

中央氣象局雨水酸鹼度值量測與分析

張修武 陳瑋蘭 羅金鑑

第二組

中央氣象局

摘要

中央氣象局雨水酸鹼度值量測於1972年(民國61年)開始在台北及日月潭2站進行，1973至1977年之間陸續增加基隆、高雄、恆春、花蓮、台東等5站，到1989年又增加鞍部、新竹、台中、嘉義、阿里山、台南、宜蘭、成功等8站，目前共有15個氣象站從事此項量測工作。中央氣象局為提供更多的資訊供民眾參考，於1999年(民國88年)7月1日起，將各氣象站所量測的雨水酸鹼度值資料公布於本局之全球資訊網站，以供各界參考使用。

分析最近11年本局15個氣象站的資料，顯示基隆站的雨水最酸，其酸鹼度值為5.0，其次為台北及日月潭的站5.2；雨水最不酸的氣象站為台東，其酸鹼度值為6.6，其次為恆春的6.5。以台灣地區而言，雨水酸鹼度值有明顯的地理分布，其中以北部地區雨水較酸，而南部及東部雨水較不酸。另外分析雨水較酸的氣象站，顯示冬季與春季的雨水較酸，而夏季的雨水較不酸，其季節性變化明顯，這表示污染物隨著天氣系統的長程傳送，會影響台灣地區雨水的酸鹼度值。

一、前言

早在1852年英國科學家就曾描述過英國曼徹斯特市的“酸性雨”，此後英國、瑞典和其他歐洲國家的科學家都曾收集和分析過降水的酸度，但直到1954年仍缺乏定量的觀測。1955年起，歐洲科學家開始對降水的酸度進行系統的定量觀測，瑞典斯德哥爾摩國際氣象研究所於1956年建立了歐洲大氣化學監測網，對歐洲降水化學展開了全面而系統的長期觀測，觀測結果表明整個歐洲的降水都是酸性的，而且酸度和酸性降水的分布範圍有逐年擴大的趨勢。美國於1972年在其東部進行了大範圍的降水酸度普查，發現美國東部大部分地區降水是酸的。1972年美國出版第一部關於酸雨的專著，宣稱美國和歐洲降水酸度不斷上升，酸雨的影響範圍也在逐年擴大(王，1992)。

中央氣象局雨水酸鹼度值量測從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，目前共有15個氣象站在做此項量測工作。最近有許多民眾關心及詢問台灣地區雨水酸鹼度值之問題。本局為提供更多的資訊供民眾參考，於1999年(民國88年)7月起，將本局15個氣象觀測站所量測的雨水酸鹼度值資料

公布於全球資訊網站，以供各界參考使用。台灣地區進行雨水酸鹼度監測的機構除了中央氣象局之外，還包括環保署之酸雨監測網、林業試驗所之高山酸雨站、中央大學之大桃園酸雨監測網等。這些資訊加以整合後，可構成台灣地區完整之酸雨監測網，以提供一般民眾、政府機構及學術單位參考使用。

二、酸雨的分布與危害

水溶液的酸鹼度可由氫離子的濃度 $[H^+]$ 來決定，氫離子濃度愈高酸性愈強。目前我們常用pH值來描述溶液的酸鹼度，pH值定義為：

$$pH = -\log_{10} [H^+]$$

pH值由0至14，中性純水的酸鹼度值是7(pH=7)，當溶液的酸鹼度值小於7時，溶液為酸性，其值愈小酸性愈強。pH值是對數，每減少1單位表示氫離子濃度增加10倍；反之，當溶液的酸鹼度值大於7時，溶液為鹼性，其值愈大鹼性愈強。在天然降水過程中，由於空氣中存在有二氧化碳，當其溶於雨水時，會形成碳酸呈弱酸性，此為自然的現象。自從工業革命之後，人為污染增加，世界各地量測結果顯示許多地區酸鹼度值小於5.0，一般稱為酸雨。造成酸性的主要成份為硫酸和硝酸，其來源主要來自大氣中氣相的二氧化硫和氮氧化物。除了自然來源外，二氧化硫與人為活動有關的來源主要

是含硫物質(例如煤)的燃燒。氮氧化物的人為來源主要是汽機車排放和其他化石燃料高溫燃燒。

酸雨的分布在世界各地相當普遍，包括歐洲西部、北部大部分地區、美國東北部、加拿大東部、日本東京附近、澳洲雪梨附近、中國大陸長江以南等地。這些地區煤燃燒、汽機車排放或其他化石燃料燃燒較多，酸雨出現的頻率相當高(王，1992)。台灣地區則以北台灣雨水酸化情形最普遍，與美東地區觀測值近似(林等，1998、1999)。

酸雨對生態環境的影響本身是非常複雜的，概括來說，其為危害可分以下幾個方面：

1. 使湖泊的淡水酸化。
2. 影響土壤的化學特性。
3. 影響森林生長。
4. 對建築物、文物和金屬材料的腐蝕作用。
5. 危害人體健康。

三、本局雨水酸鹼度值量測情況

對於雨水的收集，目前使用了二種類型的雨水樣品收集器。一種是本局或水文單位使用的普通雨量器。另一種是自動雨水採集器，這種收集器平時是關閉的，降水開始便會自動打開，降水結束時又會自動關閉。利用普通雨量器時，不可避免地收集了懸浮微粒和其他微量成分的乾沉降物，它們溶於雨水樣品中而改變降水的化學成分，另外雨水樣品在雨後的蒸發也會改變降水的化學成分。自動雨水採集器可以減低上述二個缺點，提高觀測的精度。

本局使用的酸鹼度計共有三種，包括(1)1972至1985年使用日本Horiba F-5型酸鹼度計、(2)1986至1993年使用美國Basic 31004-22AS型酸鹼度計、(3)1994年至今使用德國WTW pH-196型微電腦酸鹼度計。電極棒方面，目前是使用瑞士Mettler Toledo 4417型。緩衝液則是使用德國RDH酸鹼度值7.00及酸鹼度值4.00溶液。這些器材品質穩定，使用相當普遍。

雨水酸鹼度值的量測作業程序共有七個步驟，包括(1)每日9時收集雨水、(2)以濾紙過濾雨水、(3)以酸鹼度值7.00及4.00二種緩衝液校正酸鹼度計、(4)量測雨水酸鹼度值、(5)記錄雨水日期、酸鹼度值及校正斜率值(6)寄送雨水至本局、(7)抽測複檢等步驟。本局目前公布於網站之資料包括各測站之年平均值、月平均值及最新之量測值等。

四、資料分析

表一為本局15個氣象站所量測之台灣各地歷年雨水年平均酸鹼度值。由此表可知，從1972年起本局在台北及日月潭即開始有雨水酸鹼度的量測，目前共有15個氣象站有此項觀測。歷年的平均中以基隆及陽明山鞍部的雨水酸鹼度值5.5為最酸，其次為台北站5.6。

由於1989年起本局15個氣象站皆有觀測，為求各站資料一致，我們取1989年至1999年最近11年的資料加以統計，並依15個測站雨水酸鹼度平均值之高低排列如下：基隆(5.0)、台北(5.2)、日月潭(5.2)、鞍部(5.5)、新竹(5.9)、台中(5.9)、台南(5.9)、阿里山(5.9)、成功(5.9)、高雄(6.0)、宜蘭(6.1)、嘉義(6.1)、花蓮(6.1)、恆春(6.5)、台東(6.6)。結果顯示最近11年來以基隆站的雨水最酸，其次為臺北及日月潭站；而台東站的雨水最不酸。台灣地區而言，雨水酸鹼度值有明顯的地理分布，其中以台灣北部地區雨水較酸，而南部及東部地區則較不酸。由於台北及日月潭站從1972年起就開始觀測，至今已有28年的歷史資料，我們也發現這二地區最近11年雨水的平均酸鹼度值較28年之歷史資料為酸，顯示近年來酸雨現象較為明顯。

林等(1999)整合1990至1997年環保署測站、中央大學自設測站及林試所在台灣山區測站共20個站資料，結果發現北台灣地區降水pH值之年平均值均小於5.0(即定義的酸雨)，顯示台灣北部雨水酸化情形相當普遍。此結果與本局長期之觀測相似，但其pH值較本局的測值為低，可能是雨水樣品收集器與觀測地點不同所致。

表二為歷年來基隆站雨水月平均酸鹼度值，分析資料顯示雨水酸鹼度值與季節有關係。夏季(7、8、9月)雨水酸鹼度較高，雨水較不酸；而冬、春季雨水酸鹼度值較低，雨水較酸。根據林等(1999)的分析，台灣地區在發生酸雨的總日數當中，東北季風、鋒面系統天氣型態合計達50%以上，在此降水系統下，雨水很有可能受到污染物長程輸送所影響，局部性降水形態則不超過30%。

圖1至圖4為1989年至1999年基隆、台北、日月潭等酸雨較明顯的三站及酸雨最不明顯的台東站之雨水酸鹼度值月平均趨勢圖。圖4顯示台東站雨水酸鹼度值月平均值變化不大，趨勢線亦相當平緩，表示季節及年變化皆很小。基隆、台北、日月潭(圖1至圖3)之資料可看出夏季雨水酸鹼度較高，而冬、春季雨水酸鹼度值較低，這表示台灣北部地區雨水酸鹼度值有季節性變化，夏季之颱風雨

及午後雷陣雨較不酸，而東北季風及鋒面型降水則較酸。這種現象顯示污染物隨著天氣系統的長程傳送對台灣地區雨水的酸鹼度值有影響，夏季之颱風來至南方的海洋，空氣較乾淨，雨水較不酸；而冬、春季之東北季風或鋒面其來源為中國大陸或其他臨近國家，其污染物隨著天氣系統傳送至台灣，會使雨水的酸性增強。分析趨勢線，顯示這四站於 1989 及 1990 年 pH 值較低，其後逐漸升高後趨近於平均值。但以基隆站變動的幅度最大，1999 年該站又低於平均值，酸雨現象最明顯。

五、結論

分析本局雨水酸鹼度量測資料，得到數點初步結論，分述如下：

1. 酸雨現象在世界各地分佈相當普遍，歐、美、亞洲等皆有此現象，台灣地區亦有酸雨的情況。本局歷年資料顯示台灣北部地區雨水較酸，而南部及東部地區則較不酸，雨水酸鹼度值有明顯的地理分布。
2. 分析最近 11 年各站的資料顯示基隆站的雨水最酸 pH 值為 5.0，其次為臺北、日月潭站的 5.2；而台東站雨水最不酸為 6.6，其次為恆春站的 6.5。由於台北及日月潭站從 1972 年起就開始觀測，至今已有 28 年的歷史資料，我們也發現這二地區最近 11 年雨水的平均酸鹼度值較 28 年之歷史資料為酸，顯示近年來酸雨現象較為明顯。
3. 林等(1999)整合 1990 至 1997 年環保署、中大及林試所之資料，發現北台灣地區降水 pH 值之年平均值均小於 5.0，顯示台灣北部雨水酸化情形相當普遍。此結果與本局長期之觀測相似，但其 pH 值較本局的測值為低，可能是雨水樣品收集器與觀測地點不同所致。
4. 分析基隆、日月潭、臺北等酸雨較明顯的三站，顯示夏季雨水較不酸；而冬、春季雨水較酸。這表示雨水酸鹼度值有季節性變化，污染物隨著天氣系統的長程傳送對台灣地區雨水酸鹼度值扮演著重要角色。

致謝

本文作者衷心感謝中央氣象局陳福來組長及中央大學林能暉教授提供寶貴的意見，本局基隆、鞍部、新竹、台中、日月潭、嘉義、阿里山、台南、高雄、恆春、台東、成功、花蓮、宜蘭等站主任及

全體工作同仁進行雨水酸鹼度值量測、雨水運送及資料傳送等工作，使本文可以順利完成。

參考文獻

王明星，1992：大氣化學。明文書局，427 頁。

林能暉、彭啓明、陳進煌，1998：東亞硫化物之長程輸送：氣流軌跡線之應用。大氣科學，第 26 期，265-280。

林能暉、彭啓明、陳進煌，陳靖沅，1999：台灣酸雨之研究：源與受體關係。第六屆全國大氣科學學術研討會論文集編，民國 88 年 4 月 29 日至 5 月 1 日，台北-翡翠灣，741-746。

鄭福田、杜悅元，1993：台灣地區酸性沉降物調查研究。大尺度空氣污染調查及防制策略之研究專案研究計劃子題(一)，EPA-82-E3F1-09，行政院環境保護署，民國 82 年 5 月。

魏國彥、許晃雄，1997：全球環境變遷導論。台大全球變遷研究中心，教育部印行。

Graedel, T. E., Crutzen, P. J. 合著，陳正平 譯，1997：變色的天空-大氣與氣候變遷的故事。遠哲科學教育基金會，202 頁。

年份\站名	基隆	鞍部	台北	新竹	台中	日月潭	嘉義	阿里山	台南	高雄	恆春	台東	成功	花蓮	宜蘭
61(1972)	*	*	5.5	*	*	6.2	*	*	*	*	*	*	*	*	*
62(1973)	5.4	*	5.4	*	*	5.7	*	*	*	7.5	6.8	6.5	*	6.7	*
63(1974)	*	*	6.1	*	*	6.2	*	*	*	*	*	*	*	*	*
64(1975)	*	*	5.7	*	*	5.9	*	*	*	*	*	*	*	*	*
65(1976)	*	*	5.8	*	*	6.1	*	*	*	*	*	*	*	*	*
66(1977)	5.3	*	5.5	*	*	5.5	*	*	*	7.0	6.9	7.1	*	6.8	*
67(1978)	5.2	*	5.7	*	*	5.8	*	*	*	6.8	6.8	7.4	*	7.0	*
68(1979)	6.5	*	6.0	*	*	6.2	*	*	*	6.7	6.8	7.4	*	7.3	*
69(1980)	6.3	*	6.6	*	*	6.4	*	*	*	6.5	6.8	6.8	*	6.7	*
70(1981)	6.6	*	6.7	*	*	6.7	*	*	*	6.8	7.1	6.6	*	6.8	*
71(1982)	6.8	*	6.8	*	*	6.7	*	*	*	6.8	6.8	6.8	*	6.9	*
72(1983)	6.5	*	6.5	*	*	6.8	*	*	*	6.8	6.9	6.9	*	6.8	*
73(1984)	6.7	*	6.4	*	*	6.7	*	*	*	6.6	6.8	6.8	*	6.6	*
74(1985)	6.5	*	6.3	*	*	6.6	*	*	*	6.5	6.5	6.5	*	6.1	*
75(1986)	5.4	*	4.7	*	*	5.4	*	*	*	6.5	6.5	6.8	*	6.7	*
76(1987)	4.3	*	4.3	*	*	4.4	*	*	*	6.5	6.2	5.7	*	6.0	*
77(1988)	4.7	*	4.6	*	*	4.5	*	*	*	6.6	6.3	6.6	*	6.3	*
78(1989)	4.5	5.5	4.4	6.4	6.0	4.6	6.6	6.2	5.5	6.5	6.6	6.6	5.9	6.8	6.3
79(1990)	4.4	5.6	4.9	5.5	5.9	4.4	6.5	6.2	5.1	6.1	6.4	6.6	5.4	6.9	6.5
80(1991)	4.7	6.1	5.1	5.3	6.3	5.2	6.6	5.9	5.9	6.4	7.2	6.9	6.4	6.6	6.4
81(1992)	5.3	5.9	5.7	6.1	6.3	5.5	6.5	6.2	6.0	6.3	6.8	7.0	6.1	6.4	6.3
82(1993)	5.9	6.0	5.2	6.5	6.5	5.9	6.4	6.3	6.5	6.4	6.7	6.5	6.1	6.6	6.3
83(1994)	5.8	5.6	5.4	6.2	5.6	4.9	6.2	5.8	6.4	6.4	6.8	6.5	6.4	6.2	6.0
84(1995)	5.2	5.3	5.5	5.6	5.6	5.3	5.7	5.6	6.1	5.5	6.1	6.4	6.0	5.9	5.8
85(1996)	5.3	5.3	5.6	5.5	5.6	5.3	5.9	6.0	5.9	5.4	6.6	6.5	5.7	5.6	5.8
86(1997)	4.8	5.1	5.2	5.7	6.0	5.2	5.6	5.8	5.7	5.4	6.3	6.5	5.6	5.5	5.6
87(1998)	5.0	5.0	5.5	5.9	5.9	5.0	5.5	5.7	6.2	5.8	6.2	6.6	5.7	5.5	5.7
88(1999)	4.6	5.5	5.3	5.8	5.6	5.5	5.7	5.6	5.8	5.7	6.2	6.5	5.6	5.5	6.0
平均 Mean	5.5	5.5	5.6	5.9	5.9	5.7	6.1	5.9	5.9	6.4	6.6	6.7	5.9	6.4	6.1

表一：台灣各氣象站歷年雨水酸鹼度值年平均值

pH值 年份	月份												平均 Ave	最高 Max	最低 Min
	一月 Jan.	二月 Feb.	三月 Mar.	四月 Apr.	五月 May.	六月 Jun.	七月 Jul.	八月 Aug.	九月 Sep.	十月 Oct.	十一月 Nov.	十二月 Dec.			
62(1973)	-	-	5.2	5.4	5.0	4.5	5.7	5.9	5.8	5.2	5.8	5.1	5.4	5.9	4.5
66(1977)	4.2	5.2	4.2	5.1	4.6	5.2	6.3	5.6	5.4	5.5	6.7	5.3	5.3	6.7	4.2
67(1978)	4.7	4.9	4.8	4.9	4.9	4.9	-	6.5	6.2	4.1	4.8	6.1	5.2	6.5	4.1
68(1979)	5.1	5.0	6.5	7.2	7.2	6.4	6.3	6.2	6.9	6.9	7.6	6.2	6.5	7.6	5.0
69(1980)	6.4	6.5	6.5	6.0	6.2	-	-	5.9	5.5	5.5	6.6	7.5	6.3	7.5	5.5
70(1981)	7.6	6.4	6.3	6.9	6.8	7.0	7.1	5.8	6.0	6.4	6.4	7.0	6.6	7.6	5.8
71(1982)	7.1	6.6	6.7	6.7	6.5	6.5	6.8	-	7.0	6.8	6.8	6.8	6.8	7.1	6.5
72(1983)	6.6	6.3	6.8	6.9	6.2	-	7.0	5.9	6.5	6.6	6.4	6.4	6.5	7.0	5.9
73(1984)	6.1	6.2	6.3	6.2	6.7	6.8	-	7.0	7.1	6.8	7.1	6.9	6.7	7.1	6.1
74(1985)	6.9	6.4	6.3	6.1	6.3	6.4	6.6	6.8	6.7	6.4	6.5	6.4	6.5	6.9	6.1
75(1986)	6.6	6.7	6.6	-	-	5.2	5.8	4.4	4.5	4.4	4.5	-	5.4	6.7	4.4
76(1987)	3.8	4.3	4.0	3.7	3.7	4.2	5.8	4.2	4.9	4.2	4.3	4.8	4.3	5.8	3.7
77(1988)	4.2	3.8	4.3	4.4	4.2	4.7	5.9	5.1	5.1	3.9	4.2	5.2	4.6	5.9	3.8
78(1989)	4.8	4.5	4.9	4.5	4.5	3.9	5.2	4.8	4.3	4.0	4.5	3.8	4.5	5.2	3.8
79(1990)	4.1	4.2	4.5	4.2	4.0	4.7	5.2	4.9	4.5	3.9	4.6	4.3	4.4	5.2	3.9
80(1991)	4.4	4.3	4.5	4.1	4.1	4.7	5.4	5.5	4.9	5.2	5.1	4.5	4.7	5.5	4.1
81(1992)	4.6	5.1	4.9	5.5	5.0	5.5	5.9	5.7	5.2	5.0	5.7	5.3	5.3	5.9	4.6
82(1993)	5.1	5.2	5.7	5.8	5.5	6.4	6.2	6.4	6.3	6.0	5.8	5.9	5.9	6.4	5.1
83(1994)	5.2	5.7	5.8	5.9	5.9	6.4	5.9	6.1	5.9	6.1	5.6	5.3	5.8	6.4	5.2
84(1995)	5.0	5.1	5.2	5.5	5.4	5.4	5.3	5.5	5.0	4.8	5.0	5.1	5.2	5.5	4.8
85(1996)	5.0	5.0	5.1	6.8	5.5	5.4	5.2	5.1	5.5	5.5	4.9	4.3	5.3	6.8	4.3
86(1997)	4.7	4.8	4.7	4.5	5.3	5.0	5.3	5.0	4.7	4.1	4.9	4.2	4.8	5.3	4.1
87(1998)	4.3	5.2	4.8	5.2	4.6	5.3	6.1	5.9	-	5.2	4.4	4.5	5.0	6.1	4.3
88(1999)	4.2	4.4	4.5	4.8	4.8	4.8	4.9	5.1	4.9	4.5	4.2	4.2	4.6	5.1	4.2
平均 Mean	5.3	5.3	5.4	5.5	5.4	5.5	5.9	5.6	5.6	5.3	5.6	5.5	5.5		

表二：基隆氣象站歷年雨水酸鹼度值月平均值

圖1: 中央氣象局基隆站雨水酸鹼度值月平均趨勢圖(平均值5.0)

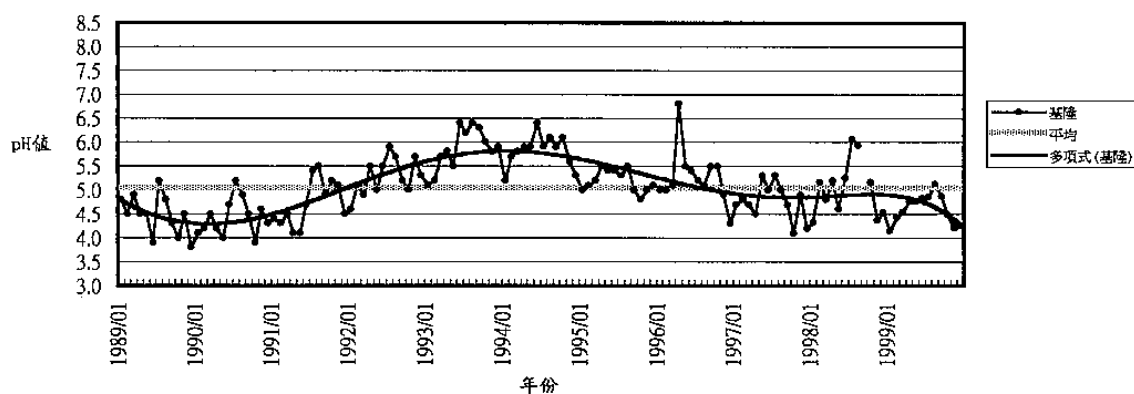


圖2: 中央氣象局台北站雨水酸鹼度值月平均趨勢圖(平均值5.2)

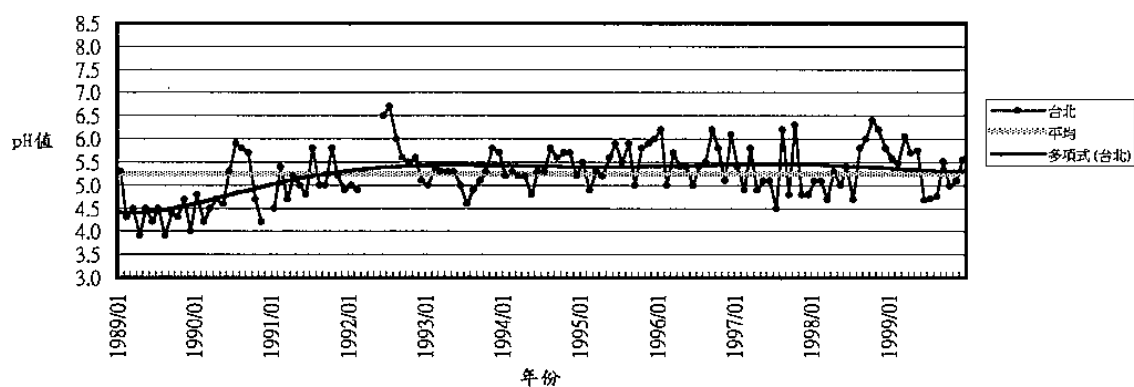


圖3: 中央氣象局日月潭站雨水酸鹼度值月平均趨勢圖(平均值5.2)

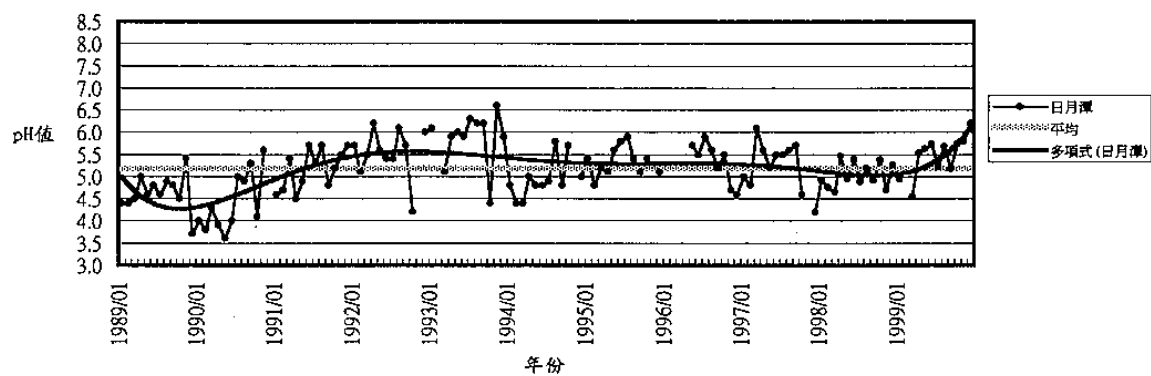


圖4: 中央氣象局台東站雨水酸鹼度值月平均趨勢圖(平均值6.6)

