

# 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 地球科學科

第三名

030507

南投細懸浮微粒觀測及探討

學校名稱：南投縣立南投國民中學

作者：  國一 楊詠評  國一 謝承頤  國一 石恩瑞	指導老師：  羅丞書
---	------------------

關鍵詞：細懸浮微粒、PM2.5、南投縣空氣品質

## 摘要

本研究發現南投空氣在秋冬時的 PM2.5 數值比台中還要高且嚴重，而嚴重程度竹山>南投>埔里。現在開源且分享的氣象及空污網站已經可以讓我們追蹤 PM2.5 的擴散及特性，無論是 LASS 系統的空氣盒子或在地空氣品質網站的微型測站數值趨勢及濃度變化都和環保署測站有共同的變化。而懸浮微粒(包括 PM2.5 及 PM10)、溫度、濕度都會影響能見度。

而南投的多山地形，也影響了 PM2.5 的擴散，白天谷風出現時，也是外來污染物進來的時間，海拔 1600 公尺以上的山區，亦會在風向的影響下，也會受到 PM2.5 的危害，故 PM2.5 的問題值得全體國民重視，因為沒有人是局外人。

## 壹、研究動機

南投位處台灣中央，一直給人們好山好水好空氣的印象。但是學校放在圖書館前的空污旗，秋天及冬天都是黃色、橘色、甚至紅色，表示空氣汙染嚴重(查環保署測站的資料，最主要的污染物即為 PM2.5)，跟民眾的南投有好空氣的認知有很大的差別。而新聞媒體上也少提到南投縣關於空污的報導，使得南投的一般居民沒意識到要保護自己。

所以此次為了一瞭 PM2.5 及台灣，南投關係的神秘面紗，以及喚醒南投的環境意識，及獲得更多保護環境與人民健康的意義，選擇空汙 PM2.5 來做這次的主題探討及研究。

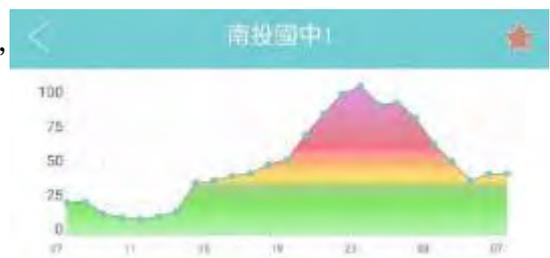
## 貳、文獻探討

### 一、不為南投地區大眾認識的 PM2.5

PM2.5 的中文全名是細懸浮微粒，是世界衛生組織認定的一級致癌物，近幾年在世界各國引起很大的關注，因為各國的研究發現它會引起人體內的各種傷害，甚至減少壽命，全世界均在努力的減少 PM2.5 的排放。

一般民眾難以察覺 PM2.5 的污染，和 PM2.5 的特性有很大的關係：

1. 可輕易跨境遠傳：散佈到遠方，因距污染源很遠，感官不易察覺，易被忽略。
2. 粒子太小，看不見、感受不到，甚至聞不到，僅在濃度高時，會以眼睛、喉嚨不舒服、及視野不佳，大氣霧霾呈現。
3. PM2.5 的濃度易受大氣擴散條件、各地微氣候的影響，可以在短時間佈滿小區域空氣中，也可能因風，短時間吹散了 PM2.5，降至極低的數值。以南投國中所設置的空氣盒子為例，107 年 3 月 1 日~3 月 2 日，南投地區一天之內 PM2.5 即從 10 微克/立方公尺快速



升破超過 100 微克/立方公尺，清晨又降至 50 左右微克/立方公尺，變化之快，超過人們對天氣變化的感覺，可能感覺空氣很好，但已經變差了。

4. 長期偵測設備的限制：PM2.5 粒徑太小，難以偵測，所以 10 年前的法規及檢驗設備都只能處理 PM10 以上的懸浮微粒。直到近 10 年，隨著感測器的技術的進步及普及，及 maker 風潮的興起，大眾才有辦法隨時檢驗身邊的 PM2.5 數值，也才知道 PM2.5 隨時就在身邊。

## 二、PM2.5 的定義

懸浮微粒是指以固態或液態存在於大氣中的物質，粒徑大小從 0.001 至 500 微米 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 都有可能，但大部分約在 0.1~10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  之間。我國空氣污染防治法施行細則第二條所訂定之粒狀空氣污染物包括：

1. 總懸浮微粒：指所有懸浮於空氣中之微粒。指粒徑在十微米 ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 以下之粒子，又稱 PM10。
2. 細懸浮微粒(PM2.5，指粒徑小於 2.5 微米的細懸浮微粒)，相較於一般的懸浮微粒 (PM10，粒徑小於 10 微米)，對人體健康危害更大，故近年來空氣污染指標另將 PM2.5 獨立出來評估偵測。

懸浮微粒的生成可分成原生性及衍生性，可能由自然界或人為產生。

1. 原生性懸浮微粒指在大氣中未經化學反應的微粒，主要來自於物理破碎、風蝕逸散或人為污染，如工廠粉塵、鍋爐或引擎燃燒所排放的微粒。
2. 衍生性懸浮微粒指排放到大氣中的化學物質經過太陽光照或其他化學反應而生成，如工廠、發電廠、交通工具所排之硫氧化物、氮氧化物、揮發生有機物等在大氣中另行生成。

根據力學原理，粒徑為 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，密度為 1  $\text{g}/\text{cm}^3$  的顆粒在空氣中大約以每 5 分鐘 1 公尺的速度沉降，且沉降速度約略與粒徑成正比。在如此低的沉降速度下，使這些顆粒小於 2.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  的微粒得以懸浮於空氣中，並隨空氣的流動遠距輸送散布。

## 三、PM2.5 的危害

在 PM2.5 還不大為大眾所知時，PM10 已經是公認的污染物質，因為人身體的呼吸道會有阻隔懸浮微粒的功能，而咽喉能阻隔的最大粒徑即為 PM10 以上的顆粒，PM10 以下的微粒會進入人體傷害健康。

而 PM2.5 因為粒徑小，可以穿透咽喉、氣管、支氣管抵達肺泡，甚至進入血管之中，引發身體的發炎反應，顆粒吸附的重金屬及毒物也同時進入人體之中。世界衛生組織確認其為一

級致癌物，並將PM2.5安全值訂為日平均10微克/立方公尺，日平均訂為25微克/立方公尺。根據目前各國醫學研究，確認PM2.5造成人體各種傷害如：

- 1、肺部及呼吸道 - PM2.5 會影響肺部換氣，使得肺功能下降，還會引發呼吸道疾病，與肺癌產生有關。
- 2、心血管 - PM2.5 會誘發慢性發炎，導致抵抗力變差，容易感染。此外也會導致血管硬化、產生血栓、自律神經系統失調、心律不整，增加誘發心肌梗塞等心血管疾病的風險。
- 3、腦部 - PM2.5 對腦部微小血管的破壞，可能導致中風或失智的風險增加，甚至是直接造成神經性退化疾病，出現阿茲海默症的前期病理變化。
- 4、PM2.5 會導致新生兒出生體重下降、體重不足，增加病變及死亡風險。
- 5、國外科學家(Pope et al., 2009)根據美國都會區PM2.5長期濃度與居民壽命長期研究，PM2.5平均濃度每升高10微克/立方公尺，居民壽命減0.61年，反之則增0.61年。
- 6、2017年科學家的研究又確認了會導致肝癌、國家衛生研究院2017年發現PM2.5每升高10年長者呼吸道疾病就診增加約2%。今年國家衛生研究院發表論文，追蹤台灣長期PM2.5數值及孩童的生長，證實了台灣地區PM2.5濃度會影響學童的肺功能，濃度愈高的地區，學童肺功能愈差。
- 7、國際醫學期刊《刺絡針》(Lancet)2017年12月的英國研究發現，在熱鬧市區PM2.5年平均17微克/立方公尺的街道慢走，不只無益於心肺，還可能有害。而台灣只有花東地區可以達到此標準。

#### 四、可觀察PM2.5的資源及軟硬體設施介紹

觀察懸浮微粒的設備，以往都依賴環保署定點測站的資訊，隨著科技及觀測衛星的進步及物聯網、開源資訊的興起，可以補足環保署測站數量太少的問題。目前(2018)方便取得的觀測資源及軟硬體介紹如下：

##### 一、 環保署測站提供的官方資料：

- (一)環保署測站資料:在南投縣的測站分別位於南投市、埔里鎮及竹山鎮，提供代表南投地區品質的政府數據。
- (二)環保署委託研究計畫—中部地區空氣污染物微型感測器系統，提供中彰投雲等縣市各鄉鎮密集的微型感測器數據。

##### 二、 LASS(Location Aware Sensing System): 民間社群自發地從Bottom up建置一套環境感測網路系統，結合產官學及民間力量，讓任何人都可以自己輕易地購買空氣盒子，或買開發板、感測器自行架設創客版的空氣盒子，再把所得資訊分享出去；任何人想知道某地空氣品質，都可以在網站地圖上看到PM2.5數值的好壞。

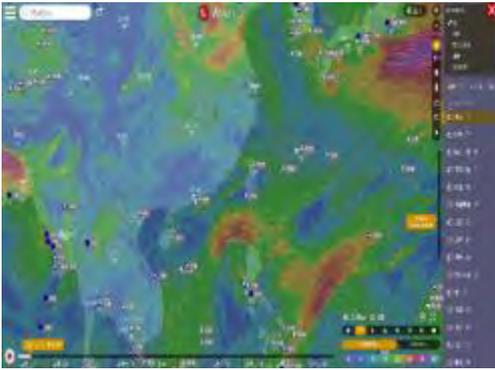
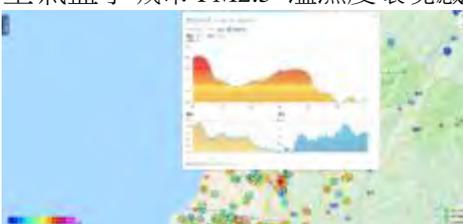
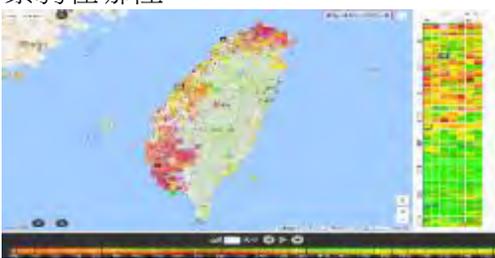
##### 三、 世界各國氣象衛星的大氣觀測資料及各國環保資訊開源分享:如歐洲中期天氣預報中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, 簡稱ECMWF)及美國國家環境預報中心(NCEP)的「全球預報系統」(GFS)及其他各國環保開源資訊，透過整

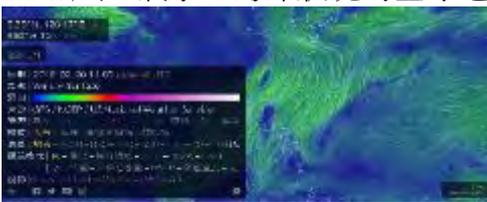
合性的平台如 Winty 網站、中國非政府組織 AQICN.org 推出的「世界空氣品質指數」(World Air Quality Index) 等等平台，提供細懸浮微粒 PM2.5 等污染物濃度即時變化及數據。

四、 台灣民間非政府組織整合產官學開源資料的即時查詢平台，如 [g0v 零時空污觀測網](#)、[紫豹在哪裡](#) 網站等等。都可以用圖像的方式呈現即時的空氣品質狀況，及過去已紀錄的資料數值。

五、 商品化的空氣盒子及及自造創客版的感測器，可以隨時瞭解身邊 PM2.5 濃度。

以下以表格來說明呈現可觀測 PM2.5 的網站及軟硬體資源：

網站 / 軟體	說明	備註
g0v 零時空污觀測網 	用來截取一週空氣品質、溫度、濕度的變化統計圖表 資料來源:LASS-開源公益的環境感測器網路、 ProbeCube-物聯網感測方塊、空氣盒子(透過 LASS 發佈)	
Windy:windy map and weather forecast 	用來觀察風的來向，以及污染物質的去向，並且含有多種氣象狀況的資訊，無論是目前風速、降雨狀況，甚至颱風規模...等資料，都能完全掌握，除了基本的風速之外，還有雲層、溫度、降雨/雪、波浪、氣壓...等數據觀測可選。 資料來源:歐洲 ECMWF 以及美國 GFS 兩個系統	(ECMWF):歐洲中期天氣預報中心，自 1979 年 8 月 1 日開展運行製作中期天氣預報 (GFS): 美國全球預報系統 (有 APP 可下載)
空氣盒子城市 PM2.5 溫濕度環境感測器 	資料來源: EDIMAX 空氣盒子、環保署觀測站、LASS 觀測站	過去 24 小時的資料可以圖表呈現，超過 1 天之前的資料可以網頁查詢的方式查詢。 (有 APP 可下載)
紫豹在哪裡 	整合政府民間的開源資料，有過去所有的空氣品質資料，可供回溯，且每一筆資料都會儲存下來，並且可以清楚的看到污染物質的去向。	以圖像的方呈現各地 PM2.5 濃度及風向動態，方便呈現各地污染狀況。資料來源: 空氣盒子以及在地空氣品質即時地圖。風向資料: 氣象資料開放平台

<p>earth:風、氣象、海洋狀況的全球地圖</p> 	<p>它是一個動畫地圖包括了風、天氣、海洋和污染狀況，跟 windy 有點相似，但它不會把資料紀錄起來，它的資料只能即時看見，有大氣、海洋、化學污染物、顆利物等四種模式。</p>	<p>資料來源是各國的衛星，及各國政府開源資料，所以它的資料範圍很廣泛</p>
<p>在地空氣品質即時地圖</p> 	<p>由環保署經費支持的微型感測器計畫，由設在中部的許多微型測站提供即時訊息，可隨時掌握周遭空氣品質及污染源</p>	<p>微型感測器體積小，不占空間，可設在路燈、紅綠燈、廟宇等小範圍地點，也可依需求而移動 (有 APP 可下載)</p>
<p>行政院環境保護署空氣品質監測網</p> 	<p>空氣品質測站是由政府設立，可以看到縣立測站及民間測站的所有相關資料，並且此監測網標有 AQI 指數 資料來源:各地的環保署測站</p>	<p>測站: 屬於大範圍監測，但體積龐大、數量少，無法瞭解每個地點詳細的 PM2.5 值</p>
<p>Google Earth</p> 	<p>用來標示能見度極限的距離，以及其他接近的山巒，高度剖面圖可以看到距離和高度，以利於衡量能見度</p>	<p>(有 APP 可下載)</p>
<p>行政院環境保護署空氣品質監測網</p> 	<p>可以查詢環保署測站歷史資料，內有即時值或平均值、AQI 值等資料，可供查詢分析</p>	
<p>中央氣象局觀測資訊查詢系統</p> 	<p>中央氣象局一年內觀測資訊查詢系統—可以查詢到各地詳細的氣象資料，例如:氣壓、濕度、氣溫、風向、風速，以及其他種種可能會干擾細懸浮微粒偵測的要素。</p>	

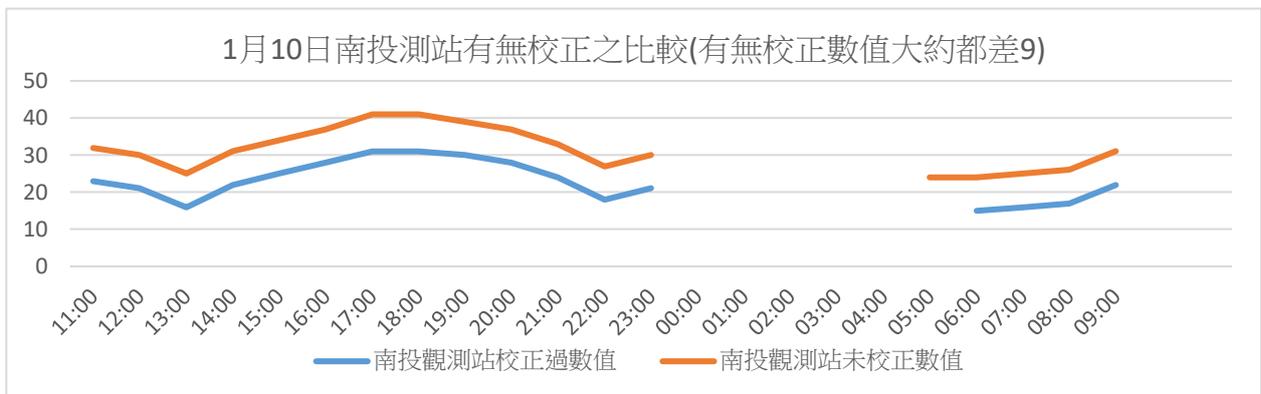
觀測設備/硬體	說明	備註
webduino 空氣盒子 	來源:材料自己找，團隊人員製作 顯示處:在手機上看得到它測出來的數據，只要裝上對應的程式積木，在偵測的過程中，資料也會上傳到雲端硬碟裡	不可偵測溫濕度，將數據和其他兩台空氣盒子做對照
Lass 4U 創客板空氣盒子 	來源:LASS 社群創客分享的硬體 製作出來的硬體，符合 LASS 規範及資料分享上傳功能，並能顯示觀測數值。	
EDIMAX 空氣盒子 	商品化的空氣盒子 連上網後，每 5 分鐘會傳溫度溼度及 PM2.5 值到空氣盒子的觀測網上，亦傳送到 LASS 系統伺服器，方便後續研究及追蹤	

PM2.5 危害人體，但受大氣擴散條件及各地氣候、地型及多樣的產生源因素影響很大，以上述介紹的各樣資源及軟硬體，由大尺度、小區域及隨地存在的微型感測器，將可以成為民眾保護自己、政府環保政策、空氣污染管制的重要參考依據。

#### 四、環保署測站 PM2.5 數值與空氣盒子及微型測站數值之比較

本研究監測各地 PM2.5 數值主要有三個主要來源，一是環保署在南投縣的三個測站，分別位於南投市、埔里鎮及竹山鎮。另一個系統是 LASS 系統，包括市售版及創客版的空氣盒子，全體總數約 4000 台，長期上線機器約 3600 台左右。另一系統是在地空品即時地圖，是由環保署所支持的「中部地區空氣污染物微型感測器系統及推動空氣污染防制志工制度計畫」（以下稱在地空品即時地圖計畫）所建置。

1. **環保署測站:**是代表政府公佈的測值，是所有研究及政策施行的基準，應為最準確的數值，其中有每隔數天，由人工實驗方式測得手動量測，亦有由機器每個小時自動偵測取得的自動量測值，環保署為求兩者數值一致，將自動量測值運用每年調整的迴歸式調整成一致。以南投測站為例，調整後的值比機器原始測到的值約少了9微克/立方公尺。

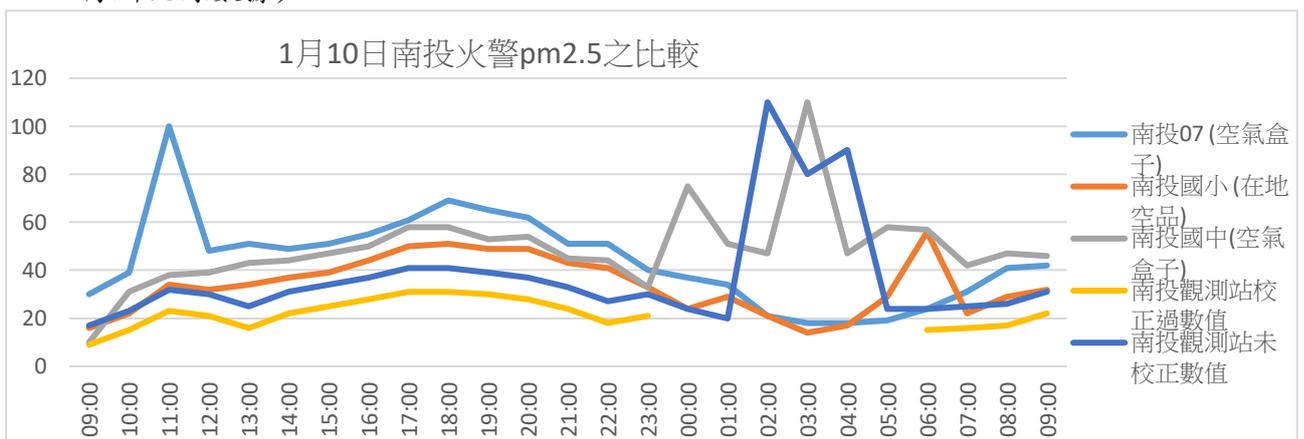


所以在環保署網站公開的即時資料，已經被調整過了，除了環保署環境資料庫查詢歷史資料時，可以選擇查詢原始值或調整值，才能看出調整前後的差距。

關於這點，交通大學的蔡春進教授認為環保署的手動量測方法，會有硝酸鹽的揮發現象使得數值低估，而環保署未進行校正補回，所以會低估約 20%左右的 PM2.5 數值，而再用迴歸式”校正”自動測站的數值，會導致全部的數值低估。這也是環保團體持續批評環保署的原因。

另外環保署另設了排除了各項與前後筆資料差距過大的”測值”，包括可能儀器檢核無效值、程式檢核無校值、及人工檢核無效值等。如上表在 2018 年 1 月 10 日 0:00~5:00 的數據空白，即是人工檢核去除的無效值！

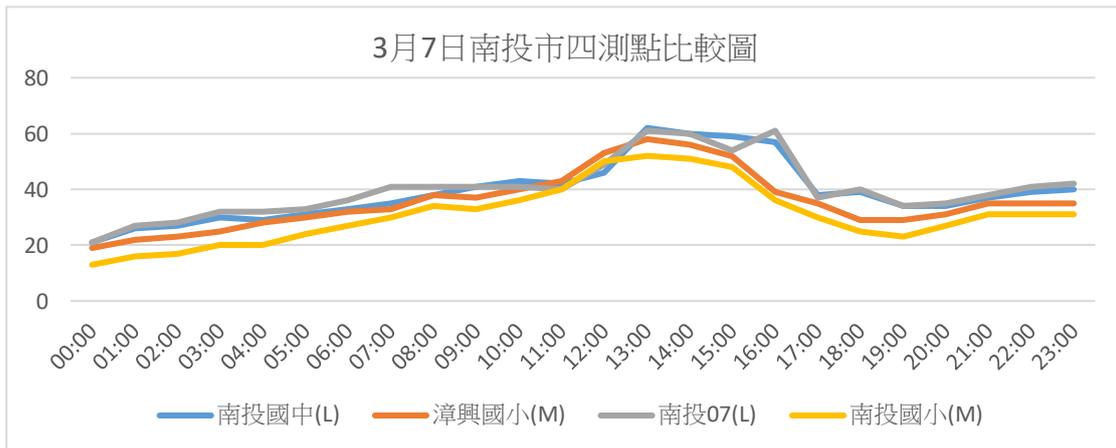
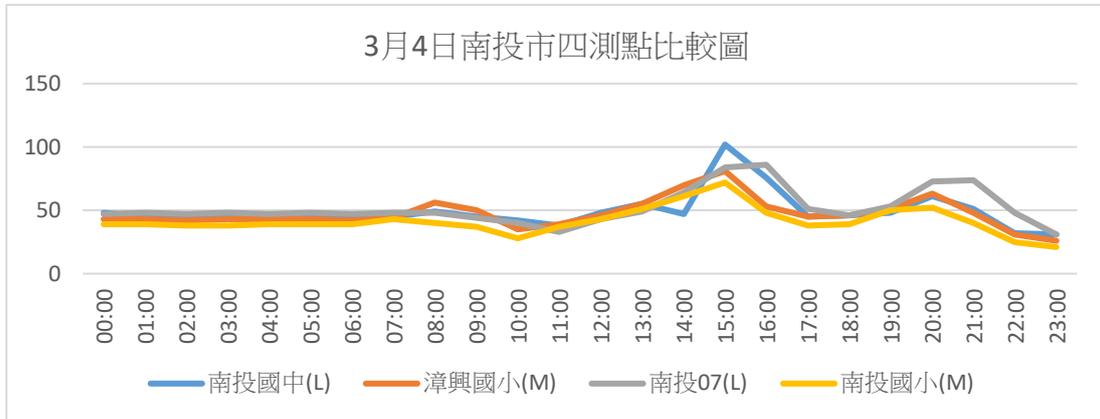
但是我們發現 2018 年 1 月 10 日南崗工業區火災事件，南投測站及南投市部分空氣盒子有紀錄到高濃度的 PM2.5，但 5 個小時的空污紀錄，在環保署的歷史資料都被刪除，這並非儀器故障，真實的污染的事件在環保署的資料庫不存在，也代表官方的數值美化了實際真實 PM2.5 情況。(下面環保署測站未校正數值為尚未被刪掉前，團隊所紀錄數據)



另外，1/10 當日因強烈冷氣團報到，南投市深夜溫度僅有 12 度，位於較火災現場較近且置於一樓空氣盒子(南投 07)沒有測到火災的 PM2.5 數值，但架於四樓的環保署測站及位於地勢高處的南投國中空氣盒子及較遠方的南投國小微型測站即有測到 PM2.5 的變化，顯示 PM2.5 亦受到地形、位置及溫度、風向等綜合因素影響。

## 2. LASS 系統空氣盒子及在地空品即時地圖微型測站比較

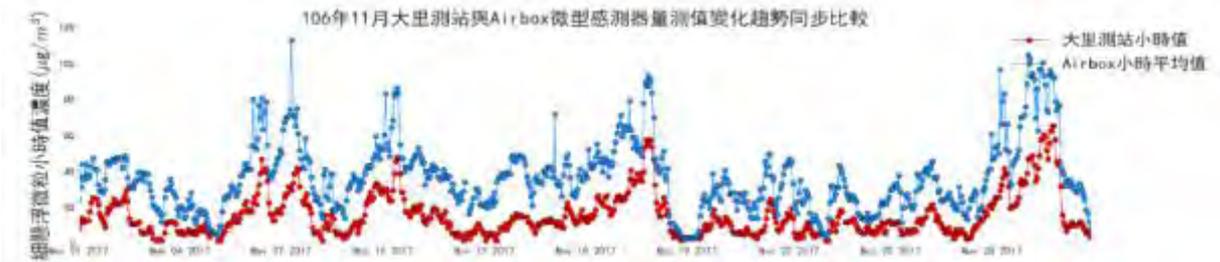
空氣盒子及微型測站可以測得氣象資料及污染物質，並將資料傳至主機及網站上，其中偵測懸浮微粒的感測器均是攀藤科技的 G3，可以同時測得 PM1、PM2.5 及 PM10，由於兩者的感測器是一致的，根據南投市，兩系統所測得的 PM2.5 數值變化，以 3 月 4 日及 7 日南投市 4 測點的分析，可以發現兩系統的數值有共同的濃度變化趨勢及相近的數值。



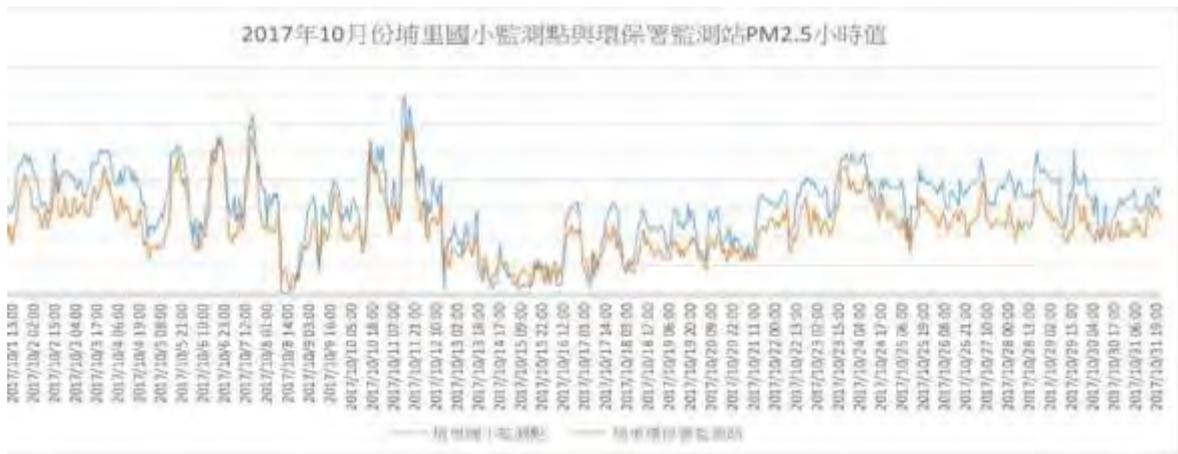
註：L:LASS 系統空氣盒子 M:在地空品微型測站

## 3. 環保署測站與空氣盒子及微型測站的數值比較

環保署與「中部地區空氣污染物微型感測器系統及推動空氣污染防制志工制度計畫」的戴教授分別實驗過空氣盒子及微型測站與環保署測站的數值比較。（參見環保署空氣品質監測網及在地空品即時地圖網站）

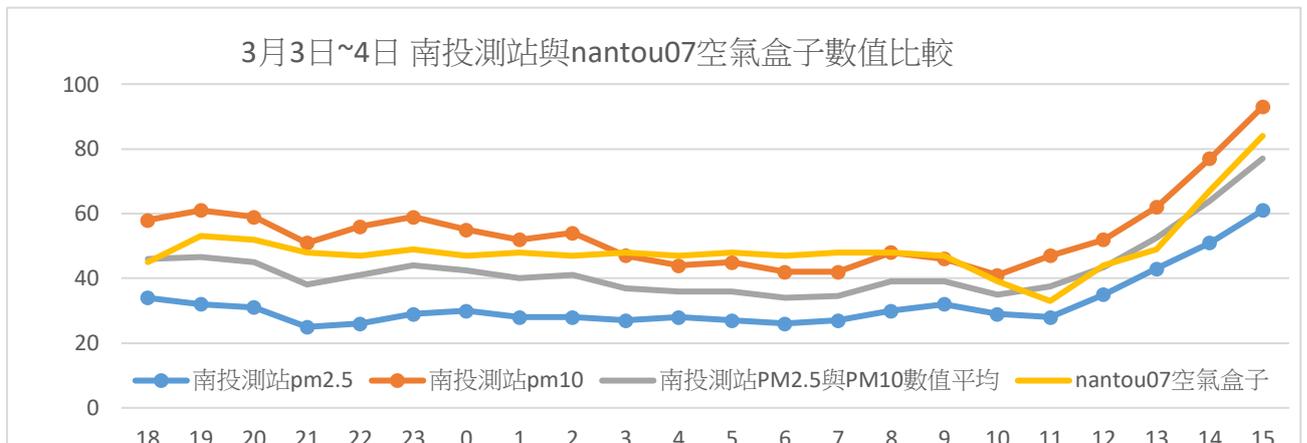


上圖是環保署大里測站與空氣盒子的測值變化比較，下圖是環保署埔里測站與緊鄰微型測站的測值變化比較，可以發現環保署自動測站的數值均略高於氣盒子及微型測站。但數值變化及濃度趨勢有一致性的變化，代表空氣盒子的微型測站的數值具有參考的價值。



而我們在進行監測的過程當中，發現有時南投市的空氣盒子顯示極高的PM2.5數值，但環保署南投測站的PM2.5即時值卻是低量的，對照當環保署南投測站的PM10值時發現PM10的值是較高的，推測可能是空氣盒子的感測器對於PM2.5到PM10的區別沒有很好，可能PM3或PM4的粒徑依舊會列入讀到數值。

以2018年3月3日~4日間，將環保署南投測站旁的空氣盒子(nantou07)與南投測站PM2.5、PM10列入分析比較，會發現空氣盒子所測得的數值，會介於環保署測站測得的PM10與PM2.5之間，如果將PM10及PM2.5的數值平均線段與空氣盒子比較，有相當接近的數值變化。



根據資料的收集及分析，我們發現不論是空氣盒子與微型測站，所測得的數據及隨時間的變化狀況，是有意義的，更可以配合環保署測站資料及中央氣象局的氣象資料，判讀各地的懸浮微粒污染狀況。

## 參、研究目的

- 一、瞭解南投縣各地PM2.5污染程度，及PM2.5受到高度影響的程度
- 二、瞭解南投縣各鄉鎮多樣地形的平地、台地、丘陵、山地PM2.5污染程度
- 三、瞭解PM2.5、PM10對能見度的影響

## 肆、研究過程與討論

### 一、瞭解南投縣各地 PM2.5 污染程度

#### (一). 研究過程與方法

1. 每天紀錄環保署測站、及空氣盒子、在地即時空氣品質地圖等即時污染 PM2.5 網站中，南投縣各地(南投、草屯、埔里、竹山、鹿谷、信義等地)PM2.5 數值及濃度變化圖，搭配天氣狀況瞭解天氣污染的變化。
2. 每週至 GOV 零時政府空污觀測網，針對觀測各地進行一週 PM2.5 濃度變化的觀察，瞭解各地的狀況。

#### (二) 南投各地懸浮微粒濃度探討

這幾年台中市民及環保團體對抗議的新聞常常登上媒體，2015 年商業周刊也報導了埔里地區受到很嚴重的 PM2.5 污染，所以許多民眾認為台中的 PM2.5 問題比南投嚴重，而南投埔里是最南投 PM2.5 最嚴重的地方。而且認為南投地廣人少，交通工具較少且工業污染源少又山多樹多，一定空氣比較好。

我們進行科展的時間是 2017 年的 11 月，因為秋冬兩季是中部地區的 PM2.5 污染嚴重的季節。原因是夏季低氣壓盛行，對流旺盛，地面的污染物質易被帶至高空吹散；而秋天開始東北季風盛行，吹到中部因地形影響轉為西北風，將沿海的燃煤電廠、鋼鐵廠、工業區產生的污染物質往內陸吹到南投山區，因山區阻隔而沉積。

而我們在每天紀錄的過程中發現普遍南投縣各地，竹山地區及南投地區的 PM2.5 濃度經常高過於埔里地區及台中市，故依依環保署測站的月平均資料進行比較：

時間	測站	PM2.5( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Pm10( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM2.5/pm10 比例
2017 年 10 月	忠明	21	36	0.58
	大里	23	51	0.45
	南投	23	51	0.45
	埔里	23	40	0.57
	竹山	29	47	0.53
2017 年 11 月	忠明	19	35	0.54
	大里	16	47	0.34
	南投	25	55	0.45
	埔里	25	42	0.60
	竹山	37	60	0.62
2017 年	忠明	24	41	0.59
	大里	20	51	0.39
	南投	31	59	0.53

12 月	埔里	29	43	0.67
	竹山	40	60	0.67
2018 年	忠明	19	38	0.5
	大里	16	47	0.34
1 月	南投	27	55	0.49
	埔里	23	35	0.66
	竹山	35	56	0.63

根據上表的數據，2017 年 10 月時，大里站與南投站數值相同，11 月之後都呈現南投站高過大里站的狀況。台中距南投縣較近的兩站，靠山邊的大里站數值也較忠明站高。可以看出環保署三個測站的縣浮微粒數值 竹山站最高、南投站次之，埔里站最低；而南投三測站的數值多高於台中測站的數值。

這些數值清楚顯示南投縣的 PM2.5 污染高於台中市，而竹山鎮的嚴重程度高於南投站，埔里站反而是三地中污染較低的地區。但值得注意的事，南投市測得的 PM10 指數這四個月中，10 月高於竹山，12 月及 1 月平均只少 1 微克/立方公尺，表示南投市的 PM10 污染亦屬嚴重，值得防治時參考。

## 二、瞭解南投縣各鄉鎮多樣地形的平地、台地、丘陵、山地 PM2.5 污染程度

### (一). 研究過程與方法

1. 每天紀錄環保署測站、及空氣盒子、在地即時空氣品質地圖等即時 PM2.5 網站中，南投縣各地(南投、草屯、埔里、竹山、鹿谷、信義等地)PM2.5 數值及濃度變化圖，搭配天氣狀況瞭解天氣污染的變化。
2. 每週至 GOV 零時政府空污觀測網，針對觀測各地進行一週 PM2.5 濃度變化的觀察，瞭解各地的狀況。
3. 搭配 google earth 計算各地高度及地形高度變化圖及距離等資料，瞭解 PM2.5 可能傳播的路徑及阻礙。

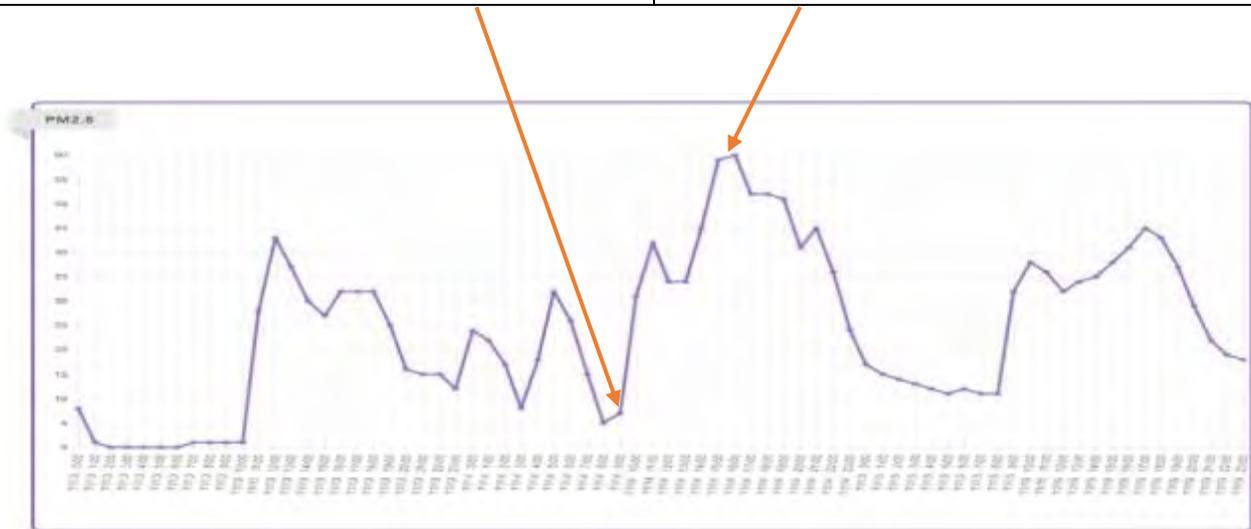
### (二)研究討論：

#### 1. 信義鄉 PM2.5 濃度變化的探討：

從每天及每週的觀測紀錄中，發現南投的山區不是世外桃源，即時遠如信義鄉、仁愛鄉，亦受到 PM2.5 的污染，在合適的風向下，海拔 800 公尺以下的淺山區均可測得極高的數值，惟距離污染源愈遠，受到地形的阻隔及山區的自淨作用，在無風的情形下，尚維持清淨的空氣品質。

2017 年 11 月 14 日老師到信義鄉信義國中研習，順便帶空氣盒子偵測沿途各地的 PM2.5 數值，8 點左右在信義鄉郡坑附近 PM2.5 數值降至 0~5，沿途景色清澈，當天 10 點時，山谷開始感受到起風，PM2.5 數值也看到明顯的上升，能見度也持續下降。當日下午 16 時在原拍照地點 PM2.5 數值已經超過 50 了。以附近郡坑國小微型測站的紀錄，發現信義山區 PM2.5 數值白天及晚上有週期性上升與下降的現象。

日期：2017.11.14 時間：9:12 新中橫公路郡坑	日期：2017.11.14 時間：16:23 新中橫公路郡坑
	
溫度：24.8 度 濕度：80 PM2.5：5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	溫度：22.5 度 濕度：99 PM2.5：55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



我們觀察到信義鄉 PM2.5 數值及能見度在一天之內有很大的差別，發現了山區 PM2.5 與天候關係，比平地最為密切。所以我們以信義鄉向外延伸到西側的鹿谷、再外側的竹山及林內，進行長期的觀察追蹤。我們以雲林私立淵明國民中學、竹山高中、谷之源高山茶鹿谷秀峰站、奕青莊園。四個空氣盒子測點進行紀錄。以 2017.12.18~24 一週為例，可以看見 PM2.5 的濃度是由林內依序往竹山、鹿谷及信義傳送遞減，而且靠山區的山區及信義呈現明顯的週期性濕度變化，而且早上濕度一下降，PM2.5 濃度亦快速的上升。而晚上則相反，使得 PM2.5 在信義呈現每天週期性且大幅度的變化。

推測這與山區的谷風現象有關，谷風是由於山谷的斜坡上接受強烈日射所散發的熱，連帶使附近地區也受熱，空氣變輕沿斜坡上昇，而形成往山頂吹拂的風。谷風日出後不久即開始，白天最強，日落後不久就停止。當谷風吹起時，乾淨空氣上昇，補進山谷的空氣是外面高濃度的 PM2.5 空氣，使得 PM2.5 不斷累積，待日落風停後，深夜達到最高值，清晨再漸漸消散，每日週而復始。

這個現象我們從中央氣象局統一建置的”中央氣象局觀測資訊查詢系統”找到鹿谷及信義氣象測站的數據可以發現

**鳳凰測站(鹿谷鄉) 1/22 早上最高風速是 2.0 公尺/秒**

時間	氣壓	氣溫	濕度	風速	風向
10	913.3	18.5	89	2.0	97
11	912.7	19.9	79	1.8	114
12	911.5	21.7	69	1.8	44
13	910.9	21.4	77	1.1	309

**信義測站 1/22 早上最高風速是 1.2 公尺/秒**

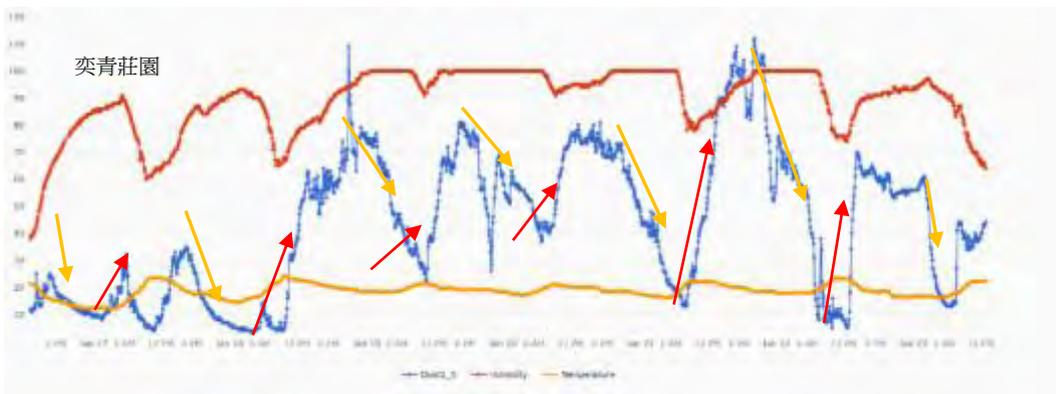
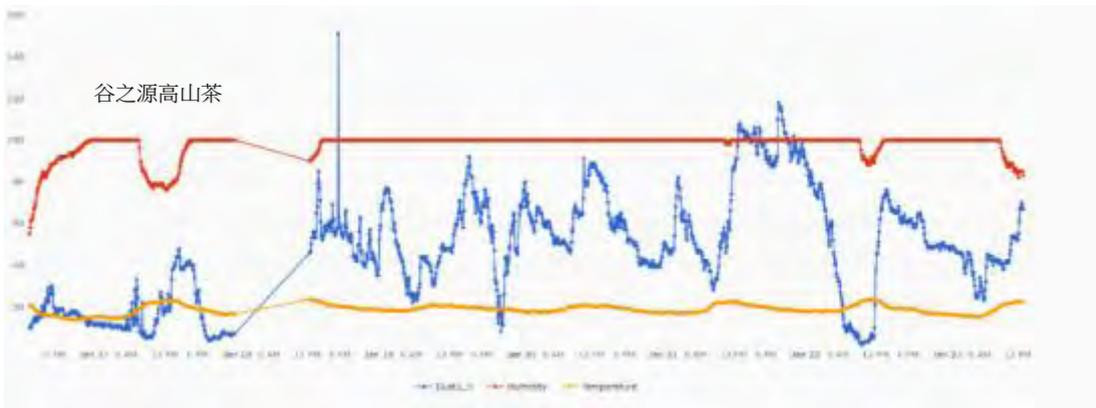
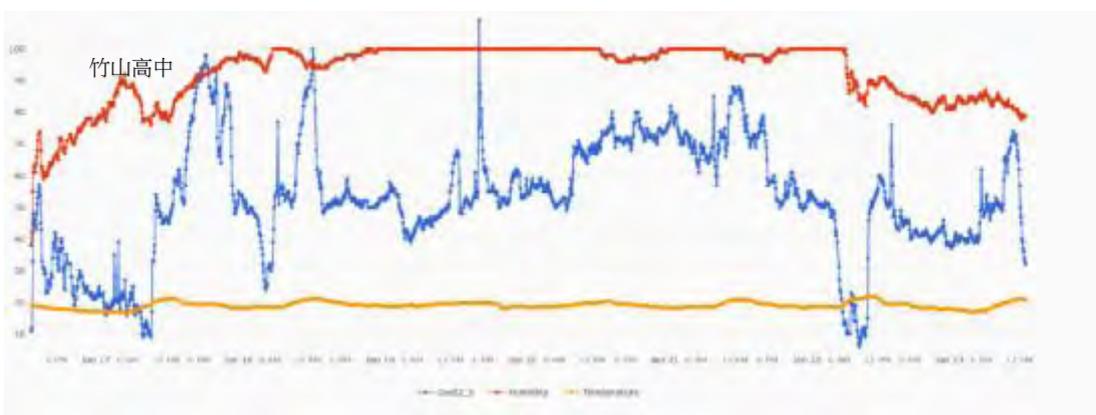
10	956.4	19.5	93	0.7	96
11	955.3	20.7	84	0.7	101
12	953.7	22.9	66	1.2	105
13	952.6	23.4	64	0.9	93

而林內到信義直線距離約 28 公里，林內往西到海邊即為中南部最大的 PM2.5 污染源-六輕石化工業區，而林內往內到竹山及鹿谷及信義均為農業鄉，無重大 PM2.5 污染源，且其中淵明國中及竹山高中位於丘陵緩坡，谷之源高山茶測點及奕青莊園測點均位於山谷之中，且兩者相隔約海拔 1200 公尺的山稜，可作為 PM2.5 可否翻山越嶺的觀測指標。



林內鄉到信義鄉的地形圖及高度剖面圖

下表:雲林私立淵明國民中學、竹山高中、谷之源高山茶鹿谷秀峰站、奕青莊園  
2018.1.17~23 一週溫濕度及PM2.5變化

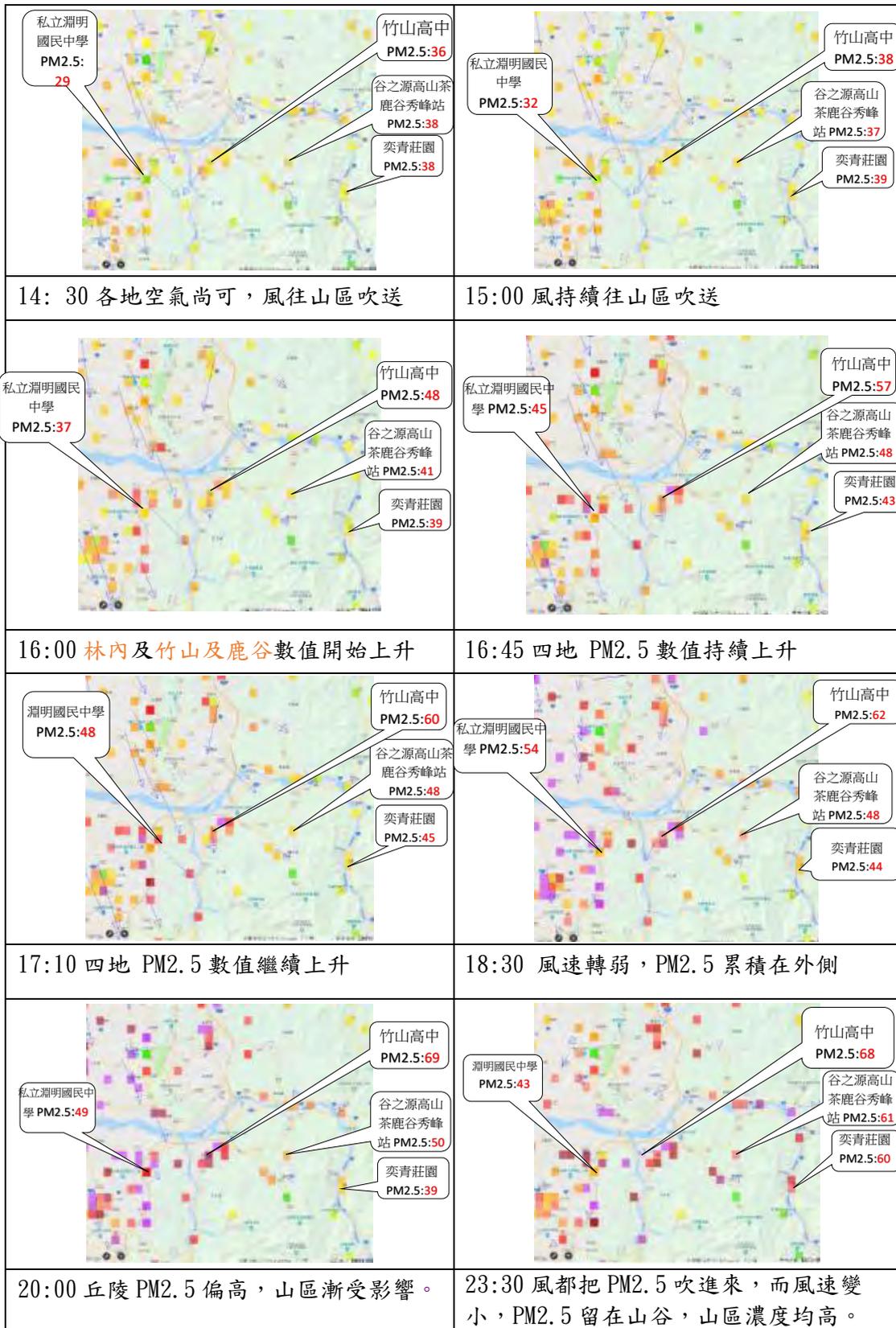


註: 紅色: 早上PM2.5上升線段

橘色: 晚上PM2.5下降線段

我們以台灣綜合氣象及污染數值資料整合度很高的「紫豹在哪裡」網觀察相關日期的進行截圖分析，可以看到山區風吹影響PM2.5的現象

2017/12/24 林內→竹山→鹿谷→信義四地PM2.5流動方向



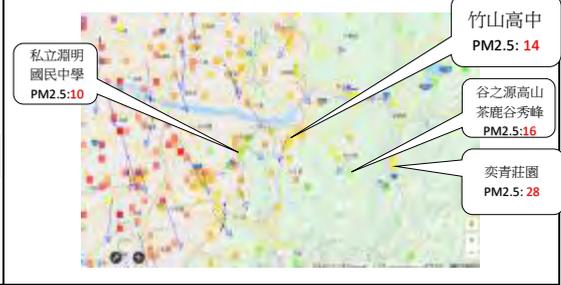
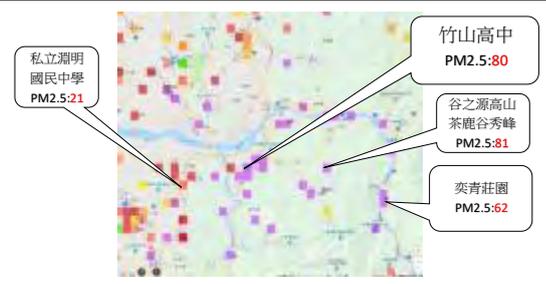
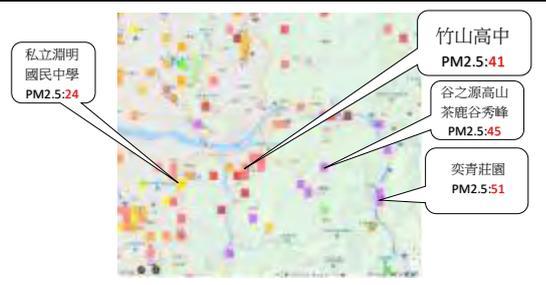
單位標記: Pm2.5/pm10(  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  )

2018/1/21 林內→竹山→鹿谷→信義四地 PM2.5 流動方向濃度變化

<p>10:00 PM2.5 都在林內及竹山</p>	<p>12: 00 此時起風，PM2.5 開始往鹿谷和信義</p>
<p>14:00 風向繼續往內吹，往鹿谷和信義方向</p>	<p>16:50 過了一段時間，全都變紫色</p>
<p>19:20 而風持續往下吹，而林內的PM2.5變小</p>	<p>20:50 風開始把PM2.5往下吹，林內空氣開始變好，但鹿谷和信義山谷PM2.5持續累積</p>
<p>21: 20 竹山 PM2.5 值開始下降，但鹿谷和信義山谷 PM2.5 持續累積</p>	<p>23: 00 外側有風流動，但鹿谷和信義山谷 PM2.5 持續累積</p>

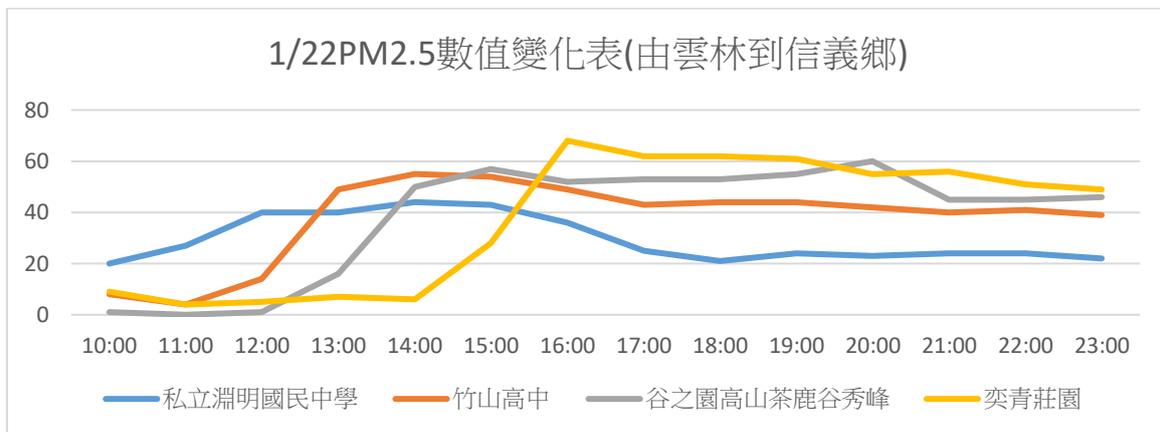
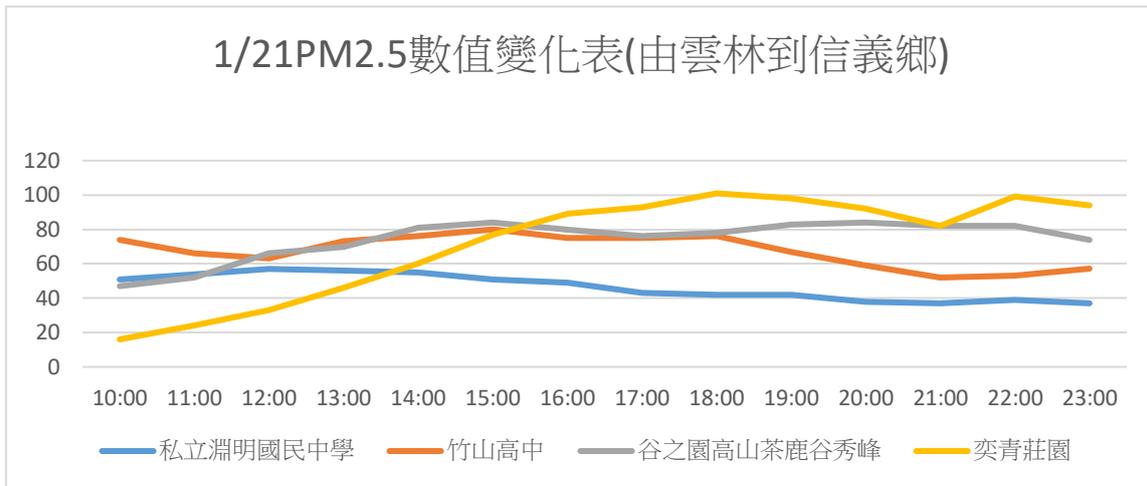
單位標記:PM2.5/pm10(  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  )

2018/1/22 林內→竹山→鹿谷→信義四地 PM2.5 流動方向濃度變化

	
<p>9:50 山區風小，PM2.5 多在林內及竹山</p>	<p>12:20 山區起風，外側 PM2.5 漸入山谷</p>
	
<p>14:00 外側弱風，PM2.5 累積，且山谷起風，PM2.5 灌入山谷</p>	<p>16:20 風持續往內吹，所以鹿谷及信義數值偏高</p>
	
<p>18:00 外側風速加大，林內 PM2.5 數值下降 竹山鹿谷則上升</p>	<p>20:20 竹山鹿谷 PM2.5 數值略降，信義略升</p>
	
<p>22:00 風向轉為北風，四地 PM2.5 數值持續下降</p>	<p>23:00 風向轉為北風，將 PM2.5 吹散</p>

單位標記: Pm2.5/pm10(  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  )

我們以風向由外側向山區(林內往信義)方向的 1/21 及 1/22 兩天，將 PM2.5 小時數值及圖表示如下：



可以發現信義鄉有著距離及 1200 公尺的山稜作為屏障，在本身溪谷無風，且外界弱風的情況下，可以不受外界影響，PM2.5 維持極低。但是如果谷風升起，外側風吹進來，則灌進山谷的 PM2.5，通常會維持半天以上的高數值。而外側平地、丘陵，受風向的影響，數值易高亦易低。

另外，由四地的圖表可以輕易看出，只要風向正確，從平地到海拔 800 公尺的山谷，即使隔著 1200 公尺的山稜屏障，PM2.5 均可以輕易跨過，不因為高度或丘陵而數值減少，反而是兩高山之間的山谷，蓄積 PM2.5 在無風的情況下會難以消散，這與一般人認為遠離污染源的山區一定有好空氣的觀念，並不一致。

## 2. 劇烈天氣變化會大幅影響 PM2.5 濃度

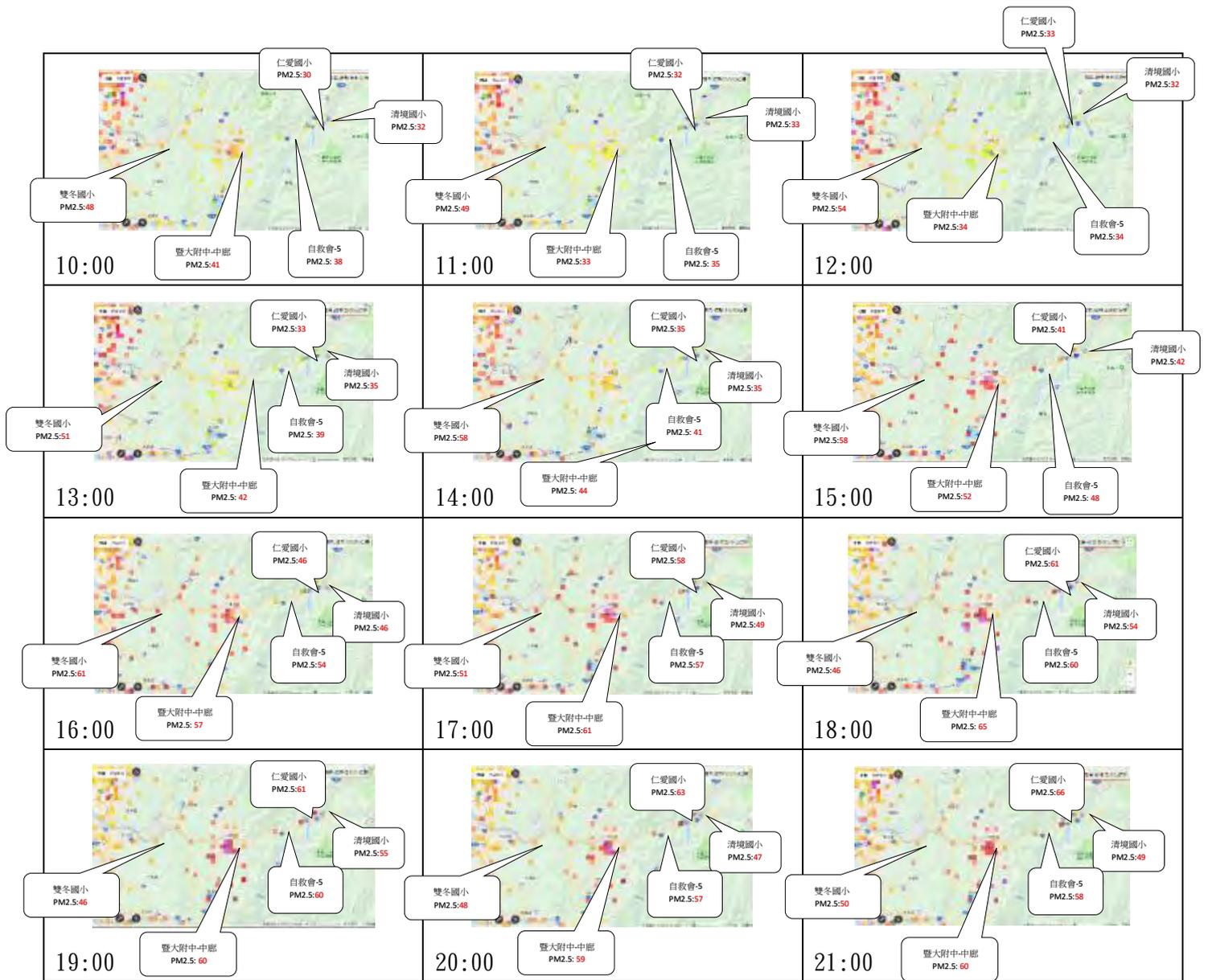
在觀察過程中，發現劇烈天氣變化會使得 PM2.5 濃度快速變化，2018/1/8 中午時南投烏雲密布，此時 PM2.5 約 50~60 微克/立方公尺，約 12:30 劇烈降雨及吹風後，PM2.5 濃度快速下降至個位數，依中央氣象局的資料，當天竹山從 12:00 的 23.4 度降到 18.4 度，濕度也從 86% 升到 99%，南投縣 PM2.5 污染最嚴重的竹山地區，瞬間有了絕佳空氣品質。這段時間的觀察實驗的過程中，發現冬季南投好天氣通常是壞空氣，壞天氣可能有好空氣！



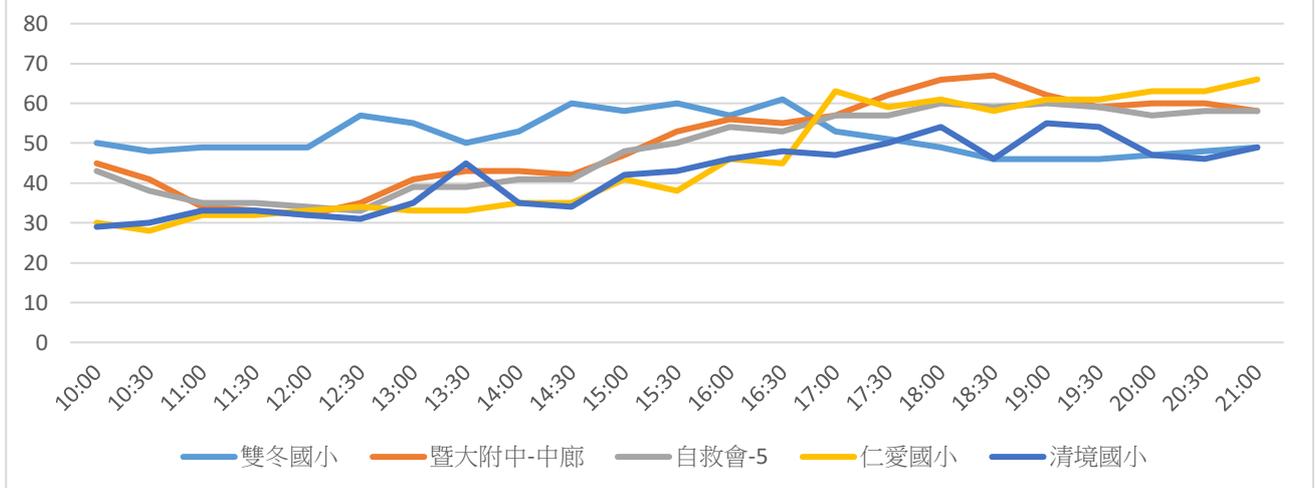
### 3. 南投縣高海拔地區 PM2.5 數值濃度追蹤

PM2.5 有跨距遠傳的能力，故沿海及都會區產生的污染物質在吹西風的情況下，會將污染物質灌入埔里盆地，那 PM2.5 可以上到海拔多高呢？根據空氣盒子及微型測站的設置，台中最高點在台中市和平區環山部落的平等國小，海拔 1600 公尺。微型測站在南投最高點是清境國小，海拔亦為 1600 公尺左右，可以由溪谷沿線測點，瞭解 PM2.5 的動態及濃度。

以下圖 2018/2/13 為例 PM2.5 充滿埔里盆地時，海拔 1000 公尺的仁愛國小 PM2.5 只比埔里地區少 5 微克/立方公尺，海拔 1600 公尺的清境國小 PM2.5 達到 54 微克/立方公尺，只比埔里約少 10 微克/立方公尺而已，顯見絕大部分民眾居住的地方都可能受到 PM2.5 危害。



雙冬國小到清境國小(由低到高,左而右排列)  
2月13日 PM2.5數值



註:每半小時紀錄一次,如果資料有缺失則以前後五分鐘的資料補上

### 三、瞭解 PM2.5、PM10 對能見度的影響

#### (一). 研究過程與方法

1. 每天定時拍照從南投國中(八卦山台地上)行政大樓三樓望向中央山脈方向，朝向雪山(九九峰)方向，及面對中寮(九份二山)方向兩個角度的照片。
2. 每天紀錄拍照時的溫度濕度、空氣盒子 PM2.5 值及南投測站 PM2.5 及 PM10 值
3. 搭配 google earth 計算各地高度及各山頭地標與南投國中距離等資料，瞭解懸浮微粒與能見度的關聯。
4. 由遠方的山脈的所在鄉鎮，及附近的氣象相關測點開源資料，紀錄當下各氣象測點的濕度資料，瞭解影響能見度的水氣量，往雪山方向選擇新社及梨山測點，往中寮方向選擇中寮測點。

#### (二)能見度觀察探討:

根據每日的紀錄，發現能見度受到眾多氣候因素及污染物質的影響，但是 PM2.5 及 PM10 數值較高的時間，特別是 PM10 較高的天氣，能見度會顯著的下降。

我們拍到最好視野的照片是 2017 年 12 月 11 日，當天一早南投草屯籠罩在薄霧中，待 陽光強烈到水氣消散時，展現出最清楚的視野，並看到了平時隱身於雲之中的雪山主峰，依 google earth 的測距，能見度高達 77 公里以上！

對照當天的氣候條件，及 PM2.5 及 PM10 數據，我們發現能見度除了 PM2.5 及 PM10 數值不能太高外，還要從學校到山頂的空氣品質良好，及適當的濕度、萬里無雲的天候及溫暖的陽光。

20171211 最佳能見度單位標記:Pm2.5/pm10(  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 濕度:% 溫度:°C

	
上午 7:48 溫度:14.3 濕度:98 PM2.5:26	上午 7:48 溫度:14.3 濕度:98 PM2.5: 26
	
上午 10:02 溫度:18.5 濕度:71 PM2.5:24	上午 10:02 溫度: 18.5 濕度:71 PM2.5:24

我們即以此張照片對照 google earth 上的各山頂地點，標示各目距離及相對位置圖



晴天能見度雪山視角(皆是早上八點拍的)依PM10 排列由小到大

單位標記: Pm2.5/pm10(  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 濕度: % 溫度: °C

 <p>1. 2017/12/19 PM2.5:5 PM10:20 溫度: 16.2 濕度南投:75/新社:83/犁山:99</p>	 <p>2. 2018/1/30 PM2.5:14 PM10:22 溫度: 13.9 濕度南投:87/新社:94/犁山:99</p>
 <p>3. 2017/12/1 PM2.5:7 PM10:26 溫度: 22.0 濕度: 南投:71/新社:72/犁山:97</p>	 <p>4. 2017/12/18 PM2.5:10 PM10:28 溫度: 16.7 濕度: 南投:71/新社:77/犁山:99</p>
 <p>5. 2017/12/8 PM2.5:15 PM10:32 溫度: 15.1 濕度: 南投:78/新社:76/犁山:99</p>	 <p>5. 2017/12/21 PM2.5:9 PM10:32 溫度: 16.6 濕度: 南投:62/新社:63/犁山:27</p>
 <p>6. 2018/1/15 PM2.5:17 PM10:34 溫度: 16.3 濕度: 南投:75/新社:91/犁山:68</p>	 <p>7. 2018/1/10 PM2.5:17 PM10:37 溫度: 10.7 濕度: 南投:76/新社:72/犁山:98</p>

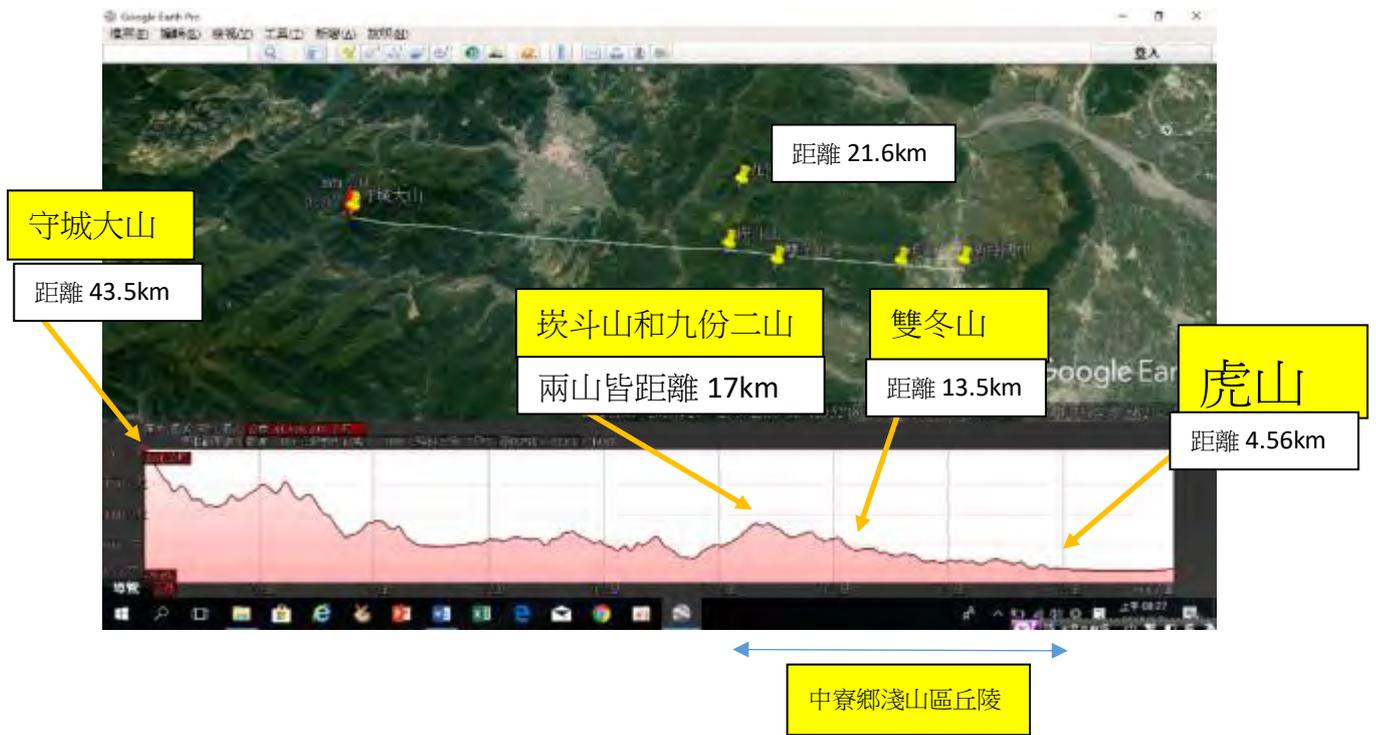
	
<p>7. 2017/11/9 PM2.5:17 PM10:37            溫度：25.5 濕度：南投:77/新社:77/犁山:90</p>	<p>8. 2017/11/8 PM2.5:19 PM10:38            溫度：25.0 濕度：南投:79/新社:82/犁山:81</p>
	
<p>9. 2017/11/24 PM2.5:16 PM10:40            溫度：19.6 濕度：南投:68/新社:90/犁山:81</p>	<p>10. 2018/1/11 PM2.5:21 PM10:41            溫度：12.0 濕度：南投:63/新社:63/犁山:29</p>
	
<p>10. 2017/11/13 PM2.5:15 PM10:41            溫度：23.3 濕度南投:87/新社:97/犁山:99</p>	<p>10. 2017/11/2 PM2.5:25 PM10:41            溫度：24.5 濕度：南投:76/新社:42/犁山:57</p>
	
<p>11. 2017/12/4 PM2.5:12 PM10:42            溫度：20.2 濕度南投:73/新社 76:/犁山:64</p>	<p>12. 2018/1/26 PM2.5:17 PM10:43            溫度：17.6 濕度：77/新社:84/犁山:79</p>
	
<p>12. 2017/11/21 PM2.5:20 PM10:43            溫度：23.2 濕度南投:78/新社:87/犁山:97</p>	<p>13. 2017/12/14 PM2.5:28 PM10:45            溫度：20.0 濕度:南投:78/新社:65/犁山:93</p>

	
<p>14. 2017/11/11 PM2.5:22 PM10:46  溫度：23.8 濕度：南投:85/新社:98/梨山:89</p>	<p>15. 2018/1/24 PM2.5:26 PM10:47  溫度：19.0 濕度：南投:75/新社:78/梨山:82</p>
	
<p>15. 2017/12/11 PM2.5:26 PM10:47  溫度：17.9 濕度：南投:74/新社:74/梨山:99</p>	<p>16. 2018/1/12 PM2.5:19 PM10:48  溫度：11.1 濕度：南投:63/新社:59/梨山:*</p>
	
<p>17. 2017/11/16 PM2.5:23 PM10:51  溫度：25.0 濕度：南投:80/新社:64/梨山:90</p>	<p>18. 2018/1/25 PM2.5:29 PM10:55  溫度：18.6 濕度：南投:77/新社:86/梨山:84</p>
	
<p>18. 2017/11/14 PM2.5:27 PM10:55  溫度：24.5 濕度南投:85/新社:100/梨山:99</p>	<p>19. 2017/11/28 PM2.5:34 PM10:57  溫度：24.4 濕度：南投:80/新社:78/梨山:97</p>
	
<p>20. 2017/12/22 PM2.5:47 PM10:74  溫度：17.1 濕度：南投:72/新社:71/梨山:18</p>	<p>21. 2017/12/27 PM2.5:55 PM10:84  溫度：19.5 濕度：南投:75/新社:79/梨山:43</p>



\* 觀測點往中寮方向及九份二山視角：





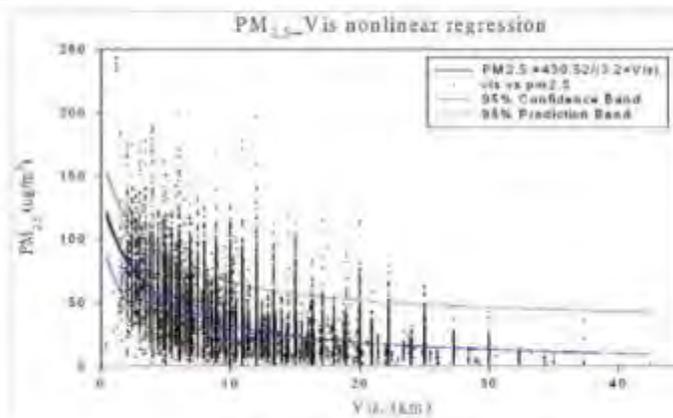
晴天能見度 **中寮方向** (早上八點拍攝) 單位標記:  $\text{Pm}2.5/\text{pm}10 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$  濕度: % 溫度:  $^{\circ}\text{C}$

<p>1. 2017/12/19 <b>PM2.5:5</b> <b>PM10:20</b> 溫度: 16.2 濕度: 南投:75/中寮:96</p>	<p>2. 2018/1/30 <b>PM2.5:14</b> <b>PM10:22</b> 溫度: 13.9 濕度: 南投:87/中寮:98</p>
<p>3. 2017/12/1 <b>PM2.5:7</b> <b>PM10:26</b> 溫度: 22.0 濕度: 南投:71/中寮:88</p>	<p>4. 2017/12/18 <b>PM2.5:10</b> <b>PM10:28</b> 溫度: 16.7 濕度: 南投:71/中寮:93</p>

(三)能見度討論及比較:

根據莊秉潔等(2013)的研究，利用 PM2.5 會吸收、散射太陽光線、降低能見度之特性 (Abbey et al., 1994)，以 2004-2012 年環保署中午(10:00-14:00)之 PM2.5 資料及氣象局之能見度資料，來建立台灣 PM2.5 濃度與能見度之關係。迴歸統計以基隆、板橋、台中、台南、花蓮及台東為代表，同時考慮起霧所造成能見度不良的影響，僅選用日平均相對溼度小於 70% 及日累積降雨量等於 0 之資料，繪出能見度與 PM2.5 相關圖，由圖可以看出，PM2.5 之濃度與能見度呈負相關。

資料來源	資料篩選	迴歸方程式	R <sup>2</sup>	P-test
基隆、板橋、台中、台南、花蓮和台東測站日均值資料	1.日平均相對溼度小於70% 2.日累積降雨量為0	$PM_{2.5} = \frac{430.52}{3.20 + 1.7x}$	0.40	<0.0001



能見度與 PM2.5 濃度之相關性 (莊秉潔 2013)

而值得注意的是，在 95%信心區間，PM2.5 數值 25 微克/立方公尺以下時，能見度可從 20 公里到趨近無限遠，如果加上相關溼度大於 70% 以上的狀況時，能見度變化更大，這與本實驗能見度拍攝的影像結果相符。因為根據本實驗期間的紀錄及氣象資料，除懸浮微粒影響能見度外，還可以討論陽光有無、高雲或低雲、南投溼度及遠方山區的溼度、氣溫高或低及這些因素交錯的成因變化，也難怪空氣好不好和能見度的關係，一般人難以直接結論。

根據本實驗的長期紀錄，以下用以陽光、多雲、高低雲層、溼度、PM2.5 及 PM10 交互影響的能見度討論：（下列單位標記:PM2.5 及 PM10:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  濕度:% 溫度:°C）

- **問題探討 1:** 為何南投市測站同樣的溼度、相近 PM2.5 及 PM10 指數，但能見度不同呢？  
討論：能見度高表示從起點到終點的大氣中，干擾能見度的因素要降至極低，我們可以從查到南投市的空氣品質及氣象資料，以下圖 201712/1 與 2017/12/18 拍攝照片 為例，南投市區有類似的空氣品質及氣象資料，但是能見度差距 50 公里以上，推測可能是山區空氣品質或雲霧的影響，經查詢氣象局新社及和平區竹氣象資料，果然發現山區的濕度極高，干擾能見度。

	
2017/12/1 PM2.5: <b>7</b> PM10: <b>26</b> 濕度：南投溼度 71 溫度：22.0 新社: <b>83</b> (濕度) 和平: <b>79</b> (濕度)	2017/12/18 PM2.5: <b>10</b> PM10: <b>28</b> 濕度：南投溼度 71 溫度：16.7 新社: <b>93</b> (濕度) 和平: <b>100</b> (濕度)

● **問題探討 2:** 能見度接近的情況，懸浮微粒數值有可能差異很大

	
22. 2017/12/25 PM2.5: <b>45</b> PM10: <b>95</b> 溫度：18.5 濕度：南投: <b>61</b> /新社: <b>76</b> /犁山: <b>99</b>	7. 2017/11/3 PM2.5: <b>14</b> PM10: <b>36</b> 溫度：23.7 濕度南投: <b>83</b> /新社: <b>99</b> /犁山: <b>92</b>

以 12/25 照片 22 號及 11/3 照片 7 號為例，兩者能見度看似一樣，但 PM2.5 及 PM10 的數值相差達到三倍，12/25 當天很明顯當天南投相對濕度不高，能見度不佳應與懸浮微粒有直接的關係，11/3 南投及新社的相對濕度超過 80%，新社為 99%，顯示 11/3 當日的能見度不佳，與陰天及低雲的關係較大。

由這兩天的照片紀錄也告訴我們，能見度不佳可能是天候，也可能是空污造成的，肉眼無法判斷空氣好壞，如果有附近的空氣盒子、微型測站或環保署的測站，還是要多參考比對環境現狀，才能培養應對 PM2.5 的覺知能力。

● **問題探討 3:** 懸浮微粒數值愈大，是否能見度愈差？

	
6. 2018/1/15 PM2.5: <b>17</b> PM10: <b>34</b> 溫度：16.3 濕度：南投: <b>75</b> /中寮: <b>99</b>	15. 2017/12/11 PM2.5: <b>26</b> PM10: <b>47</b> 溫度：17.9 濕度：南投: <b>74</b> /中寮: <b>99</b>

以全部照片排序來看，可以發現”在一樣的天候條件下”，的確懸浮微粒數值愈大(PM2.5或PM10)，能見度愈差。在一樣的天候條件下指的是，比較的兩天的天氣形態要相似，即可發現懸浮微粒與能見度相關。如上圖 12/11 與 1/15 比較，在有陽光，相似天候條件下，較高懸浮微粒的情況下，能見度較差。

## 伍、結論

PM2.5 在南投的變化及數值的高低，決定於氣象條件及地形的條件。因冬天台灣受東北季風的影響，所以，沿海的工業區、電廠及都會區的污染物質會往南投吹，其中有能力傳最遠的是 PM2.5，遠至信義鄉的山谷，高至 1600 公尺的清境，都會受到 PM2.5 危害，而且 PM2.5 數值不因高度而快速降低，表示大多數南投居民都在 PM2.5 的危害下生活。而且肉眼不足以感覺 PM2.5 的濃度高低，壞天氣也有好空氣，好天氣也有壞空氣。

山區雖有山稜屏障，阻隔 PM2.5 入侵，但山區特有谷風現象，又會造成負壓使得 PM2.5 灌入山谷，且可能造成高濃度 PM2.5 累積。

建議南投縣居民日常生活隨時關心附近 PM2.5 測點數值，作為活動參考，保護自身健康，長遠來看，南投縣民依舊要關心台灣的環保政策，並督促政府落實 PM2.5 減量，才能減少 PM2.5 的危害。而對台灣各地的居民來說，遠方的環境問題依舊會影響自身週遭的空氣品質，大家需要共同關心與面對解決台灣的環境問題，沒有人是局外人。

## 陸、參考資料

1. 環保署(2015年10月) • 認識細懸浮微粒 PM2.5。
2. 莊秉潔、郭珮萱、古鎧禎、鄭逸璋、李泓錡(2014) • PM2.5與石化產業•中興大學環工系。
3. 「紫爆」不助我！--環境中細懸浮微粒 (PM2.5) 的偵測研究，中華民國第56屆中小學科學展覽會。
4. 在地空氣品質即時地圖網站 <http://www.airq.org.tw/>
5. 環保署空氣品質監測網。  
<https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/Aqi/Central/Nantou.aspx>

## 【評語】 030507

比較空氣盒子與空氣品質測站的 PM2.5 與 PM10 的觀測值，了解空氣盒子監測值之代表性與可應用性。利用空品測站與空氣盒子的觀測資料探討南投地區細懸浮微粒的時空分布與變化特徵，討論氣流傳送與地形之影響，作品相當完整，進行人工能見度觀測。另探討能見度變化與細懸浮微粒濃度、濕度以及霧霾的相關性，結果明確並具可應用性，作品優良。圖表說明可以在增強以利別人閱讀與參考。東北季風繞流與海陸風、山谷風之合併影響可以進一步討論分析。

## 摘要:

本研究發現南投空氣的PM2.5 數值比台中還要高且嚴重，而嚴重程度竹山>南投>埔里。現在開源且分享的氣象及空污網站已經可以讓我們追蹤PM2.5 的擴散及特性，無論是 LASS 系統的空氣盒子或在地空氣品質網站的微型測站數值趨勢及濃度變化都和環保署測站有共同的變化。而懸浮微粒(包括 PM2.5 及 PM10、溫度、濕度都會影響能見度。

而南投的多山地形，也影響了 PM2.5 的擴散，白天谷風出現時，也是外來污染物進來的時間，海拔 1600 公尺以上的山區，亦會在風向的影響下，也會受到 PM2.5 的危害，故 PM2.5 的問題值得全體國民重視，因為沒有人是局外人。

## 壹、研究動機

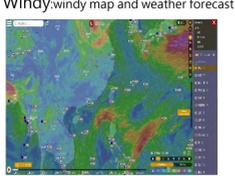
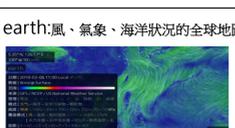
南投位處台灣中央，一直給人們好山好水好空氣的印象。但是學校放在圖書館前的空污旗，秋天及冬天都是黃色、橘色、甚至紅色，表示空氣汙染嚴重(查環保署測站的資料，最主要的污染物即為 PM2.5)，跟民眾的南投有好空氣的認知有很大的差別。而新聞媒體上也少提到南投縣關於空污的報導，使得南投的一般居民沒意識到要保護自己。

所以此次為了一瞭 PM2.5 及台灣，南投關係的神秘面紗，以及喚醒南投的環境意識，及獲得更多保護環境與人民健康的意義，選擇空污 PM2.5 來做這次的主題探討及研究。

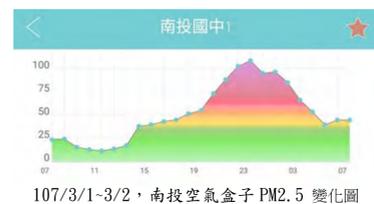
## 貳、文獻探討:

### 一、可觀察 PM2.5 的開源網站及軟硬體設備介紹

以往觀察懸浮微粒的設備，都依賴環保署定點測站的資訊，隨著科技及觀測衛星的進步及物聯網、開源資訊的興起，可以補足環保署測站數量太少的問題。目前(2018)方便取得的觀測資源及軟硬體介紹如下：

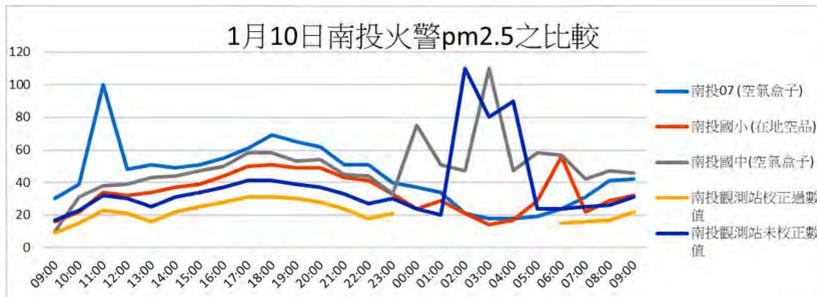
網站 / 軟體	說明	網站 / 軟體	說明
<b>g0v 即時空汙觀測網</b> 	用來截取一週空氣品質、溫度、濕度的變化統計圖表 資料來源:LASS-開源公益的環境感測器網路、在地空氣品質地圖、ProbeCube-物聯網感測方塊、空氣盒子	<b>在地空氣品質即時地圖</b> 	由環保署經費支持的微型感測器計畫，由設在中部的許多微型測站提供即時訊息，可隨時掌握周遭空氣品質及污染源
<b>Windy:windy map and weather forecast</b> 	用來觀察風的來向，以及污染物的去向，並且含有多種氣象狀況的資訊，無論是目前風速、降雨狀況，甚至颶風規模...等資料，都能完全掌握，除了基本的風速之外，還有雲層、溫度、降雨/雪、波浪、氣壓...等數據觀測可選。資料來源:歐洲 ECMWF 以及美國 GFS 兩個系統。	<b>環境保護署空氣品質監測網</b> 	空氣品質測站是由政府設立，可以看到縣立測站及民間測站的所有相關資料，並且此監測網標有 AQI 指數 資料來源:各地的環保署測站
<b>空氣盒子城市 PM2.5 溫濕度環境感測器</b> 	資料來源: EDIMAX 空氣盒子、環保署觀測站、LASS 觀測站	<b>Google Earth</b> 	用來標示能見度極限的距離，以及其他接近的山巒，還有其他的火災發生地點，高度剖面圖可以看到距離和高度，以利於衡量能見度
<b>紫豹在哪裡</b> 	整合政府民間的開源資料，有過去所有的空氣品質資料，可供回溯，且每一筆資料都會儲存下來，並且可以清楚的看到污染物的去向。 資料來源: 空氣盒子以及在地空氣品質即時地圖，風向資料: 氣象資料開放平台。	<b>環境保護署環境資源資料庫</b> 	可以查詢環保署測站歷史資料，內有即時值或平均值、AQI 值等資料，可供查詢分析
<b>earth:風、氣象、海洋狀況的地球地圖</b> 	它是一個動畫地圖包括了風、天氣、海洋和污染狀況，跟 windy 有點相似，但它不會把資料紀錄起來，它的資料只能即時看見，有大氣、海洋、化學污染物、顆粒物等四種模式。	<b>中央氣象局觀測資訊查詢系統</b> 	中央氣象局一年內觀測資訊查詢系統—可以查詢到各地詳細的氣象資料，例如: 氣壓、濕度、氣溫、風向、風速，以及其他種種可能會干擾懸浮微粒偵測的要素。

觀測設備/硬體	說明
<b>webduino 自製空氣盒子</b> 	來源:材料自己找，團隊人員製作顯示處:在手機上看得到它測出來的數據，只要裝上對應的程式積木，在偵測的過程中，資料也會上傳到雲端硬碟裡
<b>Lass 4U 創客板空氣盒子</b> 	來源:LASS 社群創客分享的硬體製作出來的硬體，符合 LASS 規範及資料分享上傳功能，並能顯示觀測數值。
<b>EDIMAX 空氣盒子</b> 	商品化的空氣盒子 連上網後，每 5 分鐘會傳溫度濕度及 PM2.5 值到空氣盒子的觀測網上，亦傳送到 LASS 系統伺服器，方便後續研究及追蹤



## 二、環保署測站 PM2.5 數值及空氣盒子及微型測站數值分析比較

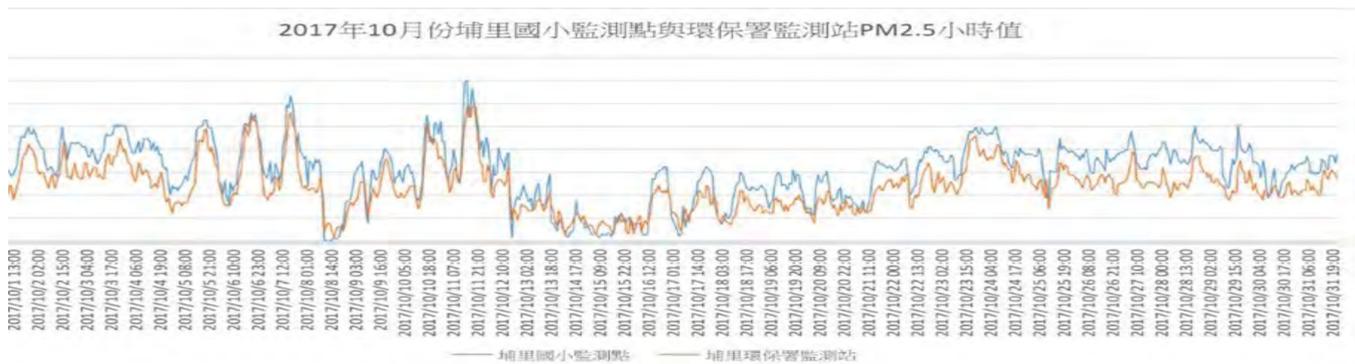
### 1. 環保署測站校正及檢核



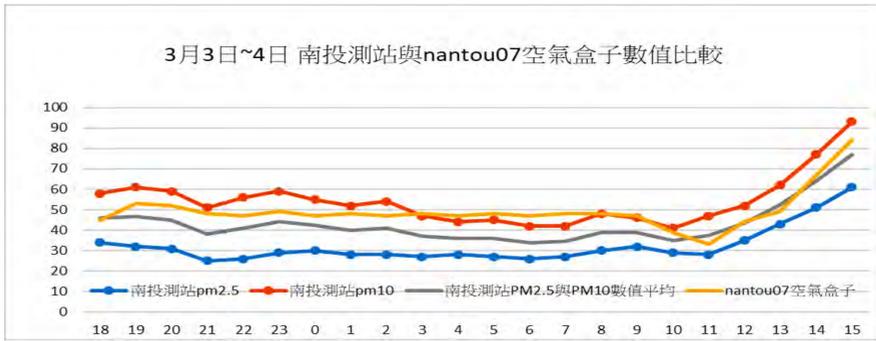
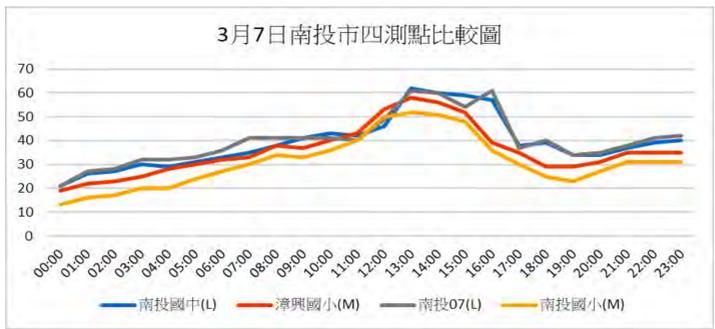
### 2. 環保署測站與空氣盒子(LASS 系統)比較



### 3. 環保署測站與微型測站(在地空品系統)比較



### 3. LASS 系統空氣盒子及在地空品即時地圖微型測站比較



時間	測站	PM2.5	Pm10	PM2.5/pm10 比例
2017 年 10 月	忠明	21	36	0.58
	大里	23	51	0.45
	南投	23	51	0.45
	埔里	23	40	0.57
2017 年 11 月	忠明	19	35	0.54
	大里	16	47	0.34
	南投	25	55	0.45
	埔里	25	42	0.60
2017 年 12 月	忠明	24	41	0.59
	大里	20	51	0.39
	南投	31	59	0.53
	埔里	29	43	0.67
2018 年 1 月	忠明	19	38	0.5
	大里	16	47	0.34
	南投	27	55	0.49
	埔里	23	35	0.66

#### 參、研究目的

- 一、瞭解南投縣各地 PM2.5 污染程度，及 PM2.5 受到高度影響的程度
- 二、瞭解南投縣各鄉鎮多樣地形的平地、台地、丘陵、山地 PM2.5 污染程度
- 三、瞭解 PM2.5、PM10 對能見度的影響

#### 肆、研究過程與討論

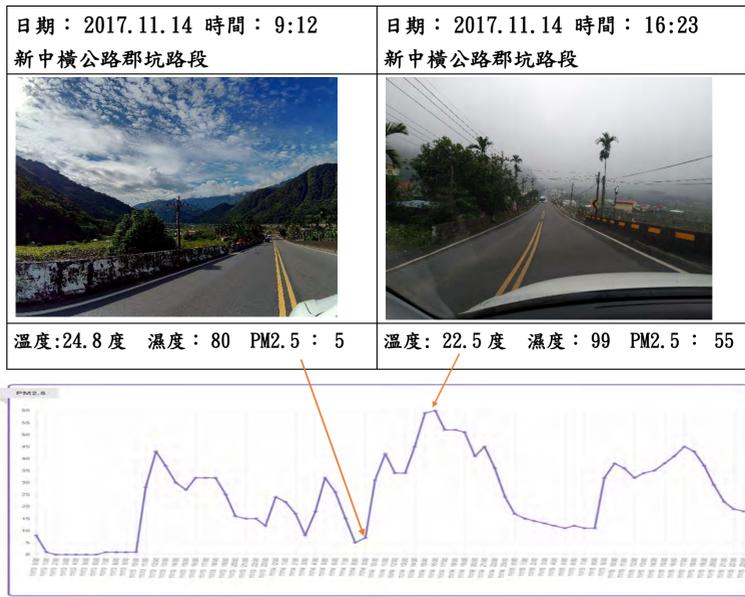
##### 一、瞭解南投縣各地 PM2.5 污染程度

根據上表的數據，2017 年 10 月時，大里站與南投站數值相同，11 月之後都呈現南投站高過大里站的狀況。台中距南投縣較近的兩站，靠山邊的大里站數值也較忠明站高。可以看出環保署三個測站的縣浮微粒數值 竹山站最高、南投站次之，埔里站最低；而南投三 測站的數值多高於台中測站的數值。

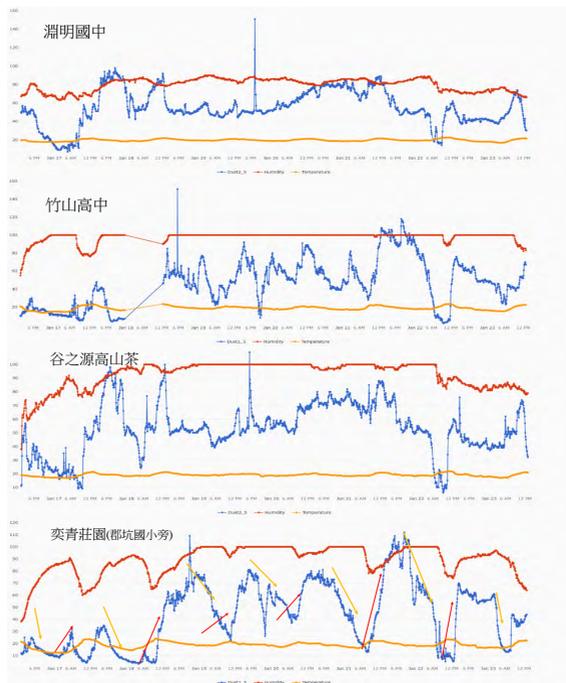
這些數值清楚顯示南投縣的 PM2.5 污染高於台中市，而竹山鎮的嚴重程度高於南投站，埔里站反而是三地中污染較低的地區。

但值得注意的是南投市測得的 PM10 指數這四個月中，10 月高於竹山，12 月及 1 月平均只少 1 微克/立方公尺，表示南投市的 PM10 污染亦屬嚴重，值得防治時參考。

##### 二、南投縣各鄉鎮多樣地形的平地、台地、丘陵、山地 PM2.5 污染程度

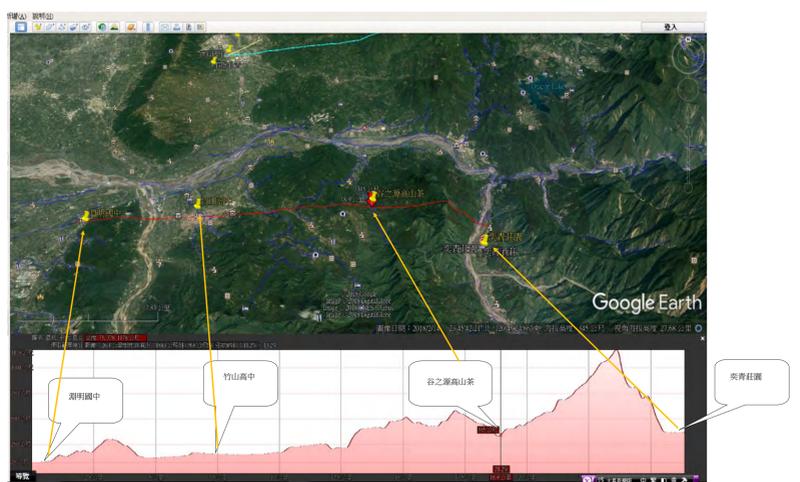


南投縣郡坑國小微型測站 2017/11/13~11/15 PM2.5 數值變化圖



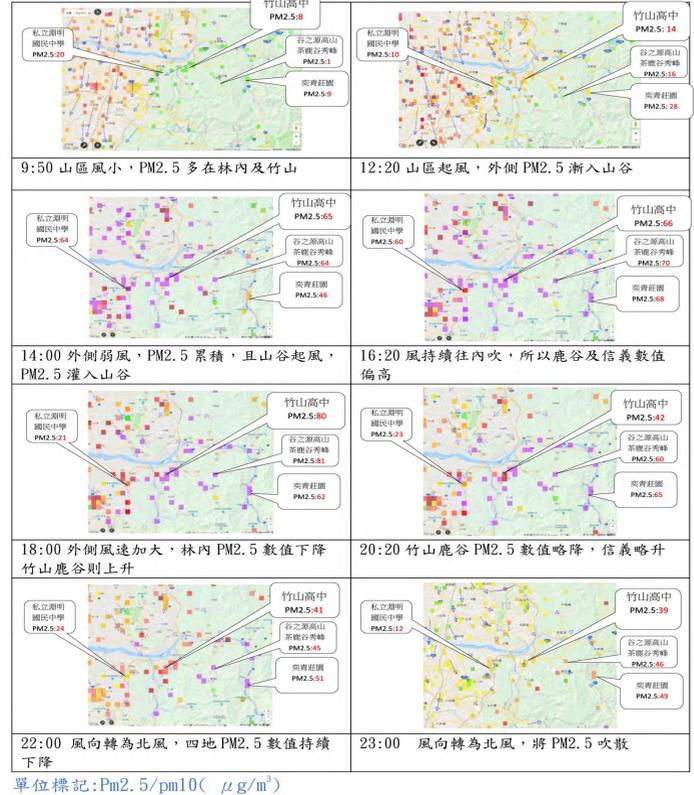
雲林淵明中學、竹山高中、谷之源高山茶、奕青莊園 2018.1.17~23 一週溫濕度及 PM2.5 變化

註：紅色：PM2.5 上升線段 黃色：PM2.5 下降線段



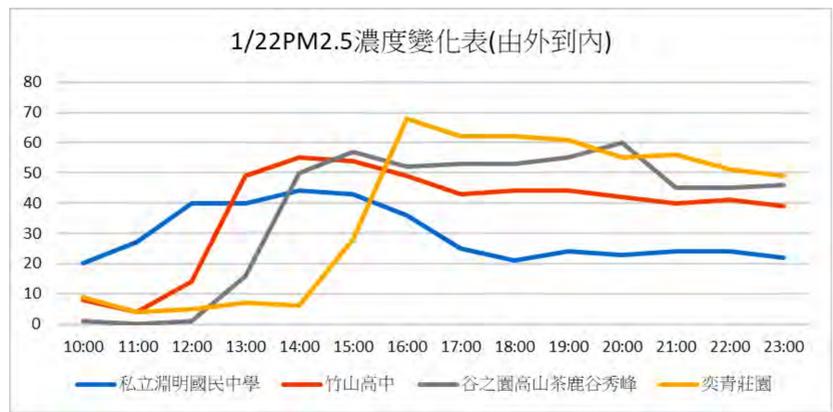
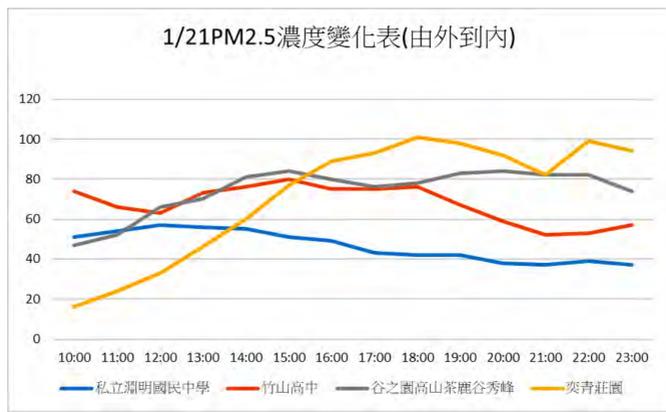
林內鄉到信義鄉的地形圖及高度剖面圖

##### 2018/1/22 林內→竹山→鹿谷→信義四地 PM2.5 流動方向濃度變化



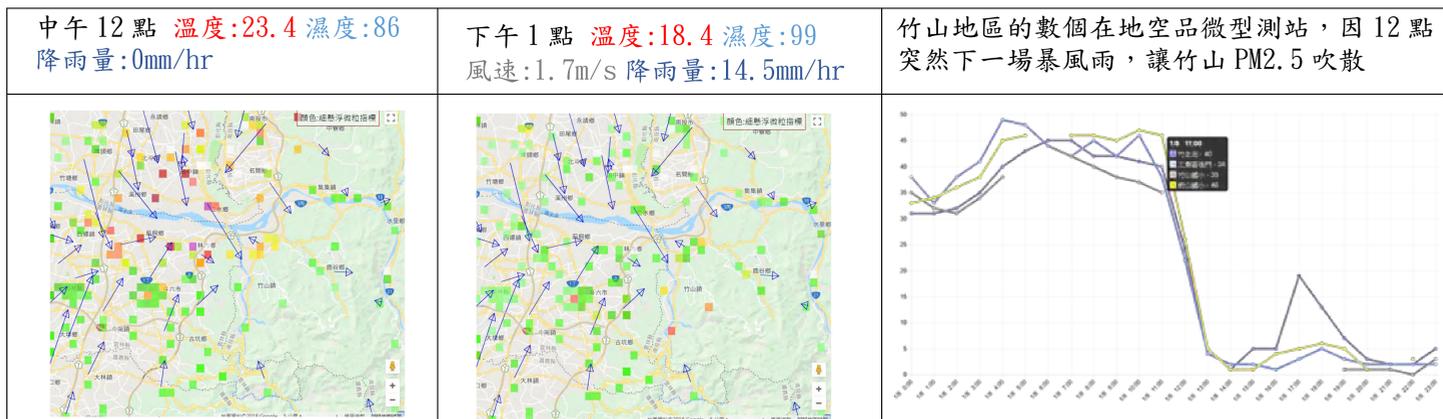
單位標記: PM2.5/pm10 (µg/m³)

##### 2018/1/22 林內→竹山→鹿谷→信義四地 PM2.5 流動方向濃度變化



## 2. 劇烈天氣變化會大幅影響 PM2.5 濃度

在觀察過程中，發現劇烈天氣變化會使得 PM2.5 濃度快速變化，2018/1/8 中午時南投烏雲密布，此時 PM2.5 約 50~60 微克/立方公尺，約 12:30 劇烈降雨及吹風後，PM2.5 濃度快速下降至個位數，依中央氣象局的資料，當天竹山從 12:00 的 23.4 度降到 18.4 度，濕度也從 86 升到 99，南投縣 PM2.5 污染最嚴重的竹山地區，瞬間有了絕佳空氣品質。這段時間的觀察實驗的過程中，發現冬季南投好天氣通常是壞空氣，壞天氣可能有好空氣！

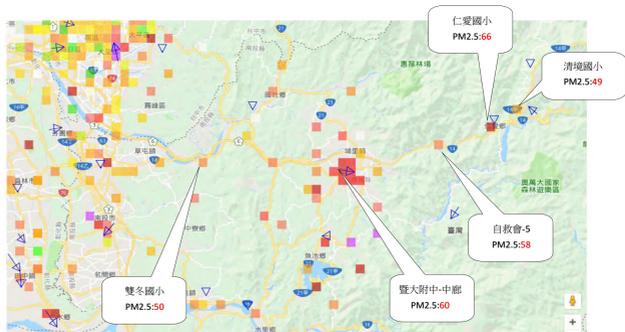


2018/1/8 竹山地區中午劇烈天氣紀錄及 PM2.5 數值變化

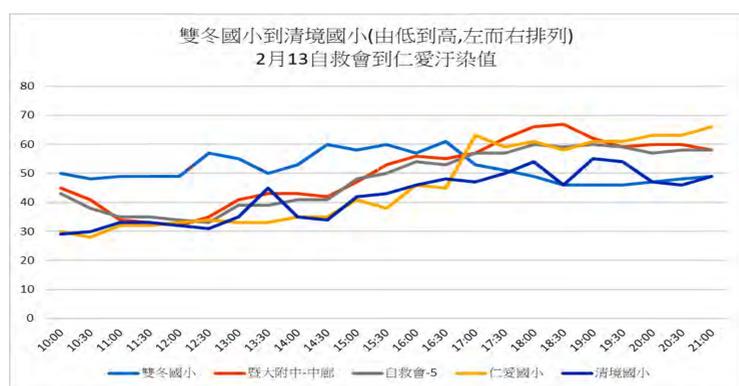
## 3. 南投縣高海拔地區 PM2.5 數值濃度追蹤

PM2.5 有跨距遠傳的能力，故沿海及都會區產生的污染物質在吹西風的情況下，會將污染物質灌入埔里盆地，那 PM2.5 可以上到海拔多高呢？根據空氣盒子及微型測站的設置，台中最高點在台中市和平區環山部落的平等國小，海拔 1600 公尺。微型測站在南投最高點是清境國小，海拔亦為 1600 公尺左右，可以由溪谷沿線測點，瞭解 PM2.5 的動態及濃度。

以下圖 2018/2/13 為例 PM2.5 充滿埔里盆地時，海拔 1000 公尺的仁愛國小 PM2.5 只比埔里地區少 5 微克/立方公尺，海拔 1600 公尺的清境國小 PM2.5 達到 54 微克/立方公尺，只比埔里約少 10 微克/立方公尺而已，顯見大部分民眾居住地都受到 PM2.5 危害。



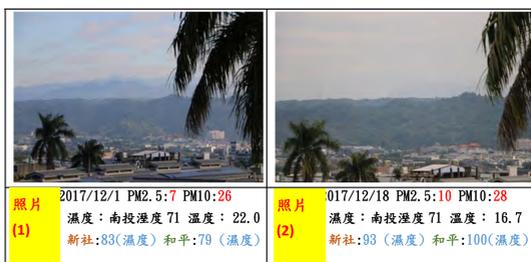
2018/2/13 21:00 草屯、埔里、仁愛國小、清境國小 PM2.5 數值



## 三、瞭解 PM2.5、PM10 對能見度的影響 (下列單位標記:PM2.5 及 PM10:µg/m<sup>3</sup> 濕度:% 溫度:°C)

問題探討 1: 為何南投市測站同樣的溼度、相近的 PM2.5 及 PM10 指數，但能見度不同呢？

思考 1: 能見度高表示從起點到終點的大氣中，干擾能見度的因素要降至極低，我們可以從查到南投市的空氣品質及氣象資料，如下圖照片 1 2017/12/1 與照片 2 2017/12/18，南投市區有類似的空氣品質及氣象資料，但是能見度差距 50 公里以上，推測可能是山區空氣品質或雲霧的影響，經查詢氣象局新社及和平區竹氣象資料，果然發現山區的濕度極高，干擾能見度。



問題探討 2: 能見度接近的情況，懸浮微粒數值有可能差異很大

思考 2: 以照片 3 12/25 及照片 4 11/3 為例，兩者能見度看似一樣，但 PM2.5 及 PM10 的數值相差達到三倍，12/25 照片 3 號當天很明顯當天南投相對濕度不高，能見度不佳應與懸浮微粒有直接的關係，11/3 照片 4 號南投及新社的相對濕度超過 80%，新社為 99%，顯示 11/3 照片 4 號當日的能見度不佳，與陰天及低雲的關係較大。

問題探討 3: 懸浮微粒數值愈大，是否能見度愈差？

思考 2: 以全部照片排序來看，可以發現”在一樣的氣候條件下”，的確懸浮微粒數值愈大(PM2.5 或 PM10)，能見度愈差。在一樣的氣候條件下指的是，比較兩天的天氣形態要相似，即可發現懸浮微粒與能見度相關。如右圖照片 5 1/15 與照片 6 12/11 比較，在有陽光相似氣候條件下，較高懸浮微粒的情況，能見度較差。

## 伍、結論：

PM2.5 在南投的變化及數值的高低，決定於氣象條件及地形的條件。因冬天台灣受東北季風的影響，所以，沿海的工業區、電廠及都會區的污染物質會往南投吹，其中有能力傳最遠的是 PM2.5，遠至信義鄉的山谷，高至 1600 公尺的清境，都會受到 PM2.5 危害，而且 PM2.5 數值不因高度而快速降低，表示大多數南投居民都在 PM2.5 的危害下生活。而且肉眼不足以感覺 PM2.5 的濃度高低，壞天氣也有好空氣，好天氣也有壞空氣。

山區雖有山稜屏障，阻隔 PM2.5 入侵，但山區特有谷風現象，又會造成負壓使得 PM2.5 灌入山谷，且可能造成高濃度 PM2.5 累積。所以南投縣居民建議日常生活隨時關心附近 PM2.5 測點數值，作為活動參考，保護自身健康，長遠來看，南投縣民依舊要關心台灣的環保政策，並督促政府落實 PM2.5 減量，才能減少 PM2.5 的危害。

## 陸、參考資料：

1. 環保署(2015 年 10 月). 認識細懸浮微粒 PM2.5
2. 中興大學環工系莊潔潔、郭珮瑩、古鐘禎、鄭逸璋、李泓錡(2014).PM2.5 與石化產業
3. 「紫爆」不助我！—環境中細懸浮微粒 (PM2.5) 的偵測研究，中華民國第 56 屆中小學科學展覽會
4. 在地空氣品質即時地圖網站 <http://www.airq.org.tw/>
5. 環保署空氣品質監測網 <https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/Aqi/Central/Nantou.aspx>

