

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 地球與行星科學科

051901

走出陰霾-台灣大氣懸浮微粒含量變化與天氣狀況、汙染物種類特徵探討

學校名稱：桃園市立內壢高級中等學校

作者： 高三 李 侖 高三 徐如怡 高二 沈姿妤	指導老師： 潘建熾 陳佩欣
---------------------------------------	-------------------------

關鍵詞：懸浮微粒、PM10、PM2.5

摘要

本研究應用環保署空氣品質及氣象局天氣監測資料，運用統計分析，了解懸浮微粒時空分布特性，計算相關係數分析懸浮微粒含量高時，天氣、污染物特徵。

分析發現懸浮微粒含量時間上以冬、春季多、夏季少，推測與雨量多寡有關。區域上以南部、中部多、東部少，分布受地形、季風影響。影響時間來說，東部、北部來源長時間以交通運輸、火力發電污染為主；中部、南部長時間以火力發電及工業污染為主，南部3月受境外移入影響，可能與大陸污染移入有關。以影響區域來說，當冬季乾燥；春季乾冷；秋季乾燥、雨量少；冬季日照時間長時，台灣大區域懸浮微粒含量較多，推測與秋冬春季高氣壓籠罩情況下，懸浮微粒擴散不易、乾燥易發生揚塵有關。

壹、研究動機

隨著科技日新月異及產業蓬勃發展，帶給我們財富、生活及交通便利，但各項污染也造成環境的惡化，尤其是空氣污染，人無時無刻都要呼吸，交通內燃機、燃煤、燃油火力發電、工業的排放廢氣等，讓台灣空氣持續惡化。燃煤發電廠運行及興建核能電廠的爭議，影響未來的環境。空氣中的懸浮微粒更直接影響著國人的健康。懸浮微粒藉由鼻、口進入到我們的身體，其中PM2.5更可以直接進入血液中，導致不同器官的危害，例如：肺癌、心血管疾病、新生兒體低體重、血栓等(康健雜誌, 2017)，值得大家關注。

懸浮微粒中PM10污染來源主要為沙塵，PM2.5污染來源主要為燃燒，PM2.5污染約66%中國為台灣境外污染源(維基百科 2020)，境外污染主要出現在每年冬、春兩季，以3月影響最顯著。

本研究試圖利用環保署空氣品質監測網22測站空氣污染資料及中央氣象局網站8測站天氣狀況資料，利用數據統計分析方法，了解台灣懸浮微粒的時空分布情況。並利用相關係數分區分析，了解懸浮微粒多時，懸浮微粒大小分布、天氣情況及污染種類特徵。

貳、研究目的

- 一、運用環保署空氣污染資料，進行懸浮微粒含量標準化分析，了解懸浮微粒PM10及PM2.5各月含量多寡的時空變化。
- 二、應用環保署台灣分區22測站資料及中央氣象局8測站資料，與懸浮微粒PM10及PM2.5含量做相關係數分析，藉此推論台灣地區在各月份懸浮微粒多時，台灣各分區在懸浮微粒PM10及PM2.5含量比例變化、天氣情況及污染物質含量上有何特徵。
- 三、期望藉由懸浮微粒與特徵的連結，推測懸浮微粒超標時與特徵連結原因，有利於未來預測霧霾發生的機率高低。

參、研究設備器材

- 一、電腦數部含網路
- 二、應用軟體：Java_eclipse, Photo Impact, Office Excel

肆、研究過程與方法

一、資料來源、相關原理及研究設計說明：

(一) 資料來源與測站分區

1. 資料來源

(1) 空氣品質監測資料：

本研究根據行政院環境保護署(環保署)的空氣品質監測網站之測站監測結果，挑選 22 個測站(北部、中部、南部、東部)進行分析研究，空氣汙染物質使用資料包含二氧化硫(SO₂)、一氧化碳(CO)、臭氧(O₃)、氮氧化物(NO_x)、總碳氫合物(THC)。

(2) 氣象監測資料：

本研究氣象資料數據來自中央氣象局各月氣候監測報告，天氣資料使用項目包含平均溫度(AVG__TEMP)、累積雨量(CUMULATIVE__RAINFULL)、降雨天數(RAINY__DAYS)、日照時數(SUNSHINE__HOURS)。



圖 1、環保署空氣品質監測網



圖 2、中央氣象局氣候監測報告

2. 資料項目

表 1、空氣監測測站檢測及大氣資料項目表

測項簡稱	單位	測項名稱	測項簡稱	單位	測項名稱
PM ₁₀	μg/m ³	懸浮微粒	RH	%	相對溼度
PM _{2.5}	μg/m ³	細懸浮微粒	AVG__TEMP	°C	平均溫度
SO ₂	ppb	二氧化硫	CUMULATIVE__RAINFULL	mm	累積雨量
CO	ppm	一氧化碳	RAINY__DAYS	day	降雨天數
O ₃	ppb	臭氧	SUNSHINE__HOURS	Hr	日照時數
NO _x	ppb	氮氧化物			
THC	ppm	總碳氫合物			

3. 測站資料與分區：

本研究挑選的測站均鄰近靠海地區，目的在調查空氣汙染來源是否固定，為島內產生或為境外移入。而我們從中選取 22 個測站為研究內容，大多數是以“一般空氣品質監測站”為主。北部有 8 個測站分布於桃竹苗北北基宜；中部有四個測站集中於台中市(沙鹿、西屯)、彰化縣(彰化、二林)；南部有 8 個測站，則是平均分布於南臺灣，而東部挑選兩代表城市(花蓮和台東)。

▼註 1：一般空氣品質監測站：置於人口密集處或能反映大範圍影響空氣狀況的地域，藉以得知一般民眾生活的空氣品質。

表 2、分區空氣品質測站表

區域	測站
北部	宜蘭、基隆*、淡水*、萬華、大園、平鎮、湖口、苗栗
中部	沙鹿(梧棲*)、西屯(台中*)、彰化、二林
南部	崙背、新港、新營、臺南*、楠梓、屏東、小港、恆春*
東部	臺東*、花蓮*

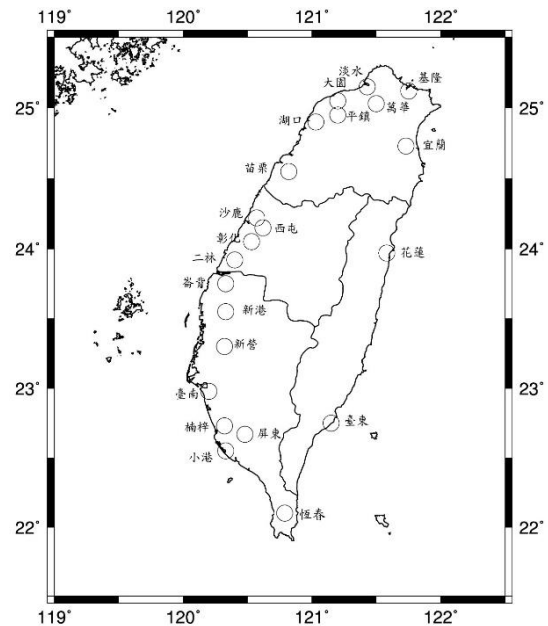


圖 3、本研究採樣空氣品質監測站位置圖

●註 2：*代表天氣情況資料測站，各區 2 測站，共 8 個測站進行分析。

(二) 常態分布與標準化：

1. 常態分布：大量測量數值，易呈現常態分布，如右圖。標準差(σ)越大數值分布幅度越大，數值越離散，距離平均值 1 個標準差(σ)內數值約佔所有測量數值的 68%，平均值 2 個標準差(σ)內數值約佔所有測量數值的 95%。故本研究設定數值分布在平均值一個標準差之外為異常。

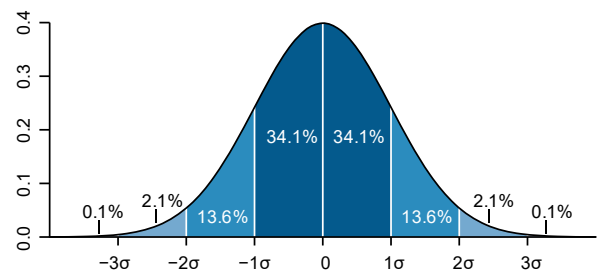


圖 4、常態分布圖

2. 標準化：為界定測定數值是否異常，可用距平值(數值-平均值)/標準差呈現，當數值大於 1 或小於 -1 則為異常情況。

(三) PM2.5-PM10 分布回歸線意義：

1. XY 分布圖中回歸線(趨勢線)定義：

XY 分布圖的基本形式是以一個資料數列為基礎，而這個資料數列包含名稱、X 軸值清單(本研究設定為 PM2.5 含量)以及 Y 軸值清單(本研究設定為 PM10 含量)。每個值配對 (x|y) 在座標系統中都會顯示為一點，若有許多數據，便會呈現出大量分布點。在 EXCEL 圖形中加入線性趨勢線，便可列出趨勢線方程式及 R^2 值(如圖)。

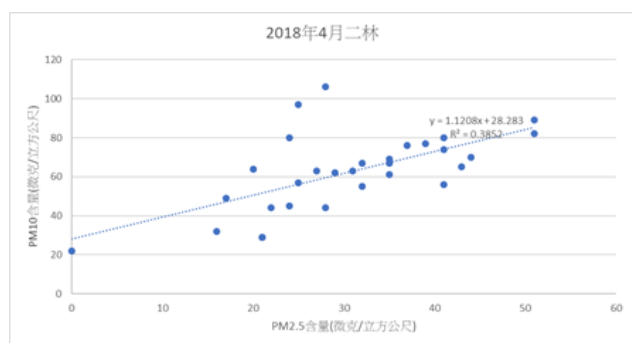


圖 5、XY 分布圖與回歸線範例圖

2. PM2.5-PM10分布回歸線中各數值意義：

●趨勢線方程式標示如下：

$$\hat{Y} = a + bX$$

(1)斜率-可能推知污染來源懸浮微粒顆粒大小：

其中 b 為斜率，表示 PM10 及 PM2.5 相對含量比。若分布 PM10 值較小，PM2.5 值較高，則斜率小，判斷大氣懸浮微粒顆粒偏小，燃燒產生的細懸浮微粒相較較多；反之，分布 PM10 較高，PM2.5 值較小，斜率較大，判斷大氣懸浮微粒顆粒偏大，意謂可能地面揚起沙塵較多。

(2)Y 截距-可能推知懸浮微粒背景值：

其中 a 為 Y 軸截距，為判斷起始值，當 a 為 0 表示 Y 軸原始不存在（沒有起始值），當 a 值越大表示 Y 軸原始值越大。而本研究使用的 a 即為 PM10 起始值，表示 PM10 起始值多寡。且當 a 為正值代表原始 PM10 粗懸浮微粒存在；當 a 為負值代表原始 PM2.5 細懸浮微粒存在。

(3) R² 值-可能推知懸浮微粒來源是否固定，進而推論是否為境外移入影響

兩樣本數值相關係數常用小寫符號 r 表示。其值在 -1 至 +1 之間。絕對值數值越高代表相關性越高。越接近 0 的值表示相關性很小。接近 +1 表示很強的正相關性；反之，接近 -1 表示很強的負相關性。EXCEL 程式 XY 分布圖中相關性以 R² 值表示，”是指在線性回歸中，回歸可解釋離差平方和與總離差平方和之比值，其數值相當於相關係數 R 的平方”。（原文網址：<https://kknews.cc/news/6oya25m.html>）。同樣可表示 XY 分布圖中與回歸線的離散程度。在本研究中代表意義可能為當 R² 值越大，代表 PM2.5-PM10 間比例較固定，可能代表懸浮微粒形成來源較為固定。反之 R² 數值小，可能代表懸浮微粒形成原因多樣，可推論為境外移入混合造成。

(四) 空氣污染物可能來源：

表 3、常見大氣污染物特性、影響及主要人為來源整理表

常見污染物	特性說明	對人體影響	人為主要來源及條件
PM10(懸浮微粒)	指粒徑在 10 微米以下之粒子。主要來源包括道路揚塵、車輛排放廢氣、露天燃燒、營建施工及農地耕作等。PM10 包含 PM2.5 含量在內。	由於粒徑小於 10 微米以下，能深入人體肺部深處，如該粒子附著其他污染物，則將加深對呼吸系統之危害。	塵土為主-PM10 通常來自在未鋪瀝青、水泥的路面上行使的機動車、材料的破碎碾磨處理過程以及被風揚起的塵土。及其他燃燒產物。
PM2.5(細懸浮微粒)	稱細懸浮微粒(PM2.5)，指粒徑在 10 微米以下之粒子，主要為燃燒作用產生，約頭髮直徑的 1/28，可穿透肺部氣泡，直接進入血管中隨著血液循環全身。	細懸浮微粒經由呼吸作用進入鼻腔、胸腔及肺部，加上 PM2.5 表面積大，沉積於肺部後產生各類病症，對人體健康造成危害。	1. 火力發電-火力發電廠、焚化爐、工廠不完全燃燒後所產生的重金屬、多環芳香烴等。 2. 交通運輸-運輸工具的廢氣排放

常見汙染物	特性說明	對人體影響	人為主要來源及條件
二氧化硫 (SO ₂)	空氣中硫化物有百分之九十五是以二氧化硫的形式存在，易溶於水中，具腐蝕性。是一種帶有刺激味且不可燃的無色氣體，屬於酸性物質。來源以燃煤火力發電為主。	微量的二氧化硫即會對生命及健康造成影響，可能會導致鼻子及喉嚨的灼傷、呼吸困難以及嚴重的呼吸道阻塞。	1. 火力發電 -燃燒化石燃料(燃煤為主) 2. 交通運輸 -運輸工具的廢氣排放(特別柴油車)
一氧化碳 (CO)	一氧化碳是無色無味的氣體，最常見的人為來源為汽車排放的廢氣。燃燒缺氧產生。	一氧化碳容易與紅血球結合，所以吸入過多的一氧化碳容易導致一氧化碳中毒，會造成對身體的損害。	1. 交通運輸 -運輸工具的廢氣排放 2. 火力發電 -燃燒化石燃料
臭氧 (O ₃)	臭氧為溫室氣體的一種，對流層內的臭氧，具有強氧化性。臭氧並非維為由特定汙染物所直接形成，主要是由碳氫化合物與氮氧化物相互作用反應而產生。	臭氧對人類呼吸系統具有刺激性，過量吸入會產生咳嗽、氣喘、頭痛、疲倦及肺部造成傷害。若植物長期暴露在高濃度臭氧，則會使植物降低其生產力。	1. 交通運輸 -氮氧化物和揮發性有機化合物，是形成臭氧的主要汙染物。 2. 晴朗無風 -臭氧是在陽光下於大氣中產生的，無風晴朗的天氣比較有利於臭氧的形成。
氮氧化物 (NO _x)	氮氧化物主要包括一氧化氮(NO)及二氧化氮(NO ₂)，生成原因均來自燃燒過程中，一氧化氮為無色無味氣體，稍溶於水；二氧化氮為具刺激味道之赤褐色氣體，易溶於水。來源主要來自化學、肥料工業製造汙染。	二氧化氮會刺激眼睛、鼻、咽、喉、呼吸道黏膜等。接觸低濃度的二氧化氮會使支氣管過敏及加劇哮喘病人對致敏原的反應。此外，呼吸道患者，較容易受二氧化氮的影響。	1. 工業生產 -硝酸、氮肥、炸藥的工業生產過程及工業大貨車為主要汙染源(王志中，2017) 2. 交通運輸 -機動車輛排放廢氣 3. 火力燃燒發電 -火力發電廠及工業燃料燃燒
總碳氫化合物 (THC)	總碳氫化合物，為甲烷等碳氫化合物之加總量，一般出現在燃油車輛、燃油工程機械的廢氣排放中。	一些化合物若高劑量存在於空氣中會導致您頭痛及暈眩之症狀。	石油燃燒 -燃油車輛、燃油工程機械排放的廢氣中。

整理上表，歸納各種人為活動之污染物特徵，如下表。

表 4、人為來源污染物種類整理表

人為活動	污染物種類(條件或主要來源)
火力發電	二氧化硫(燃煤鍋爐為主)、一氧化碳、氮氧化物、PM2.5(羅鈞等，2018)
交通運輸	一氧化碳(缺氧下燃燒)、氮氧化物、二氧化硫、臭氧(晴朗無風)、總碳氫化合物(燃燒石油)、PM2.5(黃淑倫等，2019)
工業製造	氮氧化物(硝酸、氮肥製造、工業運輸-大貨車)、臭氧(晴朗無風)(羅鈞等，2018；范和聰，2019)

(五) 可能影響空氣物染物天氣因素探討

天氣狀況會影響懸浮微粒的擴散與沉降，如冬季高壓籠罩西南平原區，加上東北季風下沉，造成懸浮微粒擴散條件差，造成懸浮微粒超標現象，故季風是影響因素之一；春季大陸沙塵到達台灣，與環境相對溼度及大陸冷氣團強弱也息息相關。為方便之後討論對天氣狀況的描述，將天氣狀況配對進行分析。藉此比對懸浮微粒含量變化時，能正確描述天氣狀況特徵。分別針對相對濕度(RH)與平均溫度(AVG_TEMP)；累積雨量(CUMULATIVE_RAINFULL)、降雨天數(RAINY_DAYS)配對分析如下：

表 5、相對濕度(RH)與平均溫度(AVG_TEMP)配對分析表

天氣狀況描述		濕熱	乾冷	濕冷	乾熱
相對溼度		高	低	高	低
平均溫度		高	低	低	高
可能推論	累積雨量	可能多	可能少	可能多	可能少
	降雨天數	可能多	可能少	可能多	可能少
	日照時數	可能多	可能多	可能少	可能多

表 6、累積雨量(CUMULATIVE_RAINFULL)、降雨天數(RAINY_DAYS)配對分析表

天氣狀況描述		長期大雨	乾旱	多暴雨	細雨綿綿
累積雨量		多	少	多	少
降雨天數		多	少	少	多
可能推論	相對溼度	可能大	可能小	可能小	可能大
	平均溫度	可能高	可能低	可能高	可能低
	日照時數	可能少	可能多	可能多	可能少

二、研究流程

(一) 懸浮微粒的時間及空間分布

懸浮微粒的時間及空間分布

(一) 下載2008至2018年空氣品質及氣象監測資料

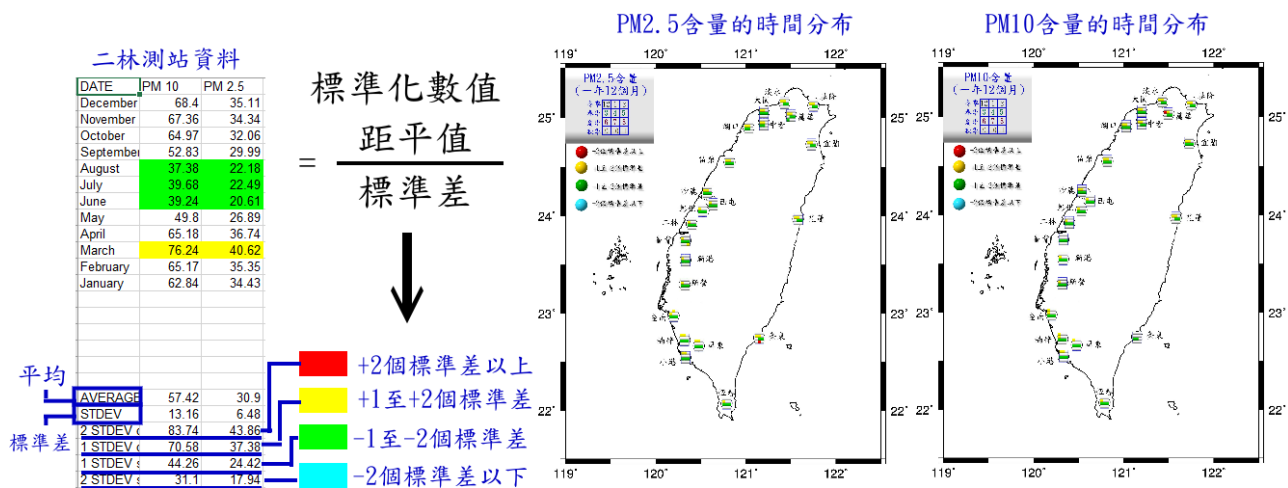


空氣品質監測網



氣象局氣候監測報告

(二) 同測站12個月相較懸浮微粒含量進行標準化，並加入底色標示繪入地圖中



(三) 同月22測站懸浮微粒含量進行標準化，並加入底色標示繪入地圖中

5月份各測站數值(底色設定紅色改+1.5個標準差以上、藍色改-1.5個標準差以下)

北部	宜蘭	基隆	萬華	淡水	大園	中壢	湖口	苗栗
PM2.5平均	16.98	18.53	23.74	19.76	24.14	24.51	23.97	24.62
PM2.5標準差	4.68	3.68	5.73	3.84	5.55	7.37	6.24	6.34
PM10平均	25.59	29.58	39.22	36.13	43.38	59.72	40.38	43.61
PM10標準差	4.64	4.75	6.75	5.43	4.38	7.25	7.8	7.05
中部	沙鹿	西屯	彰化	二林				
PM2.5平均	25.29	26.59	28.56	26.88	26.83			
PM2.5標準差	7.47	8.77	9.63	8	8.4675			
PM10平均	43.73	49.92	48.81	49.79	48.0625			
PM10標準差	10.09	13.42	9.07	10.35	10.7325			
南部	崙背	新港	新營	台南	楠梓	屏東	小港	恆春
PM2.5平均	28.14	26.83	26.18	25.15	25.64	25.47	25.99	24.78
PM2.5標準差	8.38	9.16	7.91	9.42	10.02	8.62	10.83	7.21
PM10平均	49.22	54.4	59.59	47.15	58.04	50.79	50.36	49.95
PM10標準差	11.8	12.12	11.53	10.66	8.26	12.97	10.21	12.79
東部	花蓮	台東						
PM2.5平均	16.31	11.57	13.94					
PM2.5標準差	6.4	3.02	4.71					
PM10平均	29.03	25.68	27.345					
PM10標準差	4.86	4.5	4.68					

PM2.5含量的空間分布

PM10含量的時間分布

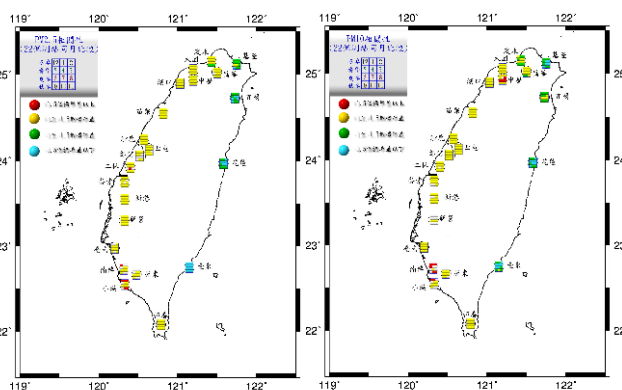
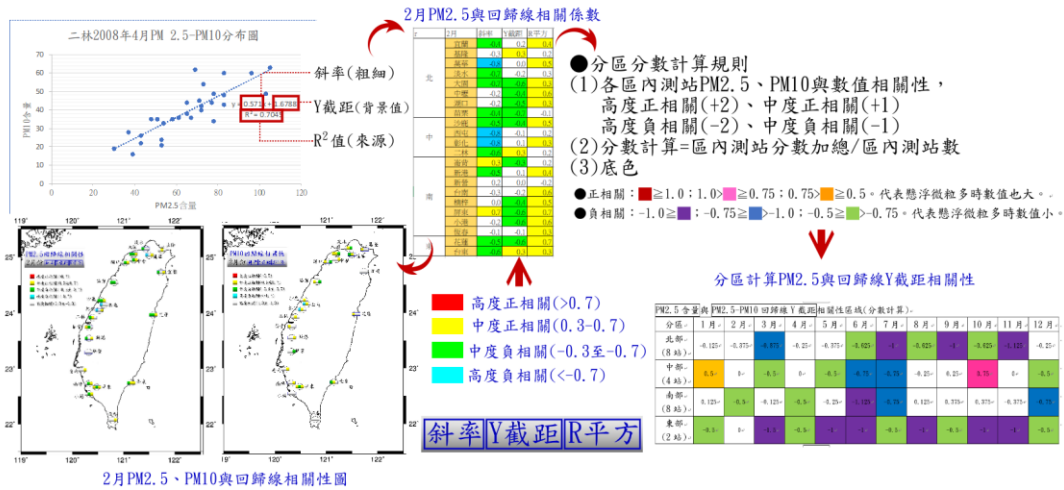


圖 6、研究流程一—懸浮微粒的時間及空間分布

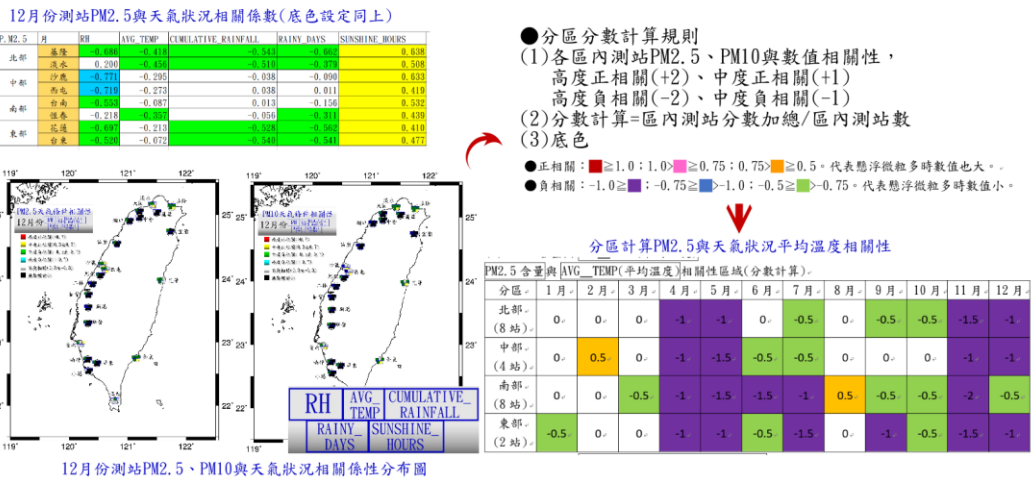
(二) 懸浮微粒含量與PM2.5-PM10 分布回歸線、天氣、汙染物相關性

懸浮微粒含量與PM2.5-PM10分布回歸線、天氣、汙染物相關性

(一) 計算懸浮微粒含量與PM2.5-PM10分布回歸線數值相關性，繪入地圖，分區計算並加底色



(二) 計算懸浮微粒含量與天氣狀況相關性，並繪入地圖，分區計算並加底色



(三) 計算懸浮微粒含量與汙染物相關性，並繪入地圖，分區計算並加底色

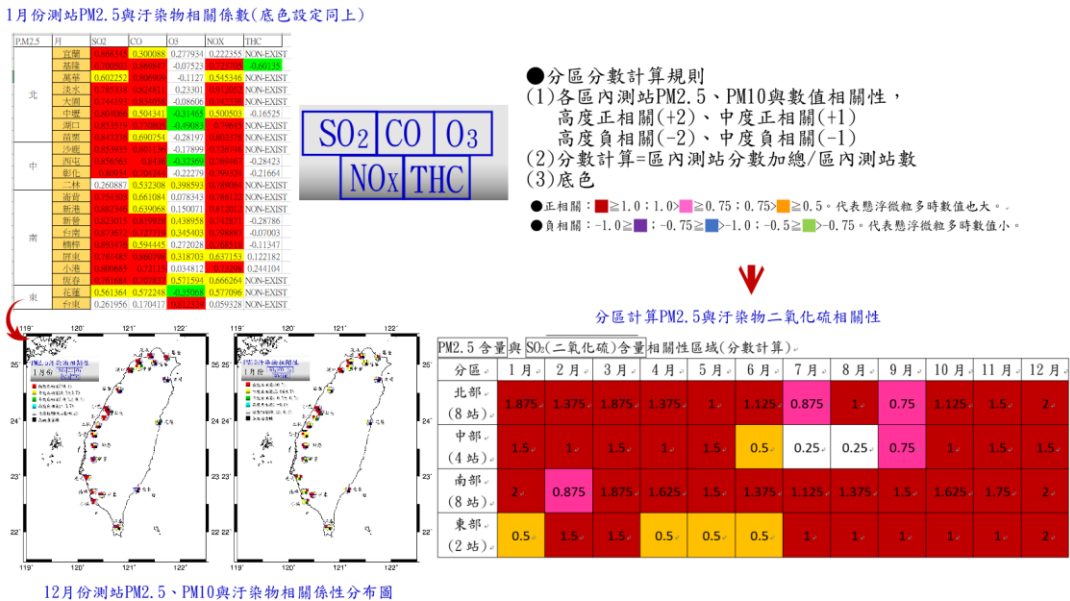
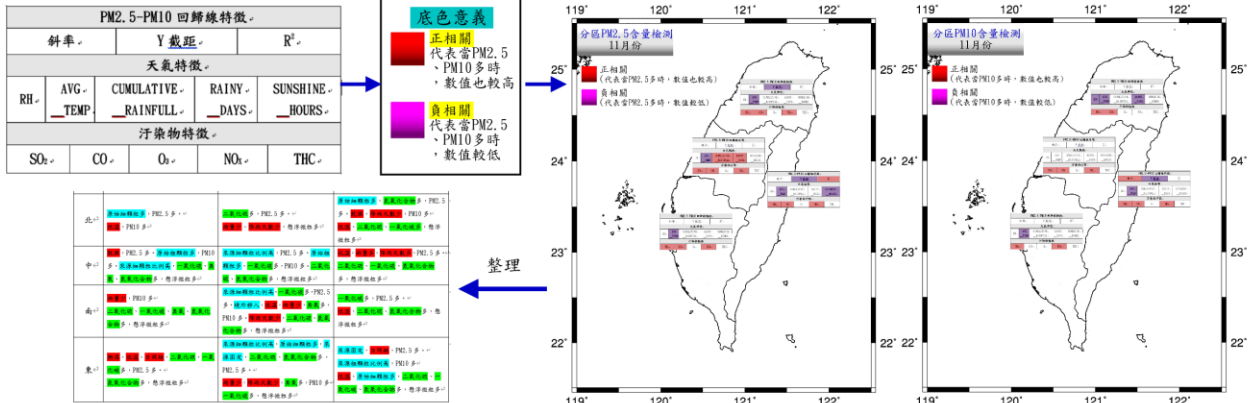


圖 7、研究流程二- 懸浮微粒與 PM2.5-PM10 分布回歸線、天氣、汙染物相關性

(三) 懸浮微粒含量變化時台灣各區 PM2.5-PM10 回歸線、天氣、汙染物特徵分析

懸浮微粒含量變化時台灣各區 PM2.5-PM10 回歸線、天氣、汙染物特徵分析

(一) 整合分區 PM2.5、PM10 及各項特徵相關性高 (>1 分或 <-1 分)，並繪入分區地圖中

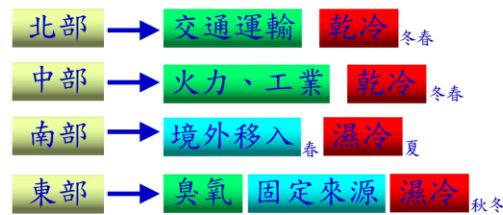


(二) 統計空間(分區)及時間(月份)懸浮微粒多時各項特徵比對

1. 標示各區 PM2.5、PM10 特徵達一年2個月以上特徵

2. 找出各區影響時間最長的特徵

月份	特徵(月份，全年月份達2個月以上)
北	PM2.5 PM10
	PM2.5 PM10
中	PM2.5 PM10
	PM2.5 PM10
南	PM2.5 PM10
	PM2.5 PM10
東	PM2.5 PM10
	PM2.5 PM10



(二) 統計 PM10 及 PM2.5 多時與分區特徵連結情況

1. 利用星點標示微粒含量、天氣、汙染物特徵影響各月懸浮微粒多寡區域數

2. 整合同時影響 PM10 及 PM2.5 的特徵，並描述懸浮微粒多時可能出現特徵

代表影響區域數，可推測特徵在各月影響

★★★★ 以上代表同時影響粗懸浮微粒之特徵且範圍大

季	月份	懸浮微粒	特徵(★代表出現區域數)
冬季	12月	PM2.5 多	★★★(北中東) 乾、★★★(北中東) 濕、★★(中東) 乾、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕
		PM10 多	★★★(北中東) 乾、★★★(北中東) 濕、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕
	1月	PM2.5 多	★★★(北中東) 乾、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕
春季	4月	PM2.5 多	★★★(北中東) 乾、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕
		PM10 多	★★★(北中東) 乾、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕
	5月	PM2.5 多	★★★(北中東) 乾、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕
		PM10 多	★★★(北中東) 乾、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕、★★★(北中) 濕

季	月份	特徵項目	重疊特徵項目(括號內為總得星數超過 4★)
春季	3月	(8★) 乾、(6★) 濕、(6★) 濕	(8★) 乾、(6★) 濕、(6★) 濕
	4月	(7★) 乾、(7★) 濕	(7★) 乾、(7★) 濕
	5月	(7★) 乾、(5★) 濕	(7★) 乾、(5★) 濕

3. 依據2. 結果，描述懸浮微粒多時可能出現特徵

季	月份	懸浮微粒多描述特徵
春季	3月	可能汙染源為 交通運輸、火力發 電、工業汙染 為主。天氣特徵為 乾、濕、濕。汙染部分受 境外移入 影響，且 原始背景值 細顆粒多。
	4月	可能汙染源為 交通運輸、火力發 電、工業汙染 為主。天氣狀況 乾、濕。
	5月	可能汙染源為 交通運輸、火力發 電、工業汙染 為主。晴朗無風 時，也可能出現 臭氧汙染。天氣 狀況 乾、濕。

人為活動	汙染物種類(條件)
火力發電	PM2.5、二氧化硫、一氧化碳、氫氧化物。
交通運輸	PM2.5、二氧化硫、一氧化碳、氫氧化物、臭氧(晴朗無風)、總碳氫化合物(燃燒石油)、氫氧化物、臭氧(晴朗無風)。
工業製造	氫氧化物、臭氧(晴朗無風)。

- 斜率(b)-可能推知懸浮微粒顆粒大小，斜率大顆粒粗
- Y截距(a)-可能推知懸浮微粒背景值，Y截距大原始背景為粗顆粒
- R²值-可能推知懸浮微粒來源是否穩定，進而推論是否為境外移入影響

天氣狀況描述	長期大雨	乾旱	多暴雨	細雨綿綿
累積雨量	多	少	多	少
平均溫度	低	高	低	高
日照時數	可能多	可能少	可能多	可能少
降雨天數	可能多	可能少	可能多	可能少
日照時數	可能少	可能多	可能少	可能多

圖 8、研究流程三-台灣分區各月懸浮微粒與 PM2.5-PM10 分布回歸線、天氣、汙染物特徵分析

伍、結果與討論

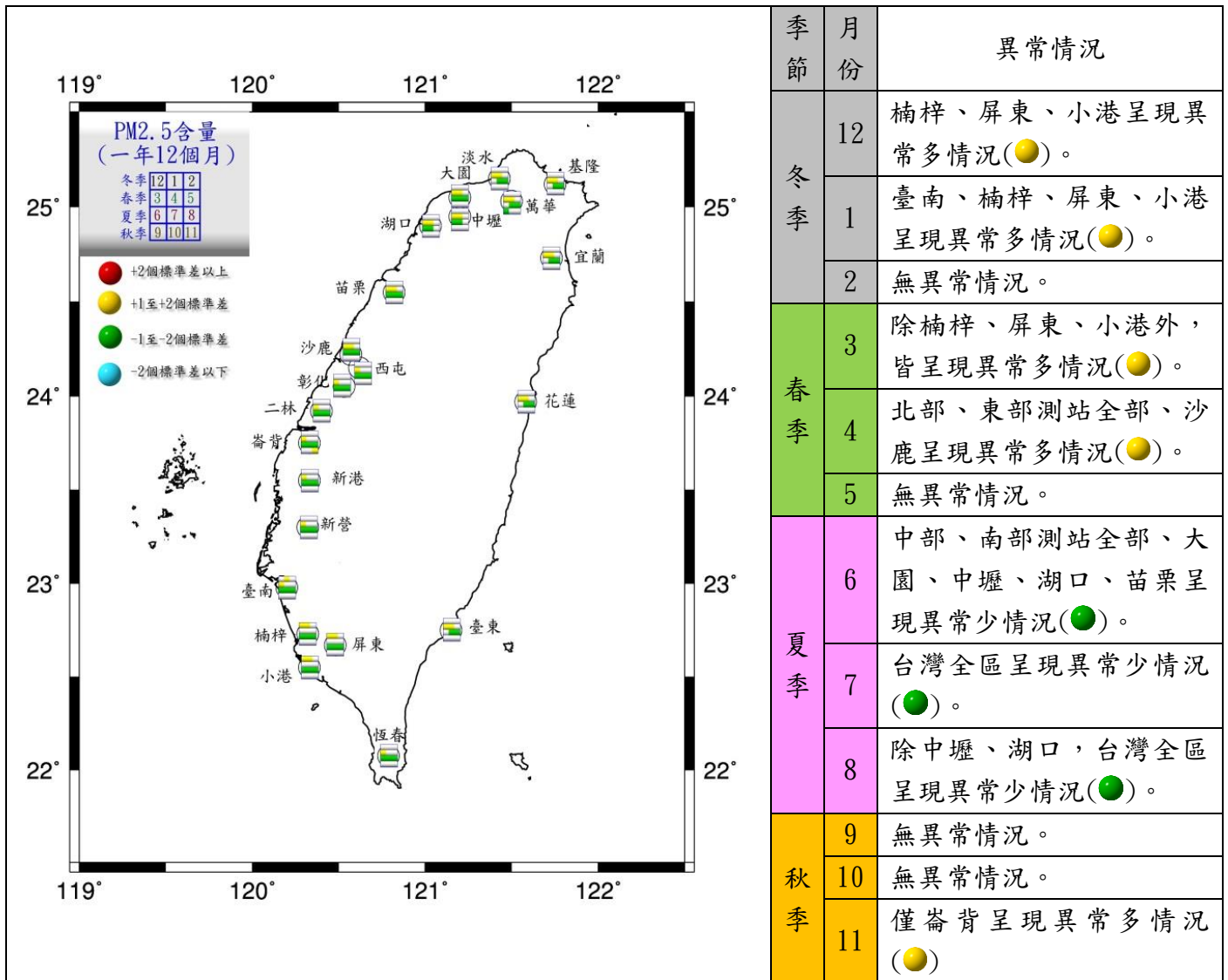
一、臺灣地區 PM2.5、PM10 含量時間、空間分布探討：

(一)懸浮微粒時間分布：各月份懸浮微粒含量異常(同一測站相較 12 月份-時間比較)測站分布

1. PM2.5 含量異常(同測站相較 12 月份)測站分布

表 7 為 PM2.5 在同一測站 12 個月標準化後數值分布，著色標示及月份位置如表 7 中圖左上方標示。由圖表可知懸浮微粒 PM2.5，冬季 1 月、2 月南部部份呈現異常多；春季 3 月皆呈現異常多，4 月東北部呈現異常多；夏季全台皆呈現異常少，其中 7 月為台灣全區皆少；秋季則含量中等較無異常多少情況。由此可知以時間來說，PM2.5 含量在 6、7、8 月(夏季)最少，3、4 月異常多，12 月、1 月西南部呈現異常多現象。

表 7、PM2.5 在 12 個月中含量標準化值(資料來源 2008-2018 年，同一地相較 12 的月份)



2. 各月份分區 PM2.5 含量異常(相較 12 月份)測站占比：

依據表 8 資料，計算台灣分區各月異常測站數，計算方式及說明，如表 8 下方說明(註 1、註 2)，可發現以一年 12 月做比較，PM2.5 含量台灣全區 3 月異常多，1 月南部異常多；6、7、8 月除東部，皆異常少。

表 8、各月份 PM2.5 含量異常測站分數表

季節	冬季			春季		
月份 (全台 22 測站)	12 月 (平均 32.2) (標準差 10.9)	1 月 (平均 32.6) (標準差 11.5)	2 月 (平均 33.4) (標準差 10.8)	3 月 (平均 35.8) (標準差 9.9)	4 月 (平均 31.9) (標準差 6.9)	5 月 (平均 23.6) (標準差 4.3)
北部(8 站)異常 數測站分數	0/8=0* (註 1)	0/8=0	0/8=0	8/8=1	8/8=1	0/8=0
中部(4 站)異常 數測站分數	0/4=0	0/4=0	0/4=0	4/4=1	1/4=0.25	0/4=0
南部(8 站)異常 數測站分數	3/8=0.375	4/8=0.5* (註 2)	0/8=0	5/8=0.625	0/8=0	0/8=0
東部(2 站)異常 數測站分數	0/2=0	0/2=0	0/2=0	2/2=1	2/2=1	0/2=0
季節	夏季			秋季		
月份 (全台 22 測站)	6 月 (平均 17.0) (標準差 2.5)	7 月 (平均 16.4) (標準差 3.2)	8 月 (平均 18.2) (標準差 3.4)	9 月 (平均 23.8) (標準差 6.0)	10 月 (平均 28.1) (標準差 8.9)	11 月 (平均 29.5) (標準差 11.4)
北部(8 站)異常 數測站分數	-4/8=-0.5	-8/8=-1	-6/8=-0.75	-1/8=-0.125	0/8=0	0/8=0
中部(4 站)異常 數測站分數	-4/4=-1	-4/4=-1	-4/4=-1	0/4=0	0/4=0	0/4=0
南部(8 站)異常 數測站分數	-8/8=-1	-8/8=-1	-8/8=-1	0/8=0	0/8=0	1/8=0.125
東部(2 站)異常 數測站分數	0/2=0	-2/2=-1	-2/2=-1	0/2=0	0/2=0	0/2=0

●說明：

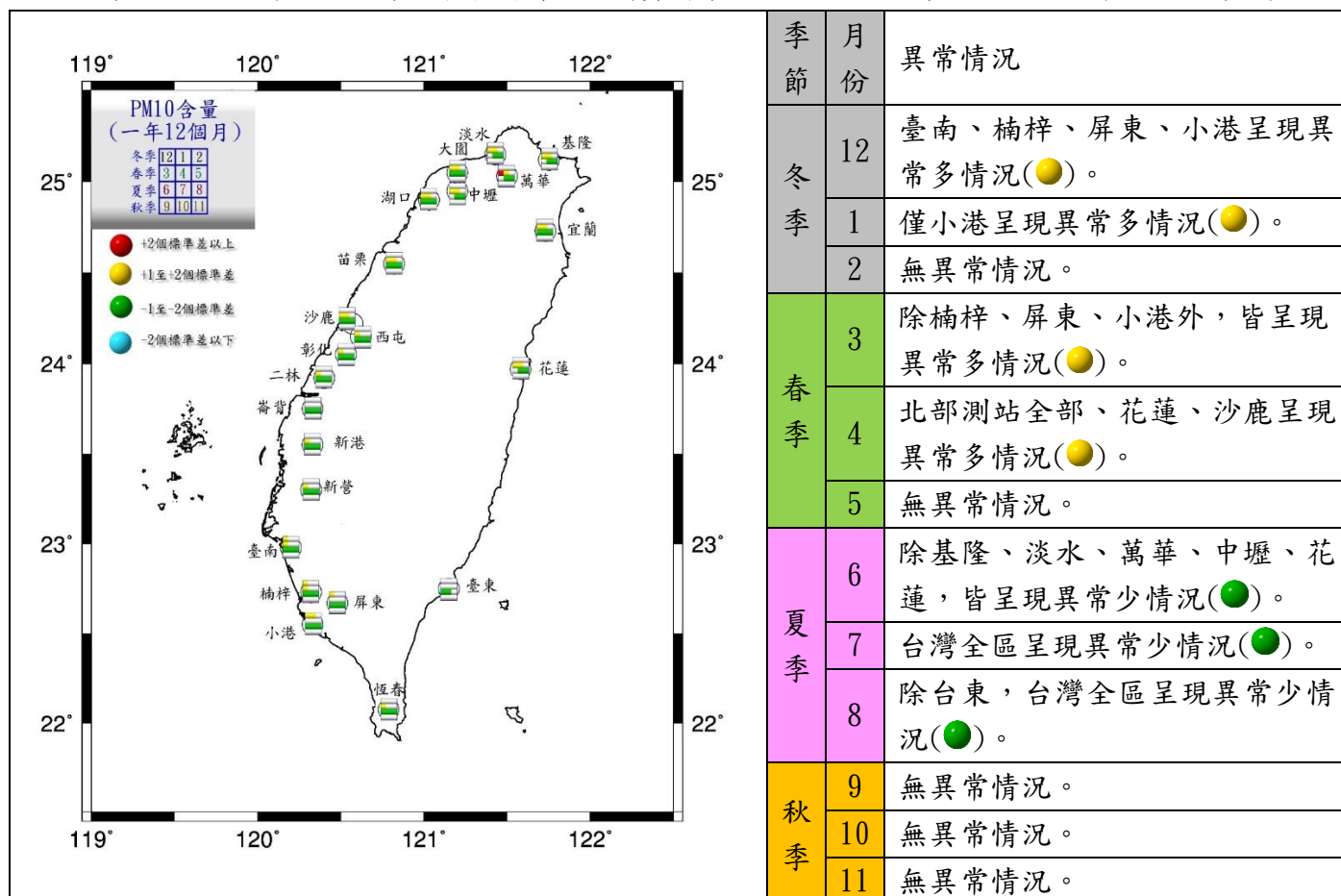
▼註 1：數值計算=達一個標準差以上測站數(異常多為”+”、異常少為”-”)/分區測站數(如北部 8 測站，數字為 8)。

▼註 2：底色代表：■ ≥ 0.75；0.75 > ■ ≥ 0.5；-0.5 ≥ ■ > -0.75；-0.75 ≥ ■

3. PM10 含量異常(同測站相較 12 月份)測站分布：

表 9 為 PM10 在同一測站 12 個月標準化後數值分布，分數計算及底色與表 7 相同。由圖表可知懸浮微粒 PM10 含量，3 月台灣絕大多數區域呈現異常多，4 月則西北部異常多，12 月西南一隅呈現異常多；夏季全台皆呈現異常少，其中 7 月為台灣全區皆少，6 月除北部，其他區域則異常少。由此可知以時間來說，PM10 含量在 6、7、8 月(夏季)最少，3 月異常多，12 月西南一角呈現異常多現象。與 PM2.5 含量分布相近，但差別在異常範圍及時間較 PM2.5 小。

表 9、PM10 在 12 個月中含量標準化值(資料來源 2008-2018 年，同一地相較 12 的月份)



4. 各月份分區 PM10 含量異常(同測站相較 12 月份)占比

依據表 10 資料，計算台灣分區各月異常測站數，計算方式及底色說明同表 8。可發現以一年 12 月做比較，PM2.5 含量台灣全區 3 月異常多，12 月南部異常多；6、7、8 月皆異常少。

表 10、各月份 PM10 含量異常測站分數表

季節	冬季			春季		
月份 (全台 22 測站)	12 月 (平均 62.1) (標準差 21.3)	1 月 (平均 59.8) (標準差 21.3)	2 月 (平均 60.1) (標準差 20.2)	3 月 (平均 69.0) (標準差 19.4)	4 月 (平均 59.5) (標準差 13.8)	5 月 (平均 44.9) (標準差 9.9)
北部(8 站)異常 數測站占比	0/8=0	0/8=0	0/8=0	8/8=1	8/8=1	0/8=0
中部(4 站)異常 數測站占比	0/4=0	0/4=0	0/4=0	4/4=1	1/4=0.25	0/4=0
南部(8 站)異常 數測站占比	4/8=0.5	1/8=0.125	0/8=0	5/8=0.625	0/8=0	0/8=0
東部(2 站)異常 數測站占比	0/2=0	0/2=0	0/2=0	1/2=0.5	1/2=0.5	0/2=0
季節	夏季			秋季		
月份 (全台 22 測站)	6 月 (平均 35.5) (標準差 6.9)	7 月 (平均 33.2) (標準差 6.2)	8 月 (平均 34.6) (標準差 5.6)	9 月 (平均 45.3) (標準差 10.0)	10 月 (平均 58.0) (標準差 10.1)	11 月 (平均 59.6) (標準差 23.2)
北部(8 站)異常 數測站占比	-4/8=-0.5	-8/8=-1	-8/8=-1	0/8=0	0/8=0	0/8=0
中部(4 站)異常 數測站占比	-4/4=-1	-4/4=-1	-4/4=-1	0/4=0	0/4=0	0/4=0
南部(8 站)異常 數測站占比	-8/8=-1	-8/8=-1	-8/8=-1	0/8=0	0/8=0	0/8=0
東部(2 站)異常 數測站分數	-1/2=-0.5	-2/2=-1	-1/2=-0.5	0/2=0	0/2=0	0/2=0

統計 1981-2010 年台灣本島 20 個測站雨量、降雨天數、相對溼度分布如表 11，可見雨量和懸浮微粒相關度較高，6-9 月雨量相較多，12-3 月雨量相較少，雨會造成懸浮微粒溶解或吸附沉降，這可能是台灣地區懸浮微粒夏季異常少的原因(張坤瀧，2017)。相較冬春兩季雨量少，造成揚塵、燃燒懸浮微粒不易沉降，故雨量多寡可能為其原因之一。

表 11、1981-2010 年台灣 20 測站平均各月雨量、降雨天數、相對溼度表

月份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
雨量 (毫米)	109	141	131	149	245	325	292	354	362	239	167	115
降雨天數	11.3	11.8	12.4	12.6	14.1	14.5	11.7	13.8	13.4	10.3	9.8	9.6
相對溼度	77.7	79.9	79.7	80.2	80.7	81.6	79.2	80.4	80.2	77.9	76.9	75.8

●註：藍底色為一年中數值最多的 4 個月；黃底為一年中數值最少的 4 個月

(二)懸浮微粒空間分布：各月份懸浮微粒含量異常(同一月份相較 22 測站比較)測站分布

1. PM2.5 含量異常(同月相較 22 測站)測站分布：

由表 12，PM2.5 在同月不同 22 測站標準化後數值分布，著色標示及月份位置如表 12 中圖左上方標示。由圖表可知懸浮微粒 PM2.5，以區域來說，整年台灣西半部均呈現異常多；東半部皆呈現異常少。其中較特殊區域為小港 10 月至 2 月極度異常多；二林 7 月極度異常多；淡水冬、春、夏季異常多，僅秋季異常少；基隆僅 6、7 月異常多，其他時間異常少；臺東全年極度異常少。

歸納以上，台灣西半部 PM2.5 多，以高雄地區最嚴重，可能與重工業有關，最嚴重在秋冬兩季，可能與位於東北季風背風側有關；反觀基隆夏季位於山區背風側，氣流下沉，汙染擴散不易，PM2.5 多，可見季風及地形影響汙染，且基隆夏季 PM10 仍異常少(見表 14)，推測基隆夏季懸浮微粒汙染源以燃燒為主，推測為船舶內動力鍋爐。東部則明顯 PM2.5 含量少，與汙染源少最相關。(維基百科，2020)

表 12、PM2.5 在 12 個月中含量標準化值(資料來源 2008-2018 年，同月 22 測站相較)

季節	月份	異常情況
冬季	12	楠梓、小港呈現極度異常多情況(●)。基隆、宜蘭、花蓮呈現異常少情況(●)。
	1	小港呈現極度異常多情況(●)。基隆、宜蘭、花蓮呈現異常少情況(●)。
	2	小港呈現極度異常多情況(●)。花蓮、台東呈現極度異常少情況(●)。
春季	3	花蓮、台東呈現極度異常少情況(●)。
	4	全區西半部皆異常多情況(●)。東部皆呈現極度異常少情況(●)。
	5	西半部除彰化、崙背外，其餘皆呈現異常多情況(●)。東部皆呈現極度異常少情況(●)。
夏季	6	西部除萬華、彰化、二林外，其餘皆呈現異常多情況(●)。宜蘭、台東呈現極度異常少情況(●)。
	7	二林呈現極度異常多情況(●)。花蓮、台東呈現極度異常少情況(●)。
	8	西半部除西屯、彰化、二林外，其餘皆呈現異常多(●)。東部呈極度異常少情況(●)。
秋季	9	除小港外，西半部皆呈現異常多(●)。宜蘭、台東呈現極度異常少(●)。
	10	小港呈極度異常多情況(●)。台東呈極度異常少情況(●)。
	11	小港呈極度異常多情況(●)。台東呈極度異常少情況(●)。

2. 各月份PM2.5含量異常(同月相較22測站)占比：

由表13發現，東部整年PM2.5均呈現異常少，西部除北部秋季外，異常多測站均達一半以上。可見PM2.5污染主要在西半部區域。依據資料北部以汽機車運輸污染為主，在冬、春、夏季均達一半測站以上異常多(維基百科，2020)。

中部除夏季6月及8月，異常未達3/4測站；南部除冬季3月及10月，異常未達3/4測站。可見中南部PM2.5污染嚴重，中部固定污染源有火力發電廠及焚化爐、石化、造紙、鋼鐵廠；南部固定污染源有火力發電廠及重工業，冬季則部分中部污染隨季風南移造成，故南部冬季PM2.5異常多測站反而少，可見中南部為PM2.5污染主要區域(維基百科，2020)。

表13、各月份PM2.5含量異常(同月相較22測站)測站占比(含量單位：微克/立方公尺)

季節	冬季			春季		
月份 (全台22測站)	12月 (平均32.2) (標準差10.9)	1月 (平均32.6) (標準差11.5)	2月 (平均33.4) (標準差10.8)	3月 (平均35.8) (標準差9.9)	4月 (平均31.9) (標準差6.9)	5月 (平均23.6) (標準差4.3)
北部(8站)異常 數測站分數	4/8=0.5	4/8=0.5	4/8=0.5	4/8=0.5	4/8=0.5	4/8=0.5
中部(4站)異常 數測站分數	4/4=1	4/4=1	4/4=1	4/4=1	4/4=1	3/4=0.75
南部(8站)異常 數測站分數	6/8=0.625	5/8=0.5	4/8=0.5	5/8=0.625	8/8=1	7/8=0.875
東部(2站)異常 數測站分數	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1
季節	夏季			秋季		
月份 (全台22測站)	6月 (平均17.0) (標準差2.5)	7月 (平均16.4) (標準差3.2)	8月 (平均18.2) (標準差3.4)	9月 (平均23.8) (標準差6.0)	10月 (平均28.1) (標準差8.9)	11月 (平均29.5) (標準差11.4)
北部(8站)異常 數測站分數	5/8=0.625	6/8=0.75	4/8=0.5	2/8=0.25	2/8=0.25	2/8=0.25
中部(4站)異常 數測站分數	2/4=0.5	3/4=0.75	1/4=0.25	3/4=0.75	4/4=1	4/4=1
南部(8站)異常 數測站分數	8/8=1	7/8=0.875	8/8=1	7/8=0.875	5/8=0.625	6/8=0.75
東部(2站)異常 數測站分數	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1

3. PM10 含量異常(同月相較 22 測站)測站分布

由表 14 見可知 PM10 含量東半部整年皆呈現異常少，西半部整年皆呈現異常多，與 PM2.5 分布一致，但也有些許不同。如 PM10 極端異常多(+1.5 標準差以上測站)，除高雄地區與 PM2.5 分布一致出現在冬季及春季外，還有中壢測站 5 至 8 月也有異常多現象。

異常多少的區域以淡水、萬華為分界，與 PM2.5 以基隆為分界不同。可見淡水、萬華 PM10 秋、冬少，春、夏多，基隆 PM2.5 秋、冬少，春、夏多。有此可知 PM10 及 PM2.5 來源也許有不同。推測基隆秋、冬季，僅 PM2.5 多，也許與船舶排放廢氣以 PM2.5 為主有關。

表 14、PM10 在 12 個月中含量標準化值(資料來源 2008-2018 年，同月 22 測站相較)

季節	月份	異常情況
冬季	12	楠梓、小港呈現極度異常多情況(●)。基隆、東部皆呈異常少(●)。
	1	楠梓、小港呈現極度異常多情況(●)。淡水、基隆、東部皆呈異常少(●)。
	2	楠梓呈極度異常多(●)。東部皆呈極度異常少(●)。
春季	3	楠梓呈極度異常多(●)。東部皆呈極度異常少(●)。
	4	基隆、花蓮、台東呈現極度異常少(●)。
	5	中壢呈極度異常多(●)。基隆、東部皆呈極度異常少(●)。
夏季	6	中壢呈極度異常多(●)。其中台東呈極度異常少(●)。
	7	中壢呈極度異常多(●)。基隆、東部皆呈極度異常少(●)。
	8	中壢呈極度異常多(●)。花蓮呈極度異常少(●)。
秋季	9	基隆、花蓮呈現極度異常少(●)。
	10	楠梓呈極度異常多(●)情況。台東則呈異常多(●)情況。淡水、基隆、萬華呈異常少(●)。
	11	楠梓呈極度異常多(●)情況。北部淡水、基隆、宜蘭，東部皆呈異常少(●)。

4. 各月份PM10含量異常(同月相較22測站)占比：

由表 15 可發現，東部整年 PM10 均呈現異常少；中部則全年 PM10 含量異常測站數達 3/4；南部也是全年 PM10 含量異常測站數達一半以上；北部僅 5 月至 8 月，PM10 含量異常測站數達 3/4。可見 PM10 汙染主要在中、南區域。依據資料粗懸浮微粒以河床裸露造成揚塵為主(維基百科, 2020)，中、南部河床裸露區域也是最大，加上燃燒細懸浮微粒中南部也相較多，故 PM10 中、南部多數測站異常多。

表 15、各月份 PM10 含量異常(同月相較 22 測站)測站占比(含量單位：微克/立方公尺)

季節	冬季			春季		
月份 (全台 22 測站)	12 月 (平均 62.1) (標準差 21.3)	1 月 (平均 59.8) (標準差 21.3)	2 月 (平均 60.1) (標準差 20.2)	3 月 (平均 69.0) (標準差 19.4)	4 月 (平均 59.5) (標準差 13.8)	5 月 (平均 44.9) (標準差 9.9)
北部(8 站)異常 數測站占比	3/8=0.375	1/8=0.125	2/8=0.25	2/8=0.25	3/8=0.375	6/8=0.75
中部(4 站)異常 數測站占比	4/4=1	4/4=1	4/4=1	4/4=1	4/4=1	4/4=1
南部(8 站)異常 數測站占比	6/8=0.75	6/8=0.75	5/8=0.625	5/8=0.625	5/8=0.625	6/8=0.75
東部(2 站)異常 數測站占比	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1
季節	夏季			秋季		
月份 (全台 22 測站)	6 月 (平均 35.5) (標準差 6.9)	7 月 (平均 33.2) (標準差 6.2)	8 月 (平均 34.6) (標準差 5.6)	9 月 (平均 45.3) (標準差 10.0)	10 月 (平均 58.0) (標準差 10.1)	11 月 (平均 59.6) (標準差 23.2)
北部(8 站)異常 數測站占比	6/8=0.75	6/8=0.75	6/8=0.75	0/8=0	0/8=0	2/8=0.25
中部(4 站)異常 數測站占比	4/4=1	3/4=0.75	4/4=1	4/4=1	4/4=1	4/4=1
南部(8 站)異常 數測站占比	7/8=0.875	7/8=0.875	7/8=0.875	5/8=0.625	5/8=0.625	5/8=0.625
東部(2 站)異常 數測站分數	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1	-2/2=-1	0/2=0	-2/2=-1

二、各月份季節分區 PM2.5、PM10 含量變化各項特徵：

(一)計算分數方式說明：

本研究先將 22 測站懸浮微粒(PM2.5、PM10)數值與 PM2.5-PM10 含量分布回歸線、天氣狀況、汙染物種類數值做相關係數計算，試圖運用分數計算方式，找出 PM2.5、PM10 含量變化與 PM2.5-PM10 含量分布回歸線、天氣狀況、汙染物種類在各區域的相關性特徵。

1. 分數計算方式說明如下：

(1)相關性高測站數(中度相關以上站數，數值絕對值>0.3)區域分數計算：

中度正相關(0.7>相關係數絕對值>0.3)+1 分；高度正相關(相關係數絕對值>0.7)+2 分；中度負相關(-0.3>相關係數絕對值>-0.7)-1 分；高度負相關(相關係數絕對值<-0.7)-2 分。

最後將區域內分數加總後，除以區域內測站數。絕對值分數越高代表整個區域測站 PM2.5 或 PM10 與 PM2.5-PM10 回歸線特徵斜率(來源粗細)、Y 截距(背景值)、R 平方(境外-來源不固定或自產-來源固定)；天氣特徵 RH(相對溼度)、AVG_TEMP(平均溫度)、CUMULATIVE_RAINFULL(累積雨量)、RAINY_DAYS(降雨天數)、SUNSHINE_HOURS(日照時數)；汙染物種類 SO₂(二氧化硫)、CO(一氧化碳)、O₃(臭氧)、NO_x(氮氧化物)、THC(有機氣體)越相關。(項目如圖 9)

(2)分數計算及圖中底色意義：

分數=區域內 PM2.5 或 PM10 含量與特性數值達中度相關以上測站分數加總(依據項目 1. 計算)/區域內測站數(分區如圖 10)。分數+1.0 分以上則以紅色底色標示，分數-1.0 分以下則以紫色底色標示。紅色代表與懸浮微粒數值呈大範圍正相關、紫色代表與懸浮微粒數值呈大範圍負相關。藉此找出懸浮微粒多時各項目特徵。

PM2.5-PM10 回歸線特徵。				
斜率。		Y 截距。	R ² 。	
天氣特徵。				
RH。	AVG_TEMP。	CUMULATIVE_RAINFULL。	RAINY_DAYS。	SUNSHINE_HOURS。
汙染物特徵。				
SO ₂ 。	CO。	O ₃ 。	NO _x 。	THC。

圖 9、相關性特徵項目

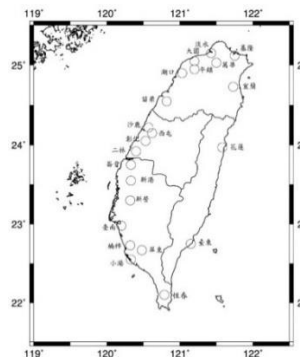


圖 10、測站分區圖

(二)各季節懸浮微粒(PM2.5、PM10)含量多時分區特徵：

各季節各月份懸浮微粒含量與區域內測站相關性(正相關紅色、負相關紫色)，歸納如下表 16 至表 19。並表列當懸浮微粒(PM2.5、PM10)多時，其相關特徵。PM2.5-PM10 含量分布回歸線、天氣狀況、汙染物種類各別項目標示提示顏色。

1. 冬季(12月、1月、2月):

表 16、冬季懸浮微粒分區特徵表

懸浮微粒	12月	1月	2月
PM2.5			
PM10			
北	降雨量少及天數少, PM10 多 低溫, 日照長, 二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物多, 懸浮微粒多。	雨量少、降雨天少、日照長, PM10 多 二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物多, 懸浮微粒多。	二氧化硫、一氧化碳多, PM2.5 多。
中	低溫, PM2.5 多。 乾燥, 日照長, 二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物多, 懸浮微粒多。	乾燥, 雨量少、降雨天數少、日照長, 二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物多, 懸浮微粒多。	一氧化碳、氮氧化物多, PM2.5 多。 高溫、雨量少、降雨天數少、日照長, PM10 多。 來源細顆粒比例高, 二氧化硫多, 懸浮微粒多。
南	日照長, PM10 多。 二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物多, 懸浮微粒多。	降雨天數少, 臭氧多, PM10 多。 乾燥、雨量少、日照長, 二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物多, 懸浮微粒多。	氮氧化物多, PM2.5 多。 一氧化碳多, 懸浮微粒多。
東	低溫, PM2.5 多。 雨量少、日照長, PM10 多。 乾燥、降雨天數少, 二氧化硫、一氧化碳、臭氧多, 懸浮微粒多。	乾燥, 二氧化硫、臭氧多, PM10 多。 雨量少, 降雨天數少、日照長, 懸浮微粒多。	來源細顆粒比例高, 來源固定, 降雨天數少, 一氧化碳多, PM2.5 多。 乾燥, PM10 多。 日照長, 二氧化硫多, 懸浮微粒多。

2. 春季(3月、4月、5月):

表 17、春季懸浮微粒分區特徵表

懸浮微粒	3月	4月	5月
PM2.5			
PM10			
北	來源粗顆粒比例高，原始細顆粒多，PM10 多。二氧化硫、一氧化碳多，懸浮微粒多。	二氧化硫、一氧化碳、氮氧化合物多，PM2.5 多。雨量少、降雨天數少，PM10 多。低溫，懸浮微粒多。	低溫、一氧化碳多，PM2.5 多。乾燥、日照長、二氧化硫、臭氧多，懸浮微粒多。
中	來源粗顆粒比例高，原始細顆粒多，PM10 多。乾燥，境外移入，二氧化硫、一氧化碳、氮氧化合物多，懸浮微粒多。	低溫，PM2.5 多。乾燥，PM10 多。二氧化硫、一氧化碳、氮氧化合物多，懸浮微粒多。	雨量少，PM2.5 多。乾冷，二氧化硫、一氧化碳、臭氧、氮氧化合物多，懸浮微粒多。
南	日照短，PM2.5 多。來源粗顆粒比例高，原始細顆粒多，境外移入，PM10 多。二氧化硫、一氧化碳、氮氧化合物多，懸浮微粒多。	潮濕、日照短、臭氧多，PM10 多。低溫，二氧化硫、一氧化碳、氮氧化合物多，懸浮微粒多。	潮濕，PM10 多。低溫，二氧化硫、一氧化碳、臭氧、氮氧化合物多，懸浮微粒多。
東	臭氧多，PM2.5 多。原始細顆粒多，乾燥，二氧化硫、一氧化碳、氮氧化合物多，懸浮微粒多。	日照短，PM2.5 多。來源粗顆粒比例高，來源固定，二氧化硫、一氧化碳、臭氧多，PM10 多。低溫，氮氧化合物多，懸浮微粒多。	原始細顆粒多，低溫，PM2.5 多。來源粗顆粒比例高，來源固定，降雨天數少，二氧化硫、臭氧、氮氧化合物多，PM10 多。一氧化碳多，懸浮微粒多。

3. 夏季(6月、7月、8月)：

表 18、夏季懸浮微粒分區特徵表

懸浮微粒	6月	7月	8月
------	----	----	----

PM2.5			
PM10			
北	<p>來源固定，二氧化硫、臭氧多，PM2.5多。 一氧化碳多，懸浮微粒多。</p>	<p>原始細顆粒多，一氧化碳多，PM2.5多。 降雨天數多，臭氧多，PM10多。</p>	<p>日照長，降雨天數少，二氧化硫多，PM2.5多。 一氧化碳多，懸浮微粒多。</p>
中	<p>來源固定、一氧化碳、氮氧化物多，懸浮微粒多。</p>	<p>臭氧少，氮氧化物多，PM2.5多。 原始粗顆粒多，PM10多。</p>	<p>氮氧化物多，懸浮微粒多。</p>
南	<p>原始細顆粒多，日照短，PM2.5多。 來源固定，濕冷，二氧化硫、一氧化碳、臭氧、氮氧化物多，懸浮微粒多。</p>	<p>二氧化硫、氮氧化物多，PM2.5多。 潮濕，PM10多。 低溫，懸浮微粒多。</p>	<p>降雨天數少，PM2.5多。 原始粗顆粒多，PM10多。來源細顆粒比例高，二氧化硫、氮氧化物多，懸浮微粒多。</p>
東	<p>原始細顆粒多，PM2.5多。 來源粗顆粒比例高、潮濕，二氧化硫、臭氧多，PM10多。 一氧化碳、氮氧化物多，懸浮微粒多。</p>	<p>低溫，PM2.5多。 潮濕、臭氧多，PM10多。 來源固定，二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物多，懸浮微粒多。</p>	<p>原始粗顆粒多，二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物多，PM2.5多。</p>

4. 秋季(9月、10月、11月):

表 19、秋季懸浮微粒分區特徵表

懸浮微粒	9月	10月	11月
PM2.5			
PM10			
北	原始細顆粒多, PM2.5 多。 低溫, PM10 多。	二氧化硫多, PM2.5 多。 雨量少、降雨天數少, 懸浮微粒多	原始細顆粒多, 氮氧化合物多, PM2.5 多。 乾燥, 降雨天數少, PM10 多。 低溫, 二氧化硫、一氧化碳多, 懸浮微粒多。
中	乾燥, PM2.5 多。原始粗顆粒多, PM10 多。來源細顆粒比例高, 一氧化碳、臭氧、氮氧化合物多, 懸浮微粒多。	來源細顆粒比例高, PM2.5 多。原始粗顆粒多, 一氧化碳多, PM10 多。二氧化硫、氮氧化合物多, 懸浮微粒多。	低溫, 雨量多, 降雨天數多, PM2.5 多。 二氧化硫、一氧化碳、氮氧化合物多, 懸浮微粒多。
南	雨量少, PM10 多 二氧化硫、一氧化碳、臭氧、氮氧化合物多, 懸浮微粒多。	來源細顆粒比例高, 一氧化碳多, PM2.5 多。境外移入, 低溫, 雨量少, 臭氧多, PM10 多。降雨天數少, 二氧化硫、氮氧化合物多, 懸浮微粒多。	一氧化碳多, PM2.5 多。 低溫, 二氧化硫、氮氧化合物多, 懸浮微粒多。
東	潮濕、低溫、日照短, 二氧化硫、一氧化碳多, PM2.5 多。 氮氧化合物多, 懸浮微粒多。	來源細顆粒比例高, 原始細顆粒多, 來源固定, 二氧化硫、氮氧化合物多, PM2.5 多。 雨量少, 降雨天數少, 臭氧多, PM10 多 一氧化碳多, 懸浮微粒多。	來源固定, 日照短, PM2.5 多。 來源粗顆粒比例高, PM10 多。 低溫、原始細顆粒多, 二氧化硫、一氧化碳、氮氧化合物多, 懸浮微粒多。

三、影響時間長及空間大之各項特徵比對：

(一)各區懸浮微粒多時一年中影響時間長之特徵統計比對：

依據表 16 至表 19 數據，針對各區懸浮微粒多時影響時間 2 個月以上特徵分析，藉此了解分區懸浮微粒多時特徵。依據影響月份數排列順序製作表 20，相關影響月份越多，代表此特徵因素影響時間越長。

由表 20 影響分區懸浮微粒多且時間較長的特徵歸納如下：

1. 北部懸浮微粒多時特徵：春秋冬季乾冷，污染物以交通運輸、火力發電污染(一氧化碳、二氧化硫相關性高)為主。
2. 中部懸浮微粒多時特徵：以工業製造、交通運輸及火力發電依序為影響時間長到短的固定污染源(氮氧化合物、一氧化碳、二氧化硫相關性高)，秋冬春季乾冷情況下污染相對顯著。
3. 南部懸浮微粒多時特徵：與中部相同以工業製造及火力發電為較長期的固定污染源(氮氧化合物、二氧化硫相關性高)，其次是交通運輸。特別的是春夏秋冬濕涼情況下污染相關顯著。3 月、10 月 PM10 有境外移入現象，推測 3 月污染源可能來自大陸，10 月可能與中部空汙隨季風移入有關(維基百科，2020)。
4. 東部懸浮微粒多時特徵：污染物以交通運輸、火力發電及工業製造污染為主(一氧化碳、二氧化硫、氮氧化合物相關性高)，且春夏秋冬來源固定，冬春季有臭氧污染，可能與日照光化學反應有關，冬春季乾燥情況下污染相對顯著。

表 20、分區懸浮微粒多時特徵統計表

月份	特徵(月份，全年月份達 2 個月以上)
北	PM2.5 一氧化碳(全年除 9 月、10 月)、二氧化硫(全年除 7 月、9 月)、氮氧化合物(12 月、1 月、4 月、11 月)、低溫(12 月、4 月、5 月、11 月)、雨量少(1 月、4 月、10 月)、日照長(12 月、5 月、8 月)、原始細顆粒多(7 月、9 月、11 月)、降雨天數少(8 月、10 月)臭氧(5 月、7 月)
	PM10 一氧化碳(12 月、1 月、3 月、6 月、8 月、11 月)、二氧化硫(12 月、1 月、3 月、5 月、11 月)、降雨天數少(12 月、1 月、4 月、10 月、11 月)、雨量少(12 月、1 月、4 月、10 月)、低溫(12 月、4 月、9 月、11 月)、日照長(12 月、1 月、5 月)、臭氧(3 月、5 月、7 月)、氮氧化合物(12 月、1 月)
中	PM2.5 氮氧化合物(全年)、一氧化碳(全年除 7、8、10 月)、二氧化硫(全年除 6-9 月)、低溫(12 月、4 月、5 月、11 月)、乾燥(1 月、3 月、9 月)、來源細顆粒比例高(2 月、9 月、10 月)、雨量少(1 月、5 月)、日照長(12 月、1 月)、臭氧(5 月、9 月)
	PM10 氮氧化合物(全年除 2、7 月)、一氧化碳(全年除 2、7、8 月)、二氧化硫(全年除 6-9 月)、乾燥(1 月、3 月、4 月、5 月)、日照長(12 月、1 月、2 月)、原始粗顆粒多(7 月、9 月、10 月)、降雨天數少(1 月、2 月)、雨量少(1 月、2 月)、臭氧(5 月、9 月)、來源細顆粒比例高(2 月、9 月)

月份		特徵(月份, 全年月份達 2 個月以上)
南	PM2.5	氮氧化物(全年)、二氧化硫(全年除 2 月)、一氧化碳(全年除 7 月、8 月)、臭氧(5 月、6 月、9 月)、低溫(4 月、6 月、7 月、11 月)、日照短(3 月、6 月)、潮濕(4 月、6 月)
	PM10	氮氧化物(全年除 2 月、7 月)、二氧化硫(全年除 2 月、7 月)、一氧化碳(全年除 7 月、8 月、10 月、11 月)、低溫(4 月、6 月、7 月、10 月、11 月)、臭氧(4 月、5 月、6 月、9 月、10 月)、潮濕(4 月、5 月、6 月、7 月)、日照短(3 月、4 月)、日照長(12 月、1 月)、降雨天數少(8 月、10 月)、原始細顆粒多(3 月、8 月)、境外移入(3 月、10 月)、來源細顆粒比例高(8 月、10 月)
東	PM2.5	一氧化碳(全年除 1 月、4 月)、二氧化硫(全年除 1 月、4 月、5 月、6 月)、氮氧化物(全年除 12 月、1 月、2 月、5 月)、低溫(12 月、5 月、7 月、9 月、11 月)、原始細顆粒多(3 月、5 月、6 月、10 月、11 月)、來源固定(2 月、7 月、10 月、11 月)、日照短(4 月、9 月、11 月)、降雨天數少(12 月、1 月、2 月)、日照長(1 月、2 月)、乾燥(12 月、3 月)、臭氧(12 月、3 月)、來源細顆粒比例高(2 月、10 月)
	PM10	二氧化硫(全年除 8 月、9 月、10 月)、一氧化碳(全年除 1 月、2 月、8 月、9 月)、氮氧化物(全年除 12 月、1 月、2 月、8 月、10 月)、臭氧(12 月、1 月、4 月、5 月、6 月、7 月)、乾燥(12 月、1 月、2 月、3 月)、降雨天數少(12 月、1 月、5 月、10 月)、來源粗顆粒比例高(4 月、5 月、6 月、11 月)、來源固定(4 月、5 月、7 月)、雨量少(12 月、1 月、10 月)、日照長(12 月、1 月、2 月)、潮濕(6 月、7 月)、原始細顆粒多(3 月、11 月)

(二)懸浮微粒(PM2.5、PM10)分項歸納各項特徵影響區域大小：

歸納表 16 至表 19 各月份懸浮微粒多時各項特徵，若台灣四區(北、中、南、東)皆具相關，便標示★★★★★特徵項目，三區則標示★★★★(區域)特徵項目，如★★★★(北中南)氮氧化物多，依此類推標示★★以上項目，如表 20。★越多代表特徵影響區域越大。

表 21、各季懸浮微粒多時各項特徵

季	月份	懸浮微粒	特徵(★代表出現區域數)
冬季	12 月	PM2.5 多	★★★★★二氧化硫、一氧化碳多；★★★★(北中南)氮氧化物多、(北中東)低溫；★★(中東)乾燥、★★(北中)日照長
		PM10 多	★★★★★日照長、二氧化硫、一氧化碳多；★★★★(北中南)氮氧化物多；★★(中東)乾燥、★★(北東)降雨天數少
	1 月	PM2.5 多	★★★★(北中南)二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物多、★★(中東)雨量少、降雨天數少、★★★★(中南東)日照長
		PM10 多	★★★★★二氧化硫多、日照長；★★★★(北中南)一氧化碳、氮氧化物多、★★★★(北中東)雨量少、降雨天少
	2 月	PM2.5 多	★★★★★一氧化碳多；★★★★(北中東)二氧化硫多；★★(中東)氮氧化物多、★★(南東)來源細顆粒比例高
		PM10 多	★★(中東)日照長、★★(中東)二氧化硫多、★★(東南)一氧化碳

季	月份	懸浮微粒	特徵(★代表出現區域數)
春季	3月	PM2.5 多	★★★★★二氧化硫、一氧化碳多；★★★★(中南東)氮氧化合物多；★★(中南)境外移入；★★(中東)乾燥、★★(南東)原始細顆粒多
		PM10 多	★★★★★原始細顆粒多、二氧化硫、一氧化碳多、★★★★(北中南)來源粗顆粒比例高、★★★★(中南東)氮氧化合物多；★★(中南)境外移入、★★(中東)乾燥
	4月	PM2.5 多	★★★★★二氧化硫、一氧化碳、氮氧化合物多、低溫
		PM10 多	★★★★(北南東)低溫、★★★★(中南東)二氧化硫、一氧化碳、氮氧化合物多
	5月	PM2.5 多	★★★★(北中南)二氧化硫、一氧化碳多、低溫；★★(北中)乾燥、★★(中南)臭氧、氮氧化合物多
		PM10 多	★★★★★二氧化硫、一氧化碳多、低溫；★★★★(中南東)臭氧、氮氧化合物多；★★(北中)乾燥
夏季	6月	PM2.5 多	★★★★★一氧化碳多；★★★★(中南東)氮氧化合物多、★★★★(中南東)來源固定；★★(南東)原始細顆粒多、★★(北南)二氧化硫多
		PM10 多	★★★★★一氧化碳多；★★★★(中南東)氮氧化合物多；★★(中南)來源固定、★★(南東)二氧化硫、臭氧多
	7月	PM2.5 多	★★★★(中南東)氮氧化合物多；★★(北東)一氧化碳多、★★(南東)二氧化硫多、低溫
		PM10 多	★★(北東)臭氧多、★★(南東)潮濕
	8月	PM2.5 多	★★★★(北南東)二氧化硫多、★★★★(中南東)氮氧化合物多；★★(北東)一氧化碳多、★★(北南)二氧化硫多、降雨天少
		PM10 多	★★(中南)氮氧化合物多
秋季	9月	PM2.5 多	★★★★(中南東)一氧化碳、氮氧化合物多；★★(南東)二氧化硫多
		PM10 多	★★★★(中南東)氮氧化合物多；★★(中南)臭氧多
	10月	PM2.5 多	★★★★★二氧化硫多；★★★★(中南東)來源細顆粒比例高、氮氧化合物多；★★(南東)一氧化碳多、雨量少
		PM10 多	★★★★(北南東)雨量少、降雨天少；★★(南東)臭氧多、★★(中東)一氧化碳多、★★(中南)氮氧化合物多
	11月	PM2.5 多	★★★★★二氧化硫、一氧化碳、氮氧化合物多、低溫；★★(北東)原始細顆粒多
		PM10 多	★★★★★二氧化硫多；★★★★(中南東)氮氧化合物多、★★★★(北中東)一氧化碳多、★★★★(北南東)低溫

(三)各月份懸浮微粒含量多時影響區域大之特徵統計比對：

由表 20 數據，將各月份 PM2.5 及 PM10 所得★數疊加，統計累積超過 4★，所得★數越多代表代表影響區域及特徵越顯著，歸納如表 21。括號內代表得★數，後標示特徵，如(7★)氮氧化合物多。並試圖描述各月懸浮微粒多時各分項特徵。

由表 21 發現，統整懸浮微粒多時特徵歸納如下：

1. 乾旱-乾燥、雨量少、日照長：當乾旱時，冬季的 12 月、1 月；春季 3 月、5 月；秋季 10 月，懸浮微粒多。推測相對乾旱時，河川裸露揚塵可能增加，乾旱也意味大陸高氣壓較強，東北季風可能增加大陸污染境外移入機會。也可能高壓籠罩，造成西半部東北季風背風區懸浮微粒擴散不易。
2. 低溫：當低溫時，春季 4 月、5 月及秋季 11 月，懸浮微粒多。春季及秋季低溫推測代表大陸高壓影響，造成西半部東北季風背風區懸浮微粒擴散不易。

3. **交通運輸**、**火力發電**、**工業生產**：除7月外。二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物幾乎全年影響範圍大為台灣主要污染物。汙染物來源各月主要包含交通運輸(與一氧化碳相關性高)、火力發電(與二氧化硫相關性高)、工業生產(包含貨車與氮氧化物相關性高)汙染等。故推測依據影響範圍大至小，交通運輸、火力發電、工業製造幾乎全年大範圍影響台灣。
4. **境外移入**、**背景值細顆粒多**、**本土汙染**：3月明顯有大範圍境外移入汙染，可能與大陸沙塵及工業火力交通汙染有關(維基百科，2020)，且此時懸浮微粒背景值細顆粒多。6月懸浮微粒來源固定推測為本土汙染。

表 22、各月 PM2.5、PM10 重疊特徵統計表

季節	特徵項目		
	月份	重疊特徵項目(括號內為總得星數超過4★)	懸浮微粒多描述特徵
冬季	12月	(8★) 二氧化硫 、 一氧化碳 多、(7★) 氮氧化物 多、(6★) 日照長 、(4★) 乾燥	可能汙染源為 交通運輸 、 火力發電 、 工業汙染 為主。天氣特徵為 乾旱
	1月	(8★) 二氧化硫 多、(7★) 一氧化碳 、 氮氧化物 多、(7★) 日照長 、(5★) 雨量少 、 降雨天數少	可能汙染源為 交通運輸 、 火力發電 、部分 工業汙染 。天氣特徵為 乾旱
	2月	(8★) 一氧化碳 多、(7★) 二氧化硫 多	可能汙染源為 交通運輸 、 火力發電
春季	3月	(8★) 二氧化硫 、 一氧化碳 多、(6★) 氮氧化物 多、(6★) 原始細顆粒多 、(4★) 境外移入 、(4★) 乾燥	可能汙染源為 交通運輸 、 火力發電 、 工業汙染 為主。天氣特徵為 乾旱 。汙染部分受 境外移入 影響，且 原始背景值細顆粒多 。
	4月	(7★) 二氧化硫 、 一氧化碳 、 氮氧化物 多、(7★) 低溫	可能汙染源為 交通運輸 、 火力發電 、 工業汙染 為主。天氣狀況 低溫 時。
	5月	(7★) 二氧化硫 、 一氧化碳 多、(5★) 臭氧 、 氮氧化物 多、(5★) 低溫 、(4★) 乾燥	可能汙染源為 交通運輸 、 火力發電 、 工業汙染 為主。晴朗無風時，也可能出現 臭氧 汙染。天氣狀況 乾冷 。
夏季	6月	(8★) 一氧化碳 多、(5★) 來源固定 、(5★) 氮氧化物 多、(4★) 二氧化硫 多	可能汙染源為 交通運輸 為主。 工業汙染 、 火力發電 為輔。 本土汙染 汙染為主。
	8月	(5★) 氮氧化物 多	可能汙染源為 工業汙染 為主。
秋季	9月	(6★) 氮氧化物 多	可能汙染源為 工業汙染 為主。
	10月	(5★) 雨量少 、(5★) 氮氧化物 多、(4★) 二氧化硫 多、(4★) 一氧化碳 多	可能汙染源為 交通運輸 、 火力發電 、 工業汙染 為主。天氣狀況 雨量少 時。
	11月	(8★) 二氧化硫 多、 一氧化碳 、(7★) 氮氧化物 多、(7★) 低溫	可能汙染源為 交通運輸 、 火力發電 、 工業汙染 為主。天氣狀況 低溫 時。

(四)統整探討台灣懸浮微粒污染時特徵及發生原因

1. 影響時間長之分區特徵(圖 11 左側)：

- (1)天氣特徵：北部、中部秋冬春季乾冷時；東部冬春乾燥時；南部春夏秋濕涼時，有懸浮微粒較多的趨勢。
- (2)污染物特徵：懸浮微粒污染源以區域區分可發現北部、東部與交通運輸、火力發電最相關；東部在冬春夏季，懸浮微粒常伴隨臭氧污染出現；中部污染源與工業、交通、火力發電最相關；南部以工業、火力發電污染為主。
- (3)懸浮微粒顆粒分布特徵：東部春夏季污染物來源固定，推測為本土污染為主；南部 10 月、3 月有境外移入現象。

2. 影響範圍大之分季特徵(圖 11 右側)：

- (1)天氣特徵：懸浮微粒多時，影響區域大的天氣特徵有冬、春、秋季乾旱(乾燥、雨量少、日照長)；春、秋季低溫。
- (2)污染物特徵：除 7 月影響範圍由大而小依序為二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物，可見運輸及火力發電、工業製造為台灣主要污染。
- (3)懸浮微粒顆粒分布特徵：3 月有大範圍境外移入現象，且此時背景值細顆粒多。6 月則大範圍來源固定，可能以本土污染為主。

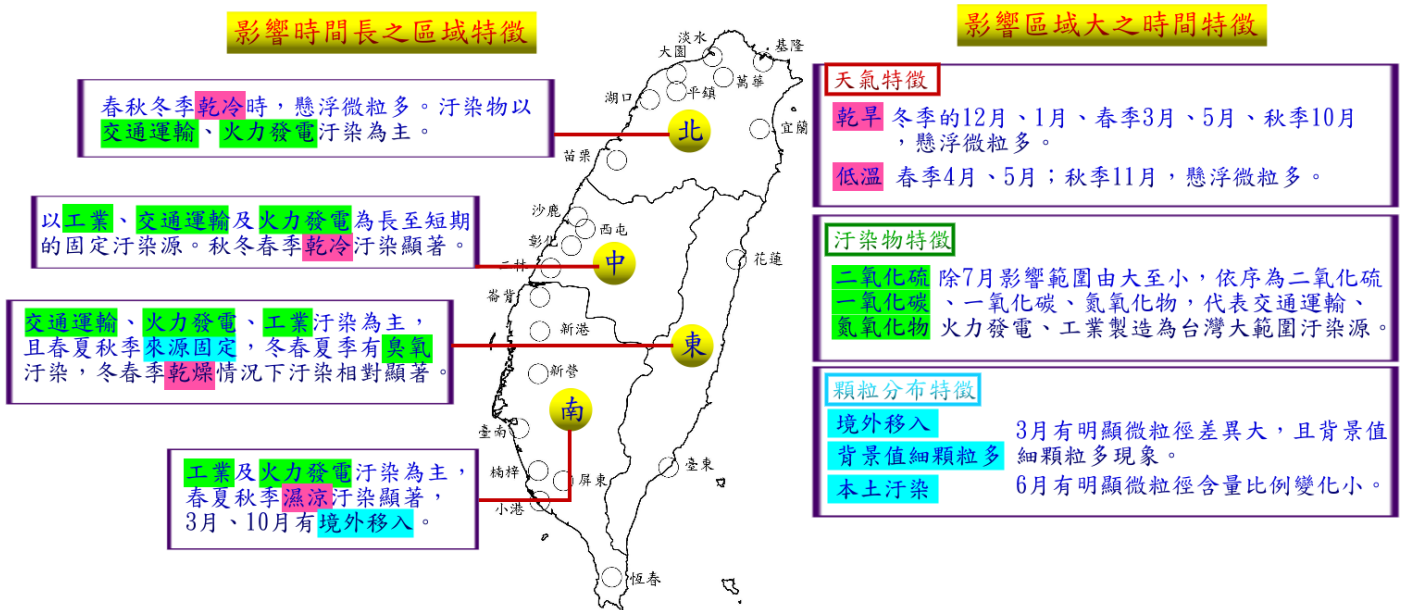


圖 11、影響懸浮微粒時間長/空間大各別特徵圖

3. 台灣懸浮微粒污染主要來源探討：

由圖 12，發現台灣大的火力發電廠主要分布於台灣西部沿海區域(a)，而化學、肥料工廠則出現台灣中南部為主(b)。可見全台懸浮微粒污染源與火力發電關係度高(與二氧化硫較相關)，中南部污染源則與化學、肥料工廠有關(與氮氧化物較相關)，但交通運輸(與一氧化碳較相關)還是全台污染主因之一。



(a)火力發電分布圖(黑圈)



(b)化學、肥料工廠分布圖(黑圈)

圖 12、台灣地區火力發電廠/化學肥料工廠分布圖(摘自：google 地圖)

陸、結論

- 一、依據 2008 年至 2018 年 22 測站資料懸浮微粒含量標準化分析，同測站不同月份比較，可發現時間上來說，一年中夏季懸浮微粒相較異常少(一個標準差以下)，以 7 月份含量最少 $PM_{2.5}$ 平均 $16.4 \mu g/m^3$ 、 PM_{10} 平均 $33.2 \mu g/m^3$ 。春季及冬季相較異常多(一個標準差以上)，以 3 月份含量最多平均 $35.8 \mu g/m^3$ 、 PM_{10} 平均 $69.0 \mu g/m^3$ ，推測可能與雨量多寡有關。
- 二、懸浮微粒含量標準化分析，同月份不同測站比較，可發現空間上來說，台灣東部懸浮微粒異常少(一個標準差以下)測站最多，東部 2 測站 $PM_{2.5}$ 平均 $13.7 \mu g/m^3$ 、 PM_{10} 平均 $29.9 \mu g/m^3$ 。台灣南部懸浮微粒異常多(一個標準差以上)測站最多，南部 8 測站 $PM_{2.5}$ 平均 $33.5 \mu g/m^3$ 、 PM_{10} 平均 $66.3 \mu g/m^3$ 。西部多，東部少可能與污染源多寡有關。
- 三、同月份不同測站比較， $PM_{2.5}$ 含量極度異常多以高雄秋、冬兩季為主， PM_{10} 含量極度異常多除高雄秋、冬及初春外，還有中壢測站夏季。推論高雄地區最嚴重，可能與重工業有關，發生在秋冬兩季，可能與位於東北季風背風側氣流沉降污染擴散不易有關；反觀基隆輪船燃燒廢氣多，夏季位於山區背風側，氣流下沉，污染擴散不易，明顯造成 $PM_{2.5}$ 特多，可見季風及地形影響懸浮微粒含量的時空分布。
- 四、依據影響時間長懸浮微粒含量高時區域特徵分析結果，可發現北部、東部污染物以交通運輸、火力發電為主，東部除秋季外，有部分月份出現臭氧污染，中南部則以工業、火力發電、交通運輸污染為主。北部及中部在秋、冬、春季乾冷情況下，懸浮微粒多。南部則在 3 月和 10 月

出現境外移入汙染，推測 3 月與大陸沙塵及空汙移入有關，10 月可能為台灣中部空汙隨季風移入有關。

五、依據影響區域大懸浮微粒含量高時時間特徵分析結果，可發現秋、冬、春季乾旱(乾燥、雨量少、日照長)、春、秋季低溫時，懸浮微粒含量有大範圍較多的趨勢，可能與季風及大陸冷氣團強度影響有關。大範圍境外移入影響以 3 月最顯著，可能與大陸沙塵暴及空汙移入有關。

六、本研究目前僅以大數據資料分析，了解懸浮微粒多寡與懸浮微粒粗細含量比例特徵、天氣情況、汙染物種類進行分析，未來可結合台灣地區汙染源分布、風場、氣候類型、聖嬰現象等因素進行討論，期望可以進行區域空汙預測與警戒。

柒、參考資料

黃淑倫等(2019)。雲嘉南地區大氣細懸浮微粒濃度與交通汙染源相關性分析。台灣衛誌 2019 Vol. 38 No. 1 , p19-p30

羅鈞等(2018)。我國固定汙染源細懸浮微粒(PM_{2.5})排放特性之研究分析。中興工程，第 140 期 p47-p62

范和聰(2019)。台灣地區細懸浮微粒 PM_{2.5} 分布特性之研究。國立臺北科技大學 環境工程與管理研究所 碩士論文，p44、97、104-105

張坤瀧(2017)。探討氣象條件與空氣品質關聯性之研究-以中部空品區為例。國立中興大學環境工程學系在職專班碩士學位論文。p28-31，p36

Google 地圖(2020)。化學、肥料;發電廠。拮取日期:2020 年 5 月 1 日。取自 <https://reurl.cc/z8K37p> 及 <https://reurl.cc/V6mAQN>

維基百科(2019)。常態分布。拮取日期:2020 年 2 月 1 日。取自 <https://reurl.cc/zyVxV0>

維基百科(2020)。臺灣空氣汙染。拮取日期:2020 年 2 月 22 日。取自 <https://reurl.cc/jdbQRg>

康健網站編輯 (2017 年 12 月 22 日)。你知道 PM_{2.5} 如何造成人體傷害?。康健雜誌。取自 <https://reurl.cc/GVV14A>

中央社(2017 年 12 月 6 日)。有毒霾害嚴重 亞洲 1600 萬兒童腦部恐受傷害。三立新聞網。取自 <https://reurl.cc/nzzRr8>

環境資訊中心(2020)。二氧化硫，隱藏在空氣中的酸性危機。取自 <https://reurl.cc/vDD8a1>

魏永昌(2006)。台灣地區近五年臭氧汙染現況的統計與事件分析。取自 <https://reurl.cc/E77a6a>
空汙指標物的來源與影響。取自 <https://reurl.cc/gdd3GD>

香港衛生署衛生防護中心網(2018)。空氣汙染對健康的影響。取自 <https://reurl.cc/e5xpv7>

高雄市政府空氣品質管理中心。空氣汙染物簡介。拮取時間:2020.2.20。取自 <https://reurl.cc/622e9y>

余國賓(2018)。PM_{2.5} 知多少?。科學月刊 201801-433 期。

台塑企業網站(2018 年 9 月 14 日)。台灣 PM_{2.5} 的主要汙染來源。取自 <https://reurl.cc/Qdd00g>

環境資訊中心(2015 年 4 月 28 日)。PM_{2.5} 誰排最多? 環署打臉經濟部 公布各類汙染源排放量。取自 <https://reurl.cc/GVV11W>

【評語】 051901

本作品以統計分析探討台灣北、中、南及東等四地區懸浮微粒 PM-10 與 PM-2.5 之分布特徵與相關性，及其與氣象因子及懸浮微粒成份之關聯。懸浮微粒之統計分析很詳盡，文中對所使用線性迴歸之原理及所產生結果進行詳盡討論，亦對懸浮微粒基本資料適切描述。對所討論之天氣狀況特徵可以再加強彙整與分析。唯污染物的成因及演變趨勢深受風向風速以及穩定度等物理因數影響，期待本研究之後續研究能夠加入更多氣象因素的觀點來探討及解釋。建議將結果進一步量化分析並用圖表彙整呈現，以彰顯本作品之科學意涵。建議用時間序列變化圖來顯示不同變數間的相關性，圖表太多並且太小，建議把圖表彙整呈現，減少圖表數並把圖表放大以利閱讀。期許再進一步深入研究，必能使本研究有更好的應用參考價值。

壹、研究動機

科技發展帶給我們財富、生活及交通便利，但各項污染也造成環境的惡化，交通內燃機、燃煤、燃油火力發電、工業的排放廢氣等，讓台灣空氣持續惡化。空氣中懸浮微粒藉由鼻、口進入到我們的身體，其中PM2.5更可以直接進入血液中，導致不同器官的危害，例如：肺癌、心血管疾病、新生兒體低體重、血栓等(康健雜誌, 2017)，值得大家關注。

懸浮微粒中PM10污染來源主要為沙塵，PM2.5污染來源主要為燃燒(維基百科 2020)，境外污染主要出現在每年冬、春兩季，以3月影響最顯著。

本研究試圖利用環保署空氣品質監測網22測站空氣汙染資料及中央氣象局網站8測站天氣狀況資料，利用數據統計分析方法，了解台灣懸浮微粒的時空分布情況。並利用相關係數分區分析，了解懸浮微粒多時，懸浮微粒大小分布、天氣情況及汙染種類特徵。

貳、研究目的

- 一、運用環保署空氣汙染資料，進行懸浮微粒含量標準化分析，了解懸浮微粒PM10及PM2.5各月含量多寡的時空變化。
- 二、應用環保署台灣分區22測站資料及中央氣象局8測站資料，與懸浮微粒PM10及PM2.5含量做相關係數分析，藉此推論台灣地區在各月份懸浮微粒多時在懸浮微粒PM10及PM2.5含量變化、天氣情況及汙染物質含量上有何特徵。
- 三、期望藉由懸浮微粒與特徵的連結，推測懸浮微粒超標時與特徵連結原因，有利於未來預測霧霾發生的機率高低。

參、研究器材

- 一、電腦數部含網路
- 二、應用軟體：Java_eclipse, Photo Impact, Office Excel

肆、研究過程及方法

一、資料來源、相關原理及研究設計說明

(一) 資料來源與測站分區

1. 空氣品質監測資料

22測站懸浮微粒、空氣汙染物質



圖 1、環保署空氣品質監測網

2. 氣象監測資料：

8測站天氣資料



圖 2、中央氣象局氣候監測報告

表 1、空氣監測測站檢測及大氣資料項目表

測站名稱	單位	測站名稱	單位	測站名稱	單位
PM10	µg/m³	懸浮微粒	RH	%	相對溼度
PM2.5	µg/m³	細懸浮微粒	AVG_TEMP	°C	平均溫度
SO2	ppb	二氧化硫	CUMULATIVE_RAINFALL	mm	累積雨量
CO	ppm	一氧化碳	RAINY_DAYS	day	降雨天數
O3	ppb	臭氧	SUNSHINE_HOURS	hr	日照時數
NOx	ppb	氮氧化物			
THC	ppm	總碳氫化合物			

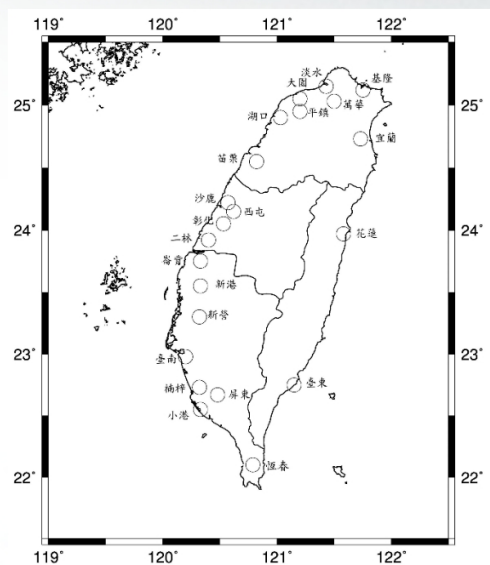


圖 3、本研究採樣空氣品質監測站位置圖

3. 測站資料與分區：

本研究空氣監測挑選的測站均鄰近靠海地區，目的在調查空氣汙染來源是否固定，為島內產生或為境外移入，從中選取22個測站進行研究。

氣象資料則在各區挑選2個測站資料進行研究，但空氣品質測量測站中部地區不重疊，故中部沙鹿(空氣品質)與梧棲(氣象)；西屯(空氣品質)與台中(氣象)因位置相近，進行比對。

表 2、分區空氣品質及氣象測站表

區域	測站
北部	宜蘭、基隆*、淡水*、萬華、大園、平鎮、湖口、苗栗。
中部	沙鹿(梧棲*)、西屯(台中*)、彰化、二林。
南部	崙背、新港、新營、臺南*、楠梓、屏東、小港、恆春*。
東部	臺東*、花蓮*。

*代表天氣情況資料測站，各區2測站，共8個測站進行分析。

(二) 常態分布與標準化：

1. 常態分布：

大量測量數值，易呈現常態分布，如右圖。標準差(σ)越大數值分布幅度越大，距離平均值1個標準差(σ)內數值約佔所有測量數值的68%，平均值2個標準差(σ)內數值約佔所有測量數值的95%。故數值分布在平均值一個標準差之外可認定為異常。

2. 標準化：

為界定測定數值是否異常，可用
●標準化數值=距平值(數值-平均值)/標準差
，當數值大於1或小於-1則為異常情況。

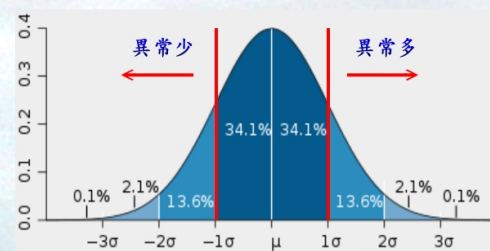


圖 4、常態分布圖

(三) PM2.5-PM10分布回歸線意義：

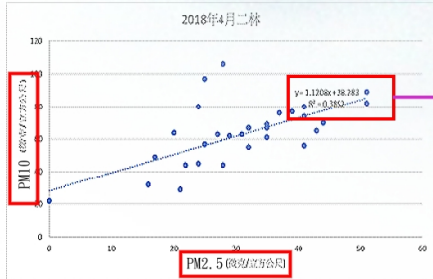


圖 5、XY分布圖與回歸線範圍圖

趨勢線方程式

$$\hat{Y} = a + bX$$

Y截距

斜率

判斷原始背景值

●>0：原始PM10存在

●<0：原始PM2.5存在

懸浮微粒背景值

判斷來源顆粒大小

●斜率大：沙塵多

●斜率小：燃燒多

懸浮微粒顆粒大小

相關性

R²

R平方值

判斷來源是否固定

●數值大：來源固定

●數值小：境外移入

本土或境外移入

(四) 空氣汙染物可能來源：

- 1. 二氧化硫(燃煤)、2. 一氧化碳、3. 氮氧化物、4. PM2.5 → 火力發電 (羅鈞等, 2018)
- 1. 一氧化碳(缺氧燃燒)、2. 二氧化硫、3. 氮氧化物、4. 臭氧(晴朗無風)、5. 總碳氫化合物(燃燒石油)、6. PM2.5 → 交通運輸 (黃淑倫等, 2019)
- 1. 氮氧化物、2. 臭氧(晴朗無風)、3. PM2.5 → 工業製造 (羅鈞等, 2018)

二、研究流程：

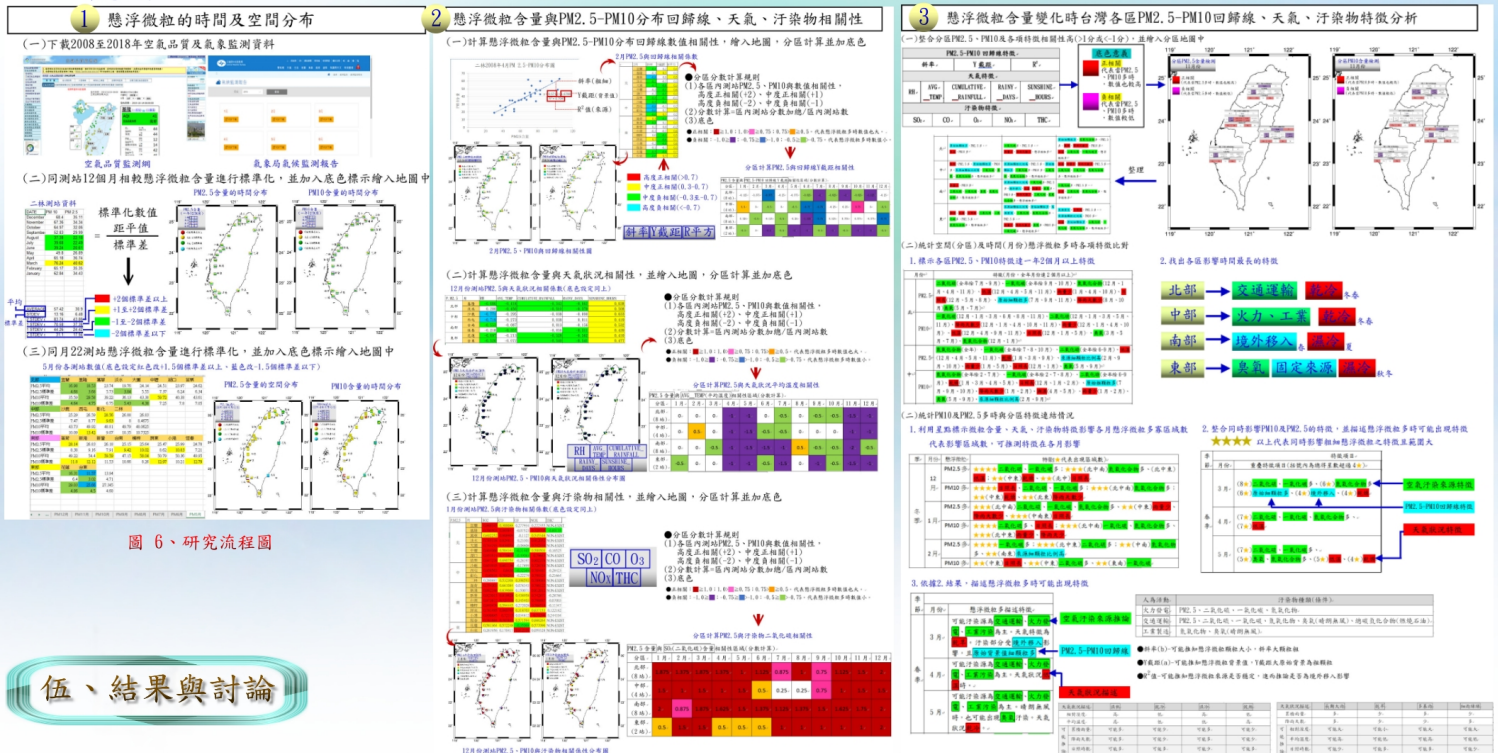


圖 6、研究流程圖

伍、結果與討論

一、臺灣地區PM2.5、PM10含量時間、空間分布探討

(一) 時間分布：各月份懸浮微粒含量異常(同一測站相較12月份-時間比較)測站分布

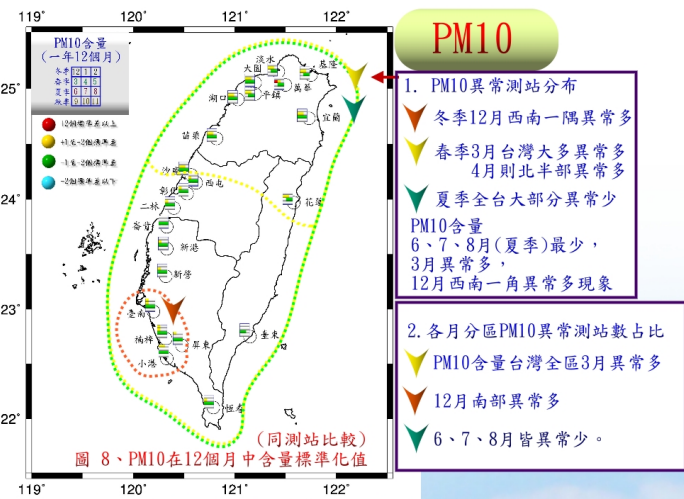
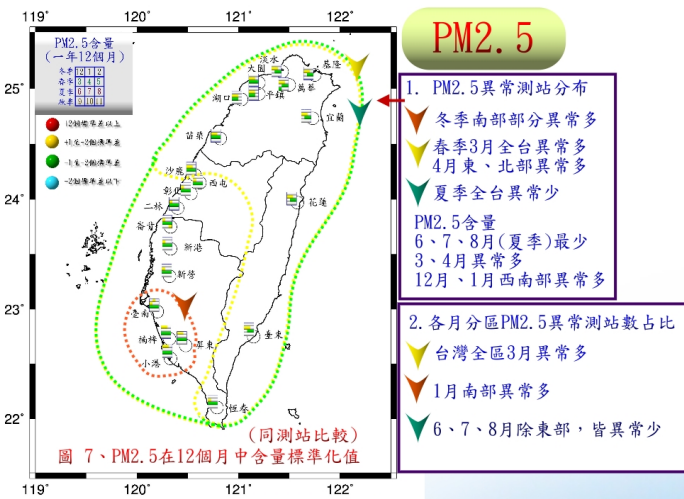


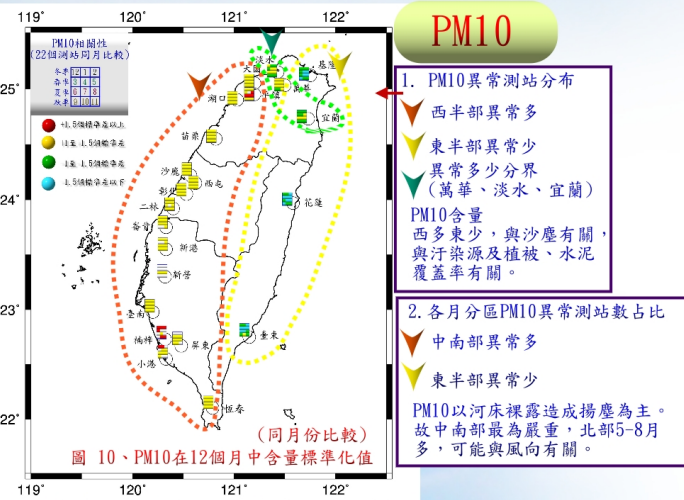
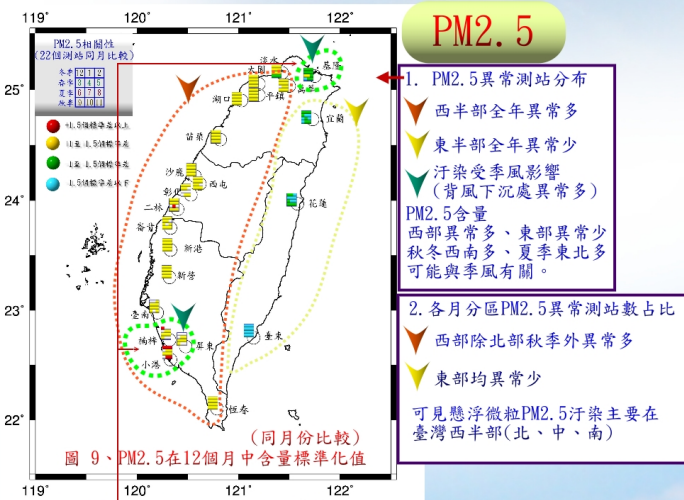
表 3、1981-2010年台灣20測站平均各月雨量、降雨天數、相對溼度表

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
雨量(毫米)	109	141	131	149	245	325	292	354	362	239	167	115
降雨天數	11.3	11.8	12.4	12.6	14.1	14.5	11.7	13.8	13.4	10.3	9.8	9.6
相對溼度	77.7	79.9	79.7	80.2	80.7	81.6	79.2	80.4	80.2	77.9	76.9	75.8

●注：藍底為一年中數值最多的4個月；黃底為一年中數值最少的4個月。

統計1981-2010年台灣本島20個測站雨量、降雨天數、相對溼度分布如表3，可見雨量和懸浮微粒相關度較高，6-9月雨量相較多，12-3月雨量相較少，雨會造成懸浮微粒溶解或吸附沉降，這可能是台灣地區懸浮微粒夏季異常少的原因。相較冬春季雨量少，造成揚塵、燃燒懸浮微粒不易沉降，故雨量多寡可能為其原因之一。

(二) 空間分布：各月份懸浮微粒含量異常(同一月份相較22測站比較)測站分布



●季風影響PM2.5
 北部基隆夏季嚴重，其他季節少。
 西南部楠梓、小港，秋冬異常多。
 可能與季風風向背風下沉，汙染擴散不易有關。

●區域懸浮微粒汙染源：(維基百科，2020)
 1. 北部以汽機車運輸汙染為主；
 2. 中部固定汙染源有火力發電廠及焚化爐、石化、造紙、鋼鐵廠；
 3. 南部固定汙染源有火力發電廠及重工業，冬季則部分中部汙染源隨季風南移造成，各測站差異大故南部異常多測站冬季反而少。

二、各月份季節分區PM2.5、PM10含量變化各項特徵：

●利用懸浮微粒含量與各項因子相關性找出特徵方法介紹

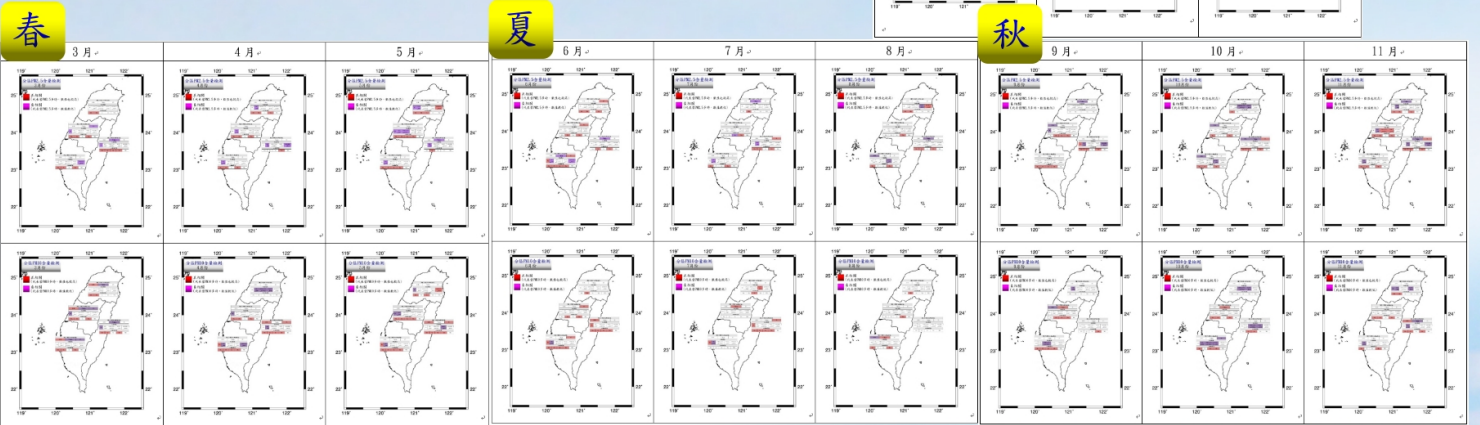
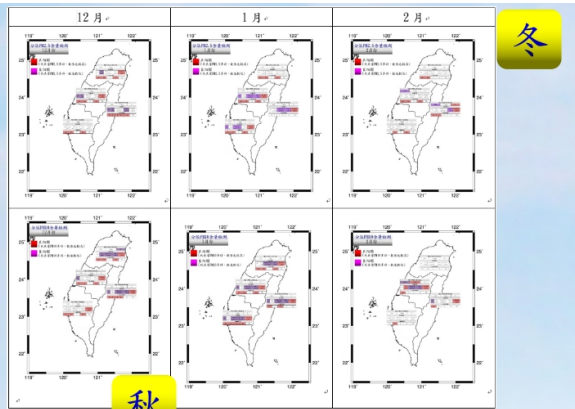
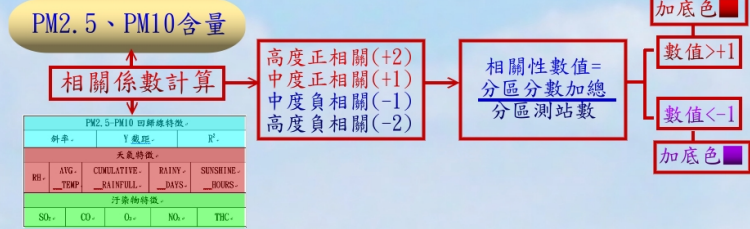


圖11、懸浮微粒各月份分區特徵圖

三、統計空間(分區)及時間(月份)懸浮微粒多時各項特徵比對：

(一) 各區懸浮微粒多時影響月份長之特徵統計比對(影響時間長)：

分底色呈現列出一一年12個月，影響月份最多至最少的特徵，找出影響時間最長的特徵，並分區域進行特徵歸納。

(二) 各區懸浮微粒各項特徵影響區域大小(影響區域大)：

★代表特徵影響區域數(北中南東四區)，合併PM2.5、PM10影響數，找出最具大範圍區域影響的特徵。依據特徵進行時空歸納。

表 4、分區懸浮微粒多時特徵統計表(影響月份多少比較)

月份	特徵項目(括號內為總得星數超過4星)
PM2.5	全年除7月、9月、10月、11月外，其餘月份均有影響。12月、1月、2月、3月、4月、5月、6月、8月、9月、10月、11月。
PM10	全年除7月、9月、10月、11月外，其餘月份均有影響。12月、1月、2月、3月、4月、5月、6月、8月、9月、10月、11月。

北
 秋冬春季乾冷，
 汙染物以交通運輸、
 火力發電汙染(一氧化碳、
 二氧化硫)為主。

中
 以工業、交通運輸及
 火力發電為長至短期的
 固定汙染源。
 秋冬春季乾冷汙染顯著。

南
 工業及火力發電為較
 長期的固定汙染源，
 春夏秋季濕涼汙染顯著
 3月、10月有境外移入
 推測3月汙染源可能
 來自大陸，10月可能
 與中部空汙隨季風移入

東
 交通運輸、火力發電
 及工業製造汙染為主，
 且春夏秋季來源固定，
 冬春夏季有臭氧汙染
 汙染，可能與日照化學反
 應有關，冬春季乾燥
 情況下汙染相對顯著。

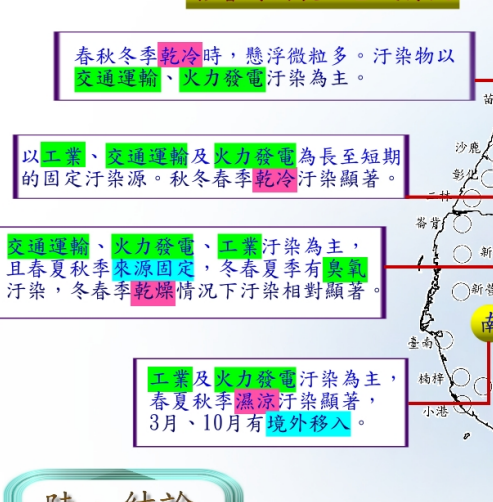
表 5、各月PM2.5、PM10重疊特徵統計表(影響區域大特徵比較)

月份	重疊特徵項目(括號內為總得星數超過4星)	懸浮微粒多時特徵
12月	(8★) 交通運輸、(7★) 火力發電、(6★) 工業製造、(5★) 交通運輸、(4★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電
1月	(7★) 交通運輸、(6★) 火力發電、(5★) 工業製造、(4★) 交通運輸、(3★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電
2月	(8★) 交通運輸、(7★) 火力發電、(6★) 工業製造、(5★) 交通運輸、(4★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電
3月	(8★) 交通運輸、(7★) 火力發電、(6★) 工業製造、(5★) 交通運輸、(4★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電
4月	(7★) 交通運輸、(6★) 火力發電、(5★) 工業製造、(4★) 交通運輸、(3★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電
5月	(7★) 交通運輸、(6★) 火力發電、(5★) 工業製造、(4★) 交通運輸、(3★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電
6月	(8★) 交通運輸、(7★) 火力發電、(6★) 工業製造、(5★) 交通運輸、(4★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電
7月	(8★) 交通運輸、(7★) 火力發電、(6★) 工業製造、(5★) 交通運輸、(4★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電
8月	(8★) 交通運輸、(7★) 火力發電、(6★) 工業製造、(5★) 交通運輸、(4★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電
9月	(6★) 交通運輸、(5★) 火力發電、(4★) 工業製造、(3★) 交通運輸、(2★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電
10月	(5★) 交通運輸、(4★) 火力發電、(3★) 工業製造、(2★) 交通運輸、(1★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電
11月	(8★) 交通運輸、(7★) 火力發電、(6★) 工業製造、(5★) 交通運輸、(4★) 火力發電	可能汙染源為交通運輸、火力發電、工業製造、交通運輸、火力發電

乾旱—乾燥、雨量少、日照長
 冬季的12月、1月；
 春季3月、5月；
 秋季10月，懸浮微粒多。
 推測乾旱時，河川裸露
 揚塵增加，增加大陸
 大陸高壓強，增加大陸
 境外移入機會。
 高壓籠罩，西半部季風
 背風區懸浮微粒擴散
 不易。

低溫
 春季4月、5月及
 秋季11月，懸浮微粒多。
 春季及秋季低溫推測代
 表大陸高壓影響，造成西
 半部東北季風背風區懸
 浮微粒擴散不易。

影響時間長之區域特徵



影響區域大之時間特徵

天氣特徵 乾旱 冬季的12月、1月、春季3月、5月、秋季10月，懸浮微粒多。 低溫 春季4月、5月；秋季11月，懸浮微粒多。	汙染物特徵 二氧化硫 除7月影響範圍由大至小，依序為二氧化硫、一氧化碳、氮氧化物，代表交通運輸、火力發電、工業製造為台灣大範圍汙染源。
顆粒分布特徵 境外移入 3月有明顯微粒徑差異大，且背景值細顆粒多現象。 本土汙染 6月有明顯微粒徑含量比例變化小。	PM2.5-PM10回歸線 3月明顯有境外移入汙染，大陸移入有關，且懸浮微粒背景值細顆粒多。6月以本土汙染為主。

圖12、影響懸浮微粒時間長/空間大各別特徵圖



圖13、化肥廠/火力發電廠分布圖

陸、結論

- 依據2008年至2018年21測站資料懸浮微粒含量標準化分析，同測站不同月份比較，可發現時間上來說，一年中夏季懸浮微粒相較異常少(一個標準差以下)，以7月份含量最少PM2.5平均16.4微克/立方米、PM10平均33.2微克/立方米。春季及冬季相較異常多(一個標準差以上)，以3月份含量最多平均35.8微克/立方米、PM10平均69.0微克/立方米，推測可能與雨量多寡有關。
- 懸浮微粒含量標準化分析，同月份不同測站比較，可發現空間上來說，台灣東部懸浮微粒異常少(一個標準差以下)測站最多，東部2測站PM2.5平均13.7微克/立方米、PM10平均29.9微克/立方米。台灣南部懸浮微粒異常多(一個標準差以上)測站最多，南部8測站PM2.5平均33.5微克/立方米、PM10平均66.3微克/立方米。西部多，東部少可能與汙染源多寡有關。
- 同月份不同測站比較，PM2.5含量極度異常多以高雄秋、冬兩季為主，PM10含量極度異常多除高雄秋、冬及初春外，還有中壢測站夏季。推論高雄地區最嚴重，可能與重工業有關，發生在秋冬兩季，可能與位於東北季風背風側倒氣流沉降汙染擴散不易有關；反觀基隆輪船燃燒廢氣多，夏季位於山區背風側，氣流下沉，汙染擴散不易，明顯造成PM2.5特多，可見季風及地形影響懸浮微粒含量的時空分布。
- 依據影響時間長懸浮微粒含量高時區域特徵分析結果，可發現北部、東部汙染物以交通運輸、火力發電為主，東部除秋季外，有部分月份出現臭氧汙染，中南部則以工業、火力發電、交通運輸汙染為主。北部及中部在秋、冬、春季乾冷情況下，懸浮微粒多。南部則在3月和10月出現境外移入汙染，推測3月與大陸沙塵及空汙移入有關，10月可能為台灣中部空汙隨季風移入有關。
- 依據影響區域大懸浮微粒含量高時時間特徵分析結果，可發現秋、冬、春季乾旱(乾燥、雨量少、日照長)、春、秋季低溫時，懸浮微粒含量有大範圍較多的趨勢，可能與季風及大陸冷氣團強度影響有關。大範圍境外移入影響以3月最顯著，可能與大陸沙塵暴及空汙移入有關。
- 本研究目前僅以大數據資料分析，了解懸浮微粒多寡與懸浮微粒粗細含量比例特徵、天氣情況、汙染物種類進行分析，未來可結合台灣地區汙染源分布、風場、氣候類型、聖嬰現象等因素進行討論，期望可以進行區域空汙預測與警戒。