

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國中組 地球科學科

第一名

030505

「梅」來演趣—探討台灣梅雨季之大氣流型演
變與模擬

學校名稱：高雄市立仁武高級中學

作者： 國二 劉士寬 國二 高笛祐 國二 徐巧瑄	指導老師： 蘇毓智 林姝君
---	-----------------------------

關鍵詞：流型、滯留鋒、梅雨

得獎感言

在科學之路上盡情奔跑

沒甚麼華麗的開場，只因我哥對我說：「科展對升學很有幫助！」然後，我就上了科展賊船（下不來的那種）。與兩位夥伴開始了沒日沒夜想題目的過程，無時無刻腦子裡充斥著各種題目及評估其可行性，最後總算獲得老師們認可，確立以「梅雨」作為我們的研究題目，心想，科展最辛苦的開頭總算度過了，但事實證明完全是想、太、多！原來確定題目後，才是一連串磨難的開始。

查找相關文獻資料的過程，對於未曾上過地球科學的我們，又是一項巨大挑戰，許多專有名詞一知半解，邊看邊學，有時甚至讀到滿懷挫折，又不得不佩服這些前人可以推演出複雜的科學結論。在一步步探索未知領域的途中，前方看似模糊不清的道路，好像一點一滴被拼湊起來，對於「梅雨」的解釋、對台灣的影響等等，也有了更加深刻的瞭解。

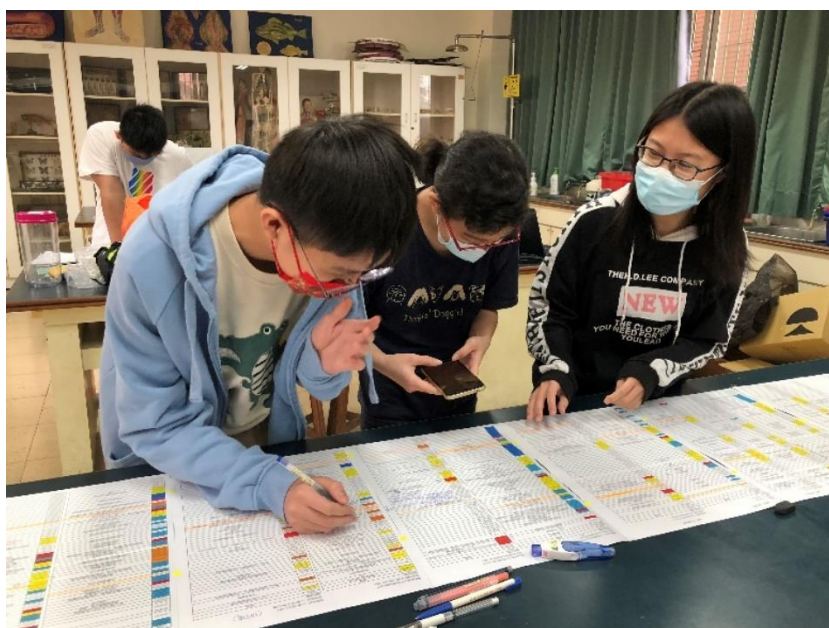
接下來，又陷入無限循環的分析資料、實驗模擬、(煩惱午餐吃什麼)、……讓我們真正感受科展的威力！輸錯資料、徒勞無功的分析根本家常便飯，儀器壞掉、一個錯誤就導致實驗全部重來、被勾芡燙傷等慘案數不勝數。很長一段時間，我們越來越茫然，在資料海裡浮沉，也不確定實驗能否成功，一次次失敗打擊下，甚至萌生「要是當初沒有進來就好了」的想法。但毓智老師告訴我們：「科學，是在不斷失敗中理出頭緒，就算只看出一點點成功，那也很值得高興，不是嗎？」老師還說：「你們搞不好是全台灣最懂梅雨的國中生呢！」(苦笑……該因此感到開心嗎？)

在9個月的培訓時間裡，我們充滿各種情緒轉變，不管是剛加入時的迷茫、數據分析錯誤時的驚慌、狂讀文獻卻講不出來的心虛，因為過度疲勞的互相抱怨，直到最後聽到獲得第一名時，那一剎那的恍惚與之後的雀躍，在在告訴我們：「我們真的做到了！努力的一切有了回報與肯定！」

一路上最感謝的就是毓智和姝君兩位指導老師的陪伴與教導，也很感謝「科技部與中國文化大學大氣水文研究資料庫」及中央氣象局提供寶貴研究資料使本研究可以順利完成，感謝評審對我們作品的肯定與提供建言，還有給我們很多建議與幫助的余忠潔校長、段曉林教授、以及嶸旭、子瑩、婷湘、育弘、德儀、嘉璋、智安、珮瑜、維邦、書敏等老師，高雄航

空氣象臺預報員許牧豪先生、幫我們商借黏度計的許惇偉教授、抽空前來指導我們報告的實驗室歷屆學長姐們，以及一路上攜手前行的兩位好夥伴，真的非常感謝！

2022 的 8 月，天氣依舊炙熱，太陽閃爍而耀眼，一切像是夏天的蟬似的，吵鬧而快速的運轉著，天空依舊很藍，綠樹成蔭，這不是終點，而是一個起點。天下沒有不散筵席，這只是人生其中一個過站而已，自己的火車必將開往不同方向，或許緣分可以將三個人再次繫在一起，這誰也說不準呢？世界不斷的轉動，在這 9 個月之中，辛苦的汗水終將化為美麗的煙火，從一開始的相遇、相知、相惜、到最後的離別，或許往後，我們回頭看這段成長經歷，內心的感動仍是不會少的吧！



在數據海中尋找各種可能的規律性



終日與黏黏糊糊的膠體為伍，在實驗室中模擬梅雨結構



疫情之下，還能有一場難得盛大的頒獎典禮，踏上頒獎台的一刻，既感動又興奮，謝謝大家。

摘要

為了解台灣地區梅雨季的氣候特徵，本研究分析 2009~2021 年五、六月之降雨、風場及大氣環境。顯著降雨方面，東北部全年有雨，西南部則是五月開始才進入雨季。五至六月，台灣顯著降雨區域逐漸南移，為了解此時期大氣環境演變，我們分析「SSL 東亞衛星地面天氣圖+風場」，共歸納出六種流型，分別為 A 北風、B 東風、C 南風、D 北風南下、E 低壓帶及 F 西風流型。我們發現，南風流型入夏後成為主流，且流型變化有趨勢性，在整合降雨資料發現，迎風面影響降雨甚鉅。接著，我們嘗試在實驗室模擬流型，我們以不同濃度海藻酸鈉溶液進行垂直及水平模擬，搭配磁石攪拌器模擬不同流向的流體擦撞，並加入障礙物，可模擬出與本研究相符的幾種流型。

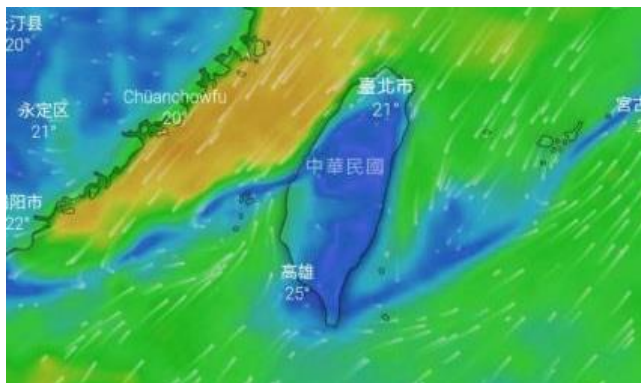
壹、研究動機

在台灣，「梅雨」為相當重要的雨量來源，尤其是冬季缺雨的中南部地區，一旦該年降雨不明顯或「空梅」，將嚴重衝擊民生用水。然而，過多的雨量也有可能造成致災型梅雨，到底梅雨這個天氣現象是如何發生呢？這引發我們的興趣。

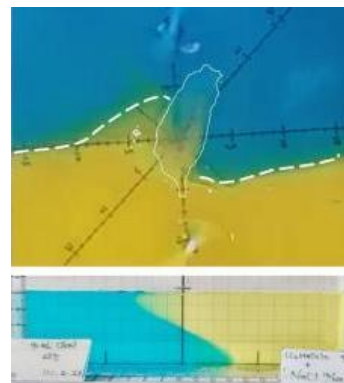
閱讀相關資料後我們發現，梅雨起因於全球的大氣活動，每年春末夏初，來自南方的暖濕空氣會來到台灣附近與乾冷的東北風交會，形成滯留鋒，並在台灣附近徘徊八天左右（張翔鈞等，2019），導致天氣不穩定。中央氣象局將每年五、六月定為梅雨季，而陳泰然等（2002）曾針對梅雨對流降水之時空分布進行研究，陳指出：梅雨季時，白天太陽輻射的加熱效應，為引發對流降水的重要成因，最大降水頻率位於中央山脈，往東西兩側遞減，且大多發生在日間。而降水量主要取決於低層氣流之發源地，若源自孟加拉灣，則降水量多，反之，若為太平洋高壓環流主宰東南風或西南風，則降水量少。

然而，影響梅雨的原因很多，不只滯留鋒，還有海陸風、午後熱對流、地形抬升、低壓帶或熱帶性低氣壓、乃至颱風，甚至還有不帶來降雨的「乾鋒面」，使梅雨預報非常困難。

台灣多高山，在動態風場圖中我們甚至看到梅雨鋒面斷開的現象，這使我們感到好奇，到底在**台灣地形與山脈走向的影響下**，梅雨鋒面的位置、氣流走向、氣流流型、顯著降雨日數會產生什麼變化或受到哪些影響。



圖一、在風場圖中看到梅雨鋒面似乎有因地形而彎曲或斷裂的現象



圖二、鋒面邊界層模擬裝置
上：水平模擬 下：垂直模擬

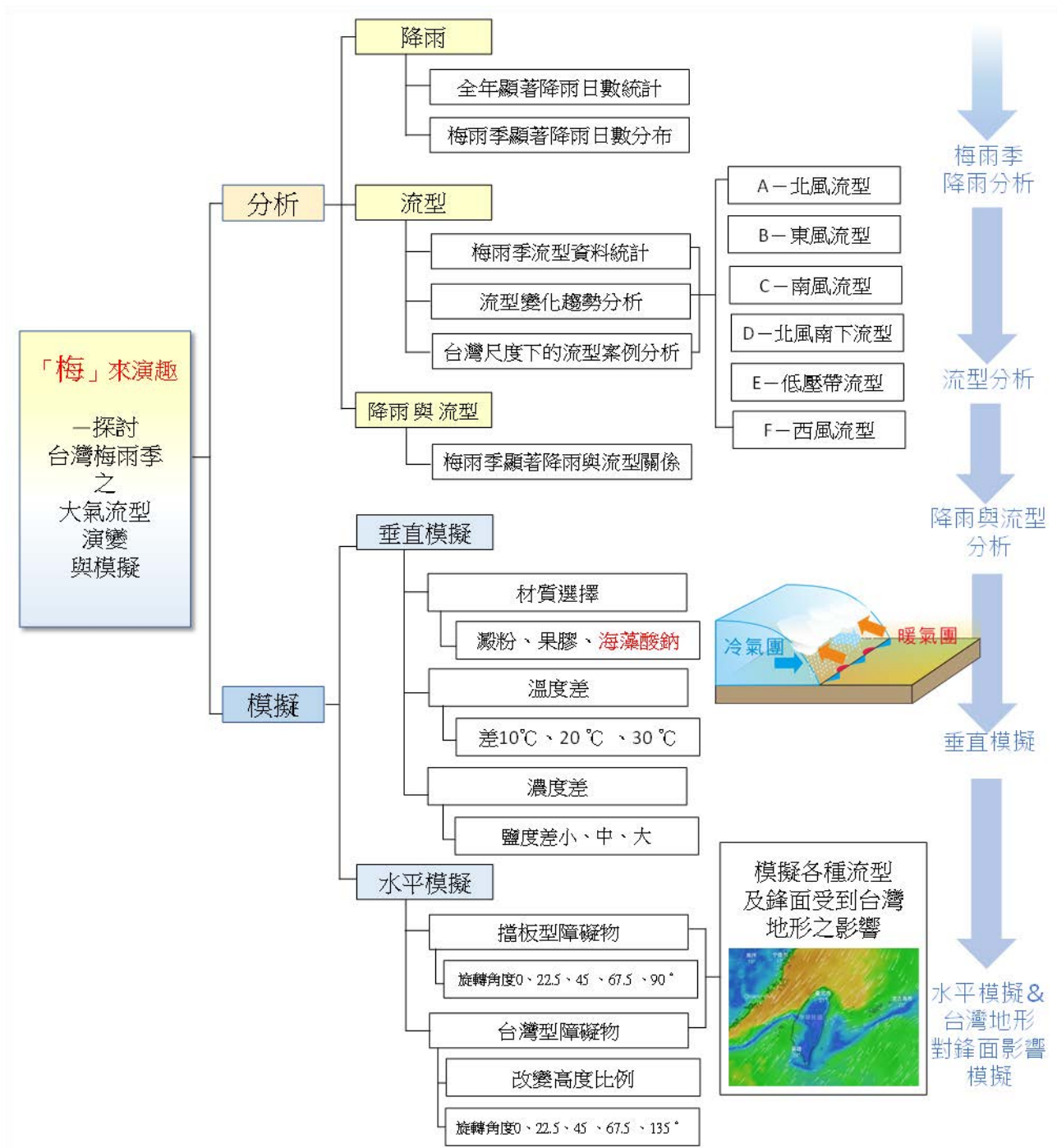
地球科學教科書中提到，梅雨鋒面的結構是冷熱兩股氣流擦撞，因密度不同而發生傾斜與抬升，然而**未曾有人進行過梅雨鋒面結構的實驗模擬，或地形效應的影響**，這使我們開始展開研究。

表一、梅雨相關前人研究

文獻來源	重要價值	來源、內容與發現
期刊文獻	<p>梅雨的定義</p> <p>影響台灣北部地區之梅雨系統 (陳正改等, 1980)</p> <p>台灣梅雨面面觀 (陳正改, 1998)</p> <p>台灣梅雨季區域降雨氣候分析 (呂國臣等, 2002)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 廣義上五、六月為台灣梅雨季；一般是五月中開始至六月中結束，入梅最早為 5 月 1 日 (民國 33、82、86 年)；出梅最晚為 6 月 30 日 (民國 54 年)。 梅雨較嚴謹的定義為：滯留鋒面在台灣附近 ($120^{\circ} E$, $20^{\circ} \sim 28^{\circ} N$) 徘徊，第一波連續四日平均降雨量 $\geq 8.6 mm$ 稱為入梅，最後一個案例結束的隔天稱為出梅。 梅雨的影響西部大於東部，南部大於北部及東北部。 影響梅雨降雨原因有地面鋒面、地形抬升、海陸風、暖溼西南氣流、午後劇烈熱對流等。
科展報告	<p>梅雨"鋒"了嗎?</p> <p>梅雨季氣候特性之探討 (張翔均等, 2019)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 地形效應影響大。 以 2012 年為分界，以前降水較多，極端案例亦多，此後數年降水量較少，極端降水案例亦偏少。

貳、研究目的

- 一、 2009 至 2021 台灣地區顯著降雨日數分析
 - (一) 各測站全年顯著降雨日數統計
 - (二) 梅雨季（五月、六月）顯著降雨日數分布統計
- 二、 梅雨季（五月、六月）流型分析
 - (一) 流型資料統計
 - (二) 流型比例統計
 - (三) 流型變化趨勢分析
 - (四) 台灣尺度下的流型案例分析
- 三、 2009 至 2021 台灣地區梅雨季降雨與流型關係分析
 - (一) 基隆
 - (二) 梧棲
 - (三) 台南
 - (四) 花蓮
 - (五) 阿里山
 - (六) 澎湖
- 四、 梅雨鋒面與流型模擬
 - (一) 垂直模型模擬（垂直分層）
 - 1. 材質選擇
 - 2. 溫度差
 - 3. 濃度差
 - (二) 水平模型模擬（流體水平擦撞）
 - 1. 以海藻酸鈣晶球觀察流體運動軌跡
 - 2. 以擋板型障礙物，改變角度模擬
 - 3. 以台灣型障礙物模擬
 - (1) 改變障礙物角度
 - (2) 台灣型障礙物模擬各種流型



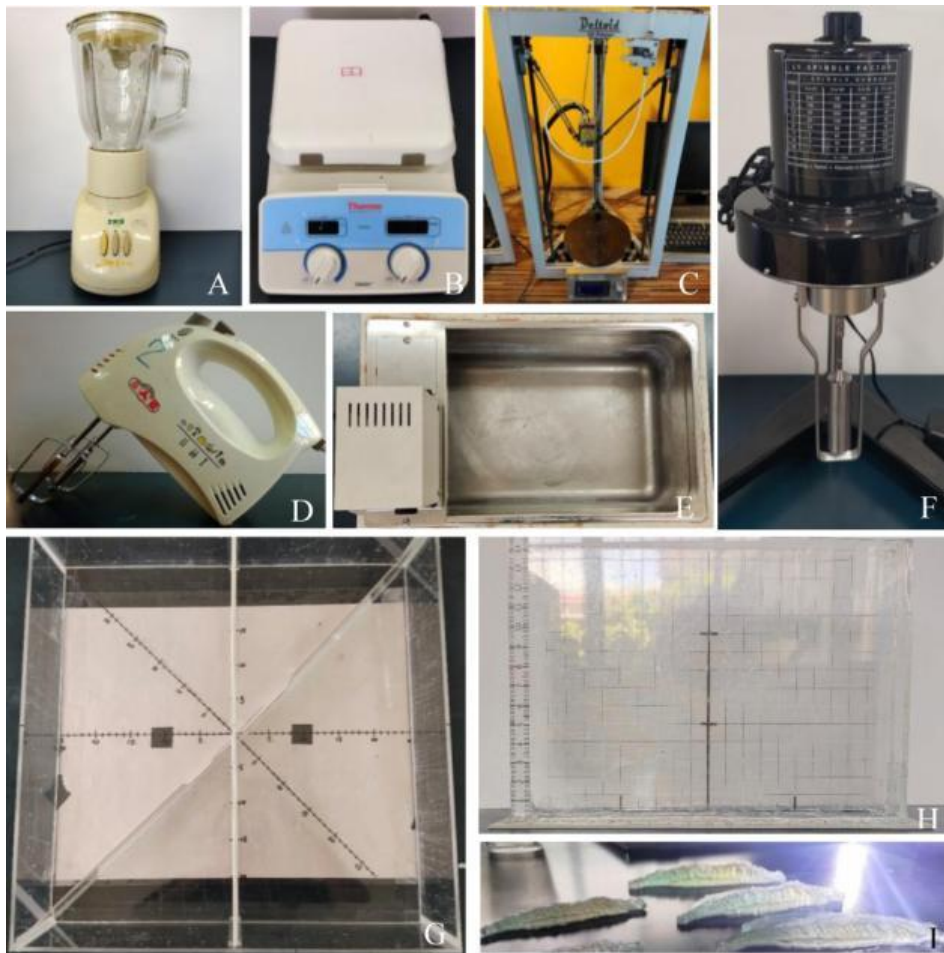
圖三、研究架構圖

參、研究設備及器材

軟體	藥品
Surfer (繪製等值線圖)	
ImageJ (邊界層漸變圖)	
Tracker (追蹤運動軌跡)	海藻酸鈉、氯化鈣、食鹽、澱粉、果膠
CorelDRAW (繪製實驗裝置圖)	
器材及儀器	耗材

磁石攪拌器、磁石(7公分)、恆溫水槽
果汁機、打蛋器、壓克力槽、電子秤
台灣型障礙物、擋板型障礙物、黏度計

玻璃棒、燒杯、量杯、量筒、瓦楞板
雙面膠、玻片、純水、食用色素(黃、藍)、
PLA 聚乳酸線材



圖四、本實驗使用的重要器材。

A. 果汁機(大家源 TCY-828)、B. 磁石攪拌器(Thermo Scientific SP88857100)、C. 3D 印表機(ARMSourse Delta Deltoid-4070)、D. 打蛋器(三箭牌 SM250)、E. 恆溫水槽(Wlslom BC-2)、F. 黏度計(BROOKFIELD LVT115)、G. 水平模擬器、H. 扁形垂直模擬器、I. 立體台灣地形模型

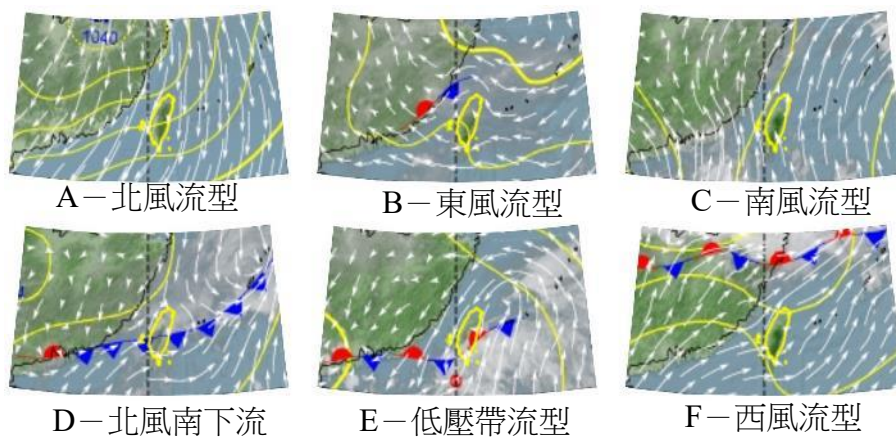
肆、研究過程或方法

一、 降雨資料分析方法

- (一) 向氣象局申購全台灣指定十五個測站(彭佳嶼、基隆、新竹、梧棲、阿里山、嘉義、台南、恆春、蘇澳、花蓮、台東、成功、澎湖、綠島、蘭嶼)，統計自 2009 至 2021 年的五、六月雨量資料。
- (二) 訂日降雨量 $\geq 8.6\text{mm}$ 作為顯著降雨標準(參考梅雨的定義：第一波連續四日平均日降雨量 $\geq 8.6\text{mm}$)，並統計 13 年來各月平均顯著降雨日數。
- (三) 統計 13 年來台灣梅雨季(五六月上下半月、全月)各測站顯著降雨日數，並利用 Surfer 繪製出平均顯著降雨日數之等值線圖。

二、 流型分析方法

- (一) 透過大氣水文資料庫的「SSL 東亞衛星地面天氣圖+風場」，歸納如下：
A (北風流型)、B (東風流型)、C (南風流型)、D (北風南下流型，東部的北風先到，西部的北風後到)、E (低壓帶流型)、F (西風流型) 六種流型。
- (二) 將各種流型整理成「各測站流型統計表」，並分別以月和候為單位繪製流型平均發生日數折線圖。
- (三) 統計 13 年來選定測站(基隆、梧棲、台南、花蓮、阿里山、澎湖)顯著降雨日數與流型關係，並繪製成圓餅圖。
- (四) 判斷流型演變有無規律性。



圖五、風場與天氣圖(20—30°N, 110—130°E) — 六種流型範

三、 台灣風場繪製方法（方法參考自江妍慈等，2021）

- (一) 向中央氣象局購買各測站的逐時風向風速資料，並記錄在 Excel 上。
- (二) 利用圓餅圖畫出各測站風標，並疊加台灣地圖。

四、 梅雨流型實驗模擬

(一) 膠體溶液配製方法

1. 澱粉液配製：配製 2%、3%、4%、5% 澱粉液（「勾芡」方式）。
2. 果膠液配製：以果汁機攪打配製 5%、8%高甲氧基果膠液。

表二、 各膠體溶液黏度表	澱粉液				果膠液		
	濃度	2%	3%	4%	5%	8%	
黏度 (mPa·s)		819.0	7740.0	29420.0	37083.0	320.8	2498.0

3. 海藻酸鈉溶液配製

(1) 垂直模型模擬使用的膠體溶液配製方法（濃度 1~4）

- a. 先將海藻酸鈉溶於 50 倍質量的水以果汁機攪打成原液。
- b. 配製不同濃度的鹽水（鹽水比 1.2/10、1.6/10、2/10、2.4/10）。
- c. 將海藻酸鈉溶液和鹽水以 5：1 比例混合，靜置至無結塊及氣泡。

(2) 水平模型模擬使用的膠體溶液配製方法（濃度 A、B）

相較於垂直模擬，水平模擬時，膠體溶液含水量需要更高，否則磁石攪不動，且用量也更高，一次須配製 3000 c.c.。

(二) 基本性質－黏度測試方法

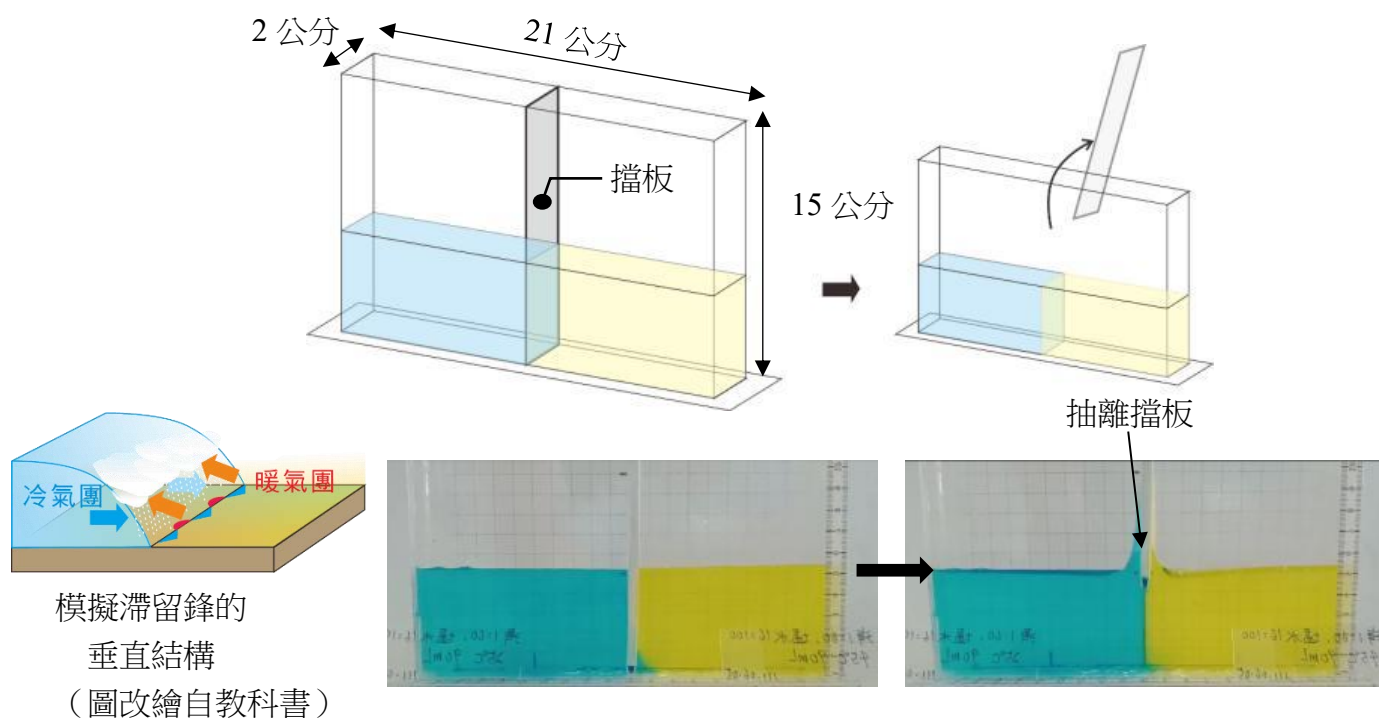
1. 取 500 c.c.的膠體溶液放在燒杯中。
2. 以扭力式電子黏度計測試黏度，黏度單位為 mPa·s（cp 值）。

	濃度編號	海藻酸鈉 (g)	食鹽 (g)	水 (c.c.)	黏度 (mPa·s)
垂直模型模擬	濃度 1	1	1.2	60	2170.0
	濃度 2	1	1.6	60	2400.0
	濃度 3	1	2.0	60	2474.2
	濃度 4	1	2.4	60	2725.0
水平模型模擬	濃度 A	1	1.6	75	1235.6
	濃度 B	1	1.2	75	962.7

表三、海藻酸鈉膠體溶液配製表

(三) 垂直模型模擬 (15cm * 21cm * 2cm)

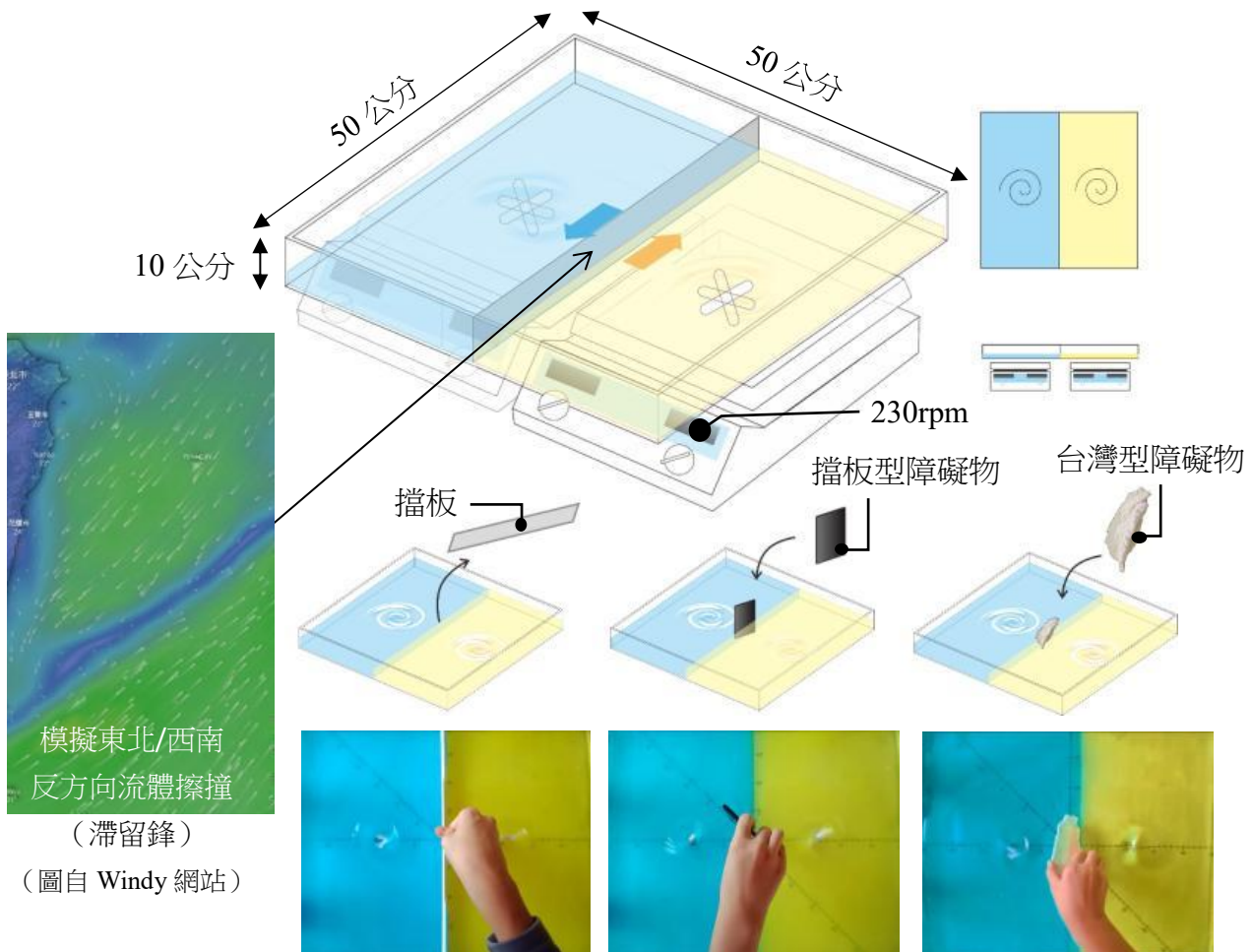
1. 取 2 杯濃度 2 的海藻酸鈉鹽水溶液，以恆溫水槽控溫，使其溫度差分別為 10°C、20°C、30°C，低溫者染藍色，高溫者染黃色。
2. 將擋板放置於垂直模擬器中央以隔開兩側，分別倒入染色後的海藻酸鈉鹽水溶液各 5cm 深。
3. 垂直將擋板抽離，觀察兩側液體流動情形。
4. 取 2 杯不同濃度（濃度 1~4）海藻酸鈉鹽水溶液，濃度高者染藍色，低者染黃色，重複步驟 2~3。



(四) 水平模型模擬

1. 取濃度 A、B 的海藻酸鈉鹽水溶液，控溫至 25°C，A 染藍色，B 染黃色。
2. 於模擬器中央放入擋板，分別倒入海藻酸鈉鹽水溶液至 2cm 深。
3. 架設兩台磁石攪拌器，分別放上 7cm 磁石。固定位置在 (10.5, 0) (-10.5, 0)，以 230rpm 順時針旋轉。

4. 將擋板垂直抽離，觀察兩邊液體流動擦撞情形。
5. 加入海藻酸鈣晶球，觀察運動軌跡（以 Tracker 追蹤）。
6. 分別放入擋板型、台灣型障礙物，擺放不同角度觀察流動情形。



圖七、水平模型模擬示意圖和實際情況。上方為裝置說明，下方為實際照，分別為抽離擋板、放擋板型障礙物、放台灣型障礙物

(五) 障礙物製作

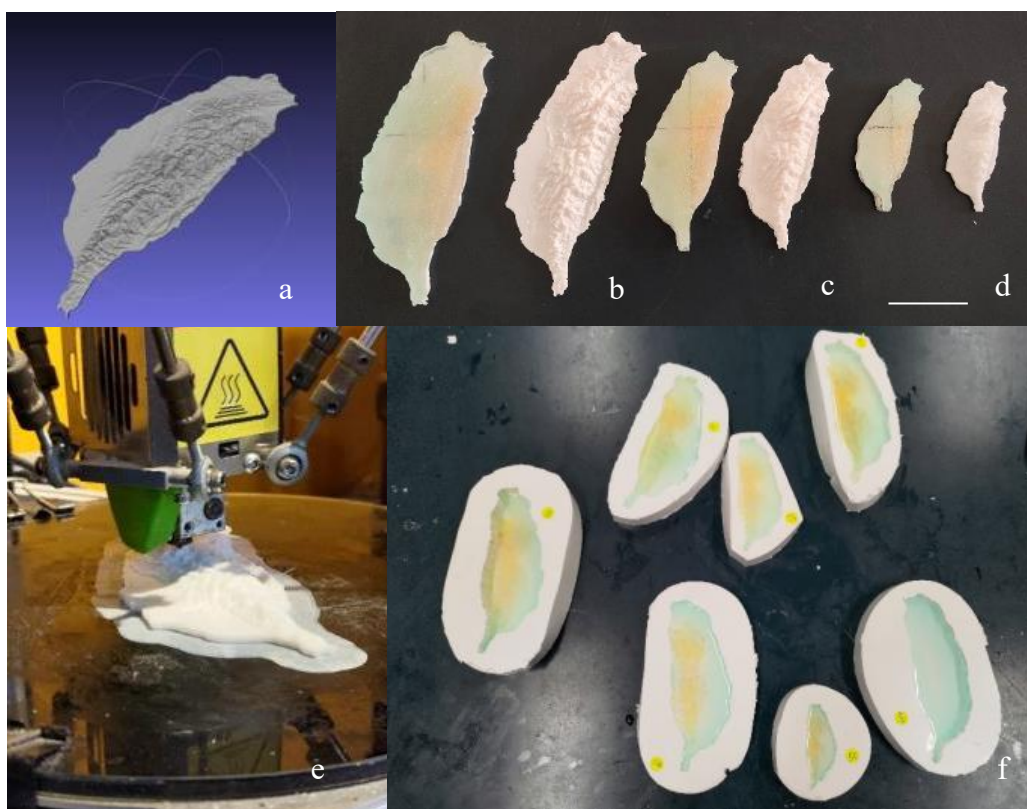
1. 擋板型障礙物製作

- (1) 裁切 8*8 cm 大小瓦楞板。
- (2) 以黑色絕緣膠帶纏繞。
- (3) 底部黏上雙面膠固定在模擬器中。



圖八、擋板型障礙物 (8*8cm)

2. 台灣型障礙物製作



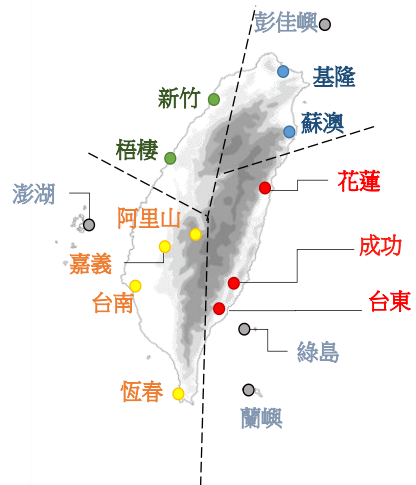
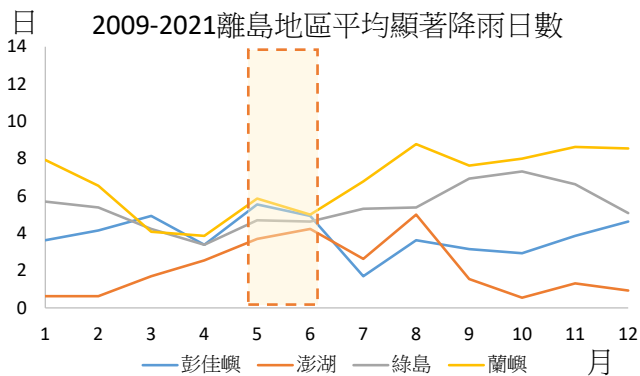
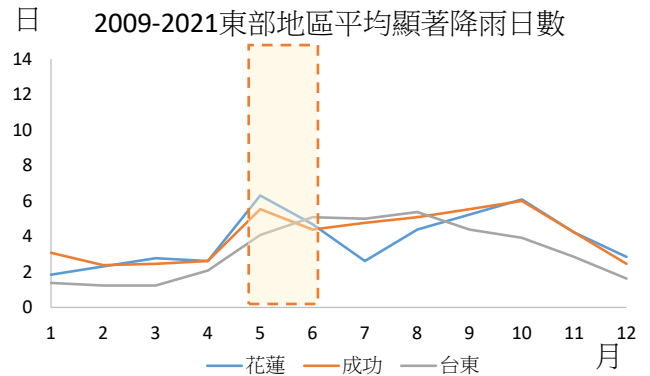
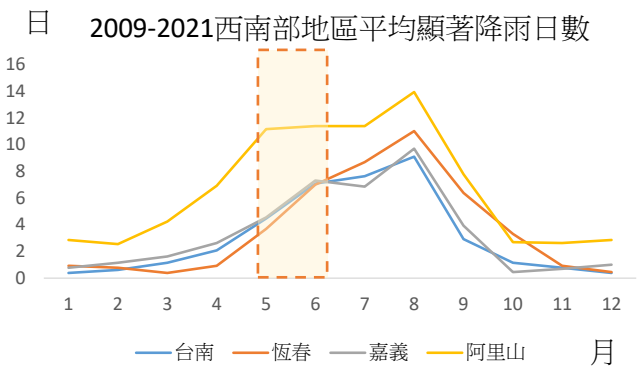
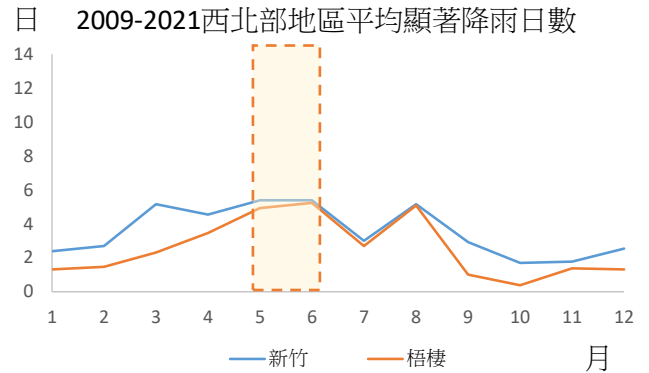
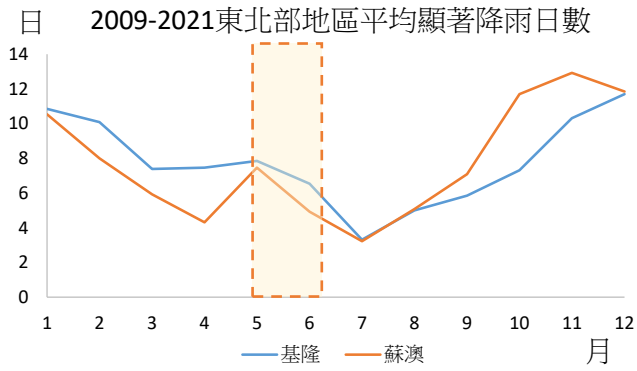
圖九、台灣型障礙物

- a. 台灣地形 3D 圖檔（圖源取自 MakerBot Thingiverse）
- b. 長：13.5cm；c.長：10.1cm； d.長：6.75cm； $b \sim d \text{ bar} = 4 \text{ cm}$
- e. 3D 列印中
- f. 矽膠翻模，水晶膠灌模
 - (1) 於 MakerBot Thingiverse 圖庫網下載台灣地形 3D 圖檔。
(此圖檔平面比例約為 28.6km/1cm，高度比例約為 10km/1cm)
 - (2) 調整大小及高度比例。
 - (3) 以 PLA 聚乳酸線材印出，共有以下 3 種尺寸：
 - a. 長 13.5 公分—平面換算 28.6km/1cm，高度換算 10km/1cm
 - b. 長 10.1 公分—平面換算 28.6km/0.75cm，高度換算 10km/1cm
 - c. 長 6.75 公分—平面換算 28.6km/0.5cm，高度換算 10km/1cm
 - (4) 加高台灣型障礙物的底座共約 9.3mm 高，山高約 0.5cm 高
 - (5) 以矽膠翻模以水晶膠灌模
 - (6) 台灣模型障礙物標示 24° N ， 121° E 經緯線，交叉點設為中心

伍、研究結果

一、2009 至 2021 台灣地區顯著降雨天數分析

(一) 各測站全年顯著降雨日數統計

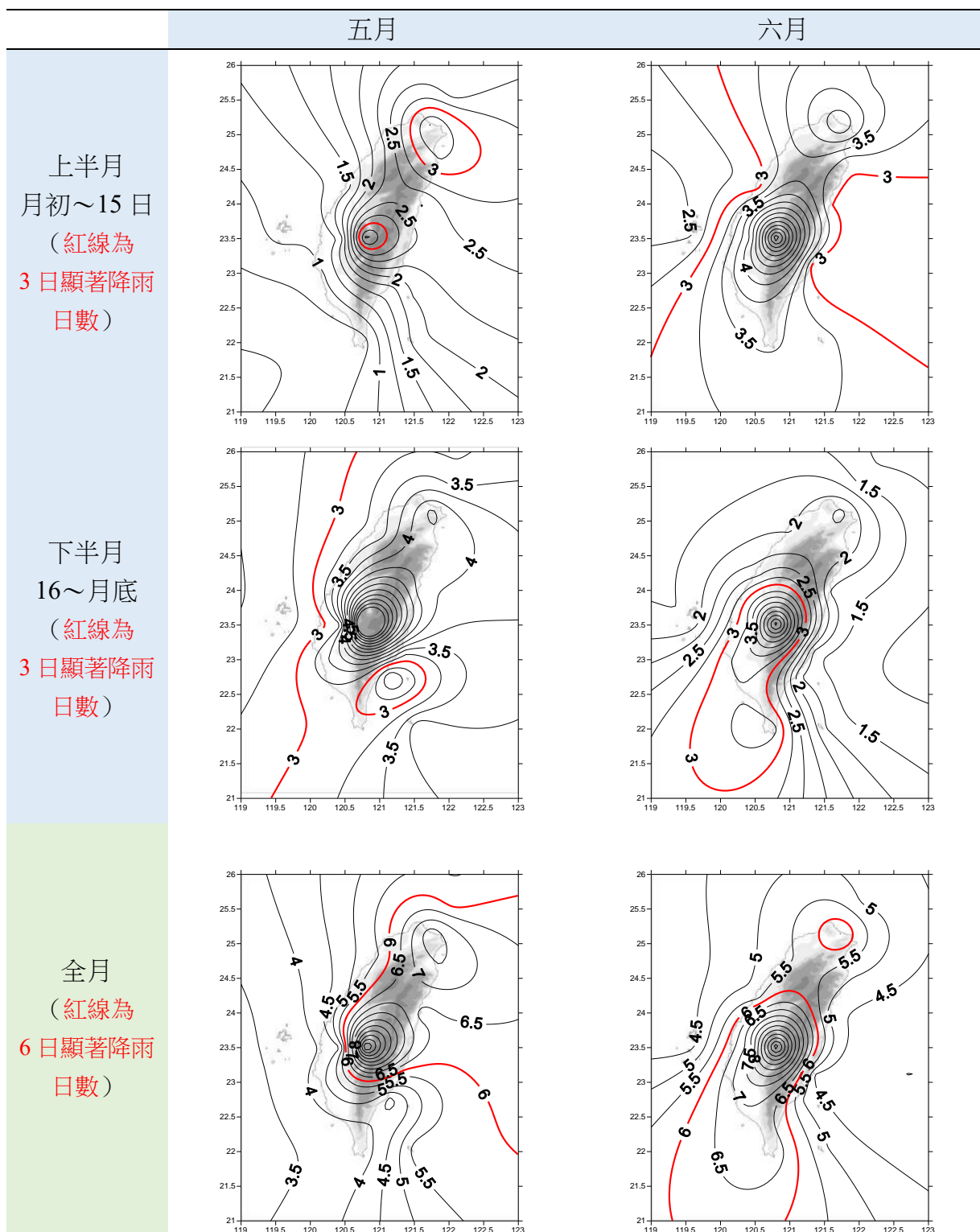


我們發現：東北部地區**冬季**的顯著降雨日數比其他地區高出許多，**西南部的顯著降雨為5月梅雨季至颱風季期間（梅雨影響大）**，東部與離島顯著降雨整體較為平均。

※ 顯著降雨的定義：日降雨量 $\geq 8.6\text{mm}$ 。

※ 梅雨季的定義：第一波連續四日平均日降雨量 $\geq 8.6\text{mm}$ 的第一天稱為入梅，台灣史上最為5月1日，最後一個案例結束的隔天稱為出梅，最晚則為6月30日；平均而言，是五月中入梅、六月中出梅；自民國83年後，氣象局將五、六月份定為「梅雨季」。

(二) 梅雨季 (五月、六月) 顯著降雨日數分布統計

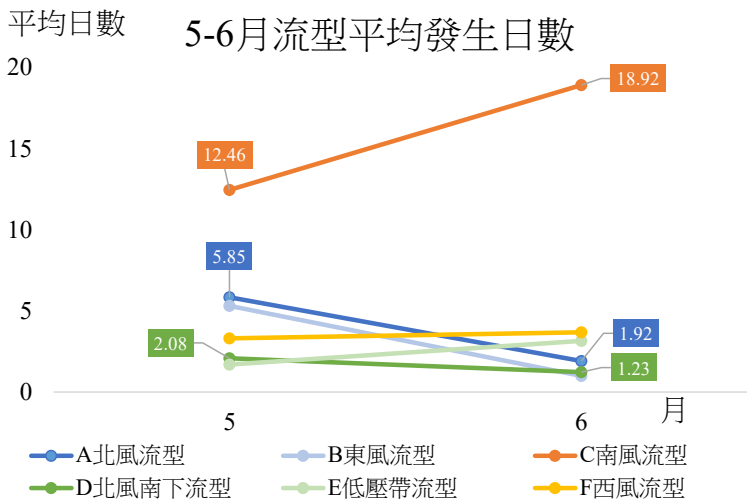


我們發現：歷年平均尚未入梅的五月上半月，由於受到東北季風的影響較大，顯著降雨分布在中部山區及東北角；而五月下半月及六月上半月，除了台東和澎湖外，全台皆有降雨情形；六月下半月顯著降雨分布主要在中南部迎風面一帶。綜觀來看，可發現顯著降雨分布有逐漸南移的趨勢，顯示梅雨季期間，大氣環境正在改變。

(二) 流型比例統計

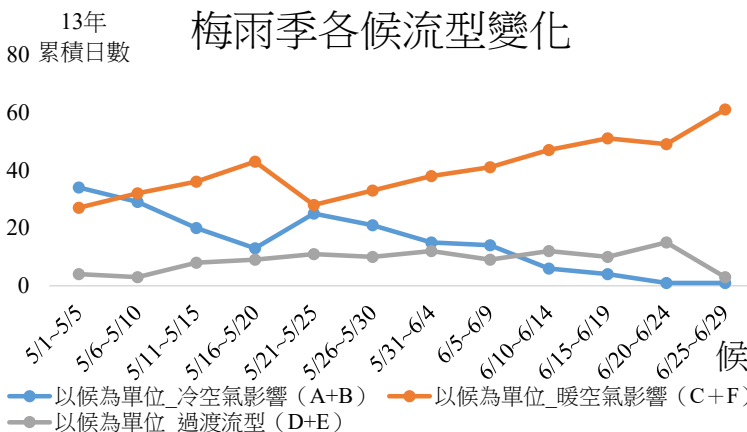
	A 流型 北風流型	B 流型 東風流型	C 流型 南風流型	D 流型 北風南下 流型	E 流型 低壓帶 流型	F 流型 西風流型	X 無法判斷
五月 流型平均 發生次數	5.85	5.31	12.46	2.08	1.69	3.31	0.31
六月 流型平均 發生次數	1.92 (↓)	1.00 (↓)	18.92 (↑)	1.23 (↓)	3.15 (↑)	3.69 (↑)	0.08

1. 五~六月流型平均發生日數：



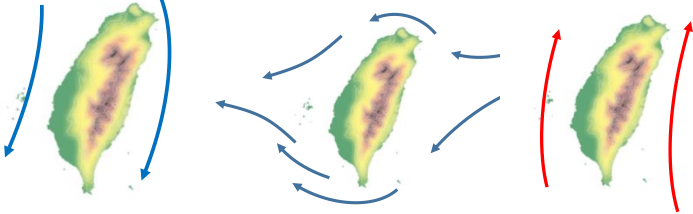
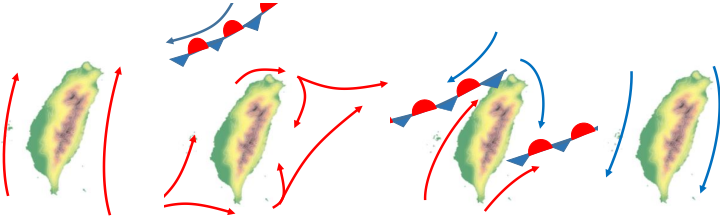
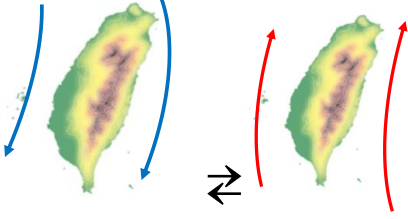
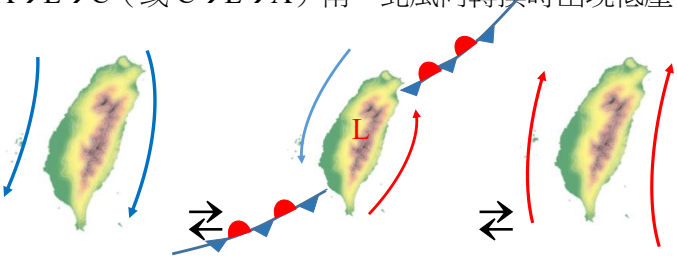
我們特別標註了變化較大的 C 南風流型、A 北風流型以及較為特殊的 D 北風南下流型，發現到：C 流型在五~六月期間明顯爬升，而 A 及 D 流型則呈現下降的趨勢。

2. 梅雨季各候流型變化：



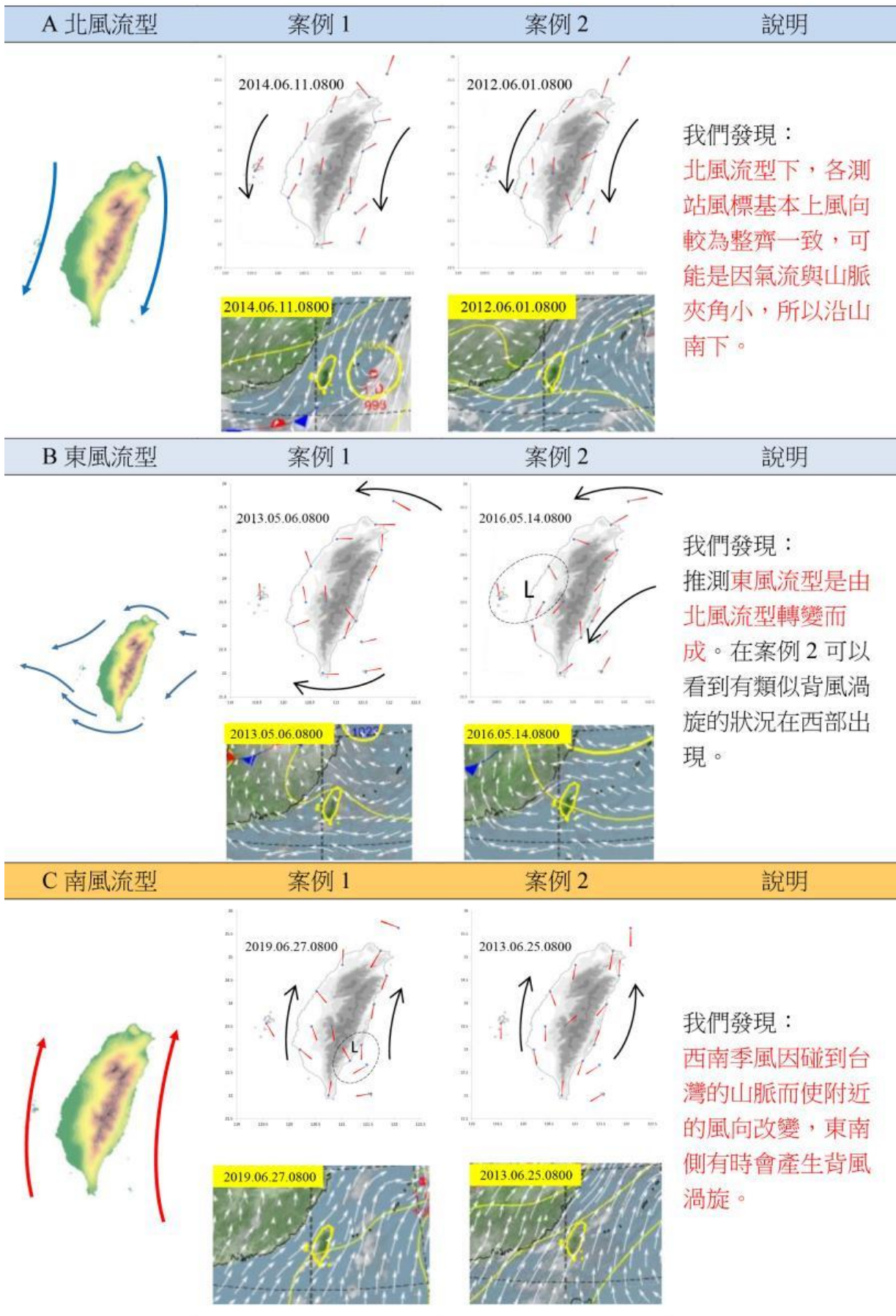
左圖可以看到，從五月第五候開始，受暖空氣影響的流型增多，冷空氣影響則減少，顯示冷高壓勢力減退。

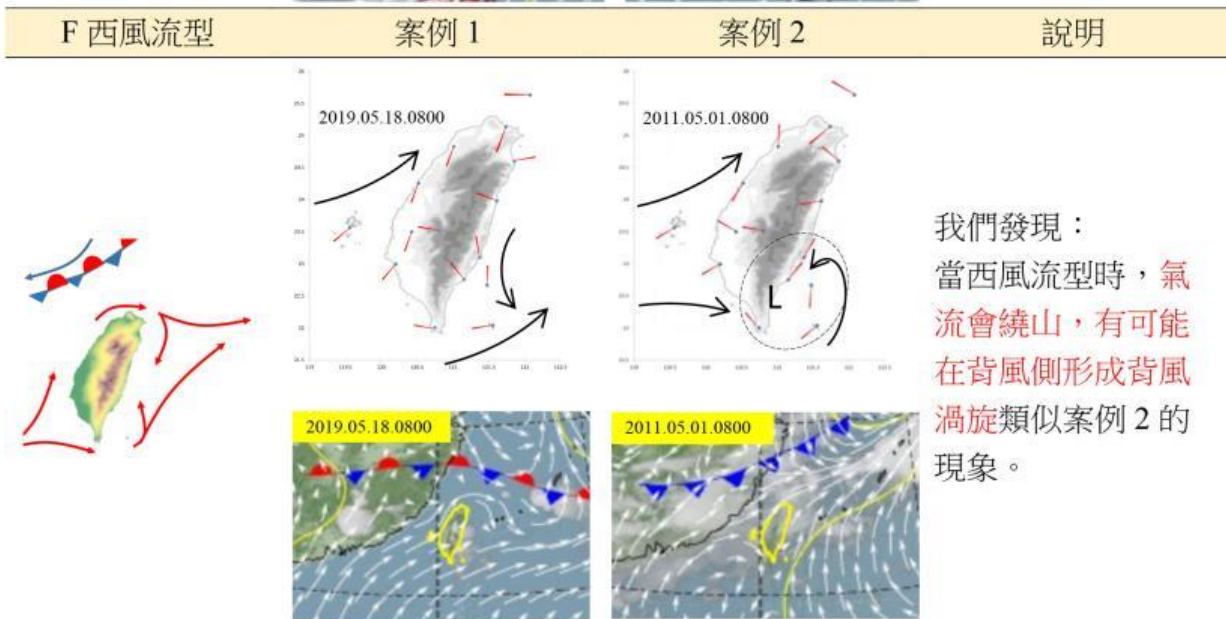
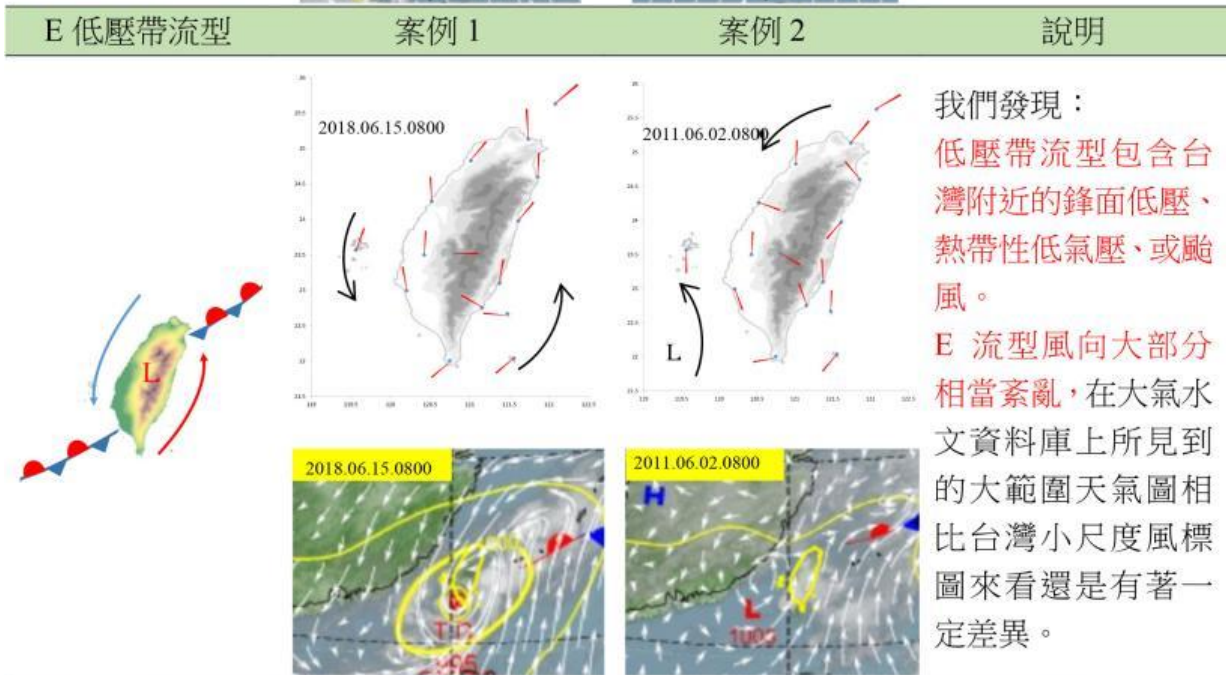
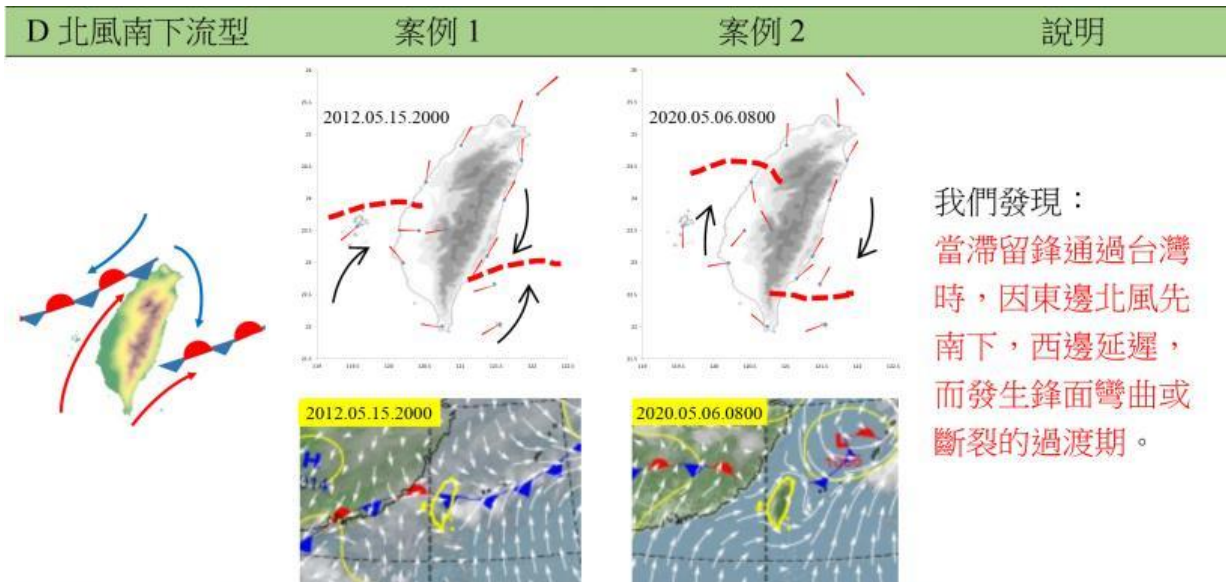
(三) 流型變化趨勢分析

流型變化說明	案例
<p>A→B→C</p> <p>大陸冷高壓盤據→東移出海→回南風</p> 	<p>2009/05/06 ~ 11、2009/05/14 ~ 16、 2009/05/31 ~ 06/02、2009/06/06 ~ 08、 2010/05/12 ~ 14、2010/06/07 ~ 09、 2011/05/17 ~ 19、2012/05/10 ~ 12、 2013/05/02 ~ 09、2014/05/08 ~ 10、 2016/05/11 ~ 15、2017/05/17 ~ 23、 2017/05/26 ~ 30、2018/05/03 ~ 05、 2018/05/10 ~ 12、2018/05/23 ~ 25、 2019/05/10 ~ 13、2019/05/23 ~ 26、 2019/05/29 ~ 31、2020/05/12 ~ 14</p>
<p>C→F→D→A (或 C→F→A、C→D→A)</p> <p>南風→風向轉為西南西→鋒面南下變北風→北風盤據</p> 	<p>C→F→D→A 2012/06/08 ~ 13</p> <hr/> <p>C→F→A 2009/06/03 ~ 05、2013/06/01 ~ 03、 2015/05/02 ~ 04、2017/05/12 ~ 14、 2019/05/14 ~ 21、2019/06/13 ~ 15</p> <hr/> <p>C→D→A 2012/05/01 ~ 03、2013/05/22 ~ 24、 2014/06/02 ~ 04、2017/05/23 ~ 25、 2018/05/07 ~ 09、2019/05/27 ~ 29</p>
<p>A→C (或 C→A) 南、北風向轉變時變化很快</p> 	<p>A→C 北轉南 2012/06/06 ~ 07、2012/06/13 ~ 14、 2013/05/25 ~ 26、2015/05/05 ~ 06、 2015/05/07 ~ 08、2017/05/07 ~ 08、 2018/06/03 ~ 04、2018/06/16 ~ 17、 2019/06/15 ~ 16</p> <hr/> <p>C→A 南轉北 2009/05/26 ~ 27、2010/05/09 ~ 10、 2010/05/23 ~ 24、2011/05/02 ~ 03、 2011/05/23 ~ 24、2015/05/06 ~ 07、 2016/05/10 ~ 11、2016/05/15 ~ 16、 2017/05/05 ~ 06、2018/05/02 ~ 03、 2018/05/22 ~ 23、2018/05/31 ~ 06/01</p>
<p>A→E→C (或 C→E→A) 南、北風向轉換時出現低壓帶</p> 	<p>A→E→C 北轉南 2011/05/03 ~ 05、2014/06/12 ~ 16、 2016/05/19 ~ 21</p> <hr/> <p>C→E→A 南轉北 2012/05/19 ~ 21、2014/06/07 ~ 11、 2020/05/21 ~ 24</p>

我們發現：流型變化以 A 北風→B 東風→C 南風流型最為常見，過去 13 年發生 20 次之多；其次 C→F→D→A 南風變北風，或 A ⇌ C 都很常見，顯示流型變化有其趨勢性。

(四) 台灣尺度下的流型案例分析

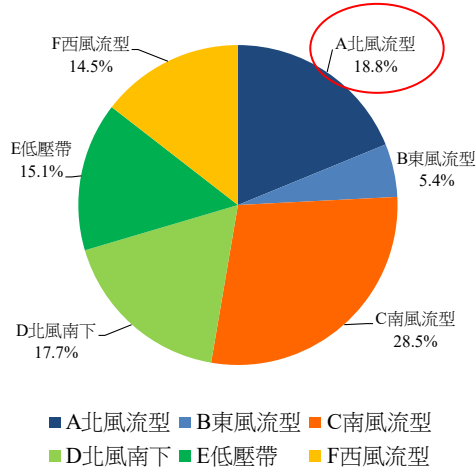




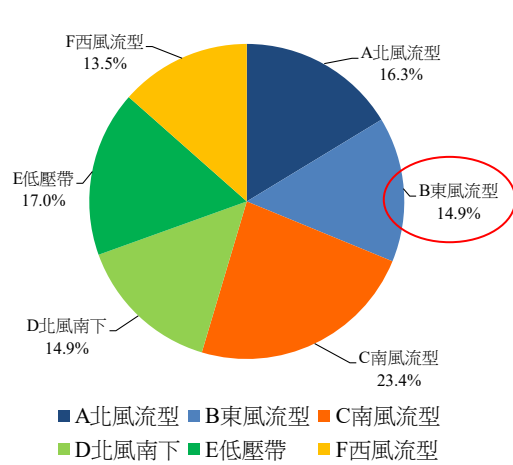
三、2009 至 2021 台灣地區梅雨季降雨與流型關係分析

顯著降雨日對應當日流型製成圓餅圖，從 15 個測站中選定各地區最具代表性者，羅列如下

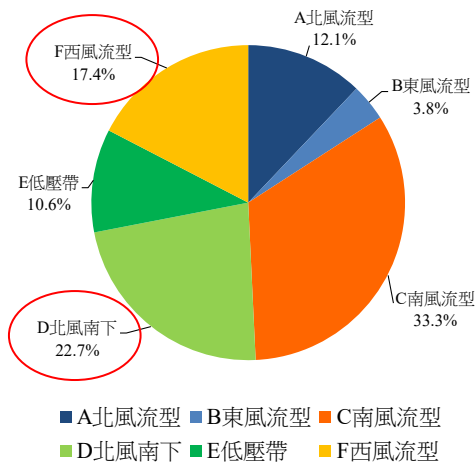
基隆顯著降雨日數之大氣流型分析



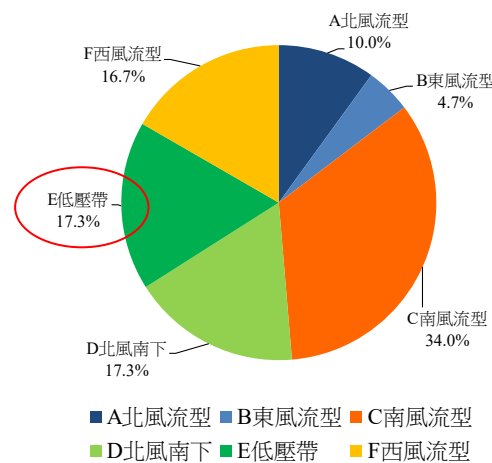
花蓮顯著降雨日數之大氣流型分析



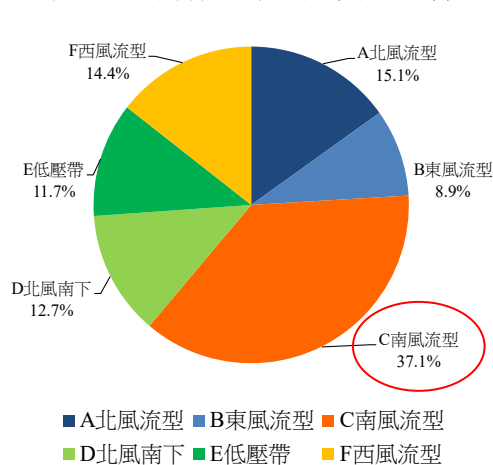
梧棲顯著降雨日數之大氣流型分析



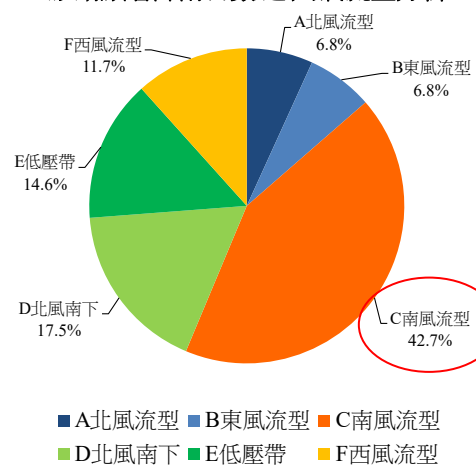
台南顯著降雨日數之大氣流型分析



阿里山顯著降雨日數之大氣流型分析



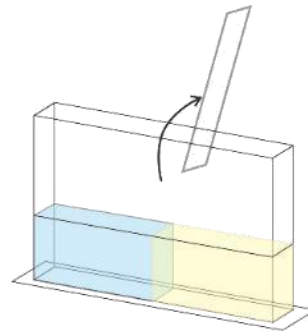
澎湖顯著降雨日數之大氣流型分析



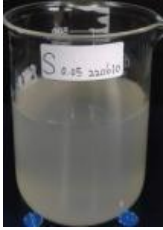

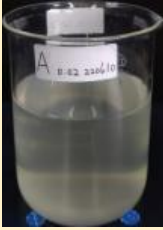
我們發現：南風流型為全台帶來大範圍的顯著降雨。除了南風流型，北風流型帶來最多顯著降雨的地區是基隆；東風流型則是花蓮；梧棲、台南、阿里山及澎湖，則是南風流型帶來最多的顯著降雨，其中離島的澎湖甚至高達 42.7%。顯示受地形效應影響，顯著降雨與該地區否為迎風面有極大關聯。

四、梅雨鋒面與流型模擬

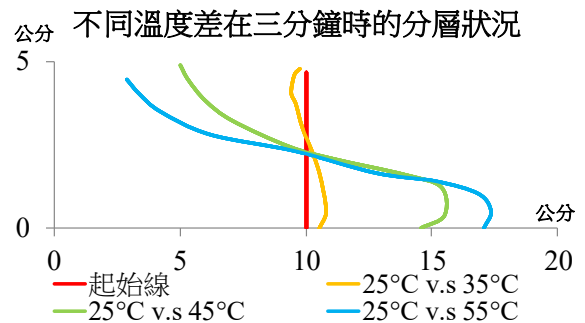
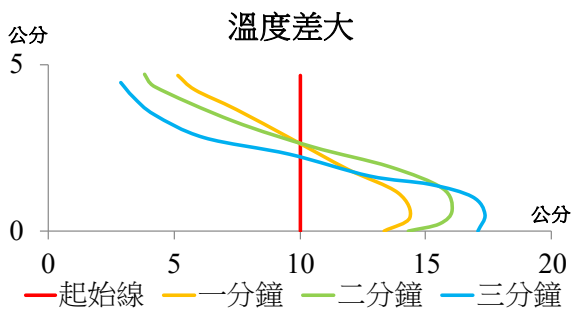
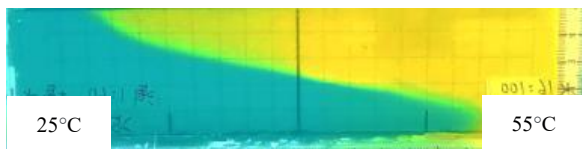
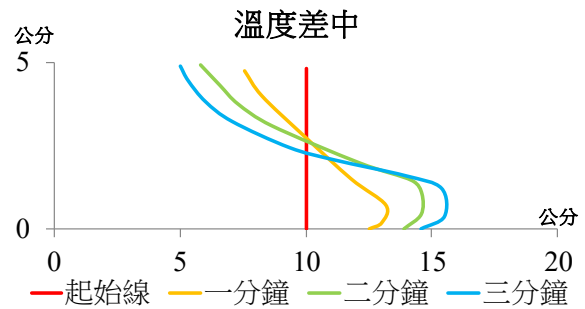
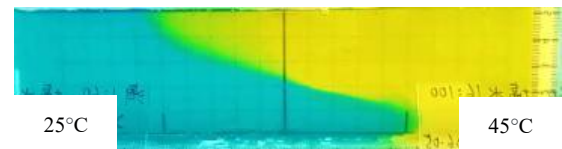
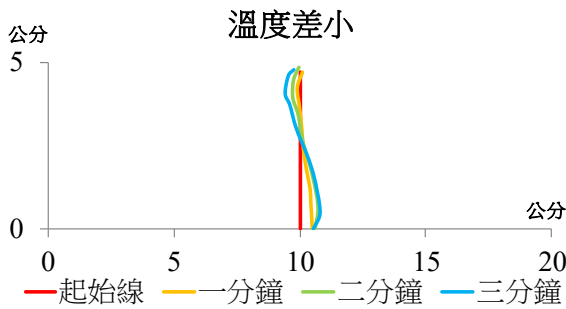
(一) 垂直模型模擬 (垂直分層)



1. 材質選擇

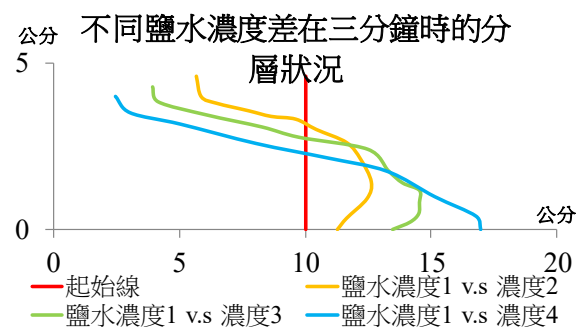
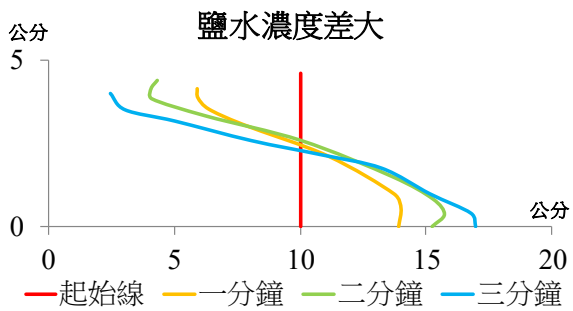
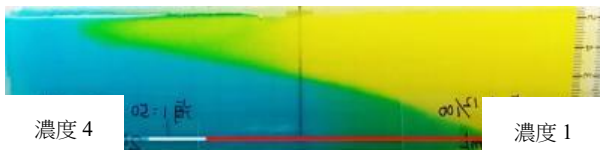
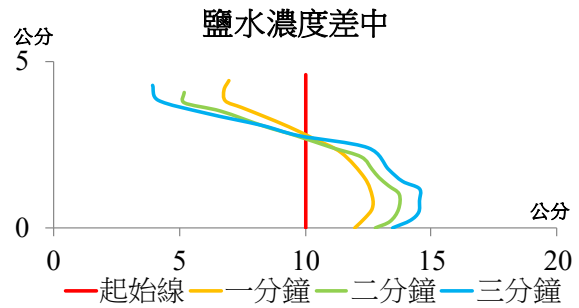
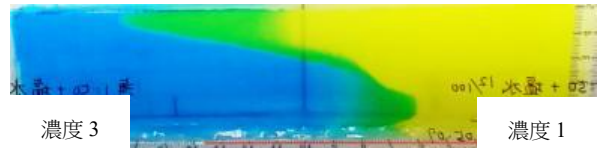
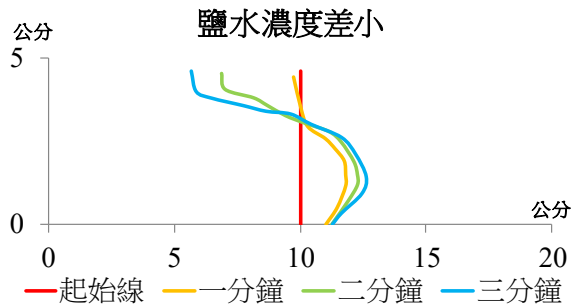
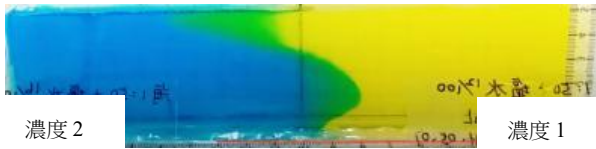
	澱粉液	果膠液	海藻酸鈉溶液 (最佳)
製作說明 & 照片	利用「勾芡」的方法配製澱粉液 	利用果汁機攪打 	利用果汁機攪打 
優點	便宜好取得	不用加熱	不用加熱 易觀察
缺點	不易觀察、需加熱、不易控制黏度，易結塊、易發生「反水現象」	用量極大 (8%以上才有合適的黏度)、顏色混濁	要靜置才能消泡

2. 溫度差 (濃度 2 海藻酸鈉鹽水溶液，進行溫度差為 10、20、30°C 的實驗)



我們發現：同一時間內，溫度差異越小，膠體傾斜的速度越慢；反之，則傾斜的越快。

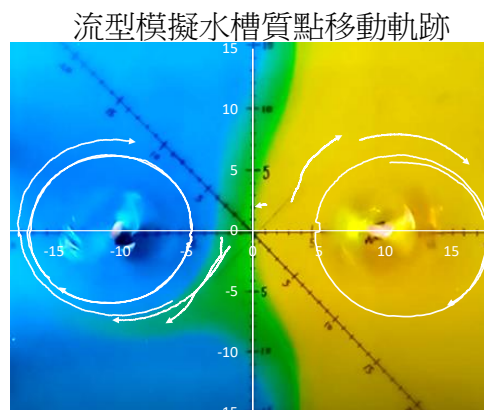
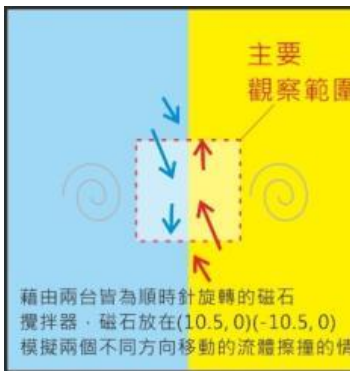
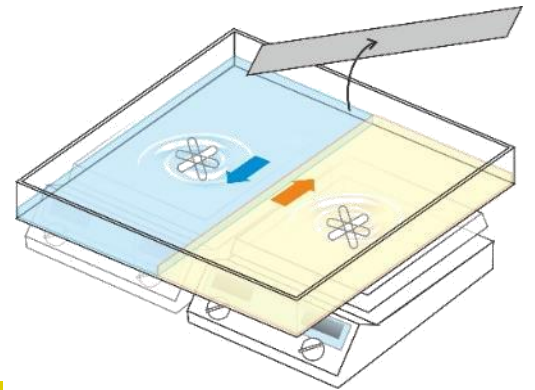
3. 濃度差（以不同鹽度差的海藻酸鈉鹽水溶液，進行膠體碰撞）



我們發現：鹽水濃度差異越大，
邊界層發生傾斜的狀況越明顯。

(二) 水平模型模擬（流體水平擦撞）

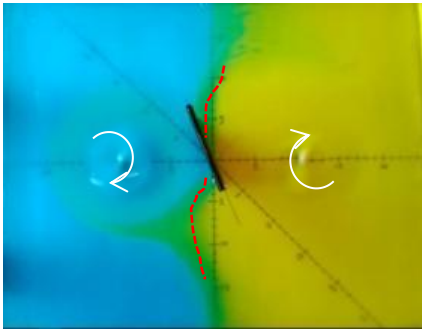
1. 以海藻酸鈣晶球觀察流體運動軌跡



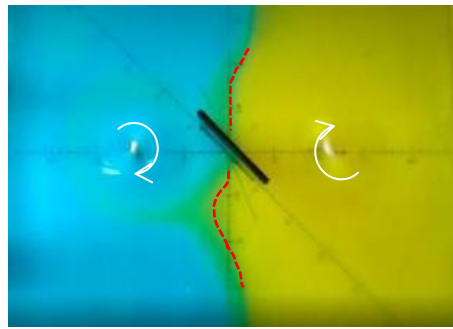
我們發現：利用 50cm*50cm 水平模擬器，搭配磁石攪拌器(7cm 磁石*2) 可模擬不同流向流體擦撞，加入海藻酸鈣晶球觀察移動軌跡，發現離磁石越近質點移動越快。

2. 以擋板型障礙物，改變角度模擬

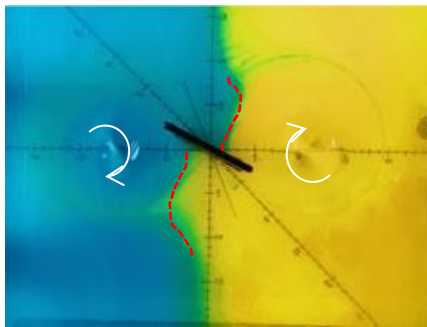
逆時針轉 22.5°



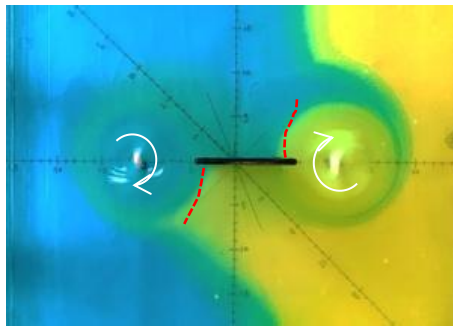
逆時針轉 45°



逆時針轉 67.5°



轉 90°



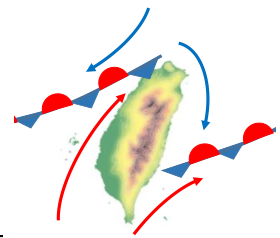
我們發現：

流體進入角與擋板

型障礙物之間的夾

角越大，邊界層斷裂

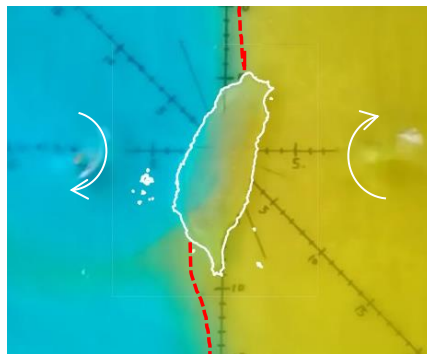
得越明顯。



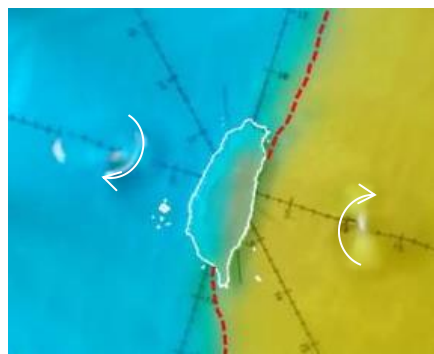
3. 以台灣型障礙物模擬

(1) 改變障礙物角度

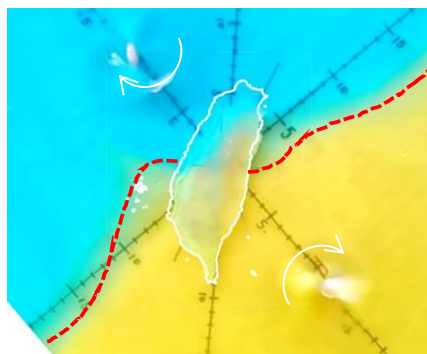
0°，中心 (0,0)



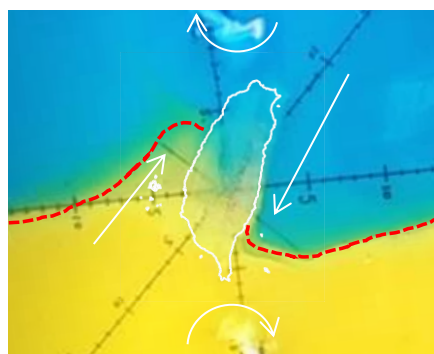
逆時針轉 22.5°，中心 (0,0)



逆時針轉 45°，中心 (0,0)



逆時針轉 67.5°，中心 (-2,0)



我們發現：用 13.5

公分的台灣模型模

擬。當流體與台灣

夾角較小時，以 0°

和 22.5°為例，邊

界斷裂的情況不甚

明顯；而 67.5°的

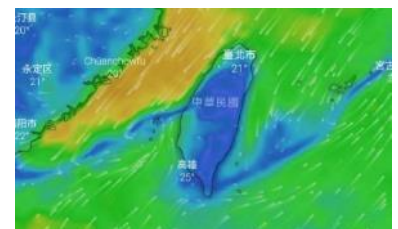
台灣角度則可以模

擬出邊界層斷裂的

情形

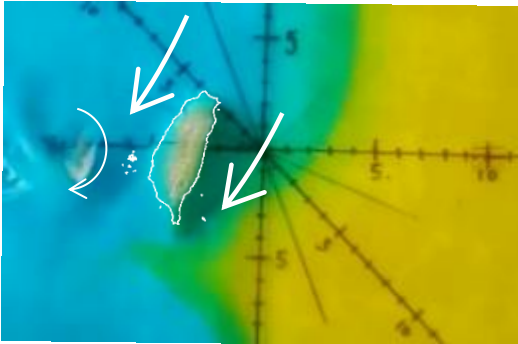
(D 流型，鋒面斷

裂)。

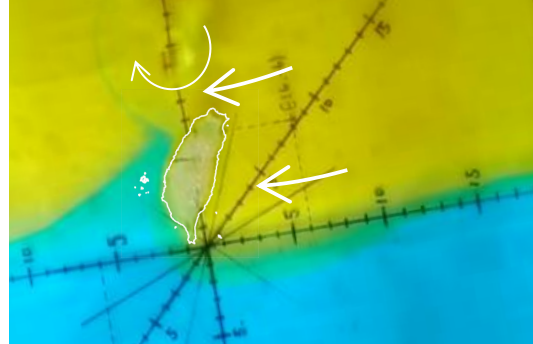


(2) 台灣型障礙物模擬各種流型

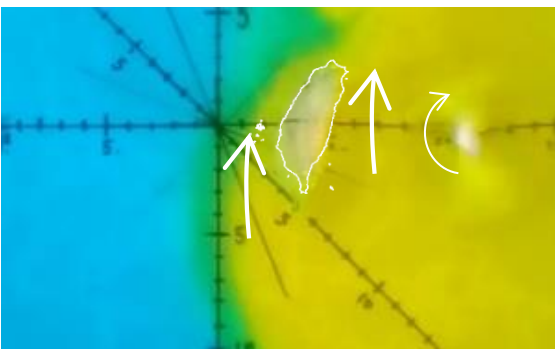
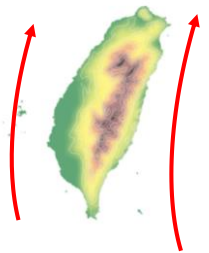
A—北風流型



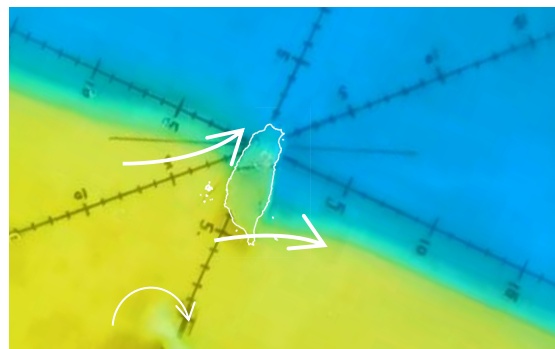
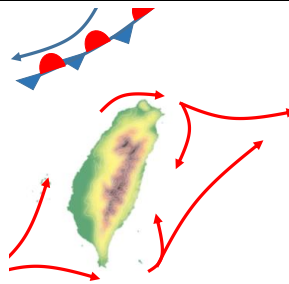
B—東風流型



C—南風流型

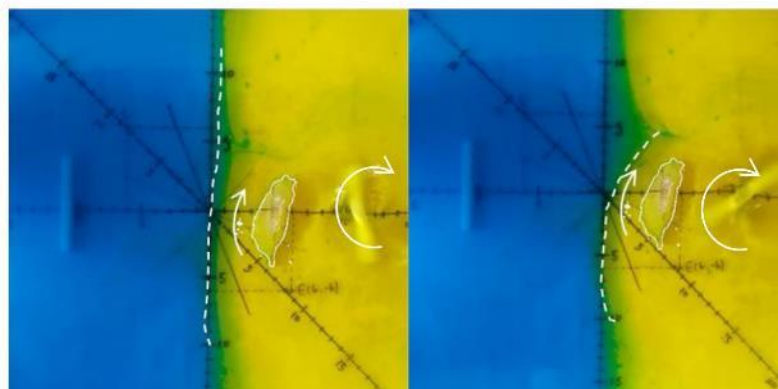
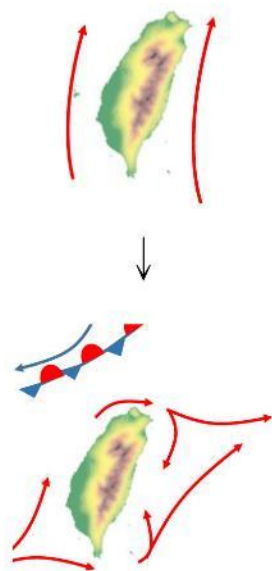


F—西風流型

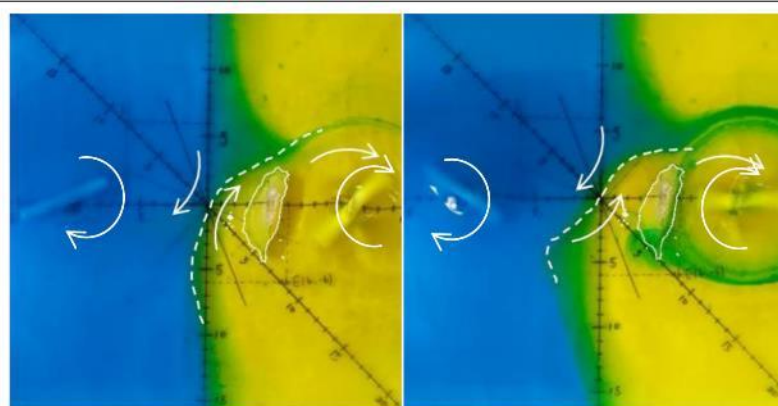


我們發現：只開一側磁石攪拌器，並且用 6.75 公分的台灣模型進行實驗，可以模擬出單一方向的流型，但因為越靠近磁石的流體流速越快，導致尾流區不甚明顯。

流型變化趨勢，模擬從南風流型（C），因北風南下，逐漸變成西風流型（F）的變化過程。



用 6.75 公分的台灣模型進行實驗，
只開右側磁石攪拌器，模擬南風流型（C）



再開啟左邊磁石攪拌器，模擬北風南下，邊界層開始傾斜，
變成（F）西風

陸、討論

梅雨是東亞地區獨特的天氣現象，發生於春夏交替之際。西伯利亞冷氣團（東北季風），以及太平洋暖氣團（西南季風）勢力相當，擦撞形成滯留鋒。夏季西南季風提供的豐沛水氣，可以使梅雨鋒面上的降雨雲發展得較為旺盛，所以鋒面侵襲的區域常會有較大雨勢。我們查閱文獻發現，五至六月通常會有四到五道梅雨鋒面入台，5/10~5/24 之間入梅都算正常，最遲 6/30 才出梅，最短 11 天，最長 52 日，平均有 27 天雨日（陳正改，1980）。

我們本想藉由滯留鋒的位置、風向以及雨量之間的關係，判斷梅雨的肇始與結束時間，但在看了相當多圖資後發現，滯留鋒面是不太精準的動態系統，且定義是模糊的，會因大氣環境的轉變而有不同的變化，且「梅雨"鋒"了嗎? - 梅雨季氣候特性之探討」（張翔鈞等，2019）

及「台灣梅雨對流降水之時空分布特徵-大氣科學」(陳泰然等，2002)中皆有提到：梅雨鋒面大多數生成於北緯 25°~30°之間，平均生命約八天左右，之後多緩慢南移。另外，隨季節的交替，梅雨鋒面平均位置漸向北移。我們推測為梅雨前期東北季風勢力較強，而後期轉為西南季風盛行，才導致上述結果。呼應王崇穎（2015）所提到的：「梅雨前期，大尺度環流主要以東北季風為主，中期風場開始轉變為西南風，後期則主要以南風為主」。顯示鋒面位置變動不定，加深判斷梅雨季節肇始與結束的難度。我們因而發想：在大氣環境不斷改變的情況下，風場是否會仍保有規律性呢？因此我們改為分析「流型」。

查閱文獻發現：梅雨期的定義是：第一波連續四日平均降雨量 ≥ 8.6 毫米的第一天（8.6毫米是台灣北部地區五、六月的氣候平均日雨量），即為「入梅」；最後一個個案的隔天，即為「出梅」，若分析雨量，會因突發性的降水而拉高平均，呼應「梅雨"鋒"了嗎?- 梅雨季氣候特性之探討，2019」中所提到的：「在將梅雨降水與其他因素做比較時，不宜將所有五六月降水，皆視為梅雨降水」。故我們訂定日雨量 ≥ 8.6 毫米作為顯著降雨標準，並分析顯著降雨日數。

太陽輻射加熱效應及地形的影響：對流最大頻率發生在中央山脈，並向東西兩側遞減，以阿里山最為顯著。顯示地形抬升作用在梅雨降水中扮演重要的角色，且較高地勢有利於對流性降水的發生。此外，全台各地 25 個測站中，有 $\frac{2}{3}$ 之對流降水均集中在日間時段，顯示太陽輻射加熱效應也是引發對流發展的重大因素（陳泰然等，2002）。

「台灣梅雨對流降水之時空分布特徵-大氣科學」(陳泰然等，2002)之中有提到：海風對梅雨的降水有影響。此外，平均降水強度的最小中心位於玉山站，顯示高山地區雖然對流降水的頻率較高，但降水強度反而較弱，可能是由於氣柱水氣含量（可降雨量）與平地相比一般較低之故。而海風及距海遠近影響的是雨量的多寡；地形則是影響對流降水的頻率，兩者呈現對比關係。除了海陸風，在地形斜坡處所伴隨的山谷風亦可導致降水分布在日間漸漸往山區移動；而在夜間則往地勢較低處移動。

再來，將全台灣所選的十五個測站皆繪製了顯著降雨日數折線圖，並依降雨趨勢劃分為東北、西北、西南、東部以及離島五個地區，發現：東北部的顯著降雨主要集中於冬季，推測是東北季風為迎風面帶來大量水氣，西南部的顯著降雨則是 5 月梅雨季至颱風季，東部與離島的顯著降雨全年較平均。

我們將平均顯著降雨日數以等值線圖表示，分為五月上旬、下旬、六月上旬、下旬及五六月總和。可以發現：歷年平均尚未入梅的五月上旬，受到東北季風的影響，顯著降雨多分布在中部山區及東北角，而五月下旬及六月上旬除了台東及澎湖外，全台皆有降雨的情形。六月下旬顯著降雨分布於南部迎風面，綜觀來看，可發現顯著降雨區域逐漸南移，顯示大氣環境正在改變。

為了更加了解梅雨期間的大氣狀況，我們向氣象局購買了包含五、六月份的風速、風向、雨量等資料，並前往「大氣水文資料庫」中查詢「SSL 東亞衛星地面天氣圖+風場」等資料，希望在複雜的梅雨天氣系統中，歸納出天氣系統、流型、降雨間的規律性。首先，我們將梅雨季節定義為每年的五、六月；設定觀察範圍是北緯 15~35 度，東經 110~130 度，擷取 2009~2022 年五月逐日早上 8 點的「SSL 東亞衛星地面天氣圖+風場」，共歸納以下 6 種流型：

流型	狀況描述
A 流型（北風流型）	冷高壓帶來的北風及東北風與台灣山脈夾角小，沿山南下。
B 流型（東風流型）	大多是由北方高壓東移出海，風向轉變成東風而來。
C 流型（南風流型）	西南季風或太平洋高氣壓帶來的南風。
D 流型（北風南下流型）	因鋒面南下時，東方的北風先到，西方因在背風側晚到，因時間落差導致鋒面彎曲或斷裂。
E 流型（低壓帶流型）	鋒面中有時會生成低壓，甚至有鋒面低壓增強為熱帶性低氣壓的案例，且五六月也偶有颱風侵台，台灣附近風向紊亂。
F 流型（西風流型）	西南季風角度在鋒面漸漸南壓時，經常偏西進入台灣，有可能在東南方形成背風渦旋。
X 無法判斷	意見不一致時，會將整天的天氣圖重新都看過一次，與老師討論，再無法判斷便列入特殊情況「X」。

我們想知道流型之間的轉變趨勢，其中以大陸冷高壓盤據之後，東移出海帶來東風，最後轉回南風的案例最為常見，過去 13 年曾發生高達 20 次之多。若風向突然由北風轉向南風時，中間會穿插一個或多個過渡流型，也就是 D 流型（北風南下）或 E 流型（低壓帶），顯示過渡流型在風場的轉變中佔有十分重要的地位且具有規律性。

但「SSL 東亞衛星地面天氣圖+風場」圖提供的風標是中尺度資料，在台灣尺度下，地形是否影響流向呢？因此我們輸入風向資料，繪製台灣尺度風標圖，尋找流型案例進行分析並發現：南、北風流型，各測站的風向都較為平整穩定；東風是因冷高壓出海帶來，風向大多來自東北東，並可能在西北側生成背風渦旋；西風流型有可能會繞山並在東北側產生背風渦旋；在「北風南下流型」看到，鋒面南下時，東西側因時間差可能導致彎曲甚至是斷開的現象；低壓帶流型時，會因為受到鋒面及低壓帶影響，導致附近風場混亂，毫無規律性。

我們分析台灣 15 個測站並從中選定 6 個為各地區迎風面、資料完整且具有代表性的測站，並分析顯著降雨和流型的關係，其中，南風流型為全台灣帶來大範圍顯著降雨。除了南風流型，北風流型帶來最多的顯著降雨的地區是基隆；東風流型則是花蓮；台南、阿里山及澎湖則是由南風流型為主；離島的澎湖，南風流型所帶來的顯著降雨則接近一半，顯示不同地理環境迎風面與所屬流型有極大連結。此外，根據呂國臣教授在「台灣梅雨季區域降雨氣候分析」（呂國臣等，2002）中指出：北部地區，雨量主要來自鋒面影響（約 68%），而西半部地區大約有 65%，東半部區域之雨量來源特性與西半部頗有差異，降雨來自鋒面型者，在東北部有 55%，東部及東南部各為 34%及 41%，由此可知，台灣各地區之降雨特性有地域性之差別。與我們的研究結果相同。

在五六月流型平均統計中，我們發現：C 流型佔了絕大多數，從 5 月起就爬升的十分明顯。文獻中也提到：「6/16~6/30 大尺度風場主要都是穩定的南風」（王崇穎，2015）從各候流型變化折線圖更可以詳細看到 C 流型是從 5 月第 5 候開始增多，但 A 流型卻漸漸減少，有可能是冷高壓勢力減弱所致。

為什麼我們要模擬梅雨？模擬梅雨的價值為何呢？在閱讀相關研究文獻後我們發現，即使有大量且精細的分析數據及統計圖型佐證，有關梅雨的科展作品或實驗模擬相較於颱風仍非常稀少。或許是因為模擬梅雨的不可控因素過多，令梅雨難以以實驗模擬。在過去極少人研究的情況下，如果能在實驗室確實的模擬出梅雨鋒面，相信也是作品價值的所在之一。

在模擬介質的選擇上，我們測試了澱粉液、果膠液、海藻酸鈉溶液三種，最後選擇海藻酸鈉溶液，因較其他膠體透明、易觀察，且黏度適用；我們先以垂直模擬器模擬鋒面結構。實驗中發現，不管是濃度差異越大或者是溫度差異越大，流體的邊界層會傾斜得越明顯，應是密度差造成。

我們認為台灣的地形對梅雨鋒面有特別的影響，因此我們開始設計實驗進行水平模型模擬，梅雨鋒面是兩股氣流「擦撞」形成。最後發現：利用兩台磁石攪拌器順時針旋轉帶動海藻酸鈉鹽水溶液，可以成功的模擬出滯留鋒的結構。

另外，由於鋒面後方的東北風僅約 1500 ~ 2000 公尺，且平地對風向亦有影響，因此為了使實驗狀況貼近實際地形效應，我們調整其大小及高度比例並以 PLA 聚乳酸線材印出，共有 13.5 公分、10.1 公分、6.75 公分 3 種尺寸，加高台灣型障礙物的底座共約 9.3mm，山高約 0.5cm，最後以水晶膠翻模製作透明的台灣立體模型。

我們將台灣型障礙物和擋板型障礙物以不同角度擺放在水平模擬器中，發現隨著擺放角度不同，流體與障礙物夾角越大，邊界層斷成兩截的狀況也越加明顯，尤其在 67.5° ~ 135° 時，可以清楚地看到類似北風南下流型時，梅雨鋒面因地形而斷裂的現象。更換成較小的台灣模型，並指開啟一側磁石攪拌器，則可以模擬單一流向的流型。若先模擬南風，再開啟六一側攪拌器模擬北風，將可以觀察到鋒面南下時，西南側轉為西南西風的狀況。

柒、結論

- 一、為了更加瞭解梅雨季時的大氣環境演變及對台影響，本研究分析 2009~2021 年間各測站五、六月之降雨、風場以及大氣環境。
- 二、我們將日雨量 ≥ 8.6 mm 定義為顯著降雨，並分析各測站的顯著降雨日數，發現：東北部地區顯著降雨主要集中在冬季，推測是東北季風為迎風面帶來大量水氣，西南部的顯著降雨從 5 月梅雨季起至颱風季，山區及東部地區平均顯著降雨日數也較其他測站平均，且我們發現，五至六月中，顯著降雨區域南移。
- 三、我們分析了梅雨季的逐日風場天氣圖，歸納出六種流型，分別是 A 北風流型、B 東風流型、C 南風流型、D 北風南下流型、E 低壓帶流型及 F 西風流型。我們發現，入夏後 C 流型（南風流型）佔了大多數，南風流型（C 南風 + F 西風）從 5 月第 5 候開始增多，而北風流型則（A 北風 + B 東風）漸漸減少，顯示冷高壓勢力減退，過渡流型（D 北風南下 + E 低壓帶）則在五月第三候至六月第五候較多。
- 四、透過分析流型發生次數並繪製成表格後，我們歸類出四個比較常見的流型趨勢，其中以北方高壓東移出海帶來東風之後，轉變為南風的趨勢最為常見，顯示各個流型間具有趨勢性。
- 五、台灣地勢較高，觀察指定台灣尺度風標圖後發現：許多流型在背風側均易產生背風渦旋，例如：東風流型時，在西北側有背風渦旋出現；南風流型及西風流型時，東南側亦有相同情況發生。
- 六、將流型整合降雨資料後發現，C 流型（南風流型）為全台帶來大範圍的顯著降雨，可能是西南氣流或濕暖南風的增強導致。發現顯著降雨對於所在地區是否處於迎風面有直接的關係。

七、我們希望在實驗室中以不同濃度的海藻酸鈉溶液搭配磁石攪拌器模擬不同流向的流體擦撞，將障礙物擺放於不同位置及角度，模擬出與本研究相符的幾種流型。

(一) 垂直模型模擬中，我們發現，海藻酸鈉膠體因密度差可出現顯著的邊界層，密度差可能是溫度差或鹽度差造成，但以溫度差模擬會有熱平衡問題，以鹽度調整濃度較可行。密度差越大，邊界層傾斜得越明顯。

(二) 水平模型模擬中，我們假設流體與障礙物夾角是造成邊界層（模擬滯留鋒）彎曲或斷裂的原因，我們將障礙物以不同的角度（ 0° 、 22.5° 、 45° 、 67.5° 、 135° ）擺放，發現當流體流動方向和障礙物的夾角越大，越容易觀察到交界處斷成兩截的現象，再以 13.5 公分台灣模型模擬也有相同結果，非常類似實際的流型狀況。

(三) 單一方向的流型，以 6.75 公分台灣旋轉進行模擬：

1. 只開左側磁石攪拌器，台灣型障礙物中心放置於 $(-3, 0)$ 可模擬北風流型。
2. 只開右側磁石攪拌器，台灣型障礙物逆時針轉 90° 度，最南端置於 $(5, 0)$ 可模擬西風流型。
3. 只開右側磁石攪拌器，台灣型障礙物順時針轉 90° 度，中心放置於 $(4, 0)$ 可模擬出東風流型。
4. 只開右側磁石攪拌器，中心放置於 $(3, 0)$ 可模擬南風流型
5. 只開右側磁石攪拌器，中心放置於 $(3, 0)$ 模擬南風流型後，再開啟左邊的磁石攪拌器，可以模擬出 C 南風流型變成 F 西風流型的過程。

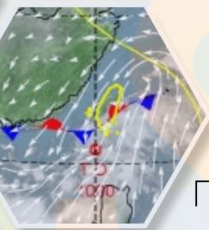
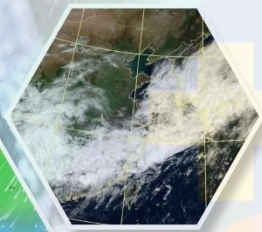
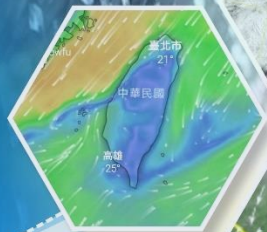
捌、參考文獻

1. 中央氣象局網站 (<http://www.cwb.gov.tw>)
2. 中國文化大學大氣科學系大氣水文研究資料庫 (<https://dbar.pccu.edu.tw>)
3. 王崇穎。2015。2008 – 2012 年梅雨時期台灣及鄰近區域環流與降雨日夜變化之特性研究。國立中央大學大氣科學學系碩士論文。
4. 江妍慈、黃玉涵、金長樂。2021。旋風登台，引領流「型」 – 探討台灣島嶼地勢對颱風流型變化之影響與模擬。第 61 屆中華民國中小學科學展覽會國中地球科學科。
5. 呂國臣、陳來發，2002。台灣梅雨季區域降雨氣候分析。天氣分析與預報研討會論文彙編。P. 95-100
6. 陳正改、蔡清彥。1980。影響台灣北部區域之梅雨系統。大氣科學第 7 期。P.49-58
7. 陳正改。1998。台灣梅雨面面觀。地球科學文教基金會：地球科學園地第五期。
8. 陳泰然、王重傑、楊進賢。2002。台灣梅雨季對流降水之時空分布特徵。大氣科學。30 (1) p. 83-97
9. 張翔鈞、黃穎豪。2019。梅雨"鋒"了嗎? - 梅雨季氣候特性之探討。第 59 屆中華民國中小學科學展覽會高中組地球與行星科學科。
10. 賈新興。2014。西南季風-梅雨鋒面的強大武器 (影音)
(<https://blog.weatherrisk.com/index.php/13-weatherrisk/media/the-news/weather-talk/74-south-west-monsoon-is-big-weapon>)
11. 綠色和平氣候與能源專案小組。2021。綠色和平台灣，什麼是梅雨季？為什麼有空梅？圖解梅雨如何形成，除了解乾旱也可能淹水？
12. Windy 網站 (<https://www.windy.com>)
13. MakerBot Thingiverse - 3D 列印圖庫 (<https://www.thingiverse.com/>)

【評語】 030505

本研究資料分析與模擬實驗的完工度極高，其中以海藻酸鈉鹽水溶液染色模擬效果極佳。另外，能闡述實驗可能產生之誤差，說明對實驗結果有一定的掌握度，是很好的教學示範實驗。惟實驗結果的定性意義大於定量意義，主因為實驗室與實際的尺度差異無法克服。未來或可針對六種梅雨形態的演化做進一步探討。

作品簡報



國中組 地球科學科

「梅」來演趣一

探討台灣梅雨季之大氣流型演變與模擬

前言—研究問題、前人研究、研究架構

- 為了瞭解「台灣梅雨季的大氣環境演變」，我們歸納常見的「六種流型」及分析「顯著降雨」，並設計模擬實驗與實際情況做比對。

相關前人研究

梅雨的定義
(陳正改等，1980；
陳正改，1998；呂國臣等，2002)

- 氣象局將每年五六月訂為「梅雨季」
- 入梅及出梅定義：
第一波連續四日平均降雨量 $\geq 8.6 \text{ mm}$ 為入梅，最後案例結束隔天為出梅。

梅雨“鋒”了嗎? 梅雨季氣候特性之探討 (張翔鈞等，2019)

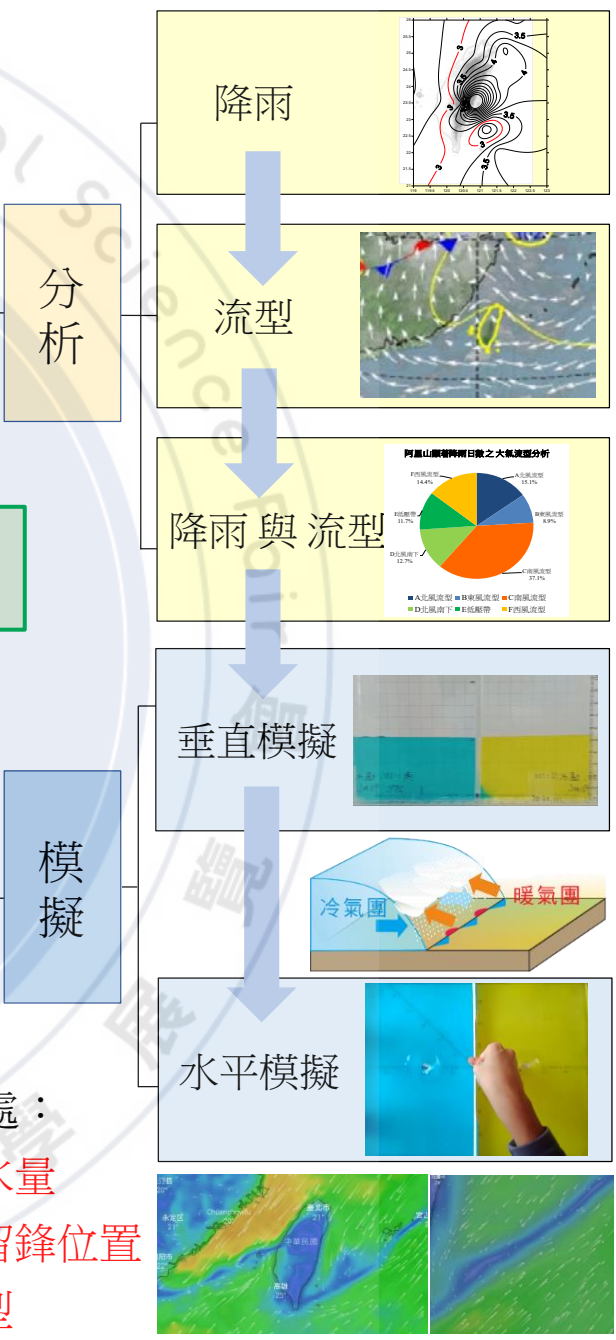
- 以宜蘭測站作為分析對象
- 研究滯留鋒過境時天氣變化

旋風登台，引領流「型」— 探討台灣島嶼地勢對颱風流型變化之影響與模擬 (江妍慈等，2021)

- 提出流型的概念

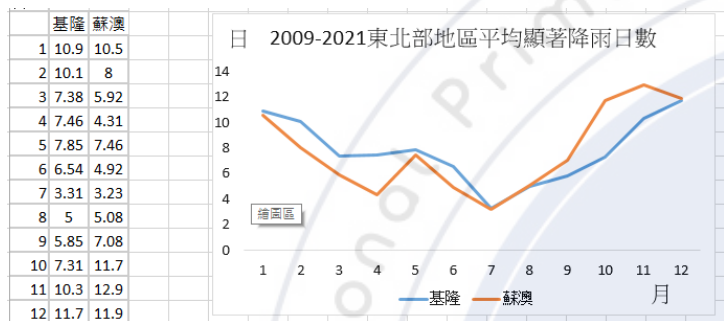
本研究：
「梅」來演趣

※本研究與過去研究不同之處：
分析顯著降雨日數而非降水量
分析梅雨季的流型而非滯留鋒位置
利用膠體溶液模擬實際流型

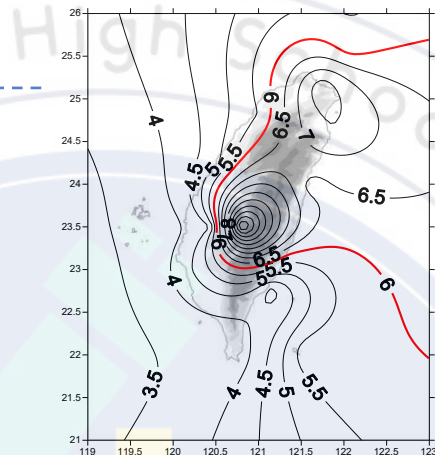


研究方法—分析方法

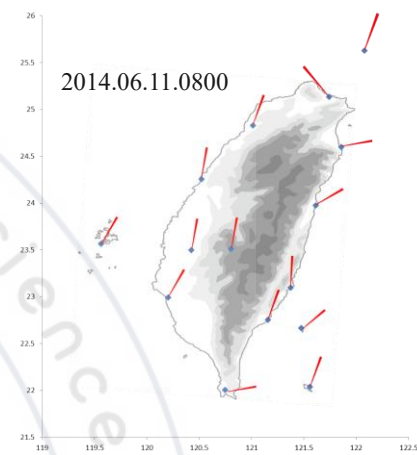
降雨與風場資料分析



1. 日雨量 $\geq 8.6\text{mm}$ 作為顯著降雨標準。
2. 利用Excel統計日數並繪製折線圖。



統計各測站顯著降雨日數並繪製等值線圖。半月以3日、全月以6日為基準（紅線）。

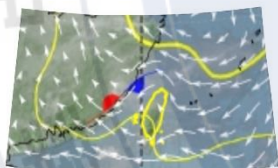


向氣象局申購逐日風向風速資料，統計分析並繪製風標圖。（風標圖繪製方法參考自江妍慈等，2021）

流型分析



A—北風流型



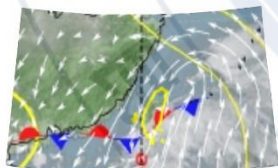
B—東風流型



C—南風流型



D—北風南下流型

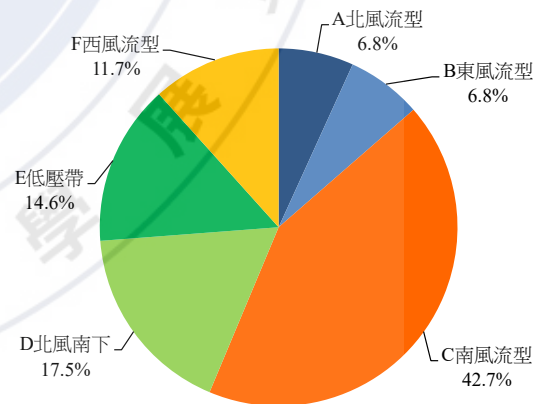


E—低壓帶流型



F—西風流型

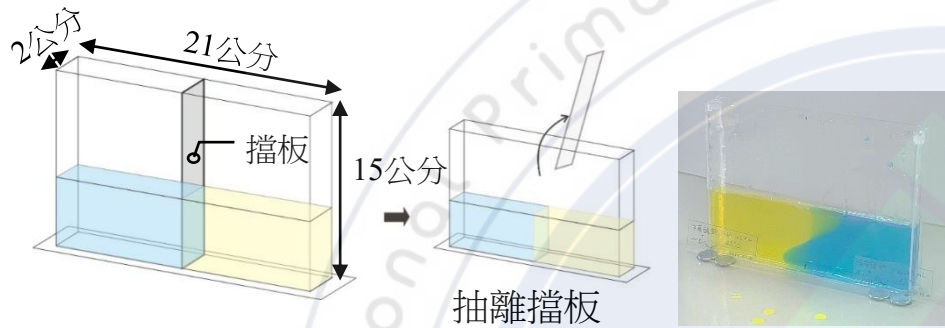
將顯著降雨對應當日流型，探討兩者所佔比例關係，並繪製成圓餅圖。



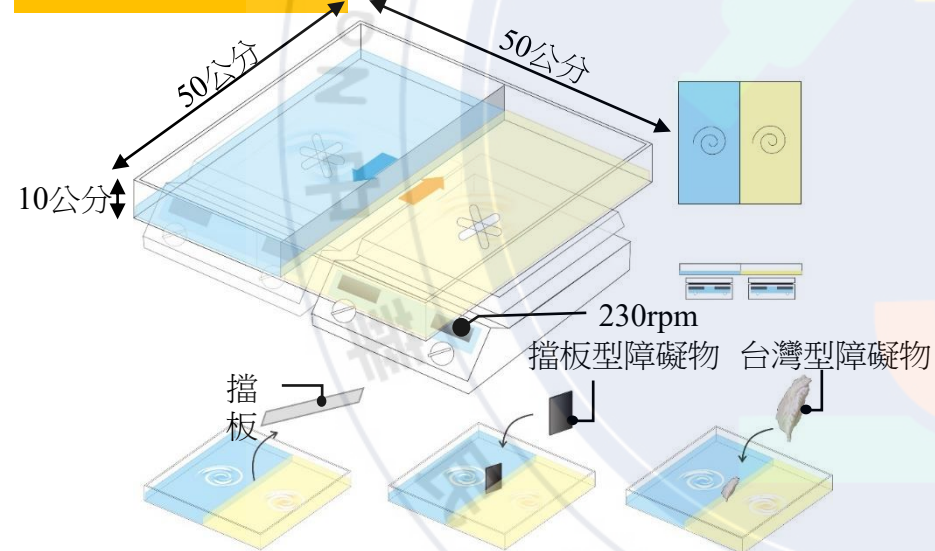
根據大氣水文研究資料庫 2009~2021 梅雨季（五、六月）每日08:00「SSL東亞衛星地面天氣圖」+ 風場，歸納出六種流型。彙整13年間，每日流型並分析流型間趨勢變化。

研究方法—模擬方法

垂直模型模擬

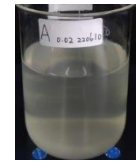
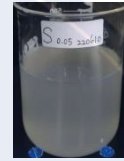


水平模型模擬

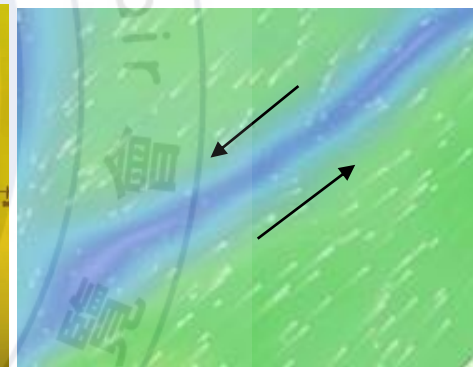
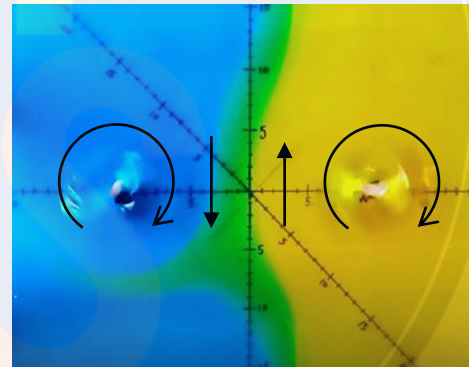


材質選擇

	糊化澱粉液	果膠液	海藻酸鈉溶液 (最佳)
優點	透明、易染色	不用加熱	不用加熱且透明易染色
缺點	不易控制黏度	用量極大	要靜置才能消泡

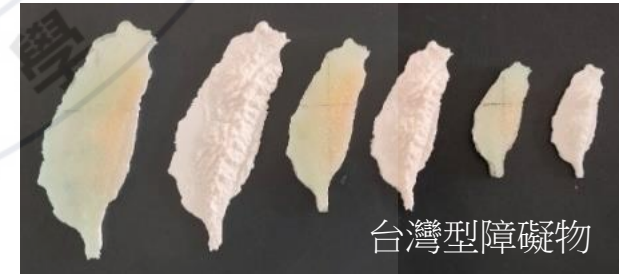
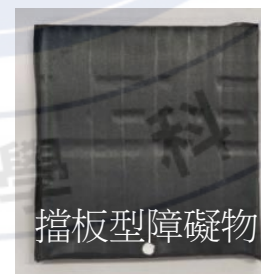
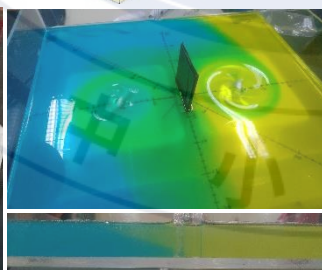
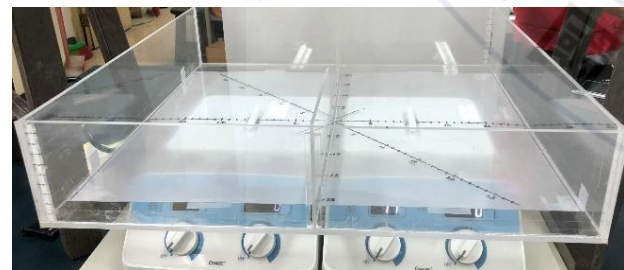


	糊化澱粉液	果膠液	海藻酸鈉溶液					
濃度	3%	8%	濃度A	濃度B	濃度1	濃度2	濃度3	濃度4
黏度 (mPa · s)	7740.0	2498.0	1235.6	962.7	2170.0	2400.0	2474.2	2725.0



以兩台順時針旋轉的磁石攪拌器，磁石放 (10.5, 0)、(-10.5, 0) 模擬不同流向的流體擦撞情形

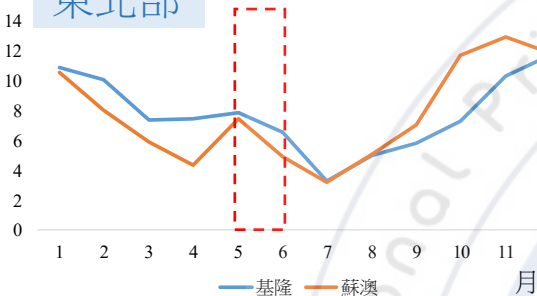
模擬相反方向兩流體擦撞 (滯留鋒) (截自Windy網站)



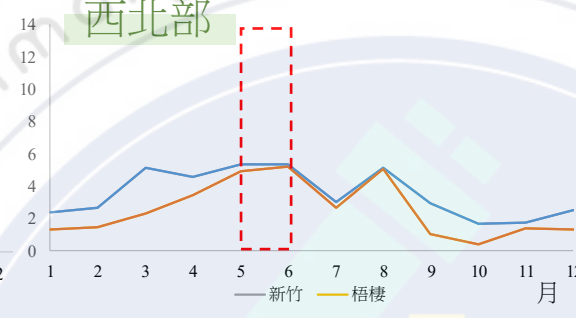
研究結果與分析討論

全年平均顯著降雨日數分析

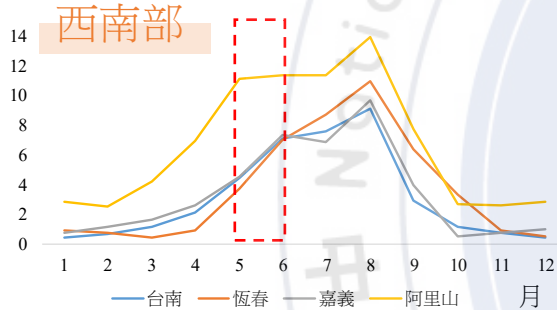
東北部



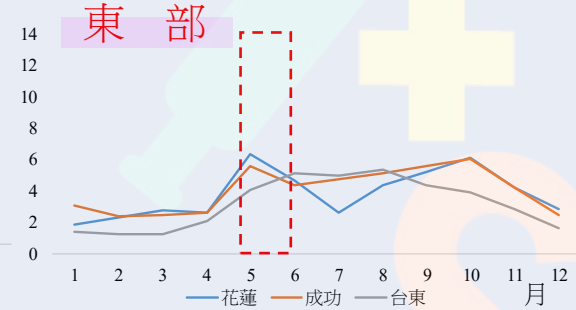
西北部



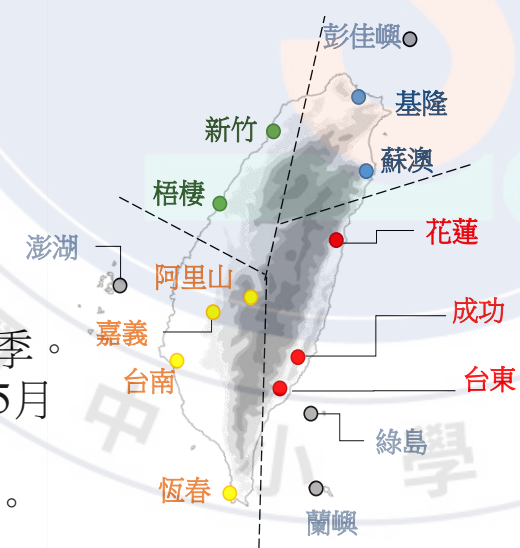
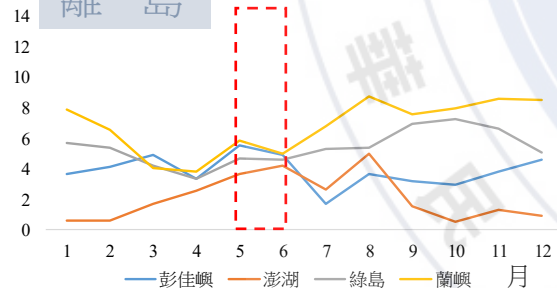
西南部



東部

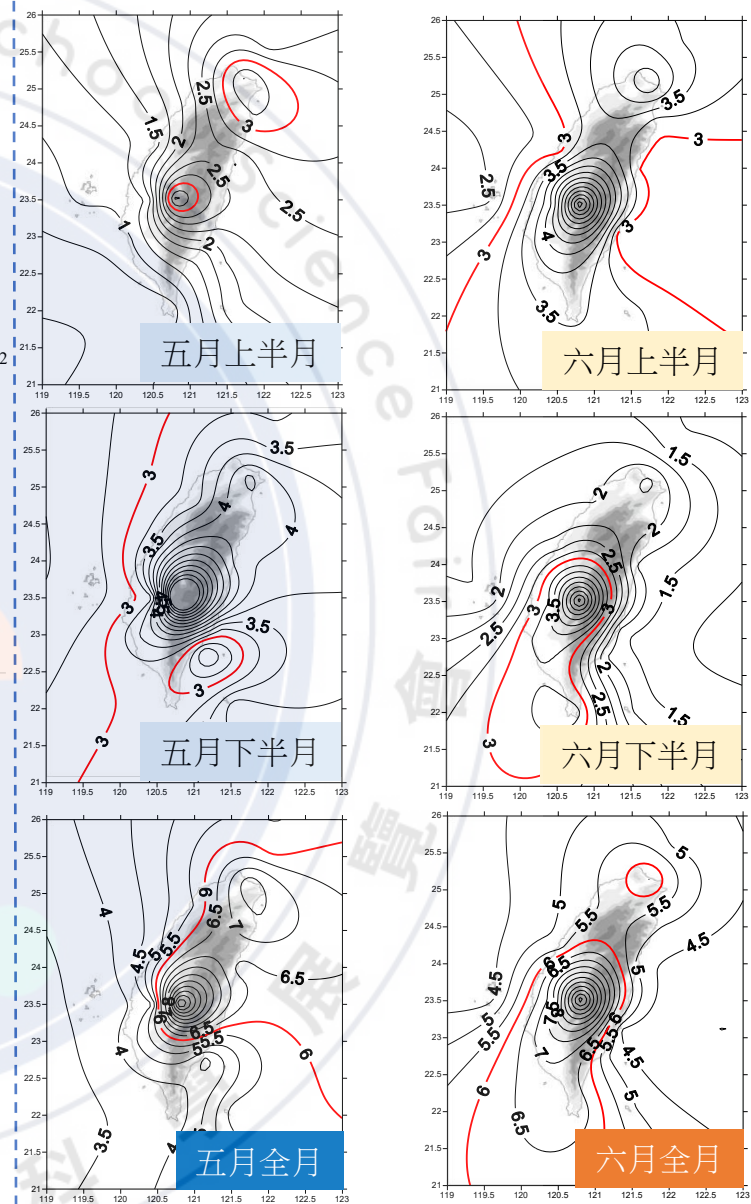


離島



1. 東北部顯著降雨集中在冬季。
2. 西北和西南部顯著降雨從5月梅雨季持續至颱風季。
3. 東部和離島全年較為平均。

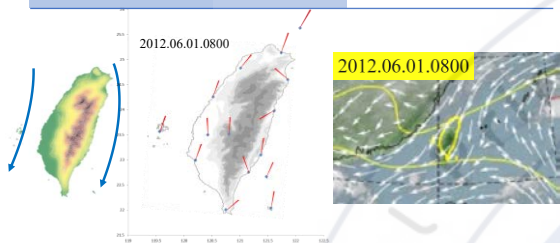
梅雨季顯著降雨日數等值線圖



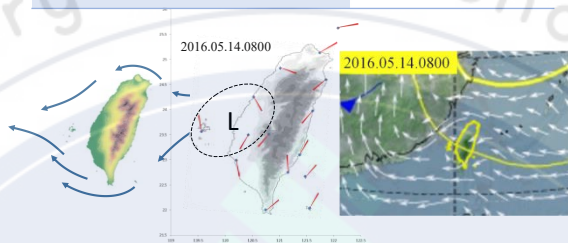
顯著降雨分布有逐漸南移趨勢，顯示梅雨季期間，大氣環境正在改變。

研究結果與分析討論

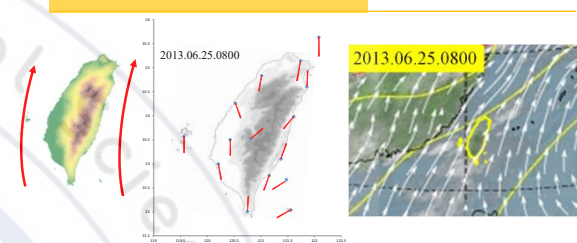
A北風流型：



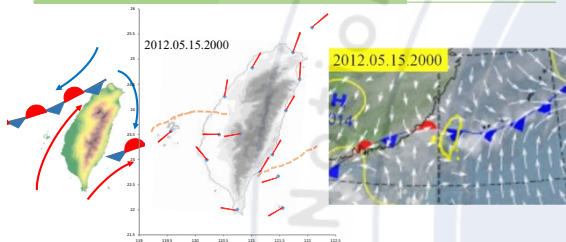
B東風流型：



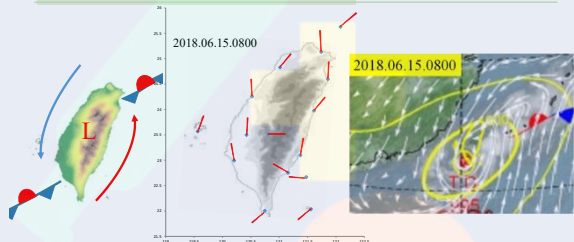
C南風流型：



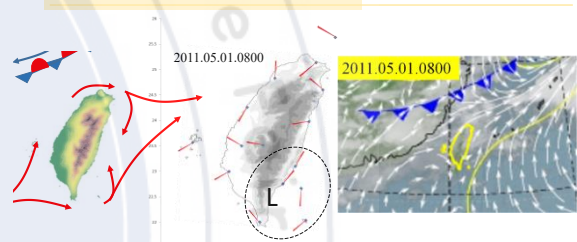
D北風南下流型：



E低壓帶流型：



F西風流型：

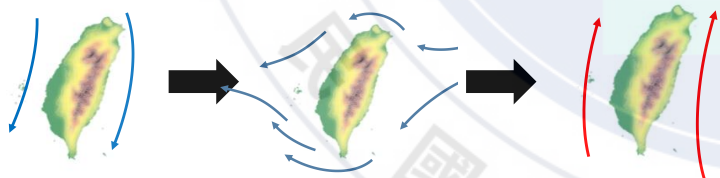


在台灣尺度範圍下，可觀察到背風渦旋或是尾流區。

流型變化趨勢分析

A→B→C

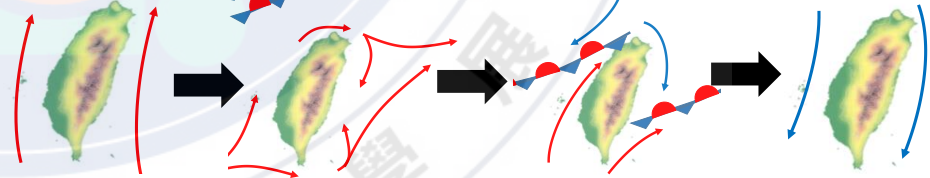
大陸冷高壓盤據→東移出海→回南風



※ 13年來共發生20次

C→F→D→A (或C→F→A、C→D→A)

南風→西南西風→鋒面南下→北風盤據



※ 13年來共發生13次

A→C (或C→A)

南、北風向轉變時變化很快。

A→E→C (或C→E→A)

南、北風向轉換時出現低壓帶。

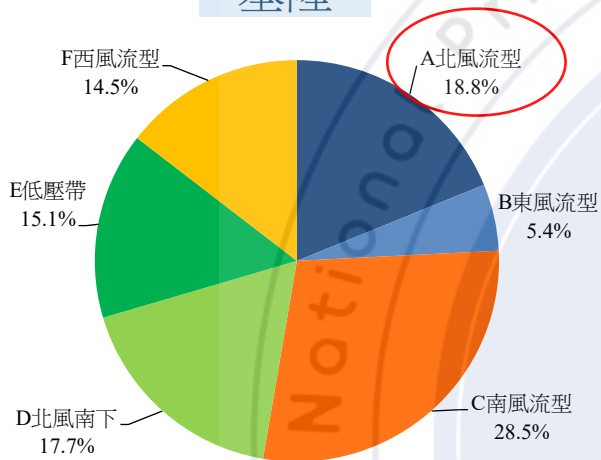
研究結果與分析討論

平均顯著降雨日數 & 流型

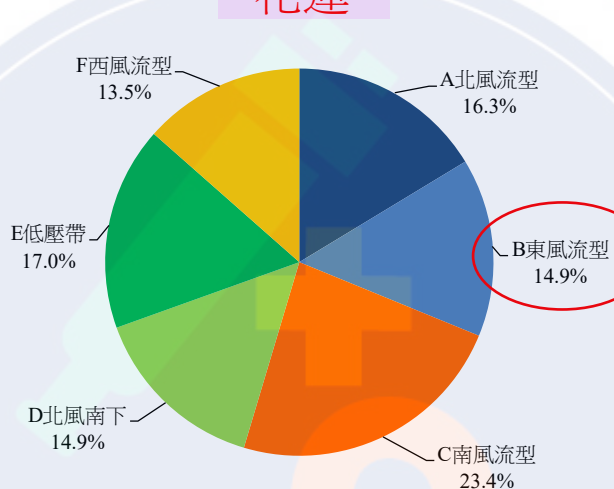
- A北風流型
- B東風流型
- C南風流型
- D北風南下
- E低壓帶
- F西風流型

2009~2021 台灣地區梅雨季降雨與流型關係分析
從15個測站中選定各地區最具代表者如下：

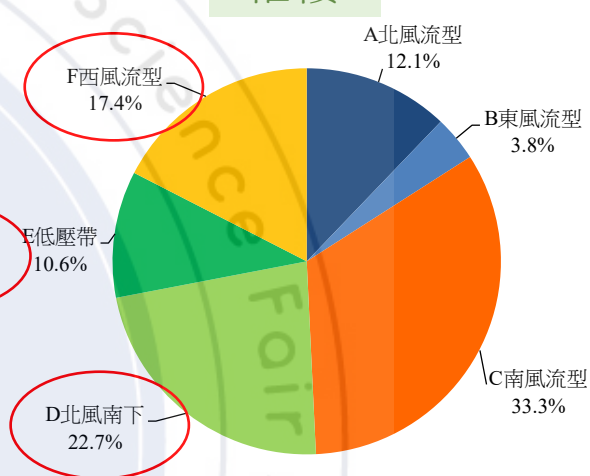
基隆



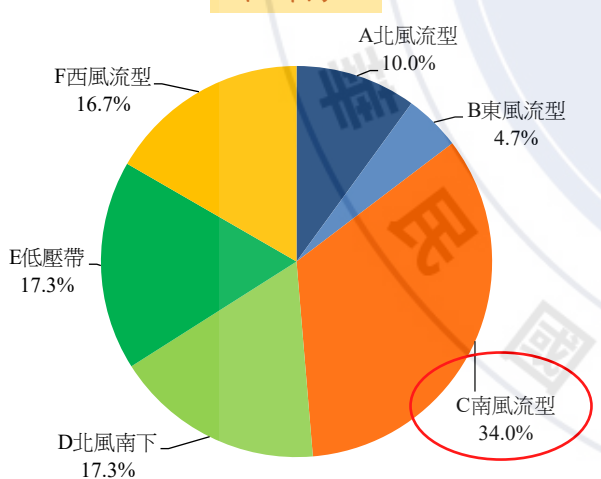
花蓮



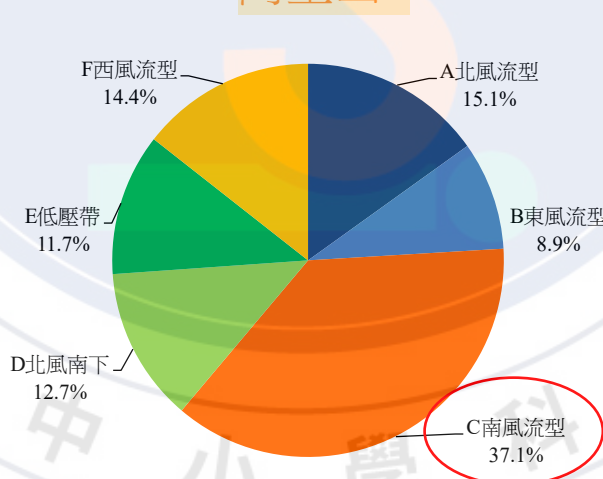
梧棲



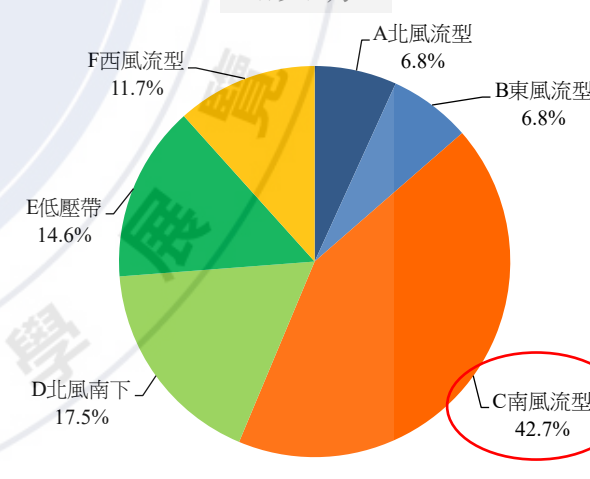
台南



阿里山



澎湖

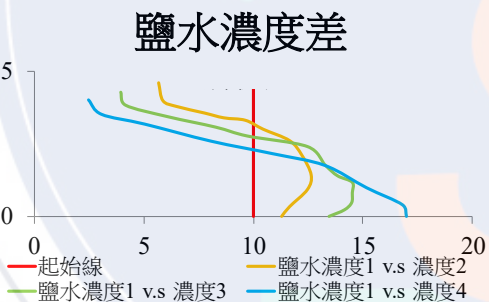
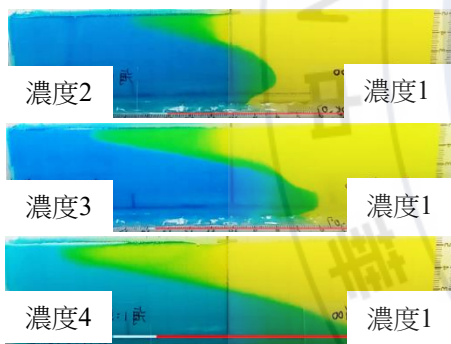
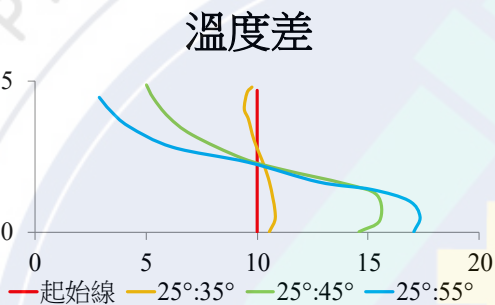
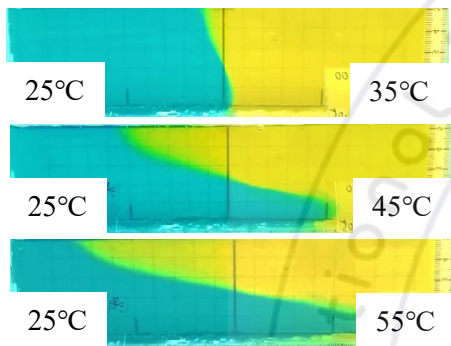


顯著降雨與該地區是否位於迎風面有極大關聯，表示受地形效應影響。

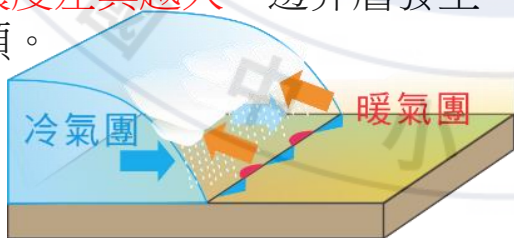
研究結果與分析討論

垂直模型模擬

模擬邊界層3分鐘內分層狀況 (ImageJ繪製)

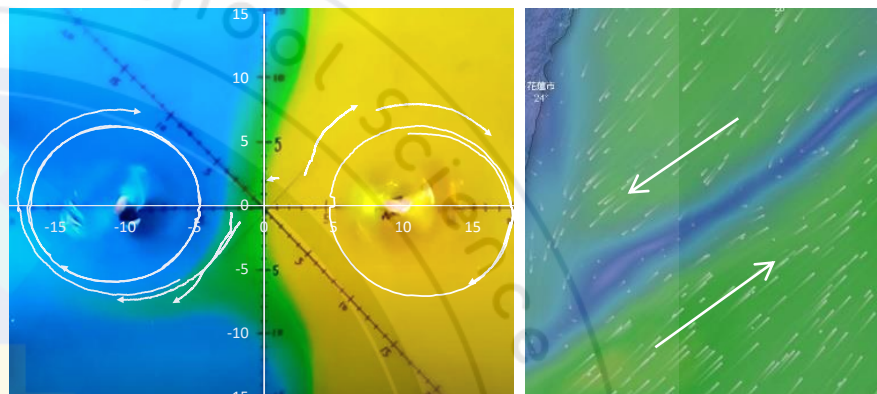


1. 兩測膠體溶液**溫度**差異越大越容易觀察到明顯分層。
2. 兩測膠體溶液**鹽濃度**差異越大，邊界層發生傾斜的狀況越明顯。

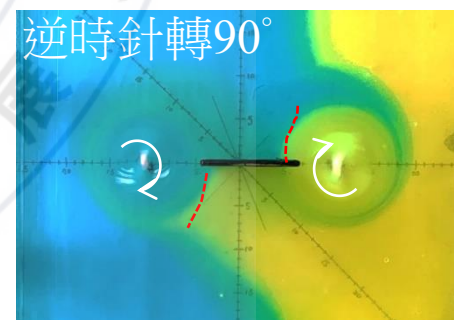
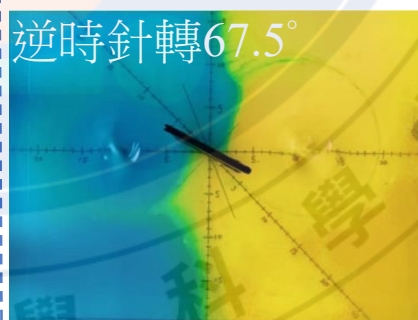
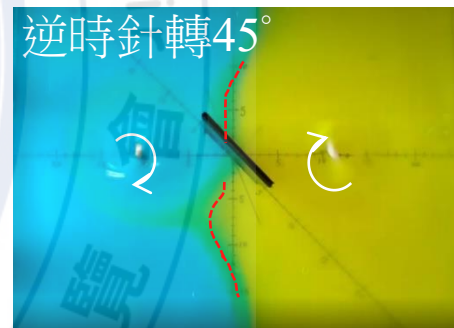
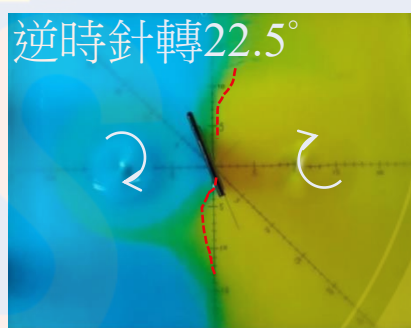


水平模型模擬

水平模擬器質點移動軌跡 (Tracker追蹤)

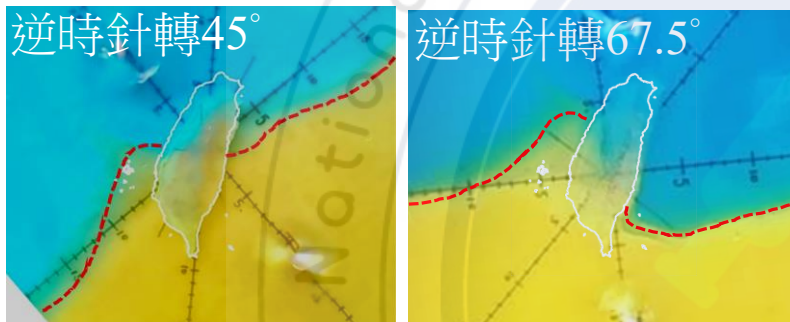
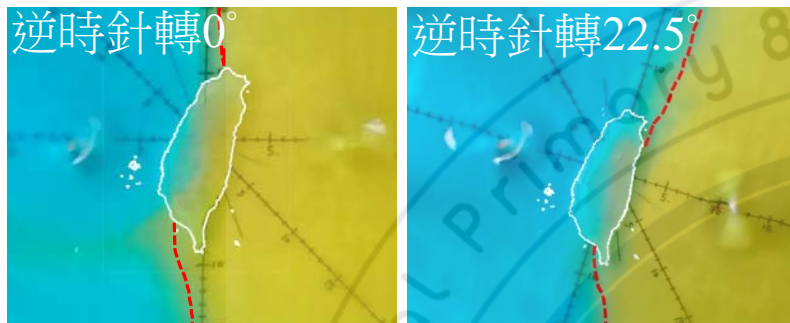


加入**海藻酸鈣晶球**模擬不同流向流體**擦撞**，發現離磁石越近質點**移動越快**。



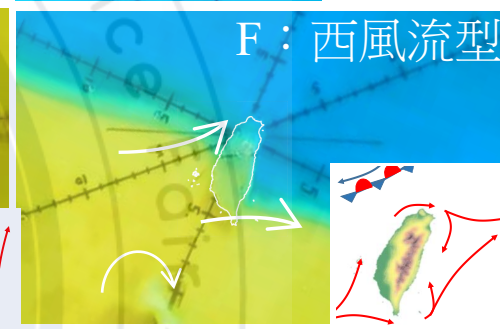
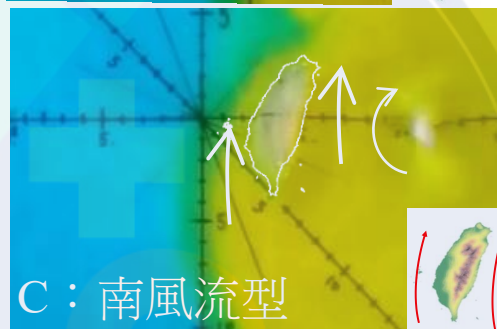
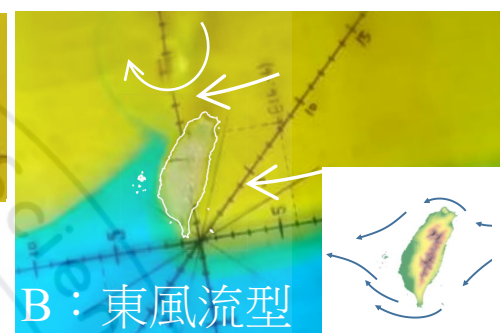
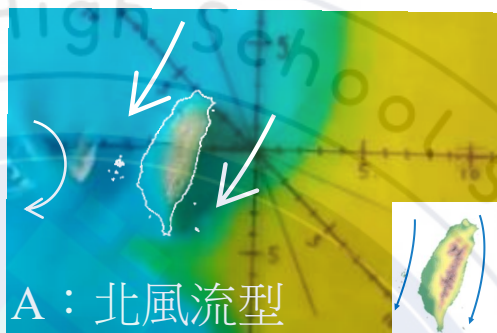
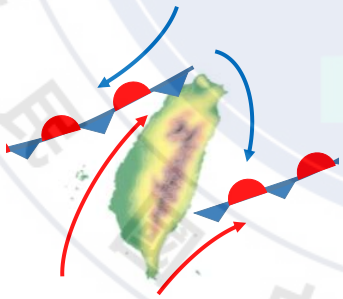
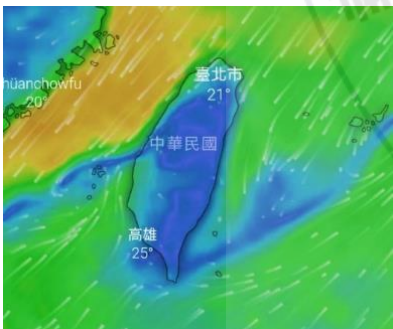
以擋板型障礙物，改變不同角度擺放，發現**夾角**越大，**邊界層斷裂**的越明顯。

研究結果與分析討論



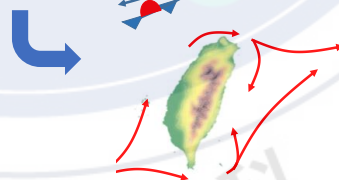
(↑使用長13.5公分的台灣型障礙物模擬)

當台灣型障礙物擺放為 67.5° 時可以模擬邊界層的斷裂。(D流型，北風南下)

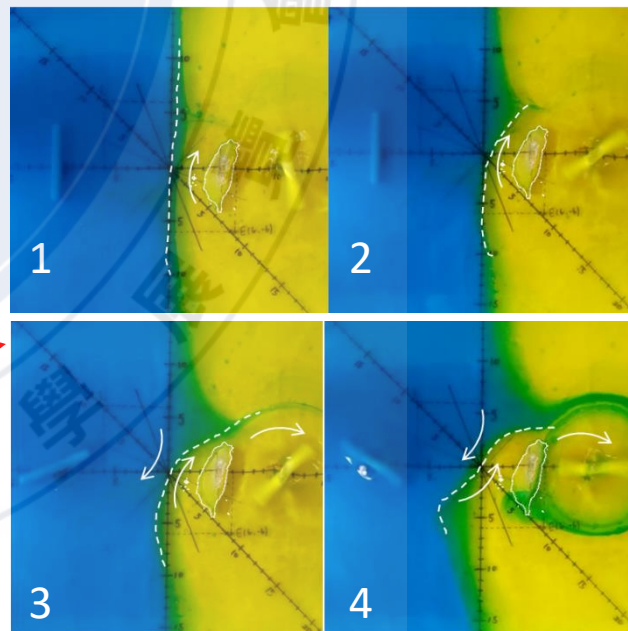


(↑↓使用長6.75公分的台灣型障礙物模擬)

開啟右側磁石攪拌器
模擬南風流型 (C)

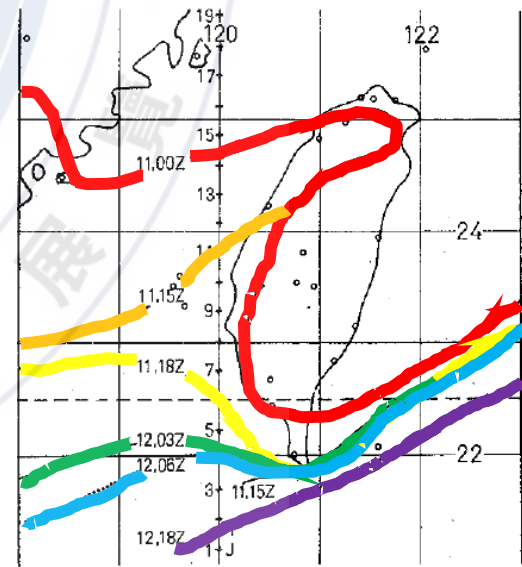


再開啟左邊磁石攪拌器，
模擬北風南下，
最後變成西風 (F)。



研究結果的解釋

- 本研究主要分析梅雨季之大氣流型分類、趨勢與顯著降雨之關係。
- 綜合分析結果發現：五六月間，平均顯著降雨區域**南移**，暖空氣影響的流型成為主流，次數自5月第5候開始爬升。呼應王崇穎（2015）提到「梅雨季時的風向由**東北風**轉為**西南風**。」受西南季風帶來豐沛水氣影響，**西半部**迎風面的顯著降雨從**5月持續至颱風季**。
- 整合降雨與流型資料，顯示**顯著降雨**與該地是否位於**迎風面**有極大關聯。據呂國臣等(2002)文獻指出：「台灣各地區之降雨特性有**地域性之差別**」，與我們的研究結果相同。
- 為使實驗狀況**貼近實際地形**，經多次實驗後，我們以100%（長：13.5cm）、50%（長：6.75cm）2種大小的台灣型障礙物進行實驗，加高底座使總垂直高度達9.3mm，山高距平地0.5cm，這樣的比例地形效應較顯著。
- 以海藻酸鈉溶液搭配磁石攪拌器，模擬不同流向、濃度的流體擦撞，並加入障礙物，觀察地形效應。
- 根據陳泰然教授在1978年文獻指出：「東側鋒面已先於西側者移至較低緯度之台灣東南海面後幾近滯留，西側鋒面則向南移動，唯速度有所變化」，類似我們所定義的**D**北風南下流型鋒面彎曲或斷裂情形。



圖為民國64年（1975）6月11日 00 GMT 至12日 18 GMT 之地面鋒面位置→

未來展望

- 希望能提供中學教師課堂教學使用，或相關領域研究人員參考。
- 未來希望針對梅雨流型繼續進行分析，期能細分更多流型種類，也希望了解氣流進入角與山脈之間的關係，也想了解致災型梅雨的發生條件。
- 未來希望能更加完整模擬出 E（低壓帶流型）以及當發生 B（東風流型）、F（西風流型）時，氣流繞過台灣所產生的尾流區或背風渦旋，或進一步模擬出更多流型動態演變過程。

參考文獻（部分）

- 王崇穎（2015）。2008 – 2012年梅雨時期台灣及鄰近區域環流與降雨日夜變化之特性研究。國立中央大學大氣科學學系碩士論文。
- 中國文化大學大氣科學系大氣水文研究資料庫。 <https://dbar.pccu.edu.tw>
- 江妍慈、黃玉涵、金長樂（2021）。旋風登台，引領流「型」 – 探討台灣島嶼地勢對颱風流型變化之影響與模擬。第61屆中華民國中小學科學展覽會國中組地球科學科。
- 陳正改、蔡清彥（1980）。影響台灣北部區域之梅雨系統。大氣科學第7期。49-58。
- 陳正改（1998）。台灣梅雨面面觀。地球科學文教基金會。地球科學園地第五期。
- 陳泰然（1978）。台灣梅雨期之中幅度天氣系統分析。國科會台灣地區災變天氣研討會論文彙編。83-97。
- 陳泰然、王重傑、楊進賢（2002）。台灣梅雨季對流降水之時空分布特徵。大氣科學第30期。83-97。
- 張翔鈞、黃穎豪（2019）。梅雨“鋒”了嗎? - 梅雨季氣候特性之探討。第59屆中華民國中小學科學展覽會高中組地球與行星科學科。