ikonos 的空照圖。該鎮除了市中心的一所清真寺，完全被海嘯所摧毀。圖中有一 200 公尺的比例尺，可用已瞭解海嘯侵襲的範圍

大洋上空或海上是否看得到海嘯？



- 在深海海嘯的波高通常小於1公尺，海嘯的波峰間的距離則超過100公里。因此在深海，船上的船員或乘客，無法看到高速從船底通過的海嘯。船上的人對於海嘯通過時所造成緩緩上升又緩緩落下的水面毫無感覺。但壓力計可以量得到。
- 1896年6月15日侵襲日本的大海嘯，離岸20海哩的漁民完全不知道。因為此一海嘯在深海的波高大約只有40公分，但是海嘯到達邊時已變成大浪，侵襲275公里的海岸線，奪走28,000條人命。
- 同理在深海上空，我們無法區分海嘯與一般波浪，就像我們無法在海上感覺到潮汐的起落一樣。

海嘯有哪些破壞力？



- 海嘯的破壞可分為三類：溢淹、波浪打在結構物上以及沖刷。
- 海嘯引起的強流會沖刷橋樑及海堤的基礎，造成橋樑及海堤的倒塌。
- 浮力與拖曳力會移動房屋，把火車車廂推翻。
- 漂浮的殘骸，包括船及車輛等，可能衝入房屋，沖毀電線桿甚至因發火災。



- 港內受損的船舶、岸邊破裂的儲油槽以及煉油設施所引起的大火，所造成的災害可能比海嘯本身所造成的災害嚴重。
- 海嘯對核能或火力發電廠也有潛在威脅，在大退潮時電廠的取水口可能取不到水，當第二波或第三波海嘯侵襲時，可能將泥沙或垃圾帶到取水口而堵塞取水口。



為什麼近海產生的海嘯如此危險？



- 近海海嘯到達岸邊的時間可能少於10分鐘。太平洋海嘯中心以及地方機構沒有足夠的時間發佈海嘯警報。
- 對於住在海邊的居民，地震就是海嘯有可能發生的警告。
- 對於遠地海嘯而言，由於海嘯速度可以準確推算，因此海嘯到達的時間是可以準確預估的。



海嘯：

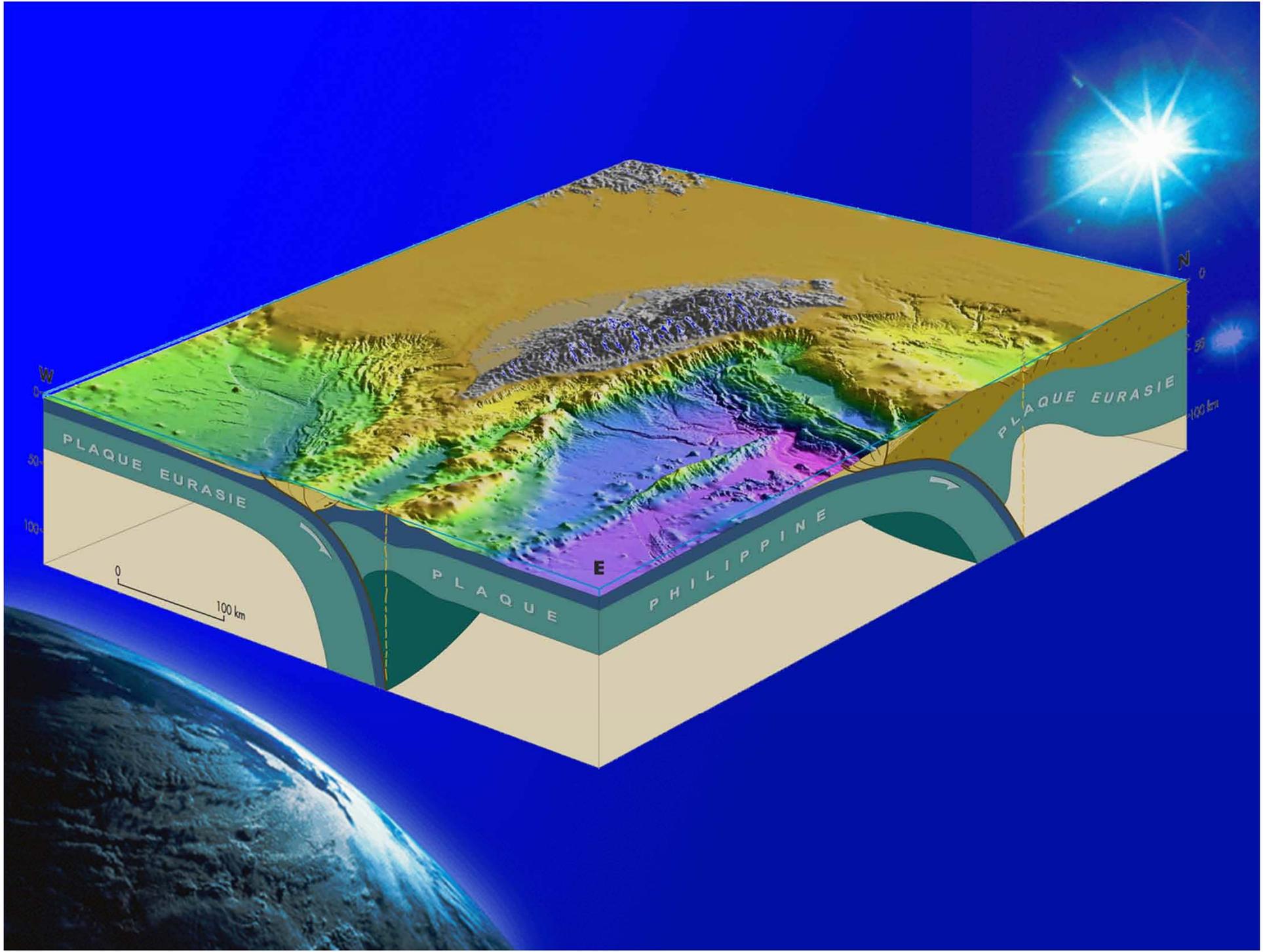
(發生的主要原因)

- 海底地震
- 海底火山爆發
- 海底山崩
- 隕石撞擊

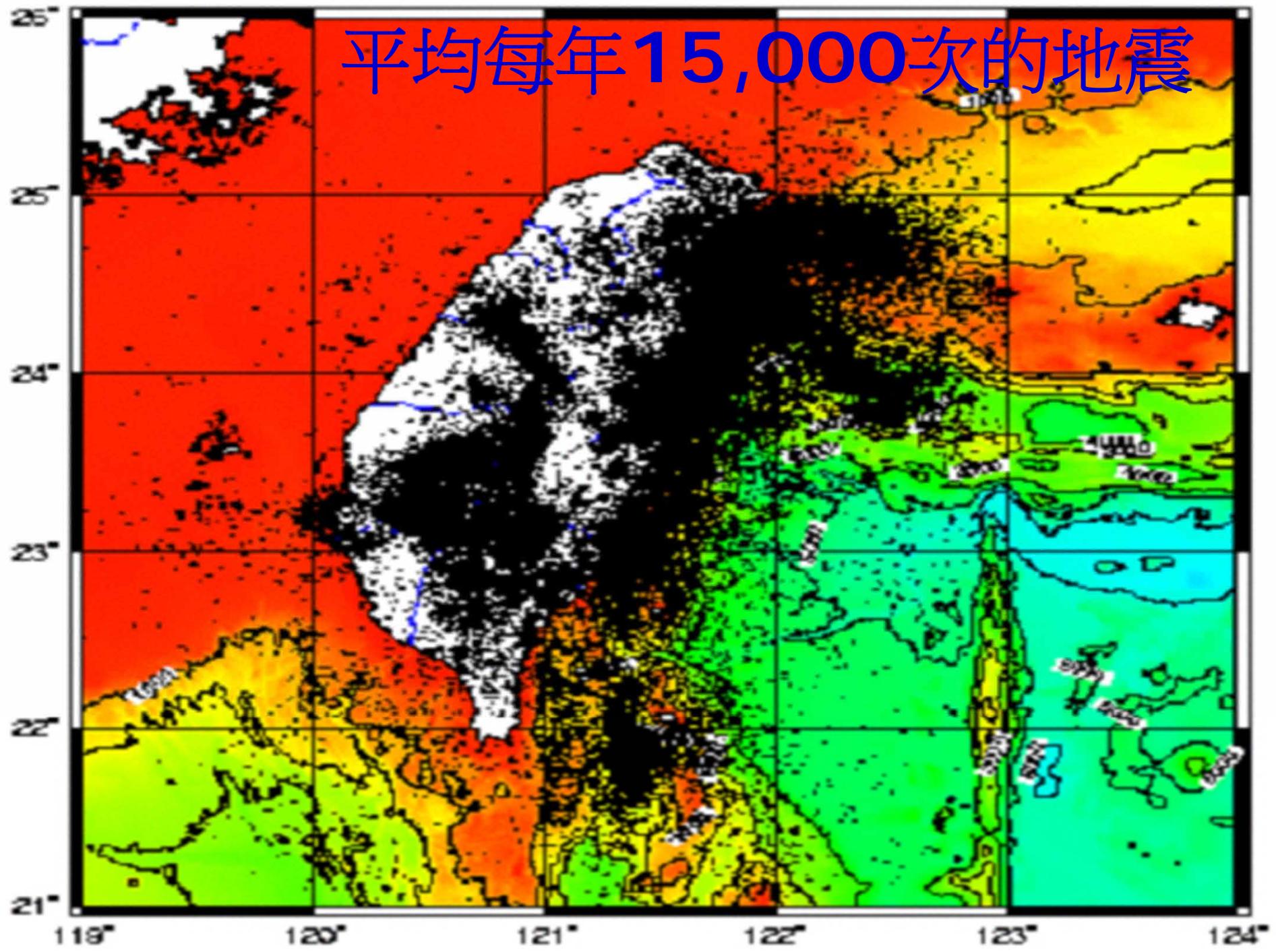
地震：

- 板塊運動
- 火山爆發
- 山崩
- 隕石撞擊

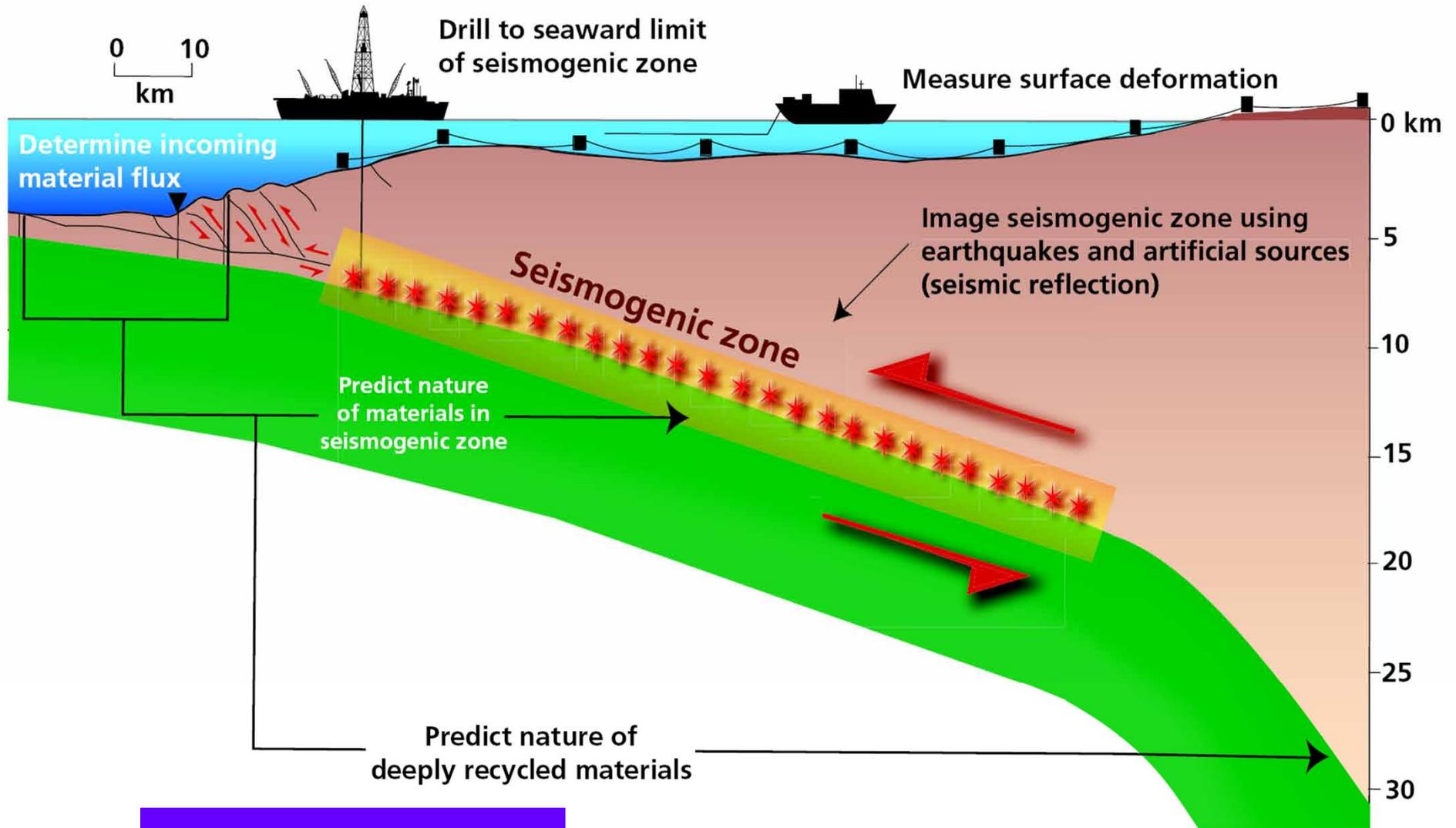




平均每年15,000次的地震



地震起源區的研究方法





- 1998 新幾內亞海嘯
- 1986 花蓮海嘯
- 1964 阿拉斯加海嘯
- 1960 智利海嘯
- 1867 基隆海嘯
- 1771 石叻島海嘯

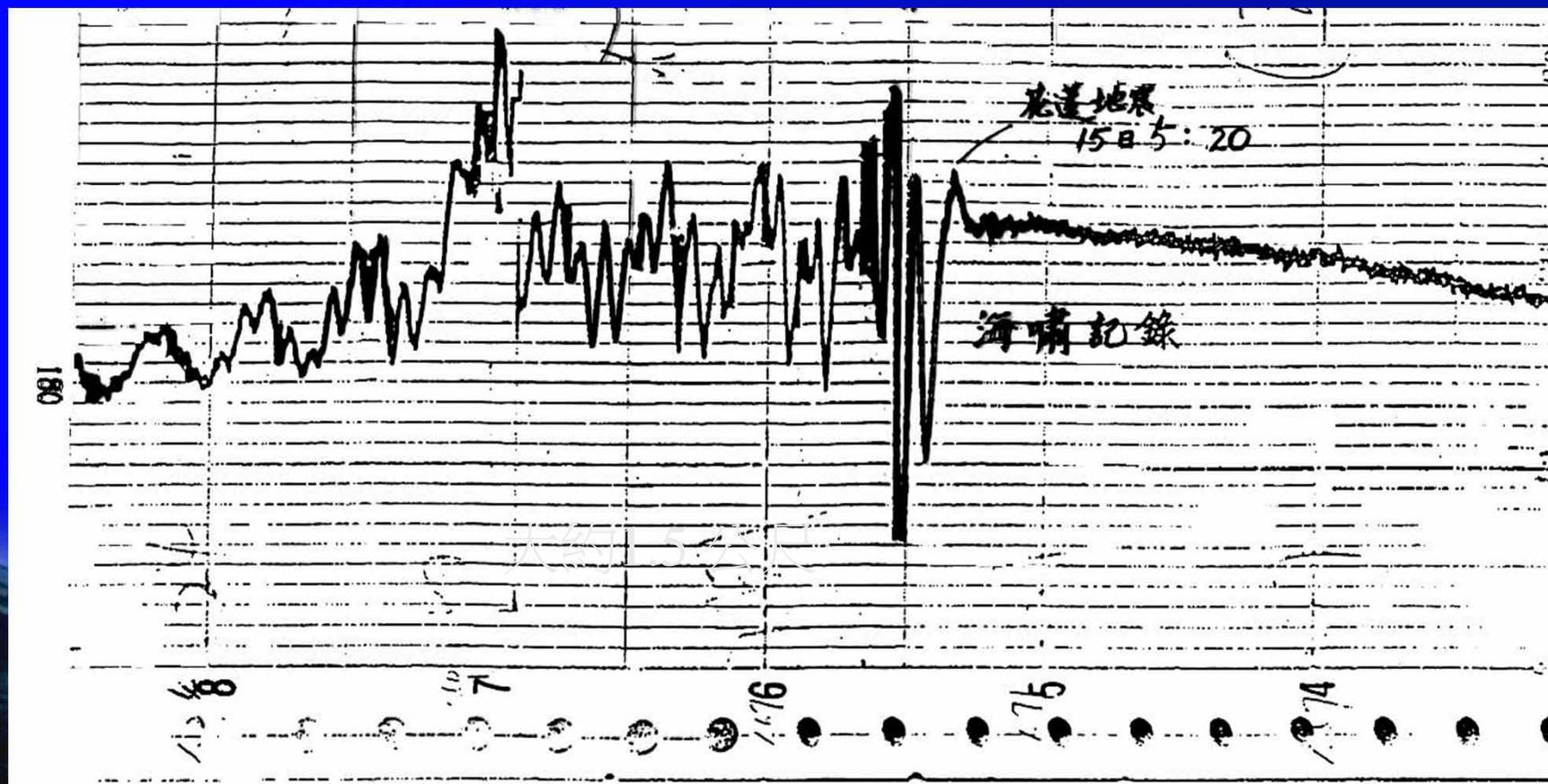


1998年新幾內亞大海嘯

1998年7月17日，一起規模=7.0的地震襲擊新幾內亞中部海岸的北方。它造成7-10公尺高的海嘯，捲走3000多人的生命。

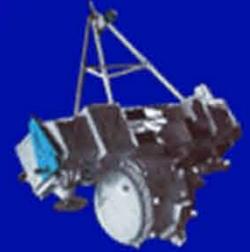


1986年11月15日的花蓮海嘯



1986年11月15日的花蓮港內記錄到的海嘯波形（中央氣象局）
有實測紀錄以來，發生在台灣附近最大的海嘯

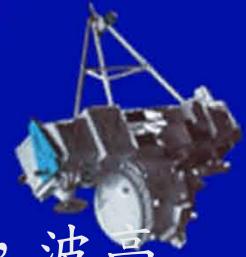
1964年3月28日阿拉斯加海嘯



- 徐明同（1981）謂「阿拉斯加海嘯，地震規模為8.4，震央在Prince William海灣，在花蓮驗潮站有最大波高15公分之海嘯痕跡震央在西經147.5度北緯61度。此一海嘯並沒有對台灣造成災害，因為各報均無災害之報導。



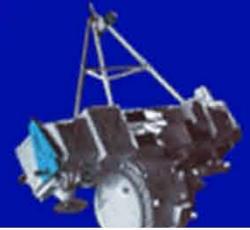
1960年5月24日智利海嘯



- 徐明同（1981）謂「此次為智利海嘯，傳播至台灣，波高在基隆為66公分花蓮為30公分。**基隆**田寮港運河之橋墩（日式木造橋）被浮木衝毀，而海水呈污濁
- 民國49年5月25日聯合報：「**基隆**測候所的記錄，24日上午6時30分，基隆港內海潮高出海平面1.9公尺，為基隆海潮的最高記錄，上一次的最高記錄是1.5公尺。」；
- 「**基隆**市區內田寮港運河的尚志橋於上午5時許，被來自淺水碼頭附近港內的漂浮的巨枝柳安木所沖垮，另有崇仁、平等、自由三橋亦被沖壞。.....。據昨日目擊當時的市民稱：有一艘小舢舨，被旋轉的海潮捲得直立達數分鐘之久，然後再傾覆。另有三艘舢舨亦被捲覆沒。」；



1867年基隆大海嘯



9、1867年12月18日基隆

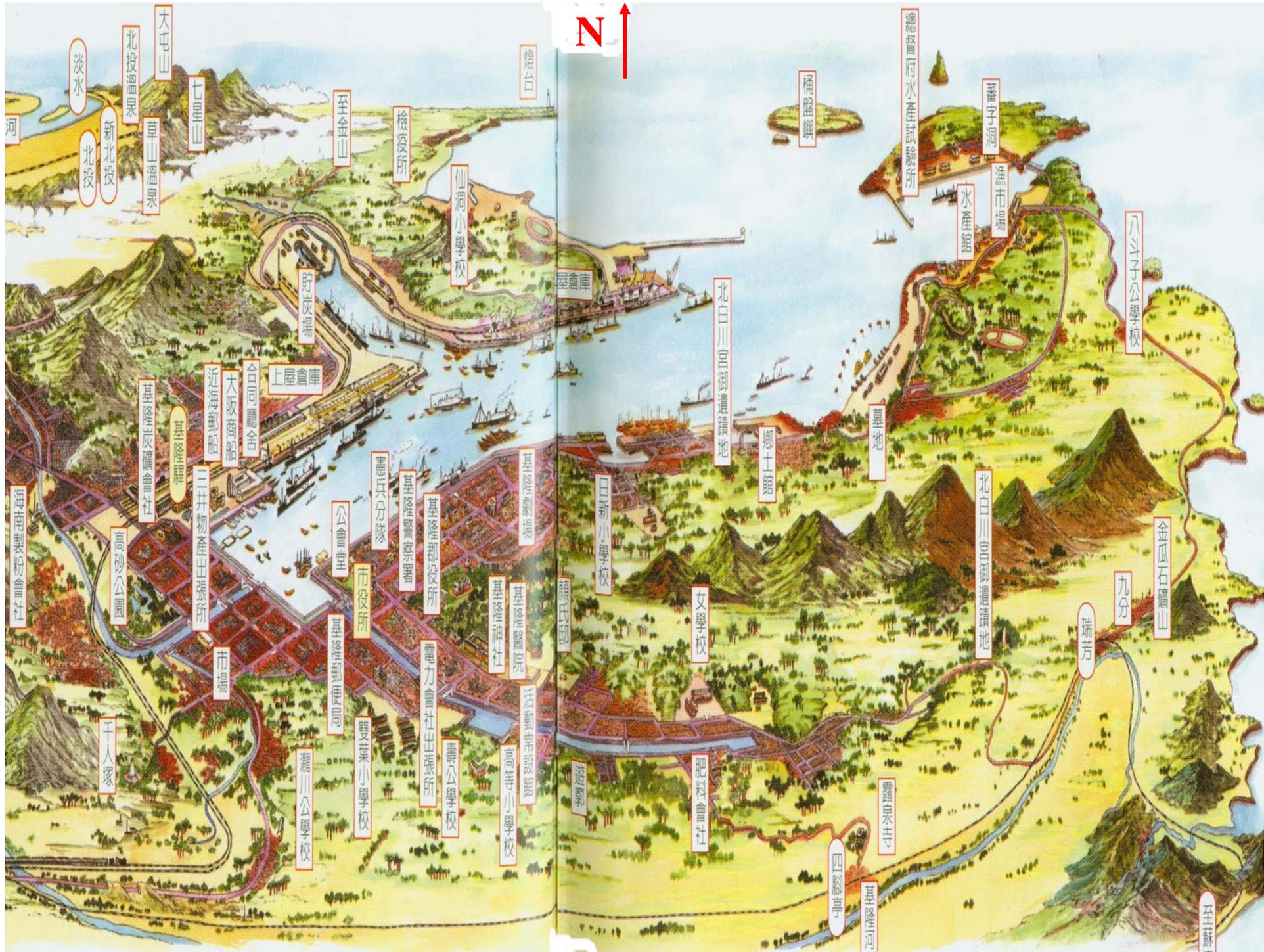
根據徐泓（1983）所編之「清代台灣天然災害史料彙編」，1867年12月18日台北、基隆、苗栗地震。徐泓根據「淡水廳志」的記載，「（同治六年）冬十一月，地大震。……二十三日，雞籠頭、金包里沿海，山傾地裂，海水暴漲，屋宇傾壞，溺數百人。」。又根據Alvarez，Formosa一書云：「1867年12月18日，北部地震更烈，災害亦更大，基隆城全被破壞，港水似已退落淨盡，船隻被擱於沙灘上；不久，水又復回，來勢猛烈，船被衝出，魚亦隨之而去。沙灘上一切被沖走。……」。李起彤（1991）在海嘯一節，引述了李善邦（1981，「中國地震」，地震出版社）一書中對中國海嘯考証的所得之「中國歷史海嘯一覽表」。其中提到李善邦引用「日本地震史料」所得的一段話「同治六年十一月二十三日台灣基隆大地震，全市房屋倒塌，且伴有海嘯，附近火山口流出熱水，死者頗多。」。

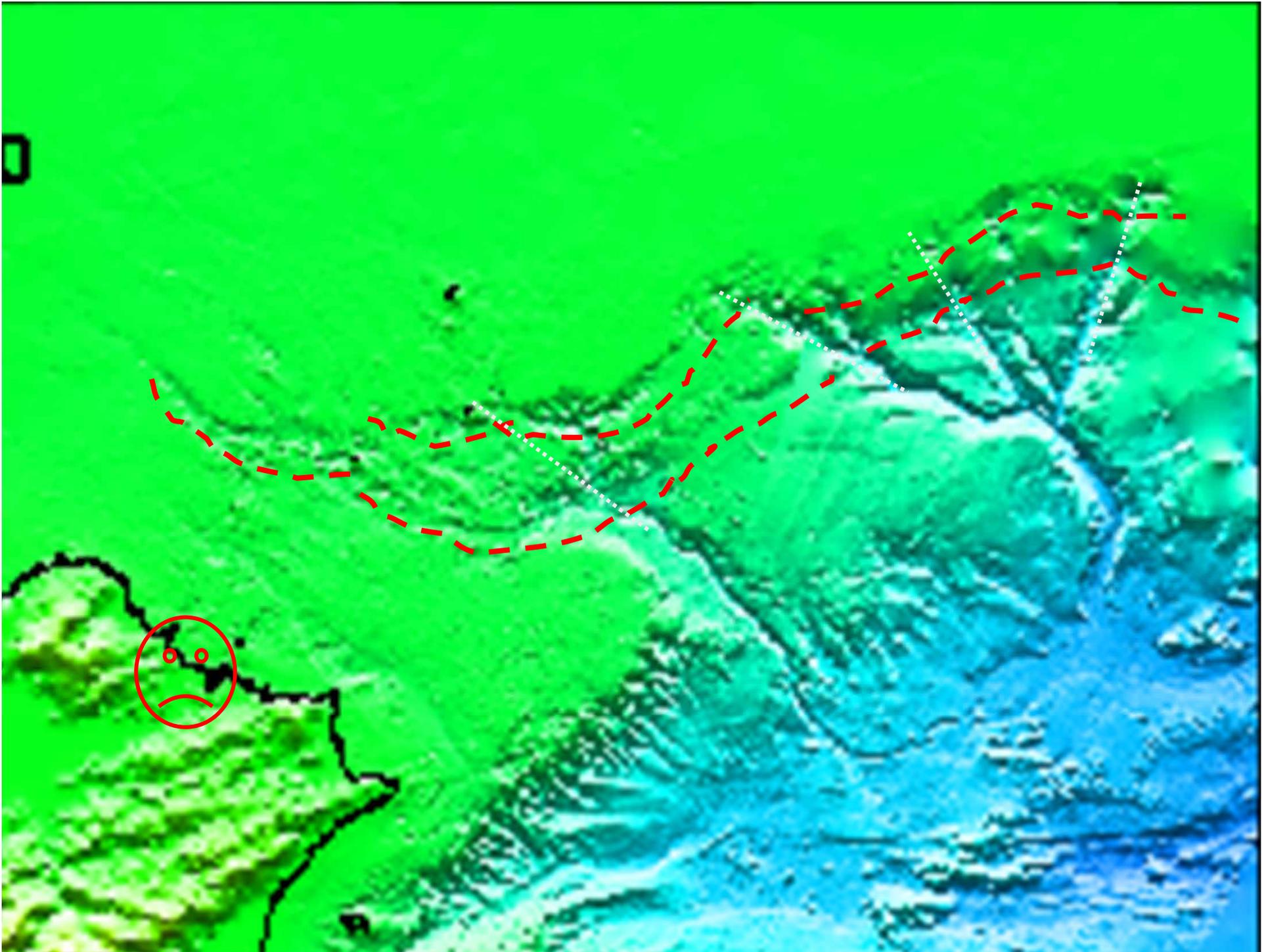
徐明同（1981）估計此地震規模大約是7.0，徐明同根據Davidson（Davidson, J. W., 1903, The island of Formosa, past and present, 646 pp.）所述「此地震在台灣全島都有感覺而北部地區最強烈，而基隆市街及其附近發生大災害。據在海關服務的外國人報告，在這一天基隆發生十五次有感地震，而引起災患者為第一次地震。第一次地震發生後十五秒內發生災害而基隆市街變成廢墟。由基隆港的海水流出，而留下海底暴露的事實，可判斷地震力。幸而當時沒有外國船舶在港內，而只有中國帆船。這些大小帆船一瞬間留在乾的海底，而另一瞬間被折回巨大的波浪淹沒或者以驚人的速度猛衝街上，破壞海邊附近留下來的少數房屋。很多魚向海岸衝上來，而人民迅速地拾集。在許多地方，大地裂開而再封閉，有一座山裂開而形成

Keelung, Taiwan

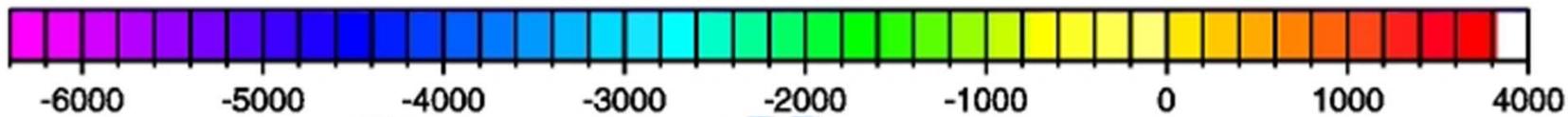
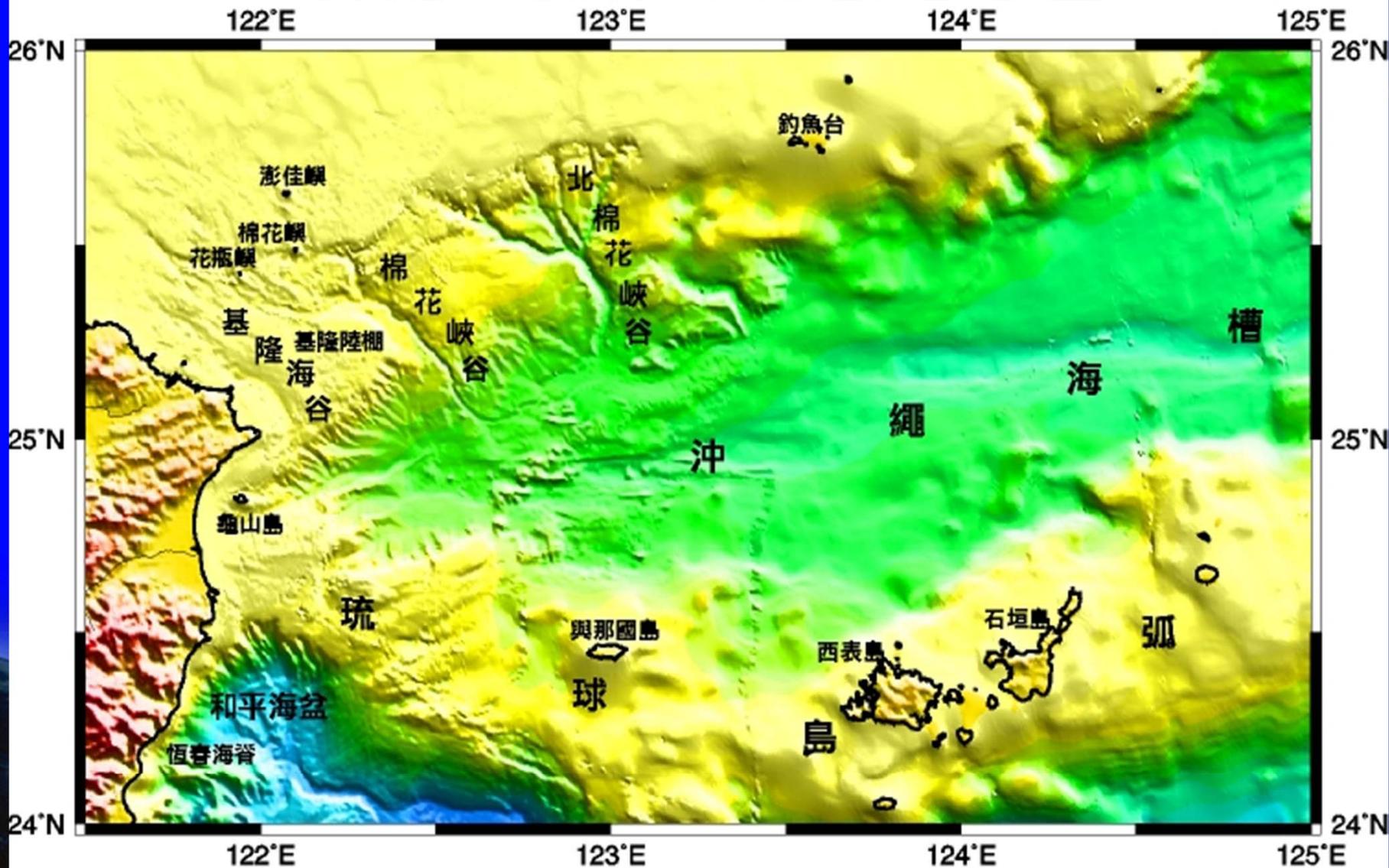
National Taiwan Ocean University







台灣東北海域海底地形圖

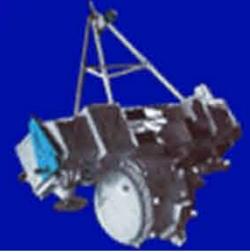


繪製單位：  台灣大學海洋研究所

 國科會海洋科學研究中心海洋資料庫

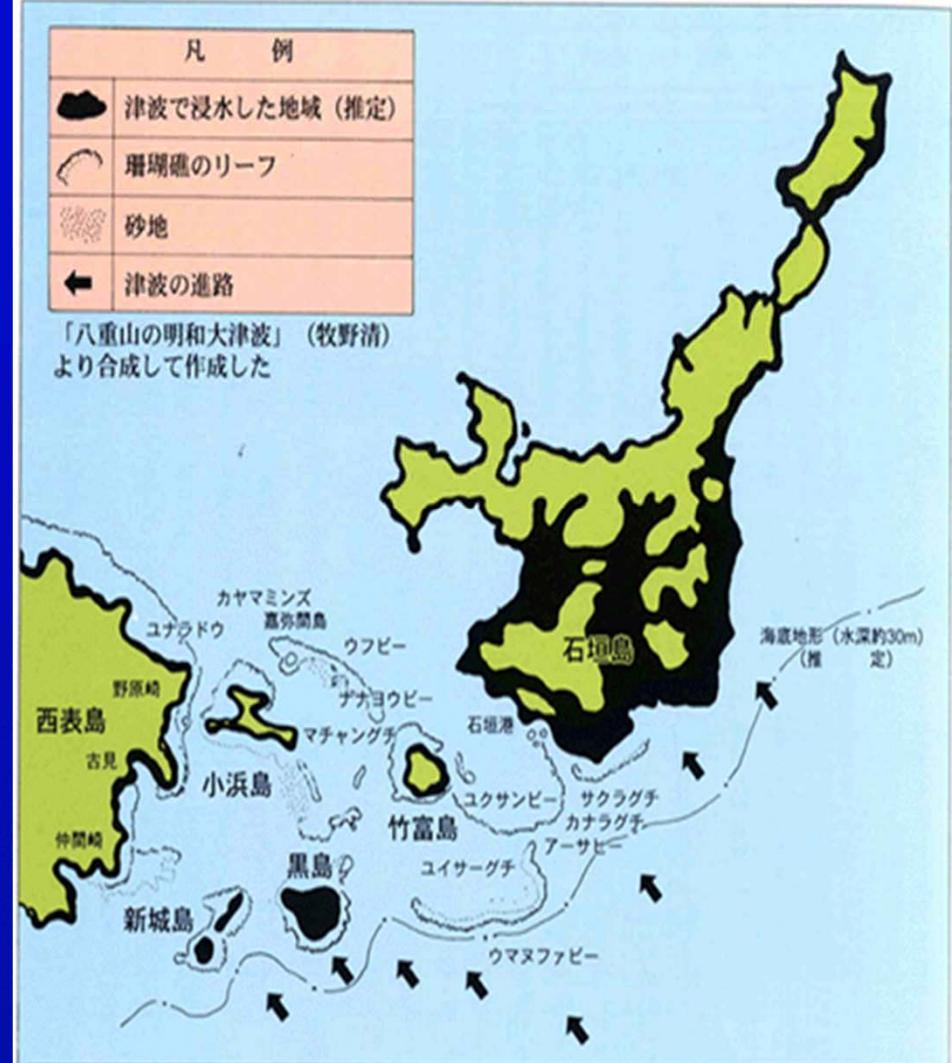
繪製日期：12月1998年

1771年石垣島大海嘯



海嘯淹沒區分佈在石垣島的東南方，因此，相信海嘯來自琉球隱沒帶。浪高達85公尺(相信可能是大浪衝擊海岸的結果)，席捲11,741條人命。(大約石垣島的半數居民)，是日本史上最大的海嘯。

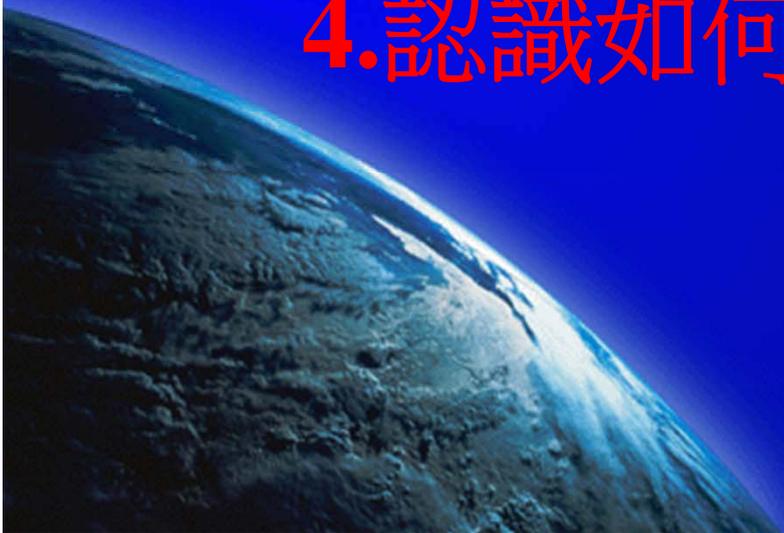
明和大津波の進路推定図



大綱



1. 認識海嘯與地震的關係
2. 認識海嘯的傳播
3. 認識海嘯的災害
4. 認識如何預防海嘯





如何預防？
能不能做到？

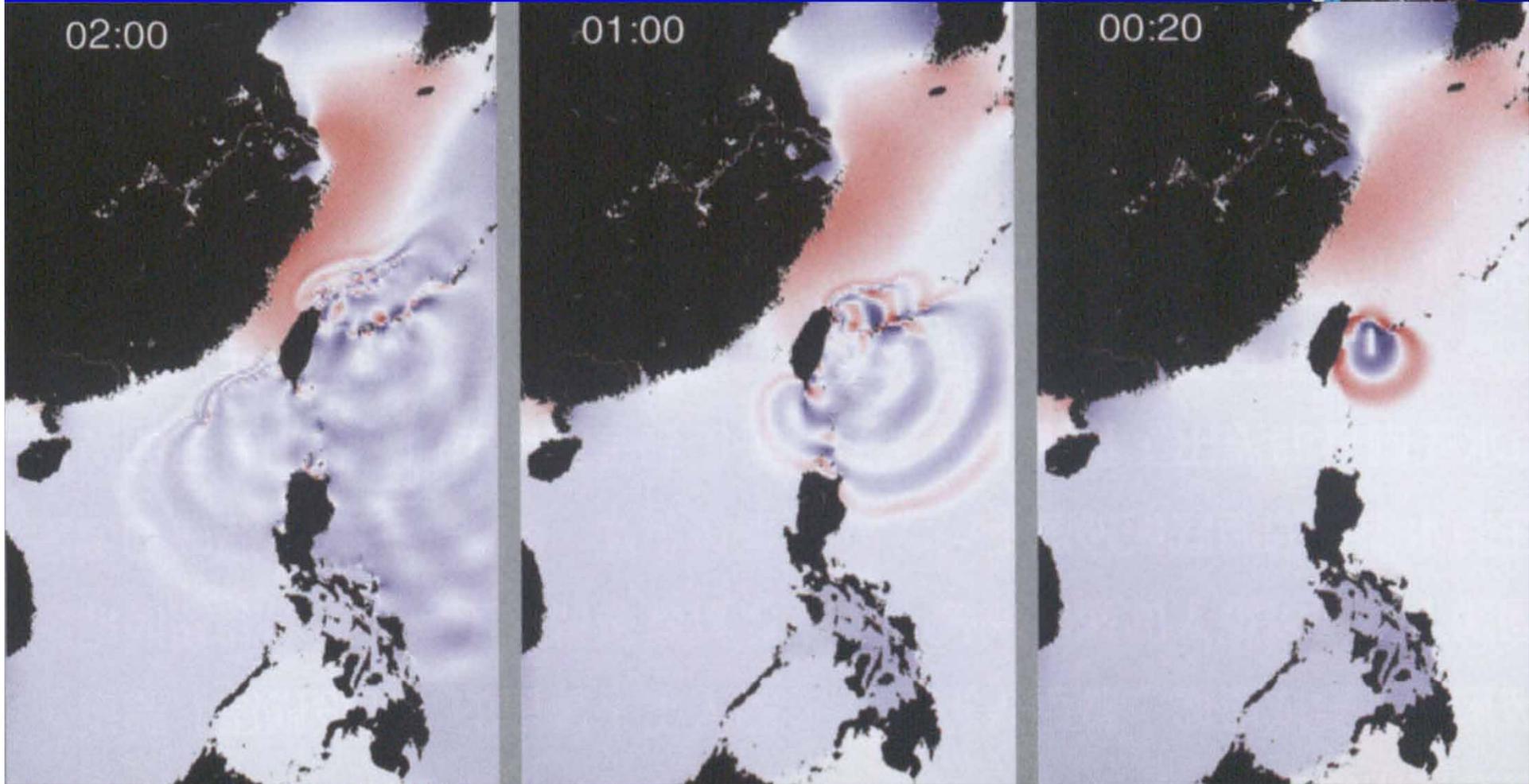




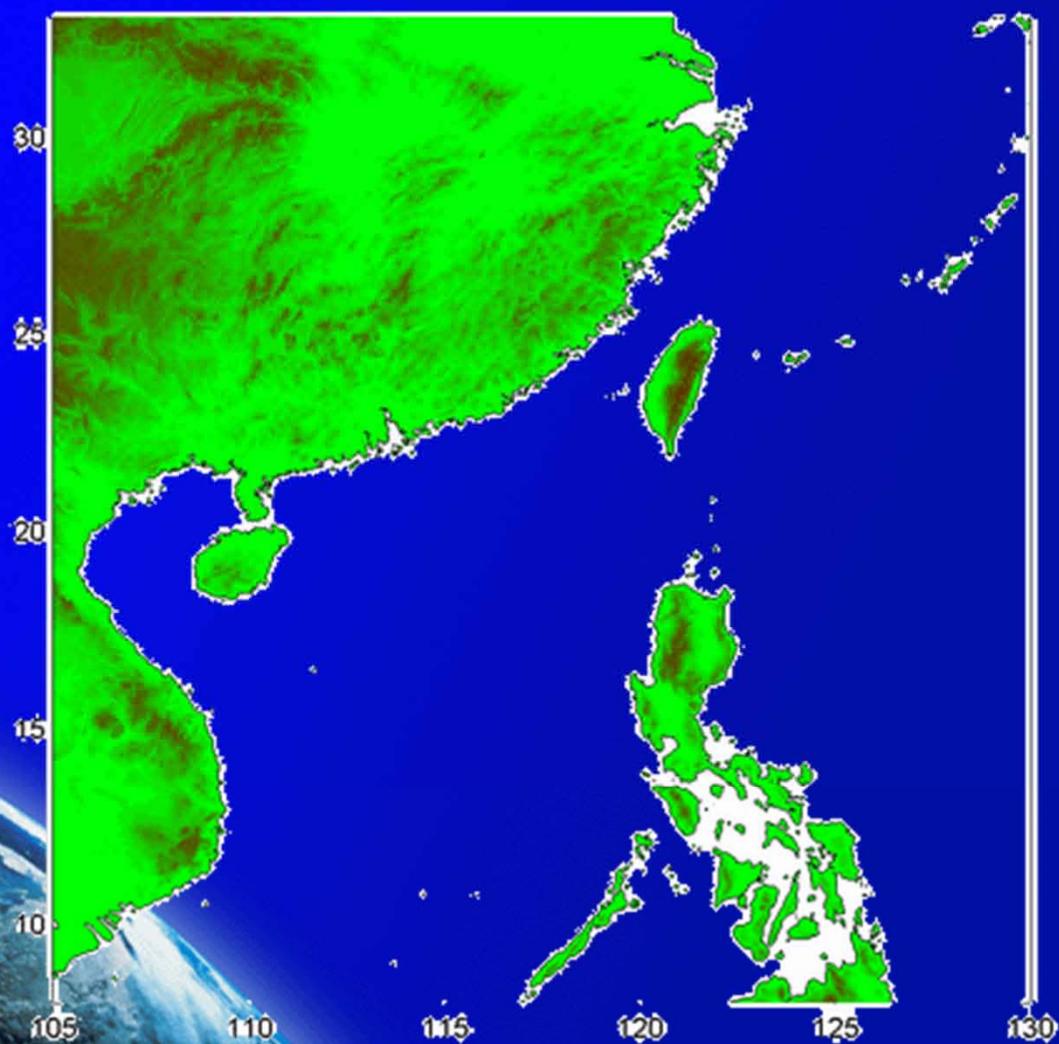
02:00

01:00

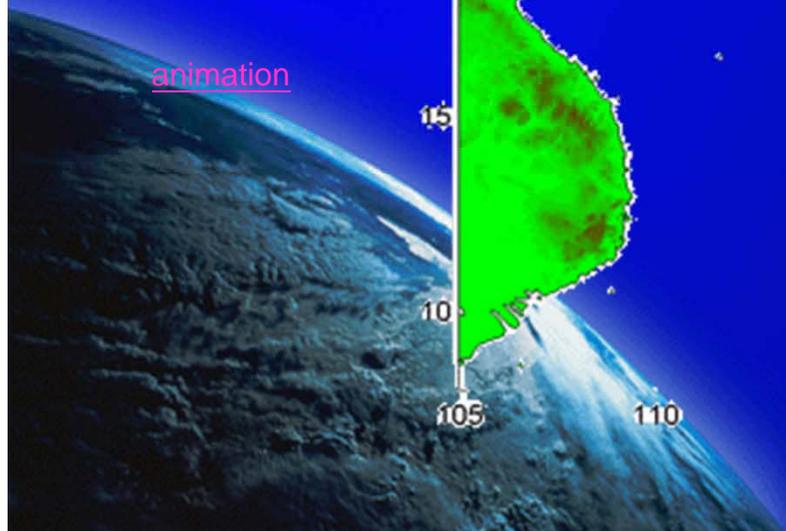
00:20



模擬來自馬尼拉隱沒帶的海嘯-西部地區要注意



animation

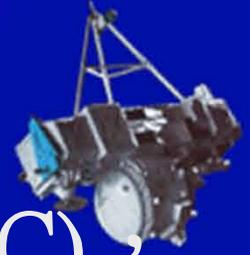




- 科學偵測方法的改進
- 民眾教育的推動
- 預警系統的建立



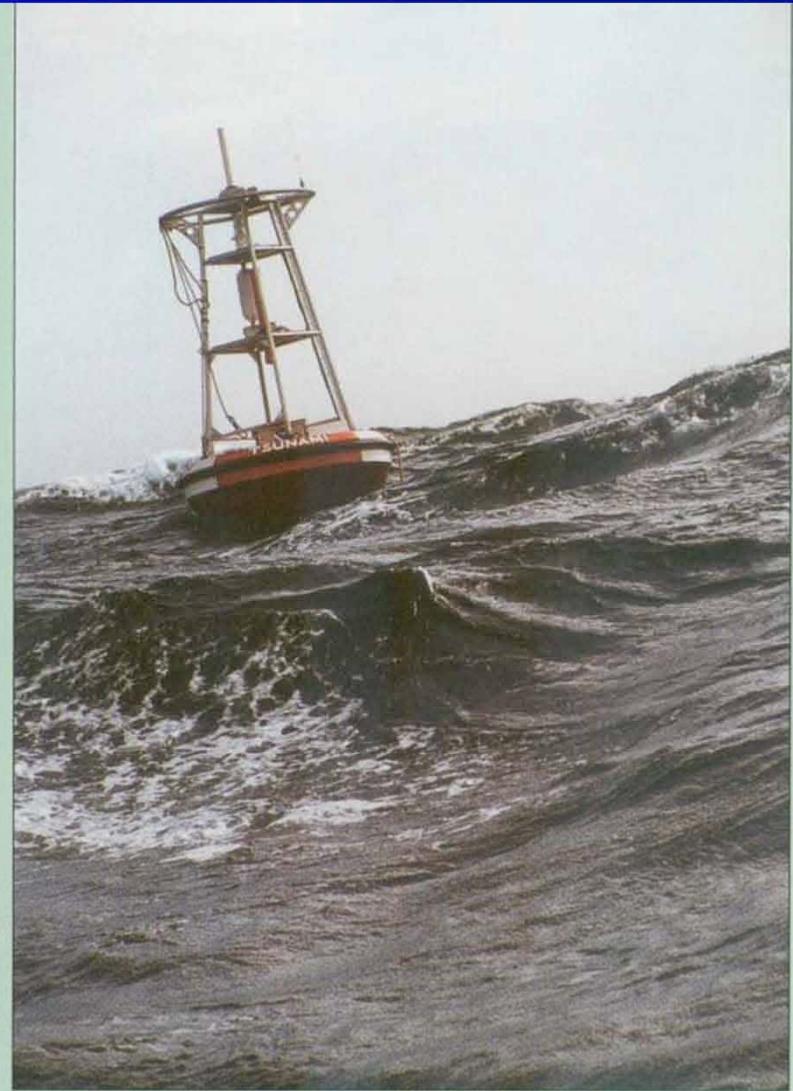
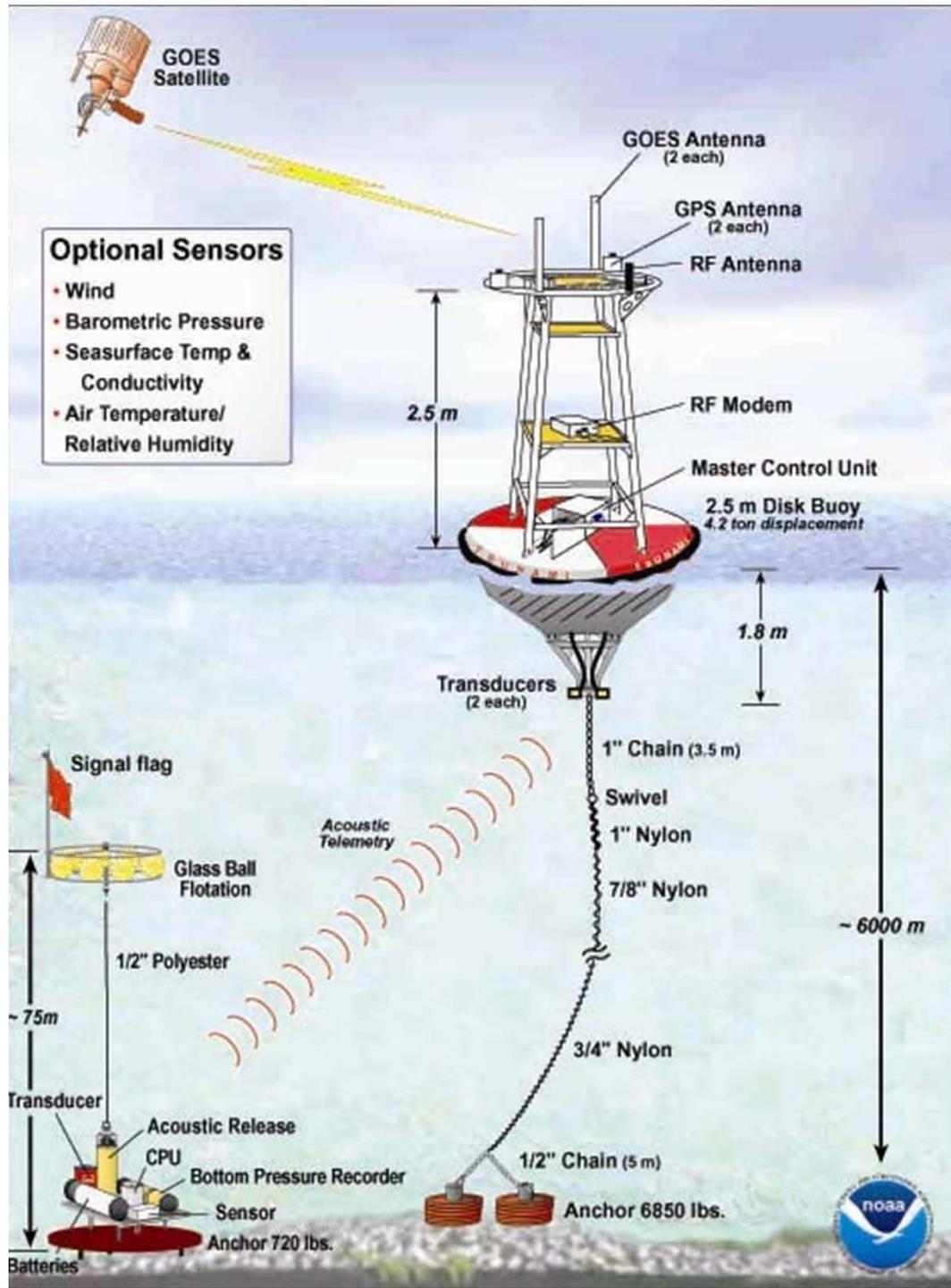
海嘯預警及防範



美國夏威夷的太平洋海嘯中心(PTWC)，其主要接收美國地質調查所之地震消息，當收獲太平洋地區有大地震發生時，就進行海嘯發生之研判，再由其驗潮站在大洋中實際觀測到的波高變化，正確的預測海嘯波速及波高，更以數值模擬方法模擬出海嘯初波到達時間與可能波高，對於各國遠地海嘯將可提早在海嘯波到達前數小時發出預警。

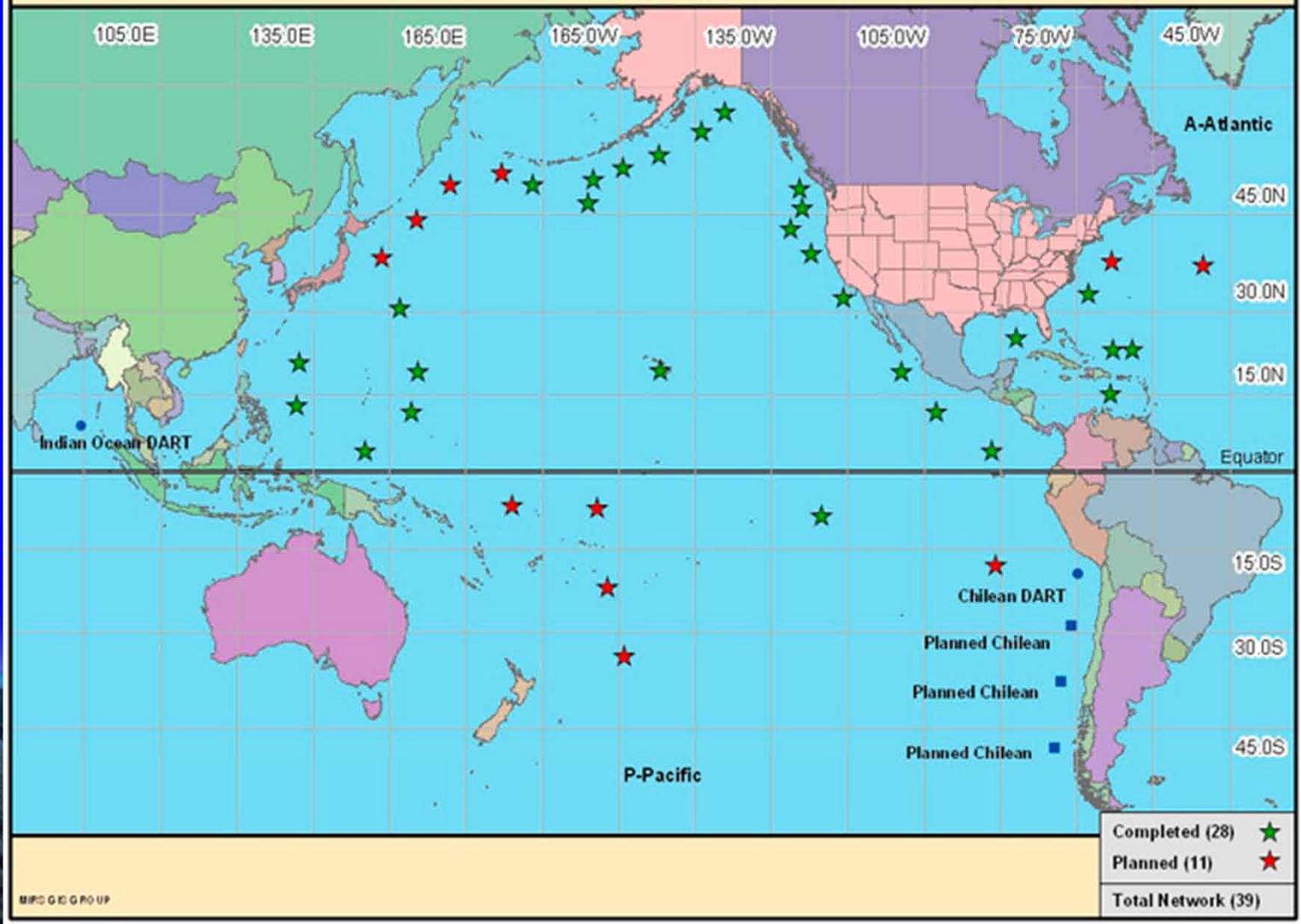
Deep sea Assessment and Report of Tsunamis

DART 海嘯預警浮標系統



DART LOCATIONS

March 2007



日本氣象廳 (JMA)



日本發展出很完善的獨立海嘯警報系統，將全部海岸劃分為18個海嘯警報區，配置在全國74所的地震觀測站，自動將地震記錄送至海嘯預報中心。由預報中心研判海嘯發生之潛能，進而發布海嘯警報。對應此區分的海嘯預報文會送達NHK、NTT、關係各縣的警察本部、海上保安廳等傳達中心。預報也會直接送往沿岸各市町村，採取對居民提出警告和避難勸導等處置方法。



明治三陸大津波伝承碑

明治29年6月15日(旧暦5月5日)午後8時7分頃襲来。綾里村は被害戸数296戸
溺死1350人を数え、この地にて本州津波史上最高の38.2mの波高を記録する。

「白浜は真口の太平洋に直面せるもって水勢を遮る何物もなきによるべく、野を越え山
を走りて道合に至り両湾の海水連絡せるに至る。所謂水合か」(「綾里村誌」)

〔綾里村の惨状〕

「綾里村の如きは死者は頭腦を砕き、或いは手を抜き足を折り突に名状すべからず。村役
場は村長一名を残すのみ、尋常小学校、駐在所みな流失して片影を止めず」(岩手県知事
より内務大臣への報告)

「その屍たるや道路に満ち沙湾に横たわり酸鼻言ふべからず。屍尊帰潮に随つて湾上に揚
がるもの数十日。親の屍にすがりて悲しむものあり子の骸を抱き痛哭するものあり。多く
は死体変化し、父子とも尚その容貌を弁する能はざるに至る。頭足、所を異にするに至り
くは惨の最も惨たるものなり」(「綾里村誌」)

平成10年6月15日

綾里地区消防100周年記念事業実行委員会 建立



Public Awareness

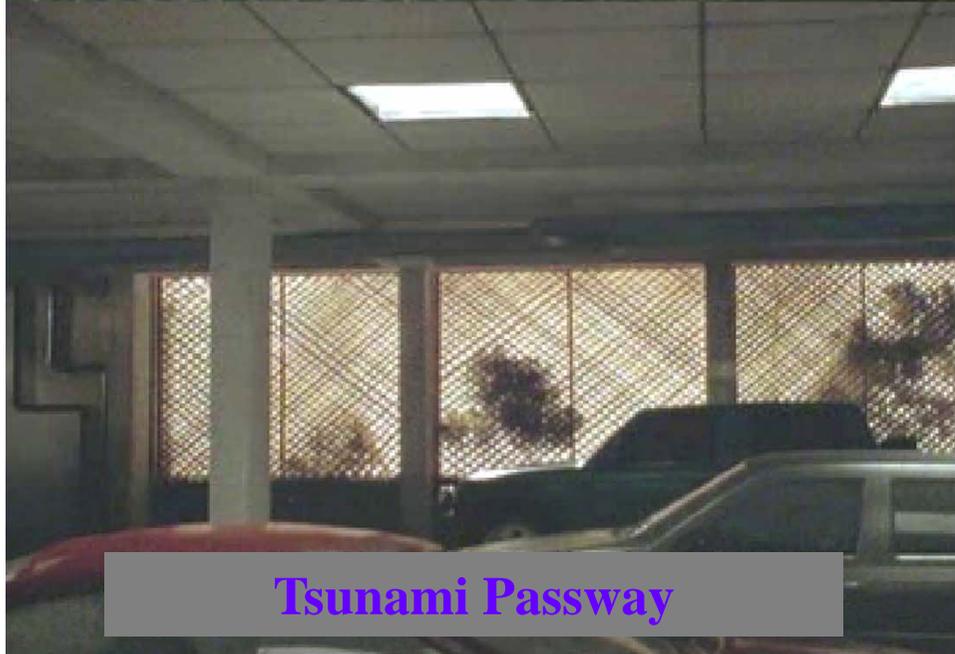
Tsunami Friendly Building



Reasonable High



Ground Floor Parking



Tsunami Passway



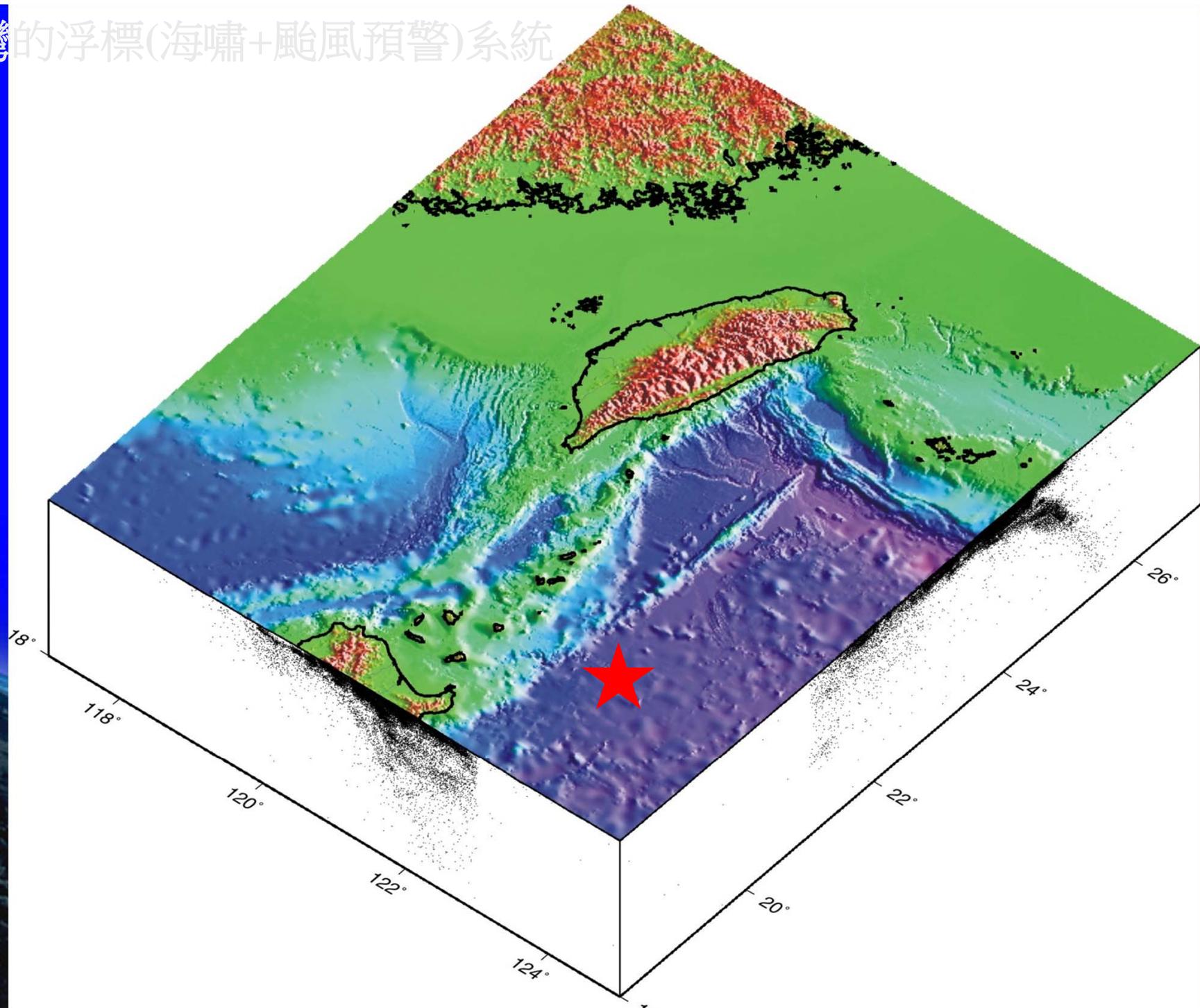
中央氣象局 (CWB)



台灣地區海嘯警報的發布由交通部中央氣象局所負責，為了防範海嘯的侵襲，中央氣象局除了密切監測台灣地區鄰近之海域地震活動外，並與位於美國夏威夷的太平洋海嘯中心連線，若有收到海嘯警報，則聯絡相關單位，並透過傳播媒體發布海嘯消息。



台灣的浮標(海嘯+颱風預警)系統



海嘯災害防救因應對策



- 積極參與國際救援及勘災調查
- 海嘯潛勢地區研究
- 加強海嘯預警之國際合作

對於遠地的海嘯地震防範，將可藉由加強國際的海嘯預警合作加以防範。

- 加強台灣地區海嘯預警相關研究

若地震發生在台灣外海不遠處，當收到國際的警報時，海嘯很可能已經侵襲台灣沿海地帶。因此台灣必須發展完善的海嘯預警系統。



■ 預警通報系統

- 沿海地區廣設警報系統及廣播設備
- 電視及廣播新聞發布
- 海上船隻通報系統
- 警告及指示標誌

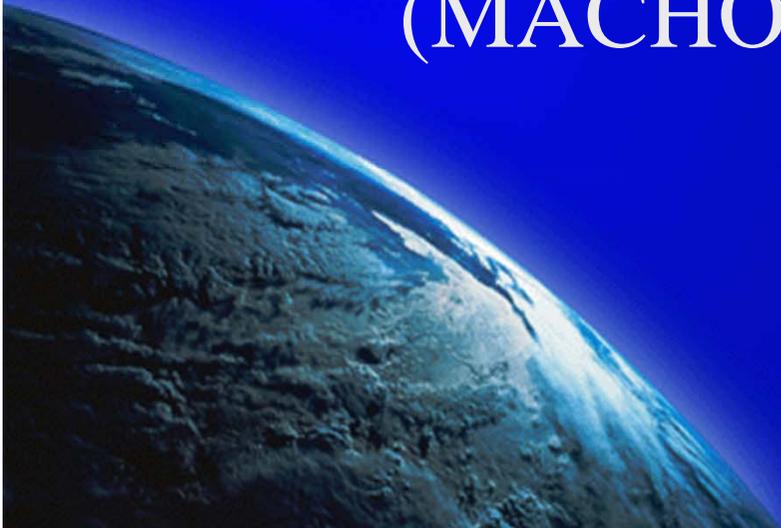
■ 教育宣導

對海岸地區的居民實施教育訓練，定期實施避難訓練，藉由講習會等使防災知識普及



台灣東部海域電纜式海底地震儀 及海洋物理觀測系統建置計畫

MArine Cable Hosted Observatory
(MACHO, 「媽祖」計畫)





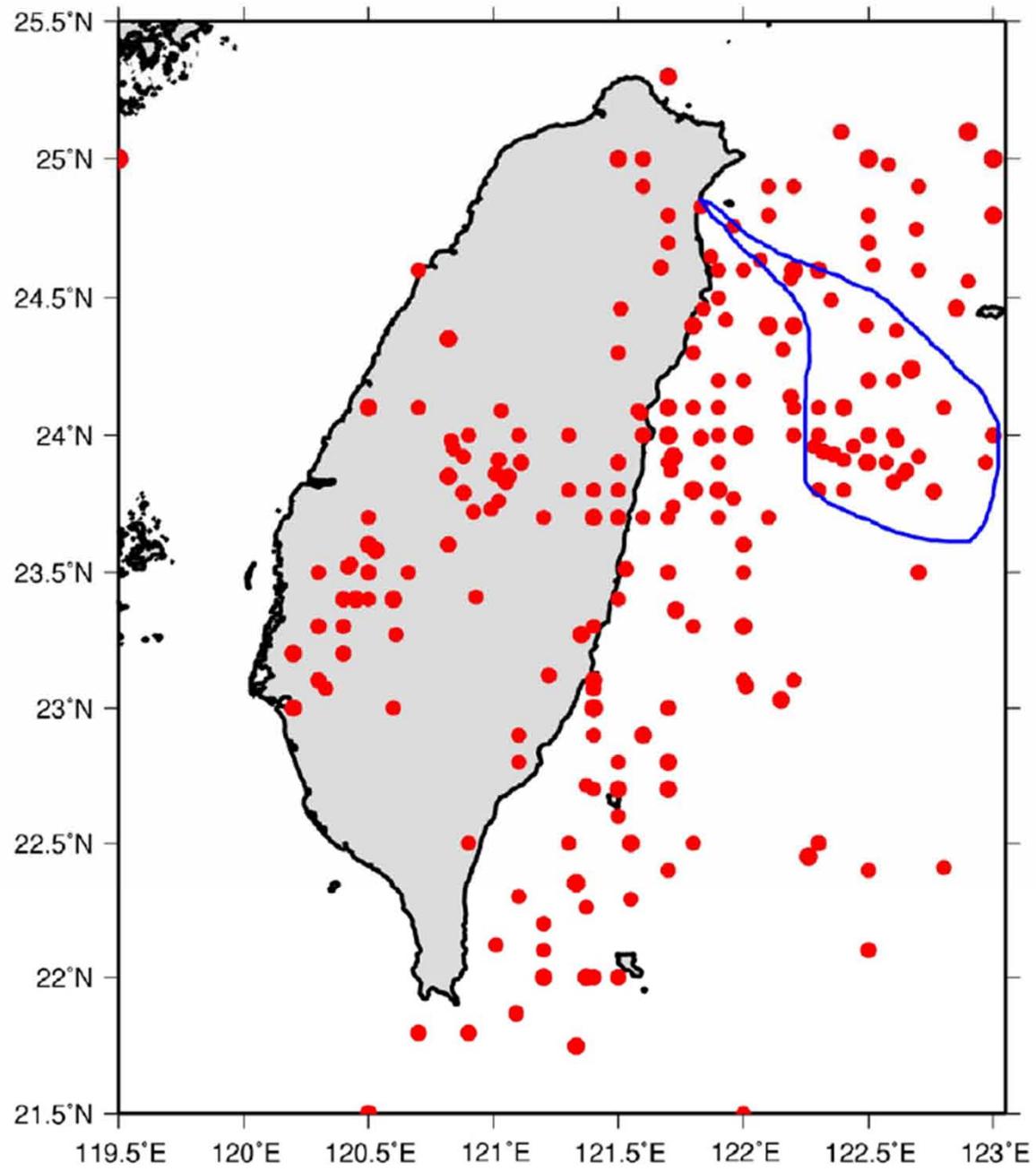
電纜傳遞速度 1,000,000,000,000,000 公里/小時

地震震波速度 30,000 公里/小時

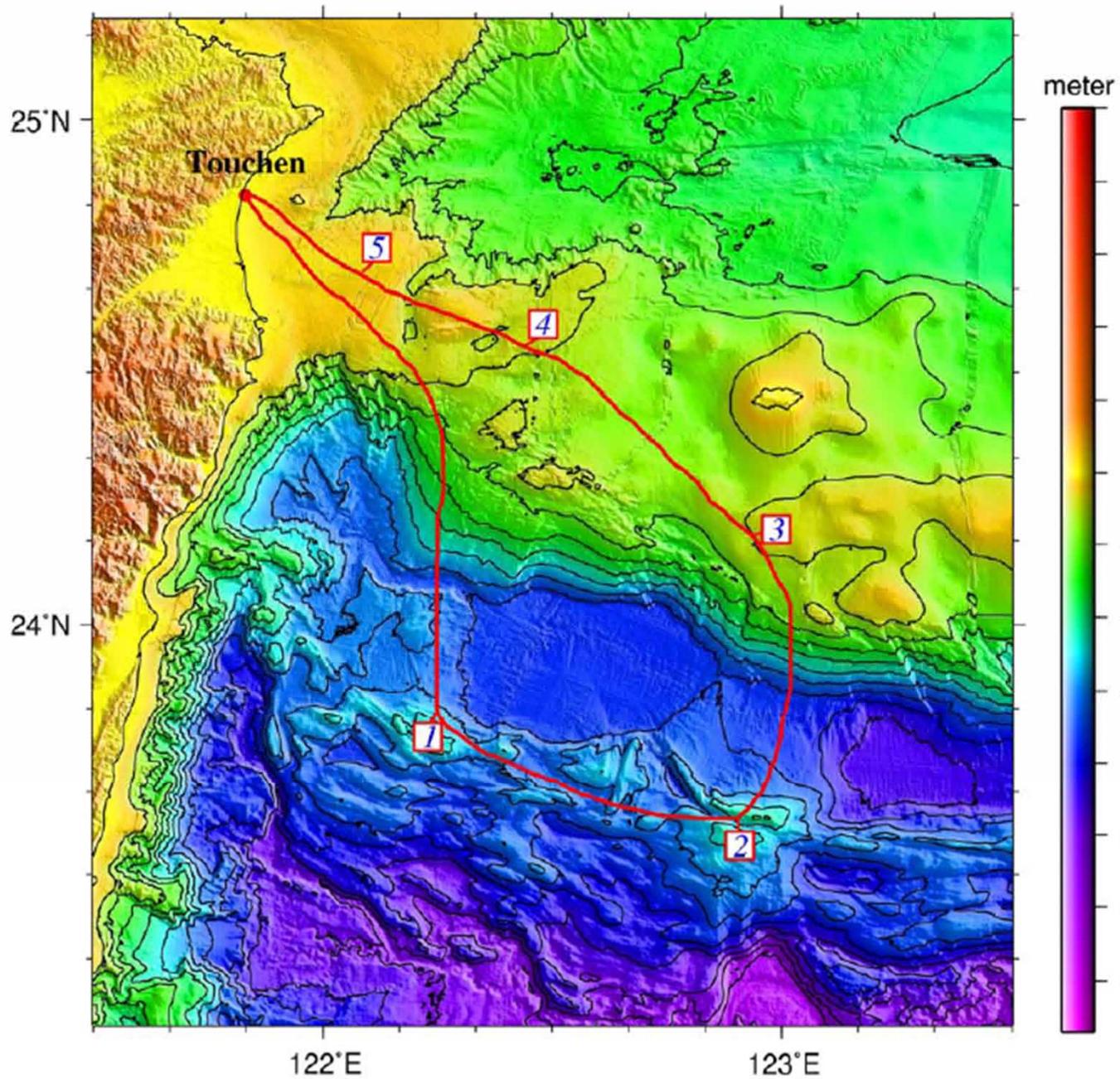
海嘯傳遞速度 1,000 公里/小時

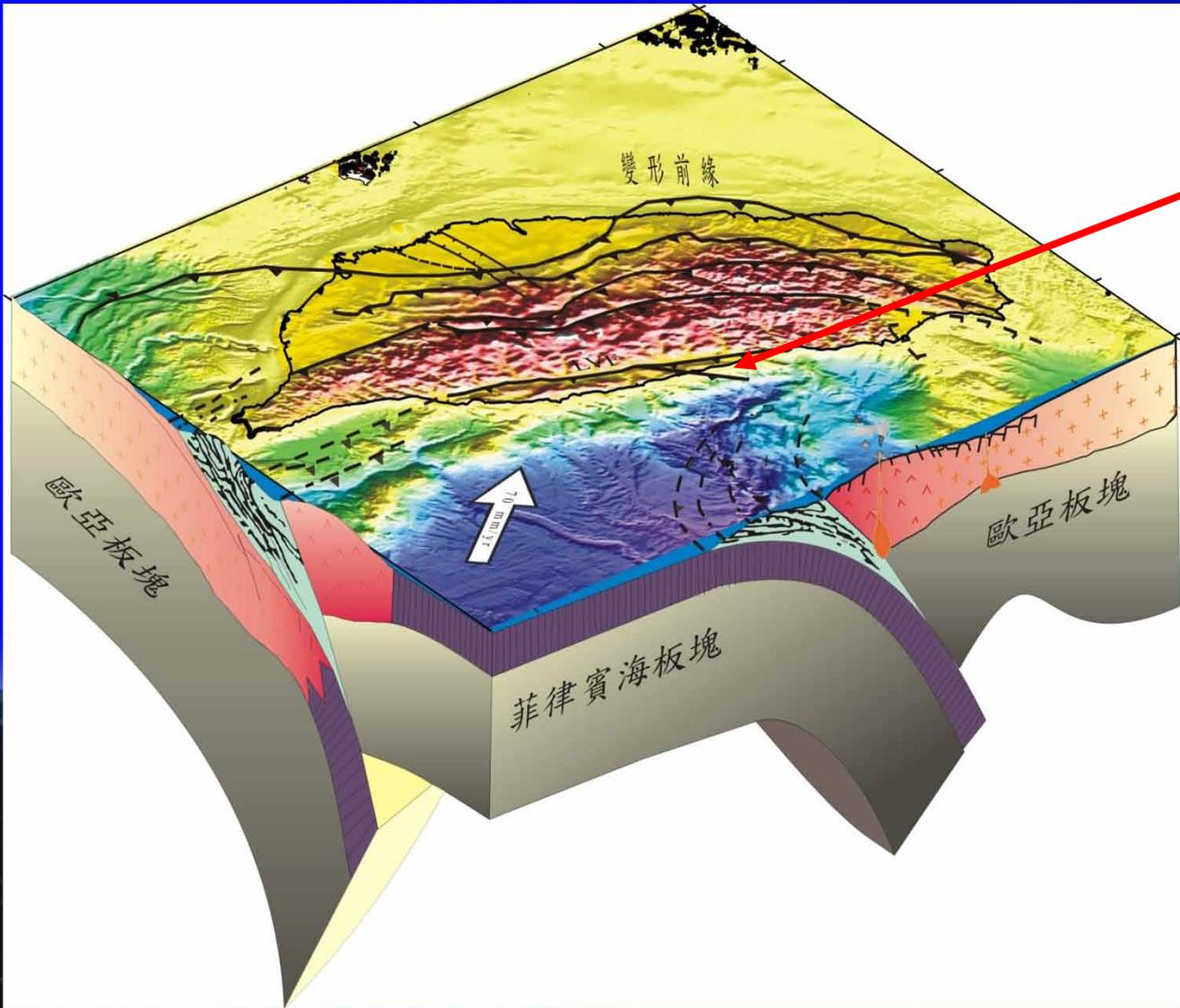


1804-2005, $M_L > 6$



MARine Cable Hostal Observatory (MACHO)

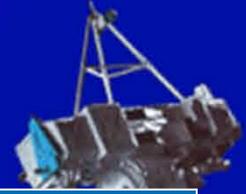
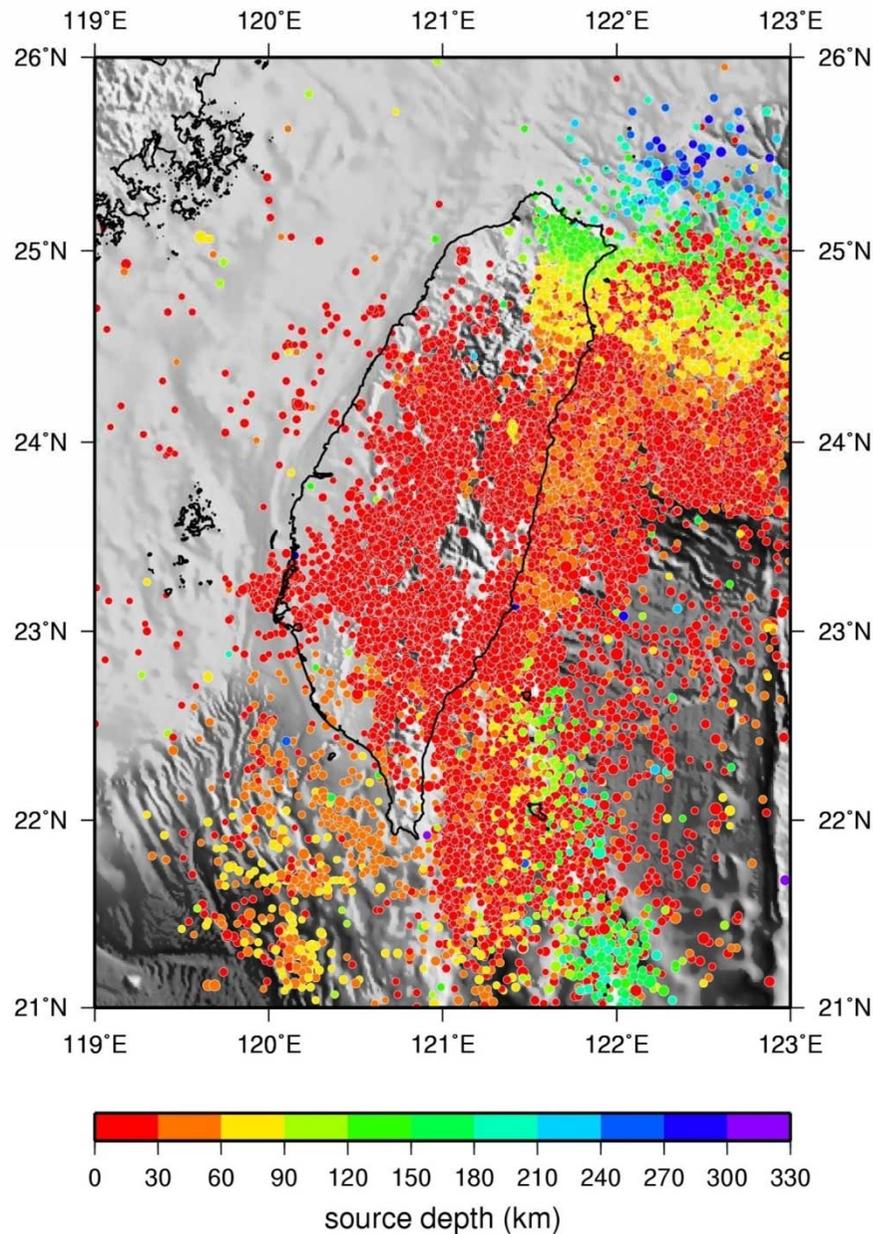




台灣位處在活動板塊的聚合帶上，地震頻繁，中央氣象局現有的地震監測網可以提供災害發生預警或防災的功用。



Seismicity $M_w > 3$ during 1990-2004 Feb.



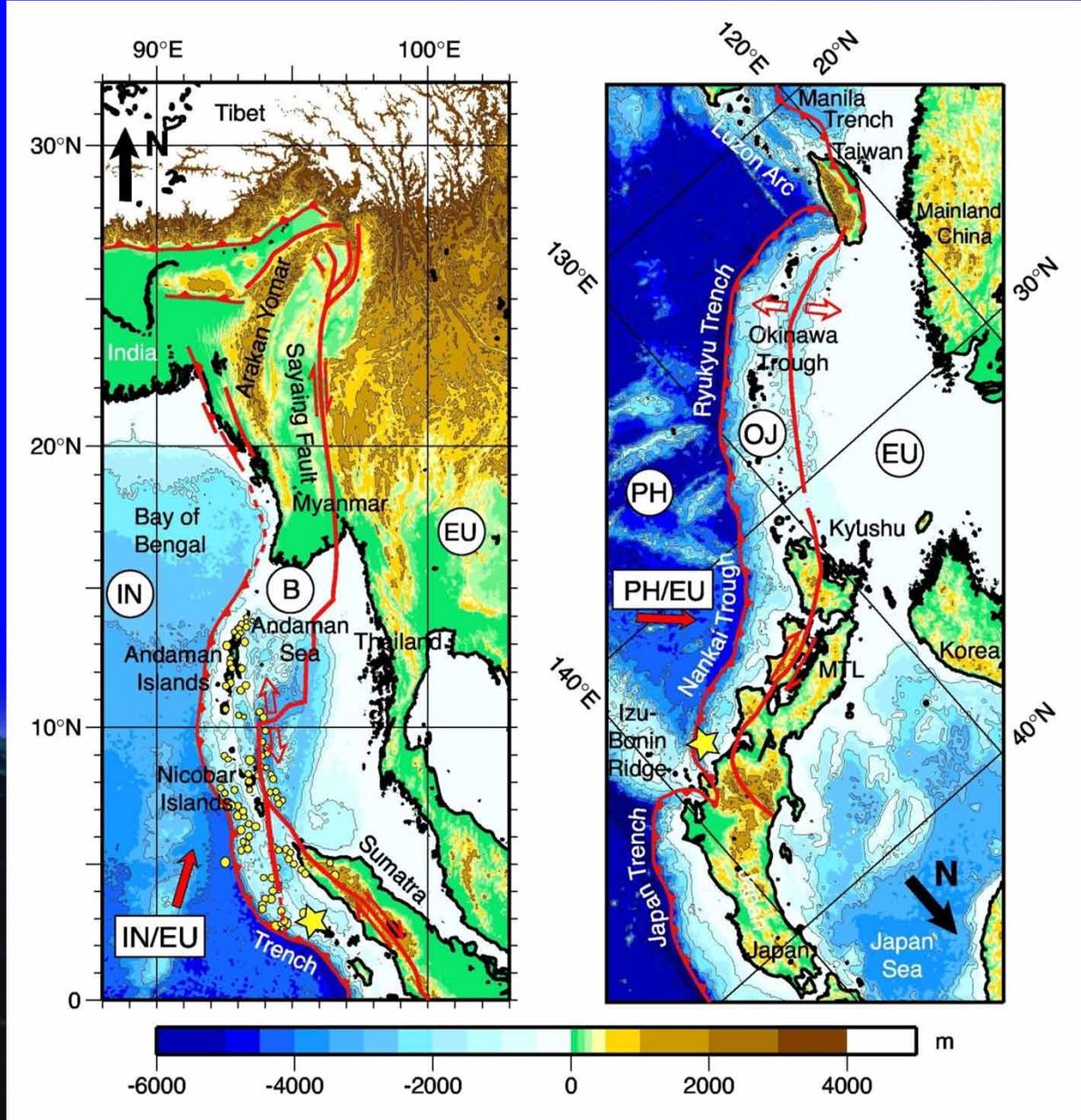
地震多是台灣地區的特色，地震的危害不容忽視，尤其海域部分的地震佔約70%，同時也可能帶來海嘯的災害。

台灣附近著名海嘯紀錄：

1771 石垣島海嘯（85m）

1867 基隆海嘯





台灣所處的環境與2004年蘇門達臘外海所產生的大地震及大海嘯環境相似，都屬於板塊隱沒帶，都受到地震威脅，同時也受近海海底山崩產生海嘯的威脅。加強東部外海地震及海嘯監測刻不容緩。



近幾年日本、加拿大、歐盟、美國、韓國和中國等相繼延伸陸上觀測至外海，加強各項地球科學研究及天然災害監測的能力。

歐洲：聯繫歐盟各國海域的ESONET觀測計畫。

美國：有H2O計畫及與加拿大合作的NEPTUNE計畫。

日本：已有7條海底觀測纜線，更有新的DONET網絡式計畫。





ESONET

European Sea Floor Observatory Network (ESONET)

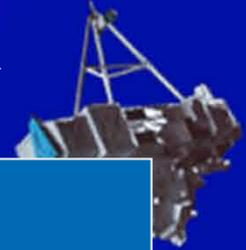


ESONET is a proposed sub sea component of the European GMES (Global Monitoring for Environment and Security) to provide strategic long term monitoring capability in geophysics, geotechnics, chemistry, biochemistry, oceanography, biology and fisheries. To provide representative sampling around Europe 10 regional networks are proposed in contrasting oceanographic regions

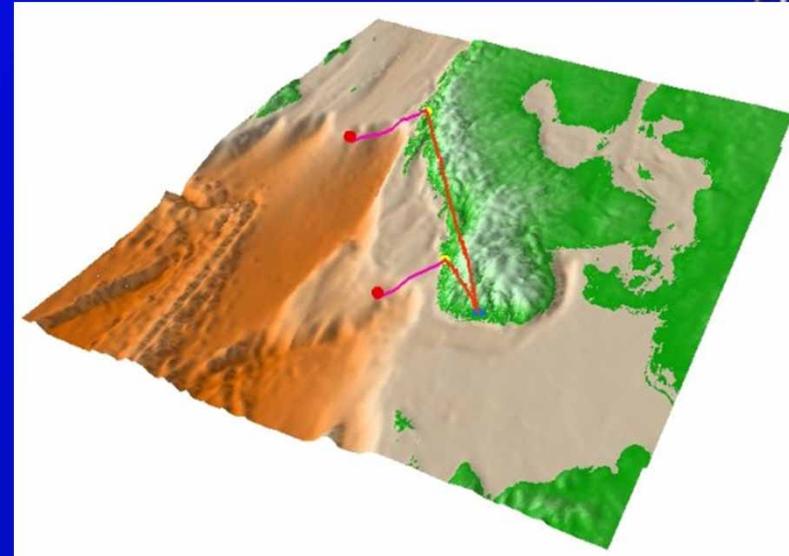
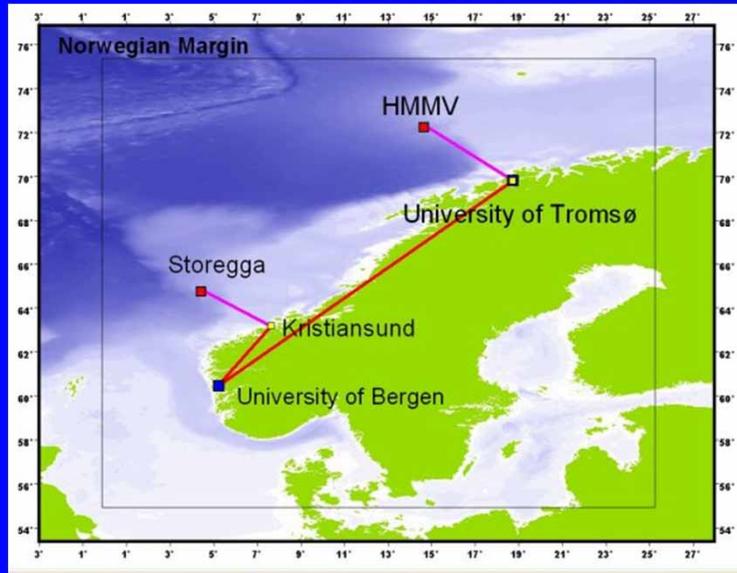
※ ESONET觀測光纖纜線總長度約5000km

歐盟ESONET的10個子計畫，逐年分別進行

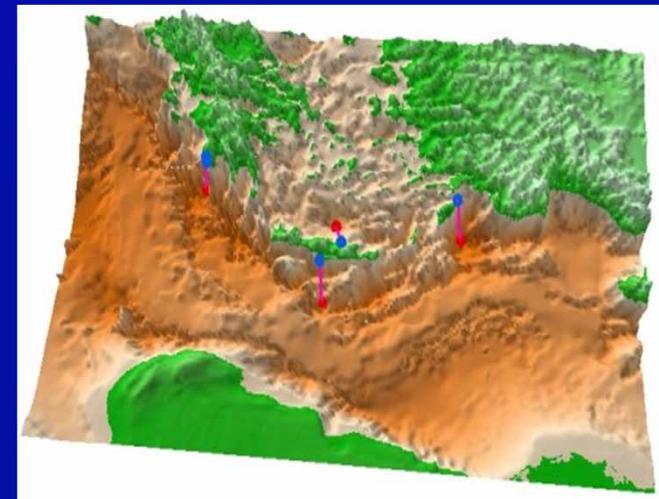
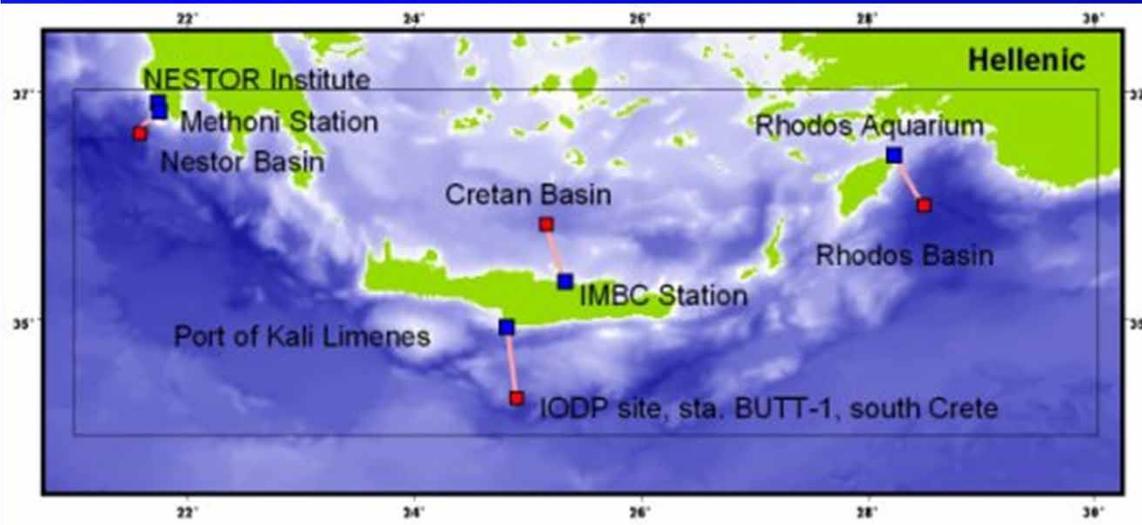
- 1-Arctic – Arctic Ocean
- 2-Norwegian margin - Atlantic Ocean
- 3-Nordic Seas – Atlantic Ocean
- 4-Porcupine/Celtic –Atlantic Ocean
- 5-Azores – Atlantic Ocean
- 6-Iberian Margin – Atlantic Ocean
- 7-Ligurian – Mediterranean Sea
- 8-East Sicily – Mediterranean Sea
- 9-Hellenic – Mediterranean Sea
- 10-Black Sea –



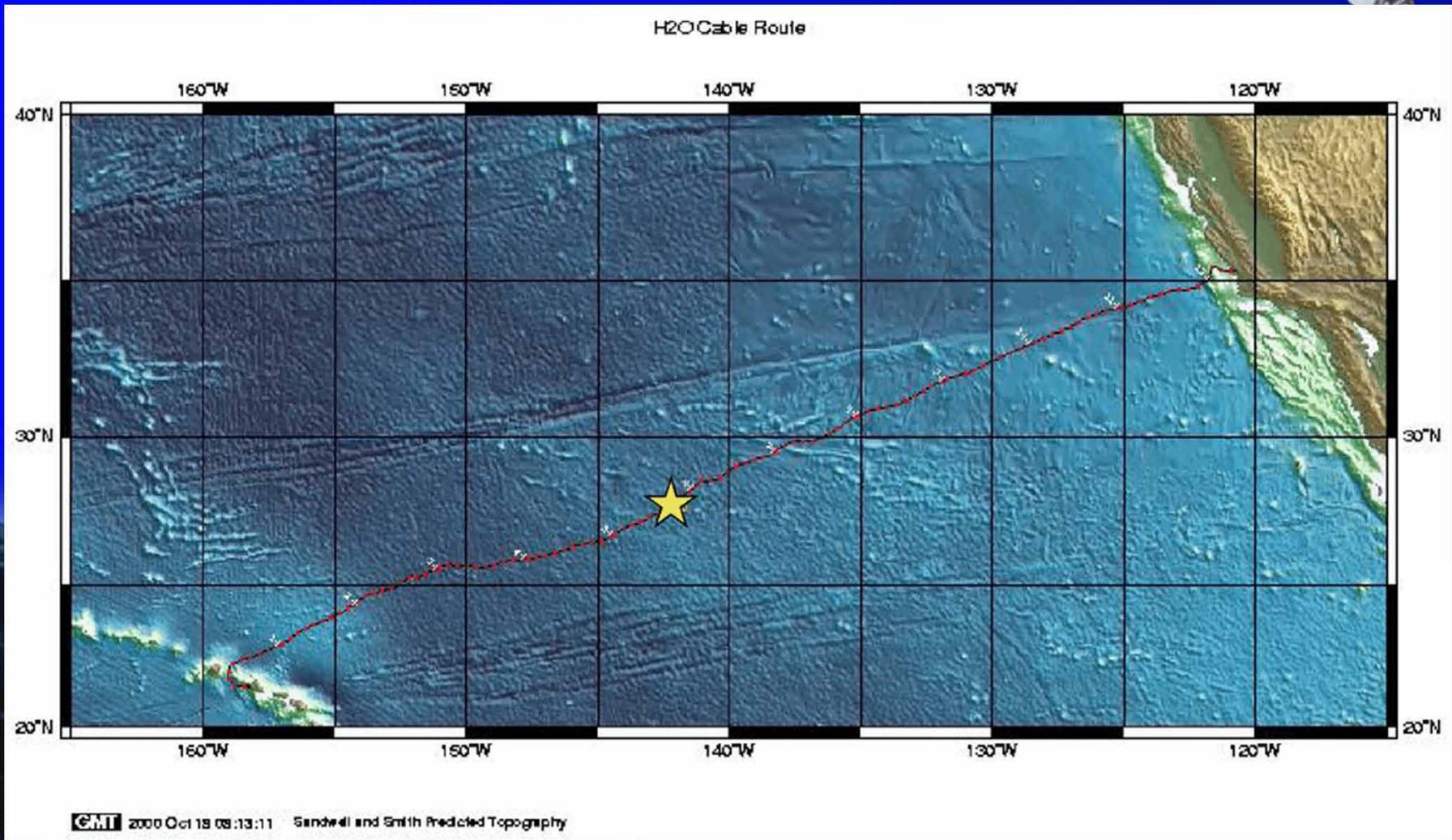
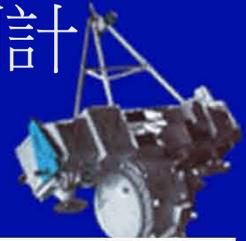
ESONET計畫中挪威外海的海底山崩監測計畫。



ESONET計畫中克里特島外海的地震監測計畫。



美國的H2O (Hawaii 2 Observatory) 觀測計畫



美國與加拿大的海神計畫

NEPTUNE Canada/US

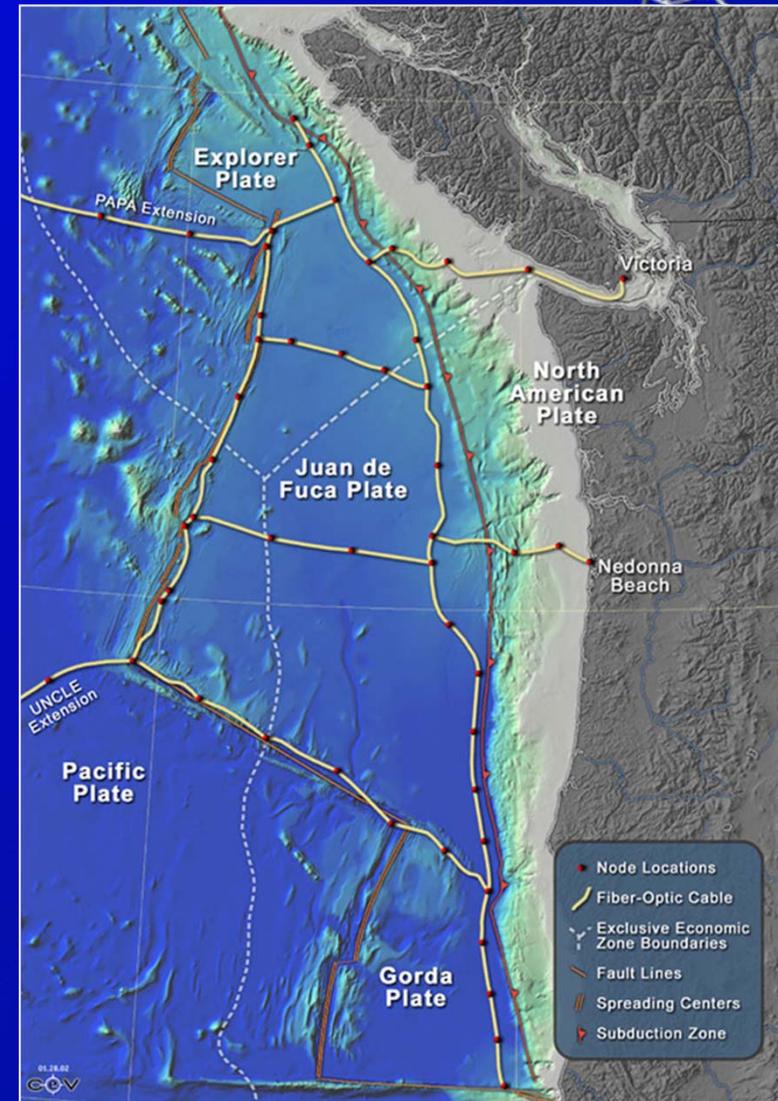
(5-year project)

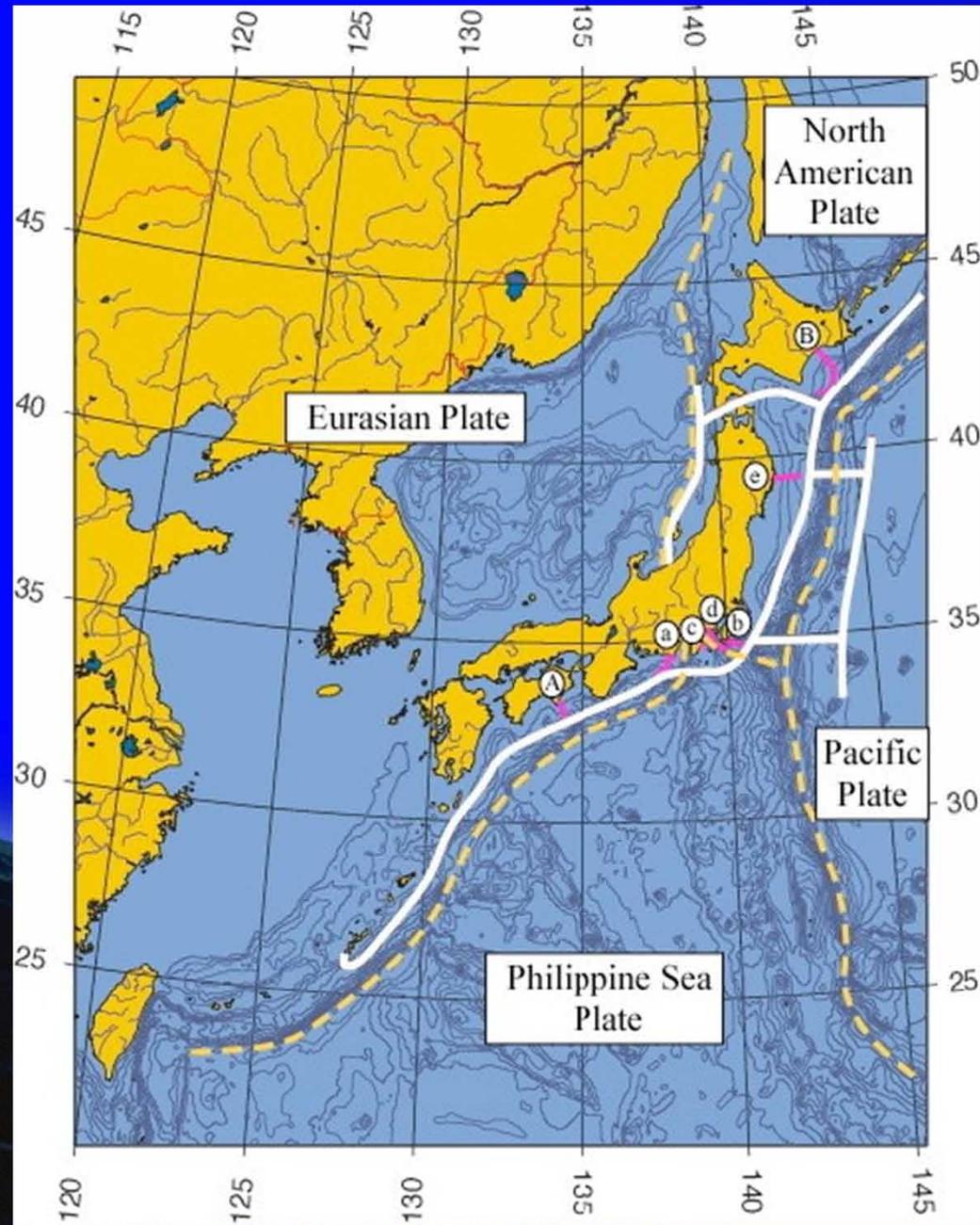
NEPTUNE infrastructure will cost approximately USD\$250 million , beginning in Fall 2007

Cable length : ca. 3000 km

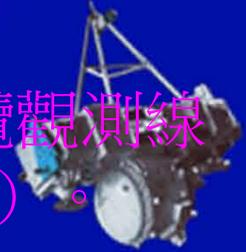
An area of 500 km x 1000 km

Approximately 25 experimental sites

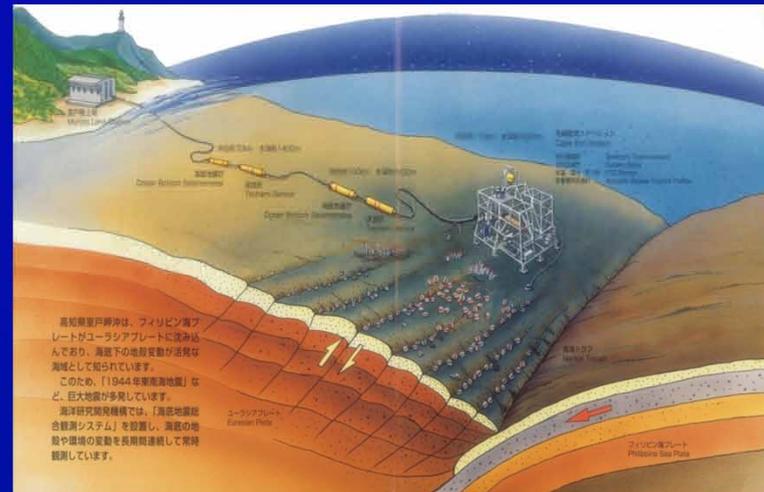


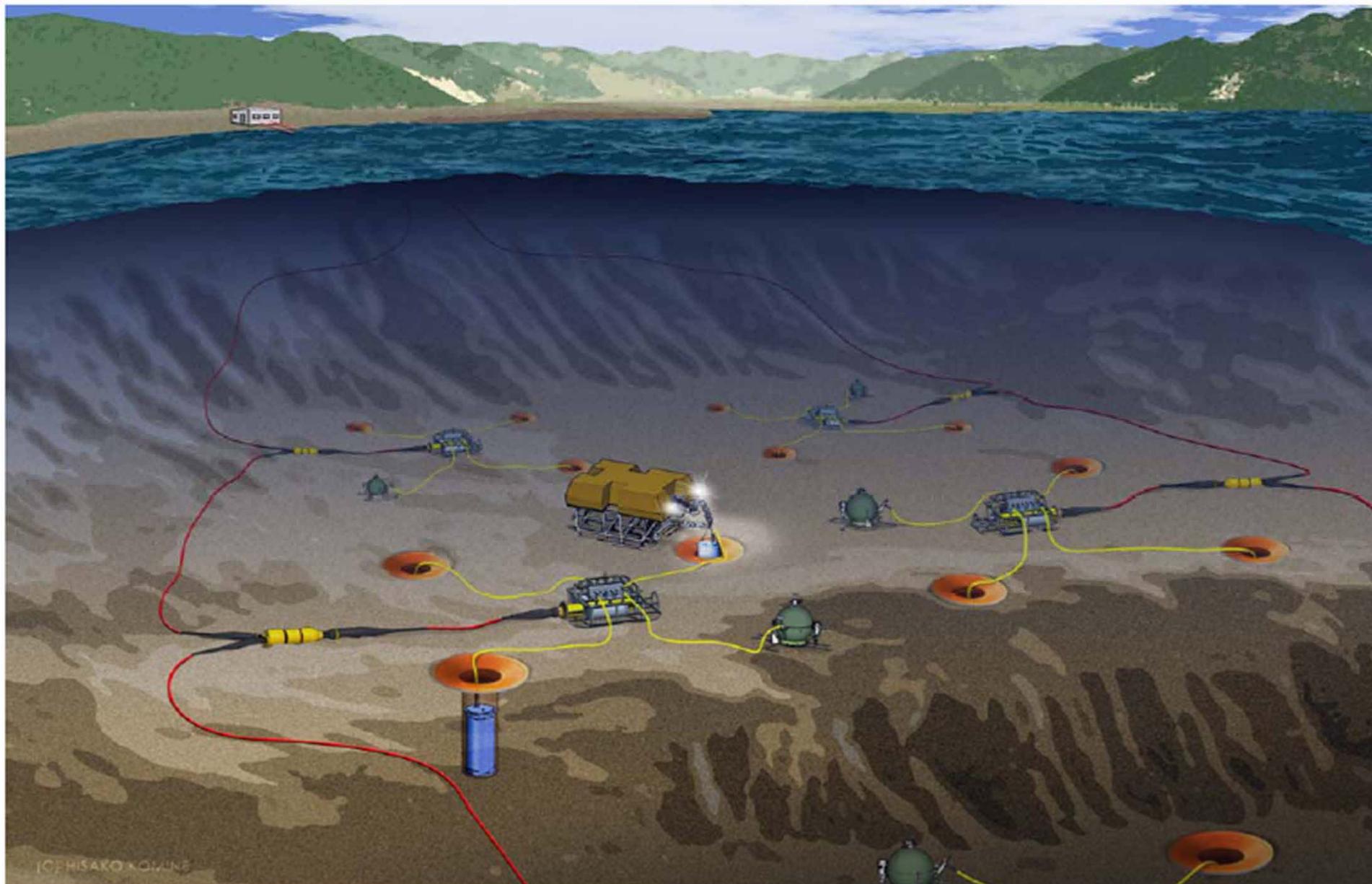


日本現有7條海纜觀測線
(左圖粉紅色線)。



左圖白色線為日本未來
預計更大規模網絡式觀
測系統路線。

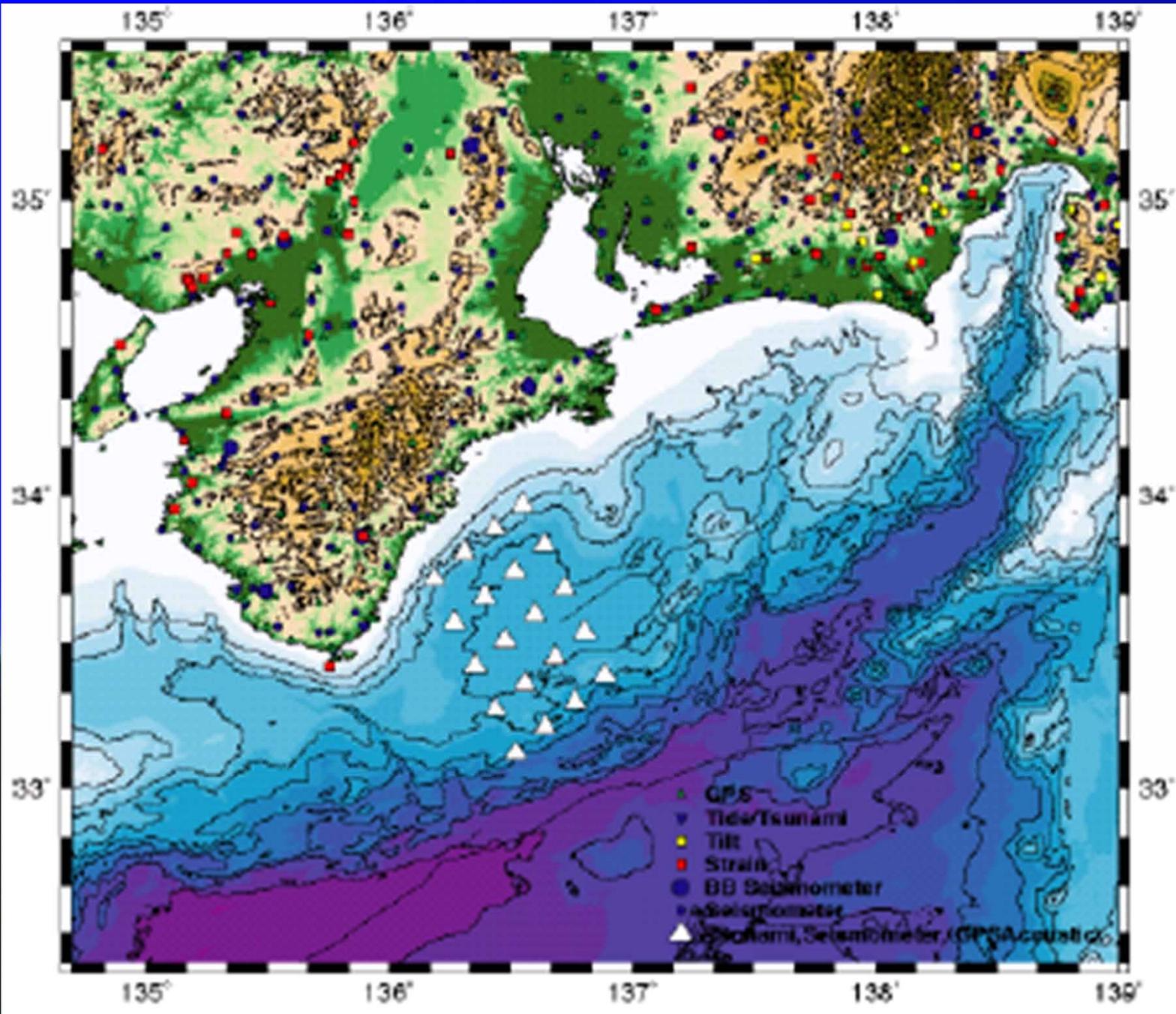




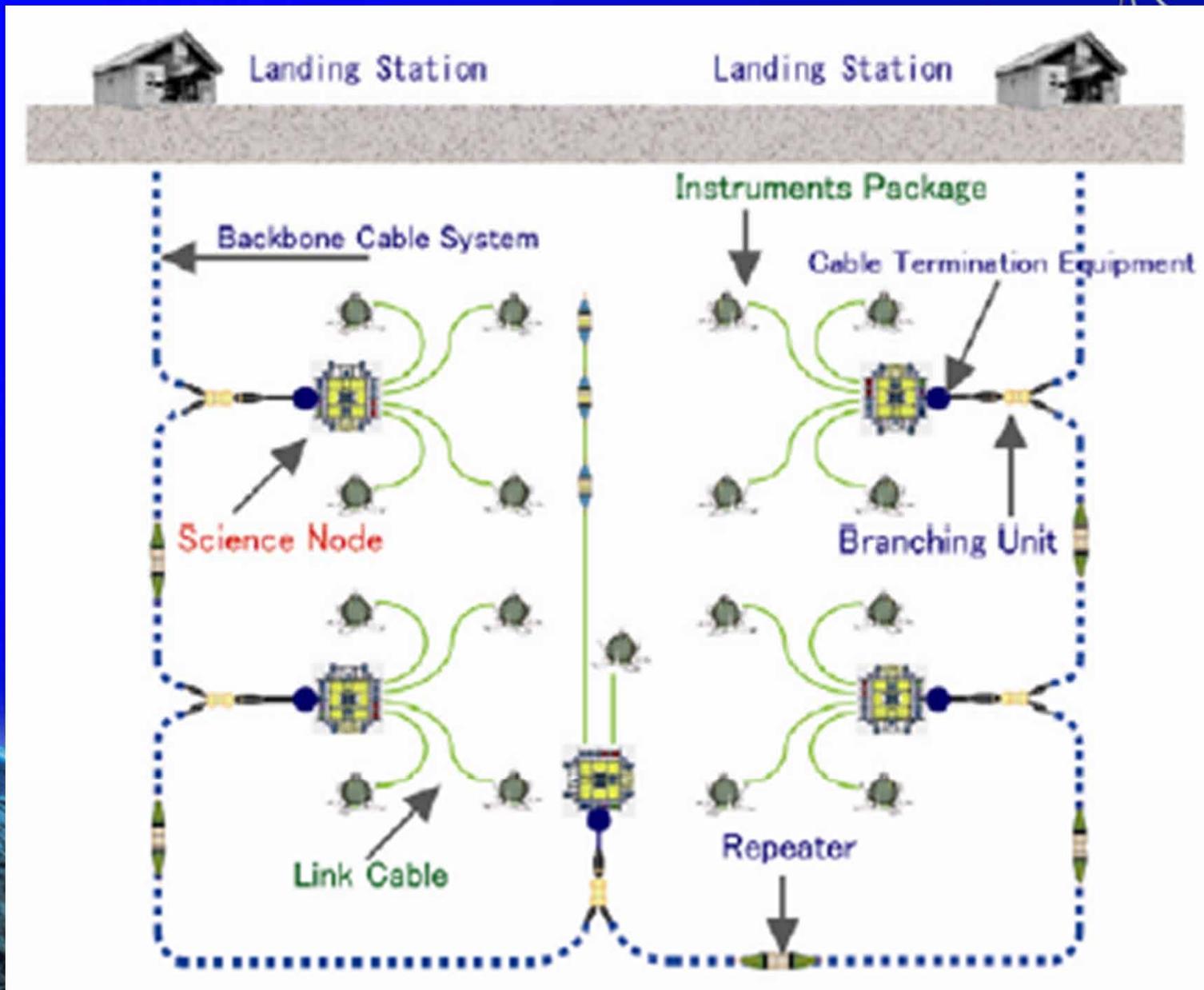
日本網絡式觀測系統示意圖



DONET
system



DONET system







MArine Cable Hosted Observatory
媽祖計畫

English version



首頁

關於MACHO

相關活動

相關文獻

相關連結

工作小組

最新消息 全球測

國外相關計畫

研討會相關文獻

海底地震及海嘯監測系統示意圖

MArine Cable Hosted Observatory



地震及海嘯海底觀測系統建置目的

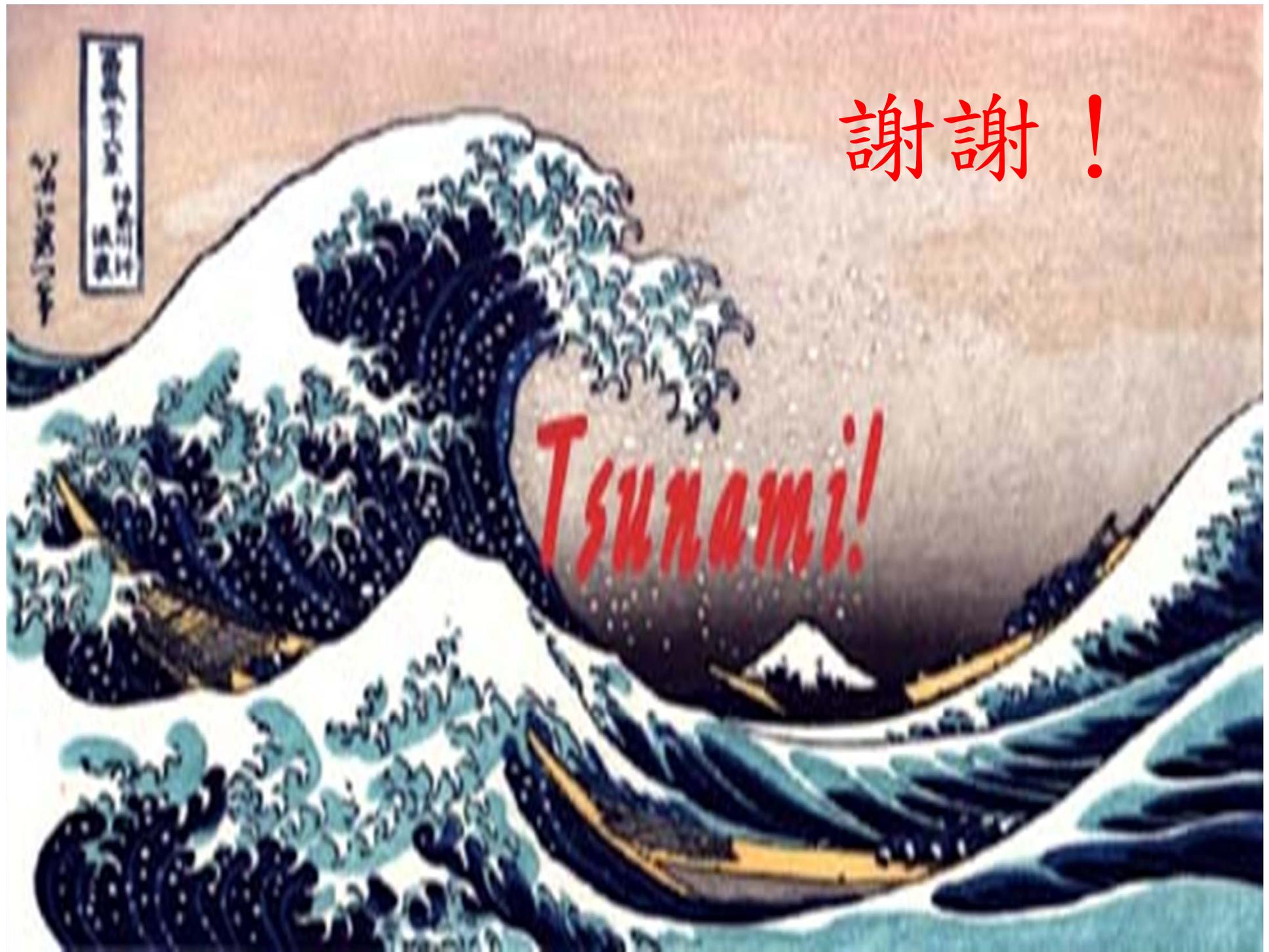
當地震與海嘯發生時，由海底纜線所連接的地震儀及海嘯計、壓力計等，可以即時接收到地震或海嘯資訊，然後藉由光纖纜線，地震資訊會及時送到纜線陸上站，再經由陸上站用數據專線直接的連接到中央氣象局做資料分析，經過確認步驟後，隨即發送相關資訊通知相關單位與大眾，以達地震與海嘯預警功能。



MACHO system

謝謝！

Tsunami!





謝謝各位的聆聽

如需詳細資料

請Email

changjac@mail2000.com.tw

