

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國小組 地球科學科

第二名

080502

二岸塵情-濁水溪下游南北二岸西螺與溪州之落塵及 PM2.5 相關性研究分析

學校名稱：彰化縣溪州鄉南州國民小學

作者： 小六 郭彥彤 小六 周信源 小六 吳臣韜 小六 曾婉郡 小六 楊善勻	指導老師： 周元璋 張雅萍
---	-------------------------

關鍵詞：濁水溪、落塵、PM2.5

摘 要

濁水溪南北二岸共 14 點測 PM_{2.5}、蒐集落塵以顯微鏡測粒徑、氣象署 AQI，分析 109.11 至 112.04 間 PM_{2.5} 發現：

- 一、實測 PM_{2.5} 與蒐集落塵及氣象署 AQI，南岸高於北岸，戶外高於室外，冬季北風南岸揚塵與 AQI 同。
- 二、北岸戶外小顆粒低於南岸，戶外大顆粒大於室外，南岸戶外大顆粒高於北岸。冬季大顆粒高於夏季。
- 三、陰天 PM_{2.5} 高，雨天 PM_{2.5} 低。
- 四、冬季北風：戶外高於室外，南岸戶外、室外均高，環境影響。夏季南風：PM_{2.5} 低，北岸略高。
- 五、戶外落塵量：冬天南岸略高，夏天 111 年 6~11 月南岸也高。環境影響。相關係數低，落塵量二岸無相關。
- 六、風速高 PM_{2.5} 增；溼度高 PM_{2.5} 降。
- 七、PM_{2.5} 低夕陽清澈明亮；數值高夕陽渲染朦朧。雨後 PM_{2.5} 二岸低。
- 八、濁水溪北風吹拂揚塵測試模型可模擬冬季北風情形。

壹、研究動機

近年來國人健康日益受空氣污染所擾，有關肺臟的疾病越來越多樣，許多媒體多有報導空氣中的細懸浮粒子(PM_{2.5})對人體健康影響，是否我們生活周遭也受影響？

109 年時，學長姐曾以「溪西溪析-濁水溪下游冬季南北二岸西螺與溪州落塵之研究分析」為題研究冬季季風對濁水溪南北二岸落塵之影響研究，當時只得到彰化縣國小地科佳作。我們覺得研究時間不夠長，應該要做長時間的紀錄，才能比較因冬季與夏季風向不同，以及雨量和水量冬夏的差異，對位於濁水溪下游南北二岸的西螺和溪州的揚塵及落塵現象，是否能更清楚地比較出差異，因此重新做了本研究。

其他我們想做濁水溪下游南北二岸的落塵和 PM_{2.5} 現況環境調查比較，及南北岸差異性及相關性的研究原因如下：

(一)西螺老街，聽到居民在冬天特別會說：「每天都要擦桌椅 5-6 次，不然手一摸都有一層灰。」身在溪州雖然距離不遠，但位在濁水溪的北岸，我覺得還好。

(二)學校畢業系列活動，叫做「溪西壯遊」，老師會帶我們坐公車跨過濁水溪到南岸的西螺進行鄉土踏查及導覽，時間是在 113 年的年初寒假前，感覺西螺冬天的空氣也還好。不知是否跟我們的研究是否相同？跟第四河川分署這幾年的護堤、種樹、鋪草等工程是否有關係呢？成效如何？

(三)同學每天都要看今天的空氣品質燈號，然後插空氣品質旗幟，讓全校同學注意今天適不適合做戶外活動，感覺空氣紫爆天數不多，不知西螺那邊的空污旗是否會跟我們學校所在地一致呢？

(四)媒體報導的濁水溪揚塵，在冬季枯水期時，東北季風容易造成濁水溪南岸地區落塵較嚴重。

(五)113 年初開學這幾天晴朗，夕陽彷彿被雲彩染紅了，偶然間發現夕陽越紅，天空越是霧濛濛，是否落塵讓夕陽折射產生美麗的彩霞呢？

(六)濁水溪南北二岸的落塵嚴重性差別如何？跟空氣中的 PM_{2.5} 是否有相關呢？我們實際測量的 PM_{2.5} 跟氣象署空氣品質監控數值會不會一樣呢？

(七)實際蒐集到的落塵數量是多少？落塵與實測 PM_{2.5} 及氣象站監測結果相關性是如何呢？

我們和自然老師討論了一下，覺得這個問題很重要、很有趣，也是我們生活周遭環境的議題，老師也住濁水溪附近，我們因此投入這研究。也製作模型，深入了解季風對濁水溪下游南北二岸落塵的差異。根據以上問題設計一些實驗和調查，蒐集二年半(109 年 11 月~112 年 4 月)濁水溪南岸雲林縣的西螺鎮和北岸的彰化縣溪州鄉的落塵與實測 PM_{2.5} 做比較分析。

貳、研究目的

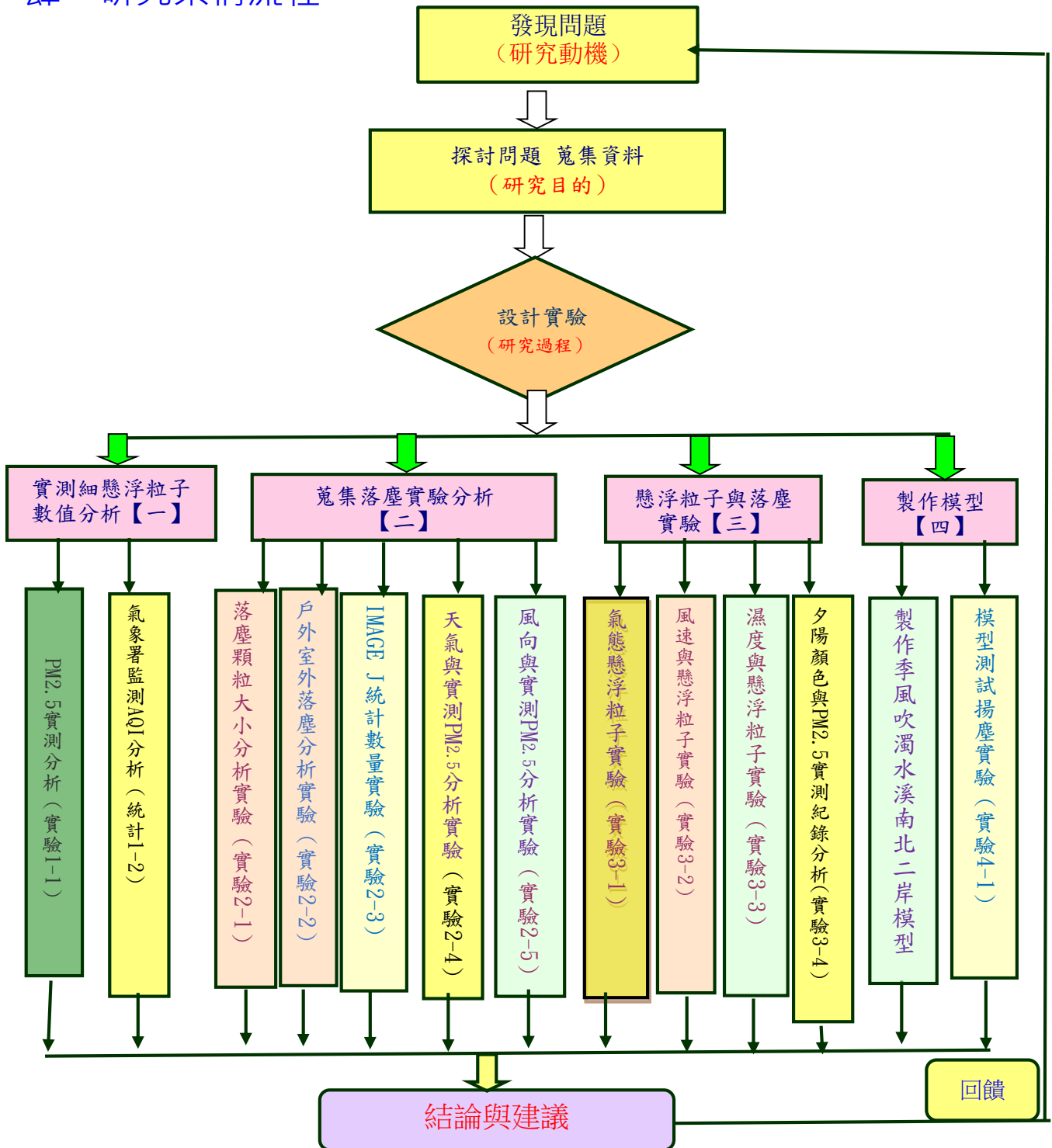
- 一、實際測量濁水溪南北二岸的 PM_{2.5} 數值做比較分析。
- 二、下載中央氣象署 AQI 監控數值做二岸落塵差異分析。
- 三、蒐集濁水溪南北二岸各七個點的落塵攝影分析顆粒大小及數量。
- 四、比較二岸室外與戶外蒐集落塵樣本的差異分析。
- 五、比較天氣晴朗無雲時 PM_{2.5} 數值與夕陽顏色的關係。
- 六、製作模型模擬測試風向造成濁水溪揚塵作用分析。

七、比較南北岸蒐集到落塵樣本的粒徑、數量、及實測 PM_{2.5}、監測 AQI 指數間的相關性。

參、實驗器材

空氣檢測儀、顯微攝影機、護貝機、護貝套、電腦及網路、薩隆帕斯貼布、白色厚紙板、透明膠帶、透明塑膠收納箱、木板、壓克力板、白膠、小馬達風扇組、美工刀、小蠟燭、蚊香、線香箱、香精、螺絲、螺絲起子、鋸子、鐵鎚、虎頭夾、指北針、泡棉膠帶、腳架、手機、個人電腦、ASUS 平板、EXCELL 軟體、IMAGE J 軟體、電子溼度計、風速計、電子空氣檢測儀、分級電風扇…等。

肆、研究架構流程



伍、實驗過程

一、實測 PM_{2.5} 數值分析

1-1 PM_{2.5} 實測分析

方法 1. 從濁水溪下游南岸的西螺和北岸的溪州各挑七個點做以下實驗的測試。

表 1: 分區採樣位置概況表(指導老師一整理)

區 域	編號	實測地點	地點描述	照 片	
濁水溪北岸： 彰化縣溪州鄉	室 外	北1	本校 校長室	走廊：通風不會淋雨有樹蔭建築物遮蔽	
		北2	老師家	走廊:騎樓下窗台 臨路邊有樹蔭通風 周圍樹林稻田	
		北3	學姊家	三樓陽台：通風有日曬不會臨雨，鄰近鄉下住家馬路	
	戶 外	北7	溪州國中	總務處前窗台：南北向建築物一樓中央川堂旁總務處窗台，走廊外為樹蔭	
		北4	水尾國小	溜滑梯工具室窗台：近濁水溪臨焚化爐風大，戶外無遮蔽	
		北5	電塔下	濁水溪河堤鐵塔下：通風日曬雨淋，稍微遮蔽	
		北6	溪州大橋旁河堤上	階梯：樹蔭下落葉，北風下來吹起稻田揚塵、風大	

濁水溪南岸： 雲林縣西螺鎮	室 外	南1	主任家	二樓陽台窗台走廊：臨馬路通風有遮蔽不淋雨	
		南2	舅舅家	三樓陽台窗台：臨馬路通風有遮蔽不淋雨	
		南3	文昌國小	二樓窗台：臨北面操場通風無遮蔽不淋雨	
		南6	二崙鄉外公家	農具間：木造有遮蔽、通風，不會日曬雨淋	
	戶 外	南4	溪州大橋下河堤上	河堤上：北面濁水溪河川地農田揚塵多，通風露天日曬雨淋	
		南5	步道旁	公園電箱上：揚塵多、露天通風日曬雨淋	
		南7	河堤涼亭	河堤涼亭旁：河堤空曠處為濁水溪河床耕地旁，河堤多雜草	

研究採樣地理範圍如圖 1、圖 2 說明：



圖 1：研究採樣範圍地理位置圖(指導老師一繪製，註：截圖自 Googlemap)

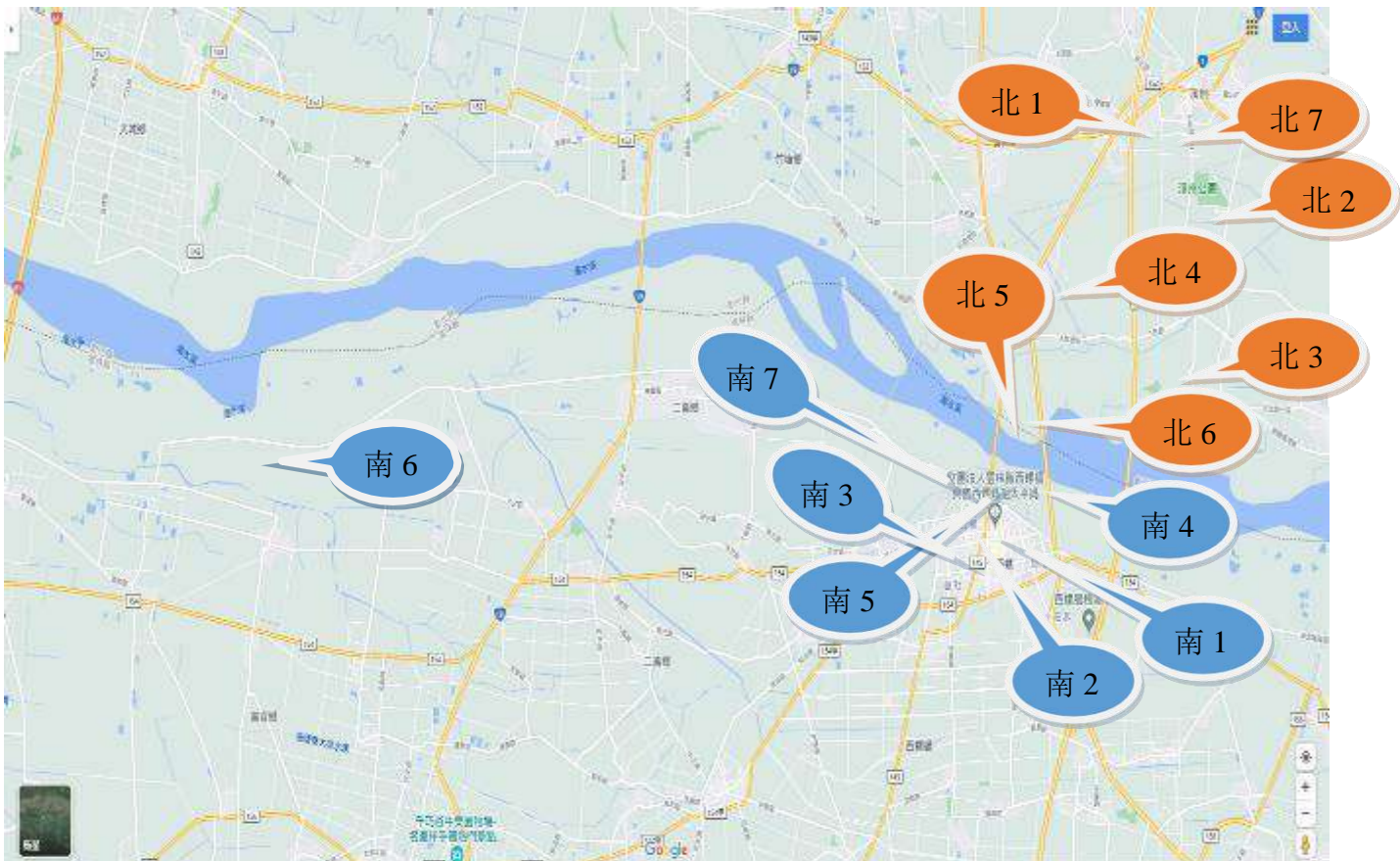


圖 2：研究採樣 14 測點位置圖(第二指導老師繪製，註：截圖自 Googlemap)

2.將每個點在 109 年 11 月~112 年 4 月，每個月各抽一週做測試，該週內

測量 PM_{2.5} 至少 2 次。

3.將測量數值紀錄做成折線圖以便分析。

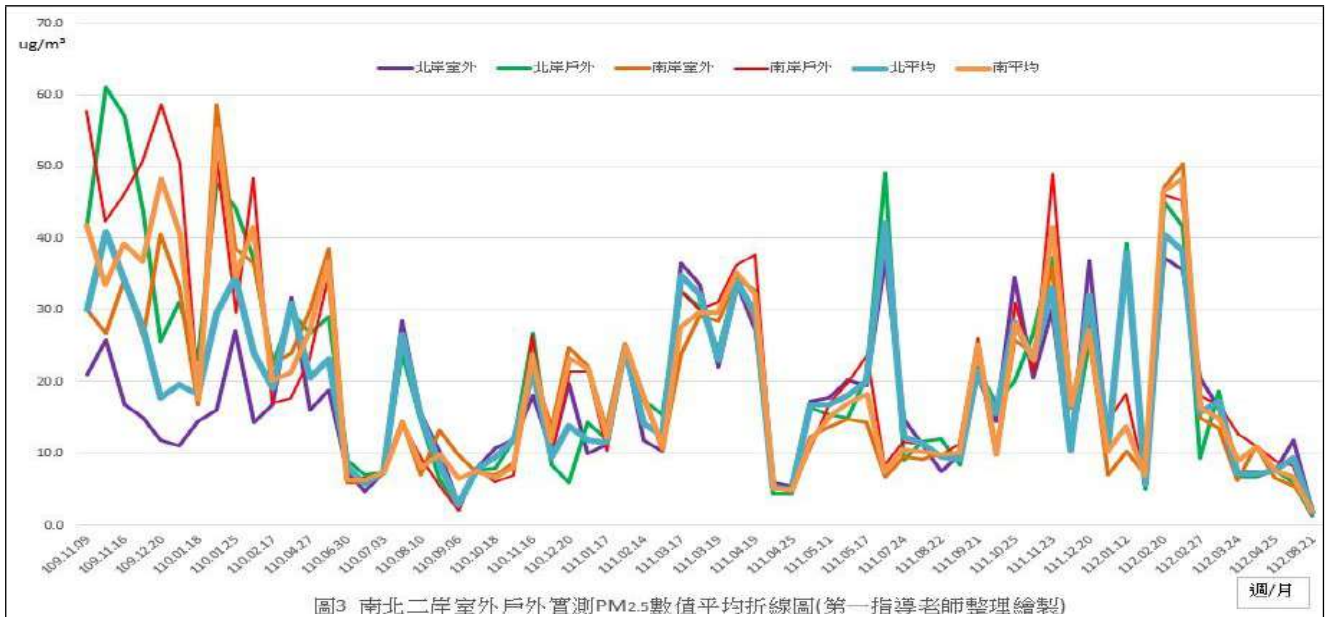


圖3 南北二岸室外戶外實測PM_{2.5}數值平均折線圖(第一指導老師整理繪製)



圖4 南北二岸PM_{2.5}實測平均值折線圖(第一指導老師整理繪製)

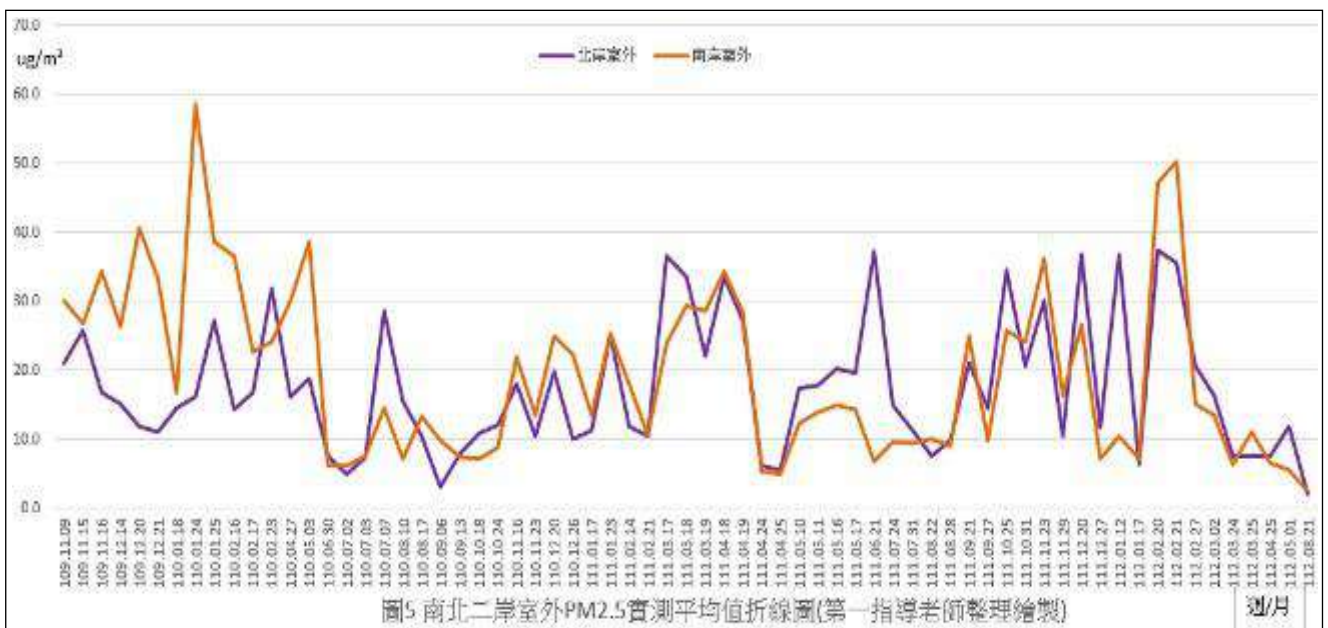
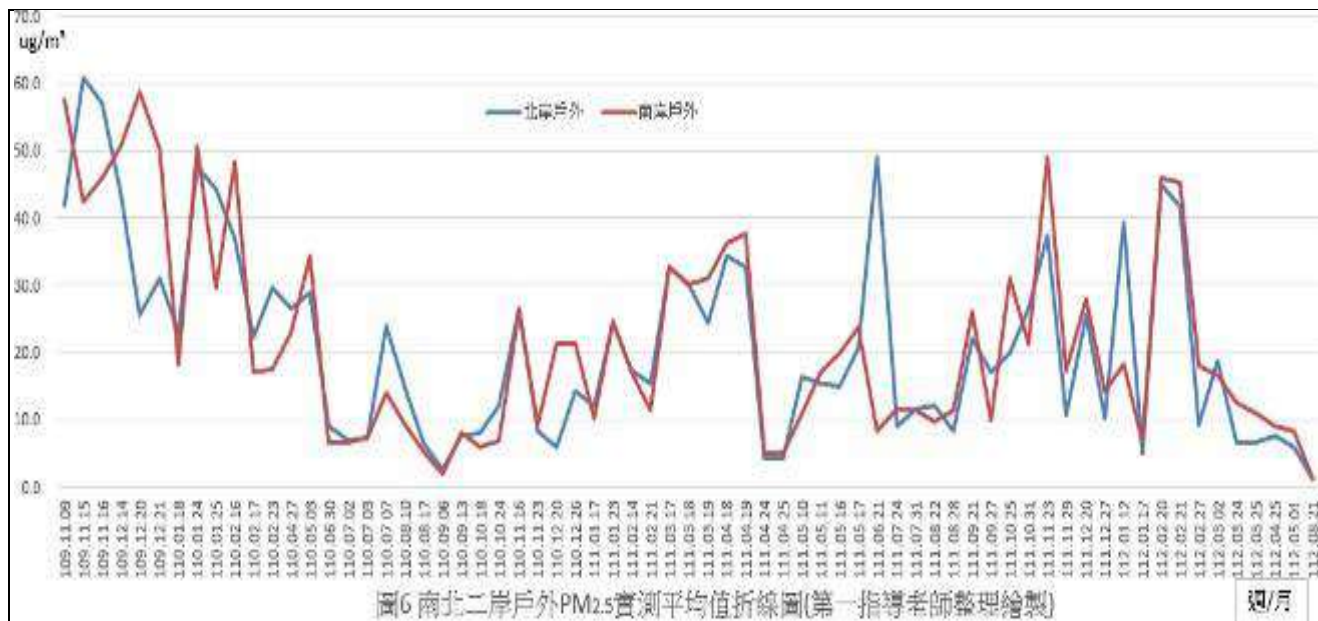


圖5 南北二岸室外PM_{2.5}實測平均值折線圖(第一指導老師整理繪製)



實測結果：發現

1. 由圖 3 可知 109 年的 9 月起冬季各區 PM_{2.5} 數值差異較大，但之後各區平均值都很接近，且 109、110、111 年 11 月到隔年 3 月冬季數值明顯比春、夏季高。詳細數值再於下分別說明：
2. 由圖 4 南北岸平均值可見長時間內曲線相當接近，推斷 PM_{2.5} 是大環境影響較大，觀察南岸數值較高的月份有 109 年 11 月~110 年 2 月、110 年 12 月~111 年 2 月、111 年 11 月、112 年 2 月和 3 月，以上都是冬季吹北風或大陸乾燥沙塵南下造成濁水溪南岸冬季 PM_{2.5} 較高。至於夏季月份南北二岸數值接近，只有 110 年 3 月、8 月，111 年 3 月、7 月、12 月及 112 年 1 月北岸平均數值較高，可能有特別因素需要分析，否則，北岸的 PM_{2.5} 數值都是較低的。
3. 再詳細分析室外和戶外的測點 PM_{2.5} 數值是否有差異：由圖 5 可知室外南岸平均冬季的 PM_{2.5} 數值較高於北岸，夏季有 7 個月份較高，其餘二岸都是非常接近的。
4. 由圖 6 可知：二岸的曲線都相當接近，顯示戶外 PM_{2.5} 數值受大環境影響較大。【詳如附件 1】





圖 7：同學實地測量 PM_{2.5} 及實地蒐集落塵樣本照(指導老師一拍攝整理)

討論：本統計需注意下列幾點：

1. 北岸溪州設置焚化爐，在西螺地區是否因北風吹下造成懸浮粒子及 PM_{2.5} 數值偏高。
2. 因屬小範圍測試，數值參考價值有限，是否需要再**擴及濁水溪南北二岸沿線更多點**來比較更準確。
3. PM_{2.5} 數值瞬息萬變，每月抽一週，一週內只挑二個時間去測量，雖是現場準確測值，但**長時間觀測而言，不易測量出長時間平均值**，易受區域個別因素及即時影響較大，推斷受限。

2-1 下載氣象署監測空氣品質 AQI 指數數值分析

方法：1. 下載最近彰化縣南部(濁水溪之北)三站及雲林縣四站(濁水溪之南)之中央氣象署彰化雲林各測站監測 AQI 數值平均值作概況分析。

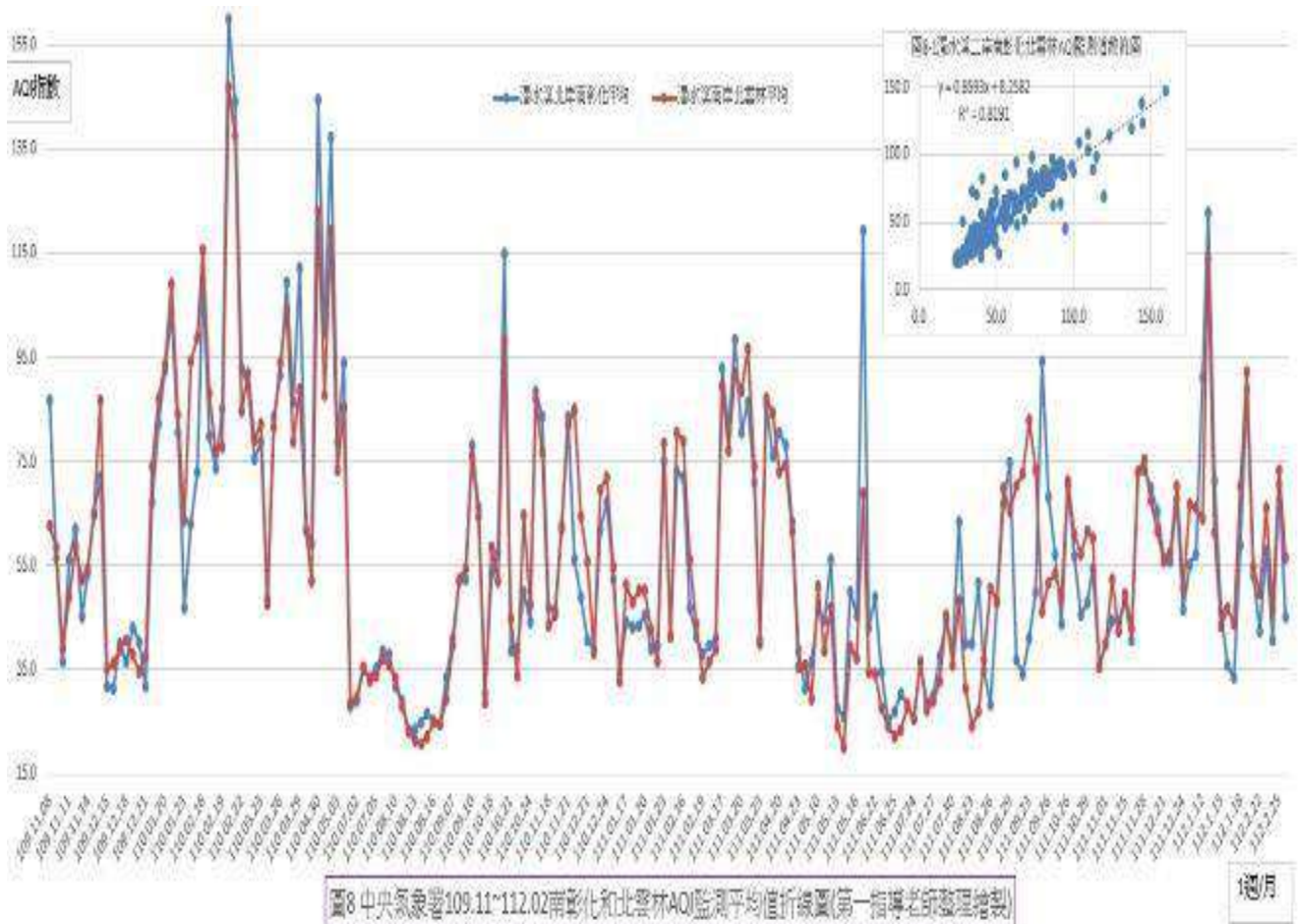
2. 依據本研究期間 109 年 11 月至 112 年 2 月蒐集落塵之當週監測 AQI 指數下載並計算平均值再分析。【詳如附件 2】

結果：發現在空氣品質 AQI 紀錄中

1. 由圖 8 中央氣象署下載數據轉換成折線圖可知：**濁水溪南北二岸的平均值都非常接近，其中有幾次北岸南彰化的部分還特別高，可能是突發事故(工廠火災、耕耘機翻土或燒稻草等)影響。**
2. **冬季的四個月中，11 和 12 月的數值都較 1-2 月份低，濁水溪南岸的北雲林數值略高於北岸南彰化，可能冬季受濁水溪枯水期乾燥影響。**
3. 整體而言：**二岸冬季 AQI 監測數值較春夏季高，二岸的空氣品質監測數值是受大環境和季節性影響，二岸的平均走勢差異不大。**

討論：1 本統計以實際中央氣象署監測 AQI 指數平均值來評估空氣品質較為客觀準確，但測站距離本組所研究的區域彰化縣溪州鄉與雲林縣西螺鎮都有一段距離，故採各測站平均值來分析。

2. 大環境空氣品質不佳，會不會影響本區研究範圍的測值呢?可能**監測的結果非濁水溪揚塵所造成的結果，只是冬季北風會將懸浮物往南吹，所以南岸西螺的 PM_{2.5} 測值都略高於北岸。**



3. 本研究發現中央氣象署網站改版彰化雲林各測站監測AQI 數值保留到112年2月，以至於後面2個月沒數據，不過對本研究沒有影響。
4. AQI 數值含蓋 PM_{2.5}、PM₁₀、O₃、CO、SO₂、NO 等細懸浮粒子，應該只下載 PM_{2.5} 數值來做分析，較能正確比對及符合本研究之主要標的。(限於時間本組將於複審時補帶 PM_{2.5}分析圖表入現場提供評審參考)

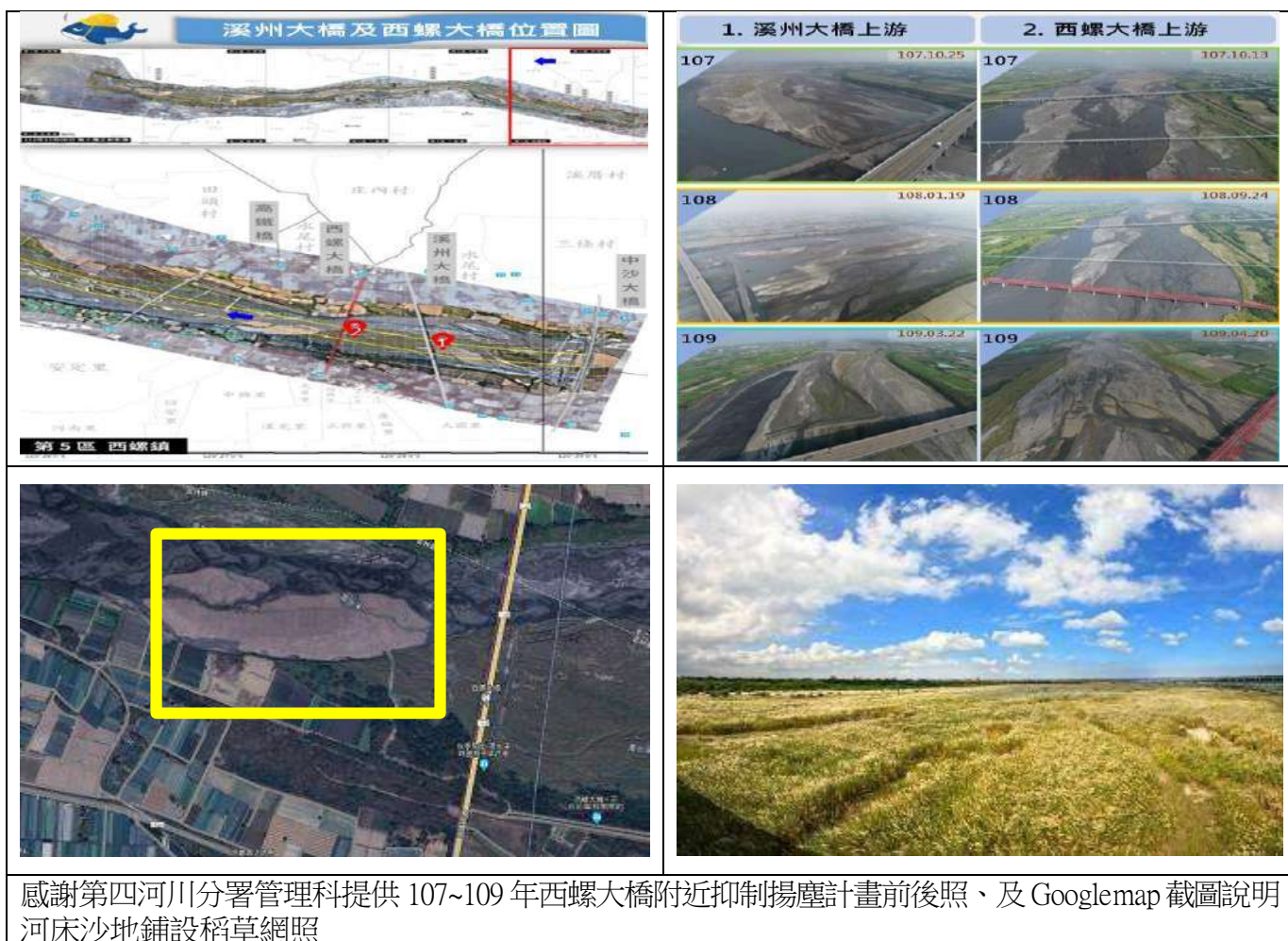
綜上小結由圖 3-6 實際測量 PM_{2.5}和圖 8 氣象署監測 AQI 數值結果發現:

1. 大環境南岸較北岸空氣品質略差:PM_{2.5} 實測南岸高於北岸，且中央氣象署監測統計也是南岸高於北岸，這是北風向南吹拂的影響，與本研究假設相符。
2. 圖3-8的平均值曲線非常接近，冬季的PM_{2.5}實測和中央氣象署監測統計值均高。顯示本研究測量值與中央氣象署監測平均結果相符。
3. 圖6 二岸戶外的PM_{2.5}實測平均數值相接近，且測點都非常接近濁水溪，是最符合本研究假設的測點，與本研究冬季季風南下，應該南岸要明顯高於北岸的假設相異，可能與近幾年第四河川分署整治沿岸，透過沿河床種樹及南岸鋪稻草網減緩揚塵作月的工法奏效。(109年9~12月尚無鋪稻草網工程，詳如圖10第四河川分署管理科提供107年~109年河床照片)



蒐集中央氣象署空氣品質監測網監測彰化縣及雲林縣 AQI 數值，製作成折線圖分析。

圖9：下載氣象屬空氣品質監測 AQI 數值照(第五作者攝整理)



感謝第四河川分署管理科提供 107~109 年西螺大橋附近抑制揚塵計畫前後照、及 Googlemap 截圖說明河床沙地鋪設稻草網照

圖 10：拜訪第四河川分署取得 107~109 年西螺大橋撒芒草子前及草網照(第一作者拍攝整理)

二、蒐集落塵實驗分析

2-1 落塵顆粒大小分析實驗

- 方法**：1.用薩隆巴斯一片的大小約 6.5*12cm=78cm²的面積(扣除膠帶黏貼每邊約 0.5cm)，貼在厚紙板上蒐集落塵。
- 2.濁水溪南岸西螺地區與北岸溪州地區，各選擇河濱、住家、學校、街道等地各七個地點做方便採樣。

3. 從蒐集到的落塵樣本護貝，選擇每組樣本大、中、小各二個顆粒進行顯微攝影，並統計比較各點各月份其顆粒大小平均值的差異。【詳如附件3】
4. 採樣後的樣本進行護貝、選大中小共6顆粒、顯微攝影、編排成冊、用 EXCELL 軟體輸入及製作圖表以分析。



蒐集南北二岸各 7 處共 14 處的落塵樣本，每月固定下旬 1 週擺放蒐集落塵。

圖10-1：研究採樣 14 測點戶外與室外概況照(第一指導老師拍攝整理)

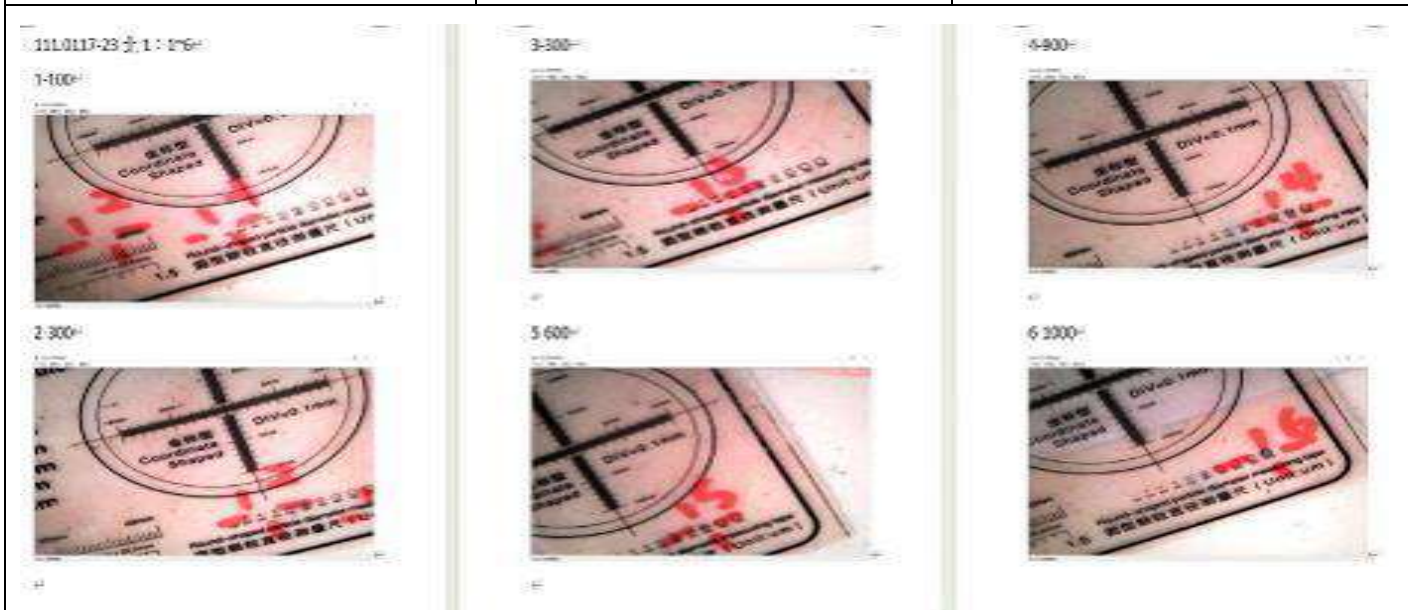
結果：由於顆粒中型的差異不大，且與抽樣的 6 顆平均值接近，避免選擇誤差及加大落塵差異，故捨棄之。並以小顆粒和大顆粒平均值分別說明如下：

1. 由圖 12 可知：小顆粒落塵多在 400um 以下，只有南岸戶外有五個月分落塵接近 600um，在小顆粒中屬較大的；戶外的小顆粒都略高於室外，室外的都非常接近。北岸戶外的小顆粒明顯低於南岸，只有二個月大於南岸，故南岸小顆粒較大於北岸，且冬季北風時，南岸戶外的小顆粒略大於北岸，推斷是南岸冬季北風空氣乾燥，懸浮粒子增加，不乏來自於濁水溪乾燥河床的揚塵。至於室外落塵二岸小顆粒差異不大，曲線非常接近。
2. 由圖 13 可知：大顆粒落塵多在 1000um 左右，且戶外的大顆粒明顯大於室外，

二岸室外的**大顆粒非常接近**，但戶外的顆粒大小差異很大。分析二岸戶外的顆粒互有高低，尤其**南岸戶外的大顆粒明顯高於北岸**。

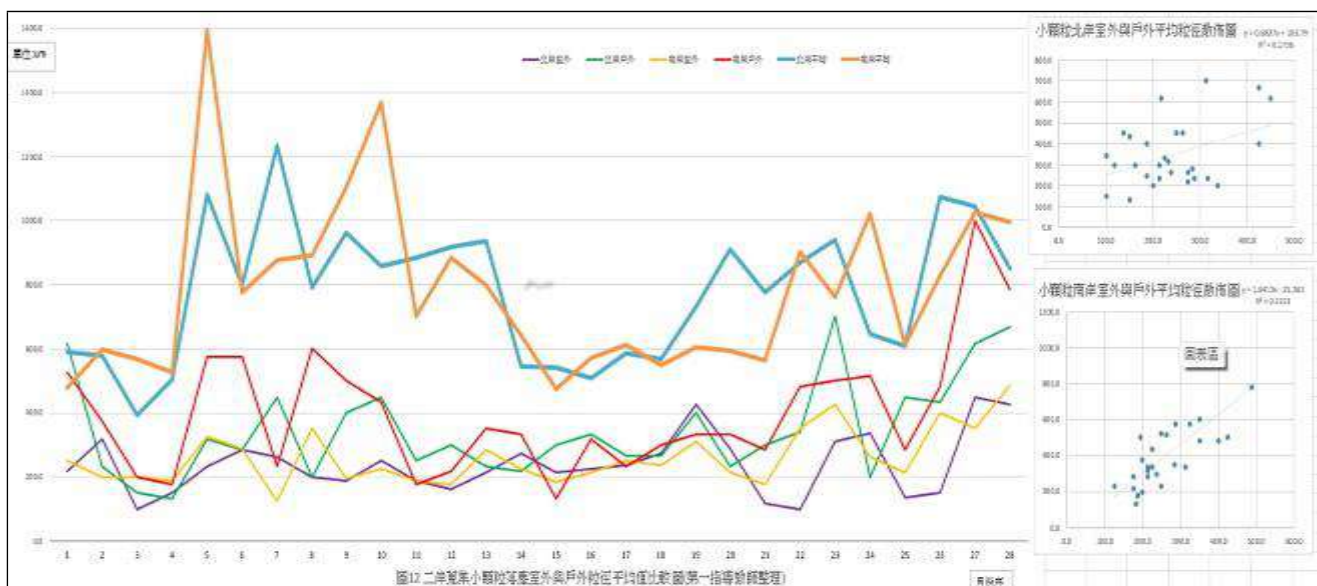
3. 綜上所陳：**南北岸小顆粒各地方平均都相差不大**，大顆粒南北二岸互有高低，**推斷為風向影響落塵**，冬季北風強勁，易吹落雜物。戶外的顆粒略大於室外。

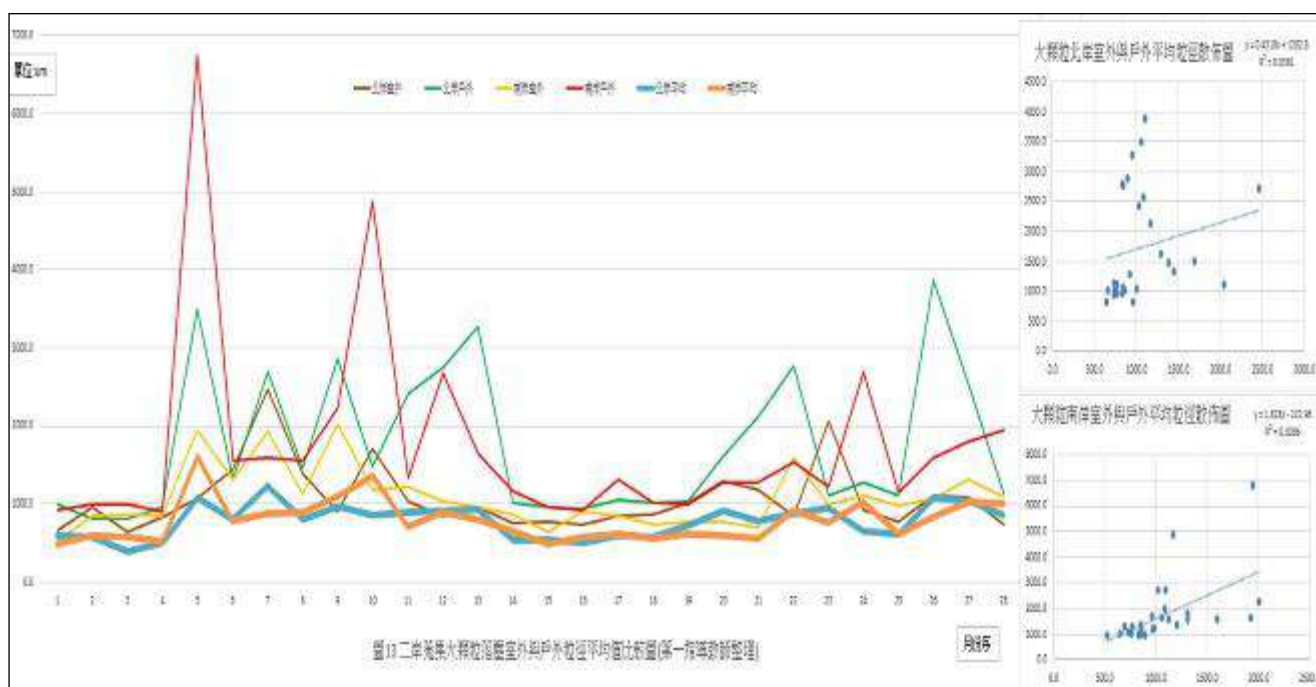
【詳如附件 3】



將蒐集到的樣本護貝保存，並選擇大中小各 2 個落塵進行**顯微攝影**分析

圖 11：整理樣本排序、護貝、顯微攝影照(第二作者拍攝整理)



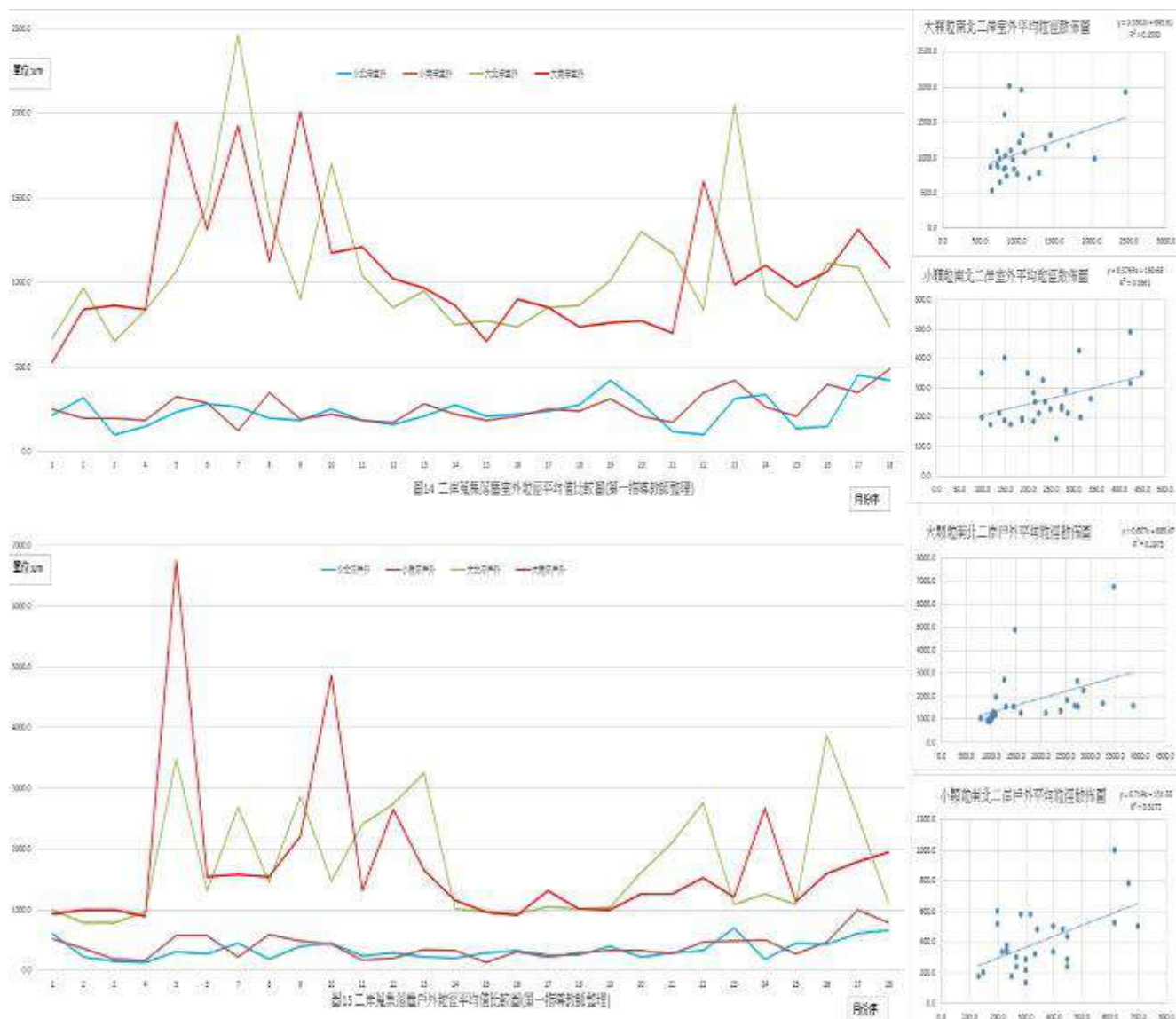


- 討論**：1. 本次顆粒大小的選擇可能有操作誤差，選擇顆粒跟測量拍照時應該由固定同學確定後再標記測量，以減少誤差。
2. 因測量工具倍數有限，無法測到極精細，故增加 IMAGE J 攝影評估數量。
3. 落塵的定義是否包含生物體和植物屑，值得再定義，本研究選擇都包含在內。
4. 由於室外和戶外得採樣點，可能因建築物阻擋而產生採樣差異，還有風向會被建物阻擋，故僅分析南北二岸 7 點平均值可能有落差，故應將數值再分為「戶外」和「室外」二組。

2-2 戶外室外落塵分析實驗

方法：1. 將實驗 2-1 的數值再將南北二岸 7 個採樣點區分為「戶外」和「室外」二組：「戶外」是指不受建築物影響，可直接採集野外露天的落塵。「室外」是指採樣放在走廊、窗台等地，採樣會受建築物或人的行動影響者。分析如下：

- 結果**：1. 由圖 14 可知：二岸室外小顆粒數值曲線接近無明顯差異，季節性無明顯高低起伏。室外大顆粒曲線起伏明顯，冬季月份略高於春夏季；室外二岸大顆粒互有高低。
2. 由圖 15 可知：二岸戶外大顆粒曲線起伏明顯，冬季月份略高於春夏季；戶外二岸大顆粒互有高低。冬季南岸大顆粒稍大。
3. 綜上所陳：小顆粒各地無差異。大顆粒室外及戶外均有季節性差異，互有高低，冬季大顆粒明顯高於夏季，室外戶外都一樣。【詳如附件 3】



2-3 以 IMAGE J 掃描戶外落塵數量分析實驗

方法：1.實驗 2-2 得知戶外較不受建築物及人為活動影響，為直接採集野外露天的落塵樣本，以 IMAGEJ 線上公用瀏覽器瀏覽辨識落塵數量。

2. 先以撒隆巴斯以事先繪製「0 顆、50 顆、100 顆、及隨機抽樣 111 年 3 月南 6 樣本」等四組測試其準確性和誤差率。
3. 如表 2：由五位同學分批次同步作業，以學校生生有平板同步拍攝、轉換、存檔。

結果：1.如表 2 所示：數量越多時的誤差率越高(約 1.44~2.45% 間)，但算是目前最方便準確計算落塵數量的工具，故請同學以戶外樣本拍攝計算分析之。

表 2：同學以平板拍攝落塵樣本數量測試準確率統計表(第一作者整理統計)

IMAGE J 測試	同學A	同學B	同學C	同學D	同學E	平均	標準差	平均+標準差	平均-標準差	RSD(%)
50 點	50	52	51	50	50	50.6	0.730	51.330	49.870	1.4433
100 點	103	107	103	105	108	105.2	1.862	107.062	103.338	1.7699
111 年 3 月南 6 樣本	1208	1147	1193	1127	1143	1163.6	28.505	1192.105	1135.095	2.4497

- 由圖 16 可知：戶外落塵北岸只有 110 年 9-10 月、111 年 1~3 月、5 月、111 年 12 月到 112 年 2 月、4 月等共 10 個月略高於南岸，其餘 18 個月都是南岸高於北岸。
【詳如附件 4】
- 冬天只有 109 年 11 月到 110 年 3 月、110 年 11~12 月南岸數量高於北岸，夏天 111 年 6~11 月反而也是南岸高於北岸。顯示落塵數量季節性差異不大，應該是受大環境影響，與風向無明顯相關。推測是南岸的第四河川分署抑制揚塵工程讓南岸的冬天不像 109 年冬天那麼高，反觀北岸戶外受乾燥稻田北風吹下影響冬天反而落塵多；而夏天吹南風北岸蒐集點仍低於南岸，與附近農田耕作放水有關，南岸臨路邊較乾燥所以數量較高。
- 以 IMAGEJ 統計之數量，皮爾森相關係數低，表示二岸的落塵量無相關，個別差異大，個別的起伏無明顯相關，表示落塵受蒐集點個別周遭環境(如植物、稻田、路邊、樹木等)影響較大，受大環境(如風向、河川)等影響因素較小。

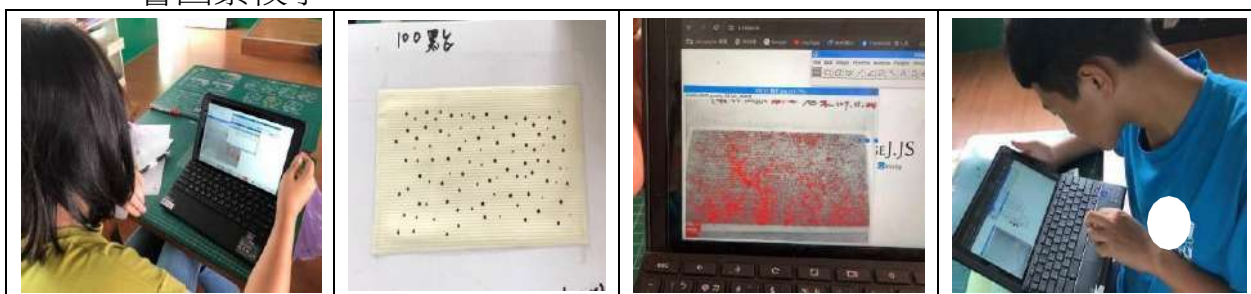
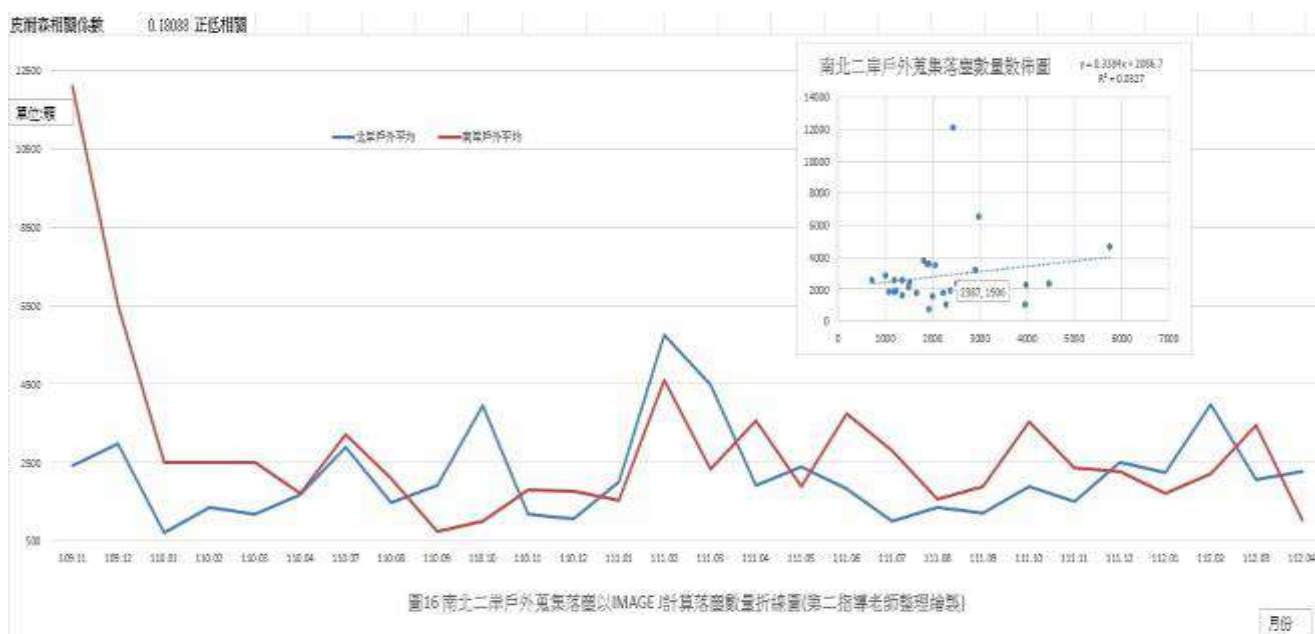


圖16-1 全組作者操作 IMAGE J 統計戶外測點落塵數量(第三作者拍攝整理)



- 討論**：1. 計算 6.5*12 公分內薩隆巴斯蒐集的落塵數量，IMAGEJ 瀏覽器以平板拍攝，雖有誤差值，但仍是可用之簡易、可量化統計落塵數量的工具，同學可同時拍攝、轉檔統計之。
- 由於時間不足，若於比賽前可把室外樣本一併統計，更有助於研究及分析。

- 雖有個別操作誤差，如斜角、距離、光線等，但誤差值在 1.44~2.45%間，若能校正後再分析更準確。

2-4 天氣與實測 PM_{2.5} 分析實驗

方法：1.將實驗 1-1 的二岸各 7 個位置實地測得的 PM_{2.5} 數值，以實驗 2-2 再將南北二岸 7 個採樣點區分為「戶外」和「室內」二組，分析測量值當下的天氣與 PM_{2.5} 數值的關係如下：【詳如附件 5】

- 結果**：1.由圖 17-1 所示，實際 2 年半中測量的日數共 67 天，當日天氣以晴天(33天)佔 49%最多，其次是陰天(19 天)佔 28%，最少的是雨天(15 天)23%。
- 2.由圖 17-2 中發現，四個分組中都是陰天測得的 PM_{2.5} 數值最高，雨天的 PM_{2.5} 數值最低。由上可知：陰天時通常氣壓下降或空氣中的細懸浮粒子較高，故測得數值較高，雨天因下雨把空氣中的細懸浮粒子打下，空氣變清新乾淨了，PM_{2.5} 數值最低。
- 3.陰天時：戶外都比室內高，北岸戶外最高，且較南岸戶外高；晴天時，南岸戶外最高，是否風向也有影響，值得再討論。

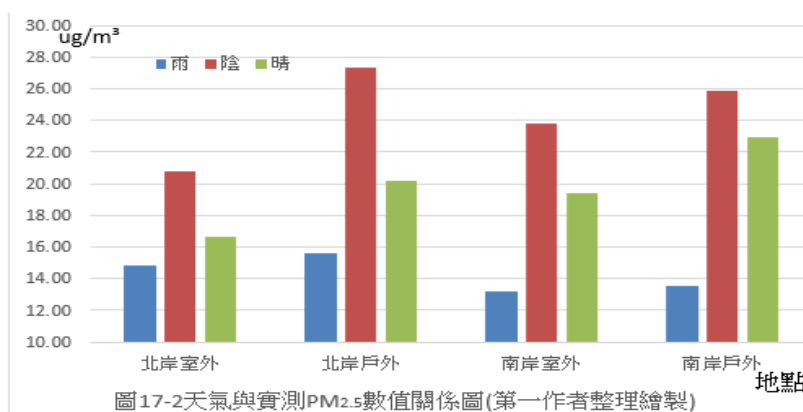
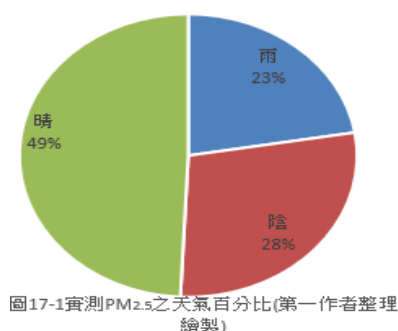


圖 17：天氣與實測 PM_{2.5} 關係圖 (第一作者整理繪製)

- 討論**：1.天氣樣本數 2 年半中只有 67 天，採每月一周的二次，隨機抽樣但樣本數代表性值得再參酌氣象局天氣 APP；但要增加 PM_{2.5} 的實測天數可能工程浩大有難度。
- 2.真正下大雨時則選擇放棄外出實測，故雨天天數較少，但雨後明顯 PM_{2.5} 數值降低，有達到研究假設目標。

2-5 風向與實測 PM_{2.5} 分析實驗

方法：1.同上實驗將南北二岸 7 個採樣點區依實際測得風向分為「偏北風」、「偏南風」、「西風」、「無風」四組，分析測量值當下的風向與 PM_{2.5} 數值的關係如下：

結果：1.由圖 18-1 發現實測的 67 天當中「偏北風」(41 天)佔 61%最高，「偏南風」

(24天)36%其次，但「西風」和「無風」各只有一天佔 1~2%，本研究暫供參考不採計。

- 由圖 18-2 發現「偏北風」(冬季)時，PM_{2.5} 數值都是最高的約在 20-25 間，且戶外高於室內，其中南岸的戶外又高於北岸的戶外，南岸的室外也高於北岸的室外，可見北風在冬季時真的會將落塵往南吹，但整個大環境 PM_{2.5} 都是高的，是受大環境影響較大，冬季北風影響其次。
- 夏季偏南風時，PM_{2.5} 數值較低，都在 10 左右，其中北岸的戶外高於南岸的戶外，北岸的室外也略高於南岸室外，故吹南風時北岸的空氣略差於南岸，可證明風向會影響空氣中的 PM_{2.5}。【詳如附件6】

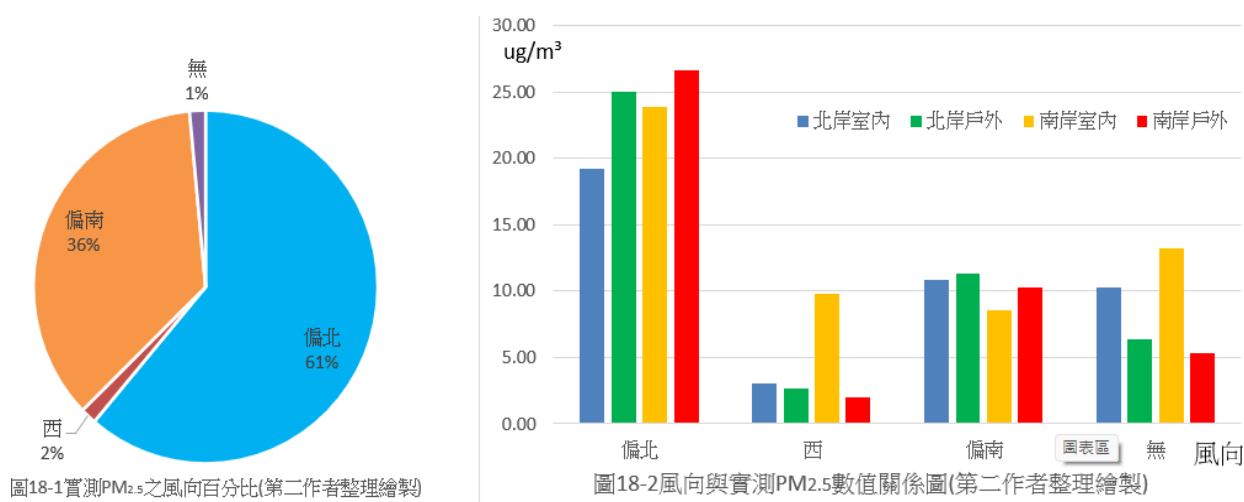


圖18：風向與實測PM_{2.5}關係圖 (第二作者整理繪製)

- 討論：**
- 天氣樣本數 2 年半中只有 67 天，捨棄大雨不計，可能夏季大雨時偏南風最多，可能有採樣誤差。
 - 但依據實驗 2-4 統計結果預估雨天時南風，PM_{2.5} 數值應該也是偏低，預估偏北風的數值還是較高的。
 - 天氣與風向若能交叉統計分析，應該更準確。

三、模擬細懸浮粒子測試 PM_{2.5} 數值實驗

3-1 氣態細懸浮粒子實驗

方法：

- 方便取樣幾種懸浮在空氣中的氣態懸浮粒子來模擬測試 PM_{2.5} 數值。
- 分別將香精自然揮發、及蚊香、線香、蠟燭等燃燒有煙霧狀的氣體，再剪開的透明塑膠套子內觀察測量出的三次 PM_{2.5} 數值，取平均值分析之。

結果：

- 如圖 19 所示：香精揮發肉眼看不見，雖可聞到香味，PM_{2.5} 數值都低於 3；蠟燭燃燒產熱煙往上升，卻看不見煙霧 PM_{2.5} 數值平均為 12，與一般空氣無異。

2.蚊香及線香點燃後產生明顯白煙，其煙霧都讓 PM_{2.5} 數值迅速竄升

到 3637 及 3373，相當之高。可見燃燒產生之煙霧會產生較多之 PM_{2.5}，方便之後模型實驗代用氣體。後來採用蚊香較方便操作。

【詳如附件 7 說明】

- 討論：1. 方便取樣為隨手之便，可能尚有更適合之物質。
2. 香精為視覺無法觀察之物質，但卻有其分子，但無法測出 PM_{2.5} 數值。蠟燭一樣為燃燒後可見白或黑煙的物質，但因塑膠透明套受高溫即融化，故速將蠟燭取出，導致觀察時間太短，可能產生誤差，建議可改成透明玻璃水族箱來測試，大一些更方便操作，不怕熱又更方便觀察。

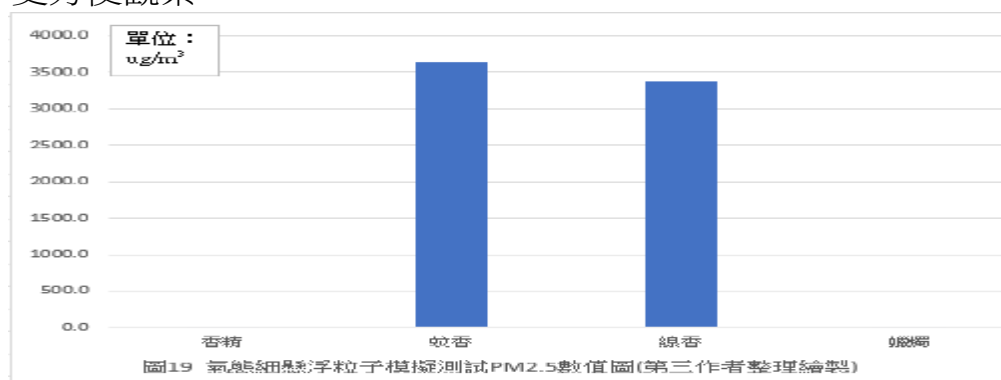


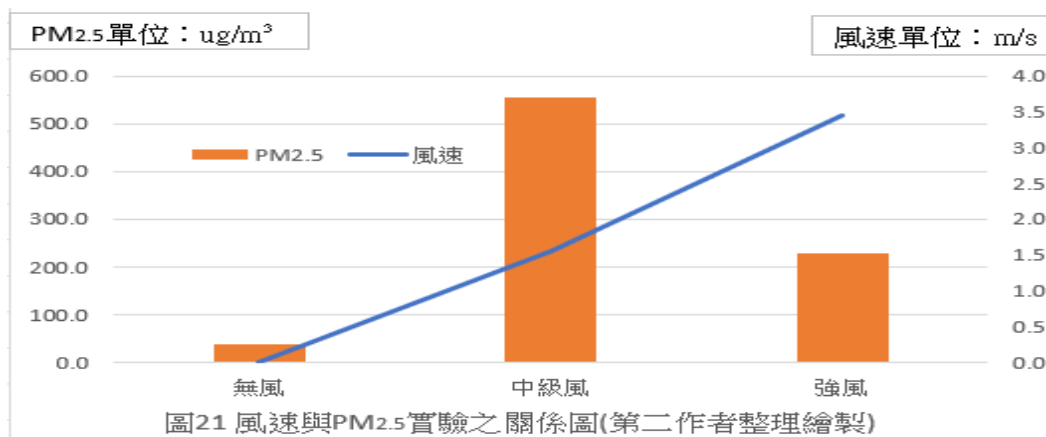
圖 20：同學操作氣態細懸浮粒子實驗照(第四作者整理)

3-2 風速與 PM_{2.5} 細懸浮粒子實驗

方法：1. 以高腳電風扇分不同風段以風速計各測三次取平均風速，並在電風扇後方點蚊香，讓風扇把蚊香吸入。

2. 在電風扇前 10 公分處測量 PM_{2.5} 數值，各取三次平均分析。

結果：1.如圖 21 所示：無風時風速為 0 時 PM_{2.5} 是常態 37.7 ug/m³；中級風時**平均風速 1.6m/s，平均 PM_{2.5} 為 553.7ug/m³最高**；平均風速最強為 3.5m/s，平均 PM_{2.5} 為 228ug/m³減緩。
2.一定的**風速會造成 PM_{2.5} 擴散與增加**，但風速繼續增加時，若無 PM_{2.5} 繼續補上，PM_{2.5} 會降低。【詳如附件 8 說明】



討論：1.室內以蚊香營造 PM_{2.5} 時無法像大環境整個區域的 PM_{2.5} 接近一致，會一直補上細懸浮粒子，但本研究**風速強時，蚊香的煙會減少**，可能造成實驗誤差，與大環境不同。
2.室外的 PM_{2.5} 受大環境因子影響大，不只風速一項影響因素，但由上可知風速在某個程度會增加揚塵效用，進而影響空氣中的 PM_{2.5}。

3-3 濕度與 PM_{2.5} 細懸浮粒子實驗

方法：1.取一透明容器能容納溼度計與空氣檢測儀，上方切一洞，方便噴水用。

2. 以此容器蒐集 20 秒的蚊香煙霧，將溼度計與空氣檢測儀放入，開始從上方持續噴水霧，並報讀濕度每上升或下降 1%時之 PM_{2.5} 數值。

3. 重複做三次，紀錄濕度上升或下降的時間軸分析 PM_{2.5} 數值變化。

結果：1.如圖 22 所示：濕度%上升時，PM_{2.5} 數值會先升高再急下降。然後再微幅上漲後再迅速降低，曲線形狀大致相同。

2. 長時間觀察測試結果發現：**濕度越高 PM_{2.5} 數值越低**，隨著濕度提升到 84-87%後會迅速降低至 1500 以下，二者呈反比關係。相關係數為負相關(-0.42~-0.614 間)。【詳如附件9 說明】

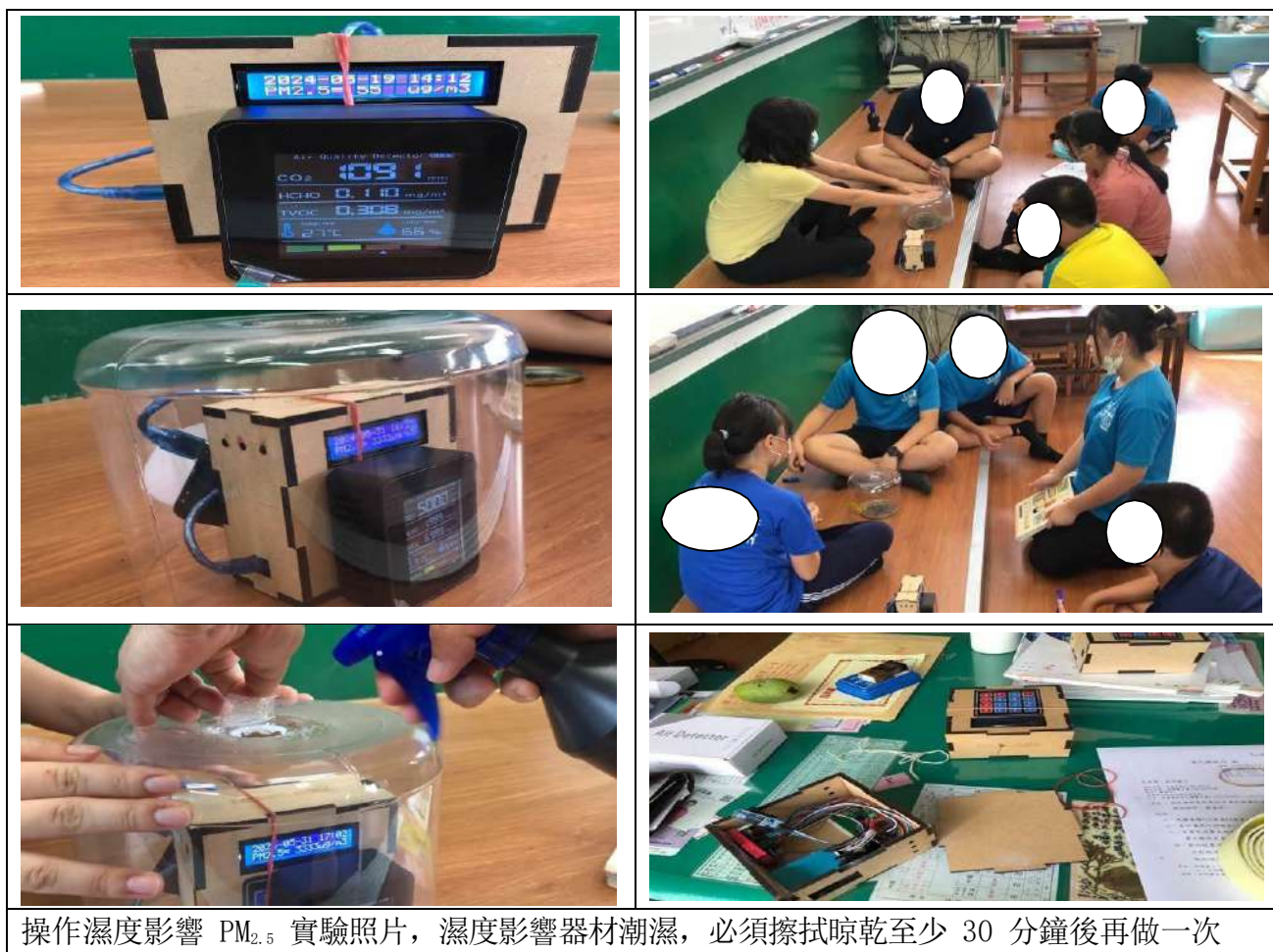
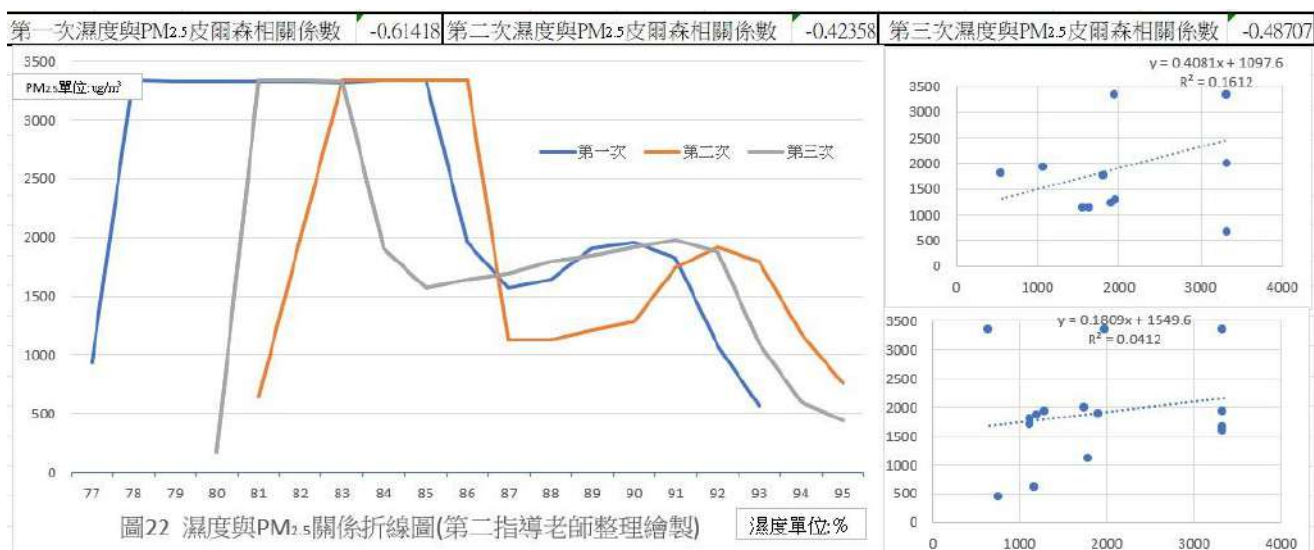
3. 重複做三次的 PM_{2.5} 數值曲線差不多，相關係數高。

4. 推測**雨天會降低揚塵，與實驗 2-4 統計天氣情形結果相符**。

討論：1.溼度計及空氣檢測儀因噴太多水，必須除濕避免儀器損壞及影響後續實驗。

2. 每次實驗中必須間隔半小時，讓**空間中的溼度和 PM_{2.5} 恢復常態**。

3. 起始濕度依天氣及狀況而每次不同，每次噴水霧的狀態也不同，故三次狀態不一，噴水的狀態也不一，但曲線形狀一致。



3-4 夕陽顏色與 PM_{2.5} 實測紀錄分析

方法：1.於天氣晴朗的落日前 10 分鐘觀察南北二岸固定點夕陽並測量當時 PM_{2.5} 數值。

2. 定時定點定向定機攝影，不拉距離、不作任何特效，以文字記錄南北岸夕陽顏色與 PM_{2.5} 數值。



圖 24：同學操作氣態細懸浮粒子實驗照(第一指導教師整理繪製)

- 結果：** 1. 如下表 3 所記錄 2 月下旬同一周內，PM_{2.5} 數值剛好有差異，可以稍作比較。以肉眼來觀察發現：在無雲的狀態下，PM_{2.5} 數值較低的時候，夕陽較清澈明亮，如 2 月 20 日南北二岸的夕陽。數值較高的時候，夕陽較渲染朦朧，如 2 月 17 日和 21 日的北岸(燒稻草剛好在攝影區與夕陽之間)，顯示視覺受 PM_{2.5} 數值影響，懸浮粒子會讓夕陽產生渲染效果。但夕陽都有不同的美。
2. 只有 2 月 20 日這天剛好下過雨，PM_{2.5} 數值二岸都降低，且溫度較高吹西南風，夕陽顏色最清明透亮，可以與其他天做對比，證明風向和下過雨可以影響二岸的 PM_{2.5} 數值，從夕陽顏色可以比對當時的 PM_{2.5} 數值。
3. 冬天吹北風，濁水溪南岸的 PM_{2.5} 數值都略高於北岸。

- 討論：** 1. 在天空無雲的狀態下，才能觀察比較。
2. 夕陽的顏色跟每日落日時間有別，若太早拍照，夕陽仍明亮，太晚拍則太昏暗，時間不易拿捏。
3. 因拍照機器設備只用同一組手機，從南岸西螺大橋拍完再回來北岸拍，時間差約 10 分鐘，以至於夕陽時間點不一致，顏色即有誤差，但仍是相同的時間拍同一個地方。
4. 將來也許可以用更高端的攝影器材，建立從夕陽顏色可以比對當時的 PM_{2.5} 數值的色板。

表3：南北二岸定點夕陽色彩與 PM_{2.5} 數值對照表(第一指導老師拍攝整理)

北岸鐵塔下	南岸涼亭旁
	
<p>113.02.15 四下午 5:37 PM_{2.5} : 3 風向：北風</p>	<p>113.02.15 四下午 5:25 PM_{2.5} : 2 風向：北風</p>
	
<p>113.02.16 五下午 5:34 PM_{2.5} : 5 風向：北風</p>	<p>113.02.16 五下午 5:21 PM_{2.5} : 6-7 風向：北風</p>
	
<p>113.02.17 六下午 5:27 PM_{2.5} : 13 風向：北風</p>	<p>113.02.17 六下午 5:17 PM_{2.5} : 11-12 風向：北風</p>

北岸鐵塔下	南岸涼亭旁
	
<p>113.02.18 日下午 5:47 PM_{2.5} : 15 風向：北風</p>	<p>113.02.18 日下午 5:37 PM_{2.5} : 15 風向：北風</p>
	
<p>113.02.20 二下午 5:43 PM_{2.5} : 0-2 風向：西南風</p>	<p>113.02.20 二下午 5:32 PM_{2.5} : 0-1 風向：西南風</p>
	
<p>113.02.21 三下午 5:37 PM_{2.5} : 18 風向：北風 燒稻草</p>	<p>113.02.21 三下午 5:25 PM_{2.5} : 1-2 風向：北風</p>
	
<p>113.02.22 四下午 5:40 PM_{2.5} : 4-5 風向：北風</p>	<p>113.02.22 四下午 5:27 PM_{2.5} : 9-10 風向：北風</p>

5. 因為拍攝點與夕陽間空氣及太空的變化莫測，例如燒稻草、空汙、耕田、割草…等，都會影響視線及拍照結果，比較不客觀，此實驗變因太多無法掌控，只能在無任何狀況下才能準確。

四、製作北風吹濁水溪模型

4-1 製作季風吹濁水溪南北二岸模型

- 方法：**
1. 取一個透明收納箱，將一端挖出二個小電風扇風口，另一端用火燒剪刀切開當作通風口。將小型馬達電風扇組裝置，當作北風。
 2. 取二片木條於收納箱下方，抹上白膠並以螺絲固定當作濁水溪河岸，在河岸中加入粉狀物當作河床乾燥的泥沙，以測試冬季北風吹拂河岸造成揚塵的效應。
 3. 貼上模型名稱、方向、濁水溪、鄉鎮名稱、開關、測試點等標籤，以便理解和實驗操作，詳如下方照片所示。



學長姐製作北風吹拂濁水溪模型，並加以測試。

圖 25：學長姐製作模型照(第一指導教師整理繪製)

結果： 1. 河床中撒滿**低筋麵粉**，開啟北風的風扇開關，在收納箱裡雲林縣的位置**測試 PM_{2.5} 數值**，與在室內空氣中的測試結果沒有差異。

2. 將收納箱蓋蓋上，在收納箱裡測試，跟在收納箱外測試點測試，仍然沒有差異。

- 討論改善：**
1. 是否是低筋麵粉的特性，其性質不容易因強風而造成揚塵效應，故思考以其他粉狀物質進行測試。故後來增加容易買到的石膏粉、滑石粉、石灰、小蘇打粉、高筋麵粉等，來跟低筋麵粉做比較。
 2. 思考如何增加並集中風量，因**室外北風吹拂是大面積全面性的**，有**各種不同方向跟障礙物等效應**，故也加入壓克力斜板，將風集中到河床中，以測試各種不同粉狀物質的揚塵效果。
 3. 冬夏季的南北風向不同，應**增加南風電風扇組**，以便將來**作冬夏季不同風向的模擬與比較**。
 4. 由實驗3-1得知**蚊香是最能測出PM_{2.5} 數值的氣態**，故改用之更明顯。

4-2 模型測試揚塵實驗

- 方法**：1.在模型中河岸裡倒入不同的粉狀物質及蚊香，開啟風扇開關後各別測試其 PM_{2.5} 數值做比較。
- 2.固定人開啟風扇、測量和紀錄三次數值，以三次平均值比較分析。



操作測試模型中以四種粉狀物質及蚊香測試其 PM_{2.5} 數值做分析

圖 26：學長姐操作模型測試實驗照(第二指導教師整理繪製)

- 結果**：1.從 PM_{2.5} 的測試中發現每一種粉狀物質被風吹拂時，都會造成空氣中極小的揚塵效應，其中石灰粉、滑石粉最明顯，其次是石膏，小蘇打粉、低筋麵粉，最低是高筋麵粉。但數值皆低，無明顯差異。
- 2.由實驗 3-1 中發現氣態懸浮粒子以蚊香最明顯，故改用點燃蚊香測試。結果在模型裡面的 PM_{2.5} 數值達 435，在模型外面達 137，故蚊香更能呈現測量數值在實驗箱裡外的差異。從而解釋收納箱牆代表濁水溪沿岸改善揚塵工程，例如植物、樹林，可以減少懸浮粒子因北風吹拂進入南岸的西螺鎮，造成南岸冬季的空氣品質較差。
- 討論**：1.以同一台機器測試發現將不同物質更換倒入垃圾桶時，測試垃圾桶中的測試值比實驗箱中都還高，顯示風扇吹河床效果有限。
- 2.模型以粉末模擬落塵測試效果不佳，改為蚊香後風扇可吸入，透過模型再吹出，另一端模型外仍能測得 PM_{2.5} 數值，應確定是否同風向造成，或是室內密閉空間仍可測得蚊香粉塵而造成室內測量誤差

，可再改模型方向逆風測試一次。

3. 河床可加上枯水期及豐水期的變化，更能確認河川水量配合風向是否可影響二岸 PM_{2.5} 數值。

陸、結論與建議

一、結論

(一)實測落塵數值分析

1-1 PM_{2.5} 實測分析

1. 109、110、111年11月到隔年3月冬季數值明顯比春、夏季高。
2. 南北岸平均值長時間內曲線相當接近，推斷 PM_{2.5} 是大環境影響較大，觀察南岸數值較高是冬季吹北風或大陸乾燥沙塵南下造成 PM_{2.5} 較高。夏季月份南北二岸數值接近，北岸的 PM_{2.5} 數值大都較低。
3. 室外南岸平均冬季的 PM_{2.5} 數值較高於北岸，夏季有7個月份較高，其餘二岸非常接近。顯示室外 PM_{2.5} 數值受大環境影響較大。

1-2 氣象署監測 AQI 數值分析

1. 濁水溪南北二岸的平均值都非常接近，北岸南彰化的部分還特別高，受突發事故影響。冬季11月和12月的數值都較1-2月份低，濁水溪南岸的北雲林數值略高於北岸南彰化，受枯水期乾燥河床影響。二岸 AQI 冬季數值較春夏季高，數值是受大環境和季節性影響。

綜上結論:大環境南岸較北岸空氣品質略差:PM_{2.5} 實測南岸高於北岸，且氣象署實測統計也是南岸高於北岸，是北風向南吹拂的影響，冬季季風南下，應該南岸要明顯高於北岸，但卻沒有，可見近幾年第四河川分署整治沿岸，沿河床灑水、種草、樹及南岸鋪稻草網減緩揚塵作用的工法奏效。

(二)蒐集落塵實驗分析

2-1 落塵顆粒大小分析實驗

- 1 北岸戶外的小顆粒明顯低於南岸且冬季北風時，南岸戶外的小顆粒略大於北岸。細懸浮粒子增加來自於濁水溪乾燥河床的揚塵。
- 2 戶外的大顆粒明顯大於室外，南岸戶外的大顆粒明顯高於北岸。
- 3 小顆粒各地相差不大，大顆粒南北二岸互有高低，為風向影響落塵，冬季北風強勁，易吹落雜物。戶外的顆粒略大於室外。

2-2 室外戶外落塵分析實驗

- 1 室外大顆粒曲線明顯，冬季月份略高於春夏季。
- 2 二岸戶外大顆粒曲線起伏明顯，冬季月份室外戶外略高於春夏季；冬季南岸大顆粒稍大。

2-3 以 IMAGE J 統計數量實驗

- 1 冬天南岸數量高於北岸，夏天 11 年 6~11 月南岸高於北岸。顯示落塵數量季節性差異不大，受大環境影響，與風向無明顯相關。推測是南岸的第四河川分署抑制揚塵工程奏效，反觀北岸戶外受乾燥稻田北風吹冬天落塵多；夏天吹南風北岸蒐集點仍低於南岸，與附近農田耕作放水有關，南岸臨路邊較乾燥所以數量較高。以 IMAGE J 統計之數量，皮爾森相關係數低，二岸落塵量無相關。

2-4 天氣與實測 PM_{2.5} 分析實驗

- 1 陰天測得的 PM_{2.5} 數值最高，雨天的 PM_{2.5} 數值最低。
- 2 陰天時：戶外都比室外高，北岸戶外最高；晴天時，南岸戶外最高。

2-5 風向與實測 PM_{2.5} 分析實驗

- 1 「偏北風」(冬季)時，PM_{2.5} 數值戶外高於室外，南岸的戶外又高於北岸，南岸室外也高於北岸，北風在冬季將揚塵往南吹，整個大環境 PM_{2.5} 都是高的，是受大環境影響較大，冬季北風影響其次。
- 2 夏季偏南風時，PM_{2.5} 數值較低，其中北岸的戶外室外均高於南岸，故南風時北岸的空氣略差於南岸，證明風向會影響空氣中的 PM_{2.5}。

(三) 模擬懸浮粒子測試 PM_{2.5} 數值實驗

3-1 氣態懸浮粒子實驗

1. 蚊香及線香點燃後產生白煙，讓 PM_{2.5} 數值迅速竄升，燃燒產生之煙霧會產生大量 PM_{2.5}，方便之後實驗代用氣體。

3-2 風速與 PM_{2.5} 細懸浮粒子實驗

1. 中級風時平均風速 1.6m/s，平均 PM_{2.5} 為 553.7ug/m³最高。
2. 一定的風速會造成 PM_{2.5} 擴散與增加，但風速繼續增加時，若無 PM_{2.5} 繼續補上，PM_{2.5} 會降低。

3-3 濕度與 PM_{2.5} 細懸浮粒子實驗

1. 濕度越高 PM_{2.5} 數值越低，隨著濕度提升到 84-87% 後會迅速降低至 1500 以下，二者呈反比關係。相關係數為負中度相關。故雨天會降低揚塵，與實驗 2-4 天氣統計結果相符。

3-4 夕陽顏色與 PM_{2.5} 實測紀錄分析

1. 無雲狀態下，PM_{2.5} 數值低時，夕陽清澈明亮；數值高時，夕陽較渲染朦朧，顯示視覺受 PM_{2.5} 數值影響，細懸浮粒子會讓夕陽產生渲染效果。

(四) 製作北風吹濁水溪模型

4-1 製作季風吹濁水溪南北二岸模型:加入北風斜板集中風量於濁水溪河床上後可做實驗之用。

4-2 模型測試揚塵實驗

1. 從 PM_{2.5} 的測試中發現每一種粉狀物質被風吹拂時，都會造成空氣中極小的揚塵效應，但數值皆低，無明顯差異。

2. 以蚊香測試結果在模型裡面的 PM_{2.5} 數值達 435，在模型外面達 137，故蚊香更能呈現測量數值在實驗箱裡外的差異。可解釋**收納箱牆代表濁水溪沿岸改善揚塵工程**，例如植物、樹林，可以減少懸浮粒子因北風吹拂進入南岸的西螺鎮，造成南岸冬季的空氣品質較差。

二、建議

- (一) 環境**影響因素太複雜**，非單純北風及周遭環境影響 PM_{2.5} 及空中懸浮粒子，以及鄰近**溪州北岸設置焚化爐，戶外交通因素、街道及鄰近濁水溪岸的測點差異等**。
- (二) 測點選擇及沿線範圍太接近，若時間允許，應該**擴大到南北二岸沿線大概 3-4 個鄉鎮**，如此範圍因素加大更能準確評估北風造成的揚塵效應。
- (三) 本研究有蒐集南北雲林縣和彰化縣空氣中細懸浮粒子測站數據來分析比對，來做實際上的正確性評估，可惜**測站都距離太遠，沒有鄰近的資料**，若有更近的測站數據分析將更精準，更能分析其差異。
- (四) 本研究僅測量 PM_{2.5}，可以再進一步分析二岸採樣的**落塵物質含量**分析，更可確定**來源是否為濁水溪**因冬夏季風向不同及**揚塵效應**所造成。
- (五) PM_{2.5} 數值資料瞬息萬變，即時資料恐不能代表一切，採**二岸各一定點線性資料**或許更能呈現空氣品質變化情形。
- (六) 統計方式不夠熟練，有關**測量、監測、粒徑、落塵數量、風向、濕度**等綜合因素，可做交叉分析，更可了解其相關性。

柒、未來研究方向

- (一) 選擇**測點時可以沿著河床，緊鄰濁水溪南北二河岸採樣**，加長河岸距離，減少採集室外樣本，因室外樣本受建築物、交通及人類行為影響較大，可能**單測量 PM_{2.5} 數值**，較無法準確評估空氣中的細懸浮粒子。可再**增加濁水溪下游沿岸，南北二個鄉鎮的測點**，蒐集樣本並進行分析比較，增加實測結果準確性以便分析。
- (二) 本研究僅以 PM_{2.5} 數值為研究主題，但**空氣中有許多有關土壤粉塵、化學物質、植物花粉**，因採樣地點都在接近地面，常蒐集到落草、昆蟲屍體、動物糞便等雜物，非直接是空氣中的懸浮粒子，可再增加研究空氣中懸浮粒子的多樣性分析，更可**了解地面落塵中的各種物質差異及含量**，更確定是否受濁水溪冬夏季風及河水含量影響。

捌、參考文獻

一、書面資料

- 中華民國第 56 屆中小學科學展覽國小組地球科學科第三名作品 (民 105)。
「紫爆」不助我！——環境中細懸浮微粒 (PM_{2.5}) 的偵測研究。(新北市新店區新和國民小學)
- 中華民國第 58 屆中小學科學展覽國中組地球科學科第三名作品 (民 107)。
南投細懸浮微粒觀測及探討。(南投縣立南投國民中學)
- 中華民國第 59 屆中小學科學展覽國中組地球科學科第三名作品 (民 108)。
移動"塵寶"~PM_{2.5} 影響因子初探—以鄰近屏東縣 測站為例。(屏東縣立明正國民中學)
- 黃鴻博 (主編) (民 113) 四版。國小自然與生活科技六下課本。第三單元
珍愛家園, 3-2 人類與環境。P78-81。台北市: 遠見天下文化出版股份有限公司。
- 陳季蘭 (主編) (民 110)。未來少年月刊 129 期。天空的色彩。P60-61。台南: 南一書局企業股份有限公司。
- 彰化縣第 61 屆中小學科學展覽國小組地球科學科佳作作品 (民 110)。
溪西溪析—濁水溪下游冬季南北二岸西螺與溪州落塵之研究分析。(彰化縣立南州國民小學)
- 聯合報 (民 113)。空汙增中風死亡率: 國衛院研究 PM_{2.5} 下降 缺血性心臟病等四病死亡率也變低。台北市聯合新聞網 113.05.14 第一版。
- 聯合報 (民 113)。空汙罹肺癌風險高於吸菸: 台大研究: 暴露於 PM_{2.5} 環境 30 年。台北市聯合新聞網 113.03.28 第一版。
- 蘇偉銓 (主編) (民 113) 初版。國小社會五下課。第一單元從落地到生根
1-1 移民與自然環境的交會—氣候對河川的影響。P18-19。台南: 南一書局企業股份有限公司。(民 113.02)

二、網站資料:

1. 維基百科:
懸浮粒子/ PM_{2.5}: <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%87%B8%E6%B5%AE%E7%B2%92%E5%AD%90>
2. 中央氣象局空氣品質監測網: <https://airtw.moenv.gov.tw/>
3. 空氣品質監測網 <https://airtw.moenv.gov.tw/>
4. 地方監測查詢:
<https://airtw.moenv.gov.tw/CHT/EnvMonitoring/Local/LocalMonitoring.aspx>
5. 在地空氣品質地圖(暨南大學): <http://163.22.17.160/>
6. 濁水溪揚塵防治成效(行政院):
<https://www.ey.gov.tw/Page/448DE008087A1971/752272ac-03ca-4322-bc00-b36bd5e0c7d9>
7. 濁水溪揚塵抑制辦理成效(經濟部水利署第四河川分署):
<https://www.wra04.gov.tw/cp.aspx?n=11080>
8. 籲加速濁水溪揚塵工程改善減輕揚塵影響(雲林縣政府)
https://www.yunlin.gov.tw/News_Content.aspx?n=1244&s=238241
9. 環境部環境資料開放平台 <https://data.moenv.gov.tw/>
環境部空氣品質指標歷史資料 https://data.moenv.gov.tw/dataset/detail/AQX_P_488
10. 交通部中央氣象署 每月氣象 | 交通部中央氣象署 (cwa.gov.tw) (歷史資料)
即時資料 <https://www.cwa.gov.tw/V8/C/C/Statistics/monthlydata.html>

玖、附件(限於篇幅、於現場呈現紙本及電腦完整統計表)

【評語】 080502

研究主題具鄉土性及與生活相關，且目的明確。此研究不但收集大量的數據，也施作許多的野外採樣工作和室內樣品分析。整體而言，研究方法及實驗設計邏輯清楚，但是報告內的研究成果不甚清楚，另外蒐集落塵的方式不一樣，會不會造成結果不一樣？

作品簡報



二岸塵情—濁水溪下游南北二岸

西螺與溪州之落塵及PM_{2.5}相關性研究分析

壹、研究動機

- (一) 國人受空氣污染所擾，報導空氣中的細懸浮粒子(PM2.5)對人體健康影響，生活周遭受影響？
- (二) 延續學長姐「溪西溪析-濁水溪下游冬季南北二岸西螺與溪州落塵之研究分析」為題研究冬季季風對濁水溪南北二岸落塵之影響。
- (三) 西螺居民冬天：「擦桌椅5-6次/天，手摸都有一層灰。」溪州還好。
- (四) 畢業活動「溪西壯遊」在113年寒假，感覺西螺冬天空氣還好。我們研究是否相同？跟第四河川分署護堤、種樹、鋪草有關？成效如何？
- (五) 西螺的空污旗是否會跟我們學校一樣呢？
- (六) 媒體報導濁水溪揚塵，冬季枯水期東北季風造成濁水溪南岸落塵較嚴重。
- (七) 夕陽越紅，天空越霧濛濛，落塵讓夕陽折射產生美麗彩霞呢？
- (八) 測量PM2.5跟氣象署空氣品質AQI數值會不會一樣呢？
- (九) 蒐集落塵數量是多少？落塵與實測PM2.5及氣象站監測結果相關性如何？

蒐集二年半濁水溪南岸雲林縣西螺鎮和北岸的彰化縣溪州鄉的落塵資料，分析季風對濁水溪下游南北二岸落塵的差異。

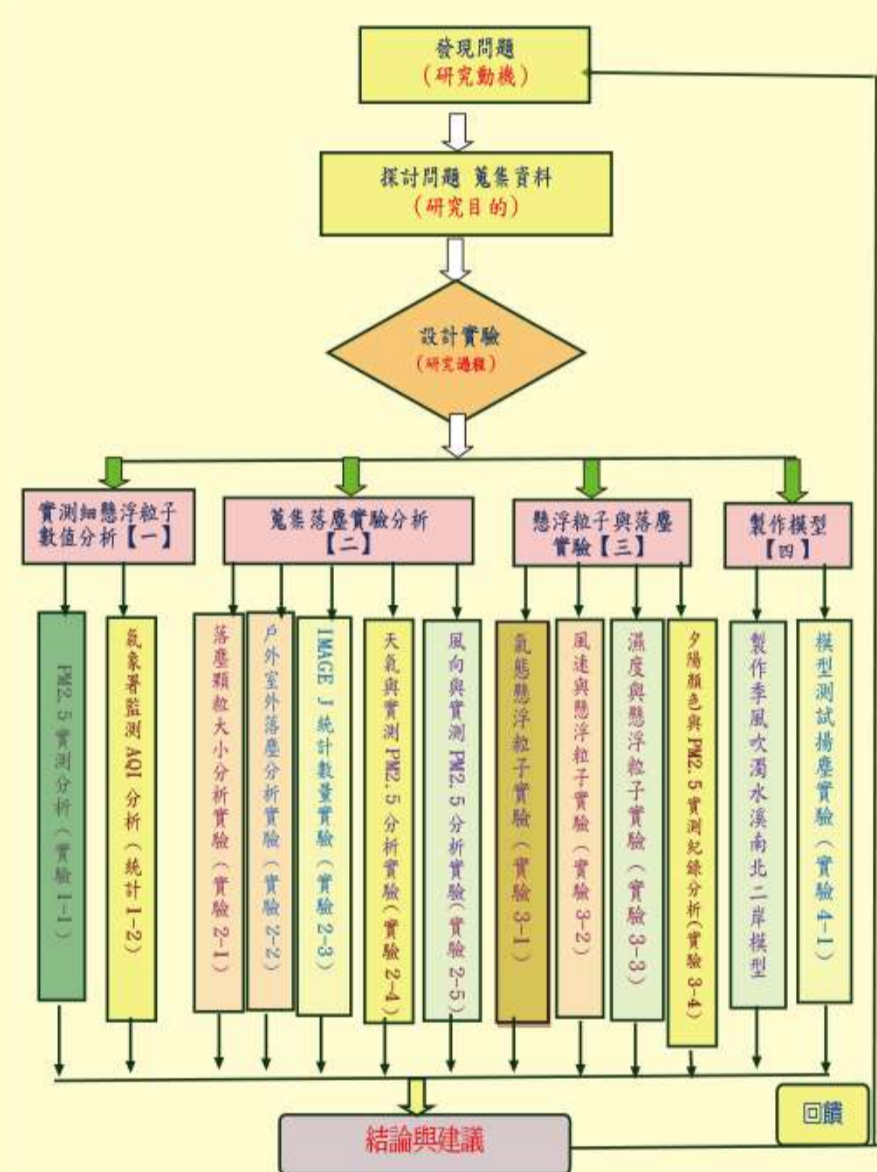
貳、研究目的

- 一、實際測量濁水溪南北二岸的PM2.5數值做比較分析。
- 二、下載中央氣象局PM2.5監控數值做二岸落塵差異分析。
- 三、蒐集濁水溪南北二岸各七個點的落塵攝影分析顆粒大小。
- 四、比較二岸室外與戶外蒐集落塵樣本的差異分析。
- 五、比較天氣晴朗無雲時PM2.5數值與夕陽顏色的關係。
- 六、製作模型模擬測試風向造成濁水溪揚塵作用分析。
- 七、比較蒐集落塵粒徑、數量、及實測PM2.5、監測AQI的相關性。

參、實驗器材

空氣檢測儀、顯微攝影機、護貝機、護貝套、電腦及網路、薩隆帕斯貼布、白色厚紙板、透明膠帶、透明塑膠收納箱、木板、壓克力板、白膠、小馬達風扇組、美工刀、小蠟燭、蚊香、線香、香精、螺絲、螺絲起子、鋸子、鐵鎚、虎頭夾、低筋麵粉、高筋麵粉、滑石粉、石膏粉、石灰、指北針、泡棉膠帶、腳架、手機、個人電腦、EXCELL軟體、IMAGE J軟體、電子溼度計、風速計、電子空氣檢測儀、分級電風扇...等。

肆、研究架構流程



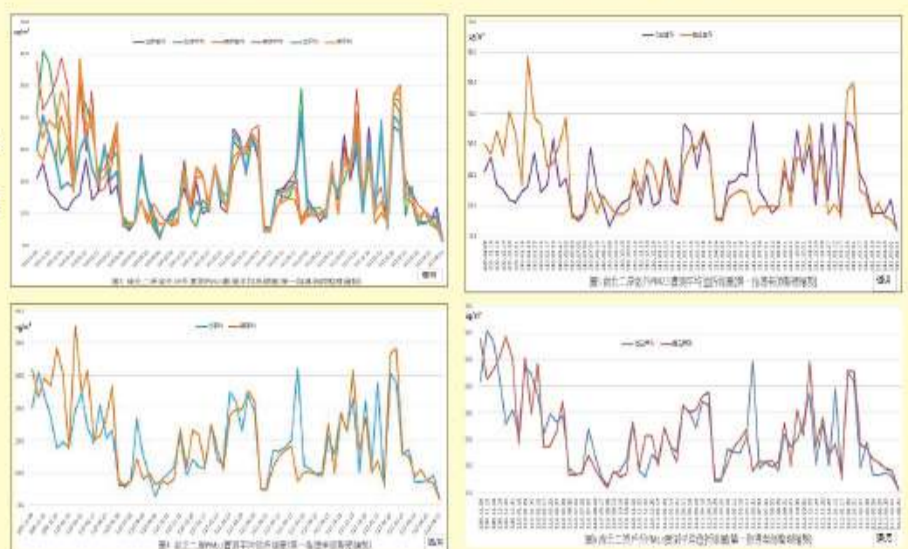
伍、實驗過程

一、實測落塵數值分析

1-1 PM2.5實測分析

- 方法：**
1. 從濁水溪下游南岸西螺和北岸溪州各七個點做測試。
 2. 109.11~112.04，每月抽一週測試，該週內測PM2.5二次。
 3. 將測量數值做成折線圖分析。

區域	編號	監測地點	地點描述	照片
濁水溪北岸：彰化縣溪州鄉	北1	本校校慶室	北岸：通風不會有河川吹來的揚塵	
	北2	若蘭寮	北岸：有河川吹來揚塵，但有樹木遮蔽，西側有竹林阻擋。	
	北3	學務室	三樓陽台：陽台有竹籬不封閉，陽台下方有水泥牆。	
	北4	溪州國中	湖濱休閒室：北岸向湖濱休閒室一帶中央河川吹來揚塵，此處外有竹林。	
	北5	水風國小	湖濱休閒室：北岸向湖濱休閒室一帶中央河川吹來揚塵，此處外有竹林。	
	北6	電桿下	濁水溪河堤下：在濁水溪河堤下，有竹林遮蔽。	
	北7	溪州大橋河堤上	湖濱：湖濱下河堤，北岸下河堤有田埂，風大。	
濁水溪南岸：雲林縣西螺鎮	南1	主任室	二樓陽台露台：北岸向湖濱休閒室一帶中央河川吹來揚塵，此處外有竹林。	
	南2	員外室	三樓陽台露台：北岸向湖濱休閒室一帶中央河川吹來揚塵，此處外有竹林。	
	南3	文書室	二樓陽台露台：北岸向湖濱休閒室一帶中央河川吹來揚塵，此處外有竹林。	
	南4	二樓辦公室	北岸向湖濱休閒室一帶中央河川吹來揚塵，此處外有竹林。	
	南5	溪州大橋河堤上	河堤上：北岸向湖濱休閒室一帶中央河川吹來揚塵，此處外有竹林。	
	南6	湖濱旁	湖濱旁：北岸向湖濱休閒室一帶中央河川吹來揚塵，此處外有竹林。	
	南7	河堤下	河堤下：北岸向湖濱休閒室一帶中央河川吹來揚塵，此處外有竹林。	



- 結果：**
1. 由圖3知109.09冬季PM2.5數值差異大，之後各區平均值接近，且冬季比春、夏高。
 2. 由圖4南北岸平均長時間內曲線接近，PM2.5大環境影響。南岸數值較高月份有109.11~110.02、110.12~111.2、111.11、112.02~03，冬季北風乾燥沙塵南下造成濁水溪南岸冬季PM2.5高。夏月二岸接近，北岸PM2.5較低。
 3. 由圖5知室外南岸平均冬季PM2.5數值高於北岸，夏季有7個月份高，其餘接近。
 4. 由圖6知：二岸曲線接近，戶外PM2.5受大環境影響。

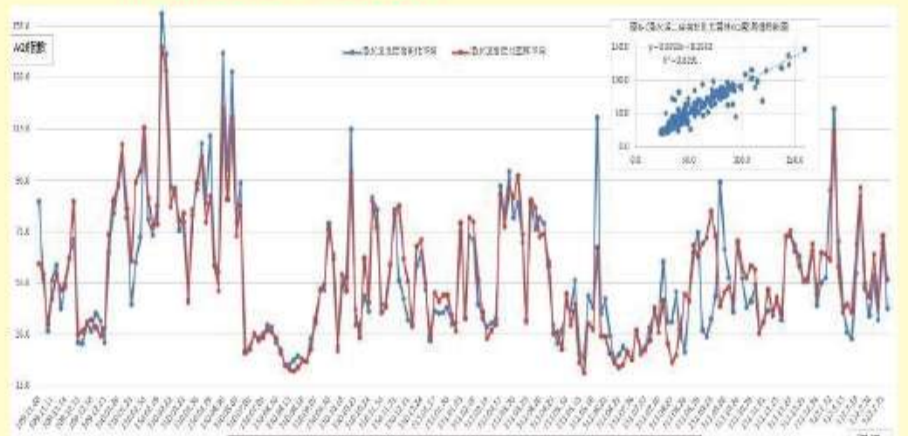


圖7：同學實地測量PM2.5及實地蒐集落塵樣本照(指導老師一拍攝整理)

1-2 下載氣象署監測空氣品質AQI指數數值分析

- 方法：**
1. 下載彰化縣南部(濁水溪之北)三站及雲林縣四站(濁水溪之南)之中央氣象署彰化雲林各測站懸浮粒子監測數值平均值分析。
 2. 109.11~112.02蒐集落塵之當週測得懸浮粒子數值計算平均值分析。

- 結果：**
1. 由圖5知：濁水溪南北二岸的平均值接近，北岸南彰化較高，可能是突發事故(火災、翻土或燒稻草等)影響。
 2. 冬季的四個月分中，11月和12月的數值都較1-2月份低，濁水溪南岸的北雲林數值略高於北岸南彰化，受濁水溪枯水期乾燥影響。
 3. 整體而言：二岸冬季懸浮粒子監測數值較春夏高，受大環境和季節性影響，差異不大。



綜上小結

- 由圖3-6測量和圖8氣象署監測AQI結果發現：
1. 南岸較北岸空氣品質差。PM2.5實測南岸高於北岸，中央氣象署監測也是南岸高於北岸，是北風吹拂影響。
 2. 圖3-6的平均值曲線接近，冬季的PM2.5實測和中央氣象署實測統計值均高。結果相符。
 3. 圖6二岸戶外的PM2.5實測數值接近，且測點近濁水溪，是最符合的測點，與本研究冬季季風南岸該明顯高於北岸的假設相異，顯示第四河川分署整治沿岸種樹及鋪稻草網減緩揚塵工法奏效。



二、蒐集落塵實驗分析

2-1 落塵顆粒大小分析實驗

- 結果：**
1. 用薩隆巴斯約6.5*12公分的面積，貼在厚紙板上蒐集落塵。
 2. 濁水溪南岸西螺與北岸溪州，各選擇河濱、住家、學校、街道等各七個地點方便採樣。
 3. 樣本護貝，選擇每樣本大、中、小各二個顆粒顯微攝影，統計比較顆粒大小平均值的差異。



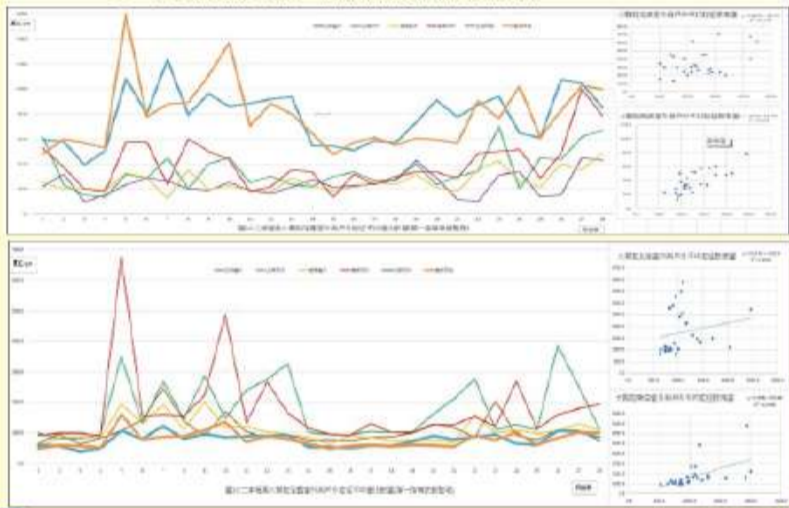
蒐集南北二岸各7處共14處的落塵樣本，每月固定下旬1週擺放蒐集落塵。

圖 10-1：研究落塵 14 個戶外採樣地點(第一作者整理攝影)



將蒐集到的樣本護貝保存，並選擇大中小各2個落塵進行顯微攝影分析。

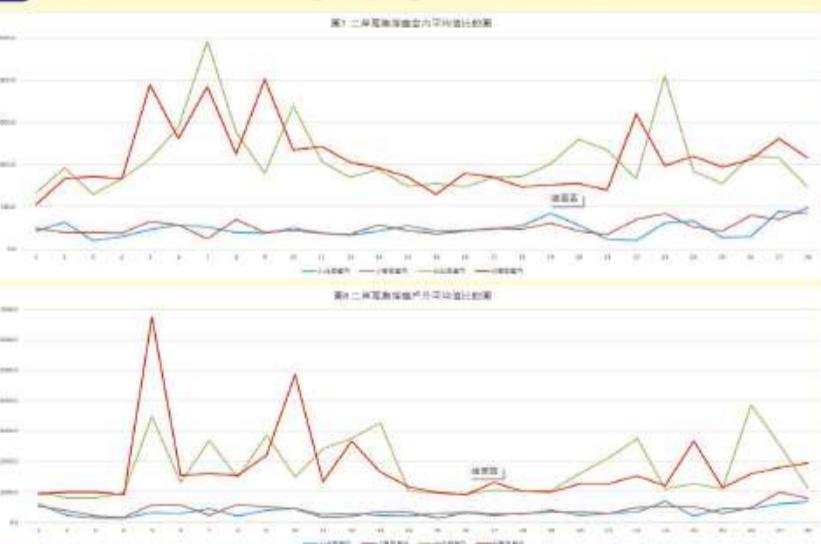
圖 11：對落塵樣本排序、護貝、顯微攝影(第二作者整理攝影)



- 結果：** 中型顆粒捨棄，以小顆粒和大顆粒平均值分析：
1. 由圖12知：小顆粒400um以下，南岸戶外五個月近600um；戶外小顆粒高於室外，室外非常接近。北岸戶外小顆粒低於南岸，冬季南岸戶外小顆粒大於北岸，推斷南岸冬季北風乾燥懸浮粒子增加，來自濁水溪河床的揚塵。室外落塵小顆粒差異不大，曲線接近。
 2. 由圖13知：大顆粒1000um左右，戶外大顆粒大於室外，二岸室外大顆粒接近，南岸戶外大顆粒高於北岸。
 3. 綜上所陳：南北岸小顆粒相差不大，大顆粒南北二岸互有高低，風向影響落塵，冬季北風強勁，吹落雜物。戶外的顆粒大於室外。

2-2 戶外室外落塵分析實驗

- 方法：** 1. 將2-1數值區分為「戶外」「室外」二組，分析如下：



- 結果：**
1. 由圖14知：二岸室外小顆粒無差異，季節不明顯。室外大顆粒曲線明顯，冬季高於春夏季。
 2. 由圖15知：二岸戶外大顆粒曲線明顯，冬季高於春夏季；冬季南岸大顆粒大。
 3. 綜上所陳：小顆粒無差異。大顆粒室外及戶外季節性有差異，室外戶外冬季大顆粒高於夏季。

2-3 以 IMAGE J 掃描戶外落塵數量分析實驗

- 方法：**
1. 實驗 2-2 知戶外直接採集露天落塵樣本，以 IMAGE J 辨識落塵數量。
 2. 以撒隆巴斯事先繪製「0 顆、50 顆、100 顆、及111年3月南6樣本」等四組測試其準確性和誤差率。
 3. 如表2：由五位同學分批同步作業，以學校平板同步拍攝轉換存檔。

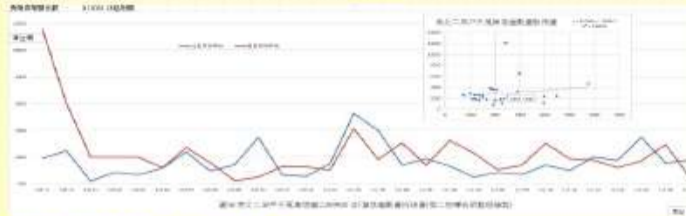
- 結果：**
1. 如表2所示：數量越多時的誤差率越高(約 1.44~2.45%間)，是目前最方便計算落塵數量工具，同學以戶外樣本計算分析。
 2. 由圖16知戶外落塵北岸只有10個月略高於南岸，其餘18個月都是南岸高於北岸。
 3. 冬天只有109年11月到110年3月、110年11~12月南岸數量高於北岸，夏天111年6~11月反而也是南岸高於北岸。顯示落塵數量季節性無差異，受大環境影響，與風向無相關。推測是南岸的第四河川分署抑制揚塵工程讓南岸的冬天不像 109 年冬天那麼高，反觀北岸戶外乾燥稻田落塵多；而夏天南風北岸低於南岸，與農田放水有關，南岸臨路較乾燥落塵量較高。
 4. 以 IMAGE J 統計落塵量，皮爾森相關係數低，落塵量無相關，表示落塵受個別周遭環境影響較大。

表2：同學以平板拍攝落塵樣本數量測試準確率統計表(第一作者整理統計)

IMAGE J測試	同學A	同學B	同學C	同學D	同學E	平均	標準差	平均+標準差	平均-標準差	RSD(%)
50顆	50	52	51	50	50	50.6	0.730	51.330	49.870	1.4433
100顆	103	107	103	105	108	105.2	1.862	107.062	103.338	1.7699
111年3月南6樣本	1208	1147	1193	1127	1143	1163.6	28.505	1192.105	1135.095	2.4497



圖 16-1 全組作者操作 IMAGE J 統計戶外測點落塵數量(第三作者整理攝影)



2-4 天氣與實測PM2.5分析實驗

- 方法：** 1. 將實驗1-1實測PM2.5數值分「戶外」「室外」二組，分析二年半中67天的天氣與PM2.5數值的關係。

- 結果：**
1. 由圖17-1所示，測量的日數共67天，晴天49%最多，其次陰天佔28%，最少是雨天23%。
 2. 由圖17-2中發現陰天的PM2.5數值最高，雨天數值最低。
 3. 陰天時：戶外都比室外高，北岸戶外最高，且較南岸戶外高；晴天時，南岸戶外最高。

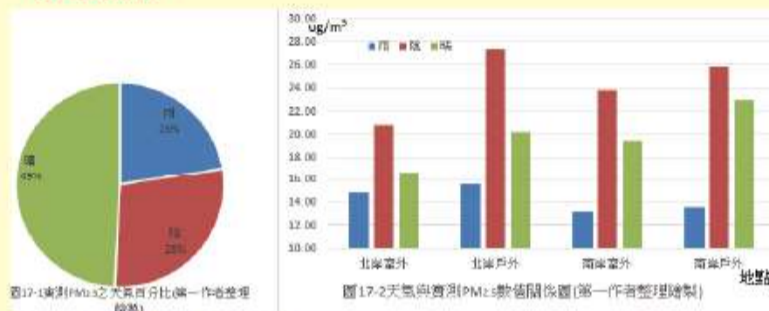


圖 17-2 天氣與實測PM2.5數值關係圖(第一作者整理繪製)

2-5 風向與實測PM2.5分析實驗

- 方法：** 1. 同上依實際測得風向分「偏北風」「偏南風」「西風」「無風」四組，分析風向與PM2.5數值關係如下：

- 結果：**
1. 由圖18-1發現67天當中「偏北風」61%最高，「偏南風」36%居次。
 2. 由圖18-2發現「偏北風」(冬季)時，PM2.5數值都是最高約在20-25間，且戶外高於室外，南岸都高於北岸，北風冬季將落塵往南吹，大環境PM2.5高，受大環境影響，冬季北風影響其次。
 3. 夏季偏南風，PM2.5數值較低，其中北岸戶外和室外高於南岸，故南風北岸空氣差於南岸，證明風向會影響PM2.5。



三、模擬懸浮粒子測試PM2.5數值實驗

3-1 氣態懸浮粒子實驗

- 方法：**
1. 方便取樣懸浮在空氣中的氣態懸浮粒子測試PM2.5數值。
 2. 分別將香精揮發，蚊香、線香、蠟燭等燃燒有煙霧狀的氣體，在透明塑膠套內觀察測量三次PM2.5數值平均分析之。

- 結果：**
1. 如圖11所示：香精揮發肉眼看不見，PM2.5數值都低於3；蠟燭燃燒煙往上升，卻看不見煙霧PM2.5數值平均為12，與一般空氣無異。
 2. 蚊香及線香點燃後產生白煙，PM2.5數值迅速竄升到3637及3373。故燃燒產生之煙有較多PM2.5，之後實驗選擇蚊香。

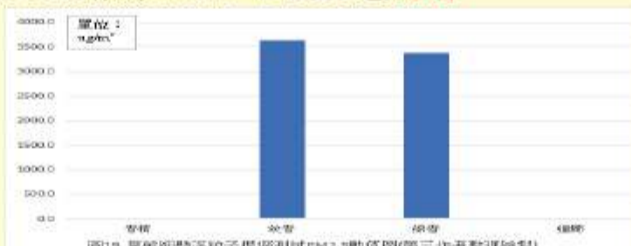


圖 19 氣態懸浮粒子模擬測試PM2.5數值圖(第三作者整理繪製)



同學進行燃燒產生煙霧之氣態懸浮粒子測試 PM2.5 數值情形

圖 20：同學操作氣態懸浮粒子實驗(第四作者整理)

3-2 風速與PM2.5懸浮粒子實驗

- 方法：**
1. 以高腳電風扇分不同風速計測三次平均，在電風扇後方點蚊香，讓風扇把蚊香吸入。
 2. 在電風扇前10公分處測量PM2.5數值，取三次平均分析。

- 結果：**
1. 如圖 21 所示：無風風速為0時PM2.5是常態37.7ug/m³；中級風時平均風速 1.6m/s，PM2.5平均為553.7ug/m³最高；風速最強為 3.5m/s PM2.5 平均為 228ug/m³減緩。
 2. 一定的風速會造成PM2.5擴散與增加。

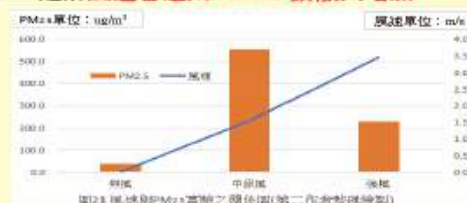
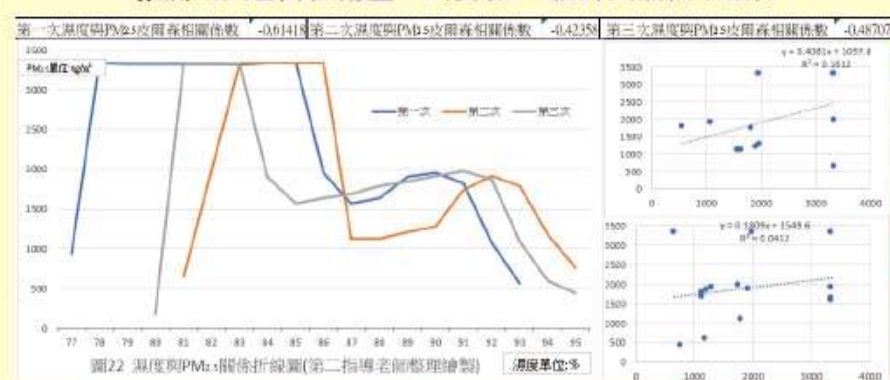


圖 21 風速與PM2.5數值之關係圖(第二作者整理繪製)

3-3濕度與 PM2.5 細懸浮粒子實驗

方法：1.取透明容器容納溼度計與空氣檢測儀，上方切孔噴水。
2.以此容器蒐集20秒的蚊香煙霧，將溼度計與空氣檢測儀放入，從上方持續噴水，濕度每升或降1%時之PM2.5。
3.做三次，紀錄濕度上升或下降的時間軸分析PM2.5變化。

結果：1.如圖22所示：濕度%上升時，PM2.5會先升再降。然後微幅上漲後再迅速降低，曲線形狀大致相同。
2.長時間觀察測試結果發現：濕度越高PM2.5 越低，濕度提升到 84-87%後會迅速降至1500以下，呈反比關係。相關係數為負相關(-0.42~-0.614 間)。
3.重複三次PM2.5曲線差不多，相關係數高。
4.推測雨天會降低揚塵，與實驗2-4統計天氣結果相符。



3-4夕陽顏色與PM2.5實測紀錄分析

方法：1.天氣晴朗落日前10分鐘觀察南北二岸定點夕陽測量PM2.5數值。
2.定時定點定向定機攝影，不拉距離、不作特效，文字記錄二岸夕陽顏色與PM2.5數值。



結果：1.113.02下旬同一週內，PM2.5數值差異可比較。無雲狀態PM2.5低，夕陽清澈明亮，如2月20日。數值高，夕陽渲染朦朧，如2月17-18日夕陽。21日的北岸(燒稻草剛好在攝影區與夕陽之間)，顯示視覺受PM2.5影響，懸浮粒子讓夕陽產生渲染效果。
2.2月20日下過雨，PM2.5低，溫度高吹西南風，夕陽清明透亮，證明風向和雨可影響PM2.5，從夕陽顏色可比對PM2.5數值。
3.冬天吹北風，濁水溪南岸的PM2.5數值略高於北岸。



四、製作北風吹濁水溪模型

4-1製作季風吹濁水溪南北二岸模型

方法：1.取透明收納箱，挖二風口，另一端開風口。裝置小風扇當北風。
2.取二木條固定當河岸，加入粉狀河床，以測試季風揚塵效應。
3.貼上模型名稱、標示標籤，以便理解和操作。



結果：1.河床中撒滿低筋麵粉，開啟風扇，在箱裡測試PM2.5，與室內空氣無異。
2.將收納箱蓋上，在箱裡測試，與箱外測試無異。

討論改善：1.麵粉不易造成揚塵，增加石膏、滑石、石灰、小蘇打、高筋麵粉比較。
2.集中風量，因戶外大面積全面的，故加壓克力斜板集中風量。
3.冬夏風向不同，應增加南風電風扇組，以便作不同風向的比較。
4.由實驗3-1知蚊香最能測出PM2.5數值的氣態，故用之。

4-2模型測試揚塵實驗

方法：1.在模型中裡倒入不同粉狀物及蚊香，風扇測試PM2.5數值。
2.固定人開啟風扇、測量和紀錄三次平均分析。



結果：1.從PM2.5的測試中發現粉狀物質被風吹拂時，揚塵效應，無差異。
2.實驗3-1中以蚊香最明顯。模型裡PM2.5數值達435，模型外達137，故蚊香呈現在實驗箱裡外差異。收納箱牆代表濁水溪沿岸改善揚塵工程減少懸浮粒子因北風吹進南岸西螺。

陸、結論與建議

一、結論

1-1 PM2.5實測分析

1.109、110、111年11月到隔年3月冬季數值明顯比春、夏季高。
2.南北岸平均值長時間曲線接近，推斷PM2.5大環境影響，觀察南岸數值較高是冬季吹北風或乾燥沙塵南下。夏季南北二岸數值接近，北岸的PM2.5數值較低。
3.室外南岸平均冬季的PM2.5數值高於北岸，夏季有7個月份高，其餘二岸非常接近。顯示室外PM2.5數值受大環境影響。

1-2 氣象署監測AQI數值分析

1.濁水溪南北二岸接近，北岸南彰化部分特別高，受突發事故影響。冬季11月和12月的數值較1-2月份，濁水溪南岸高於北岸，受枯水期乾燥河床影響。二岸AQI冬季較春夏高，受大環境和季節性影響。

綜上結論：大環境南岸較北岸空氣品質略差；PM2.5實測南岸高，且氣象署實測統計也是南岸高，是北風影響，冬季季風應該南岸要高於北岸卻沒有，可見第四河川分署整治沿岸，沿河床種草、樹及南岸鋪稻草網減緩揚塵作用的工法奏效。

(二)蒐集落塵實驗分析

2-1 落塵顆粒大小分析實驗

1.北岸戶外的小顆粒明顯低於南岸且冬季北風南岸戶外的小顆粒大於北岸。細懸浮粒子來自濁水溪乾燥河床的揚塵。
2.戶外的大顆粒大於室內，南岸戶外的大顆粒高於北岸。
3.小顆粒相差不大，大顆粒二岸互有高低，為風向影響落塵，冬季北風強勁吹落雜物。戶外顆粒大於室內。

2-2 室外戶外落塵分析實驗

1.室外大顆粒曲線明顯，冬季月份略高於春夏季。
2.二岸戶外大顆粒曲線明顯，冬季都高於春夏季；冬季南岸大顆粒稍大。

2-3 以IMAGE J統計數量實驗

1.冬天南岸數量高於北岸，夏天111年6-11月南岸高於北岸。顯示落塵數量季節性差異不大，受大環境影響，與風向無明顯相關。推測是南岸的第四河川分署抑制揚塵工程奏效。以IMAGE J統計數量，皮爾森相關係數低，二岸落塵量無相關。

2-4 天氣與實測PM2.5分析實驗

1.陰天測得的PM2.5數值最高，雨天的PM2.5數值最低。
2.晴天時：戶外比室內高，北岸戶外高；晴天時，南岸戶外高。

2-5 風向與實測PM2.5分析實驗

1.「偏北風」(冬季)時，PM2.5數值戶外高於室內，南岸戶外高於北岸，南岸室外高於北岸，冬季北風將揚塵南吹，大環境PM2.5高，受大環境影響大，冬季北風其次。
2.夏季偏南風時PM2.5數值低，其中北岸的戶外室外均高於南岸，故南風北岸空氣略差於南岸，風向會影響PM2.5。

(三)模擬懸浮粒子測試PM2.5數值實驗

3-1 氣態懸浮粒子實驗

1.蚊香及線香點燃產生煙，讓PM2.5數值升，燃燒之煙會產生大量PM2.5，方便實驗代用氣體。

3-2 風速與PM2.5細懸浮粒子實驗

1.中級風時平均風速1.6m/s，平均PM2.5為553.7ug/m³最高。
2.一定風速會造成PM2.5擴散與增加。

3-3 濕度與PM2.5細懸浮粒子實驗

1.濕度越高PM2.5數值低，濕度升到84-87%後迅速降低，呈反比關係。相關係數負中度相關。雨天會降低揚塵，與實驗2-4天氣統計結果相符。

3-4 夕陽顏色與PM2.5實測紀錄分析

1.無雲狀態下，PM2.5數值低，夕陽清澈明亮；數值高，夕陽渲染朦朧，顯示視覺受PM2.5影響，細懸浮粒子會讓夕陽產生渲染效果。

(四)製作北風吹濁水溪模型

4-1製作季風吹濁水溪南北二岸模型:加入斜板集中風量於濁水溪河床上後可做實驗用。
4-2模型測試揚塵實驗

1.從PM2.5的測試中粉狀物質被風吹拂，會造成揚塵效應，數值低，無明顯差異。
2.以蚊香測試能呈現數值在實驗箱裡、外的差異，可解釋收納箱牆代表濁水溪沿岸改善揚塵工程。

二、建議

- (一) 環境影響複雜，非單純北風及環境影響PM2.5及懸浮粒子，溪州北岸焚化爐，戶外交通、街道及鄰近濁水溪岸的測點差異等。
- (二) 測點選擇及沿線範圍接近，應擴大南北二岸沿線鄉鎮，範圍加大能準確評估北風揚塵效應。
- (三) 蒐集雲林和彰化懸浮粒子測站數據分析，但測站距離太遠，無鄰近資料，若有近的測站數據更精準。
- (四) 僅測量PM2.5，可再分析二岸採樣的落塵物質含量分析，確定來源是否為濁水溪冬夏季風及揚塵效應造成。
- (五) PM2.5數值萬變，即時資料代表不足，採二岸各一定點線性資料更能呈現空氣品質變化。
- (六) 統計再熟練，有關測量、監測、粒徑、落塵數量、風向、濕度等綜合因素，可做交叉分析了解相關性。

柒、未來研究方向

- (一) 選擇測點可沿南北二岸河床採樣，加長河岸距離，減少室外樣本。單測量PM2.5數值，無法準確評估懸浮粒子。
- (二) 僅以PM2.5數值為研究，但空氣中有關土壤、化學、植物等物質，非懸浮粒子，可增加空氣中懸浮粒子多樣性分析，了解各種物質含量，確定是否受濁水溪季風及河水影響。

捌、參考文獻：書籍資料、網站資料：(略)