

大氣污染對臺灣地區雨水 pH 值之影響

The Effect of Air Pollution on the pH Value of Rain Water over Taiwan Area

呂世宗 陳福來 繆在澄
Shih-Chong Lu Fu-Lai Chen Tsai-Cheng Miu

ABSTRACT

The pH value of rain-water over Taiwan area are discovered that the extreme value in Taipei is less than 3.8.

This value, 1000 times acidity than neutral, are nearly the observed value in Europe and America, and it has serious implications for ecological system.

一、前言

雨水中溶有各種鹽類、酸類、有機物、煤塵、砂塵，這些雨水係淡水之主要來源，同時亦為植物生長上不可缺少者。

對雨水中之成份，自古以來，已有許多先進者，提供研究結果，惟這些結果，因時因地均有甚大的出入。尤其是近年來，經濟繁榮，燃料消耗量突增，燃燒廢棄物之二氧化硫、二氧化氮等不斷的污染大氣與生活環境。

臺灣地區也不能例外，幾年來之經濟發展，工廠林立，車輛數突增，排出物亦多，顯然地污染大氣及生活環境。

這些污染物有些在大氣中成為雨雪之凝結核，有些被雨雪所沖洗，使雨雪之 pH 值降低。

本文係在 1972-1974 年間測驗臺灣地區雨水 pH 值之變化情形，以資瞭解大氣污染之概況，並檢討與氣象因素，地形之關係，供為土地利用計畫之參考。

二、樣品收集與測驗

樣品收集站分布於全省各地及高山離島地區。以清洗乾淨之盛器，每逢降雨雪時（玉山冬季採取樣品為雪，其他各地均為雨水），置於曝露空地，使雨雪降入盛器內，然後取 100 c. c 放入塑膠瓶中，瓶口以膠帶密封，每月將樣品寄至臺北測定。

雨雪樣品以 Horiba F-5 型之 pH 表測量之，

測定時，首先以蒸餾水將電極洗滌乾淨，以脫脂棉或潔淨濾紙擦拭，然後將電極浸漬在盛裝 pH 為 7 之中性標準液中，並先調整溫度校正之開關，使指針指示於 pH 值 7 處。以同樣方法校正 pH 值 9 與 pH 值 4 各點。

pH 表調整後，電極再以蒸餾水充分洗淨，擦拭後，浸入雨雪樣品中測其 pH 值。

三、測定結果及討論

本研究共有 22 個樣品收集站，測定結果如表一所示。

臺灣地區之 pH 值，以臺北、基隆、宜蘭及日月潭等地較低，前三處在臺灣北部，由於工商業發達，人類活動頻繁，故可推測 pH 值之降低係受污染源之直接影響，臺北最低值為 pH 3.8，平均值 pH 5.7，為全省各地雨水 pH 值最低者。其次為基隆，最低值亦達 pH 4.1，平均值比臺北略低，為 pH 5.3。再次之為宜蘭，其最低值為 pH 4.1，平均值為 pH 5.5。此三處之雨水酸度極強，最低值已較中性超過 1000 倍左右，可見臺灣地區之大氣受人為污染之嚴重。

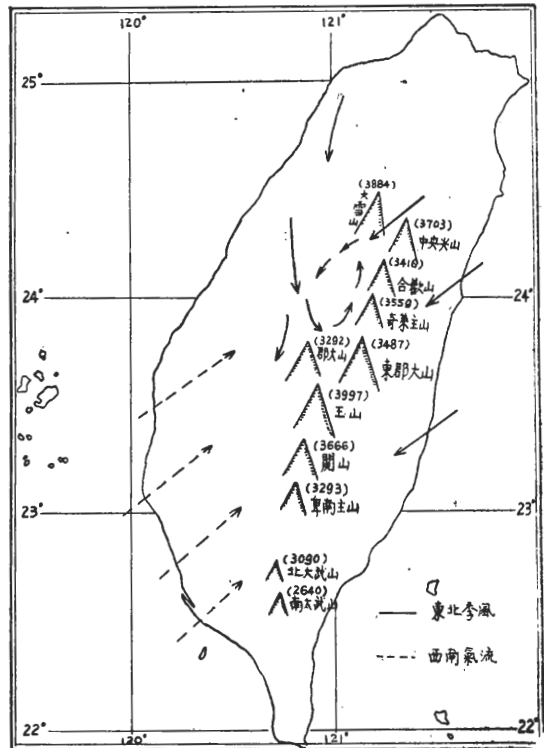
pH 值以臺北、基隆、宜蘭三地為低值區，沿中央山脈至日月潭，日月潭之雨水酸度，與臺北地區亦甚接近，最低值為 pH 4.4，平均值為 pH 6.1。日月潭為一高山測站，海拔高度達 1015 公尺，人口稀少，污染物來源有限，但其雨水 pH 值甚低。依照

表一 臺灣地區之 pH 值

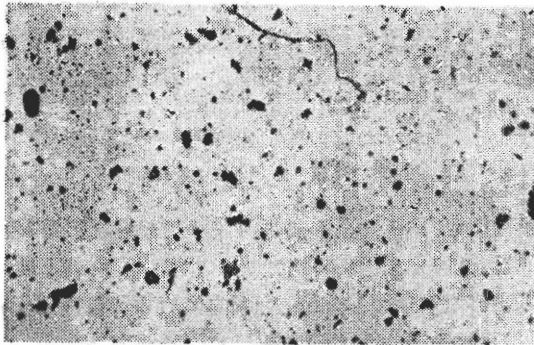
地點	時間 (年)	pH 值		地點	時間 (年)	pH 值	
		平均	極值			平均	極值
臺北	1972	5.6	3.8-7.5	日月潭	1972	6.4	4.9-8.2
	1973	5.4	4.0-7.6		1973	5.7	4.4-7.2
	1974	6.1	4.2-7.8		1974	6.2	4.5-8.3
澎佳嶼	1973	6.4	5.7-7.7	臺南	1973	6.5	5.4-7.6
基隆	1973	5.3	4.1-7.4	東吉島	1973	6.8	6.2-7.7
鞍部	1973	6.5	5.5-7.6	高雄	1973	7.5	6.7-8.0
淡水	1973	6.9	5.7-8.3	恆春	1973	6.9	5.5-8.7
新竹	1973	6.8	5.8-8.3	宜蘭	1973	5.5	4.1-7.5
臺中	1973	6.6	5.6-7.4	花蓮	1973	6.7	5.5-7.8
澎湖	1973	6.9	6.3-7.9	新港	1973	7.0	6.1-8.4
嘉義	1973	6.8	5.7-8.1	臺東	1973	6.5	5.4-7.8
阿里山	1973	6.5	5.7-7.6	大武	1973	6.7	5.2-7.6
玉山	1973	6.6	5.7-7.6	蘭嶼	1973	6.9	5.6-7.8
Upton (New york state)	1965-1966		3.9-4.5	Rock Hill (New york State)	1965-1966		4.3-5.6
	1966-1967	4.5	4.2-4.9		1966-1967	4.2	4.0-4.8
	1967-1968	4.3	3.8-5.0		1967-1968	4.3	4.0-5.0
	1968-1969	4.1	3.9-4.8		1968-1969	4.3	4.0-4.8

臺灣地形分析如圖一所示，顯然其污染源在臺灣北部，臺灣北部產生之污染物，由於垂直擴散至舉升凝結層或混合層頂附近，復受東北季風之吹送，有些受中央山脈之干擾，有些從大雪山與中央尖山間山谷通過，在臺中、南投平原地區與西北風輻合，然後受郡大山、東郡大山之阻擾，產生渦流⁽¹⁾⁽²⁾，致使日月潭附近之污染濃度增加，雨水 pH 值亦降低甚多。

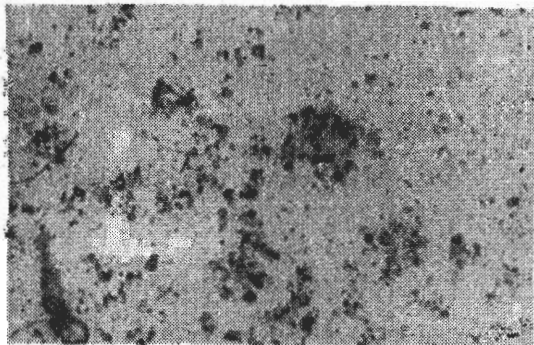
臺灣東南部大武及西南部臺南為 pH 次低值區，該二地區之最低值，與西南氣流發生之月份相似，大致在五月至八月左右。西南氣流挾帶高雄工業區所排放之污染物，向中央山脈吹襲，受大武山及玉山之干擾而下降，大武最低值為 pH 5.2，平均值為 pH 6.7，臺南之最低值為 pH 5.4，平均值為 pH 6.5，此二處雨水酸度，均不甚強。大氣中含有天然之二氧化碳，即可造成如此酸度，因此在東部地區及嘉南平原一帶之污染物，屬於二氧化硫或二氧化氮者仍少。但高雄地區工廠林立，污染問題嚴重，筆者曾作過落塵形狀分布之測驗，所得資料如圖二所示，臺北收集 4 月 1 日至 11 日共 10 天之樣品經顯微鏡放大 180 倍後，與高雄 4 月 25 日至 30 日共 5 天之樣品結果比較，高雄少一半的時間，但由照片上顯示，其顆粒之數量，遠比臺北為多，因此可以推測高雄地區之污染



圖一 臺灣地形與氣流之關係

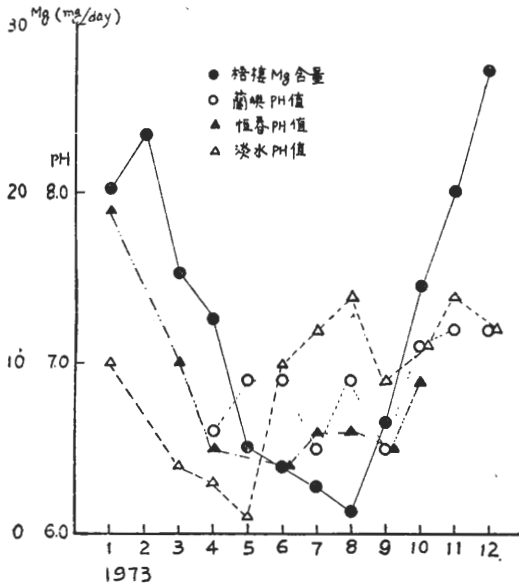


臺北 4月1日~11日 (1972年) 180×



高雄 4月25日~30日 (1972年) 180×

圖二 臺北與高雄之落塵形狀分布



圖三 海邊測站雨水 pH 值與海風成分之關係

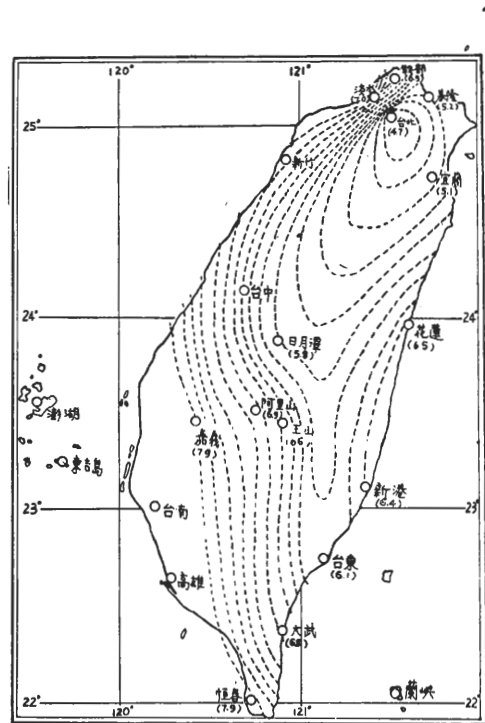
以粒狀者為多，對雨水酸度影響較小。

其他在近海或海島或受海風影響較大之測站，諸

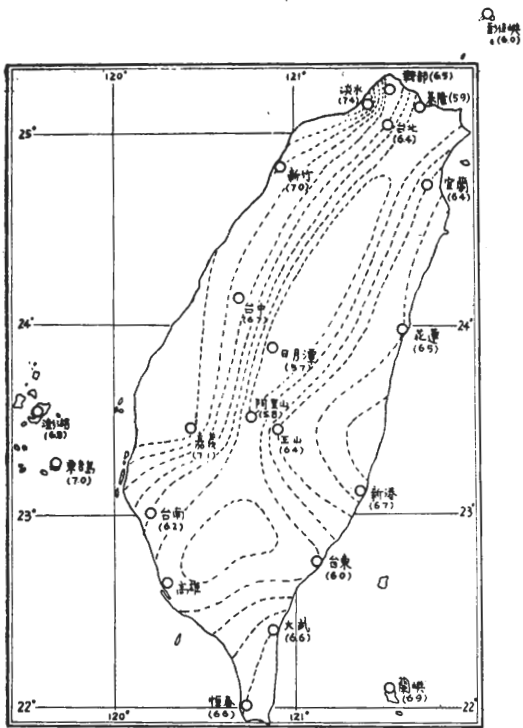
如澎湖、淡水、澎湖、高雄、恆春、新竹、新港、蘭嶼等地雨水均呈鹼性，且其極端值較中性高出十倍至百倍。此乃受海風所含海水成份之影響⁽³⁾。由圖三可知海邊測站雨水 pH 值在冬季較高，夏季較低，此與海風含鹽量之逐月變化甚為一致。因為 pH 值受 H_2CO_3 及 HCO_3^- 含量支配，亦即碳酸物質減少，則 pH 值增大，此時若有 Ca^{++} 、 Mg^{++} 之存在，則有 $CaCO_3$ 或 $MgCO_3$ 之鹽等沉澱，因此由圖三推測海邊測站雨水 pH 值受 Mg^{++} 之影響外，由碳酸鈣所作成之貝殼，經風化作用後，亦能造成海邊測站雨水之 pH 值加大⁽⁴⁾。

pH 值之年變化，以臺北及日月潭二地為例，臺北地區 1972 年之 pH 值最低達 pH 3.8，1973 年上升 0.2，1974 年又上升 0.2，此乃因污染管制加強，嚴禁燃燒生煤之結果，使排放至空氣中之二氧化硫及二氧化氮減少，雖然雨水之 pH 值逐年回升，但由觀測所得之資料顯示，回升數值極微，可見臺北市尚有許多足以造成嚴重污染之來源，諸如燃燒重油之工廠，產生極多二氧化硫，或增加急速之機動車輛排放之二氧化氮。日月潭之雨水值年變化與臺北大致相同，請參考表一。

pH 值之月變化如圖四所示，臺灣北部之 pH 值



圖四 臺灣地區雨水 pH 值之分布 (1月份)



圖四 臺灣地區雨水 pH 值之分布 (8 月份)

在東北季風時期較低，尤其在 1~3 月最低，以後逐漸增高，至 8 月份開始最低值出現於日月潭附近，12 月後最低值復北移至臺灣北部，此種現象與氣象因素之關係至為密切。臺北地區污染源較多，在冬春兩季混合層高度較低，污染物垂直擴散的高度很低，同時受地形影響，水平移動較慢，擴散範圍不大，因此受雨水沖刷，致臺北附近之雨水 pH 值降低，而日月潭地區則無污染源而使 pH 值較接近中性。至夏秋兩

季，混合層高度增加，垂直擴散高度較高，臺北附近上空之污染物擴散範圍加大，反使臺灣北部之污染濃度降低，日月潭地區則反而增加，因此雨水之酸度亦增加。

四、結 論

近代工業發達所造成的污染，已經嚴重影響人類生活的環境，由測析資料比較，本省雨水中 pH 最低值與美國紐約州 Upton 所測之值已甚為接近⁽⁵⁾，尤其臺北地區之雨水值 pH 已有低達 3.8 之記錄，可見臺北地區受二氧化硫及二氧化氮之污染嚴重，而且北部地區擴散之污染物由於受地形之影響，污染山區，對於環境保護及水資源之開發，都值得警惕。近年來本省各河流中，味美之魚類逐年減少，或與雨水 pH 值之降低，致河水污染有關。

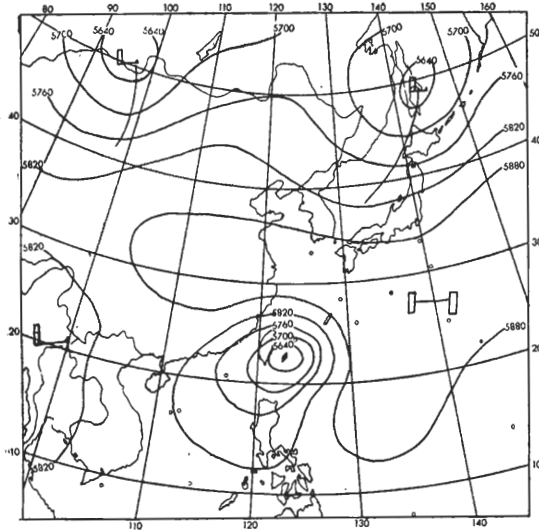
謝辭：本研究係大氣污染研究計畫之部份結果，承蒙國家科學委員會之補助。謹此致謝。

參 考 文 獻

- ① David H Slade: Meteorology and Atomic Energy, p26-27, 1968.
- ② 呂世宗、陳福來：原子塵在臺灣大量降落之時期與其分佈情形，氣象學報 8 卷 4 期，1962.
- ③ 陳英茂、呂世宗、林茂生、林德煌：海風含鹽量之研究，氣象學報 17 卷 2 期，1971.
- ④ 猿橋勝子：天然水中之物質代謝の研究，日本化學雜誌，第 27 卷第 6 號，1956.
- ⑤ Gene E. Likens, F. Herbert Bormann, Noye M. Johnson: Acid Rain, Environment, vol, 14, No. 2, 1972.

作者通信處：中央氣象局

115°E、41°N 附近，24 小時後此最大差值區向西移至 105°E、42°N。



圖八

Fig 8: Predicted values at 24 hour for case SM. unit in meters

四. 結 論

本文利用相當正壓模型研究地形對 500mb 環流的影响。當一槽線經過青康藏高原東部斜坡時，其深度必然因為地形的變化而加深。冬季槽線南伸時地形影響最大，500mb 槽線附近的高度值一天內可下降 90 公尺。夏天槽線北移且減弱，地形影響較小。地形只影響槽線的深度，不影響槽線的移動速度。對於出海後，已經不繼續加深的槽線，相當正壓模型能準確預報其速度，約 $14-18 \text{ m sec}^{-1}$ 。在內陸上，正在加深的槽線，其移動速度約為 $17-28 \text{ m sec}^{-1}$ 。相當正壓模型預報之速度比觀測值快了 6 m sec^{-1} 。

500mb 上槽線經過高地東部斜坡而加深後繼續往東移動。它如何與地面系統配合而影響臺灣天氣。還有如何準確預報槽線移動速度。這兩個問題均有待於利用斜壓模型進一步研究。

五. 後 記

此篇文章乃在國科會計劃，NSC-64M-0202-01 (11) 輔助下完成。

本文所採用的地形圖(圖一)是臺大大氣科學系吳清吉、莊瑞華、高夢稷、張麗白等助教協助完成的。原始地形資料大部份是中國文化學院地理系徐聖謨主任供給的。馬國華、方力脩兩位研究助理幫助資料分析和繪圖。沒有這七位先生、小姐的協助，這篇文章不會如此順利完成。特此致謝。

另外，作者蔡清彥要向空軍氣象中心致謝。因為參加他們每週的天氣預報討論會，使我獲得許多寶貴的實際天氣經驗，成為研究的題材。本文題目就是其中之一。

參 考 資 料

中央研究院大氣物理組同仁研究報告，1972。「大氣及颱風運動之模型(I)(II)(III)」。

劉廣英，鄧施人1973。「利用電子計算機做數值天氣預報之研究」(上)(下)。氣象預報與分析(空軍氣象聯隊)第五十五期 1-5 頁，第五十六期 6-8 頁。

胡仲英，1974。「正壓大氣模式及其應用」大氣科學(中國氣象學會)第二期附印中。

Cressman, G. P., 1959: "An operational objective analysis system". *Mon. Weather Rev.*, 87, 367-374.

Holton, J.R., 1972: "An Introduction to Dynamic Meteorology". New York, Academic Press, 129-133.

作者通信處：臺灣大學大氣科學系