

細懸浮微粒(PM_{2.5})

參考資訊



國立成功大學環境微量毒物研究中心

一、瞭解細懸浮微粒

1-1. 什麼是細懸浮微粒-- PM_{2.5}

空氣中存在許多污染物，其中漂浮在空氣中類似灰塵的粒狀物稱為懸浮微粒(Suspended Particulate Matter；簡稱 PM)。懸浮微粒有大小不同的粒子直徑(簡稱粒徑)，而且通常用微米(1/10⁶公尺即萬分之一公分，英文單位縮寫為 μm)作為粒徑大小單位。例如，懸浮在空氣中的海灘沙粒之粒徑大約是 90 μm，漂浮花粉之粒徑則是 30 μm。粒徑小於 10 μm 的微粒被稱為 PM₁₀；當粒徑小於或等於 2.5 微米就是一般常說的「細懸浮微粒」，簡稱 PM_{2.5}。空氣中 PM_{2.5} 的濃度單位以微克/立方公尺(μg/m³)表示之。細懸浮微粒的直徑比人體頭髮直徑的 1/28 還小，所以非常微細，容易隨著人體的呼吸而被吸入人體氣管，甚至可穿透肺泡，並直接進入人體血管中隨著血液循環全身。因此，細懸浮微粒(PM_{2.5})對人體健康影響是不可輕忽的。

表 1. 懸浮微粒的大小說明

粒徑(μm)	粒徑大小說明
<100	稱作總懸浮微粒(Total Suspended Particulate；TSP)，例如海灘沙粒，可懸浮於空氣中。
<10	稱作懸浮微粒(PM ₁₀)，大約是沙子直徑的 1/10，容易通過鼻腔之鼻毛，到達喉嚨。
2.5~10	稱作粗懸浮微粒(PM _{2.5-10})，約頭髮直徑的 1/8~1/20 大小，可以被吸入並且附著在人體較深的呼吸道，例如氣管、支氣管。
<2.5	稱作細懸浮微粒(PM _{2.5})，比頭髮直徑 1/28 還小，可以穿透肺泡，直接進入血管中隨著血液循環全身。

1-2. PM_{2.5} 來自何處？

PM_{2.5} 的來源包括自然界釋出與人為活動產出等二種。舉例來說，火山爆發、森林或草原火災、海洋飛沫，以及地殼岩石風化等都是自然界釋出來源。工業使用化石燃料、水泥製造的粉碎和研磨、工廠煙囪排放廢氣、家戶燃煤取暖或烹調、烤肉、燃燒垃圾或稻草、拜香、吸菸、燃燒汽、柴油之汽機車排放廢氣、營造施工與道路揚塵等都是人為活動來源，而且人為活動是產生 PM_{2.5} 的主要原因。直接從自然界釋出或直接由人為活動產生的 PM_{2.5} 被稱為原生性 PM_{2.5}。如果空氣中的原生性 PM_{2.5} 再受到其他因素，例如受日光照射發生化學反應(一般叫作光化學反應)，或者與液相水分子發生化學反應(一般叫作液相化學反應)，就會形成新

化學物質例如二氧化硫衍生為硫酸鹽，這一類 PM_{2.5} 被稱為衍生性 PM_{2.5}。衍生性 PM_{2.5} 的成分通常含有化學反應後的物質，例如硫酸鹽、硝酸鹽、銨鹽。

中國大陸的沙塵暴中也有粒徑較小的 PM_{2.5}，原生性或衍生性微粒均可能存在。大氣中的氣流可以將這些微粒傳送到較遠的地區，例如韓國、日本與台灣，所以台灣在 11 月- 5 月(冬天季節)有大陸性冷高壓南下時，容易出現 PM_{2.5} 濃度上升的情形，這是境外移入來源。近年來，中國華東(例如江蘇、浙江、上海)與華南地區(例如廣東、海南)開發了許多工業區，包括石化工業、鋼鐵工業等，所產生的工業細懸浮微粒污染會藉由大氣的氣流運輸，飄過台灣海峽而到達台灣，影響我們的空氣品質。

表 2. PM_{2.5} 的來源區分

依來源區分	自然界產出	例如：火山爆發、地殼岩石崩解、海洋飛沫等。
	人類行為產出	例如：工業石化燃料的燃燒排放、燃燒汽、柴油之汽機車排放廢氣、燃煤取暖與烹飪、吸菸、營造施工等。
依性質區分	原生性 PM _{2.5}	直接從自然界或人為活動所排放，而且在大氣環境中沒有跟其他物質發生化學反應的微粒，例如：天然的海鹽飛沫、營建工地粉塵、道路揚塵、工廠煙囪直接排放、農田燃燒稻草。
	衍生性 PM _{2.5}	從自然界或人為活動所直接排放的懸浮微粒，跟大氣中的化學物質發生化學反應後再生成，例如：含有硫酸鹽或硝酸鹽的 PM _{2.5} 。

PM_{2.5} 的生成來源如圖 1。



圖 1 PM_{2.5} 的生成來源(參考出處：行政院環保署 細懸浮微粒管制網站)

1-3. PM_{2.5} 的成分與毒性

PM_{2.5} 沒有固定的成分，是懸浮在空氣中的固態與液態物質的混合組成，可能含有元素碳、有機碳、硝酸鹽、硫酸鹽、氯鹽、銨鹽、矽、鈉、鋁、汞、鉛、砷、戴奧辛等。在不同地區、季節和氣象條件下，PM_{2.5} 的成分相異，而且毒性會依據成分而不同。

1-4. PM_{2.5} 監測及排放現況

國內環保署在全台各地均有進行 PM_{2.5} 的監測，民眾可自行在環保署的空氣品質監測網(<http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/PsiMap.aspx>)瞭解細懸浮微粒的空氣品質即時情況(圖 2)。此外，依據環保署之統計資料，顯示全臺灣地區七大空品區之原生性 PM_{2.5} 排放量及來源分布如圖 3、4。

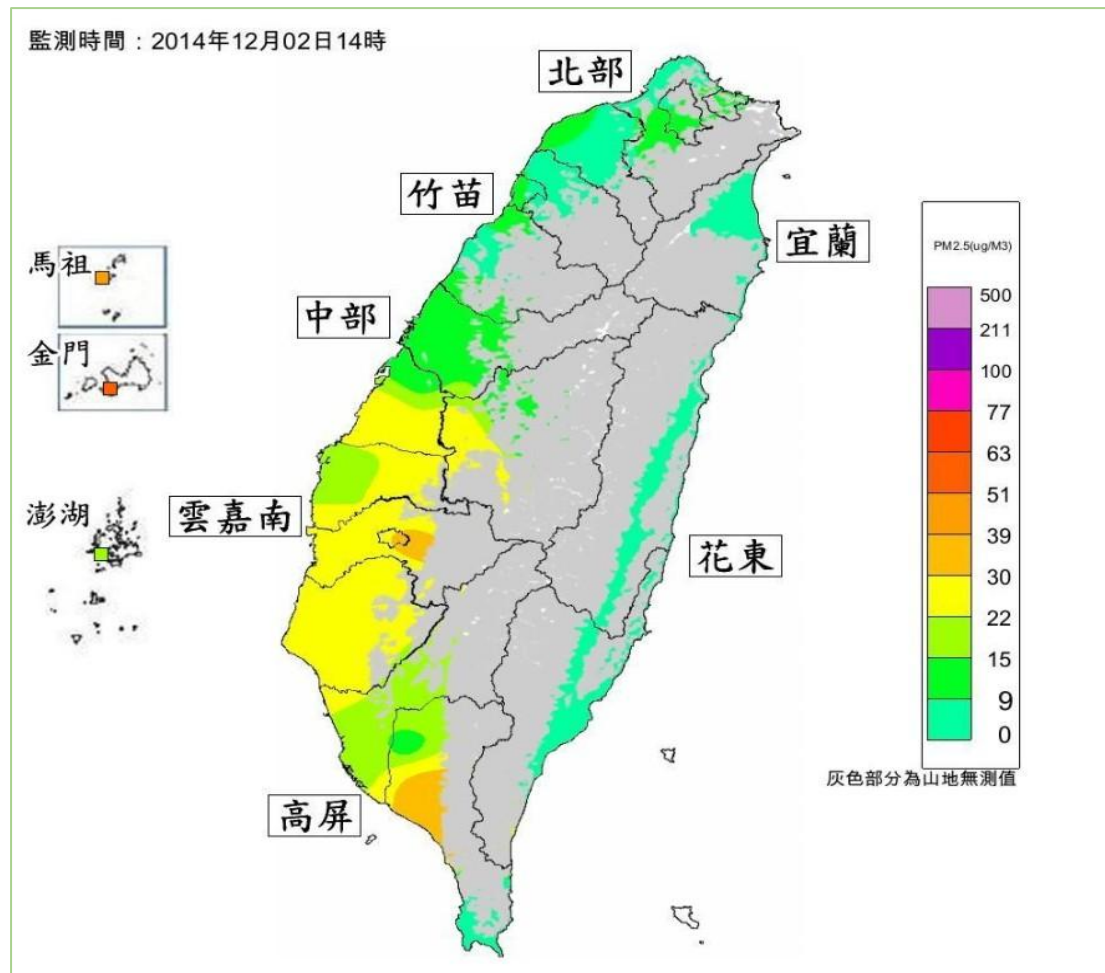


圖 2 大陸冷氣團南下至台灣時，全台的 PM_{2.5} 濃度監測結果情況(以 2014/12/2 為例)

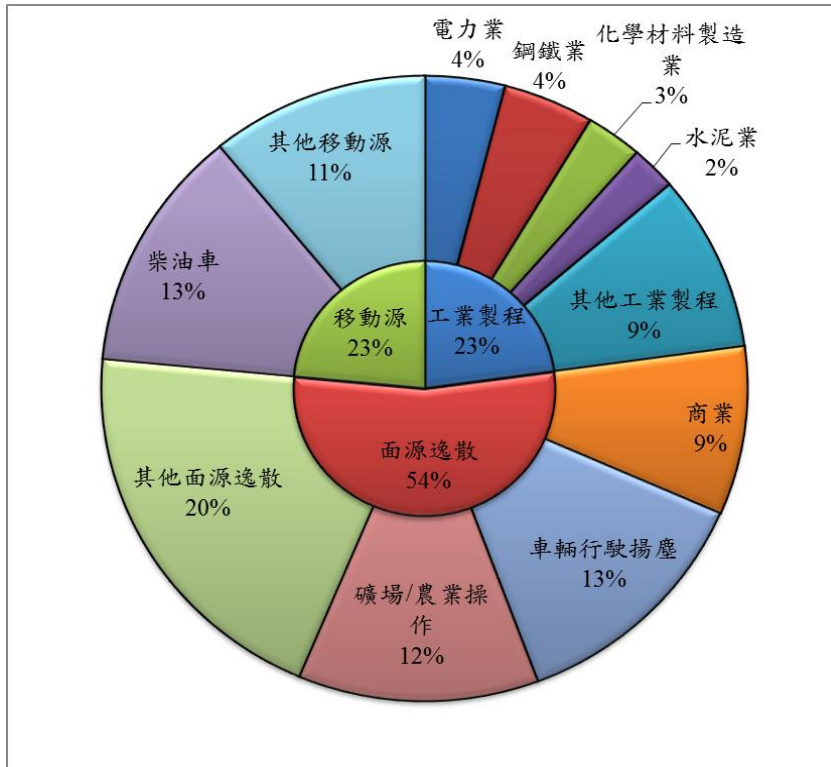


圖 3 全國原生性 PM_{2.5} 各行業排放量分布圖 (圖源出處：2014 年行政院環保署細懸浮微粒管制上位計畫)

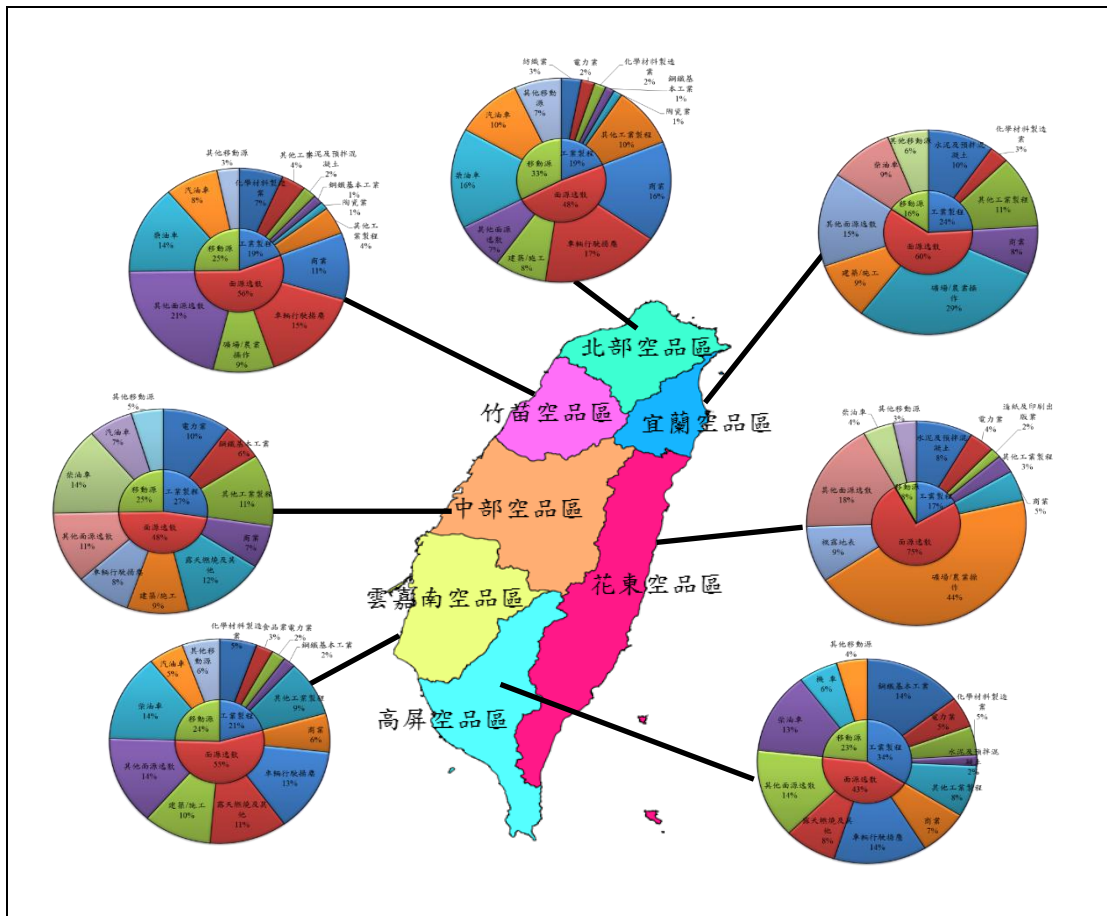


圖 4 全國各空品區原生性 PM_{2.5} 各行業排放量分布圖 (圖源出處：同圖 3)

1-5. 國內外對於 PM_{2.5} 的管制措施

為了保障民眾健康，國內將 PM_{2.5} 空氣品質標準 24 小時值訂為 35 µg/m³、年平均值訂為 15 µg/m³。民國 100 年公布的室內空氣品質管理法中，將室內 PM_{2.5} 的 24 小時值訂為 35 µg/m³。不過 PM_{2.5} 的成分十分複雜，目前還未觀察到不影響人體健康的限值。國內外的 PM_{2.5} 空氣品質標準如下表：

表 3. 國內外的 PM_{2.5} 空氣品質標準 (表源出處：環保署空氣品質監測網)

	WHO				台灣	美國		歐盟	加拿大	日本	澳洲	香港	泰國	中國	
	IT-1	IT-2	IT-3	AQG		聯邦	加州							一級	二級
24 小時平均值 (µg/m ³)	75	50	37.5	25	35	35	-	-	30	35	25	75	50	35	75
年平均值 (µg/m ³)	35	25	15	10	15	12	12	25	-	15	8	35	25	15	35

1. WHO：IT-1 指第一段過渡期目標。

IT-2 指第二段過渡期目標。

IT-3 指第三段過渡期目標。

AQG 指空氣品質準則。

2. 中國：一級標準是用於自然保護區、風景名勝區及其它需要特殊保護的地區。

二級標準是用於居民區、商業交通居民混合區、文化區、工業區和農村地區。

1-6. PM_{2.5} 就是沙塵暴或霾害嗎？

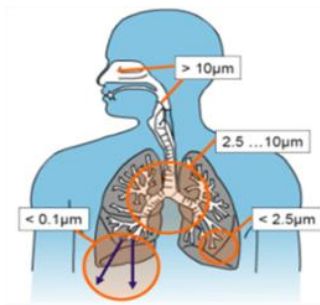
沙塵暴是因為強風捲起大量的地表沙塵，使能見度惡化的沙塵天氣，通常發生在乾旱或沙漠地區，氣象學家把地面能見度低於 1 公里者稱為「沙塵暴」。近年來由於中國西北地區沙漠化情形日益嚴重，造成沙塵暴發生頻率升高，規模也變大。台灣在東北季風盛行，可能接受到來自中國東北地區的沙塵，這些沙塵粒徑大小不一，其中也會有 PM_{2.5}。國內的空氣品質監測就發現，當冬天的大陸性冷高壓南下時，台灣的 PM_{2.5} 濃度會出現上升現象，而且可能比平常值高 5-10 倍。

霧霾是指接近人群生活的地面空氣中，有大量灰塵、硫酸、硝酸、有機碳氫化合物或微粒等，使得能見度下降。中國北京常發生霧霾事件，發生原因是自然天氣因素與人為污染排放的共同作用結果。中國的調查指出，霧霾事件發生時，PM_{2.5} 異常偏高，代表霧霾顆粒中也有直徑小於 2.5 微米的懸浮微粒。

二、細懸浮微粒對健康之危害

2-1. 為何需要強調 PM_{2.5}—原來真的可以在人體內存積

人體每次呼吸就會吸入數以百計的懸浮微粒，粒徑大於 10 微米以上的會在鼻腔或咽喉沈積。PM_{2.5} 可以深入氣管、支氣管，並且主要沈積在肺泡組織中，在被肺泡組織吸收後還會進入微血管，隨著血液循環到達人體的各種器官，例如心臟、腎臟、大腦、肝臟等。當人體器官接觸到細懸浮微粒時，會產生不同的刺激反應，再加上它的成分中可能含有一些有毒物質，例如汞、鉛、硫酸、苯、戴奧辛，因此如果這些 PM_{2.5} 微粒長久存在人體中，會有生病的危險。



(圖源出處：行政院環保署 細懸浮微粒管制網站)

專家學者把 PM_{2.5} 的健康影響分成短期與長期二個部份來探討。短期影響是指在 24 小時到 1 週內的健康損害情況，長期影響就是數個月或數年間的時間範圍。世界衛生組織指出，細懸浮微粒的健康影響中，包括人體呼吸道與心血管疾病的發生和死亡情況，例如使得氣喘惡化、肺功能降低、出現呼吸道疾病症狀、增加生病住院的機會、心肺疾病死亡率提高、肺癌死亡率升高。歐洲的大型研究也證實會造成人類壽命減少和早產。所以，對於細懸浮微粒是不能掉以輕心的。

2-2. PM_{2.5} 對健康的影響

◆長期影響(資料來源：美國環保署)

1. 造成患有心臟相關疾病的人提早死亡。
2. 引發心血管疾病，例如造成心臟病發作、中風。
3. 使肺功能降低，並發展成慢性肺疾病，例如兒童氣喘。
4. 可能造成肺癌。
5. 對婦女生育的影響，例如低出生體重、胎兒死亡。

◆短期影響(資料來源：美國環保署)

1. 造成患有心臟或肺部相關疾病的人提早死亡。
2. 增加心血管疾病的住院或急診就醫機會，例如非致死性心臟病發作、中風。
3. 增加呼吸道疾病的住院或急診就醫機會，例如氣喘發作。
4. 增加呼吸道症狀，例如咳嗽、喘鳴、呼吸短促。
5. 降低兒童與肺部疾病患者的肺功能，例如患有氣喘的成人。

◆危險族群

1. 兒童。

2. 老年人。
3. 心血管疾病患者。
4. 慢性呼吸道疾病患者。
5. 糖尿病患者。
6. 孕婦。
7. 肥胖者。

2-3.研究實證 (資料來源：國民健康署之健康風險相關計畫報告)

1. 世界衛生組織(WHO)在 2014 年公布的評估報告指出，2012 年約有 7 百萬人(佔全球死亡數之 1/8)死於空氣污染暴露，PM_{2.5} 就是其中一項污染因素。這些死亡疾病包括急性呼吸道感染和慢性阻塞性肺病、心血管疾病以及癌症。
2. 哈佛大學公衛學院的研究顯示，PM_{2.5} 濃度每下降 10 µg/m³，可以讓平均壽命增加 4 個月以上。
3. 英國大規模調查顯示，PM_{2.5} 會增加急性冠狀動脈症候群(Acute Coronary Syndrome；ACS)病患的死亡率；PM_{2.5} 濃度每增加 10 µg/m³，死亡率就會增加 20%。
4. 美國研究指出，長期暴露到 PM_{2.5} 會加速動脈血管粥樣硬化，頸動脈內膜厚度每年平均增加 0.014 毫米(mm)。
5. 美國研究團隊報告指出，PM_{2.5} 濃度每增加 10 µg/m³，老年婦女的認知功能(智力)約衰退兩歲。
6. 美國麻省理工學院(MIT)發表的研究報告，發現 PM_{2.5} 污染會造成美國每年約有 20 萬人提早死亡。
7. 專家研究發現，如果 PM_{2.5} 一年的平均濃度增加 10 µg/m³，會使急性下呼吸道感染的危險性增加 1.12 倍。
8. 衛星遙測資料分析結果認為，人為來源 PM_{2.5} 污染造成全球成人心肺疾病死亡分率為 8%，肺癌為 12.8%，缺血性心臟病為 9.4%。
9. 歐洲 ESCAPE 研究(European Study of Cohorts for Air Pollution Effects；歐洲一項跨國合作的大型世代研究)指出，PM_{2.5} 濃度每增加 5 µg/m³，發生肺腺癌的危險性就會增加 1.55 倍，並會讓自然死亡的風險增加 1.07 倍。
10. 綜合多項研究數據的分析指出，PM_{2.5} 造成的肺癌相對風險是 1.09。
11. 國際癌症研究署(IARC)在 2013 年將空氣污染和它的主要成分-懸浮微粒列為第一級致癌物質(Group 1)。且 PM_{2.5} 的成分中可能含有一些致癌物質，例如戴奧辛等，如果這些帶有致癌物質的 PM_{2.5} 一直存在人體內，就可能發生癌症。
12. 英國大型研究指出 PM_{2.5} 會增加心律不整、心房顫動(atrial fibrillation)以及肺部血栓的危險性。
13. 美國加州研究發現，懷孕期間暴露了 PM_{2.5} 可能造成新生兒的出生體重下降。

這些有關的 PM_{2.5} 成分包括鈣、硫、硫酸鹽、鐵、元素碳、鈦、錳、溴、氯、鋅與銅，通常是來自交通污染、工業來源、油燃燒或合金製造的污染。

2-4. 哪些疾病與 PM_{2.5} 有關

研究報告曾指出，跟 PM_{2.5} 有關的疾病與症狀包括：

1. 呼吸道症狀，例如咳嗽、打噴嚏、肺活量降低。
2. 血管炎(免疫系統攻擊血管組織的一種疾病)。
3. 氣喘。
4. 支氣管炎。
5. 呼吸道過敏。
6. 心肌梗塞。
7. 早產、流產。
8. 肺癌。
9. 壽命減少(早亡)。
10. 腦中風。

三、採取行動，減少 PM_{2.5}

3-1. 如何減少 PM_{2.5} 產生

WHO 專家呼籲，藉由一些措施可以清淨人類生活的空氣並且拯救民眾生命。這些措施包括在都市發展中規劃家庭能源有效使用、完善大眾運輸系統、廢棄物管理。也可以與社區的經濟發展結合，促進社區居住者過著健康生活型態。2013 年美國環保署公告了新版空氣清淨標準以降低有害煙霧污染；歐盟發布船用燃料的硫排放新規定，以限制硫排放，進而增進人體健康；加拿大政府強化空氣污染法令，以維護清淨空氣；新加坡政府致力減輕霾害之影響。日本為沙塵暴影響地區，為維護民眾遭受到 PM_{2.5} 暴露之危害，日本環境省彙編了高濃度 PM_{2.5} 暴露之自我管理指引手冊。

國際間一直持續限制空氣污染物的排放，國內也透過嚴格的固定污染源排放標準、限制燃料油含硫比例、限制交通工具的空氣污染物排放標準、限制車用汽柴油成分標準以及徵收空氣污染防制費等方式，希望減少 PM_{2.5}、SO₂、NO_x、揮發性有機物質(VOC；Volatile Organic Compound) 與 NH₃ 的排放量，改善空氣中 PM_{2.5} 濃度。

3-2. 減少 PM_{2.5} – 我能怎麼做(資料來源：環保署)

1. 食的方面：

改善飲食結構，減少烹調食用油：烹調油煙是食用油或食物在高溫條件下所形成的，會有大量的 PM_{2.5} 存在，所以需要改變飲食習慣，減少食用油炸食物，以減

少環境污染。

少吃燒烤食物，減少食物燒烤過程中產生的 PM_{2.5}：煙燻及燒烤過程會產生 PM_{2.5}，這些 PM_{2.5} 可能在進行燒烤時被吸入人體，或者附著在食物上而被吃入。

2.衣的方面：

購買環保服飾：選購天然纖維材料的衣物和環保服飾，因為化學合成纖維材料衣物需要使用石化原料，耗能又會產生 PM_{2.5} 污染。

選擇水溶性乾洗店家：環保的水性界面活性劑，以不具揮發性有機物的界面活性劑替代石油系、四氯乙烯乾洗溶劑，減少 PM_{2.5} 反應物的逸散，且水性乾洗的好處是沒有化學氣味。

3.住的方面：

減少使用有機揮發溶劑：如果你常常搬家或翻修住宅，你也可以從減少使用有機揮發溶劑的塗料下手，使用有機揮發溶劑所產生的 VOC(Volatile Organic Compound)，VOC 是 PM_{2.5} 的“影子”，也就是 PM_{2.5} 形成前的一個最重要前驅物(反應生成 PM_{2.5} 的化學物質，例如二氧化硫、四氯乙烯等)，是導致人們生病的“元兇”。

植栽美化綠能社區：可多種植綠色植栽，一同維護大家的生活空氣品質，以及擁有健康的生活品質。雖室內植物吸附 PM_{2.5} 的量有限，不過可淨化 PM_{2.5} 形成的相關前驅物。如果我們本身能做到節約電力等綠能行為，相對的生產電力的發電廠也可減少 PM_{2.5} 的排放。

4.行的方面：

多搭公共運輸工具：選擇使用節能的交通工具，可以減少廢氣排放及能源消耗量，也可增進個人健康。

培養機車定檢自主管理習慣：共同一起推動管制高污染機動車輛所造成的污染。

5.育的方面：

透過學校教育教導學生如何減量：透過學校的教育宣導，讓學生了解 PM_{2.5} 減量對民眾健康的重要性。

家長以身作則教導孩子如何減量：最重要的還是家庭教育了，爸爸媽媽能以身作則教導小孩子如何於食衣住行各方面減少 PM_{2.5} 產生，還要減少所有空氣污染的排放。

6.樂的方面：

祭祀不燒金清新空氣好環保：民眾可選擇更為先進環保的祭拜方式，如：以功德捐獻、白米、鮮花素果等取代燃燒金紙，減少紙錢焚燒產生的 PM_{2.5}，祭拜之後亦可捐獻給弱勢團體或自行帶回食用，一舉數得。

減少民俗活動燃放炮竹：可減少因燃燒產生的 PM_{2.5}，使用環保鞭炮音效氣氛佳環保又安全。

四、疼惜健康的作法

◆對於環保署所公布的細懸浮微粒(PM_{2.5})指標，提供大家在日常生活上的相對行動建議如下：

指標等級	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
分類	低	低	低	中	中	中	高	高	高	非常高
PM _{2.5} 濃度 (µg/m ³)	0-11	12-23	24-35	36-41	42-47	48-53	54-58	59-64	65-70	>71
一般民眾活動建議	正常戶外活動。			正常戶外活動。			任何人如果有不適，如眼痛、咳嗽或喉嚨痛等，應該考慮減少戶外活動。			任何人如果有不適，如眼痛、咳嗽或喉嚨痛等，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。
敏感族群活動建議	正常戶外活動。			心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童感受到癥狀時，應考慮減少體力消耗，特別是減少戶外活動。			1.心臟、呼吸道及心血管疾病的成人與孩童，應減少體力消耗，特別是減少戶外活動。 2.老年人應減少體力消耗。 3.患有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。			1.心臟、呼吸道及心血管的成人與孩童，以及老年人應避免體力消耗，特別是避免戶外活動。 2.患有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。

資料來源：環保署空氣品質監測網 <http://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/fpmi.aspx>

◆當室外 PM_{2.5} 空氣品質不佳時，保護自己健康的建議作法

1. 隨時注意環保署的空氣品質情報或訊息。
2. 外出可帶口罩。
3. 應減少在戶外活動時間，或改變運動型態，尤其是老人和兒童，或慢性病患者。
4. 由室外進入房屋可加強個人衛生防護，例如洗手、洗臉、清潔鼻腔。
5. 建議適當關閉窗戶。
6. 運動員需減少室外練習頻率。

◆平時保護自己健康的建議作法

1. 生活作息規律，多喝水，適當運動，維持身體健康狀態。
2. 戒菸，並盡量減少二手菸害。
3. 健康飲食，多吃蔬果，補充維生素和礦物質，維持自己對抗疾病的免疫力。

◆資訊來源：

1. 行政院環保署 細懸浮微粒管制網站。

http://air.epa.gov.tw/Public/suspended_particles.aspx

2. 行政院環保署 細懸浮微粒主題專欄。

<http://www.epa.gov.tw/QuickFind/Q37.htm>

3. 台北市衛生局「細懸浮微粒健康風險與預防手冊」。

4. 美國環保署

<http://www.epa.gov/pmdesignations/basicinfo.htm>

http://www.epa.gov/ttn/naaqs/pm/pm25_index.html

5. 世界衛生組織。

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/en/>

http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf

6. 歐盟之空氣品質標準。

<http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>