



臺灣氣候變遷科學報告2024

第四章

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

2024.05.08



第四章科學重點



1



- ▶ 淹水發生機率增加
- ▶ 乾旱事件風險提高

2



- ▶ 山區坡地災害風險提高

3



- ▶ 海平面上升溢淹面積增加
- ▶ 颱風暴潮衝擊提高

4



- ▶ 暖化造成農漁畜產量整體趨勢下降

5



- ▶ 森林適生面積減少
- ▶ 海溫上升造成海域生物豐富度減少

6



- ▶ 都市熱島範圍增加
- ▶ 暖化將造成心血管與呼吸道風險增加

7



- ▶ 複合城鄉空間發展的氣候變遷調適

4.1 水議題



作者

淹水

- ▶ 石棟鑫 陽明交通大學土木工程學系
- ▶ 蕭逸華 國家災害防救科技中心

乾旱

- ▶ 游保杉 成功大學水利及海洋工程學系
- ▶ 楊道昌 成功大學水利及海洋工程學系
- ▶ 曾宏偉 成功大學水利及海洋工程學系

水資源

- ▶ 李明旭 中央大學水文與海洋科學研究所
- ▶ 劉子明 國家災害防救科技中心
- ▶ 林祺恒 國家災害防救科技中心

摘要



現況及變化趨勢

- 全臺年總降雨量變化不顯著；**少雨年**發生次數自1961年有開始**增加趨勢**

淹水

- 短延時強降雨的情形更趨頻繁，淹水發生機率**世紀中增1.2倍；世紀末增2.3倍**

乾旱

- 未來全臺枯水期之連續不降雨日數，**增幅從8.5%至16.9%**

水資源

- 歷經多起地震、風災等影響，全臺**95座水庫**平均淤積率**29.7% (8.7億m³)**
- 全球暖化程度2°C與4°C情境分析未來流量變化，**豐水期-2%至+31%，枯水期流量-13%至+3%**

地下水

- 氣候變遷情境下**桃園中壢台地及恆春平原**地下水補注不足的風險較高

降雨變化趨勢



降雨週期變化

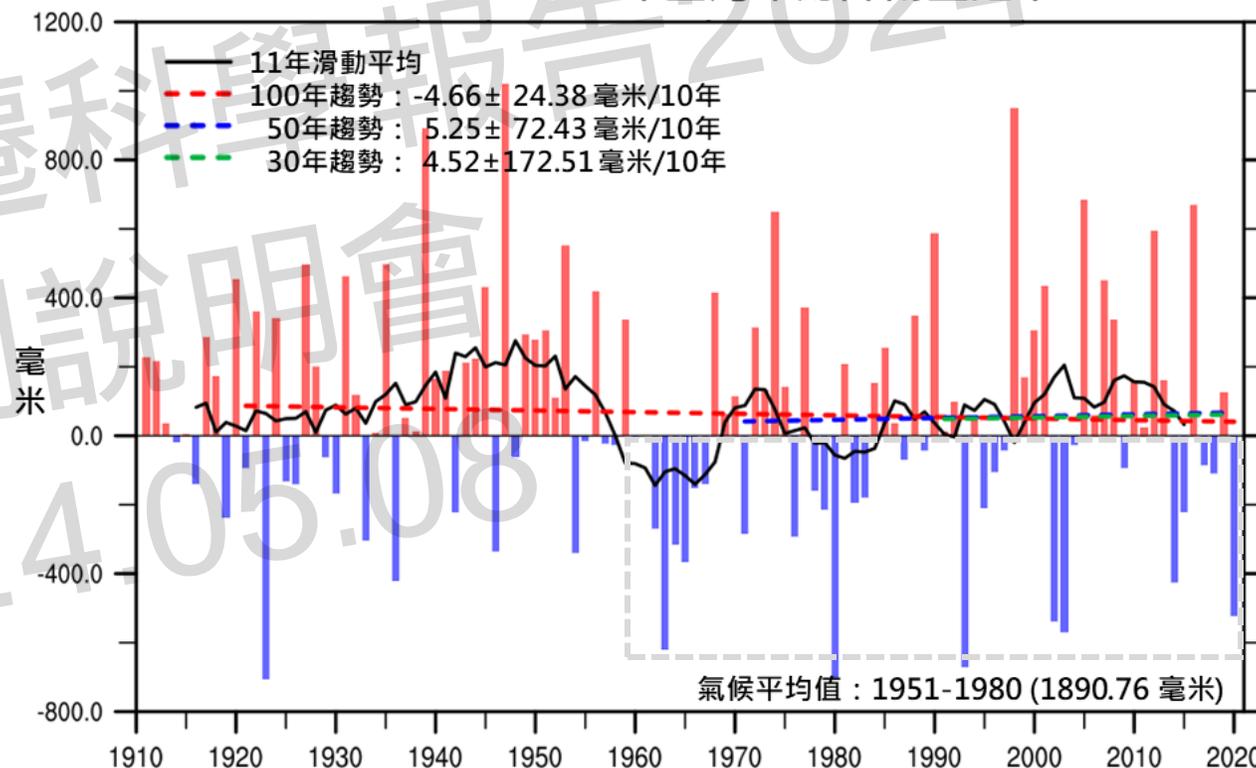
年總雨量

1910至2022年變化不顯著

少雨年發生次數

1961年後有增趨勢

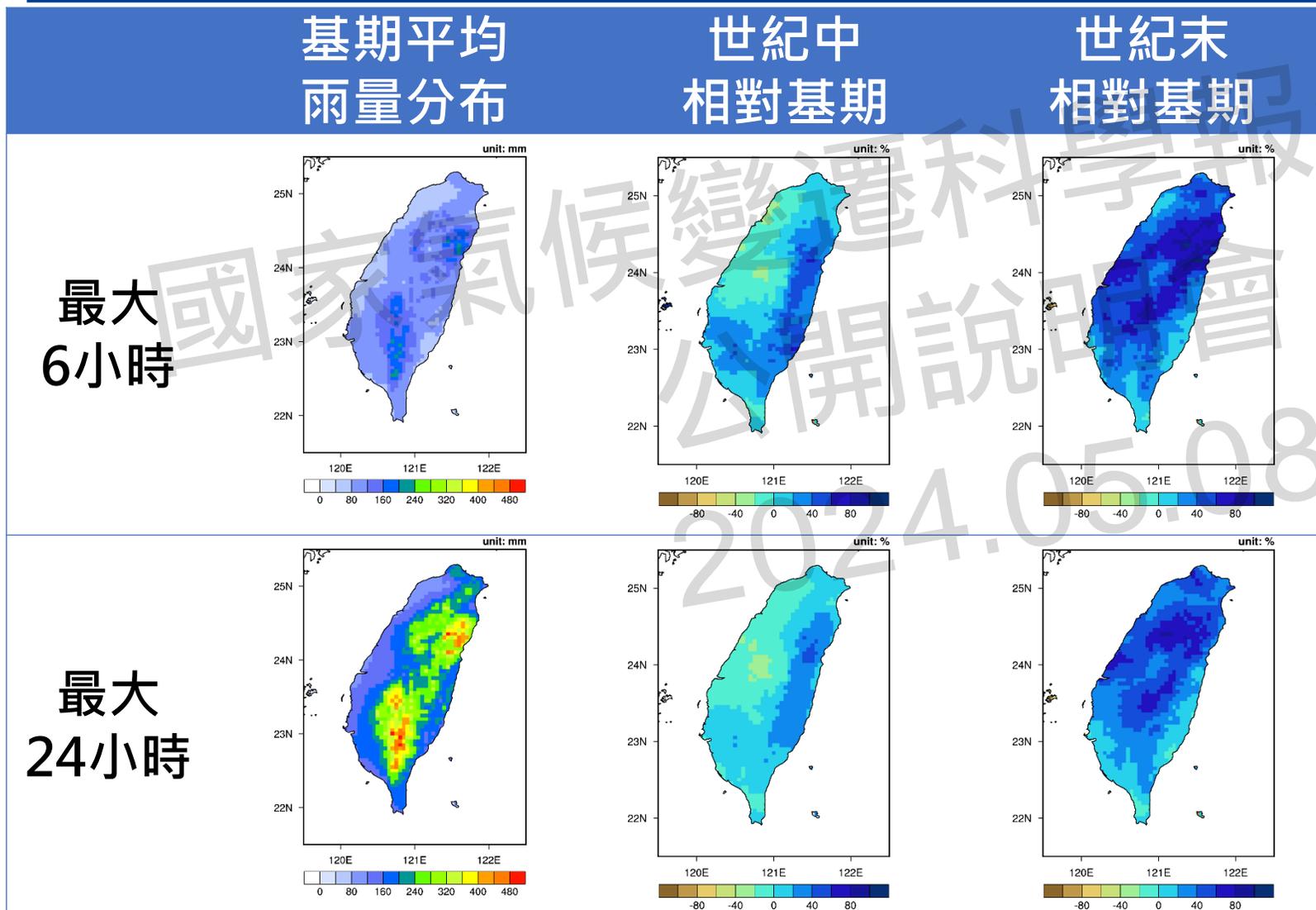
1911-2020年臺灣年總降雨量距平



摘自IPCC氣候變遷第六次評估報告之科學重點
摘錄與臺灣氣候變遷評析更新報告(TCCIP計畫)

未來颱風降雨之變化率

動力降尺度-颱風事件時資料



- ▶ 依據氣候變遷情境(AR5 RCP8.5)，**短延時強降雨發生頻率呈增加趨勢**
- ▶ 世紀中或世紀末**降雨量均較基期(1979-2008)增加**

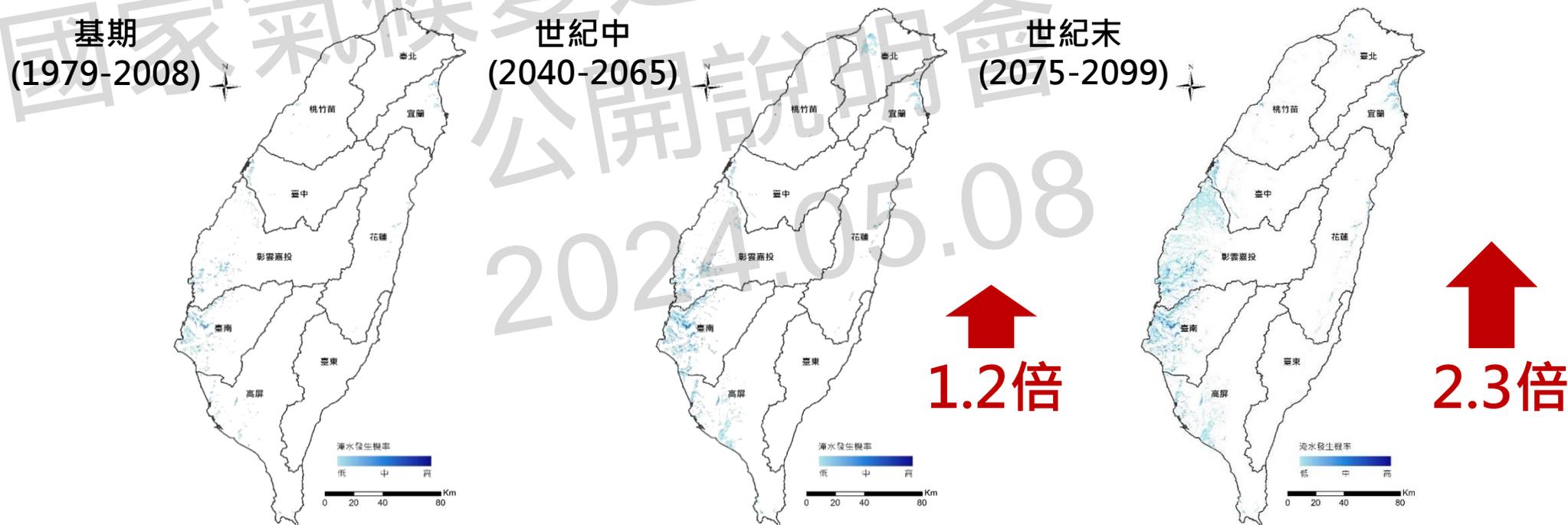
(資料來源：TCCIP計畫，2023)

氣候變遷對淹水的衝擊

動力降尺度-颱風事件時資料

- ▶ 依據氣候變遷情境(AR5 RCP8.5)颱風事件可能發生**淹水之分布範圍與發生機率**，皆呈**增加趨勢**，特別是西南沿海的低窪地區

淹水深度0.5m含以上可能淹水分布與淹水發生機率(%)



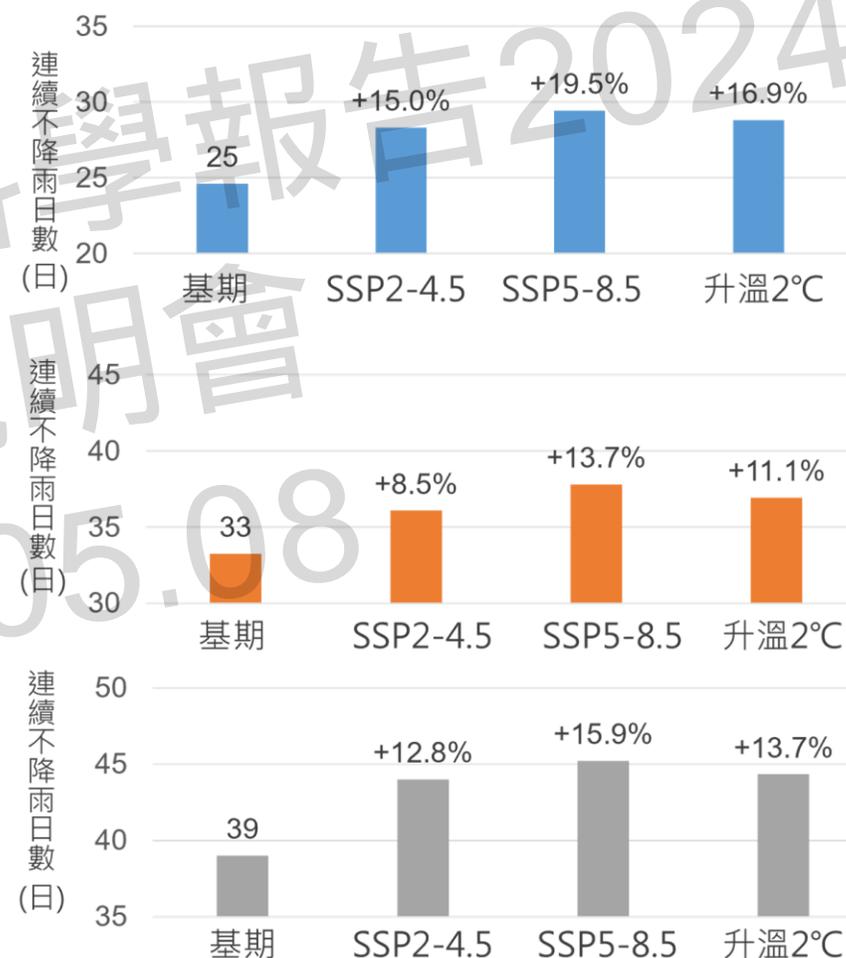
(資料來源：TCCIP計畫，2023)

科學報告 圖4.1.1.2

連續不降雨日數之變遷

統計降尺度-日資料

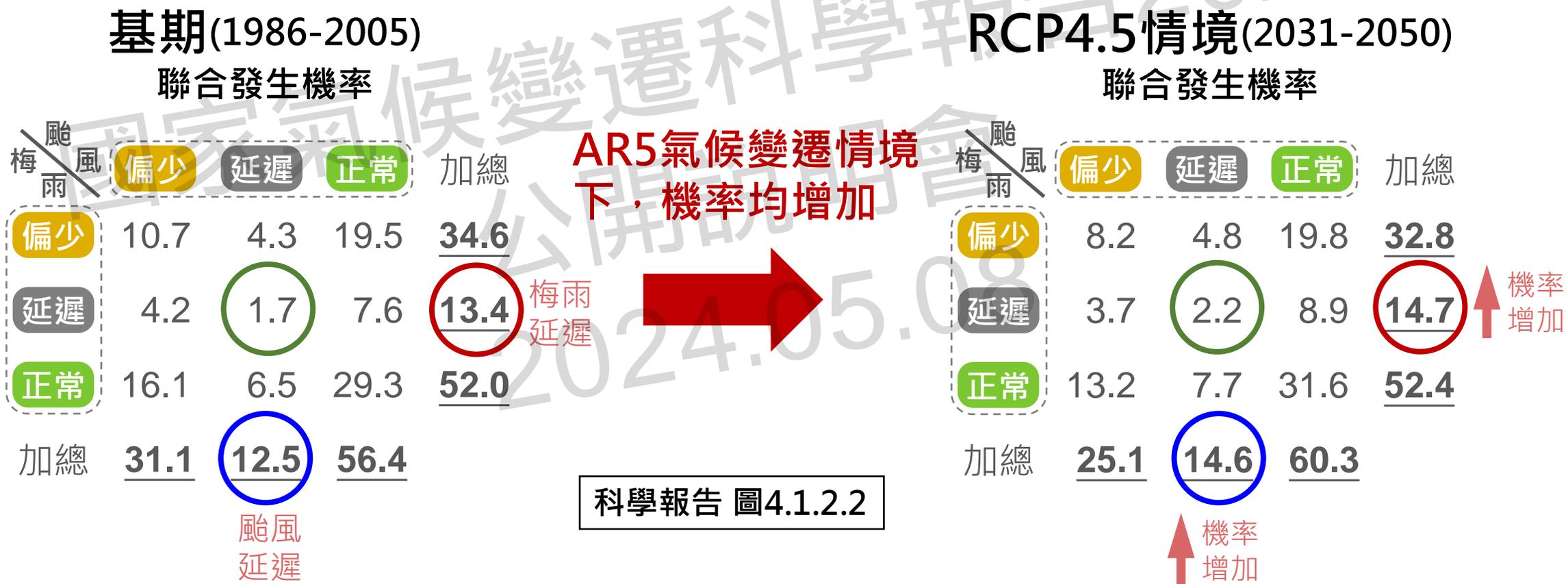
- 依氣候變遷情境(AR6 SSP2-4.5、SSP5-8.5 及 GWL 2°C)的分析，未來枯水期之連續不降雨日數，無論是**北區**、**中區**或**南區**乾旱事件風險都將提高，增幅從**+8.5%**至**16.9%**



(資料來源：經濟部水利署水利規劃試驗所，2022)

影響水庫「蓄豐濟枯」功能季節雨量變遷

▶ 未來梅雨延遲與颱風降雨延遲機會增加，一同發生的機率也增加 統計降尺度-日資料

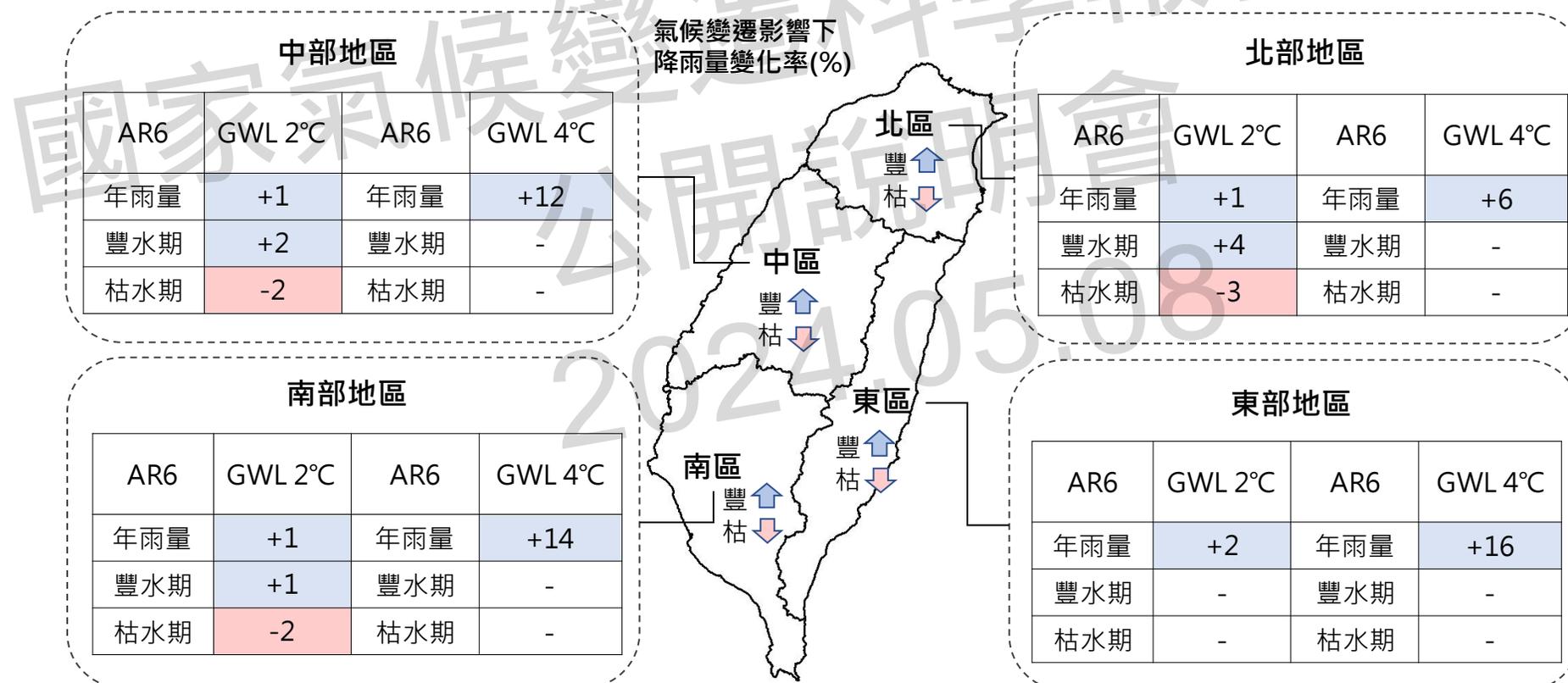


科學報告 圖4.1.2.2

全年降雨分配未來可能的變化

統計降尺度-日資料

- ▶ 全臺雨量變化率(中位數)，綜合AR6 GWL 2°C及GWL 4°C 結果；年雨量**+1%**至**+16%**，豐水期雨量**+1%**至**+4%**，枯水期雨量**-2%**至**-3%**



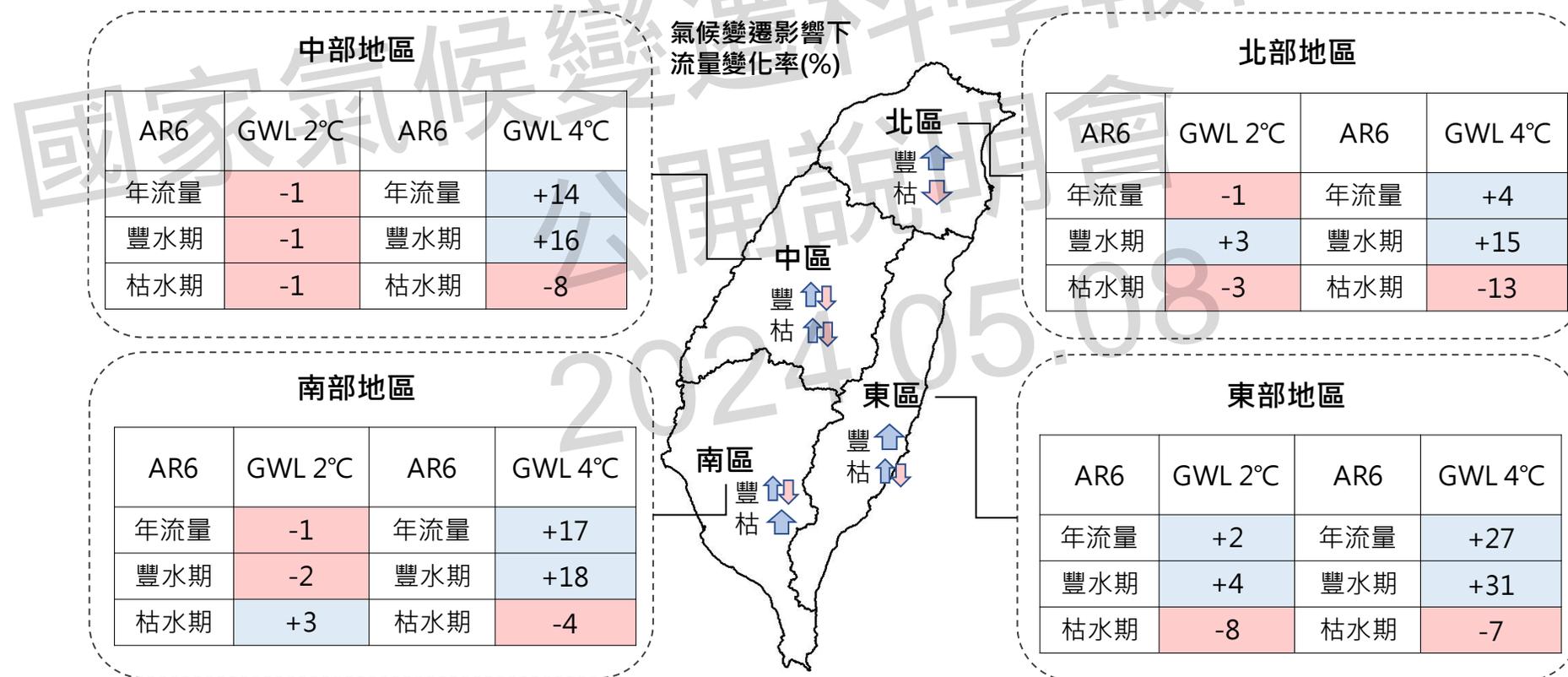
(資料來源：TCCIP計畫，2023；經濟部水利署水利規劃試驗所，2022)

依據科學報告表4.1.3.2繪製

全年流量分配未來可能的變化

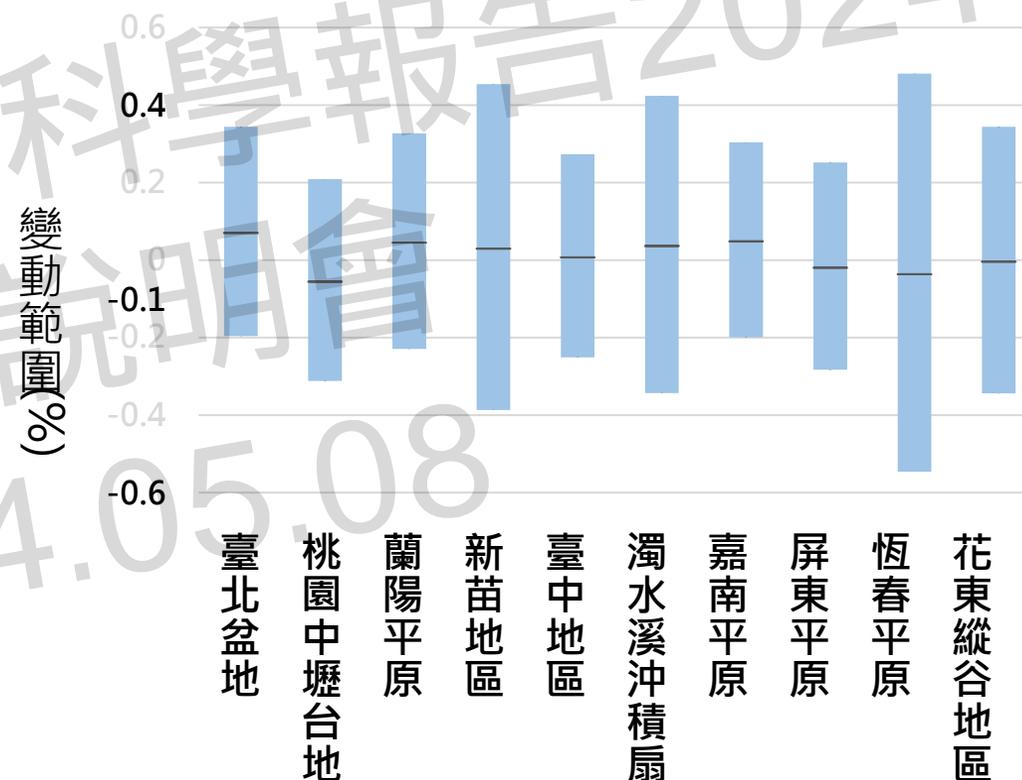
統計降尺度-日資料

- ▶ 全臺流量變化率(中位數)，綜合AR6 GWL 2°C及GWL 4°C 結果結果；年流量-1%至+27%，豐水期流量-2%至+31%，枯水期流量-13%至+3%



氣候變遷下地下水的變化

- ▶ AR4之A1B情境下，以1980年至1999年為基期評估2020年至2039年之氣變情境下地下水補注量之變化量。得知全臺九大分區中，以**桃園中壢台地**及**恆春平原**面臨地下水補注不足的風險較高



AR4之A1B情境正負一倍標準差作為未來推估

(資料來源：經濟部水利署，2014；2015)

調適與科研缺口

▶ 技術科研面

1. 為因應氣候變遷推估資料於在地衝擊分析與政策應用性，應提升推估資料之空間及時間解析度（各類情境、模式、政策實施時期）與不確定性研究
2. 水資源耦合模式之強化研究(含推估資料、地表水、地下水縱整分析)
3. 考量水領域調適的複雜度，未來應加強複合或跨領域整合之研究

▶ 調適應用面

1. 突破既有治水手段，開發創新型淹水調適手段，鏈結智慧科技、大數據提取及自然為本等國際趨勢
2. 回應產業發展之水資源需求，推估高耗水產業之未來水資源需求及地區給水能力限制之研究，含評估未來降雨不穩定時各地區可用之資源上限

4.2 坡地



作者

- ▶ 林銘郎 國立臺灣大學土木工程學系
- ▶ 陳麒文 國立臺灣大學地質科學系
- ▶ 朱芳儀 國家災害防救科技中心

2024.05.08

摘要



崩塌衝擊變化趨勢

氣候變遷情境下，北部地區平均崩塌率由最高**0.47%**提升到**0.77%**；中部地區則最高由**3%**增加至**4%**

坡地災害風險變化趨勢

全球暖化程度**2°C**情境下，中南部山區維持高風險的坡地災害等級，**北部與東部山區災害風險等級呈提高趨勢**

科學報告版本推進

2011版

資料 類型

- 歷史觀測資料

選用 情境

- 歷史情境

應用 方面

- 強降雨變化趨勢

2017版

- 歷史觀測資料
- CMIP3推估資料

- IPCC **AR4**(A1B情境)
- 重現期

- 氣候變遷下崩塌面積、土砂量變化趨勢
- 坡地災害風險變化趨勢(鄉鎮尺度)

2024版

- 歷史觀測資料
- **CMIP5、CMIP6**推估資料

- IPCC **AR5、AR6**(RCP、GWLs)

- 氣候變遷下極端事件之坡地衝擊變化趨勢
- 坡地災害風險變化趨勢(最小統計單元)

淡水河流域崩塌面積及產砂量提升

- 依據氣候變遷情境(AR4 A1B)，北部重要流域在崩塌坡單元相較於基期增加14%，崩塌產砂量則會增加3.2倍

氣候變遷基期和A1B情境流域崩塌風險與土砂生產量

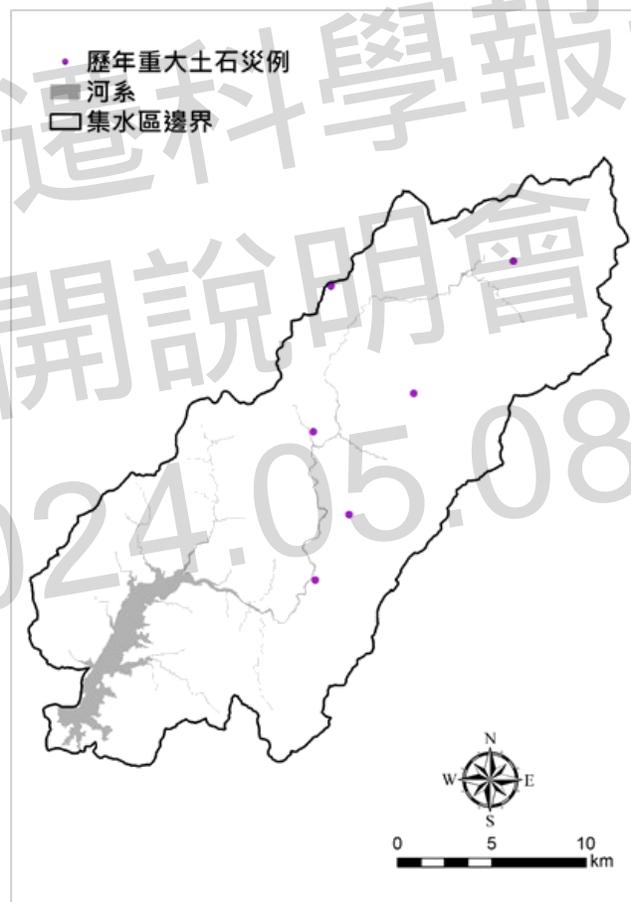
子集水區	氣候變遷基期			氣候變遷 A1B			增加倍數變化量		
	崩塌坡單元面積 [km ²]	崩塌產砂量 [萬 m ³]	土壤沖蝕量 [萬 m ³]	崩塌坡單元面積 [km ²]	崩塌產砂量 [萬 m ³]	土壤沖蝕量 [萬 m ³]	崩塌坡單元 [%]	崩塌產砂量 [%]	土壤沖蝕量 [%]
淡水河	46	0.00	6.52	47	0.00	11.94	0	0	+83
基隆河	301	110.23	27.08	301	160.68	51.11	0	+46	+89
新店溪	301	11.24	22.25	466	28.46	44.04	+27	+153	+98
翡翠水庫	242	6.23	23.48	296	12.03	50.80	+18	+93	+116
大漢溪	106	20.68	13.36	180	60.79	21.76	+19	+194	+63
石門水庫	674	38.51	12.62	742	521.53	20.49	+9	+1254	+62
全流域	1,669	186.89	105.31	2,032	783.49	200.14	+14	+319	+90

21世紀中崩塌變化趨勢-曾文溪集水區為例

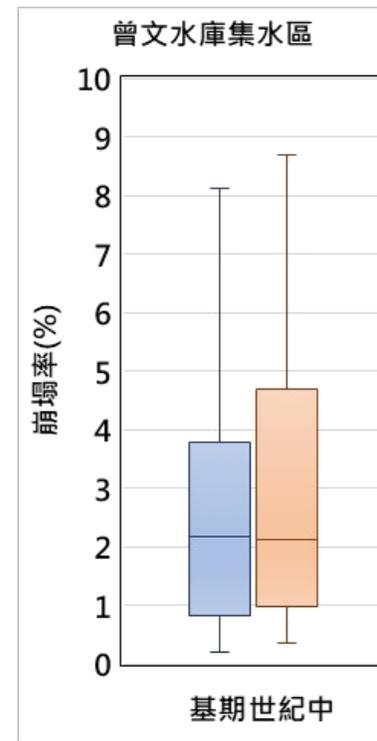
AR5

動力降尺度-颱風事件時資料

- 依據氣候變遷情境(AR5 RCP8.5)資料分析成果顯示，曾文溪上游集水區基期平均崩塌率為2.9%，21世紀中提升至3.2%



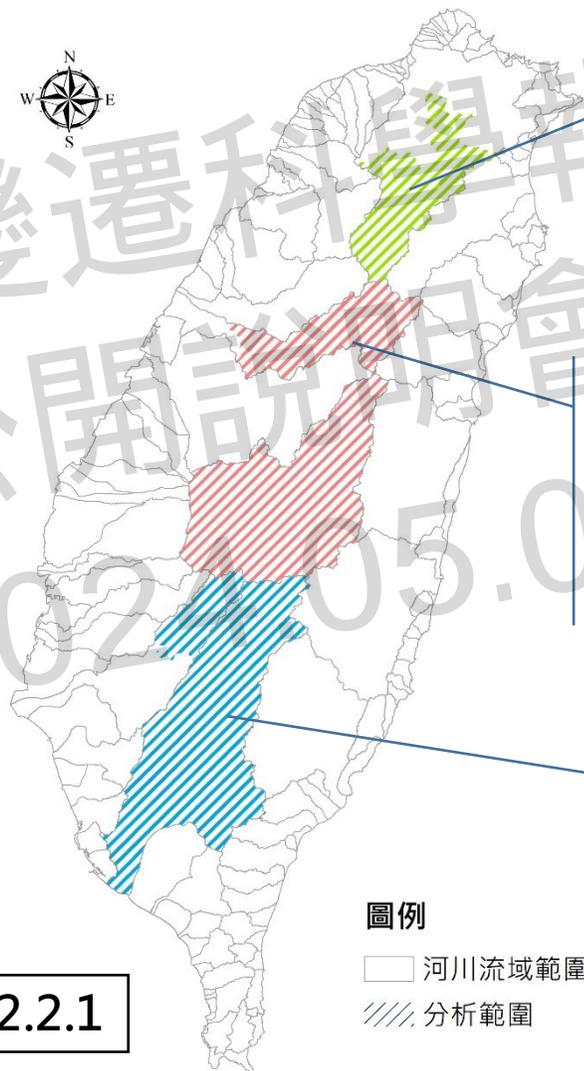
模式基期：1979-2008
未來推估：2039-2065(世紀中)
模式數量：1(動力降尺度)
資料版本：V3.3



氣候變遷下坡地衝擊變化趨勢

動力降尺度-颱風事件時資料

- 依據文獻彙整的結果，21世紀末顯示**北部、中部崩塌衝擊均呈增加趨勢**，但增加幅度因區域特性不同而有差異



- 基期平均崩塌率為**0.16%至0.47%**
- 21世紀末則為**0.23%至0.77%**

- 基期平均崩塌率為**平均崩塌率由1.3%至3%**
- 21世紀末相較基期**提升到1.4%至4%**

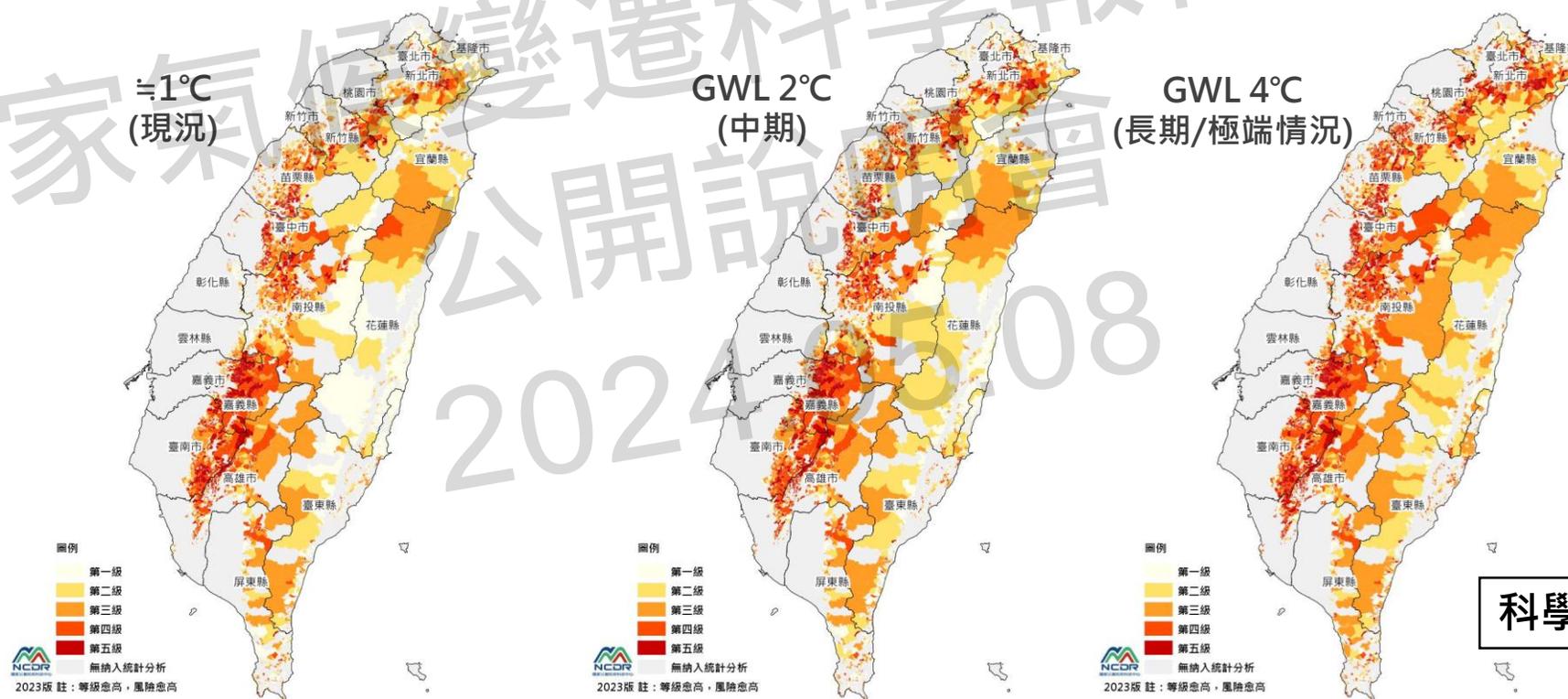
- 基期平均崩塌率為**1.7%至2.9%**
- 21世紀中為**3.2%**

氣候變遷下影響人口之坡地災害風險

AR6

統計降尺度-日資料

➤ 全球暖化程度(GWLs)2°C情境下，中南部山區維持高風險等級，北部與東部山區風險等級提高；4°C情境下，部分山區風險等級明顯加重



科學報告 圖4.2.2.3

調適與科研缺口

► 技術科研面

1. 因應山區複雜地形及短延時致災之特性，提升氣候變遷推估資料之空間及時間解析度，降低衝擊評估之不確定性
2. 彌補空間衝擊評估缺口，強化坡地崩塌土砂量模擬及區位性影響之風險評估
3. 考量坡地致災條件多元及影響鏈複雜，需加強複合與跨領域風險科學循證研究。(例如：土砂影響水庫庫容及供水系統、上游土砂輸送變化對於海岸線之影響等議題)

► 調適應用面

1. 因坡地災害與氣候變遷關係相對複雜，需強化針對相關災害之利害關係人之風險溝通與調適必要性
2. 傳統知識之導入與協作：推動原住民族傳統及知識，推動包容性及因地制宜之調適行動

4.3 海岸



作者

- ▶ 陳偉柏 國家災害防救科技中心
- ▶ 張志新 國家災害防救科技中心
- ▶ 梁庭語 國家災害防救科技中心

2024.05.08

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

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

(莊文傑等人，2014)

東部(北至南)
16.0 毫米/年
-0.1 毫米/年



(郭重言等人，2015)

臺灣未來海平面上升推估量值

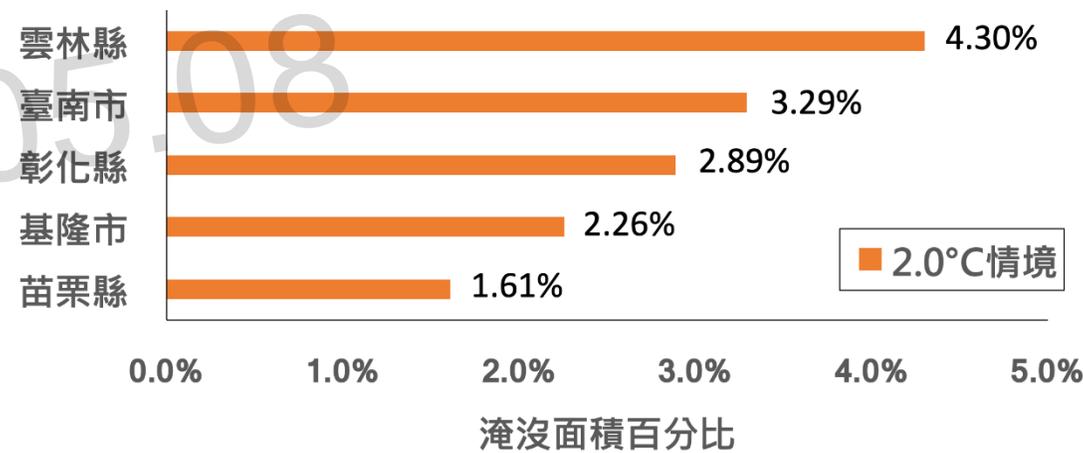
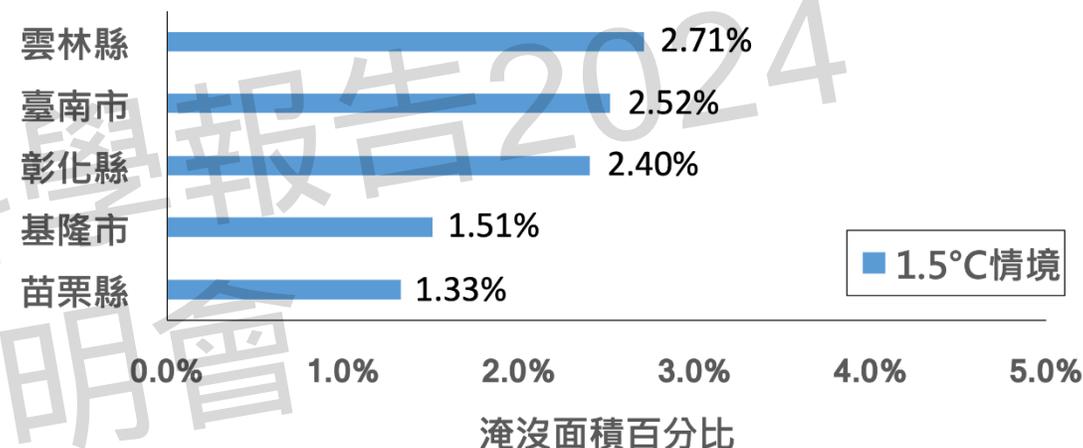
- ▶ 使用 NASA 海平面推估工具 SLPT(資料來源為IPCC AR6不同情境下之海平面上升預測數據)，預估臺灣於全球暖化程度1.5°C與2°C，未來海平面上升量值分別為**20cm**和**34.5cm**

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

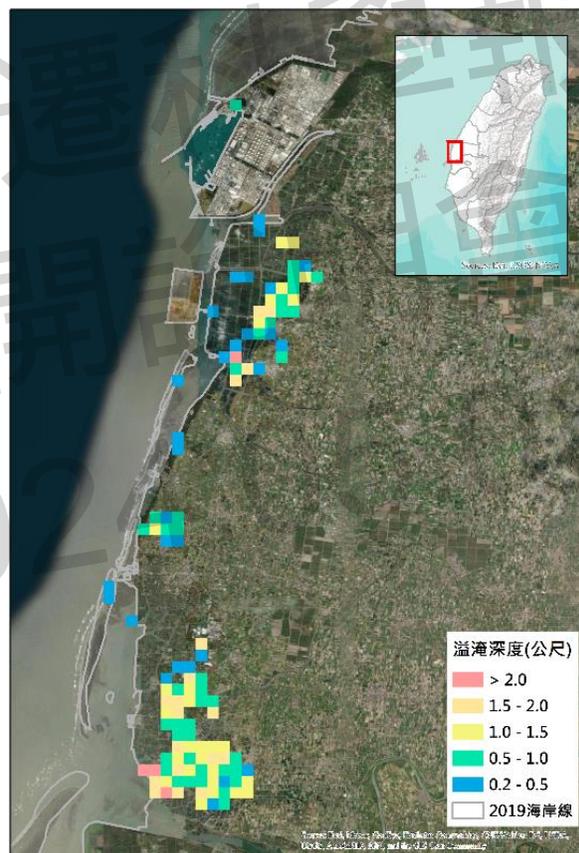


本圖依據《科學報告》表4.3.2.1 繪製

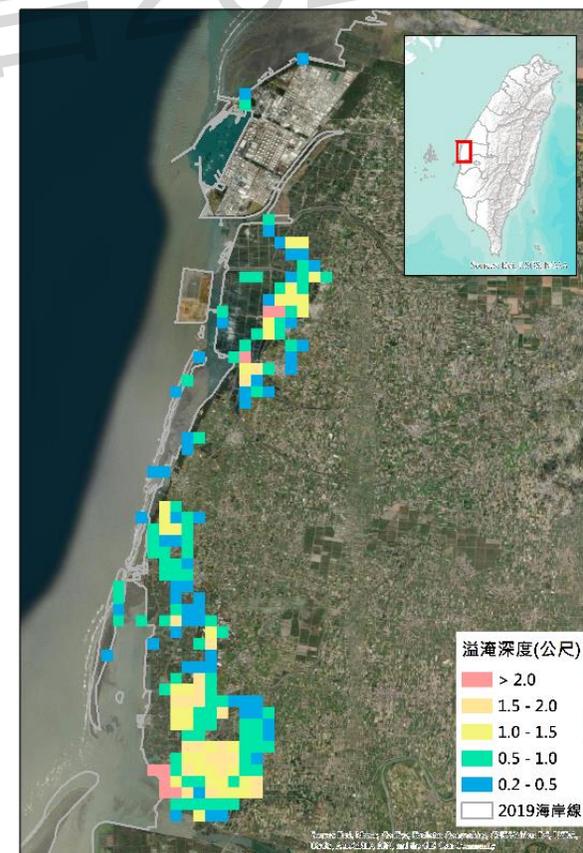
海平面上升溢淹衝擊

- ▶ 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)

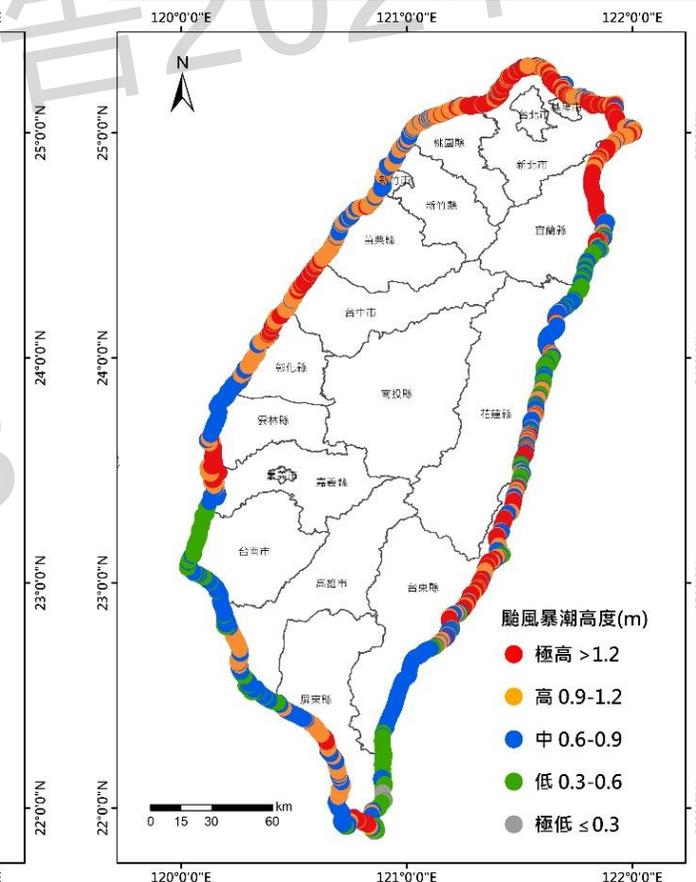
氣候變遷下颱風暴潮衝擊

- ▶ 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%

現況(1978-2017)



RCP8.5 世紀末 (2075-2099)



(資料來源：TCCIP計畫，2020)

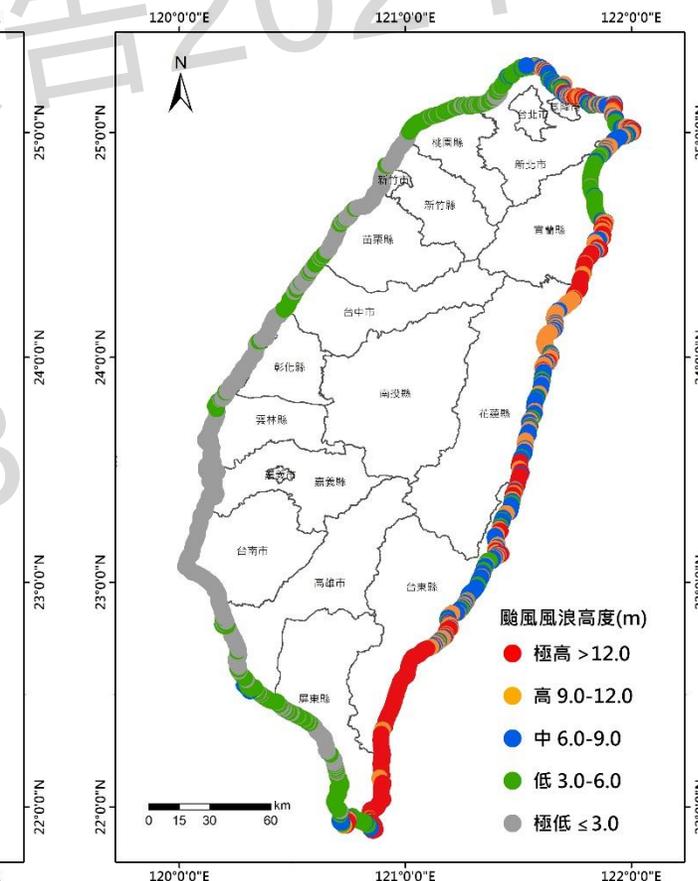
氣候變遷下颱風風浪衝擊

- ▶ 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%

現況(1978-2017)



RCP8.5 世紀末 (2075-2099)



(資料來源：TCCIP計畫，2020)

調適與科研缺口

► 技術科研面

1. 因海岸水文資料難以取得，且觀測頻率及單點數據較難固定，模式校驗有一定困難度，應持續開發資料精進技術，提升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，含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. 因海岸領域橫跨海洋、沿岸、城鄉等複數系統組成，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，遂可呼應國際趨勢，從制度面導入海岸韌性管理制度及生態為本調適之概念，同時探索藍碳發展機會，將減緩與調適綜效最大化
2. 因海平面上升等氣候變遷議題為新型態危害，可強化體制上不同衝擊下海岸管理責任歸屬及任務釐清

4.4 糧食安全



作者

農業

- ▶ 姚銘輝 農業部農業試驗所
- ▶ 徐永衡 國家災害防救科技中心
- ▶ 劉雨蓁 國家災害防救科技中心

畜牧業

- ▶ 施意敏 農業部畜產試驗所北區分所 畜產輔導系
- ▶ 闕帝旺 國家災害防救科技中心
- ▶ 涂柏安 農業部畜產試驗所北區分所 畜產輔導系

養殖漁業

- ▶ 侯清賢 國立高雄科技大學 永續漁業發展研究中心
- ▶ 蔡至恒 國立高雄科技大學 漁業科技與管理系
- ▶ 盧柏溢 國立高雄科技大學 漁業科技與管理系

海洋漁業

- ▶ 陳佳香 農業部水產試驗所海洋漁業組
- ▶ 張可揚 農業部水產試驗所海洋漁業組

摘要



農業-高溫缺水危害

- 臺灣水稻缺水造成停灌措施漸成常態
- 水稻產量減少約13%至18%
- 玉米產量減少約10%至17%

畜牧業-熱緊迫危害

- 牧草因缺水導致發育受抑制、品質降低
- 氣候變遷造成牧禽類熱緊迫危害升高，導致畜牧經濟產能降低

漁業-適棲度改變

- 2°C情境下，對養殖漁業之**高溫危害發生率約增加20%至40%**，但低溫事件數變少
- 海洋漁業**冬季型漁獲比例逐年遞減**，同時**漁場範圍也因海溫改變而逐漸改變**

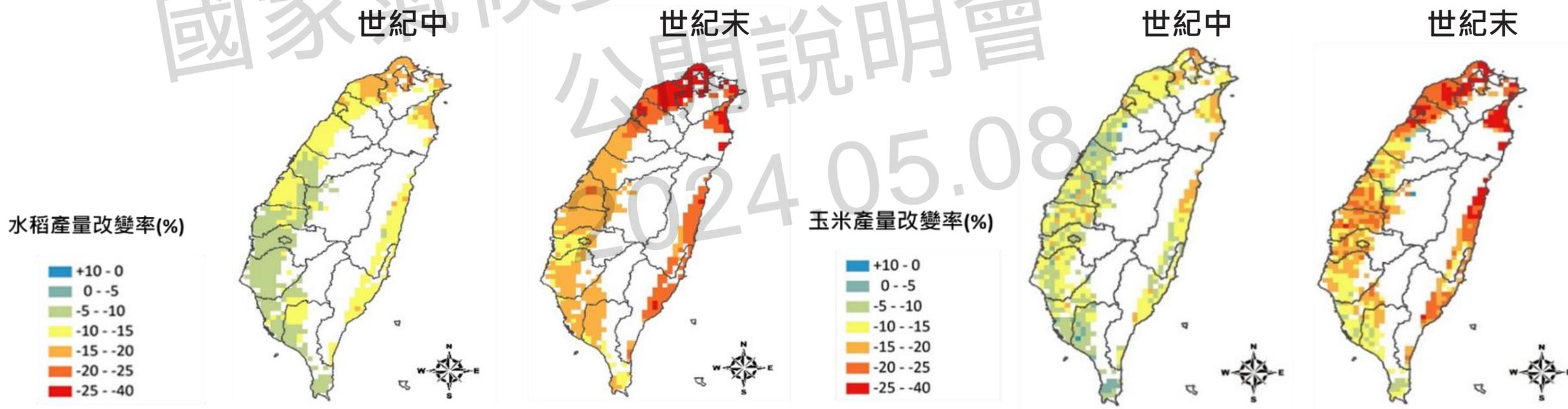
科學報告2017至2024的差異與進展



糧食安全-農業

▶ 在AR5 RCP8.5情境下，世紀中及世紀末之水稻產量改變率整體趨勢下降，平均分別減少13%及18%

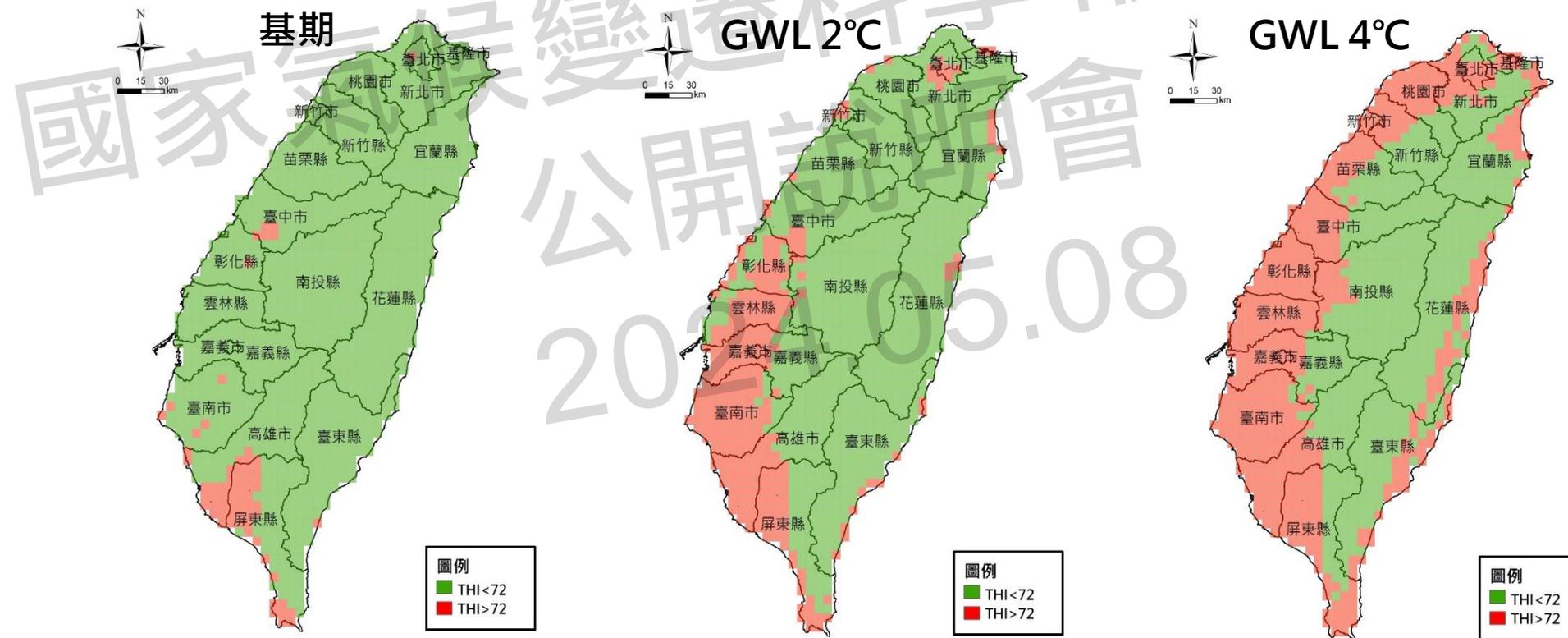
▶ 玉米產量改變率整體趨勢下降，平均分別減少10%及17%，以北部及東部地區最為明顯



科學報告 圖4.4.1.3

糧食安全-畜牧業

- ▶ AR6全球暖化程度1.5°C及2.0°C情境下，將造成**熱緊迫危害升高**，導致畜牧經濟產能降低(產蛋、產肉、產乳等)



科學報告 圖4.4.2.4

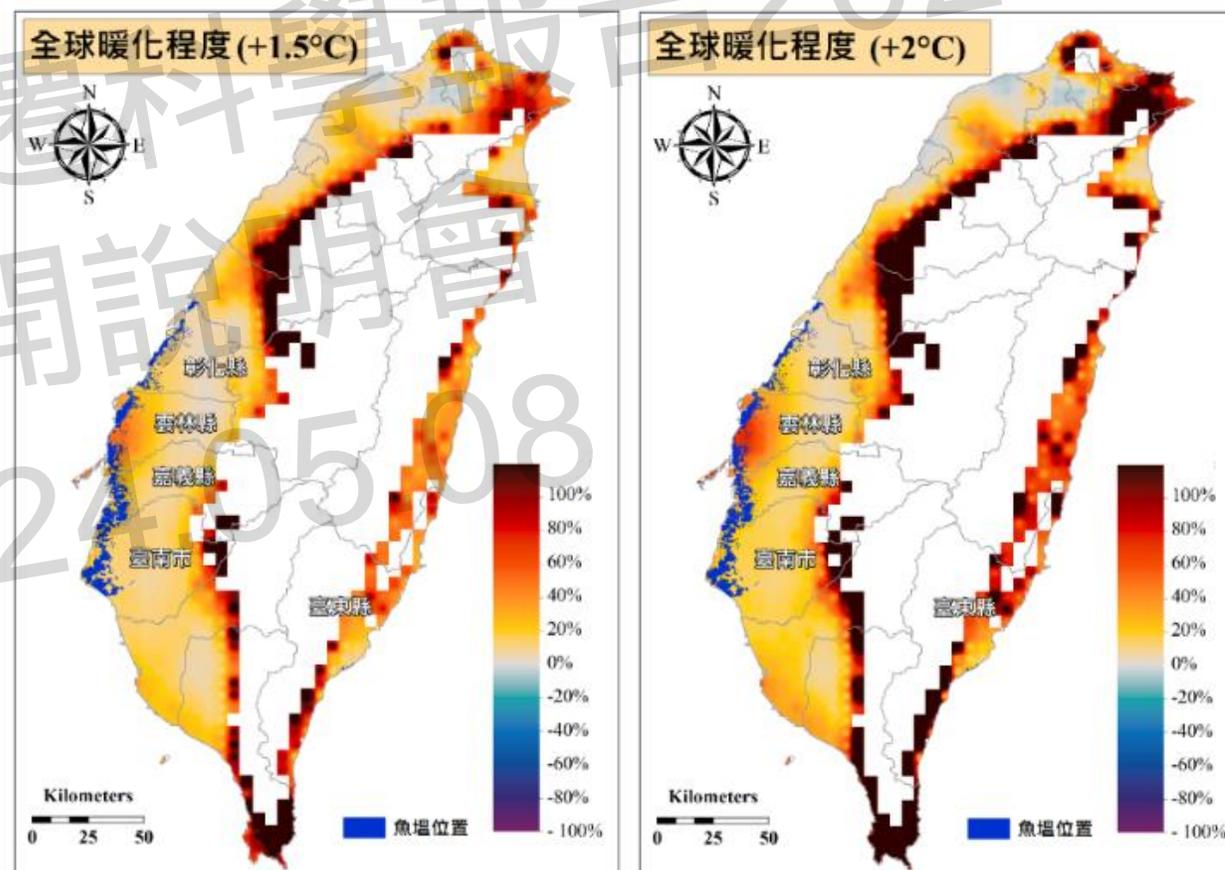
糧食安全-養殖漁業



文蛤

- ▶ 沿海地區的高溫危害發生事件數開始增加，對養殖漁業生產造成養殖物種合適度改變、養殖期混亂、突發性暴斃死亡、魚病發生率提升等問題等生產面向問題
- ▶ 以文蛤為例，依據氣候變遷情境(AR6)，高溫危害(連續7天高溫 32°C)發生率約增加20%至40%

連續7天高溫 32°C 高溫危害變化率



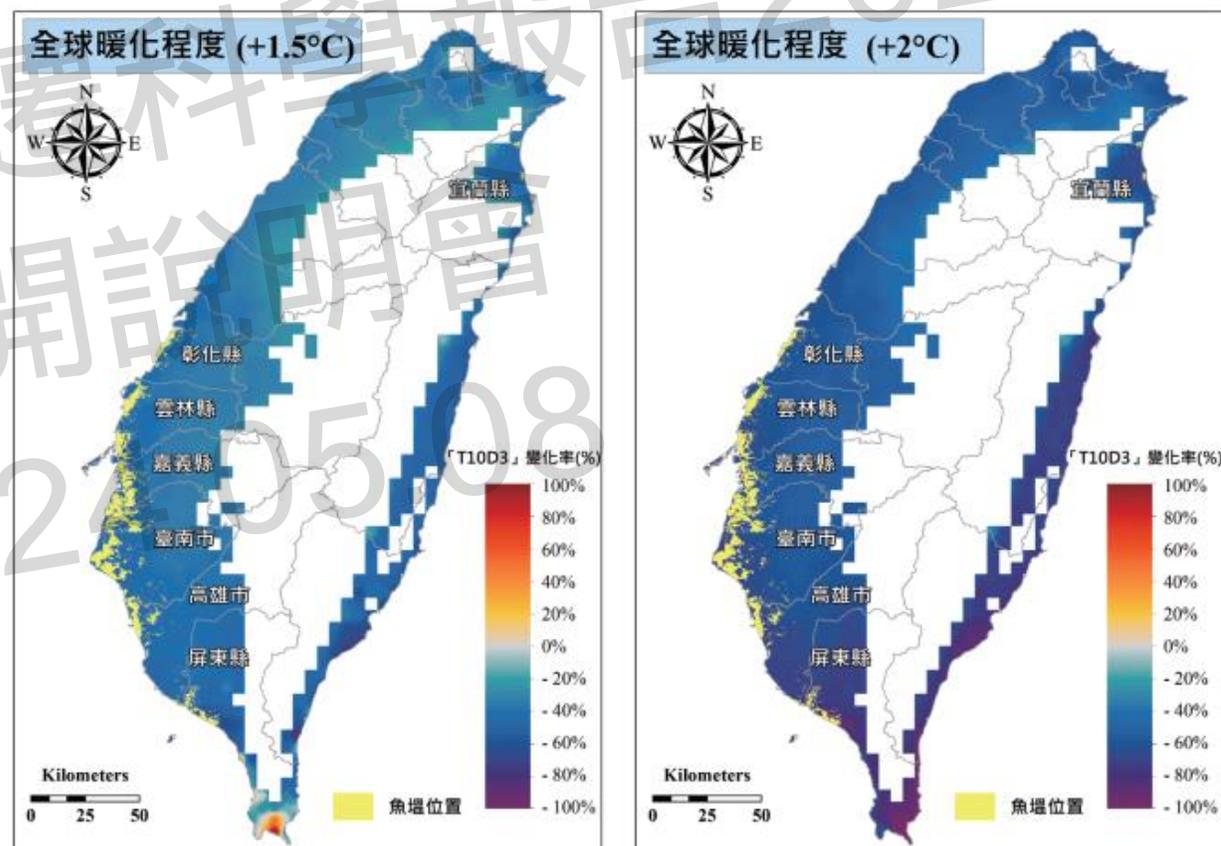
糧食安全-養殖漁業

連續3天低溫 10°C 低溫危害變化率



虱目魚

- ▶ 相較於基期，全球暖化情境下彰化沿海地區的低溫事件發生次數減少
- ▶ 以虱目魚為例，依據氣候變遷情境(AR6)，低溫危害(連續3天低溫 10°C)，發生率逐漸變少



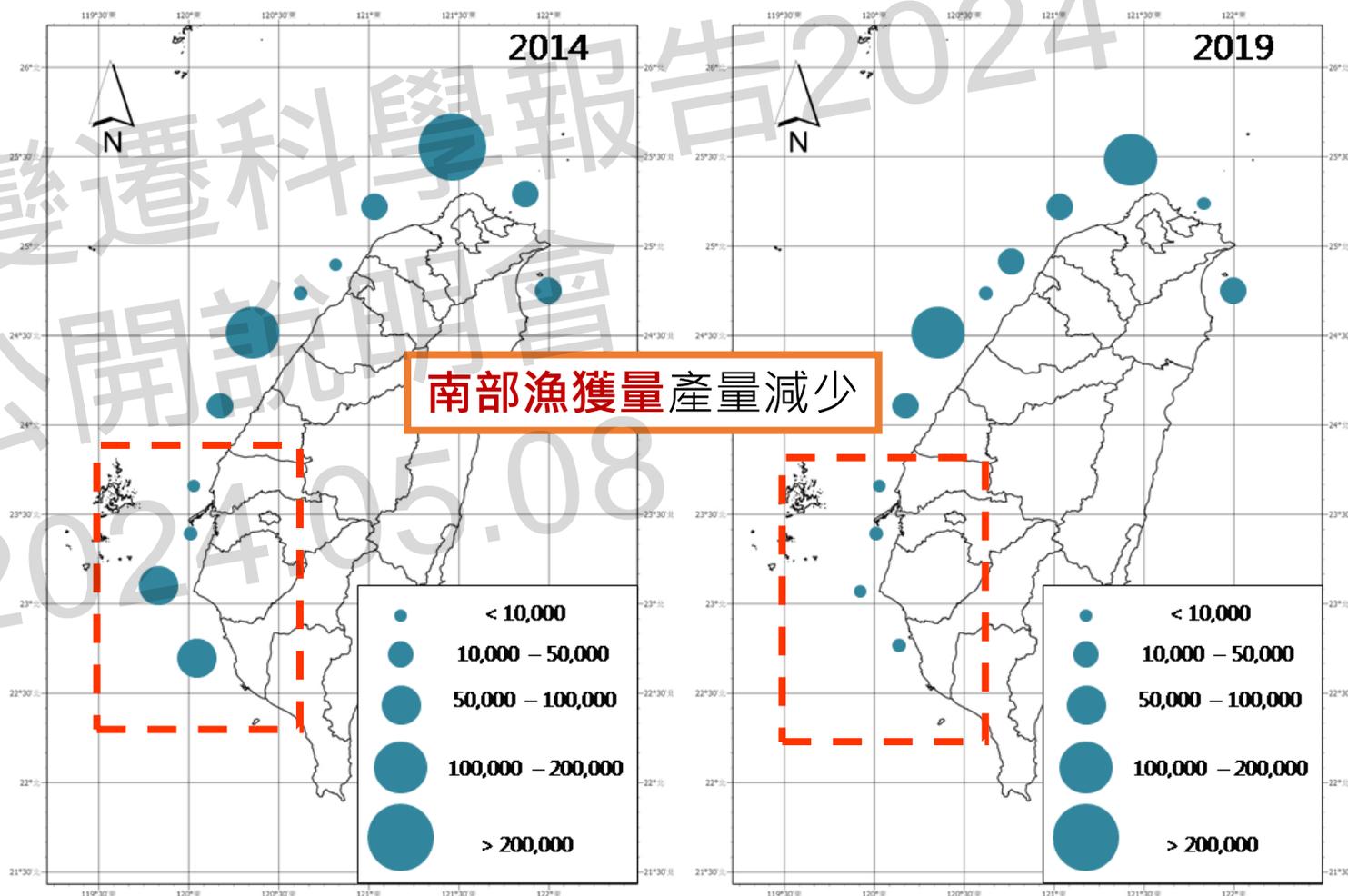
科學報告 圖4.4.3.8

糧食安全-海洋漁業



烏魚

- ▶ 極端氣候影響沿近海漁業之主要衝擊包括漁場分布改變、捕獲量減少
- ▶ 分析2014至2019年間資料，顯示烏魚主要漁獲位置有逐漸北移的趨勢，且漁獲量受到氣候變遷影響減少

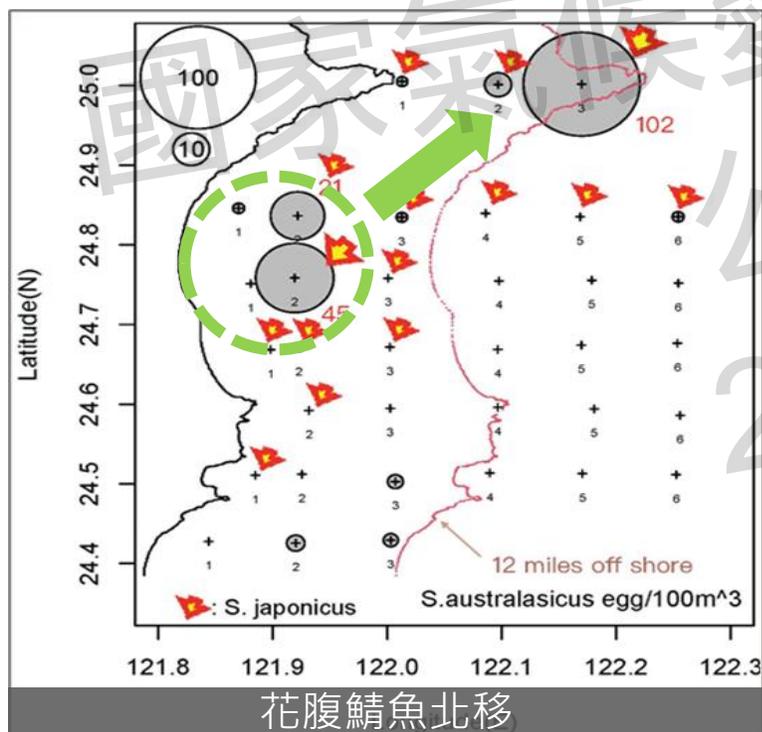


糧食安全-海洋漁業



花腹鯖魚

▶ 鯖魚漁場、產卵場有北移現象



(陳瑞谷, 2023)

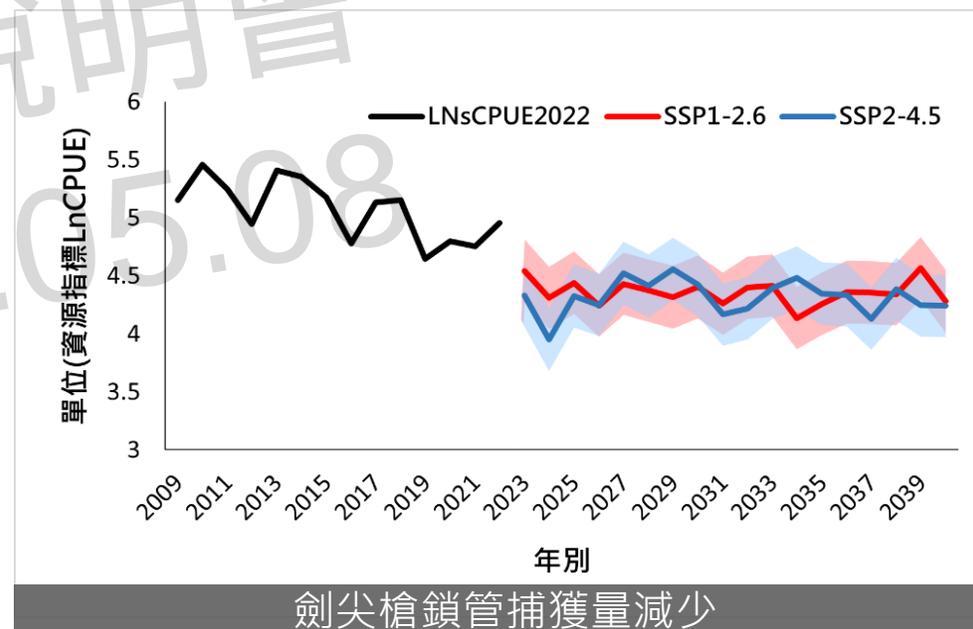
科學報告 圖4.4.3.15



劍尖槍鎖管

▶ 海水溫度上升1°C，鎖管漁獲量下降15%

▶ 北緯30°海域之棲地適合度增加



科學報告 圖4.4.3.12

調適與科研缺口

► 技術科研面

1. 因長期海洋監測資源不足，氣候變遷衝擊分析及調適策略無法細緻化，需長期推動漁業監測與海洋生態調查，另針對資料分析與基礎監測技術進行持續創新
2. 氣候變遷對農林漁牧之衝擊涉及生產效率及產業轉型議題，需提升氣候變遷趨勢或極端天氣災害對不同物種之衝擊研究，強化適生/適作區評估，並探討其他未評估的潛在氣候變遷風險

► 調適應用面

1. 農林漁牧多固有既定生產方法，大幅度作業調整有一定難度，除需強化在地利害關係者風險及調適必要性溝通外，亦需結合在地經驗，協助創新手段開發，建構扣合產業特色之調適知識
2. 綠色產業發展下已衍生新興議題，如魚電共生、農地種電等，可加強研議相關趨勢與在地調適作為之競合關係

4.5 生態



作者

陸域生態

- ▶ 林負宇 宜蘭大學森林暨自然資源學系
- ▶ 陳毓昀 東華大學自然資源與環境學系

海域生態

- ▶ 陳郁凱 農業部水產試驗所
- ▶ 李明安 臺灣海洋大學海洋資源與環境變遷博士學位學程

摘要



海拔與動植物反應

- 未來日照、極高低溫變化，將造成高山棲地縮減、生長季改變
- 動植物交互作用改變，甚至造成部份物種減少

適生面積

- 迄 2100 年森林之適生海拔可能上升 173m 至 268m，隨著不同類型森林，適生面積可能發生縮減

動物多樣性

- 增加鳥類高暴露度，且打亂生殖時序
- 適存棲地將減少，部分昆蟲面臨高滅絕風險

全球生物量

- 2030年後生物量下降幅度加劇，在高碳排情境 2060年後將快速且大幅度的下降

沿岸生態系

- 連續8天達32°C，則有50%至100%的珊瑚會白化
- 海草床與紅樹林之碳匯量受氣候影響大

離岸生態系

- 洋流流速強弱影響魚類洄游路徑、分布及數量
- 基礎生產力與浮游生物分布改變

陸域

海域

科學報告2017至2024的差異與進展

2017版本

陸域生態

蒐集鳥類及高山植物因氣候變遷產生適生分布變化之研究結論，以自然資源與生態保育為主軸

海域生態

臺灣多數海洋生態系由於缺少長期基礎數據作為背景資訊，不易比較分析過往與現今之差異，難以斷定目前觀察到的現象與氣候變遷間直接的因果關係，因此結論較為肯定的研究案例並不多

2024版本

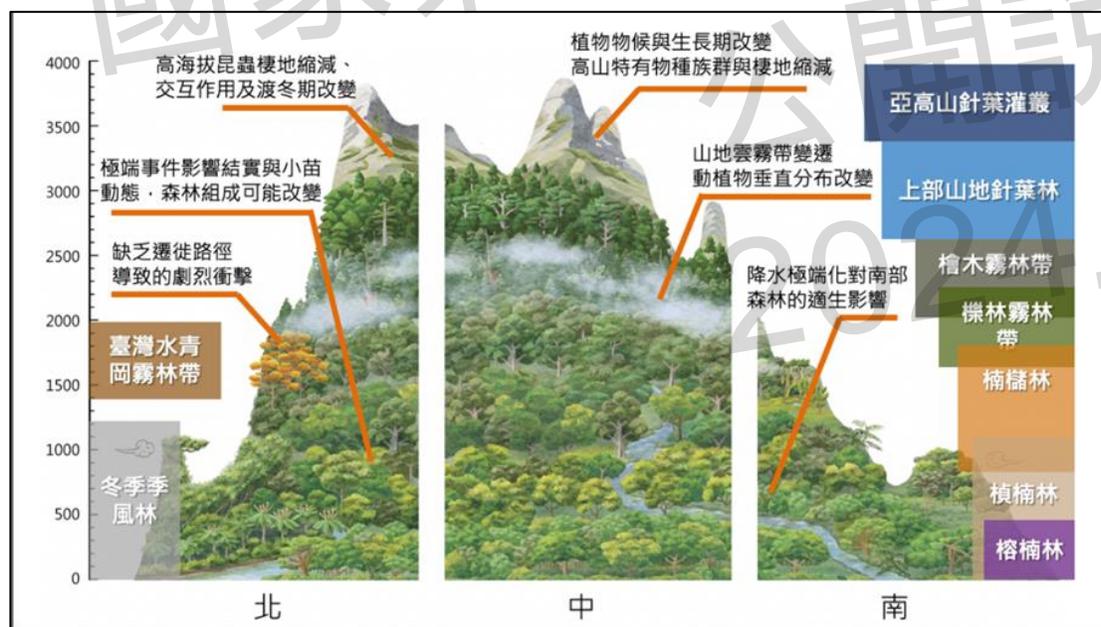
擴大涵蓋蝶蛾、蜂類、埋葬蟲等昆蟲研究；植物則包含高海拔森林、霧林帶、熱帶森林等不同環境，整體報導面向增加；另加入動植物交互作用等相關研究

延續前一版架構，概述近年國內各代表性海洋生態系與氣候變遷間關係之最新研究報告，持續建立有關潛在受衝擊熱區之科學數據，並從中發展面對氣候衝擊之調適策略

氣候變遷對森林動植物的影響

▶ 各海拔區域的可能衝擊

森林隨著海拔的氣候與環境差異，有著不同的外觀形相與組成。氣候變遷衝擊與影響，以**高山棲地縮減**、**生長季改變**最為明顯



科學報告 圖4.5.1.1

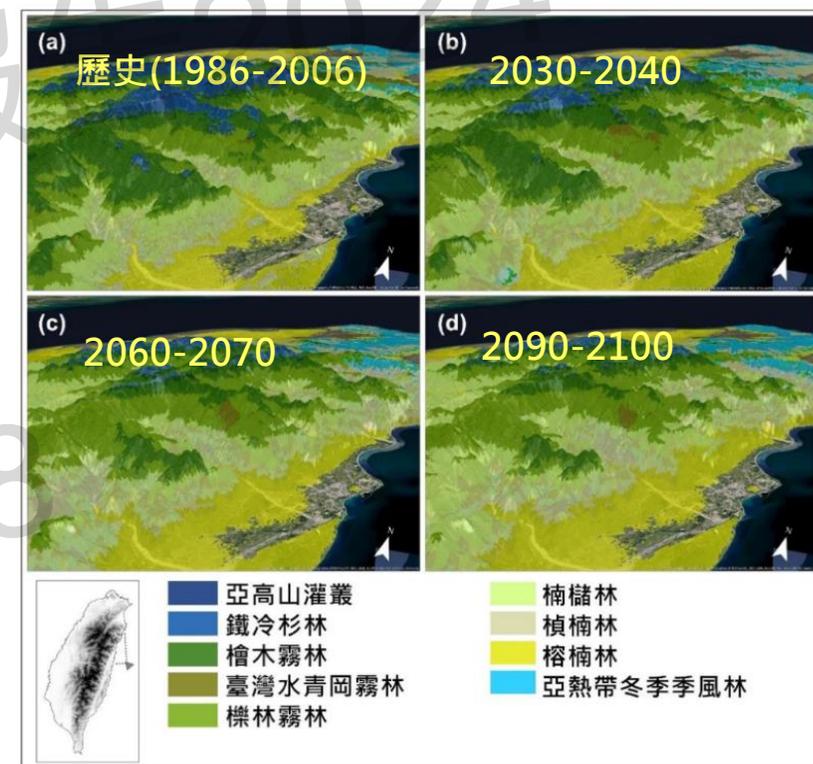
▶ 面臨氣候變遷的動植物反應

1. **森林小苗存活率與雨量有顯著的正相關**，極端氣候易使森林樹苗動態發生劇烈變化
2. **日照、南方振盪與極端低溫現象對植物開花結實有明顯的影響**，動植物交互關係改變，對**高專一性物種**產生**劇烈衝擊**，導致族群數量的**明顯波動**
3. **春季缺水易造成臺灣水青岡開芽狀況不佳**，導致專食嫩葉的**鱗翅目昆蟲**數量有逐年減少的趨勢，顯示**臺灣水青岡上的鱗翅目昆蟲多樣性可能受極端氣候影響**

氣候變遷對森林植被的影響

▶ 不同海拔森林帶的變化趨勢

1. 以AR5 RCP 4.5 及 RCP 8.5 模擬發現，臺灣高山植被迄 2100 年適生海拔可能上升 173m 及 268m，隨著不同類型森林，適生面積可能發生程度不等的縮減
2. 在6處高山山頂中，其中海拔較低的3處觀察到較多的嗜熱性(thermophilic)物種出現；山區總雨量雖無明顯變化，但嗜濕性(moist-philic)物種數量卻有下降情形
3. 亞高山灌叢植被帶、鐵冷杉林帶、檜木霧林帶、臺灣水青岡霧林帶等，因氣候變遷造成適生棲地面積縮減趨勢



科學報告 圖4.5.1.2

氣候變遷對動物多樣性的影響

▶ 對鳥類的衝擊

1. 臺灣83種繁殖鳥類氣候變遷脆弱性評估中有41種具有高暴露度；對溫度及雨量較敏感的則分別有16及22種；綜合食性、孵育幼鳥等特性後，有46種為低適應力
2. 氣候變遷將可能導致**整體生殖時序的改變**，例如**青背山雀**及**棕面鶯**均於3月產卵，若溫度較高則產卵時間提早，遇低溫則延後。育雛期若遇大雨，易因巢穴潮濕或淹水導致失敗
3. 氣候變遷將使**低溫日數變短**，有利於這兩種**中低海拔鳥類之繁殖**。然而，若在春末夏初出現強降雨，則可能降低育雛成功率，使其族群變小
4. 氣候變遷導致**氣溫提高**，間接影響植被生長、開花、結果，以及天敵的分布，可能會**改變遷移鳥類與不遷移鳥類的共域時間**，改變這些鳥類之間的交互關係

臺灣本島各區域特色動物物種

動物類群	海拔位置	北部	中部	南部
兩棲爬蟲類	高海拔	觀霧山椒魚	臺灣山椒魚	阿里山山椒魚
	中海拔	斯文豪氏赤蛙	莫氏樹蛙	拉都希氏赤蛙
	低海拔	斯文豪氏赤蛙	莫氏樹蛙	拉都希氏赤蛙
鳥類	高海拔	高山草原：鶻鵝、臺灣叢樹鶯、岩鷄；針葉林樹冠層：火冠戴菊鳥、煤山雀；林下層：栗背林鴉、黃羽鸚嘴、灰頭花翼畫眉		
	中海拔	樹冠層：青背山雀、冠羽畫眉、白耳畫眉、紅山椒鳥；林下層：繡眼畫眉、白尾鴉、藪鳥		
	低海拔	樹冠層：紅嘴黑鵝、五色鳥、樹鵲；林下層：黑枕藍鶇、小鸚嘴、山紅頭		
哺乳類	高海拔	臺灣野山羊	高山田鼠	水鹿
	中海拔	臺灣森鼠	黃喉貂	黑熊
	低海拔	穿山甲	石虎	臺灣獼猴

註：本表以高海拔 (2,500m以上)、中海拔 (1,200-2,500m)、低海拔 (1,200m以下)對動物的海拔分布做概略區分。

(參考文獻：王文千，2019；Shiao et al., 2015；Tsai et al., 2021)

科學報告 表4.5.1.2

氣候變遷對動物多樣性的影響

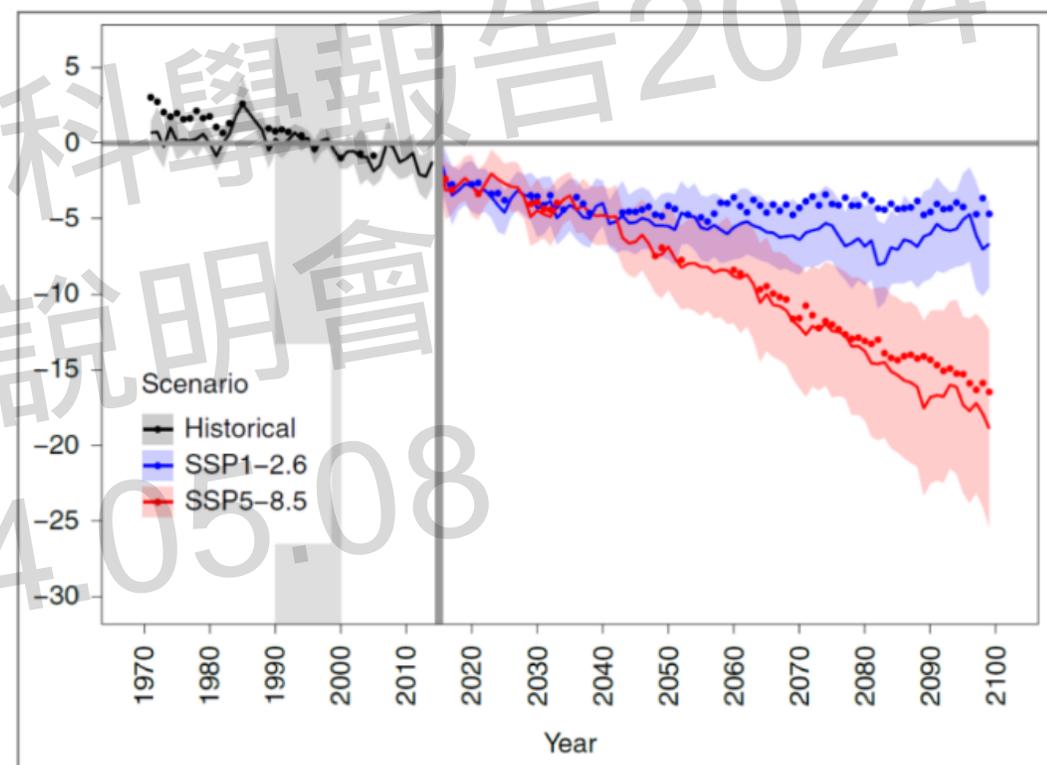
▶ 對昆蟲的衝擊

1. AR5 RCP 2.6 至 8.5 情境下，信義熊蜂適存棲地將縮減 41%至 87%不等，且南部山區將無適棲之處
2. 紫斑蝶屬及青斑蝶屬之蝶類為著名的遷徙性蝶類，然因氣候變遷之故，已觀察到這些越冬斑蝶在大武地區渡冬期縮短，數量亦大幅減少。
3. 氣候變遷可能改變同一食性動物之間的競爭關係，造成原有交互作用改變。例如埋葬蟲與麗蠅這兩種腐食的幼蟲，低海拔的高溫環境會使埋葬蟲的繁殖率較差，造成競爭弱勢
4. AR5 RCP8.5情境模擬成果發現，中、低海拔亞洲埋葬蟲將因交配季溫度條件不佳而有高滅絕風險，高海拔的族群則不受影響

海域生態

▶ 全球海洋生物量的變化趨勢

CMIP6 模式結果指出在 2030 年後生物量下降的幅度逐年加劇，其在高碳排情境下，2060 年後生物量將會更大幅度的下降

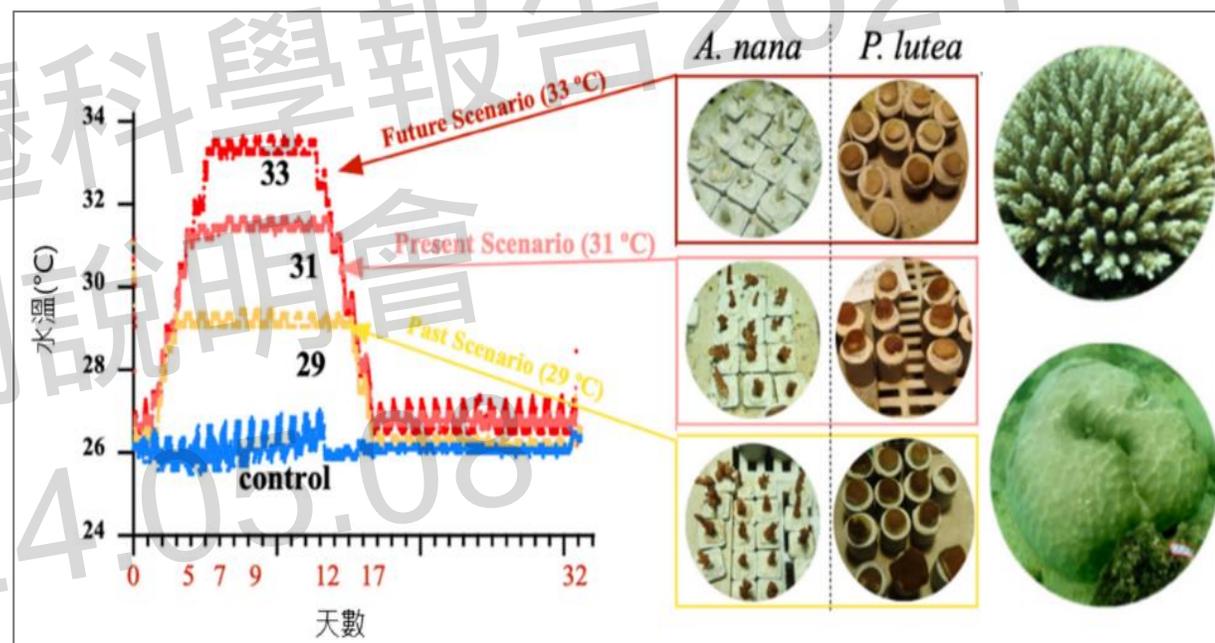


CMIP6 預測未來全球海洋生物量的變化趨勢
(Tittensor et al., 2021)

沿岸生態系

► 珊瑚礁

1. 臺灣南部海域珊瑚若處於**短期快速地升溫狀態(連續8天達32°C)**，則有**50%至100%的珊瑚會白化**
2. 珊瑚能夠承受超過季均溫以上的水溫緩慢上升，但若**水溫短期內超過其夏季平均最高水溫2°C以上**，則會白化



過去、近期及未來三種水溫架構測試兩種珊瑚的熱耐受能力

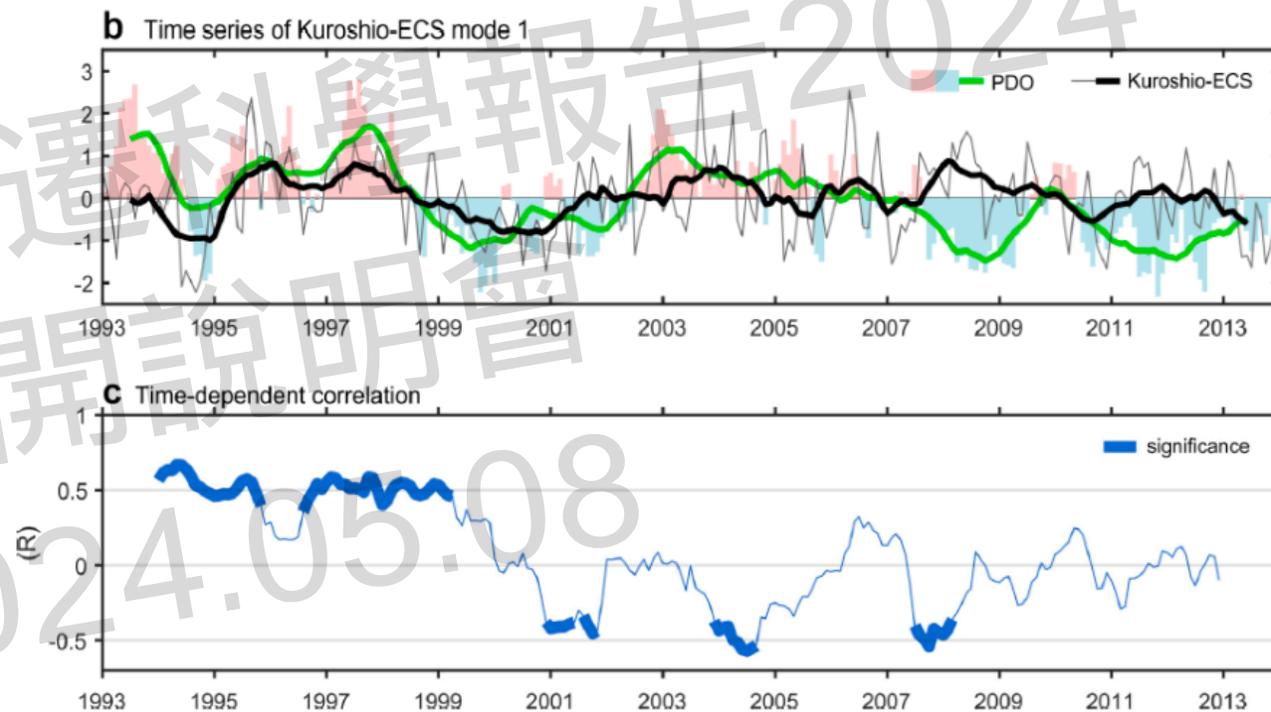
(Keshavmurthy et al., 2022)

科學報告 圖4.5.2.2

離岸生態系

▶ 黑潮大洋區

- ▶ 在1990年後期，太平洋年代際振盪(PDO)轉換至負相位所引起的黑潮長週期變化，影響了氣候系統的能量平衡，使得推估黑潮未來年際變異性困難度增加
- ▶ 例如天然鰻苗會隨著北赤道洋流及黑潮長距離的輸送至東亞各國沿岸，然而氣候變遷造成北赤道洋流及黑潮的流速強弱發生變化，將影響其洄游路徑，造成臺灣鰻苗捕獲量下降



(b)PDO指數的移動平均值與黑潮在東海陸棚段的流速特徵向量之時間序列圖
(c)兩者相關係數在1999年之前多為高度正相關，其後呈間斷性相關或無相關性

(資料來源：Wu et al., 2013)

調適與科研缺口

► 技術科研面

1. 因長期且完整的生物調查與監測資料不足，亟需加強長期生態系統之完整基礎研究，包含森林動態調查監測、非經濟樹(物)種之衝擊研究等
2. 因應短期海洋及海岸生態資料不足，可鼓勵發展海洋公民科學，擴大公民科學家數量與專業度，以政府與民間協力建立海洋相關基礎資料
3. 呼應國際以自然為本(NbS)之概念推動，應強化在地生態系統間交互影響之研究及建立對應之氣候衝擊鏈

► 調適應用面

1. 考量氣候變遷趨勢下特定物種之保育急迫性，需依保育標的特性檢討與調整保護區範圍，並適時推動更為積極的保種或復育措施
2. 因海洋資源競爭激烈且氣候變遷影響深遠，需更為積極探討海洋生態系經營策略永續性與跨部門管理及執法之制度

4.6 健康



作者

- ▶ 陳保中 國家衛生研究院國家環境醫學研究所
- ▶ 王淑麗 國家衛生研究院國家環境醫學研究所
- ▶ 吳威德 國家衛生研究院國家環境醫學研究所
- ▶ 林靜君 臺灣大學公共衛生學院
- ▶ 蔡宗霖 國家衛生研究院國家環境醫學研究所
- ▶ 吳瑞軒 國家災害防救科技中心

摘要



心血管疾病

- 極端氣候之溫差，易使心血管、呼吸道與慢性疾病患者，發生心肌梗塞或氣喘等猝發，甚至造成猝死

傳染性疾病

- 全世界約有58%與人類有關的傳染病，因氣候災害發生而提高傳染強度

過敏性呼吸系統

- 兒童健康領域的研究中，證實一氧化氮(NO)、二氧化氮(NO₂)和PM_{2.5}與兒童肺功能惡化有關

心理健康

- 對於長期暴露於高溫環境下的重鬱症患者，溫度上升對於對65歲以上的族群影響較大

氣候變遷對人體健康衝擊影響

氣候特徵	物理條件	健康衝擊議題
溫度變化	極端高溫	脫水現象 總心血管疾病就診率與死亡率 心房顫動 缺血性心臟疾病就診率 心肌梗塞死亡率及發作頻率 熱中風就診率 缺血性中風就診率 總呼吸系統疾病就診率及死亡率 慢性肺阻塞性肺病就診率 心理健康危害
	極端低溫	總心血管疾病死亡率 總呼吸系統疾病就診率及死亡率
降雨變化	不同飲水傳染之水媒疾病	眼睛感染、呼吸道感染、腸疾病 過敏性皮膚疾病、傳染病蔓延季節及範圍
溫度及降雨協同影響	氣溫及濕度變化	蟲媒傳染病(瘧疾[瘧蚊]、登革熱[白線斑蚊及埃及斑蚊]、日本腦炎[三斑家蚊、環紋家蚊及白頭家蚊])

(資料來源：龍世俊等人，2018)

傳染性疾病

- ▶ 全世界約有**58%**與人類有關的傳染病會因氣候災害(如洪水、乾旱、變暖、熱浪、森林大火及海平面上升等)發生而提高傳染強度
- ▶ 氣溫升高有助於疾病病原體和媒介的生存、繁殖和分佈，並且會改變病原體及媒介的傳輸方式和棲息地範圍

氣候變遷經由各式傳播途徑造成疾病增加與惡化 (Mora et al. 2022)



各式病毒(腺病毒、登革熱、covid-19等)

微生物、細菌

動物、家畜傳染

黴菌、真菌

原生動物、原蟲等

植物(花粉、過敏原)

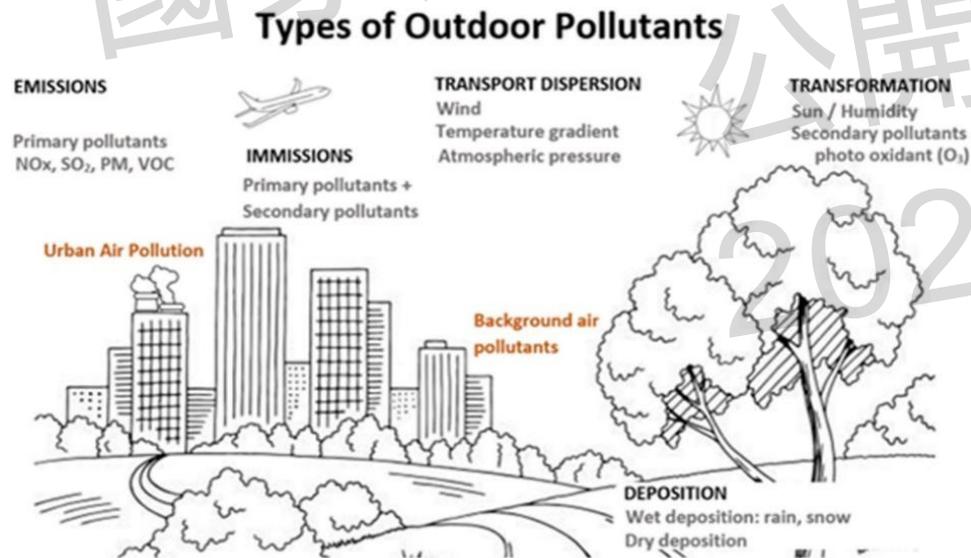
藻菌界、原藻界

可疑但未確定

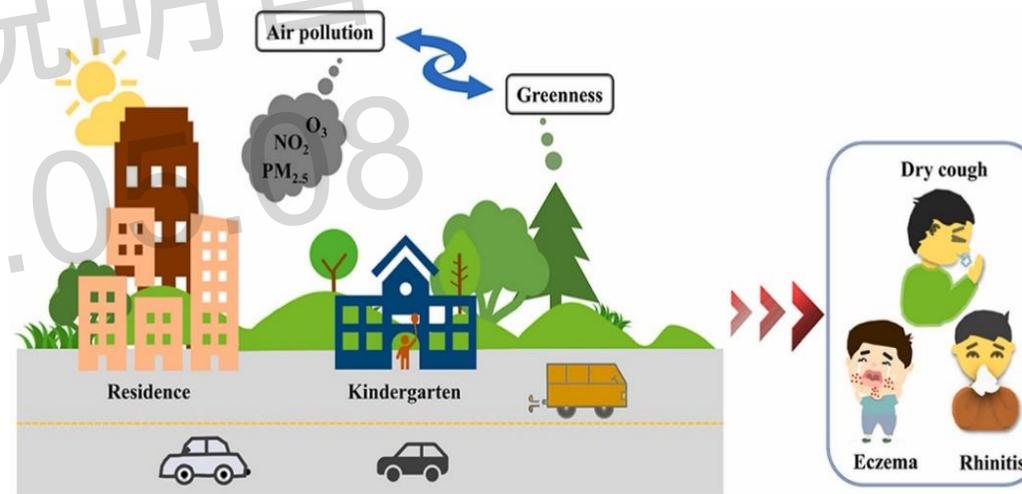
科學報告 圖4.6.2.1

過敏性呼吸系統疾病及慢性阻塞性肺病

- ▶ 空氣污染觸發的環境系統變化與增加過敏性呼吸道疾病(包括氣喘和鼻炎) 罹病率有關，而在兒童健康領域的研究中，證實一氧化氮(NO)、二氧化氮 (NO₂) 和PM_{2.5}與兒童肺功能惡化有關
- ▶ 因綠地空間與空氣污染物之交互作用，存在較多的過敏原，而可能使**孩童過敏性鼻炎致病風險顯著提高約8.4%**



室外空氣污染物的種類 (D'Amato et al. 2020)



綠地空間與空氣污染物之交互作用可能對兒童呼吸道有不利影響 (Yang et al. 2023)

心理健康

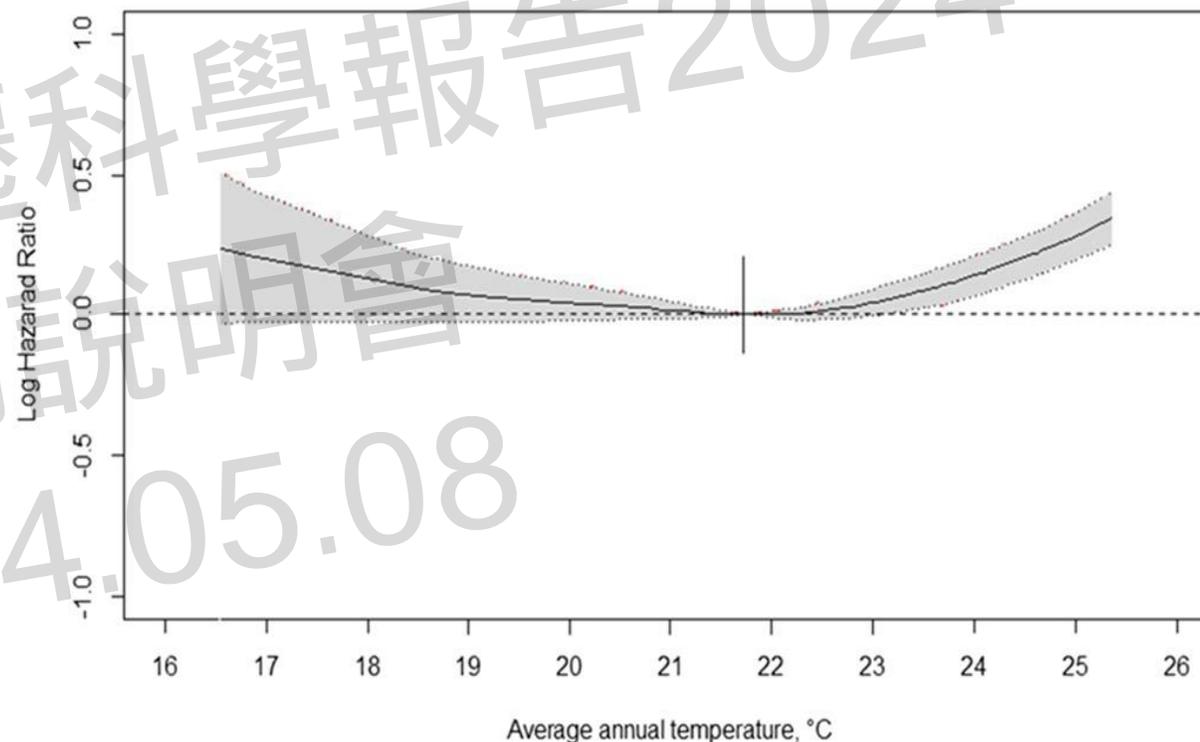
- ▶ 氣候變遷會直接或間接導致身心壓力，除了可能加劇民眾原存在的心理健康問題，也會**誘發新的急慢性和長期精神疾病**
- ▶ 對於弱勢或較敏感的脆弱族群，在氣候變遷背景下，將可能使其**更容易罹患精神有關疾病**



(Ruszkiewicz et al. 2019)

心理健康

- ▶ 因臺灣民眾長期暴露於高溫環境下，**年均溫高於中位數23°C的地區，每增加1°C會導致重鬱症的發生率增加約7%**，且對65歲以上的族群發病率之影響更高



溫度與重鬱症發病率的反應曲線
實線表示對數風險比，灰色區域表示95%信賴區間

(資料來源：Chen et al. 2019)

科學報告 圖4.6.2.3

調適與科研缺口

▶ 技術科研面

1. 健康相關分析因需具備長期追蹤數據，需持續在符合規範及考量資料機敏性情況下建立、維護、取用及整合健康資料，另進行全人口代表性的大型世代研究以完善綜合性評估
2. 因氣候變遷對人類健康之衝擊及影響程度仍待更明確的科學評估與關係建立，需持續針對特定生理及心理病症建立關鍵指標，並開發及選用最適用之衝擊模式與工具

▶ 調適應用面

1. 因人類健康與其他社會發展面向有交互作用之關係，後續可加強探討多重社會條件、經濟和政策因素對人民健康程度及健康領域調適效益之影響
2. 考量人類疾病成因及複雜度，應從制度面探討跨領域之整合性治理策略與合作調適方案

4.7 城鄉空間



作者

都市熱島

- ▶ 林子平 國立成功大學建築學系
- ▶ 尤思喻 國立成功大學建築學系
- ▶ 王柳臻 國立成功大學建築學系

城鄉土地利用

- ▶ 詹士樑 國立臺北大學不動產與城鄉環境學系
- ▶ 紀佳法 國家災害防救科技中心

都市熱島-摘要



臺灣都市熱島 現況

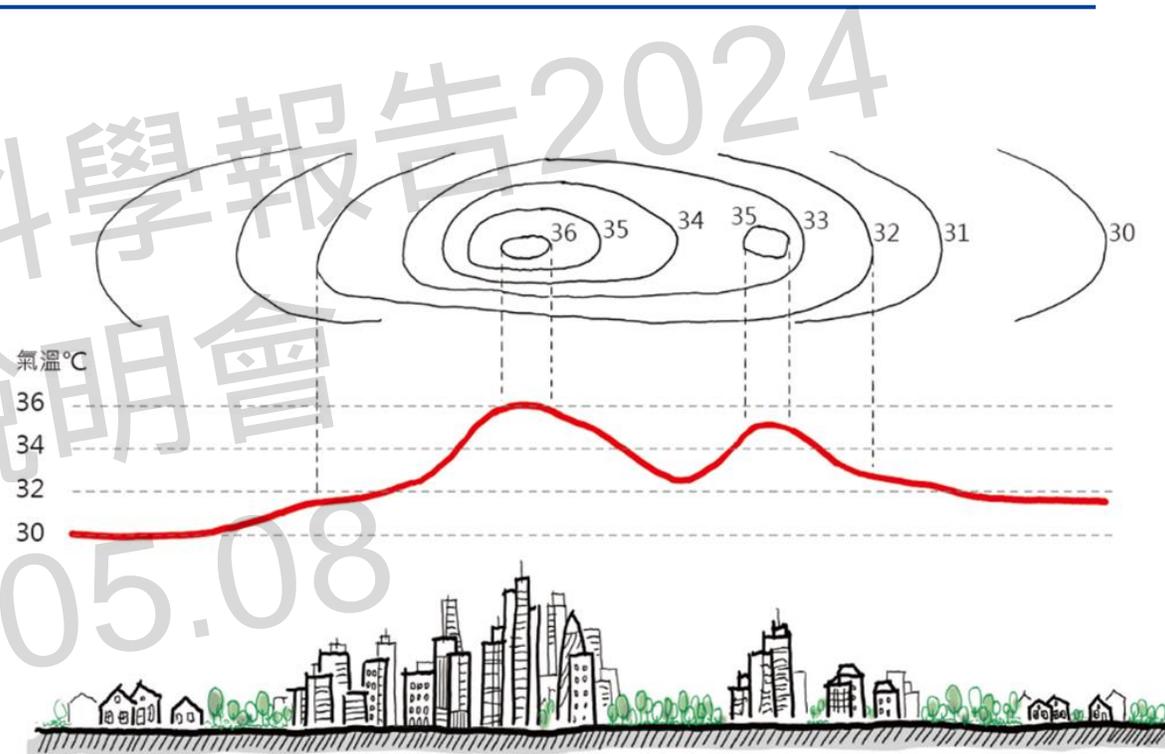
- 臺灣現況都市熱島強度約增溫2°C到2.5°C左右
- 臺北市2020至2023年間7月都市熱島強度與範圍逐漸擴張與延伸至桃園一帶

都市熱島 人體熱舒適

- 依據TCCIP以未來估資料，在全球暖化程度2°C與4°C情境下，臺灣都市熱島現象明顯增加
- 隨氣候變遷情境的推進，生理等效溫度有逐年上升的趨勢

都市熱島是什麼

- ▶ 都市熱島(Urban Heat Island, UHI)
係指都市氣溫高於郊區氣溫的現象
- ▶ 都市熱島效應(Urban Heat Island Effects)
因人為開發行為造成的都市地區升溫加劇的現象
- ▶ 對都市氣候造成的影響
高溫、空氣品質惡化、能見度下降、降水型態與降雨區改變、影響日照時數等

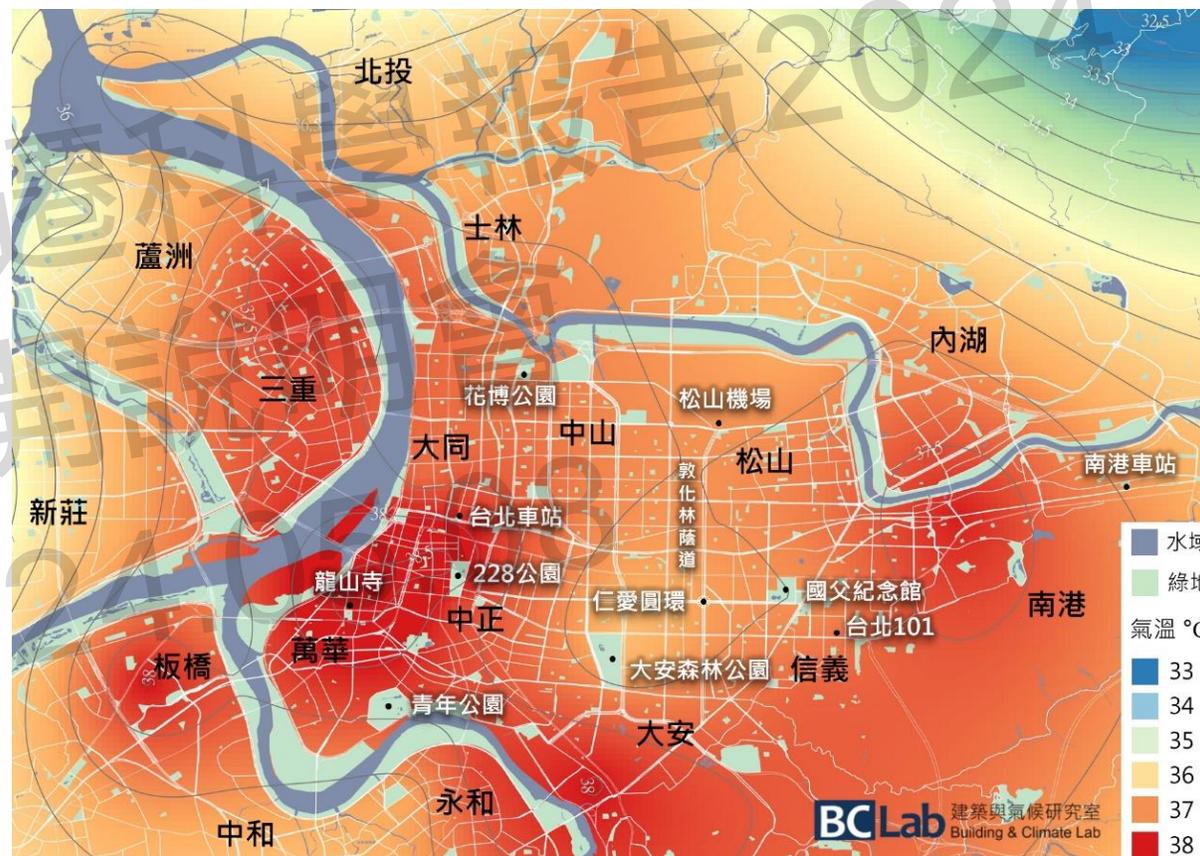


示意：都市氣溫分布之剖面如同島嶼一樣的起伏。
市中心高溫、郊區低溫。(林子平，2021)

都市熱島研究與衝擊

以大臺北地區為例

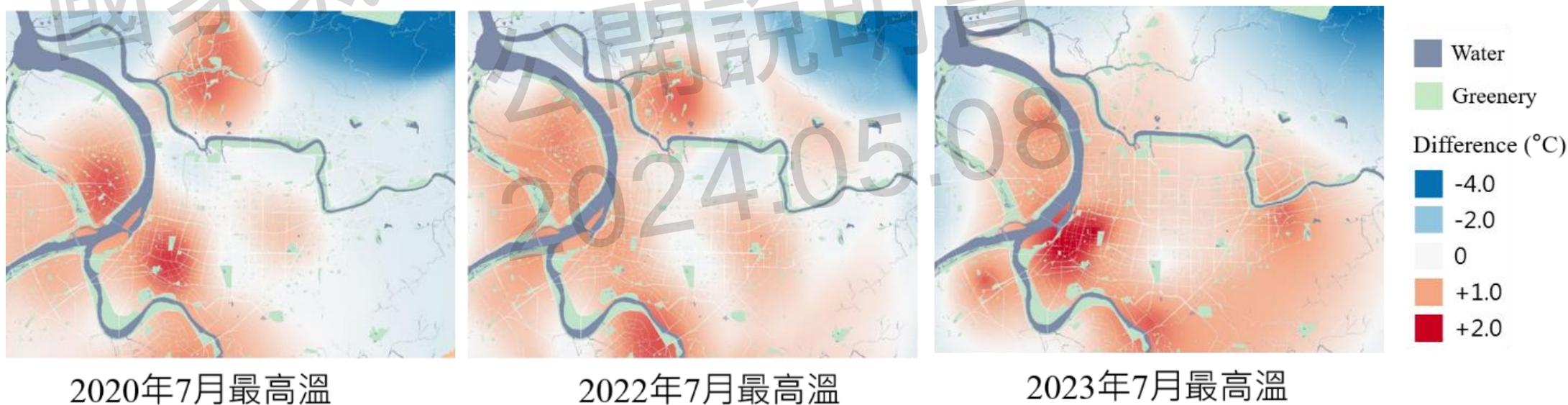
- ▶ 因盆地地形易蓄熱，且為高度開發都市，**市區中心溫度長期比郊區高出 3°C 以上**。都市戶外熱環境條件日益嚴峻，如何減緩並調適成為重要議題
- ▶ 都市熱島的衝擊，不僅止於高溫不適、公共健康等，也攸關社會經濟，及能源使用行為



臺北市熱島分布圖。(林子平, 2023) 統計時間為 2023年7月8日13時。

臺灣都市熱島現況

- ▶ 透過追蹤臺北市2020至2023年間7月，都市熱島強度與範圍變化趨勢，結果顯示：市中心的溫度持續增加，且伴隨高溫區逐漸擴張與延伸至桃園一帶，樣樣皆顯示臺灣都市面臨嚴峻的熱島問題，且高溫中心範圍擴大的情形更是不可小覷

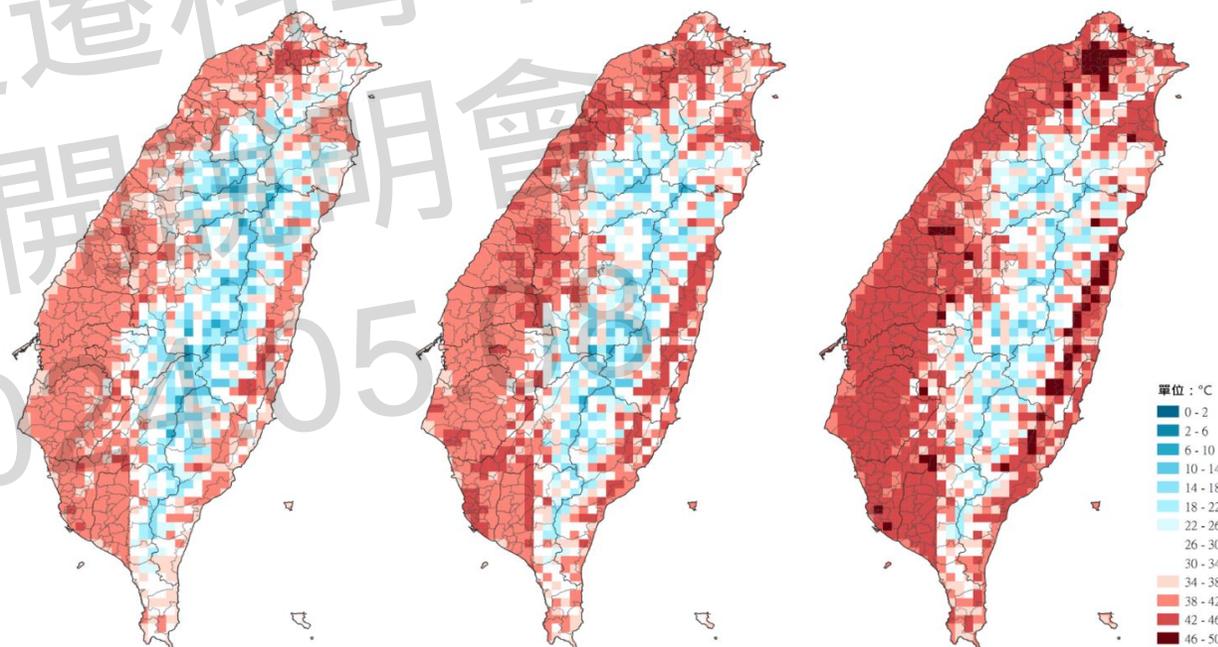


近年臺北 7 月都市熱島趨勢以及高溫擴張轉移分布圖 (林子平, 2023)

都市熱島與人體熱舒適

都市熱島現象十分明顯，且隨全球暖化程度的推進(左至右)，生理等效溫度的有逐年上升的趨勢

- ▶ 都市發展將造成都市熱島範圍擴張且強度增加
- ▶ 以全球暖化程度氣候資料，推估7月14:00之生理等效溫度(PET)，依臺灣熱舒適區間為舒適度分級依據，高度發展之都市地區的數值皆明顯高於周邊郊區



a. 生理等效溫度_基期
(1995年至2014年)

b. 生理等效溫度_升溫 2°C
(2034年至2053年)

c. 生理等效溫度_升溫 4°C
(2073年至2092年)

調適與科研缺口

▶ 技術科研面

1. 都市熱島議題於我國仍屬初步發展階段，仍需持續進行綜合性評估指標研究，並從節能、散熱降溫等面向，探討都市環境調適之效益與評估方法
2. 針對現行建築法規及城市規劃中不利於城市降溫之因素，可將熱島減緩納入建築與都市規劃評估項目與綠建築標章「健康舒適」範疇中

▶ 調適應用面

1. 落實適合地方特性的降溫策略，擬定符合都市特性之設計準則，以及短、中、長期可實施之降溫方案或措施
2. 參考各國風廊政策，並在納入防災安全、節能低碳、住宅永續等發展趨勢下，訂定都市風廊並依其等級研擬不同程度的管制，提升戶外熱舒適性

城鄉土地利用-摘要



都市空間 衝擊與調適

- 水資源與水患
- 維生基礎建設

- 土地利用型越多元，淹水風險越少
- 社會脆弱度高可能發生較嚴重的損傷
- 交通設施位置長期暴露於外在負面衝擊，屬偏高暴露度

鄉村空間 衝擊與調適

- 農地及生物多樣性
- 山坡地

- 沿海農地為高脆弱地區
- 坡地災害風險最高的地區分別為嘉義縣阿里山鄉、高雄市六龜區及甲仙區

資源保育及環境敏感 空間衝擊

- 海洋及海岸資源地區
- 其他環境敏感區位

- 本島海岸線未來面臨颱風暴潮衝擊的機率增加
- 海洋或海岸型濕地、人為型濕地受氣候變遷之影響較大，尤其對沙洲侵蝕之衝擊

科學報告2017至2024的差異與進展

2017及2024對照

- 強調加強氣候變遷風險評估
- 陳述地方調適計畫規劃流程
- 議題衝擊評估為主
- 統整陳述調適參考策略



- 強調加強氣候變遷風險評估
- 強調結合社會脆弱度風險評估
- 著重蒐整風險評估方法
- 分議題陳述調適參考策略

4.7.1 城鄉土地利用

- 以國土空間規劃為撰寫緣起
- 都市衝擊及調適議題
 - ① 水資源與水患
 - ② 維生基礎建設
- 鄉村衝擊及調適議題
 - ① 農地與生物多樣性
 - ② 山坡地
- 資源保育及環境敏感空間衝擊評估
- 科研及調適缺口

城鄉土地利用

城鄉空間衝擊評估及調適

1 都市空間

海岸防護區

為更有效因應海岸侵蝕、暴潮溢淹、洪氾溢淹等衝擊，需考量社會經濟脆弱度因素進行土地利用空間發展型態整體規劃

3 資源及保育空間

海洋海岸資源地區

保護區、保留區、保育區等生態資源降低及棲地環境破壞，建議未來可持續投入考量長期氣候變遷影響

維生基礎設施

需防範路面隆起、邊坡災害、道路淹水；電力部門水資源供應不穩、再生能源開發地理區位及環境不適當等，並應考量社會經濟構面，評估弱勢族群之社會脆弱度

脆弱族群

永久性遷移、暫時性避難，未來應持續提高對社會脆弱度的重視，避免衍生更嚴重的脆弱度及觸發不當調適風險

山坡地

需調適土石流、崩塌潛勢區位、土砂災害運移變遷、具災害風險的坡地利用型態等，並加強考量氣候變遷下坡地崩塌危害因子之衝擊及風險

環境敏感地區

建議各環境敏感區依循上位法令及計畫指導，將考量現況的保護及保育工具，推展為轉型式調適策略

2 鄉村空間

鄉村農地與生物多樣性

需因應淹水潛勢、高低溫與乾旱、農產業風險，並建立農產業風險地圖，用以檢視氣候變遷衝擊對農產業的可能影響程度

水資源及水患

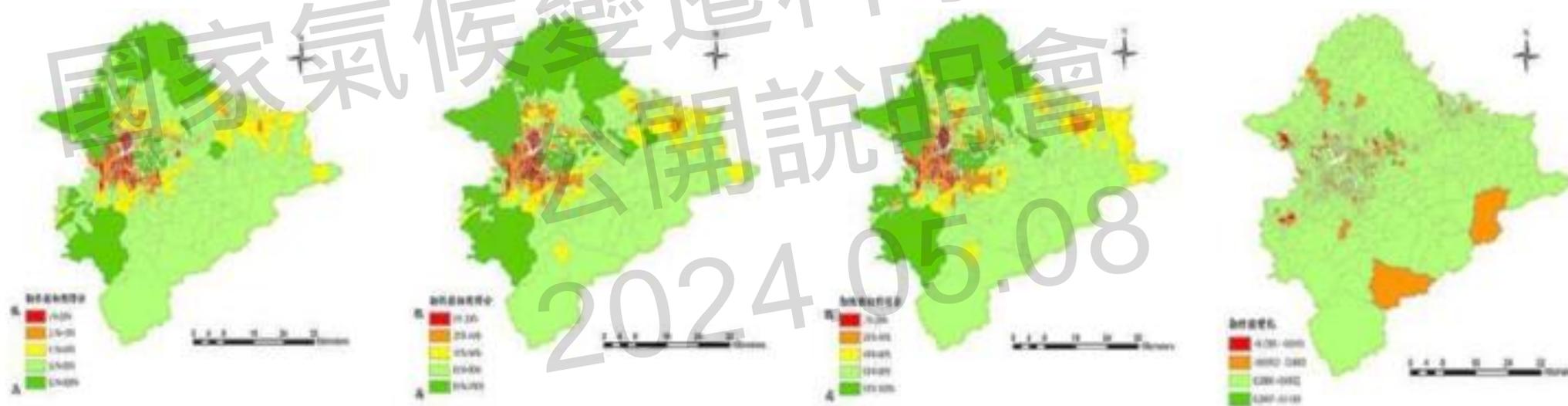
淹水、缺水、流域系統衝擊，然而國內仍多關注於都市土地利用與淹水損失間關聯性，較少針對都市土地空間分布對淹水實際影響進行探討



都市水資源與水患衝擊

都市空間
衝擊與調適

- ▶ 調適能力的建構必需考量**整體都市發展策略**，**連結脆弱度與韌性**，以**建立調適與都市治理過程對恢復力(韌性)長期的循環作用**(洪鴻智等人，2021)



2a 2001 社會經濟面韌性分布

2b 2006 社會經濟面韌性分布

2c 2016 社會經濟面韌性分布

2d 15年社會經濟面韌性變遷

韌性評估結果空間分布-以臺北都會區為例 (含臺北、新北與基隆市)
(洪鴻智等人，2021)

都市維生基礎建設衝擊

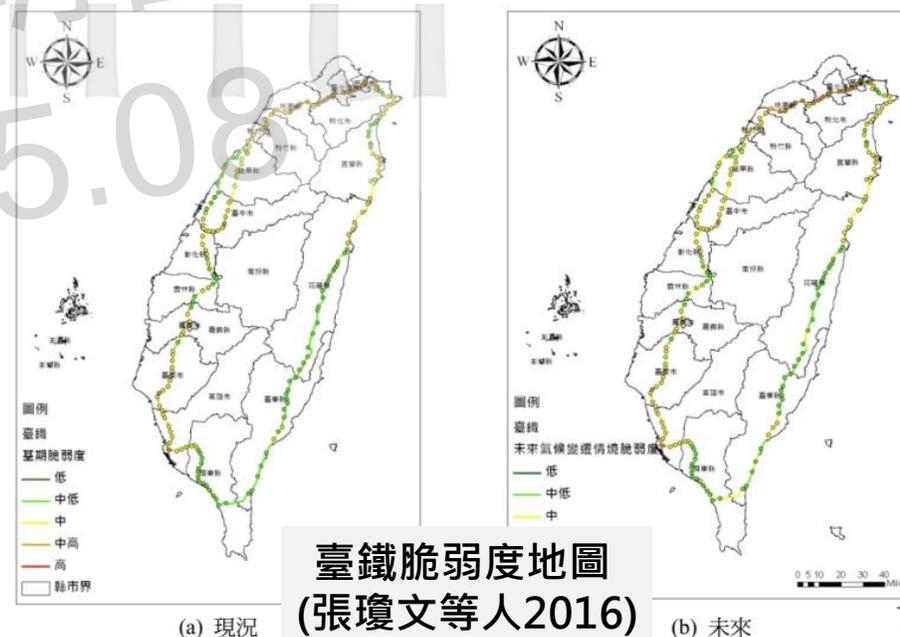
都市空間
衝擊與調適

▶ 林曜滄等人 (2019) 運用 GIS 技術，開發**公路橋梁災害管理平台**，此平台中建立橋樑、防災資源、自然環境、社經環境、地形、航照影像等資料庫，以空間整合資訊方式，**輔助橋樑氣候變遷風險評估及決策**

▶ 張瓊文等人 (2016) 以「**採用現況重現年 500 年的淹水潛勢圖**」評估鐵路系統對社會、經濟及交通運輸可能受影響之範圍與程度。評估結果顯示，**臺鐵不論現況或未來屬中高以上之脆弱度路段**，主要分布於**六都及其鄰近地區**



系統版型規劃及功能區說明圖
(林曜滄等人，2019)



臺鐵脆弱度地圖
(張瓊文等人2016)

(a) 現況

(b) 未來

鄉村農地及生物多樣性調適

鄉村空間
衝擊與調適

農業部提出之農業調適策略

- ▶ 農業部(2011)「因應氣候變遷農業調適政策會議」**確立農業面對氣候變遷的調適策略**，其中包括**維護農業資源與生態環境、加強農業產業調適、建構糧食安全體系、強化天然災害防救能力、擴大農業節能減碳，及建立監測預警機制**等面向及其策略措施

調適策略面向	策略措施
維護農業資源與生態環境	1.友善使用農業用地；2.發揮邊際土地之生態及滯洪功能；3.提升農業儲水功能及用水效率；4.建立生物多樣性風險管理策略
加強農業產業調適	1.研發抗逆境品種及設施；2.發展環境友善生產模式；3.建立漁業作業新秩序；4.推廣縮短食物里程消費觀念
建構糧食安全體系	1.提升糧食自給機能；2.確保糧食生產能力；3.建構糧食風險管理體系
強化天然災害防救能力	1.科技防災整備；2.全流域整體治理；3.強化農村自主防護
擴大農業節能減碳	1.發展節能減碳新技術及設施；2.推行「農產品碳足跡」制度；3.強化農業碳匯功能
建立監測預警機制	1.建立農業體系脆弱度評估指標；2.建構監測與預警機制

(資料來源：農業部網站，<http://www.coa.gov.tw/view.php?catid=21675>)

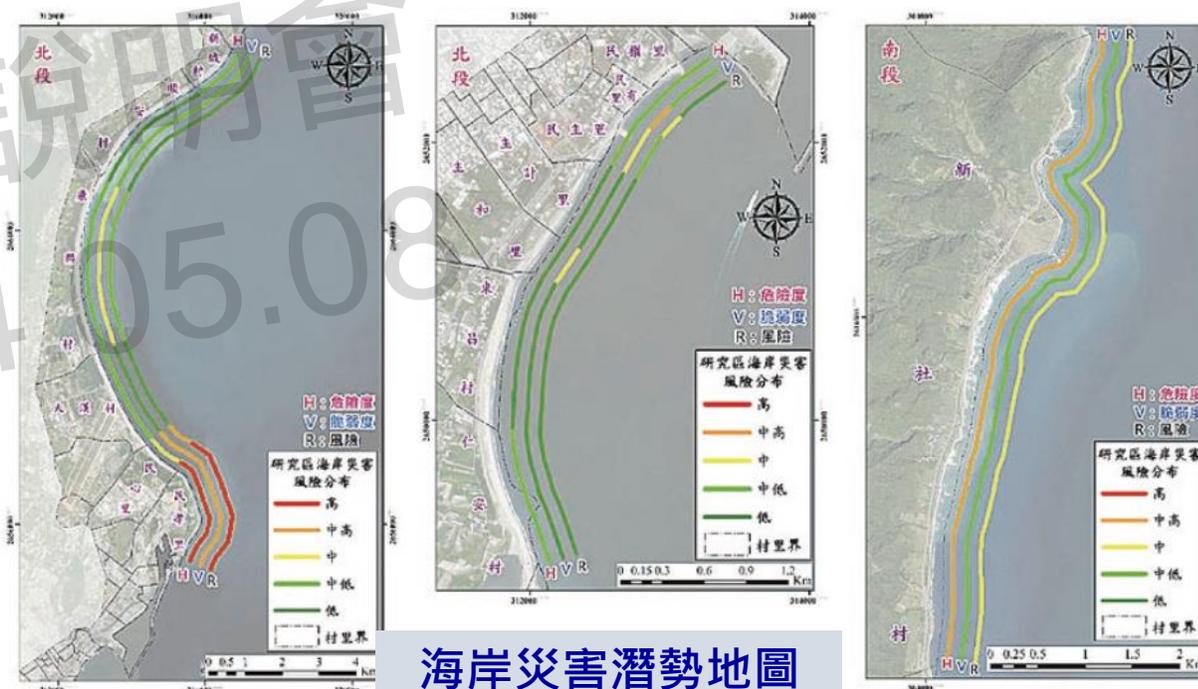
資源保育及環境敏感空間衝擊

資源保育及環境
敏感空間衝擊

- ▶ 臺灣在海洋及海岸地區現況衝擊研究及計畫，仍較著重於傳統防災、社會經濟活動發展適宜性、人為干擾驅使之生態保育等面向之衝擊評估，較少整合未來氣候變遷危害因子數據及資料進行評估

王國樑等人 (2022)
花蓮海岸災害風險評估，採以測站
歷史數據及探測資料，分析：

1. 海岸侵蝕
2. 暴潮溢淹
3. 洪氾溢淹
4. 地層下陷
5. 整合災害危害度、人文社經損傷、
防災應變能力之脆弱度



調適與科研缺口

▶ 發展空間規劃需要納入未來氣候變遷風險資訊

空間風險評估已具豐富指標建置及操作案例，且多能以空間圖層方式呈現評估結果，但建議可加強導入未來氣候變遷推估資料，評估可能引致之土地風險

▶ 調適規劃考量潛在弱勢族群脆弱度

評估潛在受氣候變遷風險或調適影響的弱勢族群之社會脆弱度，並將關鍵利害相關人納入溝通及決策體系，以彌補被科學界所忽略的知識

▶ 研發結合土地利用變遷與脆弱度指標之空間複合性風險評估技術

整合複合性風險評估，納入及比較對現況土地及未來變遷後土地的脆弱度影響，以規劃不同時期空間調適策略



臺灣氣候變遷科學報告2024

第五章

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

2024.05.08



第五章 氣候變遷風險 評估與調適



作者

- 李明旭 國立中央大學水文與海洋科學研究所
詹士樑 國立臺北大學不動產與城鄉環境學系
陳永明 國家災害防救科技中心
李欣輯 國家災害防救科技中心
紀佳法 國家災害防救科技中心
張珈瑋 國家災害防救科技中心

摘要



氣候變遷風險及調適

- 氣候變遷風險定義
- 氣候變遷調適定義
- 國內外氣候變遷調適架構
- 國家氣候變遷調適架構

科研缺口與展望

- **科研面**：彙整國內科研技術在衝擊評估資料、工具及方法等應用障礙與缺口，提供未來精進建議
- **治理面**：因應2023年「氣候變遷因應法」公布實施，將調適與減緩兼容並重地融入國家治理系統是未來重要發展方向

氣候變遷風險的定義

- ▶ **危害度**指可能發生的氣候相關物理事件、趨勢或物理影響，可造成生命損失、傷害或其他健康影響，及財產、基礎設施、生計、服務、生態系統及環境資源的損害和損失
- ▶ **暴露度**指存在於可能受不利影響的地方和環境中的人群、生計、物種或生態系統、環境功能、服務和資源、基礎設施，或經濟、社會或文化資產等其受不利影響之程度
- ▶ **脆弱度**則是敏感度及調適能力的集合，包括對危害的敏感性或易感性以及缺乏應對的調適能力



科學報告 圖5.1.1

(資料來源：IPCC, 2022)

氣候變遷調適的定義

- ▶ 氣候變遷調適指「人類與自然系統為回應實際、預期氣候變遷風險或其影響之調整適應過程，透過建構氣候變遷調適能力並提升韌性，緩和因氣候變遷所造成之衝擊或損害，或利用其可能有利之情勢」(氣候變遷因應法第3條第2項)
- ▶ 理想的調適應為動態及彈性的發展型態，且能隨時依新的氣候刺激及風險情況進行調整，但調適由許多系統、領域、時間範圍、發展過程和行動者所組成，加上易受到氣候變遷及制度調整影響，因而在執行結果及效力上具有高度地不確定性，造成氣候變遷調適有關規劃及決策工作的執行相當困難

參考國內外調適架構

國內外調適架構比較分析

- ▶ 國內外調適架構於操作階段所定義的步驟名稱不盡相同，但關鍵構面細部因子具共通性，大致可概分為**了解及界定問題或保護標的、評估現況或未來氣候變遷風險、調適項目規劃及效益管考與檢討**

框架	UKCIP	UNDP APF	EU 指引	國科會 TaiCCAT (童慶斌等人， 2016)	ISO 14090(2019a) ISO 14091(2019b)	UN NAPs	國科會 TCCIP
年分	2003	2004	2013	2016	2019	2021	2022
構面 1	辨識問題與目標	界定及設計調適計畫	準備與設定	界定問題與設定目標	先期規劃	問題與落差	界定範疇
構面 2	提出決策關鍵	評估現有脆弱度	評估氣候變遷風險及脆弱度	評估與分析現況風險	評估衝擊與機會	前期準備	檢視資源及現況氣候風險
構面 3	評估風險	評估未來氣候風險	辨識調適選項	評估與分析未來風險		分析氣候變遷風險及脆弱度	評估未來氣候風險
構面 4	辨識選項 評估選項 進行決策	研擬調適策略	評估調適選項	界定與評估調適選項	調適規劃	檢視各層級調適選項	綜整決策
構面 5	執行推動	持續推動調適策略	執行	規劃與執行調適路徑	推動執行	策略執行	推動執行
構面 6	監測、評估及檢討		監測與評估	監測與修正調適路徑	監測評估報告交流	監測與檢核	檢討修正

科學報告 表5.1.2

參考國內部會研擬指引

- ▶ 架構也與國內各部會視其業務屬性及實務需求，所研擬的相關氣候變遷風險評估指引進行內涵比對

參考國內部會參考指引

國家發展委員會(2018)「地方氣候變遷調適計畫規劃作業指引」
經濟部工業局(2021)「製造業氣候變遷調適指引」
經濟部能源局(2022)「能源部門因應氣候變遷風險評估指引」
經濟部水利署(2022)「水利署氣候變遷調適參考指引」
交通部運輸研究所(2022)「公路系統規劃階段強化調適能力作為與指引」



水利署及交通部運研所研擬的指引

水利署氣候變遷調適參考指引

(限水利署內部參考)

綜合企劃組

中華民國 111 年 11 月

IOT-111-TCF004

公路系統規劃階段強化調適
能力之探討(2/2)
—強化調適能力作為與指引

期末報告
(附冊一)



鼎漢國際工程顧問股份有限公司
中華民國 111 年 11 月 7 日

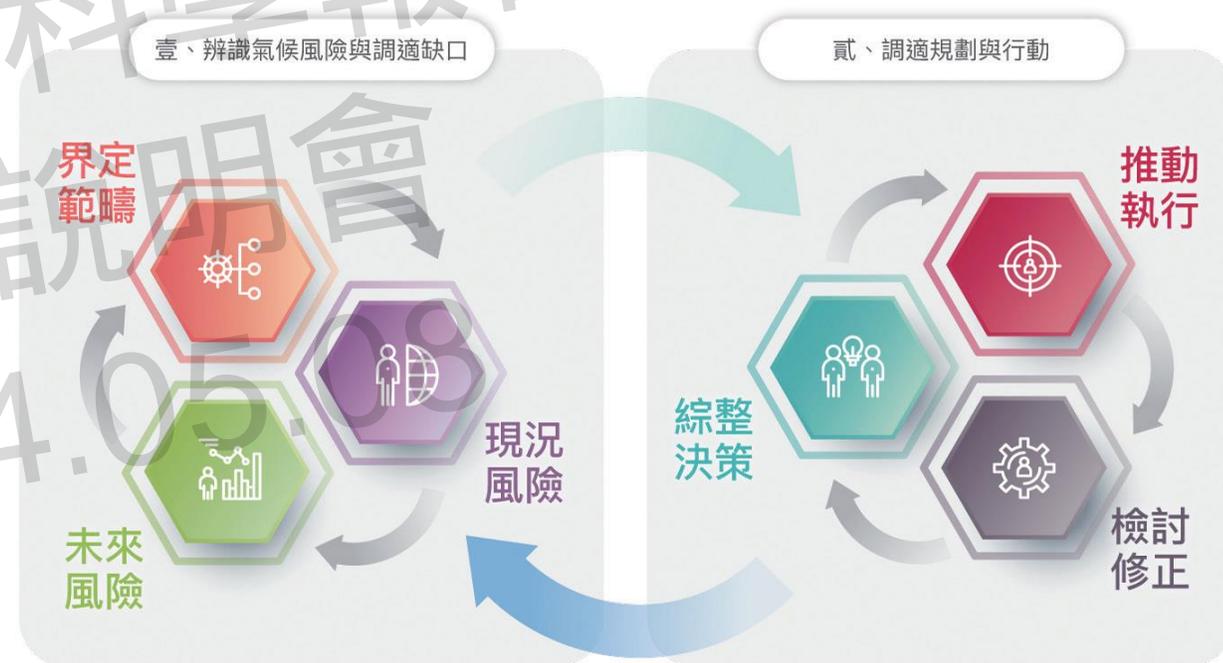
氣候變遷調適架構

氣候變遷因應法第18條第2項

各級政府使用氣候變遷科學報告，進行氣候變遷風險評估，作為研擬、推動調適方案及策略之依據

- ▶ TCCIP於2022年提出的6構面架構，區分為「**辨識氣候風險及調適缺口**」及「**調適規劃與行動**」2大階段
- ▶ 2023年10月4日，行政院核定之「**國家氣候變遷調適行動計畫(112-115年)**」，各部會已參考此架構作為研擬基礎

科學報告說明各構面要點意涵



氣候變遷調適架構 (TCCIP, 2022)

科學報告 圖5.1.2

科研與治理缺口

科研缺口

風險評估相關資料
風險評估方法與工具
複合風險
不當調適
漸進式及轉型式調適
動態調適路徑規劃
調適及減緩共效益

治理缺口

調適跨層級及跨部門治理
調適障礙與限制
調適公平性及脆弱族群
法令及政策之整合

風險評估資料不足(1/2)

基礎資料不足

- 淹水領域多模式時雨量(水議題)
- 乾旱頻率與規模之預測(水議題)
- 海岸地形變遷推估資料、現場實測資料、水下觀測資料(海岸)
- 養殖區域環境監測資料(養殖漁業)
- 遠洋海面、漁業資源監測與生態監測資料(海洋漁業)
- 大型世代研究資料、歷史觀測晝夜溫差資料(健康)

資料尺度不足

- 5公里以下解析度颱風時雨量資料(水資源)
- 多元空間尺度資料，用以優化模式(海岸)
- 動物類及植群資料時空覆蓋程度(生態)

風險評估資料不足(2/2)

評估方法不足

- 需依區域特性發展合適降雨觀測方法(水資源)
- 探究坡面水文和穩定性的相互作用機制(坡地)
- 探討氣溫及澇旱交替等降雨變化(坡地)
- 土地利用變遷與脆弱度指標之空間複合性風險評估技術(城鄉土地利用)
- 臺灣區域颱風侵臺路徑與降雨量推估(水議題)
- 海洋物種與其他營養階層關係機制(海洋生態)
- 氣候變遷與健康風險模式之一致性比較(健康)

降低不確定性

- 結合不同淹水模擬工具，進行淹水多模式評估(水議題)
- 多重模式之系集模擬，擇以中位數降低不確定性(水議題)

複合風險

- ▶ 複合風險 (multi-risks) 源於不同危害的相互作用，其可驅動於單一極端事件、多個重疊性危害、或連續性危害等，與暴露系統或部門間的交互影響事件
- ▶ 臺灣目前災害防治多以單一災害進行管制，且災害模擬與減災規劃也較針對單一災害類型進行評估，較少談論複合性、連續性及累加性的風險



氣候危害下糧食生產系統連動衝擊



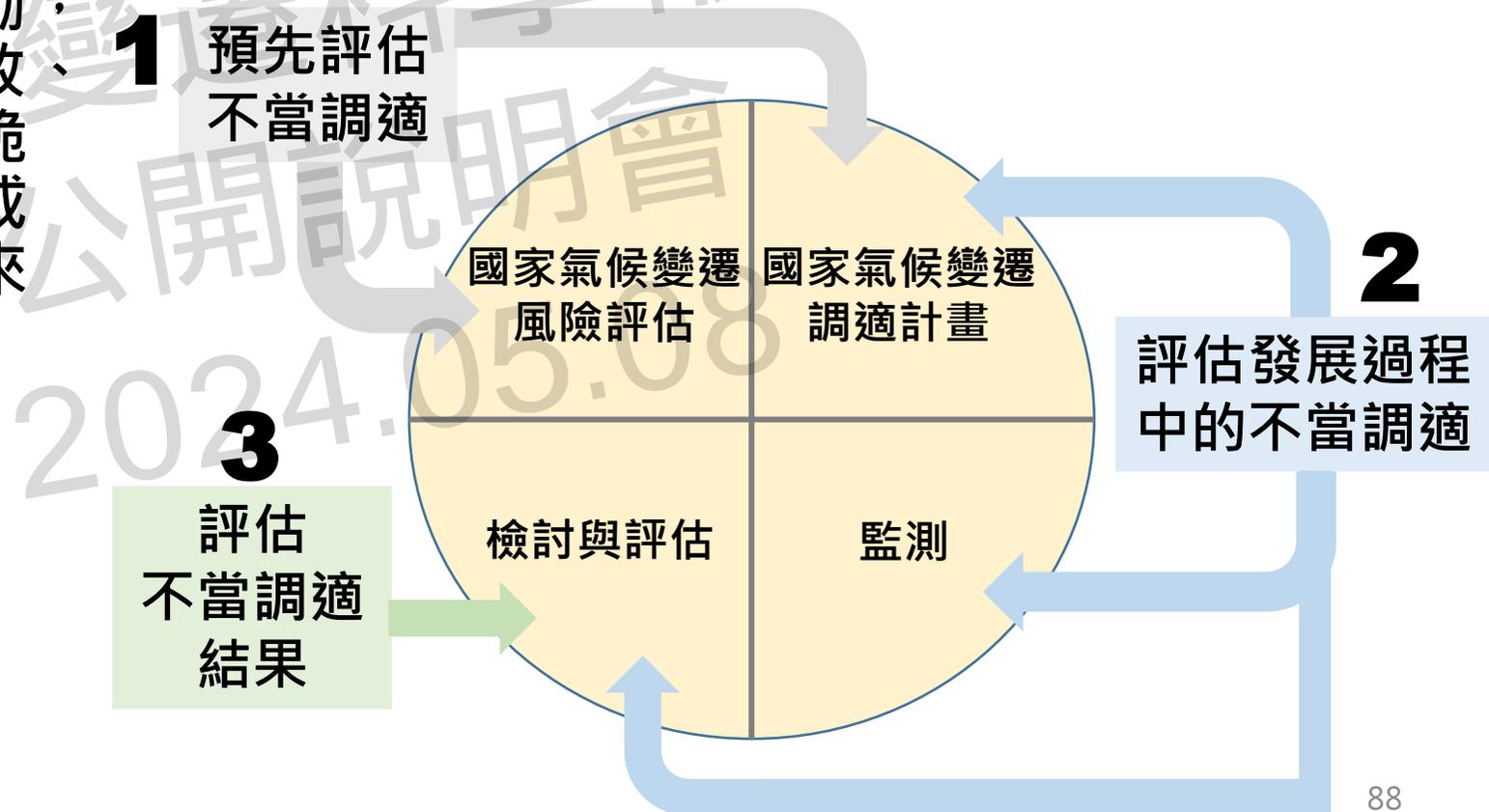
沿海及小島系統移居性的複合風險

(資料來源：IPCC, 2022)

不當調適

- ▶ 不當調適為可能導致相關不利氣候結果風險增加的行動，包括透過提高溫室氣體排放、增加或轉移對氣候變遷的脆弱度、不公平性的結果、或侵害到不同族群現在或未來的福祉

整合國家調適政策推動特性之不當調適評估執行 (Juhola & Käyhkö, 2023)



(資料來源：IPCC, 2022)

漸進式及轉型式調適

韌性能力

轉型效益

**Coping
應付式調適**
(重新種植受損作物)

維持受氣候變遷影響的社會生態系統，仍可處於原本狀態或正常運作的策略

- 反應式方法
- 採用短期氣候資訊
- 專家為主的規劃

(Kates et al., 2012; Perrings, 2006)

**Incremental
漸進式調適**
(增強灌溉系統供水能力)

對社會生態系統進行小規模的調整，著重於預期性增強對氣候變遷影響的防護能力

- 預期式方法
- 採短或中期氣候資訊
- 加強原調適策略能力

(Kates et al., 2012; Adger & Jordan, 2009)

**Transformative
轉型式調適**
(重新規劃農地空間使用)

透過改變社會生態系統的基本屬性，以調適氣候變遷及其影響

- 前聶式方法
- 採用長期氣候資訊
- 參與式為主的規劃

(IPCC, 2022)

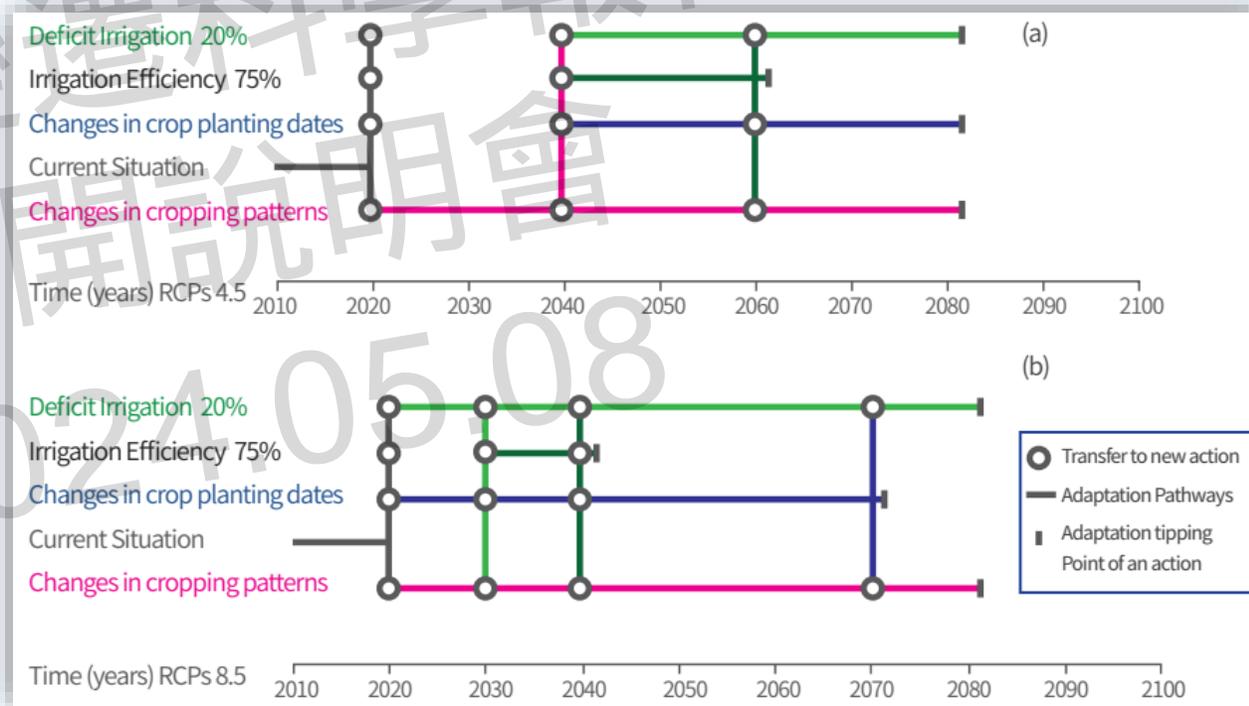
- 永續社會-生態系統
- 避免不當調適
- 實現巴黎協議控溫目標

氣候變遷風險

動態調適路徑規劃



▶ 調適路徑為在短期和長期調適目標下，一系列的調適選項之權衡方法



農業水資源管理系統在RCP 4.5及8.5情境下之調適路徑範例(Babaeian et al., 2021)

科學報告 圖5.2.3

(資料來源：IPCC, 2022)

調適及減緩共效益

- ▶ 規劃調適時若能同時考慮連結減緩效力，將可增加額外利益及帶來市場以外的效益，並可管控不當調適的發生，**例如水力發電設施運轉降低糧食安全；或因灌溉增加導致外加的能源消耗等**
- ▶ 當評估減緩與調適政策的效益時，由於政策具多樣性，且有跨部門及跨空間特性，建議除評估政策的個別效益外，也需針對跨政策間的效益進行綜合評估，**包含綜效、權衡、共效益及衝突等面向**

氣候變遷調適和減緩政策之間的差異

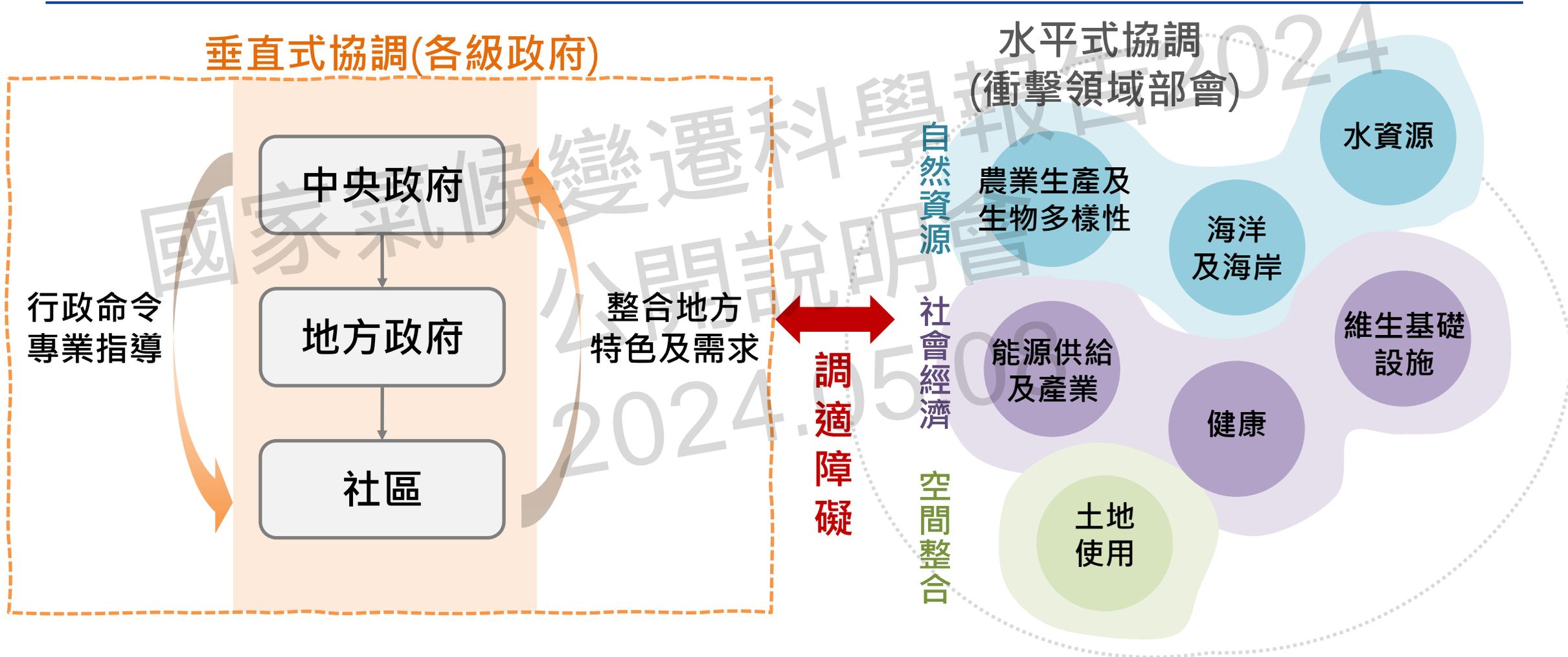
儘管調適與減緩同樣旨在解決氣候變遷問題，但實際上調適和減緩政策於執行上的特點卻仍有許多不同之處

差異面向	減緩政策	調適政策
部門範疇	所有部門都能降低溫室氣體排放	單一部門對特定氣候衝擊
地理尺度的影響	全球尺度	地方及區域尺度
時間尺度的影響	長期	短至中期
治理層級	國際及國家層級	區域及地方層級
有效性	確定性較高	較不確定
額外效益 (或共效益)	可取得多樣額外利益	在沒有氣候衝擊的情況下，通常也會產生附帶利益
行動者利益	來自額外利益	幾乎完全來自降低氣候衝擊和附帶效益
汙染者付費	是	否
監測	相對簡單 (評估溫室氣體排放)	更為複雜 (評估降低的氣候風險)

(資料來源：Grafakos et al., 2019)

(資料來源：江立揚等人，2023；黃國慶等人，2023；蔡育新等人，2023；Grafakos et al., 2019)

調適跨層級及跨部門治理



調適障礙與限制(1/2)

時間尺度與排序衝突

- 1) 政策短期觀點使調適的優先順序低於其他國家政策議題
- 2) 調適的時間範圍與公部門的政治和管理常規不一致

不確定性

- 1) 決策者對於氣候不確定性的感知程度
- 2) 漸增暴露度與機關調適策略間互動的不確定性

制度不完整

- 1) 國家調適缺乏法令支持
- 2) 缺乏綜整性的調適方法
- 3) 缺乏明確的監督及評估機制
- 4) 調適機關與其他政策責任重疊(例如調適&減災)

作業破碎性

- 1) 公部門調適政策缺乏整合
- 2) 跨管轄區調適政策缺乏整合
- 3) 相關調適知識整合不佳
- 4) 利害關係人參與度低

缺乏可用資源 (資訊、資金、人力)

- 1) 缺乏氣候基線數據與記錄
- 2) 未來氣候變遷資訊不適用
- 3) 調適政策缺乏資金
- 4) 缺乏人力資源及流動性大

調適障礙與限制(2/2)

缺乏認知與溝通

- 1) 利害關係人間(專家與決策者或部門間)資訊共享不佳
- 2) 國家調適政策使用語言
- 3) 民眾或政治家調適意識不足

未明訂主辦管理機關

- 1) 沒有權力確保調適政策實施
- 2) 無法保證各部門投入在調適工作的資源
- 3) 缺乏額外資源導致新執行的調適實施效率低

其他

- 1) 缺乏跨學科脆弱度研究
- 2) 缺乏高治理層級政治協議及上位領導者

調適公平性及脆弱族群

- ▶ 脆弱族群指國家內具有特定特徵的人口，這些特徵使其於身處風險中相較其他人，更需要人道主義援助或本身被排除在金融和社會服務之外 (Henrik et al., 2020)
- ▶ 在危害事件中，脆弱群體將需重點援助及採取額外的管理措施，並納入災害緊急管理階段規劃



結語

► 科研面

- **複合性風險**-目前並無特定評估模式或方法，而氣候變遷有關決策經常為不同風險間權衡的結果，後續需逐步將複合風險議題考量於我國調適有關的策略、體系與管理面向
- **不當調適**-本報告提出國際上主要的評估參考架構，如果欲做到更完善的長期性規劃，就必需盡可能避免所執行的調適作為及規劃的調適策略衍生不當調適風險
- **漸進與轉型式調適**-轉型式調適與漸進式調適其中一項明顯的差異為是否以永續性因應為目標，本報告彙整國外評估準則、實際案例、及轉型障礙供後續應用
- **調適及減緩共效益**-本報告說明了概念、國內外實務案例、及評估原則等，未來整合減緩及調適的相關研究仍需投入進行更多的實證評估

結語

► 治理面

- 氣候變遷調適規劃是採用現況及未來氣候推估資訊以建立行動的決策過程，但調適規劃及導入地方知識或生態管理技術為不可或缺的元素，並需避免只有考慮工程手段
- 調適規劃與執行過程需盡可能顧及氣候變遷各個治理環節，除需克服未來氣候變遷風險的不確定性外，利害關係人參與方式及程度也是調適能否發揮預期效力的重要關鍵之一
- 跨部門及跨層級的協作與治理相當重要，在科研面向更需持續整合跨學科領域的研究能量提升，以期共同參與產出調適規劃與決策所需之先期參考資訊
- 目前利害關係人仍較關注於降低災害物理層面的脆弱度，未來應持續提高對社會脆弱度的重視，避免衍生更嚴重的社會脆弱度及觸發不當調適風險



國家氣候變遷科學報告2024 公開說明會

謝謝聆聽 敬請指教

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

2024.05.08

