

# 中央氣象局近10年雨水酸鹼度值初步統計與分析

陳正改、商俊盛、鄭琇嫻、陳瑋蘭、羅如惠

第二組  
中央氣象局

## 摘 要

中央氣象局從民國61年開始在台北與日月潭兩站進行雨水的酸鹼度值(pH值)檢測工作，爾後陸續增加監測地點，目前臺澎金馬共有17個氣象站從事此項量測業務。

根據近10年雨水酸鹼度值資料分析顯示，台灣本島北部、東北部地區雨水較酸，其他地區則較不酸，雨水pH值有明顯的地理分布。金門、馬祖兩氣象站於民國93年3月起開始進行雨水pH值資料蒐集，迄94年12月為止累計22個月的資料顯示，金馬地區雨水pH值有偏低的現象，尤其是馬祖地區。另外由資料也顯示，就大多數地區而言，冬季雨水最酸，而夏季雨水較不酸，有顯著的季節性變化。

中央氣象局開始進行酸雨檢測作業以來，為與地面觀測作業配合，均採取開放式的濕沉降採樣方式，但自94年起為有效提升酸雨資料之品質，並考量與現今學術界相關研究同步，遂更新設備，將雨水採樣方式由濕沉降改為濕沉降。變更採樣方式後，發現有部分測站雨水pH值有降低的趨勢，尤其是北部及東北部地區特別明顯，另有部分測站的雨水pH值則有升高的趨勢。造成此現象的原因為採樣方式不同所致或為其他因素影響，值得進一步觀察與探討。

關鍵字：雨水酸鹼度值

## 一、前言

酸雨在1970及1980年代是十分熱門的議題，在國際上曾引起廣泛的討論，由於近年來臭氧層破洞現象、溫室氣體濃度變化及全球暖化議題成為眾所關注的焦點，使得酸雨問題似乎較為民眾所忽視，事實上由空氣污染導致的酸雨現象會影響土壤的化學性質、使湖泊酸化、阻礙森林的生長，甚至為害人體健康等等不良效應，均與我們週遭生活環境、生態發展等問題息息相關，因此酸雨相關議題值得我們持續的加以重視與研究。

中央氣象局酸雨觀測分析之項目為雨水的酸鹼度值(pH值)檢測，此項業務從1972年(民國61年)開始在台北與日月潭2站進行，在1973至1977年之間陸續增加基隆、高雄、恆春、花蓮、台東等5站，到了1989年時又增加鞍部、新竹、台中、嘉義、阿里山、台南、宜蘭、成功等8站。2003年(民國92年)底、2004年(民國93年)初，本局分別成立馬祖及金門氣象站，也將酸雨檢測作業納入該兩站業務，目前臺澎金馬共有17個氣象站從事此項量測業務。

自中央氣象局開始進行酸雨檢測作業起至2004年(民國93年)止，均採取開放式的濕沉降採樣方式，2005年(民國94年)起則改採為濕沉降採樣方式。本文利用近10年來(1996至2005年)於17個氣

象站所收集雨水pH值資料(包括金門及馬祖近兩年資料)，初步分析其特性及變化情形。另採濕沉降雖只有短短1年時間，也希望能初步比較濕沉降與濕沉降之採樣方式是否有顯著之差異性存在。

金門及馬祖氣象站自2004年3月起始有觀測資料，觀測的時間雖然不足2年，但由於其緊鄰中國大陸，與台灣本島地區相較，地理環境十分特殊，尤其在討論境外移入污染源影響問題方面可說是處於前哨站的位置，因此該兩站應是從事酸雨相關研究十分重要的據點。雖然目前所累積的觀測資料較少，我們仍期望由目前的監測結果，可初步窺探該兩站雨水pH值概略的特性。

## 二、資料分析

### (一) 台灣本島地區雨水pH值特性

表一為中央氣象局位於台灣本島中15個氣象站1996~2005年雨水pH值資料，由表中可看出近10年來以基隆站雨水pH值平均(4.7)及酸雨發生率(雨水pH值小於5.0之機率；環保署於民國89年統一定義，雨水pH值小於5.0為酸雨)(71.6%)均排名第一位，基隆站為台灣地區唯一平均pH值低於5.0的地區，其次為台北站，其平均雨水pH值及平均酸雨率分別為5.2及39.98%，鞍部站排名第三。前三名均集中於北部、東北部地區，地理上同樣屬於北部地區的新竹站，雨水pH值就較前三站高許多；中部地區及南部地區一般而言pH值遠較北部地區為高，酸雨

率遠較北部地區為低。平地地區酸雨率均不超過5%，但兩個高山站日月潭及阿里山酸雨率則較平地站為高，尤其日月潭站達21.7%，日月潭站也是中南部地區平均pH值最低的測站（5.4）。恆春、花東地區則是平均pH值最高的區域，台東站平均pH值為6.1，酸雨率2.0%為全台灣最低。宜蘭站雖與基隆站同屬東北部地區，地理位置相去不遠，但雨水酸化現象卻與基隆站大異其趣。由年平均資料分析顯示，台灣地區雨水pH值有明顯的地理性差異分布，台灣本島北部、東北部地區雨水酸化現象相當顯著，其他地區則不明顯。

若將資料區分成四個季節（12、1、2月冬季，3、4、5月春季，6、7、8月夏季，9、10、11月秋季）來分析，發現冬季雨水最酸，春季與秋季十分接近，夏季的雨水則最不酸。酸雨率也有相似季節性變化，冬季最高（22.5%），夏季最低（8.6%），台灣本島15個測站除台南站春季pH值略低於冬季；台北站春季與冬季相同外，其餘13站均是以冬季平均pH值最低；夏季則除台北、台南及恆春站pH值略低於秋季外，其它站夏季平均pH值均為四季最高者；春季與秋季相較則秋季略高於春季。因此台灣本島地區雨水pH值除了有地理性差異分布外，季節性的差異也相當明顯，此種季節性差異，尤其以基隆站最為明顯，冬季平均pH值為4.4，酸雨率則高達83.5%，夏季平均pH值為5.1，酸雨率為41.36%，計算其四季平均pH值標準差達0.514，遠高於其他測站。

## （二）金門及馬祖地區雨水pH值特性

表二為金門及馬祖氣象站2004~2005年雨水pH值資料，由表二資料中可看出，馬祖地區酸雨情形相當明顯，其平均pH值5.0，酸雨率47.8%，酸雨現象與台灣本島地區相比，除較基隆稍緩外，均較其他站嚴重。馬祖站季節特性的趨勢與台灣本島不盡相同，春季是酸雨最明顯的季節，平均pH值4.7，酸雨率65.2%，均是四季之最，夏季酸雨雖為四季中最不明顯者，但酸雨率仍達到23.5%。

金門站酸雨情況，趨勢上比馬祖站輕微，平均pH值較馬祖站高，酸雨率只有馬祖站的一半。因此以金馬地區而言，酸雨情況有北方較南邊明顯的現象，金門站酸雨季節特性趨勢則與台灣本島類似，以冬季最明顯，其次依序為春季、秋季、夏季。

## （三）混、濕沉降採樣方式不同之差異

目前氣象站於每日9時進行雨水收集及相關檢測作業，2004年（民國93年）之前是以混沉降方式進行採樣。此採樣方式是以無覆蓋之採樣桶進行雨水樣品之收集，故不論有無降水現象發生，採樣器均全天候接收大氣降落物。以此採樣方式除了雨水的收集外，不可避免的也收集了懸浮微粒和其他微量成分的乾沉降物，這些大氣落塵溶於雨水樣品中，可能因而改變雨水的化學成分；另外雨水樣品在降雨過後因無覆蓋，蒸發作用也可能改變降水的

化學成分。因此，為有效提升酸雨採樣之品質，並考量與現行學術界相關研究同步，氣象局遂於2004年（民國93年）編列預算，購置自動化濕沉降酸雨採樣設備，於2005年（民國94年）起將雨水採樣方式由混沉降改成濕沉降。濕沉降之採樣器於無降雨現象時其頂蓋覆蓋於採樣桶上，當降水現象發生時，透過感應器自動將採樣器頂蓋打開以承接雨水，待降水停止頂蓋又自動覆蓋。

比較台灣本島2005年之資料與1996至2004年之平均資料發現15站中有8站雨水pH值低於前9年之平均，另7站則呈現雨水pH值高於前9年之平均，酸雨發生率也有相同的情形。值得注意的是北部、東北部地區5個測站（基隆、鞍部、台北、新竹、宜蘭）均是屬於前者，且除台北站外，採樣方式改為濕沉降後收集到的雨水pH值較低的現象十分明顯，例如，鞍部站1996至2004年平均pH值5.4，平均酸雨率18.6%，2005年之平均pH值下降至4.7，酸雨率則升高為68.8%；宜蘭站前9年853採樣中只出現14次pH值低於5.0的個案，而2005年102次採樣中就出現18次pH值低於5.0的個案，酸雨率大幅攀升10倍以上。另外基隆站之酸雨率也由前9年平均之70.2%上升至2005年之82.2%，新竹站之酸雨率亦增加近8倍（4.0%及31.5%）。中、南部地區及花東地區所呈現的兩組數據雖然高低互見，但差異情形均不大。

## 三、討論

### （一）台灣地區酸雨區域性分布

基隆及台北站雨水pH值明顯低於其他地區，一方面此兩地區工業活動發達且交通運輸熱絡，而此兩因素所排放的廢氣均是造成酸雨的主因；另一方面根據過去許多研究指出，冬季源自中國大陸或東北亞地區之污染物可經由東北季風之長程輸送到達台灣地區，故境外移入的污染源也是此兩地酸雨形成的主因之一。在東北季風影響下，位於台灣北端的基隆地區首當其衝，受到境外移入的污染源影響程度自然最深，另基隆地區本身污染也是另一重要影響因素，基隆地區為海、陸運輸之要衝，交通運輸繁忙，境內也頗多工業或電力生產設施，加上基隆地區地形不利污染物的擴散，造成基隆地區酸雨情形特別明顯。宜蘭地區雖然在冬季同樣受東北季風影響顯著，類似畚箕的地形條件亦十分不利於污染物之排放，但即使在酸雨較嚴重的冬季，雨水酸化的情形仍較基隆地區緩和許多，可能原因為當地所排放之污染不若基隆地區嚴重。

冬季大陸高壓所帶來之東北風影響雖然廣泛，但中南部地區及花東地區雨水並未顯示受境外移入污染的影響而造成pH值明顯偏低或酸雨率特別高的現象，可能原因為一方面這些地區位於東北季風之下風區，大氣之擴散作用可使東北風所挾帶的污染物稀釋；另一方面東北風厚度愈到低緯度地區愈淺，對中南部地區而言，東北風可能不足以越過山脈阻擋。

至於高雄地區為都會區，交通運輸繁忙，且亦為台灣工業重鎮，區內諸多大型煉鋼廠及煉油廠，廣闊之工業區林立，一般民眾咸認為當地空氣品質不佳，但從高雄站雨水pH值酸雨率僅達3.6%的數據似乎並無法顯示出空氣品質特別惡化的跡象，是否由於高雄站位置靠近海邊或是其他因素影響，值得進一步探討。

## (二) 台灣地區酸雨季節性分布

近10年雨水pH平均值統計顯示，台灣地區雨水pH值有明顯季節性變化，冬季最低，而夏季最高，此種季節性差異尤其以北部、東北部地區特別顯著，中南部及花東地區差異較小。冬季之降雨主要來自鋒面及東北季風型態所帶來之降水，至於夏季的降水主要由局部的熱對流型午後雷陣雨或颱風等熱帶對流系統所造成，因此可以推論雨水pH值高低與降雨型態有密切關聯，鋒面及東北季風型態所形成之雨帶較酸；而午後雷陣雨、颱風等夏季型態降水則較不酸。

夏季的降水主要由局部的熱對流型午後雷陣雨、颱風、熱帶低壓或台灣南方的對流雨帶北移所造成，為了進一步比較颱風降水與夏季其他型態降水在雨水pH值變化上是否有特殊之處，特別將7、8月之降水個案區分為颱風降水及其他型態降水，颱風降水個案定義為中央氣象局發布陸上警報當日起至陸上警報解除之日為止所發生之降水個案。經過初步分析顯示，台灣東北部地區及中南部測站，除嘉義站及恆春站外，颱風日雨水平均pH值均較非颱風日雨水平均pH值高。此種現象以基隆、鞍部、台北及日月潭等站最明顯；而東部及東南部測站颱風日雨水pH值與非颱風日雨水pH值則十分接近，差異並不顯著。17站中颱風日雨水平均pH值仍以基隆最酸，其次為鞍部。

由於颱風雲雨帶形成的主要水氣來源為海洋面上蒸發的水氣，所以雨滴的形成過程較不受人為污染物的影響，而由資料初步分析結果亦顯示颱風降水較其他型態降水為不酸。但另一方面我們也注意到夏季平日雨水pH值較低的地區，在颱風日雨水平均pH值也有較低的趨勢，顯示颱風降水pH值仍與地域特性有關，因此基本上颱風降水pH值受當地污染源的影響仍明顯。

## (三) 金馬酸雨

金馬地區鄰接中國大陸，本身工業不發達，少有工廠或高污染的工業行為，交通運輸亦不頻繁，當地產生污染源應屬相對輕微，是觀察境外移入污染源影響程度的理想地點及良好指標。若無境外移入污染源之影響，依據酸雨形成之理論，該兩地區酸雨問題應不嚴重，但由現有22個月的資料分析顯示，金馬地區酸雨現象卻頗為明顯，較諸台灣本島大部分地區為嚴重，尤其馬祖地區，平均雨水pH值

處於酸雨標準邊緣(5.0)，在所有17個測站中排名第二(僅次於基隆站)。

金馬地區雨水pH值是以冬、春季較低，夏季最高，而冬、春兩季是受北方大陸高壓所伴隨之東北季風或鋒面影響最頻繁的季節，因此若以金馬地區本身污染不嚴重的條件考量下，可以推論其造成酸雨的成因有相當大部分來自於境外污染物經長程輸送而移入的影響。

金馬地區夏季酸雨發生機率雖明顯低於冬、春季，但發生率分別為11.8%及23.5%，平均而言仍屬較高。以金馬地區的當地環境條件及污染情形應不致有此現象，但由於金馬地區與中國大陸相隔僅十多公里，是否夏季在風向或其它氣象條件配合的情形下，亦容易受中國大陸東南沿海之污染物移入影響而導致雨水酸化，值得進一步研究。

## 四、總結

本文利用近10年(1996-2005年)來自於17個氣象站所收集雨水酸鹼度值資料(包括金門及馬祖近兩年來)，初步分析其特性及變化情形。

根據近10年雨水酸鹼度值資料分析顯示，台灣本島北部、東北部地區雨水較酸，其他地區則較不酸，雨水pH值有明顯的地理分布。其中北部的基隆與台北地區雨水酸化情形最嚴重，應與此兩站當地的工業、交通運輸活動所排放廢氣及來自中國大陸污染物的長程輸送有關。金門、馬祖兩氣象站於2004年(民國93年)3月起亦開始進行雨水pH值資料蒐集，迄2005年12月為止累計22個月的資料顯示，金馬地區雨水pH值有偏低的現象，尤其是馬祖地區，可能與中國大陸沿海地區污染物的移入有關。

由台澎金馬共17站近10年的酸雨監測資料亦顯示，就大部分地區而言，冬季雨水最酸，夏季雨水較不酸，有顯著的季節性變化，而此種趨勢與不同季節的不同降水特性有關。冬、春季的東北季風可將中國大陸的污染物經長程輸送至台灣地區，因此東北季風型態的降水具有較低的雨水pH值。夏季的午後熱對流與熱帶對流系統(包括颱風及熱帶低壓等)影響所造成的降水則主要反應該地區的特性而較少境外污染物移入的影響，因此平均而言夏季雨水pH值較高。但值得注意的是，在金門、馬祖地區夏季的酸雨率較台灣本島大部分地區高，可能與中國大陸東南沿海之污染物移入有關，此現象值得進一步研究。

中央氣象局自進行酸雨檢測作業以來，為與地面觀測作業配合，均採取開放式的混沉降採樣方式，但自2005年(民國94年)起為有效提升酸雨資料之品質，並考量與現今學術界相關研究同步，遂更新設備，將雨水採樣方式由混沉降改成濕沉降。改為濕沉降採樣雖只有短短1年時間，也希望能初步比較混沉降與濕沉降之採樣方式是否有顯著性之差異存在。變更採樣方式後，發現有部分測站雨水pH值有降低的趨勢，尤其是北部及東北部地區特別明顯，中南部地區則差異不顯著。造成此現象的原因

為採樣方式不同所致或為其他因素影響，值得進一步觀察與探討。

### 誌謝

感謝中央氣象局南區氣象中心及基隆、台北、鞍部、新竹、台中、日月潭、嘉義、阿里山、高雄、恆春、台東、成功、花蓮、宜蘭、金門、馬祖等氣象站主任及全體工作同仁盡心的進行雨水酸鹼度值採樣及檢測作業、樣本郵寄及資料傳送等工作，您

們辛勞的工作及認真的態度，提供品質良好、數據準確的雨水酸鹼度值資料，在此特申謝忱。

### 參考文獻

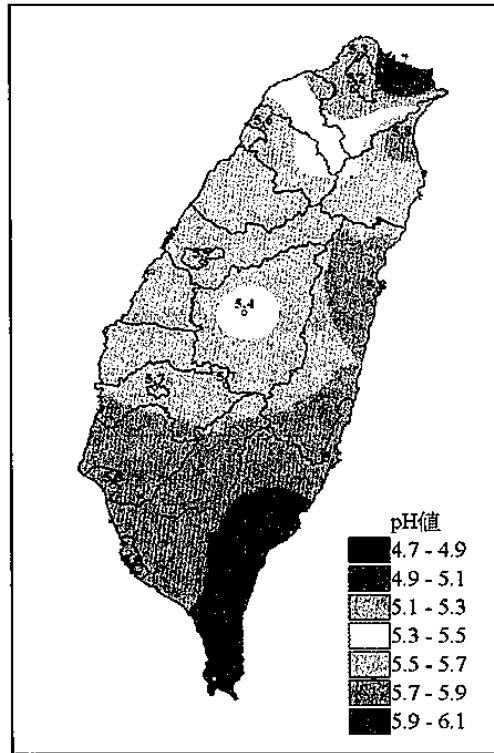
- 張修武、陳瑋蘭、羅金鑑，2000：中央氣象局雨水酸鹼度值量測與分析。天氣分析與預報研討會（89）論文彙編，349-353頁。  
 陳淨修，1994：台灣酸雨現況及特性之分析。第十一屆空氣污染控制技術研討會，103-110頁。  
 王明星，1992：大氣化學。明文書局，427頁

表一 中央氣象局台灣本島各氣象站1996~2005雨水酸鹼度值統計資料。

站名	年平均			冬季平均			春季平均			夏季平均			秋季平均		
	個案數	平均pH值	酸雨%	個案數	平均pH值	酸雨%	個案數	平均pH值	酸雨%	個案數	平均pH值	酸雨%	個案數	平均pH值	酸雨%
基隆	1175	4.7	71.6	354	4.4	84.7	312	4.7	72.1	191	5.1	41.4	318	4.6	74.5
鞍部	1470	5.3	24.0	432	5.3	28.7	355	5.3	20.0	263	5.5	16.0	420	5.3	27.6
台北	987	5.2	40.0	208	5.2	38.0	278	5.2	45.0	299	5.2	40.5	202	5.3	34.7
新竹	591	5.6	7.4	133	5.4	18.0	209	5.7	6.7	165	5.8	2.4	84	5.6	2.4
台中	669	5.7	3.0	107	5.5	12.1	193	5.7	2.1	303	5.8	1.0	66	5.8	0.0
日月潭	881	5.4	21.7	113	5.1	46.0	233	5.4	21.5	419	5.5	13.8	116	5.3	26.7
嘉義	610	5.7	4.9	74	5.4	16.2	143	5.6	7.7	320	5.8	1.9	73	5.7	1.4
阿里山	880	5.7	7.8	118	5.5	23.7	226	5.6	8.8	377	5.8	4.0	159	5.8	3.8
台南	510	5.8	2.2	47	5.8	4.3	108	5.7	2.8	284	5.8	1.8	71	5.9	1.4
高雄	562	5.8	3.6	51	5.6	11.8	106	5.8	1.9	286	5.8	1.7	119	5.7	5.9
恆春	511	6.0	2.2	54	5.7	9.3	90	6.0	2.2	249	6.0	1.2	118	6.0	0.8
台東	487	6.1	2.1	66	5.9	10.6	112	6.0	0.9	183	6.2	0.0	126	6.2	1.6
成功	847	5.7	10.6	190	5.4	22.6	198	5.5	13.6	214	5.9	1.9	245	5.8	6.5
花蓮	702	5.8	2.8	152	5.7	4.6	182	5.7	2.7	172	6.0	1.2	196	5.9	3.1
宜蘭	955	5.8	3.4	227	5.7	6.2	218	5.8	1.8	202	5.9	0.0	308	5.8	4.5

表二 中央氣象局金門及馬祖各氣象站 2004~2005 雨水酸鹼度值統計資料。

站名	年平均			冬季平均			春季平均			夏季平均			秋季平均		
	個案數	平均pH值	酸雨%	個案數	平均pH值	酸雨%	個案數	平均pH值	酸雨%	個案數	平均pH值	酸雨%	個案數	平均pH值	酸雨%
金門	92	5.5	23.9	8	5.1	50.0	37	5.3	35.1	34	5.8	11.8	13	5.6	7.7
馬祖	111	5.0	47.8	14	4.9	64.3	46	4.7	65.2	34	5.3	23.5	17	5.1	35.2



圖一 台灣本島地區雨水 pH 值(1996~2005)平均分布圖。