

主旨演講

氣候變遷下永續海岸整體 防護策略與減災調適

簡連貴

臺灣海洋大學河海工程系教授

近海防災科技中心主任

海洋及水下技術協會秘書長



海洋及水下技術協會

2013第四屆海峽兩岸海洋論壇

氣候變遷下永續海岸整體防護策略與減災調適

簡歷



- ◆ 臺灣海洋大學河海工程學系教授、近海防災科技研究中心主任
- ◆ 海洋及水下技術協會秘書長
- ◆ 環保署環境影響評估審查委員會委員、
- ◆ 環保署填海造島(陸)政策專家會議執行及諮詢委員會委員
- ◆ 公共工程會採購申訴審議委員會諮詢委員
- ◆ 大陸礁層鋪設維護變更海纜或管道之路線劃定許可申請案審查小組委員、營建署海岸服務團委員
- ◆ 新北市都市計畫委員會委員、區域計畫委員會暨非都市土地使用分區變更專責審議小組委員會委員、基隆市都市計畫委員會及都市開放空間審議委員會委員
- ◆ 國際海洋及極地工程學會技術委員會委員(ISOPE, TPC)，Vice-Chair of ICE、臺灣溼地學會監事、海洋事務與政策協會理事、財團法人中央營建技術顧問研究社常務董事、財團法人地工發展基金會贊助人



海洋及水下技術協會

2013第四屆海峽兩岸海洋論壇

22

2010第一屆海峽兩岸海洋論壇



2010第一屆海峽兩岸海洋論壇



2010第一屆海峽兩岸海洋論壇



P5

2011第二屆海峽兩岸海洋論壇



氣候變遷下永續海岸整體防護策略與減災調適

2012第二屆海峽兩岸海洋論壇



海洋及水下技術協會

2013第四屆海峽兩岸海洋論壇

7/7

氣候變遷下永續海岸整體防護策略與減災調適

第三屆海峽兩岸海洋論壇

2012第三屆海峽兩岸海洋論壇活動照片



簡報大綱



壹、面對氣候變遷之挑戰



貳、海岸整體防護思維



參、氣候變遷與非工程措施調適對策



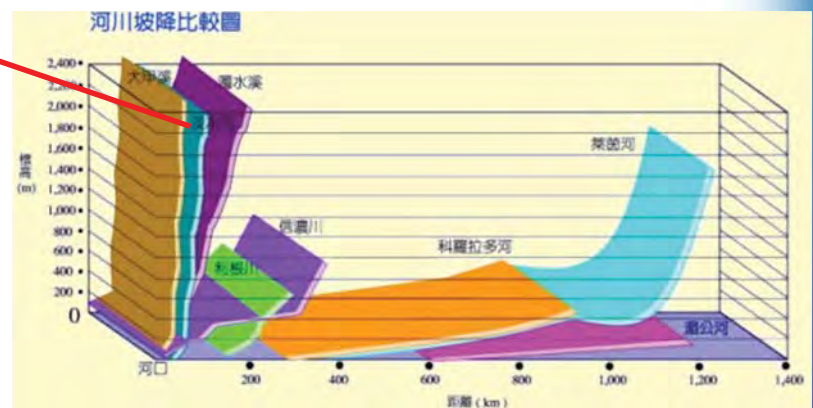
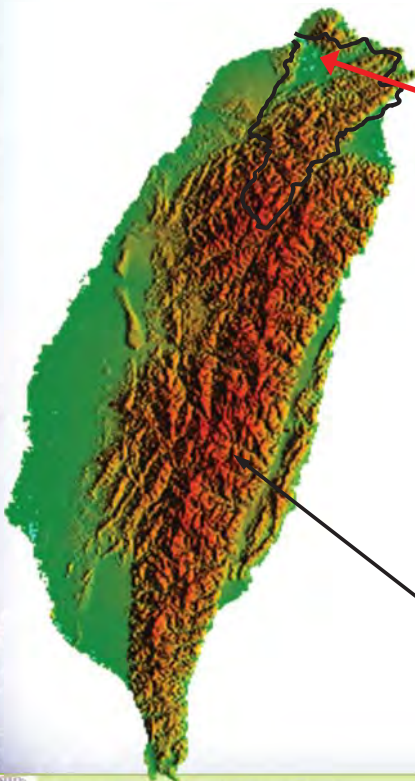
肆、我們因應對策



伍、海峽兩岸海洋合作



壹、面對氣候變遷之挑戰



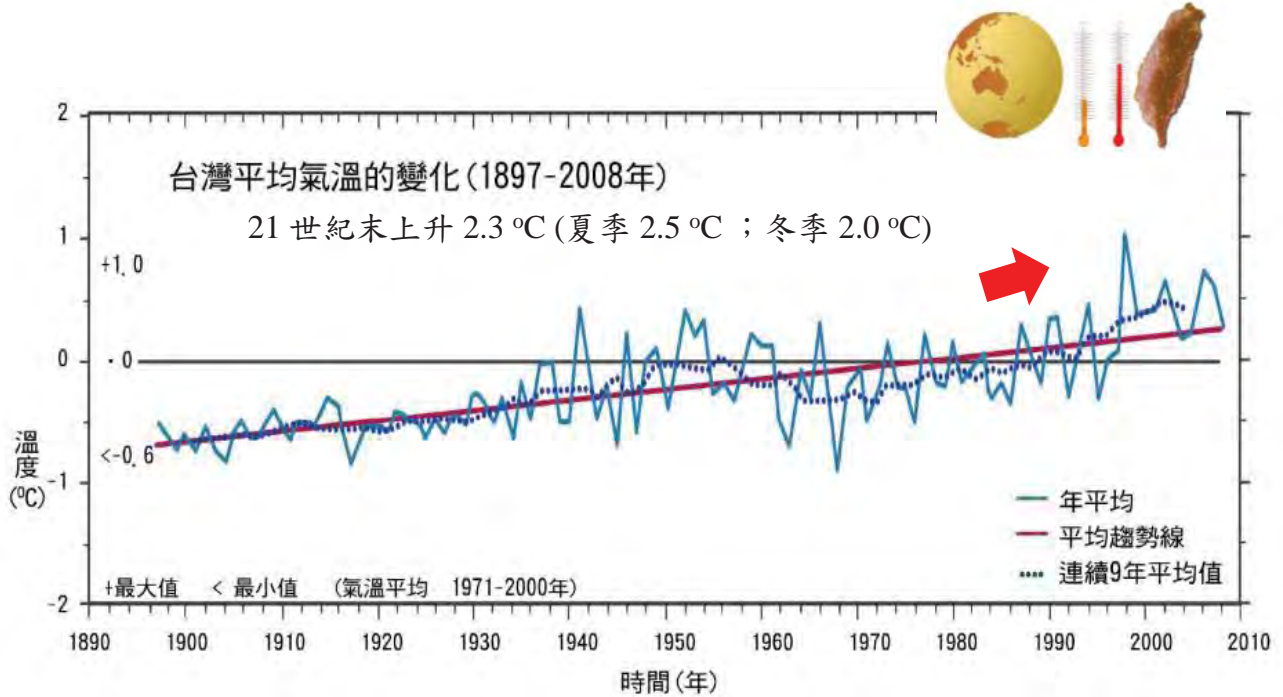
南北縱長：~ 400 公里

東西寬度：< 150 公里

最高峰海拔：3,950 公尺

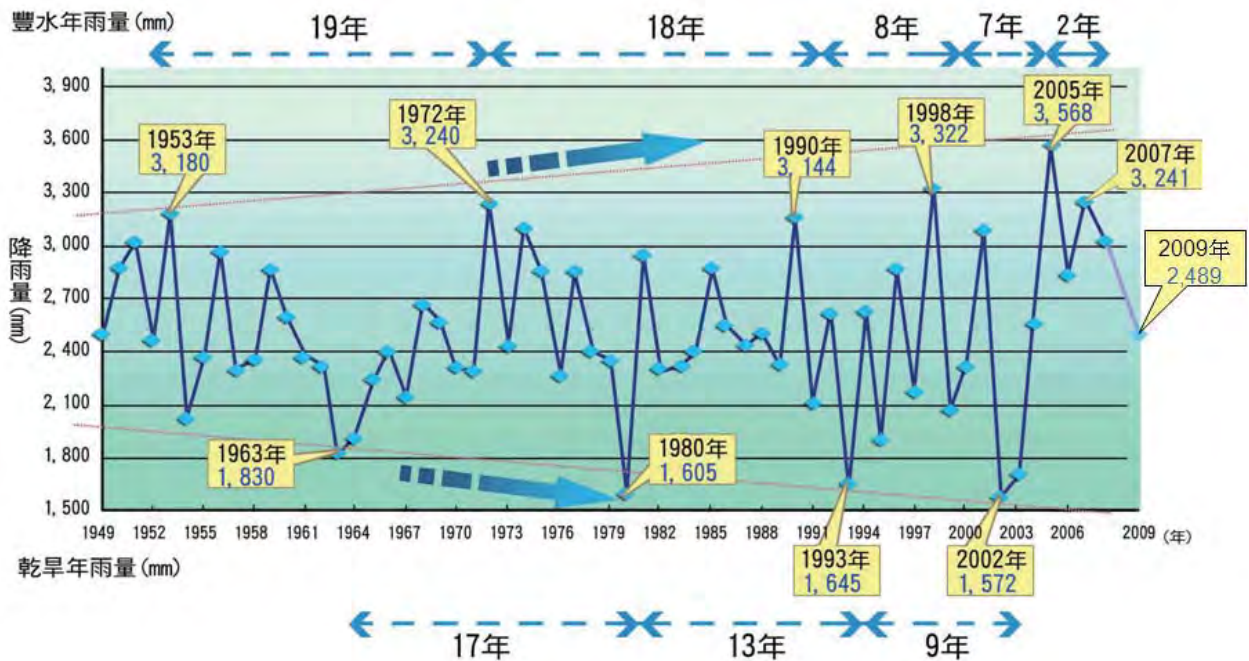


台灣百年平均溫度不斷攀升



台灣年平均降雨量有旱澇加劇之趨勢

單日降雨量及豪大雨日數增加，四季降雨日數減少



那一天...

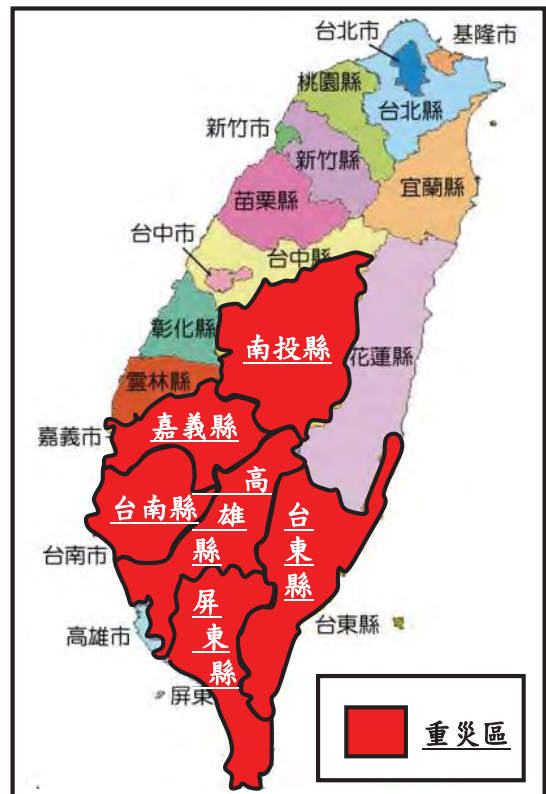
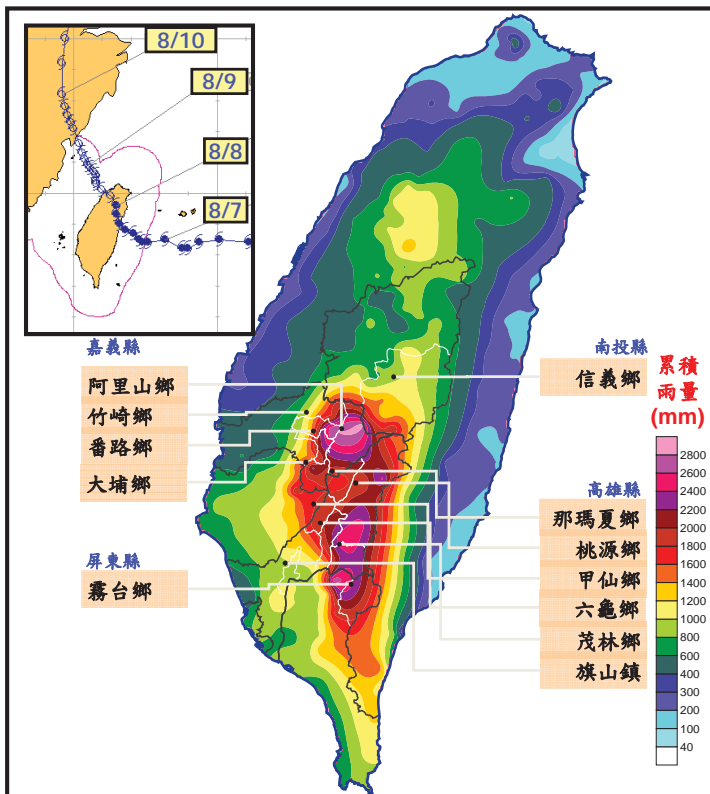


誰都沒有想到



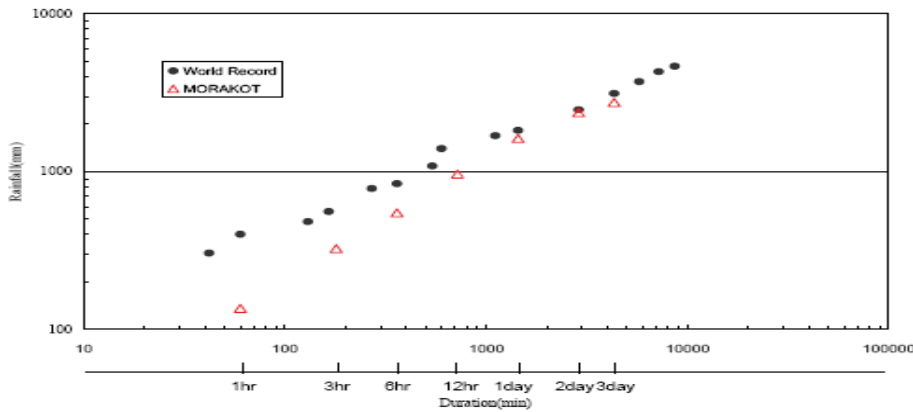
▲ 莫拉克災情

累計最大降雨量 2,965mm (阿里山)



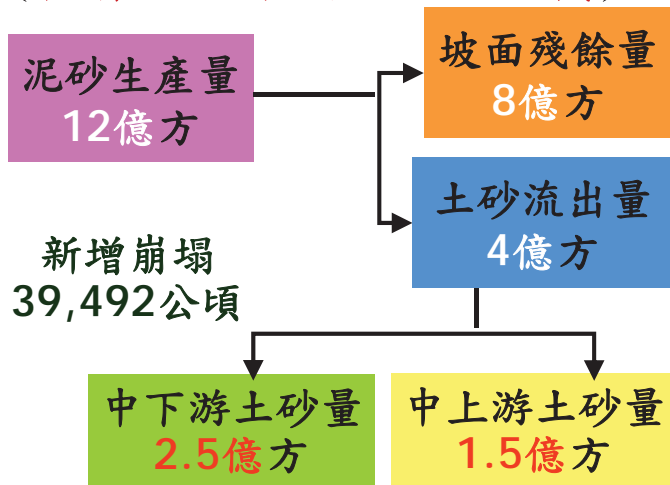
世界級的雨量

延時(hr)	莫拉克降雨量(mm)	世界極端紀錄		
		降雨量	發生地	發生時間
1	136.0	401.0	Shangdi, Nei Monggol, China	1975/7/3
6	548.5	840.0	Muduocaidang, China	1977/8/1
24	1623.5	1825.0	Foc Foc, La Réunion	1966/1/7-1966/1/8
48	2361.0	2467.0	Aurere, La Réunion	1958/4/7-1958/4/9
72	2748.0	3130.0	Aurere, La Réunion	1958/4/6-1958/4/9



莫拉克颱風後泥砂生產量推估

- ❖ 莫拉克颱風後新增崩塌推估泥砂生產量有**12億M³** (相當於**650座台北101大樓**)



包含：中央管、縣市管河川、水庫集水區等淤積量及**出海量**

近年台灣颱洪災害變化

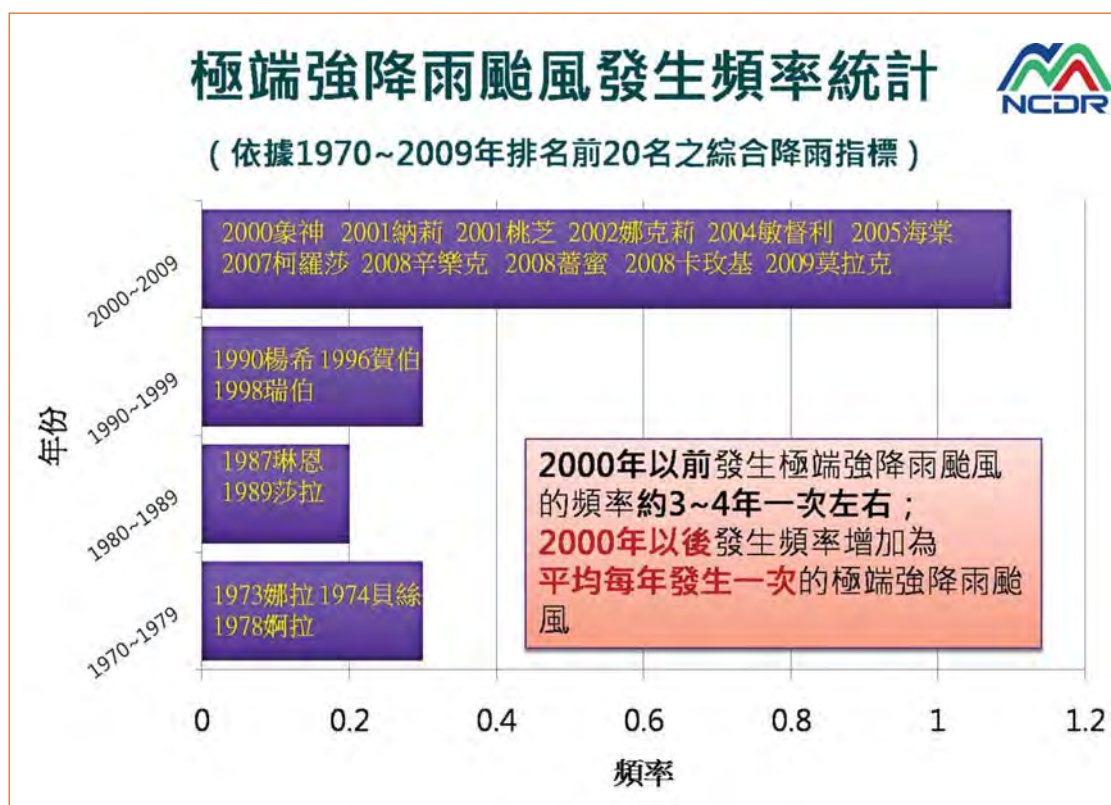


颱風事件	最大降雨強度(mm/hr)	總累積雨量(mm)	疏散撤離(人)	死亡與失蹤(人)
90.7.28 桃芝颱風	147 花蓮縣光復鄉	757 南投縣信義鄉	----	214
90.9.17 納莉颱風	142 宜蘭縣大同鄉	1,462 宜蘭縣大同鄉	24,000	104
93.6.30 敏督利颱風	167 南投縣國姓鄉 九份二山站	2,005 高雄縣桃源鄉	9,500	41
94.7.18 海棠颱風	177 屏東縣三地門鄉	2,124 屏東縣三地門鄉	1,208	15
94.9.1 泰利颱風	119 嘉義縣阿里山	766 高雄縣桃源鄉 御油山站	1,207	5
95.7.12 碧利斯颱風	95 屏東縣鹽埔鄉	1,013 屏東縣三地門	409	3
96.08.16 聖帕颱風	122 屏東縣瑪家鄉 瑪家	1,399 屏東縣瑪家鄉 瑪家	2531	1
97.07.16 卡玫基颱風	161 台南縣南化鄉 北寮	1,027 高雄縣六龜鄉 新發	179	26
97.09.10 辛樂克颱風	97 南投縣中寮鄉	1,608 台中縣太平鄉 雪嶺	1,987	22
97.08.08 莫拉克颱風	139.5 嘉義縣番路鄉 內埔	3060 嘉義縣阿里山鄉 阿里山	24,950	698

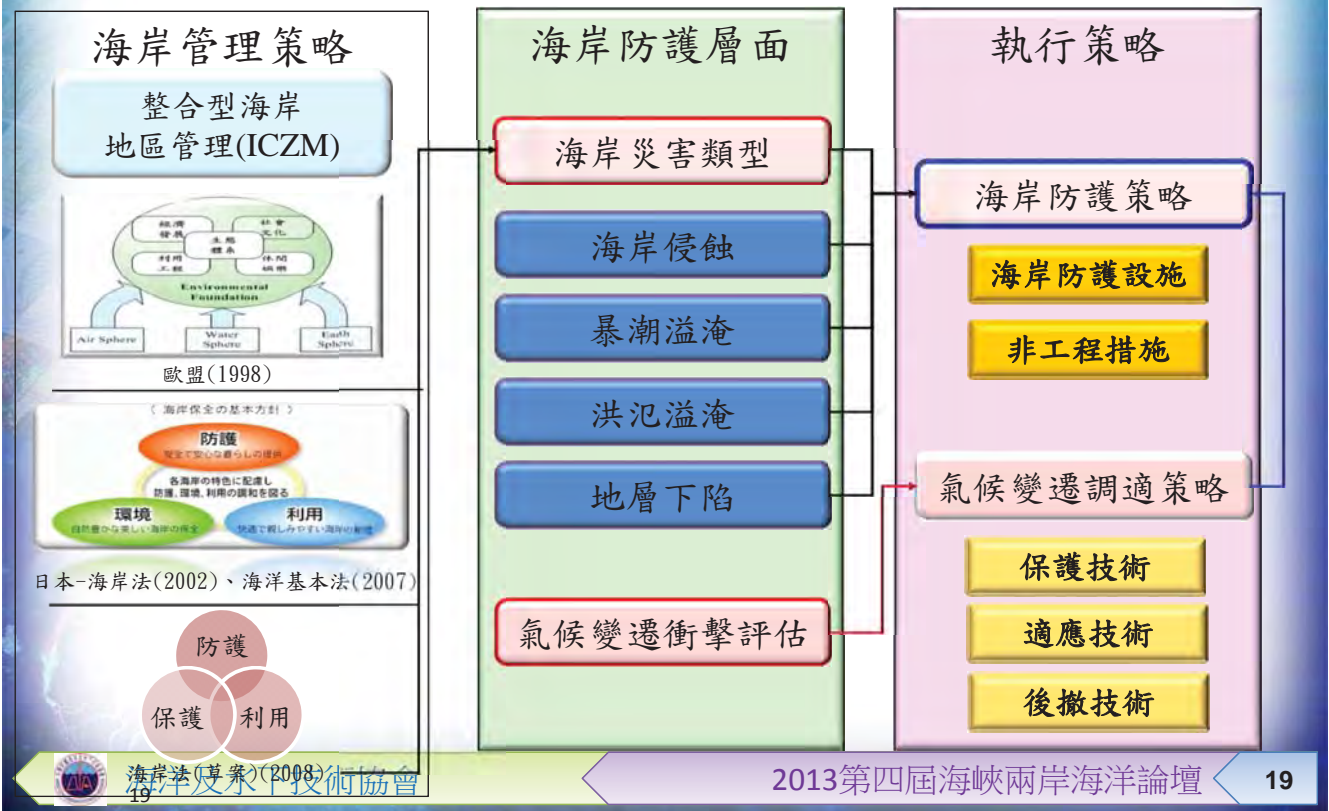
災害減少

复合型災害規模擴大 7

防災部門衝擊: 極端事件愈趨頻繁
如何降低災害風險與建構安全國土，行政部門面臨更嚴峻之挑戰

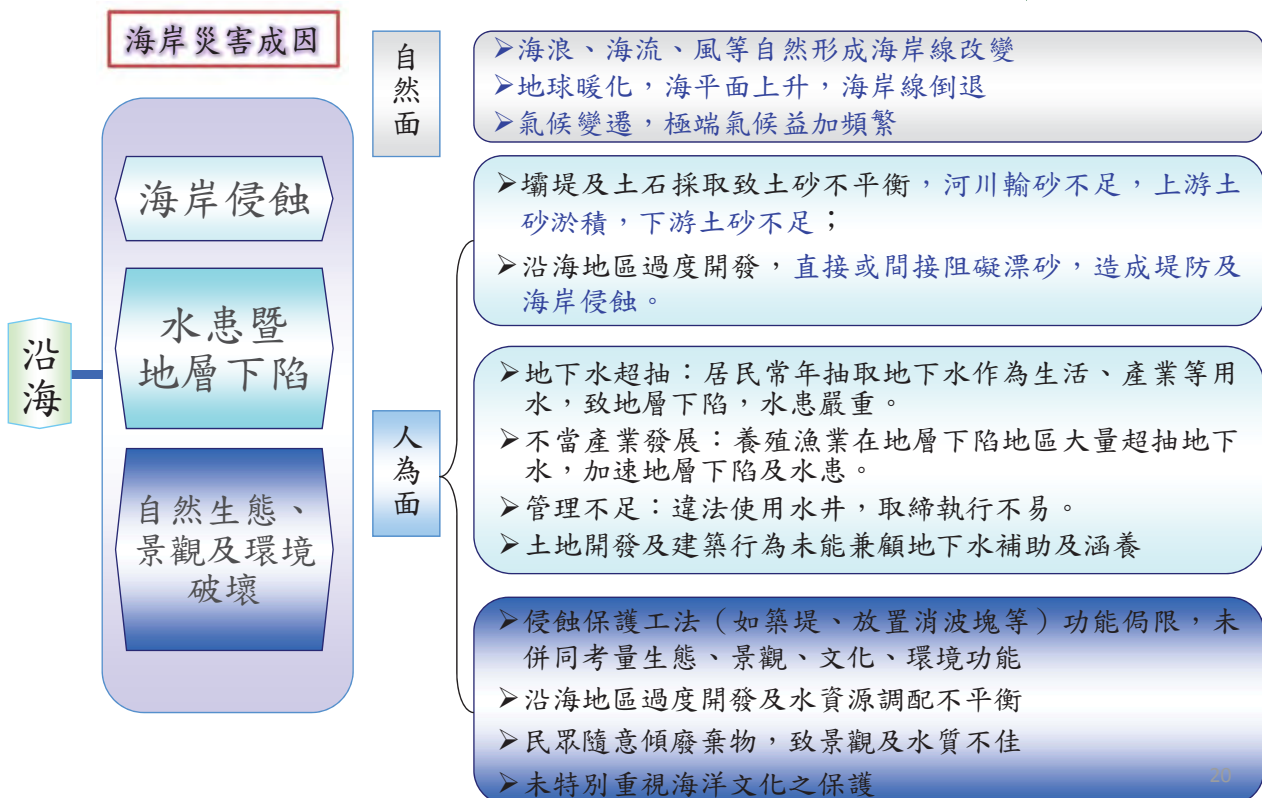


貳、海岸整體防護思維



(2/24)

一、台灣歷史海岸災害研析



八八風災後，上游暴雨沖下巨量漂流木，堆積於海岸邊或海洋裡，影響海岸生態環境、漁業、觀光、航行等產業，造成重大損失。



口米海岸

富崗漁港

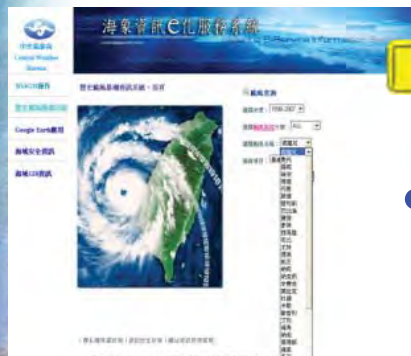
屏東鹽埔漁港

知本溪口北岸

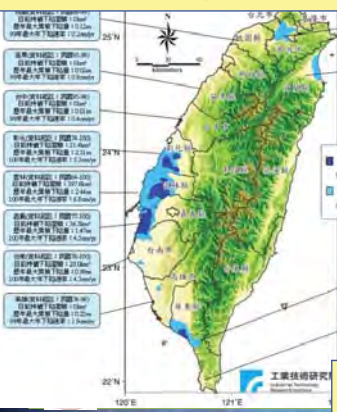


二、海岸防護區相關圖資蒐集(1/4)

(一)海岸歷史災害與防災資料庫



氣象局颱風暴潮資料(90-100)



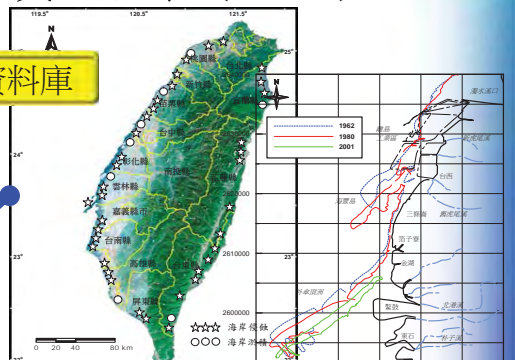
水利署地層下陷資料(100)

暴潮溢淹

海岸侵蝕

地層下陷

洪氾溢淹



水利署及各河川局(100)、營建署海岸侵蝕防護區(84)



水利署淹水潛勢資料(96-99)

二、海岸防護區相關圖資蒐集(2/4)

(二)海岸生態環境面(1/2)

● 台灣沿海地區自然環境保護計畫(73-76原計畫及一通檢討)



海洋及水下... 海岸保護區(一通檢討)

海岸保護區(73-76年)原計畫

二、海岸防護區相關圖資蒐集(3/4)

(二)海岸生態環境面(2/2)

● 永續海岸整體發展方案

- 國家重要溼地調查計畫(營建署)
- 永續海岸復育計畫(營建署)
- 永續海岸整體管理計畫(營建署)
- 國土利用監測計畫(營建署)



水利署海堤及事業海堤分佈 國土利用監測計畫(2008)



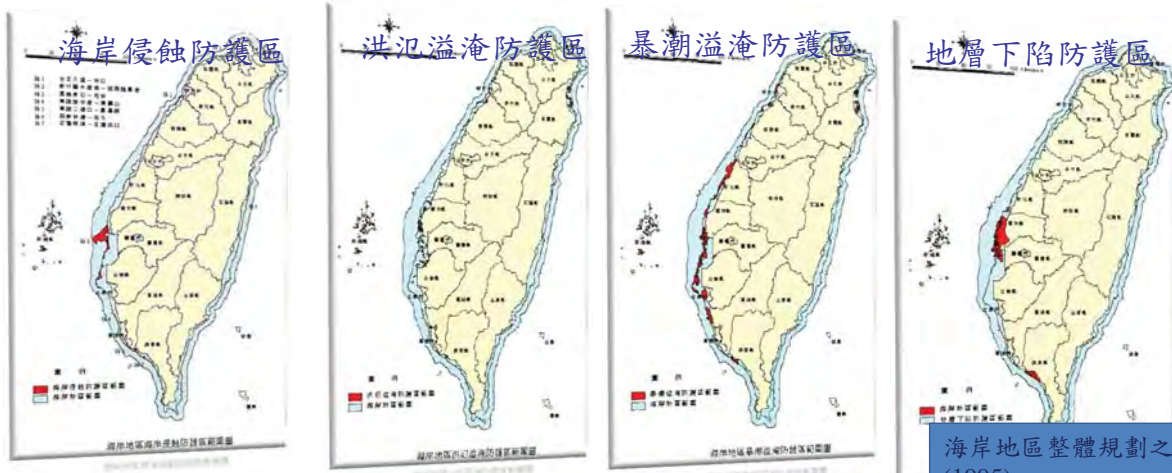
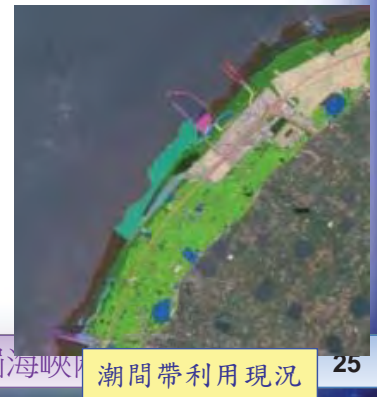
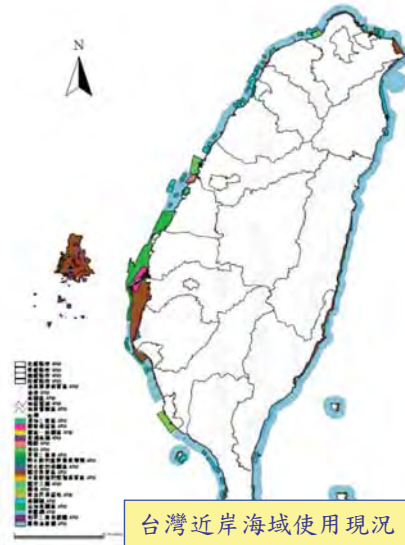
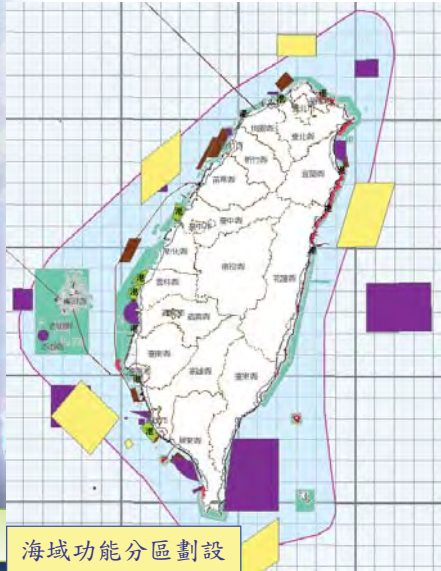
2013 台灣國家重要溼地調查計畫

二、海岸防護區相關圖資蒐集(4/4)

(三)海岸土地利用面

海域區、近岸海域及潮間帶空間利用

- ◆ 整體海岸管理計畫及其配套措施之研擬(營建署)
- ◆ 海域功能區劃與管理制度(營建署)
- ◆ 潮間帶劃設及土地利用現況調查與分類(營建署)



海岸地區整體規劃之研究 (1995)

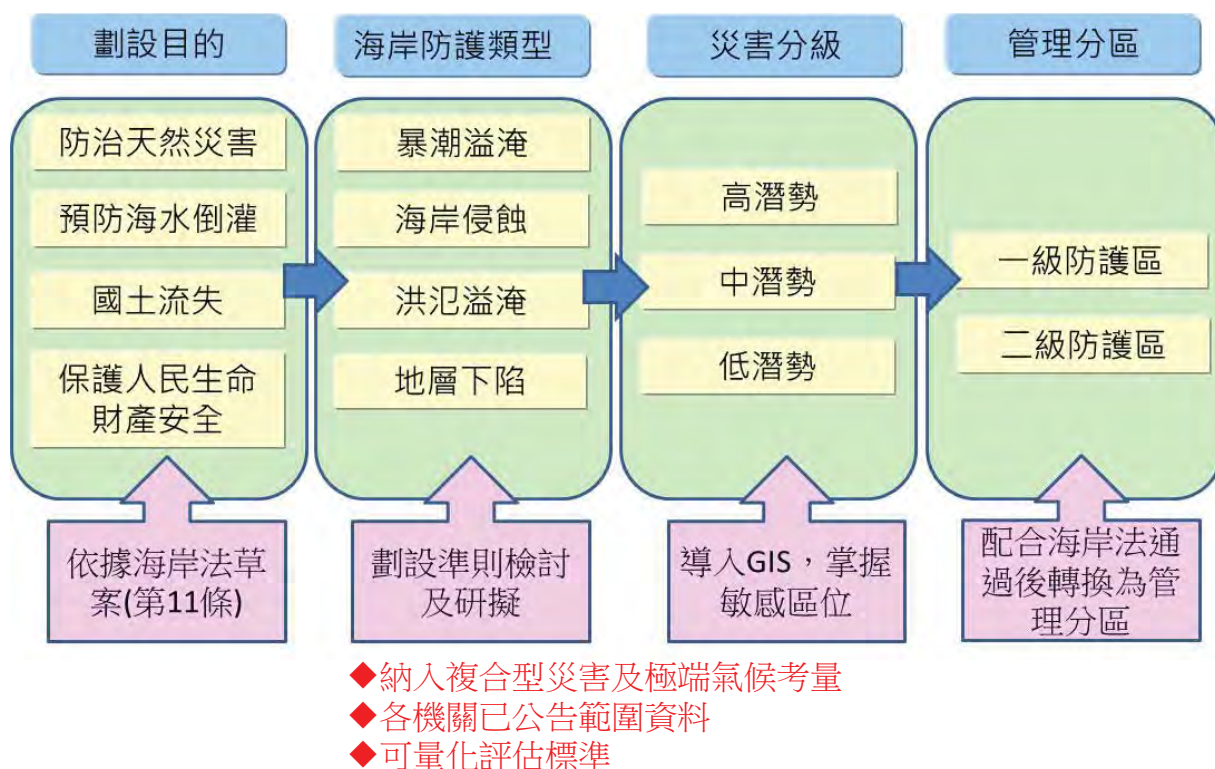
防護區類型	劃設目的	劃設準則
海岸侵蝕防護區	以減緩海岸退縮目標	海岸防護單位已列為長期追蹤調查對象，依據歷年航照圖比較侵蝕範圍大於 100m 且海岸長度大於 2000m 。
洪氾溢淹防護區	利用工程與非工程，減少淹水範圍及面積	以調查之易淹水區範圍(標準為一次降雨量 150mm 、浸水深度 30cm 、且達 1日)
暴潮溢淹防護區	強化海堤之興建與維護，以降低暴潮之災害	低於該縣市海岸最高潮位以下，經常發生海水倒灌之海岸低窪地區
地層下陷防護區	進行計畫性管制，消除或減緩下陷速率及範圍	下陷問題嚴重且過去累積下陷量達 50cm 以上，或過去5年內曾有 1年 下陷量超過 10cm

台灣地區海岸管理計畫 (草案,1999)

台灣中部區域環境敏感地劃設與土地適宜性分析(1996)

採用類似之劃設準則

四、海岸防護區劃設原則檢討



27

四、海岸防護區劃設原則檢討

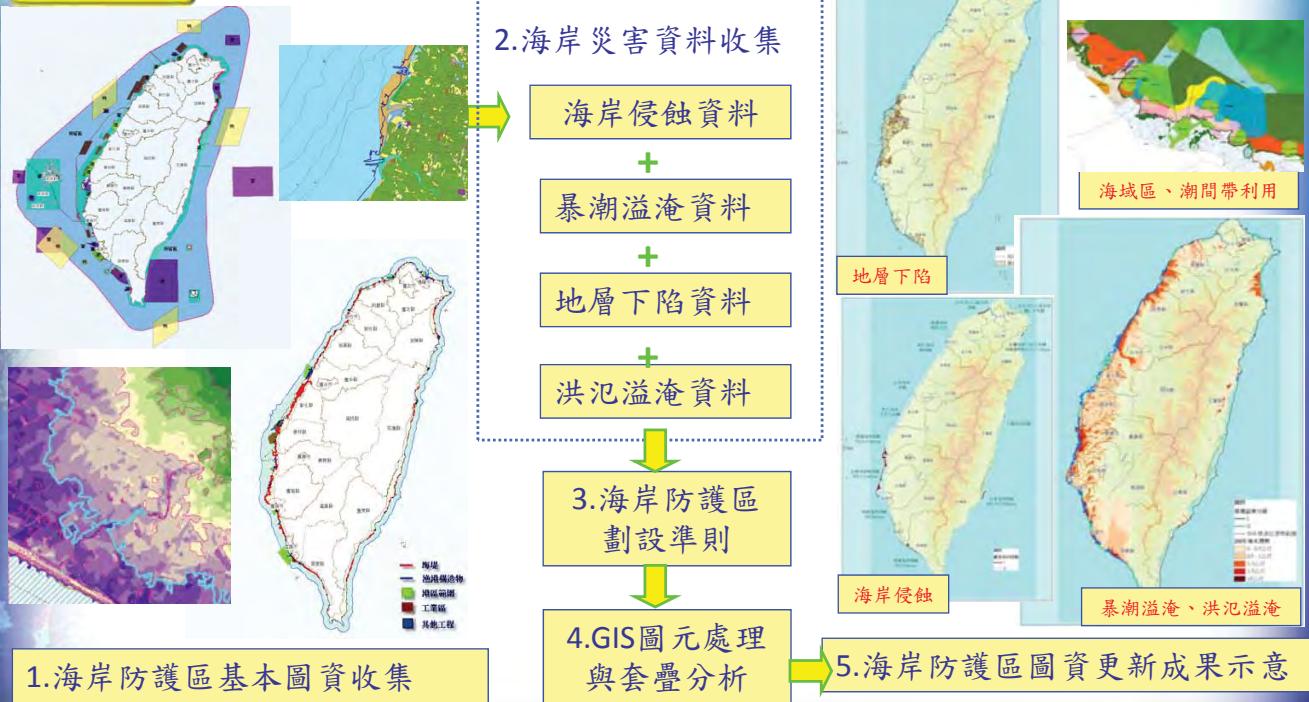
類型	高潛勢	中潛勢	低潛勢
暴潮溢淹	濱海陸地之地面高程低於50年重現期暴潮位，且低於平均海平面之低窪地區。	濱海陸地之地面高程低於50年重現期暴潮位，且高於平均海平面之地區。	濱海陸地之地面高程高於50年重現期暴潮位，且地面高程低於7公尺地區。
海岸侵蝕	經調查研究認定為海岸嚴重侵蝕地區，且岸段已無緩衝帶(沙灘)。	經調查研究認定為海岸嚴重侵蝕地區，且岸段尚有無緩衝帶(沙灘)。	經設置防護措施後仍具潛在災害地區。
洪氾溢淹	海岸地區範圍內，50年重現期淹水潛勢中，淹水深度(≥1公尺)之範圍。	海岸地區範圍內，50年重現期淹水潛勢中，地面淹水深度≥0.5公尺並小於1公尺。	海岸地區範圍內，50年雨量之淹水潛勢圖中，淹水深度介於(<0.5公尺)之範圍。
地層下陷	水利署公告嚴重地層下陷範圍(含)持續下陷地區，年下陷速率≥3公分。	水利署公告嚴重地層下陷範圍。	曾經發生地層下陷但已趨緩或地下水位持續下降地區。

海岸防護區(一級、二級)

28

五、海岸防護區圖資更新

更新流程

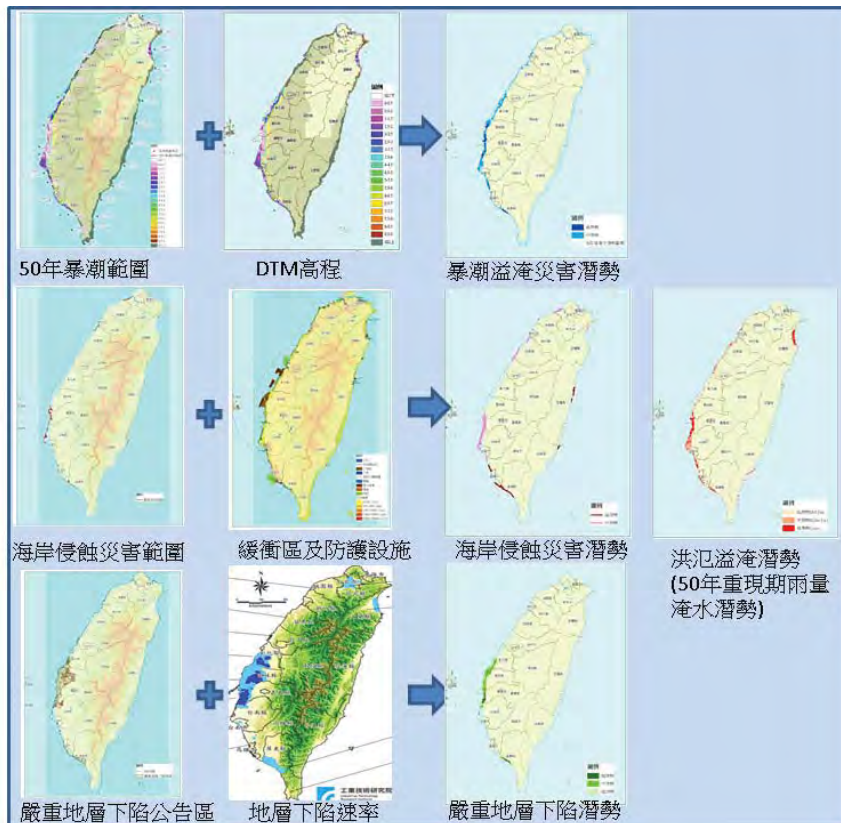


比例尺 (1/25000)



五、海岸防護區圖資更新

更新方法



六、海岸防護區劃設結果比較

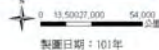
1995年海岸侵蝕劃設範圍



防護區佔海岸地區長度(17%)

1995年劃設海岸侵蝕範圍

海岸侵蝕



製圖日期：101年

2012海岸侵蝕劃設範圍



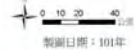
高+中潛勢佔海岸地區長度(20%)

海岸防護區(海岸侵蝕)範圍

圖例

高潛勢

中潛勢



製圖日期：101年

海岸侵蝕劃設結果比較

六、海岸防護區劃設結果比較

1995年暴潮溢淹劃設範圍

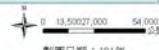


防護區佔海岸地區面積(16.7%)

1995年劃設海岸侵蝕範圍

圖例

暴潮溢淹區



製圖日期：101年

2012暴潮溢淹劃設範圍



高+中潛勢佔海岸地區面積(21%)

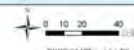
海岸防護區(暴潮溢淹)範圍

圖例

高潛勢

中潛勢

50年暴潮位潛勢範圍



製圖日期：101年

暴潮溢淹劃設結果比較

六、海岸防護區劃設結果比較

1995年洪氾溢淹劃設範圍



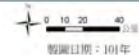
1995年劃設洪氾溢淹範圍



2012洪氾溢淹劃設範圍



海岸防護區(洪氾溢淹)範圍



洪氾溢淹劃設結果比較

六、海岸防護區劃設結果比較

1995年地層下陷劃設範圍



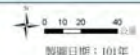
1995年劃設地層下陷範圍



2012地層下陷劃設範圍



海岸防護區(地層下陷)範圍



地層下陷劃設結果比較

七、轉換為一、二級海岸防護區劃設原則研擬

- ▶ 以嚴重海岸災害地區或高災害潛勢防護為優先
- ▶ 具有保全對象之海岸段為優先
 - ❑ 海岸段中具保全對象者進行劃設，如海堤設施保護之範圍、非都市計畫區村落、都市計畫區、港區、工業區、特定專用區等設施型使用分區或經濟發展區。
 - ❑ 海岸防護段內之自然海岸、海岸保護區等應整體考量防護需求予以納入。
 - ❑ 無人聚居區或零星建築區以維持現狀為原則暫予以排除劃設。
 - ❑ 漁港、商港或其他目的事業於沿海設置之設施，如特定區海岸段上下游段發生災害，則應納入海岸防護區，並配合海岸防護計畫擔負海岸防護之責。



七、轉換為一、二級海岸防護區劃設原則(續)

- ▶ 海岸段之界定以具有相同自然災害特性為劃設原則
 - ❑ 依據海岸災害特性，將具有相同災害特性之海岸段予以劃設
 - ❑ 該海岸段如無明顯可識別地標則以該段所在村里範圍予以界定
 - ❑ 以海岸段為單元整體考量研提海岸防護計畫
- ▶ 海岸防護區依據災害嚴重性作為分級劃設之原則

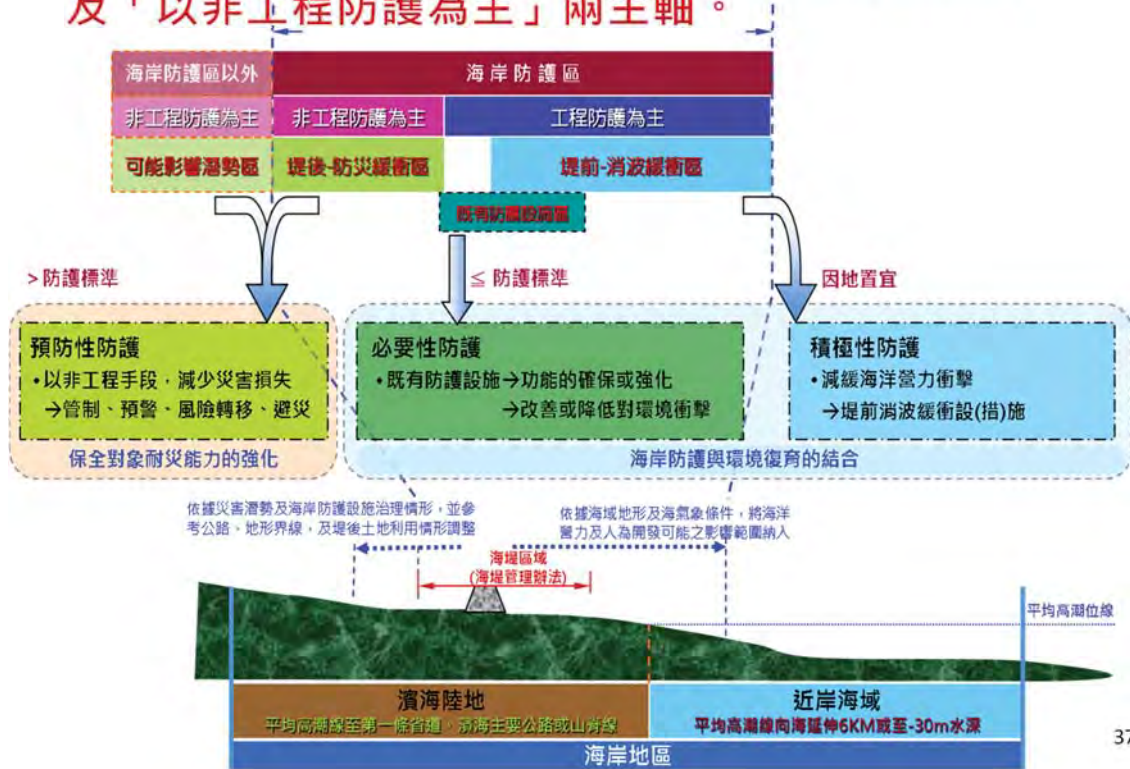
類型	一級海岸防護區	二級海岸防護區
單一災害	屬高潛勢災害之海岸段	屬中潛勢災害之海岸段
複合型災害	(1)屬嚴重地層下地區，且有高潛勢或中潛勢之複合式災害海岸段 (2)非屬嚴重地層下陷區，但為高潛勢之複合式災害海岸段	屬兩種以上中潛勢災害之複合式災害海岸段

- ▶ 海岸防護區應建立適度之海岸防護空間，並採因地制宜之彈性劃設為原則。



二、非工程措施防護範圍

海岸地區整體防護，可歸納為「以工程防護為主」及「以非工程防護為主」兩主軸。

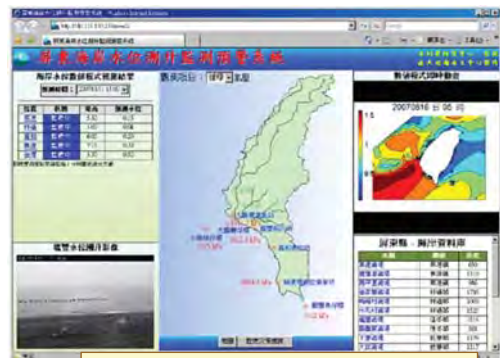


37

三、非工程措施範疇研擬-避災措施

(一) 建立海象(淹水及暴潮)預警及資訊發布

- ✓ 預警發布：
 - ✓ 根據「氣象法」規定，全國氣象、地震或海象等現象之預報或警報，應由中央氣象局統一發布。
- ✓ 預警系統建置：
 - ✓ 建議針對防護區內之海岸逐年辦理海岸調查監測計畫，以進行各項海氣象、波潮流、地形水深、漂沙活動等環境資料監測調查工作。
- ✓ 緊急疏散：
 - ✓ 地方單位則需依警報資訊執行後續緊急避災措施。



屏東海岸水位潮升監測預警系統



水利署水情資訊系統

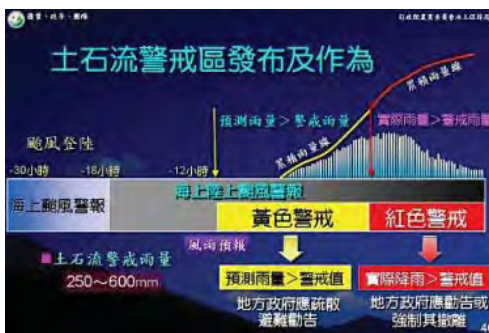
38

三、非工程措施範疇研擬-避災措施

(三)強化避災措施

✓ 疏散路線及避難處所規劃

- ✓ **疏散路線**：應盡量利用現有道路，避開危險路段，且避難處所距離不可過長，以步行不超過20~30分鐘為原則。平時應維持防災路線之暢通，以利防救災人員、機具進出。
- ✓ **避難處所**：避難所之空間，需能容納災區居民基本作息為原則，可利用當地活動中心、學校或較大廟宇，且應擇地勢較高處，與外界需有安全的通路，或穩定之通訊設備處。
- ✓ **避難路線及避難所選定原則(參考日本311)**



日本311避難設施選擇方案

39

✓ 防災整備

- ✓ 成立災害應變中心：
- ✓ 避難處所整備：
- ✓ 疏散避難人員編組：

✓ 居民疏散避難與收容

- ✓ 廣播宣導撤離，請民眾速至避難處所。
- ✓ 電話聯繫村里長或村里幹事，轉知當地居民提早疏散。
- ✓ 協助弱勢族群民眾等，疏散至避難處所。
- ✓ 強制疏散：經評估災害風險極高，或災情可能擴大者，得以強制疏散區內居民至避難處所。
- ✓ 災民收容：地方政府輔導各地區登記災民身份人數，調度、發放物資、分配災民住宿。
- ✓ 醫療救護：派遣醫療人員進行檢傷分類、醫療救護、心理諮商、急救常識宣導、提供壓力紓解方法。
- ✓ 管制交通：請警察單位協助警戒區管制、維持救災路線暢通，並設置標誌管制通行。
- ✓ 道路搶通：調派重型機械清除障礙及道路搶通。
- ✓ 治安維護：編組輪流巡邏災區與避難處所。



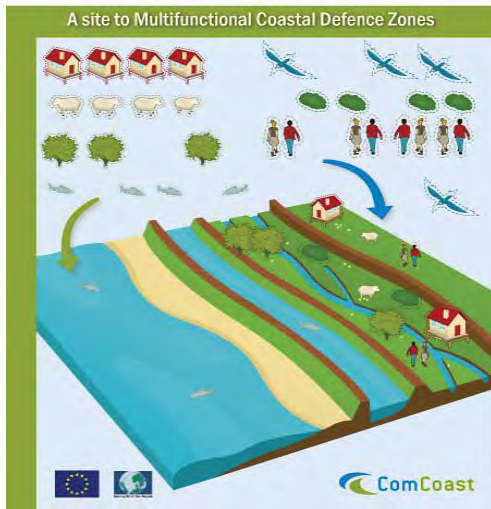
(四)加強民眾教育宣導

- ✓ 對防護區居民宜加強宣導教育、強化民眾防災意識、必要時辦理防災演練，以加強民眾防災避難印象。

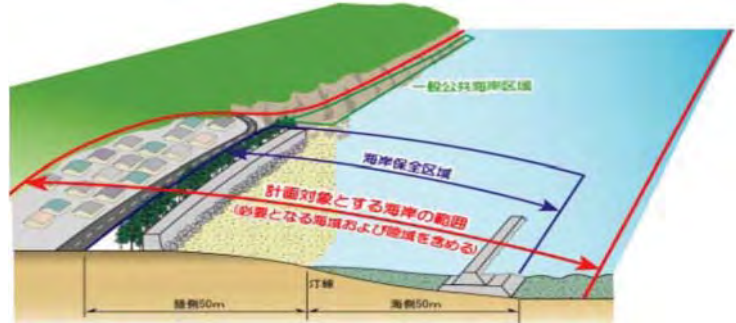
40

✓ 緩衝區劃設

- ✓ 緩衝帶考量不同地區之地形、波浪條件、排水、土地利用等因素因地制宜劃設
- ✓ 納入潮間帶、溼地、潟湖等，尤其與潮間帶毗連之土地應有適當之緩衝區留設綠帶，以作為防災緩衝空間，並運用其自然淨化作用，以減緩海域污染
- ✓ 未來台灣應整合水域及陸域，完成海岸緩衝帶的劃設，並結合防災、休閒等朝向多元空間規劃利用。



ComCoast海岸地區多元緩衝空間規劃示意圖



日本海岸保全地區劃設示意圖



結合潮間帶、溼地、潟湖及地形等因地制宜劃設

三、非工程措施範疇研擬-減災措施

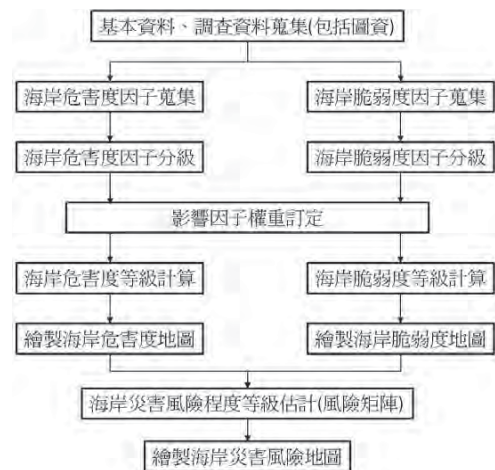
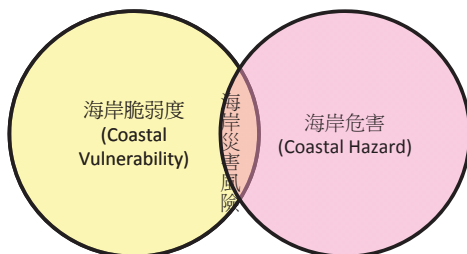
(二) 風險地圖繪製

✓ 天然災害風險(Risk)定義

- ✓ ISDR(2002)：將災害風險表達以Hazard與Vulnerability的乘積表示(即 $Risk = Hazard \times Vulnerability$)。
- ✓ 水利署(2010)委託執行「脆弱度及風險地圖分析方法之研究」：其風險模式為 $Risk(\text{淹水風險}) = Hazard(\text{淹水危險度}) \times Vulnerability(\text{淹水脆弱度})$

✓ 海岸災害風險地圖

- ✓ 水利署(2012)委託執行「海岸防護計畫先期規劃研究」：其風險模式為 $Risk(\text{海岸風險地圖}) = Hazard(\text{海岸危害度}) \times Vulnerability(\text{海岸脆弱度})$

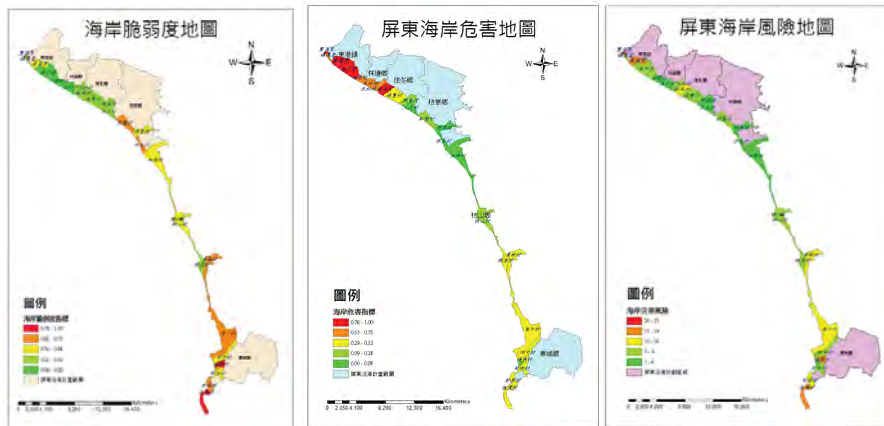


海岸風險地圖繪製流程

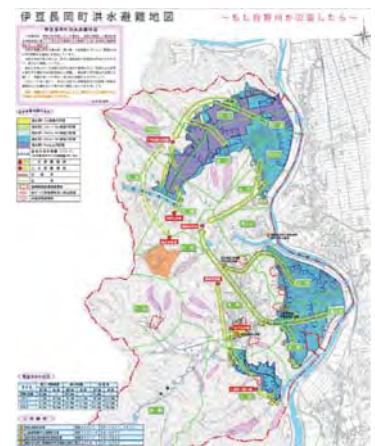
因子等級 評分	脆弱度					
	1	2	3	4	5	
危害度	1	1 最低	2 最低	3 最低	4 最低	5 次低
	2	2 最低	4 最低	6 次低	8 次低	10 中等
	3	3 最低	6 次低	9 次低	12 中等	15 次高
	4	4 最低	8 次低	12 中等	16 次高	20 最高
	5	5 次低	10 中等	15 次高	20 最高	25 最高

✓ 海岸風險地圖繪製

- ✓ 將海岸脆弱度因子及危害因子之資料數字正規化，再以程度分級，利用上述風險矩陣表示，可呈現海岸地區之風險概況。



海岸風險繪製(以屏東海岸為例)



高風險區避難地圖繪製

✓ 高風險地區之調適

- ✓ 呈現氣候變遷之威脅下海岸地區面臨之風險
- ✓ 高風險區研擬因應氣候變遷之對策，如避難路線地圖繪製、2. 預防變遷衝擊的策略、3. 改變土地使用方式、4. 改變發展區位規劃、5. 氣候變遷的持續監測與研究、6. 公眾教育與補償機制等

三、非工程措施範疇研擬-減災措施

(三) 土地利用型態調整

✓ 土地利用型態檢討

- ✓ 避免高風險區之二次公安災害
- ✓ 避免土地利用影響救災
- ✓ 檢視土地使用合理性，依據都市計畫及區域計畫調整。

✓ 加強土地使用管制

- ✓ 低密度使用為原則
- ✓ 新設建物及新開發案加強管制
- ✓ 既有建物強化防災能力及調適
- ✓ 高風險區之公私有地均應納入管制

✓ 沿海產業生產環境改善

✓ 研訂海岸地區發展界線

- ✓ 因應氣候變遷威脅
- ✓ 未設海堤或無法興建海堤之自然海岸段
- ✓ 考量潮位+氣候變遷水位抬升為界，並加強使用管制



避免造成二次公安災害



產業環境改善、降低使用強度

三、非工程措施範疇研擬-減災措施

(四) 建築環境之改良

- ✓ 防水閘門
- ✓ 社區臨時圍堤
- ✓ 改變建築形式
- ✓ 建物遷移或墊高



防水閘門案例



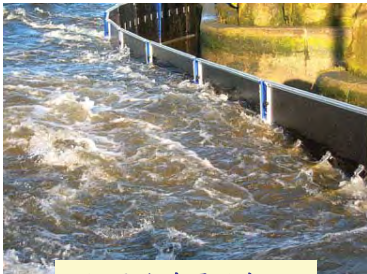
社區臨時圍堤案例



建物墊高案例



高腳屋案例



三、非工程措施範疇研擬-減災措施

(五) 災害保險

- ✓ 民國88年由主管單位核准「地層下陷、滑動或山崩保險」，為商業保險模式，台灣目前投保率並不高。
- ✓ 「地震保險」方面，我國住宅火災保險單自91年4月1日起已自動涵蓋住宅地震基本保險。
- ✓ 立法院92年1月3日通過「颱風洪水保險」之決議，成為我國繼「住宅地震保險」後第二個天然災害保險制度。
- ✓ 「海岸災害保險」制度在國內尚未建立緊急，建議金管會由研擬「綜合天然災害保險」架構，考慮風災、水災、震災、旱災、寒害、土石流災外，將「暴潮溢淹保險」納入，以減少損失波動，並擴大保險經營基礎。



(六) 自主防災社區推動

✓ 推動目的

- ✓ 強化民眾危機意識、凝聚社區意識
- ✓ 提昇社區行動力-配合社區事務，推動社區營造
- ✓ 落實自主性防災理念-強化緊急應變能力與自救互救技術
- ✓ 災後迅速復原，重建易重現地方文化與社區特色
- ✓ 建立專業組織、民間組織與政府組織之互動模式
- ✓ 落實災害管理之減災、整備、應變、及復原工作

✓ 水利署自主防災社區

- ✓ 彙整防災觀測資訊
- ✓ 淹水潛勢圖製作
- ✓ 擬定淹水保全計畫
- ✓ 組織防汛志工
- ✓ 水災緊急疏散作業程序
- ✓ 以及防汛整備及演練

✓ 納入海岸地區推動



47

肆、我們因應對策

與自然共生 適應未來





Think Globally, Act Locally

By Sir Patrick Geddes (October 2, 1854 – 1932, UK)

全球思維、在地行動！



Change or Die!

By Alan Deutschman (USA)

應變求生！

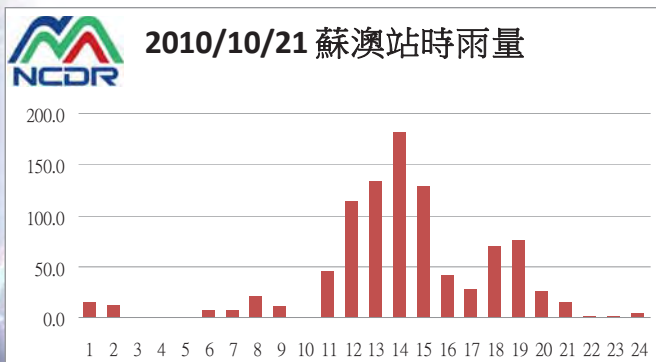


近年來颱風豪雨是主要的致災原因

梅姬颱風(2010)

蘇花高嚴重崩塌災害

蘇澳測站**連續4小時**降雨雨量超過 **100 mm/hr**，
觀測最大值達到**183mm/hr**



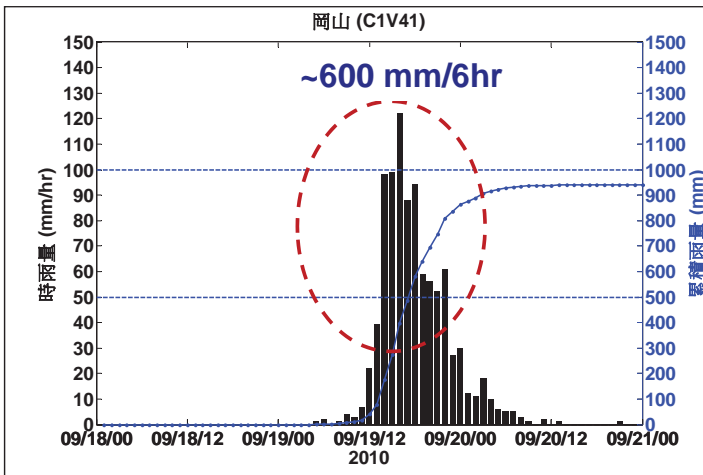
近年來颱風豪雨是主要的致災原因

凡那比颱風(2010)



大高雄低窪地區淹水

岡山站6小時累積大約600毫米的降雨

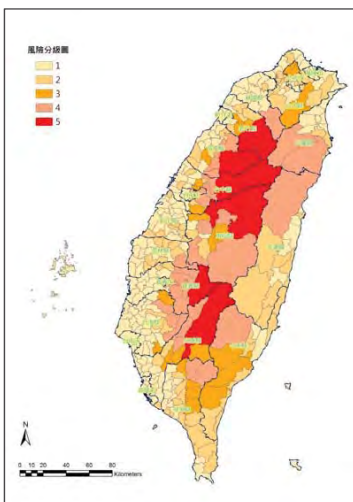


From NCDR

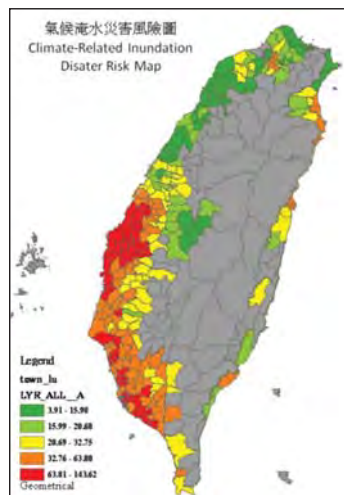
災害風險地圖製作

- 依據自然環境與社會經濟特性，建立**不同災害類型指標**，製作台灣地區災害風險地圖。
- 目前已完成初步坡地、水災與海岸之災害風險地圖，且持續進行其他類災害風險地圖之製作。經由專家會議討論後，提供各單位防災規劃使用。
- 未來納入氣候變遷與環境變遷 (人口) 研究成果，擬製作未來災害風險地圖。

坡地災害風險地圖



淹水災害風險地圖



海岸災害風險地圖



氣候變遷災害風險衝擊分析

- 風險地圖除顯示風險空間分布外，還可藉由其各評估面向，分析存在高風險的影響因子。(可應用於防災國土規劃)



	氣象	淹水	地層下陷	社會脆弱	總人口
彰雲嘉沿海地區	+	++	++	++	-
高雄台南都會區	++	+	-	-	++
高屏沿海區	++	++	-	++	-

縣市	鄉鎮	總指數 (排名)	氣象	淹水	地層下陷	社會脆弱	總人口
屏東縣	林邊鄉	103.25	4.20	3.46	2.20	3.90	1.15
台南縣	永康市	96.90	3.64	2.40	2.08	3.08	2.54
雲林縣	大埤鄉	86.45	2.46	2.79	3.27	4.15	1.16
屏東縣	東港鎮	85.54	4.06	3.75	1.62	3.74	1.37
雲林縣	褒忠鄉	84.97	2.52	2.29	4.19	4.04	1.11
高雄市	三民區	84.56	4.31	2.11	1.29	2.76	3.61
雲林縣	台西鄉	83.69	2.59	2.72	2.79	4.27	1.20
彰化縣	大城鄉	78.36	2.67	1.48	5.00	4.46	1.14
雲林縣	四湖鄉	76.82	2.73	2.48	2.73	4.39	1.20
雲林縣	崙背鄉	76.39	2.80	2.05	3.87	4.04	1.20

適應從敬畏開始，存續從謙卑做起

Benedict原則：大自然總是助長隱藏的缺陷。

- ◆ 國土環境變遷有其趨勢，人為因素或多或少可以更動之，但通常是往較糟的方向。
- ◆ 從環境經濟學來看，國土利用開發前應先了解地質限制及敏感條件。
- ◆ 國土利用開發後對於週遭地質條件的影響及改變亦應事先評估。
- ◆ 法規永遠是最低的標準，永續發展才是我們的終極尺度。
- ◆ 我們(真正)想要的未來??

伍、海峽兩岸海洋合作

- ❖ 日本311地震引致海嘯與核災，及莫拉克之後的省思：氣候與環境變遷之可能衝擊，包括極端個案常態化、複合型災害規模遠超乎預期及現有防救災計畫、防護標準與災害防救運作機制無法因應大規模之複合型災害。
- ❖ 海洋防災是一門跨領域的未來學，減災需要配合環境的整體性，可創造永續發展，故極端氣候對海洋環境永續發展是挑戰，也是機會。
- ❖ 海峽兩岸應以新思維共同面對新的挑戰!!



伍、海峽兩岸海洋合作

- ❖ 在氣候變遷下，海峽兩岸應強化海洋科技交流與合作，共同努力減緩及調適極端氣候之衝擊。同時加強海洋設施之適應能力，並做好海洋環境風險管理，建立安全、優質的生活環境，推動海洋環境永續發展。
- ❖ 建議共同成立海峽兩岸海洋合作推動小組，針對急迫性及前瞻性議題研商具體合作項目，落實深化合作共識。
- ❖ 海峽兩岸海洋論壇與推動小組會議，應具體整合？



2010第一屆海峽兩岸海洋論壇

- ◆ 議題一：海洋污染政策及緊急應變之執行
- ◆ 議題二：海洋環境監測
- ◆ 議題三：海洋功能區劃
- ◆ 議題四：致災藻類防治
- ◆ 議題五：海島可持續發展
- ◆ 議題六：海洋生態系統管理

2012第三屆海峽兩岸海洋論壇

- ◆ 議題一：海洋環境監測及檢測
- ◆ 議題二：海洋生態保護
- ◆ 議題三：氣候變遷下海岸保護之調整措施
- ◆ 議題四：生態低碳島永續發展
- ◆ 議題五：海洋再生能源開發
- ◆ 議題六：海洋海岸環境影響評估案例探討
- ◆ 議題七：專題討論

2011第二屆海峽兩岸海洋論壇

- ◆ 議題一：海洋生態保護
- ◆ 議題二：海洋環境監測
- ◆ 議題三：重大海洋污染問題
- ◆ 議題四：海洋災害預警

2013第四屆海峽兩岸海洋論壇

- ◆ 議題一：海洋防災減災
- ◆ 議題二：海洋環境及沉積物的監測與評價
- ◆ 議題三：海洋生物多樣性監測評價與保護管理
- ◆ 議題四：水下文物保護
- ◆ 議題五：海洋再生能源
- ◆ 議題六：資源廢棄物填海造地

57

歷屆海峽兩岸海洋論壇

合作項目：計13類，48項。

1. 海洋環境管理
2. 氣候變遷下海岸地帶規劃
3. 兩岸合作交流
4. 海洋生態環境保護
5. 海洋防災減災
6. 海洋調查與科學研究
7. 海域和海島管理方法與技術支援
8. 海上執法與救助
9. 水下文物
10. 海洋文化與教育
11. 發展藍色經濟
12. 極地和大洋
13. 海洋權益與法理、歷史研究

58



End of Presentation



Welcome to Taiwan.....
Tourism information <http://taiwan.net.tw>



第四屆海峽兩岸海洋論壇

海氣象監測於海洋防災及減災上的應用

黃清哲¹ 高家俊² 張廣智³ 滕春慈⁴

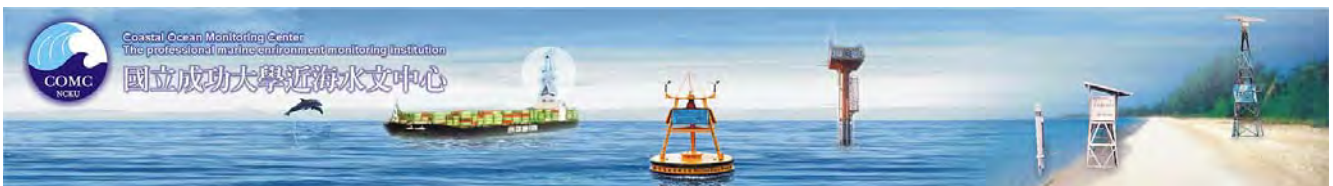
¹成功大學近海水文中心主任

²成功大學水利及海洋工程學系教授

³水利署水文技術組組長

⁴氣象局海象測報中心主任

2013年11月7-8日



大綱：

- 一、台灣附近的波、潮、流
- 二、台灣海域常見的海上災難
- 三、海難救護體系及相關法規
- 四、台灣的近海水文觀測站
- 五、颱風警報期間所提供的訊息
- 六、兩岸海上防災救援合作
- 七、結論



一、台灣附近的波、潮、流 (1/3)

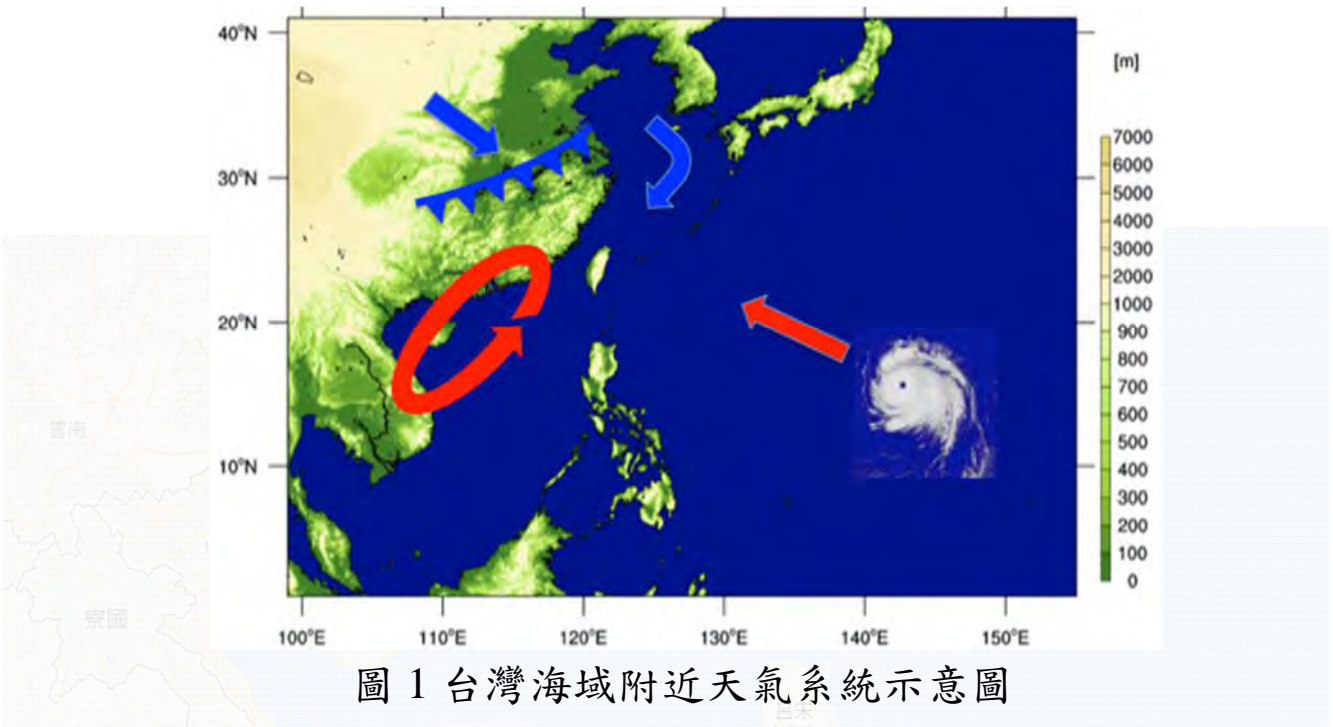


圖 1 台灣海域附近天氣系統示意圖



一、台灣附近的波、潮、流 (2/3)

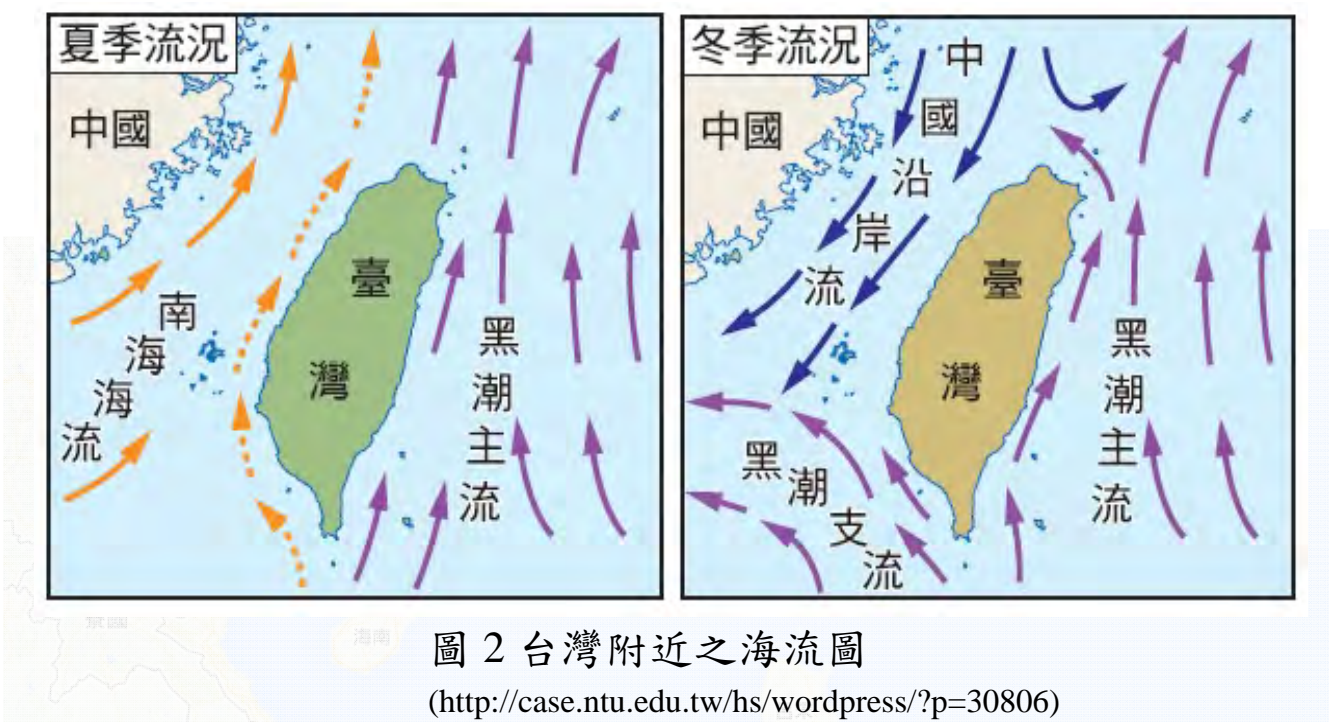


圖 2 台灣附近之海流圖

(<http://case.ntu.edu.tw/hs/wordpress/?p=30806>)



一、台灣附近的波、潮、流 (3/3)

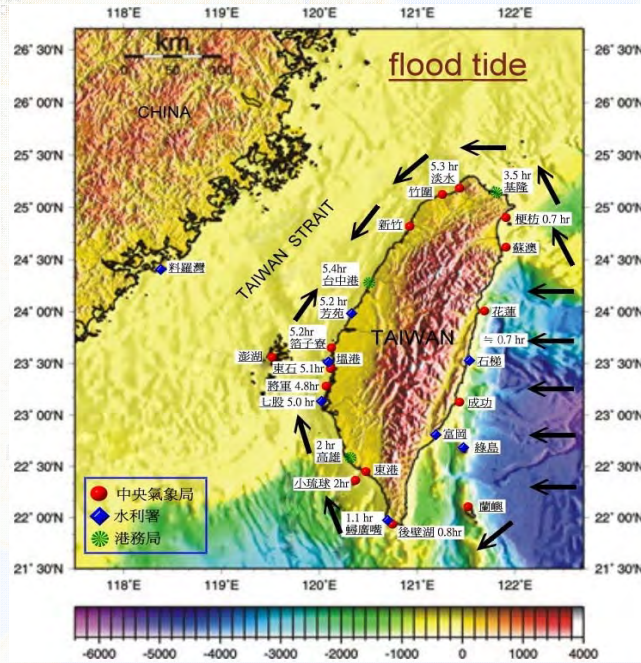


圖 3 台灣海域附近之潮波漲退圖



二、台灣海域常見的海上災難 (1/3)

❖ 近年來發生在台灣海域海上的災難，整理如下表。

時間	事件名稱	災害及損失	處理過程
2001 / 01 / 14	阿瑪斯號貨輪油污事件	龍坑生態保護區受到嚴重影響	龍坑生態保護區
1992 / 08 / 07	四艘漁船在蘇澳港外被巨浪摧毀	二人失蹤一人死亡	颱風JANES長浪影響
2009 / 09 / 14	潛艦艦長被大浪打落海中	艦長失蹤	颱風湧浪
2013 / 08 / 03	墾丁南灣長浪捲走遊客	三人死亡	燕子颱風的長浪
2013 / 04 / 20	第14屆全民奧林匹克恆春南灣海上長泳	多人虛脫送醫、二人死亡	外海的海流很急，造成無法游回
2010 / 10 / 21	大陸遊客台東海岸遊覽車翻覆	遊覽車遭巨石擊中落海 26人失蹤	軍方特戰隊及消防搜救隊進行數日大規模的搜救
	其他		



二、台灣海域常見的海上災難 (2/3)

阿瑪斯號貨輪油污事件

- ❖ 由經濟部委託成功大學近海水文中心，於墾丁附近海域設置海氣象資料浮標觀測站，24小時提供**即時**海氣象資訊給海上油污清理相關單位，以精確掌握最新海況。於海況條件適合作業下，盡速派出海上工作船，在有限時間內進行油污清理工作。
- ❖ **海流**是影響油污擴散速率快慢主要因素之一，**風浪**大小則是決定工作船是否能順利進行海上油污清理的關鍵



二、台灣海域常見的海上災難(3/3)

圖二-圖三-圖四

2011/09/13
2架A7-5 飛機撞山，3飛客殉職

2010/10/21
康樂旅行社遊覽車墜海，21死

2010/10/21
弘泰旅行社遊覽車及小轎車墜谷，3死

沖積扇

大陸遊客台東海岸遊覽車翻覆



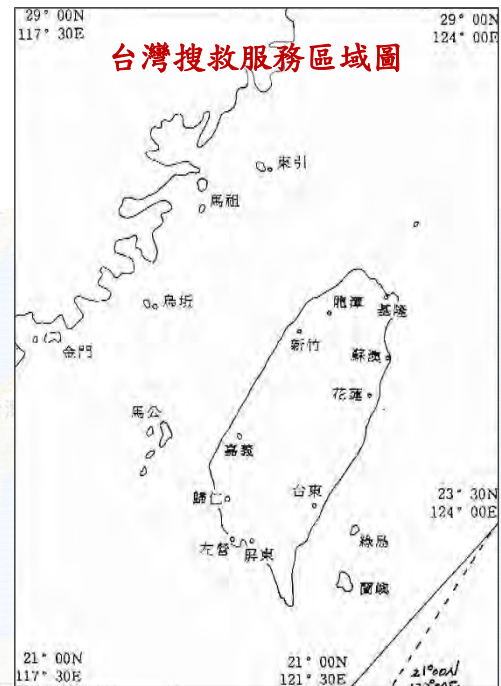
三、海難救護體系及相關法規

3.1 聯合國海洋法公約

- ❖ 一九八二年聯合國海洋法公約第九十八條

3.2 台灣現行海上海難救護體系及搜救服務區域

- ❖ 行政院國家搜救指揮中心
- ❖ 交通部
- ❖ 海岸巡防署
- ❖ 國際民航組織劃定的「臺北飛航情報區」



四、台灣的近海水文觀測站 (1/3)

近海水文觀測網之建立

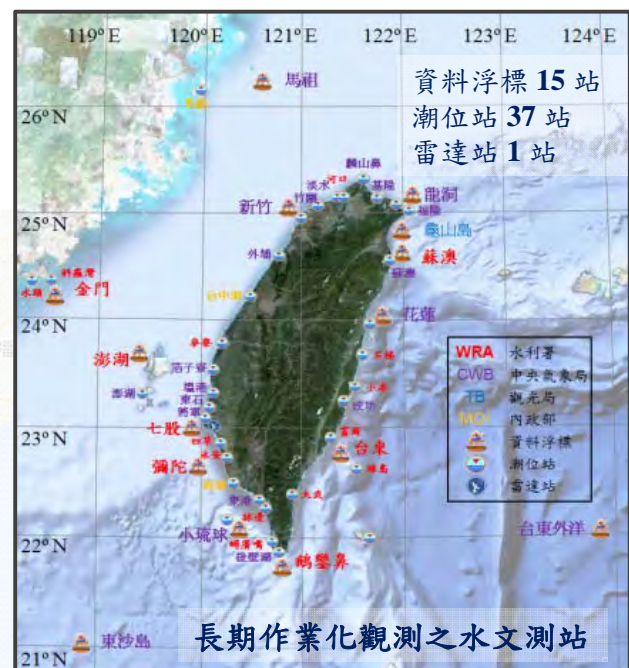
❖ 海洋資料浮標

觀測：波浪、海流、風、氣壓、
氣溫、及水溫等。

提供：每小時示性波高、平均週期、
尖峰週期、及主波向等

❖ X波段雷達

- ★ 萃取波浪及海流資訊
- ★ 監測海面油污的擴散





觀測設備- 海氣象資料浮標(Data Buoy)



觀測項目

波浪 · 海流
風 · 氣溫
水溫 · 氣壓

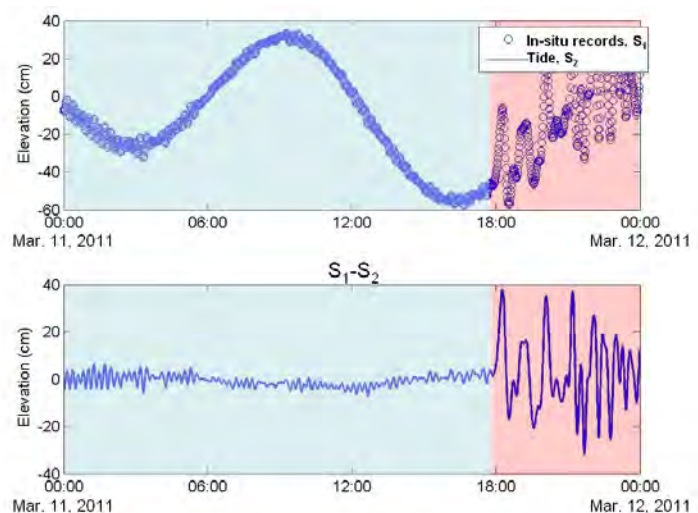
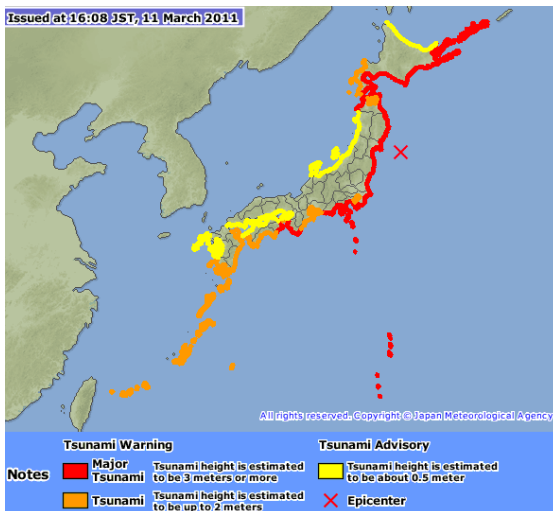
系統特性

自行研發、技術自主
模組設計、高擴充性
定期檢校、高正確性

11 <http://www.comc.ncku.edu.tw>



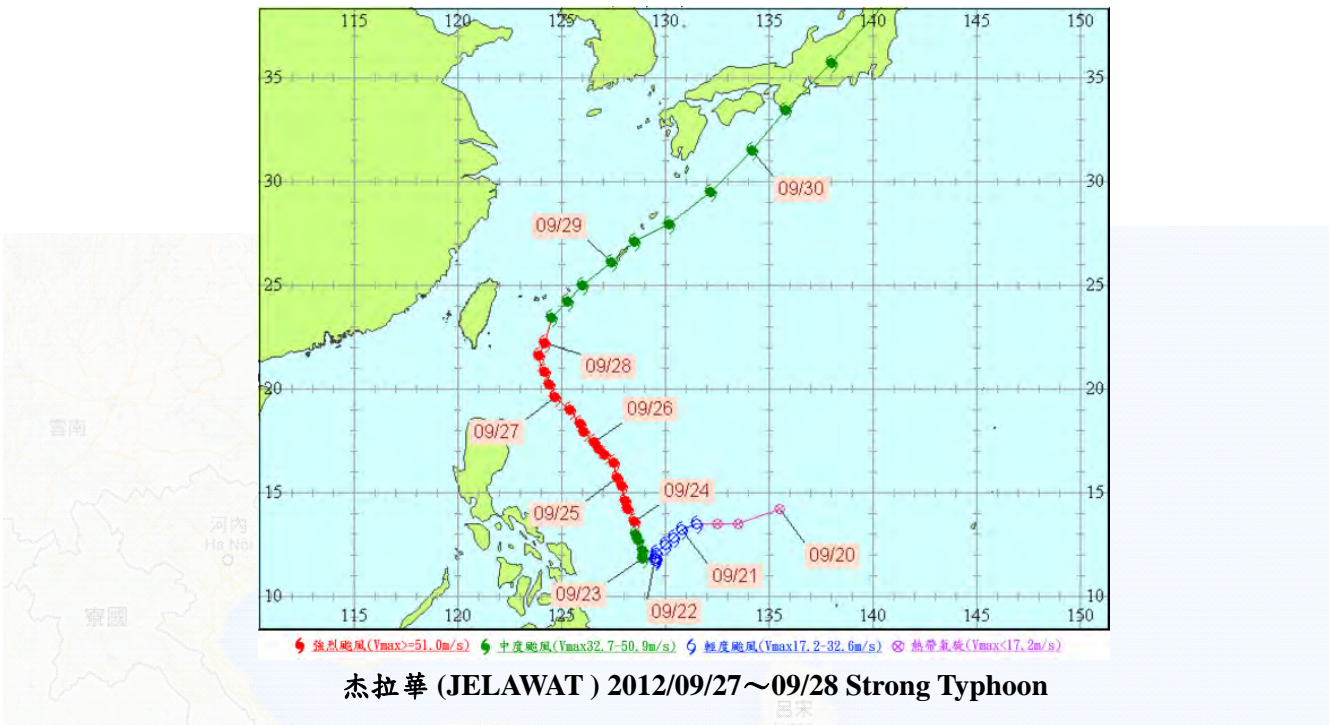
海嘯數據實例



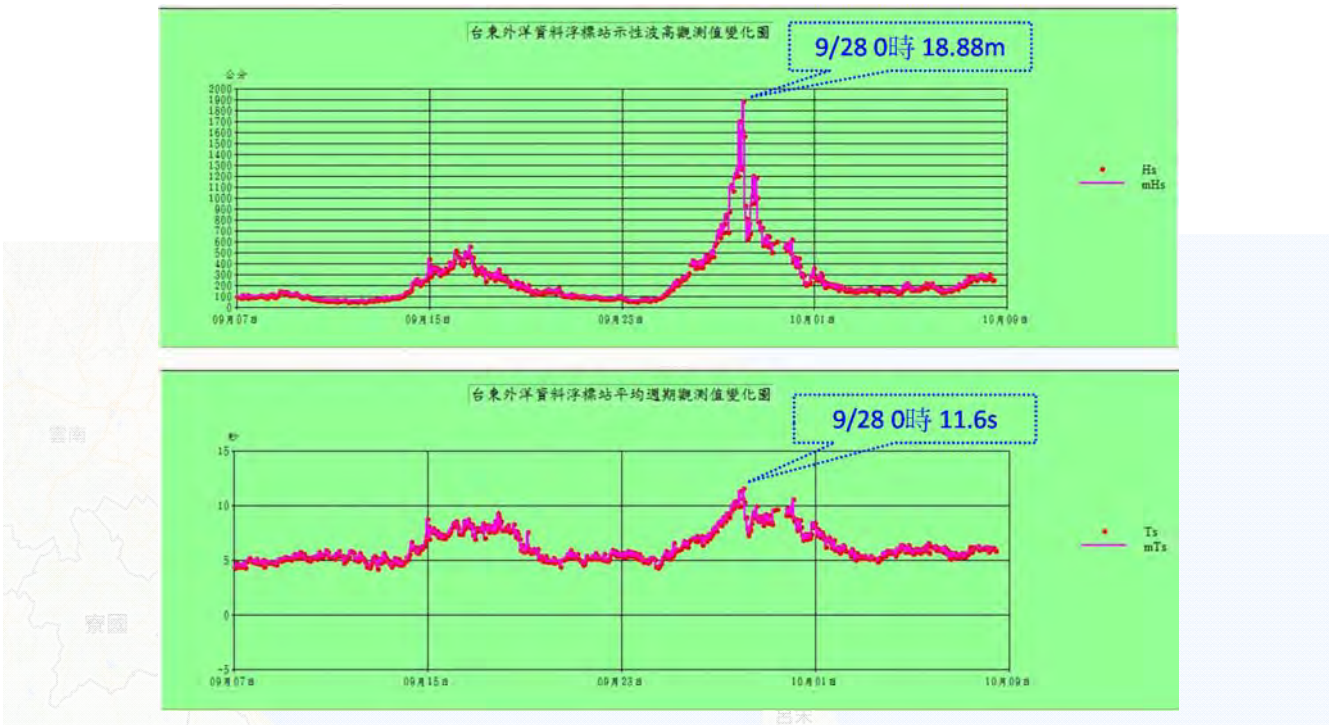
12 <http://www.comc.ncku.edu.tw>



杰拉華颱風路徑

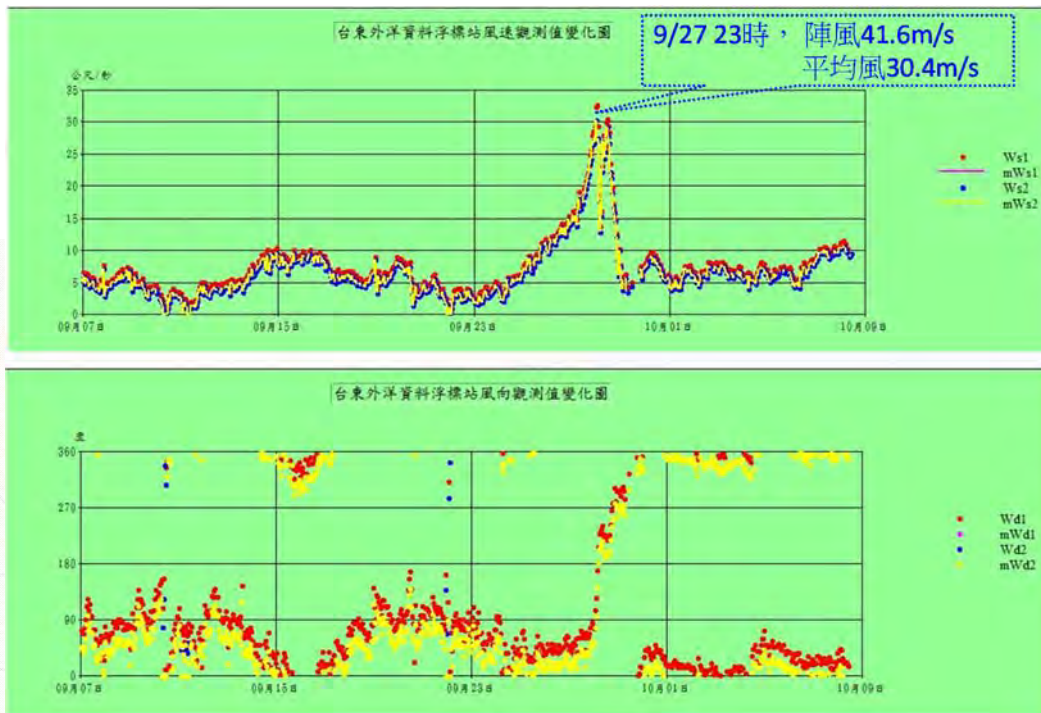


杰拉華颱風期間台東外洋浮標 (5600 m 深) 所觀測到的波高及波浪週期





杰拉華颱風期間台東外洋浮標 (5600 m 深) 所觀測到的風速及風向



四、台灣的近海水文觀測站 (2/3)

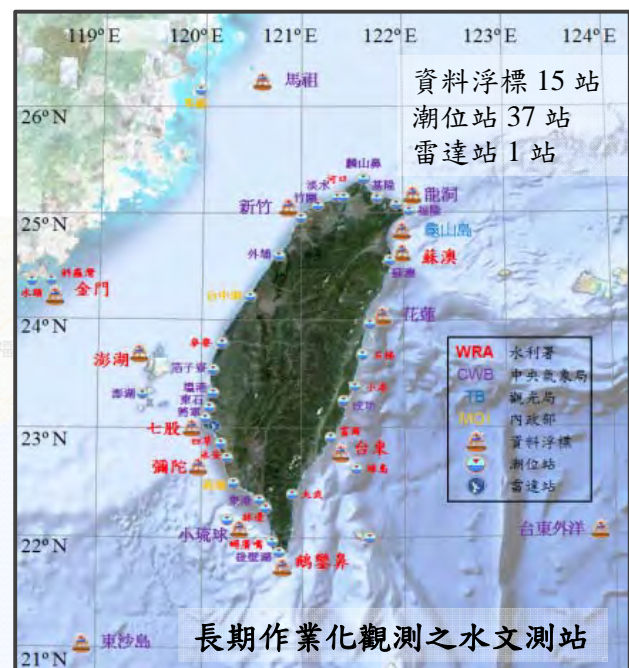
近海水文觀測網之效益

❖ 政府防災應變決策參考

颱風期間提供臺灣主要河口的暴潮位、臺灣附近海域的風、浪、及湧浪等相關資料。

❖ 海堤區域溢堤越波預警

演算波浪於海堤上之潮升高、越波量、及波壓。





四、台灣的近海水文觀測站 (3/3)

近海水文觀測網之效益

❖ 藍色公路

高雄馬公航線 ⇨ 澎湖浮標資料

基隆馬祖航線 ⇨ 馬祖浮標資料

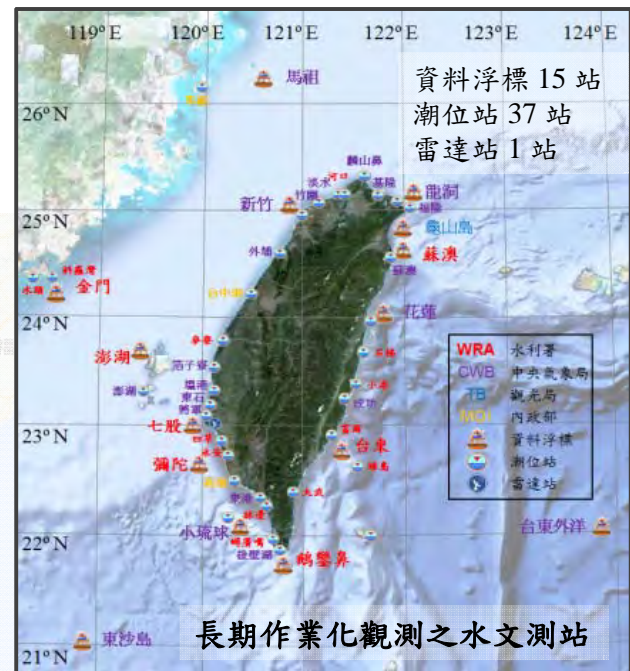
後壁湖蘭嶼航線 ⇨ 鵝鸞鼻浮標資料

❖ 推估臺灣海域海平面變遷

經由過去潮位資料，研究分析出臺灣海域海平面每年上升量約 **3.7 mm**。

❖ 其他

海洋能源開發作業時之海氣象預報、海岸侵蝕及變遷所需基本資料。



五、颱風警報期間所提供的訊息(1/8)

為因應颱風可能造成的災害，成功大學近海水文中心於颱風期間每天提供**四次**（早上08:00、中午12:00、下午04:00、及晚上08:00）下列資料，給政府各相關單位，如水利署與氣象局參考：

- ❶ 台灣主要**河口潮高預測**，此潮高包括**天文潮**及颱風引起的**暴潮偏差**；
- ❷ 未來三天內台灣沿岸**大潮出現時間**；
- ❸ 台灣海域**風浪**現況；
- ❹ 台灣近海**湧浪(長浪)**資料；
- ❺ 2013年起也提供部分海堤上波浪**溯升**或**越波量**之即時及預報資料。





五、颱風警報期間所提供的訊息(2/8)

(一) 台灣主要河口潮高預測

天秤颱風台灣主要河口潮高預測單 *計算結果僅供參考
 模式：POM普林斯頓海洋模式 輸入：中央氣象局NFS預報風場
 計算時間：101年08月24日14時，預測48小時

單位：m

區域	河口	目前潮高	堤頂高程	預計未來24小時最大潮高(日時)		預計未來48小時最大潮高(日時)	
				最大潮高(日時)	最大潮高(日時)	最大潮高(日時)	最大潮高(日時)
發佈警戒區	大安溪	無測站	5.5	2.0(25日4時)	2.0(25日4時)		
	大甲溪	1.42	6.2	2.0(25日4時)	2.0(25日4時)		
	烏溪	1.42	4.1	2.0(25日4時)	2.0(25日4時)		
	濁水溪	1.38	6.5	2.2(25日4時)	2.2(25日4時)		
	北港溪	0.75	3.1	1.9(25日4時)	1.9(25日4時)		
	朴子溪	1.01	2.9	1.4(25日4時)	1.4(25日4時)		
	急水溪	0.86	3.4	1.1(25日3時)	1.1(25日3時)		
	八掌溪	0.86	3.8	1.4(25日2時)	1.4(26日4時)		
	曾文溪	0.61	3.8	1.4(25日2時)	1.4(26日4時)		
	鹽水溪	0.61	2.5	1.4(25日3時)	1.4(26日4時)		
	二仁溪	0.61	5	1.4(25日3時)	1.4(26日4時)		
	阿公店溪	0.47	5	1.0(25日1時)	1.1(26日3時)		
高屏溪	0.52	6	0.8(25日1時)	0.8(26日2時)			
解近警戒區	東港溪	0.52	6	0.8(25日2時)	0.9(26日2時)		
	林邊溪	0.37	5.5	1.2(25日1時)	1.3(26日2時)		
	四重溪	0.39*	4.4	1.0(25日0時)	1.1(26日1時)		
	蘭陽溪	0.09	4	0.9(24日22時)	0.9(24日22時)		
	和平溪	無測站	11.8	0.7(24日22時)	0.7(24日22時)		
	花蓮溪	0.34	8	0.6(24日22時)	0.6(24日22時)		
	秀姑巒溪	0.32	7.4	0.9(24日22時)	1.0(25日23時)		
	卑南溪	0.33	3.7	0.8(24日23時)	1.0(26日0時)		
	淡水河	0.77	3.6	1.2(24日16時)	1.3(24日16時)		
	頭前溪	0.96	6.2	1.9(25日4時)	1.9(25日4時)		
解近警戒區	中港溪	無測站	6.2	1.9(25日4時)	1.9(25日4時)		
	後龍溪	1.29	7.8	1.9(25日4時)	1.9(25日4時)		

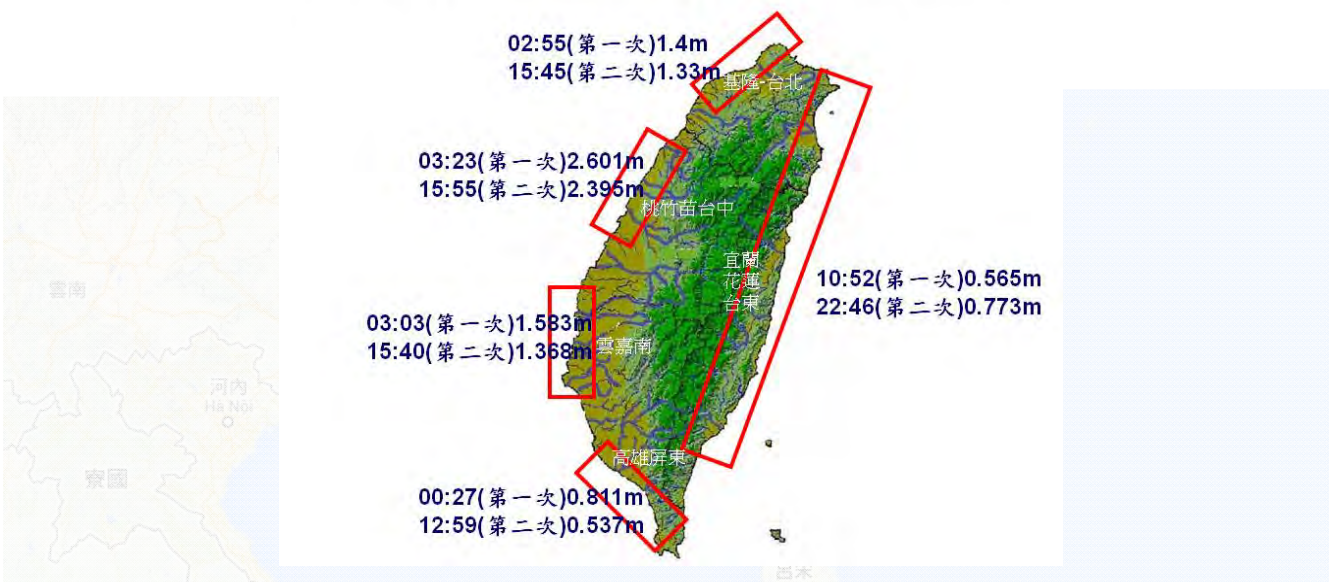
- 潮高包含天文潮及基潮偏差。
- 目前潮高欄位為鄰近潮位站資料(*表示本筆資料尚未更新，用前1小時資料代替；缺資料表示近2小時均無更新；無測站則表示河口附近無測站)。
- 水位基準：無測站之河口為模式區域平均海平面，其餘河口則為基隆平均海平面。
- 連絡人：成大近海水文中心 06-2744058 #20



五、颱風警報期間所提供的訊息(3/8)

(二) 未來三天內台灣沿岸大潮出現的時間

台灣沿海08/24(週五/農曆07/08)大潮時刻

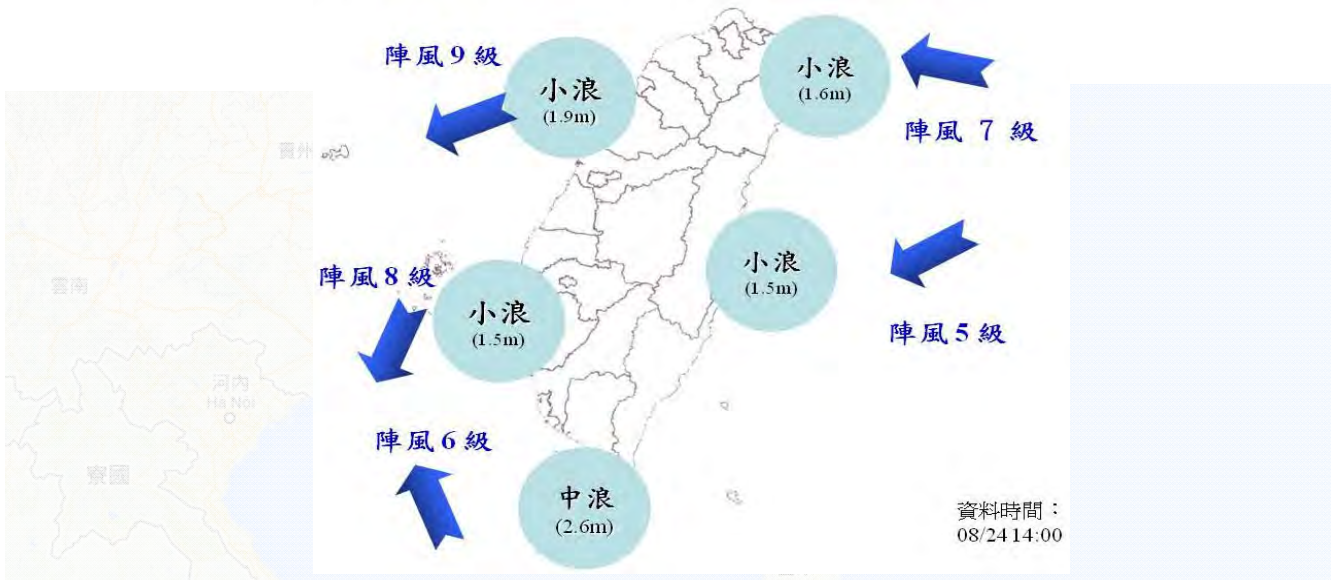




五、颱風警報期間所提供的訊息(4/8)

(三) 台灣海域風浪現況

台灣近海水文現況 08/24(週五)



五、颱風警報期間所提供的訊息(5/8)

(四) 台灣近海湧浪(長浪)資料

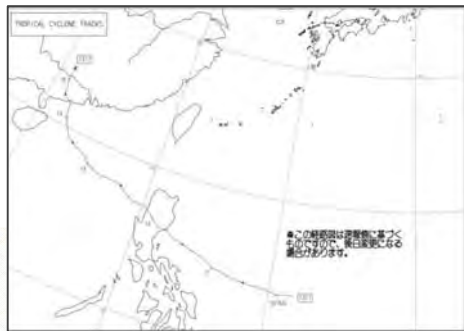
天秤颱風台灣近海湧浪(長浪)資料 (由氣象局提供, 有其不確定性, 僅供參考)
資料時間: 101年08月24日14時

河川局	湧浪波高(m)	湧浪週期(sec)	河川局	湧浪波高(m)	湧浪週期(sec)
第一河川局 (蘇澳海域)	1.57	9.6	第六河川局 (七股海域)	1.47	5.8
第一河川局 (龜山島海域※)	1.37	9.8	第七河川局 (鵝鑾鼻海域)	0.90*	11.1*
第一河川局 (馬祖海域※)	1.44	10.8	第七河川局 (小琉球海域※)	1.97	7.9
第二河川局 (新竹海域※)	0.46	8.8	第七河川局 (澎湖海域)	1.88	10.2
第三河川局	無測站		第八河川局 (台東海域)	1.74	8.2
第四河川局	無測站		第八河川局 (金門海域)	1.79	8.6
第五河川局	無測站		第九河川局 (花蓮海域※)	1.24	8.6
第六河川局 (澎湖海域)	1.88	10.2	第十河川局 (龍洞海域※)	1.63	7.7

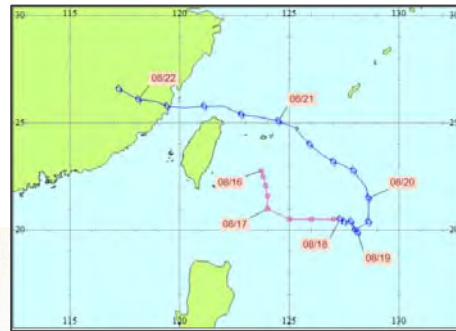
- 以上資料係分別由各資料浮標觀測而得(*表示本筆資料尚未更新, 用前1小時資料代替; 缺資料表示近2小時均無更新)。
- 連絡電話: 成大近海水文中心 06-2744058 #20
- 氣象局測站以※表示。



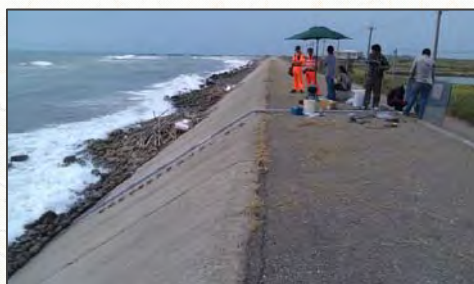
五、颱風警報期間所提供的訊息(6/8)



尤特颱風路徑圖 (摘錄自日本氣象廳, 2013)



潭美颱風路徑圖 (摘錄自中央氣象局, 2013)



潮升計現地架設



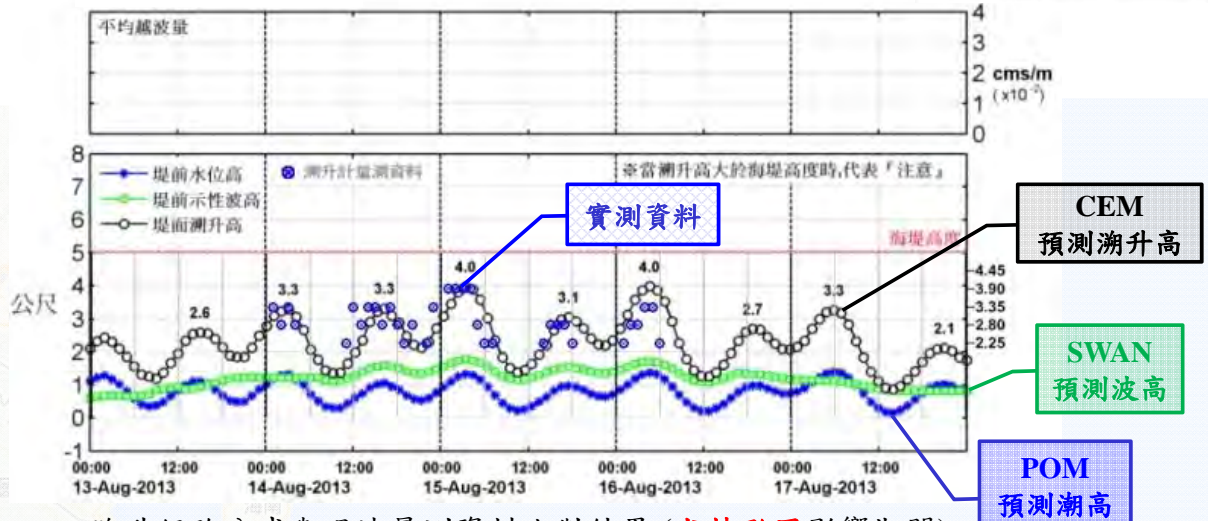
潭美颱風侵台期間颱風波浪潮升情況



五、颱風警報期間所提供的訊息(7/8)

(五) 海堤上波浪潮升或越波量之即時及預報資料(2013年開始)

曾文海埔地海堤

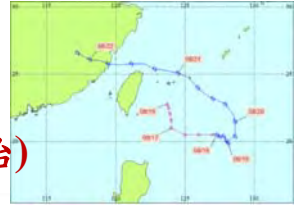


潮升經驗公式與現地量測資料比對結果 (尤特颱風影響期間)

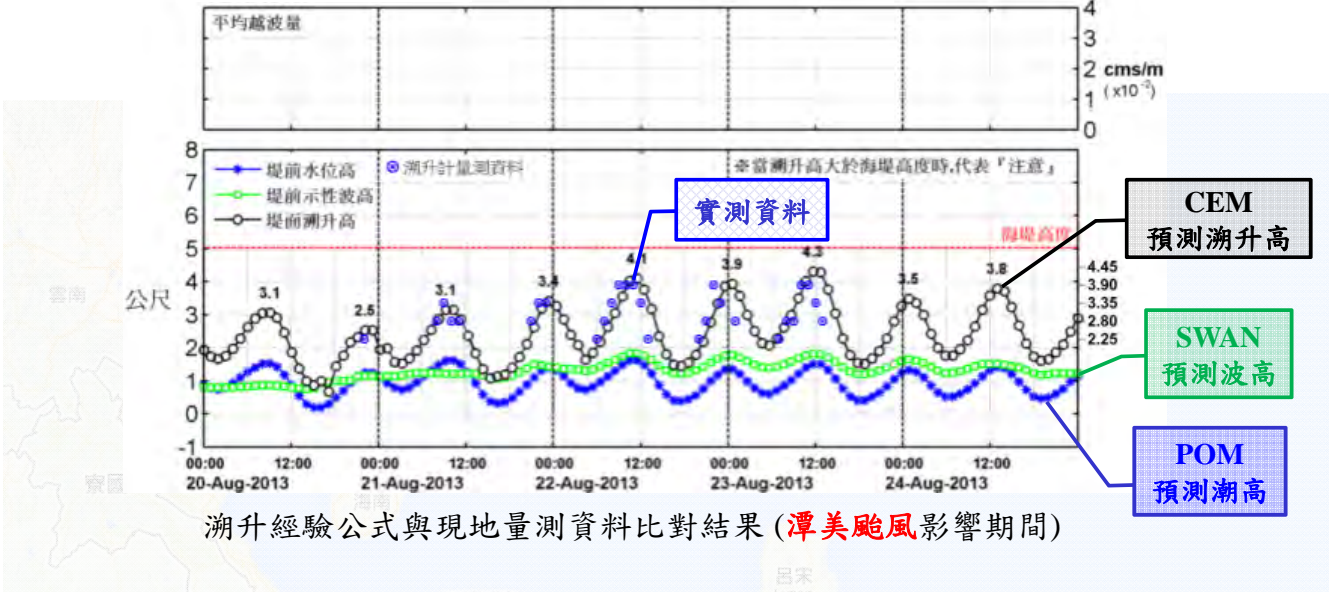


五、颱風警報期間所提供的訊息(8/8)

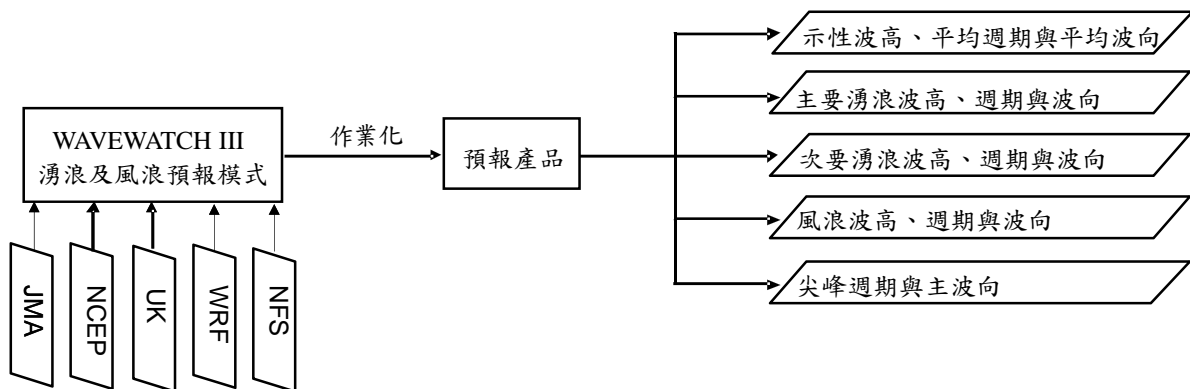
(五) 海堤上波浪溯升或越波量之即時 及預報資料(2013年開始)



曾文海埔地海堤

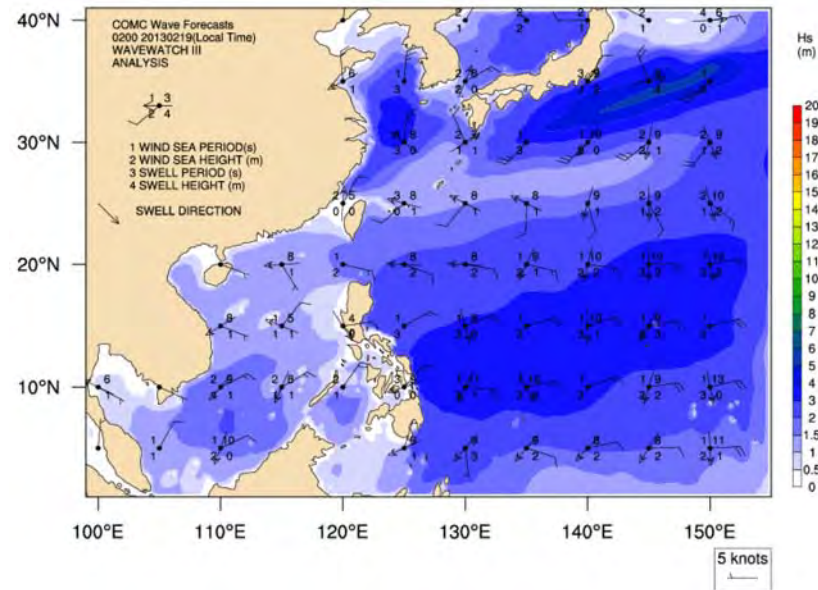


湧浪與風浪預報服務

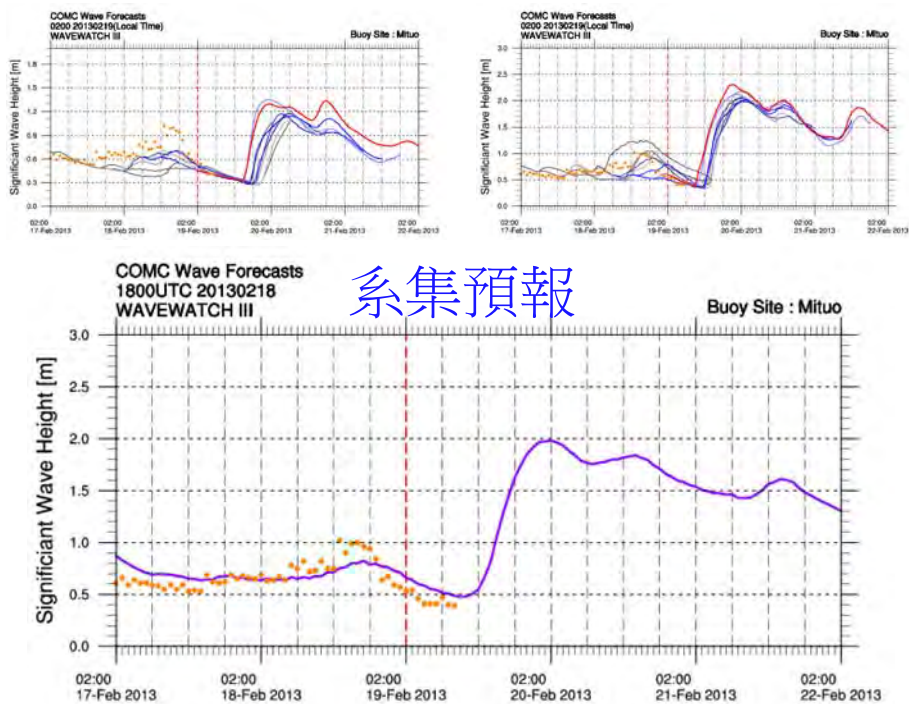




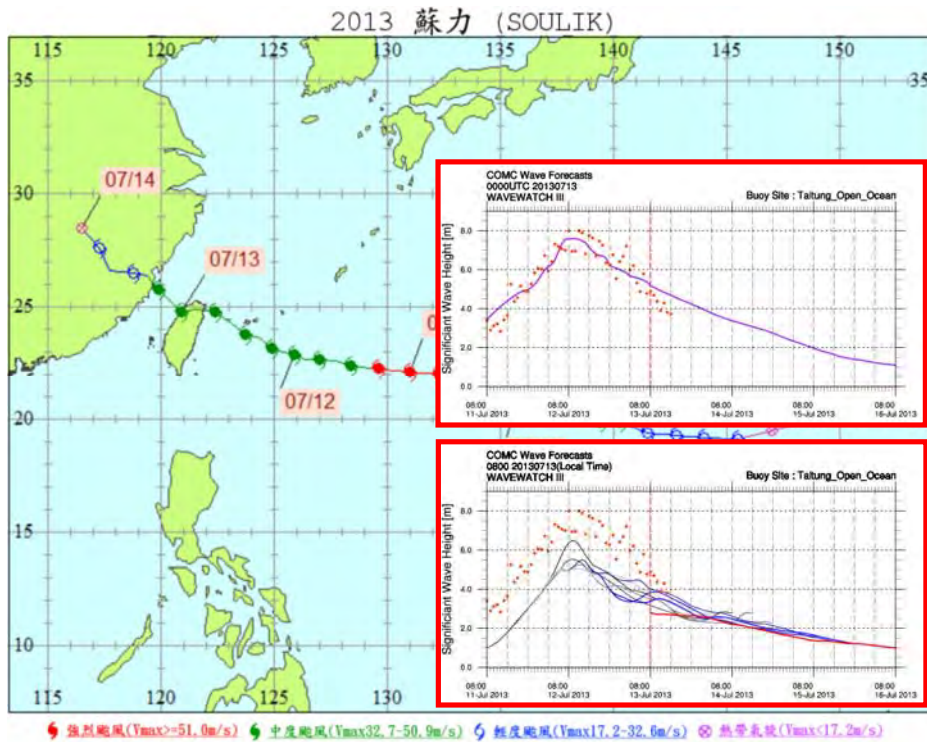
湧浪與風浪預報服務



27 <http://www.comc.ncku.edu.tw>



28 <http://www.comc.ncku.edu.tw>



29 <http://www.comc.ncku.edu.tw>



六、兩岸海上防災救援合作 (1/3)

❖ 工程措施

依據海洋災害的長期預測，修建防潮海堤、護岸工程等，對易受災地區和海岸做工程防護，並建造防風抗浪能力更強的船舶、碼頭、海上鑽井平台等

❖ 規劃措施

包括沿海地區用地規劃、防災規劃的準備和訂定。後者又包含災害發生時人員的疏散計畫、後勤支援計畫、安全標準及安全措施之擬訂，以及宣導教育與培訓計畫等。

❖ 科技措施

主要包括建立和發展海洋環境及海洋監測網，擴充海洋災害警報資料庫，建立和發展災害分析及預報系統、災害警報系統和災害評估技術，發展與海洋氣象科學領域相關的科學技術研究項目。

❖ 行政措施

包括設立全國及地方各級防救災指揮協調中心、緊急救援工作組織（醫療防疫、社會治安、社會救濟等），以及社會經濟方面的恢復重建計畫等。



六、兩岸海上防災救援合作 (2/3)

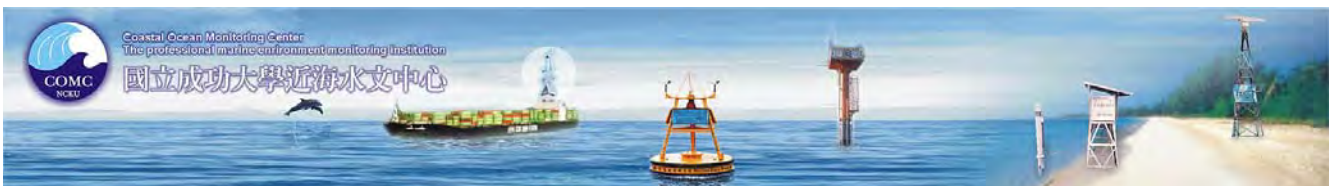
- ❖ 自 2008 年 12 月 15 日台灣海峽兩岸恢復**海運直航**以來，兩岸間海上搜救之合作成為兩岸後續必須共同面對的議題。
- ❖ 根據『**海峽兩岸海運協議**』（2008 年 11 月 07 日）第七條

七、海難救助

雙方積極推動海上搜救、打撈機構的合作，建立搜救聯繫合作機制，共同保障海上航行和人身、財產、環境安全。發生海難事故，雙方應及時通報，並按照就近、就便原則及時實施救助。

- ❖ 負責搜救單位：

台灣 – 行政院國家搜救指揮中心（國搜中心，內政部消防署署長兼中心主任）
中國 – 中國海上搜救中心（中國交通運輸部，下有海事局、救助打撈局）



六、兩岸海上防災救援合作 (3/3)

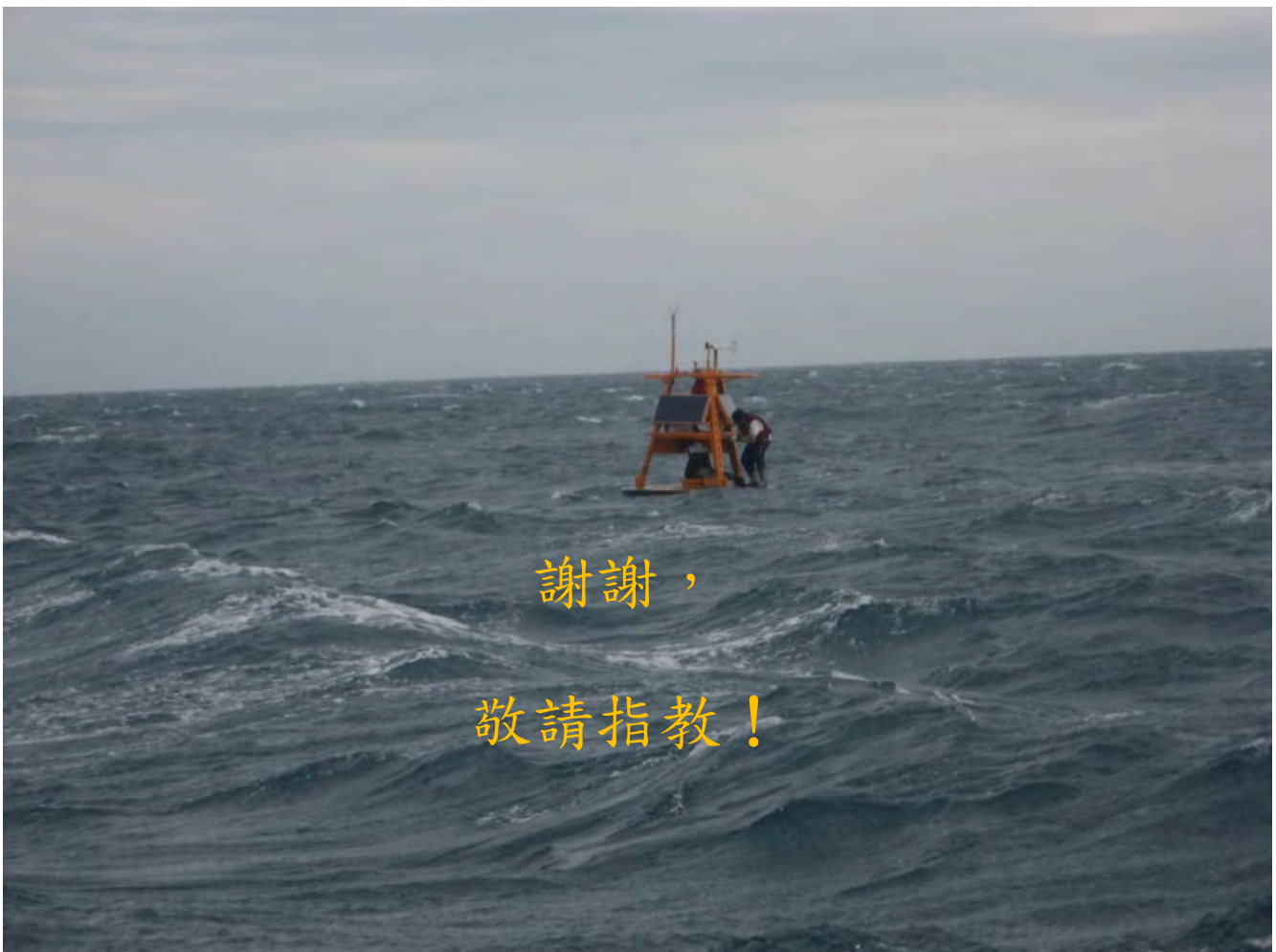
兩岸搜救聯合演習

- ❖ 2008 年 10 月 22 日至 23 日，於金廈航線進行**海上聯合救難演練**，當時演習由廈門海上搜救中心主辦，台灣方面由金門縣政府港務處處長領航“金港一號”拖船參演，模擬船隻失火救援。
- ❖ 2010 年 09 月 16 日，**大陸海上搜救中心**與**台灣海巡署**在金廈海域的聯合搜救演習，包括了船難救援、醫療後送與協調聯繫等合作。
- ❖ 2012 年 08 月 30 日在金廈海域舉行海峽「**兩岸海上聯合搜救演練**」，這次演習由台灣主辦。這項演練除延續 2010 年演練模式與雙方默契外，並新增「**航空器迫降海面之逃生操演**」、「**兩岸緊急案件查證通報**」、「**水下搶救行動**」等特殊操演項目。
- ❖ 目前兩岸海上搜救，是由**大陸**「海上搜救中心」和**台灣**「中華搜救協會」為兩岸搜救聯繫窗口。



七、結論

- ① 近年來，兩岸海上搜救部門已經多次合作完成『**兩岸搜救聯合演習**』，相關救援技術與機制應已駕輕就熟。今後應各自加強建立和發展海洋環境及海洋氣象監測網，擴充海洋災害警報資料庫，建立和發展災害分析及預報系統、災害警報系統、和災害評估技術，已備不時之需。
- ② 兩岸若能建立共同的**防災與救災機制**，勢必有助於兩岸關係的和平與穩定發展，進而增進兩岸民眾的情感和相互認同。



近岸海域沉积环境污染监测与 整治修复

张志锋

国家海洋环境监测中心

2013.11•漳州

报告内容

1. 近岸海域沉积环境的污染特征
2. 污染监测与评估方法探索
3. 整治修复技术研究与应用现状
4. 近岸海域沉积环境综合管理和技术支撑

一、近岸海域沉积环境的污染特征



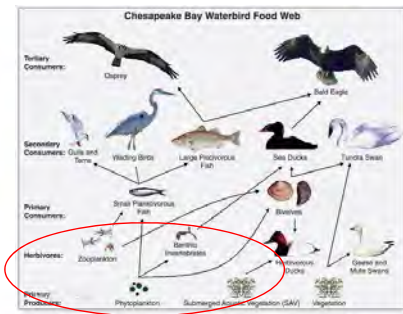
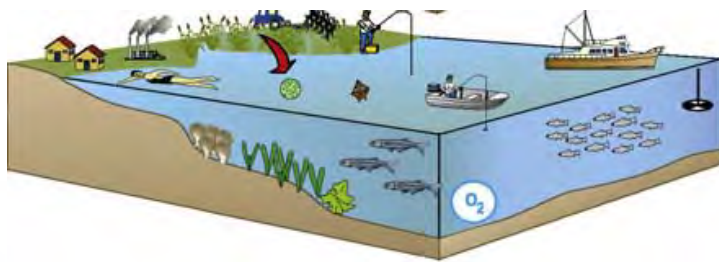
- 近岸海域环境污染恶化趋势尚未得到根本遏制，其负面影响已超出海洋环境自身
- 已引起媒体、公众、学界、各级管理机构的高度关注

1.1为何关注海洋沉积环境？



■ 沉积环境——海洋生态系统的重要组成部分

- 海洋沉积物是众多水生生物的栖息地，是海洋生态系的一个重要组成部分。底栖生物区系处在水生生态系食物链下端，其密度及种群结构随沉积物的类型、季节、捕食压力的变化而改变。
- 对海洋沉积环境的污染影响，将通过食物链放大至对海洋生态系统整体产生影响



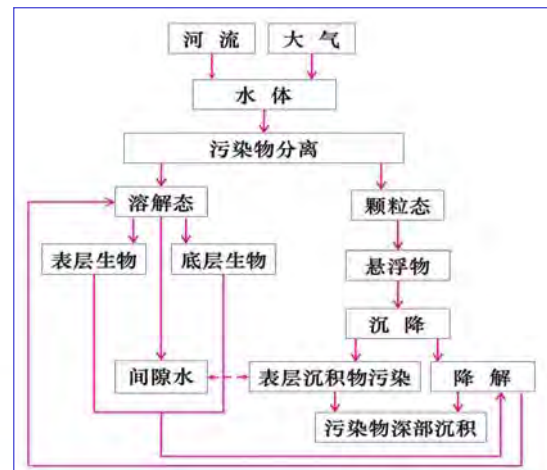
1.1为何关注海洋沉积环境？



■ 沉积环境——入海污染物的“汇”

- 沉积物是营养盐生物地球化学循环的主要贮存和释放场所，同时也是水环境中持久性、有毒化学污染物的主要存贮地。人类活动所产生的、不易降解的化学废弃物最终都将归于沉积物中。

- 相对稳定性：水体交换快，沉积物相对稳定
- 连续性：连续不断地“原位”记录污染物累积过程
- 长期性：持久性有毒污染物的长期累积
- 污染综合性：多种污染物并存，易造成复合污染



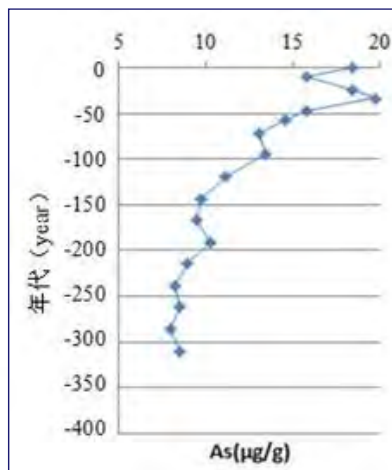
1.1为何关注海洋沉积环境？



■ 沉积环境——入海污染物的“汇”

- 沉积物是营养盐生物地球化学循环的主要贮存和释放场所，同时也是水环境中持久性、有毒化学污染物的主要存贮地。人类活动所产生的、不易降解的化学废弃物最终都将归于沉积物中。

- **相对稳定性**：水体交换快，沉积物相对稳定
- **连续性**：连续不断地“原位”记录污染物累积过程
- **长期性**：持久性有毒污染物的长期累积
- **污染综合性**：多种污染物并存，易造成复合污染

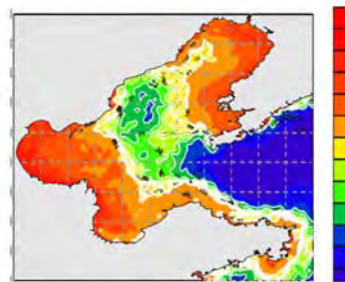


1.1为何关注海洋沉积环境？



■ 沉积环境——水体和生物体的污染“源”

- 上覆水体的污染“源”
 - 水-沉积物界面交换：沿浓度梯度迁移
 - 沉积物再悬浮释放污染物：尤其对近岸浅水海域影响显著
- 污染物沿食物链传递的“源”
 - 底栖生物体的污染来源
 - 更高营养级生物体的污染来源



渤海冬季大风扰动下的沉积物再悬浮

- 加强对近岸海域沉积环境质量的综合管理和整治修复，是海洋环境污染防治的**关键**



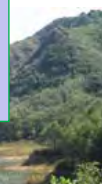
1.2 近岸海域沉积环境的污染特征



■ 玷污沉积物（Contaminated Sediments）

- 化学：有毒有害污染物含量水平超过了管理规定的阈值水平
- 生态：底栖生态系统结构和功能受到损害
- 人类开发利用：海域生态系统服务功能受损
- 污染来源：造成有毒有害污染物含量过高的主要原因是人为活动（而不是环境本底高）

Contaminated sediments are soils, sand, organic matter, or minerals that accumulate on the bottom of a water body and contain toxic or hazardous materials that may adversely affect human health or the environment. They may wash from land, be deposited from the air, erode from aquatic banks or beds, or form from underwater breakdown or buildup of minerals (U.S. EPA, 1993).



1.2 近岸海域沉积环境的污染特征



■ 大陆现有评价标准

- 《海洋沉积物质量》（GB18668-2002）
 - 主要规定了各类化学污染物含量的等级标准阈值

序号	项 目	指 标		
		第一类	第二类	第三类
7	镉($\times 10^{-3}$)	0.50	1.50	5.00
8	铅($\times 10^{-3}$)	60.0	130.0	250.0
9	铜($\times 10^{-3}$)	150.0	350.0	600.0
10	镍($\times 10^{-3}$)	35.0	100.0	200.0
11	铬($\times 10^{-3}$)	80.0	150.0	270.0
12	砷($\times 10^{-3}$)	20.0	65.0	93.0
13	有机碳($\times 10^{-2}$)	2.0	3.0	4.0
14	硫化物($\times 10^{-3}$)	300.0	500.0	600.0
15	石油类($\times 10^{-3}$)	500.0	1 000.0	1 500.0

- 《海洋生物质量》（GB18421-2001），以贝类为指示生物，主要表征沉积环境中底栖生物的污染状况
- 《全国海洋功能区划》
 - 提出了不同海域使用功能对沉积物质量等级的环境要求

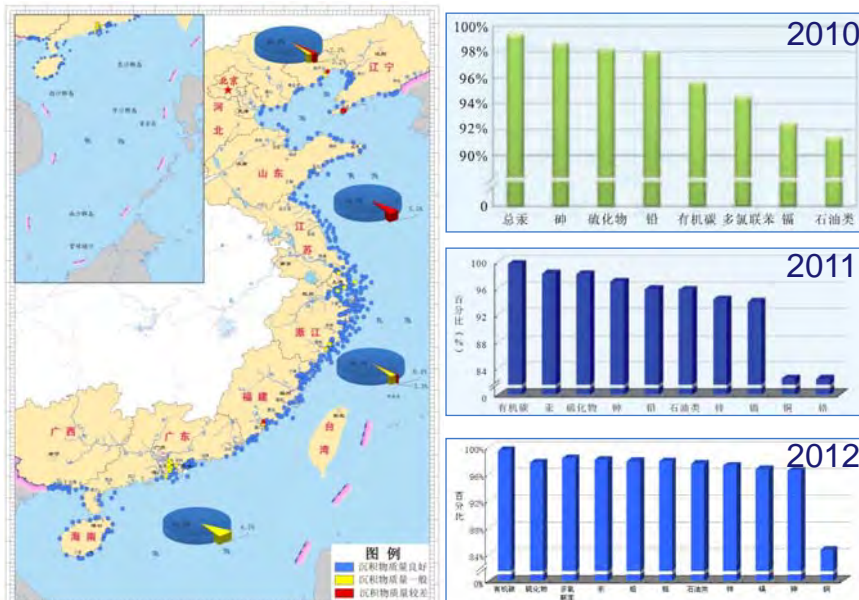


1.2 近岸海域沉积环境的污染特征



■ 总体状况

- (1) 近岸海域沉积环境质量状况总体良好，年际间相对稳定。



——《海洋环境状况公报》(2010~2012)

1.2 近岸海域沉积环境的污染特征



■ 总体状况

- (2) 部分海域沉积环境中Pb、石油类和POPs在沉积物中的蓄积效应较为明显

近岸重点海域	污染物含量的变化趋势								
	汞	镉	铅	砷	铜	石油类	HCH	DDT	PCBs
辽东湾	↓	↓	↔	↔	↔	↗	↔	↔	↗
北戴河近岸	↔	↓	↓	↔	↔	↔	↓	↔	↔
天津近岸	↔	↔	↔	↔	↔	↗	↗	↔	↗
黄河口及邻近海域	↔	↔	↔	↔	↔	↗	↗	↔	↔
莱州湾	↔	↔	↗	↔	↔	↗	↔	↔	↔
大连东南近岸	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↓
青岛近岸	↓	↔	↔	↔	↔	↗	↔	↔	↔
苏北近岸	↔	↔	↗	↔	↔	↔	↔	↔	↔
长江口及邻近海域	↔	↔	↔	↔	↔	↔	●	↔	↗
杭州湾	↓	↔	↔	↔	↓	↔	↔	↔	↔
舟山群岛海域	↓	↔	↔	↔	↓	↔	↔	↗	↔
闽江口及邻近海域	↓	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↗	↓
厦门近岸	↔	↔	↔	↔	↔	↗	↗	↔	↔
珠江口及邻近海域	↔	↓	↔	↔	↓	↔	↔	↔	↔
北部湾近岸	↔	↔	↓	↔	↔	↗	↔	↔	↔
海南岛南部近岸	↔	↔	↔	↔	●	↔	●	●	●

注：↗ 显著升高；↗ 升高；↔ 无明显变化趋势；↓ 显著降低；↓ 降低；● 数据年限不够

——《2009年海洋环境质量公报》

1.2 近岸海域沉积环境的污染特征



■ 养殖海域



沉积物质量状况

- 增养殖区沉积物中石油类、有机碳、硫化物、汞、铅和砷等监测指标符合功能区第一类海洋沉积物质量标准的站次比例均在91%以上；
- 2006~2011年监测结果表明，增养殖区沉积物中石油类、有机碳、硫化物、汞和铜等超标率未见明显年际变化趋势。。。

——《2012年海洋环境状况公报》

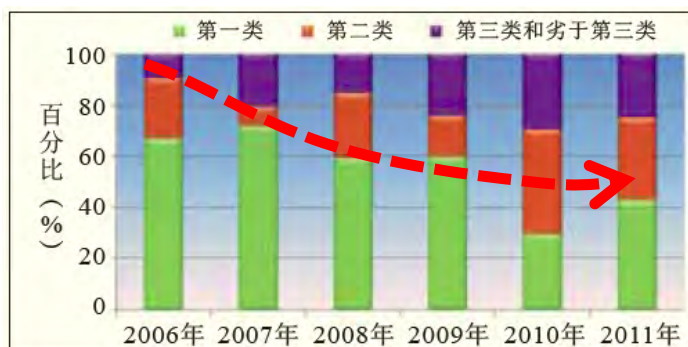


1.2 近岸海域沉积环境的污染特征



■ 沿岸直排口邻近海域

- 沿岸直排口邻近海域沉积环境质量等级的年际变化具有统计规律，质量等级总体呈下降趋势
- 相对水体而言，沉积物与污染源之间的源-汇响应关系更难建立。



近年来沿岸直排口邻近海域沉积物质量等级变化

——《2011年海洋环境状况公报》



1.2 近岸海域沉积环境的污染特征



■ 主要河口及海湾

□ 对需优先关注的污染物进行筛选

- 污染物类型
- 海域主要服务功能
- 站位超标率
- 最大超标倍数
- 污染物含量的年际变化趋势
- 主要污染源排污状况

河口和海湾
沉积环境需优先关注的污染物

河口和海湾	污染物种类							
	铜	镉	汞	砷	石油类	硫化物	DDT	PCBs
1 鸭绿江口				√				
2 碧流河口							√	
3 小窑湾					√			
4 大窑湾					√			
5 大连湾	√	√	√		√	√	√	
6 金州湾					√			
7 普兰店湾	√				√		√	
8 复州湾		√						
9 太平湾	√				√	√	√	
10 辽河口		√		√				
11 锦州湾		√	√	√	√			
12 戴河口	√				√	√	√	
13 海河口	√							√
14 套子湾				√				
15 芝罘湾			√	√				
16 胶州湾			√		√			√
17 莱州湾芙蓉岛近岸			√					
18 威海湾						√		
19 海州湾					√	√		
20 临洪河口	√	√	√			√		
21 灌河口					√	√		
22 射阳河口		√	√					

1.3 小结



■ 当前的主要认识

- 近岸海域沉积环境质量状况总体良好，局部沉积环境受到污染；
- 石油类、POPs等在沉积物中的蓄积效应及潜在环境风险值得关注。

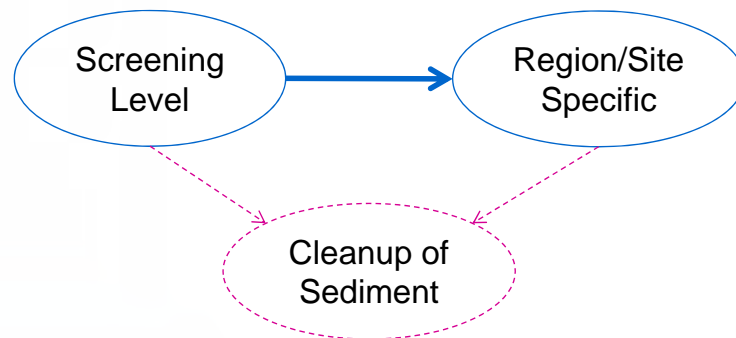
Screening Level!

■ 局限性

- 以沉积环境状态描述为主，难以确定源-汇响应关系；
- 只有化学污染物总量的监测结果，难以确定其生物可获得性和毒性；
- 主要关注表层沉积物污染状况，不清楚长期污染累积效应；
- 受污染沉积环境的生态风险和人体健康风险不明。



二、海洋沉积环境污染监测与评估方法探索



2.1 监测与评估的总体思路



❖ 主要目标

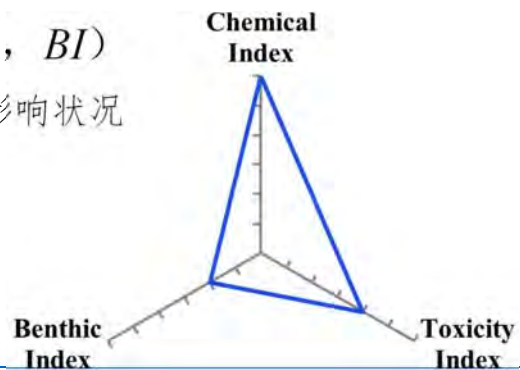
- 查明沉积环境污染状况
 - 污染发生地
 - 主要致污因子、污染程度和范围（包括污染深度）
- 查明潜在的污染源，评估各污染源的排污份额
- 说清受污染沉积物的环境危害和潜在风险
 - 生物毒性和生态风险
 - 人体健康风险
- 获取其他相关信息
 - 基础环境信息，敏感或关键生态系统信息
 - 海域开发活动及其他相关人为活动信息

2.1 监测与评估的总体思路

❖ 指标体系设计

- 化学污染指数 (Chemical Index, *CI*)
 - 有毒有害污染物含量的超标状况
- 生物毒性指数 (Toxicity Index, *TI*)
 - 沉积物对代表性受试生物的急/慢性毒性效应
 - 污染物在底栖生物体内的蓄积状况及其人体健康风险
- 底栖生态指数 (Benthic Index, *BI*)
 - 底栖生物群落结构和功能的受影响状况
- 综合指数

$$T = \{BI, TI, CI\}$$



2.2 案例之一：污染源入海口邻近海域

❖ 多污染源叠加影响海域的监测方案设计

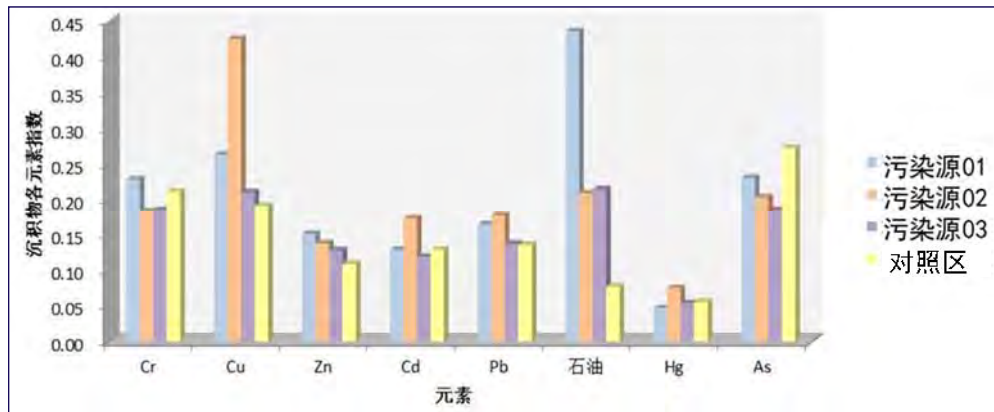
- 污染源和邻近海域环境同时监测
- 海水、沉积物、生物体内污染物残留监测
- 大型底栖生物调查



2.2 案例之一：污染源入海口邻近海域

❖ 沉积环境污染损害状况评估

- (1) 海域沉积物中有毒有害污染物含量
 - 各入海污染源邻近海域沉积物中主要污染物平均含量均符合第一类海洋沉积物质量标准，但普遍高于对照区
 - 表明沉积环境受到化学物质的污染，但污染程度较轻。



2.2 案例之一：污染源入海口邻近海域

❖ 沉积环境污染损害状况评估

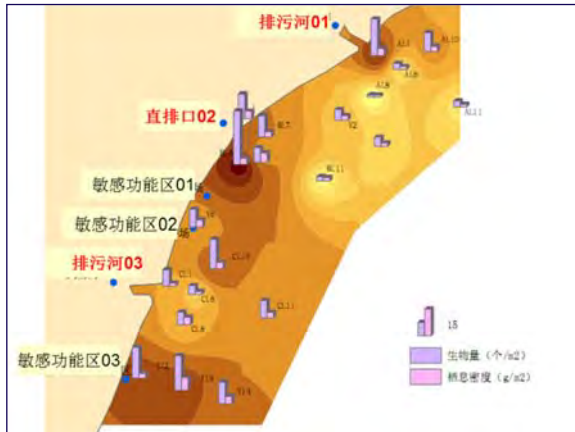
- (1) 海域沉积物中有毒有害污染物含量
 - 尽管并不超标，但监测区域沉积物中污染物含量分布具有明显的累积效应



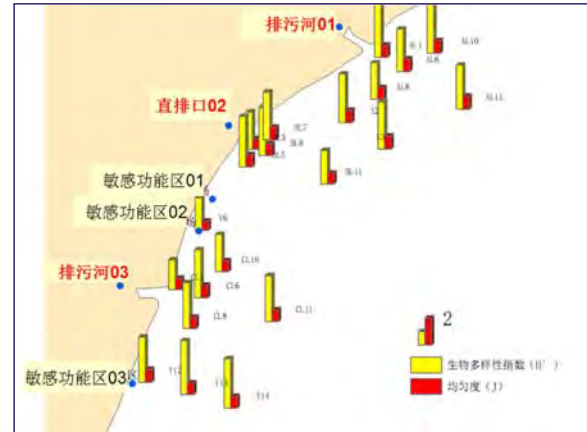
2.2 案例之一：污染源入海口邻近海域

❖ 沉积环境污染损害状况评估

- (2) 海域底栖生物状况
 - 85%以上调查站位的底栖动物多样性指数处于“丰富”或以上
 - 受陆源排污影响较轻



大型底栖动物生物量及栖息密度分布

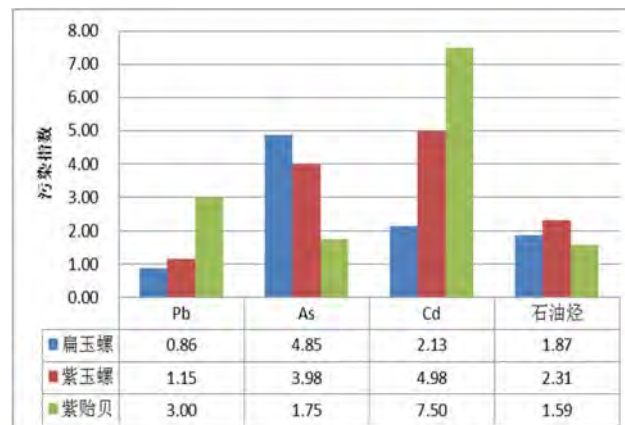


大型底栖动物多样性指数和均匀度分布

2.2 案例之一：污染源入海口邻近海域

❖ 沉积环境污染损害状况评估

- (3) 污染物在底栖贝类体内蓄积状况
 - 石油烃和重金属在土著贝类体内均表现出明显的蓄积效应
 - 均超《海洋生物质量》（GB18421-2001）一类标准

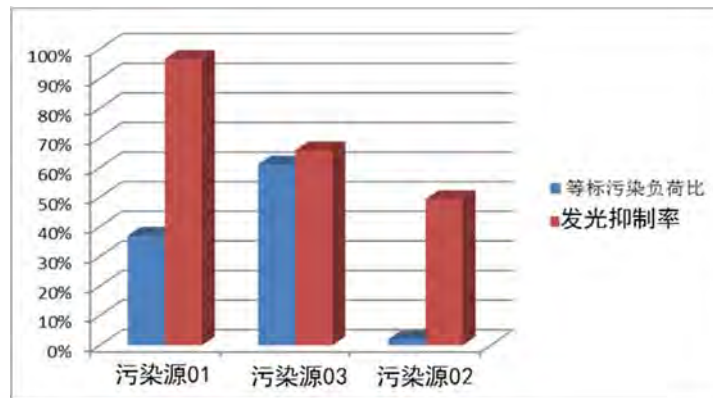


贝类体内重金属和石油烃的污染指数（相对一类标准）

2.2 案例之一：污染源入海口邻近海域

❖ 沉积环境污染损害状况评估

- (4) 排海污水生物毒性风险评估——发光抑制率法
 - 各入海污染源均表现出中度以上生物毒性风险；
 - 排海污水生物毒性风险水平不仅与主要污染物的等标污染负荷（排放量）相关，还可能与其他因素相关



2.2 案例之一：污染源入海口邻近海域

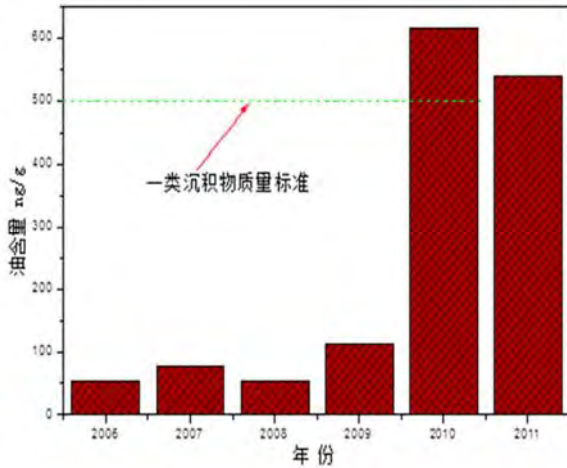
❖ 沉积环境污染损害状况评估

- (5) 主要评价结论
 - 该海域沉积物受到化学污染物的玷污程度较轻，但长期累积效应明显；
 - 底栖生物群落结构和功能尚未见明显异常；
 - 该区域内主要污染源的排海污水均表现出中等以上生物毒性风险，重金属和石油烃在底栖贝类体内具有明显蓄积效应；
 - 可能表明在沉积环境中低浓度化学污染物的长期影响下，污染物沿食物链的传递具有“放大”效应，导致底栖贝类受到了明显污染损害。
 - 下一步应深入研究沉积环境污染的人体健康风险，以及长期累积污染风险，以判断该海域沉积环境是否需要实施整治修复。

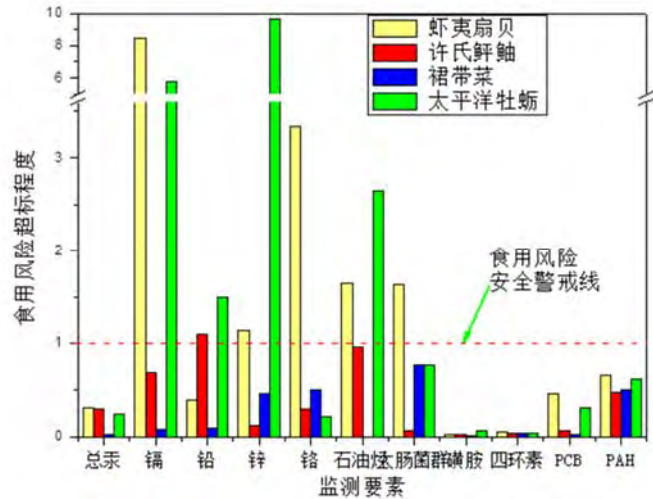
2.3 案例之二：养殖海域沉积环境

❖ 人体健康风险评价是评估近岸养殖海域沉积环境污染影响的关键环节！

大连湾养殖场清除！



沉积物中重金属含量均符合一类标准；
石油类含量近年来超一类标准



底栖贝、藻、鱼类体内污染物残留量超食用
风险安全警戒线

2.4 小结

- 大面监测与重点区域精细化监测相结合
- 以综合指标体系取代现行单一的化学指标体系：**化学指标+毒性指标+底栖生态指标**
- 根据海域生态功能和使用功能确定沉积环境监测方案和评估方法
- 关注未超标污染物的长期累积污染风险评价和人体健康风险评价

Triad Index	=	Benthic Index	+	Toxicity Index	+	Chemistry Index
Unimpacted		Unaffected		Non-Toxic		Minimum exposure
		Unaffected		Non-Toxic		Low exposure
		Unaffected		Non-Toxic		Moderate exposure
		Unaffected		Low toxicity		Minimum exposure
		Unaffected		Low toxicity		Low exposure
		Unaffected		Moderate toxicity		Minimum exposure
Likely unimpacted		Adversely affected		Non-Toxic		Minimum exposure
		Adversely affected		Non-Toxic		Low exposure
Possibly impacted		Adversely affected		Low toxicity		Low exposure
		Adversely affected		Moderate toxicity		Low exposure
Likely impacted		Adversely affected		High toxicity		Minimum exposure
		Adversely affected		High toxicity		Low exposure
Inconclusive		Adversely affected		Low toxicity		Minimum exposure



三、受污染沉积环境的整治 修复技术现状



3.1 海洋沉积环境整治修复的目标



■ 宏观管理目标

- 为人体健康和生态环境提供长期、有效保护；
- 符合国家和地方相关标准规范的要求；
- 符合公众和管理部门的预期；
- 具有可操作性；
- 具有良好的投入产出效益。

——参考US EPA2012: *Draft Sediment Cleanup Users Manual (II)*

■ 具体技术目标

- 削减或关停污染物排放源；
- 减轻海洋沉积环境范围和程度，降低人类用海的健康风险；
- 恢复相关海洋生态系统的服务功能；
- 不会对海洋生态环境造成二次污染或其他负面效应。



3.2 整治修复技术研究进展



■ 海域沉积环境整治修复技术类型

- 自然恢复 (Natural Attenuation)
- 人为修复 (Active Remediation)
 - 物理修复: 环保疏浚、物理隔离
 - 化学修复: 化学固定、化学分解、化学转移
 - 生物修复: 生物移除、生物降解

■ 修复技术要点

- 适用的污染类型
- 实施条件要求和修复成本
- 修复效率、持续时间
- 二次污染或其他负面生态环境效应



3.2 整治修复技术研究进展



整治修复技术	适用的沉积环境污染类型	优点	缺点
自然恢复	各种污染类型	基本无负效应	效率低、耗时长, 适用地点特异性强
环保疏浚	各种污染类型	污染物彻底移除	成本高、时效短, 可能造成二次污染或破坏生态
物理隔离	各种污染类型	原位技术	效率低、时效短, 二次污染或破坏生态, 适用地点特异性强
化学修复	具有氧化还原活性的污染物	原位技术	效率低、时效短, 二次污染
水生生物修复	有机质、重金属、POPs、石油类等	原位技术、大范围修复, 成本低, 一般无二次污染	适用地点特异性强
微生物修复	有机质、重金属、POPs、石油类、硫化物等	原位技术、大范围修复、成效快	修复对象具有选择性, 可能导致二次污染、生态改变或污染物毒性、迁移性增强



3.2 整治修复技术研究进展



■ 未来发展方向：复合型整治修复技术体系

□ 自然恢复与人为整治修复相结合

- 首先实现入海污染源强的削减，充分利用海域自净能力
- 在此基础上选择负面效应低的特异性人工修复技术，提高海洋沉积环境的整治修复效率，加快修复进程

□ 以生物修复技术为主，发展复合型人工修复技术体系

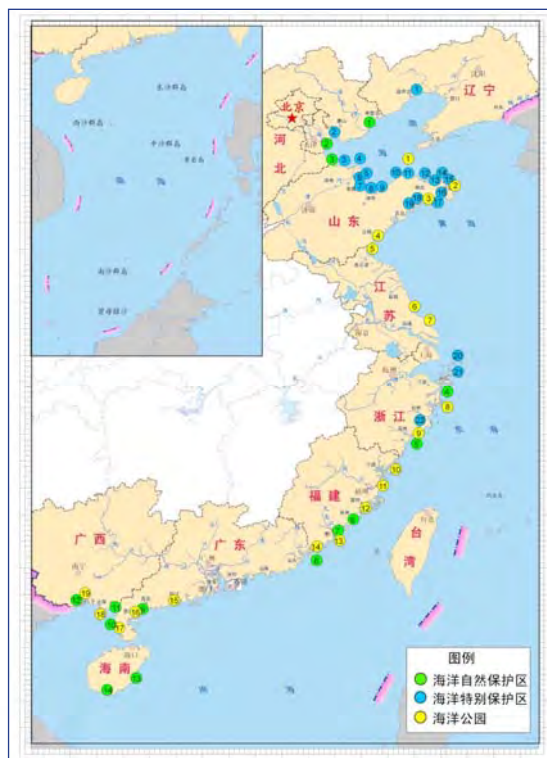
- **植物修复-环保疏浚**复合技术：环保疏浚移除大量严重污染物，再利用植物修复技术重建生态系统，维持长期效果
- **微生物修复-化学修复**复合技术：利用微生物降解沉积环境中的石油类污染物，同时加入营养盐、表面活性剂等化学物质，增强微生物的降解功能
- 建设**人工湿地**：多种水生生物，形成生物修复系统
- 推广**生态养殖**：合理利用食物链调控机理，提高营养盐和有机质等的生物利用效率，并净化沉积环境



3.3 海域整治修复项目概况



海洋生态修复工程分布概况



国家级海洋保护区（海洋公园）

3.3 海域整治修复项目概况



■ 财政投资项目类型

- 各相关部门均有部署，每年约数十项
- 海洋保护区/海洋公园建设项目：27%
- 海岸带生态环境综合整治修复项目：13%
- 典型海洋生态系统修复项目：40%
- 海域污染整治修复：3%
- 其他类型整治修复：17%

- 污染危害认识不足
- 技术成熟度不足
- 工程量大、投入高
- 长期效果难以预估

■ 技术应用现状

- 总体处于关键技术研发和示范应用阶段
- 以生态修复、生态建设、物理环境整治修复为主
- 海洋环境污染的整治修复尚处于起步阶段



四、近岸海域沉积环境综合 管理和技术支撑



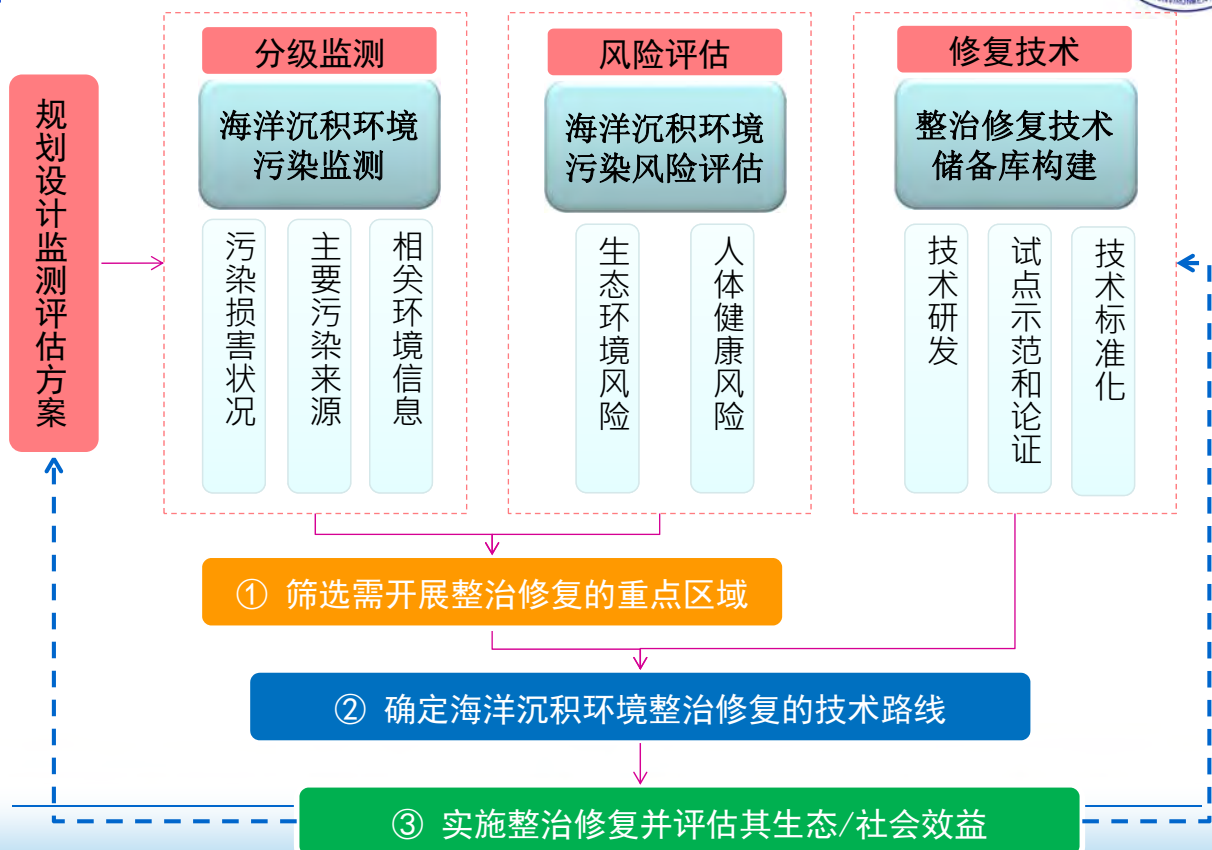


4.1 三大管理任务

- ❖ 筛选需开展整治修复的重点区域
 - 海域污染受损程度、生态风险和人体健康风险
 - 海域生态功能和使用功能重要性
- ❖ 确定海洋沉积环境整治修复技术路线
 - 整治修复技术的科学性、适宜性、可操作性
 - 整治修复工程的环境影响评价
- ❖ 实施整治修复工程并评估其生态/社会效益
 - 工程实施的监督检查
 - 修复效果评估和工程验收
 - 投入-产出效益分析

从海洋生态环境保护
和可持续发展的全局，
规划和提升海洋沉积环境
综合管理

4.2 管理程序设想



4.3 技术支撑需求

❖ 所有相关技术方法的统一化、规范化、标准化

- 海洋沉积环境监测
 - 监测方案设计、样品采集、现场和实验室分析检测；
 - 监测数据处理和质量控制
- 污染损害状况及风险评估
 - 指标体系选择、评价标准体系构建
 - 污染源强调查评估、污染程度和范围评估
 - 生态环境风险评估、人体健康风险评估
 - 整治修复的优先顺序识别
- 污染整治修复
 - 整治修复技术研发和试点示范
 - 整治修复方案设计、环境影响评价
 - 整治修复工程效益评估

➤ **Criteria**
➤ **Guidelines**
➤ **Case Studies**

谢谢聆听，敬请指正！

zfzhang@nmemc.gov.cn

