台灣空氣品質健康安全協會
Taiwan Air Quality Health & Safety Association

「室內空氣品質專業治理人員技術證」訓練班

中級室內空氣品質治理人員

第2007B001期

室內空氣污染物的類型、來源與健康效應

環境與安全衛生工程系
許金玉博士／July 28, 2020

1

「室內空氣品質專業治理人員技術證」訓練班

中級室內空氣品質治理人員

第2007B001期

課程綱要

壹、室內空氣污染物的類型、來源與健康效應(1hr)
貳、室內空氣品質診斷與評估之方法與工具(1hr)
參、室內空氣污染物之測定原理與方法(1hr)
肆、建築裝修應注意事項與健康綠建材之選用(1hr)
伍、室內通風換氣工程(一)：通風換氣設備、理論、法規與評估方法(1hr)
陸、室內通風換氣工程(二)：實場案例解說與演算(1hr)
柒、室內空氣品質管理法令與自主維護管理措施(1hr)
捌、室內空氣淨化工程(一)：空氣淨化技術與原理(1hr)
玖、室內空氣淨化工程(二)：空氣清淨機之性能標準與正確使用方法(1hr)
拾、術科測驗(一)：通風換氣操作實務(1hr)
拾壹、術科測驗(二)：室內空氣品質連續自動監測設施操作實務(1hr)
拾貳、學科測驗(1hr)

2

室內空氣污染物的類型、來源與健康效應

目 錄

壹、前言.....04
貳、認識室內空氣污染物.....27
參、室內空氣污染物之健康效應.....96
肆、結語.....121

3

壹、前言

- 室內空氣品質的重要性！
- 您呼吸的空氣乾淨嗎？
- 家真的健康嗎？

- 您呼吸的空氣乾淨嗎？
- 您知道空氣的組成嗎？
- 懸浮微粒單位的迷失？
- 看似乾淨空氣的背後真相？
- 食物水空氣孰輕孰重？
- 都會區民眾居住的曝露型態？

4

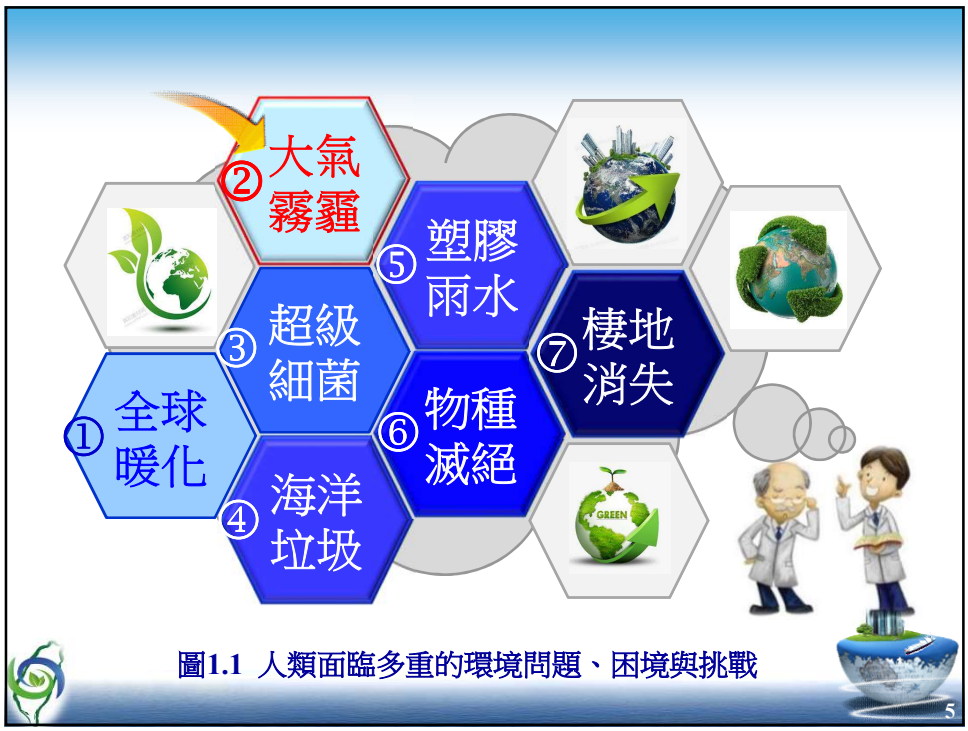


圖1.1 人類面臨多重的環境問題、困境與挑戰

1-1 您呼吸的空氣乾淨嗎？

◆室外氣乾淨嗎？

圖1-1.1 世衛組織(2017)指出全球92%的人無法呼吸到安全的空氣

圖1-1.2 世衛組織(2019)指出每年有700萬人死於空氣污染

圖1-1.3 室內空氣污染物造成的病態大樓症候群

https://www.who.int/airpollution/infographics/Air-pollution-INFOGRAPHICS-English-5-1200px.jpg

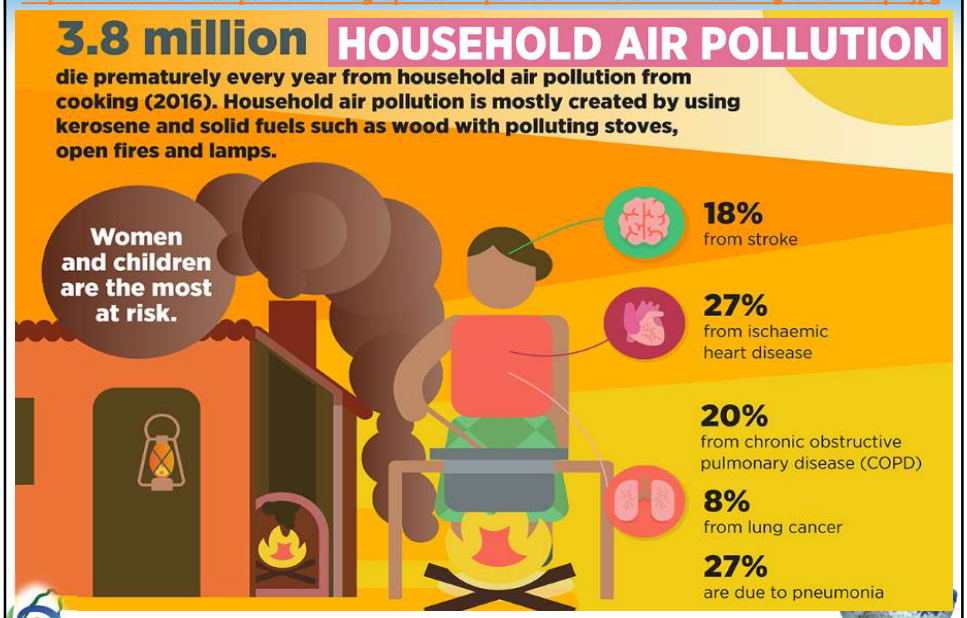


圖1-1.4 世衛組織(2019)指出每年有380萬人因室內空氣污染而過早死亡

9

1-5 廣州財經大學一宿舍樓甲醛超標　圖1.1-6 幼兒園甲醛超標致使兒童流鼻血發燒

10

1-2您知道空氣的組成嗎？

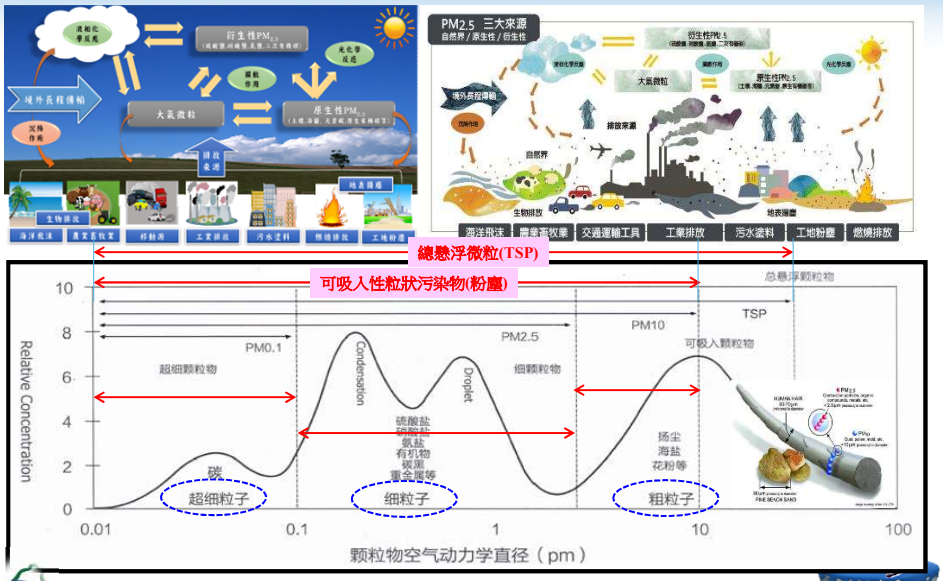


圖1-2.1　大氣環境中顆粒物粒徑大小與濃度分佈圖

11

懸浮微粒不就是灰塵嗎？有甚麼好大驚小怪的呢！

圖1-2.2　$PM_{2.5}$的耦合(複合)污染效應(摘自柴靜穹頂之下)

12

◆室內潛藏著諸多空氣污染物！

圖1-2.3　通風換氣不良的建築物可能存在多種室內空氣污染物

13

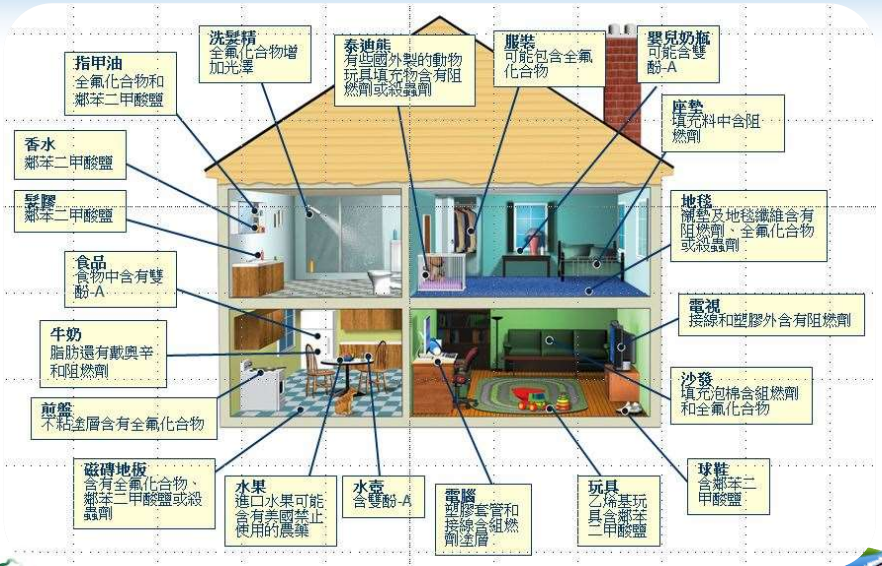
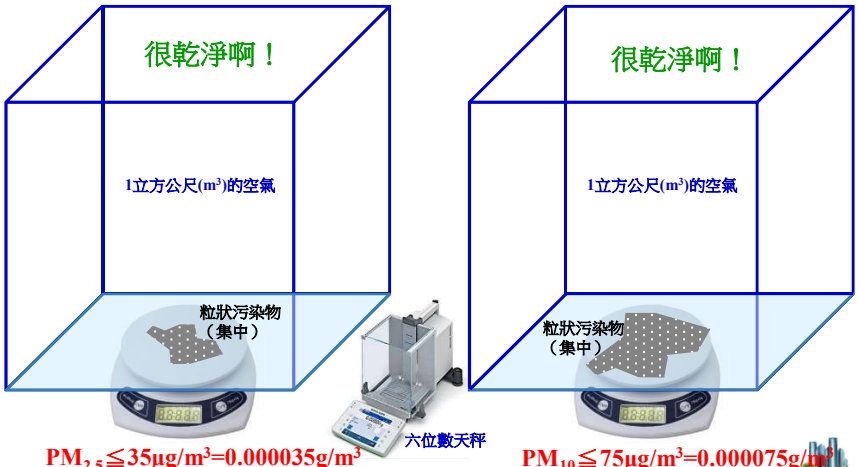


圖1-2.4　室內潛藏著可能的污染來源與其污染物類型

14

1-3 懸浮微粒單位的迷失？

◆ 質量濃度(μg/m³)的概念：把空氣當成固定、集中、不動。

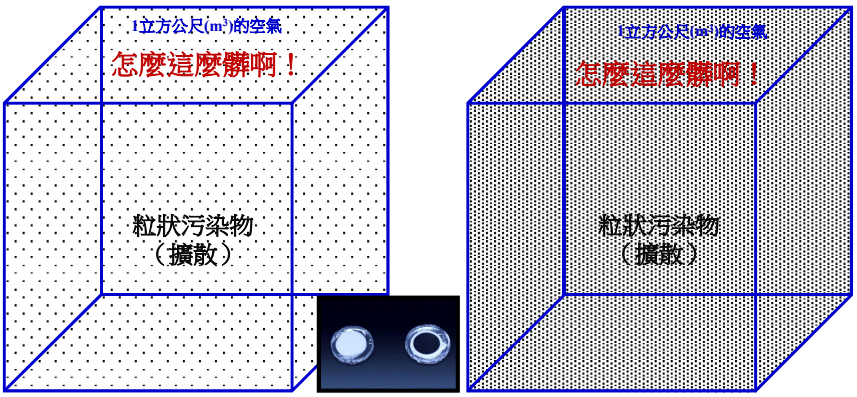


$PM_{2.5} \leqq 35\mu g/m^3 = 0.000035 g/m^3$　　$PM_{10} \leqq 75\mu g/m^3 = 0.000075 g/m^3$

圖1-3.1　質量濃度單位常讓民眾無法直接感受微粒的迫切與重要性

15

◆ 數目濃度(顆/m³或顆/L)的概念：將空氣視為活動、擴散的。



$PM_{2.5} \leqq 35\mu g/m^3 = 0.000035 g/m^3$　　$PM_{10} \leqq 75\mu g/m^3 = 0.000075 g/m^3$

$PM_{2.5}$可能已高達數百萬顆/m³～數千萬顆/m³　　PM_{10}可能已高達數百萬顆/m³～數千萬顆/m³

圖1-3.2　數目濃度單位較易讓民眾感受空氣的髒污情形

16

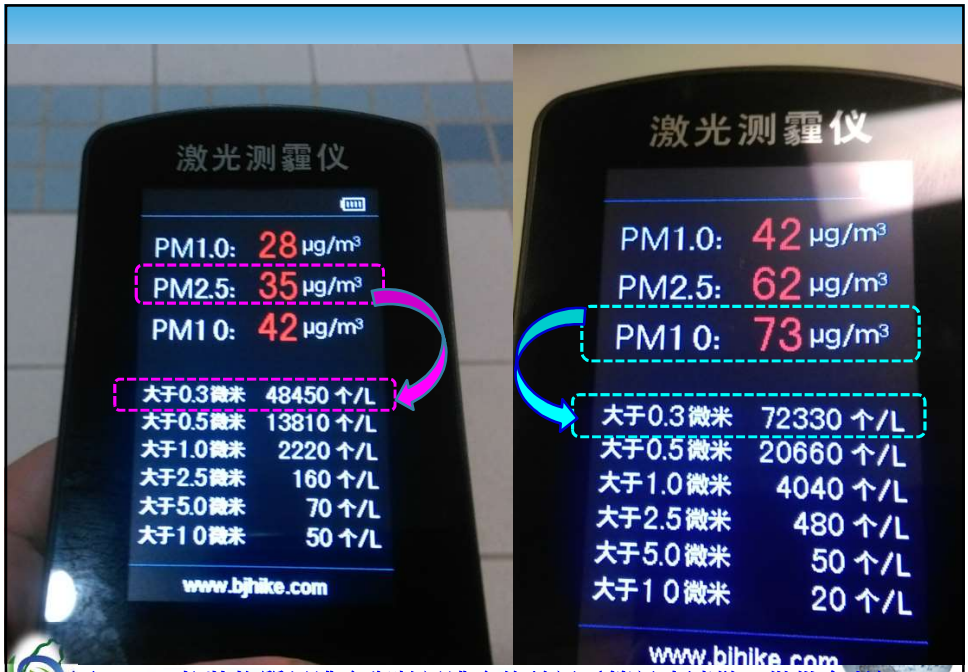


圖1-3.3　粒狀物質量濃度與數目濃度的差異（簡易直讀儀，僅供參考）

17

-3.4　乾淨空氣中仍可能存在一定數目的粒狀物（簡易直讀儀，僅供參考）

18

1-4 看似乾淨空氣的背後真相？

可用四個簡易方式判定空氣是否乾淨！

(1)夜晚強光束照射或早晨光線進入室內

空氣真的沒有我們想像的乾淨！

圖1-4.1　強光下的散射作用讓粒狀空氣污染物無所遁形

19

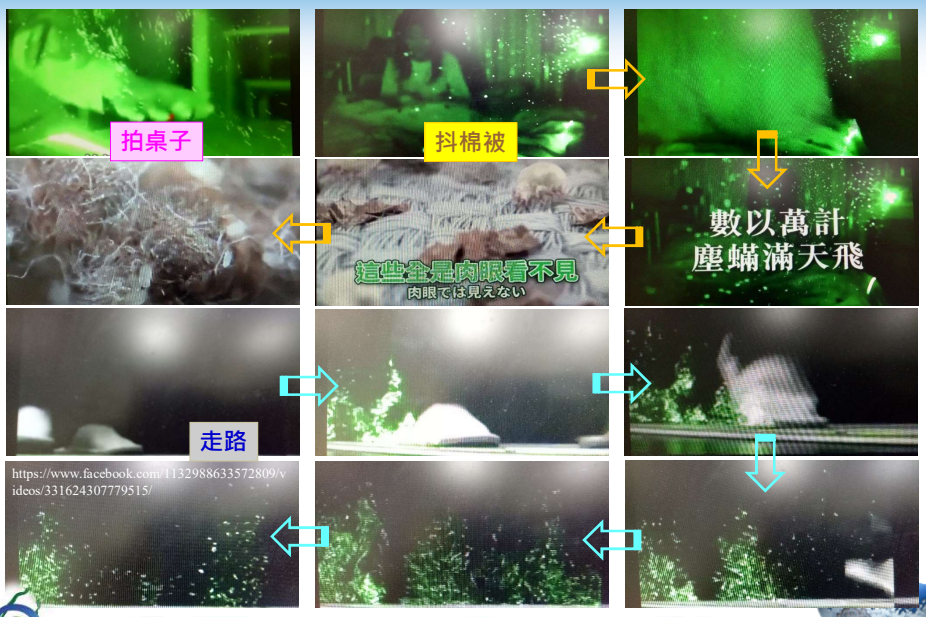


圖1-4.2 拍桌子、抖棉被、走路等過程所造成的揚塵污染物

20

https://www.facebook.com/1132988633572809/videos/331624307779515/

圖1-4.3 居家行為造成揚塵污染的影片

21

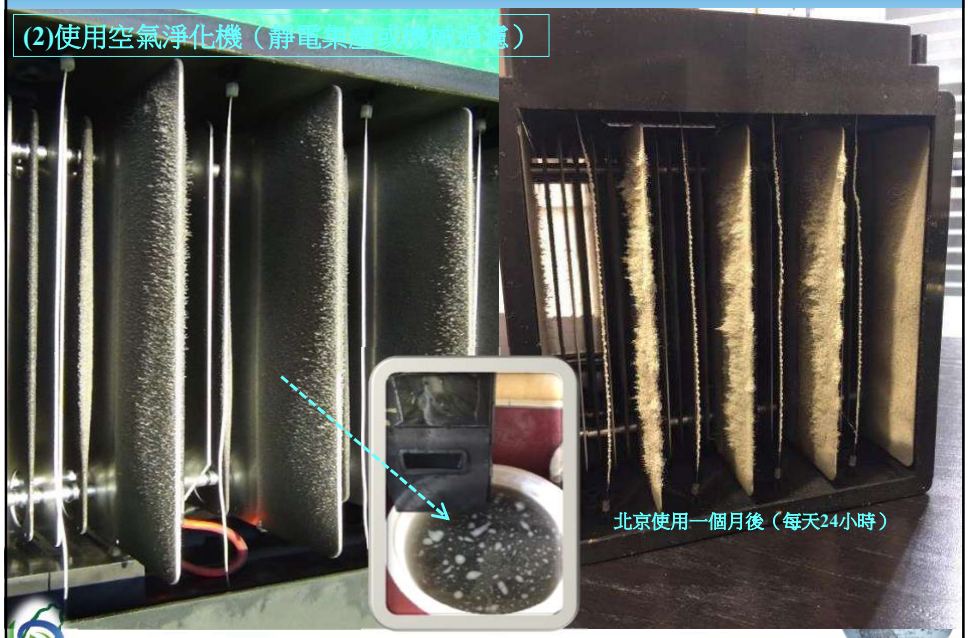


圖1-4.4 靜電集塵版收及微粒的集塵效果

22

圖1-4.5 留意賣場（如家樂福）天花板懸吊空調箱的濾網狀況

圖1-4.6 留意晴天夜間一閃一閃的星空

1-5 食物、水、空氣孰輕孰重？

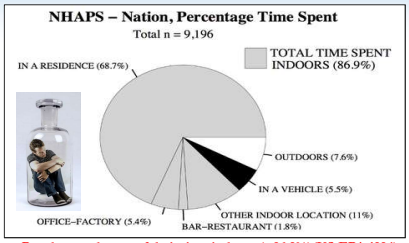
沒有回答之前，我們先思考一些問題？

- 人可以7天不吃東西，可以3天不喝水，但無法1刻鐘不呼吸。
- 一個成每天吃的食物大約5公斤左右，喝的水大約3公斤，呼吸的空氣大約12～15公斤。因此，食物、水、空氣孰輕孰重，不說自明。

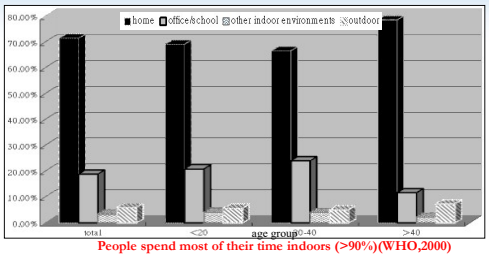
圖1-5.1　空氣、食物、水進入身體之比重示意圖

25

1-6 都會區民眾居住的曝露型態！



People spend most of their time indoors (>86.9%)(US EPA,1994)



People spend most of their time indoors (>90%)(WHO,2000)

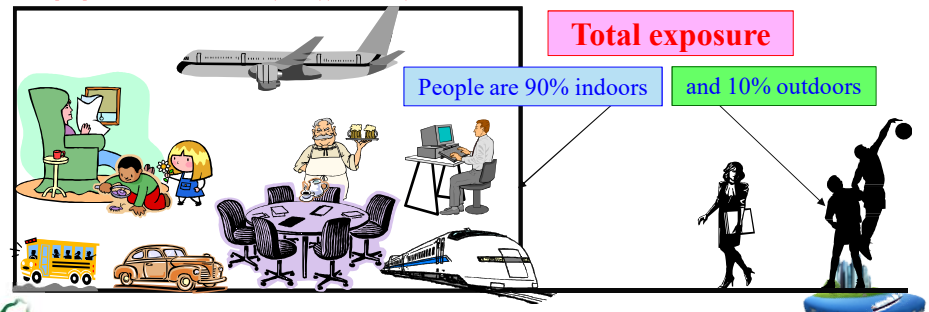


圖1-6.1 都會區居民生活型態(食、衣、住、行、娛樂)室內、外曝露時間比示意圖

26

貳、認識室內空氣污染物

2-1 我國室內空氣品質標準
2-2 室內空氣污染物來源之分類
2-3 共通性室內空氣污染物與成因
2-4 室內常見空氣污染物與來源

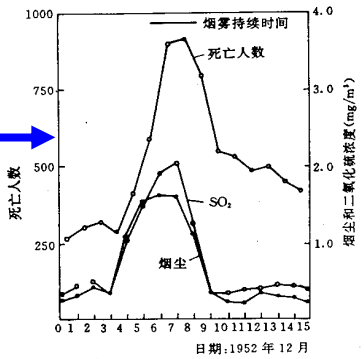
27

（空氣殺人事件）

上世紀世界八大公害事件

- 馬斯河谷烟霧—比利时(1930)
- 多諾拉烟霧—美國(1948)
- 倫敦烟霧—英國(上世紀40-50年代)
- 洛杉機光化學烟霧—美國(約同上)
- 四日市烟霧—日本(1961)
- 米糠油—日本愛知縣(多氯聯苯)(1968)
- 水俣病-日本熊本縣水俣市 (甲基汞)(1953-56)
- 通川流域(鎘)(1955-72)

氣體污染事件

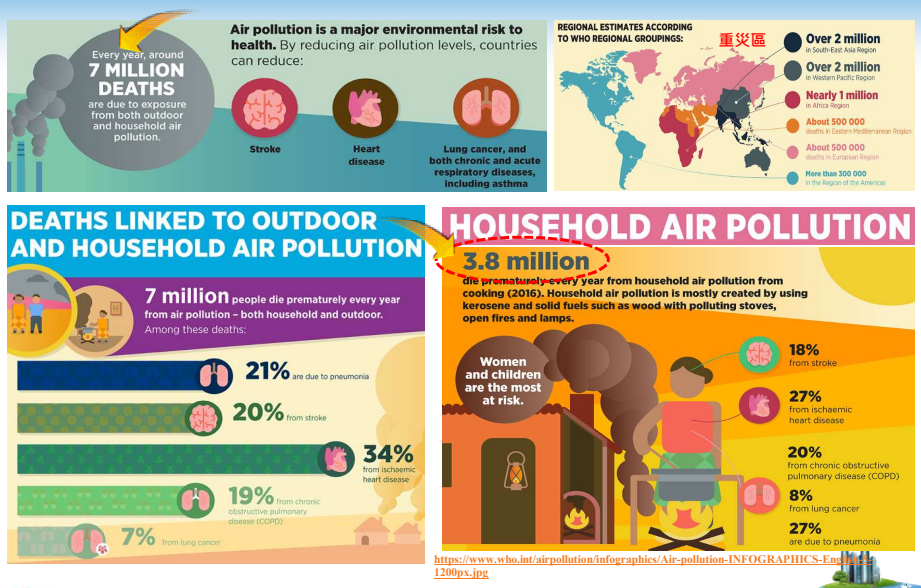


1952年12月倫敦烟霧事件中死亡人數與大氣中烟塵和二氧化硫濃度的相關性

倫敦烟霧—英國(1952)

- 1952年12月4日，原本晴朗的天空，漸漸變得灰蒙蒙。此時，受到氣旋的影響，倫敦的風速逐漸轉小，雲層慢慢地將整個天空遮蔽了。到中午時，天空已經陰霾瀰漫。
- 12月5日，倫敦的風速幾乎為零，整個城市被連日不散的霧氣緊緊包裹，能見度縮小到1米之內。此後的3天情況繼續惡化。可吸入顆粒物濃度達到了3,000至14,000μg/m³。二氧化硫濃度比正常情況高出7倍。
- 孩子不能正常上学，以免在大霧中走失。倫敦機場烟霧瀰漫，飛機無法起降。官方統計，在大霧封城的條例中，共導致了5,000多人的死亡，之後的两個月內有8,000多人相繼死亡。死因調查發現：因支氣管炎死亡的人數為正常期的9倍，因肺結核死亡人數為正常期的5.8倍，因冠心病死亡的人數為正常期的2.4倍。

28



https://www.who.int/airpollution/infographics/Air-pollution-INFOGRAPHICS-English-1200px.jpg

圖2.1 世衛組織(2019)指出每年有380萬人因室內空氣污染而過早死亡

29

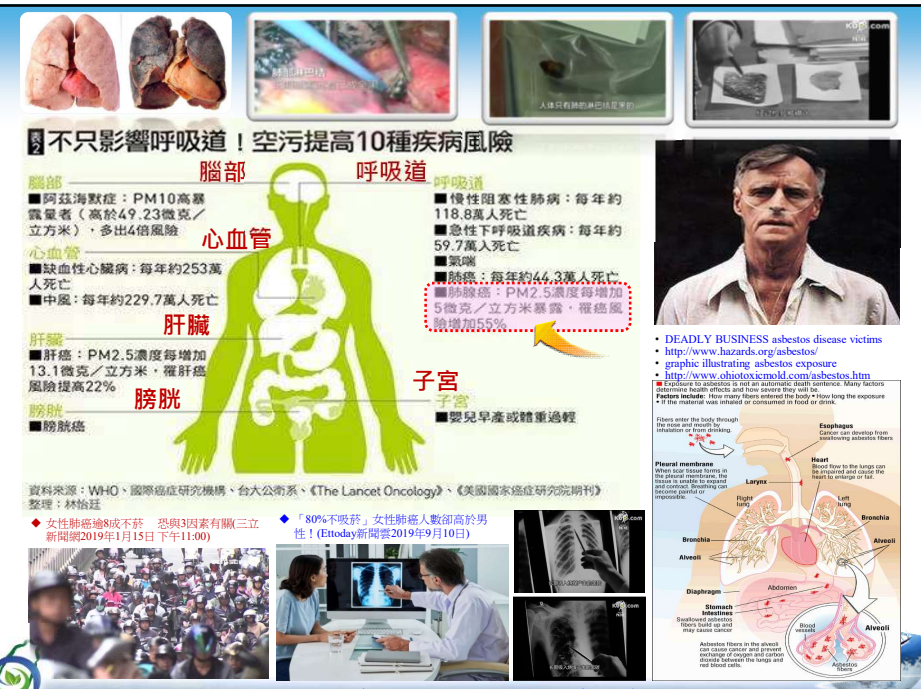


圖2.2 空氣污染物對健康之多重危害

30

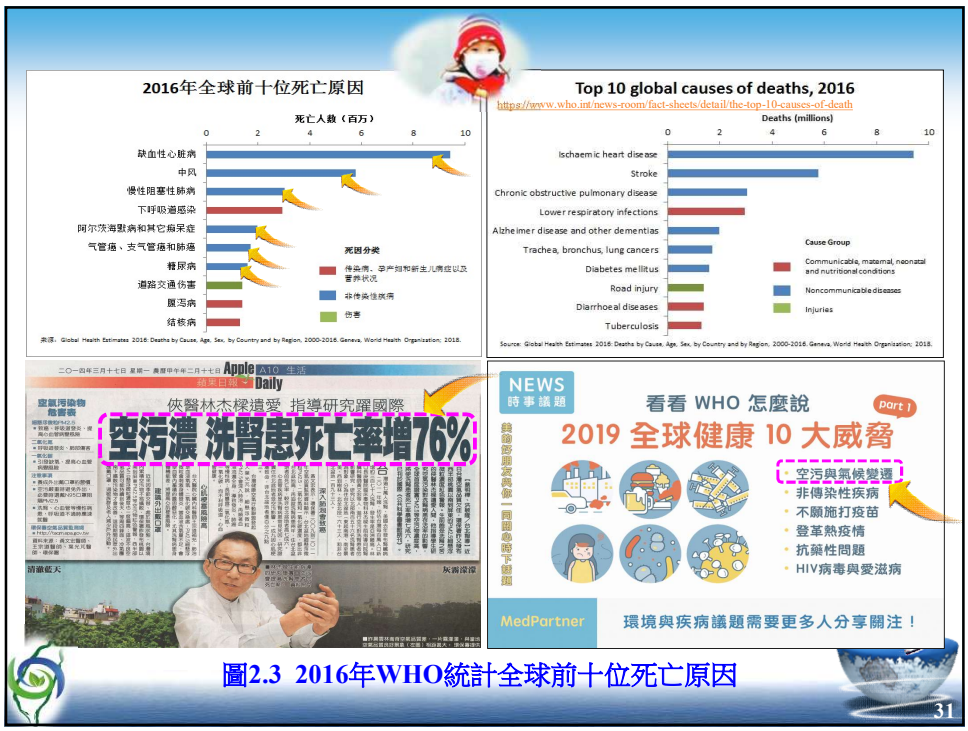


圖2.3 2016年WHO統計全球前十位死亡原因

圖2.4 大陸地區疾病負擔與壽命損失貢獻情形

圖2.5 從佛教(不用計較)與空污醫學(要計較)的觀點看老年人生

2-1 我國室內空氣品質標準

◆ 室內空氣品質標準

表2-1.1 室內空氣品質標準(101.11.23環署空字第1010106229號令訂定)

項目		標準值	單位
二氧化碳(CO_2)	8小時值	1,000	Ppm(體積濃度百萬分之一)
一氧化碳(CO)	8小時值	9	Ppm(體積濃度百萬分之一)
甲醛(HCHO)	1小時值	0.08	Ppm(體積濃度百萬分之一)
總揮發性有機化合物(TVOC，包含：十二種揮發性有機物之總和)	1小時值	0.56	Ppm(體積濃度百萬分之一)
細菌(Bacteria)	最高值	1,500	CFU/m^3(菌落數/立方公尺)
真菌(Fungi)	最高值	1,000；但真菌濃度室內外比值小於等於1.3者，不在此限。	CFU/m^3(菌落數/立方公尺)
粒徑小於等於十微米(μm)之懸浮微粒(PM_{10})	24小時值	75	μg/m^3(微克/立方公尺)
粒徑小於等於二•五微米(μm)之懸浮微粒($PM_{2.5}$)	24小時值	35	μg/m^3(微克/立方公尺)
臭氧(O_3)	8小時值	0.06	Ppm(體積濃度百萬分之一)

註：1.一小時`值：指一小時內各測值之算術平均值或一小時累計採樣之測值。2.八小時值：指連續八小時各測值之算術平均值或八小時累計採樣之測值。3.二十四小時值：指連續二十四小時各測值之算術平均值或二十四小時累計採樣之測值。4.最高值：指依中央主管機關公告之檢測方法所規範採樣方法之採樣分析值。5.總揮發性有機化合物(TVOC，包含：十二種揮發性有機物之總和)：指總揮發性有機化合物之標準值係採計苯(Benzene)、四氯化碳(Carbon tetrachloride)、氯仿(三氯甲烷)(Chloroform)、1,2-二氯苯(1,2-Dichlorobenzene)、1,4-二氯苯(1,4-Dichlorobenzene)、二氯甲烷(Dichloromethane)、乙苯(Ethyl Benzene)、苯乙烯(Styrene)、四氯乙烯(Tetrachloroethylene)、三氯乙烯(Trichloroethylene)、甲苯(Toluene)及二甲苯(對、間、鄰)(Xylenes)等十二種化合物之濃度測值總和者。6.真菌濃度室內外比值：指室內真菌濃度除以室外真菌濃度之比值，其室內及室外之採樣相對位置應依室內空氣品質檢驗測定管理辦法規定辦理。

34

2-2 室內空氣污染物來源之分類

- 根據行政院環境保護署「室內空氣品質資訊網」105年的更新資訊，影響室內環境空氣品質的主要污染源可分為八大類：「室外空氣污染源」、「室內燃燒源」、「油漆及塗料」、「建築材料」、「清潔產品」、「辦公室事務機」、「生物性污染物」以及「人類活動」及其他污染來源。
- 依據「美國國家職業安全及健康協會(National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH)」室內空氣品質問題的調查，室內主要污染物歸納為：「外氣、室內人員、空調系統、建築材料、事務器具用品以及室內有機物質」等六大主要來源

圖2-2.1 常見室內空氣污染物來源之類型

35

圖2-2.2 室內潛在的污染物來源與污染物型態

36

2-3 共通性室內空氣污染物與成因

◆室內空氣污染物的種類與成因，雖視建築物的類型與使用行為而有所差異，然常見的共通性污染物成因則大致相似。

- 室內人流過多、隔間過密、天花板淨高度不足且通風換氣不良等造成CO_2(≧1,000ppm)與細菌(≧1,500CFU/m^3)濃度超標。
- 室內過度裝修或裝修建材與傢俱等採用不當造成HCHO(≧0.08ppm)與TVOC(≧0.56ppm)濃度超標。
- 廚房、餐廳、鍋爐等燃燒源或停車場廢氣等造成CO(≧9ppm)、$PM_{2.5}$(≧35 μg/m^3)與PM_{10}(≧75 μg/m^3)濃度超標。
- 影印機、雷射印表機等事務性機具以及臭氧或靜電等空氣清淨機造成O_3(≧0.06ppm)濃度偏高或超標。
- 漏水、潮濕、盆栽或寵物等造成真菌(≧1,000CFU/m^3)等微生物濃度偏高或超標。
- 廁所、室內車道、廚房等的異味問題。
- 冷卻水塔的退伍軍人菌等問題。
- 空調系統與風管內的積塵、微生物茲生與群聚感染問題。

37

表2-3.1 建築物常見的主要室內空氣污染物類型與成因

主要空氣污染物	主要成因
二氧化碳(CO_2)	(1)尖峰時段民眾於短時間湧入，成人(70kg)處於日常活動狀態時，每分鐘呼出約1公升CO_2。(2)室內空間狹窄、不流通、淨高度低、室內氣積空間不足。(3)空間過度隔間以及內部櫥櫃、傢俱、設施或器材眾多等而過於擁塞。(4)自然通風不良、未引入新鮮外氣以及空調通風量與通風換氣率(一般每小時至少應有6～8次以上)設計不足。(5)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)等污染源。
一氧化碳(CO)、汽油味	(1)室內車道車輛廢氣之排放以及地下室停車場之廢氣逸散。(2)室外汽、機車等交通運輸工具廢氣之引入。(3)汽油與柴油燃料之使用且燃燒不完全。(4)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)等污染源。
粒狀污染物(PM_{10}、$PM_{2.5}$)	(1)車輛輪胎與地坪之摩擦以及煞車作用。(2)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)等污染源。(3)室內裝修過程石綿、人造礦物纖維等建材之破碎、裁切等施工過程。(4)室內盆栽之植物花粉、寵物過敏原、微生物之細菌、真菌、病毒。(5)空調系統與風管內的積塵等污染源。(6)臨近營建工地施工或廟宇燃燒金紙或鞭炮等污染源。
細菌	(1)尖峰時段民眾大量湧入(正常成人的呼吸作用約產生500～1,500CFU/min，且一般成人身上、皮膚及衣物等所攜帶的菌數超過1億隻)。(2)中央空調系統與管線內部的滋生。(3)發霉之物品或建材表面(如天花板菌斑、地下室或屋頂漏水之壁癌等)。(4)水域空間(如室內游泳池等)潮濕與通風不良。(5)屋頂或地下室漏水、積水、潮濕等空間維護管理問題以及植物表面、寵物等污染源。

38

表2-3.1 建築物常見的主要室內空氣污染物類型與成因(續)

主要空氣污染物	主要成因
甲醛(HCHO)	(1)室內裝修建材(木質合板、木質傢俱、隔版、礦纖天花板)與膠結劑使用不當或裝修過度。(2)木製建材、版材與木製廚櫃等使用不當。(3)教學教具等器材使用不當。(4)民生(地墊、芳香劑等)或清潔用品(市售的強力去污劑大多數含有高濃度的甲醛)使用不當。(5)室內美勞、家政、塗裝作業不當。(6)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、拜拜、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)。(7)其它衍生物 (因臭氧與萜烯類碳氫化合物，如檸檬香等香水或香精化學作用所產生)等污染源。
總揮性有機化合物(TVOC)	(1)清潔劑、化妝品、黏著劑、天然氣、油漆、殺蟲劑、香煙以及各式各樣個人保養清潔用品如香水、髮雕等。(2)裝修建材、油漆粉刷、傢俱所溢散出的有機物質。(3)日常所使用的文具、影印機、印表機等機具。(4)室內高濃度的揮發性有機物質，多發生於重新裝修、油漆、新傢俱放置及清潔打蠟後。

39

一、CO_2(≧1,000ppm)與細菌(≧1,500CFU/m^3)濃度偏高或超標

主要原因：(1)教室學生人數過多(成人(70kg)處於日常活動狀態時，每分鐘呼出約1升二氧化碳)；(2)空間狹小、天花板淨高低(≦4m)、氣積容量不足；(3)空間過度隔間或設施、器材眾多等而過於擁塞；(4)空間通風設計不良或未引入新鮮外氣；(5)通風換氣率不足(一般每小時至少應有6～8次以上)；以及(6)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、拜拜、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)等污染源。

圖2-3.1 人數多、空間狹小、天花板淨高低、氣積容量不足

40

圖2-3.2 短時間內湧入大量看診民眾且聚集於相對狹小的密閉空間內

41

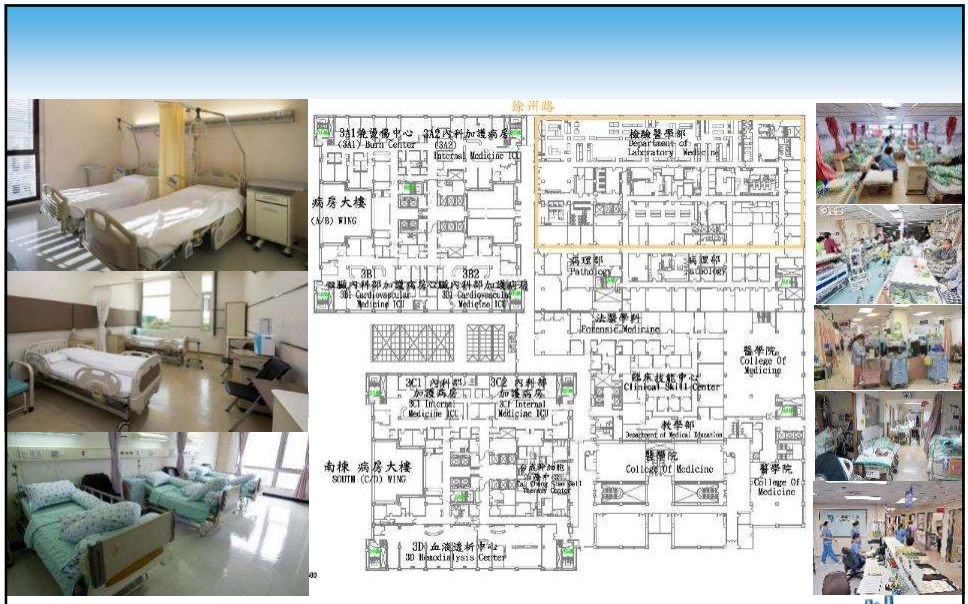


圖2-3.3 動線複雜且隔間密集而不利於通風換氣的建築格局

42

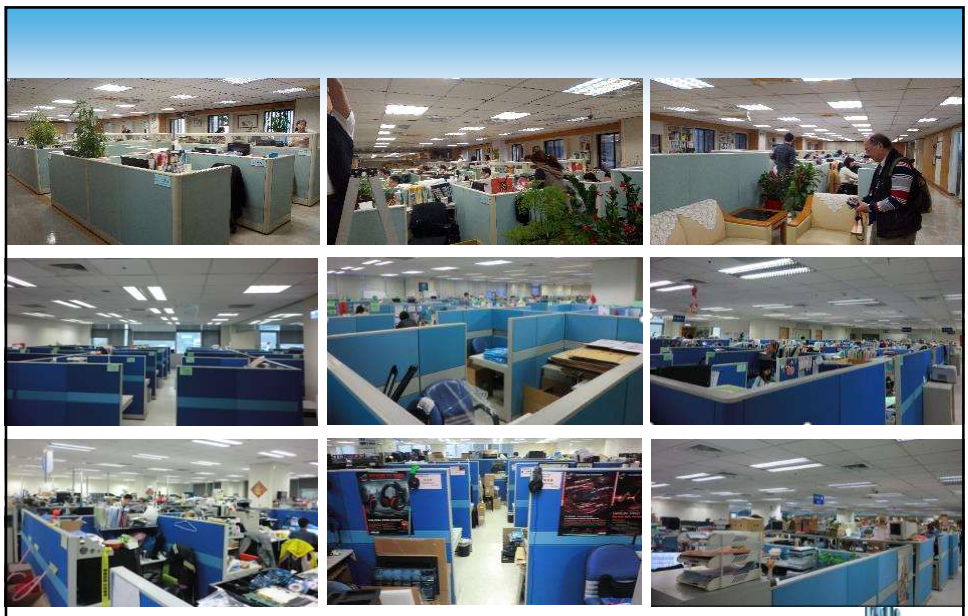


圖2-3.4 內部OA辦公桌椅以及設施陳設過多致使空間擁塞且不利於氣流之循環

43

圖2-3.5 無對外窗、自然對流與通風效果差

44

圖2-3.6 無外氣引入之內循環空調系統

圖2-3.7 僅採FCU內循換空調系統之民眾閱覽室

二、HCHO(≧0.08ppm)與TVOC(≧0.56ppm)濃度偏高或超標

主要原因：(1)室內裝修建材與膠結劑使用不當或裝修過度；(2)木製建材、版材與木製廚櫃等使用不當；(3)教學教具等器材使用不當；(4)民生(地墊、芳香劑等)或清潔用品使用不當；(5)室內美勞、家政、塗裝作業不當；(6)空間存在燃燒行為(烹飪、燒香、拜拜、吸煙、點蠟燭、燃煤鍋爐等)；以及(7)其它衍生物等污染源。

圖2-3.8 室內裝修建材使用不當、裝修過量或室內美勞作業 47

圖2-3.9 塗裝、教具與遊戲器材使用不當以及芳香劑等用品的使用 48

圖2-3.10 選用環保白板筆改善傳統白板筆的VOCs污染

49

三、O_3(≧0.06ppm)濃度偏高或超標

主要原因：(1)影印機或雷射印表機等事務性機具的不當使用；(2)臭氧空氣清淨機的使用；(3)靜電、負離子或紫外光燈空氣清淨機的不當使用；以及(4)來自室外的干擾。

圖2-3.11 影印機或臭氧機等事務性機具之不當使用

50

四、真菌(≧1,000CFU/m^3)濃度偏高或超標

主要原因：(1)牆壁、屋頂、窗台或梯腳板漏水；(2)矽酸鈣天花板內部管線或FCU漏水造成天花板鼓脹與菌斑叢生；以及(3)來自室外(如：花圃等)的干擾。

圖2-3.12 室內潮濕與漏水現象

51

五、$PM_{2.5}$(≧35μg/m^3)、PM_{10}(≧75μg/m^3)、CO(≧9ppm)濃度偏高或超標

主要原因：(1)室內燃燒行為(如：烹飪、取暖、燒香、點蠟燭等)；(2)抽煙及二手煙；(3)建材破碎或裁切等裝修過程；(4)地下室停車場廢氣；以及(5)來自室外(如：大馬路、鐵路旁或營建工地等)的干擾。

圖2-3.13 室內燃燒或車輛廢氣

52

2-4 室內常見空氣污染物與來源

◆室內空氣污染物濃度的高低多和室內人員的活動與設備的使用有關，舉凡拜香可能為室內一氧化碳(CO)、懸浮微粒(PM)或總揮發性有機化合物(TVOC)的來源、事務機的使用可能會增加臭氧(O_3)的濃度等。本節詳細介紹室內空氣品質管理法所列的九大污染指標：**一氧化碳(CO)**、**二氧化碳(CO_2)**、臭氧(O_3)、**總揮發性有機化合物(TVOC)**、**甲醛(HCHO)**、**粒徑小於2.5μm之懸浮微粒($PM_{2.5}$)**、**粒徑小於10μm之懸浮微粒(PM_{10})**、**真菌(fungi)**和**細菌(bacteria)**之特性和其來源，如表2-4.1所示。

表2-4.1 室內主要污染物之常見來源

污染物型態	污染物種	常見污染源
氣態污染物	一氧化碳	吸菸、烹飪、焚香、室外交通源或其他燃燒源
	二氧化碳	吸菸、烹飪、焚香、室外交通源、呼吸
	甲醛	吸菸、室內建材裝潢、室外光化反應
	揮發性有機物	吸菸、室內建材裝潢、烹飪、焚香、清潔劑、芳香劑、油漆、殺蟲劑、室外交通源
	臭氧	事務機（影印機、印表機）、室外光化反應
粒狀污染物	$PM_{2.5}$、PM_{10}	吸菸、烹飪、焚香、含石綿的建材、地板、耐火材質、室外交通源或其他燃燒源
物性污染物	細菌、真菌	潮濕的傢俱或建材、除濕機、增濕器、地毯、寵物、空調、室外裸露土壤或植物表面

一、一氧化碳 (Carbon oxide, CO)

- **CO的分子量約28g/mole，燃燒不完全為主要的生成機制，而呼吸吸入則是主要的暴露途徑。**
- 由於過去研究指出**CO與人體血紅素的結合能力約為氧氣與血紅素結合能力的210倍，故當暴露的CO濃度越高，人體血中氧氣的含量越低，易造成缺氧、神經系統受損甚致死亡**(Coburn et al., 1965)，因此CO也為人類所關切的重要室內空氣污染物之一。
- 在一般的室內空間中，**吸煙、烹飪、拜香和室外交通源(停下停車場)等燃燒行為都為主要的CO貢獻源**(Triche et al., 2005； Weaver et al.,2002)，而在**開發中國家或較落後的低區，因生質燃燒的情形普遍，以致於易量測到高濃度的CO**，並增加室內人員的健康危害風險 (Kleimnan et al., 2009；Raub et al., 2000)。
- **由於室內燃燒行為是CO的主要貢獻源，因此監測到的CO室內外比值多大於1.0，在無顯著CO貢獻源的室內空間，其比值則多小於1.0。**

- 台灣地狹人稠，停車場經常設於通風較不良的建築物大樓地下室，故地下室停車場經常存在有較高的CO濃度問題。我國依行政院環保署「室內空氣品質標準」的要求，室內空氣中的CO濃度應低於9ppm，而一般的作業場所，依行政院勞委會「勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準」，其八小時日時量平均濃度應低於35ppm。

- 密閉中庭停車場以及廚房排油煙機的廢氣排放設計不當，常造成教室內有過高的CO問題。

55

二、二氧化碳 (Carbon dioxide, CO_2)

- CO_2的分子量約44g/mole，為一種無色、無臭和無刺激性的氣體，其可來自人為燃燒和室內人員的呼吸(Samet et al., 1987)，其中又以人員呼吸生成的CO_2為主要的貢獻源。
- 在一般公共空間中，室內CO_2濃度的高低多和室內的人員密度與通風換氣效率有關，因室外CO_2濃度均在350-450ppm之間，故當室內通風不良，且室內有高的人員密度時，將會使得室內的CO_2濃度逐漸增高，因此室內外CO_2濃度的差常被用於評估室內的通風效率。
- 由於室內外的CO_2濃度差值越大，通風換氣效率越差，通風換氣效率差也表示污染物不易被移除，因此CO_2也常被用於初步表示室內其他污染物是否有嚴重的累積問題，進而有較高的健康危害風險。過去曾有研究統合21個研究共計30,000名的研究對象中，評估室內通風效率和CO_2濃度對室內人員病態建築症候群風險之影響，統合結果顯示隨著室內通風效能提升，室內人員的病態建築症候群風險逐漸降低，特別是在CO_2濃度為800ppm以下時(Seppanen et al., 1999)。在有人員存在的室內空間，其監測到的CO_2室內外比值多大於1.0。

56

- CO_2濃度在4%時可引起皮膚刺激感、頭痛、耳鳴、悸動、精神興奮等症候，至8%時有顯著之呼吸困難，而達到10%時則喪失意識而有生命之危險，其生理效應如表2-4.2所示(1% CO_2=10,000ppm CO_2)。
- 依行政院環保署「室內空氣品質標準」的要求，室內空氣中的CO_2濃度應低於**1,000ppm**，而一般的作業場所，依行政院勞委會「勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準」，其八小時日時量平均濃度應低於**5,000ppm**，而煤礦坑內應低於10,000ppm。

表2-4.2 CO_2濃度對生理影響

CO_2濃度（ppm）	對生理影響
≦600	無
600~1000	偶爾抱怨頭痛、昏睡、悶熱
1000~10000	呼吸、循環器官及大腦機能受影響
10000~30000	呼吸增大、臉上有溫熱感
30000~40000	耳鳴、頭痛及血壓升高
40000~60000	皮膚血管擴張、噁心、嘔吐
70000~80000	精神活動混亂、呼吸困難
80000~100000	意識混濁及痙攣並發生呼吸停止
100000~200000	中樞障害發生、構成生命危險

57

三、臭氧 (Ozone, O_3)

- O_3的分子量約48g/mole，為一種具有氧化性和刺激性的淡藍色氣體，其氧化能力僅次於氟(F_2)、氫氧自由基(·OH)、氧自由基(·O)，如表2-4.3所示，一般多用於消毒。
- 在室內空間中，O_3主要來自事務機（影印機、印表機等）的操作，而透過室外光化反應生成的O_3亦為室內重要的來源，
- 特別是在自然通風的空間中。此外，市面上許多以O_3為殺菌原理的殺菌機也可能是室內的O_3貢獻源，而光觸媒空氣清淨機所釋放的光觸媒也可能會破壞空氣中的O_2形成O原子，並透過O原子和O_2反應生成O_3(Molhave et al., 2005；Peden et al., 1995)。
- 在無明顯且大量的事務機操作或O_3殺菌機等O_3來源的室內空間中，其監測到的O_3室內外比值多小於1.0。

$$NO + HC + O_2 + 日光 \rightarrow NO_2 + O_3$$

$$NO_2 + h\nu \rightarrow NO + O$$
$$O + O_2 \rightarrow O_3$$

光衍生性產生O_3機制

58

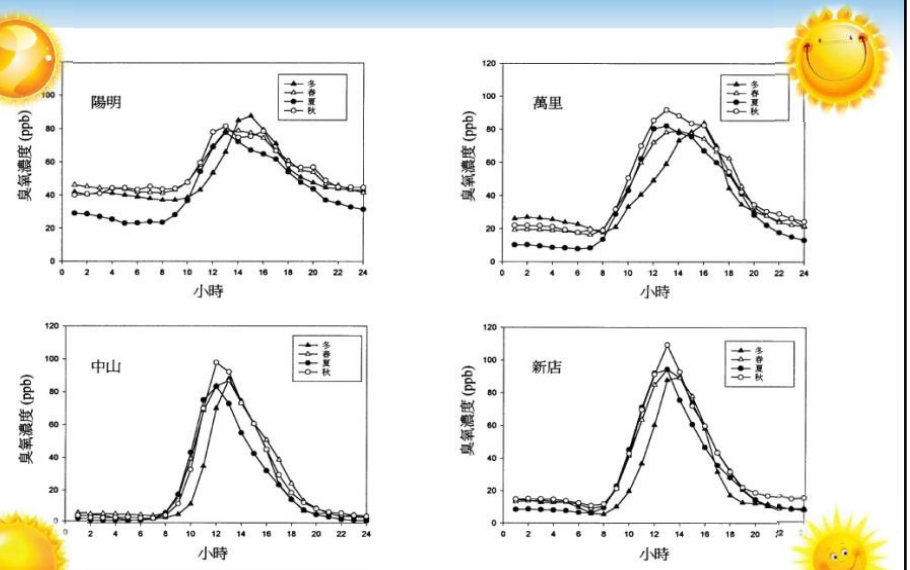


圖2-4.1 一天中室外臭氧的變化量(中午最高)

59

表2-4.3 常見氧化劑還原電位(Prengle, 1978)

氧化劑	還原電位 (volt)
$F_2 + 2e^- = 2F^-$	3.06
$OH^\cdot$	2.80
$O^\cdot$	2.52
$O_3 + 2H^+ + 2e^- = O_2 + H_2O$	2.07
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- = 2H_2O$	1.77
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- = Mn_2+ + 4H_2O$	1.49
$Cl_2 + 2e^- = 2Cl^-$	1.36
$O_2 + 2H_2O + 4e^- = 4OH^-$	0.40

(1) 請勿長時間曝露在高濃度臭氧中，約0.1ppm以上(空氣中)

(2) 使用高濃度臭氧時，請勿在臭氧輸口處直接接觸人體、眼睛及呼吸道以免發生危險。

(3) 請安裝於通風良好之環境，一方面臭氧的淨化範圍較廣，另一方面可避免發生高濃度臭氧對人體的影響(0.1~0.3ppm)。

(4) 請勿生飲臭氧水經臭氧處理過的水須約20~30分鐘後(因臭氧在水中半衰期約20分鐘)，或者過濾(活性碳)水中的殘餘臭氧後即穴心享用且衛生。

(5) 臭氧的安全值約0.01~0.03ppm其值相當於自然界裡的臭氧量
a. 使用高濃度臭氧做特殊效果時，人員請勿進入
b. 超過0.1ppm時請勿長時間曝露或直接接觸人體(呼吸道)
c. 臭氧在大氣中(常溫)的半衰期約40分鐘
d. 臭氧在水中的半衰期約20分鐘

60

- 臭氧排放參考係數：

  (1)空氣清淨機 84~1,212 μg/min

  (2)影印機 15~45(2~158) μg/copy

- 戶外空氣品質標準值0.12ppm(小時平均值)、0.06ppm(8小時平均值)。影印間曾測到 0.30ppm。
- 在密閉空間開啟這類臭氧機10分鐘後，可能會有1~5 ppm以上(視空間大小)。
- 不建議於有人在的時候使用臭氧機。

61

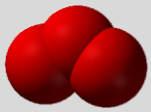
圖2-4.2 影印機緊臨員工座位區

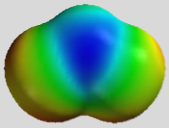
62

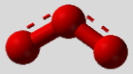
- 臭氣的光量子能量大，**依普朗克方程式(Planck's equation)可求得約646.9 kJ/mol之能量**，故可直接降解部分有機氣狀污染物，如表2-4.4所示。

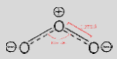
表2-4.4 常見共價鍵之平均鍵能與可斷鍵波長(Legan, 1982)

鍵能 (KJ/mol) / 波長 (nm)	(298K，100kPa)	H	F	Cl	Br	I	O	S	N	P	C	Si
單鍵	H	436/274.5										
	F	**565/211.8**	155/772.0									
	Cl	431/277.6	252474.9	243/492.5								
	Br	368/325.2	239/500.7	218/548.9	193/620.0							
	I	297/402.9		209/572.6	180/664.8	151/792.5						
	O	**491/243.3**	184/650.4	205/583.7		201/595.4	**498/240.1**					
	S	347/344.5	340/352.0	272/439.9	214/559.2		**497/240.3**	264/453.3				
	N	389/307.6	272/439.9	201/595.4	243/492.5	201/595.4	201/595.4	247/484.5	217/549.8			
	P	319/375.1	**490/244.2**	318/376.3	272/439.9	214/559.2	352/340.0	289414.1	293/408.4	264/453.3	331/361.5	
	C	413/289.7	**485/246.5**	338/353.0	276/433.6	239/500.7	357/334.4	272/439.9	305/392.7	264/453.3	345/346.1	
	Si	320/374.0	**540/221.6**	360/332.4	289/414.1	214/559.2	368/325.2	226/529.5		214/559.2	281425.9	197/607.4
雙鍵	C=C	**620/193.0**										
	C=N	**615/194.6**										
	C=O	**749/159.7**										
	C=S	**694/172.2**										
	O=O	**498/240.3**										
	N=N	251/476.5										
	S=O	420/284.9										
	S=S	423/282.9										
三鍵	C≡C	**835/143.2**										
	N≡N	**945/126.6**										
	C≡N	**889/134.5**										
	C≡O	**1072/111.6**										









	185nmUV可直接光解	254nmUV可直接光解
黑底字	X	X
粗體字	O	X
白底字	O	O

63

- 除了臭氧外，影印機在高速運作下會有部分碳粉外逸，產生微粒物質，而在高熱下所產生的**有機廢氣**(苯、甲苯、乙苯、二甲苯、苯乙烯、甲醛等)或**溴化二苯醚或多溴聯苯醚氣體(PBDEs)**也會引發各類癌症和心血管疾病，容易蓄積在人體，不易排除(He et al., 2007; Lee et al., 2001; Wolkoff, 1999; Hansen and Andersen, 1986；社團法人台灣室內環境品質學會，2010) 。
- 流行病學研究指出，即使低濃度的臭氧仍會造成早產兒死亡率增加、嬰幼兒的呼吸道疾病之風險提高，特別是嬰兒的母親具有氣喘病史時；並會使得正在接受醫學治療中的氣喘孩童更易受到相關傷害(Gent et al., 2003；Bell et al., 2006；Triche et al., 2006)，表2-4.5所示即為不同濃度臭氧對人體健康之危害情形。

表2-4.5 不同濃度臭氧對人體健康之危害情形

臭氧濃度 / ppm	空氣污染指標 (psi)	對人體健康之影響
0.06	50	無影響
0.12	100	普通
0.3	250	刺激眼睛, 對人體不良
0.5	400	減低肺功能, 對人體極不良
1.0	> 500	咳嗽, 疲勞, 呼吸阻力增加, 對人體有害
10.0	> 500	肺水腫, 急性細支氣管炎, 脈搏微弱, 對人體極有害

64

- 在建築物中所出現的臭氧，受到人們關注的原因不僅僅是其對健康的影響，同是也是因為它是室內化學反應的重要前驅物(primary initiator)。
- 一些臭氧反應產物（例如：甲醛、有機硝酸鹽、二次有機氣膠）被認為可能具有致癌性。這些在室內由於臭氧反應所生成的產物，可能比臭氧本身更具有危害性 (Nazaroff and Weschler, 2004；Weschler and Shields, 1999；Weschler, 2004)。
- 室內臭氧易與萜烯類化合物(為精油、香水及芳香劑等之主要化學成分)產生室內化學作用，形成具刺激性的醛酮類產物及超細微粒，長期而言對健康亦可能造成影響，如圖2-4.3所示。

有機蔬菜的肥料是用動物的排泄物，排泄物含有天然的氮肥，種出來的青菜就會含有硝酸鹽，進入口中，混雜唾液就會變成亞硝酸鹽，來到胃中和胃酸中和，就會變成致癌的亞硝胺。

奈米微粒定義為粒徑小於100nm之懸浮微粒，即所謂的nanoparticle 或是ultrafine particle (Hinds, 1999)。室內奈米微粒的來源有很多，二次有機氣膠為其中之一。自然界的二次有機氣膠是由有機氣體與臭氧、氫氧自由基 (hydroxyl radical)、NOx、氫氧化物及硫氧化物等強氧化劑間之光化學反應而產生，有機氣體則包含人為的碳氫化合物 (芳香族化合物、烯類等) 與生物性碳氫化合物 (萜烯類) (Grosjean, 1993)。

65

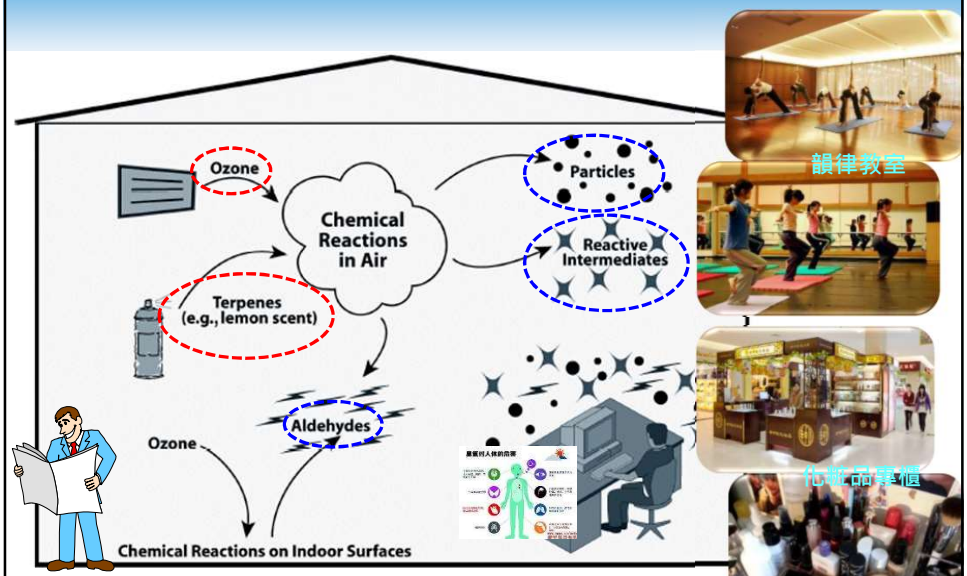


圖2-4.3 臭氧為室內化學反應前驅物(primary initiator)之機制示意圖

66

四、總揮發性有機化合物(Total volatile organic compounds, TVOC)

- **TVOC係指蒸汽壓大於0.1mmHg的有機氣體總稱**，如**苯**、**甲苯**或**甲醛**等。
- 表2-4.6為**常見的室內TVOC來源與種類**，**包含黏著劑**、**地毯**、**清潔劑**、**油漆**、**事務機的使用和辦公傢俱**等，都是室內重要的TVOC的來源 (Bernstein et al., 2008)。
- 因黏著劑、地毯、油漆或傢俱多為室內TVOC的主要來源，因此在較新的室內空間中，其量測到的TVOC多較室外高(Bluyssen et al., 1999)。
- 除了上述的化學性來源外，**室內的TVOC也可能來自真菌或細菌代謝過程中生成的有機物**，**此類TVOC統稱為MVOCs(microbial volatile organic compounds)**，目前發現的MVOC種類約有200種，如：2-甲基-1-丙醇(3-methyl-1-butanol)，3-甲基-1-丁醇(2-methyl-1-propanol)，2-戊醇(2-pentanol)，3-辛醇(3-octanol)，阿糖醇或(arabitol)或甘露糖醇(mannitol)等有機物(Korpi et al., 2009)。
- **由於室內人為活動或設備的使用為TVOC的主要來源，因此監測到的TVOC 室內外比值多大於1.0。**

67

表2-4.6 常見的室內TVOC 來源與種類 (Bernstein et al., 2008)

來源	主要的TVOC
黏著劑	甲醛(formaldehyde)、丁基醚(butyl ether)、乙烯基環己烷(vinyl cyclohexane)、2-丙烯酸(2-propenoic acid)、丙二醇 (propylene glycol)
地毯	4-苯基環乙烯(4-Phenylcyclohexene)、醋酸乙烯酯(vinyl acetate)、苯乙烯(styrene), 十二烷醇(dodecanol)、乙醛(acetaldehyde)
清潔劑	檸檬烯(limonene)、異戊烷(isopentane)、異丙醇(isopropanol)、乙二醇丁醚(butoxyethanol)、1,4 二氯苯(1,4 dichlorobenzene)
鋪地板油布	乙酸(acetic acid)、已醛(hexanal)、已酸(hexanoic acid)、戊酸(pentanoic acid)、癸烷(decane)
辦公傢俱	甲醛(formaldehyde)、乙醛(acetaldehyde)、乙酸丁酯(butylacetate)、已醛(hexanal)、環己酮(cyclohexanone)
油漆	甲苯(toluene)、丙二醇 (propylene glycol)、乙二醇(ethylene glycol)、丙酸丁酯(butyl propionate)、甲基丙醇(methyl propanol)
使用事務機	苯乙烯(styrene)、乙苯(ethylbenzene)、二甲苯(Xylene)、苯(benzene)、2-乙基-1-己醇(2-ethyl-1-hexanol)
橡膠地板	苯乙烯(styrene)、十二烷(dodecane)、苯並唑(benzothiazole)、乙酸乙烯酯(vinyl acetate)、環己烷(cyclohexane)
紡織品	甲醛(formaldehyde)、丙烯腈(acrylonitrile)、乙醛(acetaldehyde)、癸烷(decane)、十四烷(tetradecane)
壁紙	萘(naphthalene)、甲基吡咯酮(methyl pyrrolidinone)、苯乙烯(styrene)、酚類(phenol)、已酸(hexanoic acid)
窗簾	辛酸(ethyl hexanoic acid)、癸醇(decanol)、十二烯(dodecene)、異辛醇(ethyl hexanol)、萘(Naphthalene)
室內人員活	二手煙中的苯類、檸檬烯(limonene) 、由體香劑、止汗劑等個人衛生用品中所釋放之各類矽氧烷化合物(如: 環戊矽氧烷, 聚矽氧化合物等)、乾洗衣物中釋放的四氯乙烯(tetrachloroethylene)及從護手霜、身體乳液、化妝品及洗手液中所釋放之C12至C16的烷類

68

- 所謂「**揮發性有機化合物(Volatile Organic Compounds, VOCs)**」係指在常溫與常壓狀態下於空氣中易揮發之有機化合物之謂。一般由WHO所定義之在「沸點在50～200˚C之間的物質」，由於這些物質即使處於常溫下都會揮發，故建材中若含有此化學物質時，則將緩緩的逸散至室內空氣中，表2-4.7所示即為以沸點進行VOCs之分類方式。

表2-4.7 以沸點進行VOCs之分類方式

分類	縮寫	沸點範圍˚C	備註
超揮發性有機化合物	VVOC	0-50~100	易於建材製造過程中揮發
揮發性有機化合物	VOC	50~100-240~260	一般化學製品之有機化合物多落於此
半揮發性有機化合物	SVOC	240~260-380~400	即使存在於建材中亦不易揮發
粒子狀物質	POM	380以上	即使存在於建材中亦不易揮發

資料來源:Maroni,1995;WHO,1989;US EPA,1994

代表物質	鏈烷、十一烷、檸檬烯、庚烷 、芳香碳氫化合物、苯 、甲苯 、二甲苯等。
特徵	•常溫時呈液態、易揮發，脂溶性。 •蒸發後隨空氣進人肺部且易被皮膚吸收，移動至血液中。
影響	對於中樞神經或免疫系統及自律神經系統皆造成影響。
具體症狀	頭痛、肩膀酸痛、腹瀉、便秘、 暈眩、神經興奮、神經系統異常、手腳冰冷 、慢性疲勞或身體發熱感、食慾減退、呼吸困難、心悸、手腳麻痛等 。

69

圖2-4.4 高住房自有率(87.89%左右)以及居家普遍過度裝修

70

- 國內外研究報告指出，一般室內建材逸散出VOCs主要可分為五種類型，包括：**脂肪族碳氫化合物(Aliphatic hydrocarbons)**、**芳香族碳氫化合物(Aromatic hydrocarbons)**、**鹵素化合物(Halogen derivatives)**、**極性化合物(Polar compound)**以及**非極性化合物(Non-polar compound)**(Berglubd, 1989; Tichenor, 1989; Tuker, 1991; 陳丁于，2002)。
- 早期對於室內VOCs濃度的研究顯示，大部分污染物屬於烷苯類化合物，而濃度值介於0.03～2.8μg/m³，在1994年的研究中，大部分的VOCs濃度低於5μg/m³。但是根據1993年在英國調查179個家庭中的TVOC結果則顯示，平均TVOC濃度介於200～500μg/m³之間，而最高濃度達11,401μg/m³；**發生濃度最高的地點為主臥室**，**其次則為其他臥房**。由此可見**從建材中所釋出的VOCs是一般建築物室內有機化合物主要的來源之一**，雖然並不是所有的VOCs都是來自於建材中之逸散，但**從Molhave(1982)對42種建材所做的VOCs逸散的調查中發現**，**平均約有22種化合物從各種建材中逸散出來**，總濃度介於0.01～1,410μg/m³之間。表2-4.8與表2-4.9即為研究的42種建材周圍出現頻率最高及平均濃度值最大的VOCs值結果。
- 若進一步從Molhave(1982)的研究結果比對家庭中常見的VOCs種類，如表2-4.10(Jones, 1999)發現住宅室空間常見VOCs型態與建材周圍空氣中最常見的10種VOCs具有相當程度的重複性。因此，由建材中逸散出的VOCs，確實會對室內空氣品質造成某種程度的影響與危害。日本調查16棟辦公大樓VOCs種類的數量，發現如表2-4.11中十種VOCs為最多，統稱為$TVOC_{10}$(藤井雅則，1998)。

71

表2-4.8 建材周圍VOCs濃度最高的10種化合物(平均濃度排序)

污染物種類	平均濃度(μg/m³)	出現頻率
Toluene，甲苯	39.7	22
o-Xylene，鄰-二甲苯	23.0	16
Terpene ($C_{10}H_{16}$)，薄荷烷	20.8	6
n-Butylacetate，乙酸丁酯-[n]	15.2	1
n-Butanol，丁醇-[n]	9.4	5
n-Hexane，已烷-[n]	8.8	5
p-Xylene，對-二甲苯	7.3	8
Ethoxyethylacetate，乙酸乙酯	5.9	1
n-Heptane，庚烷-[n]	5.0	2
m-Xylene，間-甲苯	3.8	14

表2-4.10 住宅內常見之VOCs及其濃度

污染物種類	平均濃度(μg/m³)
Toluene，甲苯	80
Limonene，環烯烴 (檸檬油精)	30
n-Decane，葵烷-[n]	20
Benzene，苯	10
1,3,5- Trimethy benzene，1,3,5-三甲基苯	5
m,p-Xylene，間，對-二甲苯	2
1,2,4-Trimethy benzene，1,2,4-三甲基苯	1
1,1,1-Trichlorothone，1,1,1-三氯乙烷	1
Undecane，十一烯	1
o-Xylene，鄰-二甲苯	1

表2-4.9 建材周圍最常見的10種VOCs(出現頻率排序)

污染物種類	平均濃度(μg/m³)	出現頻率
Toluene，甲苯	39.7	22
n-Decane，葵烷-[n]	14.9	20
1,2,4-Trimethy benzene，1,2,4-三甲基苯	0.56	18
n-Undecane，十一烯-[n]	1.00	17
o-Xylene，鄰-二甲苯	23.0	16
m-Xylene，間-二甲苯	3.81	14
n-Propyl benzene，丙基苯-[n]	0.20	13
Ethyl benzene，乙基苯-[n]	1.79	12
n-Nonane，壬烷-[n]	1.05	11
1,3,5-Trimethyl benzene，1,3,5-三甲基苯	0.36	11

表2-4.11 $TVOC_{10}$的排序

排序	$TVOC_{10}$的名稱
1	Toluene（甲苯）
2	Benzene（苯）
3	Nicotin（尼古丁）
4	Methoxyethoxyethanol（甲.乙基乙醇）
5	Xylene（二甲苯）
6	Methylcyclohexane（甲基環已烷）
7	Hexane（已烷）
8	Tetradecane（四癸烷）
9	Cyclobenzene（苯環）
10	Pentadecane（五癸烷）

72

五、甲醛 (Formaldehyde, HCHO)

- HCHO(37%或56%之水溶液俗稱福馬林))為一種透明且具刺激味的氣體，多半濃度達0.04ppm時即可聞到甲醛的味道，其分子量約30g/mole。
- 過去人類流行病學與動物毒理資料均證實甲醛的暴露，除會造成眼睛、皮膚、喉嚨的刺激外，更是導致人類罹患癌症的化學物質之一；國際癌症研究機構(International Agency of Research Cancer, IARC)已於2006年將甲醛列為明確的人類致癌物，National Toxicology Program則將甲醛列為人類致癌物 (DHHS/National Toxicology Program, 2009)(如表2-4.12)，美國職業安全衛生技師協會(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)則將甲醛列為疑似人類致癌物(2008)。
- 一般室內的甲醛可來自燃燒生成，包含二手煙、烹飪或蠟燭的燃燒(IARC；Salthammer et al., 2010)；此外，因甲醛為大氣光化反應的二次產物，因此室外光化反應生成的甲醛也為室內的來源之一。而室內主要的甲醛來源仍以室內傢俱或產品的使用為主要貢獻源，如傢俱或木製產品表面的黏著劑、壁紙、清潔劑或電子設備都為主要的室內甲醛來源(Kelly et al., 1999；Salthammer et al., 2010)，特別是越新的產品，甲醛貢獻量越高(Hodgson et al., 2002)。
- 由於台灣的氣溫較高且潮濕，此特性也加速建材或傢俱表面上的甲醛逸散速率，進而可能增加室內的甲醛濃度(Haghighat et al., 1998)。

73

表2-4.12 國際癌症研究署（IARC）人類致癌因子分類表（2006年）

歸類級別	歸類說明	因子範例
1級 確定為致癌因子	流行病學證據充分。	石綿、芥子氣、γ射線、菸草（吸或嚼）、檳榔、甲醛。
2A級 極有可能為致癌因子	流行病學證據有限或不足，但動物實驗證據充分。	柴油引擎廢氣、太陽燈、紫外線輻射、高溫油炸釋出物質。
2B級 可能為致癌因子	流行病學證據有限，且動物實驗證據有限或不足。	咖啡、苯乙烯、汽油引擎廢氣、電焊煙霧、極低頻電磁場（對兒童白血病）。
3級 無法歸類為致癌因子	流行病學證據不足，且動物實驗證據亦不足或無法歸入其他類別。	甲苯、氨比西林（盤尼西林之一種）、次氯酸鹽。
4級 極有可能為非致癌因子	人類及動物均欠缺致癌性或流行病學證據不足，且動物致癌性欠缺。	己內醯胺（合成尼龍塑料的中間原料）

備註：國際癌症研究署（IARC）針對許多物質，依據其流行病學，動物毒理實驗證據，區分其致癌等級為1級至4級，詳細資料來源如下：http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/index.php 、 http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ crthall.php。

74

- 室內VOCs中以甲醛之逸散量最大，甲醛主要來自民生消費用品、裝潢板材甲醛樹脂或黏著劑、辦公事務機、黏著劑及塗料之逸散，以及油漆、塑膠、壓縮木、夾板及醛泡沫樹脂保暖材料，或拜香、蚊香、香煙等燃燒產物。表2-4.13為各種建材之甲醛逸散率表，其中甲醛逸散率在<1,920μg/m²/day以下者(尿素甲醛泡棉絕緣材料)，即為內政部建研所定義的低甲醛逸散之綠建材。由於建材或傢俱表面上的甲醛塗裝劑是室內HCHO的主要來源，因此監測到的HCHO室內外比值多大於1.0。
- 由於國人有過度裝修的習慣，各大樓的甲醛終生致癌風險為可接受致癌風險(10^{-6})之100~1,000倍。

表2-4.13 各種建材之甲醛逸散率

種類	甲醛逸散率(μg/m²/日)
中密度纖維板	17,600-55,000
硬木合版	1,500-34,000
密集板	2,000-25,000
尿素甲醛泡棉絕緣材料	1,200-1,920
軟木合版	240-720
紙製品	260-680
玻璃纖維製品	400-470
衣服	35-570
彈性地板	< 240
地毯	0-65
窗簾物品	0-7

75

六、懸浮微粒(Particulate matter, PM)

- 懸浮微粒係指飄浮在空氣中的微小顆粒，依其粒徑分佈多可被分成粒徑小於2.5μm(10^{-6}m)的$PM_{2.5}$和粒徑小於10μm的PM_{10}。圖2-4.5為$PM_{2.5}$、PM_{10}和人類頭髮髮徑與沙石之粒徑比較圖，人類一根頭髮的髮徑約50-70μm，一般肉眼可見的沙石粒徑約90μm，而$PM_{2.5}$與PM_{10}則明顯小於此粒徑，並為人類肉眼所無法直接觀察到的大小。
- 過去的研究均指出懸浮微粒的暴露會造成人體呼吸道疾病，如氣喘、氣管炎和支氣管炎等，甚致是誘發肺癌(Schneider et al., 2010；McCormack et al., 2009；Greene et al., 2006)，但其危害人體健康之嚴重程度則取決於微粒尺寸與表面所附著的成份。當微粒粒徑越小，越易進入人體的氣管或肺泡區(如圖2-4.6)，而其微粒表面附著成份大多可區分成金屬、有機物(PAHs或dioxins等)和陰陽離子等，因此室內懸浮微粒的物化特性和來源均為影響健康危害的主要因子，亦為許多研究的主要探究議題。圖3.8～圖3.11所示即為其對人體之主要危害。
- 無論$PM_{2.5}$或PM_{10}，室內燃燒行為(如二手煙、廚房油煙)、室外交通源和室內裝修都可能是貢獻源，特別是燃燒行為為室內$PM_{2.5}$的主要貢獻源(Ogulei et al., 2006；Weichenthal et al., 2006)。由於室內的$PM_{2.5}$或PM_{10}易受室內人員活動與室外交通源影響，故若室內有顯著的二手煙或烹飪等行為，易監測到室內外比值大於1.0；反之，測得的室內外比值多小於1.0。

76

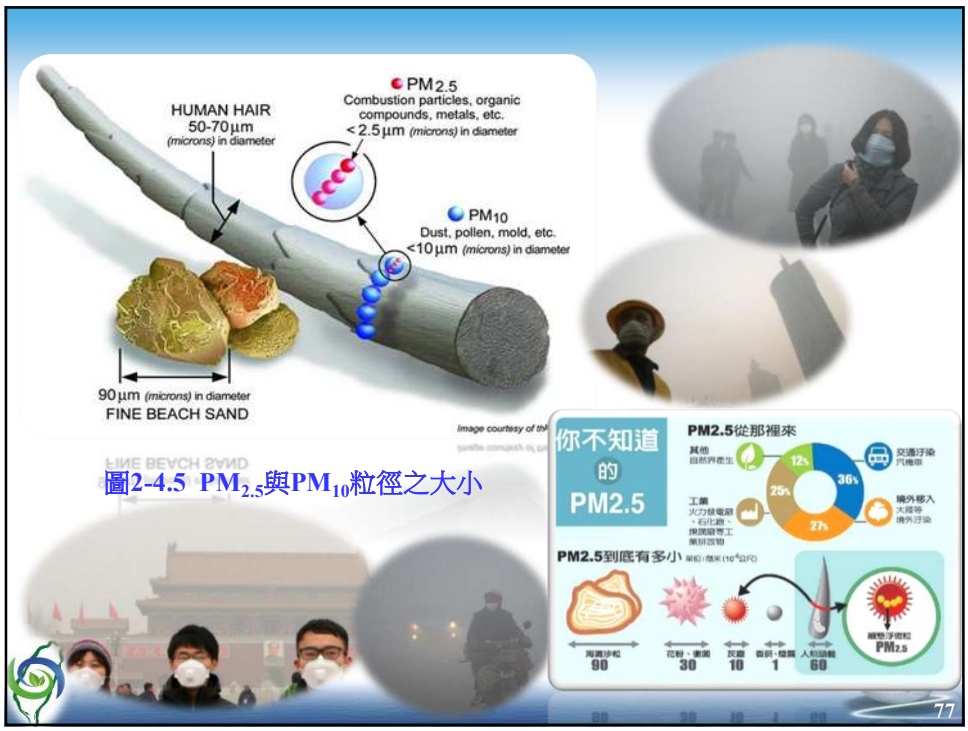


圖2-4.5 $PM_{2.5}$與PM_{10}粒徑之大小

77

- 粒狀物對人體健康之影響取決於「粒狀物之種類」及「粒徑大小」，一般而言，粒徑越小對人體健康影響越大。
- 「總懸浮微粒(Total suspended particulate, TSP)」係指於空氣中所有懸浮之粒狀物。
- 「吸入性粉塵(PM_{10})(Inhalation dust)」則指其粒徑小於10微米者，可沉積於鼻孔上呼吸道，無法深入肺部者。
- 當粒徑介於2微米至10微米，粒狀物即能穿越咽喉區域進入人體胸腔，可達氣管與支氣管及氣體交換區域，即所謂「胸腔性粉塵(Thoracic dust)」。
- 粒徑小於2微米者，極易進入肺泡造成病變，稱為「可呼吸性粉塵(Respirable dust)」。

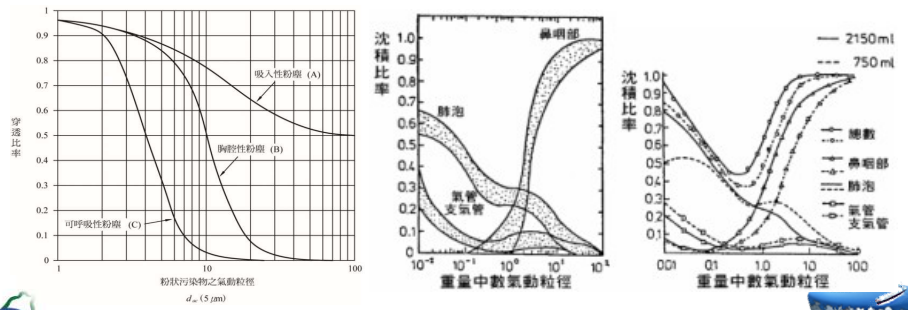


圖2-4.6 粒狀污染物在人體內的沉積行為

78

- 成人在室內的呼吸量平均為0.63m³/hr× 24hr/day×365day/yr×較糟的室內懸浮微粒 PM_{10}濃度220μg/m³x10⁻⁶g/μg÷懸浮物密度(空氣密度)0.001205g/cm³ =1,008cc的灰塵。
- 意思是，在糟糕的室內，一年之內，您得把兩大杯(500cc)的灰，從您鼻子吸進去!!!

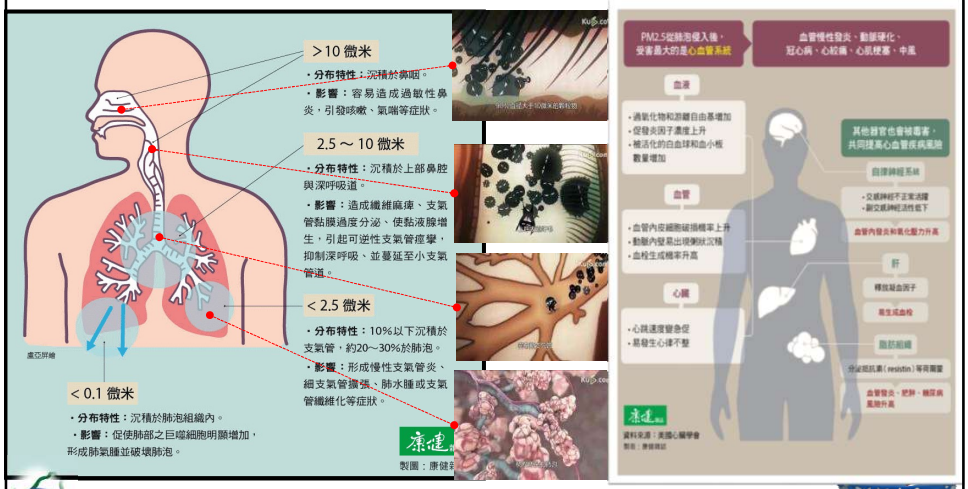
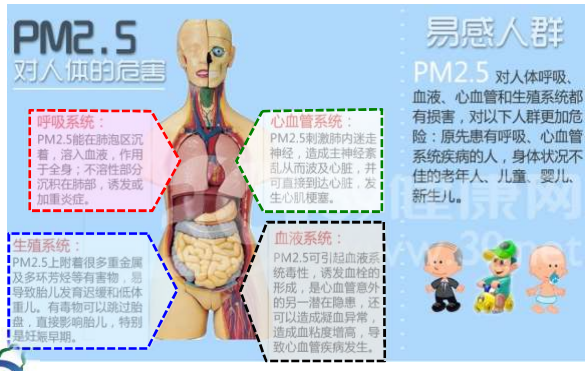


圖2-4.7 $PM_{2.5}$與PM_{10}在呼吸道之沉積情形

79

- 世界各國近年來之研究均已充分證實$PM_{2.5}$與PM_{10}濃度與呼吸系統、心血管系統、生殖系統、血易系統等疾病息息相關。
- 歐美國家流行病學研究顯示，$PM_{2.5}$每增加10μg/m³日吸入量：(1)當日死亡率增加1.5%；(2)頑固性肺病死亡率增加3.3%；(3)局部缺血性心臟病死亡率增加2.1%；(4)嬰兒早產死亡率增加1.0%；(5)罹患肺癌的危險增加8%；(6)心肺疾病死亡率增加6.0%；(7)所有死亡率增加4.0%
- **歐盟國家之統計資料， $PM_{2.5}$導致人們平均壽命減少8.6個月。**
- 美國心臟協會估計，每年因$PM_{2.5}$污染導致約60,000人死亡。



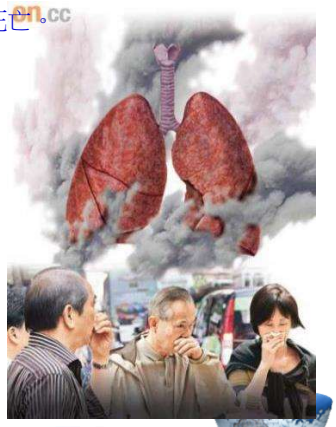


圖2-4.8 粒狀污染物對健康之主要危害

80

$PM_{2.5}$ 室內/室外比值

I/O ratio >1， 代表污染物濃度室內>室外

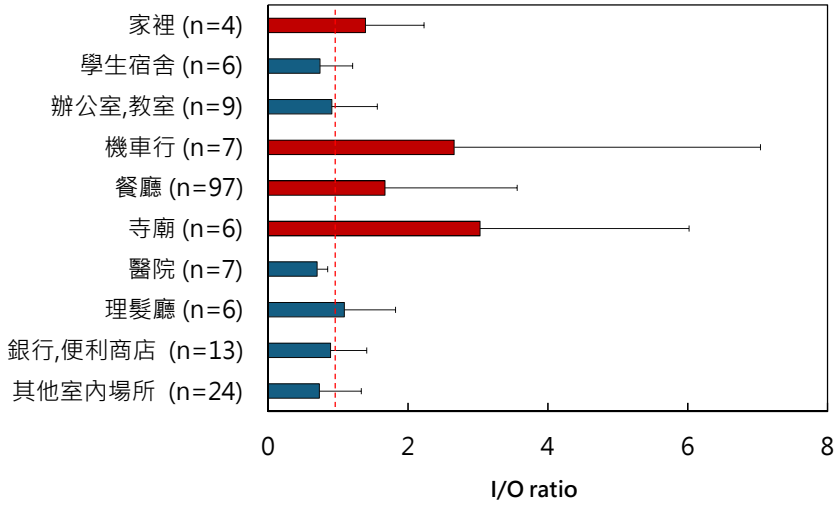


圖2-4.9 細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的室內外比值

81

$PM_{2.5}$ 室外/測站比值

I/S ratio >1， 代表污染物濃度室外>測站

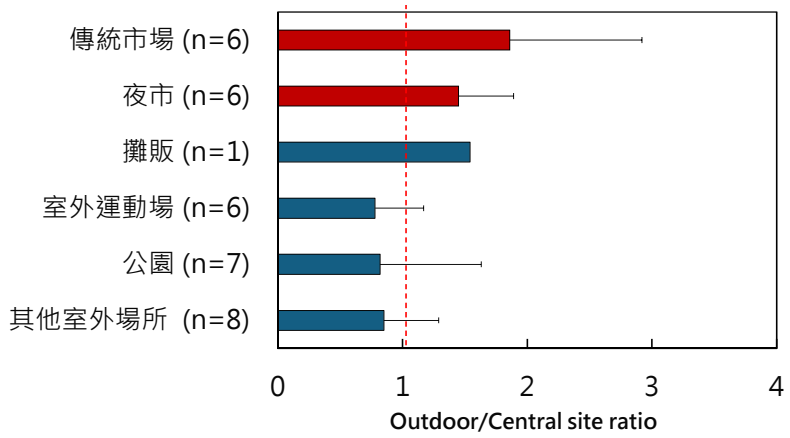


圖2-4.10 細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的室外測站比值

82

其他國家$PM_{2.5}$室內/室外比值(I/O ratio)

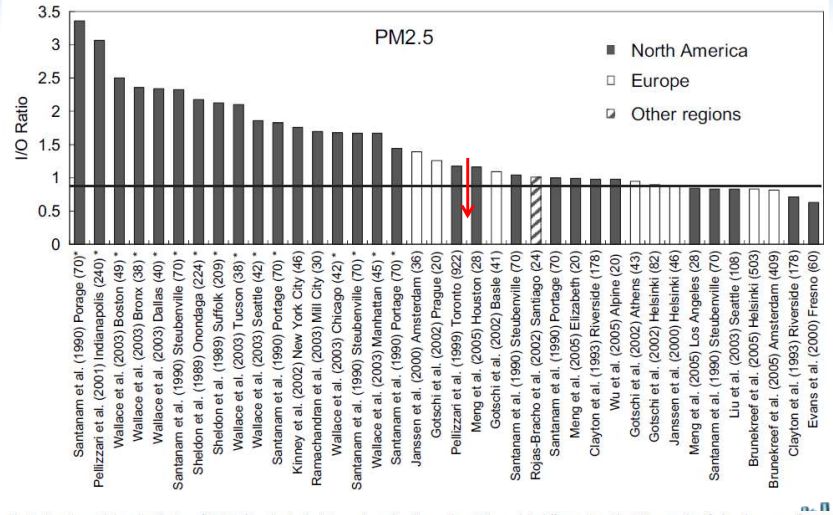


Fig. 3. Experimental data distribution of PM2.5 I/O ratios in the large-scale studies (larger than 20 homes) in different cites. The RSP were classified to the group of PM2.5. The numbers in ( ) represent the number of the sample homes. *Indoor smoking that was definitely mentioned in the studies.

Chen and Zhao, 2011; *AE*

圖2-4.11 其他國家細懸浮微粒($PM_{2.5}$)的室內外比值

83

家庭烹煮污染物逸散-1

表2-4.13 家庭烹煮污染物逸散

顆粒數濃度(10^5 # cm^{-3})

條件	nucleation (9-25 nm)		Aitken (25-100 nm)		accumulation (0.1-2.5 μm)	
	背景值	開瓦斯爐	背景值	開瓦斯爐	背景值	開瓦斯爐
開窗+抽油煙機	1.1±0.4	30.6±21.8	3.5±2.2	3.4±0.7	1.9±0.8	1.6±0.5
開窗	1.5±0.7	78.8±74.6	4.5±2.4	11.1±10.2	2.1±0.9	1.8±0.7
抽油煙機	1.4±0.8	54.4±25.5	3.9±2.5	3.8±1.1	1.5±0.6	1.4±0.8
不開開窗及抽油煙機	1.2±1.0	145±104	2.8±1.9	29.2±3.2	1.3±0.7	1.4±0.8

廚房只開瓦斯爐(天然氣燃燒)，奈米微粒顆粒數增加10-100倍

84

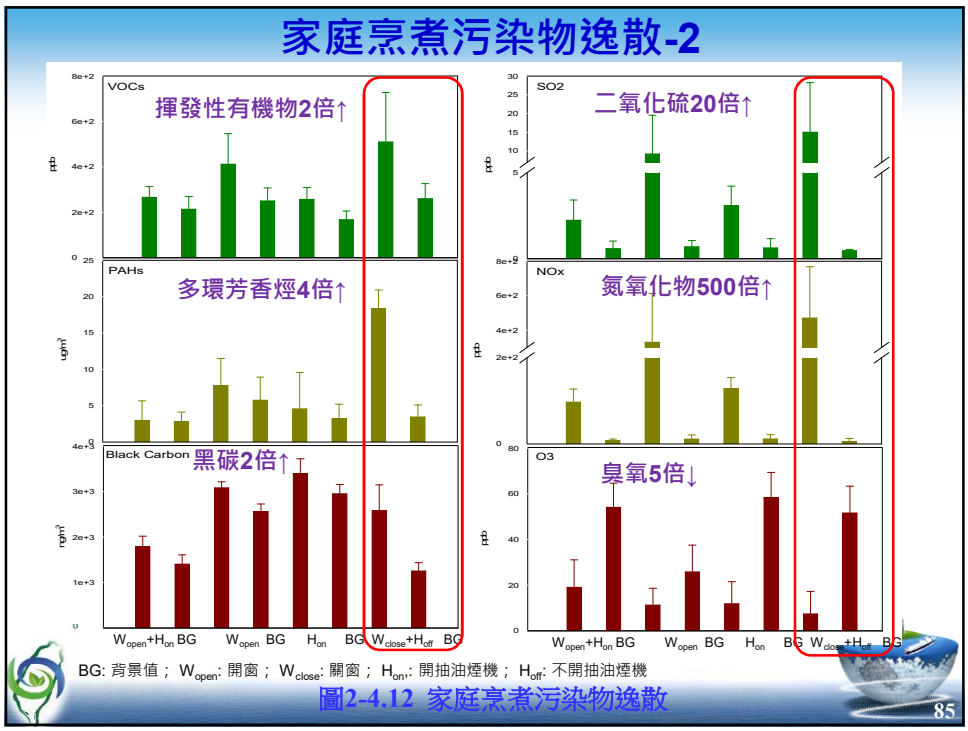


圖2-4.12 家庭烹煮污染物逸散

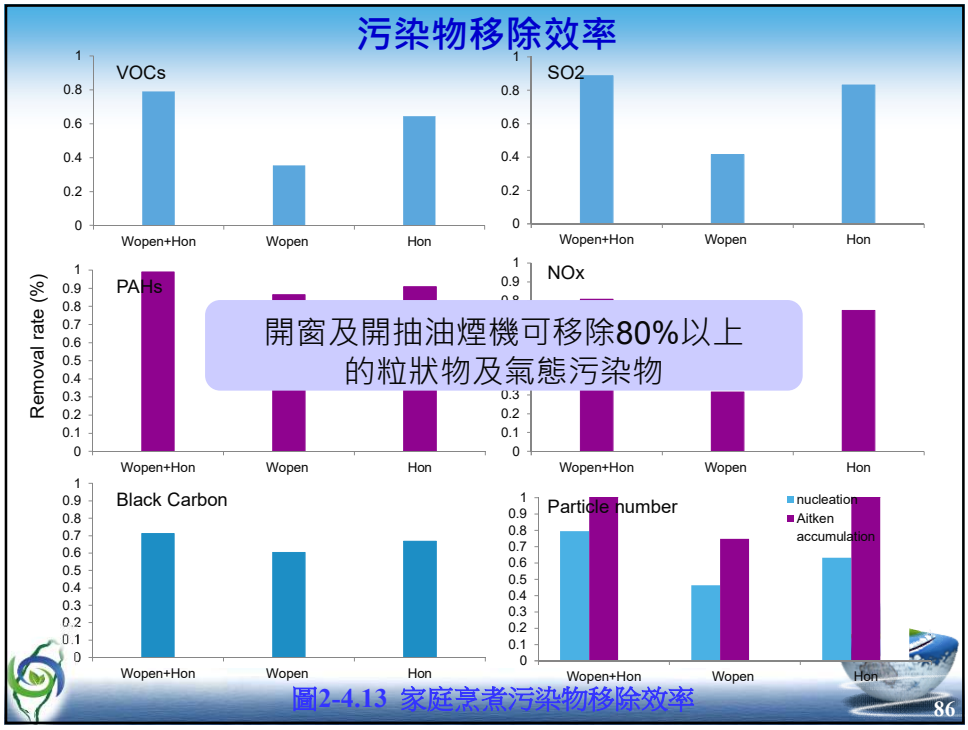
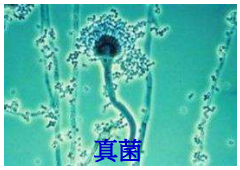
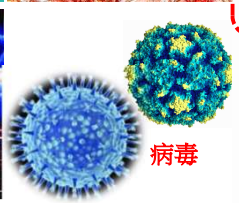


圖2-4.13 家庭烹煮污染物移除效率

七、真菌、細菌 (fungi、bacteria)





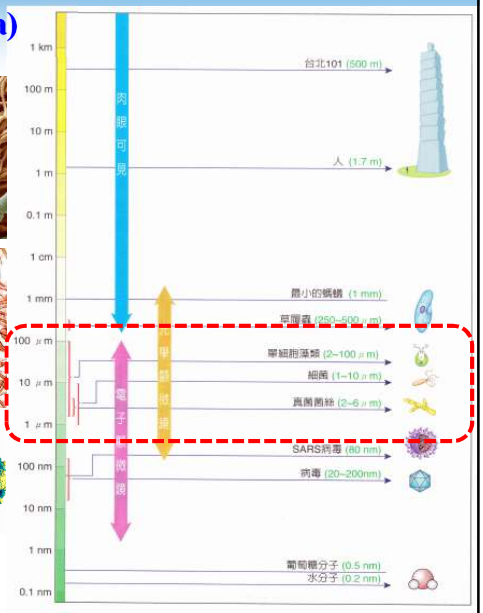


圖2-4.14 微生物家族之粒徑範圍

87

- 生物氣膠(bioaerosol)是指一種具有生物性的顆粒，如毛髮、皮屑、花粉、病毒、真菌、細菌及塵蟎等，其中真菌與細菌為室內常見的生物性污染物。真菌為一種具有細胞核、核膜及膜狀胞器的生物體，細菌則不具有細胞核、核膜及膜狀胞器，兩者粒徑可從1~100μm不等，粒徑範圍主要受兩因素影響：(1)隨時間其粒徑逐漸變小；(2)在濕氣較重的室內，容易逐漸累加而變大。
- 真菌為真核生物界的一種，常見的酵母菌(yeast)、菇類(mushrooms)和黴菌(mold)都為真菌的一種，而室內的溫度與相對濕度等因素均為影響真菌生存的主要因素，其中真菌較適合生長在溫度為18-24℃的空間中。一般室內的真菌可來自室外的裸露土壤、植物的表面、室內受潮的建材、加熱器或空調管線等(Harney et al., 2000)，而無明顯受潮或黴斑的室內空間，室外多為室內真菌的貢獻源，因此許多環境監測資料也發現真菌的室內外多遠小於1.0，特別是在自然通風的空間內。
- 細菌可為球形或螺旋形，而室內的溫度、相對濕度和氧氣等因素均為影響細菌生存的主要因素。依各式細菌的適合生長溫度範圍，又可分成嗜溫菌(mesophilic bacteria，20-40℃)和嗜高溫菌(thermophilic bacteria，40-80℃)。由於細菌多附著在人體的皮膚表面，再透過剝落的方式散布於室內環境中(Hospodsky et al., 2012；Nicas et al., 2005)，以致於過去很多研究均發現當室內的人員密度越高，採集到的空氣中的細菌濃度亦也顯著上升。由於細菌的濃度高低和室內的人員密度有顯著關係，因此大多數的細菌監測資料多反映出細菌的室內外比值大於1.0。

88

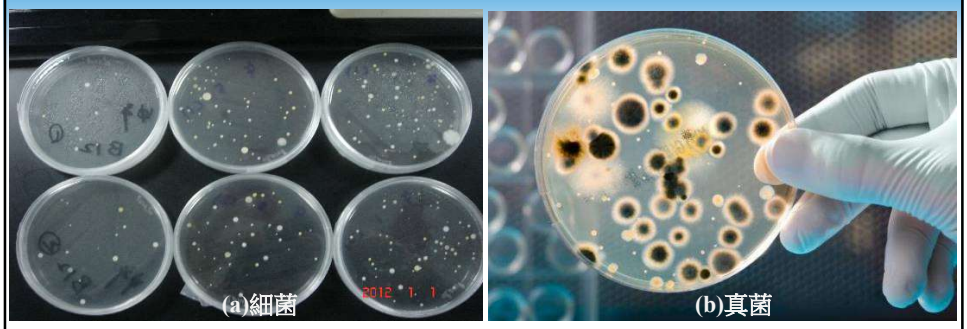


圖2-4.15 培養基上的(a)細菌與(b)真菌外觀

- 新紀元周刊第187期專題新聞報導：8月11日英國醫學期刊「柳葉刀」報導一種**無藥可治療的新型超級細菌NDM-1**正在全球蔓延，至少令170人感染，其中在英國至少造成5人死亡。
- **世界與其說是人類的，不如說是細菌的**。**凡是有人的地方必然有大量的細菌，沒人的地方也有細菌**，比如在阿根廷缺氧、含有大量劇毒砷化物和特高城度的火山口狄亞曼特湖中，就存活著數百萬隻超強生命力的細菌。
- 環顧四周，空氣、水、食物、人體、物體上，到處都是密密麻麻的細菌，我們的**牙刷上至少有200萬個細菌**，**辦公桌上2,000萬個細菌**，**手機上的有害細菌比馬桶把手多18倍**。
- 由於生活環境不同，**人們手上都有密集如麻的細菌**，**平均約100種**。兩個人擁有的相同菌種只不過13%，換言之，每個人手上的細菌多數都是獨一無二。因此，偵探家們正致力於用人手上的專屬細菌來辨識罪犯。

89

- 人體皮膚表面的細菌不只種類多，數量也很多，包括葡萄球菌、大腸桿菌和乳酸桿菌等。在不同的人身上，細菌存在的數量存在巨大個體差異，初步測算**每平方釐米的皮膚表面大約有數萬個細菌**(如圖2-4.11所示)！平均一個人來說，**全身的細菌可以達到上萬億個！**
- 可以這樣說，我們**人體上的各類細菌數量甚至比我們自身人體的細胞還多！**

- 我們的皮膚群聚著大量的細菌，大約有1,000種之多，而絕大多數生存在我們的表皮細胞表面。身體比較潮濕的部分，比如耳後、脖根、鼻孔或是肚臍，這些位置的細菌密度是最大的；而比較乾燥的部分，比如前臂、手掌也會有細菌生存，只是細菌種群要比上述的潮濕部位要少很多。

90

◆ 三高的海島型氣候特性

- 台灣四面環海且經過北回歸線，造就了三高(高濕、高溫、高熱)的特有熱帶與亞熱帶海島型氣候條件。
- 台灣地區大氣環境常年的相對濕度均在75%～80%以上，冬季濕冷潮濕；夏季高溫悶熱。

圖2-4.16 台灣四面環海且經過北迴歸線的地理環境

91

◆ 地狹人稠的高密度居住與生活型態

- 台灣總面積36,193平方公尺，山坡地約佔73.6%(3/4)，23,379,129萬人口擠在26.4%(1/4)的平地面積上，造就了人口密度每平方公里645.96人，世界排名第十。
- 一年四季均有不同類型的流感，在人口稠密且不通風的室內空間(地鐵、百貨公司、地下商場、醫院等)，潛在群聚感染風險高、公衛問題與防疫能力之挑戰極具難度。

常見非典型感冒

季節	非典型感冒	症狀
春、秋	哮吼	越咳越嚴重，咳嗽聲音就像是狗吠一樣，有時會咳到快喘不過氣來。
秋、冬	流感	一開始症狀跟普通感冒類似，但之後會發高燒，有頭痛、倦怠、肌肉疼痛等症狀，寶寶會很沒有精神。
冬	輪狀病毒	1/3的寶寶在拉肚子前有感冒症狀，因此常被稱為腸胃型感冒，一開始可能會嘔吐，腹瀉則可達一個禮拜，要小心寶寶脫水。
四季	腺病毒	腺病毒會使寶寶發高燒、咳嗽、眼睛發紅、扁桃腺化膿，發燒常超過3～5天。

圖2-4.17 高密度人口流感群聚感染的防疫課題極為迫切

92

圖2-4.18 漏水導致發霉與RC壁體壁癌

圖2-4.19 各種塵蟎之放大照片

◆ 高濕、高溫、高熱的海島氣候條件有利於微生物的大量生長，因而造成台灣都會區學齡前小朋友90%～92%均有過敏、氣喘與呼吸道等相關症狀。

圖2-4.20 三高氣候條件造成台灣易過敏與氣喘等居住環境

95

參、室內空氣污染物之健康效應

3-1 病態建築症候群(SBS)
3-2 建築相關疾病(BRI)
3-3 傳染性疾病
3-4 過敏性疾病
3-5 其他慢性危害

96

◆隨著社會科技多元化的發展，因應人類不同需求的居住建築環境更是日趨複雜，其中空調系統類別、各種裝潢材料之使用以及各種室內活動型態等多項因素，更造成許多新的室內空氣污染源。

◆根據世界衛生組織(World Health Organization, WHO)於2000 的初步估算(圖3.1)，**全球每年約有280萬人次死亡直接與室內空氣污染有關**，**佔了每年全球死亡人次的2.7%，遠高於室外空氣污染所貢獻的相關死亡人次**(WHO, 2000)。

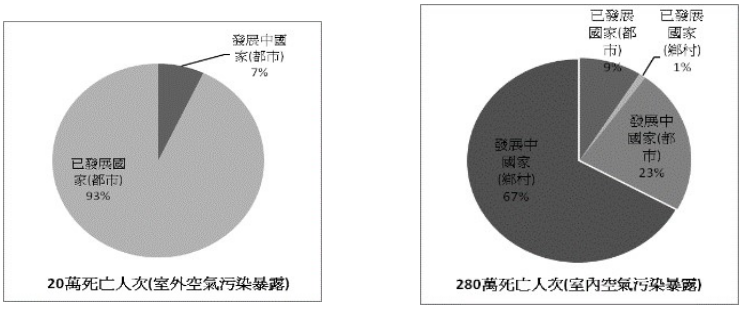


圖3.1　2000 年世界衛生組織統計導因於室內及室外污染暴露之年死亡

97

◆根據世界衛生組織報告評估(WHO, 2014)，與空氣污染有關的死亡案例絕大多數是和心臟疾病有關，2012年**全球約700萬人死於跟空氣污染導致的疾病有關**，**每8個死亡案例當中**，**就有一個和空氣污染有關**，使得**空氣污染成為「與健康有關的、世界最大的單一環境風險」**，**死亡者通常死於心臟病、中風或慢性阻塞性肺疾病**，**一些人則死於肺癌或急性呼吸道感染**。

◆區分室內外，40%的心臟疾病、40%的中風、11%的慢性肺部阻塞疾病、6%的肺癌、3%的兒童急性下呼吸道感染等疾病的死亡案例與空氣污染有關。34%的中風、26%的心臟疾病、22%的慢性肺部阻塞疾病、12%的兒童急性下呼吸道感染以及6%的肺癌等疾病死亡案例與**室內的空氣污染有關。**

◆就區域性而言，**因空氣污染導致的死亡案例在東南亞與西太平洋地區**就有將近600萬件，其中因為室外空氣污染有關的死亡案例則約有260萬，而因室內空氣污染的死亡案例大約330萬件，尤其顯見改善室內空氣品質的重要性。特別**在發展中國家中**，**室內燃燒等行為所產生之污染物對於郊區及都市地區均有相當可觀之影響**。

◆世界各國有鑑於室內空氣污染對於民眾健康之影響或潛在威脅，已多方積極的依據其本國之建築特性與生活使用行為，投入許多資源進行調查研究、法規訂定與管理方案之工作。**美國針對其國內在一般室內環境中工作的勞工(約8,900萬室內工作者)**，**每年可能因為室內工作環境中空氣污染物所導致的各類與室內空氣品質危害相關的疾病或症狀**，**如呼吸道傳染性疾病(居住者來源、建築物來源)、過敏性呼吸道疾病、非特異性建築相關症狀(病態建築症候群)以及菸害所產生之危害人次與醫療照護成本以及工時損失或工作效率降低之耗損成本進行估算**(如表3.1所示)(Mendell, 2002)。

98

表3.1　評估美國室內工作環境污染物所產生的健康衝擊及改善環境後的潛在效益

室內空氣污染物相關的健康效應	健康衝擊			
	因工作或非工作暴露而產生健康效應的工作者人數[a]	嚴重性	頻率(持續時間)	評估改善室內工作環境後，可能使工作者每年降低健康效應的發生(%和人數)
傳染性呼吸道疾病：受建築物影響、居住者來源(如流行性感冒、一般感冒)	流行性感冒、一般感冒：5,200 萬人 非在健康照護及監獄環境的結核病：未知	通常為中度，住院人數低於 70,000 人且死亡人數不知	在工作年齡族群中，每年約有 0.58 人發生流行性感冒和一般感冒(持續時間不同，數天到數月)	估計 10-14%，500-700 萬人(估計有基本的不確定性)
氣喘、過敏性肺炎及過敏性疾病	氣喘： 470 萬人 過敏： 1,800 萬人	氣喘：輕度-致死 過敏：輕度-重度	氣喘和過敏： 數天至整年(兩者的持續時間通常為長期的)	估計 6-15%，發生氣喘的人為 30-70 萬；發生過敏的人為 100-300 萬(估計有基本的不確定性)
非特異性的建築相關症狀(室內環境暴露而產生的急性效應，包括所謂的病態建築症候群)	3,500-6,000 萬有一星期以上的建築相關症狀發生(因工作暴露的效應)	通常為輕度-中度	通常是發生在工作時間(慢性且長期暴露)	估計 20-50%， 800-3,000 萬人(估計有基本的不確定性)
呼吸道感染：建築來源(退伍軍人症、龐提亞克熱、真菌感染)	每年約 3,700-6,000 人得退伍軍人症；龐提亞克熱和真菌感染的人數未知	退伍軍人症：通常為重度，致死率為 5-15%；龐提亞克熱： 中度；真菌感染：重度或是有生命危險	退伍軍人症和龐提亞克熱：一生中通常只發生一次(持續時間不同)；真菌感染：不一定	未知，可能相當高(如>50%)；退伍軍人症： 1,400-3,000 人，包括>70 人死亡；龐提亞克熱及真菌感染：未知
菸害產生的健康效應	約有 1,000-,3000 萬人暴露，因急性過敏、呼吸道效應、重複發生的情形未知；心血管效應：2,000-11,000 人亡；肺癌： 100-600 人(因工作暴露的效應)	急性過敏： 輕度-重度；呼吸道及重複發生的效應：中度-重度；心血管效應：重度-致死；肺癌：致死	急性過敏、呼吸道效應： 慢性；心血管效應和癌症： 慢性且常致死	100%；心血管疾病死亡人數為 2,000-11,000；有 100-600 位肺癌患者，包括 90-530 位死亡人數

(在美國共有 8,900 萬室內工作者)　[a]在這一欄的評估只反映出和工作相關暴露的效應

ndell, 2002

99

◆初步估算顯示，每年因室內工作環境空氣品質不良所導因的各項疾病在整體社會經濟成本支出上，以各類非特異性建築相關症狀，亦即病態建築症候群佔第一名(200-700億美金)、其次為受建築物影響、居住者來源之傳染性呼吸道疾病(320億美金)以及過敏性呼吸道疾病(39-41億美金)。

◆而相較於發展中的國家如印度地區，由於所面臨之室內空氣污染物問題主要來自於固態燃料之燃燒行為，其所關注之健康危害程度及疾病種類與先進國家有明顯之差異，印度全國因室內空氣污染暴露而引起的相關疾病人次以及生命損失人年(百萬年)(year of loss life, YLL)與喪失健康生活的人年(disability-adjusted life year lost healthy life years, DALYs)而言(如表3.2所示)，在印度與不良室內空氣品質相關性最高且患病人次與損失人年最高的疾病為急性呼吸道感染(每年有27-40萬人次)，其次則為肺結核感染(每年有5.3-13萬人次)(Smith, 2003)。

◆雖然已開發國家與發展中國家在其主要之健康影響估算的重點有所不同，但種種估算均顯示，室內空氣品質不良所導因之民眾健康危害，對各國家而言均帶來相當程度之醫療成本支出與社會成本的耗損。顯示良好室內空氣品質的促進與管理刻不容緩。

100

表3.2　評估印度人在暴露於室內污染物後，每年所產生的健康效應

疾病	死亡數 (千人)	YLL 生命損失人年 (百萬年)	DALYs 失能調整後人年 (百萬年)	病假-殘疾嚴重度
I.　有力的證據				
急性呼吸道感染*(880,000)	270-400	9.2-14	9.6-14	0.28
慢性阻塞性肺疾病(COPD)# (60,000)	20-35	0.19-0.34	0.39-0.68	0.43
肺癌#(6,000)	0.42-0.79	0.0046-0.0086	0.0048-0.0090	0.15
II.　中度證據				
目盲#(~0)	≒0	≒0	0.064-0.13	0.5
TB 肺結核#(250,000)	53-130	0.97-2.4	1.1-2.6	0.15
APO 懷孕結果有害 (560,000)	?	?	?	
氣喘 (20,000)	3.6-9.0	0.046-0.12	0.27-0.68	0.15
III.　建議性證據				
缺血性心臟病#(1,100,000)	54-200	0.49-1.8	0.55-2.1	0.32
可能的總數 (2,3000,000)	400-780	11-18	12-20	
範圍@：	400-550	11-16	12-17	

依證據力強度評估印度人的健康狀況

APO, adverse pregnancy outcomes，有害懷孕結果。加權數值是從 0(健康)到 0.85(重度殘疾)，印度人的每個疾病之死亡數如括弧中所示。

*急性呼吸道感染(acute respiratory infection, ARI)，僅低於五年

#只含女性

$失能調整後之人年數=(過早死亡而損失的年數)+(殘疾而損失的年數)*(嚴重度因子)

@全距為第一級(有力的證據)加上第二、三級(中度證據、建議性證據)的範圍底限

Smith, 2003

101

- 世界各國近年來之研究均已充分證實$PM_{2.5}$與PM_{10}濃度與呼吸系統、心血管系統、生殖系統、血液系統等疾病息息相關。
- 歐美國家流行病學研究顯示，$PM_{2.5}$每增加10μg/m³日吸入量：(1)當日死亡率增加1.5%；(2)頑固性肺病死亡率增加3.3%；(3)局部缺血性心臟病死亡率增加2.1%；(4)嬰兒早產死亡率增加1.0%；(5)罹患肺癌的危險增加8%；(6)心肺疾病死亡率增加6.0%；(7)所有死亡率增加4.0%
- **歐盟國家之統計資料，$PM_{2.5}$導致人們平均壽命減少8.6個月。**
- 美國心臟協會估計，每年因$PM_{2.5}$污染導致約60,000人死亡。

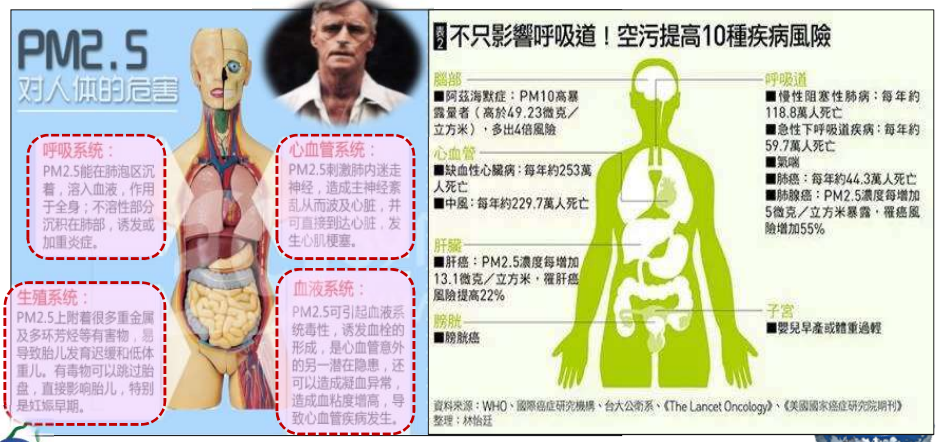


圖3.2　粒狀污染物對健康之主要危害

102

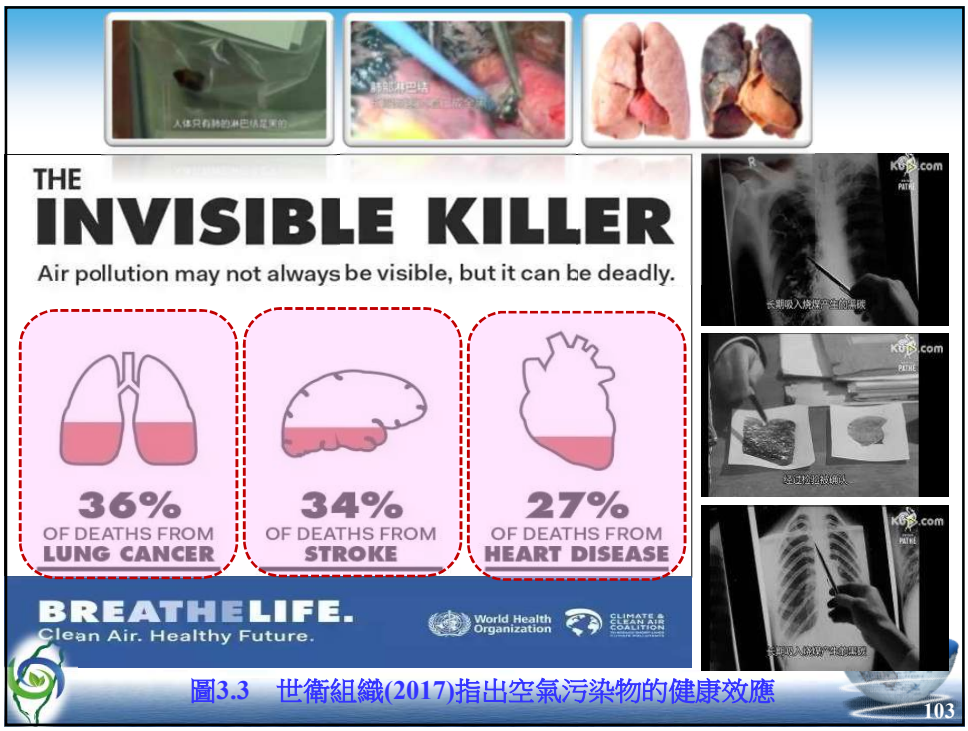


圖3.3　世衛組織(2017)指出空氣污染物的健康效應

圖3.4　大陸空污現象造成民眾巨大健康危害

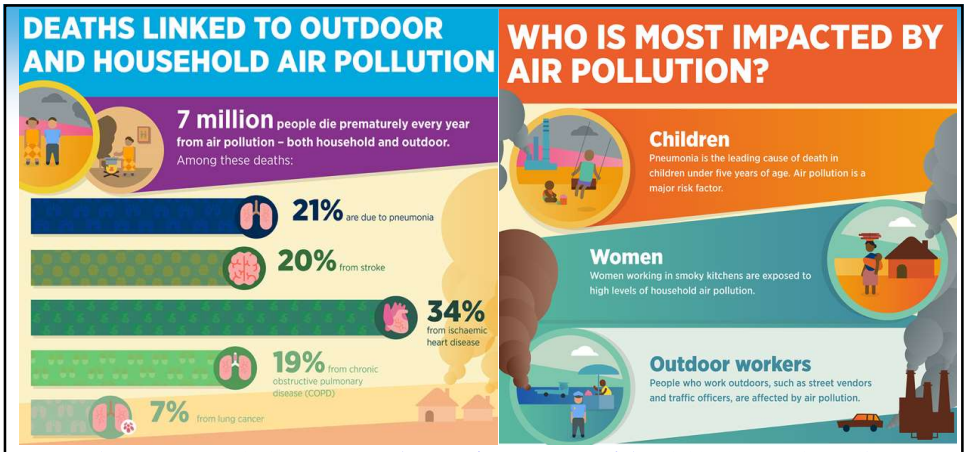


圖3.5　世衛組織(2019)發布與空氣污染死亡有關的統計與影響人群

- 與室內空氣品質相關之健康危害相當廣泛，輕微的從一系列特徵不明確之症狀，到嚴重的急性呼吸道感染、過敏性呼吸道疾病、慢性呼吸道疾病及致癌風險等。
- 依照不同程度及類型之室內空氣污染物暴露，可將與室內空氣品質不良有關之健康危害依嚴重程度之不同而區分為三類(如下圖3.25所示)，第一類為較輕微的、沒有特定病因之各類不適症狀，統稱為病態建築症候群(sick building syndrome, SBS)。第二類為已知之特定病因且該病因的存在與建築空間的特性密切有關，一般統稱為建築相關疾病(building related illness, BRI)，目前已知這類疾病大多導因於建築空間中各類微生物之污染與傳播所導致之感染性疾病，或是經由特定過敏原暴露所導致之過敏性相關疾病發作。另外，陸續出現的研究與推估均顯示眾多空氣污染物均同時具有致癌特性，並且在長期累積刺激之下對於心臟血管及呼吸道等慢性疾病有一定程度之影響。

105

圖3.6　室內空氣污染物之潛在健康危害

106

3-1 病態建築症候群(SBS)

- 自1970年代初期能源危機以來，一種沒有確定病兆的「症候群」首先在歐美醫學界被發現。該症候群和室內的空氣品質有關，尤其是在新的或重新改建的建築物尤其容易發生。發生該種症候群的建築物通常是密閉的、沒有可開啟的窗戶但具有空調系統，因此該類建築大廈有時被稱為「病態建築」(sick building)，而該組症候群也就被稱為「病態建築症候群」(sick building syndrome, SBS)。而相關文獻對於此類症候群亦使常用許多如「建築相關員工抱怨症候群」、「非特異性建築相關症候群」、「病態辦公室症候群」、「密閉建築症候群」等名詞。
- 在1980初期，世界衛生組織將常使用人員常抱怨之症狀進行歸類彙整分為五大類：(1)感覺刺激性症狀：包括感覺乾燥、眼睛刺痛、喉嚨沙啞等；(2)神經毒性及一般症狀：包括頭痛、頭昏眼花、容易疲倦、嘔吐、難以集中精神等；(3)皮膚刺激性症狀：包括皮膚乾燥、皮膚紅腫疼痛、皮膚刺痛；(4)非特異性過敏性呼吸道症狀：包括流鼻水、流眼淚、無氣喘病史員工發生類似氣喘症狀等；以及(5)臭味及味覺異常，對於臭味的感覺特別敏感等(WHO, 1982,1984)。通常這些症狀在員工到大樓上班以後才發生，然後症狀逐漸嚴重，但是一旦員工離開大廈或下班以後，特別在週末及假日，症狀就會減輕或消失。
- 病態建築症候群並不代表是一種確切疾病，而是員工對室內工作環境的一種症狀反應，員工也較少因此症候群導致嚴重疾病而請假，但可能因此症候群而影響工作效率及生產力(Wargocki, 2000)。雖然有眾多的研究投入探討相關「病態建築症候群」的危險因子，但至目前為止，未有單一特異的致病原被發現。一般相信它可能的病因是屬於「多重致病原」，包括大樓的建築設計參數(通風、溫度、溼度、照明等)，室內的污染源(地毯、影印機、二手菸、揮發性有機物等)，個人的特徵(性別、對化學物質的敏感度等)，社會心理因素(員工對工作的壓力、滿足感)等。

107

- 由於一般環境中多種環境暴露及各類因子大多同時存在，因此很難釐清主要之影響因子，而這些因素複雜的交互作用亦需特別予以考慮。病態建築症狀發生與其他因子之間存在相互之影響，建築因子影響室內環境暴露，更進一步會影響人們對於室內環境品質良窳之感受，進而影響是否會有不舒服的症狀發生。另外，個人因素亦扮演相當重要之角色，例如國際上相關研究認為女性因為擔任之職務一般較低、對於壓力的感受性較強，此類心理社會條件之差異，亦是影響員工對於環境感受及症狀發生之重要因子。僅管，各類環境與個人因子都非唯一影響病態建築症候群風險之因子，且其影響權重及其多重因子下之加乘效應則仍需更多的研究加以釐清，但許多研究均已證明室內環境品質不良和病態建築症候群之關係，顯現創造與維持良好室內環境品質仍有其必要性。

圖片資料來源：日本國際生活資源研究所

資料來源：日本 Sickhouse Consultants Association

108

3-2 建築相關疾病(BRI)

- 建築相關疾病為一系列在臨床上可明確診斷的疾病，而其在環境流行病學、毒理學及臨床試驗的證據上，可證實其與建築環境相關連之疾病。有別於病因及致病機轉不明之病態建築症候群，建築相關疾病如過敏性肺炎、氣喘、肺結核、退伍軍人症等疾病，均可依臨床診斷標準確認診斷疾病並且具有明確之病因。
- 世界各國因社會經濟條件發展之差異，使得發展中國家及已發展國家所須面對的建築相關疾病有相當大之差異。在許多發展中之國家，因室內燃煤等固體燃料之使用，使得室內空間充斥著燃燒所產生之大量懸浮微粒、一氧化碳、二氧化氮、二氧化硫及具致癌性之多環芳香烴化合物；在此每日大量暴露下，增加了罹患急性下呼吸道感染、慢性阻塞性肺疾病及肺癌之風險。
- 許多研究也持續證實室內空氣品質及通風換氣效率可影響「肺結核」、「氣喘」等疾病之罹患率，下表3-2.1為2002年世界衛生組織彙整現階段各類研究中對於室內空氣污染物暴露可能增加之健康危害，並依其環境流行病學研究證據是否充足而加以分類，從全球疾病負擔的觀點看來，室內空氣污染物之暴露增加孩童罹患下呼吸道感染疾病之風險及增加成年人罹患慢性阻塞性肺疾病及肺癌之風險，然而此部分之健康疑慮主要是由於許多落後及發展中國家如印度、非洲等，於室內空間中使用固態生質燃料，大量的燃燒副產物所造成健康影響。

109

表3-2.1　列舉常見之建築相關疾病

疾病	症狀	致病機轉	診斷標準	與建築物或工作關聯性評估	致病原因
鼻炎(rhinitis)、鼻竇炎(sinusitis)	鼻塞及流鼻水、鼻竇充血、流鼻血	過敏(IgE)	● 鼻腔分泌物中有嗜伊紅性顆粒球 ● 在鼻部激發測試上有特定症狀之改變	● 免疫測試(皮膚穿刺測試、特異性 IgE 抗體檢測) ● 特異性過敏原激發鼻腔症狀	工作環境中之致敏原暴露、無碳的影印紙、光化反應產物間接暴露如工作人員衣物帶有來自家中的貓毛、殺蟲劑
過敏性肺炎(hypersenitivity pneumonitis)	咳嗽、呼吸短促、肌肉疼痛、發燒	第四型過敏反應(細胞免疫)	組織切片確認肉芽腫、可逆性氣道阻塞性疾病、電腦斷層掃描	● 理學關聯性(急性疾病、可逆的症狀) ● 免疫學關聯性：僅有特異性 IgG、淋巴球因特定抗原而轉化	微菌及嗜熱菌
氣喘(asthma)	咳嗽、喘鳴、呼吸短促、胸悶難受	過敏(IgE、IgG)	氣道高反應性(>15% FEV1)、可逆性氣道阻塞性疾病、氣喘發作前之暴露史	● 工作前後之肺功能降低(PEFR)之時序性相關 ● 免疫測試(皮膚穿刺測試、特異性 IgE 抗體檢測) ● 臨床病史	過敏原暴露包含清潔劑、揮發性有機化合物、灰塵、微菌、細菌及相對溼度太低
有機粉塵毒性症候群(organic dust toxic syndrome)	咳嗽、呼吸短促、肌肉疼痛、發燒	細菌內毒素毒性反應	肺臟擴散能力(lung diffusion capacity)、肺擴散(DLco)、肺總量(total lung capacity;TLC)	與工作之時序性相關及暴露評估	革蘭氏陽性菌、微菌、熱裂解時所產生之聚合物
過敏性結膜炎(allergic conjunctivitis)	眼睛刺激、乾澀、流淚	第一型過敏性	理學檢查、皮膚穿刺測試或特異性 IgE 檢測、淚腺清除時間測試、結膜染色	臨床描述及紀錄	微菌及致敏原
刺激性結膜炎(irritant conjunctivitis)	眼睛刺激、乾澀、流淚	刺激性反應	理學檢查、淚腺清除時間測試	臨床描述及紀錄	刺激物質(揮發性有機化合物、灰塵、低溼度)
退伍軍人症(legionnaire's diseases)	咳嗽、多痰、發燒	退伍軍人菌暴露，易感受性族群(老人)	四倍抗退伍軍人菌抗體增高、組織內培養到與建築物污染源同樣之退伍軍人菌、疾病聚集	從推測的污染來源檢測到與病人身上一樣的病原菌	退伍軍人菌滋生並伴隨著氣膠化擴散
結核病(tuberculosis)	咳嗽、多痰、發燒、體重減輕	受到結核桿菌(*Mycobacterium tuberculosis*)感染	病人檢體檢出病原菌、皮膚測試陽性反應、胸部 X 光檢查	病人檢體檢出之 PCR 序列與污染來源一致度高	病原菌隨著飛沫等生物檢體氣膠化擴散

110

表3-2.2　室內裝修材料產生有害氣體對人體影響之說明

氣體	對人體的危害性	主要建材的發生源
甲醛	(1)長期性接觸低劑量甲醛可引起慢性呼吸道疾病、女性月經紊亂、新生兒體質降低、染色體異常，甚至引起鼻咽癌等症狀。(2)高濃度甲醛對神經系統、免疫系統以及肝臟有病毒作用，可刺激眼結膜與呼吸道黏膜而產生流淚、流鼻涕，引起結膜炎、咽喉炎、支氣管炎及變態反應性疾病等。(3)其具有嚴重的生殖毒害性，可導致畸形等生殖發育危害，並可能影響後代。	(1)甲醛為一種無色易溶的刺激性氣體，屬於揮發性有機化合物，污染源多，已成為現今室內主要空氣污染物之一。(2)具有較強的黏結特性，同時又能加強板材的硬度及防蟲、防腐等功能，故在合成樹脂中被廣泛地使用，作為裝修建材時之黏結劑或稀釋劑。(3)用於室內裝修之壁紙及夾板、合板、纖維板等各種人造板材中，大部分均含有甲醛的成分。
氨氣	(1)為鹼性物質，具有很強的刺激性，可對皮膚或眼睛的黏膜造成強烈的刺激，引起眼睛及皮膚的燒灼感，經呼吸道吸入時，可使接觸者出現嗅覺缺失、咽炎、聲帶水腫、咳嗽、頭痛、多汗或打嗝等症狀，嚴重時可出現支氣管痙攣及肺氣腫。(2)氨氣可導致呼吸問題而致人死亡。	(1)氨係一種無色且有強烈刺激臭味的氣體，比重為 0.5 ，比空氣輕。(2)在建材中，主要作為混凝土的防凍劑、膨脹劑和早強劑等用途。(3)含有氨的氨水也常被當作添加劑與增白劑而用於家具之塗佈。(4)氨水早已成為建材市場上的必須品。
苯	(1)主要以蒸氣形式被人體吸入，其液體亦可經皮膚吸收，對皮膚、眼睛和上呼吸道有刺激作用，可造成皮膚脫脂，紅斑、起泡、乾燥或鱗狀皮炎等症狀。(2)對人體造血功能危害極大，是誘發再生障礙性貧血及白血病(俗稱血癌)的主要原因。(3)人若反覆暴露在甲苯中並進入呼吸道，將使得大腦及腎臟受到永久性傷害。(4)皮膚接觸二甲苯會產生乾燥、龜裂及紅腫，若反覆接觸苯乙烯則可導致刺激性皮膚炎及中樞神經功能的障礙。	(1)苯為淺黃透明油狀液體，具有強烈的芳香氣味，易揮發為蒸氣且易燃有毒性，主要來源為裝飾材料、傢俱、塗料、油漆以及黏結劑等。(2)苯和甲苯常用於漆料的溶液以及建築、裝飾材與傢俱的溶劑、添加劑與黏結劑中。(3)苯乙烯則用於製造絕緣材料、漆料及傢俱的溶劑。(4)所有液體清潔劑中都含有甲苯，而本著色劑及塑料管中亦含有甲苯及二甲苯。
氡氣	(1)是室內環境污染物中唯一的放射性氣體，依流行病學調查和分子生物學實驗已證實，氡氣是導致人體肺癌的主要危害因素之一。(2)吸入肺部的氡氣衰變成鉛、秘的放射性同位素，以金屬離子形式附著於支氣管表層黏膜，有的則溶於人的體液並進入細胞組織，對細胞造成損傷，最後誘發肺癌。	(1)主要來源係由於地基（如放射性土壤）或建材中含有過多放射源所致。(2)由於不能自行揮發且能長久存在，目前除降低源頭的放射量外，尚無徹底的根治方法。(3)地下室、空調機房、封閉大樓與賓館以及使用放射性元素偏高的建材所建造的房屋，容易出現氡氣濃度偏高情形。
其他	(1)苯：可能致癌。(2)二甲苯：令人貧血，紅、白血球減少，皮膚黏膜受刺激。(3)甲醛：會使人呼吸功能產生障礙。(3)烷系：會使人頭痛，目眩，嘔吐，疲倦，中樞神經系統衰弱。	(1)地毯及油漆等建材常含有「甲苯」。(2)軟木合板中含有「酚」。(3)硬木合板中含有「尿素、甲醛」。(3)填充物中含有「烷屬碳氫、甲苯、二甲苯」等。

摘自林憲德 等人，2007

111

◆ 先進國家所面臨之問題則截然不同，雖缺乏系統性之環境流行病學整合研究，許多的案例報告陸陸續續來自於先進住宅及高科技、氣密及中央空調大樓，這些案例主要包含傳染性疾病、過敏性疾病及一些刺激性物質引起之黏膜疾病，表3-2.3列舉常見之建築相關疾病之致病機轉、臨床診斷方法與致病原因等。在臨床上，此類建築相關疾病之診斷標準與一般疾病無異，但欲確認此疾病是否為「建築物引起」或「與建築物相關」，則須要進一步確認建築物內環境暴露狀況，並利用流行病學、毒理學、臨床檢驗等方法建立建築物環境暴露與疾病發生之關聯性。

表3-2.3　室內空氣品質與健康之研究證據

疾病/健康危害	研究證據
小於五歲孩童之急性下呼吸道感染 慢性阻塞性肺疾病(成人) 肺癌(燃煤有關)	約有 10-20 個研究探討此議題(但僅有少數研究實際量測暴露濃度及妥善校正干擾因子)
肺結核 白內障 上呼吸道肺癌 氣喘	些許研究有一致之發現(對於氣喘之研究證據較明確)
新生兒體重過輕 提高胎兒出生前死亡率 中耳炎	僅有非常少數研究探討，大多數的研究證據來自於煙害研究及室外空氣品質研究

(World Health Report 2002)

112

3-3 傳染性疾病

- 世界各國曾經報告過之各類建築相關疾病中，大多與各類之室內微生物及過敏原污染及傳播有關。微生物以細菌、真菌、病毒、寄生蟲等各種不同的型態普遍存在於自然界中，有些微生物對於自然界及人體是有益的，而有些微生物則會引起過敏、感染、毒性效應對人體甚至有致命的殺傷力。而當室內環境成為人類生活主要之活動空間，在各類建築設備及材質、通風換氣、人為活動、寵物、植物等多項因子分別或共同影響之下，各類之微生物均有機會透過不同之宿主進入建築室內環境中，或是滋生於建築體所提供之合適溫床中，進而透過人與人接觸、人與物品接觸或是透過空氣傳播之方式於建築空間中進行傳染擴散，**表3-3.1所列為常見之與建築相關或是可透過空氣傳播於建築空間內傳播之傳染性疾病**。
- **以國內近幾年來案例暴增且傳出致死案例的「退伍軍人症」為例，便是由生長於冷卻水塔及冷凝設備中的嗜肺退伍軍協菌(Legionella pneumophila)所引起**。退伍軍人症首次發現於1976 年，在美國費城召開退伍軍人協會會議時，發生一次大規模的肺炎流行中被發現。**退伍軍人桿菌普遍存在於有水的環境中，包括河川、池塘、水塔等；它在各種不同條件的環境中均可存活，例如：它可在0～63℃、pH5.0～8.5之環境下存活，並對於氯有相當程度的耐受性，在以氯處理過的自來水系統中仍然可以存活。**

113

表3-3.1 常見與建築相關之空氣傳播傳染性疾病

高傳染性疾病	伺機性感染疾病
細菌傳染	細菌傳染
炭疽病(anthrax)	退伍軍人症(legionnaire's disease)
布氏桿菌病(brucellosis)	龐提亞克熱(pontiac fever)
鏈球菌肺炎(streptococcal pneumonia)	假單胞菌(pseudomonas)
結核病(tuberculosis)	
病毒傳染	病毒傳染
感冒(common cold)	疱疹(herpes)
水痘(chicken pox)	
流行性感冒(influenza)	原蟲傳染
麻疹(measles)	隱孢子蟲病(cryptosporidiosis)
風疹(rubella)	肺囊蟲肺炎(pneumocystis pneumonia)
真菌傳染	真菌傳染
芽生菌病(blastomycosis)	麴菌病(aspergillosis)
球黴菌病(coccidioidomycosis)	囊球菌病(cryptococcosis)
組織漿菌病(histoplasmosis)	白黴菌病(mucormycosis)
	藻菌病(phycomycosis)

114

- 一般而言，與其散播到人體有密切關連的主要包括有空調系統之冷卻水塔，及室內之水供應系統(特別是熱水供應系統)(Mcdade et al., 1997)。**退伍軍人菌之傳播方式主要是經由：(1)噴霧(aerosol)之空氣傳播；(2)吸入受污染之水而傳播**，**如冷卻水塔、蒸發之冷凝器、漩渦(瀑布)、除溼機、噴水池、蓮蓬頭、自來水水龍頭、超級市場之噴濕器以及牙醫師使用之磨牙機。**
- **感染「退伍軍人桿菌」，大多數的人在臨床上會表現出「龐提亞克熱(pontiac fever)」，而約有5%左右的人會導致非典型肺炎而稱之為「退伍軍人症(legionnaires‘ disease)」**。近年來在許多先進國家的中央空調型態大樓中，如醫院、旅館、辦公大樓、俱樂部等不斷有退伍軍人症流行病疫情爆發，而近十年來國際間最大一次的流行疫情則是2000年8月在澳洲墨爾本水族館所爆發的感染；造成101人受到嗜肺退伍軍協菌感染，其中有4人死亡。台灣地區近年來退伍軍人症發生的情形，以1997年案例數最多為244例，1998及1999年案例發生數目達到適當的控制，而近五年來，則又有上升之情形，2003及2004年分別上升至每年108及106例；而**患者多以60歲以上中老年人居多**。有鑑於國內退伍軍人症案例增加之趨勢，急須加強建築系統中污染源之管理。
- 從以往世界各國的爆發事件看來，中央空調建築物之冷卻水塔往往扮演相當重要之污染源，因此在整體建築及通風系統設計上，冷卻水塔之選用及設置條件須審慎評估；另外，還需在**基本之日常使用維護管理，例如，冷卻水塔的定期清理、除藻、殺菌等著手，方能避免退伍軍人菌滋生傳播。**

115

- 冷卻水塔若能妥善之設置並配合以定期維護清潔，方能將建築物內人員感染退伍軍人症之風險降至最低。另外，**由於退伍軍人症之高危險群為年齡大於50歲之老年人、本身有慢性疾病患者或其他免疫能力較差的人**；因此，**特定醫療院所或老人安養中心更須加強此部分之維護與管理**(Chin, 2000)。
- **其他許多以人為主要傳染對象的呼吸道疾病，例如細菌傳染的結核病、鏈球菌肺炎，病毒感染所引起之流行性感冒、麻疹等，這些疾病的傳染均是透過人與人的接觸及空氣分子的傳播進行，不論是短距離的飛沫傳播或亦是長距離之空氣傳播。**因而在人員使用密度高的密閉或半密閉的室內空間中，當有一病原菌或帶原者進入則非常容易造成互相傳染，特別是對於一些免疫力較差的族群。因此，感冒等呼吸道感染疾病才會常在辦公室內造成小流行。另外，許多真菌也會因為建築物內潮濕問題或特定污染源而導致系統性感染。
- 近年來由於全球環境變遷之影響，許多新興傳染病因應環境變遷及人為活動變化而生，又順應全球化之趨勢，使得許多的傳染性疾病得以透過旅遊及全球交通運輸系統造成全球性傳播，此一現象使得十九世紀以來各國利用各類疫苗及藥物努力建構之傳染性疾病疫網受到極大的衝擊。並且在各國都市化取向下，透過都市及建築環境的緊密連結，人與人之間頻繁的生活交流及接觸，形成一個複雜而難以掌控之傳播網。
- 以近日嚴重衝擊亞洲地區之新興疾病「**嚴重急性呼吸系統綜合症**」SARS (severe acute respiratory syndrome)為例，合適而有效區隔的建築空間所扮演的角色可以是隔離防護之安全居所，但絕大多數的一般建築，特別是國內眾多密閉或通風換氣不良之空間則可能扮演的是集中傳播的危險空間。
- 面對眾多可透過空氣傳播之疾病及各類型新興傳染病的反撲，我國在未來建築規劃及使用管理時有必要重新醒思，特別是對於各種公共建築空間的設計與規劃均須週延考量良好而自然的通風設計、空間區隔規劃以及空調系統維護管理及操作規範等配套，並進一步宣導，且著手於現有舊建築之改善方案。結合建築專業、空調專業、公共安全及公共衛生等專業人才共同參與機能性『健康建築』之規劃與改善，方能降低民眾所遭受之傳染病威脅。

116

3-4 過敏性疾病

- 透過吸入室內環境中過敏原而導致之過敏性反應亦為常見之建築相關疾病，包括**過敏性鼻炎(allergic rhinitis)**、**氣喘(asthma)**及**過敏性肺炎(hypersensitivity pneumonitis)**；除此之外，暴露於大量有機粉塵亦會引起**有機粉塵症候群(organic dust toxic syndrome)**。此類疾病，一般多為室內環境中具有大量真菌或細菌之滋生源或是特定過敏原暴露所導致，其中以氣喘及過敏性鼻炎為盛行率最高的過敏性呼吸道疾病；根據世界衛生組織(WHO)的估計，全球約有一億五千萬的人口罹患氣喘，且其盛行率有逐漸增加之趨勢。
- 根據美國的研究顯示每十萬成人中約有20人於工作後方才誘發氣喘發生(Milton, 1998)。在近年來的調查研究亦顯示，約有10%的工作相關的氣喘與辦公建築的環境有關(Jajoski et al., 1999)。另外，在NIOSH 一系列「病大樓」的調查中亦顯示，空調系統中潮濕及髒污狀況與建築物內人員之呼吸道症狀有關(Sieber et al., 1996)，顯示建築相關的氣喘遠比想像中的普遍。
- 氣喘不僅對個人的健康造成大的影響，而每年耗費在治療氣喘的醫療資源及其它相關的社會成本皆為十分可觀。許多流行病學的研究指出，**近年來世界各地「氣喘」之盛行率及死亡率皆有不斷地昇高的趨勢(Host et al., 2000; Warner et al., 2000)，此現象在經濟快速發展之工業化國家中尤其明顯；而在台灣，我們也觀察到相似的現象。**
- 根據謝貴雄教授的調查，台北市在1974至1985年間，七歲到十五歲學童的氣喘盛行率由1.3%增加到5.07%，短短十年之間成長將近四倍之多(Hsieh et al., 1988)，而在台灣南部地區也可觀察到類似增加的現象，例如自1993至1997年五年之間，國小學童氣喘的盛行率由6.73%上升至8.38%，其增加率為24.5%；同時，此增加的趨勢應該在未來的幾年內仍然會持續維持(Tsuang, 2003)；由此可知，氣喘及過敏性疾病在公共衛生上之重要性不容小覷。

117

- 截至目前為止，真正造成氣喘盛行率增加的原因尚未完全釐清，但有許多研究及各項推論均顯示，環境方面的危險因子對誘發或加重過敏性疾病的嚴重度扮演了舉足輕重的角色。從預防醫學的觀點而言，由於先天的遺傳條件較難為我們所掌握；因此，藉由環境危險因子的控制與改善以預防氣喘發生是值得努力的方向。再者隨著生活型態的轉變，**現代人每天有80-90%的時間居處於各式各樣的室內環境中，因此許多室內過敏原的存在與氣喘發生的相關研究皆成為攸關國人健康之重要議題。**
- 根據文獻指出，**環境中常見的過敏原包含塵蟎、細菌內毒素、真菌、蟑螂、動物皮毛等，而此類過敏原更普遍存在於各類室內環境中。**許多環境調查研究亦指出，目前約有20%-50%的居家環境中有濕氣過高與黴菌污染的困擾，而其污染主要與建築環境中不當的維護管理及缺乏預防措施、在建築及機械系統設計階段未考慮維護清潔之可行性、建築室內空間中溼度過高、建築空間或是空調系統淹水、空調系統之外氣引入口靠近室外黴菌滋生源等因素有關。
- 一般而言，在一整體建築環境中，黴菌可存在於空氣、地板、牆壁、傢俱、地毯及空調系統等各式各樣的介質中生長，由此可見黴菌污染為普遍可見之室內污染問題。**台灣位處於亞熱帶氣候區，終年的高濕高溫提供給大部分黴菌良好的生存環境**，也因此，對台灣本土而言，如何預防黴菌的污染是健康建築規劃上的重要課題。
- 近年來國內研究團隊於一般家戶環境及各種典型辦公建築中不斷量測蒐集，室內生物污染的暴露程度。國內研究團隊長期以來亦致力於辦公空間室內空氣品質的相關研究，至目前為止，已累積了大量的台灣辦公大樓室內空氣品質實測基礎資料。在諸多案例當中，都普遍存在著類似的空氣品質的問題，例如：室內換氣不足造成室內污染物的累積、室內有機污染物逸散過高不易排除、溫濕條件不良造成生物污染物過多等現象。顯示台灣地區辦公建築應普遍存在著室內各類過敏原濃度過高的問題，因而相對的亦對於具有過敏性體質之易感受性族群有相當大的潛在性健康威脅。

118

3-5 其他慢性危害

- 癌症在近年來台灣地區十大死因排名中已擠身第一位，且其發生率仍有日益增高之趨勢，其中更不乏一些以往相當罕見的癌症。這種現象似乎是一種警訊，反應台灣人民生活環境日益惡化的現象。室內環境中亦潛藏著許多致癌因子，如石綿、氡氣、二手菸、甲醛、各類有機物質等，人們經年累月長期的暴露，無形中成為健康上的一大威脅。
- 在眾多致癌物質中，室內環境中潛藏的各類揮發性有機化合物充斥於現代人生活中的各式用品中，小至清潔劑、化妝品、黏著劑、天然氣、油漆、殺蟲劑、香菸以至於各式個人保養清潔用品香水、髮雕等。然而在一般辦公環境中除了裝修建材、油漆粉刷、傢俱所逸散出之有機物質外，因工作需要所使用之文具、影印機、印表機等機具也都逸散出各形式之揮發性有機化合物。揮發性有機化合物種類相當繁多，在以往研究中曾在一般室內環境中檢驗出上百種有機物質，其中大多數物質均具皮膚或呼吸道刺激性，有些則對中樞神經有影響會引起暈眩、疲勞等症狀，而更有多種物質已被證實為致癌物質。
- **在眾多物質中，使用最為廣泛且研究已證實其致癌特性的為甲醛。**甲醛為一無色具刺激性之水溶性物質。**由於尿素-甲醛大量且廣泛的使用在製作木質合板、木質傢俱、隔板、礦纖天花板、黏著劑、清潔劑等材料中**，而這些材料更是廣泛使用於建築裝潢裝修之中。因此，甲醛是室內揮發性有機化合物中最常見之逸散污染物。加上我國地處亞熱帶氣候區高溫、高濕容易加速甲醛之逸散速率；因此，常可在較密閉的空間中量測到高濃度的甲醛暴露。而室內環境中短時間高濃度之甲醛暴露也與清潔行為有關，**一般市售之強力去污劑大多數含有高濃度之甲醛**，若在較密閉之辦公空間中使用，則短時間內會使室內員工暴露到相當高濃度之甲醛。由於**甲醛在毒理學研究上已被證實為人類致癌物質，且具有刺激皮膚、呼吸道、中樞神經系統等效應**，因此如何降低室內人員之甲醛暴露濃度，以維護國民之健康是相當重要的課題。

119

- 室內高濃度之揮發性有機物質，多發生於重新裝修、油漆、新傢俱放置及清潔打臘後。因此，這些工作最好在一般例假日時進行並於完成之後在室內無人之狀況下透過室內整體換氣量增加及提高室內溫度以增加揮發性有機化合物之釋放速率，使在短時間內各種材料中之揮發性有機化合物有效逸散，以降低往後逸散之濃度。
- **內政部建築研究所近年來積極推動『低逸散建材』標章制度，在建材資料庫建立完成之後，將可提供民眾選擇揮發性有機化合物建材及傢俱時之重要參考**。而室內民生消費用品之特定揮發性有機化合物之控制，則需要透過教育宣導及完善標章制度與鼓勵低逸散產品以保障民眾安全。另外，如心肌梗塞、腦中風等心臟血管疾病的危險因子中，室內懸浮微粒及菸害產物暴露已被證實為相當重要的危險因子。
- **每支香菸經過燃燒可產生4,000餘種化合物，其中部份散播於空氣中，部份被吸入肺部組織內。除了尼古丁、焦油、一氧化碳外其中包含的化學成分有40種以上已被研究證實為致癌物質，數十種物質則為刺激物質。**這些物質均非我們所必需，且時時危害癮君子及二手菸吸入者的健康。
- **衛生署已於民國86年3月頒布『菸害防治法』**，條文中明列出禁菸之公共場所及空間以及除了吸菸區(室)外必須禁菸之公共場所，並於『菸害防制法施行細則』第七條中說明吸菸區(室)必須是有區隔並具有通風良好或獨立之排風或空調系統之處所；該區(室)並應明顯標示「吸菸區(室)」或「本吸菸區(室)以外之區域嚴禁吸菸」意旨之文字。足見菸害為相當重要的室內污染源；因此，各公共空間應響應力行我國『菸害防治法』，推行公共空間全面禁菸或是妥善規劃吸菸區(室)，並進行全民戒菸宣導，希望在良性勸導與法令規範之下減少民眾受到香菸的危害。

120

肆、結語

- 呼吸權時代的來臨
- 健康產業的年代

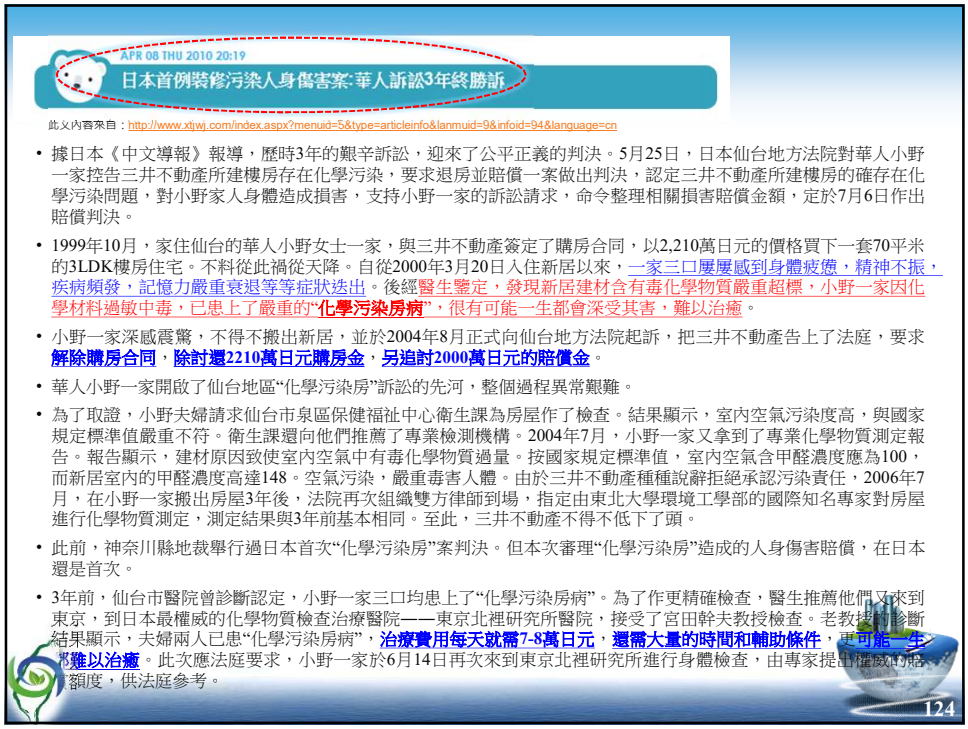
121

家（室內空間）是我們賴以維生且安身立命的地方
但是，您是否想過…….

家真的安全嗎？家真的健康嗎？

或許，我們應該重新來檢視或用不同的角度來看待我們的家，
您將會發現……

122



APR 08 THU 2010 20:19

日本首例裝修污染人身傷害案:華人訴訟3年終勝訴

此文內容來自：http://www.xtjwj.com/index.aspx?menuid=5&type=articleinfo&lanmuid=9&infoid=94&language=cn

- 據日本《中文導報》報導，歷時3年的艱辛訴訟，迎來了公平正義的判決。5月25日，日本仙台地方法院對華人小野一家控告三井不動產所建樓房存在化學污染，要求退房並賠償一案做出判決，認定三井不動產所建樓房的確存在化學污染問題，對小野家人身體造成損害，支持小野一家的訴訟請求，命令整理相關損害賠償金額，定於7月6日作出賠償判決。
- 1999年10月，家住仙台的華人小野女士一家，與三井不動產簽定了購房合同，以2,210萬日元的價格買下一套70平米的3LDK樓房住宅。不料從此禍從天降。自從2000年3月20日入住新居以來，一家三口屢屢感到身體疲憊，精神不振，疾病頻發，記憶力嚴重衰退等等症狀迭出。後經醫生鑒定，發現新居建材含有毒化學物質嚴重超標，小野一家因化學材料過敏中毒，已患上了嚴重的"**化學污染房病**"，很有可能一生都會深受其害，難以治癒。
- 小野一家深感震驚，不得不搬出新居，並於2004年8月正式向仙台地方法院起訴，把三井不動產告上了法庭，要求**解除購房合同**，**除討還2210萬日元購房金**，**另追討2000萬日元的賠償金**。
- 華人小野一家開啟了仙台地區"化學污染房"訴訟的先河，整個過程異常艱難。
- 為了取證，小野夫婦請求仙台市泉區保健福祉中心衛生課為房屋作了檢查。結果顯示，室內空氣污染度高，與國家規定標準值嚴重不符。衛生課還向他們推薦了專業檢測機構。2004年7月，小野一家又拿到了專業化學物質測定報告。報告顯示，建材原因致使室內空氣中有毒化學物質過量。按國家規定標準值，室內空氣含甲醛濃度應為100，而新居室內的甲醛濃度高達148。空氣污染，嚴重毒害人體。由於三井不動產種種說辭拒絕承認污染責任，2006年7月，在小野一家搬出房屋3年後，法院再次組織雙方律師到場，指定由東北大學環境工學部的國際知名專家對房屋進行化學物質測定，測定結果與3年前基本相同。至此，三井不動產不得不低下了頭。
- 此前，神奈川縣地裁舉行過日本首次"化學污染房"案判決。但本次審理"化學污染房"造成的人身傷害賠償，在日本還是首次。
- 3年前，仙台市醫院曾診斷認定，小野一家三口均患上了"化學污染房病"。為了作更精確檢查，醫生推薦他們又來到東京，到日本最權威的化學物質檢查治療醫院——東京北裡研究所醫院，接受了宮田幹夫教授檢查。老教授的診斷結果顯示，夫婦兩人已患"化學污染房病"，**治療費用每天就需7-8萬日元**，**還需大量的時間和輔助條件**，**更可能一生都難以治癒**。此次應法庭要求，小野一家於6月14日再次來到東京北裡研究所進行身體檢查，由專家提出權威的賠償額度，供法庭參考。

124

◆中國大陸室內裝飾協會環境監測中心：大陸每年由於室內空氣污染引起死亡111,000人(2002/10) 。

◆北京市辦公場所室內空氣抽樣檢測：氨、甲醛、臭氧的超標準比率分別為：81%、42%以及50%。

◆中國兒童衛生保健疾病防治指導中心於首屆「中國室內環境污染與兒童身體健康研討會」上指出：大陸每年約210萬名兒童因裝修污染引起上呼吸道感染致死，其中100多萬五歲以下兒童的死因和室內空氣污染有關(五歲以下兒童病患半數以上家庭在半年內裝修過)。

◆中國室內裝飾協會環境監測中心指出，室內環境污染造成兒童傷害主要有：誘發兒童血液性疾病、增加兒童哮喘病發病率、造成新生兒先天性異常、引發新生兒心臟病、降低兒童智力等(2003/8/22) 。

◆**2002/8北京市民李發君之妻朱繼榮買新車上下班，9月底發現身上有大量出血點，10月醫院診斷白血病，治療5個月後宣告治療無效病逝。由於苯中毒可導致白血病，朱繼榮也是買車後才出現病症，於是李發君在中國室內裝飾協會下屬室內環境監測中心檢測車內空氣，確認車內苯超標，認為罪魁禍首就是這輛新車，李將該車的汽車銷售公司告上法庭。**(摘自：http://www4. chinesenewsnet.com/MainNews/SocDigest/Health/2004_04_07_23_06_55_681.html.)

125

圖4.1　因應不良空氣品質的危害推動室內空氣品質管理的立法

126

- 繼韓國(1996年)之後成為全世界第二個強制立法管理的地區(台灣「室內空氣品質管理法」已於2011年11月23日以總統華總一義字第10000259721號令公布，並於2012年11月23日正式上路實施)。
- 空氣品質的管理由室外延伸至室內，在空氣污染防制史上具有里程碑的劃時代意義。
- 所有公共與公眾場所全面強制性列管並應符合室內空氣品質標準(除了私人的居家建築物與空間外，幾乎所有的建築物均納管)。
- 管制的空間除各類型的建築物外更擴及交通運輸空間(車廂及車站)。
- 係台灣環境資源部近五年來唯一新制定並通過的環保法令，其重要性與對社會各界的衝擊不言可喻。建築醫生(building doctors)、病態建築診斷技術(sick building diagnostics)、各種室內空氣品質淨化產品與技術等將成為未來炙手可熱的新興環保行業。
- 符合WHO以及歐美日等先進國家追求「呼吸權(The Right to Healthy Indoor Air)」以及「免疫建築(immune building)」與「健康建築(healthy building)」的發展趨勢。

127

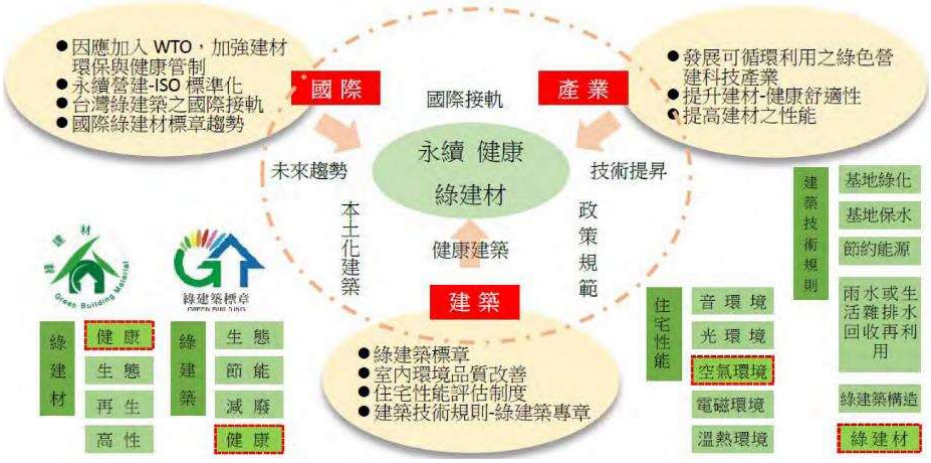


圖4.2 我國健康建築管理制度與產業之架構

128

Thank You !
室內空氣污染物的類型、來源與健康效應
講員：許金玉博士／明志科技大學環安衛系
通訊地址：243新北市泰山區貴子里工專路84號
聯絡電話：(02)2908-9899 # 4419 或 0979-334-036
電子信箱：gracecyhsu@mail.mcut.edu.tw
129