



桃園市政府環境保護局

107年度桃園市酸雨監測與
防制策略計畫

期末報告
(定稿)

桃園市政府環境保護局委託

契約編號：107060680

計畫期程：107年7月1日至108年6月30日

執行廠商：國立中央大學

中華民國108年8月

統一編號: 45002931

- *「本報告僅係受託廠商或個人之意見，僅供環保局施政之參考」
- *「本報告之著作財產權屬環保局所有，非經環保局同意，任何人均不得重製，仿製或為其他之侵害」

桃園市政府環境保護局 107 年度桃園市酸雨監測與防制策略計畫

期末報告(定稿)

契約編號: 107060680

桃園市政府環境保護局

107年度桃園市酸雨監測與防制策略計畫

計畫總期程：107年7月1日至108年6月30日

主 持 人： 林能暉 教授

國立中央大學大氣科學系

協同主持人： 張木彬 教授

國立中央大學環境工程研究所

計畫經理： 曾韋迪

國立中央大學大氣科學系

執行單位：

國立中央大學環境監測技術聯合中心

中華民國 108 年 8 月

摘 要

桃園地區是全國酸雨較顯著的區域之一，雨水酸化情形涵蓋全市，酸雨 (pH<5.0) 平均發生機率約 73%，平均 pH 值為 4.79 (環保署 2017 年資料)。自 1995 年開始徵收空污費且不斷推動許多減硫排放的政策，由歷年資料可知桃園地區雨水酸化情形已有改善，但鑑於本市近年酸雨發生頻率仍高，且現今桃園市人口持續增加，各樣建設亦不斷發展，產業及能源結構也不斷變更，實應持續對市境內酸雨分布狀況進行調查，以更確實掌握本市酸雨變化的情形並提供決策單位制訂合宜之管制策略。本研究旨在建立大桃園地區酸雨監測長期資料庫，以掌握本市境內酸雨強度的時空分布及長期趨勢變化，並探討桃園市境內之主要固定與移動排放源與鄰近酸雨監測站降水化學之相關性，提出相關管制策略建議。

本年度計畫持續收集龍潭、桃園、中壢、復興、新屋以及航空城上下風區域之蘆竹與大園等七站酸雨資料，維護酸雨監測網，藉以了解本市酸雨強度的時空分布及長期趨勢變化，並比較市內重點污染源之排放資料，探討其對本市酸雨之貢獻與影響；再者，本計畫亦利用細懸浮微粒資料探討空氣品質與酸雨的相關性；同時，藉由實施酸雨宣導教育及維護桃園酸雨資訊網，呈現酸雨研究成果與本市防制酸雨之努力與成效，並達環境教育與宣導功能。依公告規範，計畫目標如下所述：

1. 持續維護桃園市酸雨監測網與長期資料庫，以掌握本市酸雨強度的時空分布及長期趨勢變化。
2. 收集本市空氣中懸浮微粒資料，進行比對分析，以了解不同區域之差異及酸雨的可能成因。

3. 提供民眾酸雨監測資訊與本市防制酸雨之作為與成效，並辦理酸雨環境議題教育宣導，對象可包括國小學校師生或環保志工。

本計畫執行至期末報告撰寫期間，按工作進度完成工作項目，主要結果如：

- 自 2018 年 7 月開始採樣至 2019 年 6 月底止，共完成分析 631 個樣本，經篩選過後共有 602 個樣本合格，整體合格率達 95%，高於聯合國規範之 75%。
- 2018 年 7 月至 2019 年 6 月，全市 7 站雨水 pH 平均值為 5.20，在收集的 631 個樣品中，有 258 個樣本達到酸雨標準，酸雨平均發生頻率為 41%；雨水平均 pH 值以中壢站與蘆竹站最低，平均值分別為 4.98 與 5.00，而 pH 平均值最高者為桃園與新屋站，pH 平均值分別為 5.47 與 5.39，由於 7 站 pH 平均值仍皆低於自然界當中 5.6 的平衡值，且在酸雨定義之 5.0 上下，顯示本地雨水受到酸化污染並非僅單一行政區的問題，而是全市普遍需要注意的環境議題。
- 主要致酸因子為 nss-SO_4^{2-} ($40 \mu\text{eq l}^{-1}$) 及 NO_3^- ($37 \mu\text{eq l}^{-1}$)，皆以中壢與蘆竹站最高；中和因子為 NH_4^+ ($42 \mu\text{eq l}^{-1}$) 及 Ca^{2+} ($37 \mu\text{eq l}^{-1}$)，可能受到環境開發或農業活動影響， Ca^{2+} 的影響已不亞於 NH_4^+ 。海鹽離子 (Na^+ 及 Cl^-) 約合佔總離子濃度 46% 左右，其濃度隨離岸距離增加而快速下降，此與過去研究結果相近。
- 由季節差異分析來看，在夏季降水時， nss-SO_4^{2-} 與 NO_3^- 兩者都是在本市平地區域有較高的濃度，尤其 NO_3^- 的濃度與 nss-SO_4^{2-} 相當，這也凸顯本市在空污管制的策略上，應將氮氧化物的管制納入未來重點減量的方向；當進入秋冬季降水時，由於加上

境外污染物移入的影響，兩者濃度在平地測站都有明顯的增加。而在 Ca^{2+} 濃度的分布狀況來看，秋冬季明顯高於夏季，而夏季濃度較高的區域分布在蘆竹與大園一帶，但可能受到東北季風吹拂，除了有可能將北桃園區域營建工程所產生的塵土微粒向西南方傳送外，也可能受到強風產生的揚塵所導致，使得秋冬季北桃園的下風區域出現 Ca^{2+} 濃度明顯增高的情形，與 2017 年同期分析結果一致，可持續觀察期在後續降水化學中的變化。然而，就學理而言，如果缺少銨根與鈣離子的中和效應，本市雨水酸化的情形應會更加顯著，值得關注。

- 2018 年 7 月 31 日至 8 月 1 日以及 2019 年 1 月 29-30 日已完成本年度兩次之酸雨查核，並將查核結果製成紀錄，目前各站執行與運作狀況良好。
- 與鄰近縣市比較結果顯示，中壢站不論夏季或冬季的資料都顯示 nss-SO_4^{2-} 濃度都有顯著的減少，甚至夏季濃度已低於台北站，本地管制硫氧化物已見果效。進一步比對台北、中壢與新竹酸雨站 2018 年之監測資料，中壢站的致酸離子濃度分布雖略高於新竹且與台北水準相當，但受到 Ca^{2+} 離子中和效應的影響，台北與新竹地區的雨水才未顯出酸化的情形，但若扣除中和效應的影響，三站雨水可能有相當酸化的程度。
- 已選定 3 組距離較相近之酸雨測站與空氣品質測站，並收集 2014-2017 年中，三組測站兩個有較連續降雨的個案資料來進一步研究探討，其中顯示在較無劇烈垂直運動且連續降雨的天氣型態中，地面監測的空氣品質的變化較能反映在雨水中污染物濃度上，且降雨初期若降雨強度較弱時，容易出現致酸離子濃度較高的樣品，未來可作為預先警示的依據。

- 完成 10 場次宣導活動共 1225 人參與，人數突破歷年新高，宣導對象包括國小學童以及桃園市民，同時也培訓種子講師並調整宣導方式以進行較多人次之宣導。由統計回收的 885 份問卷中顯示宣導活動受到很高的評價，近 7 成的學童對整體活動感到非常滿意，整體有 95% 的問卷反映感到滿意，顯示宣導活動深受小朋友喜愛，同時也在相關建議欄位中，寫下對宣導活動的心得與感言，得到相當多的肯定。此外，經由宣導活動後，有近 80% 的學員對環保局對改善酸雨的努力感到非常滿意，甚至加上滿意的人數更可達到 96%，顯示宣導活動也是一個可以很好展現本市對努力改善酸雨成果的管道。
- 網頁部分，除不定期配合環保局修正網頁漏洞及失效連結部分外，已更新酸雨監測資料至 2019 年 4 月，且每一季更新一次酸雨監測資料，每兩個月則新增即時或近期酸雨及環保相關議題之新聞。

Abstract

Taoyuan City, northern Taiwan is one among the regions in Taiwan with the most severe acid rain problem. The average pH value of rainwater at Chung-li station is about 4.79 with 73% occurrence of $\text{pH} < 5.0$ (EPA, 2017). After collecting the air pollution fee since from 1995 and implementing a series of reducing sulfate emission strategies, we can see the improvement of rainwater acidity in Taoyuan City. However, economic development, urban growth, and the structural changes in energy use in recent years are resulted in high frequency of acid rain and simultaneously arises the necessity to investigate the acid rain distribution in the City.

This study includes the operation and maintenance of a 7-station monitoring network to investigate the spatiotemporal as well as the long-term distribution of acid rain in Taoyuan City. Meanwhile, we also compare the air quality and acid rain data to investigate the relationship between rain chemistry and emission sources. Furthermore, basic knowledge of acid rain along with the research outcomes have been published in the “Taoyuan Acid Rain Information Website” in order to promote and educate the general public concerning about the environmental protection.

According to the announcement requirement, the objectives of the study are to:

- (i) maintain the acid rain monitoring network in Taoyuan and a relevant long-term database to understand the spatiotemporal distribution and long-term trend of acid rain in the study area;
- (ii) investigate the different formation reason of acid rain within different stations in Taoyuan City by comparing the air quality and acid rain data ;
and

- (iii) provide acid rain information to the general public and demonstrate the efforts and achievements of the government acid rain control policy through a website and promoting the acid rain educational activities.

We have completed all the proposed tasks on schedule. The preliminary results are as follows:

- Continuous rainwater monitoring at Longtan, Taoyuan, Chungli, Fuxing, Hsinwu, Luchu and Dayuan stations are ongoing. A total of 631 samples were collected and analyzed for the chemical composition to investigate the characteristics and spatial distribution of rainwater chemistry during July 2018– June 2019.
- An average pH value of 5.20 was obtained for 7 monitoring stations in the city with 41% of the rain events were acidic (pH < 5.0).
- In the rainwater samples the major acidic species were nss-SO_4^{2-} ($40\mu\text{eq l}^{-1}$) and NO_3^- ($37\mu\text{eq l}^{-1}$), with the highest concentrations measured at Luchu and Chungli station. Ammonium ($42\mu\text{eq l}^{-1}$) and calcium ($37\mu\text{eq l}^{-1}$) were the two major neutralizing cations mainly generated from the agricultural and construction activities, respectively. The effect of calcium was likely as important as ammonium. Sea salt species (Na^+ and Cl^-) contributed around 46% of the total ionic concentrations. Their concentrations decrease rapidly with distance and similar to the findings of previous studies.
- The NO_3^- concentration closes (or even higher) to nss-SO_4^{2-} concentration in all stations in summer. This represents that the control strategie on NO_x emission reduction is more important in the future. Besides, the spatial distribution of Ca^{2+} concentration shows higher

value in autumn and winter than summer. However, the hot spot in summer is located in Luchu – Dayuan area but instead in Chungli area in autumn and winter. This may be caused by the strong northeast wind blowing the dust particles from Luchu – Dayuan area to the downwind area. This finding is consistent with the observation result in 2017; it is worthy to keep monitoring.

- To educate the knowledge of acid rain to the public, we conducted 10 acid rain advocacy activities and there were around 1225 people who participated.
- Regular and well-maintained updates of the “Taoyuan Acid Rain Information Website” with the newest research results were done to educate the general public concerning about the acid rain issues.

目 錄

一、背景.....	1-1
1.1 背景說明.....	1-1
1.2 過去研究成果.....	1-3
二、計畫目標、工作項目及工作方法.....	2-1
2.1 計畫執行目標及效益.....	2-1
2.2 工作項目及內容.....	2-1
2.3 工作方法.....	2-1
2.3.1 酸雨監測網之維護採樣.....	2-2
2.3.2 酸雨監測分析流程.....	2-1
2.3.3 酸雨監測結果分析與長期趨勢變化.....	2-6
2.3.4 利用細懸浮微粒資料探討空氣品質與酸雨的相關性.....	2-10
2.3.5 酸雨環境教育宣導與監測結果展示.....	2-14
三、酸雨監測與成份分析探討.....	3-1
3.1 本年度酸雨採樣.....	3-1
3.1.1 採樣紀錄.....	3-1
3.1.2 測站實地查核.....	3-5
3.2 資料品質與降水化學分析.....	3-7
3.2.1 酸雨發生頻率與降水化學分析.....	3-9
3.2.2 雨水化學空間分布特性.....	3-21
3.2.3 季節特性差異分析.....	3-24
3.3 與鄰近縣市比較.....	30
3.4 趨勢變化探討.....	3-36
3.4.1 桃園酸雨監測網前後期趨勢比較.....	3-36
3.4.2 近年酸雨監測變動情形.....	3-40
四、解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性.....	4-1
4.1 2016 年春季降雨個案（3/9-3/26）.....	4-7
4.2 2017 年秋季降雨個案（10/10-10/21）.....	4-9
4.3 2018 年夏季降雨個案（8/27-8/31）.....	4-11
4.4 2017 年冬季降雨個案（2018/2/2-2018/2/6）.....	4-13

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施.....	5-15
5.1 收集與分析市內重點污染源之排放資料以及其隨產業變動之變化趨勢.....	5-15
5.2 相關防制策略與措施之收集.....	5-30
5.2.1 國內外空氣污染物管制策略.....	5-30
5.2.2 比較國內外空氣污染減排措施.....	5-51
5.3 建議.....	5-60
六、桃園酸雨環境教育宣導.....	6-1
6.1 宣導對象與教案內容.....	6-1
6.2 酸雨宣導紀錄.....	6-6
七、桃園酸雨資訊網.....	7-1
八、結論與建議.....	8-1
九、查核重點及自評工作進度.....	9-1
9.1 工作重點查核進程.....	9-1
9.2 自評進度.....	9-2
十、參考文獻.....	10-1

(為響應環保，以下附錄 A-F 請參見光碟內檔案)

附錄 A 酸雨測站觀測人員作業手冊

附錄 B 品保品管手冊

附錄 C 酸雨查核紀錄

附錄 D 酸雨宣導教案與宣導簽到記錄

附錄 E 評選會議委員意見回覆

附錄 F 第一期工作進度報告審查委員意見回覆

附錄 G 第二期工作進度報告審查委員意見回覆

表目錄

表 2.1 桃園地區酸雨測站 2017 年雨水化學濃度分析表.....	2-7
表 2.2 桃園地區 2017 年酸雨測站主要離子平均當量濃度比.....	2-9
表 2.3 相關性統計表.....	2-13
表 3.1 2018 年 7 月至 2019 年 6 月綜觀天氣與降水描述.....	3-2
表 3.2 酸雨測站採樣器故障維修紀錄.....	3-6
表 3.3 2018 年 7 月至 2019 年 6 月雨水分析樣本數.....	3-8
表 3.4 各酸雨測站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月雨水化學分析結果	3-11
表 3.5 桃園市歷年列管工地數.....	3-19
表 3.6 2013-2017 年六都列管營建工地數統計.....	3-19
表 3.7 2018 年 7 月至 2019 年 6 月各站主要離子平均當量濃度比 ..	3-20
表 3.8 近年桃園酸雨監測網統計資料表.....	3-41
表 3.9 各站 MK 法趨勢變化統計表.....	3-44
表 3.10 蘆竹站各季 MK 法趨勢變化統計表.....	3-46
表 3.11 大園站各季 MK 法趨勢變化統計表.....	3-46
表 4.1 挑選三組酸雨測站與空氣品質測站位置資料表.....	4-3
表 5.1 2013 年桃園市各行業氮氧化物及硫氧化物污染排放清冊 ...	5-18
表 5.2 2013 年桃園市製造業氮氧化物及硫氧化物污染排放清冊 ...	5-19
表 5.3 大潭電廠民 2010-2014 年 NO _x 年排放值及天然氣用量.....	5-23
表 5.4 國內 PM、氮氧化物及硫氧化物排放管制相關法規修訂彙整.....	5-31
表 5.5 環保署歷年管制空氣污染物排放重要措施.....	5-33
表 5.6 世界各國對於酸污染之減排措施及成果.....	5-36
表 5.7 國內外粒狀污染物排放標準.....	5-44
表 5.8 國內外硫氧化物排放標準.....	5-46
表 5.9 國內外氮氧化物排放標準.....	5-48
表 5.10 國內外汞及其化合物排放標準.....	5-50
表 5.11 國際移動污染源管理趨勢彙整.....	5-58
表 5.12 2018 年 1 月桃園市各站租賃數量.....	5-64
表 5.13 2018 年 3 月各縣市汽機車數量.....	5-65
表 6.1 執行酸雨宣導之單位資料.....	6-2
表 6.2 回饋問卷統計表.....	6-14
表 7.1 計畫期間網頁更新與維護時程整理.....	7-2
表 9.1 自評進度表.....	9-2

圖目錄

圖 2.1 桃園酸雨研究之流程圖.....	2-1
圖 2.2 桃園酸雨測站之地理位置分布圖.....	2-3
圖 2.3 溼沉降採樣流程圖.....	2-2
圖 2.4 實驗室分析處理雨水化學資料流程圖.....	2-4
圖 2.5 雨水 pH 值與 nss-SO_4^{2-} 空間分布圖.....	2-8
圖 2.6 降水化學與 $\text{PM}_{2.5}$ 資料比較.....	2-12
圖 2.7 2013 年 11 月 28 日至 12 月 13 日 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度變化圖.....	2-12
圖 2.8 張貼於快樂國小之酸雨環境教育推廣海報。	2-16
圖 2.9 國小酸雨宣導實況剪影.....	2-17
圖 2.10 水巡守隊與環境教育志工酸雨宣導實況剪影.....	2-18
圖 2.11 宣導回饋問卷.....	2-19
圖 3.1 EMEP 離子平衡篩選與資料標記方法.....	3-8
圖 3.2 2018 年 7 月至 2019 年 6 月各測站酸雨發生頻率.....	3-10
圖 3.3 龍潭站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖..	3-12
圖 3.4 桃園站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖..	3-12
圖 3.5 中壢站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖..	3-13
圖 3.6 復興站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖..	3-13
圖 3.7 新屋站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖..	3-14
圖 3.8 蘆竹站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖..	3-14
圖 3.9 大園站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖..	3-15
圖 3.10 雨水 pH 值與主要貢獻離子空間分布圖.....	3-22
圖 3.11 雨水 pH 值與主要貢獻離子空間分布圖 (續).....	3-23
圖 3.12 不同天氣降水型態下之各站 pH 盒狀圖.....	3-26
圖 3.13 不同天氣降水型態下之各站離子濃度柱狀圖.....	3-27
圖 3.14 不同天氣降水型態下之各主要離子濃度空間分布圖.....	3-28
圖 3.15 不同天氣降水型態下之各主要離子濃度空間分布圖(續.....	3-29
圖 3.16 臺北站歷年夏季與冬季雨水化學資料比較圖.....	3-33
圖 3.17 中壢站歷年夏季與冬季雨水化學資料比較圖.....	3-34
圖 3.18 2018 年三站 pH 值與主要致酸與致鹼離子濃度盒狀圖.....	3-35

圖 3.19	龍潭站年平均 pH 值與主要致酸離子濃度變化圖.....	3-37
圖 3.20	桃園站年平均 pH 值與主要致酸離子濃度變化圖.....	3-37
圖 3.21	中壢站年平均 pH 值與主要致酸離子濃度變化圖.....	3-38
圖 3.22	復興站年平均 pH 值與主要致酸離子濃度變化圖.....	3-38
圖 3.23	新屋站年平均 pH 值與主要致酸離子濃度變化圖.....	3-39
圖 3.24	2015-2018 年各站各季 pH 平均值變化圖	3-41
圖 3.25	2015-2018 年各站各季酸雨發生頻率.....	3-42
圖 3.26	蘆竹站春冬季歷年鈣離子濃度月平均變動趨勢圖.....	3-47
圖 3.26	蘆竹站春冬季歷年 pH 值月平均變動趨勢圖.....	3-47
圖 4.1	酸雨測站與空氣品質測站位置分布圖.....	4-2
圖 4.2	桃園酸雨站逐月 nss-SO ₄ ²⁻ 及 NO ₃ ⁻ 平均濃度與桃園空品站月 平均 PM _{2.5} 濃度變化圖.....	4-4
圖 4.3	中壢酸雨站逐月 nss-SO ₄ ²⁻ 及 NO ₃ ⁻ 平均濃度與平鎮空品站月 平均 PM _{2.5} 濃度變化圖.....	4-5
圖 4.4	大園酸雨站逐月 nss-SO ₄ ²⁻ 及 NO ₃ ⁻ 平均濃度與大園空品站月 平均 PM _{2.5} 濃度變化圖.....	4-6
圖 4.5	2016 年春季降雨個案之降水化學與 PM _{2.5} 資料比較.....	4-8
圖 4.6	2017 年秋季降雨個案之降水化學與 PM _{2.5} 資料比較.....	4-10
圖 4.7	2018 年夏季降雨個案之降水化學與 PM _{2.5} 資料比較.....	4-12
圖 4.8	2017 年冬季降雨個案之降水化學與 PM _{2.5} 資料比較.....	4-14
圖 5.1 (A)	2007 - 2017 年桃園市工廠營運家數 (B)2017 年桃園市各 區工廠營運家數分布圖	5-16
圖 5.2	2017 年桃園市各行業別工廠營運家數.....	5-17
圖 5.3	1994-2021 年桃園市 SO _x 及 NO _x 排放量回溯推估及未來年 預測推估.....	5-21
圖 5.4	桃園市 2013-2017 年生煤使用量	5-25
圖 5.5	桃園市 2017 年固定污染源粒狀污染物排放量空間分布示 意圖	5-26
圖 5.6	桃園市 2017 年固定污染源硫氧化物排放量空間分布示意 圖.....	5-27
圖 5.7	桃園市 2017 年固定污染氮氧化物排放量空間分布示意圖 ..	5-28

圖 5.8 桃園市 2017 年電力業排放空間分布示意圖.....	5-29
圖 5.9 巴黎車輛空污排放分級標章.....	5-55
圖 5.10 車主實際將標籤貼於汽車擋風玻璃上.....	5-55
圖 5.11 巴黎因應空污事件而限制 4 級與 5 級的車輛無法在巴黎 和內城區行駛之公告.....	5-56
圖 5.12 桃園市 YouBike 租賃數.....	5-64
圖 5.13 桃園市歷年汽機車數量變動.....	5-66
圖 5.14 桃園機場每年飛機起降數量.....	5-68
圖 6.1 酸雨宣導海報.....	6-5
圖 6.2 宣導紀錄精彩剪影.....	6-10
圖 6.3 宣導紀錄精彩剪影（續）.....	6-11
圖 6.4 宣導活動回饋問卷剪影（教師）.....	6-12
圖 6.5 宣導活動回饋問卷建議部分剪影（學員）.....	6-13
圖 7.1 桃園酸雨資訊網網頁架構圖.....	7-2
圖 7.2 更新新聞連結之網頁剪影.....	7-3
圖 7.3 更新酸雨監測資料至 2019 年 4 月份.....	7-4

一、背景

1.1 背景說明

隨著人類科技文明的進步，世界各國逐一邁入工業化後，經濟成長的同時，人類的物質生活水準固然日益提高，但卻也在這過程當中，造成了始料未及的禍害，例如，溫室效應氣體的排放造成全球氣候異常；大氣臭氧層的破壞使得人類罹患皮膚病變的機率增加；酸沉降對於森林、水體、土壤、生物及古蹟建築的毀損；以及其他區域性的公害問題。其中酸雨所帶來的危害，幾乎遍及全球，危害極大，例如酸雨會使土壤中的金屬元素因被酸雨溶出，造成礦物質大量流失，農林作物無法獲得充足的養分而導致枯萎、死亡，同時酸雨也會使存在於土壤、岩石中的有毒金屬元素變成離子態，流入河川或湖泊則會使得魚類大量死亡，若引水灌溉農作物，累積有毒金屬，一旦經過食物鏈進入人體，也會影響人類的健康，因其所帶來的危害與影響層面甚鉅，所以引起各方的關注。

目前世界上受酸雨危害最嚴重的地區，應屬美國東北和西北部、加會大東部、北歐和亞洲地區，尤其亞洲地區近三十年來因工業活動大量增加，經濟快速發展，燃煤及石油等能源事業也大幅增加，隨其產生之硫氧化物(SO_x)及氮氧化物(NO_x)排放至大氣中，除影響空氣品質外，也是導致雨水酸化的主因，甚至還可藉由氣流傳送至他國，其所衍生之跨區域環境問題日益嚴重，其中尤其酸雨對環境之衝擊常是各種污染影響之總合，所以受到各國環境保護單位重視，著手進行雨水監測以及針對 SO_x 及 NO_x (酸雨前驅物) 排放控制。

此外，於 2011 年 NADP 對美國國會提出之評估報告(National Acid Precipitation Assessment Program Report to Congress 2011: An Integrated

Assessment)中指出，減少 SO₂ 與 NO_x 的排放可降低人類暴露於 PM_{2.5} 與臭氧環境的機會，因 PM_{2.5} 與臭氧為 SO₂ 與 NO_x 的二次空氣污染物，若能減少這些污染物，可增加大氣能見度、農產品收成，也可帶來龐大的健康效益。在報告中指出，使用 ARP (Acid Rain Program) 與 2010 空品資料估算，因減少大氣中之 PM_{2.5} 與臭氧濃度可帶來之健康效益更可高達 174-427 億美金。

由呂等(2017年)研究中顯示，桃園地區仍是全國酸雨最顯著的區域之一，酸雨 (pH<5.0) 平均發生機率 73%，平均 pH 值為 4.79，為全國 pH 值最低且酸雨頻率發生最高之地區之一。過去自 1993 年起至 2005 年底，本團隊曾協助桃園市政府環境保護局建立桃園地區酸雨監測網，除透過長期的監測資料來了解桃園地區酸雨影響的時空變化外，並曾以模式與雨水資料探討排放污染源與受體的關係，以了解本市雨水酸化的原因。但隨著近年開放陸客來台，桃園機場使用頻率、航空器排放量勢必大增，且 2013 年五楊高架道路開通，加上 2014 年桃園已升格為直轄市，人口往來程度亦更加頻繁，交通污染源將來是否對桃園地區的酸雨問題造成多大的影響或變化，尚未可知。於 2014 年 3 月開始，協助桃園市政府環境保護局重新建立桃園地區的酸雨監測網，著手針對桃園地區雨水酸化問題進行監測。在累積近三年的資料中發現，桃園地區不僅中壢站呈現雨水酸化情形，若以雨水中致酸離子濃度來看，大園、蘆竹與桃園站與中壢站有相同水準的濃度，顯示酸雨問題應是本市值得持續關心與注意的。

1.2 過去研究成果

本團隊在近二年執行桃園市政府環保局桃園酸雨計畫，成果簡述如下：

2016-2017 年計畫成果：

- 持續進行龍潭、桃園、中壢、復興、新屋、蘆竹與大園站之雨水採樣，並新增中壢上風測站-聖德站，進行一年的酸雨監測並分析其化學成分，用以探討中壢地區雨水酸化的成因。
- 自 2016 年 7 月開始採樣至 2017 年 6 月底止，8 酸雨測站共採集與分析 559 個樣本，經篩選過後共有 546 個樣本合格，整體合格率達 98%，高於聯合國規範之 75%。
- 2016 年 7 月至 2017 年 6 月底之採樣期間，全市 8 站雨水 pH 平均值為 5.32，酸雨(pH<5.0)發生率為 39%;復興站與中壢站最低，平均值分別為 4.96 與 5.12，而 pH 平均值最高者為新屋與龍潭站，pH 平均值為 5.48 與 5.47。由於 8 站 pH 平均值仍皆低於自然界當中 5.6 的平衡值，且各站平均值差異不大，且在酸雨定義之 5.0 上下，顯示本地雨水受到酸化污染並非僅單一行政區域的問題，而是全市都需要注意的環境議題。
- 主要致酸因子部分，SO₄²⁻八站平均 51 μeq l⁻¹ (33-64 μeq l⁻¹)，其中以大園站 64 μeq l⁻¹ 最高。若扣除海洋性硫來源，計算 nss-SO₄²⁻濃度，各站約有 1-15 μeq l⁻¹ 差異，最高的是大園、中壢與聖德站，分別為 49、48 與 47 μeq l⁻¹，其次是桃園及蘆竹站，皆為 45 μeq l⁻¹，最低為在山區的復興站，濃度為 32 μeq l⁻¹，復興站因距海距離較遠，所以兩者相差最小。
- NO₃⁻方面，8 站平均為 37 μeq l⁻¹ (33-45 μeq l⁻¹)，蘆竹站 45 μeq l⁻¹ 為最

高，其 8 站平均濃度佔總離子之 10%，之於 nss-SO₄²⁻佔 12%，兩者所佔比例已為 1:1，此與 1993-2005 年間的統計數據，兩者所占該時期總離子濃度比例 1:2 有明顯改變，凸顯出未來本市在控制酸雨的部分，氮氧化物的控管是更加需要注意的。

- 根據 1993-2005 年桃園監測資料，NH₄⁺為最主要的鹼性離子，但自 2014 年 5 月開始監測至今年 6 月的監測資料皆顯示在桃園、蘆竹與大園等站等區域，Ca²⁺為最主要的鹼性離子，濃度更高出 1993-2005 年監測平均近一倍，此結果與林口龜山一帶施工中營建工程所造成的高 TSP 排放有關，顯示營建工程的污染狀況也可從收集的雨水中反映出來，倘若扣除 Ca²⁺的中和效應，北桃園的酸雨污染情形可能更顯著，值得持續觀察。
- 空間特性分析結果顯示，在都會區的中壢站、機場附近的蘆竹站以及在山區的復興站有較低之 pH 值分布，但各站間差異不大；nss-SO₄²⁻、NO₃⁻有相近的分布趨勢，以桃園、大園、中壢與聖德站較高，不過全市 8 站之間 NO₃⁻的濃度差異比 nss-SO₄²⁻更小，可能由於本是交通網絡發達，導致氮氧化物在本市的雨水中，有較均態的污染情形。海鹽離子及 NH₄⁺濃度分布有相近的分布趨勢，與離海岸距離呈負相關；Ca²⁺空間分布顯示在桃園、聖德、大園與蘆竹等地有較高的分布，此與前期監測結果相似，倘若扣除 Ca²⁺的中和效應，北桃園地區的酸雨污染可能與中壢地區相當或是更加顯著。
- 針對強弱降水分析方面，弱降水事件，降水化學成分各離子濃度皆明顯大於強降水事件，兩者總離子濃度比例介於 2.4-7.0 間，顯示濃度差異相當顯著且秋冬降水總離子濃度明顯高於春夏季，建議民眾應做好防範，避免或是減少在此類型降水事件發生時，直接暴露於降水中。
- 經多方評估與實地勘查後，中壢站上風處新增測站位址選定於聖德基督學院。比較 2016 年 9 月起至 2017 年 6 月兩站同日採集樣本之雨水化

學結果顯示，除海鹽離子與 Ca^{2+} 以外，其餘各離子濃度之平均值兩站都非常接近，其標準差也非常接近，由兩站離子濃度差異來看，主要仍以 Ca^{2+} 離子差異較大，且聖德站高於中壢站，倘若扣除 Ca^{2+} 離子的影響，聖德站雨水酸化情形與中壢站相當。

- 完成 10 所學校之酸雨宣導，同時也製作酸雨海報與相關宣導教案留給各學校，各學校參與學童都給予很好的評價，統計回收的 207 份問卷中顯示，無論在內容豐富度、講師表現、準備的實驗和小禮物等，均超過 60% 以上學生非常滿意，加上滿意的比例更都可超過 90%，整體活動亦有 96% 的學生感到滿意，顯示宣導活動深受小朋友喜愛。
- 由酸雨長期監測資料可看出本市積極推動酸雨前驅污染物之減量管制，已有成效(特別是硫氧化物的管制)，但由於其他國家長程傳輸進入台灣之酸雨前驅物，可能抵銷本市辛苦所得之排放減量，因此酸雨管制策略必須從台灣地區本身污染減量及推動參與兩岸和國際污染減量等方面同時進行，建議除持續推動總量管制與削減大型污染源排放政策外，建議也可針對移動污染源減量排放及跨縣市合作等方向同時進行努力。

二、計畫目標、工作項目及工作方法

2.1 計畫執行目標及效益

1. 持續維護桃園市酸雨監測網與長期資料庫，以掌握本市酸雨強度的時空分布及長期趨勢變化。
2. 收集本市空氣中懸浮微粒資料，進行比對分析，以了解不同區域之差異及酸雨的可能成因。
3. 提供民眾酸雨監測資訊與本市防制酸雨之作為與成效，並辦理酸雨環境議題教育宣導，對象可包括國小學校師生或環保志工。

2.2 工作項目及內容

依公告之工作項目如下：

(一)、提報工作計畫書

應自履約日起算 15 日內提報工作計畫書，計畫書內容應包括下列事項：

1. 計畫目標。
2. 工作項目。
3. 工作方法及步驟：分別說明計畫各項工作執行方法(含所使用儀器設備規格及檢測方法說明)，且酸雨監測工作應依行政院環境保護署現行酸雨監測作業方式辦理。
4. 工作預定進度及查核重點。
5. 每項計畫工作內容以甘特圖表示預定執行進度：規劃關鍵項目查核時間點，列表說明查核點編號、預定完成時間及查核內容。進

度及查核點內容之書寫依本局提供最新制式格式辦理，做為審查驗收之依據。

6. 人力配置(含工作人員分工執掌名冊)、素質、學經歷資料說明。
7. 經費(標價)配置。
8. 證明文件影印本。

(二)、酸雨監測結果分析及展示

1. 持續 7 座酸雨監測站(桃園、中壢、新屋、龍潭、復興、蘆竹、大園)監測工作至 108 年 6 月 30 日。
2. 本計畫所設置酸雨監測站，於監測期間，當有降雨發生時(以監測儀器可感應為準)即需於次日 9 時前完成樣品之收集。
3. 酸雨監測分析項目應包括雨水酸鹼值、導電度、氯離子、硝酸根離子、硫酸根離子、鈉離子、鉀離子、鈣離子、鎂離子、銨根離子，並提供監測原始資料電子檔。
4. 維護與更新酸雨資訊網資料，並展示本市防制酸雨的作為與成效。
5. 提供民眾瀏覽國內酸雨相關資訊，每季定期更新酸雨監測資料及分析結果、每兩個月更新酸雨相關新知或新聞。
6. 上述分析方法應依行政院環境保護署現行酸雨監測作業方式辦理，以達資料品保與品管一致性。
7. 整合酸雨監測與氣象場資料，探討本市酸雨分布特性，分析酸雨監測歷史資料的連續性及變異性。
8. 收集與研析國內外酸雨研究現況資料，以及相關防制策略與措施，提出本市未來酸雨防制措施制定之建議。

(三)、分析酸雨監測結果及解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性

收集本市空氣中懸浮微粒資料，解析桃園地區酸雨與懸浮微粒之相關性，了解不同區域之差異及酸雨的可能成因，並於未來提出改善與建議。

(四)、桃園酸雨環境教育宣導

1. 辦理 10 場次酸雨環境議題教育宣導，包括酸雨的形成、危害、如何避免自身受到酸雨的傷害、如何減少酸雨的產生及安排有獎徵答，對象可包括國小學校師生或環保志工及與河川教育中心合作辦理酸雨環境教育課程，加深宣導內容及擴展宣導面向。
2. 針對不同族群(對象可包含國小學校師生或環保志工)調整宣導內容，使得各個族群能獲得更多學習，並提出環境教育宣導教案，經機關同意後始得辦理。

(五)、配合參加本局相關會議，彙整製作會議或查核所需相關資料，及辦理臨時交辦事項

(六)、計畫執行期間人員之規定及其他注意事項

1. 計畫主持人 1 名，需為碩士(含)以上畢業具 5 年工作經驗，負責指導計畫進行方向。
2. 計畫經理 1 名，需為碩士以上學歷並有 3 年以上工作經驗或大專以上並有 5 年工作經驗者，負責本計畫執行策略之研擬、進度督導及提出工作報告、督導計畫執行之成效、出席計畫相關之各項會議與簡報及本局溝通及協調工作事宜。
3. 計畫各成員指派或更換前，應先行文告知並經機關核備，如不能履行職務或不適任時，應依機關要求更換人員。
4. 計畫執行期間，酸雨監測站相關設施非經本局同意不得為其他用途使用。
5. 廠商履約期間，應於每月 10 日前向機關送達上個月工作月報，其

二、計畫目標、工作項目及工作方法

內容包括工作事項、工作進度、工作人數及時數、監測結果彙整、異常狀況及因應對策等。

2.3 工作方法

本研究之工作流程架構如圖 2.1 所示，延續 103-106 年度建立與執行之酸雨監測工作，藉此探討桃園地區之酸雨現況與其時空變化趨勢，以評估桃園市執行之空氣污染防制措施對酸雨防制之效益。以下茲就涉及工作項目加以說明：

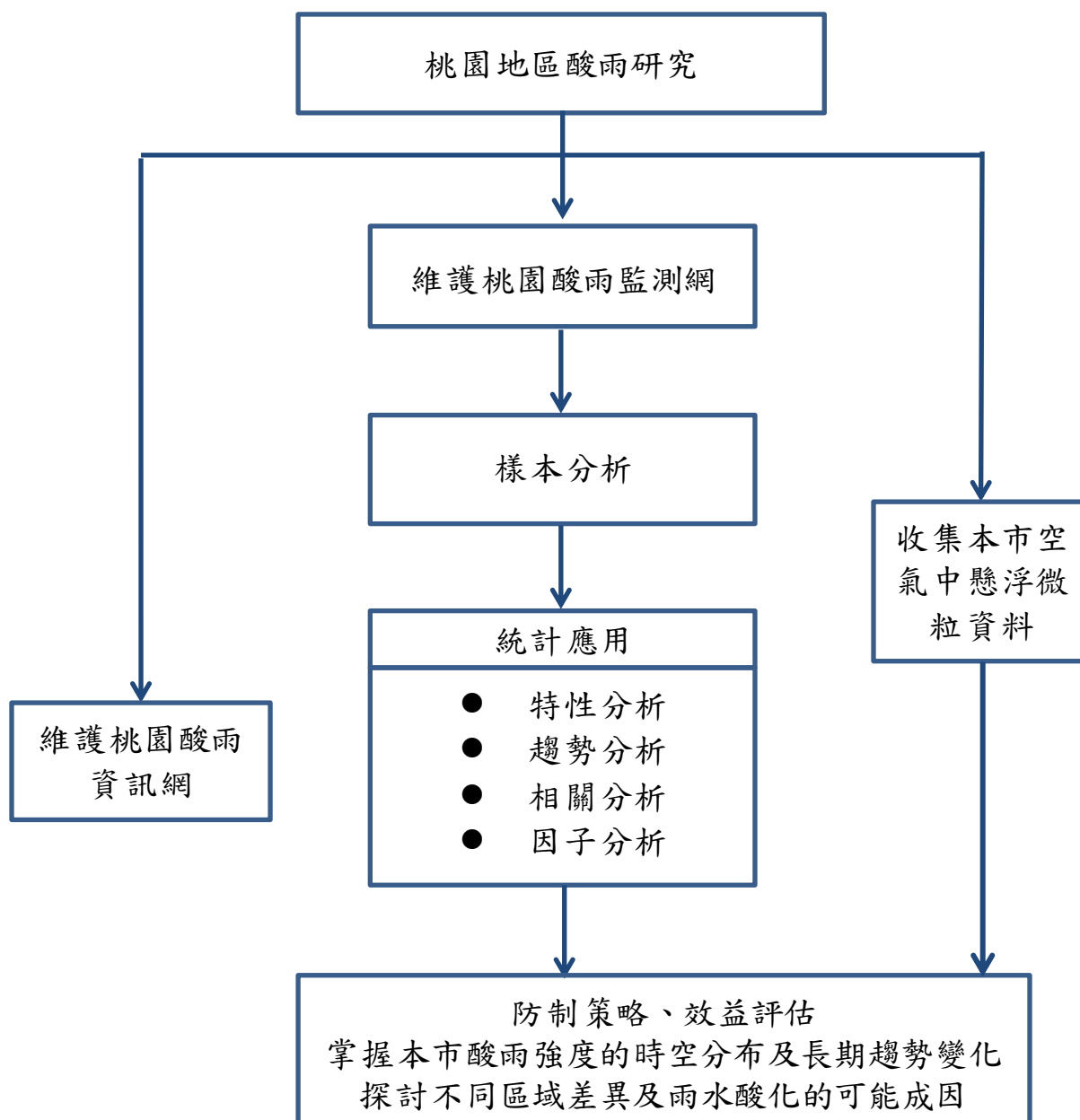


圖 2.1 桃園酸雨研究之流程圖

2.3.1 酸雨監測網之維護採樣

本團隊在 2014 年執行桃園市酸雨監測計畫時，已於桃園、龍潭、中壢、復興、新屋、蘆竹及大園等地建立酸雨測站並進行採樣，各站站點其週界概況如下，建構之各測站地理位置分布圖，如圖 2.2 所示。本期計畫將持續維持各酸雨採樣站之正常運作，並持續累積監測資料。

- 龍潭站 (N01)：設置於龍潭區內，由於龍潭屬新興都市，又臨近北二高，故區分為都會型測站。
- 桃園站 (N02)：地處於桃園區內，架設於桃園市立快樂國小，屬於都會型測站。
- 中壢站 (N03)：位於中央大學大氣物理所觀測坪頂樓，臨近中壢市與高速公路中壢交流道。
- 復興站 (N04)：設置於復興區救國團復興青年活動中心頂樓，屬於桃園地區較偏內陸山區，且人為開發度較低之鄉村型測站。
- 新屋站 (N05)：設置於行政院農業委員會桃園區農業改良場之頂樓，地理位置靠近海邊，直接面對海風的吹拂，可作為海邊地區之代表測站。
- 蘆竹站 (N06)：設置於蘆竹區山腳國小頂樓，近桃園國際機場跑道北端，陸空交通流量大，屬都會型測站。設置目的用於評估桃園航空城開發前後交通流量變動對雨水酸化問題的影響。
- 大園站 (N07)：設置於大園區圳頭國小頂樓，近桃園國際機場跑道南端，陸空交通流量大，屬都會型測站。設置目的同蘆竹站。

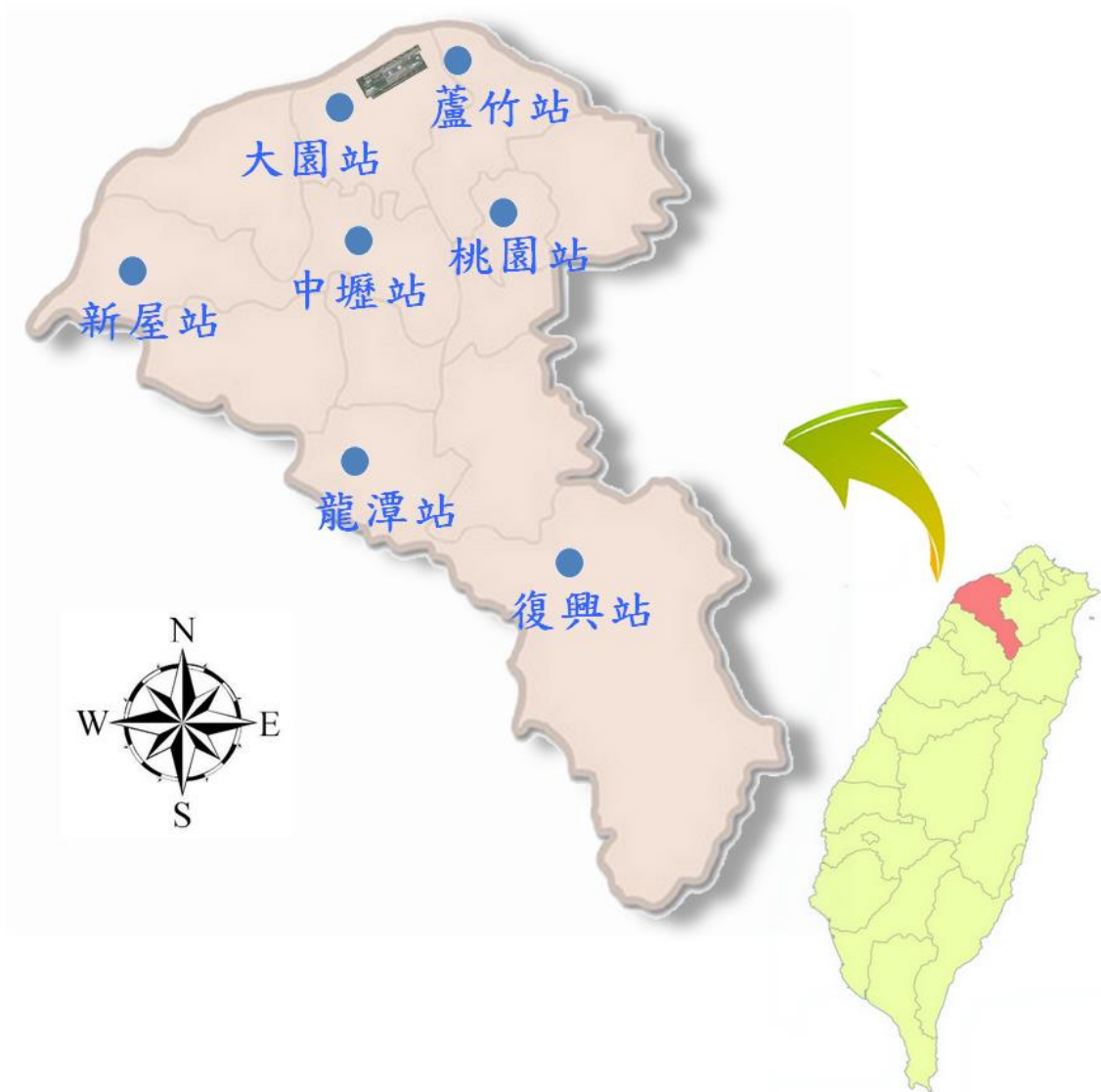


圖 2.2 桃園酸雨測站之地理位置分布圖

2.3.2 酸雨監測分析流程

在本研究中採用日採樣法收集雨水樣品，其採樣方法與處理流程簡介如圖 2.3 所示。另外，所使用的雨水採樣設備以及採樣與分析流程則參照桃園市政府環保局過去所進行之酸雨計畫(林與張，2001)，與現階段環保署進行之全國酸雨計畫(呂等，2013)實施方法相同。採樣委由各站現場人員採樣後低溫冷藏，每兩週採樣後運送至國立中央大學分析實驗室。本研究於各採樣站均配置酸沉降自動採樣器，將降雨收集於溼沉降桶內。每個雨水水樣之收集時間為每日早上九時止到隔天早上九時止。在每個降雨日，定時(每日早上九時)定點採樣一次，每次採取雨水樣品至少為 50 mL。

詳細採樣流程與儀器設備請見附錄 A。

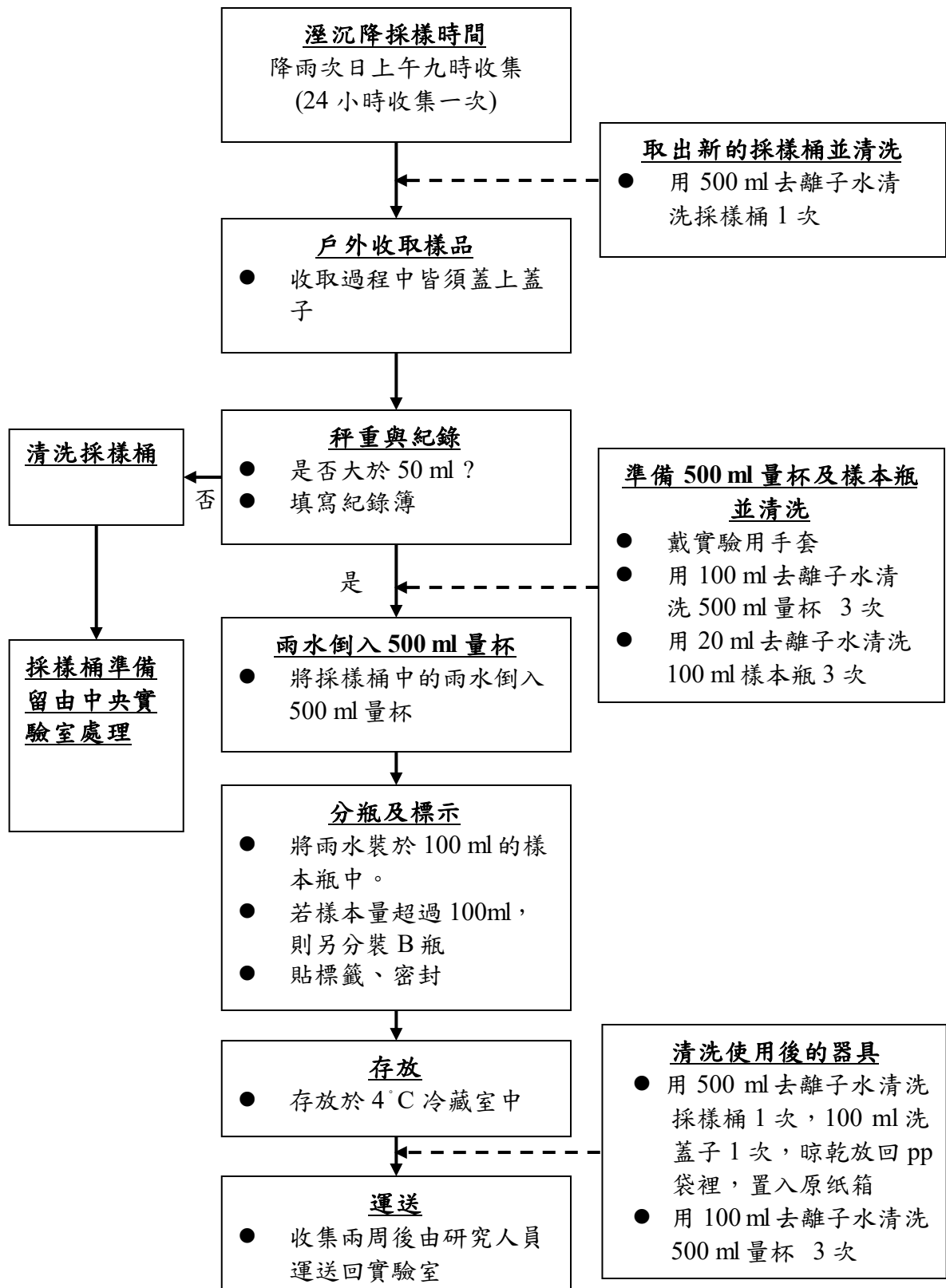


圖 2.3 溼沉降採樣流程圖

酸雨樣本分析流程如圖 2.4 所示，區分為簽收樣品、前處理及化學分析：

- 簽收樣品:當樣品寄回實驗室時，記錄簽收日期、樣品編號、樣品瓶數，並將資料鍵入電腦記錄。
- 樣品前處理:
 - a. 取一乾淨 100 mL 採樣瓶以適量去離子水 (deionized water，以下簡稱 DIW)沖洗三次,並盡量將瓶內 DIW 甩乾。
 - b. 將採樣瓶 A 以 0.45 μm (mixed cellulose ester)濾紙過濾，將部份濾液約 20 mL 濾液作 pH 值及導電度測量。剩下的倒入步驟 a 所洗淨之新的 100 mL 採樣瓶（倒入前須以適量水樣潤濕三次），旋上內外蓋後，再以封口膜加封，並冷藏於黑暗中且 4°C 下。接續以離子層析儀進行水質分析。採樣瓶 B 直接封存於黑暗中且 4°C 下。

而雨水數據分析步驟，茲分述如下：

- 樣品化學分析

雨水樣品於採樣後，於現場立即進行冷藏後，而後將樣品攜回實驗室測定。其分析項目包括：

- a. pH 值及導電度；
- b. 陰離子濃度：包括 Cl^- 、 NO_3^- 及 SO_4^{2-} ；
- c. 陽離子濃度：包括 NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 及 Ca^{2+} 。

雨水 pH 值以 pH 計量測，導電度則以導電度計量測，陰、陽離子皆由離子層析儀 (Ion Chromatography) 量測，氫離子濃度則直接由 pH 值

換算而得。

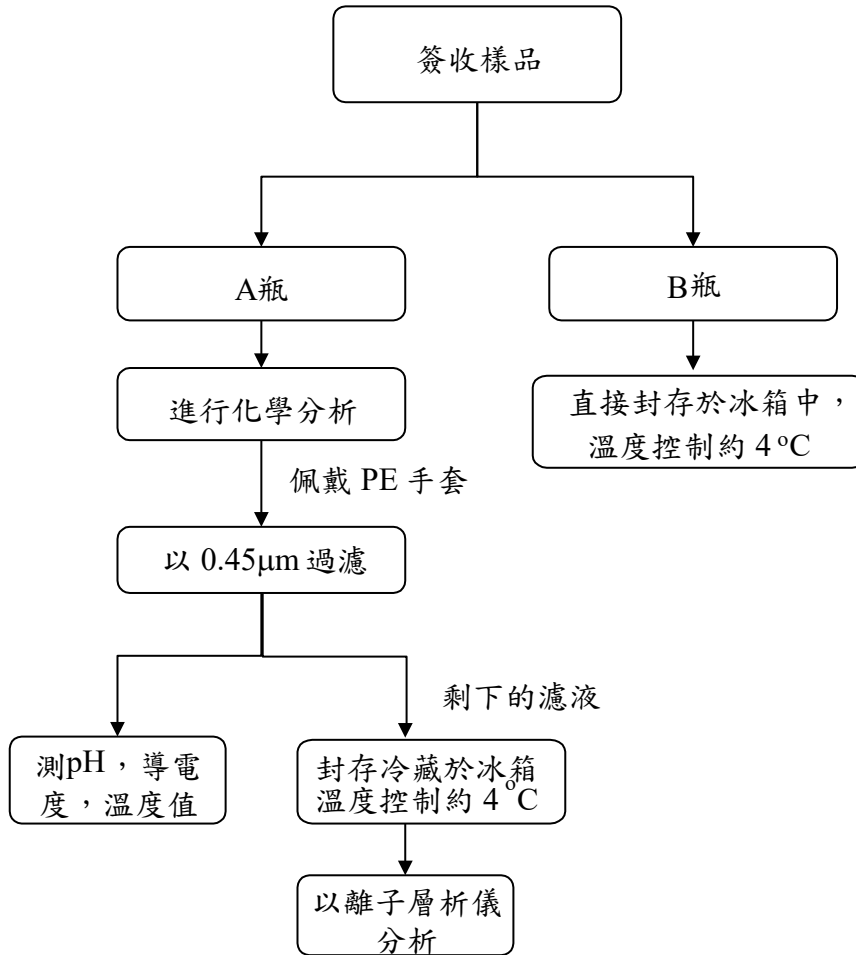


圖 2.4 實驗室分析處理雨水化學資料流程圖

● 數據資料分析

在進行數據分析之前，必須先對原始樣品數據進行篩選，因為不管在採樣過程或是分析過程，樣品都有可能因為受到污染而使結果產生誤差，故在分析前須剔除有問題的數據。本研究按照聯合國世界氣象組織(WMO)標準與歐洲 EMEP (The European Monitoring and Evaluation Programme)之資料標記方法(參見呂等, 2014)篩選離子平衡之樣本後，作為進一步統計分析之用。而雨水數據分析步驟，茲分述如下：

a. 雨水水質資料的初步分析：

計算桃園地區各測站降水之基本統計量，如平均值、標準差等，以瞭解各測站降水之雨水離子的強度分布與空間分布之特性，並由離子之比值與相關性分析，試圖瞭解各離子彼此間的相關情形。

b. 統計分析：

利用離子群相關性比較與迴歸分析方法，評估桃園地區雨水特性、各離子之相關性。進一步應用因子分析，可了解污染的主要來源並獲得基本資料的解析。

c. 資料評估與趨勢分析：

將現階段監測之酸雨資料，會同收集之鄰近氣象站氣象資料，同時整合前期桃園酸雨監測網之監測資料，評估監測資料之連續性，並進行長期趨勢分析。

2.3.3 酸雨監測結果分析與長期趨勢變化

本團隊過去自 1993 年起，受桃園市政府環保局委託，陸續於桃園境內建立 5 個測站，至 2005 年時，已累積超過十年的監測資料，對桃園地區酸雨分布情形，獲得基本的認知，但目前桃園已升格為直轄市，市境內人口增加、產業結構改變，與過去時空背景或有許多差異，實有必要探討其對酸雨產生之變化以及藉由估算硫氧化物與氮氧化物之比例，重新探討境內外污染源的貢獻比。由於桃園酸雨監測網於 2014 年 5 月重新建立，目前已累積四年多的資料，在本章節部分，延續過去研究方法，透過分析雨水化學統計資料、酸雨發生頻率以及雨水化學的空間分布狀況，探討現今酸雨影響狀況並比較前後期市境內酸雨變化的情形，同時評估資料的連續性。

如表 2.1 為雨水化學統計分析資料，可了解市境內不同地區的酸雨成份與濃度分布水準，若針對前後期資料比較，則可看出不同時期的水準差異；藉由統計分析資料，可進一步繪製各項分析數據的空間分布狀況(範例如圖 2.5)，比較前後期資料，則可比較本市是否因著產業結構變化而出現空間分布的不同。若再深入探討，可再藉由各站雨水組成中離子群之相關比較，如表 2.2，進一步了解各地區雨水化學組成、污染物的來源以及境外污染源的影響程度。

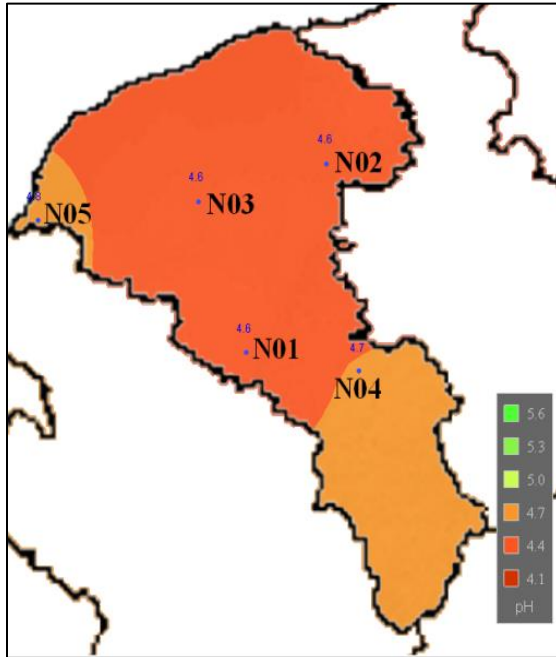
此外，本團隊於執行 2017 年酸雨計畫時，因中壢站有較長期且連續資料，故初步使用中壢站之監測資料探討本地酸雨的長期變化，其他測站至本期計畫時，已累積超過 4 年之連續資料，亦將用於探討酸雨的時空分布外，亦可用以了解酸雨控制策略對改善酸雨之成效。

表 2.1 桃園地區酸雨測站 2017 年雨水化學濃度分析表

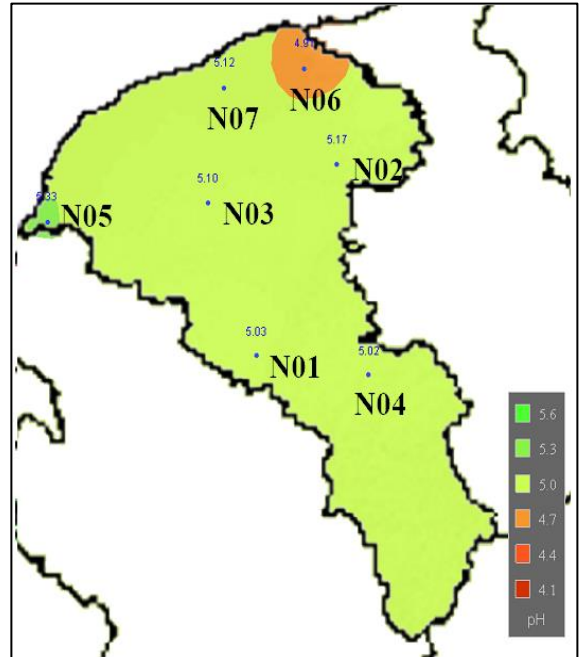
(單位：μeq l⁻¹)

Site	筆數		pH	Cond.	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Σion
N01 龍潭站	55	μ	5.03	20.46	40.0	40.9	46.4	41.5	12.4	37.8	40.9	3.3	10.9	28.9	263.4
		σ	0.53	12.31	37.2	20.2	30.8	27.4	10.2	23.9	41.0	3.3	10.3	35.6	179.0
		% of sum			15	16	18	16	5	14	16	1	4	11	
N02 桃園站	84		5.17	32.62	100.0	48.3	62.3	51.0	15.5	45.0	95.0	6.6	25.0	48.5	448.0
			0.59	20.78	76.1	38.0	46.6	40.1	16.7	43.7	76.8	4.5	22.5	52.1	335.1
					22	11	14	11	3	10	21	1	6	11	
N03 中壢站	88		5.10	38.72	122.1	54.5	72.4	58.8	19.5	60.9	114.5	7.2	30.0	53.9	531.8
			0.56	25.79	93.6	51.7	43.0	37.3	35.2	40.1	90.9	5.0	21.9	33.8	333.3
					23	10	14	11	4	11	22	1	6	10	
N04 復興站	47		5.02	19.64	28.1	34.4	37.4	34.3	20.7	37.9	26.1	3.2	8.1	20.6	211.7
			0.65	21.19	148.0	34.6	43.2	38.8	13.4	48.3	138.3	5.3	33.0	64.9	404.6
					13	16	18	16	10	18	12	2	4	10	
N05 新屋站	66		5.33	37.51	152.2	42.1	63.0	47.0	13.9	51.2	132.6	7.0	33.2	49.8	544.9
			0.57	47.37	245.8	52.9	62.9	42.4	24.0	40.2	223.2	8.3	54.9	39.7	701.3
					28	8	12	9	3	9	24	1	6	9	
N06 蘆竹站	63		4.91	46.70	162.1	56.3	71.9	53.6	28.4	53.7	150.9	7.8	38.0	40.9	612.0
			0.83	41.55	211.9	61.1	63.9	47.2	28.6	47.4	185.5	6.4	42.0	77.3	631.2
					26	9	12	9	5	9	25	1	6	7	
N07 大園站	82		5.12	48.10	204.7	46.5	81.1	58.8	19.0	59.1	184.5	8.9	47.6	56.2	709.6
			0.87	52.18	293.4	59.5	60.1	35.2	34.8	40.5	256.9	7.3	61.4	81.3	783.7
					29	7	11	8	3	8	26	1	7	8	
total	485		5.11	36.20	123.1	47.1	64.4	50.8	18.4	50.9	113.4	6.6	29.7	45.0	498.1
			0.68	37.66	200.6	49.1	53.4	39.2	26.6	42.0	178.6	6.2	43.4	58.7	568.1
					25	9	13	10	4	10	23	1	6	9	

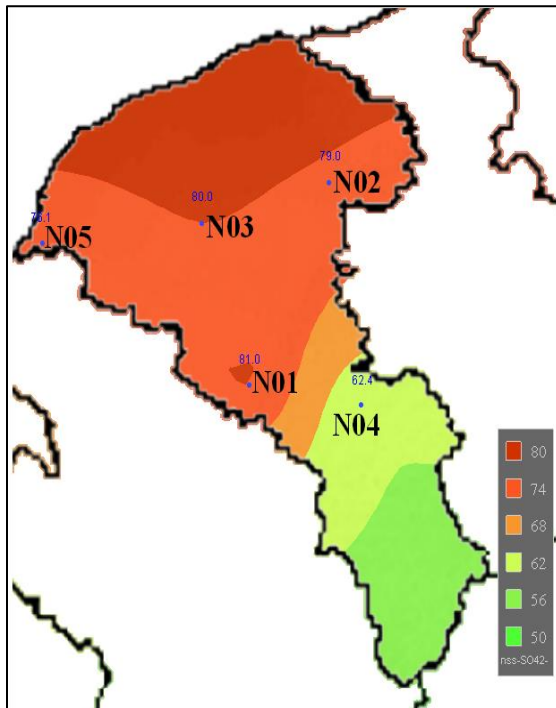
(a) 1993-2005 pH 平均值



(b) 2017 年 pH 平均值



(c) 1993-2005 nss-SO₄²⁻ 平均濃度



(d) 2017 年 nss-SO₄²⁻ 平均濃度

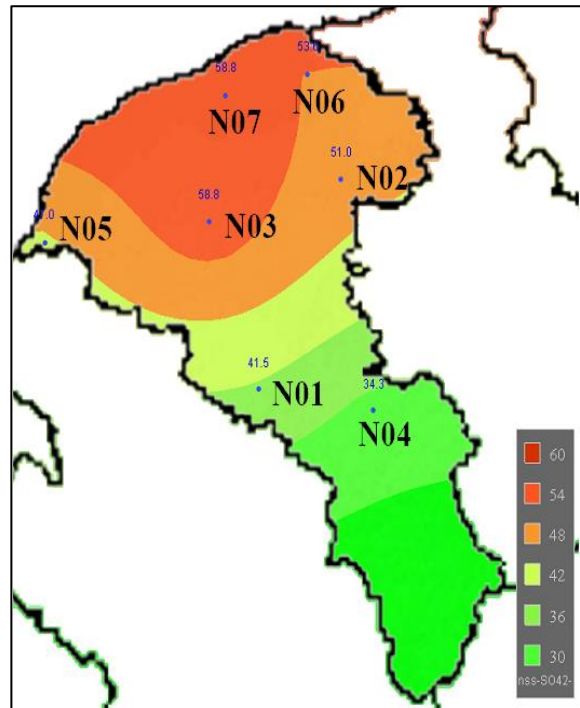


圖 2.5 雨水 pH 值與 nss-SO₄²⁻ 空間分布圖。

表 2.2 桃園地區 2017 年酸雨測站主要離子平均當量濃度比

測 站	$[\text{nss-SO}_4^{2-}]$	$[\text{NH}_4^+]$	$[\text{Ca}^{2+}]$	$[\text{H}^+] + [\text{NH}_4^+] + [\text{Ca}^{2+}]$	$[\text{Cl}^-]$
	$[\text{NO}_3^-]$	$[\text{NO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}]$	$[\text{NO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}]$	$[\text{NO}_3^-] + [\text{SO}_4^{2-}]$	$[\text{Na}^+]$
龍潭站(N01)	1.01	0.43	0.33	0.91	0.98
桃園站(N02)	1.06	0.41	0.44	0.99	1.05
中壢站(N03)	1.08	0.48	0.42	1.06	1.07
復興站(N04)	1.00	0.53	0.29	1.10	1.08
新屋站(N05)	1.12	0.49	0.47	1.09	1.15
蘆竹站(N06)	0.95	0.42	0.32	0.96	1.07
大園站(N07)	1.26	0.46	0.44	1.05	1.11

2.3.4 利用細懸浮微粒資料探討空氣品質與酸雨的相關性

空氣中存在許多污染物，其中漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒(particulate matter, PM)，PM 粒徑大小有別，小於或等於 2.5 微米(μm)的粒子，就稱為 $\text{PM}_{2.5}$ ，通稱為”細懸浮微粒”。此等粒徑較小的懸浮微粒經人體吸入後，無法經由鼻腔清除，會經由氣管、支氣管經肺泡吸收進入人體內部，近年許多病理學研究已確實發現 $\text{PM}_{2.5}$ 對於健康造成嚴重影響，包括：支氣管炎、氣喘、心血管疾病、肺癌等，無論長期或短期暴露在此等小粒徑的空氣污染環境之下，皆會提高呼吸道疾病及死亡之風險，因此 $\text{PM}_{2.5}$ 的相關議題逐漸受到人們重視。

$\text{PM}_{2.5}$ 的來源可分為原生性及衍生性兩種，原生性之細懸浮微粒是指其被排放到大氣中時，即為 $\text{PM}_{2.5}$ 的粒狀物，主要由物理破碎或一次污染排放所產生；衍生性細懸浮微粒則是指自然與人為活動排放到大氣環境中的非 $\text{PM}_{2.5}$ 之化學物質(稱為前驅物，可能為固體、液體或氣體)，經過太陽光照或其他一連串複雜的化學反應後生成 $\text{PM}_{2.5}$ 者，如燃煤、燃油及燃氣電廠、煉鋼廠、石化相關產業工廠、機動車輛、船舶、建物塗料、農業施肥、禽畜排泄及生活污水等，都是相關排放源，以上污染來源除本地污染外，亦受到境外長程傳輸污染之影響。

吳等(2015)研究，臺灣 $\text{PM}_{2.5}$ 的成份經分析後發現，主要為硫酸鹽、硝酸鹽及銨鹽，而其中的硫酸鹽和硝酸鹽經雨水刷除後，則是造成雨水酸化的主要因子， SO_4^{2-} 與 NO_3^- 。本部份工作內容主要藉由降水化學中 nss-SO_4^{2-} 與 NO_3^- 濃度資料與空氣品質 $\text{PM}_{2.5}$ 資料比較，試探討兩者的變化程度或關係性，為配合雨水樣本採集時間，空品站之資料採用前一日上午十時至當天上午九時之 24 小時平均值。以下整

理 2013 年 12 月時使用中壢站降水化學資料與鄰近之平鎮空品站資料所進行的一個個案探討為本部份工作範例。

2013 年 12 月中下旬，因受到東北季風增強、鋒面接近以及入華南雲系移入等影響，北部與東北部地區出現較長降雨。將降水化學中主要的致酸離子濃度(nss-SO_4^{2-} 與 NO_3^-)與 $\text{PM}_{2.5}$ 資料之時序變化繪製如圖 2.6，三者有很相近的變化趨勢，但因進入冬季，在濃度分布上，三者皆出現較高的濃度。在此降水事件期間，初期降水 nss-SO_4^{2-} 濃度多在 $10\text{-}20\ \mu\text{eq l}^{-1}$ 左右， NO_3^- 的濃度多在 $10\ \mu\text{eq l}^{-1}$ 以下， $\text{PM}_{2.5}$ 濃度多在 $5\text{-}10\ \mu\text{g m}^{-3}$ 水準，但自 12 月 21 日的降水開始，三者濃度皆出現較大的變化，甚至於 12 月 27 日， nss-SO_4^{2-} 與 NO_3^- 的濃度高達約 $450\ \mu\text{eq l}^{-1}$ 左右， $\text{PM}_{2.5}$ 濃度高達 $90\ \mu\text{g m}^{-3}$ ，顯示此時有污染物的輸入。比較連續降雨前半個月的 $\text{PM}_{2.5}$ 資料，如圖 2.7。由時序變化來看，降雨前半月的日平均 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度變動較大，低時約 $10\text{-}20\ \mu\text{g m}^{-3}$ ，高時可超過 $40\ \mu\text{g m}^{-3}$ ，甚至高達 $65\ \mu\text{g m}^{-3}$ ，平均值為 $30\ \mu\text{g m}^{-3}$ 。降雨初期由 $34\ \mu\text{g m}^{-3}$ 降至 $10\ \mu\text{g m}^{-3}$ 以下，顯示此期間的降水對於 $\text{PM}_{2.5}$ 的清除效應有一定的貢獻。

表 2.3 為此時期 $\text{PM}_{2.5}$ 、 nss-SO_4^{2-} 與 NO_3^- 三者之相關性統計表，其中顯示三者之間有著高度的相關，相關係數幾乎都高達 0.97 並具有顯著性，推測此時期受鋒面影響出現連續性降水，因持續性的降水不斷清除空氣中的硫化物及氮化物，所以雨水中的致酸離子濃度變化趨勢才會與空品站測得之 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度有如此高的相關性。

二、計畫目標、工作項目及工作方法

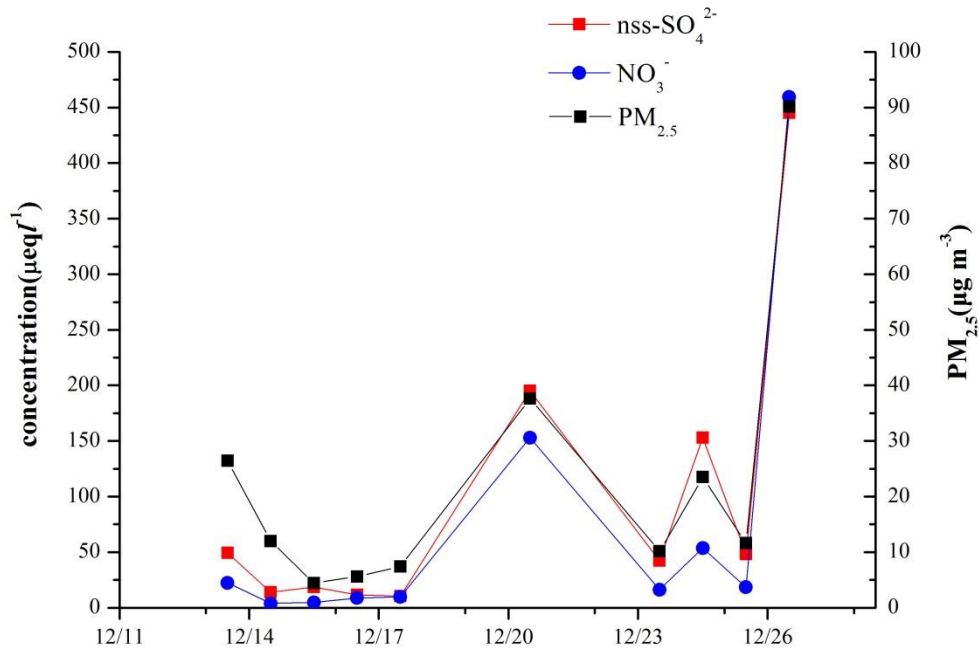


圖 2.6 降水化學與 PM_{2.5} 資料比較

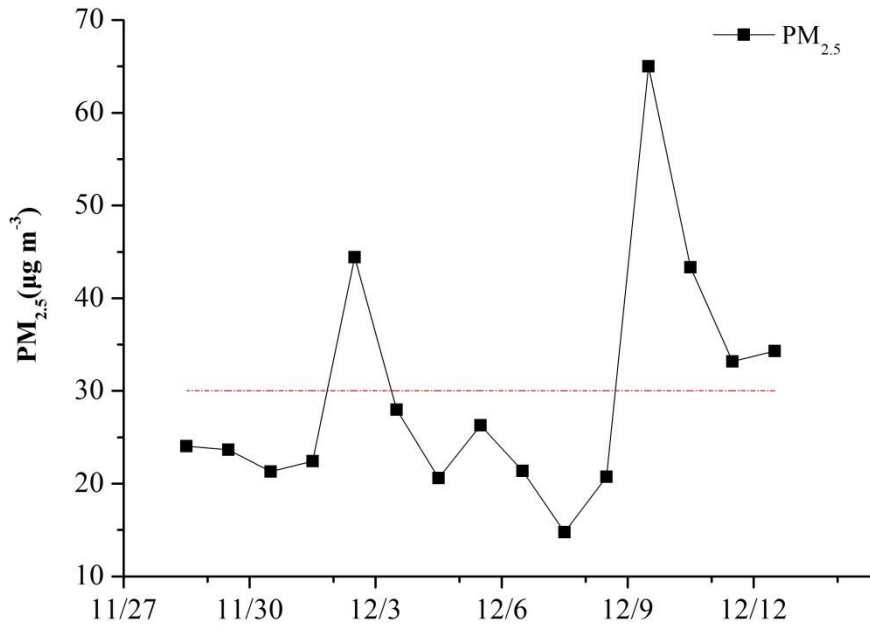


圖 2.7 2013 年 11 月 28 日至 12 月 13 日 PM_{2.5} 濃度變化圖

表 2.3 相關性統計表

		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.97361*	0.9767*
	Sig.	--	<0.001	<0.001
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.97361*	1	0.97566*
	Sig.	<0.001	--	<0.001
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.9767*	0.97566*	1
	Sig.	<0.001	<0.001	--
2-tailed test of significance is used. *: Correlation is significant at the 0.05 level.				

2.3.5 酸雨環境教育宣導與監測結果展示

桃園市是台灣受酸雨污染最主要的縣市之一，為能讓身居此地的民眾對酸雨有進一步的認識與了解，並使本計畫所監測之結果可對外展示，遂於 2014 年重新建置桃園酸雨資訊網，提供歷年的酸雨研究成果與展示本市防制酸雨之努力與成效。此外，本團隊為配合推廣環境教育宣導，在「103 年度桃園縣酸雨監測與防制策略計畫」中，本團隊於測站選址時，除考慮各項設站準則外，亦特別考慮此部分，選擇與市內學校單位進行合作接洽，最後與三所學校進行合作，設置酸雨監測站，作為推動環境教育之基礎，除進行酸雨監測外，當時本團隊亦特別製作教育推廣海報(圖 2.8)予快樂國小、山腳國小及圳頭國小進行張貼，讓各校師生能夠了解酸雨議題與環境保護的重要性，獲得校方讚賞。

於「104 年度桃園縣酸雨監測與防制策略計畫」中，本團隊配合推廣酸雨議題教育宣導，挑選十所國小辦理酸雨環境議題宣導活動，邀請學校師生或環保志工參與，過程中安排簡易動手做實驗、酸雨介紹影片以及有獎徵答活動，而宣導過程中，參與的小朋友不僅回應熱烈，甚至在問答時，亦多踴躍發表意見，參與的老師也給予高度肯定與支持。在執行完十場次宣導後，在回收的 142 份問卷中，統計結果顯示，無論在內容豐富度、講師表現、動手做實驗和獎勵給認真參與同學所贈送的小禮物等部分，均超過 70% 以上學生感到非常滿意，若加上感到滿意的比例，其結果更高達 90%，而整體活動亦有 93% 的學生感到滿意，顯示宣導活動深受小朋友喜愛。宣導實況剪影如圖 2.9。

而在執行「105 年度桃園縣酸雨監測與防制策略計畫」中，本團隊除針對先前執行之宣導內容缺失之處加以改進外，亦更新宣導內容，

使內容更活潑、更充實有趣，使參與學生有更多收穫，甚至還藉由先前執行宣導活動所累積之經驗，提高宣導的層次，與桃園市環保局永續科及老街溪河川教育中心合作，加入環保教育志工以及水巡守隊志工等宣導場次，十場宣導總計超過 620 人次，執行 106 年度計畫時，宣導人數更是超過 800 人，同時使得宣導果效更大發揮，將環保意識推廣延伸到更多人，使之皆能為環境保護盡份心力，實際宣導實況剪影如圖 2.10。同時，參與的學員也在會後努力的填寫回饋問卷，不只給了許多很好的建議外，也透過他們的留言，不斷表達對宣導活動的肯定與喜愛，甚至在回饋單上畫下宣導時留下的深刻印象，甚至連參與的老師也稱讚宣導活動進行流暢，沒有冷場，也確實達到宣導果效，給予相當好的評價(見圖 2.11)。

本期計畫預計延續前兩期宣導的內涵與精神，藉由先前執行宣導活動所累積之實力與經驗，辦理十場次之酸雨宣導活動，落實酸雨環境教育，並本著研究的專長以及推廣教育的理念，致力推動酸雨宣導教育。本期計畫持續與老街溪河川教育中心聯手合作，以水資源保護的角度來結合兩單位的長才，進行宣導，也將與桃園市政府環境保護局永續科以及水保科保持聯繫，積極參與其環境教育平台，期望透過宣導活動植入環境保護的觀念以及栽培更多關心環境並願意為保護環境而努力的小小尖兵。

此外，針對桃園酸雨資訊網站之工作部分，主要進行之重點工作如下：

- 維護桃園酸雨資訊網並於每季更新一次監測資料。
- 蒐集酸雨相關資訊資料，並每兩個月更新一次。(例如酸雨相關新聞、酸雨新知等)

- 加入酸雨長期變化之資料探討，使民眾能看見本市於防制酸雨的努力與成效。
- 加入至進行酸雨宣導教育之相關實況，落實環境教育工作。

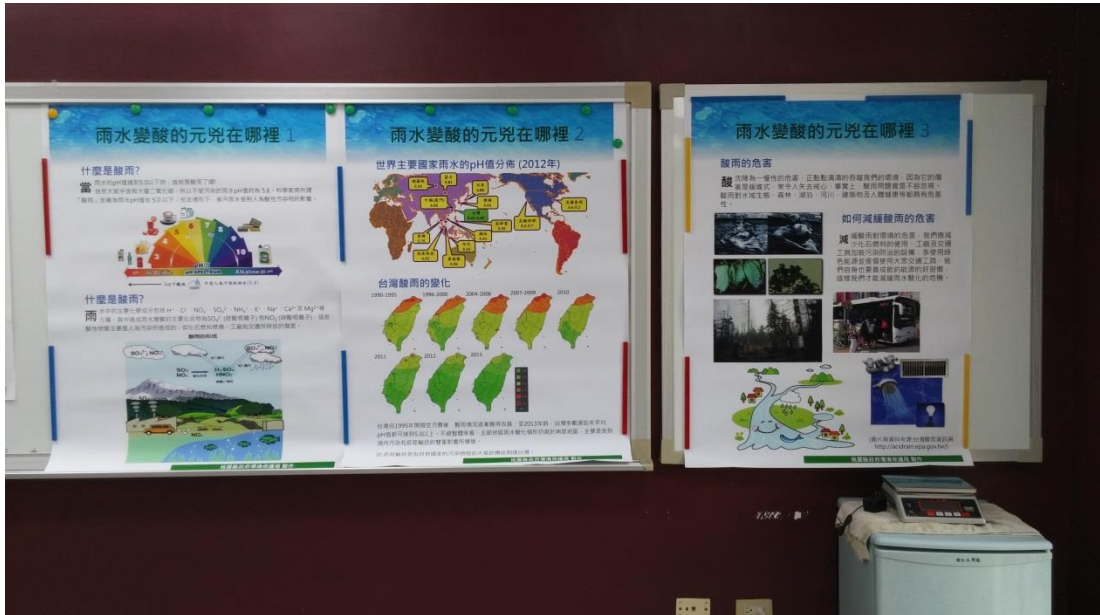


圖 2.8 張貼於快樂國小之酸雨環境教育推廣海報。

二、計畫目標、工作項目及工作方法



圖 2.9 國小酸雨宣導實況剪影

二、計畫目標、工作項目及工作方法



圖 2.10 水巡守隊與環境教育志工酸雨宣導實況剪影

二、計畫目標、工作項目及工作方法

酸雨宣導教育 回饋問卷單 50316

一、基本資料
 我是 老師 學生
 (學生請填年級 三年級 四年級 五年級 六年級)
 我是 男生 女生

二、活動意見回饋

	非常滿意	滿意	尚可	差	不滿意
內容豐富度	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
講師表現	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
影片內容	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
動手做實驗	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
宣導小禮物	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
活動流暢度	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
時間控制	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
整體宣導活動	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

我最喜歡宣導活動當中的(可複選) 影片 動手實驗 講師講解 小禮物

三、建議
 請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!
 我希望中央大學能多來我們學校講解，讓我們學到的知識變更多，我替大家說
 謝謝
 請多來
 謝謝
 一起物超所值

酸雨宣導教育 回饋問卷單 50306

一、基本資料
 我是 老師 學生
 (學生請填年級 三年級 四年級 五年級 六年級)
 我是 男生 女生

二、活動意見回饋

	非常滿意	滿意	尚可	差	不滿意
內容豐富度	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
講師表現	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
影片內容	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
動手做實驗	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
宣導小禮物	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
活動流暢度	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
時間控制	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
整體宣導活動	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

我最喜歡宣導活動當中的(可複選) 影片 動手實驗 講師講解 小禮物

三、建議
 請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!
 我以前都不知道酸雨有多可怕，自從聽了演講後才知道，希望中央大學可以多多來我們學校。

酸雨宣導教育 回饋問卷單

一、基本資料
 我是 老師 學生
 (學生請填年級 三年級 四年級 五年級 六年級)
 我是 男生 女生

二、活動意見回饋

	非常滿意	滿意	尚可	差	不滿意
內容豐富度	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
講師表現	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
影片內容	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
動手做實驗	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
宣導小禮物	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
活動流暢度	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
時間控制	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
整體宣導活動	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

我最喜歡宣導活動當中的(可複選) 影片 動手實驗 講師講解 小禮物

三、建議
 請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!
 整個活動進行流暢，沒有冷場，達到宣導目的，感謝河川教育中心和中央大學一起到校辦此活動。

圖 2.11 宣導回饋問卷

三、酸雨監測與成份分析探討

3.1 本年度酸雨採樣

本研究團隊持續承辦桃園酸雨計畫，使用與維護酸雨採樣器經驗豐富，按品保與品管程序，平時各站採樣員隨時留意操作情形，有問題立即反應，除在三天內完成修復外，本計畫之專任助理每月均會至各站巡查，以確保採樣器之正常運作，採樣桶之清洗則依過去執行計畫之規範進行。

3.1.1 採樣紀錄

為了解各站的採樣情形，並避免可能因人為疏失造成採樣不完整之情形，針對各站採樣皆進行紀錄並製作酸雨檢核表，整理 2018 年 7 月至 2019 年 6 月之檢核表於附錄 C 中，藉由仔細的紀錄以掌握各站樣本收集之狀況。整理 2018 年 7 月至 2019 年 6 月的綜觀天氣與降水描述如表 3.1。

表 3.1 2018 年 7 月至 2019 年 6 月綜觀天氣與降水描述

綜觀天氣與降水系統描述	
7 月	本月以太平洋熱帶高壓影響為主，多為炎熱且晴到多雲的好天氣，局部地區因午後雲量偏多才偶有零星的午後降雨情形，本月桃園本地降雨量不多且降雨天數少，亦較無全面性降水情形。7 月 11 日受瑪莉亞颱風影響，7 站全面預警性關閉採樣器停止採樣。由採樣紀錄來看，復興站採集 5 個樣本最多，其餘各站則各僅收集 1-4 個樣本，七站共收集 21 個樣本。
8 月	8 月上半月受到太平洋副熱帶高壓影響，各地高溫炎熱，桃園各區也多為晴到多雲的好天氣，僅偶有零星的午後降雨情形；至 8 月下旬，因台灣受到西南方熱帶低壓靠近，西南風帶來充足水氣，23-31 日間台灣中南部地區降下豪雨，甚至到達豪大雨等級，連日的降水造成許多地方出現淹水災情，桃園地區雨勢雖不若中南部強，但各地也出現較連續的降雨，本月全市 7 站共收集到 82 個樣本，以中壢站 14 個樣本與大園站 13 個最多。
9 月	9 月上半月受到西南氣流帶來的水氣影響，使得午後熱對流形成的午後雷陣雨發展得更旺盛，台灣各地出現零星間歇性較大的雨勢，桃園各區也多有出現降雨；至 9 月下旬，因鋒面通過以及颱風外圍環流等影響，台灣北部地區以及東半部迎風面地區，有較多的降水天數與降雨量發生。由採樣紀錄來看，7 站共收集 54 個樣本，以桃園站 12 個樣本以及中壢站 11 個樣本最多。
10 月	本月份的降水除 4-5 日是受到康芮颱風外圍環流所帶來的降雨外，主要降雨時間為上旬 8-13 日，東北季風增強以及鋒面過境有較多的降水發生，另外則是 17-19 日亦是受到東北季風影響而帶來另外一波降雨，其餘時間則為晴到多雲、秋高氣爽的好天氣。
11 月	11 月於月初受到大陸冷高壓東移出海所帶來的東北風以及西南方有一輕度颱風的外圍環流共伴效應下，有降雨的情況出現，全台以東半部降雨較為明顯，西半部則降雨較為零星。其後至 11 月中旬，多

三、酸雨監測與成份分析探討

	<p>為晴朗穩定的好天氣，到了下旬，因東北季風影響，偶有局部降雨發生。11 月份 7 站共採集 42 個樣本，大園站收到 9 個樣本最多。</p>
12 月	<p>本月上旬主要受到鋒面靠近以及東北季風影響，桃園地區有出現零星降雨，至中旬過後，天氣轉為穩定且多為晴朗的好天氣，到了下旬 23-27 日之間，因為受到大陸冷氣團所帶來的強烈東北風影響，桃園地區有較多降雨發生，但降雨量不高，多是小雨的狀況，所以各站都有出現收到雨水但未滿 50ml 的情形。各站收集樣本數的情況，7 站 12 月份共收到 33 個樣本，其中以蘆竹站收到 8 個樣本最多。</p>
2019 年 1 月	<p>本月上旬主要受到鋒面靠近以及東北季風影響，桃園地區有出現零星降雨，且雨勢不大，至中旬時，因大陸冷氣團南下加上東北季風的影響，又有一波降水出現，1 月 16 日 7 座酸雨站都有都到樣本，至下旬時（1 月 22 日以後），天氣則變的較為穩定，都是晴到多雲的好天氣。2019 年 1 月份 7 站共採集 30 個樣本，其中以桃園、蘆竹以及大園站各 6 個樣本為最多。</p>
2019 年 2 月	<p>本月 2-10 日年節期間，天氣穩定，桃園地區多為晴到多雲的好天氣，10-11 日時，受到大陸冷氣團靠近，桃園地區有出現零星降雨，且雨勢不大，至下旬時，大陸冷氣團南下加上東北季風的影響，桃園各地出現零星降雨，24-25 日全市有較大的雨勢發生。2 月份全市 7 站僅收到 20 個樣本。</p>
2019 年 3 月	<p>本月 3-11 日期間，受到大陸冷高壓、鋒面以及華南雲雨帶的移入，桃園各地皆有降雨且長達 5-6 天的連續降雨，為桃園地區帶來豐沛的雨水。3 月中旬時，受到一微弱鋒面過境，北部地區氣溫降低，但因為水氣含量低，各地僅有零星的降雨。至下旬 23-26 日時，臺灣受到大陸冷氣團南下加上臺灣西部外海有一微弱的滯留鋒面影響，帶來另一波雨勢。3 月份 7 站共採集 76 個樣本，各站採集樣本數在 9-13 個之間，其中以桃園及中壢站各 13 個樣本為最多</p>
2019 年 4 月	<p>本月主要降雨是受到兩波鋒面影響所致，12-17 日期間，受到大陸冷高壓推擠，鋒面南下而帶來一波降雨，至 17 日午後降雨明顯緩和。19-23 日時，則因為華南低壓系統移入以及其後所帶來的鋒面系統，桃</p>

三、酸雨監測與成份分析探討

	<p>園全境有較多的降雨，至4月23日以後，天氣則較為穩定，多為晴到多雲的好天氣。4月份全市7站共收到56個樣本，其中最多者為大園站，共採集到12個樣本。</p>
<p>2019 年5月</p>	<p>本月1-3日受到梅雨滯留鋒面影響，北臺灣出現一波強降雨，7-10之間，受到另一波鋒面過境後東北風吹拂，帶來可觀的降雨量；17-18日間受到新一波滯留鋒面影響，北部地區有強降雨發生，18日後則較為趨緩，21日因鋒面北移，北部地區又出現較為明顯的雨勢。27-29日又因為新的一波鋒面移入，所以全台各地又有出現明顯的雨勢。5月份7站共採集84個樣本，其中以大園站收到15個樣本最多，其次是復興站，收到14個樣本。</p>
<p>2019 年6月</p>	<p>本月主要是受到梅雨滯留鋒面影響帶來降雨，其中4-5日的鋒面位置多滯留在臺灣北部海面，所以僅有北部迎風面地區有短暫降雨，11-15日以及23-28日鋒面滯留時間較長，且有較強的降雨發生，甚至有些低窪地區因瞬時大雨而出現淹水情形發生。6月份7站共採集72個樣本，較5月份採集之84個樣本略少。7站中以復興站收到15個樣本最多，其次是桃園站，收到13個樣本。</p>

3.1.2 測站實地查核

本計畫每半年進行測站查核工作，並同時對儀器定期保養檢修，本年度已於7月31日至8月1日進行測站查核，及2019年1月29-30日進行兩次測站查核，過程中除針對採樣器進行維護以及更換採樣器之感應元件外，也一併檢視各站實際運作之現況是否符合規定之要求，由於定期實施保養，除目前各站鮮少出現故障情況。各站查核過程之記錄請參見附錄C，本次查核實施重點如下：

- 1、採樣器基本維護與除鏽保養、樣品儲存環境及耗材補充
- 2、瞭解各站人員對採樣流程是否符合標準程序之要求

除預定查核工作之外，各測站儀器若有故障回報，即派員在最短時間內前往維修或更換採樣器。表3.2為本年度計畫執行起截至目前為止，各測站之採樣器維護更新記錄。

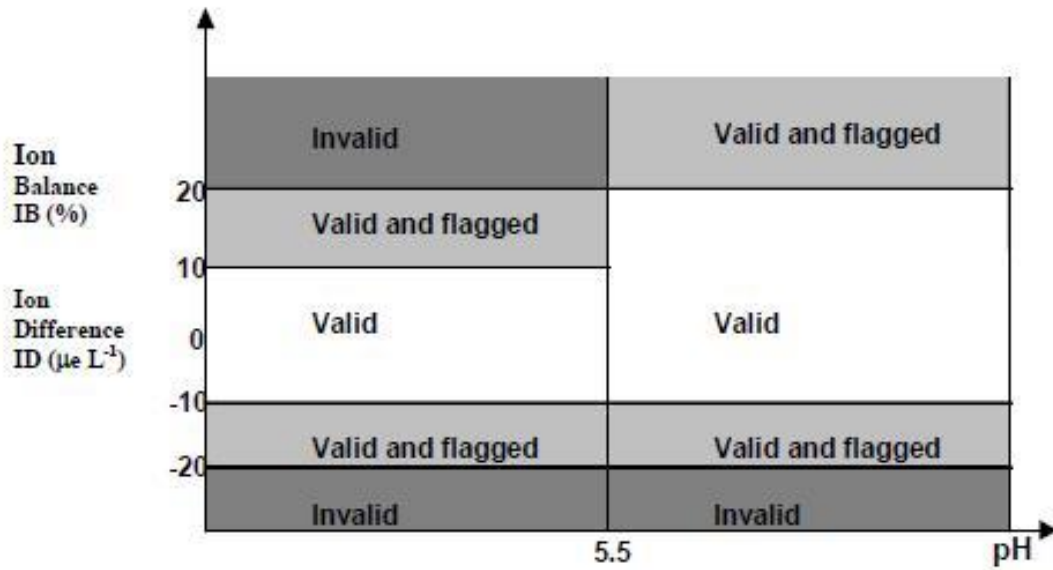
表 3.2 酸雨測站採樣器故障維修紀錄

測站	日期	故障情況	檢修情況	備考
各站	2018.07.11	因瑪麗亞颱風影響，建議各站可進行預警性關機	颱風過後採樣器恢復正常運作	
龍潭站	2018.08.07	Sensor 有生鏽情況	1. 清潔 sensor 2. 滴水測試 OK	
復興站	2018.08.07	Sensor 有生鏽情況	1. 清潔 sensor 2. 滴水測試 OK	
蘆竹站	2018.08.08	Sensor 有生鏽情況	1. 清潔 sensor 2. 滴水測試 OK	
大園站	2018.08.08	Sensor 有生鏽情況	1. 清潔 sensor 2. 滴水測試 OK	
新屋站	2018.08.09	Sensor 有生鏽情況	1. 更換 sensor 2. 滴水測試 OK	
桃園站	2019.01.29	Sensor 有生鏽情況	1. 清潔 sensor 2. 滴水測試 OK	
復興站	2019.01.30	Sensor 有生鏽情況	1. 清潔 sensor 2. 滴水測試 OK	
新屋站	2019.01.29	Sensor 有生鏽情況	1. 更換 sensor 2. 滴水測試 OK	
蘆竹站	2019.01.29	Sensor 有生鏽情況	1. 更換 sensor 2. 滴水測試 OK	
大園站	2019.01.29	Sensor 有生鏽情況	1. 清潔 sensor 2. 滴水測試 OK	

3.2 資料品質與降水化學分析

本團隊採樣方法與分析方法乃依行政院環境保護署現行酸雨監測作業方式辦理，篩選離子平衡合格率是使用聯合國世界氣象組織(WMO)於 GAW 降水化學計畫手冊(Manual for the GAW precipitation chemistry programme) 中公布之標準作為篩選離子平衡合格之方法(參見呂等，2004)。然該手冊於篩選標準中亦特別提及，在某些國家或區域之降水化學特性含有較高的鹼性離子時，當其 pH 大於 5.5 甚至在 6 以上，可能因為降水樣本中含有不易分析出之有機酸類，導致使用此篩選方法容易會出現離子不平衡的情況，該手冊建議此類樣品之分析資料可使用 EMEP (The European Monitoring and Evaluation Programme)發展出之方法來對資料進行篩選與標記，篩選與標記標準如圖 3.1。本計畫針對 pH 值大於 6 以上之樣品，參考 EMEP 篩選與標記方法，計算 Ion Balance (IB)於+20%~-10%之資料屬於合格範圍，用以計算樣品合格率。之後，再以各樣本總離子濃度之三倍標準差為限，將總離子濃度大於三倍標準差之離群值篩除，進行統計計算，以免這些過大的離群值導致統計數據失真。

表 3.4 為 2018 年 7 月至 2019 年 6 月資料品質統計表，在此時期所分析的 631 個樣品中，共有 602 個樣本符合陰陽離子平衡篩選，合格率達 95%，其中以大園站 100%最高，龍潭、蘆竹站分別達 97%與 98%為其次，其他各站亦有很好的平衡，都在 90%以上，合格率遠高於聯合國要求之標準。



註：當總離子濃度 $IS \geq 100 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$ 時，則使用離子平衡百分比(IB，單位為%)來進行篩選及標記，當離子濃度 $IS \leq 100 \mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$ 時，則使用總陽離子濃度和與總陰離子濃度和之差值(ID，單位為 $\mu\text{eq} \cdot \text{L}^{-1}$)進行篩選及標記。

圖 3.1 EMEP 離子平衡篩選與資料標記方法

表 3.3 2018 年 7 月至 2019 年 6 月雨水分析樣本數

站名	測站代碼	總數	合格數	合格率(%)
龍潭站	N01	59	57	97
桃園站	N02	106	100	94
中壢站	N03	108	100	93
復興站	N04	93	86	92
新屋站	N05	80	76	95
蘆竹站	N06	82	80	98
大園站	N07	103	103	100
Total		631	602	95

3.2.1 酸雨發生頻率與降水化學分析

圖 3.2 為各站發生酸雨頻率，分析桃園 7 酸雨測站酸雨發生頻率 ($\text{pH} < 5.0$)，此時期所採集樣品共 631 個，有 258 個樣本達到酸雨標準，酸雨平均發生頻率為 41%，其中以蘆竹站發生酸雨頻率較高 57%，中壢與大園站其次，分別為 51 與 55%，高於平均值，其餘各站發生酸雨頻率低於平均值，發生頻率多約在 20-40%之間，龍潭與桃園站最低，分為 20 與 23%。

進一步比較各 pH 值區間之樣本數與累積頻率分布狀況，如圖 3.3-圖 3.9，7 站中有 3 站(中壢、蘆竹及大園站)是以 pH 值介於 4.5-5.0 之間的樣本數最多，且 7 站樣本 pH 值在 5.5 以下所佔的比例多在 50%以上，甚至 N03-N07 這幾站，更在 60-70%以上，顯示本市雨水酸化情形仍應注意，而中壢、蘆竹及大園站各別都有 1-4 個樣本 pH 值介於 3.5-4.0 之間，蘆竹站更有一個樣本 pH 值小於 3.5 之間，收集此些樣品採樣期間的天氣資料(整理於附錄 G 中)進行分析，主要是風速較低，導致區域排放的空氣污染物不利於擴散，加上弱降雨型態的刷洗，濃縮效應導致有較顯著的雨水酸化情形發生；北桃園區域的桃園站，鄰海較近的新屋站以及中壢站，pH 值大於 6.0 的樣本數為第二或第三高，後續由降水化學與離子濃度空間分布可看出是受到鹼性離子(尤其以鈣離子較為重要)的影響所導致。

再者，按照 3.2 節所述之樣本註記方法進行篩選，並使用總離子濃度三倍標準差濾除較高濃度的樣本後，將 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 7 站雨水化學離子之濃度統計結果如表 3.4 所示，全市 pH 總平均值為 5.20，高於酸雨定義之 5.0，但低於自然界當中 5.6 的平衡值，顯示此時期之雨水酸化情形仍需要注意。若分站來看，中壢站與蘆竹站

最低，平均值分別為 4.98 與 5.00，而 pH 平均值最高者為桃園與新屋站，pH 平均值分別為 5.47 與 5.39，由於 7 站 pH 平均值仍皆低於自然界當中 5.6 的平衡值，且在酸雨定義之 5.0 上下，顯示本地雨水受到酸化污染並非僅單一行政區域的問題，而是全市都需要注意的環境議題。

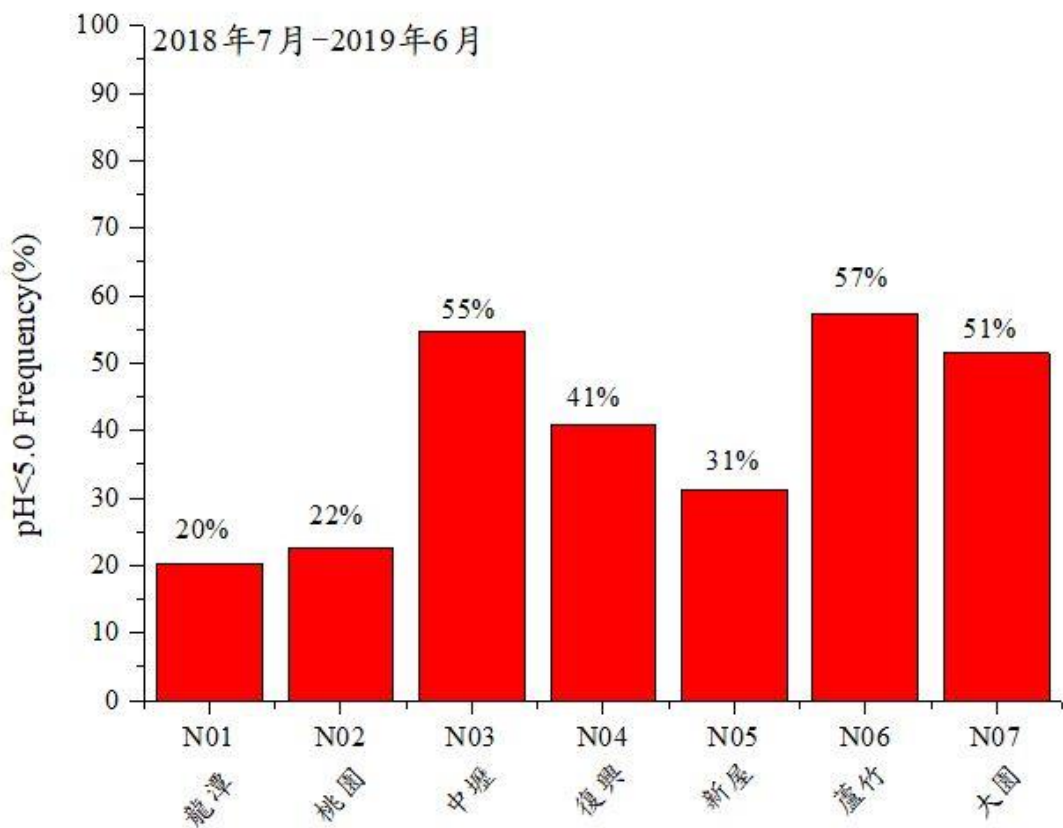


圖 3.2 2018 年 7 月至 2019 年 6 月各測站酸雨發生頻率

表 3.4 各酸雨測站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月雨水化學分析結果
(濃度單位: $\mu\text{eq/L}$; 導電度單位: $\mu\text{S/cm}$)

Site	筆數		pH	Cond.	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Σion
N01 龍潭站	57	μ	5.38	12.2	13.9	24.5	26.1	24.8	7.2	30.2	11.3	2.0	6.8	21.8	143.5
		σ	0.45	6.4	11.8	13.4	13.3	12.5	8.8	18.8	10.7	0.8	3.2	13.3	76.3
		% of sum			10	17	18	17	5	21	8	1	5	15	
N02 桃園站	100		5.47	26.7	90.9	35.9	49.5	39.2	8.7	40.2	85.0	5.4	23.9	43.5	383.3
			0.61	30.2	198.2	32.1	42.0	29.8	14.2	36.4	183.8	5.0	39.9	42.2	510.2
					24	9	13	10	2	10	22	1	6	11	
N03 中壢站	98		4.98	37.4	106.0	50.2	65.6	53.6	23.1	59.1	99.1	4.9	30.0	45.4	482.7
			0.68	38.9	202.9	66.5	67.2	55.9	25.1	80.6	188.2	5.0	43.2	68.8	600.1
					22	10	14	11	5	12	21	1	6	9	
N04 復興站	86		5.09	14.6	13.6	28.5	27.3	25.7	13.3	32.8	12.6	2.3	7.3	18.9	154.7
			0.45	12.7	25.5	31.7	27.2	26.0	13.9	36.2	27.1	1.4	6.7	24.1	150.5
					9	18	18	17	9	21	8	1	5	12	
N05 新屋站	71		5.39	26.6	92.8	35.5	45.0	34.9	9.3	41.7	84.3	4.1	23.8	38.9	374.2
			0.64	25.5	156.4	39.7	39.5	30.7	11.4	44.0	132.3	4.1	29.5	34.5	411.0
					25	9	12	9	2	11	23	1	6	10	
N06 蘆竹站	71		5.00	44.7	176.0	49.3	68.9	49.0	20.2	48.5	164.9	5.4	39.9	44.0	618.9
			0.59	37.1	209.6	45.9	51.8	37.8	23.6	44.6	203.2	5.0	43.2	41.1	581.6
					28	8	11	8	3	8	27	1	6	7	
N07 大園站	98		5.12	34.7	140.1	32.8	58.0	42.4	15.8	39.2	128.7	4.4	33.1	38.4	489.5
			0.62	27.9	182.5	30.6	42.8	29.4	17.4	31.5	167.6	3.5	35.9	30.1	474.2
					29	7	12	9	3	8	26	1	7	8	
total	581		5.20	28.8	93.4	37.2	49.9	39.5	14.3	42.4	86.5	4.2	24.8	36.7	388.3
			0.62	30.4	174.9	42.1	47.4	36.5	18.5	47.8	162.1	4.2	36.0	42.5	484.4
					24	10	13	10	4	11	22	1	6	9	

(a/c : anion/cation, μ 為平均值, σ 為標準偏差, % of sum 為該離子濃度占總離子濃度之百分比數)

N01 pH 值範圍	個數	發生頻率	累積頻率
<3.5	0	0%	0%
3.5-4.0	0	0%	0%
4.0-4.5	1	2%	2%
4.5-5.0	11	19%	20%
5.0-5.5	22	37%	58%
5.5-6.0	20	34%	92%
>6.0	5	8%	100%

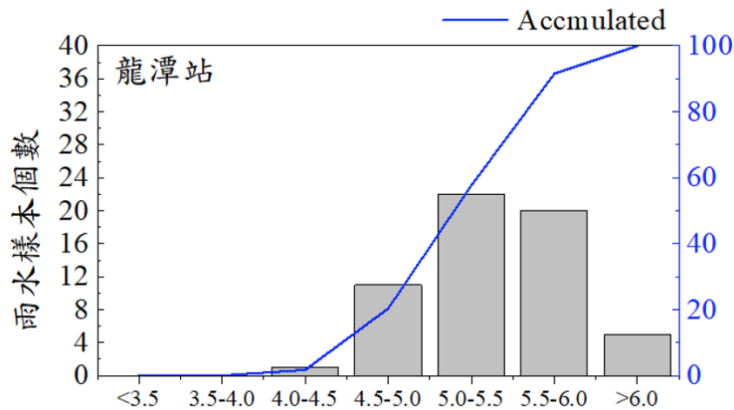


圖 3.3 龍潭站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖

N02 pH 值範圍	個數	發生頻率	累積頻率
<3.5	0	0%	0%
3.5-4.0	0	0%	0%
4.0-4.5	9	8%	8%
4.5-5.0	16	15%	24%
5.0-5.5	25	24%	47%
5.5-6.0	36	34%	81%
>6.0	20	19%	100%

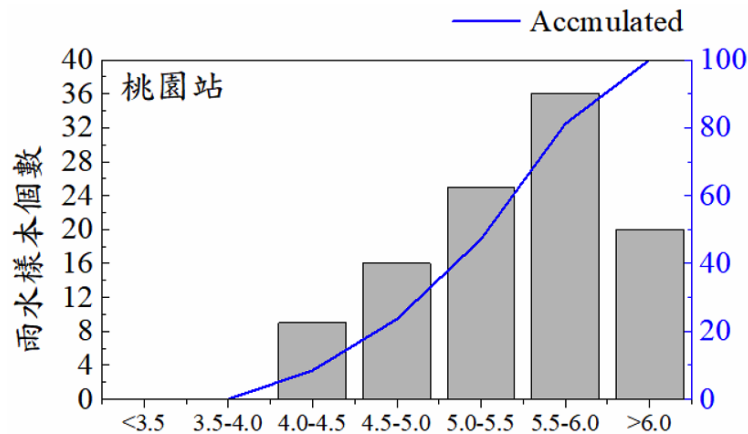


圖 3.4 桃園站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖

N03 pH 值範圍	個數	發生頻率	累積頻率
<3.5	0	0%	0%
3.5-4.0	2	2%	2%
4.0-4.5	27	25%	27%
4.5-5.0	33	31%	57%
5.0-5.5	21	19%	77%
5.5-6.0	11	10%	87%
>6.0	14	13%	100%

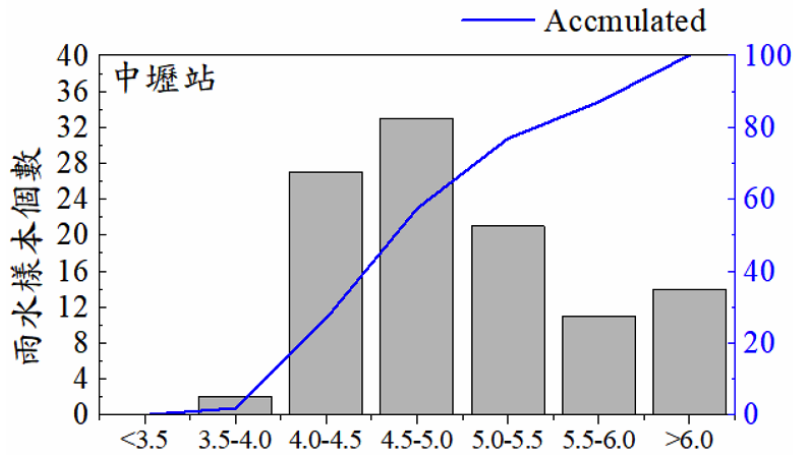


圖 3.5 中壢站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖

N04 pH 值範圍	個數	發生頻率	累積頻率
<3.5	0	0%	0%
3.5-4.0	0	0%	0%
4.0-4.5	9	10%	10%
4.5-5.0	31	33%	43%
5.0-5.5	32	34%	77%
5.5-6.0	14	15%	92%
>6.0	7	8%	100%

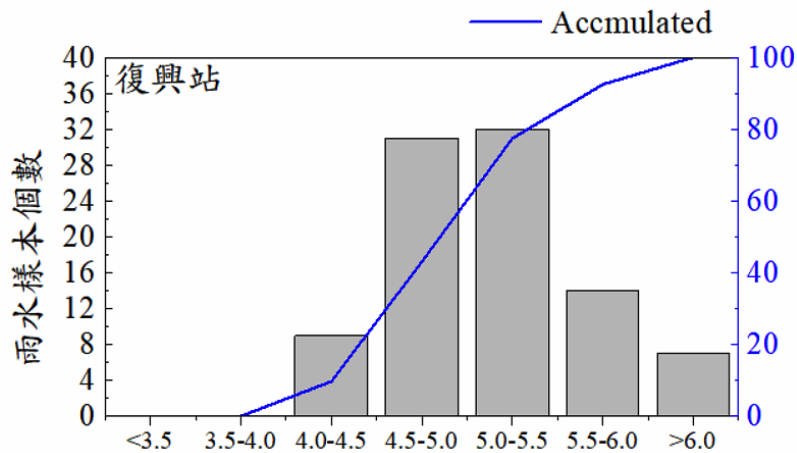


圖 3.6 復興站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖

N05 pH 值範圍	個數	發生頻率	累積頻率
<3.5	0	0%	0%
3.5-4.0	0	0%	0%
4.0-4.5	7	9%	9%
4.5-5.0	18	23%	31%
5.0-5.5	25	31%	63%
5.5-6.0	10	13%	75%
>6.0	20	25%	100%

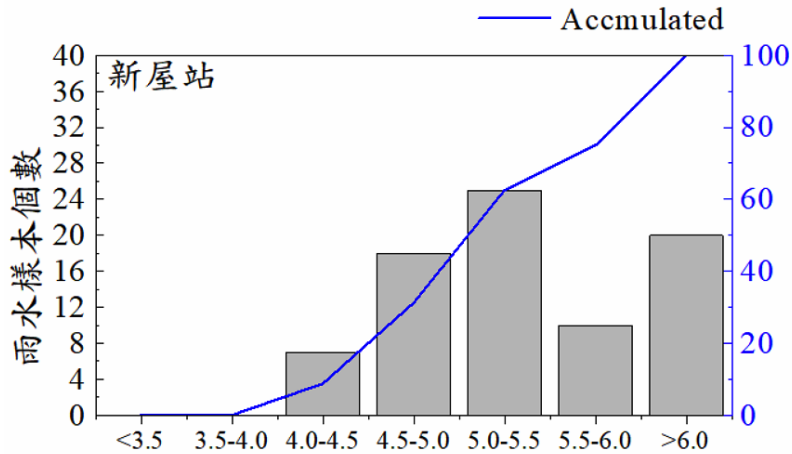


圖 3.7 新屋站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖

N06 pH 值範圍	個數	發生頻率	累積頻率
<3.5	1	1%	1%
3.5-4.0	4	5%	6%
4.0-4.5	15	18%	24%
4.5-5.0	29	35%	60%
5.0-5.5	17	21%	80%
5.5-6.0	10	12%	93%
>6.0	6	7%	100%

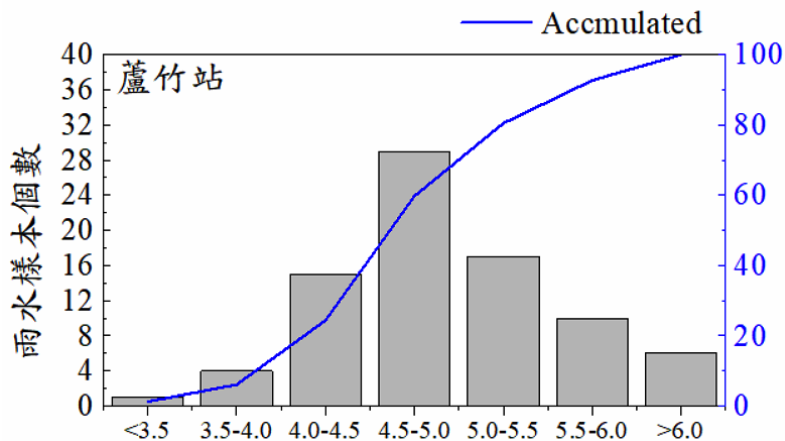


圖 3.8 蘆竹站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖

N07 pH 值範圍	個數	發生頻率	累積頻率
<3.5	0	0%	0%
3.5-4.0	1	1%	1%
4.0-4.5	17	17%	17%
4.5-5.0	35	34%	51%
5.0-5.5	25	24%	76%
5.5-6.0	13	13%	88%
>6.0	12	12%	100%

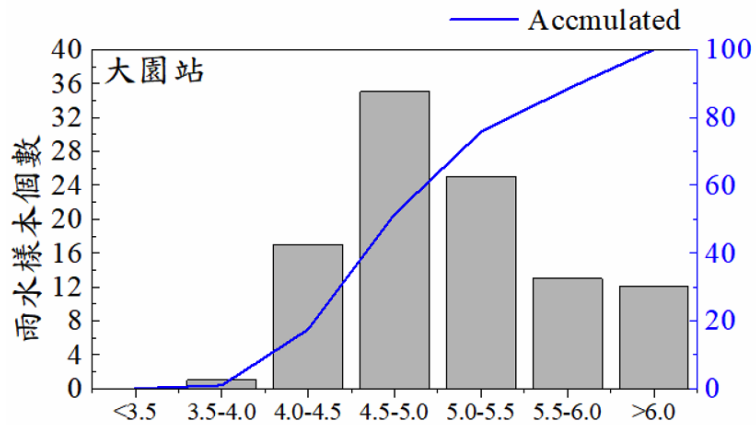


圖 3.9 大園站 2018 年 7 月至 2019 年 6 月 pH 之累積頻率分布圖

此外，由表 3.4 桃園地區酸雨測站雨水化學分析結果， SO_4^{2-} 以蘆竹、中壢與大園站最高，分別為 69、66 與 58 $\mu\text{eq l}^{-1}$ ，龍潭與復興站最低，分別為 26 與 27 $\mu\text{eq l}^{-1}$ 。其對總離子濃度的貢獻在 7 站(N01-N07)分別為 18%、13%、14%、18%、12%、11%及 12%，計算全市 SO_4^{2-} 總平均濃度為 50 $\mu\text{eq l}^{-1}$ 。若扣除海洋性硫來源，計算 nss- SO_4^{2-} (non-sea salt SO_4^{2-}) 濃度，各站約有 1-19 $\mu\text{eq l}^{-1}$ 差異，其中因蘆竹、大園以及新屋站較鄰近海邊，雨水中海鹽離子濃度較高，所以差異較大，龍潭與復興站因離海距離較遠，所以兩者相差最小，僅有 1-2 $\mu\text{eq l}^{-1}$ 差異，顯示本市受海洋影響有一定的程度存在。比較扣除海洋影響之 nss- SO_4^{2-} 濃度，則以中壢站最高，濃度為 54 $\mu\text{eq l}^{-1}$ ，其次是蘆竹、大園及桃園站，濃度在 39-49 $\mu\text{eq l}^{-1}$ 之間，全市 nss- SO_4^{2-} 總平均濃度為 40 $\mu\text{eq l}^{-1}$ ，以此濃度分布來看，都會區與機場上下風區域之間的 nss- SO_4^{2-} 濃度差異不大，顯示硫氧化物在此些區域對雨水酸化的影響貢獻大。

在硝酸根離子(NO_3^-)方面，7 站(N01-N07)之平均濃度與其 nss- SO_4^{2-} 濃度相近，以中壢與蘆竹站最高，濃度約為 50 與 49 $\mu\text{eq l}^{-1}$ ，其次是桃園、新屋及大園站，濃度分別為 36、36 與 33 $\mu\text{eq l}^{-1}$ ，其對總離子濃度的貢獻則分別為 17%、9%、10%、18%、9%、8%及 7%。計算全市 NO_3^- 總平均濃度為 37 $\mu\text{eq l}^{-1}$ ，佔總離子之 10%，之於 nss- SO_4^{2-} 佔 10%，所佔比例已為 1:1，且由 2015-2019 年同期監測的資料來看， NO_3^- 濃度與在總離子濃度中所佔的比例皆已不亞於 nss- SO_4^{2-} ，凸顯出未來本市在控制酸雨的部分，氮氧化物的控管將是更加需要注意的。

鹼性離子(NH_4^+ 、 K^+ 及 Ca^{2+})具有中和酸的能力。7 站 NH_4^+ 濃度在 30-59 $\mu\text{eq l}^{-1}$ 之間，分別佔總離子濃度之 21%、10%、12%、21%、11%、

8%及 8%，顯示在龍潭與復興所佔比例最高。 Ca^{2+} 亦為雨水中具有中和酸性物質能力的離子之一，其主要來源為地表土石經機械應力或風力形成粒子的揚起所致，或是街道揚塵及營建工程所產生，各站平均 Ca^{2+} 濃度分別為 22、44、45、19、39、44 及 $38\ \mu\text{eq l}^{-1}$ ，佔總離子濃度之 15%、11%、9%、12%、10%、7%及 8%。根據自 2014 年 5 月至 2018 年 6 月的雨水監測資料皆顯示在桃園、蘆竹與大園等站， Ca^{2+} 為最主要的鹼性離子，濃度更高出 1993-2005 年監測平均一倍，2017-2018 的監測資料顯示中壢站 Ca^{2+} 濃度也高於 NH_4^+ 離子，由營建工程污染管制及收費系統資料中顯示(

表 3.5)，近年來因應大量人口遷入及航空城開發，2012 年起營建列管工地數更一舉突破 8,000 件，且 2017 年以中壢區 1,173 件為最多，其次為桃園區及觀音區，分別為 946 件及 743 件，近年因第三航廈與機場擴增跑道施工，這也是使得蘆竹與大園區域有較高 Ca^{2+} 濃度的原因之一。另統計 2013 年至 2017 六都之營建工地數與成長率(表 3.6)，以台北市及桃園市工地密度最高、負荷最重，且桃園市近年來列管工地數量持續成長，工地數也超過台北市與新北市，顯示營建工程所帶來的污染影響在本市是不容忽視的。倘若扣除 Ca^{2+} 的中和效應，桃園地區的酸雨污染情形可能更顯著，值得持續觀察。而 K^{+} 主要源自肥料或生質燃燒而來，7 站之平均濃度在 $2\text{-}5 \mu\text{eq l}^{-1}$ ，佔總離子約 1% 左右，不若 NH_4^{+} 與 Ca^{2+} 具顯著中和作用貢獻。

海鹽離子(Na^{+} 、 Cl^{-} 及 Mg^{2+})部分，其中的 Na^{+} 和 Cl^{-} 之濃度在大園以及蘆竹等站有最高的濃度，這是因為此 2 站靠近海岸，顯然受吹拂而來之海鹽影響最大。反之，復興因離海最遠，濃度則最低。總海鹽離子(Na^{+} 、 Cl^{-} 及 Mg^{2+})之貢獻於 7 站分別為 22%、52%、49%、22%、54%、62%與 62%，顯然地，正好與其離海岸距離呈現負相關趨勢，而且計算較靠近海邊的新屋、蘆竹和大園站 Na^{+} 及 Cl^{-} 的標準偏差，三站都在 $130 \mu\text{eq l}^{-1}$ 以上，顯示受到海洋影響的程度較大。

表 3.7 進一步表示各主要離子間之當量濃度比，藉以說明其相對之重要性及酸鹼離子間之中和情形：

- 7 站之 $[\text{nss-SO}_4^{2-}] / [\text{NO}_3^{-}]$ 介於 0.9–1.3，與過去 1993-2005 年各年平均比值多介於 1.6-2.8 之間有明顯的差異，除因春冬季節中受污染物長程輸送影響之硫降低或是氮增加所致之外，亦表示 NO_3^{-} 在本地雨水中的影響越來越重要，這應是反映出臺灣長期在

削減硫氧化物的政策出現果效外，本市落實的成效也可看出成果，但固定污染源及汽機車等排放出之氮氧化物在雨水中的濃度卻有不減反增的趨勢，與國際間狀況相同，再次顯示氮氧化物的減量是未來控制策略應列為重點管制的項目。

- 鹼性離子對主要致酸因子($[\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-]$)之中和能力，可由表中之 $[\text{NH}_4^+]$ 及 $[\text{Ca}^{2+}]$ 對兩者之比值來探討，前者在7站介於0.41-0.60，後者為0.34-0.51，由塵土產生 Ca^{2+} 的影響在桃園、新屋、蘆竹及大園等站，都略強或接近於 NH_4^+ ，這應是受到大環境的開發、建案的推動，建議持續監測才可較清楚看出變動情形。
- 比較 $([\text{H}^+] + [\text{NH}_4^+] + [\text{Ca}^{2+}]) / ([\text{SO}_4^{2-}] + [\text{NO}_3^-])$ 發現比值皆介於0.95-1.17之間，比值非常接近1，顯示以上陰陽離子幾乎可以完全平衡。
- $[\text{Cl}^-] / [\text{Na}^+]$ 均介於1.07-1.24之間，接近海水中之1.16，並不會影響雨水酸度，但可據此檢驗化學分析之品質。

表 3.5 桃園市歷年列管工地數

單位：處

行政區	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	平均
桃園區	666	697	742	692	793	806	833	884	922	946	798
中壢區	941	928	1,058	1,135	1,161	1,248	1,210	1,224	1,273	1,173	1,135
平鎮區	426	438	485	485	536	604	601	615	614	535	534
大溪區	333	362	410	474	506	550	571	550	577	472	481
楊梅區	652	760	871	943	882	794	758	698	729	690	778
蘆竹區	555	493	491	488	558	574	534	494	508	489	518
大園區	389	404	505	532	592	563	564	567	584	568	527
龜山區	450	440	442	444	522	497	603	617	583	608	521
八德區	330	399	392	461	450	450	472	444	424	417	424
龍潭區	472	486	539	583	747	733	758	743	682	686	643
新屋區	301	298	396	429	493	482	377	419	420	425	404
觀音區	424	350	493	554	623	751	764	740	756	743	620
復興區	319	359	297	284	267	314	428	292	407	497	346
總計	6,258	6,414	7,121	7,054	8,130	8,366	8,366	8,287	8,479	8,249	7,672

資料來源：營建工程污染管制及收費系統

表 3.6 2013-2017 年六都列管營建工地數統計

(摘自陳等，2018)

(單位：處，工地數/平方公里)

縣市/年		2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	成長率
臺北市	工地數	2,356	2,457	2,422	2,430	2,577	5.70%
	工地密度	8.7	9	8.9	8.9	9.5	
新北市	工地數	6,164	6,458	6,446	6,730	6,576	-2.34%
	工地密度	3	3.1	3.1	3.3	3.2	
臺中市	工地數	11,864	11,857	11,918	11,930	11,520	-3.56%
	工地密度	5.4	5.4	5.4	5.4	5.2	
臺南市	工地數	10,475	10,712	10,085	11,428	10,952	-4.35%
	工地密度	4.8	4.9	4.6	5.2	5	
高雄市	工地數	8,190	7,852	7,713	7,660	7,130	-7.43%
	工地密度	2.8	2.7	2.6	2.6	2.4	
桃園市	工地數	8,374	8,286	7,970	8,166	7,994	-2.15%
	工地密度	6.9	6.8	6.5	6.7	6.5	

資料來源：各縣市 106 年度執行空氣品質維護及改善工作成效檢討會書面資料

表 3.7 2018 年 7 月至 2019 年 6 月各站主要離子平均當量濃度比

測 站	[nss-SO ₄ ²⁻]	[NH ₄ ⁺]	[Ca ²⁺]	[H ⁺] + [NH ₄ ⁺] + [Ca ²⁺]	[Cl ⁻]
	[NO ₃ ⁻]	[NO ₃ ⁻] + [SO ₄ ²⁻]	[NO ₃ ⁻] + [SO ₄ ²⁻]	[NO ₃ ⁻] + [SO ₄ ²⁻]	[Na ⁺]
龍潭站(N01)	1.01	0.60	0.43	1.17	1.24
桃園站(N02)	1.09	0.47	0.51	1.08	1.07
中壢站(N03)	1.07	0.51	0.39	1.10	1.07
復興站(N04)	0.90	0.59	0.34	1.17	1.08
新屋站(N05)	0.98	0.52	0.48	1.12	1.10
蘆竹站(N06)	0.99	0.41	0.37	0.95	1.07
大園站(N07)	1.30	0.43	0.42	1.03	1.09

3.2.2 雨水化學空間分布特性

圖 3.10 及圖 3.11 為 2018 年 7 月至 2019 年 6 月所收集分析之雨水 pH 值與主要貢獻離子空間分布圖。pH 值分布結果顯示機場附近的蘆竹站與中壢站有較低之 pH 值分布，但由 pH 平均值來看，此時期各站之間 pH 平均值差異不大且皆在 5.6 以下，顯示此時期雨水雖無顯著酸化疑慮，但各區域間雨水酸化差異程度不大，仍需關注。總離子分布方面，則與過去研究結果相近，其濃度和離海岸距離呈負相關，此分布特性也與海鹽離子 Cl^- 及 Na^+ 分布特性相同，這是受到海水中海鹽影響所導致，隨著離岸距離越遠，海鹽影響較小，所以總離子濃度則較小，不過較值得注意的是，此時期受到海鹽離子濃度較高的緣故，總離子濃度也由濱海地區往內陸快速地遞減。

進一步分析主要貢獻離子分布特性，以反應出當地的污染特性，利用比例關係扣除海洋中所帶來之硫氧化物濃度可得到 nss-SO_4^{2-} 的濃度，其分布圖略呈現和離海岸距離呈負相關，其中濃度以中壢、蘆竹及大園等站較高，濃度約在 $40\text{-}54\ \mu\text{eq/l}^1$ 左右的水準，其中以中壢站最高，濃度為 $54\ \mu\text{eq/l}^1$ 。山區的復興站最低，濃度僅約中壢站 48%， $26\ \mu\text{eq/l}^1$ ，靠近山區的龍潭站則與復興站相當，濃度為 $25\ \mu\text{eq/l}^1$ 。 NO_3^- 的空間分布與 nss-SO_4^{2-} 的濃度分布略為相似，但特別在中壢、蘆竹等站有較高濃度，平均濃度在 $50\ \mu\text{eq/l}^1$ 左右，靠近山區的龍潭站與復興站濃度較低，濃度約在 $25\text{-}30\ \mu\text{eq/l}^1$ 之間。

Ca^{2+} 主要源自揚塵及土壤，空間分布顯示在中壢、桃園與蘆竹等地有較高的分布，與前期監測結果相似； NH_4^+ 的分布主要在中壢與蘆竹之間區域有較高的濃度，此應反映農業地帶的特性，但綜合鈣與銨

的濃度分布狀況來看，中壢甚至蘆竹、大園及桃園地區，倘若扣除 Ca^{2+} 與 NH_4^+ 的中和效應，以上地區雨水 pH 平均值將會更低，因此，雨水酸化問題並不是只有中壢地區需要改善，而是桃園市各區域同樣都需要注意並努力改善的問題。

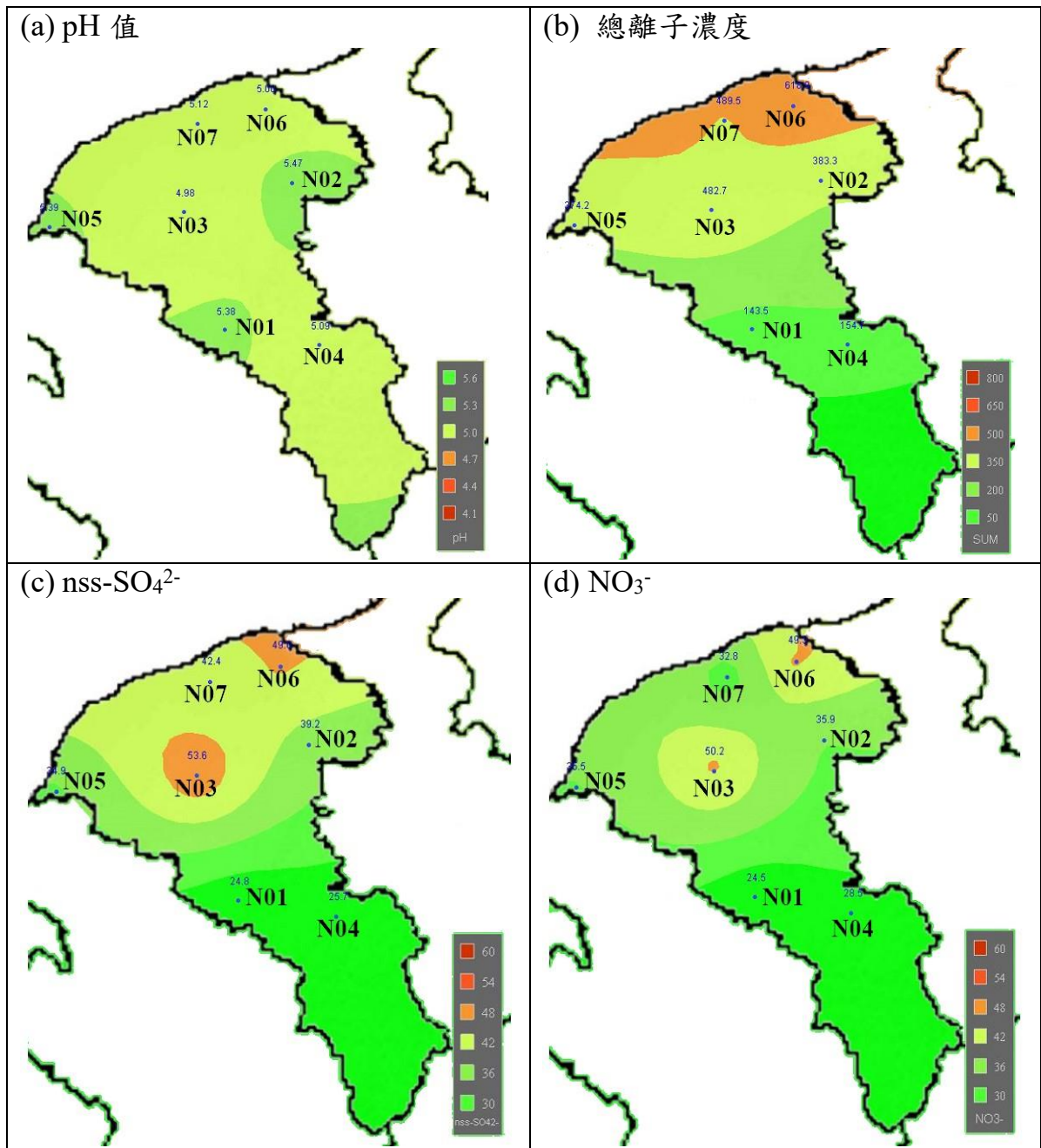


圖 3.10 雨水 pH 值與主要貢獻離子空間分布圖
(資料時間:2018 年 7 月至 2019 年 6 月)

三、酸雨監測與成份分析探討

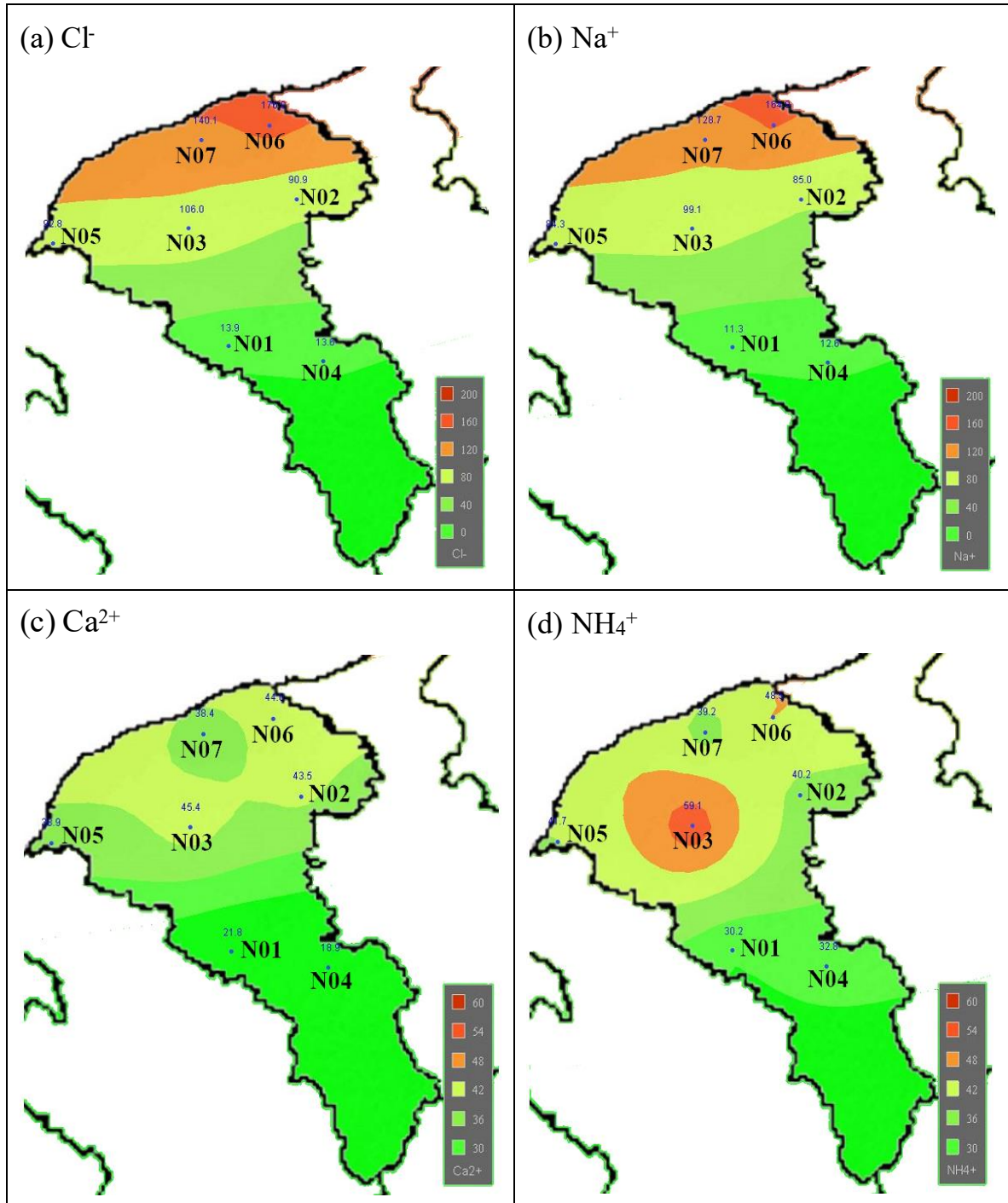


圖 3.11 雨水 pH 值與主要貢獻離子空間分布圖 (續)
(資料時間:2018 年 7 月至 2019 年 6 月)

3.2.3 季節特性差異分析

本節透過不同的季節特性來探討不同季節的降水型態以及污染來源對本市酸雨的差異影響。首先將 3.2.1 節中所使用之各站降水數據，並參考表 3.1 所紀錄之綜觀天氣概況，分為較能反映刷洗本地污染之夏季型態(7-9 月資料)以及受到東北季風與鋒面帶來之污染物長程輸送影響之秋冬型態兩組資料進行研究分析。

圖 3.12 是分別計算 2018 年 7-9 月與 10-12 月各站的 pH 值所繪製的盒狀圖，其中虛線代表兩時期各站雨水樣本的平均值，分別為 5.13 與 5.28，兩時期的平均值差異不大，比較兩者盒狀圖的分布狀況，兩者卻有不同的分布情形。在 7-9 月的監測結果中，7 站之間 pH 值分布的情形較為集中，最大與最小值多分布在 4.0-6.5 之間，各站的中位數與平均值多分布在 4.75-5.5 之間，且新屋、蘆竹與大園等站，此時期各站的 pH 平均值與中位數多接近此時期 7 站的平均(5.13)；相較 10-12 月受東北季風影響時期，各站間 pH 值的分布情形較廣，最大與最小值分布在 3.5-7.5 之間，中位數與平均值分布在 4.5-6.0 之間，可能由於境外污染物傳輸加上本地排放影響，使得有較低 pH 的樣本出現，但除了蘆竹與大園站秋冬季的樣本 pH 值有較低於夏季樣本外，其他測站如桃園、中壢與新屋等站，秋冬季的樣本 pH 值分佈區間反而高於夏季，這與前期計畫監測結果，北桃園地區受到有大型營建工程而導致有較高 Ca^{2+} 濃度有關，推測在東北季風盛行時，可能將營建工程所產生的揚塵往南桃園傳送或是由於秋冬溫度較低及乾燥，加上強風影響所以產生有較多的揚塵所導致。

再將各站降水化學中的各離子濃度繪製成濃度累積柱狀圖，如圖

3.13 所示，其中很明顯可看見受到東北季風影響的 10-12 月結果，離子濃度總和顯著高於夏季，其中增加最明顯的就是海鹽離子(Cl^- 、 Na^+ 及 Mg^{2+})，而龍潭與復興兩站因距海距離較遠，所以雨水中海鹽離子濃度增加幅度較不若距海較近的測站來的高；此外，雖多數測站的 SO_4^{2-} 與 NO_3^- 濃度，在 10-12 月的監測結果都略有增加，不過增加較為明顯的是 Ca^{2+} 離子，尤其是前段分析所提到的桃園、中壢與新屋等三站，增加的幅度較大，這應是導致此時期這三站 pH 值最高的前 25% 樣品，其 pH 值都超過 6.0 的原因。故此，在 2018 年秋冬季降水中，雖然雨水中的致酸離子濃度高於夏季，但受到 Ca^{2+} 離子中和的影響，雨水酸化情形並未在雨水的 pH 值中反映出來。

進一步將主要的致酸與致鹼離子濃度空間分布狀況繪製於圖 3.14 與圖 3.15 中。由 SO_4^{2-} 與 NO_3^- 分布狀況來看，在夏季降水時，兩者濃度與分布情形相近，皆以蘆竹、中壢與桃園站較高，平地區域濃度高於山區；當進入秋冬季降水時，由於加上境外污染物移入的影響，兩者濃度在平地測站都有明顯的增加。比較主要致鹼離子(NH_4^+ 與 Ca^{2+}) 的濃度分布來看， NH_4^+ 離子由於與農業活動(例如:施肥)有關，除中壢站秋冬時期有高於夏季的情況外，其餘各站較無明顯的差異；而在 Ca^{2+} 濃度的分布狀況來看，秋冬季明顯高於夏季，而夏季濃度較高的區域分布在蘆竹與大園一帶，但可能受到東北季風吹拂，除了有可能將北桃園區域營建工程所產生的塵土微粒向西南方傳送外，也可能受到強風產生的揚塵所導致，使得秋冬季北桃園的下風區域出現 Ca^{2+} 濃度明顯增高的情形，與 2017 年同期分析結果一致，可持續觀察期在後續降水化學中的變化。然而，就學理而言，如果缺少銨根與鈣離子的中和效應，本市雨水酸化的情形應會更加顯著，值得關注。

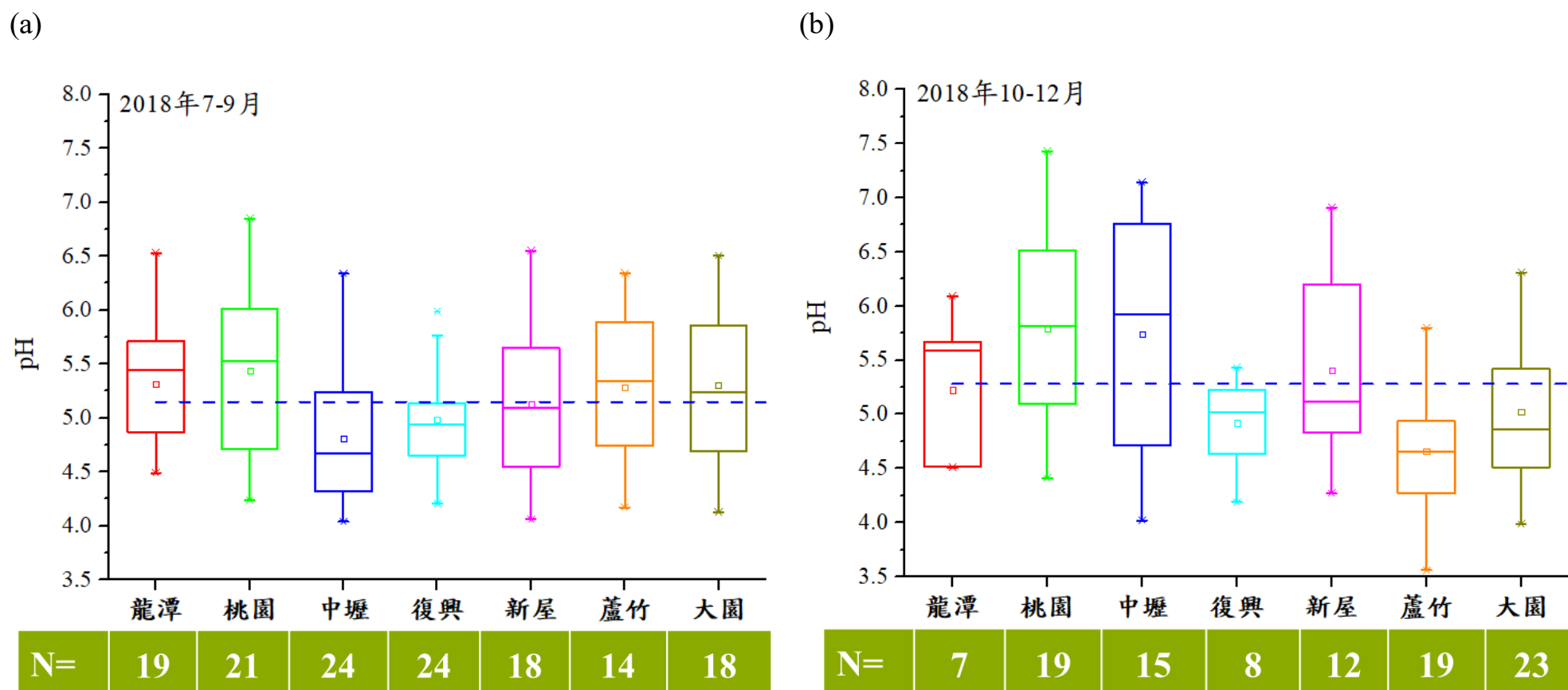
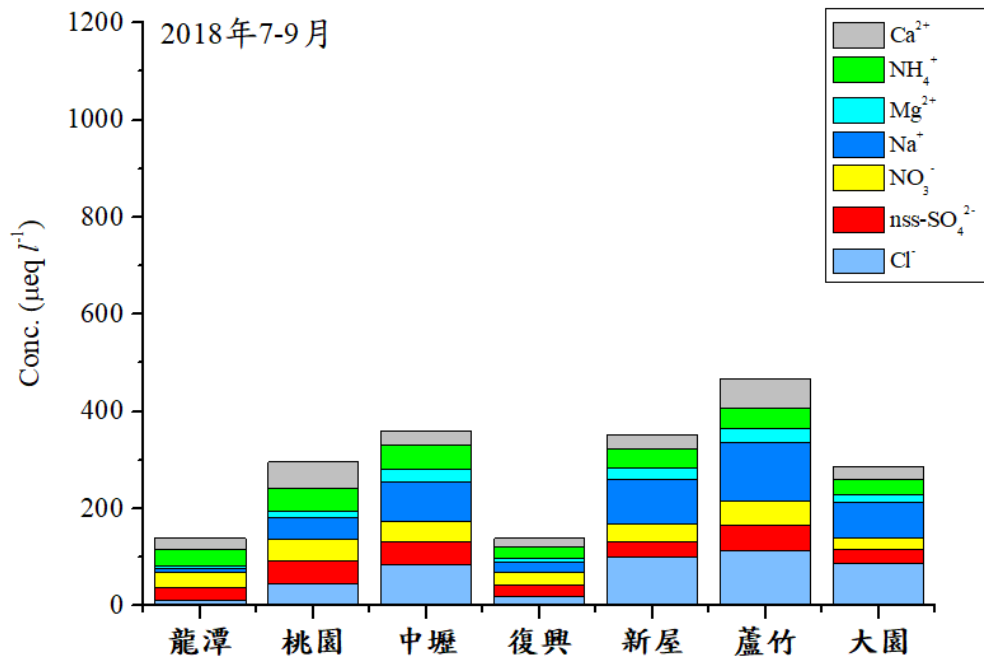


圖 3.12 不同天氣降水型態下之各站 pH 盒狀圖

(圖中符號(□)代表平均值，(-)為最大值與最小值，(x)為排序前 1%及 99%數值，方框之上下標及內緣之橫線由上到下為前 5%，25%，50%，75%，95% 之值，圖中虛線代表 7 站平均值。表格中 N 代表統計之樣本數)

(a)



(b)

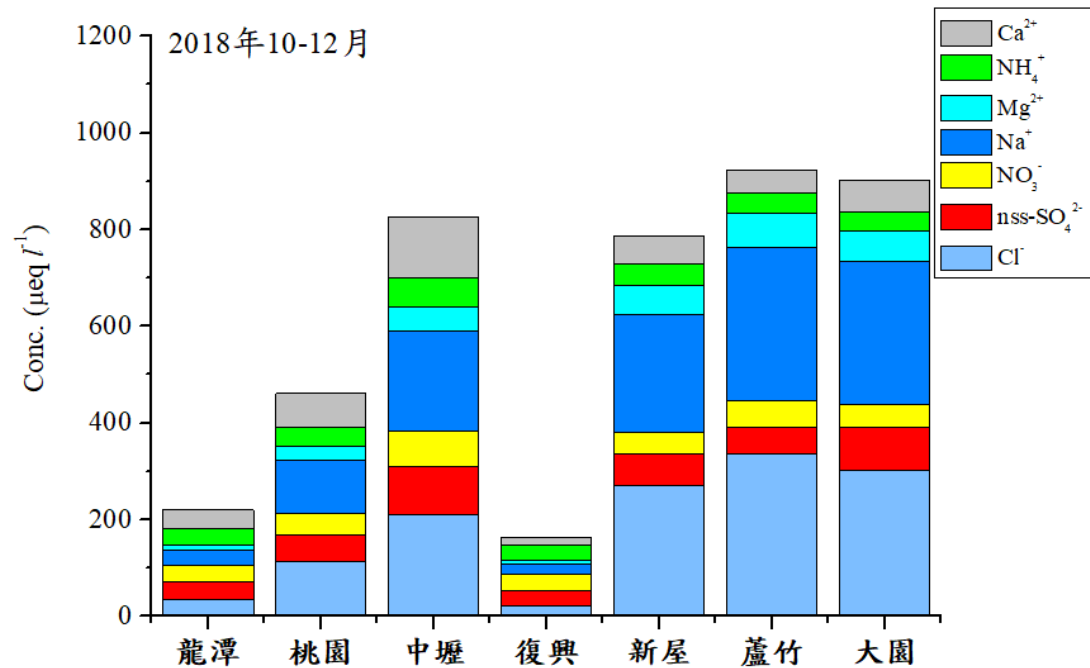
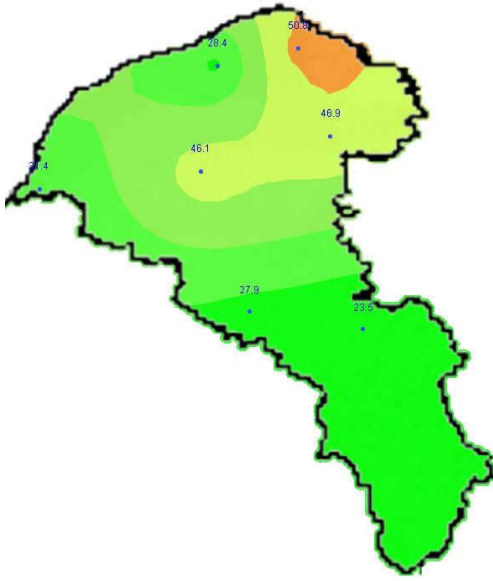
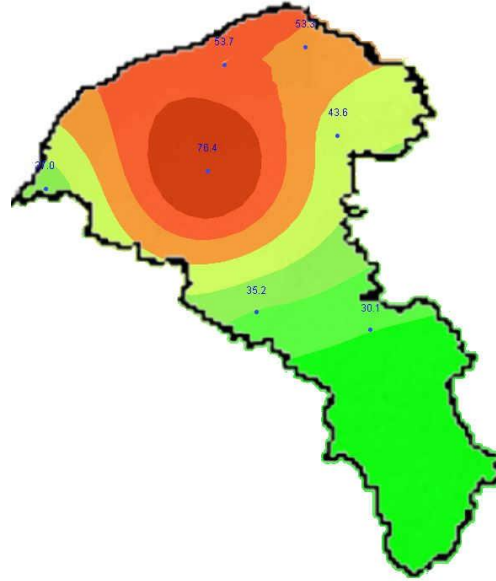


圖 3.13 不同天氣降水型態下之各站離子濃度柱狀圖

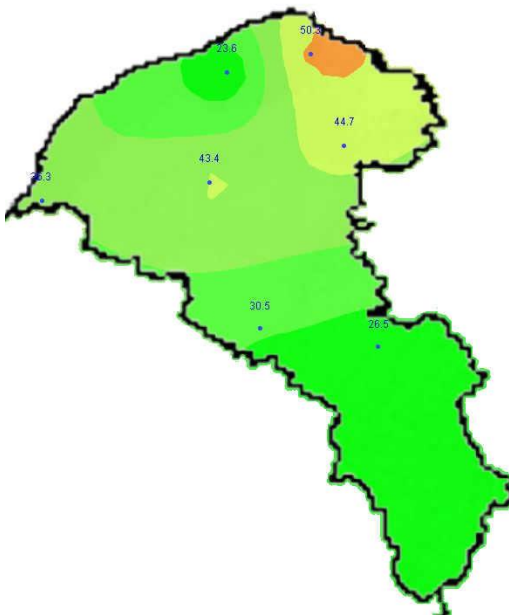
(a) 7-9 月 nss-SO_4^{2-}



(b) 10-12 月 nss-SO_4^{2-}



(c) 7-9 月 NO_3^-



(d) 10-12 月 NO_3^-

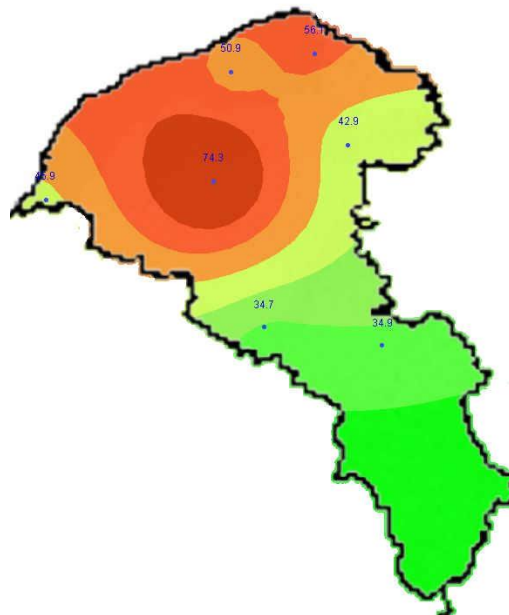
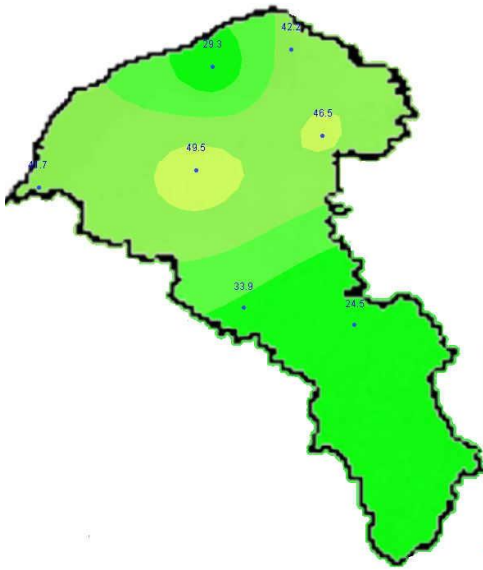
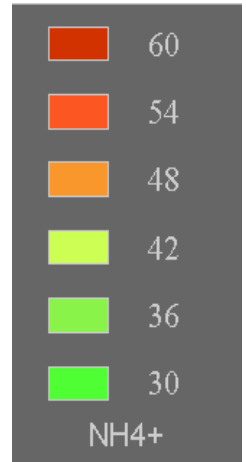
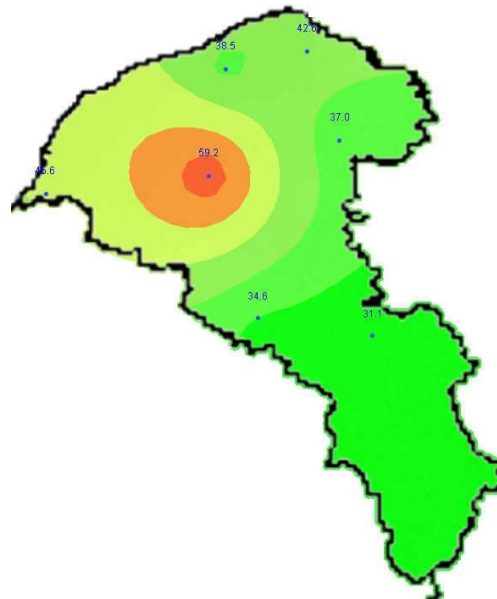


圖 3.14 不同天氣降水型態下之各主要離子濃度空間分布圖

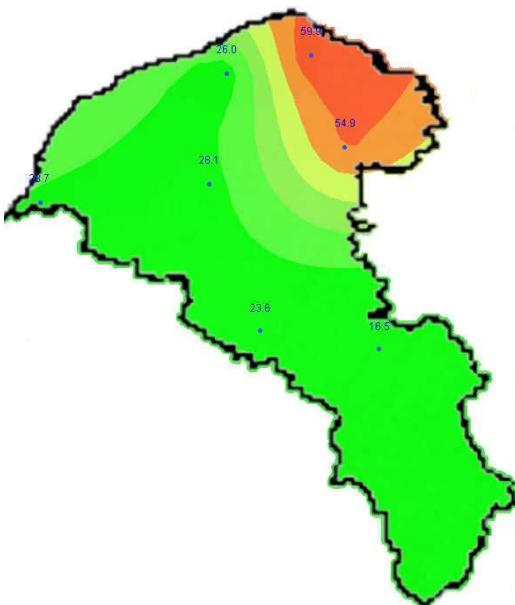
(a) 7-9 月 NH_4^+



(b) 10-12 月 NH_4^+



(c) 7-9 月 Ca^{2+}



(d) 10-12 月 Ca^{2+}

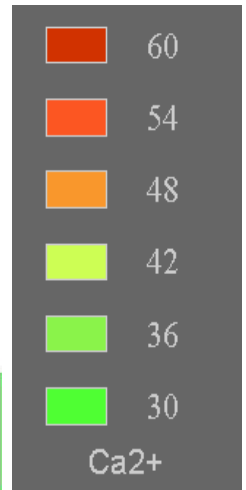
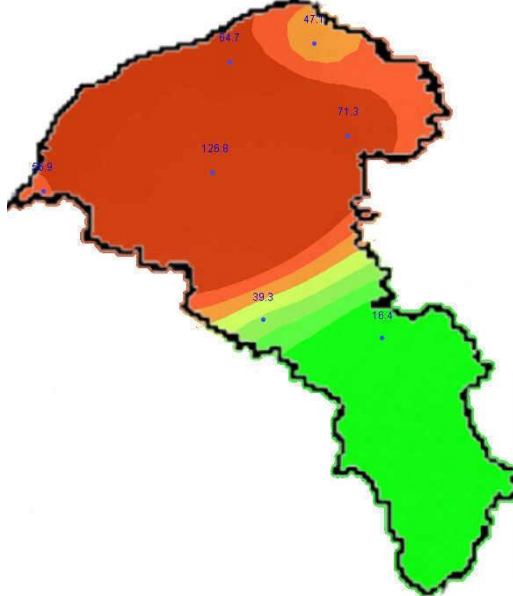


圖 3.15 不同天氣降水型態下之各主要離子濃度空間分布圖(續)

3.3 與鄰近縣市比較

在執行 106 年度計畫時，本團隊已有將本市鄰近的台北與新竹酸雨站歷年監測資料進行探討分析，而本節進一步探討季節的年際變動趨勢，來瞭解本市與鄰近縣市的酸雨特性。圖 3.16 與圖 3.17 為環保署台灣酸雨監測網中的臺北與中壢站歷年夏季與冬季的雨水化學資料比較圖，由於夏季之降雨較不受境外長程傳輸污染物的影響，且多為午後對流所產生之降雨，較可代表刷洗當地污染的結果，而冬季則是容易受到東北季風帶來境外污染物的移入，因此雨水刷洗下來的則是境外與本地兩者污染物的總和，藉由兩季節不同特性的比較，來進一步探討兩地區的酸雨變化特性。

由 2 站夏季與冬季比較的結果，可以明顯地看出，硫酸根離子的部分，不論是在夏季或是冬季，硫酸根離子濃度都是呈現減少的趨勢，尤其在冬季的部分，減少的幅度更是顯著，從中壢站的資料來看，雨水中的硫酸根離子濃度自 2006 年至 2017 年已減少超過一半，再由臺北與中壢站的夏季變化趨勢來看，也都呈現顯著的減少趨勢，甚至濃度也較台北為低，由此來看，本地管制硫氧化物已看出果效，桃園市政府的努力作為值得肯定，所以由 pH 值的變化也可看出酸雨狀況獲得改善。

不過如果比較 2 站氮氧化物的變化趨勢，則與硫氧化物有不同的狀況，除臺北與中壢站夏季略有呈現下降趨勢外(濃度減少程度不顯著)，冬季兩站都呈現增高的趨勢，這點值得注意。比較臺北與中壢兩站的資料，雖夏冬兩季變動趨勢不同，然以 2010-2017 年雨水中硝酸根離子濃度來看，臺北站夏冬兩季濃度都維持在 30-60 $\mu\text{eq l}^{-1}$ 的水準

左右，而中壢站夏冬兩季濃度分別在 $20-50 \mu\text{eq l}^{-1}$ 以及 $40-60 \mu\text{eq l}^{-1}$ 的水準，冬季濃度略高於夏季。由此來看，除管制硫氧化物的排放仍需持續努力外，氮氧化物的排放管制，的確是未來空污管制策略應更加思考的方向。

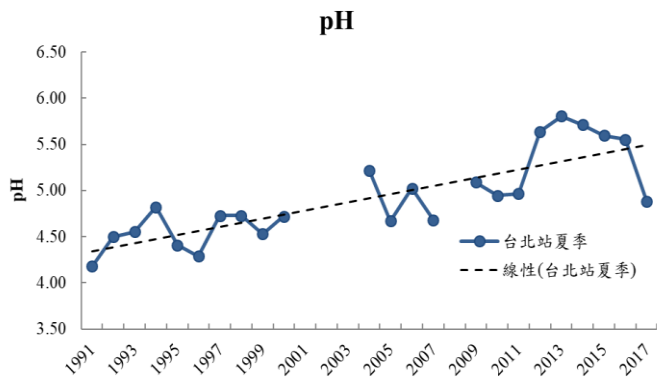
根據呂等（2017 與 2018）報告指出，2017 年全臺酸雨發生頻率最高為新竹站 85%，高於中壢站 71%，但 2018 年監測結果顯示，台北與新竹酸雨發生頻率又明顯低於中壢站，為瞭解此種差異變動，遂進一步分析 2018 年台北、中壢與新竹 3 站的降雨化學資料，把 3 站 2018 年雨水的 pH 值與主要的致酸與致鹼離子濃度分布繪製成盒狀圖，如圖 3.18 所示，台北、中壢與新竹三站統計的樣本數分別為 115、94 以及 71 個，主要是由於冬季北部受到東北季風影響而產生降雨，降雨量易由北往南遞減，所以樣本數以新竹最少。在 pH 值部分，中壢站 pH 值分布範圍不若台北與新竹站的廣，平均值、中位數以及最高與最低值也都低於台北與新竹，中壢站 75% 的樣本數其 pH 值都低於 5.0，而台北與新竹兩站，其中位數略高於 5.0，所以中壢站的發生酸雨頻率才會高出其他兩站許多。

再仔細比對致酸離子的部分，台北站 nss-SO_4^{2-} 的濃度分布較廣，所以平均值與中位數略低於中壢與新竹站，而中壢與新竹的平均值與中位數較相近； NO_3^- 部分，中壢站與台北站的分布情形較為接近，唯中壢站中位數略低於台北站，而新竹站因前 25% 樣本 NO_3^- 濃度略較台北與中壢兩站低，雖中位數三站相近，但平均值新竹站則略低於其他兩站。比較主要致鹼離子 (Ca^{2+})，中壢站明顯低於台北與新竹，由於新竹站有較多高濃度的樣本存在，因此無論是平均值或中位數都高於台北與中壢兩站。從上述資料顯示，中壢站的致酸離子濃度分布雖略

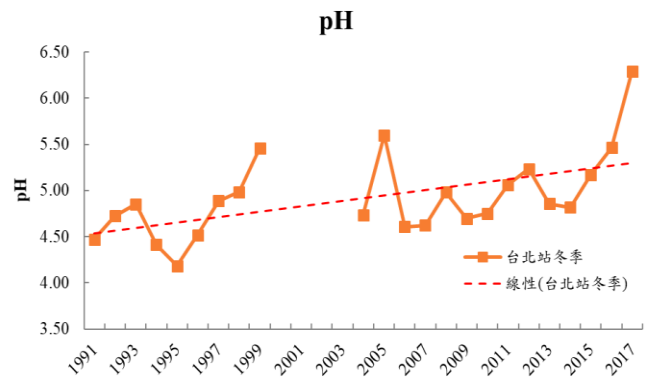
高於新竹且與台北水準相當，但受到 Ca^{2+} 離子中和效應的影響，台北與新竹地區的雨水才未顯出酸化的情形，但若扣除中和效應的影響，三站雨水可能有相當酸化的程度。

三、酸雨監測與成份分析探討

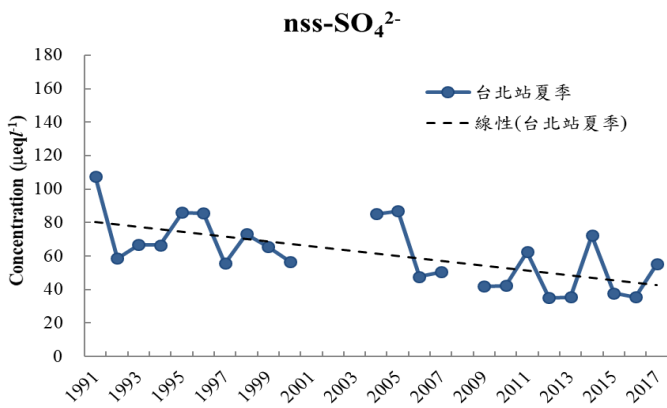
(a) 臺北站夏季 pH



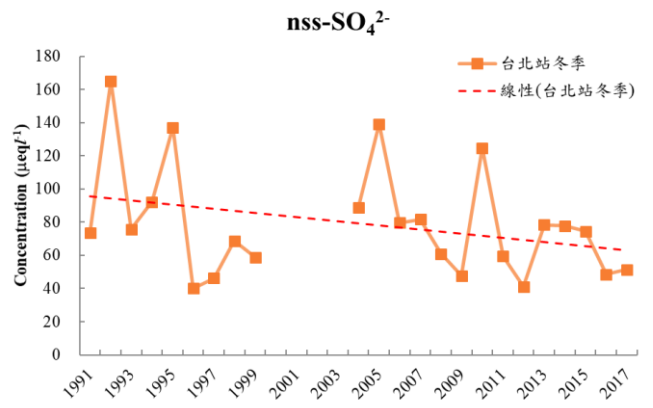
(b) 臺北站冬季 pH



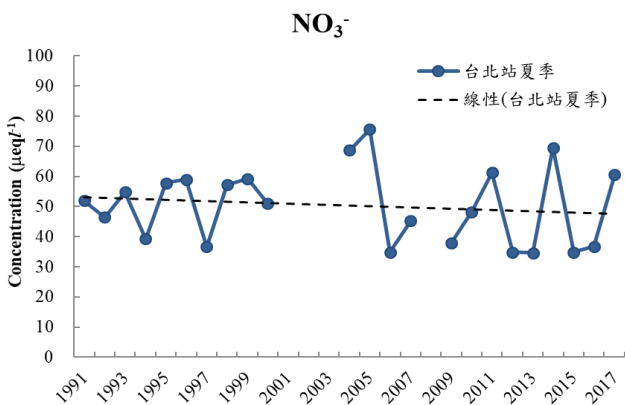
(c) 臺北站夏季 nss-SO₄²⁻



(d) 臺北站冬季 nss-SO₄²⁻



(e) 臺北站夏季 NO₃⁻



(f) 臺北站冬季 NO₃⁻

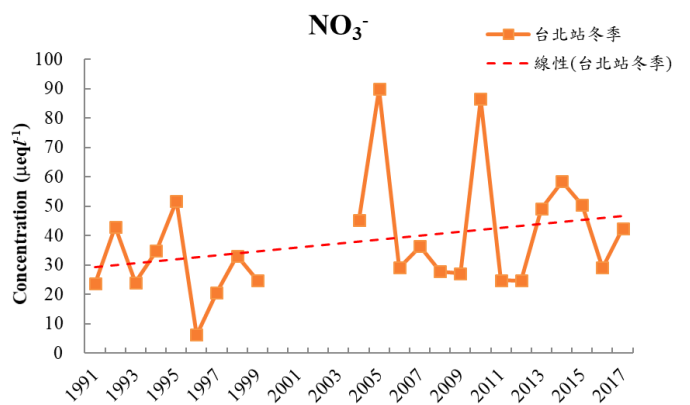
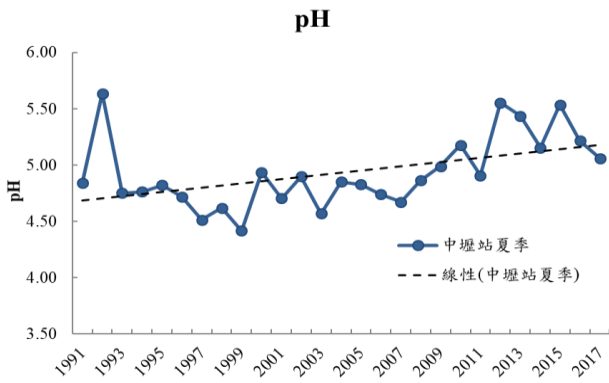


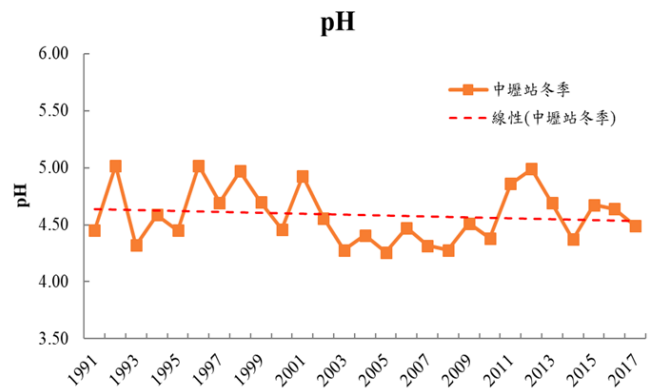
圖 3.16 臺北站歷年夏季與冬季雨水化學資料比較圖

三、酸雨監測與成份分析探討

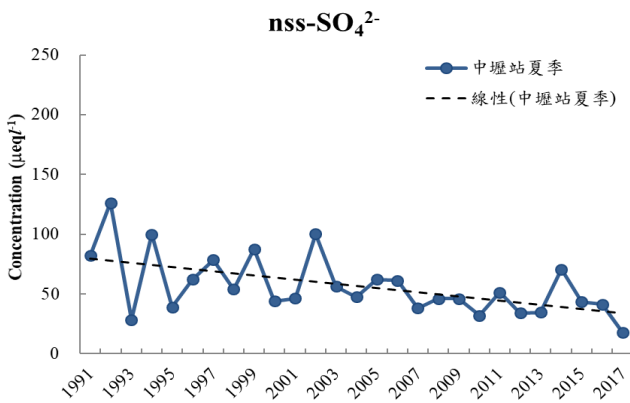
(a) 中壢站夏季 pH



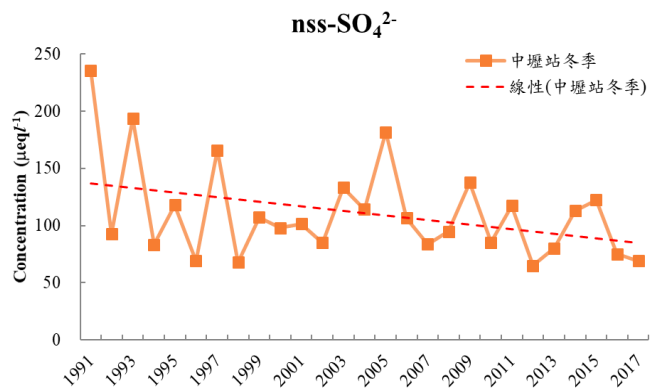
(b) 中壢站冬季 pH



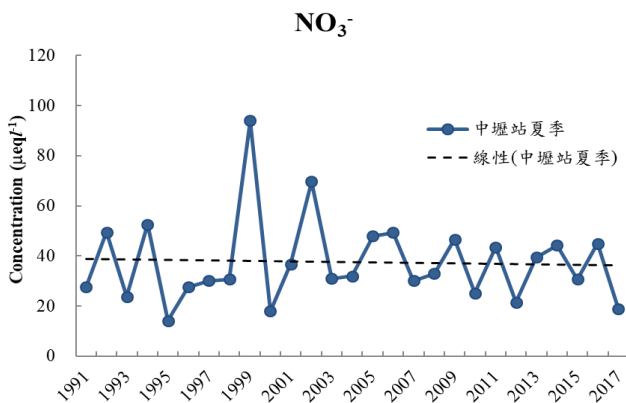
(c) 中壢站夏季 nss-SO₄²⁻



(d) 中壢站冬季 nss-SO₄²⁻



(e) 中壢站夏季 NO₃⁻



(f) 中壢站冬季 NO₃⁻

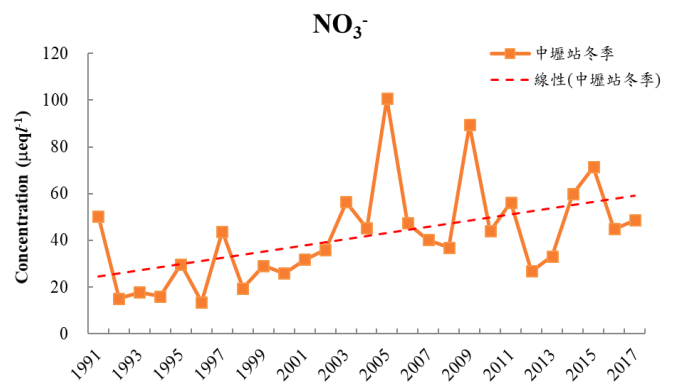


圖 3.17 中壢站歷年夏季與冬季雨水化學資料比較圖

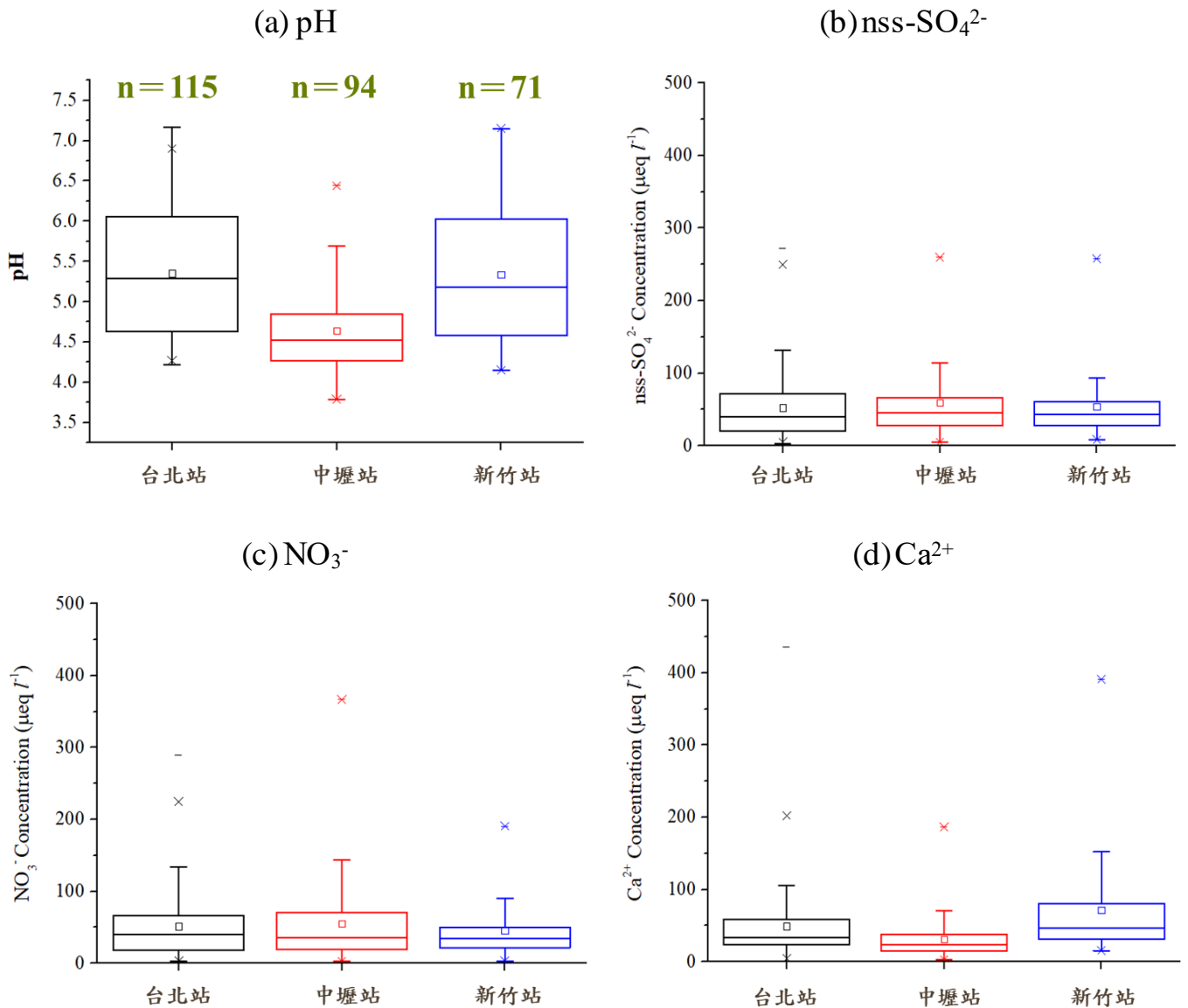


圖 3.18 2018 年三站 pH 值與主要致酸與致鹼離子濃度盒狀圖

(圖中 n 為各站之樣本數，圖中符號(□)代表平均值，(-)為最大值與最小值，(x)為排序前 1%及 99%數值，方框之上下標及內緣之橫線由上到下為前 5%，25%，50%，75%，95% 之值。)

3.4 趨勢變化探討

3.4.1 桃園酸雨監測網前後期趨勢比較

本節主要目標在收集過去 1993-2005 年桃園地區酸雨監測結果，比較 2014 年後重啟酸雨監測之資料，進而分析桃園地區酸雨之時間與空間變化趨勢，並就長期監測資料，評估本市執行之空氣污染防治措施對酸雨防制之效益。圖 3.19-圖 3.23 為桃園酸雨監測網原有之 5 站 1993-2005 與 2014-2018 前後兩期之各年平均 pH 值與主要致酸離子濃度變化圖（因蘆竹與大園站無前期監測資料，故不列入本節討論範圍）。

若將五站略分成鄰海與山區測站（包括龍潭、復興與新屋站）以及都會區測站（桃園與中壢）兩組來比較，由其中可以可見鄰海與山區測站其 pH 年平均值都是呈現增加的趨勢，而且主要的致酸離子濃度（ NO_3^- 與 nss-SO_4^{2-} ）與前期變化相比，都有看出下降趨勢，唯新屋站近 3 年致酸離子濃度略有增加；比較都會區測站組，在 pH 年平均部分也是同樣有升高的趨勢，顯示本市雨水酸化情形的確有在改善，但比較桃園與中壢站前後期的主要致酸離子濃度部分，2014 年皆高於 2005 年所測得之濃度，雖自 2014 年之後兩站主要致酸離子濃度皆有逐漸減少趨勢，但中間未有酸雨監測的十年，都會區域致酸離子的濃度變動可能不是逐步改善的情形，但詳細變化情況因無資料可以佐證，故無法判定正確之變動情形。

因此，即使前期監測累積超過十年的資料，當時認為應對本市酸雨變化情形已有相當的掌握，遂暫停進行酸雨監測，但如今看來，酸雨的連續監測的確有其代表的涵義，如貿然的中斷監測，可能將使得

過去長期監測的努力大打折扣，而現今桃園市不斷積極建設與開發，人口也不斷的移入與增加，對環境的污染影響仍是未可得知，故本團隊也建議本市酸雨應持續維持監測。

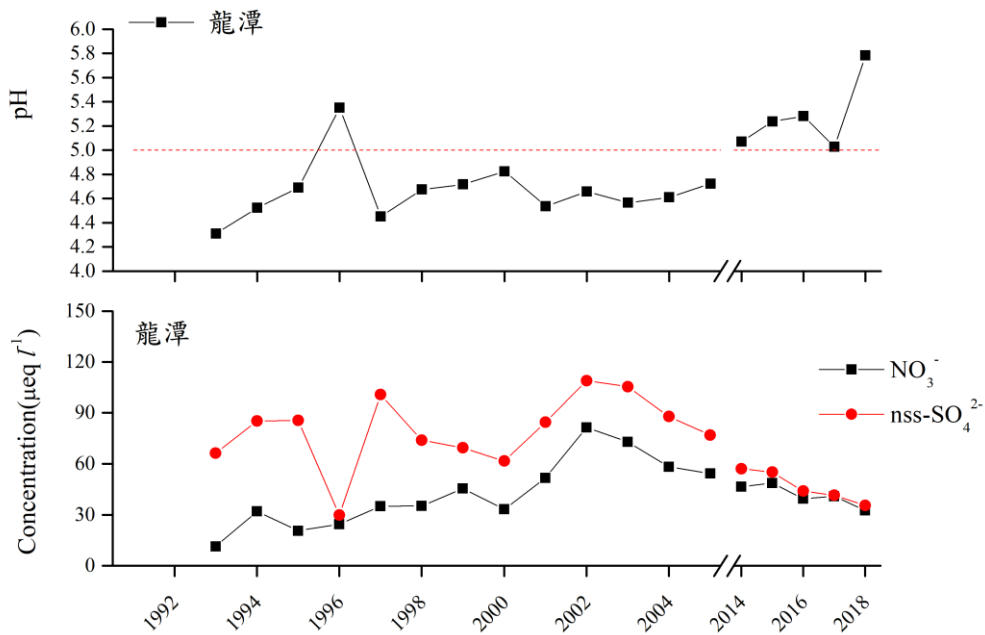


圖 3.19 龍潭站年平均 pH 值與主要致酸離子濃度變化圖

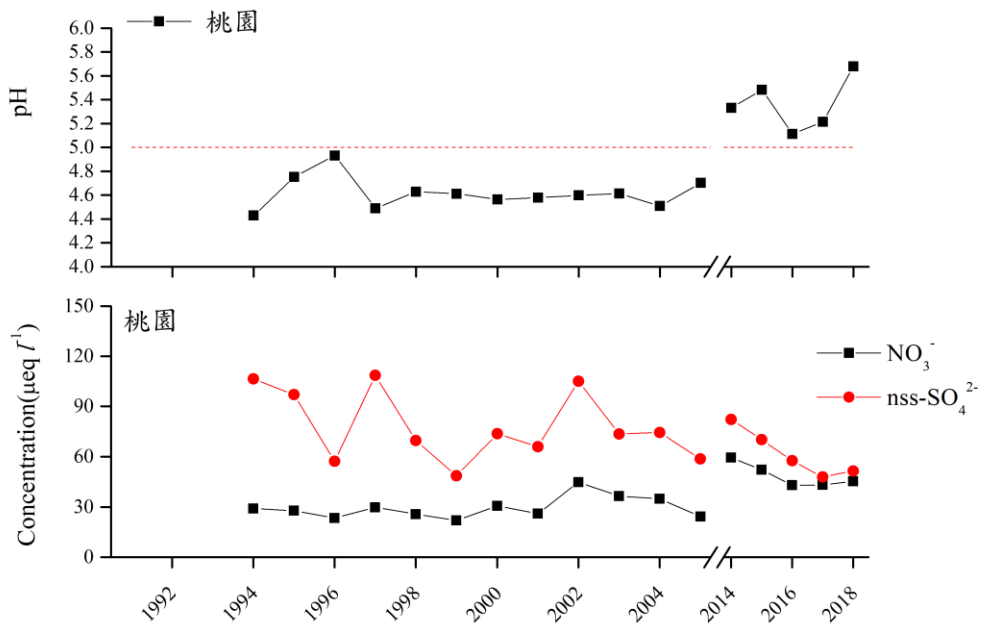


圖 3.20 桃園站年平均 pH 值與主要致酸離子濃度變化圖

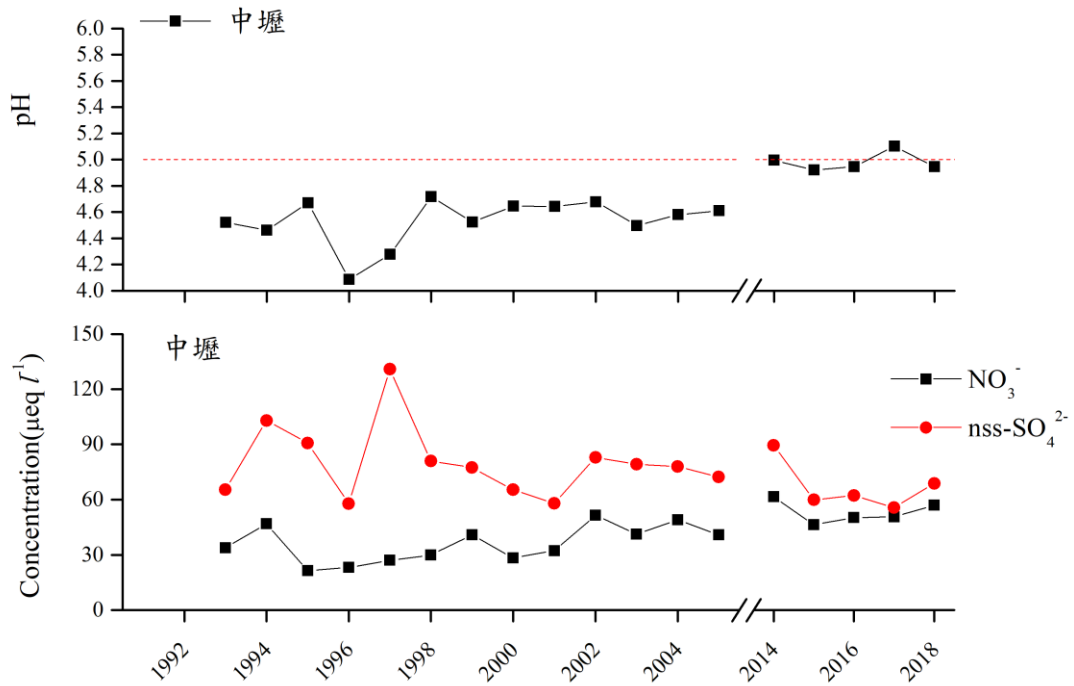


圖 3.21 中壢站年平均 pH 值與主要致酸離子濃度變化圖

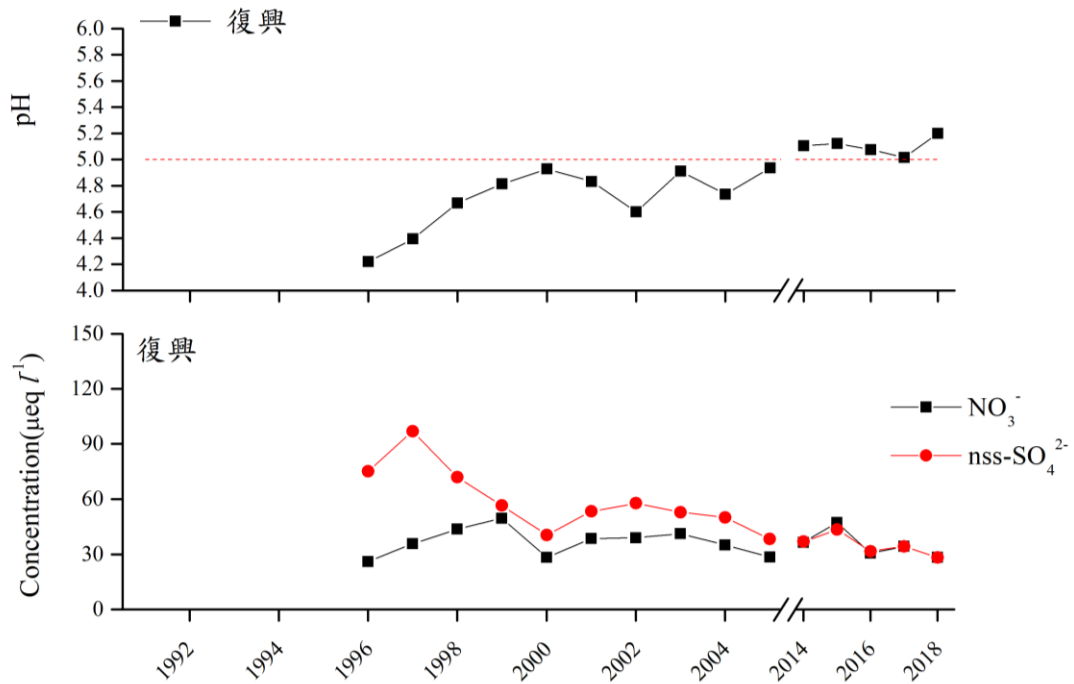


圖 3.22 復興站年平均 pH 值與主要致酸離子濃度變化圖

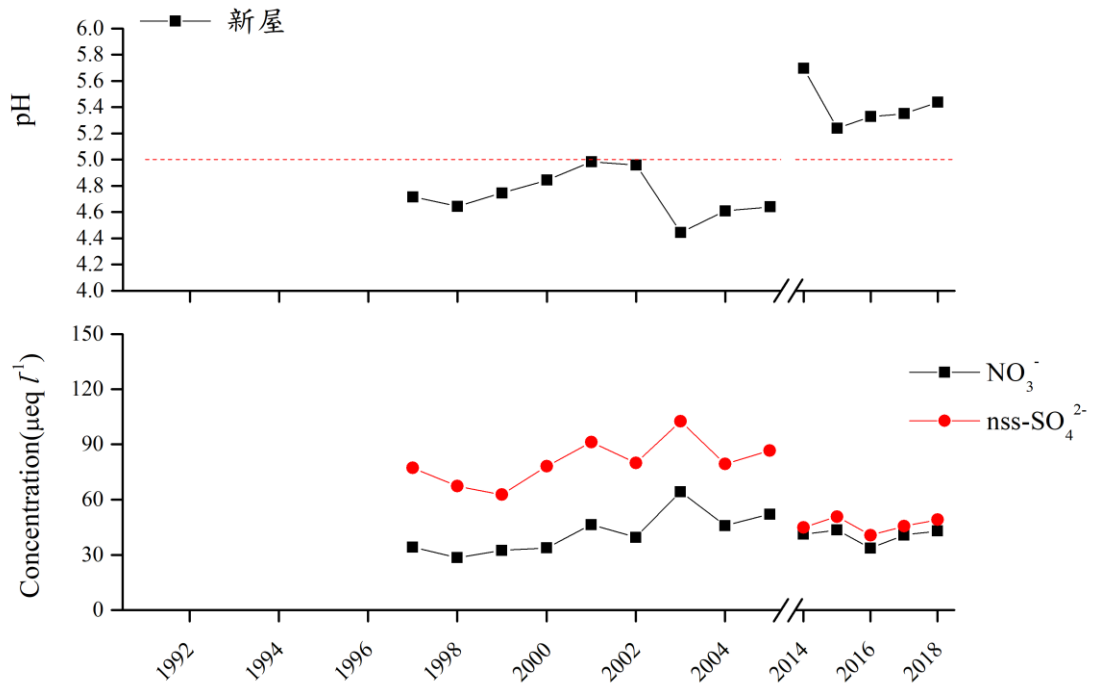


圖 3.23 新屋站年平均 pH 值與主要致酸離子濃度變化圖

3.4.2 近年酸雨監測變動情形

本計畫自 2014 年 5 月起開始重新建立桃園酸雨監測網後，至今已約累積 5 年之資料，吾人嘗試統整近 5 年之監測結果，藉以瞭本市各站之變動趨勢。表 3.8 統計近年雨水採樣之 pH 平均值與發生酸雨頻率，其中 2014 年由於各站設置時間關係，統計資料僅從 5 月下旬至 12 月止，統計期間未滿一年，倘若加上 1-5 月春季之雨水樣本，推估 pH 平均值應更低，且發生酸雨頻率應該更高。

由表 3.8 中 pH 年平均與酸雨發生頻率來看，這 5 年中雨水酸化變動情形不顯著，且較無明顯變動趨勢，而各年間發生酸雨頻率介於 40%-55% 之間，唯 2018 年全市雨水 pH 平均值升高至 5.43 且酸雨發生頻率降至 40% 以下，由由季節特性差異與雨水化學空間分布特性的結果來看，應是受到鹼性離子中和效應影響所致。

圖 3.24 為 2015-2018 年各站各季 pH 平均值變化圖，由其中可見 2015-2016 年春季與冬季監測之 pH 值最低，夏季最高，而且中壢站並非一直都是七站中最低，有時在蘆竹、復興或是大園地區，有更低於中壢站的情形，顯示酸雨問題非僅中壢地區需注意的問題。2017 年開始，春冬季 pH 平均值有變高的趨勢。圖 3.25 為 2015-2018 年各站各季酸雨發生頻率，其中可見本市在春季與冬季酸雨發生頻率較高，夏季最低，顯見受到境外污染物的影響確實會加重本市雨水酸化的情形；另外，2015-2016 年春冬兩季各站酸雨發生頻率多在 50%-80% 之間，至 2017 年以後，冬季發生酸雨頻率減少，反而以秋季較高（蘆竹與大園發生頻率增高），此與過去監測之結果較為不同，未來建議持續追蹤變化情形與收集更多資料以釐清原因。

表 3.8 近年桃園酸雨監測網統計資料表

	pH 平均值	樣本數	pH<5	酸雨發生頻率
2014*	5.21	290	146	50%
2015	5.30	426	182	43%
2016	5.18	638	323	51%
2017	5.11	500	272	54%
2018	5.43	559	202	36%

*資料未滿一年

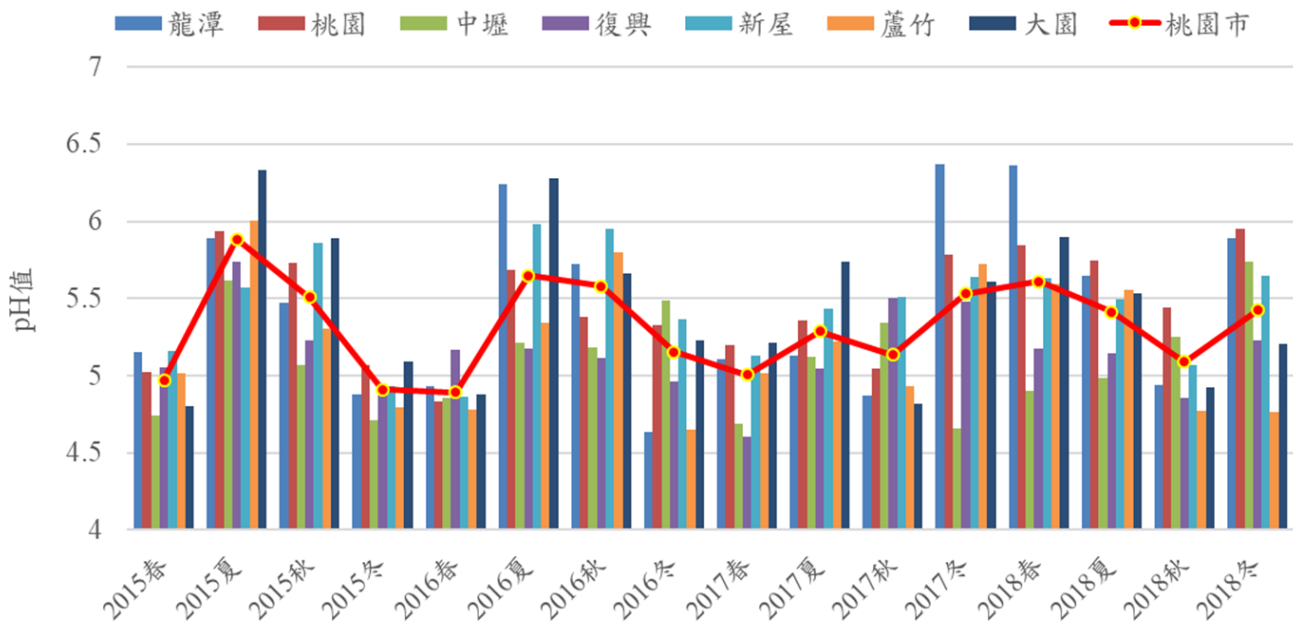


圖 3.24 2015-2018 年各站各季 pH 平均值變化圖

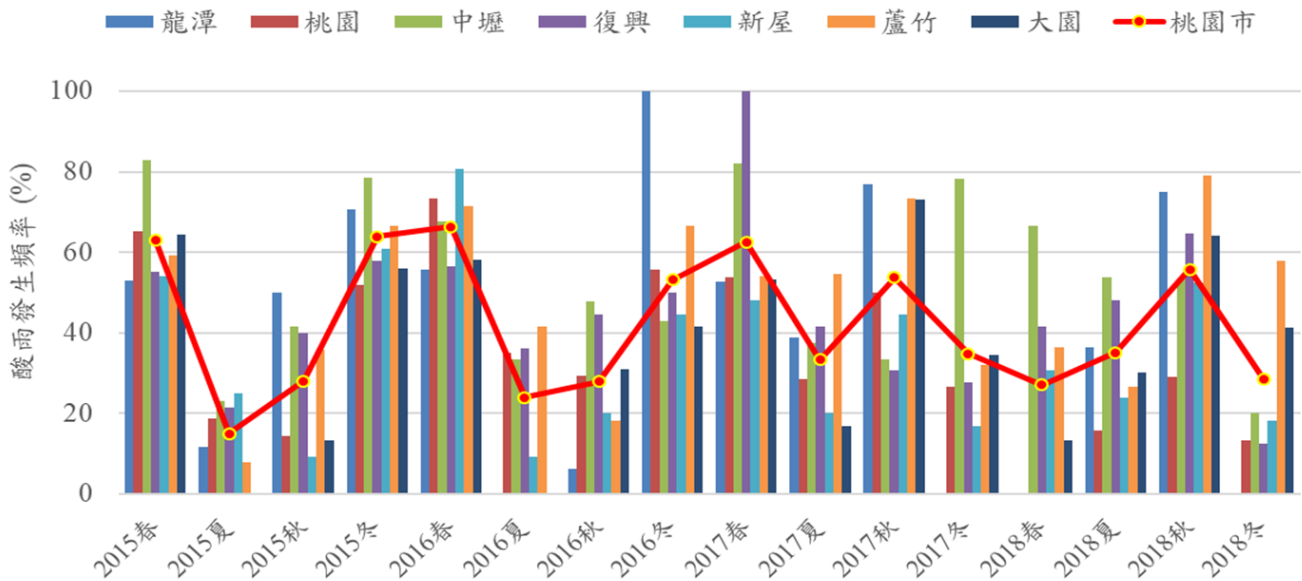


圖 3.25 2015-2018 年各站各季酸雨發生頻率

接著，吾人利用 Mann-Kendall 趨勢檢定法(MK 法) (Alexander et al. 2006)來針對各站 pH 值與各離子濃度進行趨勢變化的探討。MK 法是一種無母數統計檢定方法，廣泛的應用在時間序列資料做趨勢的檢定，並且可以改善資料缺值和低於偵測值的問題。MK 趨勢檢定法不受原始時序資料分布特性的限制，不需遵從一定統計分布，此方法假設隨機變數在時間序列上皆為獨立，最後計算結果可判定序列資料之趨勢走向，如結果是正值(負值)，表示上升(下降)的趨勢，再藉由給與不同的顯著水準 α 標準(如 0.01、0.05 或 0.1)，可進行此一時序資料之趨勢雙尾檢定。瞭解時序資料的趨勢顯著性後，進一步想知道趨勢的變化程度，過去許多長期統計研究較常使用線性迴歸法求出趨勢線，但這類方法容易受到單一或少數極端值的影響，造成錯估趨勢線之斜率，所以使用此類方法之前，還需再進行一次資料篩選，剔除極端值或錯誤值，也容易浪費珍貴的觀測資料。因此本研究使用 Sen 氏斜率法來分析時序資料的趨勢性(Sen 1968)。

表 3.9 為各站 MK 法趨勢變化統計表，Montly 表示以月平均值計算，Daily 表示以每個採樣日期來進行計算，slope 為計算的 Sen slope 斜率，p 則為計算結果的顯著性。由表中可之各站 pH 值的變動幾乎都是增加的趨勢，尤其龍潭與桃園站以 Daily 計算時，其增加的斜率具有顯著性，探究其原因主要應是受到人為影響源(nss-SO_4^{2-} 與 NO_3^-)有減少的趨勢，尤其以 nss-SO_4^{2-} 的減少趨勢更具有顯著性且斜率較大。不過相對的，蘆竹、大園、中壢與新屋等站，在 SO_4^{2-} 與 NO_3^- 卻有增加的趨勢，尤其蘆竹站的增加趨勢具有顯著性，未來這些區域需要更加關注酸雨污染的情形。在海鹽離子的部分，除了龍潭與復興站外，其餘各站都有增加的趨勢，尤其以蘆竹和大園兩站其增加趨勢具有顯著性；在鈣離子部分，七站中僅蘆竹與大園站有增加的趨勢，其餘都是減少的趨勢，不過蘆竹站使用月平均計算與日採樣計算的結果相反，前者顯示顯示減少趨勢，後者顯示增加趨勢。

進一步將蘆竹與大園的資料分成四季來探討其趨勢如表 3.10 與表 3.11，由其中來看，兩站的鈣離子在春冬兩季皆有顯著的增加趨勢，蘆竹站的增加斜率分別為 0.4 與 0.2，大園站的增加斜率分別為 0.3 與 0.2。圖 3.26 與圖 3.27 為蘆竹站春冬季鈣離子與 pH 值變動情形的趨勢圖，2017 年以後鈣離子濃度增加與變動趨勢大，連帶 pH 也有大幅升高的情形，此也可反應 3.2.3 節中討論的結果，近 2 年蘆竹與大園地區可能受到東北季風引起的揚塵，使得鈣離子濃度增加並往下風處傳送，因此導致此時節的雨水酸化情形獲得緩和，酸雨發生頻率也降低。不過需要注意的是，此種情形倘若是由本地因環境開發或營建工程影響所導致，未來一旦減少鈣離子中和效應的影響，雨水酸化情形是否又會反映出來，此問題值得後續持續追蹤觀察。

表 3.9 各站 MK 法趨勢變化統計表

N01					N02				
龍潭站	Monthly		Daily		桃園站	Monthly		Daily	
	Slope	p	Slope	p		Slope	p	Slope	p
pH	0.009	0.067	0.002	0.000	pH	0.006	0.196	0.001	0.009
cond.	-0.136	0.078	-0.026	0.001	cond.	-0.095	0.489	-0.015	0.080
Cl ⁻	-0.121	0.388	-0.021	0.066	Cl ⁻	0.139	0.767	0.016	0.309
NO ₃ ⁻	-0.227	0.119	-0.037	0.018	NO ₃ ⁻	-0.306	0.120	-0.023	0.135
SO ₄ ²⁻	-0.414	0.033	-0.075	0.000	SO ₄ ²⁻	-0.411	0.093	-0.055	0.007
nss-SO ₄ ²⁻	-0.367	0.035	-0.070	0.000	nss-SO ₄ ²⁻	-0.523	0.010	-0.064	0.000
NH ₄ ⁺	-0.386	0.040	-0.066	0.001	NH ₄ ⁺	-0.305	0.127	-0.037	0.015
Na ⁺	-0.121	0.396	-0.021	0.047	Na ⁺	0.154	0.745	-0.016	0.560
K ⁺	-0.011	0.566	0.0001	0.905	K ⁺	0.006	0.932	0.001	0.569
Mg ²⁺	-0.059	0.375	-0.009	0.057	Mg ²⁺	0.011	0.944	0.004	0.550
Ca ²⁺	-0.179	0.237	-0.019	0.135	Ca ²⁺	-0.642	0.022	-0.042	0.027
Sum	-1.818	0.122	-0.309	0.002	Sum	-1.213	0.582	-0.147	0.223

N03					N04				
中壢站	Monthly		Daily		復興站	Monthly		Daily	
	Slope	p	Slope	p		Slope	p	Slope	p
pH	0.003	0.399	0.000	0.431	pH	0.004	0.219	0.000	0.893
cond.	0.112	0.576	0.011	0.304	cond.	-0.088	0.237	-0.009	0.191
Cl ⁻	0.673	0.420	0.041	0.051	Cl ⁻	-0.062	0.518	-0.004	0.387
NO ₃ ⁻	-0.037	0.890	0.005	0.714	NO ₃ ⁻	-0.276	0.036	-0.026	0.054
SO ₄ ²⁻	0.037	0.902	0.008	0.699	SO ₄ ²⁻	-0.319	0.043	-0.032	0.044
nss-SO ₄ ²⁻	-0.204	0.472	-0.010	0.578	nss-SO ₄ ²⁻	-0.326	0.032	-0.032	0.036
NH ₄ ⁺	-0.359	0.172	-0.014	0.440	NH ₄ ⁺	-0.311	0.027	-0.032	0.086
Na ⁺	0.719	0.320	0.041	0.036	Na ⁺	-0.050	0.500	-0.006	0.157
K ⁺	-0.005	0.879	0.001	0.581	K ⁺	-0.009	0.647	0.003	0.031
Mg ²⁺	0.423	0.054	0.025	0.001	Mg ²⁺	-0.014	0.664	0.002	0.459
Ca ²⁺	-0.216	0.446	-0.007	0.542	Ca ²⁺	-0.279	0.003	-0.029	0.001
Sum	2.313	0.490	0.160	0.236	Sum	-1.380	0.088	-0.136	0.065

三、酸雨監測與成份分析探討

N05 新屋站	Monthly		Daily	
	Slope	p	Slope	p
pH	0.003	0.565	0.001	0.274
cond.	0.112	0.645	0.011	0.446
Cl ⁻	0.294	0.570	0.076	0.079
NO ₃ ⁻	0.068	0.759	0.007	0.665
SO ₄ ²⁻	0.111	0.830	0.018	0.525
nss-SO ₄ ²⁻	-0.148	0.613	-0.001	0.942
NH ₄ ⁺	-0.231	0.480	-0.004	0.872
Na ⁺	0.315	0.570	0.077	0.047
K ⁺	0.008	0.842	0.001	0.615
Mg ²⁺	0.073	0.794	0.021	0.086
Ca ²⁺	-0.244	0.591	-0.006	0.777
Sum	1.581	0.759	0.236	0.283

N06 蘆竹站	Monthly		Daily	
	Slope	p	Slope	p
pH	0.005	0.472	0.0004	0.367
cond.	0.423	0.225	0.058	0.003
Cl ⁻	2.959	0.088	0.304	0.000
NO ₃ ⁻	0.412	0.091	0.040	0.036
SO ₄ ²⁻	0.277	0.518	0.069	0.024
nss-SO ₄ ²⁻	-0.028	0.902	0.016	0.446
NH ₄ ⁺	0.058	0.856	0.004	0.826
Na ⁺	2.792	0.094	0.288	0.000
K ⁺	0.044	0.396	0.007	0.015
Mg ²⁺	0.594	0.085	0.082	0.000
Ca ²⁺	-0.131	0.616	0.026	0.202
Sum	6.823	0.194	0.918	0.001

N07 大園站	Monthly		Daily	
	Slope	p	Slope	p
pH	0.005	0.192	0.001	0.079
cond.	0.223	0.336	0.025	0.057
Cl ⁻	1.160	0.172	0.133	0.002
NO ₃ ⁻	0.183	0.192	0.014	0.234
SO ₄ ²⁻	0.131	0.715	0.022	0.335
nss-SO ₄ ²⁻	-0.124	0.617	-0.002	0.898
NH ₄ ⁺	-0.107	0.682	-0.007	0.621
Na ⁺	1.081	0.163	0.126	0.002
K ⁺	0.023	0.628	0.002	0.406
Mg ²⁺	0.378	0.207	0.037	0.003
Ca ²⁺	0.123	0.783	0.016	0.324
Sum	4.612	0.224	0.402	0.026

表 3.10 蘆竹站各季 MK 法趨勢變化統計表

N06	Winter		Spring		Summer		Fall	
蘆竹站	Slope	p	Slope	p	Slope	p	Slope	p
pH	0.005	0.059	0.005	0.048	-0.011	0.076	-0.006	0.174
Cl ⁻	2.370	0.013	0.726	0.004	-0.276	0.114	2.595	0.053
NO ₃ ⁻	0.191	0.205	0.218	0.038	0.036	0.803	0.052	0.771
SO ₄ ²⁻	0.431	0.118	0.298	0.047	-0.128	0.542	0.145	0.606
nss-SO ₄ ²⁻	0.154	0.402	0.175	0.187	-0.048	0.641	-0.136	0.586
NH ₄ ⁺	0.018	0.874	0.199	0.114	0.014	0.906	-0.084	0.652
Na ⁺	1.986	0.024	0.686	0.002	-0.250	0.179	2.582	0.038
K ⁺	0.061	0.085	0.056	0.010	0.007	0.655	-0.005	0.892
Mg ²⁺	0.530	0.017	0.279	0.002	-0.138	0.035	0.424	0.179
Ca ²⁺	0.437	0.017	0.222	0.038	-0.421	0.060	-0.446	0.056

表 3.11 大園站各季 MK 法趨勢變化統計表

N07	Winter		Spring		Summer		Fall	
大園站	Slope	p	Slope	p	Slope	p	Slope	p
pH	0.006	0.011	0.010	0.000	-0.006	0.325	-0.008	0.004
Cl ⁻	0.692	0.233	0.391	0.035	-0.073	0.597	0.861	0.227
NO ₃ ⁻	0.037	0.680	0.137	0.114	0.088	0.365	0.083	0.344
SO ₄ ²⁻	0.204	0.312	0.077	0.570	-0.071	0.614	0.120	0.550
nss-SO ₄ ²⁻	0.116	0.386	0.023	0.870	-0.013	0.942	0.000	1.000
NH ₄ ⁺	-0.062	0.571	0.110	0.363	0.247	0.069	-0.060	0.473
Na ⁺	0.633	0.266	0.355	0.022	-0.062	0.528	0.754	0.209
K ⁺	0.020	0.358	0.021	0.275	0.010	0.526	-0.017	0.420
Mg ²⁺	0.202	0.164	0.122	0.019	-0.076	0.064	-0.055	0.774
Ca ²⁺	0.316	0.085	0.198	0.016	-0.213	0.126	-0.205	0.141

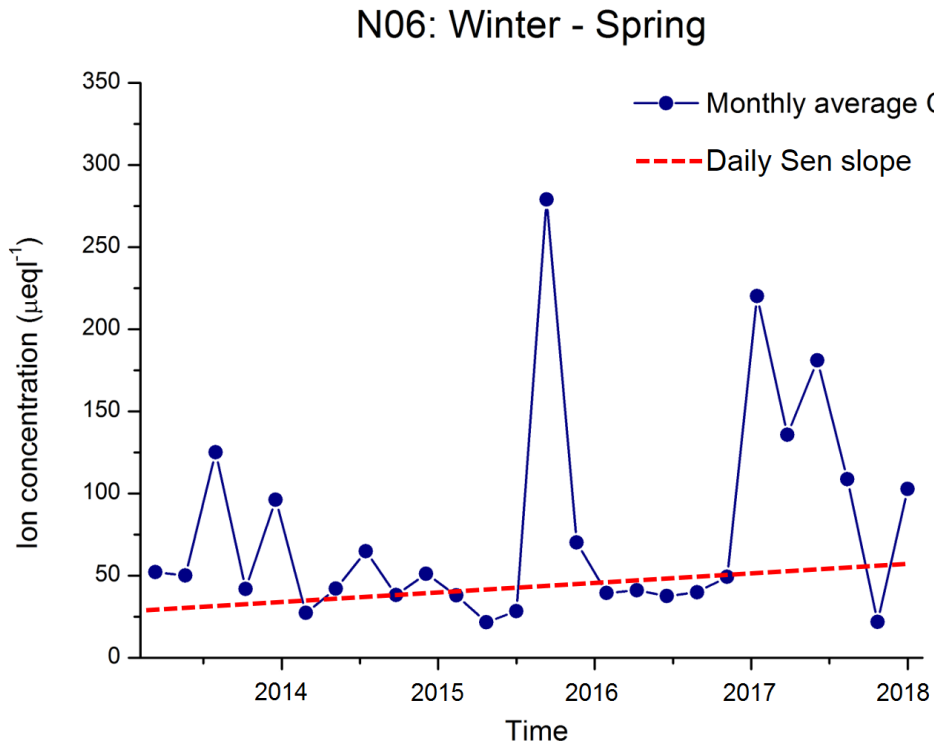


圖 3.26 蘆竹站春冬季歷年鈣離子濃度月平均變動趨勢圖

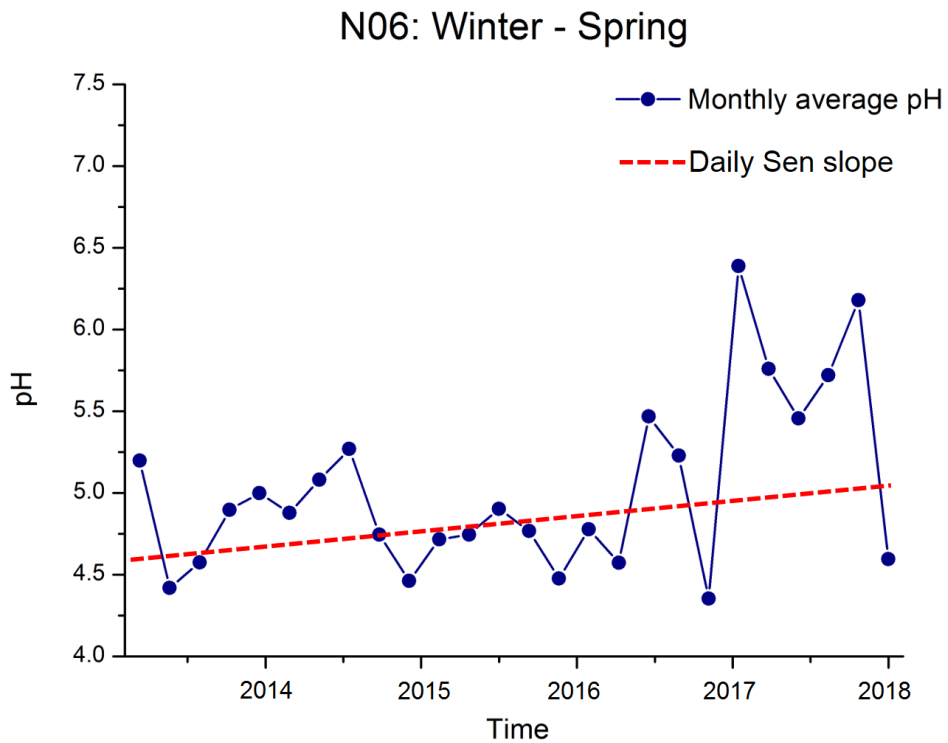


圖 3.27 蘆竹站春冬季歷年 pH 值月平均變動趨勢圖

四、解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性

酸雨乃是在降雨的過程，刷洗大氣中所有一切污染物總和的成果，所以大氣中懸浮微粒的濃度與雨水酸化的程度有著密切的關係。PM_{2.5}的成份經分析後發現，主要為硫酸鹽、硝酸鹽及銨鹽，而其中的硫酸鹽和硝酸鹽經雨水刷除後，則是造成雨水酸化的主要因子，SO₄²⁻與 NO₃⁻。本部份工作內容主要藉由降水化學中 nss-SO₄²⁻與 NO₃⁻濃度資料與空氣品質 PM_{2.5} 資料比較，挑選不同季節連續降雨的個案，試探討兩者的變化程度或關係性，為配合雨水樣本採集時間，空品站之資料採用前一日上午十時至當天上午九時之 24 小時平均值。

配合酸雨測站的位置，首先尋找距離較近的空氣品質測站(包含環保署測站以及桃園市政府環境保護局所屬的測站)，市境內空氣品質測站與酸雨站分布位置如圖 4.1，其中桃園酸雨站與環保署桃園空氣品質測站、中壢酸雨站與環保署平鎮空氣品質測站以及大園酸雨站與環保署大園空氣品質測站等三組測站因為彼此距離較近，水平距離都在 3 公里內，適合用來進行探討，三組測站位置資料整理於表 4.1。

將三站自 2014 年 7 月至 2017 年 12 月之間 3 酸雨站 nss-SO₄²⁻及 NO₃⁻濃度資料與其鄰近空品站的 PM_{2.5} 濃度資料月平均變動圖繪製如圖 4.2-圖 4.4，由圖與各站間三者變動的相關係數來看，整體上可看出 PM_{2.5} 濃度略與雨水樣本中的 nss-SO₄²⁻及 NO₃⁻濃度變化趨勢有關，但受到降水型態或是天氣型態影響，有些月份變化趨勢則不相近，其中三組測站間 PM_{2.5} 與 nss-SO₄²⁻濃度的相關性不高，但都具有顯著性，然三站雨水中 nss-SO₄²⁻與 NO₃⁻的濃度變化，則呈現中高度的相關且

四、解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性

具有顯著性。以下將針對資料收集期間，挑選三站於不同季節皆有較長時間連續降雨的事件進行探討。

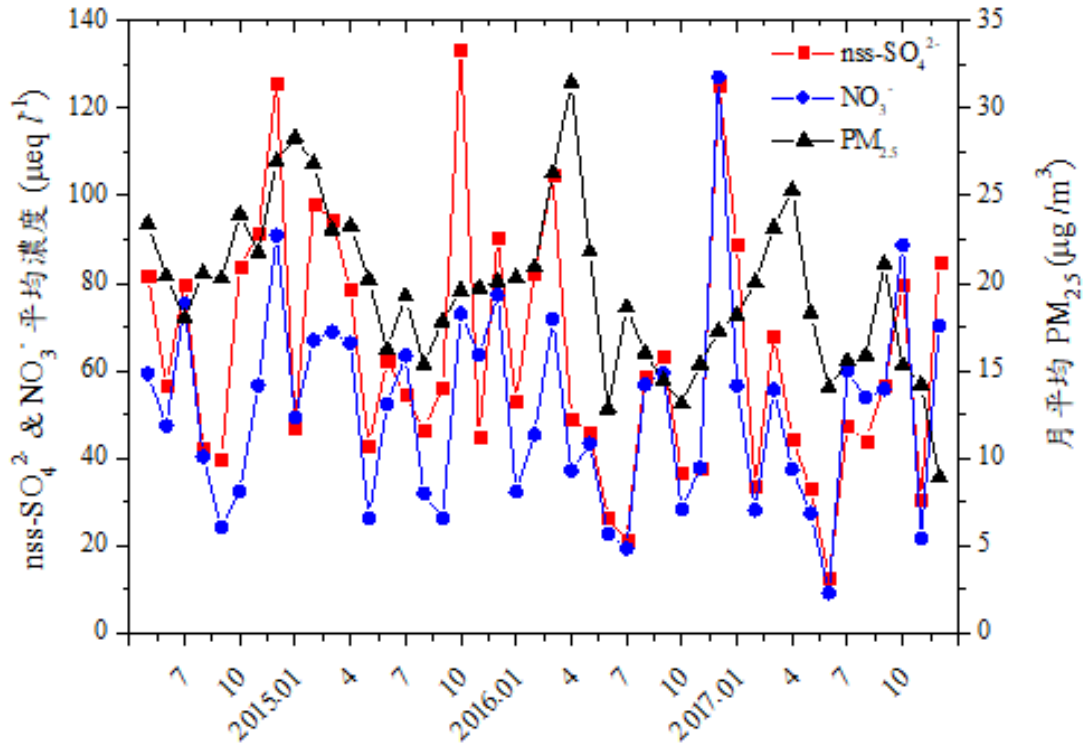


圖 4.1 酸雨測站與空氣品質測站位置分布圖

表 4.1 挑選三組酸雨測站與空氣品質測站位置資料表

	測站	地址	GPS	兩者距離
1.	桃園酸雨站	桃園區大有路 789 號	北緯：25 度 01 分 9.60 秒 東經：121 度 18 分 55.60 秒	2.79 公里
	桃園空品站	桃園區莒光街 15 號	北緯：24 度 59 分 12.40 秒 東經：121 度 18 分 31.40 秒	
2.	中壢酸雨站	中壢區中大路 300 號	北緯：24 度 59 分 12.40 秒 東經：121 度 18 分 31.40 秒	2.12 公里
	平鎮空品站	平鎮區復興街 55 號	北緯：24 度 57 分 15.15 秒 東經：121 度 12 分 17.93 秒	
3.	大園酸雨站	大園區中華路 261 號	北緯：24 度 59 分 12.40 秒 東經：121 度 18 分 31.40 秒	1.54 公里
	大園空品站	大園區中正東路 160 號	北緯：25 度 03 分 37.24 秒 東經：121 度 12 分 6.52 秒	

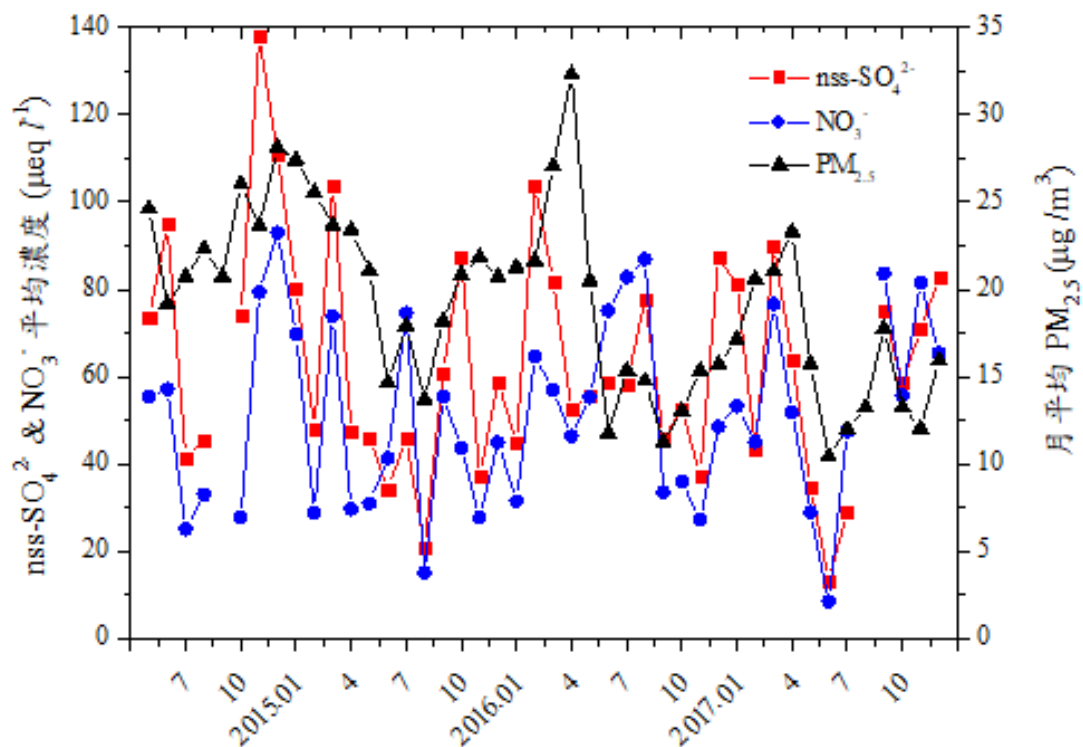
四、解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性



		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.29974*	0.12737
	Sig.	--	0.04807	0.40999
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.29974*	1	0.81431*
	Sig.	0.04807	--	1.78E-11
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.12737	0.81431*	1
	Sig.	0.40999	1.78E-11	--
2-tailed test of significance is used. *: Correlation is significant at the 0.05 level.				

圖 4.2 桃園酸雨站逐月 nss-SO₄²⁻及 NO₃⁻平均濃度與桃園空品站月平均 PM_{2.5} 濃度變化圖

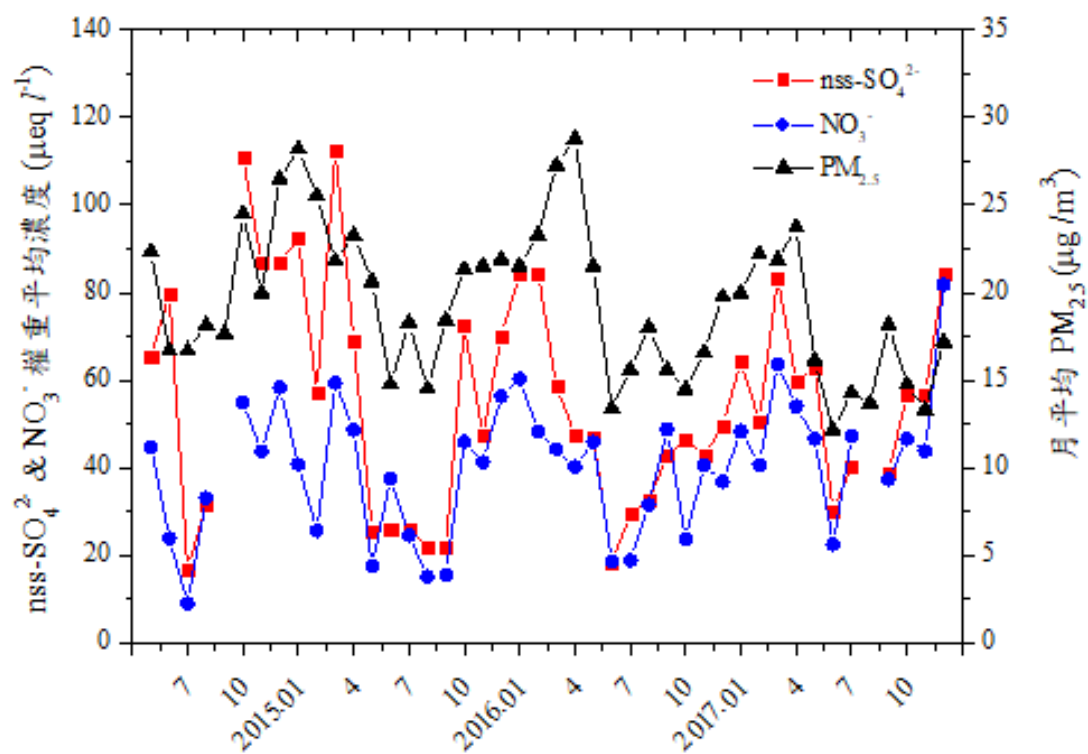
四、解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性



		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.394*	0.088
	Sig.	--	0.0099	0.579
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.394*	1	0.700*
	Sig.	0.0099	--	2.749E-7
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.088	0.700*	1
	Sig.	0.579	2.749E-7	--
2-tailed test of significance is used. *: Correlation is significant at the 0.05 level.				

圖 4.3 中壢酸雨站逐月 nss-SO₄²⁻及 NO₃⁻平均濃度與平鎮空品站月平均 PM_{2.5} 濃度變化圖

四、解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性



		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.536*	0.367*
	Sig.	--	2.52E-4	0.017
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.536*	1	0.743*
	Sig.	2.52E-4	--	1.78E-4
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.367*	0.743*	1
	Sig.	0.017	1.78E-4	--
2-tailed test of significance is used. *: Correlation is significant at the 0.05 level.				

圖 4.4 大園酸雨站逐月 nss-SO₄²⁻及 NO₃⁻平均濃度與大園空品站月平均 PM_{2.5} 濃度變化圖

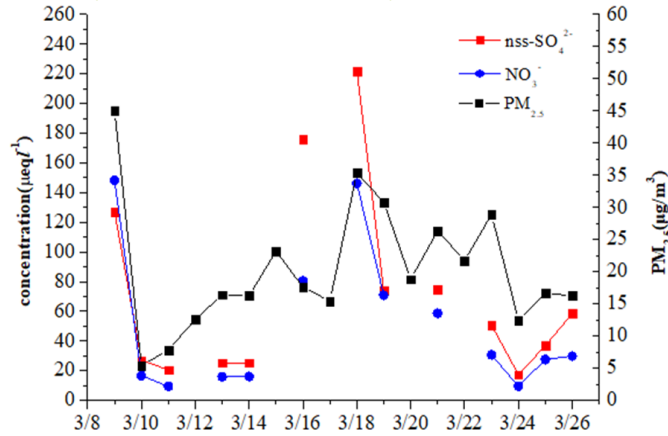
4.1 2016 年春季降雨個案 (3/9-3/26)

在此事件當中，主要的天氣概況為：3月9日鋒面通過後，至3月13日間受到大陸冷氣團影響，有較多的降雨，13日夜間至15日鋒面通過後大陸冷氣團南下，各地濕冷氣溫偏低，16日至17日大陸冷氣團減弱，溫度逐漸回升；18日鋒面接近，北部地區有較大的雨勢，20日至22日受華南雲雨區東移影響，各地有雨；23日時又有鋒面移入，有較大雨勢出現，25-26日受到另一波強烈大陸冷氣團影響，也有帶來降雨，此事件三組測站主要致酸離子濃度與PM_{2.5}濃度的時序變化繪製如圖4.5。由圖中可見，平鎮與桃園空品站於此時期的變動情形較相近，而大園可能因地形環境影響，其變動與前兩站略為不同，不過若以各站間PM_{2.5}、nss-SO₄²⁻與NO₃⁻三者之相關性統計結果來看，PM_{2.5}與NO₃⁻的相關性皆呈現高度相關且具有代表性，PM_{2.5}與nss-SO₄²⁻則呈現中度相關，僅中壢站為低相關性，而三站nss-SO₄²⁻與NO₃⁻的變動皆呈現顯著的高度相關。顯示在此連續降雨個案中，地面監測的空氣品質的變化可反映在雨水中污染物濃度上，但可能因部分硫氧化物可能由高層傳送過來，所以使得PM_{2.5}與nss-SO₄²⁻的變動無較高的相關性，但兩致酸離子濃度可能有相同來源，才有如此高的相關。

此外，在此個案值得注意的是，事件的一開始，因鋒面過境可能挾帶境外污染物移入，所以三站皆有較高的PM_{2.5}濃度，受到第一天降雨較少導致濃縮效應的緣故，在中壢站與桃園站的降雨都出現超過100 µeq/l的高濃度樣本，伴隨著鋒面帶來的強風與強烈降雨，其後兩天不僅使得空氣污染物濃度快速減少外，雨水中致酸離子濃度也都明顯快速降低，這也凸顯降雨初期對空氣污染物清除的重要性。

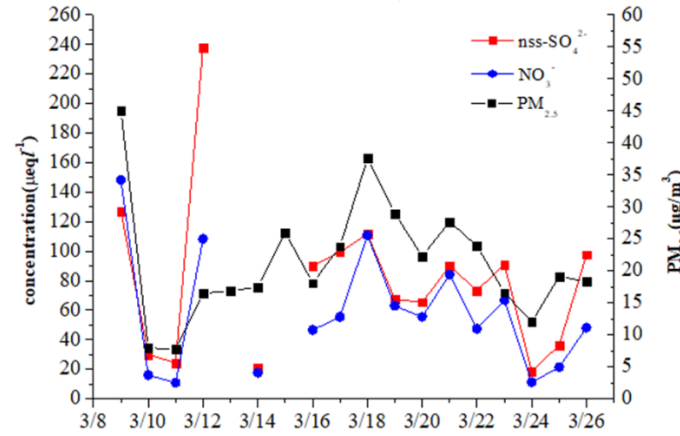
四、解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性

桃園酸雨站 VS. 桃園空品站



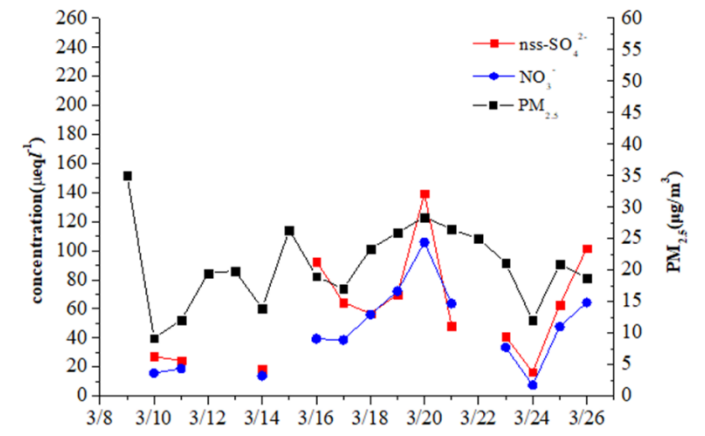
		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.61993*	0.84961*
	Sig.	--	0.02381	2.36E-04
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.61993*	1	0.88871*
	Sig.	0.02381	--	4.88E-05
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.84961*	0.88871*	1
	Sig.	2.36E-04	4.88E-05	--
2-tailed test of significance is used. *: Correlation is significant at the 0.05 level.				

中壢酸雨站 VS. 平鎮空品站



		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.37425	0.81541*
	Sig.	--	0.15327	1.18E-04
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.37425	1	0.78638*
	Sig.	0.15327	--	3.03E-04
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.81541*	0.78638*	1
	Sig.	1.18E-04	3.03E-04	--
2-tailed test of significance is used. *: Correlation is significant at the 0.05 level.				

大園酸雨站 VS. 大園空品站



		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.66377*	0.89412*
	Sig.	--	0.01337	3.75E-05
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.66377*	1	0.86319*
	Sig.	0.01337	--	1.44E-04
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.89412*	0.86319*	1
	Sig.	3.75E-05	1.44E-04	--
2-tailed test of significance is used. *: Correlation is significant at the 0.05 level.				

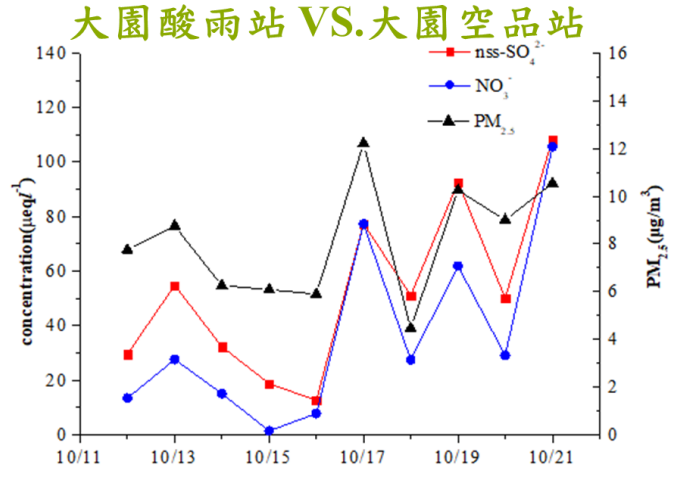
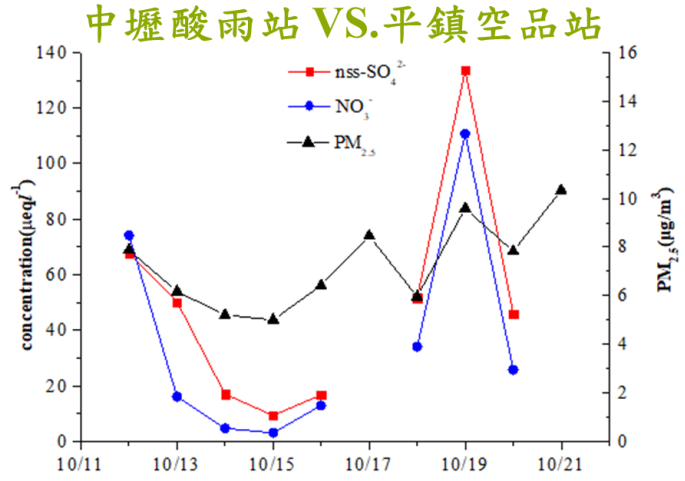
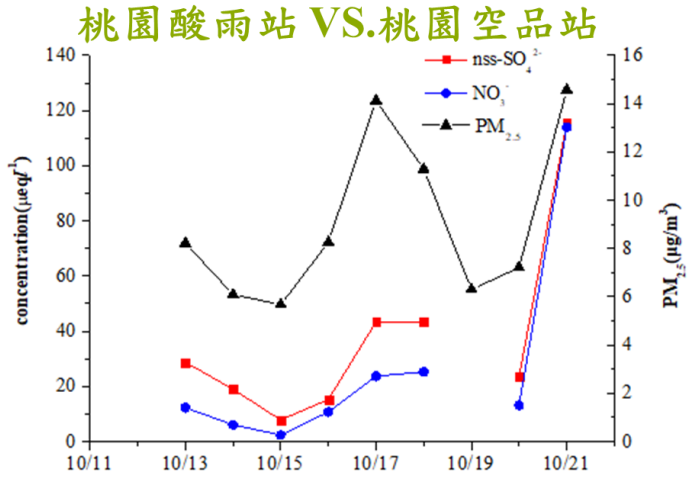
圖 4.5 2016 年春季降雨個案之降水化學與 PM_{2.5} 資料比較

4.2 2017 年秋季降雨個案 (10/10-10/21)

在此事件當中，主要的天氣概況為：10月10-12日受南方雲系及東北風影響，北部及東半部天氣較不穩定，有大範圍大雨以上雨勢，。13日至15日受卡努颱風外圍環流及與東北風的共伴效應影響，全臺有雨；17日至20日東北風逐漸增強，各地氣溫緩緩下降，又因臺灣附近水氣較多，新竹以北及東半部有雨。將此事件三組測站主要致酸離子濃度與PM_{2.5}濃度的時序變化繪製如圖4.6。由圖中可見，三組空品站資料變動情形相近，但因地理位置以及當地局部污染排放情形而略有不同，但以各站間PM_{2.5}、nss-SO₄²⁻與NO₃⁻三者之相關性統計結果來看，三者之間都呈現高度相關且具有顯著性，PM_{2.5}與nss-SO₄²⁻則呈現中度相關，僅中壢站為低相關性，而三站nss-SO₄²⁻與NO₃⁻的變動皆呈現顯著的高度相關，甚至三站之nss-SO₄²⁻與NO₃⁻的相關性更高達0.95以上，顯示在此連續降雨個案中，因天氣型態較不若鋒面有強烈的垂直運動，且可能也較無污染物由雲內清除的效應存在，所以地面監測的空氣品質的變化可反映在雨水中污染物濃度上。

然而，在此個案較為特殊的是在14-15日時，受卡努颱風外圍環流的影響，強風以及大雨洗刷的緣故，三站PM_{2.5}的日平均濃度皆低，約在6-7μg m⁻³之間，致酸離子濃度多在20μeq l⁻¹以下，其後因東北風增強，三者濃度才又逐漸升高。此外，10月17-21日之間，雖然平鎮與大園空品站PM_{2.5}濃度變動情形相近，且其與附近酸雨站之致酸離子濃度也有一致的變動趨勢，但以10/19日，來看，中壢站當日僅收到75g的雨水，相較大園站收到200g的雨水，顯示弱降雨事件會伴隨較高的污染物濃度出現，未來也可以此作為民眾提前預警的參考指標。

四、解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性



		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.81797*	0.74112*
	Sig.	--	0.01309	0.03539
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.81797*	1	0.98382*
	Sig.	0.01309	--	1.05E-05
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.74112*	0.98382*	1
	Sig.	0.03539	1.05E-05	--
2-tailed test of significance is used.				
*: Correlation is significant at the 0.05 level.				

		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.88263*	0.89272*
	Sig.	--	0.00369	0.00284
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.88263*	1	0.94833*
	Sig.	0.00369	--	3.32E-04
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.89272*	0.94833*	1
	Sig.	0.00284	3.32E-04	--
2-tailed test of significance is used.				
*: Correlation is significant at the 0.05 level.				

		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.75751*	0.79076*
	Sig.	--	0.01115	0.00646
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.75751*	1	0.95142*
	Sig.	0.01115	--	2.30E-05
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.79076*	0.95142*	1
	Sig.	0.00646	2.30E-05	--
2-tailed test of significance is used.				
*: Correlation is significant at the 0.05 level.				

圖 4.6 2017 年秋季降雨個案之降水化學與 PM_{2.5} 資料比較

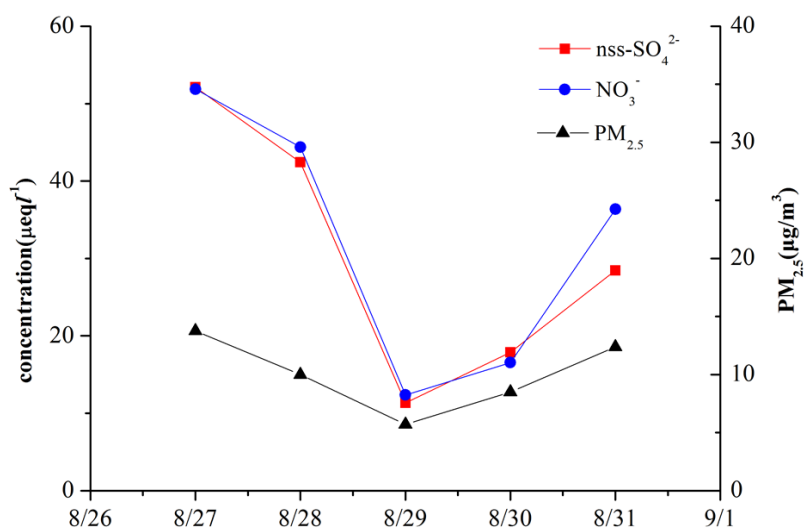
4.3 2018 年夏季降雨個案 (8/27-8/31)

在此事件當中，8月27-29日受西南氣流影響，各地天氣不穩定，南臺灣降雨明顯，有局部大豪雨發生，午後北部及東北部局部地區亦有明顯雨勢；30-31日西南風減弱，北部地區午後仍有局部雷陣雨，其中30日午後北部及東北部有短時強降雨發生。由於此段期間主要降雨的形成原因皆是受到太平洋高壓籠罩，西南氣流流入，北台灣地區於此時受到局部地區熱對流影響，午後產生雷陣雨的型態，此種降雨型態多可認為反應刷洗區域性排放之污染物影響的結果，但由於此種降雨多受局部熱對流影響，降雨區域不一定很寬廣，但特色是降雨強度強且多僅於午後數個小時內即降雨結束，要在此種天氣型態下收集連續多日的降雨個案較不容易，本個案研究期間也僅有中壢站有較多天連續的樣本可進行探討，所以以下僅呈現中壢酸雨站與平鎮空品站比較的結果。

將此事件三組測站主要致酸離子濃度與 $PM_{2.5}$ 濃度的時序變化繪製如圖4.7。由圖中可見，平鎮空品站所監測的 $PM_{2.5}$ 濃度變化與中壢酸雨站中 $nss-SO_4^{2-}$ 與 NO_3^- 的濃度變化三者有一致的變動情形，由相關性統計結果來看，三者之間都呈現高度相關， $nss-SO_4^{2-}$ 與 NO_3^- 的濃度變化更具有顯著性，相關性更高達0.97以上，顯示在此天氣型態的降雨個案中，地面監測的空氣品質的變化亦可反映在雨水中污染物濃度上。

四、解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性

中壢酸雨站 VS. 平鎮空品站



		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.82724	0.87691
	Sig.	--	0.08393	0.05087
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.82724	1	0.97803*
	Sig.	0.08393	--	0.00389
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.87691	0.97803*	1
	Sig.	0.05087	0.00389	--
2-tailed test of significance is used. *: Correlation is significant at the 0.05 level.				

圖 4.7 2018 年夏季降雨個案之降水化學與 PM_{2.5} 資料比較

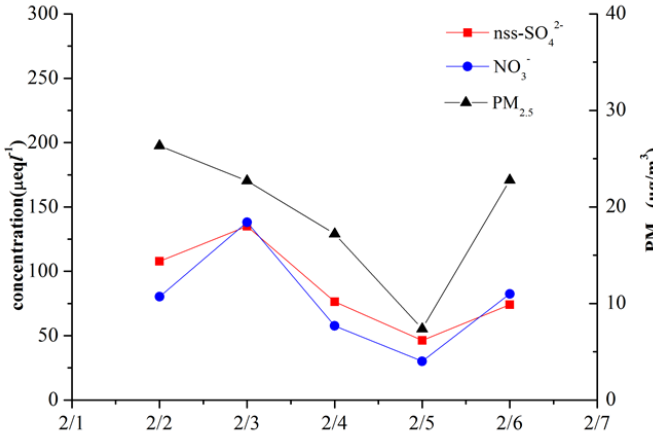
4.4 2017 年冬季降雨個案 (2018/2/2-2018/2/6)

由於前三個案已分別探討春季、秋季與夏季的個案，因沒有冬季個案，所以收集 2018 年 2 月 2-6 日的連續降雨個案以進行冬季個案討論。在此事件當中，主要的天氣概況為：2 月 1-6 日冷空氣一波波南下，受大陸冷氣團甚至寒流影響，氣溫長時間持續偏低，且 2-6 日臺灣中部以北及東半部有短暫雨，南部山區亦有零星雨勢，依據綜觀之天氣概況，此事件降雨的型態主要為東北季風所帶來的降雨。將此事件三組測站主要致酸離子濃度與 $PM_{2.5}$ 濃度的時序變化繪製如圖 4.8。由圖中可見，三組空品站資料變動情形相近，因地理位置以及當地局部污染排放情形而略有不同，平鎮與大園站濃度較為相近，桃園站濃度略低於其他兩站。以各站間 $PM_{2.5}$ 、 $nss-SO_4^{2-}$ 與 NO_3^- 三者之相關性統計結果來看，三者之間都呈現中高度以上的相關程度，其中大園站的高度相關並具顯著性。三站 $nss-SO_4^{2-}$ 與 NO_3^- 的變動皆呈現顯著的高度相關，顯示在此連續降雨個案中，地面監測的空氣品質的變化亦可反映在雨水中污染物濃度上。

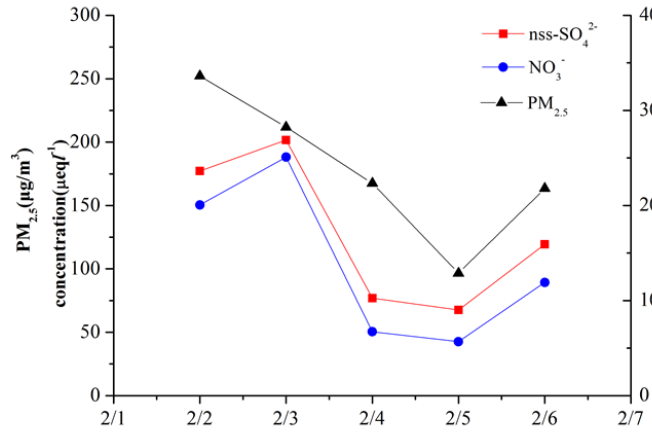
搭配降雨狀況來看，2 月 2-3 日因三站降雨量較低，清除空氣中污染物的能力較弱，所以 $PM_{2.5}$ 濃度減少較緩慢，但 4-5 日有較大的雨勢發生，雨除能力較強導致 $PM_{2.5}$ 濃度快速減少，不過相對地，降雨初期 $nss-SO_4^{2-}$ 與 NO_3^- 濃度較高，隨著降雨增強，濃度也大幅降低，顯示冬季降雨事件若初期降雨尚較緩和時，會伴隨較高的污染物濃度出現，也是比較需要提醒民眾注意酸雨的時刻。

四、解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性

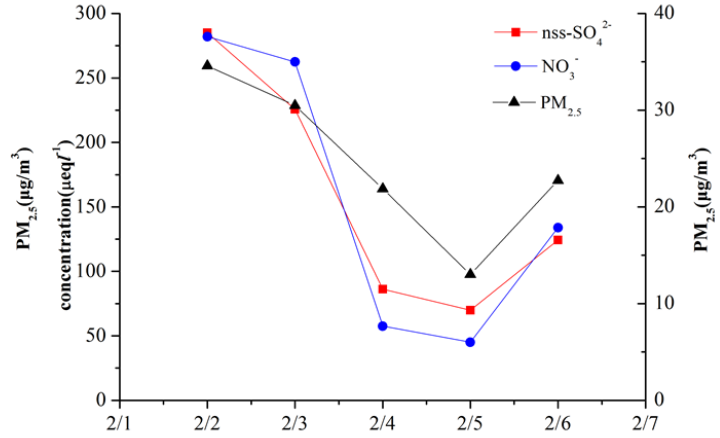
桃園酸雨站 VS. 桃園空品站



中壢酸雨站 VS. 平鎮空品站



大園酸雨站 VS. 大園空品站



		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.76238	0.71903
	Sig.	--	0.13398	0.17105
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.76238	1	0.92646*
	Sig.	0.13398	--	0.02367
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.71903	0.92646*	1
	Sig.	0.17105	0.02367	--
2-tailed test of significance is used. *: Correlation is significant at the 0.05 level.				

		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.84437	0.81611
	Sig.	--	0.07195	0.09201
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.84437	1	0.99675*
	Sig.	0.07195	--	2.22E-04
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.81611	0.99675*	1
	Sig.	0.09201	2.22E-04	--
2-tailed test of significance is used. *: Correlation is significant at the 0.05 level.				

		PM _{2.5}	nss-SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
PM _{2.5}	Pearson Corr.	1	0.94493*	0.9337*
	Sig.	--	0.01538	0.02029
nss-SO ₄ ²⁻	Pearson Corr.	0.94493*	1	0.98156*
	Sig.	0.01538	--	0.003
NO ₃ ⁻	Pearson Corr.	0.9337*	0.98156*	1
	Sig.	0.02029	0.003	--
2-tailed test of significance is used. *: Correlation is significant at the 0.05 level.				

圖 4.8 2017 年冬季降雨個案之降水化學與 PM_{2.5} 資料比較

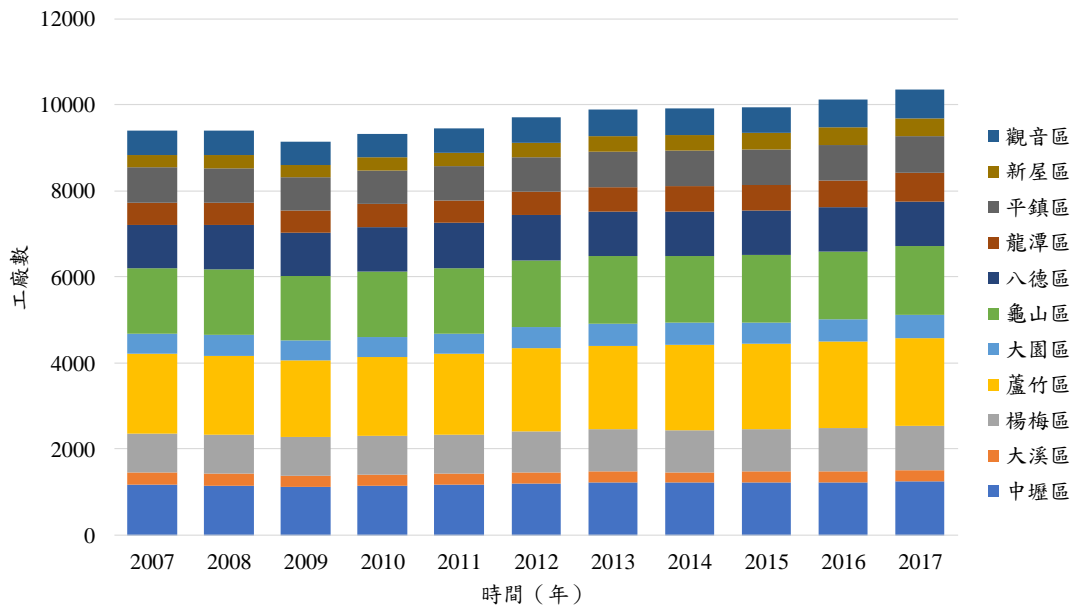
五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與 國內外酸雨相關防制策略與措施

5.1 收集與分析市內重點污染源之排放資料以及其隨 產業變動之變化趨勢

本市工商業發達，擁有林口、龜山、中壢、幼獅、平鎮、大園及觀音等七大工業區，性質皆屬綜合性工業區，而整體工業區年產值約達新臺幣 2.6 兆元，各工業區與附近居民住宅幾乎無分界，甚至商店、學校及住家多在工業區鄰近地點，加上產業性質亦相對複雜，包含塑膠業、機械、電子、紡織、金屬、化學等種產業，導致工業區的污染物排放容易影響附近民眾的生活品質。為推估各行業之空氣污染物排放量，工廠營運家數及行業分佈可作為固定空氣污染源排放量調查的參考指標。圖 5.1 為桃園市 2007 - 2017 年工廠登記家數資料，近 10 年平均工廠登記家數為 10690 家，各年工廠營運家數變動不大，2017 年工廠家數最多 (11,287 家)，2009 年工廠家數最少 (10,182 家)，兩者相差 1105 家，變動幅度約 9.8%。由圖 5.2 顯示 2017 年桃園市內各行業工廠營運家數分布，家數最多者為機械設備製造業 (21.9%)、其次依序為金屬製品製造業 (16.9%)、塑膠製品製造業 (8.35%)、電子零組件製造業 (7.92%)及紡織業 (6.87%)等。

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

(A)



(B)

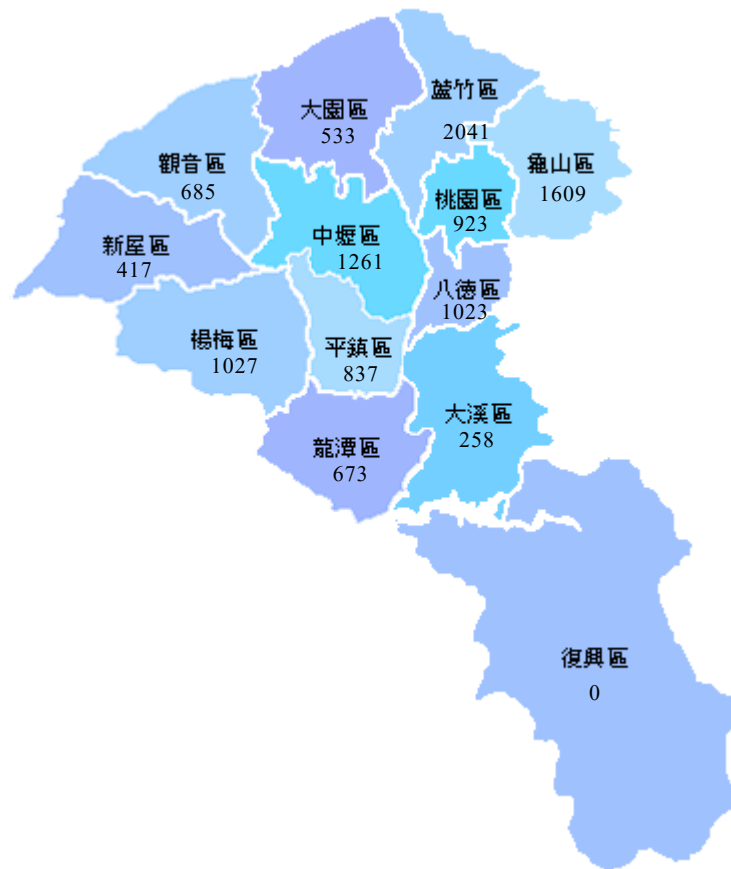


圖 5.1 (A)2007 - 2017 年桃園市工廠營運家數 (B)2017 年桃園市各區工廠營運家數分布圖(桃園市主計處 PX-Web 統計資料庫)

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

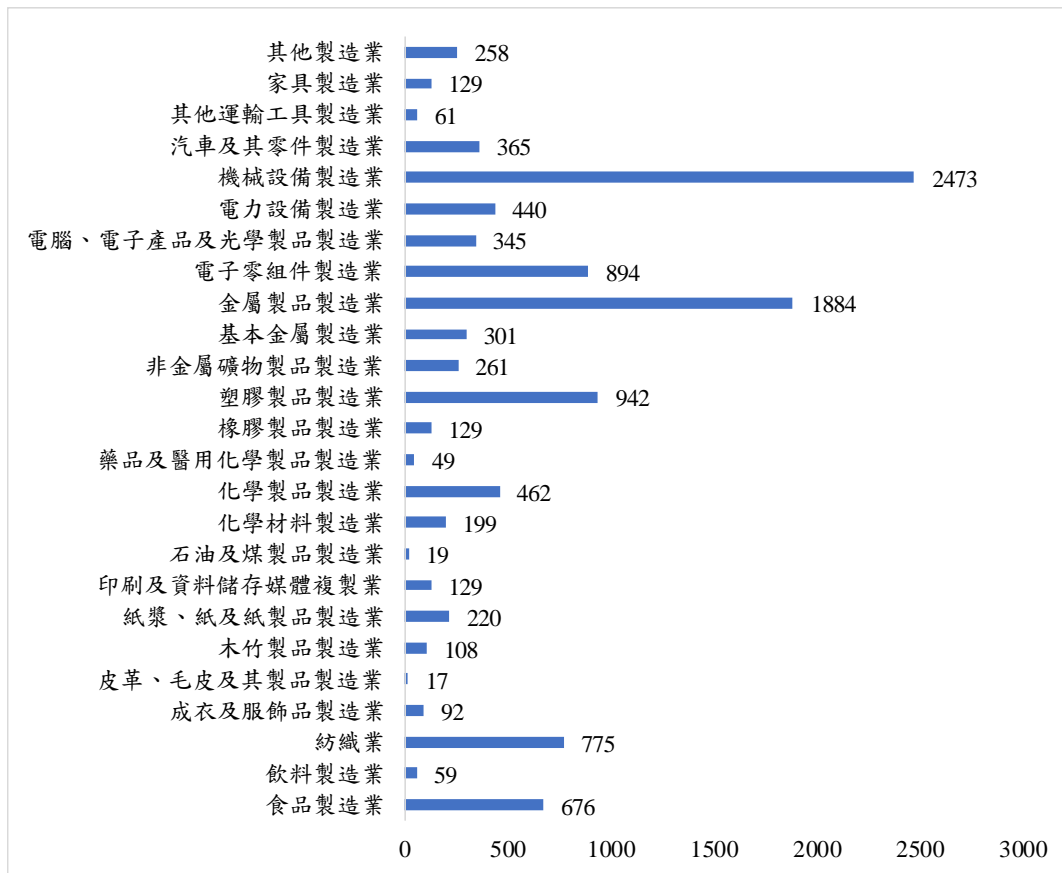


圖 5.2 2017 年桃園市各行業別工廠營運家數
(桃園市主計處 PX-Web 統計資料庫)

行政院環保署於 2016 年 6 月完成 TEDS 9.0 之建置工作，空氣污染物排放量計算以 2013 年為基準年(表 5.1 及表 5.2)，推估本市之 NO_x 年排放量為 40,593 公噸，其中前 3 大污染排放源分別為運輸業、製造業及電力及燃氣供應業，排放量分別為 20,473、8,460 及 6,645 公噸/年，貢獻量分別佔總量之 50.43、20.84 及 16.37%。各類製造業(固定污染源)中以石油及煤製品製造業排放為最大宗(佔總 NO_x 排放量之 4.57%)，其次依序為紡織業(4.28%)及電子零組件製造業(2.60%)。推估 SO_x 年排放量為 8,208 公噸，其中前 3 大排放污染源為製造業、電力及燃氣供應業及運輸業，排放量分別為 7,059、483 及 340 公噸/年，貢獻量分別為 85.99、5.89 及 4.15%；固定污染源排放量以紡織業(25.65%)、化學材料製造業(13.31%)及石油及煤製品製造業(11.26%)為前三大；移動污染

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

源 SO_x 排放量明顯較固定污染源排放量為小。NO_x 與 SO_x 之排放量並非與公司營運家數呈顯著之相關性，視工業製程、型態及其使用之原物料與燃料而定，就 NO_x 及 SO_x 之排放量而言，石油及煤製品製造業、化學材料製造業、紡織業、電子零組件製造業及運輸業為桃園市應納為重點管制之行業；此外 NO_x 排放量控制需將移動污染源一併納入管制。

表 5.1 2013 年桃園市各行業氮氧化物及硫氧化物污染排放清冊
(排放量版次 TEDS 9.0，推估基準年：2013 年)

行業別	SO _x		NO _x	
	公噸／年	百分比	公噸／年	百分比
農、林、魚、牧業	21	0.25%	57	0.14%
礦業及土石採取業	0	0.00%	3	0.01%
製造業	7,059	85.99%	8,460	20.84%
電力及燃氣供應業	483	5.89%	6,645	16.37%
用水供應及污染整治業	66	0.80%	598	1.47%
住宿及餐飲業	88	1.07%	170	0.42%
運輸業	340	4.15%	20,473	50.43%
其他服務業	25	0.30%	93	0.23%
營造業	0	0.00%	24	0.06%
政府	2	0.03%	3	0.01%
家庭	73	0.89%	4,030	9.93%
其他	51	0.62%	37	0.09%
總和	8,208		40,593	

表 5.2 2013 年桃園市製造業氮氧化物及硫氧化物污染排放清冊
(排放量版次 TEDS 9.0，推估基準年：2013 年)

行業別	SO _x		NO _x	
	公噸／年	百分比	公噸／年	百分比
食品製造業	229	2.78%	200	0.49%
飲料製造業	83	1.01%	78	0.19%
紡織業	2,106	25.65%	1,739	4.28%
皮革、毛皮及其製品製造業	1	0.01%	1	0.00%
木竹製品製造業	20	0.25%	25	0.06%
紙漿、紙及紙製品製造業	838	10.20%	994	2.45%
印刷及資料儲存媒體複製業	10	0.13%	10	0.02%
化學材料製造業	1,092	13.31%	888	2.19%
化學製品製造業	254	3.10%	223	0.55%
石油及煤製品製造業	924	11.26%	1,854	4.57%
橡膠製品製造業	72	0.87%	52	0.13%
塑膠製品製造業	317	3.86%	246	0.61%
非金屬礦物製品製造業	296	3.60%	427	1.05%
基本金屬製造業	148	1.80%	235	0.58%
金屬製品製造業	82	1.00%	114	0.28%
機械設備製造業	25	0.31%	27	0.07%
電腦、電子產品及光學製品製造業	21	0.25%	32	0.08%
電子零組件製造業	310	3.77%	1,057	2.60%
電力設備製造業	11	0.13%	26	0.06%
汽車及其零件製造業	22	0.27%	57	0.14%
其他運輸工具及其零件製造業	6	0.08%	9	0.02%
藥品及醫用化學製品製造業	69	0.84%	54	0.13%
其他製造業	123	1.49%	113	0.28%

因各版本推估方法不同，導致不同年份之 TEDS 排放量推估結果有所差異，也造成歷年排放量不連續的情況產生，上述現象並非經濟與社會等因素影響活動強度變化所造成，當新版基準年排放清冊製作完成後，將以此結果與推估方法為基準，重新回溯歷年排放量，同時參考最新社會、經濟與能源等排放量變動影響因子未來預測結果，推估各污染源排放趨勢。2017 年 1 月 TEDS 9.0 更新 1994 至 2021 年污

染物排放量回溯推估及未來年預測推估結果(圖 5.3)。

1. 歷年排放量推估方法，係以各污染源依據 TEDS 9.0 推估方法為架構，蒐集歷年活動強度資料與空氣污染管制政策施行歷程，逐年推估各年份污染物排放量。
2. 未來排放量推估方法，則區分為自然成長排放量與管制後排放量推估兩部份：
 - i. 自然成長排放量指所有管制策略與基準年相同，僅考量活動強度隨著社會、經濟與能源等因素變化之排放量預測，目前係參考臺灣經濟研究院於 2013 年出版之《我國主要碳排放部門能源需求預測》針對工業部門、運輸部門、服務部門及住宅部門所推估之結果預測未來年排放量至 2021 年；
 - ii. 管制後排放量為在自然成長排放量推估結果中進一步考量未來年預計施行管制措施所造成之減量效益，主要納入環保署預計施行之加嚴管制標準、措施與縣市空氣品質管制策略規劃預測等項目。

由圖 5.3 之排放量趨勢計算 1994 至 2013 年之 20 年間 SO_x 及 NO_x 排放量減少幅度分別為 63% 及 37%，顯示國內之空氣污染防制已有顯著成效，但仍應繼續努力以期進一步改善空氣品質及降低酸雨污染。自 1994 年起桃園市內 SO_x 及 NO_x 排放量逐年下降，2007-2012 年呈現小幅度的震盪，推論與低硫鍋爐油及燃料油之價格上漲，導致部分工廠改用高污染之固態燃料有關；而 2014 年各工廠排放標準依據「固定污染源空氣污染物排放標準」加嚴規定，未能符合該標準之工廠需進行污染改善或擴充提升空氣污染防制設備工程，也造成施工期間排放量不穩定。2013 年 SO_x 排放量為 8210 公噸/年，為推估歷年之最低

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

排放量。2014-2021 年推估 SO_x 排放量呈些微增加趨勢；2013 至 2021 年推估之 NO_x 排放量則呈小幅度下降趨勢。

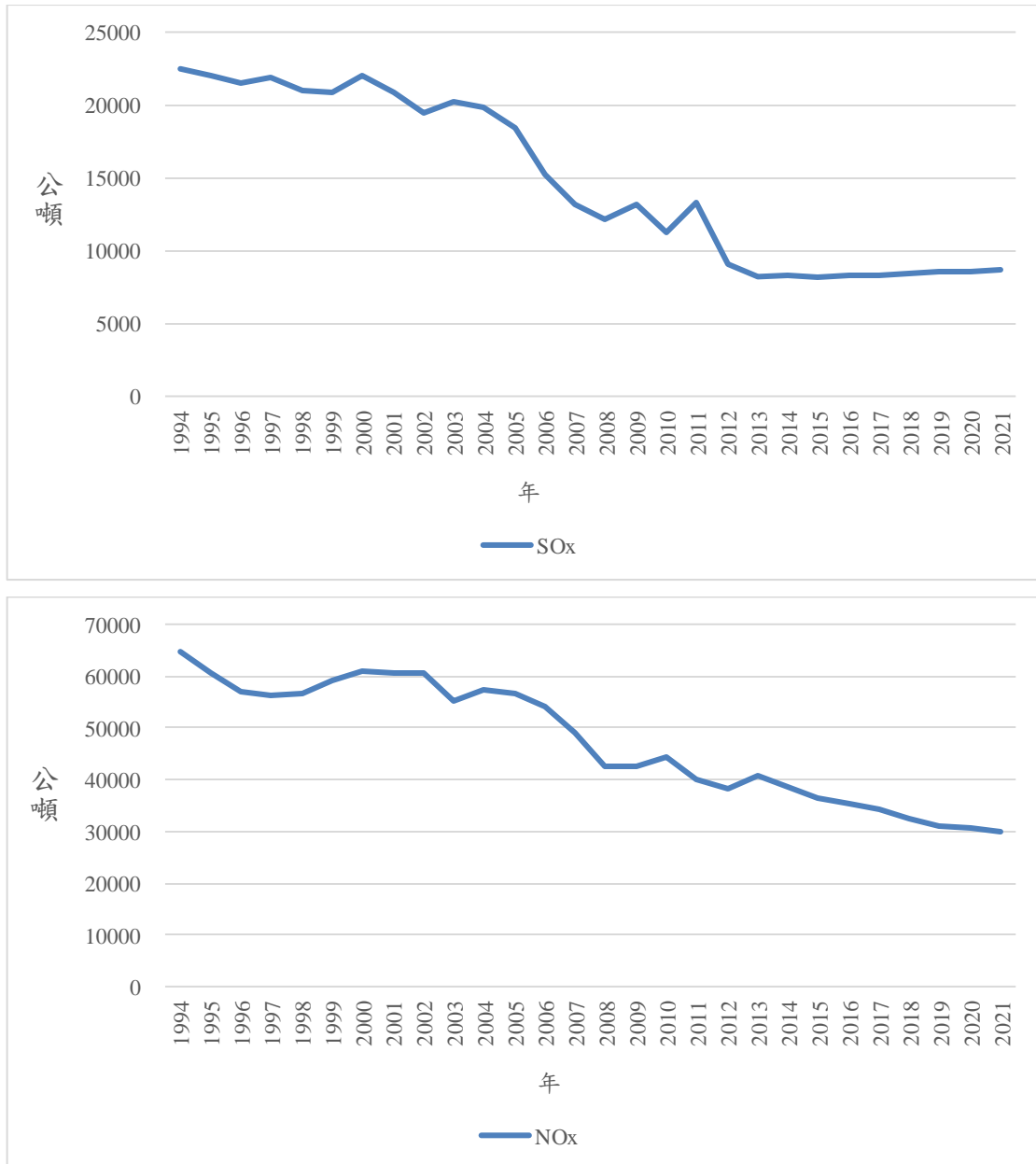


圖 5.3 1994-2021 年桃園市 SO_x 及 NO_x 排放量回溯推估及未來年預測推估

(排放量版次 TEDS 9.0，推估基準年：2013 年)

根據 TEDS 2013 年桃園市各行業氮氧化物及硫氧化物污染排放清冊，電力及燃氣供應業之 NO_x 排放量佔 16.37%，年排放量為 6,645 公噸/年，因此火力發電廠為桃園市重要 NO_x 之排放污染源之一，而桃園市目前營運中之火力發電廠計有國營之大潭電廠，及民營之國光電廠和海湖電廠：

➤ 大潭發電廠

大潭發電廠位於桃園市觀音區大潭里，是以天然氣為燃料之複循環火力發電廠，總裝置容量達 4384MW，其一年之發電量約 288 億度電，2014 年天然氣用量達 333 萬公噸，為北部最大單一發電廠，此電廠所產生之電量約佔新竹以北地區三分之一的用電量，供應全台約 10% 的電量，目前設有 6 部機組，而未來台電將在大潭電廠增加 4 部機組以增加大潭電廠之發電量，預計於 2025 年完成 4 部機組的裝設及運作。

表 5.3 顯示大潭電廠於 2010-2014 年間之天然氣用量及 NO_x 排放量呈逐年上升趨勢，目前一年之 NO_x 排放量達 4845 公噸，為桃園市最大 NO_x 排放源。由於大潭電廠現有六部機組均未裝設 SCR(選擇性觸媒還原系統)， NO_x 排放濃度偏高，應督促該廠積極裝設 SCR 設備或採用低氮氧化物燃燒設備(low NO_x burner)，以有效降低 NO_x 排放量。而目前台灣電力公司於 2018 年至 2022 年將第 1~6 號機進行低氮氧化物燃燒器(LNB)更新，以及第 3~6 號機增設選擇性觸媒還原設備(SCR)，預期 NO_x 減量至 2,401(公噸/年)。

表 5.3 大潭電廠民 2010-2014 年 NO_x 年排放值及天然氣用量

年度	NO _x 年 排放值 (公噸)	天然氣 用量 (萬公噸)
2010 年	2499	186
2011 年	2306	187
2012 年	4356	285
2013 年	4835	316
2014 年	4841	333

➤ **國光電廠**

國光電廠位於桃園市龜山區，係以天然氣為燃料之複循環發電廠，屬於民營發電廠。國光電廠總裝置容量為 480 MW，主要設備為兩部氣渦輪發電機組，兩座廢熱回收鍋爐(三壓再熱式自然循環)，一部汽輪發電機組，及氣冷式冷凝器與相關附屬設備，而於 2018 年國光電廠氮氧化物排放量約為 380 公噸，及粒狀物排放量約為 4 公噸。

➤ **海湖電廠**

海湖發電廠為一座位於臺灣桃園市蘆竹區的火力發電廠，由長生電力公司擁有，並將所生產之電力售予台灣電力公司，屬於民營發電廠。海湖電廠裝設有兩部天然氣發電機組，每部發電機組裝置容量為 450 MW，兩部機組總裝置容量為 900 MW，而於 2018 年海湖電廠一號機及二號機氮氧化物排放量分別約為 150 公噸、144 公噸，及粒狀物排放量分別為 10 公噸。

製造業分別佔桃園市 SO_x 及 NO_x 排放總量的 85.99% 及 20.84%，為桃園市最大的 SO_x 排放源，第二大 NO_x 排放源，而桃園煉油廠又是製造業中最重要的 SO_x 及 NO_x 排放源：

➤ **中油桃園煉油廠**

桃園煉油廠為台灣中油公司最主要的石油煉製廠之一，主廠區位

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

於桃園市龜山區南上里。台灣中油公司為配合國家經濟發展及國內油品需求，於 1970 年開始籌劃建廠，1977 年 6 月正式生產，於 1984 年及 1987 年起陸續投資興建製汽油脫硫工廠及第一重油脫硫工場，生產低硫燃料油，並分別於 1990 年完成第二重油脫硫工場及 1991 年 7 月完成航空燃油加氫脫硫工場，另為因應國內油品需求日益增加及空氣品質要求日漸提升，於 1993 年起陸續興建異構化、第二蒸餾、第二柴油加氫脫硫及第二煤組等工場，並於 1995 年 7 月全部完成，使本廠原油煉量提升至每日 20 萬桶。為因應經濟成長及降低汽油苯與含硫量及柴油含硫量的要求，該廠分別於 2001 年完成減苯裝置，2002 年完成重油轉化工場，2003 年完成烷化工場，2008 年完成第二柴油工場及 2009 年完成真空脫硫工場去瓶頸(Revamping)，生產 10 ppm 含硫量柴油，2009 年完成轉化處理工場生產含硫量為 10 ppm 汽油，以改善汽柴油品質、滿足環保需求及供應臺灣北部地區所需油料，展望未來仍需持續提升空氣污染防制設備之去除效率以降低 NO_x 及 SO_x 排放量。

國內法規對於部分中小型鍋爐之生煤許可管制及污染物排放標準較為寬鬆，且中小型鍋爐之防制設備較不完善，容易排放更高濃度的 NO_x 及 SO_x，因此需對中小型鍋爐之生煤許可及污染物排放標準予以加嚴，以提升空氣污染防制設備效率，減少 NO_x 及 SO_x 之排放，圖 5.4 為桃園市 2013-2017 年生煤使用量，顯示本市近五年之生煤使用量仍呈逐步上升趨勢，未來仍應加強生煤使用量之控管並推廣鍋爐改燒天然氣以降低 NO_x 及 SO_x 排放量。環保署於 2018 年 9 月 19 日訂定發布「鍋爐空氣污染物排放標準」加強管制鍋爐空氣污染物排放，包括粒狀污染物排放標準(30 mg/Nm³)、硫氧化物排放標準(50 ppm)，及氮氧化物排放標準(100 ppm)，並使所有鍋爐須於 2020 年 7 月 1 日

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

符合本標準，預期其硫氧化物、氮氧化物及粒狀污染物可分別減量 8,567 公噸/年、4,247 公噸/年及 2,598 公噸。

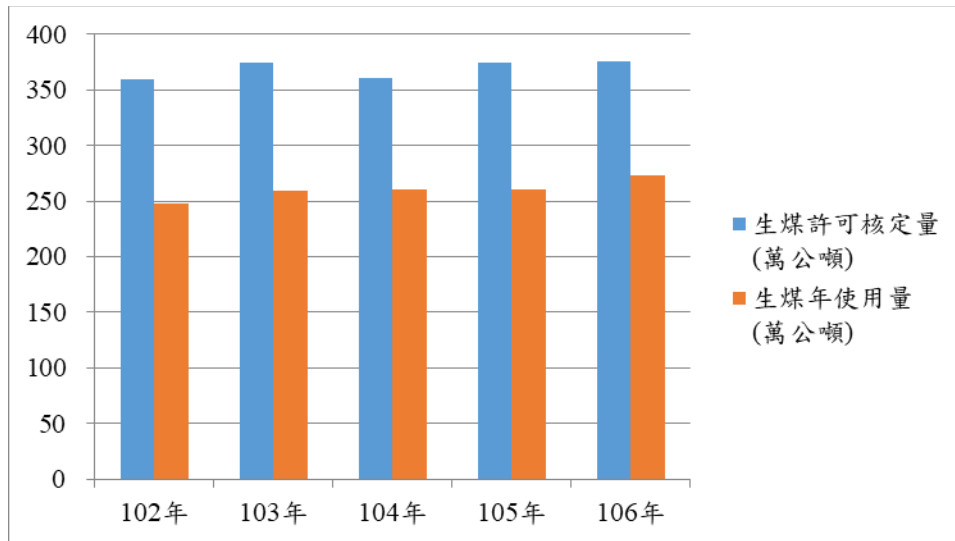


圖 5.4 桃園市 2013-2017 年生煤使用量

圖 5.5-5.8 為桃園市環境保護局 106 年度空氣污染綜合防制及應變計畫中，調查桃園市 2017 年固定污染源粒狀污染物排放量之空間分布、固定污染源硫氧化物排放量之空間分布、固定污染氮氧化物排放量之空間分布及電力業排放空間分布示意圖。由圖可知污染物之排放量與工業區及工廠所在位置息息相關，桃園市中又以觀音區具有最大之污染物排放量，觀音工業區以化工、金屬、電子電器、紡織染整加工為主，未來應加強此區之空氣品質監測及空氣污染物排放控制。

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

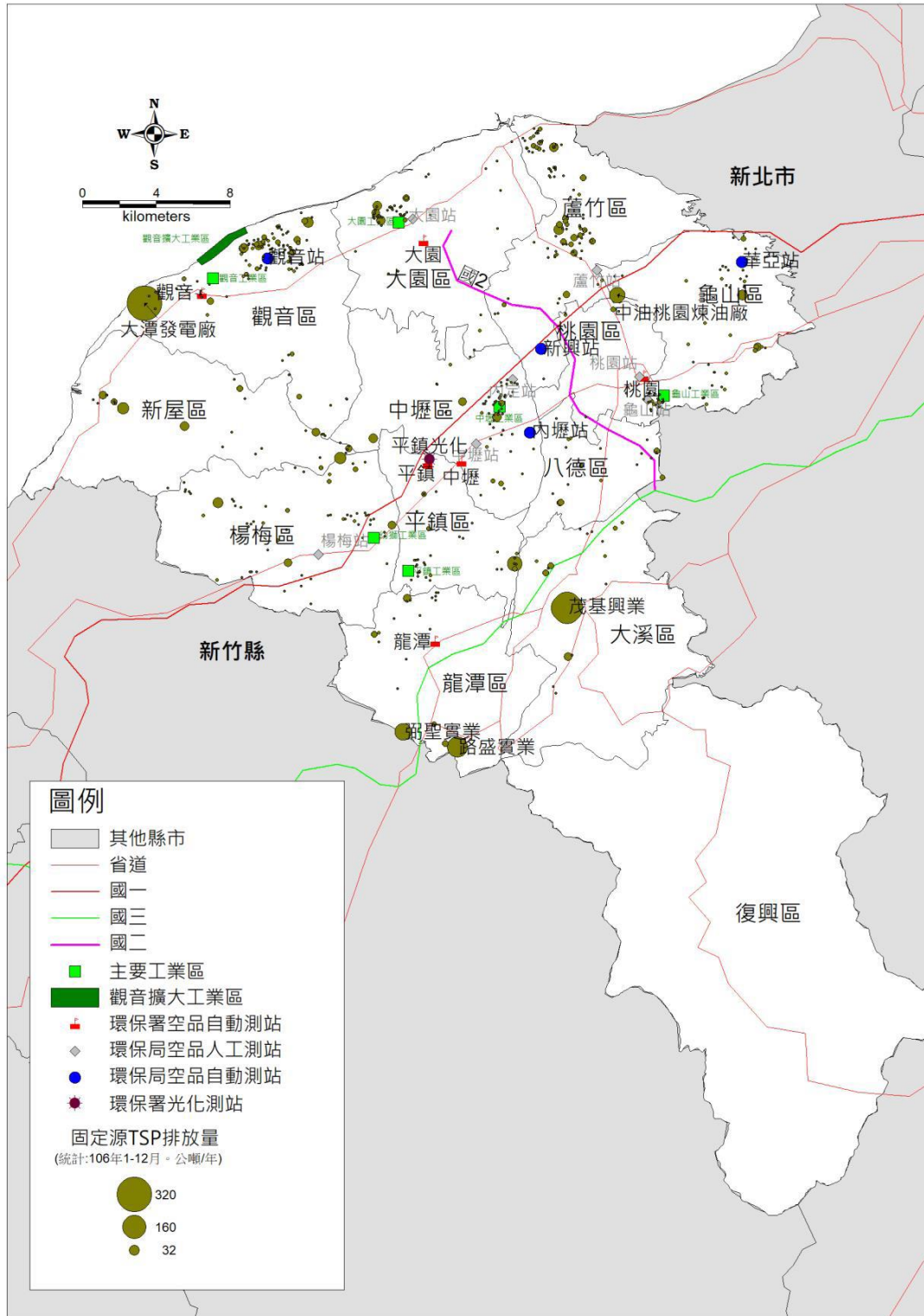


圖 5.5 桃園市 2017 年固定污染源粒狀污染物排放量空間分布示意圖

(摘自陳等，2018)

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

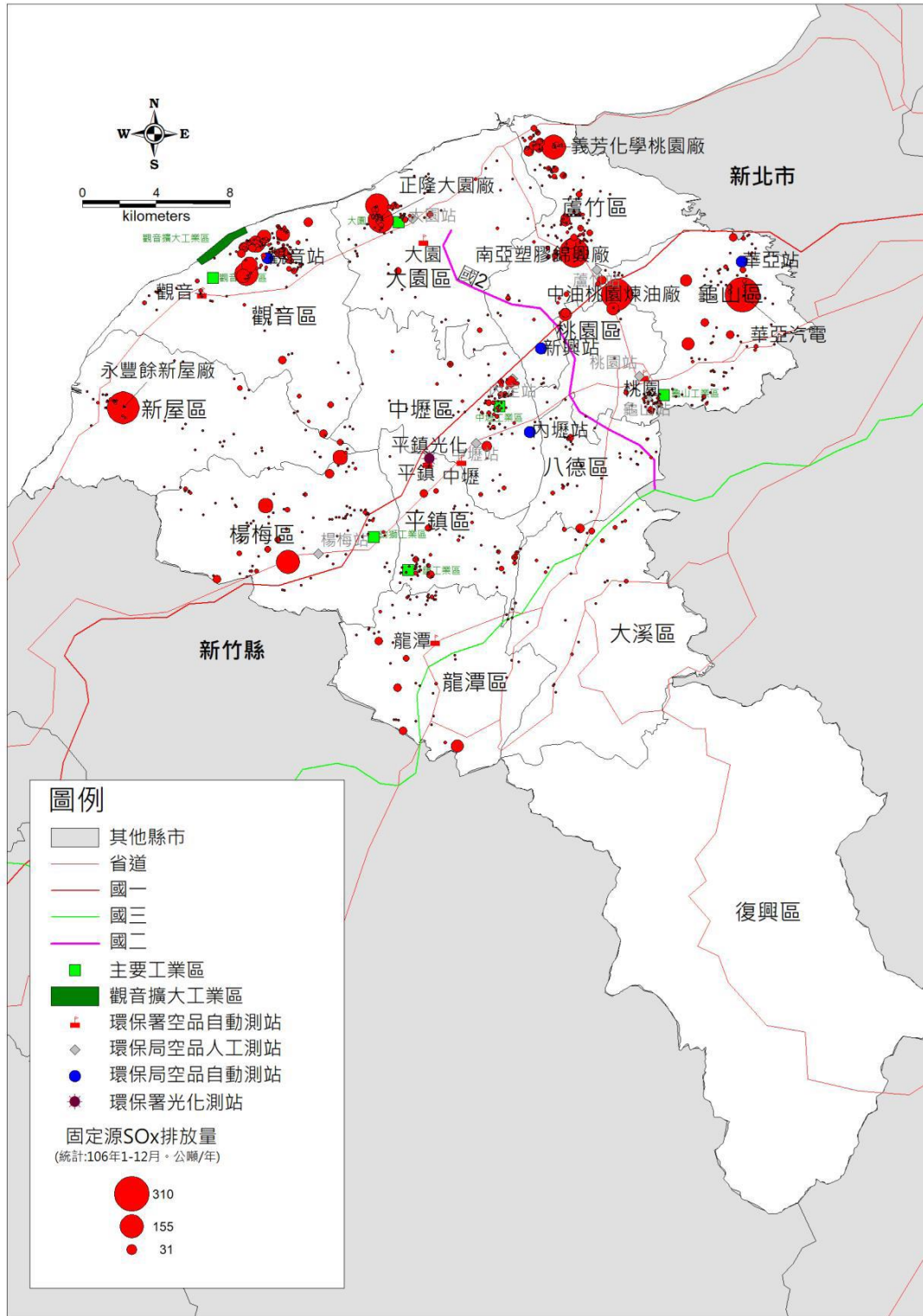


圖 5.6 桃園市 2017 年固定污染源硫氧化物排放量空間分布示意圖
(摘自陳等, 2018)

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

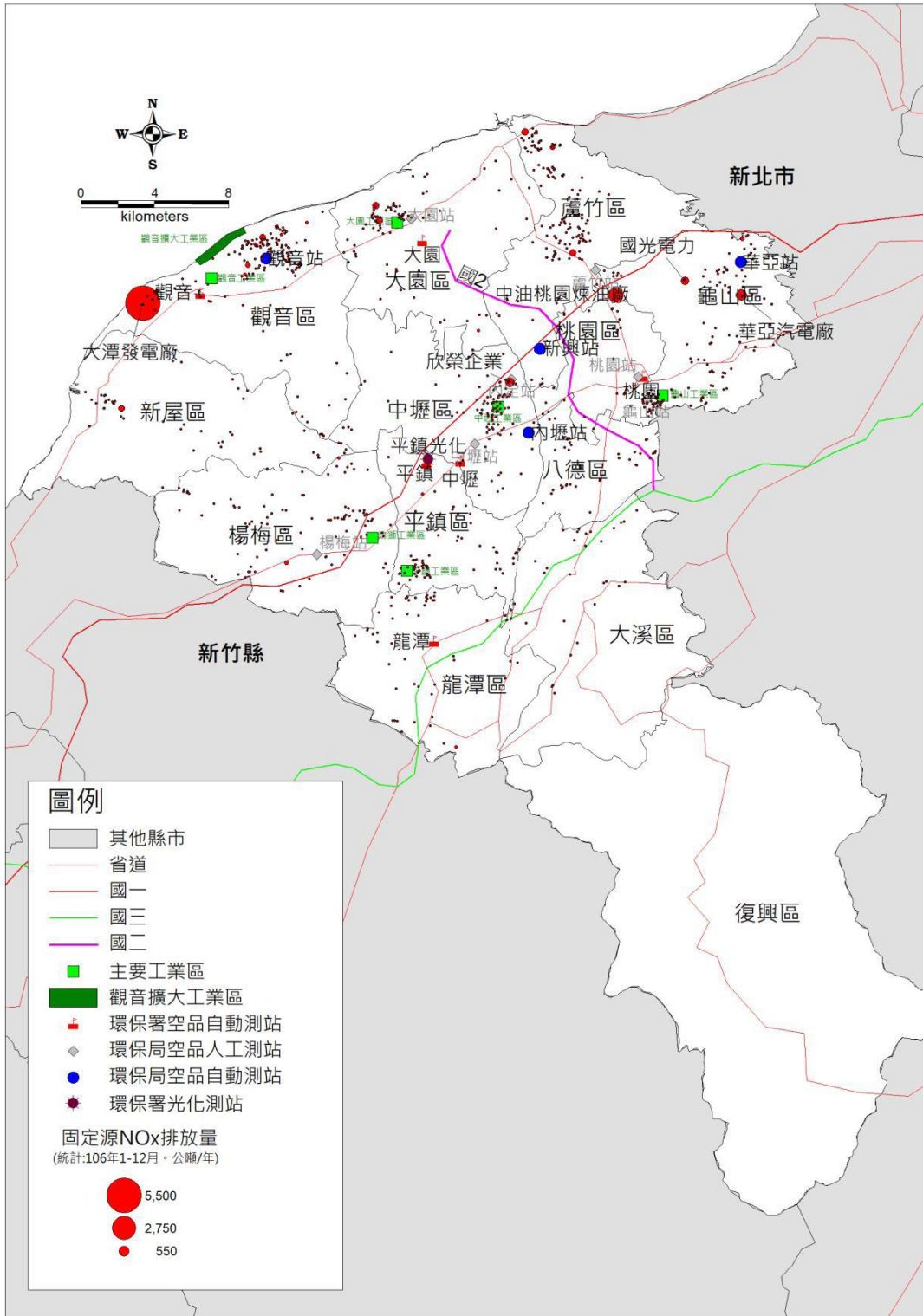


圖 5.7 桃園市 2017 年固定污染氮氧化物排放量空間分布示意圖
(摘自陳等，2018)

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

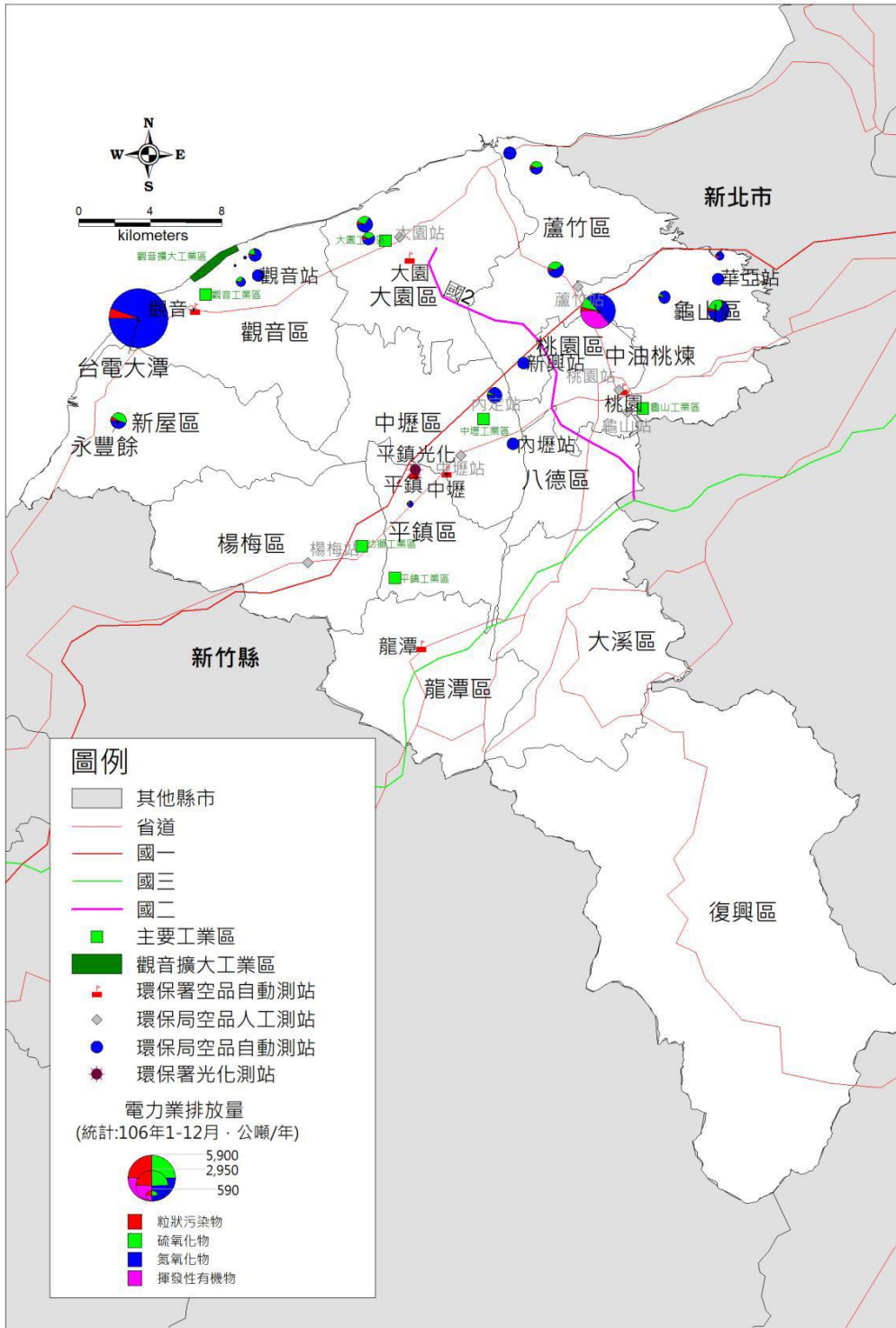


圖 5.8 桃園市 2017 年電力業排放空間分布示意圖

(摘自陳等，2018)

5.2 相關防制策略與措施之收集

5.2.1 國內外空氣污染物管制策略

國內於 1960 年代開始發展以出口為導向的工業，而重工業大多為高污染高耗能產業，政府參考各國管制標準，於 1975 年公告並施行空氣污染防制法。隨著時代變遷，民眾環境意識日高，健康意識抬頭，空氣品質管理策略也隨之演變，至今空氣污染防制法已進行八次修訂，但仍不能滿足民眾對良好空氣品質的期待。環保署依空氣品質需求及空氣品質標準劃定各級防制區、制定空氣污染預警制度、防止空氣品質惡化等規定；為有效管制污染源，引進固定污染源許可及自行檢測申報制度，車型審驗制度，依污染者付費精神，徵收空污費制度，與增訂總量管制、污染泡、排放抵換、儲存等制度，以達到維護環境永續與民眾健康的立法目的。

大氣細懸浮微粒來源除原生性微粒外，亦包含來自以有機化合物、 NO_x 及 SO_x 為前驅物所衍生之二次細懸浮微粒。因此 $\text{PM}_{2.5}$ 的控制除原生性細微粒外，前驅物之排放亦需予以有效控制。表 5.4 整理國內自 1975 年空氣污染防制法公告以來，與 PM、氮氧化物及硫氧化物排放管制有關法規及公告日期與修正日期，表 5.5 並摘錄與 NO_x 及 SO_x 相關法規之重要發布內容。由表 5.4 與表 5.5 可知國內與 PM、氮氧化物及硫氧化物等三種污染物有關之法規命令公告與修正相當頻繁，且法規會因新設與既有工廠的設立時間不同，而有排放標準加嚴立即實施與分階段排放濃度加嚴實施之差異，因此由其中標出數個重要環保法規公告時間點，探討法規控制污染物之效益。1992 年公告固定污染源空氣污染物排放標準，隨後 1995 年空氣污染防制費收費辦法公告施行，國內大氣中氮氧化物及硫氧化物濃度即亦明顯下降趨勢，2003

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

年固定污染源空氣污染物連續自動檢測設施管理辦法公告後，污染物濃度由逐步降低趨勢再次呈明顯下降趨勢，顯示國內之空氣污染防制已獲初步成效。

表 5.4 國內 PM、氮氧化物及硫氧化物排放管制相關法規修訂彙整

公告日期	修正日期	法規命令
1975/5/23		空氣污染防制法
1976/10/20		空氣污染防制法施行細則
1980/6/5		交通工具空氣污染物排放標準
1982/11/26		交通工具排放空氣污染物檢驗及處理辦法
1992/4/10		固定污染源空氣污染物排放標準
1992/11/30		廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準
1993/4/2		鋼鐵業燒結工場空氣污染物排放標準
1993/5/7		固定污染源設置與操作許可證管理辦法
1993/8/2		空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法
1993/12/24		玻璃業氮氧化物排放標準
1994/1/21		特殊性工業區緩衝地帶及空氣品質監測設施設置標準
1994/5/4		電力設施空氣污染物排放標準
1995/3/23		空氣污染防制費收費辦法
1999/1/6		半導體製造業空氣污染管制及排放標準
	1999/3/17	玻璃業氮氧化物排放標準
	1999/8/11	交通工具排放空氣污染物檢驗及處理辦法
1999/9/15		交通工具違反空氣污染防制法裁罰準則
1999/12/15		車用汽柴油成分管制標準
	2000/9/20	空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法
2001/10/24		機器腳踏車車型排氣審驗合格證明核發撤銷及廢止辦法
2002/10/30		固定污染源最佳可行控制技術
2002/10/30		新（增）設或變更固定污染源空氣污染物排放量規模
	2002/10/16	半導體製造業空氣污染管制及排放標準
2003/2/19		固定污染源自行或委託檢測及申報管理辦法
2003/7/9		公私場所固定污染源申請改善排放空氣污染物總量及濃度管理辦法
2003/7/23		既存固定污染源污染物排放量認可準則
	2003/7/23	空氣污染防制法施行細則
2003/8/6		公私場所固定污染源空氣污染物排放量申報管理辦法
2003/12/3		固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

公告日期	修正日期	法規命令
	2006/12/25	廢棄物焚化爐空氣污染物排放標準
	2007/10/26	機器腳踏車車型排氣審驗合格證明核發撤銷及廢止辦法
	2007/11/21	固定污染源設置與操作許可證管理辦法
2008/11/28		公私場所固定污染源申報空氣污染防制費之硫氧化物及氮氧化物排放係數及控制效率規定
2008/3/7		公私場所固定污染源空氣污染防制設備空氣污染防制費減免辦法
	2009/7/29	車用汽柴油成分管制標準
	2011/1/5	電力設施空氣污染物排放標準
	2011/6/24	既存固定污染源污染物排放量認可準則
2011/7/6		固定污染源空氣污染物削減量差額認可保留抵換及交易辦法
	2012/1/19	公私場所固定污染源申報空氣污染防制費之硫氧化物及氮氧化物排放係數及控制效率規定
	2012/6/14	鋼鐵業燒結工場空氣污染物排放標準
	2012/9/6	空氣污染防制費收費辦法
	2012/11/2	交通工具違反空氣污染防制法裁罰準則
	2012/12/19	空氣污染防制法
	2013/3/29	公私場所固定污染源空氣污染物排放量申報管理辦法
	2013/4/24	固定污染源空氣污染物排放標準
	2014/3/5	特殊性工業區緩衝地帶及空氣品質監測設施設置標準
	2014/3/21	交通工具空氣污染物排放標準
	2014/4/23	固定污染源空氣污染物排放標準
	2014/11/14	玻璃業空氣污染物排放標準
	2014/12/01	電力設施空氣污染物排放標準
	2015/5/26	固定污染源最佳可行控制技術
	2015/12/30	新（增）設或變更固定污染源空氣污染物排放量規模
	2016/11/18	陶瓷業空氣污染物排放標準
	2017/2/13	固定污染源設置與操作許可證管理辦法
	2017/4/27	交通工具空氣污染物排放標準
	2017/8/11	機動車輛排放空氣污染物及噪音檢驗測定機構管理辦法
	2018/6/29	固定污染源空氣污染防制費收費費率
	2018/8/1	空氣污染防制法

表 5.5 環保署歷年管制空氣污染物排放重要措施

年	重要措施
1992	● 修定空氣污染防制法，規定各級主管機關應依污染源排放空氣污染物之種類及排放量，徵收空氣污染防制費用，採用行政管制與經濟誘因之雙軌制度。
1995	● 7月1日開徵空氣污染防制費(空污費)，目的在於獎勵業者使用低含硫量之燃料，依其使用量及含硫量由中央統籌向固定污染源(工廠)及移動污染源(車輛)徵收，並成立單位預算特種基金，將徵收所得之空污費專款專用於空氣污染防制工作。
1996	● 7月1日起，於台北、台中及高雄等共計七個縣市，實施燃料油含硫量再降至0.5%以下之規定。
1997	● 高級柴油含硫量自7月起降至0.15%。
1998	<ul style="list-style-type: none"> ● 自1月起，柴油含硫量再降至0.05%之規定。 ● 自1月1日起於桃園市、10月起於屏東縣實施燃料油含硫量再降至0.5%以下之規定。 ● 7月起，為促進業者增設污染防制設備及提高防制效率，空污費實施第二階段徵收，對固定污染源依空氣污染物的種類及其實際排放量按季徵收硫氧化物及氮氧化物的空氣污染防制費，以專款專用方式用於空氣污染防制工作。
1999	● 環保署公告石油焦及生煤等高硫分之燃料為易致空氣污染之物質，未經許可不得販賣或使用。因石油焦每公噸需繳交1,000元之空氣污染防制費，工廠以其為燃料之情形已減少。
2001	● 電力及汽電共生設施硫氧化物排放標準，7月起加嚴至200-300 ppm。
2002	<ul style="list-style-type: none"> ● 自7月起，柴油含硫量再降至0.035%。 ● 空污費7月起，針對延遲繳納之業者加計滯納金並修正利息計算。 ● 10月為響應政府行政作業電子化，開放公私立場所網路申報作業。
2005	● 自7月起全國各縣市全面使用0.5%以下低硫燃料油，硫氧化物排放標準亦降為300 ppm
2006	● 公告SO _x 及NO _x 收費費率機制變更以累進方式計算，並對VOCs開徵空污費。
2011	● 自7月1日起柴油硫含量加嚴至10 mg/kg
2012	● 自1月1日起汽油硫含量加嚴至10 mg/kg
2012	<ul style="list-style-type: none"> ● 6月起鋼鐵業燒結工場空氣污染物排放標準加嚴： ● 粒狀污染物排放標準：新設工場為20 mg/Nm³，既存燒結工

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

	<p>場為 75 mg/ Nm³。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 硫氧化物排放標準： ■ 2005 年 12 月以前設置之工場為 175 ppm， ■ 2006 年 1 月以後設置以前設置之工場為 100 ppm， ■ 新設工場為 50 ppm。 ● 氮氧化物排放標準： ■ 1986 年 12 月以前設置之工場為 290 ppm， ■ 1987 年 1 月以後設置之工場為 170 ppm， ■ 新設工場為 65 ppm。
2014	<ul style="list-style-type: none"> ● 自 1 月 1 日起既存燒結工場粒狀污染物排放標準加嚴 30 mg/ Nm³。
2016	<ul style="list-style-type: none"> ● 自 5 月起，1987 年 1 月至 2005 年 12 月設置燒結工場者，應符合硫氧化物排放標準 100 ppm。
2018	<ul style="list-style-type: none"> ● 自 1 月 1 日起，1979 年 1 月至 1986 年 12 月設置燒結工場者，應符合硫氧化物排放標準 100 ppm。 ● 自 1 月 1 日起，1995 年 12 月以前設置燒結工場者，應符合氮氧化物排放標準 100 ppm。
2019	<ul style="list-style-type: none"> ● 環保署 2018 年 9 月 19 日訂定發布「鍋爐空氣污染物排放標準」加強管制鍋爐空氣污染物排放 ● 粒狀污染物排放標準：30 mg/Nm³ ● 硫氧化物排放標準：50 ppm ● 氮氧化物排放標準：100 ppm ● 所有鍋爐須於 2020 年 7 月 1 日符合本標準，預期其硫氧化物、氮氧化物及粒狀污染物可分別減量 8,567 公噸/年、4,247 公噸/年及 2,598 公噸。 ● 環保署 2019 年 4 月 12 日公告，為強化公私場所固定污染源排放管道連續自動監測設施 (CEMS) 監測管理制度，修正發布「固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法」；包括新增數據採擷及處理系統 (DAHS) 封存與查核比對機制，以及提高監測數據與紀錄文件等資料保存年限等作法。

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

表 5.6 彙整先進地區國家包括美國、加拿大及歐盟及鄰近國家如中國、日本因應酸沉降之減排措施。由於美國、加拿大及歐盟工業發展程度相當，各地區之酸污染排放會隨著大氣長程傳送互相影響。自 1985 年起三地區陸續簽訂與酸污染減排有關之協議，並且皆以燃燒化石燃料之發電廠 (減少 SO_x 及 NO_x 排放) 及移動污染源 (減少 NO_x 排放) 列為優先減排目標，分階段實施加嚴排放標準並擴大管制對象。中國、日本等鄰近國家作法與美國、加拿大及歐盟大致相同，以修改法令為主，監測酸雨為輔，進行長期的酸污染減量工作。

表 5.6 世界各國對於酸污染之減排措施及成果

國家	減排措施及成果
美國	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 1970 訂定 Clean Air Act (CAA)。 ✓ 1990 年美國環保署修改 CAA 以減少酸性物質(SO₂ 及 NO_x)的排放量，採用市場總量管制和交易方式。 ◆ 1991 年 3 月與加拿大簽訂空氣質量協議，削減 SO₂ 及 NO_x 排放量(特別是發電行業)，以因應跨界空氣污染問題。 ◆ 依據 CAA 修正內容 Title IV，1995 年酸雨計畫(Acid Rain Program, ARP)生效，以燃燒化石燃料的發電廠(發電量>25MW)為優先減量目標，特別是中西部的高排放地區。 ◆ 2000 年進行第二階段，除再增加排放限制外，也將目標擴大至小型工廠。 ◆ 2005 年美國頒布 Clean Air Interstate Rule (CAIR)，以解決臭氧及 PM_{2.5} 之州際污染傳輸問題。 ✓ CAIR 要求東部 24 州及哥倫比亞特區，限制氮氧化物及二氧化硫之年排放量，以減少臭氧及 PM_{2.5} 之污染。 ◆ 2012 年 <ul style="list-style-type: none"> ✓ SO₂ 排放量為 3.3 百萬公噸(2005 年排放量之 68%)。 ✓ NO_x 排放量為 1.7 百萬公噸(2005 年排放量之 53%)。 ✓ 空氣質量：1989-1991 年以及 2010-2012 年間，在大西洋中部平均大氣顆粒硫酸濃度下降 59%、中西部地區 57%、東北地區 63%、東南亞 56%。 ✓ 酸沉降：1989-1991 年以及 2010-2012 年間，橫跨美東地區之硫酸鹽濕沉降下降 59%。 ✓ 美國環保署依據更新近之醫學研究結論，將保護國民健康之 PM_{2.5} 首要年平均值標準從降至 12 微克每立方公尺。 ◆ 2016 年 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 空氣質量：1990-2015 年，全國之標準空氣污染物濃度大幅下降，SO₂ 排放濃度下降 85%、PM₁₀ 排放濃度下降 39%、NO_x 排放濃度下降 56%。

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

<p>加拿大</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 1985 年加拿大推動加拿大東部酸雨計畫。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 加拿大東部的七個省份，自 1993 年維持 3.2 百萬噸二氧化硫年排放量至 2000 年。 ✓ 加拿大東南部 2000 年起之二氧化硫年排放量上限為 1.75 百萬噸。 ✓ 尋求美國聯邦政府的協助，以減少酸性污染物的流入。 ◆ 1991 年 3 月加拿大與美國簽訂空氣質量協議，以因應跨界空氣污染問題，兩國同意共同致力於 SO₂ 及 NO_x 的排放量削減，特別是針對發電業。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 2005 年：汽油中硫含量限制 30 mg/kg (the Sulphur in Gasoline Regulations)。 ✓ 2007 年：鐵路及中小型船隻使用柴油硫含量限制為 15 mg/kg。 ✓ 2010 年全國總二氧化硫排放量為 1.4 百萬噸，低於國家上限每年 3.2 百萬噸，排放量減少約 57%(與 1990 年排放量比較)。 ✓ 2010 年所有工業污染源和包括發電排放的總 NO_x 排放量為 84 萬公噸，遠低於 2010 年的預測排放量 97 萬公噸。 ◆ 2016 眾議院以 207 票對 81 票批准《巴黎氣候協議》，將加速發展清潔能源計劃。 ◆ 2016 環境與氣候變化部宣佈多行業大氣污染物條例 Multi-sector Air Pollutants Regulations，針對大型企業建立強制性大氣污染物排放標準。 ◆ 2018 年推出至少 6 項法規政策及措施，期望對環境污染有所改善和推進綠色能源發展；包括立法允許聯邦政府對不符合聯邦標準的省份實行二氧化碳徵稅(carbon price)、零排放汽車戰略(zero-emissions vehicle strategy)、檢討環境審查和監管程序、加拿大環境保護法的修訂、2030 年強制淘汰燃煤電的法規和清潔燃料戰略。
<p>歐盟</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 1979 年聯合國歐洲經濟委員會簽定「長距離越境大氣污染條約」(Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, LRTAP)，共有 51 個締約國簽署，並於 1983 年生效。 ◆ 1990 年起新英格蘭總督配合美國聯邦清潔空氣法案，承諾於

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

	<p>2010年減少50%二氧化硫排放量，2007年減少20-30%排放量(以1998年為基準)。</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 2009年以來，已減少SO_x 76%、NO_x 41%。 ◆ 1990-2009年SO_x排放量減少的部門依序是能源生產與貢獻(70%)、能源工業(13%)、商業及家庭部門(9%)。 ◆ 1990-2009年NO_x排放量減少的部門依序是道路運輸(43%)、能源生產及分配(26%)及其他(17%)。 ◆ 設立2015年平均暴露指標(Average Exposure Indicator, AEI)限值為每立方公尺20微克，亦要求會員國於在2010至2020年間將PM_{2.5}濃度降低15%~20%。2020年PM_{2.5}年平均限值為每立方公尺20微克，AEI應達每立方公尺18微克目標。 ◆ 歐盟於2015年起，設置「硫排放控制區」全面調降硫含量為0.1%。此控制區包含北海，波羅的海和英吉利海峽的船隻，目前這些地方的燃油含硫上限為1%。 ◆ 2018提出《改善環境保護與治理行動方案》，針對空氣污染等環境問題提出完善相關法規、加大聯合執法力度、加強專業人才培訓、推廣環保成功經驗等9大措施，協助和督促各成員國及時有效防制空氣污染。 ◆ 荷蘭阿姆斯特丹將自2030年起，全面禁止燃油汽機車輛駛進市區，以減少車輛使用汽、柴油，並鼓勵民眾使用電動車及氫動力汽車作為替代。 ◆ 歐盟各國已同意立法限制船舶燃料中含硫成分的上限，並於十年內在歐盟各國生效。這項新法律採用國際海事組織(IMO)絕大部分應用於歐盟的最新船用燃油標準，2020年起，所有船舶燃料中硫含量最高上限由現今的貨船為3.5%和客船1.5%含量調降為0.5%。
日本	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 1964年制定「空氣污染防制法」。 ✓ 控制工廠及汽機車尾氣排放之污染物含量 ◆ 日本環境省於1983年開始為期五年的酸沉降調查計畫(Phase-I Survey)。 ◆ 1988年繼續第二階段(Phase-II Survey)。 ✓ 酸性物質沉降量與歐洲和北美大致相同。

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 1993 年開始第三階段(Phase-III Survey)。 ✓ 與東亞及東南亞國家合作，成立 Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET)。 ◆ 2000 年起進行第四階段的酸雨監測。 ◆ 2001 年公告《關於機動車排放氮氧化物以及顆粒物質的特定地域總量削減等特別措置法》 ◆ 2002 年建立酸雨長期監測計畫。 ✓ 2004 年發布之綜合報告顯示尚未觀察到由酸雨導致之植被破壞或土壤酸化等生態系統的破壞。 ◆ 2009 年，日本制定 PM_{2.5} 環境標準。 ✓ 2014 年發布於 2007-2012 年之長期監測報告，結果顯示降水仍處於酸化狀態，部分地區土壤及河川之 pH 仍呈下降趨勢。
中國	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 1974 年中國科學院生態環境研究中心科學家首先在北京西郊進行酸雨監測，70 年代末期於重慶、貴陽、武漢、南京和北京等地進行酸雨監測，在長江以南監測到酸雨，引起重視。 ◆ 1987 年制定「大氣污染防治法」，並分別於 1995 年及 2000 年修訂。 ✓ 針對電力行業，要求新設燃煤機組應同時加裝脫硫脫硝設施，未加裝脫硫設施之既有機組應加速淘汰或加裝上述設施；加速提升燃煤機組低氮燃燒技術及脫硝設施之建置，並加強管理脫硫脫硝設施效能，減量效能不佳之設施，應要求限期改善。 ✓ 針對其他行業，推行包含鋼鐵業二氧化硫排放總量控制、實施燒結爐煙氣脫硫、新建設施應裝設脫硫脫硝設施等措施。 ✓ 加強水泥、石化、煤化工等行業二氧化硫與氮氧化物排放控制。 ✓ 同時控制機動車船氮氧化物，透過機動車環保標章制度、加速淘汰老舊車輛與船舶、提高機動車輛排放標準規範、鼓勵新能源車輛之研發與使用、加嚴機動車輛排放標準、提升車用燃油品質、積極發展公共運輸系統等策略，有效管制機動車船之污染排放。

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

<ul style="list-style-type: none">✓ 劃定酸雨及硫排放之控制區，至 2000 年控制區之酸雨污染區域及排放不再擴大。至 2010 年控制區減少 10% 硫排放 (以 2000 年為基準)。✓ 2000 年中國第二次修訂《中華人民共和國大氣污染防治法》，依法劃定「禁煤區」，強制改用清潔能源，並關閉小型燃煤機組。✓ 2015 年中國第三次修訂《中華人民共和國大氣污染防治法》，此次修法新增大氣污染防制標準和限期達標規劃、加大處罰力道與增列官員考核制度等新規定。◆ 2012 年頒布《環境空氣品質標準》。◆ 2013 年 9 月 12 日，國務院確定《大氣污染防治行動計劃》10 項措施。◆ 2015 年 1 月 1 日實施《中華人民共和國環境保護法》。◆ 2016 年發布《控制污染物排放許可制實施方案》。 先針對火力發電、造紙行業企業核發排污許可證。 要求於 2017 年完成產能過剩行業企業排污許可證核發。✓ 2020 年全國基本完成排污許可證核發。◆ 2018 年 1 月 1 日起實施《環境保護稅法》
--

國內外管制 PM、NO_x 及 SO_x 等空氣污染物排放由來已久，在法規制定方面需將老舊設備之操作納入考量，因部份污染源設置歷史悠久，使用之設備較為老舊，隨著爐體設計與操作條件的不同，亦可能造成明顯的污染物排放差異。為改善空氣品質，各國多採行階段性加嚴措施，促使各固定污染源淘汰老舊設備及採用較先進之空氣污染防制技術與設備，以符合各項污染物排放標準的加嚴要求。近年來由於燃煤使用量增加，燃燒過程除了 PM、NO_x 及 SO_x 之排放外，同時也有 PAHs 及汞排放之問題。以下彙整國內外固定污染源、電力設施及焚化爐空氣污染物排放標準中粒狀污染物(表 5.7)、硫氧化物(表 5.8)、

氮氧化物(表 5.9)及汞(表 5.10)之排放標準。

2016 加拿大環境與氣候變化部部長 Catherine McKenna 宣佈多行業大氣污染物條例，針對大型企業建立強制性大氣污染物排放標準，此法規將有利於減少造成煙霧和酸雨的排放物，包括在第一個十九年內減少 2000 噸氮氧化合物排放量，該法規是加拿大空氣品質管理和監測系統中的關鍵要素。在未來幾年內，更多對工業部門的要求和其它非監管手段將逐步納入法規當中。加拿大預計於 2018 年推出至少 6 項法規政策及措施，期望對環境污染有所改善和推進綠色能源發展；包括立法允許聯邦政府對不符合聯邦標準的省份徵收二氧化碳稅(carbon price)、汽車零排放戰略(zero-emissions vehicle strategy)、檢討環境審查和監管程序、加拿大環境保護法的修訂、2030 年強制淘汰燃煤發電的法規和清潔燃料戰略。此外，加拿大政府預計推動國家電網的建設，允許擁有大量清潔電力的省份協助其他省份減少煤炭發電。

美國針對燃煤及燃油電力蒸氣發電機組排放污染物限制排放量，其單位為 lb/MMBtu 或 lb/MWh。整體而言，排放標準是逐步加嚴，但與台灣的計算基準不同，因此需進一步調查與換算，始可比較其異同。2005 年 3 月美國環保署頒布「清淨空氣汞法規」(Clean Air Mercury Rule, CAMR)確立了“績效標準”及建立市場交易機制(A Market-based Cap-and-trade Program)，以減少全國的汞排放量。並在 2011 年頒布「汞與空氣毒物標準」(Mercury and Air Toxic Standards, MATS)，以期在 2016 年 4 月全面執行時能達到 90%的汞排放減量。美國大型都市垃圾焚化廠 (MWI)之 PM、SO₂ 及 NO_x管制標準與發電設施不同，其排放濃度之計算乃基於煙囪排放濃度，而非以能量輸入/輸出為基準。若與國內相比，國內針對既存及新設焚化爐之 SO₂排標準分別為 150 ppm 及 80 ppm，明顯較美國高，顯示國內焚化爐之 SO₂排放管制尚

有加嚴之空間；在 NO_x 的差異方面，國內針對既存及新設焚化爐之 NO_x 排標準分別為 220 ppm 及 180 ppm，與美國標準差異不大。

就歐盟而言，最新調查顯示空氣污染導致每年造成超過 40 萬人過早死亡，乃交通意外死亡數字的近三倍，因此，歐洲聯盟於 2018 年 1 月 30 日在布魯塞爾舉行有關空氣品質的峰會，召集法國、德國、英國等總共 9 個歐盟空氣污染嚴重成員國的部長開會，要求部長們儘快提出使各國空氣品質合於標準的具體解決方案。歐盟未來將進一步加強與成員國各級政府間的合作，從空氣品質標準、成員國減排目標、重點領域減排等 3 個層面著手制定相關政策。此外，根據歐盟委員會最新一期多年財政框架提案內容，2021 至 2027 年期間，歐盟預算的 25% 將被用於應對氣候變化和提高環境品質。

隨著民情不同，各國針對 SO_2 及 NO_x 採行之管制規範亦不盡相同。澳大利亞 (Australia) 之發電廠因使用自產煤礦，屬低硫煤，再加上火力發電廠多位於偏遠的空曠地區，因此該國並未對 SO_2 及 NO_x 訂定特定的排放標準[EIA, 2002]。類似的狀況亦發生在印度 (India)，雖然該國已開始規劃管制 SO_2 的排放濃度，但因該國生產的煤亦屬低硫煤，因此火力發電廠並不需特別擔心 SO_2 的排放問題[EIA, 2004]。

中國在 PM、 NO_x 及 SO_x 的管制方面，明令若有針對特定行業發布污染物排放標準，則依該行業之排放標準為之；若該行業未訂定排放標準，則統一以「GB16297-1996 大氣污染物綜合排放標準」之規定為準。在火力發電廠及鍋爐方面，兩者定義略有不同。火力發電廠係指單台出力 65 t/h 以上之非層燃爐及拋煤機爐的燃煤發電鍋爐，以及採用煤矸石、生物質、油頁岩及石油焦等燃料的發電鍋爐皆屬之。此外，IGCC 之原料雖為煤，但在標準上適用 GB13223-2011 的天然氣燃氣輪機組標準，上述設備外之所有鍋爐皆屬 GB13271-2014 中所

定義之鍋爐。

表 5.10 列舉國內外汞及其化合物排放標準，觀察國內外排放標準，可知各國皆有逐步加嚴趨勢，但美國規範之污染物排放量，其單位為 lb/MMBtu 或 lb/ GWh，與其他國家不同，需進一步就其排放係數換算，為同一單位始可比較其異同。我國對於汞及其化合物排放標準目前以電力設施新設汽力機組之 $2 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 為最嚴格，固定污染源及廢棄物焚化爐的排放標準分別為 $0.05 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ 及 $0.05 \sim 0.1 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ ，與鄰近國家(韓國 $0.1 \text{ mg}/\text{m}^3$ 及中國 $0.05 \text{ mg}/\text{m}^3$)相比較，韓國對於電力設施的汞排放管制標準較我國相對寬鬆，中國對於燃煤鍋爐之管制與我國固定污染源管制汞，蒸氣及其化合物標準相當。未來我國仍需持續參考各國管制策略逐步加各種空氣污染物之排放標準，持續降低包括汞在內之空氣污染物排放使我們的環境品質可進一步提升。

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

表 5.7 國內外粒狀污染物排放標準

國家	產業	排放標準		施行日		備註
		新設	既存	新設	既存	
台灣	1) 固定污染源	排氣量 Q (Nm ³ /min)		濃度 C (mg/Nm ³)		
		30 以下		500		
		50		411		
	2) 電力設施汽力機組	100		314		
		200		241		1) 20130424
		300		206		2) 20130424
		500		169		3) 20130424
	3) 電力設施氣渦輪機組	800		141		1) 20141201
		1000		129		2) 20141201
		2000		99		3) 20141201
		3000		85		4) 20141201
	4) 電力設施及複循環機組	5000		70		
		8000		58		
		10000		53		
		20000		41		
	30000		35			
	50000		29			
	70000 以上		25			
	固定污染源	燃燒過程	50 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³	20130424	20140430
		燃燒以外過程	100 mg/Nm ³		20130424	20140430
	電力設施汽力機組	10 mg/Nm ³	1) 20 mg/Nm ³ 2) 40 mg/Nm ³	20141201	1) 20161201 2) 20141201	2) 19851231 前設立
	電力設施氣渦輪機組及複循環機組	氣體燃料	10 mg/Nm ³		20141201	20151201
		液體燃料	30 mg/Nm ³		20141201	20151201
	電力設施引擎機組	70 mg/Nm ³		20141201	20151201	
	一般廢棄物焚化爐	處理量未達 2 公噸/小時	220 mg/Nm ³		20061225	20061225
		處理量 2~10(不含)公噸 /小時	依排氣量換算 C=1364.2Q ^{-0.386}		20061225	20061225
		處理量 10 公噸/小時以上			20061225	20061225
	事業廢棄物焚化爐	處理量未達 400 公斤/小時	180 mg/Nm ³		20061225	20061225
		處理量 400 公斤/小時以上	80 mg/Nm ³		20061225	20061225
美國	Coal-fired unit	not low rank virgin coal	0.09 lb/MWh	0.03 lb/MMBtu 0.3 lb/MWh	20110504	20110503
		low rank virgin coal	0.09 lb/MWh	0.03 lb/MMBtu 0.3 lb/MWh	20110504	20110503
	IGCC unit		0.07 lb/MWh 0.09 lb/MWh	0.04 lb/MMBtu 0.4 lb/MWh	20110504	20110503

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

	Liquid oil-fired unit	continental (excluding limited-use liquid oil fired subcategory units)	0.3 lb/MWh	0.03 lb/MMBtu 0.3 lb/MWh	20110504	20110503	
		noncontinental (excluding limited-use liquid oil fired subcategory units)	0.2 lb/MWh	0.03 lb/MMBtu 0.3 lb/MWh	20110504	20110503	
	Solid oil derived fuel fired unit		0.03 lb/MWh	0.008 lb/MMBtu 0.09 lb/MWh	20110504	20110503	
	Municipal Waste Incinerators		25 mg/m ³	27 mg/m ³	20090429	20090428	
歐盟	鍋爐	Rated thermal input ≥500 MW		50 mg/Nm ³		20011127	
		Rated thermal input <500 MW		100 mg/Nm ³		20011127	
		Rated thermal input 50-100	50 mg/Nm ³		20011127		
		Rated thermal input >100	30 mg/Nm ³		20011127		
韓國	Power Station	Oil	20 mg/Nm ³	30 mg/Nm ³	20160329	20160329	
		Coal	10 mg/Nm ³	20 mg/Nm ³	20160329	20160329	
中國	玻璃熔爐		50 mg/m ³	50 mg/m ³	20130701	20150701	
	燃煤鍋爐		50 mg/m ³	80 mg/m ³	20140701	20140630	
	燃油鍋爐		30 mg/m ³	60 mg/m ³	20140701	20140630	
	燃氣鍋爐		20 mg/m ³	30 mg/m ³	20140701	20140630	

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

表 5.8 國內外硫氧化物排放標準

國家	產業	排放標準		施行日		備註	
		新設	既存	新設	既存		
台灣	固定污染源	氣體燃料	100 ppm		20130424		
		液體燃料	1) 300 ppm 2) 500 ppm		20130424		1)適用於本署公告含硫量 >0.5%之燃料油為易致空氣污染之物質且已生效施行之地區。 2)其他地區。
		固體燃料	300 ppm		20130424		
		燃燒以外過程	650 ppm		20130424		
	電力設施汽力機組	氣體燃料	30 ppm	60 ppm	20141201		
		液體燃料	30 ppm	1) 250 ppm 2) 60 ppm	20141201	1) 20141201 2) 20161201	
		固體燃料	30 ppm	1) 200 ppm 2) 60 ppm	20141201	1) 20141201 2) 20161201	
	電力設施氣渦輪機組及複循環機組	氣體燃料		1) 20 ppm 2) 8 ppm		1) 20141201 2) 20151201	
		液體燃料		100 ppm		20141201	
		液體燃料 排氣量 >6250 Nm ³ /min		24 ppm		20151201	
		液體燃料 排氣量 ≤ 6250 Nm ³ /min		100 ppm		20151201	
	電力設施引擎機組	氣體燃料	11 ppm	27 ppm	20141201	20151201	
		液體燃料		133 ppm		20141201	
		液體燃料 排氣量 >4688 Nm ³ /min	32 ppm	32 ppm	20141201	20151201	
		液體燃料 排氣量 ≤ 4688 Nm ³ /min	133 ppm	133 ppm	20141201	20151201	
	一般廢棄物焚化爐	處理量未達 2 公噸/小時	300 ppm	300 ppm	20061225	20061225	
		處理量 2~10(不含)公噸 / 小時	220 ppm	220 ppm	20061225	20061225	
		處理量 10 公噸/小時以上	80 ppm	150 ppm	20061225	20061225	
	事業廢棄物	處理量未	180 ppm	220 ppm	20061225	20061225	

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

	焚化爐	達 400 公斤/小時					
		處理量 400 公斤/ 小時以上	150 ppm	220 ppm	20061225	20061225	
美國	Coal-fired unit	not low rank virgin coal	1.0 lb/MWh	0.2 lb/MMBtu 1.5 lb/MWh	20110504	20110503	
		low rank virgin coal	1.0 lb/MWh	0.2 lb/MMBtu 1.5 lb/MWh	20110504	20110503	
	IGCC unit		0.4 lb/MWh		20110504	20110503	
	Solid oil derived fuel fired unit		1.0 lb/MWh	0.3 lb/MMBtu 2.0 lb/MWh	20110504	20110503	
歐盟	EU Large Combustion Plant > 500 MW	solid and liquid fuels		400 mg/Nm ³		20080101	
		gaseous fuels		35 mg/Nm ³		20080101	
	EU Large Combustion Plant - Plants built after 2003 > 300 MW	solid and liquid fuels		200 mg/Nm ³		20080101	
		gaseous fuels		35 mg/Nm ³		20080101	
韓國	Power Station	Oil	20 ppm	25 ppm	20160329	20160329	
		Coal	50 ppm	80 ppm	20160329	20160329	
中國	硫酸工業		400 mg/m ³	860 mg/m ³	20110301	20110301	
	燃煤鍋爐		300 mg/m ³	1) 400 mg/m ³ 2) 550 mg/m ³	20140701	20140630	2)適用於廣西壯族自治區、重慶市、四川省和廣州市。
	燃油鍋爐		200 mg/m ³	300 mg/m ³	20140701	20140630	
	燃氣鍋爐		50 mg/m ³	100 mg/m ³	20140701	20140630	

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

表 5.9 國內外氮氧化物排放標準

國家	產業	排放標準			施行日		備註
			新設	既存	新設	既存	
台灣	固定污染源	氣體燃料	150 ppm	1) 150 ppm 2) 300 ppm	20130424	20130424	1) 臺北市、高雄市、臺北縣、高雄縣、屏東縣、台東縣、花蓮縣施行。 2) 其他地方。
		液體燃料	250 ppm	1) 400 ppm 2) 250 ppm	20130424	20130424	
		固體燃料	350 ppm	1) 350 ppm 2) 500 ppm	20130424	20130424	
		燃燒以外製程	250 ppm	1) 250 ppm 2) 500 ppm	20130424	20130424	
	電力設施汽力機組	氣體燃料	3) 30 ppm	1) 100 ppm 2) 70 ppm	20141201	20141201 20161201	一、1972 年 12 月 31 日前設立之汽力機組，以固體燃料作為燃料者，自 2014 年 12 月 1 日起至 2016 年 1 月 31 日適用標準(1)；自 2016 年 2 月 1 日起適用標準(2)。 二、1973 年 10 月 31 日前設立之汽力機組，以液體燃料作為燃料者，自發布日起至 2016 年 7 月 31 日適用標準(1)；自 2016 年 8 月 1 日起適用標準(2)。 三、1985 年 12 月 31 日以前設立之汽力機組，以液體燃料作為燃料者，自發布日起適用標準(1)。 四、1986 年 6 月 1 日至 1987 年 12 月 31 日期間設立之汽力機組應符合下列規定： (一)自發布日起至 2016 年 12 月 31 日適用標準(4)。 (二)自 2017 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日，適用標準(4)。 (三)自 2021 年 1 月 1 日起適用標準(2)。
		液體燃料	3) 30 ppm	1) 200 ppm 2) 70 ppm	20141201	20141201 20161201	
		固體燃料	3) 30 ppm	1) 250 ppm 2) 70 ppm 4) 85 ppm	20141201	20141201 20161201	
	電力設施氣渦輪機組及複循環機組	氣體燃料	1) 10 ppm	2) 40 ppm 3) 80 ppm	20141201	20141201	
		液體燃料	100 ppm	1) 120 ppm 2) 100 ppm 3) 250 ppm	20141201	1) 20141201 2) 20151201	
	電力設施引擎機組	氣體燃料	40 ppm		20141201		
液體燃料-臺灣		235 ppm		20141204			

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

		本島					
		液體燃料-臺灣本島以外地區	235 ppm	以空氣品質模式推估結果符合當地空氣品質標準之相當排放量相對排放濃度	20141201	20141201	
	一般廢棄物焚化爐	處理量未達2公噸/小時	250 ppm		20061225		
		處理量2~10(不含)公噸/小時	220 ppm		20061225		
		處理量10公噸/小時以上	180 ppm	220 ppm	20061225	20061225	
	事業廢棄物焚化爐	處理量未達400公斤/小時	180 ppm	250 ppm	20061225	20061225	
		處理量400公斤/小時以上	180 ppm	220 ppm	20061225	20061225	
美國	Municipal Waste Incinerators	Mass burn waterwall	185 ppm	185 ppm	20090429	20090428	
		Mass burn rotary water wall	190 ppm	220 ppm	20090429	20090428	
		Refuse-derived fuel combustor	230 ppm	230 ppm	20090429	20090428	
		Fluidized bed combustor	165 ppm	165 ppm	20090429	20090428	
歐盟	EU Large Combustion Plant > 500 MW	gaseous fuels		200 mg/Nm ³		20080101	
		liquid fuels		400 mg/Nm ³		20080101	
		solid fuels		500 mg/Nm ³		20080101	
	EU Large Combustion Plant - Plants built after 2003 > 300 MW	solid and liquid fuels		200 mg/Nm ³		20080101	
		gaseous fuels		100 mg/Nm ³		20080101	
韓國	Power Station	Oil	50 ppm	70 ppm	20160329	20160329	
		Coal	50 ppm	70 ppm	20160329	20160329	

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

中國	燃煤鍋爐		300 mg/m ³	400 mg/m ³	20140701	20140630	
	燃油鍋爐		250 mg/m ³	400 mg/m ³	20140701	20140630	
	燃氣鍋爐		200 mg/m ³	400 mg/m ³	20140701	20140630	

表 5.10 國內外汞及其化合物排放標準

國家	產業	排放標準		施行日		備註	
			新設	既存	新設		既存
台灣	固定污染源	汞，蒸氣及其化合物	0.05 mg/m ³		20130424		
		汞，有機化合物	0.01 mg/m ³		20130424		
	電力設施汽力機組	固體燃料	2 µg/Nm ³	5 µg/Nm ³	20141201	20141201	
	廢棄物焚化爐	未達 4 公噸/小時	1) 0.05 mg/Nm ³ 2) 0.1 mg/Nm ³		1) 20070101 2) 20070701		
		4 公噸/小時以上	0.05 mg/Nm ³		20070101		
美國	Coal-fired unit	not low rank virgin coal	0.003 lb/GWh	1.2 lb/TBtu 0.013 lb/GWh	20110504	20110503	
		low rank virgin coal	0.04 lb/GWh	4.0 lb/TBtu 0.04 lb/GWh	20110504	20110503	
	IGCC unit		0.003 lb/GWh	2.5 lb/TBtu 0.03 lb/GWh	20110504	20110503	
	Liquid oil-fired unit	continental (excluding limited-use liquid oil fired subcategory units)	0.0001 lb/GWh	0.2 lb/TBtu 0.002 lb/GWh	20110504	20110503	
		noncontinental (excluding limited-use liquid oil fired subcategory units)	0.0004 lb/GWh	0.04 lb/TBtu 0.0004 lb/GWh	20110504	20110503	
	Solid oil derived fuel fired unit		0.002 lb/GWh	0.2 lb/TBtu 0.002 lb/GWh	20110504	20110503	
韓國	Power Station		0.05 mg/m ³		20160329		
中國	燃煤鍋爐		0.05 mg/m ³		20140701		

5.2.2 比較國內外空氣污染減排措施

本團隊蒐集以下國內外較佳且可行之減（抑）排措施提供機關擬訂政策之參考：

➤ 國內降低移動污染源管理措施

一、車輛管制及污染防治相關策略

為改善空氣品質而持續進行空氣污染法規之修正，其中針對移動污染源進行相關政策修正包括：(1)10年以上交通工具得加嚴排放標準、增加交通工具以外移動污染源之管制、禁止安裝減效裝置，(2)增加空氣品質維護區移動污染源管制，(3)不得拆除或改裝非經中央主管機關認證之空污防制設備，(4)修正汽車未定期檢驗註銷牌照，並且增訂好社區條款管制移動源，內容包括：(1)劃定維護區域(在特定區域限制或禁止車輛、船舶等使用或運行狀況)，(2)擴大管制對象來納管交通工具以外之移動污染源(施工機具、船舶、作業機械等)，(3)未定檢車輛最重註銷牌照(逾檢驗期限6個月仍未檢驗或檢驗不合格，經加重處罰後，仍未完成檢驗，再經通知改善仍未改善者，得註銷牌照)，(4)淘汰老舊車輛(鼓勵老舊車輛淘汰，並加嚴使用中排放標準)。

二、航空業降低排放之相關策略

因經濟蓬勃發展，機場旅客人數增加，而增加飛機起降航班數，亦造成污染物排放量之上升，此為不容忽視之課題，需長期觀察並設法進行改善。

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

在航空業所造成污染改善策略方面上，以台北松山機場為例，臺北市環保局表示松山機場航空燃油的硫含量直接影響飛機引擎排放二氧化硫與 PM2.5 的多寡，松山機場每年排放的 SO₂ 約 21.8 公噸，約占全市移動源之 60.7%，為台北市重點管制對象，台北市環保局於 104 年首度抽測松山機場航空用油含硫量，中油為 400 ppm、台塑為 1,400 ppm，雖符合我國航空燃油 CNS 規範 3,000 ppm 以下，但較車用柴油法規標準 10 ppm 高出甚多，仍有減量空間，因此環保局召開協商會議，督促業者自主減量，而這兩年持續追蹤，松山機場航空燃油含硫量都有下降，環保局也將建請環保署，在空污法修正時，一併檢討「移動源空氣污染防制費收費費率」，除了於 107 年提高徵收車用汽、柴油費率與新增粒狀污染物項目開徵外，應進一步將航空燃油納為開徵對象，依油品硫含量多寡分級收費，並將徵收經費交給機場所在地縣市作為改善空氣品質之用。

而國內航空業者也有針對空氣品質來進行改善，例如華航喜迎第 10 架 A350 新機，於法國時間 2017 年 11 月 30 日由土魯斯機場起飛回台，特參與空中巴士與 Air TOTAL 合作之生質燃油計畫，添加永續替代燃油，其燃油通過國際永續性認證(COS)，可有效降低溫室氣體排放，減輕對地球環境的負擔，並搭配華航 A350-900 新世代節能航機，達到降低 30% 以上的二氧化碳排放量，創國籍航空減碳里程碑。何煖軒董事長表示華航長期關注減碳議題，全球航空業的二氧化碳排放量隨著產業發展逐年成長，永續替代燃油被視為降低航空業碳排放的重要方案，華航期待透過這次的作業經驗，促進國內推動環保永續及高效率之能源政策，作為未來產官學相關研究的參考依據，並帶領國內同業腳步，為全球航空產業發展永續替代燃油盡份心力。

➤ 國外降低移動污染源管理措施

一、稅制加嚴

日本基於環保與健康考量，依據 2001 年日本國內頒行之《自動車 NO_x・PM 法》，日本國土交通省設立本項以稅收平衡考量原則下之稅收制度，稅制之基本理念為對於環境污染負荷較大之機動車輛採取重課稅，環境負荷較小之機動車輛採取輕課稅的全面性自動車綠色特別稅收制度。而在本項綠色特別稅中，明定不論汽油車或柴油車，皆適用其 NO_x 等有害物質之排放標準，並同時利用 CO₂ 排放量作為實行課稅等級之劃分條件，另亦針對從新車登記起使用一定年限後之車輛實行汽車加重課稅，藉以加速老舊車輛淘汰。綠色特別稅之實行重點在於排放性能及耗油量表現較優良且對環境負荷小之汽車可減輕其汽車稅，並於車輛達一定使用年限後，認為其對於環境負荷較大，因而加重其稅率以運用於維持當地環境保護，以及加速其車輛汰換，車輛加重稅率之規範如下：1. 車齡超過 11 年之柴油車，2. 車齡超過 13 年之汽油車、LPG 車，上述車輛每年將加重 15% 之稅率，若車種類型為公共汽車及卡車者，則加重 10% 稅率。

新加坡奉行鼓勵國民使用公共交通工具、減少私人運具使用之政策，以此為目的施行使用車輛者必須支付道路稅之策略。另徵收道路稅之目的在於減少車輛使用並使民眾使用具有較低污染之各種環保運行車輛，因此在規範中明訂各式車輛必須每半年或每年配合車輛檢驗時繳交道路稅，而車輛檢驗則依據車種、車齡之不同決定檢驗頻率。新加坡政府認為較老舊之車輛可能更具有環境污染性，且易產生頻繁故障現象而對其他道路使用者造成不便，為了加強汰換老舊車輛，規範所有車齡超過 10 年之車輛均需額外支付道路附加稅，當該車輛之車主於每次牌照更新時，將需額外支付 10% 至 50% 之附加稅，並每年以 10% 比例增加，最高加收至 50%。

二、車輛分級管理

法國巴黎為改善空氣品質，持續進行宣導將車輛依不同期別(污染程度)發放給車主 6 種不同顏色標籤(綠、紫、黃、橙、褐、灰)，如圖 5.9，而圖 5.10 為車主實際將標籤貼於汽車擋風玻璃明顯處；而在巴黎地區，相關當局在空氣污染物排放量評估上認為，有 73%的 NO_x 及將近 40%的粒狀污染物排放主要是移動污染源的貢獻，因此針對移動污染源所造成的空氣污染狀況，巴黎理事會會議認為，應該通過車輛使用更清潔之燃料以及限制高污染車輛行動相互配合方式，才能使巴黎逐步達成 2020 年全面取代高污染車輛之目標。係此，經法國巴黎市政府事先通過環境評估並與相關機動車輛管理機構、鄰近市鎮決議，於 2017 年 1 月，巴黎市政府正式公布車輛污染程度標籤限行區制度(Zone de Circulation Restreinte, ZCR)，表明在 2017 年 1 月 16 日開始，除緊急救護車輛及因特殊需求得以事前申請免貼標籤者外，所有不論是否為巴黎市內的居民，凡進入巴黎市區內之所有機動車輛(包含機車或是外國車輛)，皆必須在擋風玻璃上黏貼環保標籤；若進入市區者未張貼該標籤，則巴黎政府之警察單位有權將其車輛攔截或進行罰款。目前第一階段限行標準者(即 1997 年 1 月之前註冊的一般車輛及 2000 年 6 月之前的機車，上述車輛即為車輛老舊無法取得任一環保標籤者)，將規範周一至周五的 8 點到 20 點內禁行於巴黎市內，後續將逐步加嚴限行標準者之標籤。圖 5.11 為 2017 年 6 月 22 日因應減緩高濃度臭氧所造成的空氣污染而限制 4 級和 5 級的 Crit'Air 車輛無法在巴黎和內城區行駛的公告。

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施



圖 5.9 巴黎車輛空污排放分級標章



圖 5.10 車主實際將標籤貼於汽車擋風玻璃上

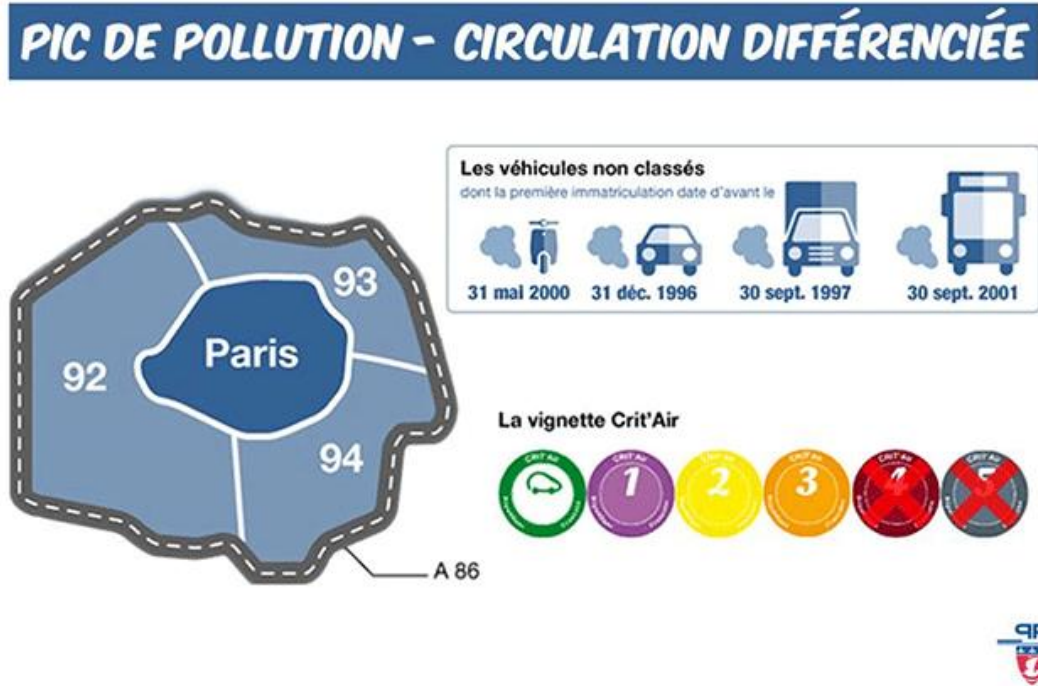


圖 5.11 巴黎因應空污事件而限制 4 級與 5 級的車輛無法在巴黎和內城區行駛之公告

三、都市設置空品淨區

英國在原先已有授權於地方的地方等級空品淨區相關規範(如:倫敦市 LEZ 區),然為配合英國國內 2015 年推出之 NO_x 相關減量計畫,其中包含結合空品淨區制定國家級規範法規,故於 2016 年 10 月推出國家層級之空品淨區相關框架與執行辦法,據引其環境法第 87 條為法源依據,主要限制 NO₂ 及粒狀污染物排放,並預計以達成新車 2040 年零排放以及全體車輛 2050 年零排放之目標。於空品淨區法案中明訂各類型免收費或可進入空品淨區之車輛分級標準,法案中亦明訂將授權各地方政府在符合該法框架之下,可自行依據地區適合方式進行不同分類下之車輛管理,並將其區分收費或不收費之空品淨區。針對不收費之空品淨區,其規範係指用於改

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

善地區空氣品質行動，管制方式可使用發放進出入許可證或提高地區車輛排放標準等；收費之空品淨區規範則應為，如果駕駛不符合該區域之車輛排放進出入類型特定標準者，車主必須支付進入該空品淨區之費用。上述各項標準地方政府皆有權限採取更嚴格之分級標準，惟地方政府針對限制車輛進行調整時，不能僅針對單一車種或是混合搭配車種進行收費管制。

四、車輛數總量管制

新加坡為確保國家經濟與人口增長同時，營造安全舒適環境，1990年開始新加坡便執行機動車輛配額制度，控制車輛年成長率，並提供可申請之各類別運具車輛配額。原則上其運作方式為每個月實施擁車證競標作業，並由汽車銷售商代為競標，價格視核發數量及競標件數而定，持有擁車證者才方可購車，且持有者須於6個月內註冊新車，另外，其使用有效期限除計程車為七年外，其餘車種均為十年，屆滿後須重新購買或繳付延期費（延期費為繳付過去3個月內之平均擁車證價後，可再使用5-10年）。新加坡進一步提出將於2018年2月至2021年，除貨車及巴士外其他車種之車輛成長率調整為0%，並以持續擴大輕軌網路、增加巴士新路線與供應量及提升服務素質、提供汽車共享等為相關配套措施。

五、製造車輛排污標準整廠管制

美國推估第三階段(TIER3)排放標準，以車廠年度所有生產車輛之排污率，整廠加權平均後需符合排放標準，而於TIER3中以減少汽油的含硫量來減緩空氣污染為主，並設立新車廢氣排放標準。針對小客車、輕型卡車、中型客車及部分重型車輛，減少其汽油中的含硫量達60%，即為從30ppm降至10ppm，並認為通過有效且嚴格的TIER3標準，可淨化空氣品質，保障民眾健康，為減排行動奠定基礎。

表 5.11 國際移動污染源管理趨勢彙整

管制策略項目	推行國家	管制策略作法
稅制加嚴	日本 新加坡 荷蘭	車齡達一定年限車輛，加重其稅率
車輛分級管理	法國車輛污染標籤 德國低排放區	不同污染程度車輛分級，並給予不同標籤，高污染車輛限制在特定區域與使用時段
都市設置空品淨區	英國倫敦 義大利米蘭 挪威奧斯陸 日本東京 中國大陸北京	限制不符合標準之車輛進入，管理方式分 (1)增加不便：許可證管制 (2)增加負擔：高污染車輛加收費用
車輛數總量管制	新加坡 中國大陸 北京/上海	逐年檢討車輛成長數或牌照發放數，以抽籤或競標方式控管牌照
製造車輛排污標準 整廠總量管制	美國 TIER3 排放標準	車廠年度所有生產車輛之排污率，需整廠加權平均後符合標準

此外，國外也有一些實際推行的作法，收集彙整如下：

- 荷蘭阿姆斯特丹為了降低污染，將逐步減少車輛使用汽、柴油，並鼓勵民眾使用電動車及氫動力汽車作為替代。於 2020 年起，車齡 15 年以上的柴油車禁止在荷蘭首都的 A10 環狀道路通行；2022 年，排放廢氣的公車和遊覽車不得再駛入市中心；2025 年將擴大禁令到水域，限制水上摩托車和輕型遊艇；2030 年起，所有燃油汽機車都不得進入市區。
- 英國首都倫敦市中心將於 2019/04/08 起設立「超低排放區」(ULEZ)，進入指定區域的車輛若未能符合廢氣排放標準，將會被徵收每日 12.5 鎊(約台幣 130 元)的「空氣污染費」。該收費區將於 2021 年擴展至市內大部分地區，被視為全球對抗汽車空氣污

染最嚴厲的政策。

- 歐盟各國已同意立法限制船舶燃料中含硫成分的上限，將於十年內在歐盟各國生效。這項新法律，採用了國際海事組織（IMO）絕大部分應用於歐盟的最新船用燃油標準，2020年起，所有船舶燃料中硫含量最高上限由現今的貨船為 3.5%和 1.5%客船含量調降為 0.5%。更進一步，2015年起，「硫排放控制區」將全面調降硫含量為 0.1%。此控制區包含了北海，波羅的海和英吉利海峽的船隻。目前這些地方的燃油含硫上限為 1%。

5.3 建議

大型燃煤鍋爐由於受到設廠時環境影響評估報告承諾值及較嚴格排放標準(電力設施空氣污染物排放標準)之規範，加上必須裝設自動連續監測設施並與主管機關連線，無論在排放量及防制設備裝設方面都可符合最佳可行控制技術(BACT)，較易進行控管。相對而言，中小型燃煤鍋爐由於排放標準及相關管制法規較為寬鬆，以旋風集塵器加上預灑式洗滌塔即可符合現行排放標準，難以要求其裝設更好的防制設備，容易造成排放量不合理及防制效率差異較大的問題。鐘(2010)針對兩種不同規格之鍋爐進行防制設備前端及排放管道廢氣濃度檢測以計算其去除效率，硫氧化物去除效率直接與洗滌液流率及液氣比呈現正相關，與洗滌液 pH 值及液鹼用量並無明顯的關係；氮氧化物去除效率則與燃料用量及防制設備操作條件均無明顯相關性，可說現行防制設備對氮氧化物之去除並無可供調整以提高效率之操作參數。因此中小型燃煤鍋爐的污染排放狀況實有必要持續關注，以確保業者在減少營運成本之際不致增加環境負荷，導致內部成本外部，因此環保署於民國 2018 年 9 月 19 日訂定發布「鍋爐空氣污染物排放標準」加強管制鍋爐空氣污染物排放，包括粒狀污染物排放標準(30 mg/Nm^3)、硫氧化物排放標準(50 ppm)，及氮氧化物排放標準(100 ppm)，並要求所有鍋爐須於民國 2020 年 7 月 1 日符合本標準，預期其硫氧化物、氮氧化物及粒狀污染物可分別減量 8,567 公噸/年、4,247 公噸/年及 2,598 公噸。

大潭電廠是台電系統中規模最大的天然氣發電廠，按照台電規劃的期程，2025 年大潭電廠將完成 7 至 10 號複循環燃氣機組擴建，為有效降低 NO_x 排放，未來之新設機組及現有之六部機組皆應要求其裝設低氮氧化物燃燒器(low NO_x burner)及高效率之 SCR 脫硝系統。在國內進行多項空氣污染改善措施時，桃園市也自行訂定電力設施空氣

污染物排放標準，與多種鼓勵措施如下所列，期望能持續降低空氣污染物排放量：

- 一. 2011年4月13日公告「桃園市電力設施空氣污染物排放標準」，並於2014年12月25日修改標準進行排放濃度標準加嚴，2015年8月21日廢止。
- 二. 2013年12月補助環境清潔車輛及觀光電動巴士低碳上路。(經濟部估計一輛電動巴士一年約可減少5萬公升的柴油消耗，換算減排量達128噸CO₂，約節省67戶家用電的一年的碳排放量)
- 三. 2014年11月12日頒獎獎勵103年度空氣污染物減量績優單位。
- 四. 2016年桃園市政府交通局為推廣民眾騎乘自行車作為短程接駁交通工具，與台灣捷安特攜手啟動桃園市公共自行車租賃系統服務計畫，簡稱為「YouBike微笑單車」。期藉由市區自行車道路網搭配自行車租賃站服務，鼓勵民眾使用低污染、低耗能的公共自行車作為短程接駁運具，減少及移轉私人機動車輛之持有及使用，以達改善都市道路交通擁擠、降低環境污染及減少能源損耗目的，秉持提升都市生活文化，響應全球節能減碳風潮。(圖 5.12 由 YouBike 租賃數的成長可見此政策的推動有獲得民眾的支持，而表 5.12 可看出火車站附近之站點為使用較為頻繁處，這可顯示推動大眾交通系統實有成效)
- 五. 2017年3月桃園機場捷運線開通，目前機捷的機場聯外交通取代率為25%，亦即在來往桃園機場人數中，每4人就有1人搭乘機捷；在「北桃通勤」方面，藉由機捷連結台北市、新北市

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

及桃園市三個生活圈，對於紓解交通壅塞改善空氣品質應有助益。

六. 2013 年桃園市各行業氮氧化物及硫氧化物污染排放清冊顯示桃園市 50.43%的 NO_x 係由交通運輸業所貢獻，表 5.12 與圖 5.10 可看出本市汽機車目前登記的數量已及歷年的成長情形，因此推廣電動車及油電混合車等低污染車輛為需進一步努力的課題。近年來，本市也致力於推動二行程機車及老舊大型柴油車的汰換，以改善品質。

本市積極推動酸雨前驅污染物之減量管制，已小有成效，但由於其他國家長程傳輸進入台灣之酸雨前驅物，可能抵銷本市辛苦所得之排放減量，長程傳輸對於桃園地區降下酸雨之問題，同樣也扮演重要角色。此外，台灣因經濟蓬勃發展，機場旅客人數增加，飛機起降航班數也逐年增加，由圖 5.14 可得知桃園機場每年飛機起降數量。然而飛機所使用之燃料為航空煤油(Jet fuel)，其含硫量約為 0.4wt%，因此隨著飛機航班數逐年增加推測造成 SO_x 排放量之上升，此為不容忽視之課題。而除航空器本身起降所造成之廢氣污染排放外，以及機場旅客接送之交通亦將對國道車流造成負荷，因而相對每日藉由國道經過本市所產生之移動污染源污染排放問題已成為本市極需面對之重點課題，需長期觀察並設法進行改善。因此酸雨管制策略必須從桃園市本身污染減量做起，並強化與鄰近縣市之合作，進一步推動參與兩岸和國際污染減量等方面同時進行，並積極了解各國之酸雨控制技術及策略，如：

1. 實施 NO_x 及 SO_x 排放總量管制
2. 大中小型污染源之排放量削減
3. 清潔燃料/再生能源之推廣使用

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

4. 低污染車輛推廣及排放標準加嚴
5. 提升能源利用效率
6. 持續進行酸雨污染之長期觀測
7. 將污染減量納入未來兩岸談判議題、
8. 積極參與跨縣市及國際合作，共同解決境外污染造成酸雨問題。
9. 桃園國際機場飛機起降帶來的 NO_x 及 SO_x 排放問題未來亦應進一步掌握，並參考國際各大機場之管制經驗以規劃執行有效之減量措施。

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

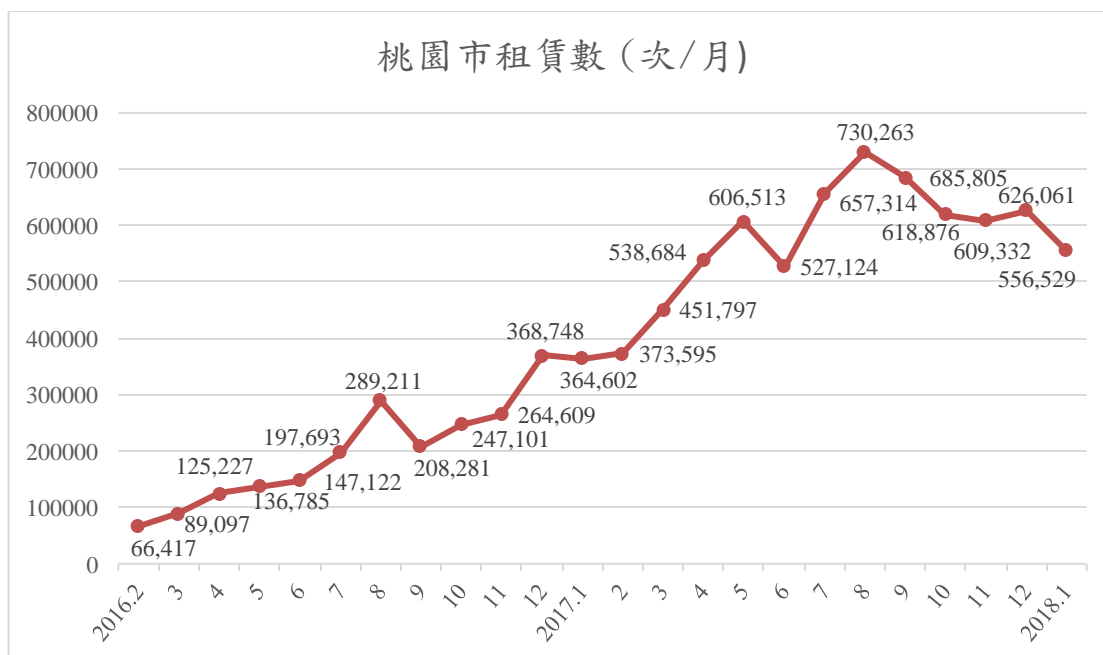


圖 5.12 桃園市 YouBike 租賃數

表 5.12 2018 年 1 月桃園市各站租賃數量

排名	場站名稱	租賃次數
1	中壢火車站(前站)	42,366
2	桃園火車站(前站)	22,921
3	桃園火車站(後站)	16,010
4	銀河廣場	14,915
5	中原大學	13,251
6	新明橋	11,643
7	忠孝廣場(內壢前站)	11,331
8	中壢火車站(後站)	10,972
9	莊敬廣場(內壢後站)	9,517
10	捷運長庚醫院站(A8)	9,433
11	中正公園(中美路)	9,413
12	桃園延平公園	8,276
13	中壢高中	7,575
14	文化三復興一路口	7,255
15	桃園市立圖書館桃園分館	6,987
16	新勢公園	6,533
17	桃園巨蛋	6,329
18	東溪綠園	6,117
19	成功春日路口	6,090
20	桃園市政府	5,716

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

表 5.13 2018 年 3 月各縣市汽機車數量

排名	統計區	總計		
		機動車輛登記數(輛)		
		總計	汽車	機車
1	新北市	3,203,904	1,019,022	2,184,882
2	高雄市	2,905,121	900,871	2,004,250
3	臺中市	2,776,176	1,084,080	1,692,096
4	臺南市	1,971,943	678,560	1,293,383
5	桃園市	1,933,009	771,991	1,161,018
6	臺北市	1,764,619	811,045	953,574
7	彰化縣	1,311,723	497,886	813,837
8	屏東縣	908,277	290,180	618,097
9	雲林縣	699,051	273,550	425,501
10	苗栗縣	541,452	221,940	319,512
11	南投縣	524,334	213,064	311,270
12	嘉義縣	523,851	200,891	322,960
13	新竹縣	508,141	220,740	287,401
14	宜蘭縣	429,648	160,151	269,497
15	新竹市	415,324	154,906	260,418
16	花蓮縣	325,827	124,625	201,202
17	基隆市	280,194	97,483	182,711
18	嘉義市	271,582	95,126	176,456
19	臺東縣	232,106	79,843	152,263
20	澎湖縣	108,012	30,990	77,022
21	金門縣	102,092	39,891	62,201
22	連江縣	9,969	3,310	6,659

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

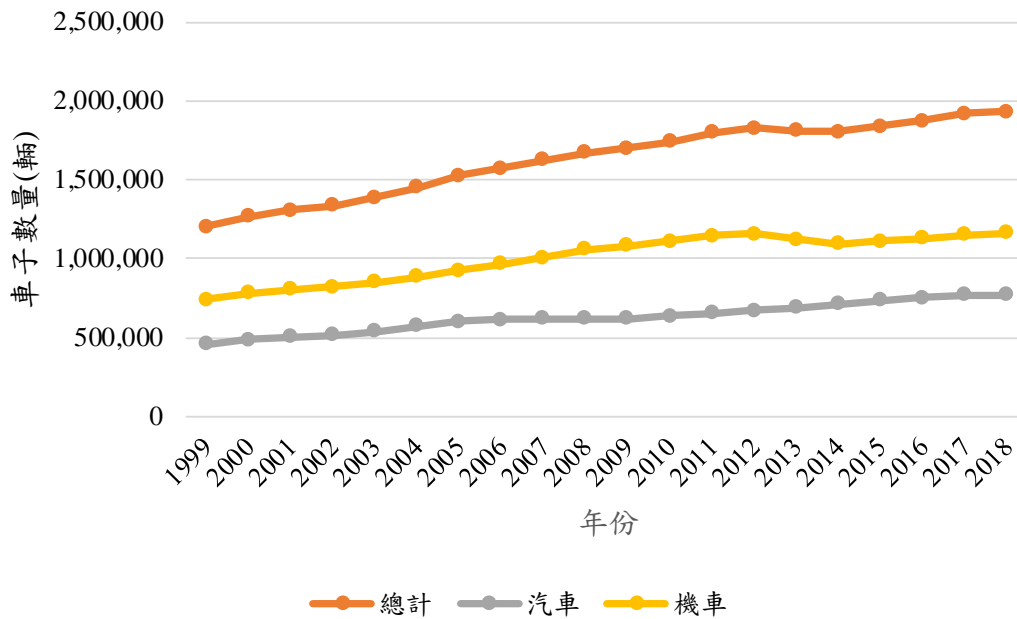


圖 5.13 桃園市歷年汽機車數量變動

飛機起降對空氣品質影響狀況

大型機場的環境影響可分為兩個層面。一個是在全球尺度上對氣候變化的影響，主要影響為二氧化碳的排放。航空業的二氧化碳排放量大約占世界人類活動排放量的 2%，而這其中有 62%是來自於國際航班，航空業的二氧化碳排放量預計每年增長 3%-4%。到 2030 年，世界十大航空交通流量中，預計最大的增量將發生在中國的國內航空業，至 2030 年，中國將增長 7.9%；並佔全球航空旅行流量的 10.7%。機場大氣排放源還包括機場相關運營活動導致的排放，如飛機滑行、起飛、進場和降落過程中的排放。飛機輔助動力裝置排放；飛機地面輔助設備排放；機場內輔助交通排放；機場固定源的排放：例如，發電機及加油站等。

根據美國《世界觀察》(WORLD WATCH)雜誌的一篇文章《機場與城市能否共存》(Airports and Cities: Can They Coexist?) [3]的計算，一架波音 747 客機重約 425 噸，一輪正常的降落、滑行、起飛平均需要 32 分鐘，燒油約 4000 公斤(約 5000 升)，每燒 1 公升油釋出 8400 公升廢氣。

起飛離地時 2 分鐘內的廢氣相當於 3000 輛汽車的排放量。噴氣發動機在高空飛行時效率最佳，基本只排放二氧化碳；但在地面滑行燃燒效率很差，燃燒不完全，廢氣中除了二氧化硫，還有氮氧化物、揮發性有機化合物及醛等二百多種有毒物質。一架波音 747 在 32 分鐘的降落起飛時間裡產生的氮氧化物約 87 公斤。

Schlenker et, al. (2016)研究機場之飛機起降對於周遭環境可能的影響，將每日空氣污染之暴露值(daily air pollution exposure)與加州十二大機場周圍社區的同期健康指標之相關性聯繫，結果指出這些機場是美國最大的空氣污染源，主要原因為美國東部的飛機延誤所造成，其排放量計算是根據飛機在停機坪上滯留的時間。因為每日飛機滑行時間的延長導致當地居民的對於一氧化碳的暴露水平增加，嚴重影響當地居民健康。此外也針對一氧化碳的暴露水平變化估計一氧化碳暴露劑量對人體健康的影響，以哮喘，呼吸和心臟相關疾病的住院率表示。結果顯示機場的營運造成了當地的環境空氣污染，對於居住在加利福尼亞州機場 10 公里範圍內的 600 萬人來說，每日污染平均若增加一標準差將導致額外的 54 萬美元的呼吸和心臟相關入院住院費用，並且這些健康影響發生在遠低於現有環境保護局要求的 CO 暴露水平。

五、彙整本市酸雨前驅物排放資料與國內外酸雨相關防制策略與措施

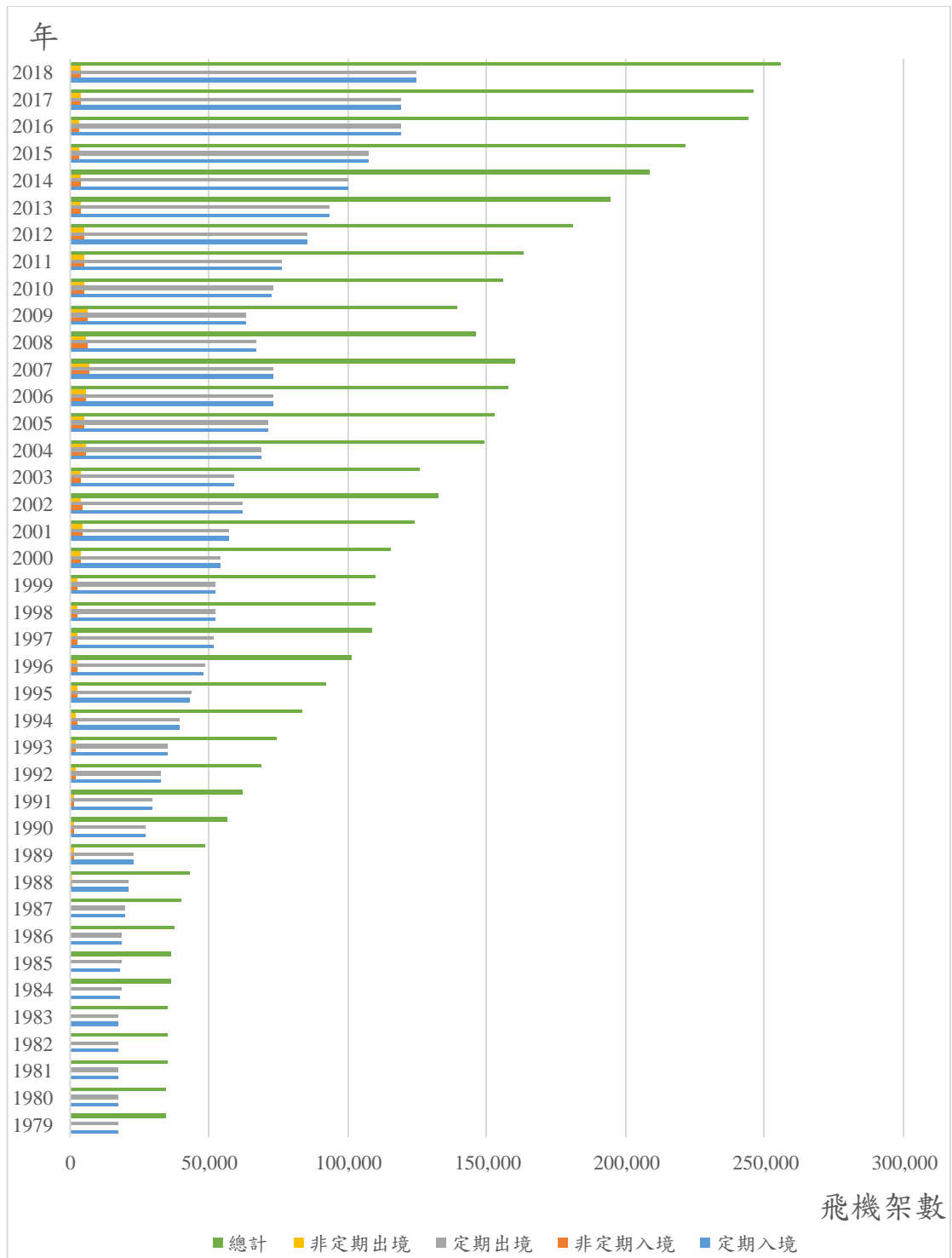


圖 5.14 桃園機場每年飛機起降數量

六、桃園酸雨環境教育宣導

6.1 宣導對象與教案內容

本研究團隊於 2014 年執行酸雨監測計畫時，建立酸雨資訊網，將酸雨研究成果與本市防制酸雨之努力與成效等相關內容，呈現給市民大眾，2015 年執行計畫時，更進一步深入國小校園，透過辦理宣導活動，落實環境教育，以發揮更大實質功效，所辦的宣導活動也受到學子們的喜愛，2016 與 2017 年執行計畫時，更擴大宣導對象至環保志工等，讓更多市民除了學習如何避免酸雨的危害外，期望更進一步能與我們一起改善本市的酸雨問題。

本期計畫目標延續前期執行的計畫內容，辦理十場次之酸雨宣導活動，落實酸雨環境教育，本研究團隊本著研究的專長以及推廣教育的理念，致力推動酸雨宣導教育，不僅藉由前期舉辦活動累積的經驗與實力，在本期執行酸雨宣導的國小場次部分，持續與”老街溪河川教育中心”一同進行宣導，透過老街溪的整治與演進過程，結合水資源的保護與教育內容，讓參與的學童能更實際體會環境保護的重要性。同時，為使酸雨宣導順利進行及配合老街溪河川教育中心到校宣導活動，相關宣導教案以及執行方式(請參見附錄 D)，已於 2018 年 9 月上旬提送桃園市政府環保局備查，宣導場次與名單如表 6.1，在獲得桃園市政府環保局核可後，已於 9 月中旬開始進行宣導，讓學生或志工們認識酸雨、瞭解其所帶來的影響和危害、進一步學習如何防範酸雨外，更期許未來這些學子或志工們能成為改善酸雨問題的一股力量。

表 6.1 執行酸雨宣導之單位資料

場次	單位名稱	機關地址	預計執行時間	參與人數
1	老街溪河川教育中心	桃園市中壢區啟文路 233 號	2018.09.16 15:00-16:00	51 人
2	觀音國小	桃園市觀音區文化路 2 號	2018.10.16 13:10-14:30	195 人
3	新明國小	桃園市中壢區中央西路二段 97 號	2019.03.22 13:15-15:15	80 人
4	僑愛國小	桃園市大溪區介壽路 214 號	2019.04.01 09:30-10:20	49 人
5	龍安國小	桃園市蘆竹區文中路一段 35 號	2019.04.26 08:45-10:15	54 人
6	興國國小	桃園市中壢區元化路二段 62 號	2019.05.02 13:05-14:35	190 人
7	幸福國小	桃園市龜山區頂興路 115 巷 20 號	2019.05.03 08:45-10:30	120 人
8	大安國小	桃園市八德區和平路 638 號	2019.05.03 14:00-15:30	72 人
9	光明國小	桃園市蘆竹區南昌路 255 號	2019.05.10 09:35-11:35	333 人
10	永順國小	桃園市桃園區永順街 100 號	2019.05.10 13:00-14:30	81 人
參與人數總計				1225 人

此外，針對「酸雨環境教育宣導」活動之進行內容說明如下。

一、活動目標

活動目標旨在讓參與的學生能具有以下認知：

1. 播放影片來喚起民眾對環境污染的正視。
2. 藉由生活周遭常見的物品來認識酸鹼度。
3. 配合酸雨知識與研究成果的宣導，認識酸雨。
4. 透過科學實驗模擬酸雨帶來的危害。
5. 舉行有獎徵答加深參與者之印象。

二、辦理方式

酸雨教育宣導活動預計辦理方式，說明如下：

1. 對象：

目前以酸雨監測較為顯著的中壢、桃園、蘆竹以及大園區國中小學生人數較多之學校，並配合老街溪河川教育中心舉辦之環境教育講座以及可一同進行宣導的學校為主以及環保志工列入預計宣導名單，宣導對象將不僅為國小學童或環保志工，也將拓展至一般民眾。待獲得桃園市政府環境保護局同意並連繫後開始進行宣導，每單位參與人數皆約 40-50 人以上。

2. 日期：

辦理時間為 2018 年 9 月至 2019 年 5 月，各場次辦理時

間見表 6.1。

3. 宣導內容:

為使宣導課程順利進行，本團隊首先更新編撰宣導海報，如圖 6.1。此海報不僅可於教育宣導時當作教材，即時說明內容外，還可留給各單位進行張貼，透過參與宣導活動的學員再推廣給其他沒有參與的人員，讓更多的人都可以學習到酸雨知識。另外也編撰詳細內容之教案，載明宣導重點與內容，教案內容如附錄 D。

三、預期效益

1. 藉由知識教育以及實際動手的科學實驗，了解酸鹼度並對酸雨議題有進一步的認知，激發與會者們「關心環境、守護家園」的意識。
2. 擴展宣導對象，將宣導對象延伸至普羅民眾以及國小教師，藉此讓更多民眾了解酸雨議題以及培育宣導教育種子講師。
3. 完成十場次的教育宣導，落實環境教育並宣導本市防制酸雨之作為與成效，透過小種子的培養，期望將來能成為改善環境的新興力量。

雨水變酸的元兇在哪裡 1

什麼是酸雨?

當雨水的pH值達到5.0以下時，這就是酸雨了！

自然大氣中含有大量二氧化碳，所以不受污染的雨水pH值約為 5.6，科學家將所謂「酸雨」定義為雨水pH值在 5.0 以下，在此情形下，表示雨水受到人為酸性污染物的影響。

pH SPECTRUM

← 5以下酸雨 不受人為污染的雨水(5.6) →

酸雨是怎麼產生呢?

雨

水中的主要化學成分包括 H⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、NH₄⁺、K⁺、Na⁺、Ca²⁺ 及 Mg²⁺ 等九種，其中造成雨水變酸的主要化合物為 SO₄²⁻ (硫酸根離子) 和 NO₃⁻ (硝酸根離子)，這些酸性物質主要是人為污染所造成的，如化石燃料燃燒、工廠和交通所排放的廢氣。

酸雨的形成

國立中央大學·桃園市政府環境保護局 製作

雨水變酸的元兇在哪裡 2

世界主要國家雨水的pH值分佈 (2015年)

國家/地區	pH值
俄羅斯	5.19
日本	4.83
韓國	5.32
中國(廈門)	4.80
台灣	4.67-6.12
菲律賓	6.02
美國西部	5.1-6.1
美國東部	4.7-5.7
泰國	5.99
越南	5.72
印尼	5.92
馬來西亞	4.98
東非	6.21

桃園酸雨的改善

1993-2005 pH平均值 2015.07-2016.06 pH平均值 1993-2005 nss-SO₄²⁻ 平均濃度 2015.07-2016.06 nss-SO₄²⁻ 平均濃度

台灣自1995年禁燃空污費後，酸雨情況逐漸獲得改善，至2013年時，台灣多數測站年平均pH值都可達到5.0以上，桃園地區也因為在桃園市政府環境保護局的努力下，酸雨情況改善許多，以中壢站長期資料來看，pH值呈現升高趨勢，雨水中nss-SO₄²⁻濃度更是在嚴格管控硫氧化物排放後，出現顯著減少，但由於受到冬季污染物長程傳輸的影響，北台灣在這個時期酸雨的情形仍然是比較嚴重的。

註：長程輸送是指其他國家的污染物經由大氣的傳送到達台灣。

國立中央大學·桃園市政府環境保護局 製作

雨水變酸的元兇在哪裡 3

酸雨的危害

酸 沈降為一慢性的危害，正點點滴滴的吞噬我們的環境，因為它的傷害是緩進式，常令人失去戒心，事實上，酸雨問題實是不容忽視，酸雨對水域生態、森林、湖泊、河川、建築物及人體健康等都具有危害性。

如何減緩酸雨的危害

減 緩酸雨對環境的危害，我們應減少化石燃料的使用，工廠及交通工具加裝污染防治的設備，多使用綠色能源並提倡使用大眾交通工具，我們自身也要養成節約能源的好習慣，這樣我們才能減緩雨水酸化的危機。

國立中央大學·桃園市政府環境保護局 製作

圖 6.1 酸雨宣導海報

6.2 酸雨宣導紀錄

在獲得桃園市政府環保局同意本團隊提出的宣導教案後，本團隊旋即於 2018 年 9 月中旬開始進行宣導，第一場次宣導活動乃結合老街溪河川教育中心年度大型活動計畫，其中活動包含淨溪、畫展、闖關遊戲、葉拓手作藝品等，並於活動當中設計一宣導講座，以介紹酸雨為主題，整體活動內容豐富且多元，當天共計超過一千人一起到場共襄盛舉。宣導講座的部分，由計畫經理曾韋迪擔綱講師，許多爸媽帶著孩子到場聆聽，該場次約 51 名民眾一同參與。由於當天活動開放給一般民眾參與，考量參與者的年齡層分布較廣，本團隊也調整宣導內容，除透過酸鹼小實驗來讓大家動手測試外，也準備與時事相關的新聞影片及模擬酸雨影片來讓民眾了解酸雨的危害，而且透過互動問答的方式進行，整場氣氛熱絡。

本期計畫第二場次的宣導則是在 2018 年 10 月 16 日下午至觀音國小進行，參與人數計有 195 人，李玉芳校長親自歡迎本團隊與桃園環保局到校宣導並開場致詞，因為該場宣導參與人數眾多，也是本計畫團隊執行宣導以來人數最多的一次，因此也調整宣導內容與流程，使宣導活動可以更順利進行。由於原訂接洽的宣導單位因時間需要調整加上許多學校上學期活動安排都已完成，所以希望宣導時間可以安排在 2019 年上半年來進行，遂於各宣導單位並與老街溪河川教育中心重新確認時間後，於 2019 年 3 月 18 日提送修正後之酸雨宣導教案，並於 3 月 21 日收到桃園市環保局同意修正之酸雨教案的覆函後，開始著手其餘八場次的宣導。

新明國小是本期計畫執行的第三場次酸雨宣導，其中約有 82 名師生一同參與，由於受到校方熱誠且不斷地邀請，且考量中壢地區仍

是市境內監測結果雨水酸化較為顯著的行政區，經詢問桃園市環保局意見後，同意再次到新明國小執行宣導教育。由於參與的老師也反應宣導內容可連結國小高年級學童之自然科學酸鹼單元，本團隊也秉著希望可以發揮更大宣導果效的期待，將宣導課程的講綱與內容都留給與會的老師，並期許他們未來能成為酸雨宣導的種子講師。

2019年4月份，按照預定的宣導行程，分別於4/1與4/26日至大溪區的僑愛國小以及蘆竹區的龍安國小進行宣導，參與人數也各別有49與54人。此次到僑愛國小宣導，起因來自該校老師欲指導學生進行與酸雨相關的科展比賽，在收集資料時得知本團隊有執行酸雨宣導活動，遂主動與本團隊聯繫安排進行宣導的時間。到校宣導之後，透過學員的回饋問卷單反應出學員不只覺得活動進行得很有趣，也因為獲得宣導品而有成就感，甚至經由宣導內容的傳達，讓學童對於準備科展過程中，改變了錯誤認知的部分以及得到調整方向的啟發，可謂是很不錯的收穫！

其後在龍安國小進行酸雨宣導的時候，一開始是因為接洽的黃麗敏老師曾經帶學童至老街溪教育中心進行校外參訪活動，留下深刻印象，因此報名宣導活動，但因為沒有聽過酸雨宣導的內容，所以黃老師一開始對於酸雨宣導會有什麼樣的內容也抱著很大的好奇。聽了講師有趣的介紹並透過小實驗結合學童自然科學酸鹼單元，一來讓學習過的學童可以再次的複習，同時也有不同學習的歷程讓孩子們覺得很有趣，所以宣導一結束，與會的黃老師與其他自然科學老師都不斷的給予高度的讚賞，甚至說連參與的老師也上了寶貴的一課！

到5月份，按照預定的宣導行程，一連串密集進行共五場次的宣導活動，分別於5/2、5/3及5/10日至中壢區的興國國小、龜山區的

幸福國小、八德區的大安國小、蘆竹區的光明國小以及桃園區的永順國小進行宣導，其中光明國小的參與人數更圖破本團隊宣導過最高的人次，2-6年級的師生共有333人一同參與宣導，其次是興國國小，5-6年級也共有190人參與宣導，兩場次就有超過五百人，顯示參與學校也開始對酸雨宣導活動有了高度的認可與支持。由於此五場宣導活動參與人數多，所以在內容的安排與進行的方式上，都做了些微的調整，同時也參考過去回饋問卷的建議，也在與學生的互動、動手做實驗的示範以及宣導品的贈送方面，都嘗試與以往不同的方式來進行，例如講師多到學生的座位前，利用問答方式與學生互動，拉近師生的距離；每班挑選可參與示範實驗的同學，讓參與的每個班級於課後也可以有更多的分享與討論；宣導品的發放也嘗試在工作人員的引導下，協助學員可以自行選擇較喜歡的宣導品，增加學員參與宣導的動力等等，從學生回饋的問卷調查中就可看出他們對這樣的調整給予很正面的支持與回應，讓宣導團隊得到很多的鼓勵。

同時，在最後執行的幾場宣導活動當中，培訓的兩位種子講師邱佳陽先生以及呂國毅先生也開始擔綱大樑成為宣導的主講者，雖然可能因著宣導經驗較少，在時間掌控度上較為不足，導致參與學員反應時間過長影響到下課時間，但有建議的意見也是督促與鞭策我們未來能表現更好的動力。十場宣導活動的精彩剪影如圖 6.2 與圖 6.3，各場次簽到表以及詳細的照片紀錄請參閱附錄 D，同時每場宣導結束後也透過抽樣發送回饋問卷供參與的人員填寫，藉此瞭解宣導執行的成效，圖 6.4 與

圖 6.5 為回收的問卷剪影，其中看的出不論老師或學生對宣導活動的評價都不錯，回收的 884 份問卷中，有近 7 成的學童對整體活動

感到非常滿意，整體有 95%的問卷反映感到滿意(表 6.2)，給予本團隊很大的鼓勵。

水寶講堂，親子學習樂無窮



觀音國小李玉芳校長親自開場並歡迎中央大學與桃園環保局到校宣導



有獎問答，氣氛熱絡



介紹酸雨的改善，使學童有感



實驗實作更有感



圖 6.2 宣導紀錄精彩剪影



學員回答問題情況踴躍



培訓邱佳陽、呂國毅2位種子講師，活動進行氣氛同樣熱絡



豐富宣導品受學員喜愛



圖 6.3 宣導紀錄精彩剪影 (續)

酸雨宣導教育 回饋問卷單

一、 基本資料

我是 老師 學生
 (學生請填年級 三年級 四年級 五年級 六年級)
 我是 男生 女生

二、 活動意見回饋

	非常滿意	滿意	尚可	差	不滿意
內容豐富度	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
講師表現	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
影片內容	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
動手做實驗	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
宣導小禮物	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
活動流暢度	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
時間控制	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
整體宣導活動	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
環保局對改善酸雨的努力	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

我最喜歡宣導活動當中的 (可複選) 影片 動手實驗 講師講解 小禮物

三、 建議

請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!

很感謝講師用生動活潑的方式講解，學生們透過影片跟實驗更能體會酸雨對生活的影響，也希望能多多舉辦類似的宣導。

三、 建議

請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!

非常感謝貴單位所協助，讓本校學生能更正視，酸雨，更重要的是讓學生能了解自己可以為地球做些什麼事！
 原本只是為了做「科展」而打電話到貴單位問問題，但沒想到竟得到了這麼豐盛的收穫，請中央大學大氣科學家增加更多的活動內容，讓大家都愛護地球，保護地球！
 謝謝！

圖 6.4 宣導活動回饋問卷剪影 (教師)

酸雨宣導教育 回饋問卷單

基本資料

我是 老師 學生
 (學生請填年級 三年級 四年級 五年級 六年級)
 我是 男生 女生

二、活動意見回饋

	非常滿意	滿意	尚可	差	不滿意
內容豐富度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
講師表現	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
影片內容	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
動手做實驗	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
宣導小禮物	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
活動流暢度	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
時間控制	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
整體宣導活動	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
環保局對改善酸雨的努力	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

我最喜歡宣導活動當中的 (可複選) 影片 動手實驗 講師講解 小禮物

建議

請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!

我覺得你們做得非常棒，因為你們講得很好，提供的小禮物也很棒，希望你們繼續保持，讓其他人也可以開心的，讓我們一起守護地球。謝謝你們讓我學到許多的知識，人類應該好好的愛護地球。

三、建議

請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!

希望環保局可以告訴全臺灣的人，酸雨的嚴重性，也謝謝你們到我們學校演講，又告訴我們許多平常學校教不到的知識，而且還準備了這麼多的禮物以及影片，一定花了很多時間和金錢吧!

三、建議

請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!

每一次的實驗結果都令我驚訝，而且是動手做，而不是用講的，也謝謝你們讓我學到了很多知識。

酸雨 變酸雨

不會變死頭。

❤️ 謝謝 ❤️

三、建議

請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!

心得：我今天學到非常多關於酸雨的知識，這個活動還讓我認識生活中的酸鹼。謝謝老師幫我們報名這次的活動，也要謝謝對大哥哥大姐姐為我講生活中的小知識!!!

酸 ←————— 中性 —————→ 鹼

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

三、建議

請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!

感謝哥哥姐姐和曾哥哥帶來的講解、禮物、影片和實驗，這些讓我留下美好回憶，這讓我了解污染的壞處，大自然的痛苦，謝謝你們~

我會愛地球

做環保從你我開始

三、建議

請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!

我覺得大哥哥大姐姐都讓我學到寶貴的成果，我學到很多知識，我們做實驗，也讓我們知道要環保愛地球，也讓我們看影片讓我們知道以前桃園環境和現在的環境的差別，最後謝謝你們讓桃園有更好的環境，謝謝你們。

三、建議

請給我們寶貴的建議，讓我們可以做得更好，謝謝!

我覺得你們說的很好，但是time(時間)可以掌控的更好，這樣就very perfect(非常完美)了，對了，如果你們這些都做到的話我就

共維的地球

圖 6.5 宣導活動回饋問卷建議部分剪影 (學員)

表 6.2 回饋問卷統計表

	內容豐富度	講師表現	影片內容	動手做實驗	宣導禮物	活動流暢度	時間控制	整體活動	環保局對改善酸雨的努力
非常滿意	63	67	63	54	64	60	49	68	78
滿意	32	29	31	30	25	32	35	27	18
尚可	5	4	6	15	12	8	15	4	4
差	0	0	0	0	0	0	1	0	0
不滿意	0	0	0	0	0	0	0	0	0

註:統計問卷總數為 885 份，以上單位為%

七、桃園酸雨資訊網

雖然桃園地區雨水酸化情形較全國其他縣市顯著，但過去至今，在桃園市政府環境保護局不斷的努力下，從中壢站歷年趨勢的變化以及 7 座酸雨站自 2014 年 5 月至 2017 年 6 月監測的資料都顯示，桃園雨水酸化的情形已有改善的趨勢，尤其硫氧化物減量的成效也已反映在雨水樣本中 NSS-SO_4^{2-} 濃度的減少。為使桃園市民眾對本地雨水酸化狀況有進一步的認識與了解，以及展現本市改善酸雨的努力，本計畫於工作內容中，除維護已建立之桃園酸雨資訊網外，將持續展示各鄉鎮區酸雨監測分析結果以及提供酸雨相關資訊，希望能藉此達成強化環境教育與新知傳播之果效。目前網頁架構圖如圖 7.1 所示。

在今年針對維護酸雨資訊網的工作內容上，每兩個月更新一次酸雨相關新聞或資訊，每一季(2018 年 9 月、2018 年 12 月、2019 年 3 月及 2019 年 6 月)於向環保局報告監測資料獲得認可後，更新最新之酸雨監測結果，相較許多國外大型酸雨監測網站每年更新一次監測資料，本網站則更迅速提供監測資料，使民眾能更快速了解桃園當地酸雨監測的結果，目前已在第 4 季更新資料時，將酸雨監測資料更新至 2019 年 4 月。本期計畫執行期間針對網頁內容進行更新或維護的時程整理如表 7.1，圖 7.2 至圖 7.3 為更新新聞與酸雨監測資料之網頁剪影。



圖 7.1 桃園酸雨資訊網網頁架構圖

表 7.1 計畫期間網頁更新與維護時程整理

更新次數	更新時間	修正或更新內容
1	2018.08.23	更新酸雨相關新聞以及雨水監測資料至 2018 年 4 月
2	2018.09.26	更新酸雨相關新聞以及雨水監測資料至 2018 年 6 月
3	2018.10.22	更新酸雨相關新聞以及環保相關宣傳短片
4	2018.12.26	更新酸雨相關新聞以及雨水監測資料至 2018 年 10 月
5	2019.02.26	更新酸雨相關新聞
6	2019.03.29	更新酸雨相關新聞以及雨水監測資料至 2018 年 12 月
7	2019.04.17	更新新聞失效連結與酸雨相關新聞
8	2019.06.26	更新酸雨相關新聞以及雨水監測資料至 2019 年 4 月



桃園市政府環境保護局 版權所有 Copyright © 2018

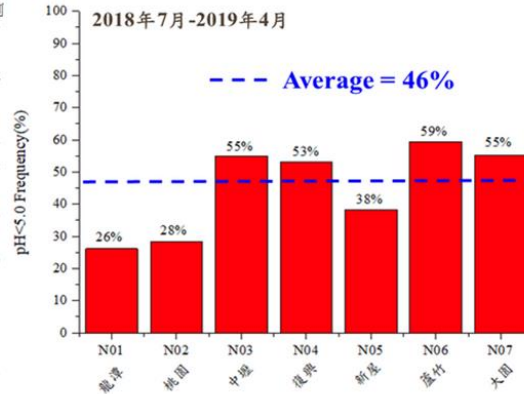
隱私權政策, 政府資料開放宣告, 網站安全政策

執行單位：國立中央大學大氣科學系 TEL：(03) 4227151 # 65519

圖 7.2 更新新聞連結之網頁剪影

2018年7月至2019年4月雨水監測資料

在2018年7月至2019年4月的監測期間中，桃園七座酸雨監測站所收集的475個樣品中，有218個樣本達到酸雨標準，酸雨平均發生頻率為46%，其中以蘆竹站發生酸雨頻率最高59%，中壢、大園與復興站其次，約在53-55%左右，高於平均值，其餘各站發生酸雨頻率低於平均值，發生頻率多約在25-40%之間，龍潭與桃園站最低，分為26與28%。全市pH總平均值為5.15，略高於酸雨定義之5.0，但仍低於自然界當中5.6的平衡值，顯示此期間之雨水酸化情形仍需要注意。若分站來看，蘆竹站與復興站最低，平均值分別為4.95與4.96，而pH平均值最高者為桃園與龍潭站，pH平均值分別為5.42與5.35，由於7站pH平均值仍皆低於自然界當中5.6的平衡值，且在酸雨定義之5.0上下，顯示本地雨水受到酸化污染並非僅單一行政區域的問題，而是全市都需要注意的環境議題。由導致雨水變酸的硫酸化物與氫氧化物濃度空間來看，兩者分布趨勢相似，大致顯示平地區域濃度較高於山區，其中濃度以中壢、桃園、蘆竹及大園等站較高，山區的復興與龍潭站較低，不過由於在中壢、桃園、蘆竹與大園一帶Ca²⁺與NH₄⁺的濃度亦高，受到中和效應的影響，所以沒有反映出雨水酸化情形，但居住在蘆竹、桃園以及中壢等區域的民眾還是要注意避免淋雨，以防範酸雨的危害。

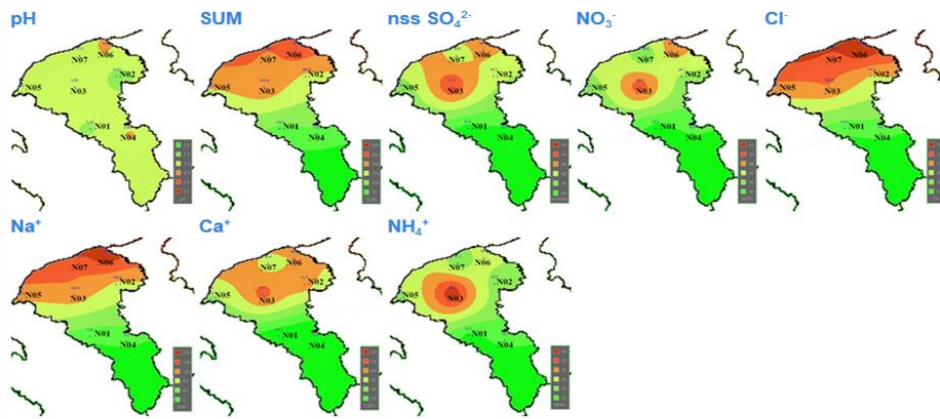


桃園各站降雨離子分析 (2018年7月至2019年4月)

Site	筆數	pH	Cond	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	nss-SO ₄ ²⁻	H ⁺	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Σion
N01 龍潭	μ	5.35	13.5	15.8	26.8	29.0	27.4	8.2	33.3	12.8	2.2	7.6	24.4	160.0
	σ	0.49	6.7	12.6	14.2	13.6	12.8	9.7	19.9	11.5	0.8	2.8	13.5	77.6
	% of sum			10	17	18	17	5	21	8	1	5	15	
N02 桃園	μ	5.42	31.9	116.4	40.7	57.5	44.3	10.6	42.8	109.0	6.0	28.2	51.7	465.8
	σ	0.67	32.9	223.0	32.2	43.3	29.5	15.9	34.4	206.6	5.4	42.9	44.2	560.0
	% of sum			25	9	12	10	2	9	23	1	6	11	
N03 中壢	μ	5.00	47.1	160.0	59.6	79.6	61.5	24.9	66.2	149.5	6.0	40.7	57.7	644.8
	σ	0.75	46.12	262.3	72.8	73.9	59.1	26.3	87.3	241.9	6.0	53.5	78.2	736.7
	% of sum			25	9	12	10	4	10	23	1	6	9	
N04 復興	μ	4.96	16.4	16.7	30.5	29.8	27.9	16.0	36.2	15.7	2.5	8.5	16.9	170.1
	σ	0.39	12.9	29.5	29.6	27.0	25.5	14.5	37.9	31.4	1.5	7.3	10.1	149.3
	% of sum			10	18	18	16	9	21	9	1	5	10	
N05 新屋	μ	5.27	32.3	133.7	36.9	50.4	35.9	11.2	42.9	122.6	4.7	32.0	39.9	472.6
	σ	0.63	31.8	220.3	36.0	41.9	26.9	12.4	40.6	192.7	4.8	41.6	35.0	547.6
	% of sum			28	8	11	8	2	9	26	1	7	8	
N06 蘆竹	μ	4.95	53.1	235.6	51.6	76.3	49.6	21.6	46.9	220.9	6.4	51.6	48.0	760.8
	σ	0.57	41.8	258.4	46.0	50.7	31.9	24.9	33.4	245.0	5.7	50.9	43.3	675.1
	% of sum			31	7	10	7	3	6	29	1	7	6	
N07 大園	μ	5.12	41.6	185.8	36.0	65.3	44.6	16.7	41.2	170.9	5.2	41.7	44.4	607.1
	σ	0.67	32.1	222.4	31.1	45.0	27.2	17.4	28.9	202.0	4.1	42.6	31.6	575.2
	% of sum			31	6	11	7	3	7	28	1	7	7	
Total	μ	5.15	34.8	128.4	41.2	57.2	42.9	16.0	45.2	119.2	4.9	31.8	41.9	485.2
	σ	0.65	35.5	219.6	43.8	50.8	36.3	19.4	48.2	202.3	4.8	43.6	46.2	583.9
	% of sum			26	8	12	9	3	9	25	1	7	9	

註：(濃度單位: μeq/l, 導電度單位: μS/cm)

桃園境內降水離子分布圖 (2018年7月至2019年4月)



桃園市政府環境保護局 版權所有 Copyright © 2018

隱私權政策 政府資料開放宣告 網站安全政策

執行單位：國立中央大學大氣科學系 TEL：(03) 4227151 # 65519

圖 7.3 更新酸雨監測資料至 2019 年 4 月份

八、結論與建議

截至期末報告，已按工作預定進度查核表完成各工作項目至應有進度進度，目前所獲得之成果摘述如下：

- 自 2018 年 7 月開始採樣至 2019 年 6 月底止，共完成分析 631 個樣本，經篩選過後共有 602 個樣本合格，整體合格率達 95%，高於聯合國規範之 75%。
- 2018 年 7 月 31 日至 8 月 1 日以及 2019 年 1 月 29-30 日已完成本年度兩次之酸雨查核，並將查核結果製成紀錄，目前各站執行與運作狀況良好。
- 2018 年 7 月至 2019 年 6 月，採集的 631 個樣品中，有 258 個樣本達到酸雨標準，酸雨平均發生頻率為 41%，其中以蘆竹站發生酸雨頻率較高 57%，中壢與大園站其次，分別為 51 與 55%，高於平均值，其餘各站發生酸雨頻率低於平均值，發生頻率多約在 20-40%之間，龍潭與桃園站最低，分為 20 與 23%。
- 統計 7 站於此段期間降雨化學分析結果，全市 7 站雨水平均 pH 值為 5.20，以中壢站與蘆竹站最低，平均值分別為 4.98 與 5.00，而 pH 平均值最高者為桃園與新屋站，pH 平均值分別為 5.47 與 5.39，由於 7 站 pH 平均值仍皆低於自然界當中 5.6 的平衡值，且在酸雨定義之 5.0 上下，顯示本地雨水受到酸化污染並非僅單一行政區的問題，而是全市普遍需要注意的環境議題。

- 主要致酸因子部分， SO_4^{2-} 七站平均 $50 \mu\text{eq l}^{-1}$ ($26-69 \mu\text{eq l}^{-1}$)，其中以蘆竹站 $69 \mu\text{eq l}^{-1}$ 最高。若扣除海洋性硫來源，計算 nss- SO_4^{2-} 濃度，各站約有 $1-19 \mu\text{eq l}^{-1}$ 差異，復興站因距海距離較遠，所以兩者相差最小。 NO_3^- 方面，七站平均為 $37 \mu\text{eq l}^{-1}$ ($25-50 \mu\text{eq l}^{-1}$)，以中壢與蘆竹站最高，濃度約為 $50 \mu\text{eq l}^{-1}$ 左右，其 7 站平均濃度佔總離子之 10%，之於 nss- SO_4^{2-} 亦佔 10%，且由 2015-2019 年同期監測的資料來看， NO_3^- 濃度與在總離子濃度中所佔的比例皆已不亞於 nss- SO_4^{2-} ，凸顯出未來本市在控制酸雨的部分，氮氧化物的控管是更加需要注意的。
- 根據自 2014 年 5 月至 2019 年 6 月的雨水監測資料皆顯示在桃園、蘆竹與大園等站， Ca^{2+} 為最主要的鹼性離子，濃度更高出 1993-2005 年監測平均一倍，2017-2018 的監測資料顯示中壢站 Ca^{2+} 濃度也高於 NH_4^+ 離子，顯示營建工程所帶來的污染影響在本市是不容忽視的，倘若扣除 Ca^{2+} 的中和效應，北桃園的酸雨污染情形可能更顯著，值得持續觀察。
- 空間特性分析結果顯示，在機場附近的蘆竹站與中壢站有較低之 pH 值分布，但各站間差異不大；nss- SO_4^{2-} 、 NO_3^- 有相近的分布趨勢，但特別在中壢及蘆竹等站有較高濃度。海鹽離子和過去監測結果相近，與離海岸距離呈負相關； Ca^{2+} 空間分布顯示在中壢、桃園與蘆竹等地有較高的分布，與前期監測結果相似； NH_4^+ 的分布主要在中壢與蘆竹之間區域有較高的濃度，此應反映農業地帶的特性，但綜合鈣與銨的濃度分布狀況來看，中壢甚至蘆竹、大園及桃園地區，倘若扣除 Ca^{2+} 與 NH_4^+ 的中和效應，以上地區雨水 pH 平均值將會更低。
- 由季節差異分析來看，在夏季降水時，nss- SO_4^{2-} 與 NO_3^- 兩者

都是在本市平地區域有較高的濃度，尤其 NO_3^- 的濃度與 nss-SO_4^{2-} 相當，這也凸顯本市在空污管制的策略上，應將氮氧化物的管制納入未來重點減量的方向；當進入秋冬季降水時，由於加上境外污染物移入的影響，兩者濃度在平地測站都有明顯的增加。而在 Ca^{2+} 濃度的分布狀況來看，秋冬季明顯高於夏季，而夏季濃度較高的區域分布在蘆竹與大園一帶，但可能受到東北季風吹拂，除了有可能將北桃園區域營建工程所產生的塵土微粒向西南方傳送外，也可能受到強風產生的揚塵所導致，使得秋冬季北桃園的下風區域出現 Ca^{2+} 濃度明顯增高的情形，與 2017 年同期分析結果一致，可持續觀察期在後續降水化學中的變化。

- 與鄰近縣市比較結果顯示，中壢站不論夏季或冬季的資料都顯示 nss-SO_4^{2-} 濃度都有顯著的減少，甚至夏季濃度已低於台北站，本地管制硫氧化物已見果效。進一步比對台北、中壢與新竹酸雨站 2018 年之監測資料，中壢站的致酸離子濃度分布雖略高於新竹且與台北水準相當，但受到 Ca^{2+} 離子中和效應的影響，台北與新竹地區的雨水才未顯出酸化的情形，但若扣除中和效應的影響，三站雨水可能有相當酸化的程度。
- 由近年監測資料顯示，春季與冬季監測之 pH 值最低，夏季最高，而且中壢站並非一直都是七站中最低，有時在蘆竹、復興或是大園地區，有更低於中壢站的情形，顯示酸雨問題非僅中壢地區需注意的問題。不過 2017 年以後，春冬季 pH 平均值有增加的情況，酸雨發生頻率也減少，反而以秋季較高（蘆竹與大園發生頻率增高），此與過去監測之結果較為不同，未來建議持續追蹤變化情形與收集更多資料以釐清原因。

- 已選定 3 組距離較相近之酸雨測站與空氣品質測站，並收集 2014-2019 年 4 月中，三組測站兩個有較連續降雨的個案資料來進一步研究探討，其中顯示在較無劇烈垂直運動且連續降雨的天氣型態中，地面監測的空氣品質的變化較能反映在雨水中污染物濃度上，且降雨初期若降雨強度較弱時，容易出現致酸離子濃度較高的樣品，未來可作為預先警示的依據。
- 按照環保局同意之宣導場域，已完成 10 場次宣導活動共 1225 人參與，人數突破歷年新高，宣導對象包括國小學童以及桃園市民，同時也培訓種子講師並調整宣導方式以進行較多人次之宣導。由統計回收的 885 份問卷中顯示宣導活動受到很高的評價，近 7 成的學童對整體活動感到非常滿意，整體有 95% 的問卷反映感到滿意，顯示宣導活動深受小朋友喜愛，同時也在相關建議欄位中，寫下對宣導活動的心得與感言，得到相當多的肯定。此外，經由宣導活動後，有近 80% 的學員對環保局對改善酸雨的努力感到非常滿意，甚至加上滿意的人數更可達到 96%，顯示宣導活動也是一個可以很好展現本市對努力改善酸雨成果的管道。
- 網頁部分，除不定期配合環保局修正網頁漏洞及失效連結部分外，已更新酸雨監測資料至 2019 年 4 月，且每一季更新一次酸雨監測資料，每兩個月則新增即時或近期酸雨及環保相關議題之新聞。

建議部分：

- 由酸雨長期監測資料可看出本市積極推動酸雨前驅污染物之減量管制，已有成效(特別是硫氧化物的管制)，不過年際間仍

有變動，需要持續關注掌握其變化情形，因此建議除持續推動總量管制與削減大中小型污染源排放政策外，建議也可推廣清潔燃料/再生能源以及低污染車輛之使用、加嚴排放標準及跨縣市合作等方向同時進行努力。同時也建議未來有關桃園國際機場飛機起降帶來的 NO_x 排放問題亦應進一步掌握，並參考國際各大機場之管制經驗規劃執行有效之減量措施。

九、查核重點及自評工作進度

9.1 工作重點查核進程

項目	時程 項目	107年7月01日-108年6月30日											
		7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
1	工作計畫書	——											
2	7 酸雨監測站採樣與分析												
3	7 酸雨監測站維護與採樣												
4	7 酸雨監測站維護與採樣		——					——					
5	歷年酸雨監測結果分析												
6	利用細懸浮微粒資料探討空氣品質與酸雨的相關性												
7	環境教育宣導												
8	酸雨網站維護與更新												
9	第一次與第二次工作進度報告、期末報告				——					——			——

—— 實際已完成之進度 - - - 預計之執行進度

9.2 自評進度

工作進度如表 9.1 所示，各項工作已完成，整體進度達 100%。

表 9.1 自評進度表

項目	內容	預計進度	辦理情形	實際進度
1. 酸雨監測結果分析及展示	持續 7 座酸雨監測站監測工作至 108 年 6 月 30 日。	100%	自 107 年 7 月 1 日起開始至 108 年 6 月 30 日止，共收集並完成分析 631 個樣本	100%
	維護與更新酸雨資訊網資料，提供酸雨監測及分析結果，並展示本市防制酸雨的作為與成效。	100%	已分別於以下日期針對網站進行資料更新與內容修正，持續固定每兩個月定期新增即時或近期酸雨及環保相關議題之新聞，每季更新酸雨監測結果。 <ul style="list-style-type: none"> ● 8 月 23 日 ● 9 月 26 日 ● 10 月 22 日 ● 12 月 26 日 ● 2019 年 2 月 26 日 ● 2019 年 3 月 29 日 ● 2019 年 4 月 17 日 ● 2019 年 6 月 26 日 	100%
	整合酸雨監測與氣象場資料，探討本市酸雨分布特性，分析酸雨監測歷史	100%	目前已將收集之降水監測結果進行特性探討，呈現於本報告第三章內容中。	100%

	資料的連續性及變異性。			
	收集與研析國內外酸雨研究現況資料，以及相關防制策略與措施，提出本市未來酸雨防制措施制定之建議。	100%	目前已將收集 NADP 與東亞 EANET 等國外大型酸雨監測網之研究現況資料、歐美與東亞鄰近各國之空氣污染管制法規或措施等資料，已於第五章呈現。	100%
2.分析酸雨監測結果及解析桃園地區酸雨沉降與懸浮微粒之相關性	收集本市空氣中懸浮微粒資料，解析桃園地區酸雨與懸浮微粒之相關性，了解不同區域之差異及酸雨的可能成因，並於未來提出改善與建議。	100%	目前已選定三組距離較為相近之酸雨測站與空品測站，並挑選 4 個降水個案進行討論，討論結果於第四章內容呈現。	100%
3.桃園酸雨環境教育宣導	辦理 10 場次酸雨環境議題教育宣導，包括酸雨的形成、危害、如何避免自身受到酸雨的傷害、如何減少酸雨的產生及安排有獎徵答，對象可包括國小學校師生或環保志工及與河川教育中心合作辦理酸雨環境教育課程，加深宣導內容及擴展宣導面向。	100%	已於 107 年 9 月 5 日提送酸雨宣導規劃書，包含預計宣導單位及宣導內容等，107 年 9 月 14 日桃環稽字第 1070075841 號函已同意備查，目前已完成十場宣導，參與人數突破歷年新高，共有 1225 人次參與。	100%
總進度		100%		100%

十、參考文獻

- 吳義林、蔡德明及王錫豐(2015)臺灣細懸浮微粒(PM_{2.5})成分與形成速率分析，行政院環境保護署。
- 呂世宗、林能暉及吳義林(2004)大氣污染物長程傳輸衝擊評估及酸雨監測分析，行政院環境保護署。
- 呂世宗、林能暉(2013)酸雨及有害物質溼沉降監測分析調查工作計畫(三)，行政院環境保護署。
- 呂世宗、林能暉(2015)酸雨監測及成份分析調查評估專案工作計畫(第二年)，行政院環境保護署。
- 呂世宗、林能暉(2016)酸雨監測及成份分析調查評估專案工作計畫(第三年)，行政院環境保護署。
- 呂世宗、林能暉(2017)酸雨監測及成份分析調查專案工作計畫，行政院環境保護署。
- 呂世宗、林能暉(2018)酸雨監測及成份分析調查專案工作計畫(第二年)，行政院環境保護署。
- 林能暉、張木彬及丁望賢(2001)桃園縣酸雨分佈及強度研究，桃園縣環境保護局。
- 林能暉、張木彬及丁望賢(2004)桃園縣酸雨分佈及強度研究，桃園縣環境保護局。
- 林能暉、張木彬及丁望賢(2005)桃園縣酸雨分佈及強度研究，桃園縣環境保護局。
- 林能暉及張木彬(2015)104年度桃園市酸雨監測與防制策略計畫，桃園市環境保護局。
- 林能暉及張木彬(2016)105年度桃園市酸雨監測與防制策略計畫，桃園市環境保護局。
- 王聖翔及林能暉(2001)桃園地區固定污染源對硫沈降之貢獻，環境保

- 護，第二期，第二十四卷。
- 凌永健、陳秋雲(1994)化學分析的偵測極限(上)，科儀新知，第一期，第十六卷。
- 陳意淳、游彥勝、賴連富、陳嘉俐及陳月雲(2017)105年度空氣污染綜合防制及應變計畫，桃園市政府環境保護局。
- 陳意淳、游彥勝、賴連富、陳嘉俐及陳月雲(2018)106年度空氣污染綜合防制及應變計畫，桃園市政府環境保護局。
- 曾佩如、朱珮芸、傅強、陳怡妃、賴宜弘、蔡志賢及洪珮瑜(2018)。降低移動污染源管理措施蒐集與彙析，交通部運輸研究所。
- Alexander, L. V., and Coauthors, 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *J. Geophys. Res.*, 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.
- Keene W.C., Pszenny A.A.P., Galloway J.N., and Hawley M.E., 1986. Sea-Salt Corrections and Interpretation of Constituent Ratios in Marine Precipitation, *Journal of Geophysical Research* 91(6), 6647-6658.
- Sen, p. K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*, 63, 1379–1389.
- Wolfram Schlenker, W. Reed Walker, 2016. Airports, Air Pollution, and Contemporaneous Health, *The Review of Economic Studies*, Volume 83, Issue 2, 768–809.

附錄 A

酸雨測站觀測人員作業手冊

目錄

一、酸雨採樣規劃書	1
1.1 背景說明	1
二、溼沉降採樣流程	3
2.1 採樣設備清單	3
2.2 儀器介紹	4
2.3 採樣步驟	7
2.4 溼沉降採樣紀錄表	19
2.5 樣品編號規則	20
2.6 運送	21
三、系統查核	22
3.1 野地系統查核	22
3.2 實地改正措施	24
3.2.1 實施依據	24
3.2.2 改正措施之實施方法	24
四、緊急連絡方式	25

表目錄

表 2.1 採樣設備清單.....	3
表 3.1 野地系統查核表.....	23

圖目錄

圖 1.1 計畫工作流程.....	2
圖 2.1 酸雨採樣器構造圖.....	4
圖 2.2 溼沉降採樣流程圖.....	7
圖 2.3 溼沉降採樣流程 SOP	8

一、酸雨採樣規劃書

1.1 背景說明

為進行酸性沈降調查，本研究團隊建立之工作流程如圖 1.1。本手冊提供酸沈降之採樣與運送流程，及相關實地採樣之品保／品管工作流程，詳細內容列於第二部份。另外為維護採樣儀器設備，實驗室內人員將於定期至各測站進行採樣設備之系統查核，其工作流程如第三部份所述。緊急連絡方式列於第四部份。

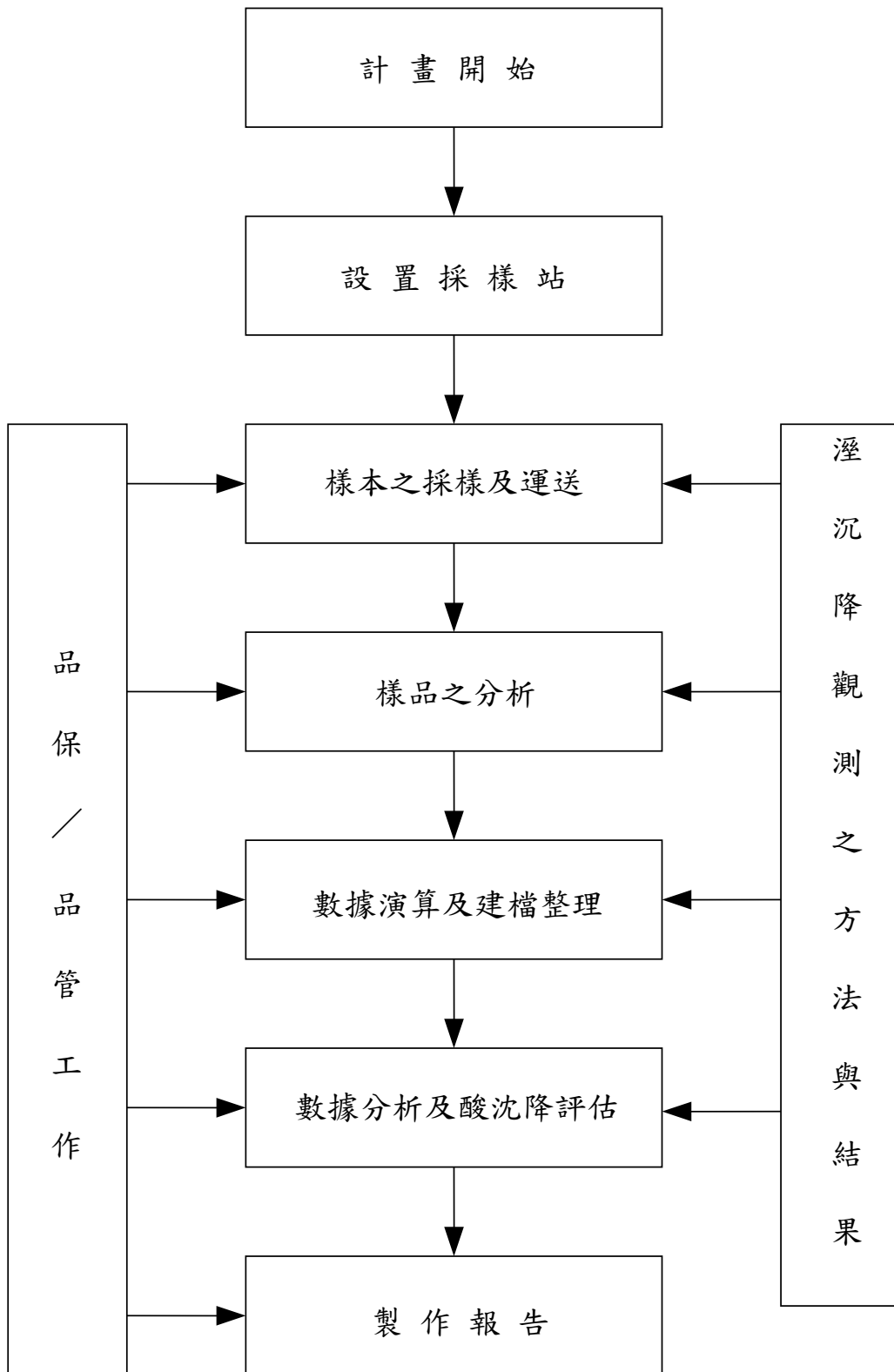


圖 1.1 計畫工作流程

二、溼沉降採樣流程

溼沉降為各測站主要採樣的項目，本章針對採樣設備清單、儀器介紹、採樣步驟及常見問題分別說明。

2.1 採樣設備清單

每一測站所配置的設備列於表 2.1。

表 2.1 採樣設備清單

設備	用途
酸雨採樣器	收集雨水
密封箱(紙箱)	盛裝採樣桶、去離子水及樣本瓶
雨量桶(附蓋子)	收集雨水
去離子水	清洗容器
500 ml 量杯	方便將收集到的雨水分裝到樣本瓶中
磅秤	量秤雨水重量
100 ml 樣本瓶	存放收集之雨水
洗滌瓶	清洗容器
標籤貼紙	標示樣品
防水簽字筆	標示樣品
封口膜	防止樣品與外界接觸
夾鏈袋	放置樣本瓶
拭鏡紙	擦拭實驗用品
實驗用手套	防止進行過程樣品髒污
實驗紀錄本	紀錄
吸水紙	鋪於工作平台上，及擦拭採樣桶外部 (切勿用於內部)
1 L 燒杯	裝廢液
保鮮盒	放在冰箱存放樣品用
剪刀	剪封口膜
膠帶	密封紙箱用
整理箱	放置實驗用品的箱子

2.2 儀器介紹

(1) 酸雨採樣器

酸雨採樣器目的為收集溼沉降，其外觀為圖 2.1 所示，儀器大小約為 100*60*150 cm(長*寬*高)，電壓為 115 V，耗電量平時為 0.12 A，下雨有動作的最大耗電量為 0.78 A，其主要構造元件為四部分：

1. 溼沉降採樣桶：承接雨水的桶子
2. 移動式頂蓋：此為電動馬達所傳動的頂蓋，當感應到降雨時，移動式頂蓋會自動開啟，雨停後會移動回去把桶子蓋上。
3. 手動/自動開關：將開關轉到手動時，可控制移動式頂蓋在無雨情形下開啟，而一般都位於自動的位置。
4. 雨水感應器：感應降雨的感應器，當下雨時裡面的電路板通電，會傳出一個訊號，以啟動移動式頂蓋開啟。

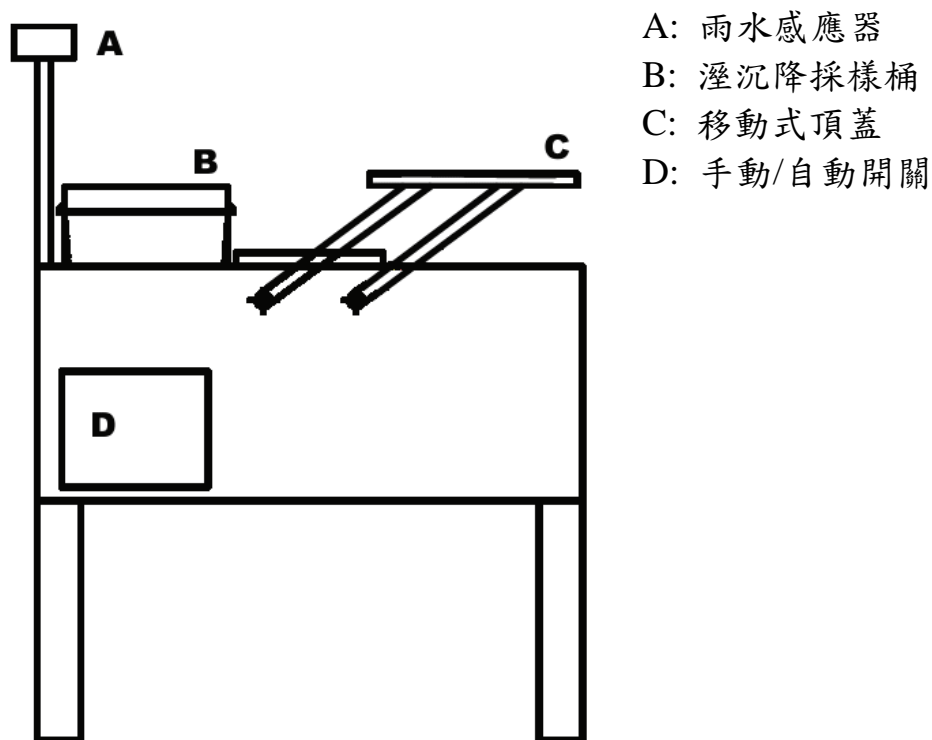


圖 2.1 酸雨採樣器構造圖

(2) 磅秤

使用此一設備之目的，除了用來度量各採樣器的收集效率外，亦可提供為雨量之資料，由於收集之面積一定，故可由收集桶內之降雨總重量除承斗面積而得一數值，此值即為降雨量，再與雨量計讀得之降雨量值比較，以了解收集效率。

使用前先將磅秤歸零，將收集到雨水的採樣桶(含蓋子)，置於磅秤上，以量得採樣桶含雨水的重量，將資料紀錄於紀錄簿中。

A.使用注意事項

1. 請將電子秤放置穩固、平坦處使用。
2. 避開電風扇前或冷氣機出風口使用。
3. 開機前秤盤上請勿放置任何物品。
4. 本機可選擇具省電裝置，5分鐘不使用，則自動關機。

B.按鍵功能

1. [On / Zero] 開機 / 歸零
2. [Tare] 扣重
3. [Units] 秤重單位切換(kg / 台斤 / 計數)
4. [Off] 關機

C.操作說明

1. 檢查電源是否備妥(穩壓器插上電源或裝上乾電池 UM-2*4)。
2. 按[On / Zero]鍵開機，經3秒後數字歸零，即可開始使用。
3. 要轉換 kg / 台斤 / 計數，按[Units]鍵一次就可任意切換秤重單位。

(3) 採樣桶

每個採樣桶包含桶子主體及蓋子，每個桶子均有其對應的蓋子，桶子上有編號及其重量。

2.3 採樣步驟

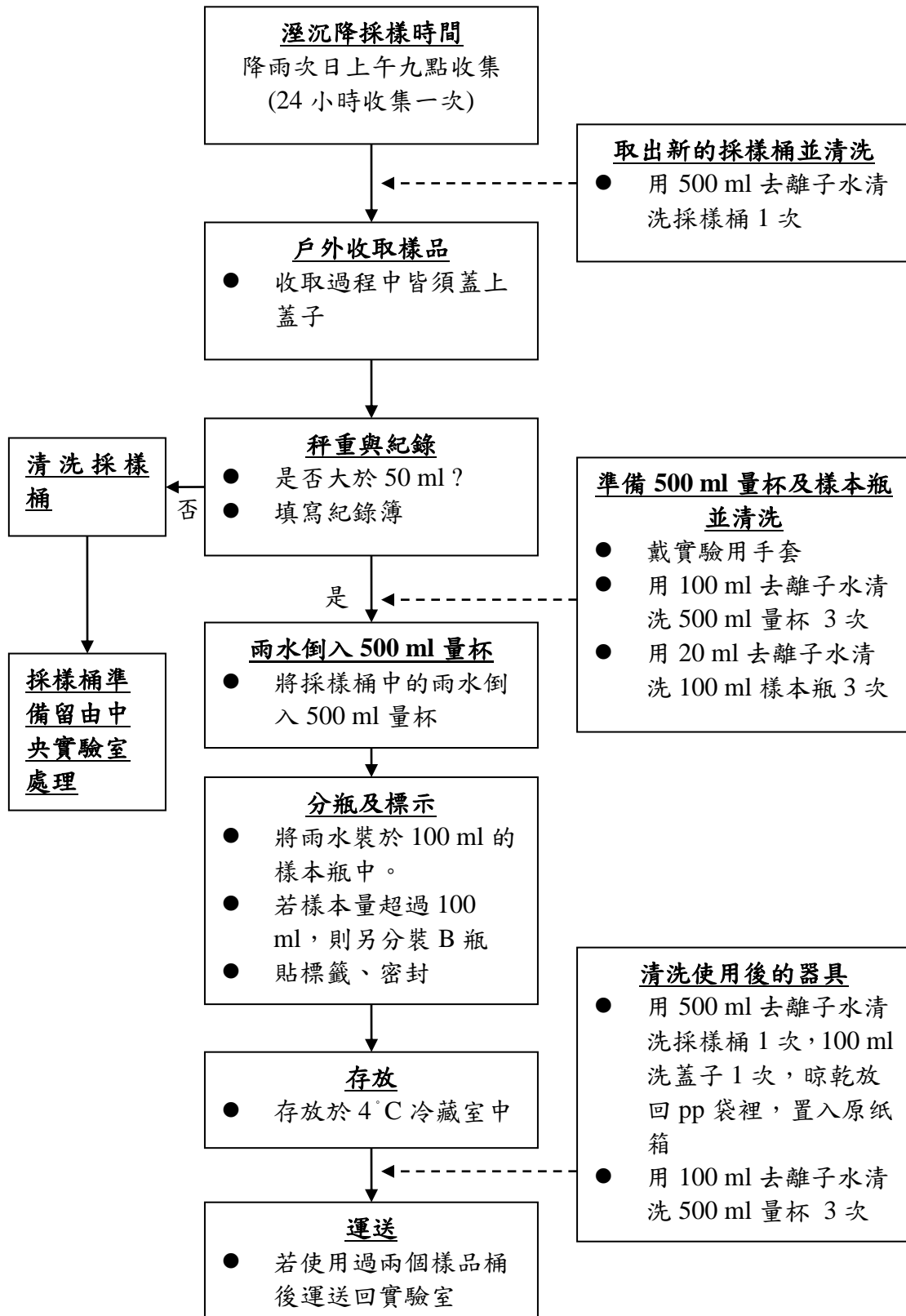


圖 2.2 溼沉降採樣流程圖

採樣流程

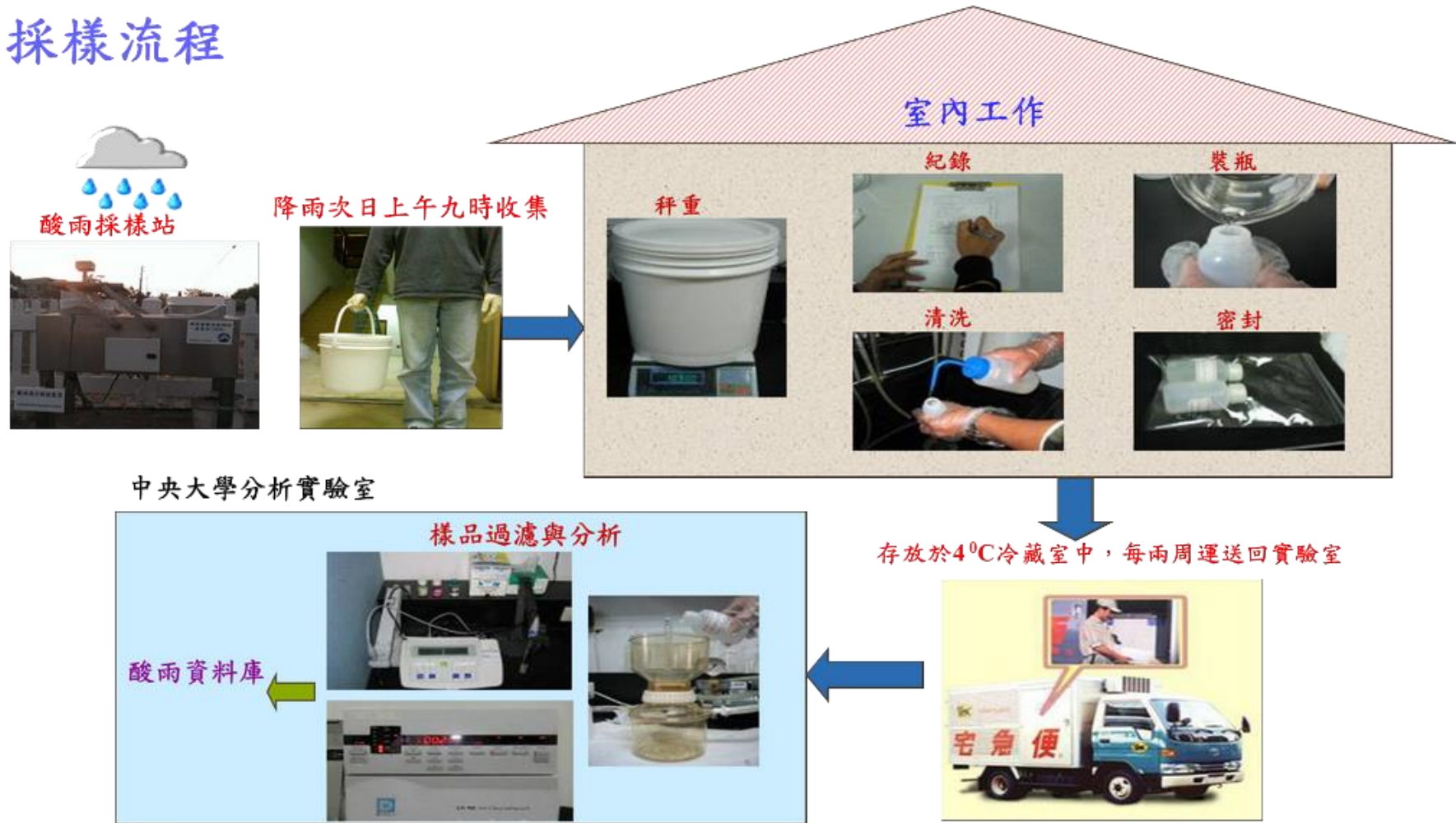


圖 2.3 溼沉降採樣流程 SOP

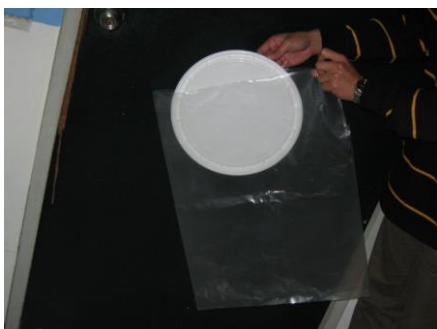
以下為採樣步驟詳細說明:

1. **採樣原則**: 雨水採樣採用日採樣方式，固定於早上九點進行採樣。
若昨日早上九點到今日早上九點有下雨，就要進行雨水採樣，並填寫採樣紀錄表。
2. **清洗採樣桶**:
 - a. 自密封箱中取出一個雨水採樣桶，將 pp 袋拿掉。(pp 袋放回紙箱)
 - b. 用 200 ml 去離子水倒入採樣桶中，均勻搖晃沖洗桶子，切勿將手直接與內桶接觸。
 - c. 倒乾桶內的水。
 - d. 自密封箱取出與放在外面之採樣桶編號相同的蓋子，將 pp 袋拿掉。(pp 袋放回紙箱)
 - e. 採樣桶蓋上蓋子，帶到戶外的酸雨採樣器放置地點。(確定一下此時桶子和蓋子上的編號是不同的)

(a) 從 pp 袋取出採樣桶 (b) 清洗採樣桶 (c) 倒乾桶內的水



(d) 取出與外面採樣桶同編號的蓋子 (e) 蓋上蓋子帶到戶外



3. 戶外收取樣品:

- a. 到達戶外時，先檢視儀器操作情形，及天氣狀況，若正在下雨，酸雨採樣器應該為開啟的狀態。
- b. 將採樣器的採樣桶取下。
- c. 蓋上原桶蓋(編號需一致)。
- d. 換上新的採樣桶。
- e. 迅速將裝有雨水的採樣桶帶回屋內。

特殊情況:

情況 1:

採樣時，雨已停止，酸雨採樣器應該為關閉的狀態，此時應打開酸雨採樣器的控制室，將開關轉到手動模式，電動臂會自動開啟。

情況 2:

若連續一周未下雨，未收到雨水，亦須更替酸雨採樣桶。

(a) 下雨時的情況



(b) 取出採樣桶



(c) 蓋上蓋子



(d) 放入新的採樣桶



(e) 帶回實驗室



4. 秤重與紀錄:

- a. 磅秤歸零。
- b. 用吸水紙擦拭採樣桶外表的水珠。
- c. 秤重。

情況 1:

所得到的量減去桶重小於 50 g，將以樣品量不足計。將雨水倒掉，再分別以 500 ml 和 100 ml 的去離子水清洗桶子和蓋子 1 次，清洗完畢後裝入塑膠袋，放回原密封箱中。

情況 2:

若重量減去桶重大於 50 g，將此值紀錄於紀錄簿中

d. 填寫紀錄簿，同時完成其他紀錄事項。(情況 1 及 2 都需要填寫)

(a) 歸零



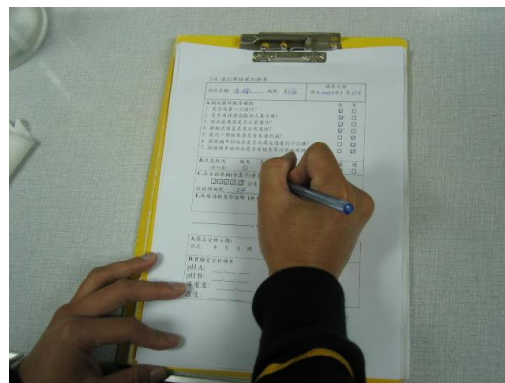
(b) 擦拭桶外水珠



(c) 秤重(含蓋)



(d) 填寫紀錄紙



5. 準備 500 ml 量杯及 100 ml 樣本瓶並清洗:

- a. 戴上手套，並在工作平台上鋪上試鏡紙。
- b. 以 200 ml 去離子水清洗 500 ml 量杯 3 次。

- c. 將量杯內的水甩乾。
- d. 試鏡紙擦拭乾淨。
- e. 取出 100 ml 樣本瓶(請依雨量估算清洗的瓶數)，將外蓋打開，反置於拭鏡紙上，再將內蓋打開放置於外蓋上。
- f. 以 20 ml 去離子水清洗 100 ml 樣本瓶 3 次。(以洗滌瓶倒入 20 ml 去離子水於樣本瓶中，並蓋上內外蓋，上下震動 10 次以清洗樣本瓶，再打開瓶蓋將水倒掉，反覆清洗 3 次。)
- g. 甩乾樣本瓶。

(a) 帶上手套，以防沾污樣品



(b) 倒入 200 ml 去離子水清洗 3 次。



(c) 甩乾



(d) 擦拭乾淨



(e) 打開樣本瓶



(f) 20ml 去離水清洗 3 次(勿與瓶口接觸)



(g) 甩乾



6. 雨水倒入 500 ml 量杯

a. 將採樣桶中的雨水倒入 500 ml 量杯中。(採樣桶勿碰觸量杯)

b. 脫下就實驗用手套，準備更新。

(a) 將雨水倒入 500 ml 量杯中



(b) 脫下就實驗用手套



7. 分瓶及標示:

- a. 換上新手套
- b. 倒入適量的雨水(約 20 ml)潤溼樣本瓶。(若雨水量大於 50 ml 但小於 100 ml，就不用潤溼，直接進行下面步驟。)
- c. 樣本瓶內雨水倒掉並甩乾。
- d. 將量杯中的雨水裝入樣本瓶。(注入樣本瓶的過程必須以傾斜一個角度倒入，以防止產生過多的氣泡，盡量裝致全滿)
- e. 蓋上內外蓋。
- f. 鎖緊。
- g. 以順時針方向封上封口膜。
- h. 在標籤紙上寫上編號。(請參閱 2-5 節)
- i. 若雨水量超過 100ml，則按上述流程將多餘樣本裝入 B 瓶。

註: 若有 B 瓶也以同樣方式操作。B 瓶最少允許容量為 50 ml。

(a) 戴上新手套，以防沾污樣品



(b) 倒入適量雨水潤瓶



(c) 倒掉並甩乾



(d) 將雨水裝入樣本瓶



(e) 蓋上蓋子



(f) 鎖緊



(g) 封上封口膜



(h) 寫標籤紙



8. 存放樣品:

- a. 將收集的 A、B 瓶樣品放於夾鏈袋中。
- b. 密封。
- c. 放於 4°C 的冷藏室中。

(a) 放入夾鏈袋



(b) 密封



(c) 放入冰箱



9. 清洗使用後的器具:

- a. 用 200 ml 去離子水清洗 500 ml 量杯 3 次。
- b. 將量杯內的水倒乾。
- c. 試鏡紙擦拭乾淨。
- d. 放回於整理箱中。
- e. 用 500 ml 去離子水倒入採樣桶中，均勻搖晃沖洗桶子，切勿將手直接與內桶接觸。(清洗一次)
- f. 倒乾桶內的水。
- g. 將採樣桶裝回原 pp 袋中。
- h. 用 100 ml 去離子水清洗桶蓋。(清洗一次)
- i. 甩乾。
- j. 將桶蓋裝回原 pp 袋中。

(a)200ml 清洗量杯 3 次 (b) 倒乾



(c)拭鏡紙擦拭



(d)放回整理箱



(e) 500ml 清洗採樣桶 1 次 (f) 倒乾



(g) 放入 pp 袋



(h) 100ml 清洗桶蓋 1 次 (i) 甩乾



(j) 放入 pp 袋



10. 運送

- k. 檢查使用過的桶子數目。
- l. 使用兩週後即可進行運送。(詳見 2-6 節)

2.4 溼沉降採樣紀錄表

測站名稱: _____ 編號: _____		填表日期 西元 年 月 日	
A.測站操作程序確認		是	否
1. 是否為第一次操作?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 是否已詳讀過觀測人員手冊?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 雨水感應器是否正常運作?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 移動式頂蓋是否正常運作?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 採樣桶中的雨水是否混濁或過量的沙沉積?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 採樣桶中的雨水是否有被鳥屎污染的痕跡?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 是否為間歇性降雨?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 是否採樣桶已使用兩個?		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 是否已通知中央實驗室人員?(第8項填否者免填)		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B.當時天氣狀況: 晴天 多雲 陰天 雨天 雷雨 霧 煙 (請勾選) <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
C.承水採樣桶(含蓋子)重量 □□□□.□ 公克 採樣桶編號: _____		D.樣品編號	
E.採樣過程意外說明 (無免填)		F.採樣者簽名	

-----以下由中央實驗室人員填-----

A.樣品分析日期: 西元 年 月 日 時	B. 分析者簽名:
C.實驗室分析項目 pH A: ____ . ____ ____ Buffer: ____ . ____ ____ pH B: ____ . ____ ____ Check: ____ . ____ ____ 導電度: ____ . ____ Diff: ____ . ____ ____ 溫度: ____ . ____	

2.5 樣品編號規則

樣品編號為根據採樣當天日期做編號。

例如龍潭站在 2016 年 1 月 11 日早上 9 點鐘採到樣品，而且水量足夠分裝於兩瓶樣本瓶中，編號為：

N01-160111-A 和 N01-160111-B

1-3 碼為測站代碼

4-5 碼為年（西元後兩位數字）

6-7 碼為月

8-9 碼為日

10 碼為 AB 瓶代碼，若只有一瓶亦需標示 A

2.6 運送

每個測站現場固定有個 4 採樣桶，其中 3 個分別裝在 2 個密封箱中的，另外 1 個採樣桶放在酸雨採樣器上。

每兩週使用完一組(兩個)採樣桶後便進行以下運送的步驟:

1. 將使用過的採樣桶用塑膠袋包好裝回空的紙箱，桶蓋也同樣包好，冷藏室中的樣品取出包好、紀錄紙放於專用夾鏈袋中，連同 5L 的水桶一起放進密封箱用膠帶包好。
2. 聯絡宅配人員取件。(電話: 傳真:)
3. 請寄到以下地址:

320 中壢市五權里中大路 300 號 國立中央大學大氣科學系 712A 室

曾韋迪 先生 收

電話: 03-4227151 ext 65519

手機: 0935-104105

4. 寄出去後，請來電或 e-mail 通知酸雨計畫中央實驗室，說明已將密封箱寄回來。

電話: 03-4227151 ext 65519

E-mail: weiti.tseng@g.ncu.edu.tw

5. 中央實驗室會準備一套新的密封箱並寄過去。

三、系統查核

3.1 野地系統查核

為了瞭解野地採樣人員之操作能力以及採樣設備的運轉狀況須進行野地系統查核，並將結果記錄於野地系統查核表 3.1 中，檢查的項目及方法如下：

1. 採樣人員能力查核

採樣人員採樣流程操作之執行能力查核。查核頻率為六個月一次。

2. 磅秤檢查

使用標準砝碼檢測其精準度。查核頻率為六個月一次。

3. 酸雨採樣器功能運作檢查

檢查採樣器雨水感應 sensor 與頂蓋開關是否正常。

4. 存放檢查

檢查樣本及採樣器具存放空間及方式是否正確。另外，去離子水應根據各站需求而提供備用所需。

3.2 實地改正措施

3.2.1 實施依據

野地品保目標查核評估的實施依據為每六個月一次。若系統查核項目無法達到預期品保目標，即針對不同項目採取相應改正措施。

3.2.2 改正措施之實施方法

1. 酸雨採樣器功能運作檢查

- (1) 感應器清潔磨光或更換。
- (2) 馬達的檢查或更換。
- (3) 檢查電力系統和電壓。

2. 磅秤檢查

- (1) 電力檢查。
- (2) 準確度檢查。

四、維護常見問題及處理

Q1：降水時，儀器頂蓋未正常開啟。

A：檢查電源以及儀器控制面板，確認運作正常，未出現當機狀況，並清潔感應器，若仍無法排除，請聯繫中央大學人員。

Q2：降水結束時，儀器頂蓋未正常關閉。

A：關閉電源後，確認感應器狀態並清潔，開啟電源，若無法恢復，請聯繫中央大學人員。

Q3：儀器頂蓋未能正常運作，且清潔感應器亦無法恢復。

A：請聯繫中央大學人員。

Q4：儀器面板出現錯誤代碼，儀器頂蓋無法正常開關。

A：關閉採樣器電源並重新開啟，若無法復原，請聯繫中央大學人員

Q5：儀器頂蓋無法在正確位置停止。

A：關閉儀器電源，聯繫中央大學人員處理。

Q6：儀器面板無法正常反應，進行正常運作，如手動自動切換。

A：重啟儀器電源，若未恢復，請聯繫中央大學人員。

五、緊急連絡方式

中壢市五權里中大路 300 號，國立中央大學 大氣物理研究所 雲與氣
膠實驗室

實驗室電話: 03-4227151 ext 65519

實驗室傳真: 03-4223360

相關聯絡人:

曾韋迪

電話: 0935-104105

E-mail: weiti.tseng@g.ncu.edu.tw

邱佳陽

電話: 0920-661642

E-mail: jense_chiu@mail2000.com.tw

附錄 B

品保與品管計畫書

目錄

一、前言.....	1
二、品管品保分析內容.....	2
2.1 目標.....	2
2.2 品管品保工作流程圖.....	2
三、樣品分析程序.....	4
3.1 溼沉降採樣後分析流程.....	4
3.2 檢驗方法.....	6
3.2.1 離子層析儀之分析參數設定.....	7
3.2.2 離子層析儀檢量線建立.....	8
四、品保品管分析之執行.....	13
4.1 實驗室儀器設備之維修維護.....	13
4.2 實驗室樣品數據品管/品管分析方法之建立.....	24
4.2.1 各品管品保分析方法分述.....	24
4.2.2 方法偵測極限之建立.....	39
五、數據之演算、登錄與驗證.....	41
5.1 數據之演算、登錄.....	41
5.2 數據的驗證.....	41
5.2.1 數據驗證執行方法.....	42
5.3 數據報告之處理流程.....	45

表目錄

表 3.1 分析儀器設備.....	6
表 3.2 檢量線配製表.....	10
表 4.1 實驗室儀器/器材維護紀錄表格	14
表 4.2 實驗室儀器/器材維修紀錄表格	15
表 4.3 離子層析儀狀態紀錄表格.....	23
表 4.4 空白分析紀錄表格範本.....	24
表 4.5 重複分析表格範本.....	29
表 4.6 查核分析表格範本.....	34
表 4.7 添加分析表格範本.....	38
表 4.8 檢測離子之方法偵測極限值範本.....	40
表 5.1 WMO 之陰陽離子總當量數規範範圍一覽表	44

圖目錄

圖 2.1 品保品管工作流程.....	3
圖 3.1 溼沉降分析流程圖.....	5
圖 3.2 各標準品檢量線線性圖範例(離子濃度單位: $\mu\text{eq l}^{-1}$).....	11
圖 4.1 pH meter 校正程序圖.....	19
圖 4.2 導電度計校正程序圖.....	20
圖 4.3 重複樣品分析品質管制圖範本.....	28
圖 4.4 查核樣品分析品質管制圖.....	33
圖 4.5 添加樣品分析管制圖.....	37

一、前言

為了提升化學分析的準確度及分析品質與長期評估實驗室之品管品保工作是否成功，本實驗室參考了行政院環境保護署環境檢驗所建議之品管品管執行指引(NIEA-PA101;NIEA-PA105; NIEA-PA106)與世界氣象組織全球大氣監測 (WMO GAW, World Meteorological Organization Global Atmosphere Watch) 所建議之數據驗證方法，並對實驗室之各項儀器/器材皆有嚴格維護流程，以建立本實驗室之品管品保工作執行方法。

二、品管品保分析內容

2.1 目標

1. 建立溼沉降之實驗室分析與數據控管流程
2. 以標準之採樣及分析方法，進行溼沉降調查研究

2.2 品管品保工作流程圖

本實驗室執行溼沉降樣品分析時，每次分析皆依序建立檢量線、方法偵測極限，並參考環檢所與氣象組織全球大氣監測 (WMO GAW, World Meteorological Organization Global Atmosphere Watch) 所建議之方法，對實驗數據進行空白、添加、查核、重複樣品分析等品保品管分析及與驗證數據工作。同時亦管理實驗室內各項儀器器材維修維護工作，使所分析之數據資料更具可信度。實驗室品保品管工作流程圖如圖 2.1 所示。

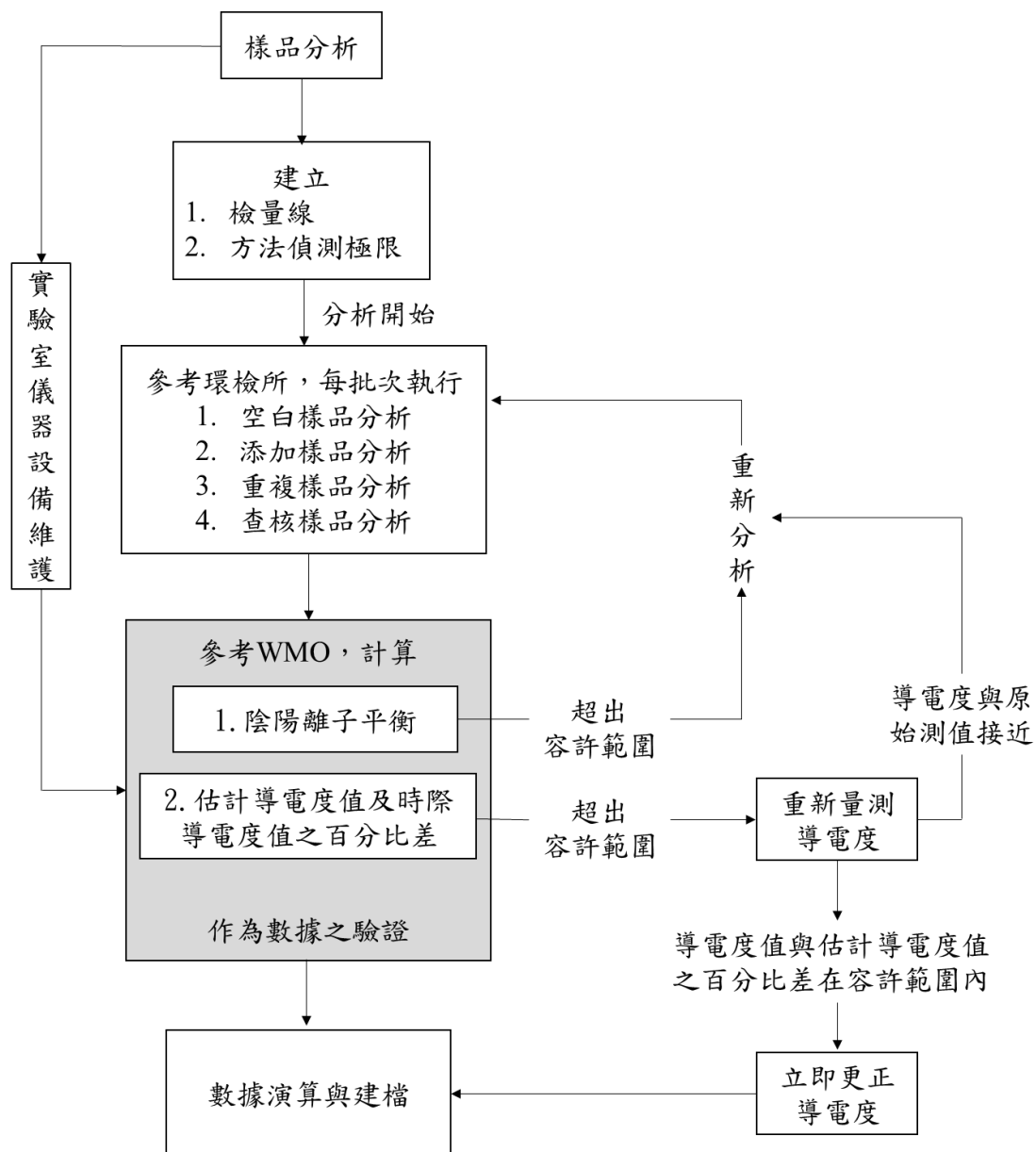


圖 2.1 品保品管工作流程

三、樣品分析程序

3.1 溼沉降採樣後分析流程

溼沉降樣品前處理過程為先經以日本 Adventec 公司生產的 0.45 μm mixed cellulose esters (MCE, 混合纖維素酯)濾膜過濾完成後，再進行 pH 與導電度測量分析。前處理完成後，應立即以離子層析儀進行主要離子之分析，以防樣品之變質或損壞。數據分析需經數據查核與驗證工作，確定無誤後再進行數據建檔，流程圖如 3.1 所示。

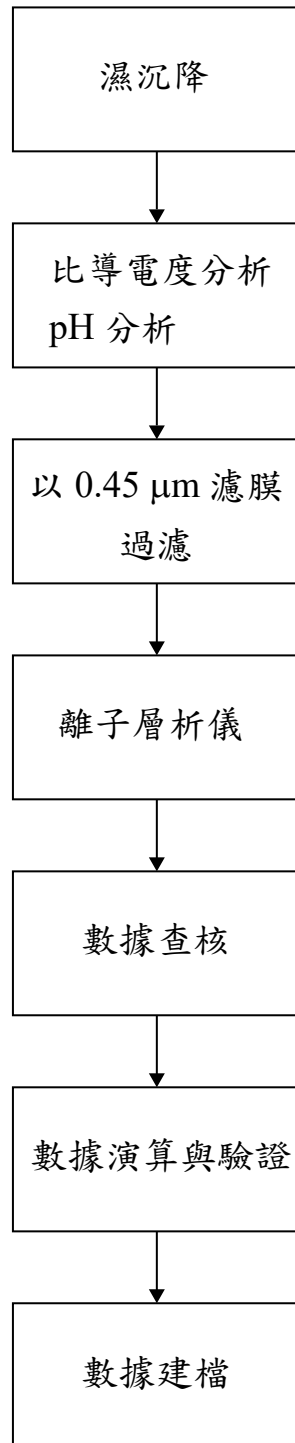


圖 3.1 溼沉降分析流程圖

3.2 檢驗方法

雨水樣品於採樣後，於現場立即進行冰存後，而後將樣品攜回實驗室測定。其分析項目包括：

- pH 值及導電度；
- 陰離子濃度：包括 Cl^- 、 NO_3^- 及 SO_4^{2-} ；
- 陽離子濃度：包括 NH_4^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 及 Mg^{2+} 。

pH 值以 pH 計量測，導電度則以導電度計量測，陰、陽離子皆由離子層析儀(Ion Chromatography)量測，氫離子濃度則直接由 pH 值換算而得。使用儀器之資料參見表 3.1。離子層析儀目前主要以 ICS-1500 為分析儀器，DX-100 為備用，離子檢測方法流程則按照環檢所公告之「水中陰離子檢測方法－離子層析法」(NIEA W415.53B)操作。

表 3.1 分析儀器設備

儀器名稱	廠牌
離子層析儀 (Ion Chromatography)	ICS-1500 型、1600 型及 2100 型 美國 DIONEX 公司
自動注射器 (Auto samplers)	AS-100 型、AS-AP 型 美國 Thermo Separation 公司
酸鹼度計 (pH meter)	MPC227 METTLER TOLEDO
導電度計	MPC227 METTLER TOLEDO
超音波振盪器	NT-SPN (國宜有限公司代理)

3.2.1 離子層析儀之分析參數設定

離子層析儀最佳參數設定條件如下：

- 陽離子分析

分離管柱：CS-12A (4*250 mm)

保護管柱：CG-12 (4*50 mm)

抑制管柱：陽離子自我再生抑制管柱(Cation Self-regenerating Suppressor)，CSRS ULTRA II (4 mm)。

注射體積：50 μL

沖提液濃度：17 mM 甲磺酸 (MSA, Methanesulfonic acid)

沖提液流速：1 mL min^{-1}

- 陰離子分析

分離管柱：AS4A-SC (4*250 mm)

保護管柱：AG4A-SC (4*50 mm)

抑制管柱：陰離子自我再生抑制管(Anion Self-regenerating Suppressor)，ASRS-ULTRA (4 mm)

注射體積：50 μL

沖提液濃度：1.8 mM Na_2CO_3 + 1.7 mM NaHCO_3

沖提液流速：2 mL min^{-1}

3.2.2 離子層析儀檢量線建立

1. 製備待測物標準品:分別配置分析陰陽離子所需之標準品，作為建立檢量線之準備。配置方法如下:

● 陽離子標準品之配置

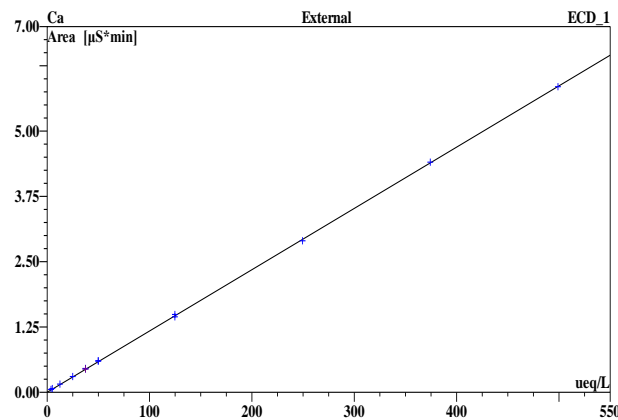
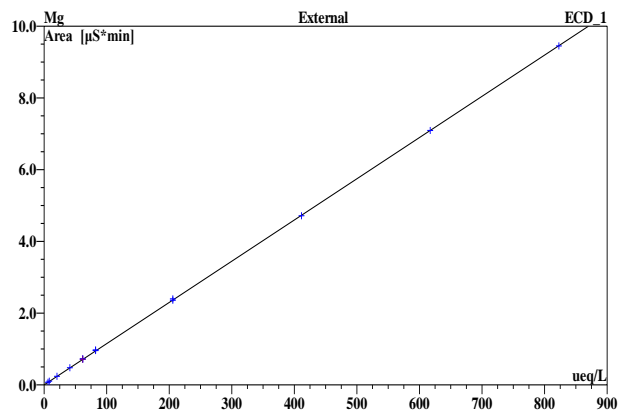
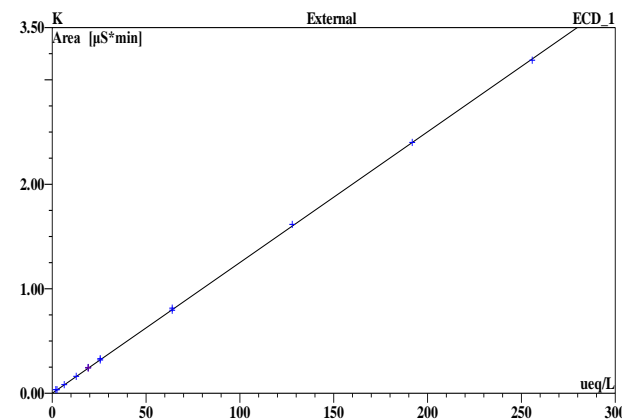
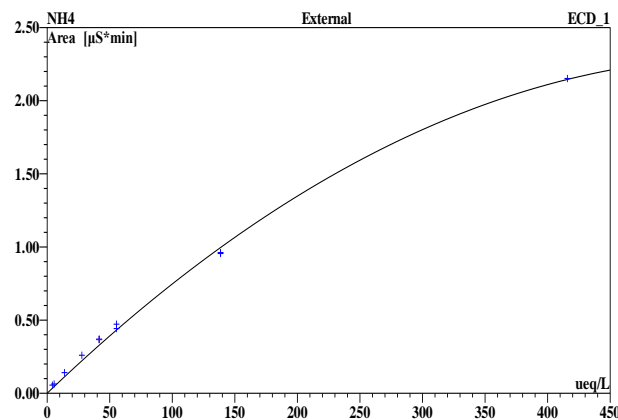
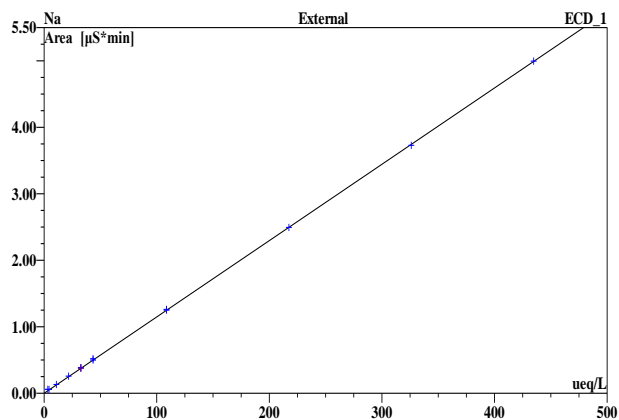
Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 等離子檢量線標準品分別由 1000 mg L^{-1} 標準溶液加以稀釋配置而成。配置方法為分別自各標準品取定量陽離子標準品溶液，再以去離子水定量稀釋至 100 mL ，配置成陽離子混合母液 100 ppm ，其 $\text{Na}^+ : \text{NH}_4^+ : \text{K}^+ : \text{Mg}^{2+} : \text{Ca}^{2+}$ 比例為 $1 : 1 : 1 : 1 : 1$ 。再由母液稀釋分別配製 0.075 、 0.1 、 0.25 、 0.5 、 0.75 、 1 、 2.5 、 5 、 7.5 、 10.0 ppm 之檢量線用標準品。

● 陰離子標準品之配置

Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 等離子檢量線用標準品分別由 1000 mg L^{-1} 標準溶液加以稀釋配置而成。配置方法為分別自各標準品取定量陰離子標準品溶液，再以去離子水定量稀釋至 100 mL ，配置成陰離子混合母液 100 ppm ， $\text{Cl}^- : \text{NO}_3^- : \text{SO}_4^{2-}$ 比例為 $1 : 2 : 2$ 。再由母液稀釋分別配製 0.075 、 0.1 、 0.25 、 0.5 、 0.75 、 1 、 2.5 、 5 、 7.5 ppm 之檢量線用標準品。

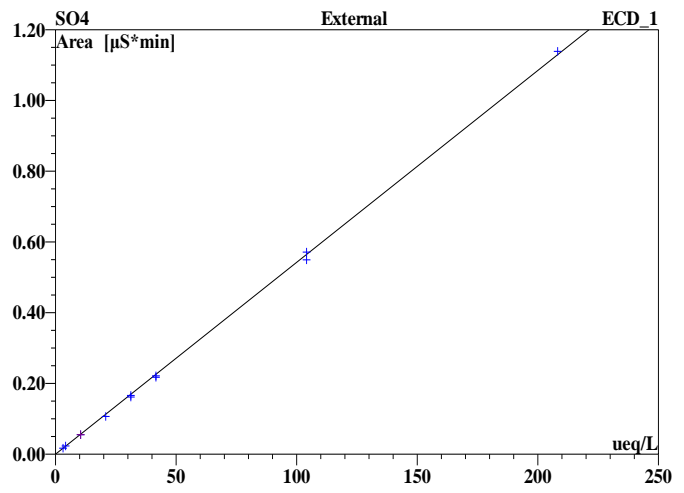
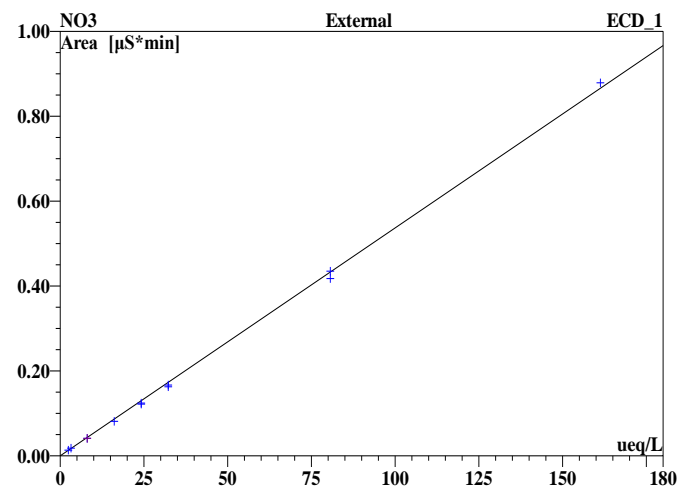
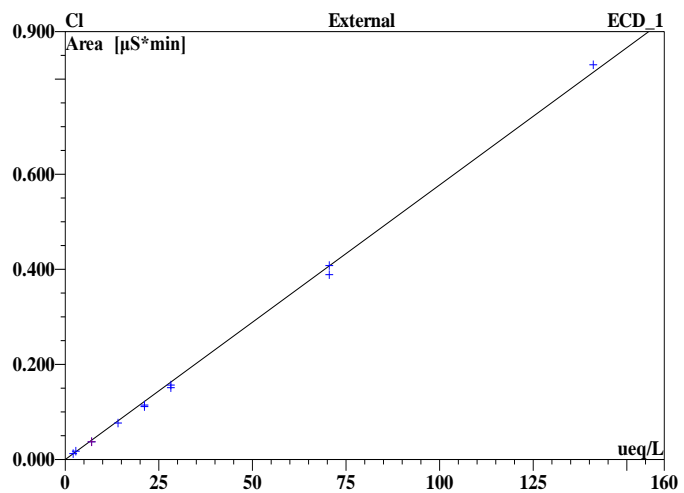
2. 製備檢量線

每次分析開始前皆須配置新的檢量線，並須登錄於表 3.2，每條檢量線均須以編號並紀錄使用日期。將陰陽離子標準品溶液分別注入離子層析儀之後，以面積值與標準品濃度繪製成一相關線性圖，利用最小平方差方程式(Least Square Error Equation)求得線性迴歸方程式，即為陰陽離子之檢量線，公式為 $y=ax+b$ ，其中 y 為積分面積值， x 為離子濃度， a 與 b 為常數。其陰陽離子檢量線之相關係數 R^2 須大於 0.995 以上。各標準品檢量線線性圖如圖 3.2 範例所示。



Peak Name	R-Square(%)
Na ⁺	99.995
NH ₄ ⁺	99.706
K ⁺	99.992
Mg ²⁺	99.997
Ca ²⁺	99.992

圖 3.2 各標準品檢量線線性圖範例(離子濃度單位:µeq l⁻¹)



Peak Name	R-Square
Cl	99.838
NO ₃ ⁻	99.898
SO ₄ ²⁻	99.950

圖 3.2(續) 各標準品檢量線線性圖範例(離子濃度單位: $\mu\text{eq l}^{-1}$)

四、品保品管分析之執行

為了求得良好之實驗數據結果，本計畫對實驗室採樣後之分析流程執行嚴格之品保品管程序，在無法滿足品保目標時，表示系統運作環節可能出現問題，需提出因應措施來改善。且實驗室各儀器設備需依其維護方法進行維護，以確保操作正常，維護維修並紀錄於表格內，如表 4.1 與表 4.2。數據驗證與相關儀器維護方法詳述如下：

4.1 實驗室儀器設備之維修維護

實驗室內所使用的各項儀器/器材，皆須依各項儀器/器材之屬性不同而進行例行之維護與維修工作，詳細工作執行方法細述如下：

1. 分析天平

為確保分析天平之準確度，使用前皆需進行水平儀檢查及零點校正方可開始稱取工作。本實驗室所購置之天平可自動進行內校正工作，並固定每年請廠商進行維護校正工作一次。

2. RO 逆滲透純水機

其各濾心包括 5 μm 預濾心、1 μm 為過濾濾心、顆粒活性炭過濾濾心需每月拆下清洗一次，每三個月更換一次。逆滲透膜濾心與酸性活性炭濾心約一年更換一次，維護人並紀錄更換時間，填寫維護紀錄表，維修與維護紀錄表如表 4.1、表 4.2 所示。

3. 純水機

本實驗室純水機所使用的水為 RO 逆滲透純水機所製造之逆滲透水。所得之去離子水電阻值必須大於等於 18.3 $\mu\Omega\text{-cm}$ 方可使用，每次取用前皆需查核電阻值是否在接受範圍內，如電阻值小於 18.3 $\mu\Omega\text{-cm}$ ，表示需更換濾心，進行維護時亦須填寫維護紀錄表。

表 4.1 實驗室儀器/器材維護紀錄表格

實驗室儀器/器材維護紀錄表

儀器/器材名稱	維護時間	負責廠商	負責人	備註
EASRpureLF	2014.6.3	倍晶科技	廖建榮	更換濾心
EASRpureLF	2014.7.25	倍晶科技	廖建榮	更換手把
ROSL-50GPD	2014.12.1	超群科技	柯和影	更換濾心
EASRpureLF ROSL-50GPD	2016.8.22	超群科技	柯和影	更換濾心
EASRpureLF ROSL-50GPD	2017.7.18	超群科技	柯和影	更換濾心
EASRpureLF ROSL-50GPD	2018.2.27	超群科技	柯和影	更換濾心
METTLER TOLEDO	2014.8.12	富伯斯有限公司	陳振瀛	天平校正、pH meter 與 導電度計維護
METTLER TOLEDO	2015.2.12	富伯斯有限公司	陳振瀛	天平校正、pH meter 與 導電度計維護
METTLER TOLEDO	2015.7.14	富伯斯有限公司	陳振瀛	天平校正、pH meter 與 導電度計維護
METTLER TOLEDO	2016.1.12	富伯斯有限公司	陳振瀛	天平校正、pH meter 與 導電度計維護
METTLER TOLEDO	2016.8.30	富伯斯有限公司	陳振瀛	天平校正、pH meter 與 導電度計維護
METTLER TOLEDO	2017.3.24	富伯斯有限公司	陳振瀛	天平校正、pH meter 與 導電度計維護
METTLER TOLEDO	2017.9.21	富伯斯有限公司	陳振瀛	天平校正
DIONEX	2014.8.19	賽默飛世爾科技	吳志忠	儀器維護
DIONEX	2015.1.14	賽默飛世爾科技	吳志忠	儀器維護
DIONEX	2015.8.5	賽默飛世爾科技	田偉志	儀器維護
DIONEX	2015.12.30	賽默飛世爾科技	吳志忠、田 偉志	儀器維護
DIONEX	2016.07.27	賽默飛世爾科技	吳志忠	儀器維護
DIONEX	2017.06.06	賽默飛世爾科技	吳志忠	儀器維護
DIONEX	2108.01.11	賽默飛世爾科技	吳志忠	儀器維護
DIONEX	2018.07.31	賽默飛世爾科技	吳志忠	儀器維護

表 4.2 實驗室儀器/器材維修紀錄表格

儀器/器材名稱/型號	日期	負責廠商	異常情況	檢修情況	備考
離子層析儀系統	2015.3.25	賽默飛世爾科技	氣體管線漏氣	更換氣體管線	
離子層析儀系統	2015.4.1	賽默飛世爾科技	1. 氣體管線漏氣 2. 漏液 3. 異常噪音	1.更換氣體管線 2.更換 O-ring 3.清洗 PUMP、上潤滑油	
離子層析儀系統	2015.4.29	賽默飛世爾科技	壓力過高	更換管線	
離子層析儀系統	2015.10.13	賽默飛世爾科技	無法啟動運作	更換 PUMP MOTOR	
離子層析儀系統 (AS1000-2015/12810)	2016.5.9	賽默飛世爾科技 (吳)	壓力過高、直接跳機	ROTOR SEAL 中有剝落物、阻塞管路， 更換新的 ROTOR SEAL	
離子層析儀系統 (ICS1500 陽)	2016.5.11	賽默飛世爾科技 (吳)	PUMP 無法運作	更換新 PUMP	
離子層析儀系統	2016.10.14	賽默飛世爾科技 (盧.田)	PUMP 軸承故障，無法運作	田先生於公司維修、盧先生安裝測試	
離子層析儀系統	2016.11.8	賽默飛世爾科技 (盧.田)	分離效果不佳	吳先生電話詢問測試流速，推論淋洗液 桶有狀況，更換新瓶後即改善	
離子層析儀系統	2017.3.17	賽默飛世爾科技 (盧.田)	排氣時壓力過高，分析無結 果	吳先生測試後確認 inject valve 阻塞，更 換管線後壓力回降	

離子層析儀系統	2017.3.21	賽默飛世爾科技 (盧.田)	分析無結果	唐先生測試後確認 SUPPRESSOR 薄膜破損，進樣無法正常通過 CELL，更換 SUPPRESSOR 後改善	
離子層析儀系統	2017.3.28	賽默飛世爾科技 (盧.田)	陰陽離子準品分析量不準	盧先生將自動取樣器注射閥對位校正，六項閥建以水浸泡震盪後回復再現 姓及定量正常	
離子層析儀系統	2017.9.7	賽默飛世爾科技 (田)	標準品 NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻ PEAK 無法分離	建議清洗 COLUMN	
離子層析儀系統	2017.10.18	賽默飛世爾科技 (吳)	標準品 NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻ PEAK 無法分離	CELL 出問題(可能是污染)，先將 ICS-1500 陰離子系統更換至 ICS-2100	
離子層析儀系統 ICS-1600.2100、AS-AP	2018.1.25	賽默飛世爾科技 (吳)	樣品分析圖譜(水峰前 PEAK，樣品分析低於正常)	建議更換六向閥墊片組	
離子層析儀系統 ICS-1500 陰離子	2018.2.5	賽默飛世爾科技 (吳)	抑制器漏水 抑制器電源線壞掉	抑制器 Warranty 更換電源線	
離子層析儀系統 ICS-1600.2100、AS-AP	2018.3.6	賽默飛世爾科技 (吳)	樣品分析圖譜(水峰前 PEAK，樣品分析低於正常)	更換 ICS-1600 六向閥墊片組	
離子層析儀系統 ICS-1600	2018.3.23	賽默飛世爾科技 (吳)	抑制器漏水	更換新品	

離子層析儀系統 AS-1000	2018.4.23	賽默飛世爾科技 (吳)	自動取樣器出現 Error3003(Arm Jam On X Axis)	兩部舊 AS-1000 合併零件，維持正常運 作	
離子層析儀系統 ICS-1600.2100、AS- AP	2018.5.8	賽默飛世爾科技 (吳)	樣品分析圖譜(水峰前 PEAK，樣品分析低於正常)	更換 AS-AP 六向閥墊片組	
離子層析儀系統 ICS-2100	2018.5.29	賽默飛世爾科技 (吳)	泵浦有異音	泵浦上油	
離子層析儀系統 ICS-2100	2018.7.13	賽默飛世爾科技 (吳)	泵浦 Pump cost.off control	更換馬達軸承	
離子層析儀系統 ICS-1600	2018.10.26	賽默飛世爾科技 (吳)	儀器壓力無法顯示	更換壓力感測器	

4. 活塞移液器(transferpette)

實驗室所使用作為移液之微量移液管，每半年送請廠商進行校正一次。

5. 冰箱

由專責負責人隨時注意冰箱之溫度是否保持於 4°C，如大於 4°C，則檢查設定溫度值是否正確，並進行修改，若如無效，應立即通知廠商進行維修，並將樣品移至適當地點保存，亦須填寫維護紀錄表。

6. pH meter 校正

每次使用前皆須經過校正程序方可使用，校正程序如圖 4.1 所示，詳細校正流程按照環檢所公告之「水之氫離子濃度指數 (pH 值) 測定方法－電極法」(NIEA W424.52A、NIEA W425.51C)操作。

7. 導電度校正程序

每次使用前，需先開機穩機一小時後方可進行校正程序及使用，校正程序如圖 4.2 所示。詳細校正流程按照環檢所公告之「水中導電度測定方法－導電度計法」(NIEA W203.51B、NIEA W204.51C)操作。

註: pH meter 及比導電度計每半年應請廠商進行維護一次。

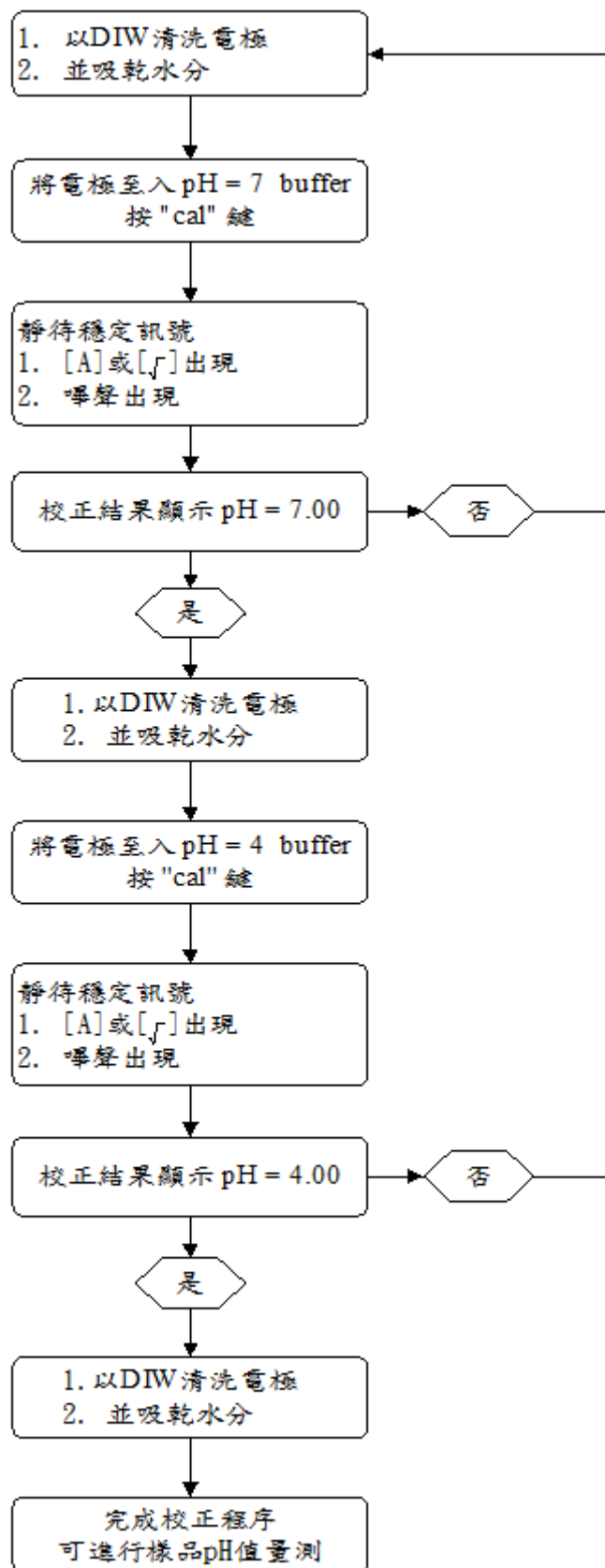


圖 4.1 pH meter 校正程序圖

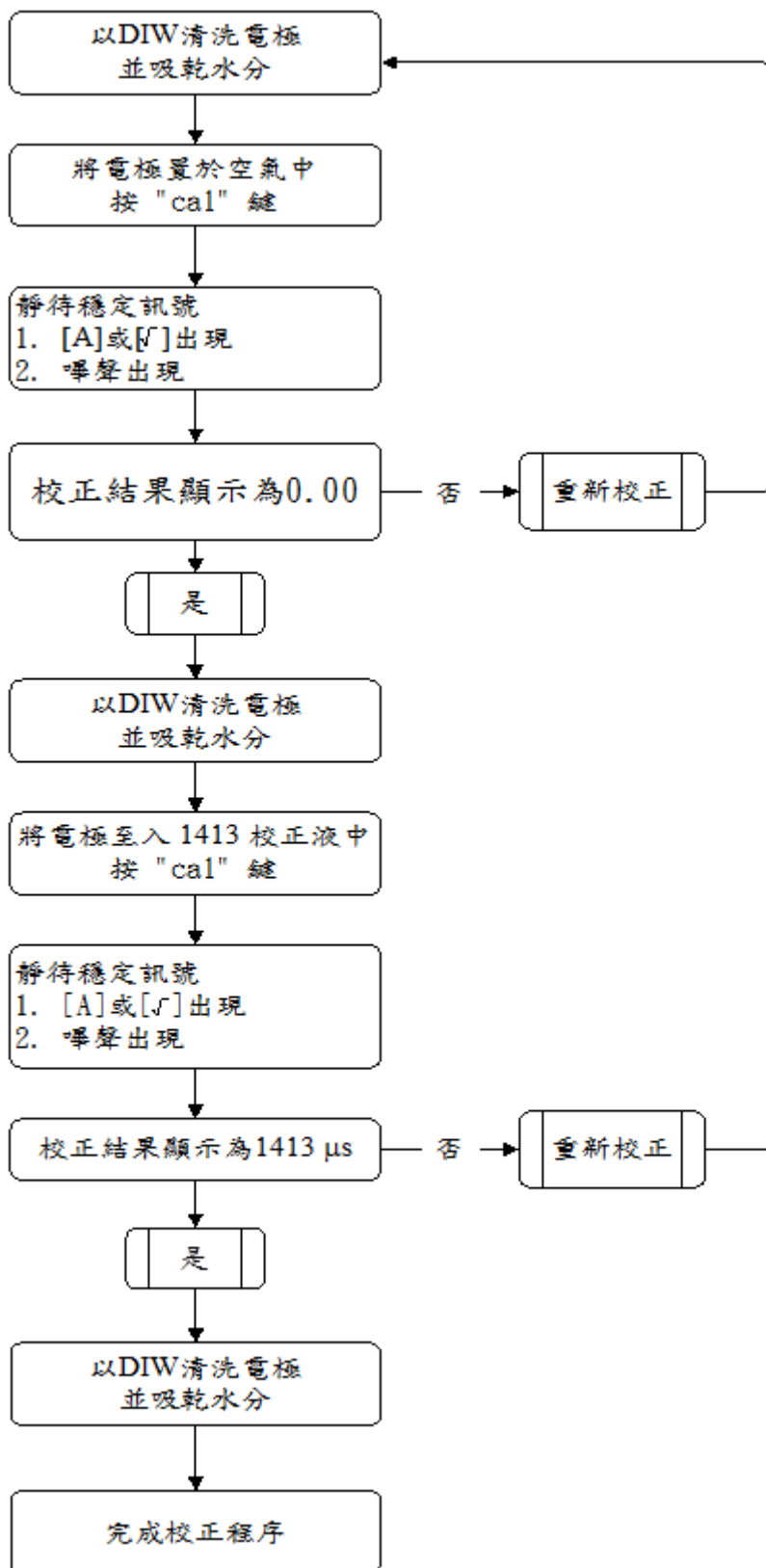


圖 4.2 導電度計校正程序圖

8. 離子層析儀與自動取樣器

開機後至少需穩機兩個小時以上，並確定再線性 $<15\%$ ，方可開始進行實驗，並每四個月請廠商進行維護一次。每次開機進行檢測分析時，亦需紀錄儀器狀態於表 4.3 所示。

維護項目：

A. Pump:

- (1) Pump 驅軸加油潤滑
- (2) Pump head 清洗
- (3) Inlet check 和 outlet check 清洗
- (4) Piston Seal 之測漏
- (5) Leak Sensor 測試
- (6) Flow rate 之校正
- (7) Pressure Offset 之校正
- (8) 液體管線之測漏

B. 管柱箱:

- (1) Injection valve 測漏
- (2) Injection valve Rotor Seal
- (3) Injection valve 和 column switch valve 電磁閥測漏
- (4) column switch valve port face 之檢測
- (5) column 適時的更換濾片
- (6) column 各段壓力測試
- (7) Cell 之清洗(以 3 M 硝酸清洗，再以 1 mM KCl 校正至 $147\text{MS} \pm 2\text{MS}$ 為準)
- (8) 氣體管線測漏

C. Conductivity Cell:

- (1) 以模擬 cell 校正，電子訊號。

- (2) Baseline 測試
- (3) Column 之再線性測試，以 Cl⁻為準，濃度 100 ppb，連測
三次
- (4) 電子訊號測試
- (5) 電路板之清潔
- (6) Keypad 測試

表 4.3 離子層析儀狀態紀錄表格

IC 儀器狀態紀錄表

系統狀態		日期										
		系統壓力										
背景值												
滯留時間	Na ⁺											
	NH ₄ ⁺											
	K ⁺											
	Mg ²⁺											
	Ca ²⁺											
	Cl ⁻											
	NO ₃ ⁻											
SO ₄ ²⁻												
淋洗液流速												
淋洗液濃度												
紀錄人												
備註												

4.2 實驗室樣品數據品管/品管分析方法之建立

為了增加分析結果之準確度及精確度，參考行政院環保署環檢所公告之品保品管方法(NIEA-PA101;NIEA-PA105;NIEA-PA1066)，而對每批次(本實驗室規範每 10 個樣品為一批次，少於 10 個仍為一批次)所分析之樣品皆執行空白樣品分析、重複樣品分析、查核樣品分析、添加樣品分析等。因酸雨監測未列於環境檢驗項目，屬於環境監測性質，方法偵測極限之建立乃參考”化學分析的偵測極限(上)”所列之方法制定 (科儀新知第十六卷第一期 83.8，凌永健、陳秋雲)，以確定分析方法之適用性。

4.2.1 各品管品保分析方法分述

1. 空白樣品分析

實驗室於每批次樣品分析時皆執行一空白樣品分析，分析結果需低於待測物 2 倍方法偵測極限值。若高於此值，則須找出污染原因並進行校正步驟及重新進行該批次樣品分析。實驗結果應紀錄空白品編號、分析日期、空白測定值，空白分析紀錄表格範例見表 4.4。

表 4.4 空白分析紀錄表格範本

分析日期	空白樣品編號	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻

單位: $\mu\text{eq l}^{-1}$

2. 重複樣品分析:

對同批次中之同一樣品，將其分成二等份，依相同之前處理及分析步驟執行兩次以上之分析，藉此以確定操作程序之精密度，並建立重複分析管制圖以管制分析數據之品質。所選取之重複分析樣品為隨機抽樣，因此當抽測到的樣品濃度較低時($<5 \mu\text{eq } l^{-1}$)，所得之相對差異百分比則相對較大，但仍在接受範圍。其管制圖之建立及使用步驟如下：

- (1) 於每批次樣品分析時，執行重複分析，並紀錄重複樣品編號、分析日期、重複分析測定值、及相對差異百分比於重複分析紀錄表上。
- (2) 同一樣品重複分析二次，得測定值 X_1 、 X_2 ，依下式計算其相對差異百分比 $RPD(\%)$ 。

$$RPD(\%) = \frac{|X_1 - X_2|}{\frac{1}{2}(X_1 + X_2)} \times 100\%$$

視需要可將樣品依濃度劃歸成數個濃度管制範圍，再分別執行各該濃度範圍之重複樣品分析。

- (3) 在各管制範圍內，累積至少 15 個 RPD 值，以下式計算 \overline{RPD} 及 S

$$\overline{RPD} = \frac{\sum_{i=1}^n RPD_i}{n}$$
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (RPD_i - \overline{RPD})^2}{n-1}}$$

其中 \overline{RPD} ：重複樣品相對差異百分比之平均值(%)

S ：標準偏差 (Standard deviation)

RPD_i ：個別重複樣品之相對差異百分比

n ：測定值數目

- (4) 依下式分別計算警告上限值(UWL)、管制上限值(UCL)以及管制下限值(LCL)：

$$UCL(\text{Upper Control Limit}) = \overline{RPD} + 3S,$$

$$UWL(\text{Upper Warning Limit}) = \overline{RPD} + 2S,$$

$$LCL = 0$$

之後每批次之重複分析測定值應紀錄於品質管制圖上，並依步驟(2)計算RPD值，有落於UCL以外者，應加以剔除，並找出其原因且此批次樣品須重新測量。重複分析樣本本實驗室重複分析管制圖範本見圖4.3，重複分析表格範本見表4.5。

- (5) 待品質管制圖建立後之每一重複樣品分析之測定值於檢測報告審核前，應登錄於重複樣品分析紀錄表，並依步驟(2)計算RPD值，繪於適當濃度管制範圍之品質管制圖上。

- (6) 針對RPD值在品質管制圖有下述情形時，作為判斷分析過程是否失控及執行矯正之依據：

1、若有新做之RPD值超出管制上限時，該批次樣品應重新分析。如重新分析之RPD值未超出管制上限時，則繼續分析；反之，則檢討並修正問題後再重新分析該批次樣品。

2、若有連續兩點超出警告上限時，該批次樣品應重新分析，如重新分析之RPD值未超出警告上限時，則繼續分析；反之，則檢討並修正問題後再重新分析該批次樣品。

3、若連續6點(不包括轉折點)有漸昇或漸減之趨勢時，該批次樣品應重新分析，如重新分析之RPD值與 \overline{RPD} 差異之絕對值小於一個標準偏差，或改變趨勢方向時，則繼續分析；反之，則檢討並修正問題後再重新分析該批次樣品。

- (7) 重複樣品分析品質管制圖每年應重新製備一次，即使
用前一年最後之 15 個重複樣品之相對差異百分比值，
依前述步驟（1）至（4）製備新的品質管制圖範圍，惟
若前一年之重複分析數據不足 15 個時，得再往前沿用
上一年的數據補足 15 個後，計算管制範圍作為重複樣
品分析之管制依據。

2018_1231duplicate analysis control chart

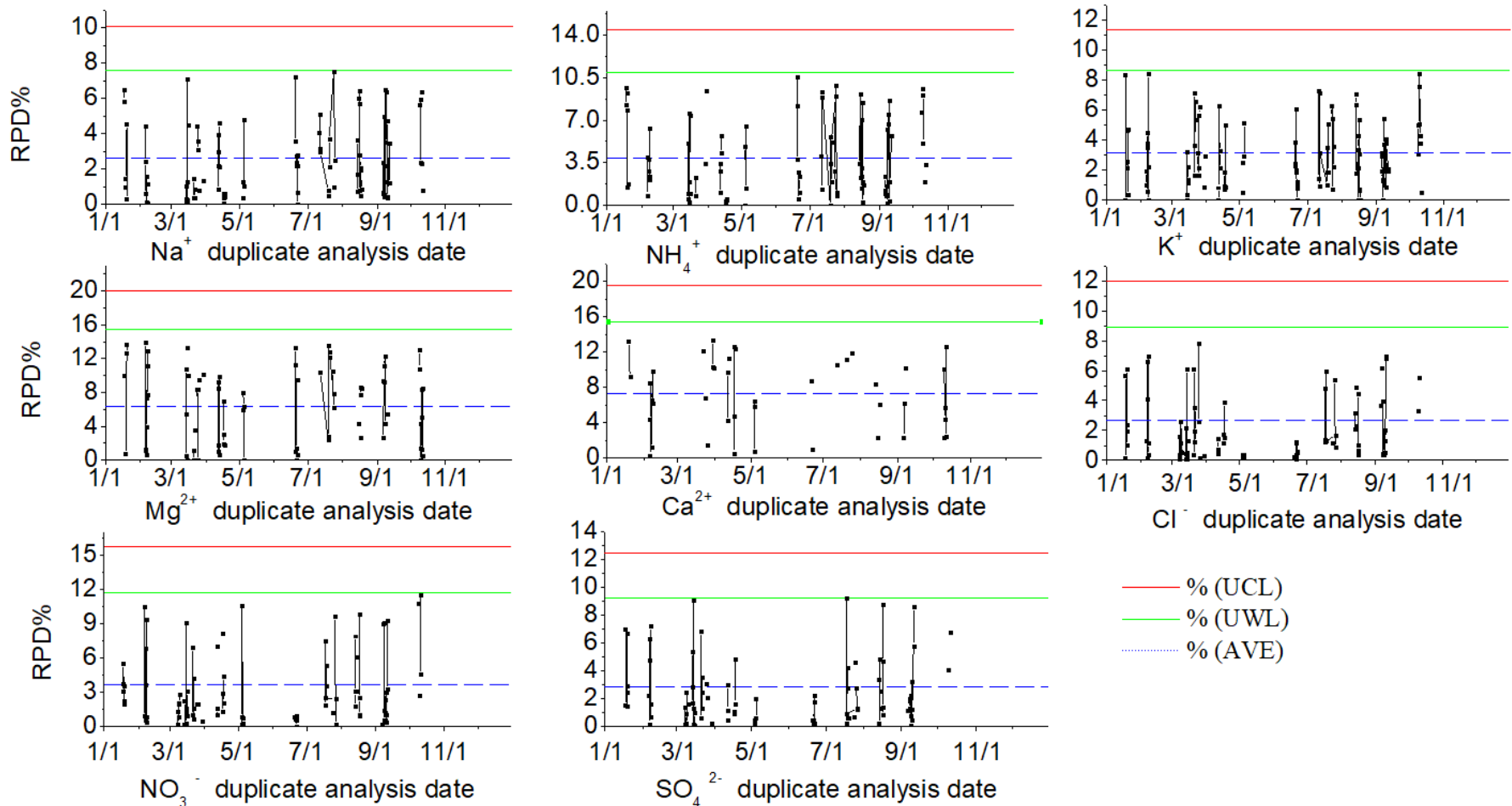


圖 4.3 重複樣品分析品質管制圖範本

表 4.5 重複分析表格範本

分析日期	重複樣品編號	重複分析測定值								第一次測定值								相對差異百分比(RPD%)									
		Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻		

3. 查核樣品分析

將適當濃度之標準品(其來源與配製檢量線之標準品需不同)添加於與樣品相似的基質中所配製成的樣品。查核樣品經與待測樣品經相同之前處理及分析步驟，藉此以確定分析結果的可信度或品質。分析結果並應記錄查核樣品編號、檢測日期、查核樣品濃度值、查核樣品測定值、及查核樣品回收率。

同時為管制分析數據之品質並建立查核分析管制圖。查核樣品分析品質管制圖之建立及使用步驟如下：

- (1) 執行查核樣品分析時，其測定值（或回收率）應記錄於查核樣品分析紀錄表內。
- (2) 累積至少 15 個查核樣品之測定值（或回收率），依下式計算測定值（或回收率）之平均值 \bar{X} 及標準偏差 S 。

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

X_i = 查核樣品之個別測定值

\bar{X} = 查核樣品測定值之平均值

n = 測定值數目

計算標準偏差值 S

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 / n - 1}$$

- (3) 分別計算警告上限值(UWL)、警告下限值(LWL)、管制上限值(UCL)以及管制下限值(LCL)。

$$\text{UWL(Upper Warning Limit)} = \bar{X} + 2S$$

$$\text{LWL(Lower Warning Limit)} = \bar{X} - 2S$$

$$\text{UCL(Upper Control Limit)} = \bar{X} + 3S$$

$$\text{LCL(Lower Control Limit)} = \bar{X} - 3S$$

之後每批次所分析之查核樣品分析結果皆須紀錄於查核樣品分析管制圖上。

注意:分析結果超出 UCL 或 LCL 時，嘗試找出分可能發生之原因，若找不出原因則應重新分析整批樣品。若結果落於 LCL 與 LWL 或 UCL 與 UWL 之間，其結果尚可接受，但應再檢查分析過程，尋求需改進的步驟。若結果落於 UWL 與 LWL 之間，則表重複分析正常，分析執行結果可接受。查核分析圖表範本見圖 4.4，查核分析表格範本見表 4.6。

(4) 針對查核樣品分析品質管制圖有下述情形時，作為判斷分析過程是否失控及執行修正之依據：

1、若查核樣品分析測定值（或回收率）有一點超出管制上（下）限時，該批次樣品應重新分析。如重新分析之測定值（或回收率）未超出管制上（下）限時，則繼續分析；反之，則檢討並修正問題後重新分析該批次樣品。

2、若連續兩點超出警告上（下）限時，該批次樣品應重新分析，重新分析之測定值（或回收率）如未超出警告上（下）限時，則繼續分析；反之，則檢討並修正問題後重新分析該批次樣品。

3、若連續 6 點（不包括轉折點）有漸昇或漸減之趨勢時，該批次樣品應重新分析，如重新分析之測定值（或回收率）與 \bar{X} 差異之絕對值小於一個標準偏差，或改變趨勢方向時，則繼續分析；反之，則檢討並修正問題後重新分析該批次樣品。

4、若連續 7 點在平均值之一邊時，則檢討並修正問題後重新分析該批次樣品。

(5) 查核樣品分析品質管制圖表每年應重新製備一次，亦即使用前一年最後 15 個查核樣品之測定值（或回收率），依前述步驟（2）至（3）製備新的管制圖範圍。惟若前一年之查核樣品分析數據未達 15 個時，得再往前沿用上一年

的數據補足 15 個後，計算管制範圍，做為查核樣品分析之管制依據。

2018_1231check analysis control chart

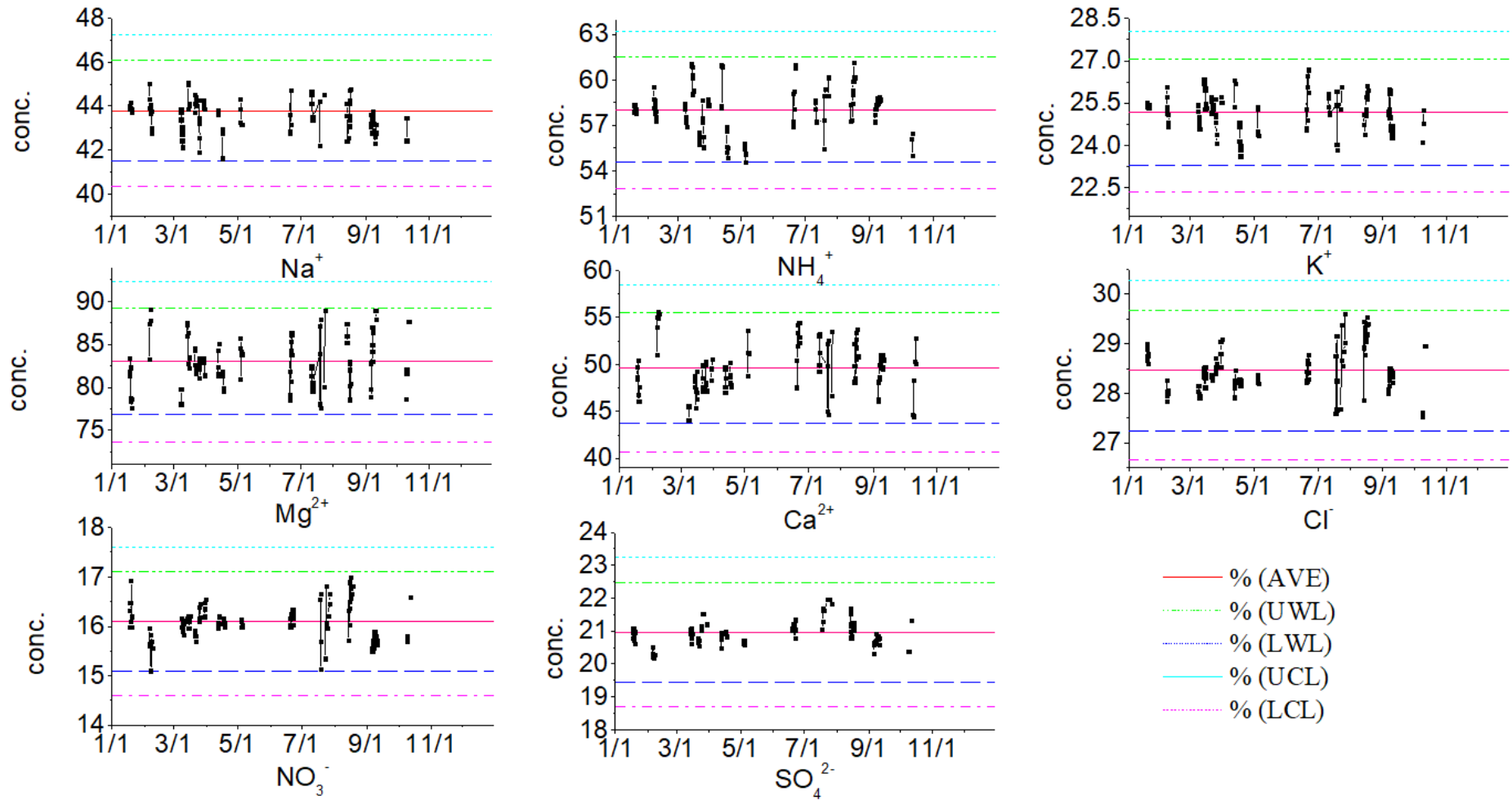


圖 4.4 查核樣品分析品質管制圖

表 4.6 查核分析表格範本

分析日期	重複樣品編號	查核樣品測定值								查核樣品濃度值								查核樣品回收率							
		Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻

4. 添加樣品分析

為確認樣品中有無基質干擾或所用的檢測方法是否適當所作之分析。方法為將樣品分為二部分，一部分依與待測樣品相同前處理及分析步驟直接檢測，另一部分則添加適當量之待測物標準品後，再依樣品前處理、分析步驟分析檢測。添加樣品分析結果應紀錄分析日期、添加樣品編號、添加標準品濃度、未添加之原樣品濃度及添加樣品之濃度、添加回收率。同時為管制添加樣品分析，亦建立添加樣品分析管制圖，建立及使用步驟如下：

(1) 檢驗室執行添加樣品分析時，其回收率應記錄於添加樣品分析紀錄表內。

(2) 計算加樣品分析之百分回收率 P：

$$P\% = \frac{(SSR - SR)}{SA} \times 100\%$$

SSR = 添加樣品中待測物之測定量

SR = 原樣品中待測物之測定量

SA = 標準品添加量

或

$$P = (M - B) / T \times 100\%$$

其中：

T = 目標值，即添加於樣品中之標準品之濃度

M = 添加樣品中待測物之測定濃度

B = 原樣品中待測物之測定濃度

(3) 當相同或類似基質添加分析之回收率值累積至少 15 個，計算平均回收率 \bar{P} 及標準偏差 S。

$$\bar{P} = \sum_{i=1}^n P_i / n$$

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 / (n-1)}$$

\bar{P} = 平均百分回收率(%)

P_i = 個別添加樣品分析回收率(%)

n = 添加分析測定值數目

S = 標準偏差

- (4) 分別計算警告上限值(UWL)、警告下限值(LWL)、管制上限值(UCL)以及管制下限值(LCL)：

$$UWL = \bar{P} + 2s$$

$$LWL = \bar{P} - 2s$$

$$UCL = \bar{P} + 3s$$

$$LCL = \bar{P} - 3s$$

之後每批次所分析之添加樣品分析結果皆須紀錄於添加樣品分析管制圖上。其添加樣品分析管制圖注意事項與查核分析相同。添加樣品分析圖表範本見圖 4.5，添加分析表格範本見表 4.7。

- (5) 品質管制圖建立後之每一添加樣品之回收率於檢測報告審核前，應登錄於添加樣品分析紀錄表中，並繪於管制圖上。

- (6) 添加樣品分析品質管制圖之判斷與查核樣品分析品質管制圖相同。

- (7) 添加樣品分析品質管制圖使用於相同或類似基質之樣品時，每年應重新製備一次，亦即使用前一年最後 15 個添加樣品之回收率，依前述步驟 (2) 至 (4)，製備添加樣品分析品質管制圖範圍，惟若前一年之添加樣品分析數據未達 15 個時，得再往前沿用上一年的數據補足 15 個後，計算管制範圍，做為添加樣品分析之管制依據。

2018_1231 addition analysis control chart

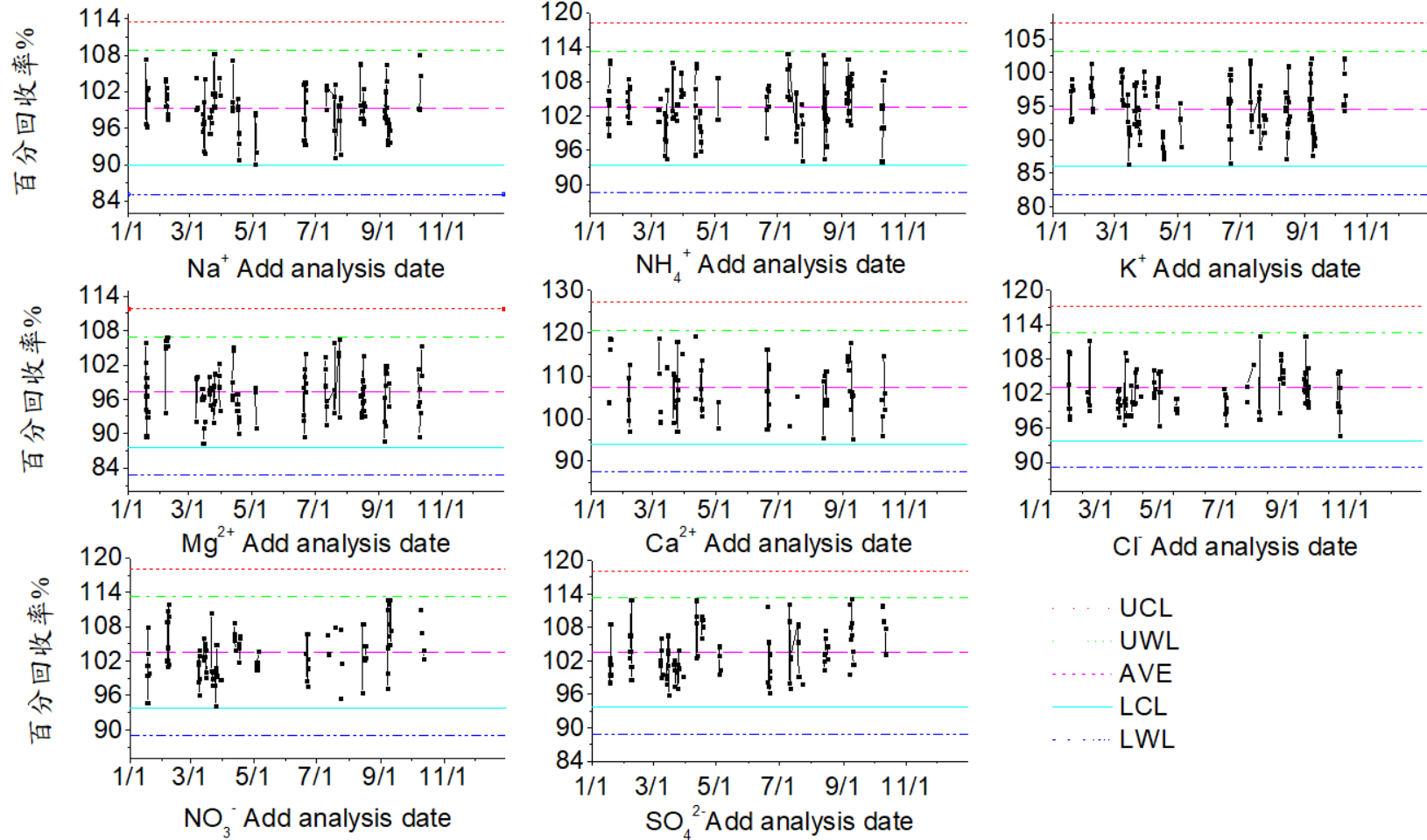


圖 4.5 添加樣品分析管制圖

4.2.2 方法偵測極限之建立

方法偵測極限(method detection limit, MDL)定義為於包含待測物的樣品基質中，在 99%信賴極限 (confidence limit) 內，可偵測到待測物的最低且大於零之濃度。方法偵測極限值計算方法如下：

- (1) 首先預估方法偵測極限值
- (2) 製備不含帶測物之試劑水，即指於方法偵測極限範圍內不可測到待測物與干擾物之水樣。
- (3) 配置預估偵測極限濃度之標準液。
- (4) 依標準分析操作流程，將配置完成之標準溶液以完整的分析步驟分析七次。
- (5) 先計算七次重複測試的變異數 (S^2) 和標準偏差 (S):

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2}{n} \right]$$

$$S = (S^2)^{1/2}$$

X_i : $i=1 \sim n$ ，第 i 個樣品經過分析步驟後所得的量測結果。

Σ : $i = 1 \sim n$ ，所有 x 值的總和。

- (6) 偵測極限計算方式為 3 倍標準偏差

$$MDL=3S$$

經計算後所獲得之方法偵測極限如下，結果顯示出本研究之分析條件的建立對真實酸雨樣品具有良好的適用性。各離子的方法偵測極限如表 4.8 所示。

表 4.8 檢測離子之方法偵測極限值範本

	Na⁺	NH₄⁺	K⁺	Mg²⁺	Ca²⁺	Cl⁻	NO₃⁻	SO₄²⁻
MDL ($\mu\text{eq } l^{-1}$)	0.20	0.18	0.11	0.42	0.36	0.59	0.46	0.48

(上述資料為本期計畫執行中所使用之偵測極限值)

五、數據之演算、登錄與驗證

5.1 數據之演算、登錄

IC 之分析結果為利用 Chromelon 數據分析軟體，以每個離子作自動積分進行，該數據軟體最後將分析數據列出。每次電腦計算完畢後皆須檢視電腦所驗算結果是否正確(例檢視檢量線參數、稀釋參數及方法檔參數等)。

5.2 數據的驗證

數據驗證的目的為確保樣品分析、登錄與演算過程的正確性。執行過程如下：

1. 所有 IC 分析之圖表及相關紀錄表皆須保留，作為原始數據。
2. 分析員於每次進行數據登錄時，需進行登錄數字之確認；進行數據演算轉換時，隨機抽取數個數據利用手算方式驗證兩相鄰之演算過程是否正確。
3. 若分析人員驗證結果有錯誤存在，則需將發生錯誤之兩相鄰數據逐一核校，找出錯誤原因何在，並立即改正。
4. 數據之品管品保分析若超出實驗室之管制範圍(詳見 4.2)，則需當批次重新分析一次，若再分析之結果以在管制範圍內，則捨棄舊的

分析結果，改採用新的分析值列於報告。

5. 若再分析結果仍超出品保品管管制範圍，則需立即檢視操作方法、儀器狀態等之情況，立即找出原因予以改正。
6. 若再分析結果仍超出數據驗證範圍，則可能為採樣人員疏失、溼沉降異常值出現、採樣人員疏忽等原因。

此結果皆須列入系統查核紀錄中，以提醒現場採樣人員與實驗室分析人員所需加強之注意事項。

5.2.1 數據驗證執行方法

每次分析結果數據首先以離子平衡作為篩選的依據，即保留陰陽離子當量濃度比值介於 0.75 至 1.25 的樣品，作為進一步分析之用，超過此範圍樣品需重新分析一次。數據驗證乃參考世界氣象組織全球大氣監測 (WMO GAW, World Meteorological Organization Global Atmosphere Watch) 建議的方法，計算陰陽離子平衡(Ion Difference)及計算估計導電度值及實際導電度值之百分比差(Conductance Percent Difference, CPD)濃度當量比值。

1. 陰陽離子平衡:計算 Ion Difference

理論上樣品必須滿足樣品中電中性原理，即總陰離子當量數等於總陽離子當量數。但因實際上分析的誤差，所以陰陽離子差值必須滿

足下式:

$$\text{Ion Difference(陰陽離子之差異) (\%)} = 100 * (\text{CE}-\text{AE}) / (\text{CE}+\text{AE})$$

其中 AE 為陰離子當量數和($\mu\text{eq } l^{-1}$)，計算方法如下:

$$\text{AE} = 1000 * [\sum C_{\text{Ai}} / (\text{Eq.Wt.})_{\text{Ai}}] + 5.1 / 10^{(6-\text{pH})}$$

C_{Ai} : 陰離子 i 的濃度($\text{mg } L^{-1}$); $(\text{Eq.Wt.})_{\text{Ai}}$: 陰離子 i 之當量;

$5.1 / 10^{(6-\text{pH})}$: 為在 25°C 下, $\text{pH} > 5.0$ 時, 估計重碳酸鹽(bicarbonate)之濃度。

CE 為陽離子當量數和($\mu\text{eq } l^{-1}$)，計算方法如下:

$$\text{CE} = 1000 * [\sum C_{\text{ci}} / (\text{Eq.Wt.})_{\text{ci}}] + [10^{(6-\text{pH})}]$$

C_{ci} : 陽離子 i 的濃度($\text{mg } l^{-1}$); $(\text{Eq.Wt.})_{\text{ci}}$: 陽離子 i 當量,

$10^{(6-\text{pH})}$: H^+ 濃度($\mu\text{eq } l^{-1}$)。

其中陰陽離子總當量數必須符合下列範圍方可接受(表 5.1)

表 5.1 WMO 之陰陽離子總當量數規範範圍一覽表

(Anions + Cations)	Acceptable Ion Difference (%)
(Anions + Cations) ≤ 50	≤ ±60
50 < (Anions + Cations) ≤ 100	≤ ±30
100 < (Anions + Cations) ≤ 500	≤ ±15
(Anions + Cations) > 500	≤ ±10

單位: ($\mu\text{eq } l^{-1}$)

2. 計算估計導電度值及實際導電度值之百分比差(Conductance

Percent Difference, CPD)濃度當量比值。

導電度理論值估計公式如下:

cc = Calculated Conductance

$$=([\text{H}^+]*350+[\text{Ca}^{2+}]*52+[\text{Cl}^-]*75.9+[\text{Mg}^{2+}]*46.6+[\text{K}^+]*72+[\text{Na}^+]*48.9+[\text{NO}_3^-]*71+[\text{SO}_4^{2-}]*73.9+[\text{NH}_4^+]*72.5)/1000$$

$$CPD(\%) = \frac{\text{估計導電度} - \text{量測導電度}}{\text{量測導電度}} \times 100\%$$

當分析樣品之 CPD 落於-40% 至 10%之外時，需立即重新量測導電

度值，確定是否正確，如無誤則樣品須重新分析。

5.3 數據報告之處理流程

分析操作人員依據本分析步驟及相關 QA/QC 進行樣品分析後，及填寫分析紀錄表並簽名以表負責，並製作完整報告，內含

- (1) 封面
- (2) 樣品點查表
- (3) 面積值紀錄表格
- (4) 分析結果原始紀錄表
- (5) 各項品管品保結果紀錄表，與相關圖表
- (6) 檢量線紀錄表格
- (7) 各測站分析結果不良率一覽表
- (8) 以上各項電子檔一份

最後交由品管負責人審查，審查無誤後簽名，再將分析數據結果送交計畫主持人審核，審核無誤簽名後，將所有資料存檔。

附錄 C

採樣檢核表與

酸雨測站查核紀錄

一、 桃園酸雨採樣檢核表

表附錄 C-1 2018 年 7 月酸雨採樣檢核表

2018/07 酸雨採樣檢核表																															
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
龍潭站(N01)	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	●	X	X	●	X	X	X	X
桃園站(N02)	△	X	X	X	X	X	X	●	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	X	X	●	X	X	X	X	X	X
中壢站(N03)	●	X	X	X	X	X	X	●	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X
復興站(N04)	●	X	X	X	X	X	●	△	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	X	X	X	X	●	X	X	X
新屋站(N05)	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X
蘆竹站(N06)	X	X	X	X	X	X	X	△	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X
大園站(N07)	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	○	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X
註：●有下雨有採樣			△有下雨但量不足					X沒下雨					○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素																		

註: 7月11日受瑪麗亞颱風影響，7站全面預警性關閉採樣器停止採樣

註2: 7月21-22日因配合桃園快樂國小校舍進行施工，暫停採樣

表附錄 C-2 2018 年 8 月酸雨採樣檢核表

2018/08 酸雨採樣檢核表																																
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
龍潭站(N01)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	●	●	●	X	X	●	△	△	●	●	●	●	●	●	●	△
桃園站(N02)	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	X	X	X	●	●	X	X	●	●	△	△	●	●	●	●	●	
中壢站(N03)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	△	X	△	●	△	●	●	●	●	X	X	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
復興站(N04)	X	X	X	X	●	X	●	X	X	X	X	X	X	X	△	X	△	●	●	●	●	●	X	●	△	●	●	△	●	●	△	●
新屋站(N05)	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	●	●	△	△	X	X	●	X	X	●	●	△	●	●	●	●	●	●	△
蘆竹站(N06)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	●	△	△	X	X	●	X	X	X	△	△	△	●	●	●	●	●	
大園站(N07)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	●	●	●	X	X	●	X	X	X	●	△	●	●	●	●	●	●	
註：●有下雨有採樣				△有下雨但量不足				X沒下雨				○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素																				

表附錄 C-3 2018 年 9 月酸雨採樣檢核表

2018/09 酸雨採樣檢核表																														
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
龍潭站(N01)	X	X	X	X	X	X	X	●	●	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	△	●	△	△	△	X
桃園站(N02)	X	X	X	X	●	X	X	●	●	●	●	X	X	X	●	●	X	X	X	X	X	X	X	△	●	●	●	●	●	X
中壢站(N03)	X	X	X	X	●	X	●	X	●	●	●	△	X	X	X	X	X	X	X	X	△	X	X	●	●	●	●	●	●	X
復興站(N04)	X	●	X	X	X	●	●	●	●	△	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	△	△	●	△	●	X
新屋站(N05)	X	X	X	X	X	X	X	●	●	●	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	△	●	●	●	●	●	X
蘆竹站(N06)	X	X	X	X	X	X	X	X	△	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	△	●	△	X	X
大園站(N07)	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	●	△	X	X
註：●有下雨有採樣			△有下雨但量不足						X沒下雨			○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素																		

表附錄 C-4 2018 年 10 月酸雨採樣檢核表

2018/10 酸雨採樣檢核表																															
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
龍潭站(N01)	X	X	X	●	X	X	X	X	X	△	△	●	X	X	X	X	●	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
桃園站(N02)	X	X	X	X	●	X	X	●	●	●	●	●	●	●	X	X	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●
中壢站(N03)	X	X	X	△	●	X	X	△	●	●	●	●	●	X	X	X	●	●	●	△	X	X	X	△	X	X	X	X	X	X	X
復興站(N04)	X	X	X	X	●	X	X	X	X	△	△	●	X	X	X	X	●	X	●	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X
新屋站(N05)	X	X	X	X	●	X	X	●	X	X	●	●	●	X	X	X	●	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
蘆竹站(N06)	X	X	X	X	●	X	X	●	△	△	●	●	●	X	X	X	●	●	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
大園站(N07)	X	X	X	●	●	X	X	●	△	●	●	●	●	X	X	X	●	●	△	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
註：●有下雨有採樣				△有下雨但量不足				X沒下雨				○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素																			

表附錄 C-5 2018 年 11 月酸雨採樣檢核表

2018/11 酸雨採樣檢核表																														
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
龍潭站(N01)	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	○	○	X	X	△	△	X	X	△	X	X	X	X
桃園站(N02)	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	X	X	●	●	X	X	●	X	X	●	X
中壢站(N03)	●	△	●	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	●	●	●	X	X	●	△	X	X	△	△	X	●	X	
復興站(N04)	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	X	X	●	X	X	X	X	X	X	●	X
新屋站(N05)	△	△	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	△	●	X	X	△	●	X	X	●	X	X	●	X
蘆竹站(N06)	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	△	●	●	X	●	●	X	X	△	●	△	△	X
大園站(N07)	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	△	X	●	●	X	X	△	●	△	●	X
註：●有下雨有採樣			△有下雨但量不足									X沒下雨						○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素												

註: 11 月 18-19 日龍潭站因停電而無法採樣

表附錄 C-6 2018 年 12 月酸雨採樣檢核表

2018/12 酸雨採樣檢核表																															
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
龍潭站(N01)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	X	△	△	X	X	X	△
桃園站(N02)	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	△	△	X	X	X	△
中壢站(N03)	X	X	X	X	X	X	●	X	△	△	●	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	△	●	●	X	X	X	△
復興站(N04)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	△	●	X	X	X	△
新屋站(N05)	X	X	X	X	X	X	●	X	X	●	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	△	△	●	X	X	X	△
蘆竹站(N06)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	●	●	X	X	X	△
大園站(N07)	X	X	X	X	X	△	●	X	X	●	●	●	△	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	△	△	△	X	X	X	△
註：●有下雨有採樣 △有下雨但量不足 X沒下雨 ○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素																															

表附錄 C-7 2019 年 1 月酸雨採樣檢核表

2019/1 酸雨採樣檢核表																															
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
龍潭站(N01)	X	X	△	X	X	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
桃園站(N02)	X	X	●	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	●	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
中壢站(N03)	△	△	●	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
復興站(N04)	X	X	△	X	X	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
新屋站(N05)	X	X	●	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
蘆竹站(N06)	X	●	●	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
大園站(N07)	X	●	●	△	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
註：●有下雨有採樣			△有下雨但量不足					X沒下雨					○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素																		

表附錄 C-8 2019 年 2 月酸雨採樣檢核表

2019/2 酸雨採樣檢核表																												
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
龍潭站(N01)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	△	△	△	●	X	X	X
桃園站(N02)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	△	X	X	X	X	X	X	X	△	X	X	X	△	●	●	X	X	X
中壢站(N03)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	△	X	X	△	X	X	X	X	△	X	X	●	△	●	●	X	X	X
復興站(N04)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	△	X	X	X	X	X	X	X	△	X	X	●	●	△	●	X	X	X
新屋站(N05)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	△	△	△	●	X	X	X
蘆竹站(N06)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	△	X	X	X	X	X	△	X	X	●	●	△	●	X	X	X
大園站(N07)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	△	△	X	X	X	X	△	X	X	●	△	●	●	X	X	X
註：●有下雨有採樣 △有下雨但量不足 X沒下雨 ○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素																												

表附錄 C-9 2019 年 3 月酸雨採樣檢核表

2019/3 酸雨採樣檢核表																															
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
龍潭站(N01)	X	X	X	●	●	●	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	△	●	△	X	X	X	△	●
桃園站(N02)	X	X	●	△	X	●	●	●	●	●	X	X	X	X	●	●	X	X	X	X	X	X	●	●	●	●	X	X	X	●	X
中壢站(N03)	X	X	X	●	X	●	●	●	●	●	●	X	X	X	●	X	●	△	X	X	X	X	●	●	●	●	X	X	X	△	X
復興站(N04)	X	X	X	●	X	●	●	●	●	●	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	△	●	X	X	X	●	X
新屋站(N05)	X	X	X	●	X	●	●	●	●	△	X	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	X	△	●	△	●	X	X	X	●	X
蘆竹站(N06)	X	X	X	●	X	●	●	●	●	△	X	X	X	X	●	X	X	●	X	X	X	X	X	△	●	●	X	X	X	△	X
大園站(N07)	X	X	X	●	X	●	●	●	●	●	X	X	X	X	△	X	X	●	X	X	X	X	△	●	●	●	X	X	X	●	X
註：●有下雨有採樣				△有下雨但量不足								X沒下雨				○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素															

表附錄 C-10 2019 年 4 月酸雨採樣檢核表

2019/4 酸雨採樣檢核表																														
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
龍潭站(N01)	△	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	X	△	●	△	X	△	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X
桃園站(N02)	●	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	●	X	△	△	●	●	X	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X
中壢站(N03)	△	X	X	△	△	X	X	X	X	X	X	●	△	●	●	●	X	X	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X
復興站(N04)	●	X	X	X	●	X	X	X	X	X	X	●	●	●	△	●	●	X	●	△	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X
新屋站(N05)	△	X	X	X	△	X	X	X	X	X	X	●	X	△	●	●	●	X	●	△	△	●	X	X	X	X	X	X	X	X
蘆竹站(N06)	●	X	X	△	X	X	X	X	X	X	X	●	△	△	●	●	●	X	△	△	△	●	X	X	X	X	X	X	X	X
大園站(N07)	●	X	●	●	X	X	X	X	X	X	X	●	●	●	△	●	●	X	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X
註：●有下雨有採樣				△有下雨但量不足				X沒下雨				○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素																		

表附錄 C-11 2019 年 5 月酸雨採樣檢核表

2019/5 酸雨採樣檢核表																															
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
龍潭站(N01)	●	△	X	X	X	X	●	△	●	△	X	X	X	X	X	X	●	●	△	X	●	X	X	X	X	X	●	●	X	X	X
桃園站(N02)	●	●	●	X	X	X	●	△	●	●	X	X	X	X	X	X	●	●	●	●	●	X	X	X	X	X	●	●	X	X	X
中壢站(N03)	●	●	●	X	X	X	●	△	●	●	X	X	X	X	X	X	●	●	●	X	●	X	X	X	X	X	●	●	●	X	X
復興站(N04)	●	●	●	X	X	X	●	△	●	●	X	X	X	X	X	X	●	●	●	X	●	X	X	X	X	●	●	●	●	X	X
新屋站(N05)	●	●	●	X	X	△	●	△	△	●	X	X	X	X	X	X	●	●	△	X	●	X	●	X	X	X	△	●	△	X	X
蘆竹站(N06)	●	●	●	X	X	X	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	●	△	X	△	●	X	△	●	X	X	△	●	△	X	X
大園站(N07)	●	●	●	X	X	△	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	●	●	X	●	●	X	●	△	X	X	●	●	●	X	X
註：●有下雨有採樣				△有下雨但量不足				X沒下雨				○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素																			

表附錄 C-12 2019 年 6 月酸雨採樣檢核表

2019/6 酸雨採樣檢核表																															
站名 \ 日期	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
龍潭站(N01)	X	X	X	△	●	X	X	X	X	X	△	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	●	△	●	△	X	X	X	X	
桃園站(N02)	X	X	X	●	●	X	X	X	X	X	●	●	●	●	●	X	X	X	X	X	●	X	●	●	●	●	●	X	X	X	
中壢站(N03)	X	X	X	●	●	X	X	X	X	X	●	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	●	●	●	●	X	X	X	X	
復興站(N04)	X	X	X	●	●	X	X	X	X	X	●	●	●	●	●	X	X	●	X	X	X	X	●	●	●	●	●	●	●	●	X
新屋站(N05)	X	X	X	●	●	X	X	X	X	X	●	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	●	X	X	X	X	
蘆竹站(N06)	X	△	X	△	●	X	X	X	X	X	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	△	●	X	●	X	X	X	X	
大園站(N07)	X	△	X	●	●	X	X	X	X	X	●	●	●	●	X	X	X	X	X	X	X	X	●	●	X	●	X	X	X	X	
註：●有下雨有採樣					△有下雨但量不足					X沒下雨					○有下雨但儀器故障沒接到雨水或其他因素																

二、桃園酸雨測站內部查核記錄

1. 第一次內部查核

為落實桃園酸雨測站能依照本實驗室所制定之實驗流程進行採樣，並同時對儀器定期保養維護，本期計畫於8月7日及8月9日，由計畫經理曾韋迪與計畫同仁分批至7座測站進行查核與維護，除瞭解各站人員於採樣實驗過程中有無偏差外，亦對各項實驗器材進行維護以及耗材之補給。以下分別對各站之優缺點進行描述：

龍潭站：8月7日上午9時由計畫經理曾韋迪與計畫同仁邱佳陽先生至該站實施訪查，吾人檢查採樣器運作狀況時，發現 sensor 略有生鏽情形，首先清潔 sensor 並於更換後進行滴水測試，採樣器頂蓋可正常開啟，後續實施保養流程，整體採樣器運作狀況良好。緊接之後，檢查存放樣本之專用冰箱，發現裡面無存放雜物，磅秤檢查部分，也都合於標準。



圖 1. 龍潭站儀器維護與內部查核

桃園站：吾人於8月8日上午9時30分至該站實施訪查，首先對酸雨採樣器進行除繡保養作業與耗材品補充。隨後吾人針對採樣流程與細節，詢問當天負責採樣之高金生先生，並請高先生就採樣流程(內容包含取桶、採樣、秤重、紀錄紙填寫、封口膜之使用方式)及樣品保存進行模擬演練，吳先生皆可正確操作並回答問題。最後檢查存放樣本之冰箱及磅秤，冰箱內溫度在4℃左右且無雜物堆放，符合本實驗之要求，磅秤也無偏差值出現。



圖 2. 桃園站儀器維護與內部查核

中壢站：吾人於8月9日上午9時，針對架設於本校科學二館頂樓的中壢站進行查核。中壢站位於國立中央大學校內，由本團隊進行事件採樣，每週採樣人員皆會進行儀器例行性保養與維護，所收集之樣本皆於當日立即完成初步過濾，並收納於實驗室冰箱中低溫保存，本團隊採樣人員皆嚴格依採樣程序執行，維持高品質實驗分析水準。



圖 3. 中壢站分析實驗室剪影

復興站：吾人於 8 月 7 日下午 2 時至該站實施訪查，到站後首先開始針對採樣器進行除鏽保養與維護，並針對 sensor 進行除鏽處理，其後經滴水測試與保養流程後，整體採樣器運作狀況良好。後續詢問郭彩雲小姐有關雨水採樣、換桶、清洗、秤重、裝瓶、樣本冷藏、資料填寫及包裝回運等程序，該員皆清楚回答。最後吾人亦檢查存放樣本之專用冰箱和放置實驗用物品之收納箱，裡面並無存放其他物品，校驗磅秤也符合標準。結束前亦補給實驗所需之耗材，並對該站人員針對”各站常犯的錯誤之注意事項”進行說明與提醒。



圖 4. 復興站儀器維護與內部查核

新屋站：計畫經理曾韋迪偕同計畫同仁邱佳陽先生於8月9日下午1時至該站實施訪查，首先檢查酸雨採樣器，發現 sensor 有些微較嚴重之鏽蝕，遂立即更換 sensor，經滴水測試後正常運作。其後除進行保養流程外，亦檢查存放樣本之專用冰箱與磅秤，皆符合採樣規範要求。最後也要求該站採樣人員羅麗香小姐進行採樣流程操作演練，由於羅小姐長期協助採樣，所以對整體流程非常熟稔且執行良好。隨後吾人於離開前也將所需耗材進行補給。



圖 5. 新屋站更換 sensor 示意圖

蘆竹站：計畫經理曾韋迪於 8 月 8 日上午 10 時 30 分至該站實施訪查，吾人先請該站負責採樣之陳金木先生就採樣流程進行模擬演練，並從中指導相關細節與重要注意事項。接著檢視採樣器運作情形，發現 sensor 有些微生鏽情形，旋即進行除鏽清潔，並於其後對採樣器進行例行性保養，經滴水測試後運作狀況良好，之後也一併檢驗冰存樣品之冰箱與磅秤，兩者皆符合要求。



圖 6. 蘆竹站儀器維護與內部查核

大園站：於查核完蘆竹站後，計畫經理曾韋迪再於 8 月 8 日下午 1 時 30 分至該站實施訪查，首先對酸雨採樣器首先進行除鏽保養作業，過程中發現採樣器之感應 sensor 有生鏽情形，當下立即進行清潔。接著，請該站協助採樣之鐘易兌小姐進行採樣流程模擬演練，發現其對雨水採樣、換桶、清洗、秤重、裝瓶、樣本冷藏及資料填寫等，均熟悉其方法。此外，亦檢驗磅秤並檢查冰箱，兩者皆符合規範要求且冰箱內並未存放雜物。最後針對耗材進行補給，並針對”各站常犯的錯誤之注意事項”進行說明與提醒。



圖 7. 大園站儀器維護與內部查核

2018-2019 年系統查核表

測站代碼	站名	採樣操作	磅秤檢查			存放檢查	查核人員	日期
			理論值	偏差值	檢查結果			
N01	龍潭站	OK	500	0	OK	OK	曾韋迪	2018.08.07
N02	桃園站	OK	500	0	OK	OK	邱佳陽	2018.08.07
N03	中壢站	OK	500	0	OK	OK	邱佳陽	2018.08.07
N04	復興站	OK	500	0	OK	OK	邱佳陽	2018.08.07
N05	新屋站	OK	500	0	OK	OK	曾韋迪	2018.08.07
N06	蘆竹站	OK	500	0	OK	OK	曾韋迪	2018.08.07
N07	大園站	OK	500	0	OK	OK	曾韋迪	2018.08.07

各站查核時之紀錄單如下:

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼: No1

日期: 107 年 8 月 7 日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試,頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u> 4 </u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

事件描述:

檢查人: 曾身迎

受檢人: 賴亭逸

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼: N02

日期: 107 年 8 月 8 日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試,頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u>4.5</u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

事件描述:

檢查人: 邱佳陽

受檢人: 高金生

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼: N03

日期: 107 年 8 月 9 日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試,頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u> 4 </u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
事件描述:	

檢查人: 邱佳陽

受檢人: 吳國毅

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼： N04

日 期： 107 年 8 月 7 日

1.酸雨採樣器是否運作正常？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試，頂蓋開啟關閉是否正常？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測？採樣桶是否已更換？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品（拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙）是否充足？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善？	是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西？	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控？ <u> 4 </u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源？有無道路施工或建築物施工？	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況？	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉？	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
事件描述：	

檢查人： 邱佳陽

受檢人： 郭彩雲

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼: N05

日期: 107 年 8 月 9 日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試,頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u> 4 </u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
事件描述:	

檢查人: 曾孝迪

受檢人: 羅碩丞

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼: N06

日期: 107年 8月 8日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試,頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u>4</u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
事件描述:	

檢查人: 曾身迎

受檢人: 陳金木

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼: N07

日期: 107 年 8 月 8 日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試,頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u> 4 </u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

事件描述:

檢查人: 曾學迪

受檢人: 鍾易先

2. 第二次內部查核

按照酸雨採樣品保品管 QAQC 規定，每半年需進行例行性查核與維護計畫，第二次查核於 2019 年 1 月 29-30 日，由計畫經理曾韋迪帶領計畫同仁邱佳陽先生至 7 座測站執行，除瞭解各站採樣器運作狀況有無異常外，亦著重於採樣人員對於採樣的流程是否有確實進行，同時也對各站採樣器進行維護與檢修。以下分別對各站進行查核之狀況簡要描述：

龍潭站：1 月 30 日上午 11 時由計畫經理曾韋迪帶領計畫同仁至該站實施訪查，首先檢查採樣器運作狀況，sensor 無明顯鏽蝕，頂蓋也正常開啟，同時也請採樣人員賴亭逸小姐針對採樣過程進行演練，對於採樣流程、秤重之方式、標籤紙填寫與紀錄方式等細節，皆能詳細演練完成。結束後檢查存放樣品之冰箱，裡面無存放雜物請溫度合於規範，磅秤檢查亦無偏差。



圖 8. 龍潭站內部查核紀錄

桃園站：計畫經理曾韋迪與計畫同仁邱佳陽先生於1月29日上午9時00分至桃園站實施查核，首先針對採樣流程與細節，詢問當天值班之吳朝明先生，並請吳先生針對採樣與樣品保存之流程進行模擬演練與重點細節問答，吳先生表現對採樣流程皆為熟稔，可正確操作並回答問題。後續本團隊人員即開始對酸雨採樣器進行除鏽保養作業，由於感應 sensor 鏽蝕情形並未太嚴重，故僅施與除鏽作業。最後則檢查存放樣本之冰箱及磅秤，冰箱內溫度在 4 °C 左右且無雜物堆放，符合本實驗之要求，磅秤也無偏差值出現。



圖 9. 桃園站內部查核時清潔採樣器 sensor 剪影

中壢站：吾人於 1 月 30 日上午 8 時，首先針對分析實驗室與架設於本校科學二館頂樓的中壢站進行查核，由於分析實驗室有專人管理維護，中壢站之採樣又為本團隊同仁負責操作，因此不論採樣器狀況或是實驗室設備與樣品冰存之設備，都正常運作也合於規定，隨機抽驗樣品冷藏設備，溫度亦控管於 4°C 以下，合於規定。



圖 10. 中壢站內部查核紀錄

復興站：計畫經理曾韋迪與計畫同仁於 1 月 30 日下午 2 時至該站實施訪查，首先要求該站負責採樣之朱喬薇小姐演練採樣流程，過程動作確實且熟練，符合採樣之要求。其後檢查採樣器運作狀況，亦都正常，僅 sensor 略有生鏽情形，當下已進行除鏽動作，經灑水測試後，頂蓋可正常開啟與關閉。最後檢驗冰存樣品之冰箱與磅秤，都符合實驗要求與規範



圖 11. 復興站內部查核與人員教育訓練實況剪影

新屋站：計畫經理曾韋迪與同仁邱佳陽先生於 1 月 29 日下午 3 時 00 分至該站實施訪查，由於採樣人員羅麗香小姐已擔任此採樣工作之經驗多達十年之久，因此當羅小姐演示採樣相關流程時，都能快速且清楚說明，檢查磅秤與冰箱等功能也都屬正常。當檢察雨水採樣器時，感應 sensor 有明顯生鏽的情況，因此進行雨水感應器更換動作，經灑水測試後，運作狀況正常。



圖 12. 新屋站雨水採樣器 sensor 未更換前生鏽之情況

蘆竹站：計畫曾韋迪與同仁邱佳陽先生於 1 月 29 日上午 11 時至該站實施訪查，吾人先檢查採樣器狀況，由於 sensor 略有出現較重之生鏽情形，旋即進行更換，更換後進行灑水測試，運作正常。後續檢查樣品存放地點、冰箱與查核磅秤精確度，皆符合規範。最後請該站負責採樣之陳金木先生就採樣流程進行模擬演練，並於過程中詢問一些注意事項，陳先生都能正確回覆，值得肯定。最後則針對相關耗材進行補充。

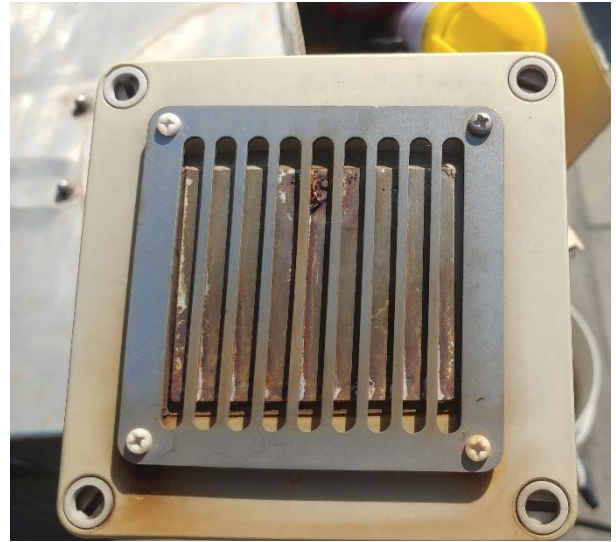


圖 13. 更換蘆竹站之雨水感應 sensor

大園站：計畫經理曾韋迪與同仁邱佳陽先生於進行蘆竹站之查核後，在同日下午 1 時 30 分至該站實施訪查，首先請該站協助採樣之鐘易兒小姐進行採樣流程模擬演練，發現其對雨水採樣、更換手套時機、換桶、清洗、秤重、裝瓶、標籤填寫、樣本冷藏及資料填寫等流程，均熟悉其方法。接著檢查雨水採樣器運作狀況，發現雨水感應 sensor 略有生鏽，旋即進行除鏽保養，其後則檢驗磅秤精準度與檢視冰箱溫度，一切皆符合規範要求且冰箱內並未存放雜物。



圖 14. 大園站 sensor 略微生鏽情況並進行清潔

2019 年系統查核表-2019.01

測站代碼	站名	採樣操作	磅秤檢查			存放檢查	查核人員	日期
			理論值	偏差值	檢查結果			
N01	龍潭站	OK	100	0	OK	OK	曾韋迪	2018.01.11
N02	桃園站	OK	100	0	OK	OK	邱佳陽	2018.01.12
N03	中壢站	OK	100	0	OK	OK	曾韋迪	2018.01.12
N04	復興站	OK	100	0	OK	OK	曾韋迪	2018.01.11
N05	新屋站	OK	100	0	OK	OK	邱佳陽	2018.01.12
N06	蘆竹站	OK	100	0	OK	OK	邱佳陽	2018.01.12
N07	大園站	OK	100	0	OK	OK	邱佳陽	2018.01.12

各站查核時之紀錄單如下：

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼： NO1 龍潭站

日期： 108年 1月 20日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試，頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u>4</u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

事件描述:

檢查人： 曹孝迪

受檢人： 賴亭逸

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼: N02 桃園站

日期: 108 年 1 月 29 日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試,頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u> 4 </u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
事件描述:	

檢查人: 曾孝迪

受檢人: 吳朝明

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼: A03 中壢站

日期: 108 年 1 月 30 日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試,頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u> 4 </u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

事件描述:

檢查人: 曾學迪

受檢人: 黃威傑

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼： NO4 復興站

日期： 108 年 1 月 20 日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試，頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u>4.5</u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

事件描述:

檢查人： 曹景迪

受檢人： 朱喬薇

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼: N05 新屋站

日期: 108年1月29日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試,頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u>4.5</u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

事件描述:

針對 sensor 生鏽情形,更換 sensor.

檢查人: 曾景迪

受檢人: 羅碩杏

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼: N06 慶竹站

日期: 108年 1 月 29 日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試,頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u>4.5</u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

事件描述:

更換感應 sensor.

檢查人: 曾彥迪

受檢人: 陳金木

桃園酸雨監測網測站訪查表



測站代碼： N07 大園站

日 期： 108 年 1 月 29 日

1.酸雨採樣器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.加熱器是否運作正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.滴水測試，頂蓋開啟關閉是否正常?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
2.觀測人員是否準時觀測?採樣桶是否已更換?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
3.觀測記錄是否詳實填寫?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
4.感應器進行除鏽及機器進行上油保養?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
5.測站採樣用品(拭鏡紙、手套、去離子水、樣本瓶、標籤紙、封口膜、記錄紙)是否充足?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
6.樣本保存是否完善?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
a.樣本是否用密封盒保存?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
b.冰箱內部是否有其他東西?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
c.冰箱溫度是否確實管控? <u> 4 </u> 度	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>
7.周遭有無新污染源?有無道路施工或建築物施工?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
8.是否有反應特殊事件或情況?	是 <input type="checkbox"/> 否 <input checked="" type="checkbox"/>
9.觀測人員對操作程序是否熟悉?	是 <input checked="" type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/>

事件描述:

檢查人： 曹壽迪

受檢人： 錢勇寬

附錄 E
評選會議
委員意見回覆

「107 年度桃園市酸雨監測與防制策略計畫」評選會議委員意見回覆表

巫月春 主席	回覆意見
1. 建議收集環保署或其他機關在桃園地區酸雨監測結果，作評析比較。	桃園地區目前僅有環保署關因空品站有針對雨水監測 pH 值，後續會納入該站監測資料於本期計畫中進行評析比較。
2. 復興站 NH_4^+ 是否受區域農作施肥因素之影響？	由近三年的監測資料來看，復興站 NH_4^+ 年平均濃度約在 $35\text{-}50\ \mu\text{eq}\ l^{-1}$ 之間，此應與鄰近區域農作活動或施肥因素有關，但較平地其它測站而言， NH_4^+ 平均濃度約在 $40\text{-}60\ \mu\text{eq}\ l^{-1}$ 水準，復興站鄰近區域的農作影響不若平地區域來的大。
3. 樣品收集後 2 週後才送回檢驗室過濾測 pH 值、導電度，其與現場測值是否相當，溫度影響 CO_2 溶解度，這些是否影響 pH 值？建議驗證比較現場測定過濾與不過濾等變異對結果之影響，至少中壢站可以平行比對。	謝謝委員建議，各站於採樣後即將樣品冰存，冰箱溫度控制於 4°C 左右，用以降低 CO_2 溶解度以及其他化學反應的影響，過去本團隊亦已針對樣品現場量測與冰存兩週後之樣品 pH 量測比對，差異不大，且因本計畫是以日採樣進行，樣本數眾多，目前計畫經費不足以支援採樣後立即運回分析，吾人會再檢討是否可以縮短時程。
4. 酸雨與降雨強度相關，建議收集酸雨與降雨強度、日數、收集雨量，探討其相關性。	謝謝委員建議，過去於執行 105 年度計畫時，就已針對 2014-2016 年降雨強度與雨量等因子，分別在不同季節探討其與酸雨的關係，其中顯示弱降雨(日雨量小於 3.0mm)較強降雨(日雨量大於 40mm)明顯有較高的致酸因子濃度，而秋冬兩季此情況更高於其他季節，而夏季不論是在強降雨或弱降雨事件，都是濃度最低的季節。
5. 圖 3.6 $\text{PM}_{2.5}$ 數據來源為何？與 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 若非同一地點之數據如何比較？ nss-SO_4^{2-} 與 $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度部分趨勢一致，其意義請補充說明。	圖 3.6 $\text{PM}_{2.5}$ 數據來源為環保署平鎮空品站資料，由於酸雨測站與空品測站設立目的不同，所以設立位置也大多不同，若欲探討空氣品質與酸雨之間關係，則需尋找酸雨測站鄰近之空品站資料進行探討比較。由於 $\text{PM}_{2.5}$ 的成份主要為硫酸鹽、硝酸鹽及銨鹽，而其中的硫酸鹽和硝酸鹽經雨水刷除後，則是造成雨水酸化的主要因子， SO_4^{2-} 與 NO_3^- ，故以此為比較指標，而其濃度與 nss-SO_4^{2-} 濃度變化趨勢一致，表示該事件之降水型態能較有效清除空氣中的懸浮微

	粒而形成酸雨，未來可藉由空氣品質資料與降水型態來針對可能發生較嚴重之酸雨前預先警示。
6. 附錄 B，P.8 1000 $\mu\text{g/L}$ 陽離子標準溶液如何稀釋配製成 100 ppm?請再確認。	謝謝委員指正，陽離子標準溶液單位應為 1000 mg/L，已進行修正。
7. 混合標準溶液有 NO_2^- ，後續樣品建議分析 NO_2^- 。	謝謝委員建議，本團隊於配置標準溶液時已有包含 NO_2^- ，分析樣品已有分析 NO_2^- 。但濃度較明顯較 NO_3^- 低，後續於執行計畫時可加入探討。
華梅英 委員	
1. 中央大學團隊自 2014 年即協助本市進行酸雨之量測，故在經驗及能力上應可肯定。	感謝委員肯定。
2. 由於各季節之狀況有所差異，未來執行請就不同季節佳以區分監測之各項資料。	謝謝委員建議，於執行前年度計畫時，亦有針對不同季節進行探討，本年度執行計畫時，也會於累積更多資料時進行季節探討。
3. 請說明本計畫測站與環保署測站位置是否有相同處，是否有比較測值之差異性?	環保署於桃園地區僅設立中壢一站，與本計畫中壢測站皆設立於中央大學內，唯前者設立於雷達觀測站，距地面高度約 3 公尺，後者則設立於科學二館頂樓，距地面約 24 公尺，過去於架設初期有進行比較，兩者雨水化學組成的變動趨勢相近，然因兩站垂直高度不同，雖有差異存在，但並不顯著。
4. 建議執行過程中能就酸雨之 pH、各離子濃度、自動測站中之多種空品污染物與酸雨離子濃度之相關性等加以探討。	謝謝委員建議，在本年度計畫「利用細懸浮微粒資料探討空氣品質與酸雨的相關性」工作項目部分，將會加入多種空品污染物與酸雨離子濃度之相關性探討。
黃美君 委員	
1. P. 5-5 五、工作預定進度及查核重點，其中，酸雨監測站每年維護兩次，環境教育宣導及工作檢討會各 10 場次，建議於表中標示辦理時間(工作檢討會係計畫團隊內部之工作檢討會?或與環保局共同召開之工作檢討會?)	酸雨監測站每年維護兩次所預定辦理時間，已列入工作預定進度及查核重點表中，然教育宣導與工作檢討會(為環保局共同召開工作檢討會)分別需配合宣導單位以及環保局宣布舉行的時間，較無法明確定下時程，故無法預先標示辦理時間。
2. P.9-1 廠商企業社會責任指標， (1) 參與計畫之所有人員依學校規定，聘為中央大學之專任助理，與 P.6-1 人力配置，一位「專任助理」(計畫經理曾韋迪	(1) 由於二位專任助理與臨時工非固定性職員，故無法聘為學校專任助理，故修正相關內容，參與計畫之主要固定工作人員，聘為中央大學專任助理。另兼任

<p>君),二位兼任助理,另配置臨時工,似有所出入?(兼任助理、臨時工薪資?)</p> <p>(2) 人員敘薪逐年調整、調漲幅度約為 2% 左右,是否即為附錄 C「國立中央大學產學合作即推廣教育計畫人員管理要點」六(一)專任助理,。。。每滿 1 年提敘 1,至多提敘 5 級。。。之規定?</p>	<p>助理與臨時工薪資則按照勞基法規定,按工作內容不同而給予不同之薪資。</p> <p>(2) 是的,人員敘薪逐年調整、調漲幅度約為 2%左右,乃依據附錄 C「國立中央大學產學合作即推廣教育計畫人員管理要點」六(一)專任助理,。。。每滿 1 年提敘 1,至多提敘 5 級。。。之規定計算出來而得。</p>
<p>張滿惠 委員</p>	
<p>1. P.3-1 表示採樣後低溫冷藏並儘速運送至中央大學,而附錄 A 酸雨測站觀測人員手冊 P.22 則表示每兩週使用完採樣桶後運送,兩週與儘速似有差異,且是否每兩週均可採集到雨水,請補充說明之。</p>	<p>本文 P.3-1 中「儘速」已修正與附錄 A 記載內容一致,皆為兩週後運送回中央大學,若兩週中均無降雨,為保持採樣品質,仍需要將採樣桶運送回中央大學實驗室進行清洗。</p>
<p>2. 磅秤與天平應有校正追溯計畫,尤其,天秤應定期送請認證之校正實驗室校正,以確保量測之準確。</p>	<p>謝謝委員建議,本計畫所列之磅秤乃為量測雨水樣品重量所使用,其精度要求至個位數即可,故每年兩次測站查核時,會使用標準砝碼進行確認與校驗;天平為配製流洗液使用,目前評估每年請廠商校正一次應已可確保使用目的之精準度。</p>
<p>3. 3.4 節有關 PM_{2.5} 與酸雨之相關性,以 2013 年的資料為探討範例似屬較老舊資料,建議採用近一、二年的資料探討,較具參考價值。</p>	<p>謝謝委員建議,3.4 節中之所示之內容原為舉例說明本項工作欲進行之方法,於計畫執行時將使用近 3 年之監測資料來進行討論。</p>
<p>4. 經費配置中缺少兼任助理與臨時工之人事費用,請補充說明。另外,P.3-16 教育宣導章節中表示開放部分場次至中央大學實地參訪,為經費尚未配合編列,亦請補充說明。工作檢討會議場次應予確認,其經費編製應補充說明。</p>	<p>謝謝委員建議。開放部分場次至中央大學實地參訪部分,因安全因素考量,與環保局確認後,已不予進行。工檢會議場次與相關經費編製,本團隊乃按照環保局公告方式進行,遂無法變更。</p>
<p>5. P.9-1 表示人員薪資逐年調整約 2%,請補充說明附錄 C 之相對應條文。</p>	<p>人員敘薪逐年調整、調漲幅度約為 2%左右,乃依據附錄 C「國立中央大學產學合作即推廣教育計畫人員管理要點」六(一)專任助理,。。。每滿 1 年提敘 1,至多提敘 5 級。。。之規定計算出來而得。</p>
<p>6. 附錄 A 與 B 有關酸沉降與濕沉降兩種寫法,何者正確?請釐清。</p>	<p>「酸沉降」為統稱,可因沉降方式分為乾沉降與濕沉降兩種,而酸雨則屬於濕沉降類型。為使讀者正確了解,已統一修正為濕沉</p>

	降。
7. 依往年執行經驗，請提供具體創新作法與改善建議。	本計畫主要工作項目乃維護桃園酸雨監測網之運作與數據分析，其工作比重已佔整體工作內容之 70%，然為求精進，本年度除維持酸雨成分分析探討外，亦加入與空氣品質監測資料之相關性研究，了解降水型態對空氣品質與酸雨組成之間的關係。另外，針對酸雨宣導部分，將拓展合作平台與宣導對象，使宣導層面更加廣泛，已達更佳宣導之果效。
8. 圖 4.1 右下角有誤，應予更正。	謝謝委員建議，已進行內容相關修正。
黃克莉 委員	
1. 依據環保署公告之檢測方法執行檢測，請於計畫開始前核對使用方法是否為最新版本(如 NIEA W415.52B 已修訂為 NIEA W415.53B)，計畫執行期間亦須注意作法改版資訊，以確保使用最新版本方法。	謝謝委員建議，本計畫於執行時已核對相關檢測方法皆已使用環保署所公告之最新版本，如 NIEA W415.52B 已修訂為 NIEA W415.53B，並會隨時留意相關作法之改版資訊，確保使用最新版本方法。
2. 雨水收集 2 週後才送回實驗室檢測，其保存時限及樣品過濾，與環保署公告之檢測方法規定差異頗大，請說明檢測方法參考依據，並於報告中敘明。	謝謝委員建議，各站於採樣後即將樣品冰存，冰箱溫度控制於 4°C 左右，過去本團隊已針對樣品現場量測與冰存兩週後之樣品 pH 量測比對，差異不大，且因本計畫是以日採樣進行，樣本數眾多，目前計畫經費不足以支援採樣後立即運回分析，吾人會再檢討是否可以縮短時程。
3. 天平每年之校正並非由廠商進行維護，建議由經認證之校正實驗室執行，並出具具有認證 LOGO 之報告。	本計畫所使用之天平為配製流洗液使用，目前每年請廠商校正一次，本年度將按照委員建議，將天平送至經認證之校正實驗室執行校正。
4. 酸雨教育宣導回饋問卷單，其中「動手做實驗」活動，學童之意見回饋為「非常滿意」，老師之意見回饋為「尚可」。本年度教育宣導活動是否針對不同年齡及族群設計不同活動內容，已達更佳之宣導果效。	謝謝委員建議，由於參與宣導的人員年齡層分布範圍較廣，要符合所有參與人員之需求的確較為困難，但本團隊於執行宣導部分工作時，每場次仍皆有針對參與族群進行部分內容之調整，以利多數參與人員吸收宣導內容，未來執行計畫時亦會參考過去經驗，更加精進，以達更佳宣導之果效。

附錄 F

第 1 期工作進度報告

審查意見回覆

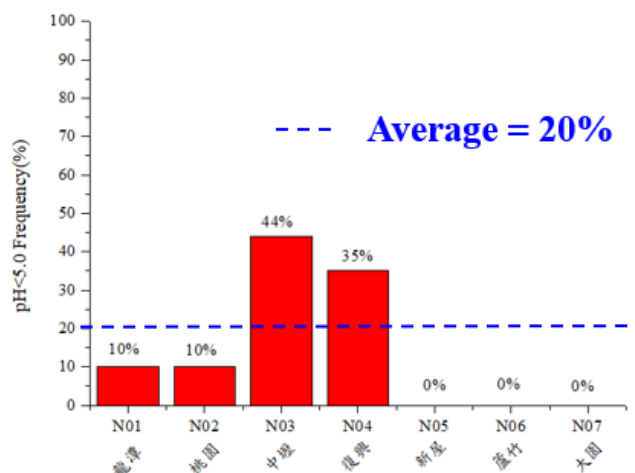
「107 年度桃園市酸雨監測與防制策略計畫」第 1 期工作進度報告委員意見回覆表

劉居松 主席	回覆意見
1. 審查會與工檢會為不同屬性，應先予明確定位，方能掌握節奏。	謝謝委員建議，爾後進行審查會議與工檢會時將更明確兩者之不同定位來預備及進行。
2. 報告書章節為何沒有結論與建議?	本次報告為第一期工作進度報告，計畫執行初期累積資料數仍少，故報告書中僅編撰計畫執行至今之初步成果。待後續累積較多資料，將於第二期工作進度報告或期末報告時編撰結論與建議章節。
3. 本計畫為延續性，已有 4-5 年資料，應予摘要納入以為基礎。	謝謝委員建議，後續於第二期工作進度報告時之資料呈現與討論，將納入過去監測 4-5 年之資料為基礎來討論與呈現。
洪淑綾委員	
1. 本計畫是延續性，藉長期蒐集桃園地區雨水樣品，以解析酸雨形成因素與分佈，故請團隊將過去審查委員建議須長期追蹤項目之成果羅列，以利機關掌握。	彙整過去審查委員針對需長期追蹤之項目與研究結果，陳述如下： (1) 夏季降雨較為反映洗刷當地排放污染物之結果，統整 2014-2018 年各年 7-8 月各站酸雨發生頻率，如下圖一，其中顯示 2014-2016 年夏季桃園各站發生酸雨頻率低，多數在 40% 以下，然近 2 年夏季酸雨發生頻率升高，分析主要原因是受到雨水中鈣離子濃度大幅減少的原因，導致缺乏中和效應之故，需持續追蹤演變狀況。 (2) 分析歷年來各月份各站酸雨發生頻率。將各站自 2014 年 5 月起至 2018 年 6 月的監測資料，按照地理位置鄰近或測站特性較接近之測站資料，繪製成圖 2-圖 4，由於不同月份間的降雨特性不同，加上降雨次數也可能有顯著的差異，所以單獨計算各月份之酸雨發生頻率可能變動較大，且目前尚無明顯的年際變化情形。但大致上看，夏季各站的酸雨發生頻率仍是較低的季節。不過細部比較的話，有些月份各站間發生酸雨頻率出現很大的差異，主要是受到降雨樣本非常

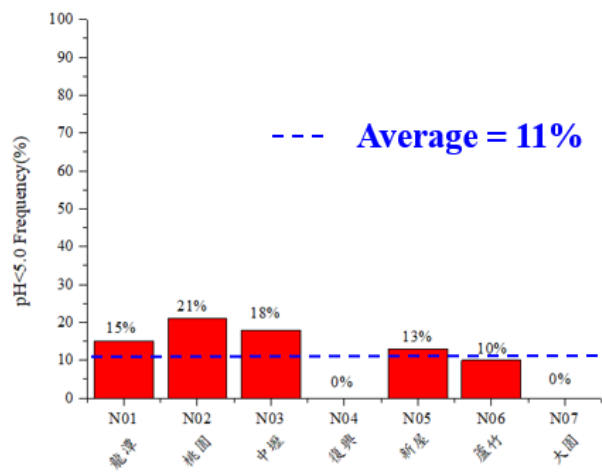
	<p>少，如果又恰好其 pH 值在 5.0 以下，這樣計算酸雨頻率時就會變高，才會導致某些月份中，各站間差異很大的情形出現。</p> <p>(3) 分析歷年來各月份各測站的主要離子平均當量濃度比資料。將歷年來主要致酸離子(NSS-SO_4^{2-}與 NO_3^-)各月份各測站的平均當量濃度變化與平均值等相關資料繪製成圖 5 與圖 6，由 NSS-SO_4^{2-}濃度變化來看，當 11 月進入東北季風季節開始至春末，各站濃度都高於夏季且容易有濃度很高的樣品出現，而桃園與中壢測站的濃度又略高於其他測站；NO_3^-濃度變化趨勢，大致來看，略有秋冬高於夏季的情形，但差異較不若 NSS-SO_4^{2-}來得明顯，由於 NO_x 在大氣中反應快，透過長程傳輸的影響較小，加上交通源是一 NO_x 的主要來源之一，全市交通網絡頻繁，因此各站各月份的差異情形才不如 NSS-SO_4^{2-}來的大。</p>
<p>2. 建議將本計畫評選委員之評選意見，編列於報告中，並檢視承諾執行項目之進度與成果。</p>	<p>謝謝委員建議，本其計畫評選委員之評選意見回覆已編撰於附錄 E 中，後續針對承諾執行之項目於後續執行計畫時將仔細檢視，並於第二期工作進度報告或期末報告中呈現。</p>
<p>3. 本計畫已執行 5 年，對於桃園市的酸雨防制策略，有哪些須改善項目，有哪些是應持續執行，請列舉具體政策。</p>	<p>由酸雨長期監測資料可看出本市積極推動酸雨前驅污染物之減量管制，特別是硫氧化物的管制已有成效，但針對氮氧化物的部分，則需更加強，因此建議持續推動管制與削減各型污染源排放政策外，並在交通源控制力道，實應加強。此外，針對可改善或建議之作法，簡列如下：</p> <p>(1) 推廣清潔燃料/再生能源以及低污染車輛之使用，並推動推動二行程機車及老舊大型柴油車的汰換，誠如目前重要政策，未來應可看出成效。</p> <p>(2) 針對大潭電廠未來新設機組及現有</p>

	<p>之六部機組皆應要求其裝設低氮氧化物燃燒器(low NOx burner)及高效率之 SCR 脫硝系統以減少排放。</p> <p>(3) 建議未來有關桃園國際機場飛機起降帶來的 NO_x 排放問題應進一步掌握，並參考國際各大機場之管制經驗規劃執行有效之減量措施。</p>
鍾佩穎 委員	
1. 請考量依本計畫工項相關成果進行報告章節編列及撰寫。	感謝委員建議，已將相關章節抬頭說明與內容編列已於修正稿中進行調整與修正。
2. 相關數據分析應考量比對區間合理性，若有不同比對需求應分述，並請針對整體歷史數據進行相關分析，並補充連續性與變異性之探討。	本報告書中第二章內容乃闡明計畫執行之工作方法，相關數據分析結果僅為使用方法之舉例，並非實際結果討論，未考慮比對區間合理性之相關數據結果與說明，已於修正稿中進行修正，帶後續累積本年度更完整之資料時，將再針對整體歷史數據進行相關分析與資料連續性及變異性之相關探討，並於第二期工作進度報告或期末報告中呈現。
3. 前年度計畫建議之防治措施應進行後續追蹤，如：電動汽機車補助是否回饋到酸雨改善效能等，或補充其他防治策略之建議或修正等。	謝謝委員建議，前年度計畫建議之防制措施於後續累積之監測資料中會持續分析追蹤其對改善酸雨的效益，並提出相關建議與修正。

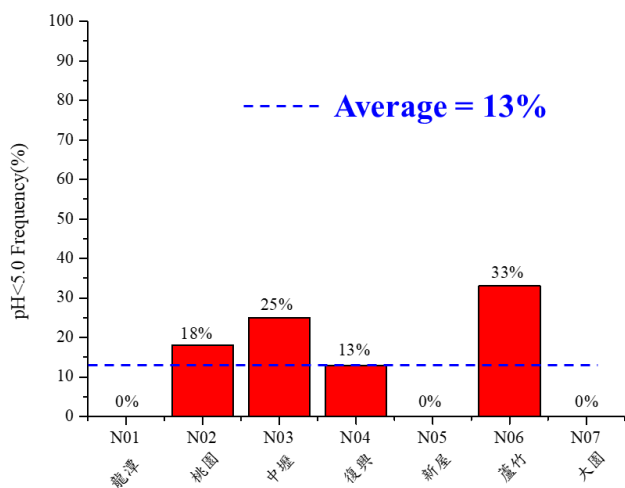
(A) 2014 年 7-8 月



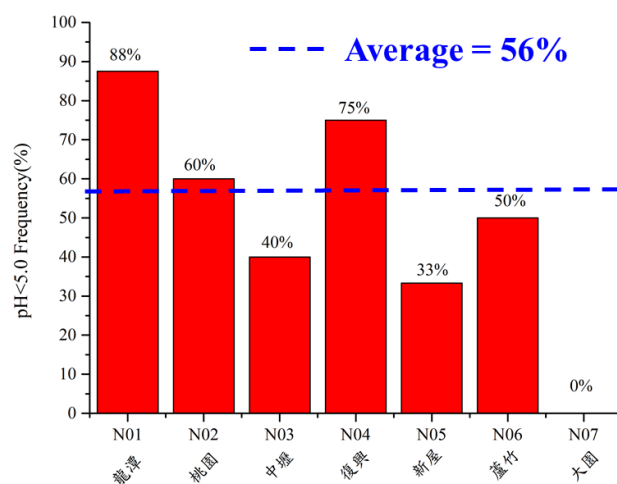
(B) 2015 年 7-8 月



(C) 2016 年 7-8 月



(D) 2017 年 7-8 月



(E) 2018 年 7-8 月

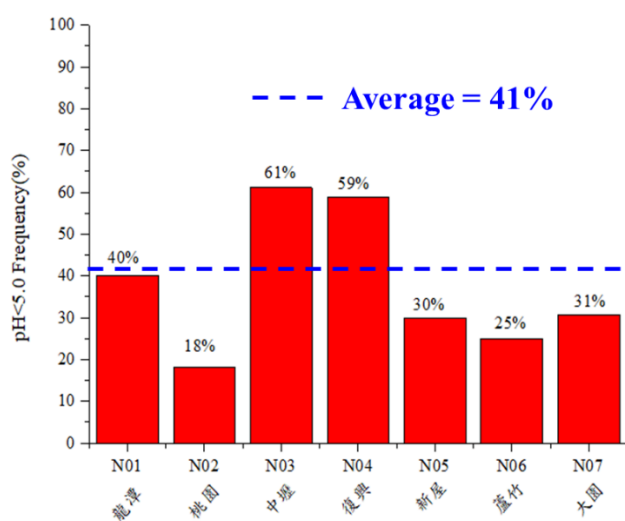


圖 1. 2014-2018 年各年 7-8 月各站酸雨發生頻率圖

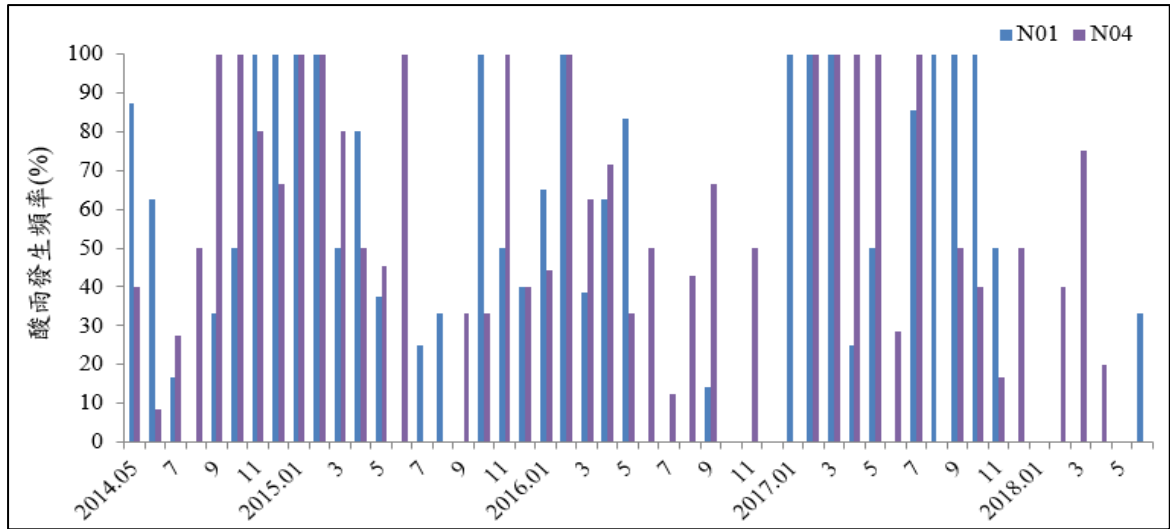


圖 2. 2014 年 5 月至 2018 年 6 月龍潭與復興站各月酸雨發生頻率圖

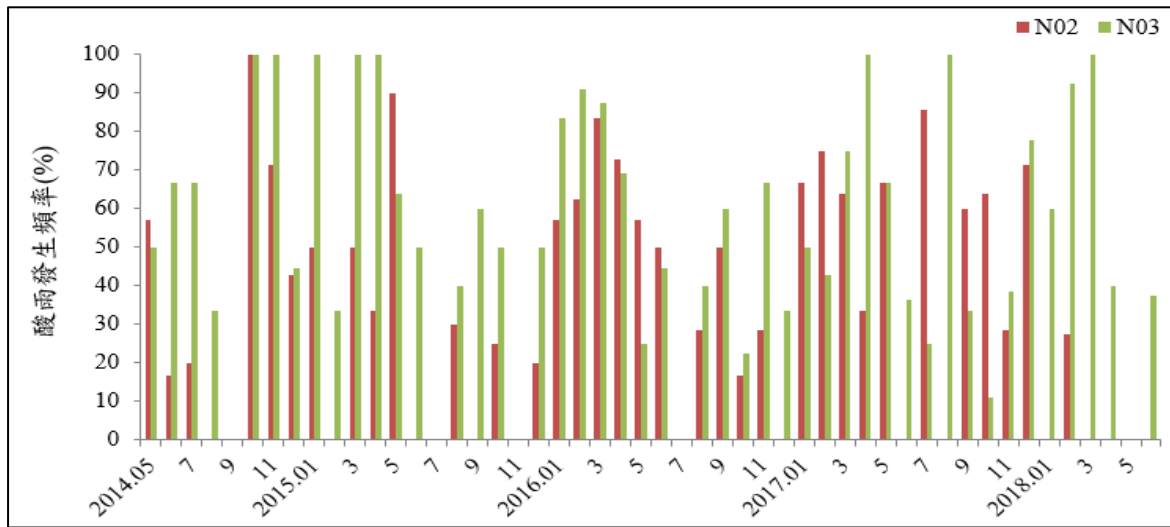


圖 3. 2014 年 5 月至 2018 年 6 月桃園與中壢站各月酸雨發生頻率圖

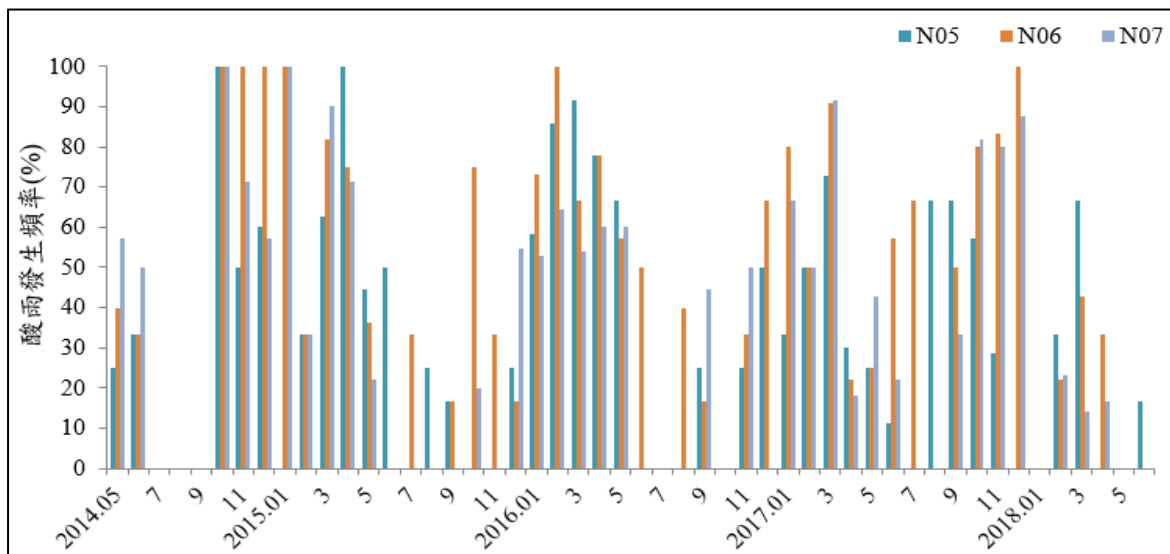


圖 4. 2014 年 5 月至 2016 年 6 月新屋、蘆竹與大園站各月酸雨發生頻率圖

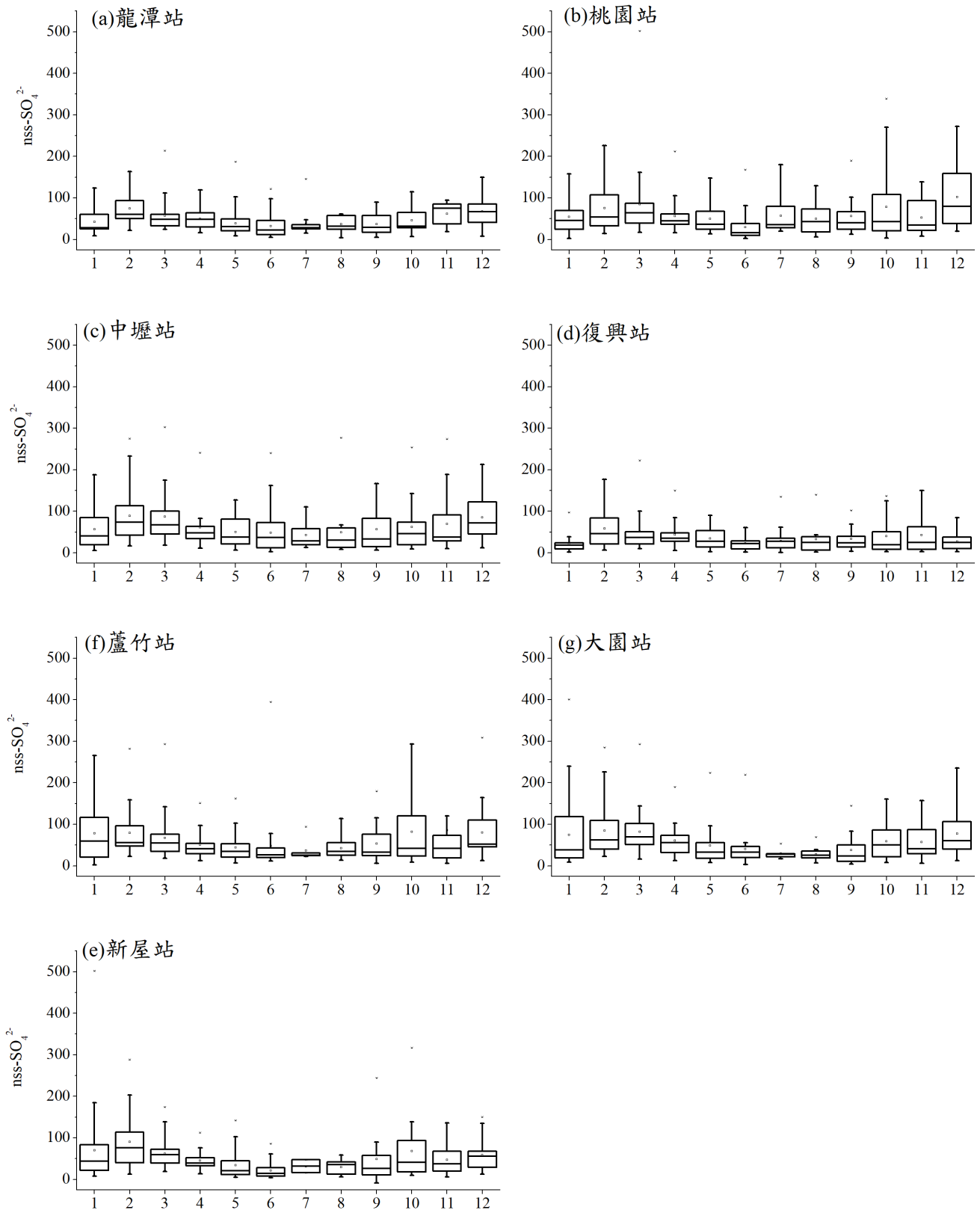


圖 5. 2014 年 5 月至 2018 年 6 月各站各月 nss-SO_4^{2-} 濃度變化圖

(圖中符號(□)代表平均值, (-)為最大值與最小值, (x)為排序前 1%及 99%數值, 方框之上下標及內緣之橫線由上到下為前 5%, 25%, 50%, 75%, 95% 之值。)

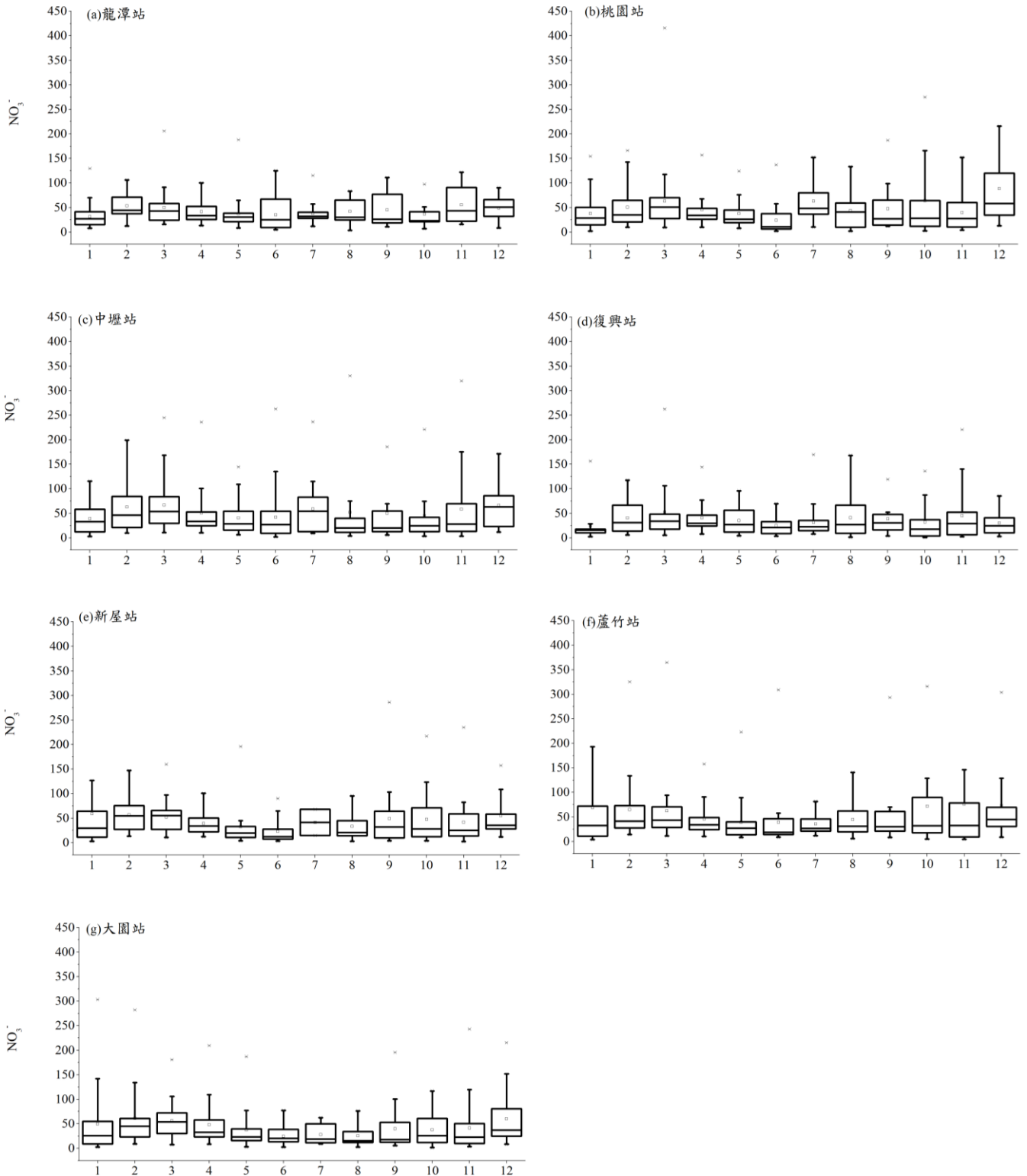


圖 6. 2014 年 5 月至 2018 年 6 月各站各月 NO_3^- 濃度變化圖

(圖中符號(□)代表平均值, (-)為最大值與最小值, (x)為排序前 1%及 99%數值, 方框之上下標及內緣之橫線由上到下為前 5%, 25%, 50%, 75%, 95% 之值。)

附錄 G

第 2 期工作進度報告

審查意見回覆

「107 年度桃園市酸雨監測與防制策略計畫」第 2 期工作進度報告委員意見回覆表

劉居松 主席	回覆意見
<p>1. 本市酸雨監測計畫已執行多年，應將成果回饋，提供給空保科，後續再安排與該科主任及綜合業務承辦員業務交流。</p>	<p>謝謝主席建議，能將本計畫目前監測所獲之成果或所發現之問題與空保科進行交流及成果反饋，應是雙方樂見之事，後續本團隊會再與空保科主任與綜合業務承辦員進行聯繫，安排雙方意見交換與會面機會。</p>
<p>2. 桃園機場起降班次比往年增加，針對飛機起降造成空氣污染及酸雨貢獻度應更深入探討。</p>	<p>謝謝主席意見，針對機場對空氣污染與酸雨貢獻度部分，後續將收集相關資料進行分析討論，應能於期末報告中呈現初步分析結果。</p>
<p>3. 酸雨監測成果應與國際接軌，建請參考中國大陸、日本或歐美國家之成功案例。</p>	<p>謝謝委員意見，報告書中第五章已有初步收集中國、日本、美國與加拿大等國空氣污染管制策略與相關作法，以提供參考，後續議會持續收集與累積更多改善酸雨之案例與作法，並於報告中呈現。</p>
<p>洪淑綾委員</p>	
<p>1. 酸雨變化情形需透過長期觀察與分析去掌握，而貴團隊執行桃園市酸雨監測計畫 4 年已有短期計畫之監測數據，建議團隊於執行成果與建議中補充說明：</p> <p>(1) 桃園市在這 4 年期間酸雨變化情形（變好或變壞）及其變化程度或速度相較於其他縣市的狀況，又是否與特定產業發展有直接關係？</p> <p>(2) 請比較去年度同時期（7 月至 12 月）的酸雨發生頻率是否有相同趨勢。</p> <p>(3) 計畫執行成果發現 NO_3^- 濃度在總離子濃度中的佔比已不亞於 nss-SO_4^{2-}，又以 2013 年的排放清冊桃園市有 50.43% 的 NO_x 貢獻源是交通運輸，雖然桃園市有推廣低污染機動車輛及汰舊換新政策，但是依圖 5.10 及 5.11 桃園市</p>	<p>(1) 謝謝委員建議，本團隊將整理過去累積之 4 年監測資料來進行深入分析探討，將於期末報告進行陳述討論。</p> <p>(2) 將 2017 年與 2018 年 7 月至 12 月的酸雨發生頻率整理如下圖一，由兩時期的酸雨發生頻率來看，7 站 2018 年較 2017 年同期平均酸雨發生頻率為低，從季節特性角度來分析，2017 年夏季降雨少，降雨多在秋冬季發生，反觀 2018 年則相反，夏季降雨較多，所以導致 2018 年 7 站酸雨發生頻率較低。檢視各站狀況，值得注意的是蘆竹與大園站，兩年同時期來看，酸雨發生頻率多高於其他站，顯示這兩個區域後續更值得持續關注。</p> <p>(3) 謝謝委員意見，本團隊目前已有收集一些國內與國際間針對航空器與汽機車減少排放的策略與目前實施的方式等相關資料編撰於報告書 5.3 節內容中，以供參考，後續將持續收集更多</p>

<p>的機動車輛及桃園機場的起降量都是呈現向上攀升，在無法降低機動車輛數量與飛機起降量的前提下，是否蒐集國內外較佳且可行之減（抑）排措施提供機關擬訂政策參考。</p>	<p>資料並整理於期末報告中呈現。</p>
<p>2. P3-8，</p> <p>(1) 復興站是位於內陸山區且人為開發度較低之鄉村型測站，但是發生酸雨的頻率有 62%高於平均的 48%，請補充可能造成之原因。</p> <p>(2) 報告內容敘及，中壢、蘆竹及大園站分別有 1~2 個樣本 pH 值介於 3.5~4.0 之間，團隊探討分析可能原因是受到當地污染排放所致雨水酸化較嚴重之偶發情形，請補充說明是否有檢視當下之風速及風向等資料劃出可疑區域等資訊提供機關進一步派員比對及稽查釐清？或是以其他方式釐清驗證？</p>	<p>(1) 復興站位於內陸山區，因人為開發度較低且較無大型排放源存在，所以報告本文中表 4.3 的統計結果顯示復興站全數離子平均濃度皆為 7 站中最低。然由 3.2.3 季節特性的差異分析可知，復興站於 7-9 月收集到 24 個樣本，但 10-12 月秋冬季節卻僅有 8 個樣本，表示計算酸雨頻率的統計期間多為夏季降雨樣本，受到西南季風容易將平地的污染往內陸傳送之故，才使得復興站的酸雨發生頻率高達 62%。</p> <p>(2) 檢視報告內容提及之中壢、蘆竹及大園站 pH 值介於 3.5~4.0 之間的樣本日期當作個案收集資料來深入探討，詳細說明請參考文末補充個案探討部分。但整體來說，這些樣本發生日期分別在 10-12 月之間，受到東北季風影響，樣本收集期間大多風向都為北風與東北風，共通點為風速弱且降雨量少，酸化較嚴重的樣品於 24 小時之收集量多在 200g 以下，換算降雨量約為 6 mm 左右，除了可能受到測站東北方污染源影響外，刷洗因風速弱而累積的當地排放污染物也是可能造成雨水顯著酸化的原因之一，要釐清與驗證可疑區域實屬不易。</p>
<p>3. P5-43 圖 5.10 桃園市歷年汽機車數量變動統計資料僅統計至 2017 年，建議更新至 2018 年資料。</p>	<p>謝謝委員建議，已更新資料於修正稿內容中。</p>
<p>4. 團隊觀察長時間降雨達酸雨頻率之變化趨勢，未來可提供民眾 APP 預警是</p>	<p>謝謝委員建議，本團隊後續會持續觀測並思考如何以資料分析應用來提供 APP 酸</p>

<p>很好的資料分析應用，請持續觀測</p>	<p>兩預警的方式。</p>
<p>彭佩茹 委員</p>	
<p>1. 測站採樣器故障維修，建議增加現場照片，確認 sensor 生鏽情形及檢修現場狀況。</p>	<p>謝謝委員建議，因計畫人員於每次收樣時皆有針對採樣器運作狀況進行確認並進行簡易維護，且每半年進行確實查核，今年度各站採樣器鮮有故障維修之情形。各站查核時採樣器之狀況以及確認 sensor 生鏽情形，現場相關照片記錄於附錄 C 中，未來針對此部分亦會注意再加強記錄。</p>
<p>2. P3-6，2018 年 7-12 月分析 279 個樣品，共有 267 個樣品符合篩選，惟表 3.4 總筆數為 258，差異為何？</p>	<p>2018 年 7-12 月分析 279 個樣品，共有 267 個樣品符合陰陽離子平衡篩選，但於報告書 3.2 節內容中有說明，於進行統計計算之前，會再以各樣本總離子濃度之三倍標準差為限，將總離子濃度大於三倍標準差之離群值篩除，以免這些過大的離群值導致統計數據失真，因此最後納入統計計算的樣本數為 258 筆。</p>
<p>3. P9-2 自評進度之進度百分比計算方式？如桃園酸雨環境教育宣導需辦理 10 場次，而目前僅辦理 2 場次，為何為 60%。</p>	<p>酸雨宣導部分，目前宣導對象主要是以國小學童為目標，過去於宣導時曾發現宣導內容與國小 4-5 年級自然科學中，酸鹼教學單元可互相結合，因此在與校方聯繫時，都反應希望能在下學期進行宣導，因此宣導工作項目才會較多集中於計畫執行的下半年度來進行。然雖截至第二期工作進度報告撰寫期間，僅辦理 2 場次宣導，但宣導對象各有不同，本團隊也針對不同宣導對象編撰不同的宣導教材，因把相關準備工作也納入計算方式，所以計算進度時才填寫 45%。</p>
<p>4. P4-7 春季降雨個案，是否增列 2017 或 2018 年數據分析。</p>	<p>謝謝委員建議，於懸浮微粒與酸雨之間相關性的探討部分工作，原已有針對 2014-2017 年監測資料進行個案挑選，由於需有較長的連續降雨才能較反應出兩者間的變動關係，檢視 2017 與 2018 年春季，較無合適可分析的個案，但後續會檢視 2019 年春季是否有較合適可進行分析的個案，將於期末報告中進行探討說明。</p>
<p>5. 請說明復興站 pH 值偏低原因。</p>	<p>pH 值乃是溶液中酸鹼平衡的結果，以復興站資料來看，雖然致酸離子濃度為 7 站中最低，但相對其他離子濃度，亦皆為 7</p>

站最低，由表 3.7 主要離子平均當量濃度比的資料來看，復興站 NH_4^+ 與 Ca^{2+} 對 NO_3^- 與 SO_4^{2-} 的比值約 0.77，僅高於蘆竹站，顯示因缺乏致鹼離子的中和效應，所以復興站與蘆竹站 pH 平均值才較為偏低。

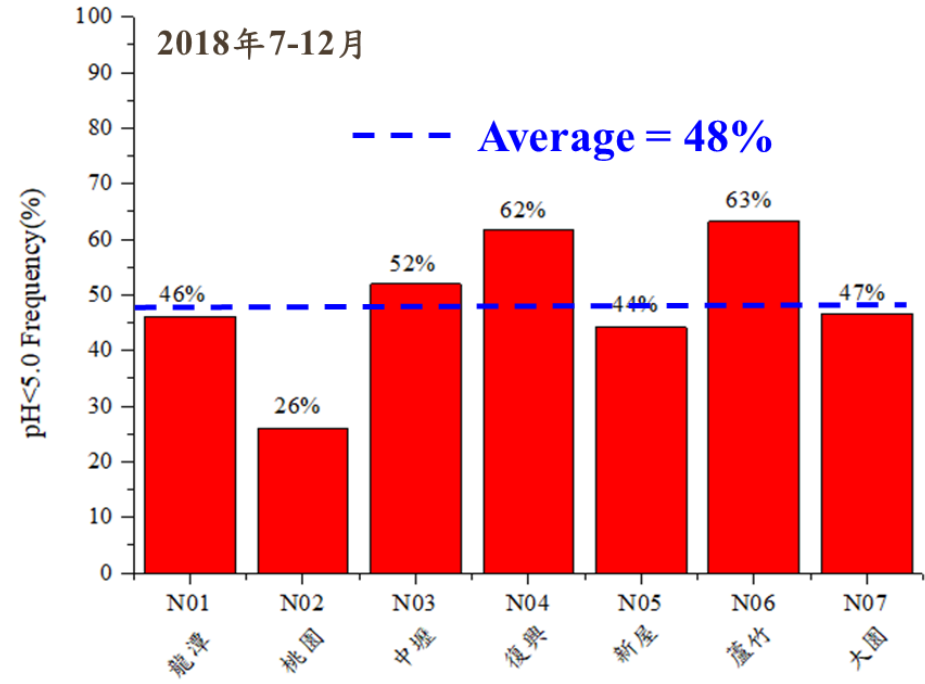
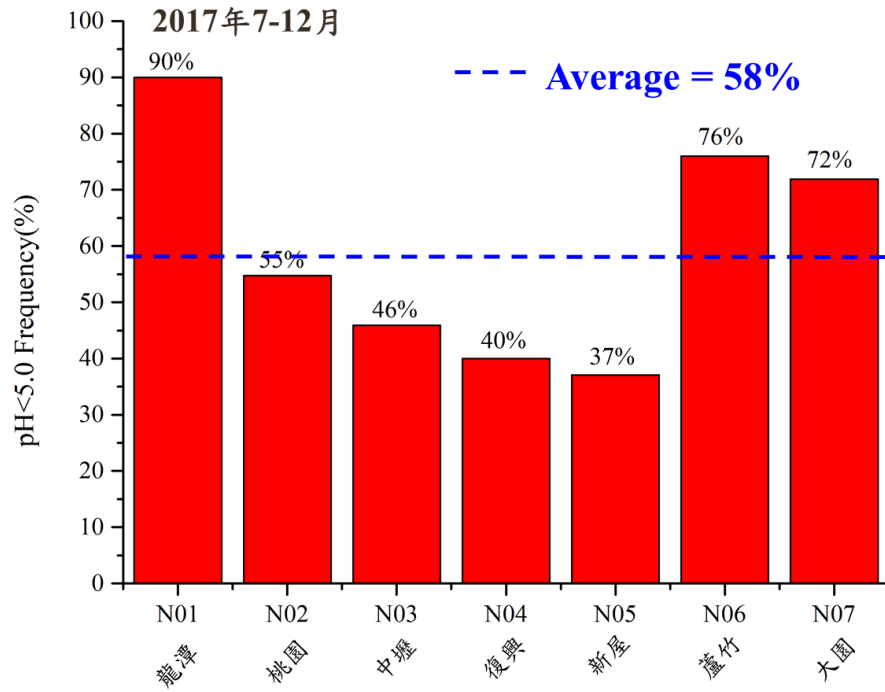


圖 1. 2017 年與 2018 年 7-12 月同時期各站酸雨發生頻率圖

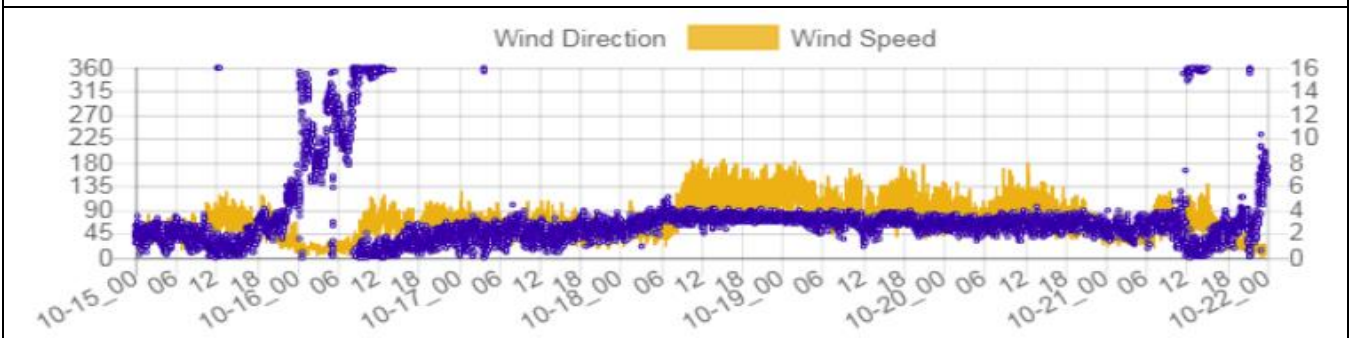
補充個案探討

個案一：2018 年 10 月 18 日

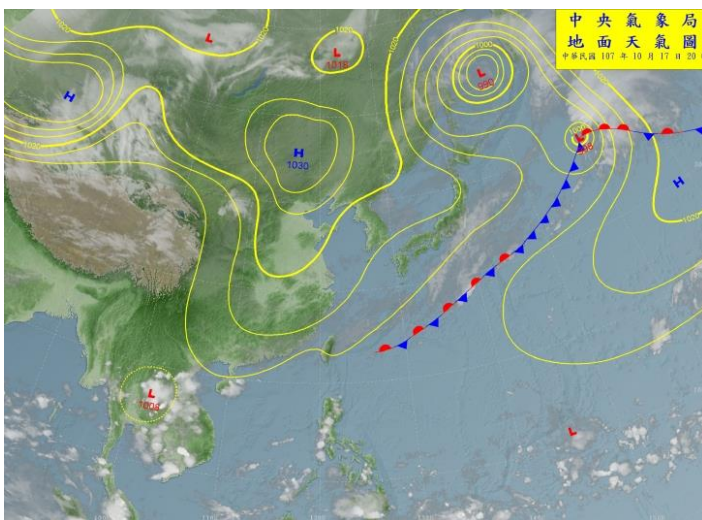
檢視當天 7 站有收集到樣本的資料如下，中壢、蘆竹與大園站都有呈現雨水 pH 低於 5.0 的情況，甚至中壢站更低於 4.0，以收集的水樣重量來看，中壢站最低，推估弱降雨所導致的濃縮效應可能是雨水顯著酸化的原因之一。再者，由地面天氣圖與氣流後推軌跡來看，臺灣當時天氣狀況為受到大陸冷高壓影響，且氣流到達中壢站前多經過海面而來，推估境外污染影響程度應不明顯，再以中央大學自動氣象站的風向風速資料來看，10/17-10/18 這一天受大陸冷高壓帶來的東北季風，地面主要風向為東北風，風速多在 2-4 m/s 之間，風速弱可能導致區域排放的空氣污染物不利於擴散，加上弱降雨型態的刷洗，所以導致有較顯著的雨水酸化情形發生。

No.	Station	Year	Month	date	pH	cond.	雨水重量
N02	桃園	2018	10	18	5.02	8.8	642
N03	中壢	2018	10	18	3.93	113.0	204
N06	蘆竹	2018	10	18	4.18	99.9	378
N07	大園	2018	10	18	4.53	68.1	378

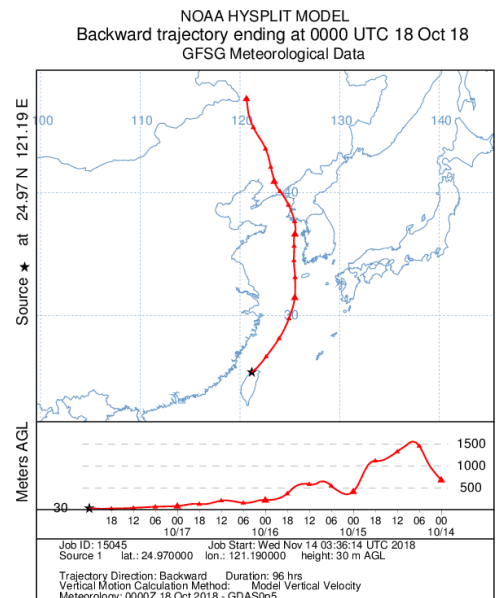
(A)中央大學自動氣象站風向風速資料



(B)地面天氣圖



(C)中壢站後推氣流軌跡

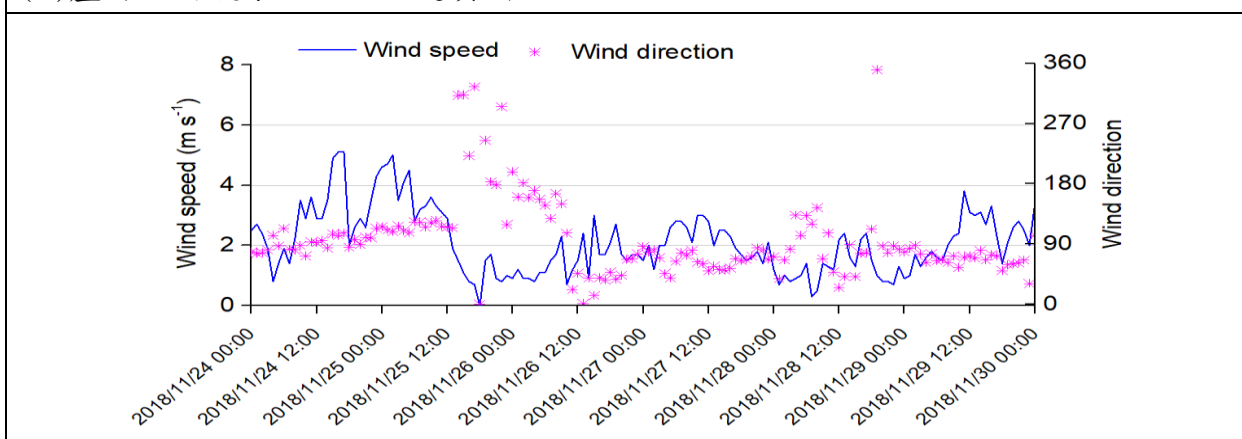


個案二：2018 年 11 月 27 日

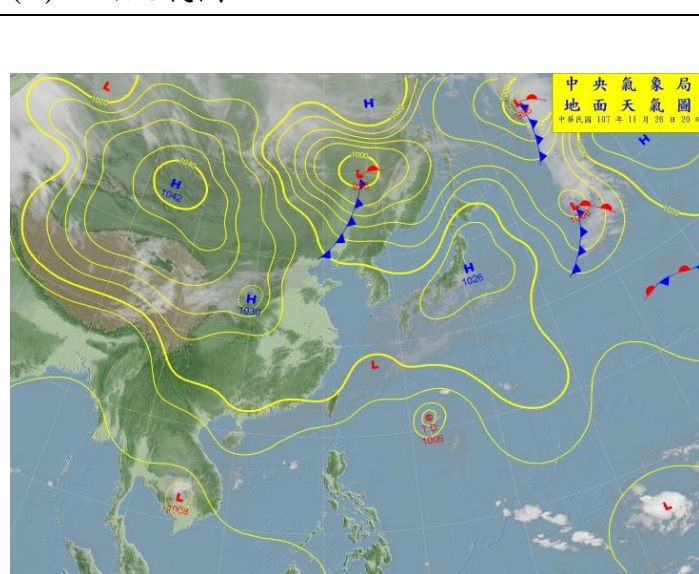
在此降雨個案期間，僅有蘆竹與大園站採集到降雨，雖兩站位置僅分處機場跑到兩端，但兩站所採集之樣本 pH 值仍有明顯差異，由地面天氣圖來看，採樣當日的天氣受到大陸冷高壓影響，但高壓勢力仍弱，參考蘆竹自動氣象站資料，風向為北風至東風，風速很弱，多在 2m/s 以下，參考蘆竹站後推氣流軌跡，氣流移入蘆竹地區前，繞經東海而來，境外污染物移入的影響不大。由採集之雨水重量來看，與前一事件相同，雨量少，風速弱，容易造成空氣污染物的累積，因此造成兩站 pH 值差異之可能原因為刷洗區域排放之污染物的結果。

No.	Station	Year	Month	date	pH	cond.	雨水重量
N06	蘆竹	2018	11	27	3.87	137.9	214
N07	大園	2018	11	27	4.51	52.2	164

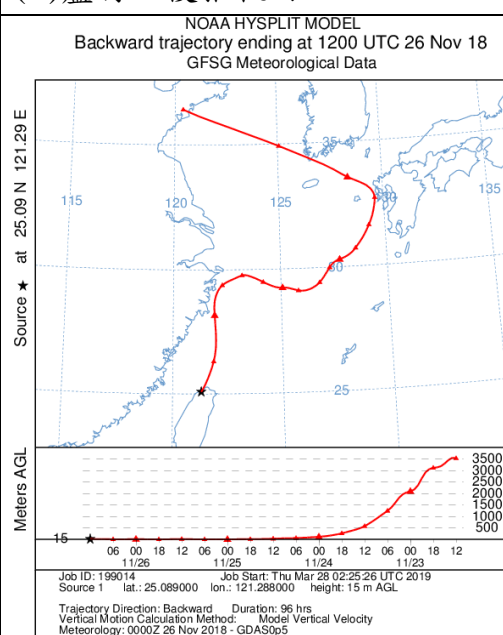
(A) 蘆竹自動氣象站風向風速資料



(B) 地面天氣圖



(C) 蘆竹站後推軌跡

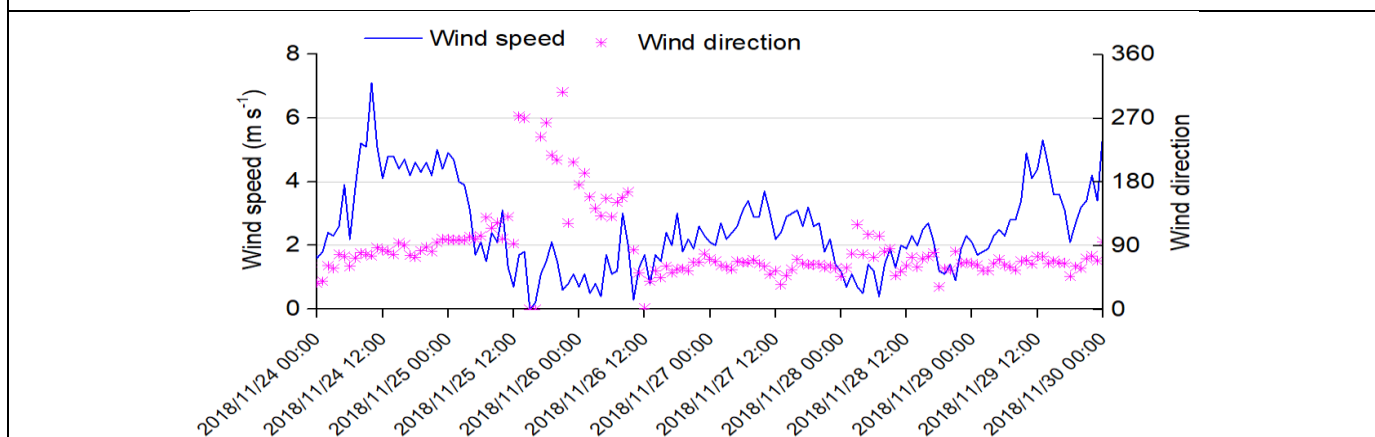


個案三：2018 年 11 月 29 日

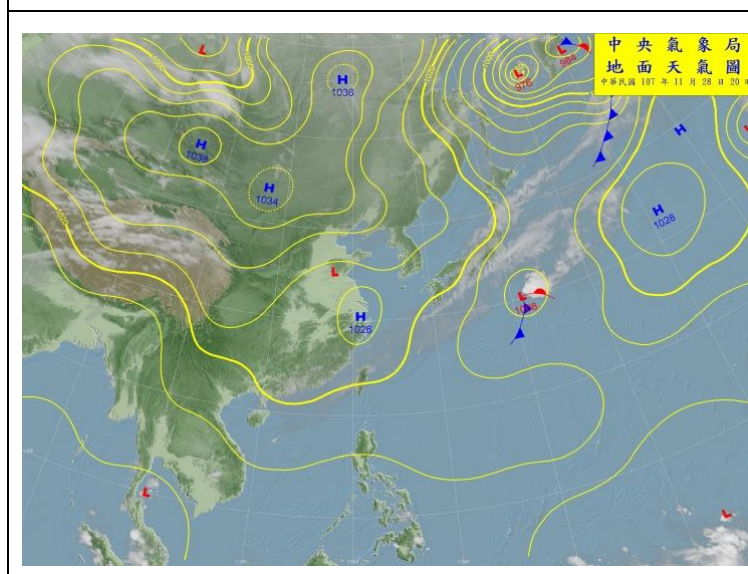
在此降雨個案期間，7 站中有 4 站採集到樣本，樣本重量多在 250g 以下，顯示降雨量不高，而 7 站中僅新屋與大園站 pH 值在 5.0 以下，尤其大園站達 3.99。由地面天氣圖來看，採樣當日的天氣受到大陸冷高壓東移出海影響，所以臺灣北部多吹東北風至東風，大園自動氣象站資料也顯示此情形，且風速弱，亦多在 2m/s 以下，參考大園站後推氣流軌跡，氣流路徑與個案二相似，造成各站點間所採集樣本之雨水酸化程度不同，應與前二個個案原因相同。

No.	Station	Year	Month	date	pH	cond.	雨水重量
N02	桃園	2018	11	29	6.74	40.35	115
N03	中壢	2018	11	29	5.92	44.20	139
N05	新屋	2018	11	29	4.71	6.99	253
N07	大園	2018	11	29	3.99	88.40	210

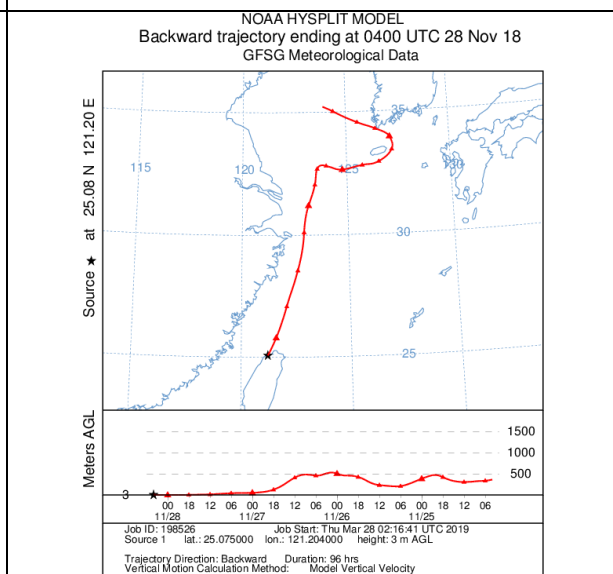
(A)大園自動氣象站風向風速資料



(B)地面天氣圖



大園站後推軌跡

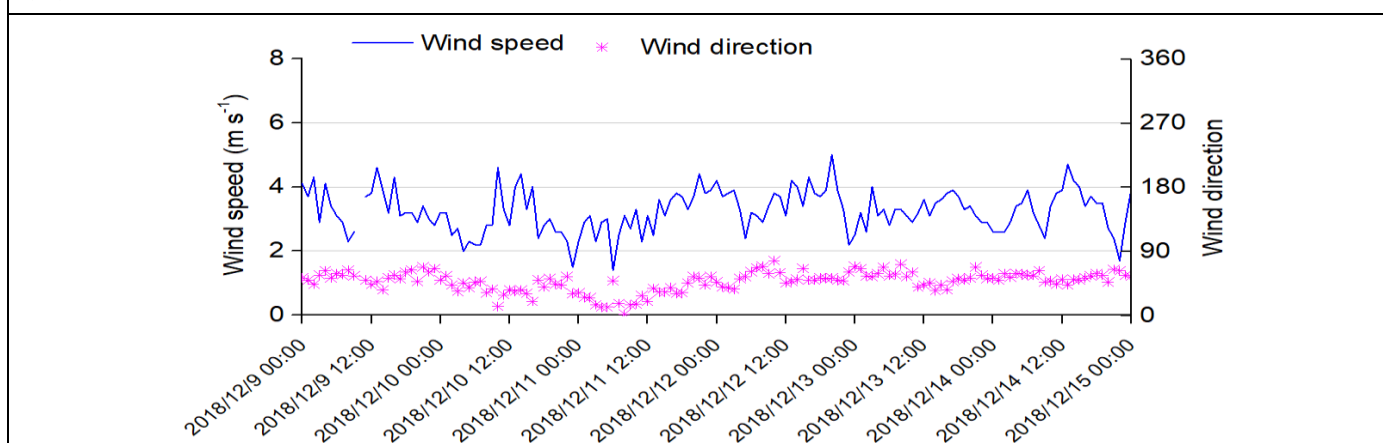


個案四：2018 年 12 月 12 日

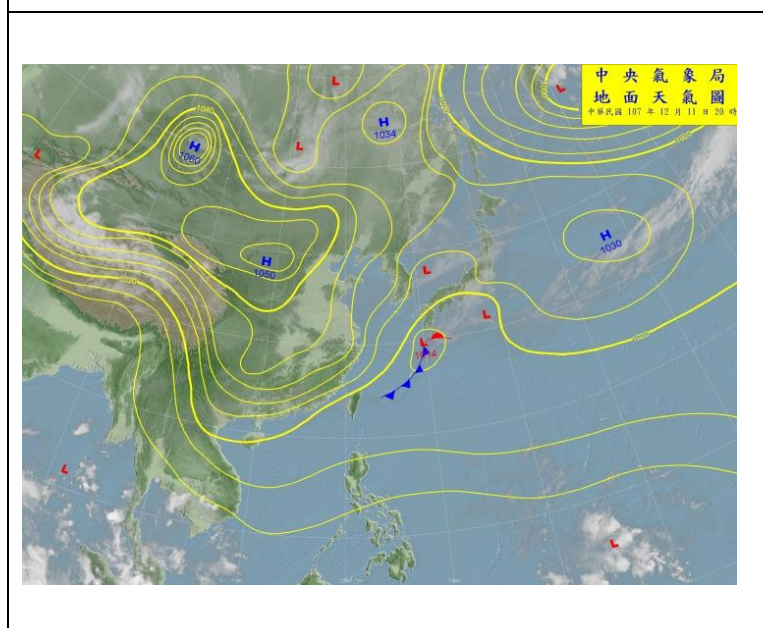
在此降雨個案期間，僅有蘆竹與大園站採集到降雨，由化學分析資料可見兩站所採集之樣本 pH 值有明顯差異，由地面天氣圖來看，採樣當日的天氣受到分離大陸冷高壓影響，參考蘆竹自動氣象站資料，風向多為東北風，風速多在 2-4 m/s 之間，參考蘆竹站後推氣流軌跡，氣流移入蘆竹地區前，氣流有經過上海地區，可能受到部分境外污染物移入影響。由採集之雨水重量來看，採集量約在 50-100g 左右，雨量較前三個個案更少，氣象條件與前三個個案相近，所以造成採集樣本之雨水酸化程度不同，應與前三個個案原因相同。

No.	Station	Year	Month	date	pH	cond.	雨水重量
N06	蘆竹	2018	12	12	3.56	504.00	103
N07	大園	2018	12	12	5.04	80.20	54

(A) 蘆竹自動氣象站風向風速資料



(B) 地面天氣圖



(C) 蘆竹站後推軌跡

