

海嘯之減災整備與應變

簡報大綱

2

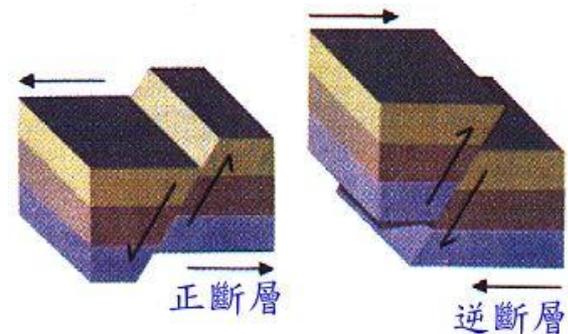
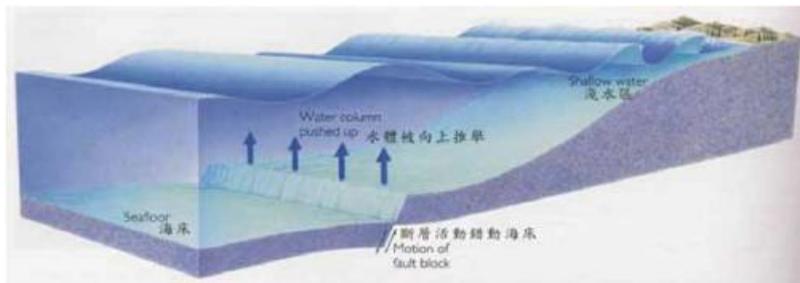
- ◆ 海嘯形成與發展型式
- ◆ 海嘯災害特性與威脅
- ◆ 臺灣之海嘯潛勢與應變

海嘯形成與發展型式

海嘯成因與特性

4

- ❑ 海嘯多伴隨著地震而產生的，地震波本身並不會引起海嘯。
- ❑ 海嘯由於海域中發生大地震，造成海底的隆起和沉降，而形成海水的波動。
- ❑ 但並非所有的海底地震都能造成海嘯，同時亦非所有的海嘯都大的足以造成災害，只有規模夠大的淺層地震才可能產生災害性的海嘯。



海嘯傳播

5

海嘯之波速

$$V = \sqrt{g \times d}$$

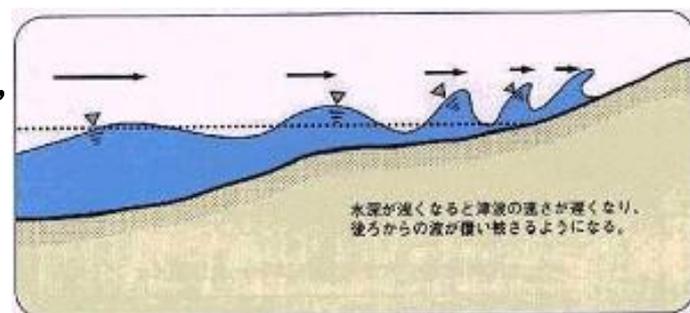
g =重力加速度(公尺/秒平方)

d =海水深度(公尺)

海嘯之波長

- 海嘯之在開闊的大洋中，因為海嘯波長很長(約數公里-數十公里)，而波高只有數公分至數十公分。
- 但接近海岸時，海水深度變淺，傳播速度變慢，海嘯的波長變短，波高遽增。當傳播至近岸時，遽然形成水牆衝向海岸。

水深 5000m	噴射機相同之時速800km(秒速220m)
水深 500m	新幹線相同之時速約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	短跑選手相近的時速36km(秒速10m)



海嘯波高

- 不整齊的海岸地形：如深V字形海灣內，容易造成海嘯能量集中，使波高升高。
- 共振效應：港灣週期與海嘯週期
- 反覆現象：有時第二個或第三個到達的海嘯波才是最大的海嘯，必須持續警戒。

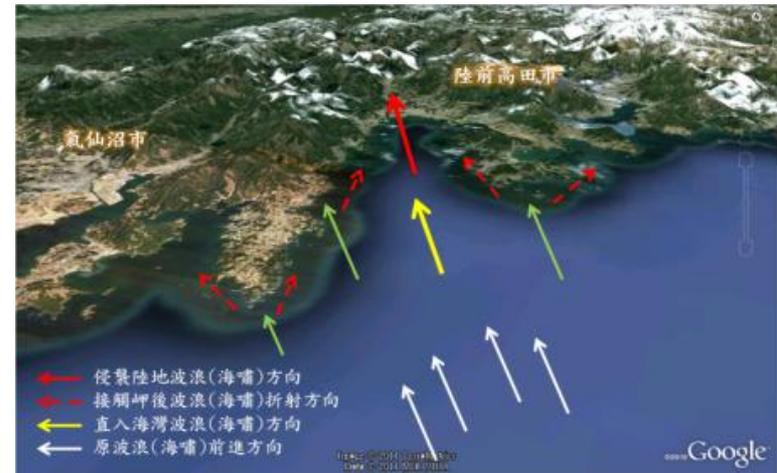
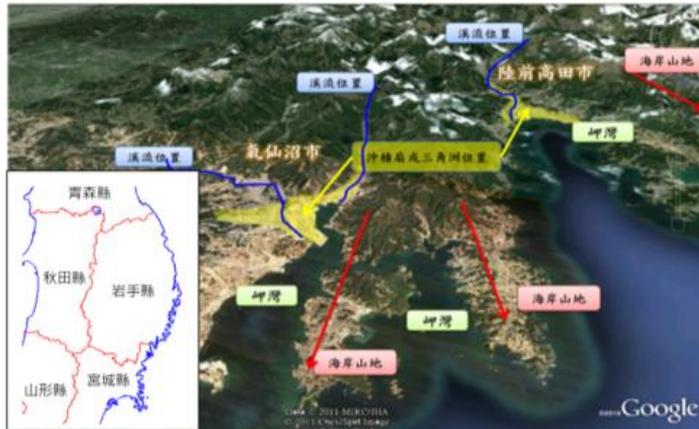
海嘯發展受地形影響-岬灣地形

7

❑ 災區岬灣地形，不利海嘯防治

- 山嶺伸入海域形成海岸山地，再加上佈滿海水的谷地，而有岬、灣相間的連續V字型海岸線。
- 當海嘯接近岬灣海岸地形時，便很容易匯集海嘯而且使其能量集中使高度增加，進而侵襲離海岸更遠之地區。

Ofunato大船渡市



海嘯發展受地形影響-漁港

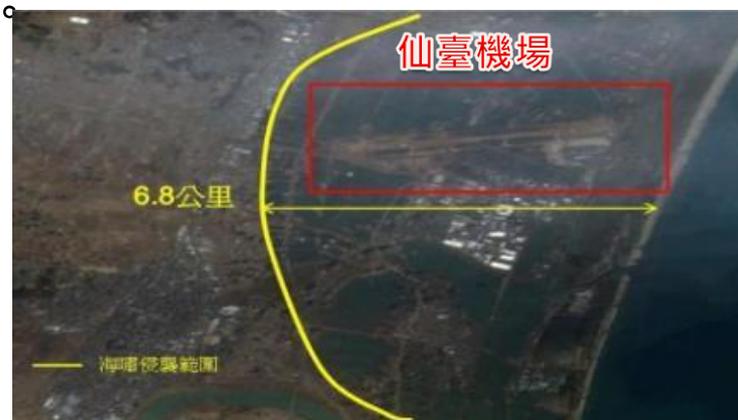
8

❑ 碎波型海嘯

- 此類海嘯主要發生以較平緩之沙岸地形為主，如宮城縣之仙臺灣沿岸，此類地形因水深較淺，當海嘯襲擊時，海浪高度隨著海嘯前進而增加，而於海嘯前端發生碎波，直接襲擊建物並持續前進。
- 此類型海嘯型態普遍會伴隨海浪轟隆聲，並於波浪末端形成明顯之白色碎波帶。
- 主要影響:海嘯直接襲擊建物，並持續前進、深入陸地。



宮城縣名取市海嘯侵襲情形



仙臺市受海嘯侵襲狀況福衛二號影像

海嘯發展受地形影響-沙岸地形

9

□ 越流型海嘯

- 此類海嘯主要發生於漁港處，此處之海底部分因建設漁港而被挖深，故當海嘯襲擊陸地時海嘯波形不會被破壞，而會直接越過堤防而襲擊陸地。
- 主要影響:當大量海水侵入陸地時，因波形未破碎，故往往不會發生巨大之海浪聲響，但隨水位急速增加，強大之海嘯水流會對堤防後陸地區域造成重大災害。
- 因此類型之海嘯無伴隨巨大之海浪聲響且無明顯之碎波帶，對民眾判斷海嘯可能造成較不利之影響，且因大量海水係直接越堤而來，水位上升速度甚快，嚴重威脅民眾之逃生



越流型海嘯襲擊宮古市田老漁港

10

- 宮古市田老漁港即屬此類型之海嘯襲擊，其堤防後之區域受海嘯毀損嚴重。



宮古市田老漁港受海嘯侵襲當時之情形



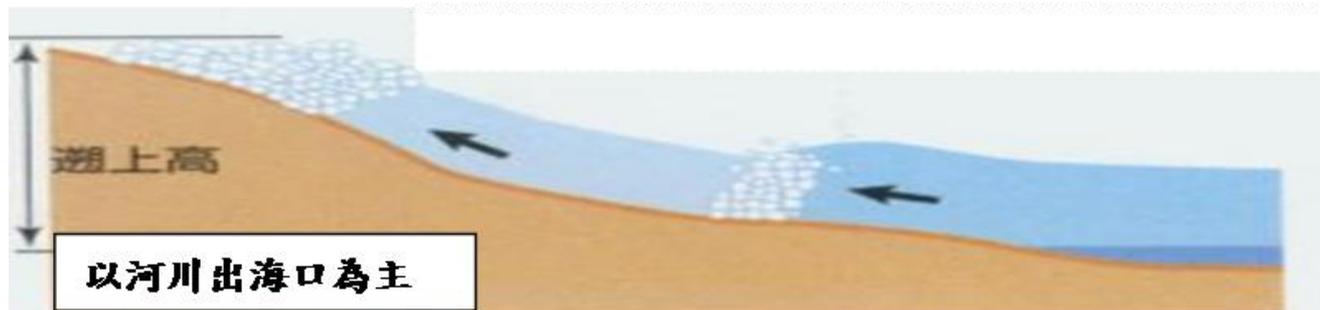
宮古市田老漁港堤防內之地區嚴重毀損

海嘯發展受地形影響-河口

11

□ 急溯上型海嘯

- 此類海嘯主要發生於河川出海口處為主，此處地形於海底和陸地交接處坡度較陡，海嘯沿地形保持其力量前進上升，而形成溯上高度，如北上川、名取川出海口等即屬此類地形。
- 據東北大學團隊之調查結果顯示，此次地震引致之海嘯於北上川往上游端上溯約達50公里之距離，遠超過日本國內原有記錄之上溯10幾公里。
- 主要影響:襲擊沿河岸之河工設，於中、上游地區造成溢淹。



海嘯因地形沿河上溯

12

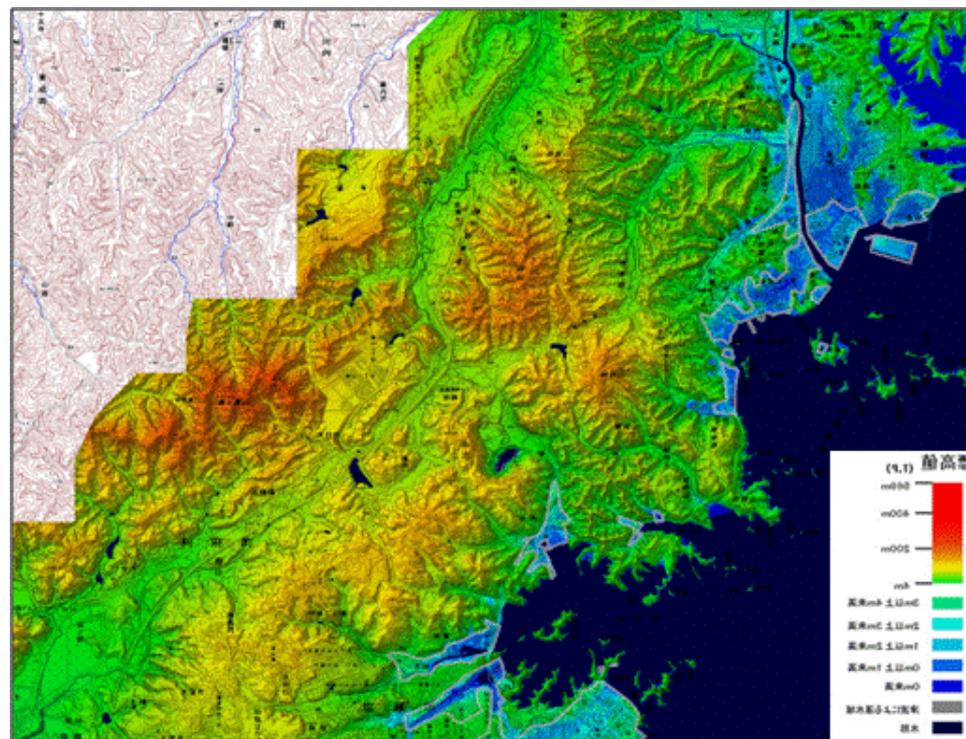


海嘯沿茨城縣那珂河上溯之情形



海嘯上岸後浪高仍受地形地貌影響

13



松島町受海嘯溢淹範圍之地形高程

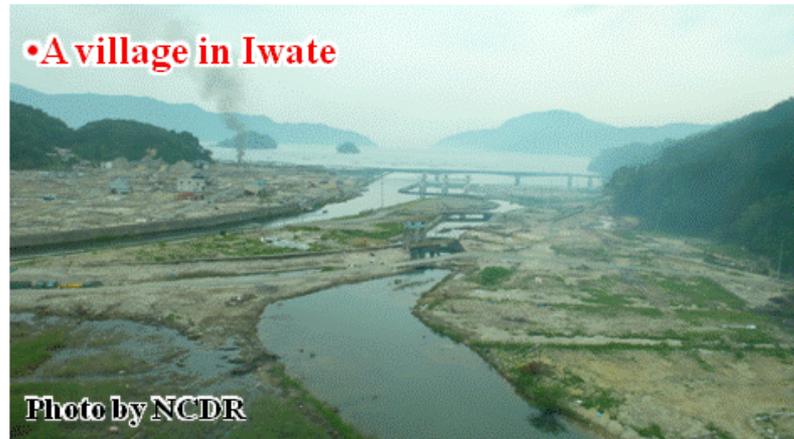
海嘯災害特性與威脅

不同波高之致災程度

15

津波の高さ(メートル)	1	2	4	8	16	32
音響	全面砕波による連続音(海鳴り)		浜での巻き波砕波による大音響(遠くでは分からない) がけに衝突する大音響(かなり遠くまで聞こえる)			
木造家屋	部分的破壊		全面破壊			
石造家屋	持ちこたえる(資料なし)		全面破壊			
鉄筋コンクリート	持ちこたえる(資料なし)		全面破壊			
漁船	被害発生	被害率50%	被害率100%			
防潮林	津波軽減、潮流物阻止		潮流物阻止		効果なし	

•A village in Iwate



Miyako City 宮古市



Otsuchi 大槌町



海嘯火災(Tsunami fire)

16

- 海嘯挾帶大型漂流物(汽車車體、漁船船體、房屋等)撞擊高易燃性設施，引發火災。



氣仙沼港口漁船焚燒後殘骸

千葉縣煉油廠儲油槽受海嘯及其席捲之漂流物衝擊引發火災，延燒廠區。



海嘯火災(Tsunami fire)

17

- 海嘯挾帶火源(汽車、燃油等)，引燃建物、設施造成火災。



氣仙沼港口漁船受海嘯襲擊，燃油流出起火。由於海嘯挾帶大量海水侵入市區，**火勢隨水勢蔓延**，引燃民宅等建物和其它設施。

災區海嘯衝擊與持續淹水影響救援

18

- 沿海重災區之市村町，第一時間除大量建物與公共設施遭受海嘯衝擊力沖毀外，相關救災機具、車輛、官方文件等亦遭海嘯沖毀，嚴重降低初期救援能力。
- 當海嘯退潮後，因地形與街道地貌等因素，許多地區仍然持續淹水達數日之久，淹水災情嚴重阻隔交通動線。
- 由石卷市至山元町約70公里沿岸被水淹沒地區之面積於震後2天仍約296平方公里，兩周後該地區之淹水淹面積仍達約200平方公里，其中石卷市市中心處持續淹水達10日之久，嚴重影響災後救援工作之執行。



石卷市中心海嘯後淹水達10日之久，嚴重影響救援工作



石卷市海嘯溢淹影響範圍

沿海市町村主要道路多沿海岸線

19

- 沿海市町村之主要聯外道路多沿海岸線建造，導致民眾於避難過程中即處於海嘯攻擊區域，面臨高受災之風險。



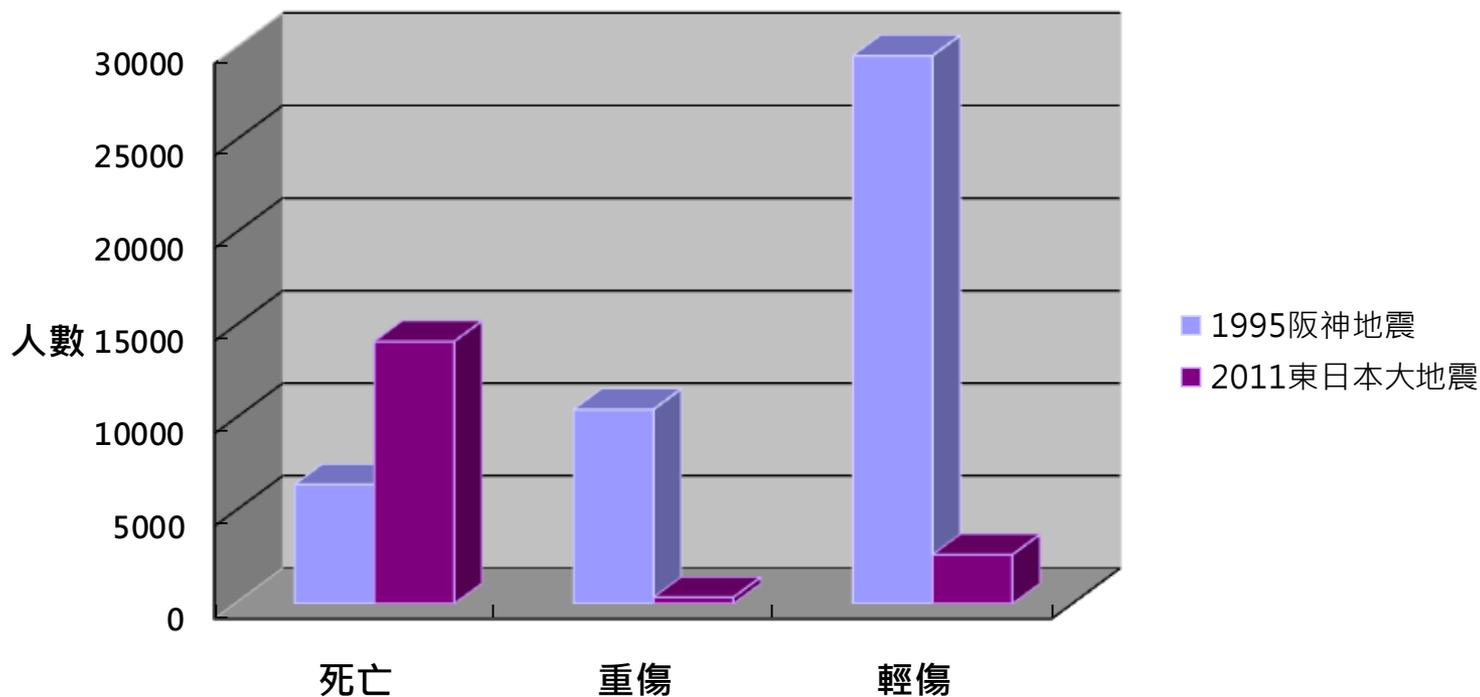
民眾沿濱海道路避難過程中，遭遇海嘯襲擊情形。



人員傷亡型態與傳統地震不同

20

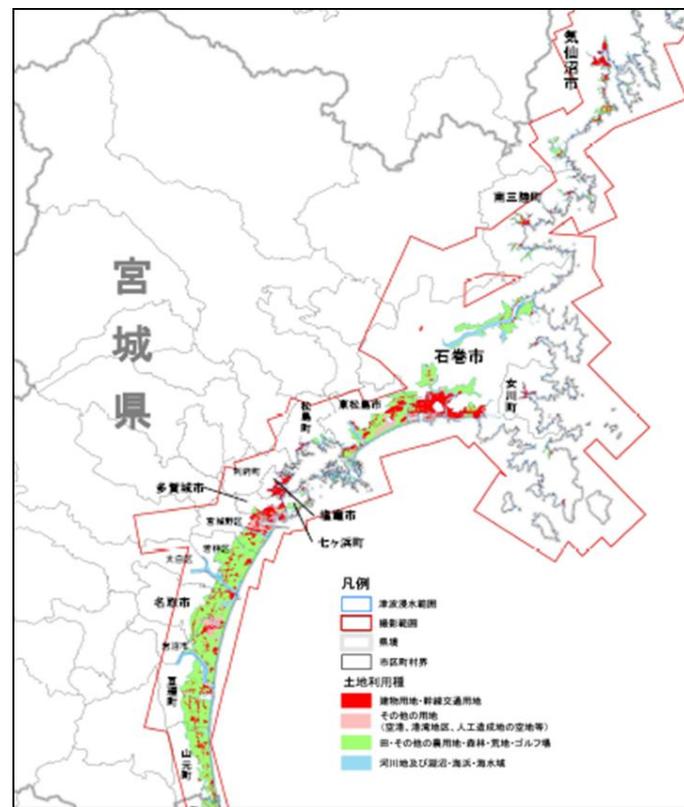
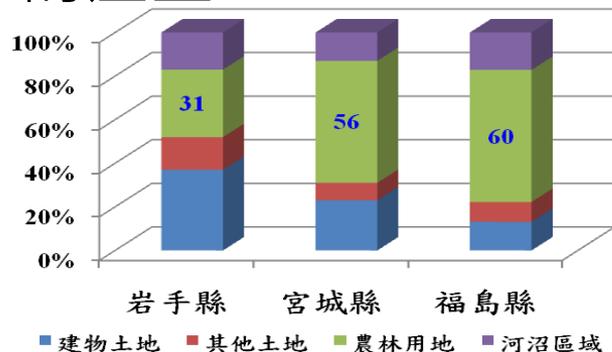
- 整體而言，傷亡類型以淹死與輕傷為主，和以往震災災民多受到重傷的類型不同。
- 醫院受損嚴重，醫療物資亦因海嘯而損壞。



海嘯溢淹影響未來土地利用

21

- 受海嘯影響區域以農業用途居大部分，而土地鹽化對未來農作將造成影響。
- 水產漁業難以復原：三陸沖為世界上少數大型漁場。其中樞為宮城縣內的漁港，東日本大震災造成水產、養殖設施等全毀。
- 由於海水所淹沒的農田將殘留鹽分，而不適合種植農作物，因此將影響稻米的產量。



海嘯影響廢棄物清理

22

❑ 廢棄物種類繁雜，分類耗時

- 本次日本東北重災區除產生大量廢棄物外，亦因主要受海嘯沖擊影響，導致各種廢棄物普遍浸水並混雜一起。種類不同，無法一致性處理。

類別		內容物概要
避難垃圾	避難垃圾	避難所生活和避難生活產生的生活廢棄物
	醫療類垃圾	醫療機構和避難所等產生的醫療類廢棄物
地震廢棄物	家具垃圾	因地震破損、故障的家具等廢棄物
	房屋垃圾	因地震倒塌的房屋
	汽車	因地震而毀損的汽車
海嘯廢棄物	海嘯浸泡垃圾	因海嘯被淹的廢棄物
	海嘯倒塌垃圾	因海嘯倒塌吸收了鹽分的房屋的廢棄物
	淤泥	因海嘯被沖到陸地上的淤泥
	水產品	因地震成為廢棄物的水產品和水產加工品
	汽車、船舶	被海嘯淹沒、沖走的汽車和船舶
	大型物	來自工廠和建築物的大型特殊廢棄物
	混凝土殘渣	因海嘯而破損的混凝土、瀝青等
草木類	沿海的屬木在被沖倒後散亂、堆積形成	

海嘯影響廢棄物清理

23

❑ 廢棄物數量龐大

- 在東北地區總計約2,670萬噸廢棄物，其中以宮城縣數量最多，約1,429萬噸廢棄物或相當於16.4年產生的垃圾量，岩手約550萬噸(11.6年)。
- 日本《廢棄物處理條例》規定廢棄物不允許直接焚燒
- 未倒塌房屋之拆除或受損車體之清除，需所有權人同意



未倒塌房屋經所有權人同意之程序後，方能進行清除作業

仍帶有牌照之毀損車、船，政府單位仍無權擅自處置



海嘯影響廢棄物清理

24

- ❑ 廢棄物分類回收之要求
 - 在於災區現場進行廢棄物分類。
 - 日本法令要求汽車業必須回收車輛、消費電子廠必須回收電器。



大量木造房屋毀損產生之木材廢棄物



建築廢棄物將用於地盤下陷區之填海使用



毀損車輛依法需分類回收

海嘯影響廢棄物清理

25

❑ 廢棄物流入海中

- 沿海重災區，因海嘯影響，廢棄物除留置於陸地上外，亦有大量廢棄物雖海嘯退潮而被帶入沿海區域，引發海中廢棄物問題。
- 以南三陸町為例，町役所推估本次廢棄物約有370萬噸，但其中70萬噸在陸地，高達300萬噸流入沿海。



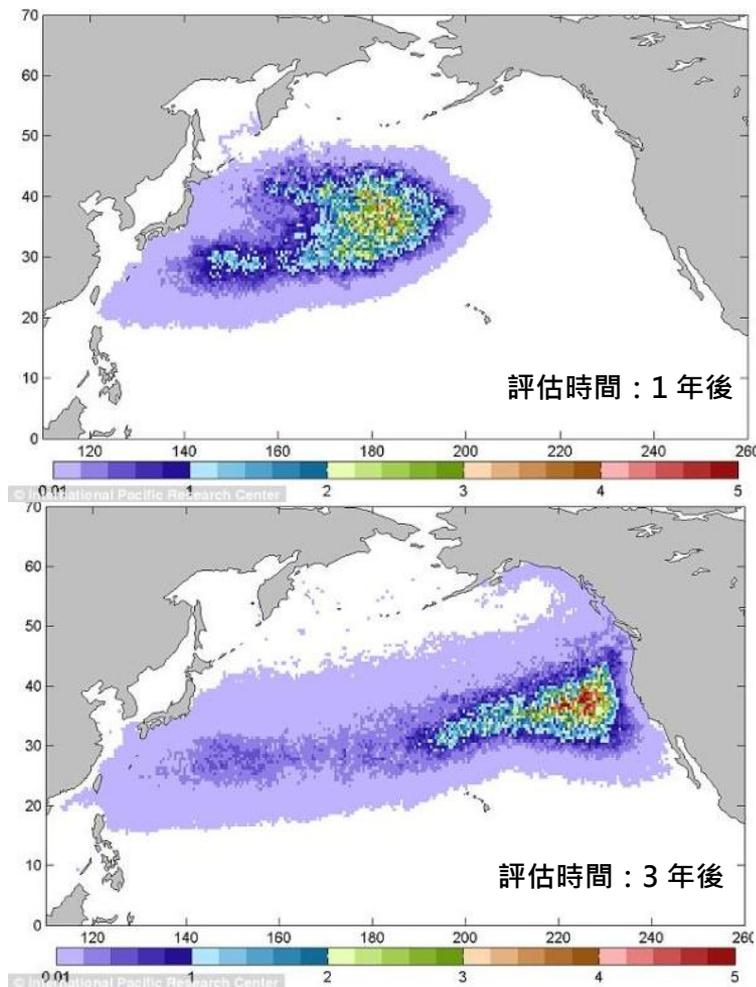
石卷市沿海之廢棄物嚴重影響廢棄物清理作業及漁業產業之復原

海嘯影響廢棄物清理

26

▣ 漂流廢棄物長期影響

- 東日本大地震後，美國國家海洋和大氣管理局(NOAA)透過衛星針對東北沿岸大量漂流物進行監測，依其衛星影像判識其覆蓋面積超過40萬平方公里(將近整個日本全國之面積)，並以平均每天16公里之速度隨北太平洋環流移動，NOAA已發佈警告這些廢棄物將可能對航行於太平洋船舶之安全構成隱患。



以海洋垃圾折射環流模式推估東日本
大震災廢棄物擴散情形

原定避難位址無法應付極端狀況

27

- 以釜石市為例，原定第一、二避難位址皆成受災區，居民決定再次避難至石材店才獲救。
- 以石卷市為例，原定避難學校也淹一層樓高，造成當時物資運入困難。



(資料:群馬大学災害社会学研究室)

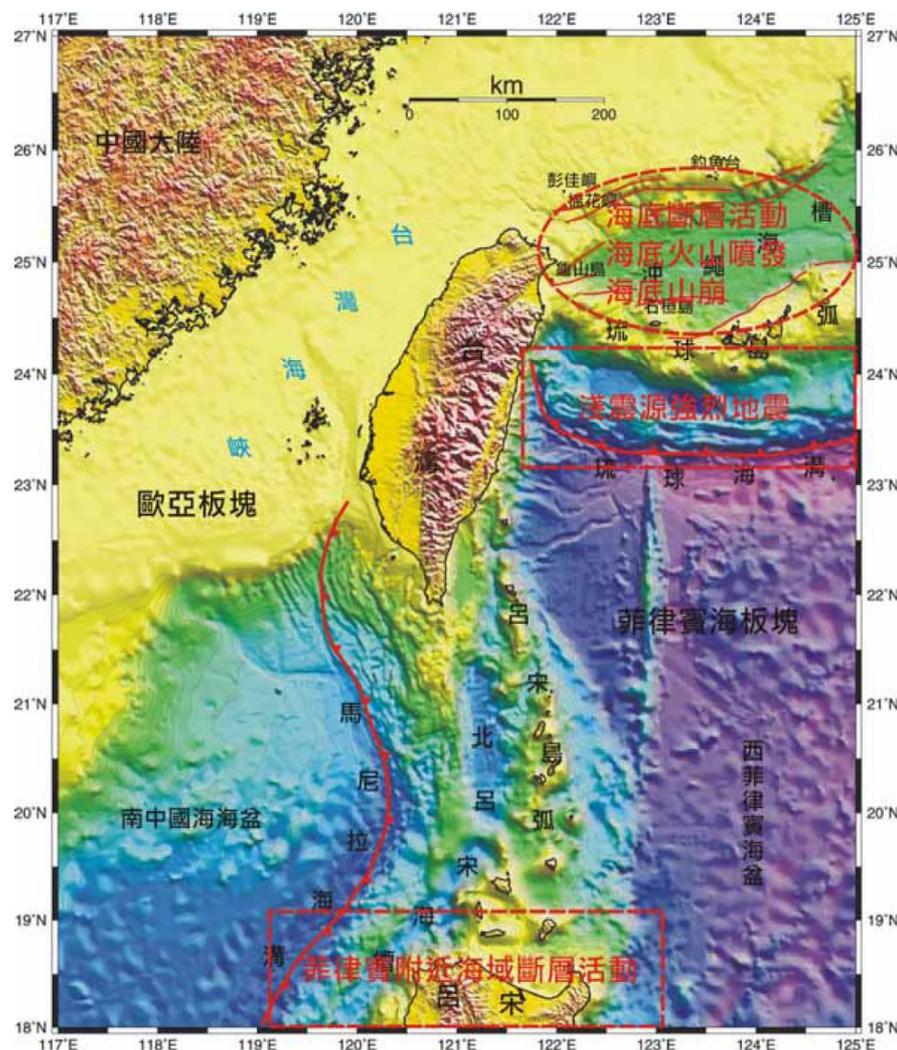


臺灣之海嘯潛勢與應變

臺灣潛在的海嘯威脅

29

- 在臺灣東北外海密布海底斷層：
 - 距離近，當發生規模夠大地震或引發海底山崩，即有發生海嘯侵襲臺灣東北角的機會。
- 臺灣南方菲律賓呂宋島西側，馬尼拉海溝也是地震發生頻繁的地區：
 - 海嘯如果生成，由於近岸地形逐漸變淺，容易加強海嘯波的發展，有機會威脅臺灣的西南岸。
 - 由於距離短，海嘯預警時間短，相對的疏散避難作為難度增高。



臺灣海嘯危險性分級

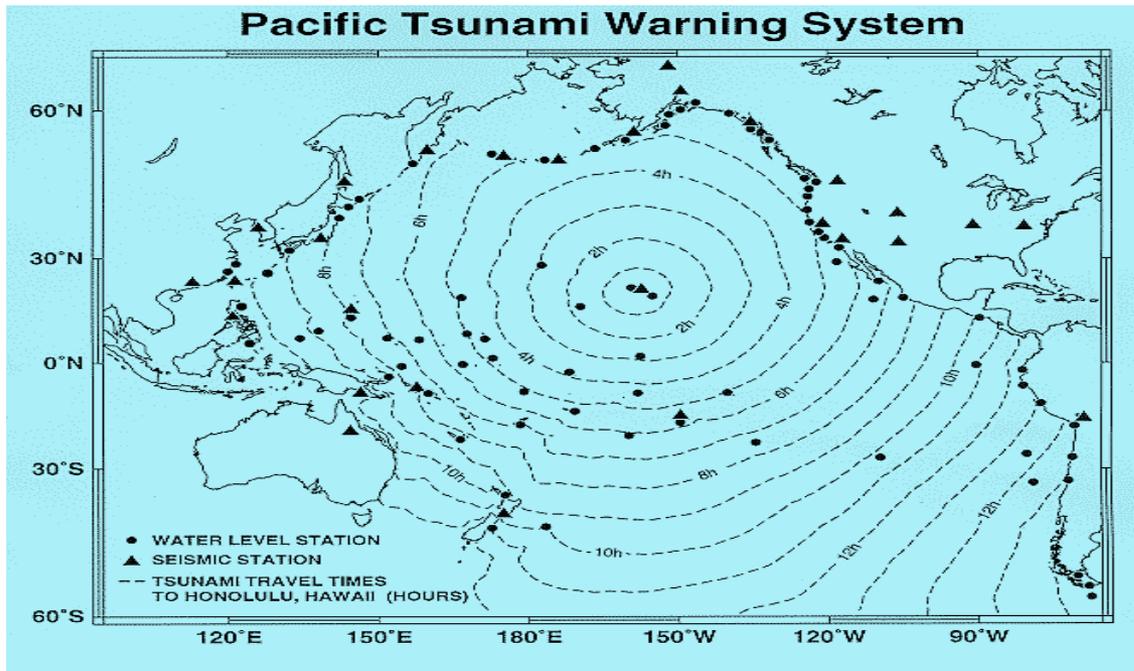
30

區級	縣 市	說 明
I	新北市、基隆市	資料顯示有海嘯災害。
II	臺中市、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、臺南市、高雄市(含東沙、南沙)、屏東縣、臺東縣、花蓮縣、宜蘭縣、澎湖縣	資料顯示可能有海嘯紀錄或疑似海嘯紀錄，但無海嘯災害者。
III	桃園縣、新竹縣、新竹市、苗栗縣、金門縣、連江縣	資料顯示並無海嘯紀錄，但可能受影響者
附註：臺北市、臺中市、嘉義市、南投縣未臨海，無海嘯威脅。		

海嘯預警

31

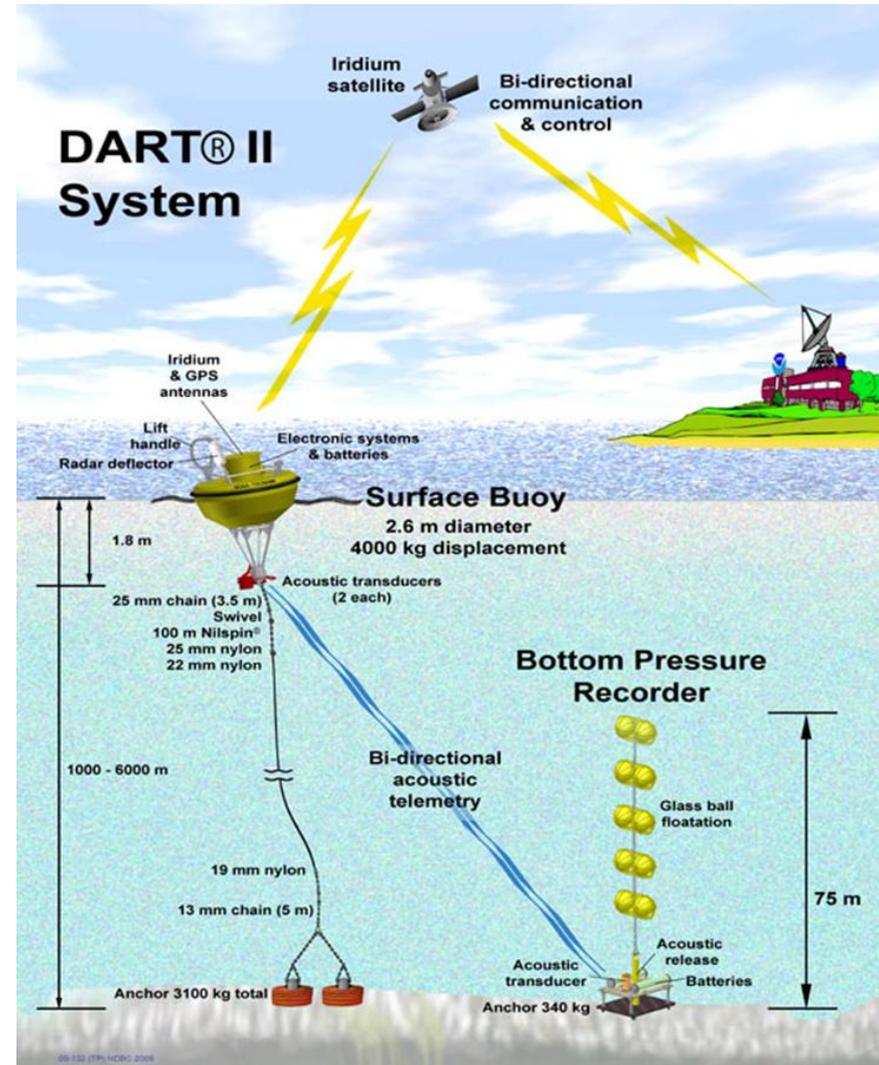
- 美國夏威夷的太平洋海嘯中心，運用所接收之美國地質調查所地震資料進行分析，當太平洋地區有大地震發生時，立即進行海嘯發生之研判，再透過驗潮站在海洋中實際觀測到的波高變化，預測海嘯波速及波高，更以數值模擬方法模擬出海嘯初波到達時間與可能波高，對各國及時發出海嘯預警。



海嘯監測技術

32

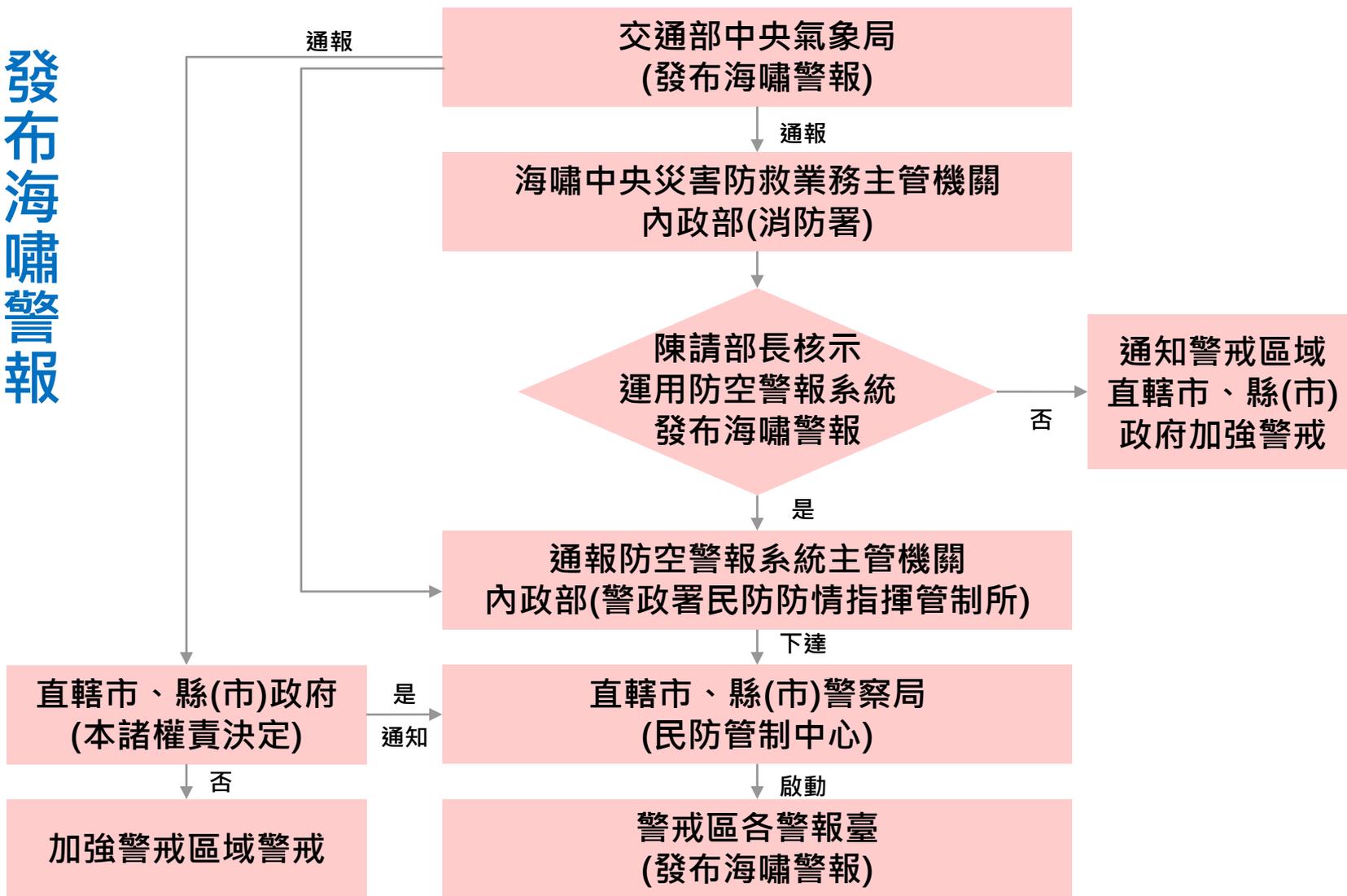
- 利用海底水壓計量測實際海嘯通過之水壓變化，並將資料傳至海面浮標，再將資料傳至人造衛星，最後由衛星將資料傳回海嘯警報中心進行研判。
- 海嘯監測技術能有效掌握海嘯浪高，大幅提升海嘯預報能力。



臺灣海嘯警報

33

發布海嘯警報
運用防空警報系統



臺灣海嘯預警作業

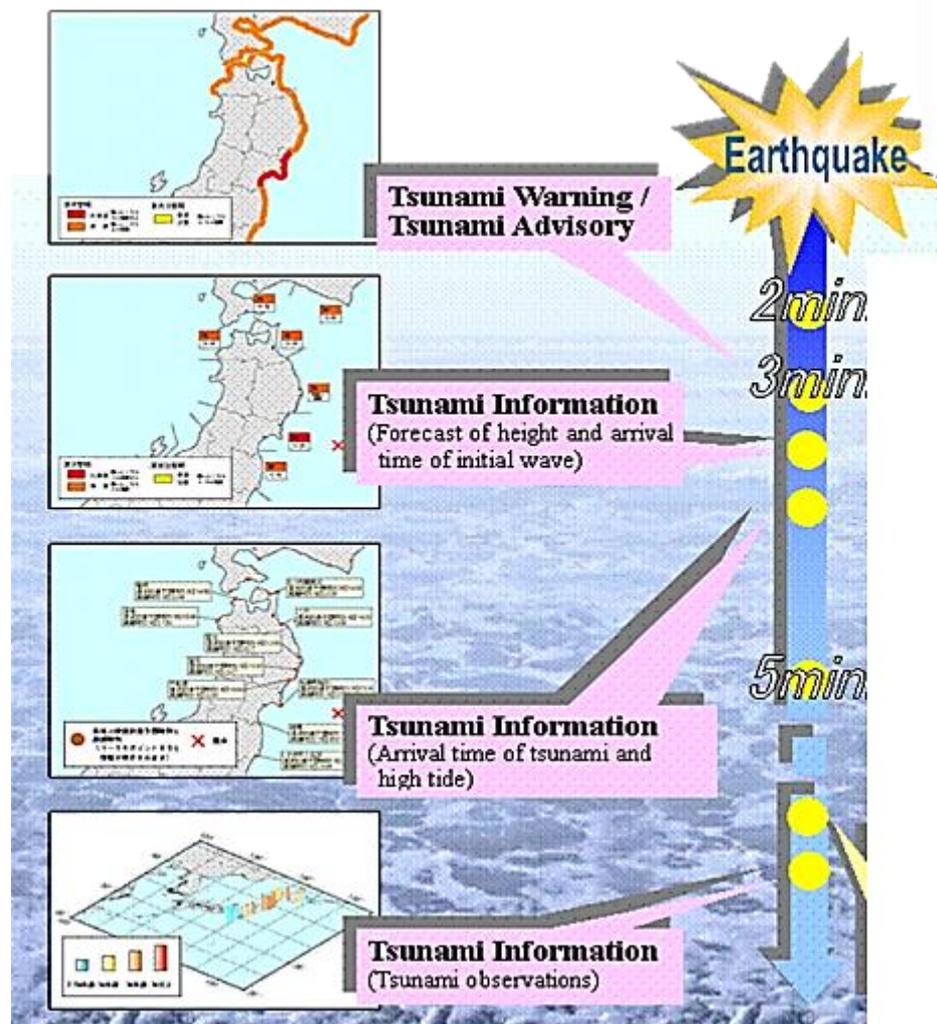
34

- 臺灣海嘯預警機制由交通部中央氣象局地震測報中心負責，對遠洋與近海海嘯有不同預警機制：
- 遠洋：接收來自夏威夷的太平洋海嘯預警中心(PTWC)的訊息，其中依影響程度標明「危險」、「警戒」與「勸告」區域，列出海嘯預計到達時間，至少每小時更新一次訊息。
- 近海：對於發生在近海的地震，氣象局的地震速報系統在一分鐘左右可定出規模、震央與深度。接著會依據氣象局初擬的海嘯警報作業，針對深度35公里以內的淺層地震，若其地震規模6.0以上會在地震報告中加註「沿海地區應防海水位突變」；若規模7.0以上將發布海嘯警報。

日本海嘯警報機制與成效檢討

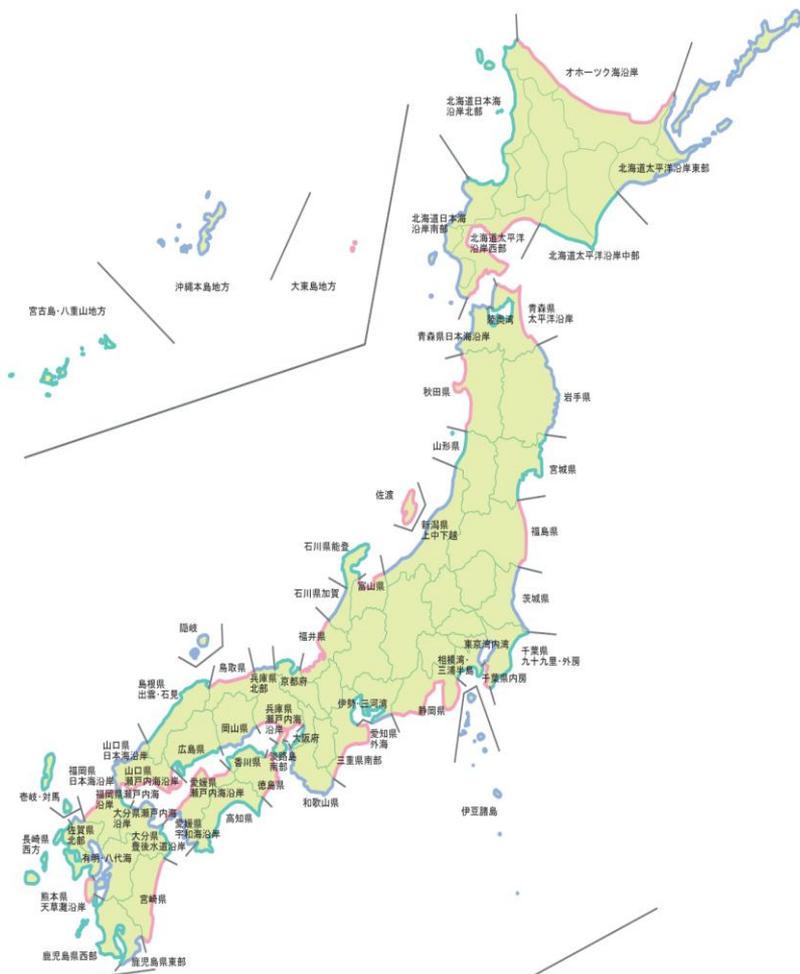
35

- 震後
 - 3分鐘內
 - 發佈海嘯警報與公告
 - 5分鐘內
 - 發佈海嘯初波抵達時間與浪高之預報
 - 海嘯抵達時間與滿潮時間
 - 10分鐘內
 - 開始發佈海嘯實際觀測資訊



日本沿岸劃分為66個「海嘯預報區」

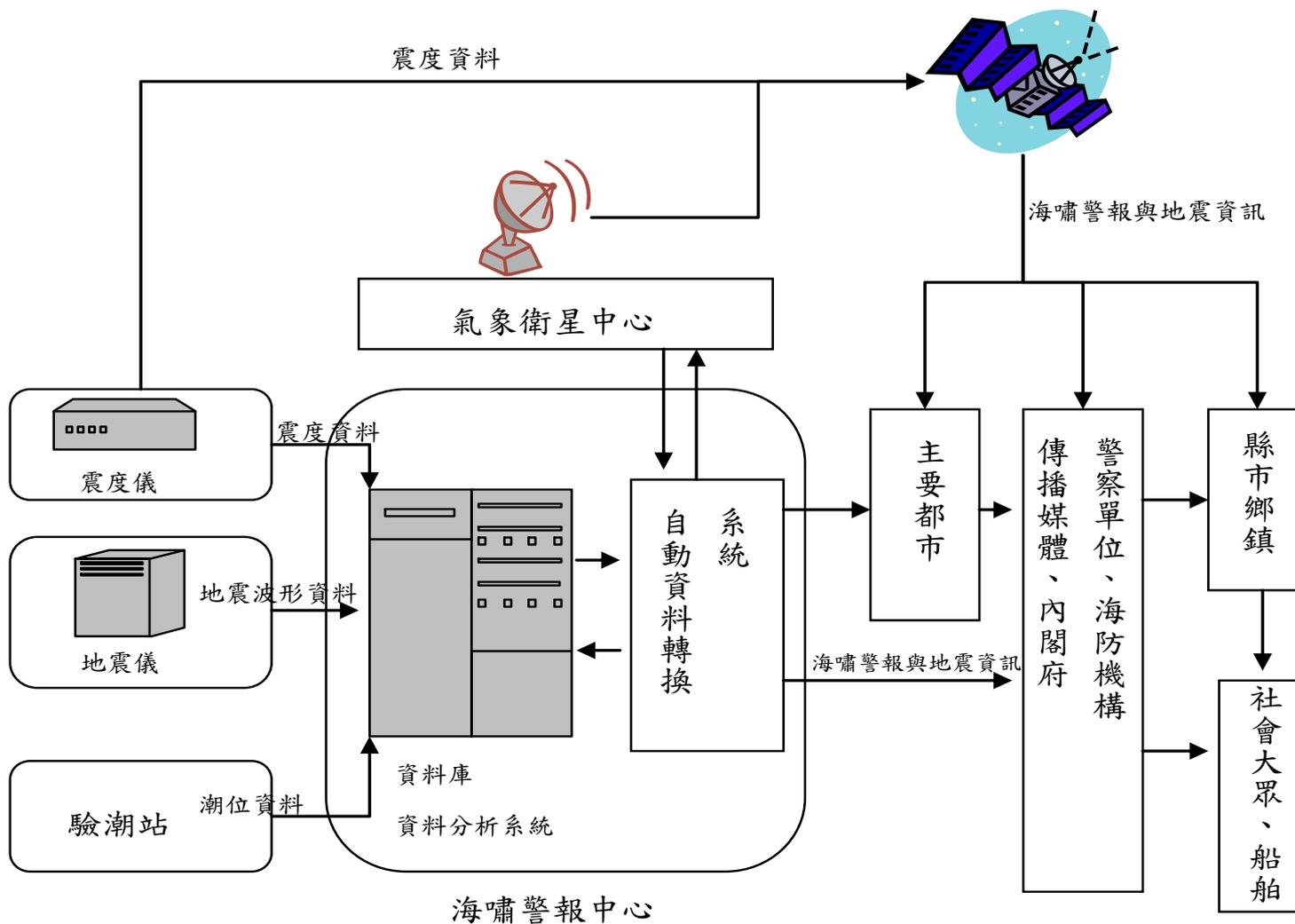
36



- 預先設定可能引發海嘯之斷層，針對各種可能震源位置、深度、規模之地震事件進行數值模擬，演算海嘯行進延時與浪高，建置海嘯預報資料庫。
- 當實際地震發生後，透過強震儀、潮位站之監測獲得地震相關參數，與模擬資料庫進行比對，取用最接近之預先模擬結果進行發佈警報。
- 日本氣象廳將全國沿岸劃分為66個「海嘯預報區」，其劃分除了依據地形調查結果來訂定外，也將各地地方政府和相關防災機關在發佈警報或注意警報後的緊急因應狀況，納入考量的範圍之內。

日本海嘯警報作業整合機制

37



海嘯警報最前線成效之檢討

□ 硬體設施無法發揮功效之因素：

- 若因震後電力中斷、廣播設施毀損等因素，均可能導致海嘯警報於最末端失效。
- 若市村町人員本身受災而未能到未進行廣播，亦無法發出警報。

□ 居民避難警覺性降低影響因素：

- 研究調查結果發現，居民確認海嘯危險平均需時約20分鐘，海嘯抵達岩手縣與宮城縣之時間約僅20分鐘，故當許多居民開始要進行疏散時，海嘯已抵達並襲擊陸上。
- 居民平時倚賴堤防保護，導致居民過度信任堤防而失去進行避難之警覺性。
- 漁港地形因素易產生越流型海嘯，而此類型特色係無伴隨巨大之海浪聲響且無明顯之破碎帶，故對民眾判斷海嘯可能造成較不利之影響，且因大量海水係直接越堤而來，當察覺海嘯危險性時，水位上升速甚快，嚴重威脅民眾之避難與逃生。

海嘯避難三要件

避難疏散資訊即時傳達

震源は三陸沖
深さ10キロ マグニチュード7.3
LIVE中継 岩手 釜石

津波! 避難!

東北・関東で震度5弱
M7.3 宮城に津波警報

津波到達予想		
津波警報		
宮城 県	午後 5:40	1m
津波注意報		
岩手 県	午後 5:40	50cm
福島 県	午後 5:50	50cm
青森県太平洋沿岸	午後 6:00	50cm
茨城 県	午後 6:00	50cm

津波警報 津波注意報

沖縄 小笠原

津波注意報
津波警報
大津波警報

01:38



海嘯避難三要件

40

□ 清晰且明確的海嘯避難疏散導引



海嘯避難三要件

正確且可及的海嘯避難路徑與處所



防治海嘯，應掌握關鍵之地形因素

42

- 由東日本大震災之海嘯相關研究與實際災損檢視，影響海嘯發展之關鍵因素即在於地形，包含：
 - 陸地之地形(是否具有類似日本東北沿岸岬灣聚積海嘯能量之地形、陸上是否具有提供海嘯發展溯上高條件之地形地貌)
 - 沿岸之海底地形(影響海嘯波浪近岸時之發展模式)
 - 河川出海口地形特性(是否可能導致海嘯由出海口沿河川上溯，造成中、上游溢淹之災害)
 - 我國應有更細緻之地形數值資料，以能更完備掌握海嘯特性與可能影響之情境。

海嘯警報與預警科技均有其極限

- ❑ 海嘯警報系統相關設備仍面臨受強震侵襲下受損之風險。
- ❑ 當接獲警報時能作出正確反應，才是整個系統是否能真正發揮功效之關鍵，例如民眾當接獲海嘯警報時，是否能即時反應並往正確之方向進行避難，否則警報訊息僅為徒增恐慌之工具。
- ❑ 有效之應變措施與落實之防災演練，亦是完整系統重要之一環。

簡報結束