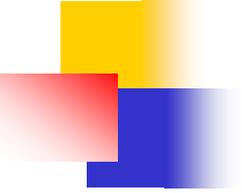


港埠設施氣候變遷之調適策略 分析

楊鈺池 教授

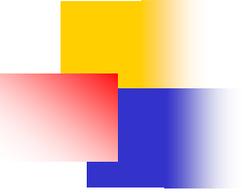
高雄科技大學(楠梓校區)

航運管理系暨研究所



授課重點

- ✓ 前言
- ✓ 氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧
- ✓ 台灣港埠設施氣候變遷之調適策略
- ✓ 日本港埠設施氣候變遷之調適策略
- ✓ 結論
- ✓ 參考文獻

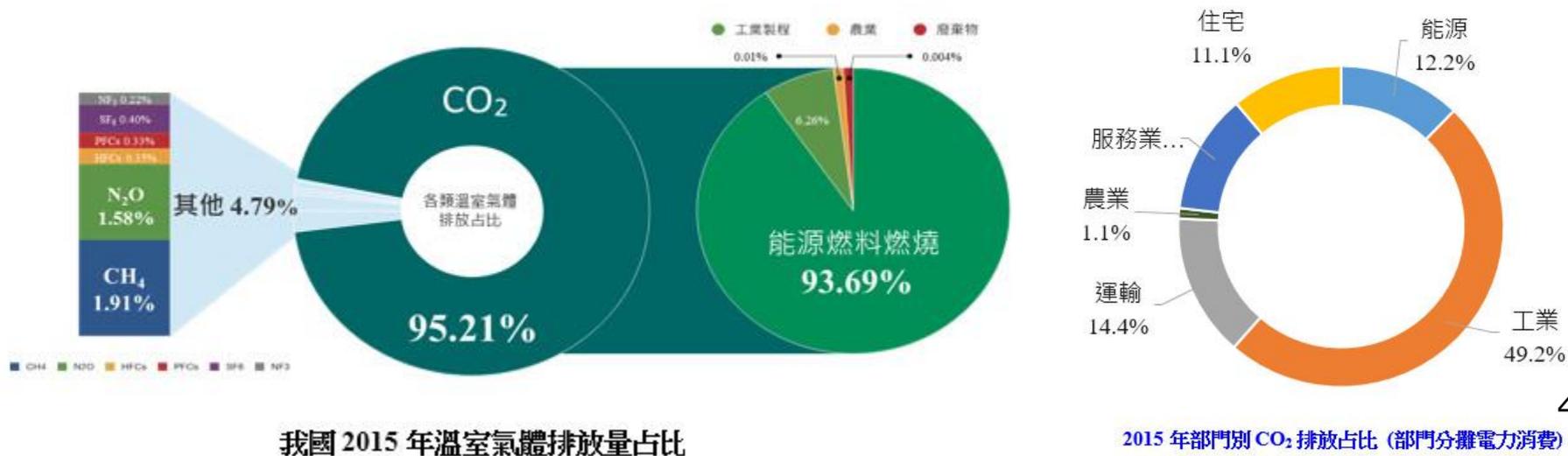


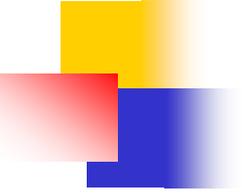
一、前言

- 在2015年12月法國巴黎舉行的聯合國第21屆氣候變遷會議（COP 21），達成「巴黎協議」（Paris Agreement），將取代1997年通過的「**京都議定書**」（Kyoto Protocol），未來締約國將共同遏阻全球暖化危機，並致力改變幾個世紀以來由化石燃料推動的全球經濟型態。

一、前言

- 締約的195個國家承諾將溫度漲幅控制在與前工業化時期相比攝氏2度內，他們更希望能進一步控制在**攝氏1.5度**內。
- 全球邁向低碳經濟的大趨勢下，二氧化碳總排放量高居全球24名的台灣將面臨極為嚴苛的挑戰。



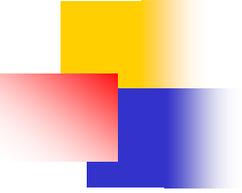


一、前言

- 為因應這次峰會，環保署於2015年9月公布台灣自主減碳目標，預計2030年前溫室氣體排放量比現況**減少50%**。
- 在巴黎氣候峰會上發表2016年氣候變遷績效指標，台灣排名第52名，在58個評比國家間，排名倒數第十，顯示節能減碳迄今仍需要大家把勁努力去實踐。

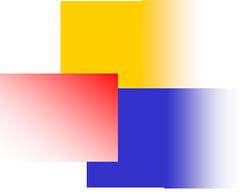
一、前言

- **港口功能**可視為運輸鏈之一環，依賴地理位置、在背後腹地之經濟與科技發展而影響。現代生產技術與消費型態增加運輸型態使用，需要**更專業化裝卸、儲存與其他物流服務**。
- 港口已經不單僅擔任作為運輸系統之整合部分，同時成為更寬廣之生產、貿易與物流系統之主要次系統角色(United States Government Accountability Office, 2007)。



一、前言

- 港口核心事業之定義有很大差異性，在全世界諸多港口已經轉向更多營利的非海洋事業，例如休閒、觀光以及環境活動。港口政策應該在國際供應鏈環境下考量港口位置，不僅需要評估**出口點到進口點所發生貨物流量**，同時要評估在港口動態下，**不同角色和代理的行為和績效**（Laxe, 2012）。



一、前言

- 港口對於氣候變遷是非常脆弱的，例如海平面水位上升與暴風雨密集化。由於氣候變遷和地球暖化造成港口和鄰近背後都市圈，因為颱風和地震來襲造成淹水受害可能性增加。
- 由於地震和海嘯淹水所預先想像準備災害脆弱港口區域，因波浪高無法確保安全性來補強現有防坡堤，進行事前因應對策。

一、前言

■ 案例①

2005年7月19日「長成輪」在港內平均風力十三級強風吹襲下，下午二時廿分斷纜，總噸重三萬七千噸的「長成輪」從旗津一一六號碼頭，漂移約四百公尺到對岸的六十九及七十號碼頭間。高雄港務局緊急出動四艘拖船頂住船首及船尾，並派領港員登船協助，在漂移及靠岸過程中仍擦撞對岸美國總統輪船公司貨櫃碼頭的三座橋式貨櫃起重機，經過現場人員搶救，終在傍晚五時廿分許將纜繩固定於六十九號碼頭。

一、前言

- 案例②
- 2009年8月份「莫拉克」颱風期間，高雄港區內雖無重大海難事件發生；惟高雄分公司轄管海域內共有7艘船舶因海象不佳、天候惡劣，致造成失去動力或擱淺等海事案件。

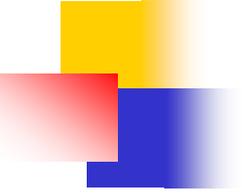


一、前言

- 案例③
- 2010年9月9-11日，因「莫蘭蒂」颱風天候惡劣，致港區內2艘泊於浮筒因船舶斷纜分別碰撞其他4艘船舶

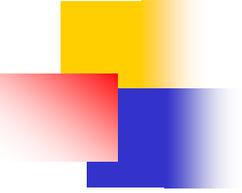


【TVBS】斷纜吹離碼頭! 萬噸貨櫃輪 難敵莫蘭蒂



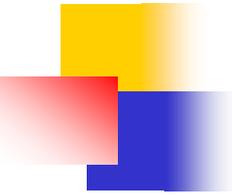
一、前言

- 本文在探討是港口管理者對於氣候變遷對於**港口運作影響**、**海水水位上升**對於港口作業程度以及港口組織如何調適新環境條件。
- 總言之，港口在全球經濟佔有舉足輕重地位，作為全球大部分貨物之運輸中心。港口必須預測氣候變遷影響，準備海平面水位上升導致水患、極端暴風雨發生。



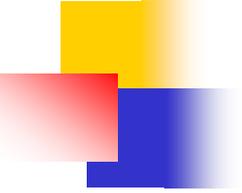
二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-氣候變遷

- 氣候科技學則將脆弱度視為天氣或氣候相關事件的發生可能性和影響力 (Nicholls et al., 1999)。
- 氣候變遷和地球暖化會影響港口和鄰近背後都市圈，因為颱風和地震來襲造成淹水受害可能性增加。



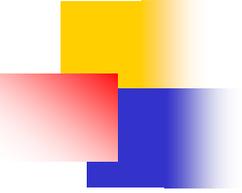
二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-氣候變遷

- 1992年氣候變化協約(UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change)簽訂，1994年正式生效。
- 在港口方面與其他產業相比，溫室效益排出量比較少相對地受到重視程度亦比較少。



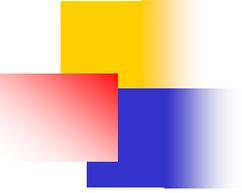
二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-氣候變遷

- 全球港口氣候宣言(World Climate Declaration)以港口都市為中心在港口領域內推動所謂**減少溫室氣體國際活動**，其主要內容為在航運方面和港口營運、在港口背後腹地運輸方面之減少二氧化碳排放；再生能源使用推動、二氧化碳排出量監督系統開發等事項。



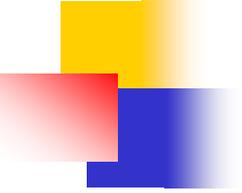
二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-氣候變遷

- 氣候變遷會提升海水水位、增加颱風頻率與密集度與巨浪發生，會影響港口結構安全。
- 港口調適策略其目的在於藉由結構發展與改善，減少氣候變遷所造成脆弱度，以維持其功能運作。



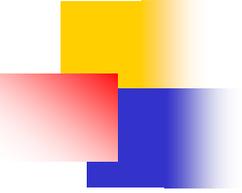
二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-氣候變遷

- 自二十世紀以來，台灣平均溫度在百年內大約上升了 1.4°C ，是同期全球增溫速率的兩倍。
- 由於海平面上升使得當更強波浪與強風更加集結，對於港口影響、橋梁、碼頭、船席、碼頭建築物、船舶以及貨物。



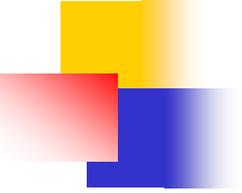
二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-氣候變遷

- 港口基礎設施需要提高或強化來因應此氣候變遷影響。
- 例如：2005年颶風卡崔娜(Katrina)將在紐奧良港口破壞防洪堤防與許多倉庫的屋頂和大門，因此採取因應策略包括貨櫃碼頭、橋式機、燈光系統以及其他基礎設施納入防範更強颱風之風險發生之列。



二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-氣候變遷

- 日本國土交通省對於氣候變遷對於港口基礎設施影響報告顯示，氣候變遷會造成氣溫和海水溫度提高以及海面水位上升，不僅會造成強烈颱風增加、高潮偏差擴大、波浪強大化和海面水位上升，同時對於濱海區、堤岸和護岸以及背後腹地嚴重損害。



二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-氣候變遷

- 在港口所產生溫室氣體大抵可區分為船舶、港口活動、港口與生產消費地之間國內運輸以及港口與周邊地區所排放溫室氣體(國土交通省交通政策審議會， 2009)。

二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-氣候變遷

船舶排放溫室氣體

伴隨船舶航行使用重油排放出溫室氣體，靠岸後船舶使用輔助引擎來自行發電供應船內能源需求，也會產生溫室氣體。

港口活動排放溫室氣體

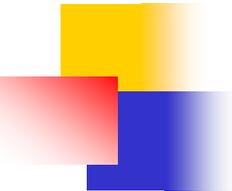
貨物裝卸後，執行貨物進口手續，貨物在貨櫃場保管包括其管理設施營運保管區域照明以及冷藏貨櫃或貨物所需電力，皆會產生溫室氣體。

港口與生產消費地之間國內運輸排放溫室氣體

從港口轉運到這些交通工具所需貨櫃碼頭進站之前與港口道路周邊道路等待塞車所產生溫室氣體而言。

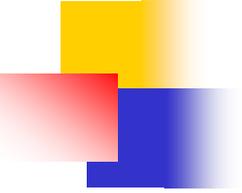
港口與周邊地區所排放溫室氣體

港口所位處臨海區的工廠，生產活動所產生溫室氣體、港區背後腹地的都市活動所產生溫室氣體而言。



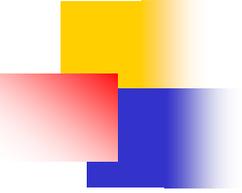
二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-脆弱度

- 氣候變遷與極端氣候事件的頻繁已是未來可預期的現象，而面對此一可預期現象必須提前進行各種因應作為，以防範未然。
- 所謂的脆弱度乃是指系統面臨氣候變遷衝擊的暴露度、敏感度以及適應力三者的綜合值。



二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-脆弱度

- 脆弱度是指組織或系統面臨某種危害的直接衝擊或後續效應，影響系統或組織對於危害影響應變、防禦與恢復之特性。它包含綜合性的因素來決定個人或組織生命、財產或其他資產面臨風險的程度。



二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-脆弱度

- 脆弱度分析(Vulnerability Analysis)：針對組織、系統或環境進行系統性風險分析，評估於風險環境系統易受危害之特性或漏洞，並估計特性對系統之危害程度，依據整體危害程度進行優先處理排序，預防或降低系統風險。

二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-脆弱度

■ 脆弱度分析的步驟

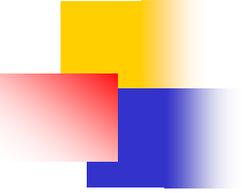
評估過去與現在氣候變遷趨勢與風險

評估未來曝露期氣候災害

評估未來氣候敏感度分析

決定對於氣候變遷調適能力

評估脆弱度



二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-脆弱度

■ 脆弱度分析項目



對於氣候變遷的未來敏感度分析(敏感度從高到低)



替代性運輸工具(存在或充分到沒有或貧瘠)



法定機關與管理主體的災害彈性能力(存在或充分到沒有或較差)



暴雨或高潮損海的賠償(充分或較差)

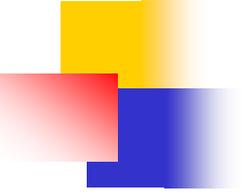
二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-脆弱度

- 氣候變遷脆弱度所構成三個要素分別

曝露於災害(例如依照熱浪、密集暴雨、海水位上升等對於港口曝露程度)

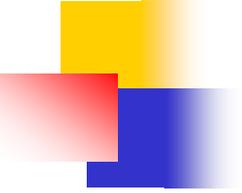
敏感度(對於港口的人力資源、基礎設施以及資產的負面影響)

調適能力(對於港口的人力資源、基礎設施以及資產的負面影響之管理)



二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-調適能力

- 所謂調適能力係指為更好因應現有或預期外部壓力，來修正或改變其特性或行為的一個系統之能力或能幹而言 (Brooks, 2003)。
- 馮正民 (2013) 認為交通運輸調適策略應該包括設施保護與強化、設計與標準改變、設施區位評估與改變、設施放棄、教育與訓練、相關單位合作、地區氣候變遷之預測以及設施監測。



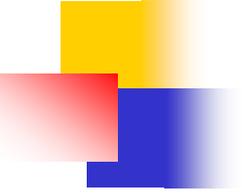
二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-調適能力

- 調適策略著重於氣候變遷災害衝擊的預防與處理；調適力管理之程序，分別為1. 長期願景 2. 發展監控策略3. 監控與紀錄結果 4. 根據執行行動回顧進度 5. 再評估與注意維持政策與行動 6. 重覆。

二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-調適能力

- 交通部對於港口調適策略之主張（交通部，2014）

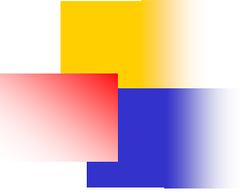
1. 定期進行港灣長期潮位及波浪監測工作，作為未來港埠設施設計及檢討之參考。
2. 檢討老舊碼頭因應氣候變遷之改建需求及迫切性，包括碼頭面高程、抗浪能力、抗震能力、軌道基礎承载力等。
3. 進行港埠設施之體檢及安全評估，並進行必要之維修。
4. 整體規劃研究港埠設置維生基礎設施之需求、以及可能設置位置及建置方式。
5. 進行超強降雨時港區可能發生溢淹區塊之排水設施改善研究。30



二、氣候變遷、脆弱度與調適能力之文獻回顧-調適能力

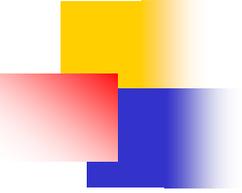
- 因應氣候變遷對於港口主要調適策略 (Naruse, S., 2011)

發展與改善港口結構	<ul style="list-style-type: none">(1) 依照氣候變遷衝擊來強化現有碼頭設計條件(2) 改變或強化結構例如護岸、消波塊、護欄等(3) 強化港口設施與設備以因應強風影響，例如岸上起重機。(4) 更換或穩固埋管或人孔蓋以避免因地下水位上升增加浮力而造成隆起，設立馬達來抽乾地下水。
提升港口設施	<ul style="list-style-type: none">(1) 提高岸壁與防坡堤來因應氾濫與波浪凌駕(2) 將岸壁坡度變陡以改善排水能力



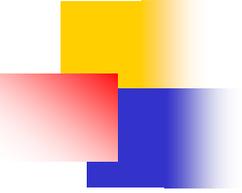
三、台灣港埠設施氣候變遷之調適策略

- 每年的五到十一月經常有颱風侵襲台灣，帶來強風豪雨，對於航行臺灣週邊海域船舶安全威脅甚鉅。
- 高雄港務分公司依據「災害防救法」第十四條，港公司於災害發生或有發生之虞時，為處理災害防救事宜或配合各級災害應變中心執行應變措施，特成立災害緊急應變小組。



三、台灣港埠設施氣候變遷之調適策略

- 台灣港務公司各單位應隨時注意颱風預報及其進行方向，陸上颱風警報發佈後，於颱風7級風暴風圈邊緣到達高雄地區時，防颱救災指揮中心得宣佈全港海上陸上停止作業，及視情況停止船舶進出港作業，並請在港各船舶加強繫泊措施。



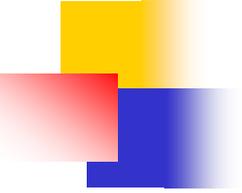
三、台灣港埠設施氣候變遷 之調適策略-採取因應措施

- 1. 海上颱風警報發佈後，請各船公司及代理公司注意颱風動態，欲進出港之商船，應儘早辦好進出港手續，以免颱風接近高雄港風大浪高時，無法進出港。
- 2. 在港船舶，港務處監控中心對船席儘早調配。請各輪船公司或代理行務必告知各輪船船長及船員於陸上颱風警報發布後，應自動回船，以資應變，共同維護船舶及港區安全。

三、台灣港埠設施氣候變遷 之調適策略-採取因應措施

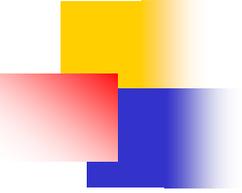
3. 陸上颱風警報發佈，且高雄地區列為警戒區時，由高雄分公司聯繫民營帶纜業者主動前往各船席加纜，請各輪船公司、代理行以及各船隻協助配合。全港海上、陸上停止作業後，各商船應即開啟船上VHF對講機，隨時主動與本公司船舶交通服務中心（VTS）取得聯繫。

■ 無正當理由，應出港未出港避風之船舶，依商港法處理，其滯港期間如發生意外災害情事，有關損害賠償事宜，不得主張船舶所有人責任限制。



三、台灣港埠設施氣候變遷 之調適策略-採取因應措施

- 5. 海上、陸上颱風警報發布後，經研判該颱風很可能侵襲高雄港時，欲申請繫於浮筒之船舶，高雄分公司不予受理；已繫泊於浮筒之船舶，於下列情形，浮筒船隻全部淨空，應辦理移泊至安全船席或出港避風，以免發生斷纜、擱淺等情事。



三、台灣港埠設施氣候變遷 之調適策略-採取因應措施

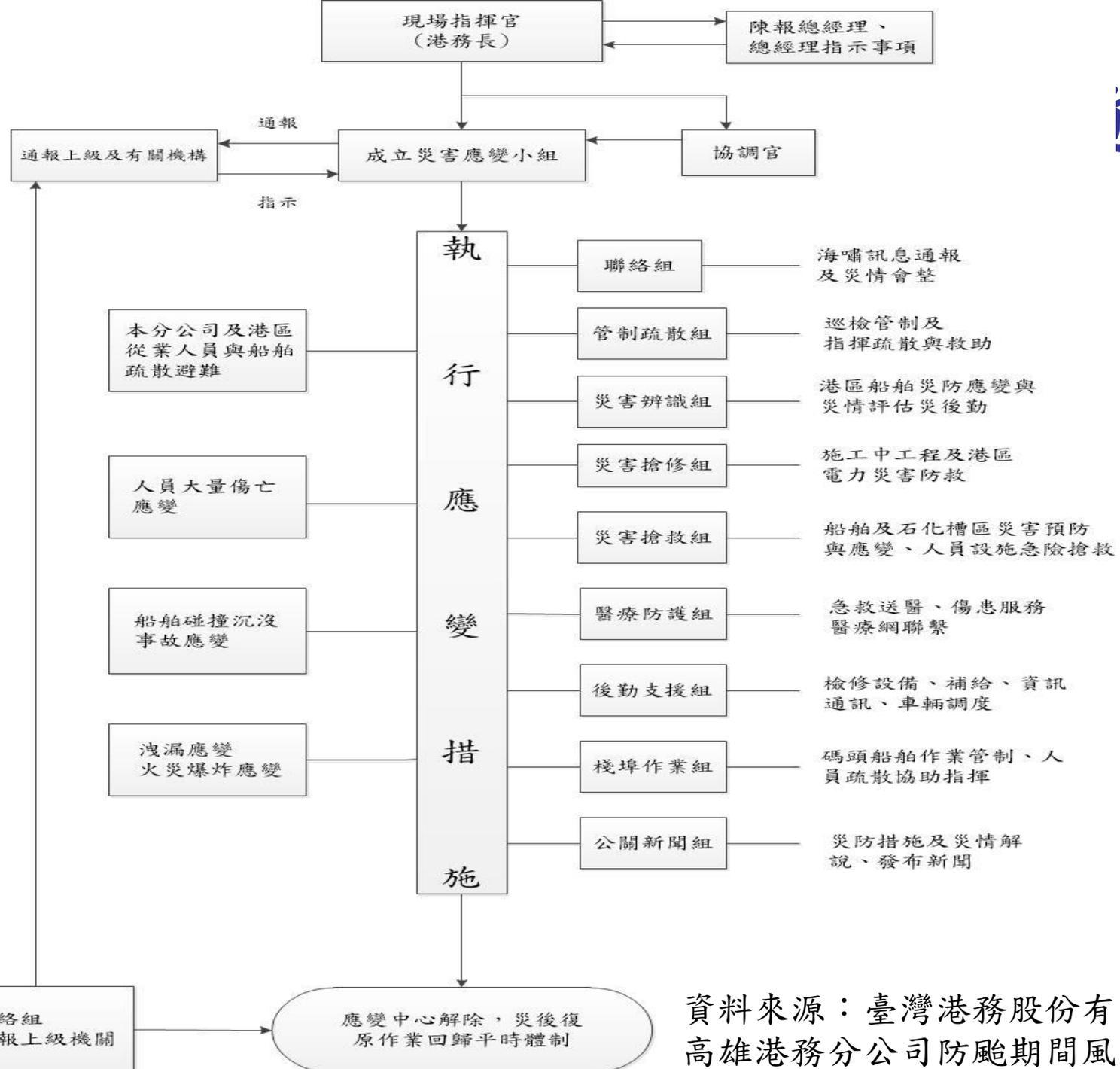
- 5. (1). 當颱風自西南方來，海上颱風警報發佈（尚未發佈陸上颱風警報），港區風力實測已達5級（第一、二港口任一風力達5級風標準）。
- (2). 颱風自東岸來，陸上颱風警報發布，高雄地區列為警戒區。

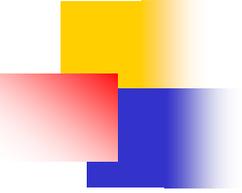
三、台灣港埠設施氣候變遷 之調適策略-採取因應措施

- 6. 前項颱風動態經高雄分公司公佈，併電話聯繫浮筒船隻，若不配合移泊或出港者，高雄分公司依商港法規定移送處理。
- 7. 錨區船隻淨空，比照前一點有關泊浮筒船隻避風之標準辦理。
- 8. 颱風期間停泊船舶應有足夠之人員留守，並有高級船員留船，俾有足以操縱船舶航行及應付緊急事變之能力，機動船舶均應準備主機，俾必要時可啟動主機應變。

三、台灣港埠設施氣候變遷 之調適策略-採取因應措施

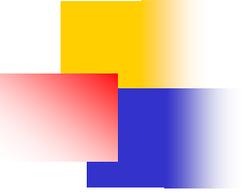
- 9. 在陸上颱風警報發佈，且高雄地區列為警戒區時，泊港船舶除應換用新纜或鋼絲纜繫泊外，應再加防颱纜，必要時另以錨鏈加強繫於碼頭，停港甚久待命之船舶，應使用安全鋼絲纜或錨鏈繫泊以策安全。
- 10. 防颱期間停泊高雄港碼頭之船舶，加強繫纜作業基準訂定如下：總噸位未達1萬者，艏、艉繫纜各應至少5條（含倒纜）；總噸位1萬以上者，艏、艉繫纜各應至少7條（含倒纜）。





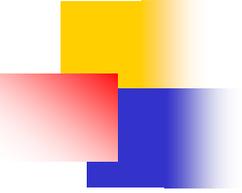
四、日本港埠設施氣候變遷之調適策略

- 日本為達成京都議定書目標在2008年提出日本轉向低碳排放社會，內閣議會提出低碳社會行動計畫，揭示2050年溫室氣體排放量減少60%~80%的長期目標之外，提出革新的技術開發、現有先進技術普及化以及地方與國民合作支援等具體措施。



四、日本港埠設施氣候變遷之調適策略

- 2008年10月國土交通省對於處理環境問題制定所謂環境行動計劃2008。
- 經由日本港口將貨物運輸到到各國間過程所排放出各種不同溫室氣體，促進省能源化、環境負荷路徑選擇，以期待達到較大溫室氣體排放減少的效果。



四、日本港埠設施氣候變遷之調適策略-日本

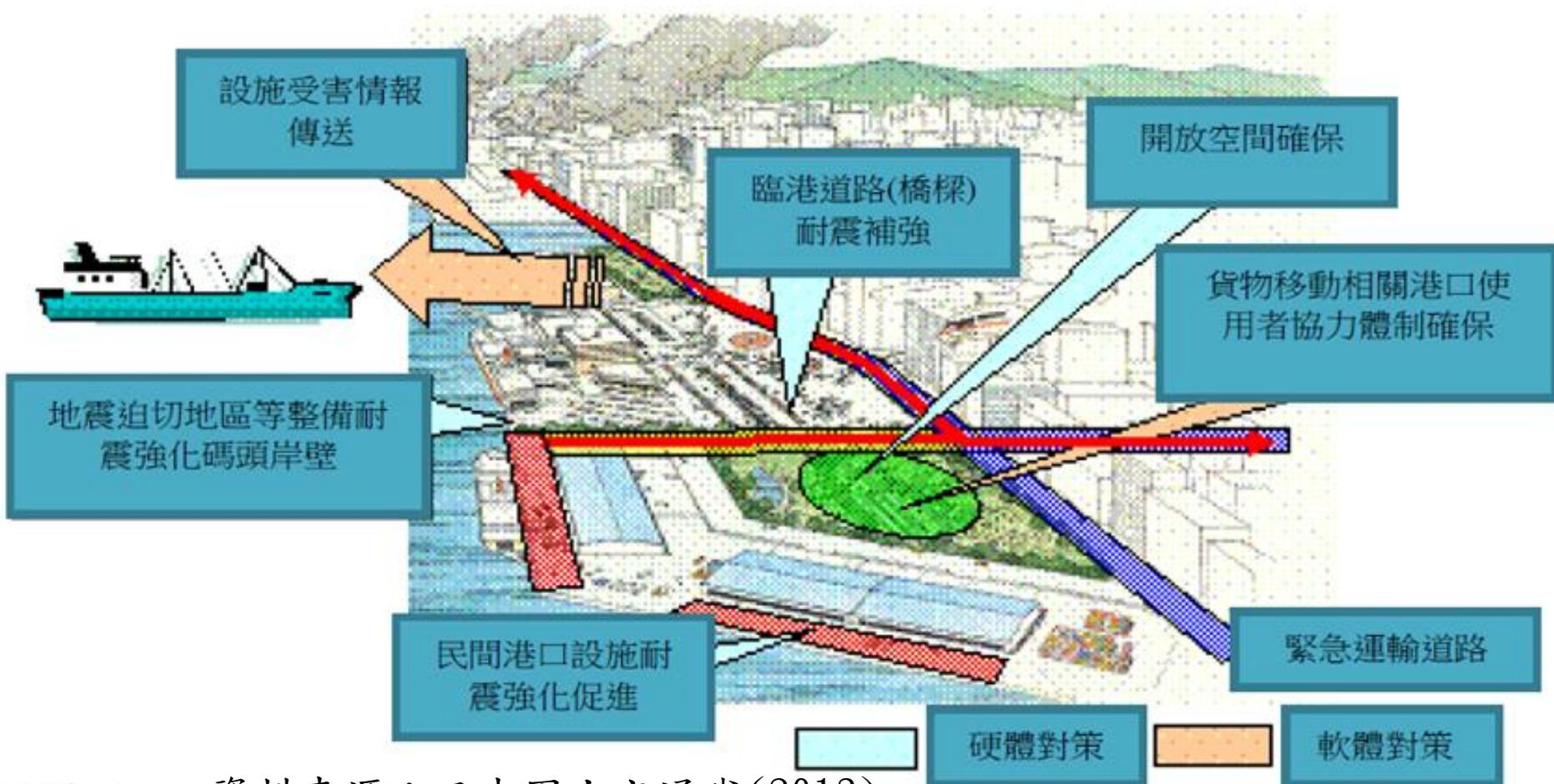
- 日本國土交通省(2013)對於因應氣候變遷所造成港口設施脆弱度，所提出運輸替代調適方案：
 - (1)港埠基礎設施被害資訊傳送
 - (2)港口間之通力合作救災
 - (3)替代交通運輸圓滑化，意味由其他國際港口來替代運送救災物資和人員。

四、日本港埠設施氣候變遷之調適策略

港口基礎設施強化調適力策略，可區分為硬體建設和軟體建設方面：

- 1. 硬體建設方面包括臨港道路和橋梁的耐震補強。
 - (1) 公共空間確保。
 - (2) 緊急道路建設。
 - (3) 符合地震地區之迫切需求和緊急性的耐震強化岸壁整備。
 - (4) 民間港口設施之耐震強化促進。
- 2. 軟體設施則包括設施被害資訊傳送以及貨物移動關港口使用者合作系統之確保。

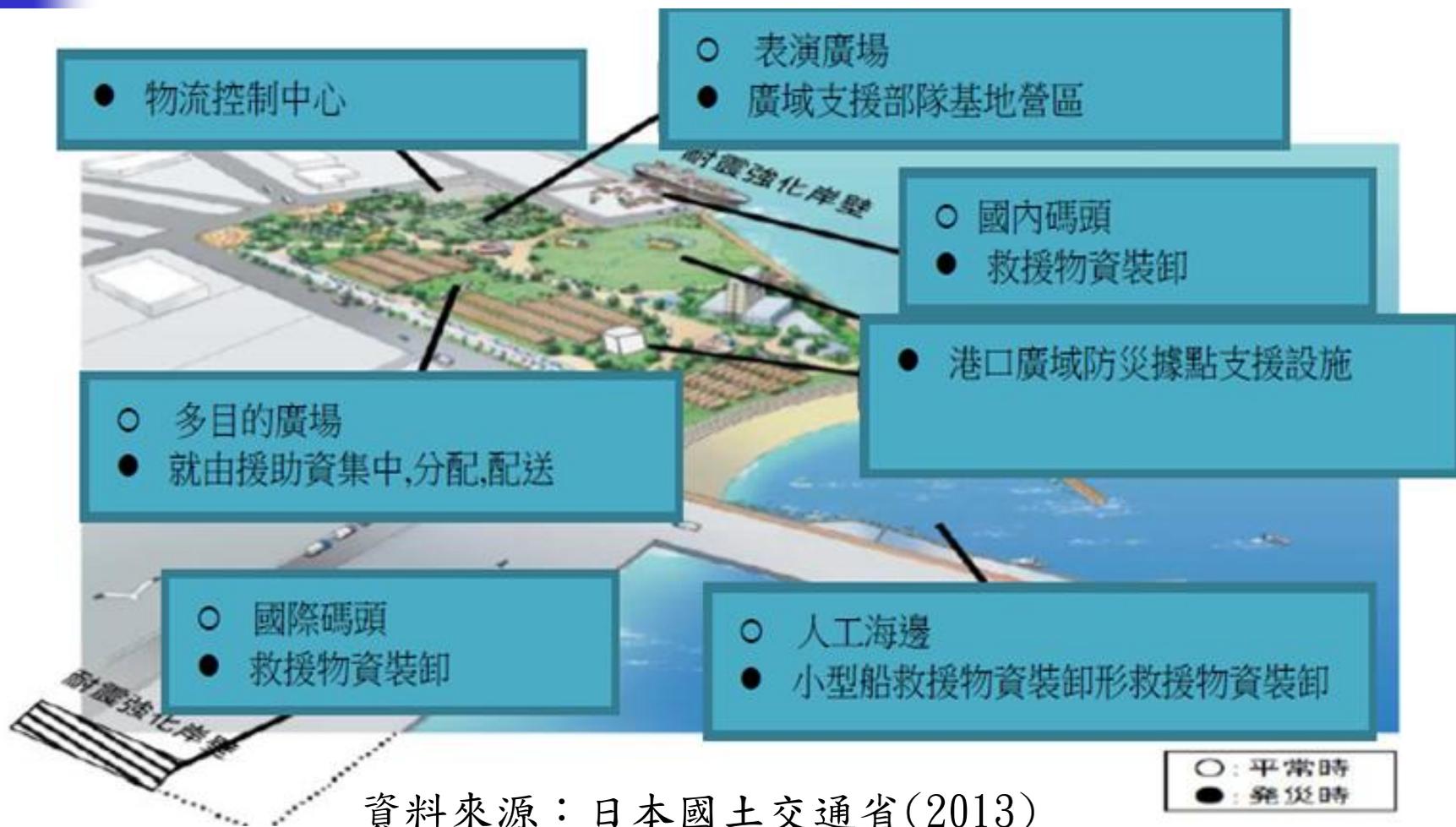
四、日本港埠設施氣候變遷之調適策略



資料來源：日本國土交通省(2013)

因應港口氣候變遷脆弱度之港口基礎設施強化調適力策略

四、日本港埠設施氣候變遷之調適策略



資料來源：日本國土交通省(2013)

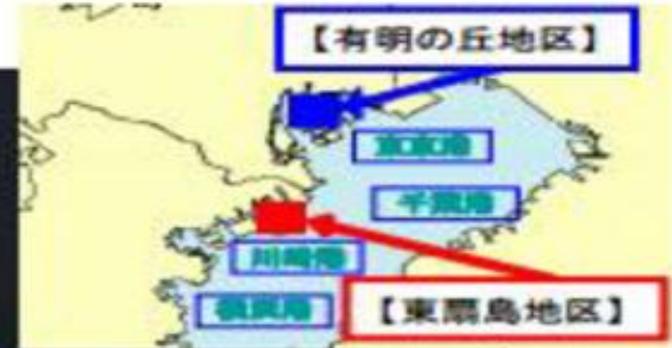
港口基礎設施調適力之重要防災據點之配置圖

四、日本港埠設施氣候變遷之調適策略

耐震強化岸壁(31 號岸壁,-7.5 公尺,長度 130 公尺)

首都圈臨海防災中心

耐震強化岸壁(9 號岸壁,-12 公尺,長度 240 公尺)



資料來源：日本國土交通省(2013)
川崎港東扇島地區之碼頭耐震強化配置

五、結論

- 我國對於氣候變遷造成港口脆弱度和調適力分析仍屬於初步研究階段，仍需要政府和民間共同來研商定期討論，氣候變遷對於港口基礎設施影響所發生脆弱度和提出調適力等相關課題，以便提出因應對策。
- 氣候變遷對國際商港港埠基礎設施的影響，包括海平面上升，極端氣候增加，熱帶暴風雨和颱風增強，海浪高度過防波堤設計，大雨超出碼頭排水設計能力造成洪水，海洋溫度上升造成港區內水質惡化混濁等問題。

四、結論

台灣與日本因應氣候變遷之調適策略比較分析

- 1. 由於港口基礎設施會因暴降雨、颱風或海嘯破壞人類社會且可能喪失生命，同時在經濟活動將會因重大事故和災難中斷港口物流作業。災難和安全管理應該從恢復中心轉換到預防中心，由於災難發生後恢復來比較，反而**事前災難預防**，較能節省社會成本。
- 2. 港區附近道路交通和陸橋一旦經常會因強降雨、颱風或是地震所造成破壞時，或許採用**鄰近港口海上轉運方式**是較佳手段，此種方式或許不會因為陸上交通柔腸寸斷而無法通行延誤救災時間。

五、結論

3. 韓國海洋水產部(2014)參考日本國土交通省在2006年規劃「耐震強化岸壁緊急整備計畫」推行港口基礎設施脆弱度之調適策略，因此氣候變遷對港口基礎設施影響越來越大，我國政府是否需要評估未來設立強震岸壁碼頭來因應地震發生時候，提供給運送救災物資和分散人員所使用，平時作為大規模地震發生時期發揮所在期間機能訓練，在災害發時來加強運用體制。

- 港口管理人員定期檢視港口基礎設施狀況與維護，相信對於風險傷害會降低，同時對於災害處理態度會較冷靜來處理，方能規劃與執行適合自己港口之調適策略。

參考文獻

1. Allen, K. (2003), Vulnerability reduction and the community-based approach, in Pelling (ed.), Natural Disasters and Development in a Globalising World, 170-184.
2. Brooks, No. (2003), Vulnerability, risk and adaption: A conceptual framework, Tyndall Centre for climate change research, website:
<http://www.tyndall.ac.uk/sites/default/files/wp38.pdf>[http://](http://www.tyndall.ac.uk/sites/default/files/wp38.pdf)
3. IAPH(2010), Carbon Foot Printing for Ports Guidance Document, website:
<http://wpci.iaphworldports.org/iaphtoolbox/DRAFT%20IAPH%20TOOL%20BOX%20priority%20pol.pdf>
4. McEvoy, D, Mullett, J, Millin, S, Scott, H and Trundle, A, 2013, Understanding future risks to ports in Australia. Work Package 1 of Enhancing the resilience of seaports to a changing climate report series, National Climate Change Adaptation Research Facility,
https://www.nccarf.edu.au/sites/default/files/attached_files_publications/McEvoy_2013_Understanding_future_risks_to_ports_in_Australia_WP1.pdf
5. Nicholls, R. J., Hoozemans, F. M. J. and Marchand, M. (1999) Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses, Global Environmental Change, 9, S69-S87.
6. Sisson, M. (2006), The State of The Art for Green Terminals: An Automated Terminal Is A Green Terminal. Website: http://aapa.files.cms-plus.com/seminarpresentations/06_faceng_sisson.pdf
7. United States Government Accountability Office (2007), Port Risk Management: Additional Federal Guidance Would Aid Ports in Disaster Planning and Recovery.

參考文獻

8. 台灣港務股份有限公司(2012)，台灣港務股份有限公司高雄港務分公司災害防救業務計畫。
9. 國土交通省交通政策審議會(2009)，對於地球暖化產生氣候變遷之港口政策方案，
10. 日本國土交通省(2013)，港灣防災有關實行政策，網站：
http://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk7_000004.html.
11. 王俊友(2010)，「珍愛地球寶貝臺灣-基隆港務局推動綠色運輸的積極作法」，2010年綠色航運物流研討會，網站：
b023.ntou.edu.tw/ezfiles/23/1023/img/318/102300571.ppt。
12. 黃兆平(2011)，提升國際競爭力高雄港減碳推動綠色港口，網站：
<http://edn.udn.com/news/print.jsp?aid=396765&cid=15>。
13. 張朝陽(2009)，「論綠色港口及航運未來契機」，船舶與海運通訊，第62期，頁23-29。
14. 黃兆平(2011)<http://edn.udn.com/article/view.jsp?aid=396765#>
15. 臺灣港務股份有限公司(2012)，臺灣港務股份有限公司高雄港務分公司災害防救業務計畫。
16. 臺灣港務股份有限公司(2014)，綠色港群環境永續報告書。
17. 林至康、陳世晃、楊鈺池、劉霈、盧曉櫻、賴勇成、顏進儒、魏健宏(2017)，氣候變遷調適專業融化補助教材-維生基礎設施(交通系統)領域(2017年版)，教育部。
18. 韓國海洋水產部(2014)，2014年國家安全管理執行計畫。