

2016 年台灣地區霧發生之時空特徵

謝旻耕¹ 林博雄² 李育棋³

¹中央氣象局預報中心

²臺灣大學大氣科學系

³中央氣象局測政組

一、前言

霧是懸浮於空中肉眼不易分辨及細微而密集的水滴組成，此種密集水滴存在於近地面時，會造成水平能見度下降；當水平能見度小於 1 公里，即為霧天氣現象的發生。而根據中央氣象局突變天氣的定義，當能見度小於 200 公尺的時候，即為濃霧事件，當發布濃霧特報。霧事件的發生需由能見度來界定，然而在藉由觀測員人工觀測的情況下，受限於測站能見度目標物數量與空間分布的不均勻，或者夜間需藉由目標物燈光來界定能見度的條件限制，對於霧事件或濃霧事件發生之判定，仍缺乏一客觀穩定的參考依據。

中央氣象局於 2016 年開始，於全臺 28 個人工氣象站（臺灣南區氣象中心、臺北、板橋、花蓮、新竹、臺中、梧棲、嘉義、高雄、恆春、臺東、宜蘭、蘇澳、基隆、澎湖、金門、馬祖、竹子湖、鞍部、日月潭、新屋、阿里山、大武、蘭嶼、東吉島、彭佳嶼、成功、淡水）正式啟動能見度觀測系統，以每分鐘記錄一次的頻率，觀測盛行能見度並輸出現在天氣氣象代碼，提供觀測員天氣觀測與發佈電碼時輔助參考之用。此一系統的架設，不但有助於觀測員判定能見度時，於夜間或缺少能見度目標物辨識的狀況下仍有一客觀資訊可以參考；透過自動儀器高時間解析度的能見度紀錄，更進一步針對各地濃霧事件的發生與消散，提供精確的時間訊息，以利於對濃霧天氣事件起訖的診斷，進而研擬預報策略。

本研究即根據上述之分鐘能見度資料，配合各氣象站逐時雨量等氣象要素，針對全年臺灣各地及離島霧天氣事件發生頻率做一統計，以了解在不同的地形地理條件下，台灣各地霧發生的分布與頻率變化。本文第二節將說明使用資料及方法；第三節為統計結果及分析。第四節則為結論。

二、資料及方法

本研究使用之資料為中央氣象局人工氣象站能見度觀測系統之分鐘能見度資料，以及地面自動觀測系統之逐時雨量觀測資料。其中能見度觀測系統所使用的儀器是 Biral 公司所生產的現在天氣儀(Visibility & Present Weather Sensor)，其型號為 SWS-250；當大氣中存在水相粒子或是懸浮氣膠時，會對光線產生散射作用，此儀器之觀測原理就是透過偵測當時大氣的散射所造成的消光係數，據此估算能見度。其可以偵測的能見度範圍為 10 公尺至 75 公里，採樣頻率則可以依據需求在 10 秒至 300 秒之間選擇。

由於霧是一種邊界層內的現象，其形成因素相當複雜，從綜觀天氣條件、水氣平流狀況到局地海陸分布、地形與地表狀況都有可能影響其發生或消散。一般而言，在藉由人工觀測能見

度時，霧現象的發生亦要持續一段時間，方能記錄事件的起迄；而霧存留的時間越長，代表其成霧及維持條件較為完整，其對交通航運所造成的影響亦較為顯著；因此本研究基於現在天氣儀所收集到的分鐘能見度進行霧日統計時，有必要針對分鐘能見度觀測下的霧日做一定義。考慮到一般天氣要素之觀測與發佈，多以逐時資料為基礎，為方便進一步探討氣象要素與能見度變化之關係，本研究之霧日定義為：當天之分鐘能見度觀測中，若有 60 筆觀測資料之能見度未達 1 公里，即判定當天為有霧事件發生。此一定義雖未考慮能見度低於 1 公里之現象是否連續出現，但假設該日若是斷續出現能見度低於 1 公里之分鐘資料，且累積時間達 60 分鐘，亦代表該日大氣環境接近易有霧發生之天氣條件，故將其納入霧日定義，以便於統計成霧季節特性時，將此種大氣條件下的日數一併計算。

目前 WMO 所規範之天氣電碼定義上，針對視障天氣與降水天氣會加以區隔；雖然降水過程中的雨滴也會造成能見度下降的情況，但是一般典型雨滴半徑是 1mm，與霧滴(0.5~40 μm) 有明顯差異，也遠大於可見光波長，散射能力不如霧滴；再加上根據 WMO 規範，對於降水及視障天氣的編碼順序上，是以降水現象優先編報，在沒有降水的情況下，才需要編報視障天氣發生；因此定義霧日時也應排除降水現象造成的能見度低於 1 公里的狀況。本研究透過逐時降雨資料，將一日中的有降雨的小時先標記出來，再據此排除降雨該小時中的能見度資料；也就是說，進行霧日定義時，唯有該日無降雨的所有時數中，分鐘能見度小於 1 公里的累積筆數超過 60 筆，方定義該日為無雨情況下之霧日。

本研究中的臺灣各地霧發生頻率之統計結果，即根據上述之定義方式，由能見度觀測系統中選取臺灣南區氣象中心、臺北、板橋、花蓮、新竹、臺中、梧棲、嘉義、高雄、恆春、宜蘭、蘇澳、基隆、澎湖、金門、馬祖、竹子湖、鞍部、日月潭、阿里山、大武、蘭嶼、東吉島、彭佳嶼、成功、淡水共 26 個測站之 2016 全年資料進行統計。經整理各站資料漏缺之比例如圖 1，表中可見彭佳嶼及臺灣南區氣象中心之資料漏缺率均超過 30%，其中南區氣象中心之分鐘能見度資料僅更新至 8 月 22 日，因此僅分析該站 1 至 7 月之統計資料；另外由於各站均於 2016 年 11 月 4 日至 22 日有漏缺，亦導致無法分析該時段之霧日及起霧頻率。

三、統計結果與分析

根據上節之霧日定義及測站資料漏缺率檢視後，可將臺灣各地測站大致區分為以下五大群：北部測站（基隆、淡水、臺北、板橋、以及新竹），中南部測站（臺中、梧棲、嘉義、南區氣象中心、高雄、以及恆春），東部測站（宜蘭、蘇澳、花蓮、成功、以及大武），離島測站（彭佳嶼、馬祖、金門、澎湖、東吉島、以及蘭嶼），山區測站（鞍部、竹子湖、日月潭、以及阿里山），以觀察不同月份下全臺霧日的空間分布及季節特性。圖 2 為各地逐月的霧日統計圖（已排除有雨時段），從起霧的空間分布上來看，臺灣本島的山區測站和離島有較明顯的霧日，在無降水的情況下，臺灣本島的平地測站所觀測到的霧日均偏少，霧日達 3 日以上者僅淡水（3 月）及嘉義兩地（3 月及 12 月）。相較之下，離島及山區測站的霧發生頻率明顯較高，其中離島的馬祖及金門霧日最多可達 19 日與 17 日(4 月份)，均超過半個月的天數；而山區測站的霧日數更高，鞍部氣象站 4 月之霧日可達 22 日，日月潭的最多霧日亦達 20 日（8 月），阿里山最多霧日是 2 月的 18 日，竹子湖氣象站的最多霧日僅 12 日（4 月）。至於離島的霧日分布，均以 4 月為霧天氣事件好發的月份，金門與馬祖在 4 月的霧日分別為 17 日及 19 日，蘭嶼亦有 13 日。

若以霧日逐月分布來分析全臺霧季，則可發現春季（3 至 5 月）為各地霧事件好發月份；西半部的平地測站，雖然霧日較少，但能可見以 3 月為主要起霧月份，北部的淡水及中部嘉義以此月的霧日最多（分別是 3 天及 4 天）；相較之下東半部的起霧條件較不明顯，因此霧日分佈全年都較為零星。離島的部分，由於臺灣海峽上平流霧為主要的成霧機制，因此在綜觀天氣環境上需要季節性的配合；在馬祖及金門霧日高峰發生在 4 月，且從 1 月開始兩地霧日均可達 4 日以上，顯見冬季至春季均為金門至馬祖一帶霧事件好發的季節。另外值得注意的是，在 4 月離島霧日高峰過後，金門的霧日在 6 月顯著減少，但馬祖在 6 月至 7 月仍有 8 天及 6 天的霧日，顯示其霧季結束的時間較晚，或許與 6 月之後梅雨鋒面逐漸北移有關。而蘭嶼的霧日發生頻率亦高，並可持續到夏季，應該與測站的地勢較高有關。相較於金門與馬祖的霧日顯著變化，澎湖與東吉島的霧事件顯著較少；兩地的全年霧日均只有 3 日，澎湖呈現較零星分布的狀況，東吉島則是在 8 月有 3 天的霧日，此時在金門也有 3 天霧日統計，需進一步檢視當月霧發生的確切日期，以進一步了解海峽上於夏季的成霧條件為何。

根據上述各地逐月霧日統計，最顯著的霧日發生在臺灣本島的山區，其在平地及離島霧季（3 至 5 月）發生的霧日數不但高於離島，在進入夏天之後，離島及平地的霧日發生數下降時，山區霧日發生的情況仍相當明顯，除了竹子湖氣象站霧日進入 5 月之後有明顯下降之外，鞍部、阿里山、日月潭這些山區測站仍有與春季接近的霧日發生。以鞍部氣象站為例，遲至 9 月及 10 月仍有 17 天的霧日，甚至比 2 月、3 月及 5 月還要多；而比較上述三個山區測站夏季的霧日統計，可以發現其霧日較多的月份略有不同，鞍部約在 9 至 10 月，日月潭為 8 月（霧日 20 日），阿里山則是 7 至 8 月（霧日 14 日）。各地山區可能因為海拔高度、周圍地形與地貌的差異，因此造成成霧條件各異，霧日較高的月份也有所偏差，但仍可以看出臺灣山區多霧的特性，以及進入夏天亦有霧事件發生較為頻繁的現象，這是臺灣山區與離島或平地最大的差異。

為了更進一步了解各地成霧條件，探討起霧情況的日夜變化，以下根據春、夏及冬季不同季節盛行之天氣條件，挑選不同氣象站組合，將其逐月逐時之起霧頻率加以計算，以觀察其起霧頻率的日夜變化是否有規律的時間特徵。

春季（3 至 5 月）如前所述，為全臺各地之霧季，此時成霧頻率在離島及本島均較多；考慮到春季臺灣海峽上可能有平流霧形成機制造成各地霧多，故挑選馬祖、金門、澎湖及嘉義四站，觀察逐時成霧頻率在臺灣海峽上與兩側的差異；圖 3 為此四站之逐時成霧頻率（已將降雨時段濾除，圖 4、圖 5 亦同），主要的差異出現在澎湖站所觀測到的霧事件發生明顯較少，嘉義次之，而主要發生較多霧事件的為金門及馬祖；這四處測站霧發生的日夜變化方面，發現大致呈現清晨與夜間有較明顯的成霧頻率；以金門為例，在 4 月份清晨 5 時的起霧頻率可達 40%，並且起霧頻率持續到上午 10 時之後才降低到 10% 以下；而晚間 20 時之後，起霧頻率再度明顯升高。同樣的日夜變化規律也發生在馬祖站，代表臺灣海峽春季的成霧條件主要是由平流霧為主要機制，但實際在島嶼上的成霧情況仍然跟地表作用的日夜變化有關係，因此成霧頻率的時間變化兼具有平流霧與輻射霧的效應。而嘉義位於臺灣西南部平原，海面水氣平流之效果不如金門、馬祖明顯，因此成霧情況僅發生在清晨，是比較典型的輻射霧特徵。

至於夏季（6 至 8 月），由於山區測站的霧日較多，因此比較鞍部、竹子湖、日月潭、阿里山四站（圖 4）；其中海拔最低的竹子湖測站(607.1 公尺)較無明顯的成霧狀況之外，鞍部氣象站的起霧頻率亦較低，且其日夜變化並不明顯；相較之下日月潭氣象站在清晨與夜間的起霧頻率

較高的狀況就較為突出；但值得注意的是日月潭氣象站於傍晚 18 時之後起霧頻率就明顯上升，這與一般輻射霧於清晨好發的特徵亦有差異，需進一步了解日月潭氣象站周邊的局部環流，以及周邊水域提供的水氣和起霧頻率的關聯。至於阿里山氣象站，則呈現出與輻射霧迥然不同的分布型態，其於上午 7 至 10 時有最低的起霧頻率，並且於中午 12 時開始起霧的頻率明顯增加，夏季各月份霧最好發的時間均在下午，最大的起霧頻率發生於傍晚，接近 20% 左右；次高的時間則是清晨 4 至 5 時。此種起霧頻率的日夜分布，較符合上坡霧或升坡霧的描述，其形成機制乃是由於山區地形起伏，於白天太陽加熱差異下，造成谷風的環流，進而導致空氣由較低的山谷往山頂平流，上升過程中的水凝結成液態水所導致的成雲或成霧現象。透過阿里山及日月潭兩個夏季霧日較多的山區測站比對，亦呈現了山區局部水氣來源以及地形地貌的差異，足以改變局部地區的成霧機制，並且進而影響起霧頻率日夜變化的結果。

冬季（1 月、2 月、及 12 月）的天氣環境之下，東北季風盛行，因此挑選彭佳嶼、基隆、鞍部及竹子湖四站比較離島、平地及山區成霧頻率在東北季風影響下，是否有一致的規律及特徵。圖 5 左側之彭佳嶼及基隆並無顯著成霧狀況的出現，代表東北季風盛行的冬季於海面及平地並無顯著水氣平流的成霧條件；而海拔較高的鞍部及竹子湖，整體而言其起霧頻率較高的時間多為白天，並且不限於中午過後，但其逐月變化亦較大；以鞍部氣象站為例，1 月起霧頻率明顯高於 2 月及 12 月，但是逐時的振盪亦很大；竹子湖氣象站於 1 月的起霧頻率也是 3 個月中最高的；由於山區在東北季風影響下常受低雲覆蓋而有起霧的狀況，在此條件下雲底的變化是否有日夜變化的規律，仍需持續累積觀測資料的長度，方能進一步分析。

四、結論

基於中央氣象局測政組於 2016 年建置完成並啟用之能見度觀測網資料，本研究將全臺 26 個氣象站的分鐘能見度觀測資料加以統計比對，以了解臺灣霧天氣事件的時空分布特徵。初步統計結果顯示，3 至 5 月是各地霧好發的月份，不論是平地、高山或離島在這三個月均有顯著的霧日；其中離島的霧事件發生頻率亦有日夜變化的情況，代表其同時受到大尺度平流霧發生條件與局部地方地形地貌的輻射霧機制調控。除此之外，夏季的 6 至 8 月臺灣本島山區易有另外一個霧好發的季節，而其起霧頻率的日夜變化，則呈現出不同的山區（日月潭、阿里山）有不同日夜變化規律的結果；其中阿里山氣象站的起霧頻率日夜變化在下午達到最高，日月潭的起霧高峯值則多發生於夜間及清晨。

綜合觀察空間上的分布，全臺最易出現霧天氣事件的地區為離島及高山，離島對於交通航運上有重大的影響，歷年來亦有許多研究聚焦於此：廖等(2015)以及廖與邱(2016)曾根據金門、馬祖等離島觀測資料與天氣圖，分析臺灣海峽上海霧發生的綜觀環流特徵，並挑選個案進行數值模式的模擬，以探討可預報度的問題；氣象局為了提升濃霧事件的監測與預報技術，亦由王與林(2015)根據 2015 年金門的多點能見度觀測資料，針對濃霧事件形成與消散的過程進行細部分析，不但分析其與各項氣象參數的關係，更進一步針對綜觀環境的成霧條件進行分類，並提出濃霧消散的概念模式。

另一方面，山區雲霧特性雖對於人類活動及交通較無顯著影響，但其對於生態系的水文收支，尤其是臺灣山區霧林的水循環亦是重要的控制因子；魏等(2011)曾針對溪頭地區的霧發生頻率及日夜變化進行整理，並歸納溪頭地區以山谷風局部環流為主要的風場特徵，霧易發生於

下午，屬於谷風盛行時升坡霧的成霧機制；雖然透過實地觀測的統計分析，可推測山區局部環流與成霧條件之關聯，但亦需分析其與綜觀天氣條件的關係；若能透過動力模擬探討其成霧機制，深入瞭解山地霧林的陸氣交互作用，將有助於拓展氣象資訊在生態研究等跨領域合作之潛力。

五、參考文獻

王耀華、林依締，2015：”金門地區濃霧與現在天氣儀能見度觀測資料比對進階研究分析”，交通部中央氣象局自行研究發展計畫成果報告，CWB 105-1A-20。

中央氣象局，2004：地面氣象測報作業規範，第4版，3、13章，交通部中央氣象局，臺北市。

廖杞昌、沈正光、崔怡楓、羅明福，2015：”台灣海峽外島及西部沿岸測站成霧特性統計分析”，104年天氣分析與預報研討會彙編，6-11。

廖杞昌、邱振源，2016：”臺灣西部及外島地區低能見度環境特徵分析及模擬”，105年天氣分析與預報研討會彙編，A2-28。

魏聰輝、賴彥任、張振生、沈介文、洪志遠、王亞男、陳明杰，2011：”溪頭地區霧分布特性初探”，臺大實驗林研究報告，25卷，2期，149-160。

WMO，2014：Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation，WMO-No. 8，2014 edition，Chapter 9，World Meteorological Organization，Switzerland。

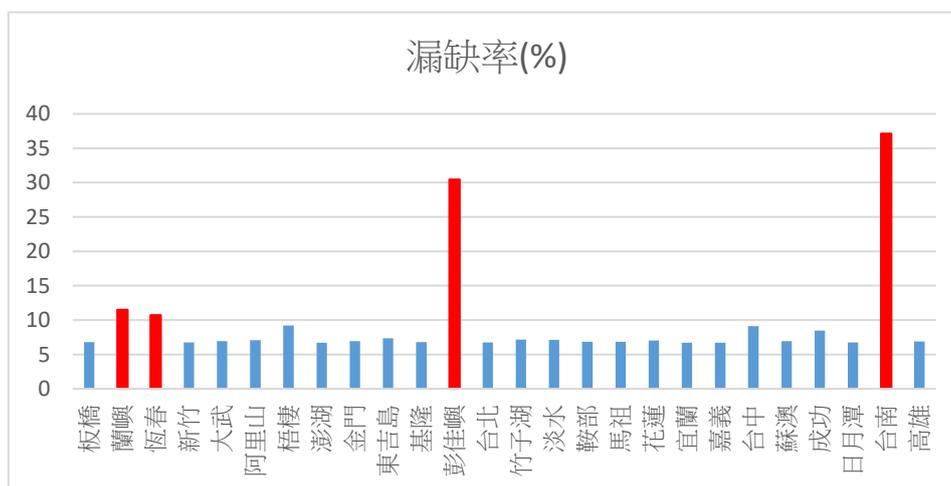


圖 1：本研究統計之 2016 年各站分鐘能見度資料漏缺率。

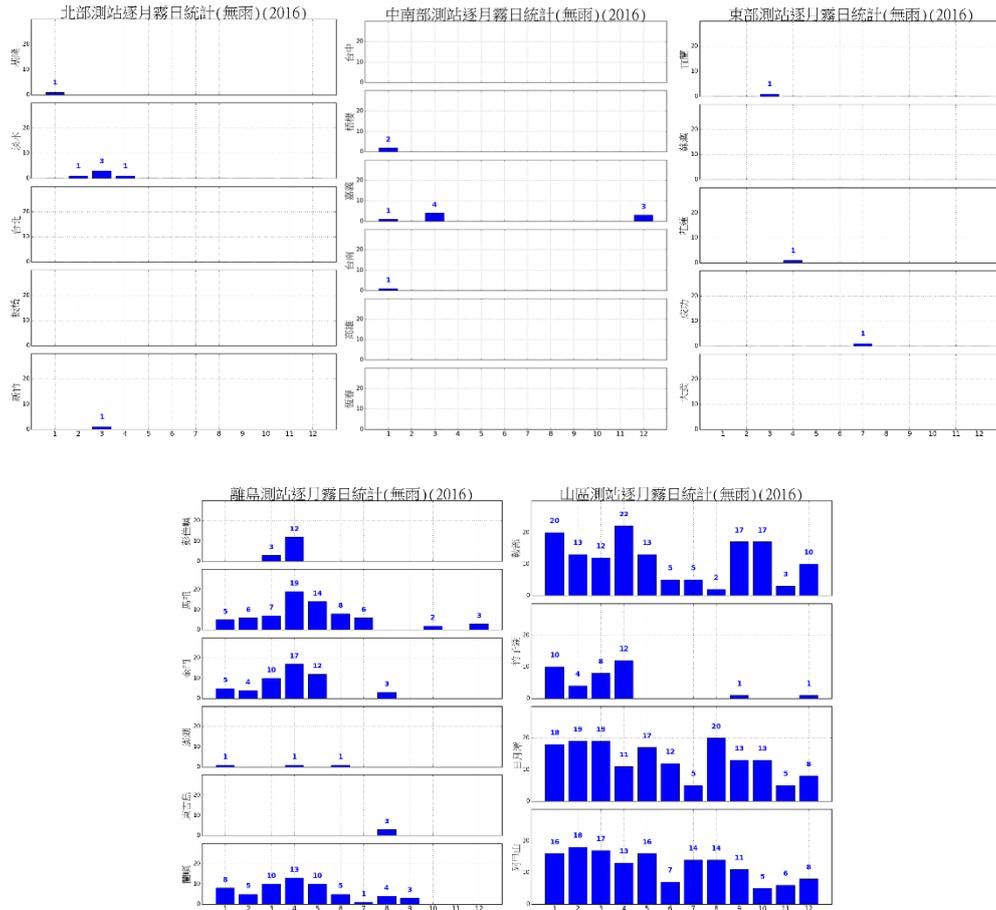


圖 2：全臺各分區逐月霧日統計。上排由左至右分別為北部地區、中南部地區、及東部地區；下排由左至右分別為離島地區、以及山區測站。

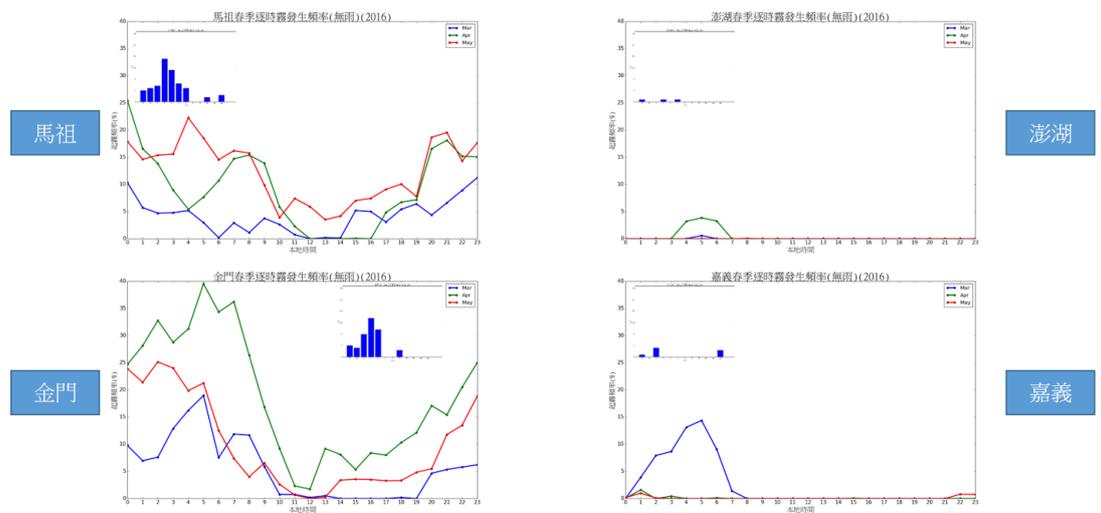


圖 3：春季馬祖、金門、澎湖、嘉義四站之逐時起霧頻率比較

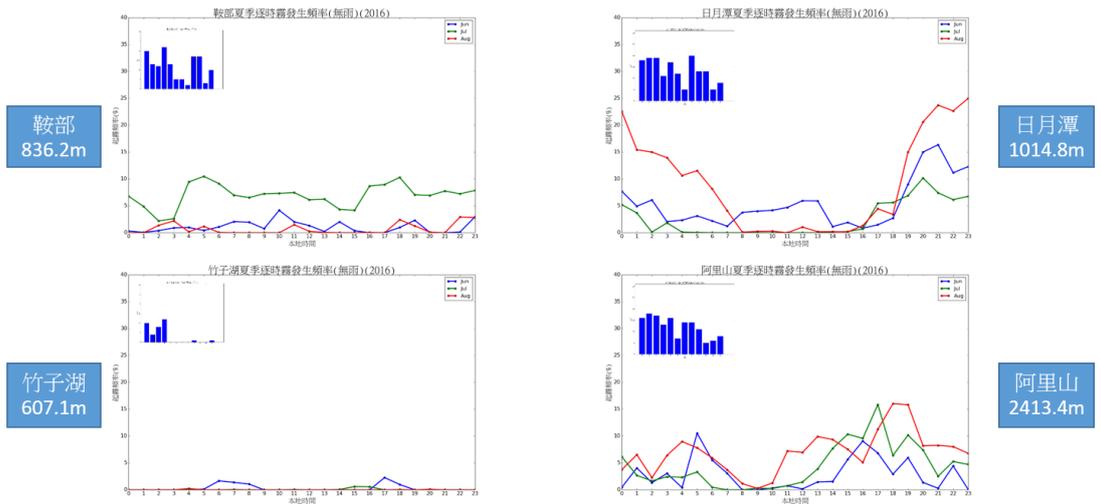


圖 4：夏季鞍部、竹子湖、日月潭、阿里山四站之逐時起霧頻率比較

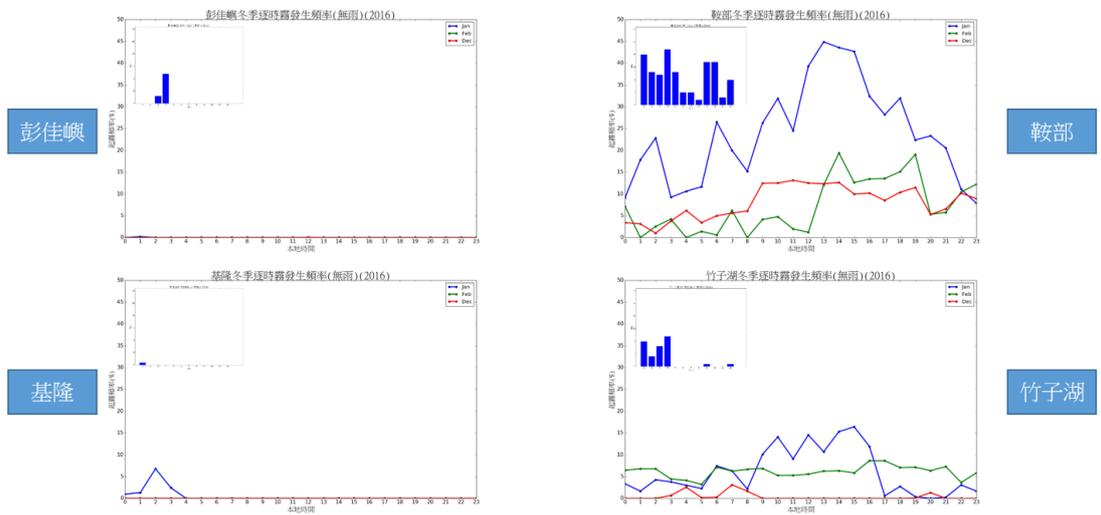


圖 5：冬季彭佳嶼、基隆、鞍部、竹子湖四站之逐時起霧頻率比較