

國家氣候變遷科學報告2024： 現象、衝擊與調適

海岸主題

國家災害防救科技中心 陳偉柏 研究員

計畫辦公室



行政法人國家災害防救科技中心
National Science and Technology Center
for Disaster Reduction



臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台
Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform

指導單位



國家科學及技術委員會
National Science and Technology Council

研究團隊

▶ 國家氣候變遷科學報告-海岸 撰寫作者

- 國家災害防救科技中心 陳偉柏 研究員
- 國家災害防救科技中心 張志新 研究員
- 國家災害防救科技中心 梁庭語 佐理研究員

▶ 國科會TCCIP計畫海岸領域研究團隊

- 國立成功大學水利及海洋工程學系 蕭士俊 特聘教授 (顧問)
- 國家災害防救科技中心 陳偉柏 研究員
- 國家災害防救科技中心 張志新 研究員
- 國家災害防救科技中心 梁庭語 佐理研究員

大綱

▶ 科研資料與研究進展-科學報告發展差異

1. 海平面上升溢淹衝擊
2. 颱風暴潮衝擊
3. 颱風風浪衝擊
4. 調適與科研缺口

▶ 分析圖資發展與精進-TCCIP計畫成果

1. 海平面上升溢淹衝擊新進展
2. 颱風暴潮與颱風風浪新進展與相應產出
3. 海岸相關資料的實際應用案例

科研資料與研究進展



國家氣候變遷科學報告2024-
淹水、乾旱、水資源、坡地、海岸議題
導讀暨應用討論工作坊

摘要

海平面上升溢淹衝擊

臺灣於 1.5°C 與 2°C 全球暖化程度下，未來海平面上升量值分別為 **20cm** 和 **34.5cm**

颱風暴潮衝擊

與現況相比，在AR5 RCP8.5 情境下，未來臺灣沿海地區面臨大於 **1.2公尺** 颱風暴潮衝擊之海岸線長度將增加 **12.5%**

颱風風浪衝擊

與現況相比，在AR5 RCP8.5 情境下，未來臺灣沿海地區面臨大於 **12.0公尺** 颱風風浪衝擊之海岸線長度將增加 **3.6%**

科學報告2017至2024的差異與進展

2017版本

2024版本

資料 類型

- 主要選用氣象、海象的觀測資料(如測站或衛星資料等)

- 氣象、海象觀測資料
- 颱風動力降尺度資料

選用 情境

- IPCC AR4、AR5
- 特定情境年
- 歷史時期

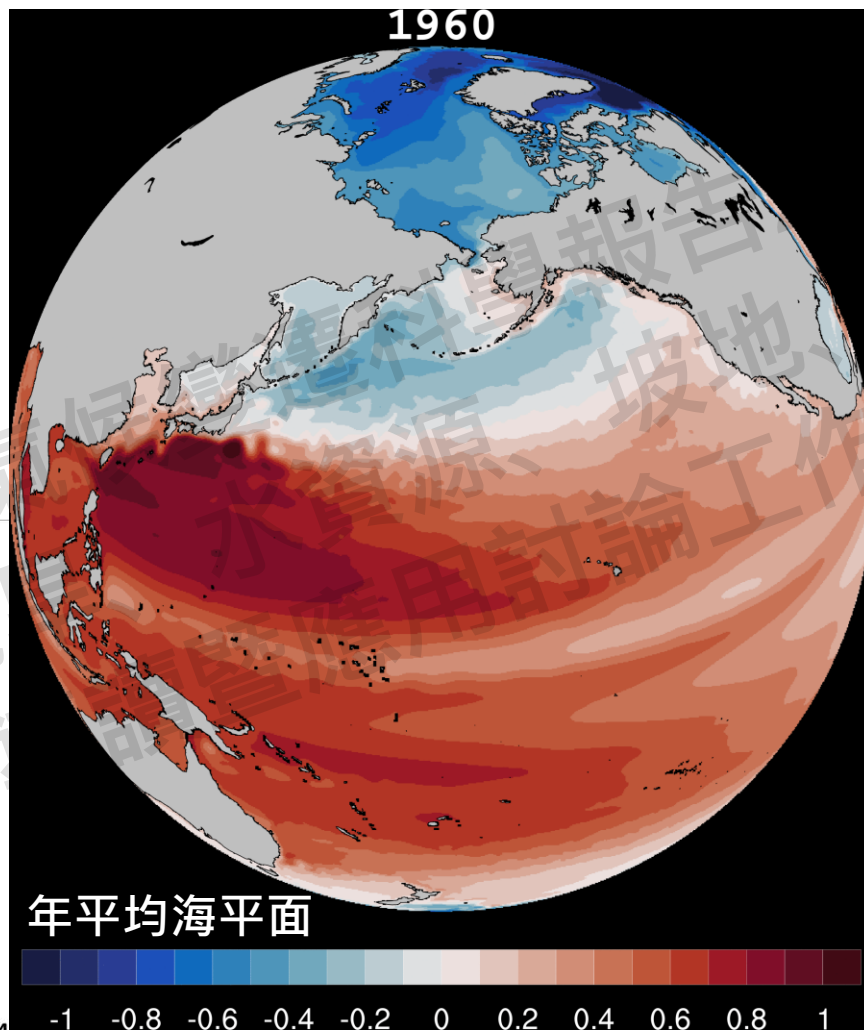
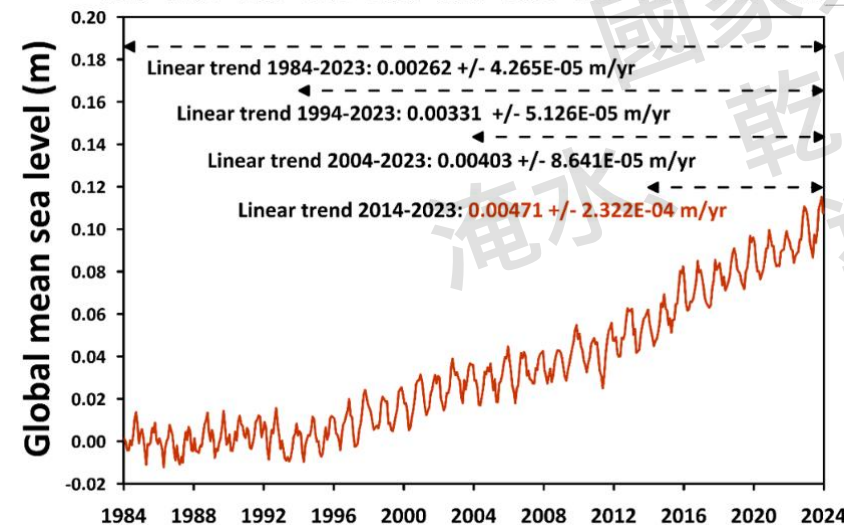
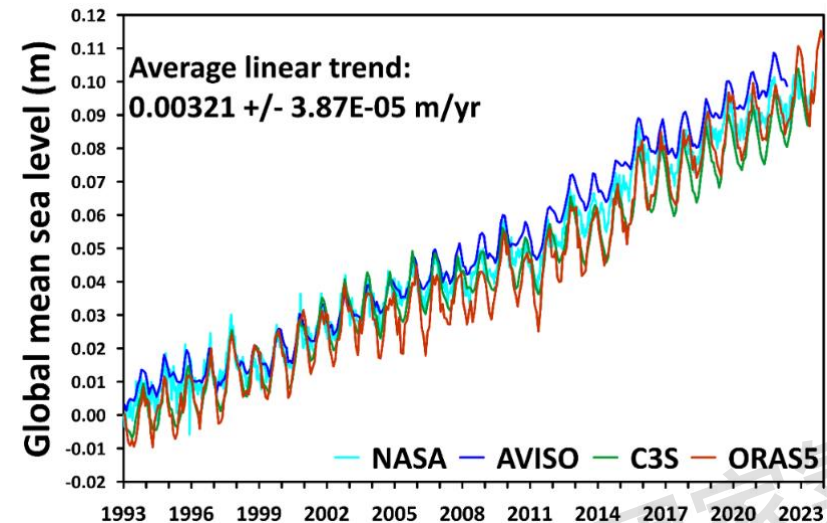
- IPCC AR5、AR6 (RCP、SSP、GWLs)
- 歷史現況

應用 方面

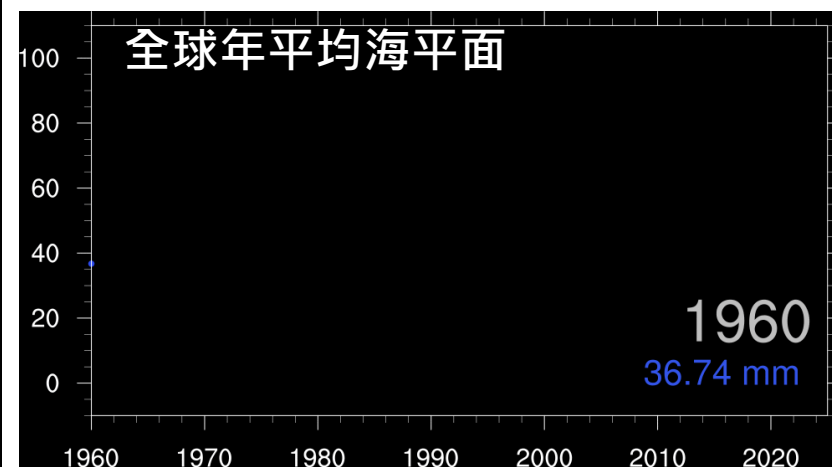
- 調適政策擬定依據
- 氣候變遷變化趨勢推估

- 調適政策擬定依據
- 氣候變遷變化趨勢推估
- 增加調適缺口量化評估參考

全球平均海平面上升速率推估



- ▶ 由多種數據平均結果顯示，1993年到2023年，全球海平面上升速率約為**3.21mm/year**
- ▶ 全球年平均海平面在**2023年**超過**100mm**
- ▶ 全球海洋再分析資料顯示，近十年(2014-2023年)，全球海平面上升速率約**4.71mm/year**，是過去40年(1984-2023年)的**1.8倍**

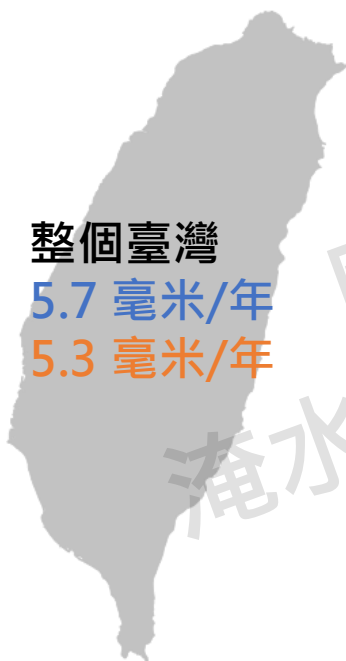


臺灣海平面上升速率推估 (2017版科學報告)

▶ 臺灣海平面上升速率推估

(僅列出三筆年份最近之研究結果，其他請參閱2017科學報告表10.5)

潮位站資料
衛星測高儀資料



(Tseng et al., 2010)

西部(北至南)(2002年至2009年)

24.4 毫米/年
11.3 毫米/年
7.28 毫米/年

東部(北至南)

16.0 毫米/年
-0.1 毫米/年

(莊文傑等人，2014)

北部

2.0~3.1 毫米/年

整個臺灣

4.4~5.2 毫米/年

南部

2.3~3.4 毫米/年

(郭重言等人，2015)

臺灣未來海平面上升推估量值

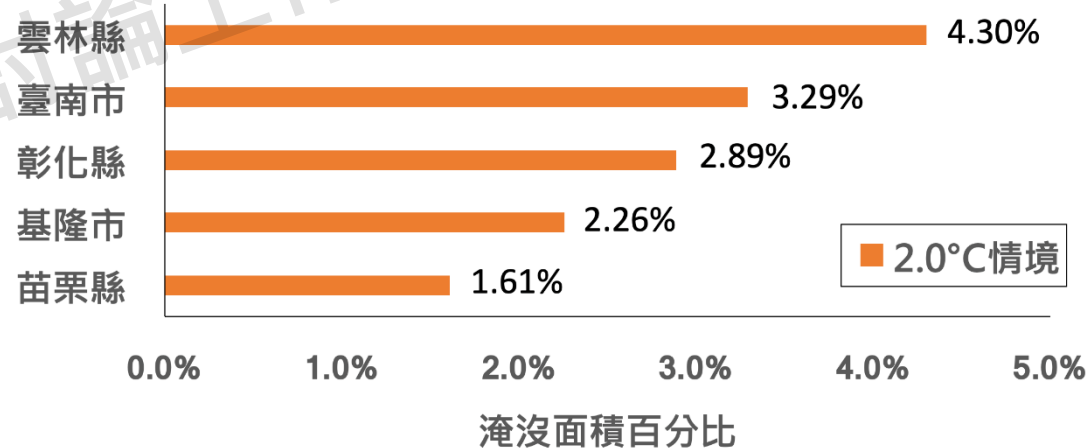
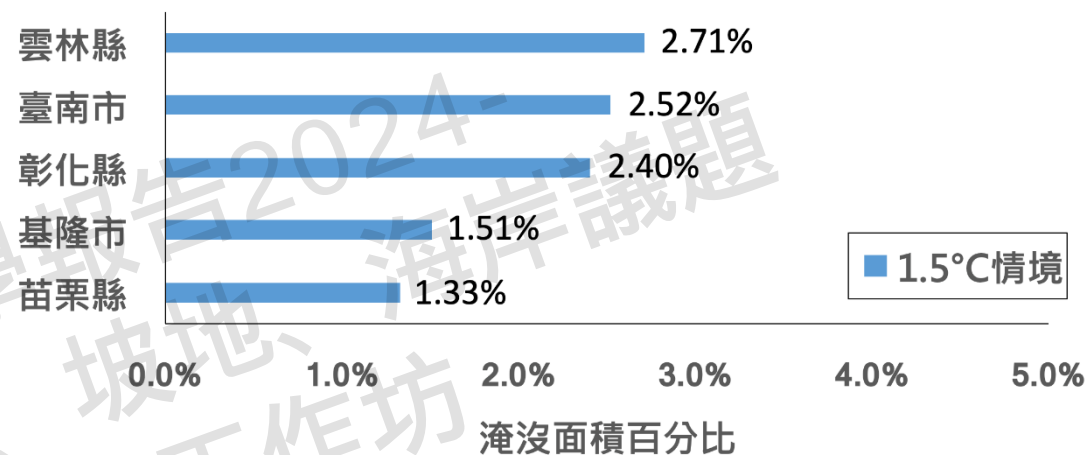
- ▶ 使用NASA海平面推估工具Sea Level Projection Tool (SLPT，資料來源為IPCC第六次評估報告 (AR6)不同情境下之海平面上升預測數據)，SLPT可藉由視覺化，讓使用者簡易且快速的下載AR6中的海平面推估資料
- ▶ 透過AR6的資料，預估臺灣於全球暖化程度**1.5°C**與**2°C**，未來海平面上升量值分別為**20cm**和**34.5cm**

國家調適應用情境

全球暖化程度	對應期間
1.5°C	2021-2040
2°C	2041-2060

海平面上升溢淹衝擊

- ▶ 相較於AR6全球暖化程度1.5°C情境，升溫2.0°C情境下，沿海各縣市因海平面上升所造成的溢淹範圍均有增加
- ▶ 推估結果顯示，升溫1.5°C及2.0°C情境，皆以雲林縣、臺南市及彰化縣溢淹範圍佔各自縣市面積的百分比最高



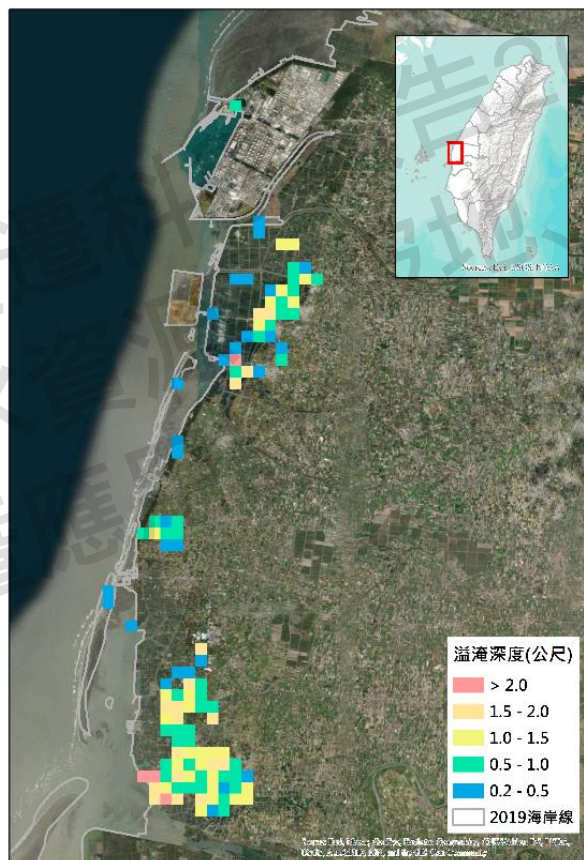
本圖依據《科學報告》表4.3.2.1 繪製

(簡報僅列出個別情境前五縣市，其餘縣市資料，請參閱科學報告)

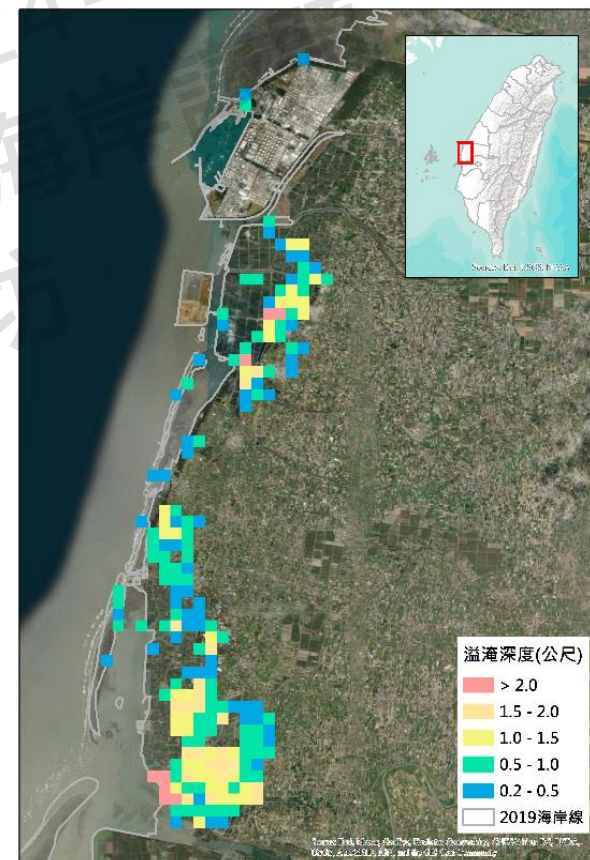
海平面上升溢淹衝擊

- ▶ 以雲林縣為例，AR6全球暖化程度**1.5°C**之海平面上升情境(**20cm**)所造成的淹沒範圍占比該縣面積百分比為**2.71%**，**2.0°C**情境(**34.5cm**)增加至**4.30%**

全球暖化程度**1.5°C**



全球暖化程度**2.0°C**



(資料來源：TCCIP計畫，2023)

海平面上升溢淹衝擊-海潮溢淹加劇

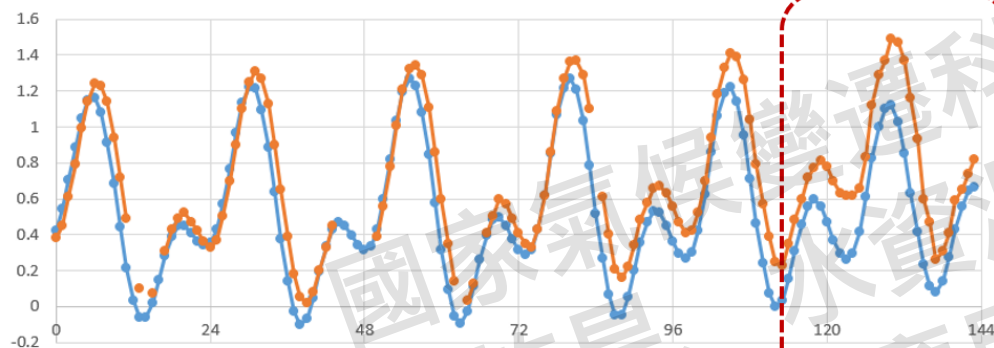
2023年8月3日至5日、8月31日至9月3日，由於當時為滿月+近地點，引發異常高的天文潮，臺灣西南海岸各縣市，發生嚴重的海潮溢淹事件



海平面上升溢淹衝擊-海潮溢淹加劇

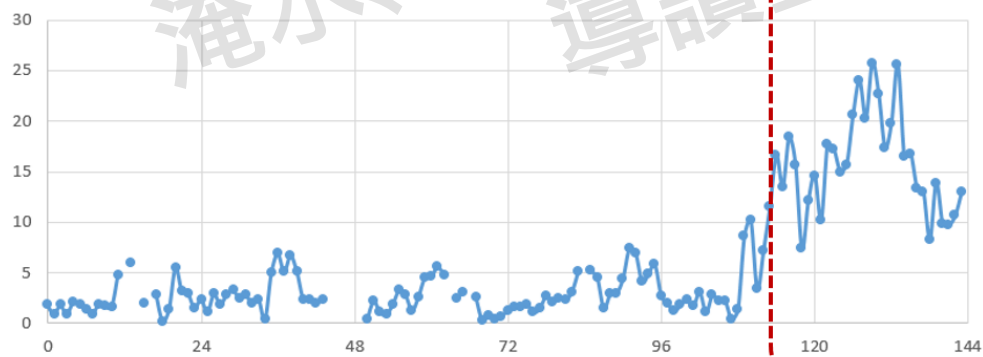
2024年7月20日至24日為臺南、高雄、屏東年度大潮期間，三個縣市的沿海行政區都有發生海潮溢淹事件

2024-07-20至07-25預報(藍)及觀測(橘)潮位



預報最高潮位07-23 08:35 1.268公尺; 實際最高潮位07-25 10:00 1.49公尺

2024-07-20至07-25觀測風速



海平面上升溢淹衝擊-海潮溢淹加劇



年度大潮影響 高雄旗津清晨一度積水達15公分

2024/7/22 12:23 (7/22 12:56 更新)



受天文大潮影響，高雄市旗津部分低窪地區22日清晨7時許陸續出現積水，但潮位下降後即消退。（高雄水利局提供）中央社記者蔡孟好傳真 113年7月22日

海平面上升溢淹衝擊-碼頭越浪成常態

海平面上升 + 天文大潮 白沙北碼頭越浪成常態

2024-10-20



海平面上升加上天文大潮，白沙北碼頭滿潮越浪將成為常態。(圖/文：陳鵬雄)

近日適逢天文大潮，北竿白沙碼頭在上午滿潮時出現越浪現象，繫纜碼頭的船隻都要爬上岸了，漁民說海平面上升，未來這種情況在秋天即使**沒有颱風也會產生越浪**。

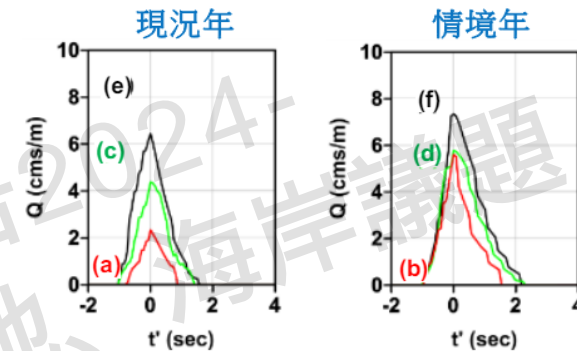
馬祖各島早期興建的碼頭並未將**地球暖化造成海平面上升納入規劃考量**，因此只要在夏秋季碰到天文大潮或是颱風來臨時，碼頭就會出現越浪現象。前兩天風平浪靜，但因逢天文大潮，白沙北碼頭在上午滿潮時段**整個碼頭被水淹掉**，好在此時沒有颱風來襲，若颱風加上天文大潮，恐對碼頭港區造成嚴重損傷。

地球暖化造成海平面上升已是**無法阻擋的趨勢**，馬祖各島的港埠建設也在調整因應，近年來推動的碼頭及防波堤等設施均有加高的規劃，但較早期的碼頭尚待後續改善加高。

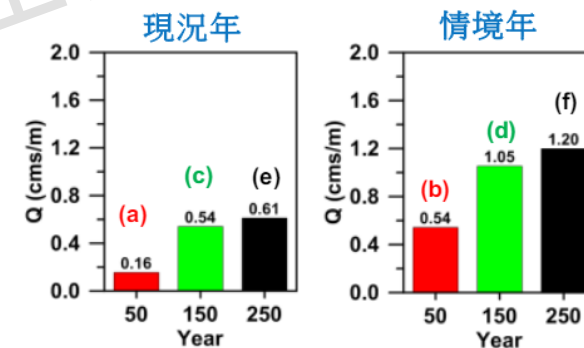
馬祖日報2024-10-20

颱風波浪越堤量及最大暴潮水位評估 (2017版科學報告)

- ▶ 以參數化的袁金渦動模式(RVM)所模擬的颱風風場驅動暴潮數值模式，推算未來2020-2039年，當侵襲臺灣之颱風強度增強時，**颱風波浪的越堤量及最大暴潮水位**，均呈現增加的趨勢
- ▶ 報告內容引用水利署委託計畫，論述可根據實地勘查各縣市之海岸與海堤現況提出**臺灣海岸溢淹潛勢**



現況年及情境年對應不同重現期之**瞬時越波量**

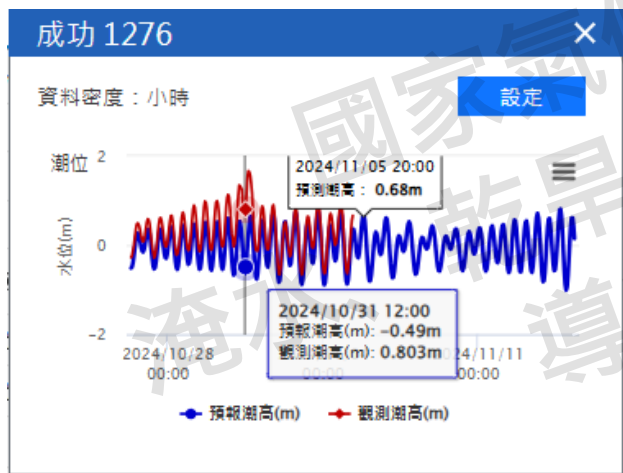


現況年及情境年對應不同重現期之**平均越波量**

(2010, 2011, 2012, 2013 · 經濟部水利署)

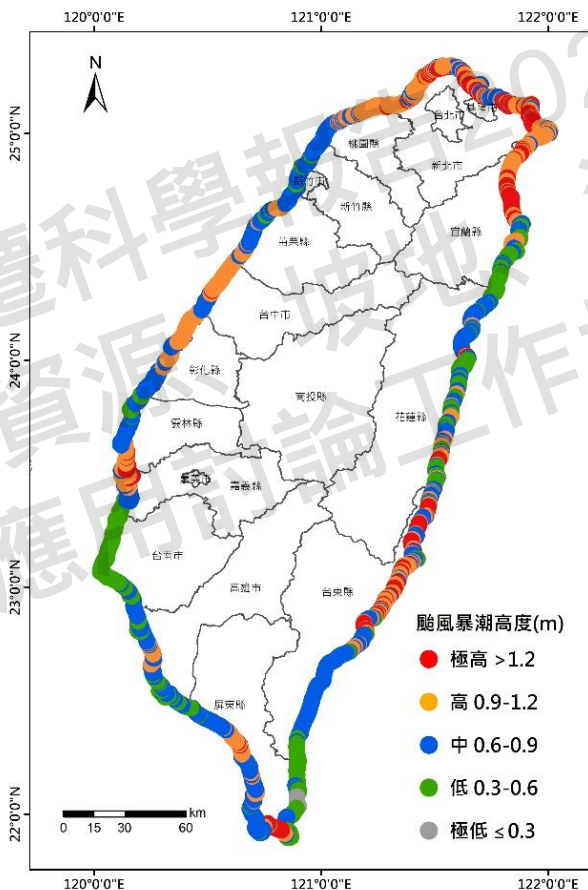
氣候變遷下颱風暴潮衝擊-全臺尺度

- ▶ 依據氣候變遷情境(AR5 RCP8.5)，世紀末臺灣面臨颱風暴潮偏差高度大於**1.2公尺**(極高)之海岸線長度將比現況增加**12.5%**
(資料來源：TCCIP計畫，2020)

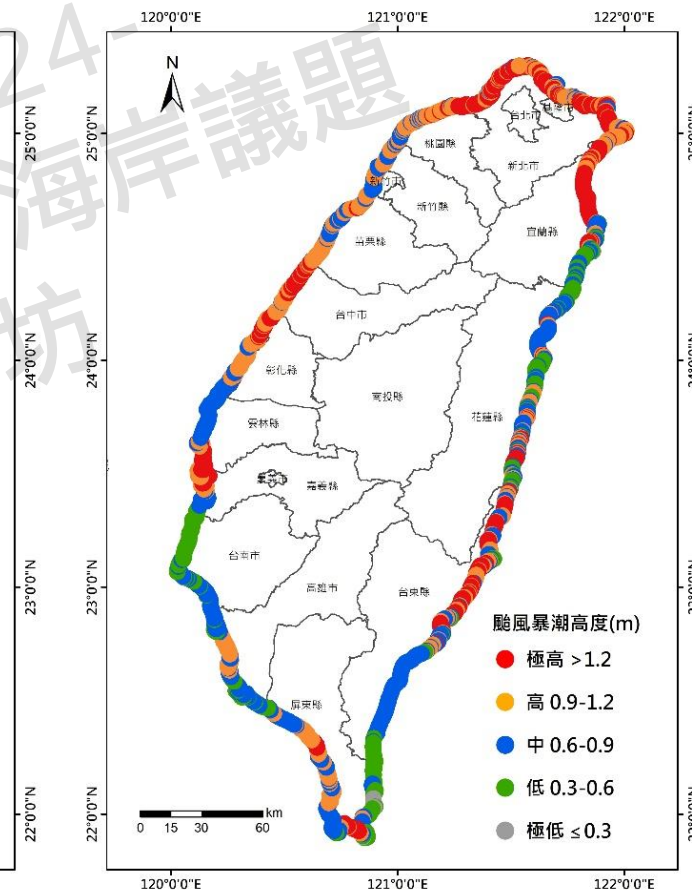


- ▶ 以2024年康芮颱風為例，臺東成功潮位站測得暴潮偏差將近**1.3公尺**

現況(1978-2017)



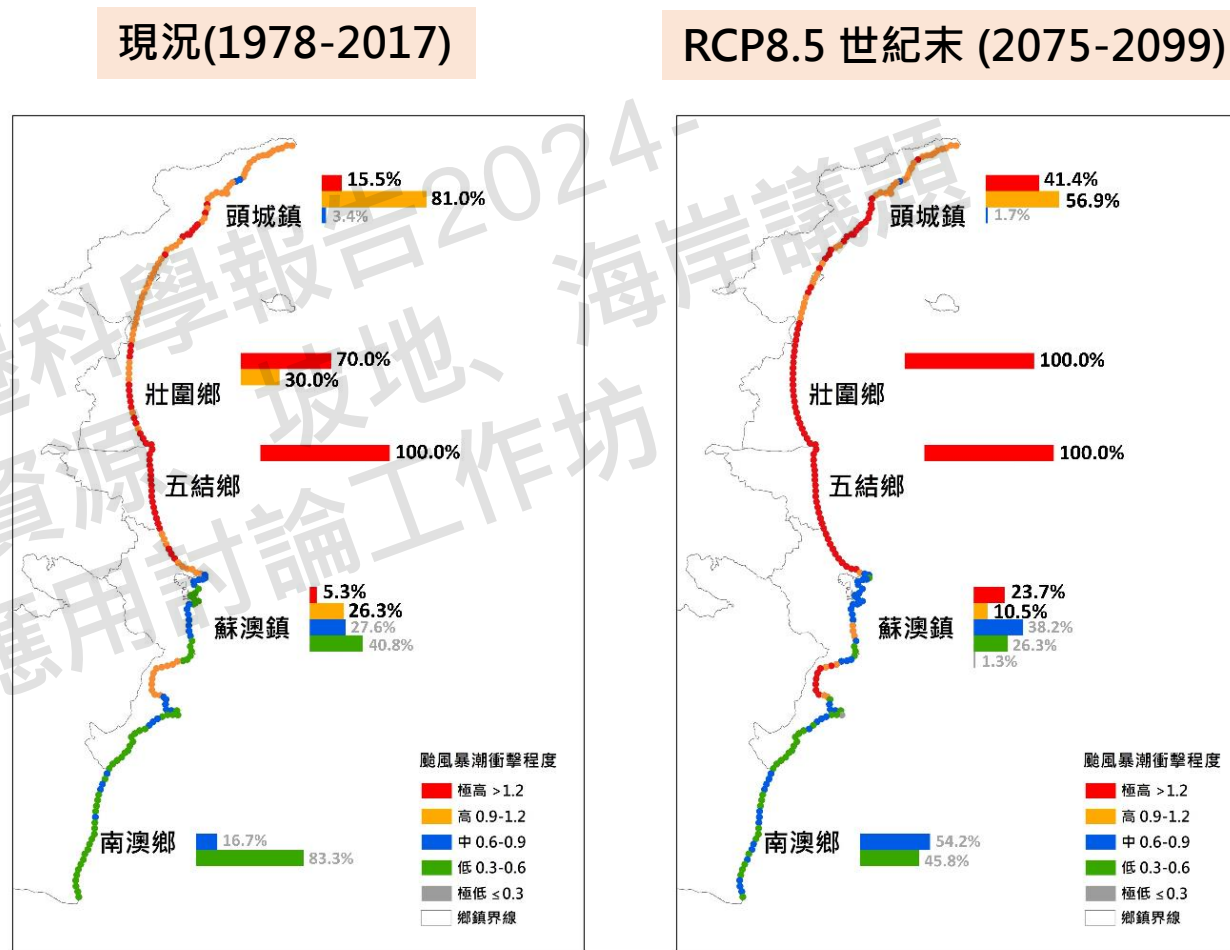
RCP8.5 世紀末 (2075-2099)



科學報告 圖4.3.3.3

氣候變遷下颱風暴潮衝擊-縣市尺度

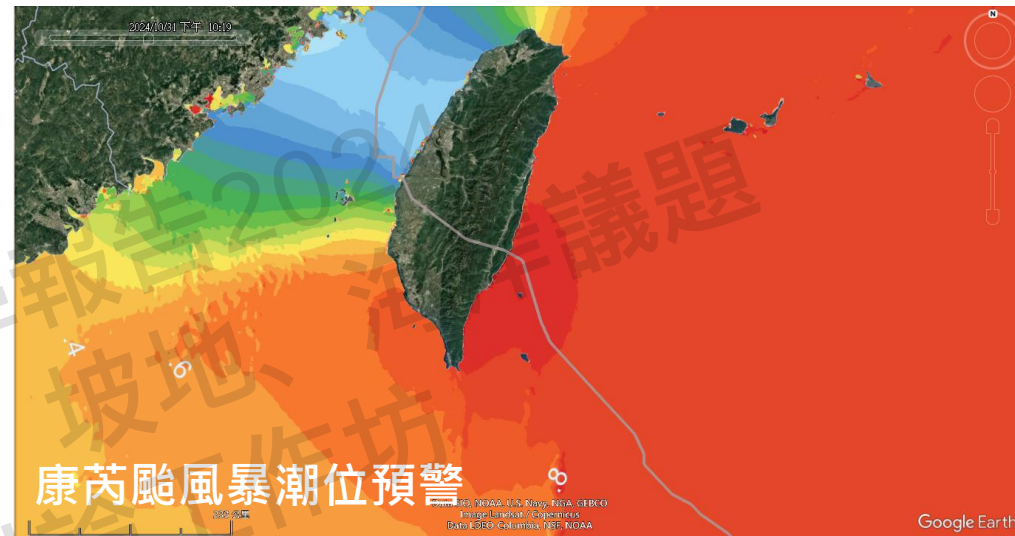
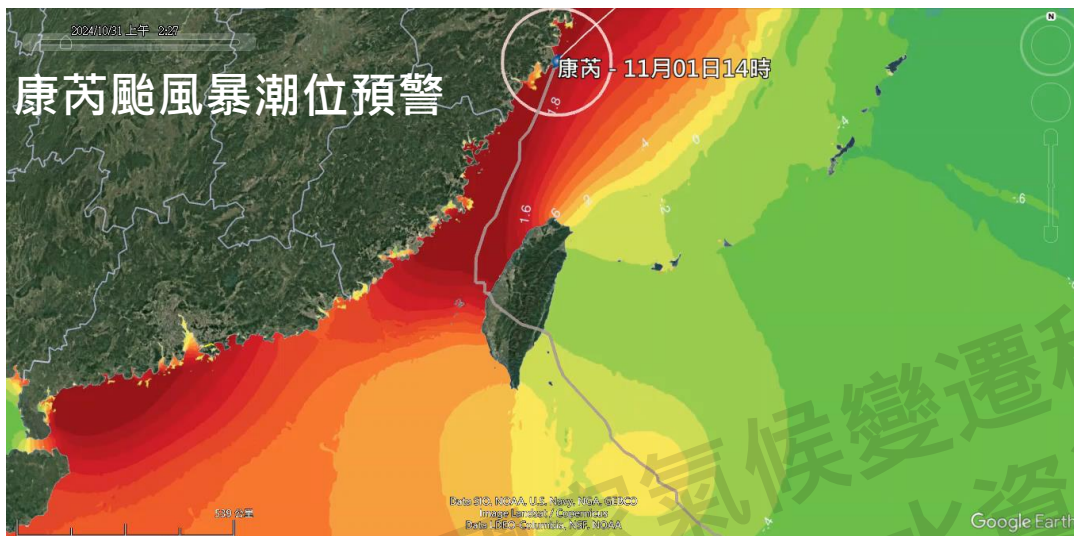
- ▶ 在RCP8.5世紀末情境下，各縣市臨海行政區颱風暴潮偏差量所帶來的**衝擊程度**普遍較現況**嚴重**
- ▶ 以宜蘭縣為例，颱風暴潮衝擊在現況或RCP8.5世紀末情境下，除南澳鄉以外，全部臨海鄉鎮皆處於高颱風暴潮衝擊，然而未來整體衝擊又普遍較現況為高，**尤以頭城鎮、壯圍鄉、蘇澳鎮增加幅度最為顯著**



(資料來源：TCCIP計畫，2020)

科學報告 圖4.3.3.5

康芮颱風暴潮衝擊



PTS 是台灣的公共廣播媒體

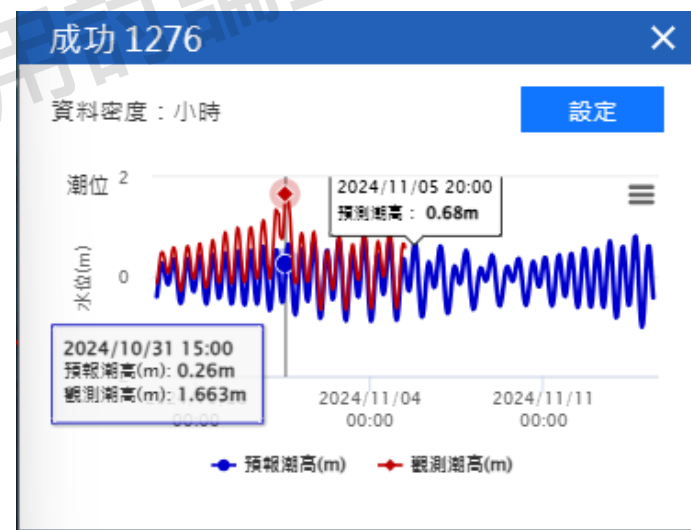
19:01:15

成功漁港
富岡漁港

海潮暴漲漁船沉沒

晚間新聞
PTS EVENING NEWS

成功漁港滿潮又大浪 6漁船互撞沉沒

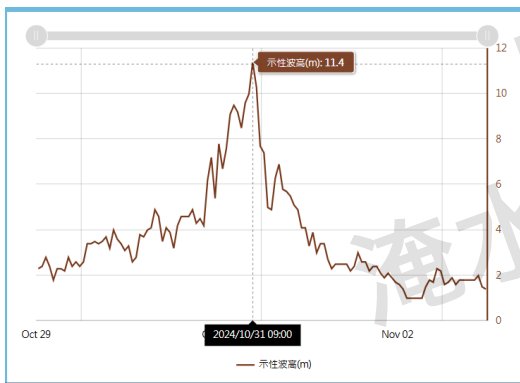


➤ 以2024年康芮颱風為例，臺東成功潮位站測得暴潮位(暴潮偏差加上天文潮)將近 **1.7公尺**

氣候變遷下颱風風浪衝擊

- ▶ 依據氣候變遷情境(AR5 RCP8.5)，世紀末臺灣面臨颱風風浪高度大於**12公尺(極高)**之海岸線長度將比現況**增加3.6%**
(資料來源：TCCIP計畫，2020)

臺東浮標

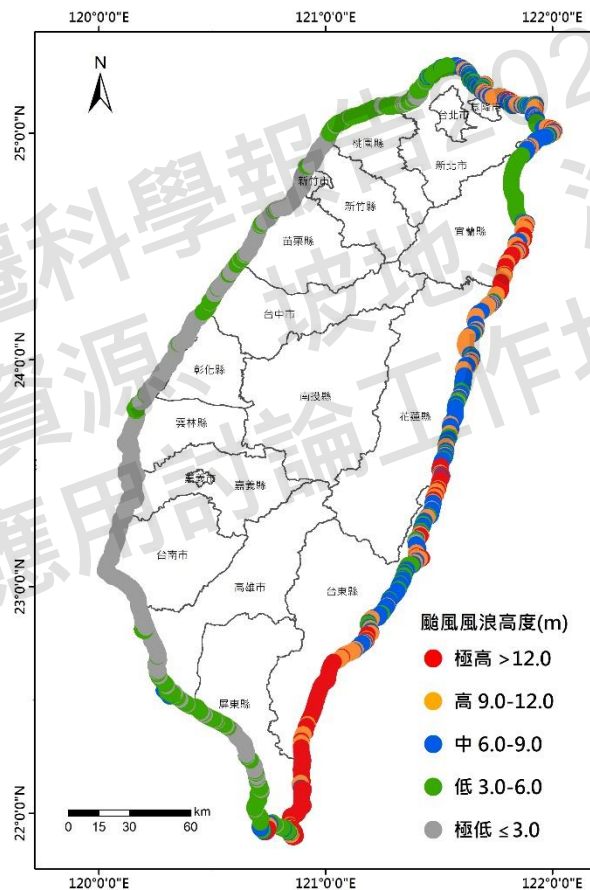


蘇澳浮標

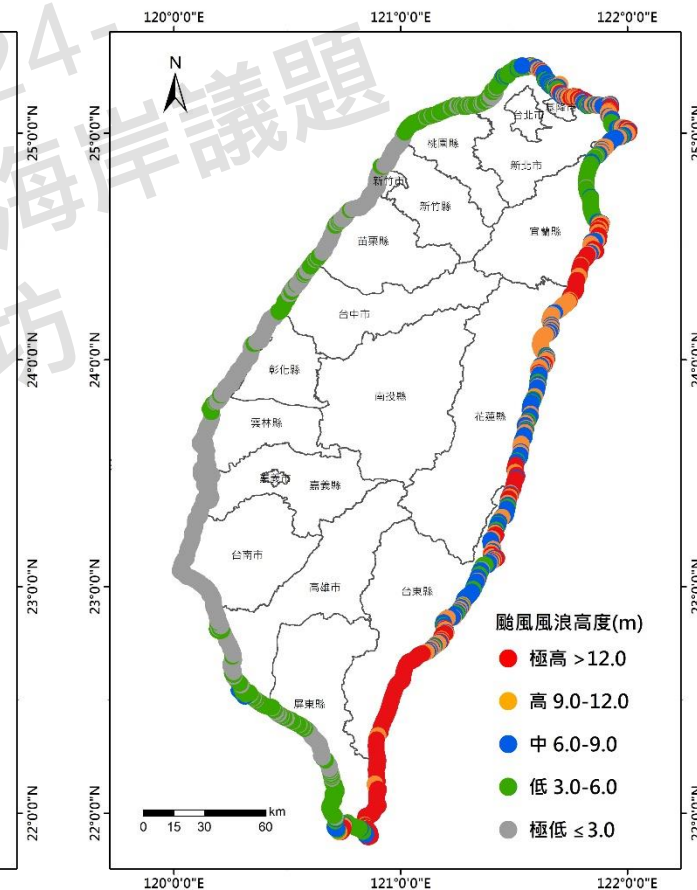


- ▶ 以2024年康芮颱風為例，臺東浮標測得波高**11.4公尺**，蘇澳浮標測得波高**10.5公尺**

現況(1978-2017)



RCP8.5 世紀末 (2075-2099)

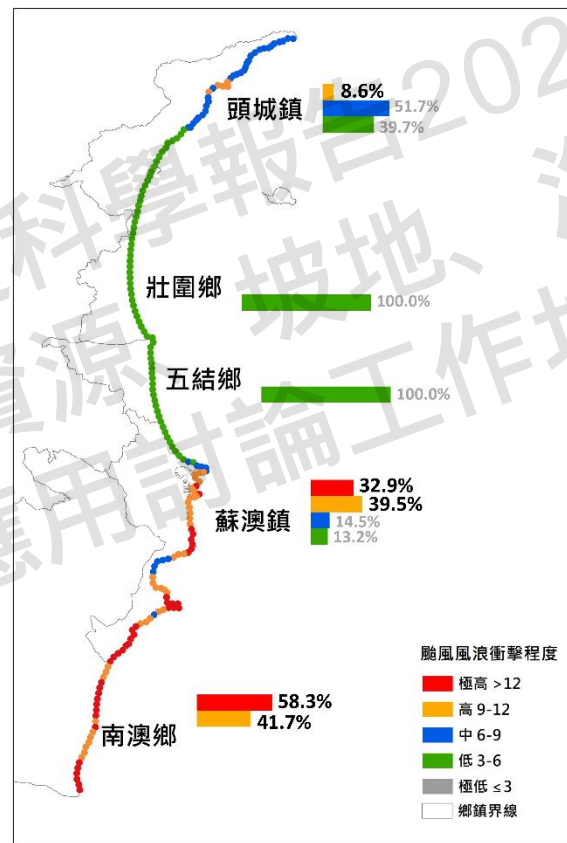


科學報告 圖4.3.3.4

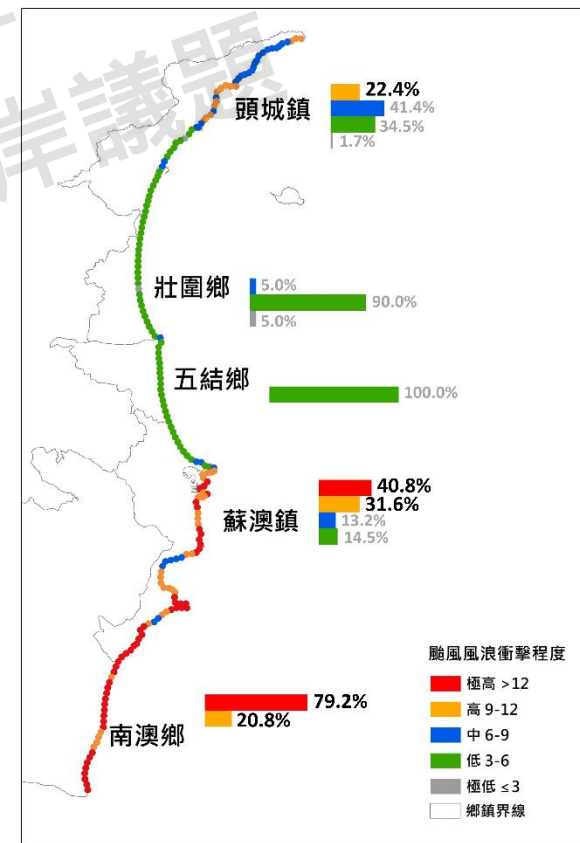
氣候變遷下颱風風浪衝擊

- ▶ 在RCP8.5世紀末情境下，各縣市臨海行政區颱風浪高**衝擊程度**普遍較現況**增加**
- ▶ 以宜蘭縣為例，颱風風浪衝擊在現況或RCP8.5世紀末情境下，皆以蘇澳鎮與南澳鄉為高，且未來整體衝擊普遍較現況為高，尤以**頭城鎮、蘇澳鎮、南澳鄉**增加幅度最為顯著

現況(1978-2017)



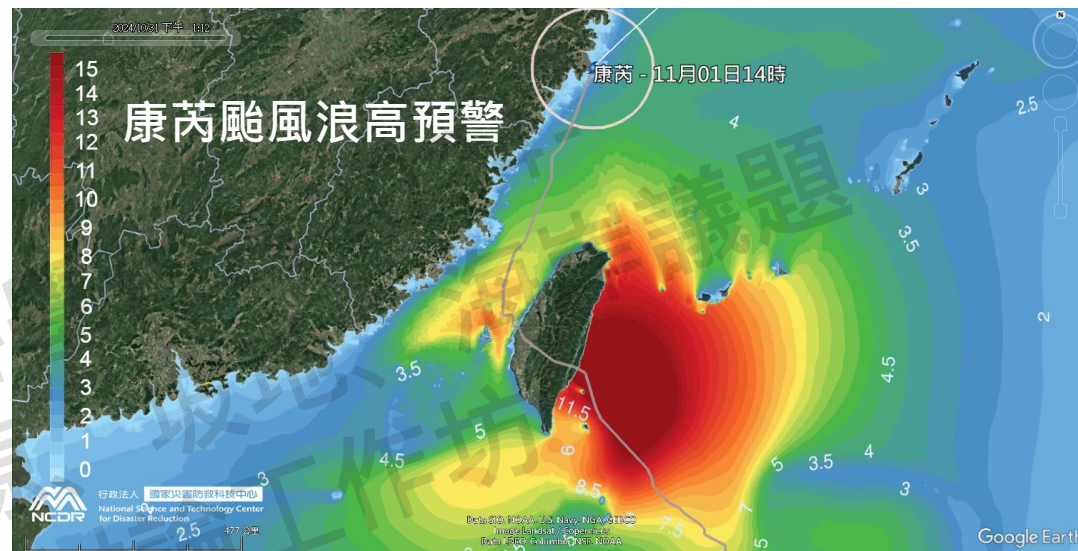
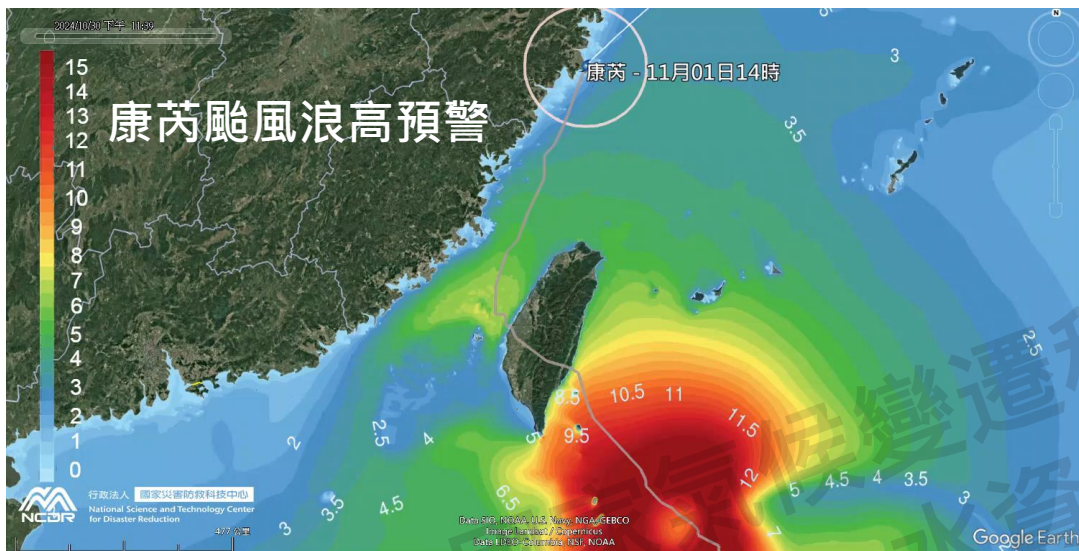
RCP8.5 世紀末 (2075-2099)



(資料來源：TCCIP計畫，2020)

科學報告 圖4.3.3.6

康芮颱風巨浪衝擊



➤ 2024年康芮颱風為，臺東浮標測得最大浪高為**11.4公尺**，宜蘭蘇澳為**10.5公尺**

調適與科研缺口

► 技術科研面

1. 因**精細的海岸水文地文資料取得困難**，且**觀測頻率及單點數據較難固定**，模式校驗有一定困難度，應持續開發模式與資料的精進技術，**提升推估資料準確度及應用合理性**
2. 為補足海岸衝擊分析於管理之應用性，需**強化海岸衝擊因子之不確定性研究**，包括**颱風路徑對暴潮與風浪衝擊之影響分析**、**海岸地形變遷研究**等
3. 因海岸領域由海洋、沿岸、城鄉等**多環境系統**組成，影響機制複雜且系統間交互作用可能呈現風險放大效果，需針對**複合風險或複合災害**之衝擊進一步進行探討(如海平面上升與強降雨淹水之研究)

調適與科研缺口

▶ 調適應應用面

1. 因海岸相關調適多涉及**生物多樣性**問題，在人為干預上需特別注意負面影響，建議可導入**海岸韌性管理制度**及**生態為本**之調適概念，同時探索**藍碳**（**紅樹林、海草床及鹽沼**等**三大典型海岸生態**）發展機會，可最大化調適的綜合效應
2. 因海平面上升等氣候變遷議題為新型態危害，可強化在不同衝擊下，海岸管理**責任歸屬**及**任務釐清**

資料應用的限制與使用注意事項

海平面上升溢淹衝擊

- ▶ 在SLPT分析中，僅以基隆與高雄兩個測站資料點的平均作為臺灣整體海平面上升量值，此量值為初步估計，存在不確定性，未來仍可使用更精確、高時空解析度海平面上升量，模擬臺灣海平面上升溢淹衝擊
- ▶ 海平面上升溢淹衝擊圖僅考慮長期影響的海平面上升增量與規律變化的天文潮汐，不包括短時且不確定性較高之暴潮偏差量
- ▶ 由於原始地形資料的限制，尺度小於1公尺的水工構造物，無法納入模擬考慮

資料應用的限制與使用注意事項

颱風暴潮與颱風風浪衝擊

- ▶ 因為以動力模式產生的現況及未來颱風，在路徑和強度變化上會有明顯的差異估，TCCIP所進行的颱風暴潮和颱風風浪模擬，係基於歷史颱風資料，並對其強度(風速)進行增強後所產製的推估成果，因此，無法完全涵蓋歷史事件以外的颱風路徑和強度情況，對於颱風暴潮和颱風風浪的分析結果仍然存有一定的不確定性
- ▶ 目前僅以推估之歷史最大暴潮偏差量進行衝擊分析，易出現不確定性，未來可考慮以整體機率分布方式，例如，重現期，可使衝擊分析更具備統計學理意義

分析圖資發展與精進



國家氣候變遷科學報告2024-
淹水、乾旱、水資源、坡地、海岸議題
導讀暨應用討論工作坊

摘要

衝擊資料新進展

海平面上升溢淹衝擊

- ▶ 依據**時間、空間**細緻化的海平面上升資料，進行新版的海平面上升溢淹衝擊模擬

實際應用案例

- ▶ 海岸地區保全對象衝擊評估
- ▶ 複合危害衝擊評估

颱風暴潮與颱風風浪衝擊

- ▶ 增加**離島**區域圖資
- ▶ 增加全球暖化程度**2°C**情境模擬
- ▶ 計算**不同暖化程度**情境下，颱風風浪與颱風暴潮偏差重現期及重現期改變率

實際應用案例

- ▶ 海岸地區保全對象衝擊評估
- ▶ 提供模擬邊界資料

海平面上升溢淹衝擊圖應用-未來海潮溢淹發生天數評估

- ▶ 應用不同海平面上升情境，分析各海岸地區未來每年可能發生不同等級海潮溢淹的天數(Hsiao et al., 2024)

- ▶ 根據美國NOAA的定義，海潮溢淹可分為三個等級：

- ▶ 輕度(Minor)：潮位超過當地平均高潮位

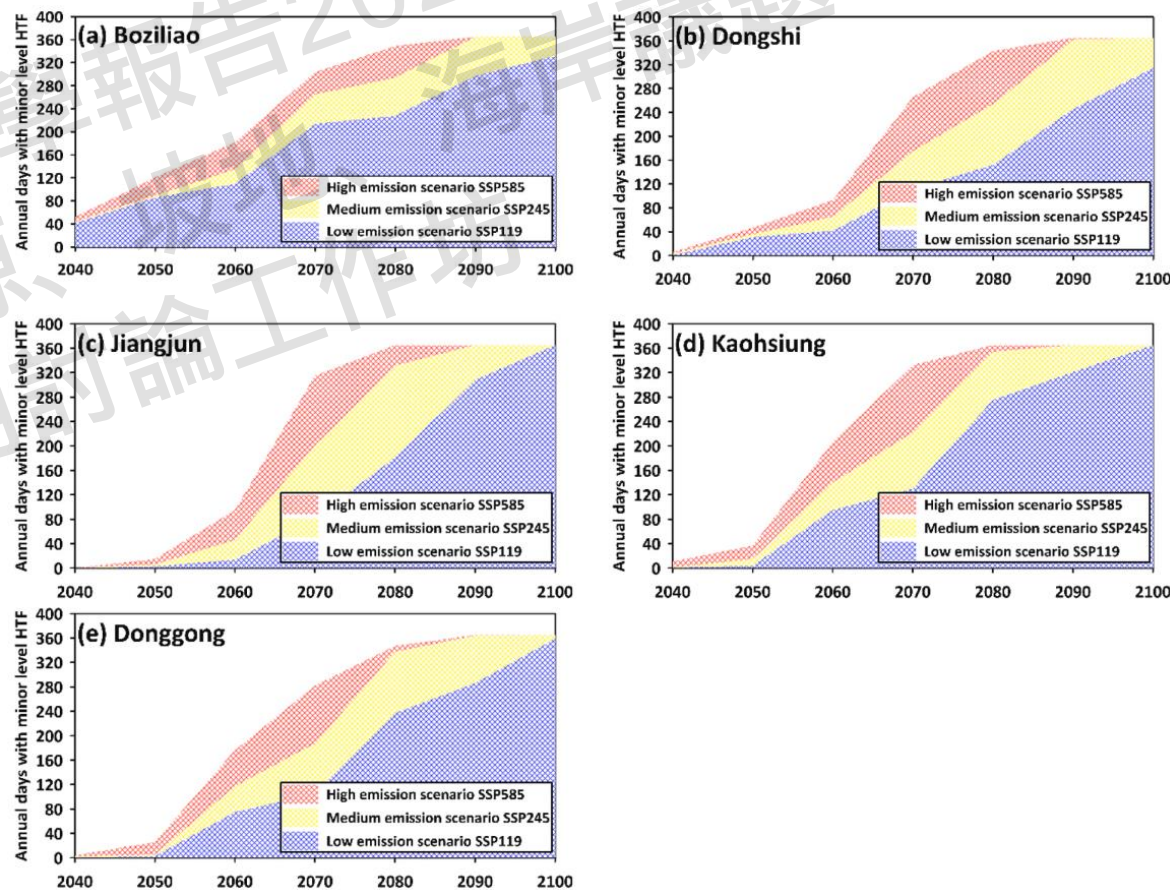
0.55公尺

- ▶ 中度(Moderate)：潮位超過當地平均高潮位

0.85公尺

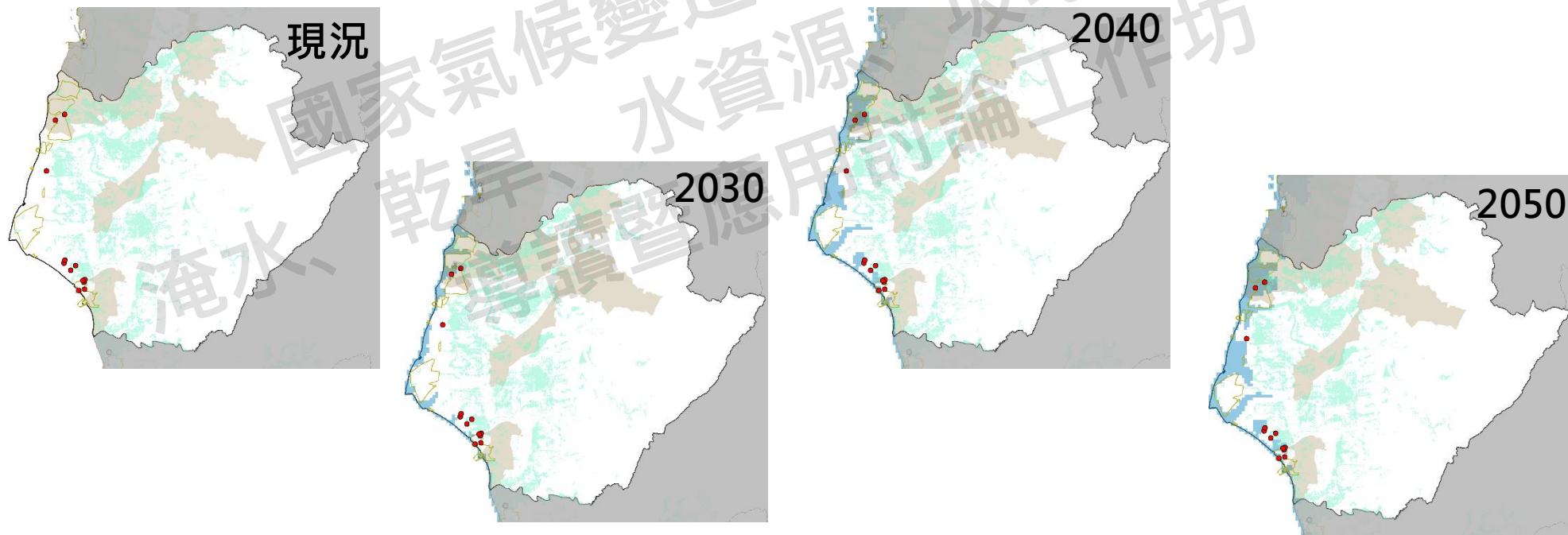
- ▶ 嚴重(Major)：潮位超過當地平均高潮位

1.2公尺



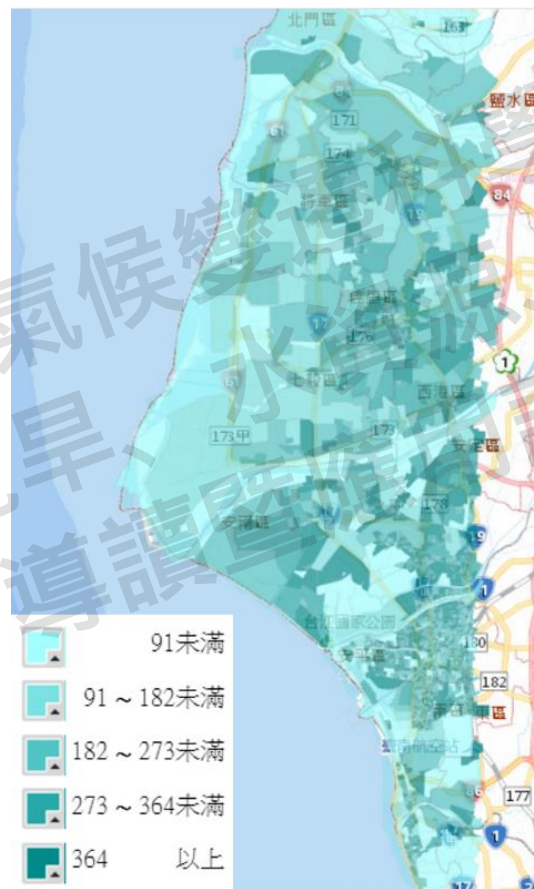
海平面上升溢淹衝擊圖應用-不同保全對象衝擊評估

- ▶ 應用海平面上升溢淹衝擊模擬結果，套疊現況的**環境及社會經濟條件**(例如：聚落、道路、設施、產業、生態)，探討利害關係人所關注之**保全對象**可能受影響的程度與範圍
- ▶ 以臺南市**文化古蹟**受海平面上升溢淹衝擊為例(Su et al., 2024)：

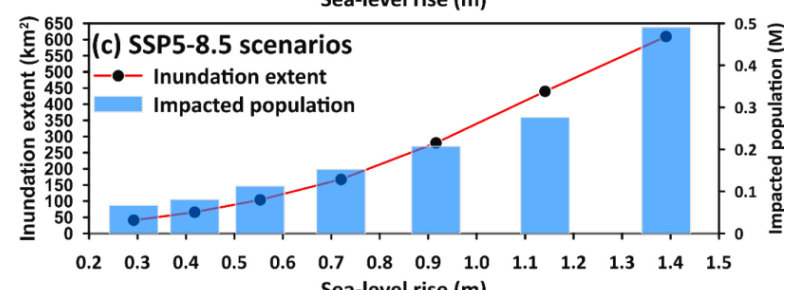
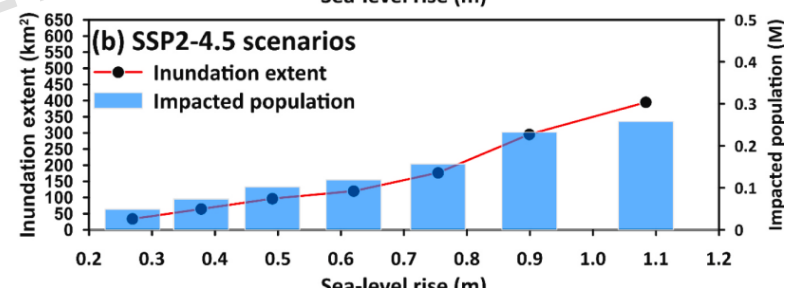
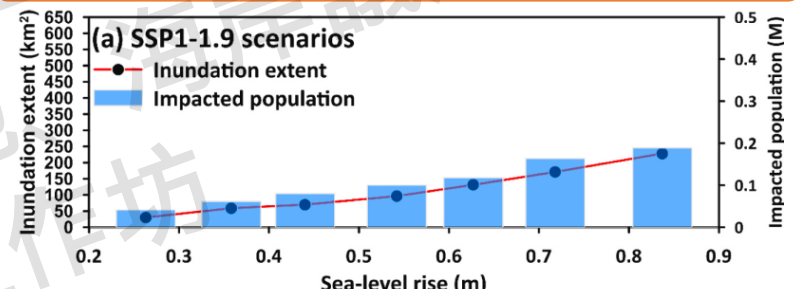


海平面上升溢淹衝擊圖應用-保全對象衝擊評估

- 藉由海平面上升衝擊溢淹範圍，套疊**最小統計區人口資料**，計算不同海平面上升情境可能**受影響的人口數量** (Hsiao et al., 2024)



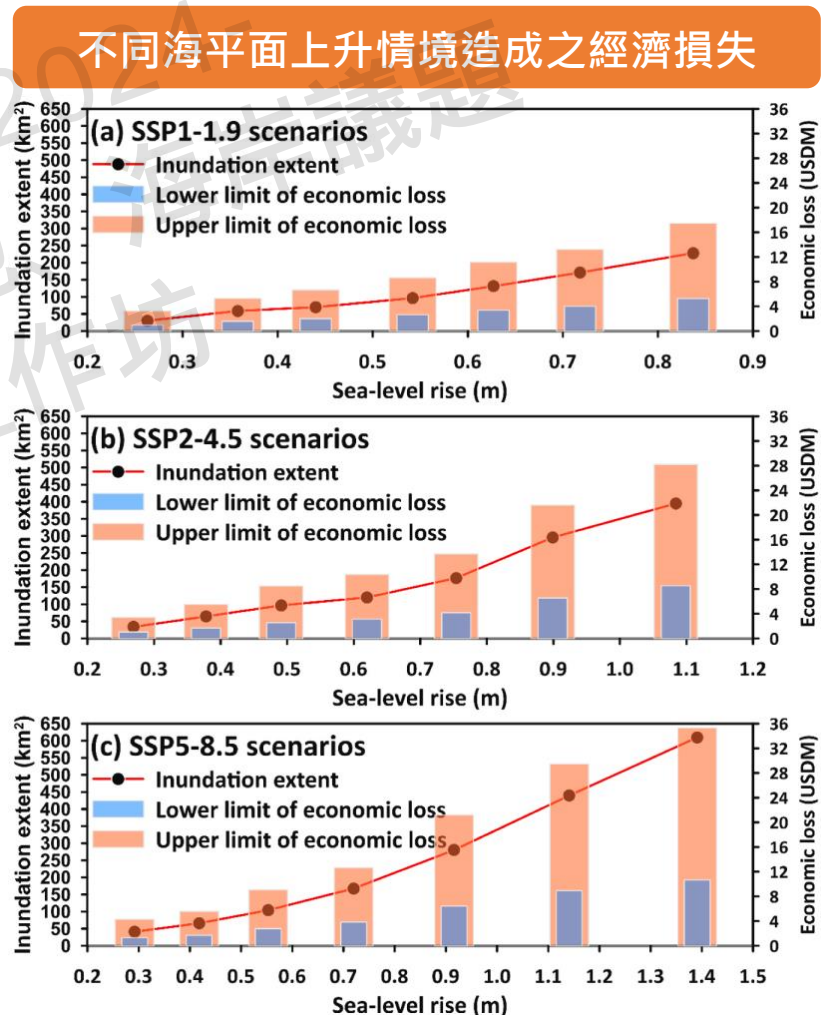
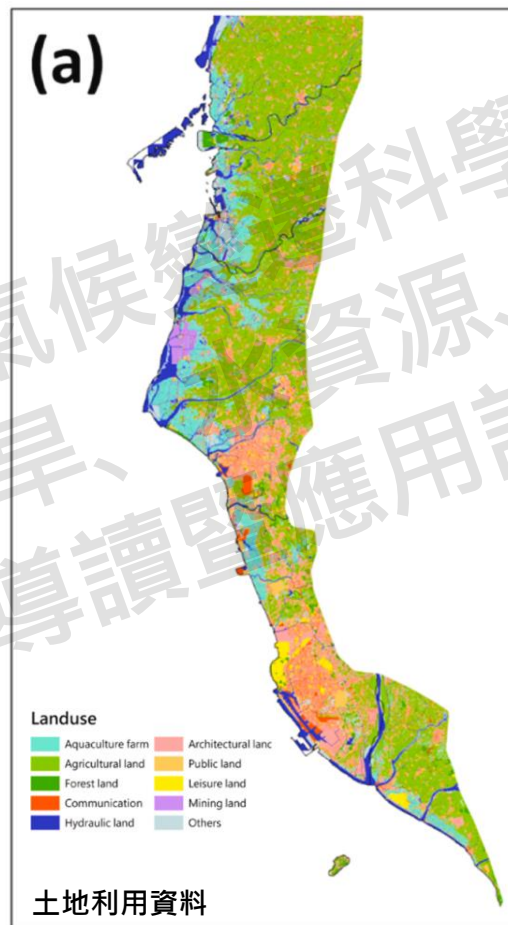
不同海平面上升情境造成之影響人口



人口分布資料：2022-06 內政部發布之最小統計區人口

海平面上升溢淹衝擊圖應用-溢淹地區經損評估

- 藉由海平面上升衝擊溢淹範圍，套疊**土地利用資料**，計算不同海平面上升情境可能造成的**經濟損失**(Hsiao et al., 2024)



離島區域颱風暴潮與風浪衝擊

- ▶ 臺灣本島區域沿海縣市，現況與RCP8.5世紀末情境下之**颱風暴潮偏差量與颱風波高**衝擊已模擬完成
- ▶ 因應離島地區資料的需求，增加同情境下的**六個離島地區(澎湖、金門、馬祖、綠島、蘭嶼、小琉球)**，模擬並產製**颱風暴潮與颱風風浪的衝擊圖資**

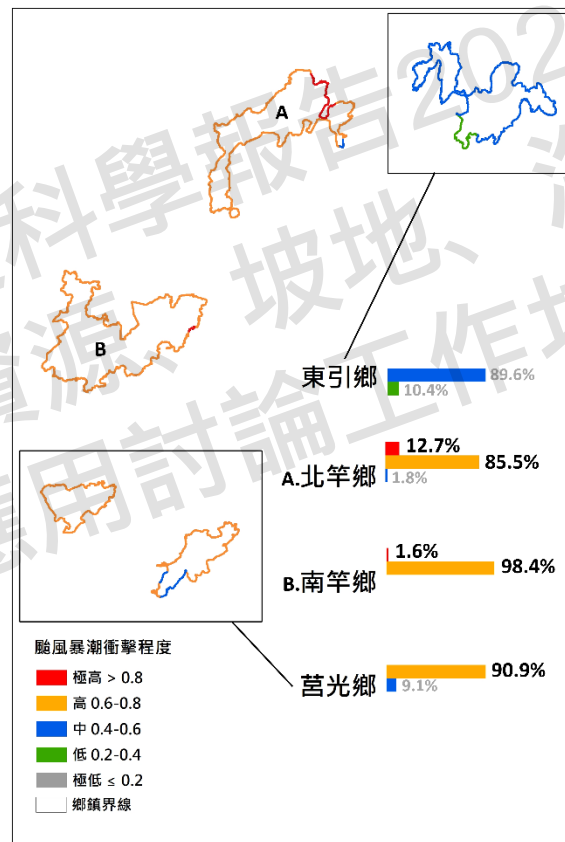
國家氣候變遷科學中心 海峽議題
淹水、乾旱、水資源管理、水質管理、水環境管理、水資源應用討論工作坊
導讀暨應用討論工作坊

離島區域颱風暴潮衝擊

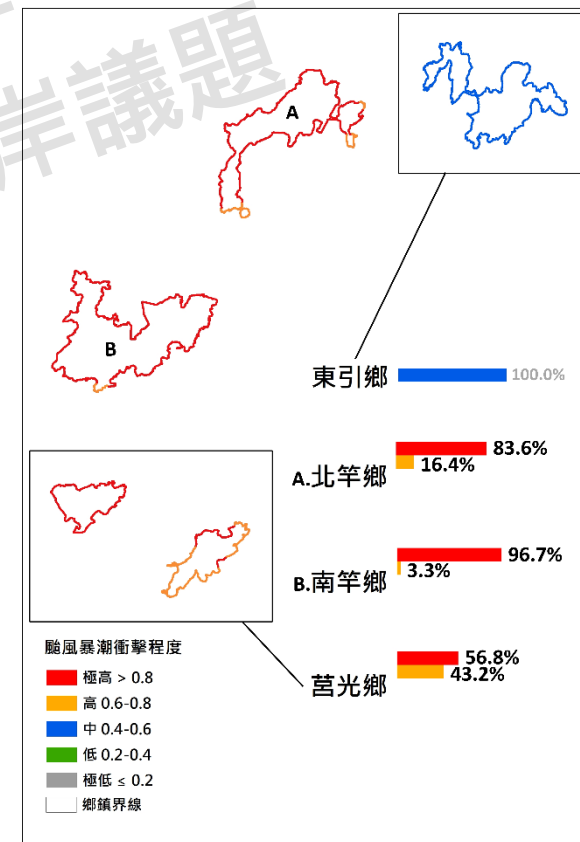
- ▶ 因離島區域與臺灣本島的暴潮特性差異，調整五個分級級距
- ▶ 以連江縣為例，在現況以及未來情境下，連江縣的颱風暴潮偏差衝擊，皆以北竿鄉、南竿鄉以及莒光鄉為高
- ▶ 整體未來衝擊普遍較現況高
- ▶ 北竿鄉、南竿鄉以及莒光鄉的暴潮偏差增幅明顯

(資料來源：TCCIP計畫，2024)

現況(1978-2017)



RCP8.5 世紀末 (2075-2099)

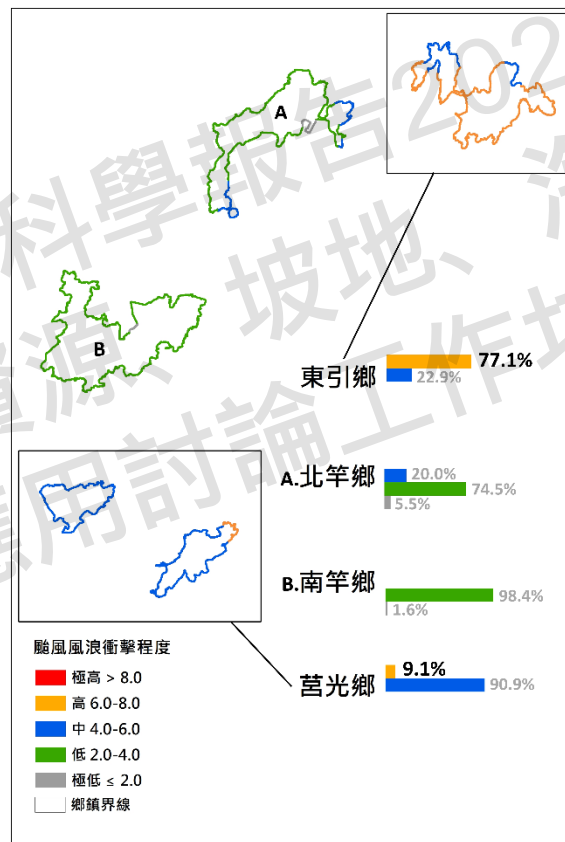


*五個分級級距為：極低，≤0.2公尺；低，0.2-0.4公尺；中，0.4-0.6公尺；高，0.6-0.8公尺；極高，>0.8公尺(分級數值皆含上限不含下限)

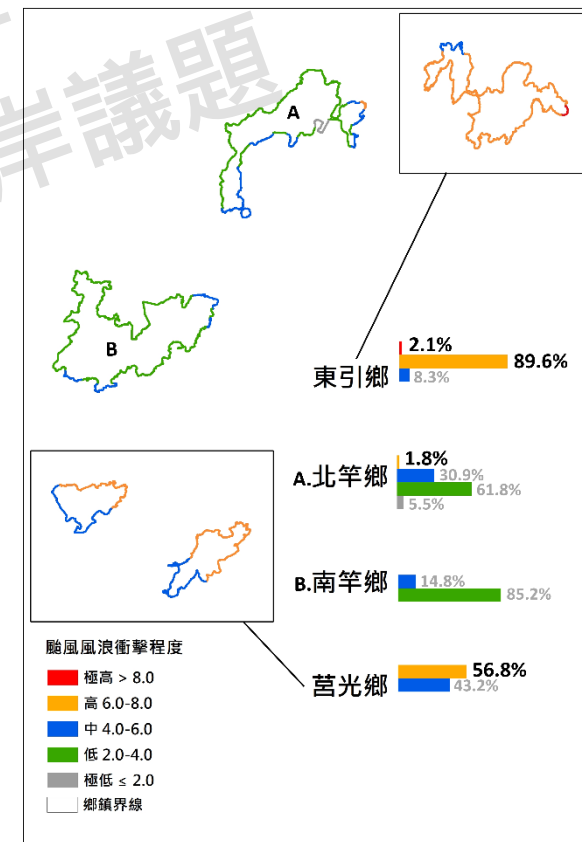
離島區域颱風風浪衝擊

- ▶ 因離島區域與臺灣本島的風浪特性差異，調整五個分級級距
- ▶ 以連江縣為例，在現況以及未來情境下，連江縣的颱風風浪衝擊，皆以東引鄉以及莒光鄉較高
- ▶ 整體未來衝擊普遍較現況高
- ▶ 莒光鄉的風浪增幅明顯，高衝擊程度增加47.7%，其他鄉鎮的風浪衝擊也有小幅度增加

現況(1978-2017)



RCP8.5 世紀末 (2075-2099)

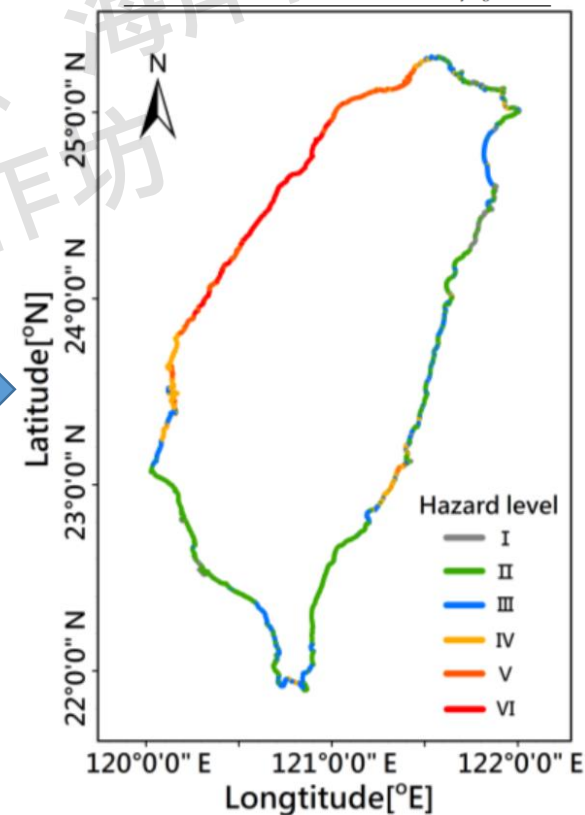
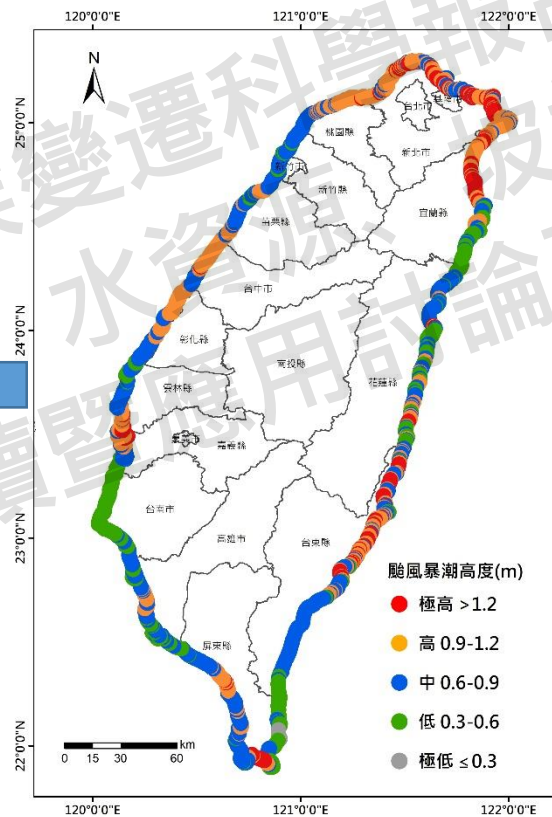
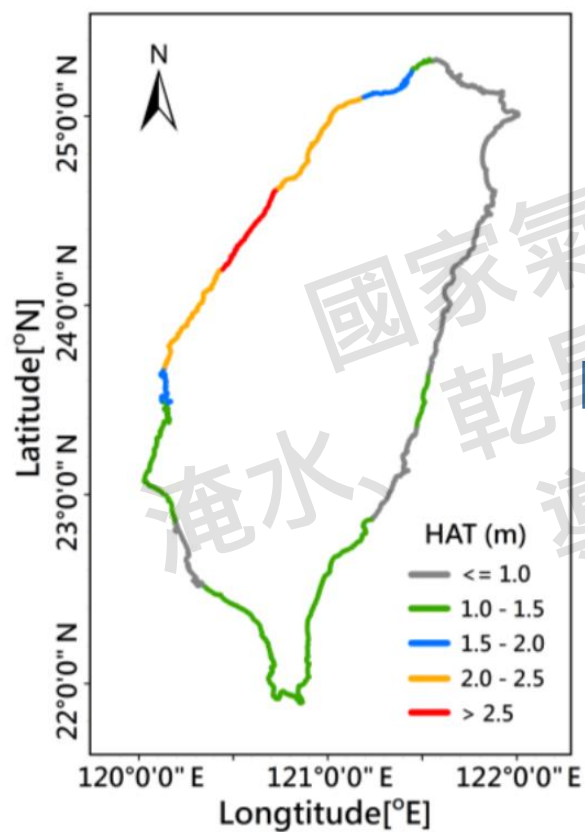


(資料來源：TCCIP計畫，2024)

*五個分級級距為：極低，≤2.0公尺；低，2.0-4.0公尺；中，4.0-6.0公尺；高，6.0-8.0公尺；極高，>8.0公尺(分級數值皆含上限不含下限)

颱風暴潮與風浪衝擊圖應用-暴潮位衝擊潛勢圖

▶ 結合颱風暴潮衝擊圖與全臺潮位站歷年統計最大天文潮資料，可評估**颱風暴潮位衝擊**程度(Yu et al., 2019)

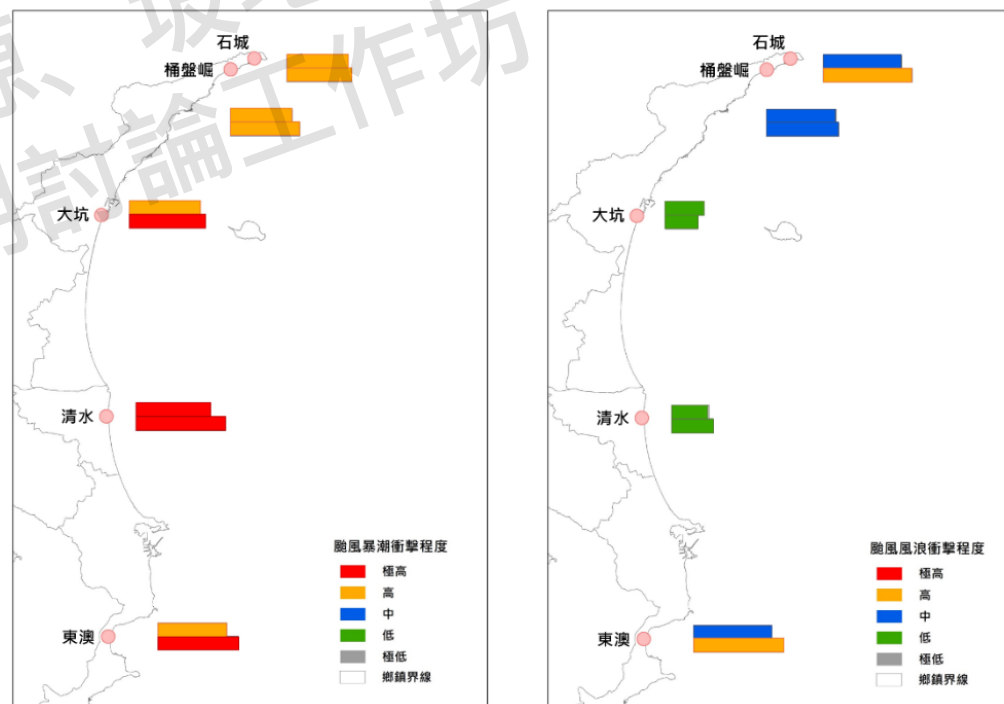


Hazard level	HST (m)	Description
I	<= 1.5	No hazard
II	[1.5-2.0)	Very low
III	[2.0-2.5)	Low
IV	[2.5-3.0)	Medium
V	[3.0-3.5)	High
VI	>3.5	Very high

颱風暴潮與風浪衝擊圖應用-保全對象衝擊評估

- ▶ 將颱風暴潮與風浪衝擊模擬結果，**結合聚落基礎資訊**，**篩選**出位於颱風風浪或颱風暴潮**高衝擊區域**的**海岸聚落**。例如，**地形高程較低**、**距海較近**、**人口較多**的聚落。符合前述條件的海岸聚落，在天然環境上已**相對較脆弱**，如果又落在高衝擊區域，**受災風險就會更高**
- ▶ 並可針對具高致災風險的沿海聚落**進行現地調查**，以獲取更實際的整體聚落致災風險評估
- ▶ 以宜蘭縣海岸聚落風險分析為例：

宜蘭縣沿海聚落 (以五個為例) 現況與未來衝擊圖，左圖為暴潮衝擊，右圖為風浪衝擊，每個地點上下長條圖分別為現況與未來(梁等, 2022)



颱風暴潮與風浪衝擊圖應用-保全對象衝擊評估

- 宜蘭縣沿海聚落 (以五個為例) 現況與未來衝擊程度如下表，可找出具**高致災風險**的沿海聚落**進一步評估**整體聚落致災風險

鄉鎮市	聚落名稱	聚落高程 (公尺)	距海遠近 (公尺)	戶數	現況暴潮 (公尺)	未來暴潮 (公尺)	現況風浪 (公尺)	未來風浪 (公尺)
頭城鎮	石城	5-37	56	30	高	高	中	高
頭城鎮	桶盤岬	0-26	10	25	高	高	中	中
頭城鎮	大坑	1-7	65	698	高	極高	低	低
五結鄉	清水	4-8	86	17	極高	極高	低	低
蘇澳鎮	東澳	9-16	177	28	高	極高	中	高

*暴潮與風浪衝擊有個別的分級標準，皆分為五個等級：極高、高、中、低、極低，分別於表格中以紅色、橘色、藍色、綠色、灰色表示。

(梁等, 2022)

謝謝聆聽 敬請指教

TCCIP 臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台
Taiwan Climate Change Projection Information and Adaptation Knowledge Platform

指導單位

 **NSTC** 國家科學及技術委員會
National Science and Technology Council

計畫辦公室

 **NCDR**

行政法人國家災害防救科技中心
National Science and Technology Center
for Disaster Reduction