

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組 地球科學科

探究精神獎

080506

龜神效應？—大臺北地區秋冬季節地形降雨探究

學校名稱： 新北市三重區三重國民小學

作者： 小五 黃宜禎 小五 賴翔筠 小五 陳易均 小五 詹詠晴	指導老師： 郭美婷 陳志忠
---	-------------------------

關鍵詞： 東北季風、大屯山區、地形效應

摘要

以學生所居住的新北市三重區為研究地點，探討秋冬季節大屯山區對東北季風造成地形遮蔽，形成背風面降雨偏少的雨影現象（龜神效應）。首先蒐集並分析 2023 年 10~12 月大屯山區的迎風面與背風面影像及氣象資料，再進一步探究長時間五年氣象參數特性，最後以模型實驗模擬東北季風受地形屏障形成的降雨差異現象。結果發現：迎風面與背風面四個研究地區中，五年數據分析顯示降雨量最少是背風面三重區，表示地形遮蔽的雨影現象在三重地區確實存在。東北季風帶來的氣溫越低、溼度越高、風速越強、風向偏東北方向時，迎風面的降雨越多，且迎風面與背風面降雨有明顯差異。水氣通過山區模型實驗，可以呈現東北季風通過大屯山區地形遮蔽作用所造成的降雨差異。

壹、前言

一、研究動機

每當東北季風增強的時候，氣象主播常常提醒北部地區民眾須攜帶雨具出門，但我們居住的新北市三重區往往雨勢並不會太大。老師說一河之隔的台北市士林區也有類似情況，甚至近期也有新聞報導指出這是所謂的「龜神效應」，此一現象說法來自前中央氣象局（現已改為中央氣象署）鄭明典局長，根據兒時長輩口語相傳的神奇趣聞分享給記者。老師說其科學概念的緣由來自大屯山地形遮蔽所造成的結果，在東北季風盛行期間，位處於地形背風面的士林和北投地區比較不容易產生降雨。老師鼓勵我們透過長時間記錄分析氣象資料，並嘗試採用簡易模型來呈現地形遮蔽對降雨的影響，進一步探究我們所居住的三重地區此天氣現象是否存在。

二、研究目的與待答問題

（一）研究目的

1. 觀察並記錄今年秋冬期間大屯山區迎風面與背風面的測站影像及氣象資料。
2. 蒐集並分析過去五年大屯山區迎風面與背風面的氣象參數特性。
3. 製作大屯山區模型，進行水氣、風速和山高差異的模擬實驗。

（二）待答問題

1. 選取迎風面（萬里區）、背風面（士林區、三重區、新莊區），探討哪個地區的降雨量最少？

2. 除了降雨之外，地形遮蔽作用還會對哪些氣象參數產生影響？
3. 分析長時間五年的氣象資料，探討東北季風對四個測站以及金山測站造成的氣象參數差異為何？
4. 採用東北季風迎風面前緣（金山測站）的氣象參數為特性分類依據，進一步比較不同東北季風特性在迎風面與背風面的降雨差異為何？
5. 可否透過水氣通過山區模型實驗，呈現東北季風通過大屯山區地形遮蔽作用所造成的降雨差異？
6. 透過設計模擬實驗，探討三項變因差異（山高、水氣、風速）對迎風面與背風面地形遮蔽作用的影響為何？

三、背景介紹

（一）東北季風

季風是隨著季節變化而從不同方向吹來的風，在臺灣冬季多為東北季風；夏季則多為西南季風。冬季大陸較海洋寒冷，所以陸地上空氣的密度比較大，氣壓也比海洋上高，於是風從大陸吹向海洋。夏季的情形正好相反，大陸遠較海洋炎熱，空氣密度小，氣壓比海洋上低，所以風從海洋吹向大陸，這種隨冬夏季節大規模轉變方向的風就稱為「季風」。冬季時，高壓在寒冷的亞洲大陸上發展，大量寒冷而乾燥的空氣從大陸吹來，直到遠離陸地到達洋面之後，才能吸收較多的水氣。在中國大陸東岸，北緯 30 度以南地區，東北風盛行稱為東北季風。冬天，大陸高氣壓南下，伴隨前緣的冷鋒面通過東海到達臺灣附近海域時，即帶來東北季風，其風力相當強勁。臺灣北部及東北部在受東北季風影響的季節裡，經常呈現陰霾有雨的天氣現象。

（二）大屯山區

本研究所定義之大屯山區主要為臺北市北側及東北側的陽明山國家公園區域，其涵蓋區域為大屯火山群的主要部份。大屯火山群，又稱大屯火山彙或大屯火山區，位於台灣北部，其主體乃是由大屯火山群彙所構成的火山地形，為台灣主要的火山分佈區。大屯火山群依火山體的岩性及層位關係，可分為幾個獨立的火山亞群：觀音山亞群、大屯火山亞群、竹子山亞群、七星山亞群、磺嘴山亞群、湊子山亞群、丁火朽山亞群。以上除了西部外圍的觀音山（位於新北市八里區）和東部外圍的湊子山、丁火朽山（位於新北市萬里區）之外，其餘亞群皆已納入陽明山國家公園轄區內。其中臺北市最高峰海拔 1120 公尺的七星山為位於七星山

亞群中，而海拔 1103 公尺的竹子山則位於竹子山亞群中、海拔 1092 公尺的大屯山則屬於大屯火山亞群中。圖 1 為大臺北地區地形圖，大屯山區南方為基隆河，西南方為臺北盆地及淡水河。

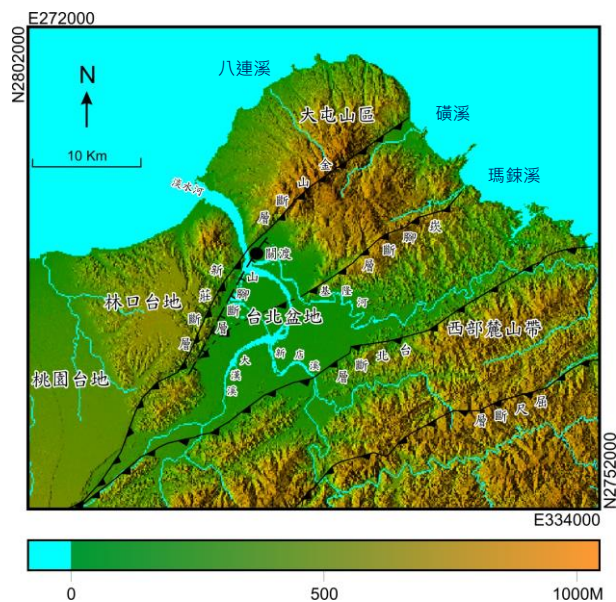


圖 1 大臺北地區地形圖。註：圖片引用自臺灣大學鄧屬予教授研究室網頁。

(三) 地形效應

氣流受到山脈阻擋時會有過山及繞山的作用。當氣流流速較大時，過山的現象會比較明顯，氣流會被迫抬升而冷卻（空氣每上升 100 公尺氣溫約下降攝氏 0.65 度），空氣中的水氣因而在迎風面上空凝結成雲形成降雨，待氣流翻越過山嶺，在背風面下降時，因空氣被壓縮而增溫（每下降 100 公尺氣溫就上升攝氏 1 度），空氣變乾造成雲霧消散無法降雨，當氣流降至地面時，其溫度比原地面的溫度高出許多。臺灣地區常見的地形降雨包含：夏秋季節北行颱風在中央山脈與雪山山脈東側的地形降雨、夏季西南氣流在中央山脈西南側的地形降雨、夏季午後雷雨在台灣中南部山區與台北盆地南側的地形降雨，以及秋冬季節東北季風在大屯山區東北側的地形降雨。此外，地形背風面雨量較少的現象，亦稱之為雨影現象。

(四) 龜神效應

龜在中國古代，與龍、鳳、麟同被列為「四靈」，殷商時代更有神龜能預知吉凶的說法。又因常年蟄居水鄉，古人因而認為龜是水神，有治水鎮雨的神能。相傳浙江省奉化縣溪口鎮在西元一八八七年十月三十一日午時，突然有座湖泊竟然出現了巨大的神龜，周圍擠滿成千上萬大小烏龜，似有靈性地不斷朝神龜點頭。正當村民看得嘖嘖稱奇之際，神龜忽然潛入湖底，轉眼間，湖面完全恢復平靜。此時村裡傳來蔣姓鹽商添丁的喜訊（先總統蔣中正誕生）。

娃兒臉型長得像龜甲的形狀，村民認為他是龜神轉世。國民政府遷臺後，剛好總統官邸設在士林，當地民眾就把士林冬季雨水比台北其他地區明顯偏少的現象，穿鑿附會認為與龜神轉世的蔣中正住在士林有關（中國時報，2011；聯合新聞網，2022）。

四、文獻回顧

依據研究主題進行東北季風、地形屏障與降雨分布等議題文獻回顧整理。在學術期刊研究方面，在鄭與游（2014）研究中使用大屯山區密集降雨觀測系統於 2011~2013 年冬季期間 18 個東北季風降水個案，探討大屯山區東北季風迎風面的降水分佈，並分析地形上游環境條件與東北季風降水兩者之間的關聯性，指出強降雨區域不只出現在迎風面斜坡及山頂附近，也有可能發生在山谷區域，分析顯示山谷加強降雨效應與地形上游風向有密切相關，也指出地形上游環境風速氣象因子與降水強度有正相關。後續研究在 Yu et al. (2022) 中使用電腦數值模擬探討大屯山區的降水強化機制，觀測和模式分析顯示山脈屏障造成不同位置及高度山脊的繞山氣流，在這些較小尺度的繞山氣流相互作用下加強氣流抬升的強度，形成山谷降水增加現象。

另外，在洪與施（2023）研究探討臺灣各地區在不同時節和不同海拔高度的降水特徵，結果顯示秋冬季節由於環境風場逐漸轉為東北季風，季風本身或與颱風形成的共伴效應，會在蘭陽平原的迎風面山坡帶來可觀降水。此外，也可發現東北季風會在臺灣北部大屯山區形成繞流的現象，意即氣流會通過大屯山區南側的基隆河河谷，而使風場轉為偏東風的現象。

而在近期全國科展國小組作品中，使用氣象資料進行天氣條件與生活現象的研究也相當多元且在地生活化，吳等人（2019）透過實地採集與海氣資料的收集、分析，找出紫螺漂流上岸的洋流與天氣條件，再以自製模型模擬印證其論述。宋等人（2020）利用自製雲霧的實驗，證實山上易形成雲霧的大氣條件，再透過搜集資料及實地踏查東眼山，調查其大氣條件、地理位置及生態。陳等人（2022）透過實地走訪、模型操作，觀察並分析造成新竹地區居民生活困擾的都市峽谷效應，並透過各式實驗更了解這樣的現象與容易發生的地點，以期減少都市峽谷效應帶來的傷害，並提升生活的安全性。李等人（2022）則是探究臺灣在 1998~2021 年的氣候變遷現象，以國小學生生長階段的視角，將中央氣象局臺北、臺中、臺南測站的氣溫和降水觀測資料分組並進行統計，藉以比較近期不同時間區段的氣候平均值差異。

綜合上述文獻，提供本研究所呈現的科學觀念、主題發展及分析方法的參考依據。

貳、研究器材與資料

表 1 研究器材與資料表

硬體	剪刀、圓點貼紙、透明膠帶、隱形膠帶、瓦楞紙板、五吋電風扇、鐵尺、精度 0.1g 電子秤、超音波造霧器、手持風速計、透明壓克力箱、挖洞水槽上蓋、透明水槽、手機相機、衛生紙、計時器、透明資料夾、觀測記錄紙
資料	環境部空氣品質監測網測站影像、交通部中央氣象署觀測資料、大氣科學研究與應用資料庫、國家教育研究院
軟體	Microsoft Excel、Google Map、Windy 網頁



剪刀及貼紙



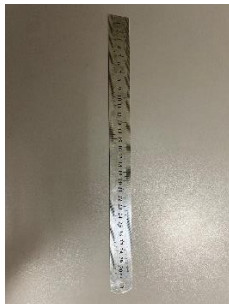
透明與隱形膠帶



高低山瓦楞紙板



5吋電扇與基座



鐵尺



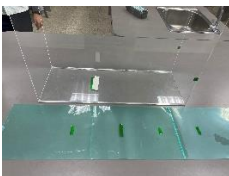
精度 0.1g 電子秤



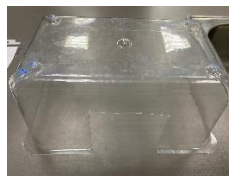
超音波造霧器



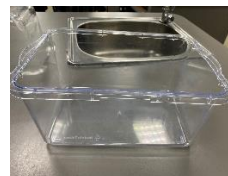
手持風速計



壓克力箱



挖洞水槽上蓋



透明水槽



手機相機



衛生紙



計時器



透明資料夾



觀測記錄紙

圖 2 研究器材示意圖。註：照片由第一指導老師拍攝。

參、研究過程及方法

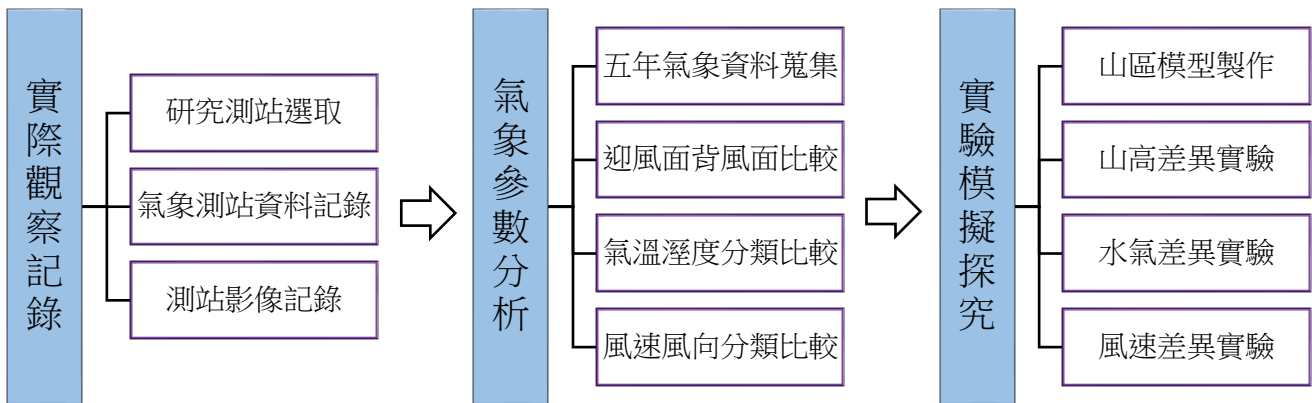


圖 3 研究流程示意圖。

本研究所有實驗相關照片都為指導老師拍攝。

本研究所有圖片皆為作者與指導老師使用 Microsoft Excel、Google Map、Windy 軟體繪製。

一、實際觀察記錄

依據研究目的進行代表測站選取，選取東北季風經過大屯山區的北部四個區域，包括迎風面的萬里區及背風面的士林區、三重區和新莊區，進行測站氣象資料和測站影像記錄。氣象參數資料採用交通部中央氣象署分別位於四個地區的測站資料進行資料蒐集與分析，萬里區選取大坪測站、士林區選取天母測站、三重區選取三重測站、新莊區則選取新莊測站；而測站影像資料使用環境部空氣品質監測網的萬里、士林、三重、新莊等四個測站影像照片，詳細測站資料如表 2 及圖 4 所示。

臺灣東北季風影響顯著期間為 10 月、11 月、12 月，因此選取 2023 年 10~12 月作為資料蒐集的時段。氣象資料選取月報表逐日之氣溫、相對溼度、風速、風向和降水量等五個參數，進行 2023 年 10~12 月共計 92 天的觀測記錄。採用四個測站影像每日 11 點的即時監測影像照片，作為每日天氣晴天、陰天和雨天的觀察紀錄之標準。

表 2 測站基本資料簡介

氣象署氣象資料測站				
站名	站碼	高度	設站日期	測站地址或位置
三重	C0AI30	26 m	2019/08/02	新北市三重區環河南路 100 號
新莊	C0ACA0	25 m	2009/12/01	新北市新莊區中和街 193 號
天母	C0A9C0	35 m	1997/08/16	臺北市士林區天母東路 116 號
大坪	C0A860	362 m	1993/06/04	新北市萬里區溪底里香員林 6-3 號
金山	C0A940	49 m	1994/08/29	新北市金山區中興段 404 地號

環境部空氣品質監測網影像測站				
站名	站碼	高度	設站日期	測站地址或位置
三重		0 m	1995/10/01	新北市三重區三和路重陽路交口
新莊		13 m	1991/07/17	新北市新莊區中正路 510 號
士林		20 m	1991/07/18	臺北市北投區文林北路 77 號
萬里		27 m	1991/07/17	新北市萬里區瑪鍊路 221 號



圖 4 氣象測站地點及影像測站地點。註：照片下載自環境部空氣品質監測網。

二、氣象參數分析

本研究的第二階段將蒐集更多的氣象資料進行更長期的氣象參數分析。由於三重氣象測站的設站日期為 2019 年 8 月 2 日，因此採用近 5 年秋冬季節東北季風盛行的 10~12 月氣象資料，共計 460 天資料進行長時間資料的統計分析。同樣選取另外三個地區測站（大坪測站、天母測站、新莊測站）進行迎風面與背風面的比較。

另外，特別選定東北季風開始進入北臺灣陸地的氣象測站（金山測站）作為東北季風特性的判斷依據。依據金山測站的氣溫、相對溼度、風速及風向數據來進行參數分類，藉以探討不同特性的東北季風所造成迎風面及背風面的降雨差異。本研究所探討的四個地區及氣象測站位置如圖 5 所示。研究所蒐集之數據會以 Microsoft Excel 軟體進行統計分析及圖表製作。

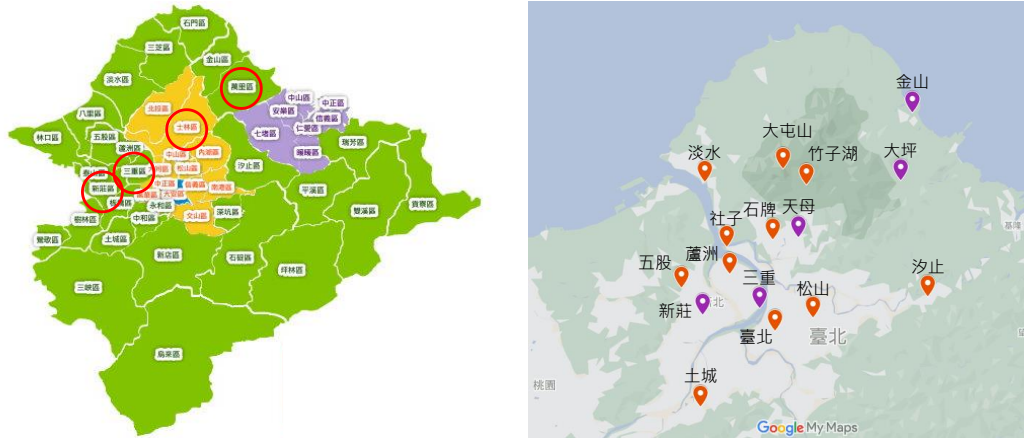


圖 5 左圖為大臺北地區行政地圖（取自國家教育研究院電子報），紅圈標註為本研究所探討區域。右圖為透過 Google Map 來標註大臺北地區中央氣象署主要氣象測站位置，紫色點為本研究所分析之氣象測站。

三、實驗模擬探究

本研究的第三階段為製作大屯山區模型及水氣流動模型來呈現東北季風帶來迎風面與背風面的降雨差異，實驗將進行東北季風在大屯山區山高差異、水氣差異和風速差異之探究。

大屯山區模型考量東北季風吹拂的角度約為 45 度，因此選取受東北季風影響區域作為本研究大屯山區模型設計範圍。為了方便大屯山區模型進行實驗操作，因此將地圖向右旋轉 45 度所得的地形圖之水平空間長寬比例來製作模型。受東北季風影響區域範圍約為長 30 公里、寬 12 公里的長方形區域，依據比例尺 50000：1 的比例，製作長 60 公分、寬 24 公分、高 40 公分透明壓克力箱來進行水氣通過山區實驗模擬，設計概念如圖 6 及圖 7 所示。研究中發現，如果東北季風風向偏北則氣流會經過大屯山區較高地勢的北側高山（約 1000 公尺），風向偏東氣流則會通過地勢相對較低的大屯山區山脈（約 500 公尺），因此以瓦楞紙板製作高山與低山模型基座，再以透明資料夾製作山坡，模擬東北季風風向差異所造成迎風面與背風面的降雨差異。圖 8 為詳細探討不同風向的東北季風通過大屯山區的比較圖。

水氣流動模型透過組合造霧水槽及小型風扇來模擬東北季風的水氣流動現象。本研究使用一個與兩個超音波造霧器來呈現東北季風的水氣少與水氣多，另外控制小型風扇低速與高速來表現東北季風的風力弱與風力強，以手持風速計量測小型風扇的低速風為 2.8 m/s、高速風為 5.4 m/s，兩個風速差異約為 2 倍。藉由這兩項實驗操縱變因，來探究東北季風水氣與風速差異所造成迎風面與背風面的降雨影響。最後，分別在高山組與低山組兩個透明資料夾模

擬的山坡上設置迎風面 A 點與背風面 B、C、D 點，其中以鐵尺量測水平高度為 21 公分來決定 A 點的位置，使用圓點貼紙與透明膠帶標示四點位置，再以等長度隱形膠帶貼上大小相同衛生紙來吸附水氣，藉以模擬東北季風在迎風面與背風面的降雨情況，如圖 9 所示。

依據山高差異、水氣差異和風速差異等三項變因，設計實驗分別為：**實驗 1 低山低水低風實驗、實驗 2 低山低水高風實驗、實驗 3 低山高水低風實驗、實驗 4 低山高水高風實驗、實驗 5 高山低水低風實驗、實驗 6 高山低水高風實驗、實驗 7 高山高水低風實驗、實驗 8 高山高水高風實驗**。實驗共計八組，每組實驗以計時器計時進行 15 分鐘，實驗前先將貼好隱形膠帶的各點衛生紙，以精度 0.1g 電子秤稱重並記錄。15 分鐘實驗後，再將各點吸附水氣後的衛生紙與黏貼其上的隱形膠帶以電子秤稱重並記錄，實驗過程中特別留意每次稱重前，須將電子秤擦乾再進行稱重，以避免實驗誤差。最後在實驗記錄表格中，計算 A、B、C、D 各點衛生紙實驗前後水氣增加的重量並記錄，實驗過程如圖 10 所示。

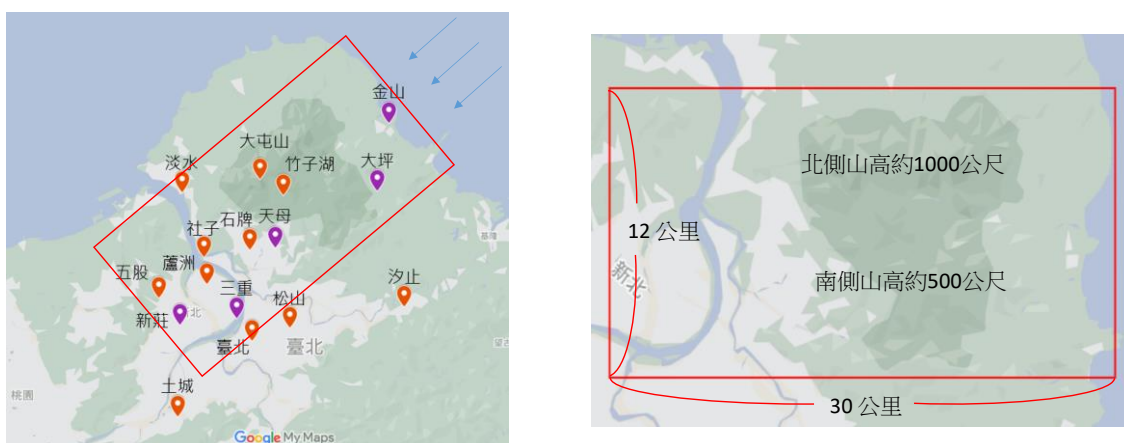


圖 6：左圖為大屯山區地圖其周圍氣象站位置，紫色點為本研究所探究之氣象站，由東北至西南依序為金山、大坪、天母、三重及新莊測站，紅色點為其他氣象測站。紅框為主要探討地區，也是山區模型設計的水平空間範圍。右圖為將地圖向右旋轉約 45 度所得的地圖，後續則根據此水平比例設計山區模型。

水氣通過山區實驗模型(壓克力箱設計)

前後片：
60cm * 40cm * 4mm (厚度)
上下片：
60cm * 24cm * 4mm (厚度)
備註：
前後片接合在上下片內，黏合後上下兩片的寬度維持 24cm，而整體高度會變成 40.8cm



圖 7：水氣通過山區實驗模型壓克力箱。

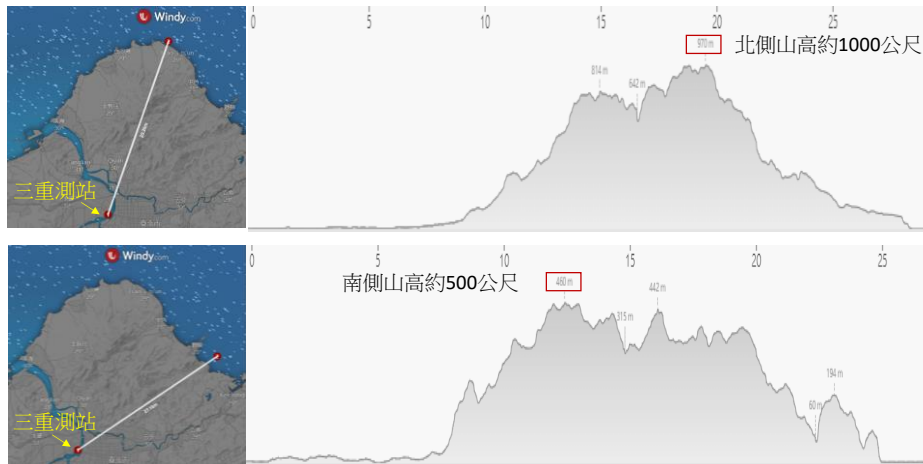


圖 8：不同風向角度東北季風通過大屯山區的高度比較圖。上圖為風向 30 度的地形高度剖面圖、下圖為風向 60 度的地形高度剖面。地形高度為 Windy 網頁提供圖資。

水氣通過山區實驗模型

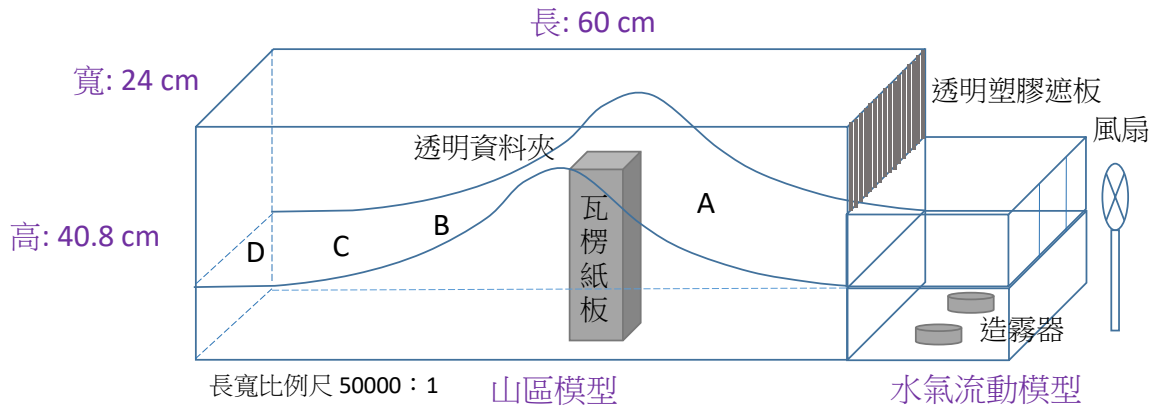
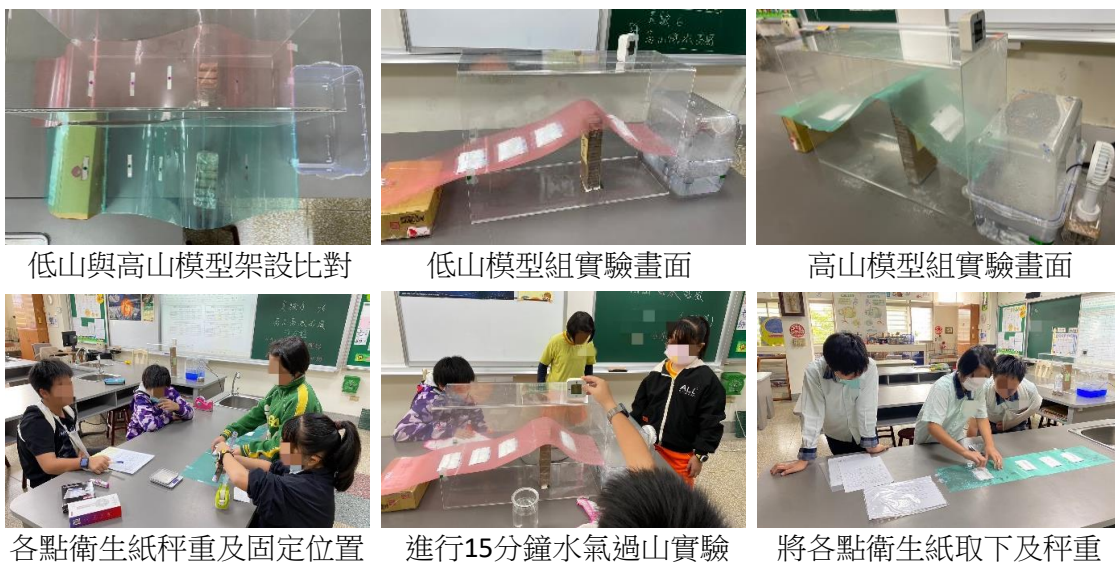


圖 9：水氣通過山區模型實驗概念圖。實驗模型主要由兩大部分組成，即山區模型與水氣流動模型。山區模型透過透明壓克力箱、山脈瓦楞紙板及透明資料夾組裝而成；水氣流動模型則透過造霧水槽及 5 吋電扇組裝完成。



各點衛生紙秤重及固定位置 進行15分鐘水氣過山實驗 將各點衛生紙取下及秤重

圖 10：水氣通過山區模型實驗流程。註：照片由第一指導老師拍攝。

肆、研究結果

一、迎風面及背風面地區雨量比較

本研究的待答問題一：**選取迎風面（萬里區）、背風面（士林區、三重區、新莊區），探討哪個地區的降雨量最少？**首先我們透過逐日的測站影像及測站資料進行分析，在為期 92 天的紀錄中，可以發現迎風面的萬里區通常是陰天及雨天，雨量也是最明顯的；而背風面的士林區、三重區、新莊區則是多為陰天或晴天，雨量相較於迎風面的萬里區明顯減少許多。

（一）2023 年 10 月 9 日為例：如圖 11 所示，該日背風面的士林區、三重區、新莊區三個地區的影像均呈現為雲層偏多的陰天天氣狀況，而迎風面的萬里區則呈現為烏雲密布的明顯下雨天氣狀況。日雨量在萬里區、士林區、三重區、新莊區則分別為 229.0 毫米、0.5 毫米、0.5 毫米及 0.5 毫米，迎風面與背風面呈現相當明顯的降雨差異，差異多達 228.5 毫米。除了雨量有明顯的差異外，迎風面的大坪測站氣溫最低為攝氏 21.7 度，背風面最高氣溫則是天母測站的攝氏 26.4 度，氣溫差為攝氏 4.7 度。溼度則是迎風面的大坪測站較高為 100%，背風面最低溼度是天母測站的 78%，溼度差為 22%。此外，推測可能因為大屯山區山勢走向與基隆河河道位置關係，風速最高為三重測站的 4.3 m/s，最低則為新莊測站的 1.2 m/s；在風向部分，大坪測站與新莊測站都是 29 度偏北北東風；三重測站是 88 度偏東風；天母測站是 134 度偏東南風。

（二）2023 年 10 月 4 日為例：如圖 12 所示，該日四個地區的影像均呈現為雲層密布且雨勢明顯的天氣狀況，日雨量在萬里區、士林區、三重區、新莊區則分別為 90.5 毫米、60.0 毫米、19.0 毫米及 22.0 毫米。除了雨量有明顯的差異外，氣溫在迎風面偏低、背風面則較高；溼度則是迎風面較高，背風面較低的現象；風速也是迎風面偏高、背風面偏低的情況；風向迎風面與背風面多為北風與東北風為主，其中天母測站為 12 度偏北風。整體而言，背風面的三個測站，氣象數據的差異並不大。

（三）雨量時間序列圖比較：如圖 13 所示。可以發現迎風面萬里區大坪測站的雨量是最多的，共計有 9 天雨量超過 100 毫米；而背風面的天母測站、三重測站以及新莊測站雨量都偏少，三個測站中天母測站只有 2 天的雨量超過 50 毫米，而三重測站與新莊測站則僅有 1 天的雨量超過 50 毫米。再進一步仔細比對逐月雨量較多的 5 日台灣地區累積降雨圖，發現大屯山

區背風側因為氣流沉降作用，累積降雨圖大多呈現藍色至橘色（雨量為 10~70 毫米）相較於北臺灣其它地區，例如北海岸一帶與新北桃園山區而言，大屯山區背風側降雨量都是最少的地區。如圖 14 所示。

（四）日雨量比較：分析比較四個地區逐月的平均日雨量長條圖，如圖 15 所示。從逐月的日平均雨量圖 15a、圖 15b、圖 15c 中發現 12 月份的雨量最多，而 11 月份雨量則最少；從迎風面與背風面的部分比較中，發現大坪測站雨量明顯高於其它三個背風面天母測站、三重測站以及新莊測站。若就 2023 年 10~12 月的平均日雨量圖 15d 長條圖比較中，可以發現三重測站的日平均雨量為最少，僅有 1.7 毫米，略低於新莊測站及天母測站的 1.8 毫米及 2.3 毫米，至於迎風面的大坪測站雨量為最多，高達 28.8 毫米，最高與最低的差異多達 17 倍。

（五）下雨天數比較：分析比較四個地區下雨天數的差別，本研究以日雨量超過 0.0 毫米當作判斷下雨天的標準，依此定義計算四個測站逐月的下雨天數，結果如圖 16 所示。可以發現，降雨天數與降雨量的結果大致吻合，以 10~12 月份的圖 16a、圖 16b、圖 16c 來說，四個測站最多下雨天數是在 10 月，最少是在 11 月；以迎風面及背風面區分比較，迎風面的大坪測站下雨天數明顯高於背風面的天母測站、三重測站以及新莊測站下雨天數。若就 2023 年 10~12 月的下雨天數圖 16d 長條圖比較中，可以發現迎風面的大坪測站有 61 日為下雨天，背風面的天母測站、三重測站及新莊測站則分別有 22 日、24 日及 26 日。這數據也顯示迎風面的下雨天數約為背風面下雨天數的 2.5 倍左右。

觀測時間	2023 年	10 月	9 日	記錄時間	2023 年	10 月	16 日
記錄員	黃○禎						
測站名稱	氣溫(°C)	相對溼度(%)	風速(m/s)	風向(360度)	降水量(mm)	天氣(晴陰雨)	
三重	25.7	86	4.3	88	0.5	陰	
新莊	25.3	86	1.2	29	0.5	陰	
天母	26.4	78	1.7	134	0.5	晴	
大坪	21.7	100	4.1	29	229.0	陰	




測站影像	三重	新莊	士林(天母)	萬里(大坪)
				

圖 11：2023 年 10 月 9 日觀測紀錄。紅色粗體字為各氣象參數中的極小或極大數值。
註：照片下載自環境部空氣品質監測網。

觀測時間	2023年	10月	4日	記錄時間	2023年	10月	12日
記錄員	陳○均						
測站名稱	氣溫(°C)	相對溼度(%)	風速(m/s)	風向(360度)	降水量(mm)	天氣(晴陰雨)	
三重	27.1	87	3.0	33	19.0	雨	
新莊	25.8	94	1.5	42	22.0	雨	
天母	27.4	80	3.0	12	60.0	雨	
大坪	23.5	98	5.3	30	90.5	雨	

測站影像

三重	新莊	士林(天母)	萬里(大坪)
			

圖 12：2023 年 10 月 4 日觀測紀錄。紅色粗體字為各氣象參數中的極小或極大數值。
註：照片下載自環境部空氣品質監測網。

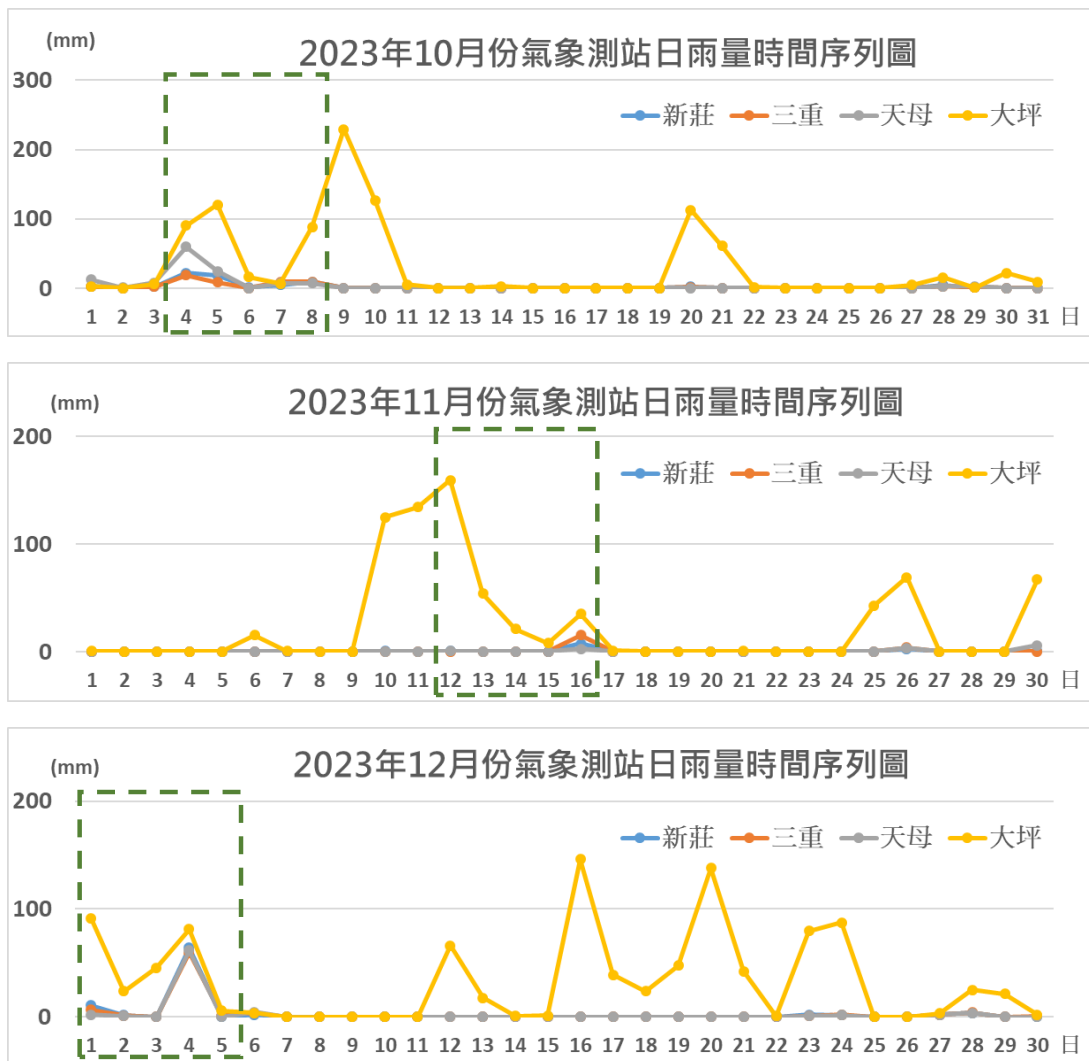


圖 13：2023 年 10~12 月氣象測站逐日雨量時間序列圖。綠框為各月降雨較明顯的期間。

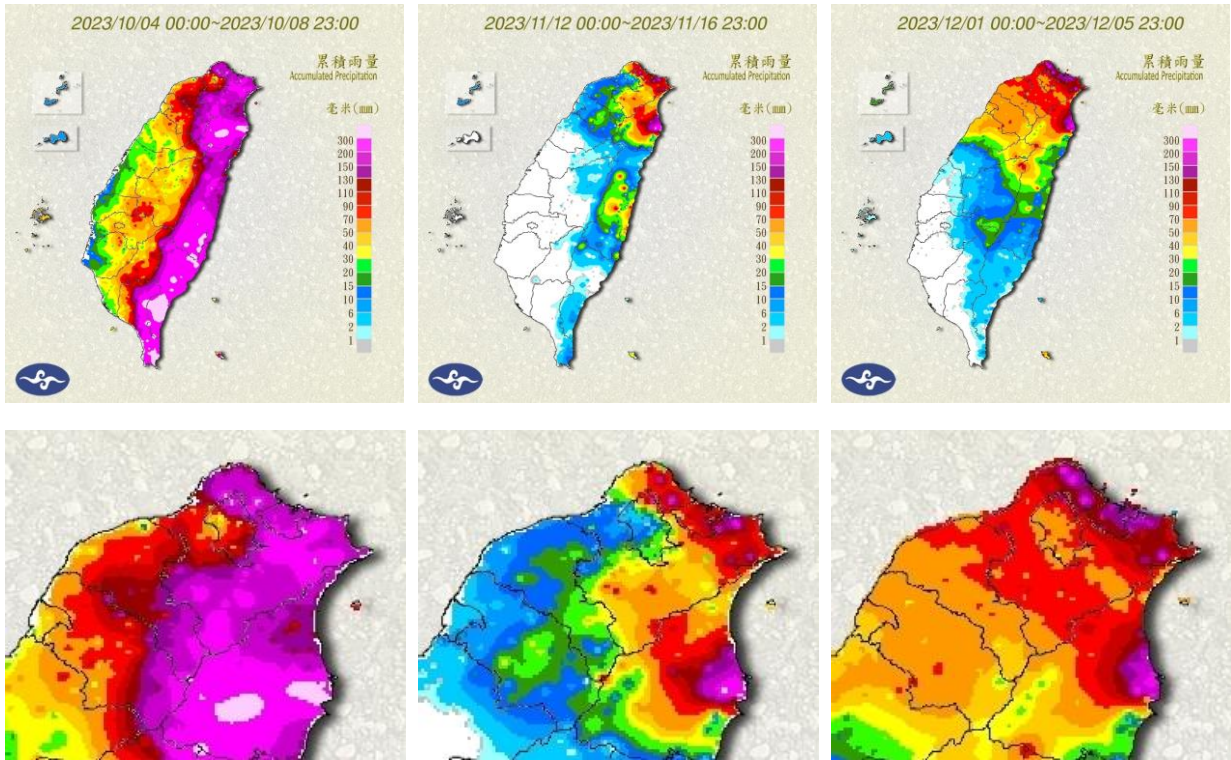


圖 14：上列為 2023 年 10~12 月氣象測站各月降雨較明顯的 5 日累積雨量圖，下列分別為其對應的北臺灣局部放大圖。註：圖片下載自大氣科學研究與應用資料庫。

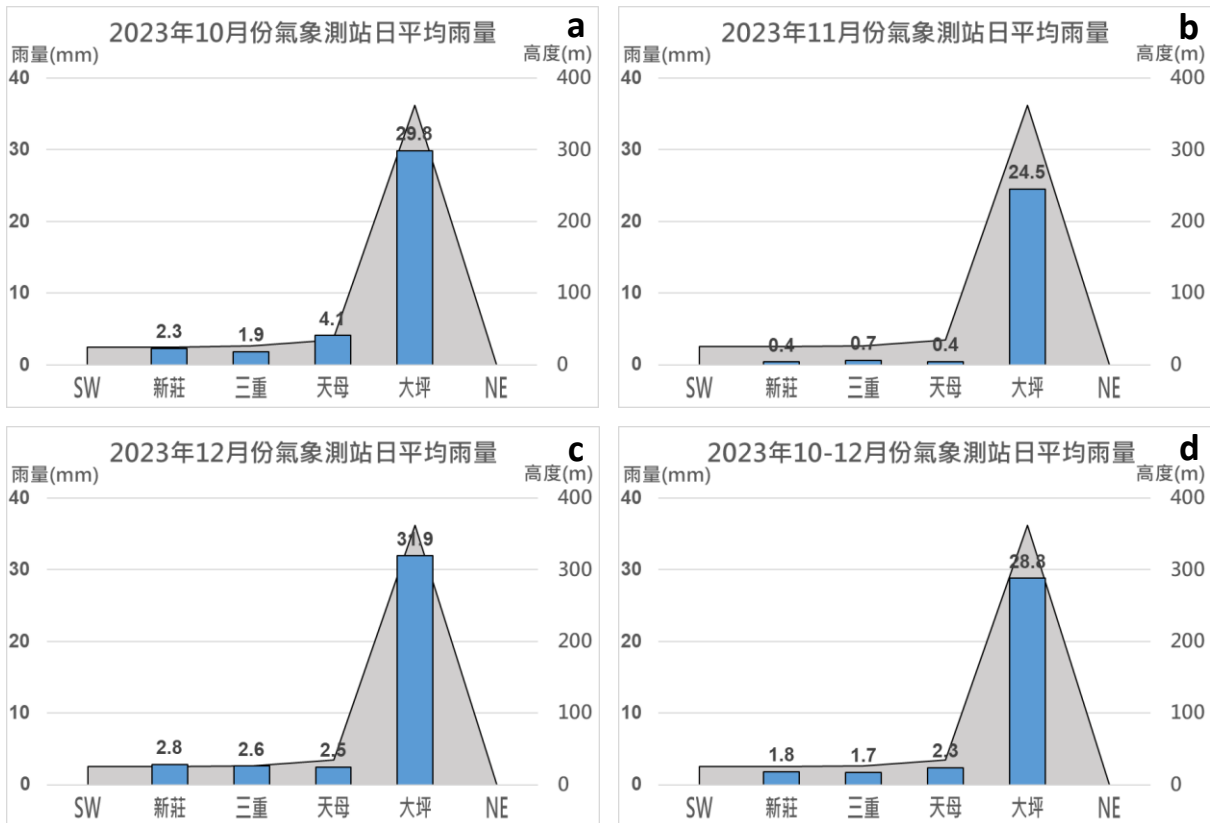


圖 15：2023 年 10 月、11 月、12 月及 10~12 月的氣象測站日平均雨量。

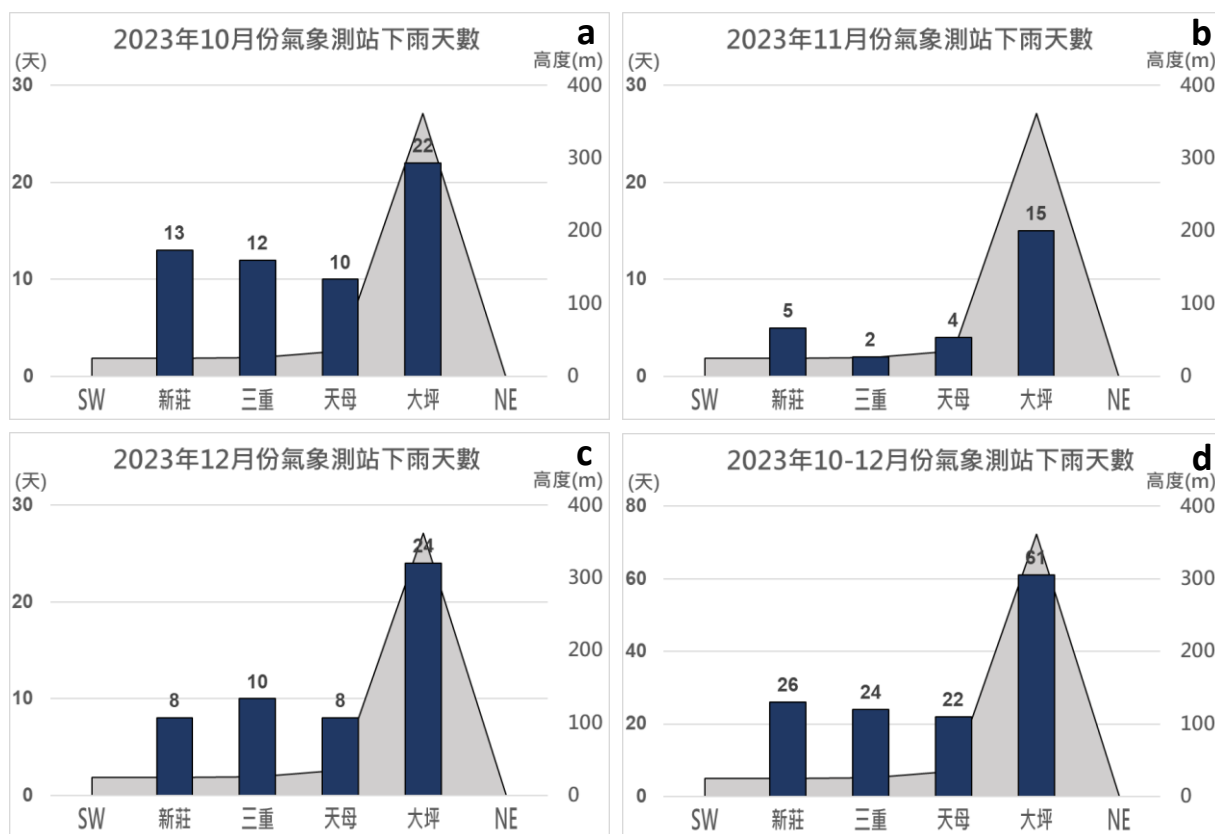


圖 16：2023 年 10 月、11 月、12 月及 10~12 月的氣象測站下雨天數。

二、地形遮蔽作用對其它氣象參數的影響

本研究的待答問題二：**除了降雨之外，地形遮蔽作用還會對哪些氣象參數產生影響？**延續上一節的分析步驟，我們進一步探討四個地區的其它氣象參數 2023 年 10~12 月的統計結果，包括平均氣溫、平均溼度、平均風速與平均風向，結果如圖 17 所示。

(一) **平均氣溫**：以平均氣溫氣象參數進行分析討論，發現在迎風面的大坪測站平均氣溫為攝氏 18.4 度，而背風面的天母測站平均氣溫為攝氏 22.4 度、三重測站平均氣溫為攝氏 22.4 度、新莊測站平均氣溫為攝氏 21.9 度。數據結果顯示迎風面的大坪測站平均氣溫，明顯低於背風面的其它三個測站平均氣溫，最高與最低平均氣溫相差攝氏 4.0 度，如圖 17a 所示。上述的統計結果與氣流過山的地形效應相吻合，當東北季風經過大屯山區，迎風面的氣流因地形抬升作用造成較多的雲霧及降雨，導致陽光無法加熱地表，形成氣溫較低的現象；而背風面的氣流因地形沉降的絕熱增溫作用造成雲霧消散，形成氣溫較高的現象。

(二) **平均溼度**：以平均溼度氣象參數進行分析討論，發現迎風面的大坪測站平均溼度為 92.4%，而背風面的天母測站平均溼度為 70.2%、三重測站平均溼度為 75.9%、新莊測站平均溼度為 73.7%。數據結果顯示迎風面的大坪測站平均溼度，明顯高於背風面的其它三個測站平均

溼度，其中又以天母測站平均溼度 70.2% 為最低，最高與最低平均溼度相差 22.2%。如圖 17b 所示。上述的統計結果差異也與氣流過山的地形效應相吻合，意即當東北季風經過大屯山區，迎風面的氣流因地形抬升作用造成溫度降低，水氣易達飽和，形成溼度較高的現象；而背風面的氣流因地形沉降的絕熱增溫作用使水氣不易飽和，形成溼度較低的現象。

(三) 平均風速：以平均風速氣象參數進行分析討論，迎風面的大坪測站平均風速為 2.3 m/s，而背風面的天母測站平均風速為 1.9 m/s、三重測站平均風速為 3.7 m/s、新莊測站平均風速為 1.5 m/s。數據結果顯示平均風速在迎風面測站與背風面測站之間的關聯性不高，其中又以三重測站的平均風速 3.7 m/s 為最高，其它三個測站的平均風速差異不大。

(四) 平均風向：以平均風向氣象參數進行分析討論，迎風面的大坪測站平均風向 48.1 度為偏東北風，而背風面的天母測站平均風向 85.4 度為偏東風、三重測站平均風向 81.5 度亦為偏東風、新莊測站平均風向 59.0 度則為偏東北東風。數據結果同樣顯示平均風向在迎風面測站與背風面測站之間較無關聯性，其中天母測站與三重測站的平均風向都是偏東風。

綜觀平均氣溫、平均溼度、平均風速與平均風向等四項氣象參數，發現東北季風在大屯山區的地形遮蔽作用下，迎風面大坪測站的平均氣溫與平均溼度，與背風面的天母測站、三重測站及新莊測站有明顯差異。至於平均風速與平均風向兩項氣象參數中，迎風面測站與背風面測站的關聯性不高。

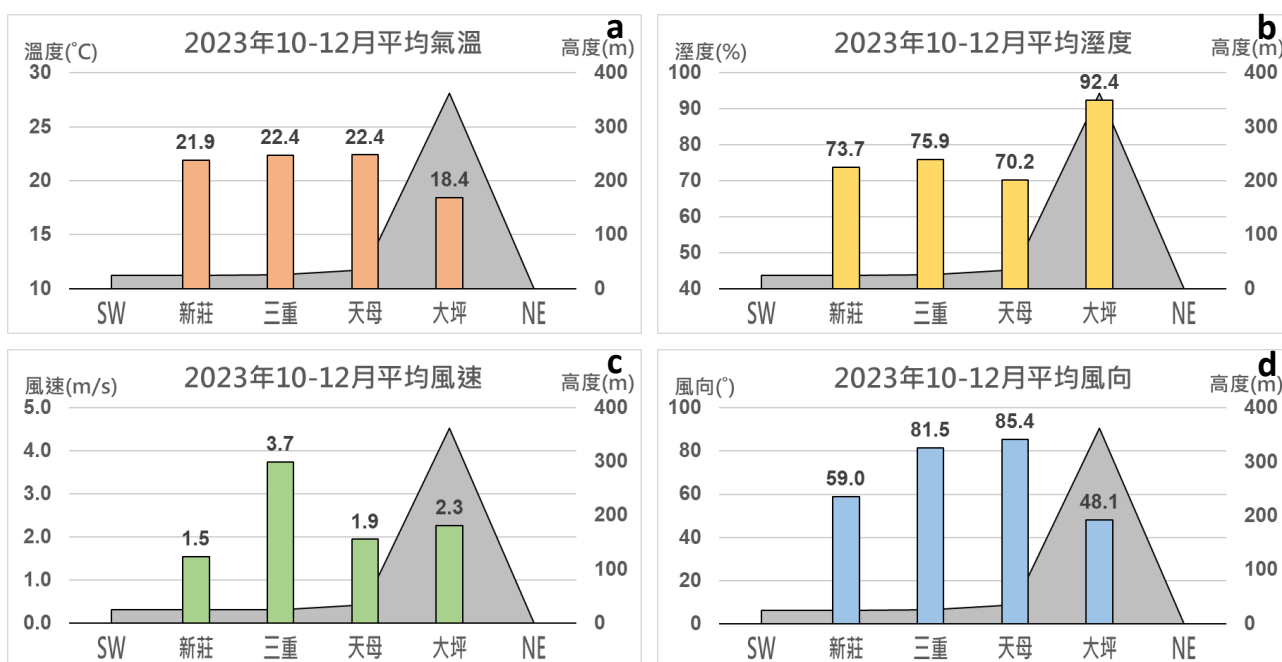


圖 17：2023 年 10~12 月的氣象測站平均氣溫、平均溼度、平均風速與平均風向圖。

三、長時間地形遮蔽作用的氣象資料分析

本研究的待答問題三：**分析長時間五年的氣象資料，探討東北季風對四個測站以及金山測站造成的氣象參數差異為何？**透過 2023 年 10~12 月的氣象資料分析結果，我們發現東北季風在迎風面與背風面的雨量、氣溫、溼度、風速、風向均有明顯差異，所以本階段進一步分析 2019~2023 年 10~12 月，共計 460 天的氣象資料數據，探討東北季風對四個測站以及金山測站造成的氣象參數差異。此階段特別納入東北季風進入陸地前緣的金山測站資料一同分析比較，結果如圖 18 所示。後續將依金山測站數據進行東北季風的特性分類及探討。

(一) **雨量比較**：以 2019~2023 年 10~12 月平均日雨量氣象參數進行分析討論，可以發現在迎風面的大坪測站平均日雨量 35.8 毫米為最高，同樣位於迎風面的金山測站平均日雨量 10.5 毫米次之，而背風面的天母測站和新莊測站平均日雨量都是 2.9 毫米，其中三重測站平均日雨量 2.2 毫米為最低（比「龜神效應」的士林區雨量更少）。數據結果顯示迎風面的大坪測站和金山測站平均日雨量，明顯高於背風面的其它三個測站平均日雨量，最高的大坪測站與最低的三重測站平均日雨量相差 33.6 毫米，如圖 18a 所示。

(二) **下雨天數比較**：分析 2019~2023 年 10~12 月平均下雨天數，數據中得知在迎風面的大坪測站平均下雨天數 66.0 天為最高，同樣位於迎風面的金山測站平均下雨天數 54.6 天次之，而背風面的天母測站平均下雨天數 30.0 天，新莊測站平均下雨天數 28.8 天，其中又以三重測站平均下雨天數 26.6 天為最低（比「龜神效應」的士林區下雨天數更少）。數據結果顯示迎風面的大坪測站和金山測站平均下雨天數，明顯高於背風面的其它三個測站平均下雨天數，最高的大坪測站與最低的三重測站平均下雨天數相差 39.4 天。如圖 18b 所示。

(三) **氣溫比較**：在五個氣象測站的平均氣溫數據長條圖中，分析比較發現在迎風面的大坪測站因地勢較高有氣流抬升作用，造成平均氣溫攝氏 18.1 度為最低，同樣位於迎風面的金山測站則因鄰近海岸邊無地形抬升作用，平均氣溫攝氏 20.4 度為次之；而背風面則因氣流沉降增溫作用影響，新莊測站平均氣溫攝氏 21.7 度，三重測站平均氣溫攝氏 21.9 度，其中則以天母測站平均氣溫攝氏 22.0 度為最高。數據結果顯示背風面的天母、三重、新莊測站平均氣溫，明顯高於迎風面的大坪與金山測站平均氣溫，最高的天母測站與最低的大坪測站平均氣溫相差攝氏 3.9 度。如圖 18c 所示。

(四) **溼度比較**：分析比較五個測站的平均溼度數據長條圖，發現各點測站也因地勢高低

與位置分布，而有氣流抬升降溫水氣易達飽和，與氣流沉降增溫水氣不易飽和的現象，造成迎風面溼度較高，背風面溼度較低的結果。迎風面的大坪測站平均溼度 92.6% 為最高，同樣位於迎風面的金山測站平均溼度 86.2% 次之；而背風面的新莊測站平均溼度 76.1%，三重測站平均溼度 78.9%，其中又以天母測站平均溼度 72.9% 為最低。數據結果顯示背風面的天母、三重、新莊測站平均溼度，明顯低於迎風面的大坪與金山測站平均溼度，最高的大坪測站與最低的天母測站平均溼度相差 19.7%。如圖 18d 所示。

（五）風速比較：在五個氣象測站的平均風速數據長條圖中，接續分析在迎風面的大坪測站平均風速為 2.9 m/s，同樣位於迎風面的金山測站平均風速則為 0.9 m/s；而背風面的天母測站平均風速為 2.1 m/s、三重測站平均風速為 3.9 m/s、新莊測站平均風速為 1.6 m/s。長時間五年的氣象資料數據結果與 2023 年單年氣象資料數據結果相似，相同的也發現平均風速在迎風面測站與背風面測站之間的關聯性不高，其中也以三重測站的平均風速 3.9 m/s 為最高，但以金山測站的平均風速 0.9 m/s 為最低，其它測站的平均風速因測站地理位置而略有不同。如圖 18e 所示。

（六）風向比較：以五個氣象測站的平均風向數據長條圖進行分析討論，在迎風面的大坪測站平均風向 41.3 度及金山測站平均風向 51.9 度均為偏東北風；而背風面的天母測站平均風向 90.9 度為偏東風、三重測站平均風向 84.2 度亦為偏東風、新莊測站平均風向 63.0 度則為偏東北東風。同樣的，數據結果顯示平均風向在迎風面測站與背風面測站之間較無關聯性，也與 2023 年單年之數據結果相似。如圖 18f 所示。

透過上述的平均風速及平均風向兩項數據統計結果，推測與大屯山區的山勢走向、基隆河位置分布以及測站設置地點有關。以平均風速數據統計結果來說，由於基隆河位於大屯山區的南側，東北季風會有部分氣流通過基隆河河谷到達三重地區，導致靠近淡水河河道的三重測站測得風速偏高與風向偏東風的特殊現象，相關地形及河道位置如圖 1 大臺北地區地形圖所示。此外，天母測站設置於三玉國小與新莊測站設置於榮富國小，兩個測站都設置在多高樓建築物的都會區，因此兩者平均風速都偏小，風向則受測站附近高樓建築物影響而不同。至於大坪測站則因設站位於迎風面海拔 362 公尺的山區，風速及風向也會受到其所在的山谷地形位置影響。而東北季風前緣的金山測站因為測站位置設置於獅頭山公園的背風側，因此風速明顯偏小許多。

綜觀 2019~2023 年 10~12 月的平均雨量、平均下雨天數、平均氣溫、平均溼度、平均風速與平均風向等六項氣象參數，發現大屯山區因地形遮蔽作用，造成東北季風在迎風面大坪測站及金山測站的平均雨量、平均下雨天數、平均氣溫與平均溼度等四項氣象參數，與背風面的天母測站、三重測站及新莊測站有著明顯差異。在本研究五個測站的數據結果分析中，發現東北季風因大屯山區山脈走向、基隆河河道位置與測站設置地點空曠與否等條件的影響下，導致迎風面測站與背風面測站在平均風速與平均風向兩項氣象參數之間的關聯性不高。

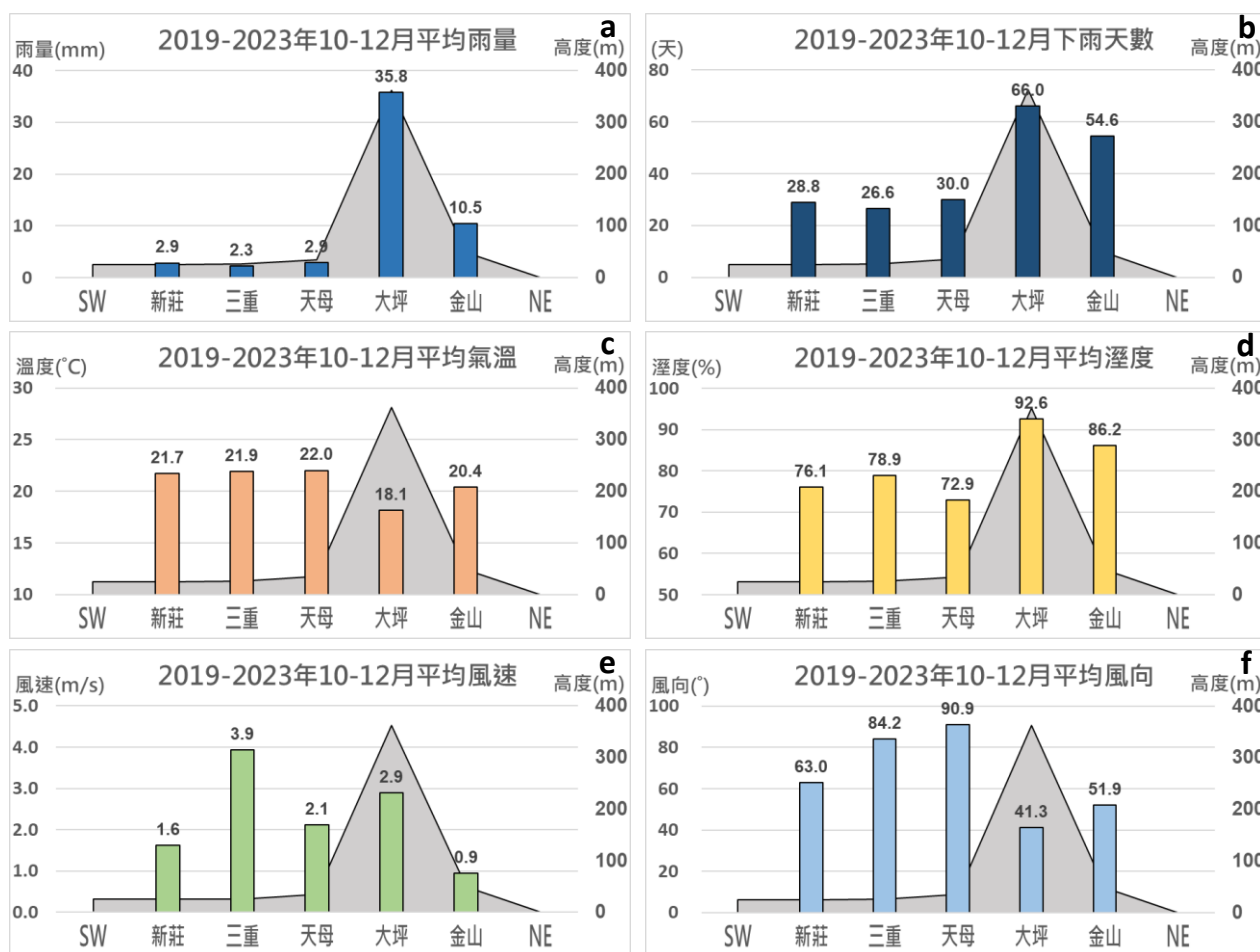


圖 18：2019~2023 年 10~12 月五個氣象測站的平均雨量、平均下雨天數、平均氣溫、平均溼度、平均風速與平均風向圖。

四、不同東北季風特性在迎風面與背風面的降雨差異分析

本研究的待答問題四：**採用東北季風迎風面前緣（金山測站）的氣象參數為特性分類依據，進一步比較不同東北季風特性在迎風面與背風面的降雨差異為何？**本階段將進行 2019~2023 年 10~12 月，共計 460 天的氣象資料數據，依金山測站數據進行東北季風的特性分類，深入探討東北季風的不同特性對本研究四個測站造成的降雨差異。根據金山測站 460 天的逐日氣溫、溼度、風速及風向等四項資料數據，再依總天數劃分約三等份，作為四項參數

區分成三類的標準，依此分類原則，三種氣溫分類為： $< 19^{\circ}\text{C}$ 、 $19\sim 22^{\circ}\text{C}$ 、 $> 22^{\circ}\text{C}$ ；三種溼度分類為： $< 82\%$ 、 $82\sim 92\%$ 、 $> 92\%$ ；三種風速分類為： $< 0.6\text{ m/s}$ 、 $0.6\sim 1.2\text{ m/s}$ 、 $> 1.2\text{ m/s}$ ；三種風向分類為： $< 30^{\circ}$ 、 $30\sim 60^{\circ}$ 、 $> 60^{\circ}$ 。依據此分類方式進行分析，所計算的四個測站與金山測站平均日雨量差異比較結果，如圖 19 所示。

(一)氣溫分類：依據金山測站氣溫分類比較四個測站降雨差異，其中氣溫 $< 19^{\circ}\text{C}$ 有 159 天、氣溫 $19\sim 22^{\circ}\text{C}$ 有 125 天、氣溫 $> 22^{\circ}\text{C}$ 有 176 天等三種氣溫分類。從氣溫分類平均日雨量長條圖發現，迎風面的大坪測站因地勢較高，氣流抬升讓水氣容易飽和降雨，所以三種氣溫分類的降雨量都高於同樣位處於迎風面的金山測站；而背風面的天母測站、三重測站及新莊測站三種氣溫分類降雨量明顯低於大坪測站，也低於海拔高度相當的迎風面金山測站。圖中也發現迎風面的大坪測站與金山測站在溫度分類分析中，雨量與東北季風前緣氣溫（金山測站）成反比；而在背風面的天母測站、三重測站及新莊測站，雨量與東北季風前緣氣溫關係不明顯。此分析結果也顯示大氣環境中氣溫越低則水氣易飽和凝結致雨的現象。如圖 19a 所示。

(二)溼度分類：依據金山測站溼度分類比較四個測站降雨差異，其中溼度 $< 82\%$ 有 137 天、溼度 $82\sim 92\%$ 有 154 天、溼度 $> 92\%$ 有 169 天等三種溼度分類。從溼度分類平均日雨量長條圖發現，由於大氣環境中溼度越高越容易形成降雨，所以在迎風面與背風面五個氣象測站，呈現溼度 $> 92\%$ 分類中的降雨量，明顯高於溼度 $82\sim 92\%$ 以及溼度 $< 82\%$ 兩種分類的降雨量。也發現在三種溼度分類中，迎風面測站的降雨量同樣明顯高於背風面的降雨量。此外，由於大坪測站地勢較高，氣流受地形抬升水氣易凝結致雨，因此大坪測站降雨量在溼度分類中，高於同處於迎風面的金山測站。而背風面的三個測站因大屯山區地形遮蔽，造成氣流沉降不易降雨，所以背風面三個測站降雨量在溼度分類中，皆低於迎風面的金山測站。如圖 19b 所示。

(三)風速分類：依據金山測站風速分類比較四個測站降雨差異，其中風速 $< 0.6\text{ m/s}$ 有 154 天、風速 $0.6\sim 1.2\text{ m/s}$ 有 147 天、風速 $> 1.2\text{ m/s}$ 有 159 天等三種風速分類。從風速分類平均日雨量長條圖發現，由於東北季風風速越強，強勁的東北季風越容易帶來更多水氣，經過大屯山區形成降雨，所以在迎風面與背風面五個氣象測站，呈現風速 $> 1.2\text{ m/s}$ 分類中的降雨量，明顯高於風速 $0.6\sim 1.2\text{ m/s}$ 以及風速 $< 0.6\text{ m/s}$ 兩種分類的降雨量。又發現在三種風速分類中，迎風面測站的降雨量同樣明顯高於背風面的降雨量。此外，也因為大坪測站地勢較高，氣流受地形抬升作用，使得大坪測站降雨量在風速分類中，高於同處於迎風面低海拔的金山測站。而背

風面的三個測站也因地形遮蔽作用，所以背風面三個測站降雨量在風速分類中，皆低於迎風面的金山測站。如圖 19c 所示。

(四) 風向分類：依據金山測站風向分類比較四個測站降雨差異，其中風向分類區分為：風向 $< 30^\circ$ 有 133 天、風向 $30\sim 60^\circ$ 有 183 天、風向 $> 60^\circ$ 有 144 天等三種風向分類。從風向分類平均日雨量長條圖中發現，由於大屯山區東北側山脈走向與東北季風風向垂直，所以偏東北方向的東北季風越容易攔截更多水氣，讓大屯山區迎風面降雨明顯；相反的，若非偏東北方向的東北季風，則無法在迎風面形成明顯降雨。圖中數據顯示在迎風面的大坪測站與金山測站，呈現風向 $30\sim 60^\circ$ （偏東北）分類中的降雨量，明顯高於風向 $< 30^\circ$ 以及風向 $> 60^\circ$ 兩種分類的降雨量。上述中由於迎風面的金山測站地勢較低無地形抬升作用，所以使得金山測站降雨量在三種風向分類中，都低於同處於迎風面地勢較高的大坪測站。至於在背風面天母測站、三重測站及新莊測站分析中，則因為偏東方向的東北季風，會通過大屯山區南方較低的山勢，背風沉降作用較小；而偏北方向的東北季風，會通過大屯山區北方較高的山勢，背風沉降作用較大，所以在背風面的三個測站則是呈現風向 $> 60^\circ$ （偏東）分類的降雨量最多，而風向 $< 30^\circ$ 分類的降雨量為最少。如圖 19d 所示。

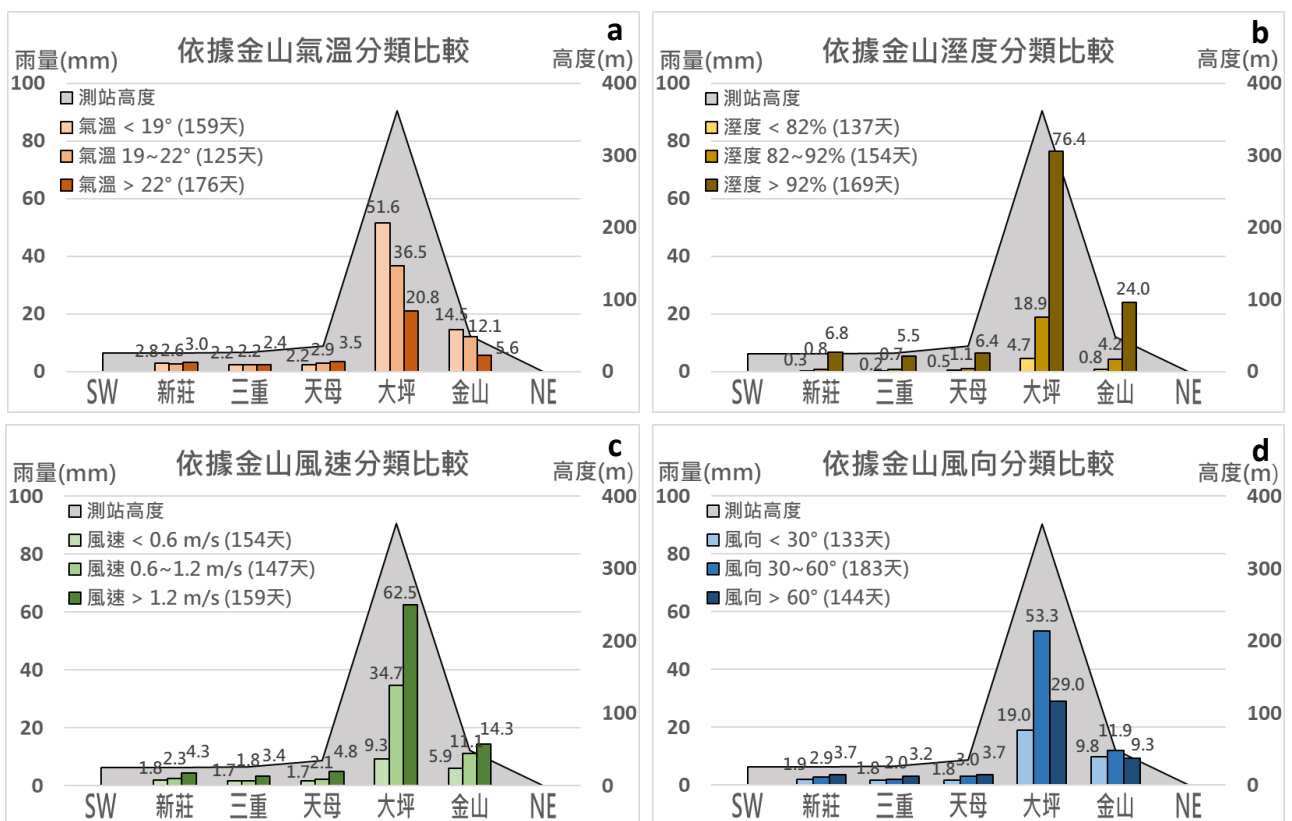


圖 19：2019~2023 年 10~12 月不同東北季風特性在迎風面與背風面的降雨差異分析。

五、透過水氣通過山區模型實驗呈現地形遮蔽作用

本研究的待答問題五：**可否透過水氣通過山區模型實驗，呈現東北季風通過大屯山區地形遮蔽作用所造成的降雨差異？**研究第三部分試著以水氣通過山區模型進行實驗探究，實驗透過大屯山區模型及水氣流動模型，呈現東北季風帶來迎風面與背風面的降雨差異，模型製作概念與方法詳見第三章之研究過程與方法說明，如圖 6、圖 7、圖 8、圖 9 所示。本研究依據上節待答問題四的分析結果，依不同東北季風特性（金山測站風向、溼度、風速三種氣象參數分類）來設計山高差異、水氣差異和風速差異等三項變因。每項變因以高與低兩種來進行模擬比較，山高差異分為高山與低山（以瓦楞紙板製成高低山基座，並以紅綠兩色塑膠資料夾製成山坡底板）；水氣差異分為高水與低水（超音波造霧器兩個與一個）；風速差異分為高風與低風（5 吋風扇高速 5.4 m/s 與低速 2.8 m/s）。八組設計實驗分別為：實驗 1 低山低水低風實驗、實驗 2 低山低水高風實驗、實驗 3 低山高水低風實驗、實驗 4 低山高水高風實驗、實驗 5 高山低水低風實驗、實驗 6 高山低水高風實驗、實驗 7 高山高水低風實驗、實驗 8 高山高水高風實驗。

（一）**實驗操作**：實驗模型主要由兩大部分組成，即山區模型與水氣流動模型。山區模型透過透明壓克力箱、山脈瓦楞紙板及山坡透明資料夾組裝而成；水氣流動模型則透過造霧水槽及 5 吋電扇組裝完成，如圖 9 所示。每組實驗前依據不同的變因進行模型架設，並在模擬山坡的透明資料夾上設置迎風面 A 點與背風面 B、C、D 點，A 點代表大坪測站、B 點代表天母測站、C 點代表三重測站、D 點代表新莊測站。每組實驗進行 15 分鐘，實驗前先黏貼兩條隱形膠帶於各點衛生紙上下方，再以精度 0.1g 電子秤稱重並記錄，接著固定於四個代表點上。實驗時啟動超音波造霧器與風扇進行實驗，並使用計時器進行計時。實驗結束後，再將各點吸附水氣的衛生紙與隱形膠帶取下，最後再以電子秤稱重並做記錄，特別留意實驗的每次稱重前，須將電子秤擦乾以減少實驗誤差。最後在實驗記錄表格中，計算出 A、B、C、D 各點衛生紙實驗前後水氣增加的重量並記錄，實驗過程如圖 10 所示。由於本研究使用的電子秤的稱重精度為 0.1 公克，所以水氣重量紀錄取至小數點後一位，單位為公克，八組的詳細實驗數據紀錄如圖 20 所示。

（二）**實驗結果**：透過水氣通過山區模型實驗數據結果，我們發現在迎風面的 A 點的攔截水氣量明顯高於背風面 B、C、D 點的攔截水氣量，透過實驗可以呈現東北季風通過大屯山區

地形遮蔽作用所造成的降雨差異。實驗 1 中迎風面 A 點水氣攔截重量為 2.4 g 比背風面 B、C、D 點平均水氣攔截重量 0.2 g 增加 2.2 g；實驗 2 迎風面 A 點水氣攔截重量為 2.9 g 比背風面 B、C、D 點平均水氣攔截重量 0.1 g 增加 2.8 g；實驗 3 迎風面 A 點水氣攔截重量為 2.8 g 比背風面 B、C、D 點平均水氣攔截重量 0.1 g 增加 2.7 g；實驗 4 迎風面 A 點水氣攔截重量為 3.4 g 比背風面 B、C、D 點平均水氣攔截重量 0.2 g 增加 3.2 g；實驗 5 迎風面 A 點水氣攔截重量為 4.1 g 比背風面 B、C、D 點平均水氣攔截重量 0.1 g 增加 4.0 g；實驗 6 迎風面 A 點水氣攔截重量為 6.5 g 比背風面 B、C、D 點平均水氣攔截重量 0.0 g 增加 6.5 g；實驗 7 迎風面 A 點水氣攔截重量為 4.6 g 比背風面 B、C、D 點平均水氣攔截重量 0.0 g 增加 4.6 g；實驗 8 迎風面 A 點水氣攔截重量為 6.9 g 比背風面 B、C、D 點平均水氣攔截重量 0.0 g 增加 6.9 g。

112/11/16				
實驗 1：低山低水低風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.8 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	3.2 g	1.1 g	1.0 g	0.9 g
增加重量	2.4 g	0.3 g	0.2 g	0.1 g

112/11/20				
實驗 2：低山低水高風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.8 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	3.7 g	1.0 g	0.9 g	0.9 g
增加重量	2.9 g	0.2 g	0.1 g	0.1 g

112/11/17				
實驗 3：低山高水低風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.7 g	0.7 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	3.5 g	0.9 g	0.9 g	0.8 g
增加重量	2.8 g	0.2 g	0.1 g	0.0 g

112/11/17				
實驗 4：低山高水高風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.8 g	0.7 g	0.8 g	0.7 g
實驗後秤重	4.2 g	1.1 g	0.9 g	0.8 g
增加重量	3.4 g	0.4 g	0.1 g	0.1 g

112/11/16				
實驗 5：高山低水低風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.7 g	0.8 g	0.8 g	0.7 g
實驗後秤重	4.8 g	0.9 g	0.9 g	0.9 g
增加重量	4.1 g	0.1 g	0.1 g	0.2 g

112/11/20				
實驗 6：高山低水高風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.8 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	7.3 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
增加重量	6.5 g	0.0 g	0.0 g	0.0 g

112/11/17				
實驗 7：高山高水低風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.7 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	5.3 g	0.8 g	0.8 g	0.9 g
增加重量	4.6 g	0.0 g	0.0 g	0.1 g

112/11/17				
實驗 8：高山高水高風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.8 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	7.7 g	0.8 g	0.8 g	0.9 g
增加重量	6.9 g	0.0 g	0.0 g	0.1 g

圖 20：水氣通過山區模型實驗紀錄。

六、探討實驗三項變因對迎風面與背風面地性遮蔽作用的影響

本研究的待答問題六：**透過設計模擬實驗，探討三項變因差異（山高、水氣、風速）對迎風面與背風面地形遮蔽作用的影響為何？**八組實驗紀錄數據透過 Microsoft Excel 進行繪圖分析比較，結果如圖 21 所示。從低山與高山實驗組水氣攔截重量比較圖中，發現八組實驗結果的迎風面 A 點水氣攔截重量，都明顯高於背風面 B、C、D 點的水氣攔截重量。以下將分別討論三項變因差異的相關比較。

（一）山高變因：探討山高差異變因的結果分析比較，發現高山組的四個實驗中，迎風面的 A 點水氣攔截重量，均明顯高於低山組的四個實驗迎風面 A 點的水氣攔截重量。其中實驗 5 比實驗 1 多 1.7 g；實驗 6 比實驗 2 多 3.6 g；實驗 7 比實驗 3 多 1.8 g；實驗 8 比實驗 4 多 3.5 g。顯示山高差異的變因對迎風面的水氣攔截有較大的影響。至於高山組四個實驗背風面 B、C、D 點的水氣攔截重量則呈現略低於低山組的四個實驗的水氣攔截重量。其中 B 點的差異性最大，實驗 5 比實驗 1 少 0.2 g；實驗 6 比實驗 2 少 0.2 g；實驗 7 比實驗 3 少 0.2 g；實驗 8 比實驗 4 少 0.4 g。代表山高差異的變因對背風面的水氣攔截也有些微的影響。此實驗數據結果也與待答問題四中依據金山測站風向分類的五年氣象資料所得到的結果一致（如圖 19d 所示），意即當東北季風風向偏北時，氣流會越過大屯山區北側較高的山勢，造成背風面的雨量會略低於東北季風向偏東北方向或偏東方向的背風面雨量。

（二）水氣變因：探討水氣差異變因的結果分析比較，發現高水組的四個實驗中，迎風面的 A 點水氣攔截重量，均高於低水組的四個實驗迎風面 A 點的水氣攔截重量。其中實驗 3 比實驗 1 多 0.4 g；實驗 4 比實驗 2 多 0.5 g；實驗 7 比實驗 5 多 0.5 g；實驗 8 比實驗 6 多 0.4 g。顯示水氣差異的變因對迎風面的水氣攔截有影響。至於高水組四個實驗背風面 B、C、D 點的水氣攔截重量與低水組四個實驗的水氣攔截重量差異並不大。以 B 點為例來說，實驗 3 比實驗 1 少 0.1 g；實驗 4 比實驗 2 多 0.2 g；實驗 7 比實驗 5 少 0.1 g；實驗 8 與實驗 6 無差異。代表水氣差異變因對背風面的水氣攔截較無關聯性。

（三）風速變因：探討風速差異變因的結果分析比較，發現高風組的四個實驗中，迎風面的 A 點水氣攔截重量，均高於低風組的四個實驗迎風面 A 點的水氣攔截重量。其中實驗 2 比實驗 1 多 0.5 g；實驗 4 比實驗 3 多 0.6 g；實驗 6 比實驗 5 多 2.4 g；實驗 8 比實驗 7 多 2.3 g。顯示風速差異的變因對迎風面的水氣攔截有影響，其中又以高山組的四組實驗（實驗 5、6、

7、8) 的差異更為明顯。至於高風組四個實驗背風面 B、C、D 點的水氣攔截重量與低風組四個實驗的水氣攔截重量差異並不大。以 B 點為例來說，實驗 2 比實驗 1 少 0.1 g；實驗 4 比實驗 3 多 0.2 g；實驗 6 比實驗 5 少 0.1 g；實驗 8 與實驗 7 無差別。同樣的，結果顯示風速差異變因對背風面的水氣攔截較無系統性差別。

透過以上模型實驗三項變因差異的數據分析比較，我們發現在山區模型的地形遮蔽作用下，迎風面 A 點的水氣攔截量明顯高於背風面 B、C、D 點的水氣攔截量。此外，迎風面 A 點的水氣攔截量部分，受山高差異變因影響較顯著，受水氣差異變因影響較小，也受風速差異變因影響，但以高山組差異較為明顯。另外，在背風面 B、C、D 點的水氣攔截量部分，受山高差異變因影響，但在水氣差異變因及風速差異變因上則關聯性較低。

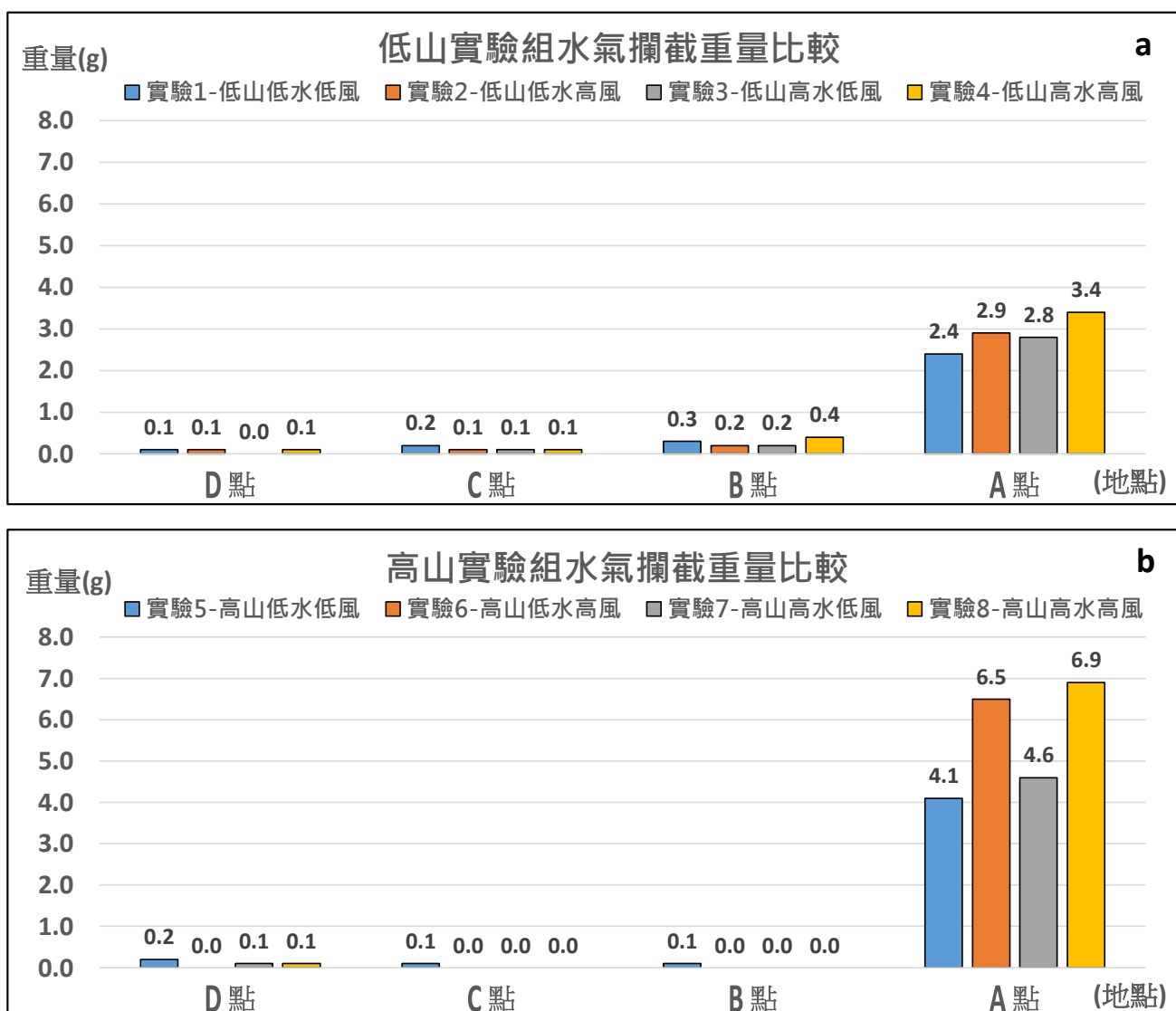


圖 21：低山與高山實驗組水氣攔截重量比較圖。

伍、討論

一、測站取點的相關問題

本研究採用環境部空氣品質監測站的影像，來觀察四個研究地區的天氣情況，而氣象資料的分析比較，則使用氣象署的四個氣象測站資料，由於兩個單位的測站地點並不一致，特別是萬里區的影像測站鄰近海岸，而大坪氣象測站則設置在海拔 362 公尺的山麓，因此有時雖然即時影像是晴朗天氣，但是日累積雨量資料卻有降雨數據的情況出現。不過，由於即時影像紀錄的目的是輔助四個地區的天氣狀況觀察比較，這樣的不一致紀錄，並不會對氣象資料數據分析造成太大的影響。

關於測站取點方面，本研究選取東北季風進入陸地第一站迎風面的金山測站，但因測站位置在獅頭山後方，有風速數據較弱的現象，後續研究可選取在東北季風前緣又位處離島的基隆市彭佳嶼測站為東北季風特性分類依據，藉以呈現較合理的東北季風風速。關於背風面測站取點方面，由於研究動機是以學生所居住的三重地區出發，因此以三重區為中心，朝東北方再選取士林區，以及朝西南方選取新莊區，共計三個大屯山區背風面的區域進行研究。未來可進一步探討更多大屯山區背風面的北投區、蘆洲區、土城區等區域的測站資料分析，藉以更全面探究東北季風地形遮蔽效應在整個臺北盆地的降雨分布情況。

二、水氣攔截實驗與實際降雨過程的差異

本研究想藉由實驗模型來呈現地形迎風面與背風面的降雨差異。雖然目前研究可呈現類似觀測上的差異，然而東北季風在大屯山區的降雨現象，主要是暖雲過程中水滴在氣流受地形抬升達飽和後，由很多小水滴碰撞合併成大水滴，再降落到地面的過程。此暖雲降雨原理與模型實驗中，由超音波造霧器產生的飽和小霧滴，直接被衛生紙吸附的作用是不太一樣的。此外，實驗中的山坡模型高度只有 30 公分，這樣的氣流抬升只能造成 0.00195 度的絕熱膨脹降溫，也與實際大屯山區有 1000 公尺高，地形抬升產生 6.5 度的絕熱膨脹降溫有很大的差異。儘管有這樣的差別，我們的模型實驗結果，確實能呈現在迎風面能聚集較多水氣，而背風面則不利水氣匯聚的現象，也能展現東北季風在水氣越多與風速越強情形下，則會帶來顯著降雨的天氣現象。

三、水氣通過山區模型實驗的改進過程

我們在初期進行模型實驗時遇到兩項問題：1.水氣在高山組 A 點前方會明顯回彈逸散。

2.高山組與低山組的 A 點水平高度位置不一樣。這兩個問題導致實驗 5~8 高山組 A 點攔截的水量，低於實驗 1~4 低山組，進而造成實驗數據無法呈現在高風變因或高山實驗組中，A 點應該攔截水氣量多的結果。因此，實驗後期重新調整模型架構來解決上述兩個問題，1.加裝透明壓克力箱前方的透明塑膠遮板，避免水氣回彈逸散現象（如圖 9 所示）。2.分別製作高山組與低山組的山坡底板（分別為紅綠兩色），並在兩個山坡底板上方個別標註 A、B、C、D 點的位置，讓兩組底板迎風面 A 點的水平高度一致（21 公分高）來進行實驗。

除此之外，關於實驗器材電子秤部分，目前實驗使用精度為 0.1g 的電子秤來進行秤重，但在多組實驗中，呈現背風面攔截水氣重量差異只有 0.1g 或者數據相同。為了能更精細比較背風面 B、C、D 點的數據差異，後續研究可使用高精度 0.01g 的電子秤來進行實驗秤重。

四、水氣通過山區模型實驗後續可探究的議題

本研究模型模擬實驗，是以簡單山坡模型來進行迎風面與背風面的降雨差異，但大屯山區是呈現「凹」型式的地形分布特徵，鄭與游（2014）的三年冬季 18 個東北季風降水個案研究及 Yu et al. (2022)的電腦數值模擬研究中顯示，當東北季風風向為 45°時，山谷處會因為南北氣流匯聚，造成雨量偏多的現象，如圖 22 中 V 點所示。因此後續的未來研究構想，可設計更貼近實際地貌的立體大屯山區模型，來進行更多地形降雨的實驗探究。除此之外，鄭與游（2014）研究總累積雨量分布圖中也顯示 S1 點（大坪測站）為東北季風期間雨量最多的測站地點，與本研究五年的統計數據一致。

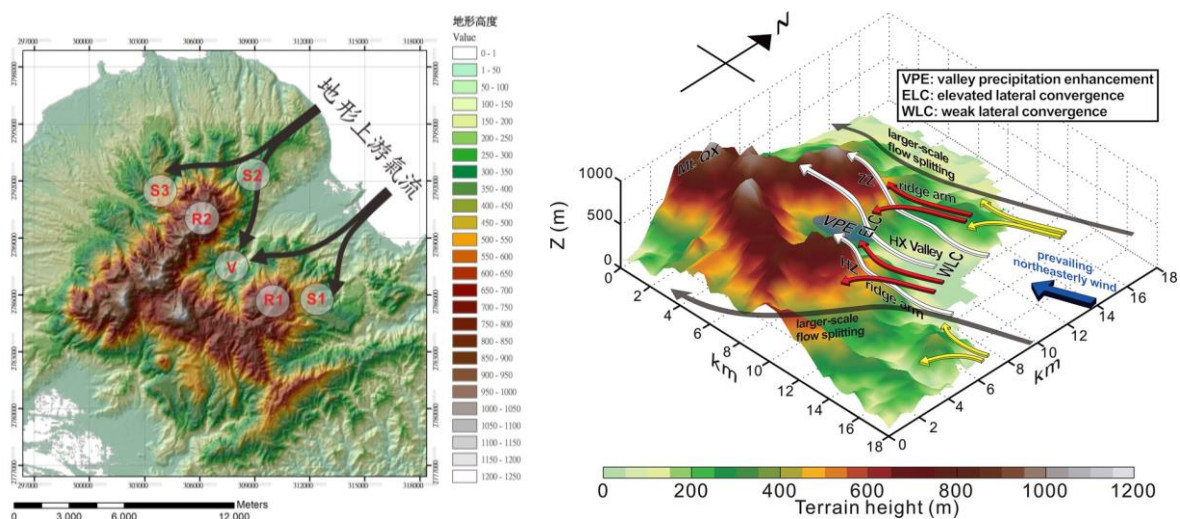


圖 22：大屯山區強降水區域示意圖，左圖引用自鄭與游（2014），右圖引用自 Yu et al. (2022)。左圖 R1 及 R2 代表山頂區域，S1、S2 及 S3 代表斜坡區域，V 代表山谷區域，箭頭表示地形上游氣流接近地形之特徵。右圖灰、黃、紅箭頭為東北季風不同高度的繞山氣流，白色箭頭為過山氣流。註：其中 S1 也是本研究中的大坪測站。

陸、結論

秋冬時節每當東北季風增強時，常常為北部地區帶來低溫多雨的天氣，但是我們發現所居住的新北市三重區，雖然天氣轉涼雲層增厚，但往往整日無雨或是雨勢不大，我們好奇想知道其中的原因。老師說新聞曾報導士林北投地區有「龜神效應」趣聞，但是其科學概念來自於大屯山脈對東北季風造成地形遮蔽所形成的雨影現象(Rain shadow)，老師鼓勵我們可以進一步探究我們所居住的三重地區此天氣現象是否存在。我們以大屯山區東北季風降雨主題進行科學探究，研究步驟分為三階段：1.觀察並記錄 2023 年 10~12 月大屯山區迎風面與背風面的測站影像及氣象資料。2.蒐集並分析過去五年大屯山區迎風面與背風面的氣象參數特性。3.製作水氣通過山區模型，進行山高、水氣和風速差異的模擬實驗。研究結果如下：

- 一、2023 年 10~12 月共計 92 天的紀錄裡，在選取迎風面（萬里區）、背風面（士林區、三重區、新莊區）等四個地區中，降雨量最少的是背風面的三重區，三重測站測得的日平均雨量為 1.7 毫米；而降雨量最多的是迎風面的萬里區，大坪測站測得的日平均雨量為 28.8 毫米，最高與最低的差異多達 17 倍。
- 二、地形遮蔽作用會影響東北季風在迎風面與背風面的降雨量及下雨天數，而在氣溫、溼度兩項氣象參數中，迎風面與背風面有明顯差異，至於風速與風向兩項氣象參數中，迎風面與背風面的關聯性不高。
- 三、2019~2023 年 10~12 月共計 460 天的紀錄中，發現東北季風因大屯山區地形遮蔽作用，在降雨量、下雨天數、氣溫、溼度等四項氣象參數中，迎風面與背風面有明顯差異。東北季風因大屯山區山脈走向、基隆河河道位置與測站設置地點空曠與否等條件的影響，造成迎風面與背風面在風速與風向兩項氣象參數之間的關聯性不高。本研究中的數據顯示，三重區的降雨量與下雨天數甚至比新聞報導中「龜神效應」的士林區更少。
- 四、依據東北季風前緣金山測站的氣溫、溼度、風速與風向進行三類別數據分析，探討四個測站在迎風面與背風面的降雨差異。發現東北季風帶來的氣溫越低，迎風面的降雨越多，而背風面在三種氣溫分類中降雨差異並不大；東北季風帶來的溼度越高，迎風面與背風面的降雨也越多；東北季風的風速越強，迎風面與背風面的降雨跟著增多；而東北季風風向偏東北方向時，迎風面的降雨最多，風向偏東方向時，背風面的降雨較多。

- 五、在水氣通過山區模型實驗中，我們發現在迎風面 A 點的攔截水氣量明顯高於背風面 B、C、D 點的攔截水氣量，本研究的實驗可以呈現東北季風通過大屯山區地形遮蔽作用所造成的降雨差異。
- 六、依據模型八組實驗的三項變因差異數據結果，我們發現在迎風面的水氣攔截量部分，受山高差異變因影響較顯著，受水氣差異變因影響較小，也受風速差異變因影響，但以高山組差異較為明顯。而在背風面的水氣攔截量部分，受山高差異變因影響，但在水氣差異變因及風速差異變因上則關聯性較低。
- 七、本研究五年的統計數據顯示，背風面測站的風向因東北季風受大屯山區地形繞流轉為偏東方向，此現象與洪與施（2023）研究相同；而迎風面大坪測站因地形效應造成雨量較多的現象，也與鄭與游（2014）的研究結果一致。

柒、參考文獻資料

期刊論文：

1. 鄭凌文與游政谷，2014。北台灣大屯山區密集降雨觀測研究－東北季風環境下之地形降水分析。大氣科學，42，61-86。
2. 洪致文與施明甫，2023。以測站長期觀測數據分析之臺灣各季節降水垂直分布氣候特徵。大氣科學，51，1-29。
3. Yu, C.-K., W.-F. Liu, L.-W. Cheng, and C.-Y. Lin, 2022: Mechanisms of valley precipitation enhancement over Da-Tun Mountain. *Mon. Wea. Rev.*, 150, 1851-1871, doi: 10.1175/MWR-D-21-0195.1.

科展作品：

1. 吳宜芸等，2019。紫螺借東風！－探討海氣變化對海岸環境的影響。中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書。
2. 宋睿軒等，2020。東眼山一天空中的瀑布。中華民國第 60 屆中小學科學展覽會作品說明書。

3. 陳禹睿等，2022。掀風倒谷—都市風場峽谷效應的觀察與研究。中華民國第 62 屆中小學科學展覽會作品說明書。
4. 李亭儀等，2022。臺灣氣候變遷現象探究。中華民國第 62 屆中小學科學展覽會作品說明書。

新聞媒體：

1. 中時新聞網，2011。蔣中正是龜神轉世？添神祕。2011 年 1 月 24 日，取自：
<https://tw.news.yahoo.com/%E8%94%A3%E4%B8%AD%E6%AD%A3%E6%98%AF%E9%BE%9C%E7%A5%9E%E8%BD%89%E4%B8%96-%E6%B7%BB%E7%A5%9E%E7%A5%95-20110123-110143-226.html>
2. 聯合新聞網，2022。台北濕答答只有這少雨 鄭明典解惑：曾被說成龜神效應。2022 年 12 月 15 日，取自：<https://udn.com/news/story/7266/6839945>

網站：

1. Google Map
<https://www.google.com/maps>
2. Windy.com
<https://www.windy.com>
3. 大氣科學研究與應用資料庫
<https://asrad.pccu.edu.tw/dbar/>
4. 交通部中央氣象署氣候資料服務系統
<https://codis.cwa.gov.tw/StationData>
5. 國家教育研究院電子報
<https://epaper.naer.edu.tw/>
6. 環境部空氣品質監測網
<https://airtw.moenv.gov.tw/CHT/EnvMonitoring/Central/SitePhoto.aspx>

【評語】 080506

研究主題與生活有關，討論地形與降雨的關係。此團隊也進行了前人研究回顧，說明迎風背風面的降水分布。不過，似乎沒有著墨跟之前科展的不同之處。團隊也操作室內實驗，欲模擬地形與降雨的關係，不過獲得水氣攔截的結論時，似乎沒有談到濕度以及邊界效應。

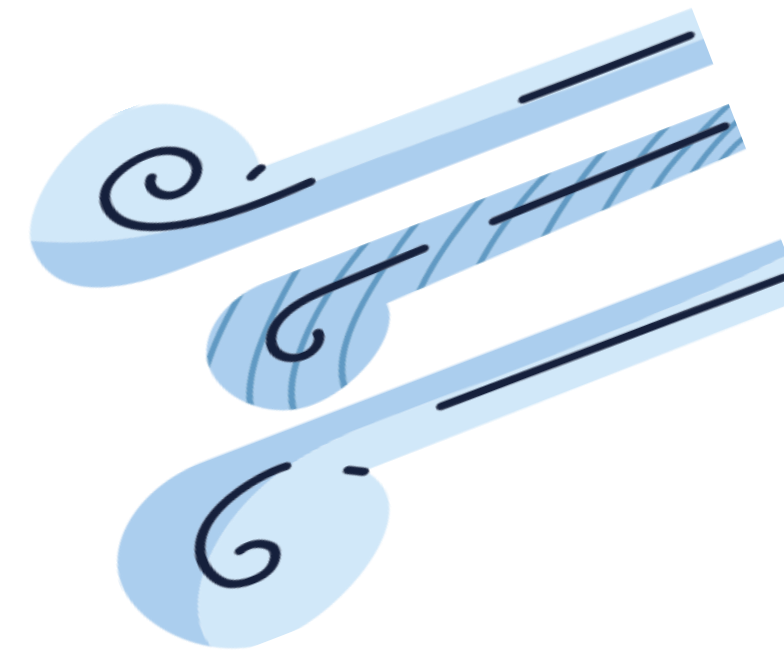
作品簡報

龜神效應？

— 大臺北地區秋冬季節地形降雨探究



臺灣地形圖(取自交通部中央氣象署)



摘要

以學生所居住的新北市三重區為研究地點，探討秋冬季節大屯山區對東北季風造成地形遮蔽，形成背風面降雨偏少的雨影現象（龜神效應）。首先蒐集並分析2023年10~12月大屯山區的迎風面與背風面影像及氣象資料，再進一步探究長時間五年氣象參數特性，最後以模型實驗模擬東北季風受地形屏障形成的降雨差異現象。結果發現：在迎風面與背風面四個研究地區中，五年數據分析顯示降雨量最少是背風面三重區，表示地形遮蔽的雨影現象在三重地區確實存在。東北季風帶來的氣溫越低、溼度越高、風速越強、風向偏東北方向時，迎風面的降雨越多，且迎風面與背風面降雨有明顯差異。水氣通過山區模型實驗中，可以呈現東北季風通過大屯山區地形遮蔽作用所造成的降雨差異。

前言

研究動機

秋冬時氣象主播常提醒北部民眾需要攜帶雨具出門，但是我們居住的新北市三重區雨勢卻不大。老師說台北市士林區也是如此，新聞報導中稱為「龜神效應」。

科學概念源自東北季風在大屯山地形遮蔽下，造成位處於地形背風面少雨的雨影現象(Rain shadow)。

我們透過長時間記錄分析氣象資料，並採用水氣通過山區模型來呈現地形遮蔽對降雨的影響，進一步探究我們所居住的三重地區此天氣現象是否存在。

研究目的

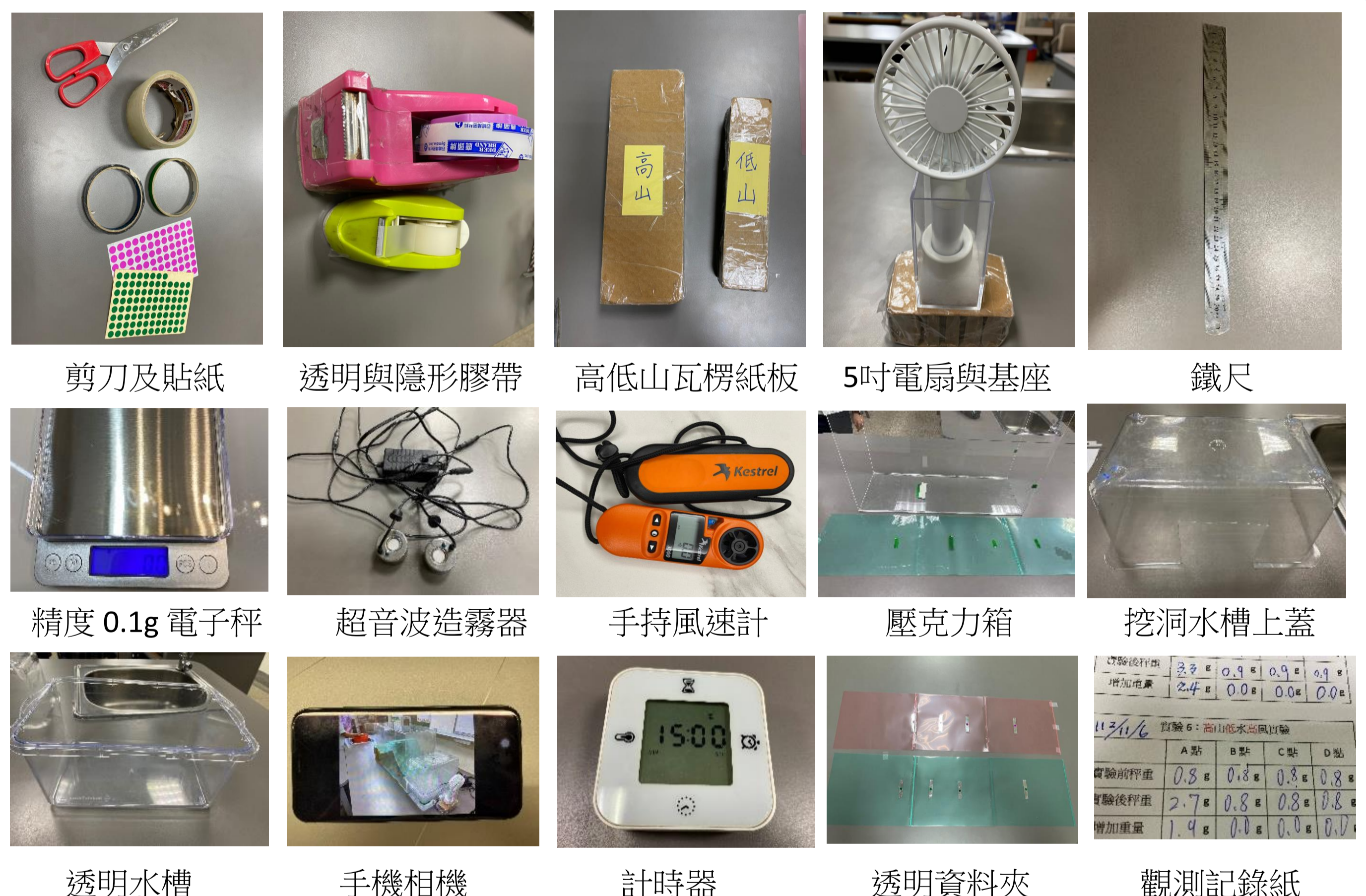
1. 觀察並記錄今年秋冬期間大屯山區迎風面與背風面的測站影像及氣象資料。
2. 蒐集並分析過去五年大屯山區迎風面與背風面的氣象參數特性。
3. 製作大屯山區模型，進行水氣、風速和山高差異的模擬實驗。

待答問題

1. 選取迎風面(萬里區)、背風面(士林區、三重區、新莊區)，探討哪個地區的降雨量最少？
2. 除了降雨之外，地形遮蔽作用還會對哪些氣象參數產生影響？
3. 分析長時間五年的氣象資料，探討東北季風對四個測站以及金山測站造成的氣象參數差異為何？
4. 採用東北季風迎風面前緣(金山測站)的氣象參數為特性分類依據，進一步比較不同東北季風特性在迎風面與背風面的降雨差異為何？
5. 可否透過水氣通過山區模型實驗，呈現東北季風通過大屯山區地形遮蔽作用所造成的降雨差異？
6. 透過設計模擬實驗，探討三項變因差異(山高、水氣、風速)對迎風面與背風面地形遮蔽作用的影響為何？

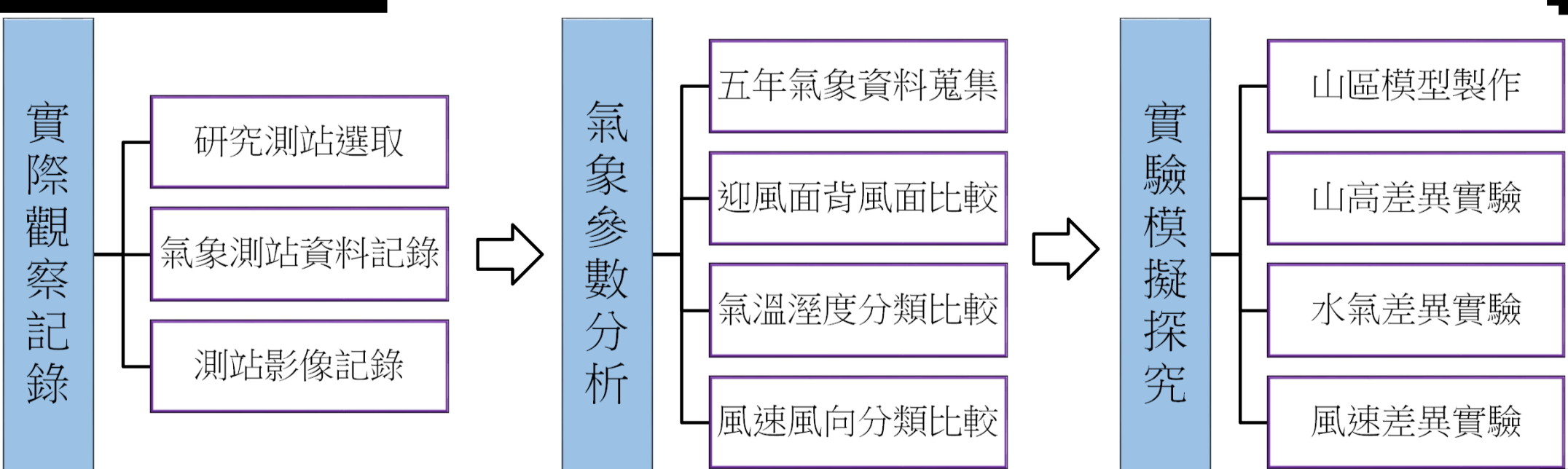
研究器材與資料

硬體	剪刀、圓點貼紙、透明膠帶、隱形膠帶、瓦楞紙板、五吋電風扇、鐵尺、精度0.1g電子秤、超音波造霧器、手持風速計、透明壓克力箱、挖洞水槽上蓋、透明水槽、手機相機、衛生紙、計時器、透明資料夾、觀測記錄紙
資料	環境部空氣品質監測網測站影像、交通部中央氣象署觀測資料、大氣科學研究與應用資料庫、國家教育研究院電子報
軟體	Microsoft Excel、Google Map、Windy網頁



研究過程及方法

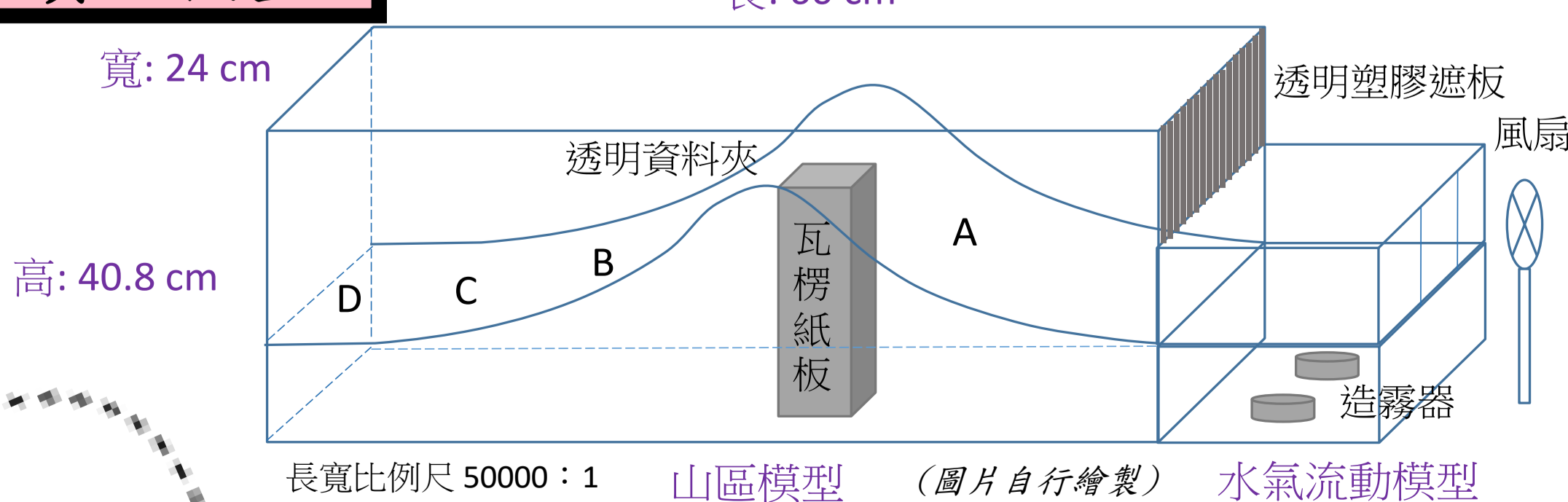
研究流程



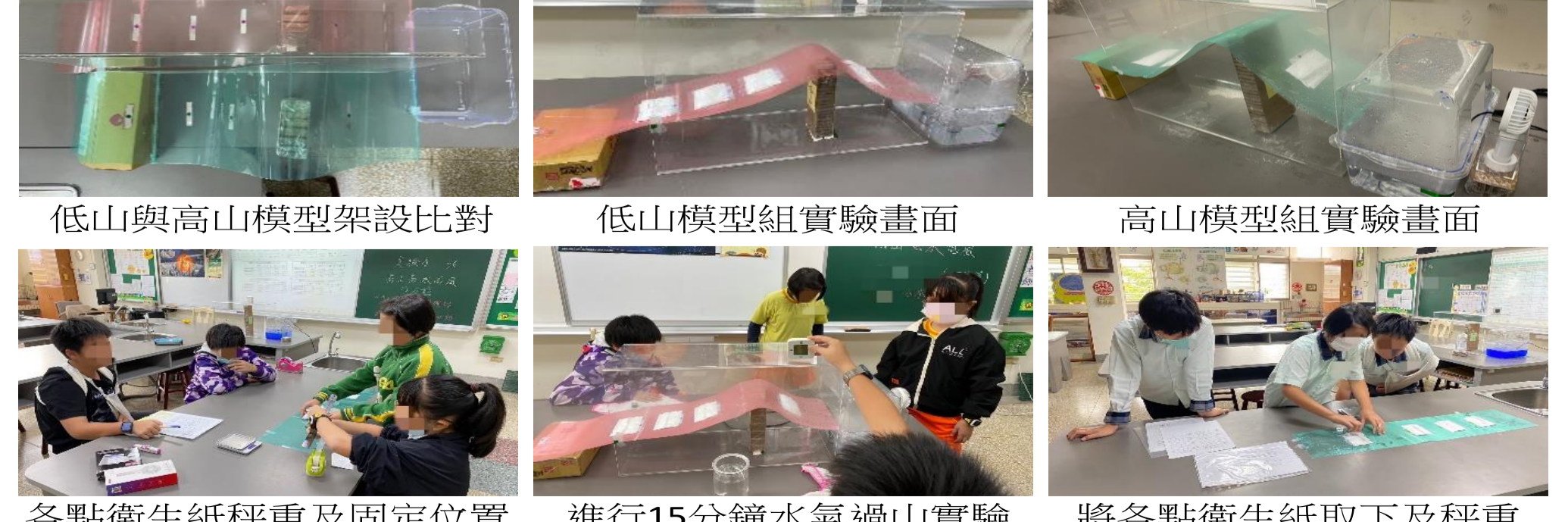
測站選取



實驗模型

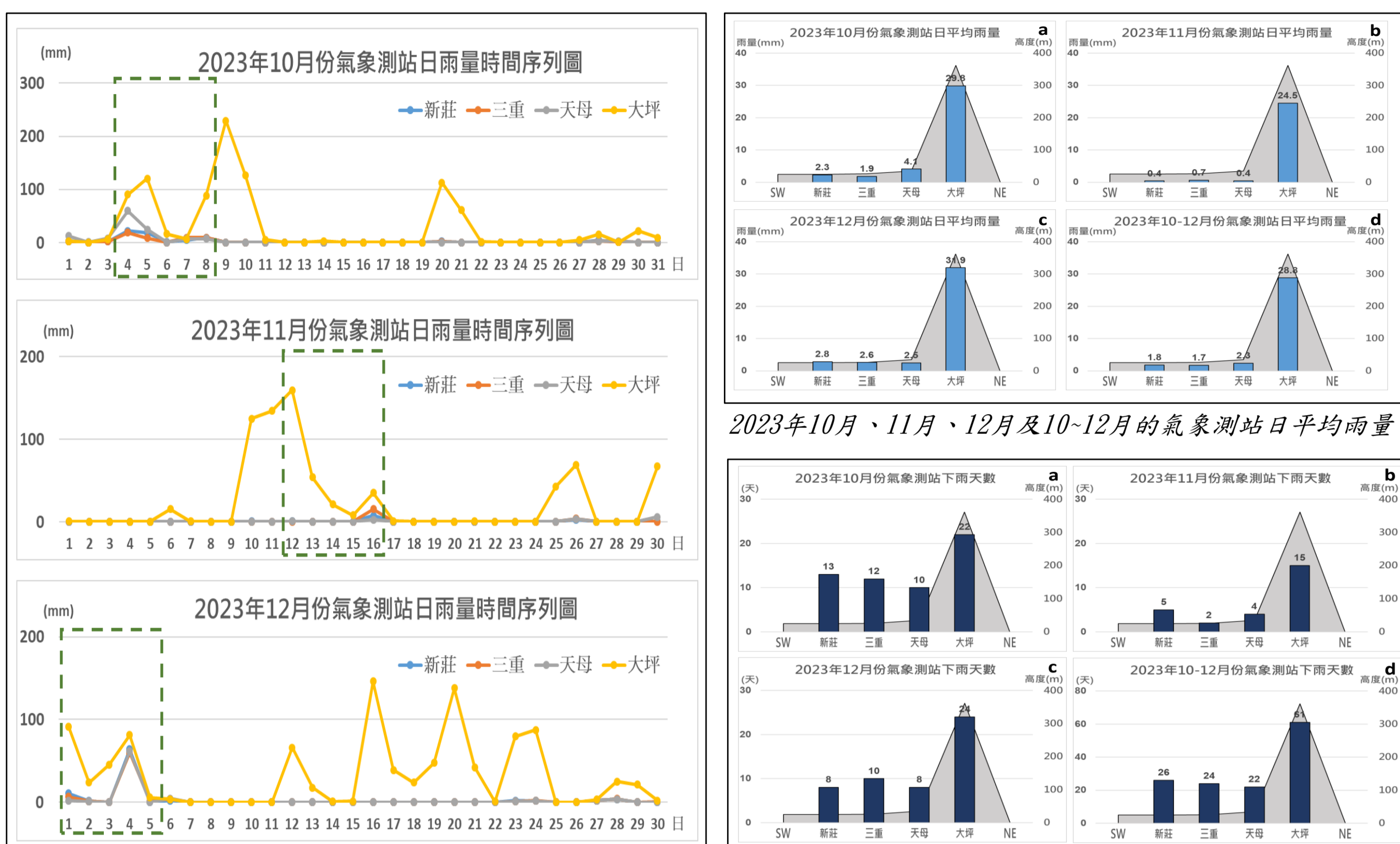


實驗流程



研究結果

迎風面及背風面地區雨量比較

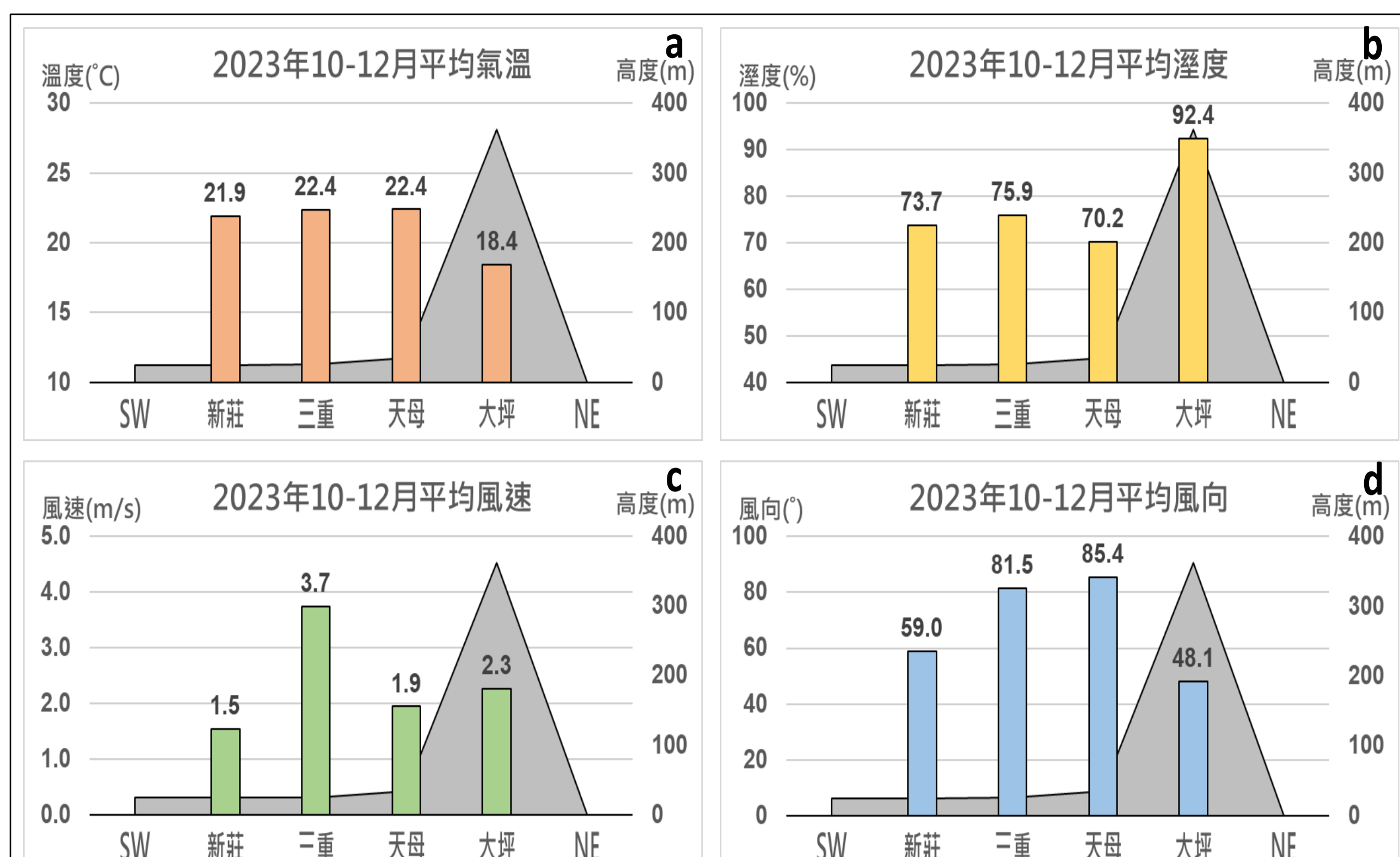


2023年10-12月氣象測站逐日雨量時間序列圖。線框為各月降雨較明顯的期間

左圖：迎風面區大坪測站的雨量有9天雨量超過100毫米，背風面天母測站只有2天的雨量超過50毫米，三重測站與新莊測站則僅有1天的雨量超過50毫米。
 右上圖：三重測站的日平均雨量僅有1.7毫米，略低於新莊測站及天母測站的1.8毫米及2.3毫米，迎風面的大坪測站雨量高達28.8毫米，最高與最低的差異多達17倍。

右下圖：迎風面的大坪測站有61日為下雨天，背風面的天母測站、三重測站及新莊測站則分別有22日、24日及26日，迎風面的下雨天數約為背風面下雨天數的2.5倍左右。

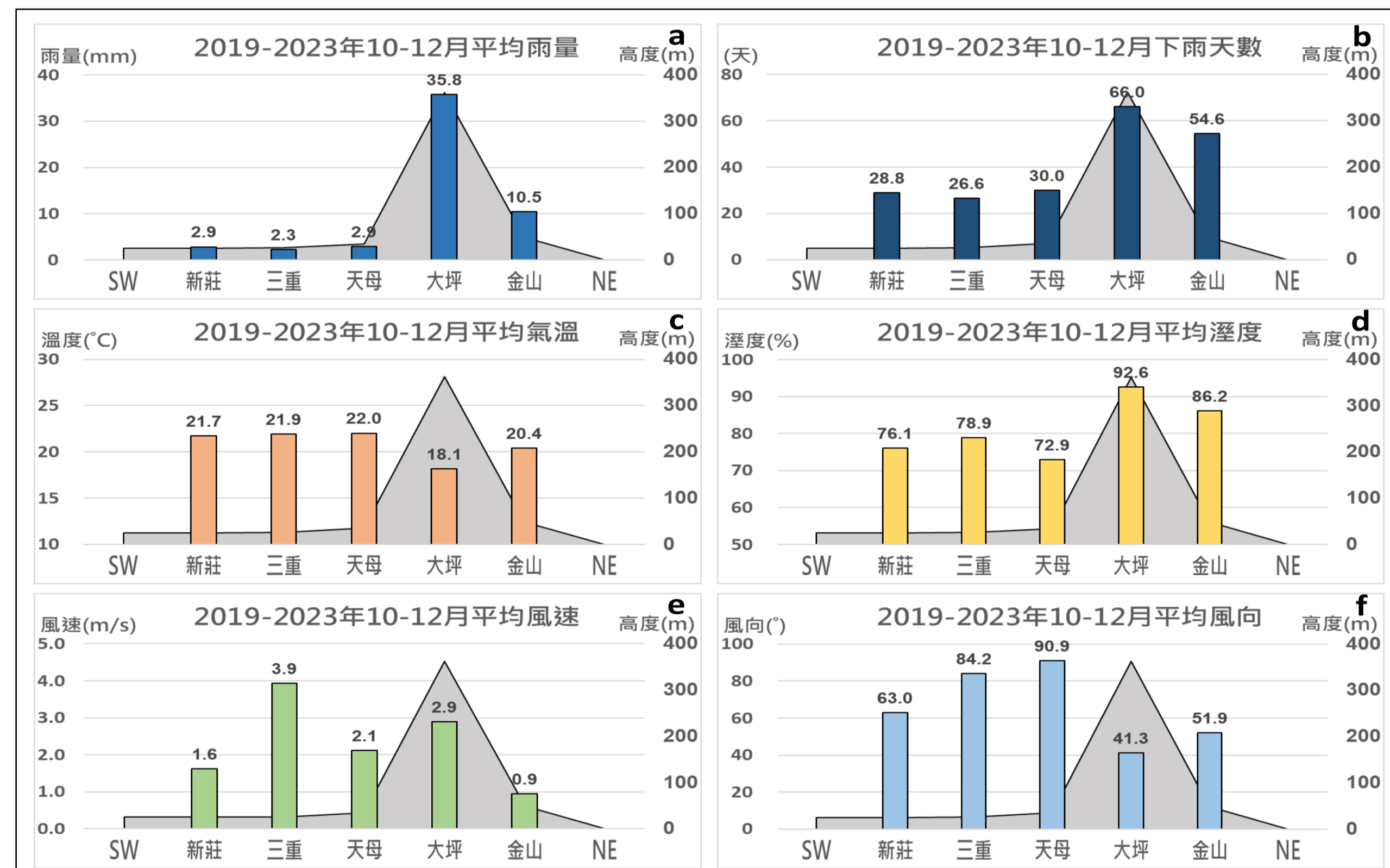
地形遮蔽作用對其它氣象參數的影響



2023年10-12月的氣象測站平均氣溫、平均溼度、平均風速與平均風向圖

氣溫：三重與天母測站平均氣溫皆為22.4度為最高，大坪測站18.4度為最低，最高與最低平均氣溫相差4.0度。迎風面與背風面測站有明顯差異。
 溼度：大坪測站平均溼度92.4%為最高，天母測站70.2%為最低，最高與最低平均溼度相差22.2%。迎風面與背風面測站有明顯差異。
 風速：三重測站的平均風速3.7m/s為最高，新莊測站1.5m/s為最低。迎風面與背風面測站的關聯性不高。
 風向：三重與天母測站的平均風向都是偏東風，大坪與新莊測站則是偏東北風。迎風面與背風面測站較無關聯性。

長時間地形遮蔽作用的氣象資料分析

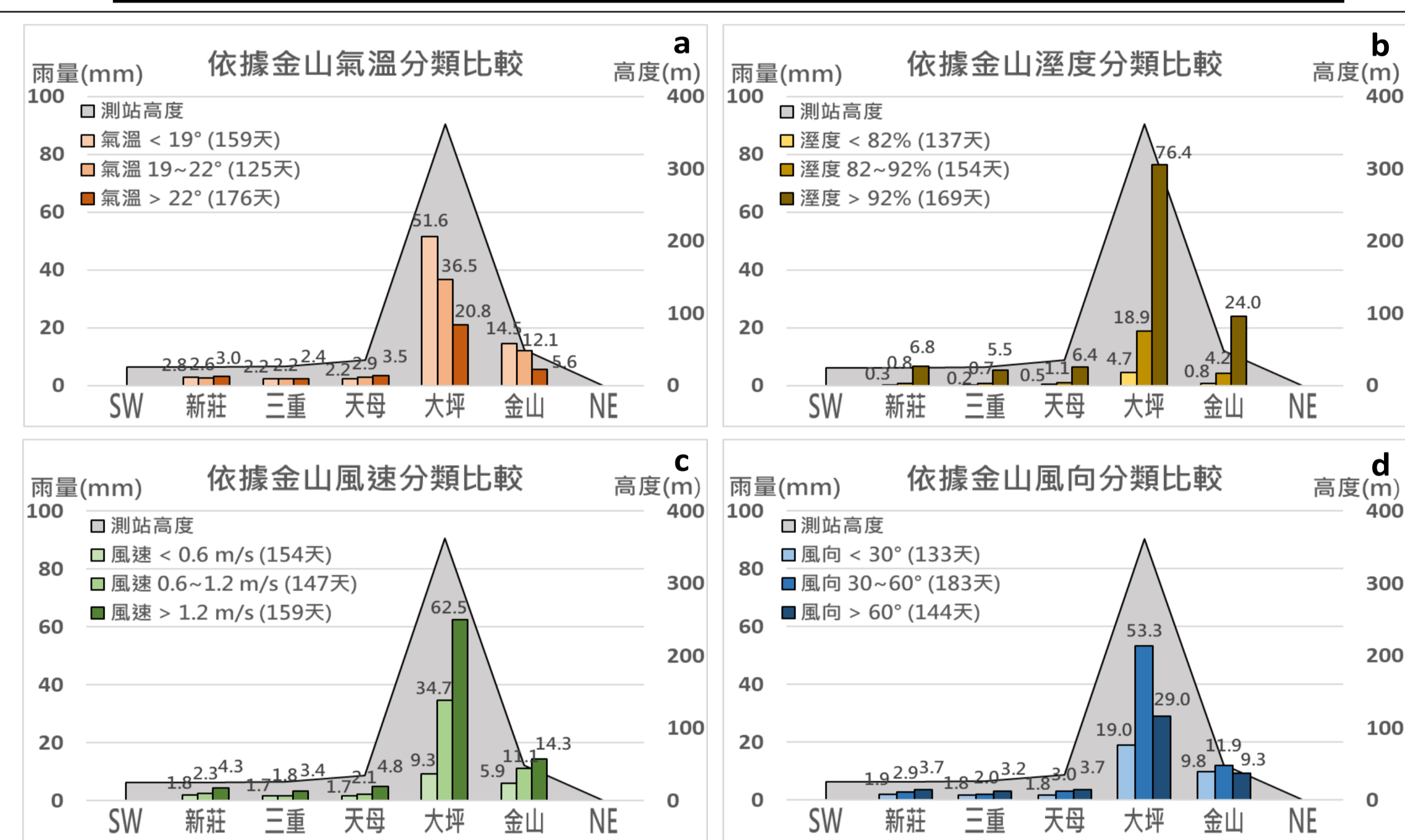


2019-2023年10-12月五個氣象測站的平均雨量、平均下雨天數、平均氣溫、平均溼度、平均風速與平均風向圖

綜觀2019~2023年10~12月的平均雨量、平均下雨天數、平均氣溫、平均溼度、平均風速與平均風向等六項氣象參數，發現大屯山區因地形遮蔽作用，造成東北季風在迎風面二個測站的平均雨量、平均下雨天數、平均氣溫與平均溼度四項氣象參數上，與背風面三個測站有著明顯差異。

本研究五個測站的數據結果分析中，我們發現東北季風因大屯山區的山脈走向、基隆河河道位置與測站設置地點空曠與否等條件的影響下，導致迎風面與背風面測站在平均風速與平均風向兩項氣象參數之間的關聯性不高。

不同東北季風特性在迎風面與背風面的降雨差異分析



2019-2023年10-12月不同東北季風特性在迎風面與背風面的降雨差異分析

氣溫分類：迎風面的雨量與東北季風前緣氣溫(金山測站)成反比，而背風面雨量與東北季風前緣氣溫關係不明顯。
 溼度分類：大氣環境中溼度越高越容易形成降雨，在迎風面與背風面五個氣象測站裡，溼度>92%分類的降雨量，明顯高於其它兩種分類的降雨量。
 風速分類：強勁的東北季風越容易帶來更多水氣，在迎風面與背風面五個氣象測站裡，風速>1.2 m/s分類的降雨量，明顯高於其它兩種分類的降雨量。
 風向分類：大屯山區山脈走向與東北季風風向垂直，在迎風面以偏東北方向(30-60°)的東北季風越容易攔截更多水氣，降雨量較多。在背風面則是當風向越偏東(>60°)時，氣流會越過較低的山脈，呈現降雨量較多的情況。

透過水氣通過山區模型實驗呈現地形遮蔽作用

實驗 1：低山低水低風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.8 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	3.2 g	1.1 g	1.0 g	0.9 g
增加重量	2.4 g	0.3 g	0.2 g	0.1 g

實驗 2：低山低水高風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.8 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	3.7 g	1.0 g	0.9 g	0.9 g
增加重量	2.9 g	0.2 g	0.1 g	0.1 g

實驗 3：低山高水低風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.7 g	0.7 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	3.5 g	0.9 g	0.9 g	0.8 g
增加重量	2.8 g	0.2 g	0.1 g	0.0 g

實驗 4：低山高水高風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.8 g	0.7 g	0.8 g	0.7 g
實驗後秤重	4.2 g	1.1 g	0.9 g	0.8 g
增加重量	3.4 g	0.4 g	0.1 g	0.1 g

實驗 5：高山低水低風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.7 g	0.8 g	0.8 g	0.7 g
實驗後秤重	4.8 g	0.9 g	0.9 g	0.9 g
增加重量	4.1 g	0.1 g	0.1 g	0.2 g

實驗 6：高山低水高風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.8 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	7.3 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
增加重量	6.5 g	0.0 g	0.0 g	0.0 g

實驗 7：高山高水低風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.7 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	5.3 g	0.8 g	0.8 g	0.9 g
增加重量	4.6 g	0.0 g	0.0 g	0.1 g

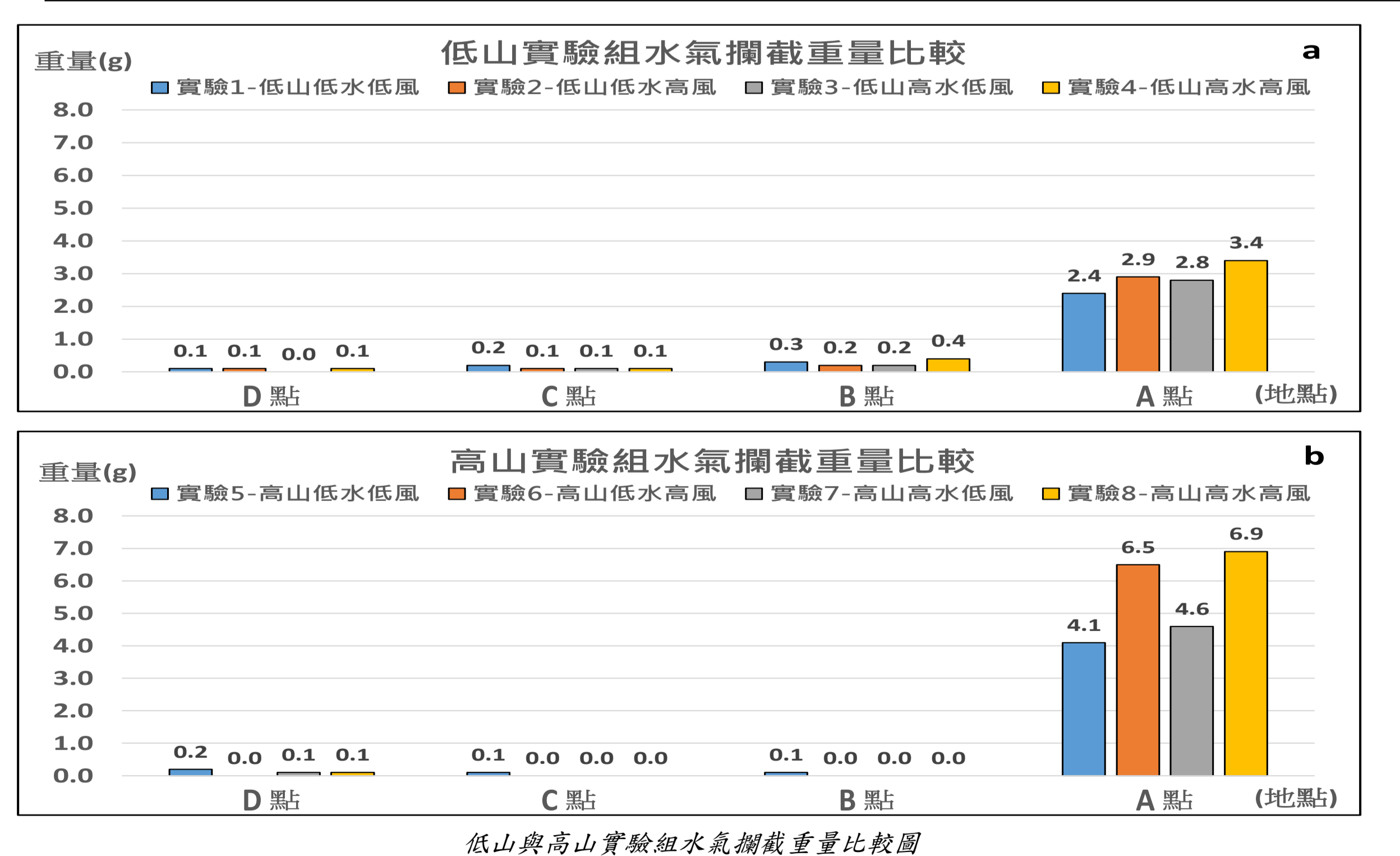
實驗 8：高山高水高風實驗				
	A 點	B 點	C 點	D 點
實驗前秤重	0.8 g	0.8 g	0.8 g	0.8 g
實驗後秤重	7.9 g	0.8 g	0.8 g	0.9 g
增加重量	6.9 g	0.0 g	0.0 g	0.1 g

水氣通過山區模型實驗紀錄

依不同東北季風特性來設計山高差異、水氣差異和風速差異等三項變因。每項變因以高與低兩種來進行模擬比較，山高差異分為高山與低山(瓦楞紙板製成高低山)；水氣差異分為高水與低水(超音波造霧器兩個與一個)；風速差異分為高風與低風(風扇高速與低速)。

透過水氣通過山區模型實驗結果，我們發現在迎風面的A點的攔截水氣量明顯高於背風面B、C、D點的攔截水氣量，本研究實驗可以呈現東北季風通過大屯山區地形遮蔽作用所造成的降雨差異。

探討實驗三項變因對迎風面與背風面地形遮蔽作用的影響



低山與高山實驗組水氣攔截重量比較圖

山高差異變因：高山組的四個實驗中，迎風面的A點水氣攔截重量，均明顯高於低山組的四個實驗迎風面A點的水氣攔截重量；而在高山組四個實驗背風面B、C、D點的水氣攔截重量，則呈現略低低山組的四個實驗的水氣攔截重量。
 水氣差異變因：高水組的四個實驗中，迎風面的A點水氣攔截重量，均高於低水組的四個實驗迎風面A點的水氣攔截重量；至於高水組四個實驗背風面B、C、D點的水氣攔截重量與低水組四個實驗的水氣攔截重量差異並不大。
 風速差異變因：高風組的四個實驗中，迎風面的A點水氣攔截重量，均高於低風組的四個實驗迎風面A點的水氣攔截重量，其中又以高山組的四組實驗的差異更為明顯；至於高風組四個實驗背風面B、C、D點的水氣攔截重量與低風組四個實驗的水氣攔截重量差異並不大。

討論

測站取點的相關問題

1. 本研究影像與氣象資料蒐集的測站並不一致，特別是萬里區的影像測站鄰近海岸，而大坪氣象測站則設置在海拔362公尺的山麓，但即時影像紀錄的目的是輔助四個地區的天氣狀況觀察比較，並不會對氣象資料數據分析造成太大的影響。
2. 本研究選取金山測站為東北季風特性分類依據，但位於獅頭山後方，風速較弱，後續研究可選取在東北季風前緣又位處離島的基隆市彭佳嶼測站，藉以呈現較合理的東北季風風速。
3. 關於背風面測站取點，未來可進一步探討更多大屯山區背風面的北投區、蘆洲區、土城區等區域，藉以更全面探究東北季風地形遮蔽效應在整個臺北盆地的降雨分布情況。

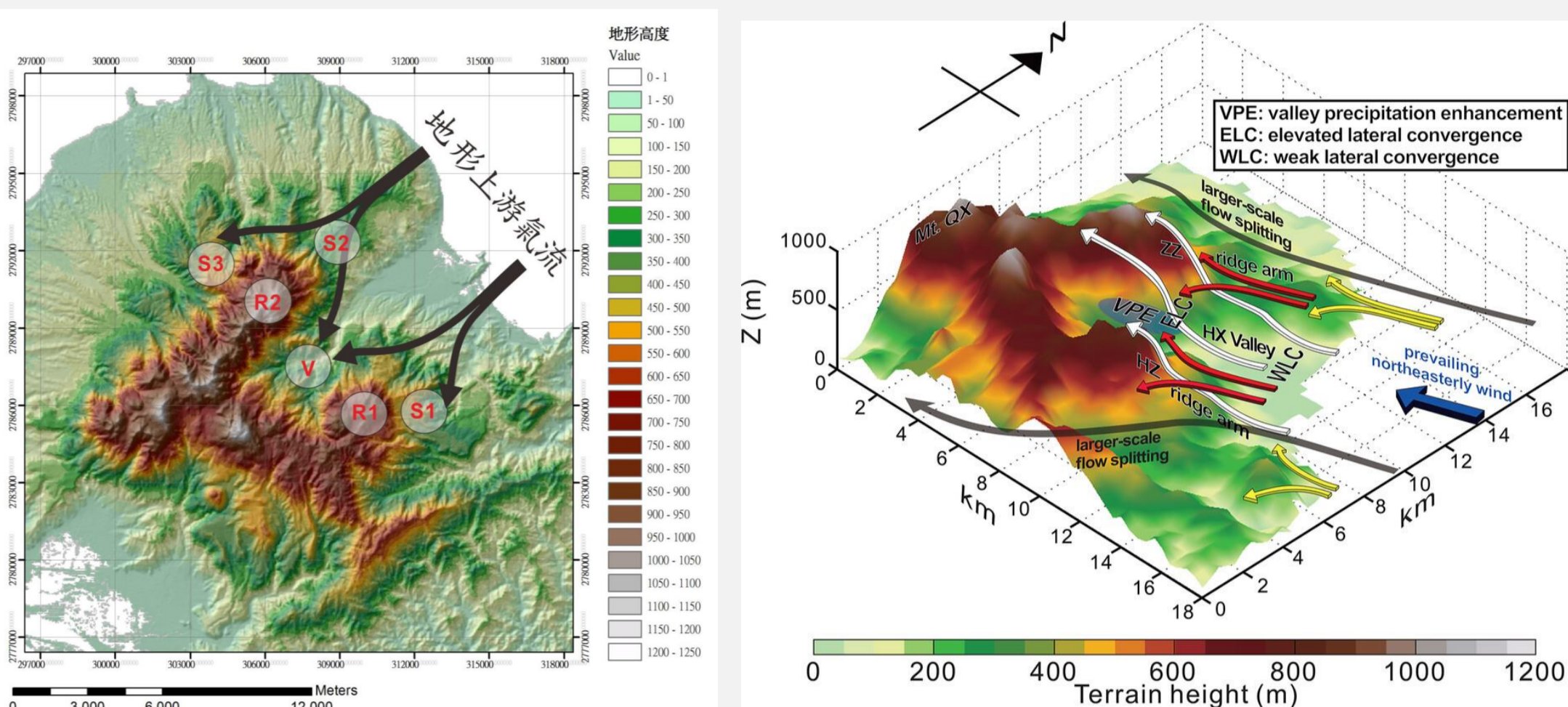


水氣攔截實驗與實際降雨過程的差異

1. 本研究想藉由實驗模型來呈現地形迎風面與背風面的降雨差異。雖然目前研究可呈現類似觀測上的差異，然而東北季風在大屯山區的降雨現象，主要是暖雲過程中水滴在氣流受地形抬升達飽和後，由很多小水滴碰撞合併成大水滴，再降落到地面的過程。此暖雲降雨原理與模型實驗中，由超音波造霧器產生的飽和小霧滴，直接被衛生紙吸附的作用是不太一樣的。
2. 實驗中的山坡模型高度只有30公分，這樣的氣流抬升只能造成0.00195度的絕熱膨脹降溫，也與實際大屯山區有1000公尺高，地形抬升產生6.5度的絕熱膨脹降溫有很大的差異。

水氣通過山區模型實驗後續可探究的議題

本研究模型模擬實驗，是以簡單山坡模型來進行迎風面與背風面的降雨差異，但大屯山區是呈現「凹」型式的地形分布特徵，鄭與游(2014)及Yu et al. (2022)的研究中也顯示，當東北季風風向為45°時，山谷處會因為兩側山脊繞山氣流的匯聚，造成雨量偏多的現象，如左圖V點所示。因此後續的未來研究構想，可設計更貼近實際地貌的立體大屯山區模型，來進行更多地形降雨的實驗探究。



大屯山區強降水區域示意圖，左圖引用自鄭與游 (2014)，右圖引用自Yu et al. (2022)。左圖R1及R2代表山頂區域，S1、S2及S3代表斜坡區域，V代表山谷區域，箭頭表示地形上游氣流接近地形之特徵。右圖灰、黃、紅箭頭為東北季風不同高度的繞山氣流，白色箭頭為過山氣流。註：其中S1也是本研究中的大坪測站。

水氣通過山區模型實驗的改進過程

1. 初期進行模型實驗時遇到兩項問題：
(1)水氣在高山組A點前方會明顯回彈逸散。
(2)高山組與低山組的A點水平高度位置不一樣。
2. 實驗後期重新調整模型架構來解決上述兩個問題：
(1)加裝透明壓克力箱前方的透明塑膠隔板，避免水氣回彈逸散現象。
(2)分別製作高山組與低山組的山坡底板(分別為紅綠兩色)，並在兩個山坡底板上分別標註A、B、C、D點的位置，讓兩組底板迎風面A點的水平高度一致(21公分高)來進行實驗。
3. 為了能更精細比較背風面B、C、D點的數據差異，後續研究可使用高精度0.01g的電子秤來進行實驗秤重。

結論

- 一. 2023年10~12月的紀錄裡，降雨量最少的是背風面的三重區，日平均雨量為1.7毫米；而降雨量最多的是迎風面的萬里區，日平均雨量為28.8毫米，最高與最低差異多達17倍。
- 二. 除了降雨之外，東北季風因地形遮蔽作用在氣溫、溼度氣象參數中，迎風面與背風面也有明顯差異，至於風速與風向，迎風面與背風面的關聯性不高。
- 三. 2019~2023年10~12月的紀錄中，東北季風因大屯山區地形遮蔽作用，在降雨量、下雨天數、氣溫、溼度等四項氣象參數中，迎風面與背風面有明顯差異。三重區的降雨量與下雨天數甚至比新聞報導中「龜神效應」的士林區更少。
- 四. 依據金山測站資料進行東北季風特性比較：東北季風氣溫越低，迎風面的降雨越多，而背風面在氣溫分類中降雨差異並不大；東北季風溼度越高，迎風面與背風面的降雨也越多；東北季風風速越強，迎風面與背風面的降雨跟著增多；東北季風風向偏東北方向時，迎風面的降雨最多，風向偏東方向時，背風面降雨較多。
- 五. 在水氣通過山區模型實驗中，在迎風面A點的攔截水氣量明顯高於背風面B、C、D點的攔截水氣量，實驗可以呈現東北季風通過大屯山區地形遮蔽作用所造成的降雨差異。
- 六. 依據實驗的三項變因差異數據結果：迎風面的水氣攔截量，受山高差異變因影響較顯著，受水氣差異變因影響較小，也受風速差異變因影響，但以高山組差異較為明顯；背風面的水氣攔截量，受山高差異變因影響，但在水氣差異變因及風速差異變因上則關聯性較低。
- 七. 本研究五年的統計數據顯示，背風面測站的風向因東北季風受大屯山區地形繞流轉為偏東方向，此現象與洪與施 (2023) 研究相同；而迎風面大坪測站因地形效應造成雨量較多的現象，也與鄭與游 (2014) 的研究結果一致。

參考文獻資料

期刊論文：

1. 鄭凌文與游政谷，2014。北台灣大屯山區密集降雨觀測研究—東北季風環境下之地形降水分析。大氣科學，42，61-86。
2. 洪致文與施明甫，2023。以測站長期觀測數據分析之臺灣各季節降水垂直分布氣候特徵。大氣科學，51，1-29。
3. Yu, C.-K., W.-F. Liu, L.-W. Cheng, and C.-Y. Lin, 2022: Mechanisms of valley precipitation enhancement over Da-Tun Mountain. Mon. Wea. Rev., 150, 1851-1871, doi: 10.1175/MWR-D-21-0195.1.

新聞媒體：

1. 中時新聞網，2011。蔣中正正是龜神轉世？添神祕。2011年1月24日。
2. 聯合新聞網，2022。台北濕答答只有這少雨 鄭明典解惑：曾被說成龜神效應。2022年12月15日。

科展作品：

1. 吳宜芸等，2019。紫螺借東風！—探討海氣變化對海岸環境的影響。中華民國第59屆中小學科學展覽會作品說明書。
2. 宋睿軒等，2020。東眼山—天空中的瀑布。中華民國第60屆中小學科學展覽會作品說明書。
3. 陳禹睿等，2022。掀風倒谷—都市風場峽谷效應的觀察與研究。中華民國第62屆中小學科學展覽會作品說明書。
4. 李亭儀等，2022。臺灣氣候變遷現象探究。中華民國第62屆中小學科學展覽會作品說明書。

網站：

1. Google Map 2. Windy.com 3. 大氣科學研究與應用資料庫
4. 環境部空氣品質監測網 5. 國家教育研究院電子報
6. 交通部中央氣象署氣候資料服務系統