

臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台」計畫(111-114)

氣候變遷下都市高溫特徵與調適策略之研究與應用

共同主持人 林子平 特聘教授 / 成大建築系

參與研究人員 王柳臻



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

2026/10/14



熱島領域年度規劃

年度
產出AR5圖資
高密度監測
衝擊議題蒐集都市高溫圖資
跨領域合作研究
選定示範區建築能耗衝擊
進行調適選項
啟動示範區操作街區熱舒適衝擊圖
資，政策與法規擬
定、案例實踐圖資
產製

AR5基期/世紀中/末危害圖資

AR5全球暖化情境危害圖資

各縣市高溫與風廊圖資

資料再降尺度

都市熱島高溫衝擊圖資

工具
開發

都市高密度溫濕度監測網

社會脆弱衝擊因子分析

建築能耗預估

近地表微氣候參數預估式

敏弱族群熱危害：法規基準與實測

操作
示範

衝擊議題選定

示範區選定

地方調適報告與協力：政策擬定

評估方法擬定

跨領域合作研究

利害關係人交流

調適選項

知識
案例

國內外案例、文獻、政策、法令、計畫參考案例

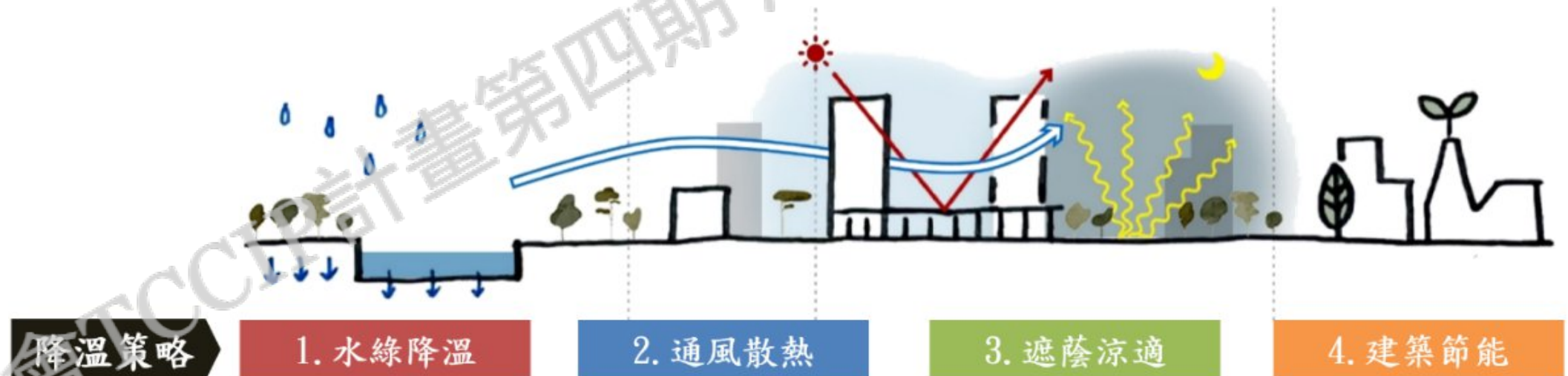
對應調適架構

修正意見回饋

第四期 - 研究方法與成果



- 熱島領域所執行之研究內容，依都市熱島降溫策略四大方向，進行相關研究與應用分析。
- 綜整本計畫第四期之所有研究成果，分項說明如下：

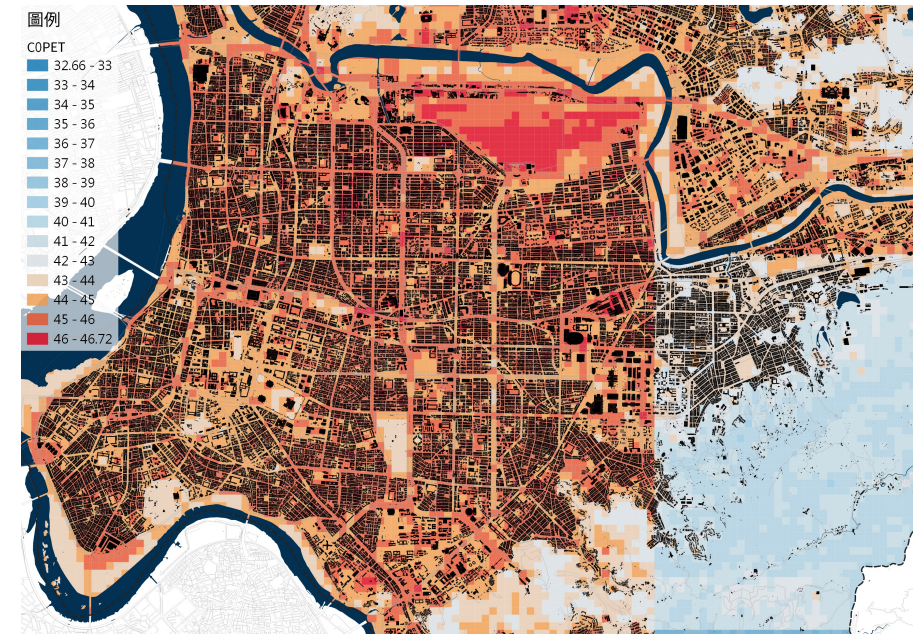
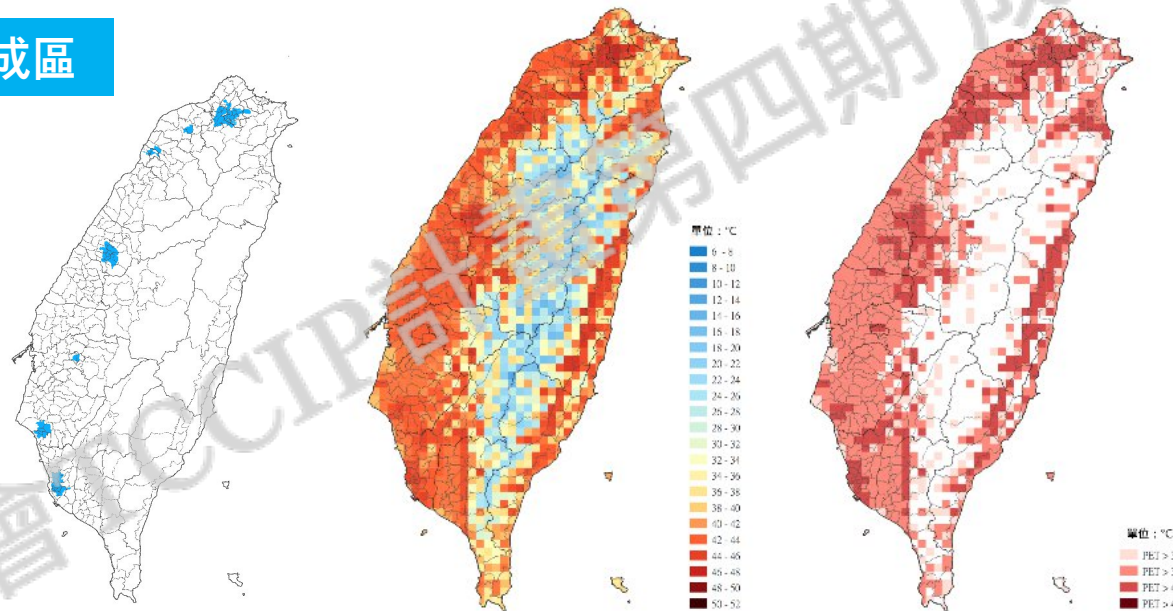


水綠降溫 - 1.1 高溫現況分析：生理等效溫度



- 第一年度(111年)以分析都市熱島高溫現況為主軸，透過不同尺度與解析度之溫度與生理等效溫度資料，了解都市熱島的分布範圍與夏季高溫衝擊程度。
- 以夏季最易出現高溫之7月小時平均資料，進行逐時資料檢視。所繪PET圖資，包含PET超出衝擊指標門檻「生理等效溫度大於45°C」之區域等。

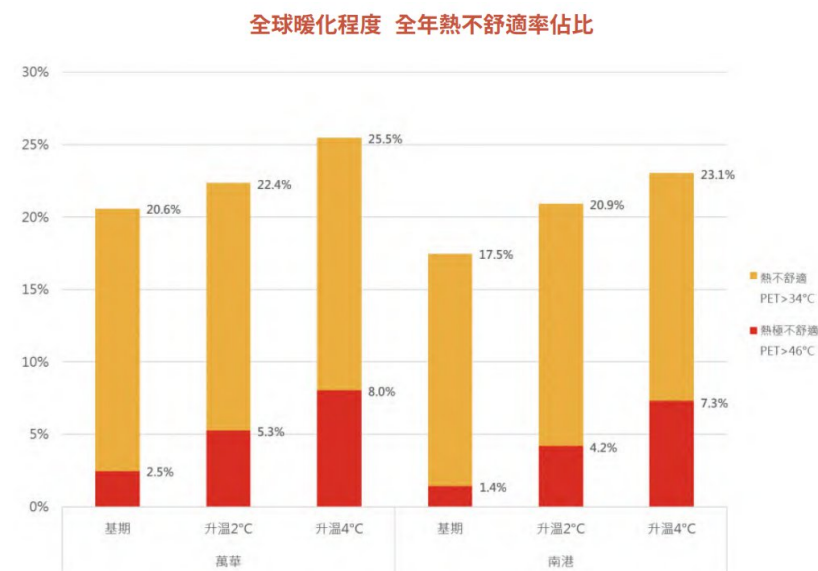
全臺建成區



水綠降溫 - 1.2 危害與衝擊分析



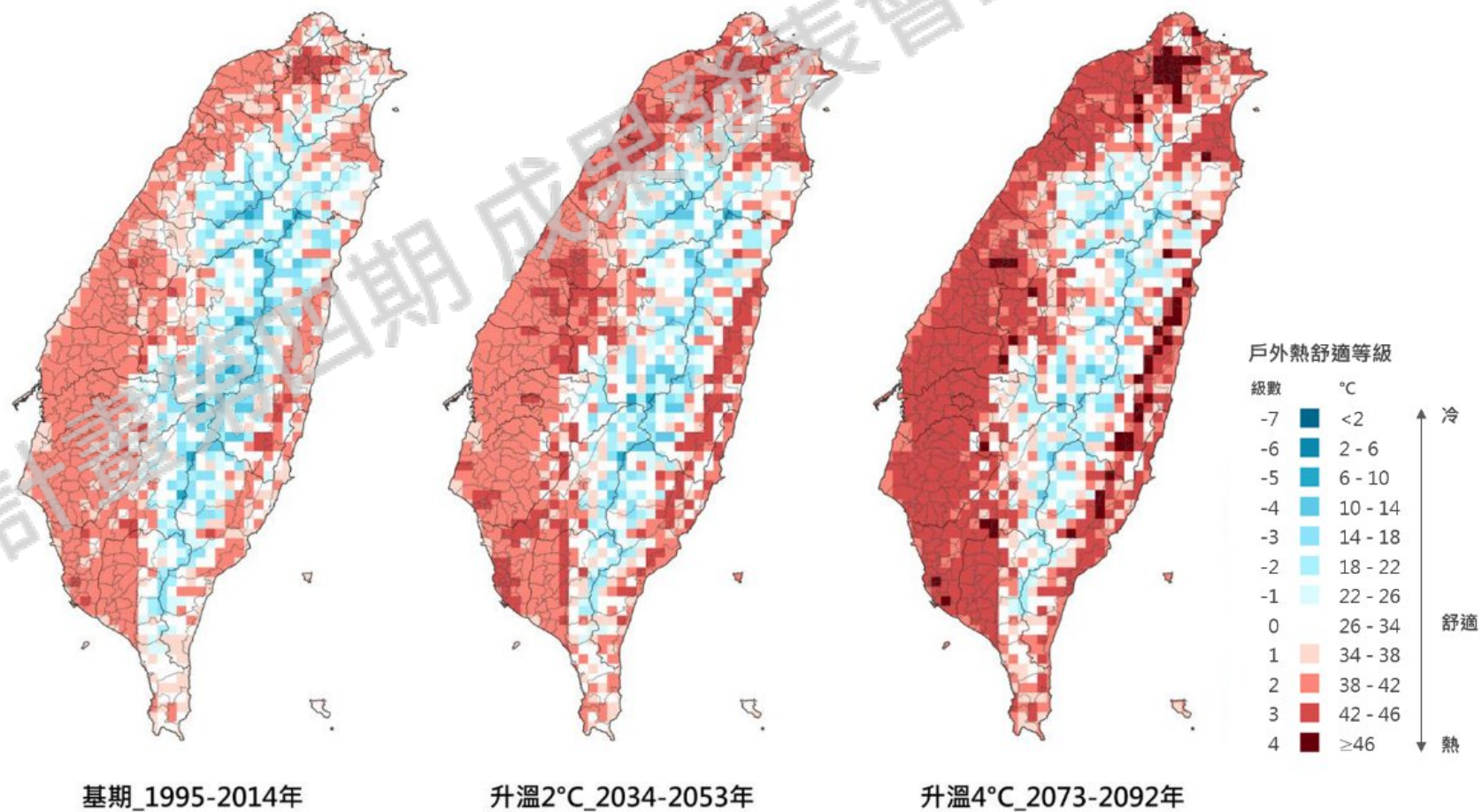
- 「熱不舒適」為PET大於 34°C 者；「熱極不舒適」為PET大於 46°C 者。
- 萬華：基期全年已有20.6% 的時間處於熱不舒適、2.5% 的時間處於熱極不舒適，相較南港的17.5%與1.4%高出許多。萬華地區於 GWL 2°C 與 4°C 時，熱不舒適則會分別再上升至 22.4% 與 25.5%，意即代表在世紀末時，萬華地區全年將有四分之一的時間皆處於熱不舒適的壓力下。
- 本項成果亦於113年6月，公開於參與編撰之《臺灣氣候變遷分析系列報告 - 暖化趨勢下的臺灣極端高溫與衝擊》書中。



水綠降溫 - 1.3 危害圖資產製與上架



- 於第二年度(112年)產製「AR5都市熱島危害指標 - 生理等效溫度PET分級」危害圖資，本危害圖資共計144張。



水綠降溫 - 1.4 建立PET簡算公式與工具開發



➤ MMIS開發：

熱危害指標計算工具

- 以將計畫內產製之各項氣候參數，與熱島領域研究過程中生成之各項地表參數結合，進行複合熱舒適指標計算使用，同時兼顧不同解析度之間的資料轉換。

(1) 生理等效溫度公式：

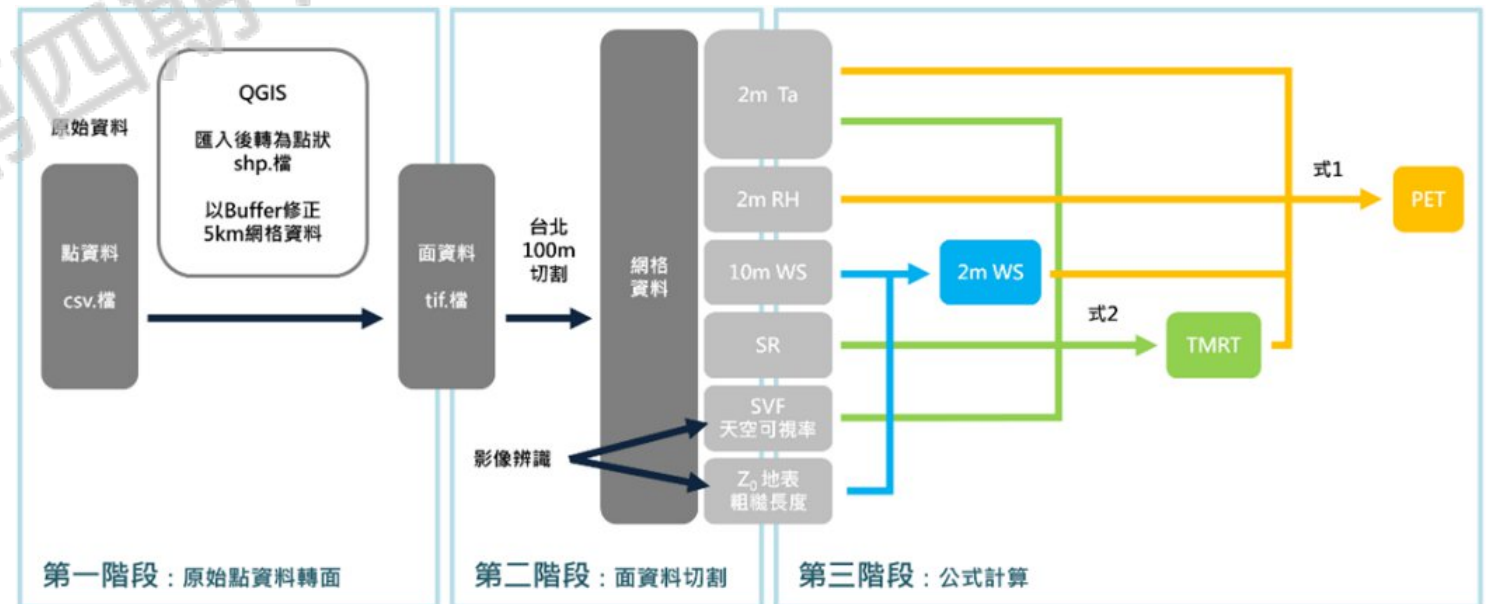
$$PET = 0.770Ta - 0.004RH - 1.279WS + 0.449Tmrt - 5.586 \quad \text{..... 式 1}$$

式中，Ta=距地表 2 公尺高之空氣溫度；RH=距地表 2 公尺高之相對濕度；WS=修正至距地表 2 公尺高之風速；Tmrt=平均輻射溫度。本公式之適用時段：6-8 月 10:00-14:00。

(2) 平均輻射溫度公式：

$$Tmrt = 16.85SVF + 1.09Ta + 0.02SR - 5.98 \quad \text{..... 式 2}$$

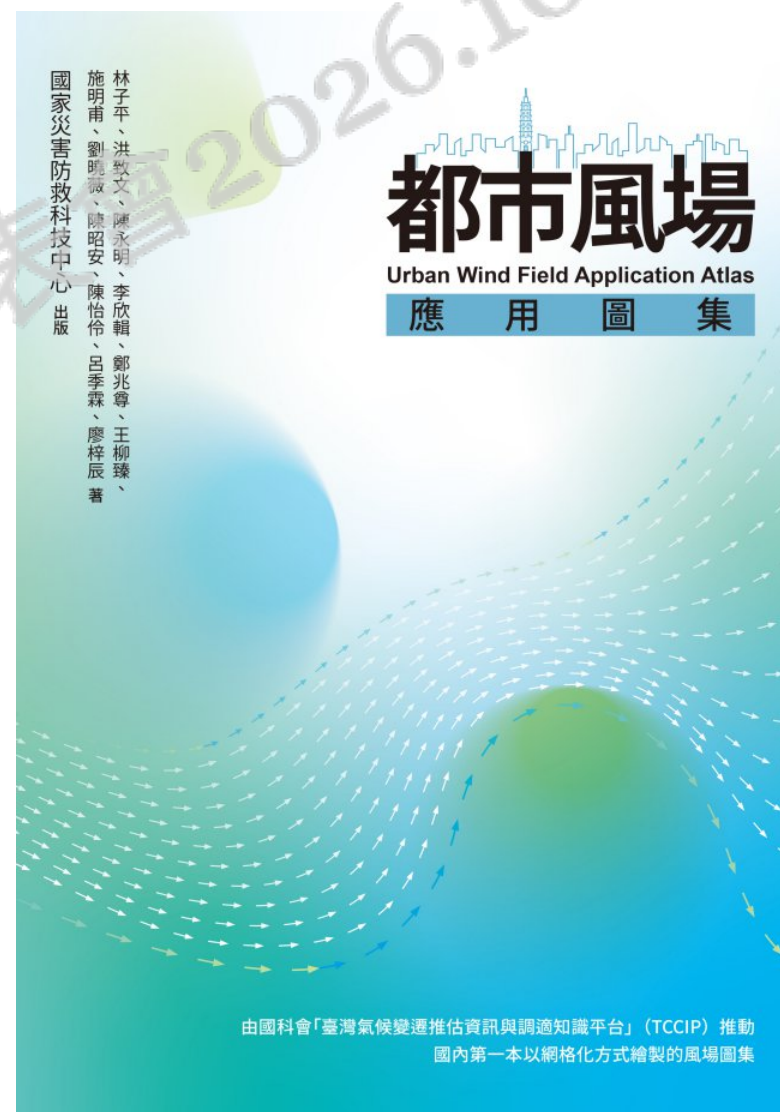
式中，SVF=天空可視率；Ta=距地表 2 公尺高之空氣溫度；SR=距地表 2 公尺高之輻射。本公式之適用時段：6-8 月 10:00-14:00。



通風散熱 - 2.1 出版《都市風場應用圖集》



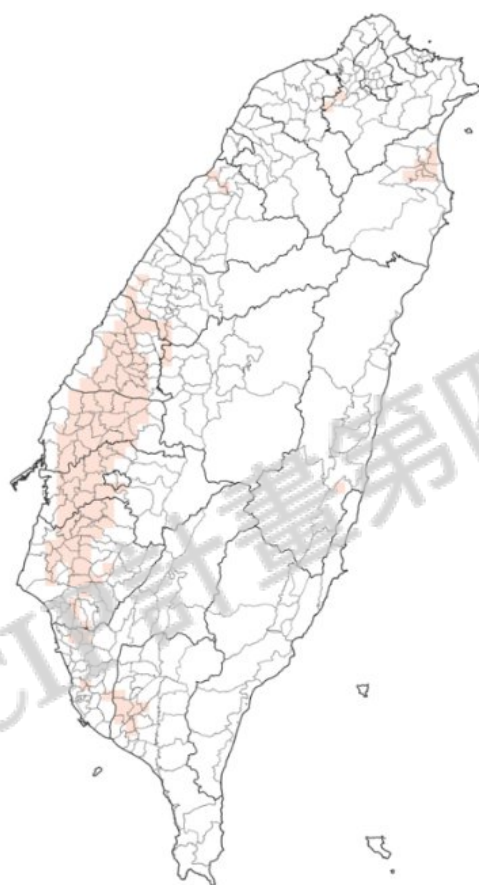
- 第二、三年度(112-113) 與師大洪致文教授共同主編。
- 利用臺灣歷史氣候重建資料 (TReAD) 提供臺灣全島、四大地區、單一縣市等不同空間尺度的流線場圖、主/次風向圖、風速圖，為國內第一本以網格化方式繪製的風場圖集。
- 可供都市規劃、社區營造、建築設計，不同需求者應用參考，於2025年5月正式上架。
- 2.2 應用範例：電子報 第82期「高解析歷史氣候資料於都市風廊系統建構之應用 - 以嘉義市為例」



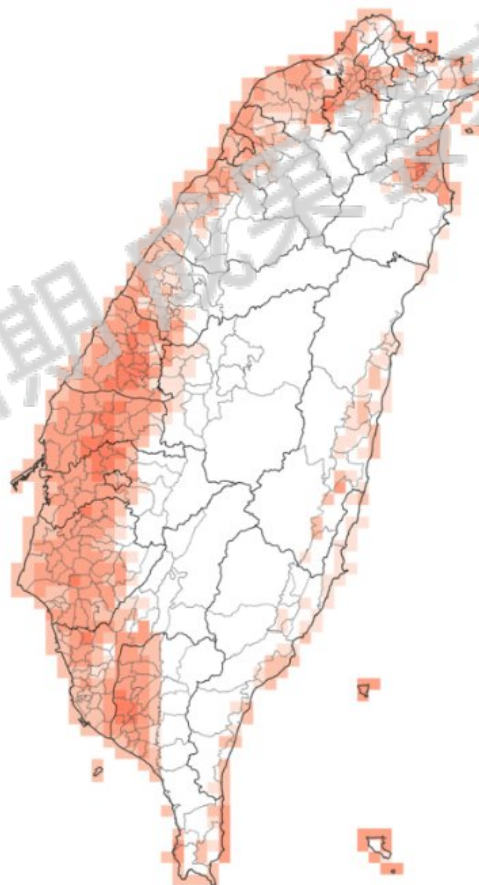
遮蔭涼適 - 3.1 戶外敏弱族群面對的高溫



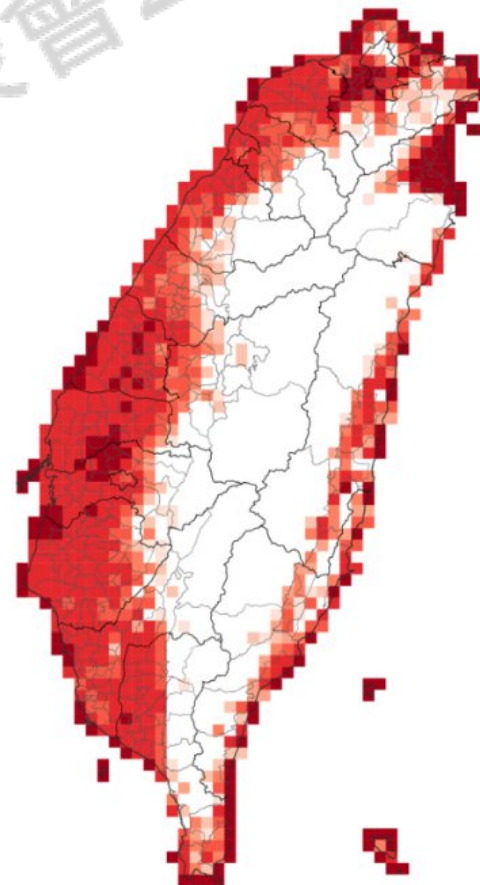
- 第三年(113年)起，將都市中的「一般民眾」再進一步聚焦至以「敏弱族群」為主要研究對象。研究包含自然綠植與人工遮陽物所能帶來的降溫效益：



基期_1995-2014年

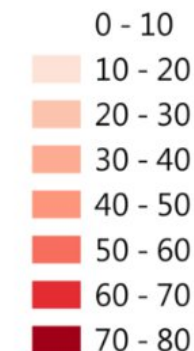


升溫2°C_2034-2053年



升溫4°C_2073-2092年

熱指數
達第三級以上
7月午間
發生頻率(%)



遮蔭涼適 - 3.2 建立遮蔭簡算公式



- 第三年(113年)：針對**遮陽物之降溫能力**，以「日射穿透率(Global Radiation Transmittance, GRT)」敘述。係指當太陽輻射照射於i類遮蔽物時，於該物所形成之陰影處將接受到之剩餘輻射量。GRT數值越大，則遮蔭效果越差。
- 藉由 ΔPET 與 ΔGR 關係圖，表示每單位輻射量貢獻PET的變化值，依所得之迴歸式， ΔPET 可表示如下：
- 當所受輻射量每增加 100 W/m^2 ，PET將上升 3.2°C 。
- 當輻射量每增加 28.9 W/m^2 ，PET將上升 1°C 。

$$\Delta PET = 0.0312 \times \Delta GR + 0.0996 \quad (R^2 = 0.99) \dots\dots\dots \text{式 3}$$

式中， ΔPET =代表受i類遮蔽物遮蔭下之生理等效溫度(PET_i)與原生理等效溫度(PET_0)的差值，單位 $^\circ\text{C}$ ； ΔGR =代表受i類遮蔽物遮蔭下之輻射量(GR_i)與原全天空日射量(GR_0)的差值，單位 W/m^2 ； $0.0312=\alpha$ 值，當 $RH=70\%$ 、 $V=0.5\text{m/s}$ 時，每單位日射量貢獻的PET變化量，無單位， α 值隨 RH 與 V 值變化而異； $0.0996=\beta$ 值，當 $RH=70\%$ 、 $V=0.5\text{m/s}$ 時，每單位日射量貢獻的PET變化量之修正常數，無單位， β 值隨 RH 與 V 值變化而異。

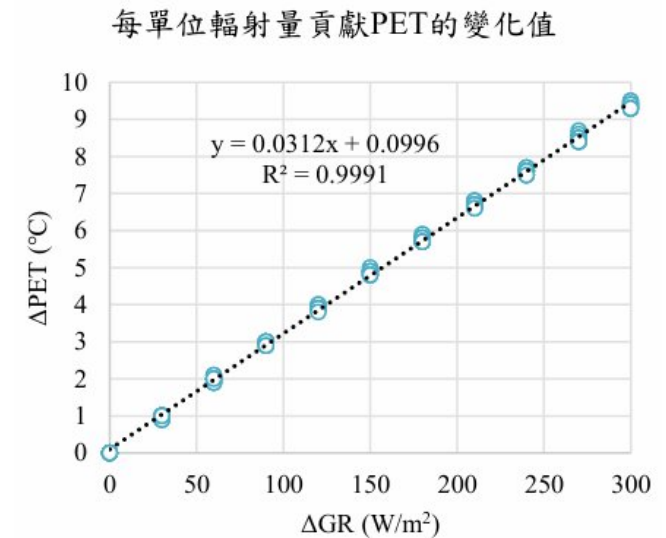
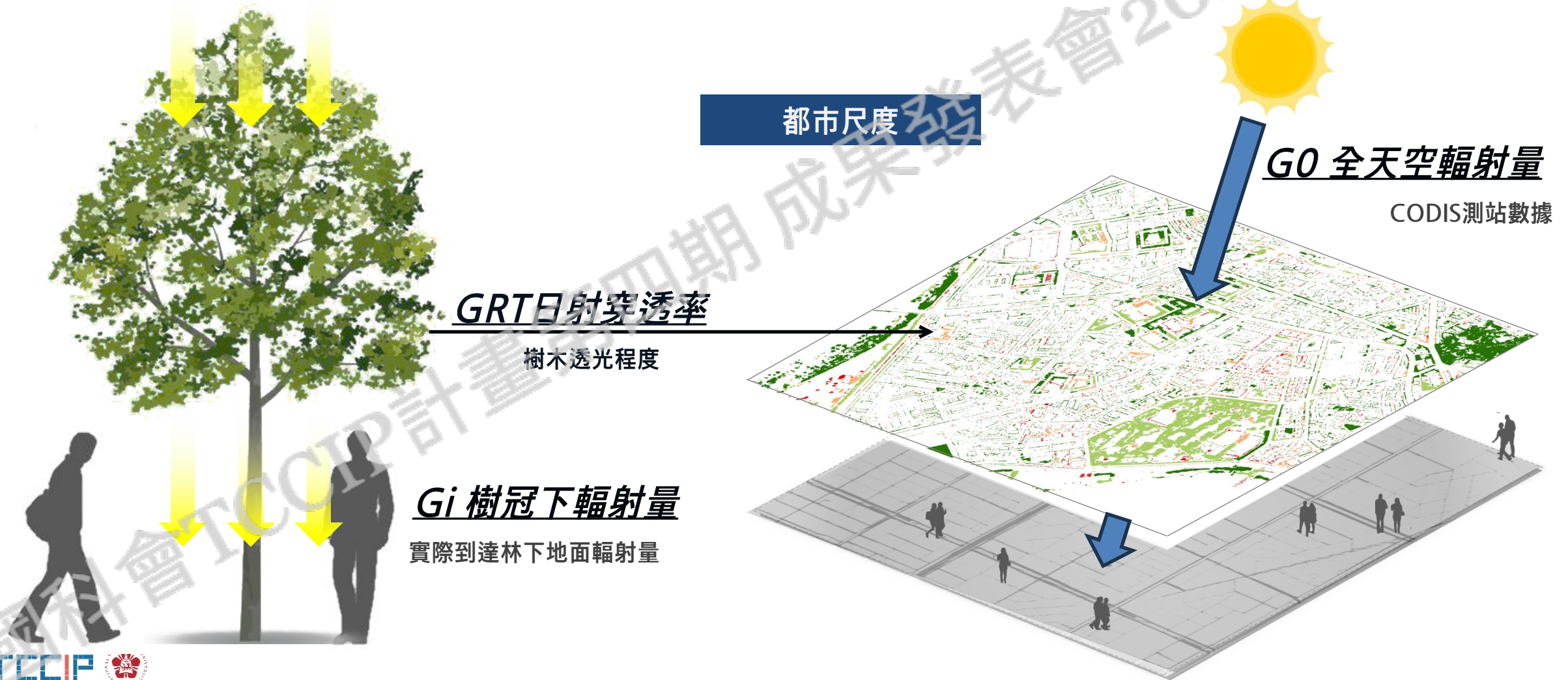


圖 23.10 每單位輻射量貢獻 PET 變化值

輻射穿透率迴歸式



$$G_i \text{ 樹冠下輻射量} = G_0 \text{ 全天空輻射量} * GRT \text{ 日射穿透率}$$



遮蔭涼適 - 3.3 高溫實測驗證



- 為了解戶外敏弱族群的熱環境現況，於第四年度(114年)夏季進行多處高溫實測實驗。
- 以 114.08.06 北中南捷運與輕軌系統站體的**熱舒適實驗**為例：與《聯合報》合作，量測曝曬區，同時搭配「高/低密度綠蔭」與「建物遮蔭」等情境，檢視北中南地區高溫差異與遮陽降溫效益。同時也進行**行人步行速度**實驗，觀察敏弱族群對戶外高溫的因應與調適作為。(規劃於115年10月上架TCCIP電子報)

《聯合報》以
「打造步行城市、涼適台灣」
系列專題報導獲**特優**



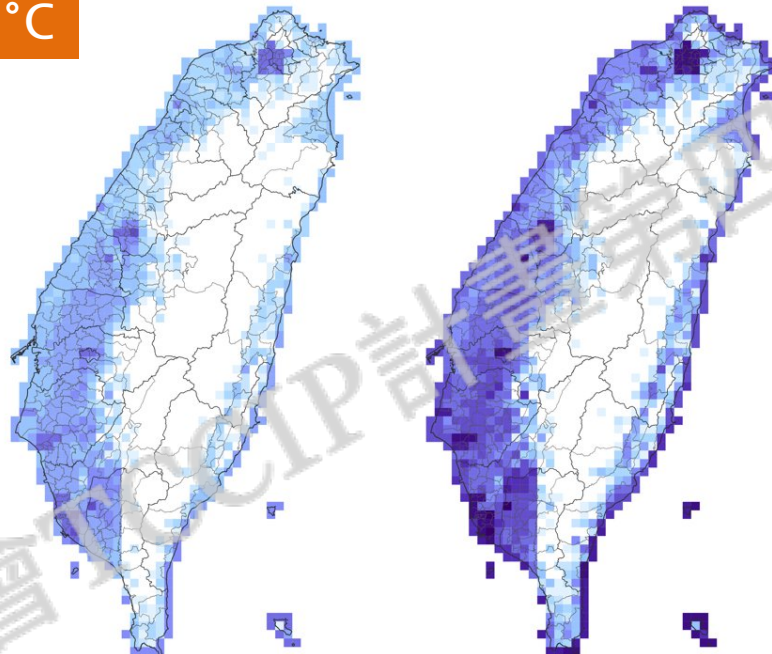
建築節能 - 4.1 建築空調耗能模擬：冷房度時



- 第四年度(114年) 以冷房度時(CDH)作為評估建築物空調負荷之量化指標。可用以反映建築空調系統所需承擔之降溫壓力與能源需求。

參考經濟部能源署《室內冷氣溫度限值現場檢查程序作業要點》基準值 26°C
- 若以「提高室內冷氣溫度基準值至 28°C 」作為調適策略，模擬提高室內冷氣基準溫度之調適策略改善效益，以升溫 2°C 為例，全年冷房度時可降低46.9%。

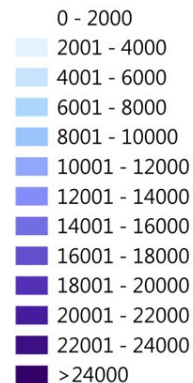
基準值 26°C



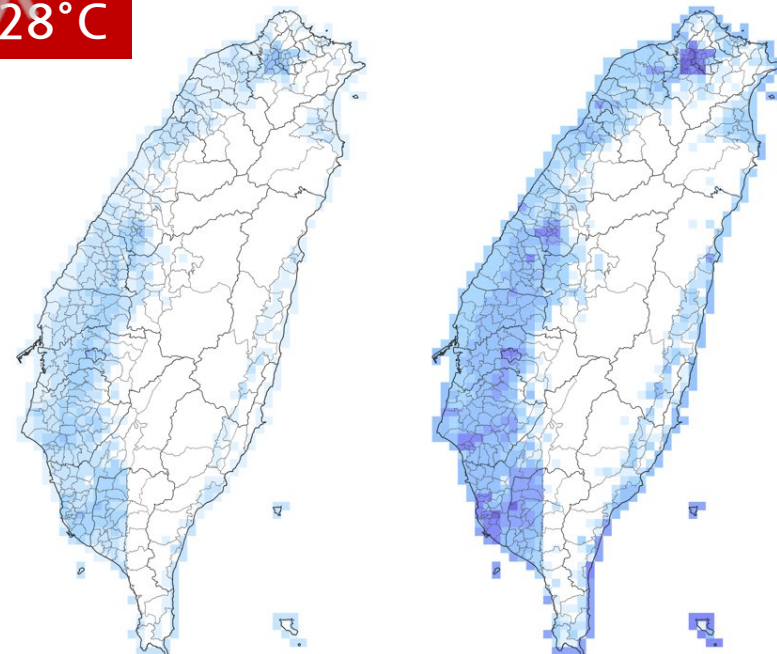
升溫 2°C _2034-2053年

升溫 4°C _2073-2092年

CDH ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{hr}$)



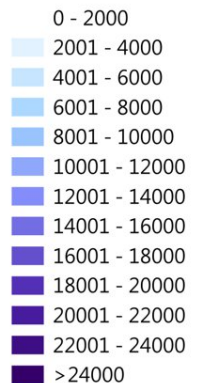
基準值 28°C



升溫 2°C _2034-2053年

升溫 4°C _2073-2092年

CDH ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{hr}$)

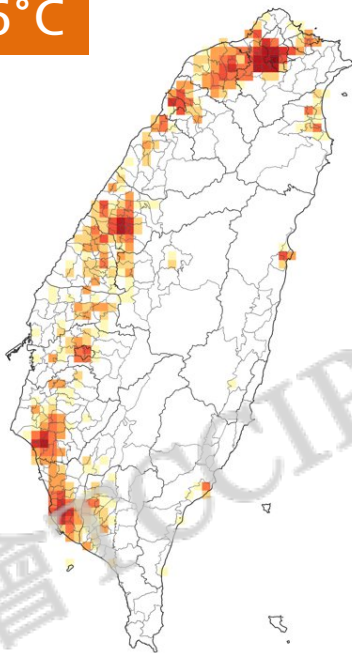


建築節能 - 4.1 建築空調耗能模擬：冷房度時

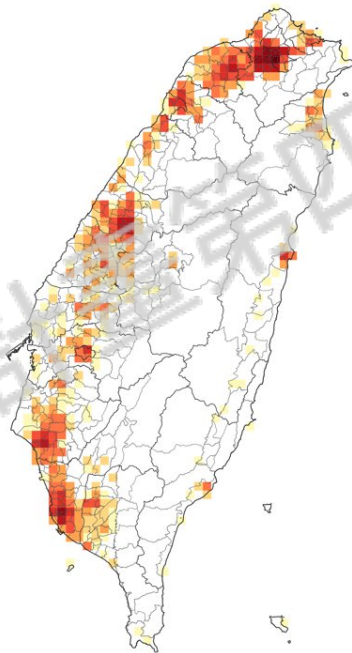


- 選以某集團24小時營業之便利商店，作為高氣溫下持續性空調需求之代表案例。
- 以全臺門市全年總CDH估算，並模擬以「提高基準值至28°C」作為調適策略，以升溫2°C為例，全臺門市全年需負擔之總空調用量可降低50.2%。適度提高冷房基準溫度，對於降低建築空調能耗具有正面效益。

基準值26°C



升溫2°C_2034-2053年

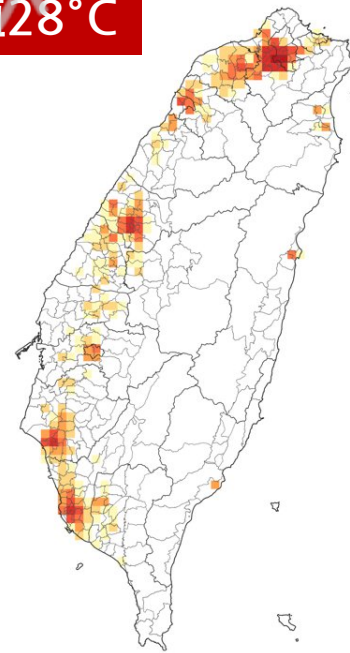


升溫4°C_2073-2092年

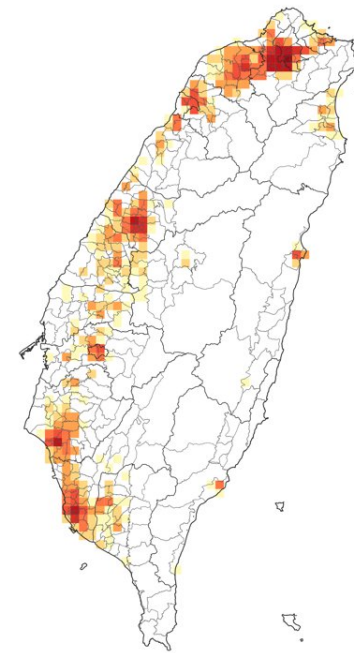
CDH (°C-hr)

0 - 23437
23438 - 46875
46876 - 93750
93751 - 187500
187501 - 375000
375001 - 750000
750001 - 1500000
1500001 - 3000000
3000001 - 6000000
>6000000

基準值28°C



升溫2°C_2034-2053年



升溫4°C_2073-2092年

CDH (°C-hr)

0 - 23437
23438 - 46875
46876 - 93750
93751 - 187500
187501 - 375000
375001 - 750000
750001 - 1500000
1500001 - 3000000
3000001 - 6000000
>6000000

其他成果



➤ 政府部會：

➤ **環境部**：熱島領域之高溫圖資與應用列入**第四期氣候變遷調適行動方案**（NAP4）

➤ 國際展覽展示：威尼斯建築雙年展臺灣館 - [無]信仰：漂蕩世界的臺灣智慧



Padiglione del Taiwan. Courtesy of National Taiwan Museum of Fine Art

In the Palazzo delle Prigioni, Taiwan builds its exhibition around the concept of belief, directly confronting the island's rapid technological growth alongside its geopolitical fragility. A wall of votive statuettes of Mazu—the sea goddess and symbolic deity of Taiwan, an island notoriously difficult to reach from mainland China—transforms into a smart panel, connecting past and future, tradition and technology. It becomes a refined metaphor for Taiwan's complex relationship with Beijing.

其他成果



- 導入課程教學與推廣：碩班課程「氣候變遷下的衝擊鍊建置」工作坊
- 電子報撰寫：共4篇。
- 調適案例彙整：共43例。
- 國內展覽展示：科工館「氣候任性．臺灣韌性—高溫篇」特展





- Wu, Y.-C., Lu, C.-L., & Lin, T.-P. (2025). Evaluating the effectiveness of tree canopy and building shade in urban heat mitigation using solar radiation transmittance. *Urban Climate*, 62, 102522. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102522>
- Chang, C., Chen, C.-Y., & Lin, T.-P. (2024). Combining geographic information and climate data to develop urban building energy prediction models in Taichung, Taiwan. *Sustainable Cities and Society*, 117, 105949. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105949>
- Wang, S.-Y., Ou, H.-Y., Chen, P.-C., & Lin, T.-P. (2024). Implementing policies to mitigate urban heat islands: Analyzing urban development factors with an innovative machine learning approach. *Urban Climate*, 55, 101868. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101868>
- Lau, T.-K., & Lin, T.-P. (2024). Investigating the relationship between air temperature and the intensity of urban development using on-site measurement, satellite imagery and machine learning. *Sustainable Cities and Society*, 100, 104982. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104982>
- Cheng, C.-Y., & Lin, T.-P. (2024). Decision tree analysis of thermal comfort in the courtyard of a senior residence in hot and humid climate. *Sustainable Cities and Society*, 101, 105165. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105165>
- Lau, T. K., Tsai, P.-C., Ou, H.-Y., & Lin, T.-P. (2023). Efficient and cost-effective method for identifying urban ventilation corridors using a heuristic search algorithm.. *Sustainable Cities and Society*, ISSN: 2210-6707, Vol: 101, Page: 105144. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.105144>
- Lau, T.-K., Chen, Y.-C., & Lin, T.-P. (2023). Application of local climate zones combined with machine learning to predict the impact of urban structure patterns on thermal environment. *Urban Climate*, 52, 101731. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101731>
- Wu, Y.-C., Matzarakis, A., & Lin, T.-P. (2026). Simplified physiological equivalent temperature (PET) estimation formula for the climate of Taiwan. *Urban Climate*, 66, 102841. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2026.102841>
- Wei, Y.-Y., Cheng, C.-Y., & Lin, T.-P. (2025). The influence of trees shade level on human thermal comfort and the development of applied assessment tools. *Landscape and Urban Planning*, 263, 105436. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2025.105436>
- Lin, Z.-E., Wang, S.-Y., Hung, K.-A., Hsieh, C.-J., & Lin, T.-P. (2025). The influence of shading facilities on outdoor thermal comfort, pedestrian walking speed, and indoor satisfaction. *International Journal of Biometeorology*, 69(6), 1407-1427. <https://doi.org/10.1007/s00484-025-02900-z>



[國內研討會論文]

- 陳怡伶、王柳臻、林子平，2023：高解析歷史氣候資料於都市風廊系統建構之應用-以嘉義市為例，第十屆全國風工程研討會，台南市。
- 王柳臻、陳振華、林子平，2024：以高解析熱指數資料推估氣候變遷下都市戶外工作者之熱壓力衝擊及調適策略研究，第 22 屆營建產業永續發展研討會，台中市。
- 王柳臻、鄭安佑、林子平，2026：氣候變遷下的都市建築冷房需求與調適策略評估應用，2026台灣地理資訊學會年會暨學術研討會，台中市。

[國際研討會論文]

- Liu-Chen Wang, Tzu-Ping Lin (2026). Quantifying the Effect of Shading on Outdoor Workers' Thermal Comfort Using Physiologically Equivalent Temperature(PET)., CATE 2026, Tucson, AZ, USA.

[專書]

- 林子平(2026)。為什麼有些街道走起來特別涼？商周出版。

以都市熱島效應與氣候變遷下之高溫風險為核心，整合生理等效溫度(PET)、熱指數(HI)及冷房度時(CDH)等指標，從一般民眾、戶外敏弱族群至建築能源等不同面向，建立都市高溫風險評估與調適分析架構。研究成果顯示，隨全球暖化加劇，都市熱不舒適與高溫危害發生頻率將顯著增加，尤其於高密度建成區與戶外工作場域更為明顯。水綠降溫、通風、遮蔭及建築節能等策略，皆具有降低熱暴露與改善熱舒適之效益。

另一方面，現行熱指數對太陽輻射影響之反映仍有不足，未來應持續精進高溫熱危害評估方式，並結合實測資料與跨部會合作，強化高氣溫調適政策之科學基礎。建議後續可持續深化與勞動部職業安全衛生署之合作交流，研議更符合實務需求之高溫防護與調適措施，並將高溫議題進一步納入都市規劃、建築設計等相關法規與政策，以提升都市面對氣候變遷之韌性與調適能力。

謝謝聆聽 敬請指教

