

# 中華民國第 62 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 地球與行星科學科

## 團隊合作獎

051901

探討各類型焚風之特性及其成因

學校名稱：國立宜蘭高級中學

作者： 高二 鄭博駿 高二 游宜臻	指導老師： 林國華
-------------------------	--------------

關鍵詞：高溫事件、伴颱風焚風、持續時長

# 摘要

本研究初探 1961~2020 年東部高溫事件時，發現中央氣象局歷史最高溫事件列表中，臺東創高溫紀錄多為焚風所造成，便欲深入探究。首先利用大氣水文研究資料庫提供之各測站數據，篩選出臺東、花蓮及臺中之焚風事件，並依焚風類型、時期、不同地區等因素作分類，比較並探討其成因。

經研究可知，三地區的焚風類型多為非伴颱風焚風，且臺中地區發生次數最多；伴颱風焚風則是臺東地區的發生次數居冠。此外，臺東的各類型焚風於各時期之平均持續時長皆為三地區最長。不同類型焚風於各地區發生次數及持續時長之差異，與臺灣附近之天氣系統存在密切關係，故隨著各時期天氣系統的變化，影響亦隨之改變。

## 壹、前言

### 一、研究動機

2021 年夏天，我們彙整當年 5/4 至 8/31 由中央氣象局發布的高溫特報，意外發現東部的次數在全國佔比最高，不同於大眾認知南部會較炎熱。在搜尋東部高溫事件可能的原因時，發現中央氣象局（2021 年）之「氣象站日最高溫排序」列表，臺東地區最高溫事件數占總數（前 30 名）約一半左右（大武 11 件、臺東 5 件），且多為西南季風產生之焚風所致，而臺中地區亦有 3 件，其成因皆為颱風外圍之下沉氣流產生焚風所造成。至此，我們意識到焚風成因並非只有一種，因此欲深入地探討焚風。

### 二、研究目的

- （一）比較不同類型、地區之焚風發生頻率及其成因
- （二）了解焚風類型及其於不同地區發生之特性
- （三）了解焚風類型於各時期發生之特性
- （四）探討影響焚風持續時長之因素

### 三、文獻回顧

觀察中央氣象局之「氣象站日最高溫排序」列表，高溫事件原因包含西南風背風焚風、颱風外圍下沉氣流、低壓帶外圍下沉氣流、颱風造成焚風、西南風過山沉降造成焚風、鋒面前西南氣流造成焚風及太平洋高壓籠罩等。以下彙整學者相關研究，歸納分類說明之。

#### （一）與颱風環流有關

王時鼎等（1998）提出颱風環流在遭遇中央山脈時，會有氣流爬山的「非阻擋流（爬山流）」、遇阻分流的「阻擋流型」、沿山而行的「沿山流型」3個基本流型。其中第1類流型在氣流下坡會出現「焚風下坡流」，也就是常見的焚風形式；而末者「沿山流」順著的是兩山之間的谷地，穿谷的氣流一樣有隨地形而有上升、下沉的情形，當氣流沉降到谷之後，氣流順應地形輻散，很可能進一步誘發上層空氣沉降，同樣造成背風側的沉降增溫。

林俞佑等人（2016）發現較遠離颱風中心（外圈）的迎風側，高空輻散將造成上層空氣沉降，是因氣流較弱會分流繞山，加上背風側原本就有順應地形的氣流下沉輻散，故加強了背風側的沉降運動。

#### （二）其他成因

除了颱風環流會因遇地形分流，Li and Chen（1998）、徐天佑、翁進登（2010）、林沛練、陳景森（2010）都曾提及西南氣流遇中央山脈阻擋而產生分流。葉嘉靜（2002）和張耀升（2003）則是認為東北季風遇臺時有繞流情形，此一分流亦可誘導高層空氣沉降，進而產生焚風。

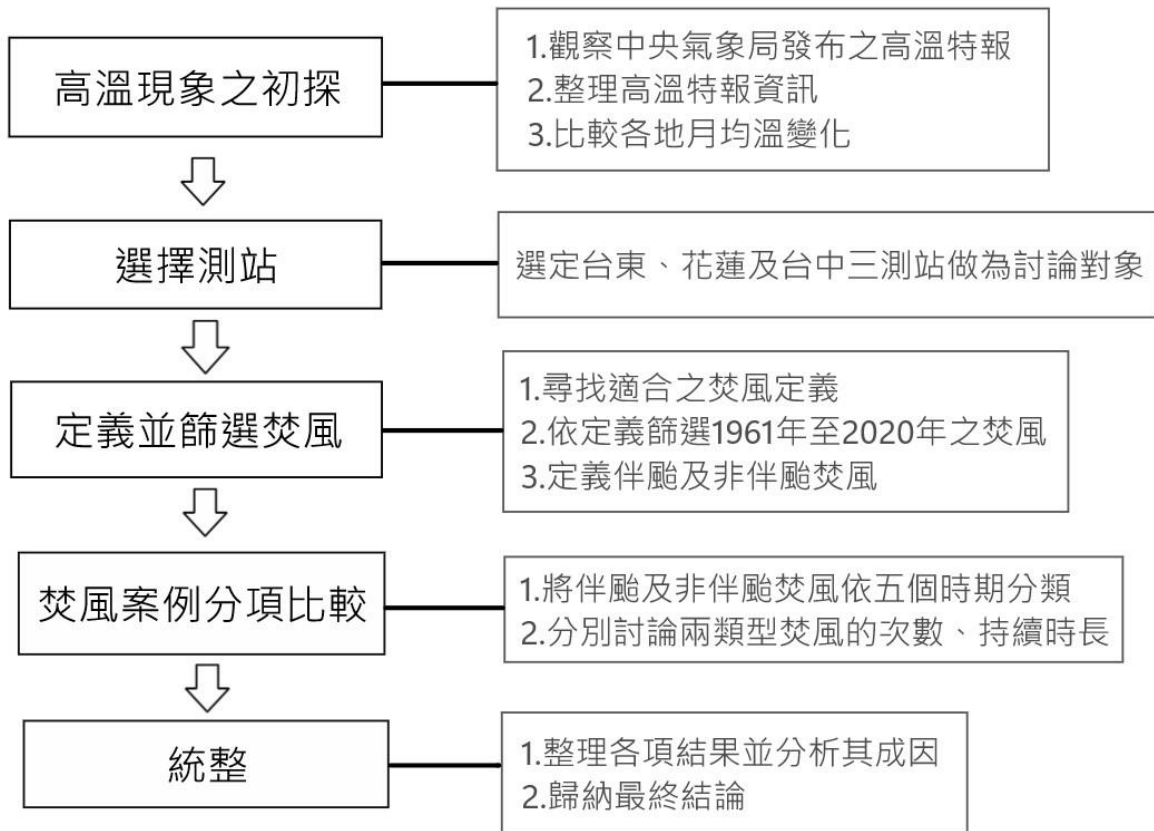
賈新興（2020）提到，由於太平洋高壓籠罩臺灣時，其所產生的是穩定下沉的空氣，因此較難形成雲。進而推測缺少雲將太陽產生之輻射吸收、反射，會導致地表接收更多輻射能量而使陸面增溫，且缺少雲亦即無降水，致使無法利用水來調節陸面的溫度。

綜合上述，颱風外圍下沉氣流、低壓帶之下沉氣流、西南季風、鋒面前西南氣流等因素，皆與遇山產生分流，並造成氣流之沉降。可發現不論是否與颱風相關，都能看到氣流分流配合高層沉降，進而演變成為焚風。

## 貳、研究設備及器材

- 一、電腦
- 二、軟體：Microsoft Excel、Python
- 三、原始數據來源：中央氣象局、大氣水文研究資料庫

## 參、研究過程與方法



## 一、臺灣地區高溫現象之初探

### (一) 彙整 2021 年臺灣高溫特報資訊

中央氣象局於 107 年 6 月 15 日起開始發布「高溫特報」，設置黃、橘、紅色燈號作為預警，以提醒民眾留意自身健康避免產生熱傷害。各色燈號代表意義如下：

- (1) 黃色燈號：氣溫達 36°C 以上；
- (2) 橘色燈號：氣溫達 36°C 以上，且持續 3 天以上；或氣溫達 38°C 以上；
- (3) 紅色燈號：氣溫達 38°C 以上，且持續 3 天以上。

觀察 2021 年發佈之高溫特報，發現東部地區發佈頻率較其他區域高，如圖 3-1 所示。

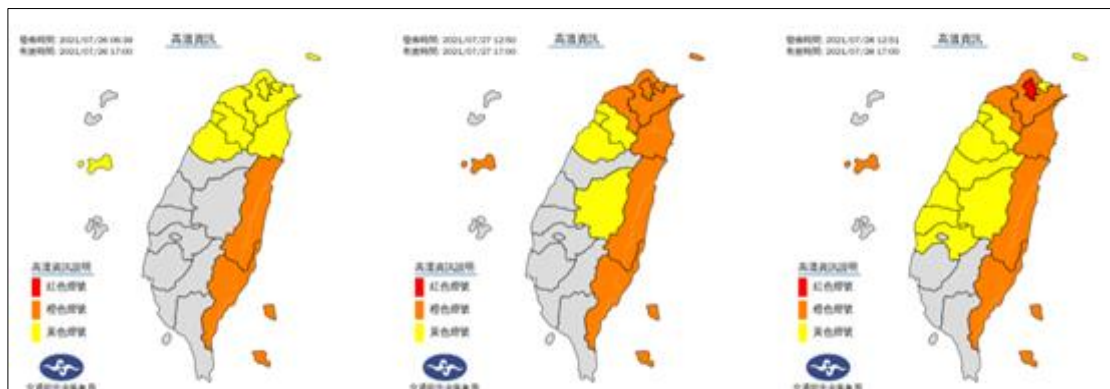


圖 3-1 2021/7/26 至 7/28 高溫特報資訊（統計日期為 5/4 至 8/31，僅擷取部分圖示）

### (二) 高溫特報資料的量化與各縣市比較

為方便辨識高溫程度，將高溫特報中的燈號量化為數值，區分成 3 個級別：黃色、橘色與紅色燈號依序設為數字 1、2、3，彙整為高溫特報數值資訊，如表 3-1 所示。

表 3-1

2021/7/1 至 7/20 高溫特報量化資訊（統計 5/4 至 8/31，僅擷取部分圖示）

	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	7/7	7/8	7/9	7/10	7/11	7/12	7/13	7/14	7/15	7/16	7/17	7/18	7/19	7/20	
新北市	1	1	2		1	1		1	1	1		1		1	2	2	3	3	2	2	
台北市	1	1	2		1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	
基隆市								1													
桃園市			1					1						1			1	1	2	1	
新竹縣					1			1											1	1	
新竹市																				1	
宜蘭縣	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	
花蓮縣	1	2	1	1	2		1	1	1	2	2		1	2	2	1	1	2	1	1	
台東縣	2	1	1	1				1	1	1	1	2	1	1	1	1				1	
苗栗縣					1															1	1
台中市									1												
彰化縣								1													
南投縣			1					1													
雲林縣							1	1												1	
嘉義縣								1													
嘉義市					1			1						1							
台南市				1				1						1						1	
高雄市				1			1	1	1		1	1		1	1	2					
屏東縣		1		1			1	1	1	1			2	2							

將表 3-1 中各縣市燈號量化後之數據分別進行加總（如圖 3-2）。觀察各縣市累積數值，可發現花蓮（102 分）與臺東（94 分）位居前 2 名，較其他地區高。

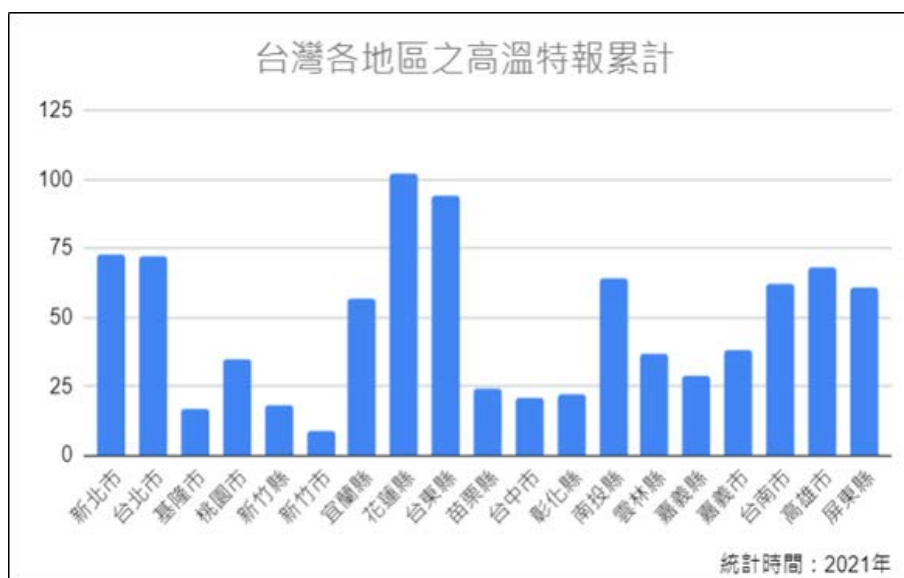


圖 3-2 臺灣各地區之高溫特報累計

### (三) 臺灣各區之月均溫變化趨勢與比較

取臺北、花蓮、高雄及臺中四個測站分別代表臺灣北、東、南、中四個區域，彙整各區自 1991 年至 2020 年之月均溫，並製成月均溫變化圖（圖 3-3）。觀察發現花蓮（東部）1~4 月及 10~12 月的氣溫為各地區居中，但 5~9 月之氣溫卻是各地區中最低的。

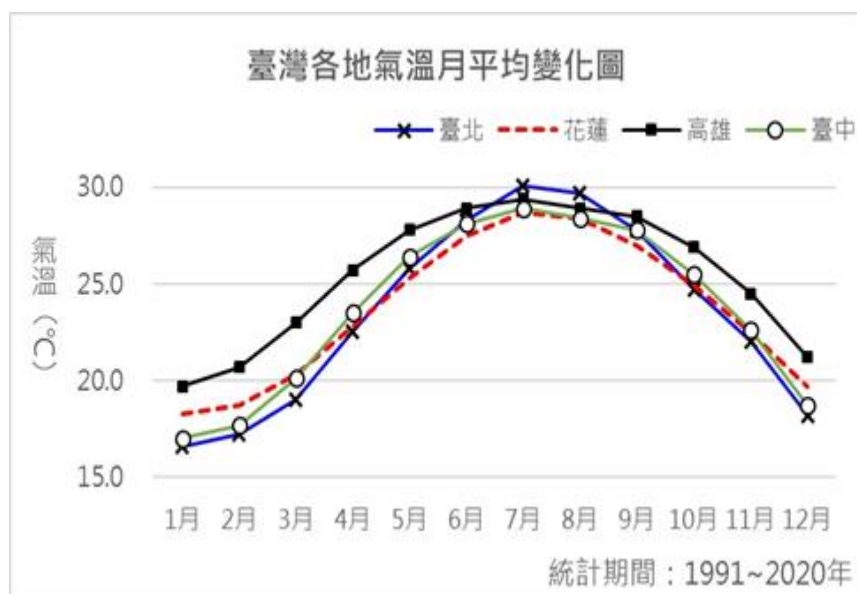


圖 3-3 臺灣各地氣溫月平均變化圖

綜整圖 3-1~圖 3-3 資訊，可發現東部地區於 5~9 月有高溫特報發布次數多、量值高，而於月平均氣溫較低的特殊現象。

## 二、焚風事件的判斷依據

觀察中央氣象局「氣象站日最高溫排序」列表，前 30 名中，臺東地區（大武、臺東測站）達半數以上，其成因皆與焚風有關。中央氣象局將顯著焚風定義為「最高氣 $\geq 34^{\circ}\text{C}$ ，且氣溫和露點溫度之差值 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 」。郭文鏢、楊之遠（1982）則將焚風定義為「一小時內相對濕度遽降 10%、氣溫遽升  $1^{\circ}\text{C}$  以上」。

若採用中央氣象局「顯著焚風」的定義，溫度必須達到  $34^{\circ}\text{C}$ ，所得焚風記錄相較於其他的研究會少很多。但郭文鏢等人（1982）的定義似乎又太寬鬆，因為上午 9、10 點後的日照增溫很容易就達到「相對濕度遽降 10%、氣溫遽升  $1^{\circ}\text{C}$  以上」的情形，而得到許多 9、10 點開始的假焚風事件（李玉芬、林炯明、沈淑敏，2009）。

本研究考量焚風發生的頻繁情形，並顧及焚風在氣溫、溼度及風向上的特徵，參考 Chen et al.（2009）與林俞佑、翁叔平、里珮瑄（2016）對焚風事件之定義，利用以下 3 式篩選出焚風事件：

$$\Delta T = (T - T^*) \geq 3.5 \text{ K} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta RH = (RH - RH^*) \leq -12 \% \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta WV = (WV - WV^*) \geq 1 \text{ m/s} \dots\dots\dots (3)$$

註：T=溫度；RH=相對濕度；WV=平均風速；\*=該時的氣候平均值

上述條件中，（1）及（2）式中的 3.5K 及 -12% 是根據 Chen et al.（2009）定義增溫事件的標準差值；此外，考慮近年來的都市熱島效應和暖化現象可能影響焚風事件的選取，且前人認為焚風發生時常伴隨強風，因此參考林俞佑等人（2016）所述，再加入（3）式的條件。

而林俞佑等人（2016）認為突發性紊流及太陽輻射增溫會造成假焚風的發生，且臺灣因地勢複雜，些微的山脈走勢差異及可能造成風速減弱或風向偏轉，較無可能產生連續的高速風。考量上述因素，在定義焚風時，（1）及（2）式必須符合兩個小時以上，且任一時刻的風速達到（3）式的標準，即定義為「焚風事件」。

### 三、測站的選擇與限制

臺灣東部包含宜蘭、花蓮與臺東地區，但宜蘭縣內的各測站資料皆不完整，資料最多的宜蘭站也只有約一半的數據有效，因此本研究將宜蘭排除比較。另因臺中之最高溫事件也與焚風有關，便納入臺中測站作為比較。各測站之挑選皆是選擇該縣市測站可每小時監測，且資料完整者，最終選取臺東、花蓮與臺中測站作為本研究的對象。

#### 圖例與測站資訊：

臺東測站：位於花東縱谷南端。

( $121^{\circ}08' E$  ,  $22^{\circ}45' N$  ; 海拔高度：8.99 公尺 )

花蓮測站：位於花東縱谷北端。

( $121^{\circ}36' E$  ,  $23^{\circ}58' N$  ; 海拔高度：16.1 公尺)

臺中測站：左側為大肚台地及八卦台地，右側為中央山脈。

(經緯度  $120^{\circ}40' E$  ,  $24^{\circ}02' N$  ; 海拔高度 71m)

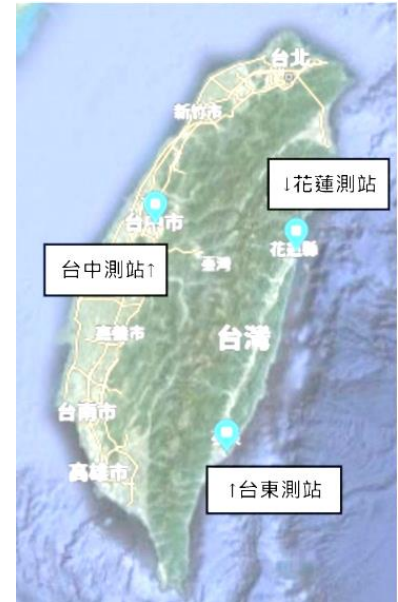


圖 3-4 三測站位置圖



#### 四、「伴颱風」與「非伴颱風」

林俞佑等人（2016）將焚風分成伴颱風焚風與非伴颱風焚風，而本研究以此分類作分項探討。

（一）伴颱風焚風：在焚風持續時間的前後 6 小時，日本氣象廳（JMA）公佈之颱風中心路徑行經臺灣附近區域（13°N-33°N，112°E-132°E）。

表 3-2 為臺東站發生焚風事件之部分案例，以第 684 筆紀錄作為此類型案例說明：

2016/9/27 15:00:00 臺東地區正值焚風期間，當時 17 號颱風（MEGI）恰在臺灣附近（13°N-33°N、112°E-132°E 內），如圖 3-5 所示，屬於伴颱風焚風。

表 3-2

臺東之焚風時間紀錄（擷取部分）

	台東
683	2016-06-16 15:00:00
<b>684</b>	<b>2016-09-27 15:00:00</b>
685	2017-06-14 05:00:00
686	2017-06-14 08:00:00
687	2017-06-14 09:00:00
688	2017-07-29 05:00:00

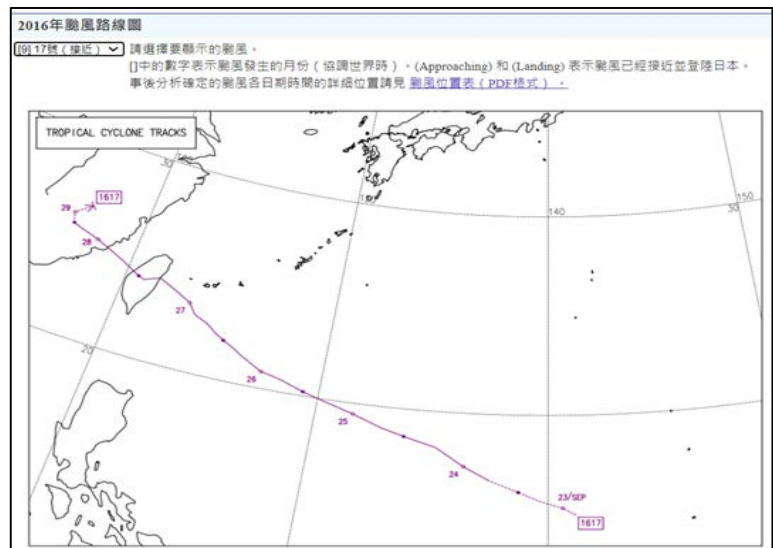


圖 3-5 2016 年第 17 號颱風（MEGI）之路線圖

（二）非伴颱風焚風：在焚風持續時間的前後六小時，日本氣象廳（JMA）發佈之颱風中心路徑未行經上述臺灣附近區域。

表 3-3

臺東之焚風時間紀錄（擷取部分）

表 3-3 為臺東測站發生焚風事件之部分案例，以第 681 筆作為此類型案例說明：

2016/5/27 18:00:00 臺東正值焚風期間，但在 5/27 時並無任何颱風在臺灣附近，故屬於非伴颱風焚風。

	台東
678	2016-05-10 18:00:00
679	2016-05-10 19:00:00
680	2016-05-10 20:00:00
<b>681</b>	<b>2016-05-27 18:00:00</b>
682	2016-06-16 12:00:00
683	2016-06-16 15:00:00
684	2016-09-27 15:00:00

表 3-4、表 3-5 分別為上述 2 示例 2016/9/27 伴颱風期間、2016/5/27 非伴颱風期間相關的氣象要素，2 類型有差異存在：

相對溼度於伴颱風期間（表 3-4）有驟降的情形，而氣溫及平均風速皆會升高；

非伴颱風期間（表 3-5）的相對濕度有些微的降低，但是平均風速並無顯著之變化。

表 3-4

表 3-5

2016/9/27 伴颱風期間測得之氣象要素

2016/5/27 非伴颱風期間得之氣象要素

2016/9/27	氣溫 (°C)	相對濕度 (%)	平均風速 (m/s)	2016/5/27	氣溫 (°C)	相對濕度 (%)	平均風速 (m/s)
13:00	26.4	91	1.3	16:00	33.0	69	3.1
14:00	34.8	51	4.3	17:00	33.3	60	4.6
15:00	33.0	58	4.5	18:00	31.5	65	3.1
16:00	30.8	70	5.3	19:00	30.4	70	1.9

## 五、焚風案例篩選與比較

利用 excel 將大氣水文研究資料庫所提供的 3 測站之溫度、相對濕度、平均風速整理出，再使用 Python 將本研究篩選焚風之公式帶入，並把符合定義之焚風發生時間歸納為一列表。欲進一步探討焚風於 3 地區之特性，本研究針對焚風次數、時期和焚風平均持續時長三個因素分別討論。（「持續時長」以下簡稱「持時」）

- （一）焚風次數：利用此列表對照日本氣象廳發佈之颱風資訊，將其歸類為伴颱風及非伴颱風。並比較三地區伴颱風與非伴颱風之焚風次數。
- （二）焚風類型與各時期：將焚風區分為全部焚風、伴颱風及非伴颱風三類，分別討論其在五個時期（詳見以下第六點）發生之比例。
- （三）焚風平均持續時長：依列表統整各地區所有焚風之持續時長，並將伴颱風與非伴颱風分開計算，分別除以其個數即得伴颱風及非伴颱風之平均持時；以及將各類焚風依不同時期進行分類，分別計算出全部、伴颱風、非伴颱風於五個時期發生之平均持續時長。

## 六、將一年劃分為五個時期之考量

中央氣象局（2022）、臺灣的氣候概述（2022）針對影響臺灣地區之天氣系統說明大致如下：自 9 月起，北半球大陸上的冷氣團勢力增強，西伯利亞及蒙古等地因空氣壓力增加形成大陸冷高壓，吹至臺灣而成東北季風。此冷高壓逐漸增強，發展至 12 月至 2 月為其最盛期。到了 3、4 月，大陸冷高壓之影響仍較大，但已開始逐漸衰減，而南方系統的逐漸加強，導致出現較弱之鋒面型降水。5、6 月為大陸冷高壓變換為太平洋暖高壓的過渡期，兩氣團間的交界面常在臺灣及其附近海域徘徊，產生滯留鋒面，稱為梅雨季。7、8 月，臺灣為太平洋高壓所控制，一般吹西南風。

本研究考量一年四季的劃分無法完整契合臺灣於不同時期主要的天氣系統，便依據中央氣象局對不同風場差異的時間定義，將一年劃分為以下五個時期：

- （一）正春：3-4 月（冷高壓勢力減弱）
- （二）春末夏初： 5-6 月（常見滯留鋒面）
- （三）正夏：7-8 月（太平洋暖高壓盤據）
- （四）秋：9-11 月（大陸冷高壓增強）
- （五）冬：12-2 月（大陸冷高壓鼎盛期）

## 肆、研究結果

### 一、焚風發生次數

自 1961 至 2020 年間，篩選出臺東、花蓮與臺中 3 地區符合焚風定義之案例。將各案例與歷年颱風路徑圖（日本氣象廳，2022）逐一進行比對，以區分案例應分類為伴颱風焚風或非伴颱風焚風。

表 4-1 為各地區伴颱風焚風、非伴颱風焚風與總次數彙整表，並依此表繪製產生圖 4-1。觀察可知臺中地區的焚風次數為三者之冠，臺東地區次之，而花蓮地區最少。同地區中不同類型的焚風比例，非伴颱風焚風皆高於伴颱風焚風，臺東、花蓮地區的非伴颱風焚風案例落在 60%~70%；臺中地區的兩類型比例卻有較大的落差，伴颱風焚風僅約 11%，遠低於約 89%的非伴颱風焚風。

表 4-1

焚風發生次數彙整

類型	臺東	花蓮	臺中
伴颱風焚風	71 ( 37.6% )	34 ( 30.4% )	33 ( 11.4% )
非伴颱風焚風	118 ( 62.4% )	78 ( 69.6% )	257 ( 88.6% )
總次數	189	112	290

單位：小時 / 次

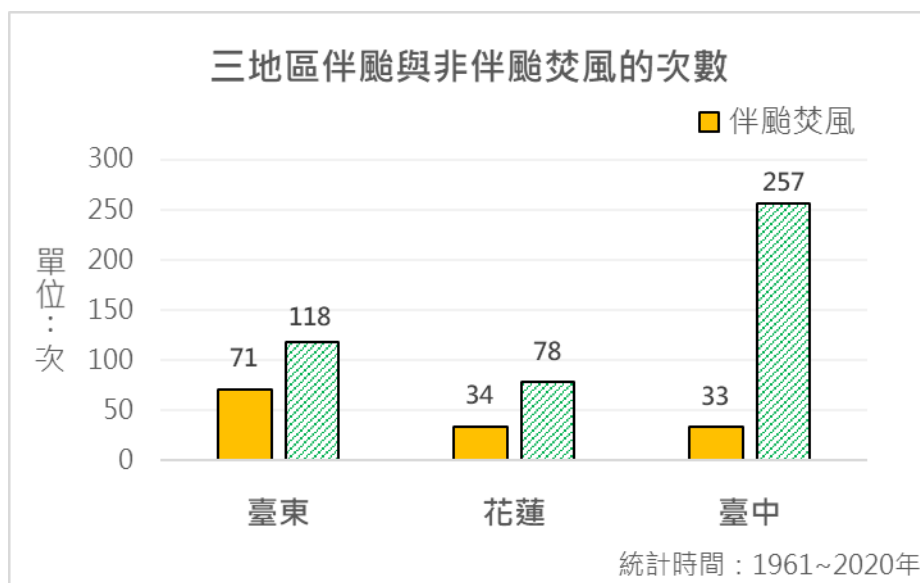


圖 4-1 三地區伴颱風與非伴颱風焚風的次數

## 二、不同時期於各地區之焚風種類及次數

欲探討不同類型焚風於各地區是否有特定的發生時期，以下再將各地區焚風依類型、時期切分並歸納之。五個時期的劃分依序為正春（3~4 月）、春末夏初（5~6 月）、正夏（7~8 月）、秋（9~11 月）與冬（12~2 月），以下之圖、表時期皆同此劃分。

### （一）伴颱風

表 4-2 為 1961~2020 年各地區伴颱風於不同時期發生次數之月平均統計，並依此表繪製產生圖 4-2。觀察發現，臺東及花蓮地區之伴颱風案例集中於正夏及秋季，臺中地區則是春末夏初、正夏、秋季占比較高，其中臺東於正夏、秋的月均次數皆高於花蓮及臺中，在正夏的次數更較花蓮高出 3 倍多。此外，冬季及春季幾乎沒有伴颱風，三地區於篩選的近 60 年，於冬春兩季之伴颱風的原始次數加總僅 5 次。值得注意的是，臺東地區之伴颱風於不同時期分布最為不均，花蓮次之，而臺中則較為平均。

表 4-2

三地區各時期伴颱風月平均統計

伴颱風	台東	花蓮	台中
正春	0.5	0.0	0.0
春末夏初	3.5	1.5	5.0
正夏	17.0	5.0	7.0
秋	9.0	6.3	3.0
冬	0.0	0.3	1.0

單位：次 / 月

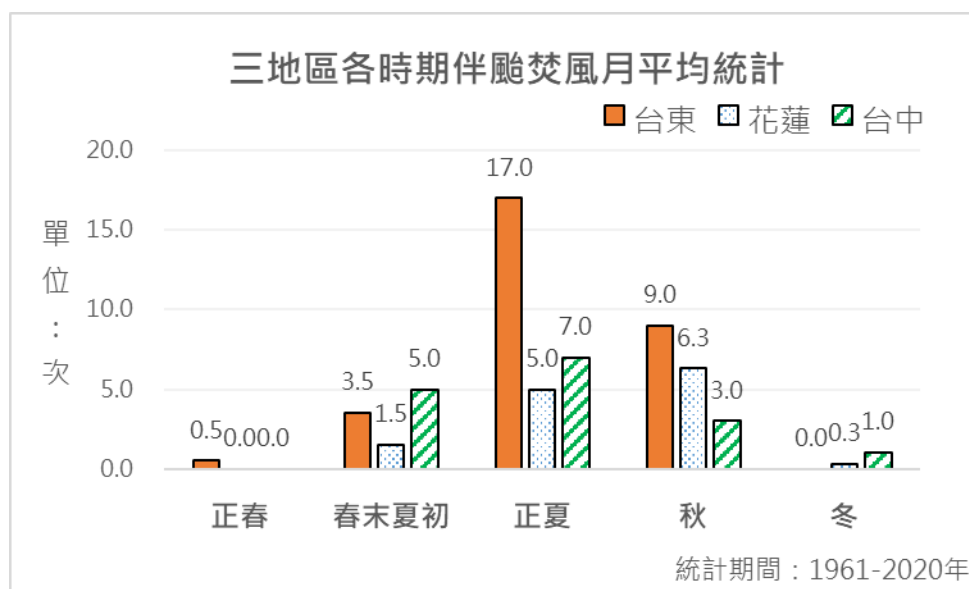


圖 4-2 三地區各時期伴颱風月平均統計

(二) 非伴颱風

表 4-3 為 1961~2020 年各地區非伴颱風於不同時期發生次數之月平均統計，並依此表繪製產生圖 4-3。觀察發現，三地區之非伴颱風皆好發於正春、春末夏初及冬季，這 3 個時期的次數加總之於全部案例佔比皆超過 8 成。其中，臺中地區的非伴颱風次數於好發時期較臺東及花蓮地區多上許多。值得注意的是，花蓮於冬季之非伴颱風次數較正春及春末夏初多，而臺東則剛好相反，冬季較正春及春末夏初少。

表 4-3

三地區各時期伴颱風月平均統計

非伴颱風	台東	花蓮	台中
正春	24.5	10.5	45.5
春末夏初	17.5	7.0	41.5
正夏	7.0	0.0	3.5
秋	1.7	2.3	2.3
冬	4.6	11.3	21.7

單位：次 / 月

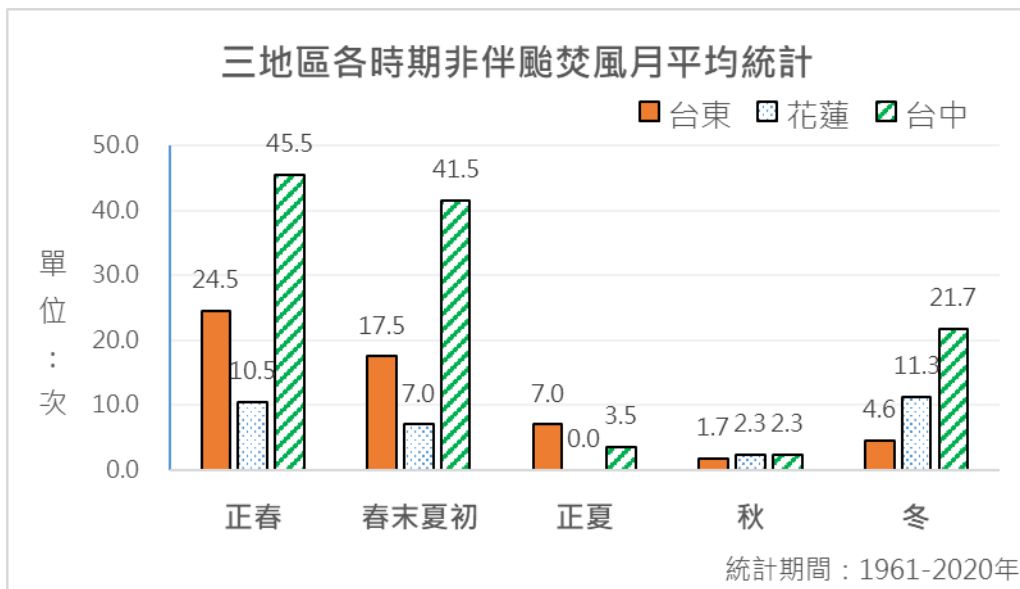


圖 4-3 三地區各時期非伴颱風月平均統計

### 三、焚風平均持續時長（以下簡稱持時）

整理焚風數據的過程中，亦發現不同地區、類型焚風會有持時不一的現象，便欲進一步探討焚風持時差異。同樣地，亦將伴颱風及非伴颱風分別討論之。

#### （一）伴颱風

表 4-4 為近 60 年各地區伴颱風焚風於不同時期之平均持時，並依此表繪製產生圖 4-4。由於臺東於冬季無伴颱風焚風發生，故平均持時為 0；而三地於正春、冬季次數皆過少，皆不超過三次，故將正春及冬季之持時排除比較。觀察發現，臺東於春末夏初之平均持時為各時期中最長，長達 5.2 小時/次；花蓮持時最長發生於冬季，故不討論此案例；而臺中為正夏，約 3.5 小時/次。此外，臺東除正春及冬季無法比較之外，其餘三季之平均持時皆為三地中最長。而平均持時最長的臺東，相較於花蓮及臺中，在數據有效得以比較之時期持時皆相差超過 1 個小時。

表 4-4

各地區不同時期伴颱風焚風平均持續時長

伴颱風	台東	花蓮	台中
正春	4.0	0.0	0.0
春末夏初	5.2	3.7	2.9
正夏	5.1	3.6	3.5
秋	4.2	3.0	2.7
冬	0.0	5.0	3.0

單位：小時 / 次

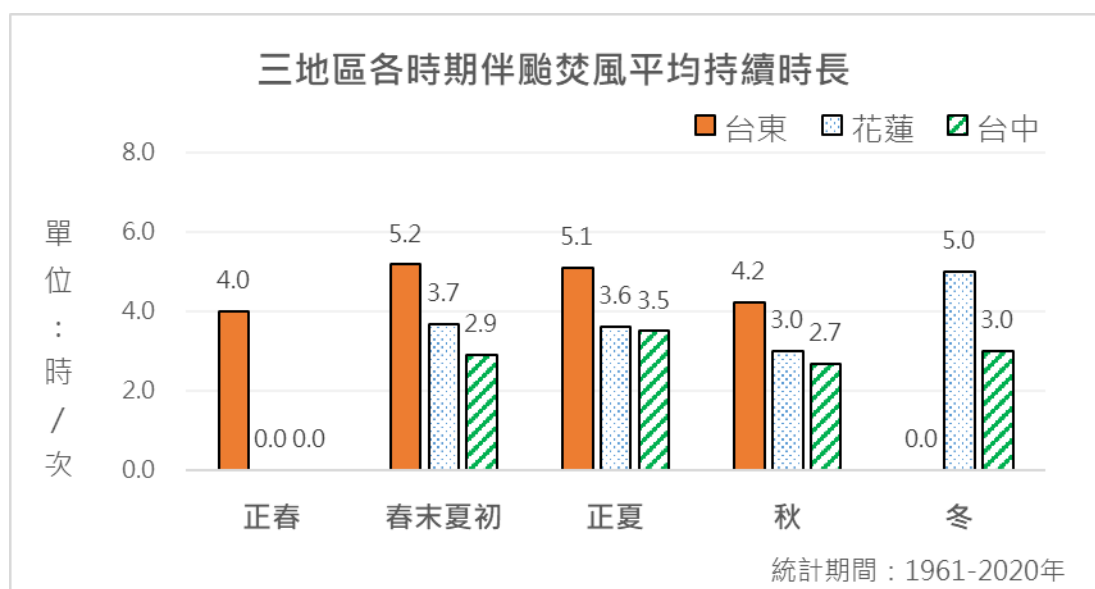


圖 4-4 各地區不同時期伴颱風焚風平均持續時長

(二) 非伴颱風

表 4-5 為近 60 年各地區非伴颱風於不同時期之平均持時，並依此表繪製產生圖 4-5。在排除花蓮無非伴颱風之正夏後，觀察發現，其餘四個時期中花蓮非伴颱風平均持時皆為三地最低，此情形在春末夏初最為明顯，和其餘兩地之平均持時相差超過一個小時，而可相比的四個時期中，平均持時皆為臺東最長、臺中次之、花蓮最短。值得注意的是，三地於秋季平均持時皆偏高，而臺東更為突出，平均持時高達 7 小時/次。

表 4-5

各地區不同時期非伴颱風平均持續時長

非伴颱風	台東	花蓮	台中
正春	4.9	4.3	4.9
春末夏初	5.1	3.6	4.6
正夏	4.9	0.0	2.9
秋	7.0	4.7	5.3
冬	4.3	3.5	3.9

單位：小時 / 次

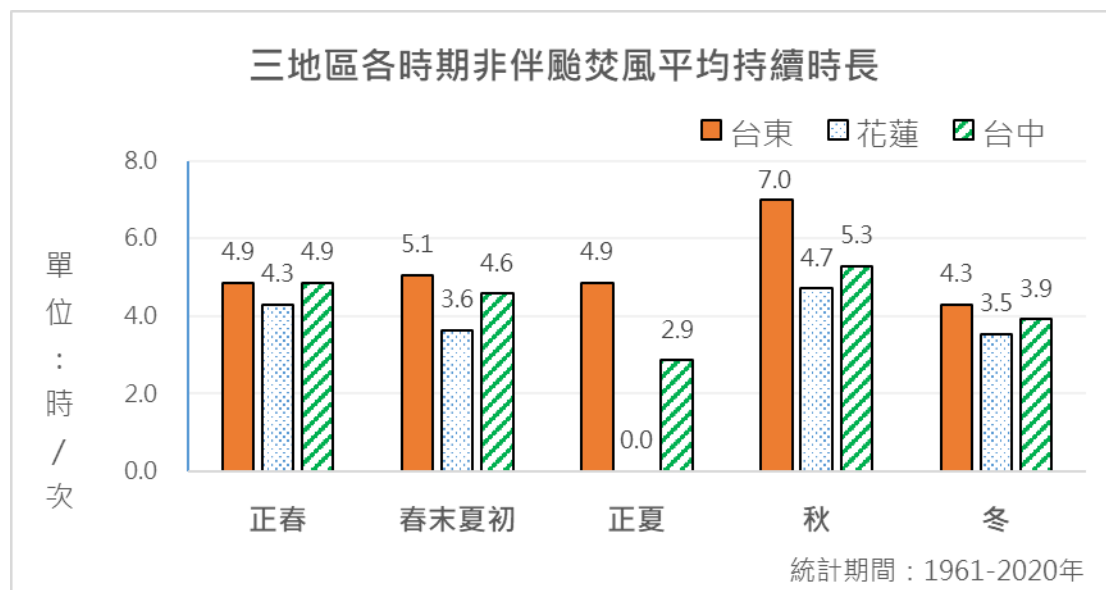


圖 4-5 各地區不同時期非伴颱風平均持續時長



## 伍、討論

### 一、伴颱風及非伴颱風焚風次數差異探討

圖 4-1 顯示，三地區之非伴颱風焚風次數皆明顯大於伴颱風焚風次數。根據王時鼎等人（1992）研究，當颱風外圈旋流之氣流方向與中央山脈長軸方向之夾角  $< 70$  度時，於山脈兩側會有「沿山流」產生。林俞佑等人（2016）之研究也指出，颱風行徑臺灣之相對位置確實會影響颱風於各地產生焚風。本研究推測颱風能否有焚風形成將因上述因素而受到限制，且本研究於篩選伴颱風焚風過程中，發現單次颱風對於三地區最多僅會產生「一次」的焚風現象（註：焚風發生期間若有時序中斷即視為不同案例）；而單次非伴颱風因素之天氣系統（如副熱帶高壓等）可產生「不僅一次」的焚風現象。因此認為相對於非伴颱風焚風，伴颱風焚風產生之限制繁多，造就三地區非伴颱風焚風次數皆大於伴颱風焚風次數之結果。

### 二、伴颱風焚風次數於各地區的差異探討

圖 4-1 顯示，臺東的伴颱風焚風次數皆比臺中、花蓮來得高，推測應與颱風路徑與地形的交互作用有關。

圖 5-1 為臺灣地區颱風路徑分類，包含第一到九類、其他類共十類路徑。本研究將各伴颱風焚風案例發生時颱風之行經路徑，逐一與圖 5-1 進行比對，統整後可推知臺東地區發生伴颱風焚風之颱風路徑類別包括第一、二、三、四、五、六、七類（占比合計約 85.94%），而臺中地區發生伴颱風焚風之颱風路徑類別則為第四、五、七、九類（占比合計約 41.41%），可初步從占比合計來說明臺東地區的伴颱風焚風次數較臺中高的可能。

此外，林俞佑等人（2016）指出，若颱風位在較遠的菲律賓東部，臺中風向會偏北而使得氣流沉降較不明顯；而颱風位在琉球附近時，氣流穿谷距離短、高度不夠，沉降氣流較弱而難以抵達地面，亦使得在臺中之沉降氣流不明顯，其限制導致臺中伴颱風焚風較臺東的伴颱風焚風次數更為少量。

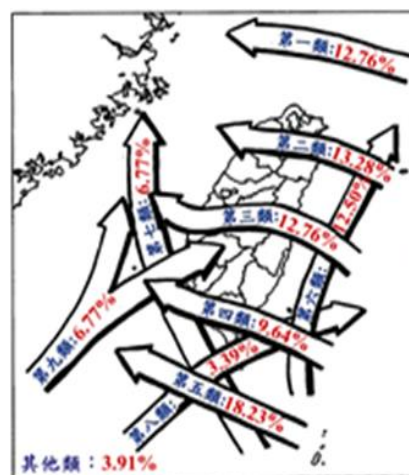


圖 5-1 臺灣地區颱風路徑分類

（取自科技部，2021）

至於花蓮地區，本研究利用大氣水文資料庫，自行分析、統計伴颱風發生時花蓮地區之風向，將資訊彙整並繪製成圖 5-2。結果顯示，花蓮地區出現伴颱風時，風向多為東北風（81.8%），亦即颱風於花蓮附近之氣流約為東北向時較易於花蓮生成沿山流形成焚風，而此方向與臺中相似，伴颱風風向大部分為偏北向，而臺東之伴颱風則為偏西南向（林俞佑，2016）。因此本研究推論，雖然花蓮與臺東同為東部地區，但兩者之伴颱風的數量存在差異，臺東案例數較高。



圖 5-2  
花蓮伴颱風風向統計圖

### 三、非伴颱風次數於各地區的差異探討

觀察圖 4-3，同為東部的花蓮與臺東地區，非伴颱風的次數於不同時期有著不一樣的特徵，花蓮地區於冬季之非伴颱風次數較正春、春末夏初多，而臺東則剛好相反。花蓮、臺東分別位於花東縱谷的北側與南側，該現象應與不同時期氣流方向與地形的交互作用有關，相關推論如下：

因花東縱谷過長，沿山流因受兩側山脈摩擦應力造成「動能損耗」，風沿邊界層不斷向內減小，氣流較難穿越花東縱谷，致使末端出谷帶動上層氣流沉降的效果變差（王時鼎等人，1992）。春末夏初（滯留鋒位在臺灣附近）時，臺灣的環流風場主要為西南風，於花東縱谷出現向北流動之沿山流，使得位於氣流出谷的花蓮難以出現焚風；相對地，位於氣流入谷的臺東地區，此沿山流經穿谷後可引發上層空氣沉降造成焚風（圖 5-3）。冬季時，臺灣的環流風場主要為東北風，於花東縱谷出現向南流動之沿山流，使得位於氣流出谷的臺東難以出現焚風；相對地，位於氣流入谷的花蓮地區則較有機會焚風（圖 5-4）。綜上，可合理解釋花蓮與臺東地區，非伴颱風的次數於不同時期的分布情形。此外，正春為風場轉換期風向較無規律，故在此僅討論具代表性之春末夏初及冬季。



圖 5-3 春末夏初氣流示意圖

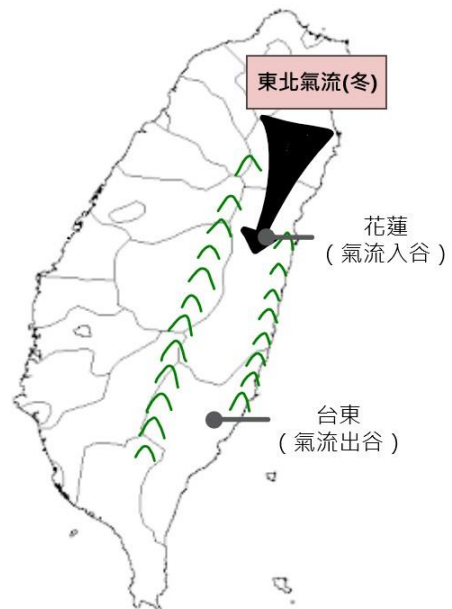


圖 5-4 冬季氣流示意圖

參照圖 4-3，臺中之非伴颶數量於正春、春末夏初、冬三季皆比其他地區多。根據林俞佑等人（2016）研究，當鋒面壓平、西風分量大，則越山沉降多，沉降區主要在東部；當鋒面與臺灣地形走勢一致時，南風分量大，造成穿谷沉降多，使沉降區主要在中北部。春末夏初（滯留鋒位在臺灣附近；圖 5-5）及冬季（冷鋒位在臺灣北側；圖 5-6）時，臺灣的環流風場主要為西南風，且鋒面通常與臺灣地形走勢一致使得南風分量較大。綜整上述，可合理解釋非伴颶焚風於此三地區之數量的差異。

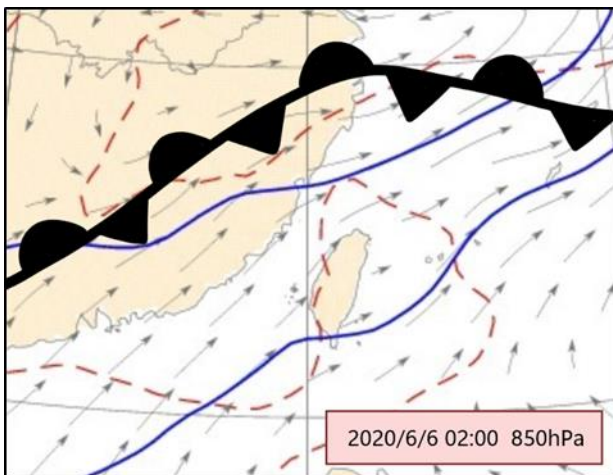


圖 5-5  
春末夏初高空天氣圖與地面鋒面之疊圖

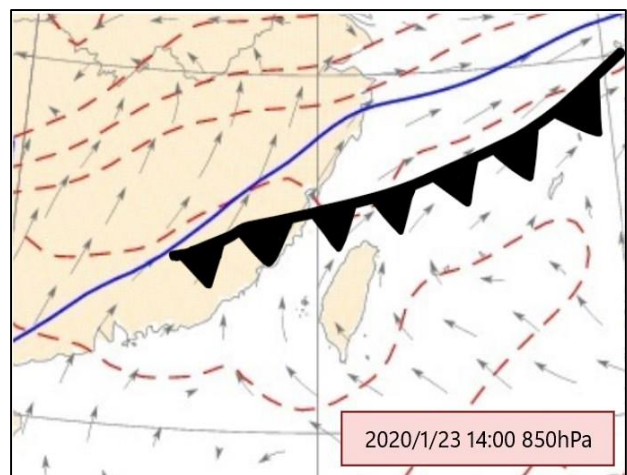


圖 5-6  
冬季高空天氣圖與地面鋒面之疊圖

#### 四、非伴颱風於各時期次數差異之探討

參照圖 4-3 可知，非伴颱風好發於正春、春末夏初及冬季，對照林俞佑等人（2016）對於焚風之研究，春末夏初和冬季之非伴颱風成因分別為滯留鋒和冷鋒，至於正春發生焚風之成因正春時期因大陸冷高壓漸衰，而太平洋高壓漸強，此時期大氣環境變動幅度較大，且每年此季大氣環境情況變率也較其他時期高，又本研究篩選焚風條件是以當前天氣狀況扣除該時氣候平均值得出之相對值，因此推測環境情況變率大，加上冷暖氣團相互抗衡，致使正春非伴颱風數量多。

此外，普遍認為冬季並無焚風產生，但經研究發現，冬季焚風次數頻繁，本研究推論此現象是因冬季溫度低，當空氣塊下降相同水氣含量，其相較於高溫狀態，相對濕度數值下降較多，且本研究之篩選條件為當前溫度及濕度與該時氣候平均值之相對值，因此提升了冬季生成非伴颱風的機會。

滯留鋒較強的輻合作用使其西南氣流增強（連瑩穎 2004），此氣流相較於冷鋒鋒前之西南風更加穩定（林俞佑 2016），可推知就氣流強度及穩定性而言，春末夏初時，氣流易越山或穿谷而產生焚風，使得非伴颱風次數較冬季多。

#### 五、焚風平均持時之探討

考慮非主要發生時期因焚風次數少，造成平均持時變動幅度大，甚至無焚風造成無平均持時可比較，因此以下皆以伴颱風及非伴颱風兩者主要的發生時期，討論其平均持時差異及影響因素。伴颱風主要時期為春末夏初、正夏與秋季；非伴颱風主要時期則為正春、春末夏初與冬季。

本研究採用 850hPa 之高空圖來輔助說明，是因焚風容易發生在山幅不大、高度低緩的氣流收束之地；若山脈高度不足，焚風不易產生，若遇 3,000 公尺以上高山，則氣流不易翻越山頭（陳國彥 2000）。

## （一）伴颱風

觀察圖 4-4，臺東地區伴颱風於主要時期之平均持時為三地區中最長（春末夏初；5.2 小時/次），本研究認為，因伴颱風主要的發生時期，臺灣附近風場主要為西南風，而臺東地區伴颱風主要風向亦為西南向，因此颱風於此三地區造成焚風時，臺東地區生成之焚風除颱風因素外，還受到西南向的風場加成，致使造成臺東產生焚風的氣流更加穩定，焚風持時因而增加。相反地，造成臺中與花蓮產生伴颱風的主要風向為北風或東北風，當兩地區生成伴颱風時，因其風向與臺灣附近環流風場相反，焚風會受其影響而減弱，而使兩地區之伴颱風持續時長減短。

此外，三地區春末夏初及正夏平均持時皆較秋季長，推論因春末夏初（滯留鋒位於臺灣附近，如圖 5-5）與正夏（副熱帶高壓影響，如圖 5-7）皆為臺灣帶來穩定的西南氣流；而秋季則因副熱帶高壓開始衰減，在冷、暖氣團相互抗衡作用下，風場相對春末夏初及正夏較不穩定，致使秋季伴颱風之平均持時較春末夏初及正夏短。

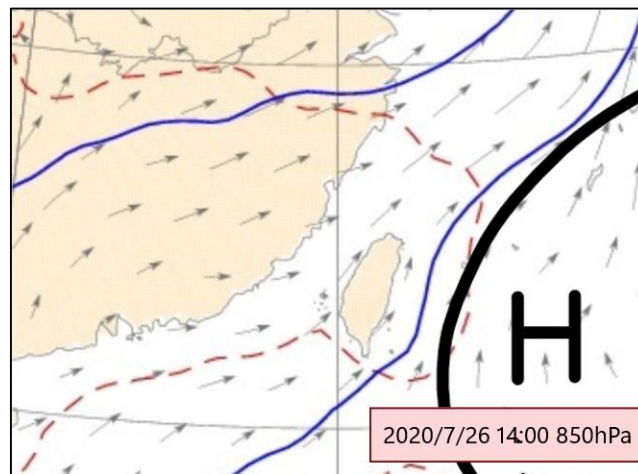


圖 5-7、正夏高空天氣圖與地面高氣壓之疊圖

## （二）非伴颱風

觀察圖 4-5，臺東地區非伴颱風於主要時期之平均持時最長的為春末夏初。連瑩穎（2004）指出春末夏初之滯留鋒面來臨時，潛熱釋放造成局部氣壓下降而產生強輻合作用，其疊加至梅雨季盛行的西南氣流，導致低層噴流的強度增加。上述現象亦會使得產生之焚風較為穩定，可合理說明臺東地區非伴颱風於春末夏初之平均持時會較長。此外，本研究認為正春為臺灣風場的轉換期，因未完整了解此時期影響臺灣風場之主要天氣系統，尚無法確切推論臺中及花蓮地區非伴颱風於正春之平均持時為主要時期中最長之原因。



## 陸、結論

- 一、因伴颱風焚風受限於颱風行徑之路徑，且單次颱風僅能造成一次的焚風現象，故三地區的伴颱風焚風次數皆小於非伴颱風焚風。
- 二、若颱風位於菲律賓東部及琉球附近時，將較不利於臺中地區產生焚風，故臺中地區的伴颱風焚風次數較臺東少。而同屬臺灣東部的花蓮與臺東，因為兩者產生伴颱風焚風的主要風向有差異，而有臺東伴颱風焚風數量大於花蓮之情形。
- 三、因本研究篩選焚風條件為相對值，而大氣環境於正春時變率較大，且冬季氣溫本就較低，致使正春和冬季非伴颱風焚風數量多。另外，春末夏初則因西南氣流穩定，使此時期焚風數量亦較多。
- 四、東北氣流易使花蓮產生非伴颱風焚風，西南氣流則易使臺東產生非伴颱風焚風，故花蓮於盛行東北季風的冬季（大陸冷高壓影響）有非伴颱風焚風次數較多的現象，而主要為西南風盛行的春末夏初（滯留鋒在颱風附近）時，臺東地區次數則較多。此外，春末夏初與冬季（冷鋒鋒前）之西南氣流南風分量通常較大，使臺中非伴颱風次數較臺東及花蓮多。
- 五、伴颱風焚風好發時期之環流風場多為西南風時，恰使臺東地區多為西南向的伴颱風焚風更加穩定，卻對花蓮、臺中地區多為東北向的伴颱風焚風造成干擾，故臺東地區之伴颱風焚風持續時長高於花蓮及臺中。而秋季伴颱風焚風平均持時，因造成焚風之氣流較春末夏初及正夏不穩定，故有較短的現象。
- 六、春末夏初，因強輻合作用與梅雨季盛行的西南氣流疊加，更穩定的焚風使得臺東地區的非伴颱風焚風平均持時較長。

## 柒、參考資料及其它

### 一、未來展望

- (一) 目前仍無法找出所有導致臺東伴颱風焚風為臺中伴颱風焚風數量較多的因素，期望日後能將更多影響之因素納入討論與比較。
- (二) 因宜蘭地區每小時紀錄之氣象站缺漏之資料過多，故無法將宜蘭納入討論，期待日後能運用其他計算方法將宜蘭地區加入焚風之篩選與比較。

### 二、參考資料

- (一) 大氣水文研究資料庫

<https://dbar.pccu.edu.tw/Default.aspx>

- (二) 中央氣象局「氣象站個月份日最高溫排序」

<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/C/Statistics/obsorder.html>

- (三) 中央氣象局-報天氣

[https://www.facebook.com/CWB.TW/photos/?ref=page\\_internal](https://www.facebook.com/CWB.TW/photos/?ref=page_internal)

- (四) 中央氣象局

<https://edu.cwb.gov.tw/PopularScience/index.php/weather/104>

- (五) 日本氣象廳

<https://www.jma.go.jp/jma/index.html>

- (六) 王時鼎、謝信良、鄭明典、葉天降 1998 侵臺颱風「流型」與颱風路徑走向間之關係研究 天氣分析與預報研討會論文彙編。

- (七) 王時鼎、蔡清彥、林民生 (1992) 臺灣中央山脈所引起之颱風環流中之副流分析 天氣分析與預報研討會論文彙編。

- (八) 李玉芬、林炯明、沈淑敏 (2009)。臺東焚風的時空特性及其影響。  
臺灣文獻季刊第 60 卷第四期。

- (九) 林俞佑、翁叔平、里珮瑄 (2016)。臺東與臺中地區焚風現象之分析研究。  
地理學報 第八十三期。

- (十) 林沛練、陳景森 (2010)。西南氣流觀測與豪雨預報實驗暨後續研究－西南氣流與臺灣地形效應對局部環流與降雨的影響研究。臺灣天氣研究計畫 / 第四階段：行政院國家科學委員會專題研究成果報告。

- (十一) 徐天佑、翁進登 (2010) 莫拉克颱風風場變化與降雨的探討。  
天氣分析與預報研討會第五屆國際海洋大氣研討會論文彙編。
- (十二) 張耀升 (2003) 。宜蘭地區豪雨個案之研究。  
國立中央大學大氣物理研究所博士論文。
- (十三) 連瑩穎 (2004) 梅雨鋒面個案之模擬探討  
國立中央大學大氣物理研究所碩士論文)。
- (十四) 郭文鑠、楊之遠 (1982) 。颱風誘發焚風現象及其對農作物之影響。  
氣象學報 第 28 卷 第三、四期。
- (十五) 葉嘉靜 (2002) 。宜蘭地區秋冬季豪大雨特性之研究。  
國立中央大學大氣物理研究所碩士論文。
- (十六) 賈新興 (2020) 臺灣高溫天氣三劍客 期刊文獻資訊網 農業世界 卷期 442。
- (十七) 臺灣的氣候概述  
<http://lphsu.aries.dyu.edu.tw/htm/Taiwan/9.htm>
- (十八) Chen, T. C., S. Y. Wang, M. C. Yen, A. J. Clark, and J. D. Tsay. (2009) . Sudden surface warming: Drying events caused by Typhoon passages across Taiwan. Journal of Applied Meteorology and Climatology.
- (十九) Li, J., and Y. L. Chen. (1998) . Barrier Jets during TAMEX. Monthly Weather Review.



## 【評語】 051901

利用大氣水文研究資料庫提供之各測站數據，篩選出臺東、花蓮及臺中之焚風事件，並依焚風類型、時期、不同地區等因素作分類，比較並探討其成因。資料分析詳細，對伴隨颱風與非伴隨颱風之焚風特徵有許多描述，唯須特別留意篩選條件是否適合?篩選出之案例是否都是焚風案例或是有很多只是突然增溫之案例。對焚風形成之基本定義與伴隨之物理過程需要特別深入了解。作品可以繼續深化研究，可以預期產出創新亮眼之成果。

## 作品簡報

# 探討各類型焚風之特性及其成因

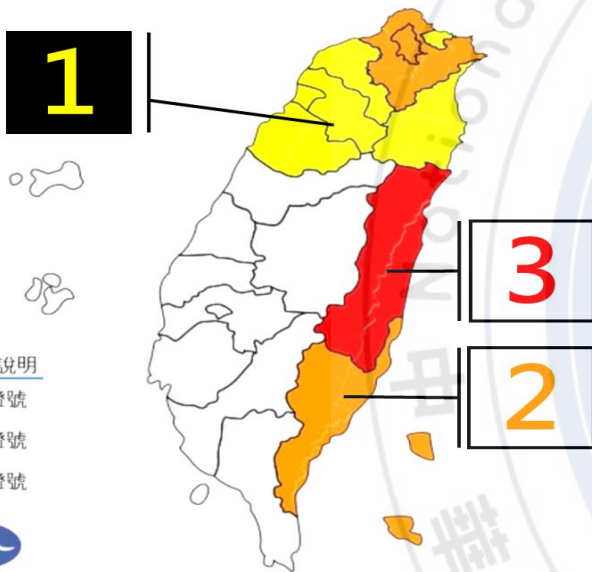
高級中等學校組 地球與行星科學科

# 研究動機

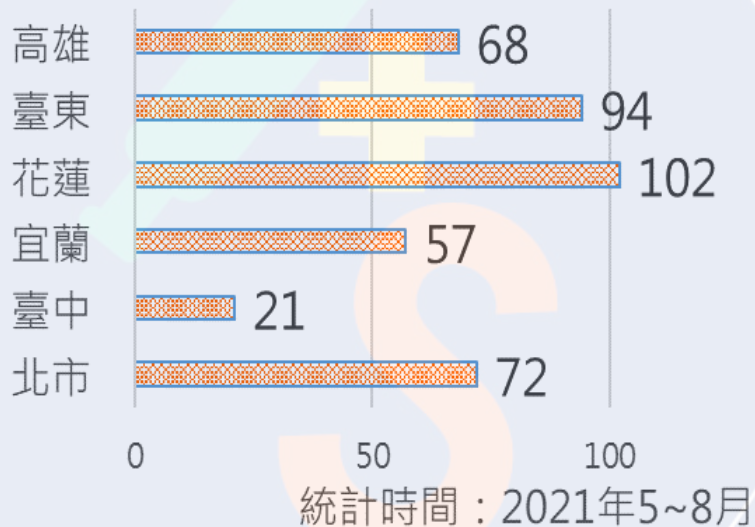
## 研究始於高溫特報的連續觀察

發佈時間: 2021/06/18 07:06  
有效時間: 2021/06/18 17:00

高溫資訊



### 各地高溫特報累計分數



排序	站名	氣溫	發生日期
1	大武	40.2°C	2020/07/25 西南風背風焚風
2	臺東	40.2°C	2004/05/09 鋒面前西南氣流造成焚風
4	臺中	39.9°C	2004/07/01 敏督利颱風外圍下沉氣流
5	臺北	39.7°C	2020/07/24 太平洋高壓

高溫特報資訊量化

各地高溫特報累計分數  
(僅列舉部分縣市)

氣象站日最高溫排序  
(僅列舉部分)

# 研究目的

原來，焚風不一定都與颱風有關！



## 觀察、初探與文獻蒐集

- ✓ 高溫特報資訊
- ✓ 氣象站日最高溫排序
- ✓ 焚風與天氣系統
- ✓ 伴颱風與非伴颱風
- ✓ 研究中發現的問題



## 研究目的

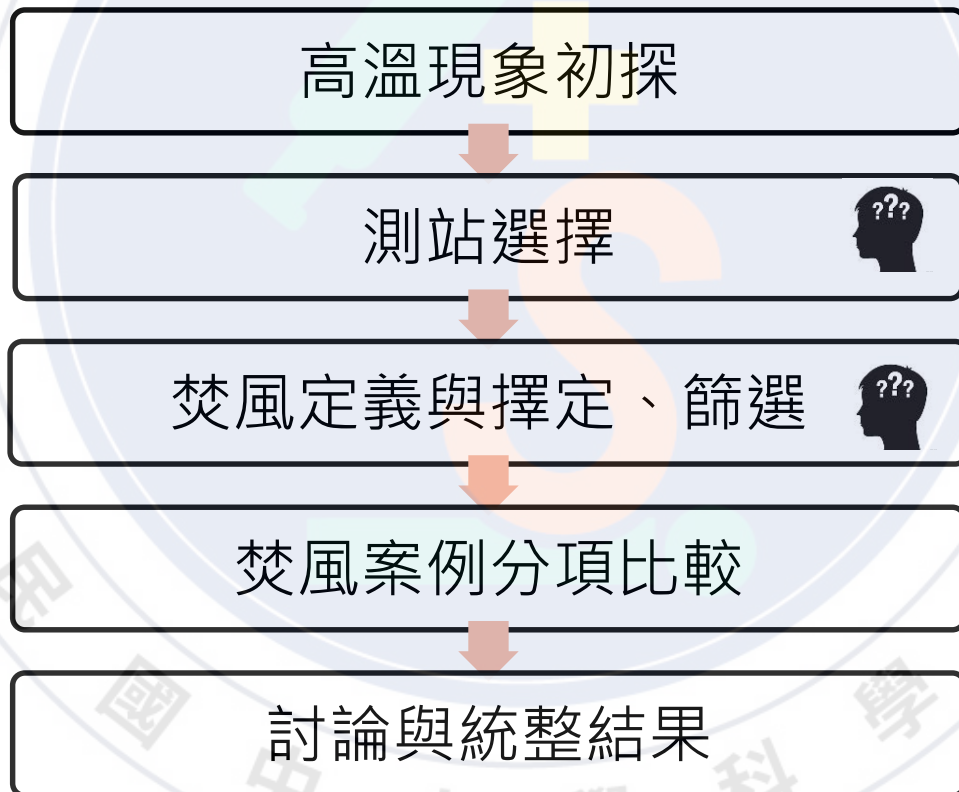
- ✓ 比較不同類型、地區之焚風發生頻率及其成因
- ✓ 了解焚風類型及其於不同地區發生之特性
- ✓ 了解焚風類型於各時期發生之特性
- ✓ 探討影響焚風持續時長之因素

# 研究步驟

研究過程中，不時會遇到問題

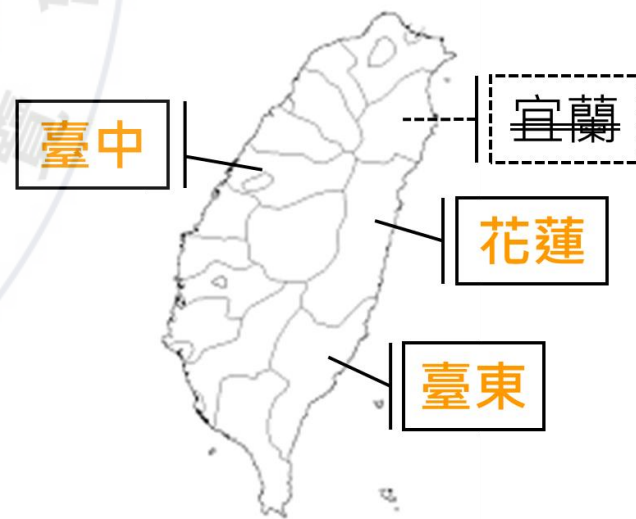
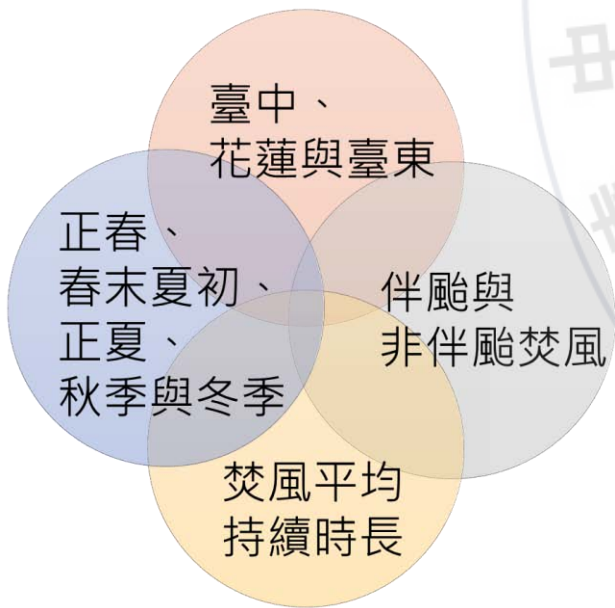


## 研究架構



## 面臨選擇時？

- ✓ 測站選擇與限制
- ✓ 焚風定義與擇定







### 面臨選擇時？

#### ✓ 焚風定義與擇定

- ① 中央氣象局 (2021)
- ② 郭文鑠等人 (1982)
- ③ 林俞佑等人 (2016)

本研究考量焚風發生的頻繁情形，並顧及焚風在氣溫、溼度及風向上的特徵，參考Chen et al. (2009) 與林俞佑、翁叔平、里珮瑄 (2016) 對焚風事件之定義，利用以下3式篩選出焚風事件：

$$\Delta T = (T - T^*) \geq 3.5 \text{ K} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta RH = (RH - RH^*) \leq -12 \% \dots\dots (2)$$

$$\Delta WV = (WV - WV^*) \geq 1 \text{ m/s} \dots\dots (3)$$

# 研究結果

## 兩類焚風案例次數分項比較圖表

### ■ 伴颱風與非伴颱風焚風的次數

類型	臺東	花蓮	臺中
伴颱風焚風	71 (37.6%)	34 (30.4%)	33 (11.4%)
非伴颱風焚風	118 (62.4%)	78 (69.6%)	257 (88.6%)
總次數	189	112	290

### ■ 各時期伴颱風焚風的月平均次數

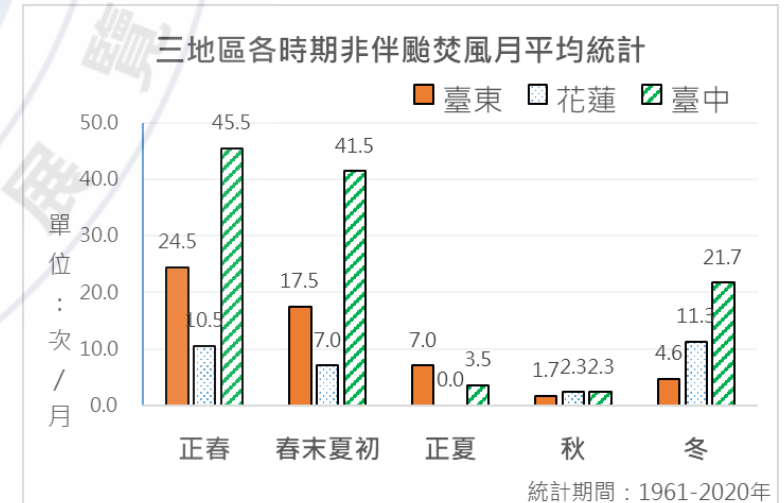
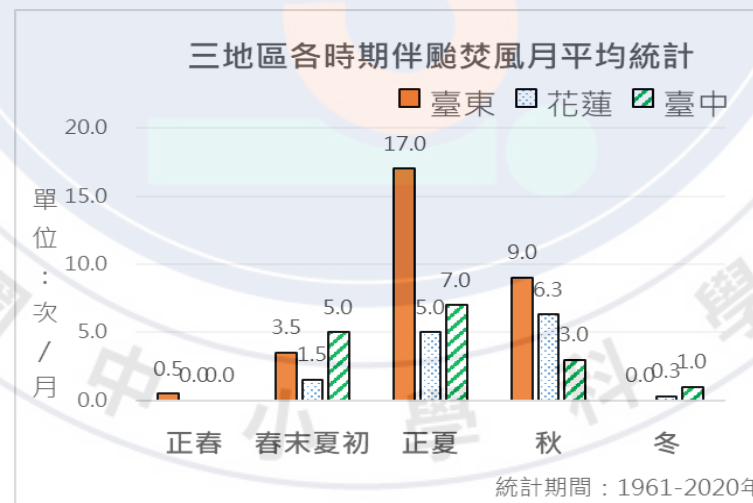
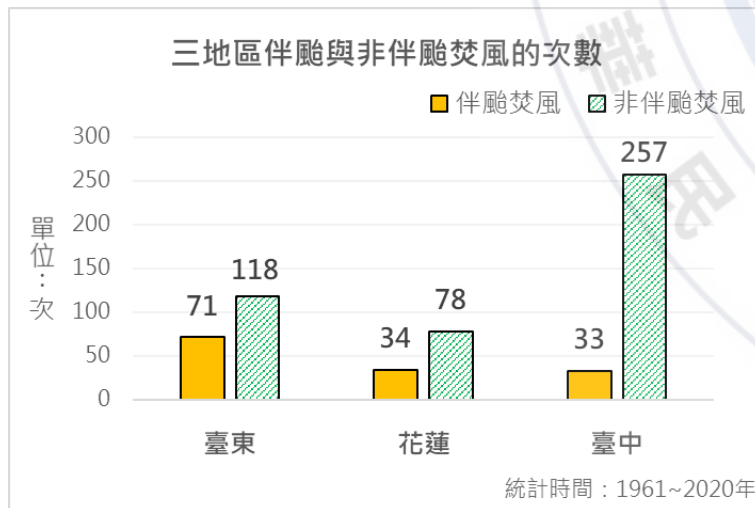
伴颱風焚風	臺東	花蓮	臺中
正春	0.5	0.0	0.0
春末夏初	3.5	1.5	5.0
正夏	17.0	5.0	7.0
秋	9.0	6.3	3.0
冬	0.0	0.3	1.0

單位：次 / 月

### ■ 各時期非伴颱風焚風的月平均次數

非伴颱風焚風	臺東	花蓮	臺中
正春	24.5	10.5	45.5
春末夏初	17.5	7.0	41.5
正夏	7.0	0.0	3.5
秋	1.7	2.3	2.3
冬	4.6	11.3	21.7

單位：次 / 月





# 研究結果

## 焚風於各時期平均持續時長比較圖表

### ■ 各時期伴颱風焚風平均持續時長

伴颱風焚風	臺東	花蓮	臺中
正春	4.0	0.0	0.0
春末夏初	5.2	3.7	2.9
正夏	5.1	3.6	3.5
秋	4.2	3.0	2.7
冬	0.0	5.0	3.0

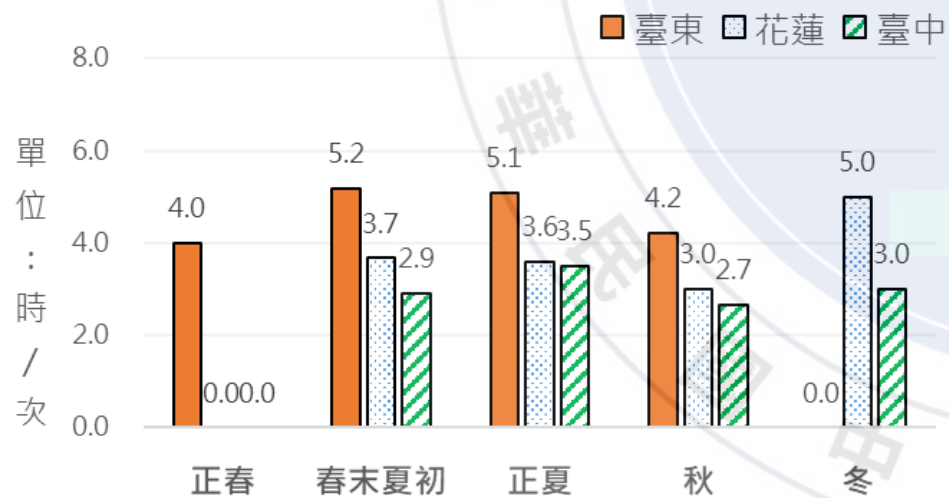
單位：小時 / 次

### ■ 各時期非伴颱風焚風平均持續時長

非伴颱風焚風	臺東	花蓮	臺中
正春	4.9	4.3	4.9
春末夏初	5.1	3.6	4.6
正夏	4.9	0.0	2.9
秋	7.0	4.7	5.3
冬	4.3	3.5	3.9

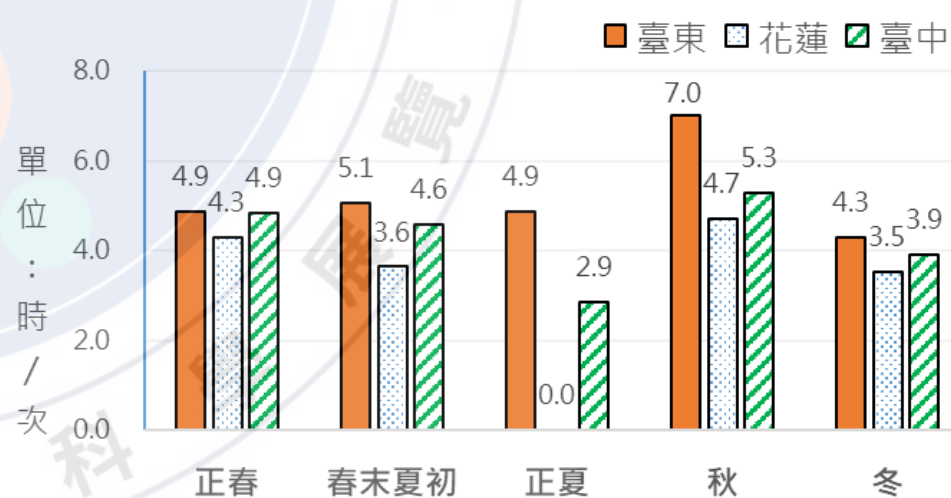
單位：小時 / 次

三地區各時期伴颱風焚風月平均持續時長



統計期間：1961-2020年

三地區各時期非伴颱風焚風月平均持續時長



統計期間：1961-2020年

# 討論

## 待解決的問題與討論\_1



為何伴颱風及非伴颱風之案例次數存在差異？



伴颱風產生之限制：

- ① 臺灣與颱風相對位置
- ② 單個颱風能造成的焚風事件至多一次



為何伴颱風焚風之案例次數存在地區差異？



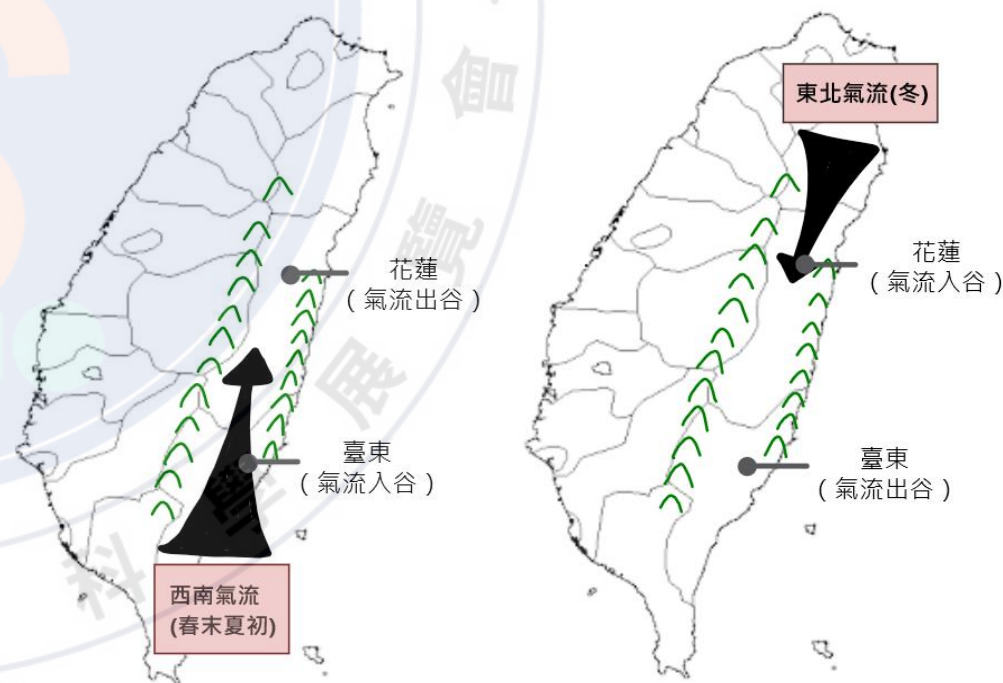
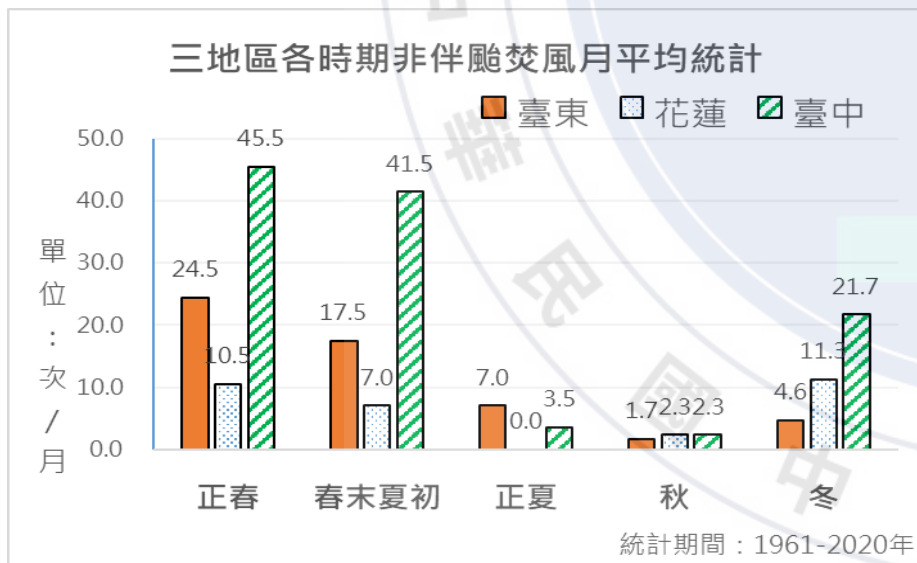
臺東的伴颱風焚風次數皆比臺中、花蓮高，應與颱風路徑與地形的交互作用有關。

- ① 將各案例發生時颱風之行經路徑與附圖比對，臺東（7種路徑合計約86%）較臺中（4種路徑合計約41%）占比高，能初步說明臺東伴颱風焚風次數較台中高的可能。
- ② 花蓮伴颱風風向主要為東北向，與臺中（主要為北向）相似，但是與臺東（主要為西南向）剛好相反。



### ❓ 為何伴颱風之案例次數存在地區差異？（接續上頁）

Ⓐ 同為東部的花蓮與臺東地區，非伴颱風焚風的次數於不同時期有著不一樣的特徵，花蓮地區於冬季之非伴颱風焚風次數較正春、春末夏初多，而臺東則剛好相反。又花蓮、臺東分別位於花東縱谷的北側與南側，該現象應與不同時期氣流方向與地形的交互作用有關。



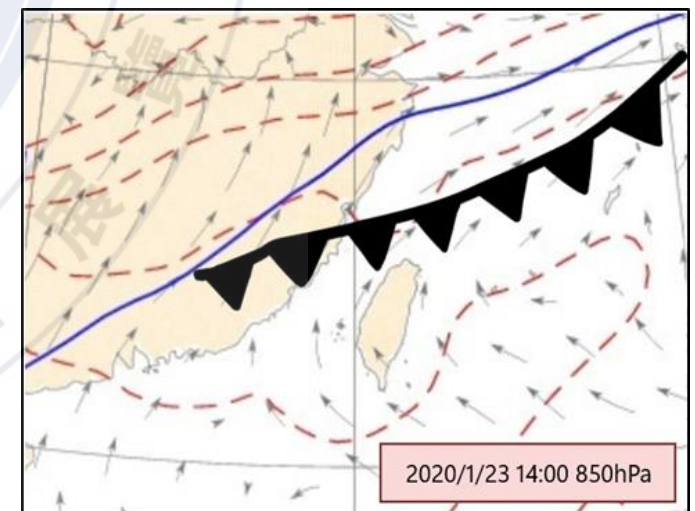
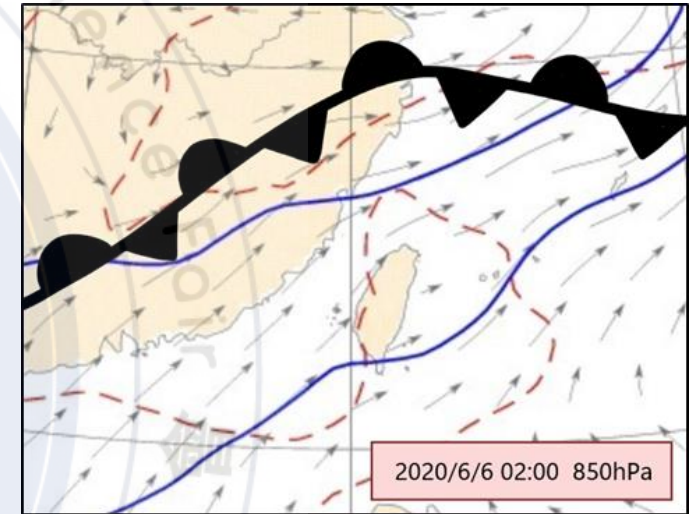


# 討論

## 待解決的問題與討論\_3

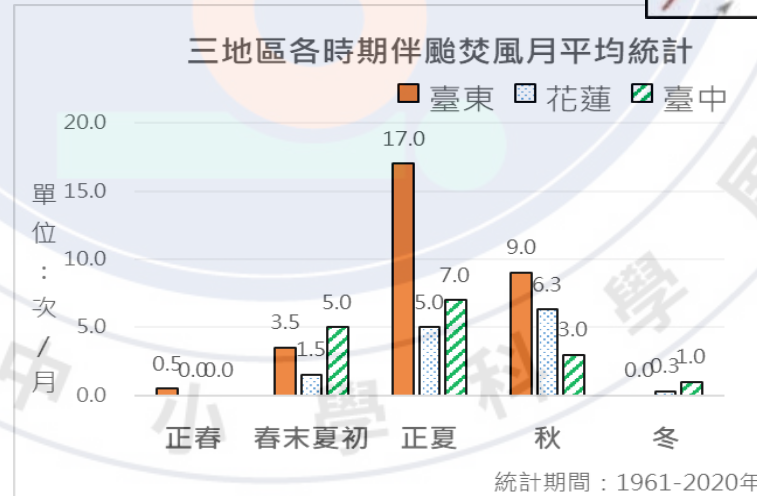
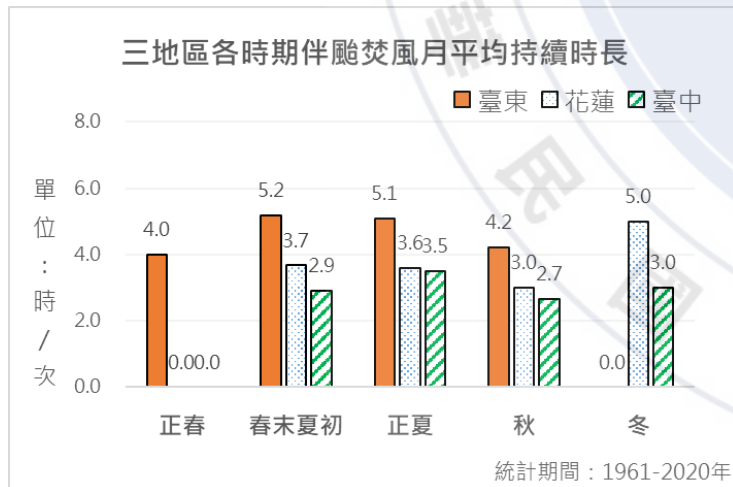
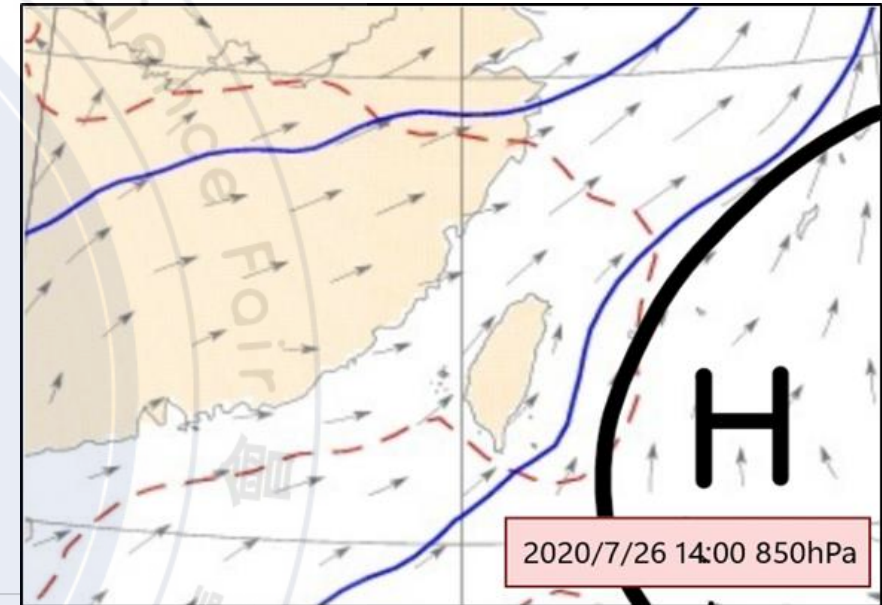
❓ 非伴颱風之案例次數於各時期亦存在差異？

- Ⓐ
- ✓ 非伴颱風焚風好發於正春、春末夏初及冬季，因正春時期大氣環境變率較大、冬季氣溫低，且本研究焚風之篩選條件為該時氣候平均值之相對值，使此兩季較易達焚風發生條件。而春末夏初，因滯留鋒較強的輻合作用使其西南氣流增強且穩定，使此時期較易生成焚風。
  - ✓ 臺中非伴颱風於主要時期之次數皆較臺東及花蓮長，認為經鋒面影響之西南風，其南風分量通常較大，使沉降區主要落在中北部。



### ❓ 焚風平均持續時長亦存在差異？

Ⓐ 臺東之伴颱風焚風主要為西南向，而花蓮及臺中則為北和東北向。又主要季節之風場方向多為西南向，推測會焚風受附近環流影響，因此臺東之伴颱風焚風強度受風場加成，使持續時長增長；而花蓮及臺中之伴颱風焚風則受風場干擾，致使此兩地區伴颱風焚風持續時長較臺東短。





- ✓ 行經臺灣附近之颱風較利於臺東生成焚風，使臺東的伴颱風次數較臺中及花蓮多。
- ✓ 本研究篩選焚風條件為相對值，正春和冬季易達標準，而春末夏初時臺灣附近氣流穩定，使此三地區的非伴颱風次數多。
- ✓ 三地區於各時期非伴颱風次數之差異，受當時風場方向影響。
- ✓ 臺東伴颱風主要風向與當時風場同向，而花蓮及台中則否，使臺東伴颱風平均持續時長較長。



- ✓ 大氣水文研究資料庫
- ✓ 林俞佑、翁叔平、里珮瑄（2016）。臺東與臺中地區焚風現象之分析研究。
- ✓ Li, J., and Y. L. Chen. (1998). Barrier Jets during TAMEX. Monthly Weather Review.