

都市風場應用圖集(2/2) - 都市尺度應用

林子平 特聘教授

研究團隊：王柳臻、陳怡伶、呂季霖、廖梓辰

國立成功大學建築學系





1. 風場資訊應用

2. 主次風向資料統計方法

3. 風場資料範例



隨著全球氣候變遷的影響，都市高溫化問題日趨嚴重，無論是調適極端高溫的挑戰，還是推動建築節能減碳，或是提升人體的熱舒適度，掌握都市風場特徵都顯得尤為重要。

- **建築密集市區**：良好的**通風**能有效**緩解熱島效應**。
- **建築設計**：依循**風向配置**的建築量體能有效**減少空調能源消耗**，並提升居住舒適度。
- **都市更新與規劃**：**辨識自然風廊**更是**提升整體環境品質**的關鍵因素。

基於這樣的需求與挑戰，本圖集提供一個具科學模擬基礎的風場資料參考工具。





由國科會自然處補助之「臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台」(TCCIP) 推動，使用國家災害防救科技中心團隊產製的「臺灣歷史氣候重建資料」(TReAD) 為基礎，整合了國立臺灣師範大學地理學系洪致文教授與國立成功大學建築學系林子平教授及其研究團隊的研究成果，產製**國內第一本以網格化方式繪製的風場圖集**。

《都市風場應用圖集》下載：
https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/km_publish_one.aspx?bid=20250528182603



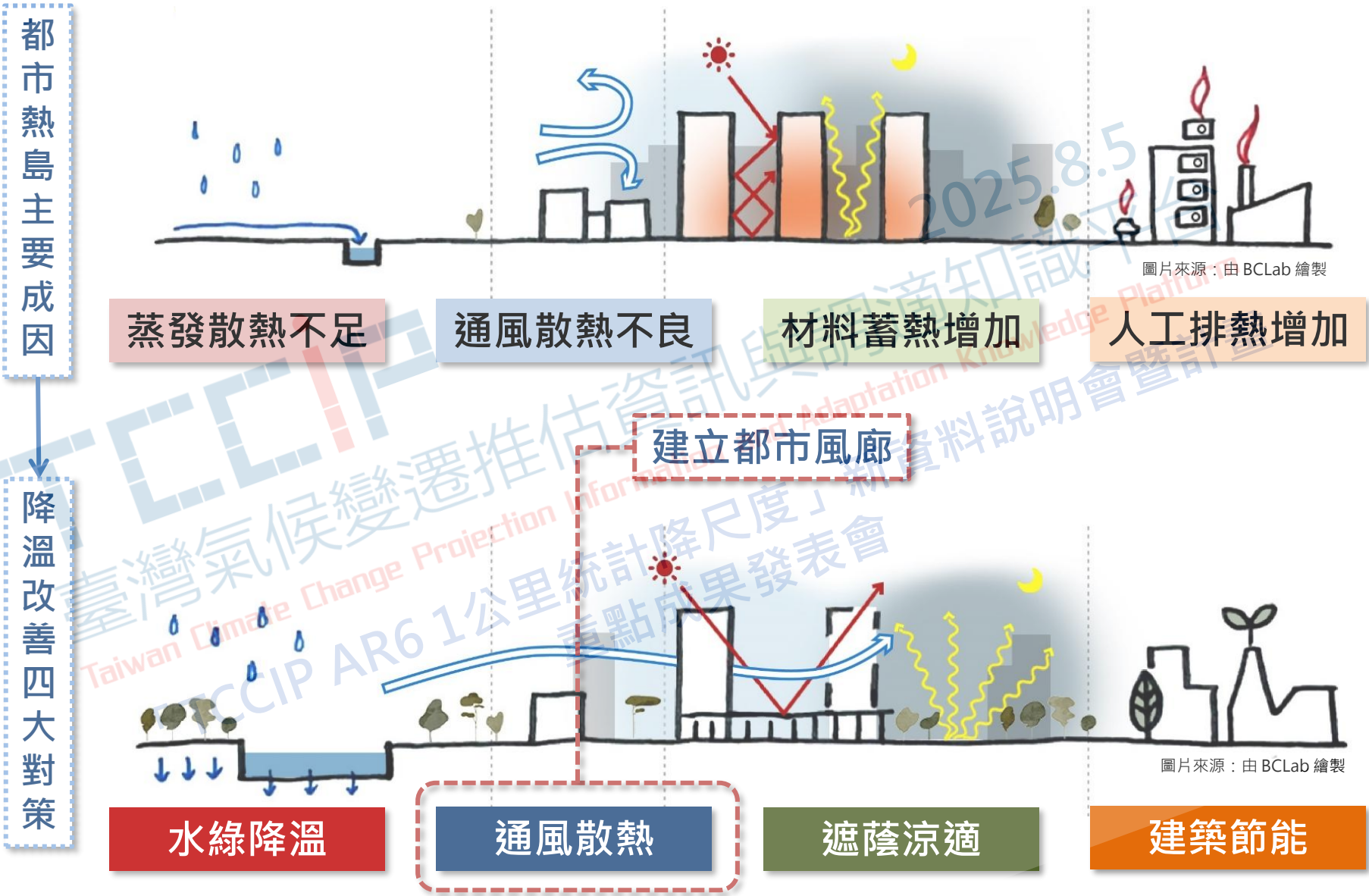


1. 風場資訊應用

包含「風向」與「風速」資料



都市熱島降溫策略



1. 風場資訊的應用



➤ 本「**網格化風場資料應用**」文件提供：

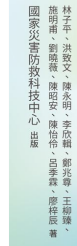
- 大範圍 都市風向應用：風廊指認（全市風廊、通盤檢討...）
- 小區域 街道風向應用：基地風環境分析、CFD氣流模擬（街廓、建築內外...）

➤ 依「**應用尺度**」畫分為：

- 四大地區：北、中、南、東部地區。
- 20縣市：臺北市、新北市、基隆市、桃園市、新竹縣(市)、苗栗縣、臺中市、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣(市)、臺南市、高雄市、屏東縣、宜蘭縣、花蓮縣、臺東縣、澎湖縣。



資料說明、主次風向統計方法



風向資料說明



➤ TReAD臺灣歷史氣候重建資料

➤ 統計近十年的長期眾數風向

➤ 年分：2013～2022年

➤ 月份：夏季 7月、冬季 1月

➤ 時間：日間 14:00、夜間 02:00

➤ 範圍：臺灣本島、澎湖群島（不包含金馬地區）

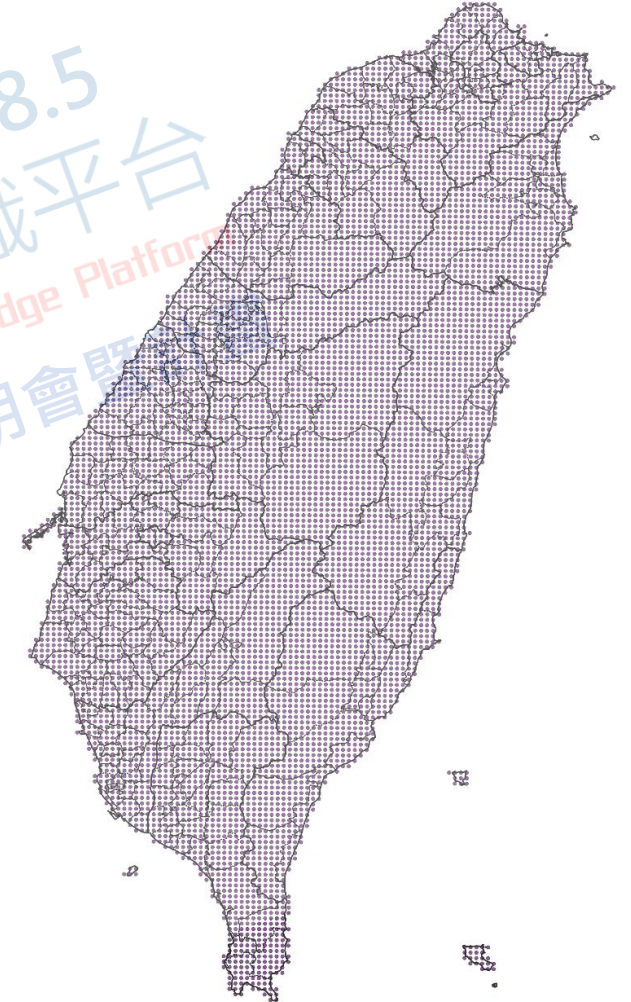
➤ 空間解析度：

— 全台、四大分區：6公里解析

— 縣市：2公里解析

各地區皆有四個時段的風向資料
夏日、夏夜、冬日、冬夜

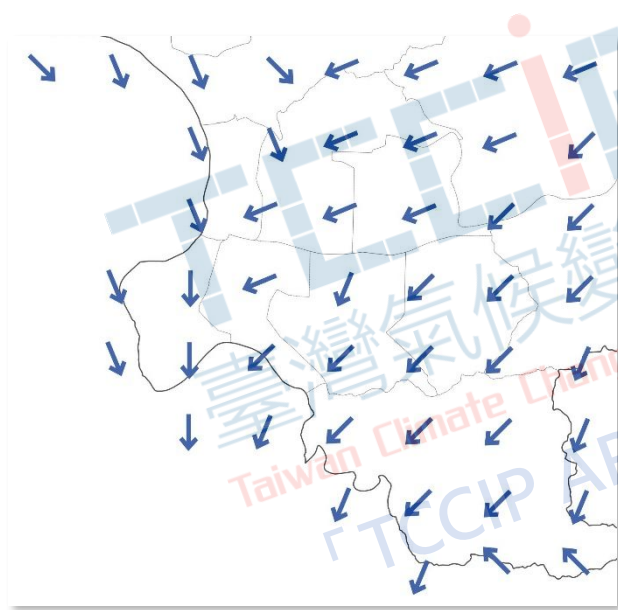
原始點位過於密集
故予以簡化
細節可至縣市章節參閱



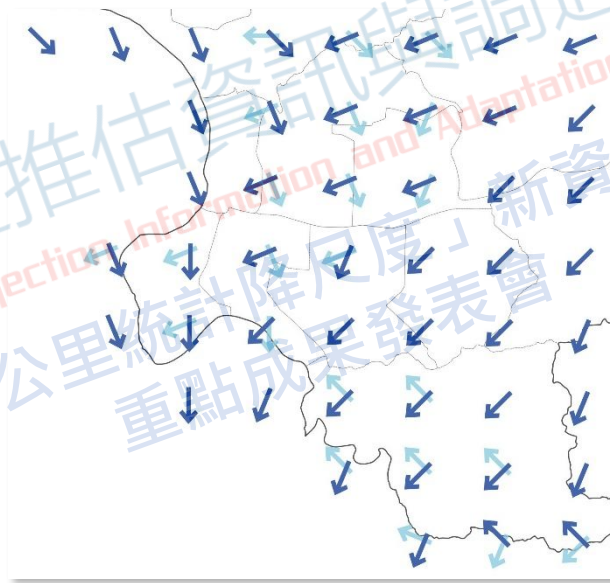
風場資料說明_統計方法



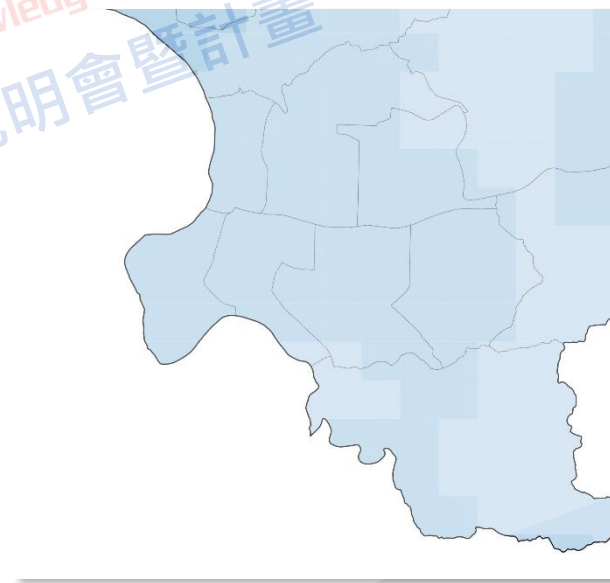
- 計算方法：每年逐小時以U、V值計算風速風向，再從10年中找出眾數風向。
- 去除靜風：將風速0.3m/s以下列為靜風，不納入眾數統計範圍。
- 每一時段的風場圖資，提供主圖1張、附圖2張：使用上以主圖為主，若需更多資訊再參考附圖資料，以避免資訊過於雜亂。



主圖：主風向
2km解析度



附圖-1：主風向+次風向
2km解析度

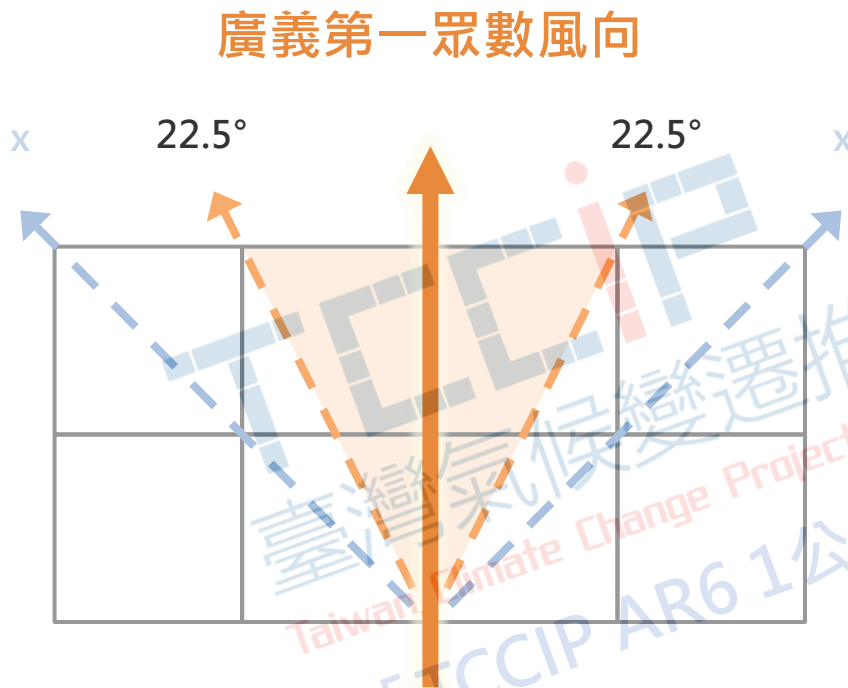


附圖-2：平均風速
1km解析度 (TReAD正規化數據)

主、次風向_廣義第一風向_挑選方法



➤ 主、次風向選取流程：



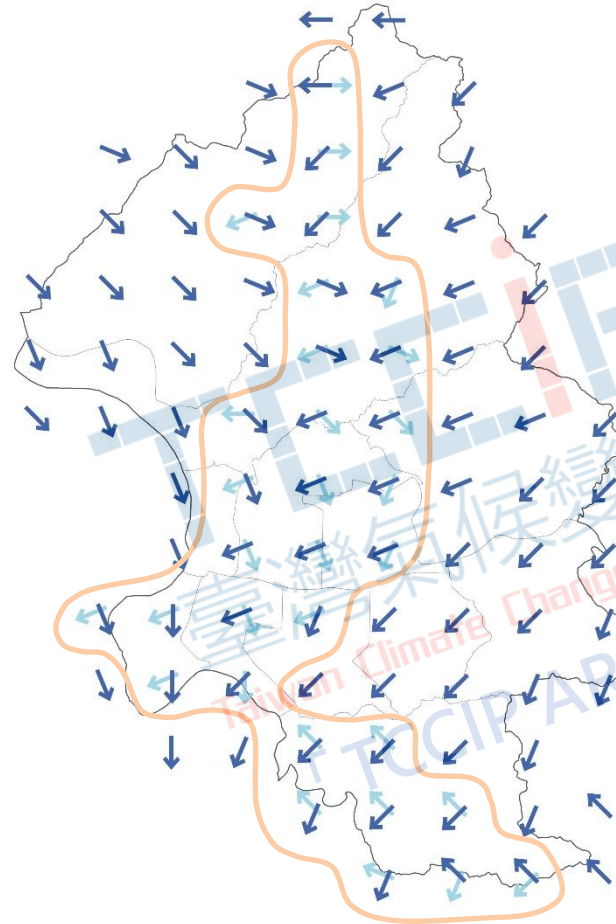
1. 原始風向資料以360°呈現
2. 拆為16方位，並統計各方位的出現頻率
3. 主風向： $\pm 22.5^\circ$ 視為廣義第一風向
4. 次風向：
 - 若主風向佔比達40%，則不顯示次風向
 - 若主風向佔比不足40%，則顯示次風向

主風向出現頻率不足40%時
提供次風向，供使用者發展多元可能性

主、次風向_廣義第一風向_挑選方法



➤ 以台北市_夏季日間風向_為例：



- 風向由東西兩側匯入台北盆地，在盆地中心的都市地區，因風場交會導致風向較為多變。
- 主風向出現頻率不足40%的地方，**增加提供次風向**，供都市與建築領域使用者發展更多元的可能性。

主、次風向_廣義第一風向_挑選方法 (補充)



➤ 主、次風向選取_詳細流程 ($\pm 22.5^\circ$ 視為廣義第一風向) :

(A) 主：第一眾數風向，%=第一眾數
次：不顯示

第一眾數
佔 $\geq 40\%$

(B) 主：第一眾數風向，%=第一眾數
次：第二眾數風向

第一二眾數
角度差 $> 22.5^\circ$

(C) 主：第一眾數風向，%=第一二眾數合計
次：不顯示

第一二眾數
合計佔 $\geq 40\%$

(D) 主：第一眾數風向，%=第一二眾數合計
次：第三眾數風向

第一三眾數
角度差 $> 22.5^\circ$

(E) 主：第一眾數風向，%=第一二三眾數合計
次：不顯示

第一二三眾數
合計佔 $\geq 40\%$

第一三眾數
角度差 $= 22.5^\circ$

第一二三眾數
合計佔 $< 40\%$

(F) 主：第一眾數風向，%=第一二三眾數合計
次：第四眾數風向

所有點位

第一眾數
佔 $< 40\%$

第一二眾數
角度差 $= 22.5^\circ$

第一二眾數
合計佔 $< 40\%$

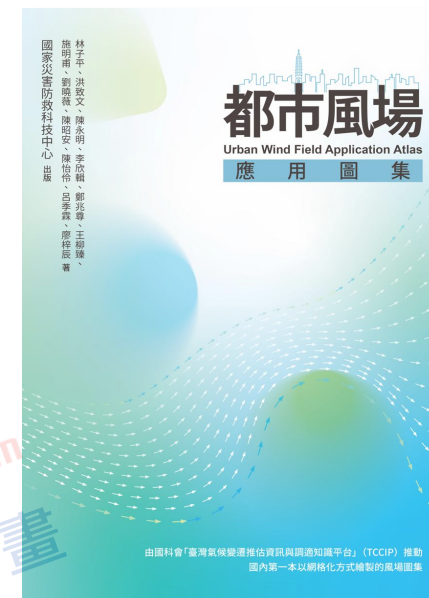
箭頭顯示數量

- 主風向：9,102點
- 次風向：3,127點

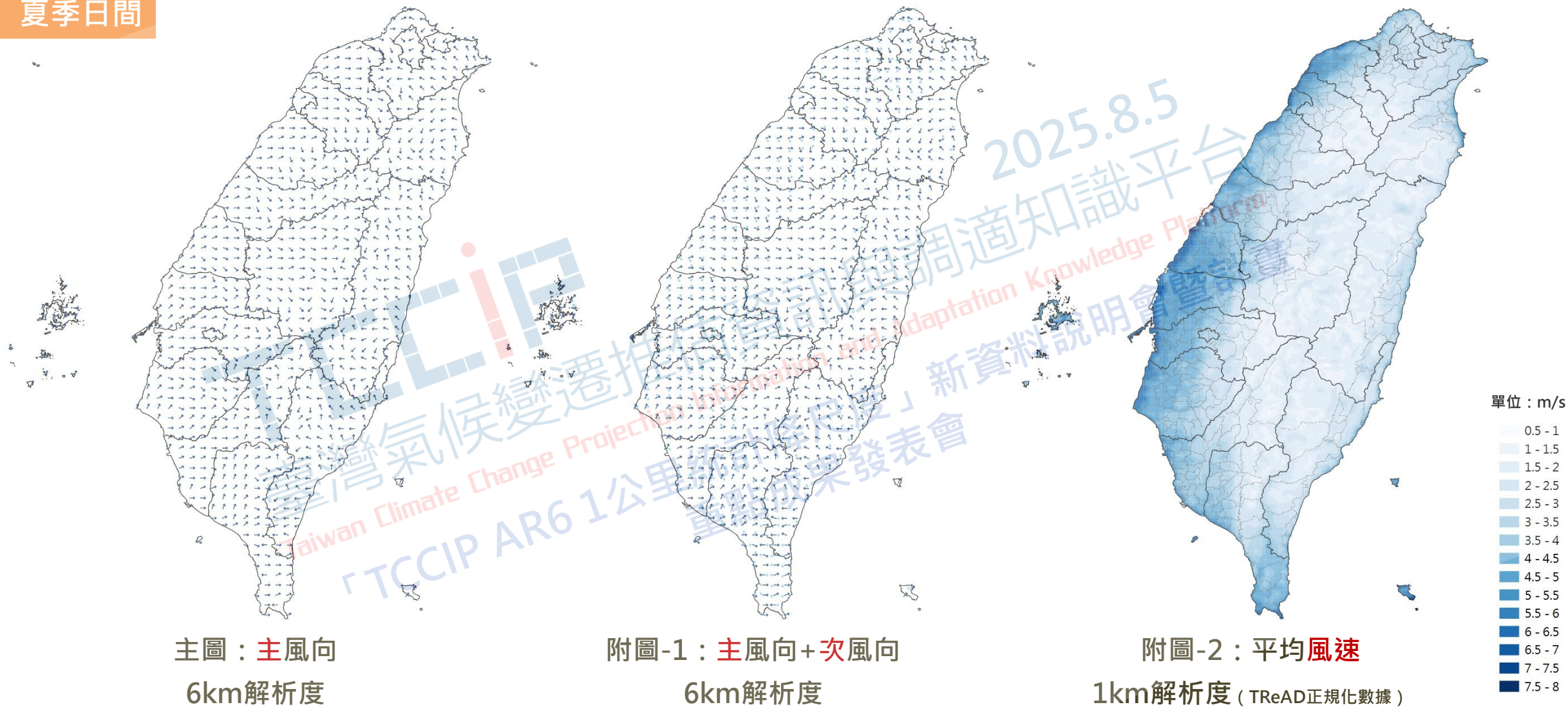


3. 風場資料範例

以「臺灣、北部地區、臺北市」為例
四個時段：夏日、夏夜、冬日、冬夜

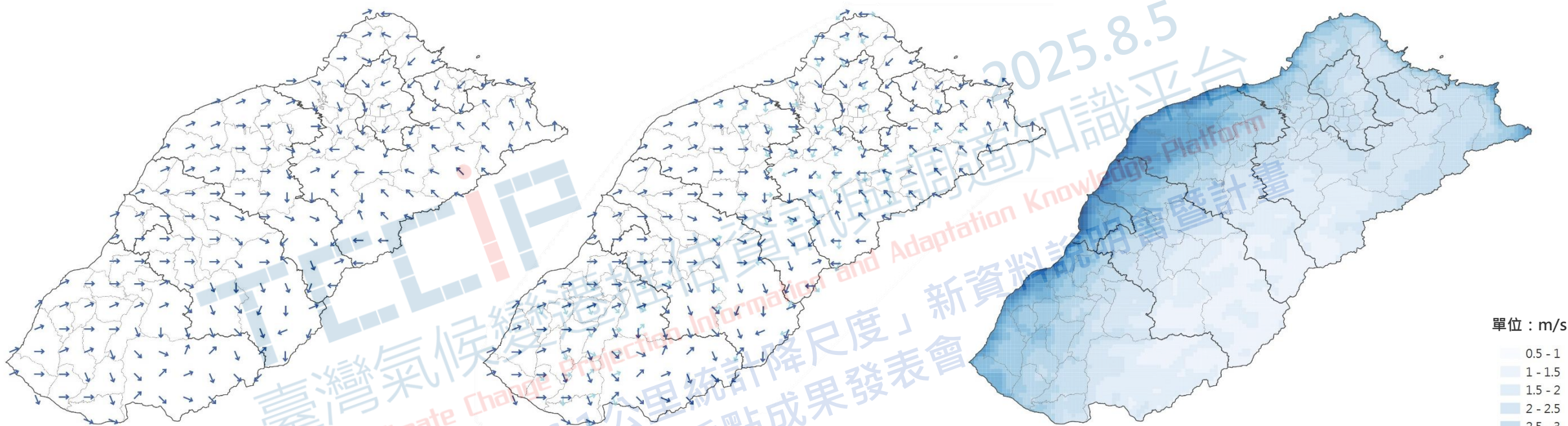


夏季日間

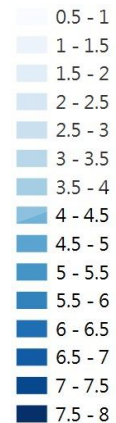




夏季日間



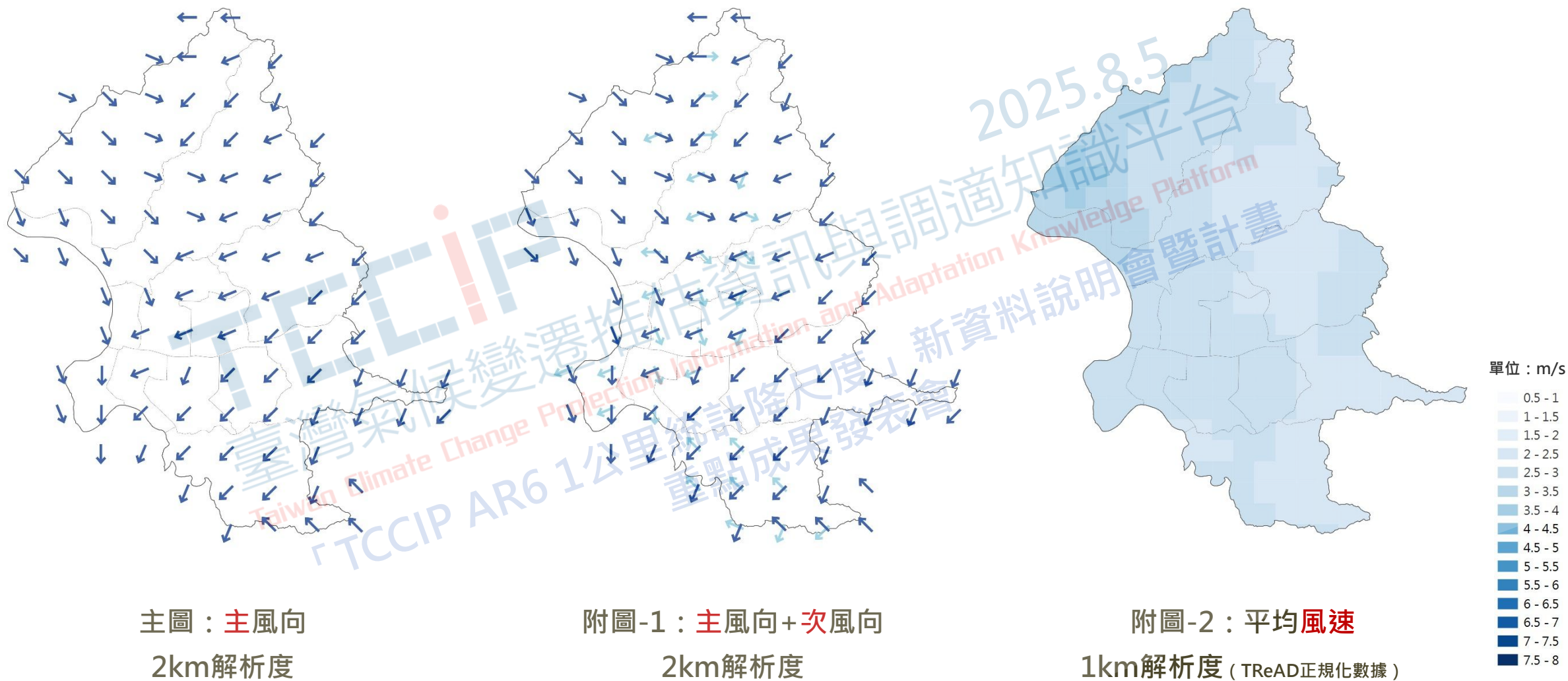
單位：m/s

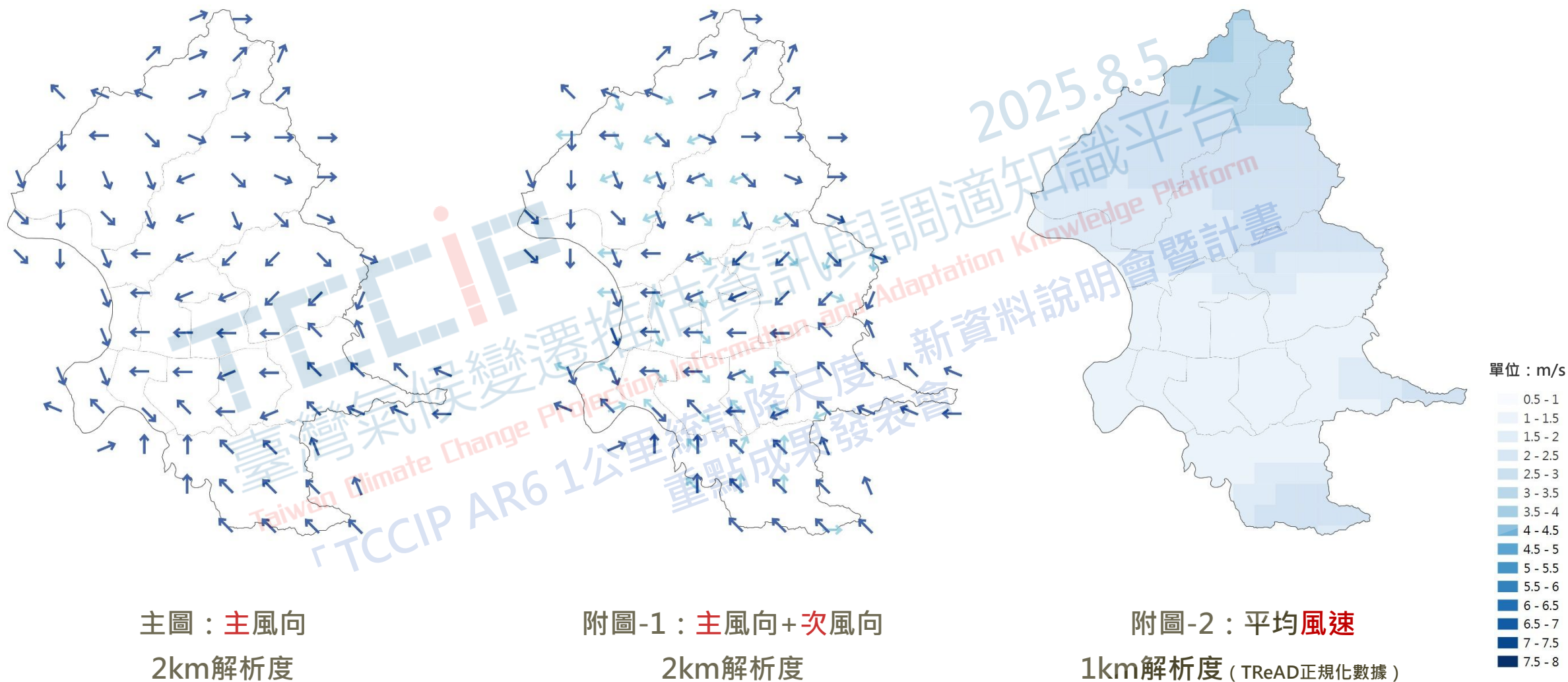


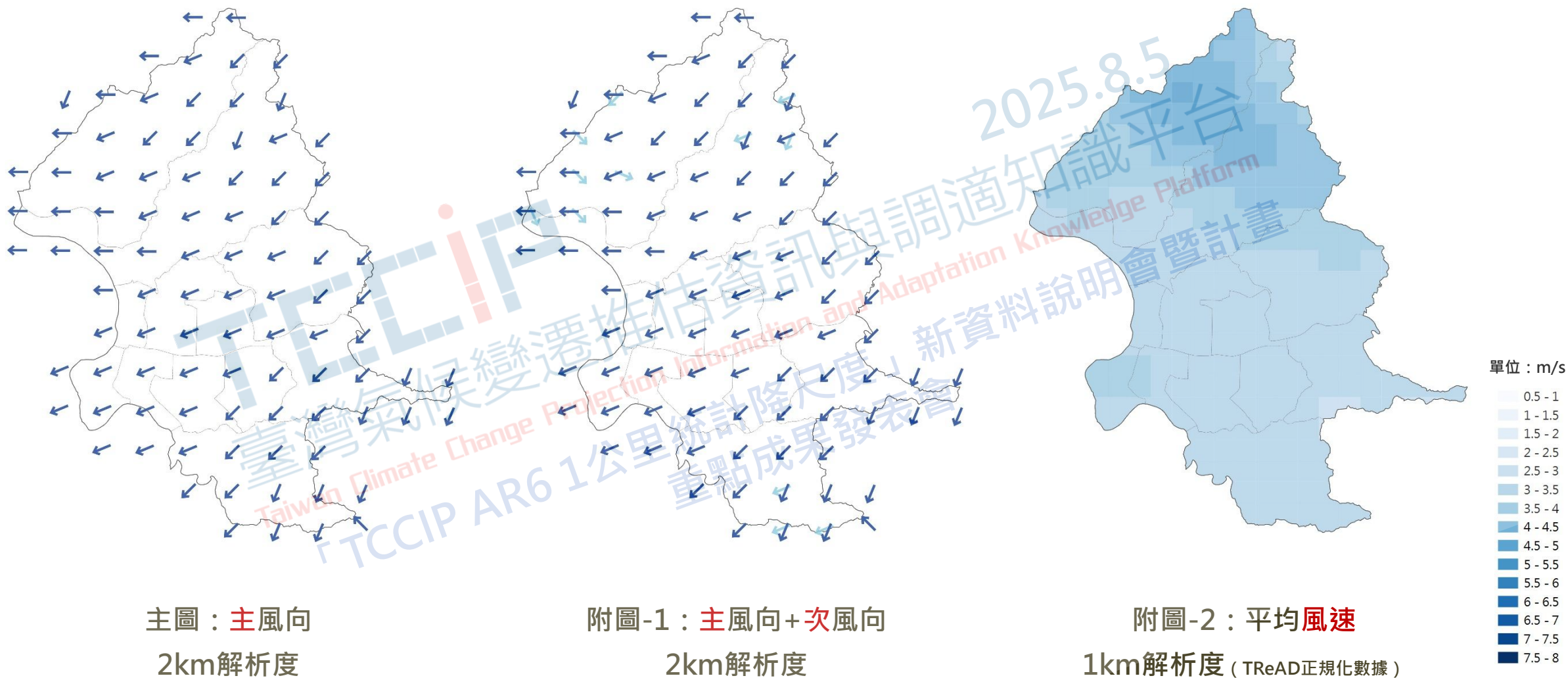
主圖：主風向
6km解析度

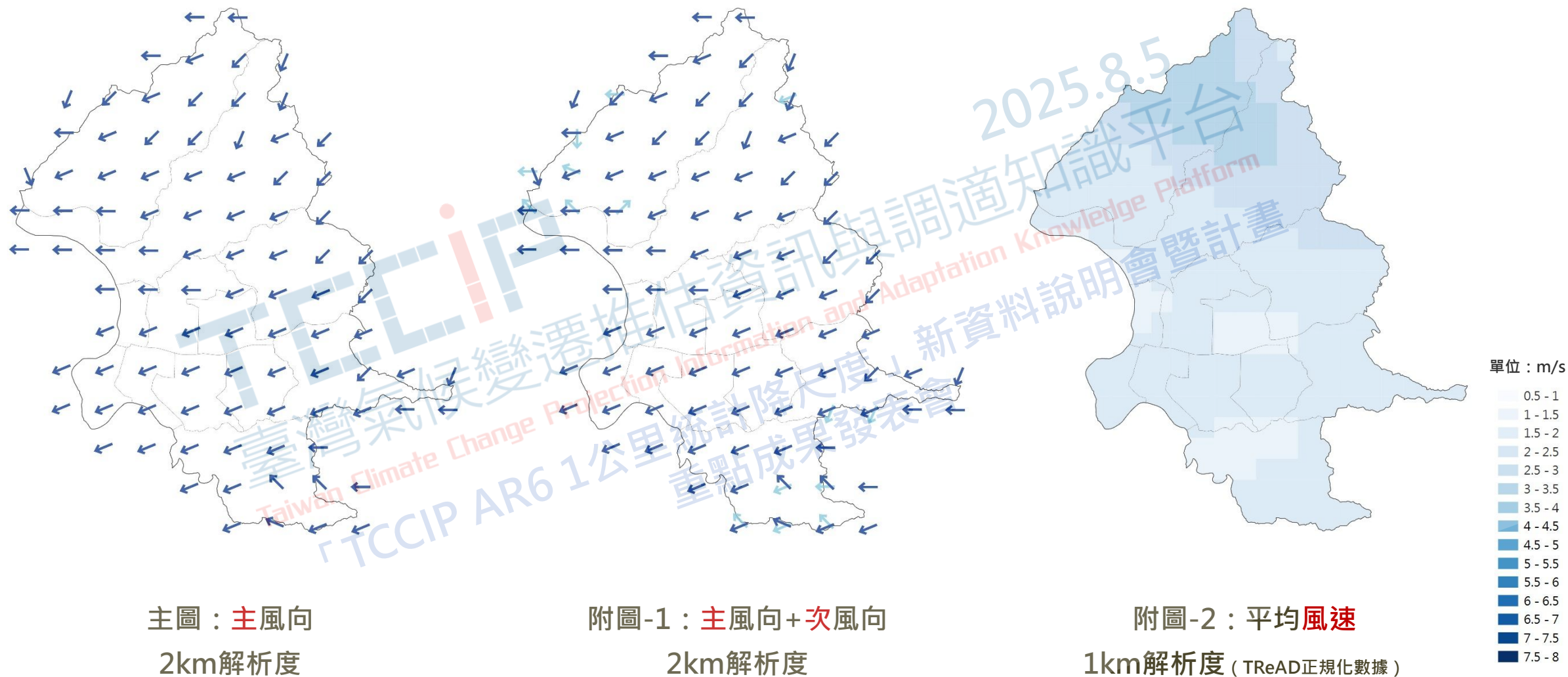
附圖-1：主風向+次風向
6km解析度

附圖-2：平均風速
1km解析度 (TReAD正規化數據)











4. 風場資料應用範例

於都市規劃與建築設計之應用

- 都市風廊指認-以臺南市為例
- 都市通風潛力地圖-以臺北市為例
- 建築風環境模擬-以嘉義市為例

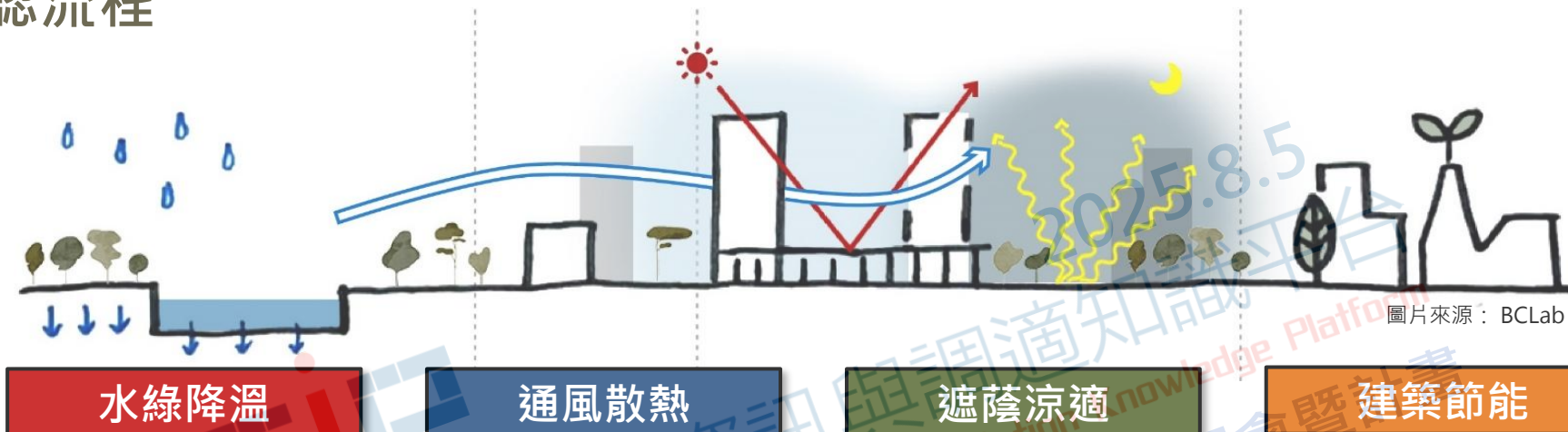


都市風廊指認



➤ 風廊指認流程

減緩都市熱島
四大策略



風廊指認

自然風廊 (地形地貌)



都市風廊 (都市規劃)



鄰里風廊 (都市設計)



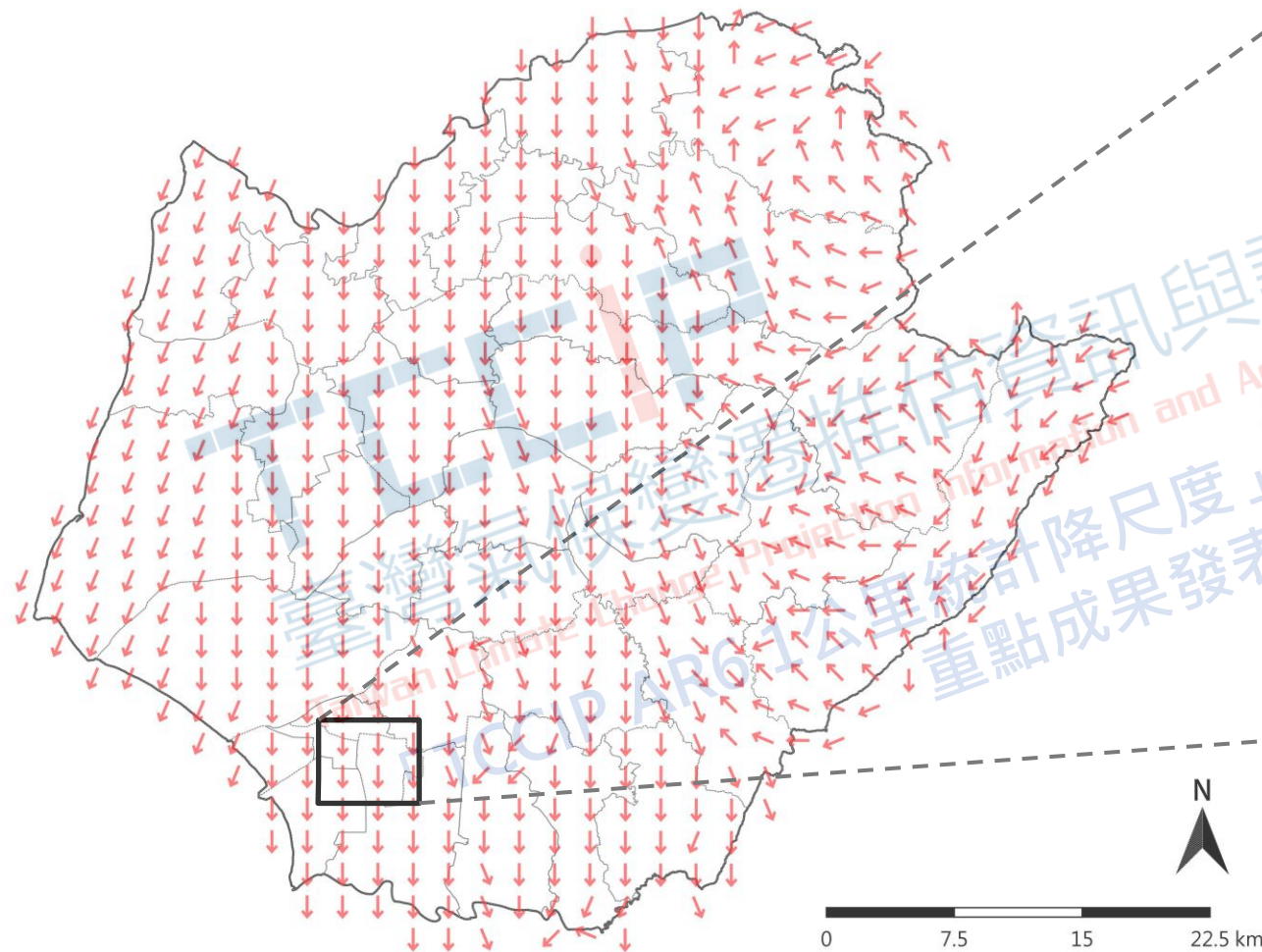
連續通風路徑 (建築設計)

都市風廊指認

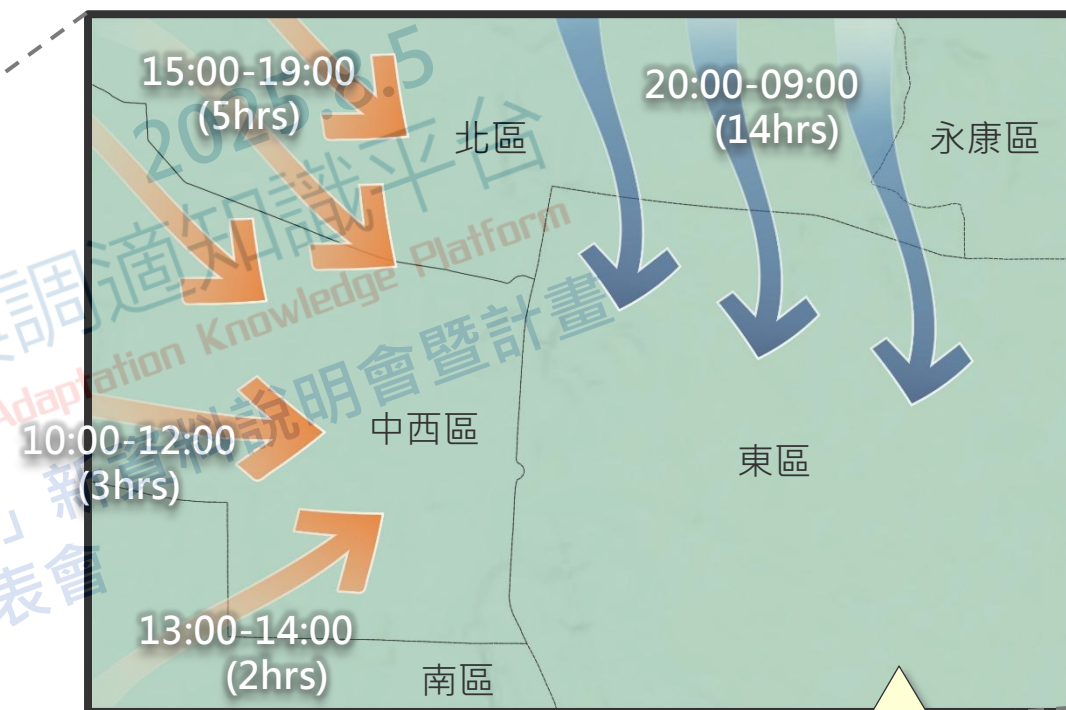


➤ 自然風廊

臺南市近十年 (2013-2022) 四月眾數風向圖_01:00



➡ 夜間自然風廊 ➡ 日間自然風廊



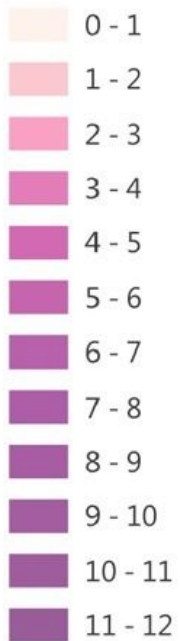
明顯的**海陸風交替**現象，
夜間盛行風向較為穩定一致

都市風廊指認

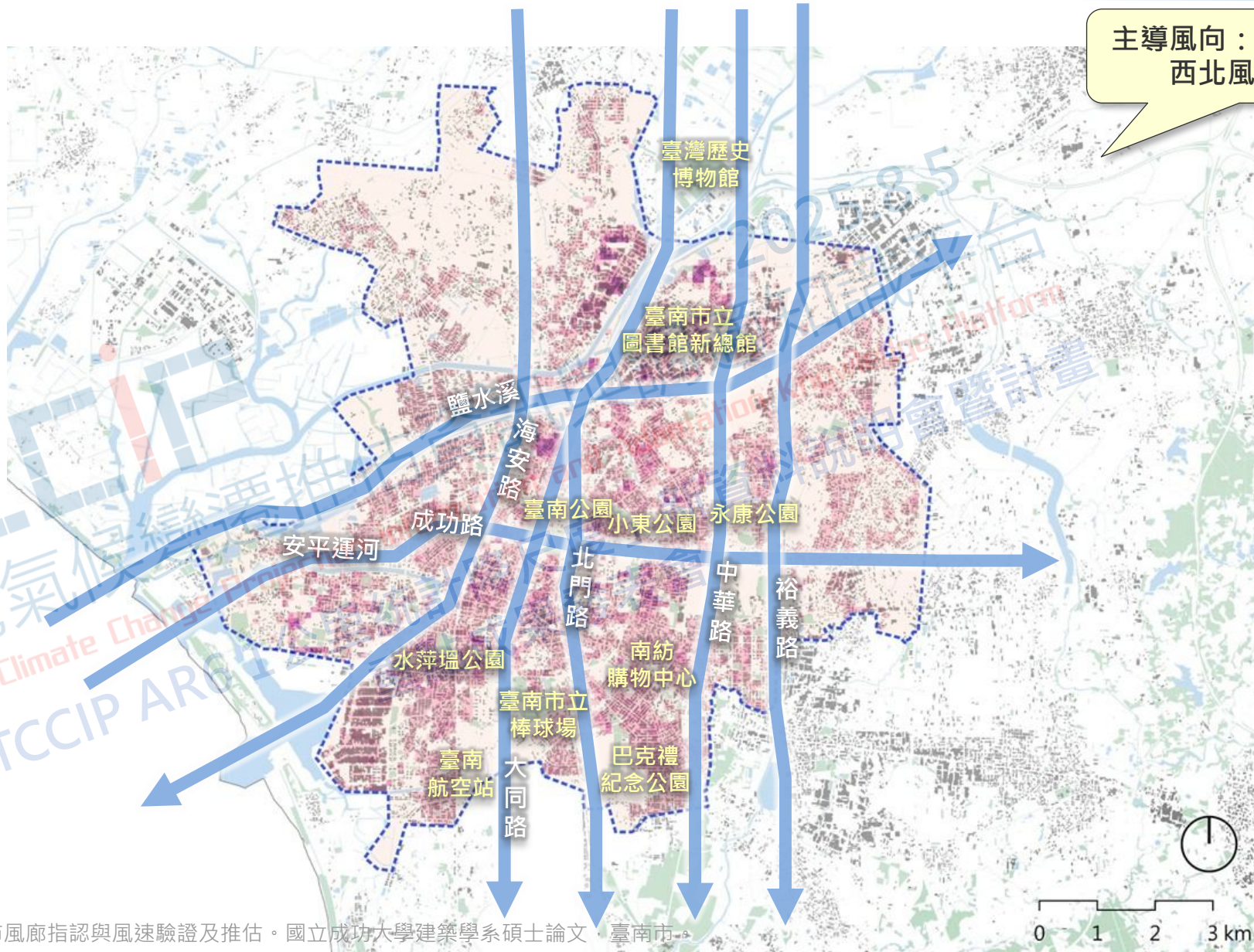


➤ 都市風廊

地表粗糙長度



- 都市風廊
- 建成區
- 建築物
- 植栽
- 水文
- 空地

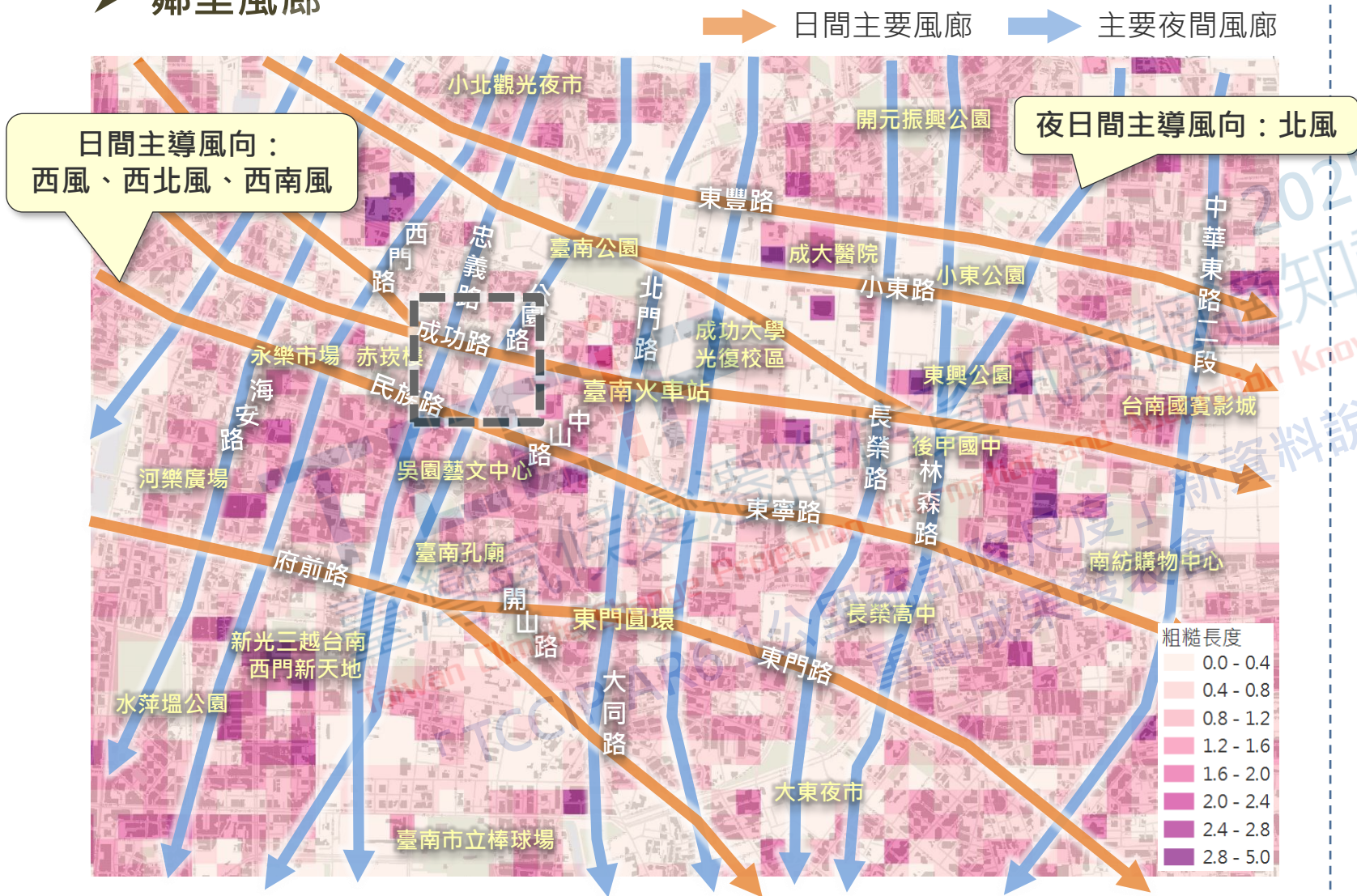


主導風向：北風、西風、西北風、西南風

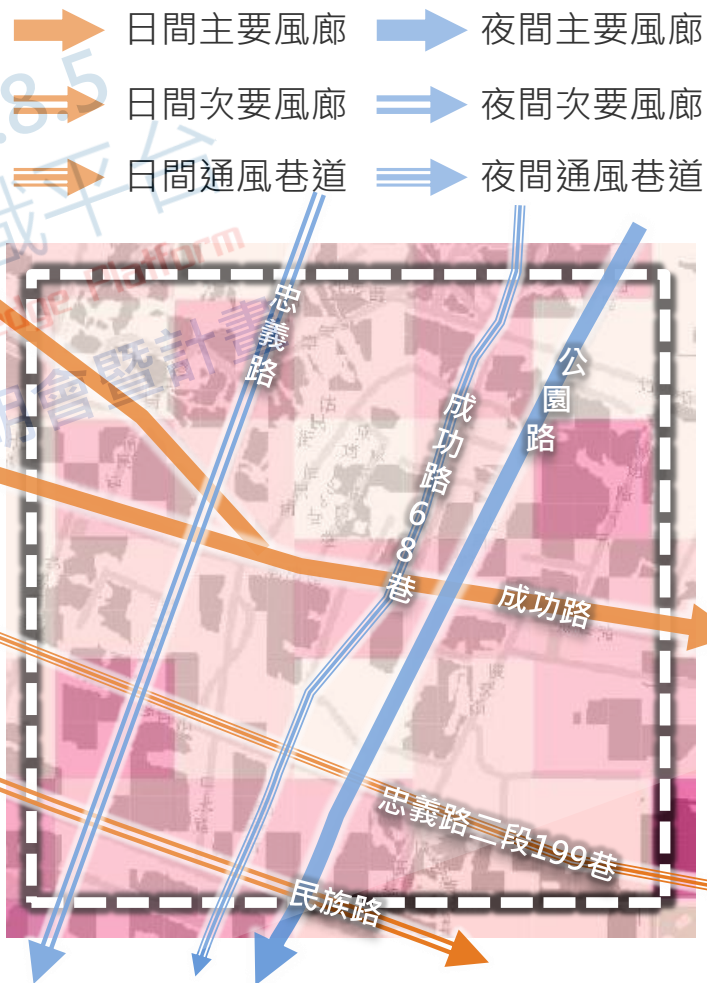
都市風廊指認



➤ 鄰里風廊



➤ 3.6 連續通風路徑



風廊上的風速驗證



移動觀測

2024/3/9 日夜間兩時段

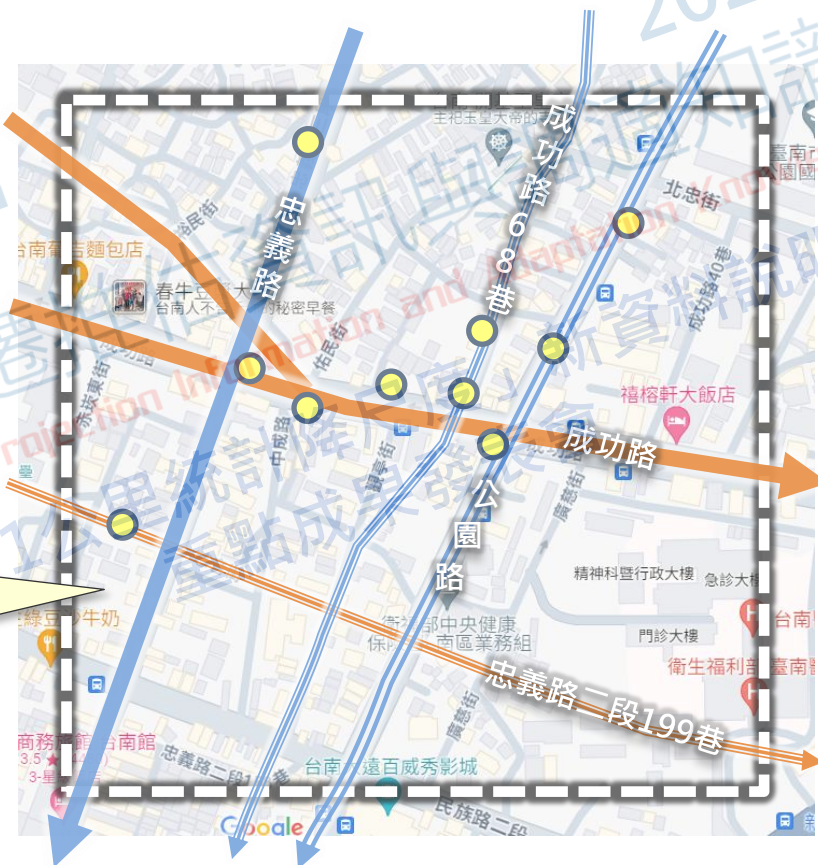
固定觀測

2024/03/26~03/29 連續三日

長期觀測

2024/12~2025/2 持續1.5個月

- 日間主要風廊
- 日間通風巷道
- 儀器架設處
- 夜間主要風廊
- 夜間次要風廊
- 夜間通風巷道



- 東西向風廊上 2處
- 南北向風廊上 5處
- 十字路口3處

觀測儀器



風杯式風速計



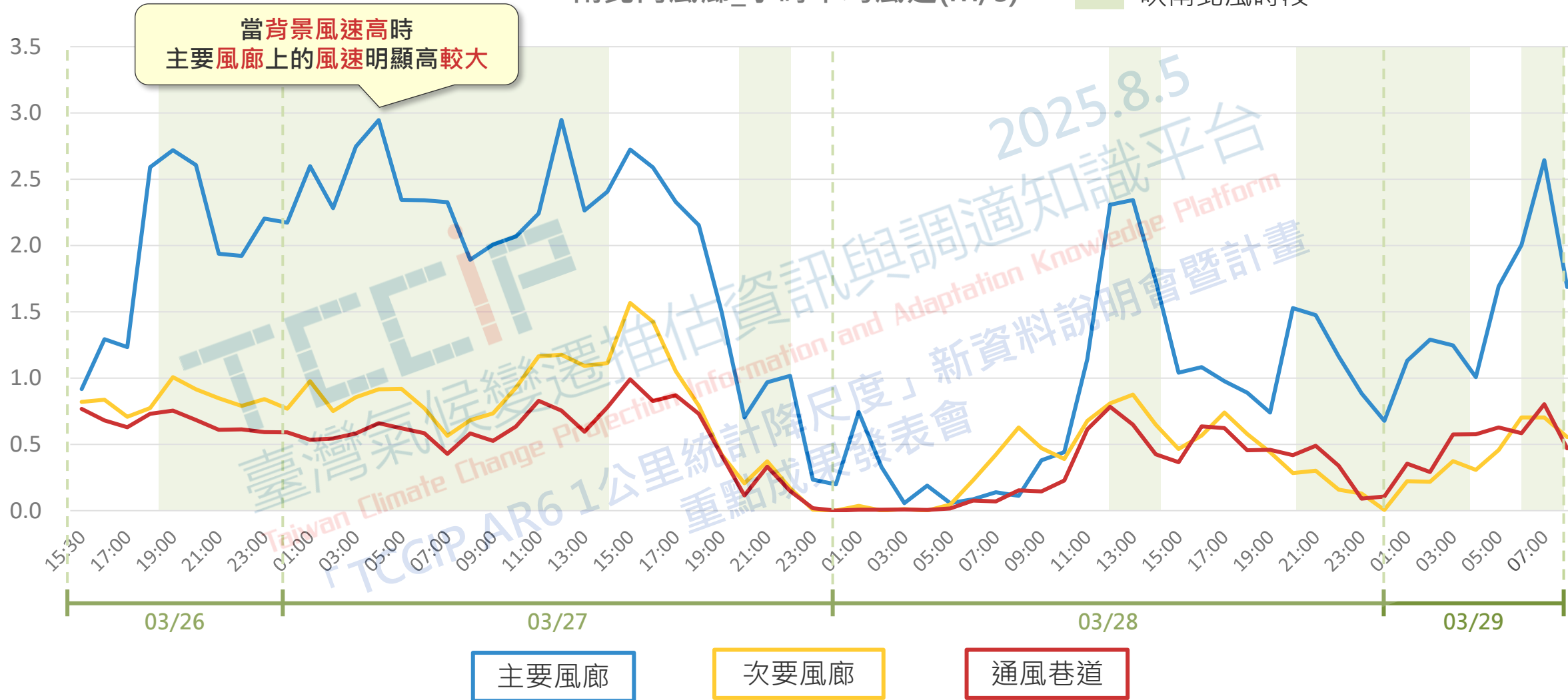
無線風速風向計

風廊上的風速驗證



南北向風廊_小時平均風速(m/s)

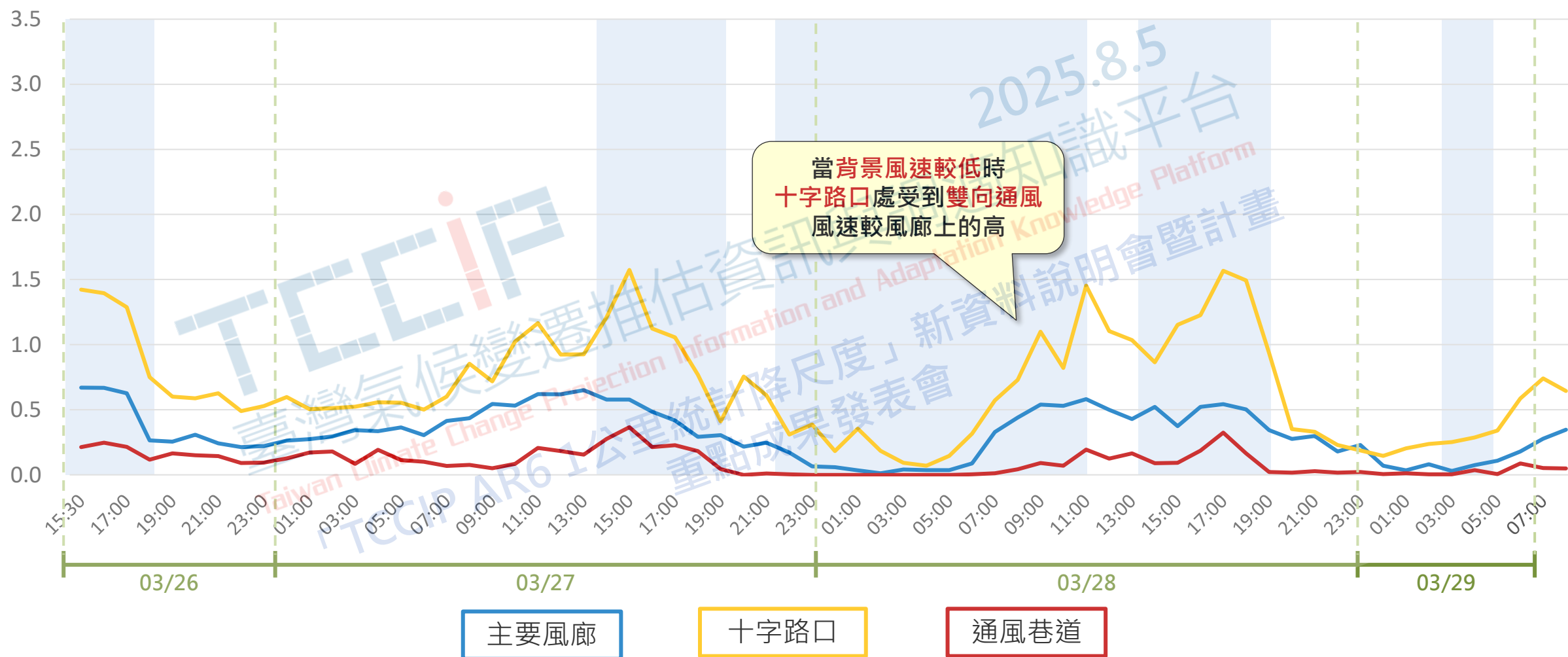
吹南北風時段



風廊上的風速驗證



東西向風廊_小時平均風速(m/s) 吹東西風時段

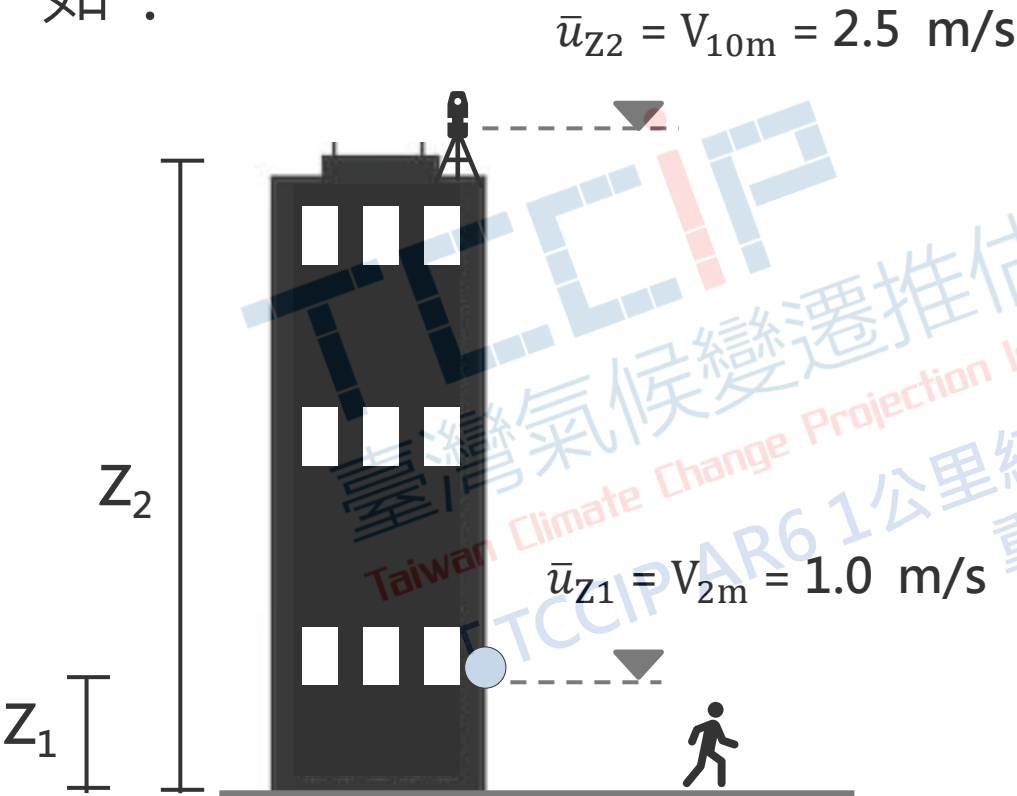


都市通風潛力地圖



都市通風率的定義

如：



風速剖面指數律 (Power law)

$$\bar{u}_{z1} = \bar{u}_{z2}$$

2m高的風速

10m高的風速

通風率 (VR)

$$\left[\frac{z_1}{z_2} \right]^\alpha$$

通風率 (Ventilation Rate, VR)

$$\begin{aligned} &= V_{2m} / V_{10m} \\ &= 1.0 / 2.5 \\ &= 40\% \end{aligned}$$

都市通風潛力地圖



➤ 風速剖面指數律(Power law)

$$\bar{u}_{Z1} = \bar{u}_{Z2} \left[\frac{Z_1}{Z_2} \right]^\alpha$$

Step1. 地表粗糙長度

$$Z_0 = 0.25 \cdot A_{\text{build}} \times \overline{H_{\text{build}}} + 0.125 \cdot A_{\text{veg}} \times \overline{H_{\text{veg}}} + 0.01 \cdot A_{\text{open}} \times \overline{H_{\text{open}}} + 0.001 \cdot A_{\text{water}} \times \overline{H_{\text{water}}}$$

$$= 0.25 \cdot 0.56 \times 11m + 0.125 \cdot 0.23 \times 3m + 0.01 \cdot 0.21 \times 0.01m + 0.001 \cdot 0 \times 0.0001m$$

$$\text{If } Z_0 = 1.72$$

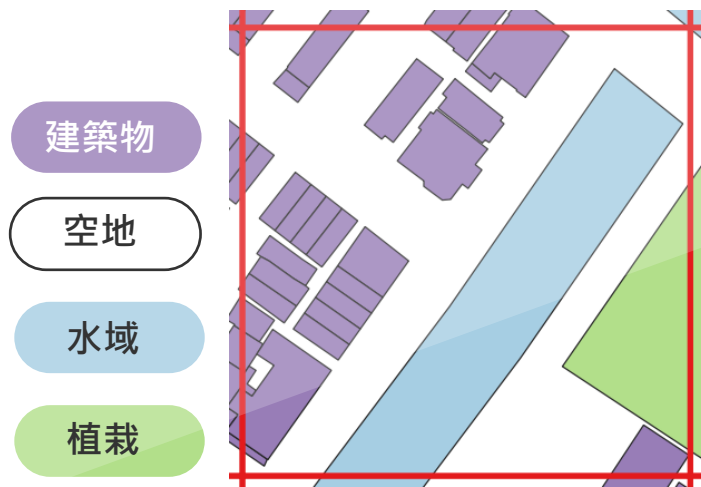
Step2. 經地況係數修正後的粗糙長度

$$\alpha = 0.096 \log_{10} Z_0 + 0.016 (\log_{10} Z_0)^2 + 0.24$$

$$= 0.096 \log_{10}(1.72) + 0.016 (\log_{10}(1.72))^2 + 0.24 = 0.264$$

$$\text{If } Z_0 = 1.72, \alpha = 0.264$$

100m*100m 網格



都市通風潛力地圖



➤ 風速剖面指數律(Power law)

$$\bar{u}_{Z1} = \bar{u}_{Z2} \left[\frac{Z1}{Z2} \right]^\alpha$$

Step3. 通風率

$$VR = \left[\frac{Z1}{Z2} \right]^\alpha = \left(\frac{2m}{10m} \right)^{0.264}$$

(10m 高降至 2m)

$$= (0.2)^{0.264} = 0.65$$

$$\text{If } Z_0 = 1.72, \alpha = 0.264, \left[\frac{Z1}{Z2} \right] = 0.2, VR = 0.65$$

10m 高：氣象觀測站

2m 高：行人尺度



都市通風潛力地圖



➤ 風速降尺度

$$\bar{u}_{Z1} = \bar{u}_{Z2} \left[\frac{Z_1}{Z_2} \right]^\alpha$$

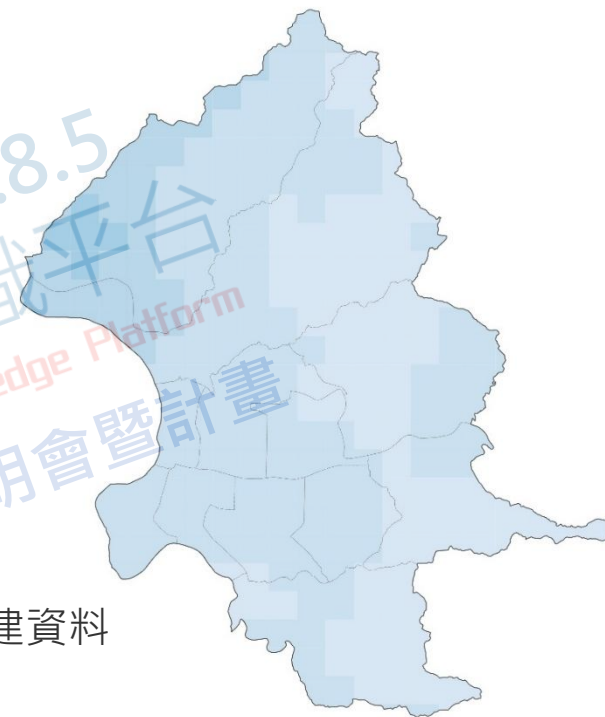
$$V_{2m} = \bar{u}_{Z1} = \bar{u}_{Z2} \left[\frac{Z_1}{Z_2} \right]^\alpha = V_{10m} \times VR$$

(背景風速)

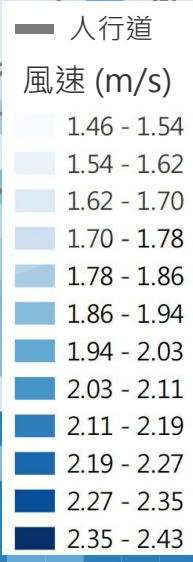
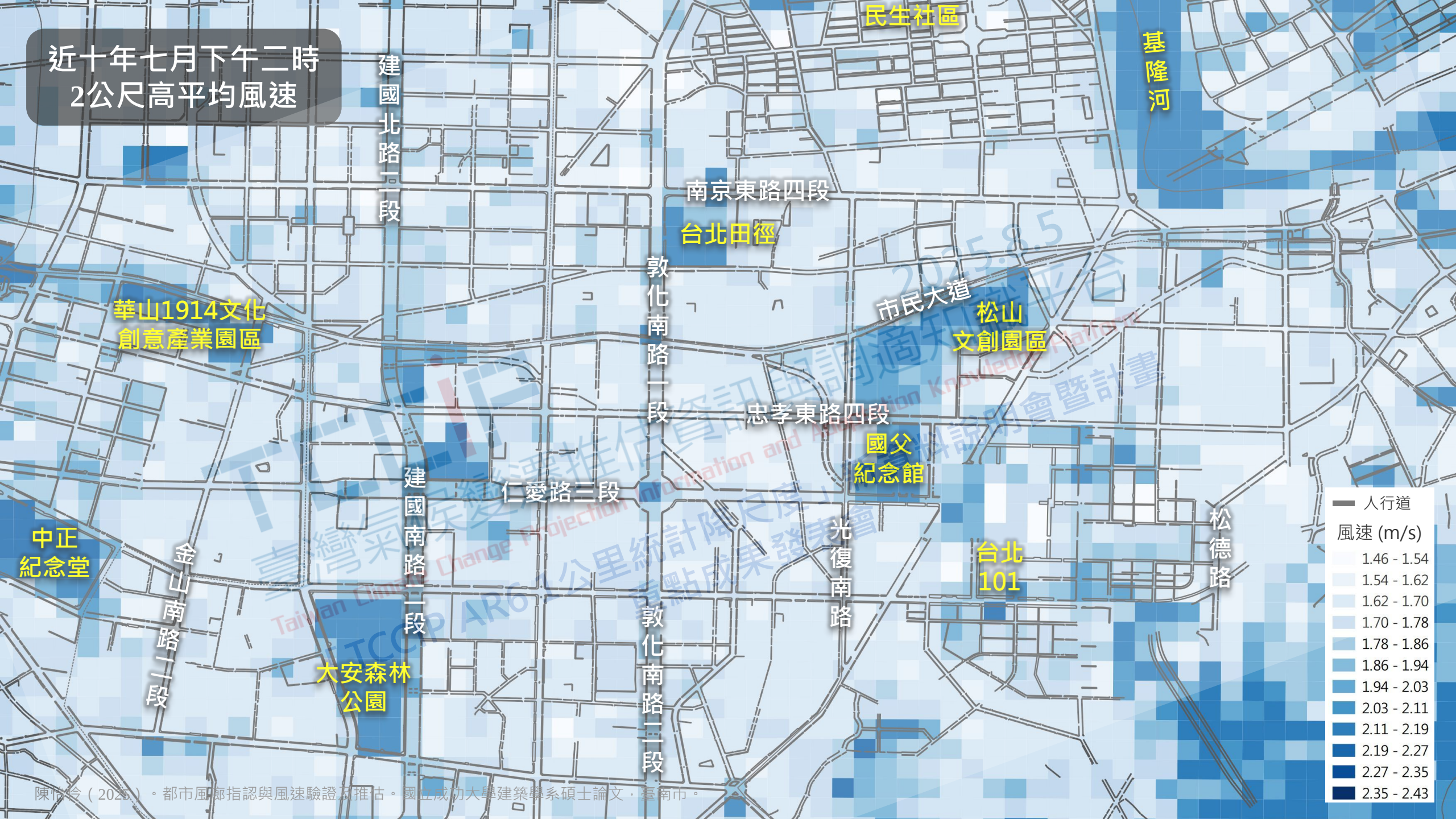
TReAD
歷史氣候重建資料

$$= 2.5\text{m/s} \times 0.65 = 1.6$$

If $Z_0 = 1.72$, $\alpha = 0.65$, $[Z_1/Z_2] = 0.2$, $VR = 0.65$, $V_{10m} = 2.5\text{m/s}$, $V_{2m} = 1.6\text{m/s}$



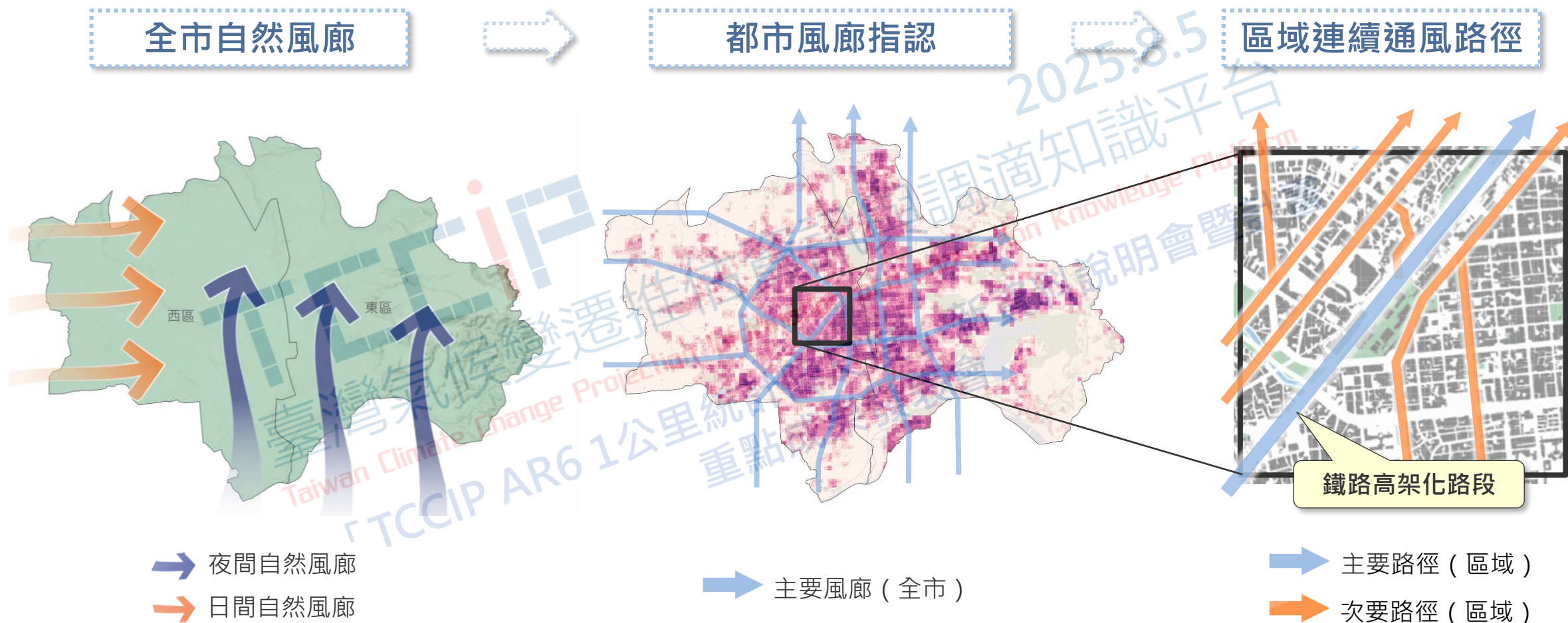
近十年七月下午二時
2公尺高平均風速



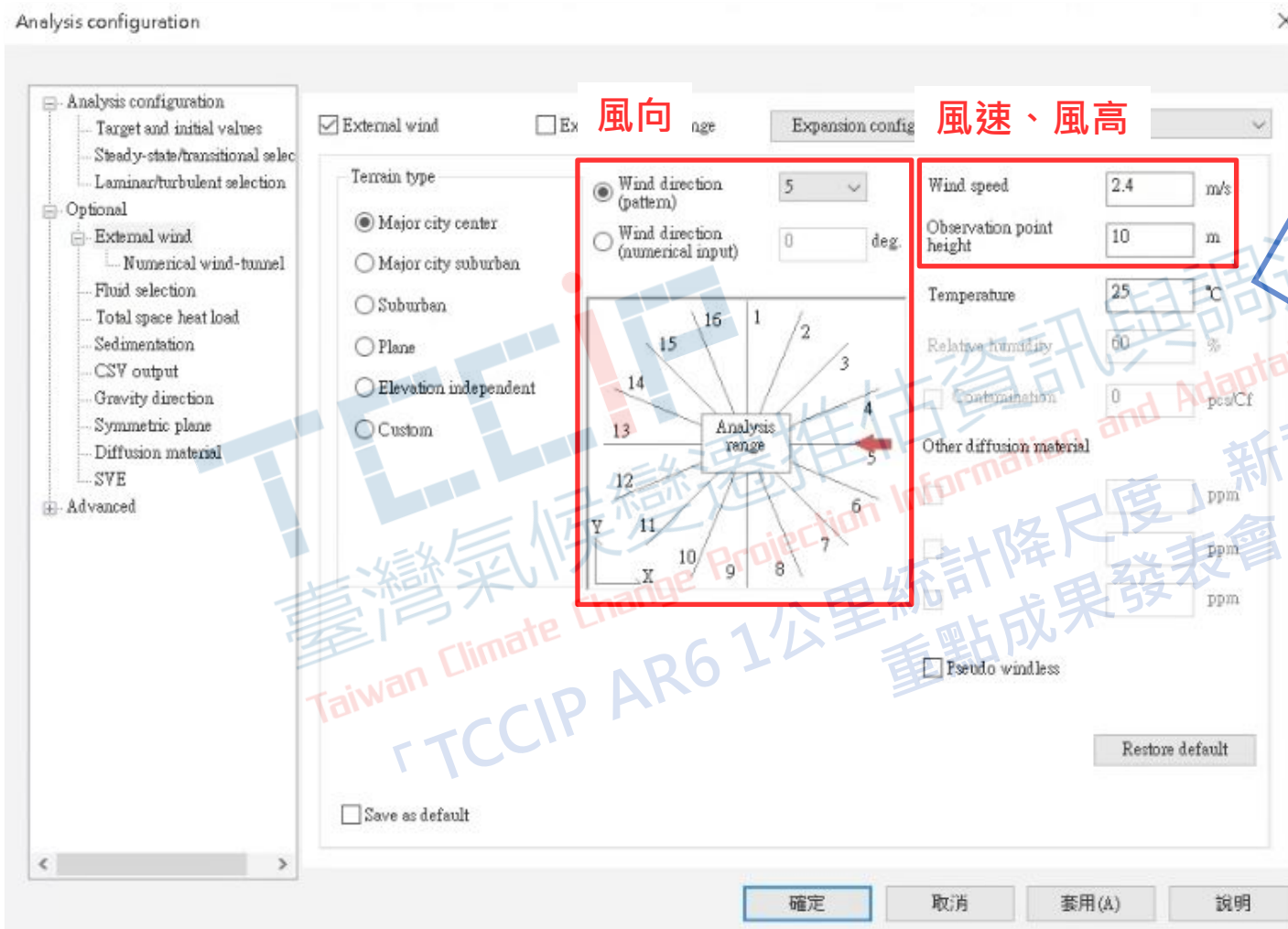
建築風環境模擬



➤ 嘉義市風廊指認



➤ CFD邊界條件設定

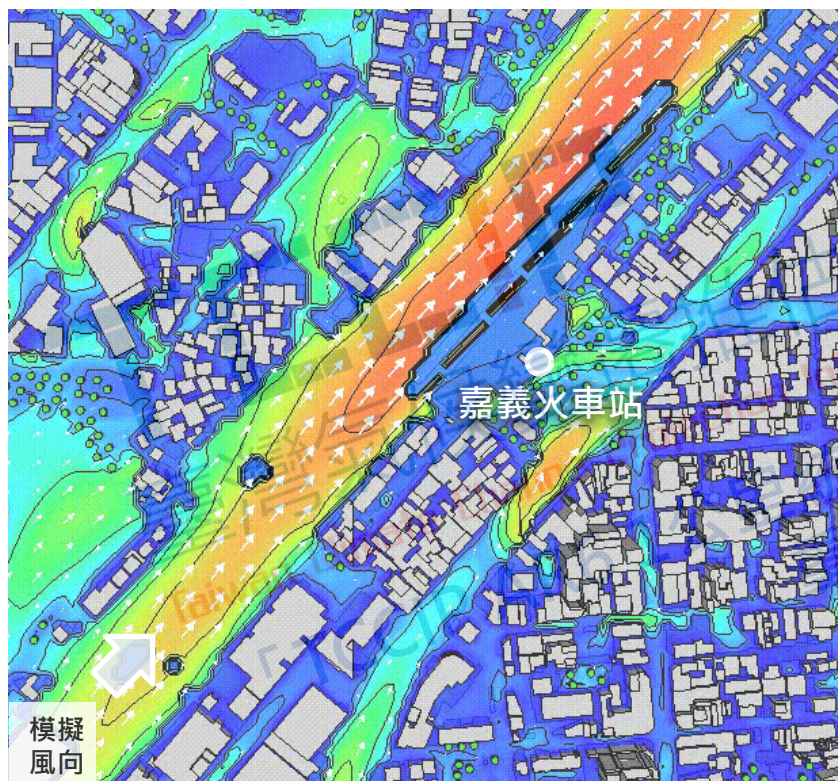


建築風環境模擬

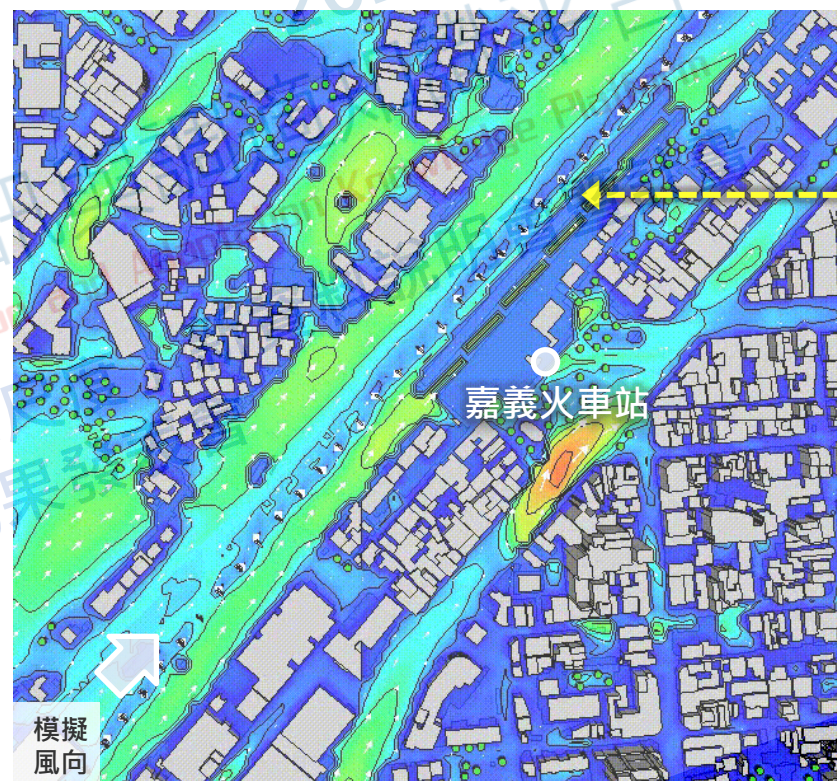


- 臺灣鐵道系統為南北軸向規劃為主，嘉義市鐵路規劃亦同，乃具備順應盛行風向之通風條件。

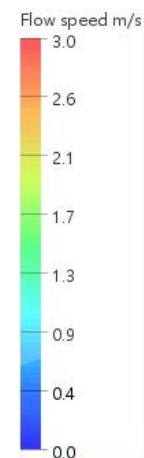
鐵路高架化前通風良好 (情境 0)



鐵路高架化後通風條件較差 (情境 1)



高架鐵道系統



謝謝聆聽 敬請指教



成功大學
National Cheng Kung University



建築與氣候研究室
Building & Climate Lab