

# TCCIP台灣氣候變遷科研

從國家氣候變遷科學報告2024談起

「臺灣氣候變遷科研發展路徑」工作坊

許晃雄

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

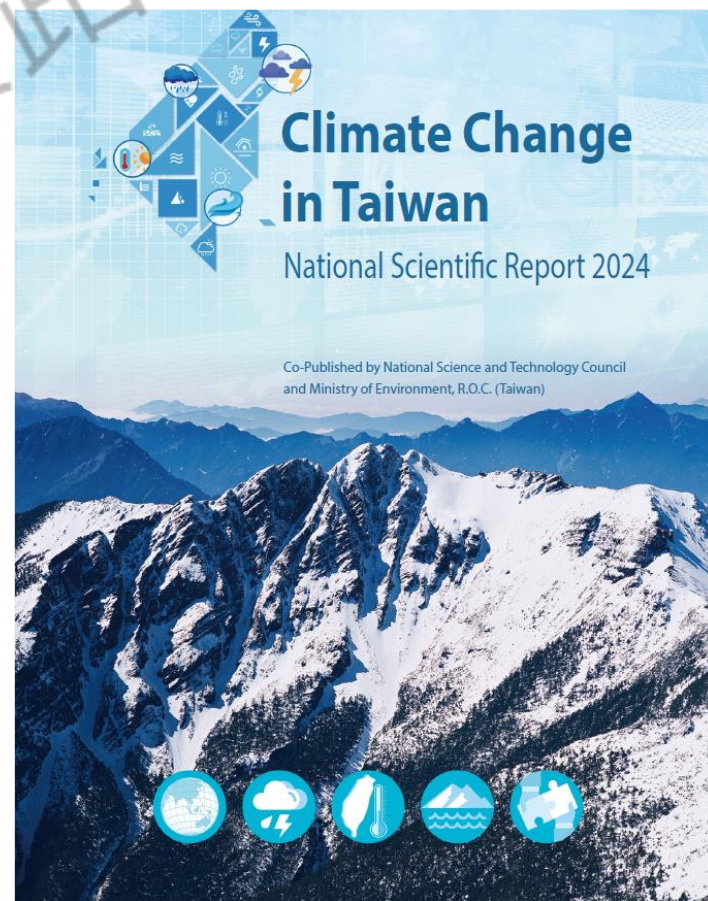
指導單位



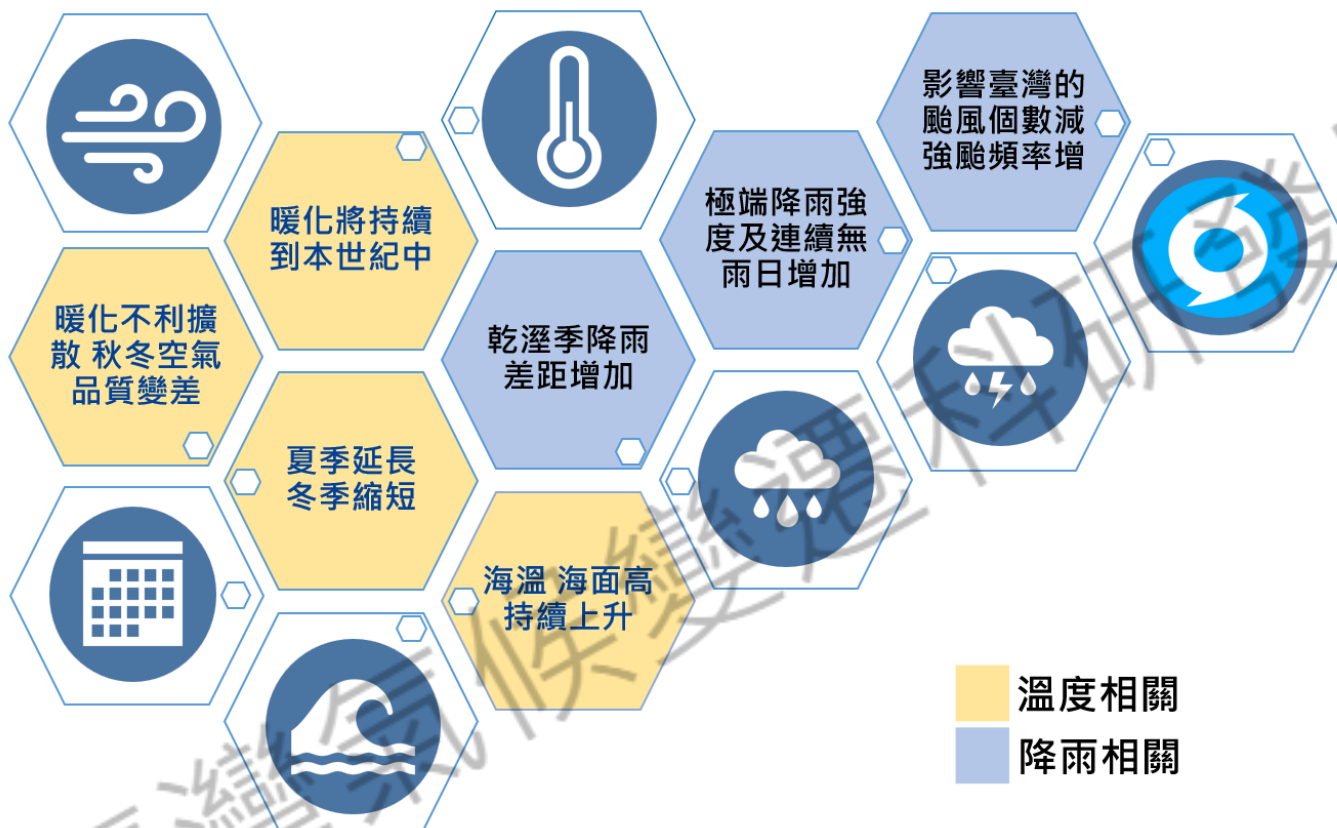
國家科學及技術委員會  
National Science and Technology Council

# 大綱

- ▶ 國家氣候變遷科學報告與臺灣氣候變遷分析系列報告(臺灣氣候變遷資料產製與衝擊應用)
- ▶ 討論方向與議題



# 大氣與海洋相關主題



- ▶ 海溫與海平面
- ▶ 颱風活動
- ▶ 極端降雨
- ▶ 乾溼季降雨
- ▶ 東亞季風與鋒面活動
- ▶ 季節(氣溫觀點)
- ▶ 空氣品質



# 氣候變遷衝擊應用相關主題

- ▶ 關鍵領域：淹水、坡地、水資源、海岸、農、林、漁、牧、都市熱島、健康、城鄉空間



# 氣候分析與資料產製團隊(TCCIP)

<p>全球高解析度模式</p>  <p>許晃雄 特聘研究員 中研院環變中心</p> 	<p>統計降尺度</p>  <p>陳正達 優聘教授 師範大學地科系</p> 	<p>動力降尺度</p>  <p>鄭兆尊 副研究員 災害防救科技中心</p> 	<p>網格化觀測資料</p>  <p>翁叔平 副教授 師範大學地科系</p> 	<p>衛星海表溫度</p>  <p>張育承 簡正 交通部中央氣象署</p> 	<p>空氣汙染模擬分析</p>  <p>蔡宜君 副研究員 中研院環變中心</p> 	<p>資料加值應用</p>  <p>洪致文 教授 師範大學地理系</p> 
<p>海洋未來推估</p>  <p>曾于恒 特聘教授 臺灣大學海研所</p> 	<p>海洋歷史資料重建</p>  <p>廖建明 主任 國海院海洋產業及工程研究中心</p> 	<p>AI統計降尺度</p>  <p>蘇世顯 教授 文化大學大氣系</p> 	<p>降雨現象氣候分析</p>  <p>黃婉如 教授 師範大學地科系</p> 	<p>鋒面特徵現象分析</p>  <p>王嘉琪 教授 文化大學大氣系</p> 	<p>歷史氣候現象分析</p>  <p>洪景山 組長 交通部中央氣象署海象氣候組</p> 	<p>溫度特徵現象分析</p>  <p>童裕翔 助研究員 災害防救科技中心</p> 

## 團隊偕同研究成員

中研院環變中心  
杜佳穎、李威良

國家災害防救科技中心  
劉曉薇、陳昭安、  
周至中、李彥緯、  
王俊寓、趙品諭

氣象署  
羅資婷、陳孟詩、  
張博雄、周鑑本

臺大海研所  
郭怡君

國海院  
陳沛宏

# 衝擊評估應用團隊(TCCIP)

 <p>淹水 水資源</p>  <p>石棟鑫教授 陽明交通大學 土木系</p> 	 <p>坡地</p>  <p>陳麒文 助理教授 臺大地質系</p> 	 <p>農業</p>  <p>姚銘輝 研究員 農業部農試所</p> 	 <p>海岸</p>  <p>張志新組長</p>  <p>陳偉柏研究員 災防中心</p> 	 <p>漁業</p>  <p>侯清賢主任 高科大 永續漁業中心</p>  <p>張可揚組長 農業部水試所</p>  	 <p>林業</p>  <p>林奐宇 副研究員 農業部林試所</p> 	 <p>畜牧</p>  <p>施意敏 副研究員 農業部畜試所</p> 	 <p>健康</p>  <p>陳保中 特聘研究員 國衛院環醫所</p> 	 <p>都市熱島</p>  <p>林子平 特聘教授 成大建築系</p> 
---	---	---	---	---	--	--	---	---



災防中心

統整 李欣輯  
方法 紀佳法  
知識 張珈瑋  
工具 劉俊志

團隊顧問

盧虎生教授(臺大農藝) 、 林銘郎教授(臺大土木) 、  
簡連貴教授(海大河工) 、 呂學榮教授(海大環漁) 、  
游景雲教授(臺大土木) 、 蕭士俊教授(成大水利) 、  
陳佳正教授(中興土木)



# 氣候變遷資料(TCCIP)



## 1960-2022 (定期更新)

變數	溫度 (最高/最低/平均)、雨量
單位	°C、mm
時間尺度	逐日/月資料
空間解析度	0.01度 / 0.05度 (空間範圍版本為V2)



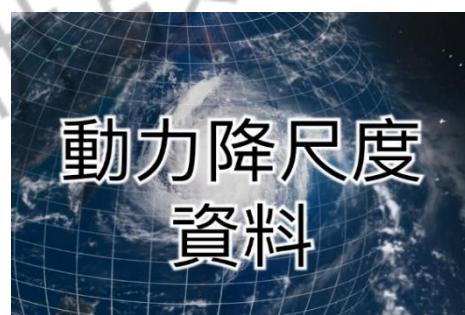
## CMIP6\*

變數	溫度 (最高/最低/平均)、雨量
單位	°C、mm
時間尺度	逐日/月資料
空間解析度	0.05度 (空間範圍版本為V2)



## TReAD (WRF Reforecast) 1980-2022 (定期更新)

變數	溫度、雨量、日射量、平均風速、地
單位	°C、mm、MJ/m <sup>2</sup> 、m/s、hpa、%
時間尺度	逐日資料
空間解析度	2公里 / 0.05度 (空間範圍版本為V1)



## HiRAM 動力降尺度 TaiESM1動力降尺度

變數	雨量
單位	mm/hr
時間尺度	逐時資料
空間解析度	5公里 (模式輸出) / 0.05度 (偏差修正)

### 空品模擬

- 歷史排放情境空品模擬
- 擬暖化空品模擬

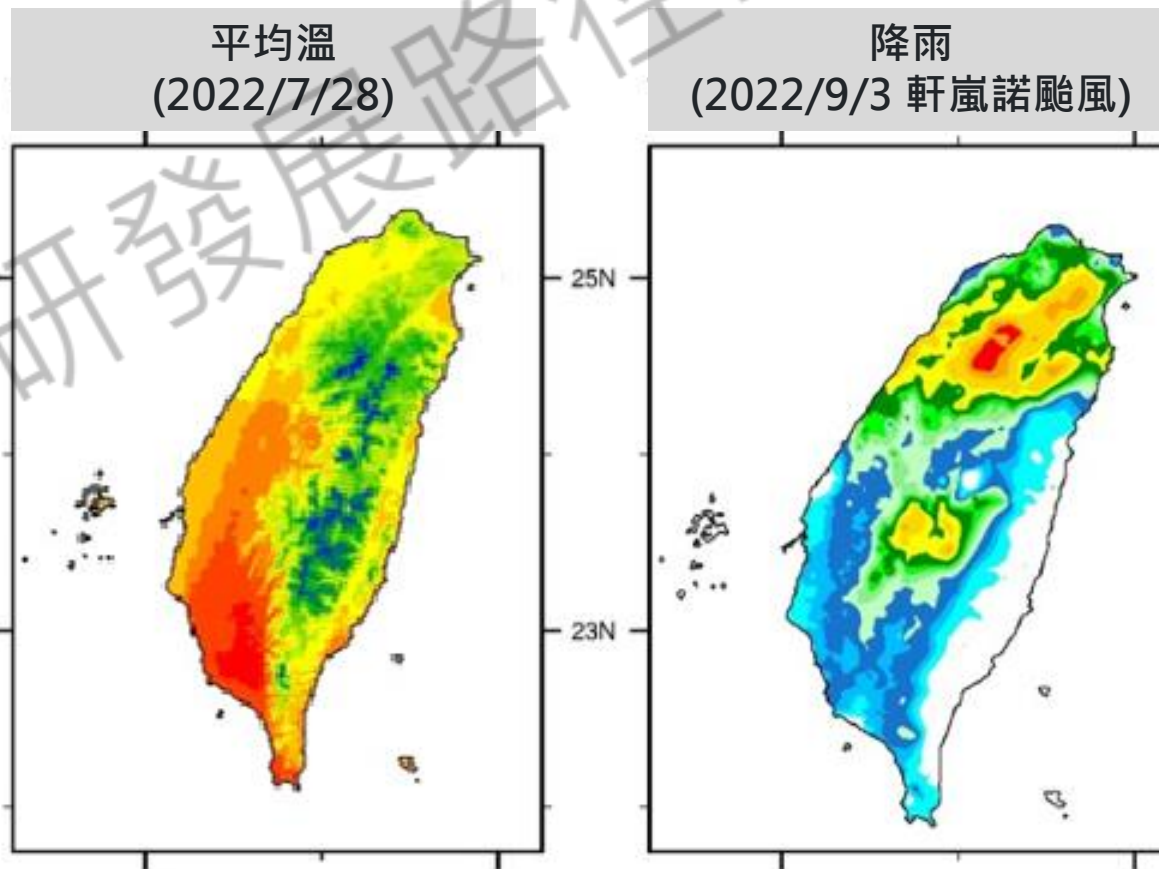
### 海洋模擬

- 海洋歷史重建資料
- 暖化情境海洋動力降尺度

# 網格化觀測日資料 – 溫度與降雨



- ▶ 每年第一季更新前一年日資料
- ▶ 年份範圍：1960-2023
- ▶ 空間解析度：0.05°、0.01°
- ▶ 變數：降雨、平均溫、最高溫、最低溫





# 網格化觀測時資料 – 降雨



V3

測站、雷達與動力降尺度資料  
整合

以TReAD資料將年份往前延伸20年  
年分：1979-2023

V2

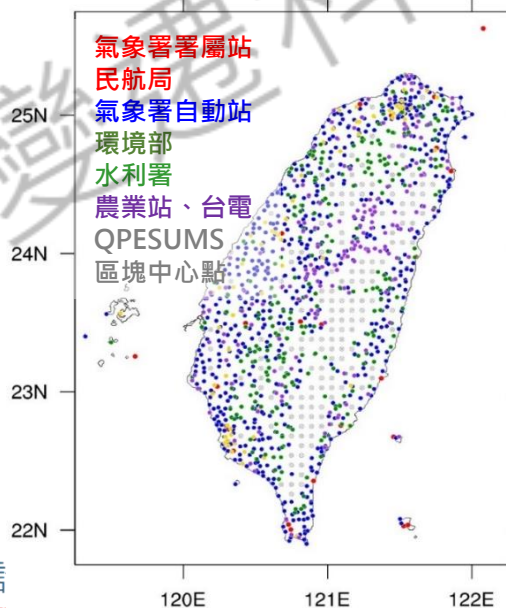
測站與雷達資料整合

以QPESUMS資料彌補  
山區測站資訊不足

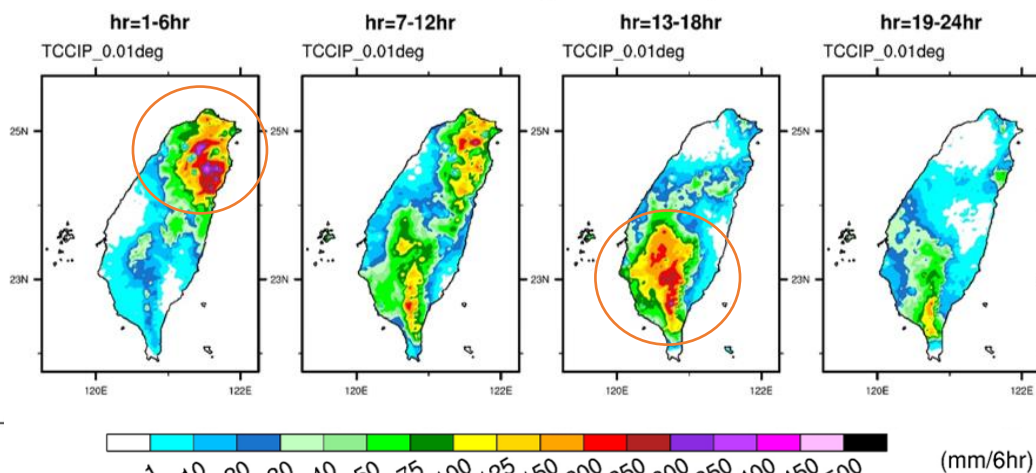
V1

多單位測站資料整合

多單位：氣象署、民航局、  
農業部、水利署、環境部、  
臺電  
年份：1998-2022



2015/08/08蘇迪勒颱風案例



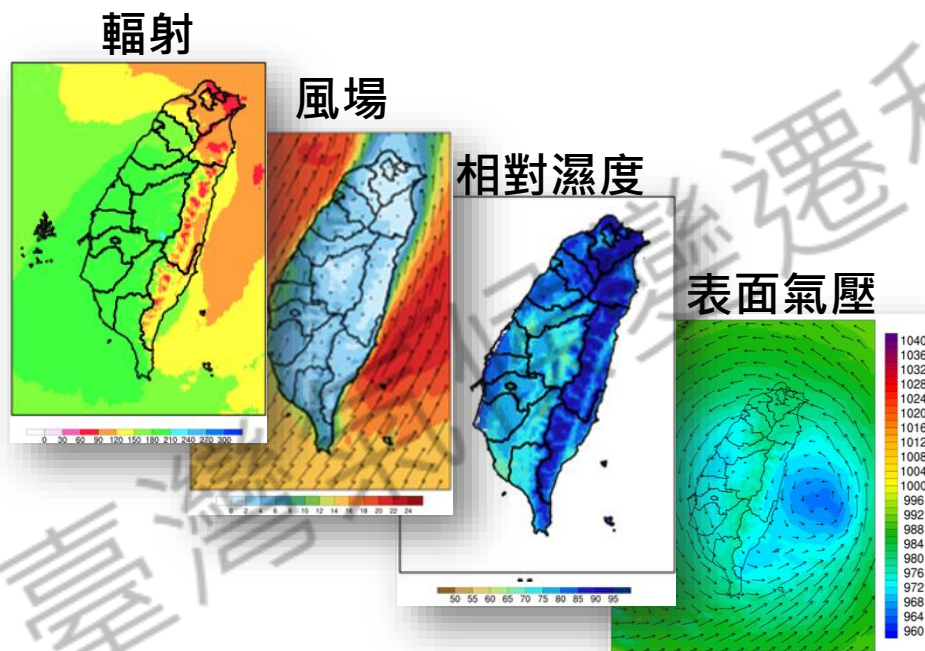
# 歷史氣候重建資料(TReAD)模擬優化



- ▶ ERA5透過區域模式(WRF)進行動力降尺度模擬，並配合觀測資料，重建缺少測站或測站缺失的歷史氣候資料

## 第一版資料亮點

多元變數、高時空解析度(2 km網格、時資料)



V1(舊版)

1979~2022年

V2  
(改版)

往前展延至1941

⇨2022 往後持續更新

新版優化項目

- 使用氣象署最新區域預報模式
- 修正土地利用設定
- 更細緻的土壤類型
- 更多變數輸出：10分鐘雨量、固定高度時風速、雲量...等
- 加入氣膠逐年變化

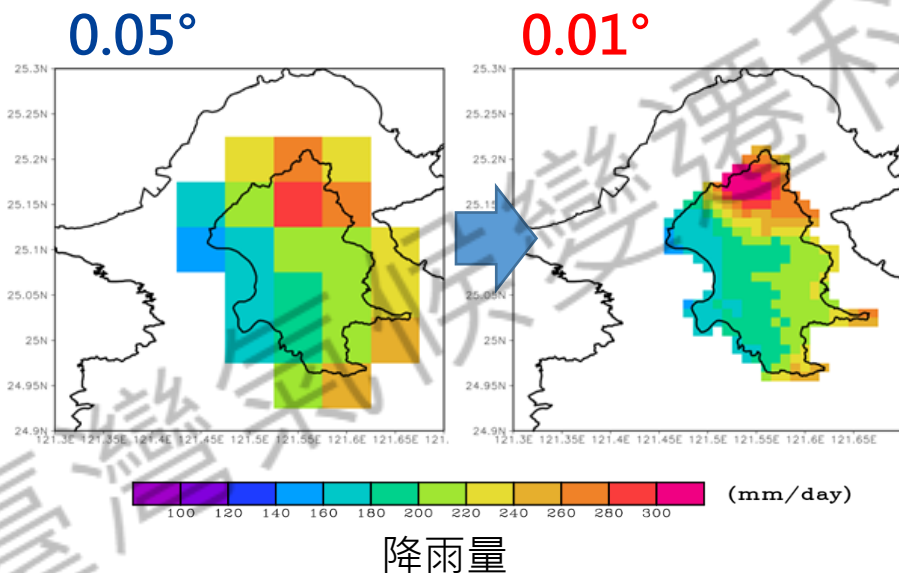
# CMIP6統計降尺度(高解析度)



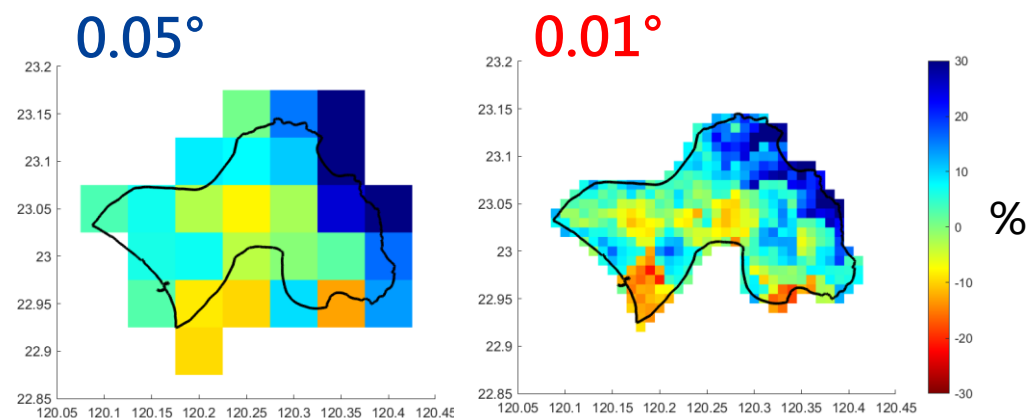
- ▶ 降尺度技術的開發與資料產製將提供更高解析度的氣候資訊：空間解析度由 $0.05^\circ$ 提高至 $0.01^\circ$ ，以滿足各種應用需求

更細緻化氣象資訊，反應出極端事件強度/頻率

應用於：AR6指標圖集更新版、氣候概述更新、相關領域使用



GWL 2°C百年重現期1日設計降雨之改變率(%)



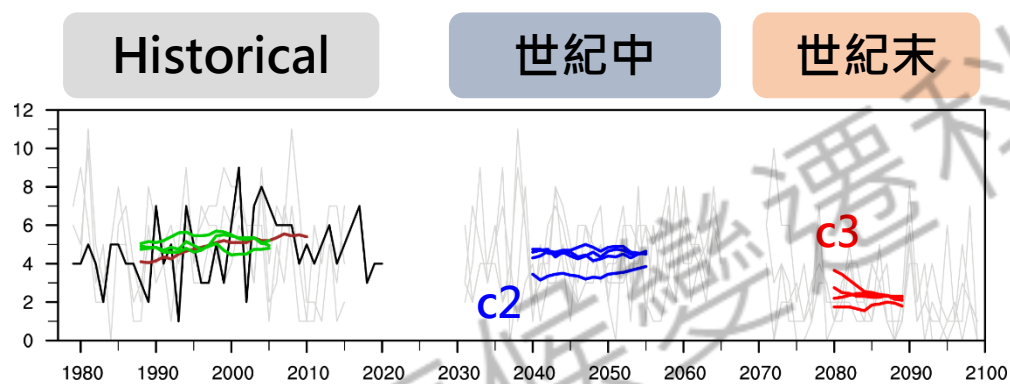
水文領域(臺南鹽水溪流域為例)



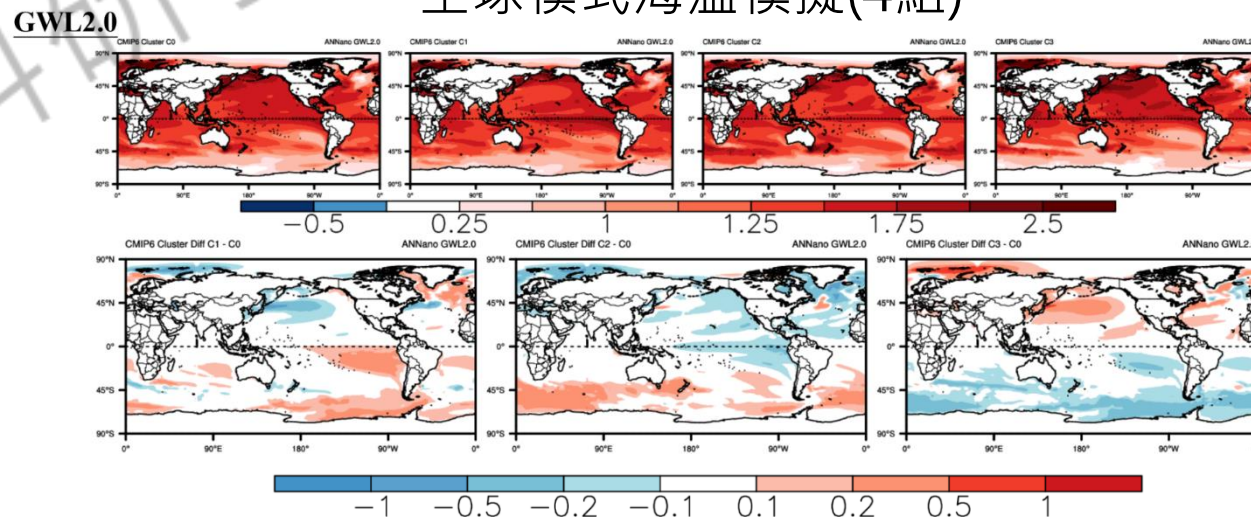
# 動力降尺度(HiRAM)

動力降尺度  
資料

- ▶ HiRAM(25公里)颱風模擬表現不錯
- ▶ CMIP5版：基期、世紀中、世紀末推估
- ▶ CMIP6版：基期、GWL 2°C、3°C推估



全球模式海溫模擬(4組)



# 動力降尺度(TaiESM1)

動力降尺度  
資料

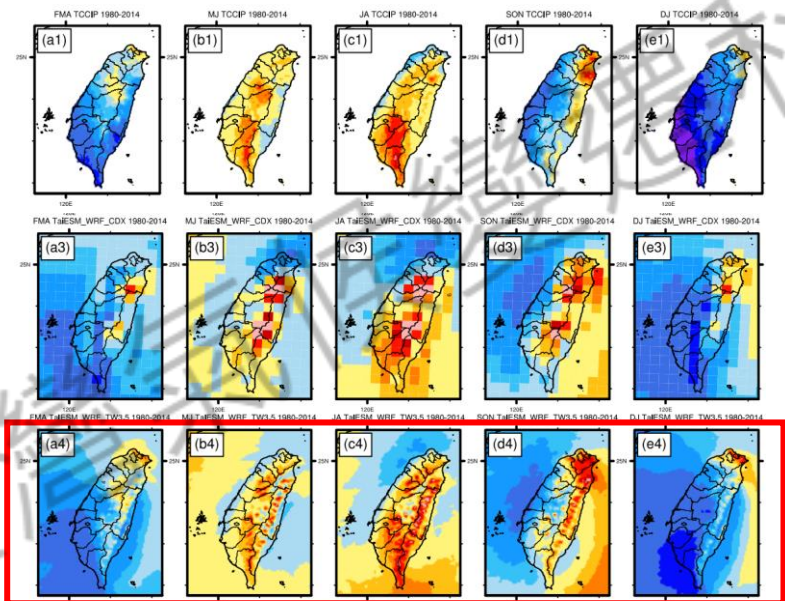
- ▶ 多情境：SSP1-2.6、SSP2-4.5、SSP3-7.0、SSP5-8.5 (至2080年)
- ▶ 空間解析度：3.5 km (範圍包含臺澎金馬)
  1. 過去動力降尺度未來推估的空間解析度為5 km，提高至3.5 km可呈現更細緻的空間差異
  2. 可作為與統計降尺度的比較或是AI降尺度的基準(進行中)

## 季節平均降雨

網格化  
觀測

25 km

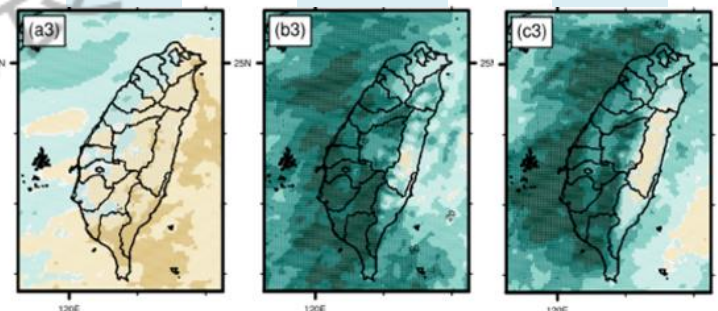
3.5 km



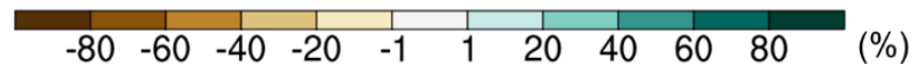
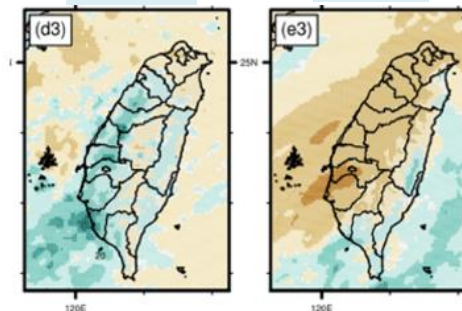
具相似觀測  
的季節降雨  
的空間特徵

## GWL 4°C下季節降雨改變率

春季 梅雨季 夏季



秋季 冬季





# 海洋氣候變遷模擬



- ▶ 完成臺灣海洋氣候變遷資料庫，提供完善的海洋資料 (海流、鹽度、海水密度、海高、海溫...)，可應用於**海洋漁業**、**能源**等領域

高時-空解析度歷史氣候重建資料(約40年)、未來氣候推估(SSP2-4.5與SSP5-8.5兩組)

## 歷史氣候

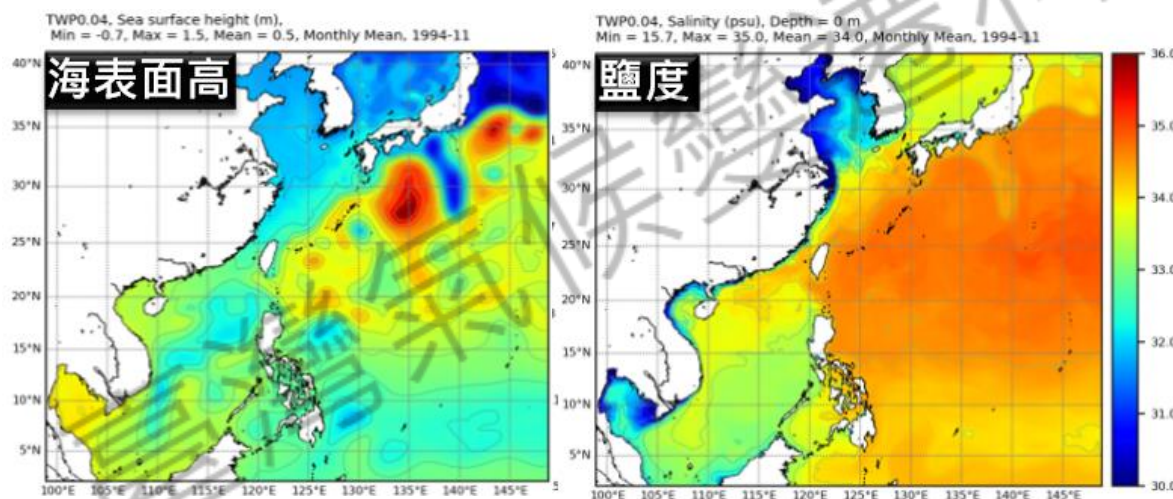
預計年份範圍：1980-2022

區域	空間解析度	時間解析度
西北太平洋區域	4 km	日資料 (或6小時)

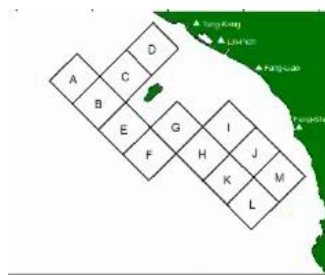
## 未來推估

基期與暖化情境模擬：1985-2074

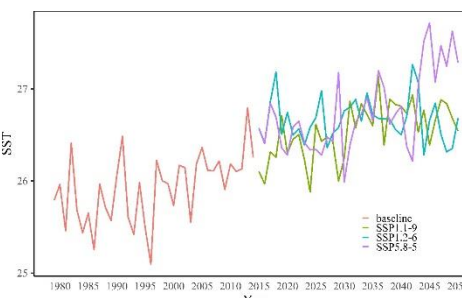
區域	空間解析度	時間解析度
西北太平洋區域	約 9 km	五日資料



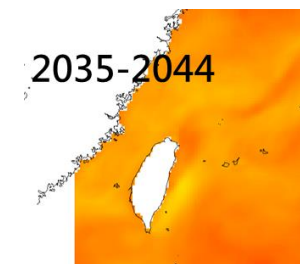
高時空解析度未來推估資料解決小範圍漁場分析困難的問題



櫻花蝦漁場



單點分析(過去)



空間分布(現在)



# 空氣品質模擬

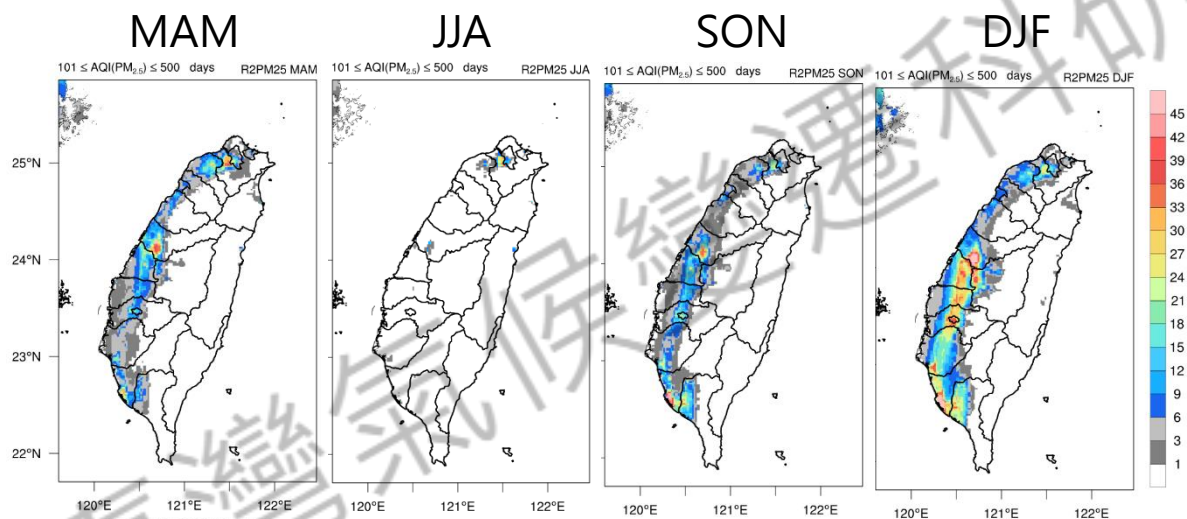
動力降尺度  
資料

模擬組別	初始與邊界條件
CTRL	ERA5 (2016-2020)
PGW2°C與4°C	ERA5 + differences(CMIP5)

▶ 預計與進行中空品模擬：2011-2020年基期與PGW2°C與4°C

▶ 夏季空氣品質良好，秋天至隔年春天則易發生空氣品質不良事件；其中北部與竹苗地區易在春季發生空氣品質不良的狀況，頻率每月8-10天；中南部則以冬季為主，每月10-15天以上達空氣品質不良等級

2016-2018 PM<sub>2.5</sub>空品不良日數



# 氣候分析(TCCIP)

## Climate Impact Drivers



資料產製

氣候分析

加值應用

高溫指標、未來高溫事件偵測

童裕翔助研究員

相關：農業、畜牧、健康、都市熱島

高溫主題

鋒面與大氣河偵測、SPI 乾旱指標

王嘉琪老師

相關：水資源、農業

氣候系統偵測

降雨日循環、午後對流降雨

黃婉如老師

相關：坡地、水資源

臺灣降雨型態

颱風氣候、季風降雨與環流分析

許晃雄老師、鄭兆尊副研究員

相關：淹水、坡地、水資源、農業、海岸

季風與颱風

# 臺灣氣候變遷分析系列報告

- ▶ 結合資料產製與氣候分析
- ▶ 對關鍵氣候議題出版年度氣候分析報告
- ▶ 更新科學報告科研成果





# 系列主題

2023

乾旱主題

2020-2021極端乾旱事件與未來推估

2024

高溫主題

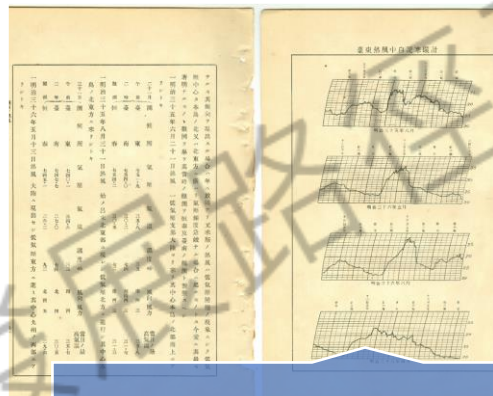
暖化趨勢下的臺灣極端高溫與衝擊

2025

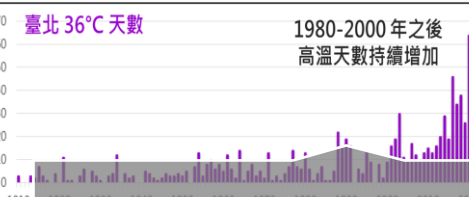
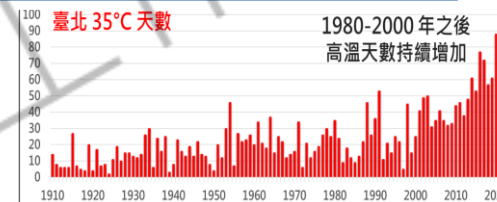
劇烈降雨議題 (進行中)

2026

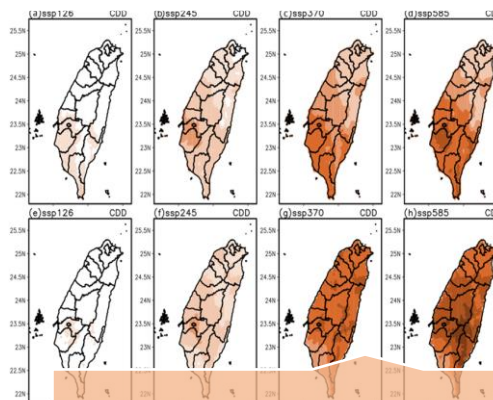
海洋與海岸變遷 (預定)



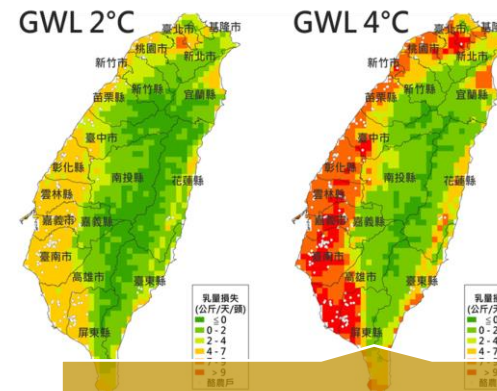
文史紀錄



過去觀測



未來推估



衝擊應用

# 衝擊領域使用氣候變遷資料概況與需求

領域	應用的目標	需要的變數	使用資料	
水文	雨型分析/頻率分析	時雨量/日降雨	統計降尺度	動力降尺度
水資源	降雨逕流分析	日降雨/日溫度		網格觀測
林業	林種適生棲地變化	日降雨/日溫度		
農業	作物處於低溫時間的變化	時溫度		動力降尺度
	霧與氣象條件	時、多變數		TReAD
養殖漁業	地方調適	日降雨/日溫度		統計降尺度*
健康	<i>PM<sub>2.5</sub>時空分布</i>	<i>空品指標</i>	動力降尺度	
	心血管疾病風險	日降雨/日溫度		
都市熱島	建築能耗	時、多變數	動力降尺度	
畜牧	牛乳損(雞豬羊)	時、多變數		
淹水	淹水災況分布趨勢	24hr設計降雨		統計降尺度
坡地	土壤雨量指標	颱風逐時降雨	TReAD	統計降尺度**
都市熱島	熱舒適度	時/日、多變數	TReAD	動力降尺度
海洋漁業	漁種資源趨勢	海洋物生地化	海洋模擬	
海岸	海岸地區溢淹衝擊	海面高		

1. 由於新的研究主題和新資料產製，新資料需求逐漸往**小時資料**及**多變數**的方向接近。

2. 為了說明未來衝擊改變的背後原因，可能的氣候分析需求：

- ▶ 水資源與農業 – 季風降雨與環流改變分析
- ▶ 健康、都市熱島與畜牧 – 高溫事件偵測
- ▶ 淹水與坡地 – 颱風氣候、午後對流降雨機制
- ▶ ...

# 討論方向與議題 1/2

## ▶ 氣候變異與變遷機制詮釋，暖化影響程度

- ▶ 歸因與擬暖化推估
- ▶ 季節到年代際變化
- ▶ 海氣交互作用、跨洋盆交互作用、遙相關
- ▶ 隨機與確定性過程交互作用

## ▶ 區域與全球尺度連結

- ▶ 天氣與大尺度環流交互作用
- ▶ 區域極端事件(偵測、歸因與擬暖化推估、不確定性)
- ▶ 氣候變異與變遷的影響



# 討論方向與議題 2/2

## ▶ 長期觀測資料整合

- ▶ 多領域：大氣、海洋、地表
- ▶ 多元觀測資料：地面測站、雷達、衛星等(資料連續性)

## ▶ 地球系統模擬

- ▶ 公里級解析度，模擬小尺度過程

## ▶ 數值模擬與AI/ML

- ▶ 模式發展與模擬
- ▶ 時空降尺度(複雜地形)
- ▶ AI/ML與物理模式的競合

# 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