

細懸浮微粒(PM_{2.5}) 參考資訊



衛生福利部
國民健康署

守護健康

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($1/10^6$ 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 $90\mu\text{m}$ ，漂浮花粉之粒徑則是 $30\mu\text{m}$ 。粒徑小於 $10\mu\text{m}$ 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($\mu\text{g}/\text{m}^3$)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

環保署於全台各地均有針對 PM_{2.5} 等各式空氣汙染物進行監測，民眾可自行在環保署的空氣品質監測網 (<https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/AqiMap.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。

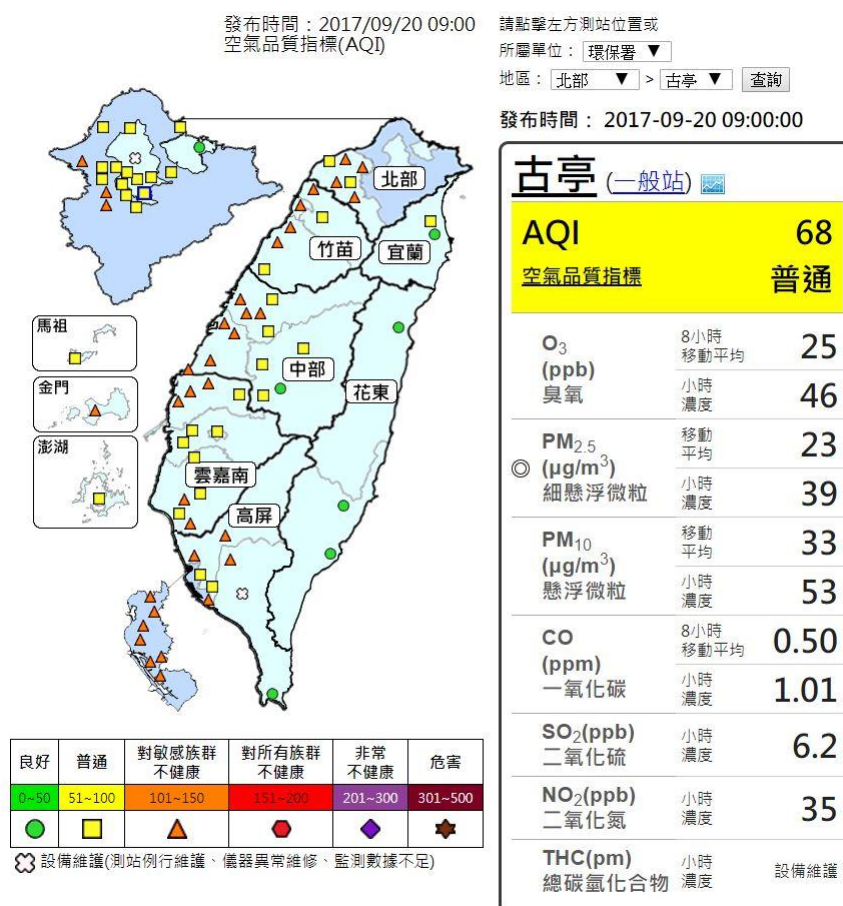


圖 2 全台空氣品質指標(AQI)及 PM_{2.5} 濃度即時監測情況(以 2017/09/20 為例)

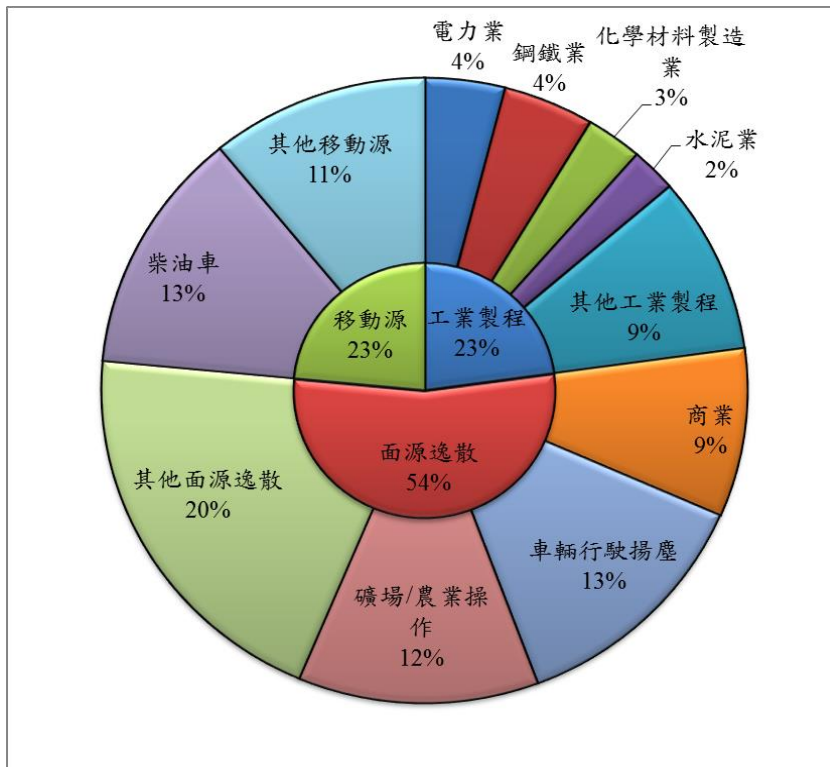


圖 3 全國原生性 PM_{2.5} 各行業排放量分布圖 (圖源出處：2014 年行政院環保署細懸浮微粒管制上位計畫)

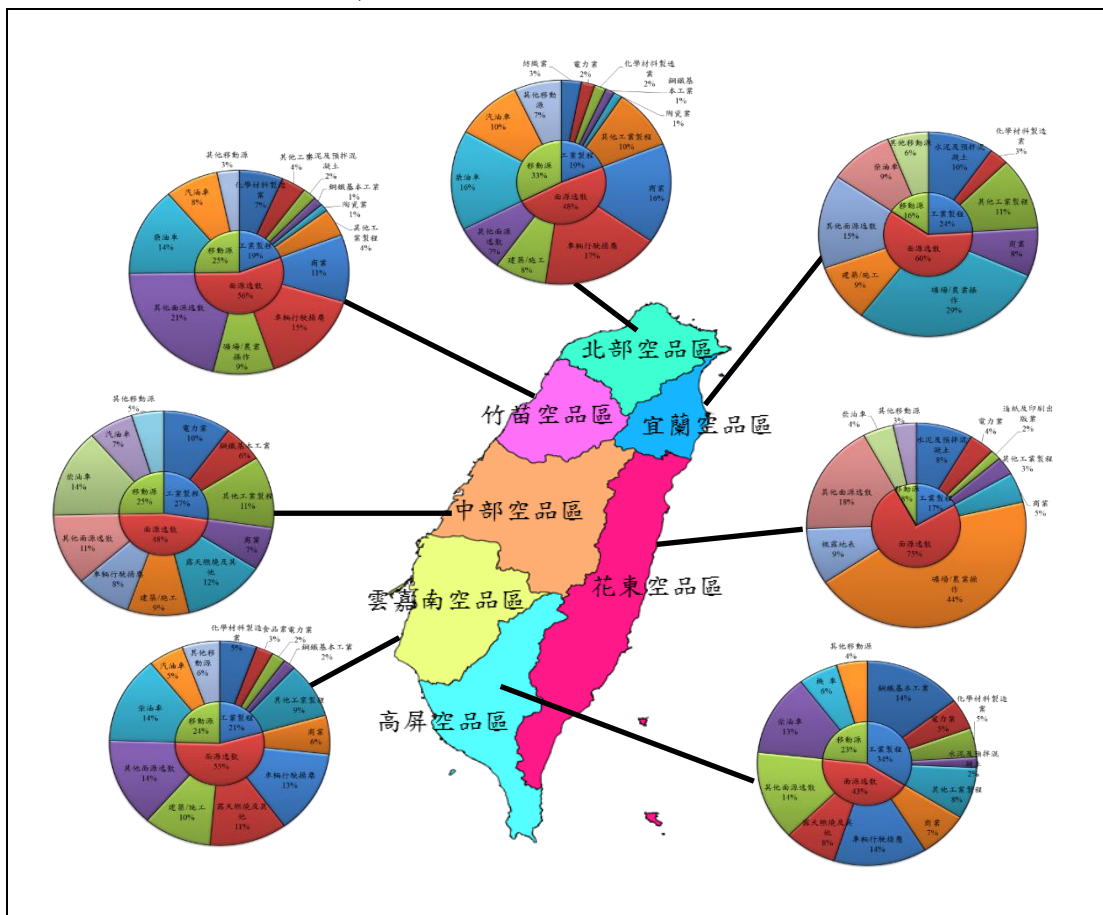


圖 4 全國各空品區原生性 PM_{2.5} 各行業排放量分布圖 (圖源出處：同圖 3)

1-5.國內外對於 PM_{2.5} 的管制措施

環保署參考美國 NAAQS (National Ambient Air Quality Standards) 現有科學研究依據與 AQI (Air Quality Index) 制度，配合我國空氣品質標準，結合過往 PSI 與 PM_{2.5} 指標，建置新式我國 AQI 參考值。依據不同汙染物平均濃度及其相應 AQI 值，將空氣品質區分「良好」、「普通」、「對敏感族群不良」、「對所有族群不良」、「非常不良」、「有害」，詳細參考值如下表：

表 3 環保署空氣品質指標(AQI)與汙染物濃度對照表

AQI指標	O ₃ (ppm) 8小時平均值	O ₃ (ppm) 小時平均值 ⁽¹⁾	PM _{2.5} (μg/m ³) 24小時平均值	PM ₁₀ (μg/m ³) 24小時平均值	CO (ppm) 8小時平均值	SO ₂ (ppb) 小時平均值	NO ₂ (ppb) 小時平均值
0-50 良好	0.000 – 0.054	-	0.0 - 15.4	0 - 54	0 - 4.4	0 - 35	0 - 53
51-100 普通	0.055 – 0.070	-	15.5 - 35.4	55-125	4.5 - 9.4	36 - 75	54 – 100
101-150 對敏感族群不良	0.071 – 0.085	0.125 - 0.164	35.5 - 54.4	126 - 254	9.5 - 12.4	76 - 185	101 – 360
151-200 對所有族群不良	0.086 – 0.105	0.165 - 0.204	54.5 - 150.4	255 - 354	12.5 - 15.4	186 - 304 ⁽³⁾	361 – 649
201-300 非常不良	0.106 – 0.200	0.205 - 0.404	150.5 - 250.4	355 - 424	15.5 - 30.4	305 - 604 ⁽³⁾	650 – 1249
301-400 有害	⁽²⁾	0.405 - 0.504	250.5 - 350.4	425 - 504	30.5 - 40.4	605 - 804 ⁽³⁾	1250 – 1649
401-500 有害	⁽²⁾	0.505 - 0.604	350.5 - 500.4	505 - 604	40.5 - 50.4	805 -1004 ⁽³⁾	1650 – 2049

1. 一般以臭氧(O₃)8 小時值計算各地區之空氣品質指標(AQI)。但部分地區以臭氧(O₃)小時值計算空氣品質指標(AQI)是更具有預警性，在此情況下，臭氧(O₃)8 小時與臭氧(O₃)1 小時之空氣品質指標(AQI)則皆計算之，取兩者之最大值作為空氣品質指標(AQI)。
2. 空氣品質指標(AQI)301 以上之指標值，是以臭氧(O₃)小時值計算之，不以臭氧(O₃)8 小時值計算之。
3. 空氣品質指標(AQI)200 以上之指標值，是以二氧化硫(SO₂)24 小時值計算之，不以二氧化硫(SO₂)小時值計算之。

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。

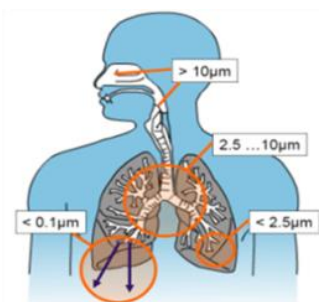
霧霾是指接近人群生活的地面空氣中，有大量灰塵、硫酸、硝酸、有機碳氫

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，就可能會發生癌症。
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} 成分包括鈎、硫、硫酸鹽、鐵、元素碳、鈦、錳、溴、氮、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

◆環保署針對不同空氣品質指標，提供民眾日常生活相對行動建議如下：

AQI	0~50	51~100	101~150	151-200	201-300	301-500
對健康的影響	良好	普通	對敏感族群不良	對所有族群不良	非常不良	有害
	Good	Moderate	Unhealthful for Sensitive Groups	Unhealthful	Very Unhealthful	Hazardous
代表顏色	綠	黃	橘	紅	紫	褐紅
一般民眾活動建議	正常戶外活動。	正常戶外活動。	1. 一般民眾如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等， <u>應該考慮減少戶外活動</u> 。 2. 學生仍可進行戶外活動，但 <u>建議減少</u> 長時間劇烈運動。	1. 一般民眾如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等， <u>應減少</u> 體力消耗，特別是減少戶外活動。 2. 學生應避免長時間劇烈運動，進行其他戶外活動時 <u>應增加休息</u> 時間。	1. 一般民眾應減少戶外活動。 2. 學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。	1. 一般民眾應避免戶外活動，室內應緊閉門窗，必要外出應配戴口罩等防護用具。 2. 學生應立即停止戶外活動，並將課程調整於室內進行。
敏感性族群活動建議	正常戶外活動。	極特殊敏感族群建議注意可能產生的咳嗽或呼吸急促症狀，但仍可正常戶外活動。	1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人， <u>建議減少</u> 體力消耗活動及戶外活動，必要外出應配戴口罩。 2. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。	1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人， <u>建議留在室內並減少</u> 體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2. 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。	1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人應留在室內並減少體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2. 具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。	1. 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人應留在室內並避免體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 2. 具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。

◆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.感謝國立成功大學環境微量毒物研究中心協力製作。

2.行政院環保署 細懸浮微粒管制網站。

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

3.行政院環保署 細懸浮微粒主題專欄。

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

4.台北市衛生局「細懸浮微粒健康風險與預防手冊」。

5.美國環保署

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

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

6.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

7.歐盟之空氣品質標準。

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

