

# 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：	指導老師：
國二 張絢博	蘇毓智
國二 黃意喬	林姝君
國二 江瑞奕	

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( $145\text{--}155^{\circ}\text{E}$ )、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

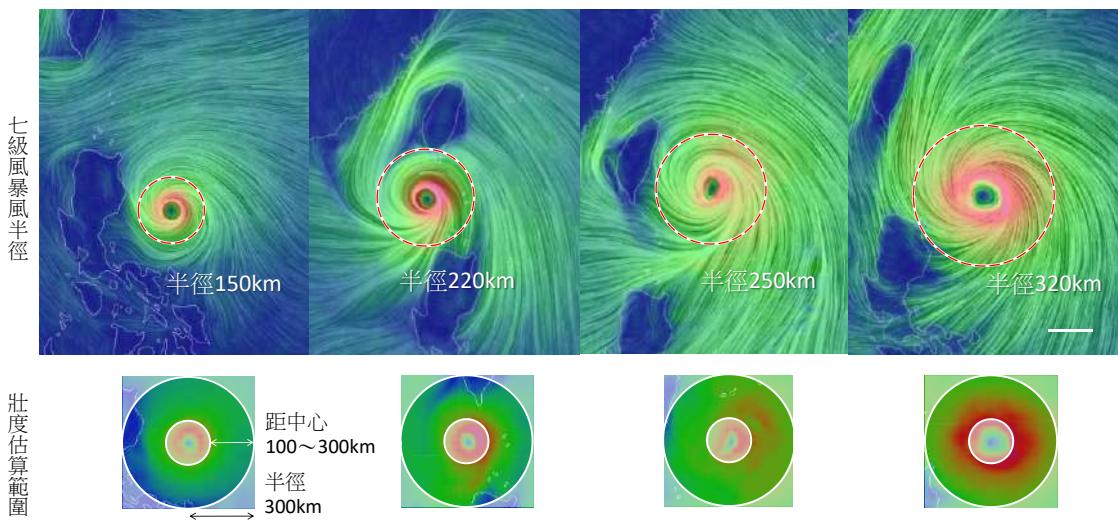
2024 年颱風活動頻繁，台灣先後受凱米、山陀兒、康芮與天兔等中度以上颱風侵襲，創下連續四天停班停課紀錄。這些颱風雖強度相當（皆達  $45\text{ m/s}$ ），但暴風半徑差異明顯：如天兔半徑僅 150 公里、風場集中，是個「小鋼炮」，而康芮半徑高達 320 公里，堪稱「巨無霸」（圖一）。如此強烈對比引發我們好奇：是什麼環境條件影響了颱風的風場規模差異呢？

### 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。實驗參考郭宜珍等（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。

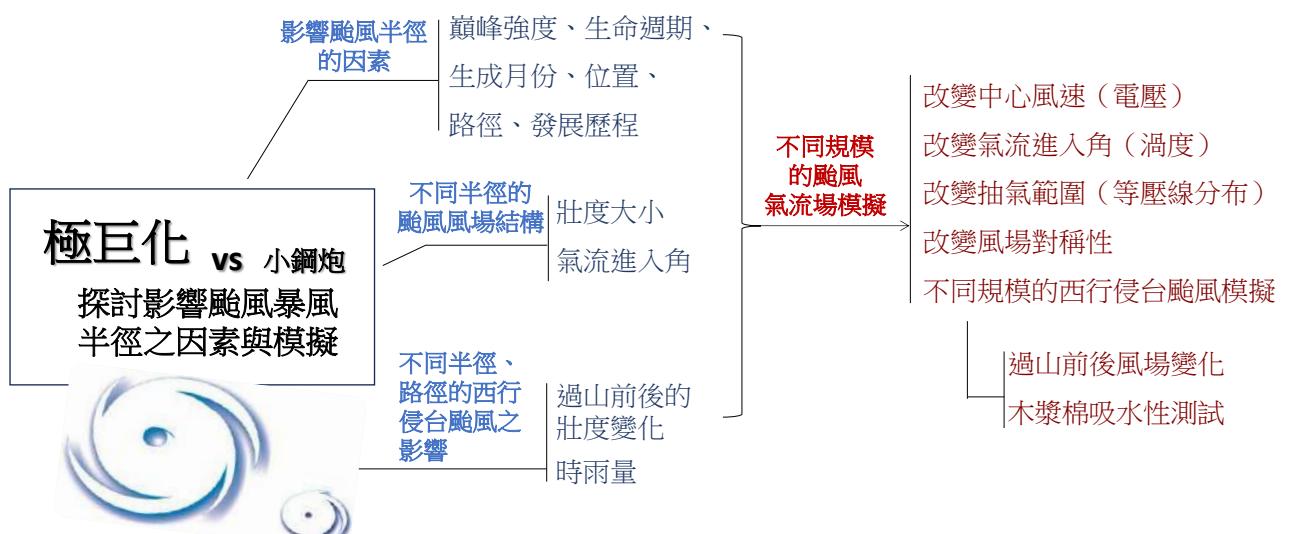


圖一、2024年侵台的四個颱風的暴風半徑及壯度估算範圍：由左至右分別為：天兔（半徑 150 km）、山陀兒（半徑 220 km）、凱米（半徑 250 km）、康芮（半徑 320 km）。Bar =200 km（資料自 Earth.Nullschool 網站，作者改繪）

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 歷史颱風資料庫 CWA Typhoon Database	數值模擬網站 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 (LUTRON)	電腦風扇 (24 V, 1.8 W)	電源穩壓器(6、 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：

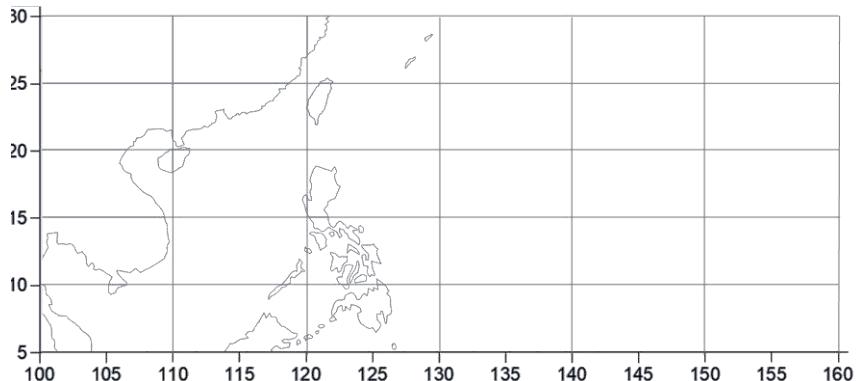
1. 中央氣象署歷史颱風資料庫 (CWA Typhoon Database)：本研究下載 2010 至 2024 間，共 358 個颱風數據（生命週期、最低氣壓、最大風速、暴風半徑、生成經緯度；刪除跨洋颱風）。
2. 大氣科學應用與研究資料庫 (ASRAD)：本研究使用該網站颱風逐日 (UTC) 位置及侵台颱風逐時累積雨量資料進行分析。
3. Earth.Nullschool 視覺化數值模擬網站：本研究使用 Earth.Nullschool 網站的視覺化數值天氣預報歷史資料進行分析，該網站收錄自 2013 迄今逐日風場資料，資料來源 GFS (Global Forecast System)，作者為 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) 西北太平洋經緯網格等值線圖分析：

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。



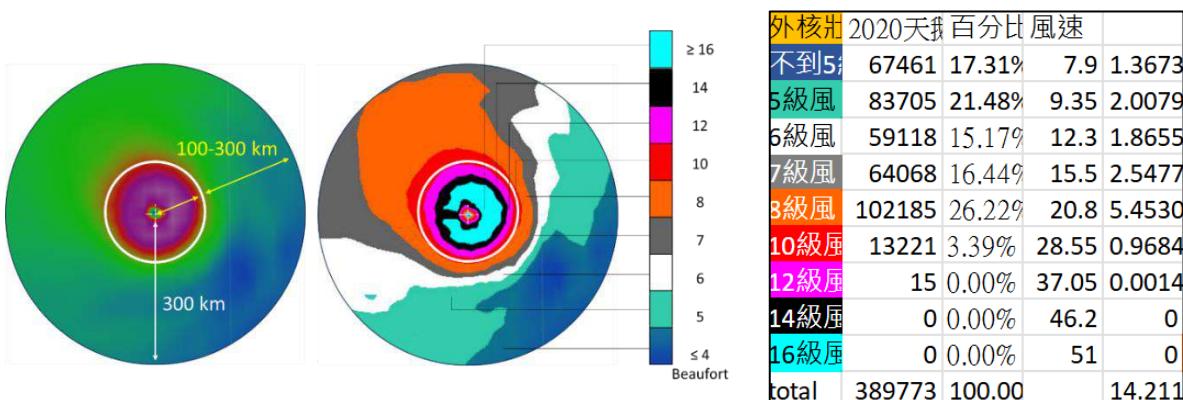
圖四、西北太平洋經緯網格圖（作者繪製）

## 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）

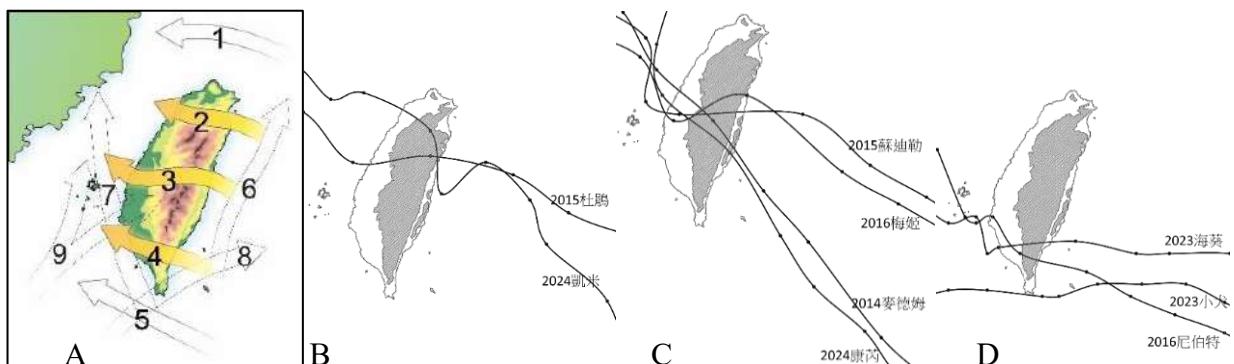
5. 使用 ImageJ 選取出各種風速區塊，計算各區塊面積（像素點）。
6. 以像素點佔全圖總像素點的百分比乘以各種風速區域風速中間值（未滿 5 級風採計 7.9 m/s，超過 16 級風採計 51 m/s），再加總。
7. 參考 Weatherford and Gray (1988) 及周昆炫 (2018) 報告中對於颱風結構定義，將颱風結構分為內核 (100 km 內)、外核 (100 ~ 300 km 間)，後續壯度描述均為外核數值。

## (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  $120\sim124^\circ$  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  $50*50$  cm，高 8 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  $3*5$  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 cm，氣流場厚度維持 2 cm。（見圖七-A、B）
2. 引流板：將兩塊  $5*7$  cm 的壓克力板兩側黏上塑膠吸管，並將鐵絲摺成ㄇ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  $50*50$  cm 的瓦楞板並在 4 個象限分別裁切出每格  $1*7$  cm 的入風口，在中心分別挖出直徑 2、4、6、8 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 cm 處挖一個長 20 cm，高 0.5 cm 的洞。
5. 抽風裝置：使用 6~24 V，1.2 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。

6. 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。
7. 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。
8. 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）。

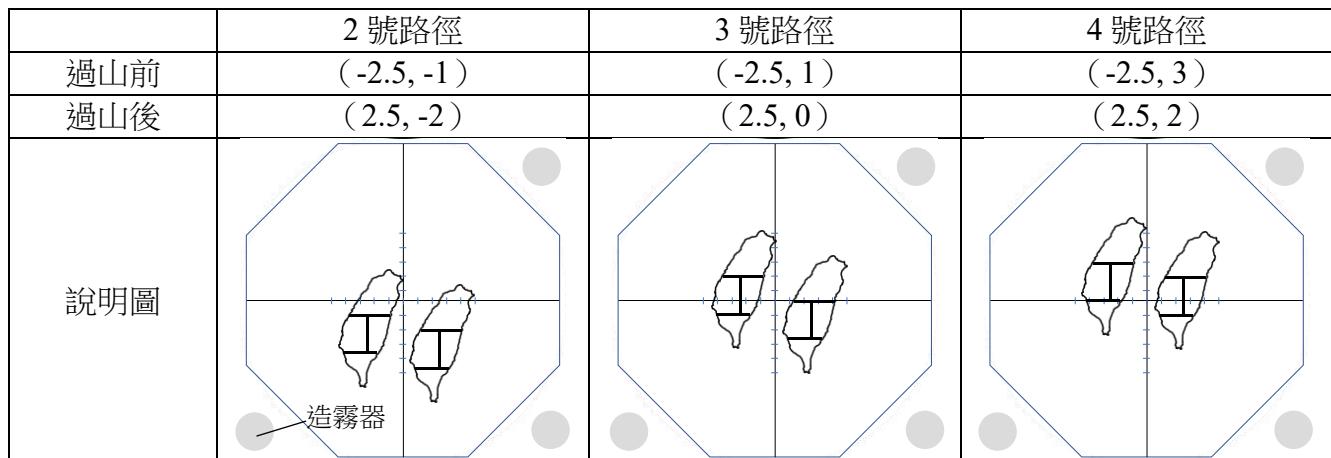
## （二）氣流場實驗模擬

1. 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。
2. 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 電壓	引流板角度	入風口通氣數	上蓋抽風口大小	非對稱性 風場模擬
6、 <u>12*</u> 、 18、24 V	20、 <u>30*</u> 、40、 50、70°	<u>4 入風口全開*</u> 、 開 I、IV 兩象限、開第 IV 象限	直徑 2、 <u>4*</u> 、6、 8 cm	I、II 象限不設置 引流板、II 象限 以 6 V 抽風

\*：對照組

3. 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：



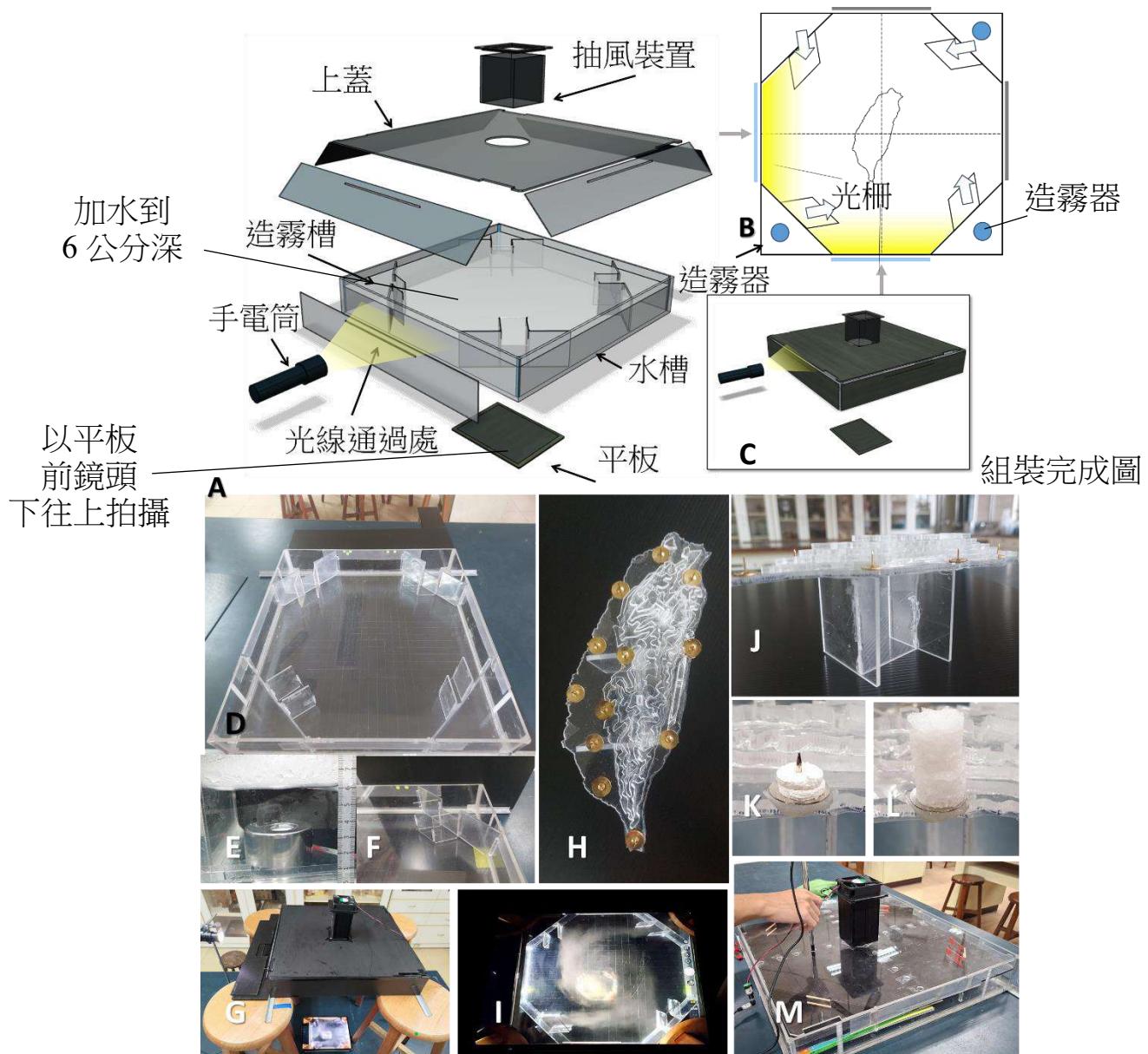
（圖片為作者繪製）

## （三）吸水性測試

1. 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。
2. 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。
3. 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。

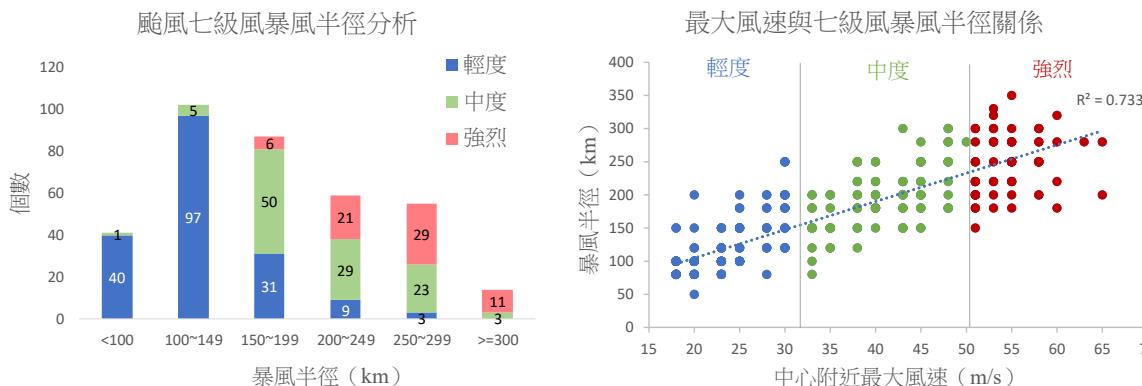


圖七、A. 裝置 3D 透視圖 B.俯瞰裝置說明 C. 組裝完成圖  
 D. 實際水槽照片 E. 造霧器 F. 引流板 G. 裝置架高並放置平板於下方  
 H. 台灣模型（俯視） I. 透過下方平板觀測風場 J. 台灣模型（側視）  
 K. L. 木漿棉吸水前後 M. 風速測量方式（作者拍攝繪製）

## 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

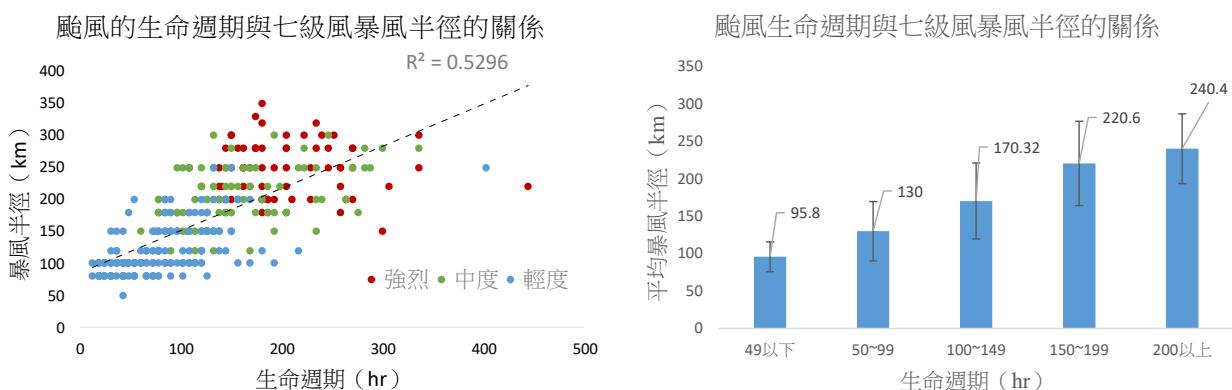


	輕度颱風	中度颱風	強烈颱風
平均值 ± 標準差	$115.39 \pm 37.44 \text{ km}$	$194.55 \pm 46.13 \text{ km}$	$246.42 \pm 43.61 \text{ km}$
大型 (本研究定義)	$\geq 150 \text{ km}$	$\geq 250 \text{ km}$	$\geq 300 \text{ km}$
中型 (本研究定義)	$80\sim 150 \text{ km}$	$150\sim 250 \text{ km}$	$200\sim 300 \text{ km}$
小型 (本研究定義)	$\leq 80 \text{ km}$	$\leq 150 \text{ km}$	$\leq 200 \text{ km}$

發現：將颱風巔峰七級風半徑加以分類，半徑 $<150 \text{ km}$  的颱風多為輕度颱風；半徑 $150\sim 250 \text{ km}$  的颱風，多為中度颱風；暴風半徑 $\geq 300 \text{ km}$  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。

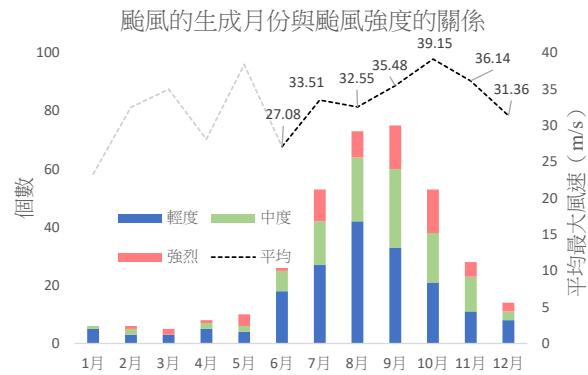
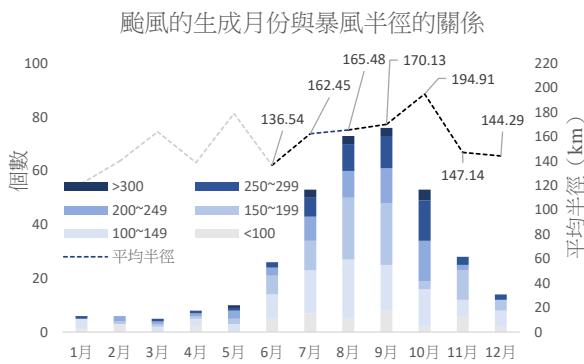
為定義颱風的大小，我們依強度將颱風分類，將平均暴風半徑加（減）一個標準差以上定義為大（小）型，以利後續描述。

#### （二）颱風的生命週期與暴風半徑的關係



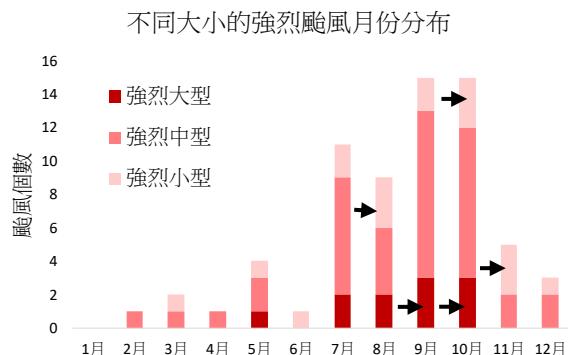
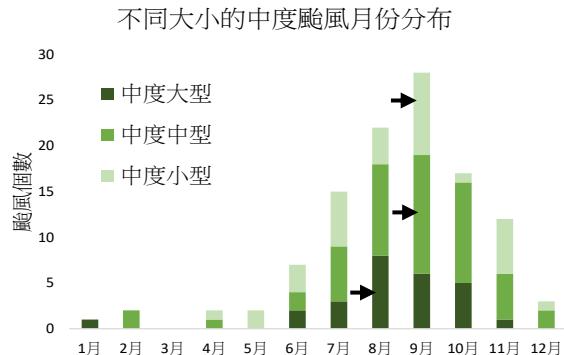
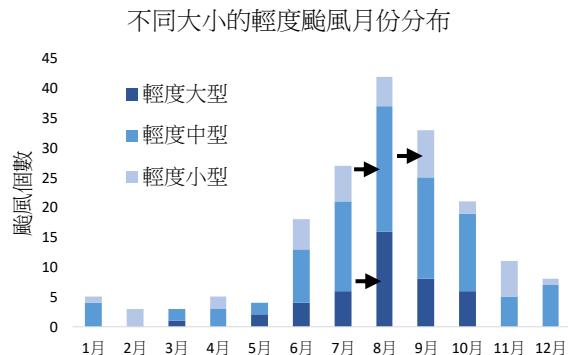
發現：颱風生命週期越長，半徑普遍較大，強度也較強，在海洋上吸收熱能的時間長短會影響颱風的暴風半徑。

### (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)



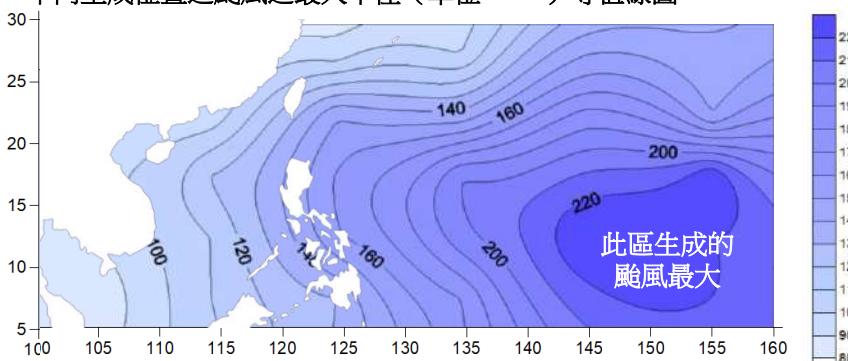
	輕度颱風	中度颱風	強烈颱風
大型	8月	8月	9~10月
中型	8月	9月	9月
小型	9月	9月	8, 10~11月

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。

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

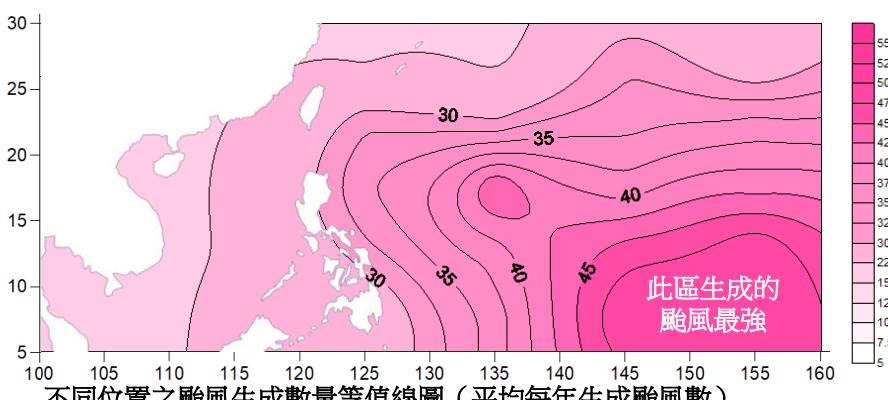


發現：半徑最大的颱風約生成於：

10~20° N, 145~155° E,

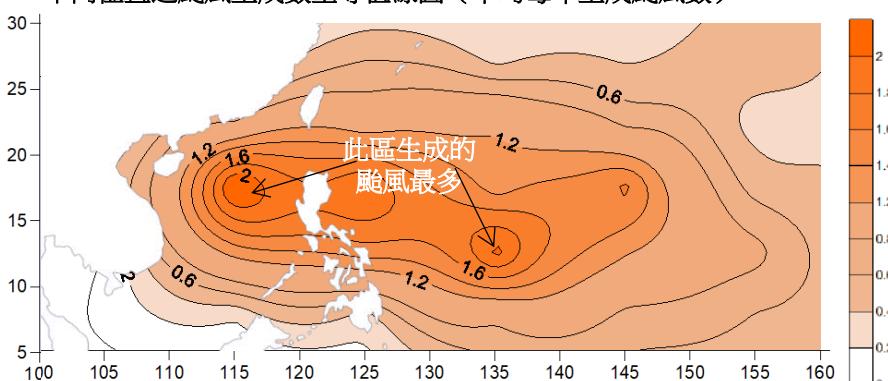
越往西平均半徑越小，因為靠近陸地，發展受到限制。

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



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。

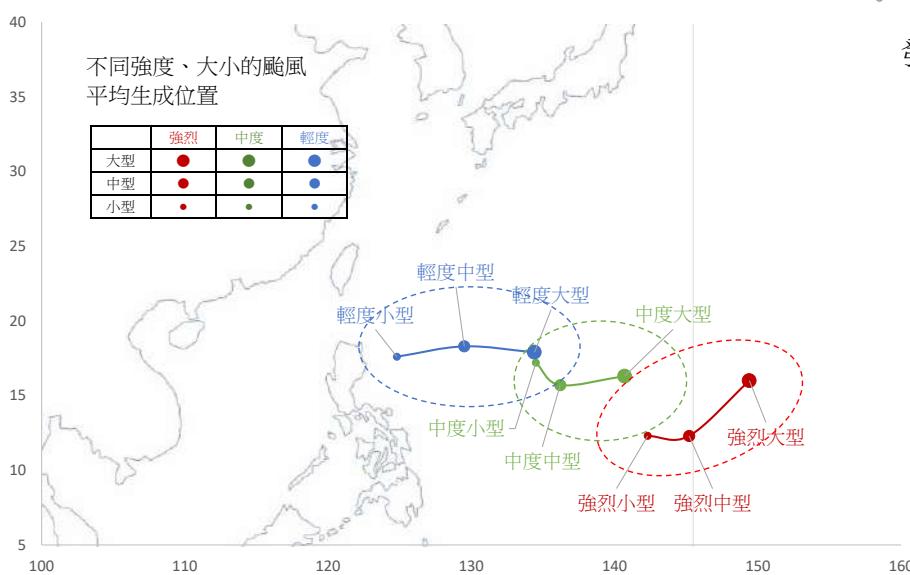
菲律賓東西兩側，颱風生成數多，但半徑小且強度弱。



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。

不同強度、大小的颱風平均生成位置

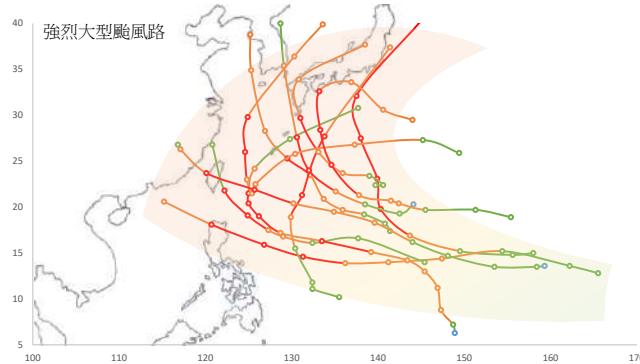
	強烈	中度	輕度
大型	●	●	●
中型	●	●	●
小型	●	●	●



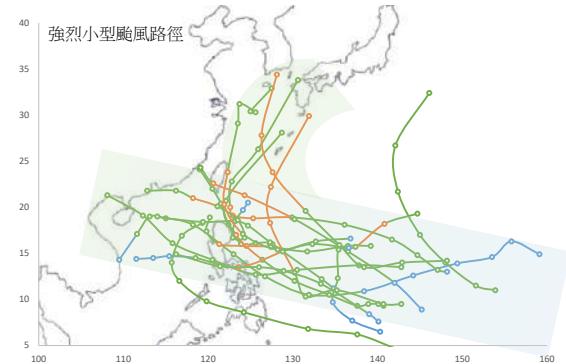
## (五) 颱風的路徑與暴風半徑的關係

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

強烈。大型颱風 ( $\geq 300 \text{ km}$ 。 $n = 11$ )

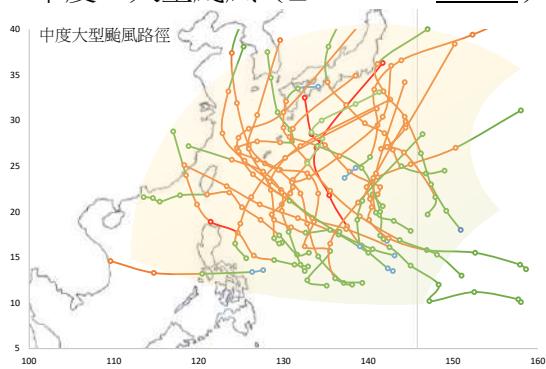


強烈。小型颱風 ( $\leq 200 \text{ km}$ 。 $n = 17$ )



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 ( $\geq 250 \text{ km}$ 。 $n = 25$ )

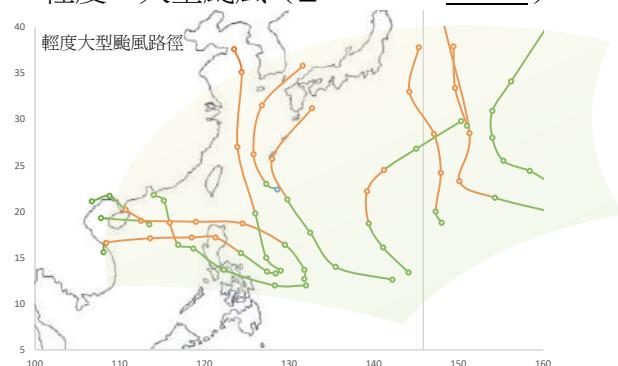


中度。小型颱風 ( $\leq 150 \text{ km}$ 。 $n = 33$ )

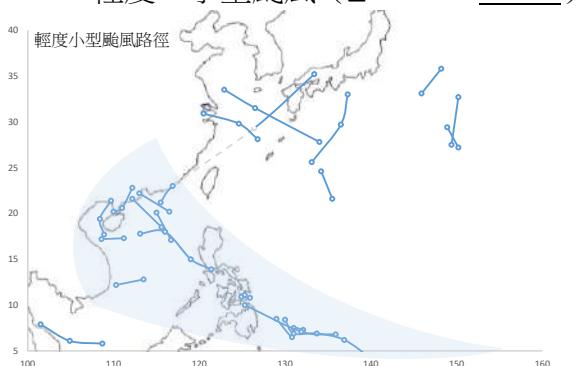


發現：中度大型颱風路徑大多都是生成後西行一小段再北行，暴風半徑變大，相較於強烈颱風，生命週期較短。中度小型颱風的路徑可能受陸地破壞，生命週期更短。

輕度。大型颱風 ( $\geq 200 \text{ km}$ 。 $n = 12$ )

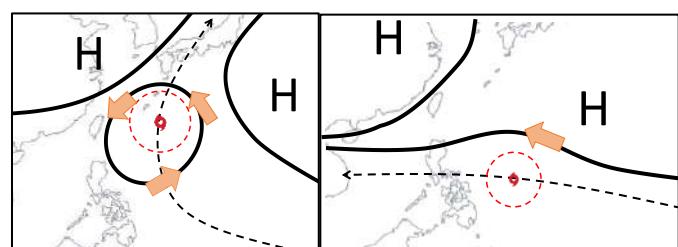


輕度。小型颱風 ( $\leq 80 \text{ km}$ 。 $n = 40$ )

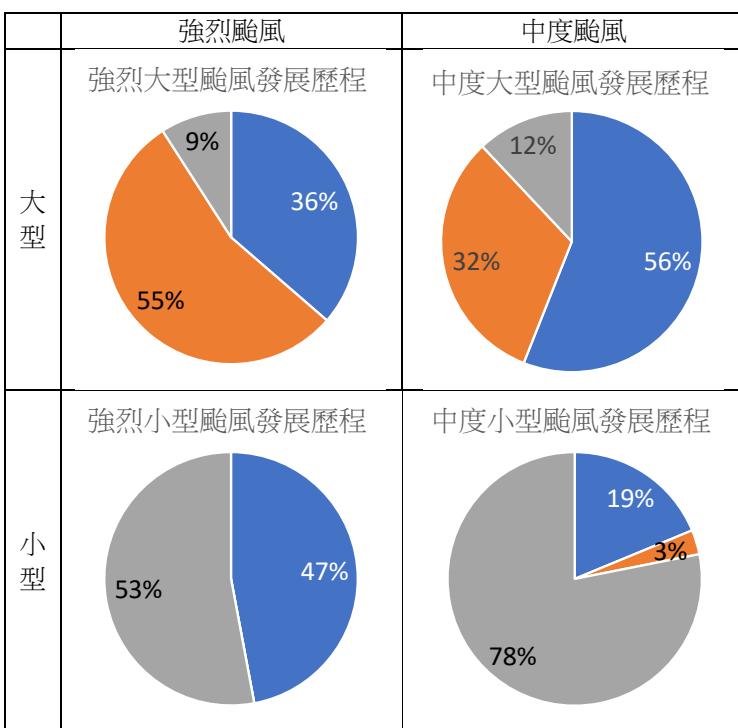
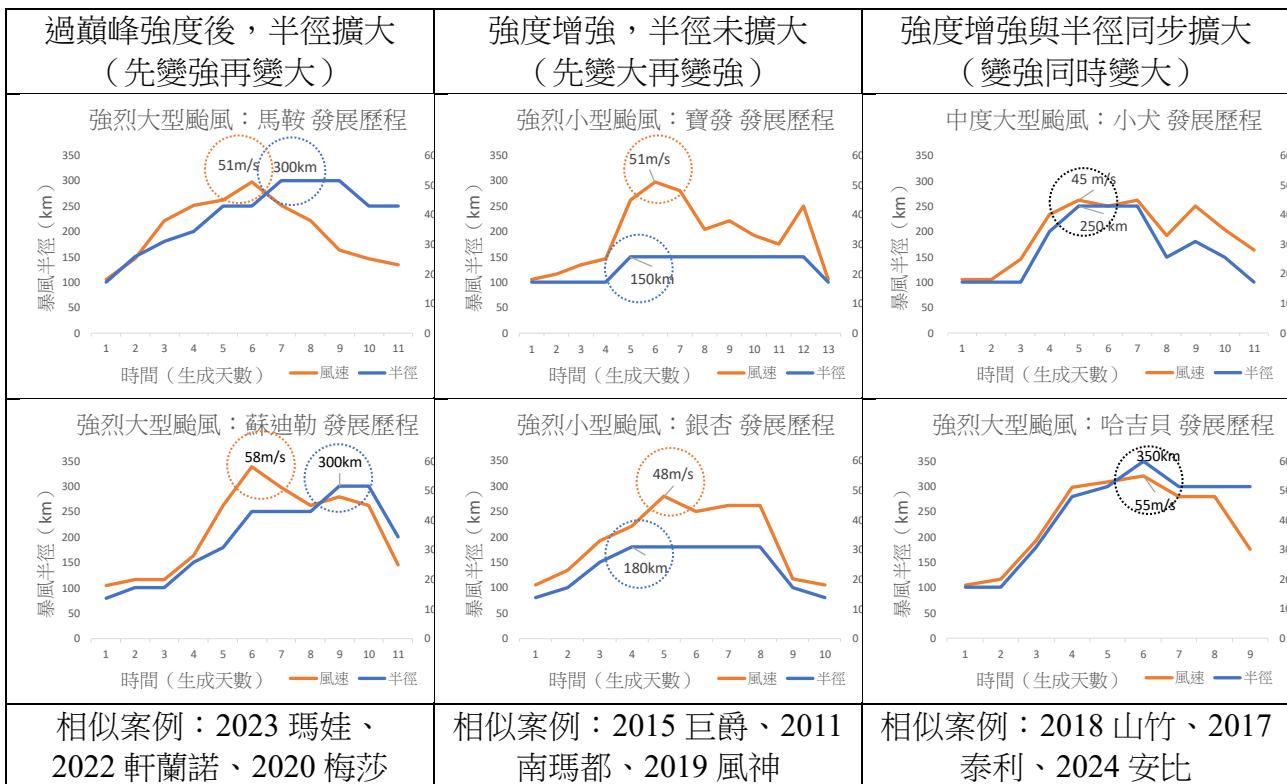


發現：輕度大型颱風多在菲律賓東方季風槽處生成，多有季風低壓的特性，北行且暴風半徑擴大。輕度小型颱風緊鄰陸地生成，生活史短。

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)



**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%)。

- 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)

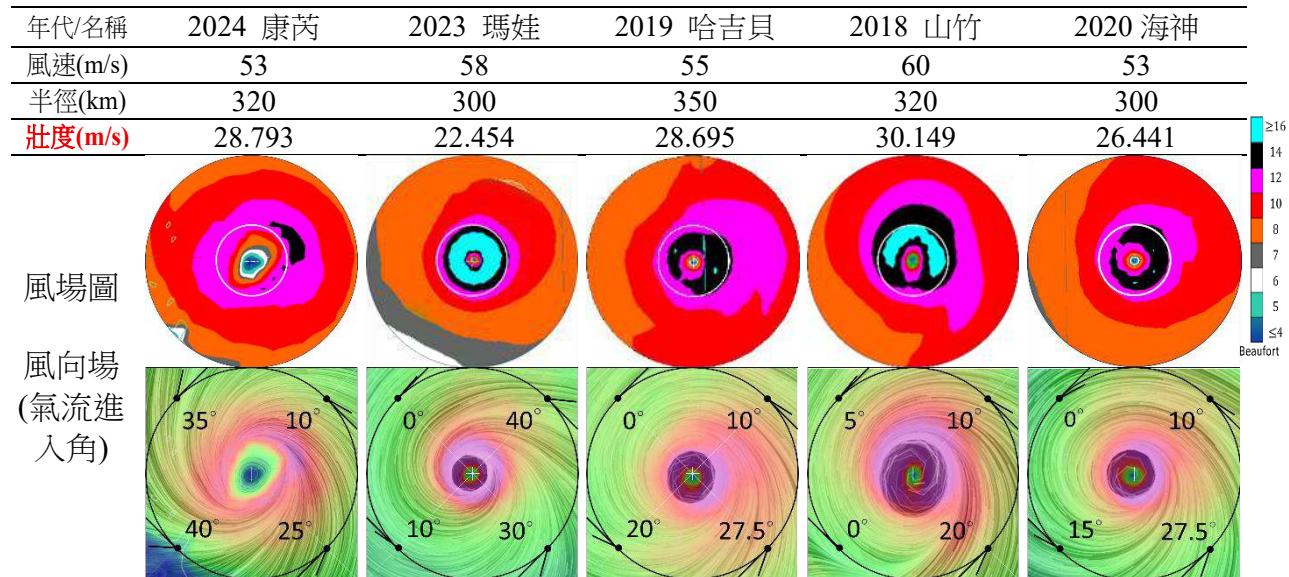
**總結：大型颱風，強度減弱半徑擴大的原因：**颱風北轉過程中，颱風成熟進入衰弱期，中心風速減弱但風場重新分配，原本範圍較小轉速較快，後來轉速變慢範圍同時變大。

**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。

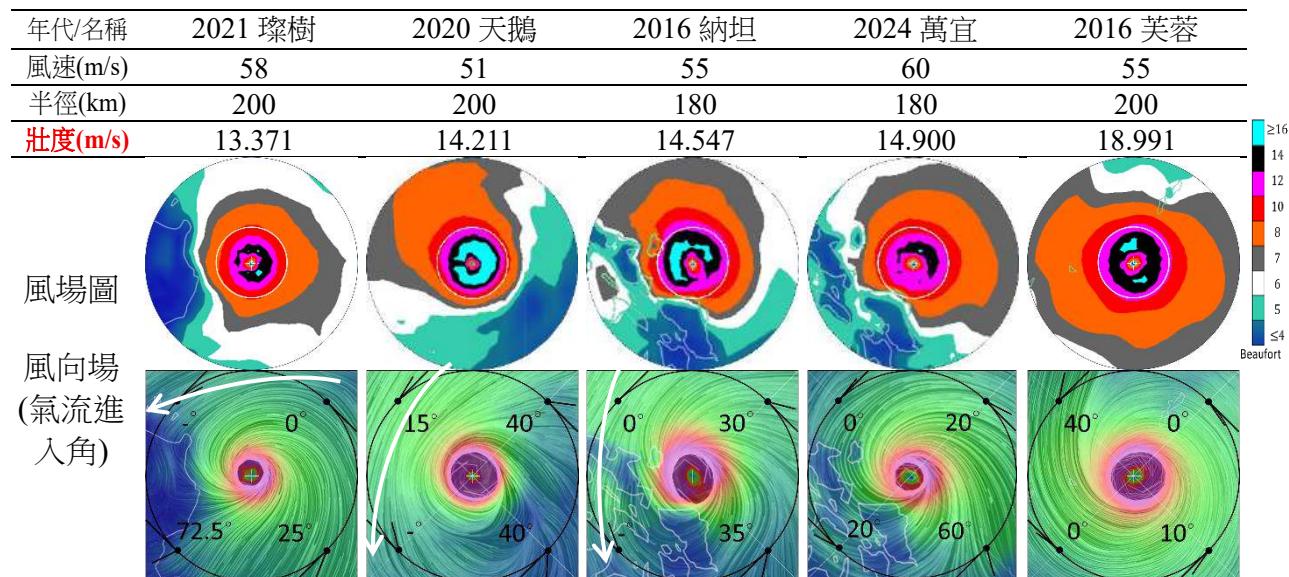
## 二、探討不同暴風半徑的颱風風場結構

### (一) 壯度與氣流進入角分析

#### 1. 強烈。大型颱風

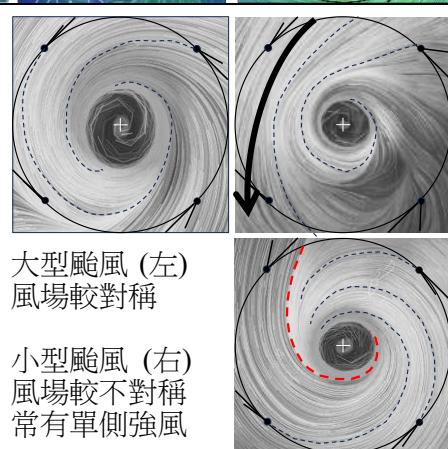


#### 2. 強烈。小型颱風

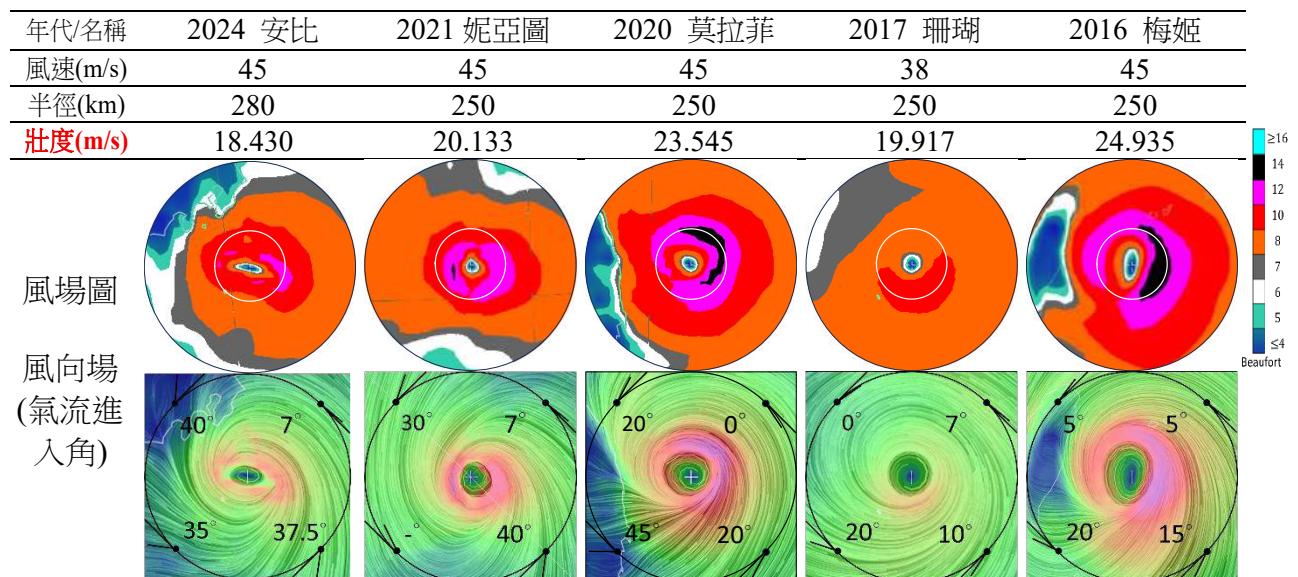


發現：分析不同大小的強烈颱風（大型：半徑 300 km

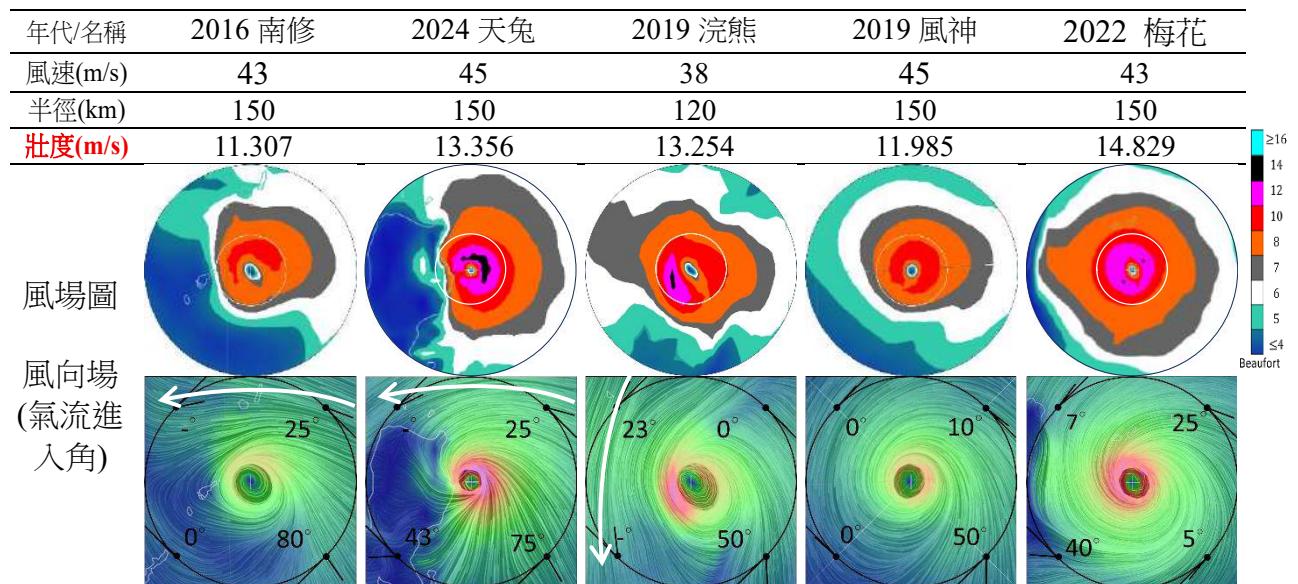
以上，小型：半徑 200 km 以下）的壯度發現，  
強烈大型颱風，壯度普遍偏大，風場較對稱且大  
多東北側較強，東北、西北、西南、東南四象限  
氣流進入角普遍偏小；強烈小型颱風，壯度普遍  
較小，且常有單側強風（北側或西側），或四象  
限氣流進入角有一或兩個象限角度很大使風場  
不對稱。



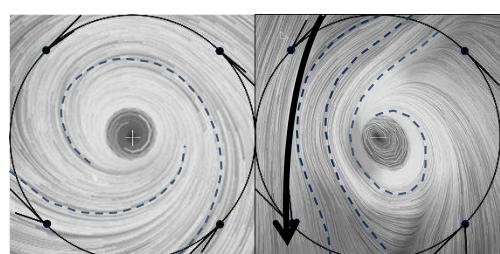
### 3. 中度。大型颱風



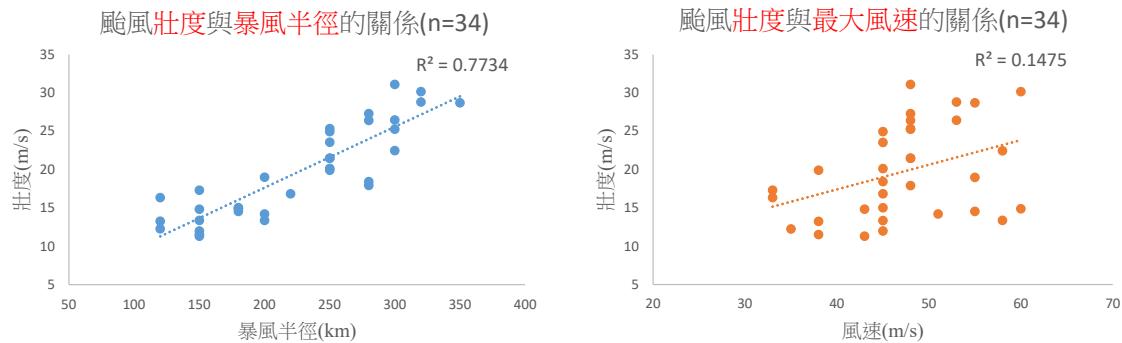
### 4. 中度。小型颱風



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。



## (二) 颱風壯度大小與半徑及強度(最大風速)關係

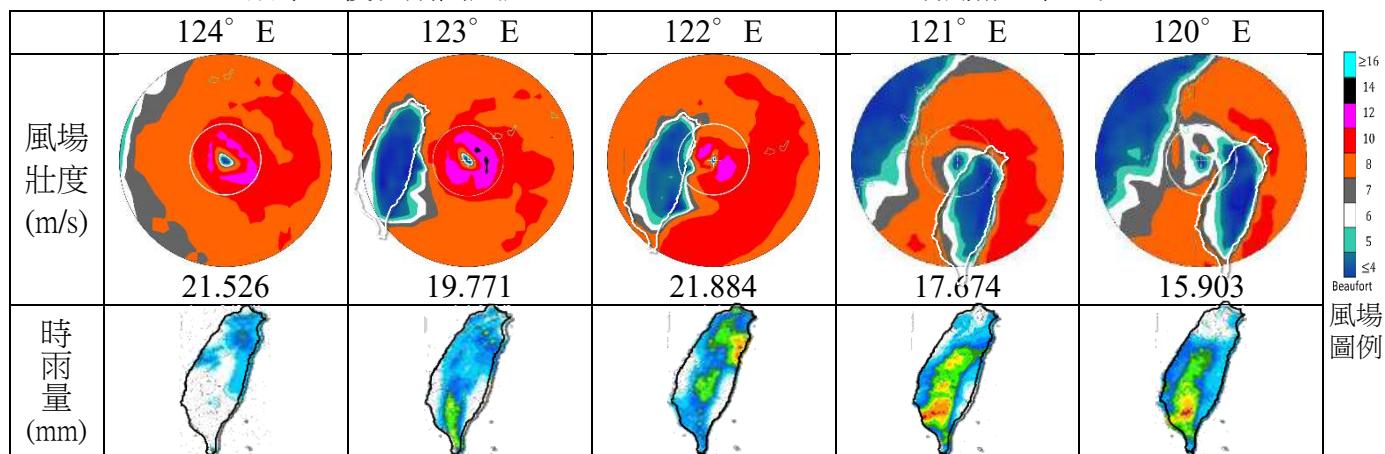


發現：壯度代表颱風整體能量及風場範圍，與颱風暴風半徑的相關性較高，與最大風速的相關性較低。顯示暴風半徑對壯度的影響較大。

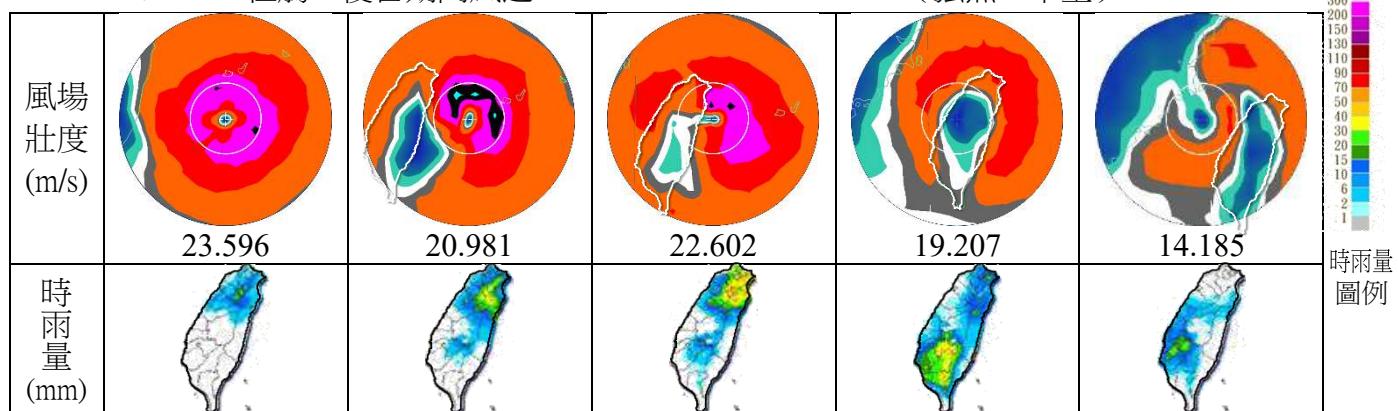
### 三、分析不同暴風半徑的西行侵台颱風風場變化及雨量累積情形

#### (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)

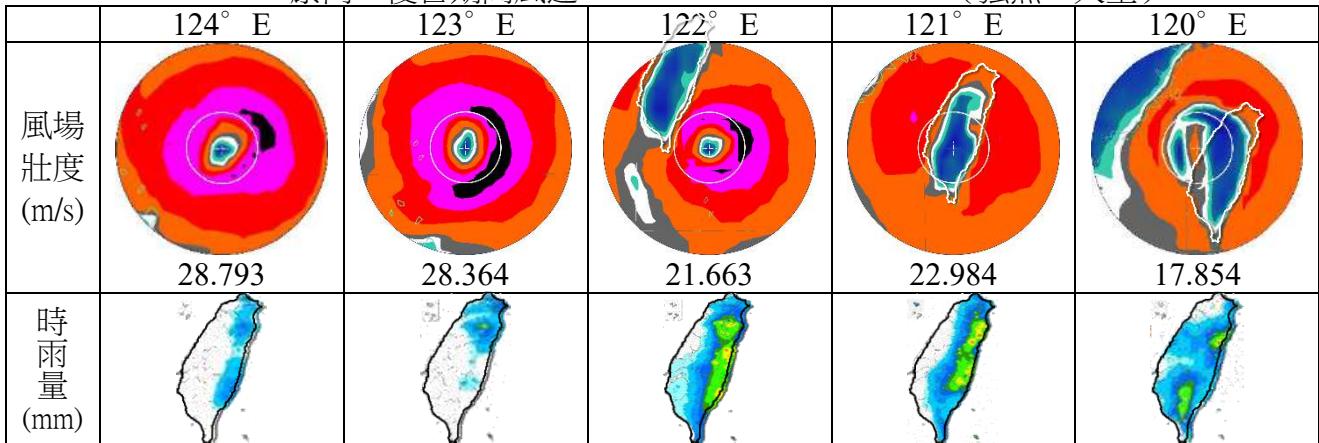


發現：2 號路徑的侵台颱風降雨集中在迎風面（台灣東北側轉變成西南側）；

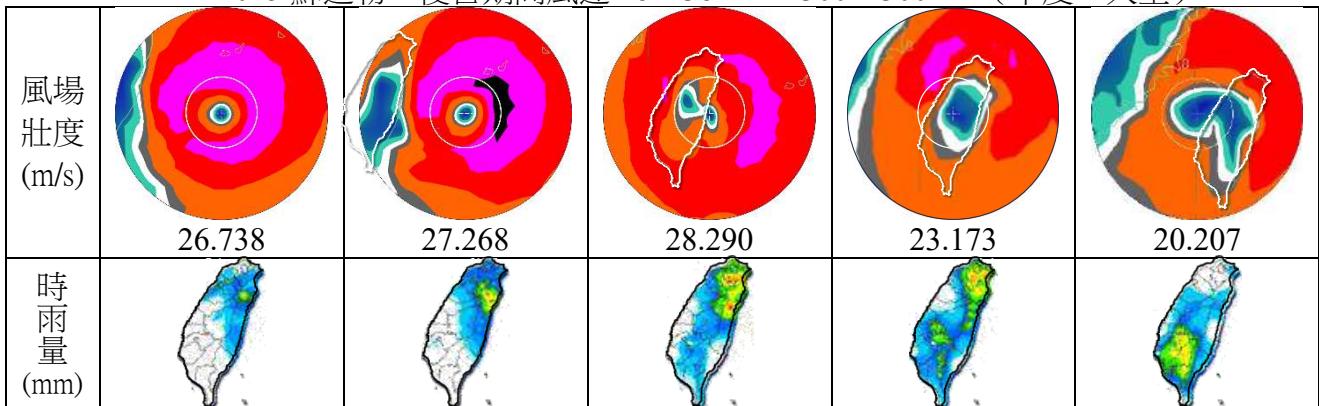
從 122° E→120° E 過山的過程，壯度明顯下降，內核、外核均受到破壞。

## (二) 侵台 3 號路徑颱風

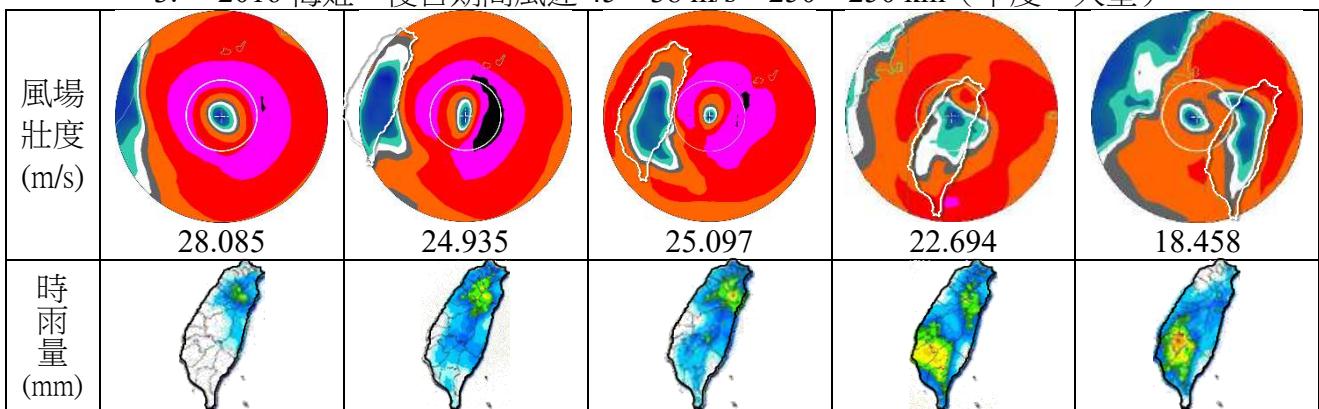
1. 2024 康芮，侵台期間風速 53→40 m/s，320→280 km (強烈。大型)



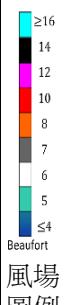
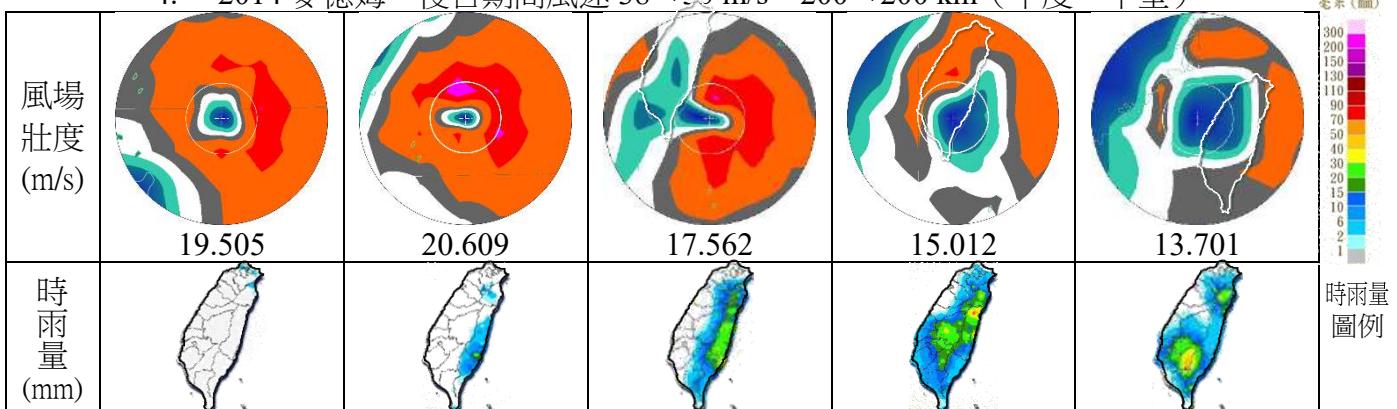
2. 2015 蘇迪勒，侵台期間風速 48→38 m/s，300→300 km (中度。大型)



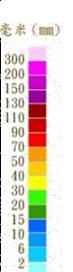
3. 2016 梅姬，侵台期間風速 45→38 m/s，250→250 km (中度。大型)



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



風場圖例

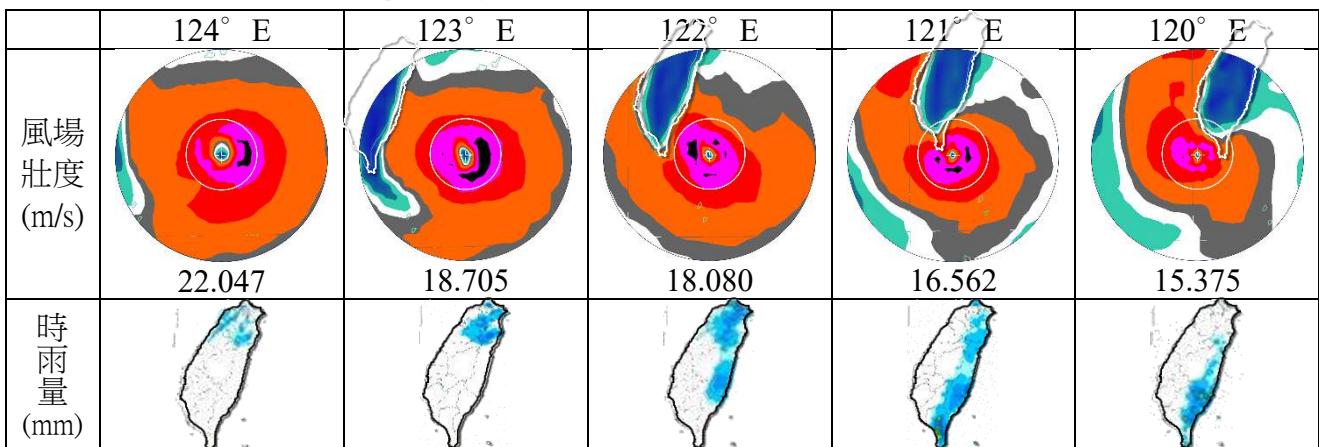


時雨量圖例

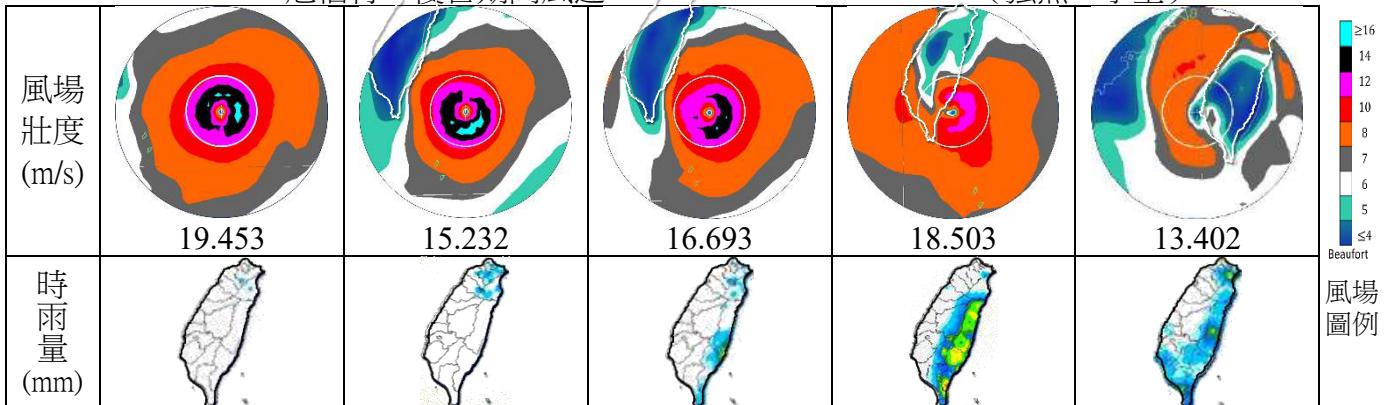
發現：3 號路徑的侵台颱風降雨集中在迎風面（東側轉為西南側）；從 124° E → 120° E 過山的過程，壯度明顯下降，內核受到嚴重破壞，環流尚能維持。

### (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)

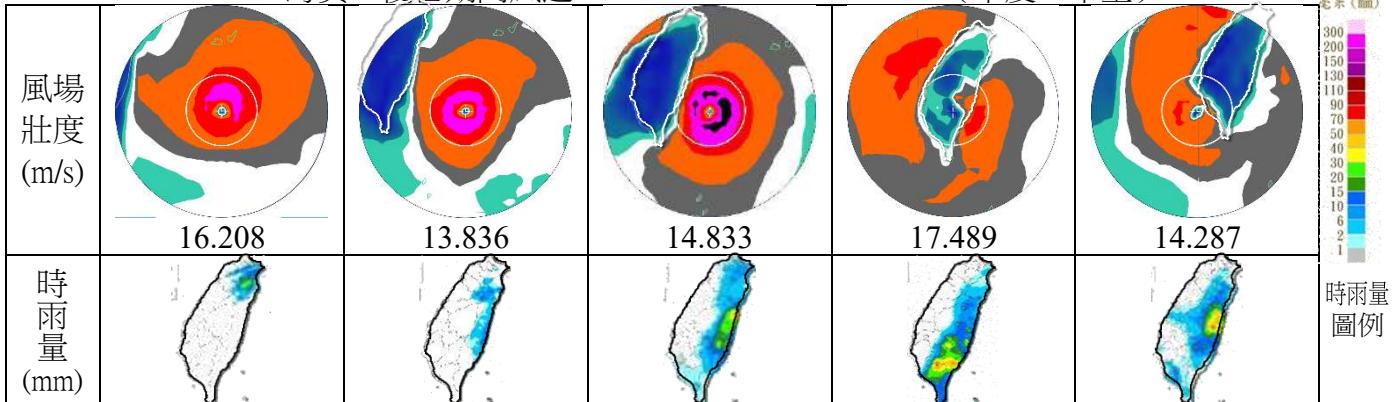


2. 2016 尼伯特，侵台期間風速 58→43 m/s，200→200 km (強烈。小型)



風場圖例  
Beaufort  
≥16  
14  
12  
10  
8  
7  
6  
5  
≤4

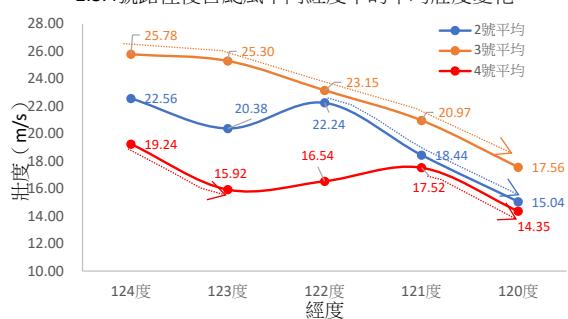
3. 2023 海葵，侵台期間風速 43→35 m/s，180→180 km (中度。中型)



時雨量圖例  
毫米 (mm)  
300  
200  
150  
100  
70  
50  
40  
30  
20  
15  
10  
6  
2  
1

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：

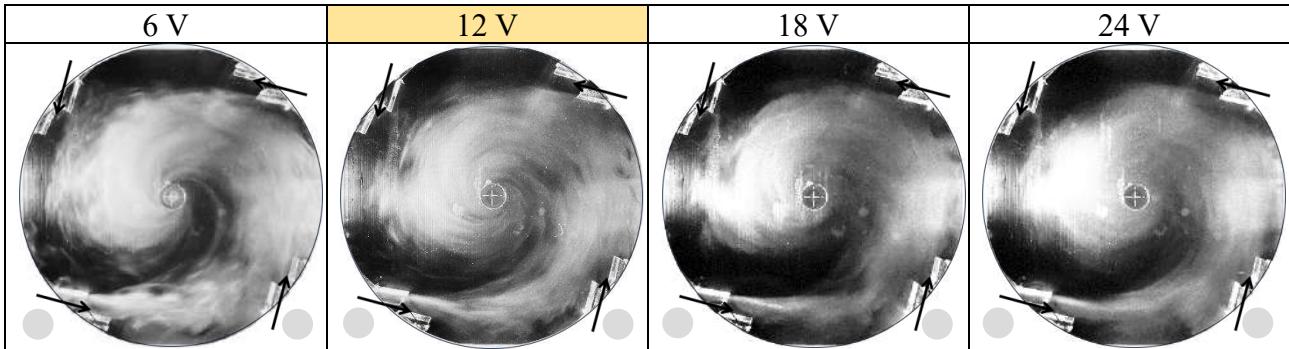
2 號路徑的颱風，颱風過山後壯度顯著下降

3 號路徑的颱風，侵台期間壯度皆穩定下降

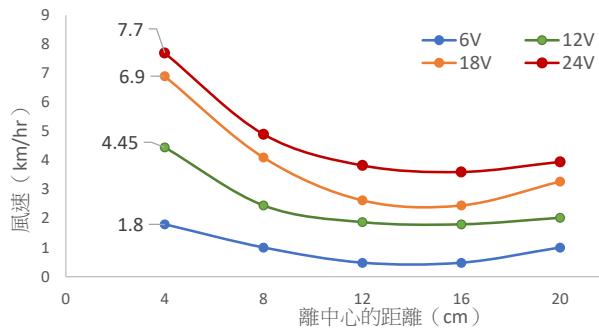
4 號路徑的颱風，過山前壯度先下降，之後趨緩，然後再下降。

#### 四、利用氣流場模型模擬不同規模的颱風及對台影響

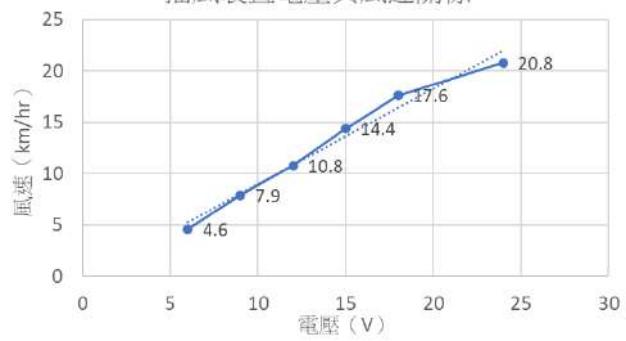
##### (一) 改變中心風速(電壓)對氣流場規模的影響(四氣流進入角均為30°)



抽風裝置的電壓對氣流場風速的影響

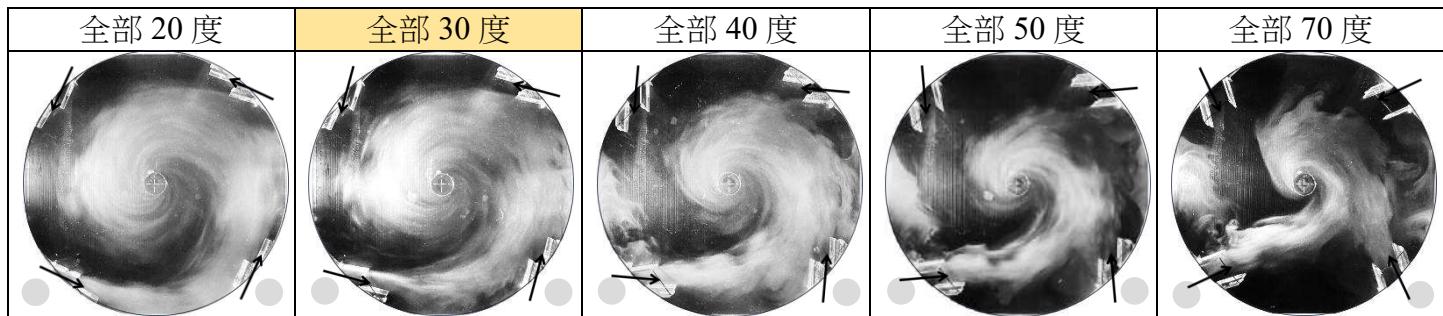


抽風裝置電壓與風速關係

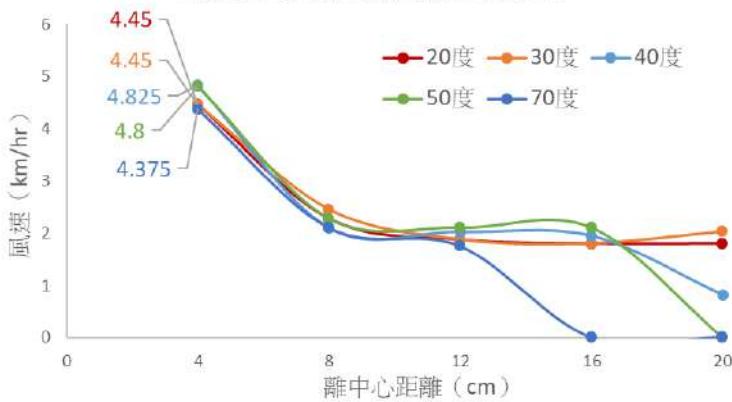


發現：改變電壓直接影響到抽風裝置風速，亦改變風場集中程度，電壓越強外圍雲系統行越快，風場規模越大；電壓越小外圍雲系統移動較慢，照片亦較清楚。

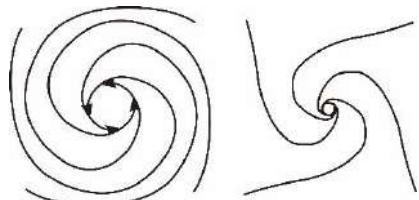
##### (二) 改變氣流進入角對氣流場規模的影響(中心電壓都是12 V)



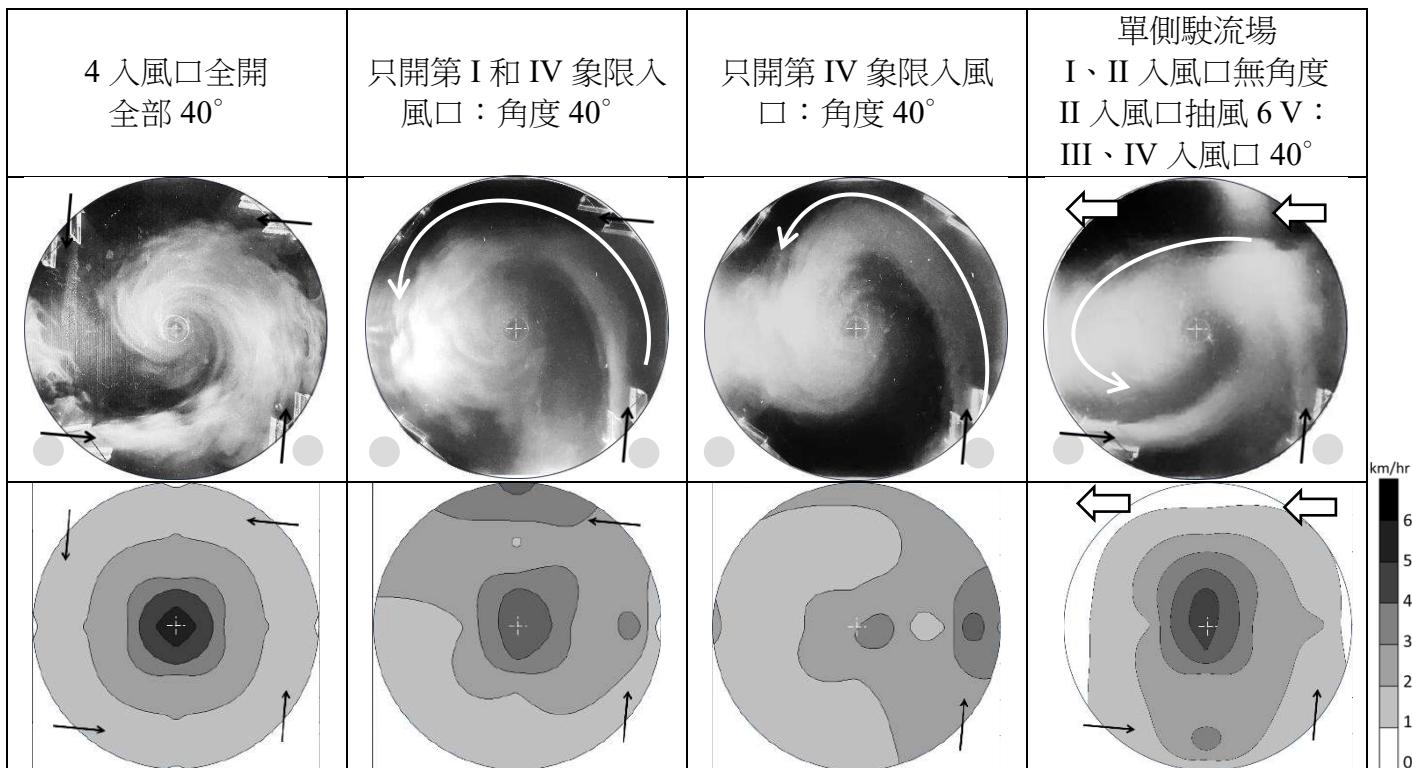
氣流進入角對氣流場風速的影響



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。

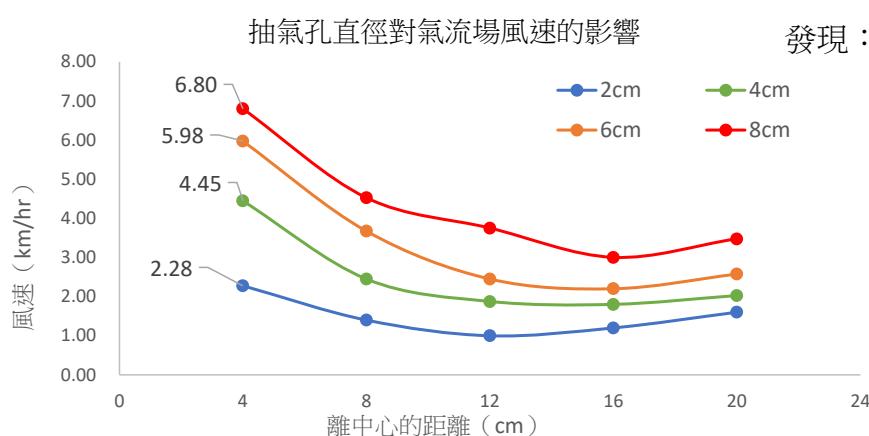
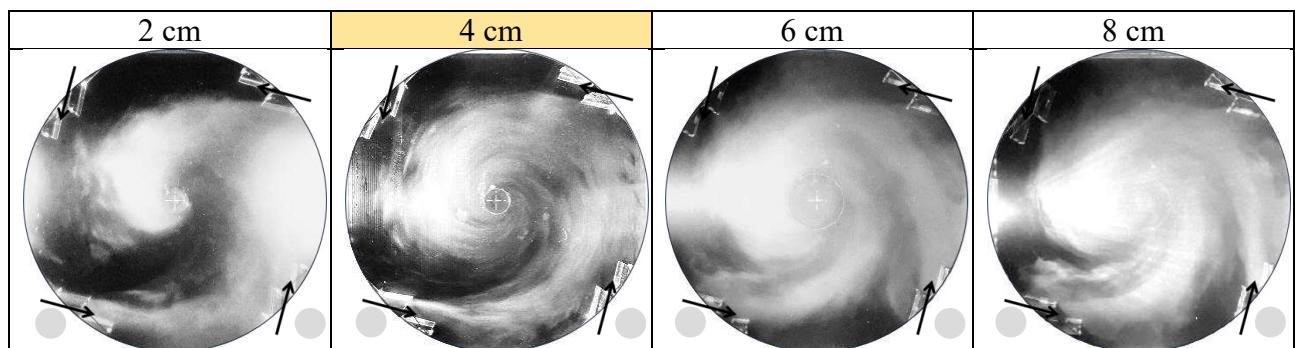


### (三) 改變入風口對氣流場對稱性的影響



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）

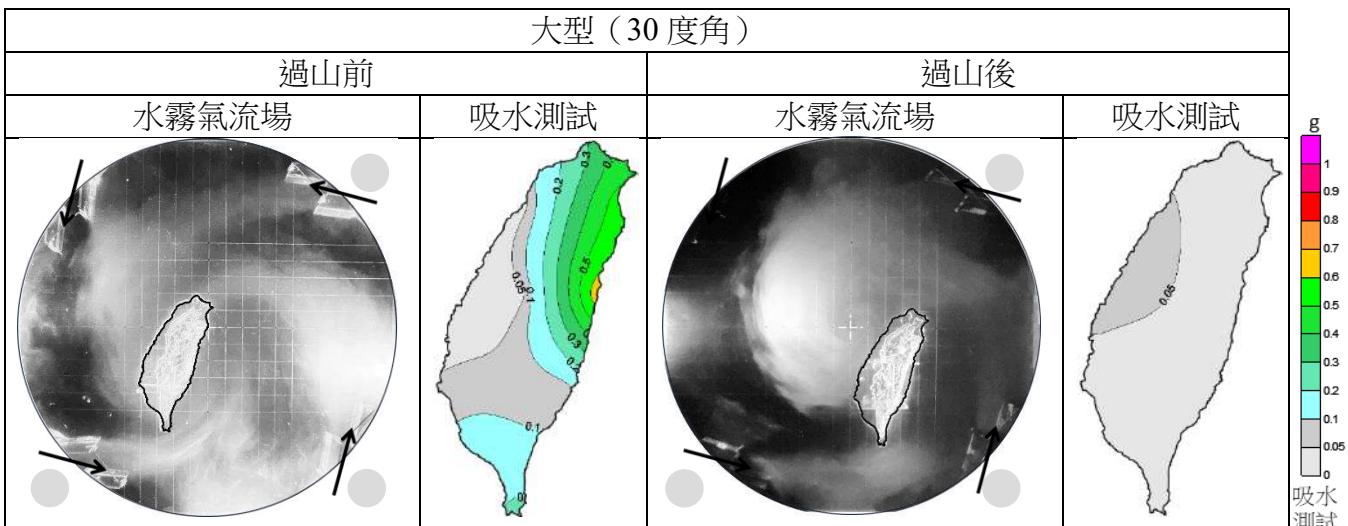


發現：抽氣孔直徑越大，風速較強、風場規模也較大，而抽氣孔直徑小則會導致風場很集中。

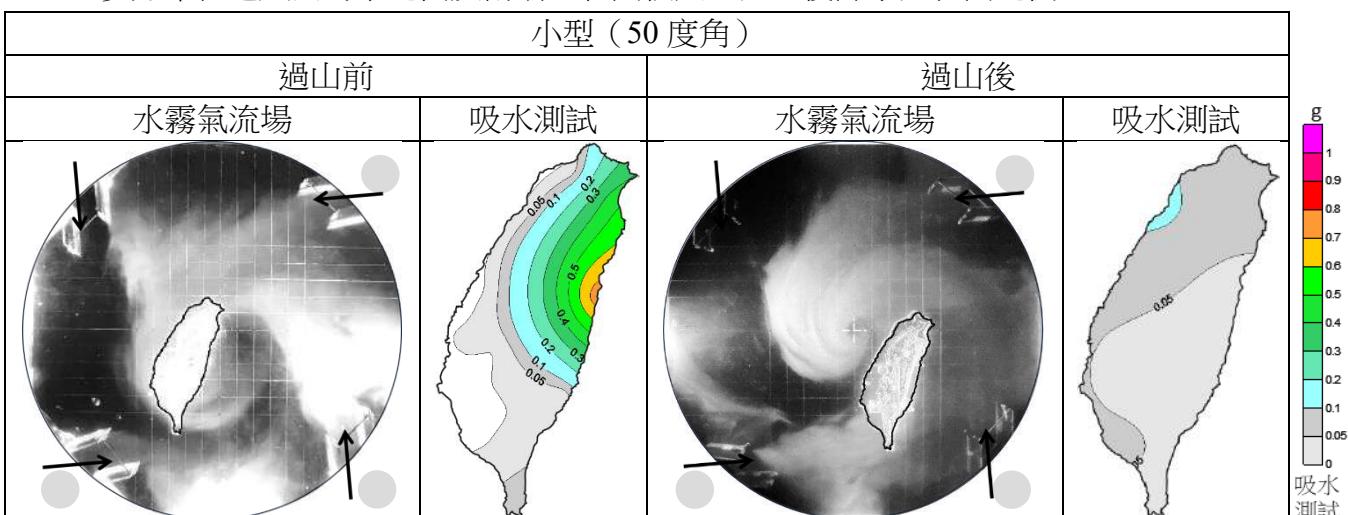
## (五) 加入台灣地形障礙物模擬不同規模的西行侵台颱風

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）

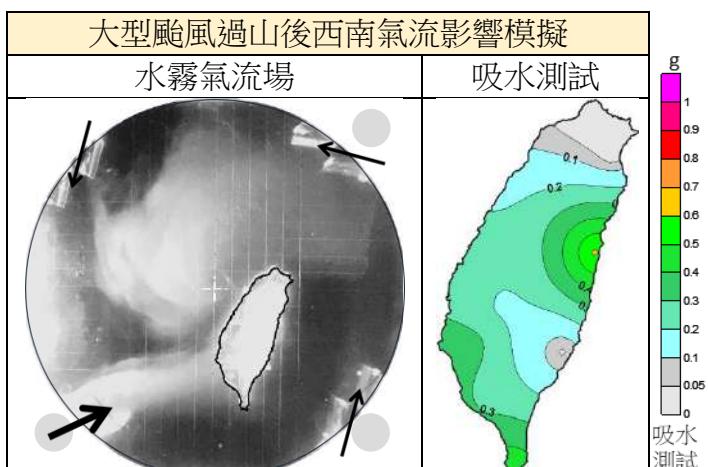


發現：模擬 2 號路徑大型颱風風場，在過山前氣流呈繞台情形，以吸水測試模擬降水範圍，多分布在迎風面的東北側及南端，範圍較大。過山後降水只在西北側。

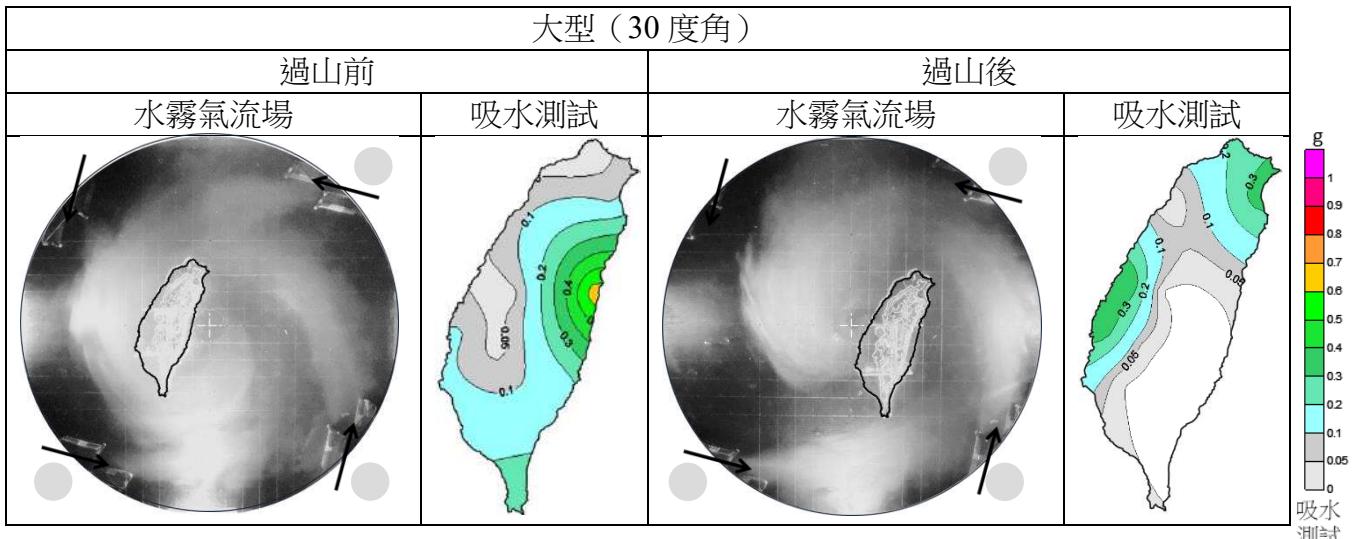


發現：模擬 2 號路徑小型颱風風場，過山前風場及降水範圍均較集中；過山後降水集中在西北側。

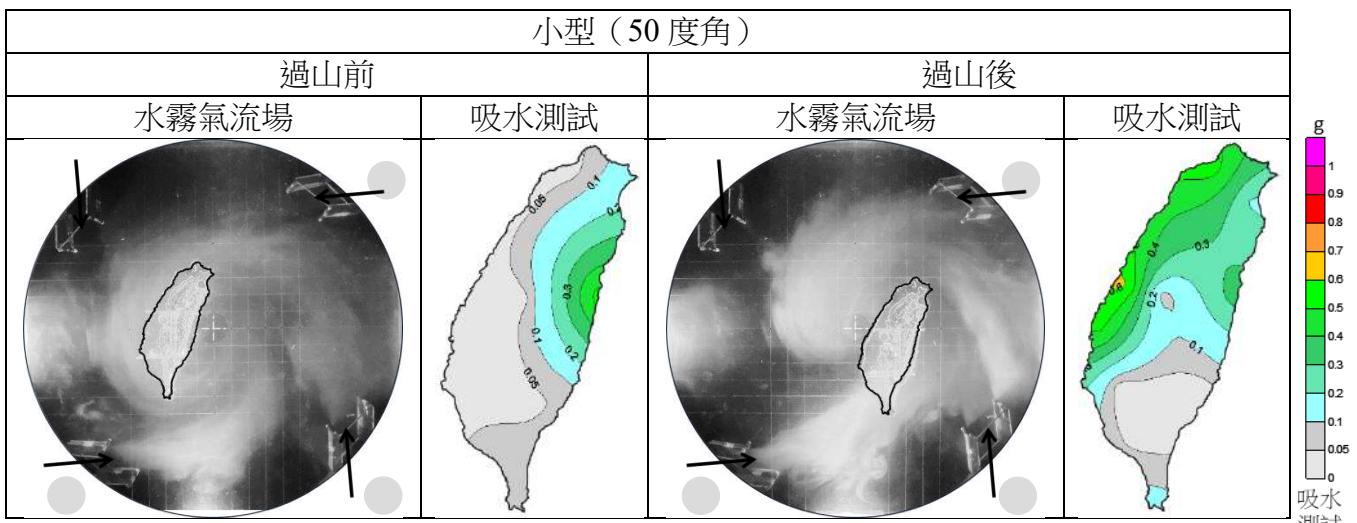
根據中央氣象署資料，二號路徑的颱風最常發生西南氣流引發暴雨，我們分析發現，此類颱風往往規模大、西南側西南季風極強，氣流進入角也大；我們將此側入風口調整成 70 度，通氣量提高為他側的兩倍，在降水模擬部分出現西南側累積情形，但雨量累積在平地，與實際情形仍有差別。



## 2. 3 號路徑（西行過中台灣）

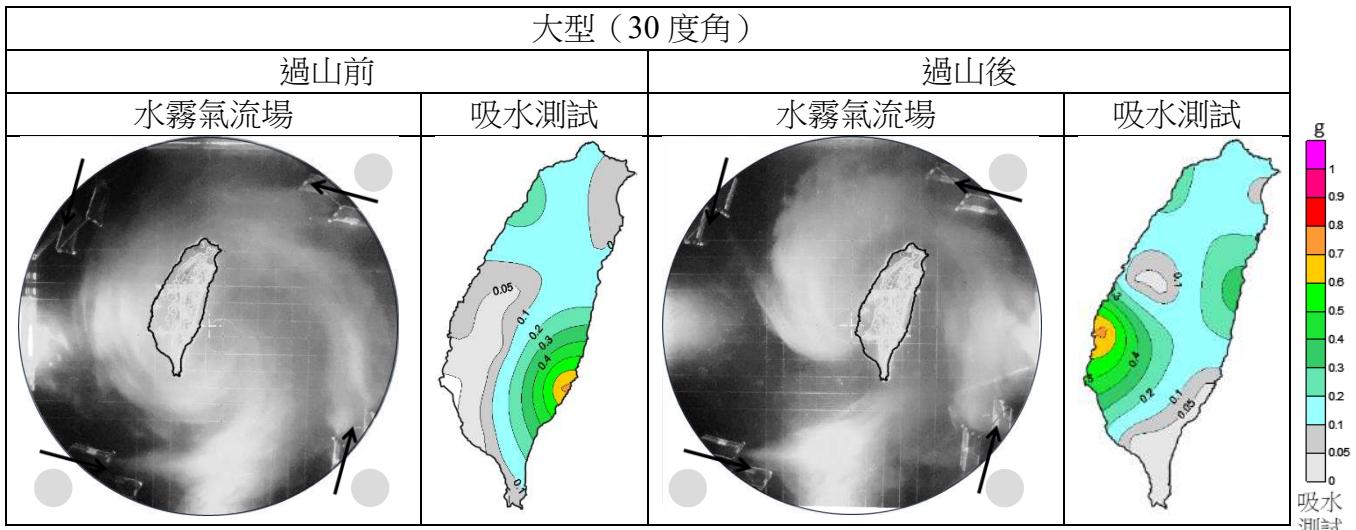


發現：模擬 3 號路徑大型颱風風場，過山前大型降水範圍較廣，尤其東側較明顯，過山後西側與東北側迎風面有些許降水。

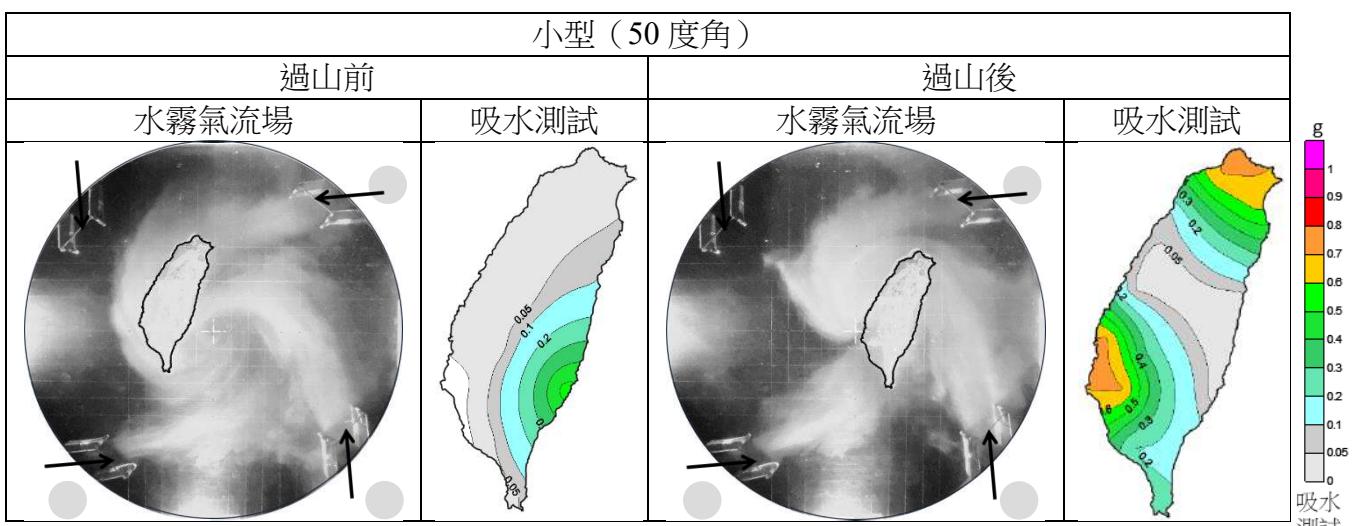


發現：模擬 3 號路徑小型颱風風場，風場較集中，在過山前降水也相對集中於東部地區；過山後，因氣流進入角與地形配合，降水於西部地區中部以北大量累積。

### 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。

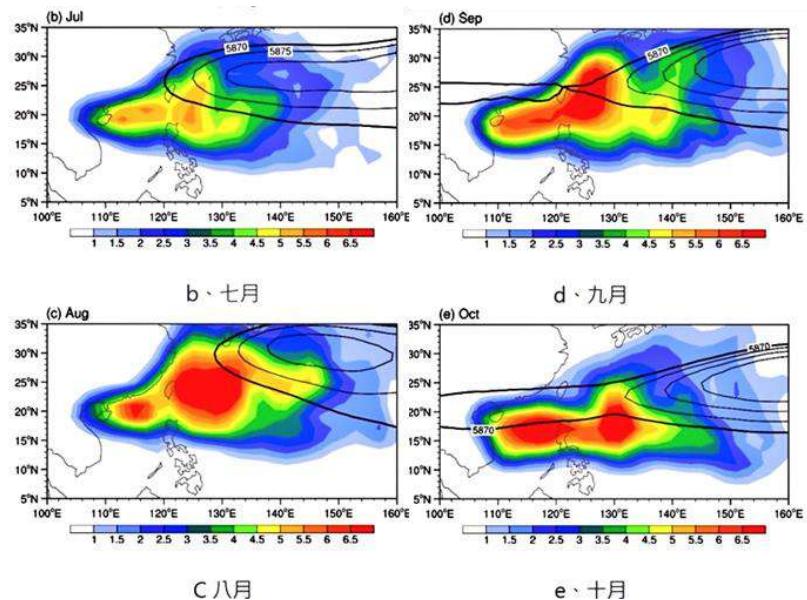
## 伍、討論

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 $\geq300\text{ km}$ ；小型 $\leq200\text{ km}$
  2. 中度颱風：大型 $\geq250\text{ km}$ ；小型 $\leq150\text{ km}$
  3. 輕度颱風：大型 $\geq150\text{ km}$ ；小型 $\leq80\text{ km}$
- (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 中度：8 月 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 中度：9 月 輕度：9 月	偏西	強烈：大多西行 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 ( $122 \rightarrow 120^{\circ}\text{E}$ )，壯度明顯下降	過山前：東北側迎風面降雨明顯 過山後：西南側迎風面降雨明顯
侵台 3 號路徑	侵台期間 ( $124 \rightarrow 120^{\circ}\text{E}$ ) 壯度明顯下降，環流尚能維持	過山前：東側迎風面降雨明顯 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 ( $124 \rightarrow 123^{\circ}\text{E}$ )，之後趨緩，然後再下降 ( $121 \rightarrow 120^{\circ}\text{E}$ )，風場變成 6 字形	過山前：東側迎風面降雨明顯 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 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， 降水範圍大， 分布在東北側及南端	大型	氣流繞台，雲系較寬闊， 降水主要在西北側
	小型	風場集中，雲系較窄， 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， 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， 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， 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， 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
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； 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> 。				

## 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

三化

VS

小鋼炮

擬

—探討影響颱風暴風半徑之因素與模擬



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

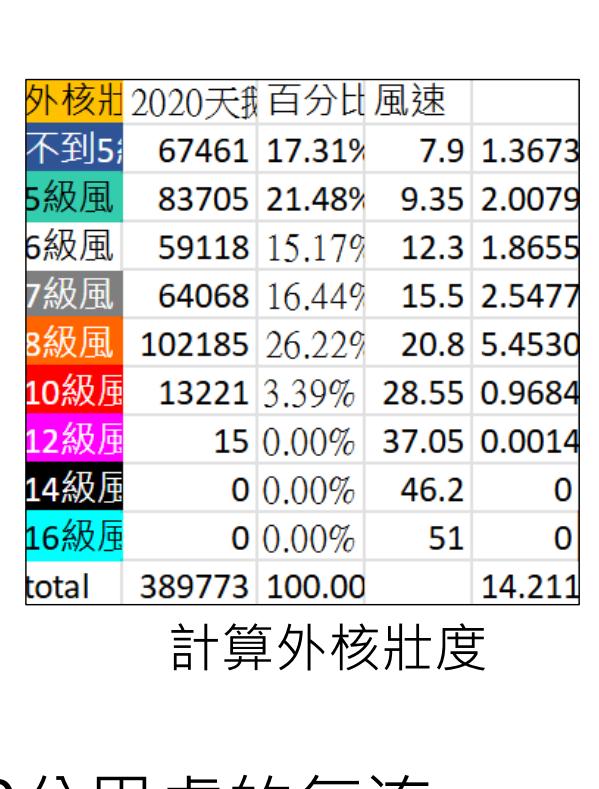
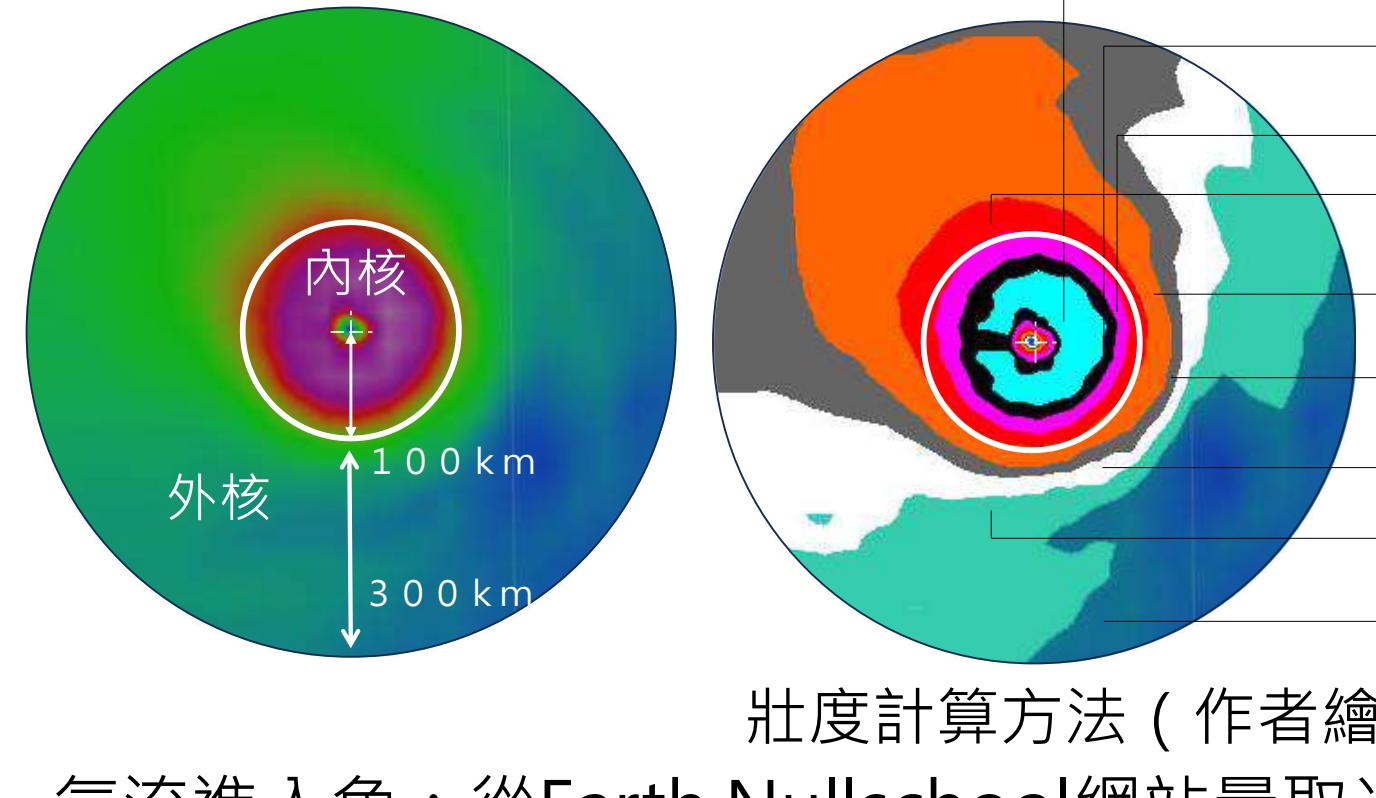
### 一、歷年颱風資料分析

1. 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.NeutralSchool視覺化數值模擬網站
2. 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

1. 篩選颱風案例，至Earth.NeutralSchool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×各風速中間值，求得「壯度」。此指「外核區（半徑100~300公里）」的壯度。

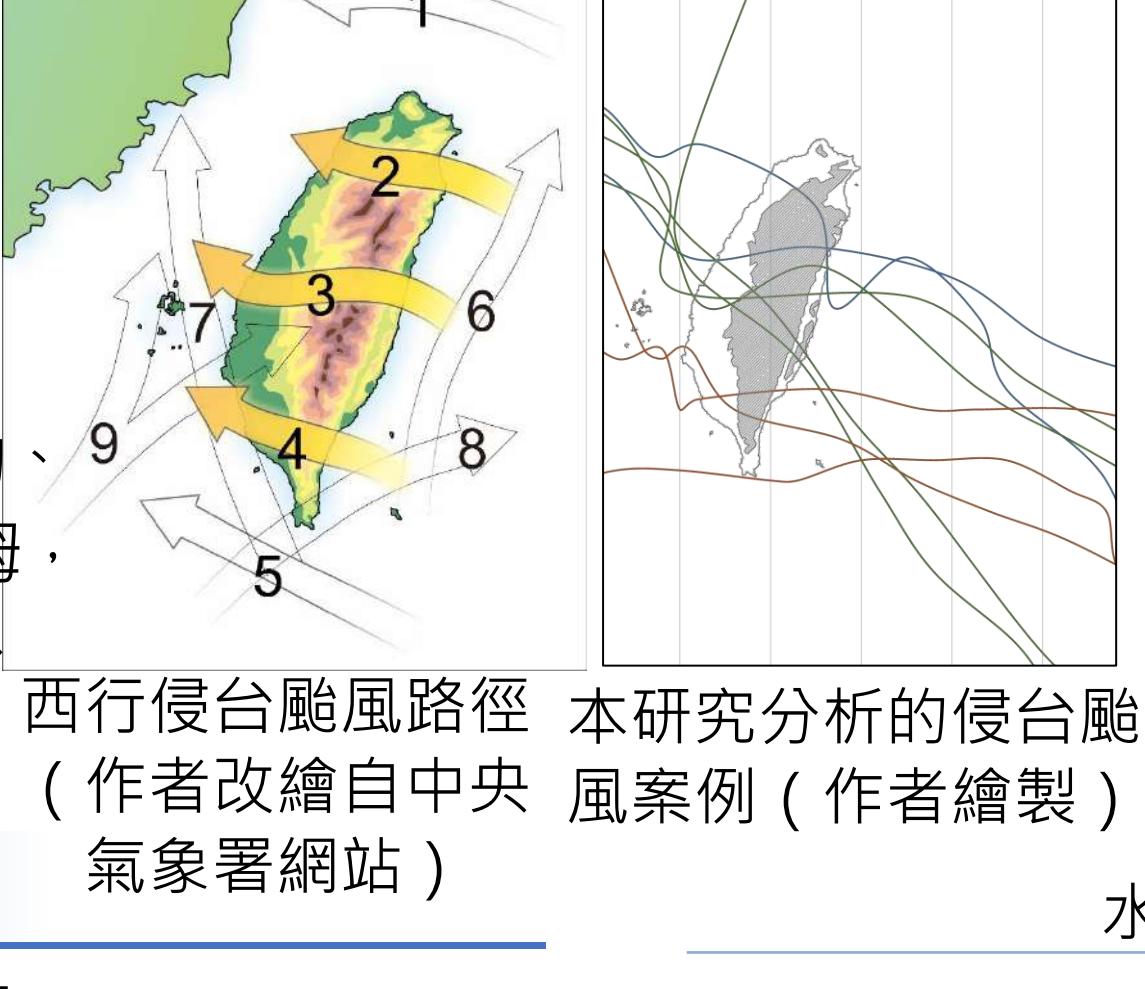
※壯度：自中心向外300公里半徑範圍內的平均風速（周昆炫等，2018），可代表颱風的風場規模及整體紮實程度。



2. 氣流進入角：從Earth.NeutralSchool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

1. 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）。



西行侵台颱風路徑  
本研究分析的侵台颱風案例  
(作者改繪自中央氣象署網站)

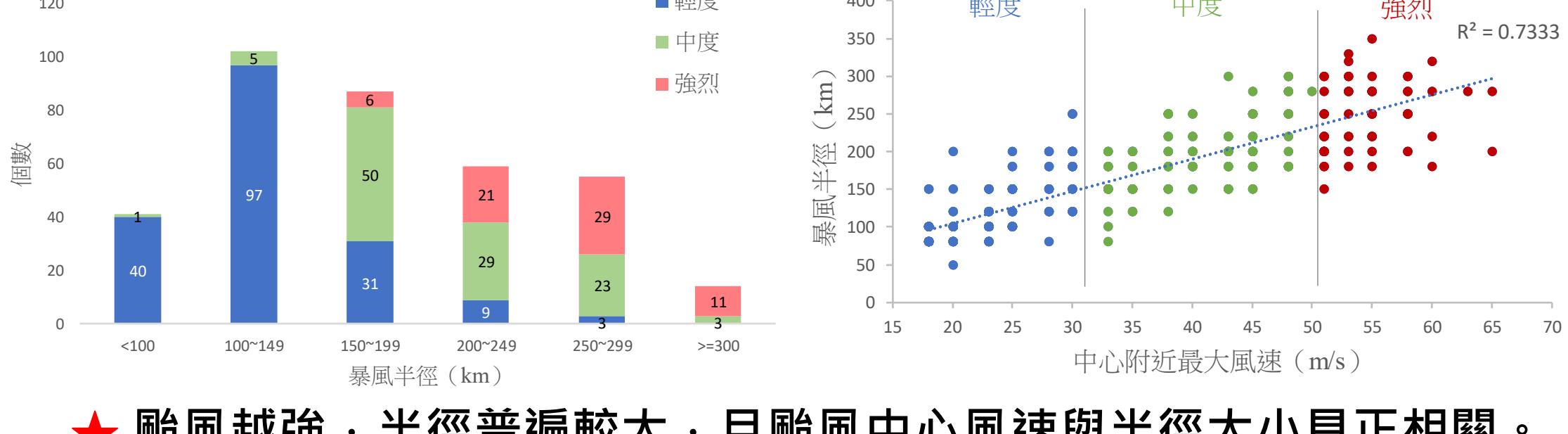
2. 案例：2號路徑：2024凱米、2015杜鵑

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

## 叁、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

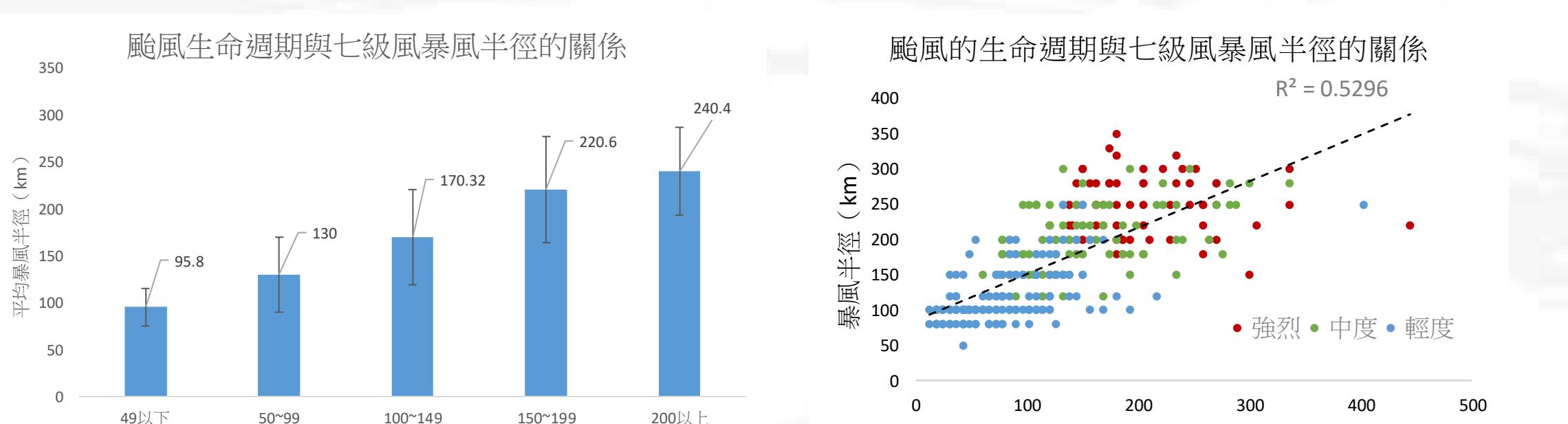


★ 颱風越強，半徑普遍較大，且颱風中心風速與半徑大小具正相關。

	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 (本研究定義)	≥150 km	≥250 km	≥300 km
中型 (本研究定義)	80~150 km	150~250 km	200~300 km
小型 (本研究定義)	≤80 km	≤150 km	≤200 km

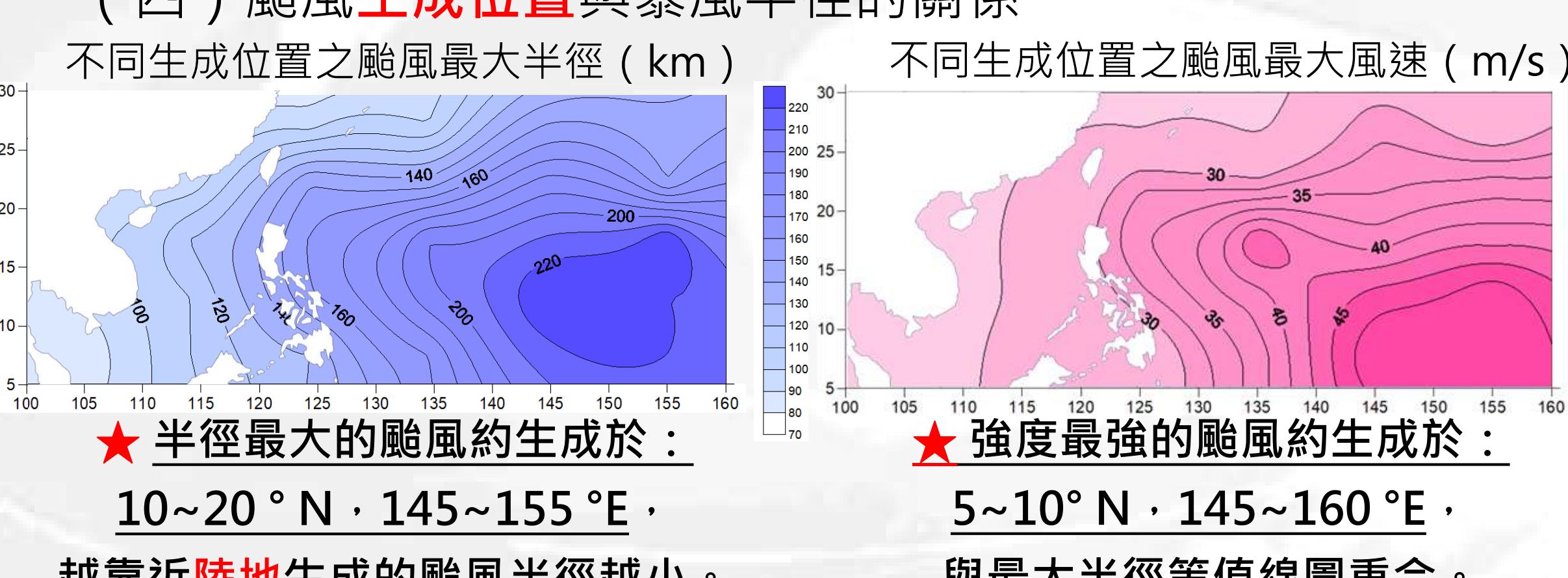
★ 大小定義：將平均暴風半徑加（減）一個標準差以上定義為大（小）型。

#### (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。

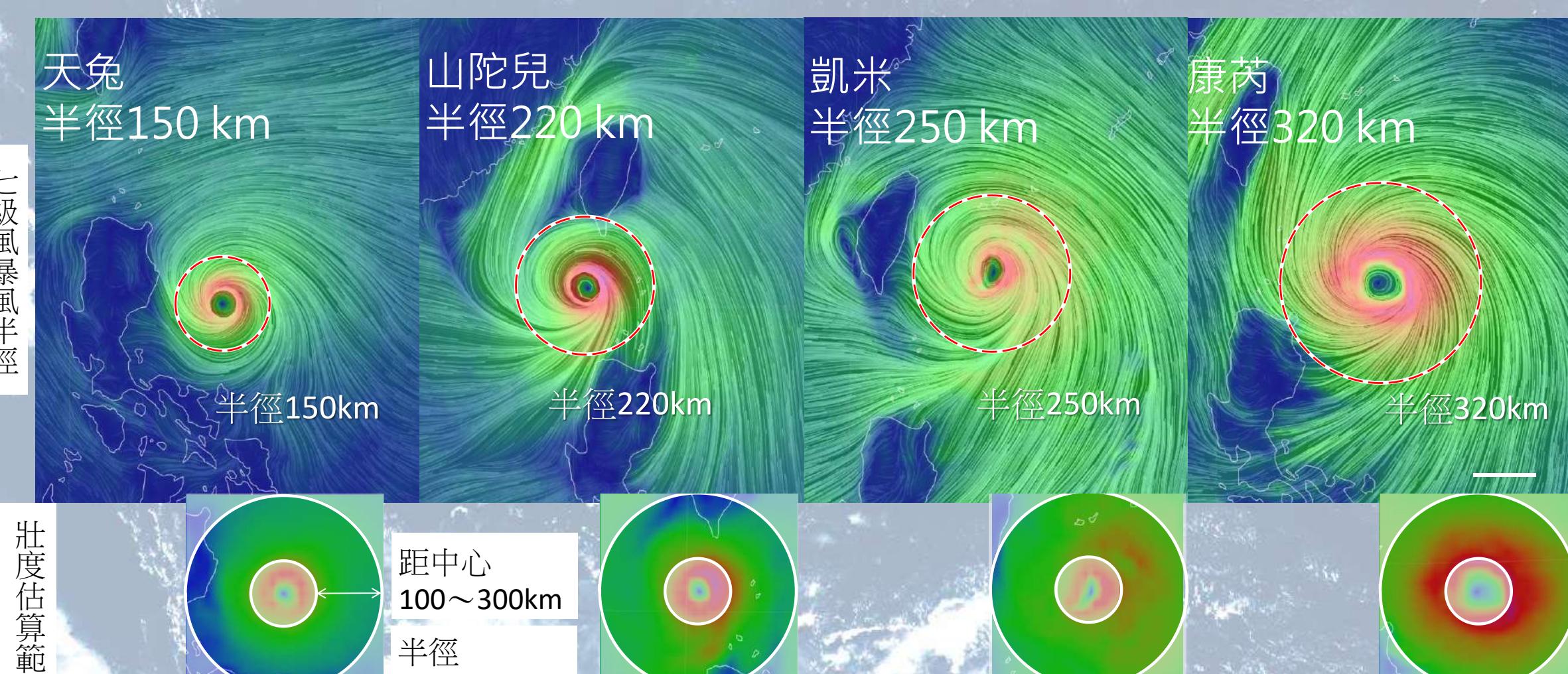
#### (四) 颱風生成位置與暴風半徑的關係



★ 半徑最大的颱風約生成於：

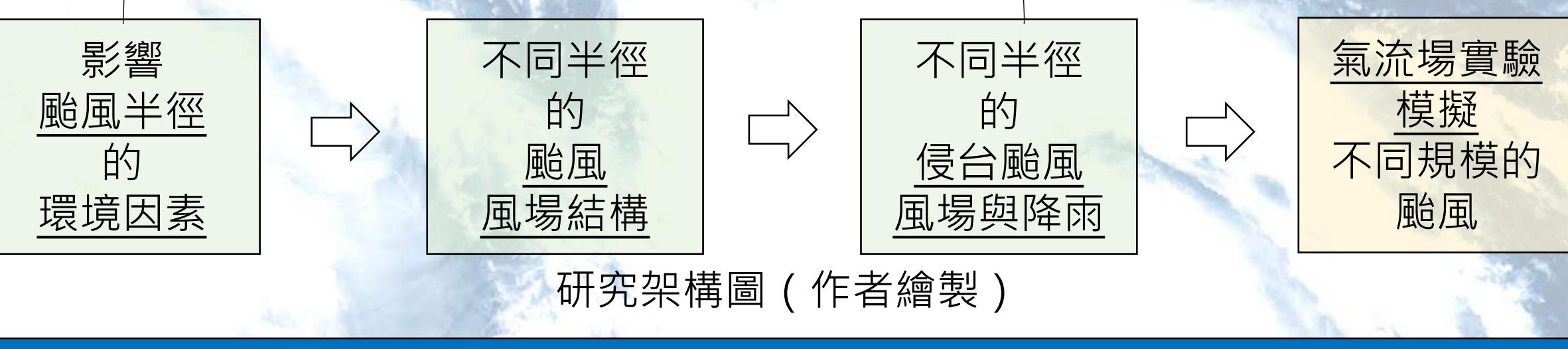
10~20° N · 145~155° E ·

越靠近陸地生成的颱風半徑越小。



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

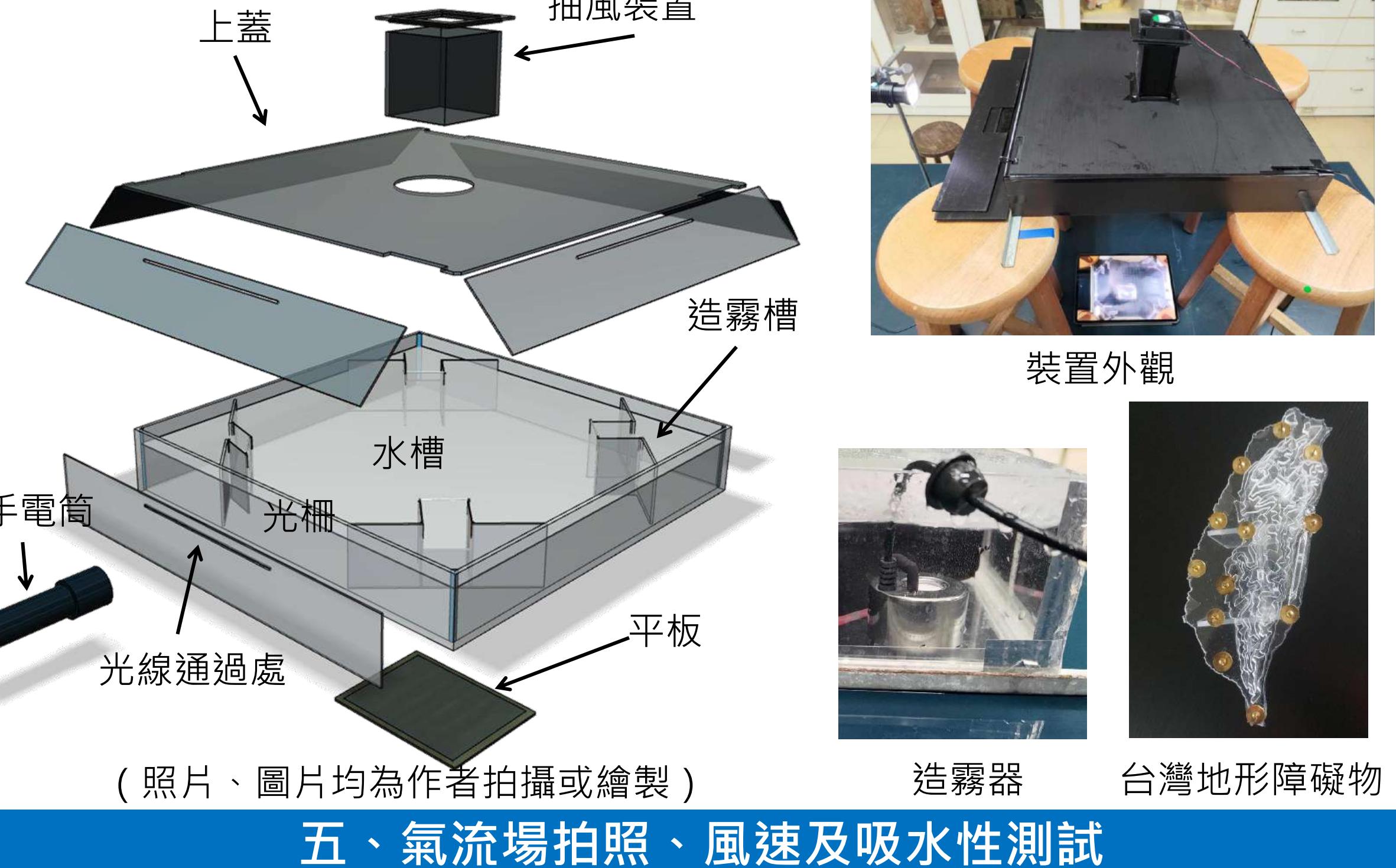
## 分析



研究架構圖（作者繪製）

### 四、氣流場模擬裝置

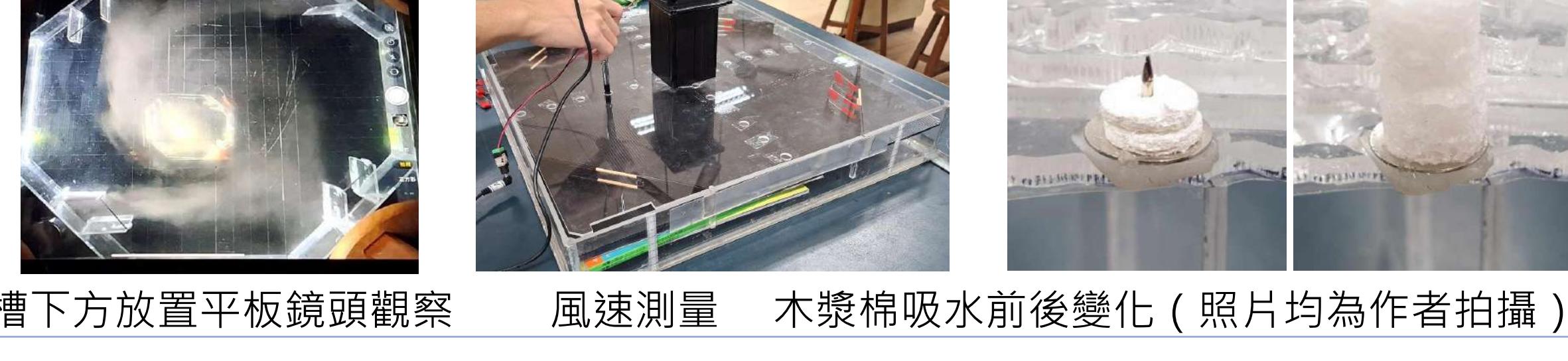
1. 以壓克力水槽作為氣流場本體（加水6公分，氣流場厚度約2公分高），內部設置四個造霧槽並以造霧器造霧（視實驗決定擺放數量及位置）。上蓋切出四個入風口，中央抽風口以電腦風扇帶動氣流旋轉。
2. 變因：抽風裝置電壓、引流板角度、入風口數量、抽氣孔直徑。
3. 以手電筒配合柱狀透鏡光柵片照射水平面附近雲霧移動軌跡。
4. 加入台灣地形障礙物，改變擺放位置模擬颱風侵台過山前後影響。



（照片、圖片均為作者拍攝或繪製）

### 五、氣流場拍照、風速及吸水性測試

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



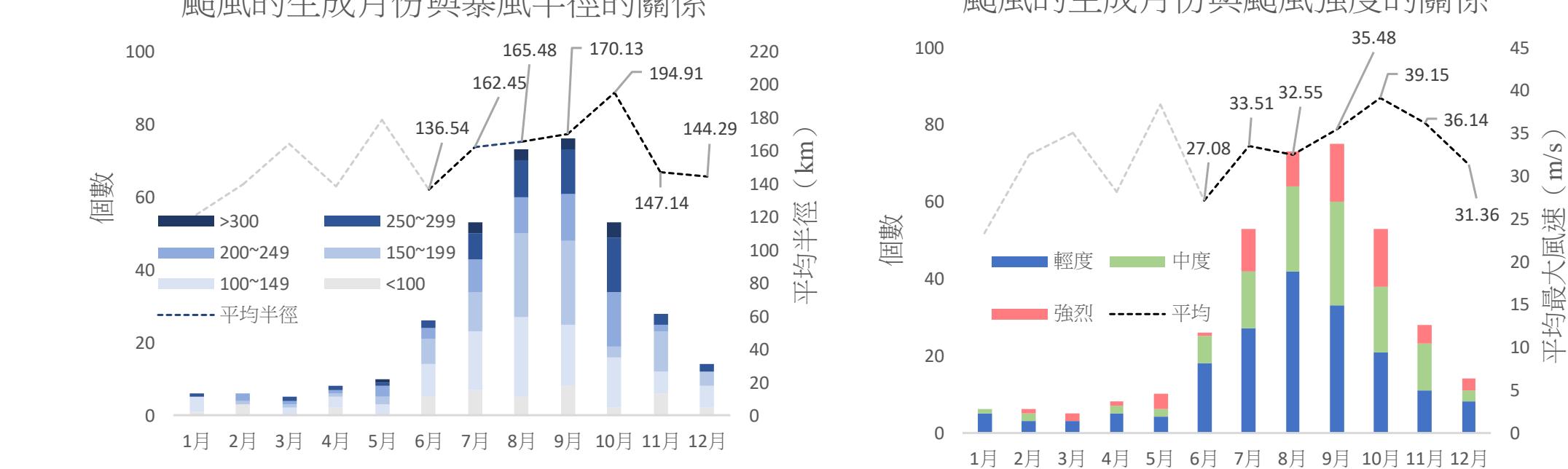
水槽下方放置平板鏡頭觀察

風速測量

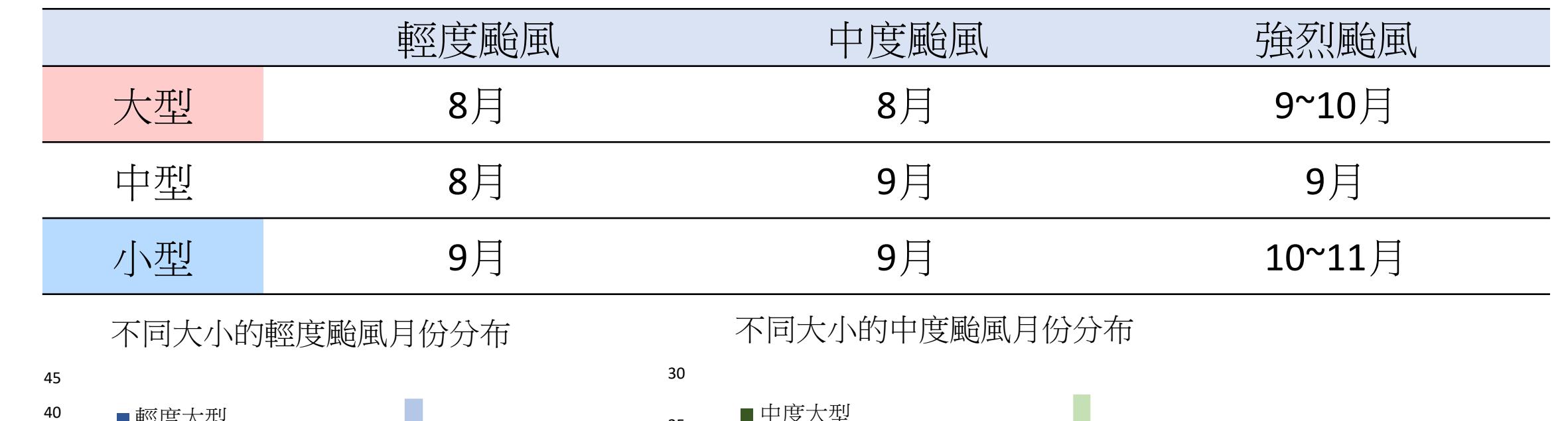
木漿棉吸水前後變化

（照片均為作者拍攝）

#### (三) 颱風的生成月份與暴風半徑的關係



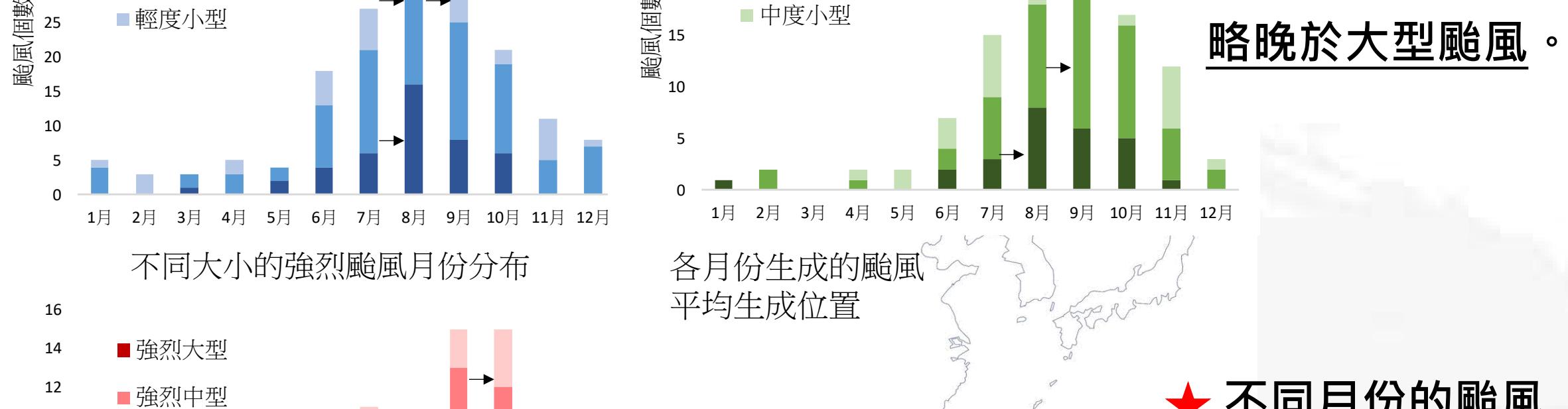
★ 10月份的颱風平均半徑最大，平均最大風速也最強。



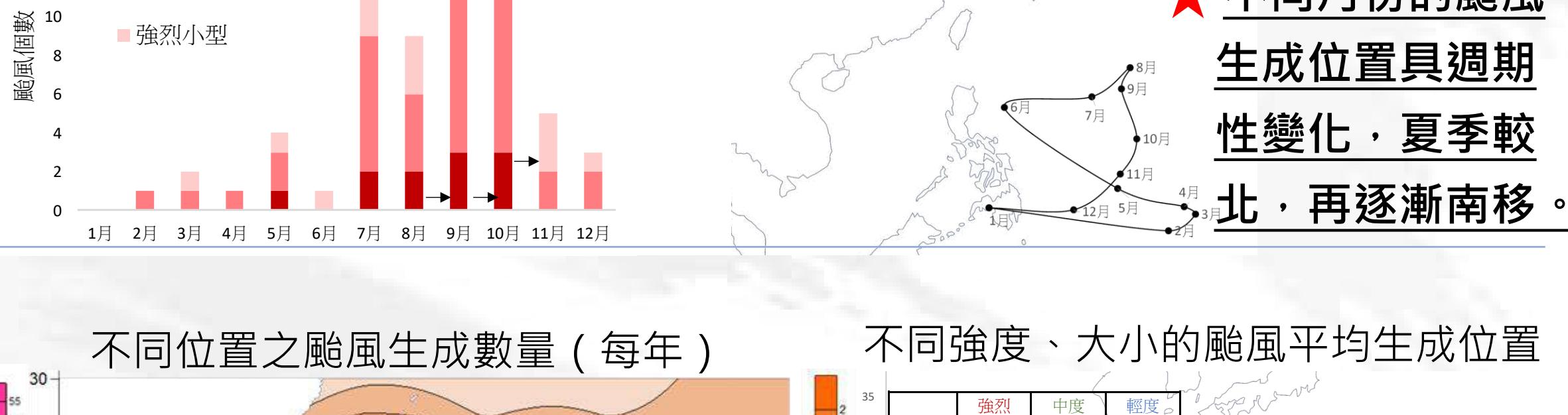
不同大小的輕度颱風月份分布

不同大小的中度颱風月份分布

★ 小型颱風出現月份略晚於大型颱風。

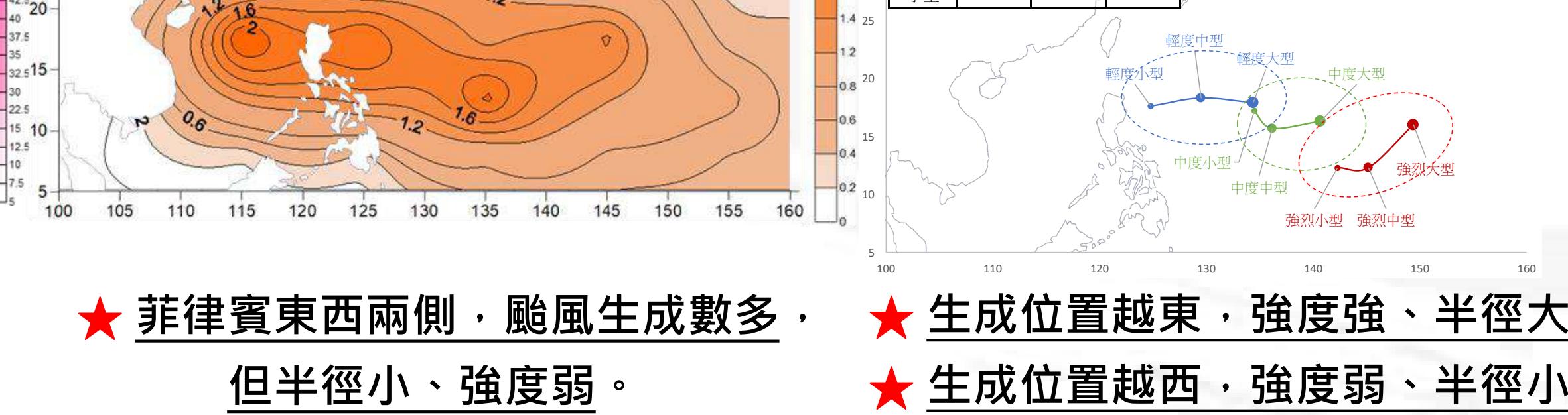


★ 不同月份的颱風生成位置具週期性變化，夏季較北，再逐漸南移。



不同位置之颱風生成數量（每年）

不同強度、大小的颱風平均生成位置

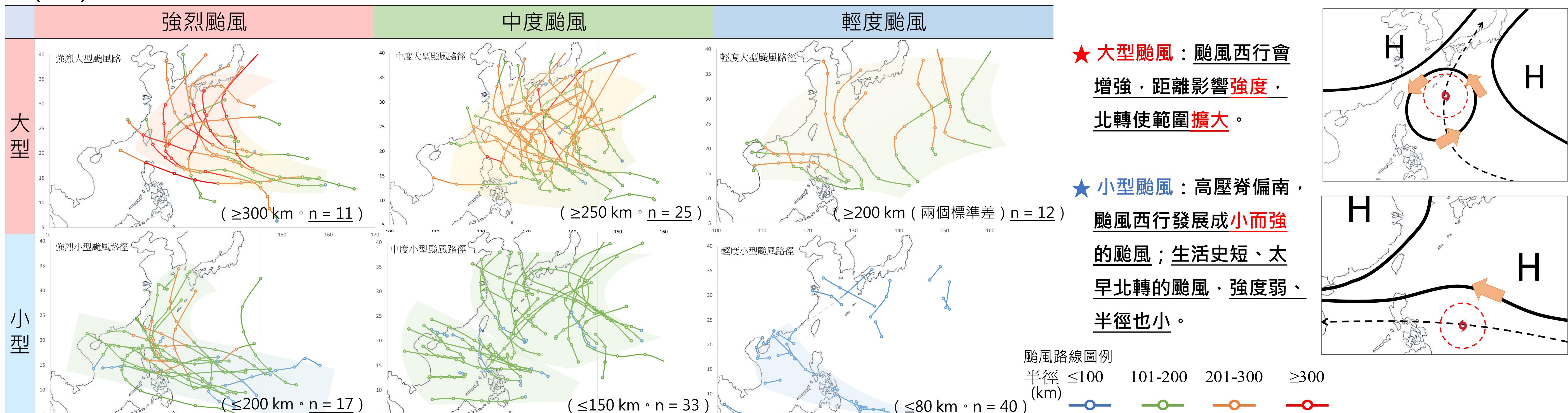


★ 菲律賓東西兩側，颱風生成數多，但半徑小、強度弱。

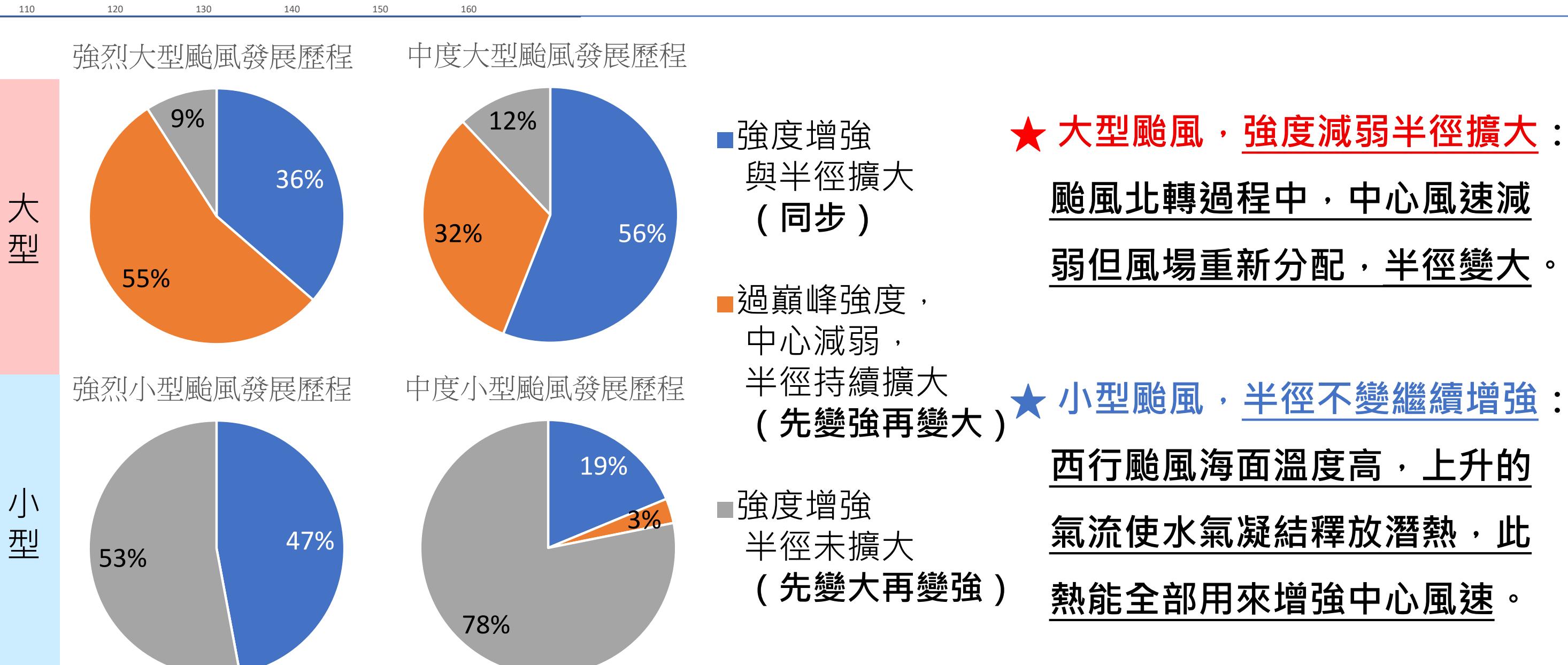
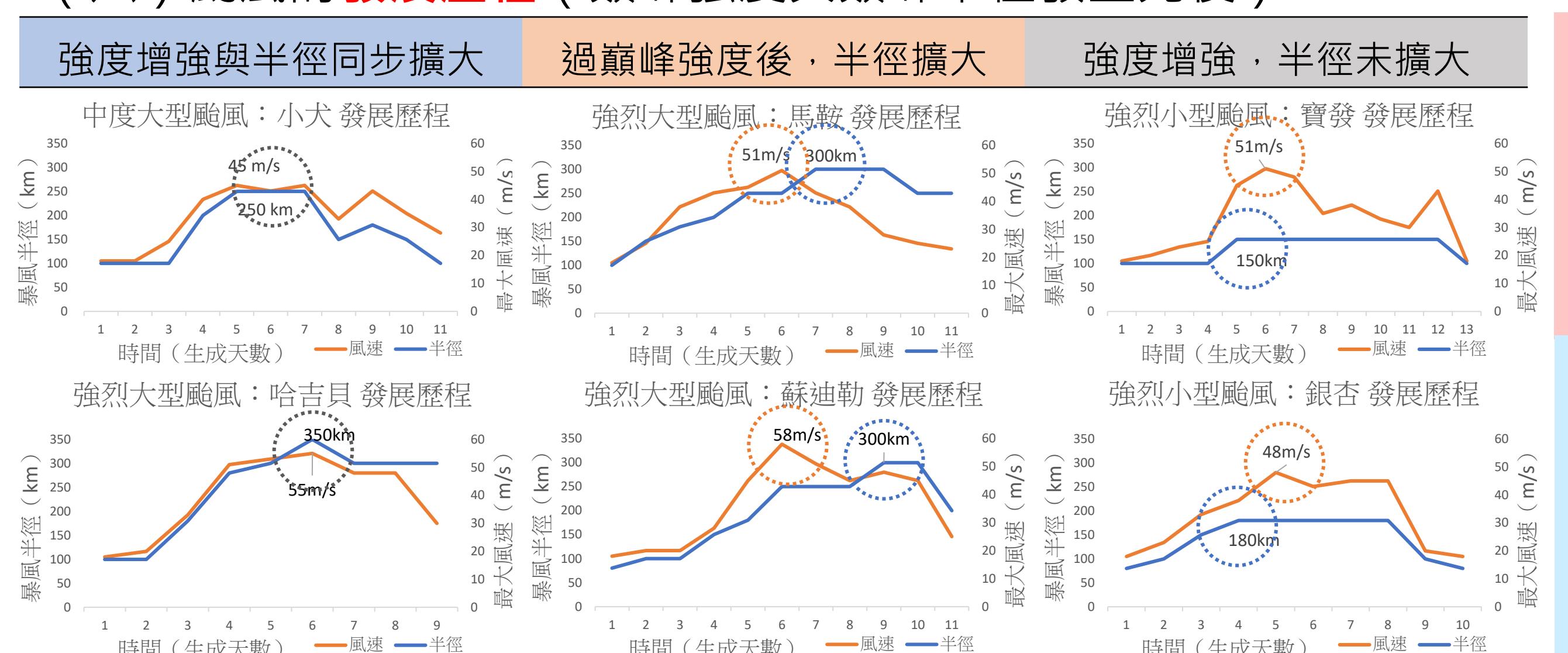
★ 生成位置越東，強度強、半徑大；

★ 生成位置越西，強度弱、半徑小。

## (五) 颱風的路徑與暴風半徑的關係

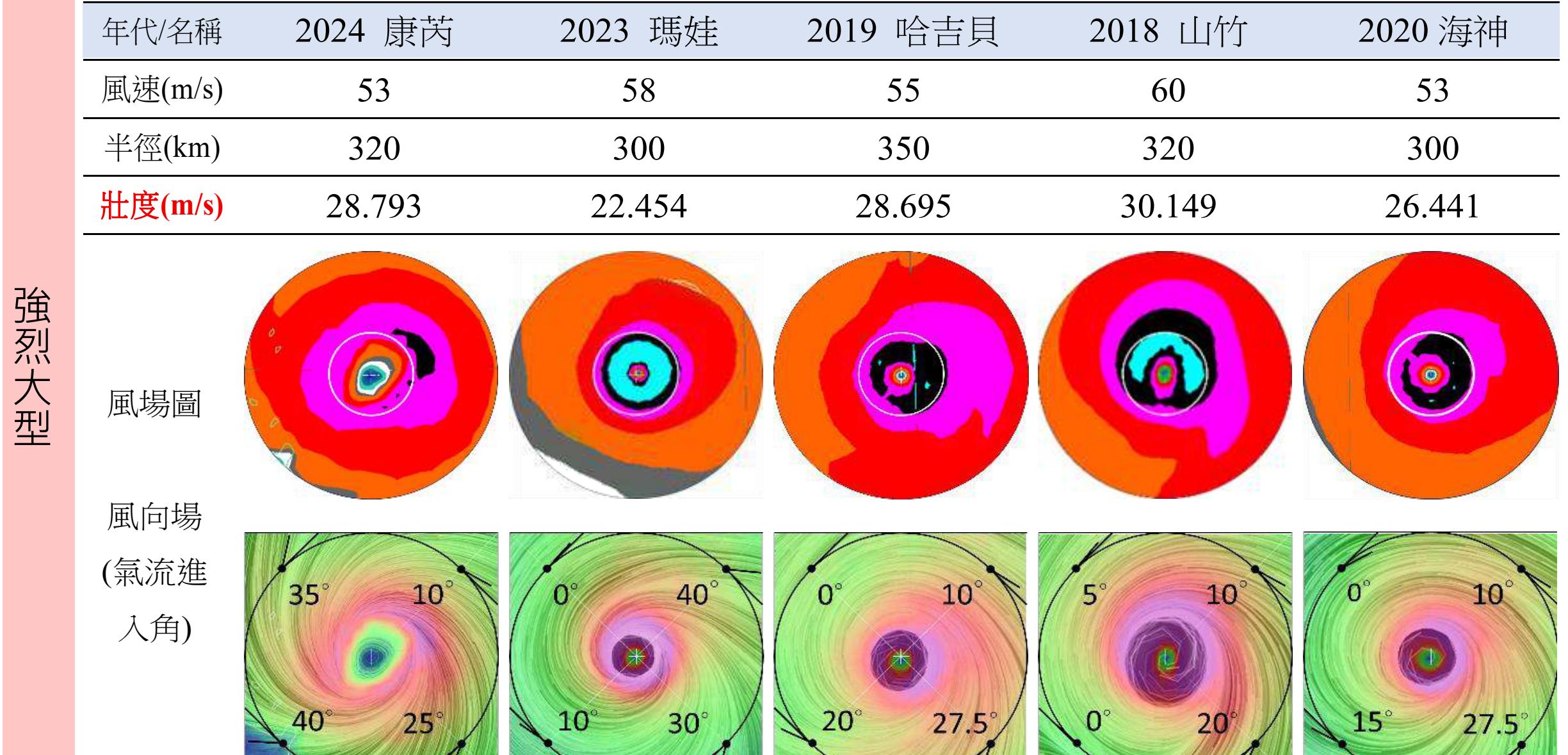


## (六) 颱風的發展歷程 (巔峰強度與巔峰半徑發生先後)

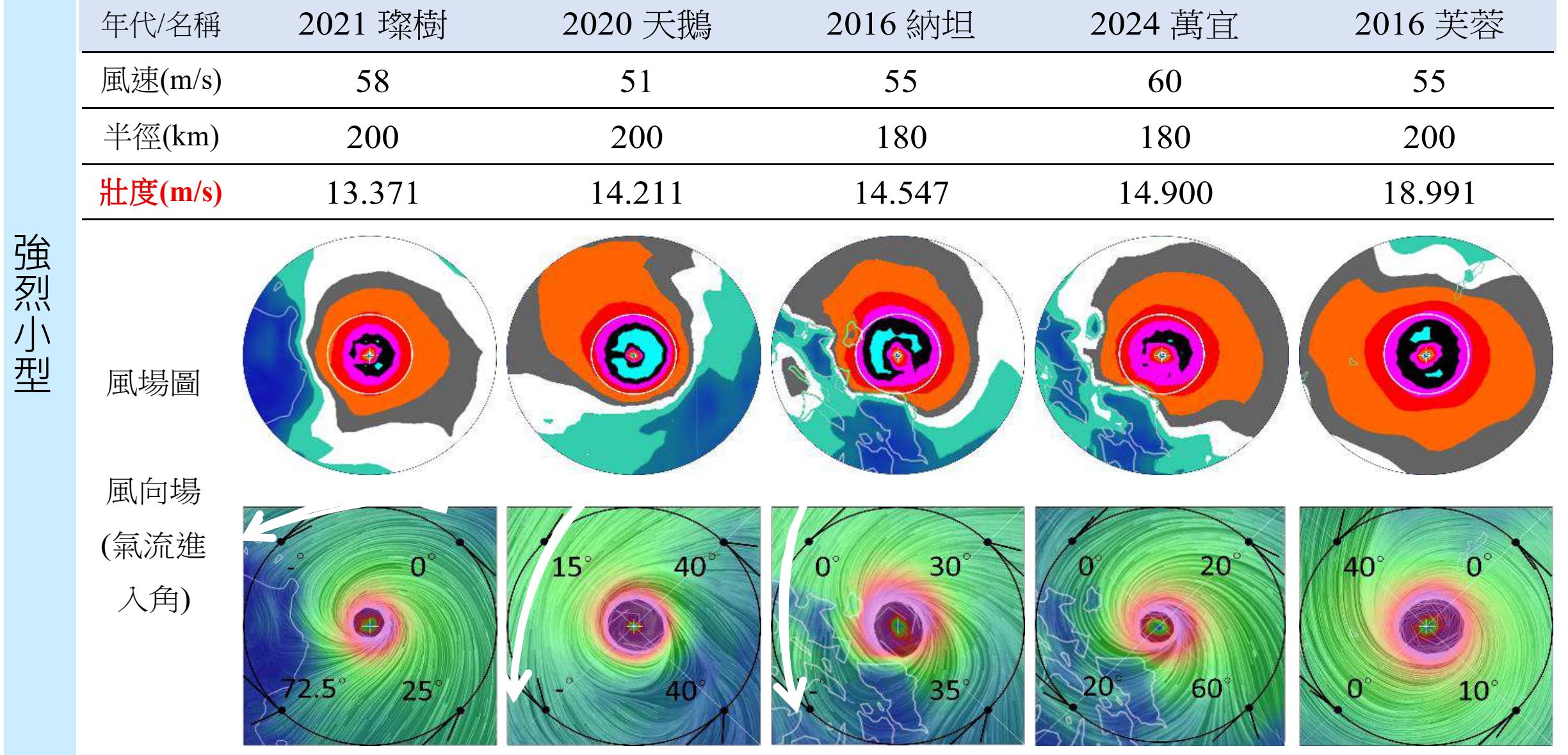


## 二、探討不同暴風半徑颱風的風場結構

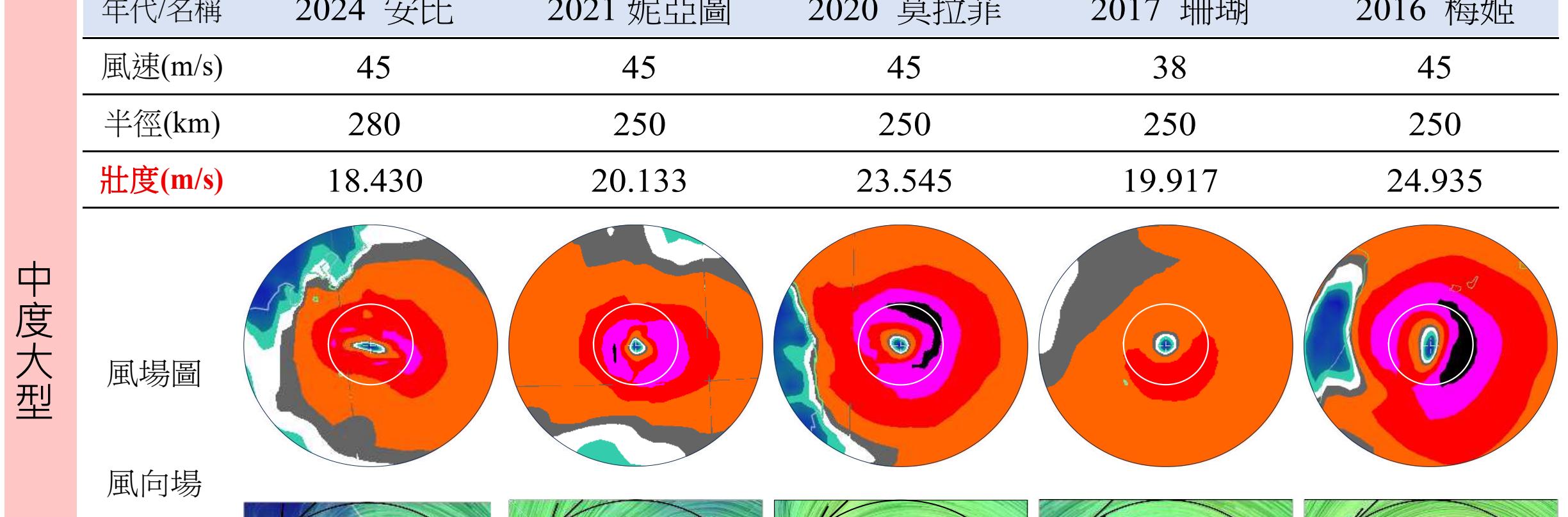
### (一) 壯度與氣流進入角分析 1. 強烈。大型颱風



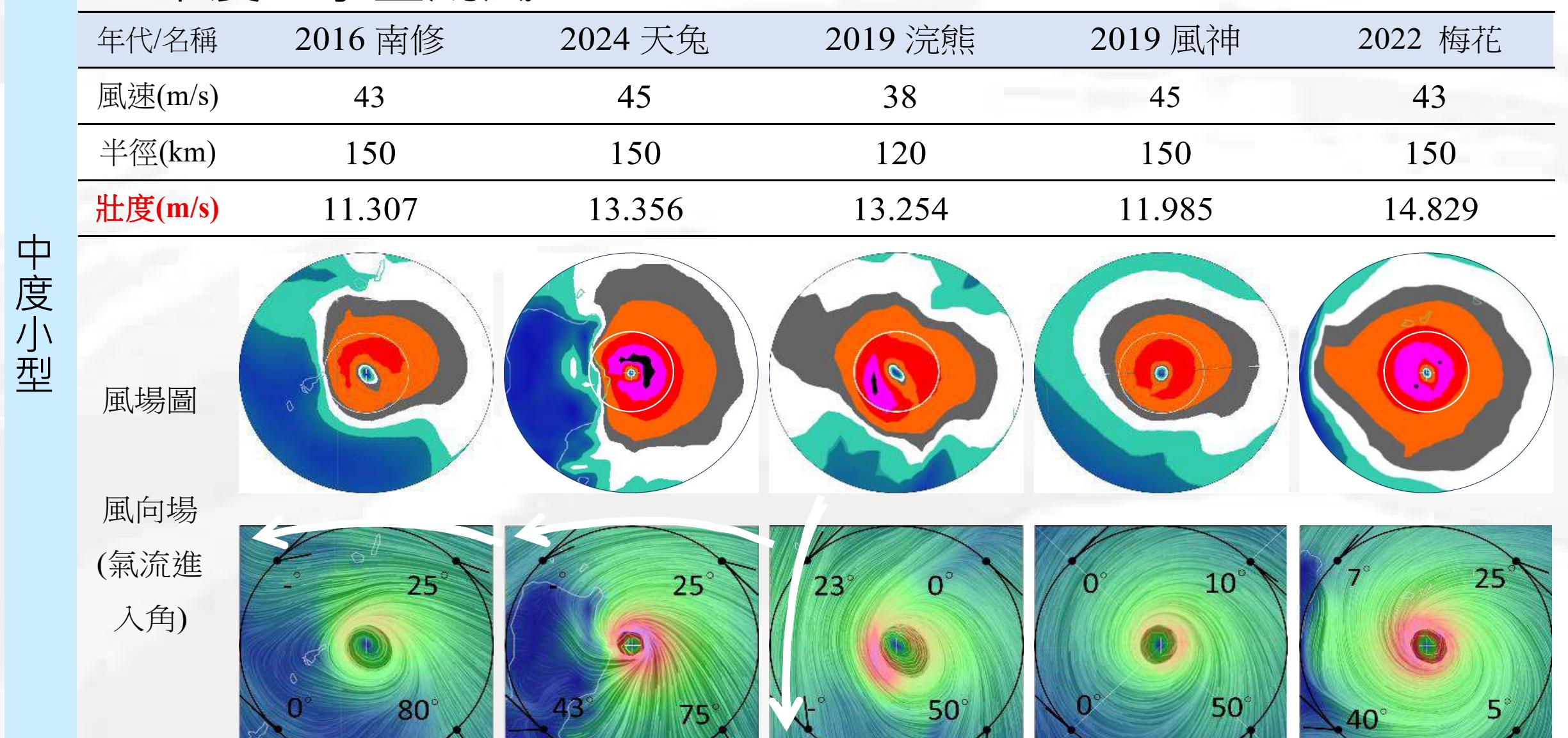
### 2. 強烈。小型颱風



### 3. 中度。大型颱風



### 4. 中度。小型颱風

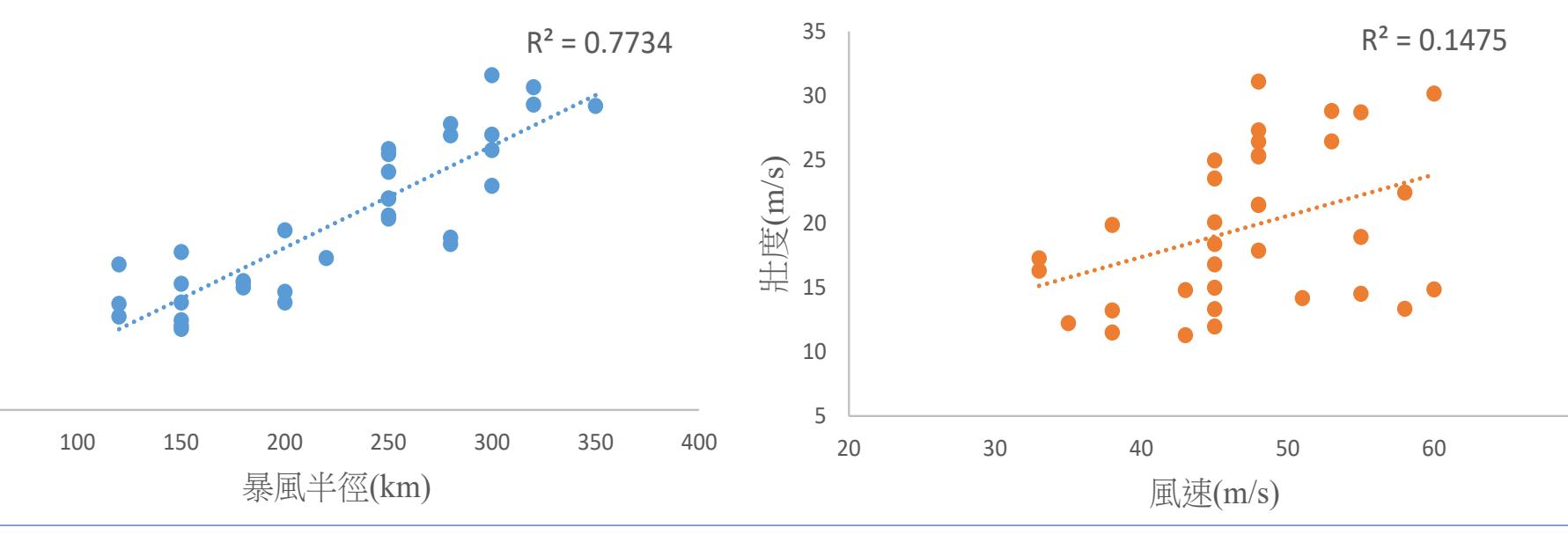


**★ 大型颱風：壯度大、風場對稱，氣流進入角較小。**

**★ 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

颱風壯度與暴風半徑的關係(n=34)



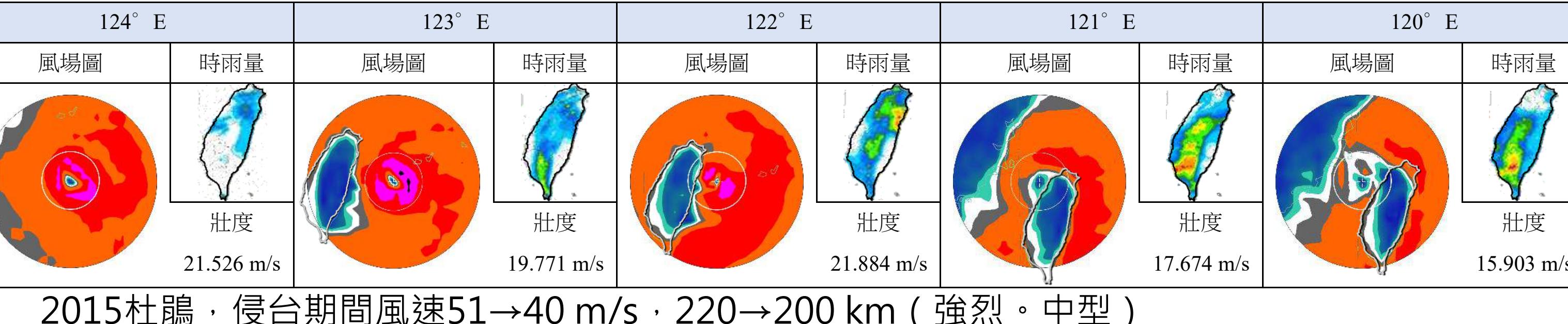
颱風壯度與最大風速的關係(n=34)



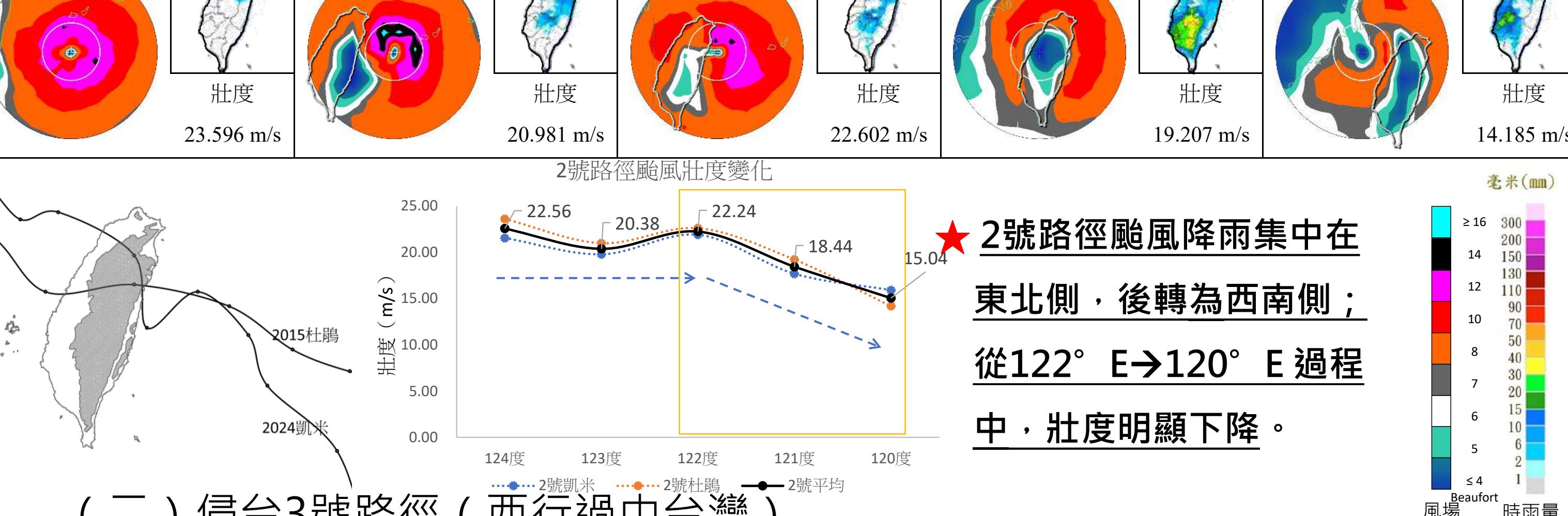
## 三、分析不同暴風半徑的西行侵台颱風風場變化及雨量累積情形

### (一) 侵台2號路徑 (西行過北台灣)

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



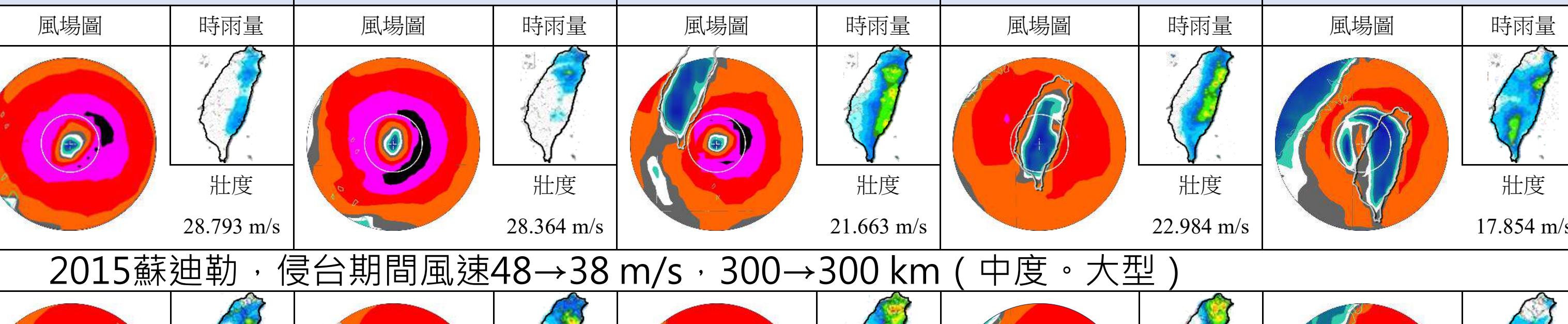
2015杜鵑，侵台期間風速51→40 m/s · 220→200 km (強烈。中型)



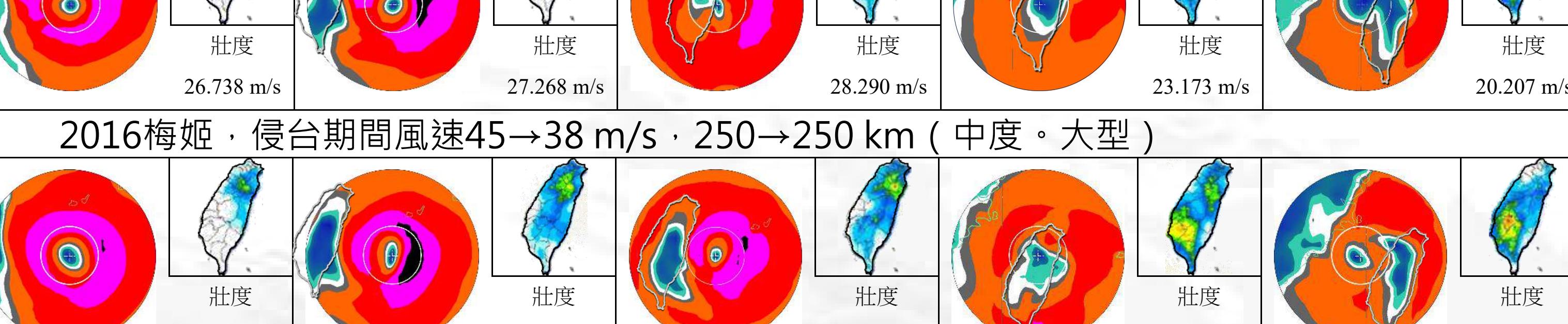
2號路徑颱風降雨集中在東北側，後轉為西南側；從122° E→120° E過程中，壯度明顯下降。

2號路徑颱風降雨集中在東北側，後轉為西南側；從122° E→120° E過程中，壯度明顯下降。

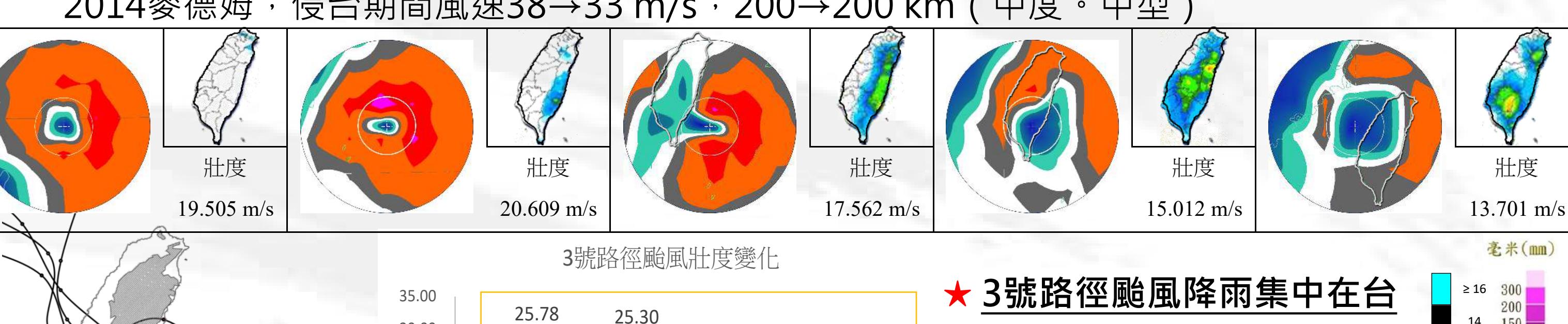
2024康芮，侵台期間風速53→40 m/s · 320→280 km (強烈。大型)



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

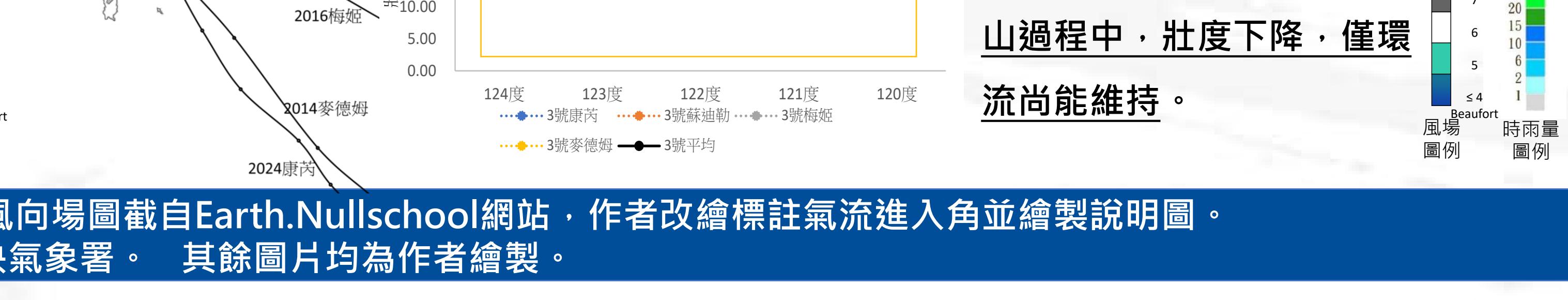


2016梅姬，侵台期間風速45→38 m/s · 250→250 km (中度。大型)



3號路徑颱風壯度變化

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



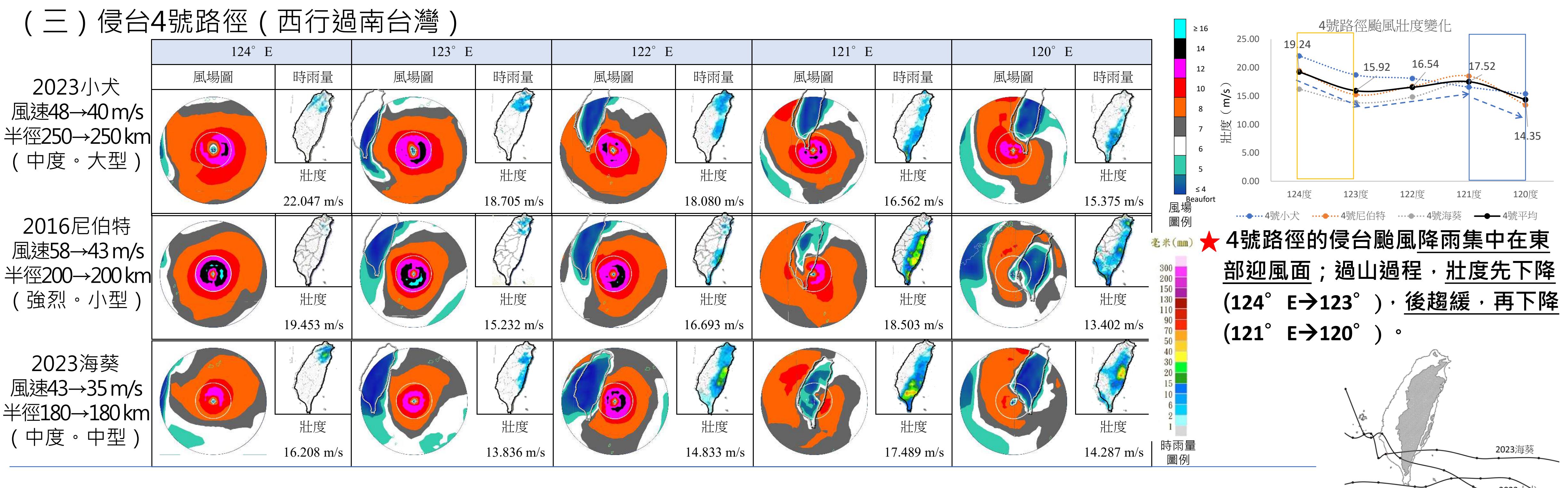
3號路徑颱風降雨集中在台

灣東側，後轉為西南側；從

124° E→120° E整個過

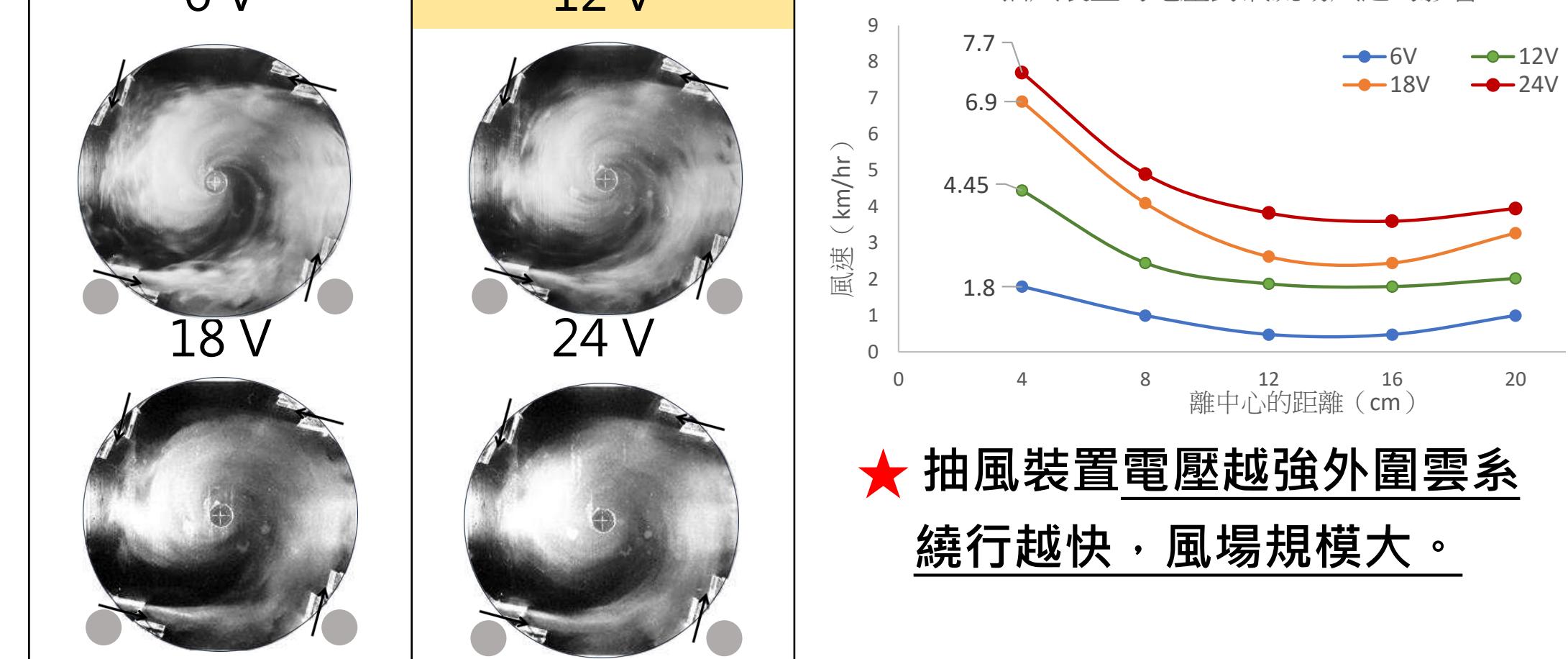
山過程中，壯度下降，僅環

流尚能維持。

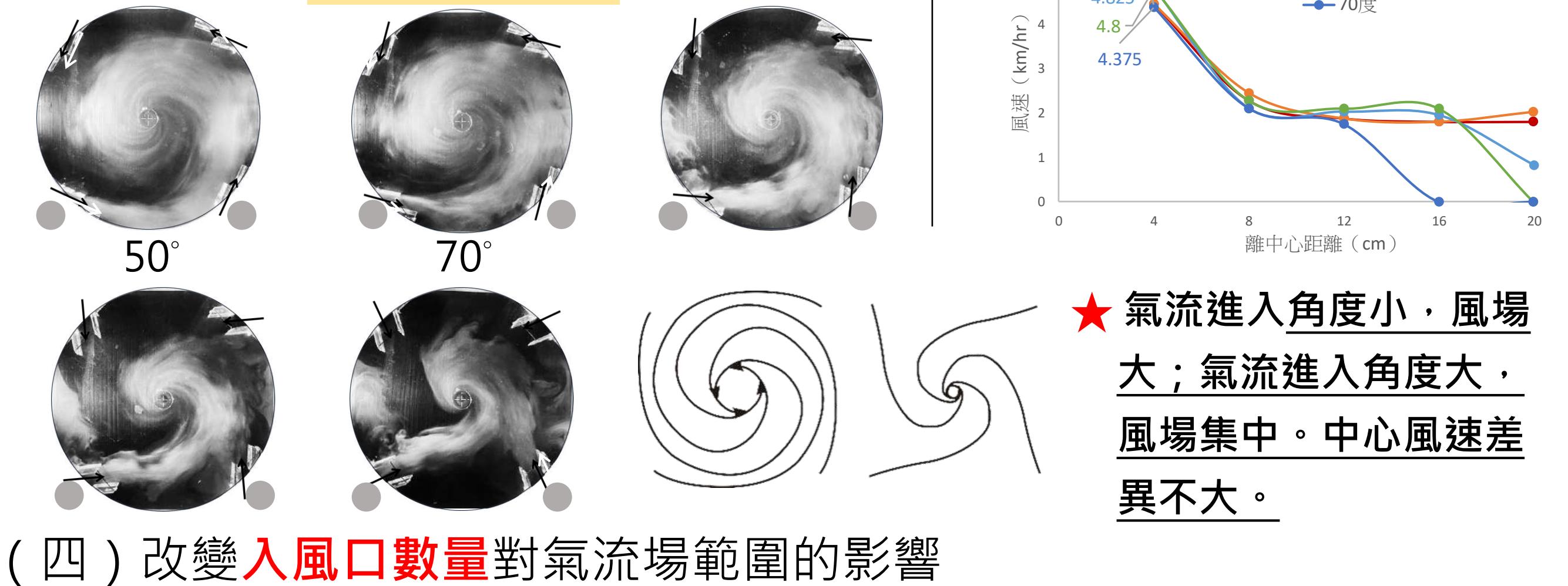


#### 四、利用氣流場模型模擬不同規模的颱風及對台影響

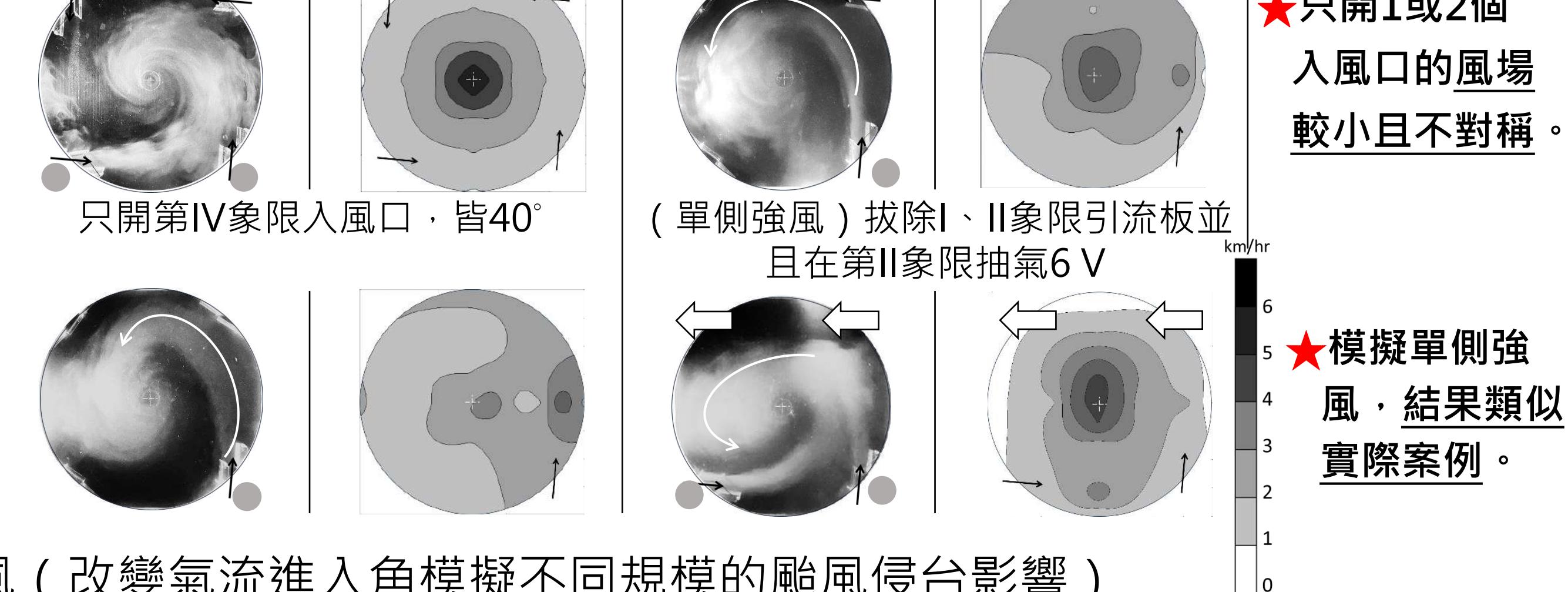
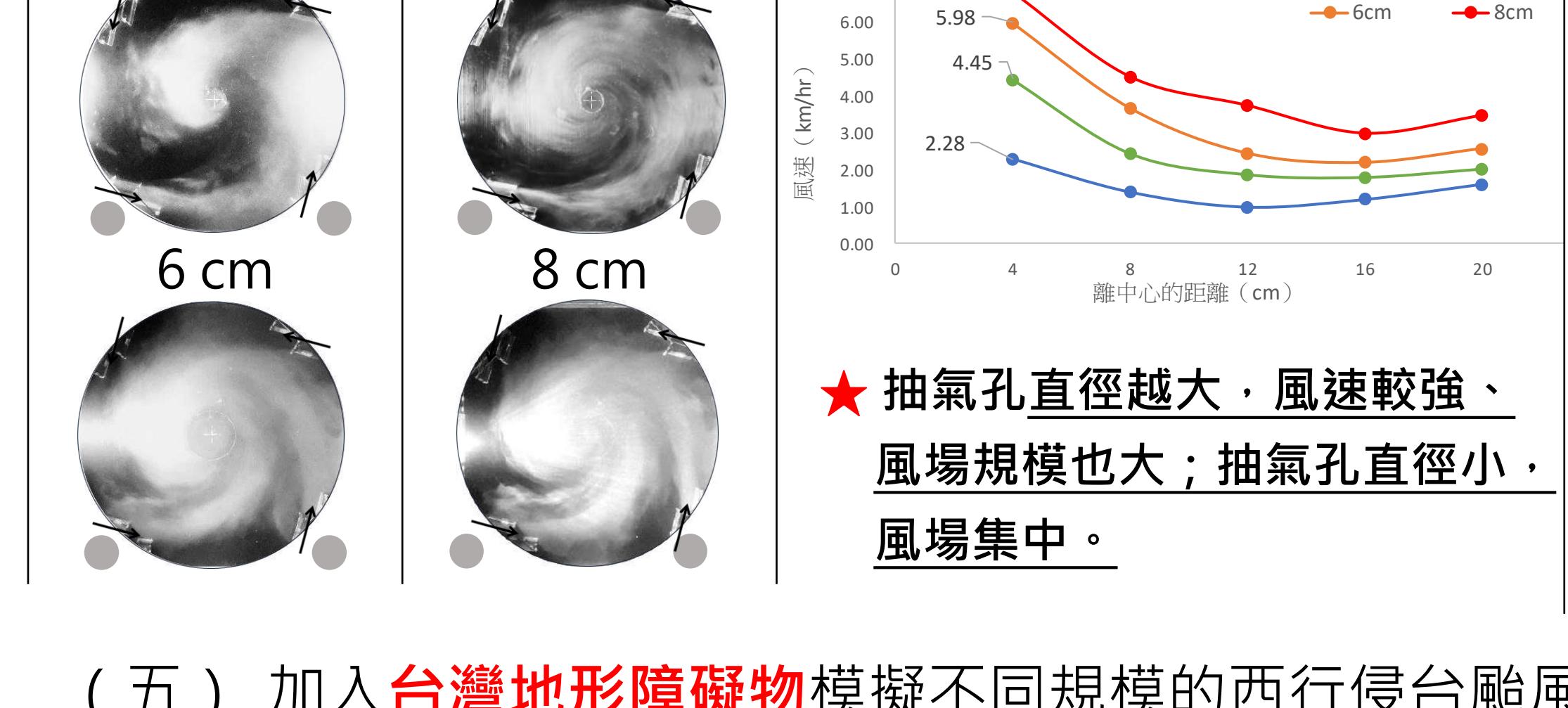
##### (一) 改變中心風速(電壓)對氣流場範圍的影響



##### (二) 改變氣流進入角對氣流場範圍的影響

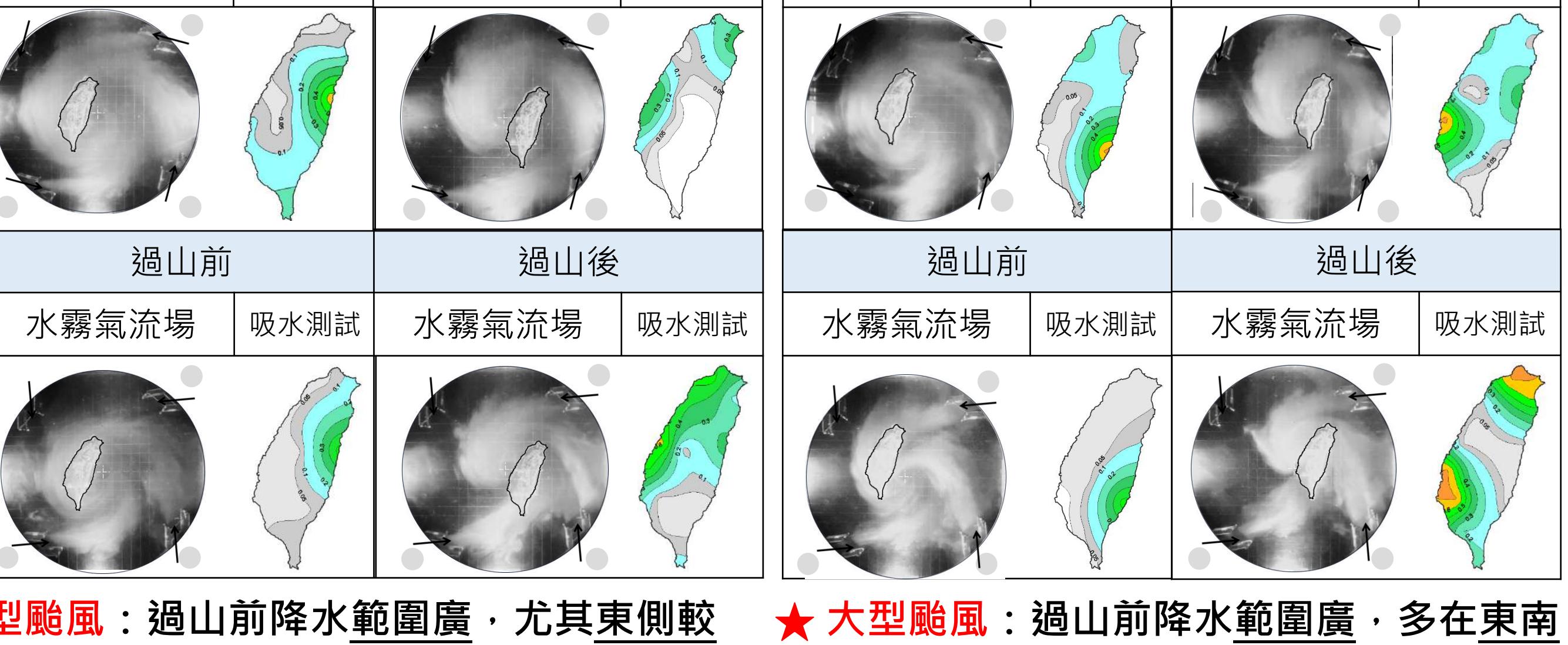
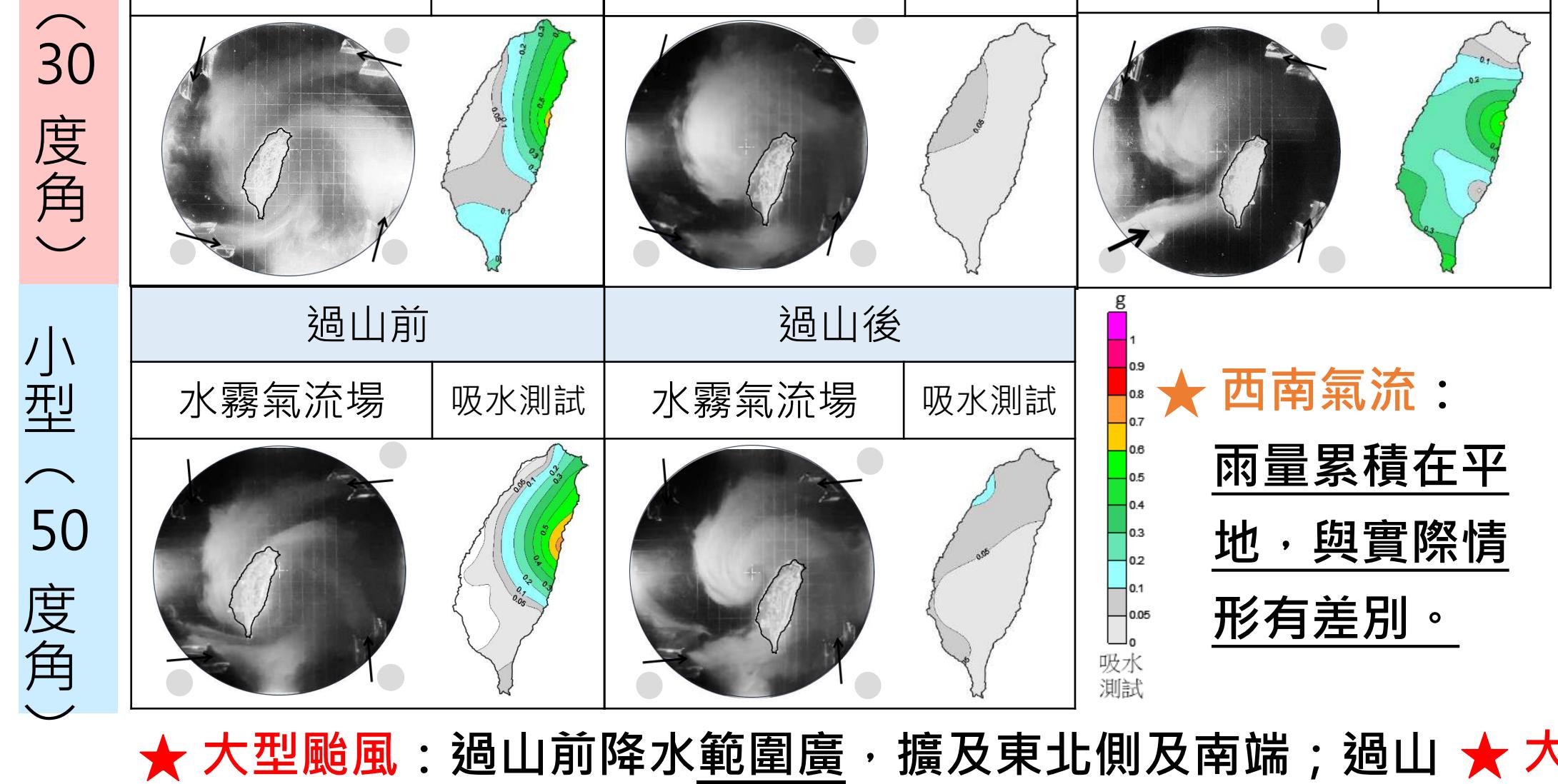


##### (三) 改變抽氣孔直徑對氣流場範圍的影響

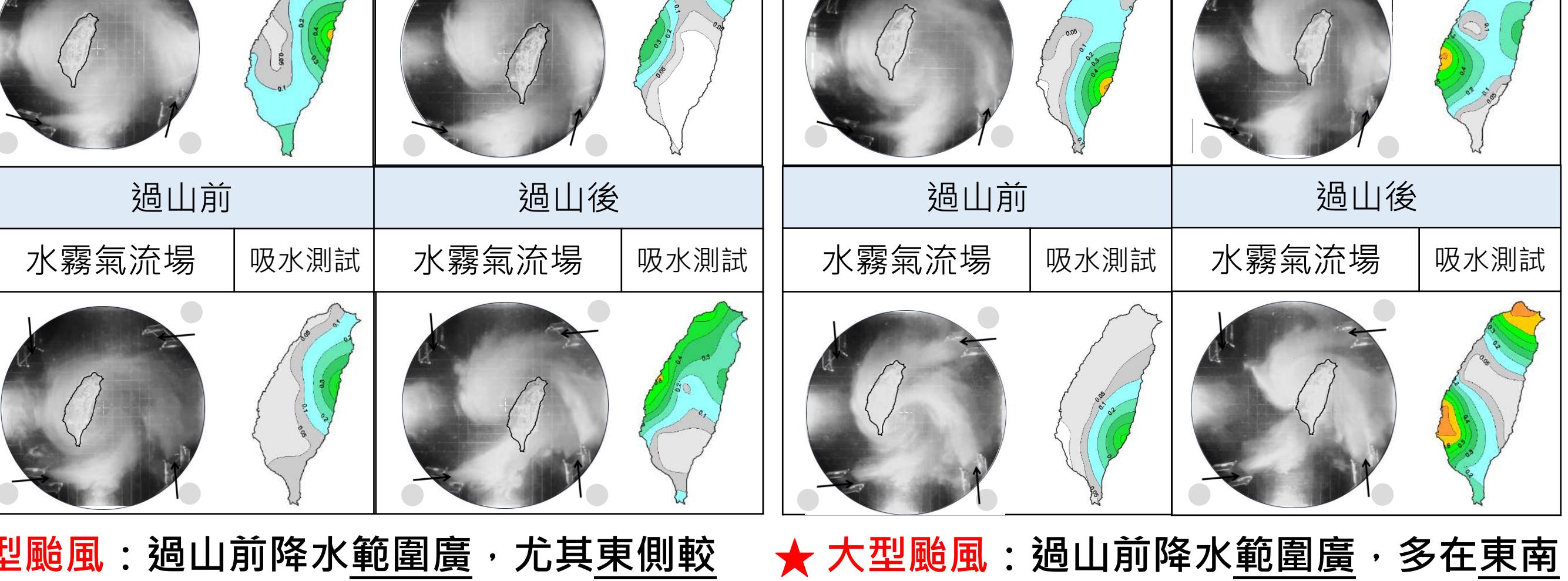


##### (五) 加入台灣地形障礙物模擬不同規模的西行侵台颱風 (改變氣流進入角模擬不同規模的颱風侵台影響)

##### 2號路徑 (西行過北台灣)



##### 3號路徑 (西行過中台灣)



##### 4號路徑 (西行過南台灣)

★ 大型颱風：過山前降水範圍廣，擴及東北側及南端；過山後降水只在西北側。

★ 小型颱風：過山前降水集中在東北側，過山後多在西北側但不顯著，顯示水霧氣流僅繞山而未爬山可能是氣流進入角太小或未考慮周邊環境地形。

★ 大型颱風：過山前降水範圍廣，尤其東側較明顯；過山後西側與東北側迎風面有些許降水。

★ 小型颱風：過山前降水集中在東側；過山後西部地區、中部以北大量累積。

★ 過山後颱風規模變小。以小型颱風（氣流進入角大）的降水模擬比較符合實際狀況。

## 肆、討論與結論

大型 (30度角)	過山前		過山後		西南氣流	
	水霧氣流場	吸水測試	水霧氣流場	吸水測試	水霧氣流場	吸水測試

★ 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。

★ 颱風以中大型居多。颱風越大，壯度普遍也較大，侵台後壯度都會下降；不同路徑有些差異。降水都是集中在迎風面或靠近颱風中心部分。



變因	過山前		過山後	
	大型	大型	大型	大型
模擬侵台2號路徑	氣流繞台，雲系寬闊，降水範圍大，分布在東北側及南端			氣流繞台，雲系較寬闊，降水主要在西北側
	風場集中，雲系較窄，降水範圍集中在東北側			雲系較窄，降水主要在西北側
	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	氣流繞台，雲系寬闊，降水範圍大，分布在東側			雲系較寬闊，降水主要在西側及東北側
	風場集中，雲系較窄，降水範圍集中在東側			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	雲系寬闊繞台，降水範圍大，分布在東南側			雲系較寬闊，降水範圍分布在西南側
	雲系較窄，降水集中在東南側			雲系較窄，雨區主要在西南側及東北側

★ 大型颱風風場大，氣流可繞台；小型颱風風場小，氣流無法繞山，降水集中。過山後颱風規模變小，氣流與地形配合進入角變大，小型颱風降水模擬較接近實際狀況。

## 五、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/>
- 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。