

# 中華民國第 65 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 地球科學科

第二名

030501

極巨化 vs 小鋼炮—探討影響颱風暴風半徑之因素與模擬

學校名稱： 高雄市立仁武高級中學

|   |                             |
|---|-----------------------------|
| 作者：<br><br>國二 張絢博<br><br>國二 黃意喬<br><br>國二 江瑞奕 | 指導老師：<br><br>蘇毓智<br><br>林姝君 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞： 颱風、暴風半徑、壯度

## 摘要

本研究旨在探討影響颱風暴風半徑的因素，結合模擬實驗分析風場與降水特性。統計 2010 至 2024 年西北太平洋共 358 個颱風案例，結果顯示：颱風的強度與半徑正相關、且生命週期長、生成位置越東(145~155°E)、十月生成者，半徑普遍較大。我們依強度分類定義颱風的大小，發現大型颱風多沿副高邊緣西行後北轉並發展壯大；小型颱風則常直接西行。風場部分，大型颱風風場對稱且壯度大，小型颱風則較不對稱。颱風西行侵台時，結構易受地形破壞，過山後壯度下降，降雨集中於迎風面。

實驗以氣流場模型搭配水霧，改變抽風條件模擬不同規模的颱風，結果顯示，抽風電壓越強、抽風口直徑越大、氣流進入角越小，風場越大。加入台灣地形與木漿棉進行降水模擬，可驗證資料分析結果。

## 壹、前言

### 一、研究動機

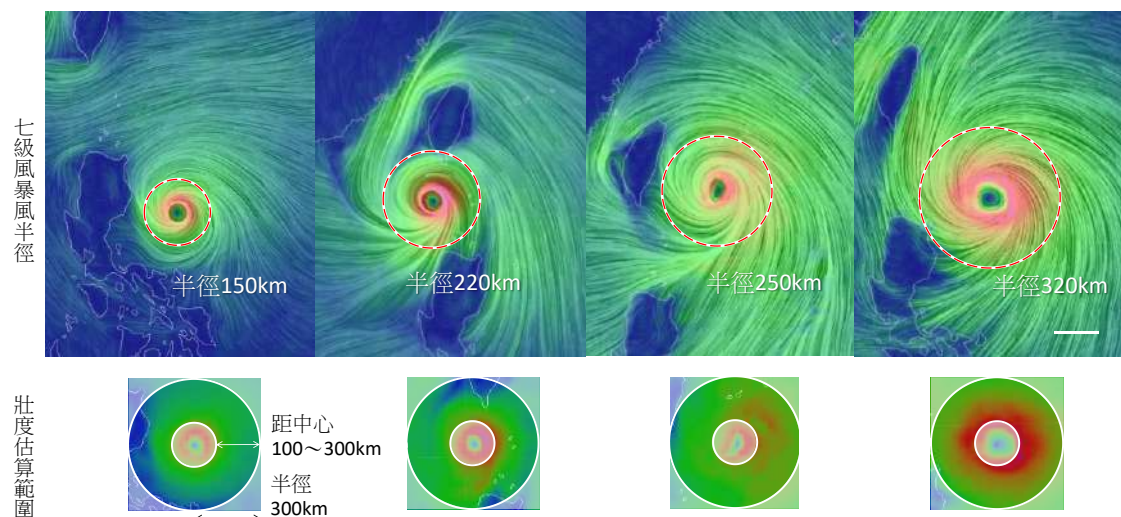
2024 年颱風活動頻繁，台灣先後受凱米、山陀兒、康芮與天兔等中度以上颱風侵襲，創下連續四天停班停課紀錄。這些颱風雖強度相當（皆達 45 m/s），但暴風半徑差異明顯：如天兔半徑僅 150 公里、風場集中，是個「小鋼炮」，而康芮半徑高達 320 公里，堪稱「巨無霸」（圖一）。如此強烈對比引發我們好奇：是什麼環境條件影響了颱風的風場規模差異呢？

### 二、前人研究

根據中央氣象署定義，暴風半徑為颱風 10 分鐘內平均風速達七級風的範圍，不同颱風差異可達數百公里。此外，文獻中也提及另一項描述颱風規模的指標，壯度（Strength），意指自中心向外 300 公里範圍內的平均風速（周昆炫等，2018），可反映風場的紮實程度。本研究使用 Earth.Nullschool 數值模擬資料計算颱風壯度，了解風場結構。

在方偉庭（2008）的論文中也曾分析西北太平洋颱風暴風半徑資料，發現颱風具有「大者恆大、小者恆小」的傾向，且南側若有西南風輻合作用，容易使風場擴展。這讓我們進一步思考：不同規模的颱風在發展與侵台過程中，路徑與風場會有什麼變化？

為了驗證分析結果，我們設計了氣流場實驗進行模擬。實驗參考郭宜玟等（2015）提出的以霧化水分子為介質的氣流場模型，模擬颱風結構及地形對路徑的影響；林伯羽等（2025）指出，季風會導致颱風產生等角螺旋式風場不對稱；黃玉涵等（2024）則發現，台灣地形效應會造成顯著的颱風流型變化。本研究在前人基礎上修正並改良模型比例，加入台灣地形障礙物，並創新使用吸水性材質「木漿棉」，挑戰以實驗裝置模擬不同規模的颱風所造成的雨量累積情形。

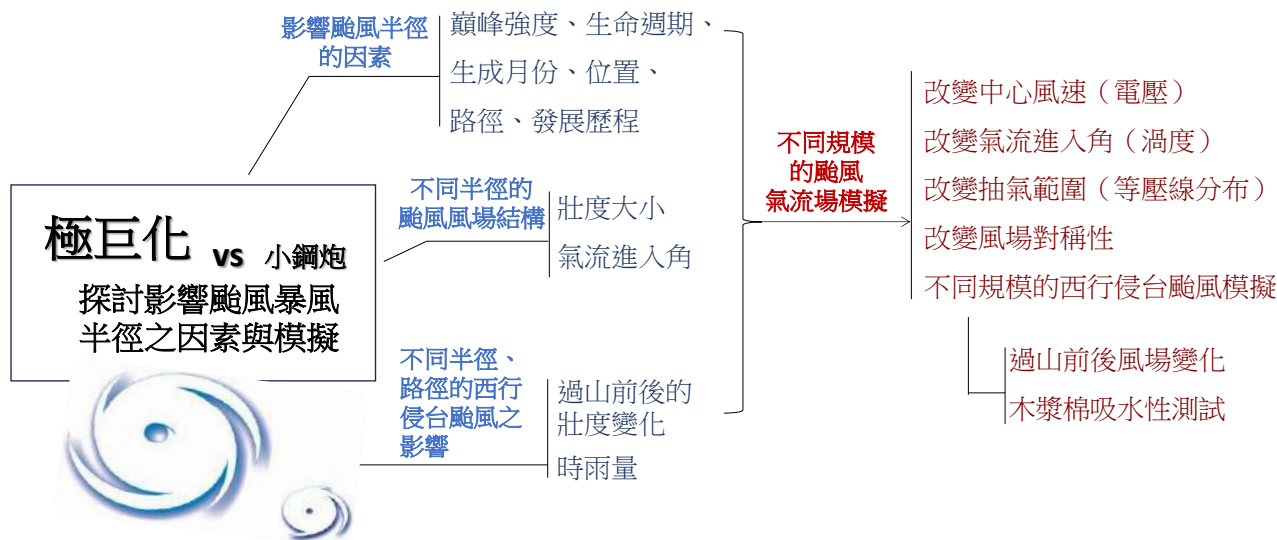


圖一、2024 年侵台的四個颱風的暴風半徑及壯度估算範圍：由左至右分別為：天兔（半徑 150 km）、山陀兒（半徑 220 km）、凱米（半徑 250 km）、康芮（半徑 320 km）。Bar =200 km（資料自 Earth.Nullschool 網站，作者改繪）

目前颱風規模的相關研究大多著重於數值模擬與觀測資料分析，較少整合分析與模擬實驗。本研究希望探討影響颱風規模（暴風半徑與壯度）的關鍵條件，並分析其對台灣風雨分布的影響，期望提升防災知識與應變能力。

### 三、本研究的研究目的

- （一）分析影響颱風暴風半徑的因素。
- （二）探討不同暴風半徑的颱風風場結構。
- （三）分析不同暴風半徑的西行侵台颱風風場變化及雨量累積情形。
- （四）利用氣流場模型模擬不同規模的颱風及對台影響。



圖二、研究架構圖（作者繪製）

## 貳、研究設備及器材

### 一、分析資料來源

|  |                            |                    |
|--|----------------------------|--------------------|
| 中央氣象署<br>歷史颱風資料庫<br>CWA Typhoon Database | 數值模擬網站<br>Earth.Nullschool | 大氣科學研究與應用資料庫 ASRAD |
|--|----------------------------|--------------------|

### 二、軟體

|                     |        |           |        |
|---------------------|--------|-----------|--------|
| Adobe photoshop2025 | ImageJ | 123Design | Surfer |
|---------------------|--------|-----------|--------|

### 三、研究設備及器材

|                    |                       |                          |         |
|--------------------|-----------------------|--------------------------|---------|
| 熱線式風速計<br>(LUTRON) | 電腦風扇<br>(24 V, 1.8 W) | 電源穩壓器 (6、<br>12、18、24 V) | LED 手電筒 |
| iPad air 13 吋      | 壓克力水槽                 | 壓克力台灣模型                  | 壓克力板    |
| 造霧器*4              | 木漿棉                   | 大頭針                      | 鐵架及鐵夾   |
| PP 塑膠瓦楞板           | 護目鏡*4                 | 電子秤                      | 絕緣膠帶    |
| 透明座標塑膠片            | 孔徑 9 mm 打洞器           | 卡典西德貼紙                   | 奈米膠帶    |
| 光柵片                | 變壓器                   | 鐵絲                       | 熱熔膠     |



圖三、器材圖。A. 熱線式風速計 B. 24 V 風扇 C. 造霧器 D. LED 手電筒 E. 台灣模型  
F. 50 cm\*50 cm\*8 cm 的壓克力水槽 G. 木漿棉（作者拍攝）

## 參、研究過程或方法

### 一、歷年颱風資料分析

#### （一）資料來源：

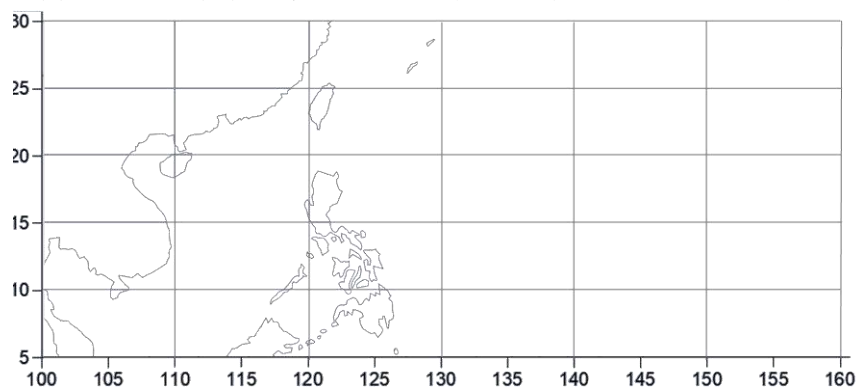
1. 中央氣象署歷史颱風資料庫 (CWA Typhoon Database)：本研究下載 2010 至 2024 間，共 358 個颱風數據（生命週期、最低氣壓、最大風速、暴風半徑、生成經緯度；刪除跨洋颱風）。
2. 大氣科學應用與研究資料庫 (ASRAD)：本研究使用該網站颱風逐日 (UTC) 位置及侵台颱風逐時累積雨量資料進行分析。
3. Earth.Nullschool 視覺化數值模擬網站：本研究使用 Earth.Nullschool 網站的視覺化數值天氣預報歷史資料進行分析，該網站收錄自 2013 迄今逐日風場資料，資料來源 GFS (Global Forecast System)，作者為 Cameron Beccario，該網站入選為氣候素養和能源意識網路 CLEAN 教育資源。

#### （二）暴風半徑及強度分析：

1. 本研究以中央氣象署之暴風半徑（十分鐘平均風速達七級風）以及強度（輕度、中度、強烈颱風）定義。
2. 我們透過計算各強度颱風平均半徑及標準差，將平均值 $\pm 1$ 標準差定義為該強度之大型及小型案例。
3. 分析大型及小型颱風發展歷程的強度與半徑變化關係，歸納其趨勢性。

#### （三）西北太平洋經緯網等值線圖分析：

1. 將西北太平洋及周邊區域以 5\*10 經緯網格分成 30 個區塊。
2. 分析各經緯網格內生成的颱風強度、半徑、生命週期、數量繪製等值線圖。



圖四、西北太平洋經緯網等值線圖（作者繪製）

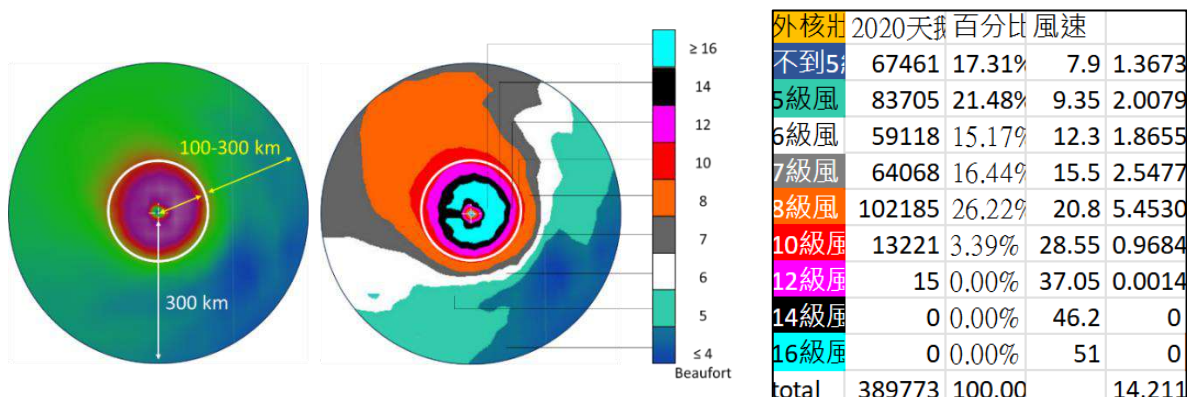


## 二、不同規模的颱風風場分析

### (一) 壯度分析：

1. 從颱風資料庫（CWA Typhoon Database）篩選欲分析之颱風。
2. 從大氣科學研究與應用資料庫（ASRAD）找出該颱風半徑最大的日期時刻。
3. 自 Earth.Nullschool 視覺化數值模擬網站找出對應時間點並截圖。
4. 藉由 Adobe Photoshop 2025 將各級風速利用設定好的顏色範圍選取、填色。

| 蒲福風級            | 風速 (m/s)    |       | 顏色                 |
|-----------------|-------------|-------|--------------------|
|                 | 風速範圍        | 採計    |                    |
| 未滿 5 級風         | $\leq 7.9$  | 7.9   | 不改色                |
| 5 級風以上未滿 6 級風   | 8.0~10.7    | 9.35  | 綠 (R51,G204,B173,) |
| 6 級風以上未滿 7 級風   | 10.8~13.8   | 12.3  | 白 (R255,G255,B255) |
| 7 級風以上未滿 8 級風   | 13.9~17.1   | 15.5  | 灰 (R100,G100,B100) |
| 8 級風以上未滿 10 級風  | 17.2~24.4   | 20.8  | 橘 (R255,G100,B0)   |
| 10 級風以上未滿 12 級風 | 24.5~32.6   | 28.55 | 紅 (R255,G0,B0)     |
| 12 級風以上未滿 14 級風 | 32.7~41.4   | 37.05 | 洋紅 (R255,G0,B255)  |
| 14 級風以上未滿 16 級風 | 41.5~50.9   | 46.2  | 黑 (R0,G0,B0)       |
| 16 級風以上         | $\geq 51.0$ | 51.0  | 青 (R0,G255,B255)   |



圖五、外核壯度計算示意圖（作者改繪自 Earth.Nullschool 網站）

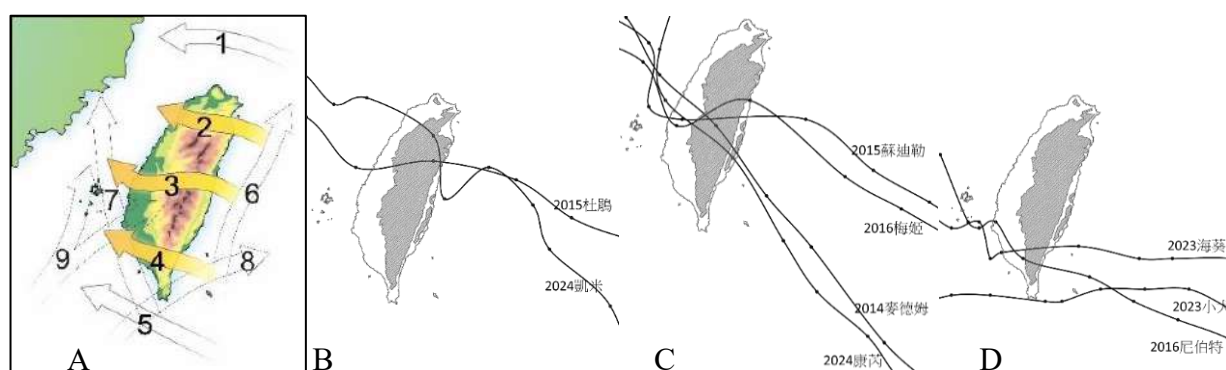
5. 使用 ImageJ 選取出各種風速區塊，計算各區塊面積（像素點）。
6. 以像素點佔全圖總像素點的百分比乘以各種風速區域風速中間值（未滿 5 級風採計 7.9 m/s，超過 16 級風採計 51 m/s），再加總。
7. 參考 Weatherford and Gray（1988）及周昆炫（2018）報告中對於颱風結構定義，將颱風結構分為內核（100 km 內）、外核（100 ~ 300 km 間），後續壯度描述均為外核數值。

## （二）風向分析：

選取與壯度分析相同的時間點，測量距離中心 300 km 處，東北、西北、西南、東南四象限的氣流進入角。

## （三）侵台颱風案例分析：

以中央氣象署定義的 9 種侵台路徑中的西行颱風（2、3、4 號路徑），分析路徑、強度相似颱風在  $120\sim 124^{\circ}\text{E}$  的壯度及時雨量變化。



圖六、A. 中央氣象署定義之西行侵台颱風路徑（作者改繪自中央氣象署網站）

B. 2 號路徑案例 C. 3 號路徑案例 D. 4 號路徑案例（作者繪製）

## 三、氣流場實驗模擬

### （一）裝置說明：

1. 水槽規格與造霧槽：內徑為  $50*50\text{ cm}$ ，高  $8\text{ cm}$  的壓克力水槽，將水槽四個角以壓克力板分隔出造霧槽，上蓋為  $3*5\text{ cm}$  大小的入風口，中央氣流場為正八邊形。實驗水位高度設為  $6\text{ cm}$ ，氣流場厚度維持  $2\text{ cm}$ 。（見圖七-A、B）
2. 引流板：將兩塊  $5*7\text{ cm}$  的壓克力板兩側黏上塑膠吸管，並將鐵絲摺成  $\cap$  字型插入兩吸管，使兩塊壓克力板成平行；將其固定在入風口兩邊軸承，以此作為可改變角度的引流板。（見圖七-A）
3. 上蓋：切出覆蓋造霧槽的上蓋  $50*50\text{ cm}$  的瓦楞板並在 4 個象限分別裁切出每格  $1*7\text{ cm}$  的入風口，在中心分別挖出直徑  $2、4、6、8\text{ cm}$  的圓作為抽風口，並在上方放置抽風裝置。（見圖七-A）
4. 外側圍邊：水槽四面皆以黑色瓦楞板圍住，在瓦楞板中，距離底部  $6\text{ cm}$  處挖一個長  $20\text{ cm}$ ，高  $0.5\text{ cm}$  的洞。
5. 抽風裝置：使用  $6\sim 24\text{ V}$ ， $1.2\text{ W}$  的電腦風扇作為抽風裝置，並將其放置於抽風口正上方；裝置邊緣以絕緣膠帶進行密封，避免裝置出現漏風問題。

- 座標：使用塑膠片以美工刀劃出 X 軸及 Y 軸座標，分成四個象限，每 2 cm 畫一個刻度，方便後續實驗對齊障礙物。
- 打光：使用 LED 手電筒打光，水平射向外側圍邊中央洞口處，利用 2 層柱狀透鏡光柵片將光線水平分散，掃描水平面附近雲霧移動軌跡。
- 台灣地形障礙物：以 3 mm 厚壓克力製成，模型全長為 18 cm，以每 500 m 等高線進行雷射切割，共 6 層，堆疊後總高度 1.8 cm；標上經緯線，中心設置於埔里（121° E、24° N）。

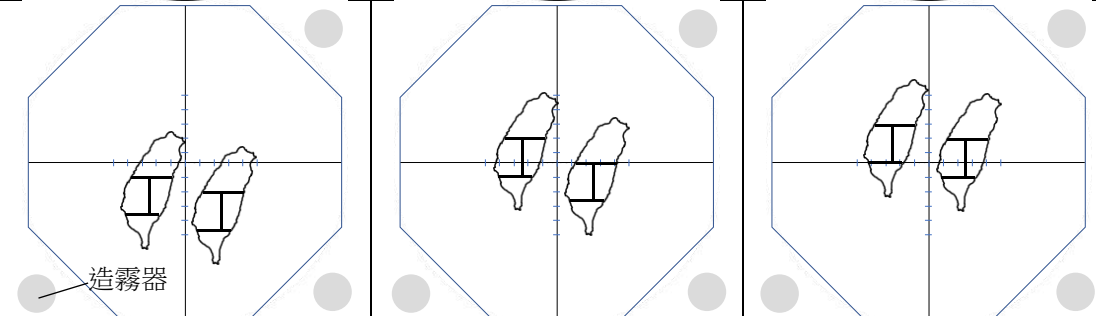
## （二）氣流場實驗模擬

- 裝置架高至 52 cm，把平板放在裝置下方，以前鏡頭拍攝，透過螢幕觀察。
- 調整至該組實驗需要的變因如下：觀察風場及對稱性。

| 抽風裝置風扇<br>電壓               | 引流板角度                         | 入風口通氣數  | 上蓋抽風口大小                     | 非對稱性<br>風場模擬                        |
|----------------------------|-------------------------------|---|-----------------------------|-------------------------------------|
| 6、 <u>12</u> *、<br>18、24 V | 20、 <u>30</u> *、40、<br>50、70° | <u>4</u> 入風口全開*、<br>開 I、IV 兩象<br>限、開第 IV 象<br>限 | 直徑 2、 <u>4</u> *、6、<br>8 cm | I、II 象限不設置<br>引流板、II 象限<br>以 6 V 抽風 |

\*：對照組

- 模擬颱風過山前後的風場實驗時，須在水槽底部貼上座標格。（2 cm 為一格）放置台灣地形障礙物，使之與原點（颱風）相對位置改變：

|     | 2 號路徑  | 3 號路徑     | 4 號路徑     |
|-----|--|-----------|-----------|
| 過山前 | (-2.5, -1)   | (-2.5, 1) | (-2.5, 3) |
| 過山後 | (2.5, -2)  | (2.5, 0)  | (2.5, 2)  |
| 說明圖 |  |           |           |

（圖片為作者繪製）

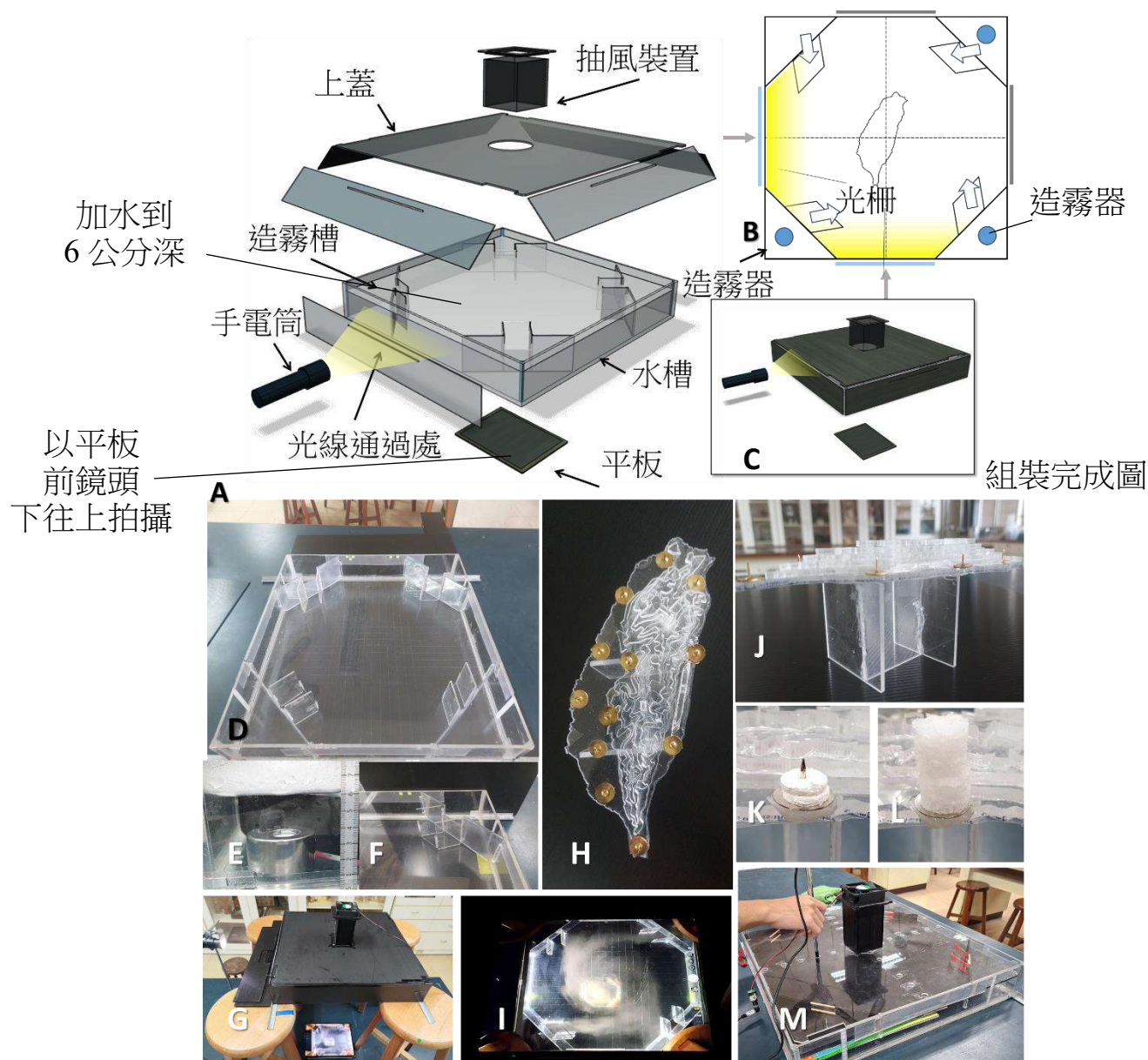
## （三）吸水性測試

- 使用打洞器將木漿棉打成 9 mm 錠狀，在台灣模型上貼上大頭針並插上 2 層木漿棉，大頭針的擺放位置如圖七 J 圖，每次實驗皆為 30 分鐘。
- 將實驗後的木漿棉以電子秤做測量，實驗前後木漿棉的重量差距即為結果。
- 以實驗結果畫出等值線圖，並將台灣經緯度與等值線圖貼合在一起。



#### (四) 風速測量

1. 在上蓋 X、Y 軸處每 4 cm 鑽一孔共 20 個孔洞、以熱線式風速計測量風速。
2. 由於熱線式風速計不能碰水，故在壓克力水槽中以塑膠瓦楞板卡在 6 cm 高的位置，模擬水面高度再測試。
3. 再把風速資料畫成折線圖或等值線圖。

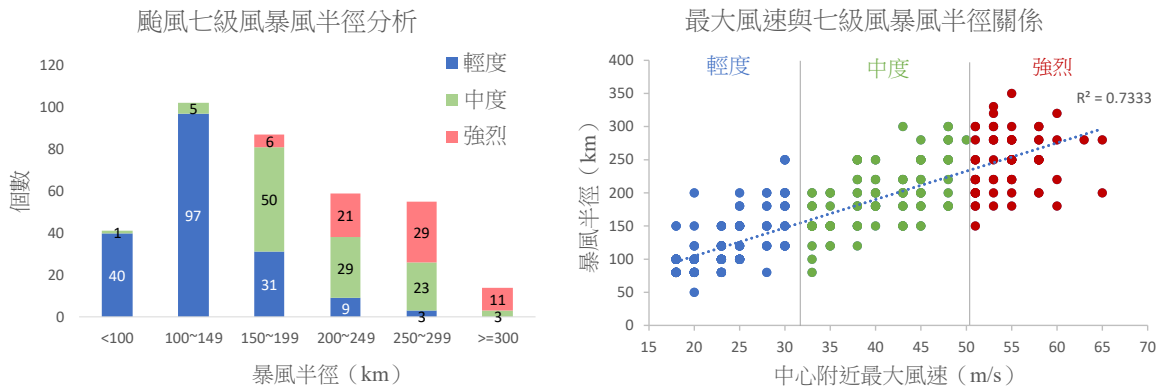


圖七、A. 裝置 3D 透視圖 B.俯瞰裝置說明 C. 組裝完成圖  
 D. 實際水槽照片 E. 造霧器 F. 引流板 G. 裝置架高並放置平板於下方  
 H. 台灣模型（俯視） I. 透過下方平板觀測風場 J. 台灣模型（側視）  
 K. L. 木漿棉吸水前後 M. 風速測量方式（作者拍攝繪製）

## 肆、研究結果

### 一、分析影響颱風暴風半徑的因素（2010 至 2024 年間的 358 個颱風）

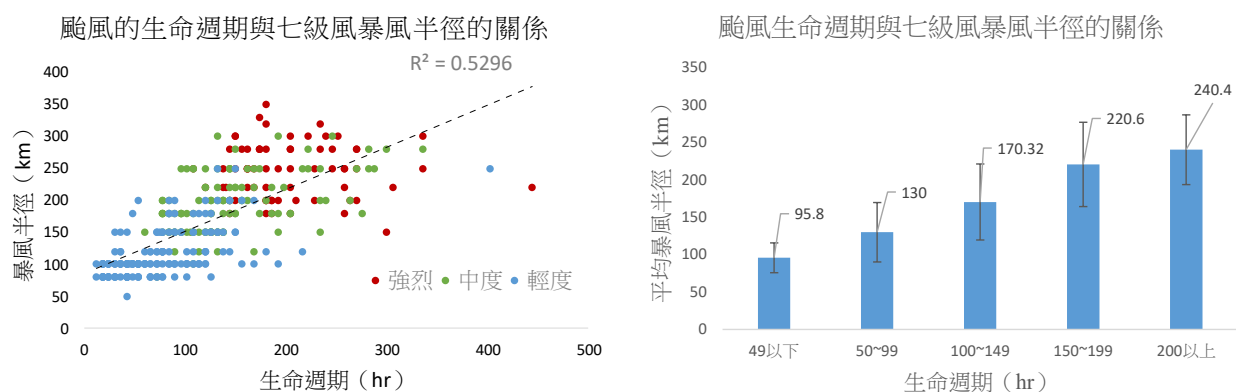
#### （一）颱風的強度與暴風半徑的關係



|               | 輕度颱風              | 中度颱風              | 強烈颱風              |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 平均值 ± 標準差     | 115.39 ± 37.44 km | 194.55 ± 46.13 km | 246.42 ± 43.61 km |
| 大型<br>(本研究定義) | ≥150 km           | ≥250 km           | ≥300 km           |
| 中型<br>(本研究定義) | 80~150 km         | 150~250 km        | 200~300 km        |
| 小型<br>(本研究定義) | ≤80 km            | ≤150 km           | ≤200 km           |

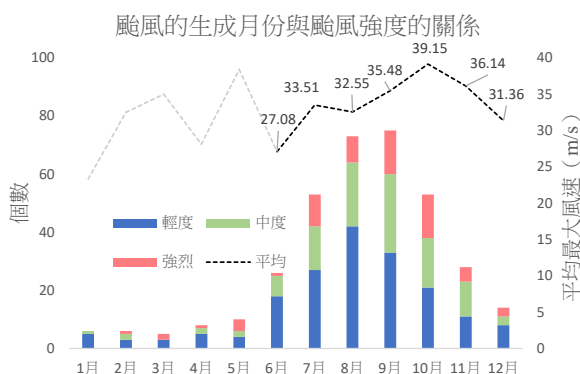
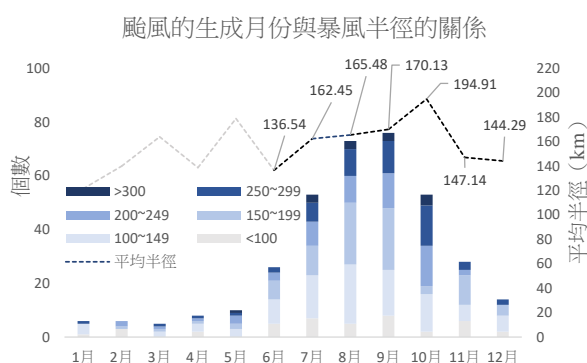
發現：將颱風巔峰七級風半徑加以分類，半徑<150 km 的颱風多為輕度颱風；半徑 150~250 km 的颱風，多為中度颱風；暴風半徑≥300 km 的颱風多為強烈颱風。顯示颱風越強，半徑普遍較大。且颱風中心風速與半徑大小具有正相關。為定義颱風的大小，我們依強度將颱風分類，將平均暴風半徑加（減）一個標準差以上定義為大（小）型，以利後續描述。

#### （二）颱風的生命週期與暴風半徑的關係

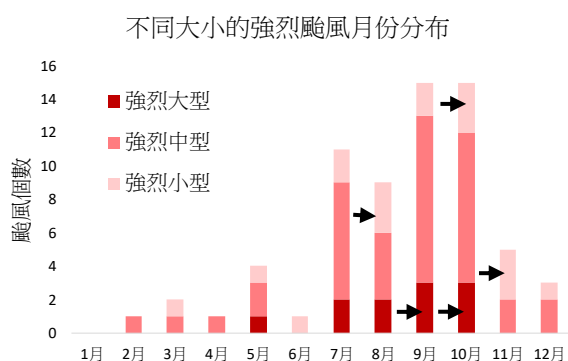
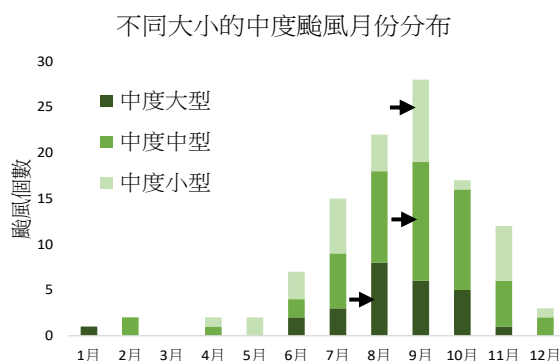
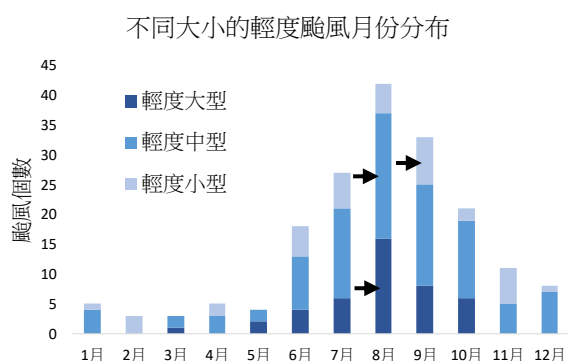


發現：颱風生命週期越長，半徑普遍較大，強度也較強，在海洋上吸收熱能的時間長短會影響颱風的暴風半徑。

### (三) 颱風的生成月份與暴風半徑的關係



發現：10月份的颱風，平均半徑最大，達 194.91 km，平均最大風速也最強，約 39.15 m/s；7月、8月份的颱風，平均暴風半徑約 164 km，平均風速亦不如 10月，因為夏季颱風數雖多，但小型且弱的颱風亦多。(1~5月樣本太少不足 10 筆)



不同強度、大小的颱風好發月份

|    | 輕度颱風 | 中度颱風 | 強烈颱風      |
|----|------|------|-----------|
| 大型 | 8月   | 8月   | 9~10月     |
| 中型 | 8月   | 9月   | 9月        |
| 小型 | 9月   | 9月   | 8, 10~11月 |

發現：比較不同強度與規模的颱風在不同月份分布關係發現，大型輕、中度颱風好發於 8 月，強烈大型颱風好發於 9~10 月；小型輕、中度颱風好發於 9 月，強烈小型颱風好發於 8, 10~11 月。小型颱風出現的時間會比大型颱風晚一點。

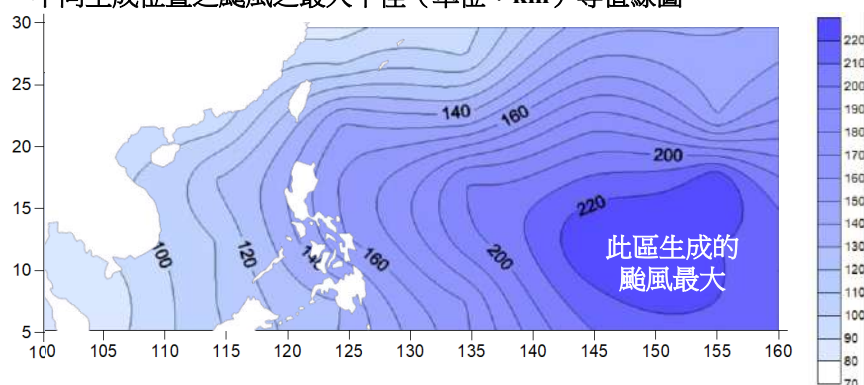
各月份生成的颱風平均生成位置



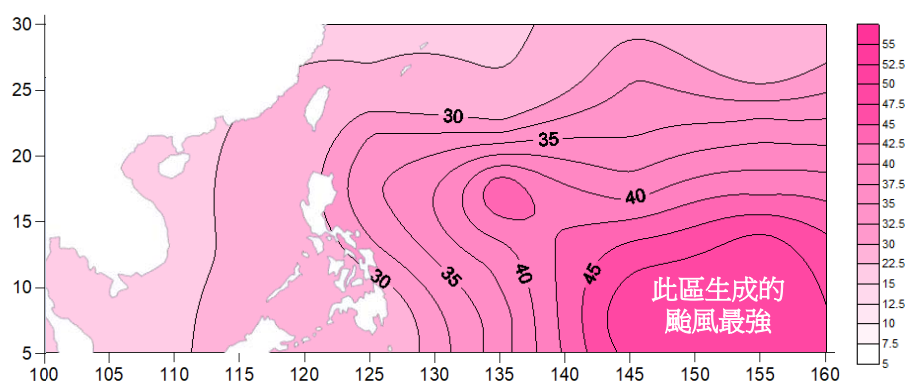
我們也統計不同月份的颱風生成平均經緯度，發現夏季較北，冬季較南且具有週期性，顯示颱風的強度與大小變化與大氣環境的週期性變化有關。

#### (四) 颱風生成位置與暴風半徑的關係

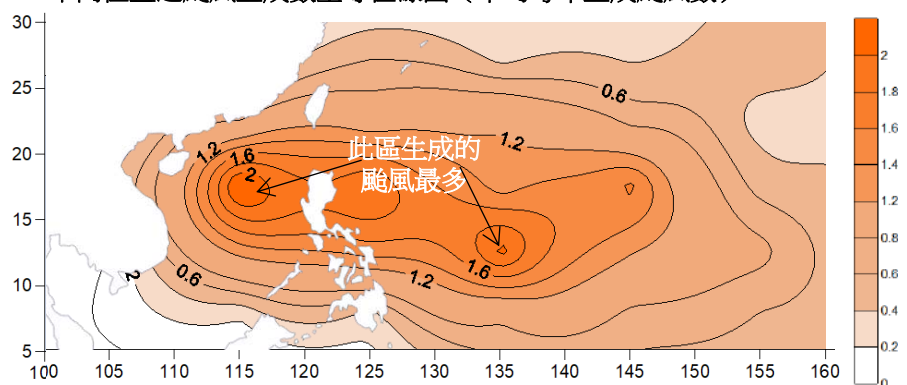
不同生成位置之颱風之最大半徑（單位：km）等值線圖



不同生成位置之颱風巔峰中心最大風速（單位：m/s）等值線圖

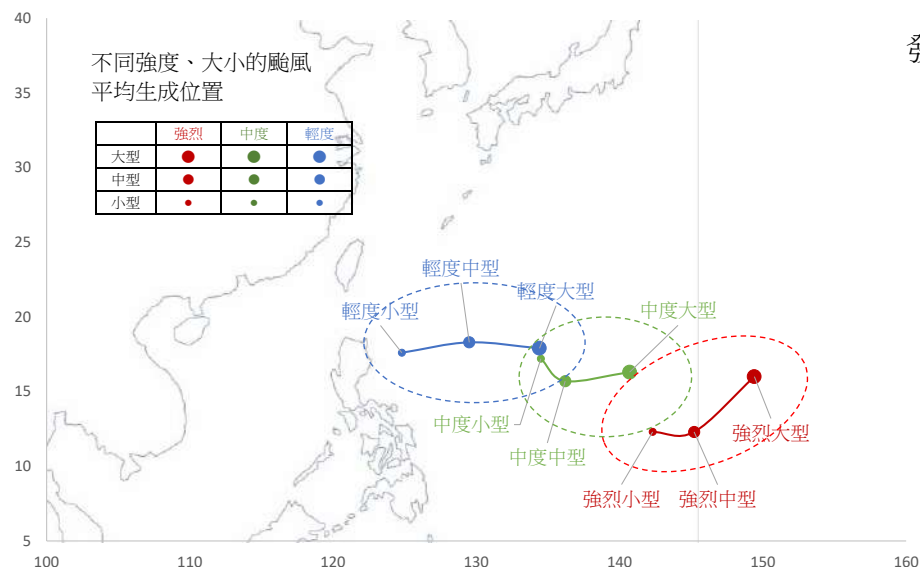


不同位置之颱風生成數量等值線圖（平均每年生成颱風數）



不同強度、大小的颱風  
平均生成位置

|    | 強烈 | 中度 | 輕度 |
|----|----|----|----|
| 大型 | ●  | ●  | ●  |
| 中型 | ●  | ●  | ●  |
| 小型 | ●  | ●  | ●  |



發現：半徑最大的颱風約生成於：

10~20° N，145~155° E，

越往西平均半徑越小，因為靠近陸地，發展受到限制。

根據颱風的生成位置與颱風巔峰強度的等值線圖，發現與颱風半徑分布重合率高。

菲律賓東西兩側，颱風生成數多，但半徑小且強度弱。

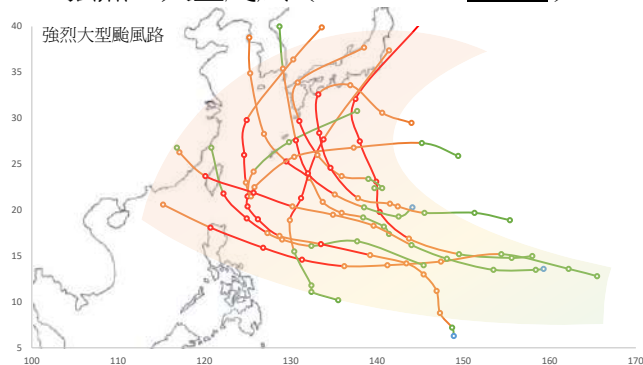
發現：將強烈颱風、中度颱風、輕度颱風（大型、中型、小型）的生成位置（平均經緯度）算出後發現，生成位置越東、強度也越強，半徑也較大；生成位置越西，強度較弱、半徑也較小。



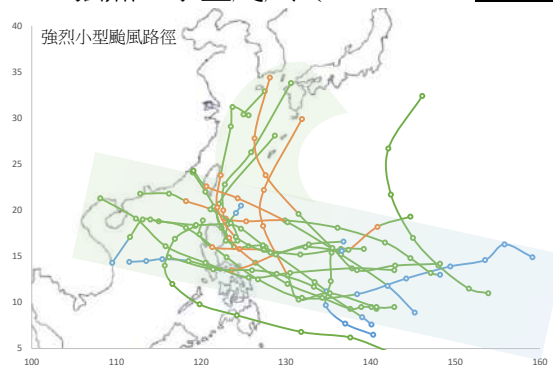
## （五）颱風的路徑與暴風半徑的關係

半徑  $\leq 100$  101-200 201-300  $\geq 300$

強烈。大型颱風 ( $\geq 300$  km。n = 11)

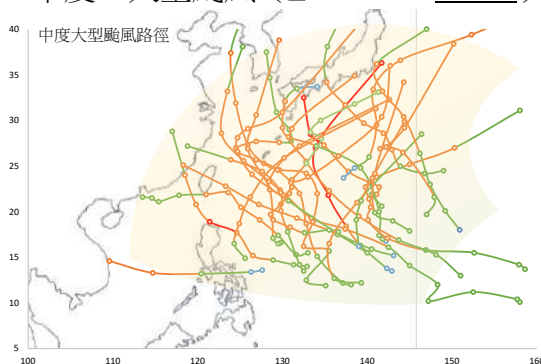


強烈。小型颱風 ( $\leq 200$  km。n = 17)

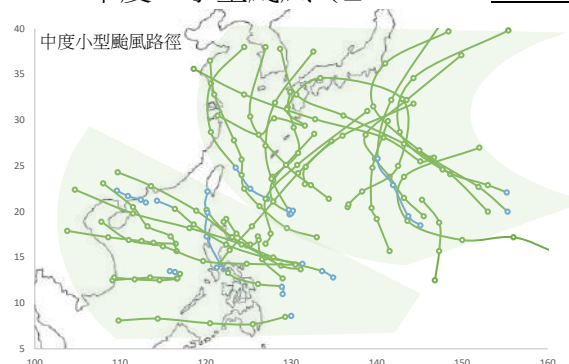


發現：強烈大型颱風路徑多沿高壓邊緣西行到台灣東方北轉。強烈小型颱風路徑西行颱風超過半數，此時高壓脊偏南，颱風多西行侵襲菲律賓一帶。

中度。大型颱風 ( $\geq 250$  km。n = 25)

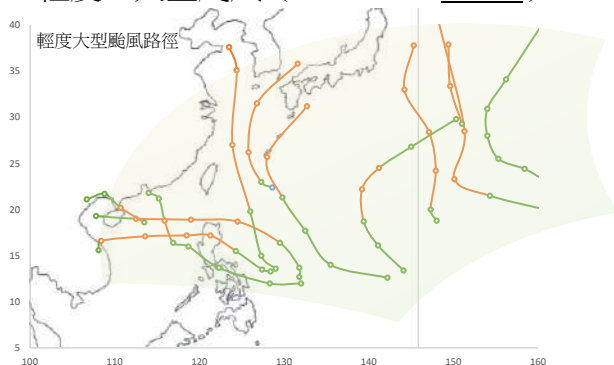


中度。小型颱風 ( $\leq 150$  km。n = 33)

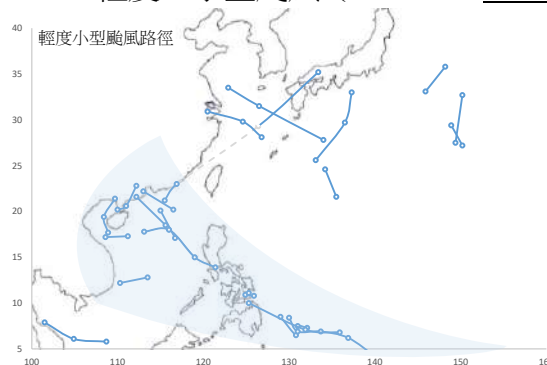


發現：中度大型颱風路徑大多都是生成後西行一小段再北行，暴風半徑變大，相較於強烈颱風，生命週期較短。中度小型颱風的路徑可能受陸地破壞，生命週期更短。

輕度。大型颱風 ( $\geq 200$  km。n = 12)

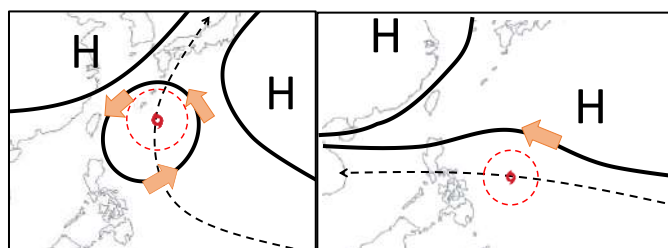


輕度。小型颱風 ( $\leq 80$  km。n = 40)



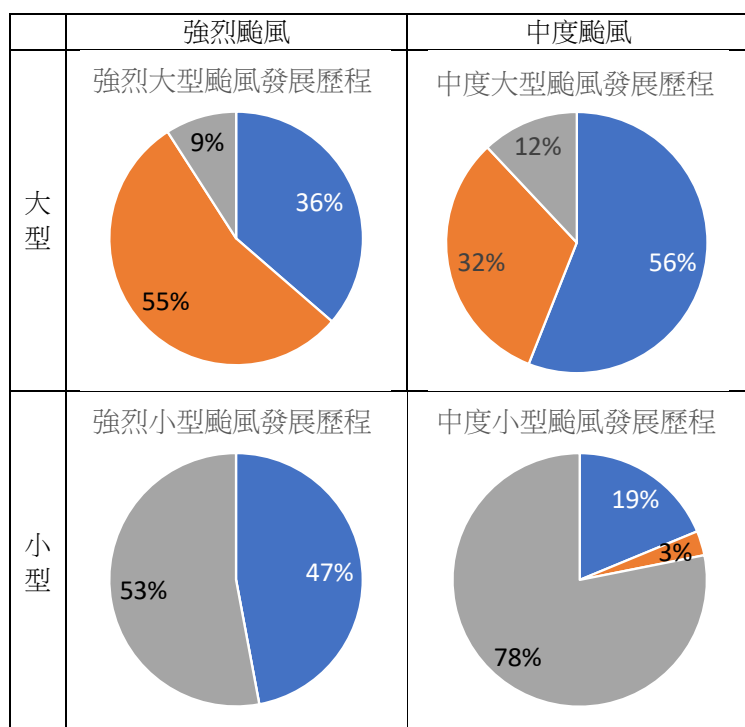
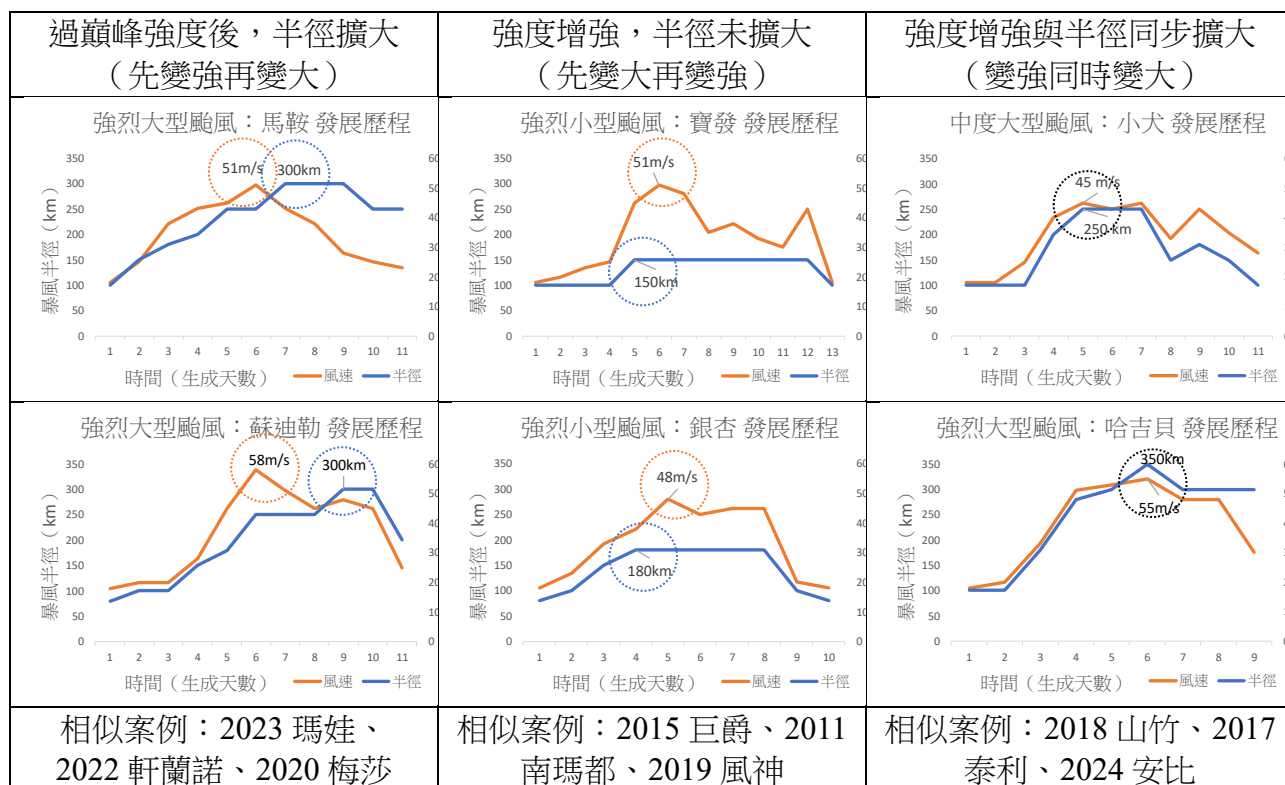
發現：輕度大型颱風多在菲律賓東方季風槽處生成，多有季風低壓的特性，北行且暴風半徑擴大。輕度小型颱風緊鄰陸地生成，生活史短。

總結：颱風西行會增強，距離會影響發展強度，西行至台灣東方高壓邊緣處逐漸北轉，半徑會進一步擴大；若高壓脊位置偏南，颱風一路西行未穿越北回歸線，則發展成小型而強的颱風。





## （六）颱風的發展歷程（巔峰強度與巔峰半徑發生先後）



■ 強度增強  
與半徑擴大  
（同步）  
■ 過巔峰強度，  
中心減弱，  
半徑持續擴大  
（先變強再變大）  
■ 強度增強  
半徑未擴大  
（先變大再變強）

發現：強烈大型颱風大多  
 為強度減弱後半徑擴大  
 （55%）。強烈小  
 型颱風大多半徑先達  
 到巔峰，強度增強，  
 半徑未擴大（53%）  
 中度颱風和強烈颱風  
 相似，但中度大型颱  
 風以同步增強居多  
 （56%）。中度小型  
 颱風大多強度增強半  
 徑未擴大（78%）。

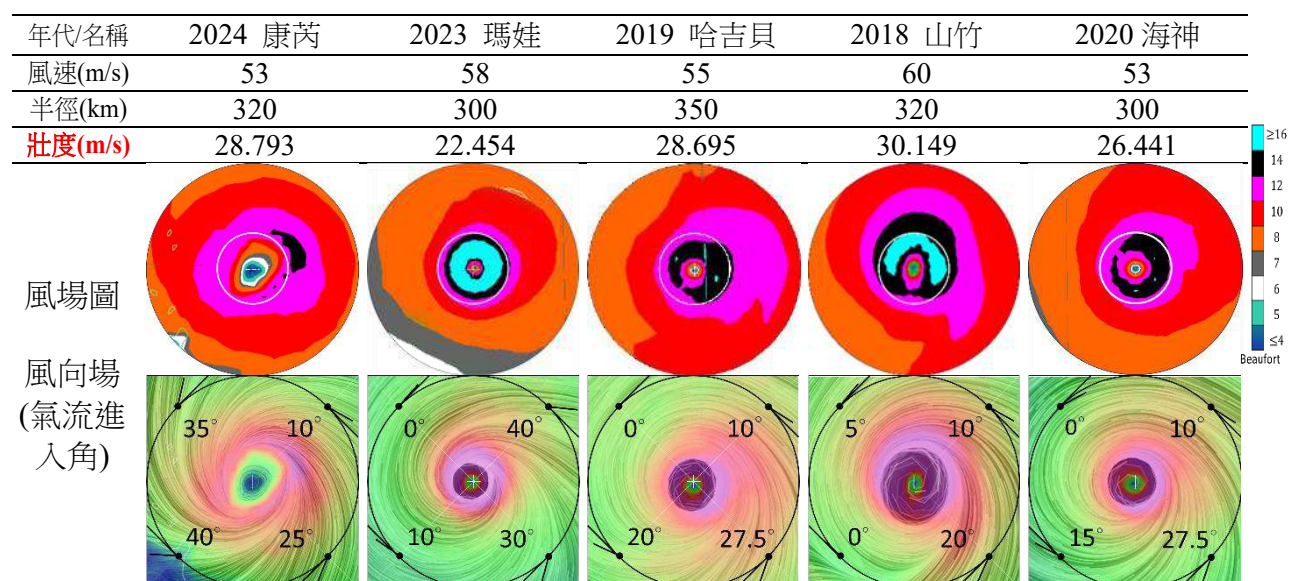
**總結：大型颱風，強度減弱半徑擴大的原因：**颱風北轉過程中，颱風成熟進入衰弱期，中心風速減弱但風場重新分配，原本範圍較小轉速較快，後來轉速變慢範圍同時變大。

**小型颱風，半徑不變爆發增強的原因：**西行颱風海面溫度極高、海洋熱含量深厚，造成中心眼牆劇烈爆發，強烈上升的氣流使水氣凝結釋放潛熱，此熱能全部用來增強中心風速。

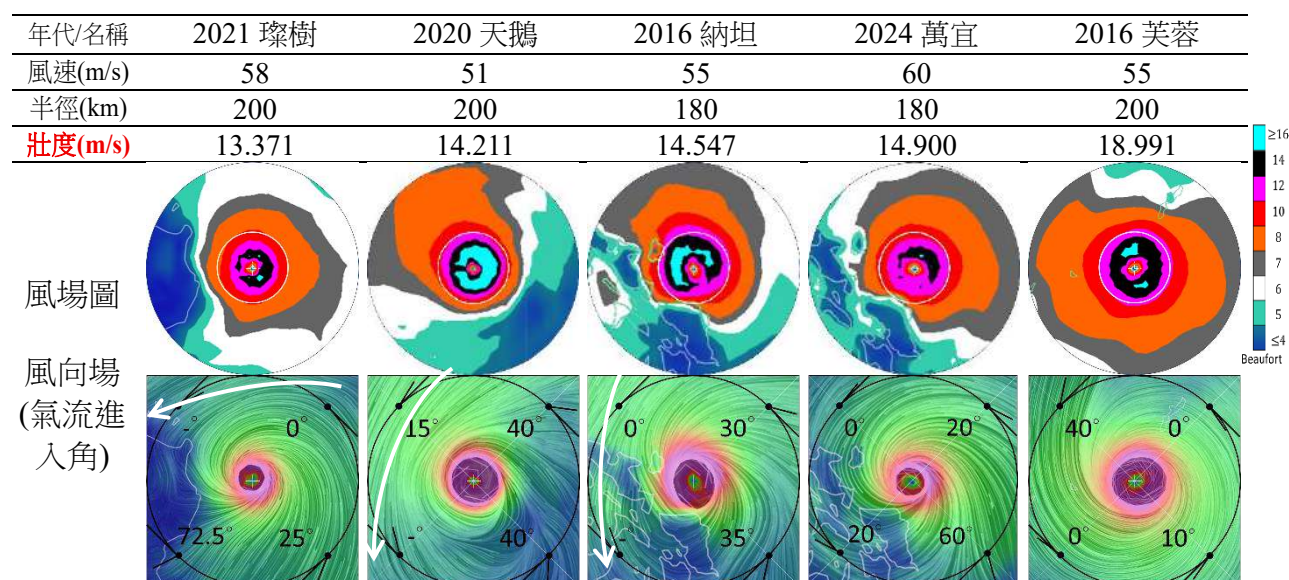
## 二、探討不同暴風半徑的颱風風場結構

### (一) 壯度與氣流進入角分析

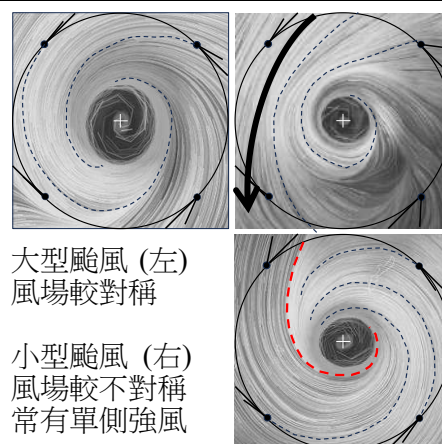
#### 1. 強烈。大型颱風



#### 2. 強烈。小型颱風

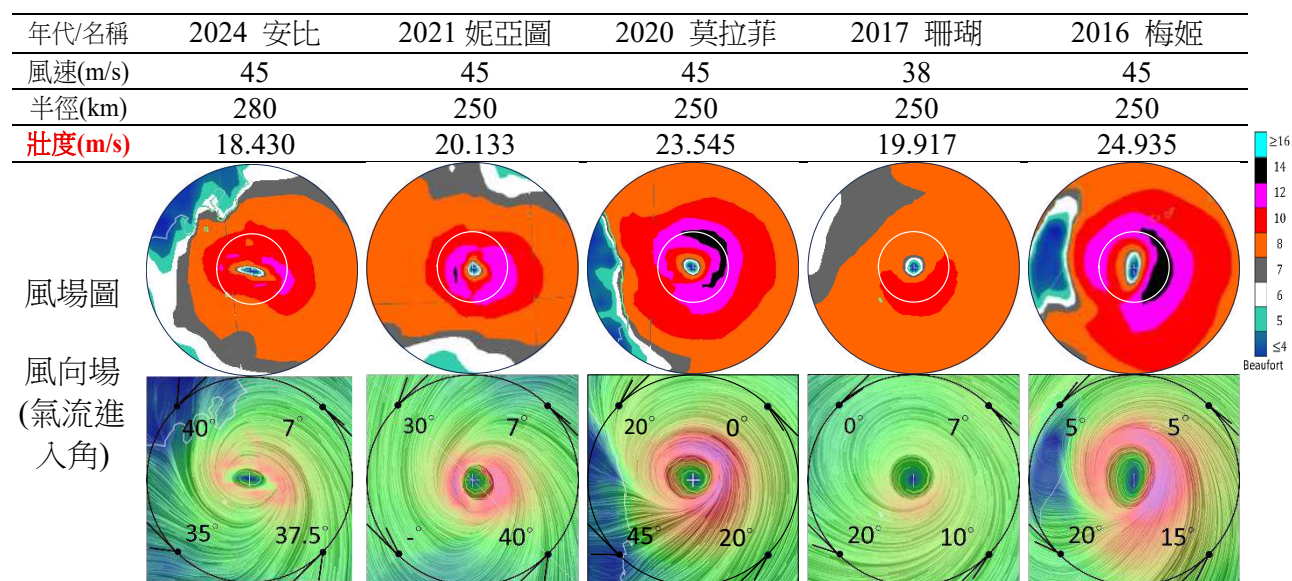


發現：分析不同大小的強烈颱風（大型：半徑 300 km 以上，小型：半徑 200 km 以下）的壯度發現，強烈大型颱風，壯度普遍偏大，風場較對稱且大多東北側較強，東北、西北、西南、東南四象限氣流進入角普遍偏小；強烈小型颱風，壯度普遍較小，且常有單側強風（北側或西側），或四象限氣流進入角有一或兩個象限角度很大使風場不對稱。

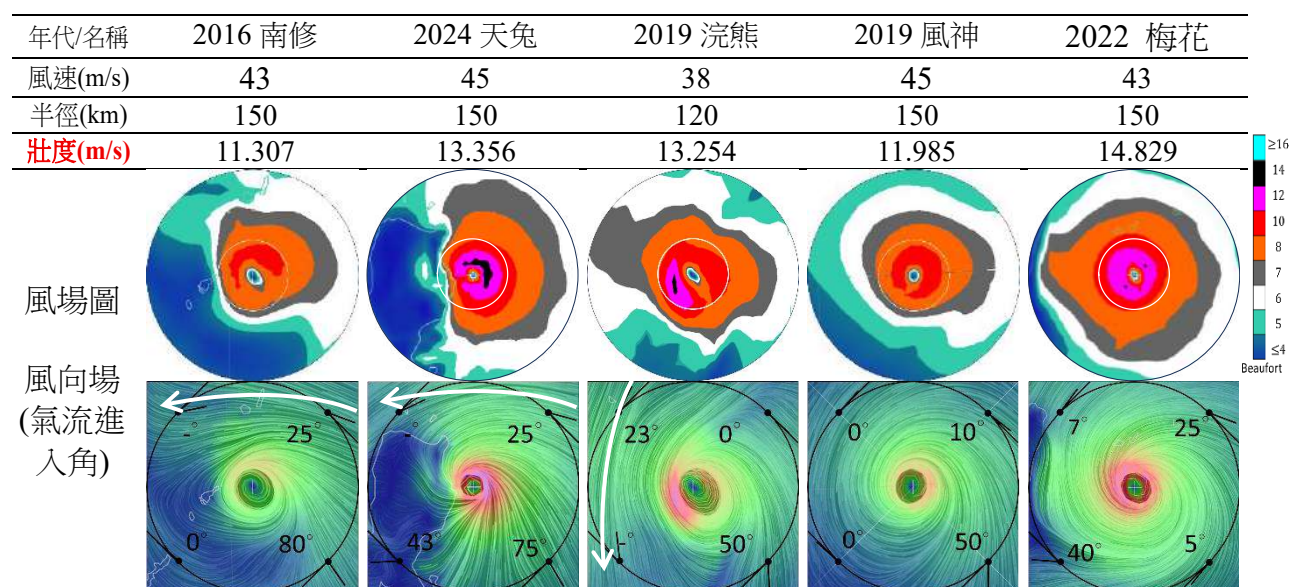




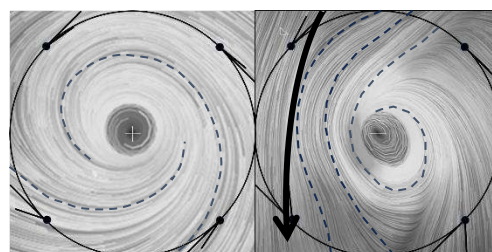
### 3. 中度。大型颱風



### 4. 中度。小型颱風



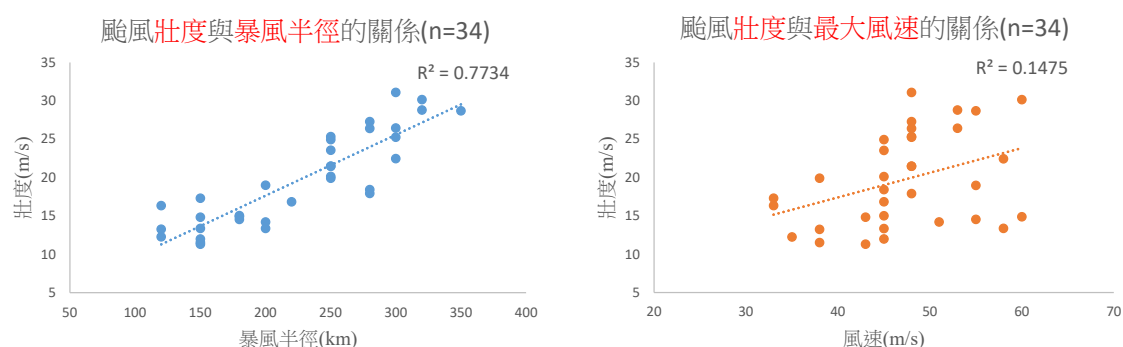
發現：分析不同大小的中度颱風（大型：半徑 250 km 以上、小型：半徑 150 km 以下）的壯度與風場發現，與強烈颱風相似，中度大型颱風風場較為對稱，小型颱風亦常有單側強風使風場不對稱、壯度較小。



大型颱風(左)  
風場較對稱

小型颱風(右)  
風場較不對稱  
常有單側強風

## （二）颱風壯度大小與半徑及強度（最大風速）關係

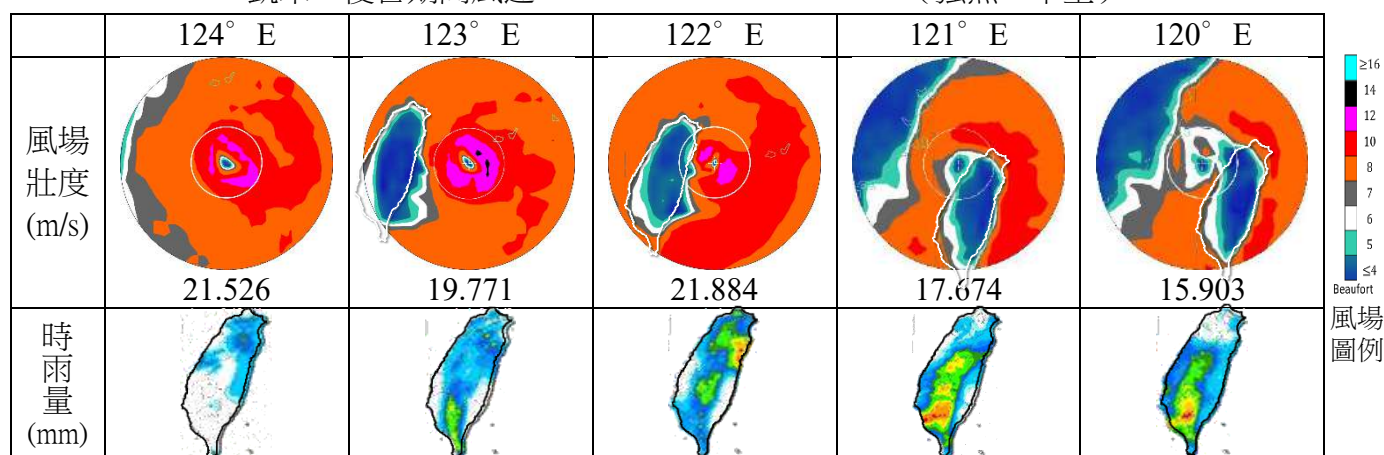


發現：壯度代表颱風整體能量及風場範圍，與颱風暴風半徑的相關性較高，與最大風速的相關性較低。顯示暴風半徑對壯度的影響較大。

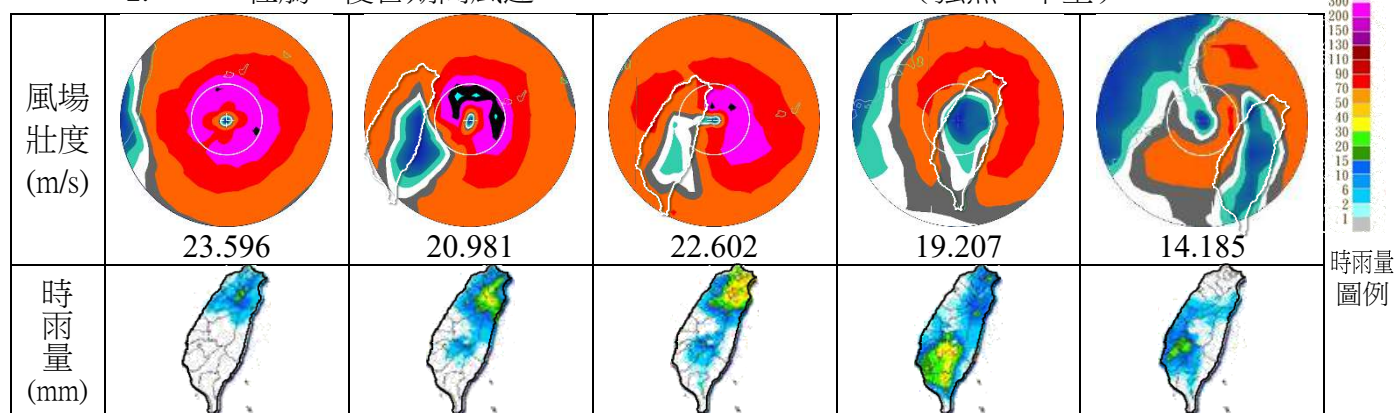
## 三、分析不同暴風半徑的西行侵台颱風風場變化及雨量累積情形

### （一）侵台 2 號路徑颱風

1. 2024 凱米，侵台期間風速 53→43 m/s，250→250 km（強烈。中型）



2. 2015 杜鵑，侵台期間風速 51→40 m/s，220→200 km（強烈。中型）



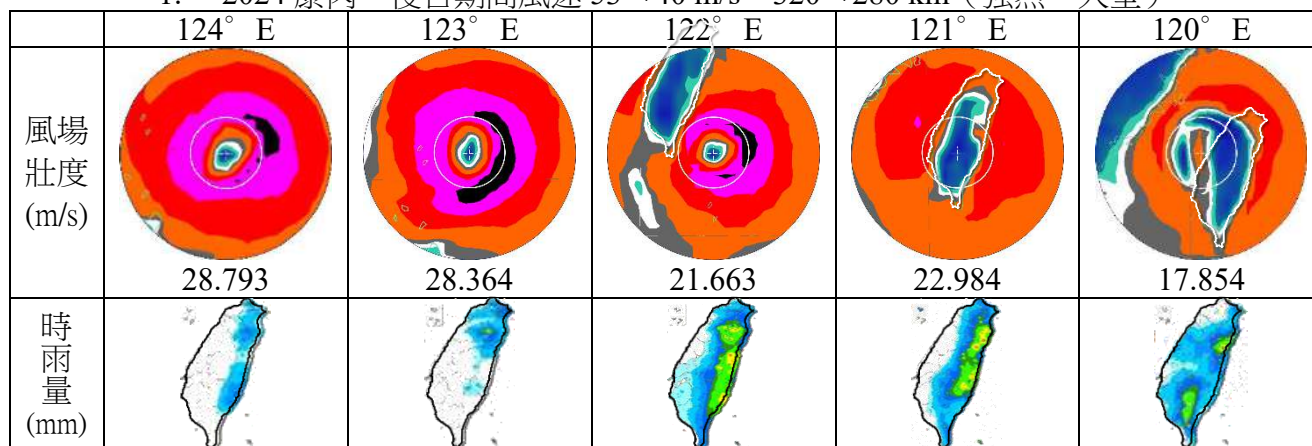
發現：2 號路徑的侵台颱風降雨集中在迎風面（台灣東北側轉變成西南側）；

從 122° E→120° E 過山的過程，壯度明顯下降，內核、外核均受到破壞。

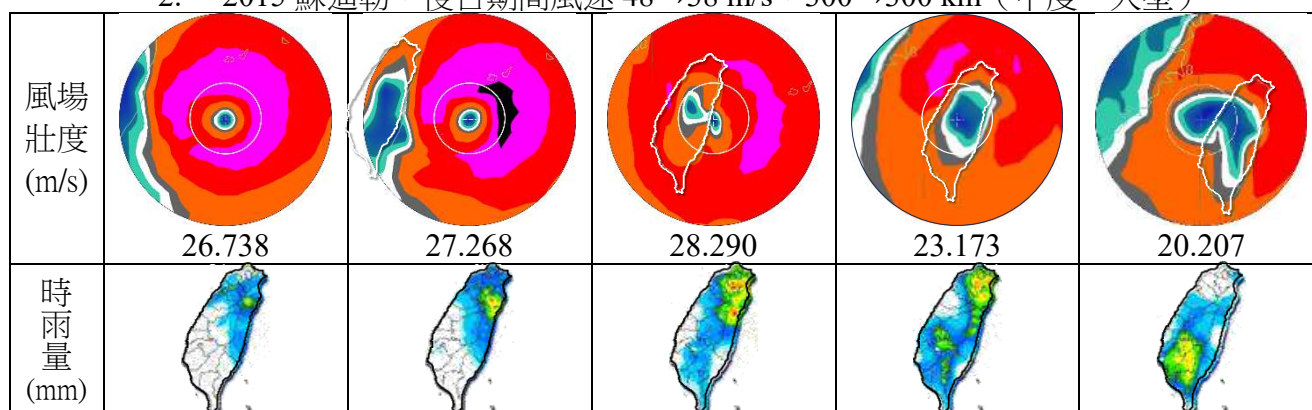


## (二) 侵台 3 號路徑颱風

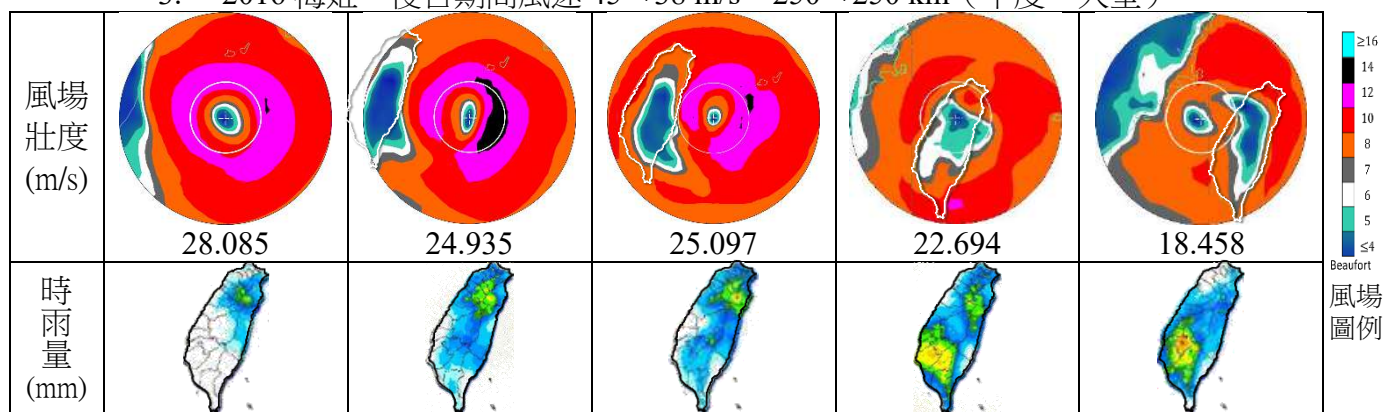
1. 2024 康芮，侵台期間風速 53→40 m/s，320→280 km（強烈。大型）



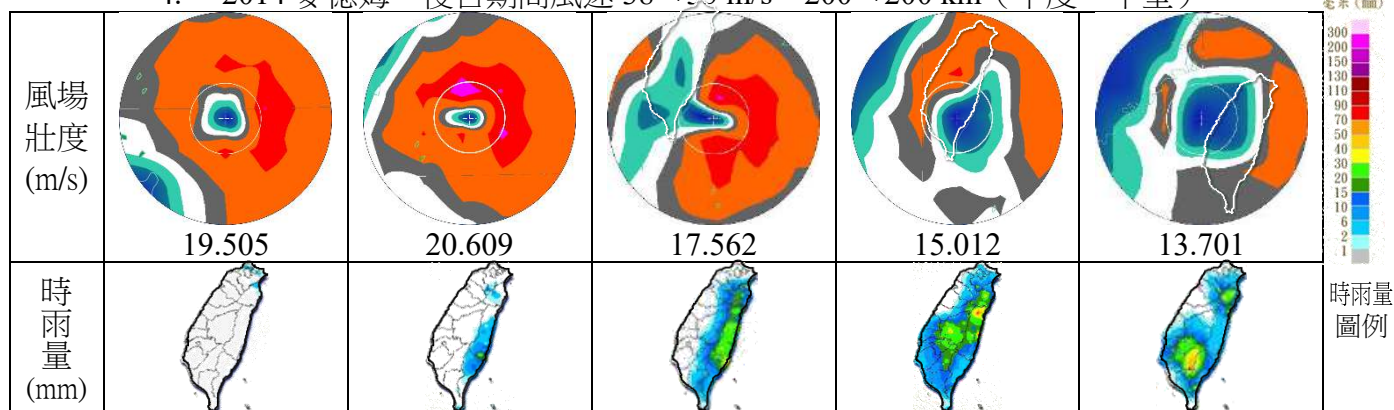
2. 2015 蘇迪勒，侵台期間風速 48→38 m/s，300→300 km（中度。大型）



3. 2016 梅姬，侵台期間風速 45→38 m/s，250→250 km（中度。大型）



4. 2014 麥德姆，侵台期間風速 38→33 m/s，200→200 km（中度。中型）

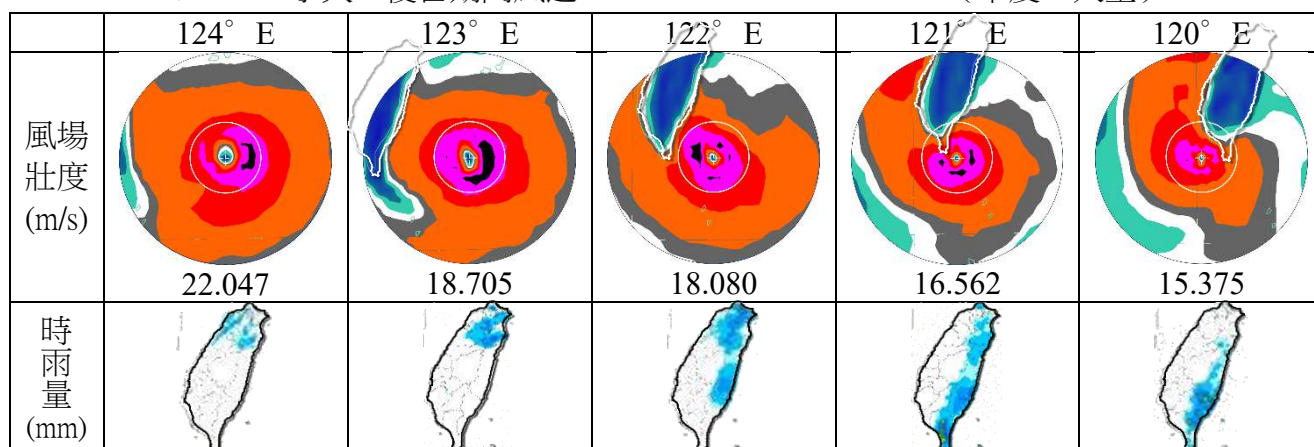


發現：3 號路徑的侵台颱風降雨集中在迎風面（東側轉為西南側）；從 124° E→120° E 過山的過程，壯度明顯下降，內核受到嚴重破壞，環流尚能維持。

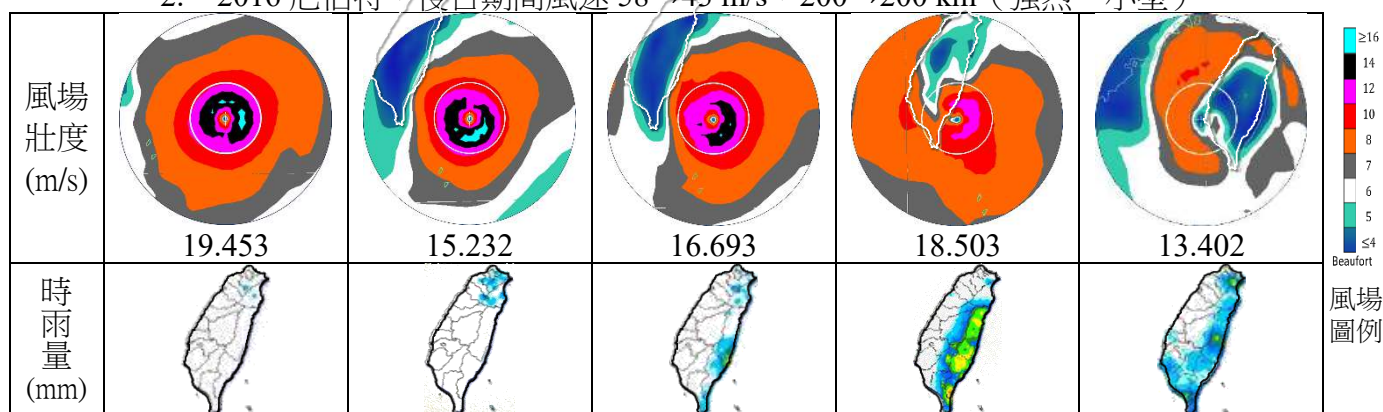


### (三) 侵台 4 號路徑颱風

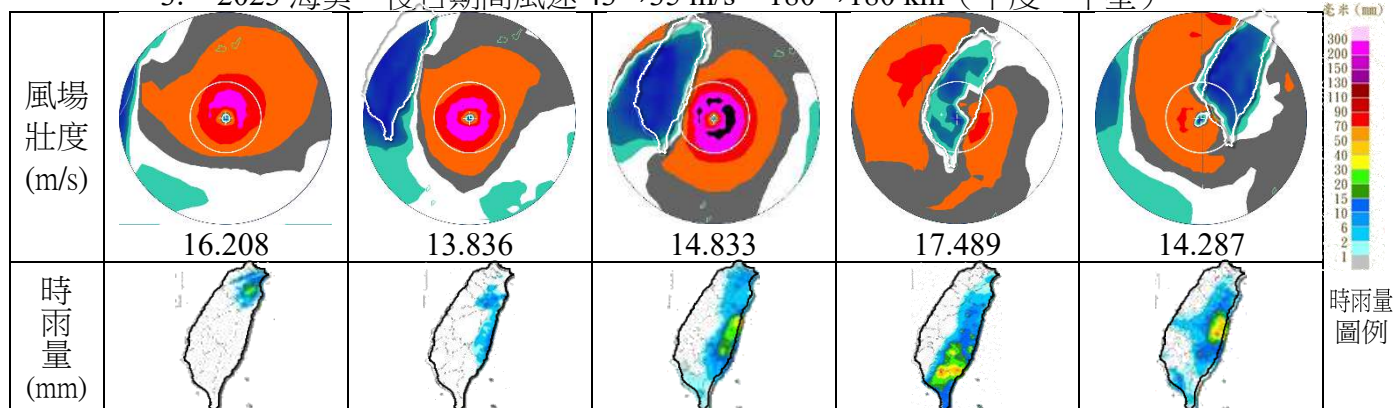
1. 2023 小犬，侵台期間風速 48→40 m/s，250→250 km（中度。大型）



2. 2016 尼伯特，侵台期間風速 58→43 m/s，200→200 km（強烈。小型）

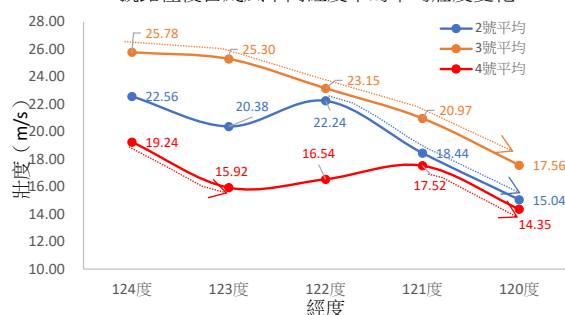


3. 2023 海葵，侵台期間風速 43→35 m/s，180→180 km（中度。中型）



發現：4 號路徑的侵台颱風降雨集中在東部迎風面；從 124° E→123° E、121° E→120° E 的過程，壯度下降，僅小犬颱風因登陸地點偏南，內核仍完整，其餘颱風內核消失，台灣海峽狹管效應帶來的強風，使風場變成 6 字形。

2.3.4 號路徑侵台颱風不同經度下的平均壯度變化



分析三種侵台颱風的壯度變化發現：

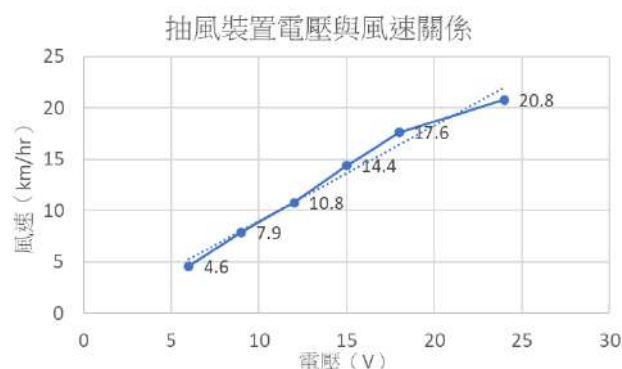
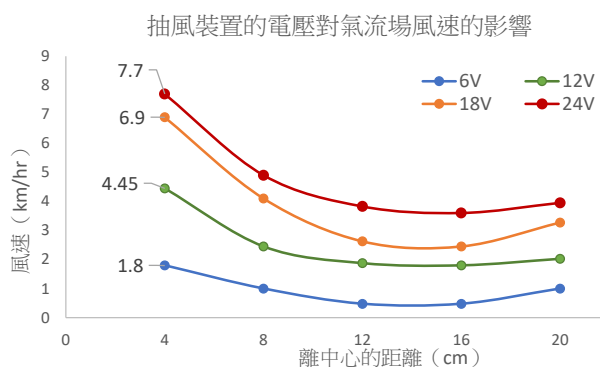
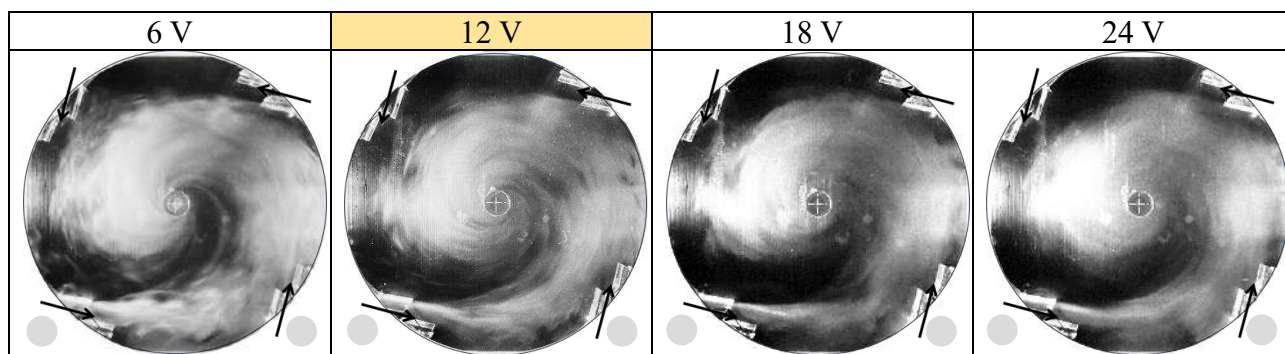
2 號路徑的颱風，颱風過山後壯度顯著下降

3 號路徑的颱風，侵台期間壯度皆穩定下降

4 號路徑的颱風，過山前壯度先下降，之後趨緩，然後再下降。

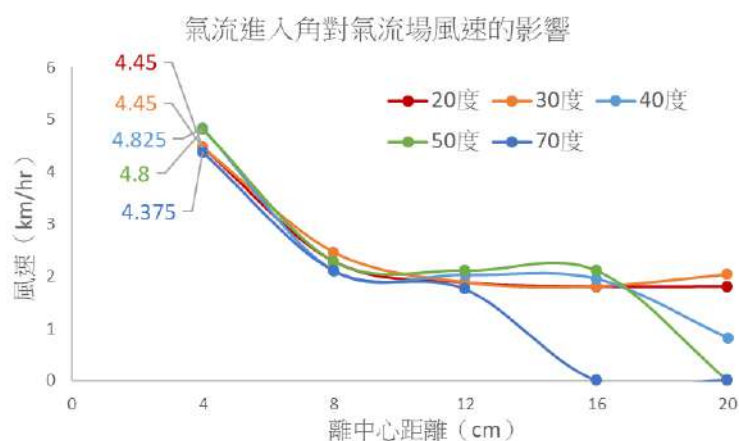
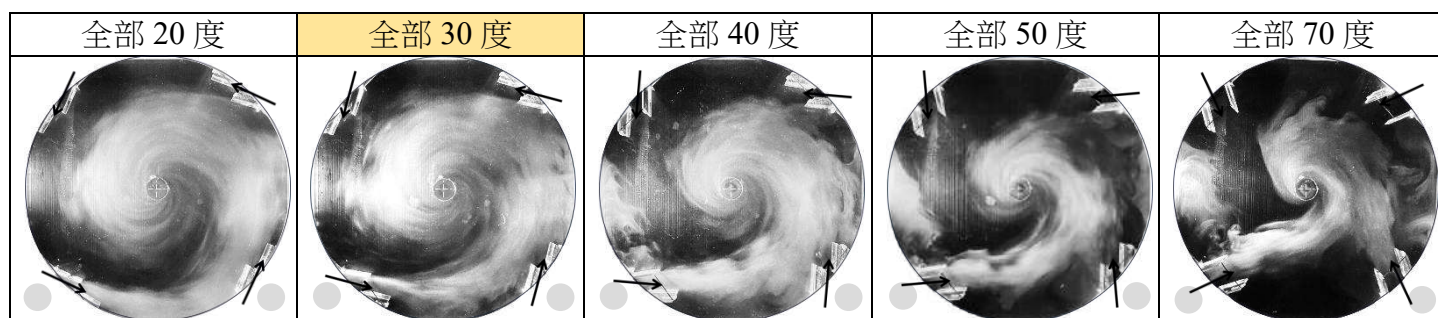
#### 四、利用氣流場模型模擬不同規模的颱風及對台影響

##### (一) 改變中心風速（電壓）對氣流場規模的影響（四氣流進入角均為 $30^\circ$ ）

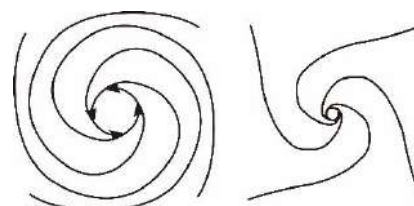


發現：改變電壓直接影響到抽風裝置風速，亦改變風場集中程度，電壓越強外圍雲系繞行越快，風場規模越大；電壓越小外圍雲系移動較慢，照片亦較清楚。

##### (二) 改變氣流進入角對氣流場規模的影響（中心電壓都是 12 V）

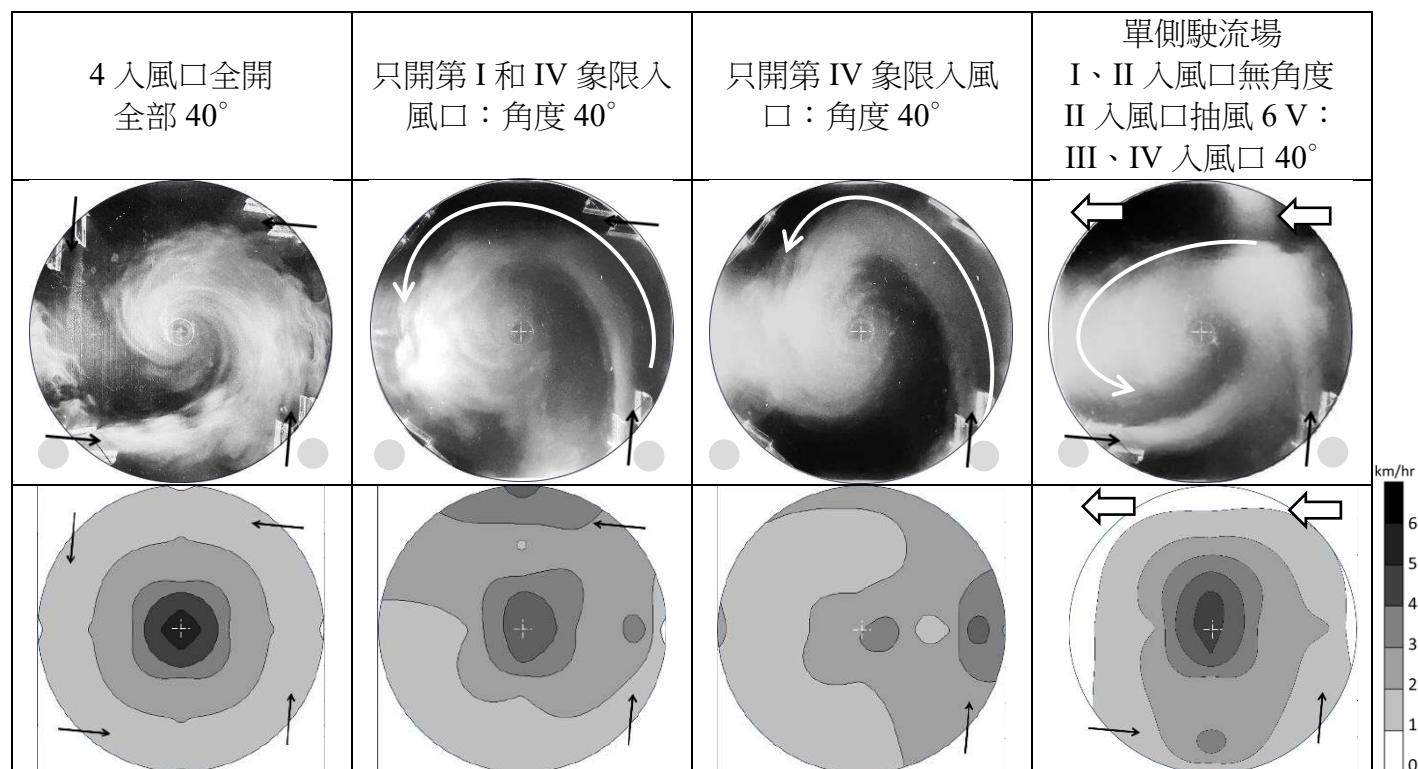


發現：氣流進入角度越小，風場規模越大；氣流進入角度越大，風場越集中。但中心風速差異不大。



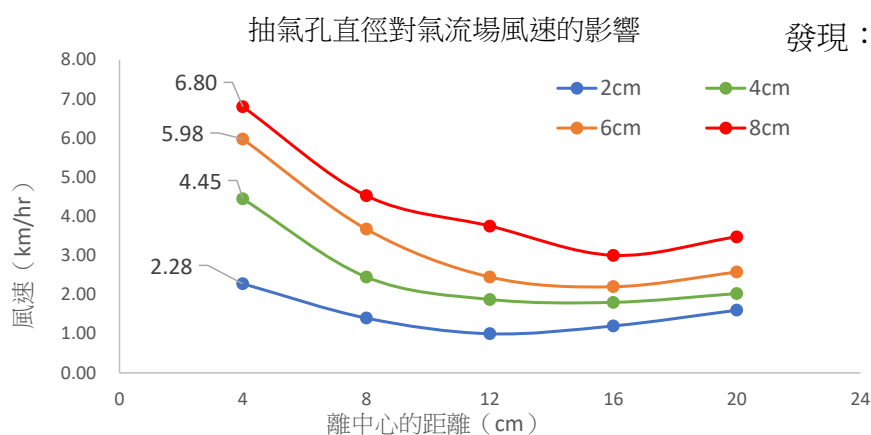
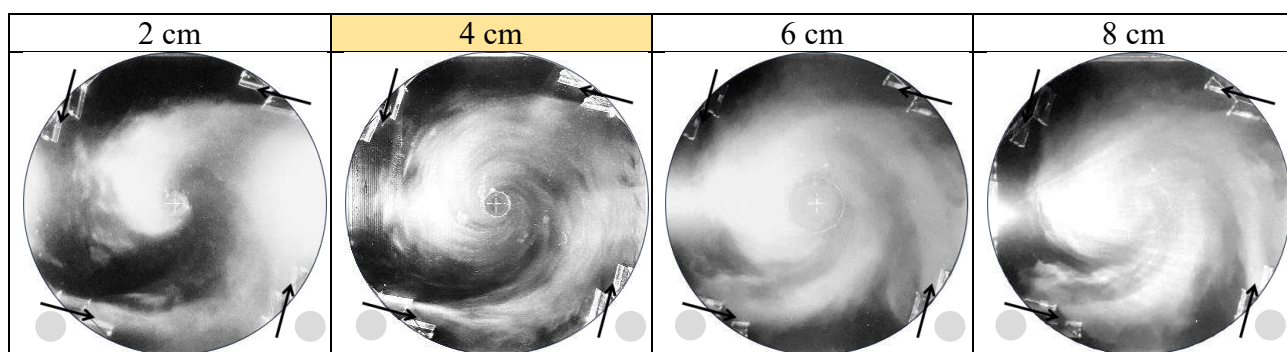


### (三) 改變入風口對氣流場對稱性的影響



發現：4 個入風口全開風場較為對稱，只開 1 或 2 個入風口的風場較小且不對稱，類似小型颱風的風場結構；我們也藉由開 2 個入風口並在第 II 象限入風口抽氣模擬不對稱颱風的單側強風，結果也類似分析結果的風場結構。

### (四) 改變抽氣孔直徑對氣流場規模的影響（中心電壓都是 12 V）

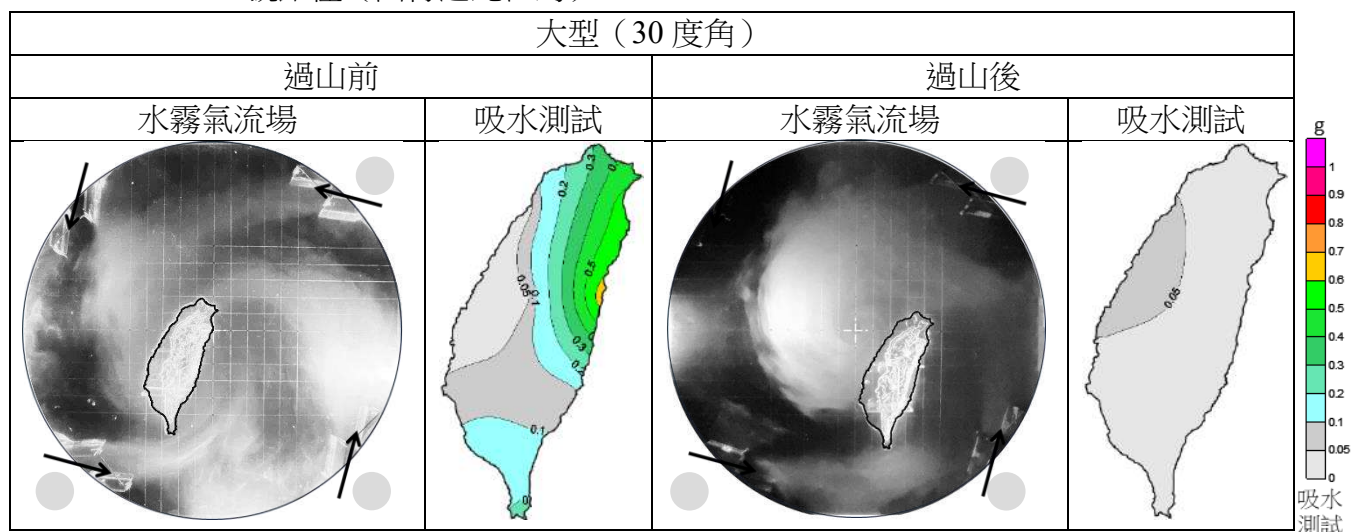


發現：抽氣孔直徑越大，風速較強、風場規模也較大，而抽氣孔直徑小則會導致風場很集中。

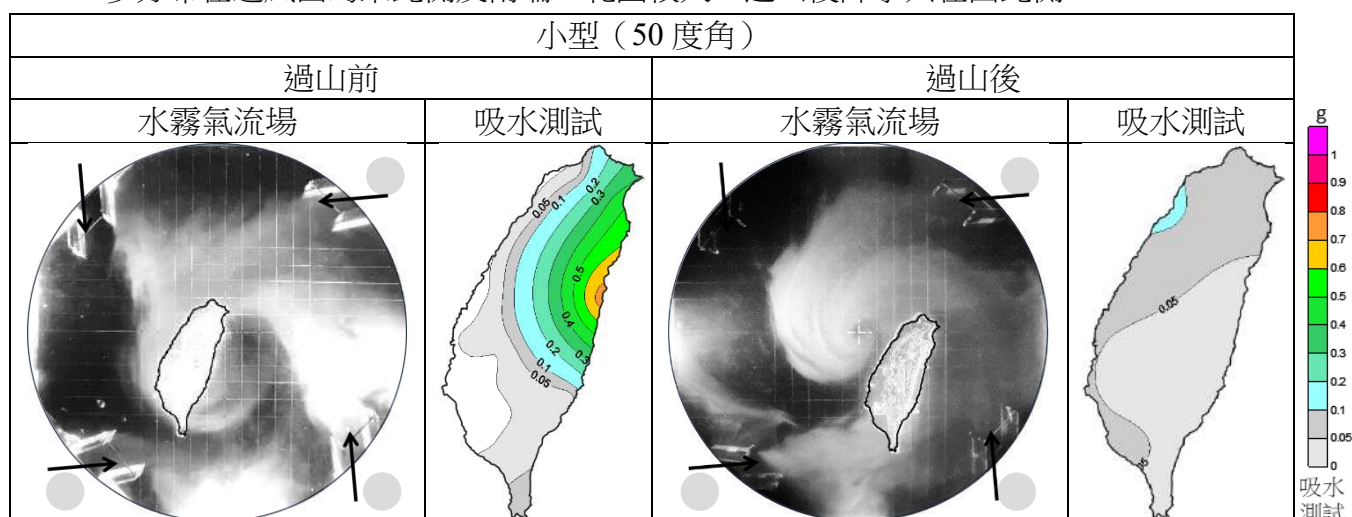
(五) 加入台灣地形障礙物模擬不同規模的西行侵台颱風

電壓 12 V，抽氣孔直徑 4 cm，4 個入風口全開，以**改變氣流進入角模擬不同規模的颱風**並以木漿棉吸水性測試模擬降水分布。

1. 2 號路徑（西行過北台灣）

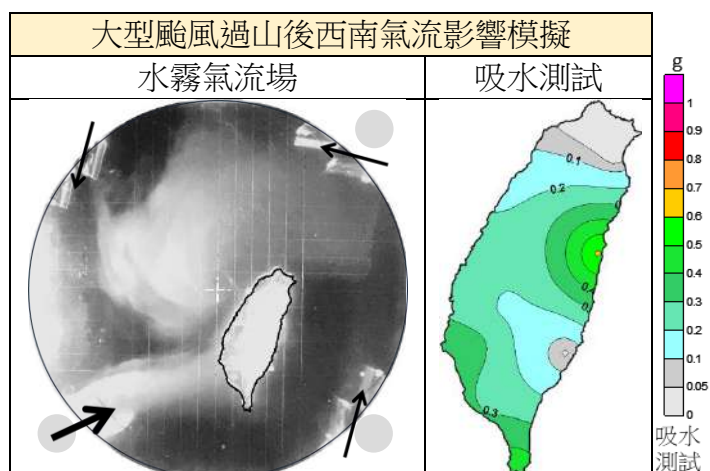


發現：模擬 2 號路徑大型颱風風場，在過山前氣流呈繞台情形，以吸水測試模擬降水範圍，多分布在迎風面的東北側及南端，範圍較大。過山後降水只在西北側。

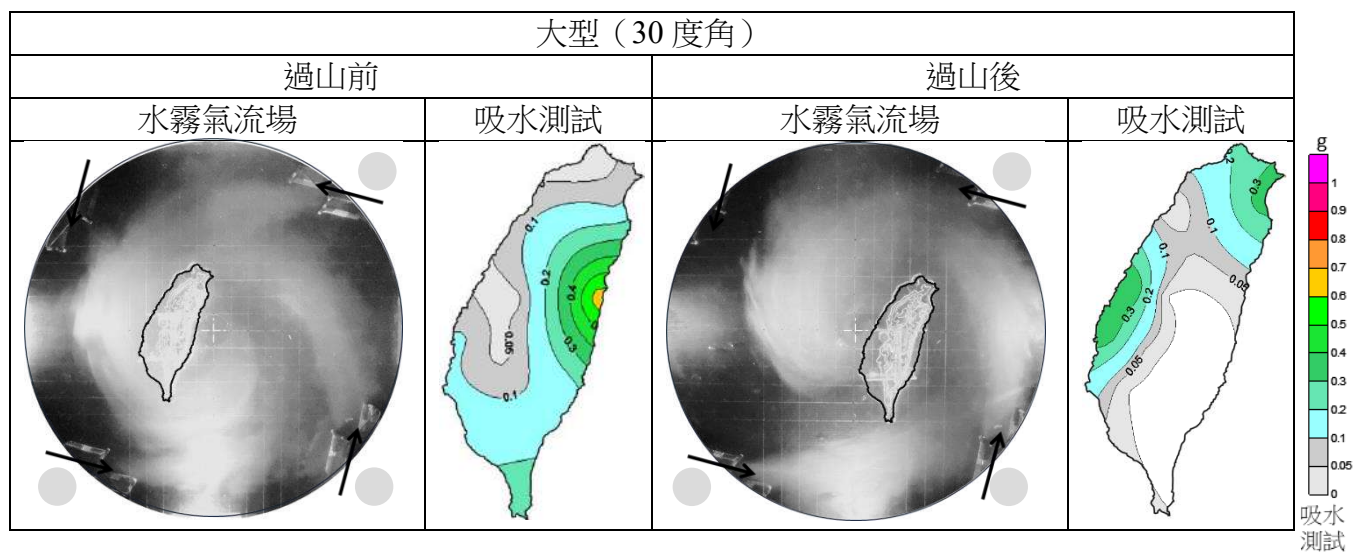


發現：模擬 2 號路徑小型颱風風場，過山前風場及降水範圍均較集中；過山後降水集中在西北側。

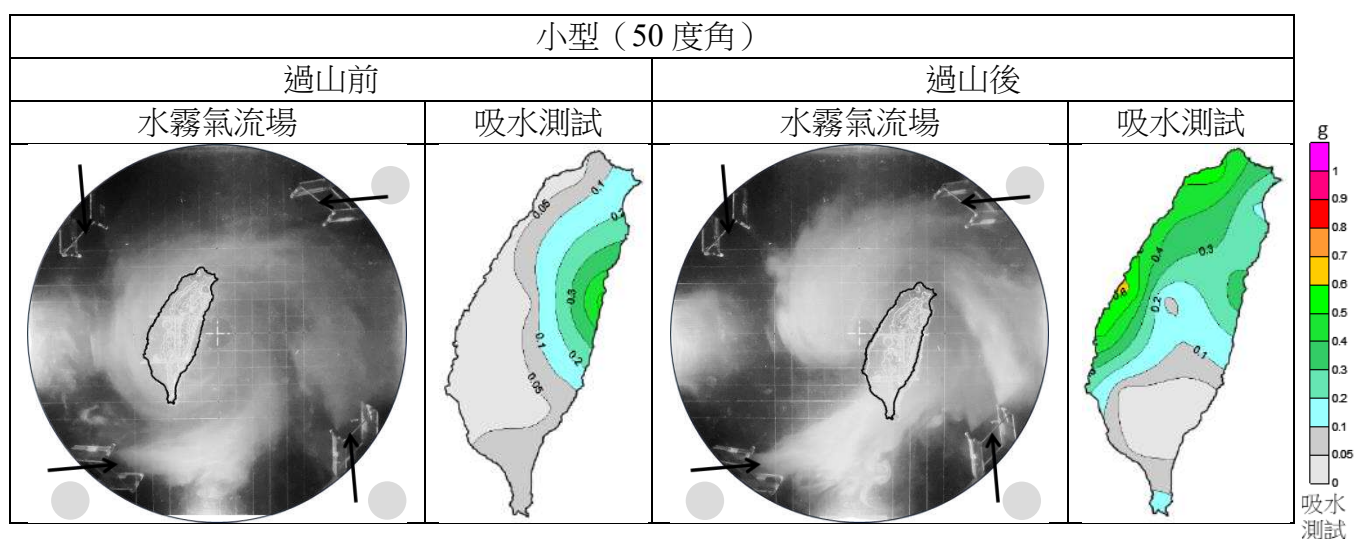
根據中央氣象署資料，二號路徑的颱風最常發生西南氣流引發暴雨，我們分析發現，此類颱風往往規模大、西南側西南季風極強，氣流進入角也大；我們將此側入風口調整成 70 度，通氣量提高為他側的兩倍，在降水模擬部分出現西南側累積情形，但雨量累積在平地，與實際情形仍有差別。



## 2. 3 號路徑（西行過中台灣）



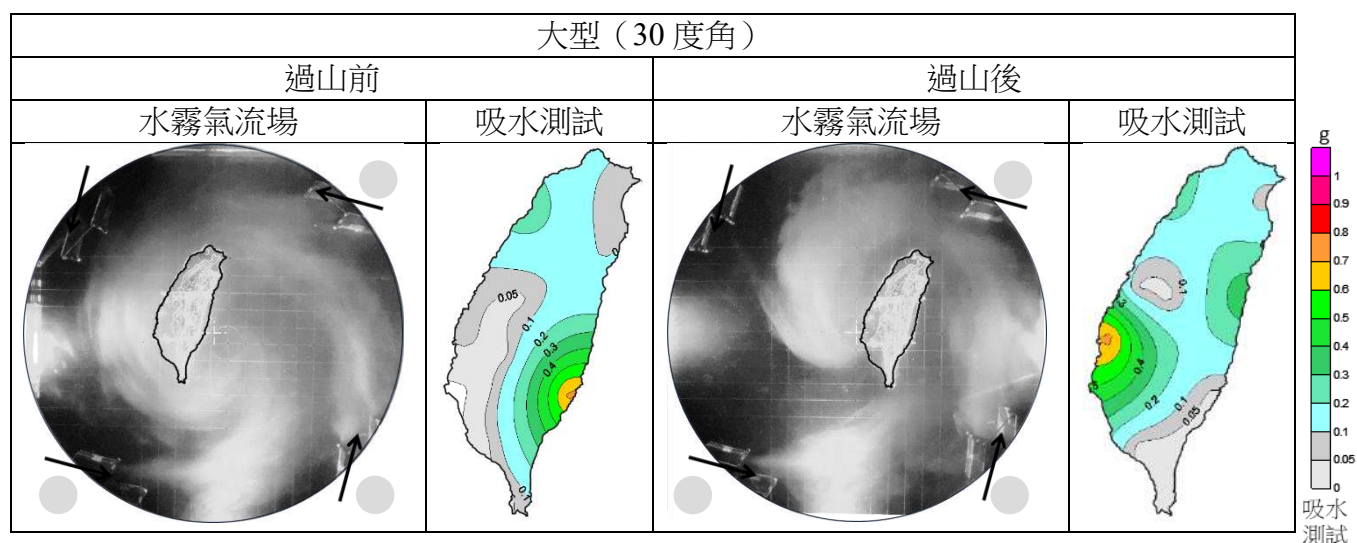
發現：模擬 3 號路徑大型颱風風場，過山前大型降水範圍較廣，尤其東側較明顯，過山後西側與東北側迎風面有些許降水。



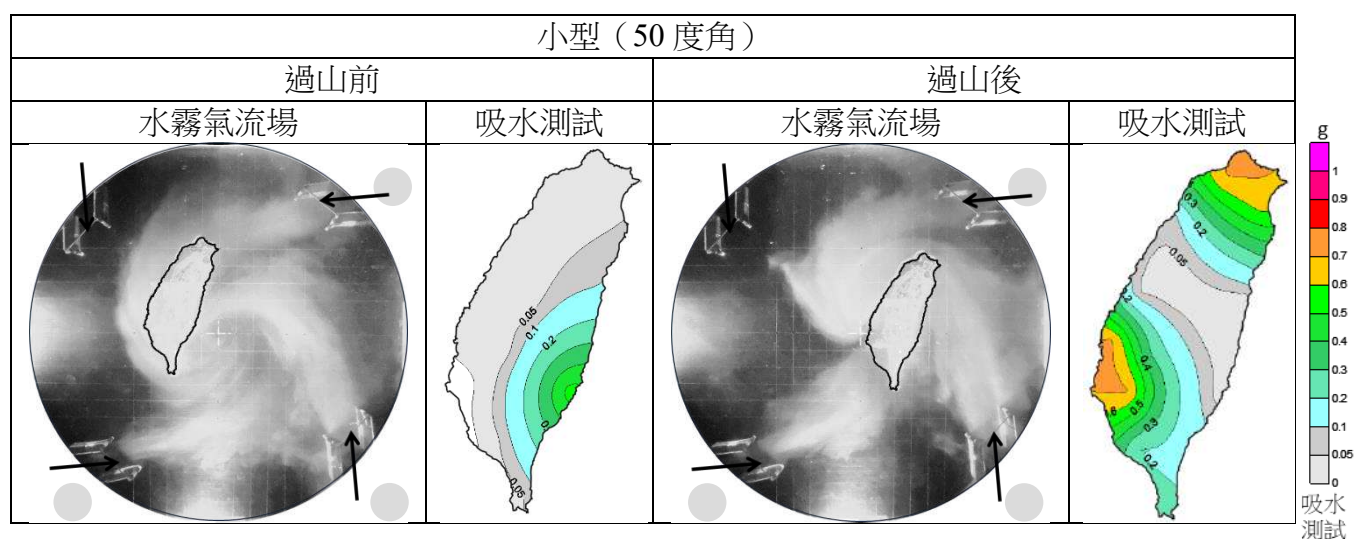
發現：模擬 3 號路徑小型颱風風場，風場較集中，在過山前降水也相對集中於東部地區；過山後，因氣流進入角與地形配合，降水於西部地區中部以北大量累積。



### 3. 4 號路徑（西行過南台灣）



發現：4 號路徑大型颱風風場，過山前降水區域多在東南部，而過山後全台都有降水但多集中於西南部。



發現：模擬 4 號路徑小型颱風風場，風場較為集中的颱風，降水多在東南側迎風面，過山後與過山前降水分布有明顯差異，颱風迎風面的西南側與東北側通常雨量較多。

結論：與實際案例相比較，相同點為：颱風規模越大，降水範圍普遍較大，且發生於迎風面，但過山後，小型颱風的降水會比大型颱風更顯著，推測颱風過山後壯度顯著下降，周圍地形環境影響下，氣流進入角變大、暴風半徑變小。因此，過山後以小型颱風模擬會更接近實際狀況。

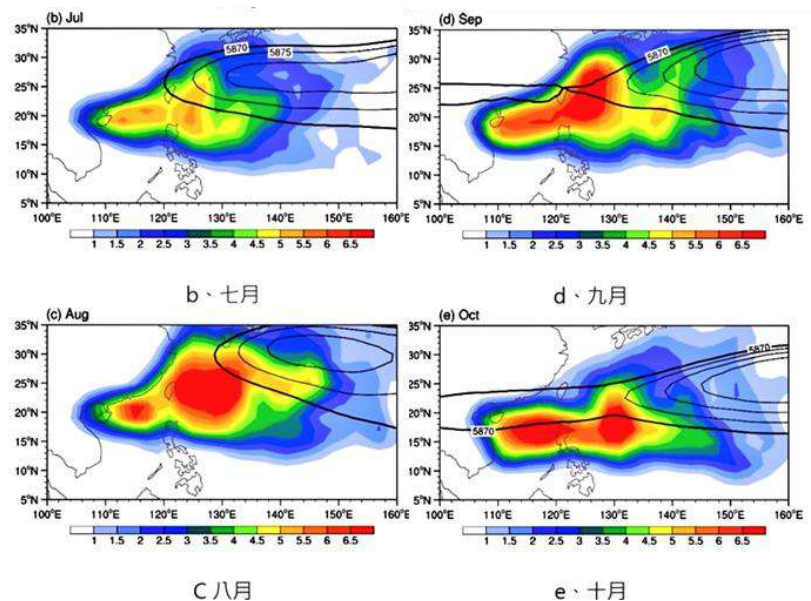
## 伍、討論

颱風是台灣常見的天然災害，暴風半徑的大小常影響災害嚴重程度，然而不同颱風大小與哪些因素有關，仍值得探討。在本研究中，我們探討了颱風強度、生成月份、生成位置、路徑及發展歷程與半徑的關係，計算「壯度」探討對暴風半徑變化的關係，並輔以模擬實驗加以佐證。

### 一、影響颱風暴風半徑大小的因素分析：

本研究根據中央氣象署的標準分析颱風強度、生成月份、生命週期、生成位置及路徑與七級風暴風半徑之間的關聯。結果顯示，強度越強、生命週期越長的颱風通常具有較大暴風半徑，因為颱風在海洋上吸收的熱能會影響其強度與規模。然而，也有部分強烈颱風暴風半徑較小，或強度較弱的颱風暴風半徑卻較廣。為了更加清楚定義颱風大小，我們將輕度、中度及強烈颱風，各自的平均暴風半徑加一個標準差以上作為界定「大型」（比 85% 颱風大）；平均暴風半徑加減一個標準差定義為「小型」（為半徑最小的 15%）。

從颱風的生成月份我們發現，7 至 9 月的颱風數量最多，但強度不強，半徑也不大。相較之下，10 月份的颱風雖然數量較少，但平均強度最強，暴風半徑也最大，顯示颱風隨季節環境轉換變化。涂建翊（2025）指出，副熱帶高壓脊的位置會隨季節移動，夏季期間，副高的西側脊線明顯北移，勢力範圍東退；到了秋季，副高的西側脊線則往南偏移，勢力範圍向西擴展，使得颱風在西行過程中能夠持續增強，進一步導致較強且較大的颱風生成。11 月及 12 月生成的颱風，因副高壓脊位置偏南而無法北轉，只能持續向西移動，使暴風半徑的發展受限。



圖八、西北太平洋與南海海域，各月分之颱風通過頻率（彩色陰影）與 500（hPa）重力位高度場（等值線）分布觀察高壓脊季節變化（圖自涂建翊，台灣網路科教館生活知識補給站，2025）

颱風的生成位置同樣影響其強度與規模，生成位置越靠西，越接近陸地的颱風則強度與半徑均較小，生成位置越東的颱風，通常有更長的發展距離，加上夏季台灣與菲律賓以東常有季風低壓，颱風常在此區域發展與北轉，擴大暴風半徑。李清勝等（2016）指出，季風環流圈內生成的氣旋較大；方偉庭（2008）也提到，在熱帶氣旋發展至熱帶風暴（TS）強度期間，若氣旋南側有明顯西南風，則更易發展為大型氣旋。

我們也發現，強烈小型颱風多向西行進，通過菲律賓後易減弱或消散。中度與輕度颱風的路徑也有差異，輕度小型颱風壽命最短，常在兩天內消亡。由此推測，颱風在西行時常增強，而是否北轉，則影響其暴風半徑是否持續擴大。

## 二、壯度計算：

本研究的「壯度」概念主要參考周昆炫等（2018），定義為颱風中心向外 300 公里內的平均風速，用以反映颱風風場的規模與結構。我們開發新的壯度計算方法，結果與原算法一致性高（ $r^2 > 0.95$ ）。觀察顯示，風場的大小與對稱性往比最高風速更影響壯度表現；若半徑最大時正處陸地邊緣，也可能導致壯度低估。此外，大型颱風多在減弱、北轉階段半徑才擴大；小型颱風則可能在半徑穩定時，強度仍持續增強。

我們也比較了颱風侵台前後的壯度變化。西行侵台的多為中大型颱風，且壯度大的颱風因風場完整、結構穩定，較不易受地形破壞，登陸後壯度變化小，降雨分布亦較均勻；相對地，壯度小的颱風結構鬆散，受地形干擾程度高，壯度下降快，降雨也較集中。此外，2 號路徑颱風因橫越中央山脈後又接觸中國大陸，壯度下降幅度最大；4 號路徑颱風則在登陸前即遭受破壞，反而在進入台灣海峽後獲得氣流補注，風場呈現「6 字型」變化。

## 三、霧化水分子氣流場颱風模擬裝置：

我們改良郭宜玟等（2015）提出的氣流場實驗模型，模擬不同規模颱風的風場與路徑變化。其原模型氣流場長寬 40 公分，厚度達 14 公分，這與實際颱風垂直尺度落差過大。我們擴大氣流場長寬至 50 公分，將厚度縮減至 2 公分，使氣流更穩定且比例更接近實際颱風（最高約 15~20 公里、寬數百公里）。同時增加造霧器數量，使霧量充足，能顯示風向與模擬雨量變化。我們也參考林伯羽等（2025）探討颱風與季風互動的設計，在水槽中加入正八邊形結構與可調角度的引流板，以測試不同導引角度對風場的影響。

在觀測方面，我們發現兩片光柵片重疊可讓光均勻照射氣流場；另以手電筒搭配光柵片照射水霧較少區域，可清楚呈現旋臂移動軌跡。整體模型在比例與動力結構上盡量模擬真實颱風，但我們也理解，本模型只是一個動力模型，而真實颱風仍包含熱力學作用，需留待日後進一步發展。

#### 四、 颱風侵台吸水測試：

為驗證颱風侵台前後的降雨變化，我們設計結合霧化水分子氣流場與吸水材料的實驗，嘗試模擬不同區域的累積雨量。我們發現「木漿棉」具有吸水膨脹並增加重量的特性，適合用來呈現水氣分布與模擬降雨效果。此為我們本研究的一項創新設計，嘗試將氣流與降雨表現結合，並進一步評估風場結構與地形交互下的雨量變化。

根據林雨我等（1988）指出，颱風降雨受路徑與地形影響甚鉅，迎風面與背風面差異明顯。因此，我們針對 2、3、4 號這類西行侵台颱風進行模擬，並在台灣模型上設置 12 個木漿棉測試點，分布於不同區域，以觀察各地降水量的變化。

實驗結果顯示，小型颱風過山後降水集中度明顯高於大型颱風，可能因風場小、能量集中所致；大型颱風雖風場廣大，但降水分布較為均勻。惟本實驗尚無法模擬周邊國家地形對氣流的干擾，後續將進一步調整模型。此外，實際颱風降雨機制尚包括地形抬升、潛熱釋放等熱力過程，甚至可能回過頭影響颱風結構，這部分也將是我們未來重點探討方向。

#### 五、 未來展望：

本研究期望未來能將壯度與風場結構的分析，應用於天氣預報與災害防治上，特別是在颱風生成初期，根據其生成月份、位置與可能路徑，預測其強度、風場規模與對台灣的雨量累積潛勢，作為提早部署的依據。同時，未來亦可進一步優化模擬模型，例如納入熱力機制、地形效應與環流變化，提升氣流與降水模擬的真實性。若能結合觀測數據與機器學習技術，有望建立更具準確性的風雨災害預警系統，強化台灣面對颱風災害的整體應變能力。

## 陸、結論

### 一、颱風案例分析結果（統整見表一）：

- （一） 颱風的巔峰七級風半徑 $<150\text{ km}$ 的颱風多為輕度颱風；暴風半徑介於 $150\sim250\text{ km}$ 的颱風，多為中度颱風，暴風半徑 $>250\text{ km}$ 的颱風，多為強烈颱風。颱風風速越強，暴風半徑越大。我們依照颱風的強度定義颱風的大小型，以利後續描述。
  - 1. 強烈颱風：大型 $\geq 300\text{ km}$ ；小型 $\leq 200\text{ km}$
  - 2. 中度颱風：大型 $\geq 250\text{ km}$ ；小型 $\leq 150\text{ km}$
  - 3. 輕度颱風：大型 $\geq 150\text{ km}$ ；小型 $\leq 80\text{ km}$
- （二） 颱風生命週期越長，半徑越大，因為在海洋上吸收熱能的時間會影響颱風半徑大小。此外，越強的颱風生命週期也越長。
- （三） 10月份的颱風，平均半徑最大，風速也最強；7月、8月份的颱風數雖多，但小型且弱的颱風亦多。
- （四） 颱風的強度與大小變化與大氣環境的週期性變化有關。
- （五） 輕、中度颱風好發於8~9月，強烈颱風則是9~11月，且小型颱風出現的時間會比大型颱風晚一點。
- （六） 颱風生成位置越東、強度也越強，半徑也較大（ $145\sim155^{\circ}\text{E}$ ）；生成位置接近陸地的颱風，強度較弱、半徑也較小。
- （七） 颱風西行距離與時間是其增強的關鍵因素，北行則決定其暴風半徑是否能夠進一步增大。
- （八） 大型颱風多以強度先達到巔峰，強度減弱後半徑再擴大；小型颱風大多半徑維持但強度持續增強。

### 二、颱風壯度與氣流進入角之分析與趨勢：

- （一） 大型颱風壯度普遍較大，風場較對稱，氣流進入角普遍偏小、大多東北側較強。
- （二） 小型颱風壯度普遍較小，風場通常集中、不對稱，常有環境風場帶來的單側強風（北側或西側），氣流進入角常有一或兩個象限角度大。
- （三） 颱風的壯度與颱風暴風半徑的相關性較高，與最大風速的相關性較低。



表一、本研究整理之大型與小型颱風的生成條件

|      | 強度 | 生命週期 | 生成月份                              | 生成位置 | 路徑                        | 發展歷程         | 壯度 | 氣流進入角                        |
|------|----|------|-----------------------------------|------|---------------------------|--------------|----|------------------------------|
| 大型颱風 | 較強 | 較長   | 強烈：9~10 月<br>中度：8 月<br>輕度：8 月     | 偏東   | 先西行再北行                    | 先變強，減弱後半徑再擴大 | 較大 | 較小、風場較對稱                     |
| 小型颱風 | 較弱 | 較短   | 強烈：8, 10~11 月<br>中度：9 月<br>輕度：9 月 | 偏西   | 強烈：大多西行<br>輕中度：生命週期短，靠近陸地 | 半徑固定但強度持續增強  | 較小 | 較大，有 1 或 2 象限氣流進入角特別大，風場較不對稱 |

### 三、侵台颱風壯度及雨量分析（統整見表二）：

#### （一）各路徑過山前後變化：

1. 2 號路徑的侵台颱風降雨集中在迎風面，過山後壯度明顯下降。
2. 3 號路徑的侵台颱風，壯度明顯下降，但環流尚能維持。
3. 4 號路徑的侵台颱風過山前壯度先下降，之後趨緩，過山後再下降，且風場呈 6 的形狀。

#### （二）較大型的颱風，在侵台時造成的降雨量會較均勻；較小型的颱風受到山脈影響幅度大，容易造成迎風面局部大量降雨。

#### （三）侵台颱風多為中大型。2013 年至 2024 年間，侵台颱風符合我們所定義的小型颱風標準只有一個（2016 尼伯特）。

表二、本研究整理之西行侵台颱風，侵台期間的風場壯度及時雨量變化

|          | 風場及壯度   | 時雨量                              |
|----------|---|----------------------------------|
| 侵台 2 號路徑 | 過山後（122→120°E），壯度明顯下降                               | 過山前：東北側迎風面降雨明顯<br>過山後：西南側迎風面降雨明顯 |
| 侵台 3 號路徑 | 侵台期間（124→120°E）壯度明顯下降，環流尚能維持                        | 過山前：東側迎風面降雨明顯<br>過山後：西南側迎風面降雨明顯  |
| 侵台 4 號路徑 | 過山前壯度先下降（124→123°E），之後趨緩，然後再下降（121→120°E），風場變成 6 字形 | 過山前：東側迎風面降雨明顯<br>過山後：東側迎風面降雨明顯   |

### 四、氣流場實驗模擬結果：

- （一）改變實驗中抽風裝置電壓、引流板角度、抽風口直徑及入風口數量，都能夠影響風速、風場規模與對稱性（見表三）。
- （二）氣流進入角越小，風場越大，而氣流進入角越大，風場越集中，且中心風速接近，故以改變角度模擬中心風速接近但不同規模的颱風效果最好。

表三、改變氣流場模型各項變因以模擬不同大小的颱風

| 變因    | 影響   |
|-------|--|
| 電壓    | 電壓越大，風場規模越大  |
| 氣流進入角 | 氣流進入角越小，風場規模越大；氣流進入角越大，風場規模越小                            |
| 入風口   | 4 入風口全開最對稱，開 2 或 1 入風口不對稱<br>將其中一側入風口抽氣亦可模擬單側強風造成的風場不對稱性 |
| 抽氣孔直徑 | 抽氣孔越大，風場規模越大   |

- (三) 大型颱風風場範圍大，氣流較可以繞過整個台灣；小型颱風風場範圍較小，氣流無法繞山（見表四）。
- (四) 吸水測試中，迎風側累積雨量較多，大型颱風造成累積降水量較為均勻；小型颱風則降水集中且大量（見表四）。
- (五) 過山後颱風規模變小，模擬小型颱風降水實驗較符合實際狀況（見表四）。

表四、模擬不同規模的西行颱風的風場及降水量累積情形

| 變因  | 過山前  |  | 過山後 |                             |
|---|------|--|-----|-----------------------------|
| 模擬侵台 2 號路徑  | 大型   | 氣流繞台，雲系寬闊，<br>降水範圍大，<br>分布在東北側及南端                | 大型  | 氣流繞台，雲系較寬闊，<br>降水主要在西北側     |
|   | 小型   | 風場集中，雲系較窄，<br>降水範圍集中在東北側                         | 小型  | 雲系較窄，降水主要在西北側               |
|   | 西南氣流 | 調整西南側象限入風口角度，提高通氣量可模擬西南氣流，但降水範圍分布在沿海，與實際雨區分布仍有差別 |     |                             |
| 模擬侵台 3 號路徑  | 大型   | 氣流繞台，雲系寬闊，<br>降水範圍大，分布在東側，                       | 大型  | 雲系較寬闊，降水主要在西側及東北側           |
|   | 小型   | 風場集中，雲系較窄，<br>降水範圍集中在東側                          | 小型  | 雲系較窄，氣流進入角與地形配合使降水集中於西側中部以北 |
| 模擬侵台 4 號路徑  | 大型   | 雲系寬闊繞台，<br>降水範圍大，分布在東南側                          | 大型  | 雲系較寬闊，降水範圍分布在西南側            |
|   | 小型   | 雲系較窄，<br>降水集中在東南側                                | 小型  | 雲系較窄，雨區主要在西南側及東北側           |
| <p>結論：大型颱風風場範圍大，氣流較可以繞過整個台灣。過山前，降水範圍較大；<br/>         小型颱風風場範圍小，氣流無法繞山，降水集中。<u>過山後颱風規模變小，氣流進入角與地形配合，小型颱風降水模擬實驗較符合實際狀況。</u></p> |      |  |     |                             |

## 柒、參考文獻

1. 中央氣象署颱風資料庫 [https://rdc28.cwa.gov.tw/TDB/public/warning\\_typhoon\\_list/](https://rdc28.cwa.gov.tw/TDB/public/warning_typhoon_list/)
2. 大氣科學研究與應用資料庫 <https://asrad.pccu.edu.tw/dbar/>
3. 視覺化數值模擬網站 Earth.nullschool <https://earth.nullschool.net/>
4. Weatherford, C. L., & W. M. Gray. (1988) Typhoon structure as revealed by aircraft reconnaissance. Part I: Data analysis and climatology. *Mon. Wea. Rev.*, 116, 1032–1043.
5. 林雨我、徐晉淮（1988）侵襲台灣颱風之降雨分佈研究。氣象學報。34 (3): 196-215。
6. 方偉庭（2008）西北太平洋颱風暴風半徑之分析。國立台灣大學大氣科學系碩士論文。91 pp。
7. 郭宜玟、江怡臻、吳昱輝（2015）凌「雲」馭「風」—以霧化水分子氣流場模型，模擬颱風在不同環境下的風場與路徑變化。第 55 屆全國科展地球科學科。
8. 李清勝、楊智堯、陳柏孚、謝宜桓（2016）季風環流圈環境下之熱帶氣旋形成初步研究。大氣科學。44（3）P. 265~288。
9. 周昆炫、吳聖宇、林書正（2018）颱風壯度與大小對台灣風雨之影響。大氣科學：46（3）222-246。
10. 黃玉涵、江妍慈（2024）旋風登台，引領流型—探討西行侵台颱風之流型變化與實驗模擬。2024 TISF 台灣國際科展地球環境科學科。
11. 涂建翊（2025）。從氣候觀點看颱風影響臺灣的頻率變化。台灣網路科教館生活知識補給站。地球科學類學習資源。<https://www.ntsec.edu.tw/>
12. 林伯羽、郭泳承（2025）「旋」機妙策—探討颱風與季風互動之螺旋式風場變化。2025 TISF 台灣國際科展地球與環境科學科。

## 【評語】 030501

本研究藉由氣流場模型搭配水霧以及不同抽風條件，探討影響颱風半徑的因子。報告內展示相當完整的數據統計，甚至也考慮了近期的丹娜絲颱風。加上室內的風場模擬，讓此研究結論有一定的可信度。雖然水霧流場與真正物理降雨機制有差異，但是口頭報告時也說明了尺度差異與相關限制，說明作者對於相關基本原理有一定瞭解之外，也展示該作者群的思考邏輯縝密，值得讚賞。



作品海報





# 極巨化 VS 小鋼炮

— 探討影響颱風暴風半徑之因素與模擬



# 壹、前言

2024年台灣連續受天兔、山陀兒、凱米及康芮等颱風侵襲，它們雖強度相近，暴風半徑卻有明顯差異，如天兔僅150公里、康芮則達320公里，這引發我們好奇，颱風的暴風半徑是否與各種環境因素有關呢？

本研究計算「壯度」指標，分析颱風風場結構，並參考文獻探討環境因素對風場的影響。為驗證分析結果，我們改良氣流場實驗模型（郭宜玟等，2015；林伯羽等，2025），加入台灣地形障礙物，並創新使用吸水材質「木漿棉」，模擬不同規模颱風的降雨分布。本研究結合觀測與實驗，探討影響颱風風場大小的關鍵條件，期望提升防災應變能力。

本研究目的如下：

- 一、分析影響颱風暴風半徑的因素
- 二、探討不同暴風半徑的颱風風場結構
- 三、分析不同半徑的西行侵台颱風風場變化及雨量累積情形
- 四、利用氣流場模型模擬不同規模的颱風及對台影響

# 貳、研究過程及方法

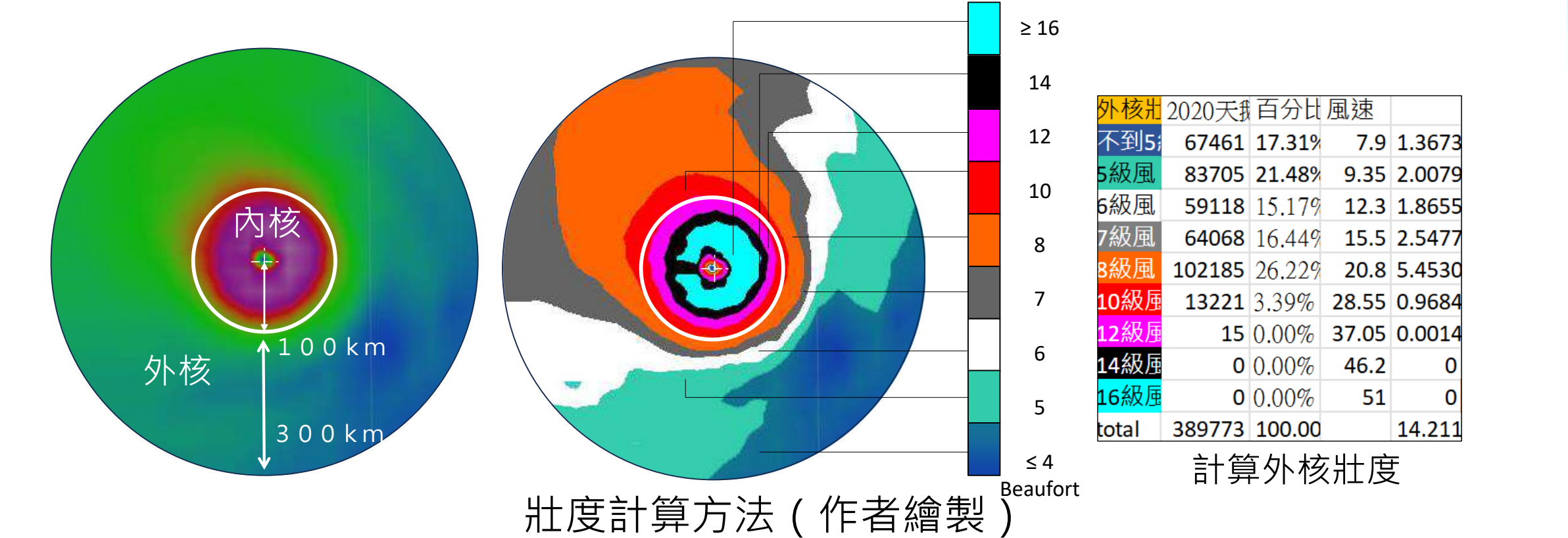
## 一、歷年颱風資料分析

- 資料來源：中央氣象署歷史颱風資料庫（CWA）、大氣科學應用與研究資料庫（ASRAD）、Earth.Nullschool視覺化數值模擬網站
- 分析2010至2024間，共358個颱風的最大風速、生命週期、生成月份、生成經緯度、路徑及發展歷程與暴風半徑的關係。

## 二、風場分析

- 篩選颱風案例，至Earth.Nullschool視覺化數值模擬網站，找出對應時間點，以ImageJ計算各風速範圍所占面積百分比x各風速中間值，求得「壯度」。此指「外核區（半徑100~300公里）」的壯度。

※壯度：自中心向外300公里半徑範圍內的平均風速（周昆炫等，2018），可代表颱風的風場規模及整體紮實程度。



- 氣流進入角：從Earth.Nullschool網站量取半徑300公里處的氣流與圓周切線夾角，我們量取東北、西北、西南、東南四個象限。

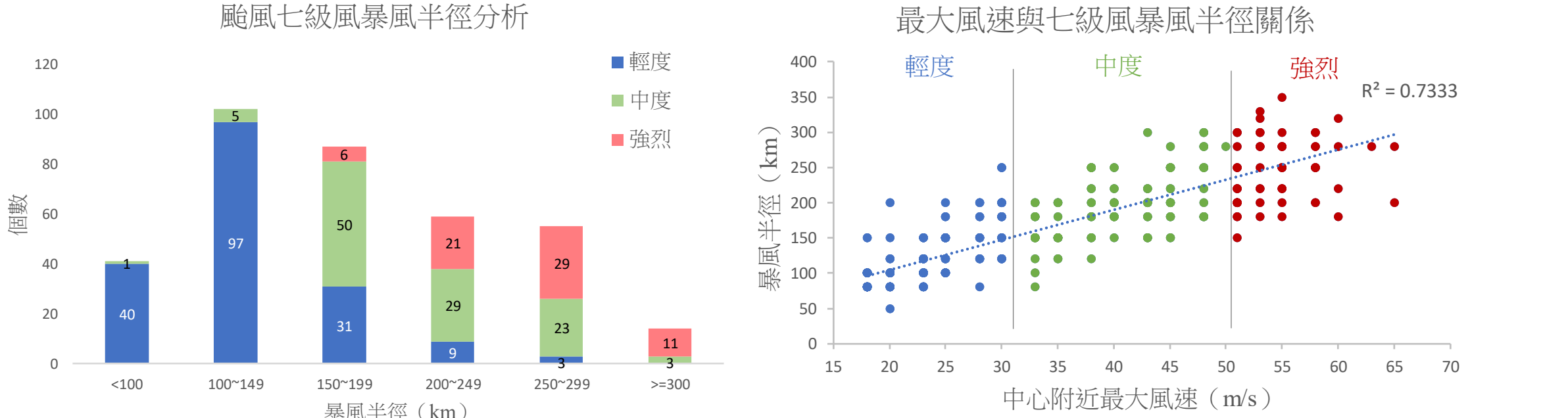
## 三、侵台颱風案例分析

- 以中央氣象署定義9種侵台路徑中的2、3、4號路徑颱風，分析強度相似颱風在120~124°E的壯度及時雨量變化（CWA資料）。
- 案例：2號路徑：2024凱米、2015杜鵑  
3號路徑：2024康芮、2015蘇迪勒、2016梅姬、2014麥德姆、  
4號路徑：2023小犬、2023海葵、2016尼伯特

# 參、研究結果

## 一、分析影響颱風暴風半徑的因素

### （一）颱風的強度與暴風半徑的關係

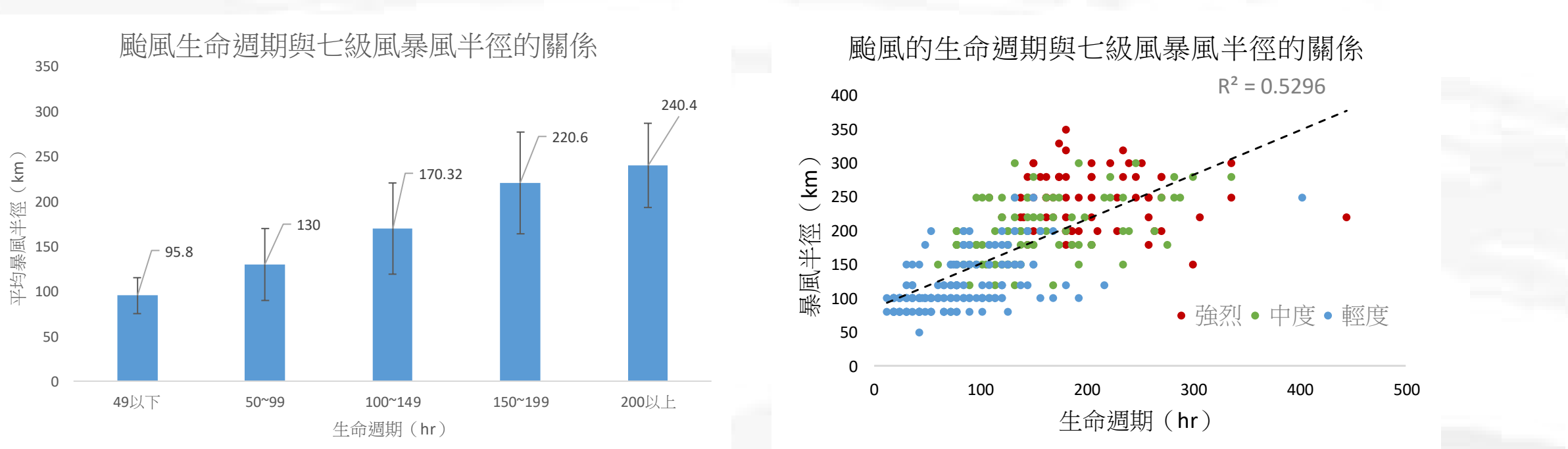


★颱風越強，半徑普遍較大，且颱風中心風速與半徑大小具正相關。

|               | 輕度颱風              | 中度颱風              | 強烈颱風              |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 平均值±標準差       | 115.39 ± 37.44 km | 194.55 ± 46.13 km | 246.42 ± 43.61 km |
| 大型<br>(本研究定義) | ≥150 km           | ≥250 km           | ≥300 km           |
| 中型<br>(本研究定義) | 80~150 km         | 150~250 km        | 200~300 km        |
| 小型<br>(本研究定義) | ≤80 km            | ≤150 km           | ≤200 km           |

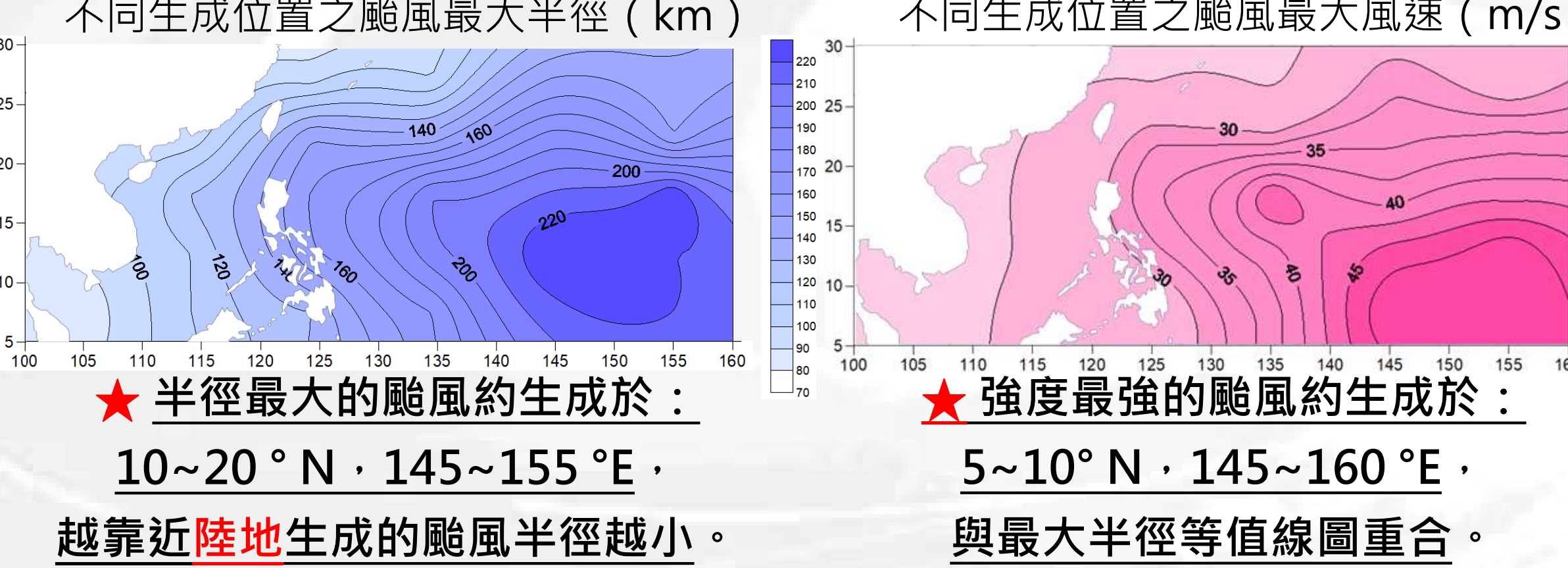
★大小定義：將平均暴風半徑加（減）一個標準差以上定義為大（小）型。

### （二）颱風的生命週期與暴風半徑的關係



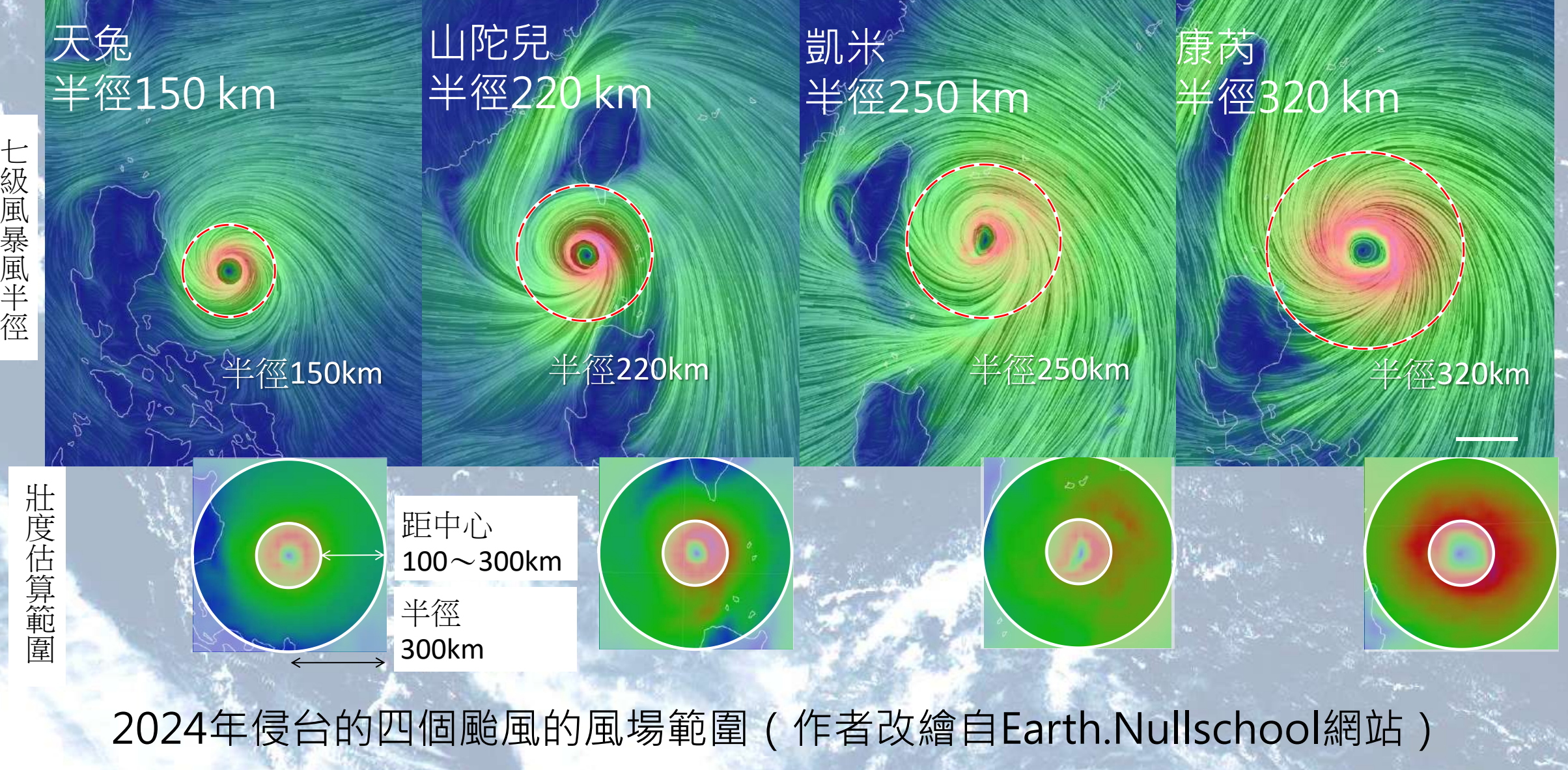
★颱風生命週期越長，半徑普遍較大，強度也較強。

### （四）颱風生成位置與暴風半徑的關係

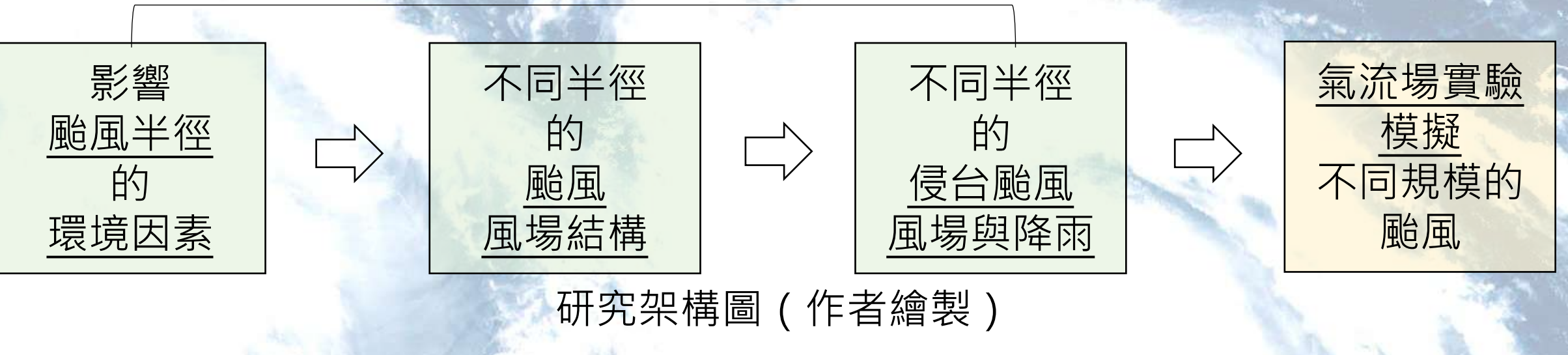


★半徑最大的颱風約生成於：10~20°N，145~155°E，越靠近陸地生成的颱風半徑越小。

★強度最強的颱風約生成於：5~10°N，145~160°E，與最大半徑等值線圖重合。

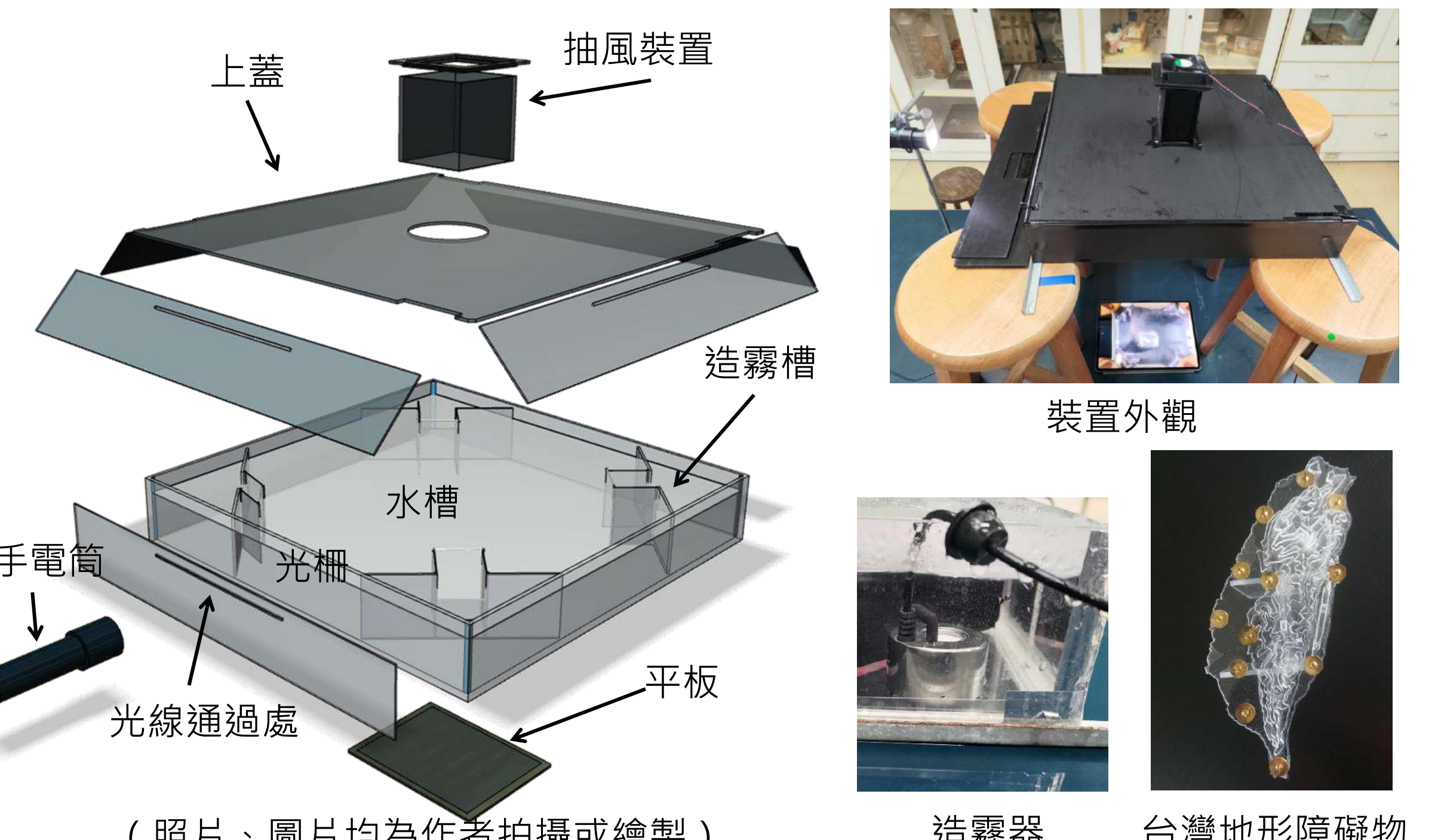


2024年侵台的四個颱風的風場範圍（作者改繪自Earth.Nullschool網站）



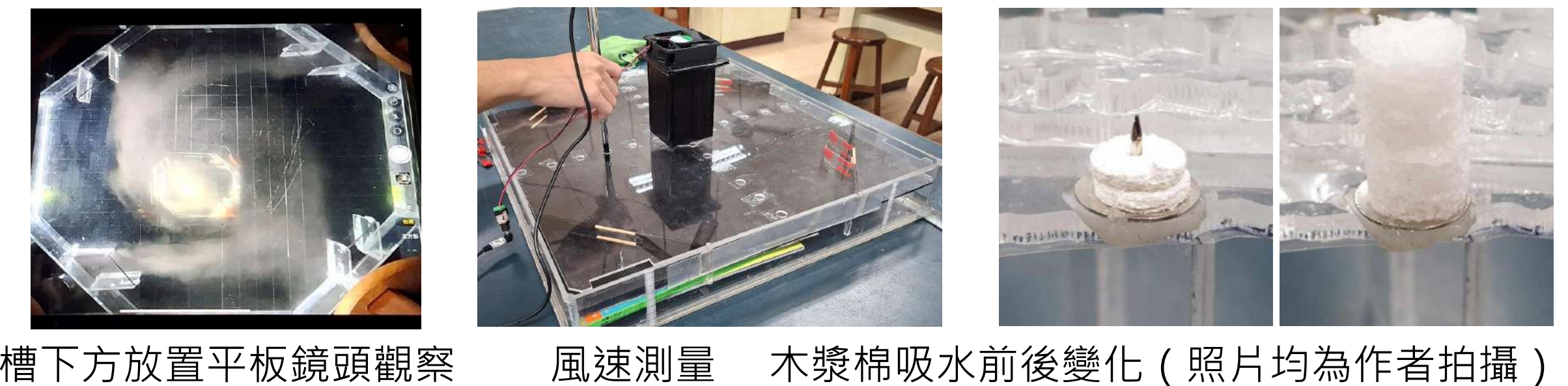
## 四、氣流場模擬裝置

- 以壓克力水槽作為氣流場本體（加水6公分，氣流場厚度約2公分高），內部設置四個造霧槽並以造霧器造霧（視實驗決定擺放數量及位置）。上蓋切出四個入風口，中央抽風口以電腦風扇帶動氣流旋轉。
- 變因：抽風裝置電壓、引流板角度、入風口數量、抽氣孔直徑。
- 以手電筒配合柱狀透鏡光柵片照射水平面附近雲霧移動軌跡。
- 加入台灣地形障礙物，改變擺放位置模擬颱風侵台過山前後影響。

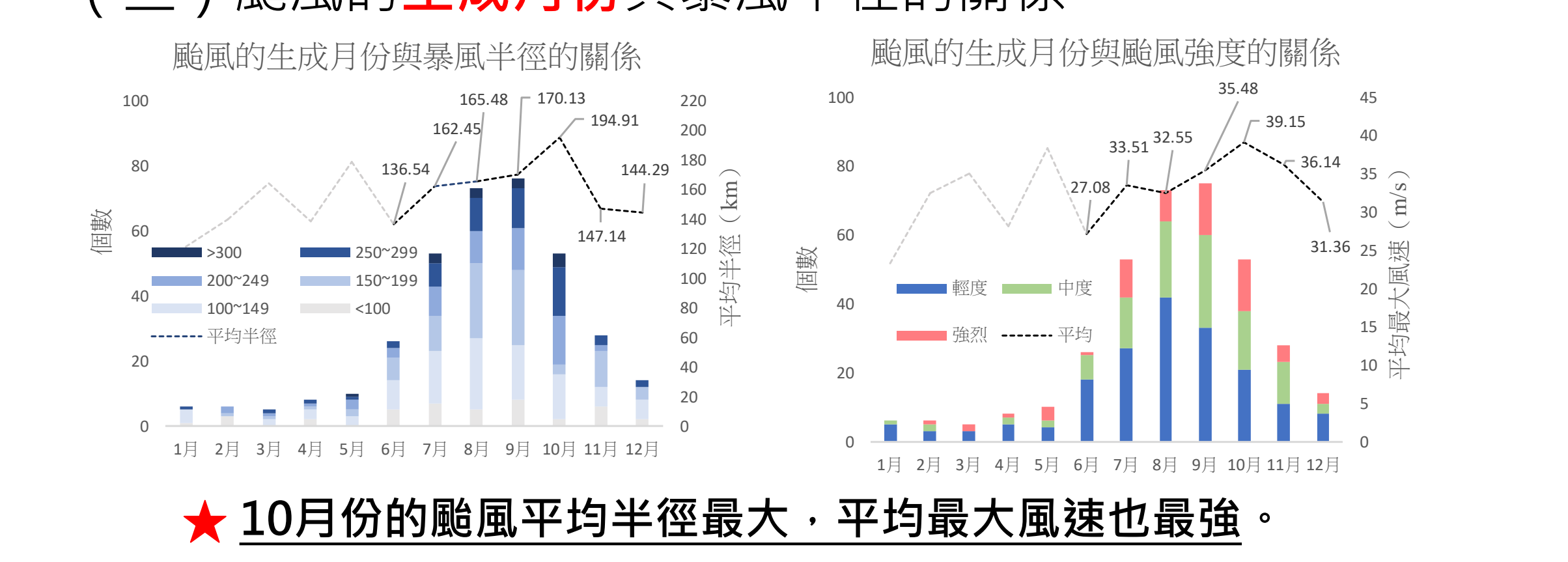


## 五、氣流場拍照、風速及吸水性測試

- 水槽下方放置平板，以前鏡頭拍攝觀測。
- 以熱線式風速計測量氣流場內各位置風速，繪製等值線圖。
- 台灣地形障礙物上黏貼大頭針，串上兩層9 mm直徑錠狀木漿棉。運行30分鐘，測量木漿棉吸水後重量變化並繪製等值線圖。

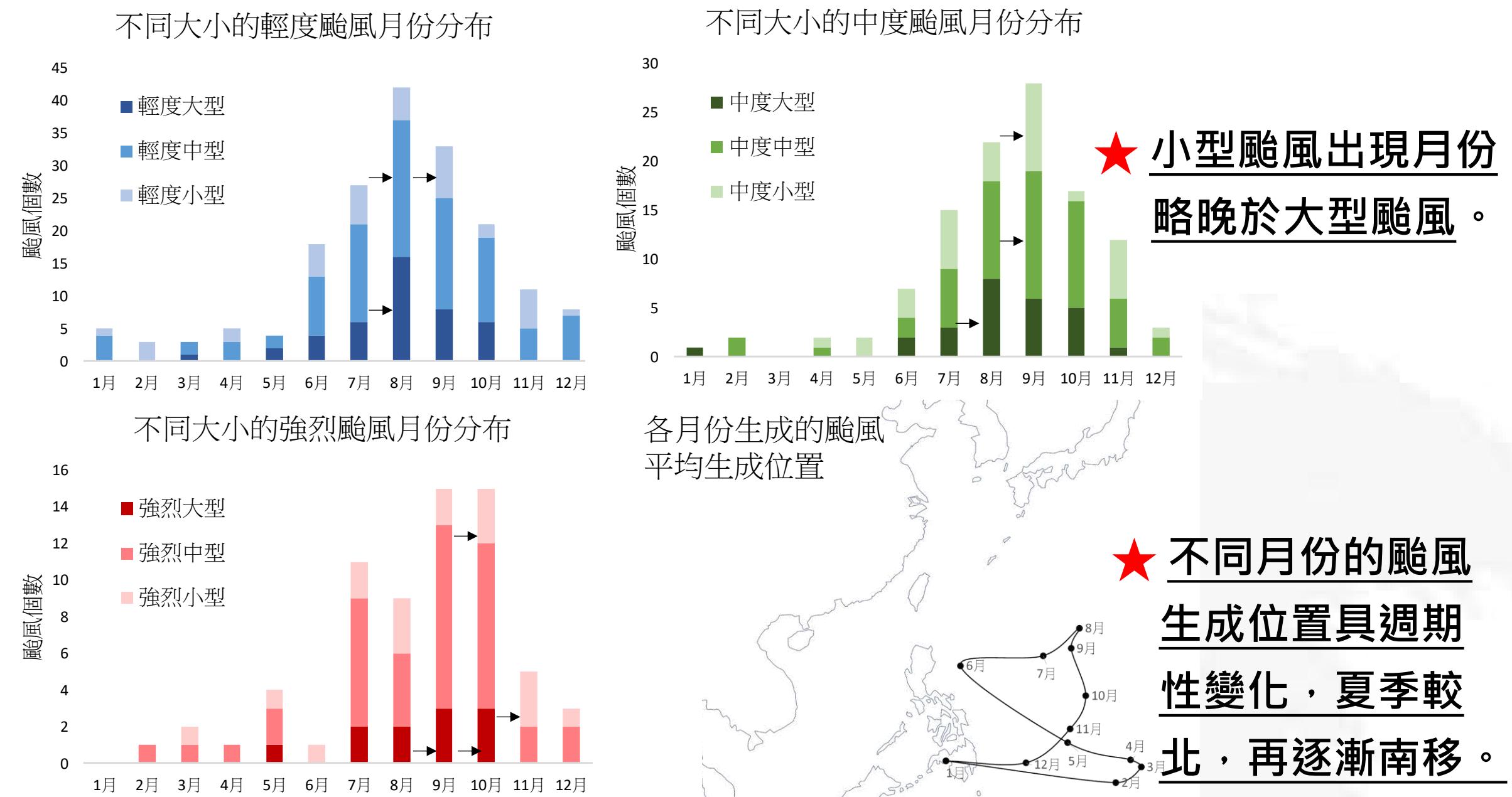


### （三）颱風的生成月份與暴風半徑的關係

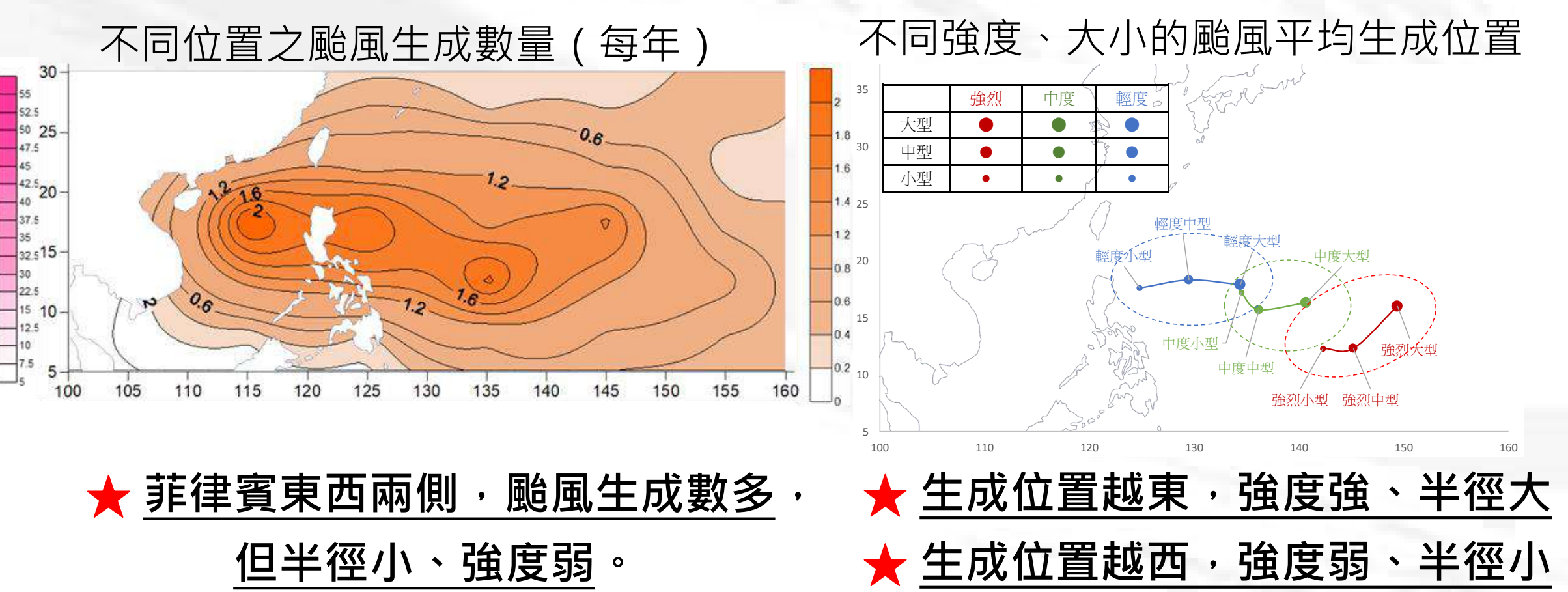


★10月份的颱風平均半徑最大，平均最大風速也最強。

|    | 輕度颱風 | 中度颱風 | 強烈颱風   |
|----|------|------|--------|
| 大型 | 8月   | 8月   | 9~10月  |
| 中型 | 8月   | 9月   | 9月     |
| 小型 | 9月   | 9月   | 10~11月 |



★不同月份的颱風生成位置具週期性變化，夏季較北，再逐漸南移。



★菲律賓東西兩側，颱風生成數多，但半徑小、強度弱。

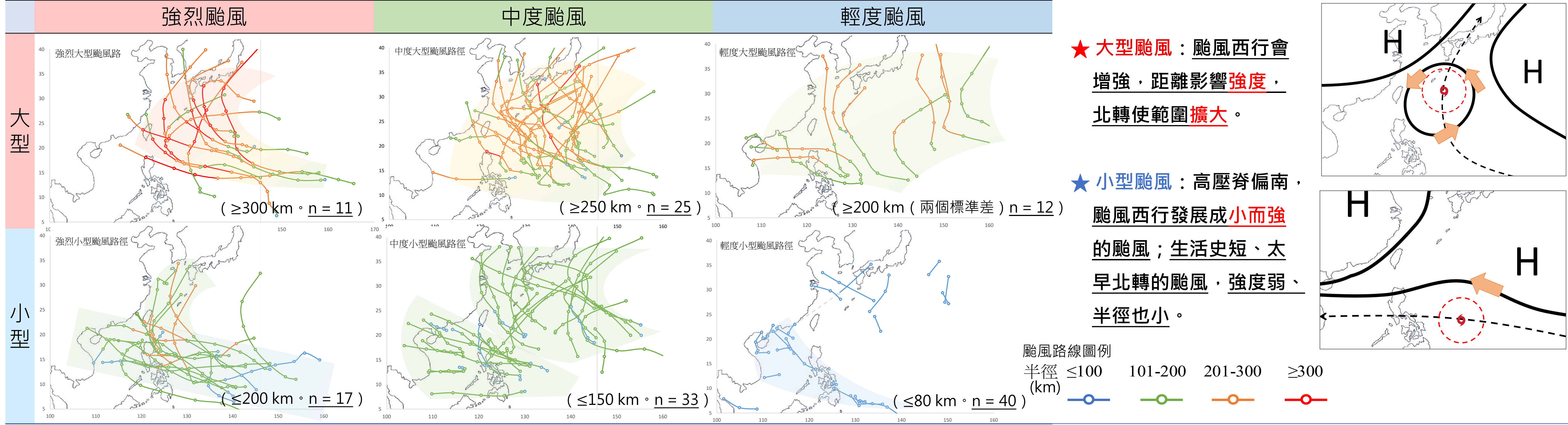
★生成位置越東，強度強、半徑大；

★生成位置越西，強度弱、半徑小。

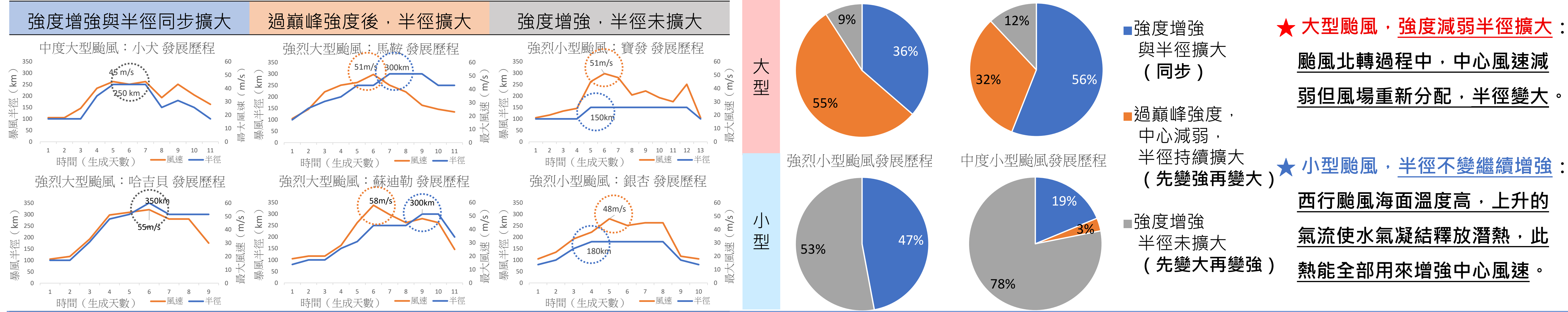
未標註之圖片均為作者拍攝或繪製



(五) 颱風的**路徑**與暴風半徑的關係

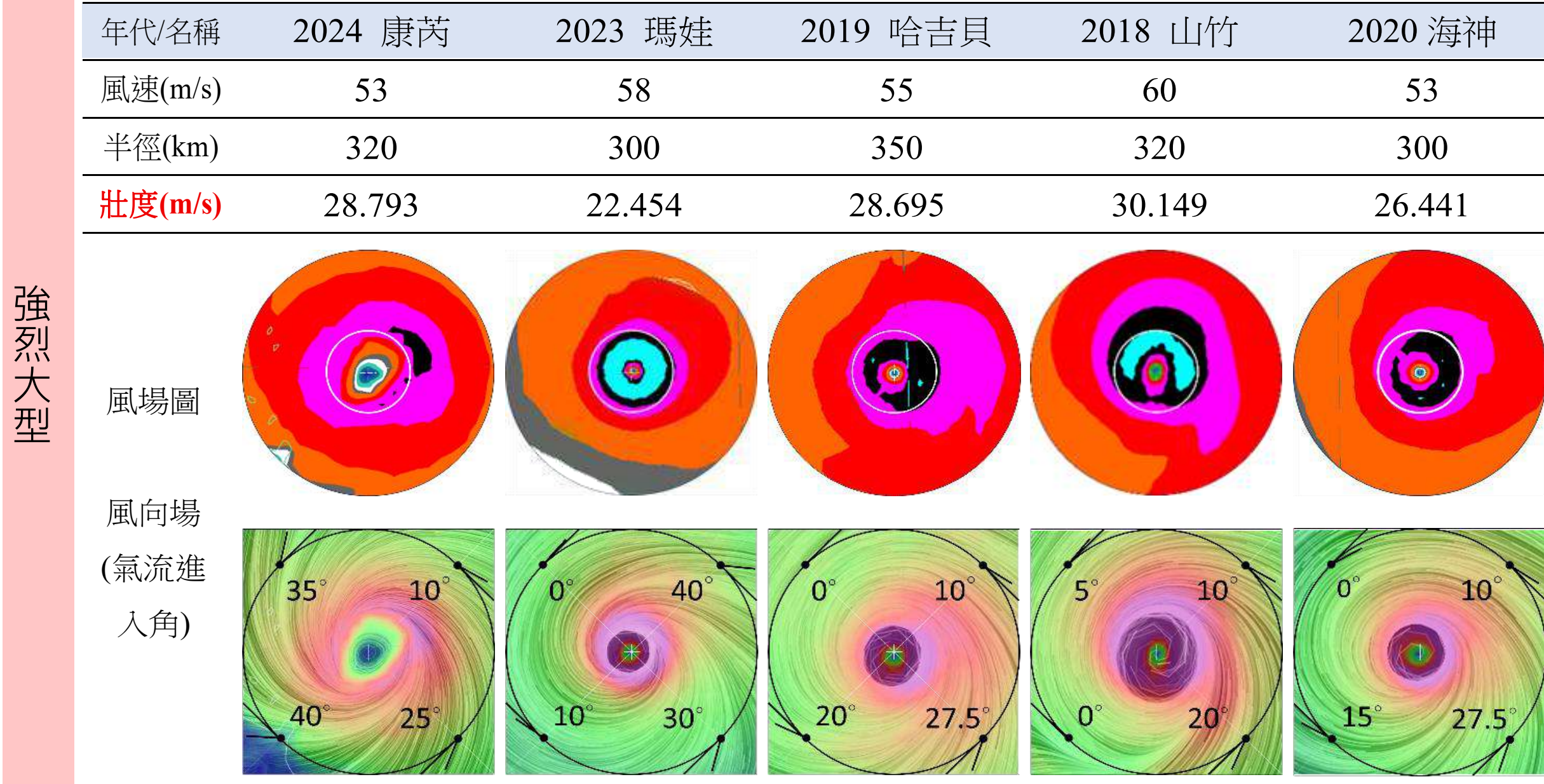


(六) 颱風的**發展歷程** ( 巔峰強度與巔峰半徑發生先後 )

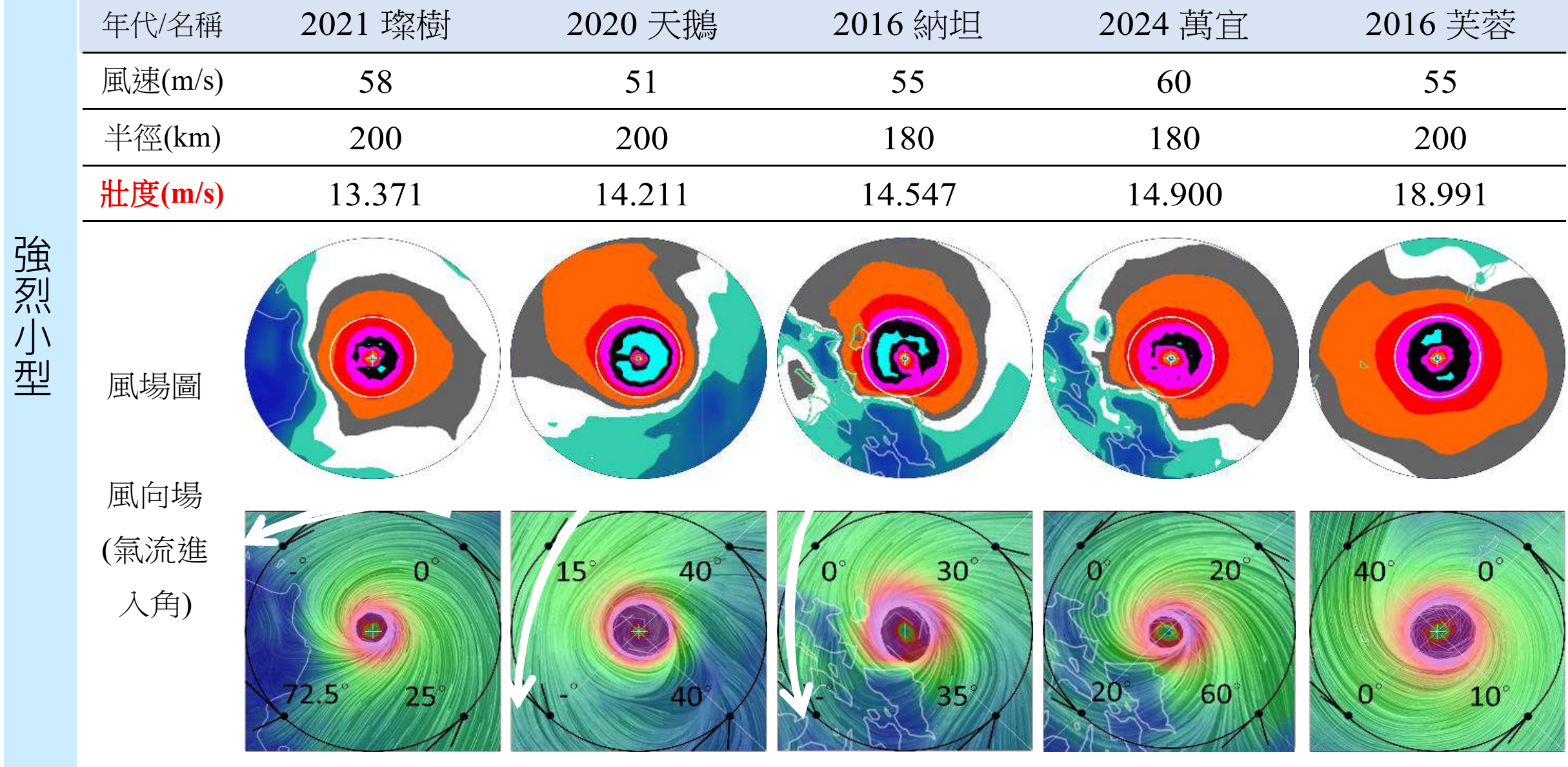


二、探討不同暴風半徑颱風的**風場結構**

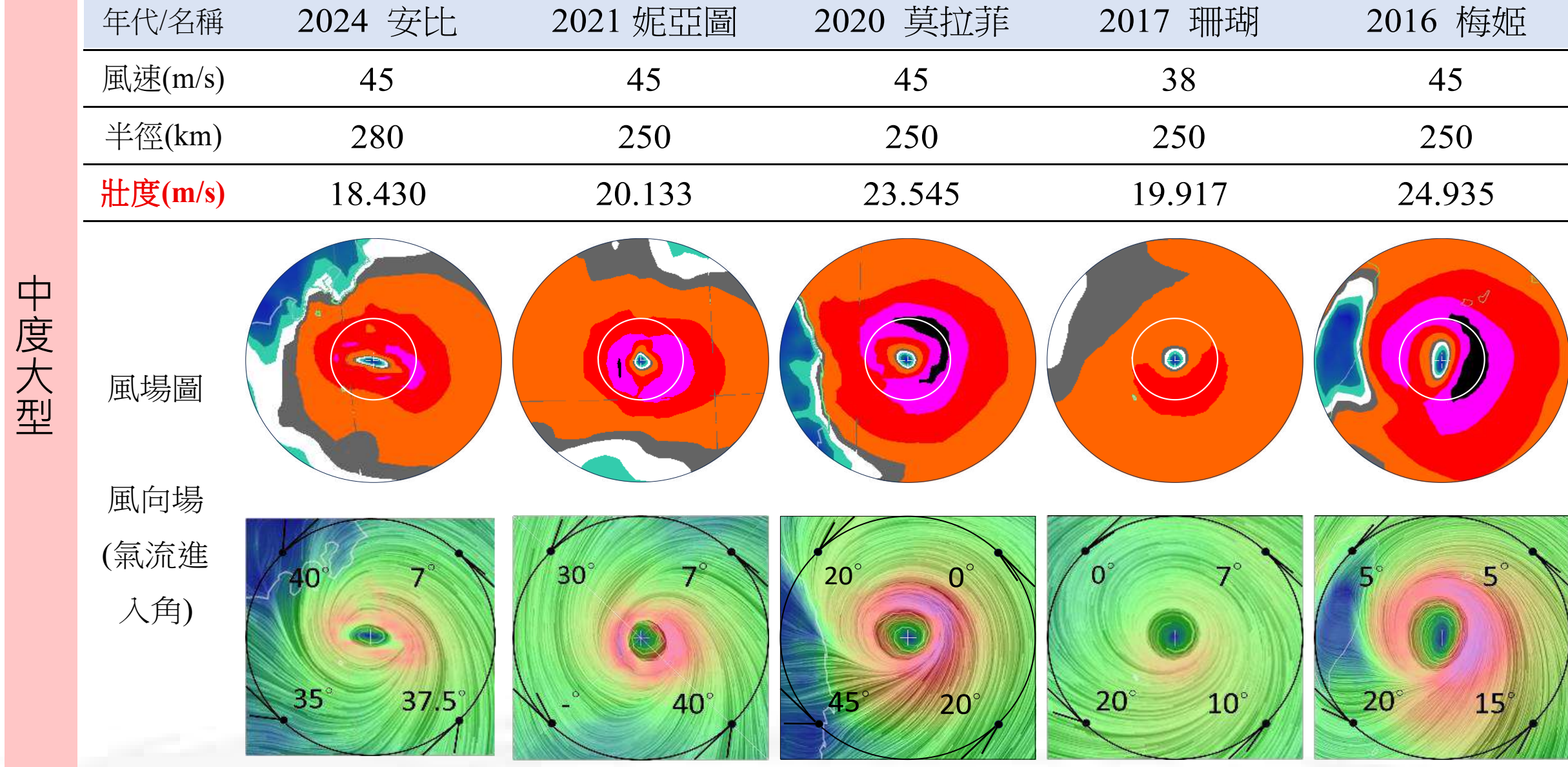
(一) 壯度與氣流進入角分析 1. 強烈。大型颱風



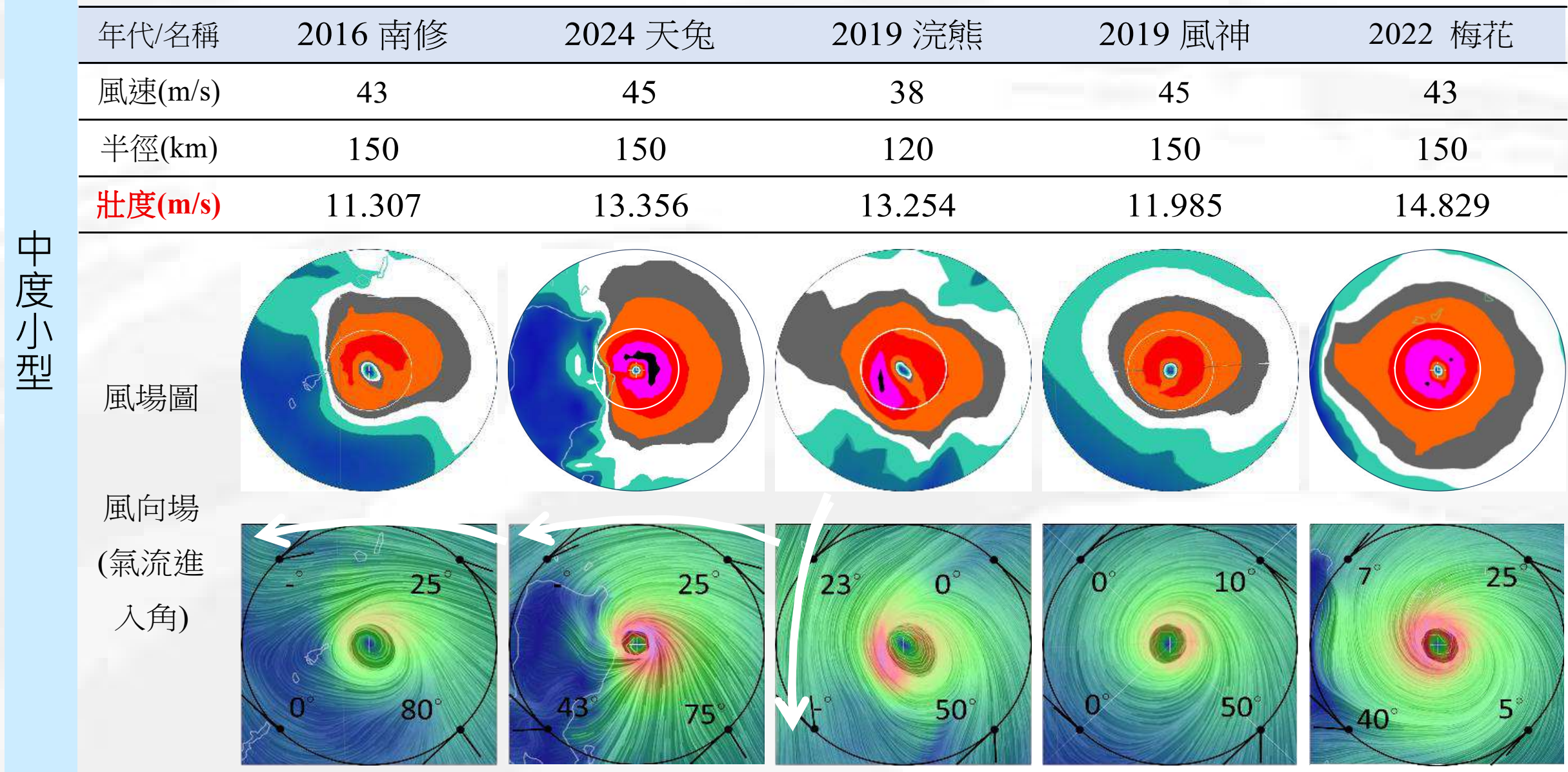
2. 強烈。小型颱風



3. 中度。大型颱風

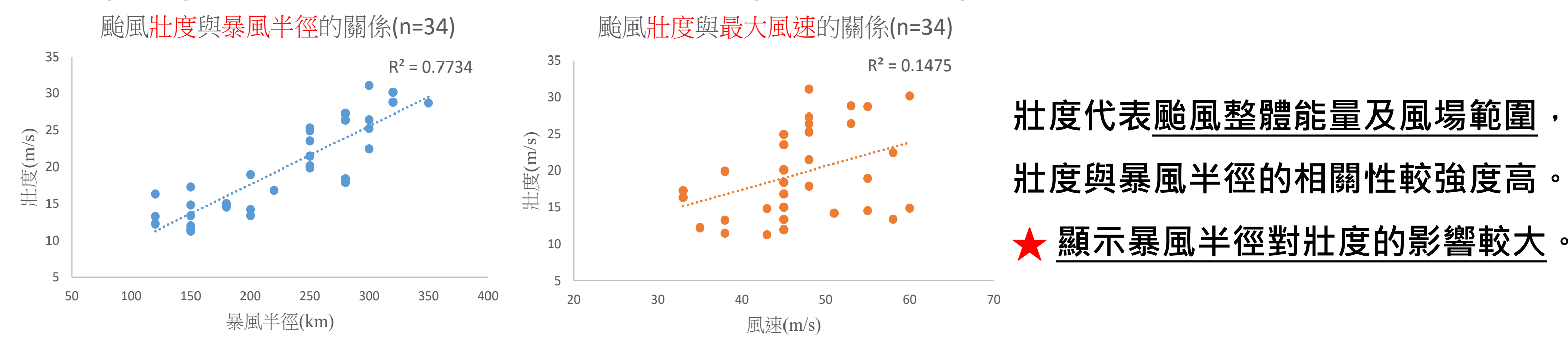


4. 中度。小型颱風



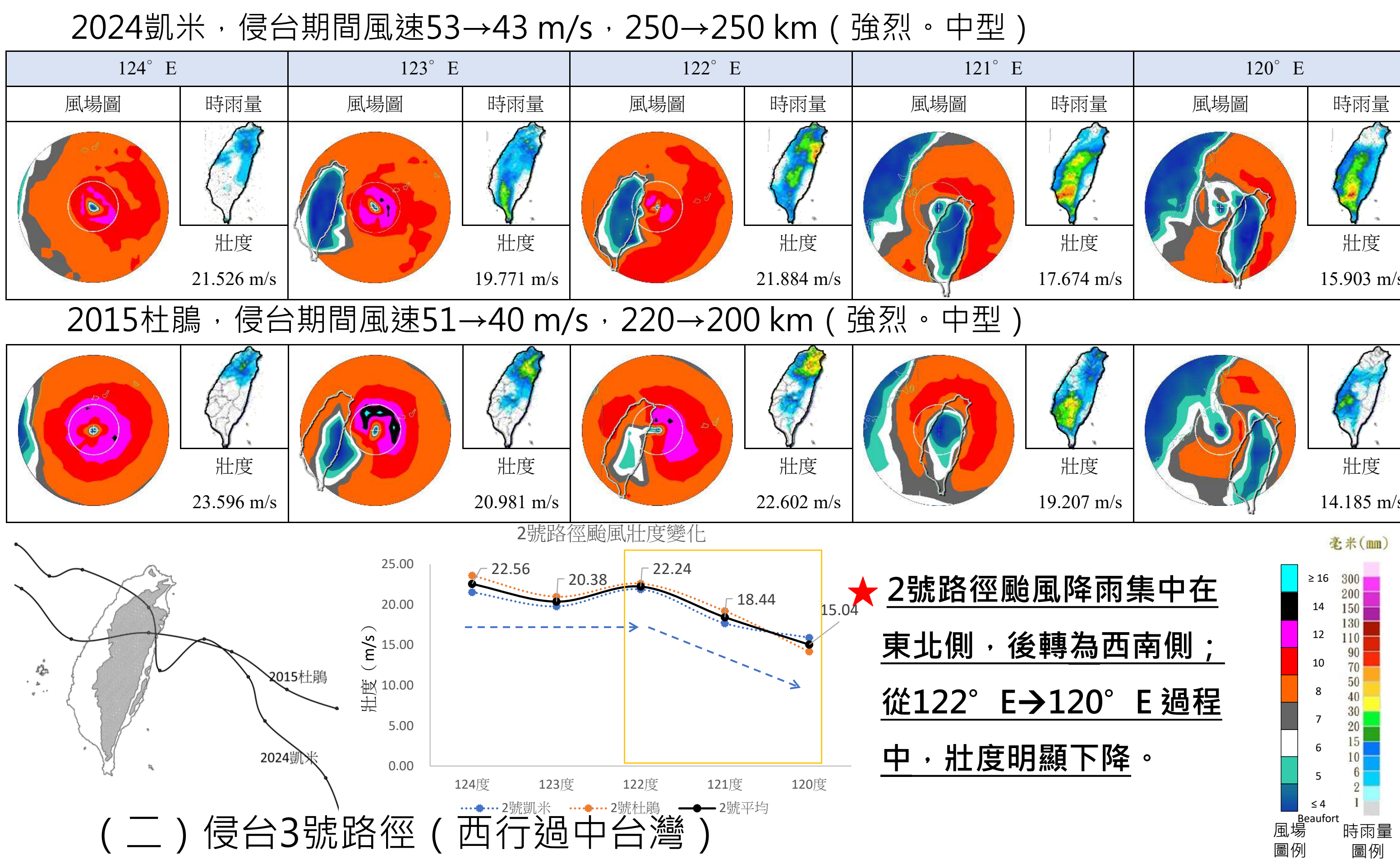
- ★ **大型颱風**：壯度大、風場對稱，氣流進入角較小。
- ★ **小型颱風**：壯度小、風場不對稱，常有單側強風，其中一或兩個象限氣流進入角大。

(二) 颱風壯度大小與半徑及強度 ( 最大風速 ) 關係



三、分析不同暴風半徑的西行侵台颱風**風場變化**及**雨量累積**情形

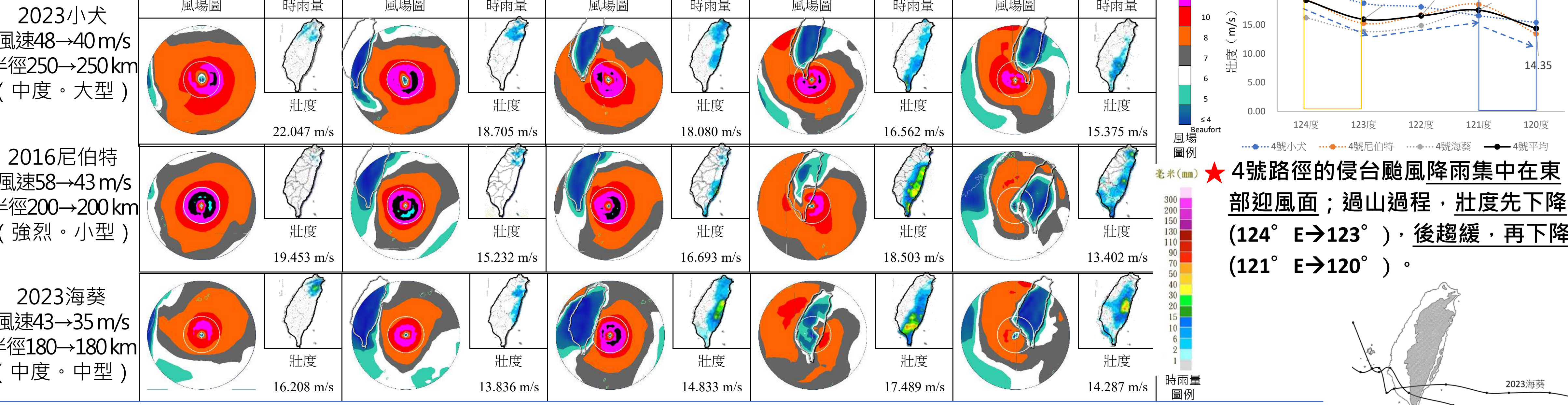
(一) 侵台2號路徑 ( 西行過北台灣 )



風場圖為作者繪製 ( 資料自Earth.Nullschool網站 ) 。 原始風向場圖截自Earth.Nullschool網站，作者改繪標註氣流進入角並繪製說明圖。 時雨量資料取自中央氣象署。 其餘圖片均為作者繪製。

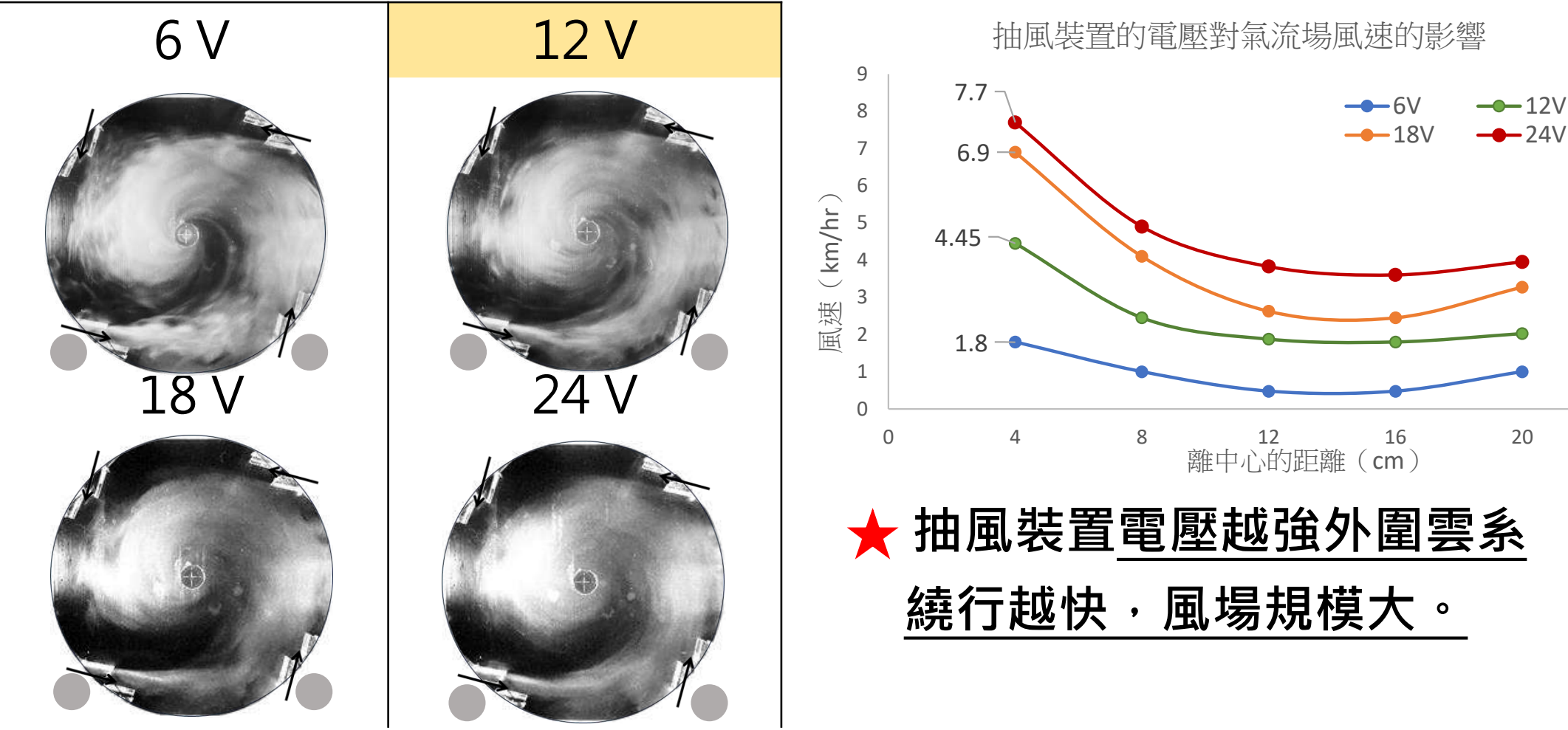


(三) 侵台4號路徑 (西行過南台灣)

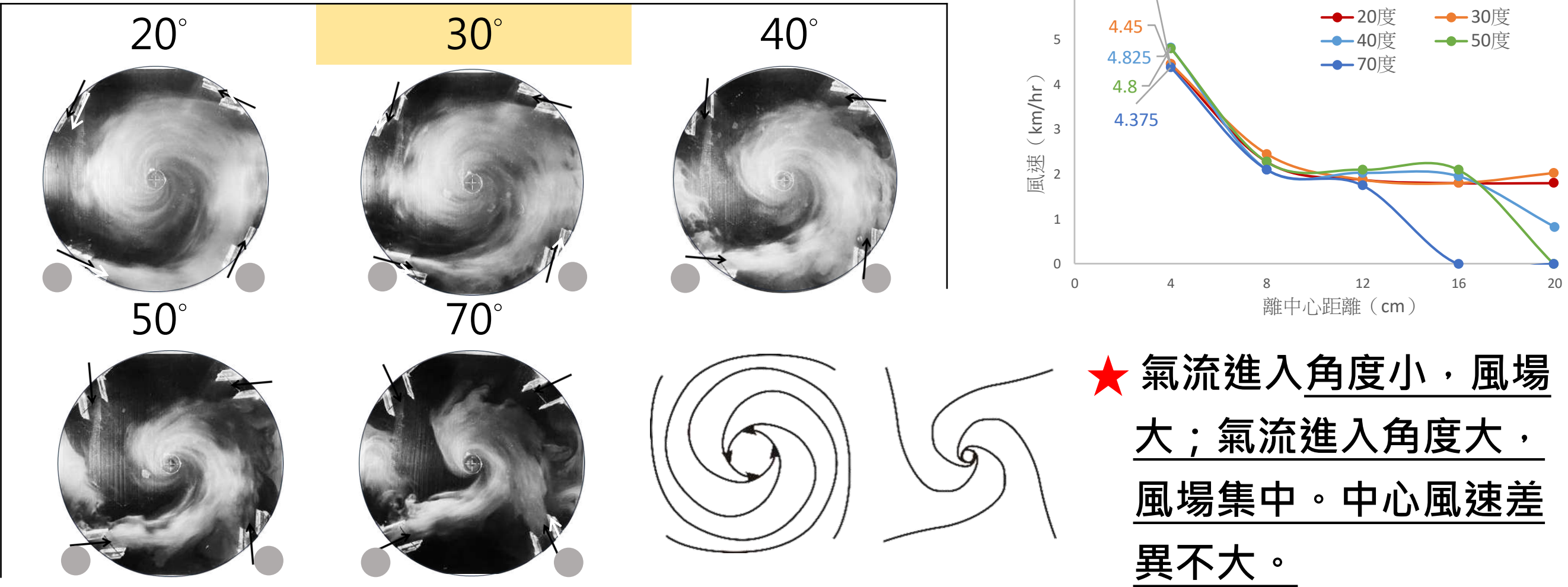


四、利用氣流場模型模擬不同規模的颱風及對台影響

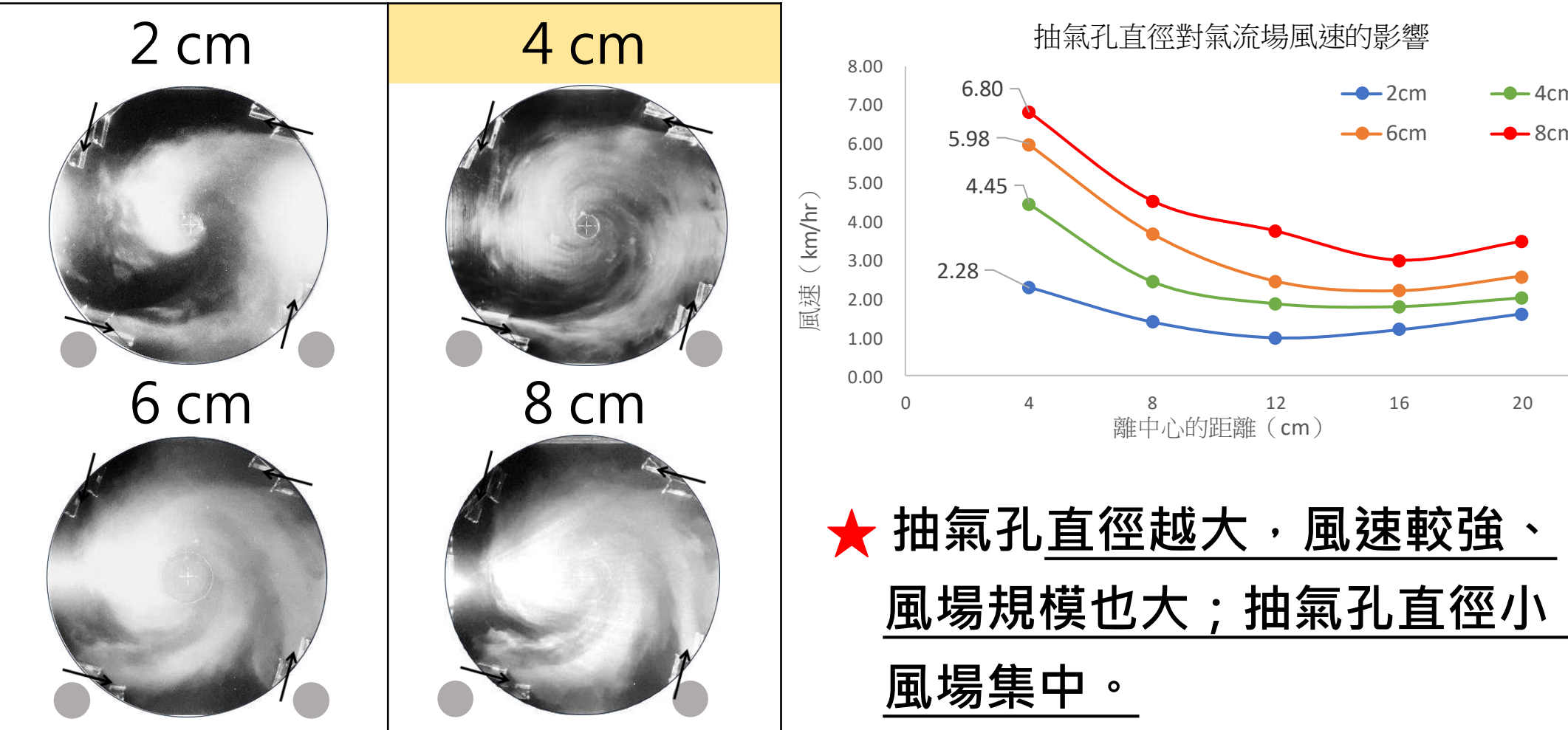
(一) 改變中心風速 (電壓) 對氣流場範圍的影響



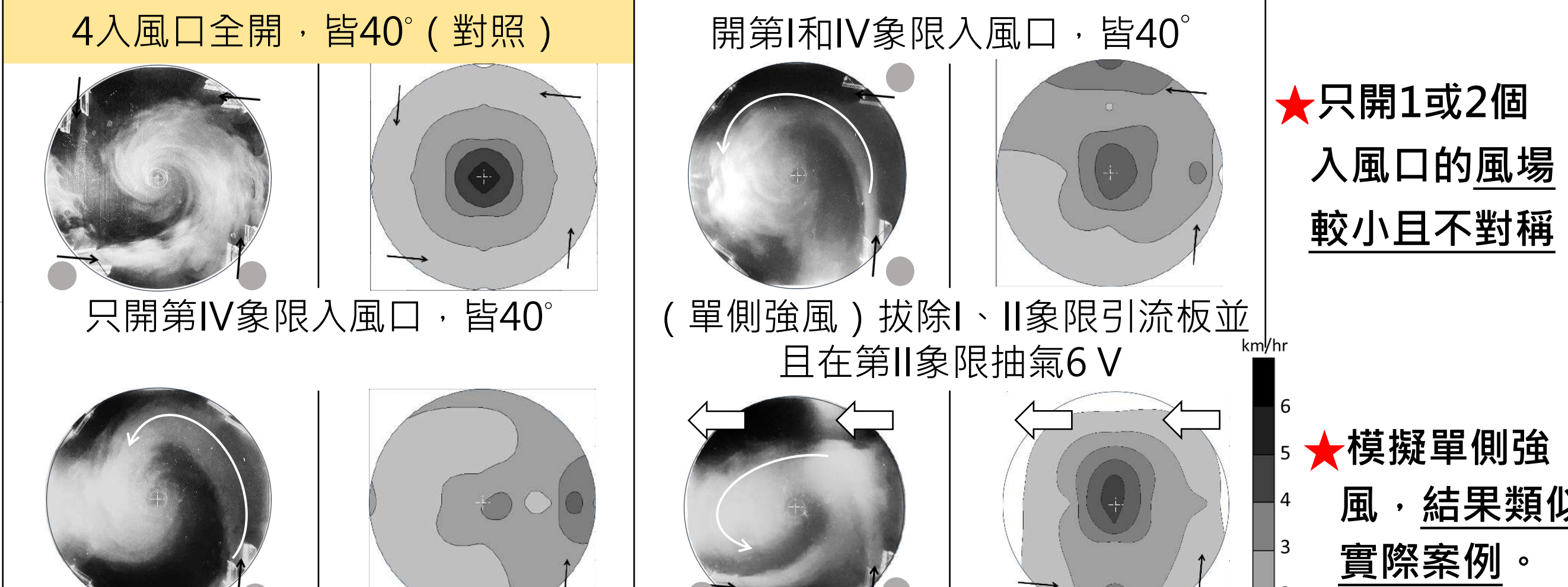
(二) 改變氣流進入角對氣流場範圍的影響



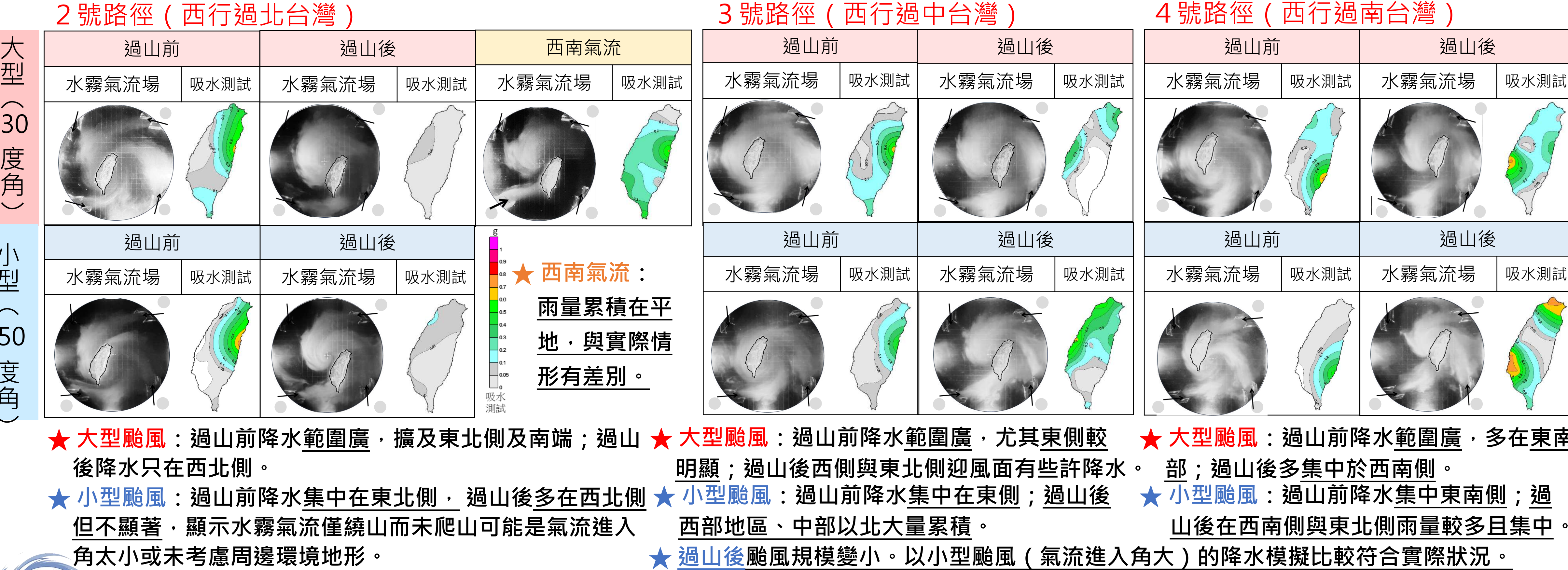
(三) 改變抽氣孔直徑對氣流場範圍的影響



(四) 改變入風口數量對氣流場範圍的影響



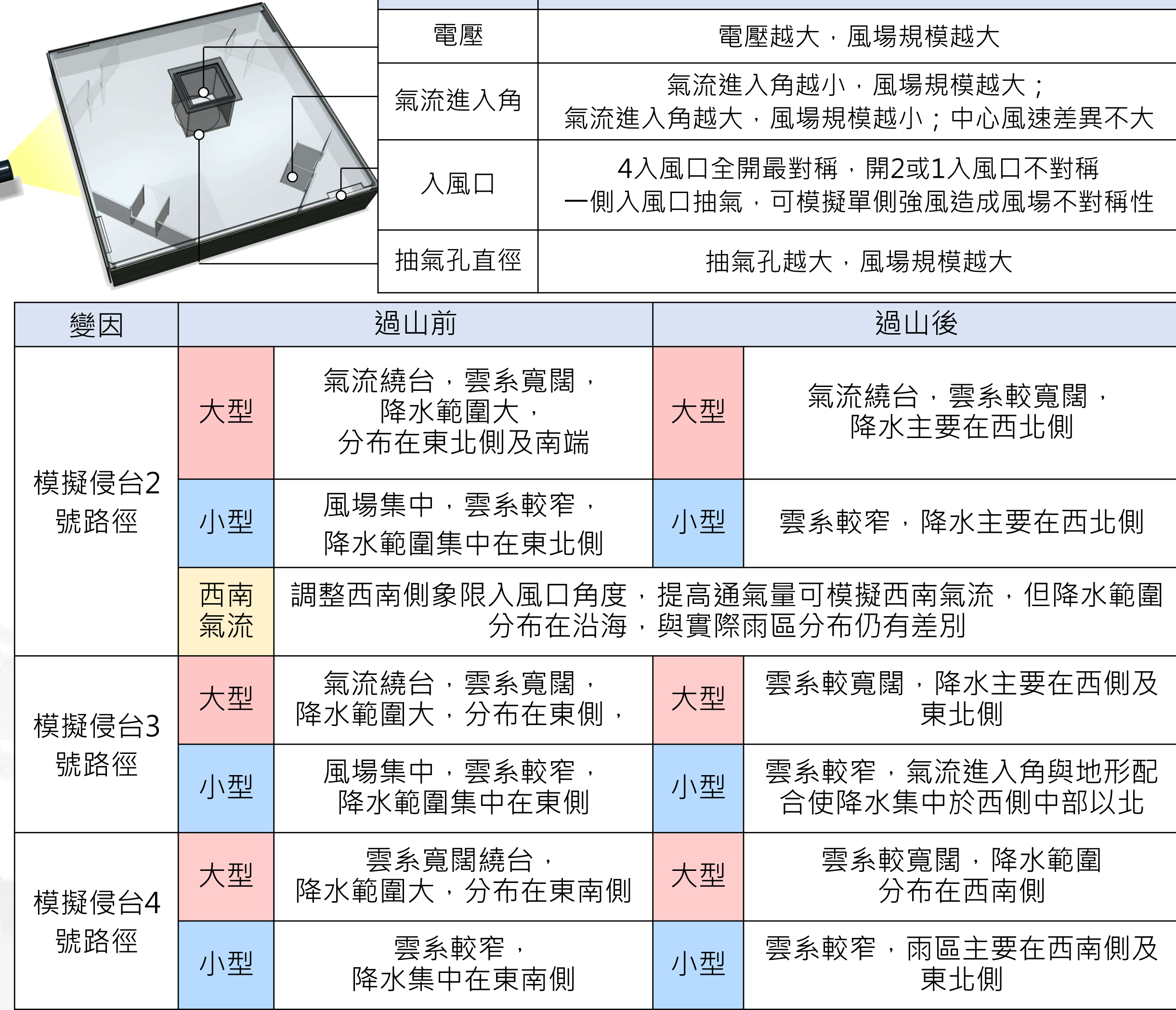
(五) 加入台灣地形障礙物模擬不同規模的西行侵台颱風 (改變氣流進入角模擬不同規模的颱風侵台影響)



肆、討論與結論



四、實驗模擬結果



伍、參考文獻

- 中央氣象署歷史颱風資料庫 <https://www.cwa.gov.tw/V8/C/>
- 大氣科學應用與研究資料庫 (ASRAD) <https://asrad.pccu.edu.tw/dbar/>
- Earth.Nullschool視覺化數值模擬網站網頁<https://earth.nullschool.net/>
- 周昆炫、吳聖宇、林書正 (2018) 颱風壯度與大小對台灣風雨之影響。大氣科學：46 (3) 222-246。
- 郭宜玟、江怡臻、吳昱輝 (2015) 凌「雲」馭「風」-以霧化水分子氣流場模型，模擬颱風在不同環境下的風場與路徑變化。第55屆全國科展地球科學科。
- 林伯羽、郭泳承 (2025)「旋」機妙策—探討颱風與季風互動之螺旋式風場變化。2025 TISF台灣國際科展地球與環境科學科。