

室內空氣品質自主管理說明



永續環境暨先進遙測研究中心

許逸群 教授/主任



簡報
大綱

01

室內空氣品質法規與自主管理

02

室內空氣品質污染源及改善措施

03

校園室內空氣品質常見問題

04

校園室內空氣品質改善案例分享

室內空氣品質法規與自主管理

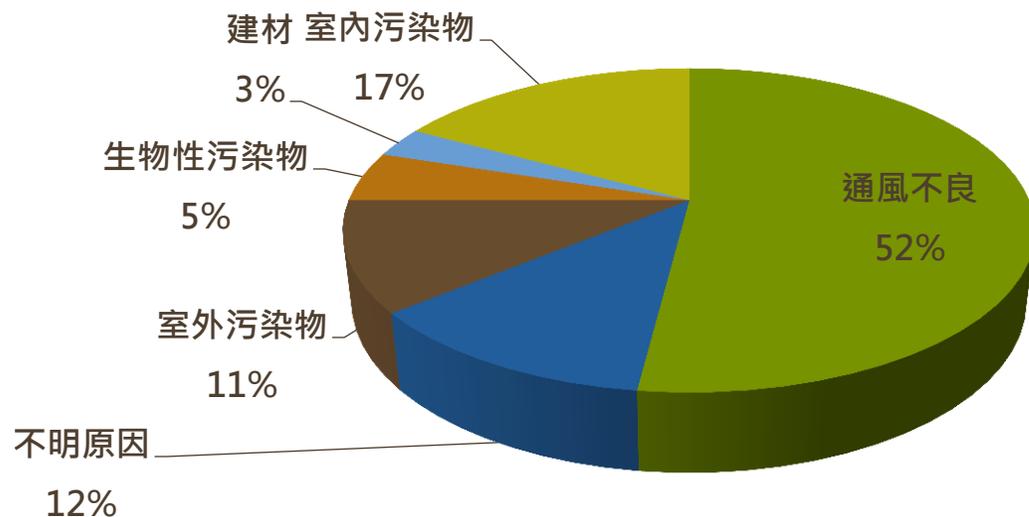
前言

- 每人每天約有**90%**以上的時間處於室內環境。
- 室外的污染物亦會影響室內空氣品質，包括戶外汽機車、工廠排放廢氣、商家油煙等。
- 室內空氣品質良窳，直接影響**工作品質及學習效率**。
- 室內空氣品質對於經常在室內的**兒童、孕婦、老人和慢性病人**更是特別重要。



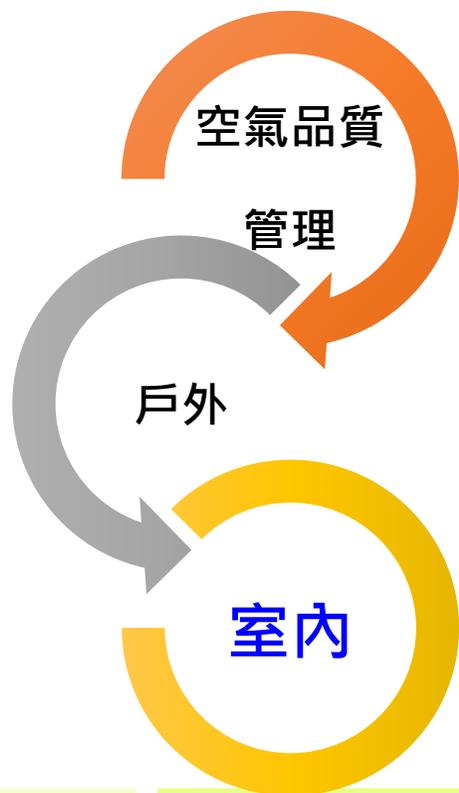
室內空氣污染物來源之分類

- 根據行政院環境保護署「室內空氣品質資訊網」，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。



空氣品質管理：由戶外走向室內

- **室內空氣品質管理法**於100年11月23日經奉總統公布，自公布後1年施行(101年11月23日)。
- 繼韓國(85年)之後成為**全世界第二個立法管理**的地區。
- 依母法授權，已訂定發布**配套法規命令及第一批、第二批**適用對象。
- 管制的空間除各類型的建築物室內空間，更擴及**交通運輸所屬車站大廳**空間。



室內空氣品質
Indoor Air Quality

空氣品質的管理由室外擴展至室內
---具里程碑的劃時代意義

室內空氣品質法推動概況

大專院校、圖書館、醫療、社福機構、政府機關辦公場所、鐵路、民用航空站、大眾捷運系統、展覽室、百貨量販商場 (10類型)

擴增第一批公告類型
對象及管制區域



博物館、美術館、金融機構、電影院、視聽歌唱業、表演廳、健身場所 (16類型)

106.01.11

103.01.23

101.11.23

100.11.23

公布「室內空氣品質管理法」

正式實施「室內空氣品質管理法」

公告「應符合室內空氣品質管理法之第一批公告場所」

公告「應符合室內空氣品質管理法之第二批公告場所」

室內空氣品質管理法第6條

- 公私場所經中央主管機關依其場所之**公眾聚集量、進出量、室內空氣污染物危害風險程度及場所之特殊需求**，予以綜合考量後，經逐批公告者，其室內場所為本法之公告場所：

逐批公告原則

- ✓ 由規模大至規模小
- ✓ 由公務機關至私人場所
- ✓ 由大眾聚集場所至敏感族群使用場所

逐批列管之特定場所分類

- 高中以下學校
- 大專校院、圖書館、博物館、美術館、補習班
- 醫療、護理機構及社福機構
- 政府機關及公民營企業辦公場所
- 鐵路、航空、捷運及客運
- 金融機構、郵局及電信事業
- 供體育、運動或健身場所
- 教室、圖書室、實驗室、表演廳、禮堂、展覽室、會議廳(室)
- 歌劇院、電影院、視聽歌唱業、資訊休閒業
- 旅館、商場、市場、餐飲店

應符合室內空氣品質管理法之公告場所

場所類別	管制規模	管制室內場所	管制室內空氣污染物項目
大專院校	國立、直轄市、縣(市)立、私立	圖書館閱覽區、自修區、入館服務大廳	CO ₂ 、甲醛、細菌、PM ₁₀
圖書館	樓地板面積1,000m ² 以上	圖書館閱覽區、自修區、入館服務大廳	CO ₂ 、甲醛、細菌、PM ₁₀
<u>博物館 美術館</u>	樓地板面積2,000m ² 以上	陳列展示室及入出口服務大廳	CO ₂ 、甲醛、細菌、PM ₁₀
醫療機關	醫學中心、區域醫院	掛號、候診、批價、領藥、大廳、自助餐飲區	CO、CO ₂ 、甲醛、細菌、PM ₁₀
老人福利機構	衛生福利部及直轄市、縣(市)立	老人日常活動場所區域	CO、CO ₂ 、甲醛、細菌、PM ₁₀
政府機關	行政院暨所屬二級機關或獨立機關	民眾申辦業務區及入出口服務大廳	CO ₂ 、甲醛、PM ₁₀
鐵路車站	台鐵特等及一等站、高鐵各車站	票務及候車之車站大廳	CO、CO ₂ 、甲醛、PM ₁₀
航空站	年旅客數100萬人次以上	報到大廳、到站大廳	CO ₂ 、甲醛、細菌、PM ₁₀
大眾捷運車站	樓地板面積10,000m ² 以上 或年出站1千萬人次以上	車站大廳、穿堂或通道、旅客詢問售票驗票區	CO、CO ₂ 、甲醛
<u>金融機構</u>	總行營業部	申辦金融業務區、等候區及入出口服務大廳	CO ₂ 、甲醛、PM ₁₀
<u>表演廳</u>	國家級表演中心、音樂廳、戲(歌)劇院	觀賞表演區、陳列展示區及入出口服務大廳	CO ₂ 、甲醛、細菌、PM ₁₀
<u>展覽室</u>	樓地板面積5,000m ² 以上	交易攤位展示廳(間)、會議廳(室)	CO ₂ 、甲醛、PM ₁₀
<u>電影院</u>	樓地板面積1,500m ² 以上	觀賞電影區(間)、等候區及入出口服務大廳	CO、CO ₂ 、甲醛、PM ₁₀
<u>視聽歌唱業</u>	樓地板面積600m ² 以上	民眾等候區及入出口服務大廳	CO、CO ₂ 、甲醛、PM ₁₀
商場	量販店業 3,000m ² 以上	入場大廳、商品櫃區、自助座位餐飲區、通道	CO、CO ₂ 、甲醛、PM ₁₀
<u>運動健身場所</u>	樓地板面積2,000m ² 以上	民眾運動健身區及入出口服務大廳	CO ₂ 、甲醛、細菌、PM ₁₀

環保署未來管制重點場所

大型場所執行列管，小型場所進行宣導

➤ 環保署歷年要求地方環保局調查名單

102年：幼兒園、社會福利機構

103年：電影院、補習班、KTV、健身房、游泳池

104年：青少年育樂中心、銀行、電信公司、旅館

105年：護理之家、產後護理機構、證券公司營業場所、會議廳(室)

106年：幼兒園、使用明火之餐飲業、量販店業

107年：親子館、公辦民營托嬰中心、觀光工廠

108年：民營健身中心(面積2000m²以下)、托嬰中心、公辦公營及公辦民營之地下室內停車場

★ 109年環保署調查名單為：公立國民中小學、公立幼兒園



室內空氣品質管理及維護

1

自主管理

- 維護管理專責人員
參閱室內空氣品質維護管理專責人員設置管理辦法
(105.08.11.訂定)
- 維護管理計畫
參閱行政院環保署室內空氣品質維護管理計畫文件
(105年6月修訂版)

2

空品檢測

- 室內空品檢驗測定
參閱室內空氣品質檢驗測定管理辦法 (101.11.23.訂定)
- 自動監測
安裝自動監測儀即時得知空氣品質之變化

3

污染源診斷

- 尋找污染來源(根源)
- 專家學者診斷

4

改善控制

- **源頭減量**：建築裝潢、綠建築/綠建材
- **通風換氣**：空調設備
- **空氣清淨**：防制設備

室內空品改善方案與解決對策關聯



室內空氣污染控制方法

依優先順序為：

- 1 建築裝潢設計
 - 2 源頭減量管制
 - 3 加強通風換氣
 - 4 空氣清淨設施
 - 5 其他配合措施
- 治本
- 治標

設計、管理、矯正



國外校園IAQ自主管理經驗

US.EPA,2000

美國環境保護署(U.S. Environmental Protection Agency · U.S.EPA) 制定校園室內空氣品質TfS (Tools for Schools)計畫。

Authority of the Minister of Health, 2003

加拿大校園IAQ自主管理 (Tools for Schools Action Kit for Canadian Schools)制度校園室內空氣品質自主管理查核表 (Checklist)，包括空氣系統查核表、教室設備系統查檢表、及活動行為查核，並針對學校學童之健康狀況進行健康查核。

Korea, Heekwan Lee,2005

針對校園室內空氣品質管理，探討校園室內場所的特性。依據校園IAQ的三個重要因素，包括室內建築建造方面、使用設備、與人員活動三方面，說明校園室內空氣品質管理改善策略。

① 透過採取自願性自主管理

② 減少教師及學童暴露於有害環境

③ 防止室內空氣污染問題

校園室內空氣改善方法



1. 建立自主管理機制

■ 場所自主評估及**定期檢查室內空氣品質狀況**、**維護空調通風設備**並**規劃相關改善措施**，藉由室內空氣品質維護管理提升場所使用人員之健康活動空間。

■ 可參考行政院環保署公布**室內空氣品質維護管理計畫書**之內容

- (一) 室內環境與空調設備維護管理
- (二) 冷卻水塔與外氣系統維護管理
- (三) 空調送風系統維護保養

項目	查核項目	建議檢視週期
1	室內環境與空調設備維護管理	每3個月施行
2	冷卻水塔與外氣系統維護管理	每3個月施行
3	空調送風系統(含風管)維護保養	視維護項目每6個月或1年施行

八、室內空氣品質維護規劃及管理措施表：(一)室內環境與空調設備維護管理

建築物名稱：_____

樓層範圍：_____

工作項目	是	否	檢視日期	備註
1. 室內環境維護管理				
(1) 室內環境是否清潔、地面是否無積水				
(2) 室內地面、牆面、天花板是否無水漬				
(3) 窗戶及其周圍環境是否無積水及水漬				
(4) 窗戶是否可正常開啟				
(5) 揮發性溶劑是否貯存良好或密封				
2. 室內空調送風設備維護管理				
(1) 室內之外氣或換氣口是否正常供風或排風				
(2) 空調出風與回風口是否保持清潔且無水漬				
(3) 空調回風口鄰近區域是否無堆置物品或垃圾				
(4) 空調出風口、回風口是否無異音				
(5) 空調系統過濾網是否乾燥、清潔				
(6) 空調系統過濾網是否無破損或鏽蝕				
(7) 空調系統風扇機組是否無鏽蝕或髒污				
(8) 空調系統內部設備是否乾淨、排水功能正常				
(9) 空調系統機械運轉是否無異音				

校園室內空氣改善方法

2. 裝設連續監測設備

- 即時掌握場所營運期間室內空氣品質
- 可視室內監測即時數值，**搭配空調系統管理，以改善室內空氣品質。**
- 瞭解場所人潮高峰期室內空品狀況並加以改善。

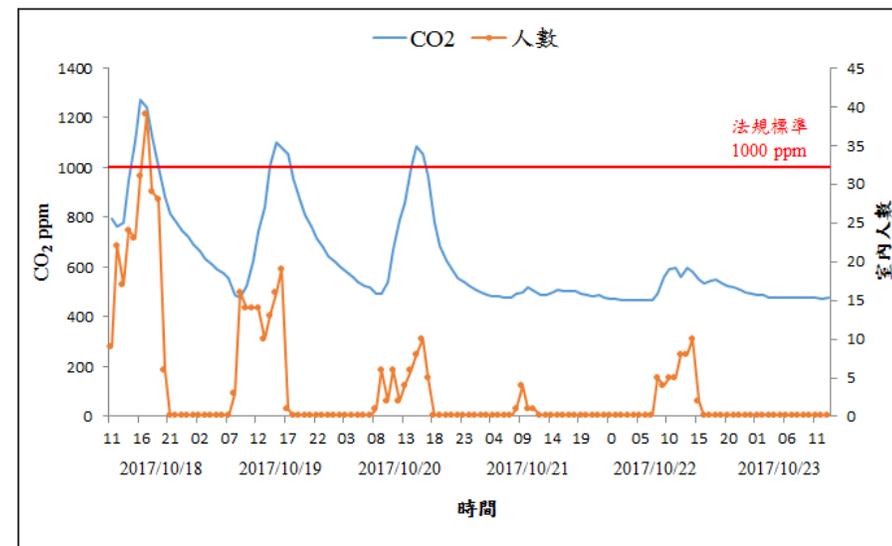
找出問題點
改善室內空品



自動監測設備



連動空調設備引入外氣



校園室內空氣改善方法



3. 裝設新風換氣系統

- 利用機械動力，將室外空氣淨化後引入室內，將室內污濁空氣排出室外。
- 同時淨化室內空氣和增加通風換氣

4. 設置綠牆、綠籬

- 吸收空氣污染物，改善室內與室外空間之空氣品質。
- 減緩落塵等環境污染



新風系統設備



室內空氣品質污染源及改善措施

室內空氣污染物來源/危害

➤ 二氧化碳 CO₂

- 一、**二氧化碳簡介**：室內人員密度過高或換氣效率不佳時，容易造成二氧化碳濃度累積，進而發生超過標準值之可能性。
- 二、**可能的污染來源**：木炭、柴火、煤油、瓦斯、炒菜、暖氣、蚊香、拜香、蠟燭、抽菸、人員密集等。
- 三、**可能危害**：心跳增加、頭暈、失去方向感、視覺扭曲、呼吸困難、噁心、嘔吐、精神恍惚、聽力喪失、失去知覺、痙攣。



室內空氣污染物來源/危害

➤ 一氧化碳 CO

- 一、**一氧化碳簡介**：一氧化碳是**含碳物質不完全燃燒的產物**。室外空氣污染中的一氧化碳主要來自於機動車輛的引擎，室內一氧化碳的來源主要來自於吸菸及其他燃燒不完全的現象。
- 二、**可能的污染來源**：例如瓦斯、香菸、煤炭、蚊香等不完全燃燒現象。另外，外氣的汽車排放進入室內也是重要的污染來源。
- 三、**可能危害**：頭痛、頭暈、噁心、嘔吐、疲勞、虛弱，嚴重者視網膜出血、損害心臟及中樞系統、胎兒畸形等。



室內空氣污染物來源/危害

➤ 甲醛 HCHO

- 一、**甲醛簡介**：甲醛樹脂被用於各種建材，甲醛樹脂會持續放出甲醛，因此**甲醛成為常見的室內空氣污染之一**。甲醛一般會從源頭慢慢釋出，新製產品在最初數月內所釋出的甲醛量最高。
- 二、**可能的污染來源**：例如粉刷油漆，建築材料則包含毛毯、隔熱材料、木製製產品、地板、裝修和裝飾材料。
- 三、**可能危害**：對皮膚及黏膜有刺激性作用，比如咽喉和眼睛鼻腔等，造成這些位置水腫，發炎、潰爛。皮膚可能出現過敏現象，嚴重者甚至會導致肝炎、肺炎及腎臟損害。



枫木-29.jpg



枫木-30.jpg



枫木-31.jpg



枫木-36.jpg



枫木-37.jpg



枫木-38.jpg



室內空氣污染物來源/危害

➤ 總揮發性有機化合物 TVOC

- 一、**TVOC簡介**：室內VOCs以甲醛、苯、甲苯、二甲苯、三氯甲等為主，少數VOCs個別物種具臭味，為民眾陳情主因。
- 二、**可能的污染來源**：室內則主要來自燃煤和天燃氣等燃燒產物、吸煙、採暖和烹調等的煙霧，建築和裝飾材料，傢俱，家用電器，家具、清潔劑和人體本身的排放等。
- 三、**可能危害**：TVOC能引起身體機能之免疫水準失調，影響中樞神經系統功能，出現頭暈、頭痛、嗜睡、無力、胸悶等自覺症狀。



室內空氣污染物來源/危害

➤ 細菌 Bacteria

- 一、**細菌簡介**：透過通風系統散播，存在於空氣中，在潮濕及通風差的地方滋生。
- 二、**可能的污染來源**：**空調或地毯**等經震動而飛揚的細菌或塵蟎屬空氣傳染，人與人間屬飛沫傳染，大多數是危害呼吸道為主，其中更以醫院最為嚴重。另外，**冷氣機托盤的積水及冷氣機隔塵網的塵埃**均是細菌的來源。
- 三、**可能危害**：一般細菌成為病原體，導致破傷風、傷寒、肺炎、梅毒、霍亂、肺結核、食物中毒。



室內空氣污染物來源/危害

➤ 真菌 Fungi

- 一、**真菌簡介**：潮濕炎熱的環境常使建築物滋生不同的真菌，過去研究發現室內滋生黴菌時的黴菌濃度可能高於室外十倍。
- 二、**可能的污染來源**：真菌在室內常附著在物體表面，能自動或隨人的活動而擴散。如果長期使用空調而不注意通風，可引起室內真菌污染。**室內真菌可在衣物、皮革、家具、儀器、家電等表面大量生長繁殖。**
- 三、**可能危害**：吸呼吸道過敏症狀，輕者鼻塞、流鼻涕、打噴嚏、重者呼吸困難，喘息不止。患者一旦發病往往經年不愈，日久可造成鼻息肉、肺氣腫、肺心病等。



室內空氣污染物來源/危害

➤ 懸浮微粒 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$

- 一、**懸浮微粒簡介**：懸浮微粒有的本身就是有害物質，有的本身會吸附溶解其他有害物。相較於一般的懸浮微粒(PM_{10})，**細懸浮微粒($PM_{2.5}$)**對人體健康危害最大。
- 二、**可能的污染來源**：主要來自如硫酸銨鹽、硝酸鹽等氣狀污染物及**機動車輛的排氣**等，另外，印表機碳粉也是污染源。
- 三、**可能危害**：對呼吸道產生危害，包含口、鼻、咽、喉、支氣管區與肺泡區。會發生呼吸短促、胸悶、發炎、過敏等症狀，導致疾病如**矽肺症**、**石棉肺**、貧血、不孕等。



室內空氣污染物來源/危害

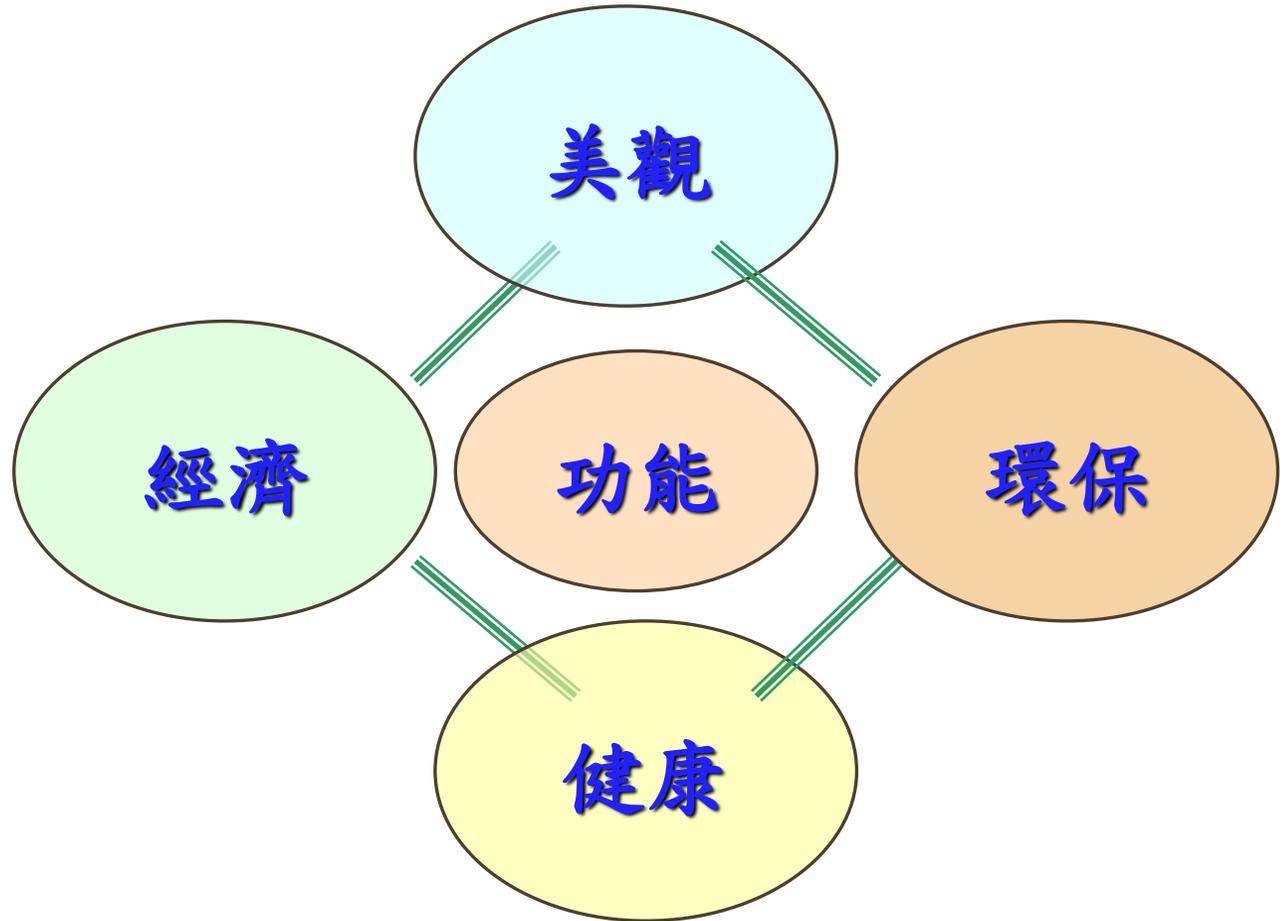
➤ 臭氧 O₃

- 一、**臭氧簡介**：由NO_x、反應性碳氫化合物VOCs、照射日光後產生之二次污染物。都市最主要的空氣污染物。
- 二、**可能的污染來源**：空氣清淨機、影印機、傳真機、電腦...等。
- 三、**可能危害**：刺激和損害深部呼吸道，並可損害中樞神經系統，對眼睛有輕度的刺激作用。臭氧還能阻礙血液輸氧功能，造成組織缺氧；使甲狀腺功能受損、骨骼鈣化，還可引起潛在性的全身影響，如誘發淋巴細胞染色體畸變。



建築裝潢設計

- 新建築或新裝修工程在設計階段，除了考量**節能**、**省水**、**採光**等綠建築環保要求外，亦應**考量降低室內污染**
- 避免使用含石綿建材、避免室內花崗岩石材(釋放氡)

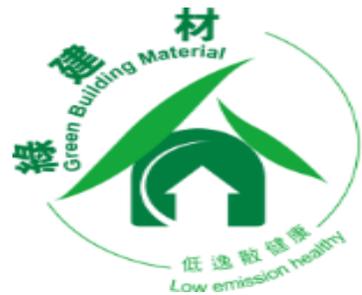


建築裝潢選擇綠建材

1. 綠材料概念於1988年第一屆國際材料科學研究會上首次提出。
2. 1992年國際學術界為綠建材下定義：
在原料採取、產品製造、應用過程和使用以後的再生利用循環中，對地球環境負荷最小、對人類身體健康無害的材料，稱為綠建材。

低逸散健康 Healthy

綠建材標章



低逸散健康綠建材

即對人體健康不會造成危害的建材。即為**低逸散、低污染、低臭氣、低生理危害特性**之建築材料。

再生 Recycling



再生綠建材

是利用回收之材料經由再製過程，所製成之最終建材產品，且符合**廢棄物減量 (Reduce) 再利用 (Reuse) 再循環 (Recycle)**

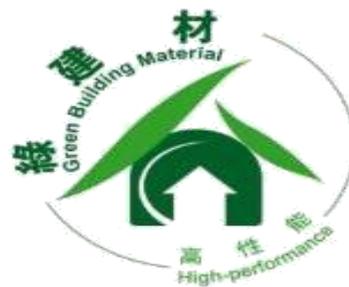
生態 Ecological



生態綠建材

即在建材生命週期中，屬**低加工低耗能**，易於天然分解，符合產業生態，或**無虞匱乏危機**之材料。

高性能 High-performance



高性能綠建材

高性能防音綠建材即是能有效防止噪音的建材。
高透水性綠建材為達到一定滲透力之建材或其整體構造達一定透水率之建材。

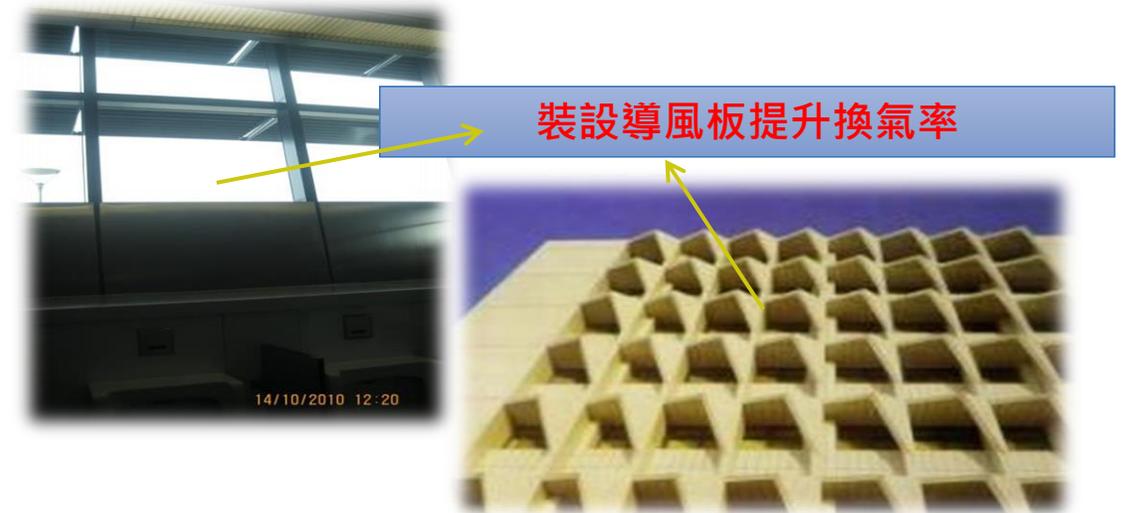
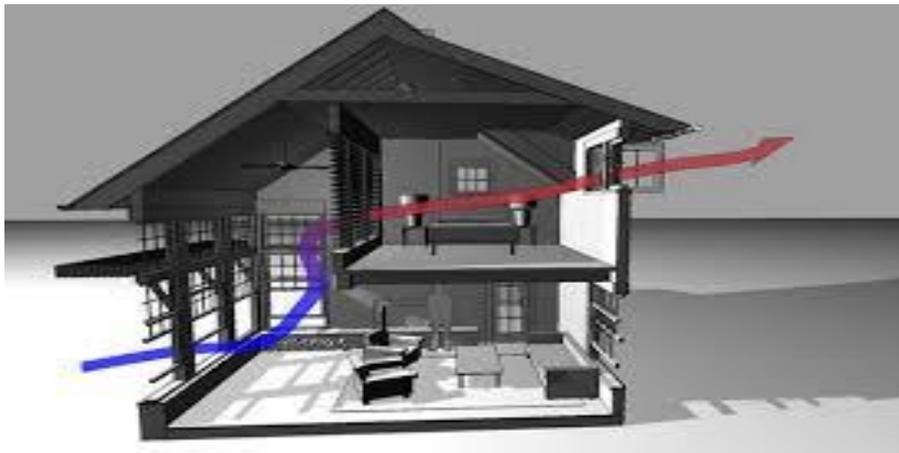
裝潢設計注意事項

- 避免過度裝修、過多傢俱、室內設計以簡潔大方為上
- 選擇低污染之傢俱、塗料、水性漆、植物漆
- 預先計算甲醛及VOC釋放量
- 裝修前事先購買材料。先放在戶外或陽台讓污染物逸散
- 動工時加強通風Flush-out，使污染得以大量逸散
- 裝潢完畢後加強通風後再入住。入住後加強通風至沒有味道為止



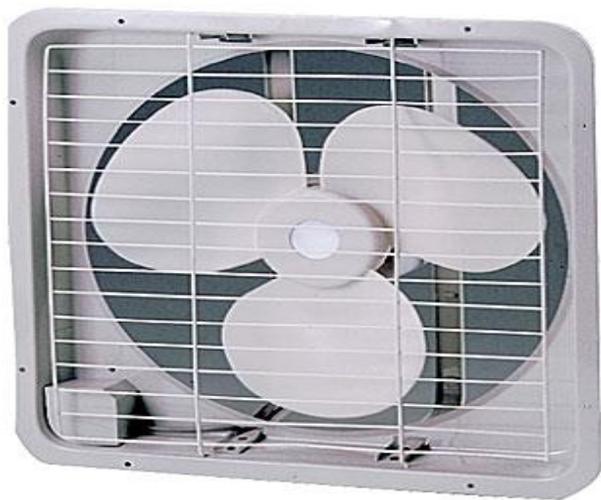
加強通風換氣-自然通風

在全球追求節能減碳的趨勢下，可優先考慮以自然通風為主，機械通風為輔。在臺灣，一年之中通常有數個月可利用自然通風（周伯丞，2000），這些時機主要分布於春、秋兩季，夏季因外部氣溫較高，自然通風的時機要更審慎考慮，必要時需輔以機械式空調系統進行通風換氣。



加強通風換氣-機械通風

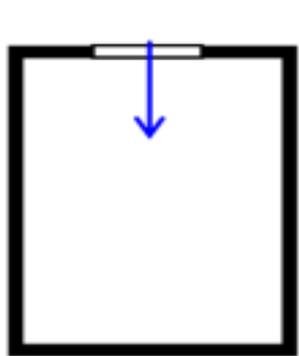
一般場所使用的空調系統(分離式、窗型、箱型冷氣機、中央空調)僅室內循環，
污染物易累積於室內而造成空氣品質不好。除搭配自然通風，可加裝機械通風(如
抽風扇、排放扇)引進室外新鮮空氣置換室內污染空氣，可有效降低室內污染物濃
度



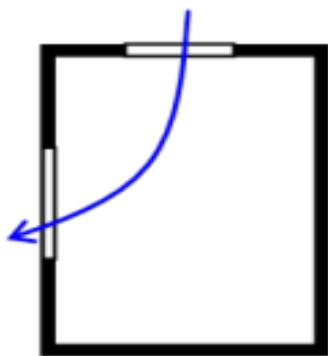
良好的建築空間格局與平面規劃

通風路徑的重要

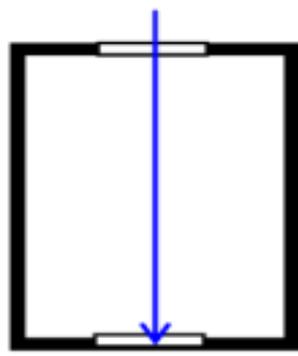
- 所謂通風路徑，一般來說，如圖所示可簡單分成單側開窗、相鄰側開窗及多側開窗方式。
- 前兩者(a、b)較難使新鮮外氣進入室內遠端而排除遠端的污染物；後兩者(c、d)可以使氣流以近似活塞流的方式將室內髒空氣推擠出去，而有較佳的空氣置換效率。



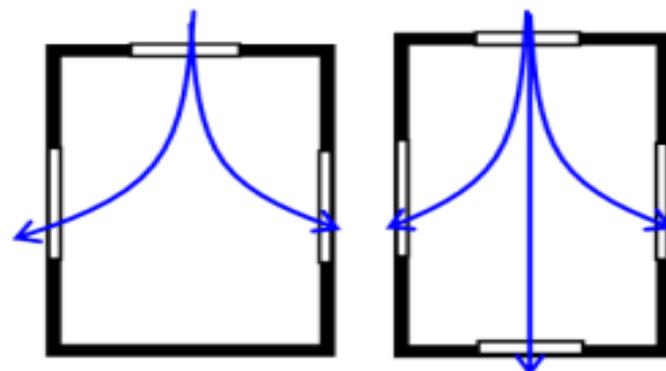
(a) 單側通風



(b) 相鄰側通風



(c) 相對側通風



(d) 多側通風路

不同類型之通風路徑 (內政部建築研究所，2007)

良好的建築空間格局與平面規劃

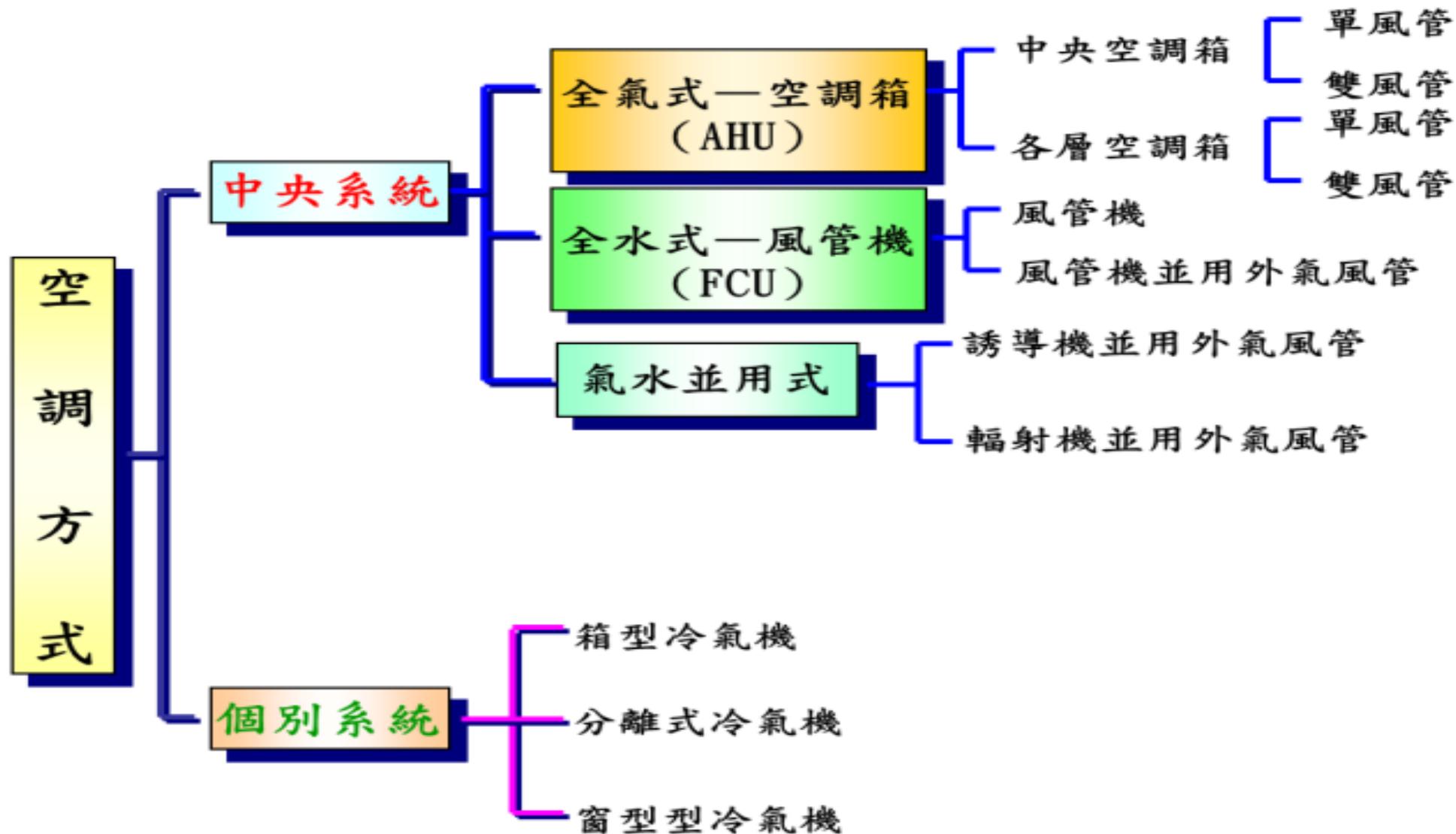
室內深度的通風有效距離

- 室內深度與通風路徑相關，通風路徑越佳，其室內深度越深。
- 若為**(a)單側或(b)相鄰側通風**路徑開窗之空間，建議室內室間深度設計，在**二點五倍**室內淨高以內較佳，若為**(c)相對側或(d)多側通風**路徑開窗之空間，室內室間深度設計在**五倍**室內淨高以內較佳。



室內深度之通風有效距離(內政部建築研究所.2007)

高效能空調系統與管線佈置型態



空氣清淨設施

- 由空氣清淨機**循環**過濾清除空氣中的**甲醛、一氧化碳、揮發性有機物及懸浮微粒**
 - 1) 過濾集塵型(須定期更換濾網)
 - 2) 活性炭吸附型(須定期更換濾材)
 - 3) 光觸媒型
 - 4) 負離子型
 - 5) 臭氧型(避免有人在時使用)
 - 6) 複合型



圖 3.1 活性炭空氣清淨機



圖 3.2 臭氧空氣清淨機



圖 3.3 負離子空氣清淨機



圖 3.4 光觸媒 A 空氣清淨機

空氣清淨技術室內污染物去除功能

空氣清淨技術室內污染物去除功能【劉、江,2000a】												
清淨技術	懸浮微粒				污染氣體				微生物			備註
	花粉	塵蟎	粉塵	香煙	煙臭	尿臭	有機氣體	燃燒產物	真菌	細菌	病毒	
初級濾網	○	○	△						△			僅能過濾可以目視大小之微粒
中級濾網	◎	○	○	△					○			懸浮微粒過濾效率80%
HEPA濾網	◎	◎	◎	○					◎	△		可過濾0.3 μm懸浮微粒效率達99.97%
ULPA濾網	◎	◎	◎	◎					◎	△		可過濾0.1 μm懸浮微粒效率達99.99997%

說明：◎非常有效 ○有效 △可能有效

- **HEPA**是High Efficiency Particulate Air Filters的簡寫，直譯為『高效率排放空氣』濾網，是為濾網所設定的一個空氣過濾效率的標準。
- **ULPA**是Ultra Low Penetration Air Filters的簡寫，**ULPA**是專門為精密藥物實驗室，或是半導體精密工廠，所設定的無塵室空氣過濾清淨系統用的濾紙，所用的衡量標準。

空氣清淨技術室內污染物去除功能

空氣清淨技術室內污染物去除功能【劉、江,2000a】

清淨技術	懸浮微粒				污染氣體				微生物			備註
	花粉	塵蟎	粉塵	香煙	煙臭	尿臭	有機氣體	燃燒產物	真菌	細菌	病毒	
靜電濾網	○	○	○	○					○	△		壓損小，對細微粒初期清淨效果佳，但濾網壽命短
靜電集塵	○	○	○	○					○	△		對細微粒特別有效，效果隨集塵板積塵而降低
負離子	○	○	○	○	△	△	△			△	△	作用範圍有限制，有污損機體和表面之可能
臭氧					△	○	○	○		○	○	作用範圍有限制，濃度太高時對身體有害
活性炭					◎	◎	◎	△				可吸附臭味，但要定期更換已飽和之濾網
光觸媒濾網					◎	◎	◎	○	△	◎	○	具同時除臭和滅菌功能，更換期限較長
化學濾網					△	○	○	△	△	△	△	具特定功能(如醫院消毒藥水)而製造的濾網

說明：◎非常有效 ○有效 △可能有效

空調風管清潔

空調風管清潔的重要性

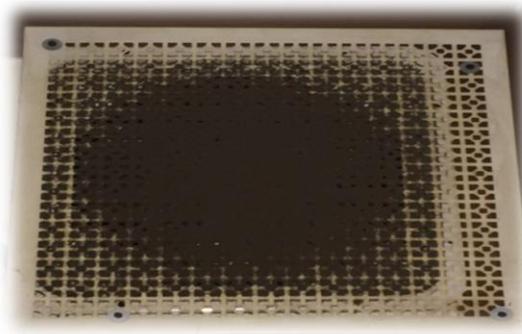
1. 確保室內空氣品質
2. 定期清洗風管可**延長空調系統的壽命**
3. 減少灰塵、節省能源和金錢

風管清潔效益

1. 降低粉塵污染
2. 減少微生物孳生
3. 改善空氣中的霉味
4. 降低交叉感染風險
5. 捍衛人員的健康
6. 提升空調設備效能
7. 節省耗電
8. 符合室內空氣品質管理法規

風管清潔方式

1. 深入風管內部及空調箱**清除粉塵及生物性污染物**。
2. 清洗完成後於風管內部及空調箱內部**塗抹抗菌劑**。
3. **裝設空氣防塵蟎抗菌過濾網**，攔阻有害物質。



回風口濾網積塵



乾淨的回風口

室內空氣污染物改善方式

室內空氣污染物	二氧化碳 CO ₂ (ppm)	一氧化碳 CO (ppm)	甲醛HCHO (ppm)	總揮發性有機 化合TVOC (ppm)	細菌 Bacteria (CFU/m ³)	真菌 Fungi (CFU/m ³)	懸浮微粒 PM ₁₀ (µg/m ³)	懸浮微粒 PM _{2.5} (µg/m ³)	臭氧 O ₃ (ppm)
室內空氣品質改善方式(改善項目√)									
移除、修改 污染源		√	√	√	√	√			√
行為管制	√	√		√	√	√	√	√	√
植栽	√		√	√			√	√	
綠色採購			√	√					
自然通風	√	√	√	√					√
強制通風	√	√	√	√			√		√
風管清潔							√	√	
溫濕度調控			√	√	√	√			

資料來源：國立台北科技大學室內環境品質研究中心 曾昭衡教授

校園室內空氣品質常見問題

校園空氣品質之污染問題

- 幼兒園及國小校園中室內空氣污染物以 CO_2 及 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 為大宗，以秋冬兩季為污染較嚴重。
- 教室內逸散性空氣污染物（甲醛及VOCs）之來源如木製課桌椅或置物櫃、未使用「環保標章」認證之教具及室內裝修之油漆塗料等。
- 現今我國多數幼兒園及國小多採用分離式空調系統或窗型冷氣，僅室內循環未引入外氣，導致污染物產生後易累積而造成空氣品質不佳。
- 教室內使用黑板及粉筆與懸浮微粒(PM_{10})有關，以黑板周圍1公尺內之污染程度最嚴重。



校園空氣品質之污染問題

室內空氣品質訪查-常見不良原因



室外裸露地，6%



窗簾髒汙，1%



教室內髒亂，22%

吊扇葉片髒汙，30%

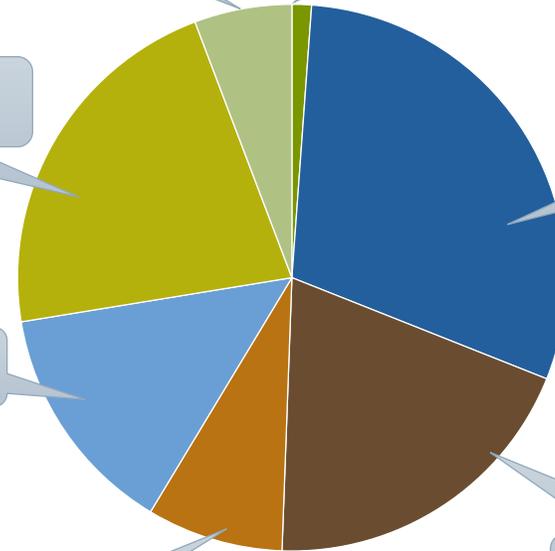


垃圾桶未加蓋，14%

壁癌，19%



天花板水漬，8%



1.換氣不良

(1)室內人數太多



(2)室內空間較小



(3)教室內無對外窗戶



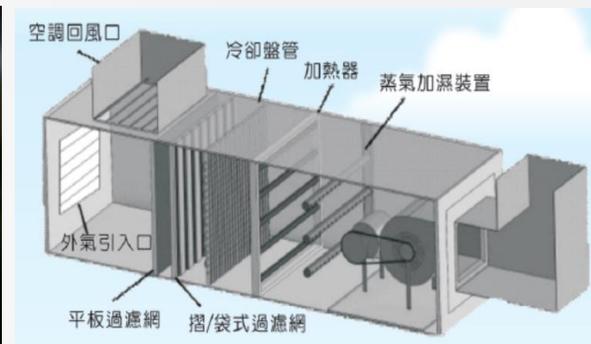
1.換氣不良

(4)室內空調無外氣引入功能

無外氣引入之內循環空調系統



有外氣之空調系統



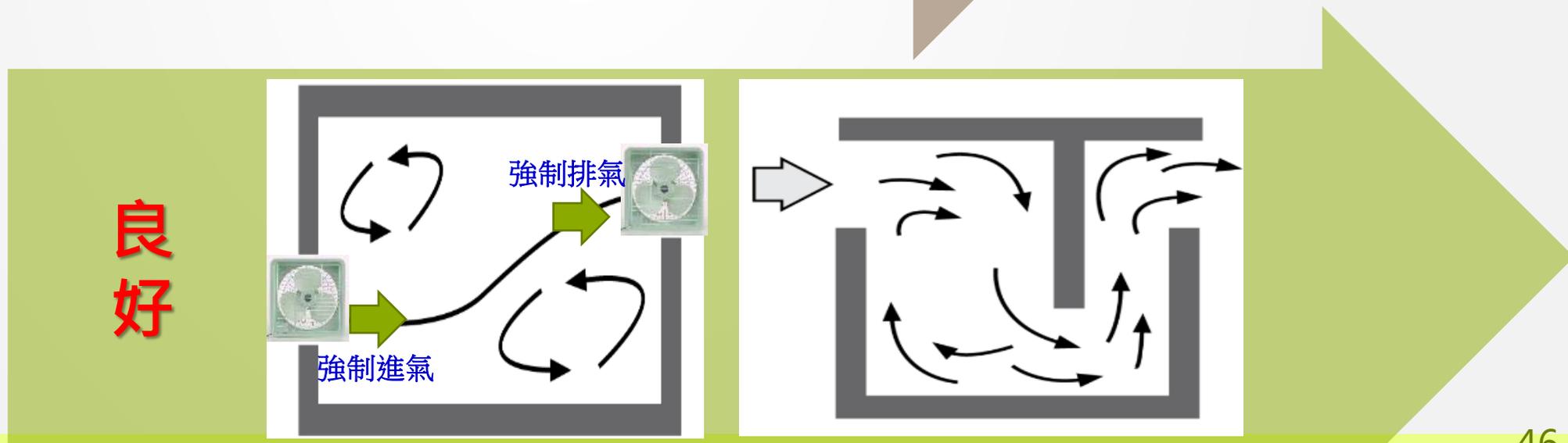
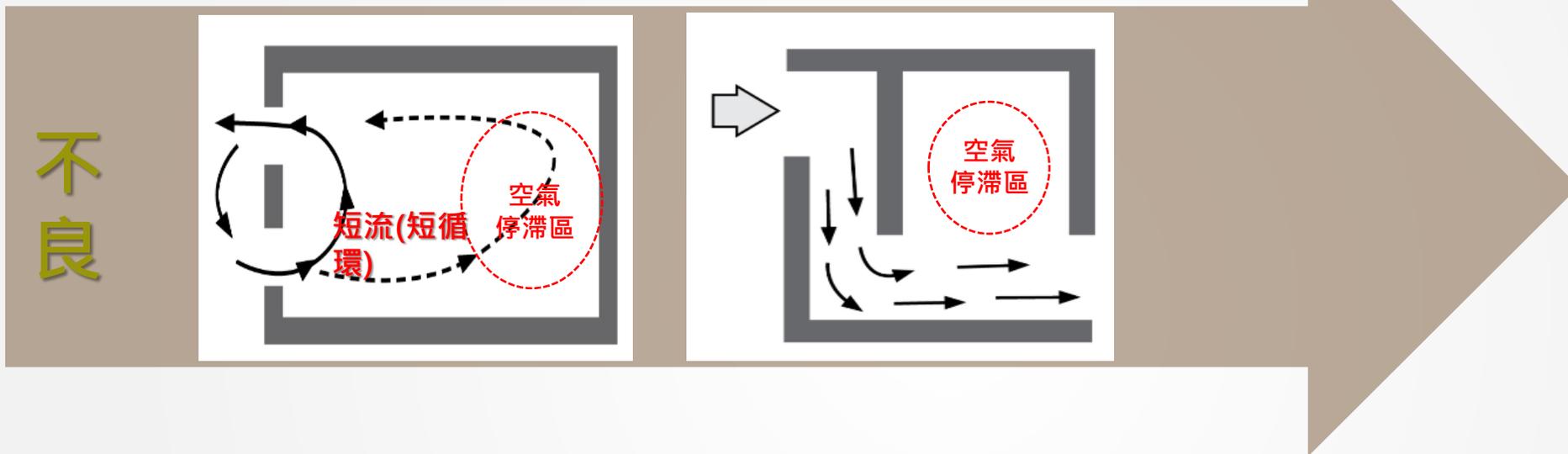
預冷空調箱或中央空調
(大型密閉式空間建議使用)



全熱交換器
(小型密閉式空間建議使用)

1.換氣不良

(5)通風效率不佳



2.室內過度裝修或過度擁擠

(1)大量使用油漆、貼皮家具及地板



(2)雜物過多空間壅塞不堪



3. 教室內常見問題

(1) 使用具揮發性味道之黏膠、黏土、教具、白板筆



使用時室內須保持通風
使用完請置於室外展示



3. 教室內常見問題

(2) 潮濕發霉問題

- a. 牆壁、屋頂、窗台或梯腳板漏水
- b. 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



4. 教室外常見問題

(1) 室內燃燒行為

(如：烹飪、燒香、點蠟燭等)



(2) 停車場汽機車廢氣



(3) 來自室外的干擾

(如：交通要道、營建工地、天氣因素等)



(4) 周邊燃燒源

(如：露天燃燒或周邊工廠排放)



5. 校園輔導改善



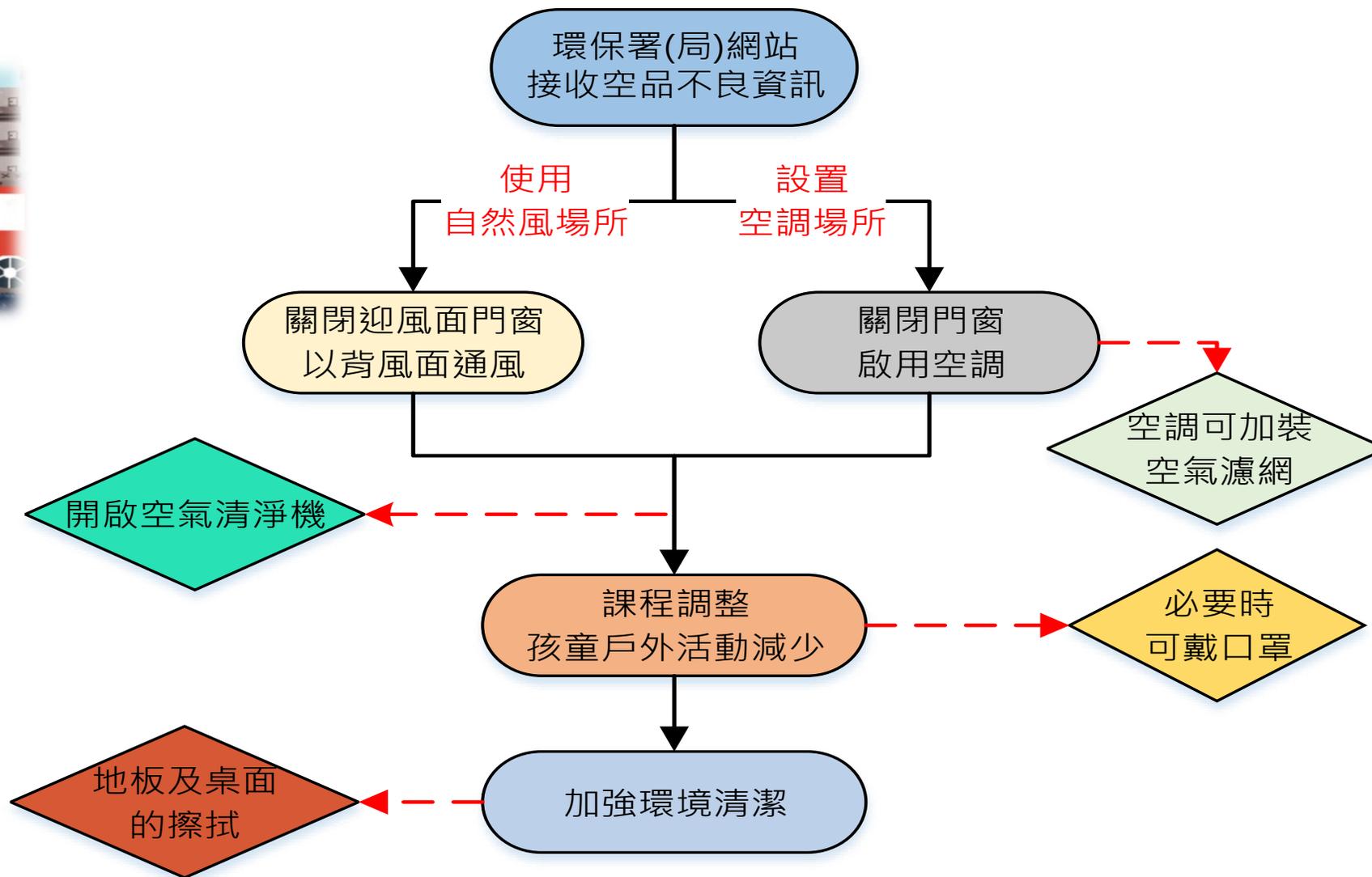
	問題點	改善建議
<u>一般環境事項：</u>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 教室吊扇積灰多，易孳生細、真菌。 2. 燈座燈具上方積灰、置物櫃上方積灰甚多。 3. 若有粉筆的使用，筆灰的清理應留意。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 在適當安全防護下，用濕布擦拭吊扇切風面將積灰清除。 2. 燈具、置物櫃上方積灰，建議每月或每學期至少安排兩次用濕布擦拭。 3. 若有粉筆的使用，筆灰的清理宜在室外，筆灰溝槽用濕布擦除。
<u>污染物潛在來源：</u>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 室外裸露地，在起風時易有揚塵飄散入教室。 2. 室內PM₁₀及PM_{2.5}較戶外高出甚多，代表室內存在諸多微粒來源。 3. 部分牆面壁癌嚴重，此處是黴菌(真菌)孳生之處。 4. 垃圾桶應常保持關上的狀態。 5. 打掃工具如竹式掃帚或塑膠髮式掃帚為灰塵帶入的原因之一。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 裸露地可再植披或定時灑水。 2. 教室普遍可視灰塵與積灰甚多，應先經過完整濕布擦拭及濕拖地。 3. 委請廠商找出漏滲問題後再塗漆，非僅再次刮除壁癌直接又再上漆，未解決壁癌問題本質。 4. 打掃工具宜在打掃後先以清水洗過，再行乾燥後放置教室但放置室外保管較為適宜。
<u>機械通風及空調系統：</u>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冷氣為內循環系統。 2. 未有引入外氣的設計，易造成室內通風不良，CO₂濃度偏高，影響學童學習成效。 3. 濾網應定期清理。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可在兩對側邊窗各開約一拳頭寬度(約5~8 cm)的門縫，採氣流自然引入排出的方式，引入新鮮外氣，但應有紗窗減少蚊蟲入內，並降低CO₂濃度，提高學童學習成效。 2. 濾網清理建議每月或每學期至少安排兩次。

戶外空品不良應變措施

- 每年**11月至隔年3月**受東北季風影響**為戶外空品不良好發季節**。
- 細懸浮微粒會**夾帶其他污染物**，進入呼吸道**影響人體健康**。
- 當戶外空品不良時，**室內就是最好的庇護所**。
- 室內空氣品質的維護就顯的特別重要！



戶外空品不良應變措施



空氣品質指標(AQI)與活動建議

空氣品質指標 (AQI)	0 ~ 50	51 ~ 100	101 ~ 150	151 ~ 200	201 ~ 300	301 ~ 500
對健康影響與活動建議	良好	普通	對敏感族群不健康	對所有族群不健康	非常不健康	危害
	Good	Moderate	Unhealthy for Sensitive Groups	Unhealthy	Very Unhealthy	Hazardous
狀態色塊	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。	<ol style="list-style-type: none"> 一般民眾如果有不適，如眼痛，咳嗽或喉嚨痛等，應該考慮減少戶外活動。 學生仍可進行戶外活動，但建議減少長時間劇烈運動。 	<ol style="list-style-type: none"> 一般民眾如果有不適，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。 學生應避免長時間劇烈運動，進行其他戶外活動時應增加休息時間。 	<ol style="list-style-type: none"> 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。 	<ol style="list-style-type: none"> 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。	<ol style="list-style-type: none"> 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人，建議減少體力消耗活動及戶外活動，必要外出應配戴口罩。 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。 	<ol style="list-style-type: none"> 有心臟、呼吸道及心血管疾病患者、孩童及老年人，建議留在室內並減少體力消耗活動，必要外出應配戴口罩。 具有氣喘的人可能需增加使用吸入劑的頻率。 	<ol style="list-style-type: none"> 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。 具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。 	<ol style="list-style-type: none"> 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。 具有氣喘的人應增加使用吸入劑的頻率。

校園室內空氣品質改善案例分享

高雄市教育局改善案例-緣由及目的

近年來，大家對居住環境、空氣品質愈來愈重視，高雄市政府教育局也於106年12月21日號召三級學校成立「**校園空氣污染防制聯盟**」，宣示推動空污防制的決心，共同為防範空污與市府一起努力，加強宣導落實空氣品質教育，納入校園環保議題課程，從校園扎根建立空污防制觀念。同時，由各級學校規劃推動「**校園申請空氣污染防制課程與實踐計畫**」，鼓勵學校研究改善校園空氣品質，期許學校透過競合型計畫申請方式，藉由高雄市空污基金的經費補助，學校透過課程與教學、行動研究、校園空氣品質改善工程等方式，發展出適合學校本位的空污防護計畫。

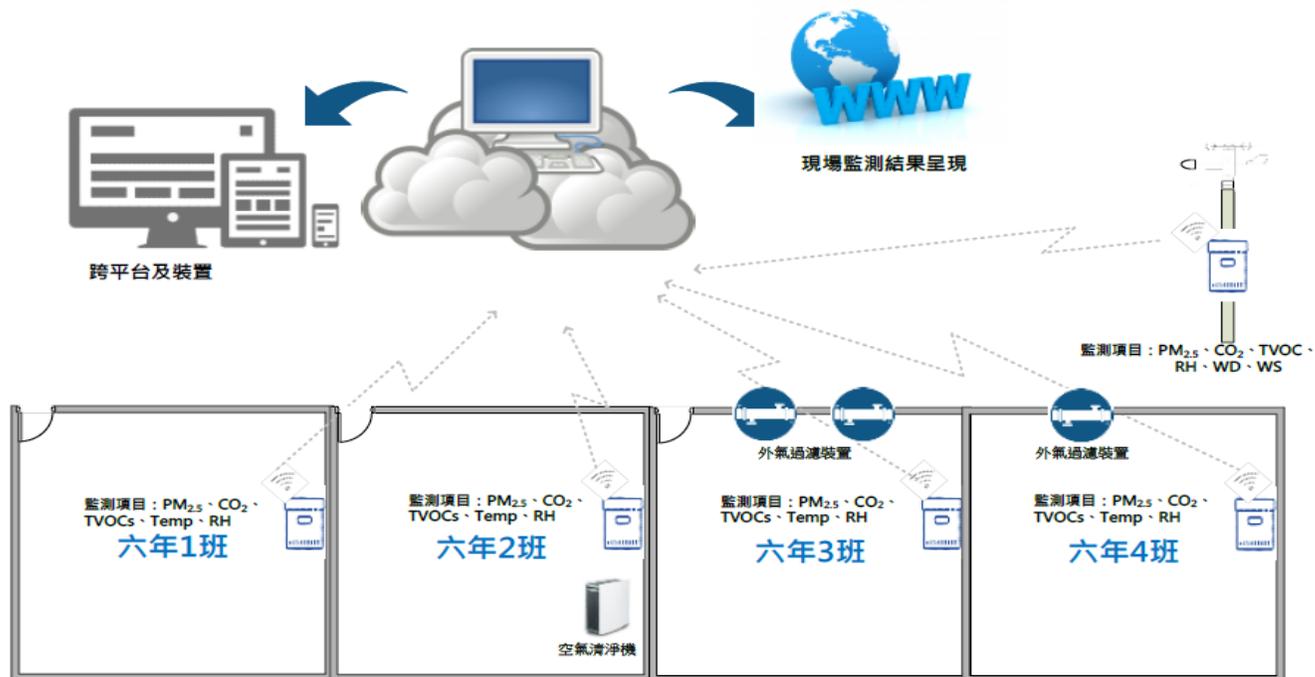
協助學校評估空氣污染
防制最佳改善方案

整合本市校園空氣品質
監測資源

改善工程及空氣品質監測融入
課程，強化學童空污教育、
改善學校班級上課空氣品質

高雄市教育局改善案例-改善方案設計

藉由不同改善方案之設計，找出最佳防制效能之配置方式



方案1

僅安裝空氣品質監測設備
作為對照組(背景)

方案2

安裝1套空氣清淨機+
空氣品質監測設備

方案3

安裝2套PM過濾裝置+
空氣品質監測設備

方案4

安裝1套PM過濾裝置+
空氣品質監測設備



高雄市教育局改善案例-空氣清淨機

空品淨化示意圖



高雄市教育局改善案例-PM過濾裝置

空品淨化示意圖



微粒過濾裝置

1. 偵測到空品不良時自動運轉
2. 抽取戶外新鮮空氣至室內
3. 室外空氣透過濾網淨化，隔絕懸浮微粒

新鮮空氣引入

髒空氣排出

空品監測設備

1. 自動連續監測室內空氣品質
2. 感測到室內空品超過設定值後發出IR訊號啟動防制設備

空品不良時門窗應關閉，保留1/4或1/8適度之開口，達到防制效能，提升室內空氣品質

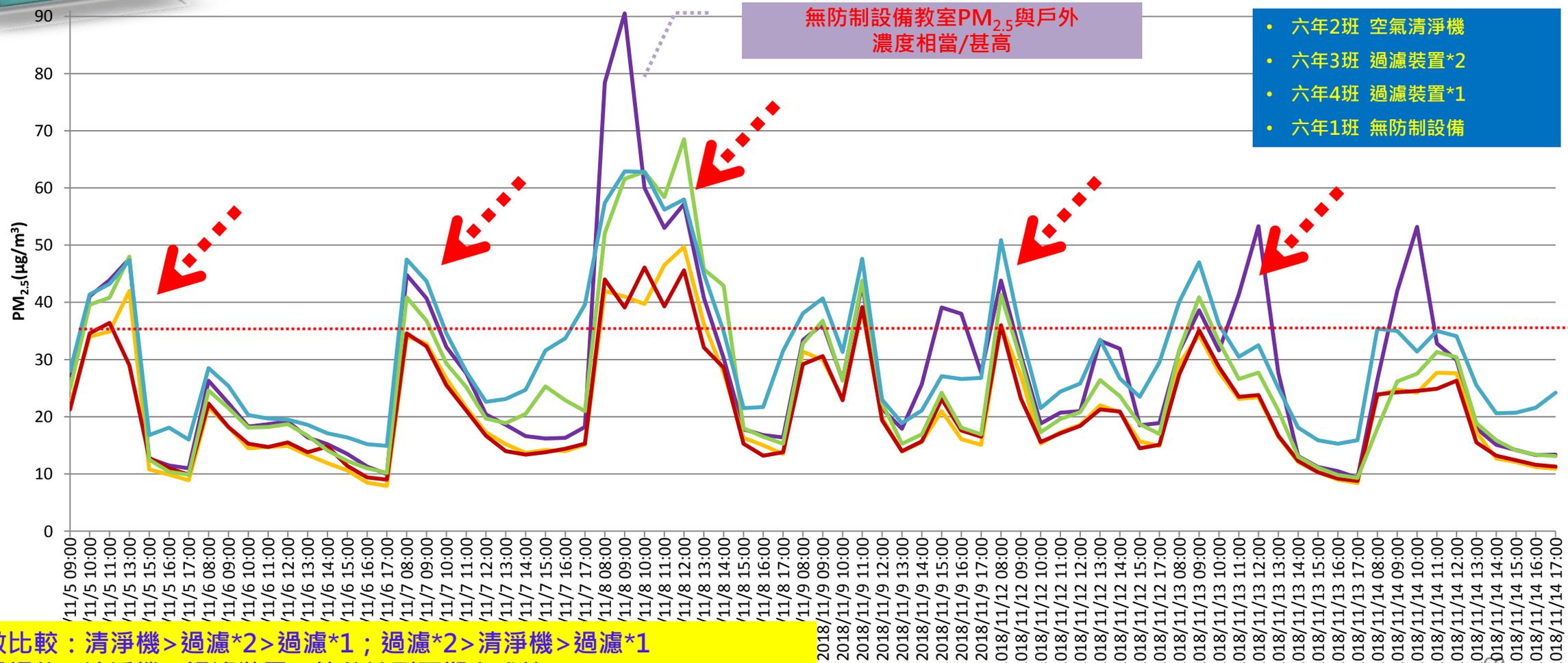
高雄市教育局改善案例-改善成效分析

空污防制解析(以某國小為例)

獨立方案

PM_{2.5}空氣品質標準:35μg/m³

六年一班 六年二班# 六年三班** 六年四班* 戶外



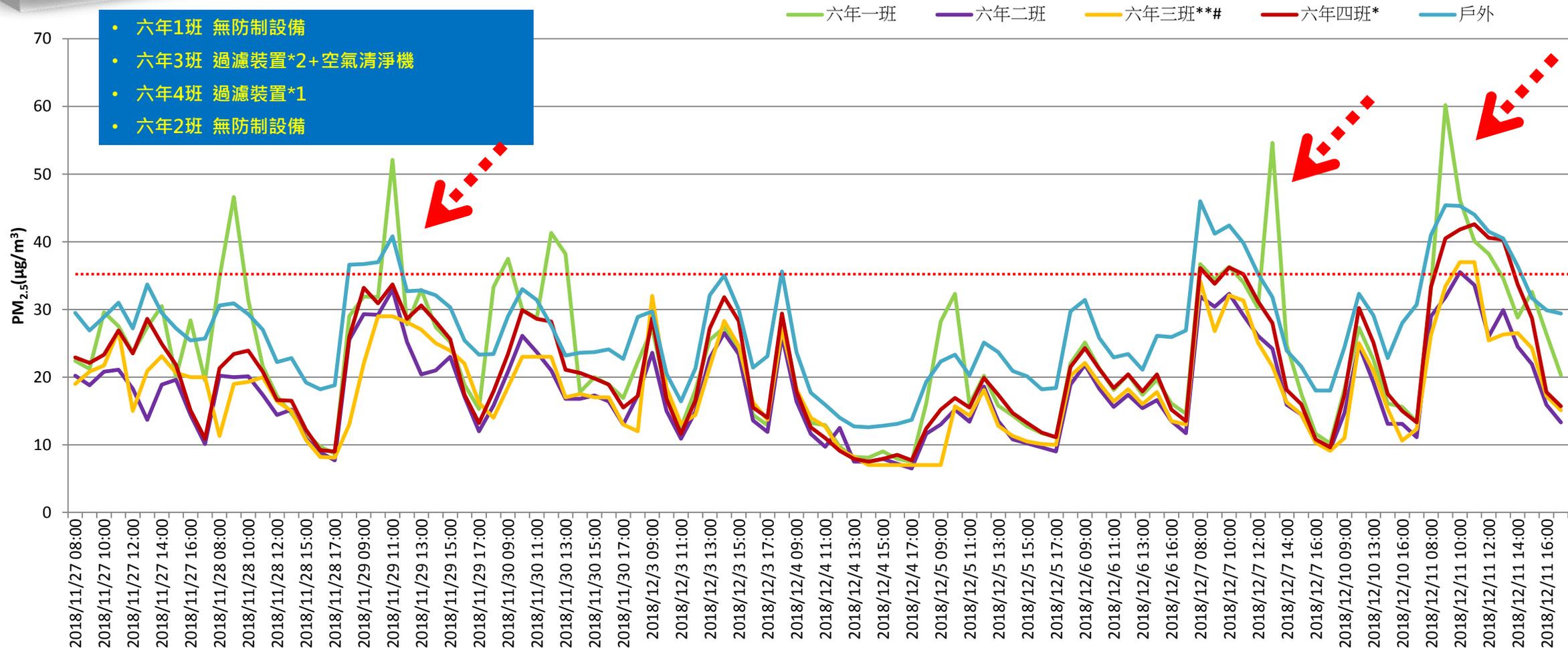
防制成效比較：清淨機 > 過濾*2 > 過濾*1；過濾*2 > 清淨機 > 過濾*1
 防制結果評估：清淨機、過濾裝置*2皆能達到預期之成效

高雄市教育局改善案例-改善成效分析

空污防制解析(以某國小為例)

合併方案

PM_{2.5}空氣品質標準:35μg/m³



防制結果評估：過濾裝置合併空氣清淨機使用，具改善成效，測值較其他教室為低

高雄市教育局改善案例-改善成效分析

空污防制控制效率解析

- ✦ 計算方式：1-(室內PM_{2.5}濃度/戶外PM_{2.5}濃度)，無裝設防制設備之教室不列入計算
- ✦ 計算區間：107/10~108/03 (選定空品不良之季節區間，扣除六日、國定假日及寒假等)
- ✦ 控制效率範圍：扣除前後較小值&較大值20%數據，避免誤差較大之數據干擾
- ✦ 控制效率判定：比值越大表示控制效率較佳

- 負值表示室內濃度高於室外濃度
- PM過濾裝置*2套及空氣清淨機皆能發揮空污防制效能
- 二種防制設備合併後，除B國小較無顯著差異外，其他3校皆能提升防制效能

	A國小	B國小	C國中	D國小
合併前				
PM過濾裝置*2	0.21~0.34 	0.09~0.27	-0.05~0.29	0.16~0.37 
PM過濾裝置*1	-0.40~0.24	0.45~0.53 	0.14~0.42 (使用頻率較少之教室，暫排除)	0.00~0.30
空氣清淨機	0.12~0.34	0.20~0.40	0.10~0.33 	0.19~0.36
合併後				
PM過濾裝置*2+空氣清淨機	0.23~0.36 	0.20~0.27	0.15~0.26 	0.22~0.39 
PM過濾裝置*1	-0.01~0.23	0.23~0.38	0.28~0.44	0.14~0.34

高雄市教育局改善案例-改善成效分析

空氣品質不良通報機制



實驗證實配合門窗開度之調整，可使防制設備達有效之防護



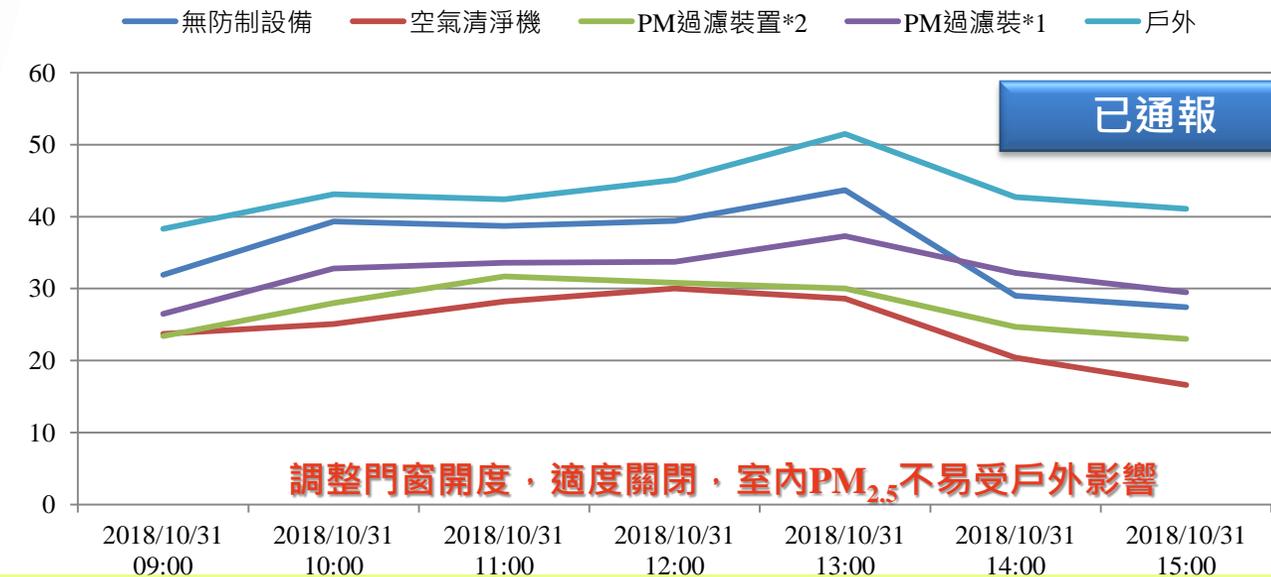
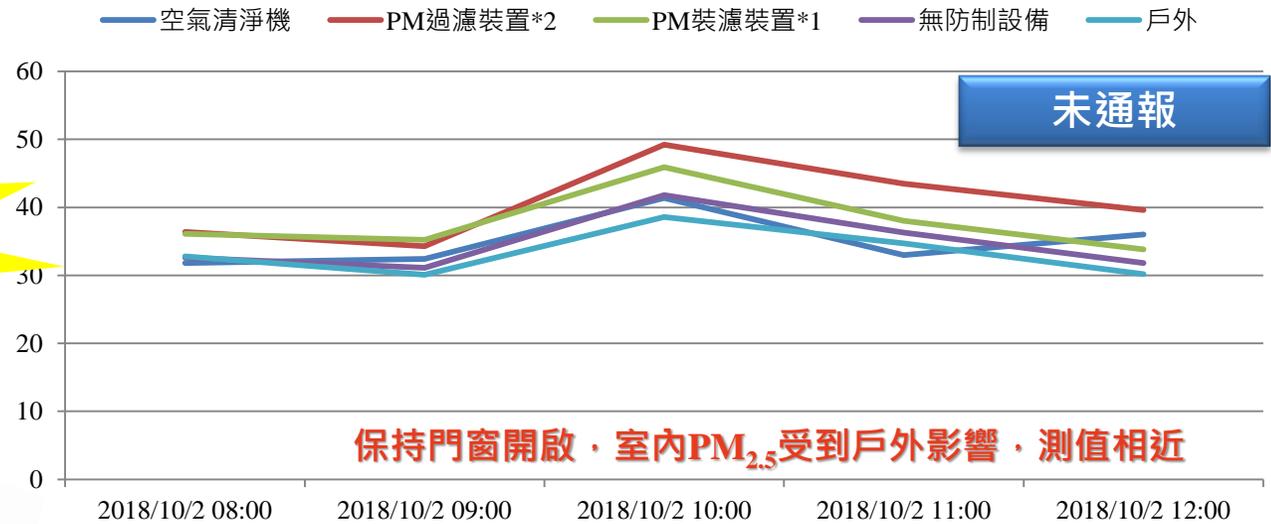
下載 | 轉傳 | 動態消息 | Keep

孟甘

10/31 通知:因目前高雄地區空氣品質持續不佳，建議持續保留1/4或1/8左右的窗戶開口。適當之門窗開度搭配防制設備，更能提升教室空品。

下午 2:47

通報空品不良，教室保持1/4或1/8窗戶開口，關閉門窗以防止戶外影響室內空氣品質



高雄市教育局改善案例-改善成效分析

PM_{2.5} 24小時移動平均超標情形研析

搭配門窗關閉防護措施及防制設備，皆能使師生避免受空品不良影響

A國小

防制設備
獨立個案

	10/12-11/11		11/12-12/11	
	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (上課時段08-17時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (非上課時段18-07時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (上課時段08-17時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (非上課時段18-07時)
PM過濾裝置*2	4	11	0	0
PM過濾裝置*1	23	43	0	0
無防制設備	15	29	0	0
空氣清淨機	5	11	0	0
戶外	79	117	36	50

防制設備
合併方案

	12/12-1/11		2/12-3/11		3/12-4/11		4/12-5/11	
	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標 次數 (上課時段08-17時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標 次數 (非上課時段18-07時)						
PM過濾裝置*2+空氣清淨機	0	0	0	0	0	0	0	0
PM過濾裝置*1	12	9	0	0	0	0	0	0
無防制設備A	7	6	0	0	0	0	0	0
無防制設備B	0	0	0	0	0	0	0	0
戶外	63	80	32	48	32	35	13	3

高雄市教育局改善案例-改善成效分析

PM_{2.5} 24小時移動平均超標情形研析

搭配門窗關閉防護措施及防制設備，皆能使師生避免受空品不良影響

B國小

10/30-11/29

防制設備 獨立個案	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (上課時段08-17時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (非上課時段18-07時)
PM過濾裝置*2	0	0
PM過濾裝置*1	0	0
無防制設備	0	0
空氣清淨機	0	0
戶外	31	45

11/30-12/29

1/30-2/28

3/1-3/31

4/1-4/30

防制設備 合併方案	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (上課時段08-17時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (非上課時段18-07時)						
PM過濾裝置*2+空氣清淨機	0	0	0	0	0	0	0	0
PM過濾裝置*1	0	0	0	0	0	0	0	0
無防制設備A	0	0	0	0	0	0	0	0
無防制設備B	0	0	0	0	0	0	0	0
戶外	66	78	21	37	16	35	0	0

PS. 統計區間為各校每月監測期間，若含括寒假期間，該區段不列入計算

高雄市教育局改善案例-改善成效分析

PM_{2.5} 24小時移動平均超標情形研析

搭配門窗關閉防護措施及防制設備，皆能使師生避免受空品不良影響

C國中

防制設備 獨立個案	10/10-11/9		11/10-12/9	
	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (上課時段08-17時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (非上課時段18-07時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (上課時段08-17時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標次數 (非上課時段18-07時)
PM過濾裝置*2	27	35	0	0
PM過濾裝置*1	6	3	0	0
無防制設備	16	10	10	19
空氣清淨機	7	24	0	0
戶外	120	163	26	20

防制設備 合併方案	12/10-1/9		2/10-3/9		3/10-4/9		4/10-5/9	
	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標 次數 (上課時段08-17時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標 次數 (非上課時段18-07 時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標 次數 (上課時段08-17時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標 次數 (非上課時段18-07時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標 次數 (上課時段08-17時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標 次數 (非上課時段18-07 時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標 次數 (上課時段08-17時)	PM _{2.5} 24小時移動 平均超標 次數 (非上課時段18- 07時)
PM過濾裝置*2+空氣清淨機	0	0	0	0	0	0	0	0
PM過濾裝置*1	0	0	0	0	0	0	0	0
無防制設備A	0	0	0	0	0	0	0	0
無防制設備B	0	0	0	0	0	0	0	0
戶外	30	40	18	14	13	1	0	0

PS. 統計區間為各校每月監測期間，若包含寒假期間，該區段不列入計算

高雄市教育局改善案例-改善成效分析

PM_{2.5} 24小時移動平均超標情形研析

D國小

11/1-11/30

搭配門窗關閉防護措施及防制設備，皆能使師生避免受空品不良影響

防制設備
獨立個案

PM_{2.5}
24小時移動
平均超標次數
(上課時段08-17時)

PM_{2.5}
24小時移動
平均超標次數
(非上課時段18-07時)

PM過濾裝置*2
PM過濾裝置*1
無防制設備
空氣清淨機

0

0

0

0

2

1

0

0

戶外

57

80

12/1-12/31

2/1-2/28

3/1-3/31

4/1-4/30

防制設備
合併方案

PM_{2.5}
24小時移動
平均超標
次數
(上課時段08-17時)

PM_{2.5}
24小時移動
平均超標
次數
(非上課時段18-07
時)

PM_{2.5}
24小時移動
平均超標
次數
(上課時段08-17時)

PM_{2.5}
24小時移動
平均超標
次數
(非上課時段18-07時)

PM_{2.5}
24小時移動
平均超標
次數
(上課時段08-17時)

PM_{2.5}
24小時移動
平均超標
次數
(非上課時段18-07
時)

PM_{2.5}
24小時移動
平均超標
次數
(上課時段08-17時)

PM_{2.5}
24小時移動
平均超標
次數
(非上課時段18-
07時)

PM過濾裝置*2+空氣清淨機
PM過濾裝置*1
無防制設備A
無防制設備B

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

戶外

37

35

19

15

24

24

0

0

結語

校園空氣污染問題

- 校園中室內空氣污染物以 CO_2 、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 為主，以秋冬兩季節污染較嚴重。其他如課桌椅及上課教材道具等易有**甲醛及VOC**之污染。
- 國中小教室多為**自然通風**，易受戶外空氣品質不良所影響。

空氣品質防制設備

- **空氣清淨機**及**PM過濾裝置**皆能達到空氣品質防制效能，然因**安裝方式、價格**等有所不同，各學校可評估較適合之設備，**亦可搭配使用**。
- 除安裝防制設備外，若無搭配戶外空品不良時關閉教室門窗或調整門窗之開度，戶外空氣品質仍會影響到室內空氣品質，防制設備亦無法揮發到最佳效能。

防護措施

- 遇空氣品質不良如紅害時，建議學校可**隨時調整課程**，如體育課或戶外活動等先改為室內課程及活動，如此可避免師生於戶外遭受空品不良之影響。

防制設備考量因子

- 有關防制設備所能達到空氣污染控制之效能大小仍取決於**教室換氣量**，因此即便在教室內安裝空氣污染防制設備並非就能有顯著之改善，應評估**空間大小、教室師生數**等來選擇防制設備安裝之套數，使其能確實達到換氣效能。

簡報結束
感謝聆聽

