

台中港區酸雨測定之現況分析

國中組應用科學科第二名

台中縣立沙鹿國民中學

作者：郭蓓伊、王海亭
謝麗琪

指導教師：許賢富、蔡俊模

一、研究動機

本校自然科教學研究會所編「科學走廊專集」第二集有「認識酸雨」一文，知道酸雨是人類科技高度發展的副產物，是各國追求都市化工業化而引發之「大地反擊」現象之一。而一般所謂雨水酸化仍是指 $P H$ 值低於 5.6 而言。由於酸雨降至地面，對環境乃是一種嚴重威脅，它會使土壤變酸而減低肥力；侵蝕金屬造成生鏽；會損害建築物；會影響植物生長；會使河水變酸危害魚類生存……直接或間接地影響到人類的健康，因此引起世人對酸雨問題之普遍關切，咸認為酸雨為廿世紀之全球環境危機。而台中港區，近年來由於關聯工業區之設立，工廠使用燃料油量劇增，所排出之硫化物不斷的增加，其雨水酸化的嚴重性可想而知，故本研究正是要對台中港區的酸雨作現況分析，希望港區人們加以關心，並且研究設法解決。

二、研究目的

- (一)利用化學滴定及 $P H$ 值的觀念，對台中港雨水酸化的情形，作現況調查分析。
- (二)利用中央氣象局所發佈的每日氣象資料包括風向、風速、降雨量、降雨型態、氣象衛星雲圖、地面天氣圖等及實測數據，找尋和酸雨間的關係。
- (三)探討雨水酸化的原因，並提出防治建議。

三、研究器材及設備

(一)雨量計(二)手提式風向風速計(三)塑膠瓶或玻璃瓶(四)P H計(五)化學藥品 (BaCl_2 、 K_2CrO_4 、 AgNO_3 、 Chromotropic acid) (六)滴定裝置(七)光譜儀(八)氣象衛星雲圖(九)浦福氏風級表。

四、研究過程

(一)雨水收集

- 1.時間：自中華民國76年2月1日至77年1月31日。
- 2.地點：於台中港區四鄉鎮中每一個鄉鎮各設一個雨水收集站。
- 3.方法：
 - (1)設立雨量計。注意雨量計的位置必須遠離物體以避免污染。
 - (2)雨期結束後將雨水帶回實驗室，測定P H值及成份分析。
 - (3)雨水測定P H值後，皆密封於乾淨塑膠瓶中並放在低溫暗處。

(二)雨水酸鹼度的測定。

雨水帶回實驗室後，立即用P H計測定其酸鹼度，即P H值。測定前儀器先以P H 7.0及P H 4.0兩種溶液調整，雨水P H值測得後，皆先換算求其 $[\text{H}^+]$ ，再求平均，然後再以求得平均 $[\text{H}^+]$ ，換算求得平均P H值。

(三)降雨型態的決定

利用中央氣象局每日公佈的氣象資料，包括風向、風力、天氣型態、溫度高低、地面天氣圖及天氣衛星雲圖等來決定。

(四)風向風速決定

- 1.選擇空曠處之固定地點，作為觀測風向位置。
- 2.對著風之來向，平舉手提式風向風速計，校正風向風速計上指北針和北方一致。
- 3.計時一分鐘，讀記錄器上風程數，再以每秒公尺為單位，求平均風速和風向。
- 4.將測定所得數據與浦福氏風級表相比較確定級數。

(五)平均雨量的測定

利用雨量計測定，並與中央氣象局所公佈的雨量資料相比較。

(六)雨水中 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 離子濃度定量分析

參考美國 American Public Health Assoc 協會於 1976 年所編之標準方法。

五、實驗結果

年	月	日	降 雨		PH 值	降雨型態	風 向 風 速	平均雨量	PH 平均 值	[SO ₄ ²⁻] XPPM	[NO ₃ ⁻] XPPM	[Cl ⁻] XPPM	備 註			
			時 刻	時 數												
76	2	7	04-05 17-23	7	6.3	鋒面雨	北 4 ~ 5 級	0.7	6.2				平均雨			
	2	10	03-05 13-14	5	6.3	鋒面雨	偏北 3 ~ 4 級	1.0					量單位			
	2	14	22-24	16	6.0	鋒面雨	北 3 ~ 4 級	1.6		1.1	0.4	3.2	mm / h			
	2	15	01-05 09-12 15-18			鋒面雨	北 3 ~ 4 級									
	3	17	16-24	14	4.4	鋒面雨	北 2 ~ 3 級	4.2	4.4	4.3	0.8	0.1	寒 流			
	3	18	01-05			鋒面雨	北 2 ~ 3 級									
	3	19	04-08	5	4.9	鋒面雨	北 1 ~ 2 級	2.4		4.6	0.7	0.1	寒 流			
	3	21	17-18	2	4.1	鋒面雨	偏北 2 級	0.3								
	3	24	16-24	9	4.4	鋒面雨	偏北 2 級	2.4	4.7	0.7	0.8					
	3	25	06-07	2	4.2	鋒面雨	偏北 2 ~ 3 級	0.4								
	4	6	04-14	11	4.8	鋒面雨	偏北 2 ~ 3 級	3.9	4.6	3.8	0.6	2.0	寒 流			
	4	11	07-12	6	4.5	鋒面雨	北 2 ~ 3 級	1.2								寒 流
	4	12	07-10	4	4.6	鋒面雨	北 3 ~ 4 級	7.8		4.0	0.6	0	寒 流			
	4	13	11-14	3	4.9	鋒面雨	北 3 級	1.3								寒 流
	4	14	15-21	7	4.3	鋒面雨	偏北 2 級	1.3								
	5	3	01-05	5	4.8	鋒面雨	偏北 2 級	3.4	4.3	4.2	0.6	2.2				
	5	4	07-08 11-13	5	4.0	鋒面雨	偏北 2 級	1.0								
	5	5	07-10	4	3.9	鋒面雨	偏北 2 級	2.8		11.3	1.0	1.4				
	5	9	04-11	8	4.4	鋒面雨	偏北 2 級	3.3					4.2	0.7	3.2	
	5	14	03-06	4	4.4	鋒面雨	偏北 2 級	0.7								
	5	17	01-15	15	4.1	鋒面雨	北 3 ~ 4 級	1.2					4.9	0.6	0.2	5 月 17
	5	18	00-24	24	4.6	梅 雨	北 2 級	2.3	4.3	0.8	0.1	日 入 梅				
	5	22	11-14 15-19	9	4.8	梅 雨	西南 2 級	4.3					4.5	0.9	0.3	
	5	23	13-15	3	4.7	梅 雨	北 2 級	0.6								

	5	29	04-11	8	5.2	梅雨	西南 2 級	1.9	4.9	3.5	0.7	1.8	
	5	30	07-11	5	5.1	梅雨	北 2 級	1.0					
76	6	8	07-21	15	4.7	梅雨	北 2 級	0.2					
	6	9	03-08	6	9.4	梅雨	偏北 2 ~ 3 級	5.6	4.3	4.3	0.7	1.4	6 月 18
	6	19	19-21	4	4.4	午後陣雨	偏北 2 ~ 3 級	1.5					日出梅
	6	21	19-21	4	4.3	午後陣雨	偏北 2 ~ 3 級	0.9					
	6	22	10-12	3	4.3	午後陣雨	偏北 2 ~ 3 級	4.0		10.6	1.1	1.7	
	6	24	19-21	3	4.1	午後陣雨	西南 2 ~ 3 級	7.4		8.7	1.1	2.2	
	6	25	04-20	17	4.0	午後陣雨	西南 2 ~ 3 級	10.7		9.8	1.3	0.9	
	6	27	11-14	4	4.2	午後陣雨	偏北 2 ~ 3 級	4.0		10.3	0.9	0.6	
	6	29	07-10	4	4.4	午後陣雨	偏北 2 ~ 3 級	1.4					
	7	14	05-08	3	5.3	颱風雨	偏北 2 ~ 3 級	2.8	5.3				賽路馬
	7	17	16-20	4	4.2	午後陣雨	北 2 級	2.2	4.2				
	7	21	07-10	3	5.0	颱風雨	北 3 級	2.0	5.1				費南
	7	26	01-06 07-24	47	5.1	颱風雨	北 3 ~ 4 級	3.4		2.2	0.7	8.4	亞力士
	7	27	01-24			颱風雨							亞力士
	8	22	16-20	4	4.8	午後陣雨	西南 2 ~ 3 級	2.2	4.8				
	8	30	07-16	9	4.9	颱風陣雨	西南 3 級	4.6	5.2	1.6	1.0	5.8	黛納
	9	9	17-20	4	5.0	颱風雨	北 6 ~ 7 級	1.9					傑魯得
	9	10	11-15	3	5.2	颱風雨	北 3 級	1.8					傑魯得
	9	22	07-10	3	4.8	鋒面雨	北 2 ~ 3 級	0.8	4.8				
	9	23	07-16	9	5.2	鋒面雨	北 2 ~ 3 級	1.1					
	9	26	17-20	3	4.5	鋒面雨	北 2 ~ 3 級	2.1					
	10	23	20-24	36		颱風雨	北 10 ~ 12 級	2.0					琳恩
	10	24	全天		4.8	颱風雨	北 10 ~ 12 級			1.4	0.8	3.2	琳恩
	10	25	00-09		4.6	颱風陣雨	西南 10 ~ 12 級						
	11	28	20-24	4	5.4	鋒面雨	北 8 ~ 10 級	0.2	5.4				寒流
	11	29	05-09	4		鋒面雨	北 8 ~ 10 級						寒流
	12	10	09-14	5	5.6	鋒面雨	北 0 ~ 2 級	1.2	5.6				
77	1	1	19-22	3	5.9	鋒面雨	北 2 級	0.8	5.9				
	1	18	08-22	14	5.9	鋒面雨	北 4 ~ 5 級	0.2					寒流
	1	30	21-23	3	5.9	鋒面雨	北 3 ~ 4 級	1.2					

六、實驗討論

(一)雨水之 $P H$ 值隨季節之不同呈明顯之變化，亦即雨水之 $P H$ 值與天氣降雨型態有相當密切的關係。

1.梅雨：76年5月17日中央氣象局宣佈入梅，而同年6月18日宣佈出梅。這期間之降雨，皆導因北方高緯度的大陸冷高壓和南方低緯度的副熱帶高壓，在兩大氣團的相持不下，而使梅雨鋒面滯留於台灣上空，引發所謂之梅雨，從實驗記錄表中可知雨水之 $P H$ 平均值約為4.9。

2.午後（雷）陣雨：自6月中旬開始至8月下旬為止，台灣地區為副熱帶高壓氣團所主宰，時序進入典型之夏天氣候，此時由於西南氣流旺盛，午後雷陣雨相當頻繁，6月19日至6月29日的7次降雨，皆屬此型態，平均 $P H$ 為4.3，顯示夏天的午後雷陣雨相當酸，其原因可能為該時期正值太陽日照強烈而導致酸雨形成之有利原因，或為其他原因，有待進一步研究探討。

3.颱風雨：由表中7.8.9.10等四個月，先後有賽路馬、費南、亞力士、黛納、傑魯得及琳恩等六個颱風侵入或過境，導致大量降雨，（但賽路馬、費南、傑魯得等三個颱風例外，其雨量很少），其下雨型態可分為颱風侵襲之降雨及離境引發西南氣流之降雨，前者大都為連續降雨，如7月26.27日，9月9.10日及10月23.24日，其雨水之 $P H$ 值平均為5.0，後者如8月30日，10月25日其雨水之 $P H$ 值平均為4.8，顯示連續性之颱風降雨，其酸度較颱風引發之西南氣流短暫陣雨為小些。

4.鋒面雨：當時序進入10月之後，大陸冷高壓開始轉強而太平洋副熱帶高壓已逐漸減弱中，此時鋒面系統逐漸南下，影響台灣，每當鋒面南下，必帶來程度不等之降雨，由實驗結果可知，其逐月平均酸度分別為9月4.8，10月無鋒面雨，11月5.4、12月5.6、1月5.9、2月6.2、3月4.4、4月4.6、5月（至17日止）4.3，由此可知鋒面引發之降雨，其酸度隨月份之不同而呈明顯變化，尤其是冬天（12月、1月、2月）的鋒面雨，其 $P H$ 值皆為5.6以上，已經不能說是酸雨了。

，顯示冬季強大的高壓系統，可能不利於雨水變酸，至於春季（3月、4月、5月）及秋季（9月、10月、11月）的微弱鋒面引發之降雨，則屬偏酸，尤其是前者，雨水酸度亦甚低，僅低於夏季之午後雷陣雨，可能與春季氣壓系統的微弱及降雨之短暫有關。

(二)各月份雨水之 $P H$ 值皆無日之變化，且與雨量大小關係不明顯。從實驗結果表中可知雨水之 $P H$ 值與降雨的時刻及雨量大小並無明顯關係，但和降雨之持續與否有關係，短暫降雨之酸度大於連續性降水如3月21日與3月23日、3月24日與3月25日、9月22日與9月23日。

(三)台中港區，除了冬季外，已明顯有酸雨了。

由實驗記錄表中得知，12月之 $P H$ 值平均酸度為5.6，1月之 $P H$ 值平均酸度為5.9，2月之 $P H$ 值平均酸度為6.2外，其餘各月的 $P H$ 值平均酸度皆低於5.6，故應正視本問題。

(四)酸雨的分佈有廣域性。

本次採樣地點最遠的兩地相距約30公里，大約是台中港區之對角線，而所測得數據即 $P H$ 值近乎完全一樣，這可能是由於酸性物質如 SO_2 、 NO_2 及 NO 等能從工業區而傳到數十公里，甚至於數百公里以外的地方，故在廣大的地區都出現有酸雨。

(五)在颱風雨中所測得之 $[Cl^-]$ 偏高。

颱風時，所測得的 $[Cl^-]$ 如表所示都是偏大些，此可能因為風大浪高，尤其在海邊所激起的水霧混入雨水中，而干擾了雨水成分，而台中港更鄰台灣海峽，雨水被海水所污染程度更可想像得到它的嚴重性，但從另一個角度來看，也正可利用本性質來鑑定平常雨水被海水污染的程度。

七、結 論

(一)酸雨的形成主要因素仍是大氣中硫化物、氮化物與大氣反應的結果。大氣中本來就有二氧化碳氣體存在，可使降落的雨水到達地面時之 $P H$ 值約為5.6左右，即正常雨水呈弱酸性。可是當人類大量使用石油與煤等石化燃料的結果，燃燒所產生的二氧化硫 (SO_2)，在大

氣中經由化學過程就形成硫酸粒子，同樣地一氧化氮（ NO ）或二氧化氮（ NO_2 ）亦會形成硝酸粒子，以及部份工廠放出塩酸粒子便是酸雨的形成主要原因。

註：台灣地區現階段除部份地區使用含硫量2%之燃料油外，大部份地區其所含硫量皆高達3%以上，此即為二氧化硫（ SO_2 ）主要來源，且工廠大都無脫硫設備，故排出大氣中的硫化物總量不斷增加。（見工業污染第五卷第三期P76頁）。

(二)雨水之PH值隨季節之不同，呈明顯之變化，亦即雨水之PH值與天氣降雨型態有相當密切關係。其中以夏季之午後雷陣雨最酸，其次分別是春秋兩季的鋒面雨、梅雨、颱風雨，而以冬季強烈之冷鋒面為最不酸。至於造成其間PH值差異之原因，除了與氣象因子有關外，亦和污染即結論(一)所述之來源有關。

(三)台中港區除了冬季外，已有明顯酸雨。而且在遍及直徑三十公里的廣大區域，其雨水酸度可謂相等，故酸雨具有廣域性。

(四)為了防止酸雨繼續污染大地，建議政府有關單位能從以下各要點加以探究。

1.控制國內工廠排放之廢氣，其二氧化硫不可太高，尤其要加強排煙脫硫設備的防治及高硫份油使用之管制，否前台灣地區酸雨的嚴重性是可預期的。因此可以考慮改變燃燒方法，減少廢氣排出以及使用替代能源（如核能）等雙管齊下，定可以減低酸雨程度。

2.設置專責機構研究酸雨與降雨型態或氣象因子之關係，值得進一步探討。

3.調查全國酸雨危害之現況及酸雨分佈以應對策。

4.基於酸雨有廣域性，應追蹤污染物之軌跡及濃度分佈，並能定時發佈新聞或報警，讓國人有所防患。

5.台灣屬於島國，其地理環境之複雜，有別於歐美之大陸國家，因此酸雨之形成原因與機構可能有別於美國，故值得大家再深層的探究。

八、參考資料

(一)國中地球科學課本 下冊 P1-22

(二)國中地球科學教師手冊 下冊 P5-13

(三)科學走廊專集 沙鹿國中自然科教學研研究會編第二集。

(四)環境科學 東海大學環境科學研究中心出版。

(五)工業污染防治 第四卷第三期及第五卷第三期。

(六)環境污染 科學月刊71年6月。

(七) 1980 台灣地區的酸雨 孫岩章吳瑞鈺編科學發展月刊(8) 5

P428-434

(八)氣象衛星雲圖及地面天氣圖 中央氣象局提供。

評 語

- 1.本作品對目前國內環境污染最嚴重的問題——酸雨作常期而有計劃之研究與分析為其特出之處，而研究結果更顯示台中港地區環境污染之嚴重性。
- 2.研究過程耗時一年，所收集之資料甚具完整性，唯僅針對季節變化找尋影響酸雨形成之因素為其缺點。
- 3.作者聲稱將繼續本研究並對台中港附近工業區及工廠燃料油使用情況對酸雨之影響是非常值得鼓勵的環境意識的加強與落實為本作品得獎的主要原因。