

國家氣候變遷科學報告2024： 現象、衝擊與調適

4.6 健康主題

吳威德、吳瑞軒、張郁瑩、楊曜旭、林靜君、王淑麗、陳保中

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

研究成員



陳保中特聘研究員
兼所長



王淑麗研究員



楊曜旭教授



林靜君助理教授



吳威德助研究員



加州野火



20250108 洛杉磯大火延燒，造成高級社區「太平洋斷崖Pacific Palisades」數千人撤離。
(圖 / 達志影像美聯社)

日本大雪



20250108 日本氣象廳緊急宣布10日前恐降警報級大雪 籲民眾避免非必要外出

二、民眾對於氣候變遷的影響依然有感

訪問地區：台灣地區19個縣市。
抽樣方法：分層比例隨機抽樣法。
訪問對象：年滿18歲之成年民眾。
訪問日期：113年11月18日至11月22日。
有效樣本：1,068份。
抽樣誤差：±3.00個百分點。

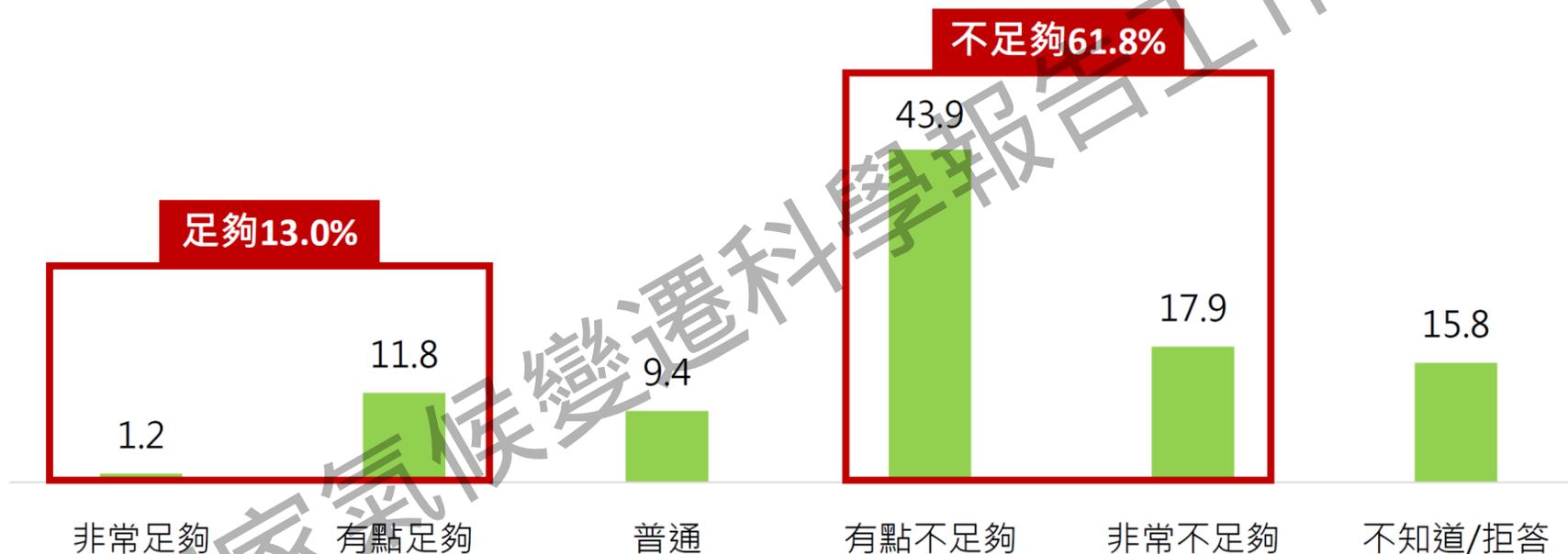
民眾依然多認為氣候變遷對於個人生活的影響是「災害頻繁」、「消費變高」、「健康疾病」，但認為沒有影響的比例較去年則上升4.7%。

Q4



Q25:請問您認為企業因應氣候災害（風災、水災、乾旱）的準備是否足夠？

單位：%
N=1,068



13.0%受訪民眾表示足夠（非常足夠1.2%、有點足夠11.8%）；61.8%的民眾表示不足夠（有點不足夠43.9%、非常不足夠17.9%）。另有15.8%受訪者表示不知道/拒答。

4.6 健康 (科學報告2017至2024的差異與進展)

➤ **初級直接危害:** 熱浪、森林大火與水災有關的死亡與創傷

➤ **二級間接影響:** 乾旱、飲用水和糧食產量變化、節肢動物和病原體的分佈改變使傳染性疾病增加

➤ **三級影響:** 氣候變化，影響到人的健康與社會秩序；著重於傳染病(病媒威脅)與非傳染病(熱危害)、水資源的安全性、以及闡述健康脆弱族群與健康不平等問題

2017科學報告

1. 清楚闡明氣候變遷對人類健康確實帶來衝擊及危害之**三個分級: 直接、間接及長期或衍生性健康危害**
2. 提醒**應依據本土之氣候地理特性**，基於已發現或是已被預測之證據，擬定調適方案，使氣候變遷對本地帶來之負面健康效應減至最低

(童慶斌等, 2017)

2024科學報告

1. 持續更新國內外氣候變遷對健康衝擊之科研成果，以供國內後續執行健康風險辨識之參考
2. 嘗試導入**使用未來情境推估氣候數據進行本土健康衝擊風險**評估暨氣候危害及衝擊指標建立，以輔助支持調適規劃與政策擬定

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]) |

- 心血管疾病
- 傳染性疾病
- 呼吸系統疾病
- 心理健康

心血管疾病

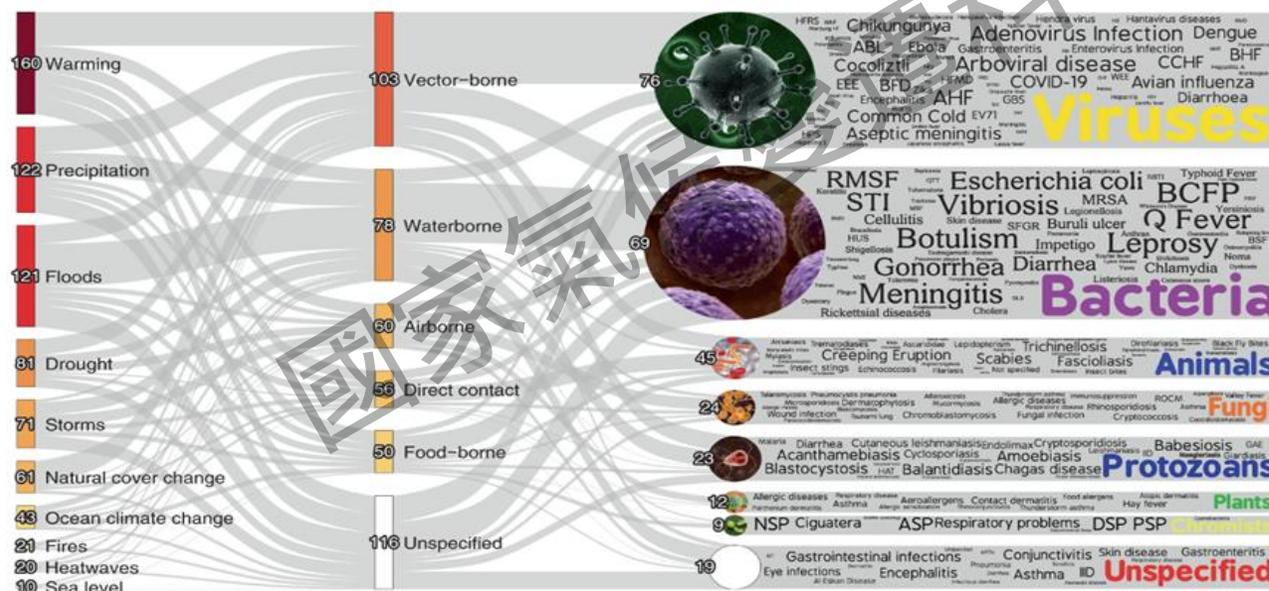
- ▶ 自2016年至2020年間，臺灣平均溫度與平均最高溫分別增加 **0.11°C** 與 **0.32°C**，溫度的上升、驟降及突如其來的溫差，易使心血管、呼吸道與慢性疾病患者，發生心肌梗塞或氣喘等病症猝發，甚至造成猝死

| 警戒範圍 | 溫度 | |
|-----------|--|--|
| | 高溫 | 低溫 |
| 定義 | 地面最高氣溫上升至攝氏36°C以上之現象 | 低溫係指海拔200公尺以下之平地最低氣溫低於10°C以下的現象 |
| 黃色燈號(預警期) | 預測當日最高溫達36°C | 預測當日平地最低氣溫10°C以下 |
| 橙色燈號(警戒期) | 符合以下兩種情境之一： 1. 預測當日最高溫達38°C以上 2. 預測最高溫達36°C以上，並已持續3日以上 | 符合以下兩種情境之一： 1. 預測當日平地最低氣溫6°C以下 2. 預測平地最低氣溫10°C以下且連續24小時平地氣溫低於 12°C |
| 紅色燈號(應變期) | 預測最高溫達38°C以上，並已持續3日以上 | 預測平地氣溫連續24小時低於 6°C |

(資料來源：衛生福利部因應氣候變遷之健康衝擊政策白皮書 [2018]，更新自交通部中央氣象署)

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

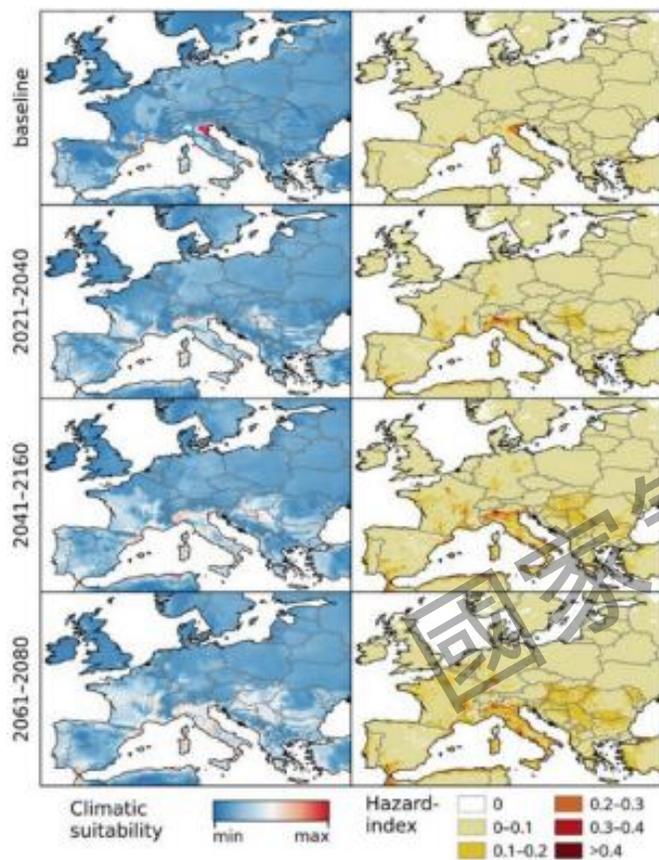


氣候危害通過影響特定傳播類型導致
特定病原體疾病衝擊的途徑 (Mora et al. 2022)

傳染性疾病 (蟲媒性)

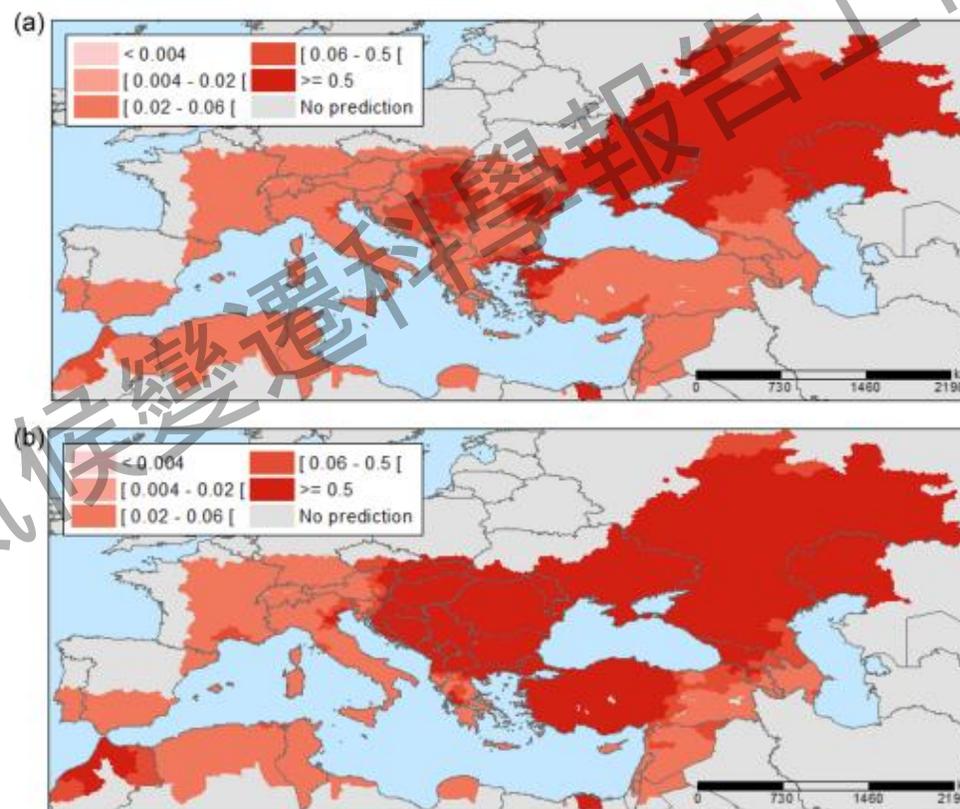
屈公病

氣候適宜性 風險指數



西尼羅河病毒

(a) 2025年 (b) 2050年 預期感染分布機率



增溫、濕度提升和降雨量增加 等氣候條件有利於病媒蚊繁殖並加強病毒擴散範圍與速度，進而促使疾病盛行的空間及時間尺度改變

(Semenza & Suk, 2018)

因早春的高溫及高降雨量使病媒蚊繁殖季節提早，加速鳥類和蚊子族群中的擴增速度，感染病例於2018年暴增2000多例。



屈公病進入台灣！全球開春確診 飆破5000例「痛到身體彎起來」， 誰最危險？

2025-02-19

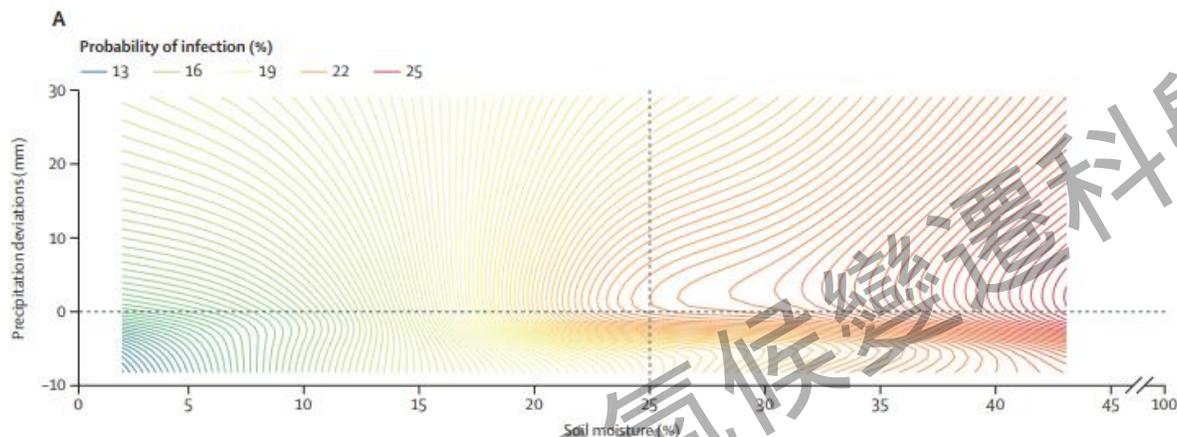
- 文 / 梅緣緣
- 責任編輯 / 連珮妤
- 出處 / 康健編輯部

屈公病近期也進入台灣，疾管署18日公布，
全台新增3例屈公病確診個案，都是境外移入。
2025年截至2月17日為止，全台累計共7例屈
公病個案，病例數為近5年同期最高。

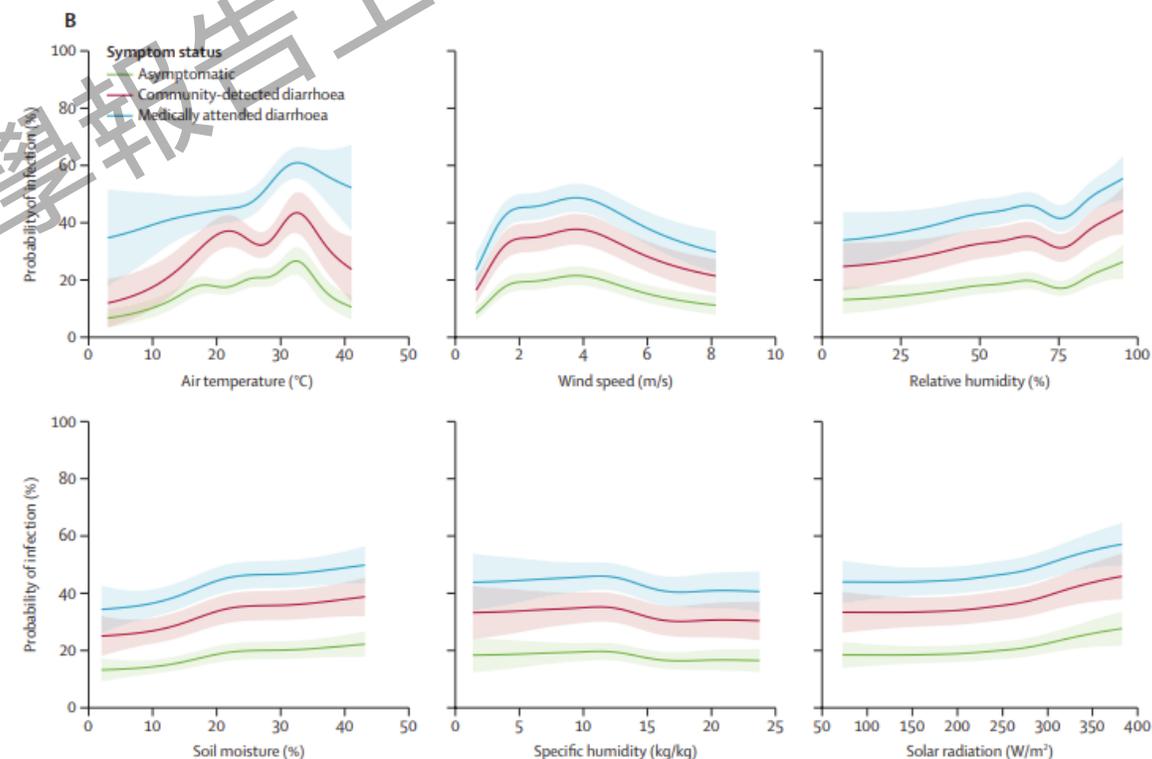
傳染性疾病 (水媒性)

志賀氏菌

最終模型中透過時變水文氣象變數的條件效應預測志賀氏菌感染的機率



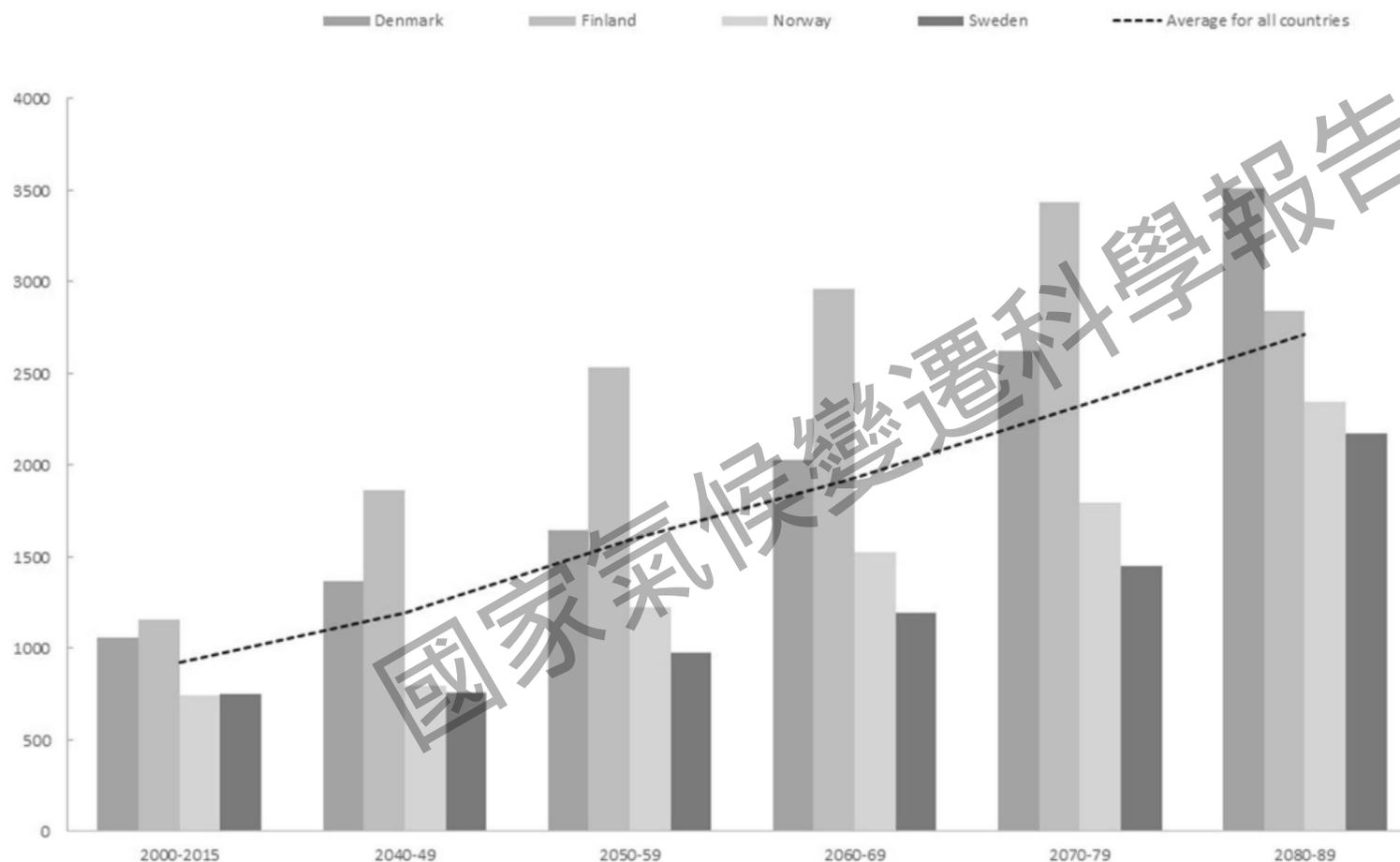
志賀氏菌感染機率與增溫幅度超過12.5度為顯著關聯的線性增加，其中溫度達33°C至37°C時的致病力最強



(Badr et al. 2023)

惡劣的天氣事件如暴雨、洪水和乾旱會改變水文循環系統

傳染性疾病 (食媒性)



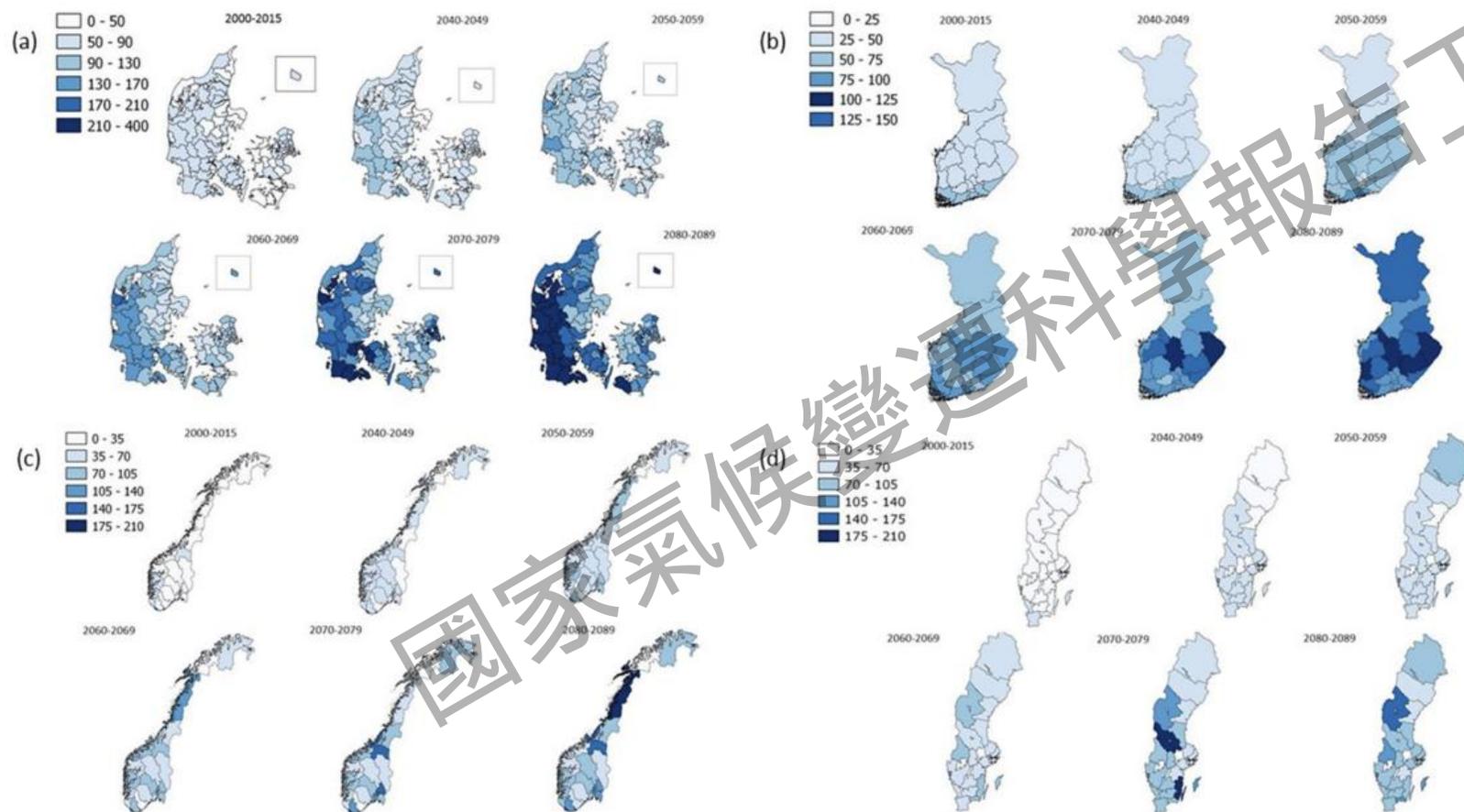
曲狀桿菌

基期及未來情境推估北歐四國
曲狀桿菌病例數

在高溫與頻繁降雨交互作用下有利
延長疾病病原體生存時間、繁殖能
力與傳染力

(Kuhn et al. 2020)

傳染性疾病 (食媒性)



曲狀桿菌

基期及未來情境推估北歐四國
曲狀桿菌病例數

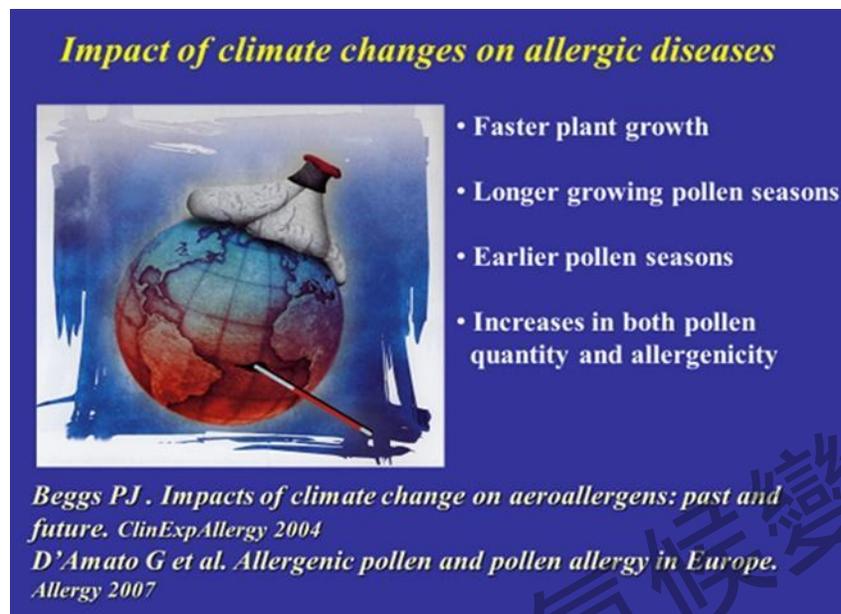
2000-2090年曲狀桿菌發病率預測
(a) 丹麥(b) 芬蘭(c) 挪威 (d) 瑞典

在高溫與頻繁降雨交互作用下有利
延長疾病病原體生存時間、繁殖能
力與傳染力

到2040年代末，曲狀桿菌病例
可能增加**25%**，到2080年代末
會增加**196%**

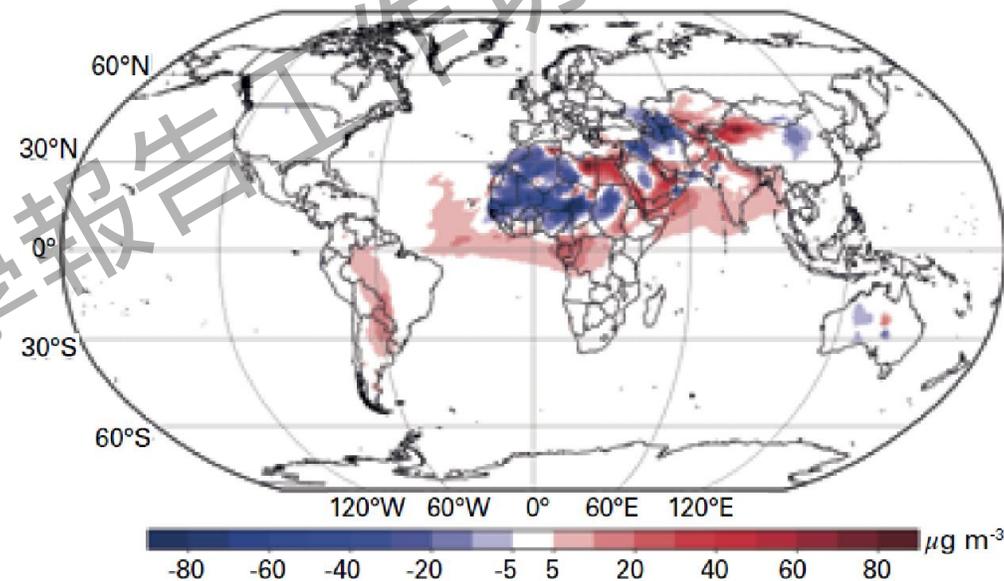
(Kuhn et al. 2020)

過敏性呼吸系統疾病及慢性阻塞性肺病



氣候變遷通過影響植物生態變化造成過敏性疾病衝擊 (D'Amato et al. 2020)

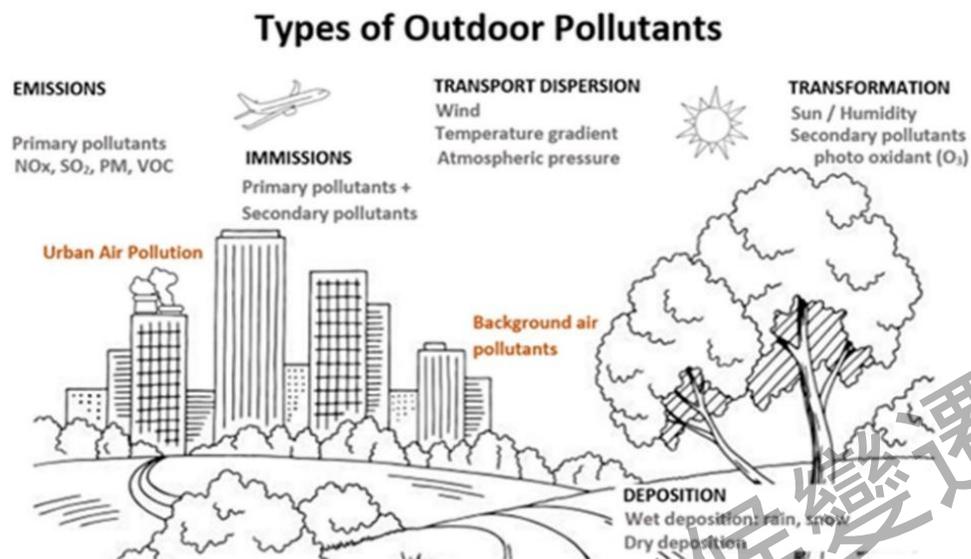
氣候變遷會影響過敏原植物物種之授粉模式和花粉量，並透過人口移動而擴展呼吸系統疾病的發生範圍及時間



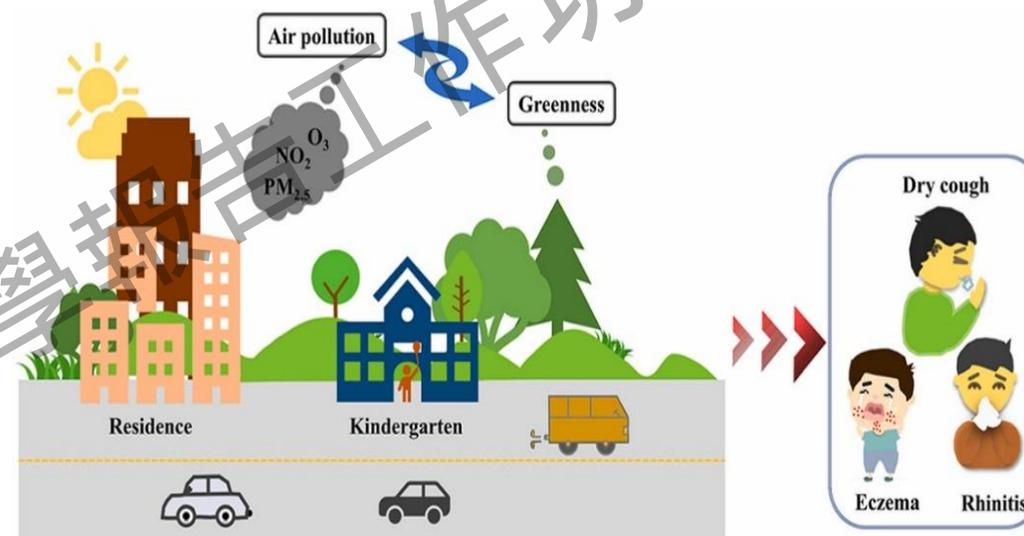
2019年年平均地表沙塵濃度相對於1981-2010年的平均濃度 (Shukla et al. 2019)

土地利用與土地覆蓋變遷也會使沙塵暴發生頻率與強度增加，而提高大氣中的懸浮微粒濃度。此會引致人體過敏性呼吸系統疾病的罹病風險

過敏性呼吸系統疾病及慢性阻塞性肺病



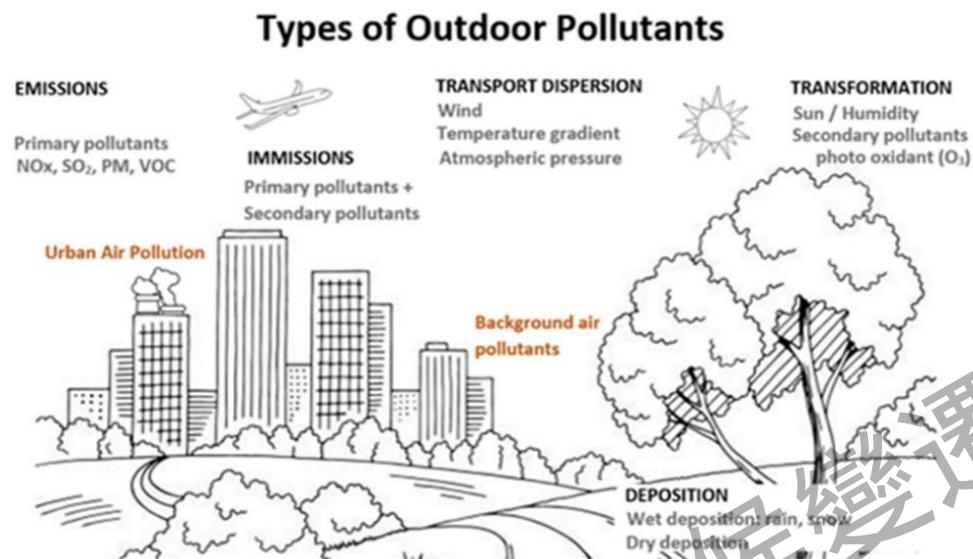
室外空氣污染物的種類 (D'Amato et al. 2020)



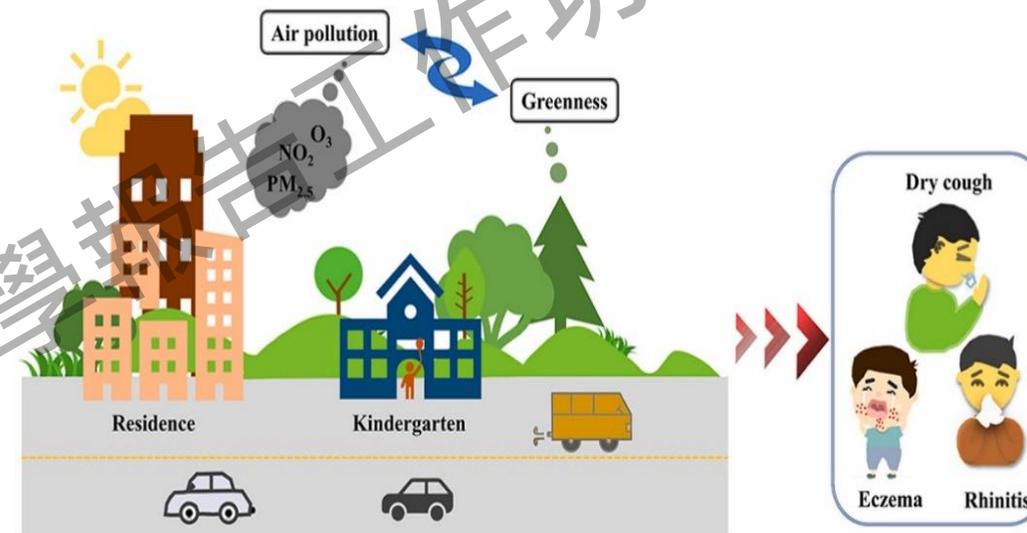
地面O₃濃度與炎熱天數(> 32°C)的夏季密切相關。長期接觸臭氧會促進發炎並損害肺功能，同時也會增加因呼吸系統原因而死亡的風險。熱浪期間因慢性肺病死亡的風險比夏季高1.8%至8.2%。

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

過敏性呼吸系統疾病及慢性阻塞性肺病



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)

氣候變化導致的空氣污染，也會導致COPD患者肺功能和血氧飽和濃度均下降，以及提高肺氣腫嚴重程度 (Tran et al. 2022)

因綠地空間存在較多的過敏原，而可能使孩童過敏性鼻炎致病風險顯著提高約8.4%

心理健康

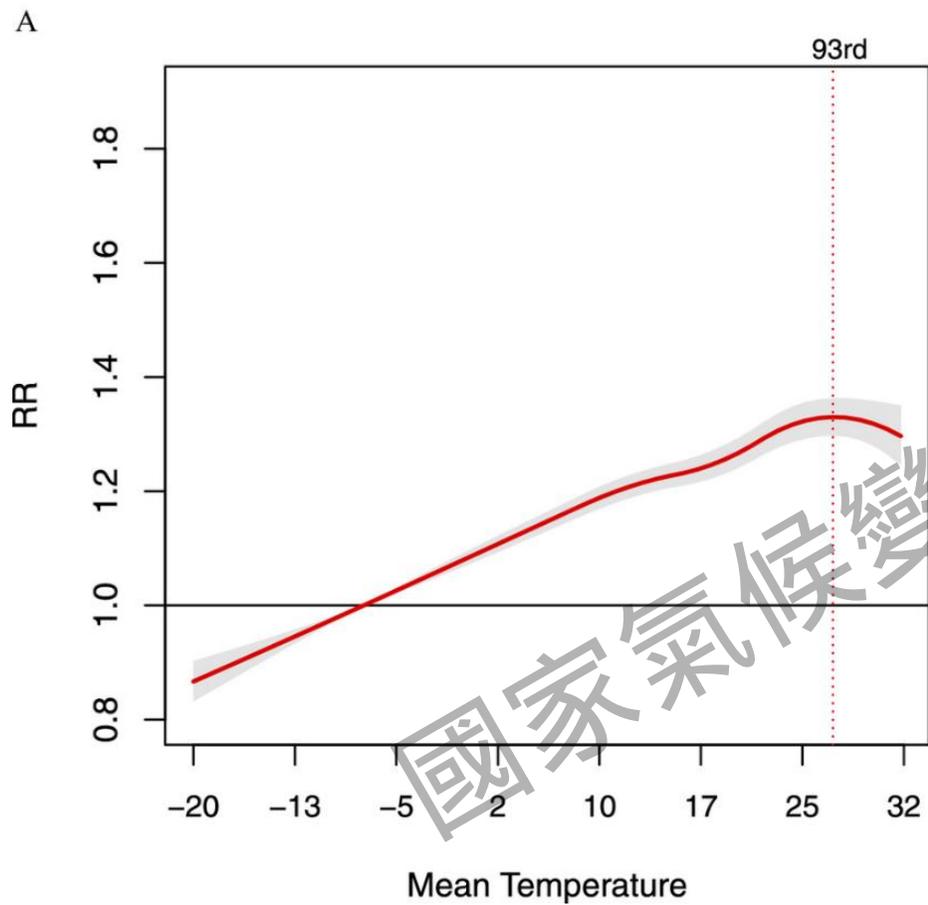
- ▶ 氣候變遷會直接或間接導致身心壓力，除了可能加劇民眾原存在的心理健康問題，也會誘發新的急慢性和長期精神疾病
- ▶ 對於弱勢或較敏感的脆弱族群，在氣候變遷背景下，將可能使其更容易罹患精神有關疾病



對於經歷極端氣候事件的兒童而言，其心理健康的影響不僅是最常見的創傷後壓力症候群而已，通常也伴隨著憂鬱以及焦慮的症狀(Barkin et al. 2021)。

憂鬱、焦慮、創傷後壓力症候群、物質使用增加和自殺 (Ruszkiewicz et al. 2019)

心理健康



總體滯後累積溫度與自殺相關性

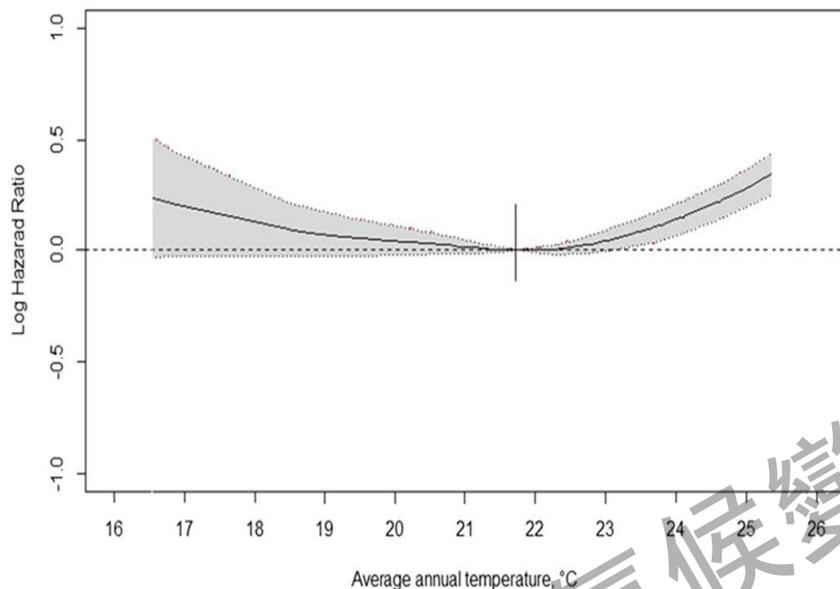
針對日平均溫度 -20.0°C 到 32.2°C (對應於溫度的第0.1至第99.9個百分位數) , 灰色陰影為95%信賴區間

在12個國家共341個地區的多國多城市研究指出，較高的環境溫度與自殺風險增加有關

[左圖垂直虛線表示最高自殺溫度 (自殺風險最高的溫度值) , 位於溫度的第93個百分位數或 27°C 處]

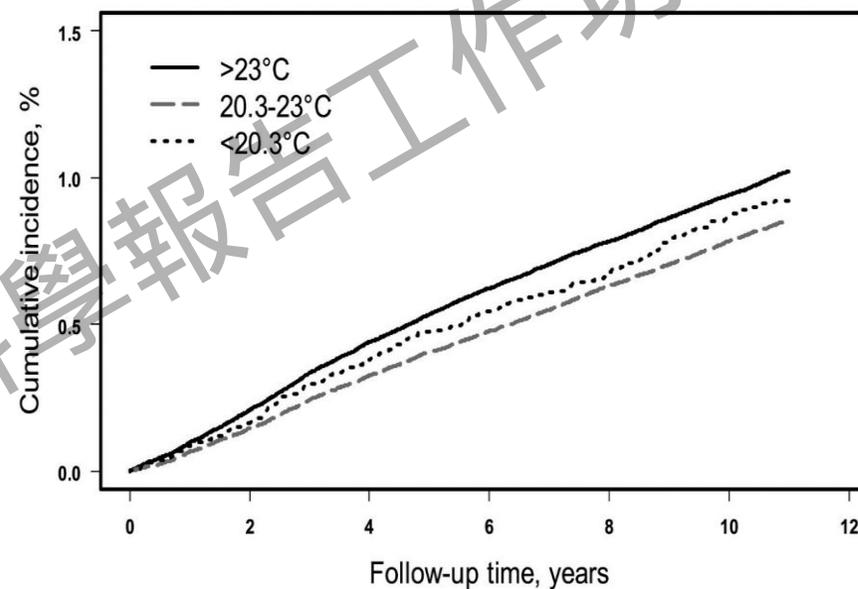
(Kim et al. 2019)

心理健康



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

因臺灣民眾長期暴露於高低溫環境下，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%



三種溫度區間民眾重鬱症的累積發病率

重鬱症累積發病率在溫度介於20°C至23°C的地區居民中最低，居住於溫度大於23°C或是小於20.3°C地區的民眾，則有較高的累積發病率

(Chen et al. 2019)

氣候變遷調適與健康科研缺口

- 跨領域合作進行效益評估
- 提高氣候變遷與健康風險評估和預測能力
- 強化社會、經濟和政策因素對調適後續衍生問題的具體影響之了解

氣候變遷健康調適作為
效益評估之
研究

健康資料庫建置
與指標之研發

建立氣候健康
衝擊模式
及工具

- ▶ 臺灣本土氣候變遷與健康影響之推估模型及氣候風險指標建立
- ▶ 氣候變遷對臺灣民眾生理與心理健康風險評估最適之衝擊模式選用

- ◆ 全人口代表性的大型世代研究建立和預警參數之調查追蹤
- ◆ 綜合性評估指數之研發
- ◆ 強化監測系統之資料整合與維護

氣候健康衝擊模式成果

- WT Wu^{1*}, M Kono, CP Lee, YY Chang, YH Yang, CC Lin, TM Liu, HC Li, YM Chen, PC Chen: Climate change projections for stroke incidence in Taiwan: Impact of 2 C and 4 C global warming level. Journal of Epidemiology and Global Health 2024, 14(3):1319-1331.
- M Kono, WT Wu^{*}, CP Lee, YY Chang, YH Yang, CC Lin, PC Chen: Impact of rapid temperature fluctuations on acute stroke risk: A nationwide case-cross-over study from 2001 to 2020. The Lancet Regional Health - Western Pacific (Revised)

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

氣候變遷對腦血管健康衝擊影響

- ▶ 根據2012年全球疾病負擔報告(Global Burden of Disease, GBD)，中風在1990年至2010年間是全球第二大死因 (Lozano et al., 2012)。而氣象條件被證實是促使中風發生的重要因子 (Alpérovitch et al., 2009; Pan et al., 1995; Shinkawa et al., 1990; Turin et al., 2008; Woodhouse et al., 1993)。
- ▶ 臺灣正逐漸邁入老年人口超過20%的超高齡社會，2039年將突破**30%**，至2070年將**高達43.6%**
 - ▶ 老化社會對氣候變化將更為敏感
- ▶ 鑑於全球持續變暖、人口老化以及具有多種心臟血管疾病風險因素的患者更加脆弱，預計這些趨勢在未來幾年會惡化。

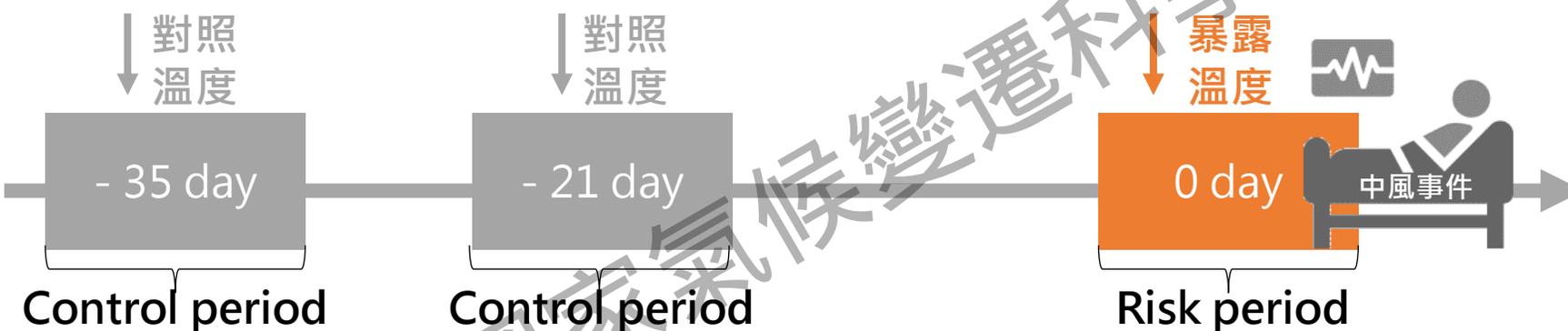
氣候變遷對腦血管健康衝擊影響

- ▶ 為了加深我們對氣候變遷對腦心血管疾病影響的理解，本研究採用時間分層病例交叉研究(Case-crossover study)，以分佈式滯後非線性模型(DLNM)，建立氣候危害指標與中風**發生率**之間的**暴露-遲滯-反應效應模型**。
- ▶ 根據不同的**全球暖化情境Global Warming Levels (GWL)** 推估未來腦血管疾病(中風)的發生趨勢，相較於基準，**全球升溫2°C與4°C下的中風發生率改變量**，解析受長期高溫引發腦血管疾病影響的區域。

研究方法

- 病例交叉研究法(Case-crossover study)設計
 - 個案組: 第一次中風急診 (並細分出血性中風 與 缺血性中風)
 - 兩倍對照組: 發生個案事件日之前的21與35天無發病

NHIR 全民健康保險研究資料庫
National Health Insurance Research Database



| | 2001-2020 中風急診 | 出血性中風 急診 | 缺血性中風 急診 |
|-----|-------------------|-------------|-------------|
| 個案數 | 1,100,074 | 279,425 | 484,052 |
| 對照組 | 2,200,148 | 558,850 | 968,104 |

- 條件邏輯迴歸(Conditional Logistic Regression)
- 分佈式滯後非線性模型(DLNM) : $\text{logit}[\text{Pr}(Y = 1)] = \sum_s \alpha_s + f(T)$

暴露資料

- ▶ 2001-2020 網格化觀測日資料(全台 0.01度 1×1 km空間解析度)(日均溫、日最高溫、日最低溫、日溫差、日降雨量)

- TDI: 48小時內升溫幅度 $TDI = T_{\max, \text{day } n} - T_{\min, \text{day } (n-1)}$

- TDD: 48小時內降溫幅度 $TDD = T_{\max, \text{day } (n-1)} - T_{\min, \text{day } n}$



- ▶ 以地理資訊系統(GIS)空間統計，TCCIP網格化觀測日資料之氣候條件暴露數據整合為2001-2020鄉鎮地區層級資料庫

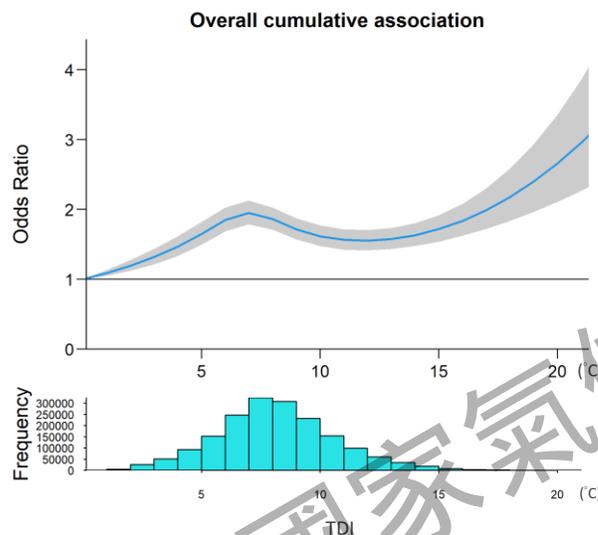
- ▶ 繪製鄉鎮地區層級溫度變化區域地圖 (最高溫、最低溫、溫差)

- 採用坐標參考系統EPSG:3826 (TWD97 / 121分帶)
- 使用Quantum GIS 3.2.0套裝軟體進行地理資訊系統(GIS)空間分布繪圖

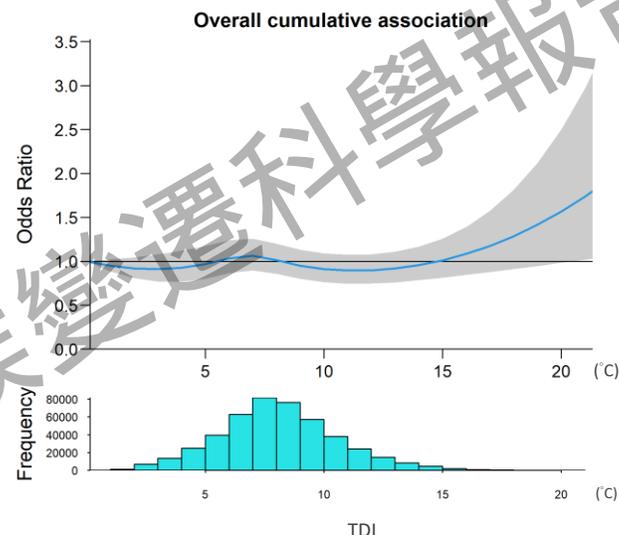
(氣溫)暴露-遲滯-(中風)反應效應模型

TDI (48小時內升溫幅度)

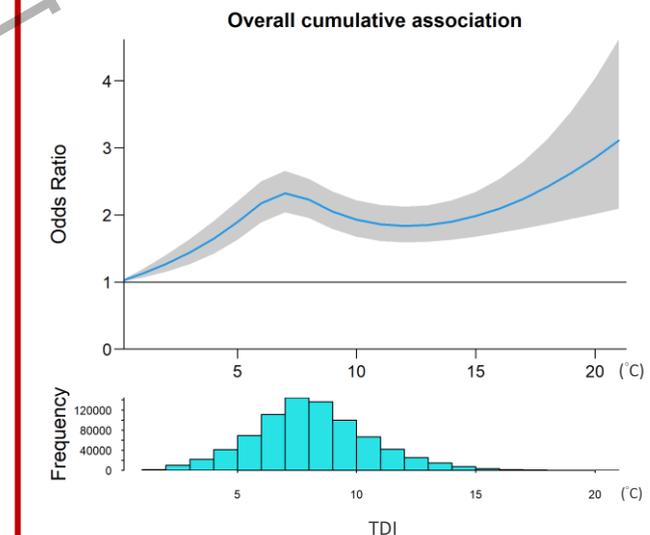
(A) Overall stroke risk



(B) Hemorrhagic stroke risk



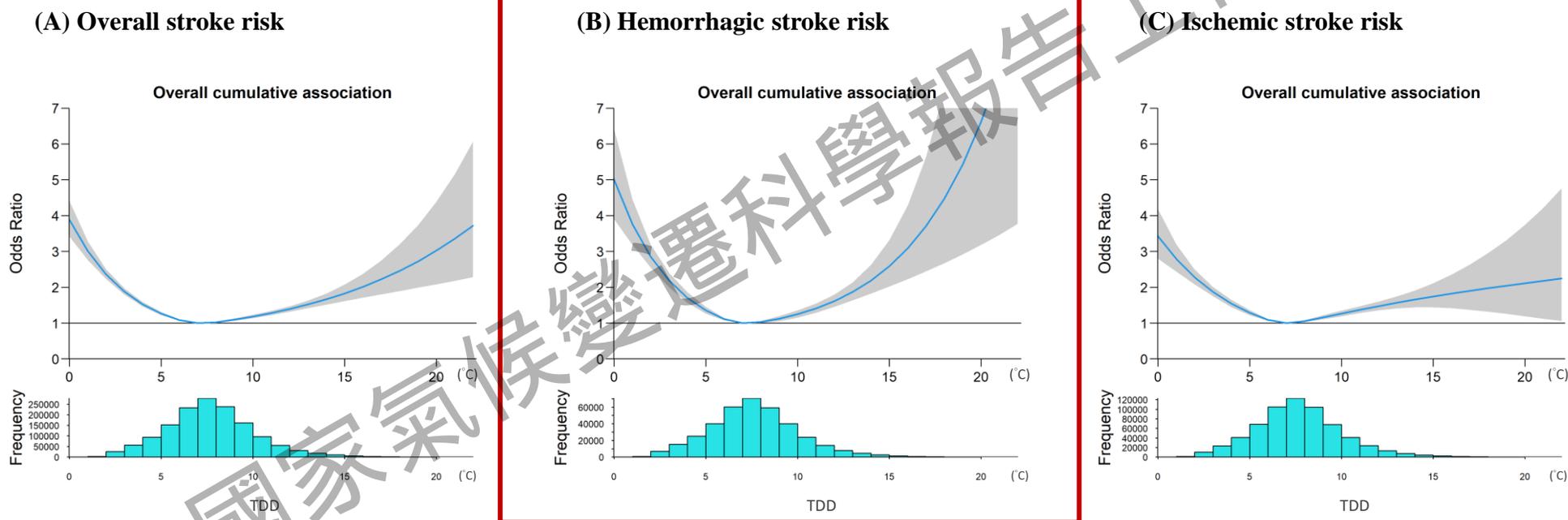
(C) Ischemic stroke risk



- TDI (48小時內升溫幅度)主要效應在**缺血性中風**
- 升溫溫差**6度~9度**與**16度以上** (雙峰)，對缺血性中風有2倍風險效應

(氣溫)暴露-遲滯-(中風)反應效應模型

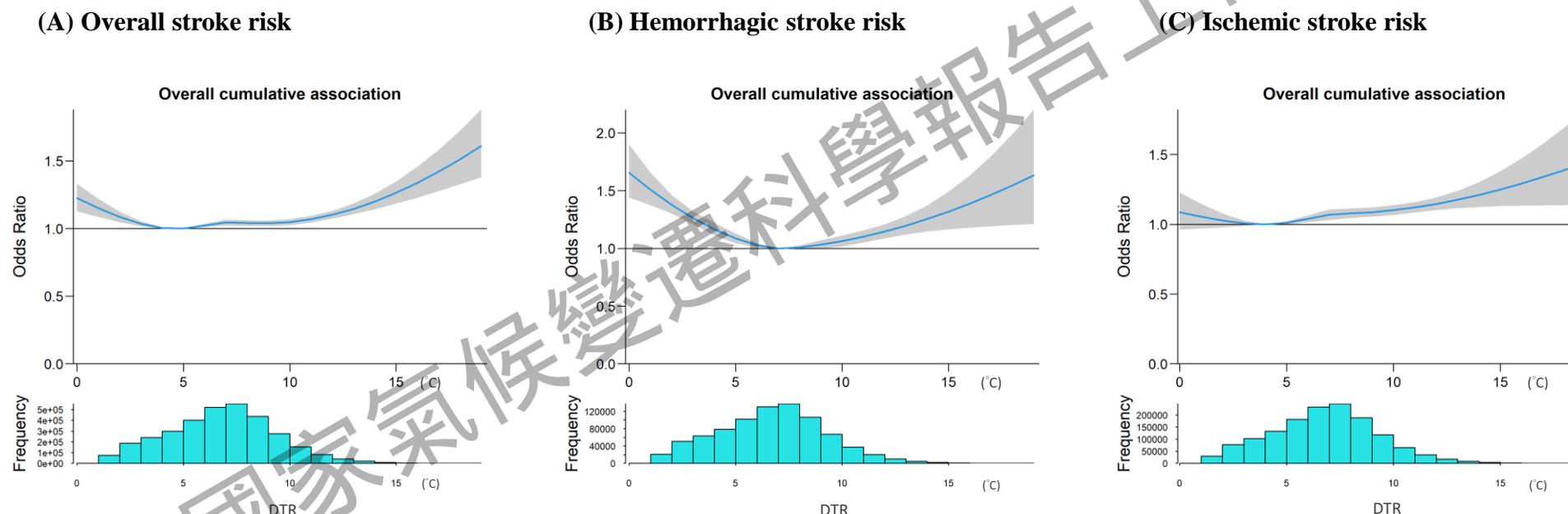
TDD (48小時內降溫幅度)



- TDD (48小時內降溫幅度)主要效應在**出血性中風**，但對缺血性中風仍有影響
 - 降溫溫差**14度C**以上出血性中風，對有2倍風險效應

(氣溫)暴露-遲滯-(中風)反應效應模型

DTR日溫差



- DTR日溫差在出血性中風與缺血性中風仍有影響，但風險效應不明顯

氣候變遷下臺灣中風發生率衝擊

全球升溫2°C情境

| CMIP 6 model. | Research Center (Country) | Space-resolution (lon×lat) | historical | SSP126 | SSP245 | SSP370 | SSP585 |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ACCESS-CM2 | CSIRO-ARCCSS (Australia) | 192×144 | 1995-2014 | 2033-2052 | 2031-2050 | 2030-2049 | 2029-2048 |
| ACCESS-ESM1-5 | CSIRO (Australia) | 192×145 | 1995-2014 | 2064-2083 | 2036-2055 | 2039-2058 | 2030-2049 |
| AWI-CM-1-1-MR | AWI (Germany) | 384×192 | 1995-2014 | 2041-2060 | 2030-2049 | 2028-2047 | 2027-2046 |
| BCC-CSM2-MR | BCC (China) | 320×160 | 1995-2014 | | 2048-2067 | 2037-2056 | 2034-2053 |
| CanESM5 | CCCma (Canada) | 128×64 | 1995-2014 | 2017-2036 | 2015-2034 | 2014-2033 | 2013-2032 |
| CMCC-ESM2 | CMCC (Italy) | 288×192 | 1995-2014 | 2033-2052 | 2031-2050 | 2032-2051 | 2030-2049 |
| EC-Earth3 | EC-Earth-Consortium(Europe) | 512×256 | 1995-2014 | 2034-2053 | 2035-2054 | 2029-2048 | 2026-2045 |
| EC-Earth3-AerChem | EC-Earth-Consortium(Europe) | 512×256 | 1995-2014 | | | 2038-2057 | |
| EC-Earth3-CC | EC-Earth-Consortium(Europe) | 512×256 | 1995-2014 | | 2026-2045 | | 2027-2046 |
| EC-Earth3-Veg | EC-Earth-Consortium(Europe) | 512×256 | 1995-2014 | 2020-2039 | 2024-2043 | 2023-2042 | 2018-2037 |
| EC-Earth3-Veg-LR | EC-Earth-Consortium(Europe) | 320×160 | 1995-2014 | | 2040-2059 | 2036-2055 | 2032-2051 |
| FGOALS-g3 | CAS (China) | 180×80 | 1995-2014 | | 2054-2073 | 2036-2055 | 2037-2056 |
| GFDL-CM4 | NOAA-GFDL (USA) | 288×180 | 1995-2014 | | 2040-2059 | | 2032-2051 |
| GFDL-ESM4 | NOAA-GFDL (USA) | 288×180 | 1995-2014 | | 2064-2083 | 2048-2067 | 2043-2062 |
| IITM-ESM | CCCR-IITM (India) | 192×94 | 1995-2014 | | | | |
| INM-CM4-8 | INM (Russia) | 180×120 | 1995-2014 | | 2054-2073 | 2043-2062 | 2037-2056 |
| INM-CM5-0 | INM (Russia) | 180×120 | 1995-2014 | | 2063-2082 | 2041-2060 | 2037-2056 |
| IPSL-CM6A-LR | IPSL (France) | 144×143 | 1995-2014 | 2029-2048 | 2024-2043 | 2025-2044 | 2025-2044 |
| KACE-1-0-G | NIMS-KMA (Korea) | 192×144 | 1995-2014 | 2015-2034 | 2014-2033 | 2015-2034 | 2014-2033 |
| KIOST-ESM | KIOST (Korea) | 192×96 | 1995-2014 | | 2031-2050 | | 2029-2048 |
| MIROC6 | MIROC (Japan) | 256×128 | 1995-2014 | | 2064-2083 | 2050-2069 | 2044-2063 |
| MPI-ESM1-2-HR | DKRZ (Germany) | 384×192 | 1995-2014 | | 2054-2073 | 2041-2060 | 2040-2059 |
| MPI-ESM1-2-LR | MPI-M (Germany) | 192×96 | 1995-2014 | | 2048-2067 | 2043-2062 | 2039-2058 |
| MRI-ESM2-0 | MRI (Japan) | 320×160 | 1995-2014 | | 2040-2059 | 2036-2055 | 2029-2048 |
| NESM3 | NUIST (China) | 192×96 | 1995-2014 | 2040-2059 | 2034-2053 | | 2025-2044 |
| NorESM2-LM | NCC (Norway) | 144×96 | 1995-2014 | | 2076-2095 | 2060-2079 | 2047-2066 |
| NorESM2-MM | NCC (Norway) | 288×192 | 1995-2014 | | 2069-2088 | 2053-2072 | 2045-2064 |
| TaiESM1 | AS-RCEC (Taiwan) | 288×192 | 1995-2014 | 2031-2050 | 2034-2053 | 2034-2053 | 2027-2046 |
| Total (86) | | | 28 | 11 | 26 | 23 | 26 |

氣候變遷下臺灣中風發生率衝擊

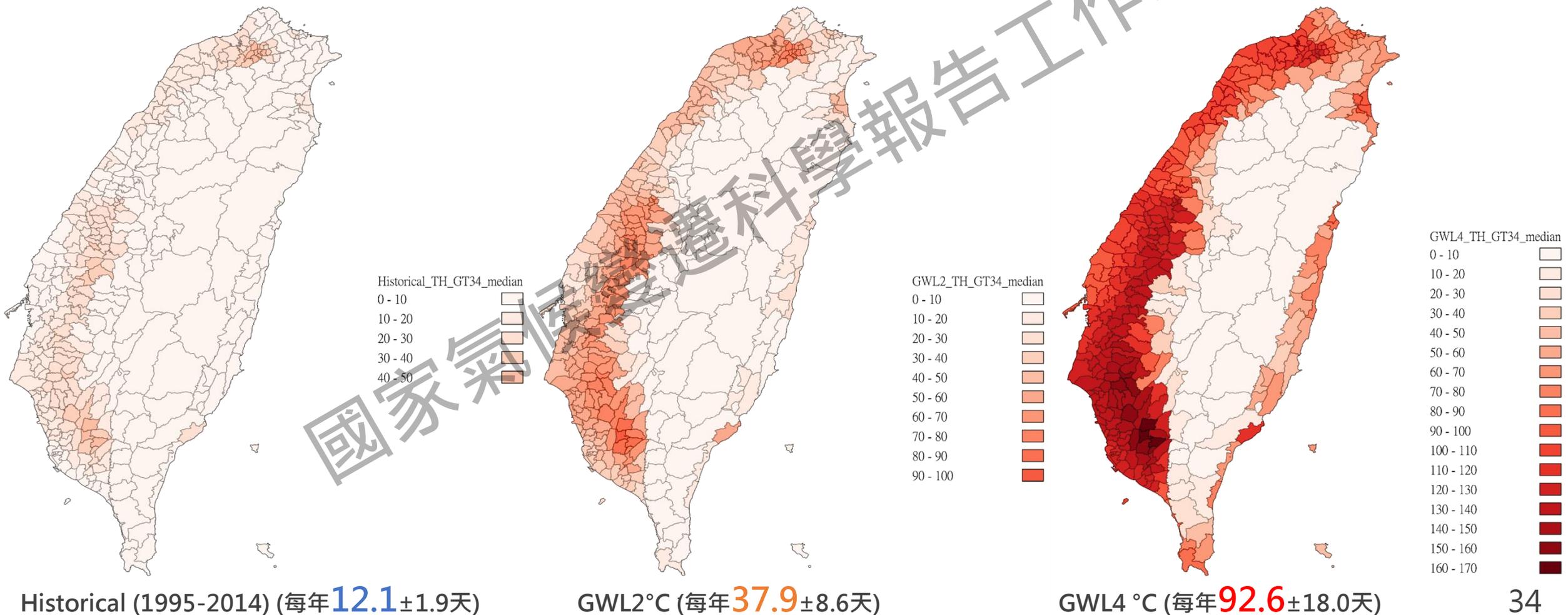
全球升溫4°C情境

| CMIP 6 model | Research Center (Country) | Space-resolution (lon×lat) | SSP245 | SSP370 | SSP585 |
|-------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|
| ACCESS-CM2 | CSIRO-ARCCSS (Australia) | 192×144 | | 2073-2092 | 2062-2081 |
| ACCESS-ESM1-5 | CSIRO (Australia) | 192×145 | | | 2069-2088 |
| AWI-CM-1-1-MR | AWI (Germany) | 384×192 | | | 2070-2089 |
| CanESM5 | CCCma (Canada) | 128×64 | 2074-2093 | 2050-2069 | 2045-2064 |
| CMCC-ESM2 | CMCC (Italy) | 288×192 | | 2078-2097 | 2061-2080 |
| EC-Earth3 | EC-Earth-Consortium(Europe) | 512×256 | | 2075-2094 | 2064-2083 |
| EC-Earth3-AerChem | EC-Earth-Consortium(Europe) | 512×256 | | 2074-2093 | |
| EC-Earth3-CC | EC-Earth-Consortium(Europe) | 512×256 | | | 2062-2081 |
| EC-Earth3-Veg | EC-Earth-Consortium(Europe) | 512×256 | | 2067-2086 | 2058-2077 |
| EC-Earth3-Veg-LR | EC-Earth-Consortium(Europe) | 320×160 | | 2078-2097 | 2066-2085 |
| GFDL-CM4 | NOAA-GFDL (USA) | 288×180 | | | 2070-2089 |
| IPSL-CM6A-LR | IPSL (France) | 144×143 | | 2067-2086 | 2057-2076 |
| KACE-1-0-G | NIMS-KMA (Korea) | 192×144 | | 2063-2082 | 2053-2072 |
| MPI-ESM1-2-0 | MRI (Japan) | 320×160 | | | 2074-2093 |
| NESM3 | NUIST (China) | 192×96 | | | 2063-2083 |
| TaiESM1 | AS-RCEC (Taiwan) | 288×192 | | 2072-2091 | 2058-2077 |
| Total (26) | | | 1 | 10 | 15 |

氣候變遷下臺灣中風發生率衝擊

推估日最高溫 > 34°C 天數

| 全球地表平均溫度 | 到達年份 (中位數) | 可能發生範圍 (所有情境) |
|----------|------------|----------------|
| +2°C | 2042 | 2022-2085 (86) |
| +4°C | 2065 | 2054-2087 (26) |



氣候變遷下臺灣中風發生率衝擊

► Poisson regression with GEE method (34 °C Model)

$$\text{Log}(n_{dise}) \sim \text{offset}(\text{Log}(N_{pop})) + \beta_0 + \beta_1 * \text{Day}_{>34} + \beta_{city} + \beta_{interaction} * \text{Day}_{>34}$$

- $\beta_{interaction}$ is the interaction effect of city and cumulative days of temperature higher than 34 °C in each year

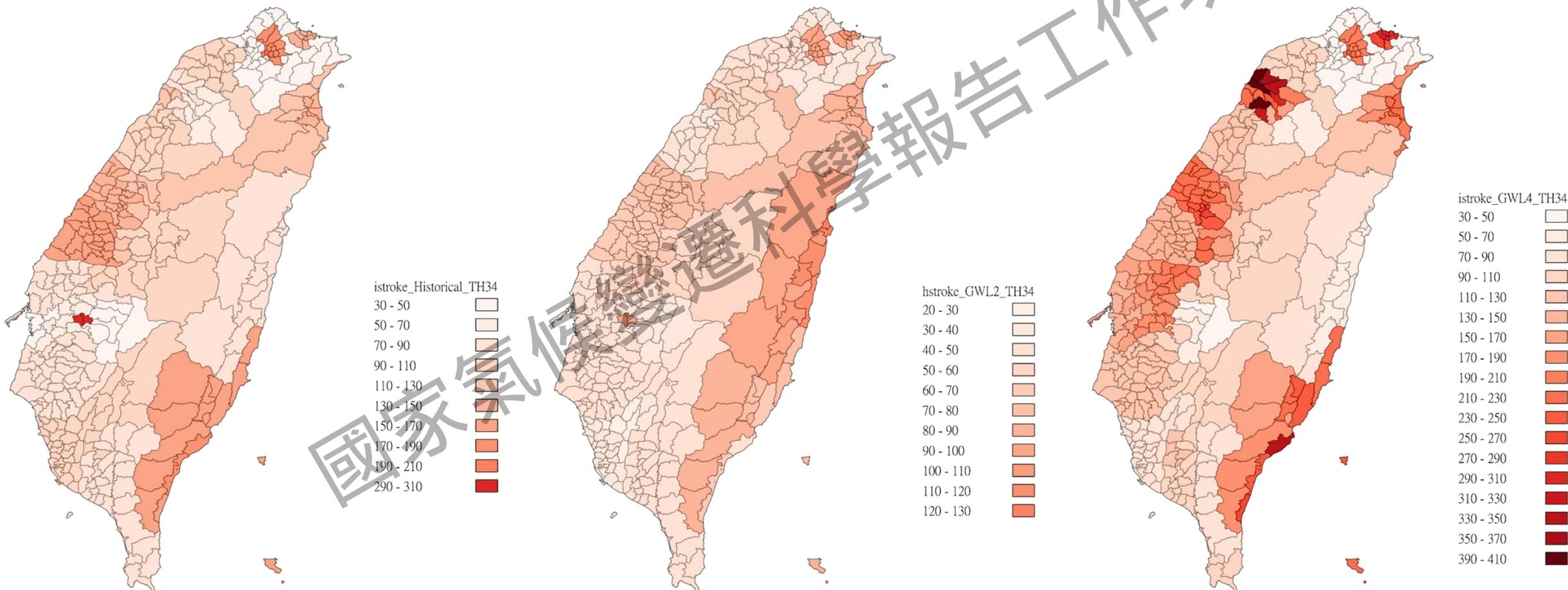
► Covariance structure: AR(1)

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho & \dots & \rho^{years} \\ \rho & 1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \rho \\ \rho^{years} & \dots & \rho & 1 \end{bmatrix}$$

氣候變遷下臺灣缺血性中風發生率衝擊

推估日最高溫 > 34°C 天數變化對中風每年發生率改變量

| 全球地表平均溫度 | 到達年份 (中位數) | 可能發生範圍 (所有情境) |
|----------|------------|----------------|
| +2°C | 2042 | 2022-2085 (86) |
| +4°C | 2065 | 2054-2087 (26) |



Historical (1995-2014) (每10萬人**102**位個案)

GWL2°C (每10萬人**110**位個案)

GWL4°C (每10萬人**138**位個案)

結 論

► 氣候健康危害指標:

- TDI (48小時內升溫幅度) 主要效應在**缺血性中風**。
 - **升溫溫差6度~9度 與 16度以上以上**，對缺血性中風有2倍風險效應。
- TDD (48小時內降溫幅度) 主要效應在**出血性中風**。
 - **降溫溫差14度C以上**，對出血性中風有2倍風險效應。
- **全球暖化2°C情境**，日最高溫超過34°C的天數預計將增加至**每年37.9天** (達到年份中位數為2043年)。
- **全球暖化4°C情境**，將增加至**每年92.6天** (達到年份中位數為2065年)。

結 論

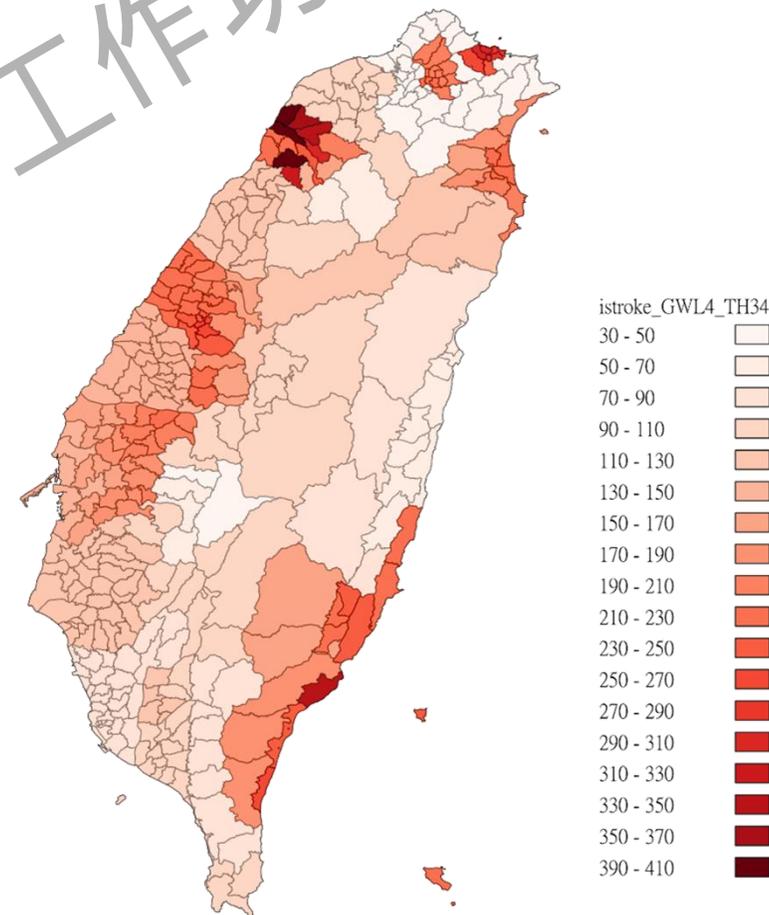
► 氣候健康衝擊:

► 以34°C之中風發生率與高溫閾值模型，**缺血性中風發生率**上升幅度最大

- 全球暖化2°C情境下 **增加 7.80%**
- 全球暖化4°C情境下 **增加 36.06%**

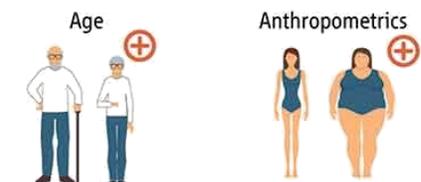
► 全球暖化4°C情境下，**台中、新竹、宜蘭和台東等地區**的熱相關缺血性中風發生率受衝擊最為明顯。

- 需根據氣候變遷影響來制定公共衛生應對措施。

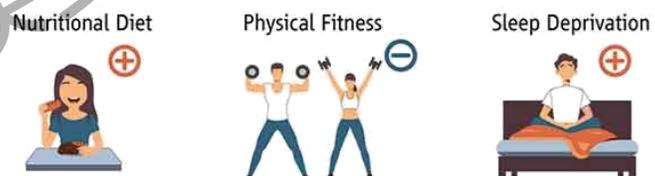


影響生理熱風險個體間與個體內因素

Inter-individual 個體間



Intra-individual 個體內



➤ 個體間差異: 年齡、人體量測體型、用藥和其他成癮、殘疾、文化習慣、種族、醫療狀況、和性別

➤ 個體內差異: 環境適應、服裝、連續輪班、環境條件、緩解熱策略、代謝需求、營養飲食、身體素質、睡眠剝奪、飲水量、工作時間和工作經驗。

Ioannou, Leonidas G., et al.
"Occupational heat strain in outdoor workers: A comprehensive review and meta-analysis." *Temperature* 9.1 (2022): 67-102.

致謝



Data provided and assistance :

- Health Information and Epidemiology Laboratory at the Chiayi Chang Gung Memorial Hospital
- Health and Welfare Data Science Center, Ministry of Health and Welfare, Executive Yuan
- 氣候變遷資料庫(TCCIP)

TCCIP Tzu-Ming Liu, Hsin-Chi Li, Yung-Ming Chen

NHRI Miku Kono, Yu-Yin Chang, Yun Lai, Ruei-Syuan Wu, Tsung-Lin Tsai, Shu-Li Wang, Pau-Chung Chen

NTU Ching-Chun Lin

CGRD Chuan-Pin Lee, Yao-Hsu Yang



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

