

中華民國第 58 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

佳作

051908

臺灣極端酸雨與鹼雨之時序分析與探討

學校名稱：新北市立丹鳳高級中學

作者： 高二 周俐伶 高二 劉宇欣 高二 徐子筑	指導老師： 劉育宏
---	------------------

關鍵詞：酸雨、鹼雨、懸浮微粒

摘要

從環保署 2015~2017 年報中，全國酸雨（pH 值小於 5.0）比例最高在萬里及觀音站，全國鹼雨（pH 值大於 7.1）比例最高在崙背站。經統計分析後，我們發現以下結論：

- 一、觀音和萬里站都是離海近且較無當地污染源的背景站，酸雨的污染源應是外來的，冬季的致酸污染物可能藉由東北季風到達臺灣，使得酸雨比例高達 90%。
- 二、鹼雨的原因主為工業化學排放的物質所造成，也可能與降水量、PM2.5、PM10 有關，研究分析得到崙背鹼雨與降水量、PM2.5、PM10 的相關性偏弱，可能和其他原因有更強烈的相關性。
- 三、強降雨事件發生時，雨水酸鹼值和降水量、PM2.5、PM10 的關係更為微弱。

壹、 研究動機

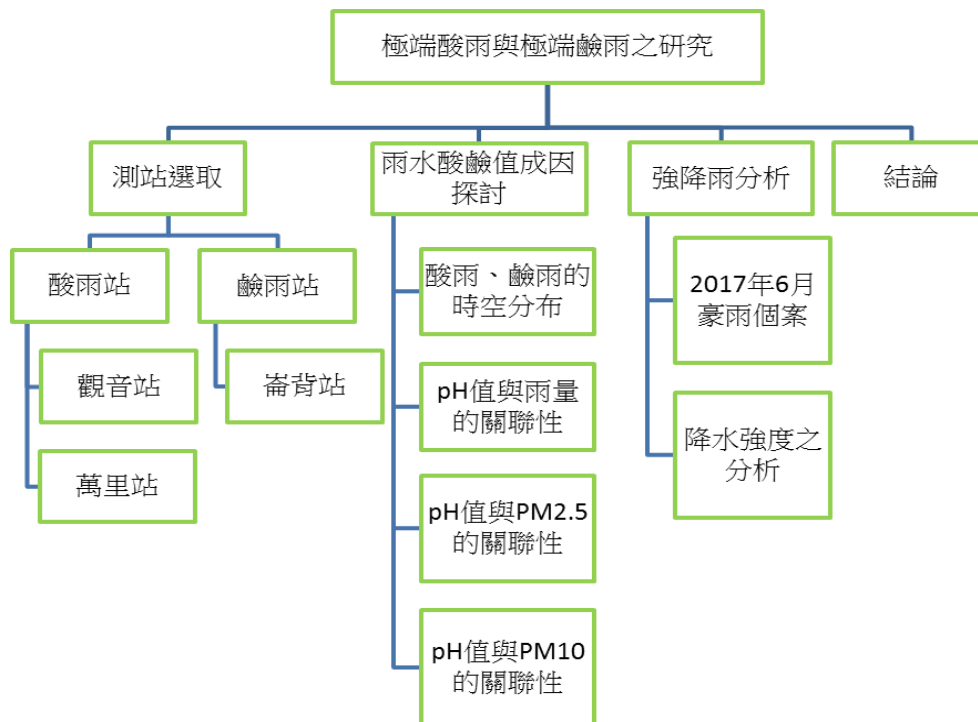
偶然在翻閱環保署公告的年報時，發現崙背站有 pH 值高於 7.0 的雨水，且比例高達 9.3%，為全台灣鹼雨比例占最多的測站，我們日常生活中常聽到酸雨，但是從來沒有聽過鹼雨，因此勾起了我們想深入了解有關雨水酸鹼值議題的好奇心，同時也研究影響酸雨和鹼雨的因子，希望能建構出一套初步檢驗酸雨和鹼雨的標準作業流程。

貳、 研究目的

一、 研究目的

- (一)了解臺灣酸雨與鹼雨的空間分布
- (二)了解台灣酸雨與鹼雨的時間分布
- (三)分析酸雨和鹼雨和其他因子（雨量、PM2.5、PM10）的相關性

二、研究架構



參、研究設備及器材

一、紀錄與分析軟體

Word：文字紀錄

Excel：資料統計、圖表彙整

Google 地圖：觀察測站位置與周邊環境、繪製相關圖說

Photo Cap 6.0：繪製圖片、圖表

二、數值資料來源

本研究中我們利用行政院環境保護署空氣品質監測站所提供，從民國 104 年至民國 106 年之逐時資料。

肆、研究過程或方法

一、文獻資料

臺灣居於東北亞及東南亞的交會處，空氣品質狀況除了受到國內污染散發的影響，尚會季節性或不定時受到鄰近國家污染物傳播的影響。環保署為了掌握空氣品質狀況及長期變

化、發展污染防制策略及評估策略的有效性、學術研究及對國民健康之影響評估等目的，於空氣品質監測網（Taiwan Air Quality Monitoring）提供即時監測資料及相關的氣象資料，亦為本研究之主要資料來源。

（一）酸雨

「酸雨」，其正確的名稱應為「酸性沉降」，它可分為「濕沉降」與「乾沉降」兩大類。前者指的是，所有氣狀污染物或粒狀污染物，隨著雨、雪、霧或雹等降水型態而落到地面者，後者則是指在下雨的日子，從空中降下來的落塵所帶的酸性物質而言。自然大氣中含有二氧化碳，二氧化碳在常溫時溶解於雨水中並達到氣液相平衡後，雨水之酸鹼值為 5.6，因此大自然的雨水是弱酸的。在 1980 年代後期以來，許多國內外（包含環保署研究報告）研究者，已將所謂「酸雨」認知為雨水酸鹼值在 5.0 以下。我們在翻閱文獻時發現，「台灣位於東亞的季風地區，夏季有西南氣流盛行，冬季則有東北季風」(洪港傑，2015)，所以我們推測，冬季時亞洲大陸燃煤及工業產物製造大量致酸物質，東北季風將亞洲大陸的污染物跨域傳輸到台灣，使得「酸雨問題的顯現為空氣污染跨域輸散之結果」(陳淨修，1993)，加上「細懸浮微粒 PM2.5 的來源可分為原生性及衍生性兩類，可由自然界產生和人類活動所排放，又以人為造成為主要原因」(王志中，2017)，造成懸浮微粒會經由風力或人力等因素帶入大氣中造成開放性汙染，因 PM2.5 成份含有硫酸鹽、硝酸鹽，是雨水酸化主因，而「空氣中存在含海鹽氣膠，最後空氣中的氣膠和污染物再經由降雨沉降至地表，影響雨水酸鹼值」(黃珮瑜，2014)。

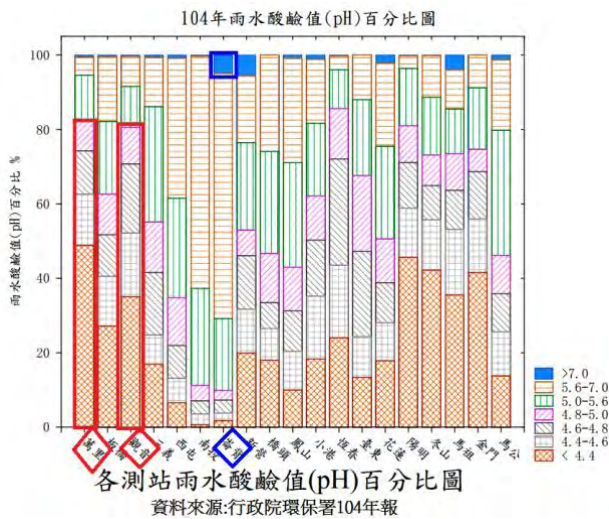
（二）鹼雨

鹼雨，顧名思義就是呈鹼性的雨，與酸雨相反。對於鹼雨的相關研究非常少見。維基百科上的敘述：鹼雨的成因可分兩方面，例如：當氧化鈣或氫氧化鈉的粉塵排放到空氣裡，或是有時一些氨工廠周圍因為氨氣排放到空氣裡。這些鹼性的物質一旦被雲內的小水點吸收了，就會溶解進雨水裡，從而造成帶鹼性的濕沉降，也就是鹼雨或鹼雪。由此可知，鹼雨的形成與化學致鹼物質關係匪淺。另，土壤鹽化也會使土壤酸鹼值偏鹼性，在雲林濁水溪沿岸在冬季枯水期間，水位下降，床面土砂乾燥，強勁東北季風，使土砂飛揚，塵土瀰漫，使得該處鹽土、鹽性鹼土較多。強勁的風勢易形成「懸浮微粒(Suspended Particle，或稱氣膠 Aerosol) 意指懸附在空氣中之固體及液體等微小粒子」(王美文，2002)，而懸浮微

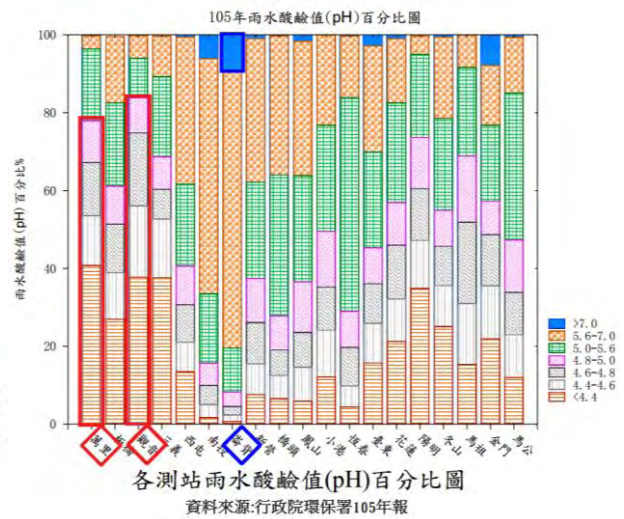
粒的主要的來源即是從地表揚起的塵土，其含有氧化物礦物和其他成分。而由於雲林濁水溪流域土壤多帶鹼性，所以我們推測當 PM10 數值高的地方會產生較高的鹼雨比例。其中，我們對於鹼雨的定義為化學上鹼性的定義，也就是 pH 值大於 7.1。

(三) 行政院環保署雨水酸鹼值年監測值分布

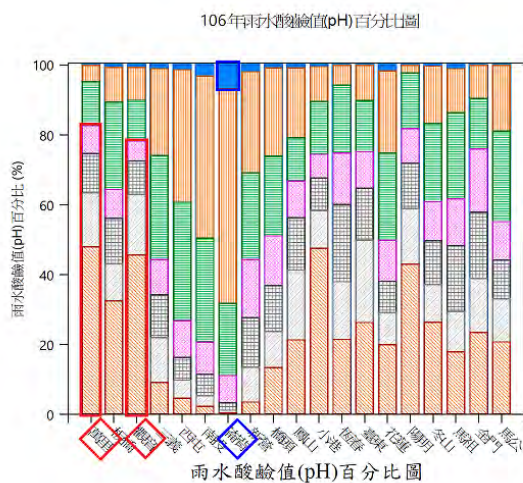
查閱 2015 年行政院環保署雨水酸鹼值年監測值分布統計圖（圖一），其中 pH 值小於 5.0 的雨水比例以恆春站 85.59% 為最高，其次依序為萬里站 82.69% 及觀音站 80.62%，而崙背站 9.91% 為比例最低。2016 年雨水酸鹼值年監測值分布統計圖（圖二），其中 pH < 5.0 分布表中以觀音站 83.89% 為最高，其次為萬里站 77.99%，而崙背站 8.33% 為最低。2017 年雨水酸鹼值年監測值分布統計如圖三，其中 pH < 5.0 分布表中以萬里站 83% 最高，其次為陽明站 82%、觀音站 78%，而崙背站 7% 最低。



圖一，2015 年各測站雨水酸鹼值百分比圖



圖二，2016 年各測站雨水酸鹼值百分比圖



圖三，2017 年各測站雨水酸鹼值百分比圖



圖四，雨水 pH 值分析所選用測站位置

二、 研究目標選取

(一) 酸雨站

恆春站在 2015 年時是酸雨發生次數百分比最高的，但是到了 2016 年時卻大幅降低，因為資料變化率太高，並不適合選擇恆春站來作為分析。雖然陽明站也名列前茅，但是在環保署空保處長謝燕如在自由時報中曾表示陽明山鞍部的酸雨，除了大台北地區污染物的影響之外，陽明山的硫磺地質易產生的酸霧也會造成酸雨發生，加上在內政部營建署陽明山國家公園管理處陽明山國家公園地熱噴氣之空氣品質影響研究的報告中發現，陽明山國家公園範圍之地熱噴氣作用，造成噴氣孔附近地區大氣環境中之硫化氫、二氧化硫、氰酸氣及氨濃度明顯高於一般大氣環境之現象，因此我們認為陽明站受到當地火山氣體影響大，影響因子過於複雜，因此也不適合選擇陽明山站研究。

經以上的考量，本研究決定在 2015~ 2017 年的酸鹼比例中，選擇位居前茅的萬里站和變化率較小的觀音站來進行酸雨分析。而萬里站和觀音站為環保署設置的背景站，設置於較少人為污染地區或總量管制區之盛行風上風區，以監測其上風所挾帶之污染量。其佈設點均特別避開鄰近污染源之影響，以反映大尺度之空氣品質狀態，研判有無台灣以外地區長程傳輸而來的污染。本研究中的所指的極端酸雨是表示台灣酸雨發生比例最高的事件，稱為極端酸雨，而表一為測站的簡介資訊。

(二) 鹼雨站

崙背站在 2015 年雨水酸鹼值小於 5.0 的雨水比例為 9.91%，2016 年雨水酸鹼值為 8.33%，2017 年雨水酸鹼值為 7%，三年酸雨比例均為全國最低，且在 2016 年時的鹼雨發生次數為該年所有測站中最高(9.3%)。崙背站距離六輕工業區不遠，但是麥寮站和台西站離六輕工業區更近，不過在詳細查閱行政院環保署的資料後，發現麥寮站以及台西站沒有雨水 pH 值的數據資料。

經過以上的考量，最後決定選擇崙背站做為研究鹼雨的測站，因為崙背站離六輕工業區不遠，於是我們也想探討當地鹼雨的發生與工業化學排放的關連，及跟雨量、PM2.5、PM10 的關連性。本研究中的所指的極端鹼雨是表示台灣鹼雨發生比例最高的事件，稱為極端鹼雨，崙背測站的簡介資訊如表一。

表一，選用測站簡介表

	觀音站	萬里站	崙背站
所屬空品區	背景測站	北部空品區	雲嘉南空品區
站址	桃園市觀音區工業五路 1 號	新北市萬里區瑪鍊路 221 號	雲林縣崙背鄉南陽村大成路 91 號
測站高度	10 公尺	27 公尺	10 公尺
周圍環境簡述	位於桃園市政府消防局，四周沒有明顯較高之建築物，只有東南方有一座學校的禮堂。位在工業區內，較會受到人為污染物的影響。	位於新北市萬里區綜合商場 6 樓頂，距離海邊約不到 100 公尺，附近無較高建物遮蔽。	位於雲林縣崙背鄉崙背國中三樓頂，附近沒有高樓大廈，皆為矮房，不會干擾空氣採樣，距離雲林縣麥寮鄉六輕工業區的直線距離約為 13.75 公里。

三、研究變因選取

本研究中我們利用環保署空氣品質監測站所提供時雨量、pH 值、PM2.5、PM10 等數據，從 2015 年至 2017 年之逐時資料，每個測站每項變因的總數據量分別為 3 年*365 天*24 小時，每項變因各為 26304 筆。

(一) pH 值與雨量

我們對 pH 值與雨量進行相關性分析，我們的猜測是大量的降雨會稀釋一些 pH 值的數值，使其結果接近正常值，所以我們猜測雨量與 pH 值間能觀察到負相關的關聯。

(二) 針對酸雨的 pH 值與 PM2.5

在 95 年度「環保署/國科會空污防制科研合作計畫」成果完整報告中發現 PM2.5 中，硫酸鹽占其中質量的 20 %；有機碳占 15%-20 %；硝酸鹽占 23 %。由以上三項我們推測，PM2.5 中的致酸物質可能溶於雨水當中，使 pH 值下降。且在遠見聯合新聞中發現，PM2.5 的前驅污染物（如氮氧化物與硫氧化物），經光化學反應後，常形成二次氣膠，難以推斷其污染源，因此來源評估仍有不確定性，有待未來突破。

(三) 針對鹼雨的 pH 值與 PM10

懸浮微粒的成分很複雜，成分與其來源有很大的關係。PM10 主要的來源是從地表揚起的塵土，含有氧化物礦物和其他成分，而懸浮微粒並不完全是人為產生的，有一部分懸浮微粒是源自於火山爆發、沙塵暴、森林火災、浪花等自然事件。PM10 主要由風力或人力等因素，由地面上帶入大氣中產生開放性污染，也就是揚塵。雲林濁水溪流域土壤多帶鹼性，所以我們推測當 PM10 數值高的地方可能會產生較高的鹼雨比例。

四、資料處理過程

我們選取了萬里、觀音、崙背三個站進行分析，預估可以得到的結果為 pH 值與雨量、雨量和 PM2.5/PM10、pH 值和 PM2.5/PM10 之間的相關性，我們對相關性的定義是以下這個公式：

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

(一) 變因處理方式

1. pH 值

計算酸雨 (pH 5.0 以下)、中性雨 (pH 5.0~7.0)、鹼雨 (pH 7.1 以上) 一個月內各發生的次數後，化成比例。

2. 雨量

將一個月內的每小時降水量總加，成為月雨量。

3. PM2.5/PM10

將一個月內的 PM2.5/PM10 數值平均，成為月平均 PM2.5 或月平均 PM10。

(二) 製作長條圖

我們將 2015 年至 2017 年，萬里站、觀音站和崙背站的 pH 值、雨量、PM2.5 和 PM10 之資料進行統計分析處理，其中，我們將四個項目之數值視為一筆資料，則 1 年的一個測站的資料數量為 $1 \times 365 \times 24 = 8760$ 筆，且因為 2016 年為閏年，則三年的一個測站的資料共有 $2 \times 365 \times 24$ (2015 年和 2017 年) + $1 \times 366 \times 24$ (2016 年)，為 26304 筆。

1. pH 值

將三項區間的次數化為百分比的形式呈現，如 $\frac{\text{酸雨或鹼性雨各月累計次數}}{\text{各月具pH值數值的次數}} \times 100\%$

2. 雨量

三年累計將三年的同月份數值累計，製成長條圖。

3. PM2.5/PM10

三年累計將三年的同月份數值平均，製成長條圖。

4. 於長條圖上皆會加上一酸雨或鹼性雨的發生機率折線圖。

(三) 製作點散圖

將單年各月份數據，製成點散圖後，將回歸直線和相關係數標上。相關係數利用 Excel 函數，相關係數(R)=correl(A 資料儲存格,B 資料儲存格)。

(四) 點散圖---有效點篩選

我們將同一個小時內的四項數據出現非數字的資料視為無效值（也就是不採樣該時段）。所以，以 2017 年的崙背站來說，8760 筆當中我們僅萃出 302 筆有效值，然後我們就將同站的有效值進行相關係數分析，如表二，再製成點散圖。

表二，有效數據選取數量表

	觀音站	萬里站	崙背站
總數據量	26304 筆	26304 筆	26304 筆
有效數據量	1740 筆	3393 筆	1037 筆
筆	一筆數據所指的是在 201X 年 Y 月 Z 日的 W 時具有的數據量，也就是該小時同時具有 pH 值、降雨量、PM2.5、PM10 數據四項，稱為一筆有效數據		

(五) 強降水之有效點分析

強降雨的分析中，我們將降水強度依環保署的定義分為四個區間，分別為以下四點。

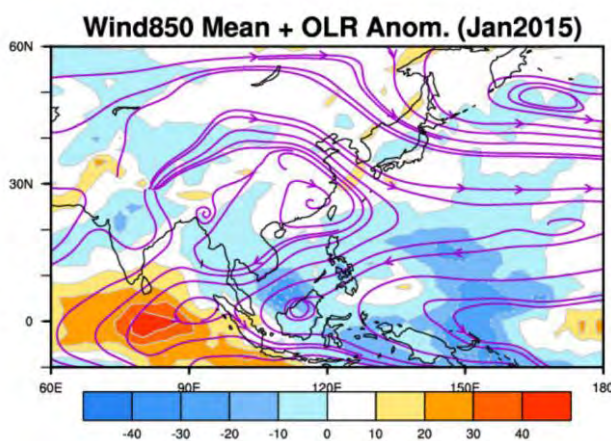
1. 大雨以下：降水量小於 80mm/day 或小於 40mm/hr。
2. 大雨以上：降水量大於 80mm/day 或大於 40mm/hr。
3. 大雨：降水量介於 80~200mm/day 或小於 100mm/3hr 且大於 40mm/hr。
4. 豪雨：降水量大於 200mm/day 或大於 100mm/3hr。

(六) 相關係數的定義

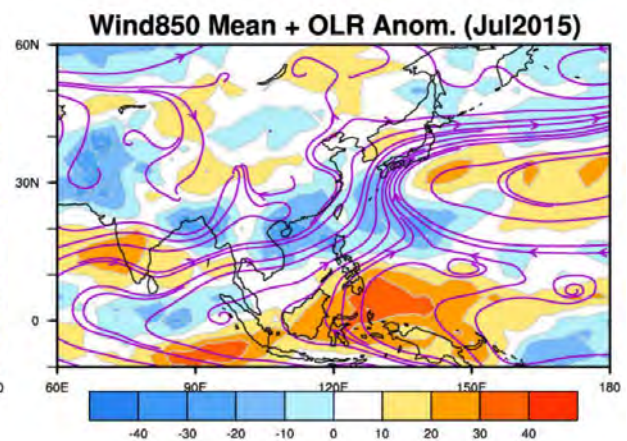
1. 小於 0.3 為低度相關性
2. 0.3-0.7 為中度相關性。
3. 大於 0.7 為高度相關性。
4. 相關係數值若為正為正相關，值若為負為負相關。

五、台灣的季風環流場

台灣位於亞洲季風的中繼站，以下列兩張圖來討論風向對三個測站懸浮微粒的影響，想知道懸浮微粒和境外長程運輸是否有關聯性。



圖五，2015 年 1 月的環流場圖



圖六，2015 年 7 月環流場圖

圖五與圖六資料來自交通部氣象局 850 百帕風場月平均及外逸長波輻射距平圖。圖五為 2015 年 1 月的環流場圖，圖中可看出高壓帶在中國大陸，而台灣 1 月吹東北風，風主要從中國大陸吹來，也可能會把懸浮微粒一起帶來台灣，也就是俗稱的霾害，不過由於觀音站和萬

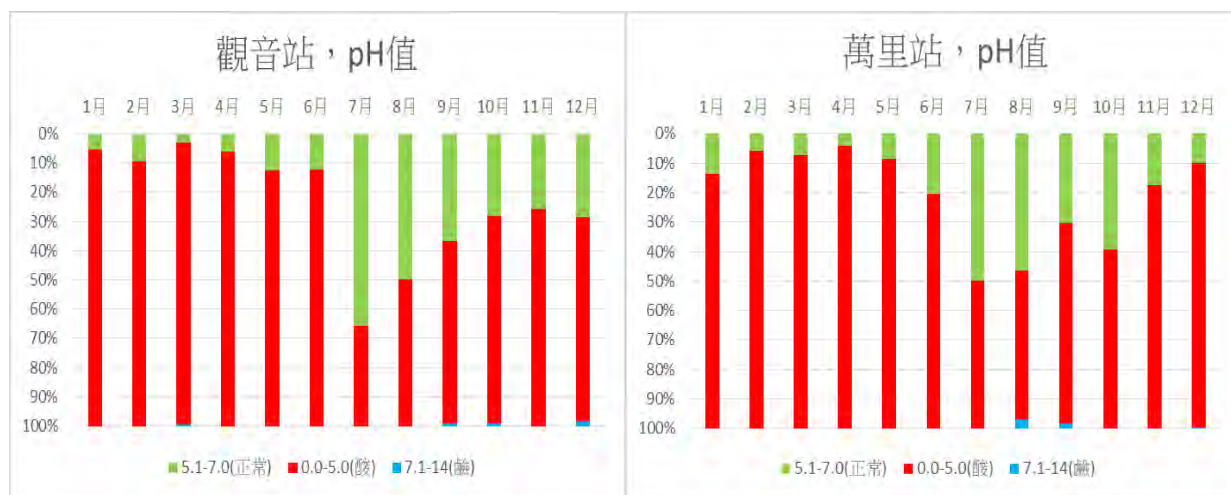
里站皆為環保署選定的背景站，所以可推測出觀音站與萬里站 1 月的懸浮微粒主要來自境外的長程運輸。

圖六為 2015 年 7 月的環流場圖，圖中顯示台灣 7 月時吹西南風，由於台灣中間有中央山脈，因此西南風對迎風的崙背站影響較大，而對觀音站與背風的萬里站影響較小。

伍、研究結果

一、酸雨分析

在環保署研究報告中，已統一將酸鹼值達 5.0 以下的雨水定義為酸雨，pH 值介於 5.1 到 7.0 間為正常雨水。本研究將 pH 超過 7.0 以上的稱為鹼雨。圖七顯示的是 2015-2017 三年資料降水酸鹼值次數，將三種變因發生次數做逐月的百分比統計。圖七的觀音站以及萬里站在一月份到五月份酸雨發生的次數都超過 90%。兩者都是較無污染源的背景站，因此我們推測污染源是外來的，冬季的致酸汙染物可能藉由東北季風到達臺灣，而使得酸雨比例偏高。



圖七，2015 - 2017 年各月份觀音站(左)萬里站(右)不同 pH 降水量的百分比。

(一) 酸雨 pH 值與雨量

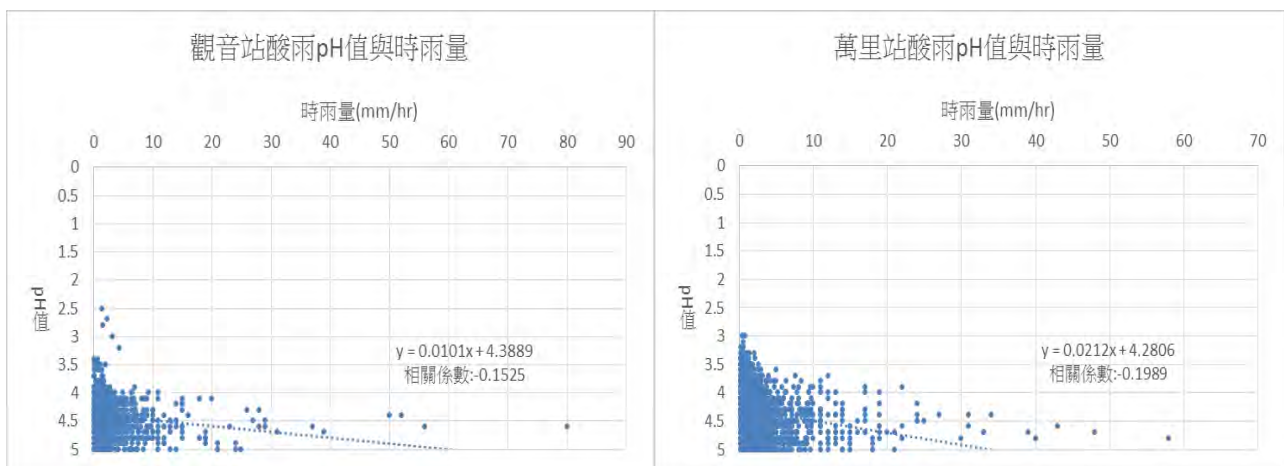
冬季時亞洲大陸燃煤及工業產物製造大量致酸物質，東北季風將亞洲大陸的汙染物跨域傳輸到台灣。由於觀音站和萬里站為環保署選定的背景站，設置於較少人為與自然汙染物之地。我們推測雨水的 pH 值應該會受雨量多寡的影響，為了確定雨量是否為影響雨水酸鹼值的因素，本研究利用數據分析後製作出圖八。圖八是觀音站和萬里站的三年各月的

累積雨量圖，從圖中發現兩地的雨量與 pH 值有類似的分布，7 月的酸雨比例大幅下降，6 月的雨量較高以及東北季風季時的酸雨比例比西南季風季時來的高，於是接下來做了相關係數分析來檢視兩者的相關性。pH 值與月雨量的相關係數為 0.442，屬於中度正相關，但是月雨量大並不表示就是發生比較多次的酸雨，僅代表酸雨比例較高而已。



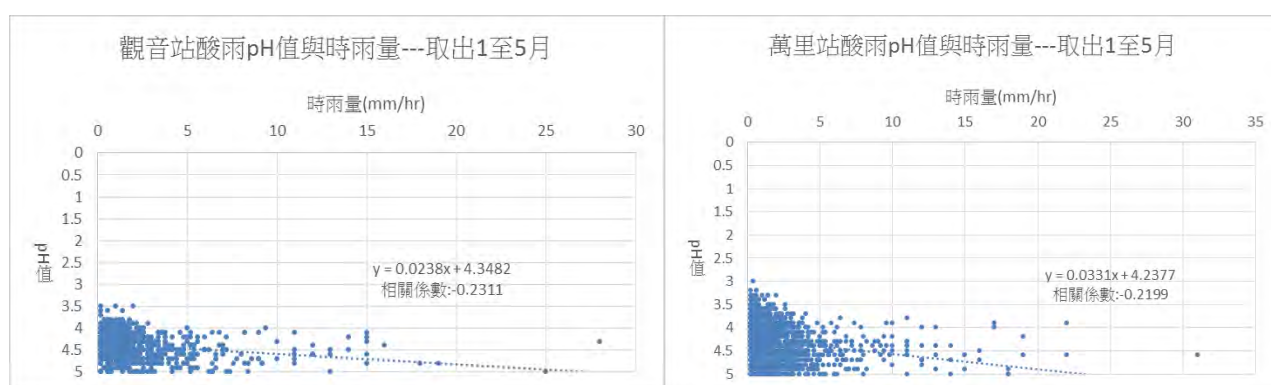
圖八，2015 - 2017 年觀音站與萬里站累計降雨量月變化。

月雨量與雨水酸鹼值的相關性可能受到降雨次數的影響，於是本研究更再進行時雨量與雨水酸鹼值的相關性。本研究萬里站所有資料的樣本數為 26304 筆，而我們取了有效資料為 2829 筆資料來做分析討論，而觀音站有效資料為 1740 筆。本研究想要探討時雨量的大小是否稀釋雨水濃度，使雨水濃度接近正常值。從觀音站與萬里站的酸雨 pH 值與時雨量的點散圖來觀察，發現圖九左圖的相關係數為 -0.1525 呈現低度負相關，至於圖九右圖的相關係數為 -0.1989 也是低度負相關，表示時雨量愈多，雨水酸鹼值愈偏中性，但相關性卻不大，表示時雨量不是影響雨水酸鹼值的主要原因。



圖九，觀音站(左)萬里站(右)酸雨 pH 值與雨量之點散圖

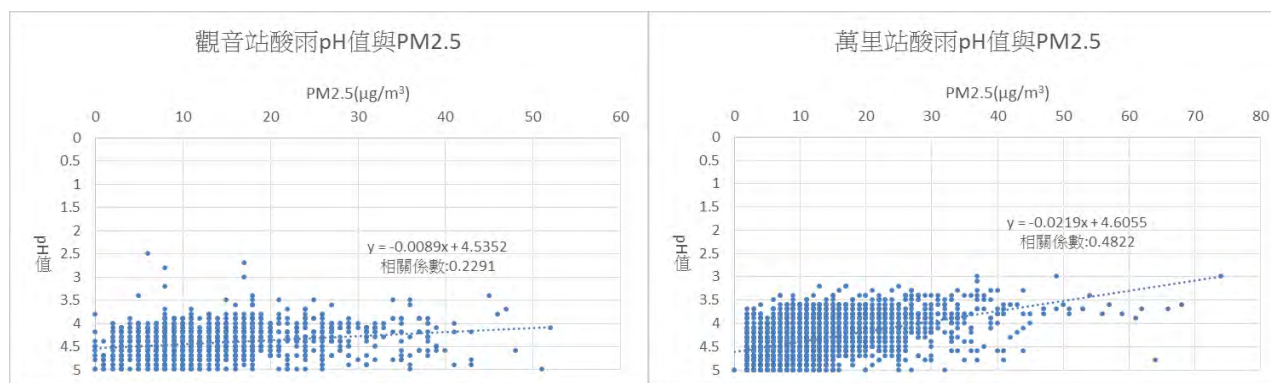
由圖七和圖八發現觀音和萬里三年中 1 至 5 月酸雨發生的比例多超過 90%，本研究將萬里站所有資料樣本數共 26304 筆，取出 1 至 5 月共 1549 筆進行高酸雨比例月份的分析與討論，想知道酸雨比例較高的月份，是否讓雨水酸鹼值被稀釋的情形更為顯著。於是我們製作 1 至 5 月觀音站和萬里站酸雨 pH 值與雨量的點散圖（圖十）和全年的點散圖來對比觀察此現象，發現圖十左圖的相關係數為 -0.2311，而圖十右圖的相關係數為 -0.2199，相關係數絕對值均有增加，代表酸雨比例較高的月份在時雨量愈多時，雨水酸鹼值被稀釋的趨向愈明顯，但是兩者仍是低度正相關，代表時雨量依舊不是影響雨水酸鹼值的主要原因，可能仍有其他更明顯的因子。



圖十，觀音站(左)萬里站(右)酸雨 pH 值與時雨量---取出 1 至 5 月之點散圖

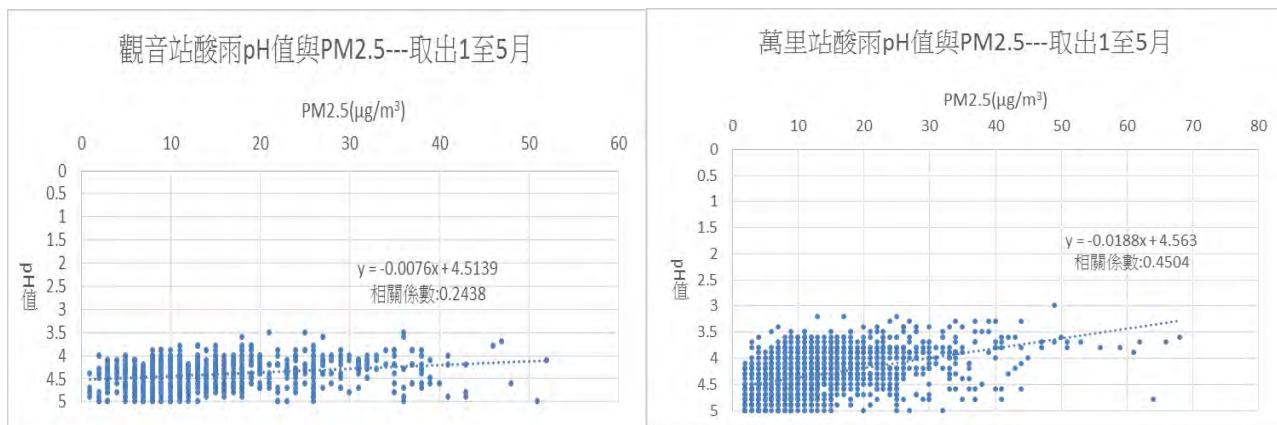
(二) 酸雨 pH 值與 PM2.5

接著，我們想要探討 PM2.5 濃度是否影響雨水酸鹼值。從觀音站和萬里站酸雨 pH 值與 PM2.5（圖十一）發現，圖十一左圖的相關係數為 0.2291，是低度正相關，而圖十一右圖的相關係數為 0.4882，為中度正相關，這代表萬里站的酸雨和 PM2.5 的相關性較高，這是萬里站的特色之一，很可能與萬里站的地理位置有關。



圖十一，觀音站(左)和萬里站(右)酸雨 pH 值與 PM2.5 之點散圖

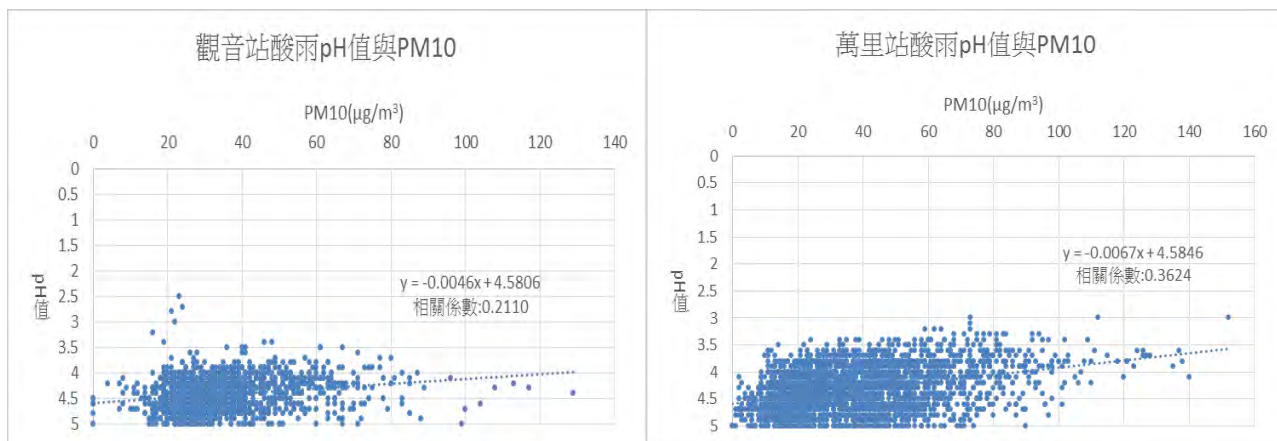
而 PM2.5 是否對酸雨比例較高的月份（1 至 5 月）影響更顯著呢？我們製做兩地的點散圖，分別為觀音站和萬里站酸雨 pH 值與 PM2.5—取出 1 至 5 月（圖十二）。發現圖十二左圖的相關係數為 0.2438，是低度正相關，至於圖十二右圖的相關係數為 0.4504，是中度正相關，這代表酸雨比例較高的月份與 PM2.5 濃度的關係僅有略為顯著，可能也與樣本數不同有關。



圖十二，觀音站(左)萬里站(右)酸雨 pH 值與 PM2.5---取出 1 至 5 月之點散圖

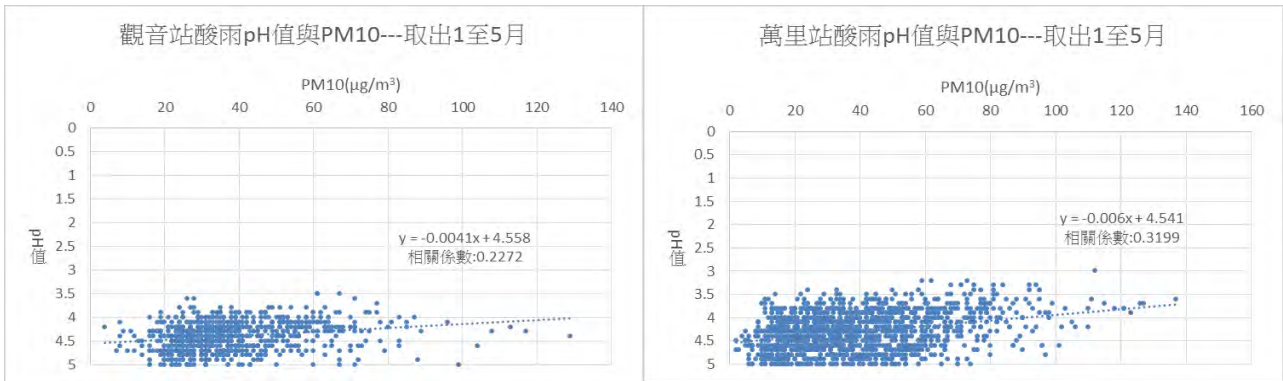
(三) 酸雨 pH 值與 PM10

接著，我們想要探討 PM10 與 PM2.5 對雨水酸鹼值的貢獻程度是否相同？從觀音站和萬里站酸雨 pH 值與 PM10（圖十三）發現，圖十三左圖的相關係數為 0.2110，是低度正相關，而圖十三右圖的相關係數為 0.3624，為中度正相關。發現 PM10 的相關性比 PM2.5 的相關性弱，這可能代表 PM2.5 的致酸能力比 PM10 強，而其可能原因應該是成分不同導致。



圖十三，萬里站(左)萬里站(右)酸雨 pH 值與 PM10 點散圖

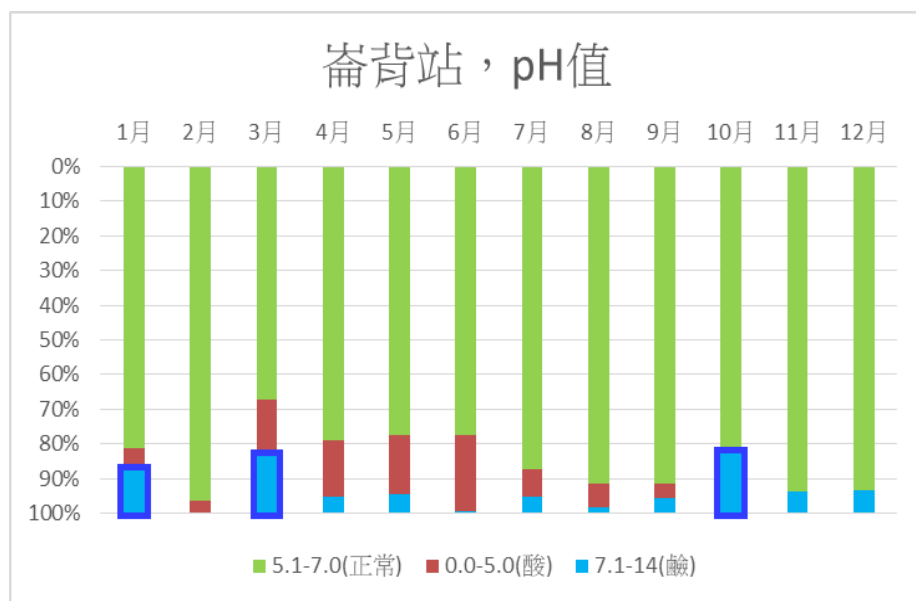
我們再探討酸雨比例較高的月份時，PM10 是否更能影響酸雨 pH 值。圖十四分別為觀音站和萬里站酸雨 pH 值與 PM10---取出 1 至 5 月，發現圖十四左圖的相關係數為 0.2272，是低度正相關，至於圖十四右圖的相關係數為 0.3199，是中度正相關，這代表酸雨比例較高的月份與 PM10 濃度的關係僅有略為顯著，也可能與樣本數不同有關。



圖十四，觀音站(左)萬里站(右)酸雨 pH 值與 PM10---取出 1 至 5 月點散圖

二、鹼雨分析

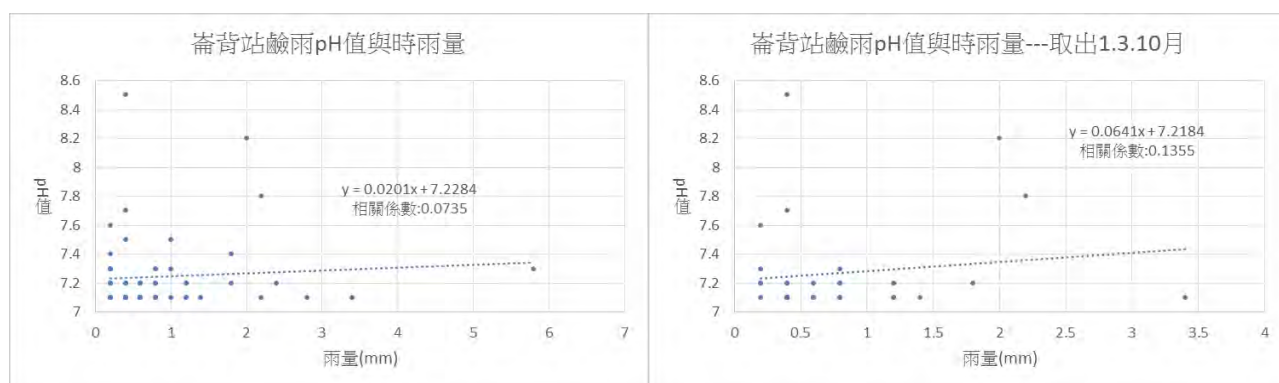
造成崙背站鹼雨的因子，主要有工業化學排放、雨量、揚塵、PM2.5、PM10 等，我們想知道影響崙背站發生鹼雨的顯著因子，及這些因子和雨水 pH 值的相關性是如何，於是本研究使用了環保署的資料進行相關性分析。統計 2015 到 2017 三年資料降水酸鹼值次數，將正常、酸、鹼三種 pH 變因發生次數做逐月的百分比統計，崙背站鹼雨發生次數超過 10%的月份有一月、三月、十月，如圖十五。



圖十五，2015 - 2017 年各月份崙背站不同 pH 降水量的百分比

(一) 酸雨 pH 值與雨量

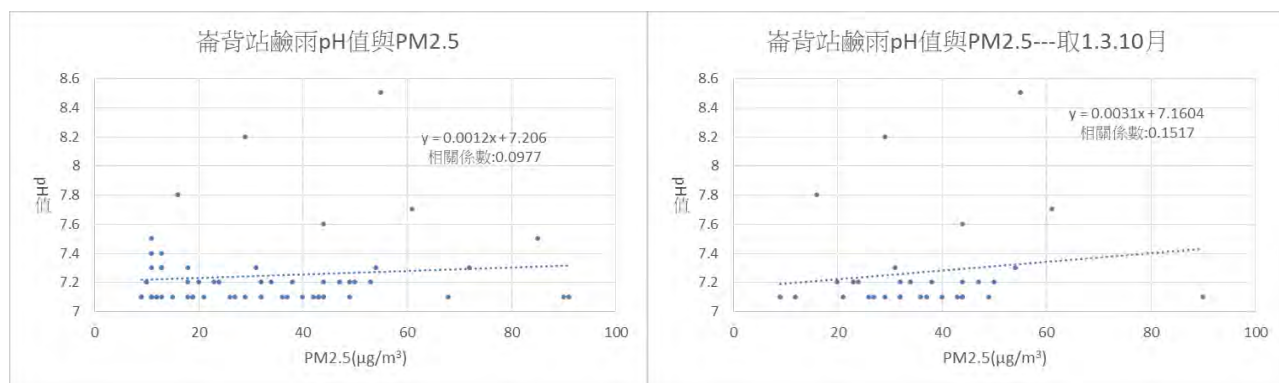
崙背站 2015 到 2017 年的樣本數共有 26304 筆，經過篩選後同時具有雨量、PM2.5、PM10 的有效樣本數共有 1037 筆。本研究想知道崙背站酸雨的 pH 值與時雨量的相關性，圖十六左圖使用的資料為三年的有效樣本數，圖十六右圖僅使用三年中一、三、十月的樣本，因為這三個月的酸雨所佔的比例都大於 10 % (圖十五)。圖十六左圖的相關係數為 0.0735，圖十六右圖的相關係數為 0.1355，酸雨比例高的月份比三年度的相關係數增加了一點，但依舊呈現微弱的正相關，且點散資料的集中度很高，代表酸雨 pH 值的高低和時雨量的強弱的關係不高。



圖十六，崙背站酸雨 pH 值與雨量(左)，去 1.3.10 月(右)點散圖

(二) 酸雨 pH 值與 PM2.5

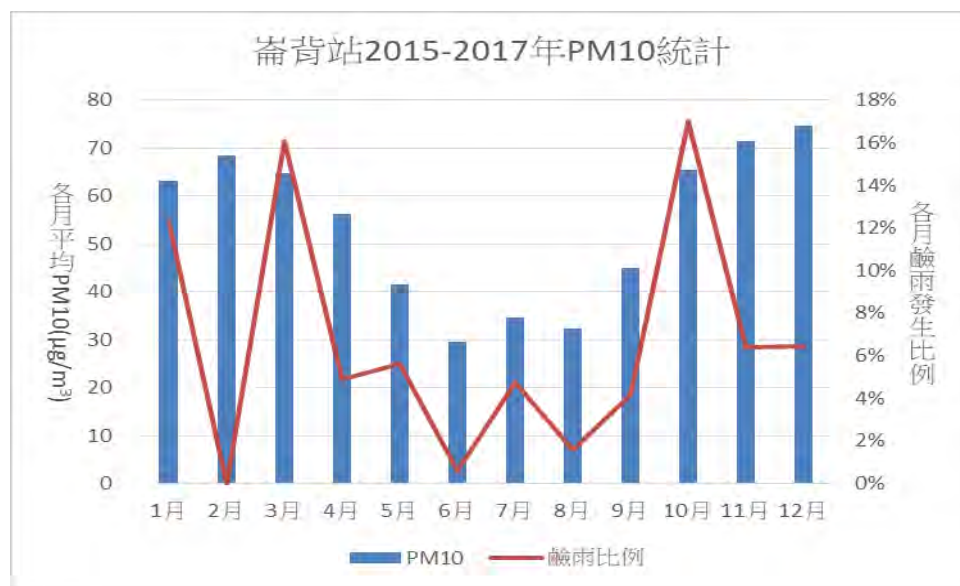
崙背站酸雨的 pH 值與 PM2.5 的相關性呈現在圖十七。圖十七左圖使用的資料為三年的有效樣本數，相關係數為 0.0977，圖十七右圖僅使用三年中一、三、十月的資料，相關係數為 0.1517。酸雨比例高的月份比三年度的相關係數提高，代表酸雨 pH 值明顯的月份，PM2.5 也較為明顯，但仍是微弱的正相關，表示酸雨 pH 值與 PM2.5 兩者的關係不大。



圖十七，崙背站 pH 值與 PM2.5(左)去 1.3.10 月(右)點散圖

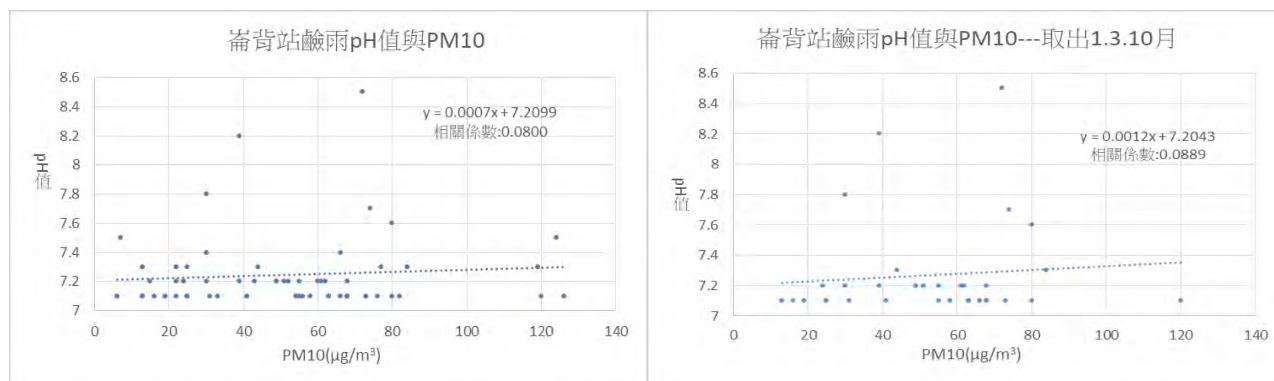
(三) 鹼雨 pH 值與 PM10

我們想知道降雨會不會稀釋掉鹼雨，使 pH 值接近正常值，所以我們製作了崙背站鹼雨發生比例及月雨量的長條圖和折線圖（圖十八）來做比較。圖十八中，2 月份沒有鹼雨發生，但 PM10 仍相當明顯，因為 2 月份崙背降雨次數極少，所以圖十八 PM10 的濃度越高大並不表示就是發生比較多次的鹼雨，可能是降雨次數導致分布，但圖十八中仍可察覺兩者間仍有其相關性，可能要用其他方法表示之。



圖十八，崙背站 2015-2017 年 PM10 統計圖

雨量的多寡和 PM2.5 濃度的高低都不太會影響鹼雨的 pH 值，那 PM10 與鹼雨的關係又是如何呢？圖十九左圖的相關係數為 0.08，圖十九右圖的相關係數為 0.0889，在有篩選出鹼雨比例高月份（圖十九左）以及沒有篩選月份（圖十九右）中，可看出相關係數幾乎沒有變動。由以上分析可推論出無論鹼雨比例的高低都與 PM10 的關係微弱。



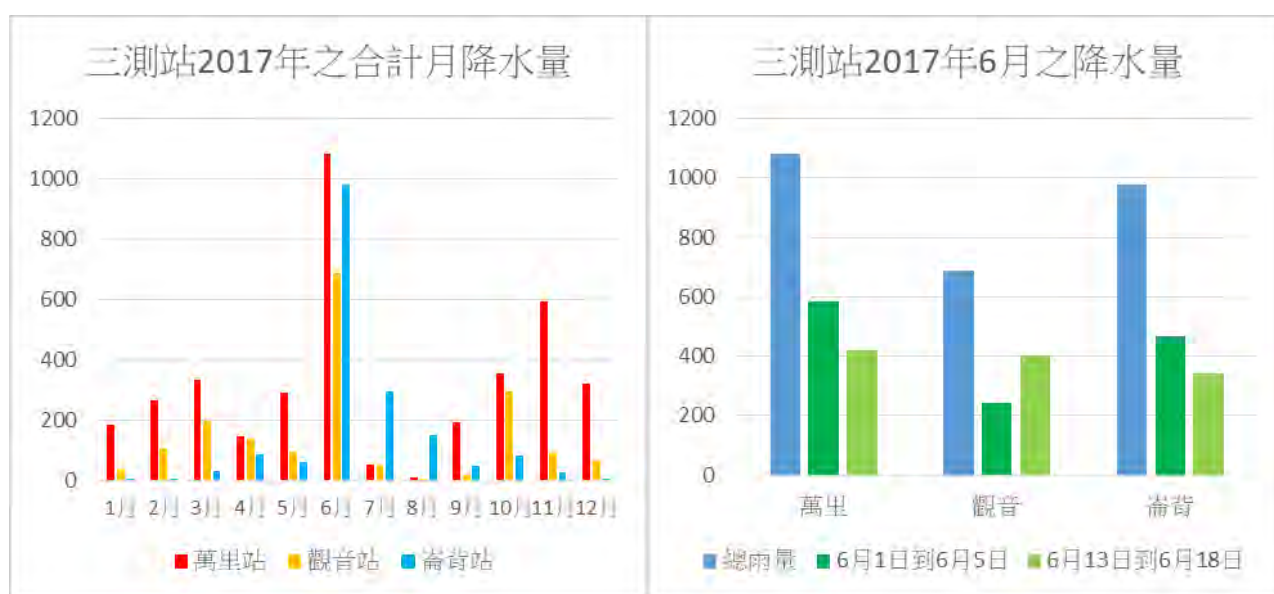
圖十九，崙背站 pH 值與 PM10(左)去 1.3.10 月(右)點散圖

三、強降雨分析

前者研究一與研究二中，我們發現使用月雨量與時雨量對雨水酸鹼值有不同的影響，其相關性的高低也不迥相同。可能不同的降雨次數與降雨強度會有不同的意義，於是本研究更再進行特殊豪雨事件與降水強度之研究。

(一) 2017 年 6 月豪雨個案

我們在觀察 2017 年的累計雨量圖時，發現該年 6 月雨量遠超過其他月份（圖廿左），因此，我們調查 2017 年 6 月，發現該月份發生兩場大雨事件，分別是 6 月 1 日到 5 日的大雨及 6 月 13 日 18 時到 6 月 18 日 11 時的大雨。圖廿右圖顯示這兩場大雨幾乎代表了整個六月份的月雨量。

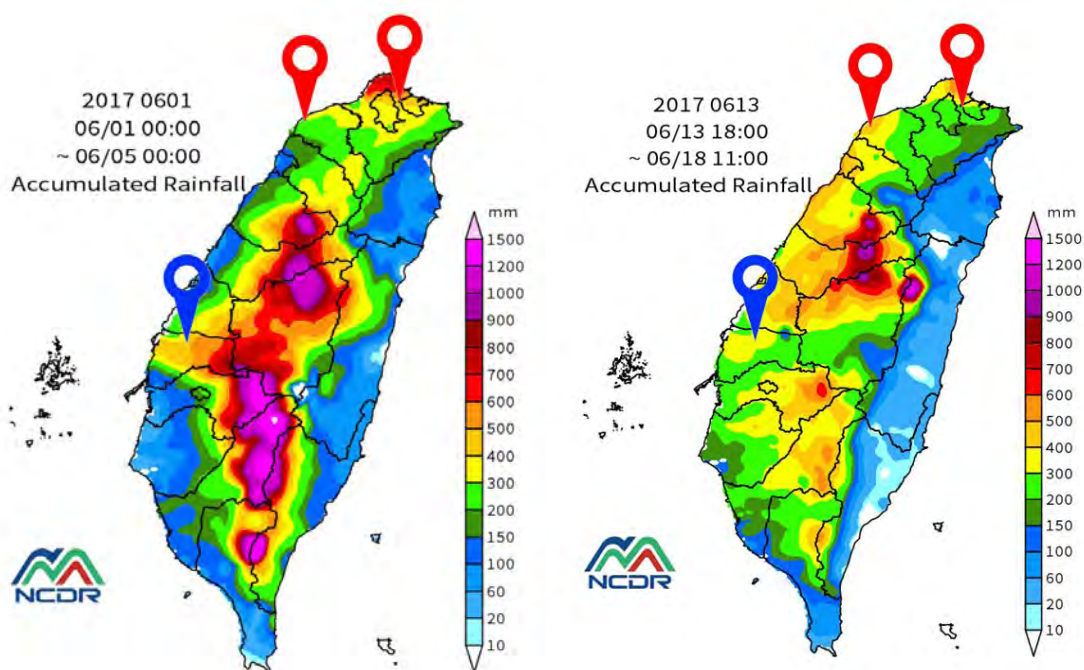


圖廿，三測站 2017 年(左)2017 年 6 月(右)的降水

1. 6 月 1 日至 6 月 5 日之豪雨

首先，我們先觀察的是 6 月 1 日到 5 日的大雨（圖廿一），圖片引用自 NCDR 國家災害防救科技中心之資料。我們從 NCDR 的資料中找到該次大雨的全台累計雨量圖，從圖上我們因為座標軸數值的設計，以及整體顏色的分布，認為此次降雨對於該月份累積雨量數值的影響應該很大，因此，我們回頭累計三個測站在這五天的降雨量，發現三個測站降雨量的數值是觀音站為 241mm、萬里站為 582.8mm 和崙背站為 467.4mm，這樣的數值，在萬里站和崙背站，降雨量佔五成左右，而觀音站，則占有該月份三分之一左右

的降雨量，這驗證了我們對於這次大雨的猜測，該次降雨確實對這三個測站造成了 2017 年 6 月大量的降水貢獻，而為了深度了解該次大雨的原因，我們查了相關的報導。在親子天下的報導中提到，該次降雨被稱為「典型梅雨鋒面」，就是「梅雨鋒面在台灣附近滯留，且鋒面伴隨較強的西南風或西南氣流」，而主要的原因是由於「梅雨鋒面及西南氣流影響，目前台灣北部沿海旺盛對流雲系逐漸向南擴展。」（聯合新聞網）



圖廿一，6/1~6/5 日的雨量分布圖

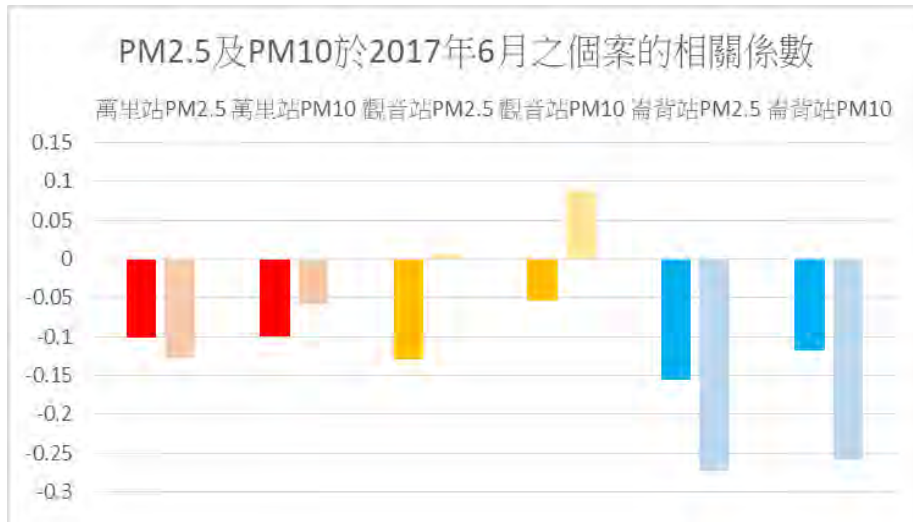
圖廿二，6/13 18 時~6/18 11 時的雨量分布圖

2. 6 月 13 日至 6 月 18 日之豪雨

圖廿二是 6 月 13 日 18 時到 6 月 18 日 11 時的雨量分布，我們可以從 NCDR 的全台累計雨量圖中看到，圖廿一與廿二兩者累積雨量圖的座標軸相同，顏色分布表達出 6 月 13 日 18 時到 6 月 18 日 11 時降雨的影響弱於前次大雨的影響，而從各區的顏色分布上去看，我們發現觀音站在這次大雨所累積的雨量是比 6 月初那次高的，詳細從數據上去看，我們發現三個測站降雨量的數值是觀音站為 403.8mm、萬里站為 420.4mm、崙背站為 341.6mm，這樣的降水量，在萬里站和崙背站，降水量數值佔五成，而觀音站則佔到三分之二。中時電子報中提到，「今（15）日受到滯留鋒面及西南氣流影響，台中以南山區有局部大雨或豪雨，西半部、東北部地區及澎湖、金門有局部大雨發生的機率。」也就是說，該次大雨也是由於梅雨所造成的。

3. 豪雨事件與 PM2.5、PM10 的相關性分析

由於 2017 年 6 月的雨量為三年降水量最多的月份，因此我們將整個月視為強降雨月份去進行相關係數分析，得到圖廿三之結果，發現，相關係數並沒有一定的規律性，使我們無法看出雨量和 PM2.5 或 PM10 之間的關聯。以此，本研究認為該月份降水量過大，使得和其他項目之間的關係不明顯。

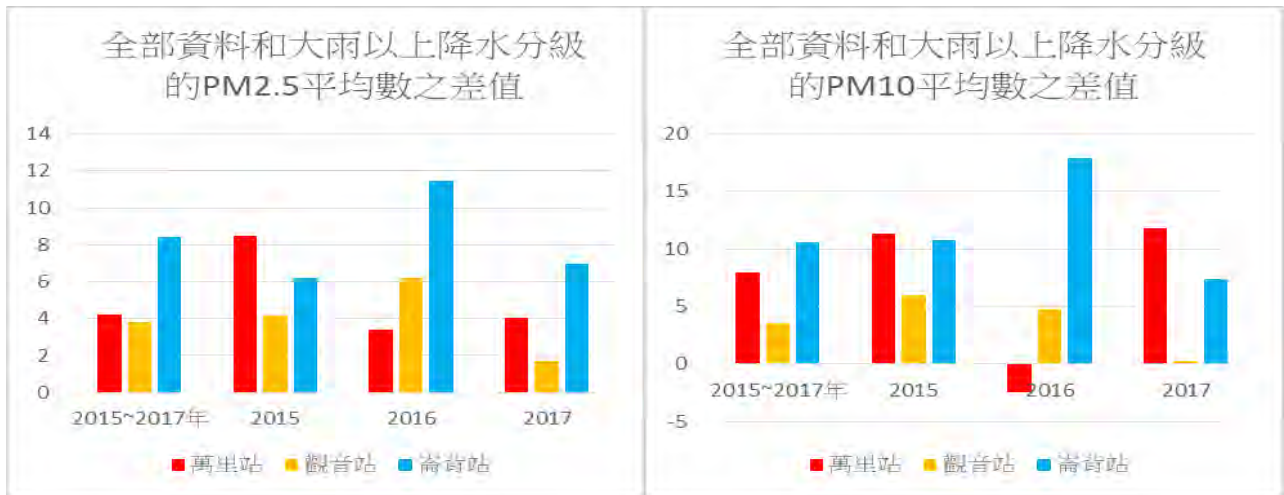


圖廿三，2017 年 6 月豪雨個案相關係數（深色為全數有效資料，淺色為 2017 年 6 月）

(二) 利用降水強度之分析

1. PM2.5 和 PM10 在大雨以上降水強度的特徵

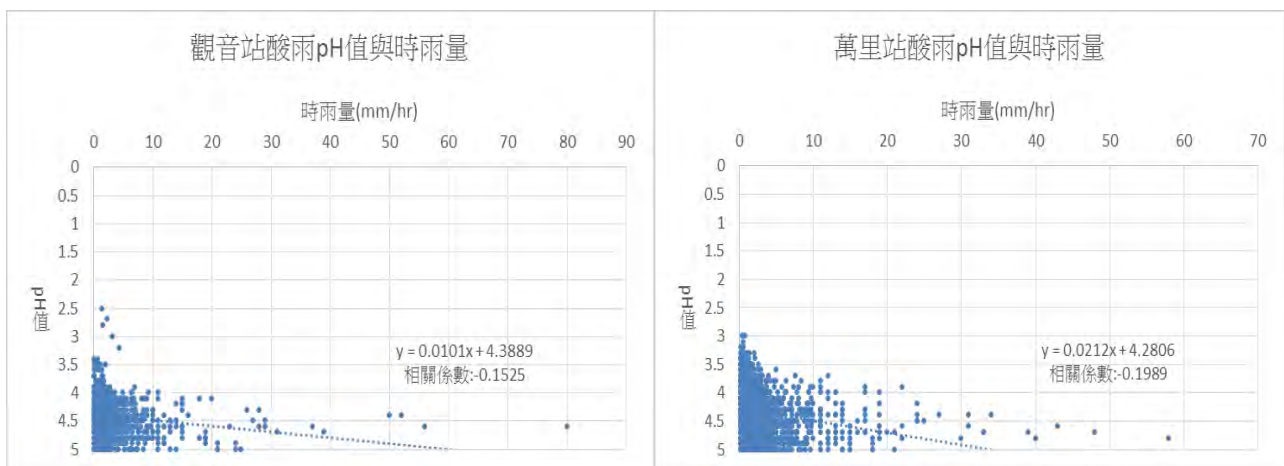
我們將三年各站的 PM2.5 和 PM10 統計出一個平均值，再統計出三年大雨以上降水強度下的平均值，將兩者比較後，驗證是否在降水強度較大的情形下平均值會改變。圖廿四中，我們可讀出 PM2.5 或 PM10 在年均值和大雨以上降水強度平均值的差值，三站中多為正值，其中僅有萬里站 2016 年的 PM10 平均值例外，但由於其數值較小，且在三年尺度下的平均差值計算中，依舊呈現正值，所以本研究認為，大雨以上的降水強度會見到 PM2.5 或 PM10 數據下降。



圖廿四，三年各站和大雨以上降水分級的 PM2.5(左)PM10(右)平均數之年差值

2. 酸雨 pH 值與時雨量

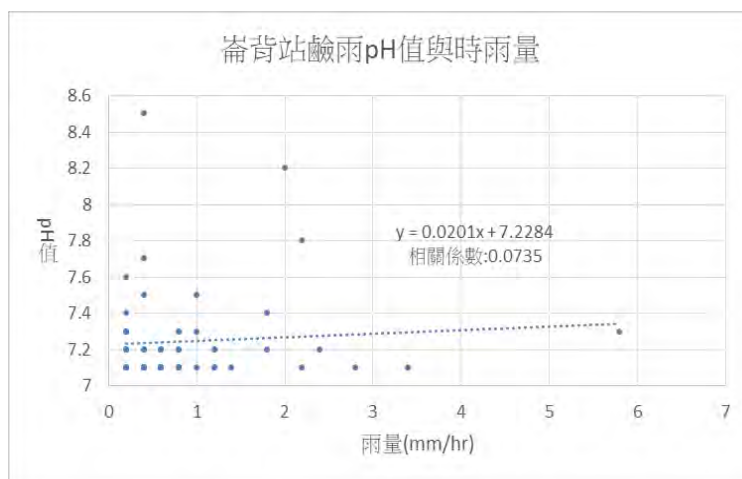
我們利用觀音站和萬里站在酸雨 pH 值和時雨量進行分析。由圖廿五中我們可以從相關係數中讀出，兩者皆有微弱的正相關，換句話說，當雨水強度較強時，兩站的酸雨 pH 值分布皆會趨向 5.0。但是，當我們單純以圖中點的分布來了解訊息時，我們會發現，pH 值小於 4.0 之數據點，主要出現在小於 10mm/hr 的範圍內，也就是說中小雨的時候雨水較酸的機率明顯較高，而在大於 10mm/hr 的範圍裡，可以發現 pH 值的有漸增的趨向，以此，我們推論，當降水強度大於 10mm/hr 時，確實會對酸雨程度造成明顯負相關的影響；也就是說，當降雨強度大時，雨水之酸鹼值有趨向中性之結果。



圖廿五，觀音站(左)萬里站(右) 酸雨 pH 值與時雨量之點散圖

3. 鹼雨 pH 值與雨量

在圖廿六的相關係數上，雖然表達出降水強度越大，pH 值越大之結果，但由於崙背站具有鹼雨之數據的降水強度皆較弱，我們可以從分布上去看，仍然可以看出和「酸雨 pH 值與雨量」分析時相近的結果，也就是降水強度越大時，鹼雨發生的機率也越小。



圖廿六，崙背站鹼雨 pH 值雨時雨量

4. 降水強度與 PM2.5、PM10

中央氣象局將降水強度區分為大雨以下（降水量小於 80mm/day 或小於 40mm/hr）、大雨以上（降水量大於 80mm/day 或大於 40mm/hr）、大雨（降水量介於 80~200mm/day 或小於 100mm/3hr 且大於 40mm/h）、豪雨（降水量大於 200mm/day 或大於 100mm/3hr）四個區間。我們利用這四個區間將不同的降水強度進行相關係數分析，如表三。分析結果顯示不館任何的降水強度區間都呈現低度相關性，相關係數的數值變化無規律，雖然每個區間之樣本數不同（表四），我們推論 PM2.5 和 PM10 與不同的降水強度關係微弱，無法支持大雨會沖刷懸浮微粒的論點。

表三，雨量分級之相關係數

雨量分級之相關係數	雨量不分級	大雨以下	大雨以上	大雨(不含豪雨)	豪雨
雨量與 PM2.5(萬里站)	-0.1006	-0.0767	0.0159	0.0740	-0.1262
雨量與 PM10(萬里站)	-0.0998	-0.1178	0.0450	-0.0221	0.0120
雨量與 PM2.5(觀音站)	-0.1292	-0.1260	-0.1081	-0.1682	0.1548
雨量與 PM10(觀音站)	-0.0532	-0.0661	0.0525	0.1005	0.0889

表四，降雨分級之數據選取樣本數

	雨量不分級	大雨以下	大雨以上	大雨 (不含豪雨)	豪雨
萬里站 (有酸雨時)	2828	2592	236	217	19
觀音站 (有酸雨時)	1443	1331	112	89	23

崙背的酸雨與降水強度和 PM2.5、PM10 的關係為何呢？表五為崙背站不同雨量分級之相關係數。崙背站在 2015 年到 2017 年間，豪雨的降水情況下，雨量和懸浮微粒的相關係數之絕對值達到中度相關。可能表示豪雨的沖刷力強，也可能是樣本數不同造成的變異，更有可能是由於該次豪雨事件是懸浮微粒排放較少的緣故（當時有停班停課事件）。由於其他降水強度的下降水量與 PM2.5 及 PM10 皆呈現低度相關性，且相關係數絕對值的數值並沒有因為強度增強而有線性增加的現象，甚至在豪雨區間，相關係數之絕對值遠高於其他區間的數值，因此，我們推斷於崙背站在豪雨狀態下並非常態現象所導致的數值，而回頭了解崙背站於三年間的豪雨發生時間，符合豪雨定義的僅有一天，為 2017 年 6 月 3 日，因此推論，這樣高的相關係數，是由於偶發事件所造成。

表五，崙背站不同雨量分級之相關係數

崙背站不同雨量分級之 相關係數	雨量不分 級	大雨以下	大雨以上	大雨(不 含豪雨)	豪雨
雨量與 PM2.5	-0.1557	-0.0909	-0.1568	0.0065	-0.6393
雨量與 PM10	-0.1174	-0.0508	-0.1199	0.0096	-0.6193

陸、討論

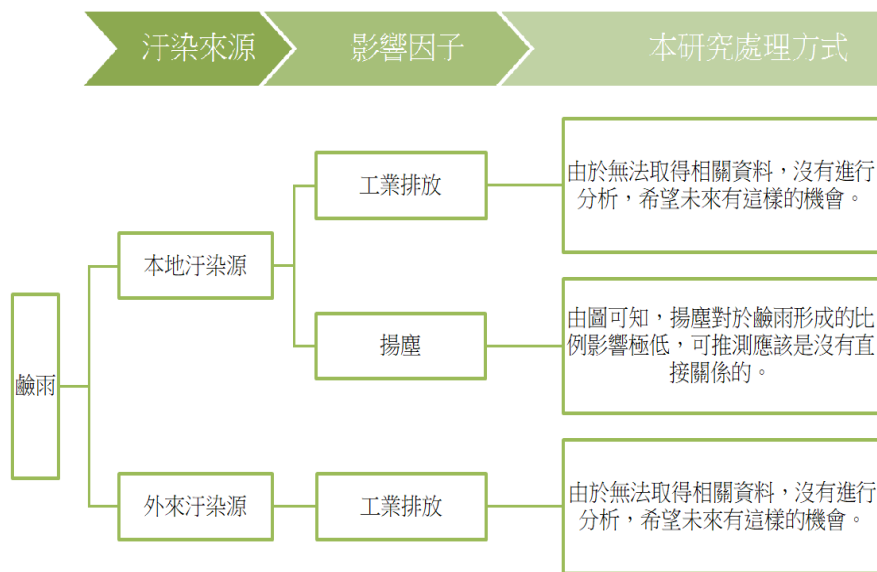
一、酸雨

1. 雖然結果時有中度相關，但是樣本數的不同，又沒有進行統計檢定，造成研究無法更深入探討，而統計檢定的方法有許多，可能需要特別討論其適合的檢定方式。
2. 造成酸雨的原因，可分為本地污染源與外來污染源。酸雨的主因都是工業化學排放，也可能與當時的大氣環境有關，如雨量、PM2.5、PM10、風速、風向、大氣穩定度，甚至地形等。如下表分析，可一下表逐步分析酸雨與影響因子的相關性，但部分資料取得有相當難度，有待未來深入分析。
3. PM2.5 的致酸能力比 PM10 強，因其硫酸鹽、有機碳、硝酸鹽比例仍高，PM2.5 中的致酸物質可能溶於雨水當中，使 pH 值下降。甚至 PM2.5 的前驅污染物（如氮氧化物與硫氧化物），經光化學反應後，常形成二次氣膠，希望未來可以深入了解真正原因。



二、鹼雨

1. 造成鹼雨的原因有很多，主為工業化學排放的物質所造成，也可能與雨量、PM2.5、PM10 有關，由於工業化學排放的資料不易取得，由以上的分析得到崙背鹼雨與雨量、PM2.5、PM10 的相關性皆不高，因此可能和其他原因有更強烈的相關性，有待未來深入分析。
2. 針對崙背站附近的六輕工業區可以研究污染物濃度隨距離的變化。但是因為距離六輕工業區更近的麥寮站與台西站沒有雨水 pH 值的資料，如有專案研究的觀測資料能更有論點。
3. 境外移來的工業化學排放也是影響鹼雨的主因之一，如果要做外來工業化學排放分析的話就需要境外工業化學排放的資料以及風向、風速、地形等詳細資料，但由於這些資料我們難以取得，所以沒有針對此項目進行更進一步的研究。



三、數值計算問題

1. 起初，我們利用累積雨量而不是現在的時雨量分析，但是它的缺點在於每個月的降雨不規律，而在分配不均時，相關係數也會跟著發生變異。如觀音站 pH 值與雨量的相關係數成 0.442，萬里站的 pH 值與雨量相關係數為 0.168，平均值提高會不太合邏輯。

2. 本研究利用三年的數據進行統計，如果能進行五年，甚至十年的數據分析，相信也能讓研究的可信度增加。
3. 本研究以台灣極端酸雨和極端鹼雨為目標，分析其形成的原因，酸雨已經是全球性的危害，為了建立全球初步分析酸雨與鹼雨的參考作業流程，本研究分析酸雨、鹼雨的影響因子及本研究處理的方式，希望本研究可以做為未來避免或減緩酸雨或鹼雨的前驅研究。

柒、結論

首先，我們利用行政院環保署 2015、2016、2017 年報中酸雨發生比例最高的事件，稱為極端酸雨，研究的目標為觀音和萬里站；而鹼雨發生比例最高的稱為極端鹼雨，極端鹼雨發生在崙背站。觀音站和萬里站又是距離海較近且汙染較少的背景站，汙染的產生主要是來自亞洲大陸的境外長程傳輸。崙背位於臺灣西部雲林境內，附近有濁水溪裸地和台塑六輕石化工業區，汙染很有可能與土壤揚塵或工業汙染有關。

接著，本研究資料取自臺灣環境保護署空氣品質測站資料庫，取 2015、2016、2017 年三年觀音、萬里、崙背站的雨水酸鹼值、酸雨/鹼雨次數、降水量、PM10、PM2.5 等進行統計分析。將酸鹼值達 5.0 以下的雨水定義為酸雨，pH 值介於 5.1 到 7.0 間為正常雨水。本研究將 pH 超過 7.0 以上的稱為鹼雨，發現結果如下：

- 一、2015 到 2017 三年降水酸鹼值的發生次數進行百分比統計，觀音和萬里站在一月到五月份酸雨發生的次數都超過 90%，兩者都是較無當地汙染源的背景站，因此推測汙染源是外來的，冬季的致酸汙染物可能藉由東北季風到達臺灣，使得酸雨比例偏高。
- 二、觀音、萬里、崙背三地的降水量與 pH 值的關係並不顯著。
- 三、觀音、萬里站 PM2.5 的點散分布較 PM10 線性，PM2.5 的致酸能力比 PM10 強。
- 四、崙背站鹼雨發生次數超過 10% 的月份有一月、三月、十月，崙背站同時有酸雨和鹼雨的次數發生。

- 五、造成鹼雨的原因有很多，主為工業化學排放的物質所造成，也可能與雨量、PM2.5、PM10 有關，研究分析得到崙背鹼雨與雨量、PM2.5、PM10 的相關性皆不高，可能和其他原因有更強烈的相關性。
- 六、強降雨事件發生時，雨水酸鹼值和降水量、PM2.5、PM10 的關係更為微弱。
- 七、本研究以台灣極端酸雨和極端鹼雨為目標，分析其形成的原因，本研究已建立全球初步分析酸雨與鹼雨的參考作業流程，希望未來可以做為全球避免或減緩酸雨或鹼雨的前驅研究。

捌、參考文獻

一、中文部分

【學位論文】

李宗璋(2016年)。台灣海峽海岸及海島地區大氣懸浮微粒跨境傳輸、海陸域時空分佈及物化特性解析。中山大學環境工程研究所。

鄭福田(1990年)。陽明山國家公園地熱噴氣之空氣品質影響研究。內政部營建署陽明山國家公園管理處。

陳淨修(1993年)。酸雨形成機制及模式之研究。國立中央大學大氣物理研究所。

洪港傑(2015年)。季風輻合效應在台灣地區熱帶氣旋降雨影響之探討。國立中央大學太空科學研究所。

王治中(2017年)。台灣西部細懸浮微粒(PM2.5)濃度分布與趨勢之探討。國立中興大學環境工程學系所。

黃珮瑜(2014年)。區域氣候變化與台灣酸雨相關性之探討。國立中央大學大氣物理研究所。

二、網路資料

行政院環境保護署 空氣品質監測網 <https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>

謝燕如(2011年7月27日)。自由時報 <http://news.ltn.com.tw/news/focus/paper/511749>。

郭育良(2017年12月27日)。遠見雜誌 <https://www.gvm.com.tw/article.html?id=41683>。

【評語】 051908

本研究彙整觀音、萬里及崙背三測站之降雨 pH 值、雨量、PM2.5 及 PM10 等資料，討論雨水 pH 值與雨量、PM2.5 及 PM10 的相關性。研究過程可訓練基礎統計技能，並逐步建立對大數據解釋之能力。數據之呈現大致符合科研規範，可再將整體數據加以分類，或可呈現較有系統性之變化，使數據之解釋更精闢深入。

壹. 研究動機

偶然在翻閱環保署公告的年報時，發現崙背站有pH值大於7.0的雨水，且占了全年雨量比例高達9.3%，為全台灣鹼雨比例占最高的測站，我們日常生活中常聽到酸雨，**這才發現原來台灣也有鹼雨**，因此勾起了我們想深入了解有關臺灣雨水酸鹼值議題的動機，同時也探討影響酸雨和鹼雨的因子，希望能建構出一套初步檢驗酸雨和鹼雨的標準作業流程。

貳. 研究目的

- 一、了解台灣酸雨與鹼雨的空間分布
- 二、了解台灣酸雨與鹼雨的時間分布
- 三、分析酸雨和鹼雨和其他因子（雨量、PM2.5、PM10、SO₂、NO_x）的相關性
- 四、強降雨的個案分析

參. 研究設備及器材

一、紀錄與分析軟體

Word：文字紀錄、資料整理
Excel：資料統計、圖表彙整
PhotoCap 6.0：繪製圖片
Google 地圖：觀察測站位置與周邊環境、繪製相關圖說

二、數值資料來源

本研究採用行政院環境保護署空氣品質監測站所提供，從民國98年至106年共九年，選取時雨量、pH值、PM2.5、PM10、SO₂、NO、NO₂、NO_x等八項因子，總資料共1,025,736筆之逐時資料。

肆. 研究原因與方法

一、酸、鹼雨定義

在環保署研究報告中，將pH值小於5.0以下的雨水定義為酸雨，大於7.1為鹼雨，pH值介於5.1到7.0間為正常雨水。

二、選擇測站



本研究主要採用觀音站、萬里站、崙背站。原始資料取自環保署空氣品質測站2015~2017年每日逐時觀測資料處理統計。

三、測站特性

觀音站、萬里站

1. 環保署佈設為離海近且無當地污染的背景站。
2. 2015~2017雨水酸鹼值(pH)百分比高達 80%。

崙背站

1. 靠近雲林縣麥寮鄉六輕工業區。
2. 鹼雨次數全台最高，接近10%。

四、選擇研究變因

酸雨

pH值與雨量

降雨會稀釋掉部分pH值的數值，使其結果接近正常值，所以猜測雨量是否會與酸雨呈現負相關的關聯。



酸雨

pH值與PM2.5

在參考文獻中發現PM2.5中，硫酸鹽占其中質量的20%；有機碳占15%-20%；硝酸鹽占23%，以上三項物質溶於水中皆呈現酸性，因此**PM2.5融於雨水中會使pH值下降**。

鹼雨

pH值與PM10

PM10主要是由風力或人力等因素，將地面物質帶入大氣中的開放性汙染，也就是揚塵。由於**雲林濁水河流域土壤是鹼性的**，因此推論出**當PM10數值越高的地方鹼雨比例產生越高**。

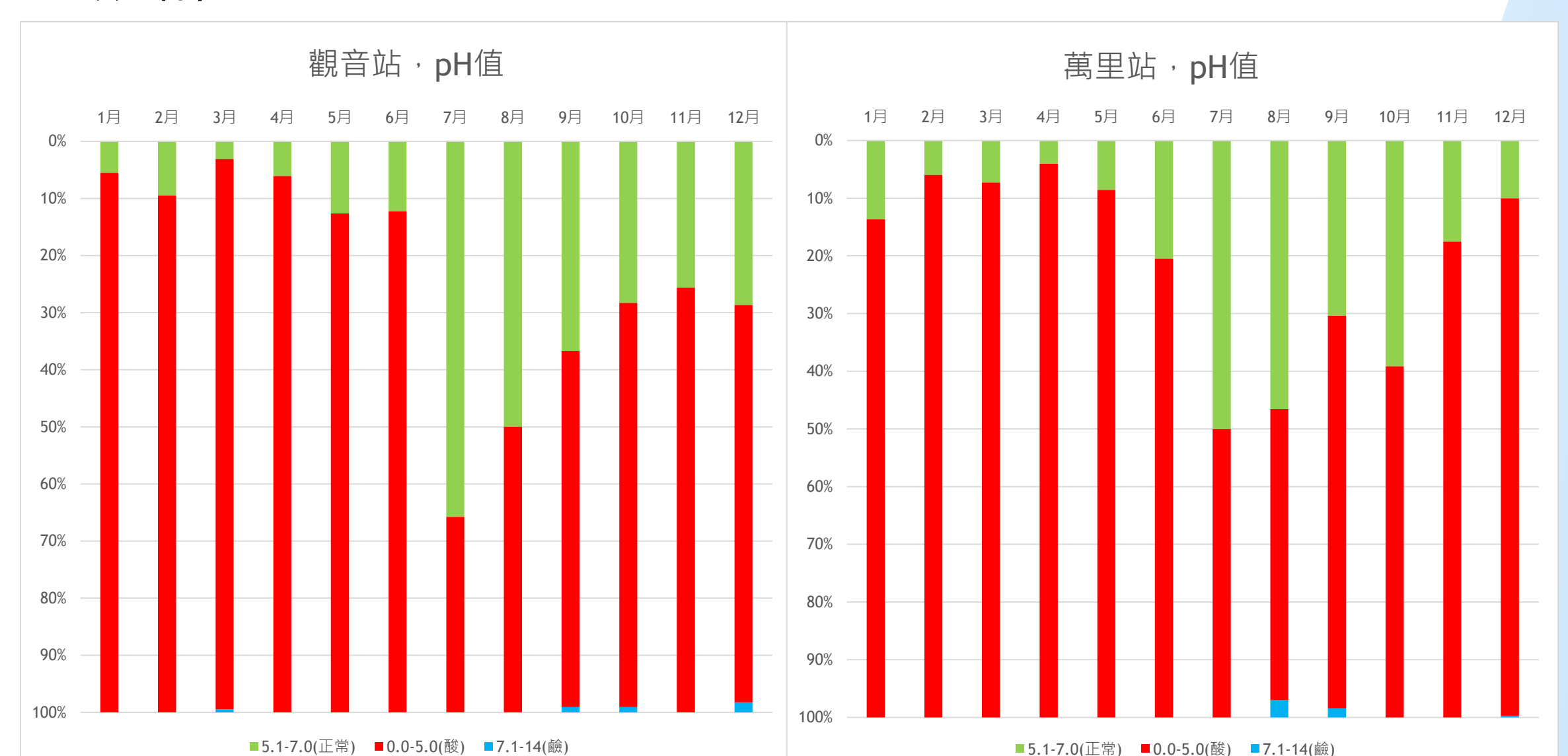
pH值與NO、NO₂、NO_x、SO₂

NO_x及SO₂溶於水會呈現酸性，希望能得到NO/NO₂/NO_x/SO₂濃度越高，pH值越低（越酸）的結果。

伍. 研究結果與討論

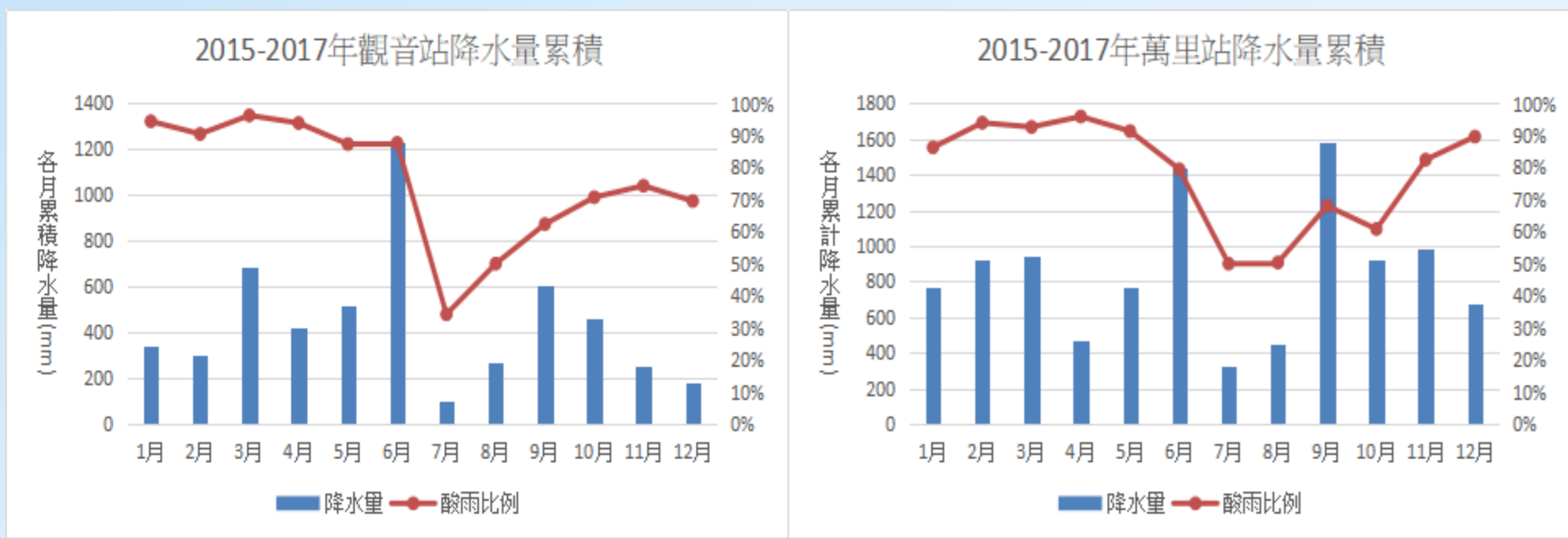
一、酸雨分析

2015-2017三年每日逐時資料累計降水酸鹼值次數，將正常、酸、鹼三種變因發生次數做逐月的百分比統計。

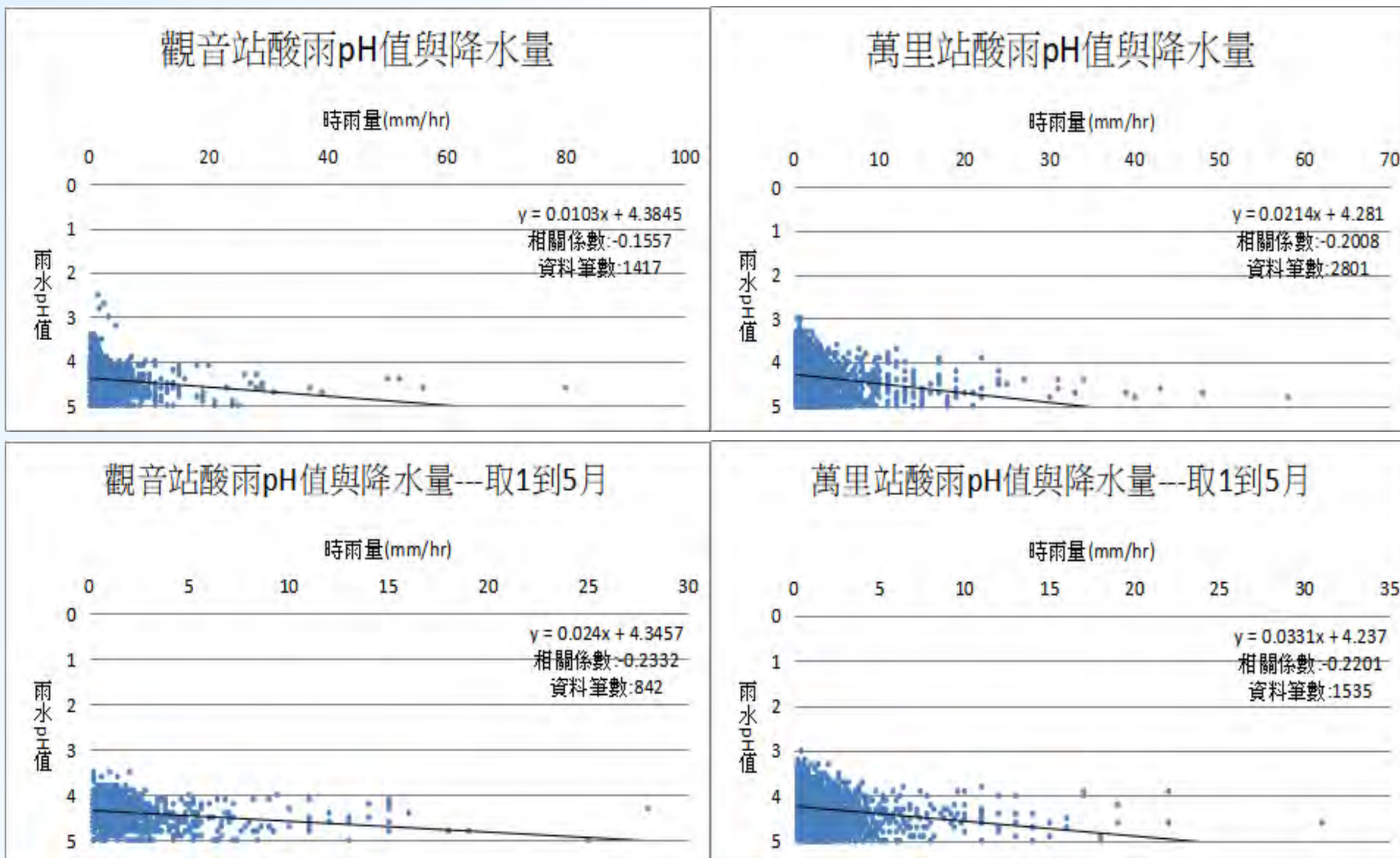


- (1) 觀音、萬里站在1~5月份酸雨發生的比例都超過90%。
- (2) 全年度酸雨發生的機率平均都超過60%。
- (3) 觀音、萬里都是較無汙染源的背景站，推測汙染源是外來的，**冬季的致酸汙染物可能藉由冬季東北季風跨域輸散到達台灣**。

(一) 酸雨pH值與雨量

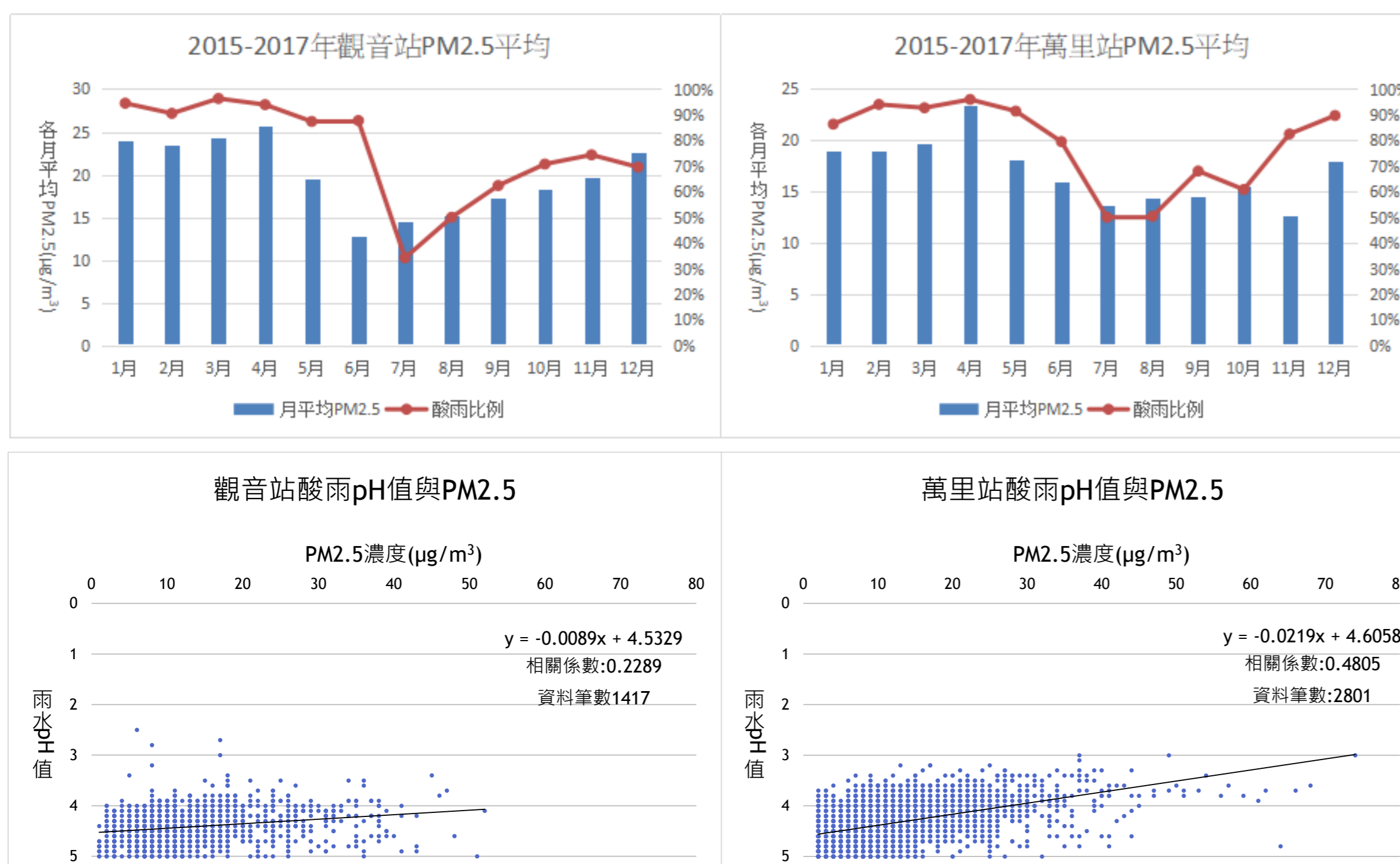


- (1) 兩地的月累積降水量與酸雨發生比例有類似的分布。
- (2) 東北季風季時的酸雨頻率比西南季風季時來的高。



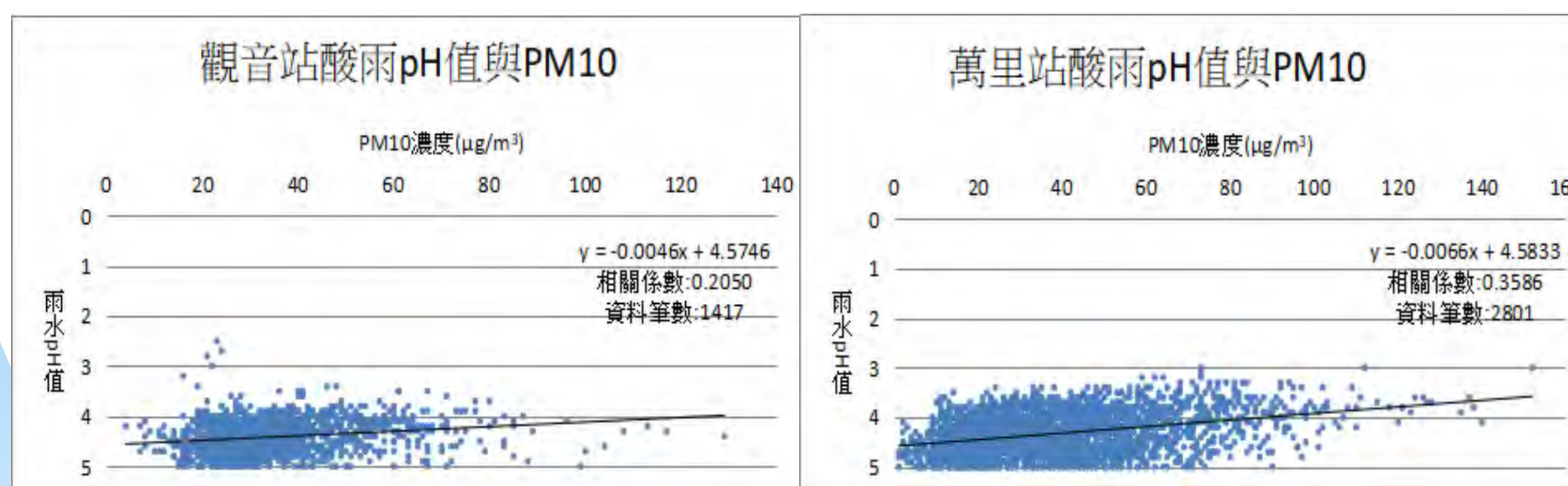
- (1) pH值與時雨量呈現負相關，時雨量愈多時，雨水酸鹼值愈偏中性。
- (2) 雨水pH值小於3.5的案例全部都發生在時雨量 5 mm 以內，可以發現**小雨時雨水pH值容易特別的小**。
- (3) 酸雨比例較高的月份（1到5月），在時雨量愈多時，雨水pH值被稀釋的趨勢愈明顯。

(二) 酸雨pH值與PM2.5



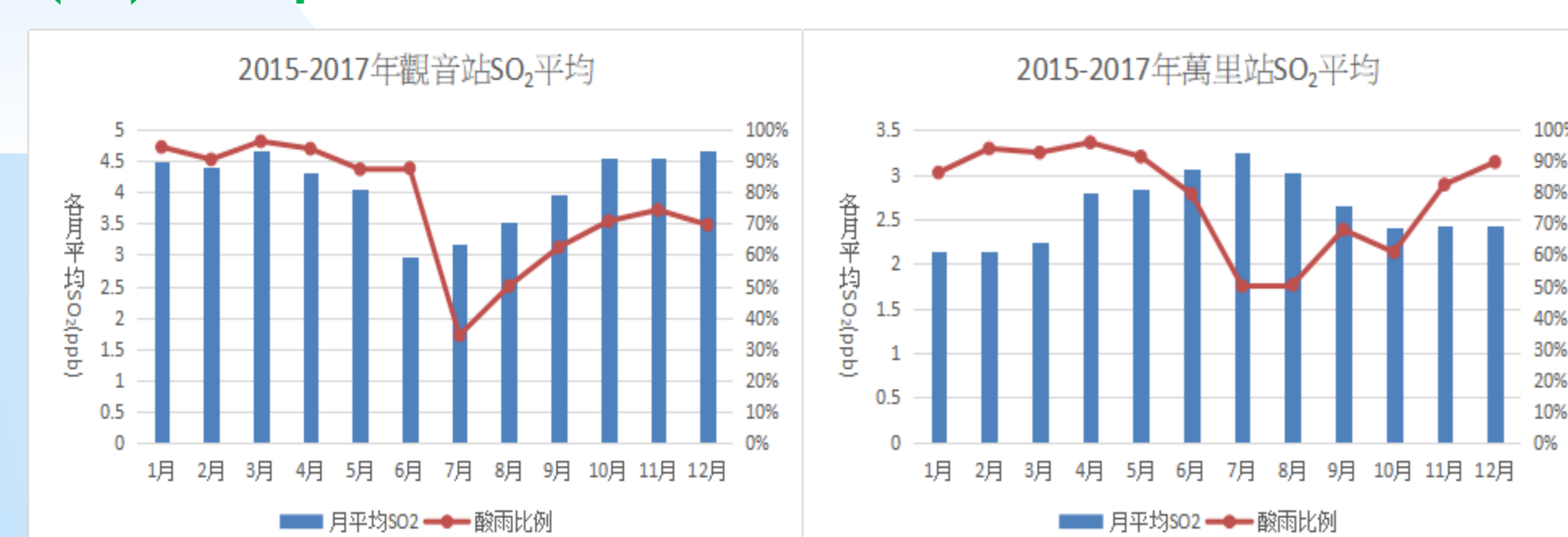
- (1) 酸雨發生比例與PM2.5濃度，在東北季風季時均高於西南季風季。
- (2) 萬里站呈現中度正相關，可能因萬里站的地理位置在冬季與東北季風直接相迎。

(三) 酸雨pH值與PM10

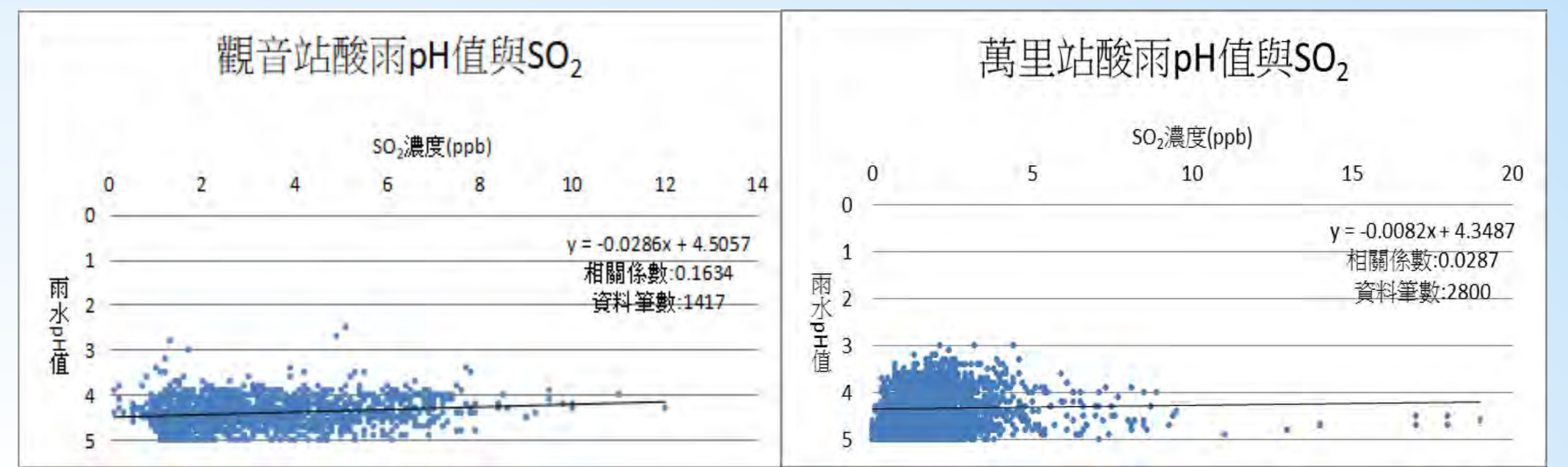


PM10的相關性比PM2.5的相關性弱，這可能代表**PM2.5的致酸能力比PM10強**，因衍生性PM2.5的氣膠組成多為硫酸鹽、硝酸鹽與有機碳有關。

(四) 酸雨pH值與SO₂



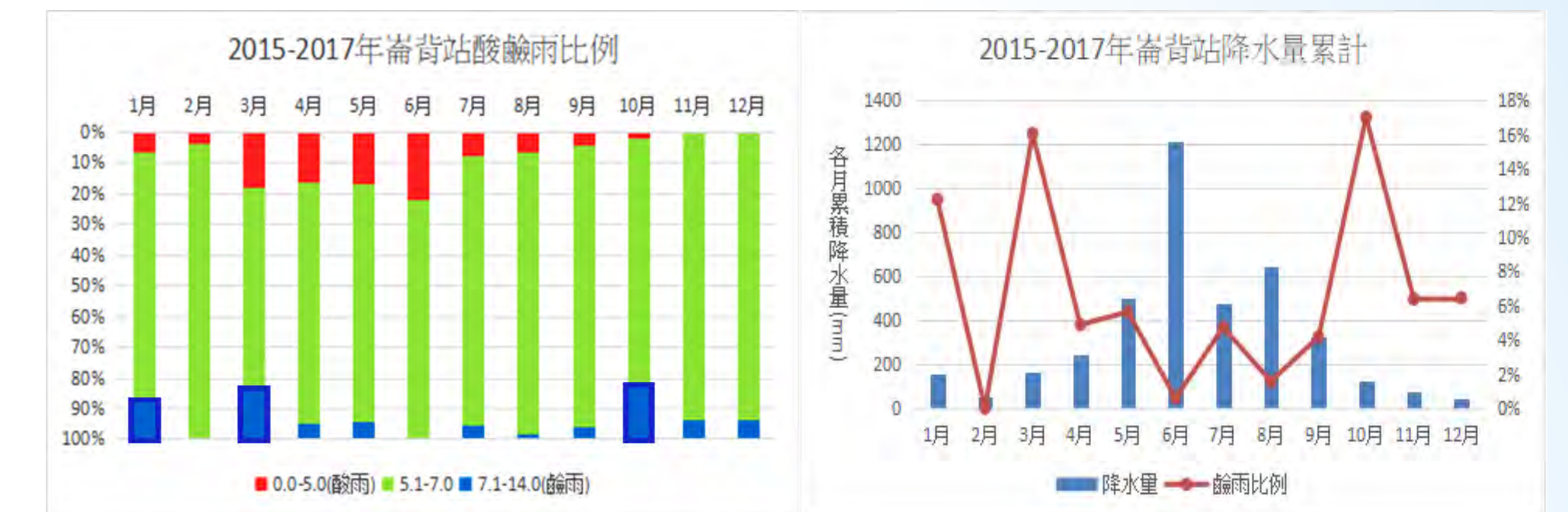
萬里站冬季的SO₂反而下降，可能是雨帶形成與萬里地形霧的酸沉降消耗SO₂，而觀音冬季受北部工業區排放SO₂影響。



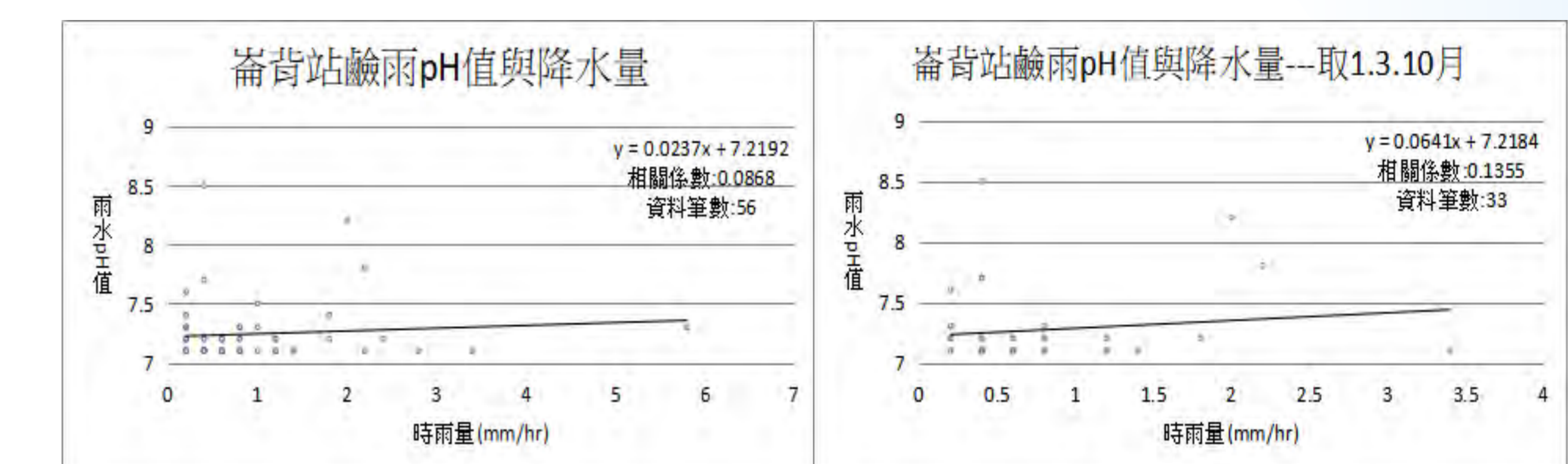
觀音站的散佈較為線性，但是萬里站則是集中聚集在5ppb以下，代表觀音雨水pH值受到SO₂的影響高於萬里。

二、鹼雨分析

(一) 鹼雨pH值與雨量

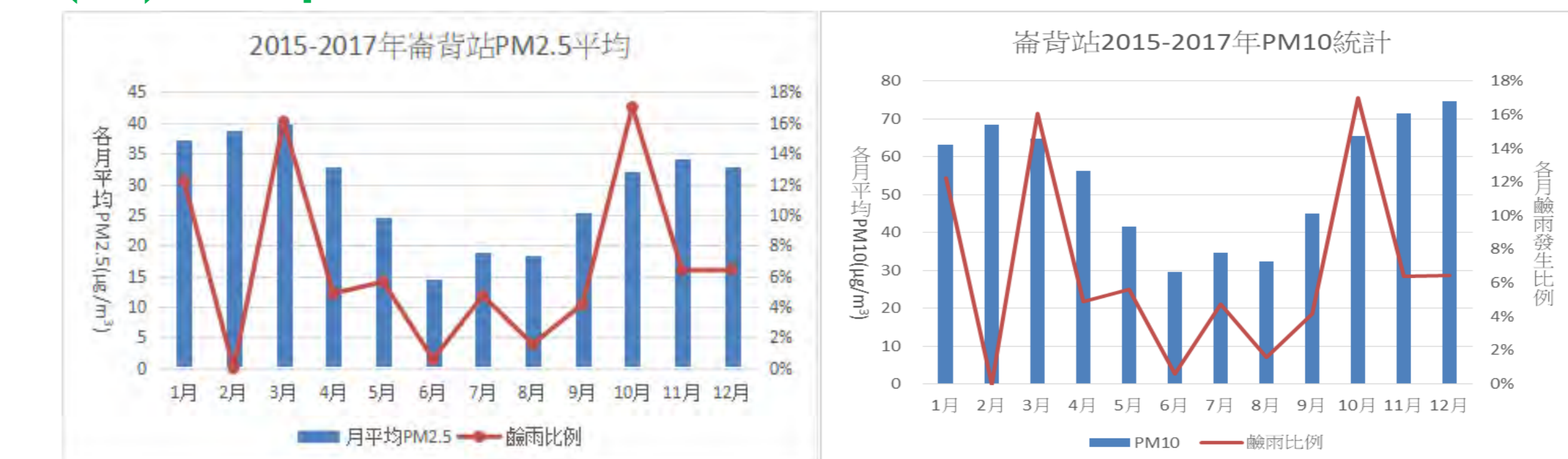


- (1) 崙背站鹼雨發生次數超過10%的月份有1、3、10月。
- (2) 鹼雨比例特別高的月份與季節無關。
- (3) 鹼雨好發的月份月降水較少，降水多的6月則較不會有鹼雨發生。

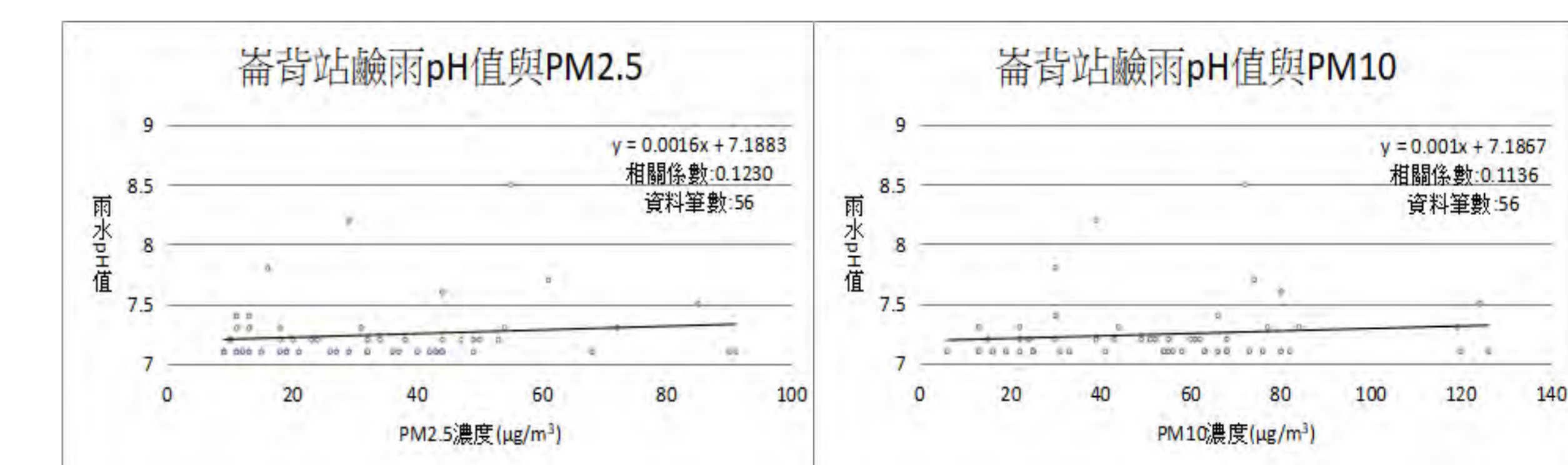


- (1) 鹼雨案例的發生幾乎都發生在時雨量小於5 mm的情況下，也就是**小雨時，鹼雨的發生機會較高**。
- (2) 鹼雨pH值的高低和時雨量的強弱的關係不高。
- (3) 降水強度越大時，鹼雨發生的機率也越小。

(二) 鹼雨pH值與PM2.5、PM10



- (1) 2月份沒有鹼雨發生，因為2月份崙背降雨次數極少，但PM2.5、PM10仍相當明顯。
- (2) 除了2月外，pH值仍可發現其分佈類似。



- (1) 鹼雨pH值與PM2.5兩者的關係不大。
- (2) 無論鹼雨比例的高低與PM10的關係微弱，土壤揚塵應該不是造成鹼雨的主要原因，可能另有其他原因。

(三) 鹼雨pH值與NO、NO₂、NO_x、SO₂

2015-2017年	崙背站pH值與下列變因			
	NO	NO ₂	NO _x	SO ₂
3年相關係數	-0.0379	0.1143	0.09	0.0255
取1.3.10月相關係數	-0.0908	0.0813	0.0484	-0.0006

崙背站pH值與NO、NO₂、NO_x、SO₂等化學氣體的關係都是微弱的相關，顯示NO、NO₂、NO_x、SO₂濃度數值的高低並不是引發崙背鹼雨的原因。

陸. 討論及本計畫之未來性

一、酸雨

- (一) 真實的酸雨環境因素過於複雜難以模擬，觀測資料取得亦有難度，可做為未來更深入分析。
- (二) PM2.5的致酸能力比PM10強，衍生性PM2.5的前驅污染物(如NO_x與SO_x)，經光化學反應後常形成二次氣膠，未來可深入了解其原因。

二、鹼雨

- (一) 崙背鹼雨與雨量、PM2.5、PM10、NO、NO₂、NO_x、SO₂的相關性皆不高，如能實地到崙背採樣檢驗土壤酸鹼值，能更加確認鹼雨和揚塵的關係性，甚至取得當地的空汙樣本深入分析。
- (二) 未來可進行六輕工業區污染物濃度隨距離變化的研究。
- (三) 境外工業化學排放的資料以及風向、風速、地形等詳細資料，可以進行分析境外移來的工業化學排放是否是影響鹼雨的主因。

三、數值計算問題

- (一) 本研究利用七個測站三年和九年的數據進行統計分析，卻也高達100多萬筆數值，如果能增加統計年份，相信也能讓研究的可信度增加。
- (二) 酸雨已是全球性的危害，本研究將酸雨、鹼雨的影響因子以台灣極端酸雨和極端鹼雨為樣本，**本研究可以建立全球初步分析酸雨與鹼雨的參考作業流程**，也希望本研究可以做為未來避免或減緩酸雨或鹼雨的前驅研究。

柒. 結論

行政院環保署2015、2016、2017年報中酸雨發生比例最高的測站稱為極端酸雨站，研究目標為觀音和萬里站；而鹼雨發生比例最高的稱為極端鹼雨站，發生在崙背站。本研究發現結果如下：

- 一. 觀音和萬里站在1~5月份酸雨發生的次數都超過90%，兩者是空汙背景站，因此推測污染源是外來的，**冬季的致酸污染物可能藉由東北季風長程傳輸到達台灣，而使得酸雨比例偏高。**
- 二. 觀音、萬里站PM2.5的點散分布較PM10線性，**PM2.5的致酸能力比PM10強。**
- 三. 崙背站**鹼雨發生**次數超過10%的月份有一月、三月、十月，**和季節變化沒有關聯。**
- 四. 崙背鹼雨與降水量、PM2.5、PM10的相關性偏弱，由頻譜分析發現**崙背局地汙染變遷很明顯，非外來環境影響。**
- 五. **極端酸雨和極端鹼雨都發生在時雨量小於5 mm的小雨。**
- 六. 強降水與PM2.5和PM10無線性關係，無法支持強降水能沖刷懸浮微粒的論點。

捌. 參考資料

一. 中文部分

【學位論文】

黃婉瑜(2014年)。區域氣候變化與台灣酸雨相關性之探討。國立中央大學大氣物理研究所。

陳淨修(1993年)。酸雨形成機制及模式之研究。國立中央大學大氣物理研究所。

王治中(2017年)。台灣西部細懸浮微粒(PM2.5)濃度分布與趨勢之探討。國立中興大學環境工程所。

王美文(2002年)。臺灣地區懸浮微粒品質標準合理性之探討。國立臺灣大學環境工程學研究所。

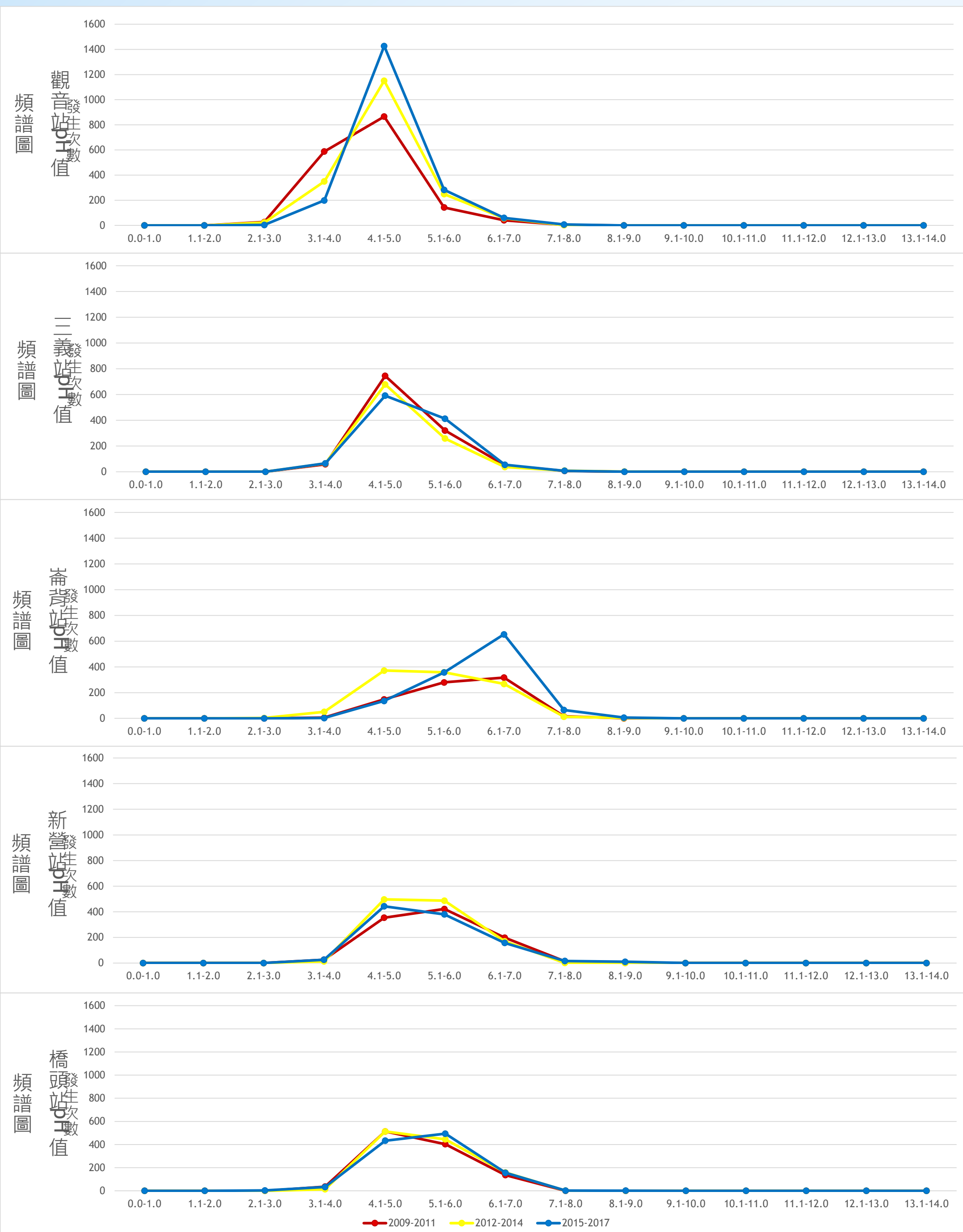
二. 網路資料

行政院環境保護署 空氣品質監測網

<https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>

(四) 崙背極端鹼雨的頻譜分析

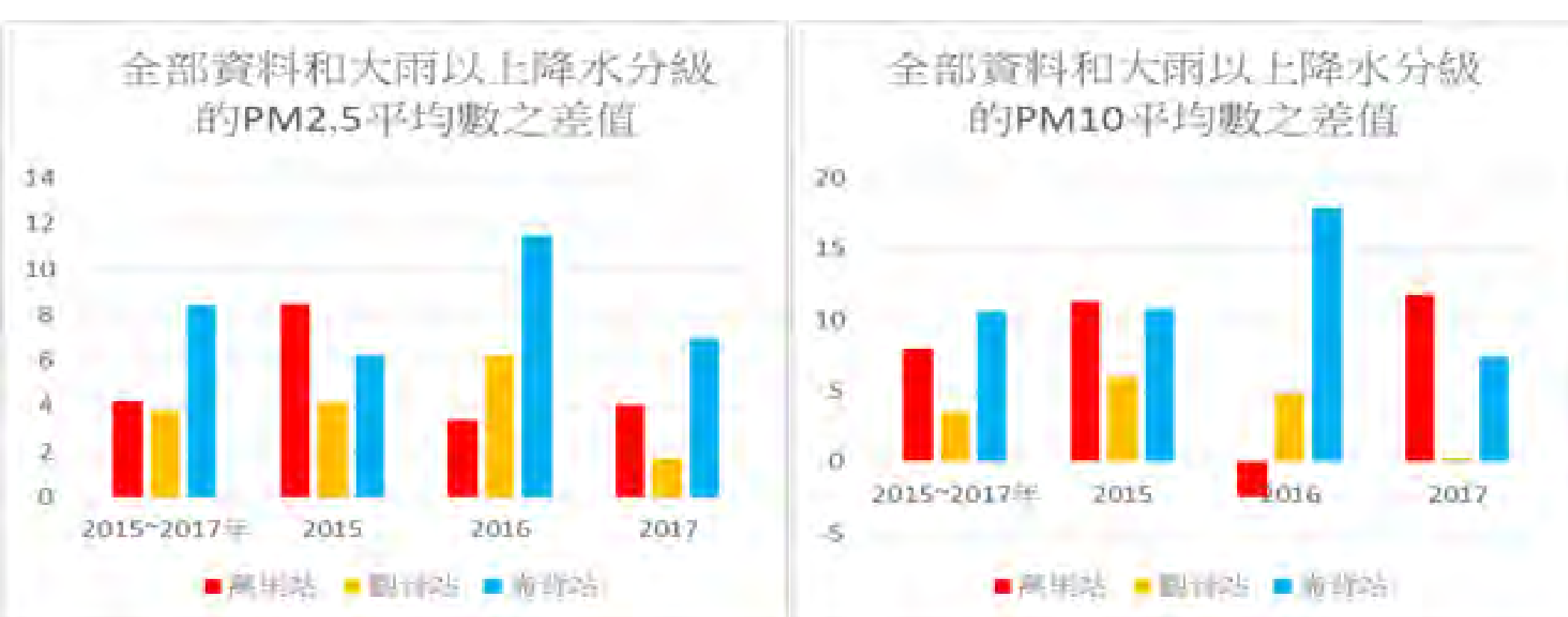
由北至南取觀音、三義、崙背、新營、橋頭等五站，分析2009至2017共9年之pH值，每三年做一次雨水pH值發生次數的平均，三年平均可以去除年度差異，用以分析台灣西部的雨水pH值變遷。



- (1) 觀音、三義、新營、橋頭等四站之三年雨水pH值的頻譜分析都很一致，顯示當地雨水pH值隨時間變遷的特性很小。
- (2) 崙背當地鹼雨發生頻率的變化很大，且**崙背鹼雨有愈發顯著的趨勢**，可能不是大環境場的改變，而是**崙背局地汙染變遷所造成的效應，而非外來環境場整體變化影響。**

三、強降雨分析

(一) PM2.5和PM10在大雨以上降水強度的特徵



大雨以上的降水強度會導致PM2.5或PM10數據下降，有可能是大雨條件下的PM2.5和PM10被沖刷或減少排放所致。

(二) 降水強度與PM2.5、PM10濃度的相關性

雨量分級之相關係數	雨量不分級	大雨以下	大雨以上	大雨(不含豪雨)	豪雨
雨量與PM2.5(萬里站)	-0.1006	-0.0767	0.0159	0.0740	-0.1262
雨量與PM10(萬里站)	-0.0998	-0.1178	0.0450	-0.0221	0.0120
雨量與PM2.5(觀音站)	-0.1292	-0.1260	-0.1081	-0.1682	0.1548
雨量與PM10(觀音站)	-0.0532	-0.0661	0.0525	0.1005	0.0889

- (1) 不管任何的降水強度區間都呈現低度相關性，相關係數的數值變化無線性的規律。
- (2) PM2.5和PM10與不同的降水強度關係微弱，無法支持大雨會沖刷懸浮微粒的論點

崙背站不同雨量分級之相關係數	雨量不分級	大雨以下	大雨以上	大雨(不含豪雨)	豪雨
雨量與PM2.5	-0.1557	-0.0909	-0.1568	0.0065	-0.6393
雨量與PM10	-0.1174	-0.0508	-0.1199	0.0096	-0.6193

- (1) 僅豪雨與PM2.5、PM10呈現中度負相關，可能表示豪雨的沖刷力強或減排造成的緣故。
- (2) 相關係數絕對值的數值並沒有因為強度增強而有線性增加的現象，中度負相關可能是減少排放的偶發事件所造成。