

從 Lancet 污染與健康報告看我國空氣污染防制策略

行政院環保署空保處 處長 蔡鴻德

行政院環保署空保處 專門委員 徐淑芷

透過跨國研究人員檢視和評估西元 2015 全球疾病負擔研究中各國污染與健康相關資料，Lancet Commission on pollution and health 於西元 2017 年 10 月提出污染與健康相關性報告，當中指出，污染是當今世界疾病和過早死亡的最大環境因素，污染造成的疾病估計導致 2015 年全球 900 萬人過早死亡，約占全球死亡人數 16%，較因愛滋病、結核病和瘧疾等疾病死亡人數多出 3 倍，較因戰爭和其他形式暴力事件死亡人數多出 15 倍。在受影響最嚴重的一些國家中，1/4 以上的人口死亡是由污染相關疾病造成。本文將說明本報告之重點以及我國空氣污染防制策略中相關之作為。

中低收入國家污染危害最嚴重也最被忽視

污染對貧窮者及弱勢者的危害特別嚴重，約有近 92% 的污染相關死亡發生在中低收入國家，且不論收入層級。污染致死人數最多的是在東南亞(包含印度)及西太平洋(包含中國)地區，而因污染造成壽命減短與疾病人數最多的則是發生在撒哈拉以南的一些低收入非洲國家(如圖 1)。兒童是污染相關疾病高風險對象，即便在胎兒或前嬰兒期受到極低的污染暴露，也可造成疾病、失能、兒童期死亡及影響其壽命。污染對人體健康、經濟及環境的重大影響常常被輕忽，污染對健康的影響在計算全球疾病負擔時也多被低估，尤其是在中低收入國家。中低收入國家之工業排放、交通工具排氣及有毒化學物質等污染，在國際發展及全球健康議題上特別被忽視。雖然 70% 以上污染造成的疾病都是非傳染性疾病，但在全球預防及管制非傳染性疾病之行動計畫中，污染管制也未被重視。

污染的成本極高

幾十年來，國際間一直忽視污染對健康、環境和地球的危害。透過對既有及新數據的分析，顯示污染對全球疾病負擔的嚴重影響及明顯低估(有資料的僅是冰山一角)。本報告在經濟分析的部分，雖未包含污染造成環境損害的成本，但結果顯示污染是成本極高的，例如污染引發的疾病對中低

收入國家每年約導致 2%以上 GDP 損失。污染相關疾病也造成健康照護成本增加，約占高收入國家每年健康支出之 1.7%，在重度污染及快速發展的中收入國家則高達每年健康支出之 7%。污染造成的福利損失估計每年約 4.6 兆美元，約占全球經濟產出之 6.2%。隨著更多污染與疾病間之相關性被確認，污染相關疾病成本持續增加。污染危及地球健康，摧毀生態系並與全球氣候變遷密切相關。

空氣污染占污染危害之比例最高

依現有資料分析，全球每年因環境污染致死人數中，以空氣污染約占 7 成為最高，每年約造成全球 650 萬人死亡；全球空氣污染致死死因可概略分為居家空氣品質不良(約 290 萬人)、大氣粒狀物(PM2.5，約 420 萬人)及臭氧(約 30 萬人)，其中由於多項居家空氣品質不良與大氣空氣污染物有重疊，所以總致死人數不等於直接累加各項致死人數。中高收入國家燃燒石化燃料及低收入國家燃燒生質燃料所產生之廢氣，約為空氣污染中粒狀物污染 85%，及幾乎所有的硫氧化物和氮氧化物污染來源，同時，燃料燃燒也是造成氣候變遷溫室氣體及短效氣候污染物主要來源。煤是全世界污染程度最高的石化燃料，使得燃煤是污染及氣候變遷重要成因之一。

在世界許多地區，其與貧窮或傳統生活方式息息相關的居家空氣及水污染雖呈現緩慢下降，但因工業、採礦、電力產生、機械化農業及石油為燃料之交通工具產生的空氣、化學及土壤等污染卻不斷上升，且在快速發展及工業化的中低收入國家增加最為明顯。若以現行企業發展情境，並且沒有導入新的污染控制，預測因 PM2.5 空氣污染之致死人數在未來 30 年將急遽成長，2050 年將達 660 萬人，較 2015 年的 420 萬人成長 50%。但如執行 PM2.5 的有效管制計畫，則可減少 23%現行空氣污染致死人數。

化學污染日益嚴重，其危害明顯低估

化學污染為重大且成長中的全球問題，化學污染造成健康影響尚未能夠清楚的被定義，但其對於全球疾病負擔之影響幾乎已證實明顯被低估。自西元 1950 年以來已有超過 14 萬種化學品或殺蟲劑被合成，其中 5000 種被大量製造並已廣布於環境中，近乎全球人口均已遭受暴露。這些高產量化學品中，只有不到一半有進行安全性或毒性測試，且只有在近 10 年及少數高收入國家才有強制執行新化學品進入市場前的嚴格評估，導致化學品及殺蟲劑對人體健康及環境之影響未曾被檢驗並一再地造成疾病、死

亡及環境破壞，如鉛、砷、DDT、PCBs 及 CFCs 等。

更多新興合成的化學品於過去 20、30 年進入全球市場，包含發展中的神經毒物、內分泌干擾物、除草劑、殺蟲劑、製藥廢棄物及奈米物質等，僅有極少數在進如市場前進行其對人體與環境之評估，但證據顯示這些化學品對健康及環境之危害已十分明確。這些新興化學物質引起國際間極大的關注，尤其是產量用量不斷增加，但公共衛生及環境保護極為不足的中低收入國家。更應關注的是全球的污染熱點，如都市、社區、家庭及校園，遭受毒物、輻射物及營運中或廢棄的工廠、冶煉廠、礦場與有害廢棄物場址產生的空氣、水及土壤重金屬等污染，這是由於都市人口雖然僅佔全球人口之 55%，但全球 85% 之經濟活動是發生在都市中，前所未有的規模聚集人、能源消耗、建設活動、工業及交通，因此工業化國家快速成長的都市實遭受極嚴重的污染。

污染是可削減且防制成本效益高

很多污染是可以削減去除的，污染防制極具成本效益，高收入及一些中收入國家透過立法制定清淨空氣及水質的法規，建立化學品安全政策來管制目標污染物。這些國家的人民活得更健康也更久。高收入國家執行這些措施所增加之 GDP 可達 250%，而現今的挑戰則是進一步減污及節能減碳。污染削減及預防可同時對健康及經濟產生極大淨利，高收入國家改善空氣品質不僅降低心血管和呼吸系統疾病之死亡人數，也同時產生實質經濟效益。美國自西元 1970 年每投資 1 美元於空氣污染管制，估計約可產生 30 美元(介於 4-88 美元)經濟效益，迄今累計投資 650 億美元，獲益達 1.5 兆美元。同樣地美國自西元 1980 年起去除汽油中的鉛，估計每年所產生之經濟效益達 2000 億美元(介於 1100-3000 億美元)，迄今累計獲益達 6 兆美元。

污染管制並可提早達成聯合國設立引導全球於 21 世紀發展之 17 項永續發展目標中的多項目標。許多污染控制策略，已被中高收入國家證實具成本效益，可輸出供各收入層級的都市及國家採用。這些策略包含法律面、政策面、規範面及技術面，以科學為導向，聚焦於保護大眾健康，而相關措施之應用並可促進經濟發展以及增加 GDP。相關策略包含有目標性地降低污染排放、使用無污染的再生能源、生產及運輸採行無污染技術、發展有效率可負擔的大眾運輸系統。妥適地運用這些策略，可使中低收入國家避免污染危害的結果，跳脫過去工業發展帶來人類與生態最糟的災難，改

善人們健康及福祉。

空氣污染管制策略

此報告提出許多有效防制污染策略，也提到居家空氣污染改善一般多利用補貼措施，尤其在低收入國家；而固定及移動源污染之改善，則主要仰賴法規訂定排放標準來達成。多數策略以政策及法規強制為基礎，不需耗費政府大量資金。有關空氣污染改善策略摘述如下表：

短期	鑑別關鍵污染物來源以利目標性管制 針對固定源目標管制並建立粉塵管理系統 建立監測系統 改善燃料品質和引擎標準 設計及執行有效強制性管制系統
中期	建立較潔淨交通工具之需求，包含檢驗站(管制柴油車、觸媒轉化器、轉換為燃氣) 提供電動車及油電車的使用誘因 提升大眾運輸車隊
長期	擴展及提升大眾運輸 建置人行步道及腳踏車道便利動態通勤 建立機制減少私人運具使用
政策及機構	依來源占比來鑑別最重要的污染源 建立並排序管制目標及時程 建立高層級跨部門指導委員會 導入公眾及民間社會組織
建立量能	對主要空氣污染物和排放源有充足地監測和檢測 精進對污染源貢獻的了解 利用交通工具污染檢驗站
一般落差及結構議題	推廣至資源較不足的二線城市

全球共同努力改善污染

本報告目的在提高全球污染意識，終結忽視污染相關疾病，啟動資源和有效面對污染的政治意願。為達此目的提出 6 項重要建議：

1. 讓污染防治取得國家及國際間高優先序位，並納入國家及都市計畫程序中。各級政府均應建立污染管制短期及長期目標，並支持達成目標所需的法規及機構。經由立法，污染管制策略應包含污染者付費原則及終止污染工業的補貼和減稅。
2. 動員、增加及聚焦污染管制的資金及國際技術支援，財務和技術協助策略需要被追蹤和量測，以評估成本效益及課責管考。
3. 建立監測污染及其健康效應的系統，蒐集國家及當地數據資料，以利量測污染程度、鑑別各污染源占比、評估管制成效、導引加強策施、告知社會大眾及評估目標達成度。資料公開，污染管制指標應納入國際永續發展目標或其他監測平台，以利分享成功及經驗。
4. 建立污染管制多部門參與，跨部會、跨機關及公私部門共同參與，可大為提前污染的管制、加速潔淨能源及技術發展。政府與工業界合作可促進研發、創造更乾淨生產技術及更乾淨能源生產的誘因，促使過渡到更永續的循環經濟。
5. 將污染減輕整併入非傳染疾病的計畫過程中，污染防治應納入防治非污染性疾病全球行動計畫的核心內容。
6. 進行污染及污染防治相關研究，如
 - (1) 探究污染與疾病及無臨床症狀損傷的新興因果連結，如空污對兒童與老人造成中樞神經系統功能損失。
 - (2) 量化鉛、汞、鉻、砷、石棉及苯等已知毒性化學污染物對全球疾病負擔。
 - (3) 鑑定並描述新興化學污染對健康負面影響特徵，包含發展中的神經毒物、內分泌干擾物、除草劑、殺蟲劑、製藥廢棄物。
 - (4) 鑑定並繪製污染暴露地圖，特別是在中低收入國家。
 - (5) 精進污染及污染相關疾病的經濟成本估算。
 - (6) 量化污染管制的健康及經濟效益，結算污染管制的效益和成本。

我國空氣污染來源、特性及情形

依據空氣品質模式分析結果，境外傳輸對我國細懸浮微粒(PM2.5)年平均濃度影響比率約 30~34%，境內污染源比率則約為 60~66%。境內主要污

污染源包括固定（含逸散）與移動污染源。我國空氣品質季節性變化極大，空氣品質不良情形集中發生於每年10月至隔年3月之東北季風盛行期間，因為季節性的氣象差異與空氣的傳輸及擴散影響，秋冬時中南部在氣象不利及地理位置雙重影響下，本地的污染加上上風處污染的傳輸，導致秋冬季節時空氣品質超過標準站日數比率高達50%左右，平均濃度達30~40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相較夏季平均值為17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下，污染嚴重許多。

我國歷年均積極推動各項空氣污染管制策略，包含法規強制及誘因鼓勵措施，執行許可及排放量管理、排放標準管制、有害空氣污染物排放調查及管制、空氣污染防制費徵收與獎勵、逸散性粒狀污染物管制、揮發性有機物管制及工業區應變、新車管制、使用中車輛管制、潔淨燃料推動、低污染車輛推廣、綠色運輸與港區污染管制等。

依據全國歷年空氣品質監測結果，全國懸浮微粒、細懸浮微粒、二氧化硫、二氧化氮、一氧化碳及揮發性有機物等空氣污染物濃度均呈現改善趨勢。二氧化硫改善最為顯著，近11年來改善比率約43%，懸浮微粒、二氧化氮及一氧化碳改善比率約30%。細懸浮微粒(PM_{2.5})自102年開始手動監測，至105年已改善17%，但105年平均值20微克/立方公尺($\mu\text{g}/\text{m}^3$)，仍高於標準值15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。而以空氣品質指標(Air Quality Index, AQI)各等級比率分布趨勢顯示，103、104及105年AQI>100比率分別為26.24%、21.52%及19.27%，顯示近年相關管制工作推動已獲得初步成效。

我國現階段空氣污染管制策略

為達成108年PM_{2.5}全國平均濃度達18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 及PM_{2.5}紅色警戒較104年降低50%目標，提出「空氣污染防制策略」，內容包括電力設施管制（老舊高污染發電機組除役、天然氣機組裝設空氣污染防制設備等）、鍋爐管制（改用天然氣等乾淨燃料、改造或汰換鍋爐6,000餘座等）、農業廢棄物燃燒管制（補助農民腐化菌、國道1號及3號高速公路兩旁稻草露天燃燒面積減少90%）、營建及堆置揚塵管制（加嚴空氣污染防制設施規定、提升防制設施查核符合率至90%以上）、餐飲油煙管制（訂定相關法規及標準、增設防制設備至少7,000家）、改善風俗習慣（1尊3少1目標）、河川揚塵防制（抑制揚塵各項工法、完成汛期後環境清理18萬公里）、淘汰一、二期柴油大貨車（推動企業採用環保車隊、劃定空氣品質維護區、補助措施，以淘汰8萬輛一、二期柴油大貨車）、三期柴油車加裝濾煙器（推動濾煙器驗證及補助、加裝濾煙器3萬8,000輛）、汰除二行程機車（逐

年降低補助額度，109年起不補助，以淘汰100萬輛）、港區運輸管制（推動港區船舶減速、設置高壓岸電等）、提升公共運輸人次（補助業者汰換老舊公車等，以提升公路公共運輸使用人次達12.38億人次）、提升軌道貨運運能（推動以起迄運送途中貨物不落地之貨櫃化輸送方式，提升貨櫃運量占總貨運量比率至15%）及推動電動蔬果運輸車（發展小型電動蔬果運輸車、推動電動蔬果運輸車2,100輛）等14項具體行動措施，據以執行，又透過公眾參與尋求N項更具效益的策略，並定期對外說明14+N空氣污染防治策略執行進度，供各界公開檢視並滾動式調整，結合各部會、地方與民間量能，積極推動以加速達成空氣品質改善目標。

另為改善秋冬季節空品不良之情形，已啟動秋冬季節性管制措施，包含加強稽查加重罰責及空污費差別費率等，並透過空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法，依循預警原則精神，提前啟動防護及管制措施，避免空品持續惡化並做好防護措施保障民眾健康。同時也檢討及擴大空氣污染防治費徵收對象，提出草案將懸浮微粒、重金屬排放及燃氣電廠等的氮氧化物納入徵收。積極研修空氣污染防治法，將燃料源頭管制、跨區防制、健康風險評估等納入，以符管制需求。也已預告『固定污染源有害污染物排放標準』草案，以加強管制有害空氣污染物，上述法規預計今年年底前完成發布。此外，自104年起迄今，環保署與衛生福利部合作，協同國家衛生研究院針對大氣細懸浮微粒PM_{2.5}探討其與慢性疾病（如糖尿病、腎、癌症、失智、失能等）之間的關係並進行長期世代追蹤，據以作為政策制定之參考，使科學研究支持政策研擬，以提出更符合國人健康保護之標準值及更具健康危害警示的空氣品質指標。

結語

空氣污染來源眾多、成因複雜，單一管制作為不易有成效，且由於氣候變遷、氣象變化的不確定性，使得空氣品質改善的工作更加艱鉅。依Lancet研究資料顯示各式污染死亡風險，我國與日本同列第二等級即每10萬死亡人數中約有51-75人與污染有關，雖不及北美及紐澳等地區，仍優於歐、亞、非等大多數國家，其所建議污染管制策略及相關研究，我國也多已採用並持續落實執行，因此我們應可樂觀審慎地面對未來挑戰，空氣品質改善已從管末管制進展到能源使用、產業發展、農業政策及健康影響評估等面向之整合，透過中央與地方及公私部門同心協力共同合作，我們有信心可加速改善空氣品質，以保護民眾健康。