



專業技術管理類 室內空氣品質維護管理

室內空氣品質維護管理專責人員在職訓練課程





簡 報 大 綱

- 01 室內空氣污染物來源及治理
- 02 室內空氣品質改善實務





01

室內空氣污染物來源 及治理



法規

◆ 因應室內空氣品質議題，衍生所多建議，造成產業及機關之特定效應。

- 法令或條例 (Law or Regulations)：基於健康或生命安全為基礎，得藉由制定法令，擬定可依循之法規值。（因應公共利益，具有強制性）
- 標準 (Standards)：基於室內空氣品質與舒適度管理，經由特定具有專業知識之機構擬定，但不具有法律約束力，除非法規引用或要求。
- 指標值 (Guidelines)：人員舒適重要指標，但非強制要求或推薦之方法或值。

室內空氣品質管理法於100年11月23日經奉 總統公布，自公布後一年施行（101年11月23）。

子法名稱		發佈日	法源依據
1	室內空氣品質管理法施行細則	101.11.23	本法第23條
2	室內空氣品質標準	101.11.23	本法第7條
3	室內空氣品質維護管理專責人員設置管理辦法	101.11.23	本法第9條第3項
4	室內空氣品質檢驗測定管理辦法	101.11.23	本法第10條第3項
5	違反室內空氣品質管理法罰鍰額度裁罰準則	101.11.23	本法第19條第2項
6	應符合室內空氣品質管理法之第一批公告場所	101.11.23	本法第6條

呼吸乾淨空氣之權利



Home / News, Stories & Speeches / story

01 DEC 2017 | STORY | AIR QUALITY



The right to breathe clean air

- 無法落實此權力是法律與政治將私人利益放置於公共健康之上。
- 因此需有明確且具約束力之法律以保障公眾呼吸到乾淨空氣之權利。
- First, the right to access information about air quality (ideally through the provision of live data from monitoring stations, supplemented by regular reports from trusted government or academic sources). The publication of data from the United States embassy's monitoring station in Beijing via a Twitter feed was a shining example of the power of information.

室內空氣品質

第一章 總則

第 1 條

為改善室內空氣品質，以維護國民健康，特制定本法。

第 2 條

本法所稱主管機關：在中央為行政院環境保護署；在直轄市為直轄市政府；在縣（市）為縣（市）政府。

第 3 條

本法用詞，定義如下：

- 一、室內：指供公眾使用建築物之密閉或半密閉空間，及大眾運輸工具之搭乘空間。
- 二、室內空氣污染物：指室內空氣中常態逸散，經長期性暴露足以直接或間接妨害國民健康或生活環境之物質，包括二氧化碳、一氧化碳、甲醛、總揮發性有機化合物、細菌、真菌、粒徑小於等於十微米之懸浮微粒（PM10）、粒徑小於等於二·五微米之懸浮微粒（PM2.5）、臭氧及其他經中央主管機關指定公告之物質。
- 三、室內空氣品質：指室內空氣污染物之濃度、空氣中之溼度及溫度。

第 4 條

九、公告場所室內空氣品質自主量測成果表

巡查檢驗人員： 巡查區域：總圖書館 日期：109.04.22

(一)巡查檢驗結果					
項目 巡檢點	二氧化碳 (CO ₂)			溫度	濕度
	1.開始 時間	2.結束 時間	3.檢測濃度值 (ppm)		
外氣入口	14:37	14:38	370		
巡檢點1	14:10	14:10	417		
巡檢點2	14:11	14:12	426		
巡檢點3	14:13	14:14	416		
巡檢點4	14:14	14:15	470		
巡檢點5	14:16	14:17	438		
巡檢點6	14:18	14:19	447		
巡檢點7	14:20	14:20	475		
巡檢點8	14:21	14:22	460		
巡檢點9	14:24	14:25	438		
巡檢點10	14:25	14:26	474		
巡檢點11	14:27	14:28	441		
巡檢點12	14:28	14:29	470		
巡檢點13	14:30	14:31	443		
巡檢點14	14:32	14:32	466		
巡檢點15	14:34	14:35	422		
巡檢點16	14:35	14:36	423		
(二)檢測儀器基本資料					
1.檢測項目	2.檢測儀器廠牌/型號/序號		3.偵測範圍	4.儀器原理	5.校正日期
二氧化碳(CO ₂)	TSI/7575		0-5000ppm	NDIR	108.05.20

備註1：本表之巡查檢驗項目，至少應包含二氧化碳（CO₂）濃度值，若公告場所巡查檢驗工作除二氧化碳（CO₂）外，尚辦理其他項目量測，請自行填寫。

備註2：巡檢點位置須標記於公告場所管制室內空間平面圖（附件三）。

備註3：本表之欄位不敷使用，依本表另頁填寫。

檢測方法



Indoor Air Quality

室內空氣品質資訊網

認識室內空品 改善室內空品 策略推動 電子

首頁 > 公告檢測方式

公告檢測方式

室內空氣品質檢驗方法

請選擇檢驗項目：

- ☐ PM₁₀ (A206.11C)
- ☐ 二氧化碳 (CO₂)
- ☐ 細菌 (Bacteria)
- ☐ PM₁₀ (A208.13C)
- ☒ 甲醛(HCHO)
- ☐ 總揮發性有機化合物 (TVOC)
- ☐ PM_{2.5}
- ☐ 真菌 (Fungi)

檢驗項目查詢結果：

項目	檢測項目	檢測方法編號	許可檢驗室	許可檢
甲醛(HCHO)	空氣中氣態之醛類化合物檢驗方法 - 以DNPH衍生物之高效能液	A705.12C		

早安健康

室內空氣品質標準

室內空氣污染物質		室內空氣品質標準	
二氧化碳 (CO ₂)		1000 ppm (八小時平均)	
一氧化碳 (CO)		9 ppm (八小時平均)	
甲醛 (HCHO)		0.08 ppm (一小時平均)	
總揮發性有機化合物 (TVOC, 包含：十二種揮發性有機物之總和)		0.56 ppm (一小時平均)	
細菌		1500 CFU/m ³ (菌落數/立方公尺) (最高值)	
真菌		1000 CFU/m ³ (菌落數/立方公尺) (最高值) (但真菌濃度室內外比值小 於等於1.3者不在此限)	
粒狀污 染物	PM10	75 μg/m ³ (二十四小時平均)	
	PM2.5	35 μg/m ³ (二十四小時平均)	
	臭氧 (O ₃)	0.06 ppm (八小時平均)	

氣狀污染

生物粒子

粒狀污染



資料來源：環保署101年11月23日公告之「室內空氣品質標準」

可能誤導之文宣

關於TAF

焦點訊息

認證申請

認證名錄

合作關係

文件專區

聯繫我們

認證名錄查詢

選擇類別

ISO/IEC 17025 測試實驗室

查詢

名單展開

認證名錄查詢

輸入查詢資訊後，點選下方查詢按鈕，送出查詢

關鍵字

請輸入

校正件/測試件/檢體名稱

請輸入

校正/測試/檢驗方法

NIEA A448.11C

認證編號

請輸入

機構名稱

領域

測試

試驗項目/檢驗項目

請輸入

校正/測試範圍

請輸入

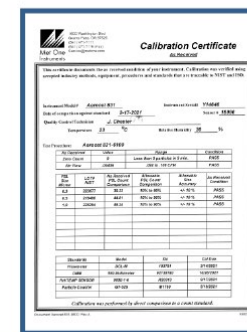
認可項目代碼

請輸入

實驗室名稱

TAF認證實驗室檢測

最專業的設備 零誤差的科學數據 給您最安心的結果



選擇優勢

項目	檢測公司	其他顧問公司
符合法規巡檢	✓	✓
巡檢服務預判功能	✓	✓
室內空氣品質健診報告	✓	✓
TAF認證實驗室巡檢儀器	—	—
全專責人員服務	—	—
環檢所認證實驗室定檢	✓	✓
定檢服務採用國際認可TAF認證檢測公司	—	—
緊急應變措施	—	—
法規相關諮詢	✓	✓
室內空品優化能力	—	—
補助訊息告知	—	—
法規申報服務	✓	✓
稽查專責人員異動等相關工作服務	✓	✓

公告場所編號

第 6 條

下列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：

- 一、高級中等以下學校及其他供兒童、少年教育或活動為主要目的之場所。
- 二、大專校院、圖書館、博物館、美術館、補習班及其他文化或社會教育機構。
- 三、醫療機構、護理機構、其他醫事機構及社會福利機構所在場所。
- 四、政府機關及公民營企業辦公場所。
- 五、鐵路運輸業、民用航空運輸業、大眾捷運系統運輸業及客運業等之搭乘空間及車（場）站。
- 六、金融機構、郵局及電信事業之營業場所。
- 七、供體育、運動或健身之場所。
- 八、教室、圖書室、實驗室、表演廳、禮堂、展覽室、會議廳（室）。
- 九、歌劇院、電影院、視聽歌唱業或資訊休閒業及其他供公眾休閒娛樂之場所。
- 十、旅館、商場、市場、餐飲店或其他供公眾消費之場所。
- 十一、其他供公共使用之場所及大眾運輸工具。

附表一：應符合室內空氣品質管理法之第一批公告場所

場所編號	公告場所名稱	郵遞區號	地址	場所公告類別
102 01 01 0001	國立臺灣海洋大學	20224	基隆市中正區北寧路 2 號	大專校院
102 01 02 0002	國立臺灣大學	10617	臺北市大安區羅斯福路四段 1 號	大專校院
102 01 02 0003	國立臺灣師範大學	10610	臺北市大安區和平東路一段 162 號	大專校院
102 01 02 0004	國立政治大學	11605	臺北市文山區指南路二段 64 號	大專校院
102 01 02 0005	國立臺北教育大學	10671	臺北市大安區和平東路二段 134 號	大專校院
102 01 02 0006	國立陽明大學	11221	臺北市北投區立農街二段 155 號	大專校院
102 01 02 0007	國立臺北藝術大學	11201	臺北市北投區學園路 1 號	大專校院
102 01 03 0008	國立臺灣藝術大學	22058	新北市板橋區大觀路一段 59 號	大專校院
102 01 03 0009	國立臺北大學	23741	新北市三峽區大學路 151 號	大專校院
102 01 04 0010	國立中央大學	32001	桃園縣中壢市中大路 300 號	大專校院
102 01 04 0011	國立體育大學	33301	桃園縣龜山鄉文化一路 250 號	大專校院
102 01 05 0012	國立清華大學	30013	新竹市光復路二段 101 號	大專校院
102 01 05 0013	國立交通大學	30010	新竹市大學路 1001 號	大專校院
102 01 05 0014	國立新竹教育大學	30014	新竹市東區南大路 521 號	大專校院
102 01 07 0015	國立聯合大學	36003	苗栗縣苗栗市恭敬里聯大 1 號	大專校院
102 01 08 0016	國立中興大學	40227	臺中市南區國光路 250 號	大專校院
102 01 08 0017	國立臺灣體育運動大學	40404	臺中市北區雙十路一段 16 號	大專校院
102 01 08 0018	國立臺中教育大學	40306	臺中市西區民生路 140 號	大專校院

室內空氣品質維護管理計畫文件

公告場所名稱：國立海洋大學
公告場所編號：102-01-01-001-
文件建立日期：____年____月____日

批次 場所類別 項次 區域 流水號
第一批 第二款 項次1 基隆 序號

應符合其他法規要求

職業安全衛生設施規則

長期照顧服務機構設立標準

第 309 條
雇主對於勞工經常作業之室內作業場所，除設備及自地面算起高度超過4公尺以上之空間不計外，每一勞工原則上應有10立方公尺以上之空間。

第 312 條 雇主對於勞工工作場所應使空氣充分流通，必要時，應依下列規定以機械通風設備換氣：

一、應足以調節新鮮空氣、溫度及降低有害物濃度。

二、其換氣標準如下：

工作場所每一勞工所佔立方公尺數	每分鐘每一勞工所需之新鮮空氣之立方公尺數
未滿五・七	〇・六以上
五・七以上未滿十四・二	〇・四以上
十四・二以上未滿二八・三	〇・三以上
二八・三以上	〇・一四以上

提供方式	日間照顧	家庭托顧	團體家屋	小規模多機能
設立標準	手及緊急呼叫系統。 (四)有適合乘坐輪椅者使用之衛浴設備。 (五)有適當照明。		(四)至少應設一處適合乘坐輪椅者使用之衛浴設備。 (五)有適當照明。	(四)有適合乘坐輪椅者使用之衛浴設備。 (五)有適當照明。
四、日常活動場所	(一)平均每人應有四平方公尺以上。 (二)每一空間應設多功能活動空間。	應設休閒交誼空間。	(一)每一空間應設客廳、餐廳。 (二)應有服務使用者活動及相互交流之場所，且必須確保衛生及安全。	(一)平均每人應有四平方公尺以上。 (二)每一單元應設多功能活動空間。
五、廚房	廚房應維持清潔並配置貯藏、冷藏(凍)、配膳、餐具清潔及食物烹煮(或烹調)設施。	至少應設有具配膳功能之設施，並維持衛生清潔。	廚房應維持清潔並配置貯藏、冷藏(凍)、配膳、餐具清潔及食物烹煮(或烹調)設施。	廚房應維持清潔並配置貯藏、冷藏(凍)、配膳、餐具清潔及食物烹煮(或烹調)設施。
五、日常活動場所	(一)應設餐廳、交誼休閒活動等所需之空間與設備，平均每人應有四平方公尺以上。 (二)提供未滿四十五歲之失能且領有身心障礙證明(手冊)者之自我照顧能力訓練服務，應另設日常生活訓練室或活動室，並得計入四平方公尺計算。			
六、廚房	(一)應有洗滌場所及充足之流動自來水，其水源非自來水源者，應定期檢驗合格，並具洗滌、沖洗及有效殺菌三項功能之餐具洗滌殺菌設施。 (二)應有適當之油煙處理措施(排油煙設施)，避免油煙污染。 (三)應有維持適當空氣壓力及室溫之措施。			

應符合其他法規要求

國民小學及國民中學設施設備基準

八、校舍數量：

(一)國民小學

- 1、每班一間普通教室，面積（包括走廊）為一百一十七平方公尺。每間教室以容納二十九人為原則。班級人數較少之學校，普通教室面積得依實際需要酌減，惟每間室內面積至少應有四十八平方公尺，且每生享有室內面積不得少於二點四平方公尺。
- 2、國民小學專科教室數量如附件四。
- 3、國民小學行政辦公室數量與公共服務空間如附件五。
- 4、國民小學綜合活動場館數量如附件六。
- 5、國民小學運動場（館）數量如附件七。

(二)國民中學：

- 1、每班一間普通教室，面積（包括走廊）為一百一十七平方公尺。每間教室以容納三十人為原則。班級人數較少之學校，普通教室面積得依實際需要酌減，惟每間室內面積至少應有四十八平方公尺，且每生享有室內面積不得少於二點四平方公尺。
- 2、國民中學專科教室數量如附件八。
- 3、國民中學行政辦公室數量與公共服務空間如附件九。
- 4、國民中學綜合活動場館數量如附件十。
- 5、國民中學運動場（館）數量如附件十一。

幼兒園及其分班基本設施設備標準

第十條

室內活動室之面積，應符合下列規定：

- 一、招收幼兒十五人以下之班級，其專用之室內活動室面積不得小於三十平方公尺。
- 二、招收幼兒十六人以上三十人以下之班級，其專用之室內活動室面積不得小於六十平方公尺。

前項室內活動室面積不包括室內活動室內之牆、柱、出入口淨空區等面積。

第一項室內活動室面積，得採個別幼兒人數計算方式為之。每人室內活動空間不得小於二點五平方公尺。

兒童及少年福利機構設置標準

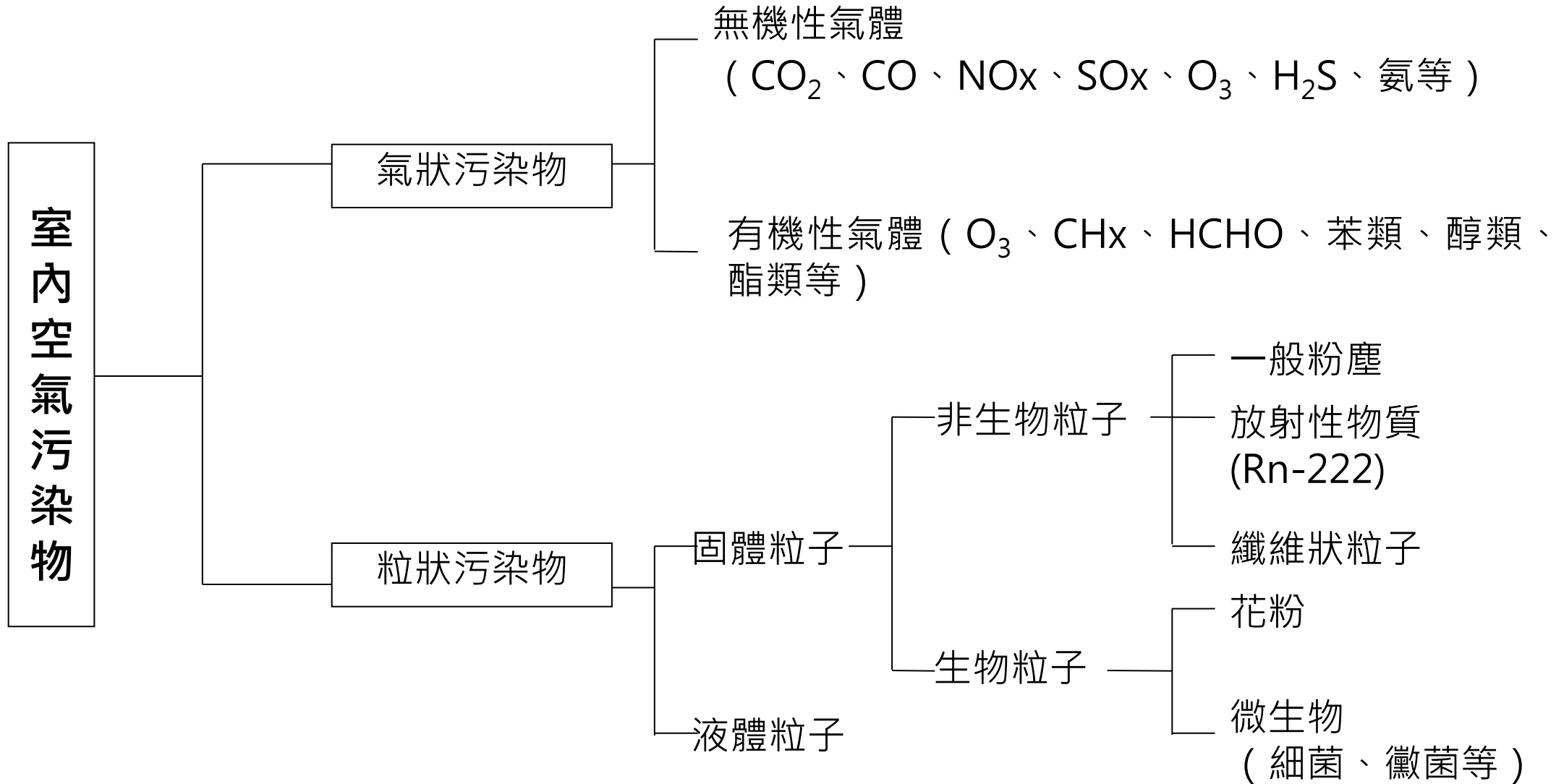
第 9 條

- 1 托嬰中心室內樓地板面積及室外活動面積，扣除盥洗室、廚房、備餐區、行政管理區、儲藏室、防火空間、樓梯、陽台、法定停車空間及騎樓等非兒童主要活動空間後，合計應達六十平方公尺以上。
- 2 前項供兒童主要活動空間，室內樓地板面積，每人不得少於二平方公尺，室外活動面積，每人不得少於一點五平方公尺。但無室外活動面積或不足時，得另以其他室內樓地板面積每人至少一點五平方公尺代之。

第 10 條

托嬰中心應提供具有適當且符合兒童年齡發展專用固定之坐式小馬桶一套；超過二十人者，每十五人增加一套，未滿十五人者，以十五人計；每收托十名兒童應設置符合兒童使用之水龍頭一座，未滿十人者，以十人計。

室內空氣污染物簡易分類



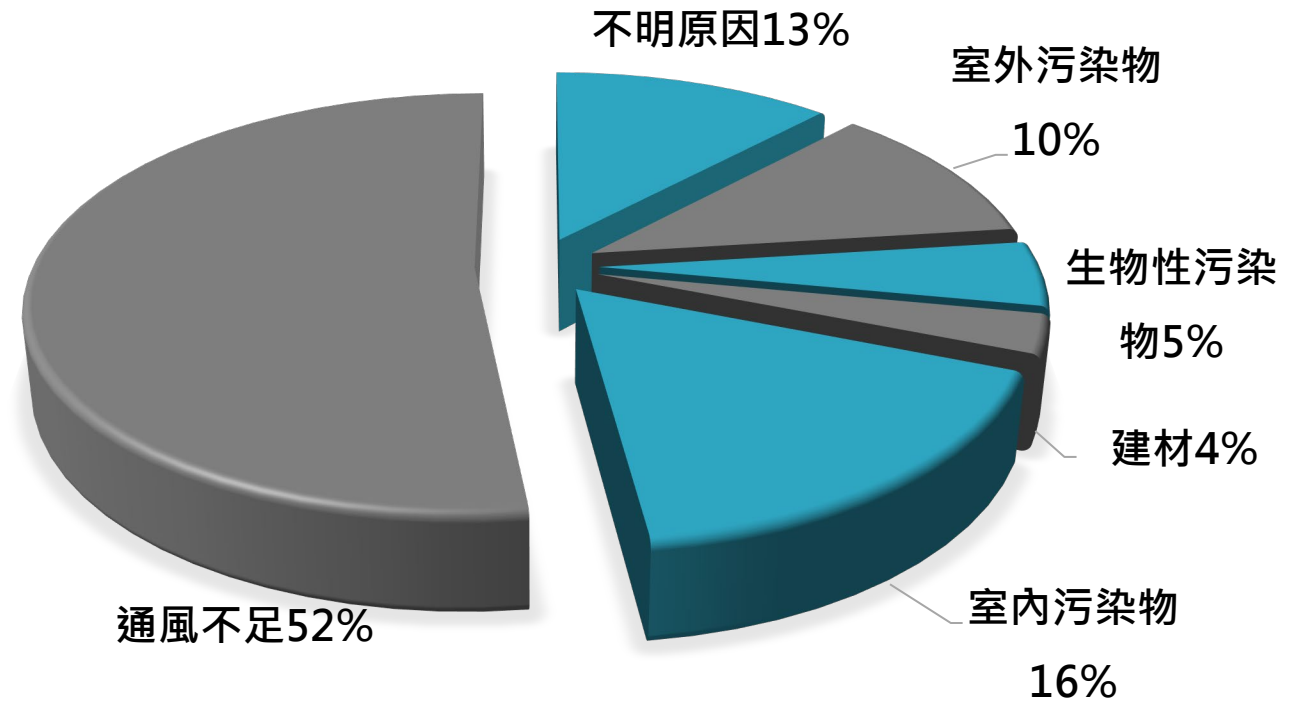
室內空氣品質不良因素

What's in Your Indoor Air?



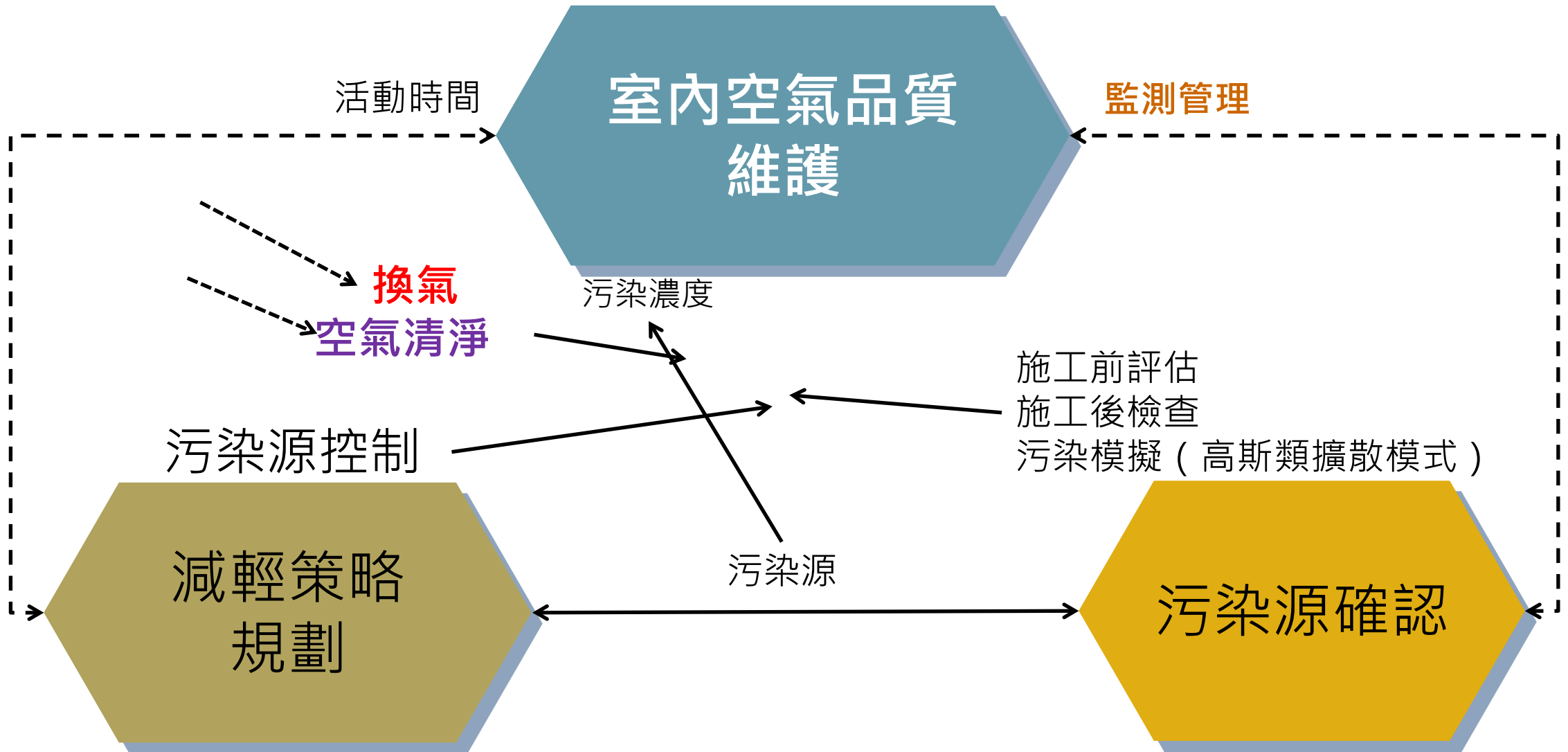
Particulate matter (PM) is a complex mix of solid and/or liquid particles suspended in air. These particles can vary in size, shape and composition. Exposure to these inhalable particles can affect your health and pollute your indoor environment.

To learn more, visit www.epa.gov/iaq.



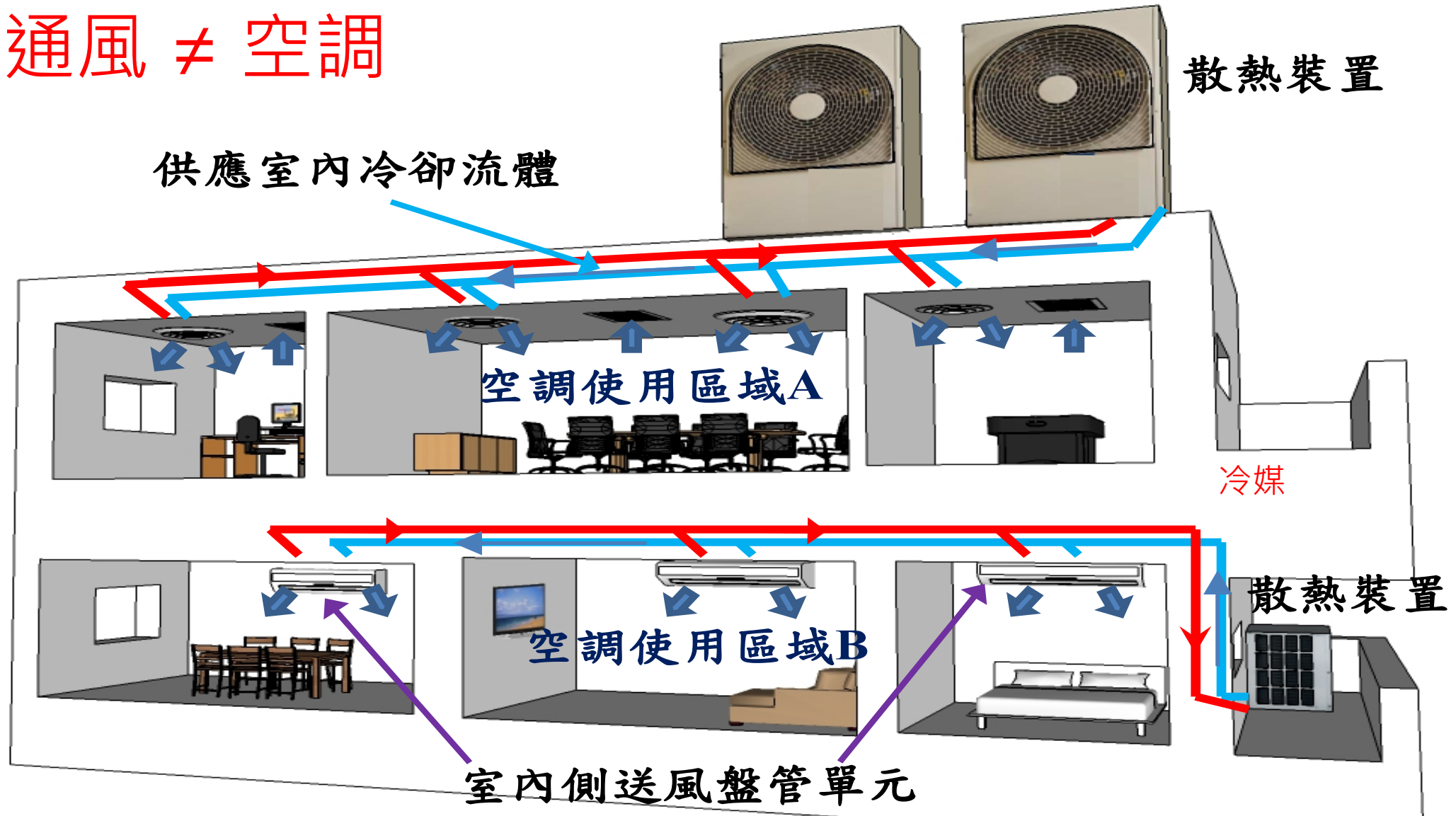
本計畫繪製，參考OSHA Technical Manual (OTM) Section III: Chapter 2 Indoor Air Quality Investigation

室內空氣品質管理

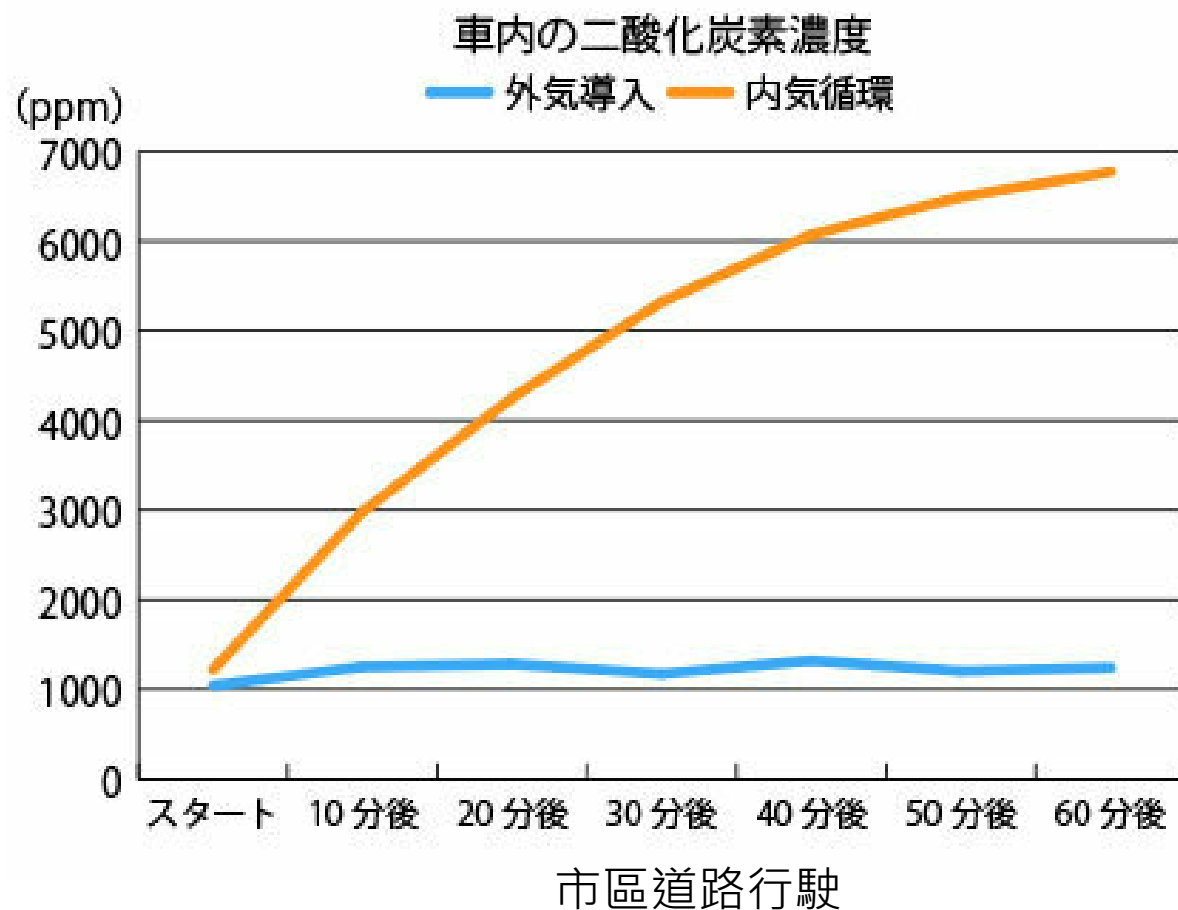
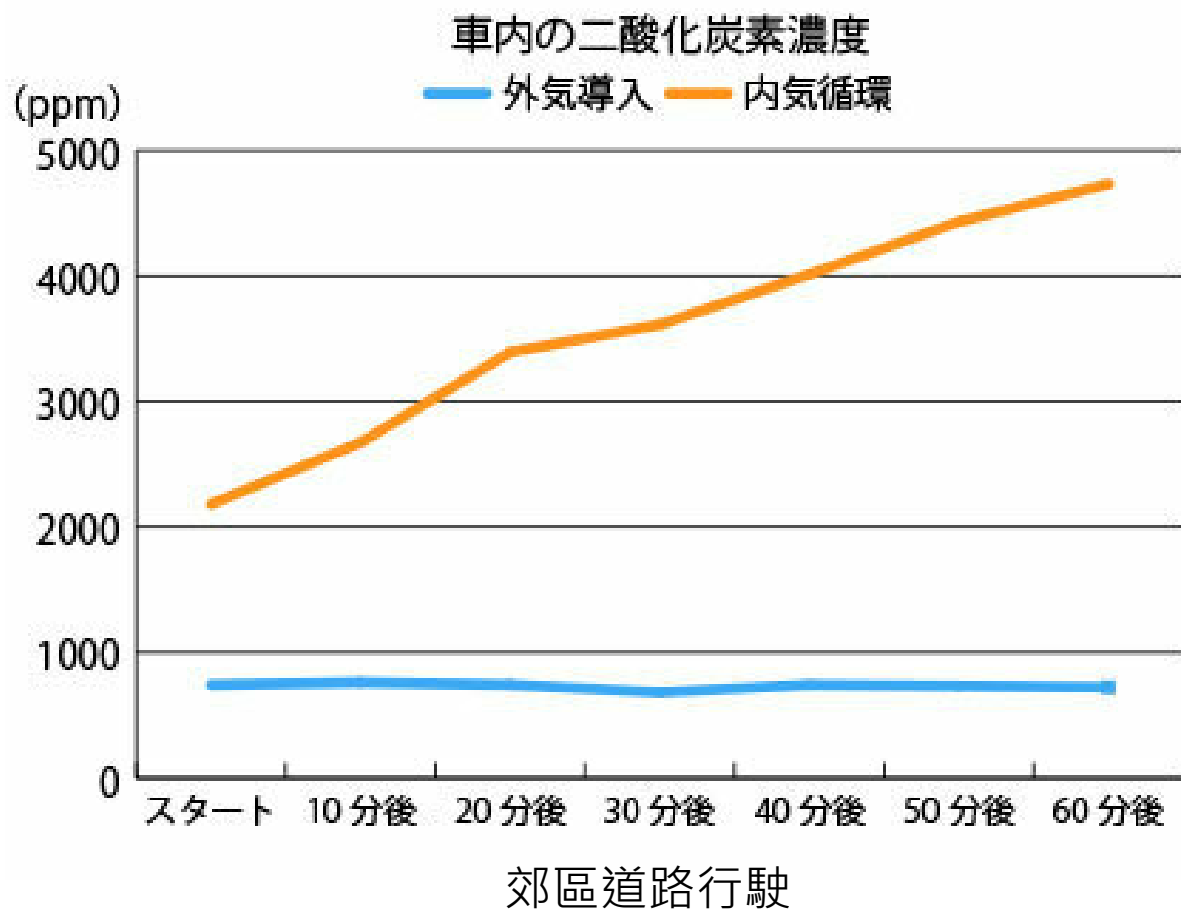


通風不足

通風 $\neq$ 空調



外氣導入與內循環空調對車艙CO₂濃度影響



窗型與分離式冷氣

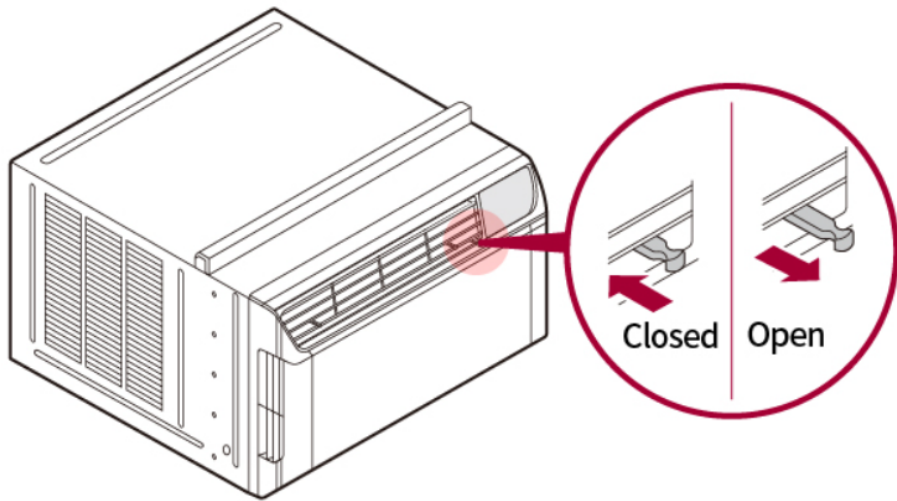
✔ You can ventilate indoor air with the ventilation lever.

The up/down and left/right automatic control function varies by model, so refer to the user manual.
If you use a product without ventilation lever, open other windows of your house from time to time for ventilation.

⚠ Wait! Here are more tips. 參考LG型錄

Ventilation function

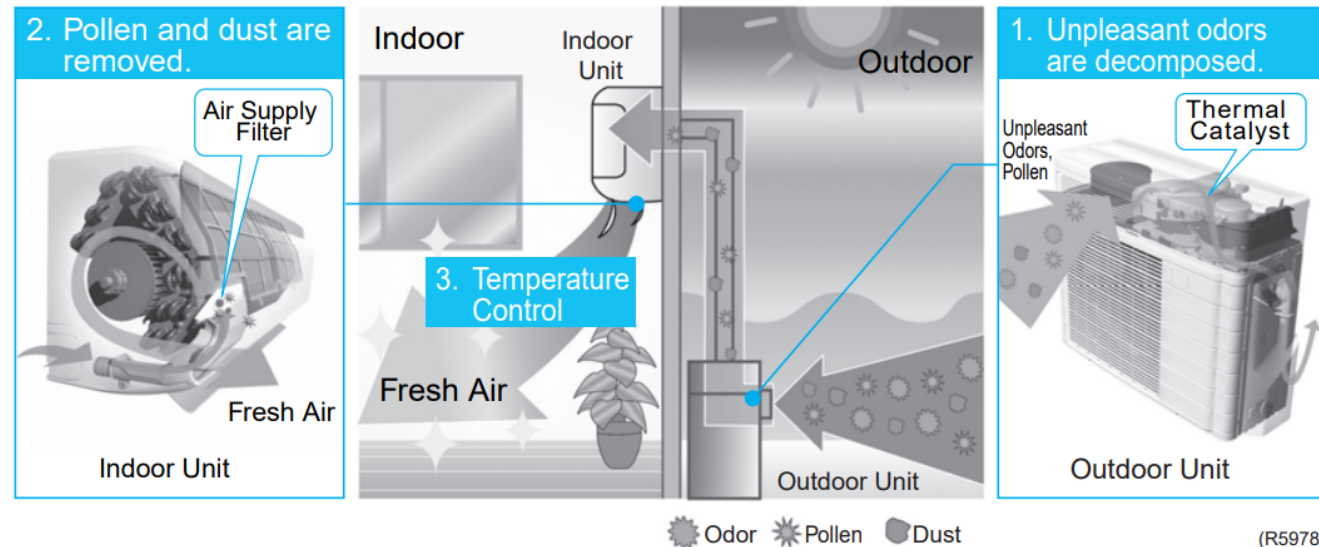
You can ventilate indoor air by operating the ventilation lever.
Pull the ventilation lever forward to ventilate indoor air.



■ Air Supply Ventilation

The air supply ventilation system using only fresh air.

Any contaminated outdoor air is purified in two stages of indoor unit and outdoor unit. Fresh air from which bacteria were removed is supplied into the room.



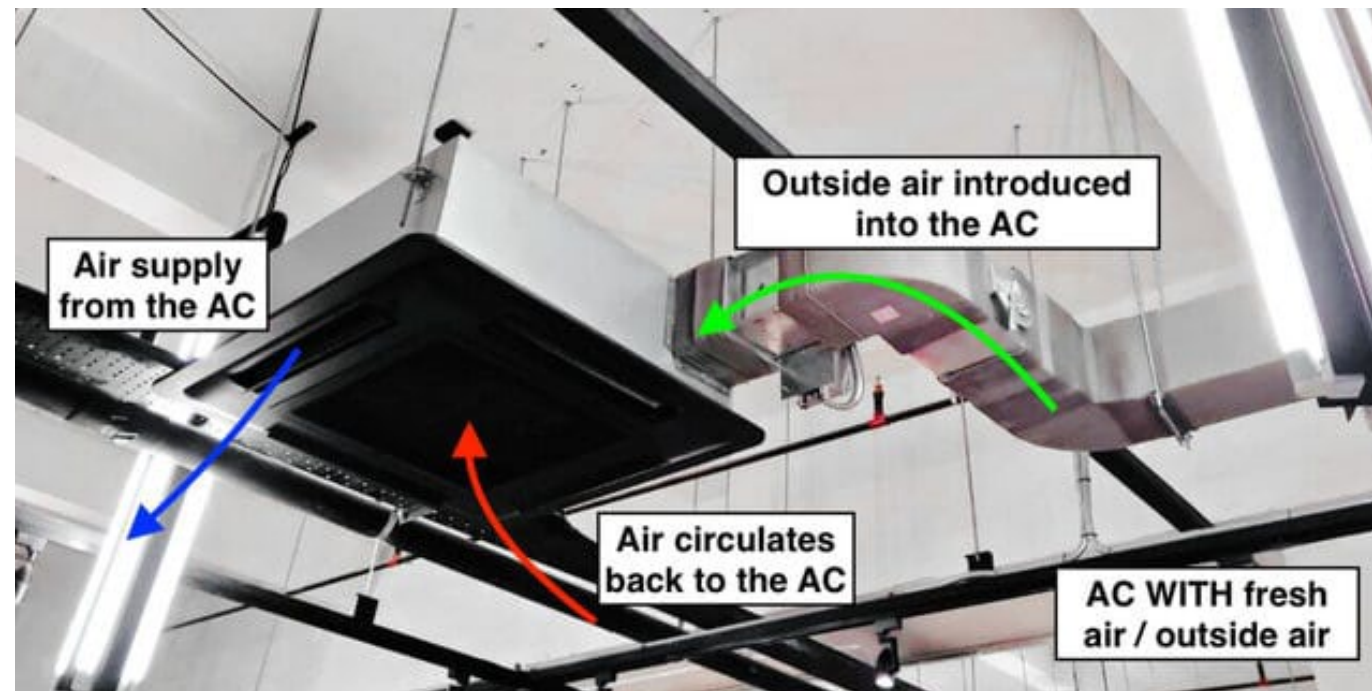
1. Purifying air in the outdoor unit 參考Daikin型錄

Thermal catalyst containing in the humidifying rotor analyzes unpleasant odor and also removes exhaust gases (NO_x, SO_x).

Manganese catalyst used to treat the automotive exhaust gas is adopted for the thermal

- 須注意外氣是如何引入，是否具有獨立引入口及方便清潔之功能。
- 期望引入為乾淨之外氣，而非污染之空氣。此外所引入外氣未具有量化指標或說明。

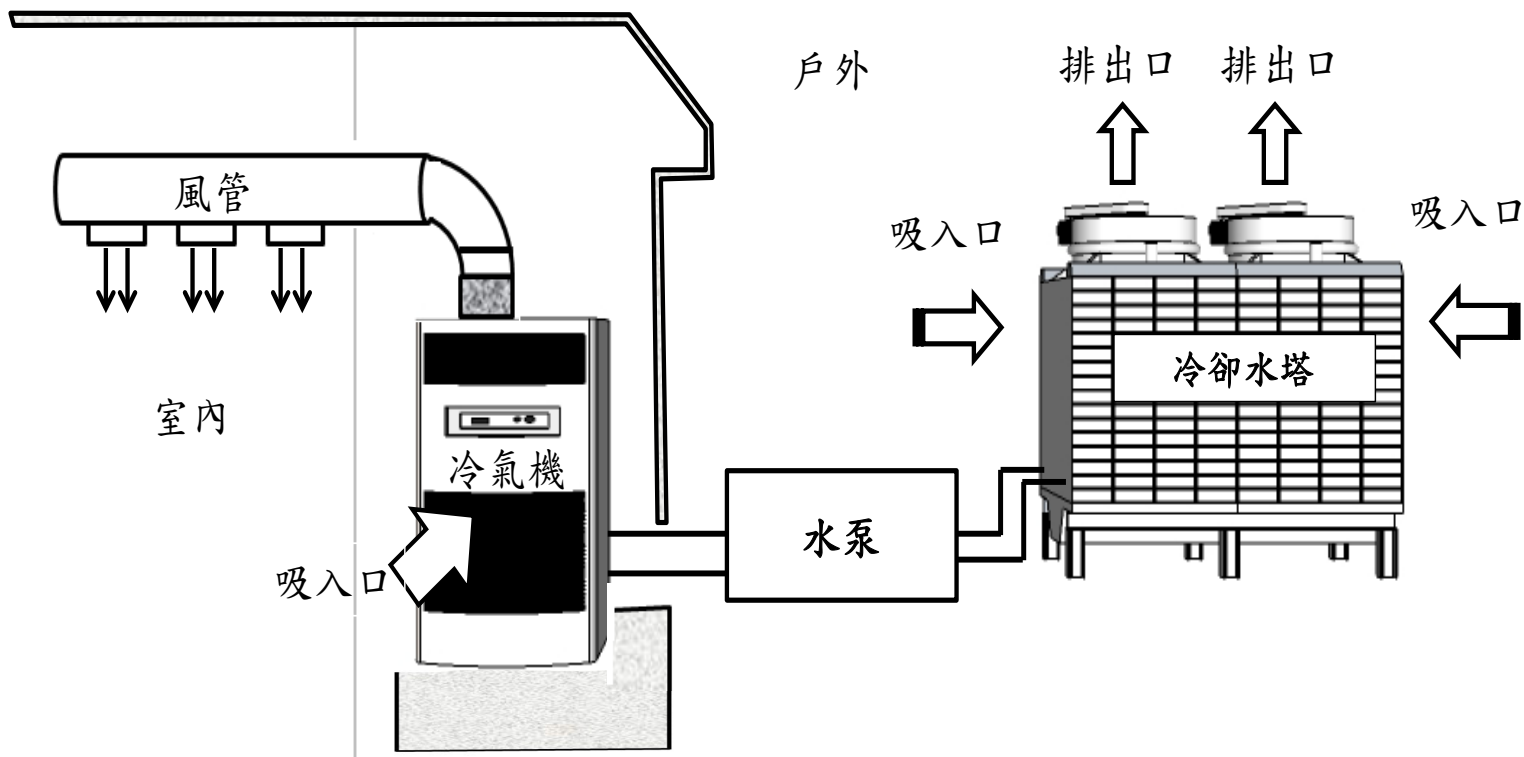
吊頂式空調



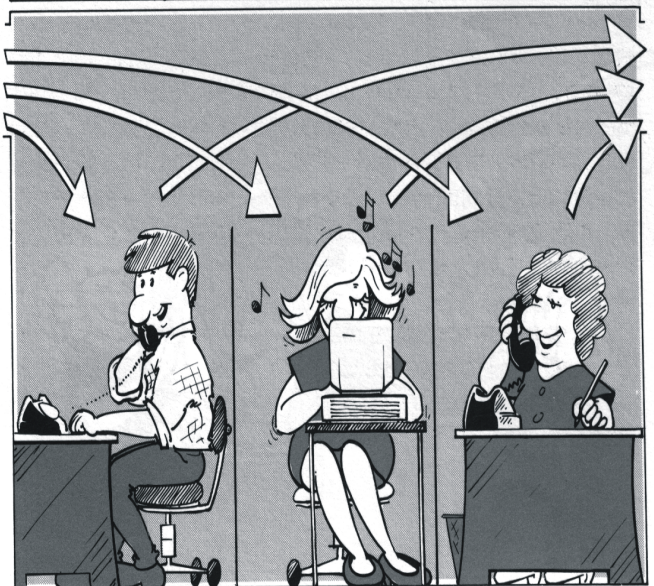
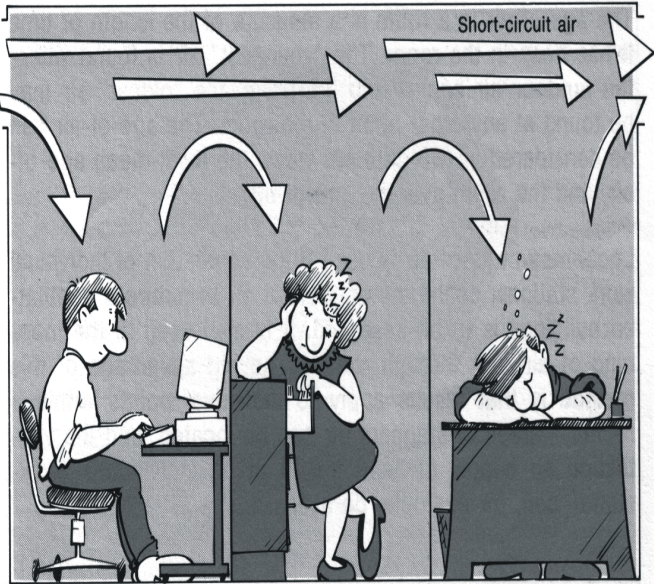
參考三菱空調型錄

- 需外氣風管施工
- 期望引入為乾淨之外氣，而非污染之空氣。此外所引入外氣未具有量化指標或說明。

箱形冷氣（冰水或直膨）



通風不良



890415

天花板淨高度低

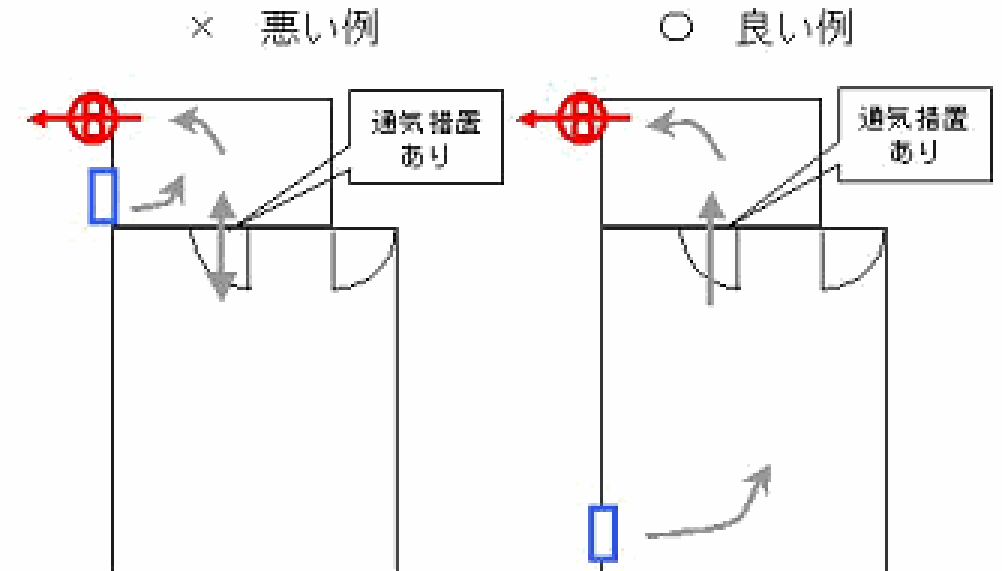
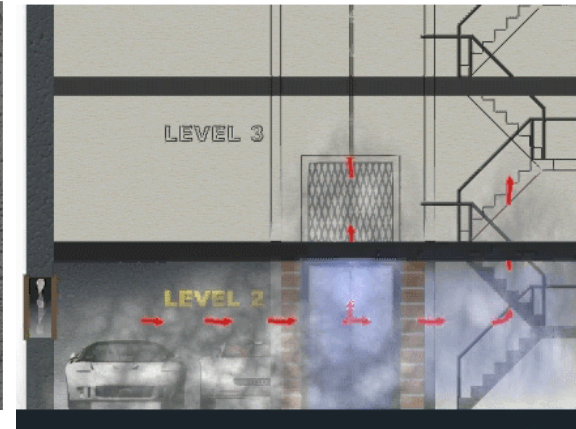


- 使用天花板供回風系統，不會因天花板淨高度低（熱舒適度）或高屏風設計（除無供風口者），而影響氣體擴散。
- 而是評估是否具有空調短循環（出風與回風過近），尤其針對外氣。
- 以及天花板下具有封閉牆面，則須再評估天花板上方是否相連通，如無須具有獨立外氣系統。

高屏風



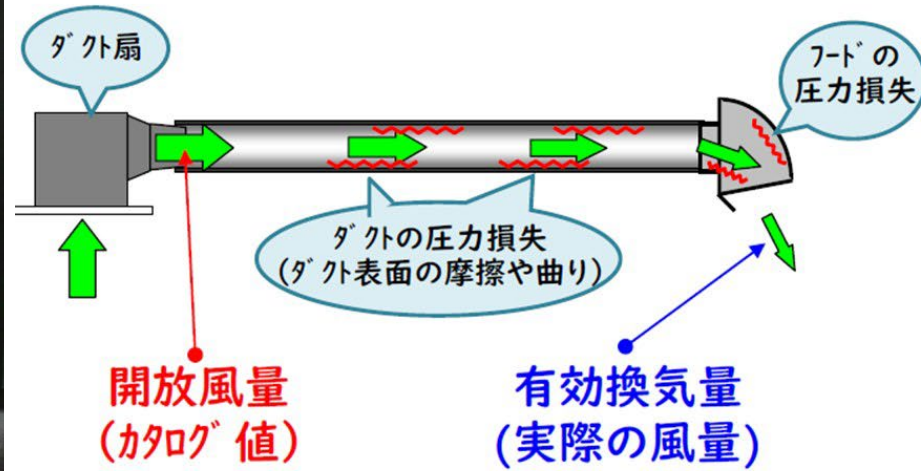
室内側不適當通風配置



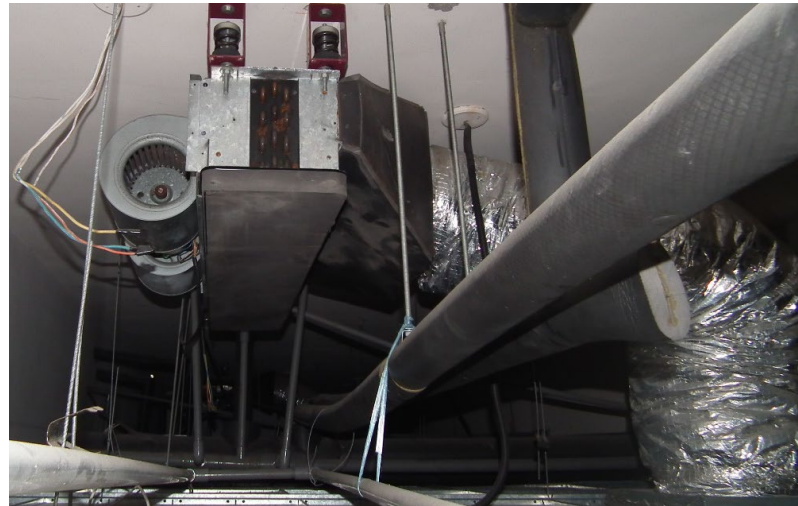
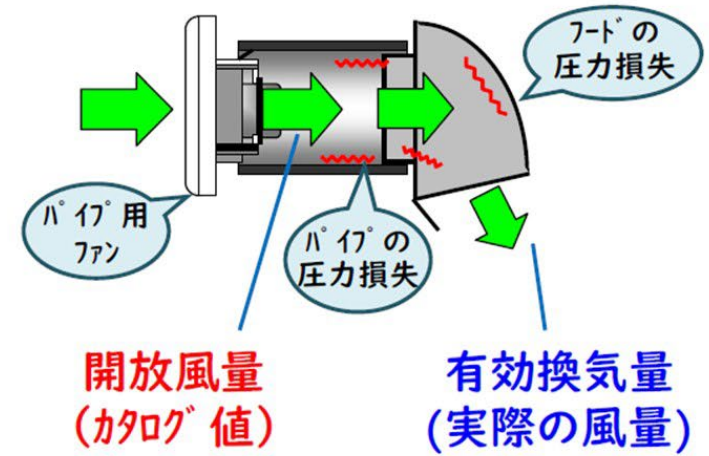
資料來源：<https://www.alianet.org/>

室内側不適當風管配置

=====ダクト用換気扇の場合=====



====パイプ用ファンの場合====



室外側不適當通風配置



室外側不適當通風配置（續）

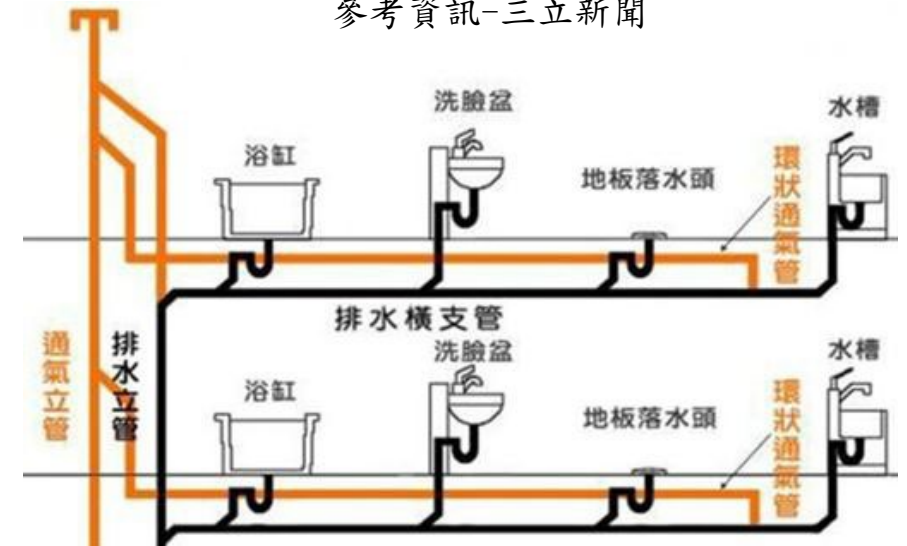
◆ 引入外氣CO₂濃度因短循環



不適當排風或管道系統



參考資訊-三立新聞



日本文部-學校通風換氣設計 (參考)

以壓力管控氣流移動方向

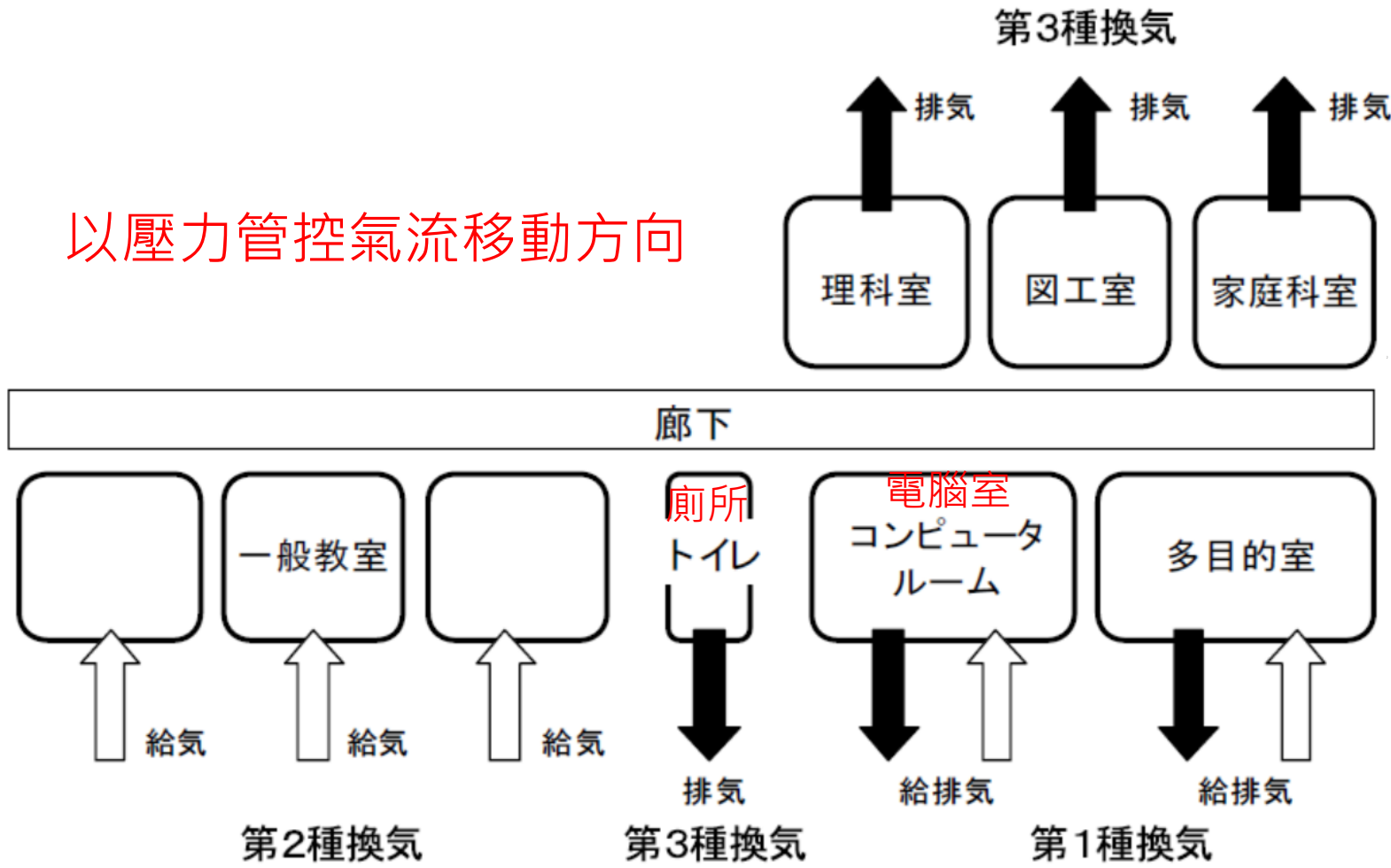
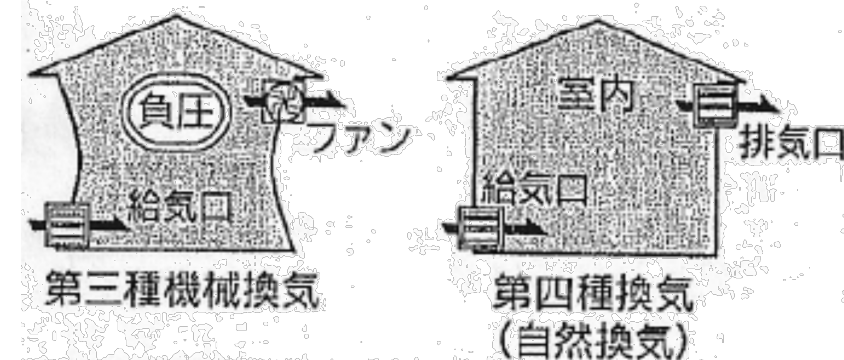
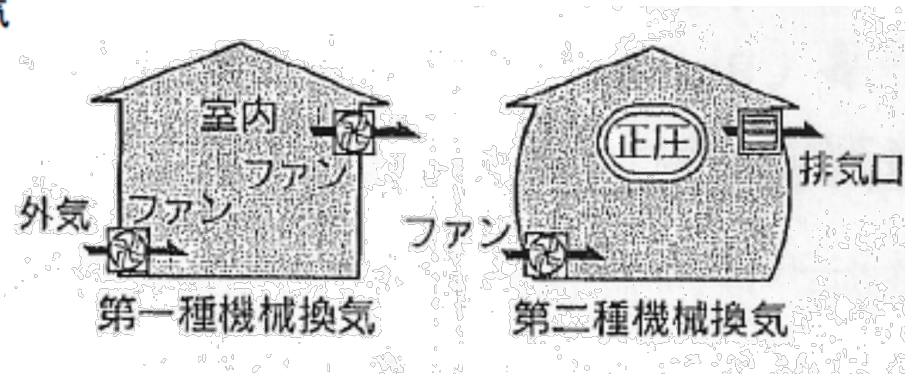


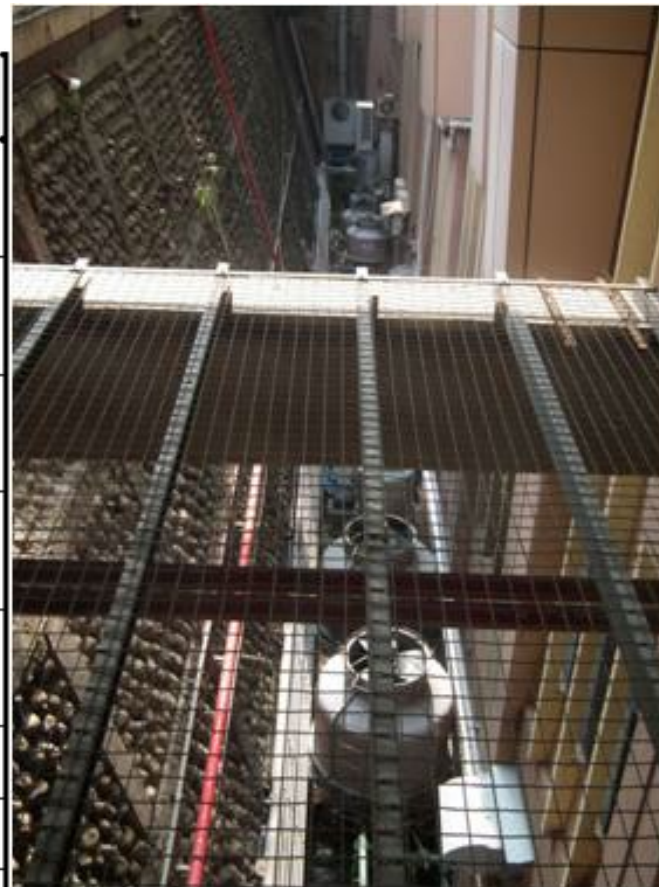
図3-11 校舎全体の換気計画の例



外氣引入口注意事項

表 2 美國冷凍空調學會建議外氣引入口距離常見污染源之最小距離建議值

污染源物件或設備	最小距離 (公尺)
鉛錘通風口在室外空氣進氣口上方小於 1 公尺(Plumbing vents terminating less than 1m above the level of outdoor air intake)	3
鉛錘通風口在室外空氣進氣口上方至少 1 公尺(Plumbing vents terminating at least 1m above the level of outdoor air intake)	1
燃燒器具和設備的煙道、排氣口、煙囪 (Vents, chimneys, and flues from combustion appliances and equipment)	5
車庫進口、汽車裝貨區、免下車排隊區 (Garage entry, automobile loading area, or drive-in queue)	5
卡車裝載區或平台、公車停車場或怠速區 (Truck loading area or dock, bus parking/idling area)	7.5
馬路、街道或停車場 (Driveway, street, or parking place)	1.5
高交通流量之幹線道路 (Thoroughfare with high traffic volume)	7.5
屋頂、基地層或其他低於外氣進氣口之區域 (Roof, landscaped grade, or other surface directly below intake)	0.30
垃圾儲存或回收區、垃圾裝卸車 (Garbage storage/pick-up area, dumpsters)	5
冷卻水塔進氣或水池 (Cooling tower intake or basin)	5
冷卻水塔排氣 (Cooling tower exhaust)	7.5



影響室內空氣品質之外氣污染物

Table 13 Sources and Indoor and Outdoor Concentrations of Selected Indoor Contaminants

Contaminant	Sources of Indoor Contaminants	Typical Indoor Concentration	Typical Outdoor Concentration	Locations
Carbon monoxide	Combustion equipment, engines, faulty heating systems	0.5 to 5 ppm ^a (without gas stoves) 5 to 15 ppm ^a (with gas stoves)	2 ppm ^a	Indoor ice rinks, homes, cars, vehicle repair shops, parking garages
PM _{2.5}	Stoves, fireplaces, cigarettes, condensation of volatiles, aerosol sprays, cooking	7 to 10 µg/m ^{3a}	<10 µg/m ^{3a}	Homes, offices, cars, public facilities, bars, restaurants
PM ₁₀	Combustion, heating system, cooking	40 to 60 µg/m ^{3a}	60 µg/m ^{3a}	Homes, offices, transportation, restaurants
Organic vapors	Combustion, solvents, resin products, pesticides, aerosol sprays, cleaning products, building materials, paints	Different for each VOC ^c (2 to 5 times outdoor levels)	See Table 11	Homes, restaurants, public facilities, offices, hospitals
Nitrogen dioxide	Combustion, gas stoves, water heaters, gas-fired dryers, cigarettes, engines	<8 ppb ^a (without combustion appliances) >15 ppb with combustion appliances)	15 ppb ^a	Homes, indoor ice rinks
Sulfur dioxide	Heating system	20 µg/m ^{3b}	<20 µg/m ^{3b} 3 ppb ^a	Mechanical/furnace rooms
Formaldehyde	Insulation, product binders, pressed wood products, carpets	0.1 to 0.3 ppm ^a	NA	Homes, schools, offices
Radon and progeny	Building materials, groundwater, soil	1.3 pCi/L ^a	4 pCi/L ^a	Homes, schools
Carbon dioxide	Combustion appliances, humans, pets	600 to 1000 ppm ^c	300 to 500 ppm ^c	
Biological contaminants	Humans, pets, rodents, insects, plants, fungi, humidifiers, air conditioners	NA	NA (lower than indoor levels)	Homes, hospitals, schools, offices, public facilities
Ozone	Electric arcing, electronic air cleaners, copiers, printers	42 ppb ^d	70 ppb ^a	Airplanes, offices, homes

Sources:

^aEPA (2011).

^bNRC (1981).

^cSeppänen et al. (1999) and ASHRAE *Standard* 62.1, Appendix C.

^dWeschler (2000).

NA = not applicable
ppb = parts per 10⁹

粒狀污染物



固體粒子



液體粒子



二次粒子

生物氣膠-真菌、細菌、病毒、花粉.....代謝氣體污染物



黴菌



大腸桿菌



病毒

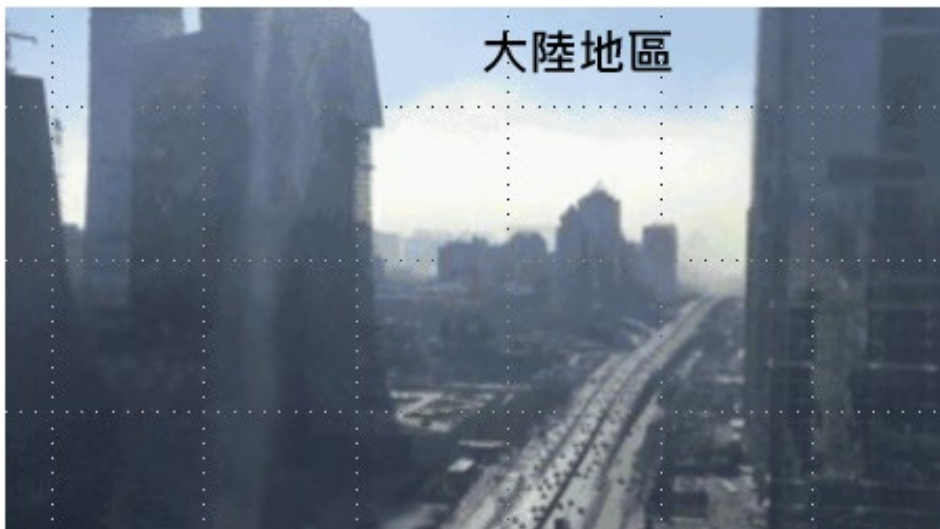
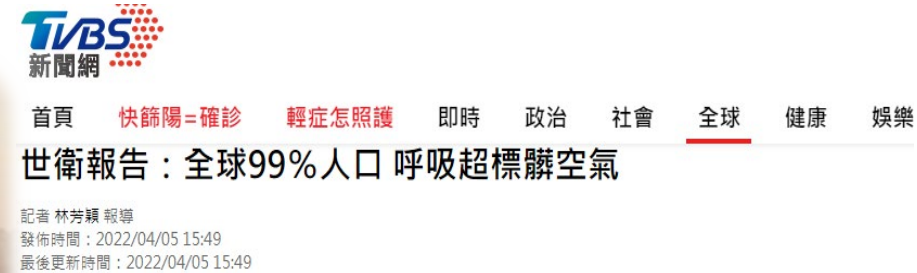


花粉

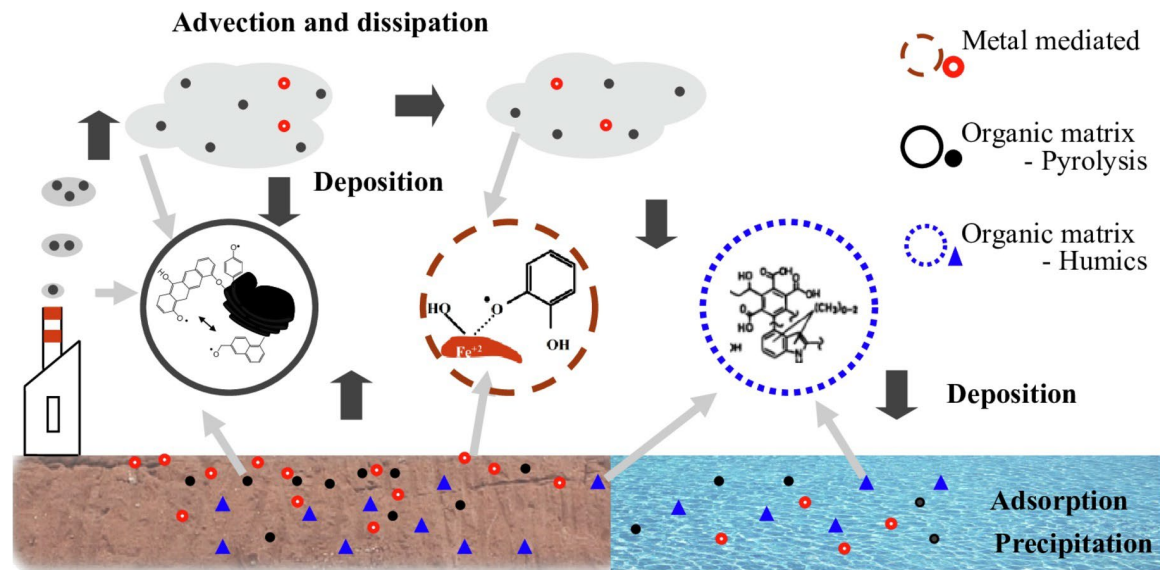
粒狀污染物（續）



印度馬德里(2017)



環境持久性自由基 (Environmentally Persistent Free Radicals)



參考 Environmental Pollution Volume 248, May 2019, Pages 320-331

Toxicity of EPFRs

As summarized in Table 2, EPFRs stabilized by transition metals exhibited significant cellular oxidative stress and cytotoxicity to human bronchial epithelial cells, which decreased the cellular antioxidants and then resulted in cell death (Balakrishna et al., 2009). Exposure of EPFRs associated PM to neonatal rats has been shown to cause cardiac and pulmonary diseases, such as decreased cardiac function, increased pulmonary artery pressure and airway hyperresponsiveness in. (例如心臟功能下降、肺動脈壓力升高和肺部氣道過度反應)。

- 在北京霧霾事件期間，於PM_{1.0}和PM_{2.5}中EPFR平均占有約77%和98%。(Yang L, Liu G, Zheng M, et al. Highly elevated levels and particle-size distributions of environmentally persistent free radicals in haze-associated atmosphere. Environ Sci Technol. 2017;51(14):7936-44.)
- 透過將取代的芳香族分子 (具有或不具有羥基和/或鹵素基團等取代基) 物理吸附到過渡金屬氧化物的表面上而引發的。隨後透過消除水和/或鹵化氫進行化學吸附。最後，電子從取代的芳香化合物轉移到過渡金屬的中心，導致過渡金屬同時還原並形成EPFR。(Dellinger B, Lomnicki S, Khachatryan L, et al. Formation and stabilization of persistent free radicals. Proc Combust Inst. 2007;31(1):521-8.)
- EPFR主要5個來源的百分比分布，如機動車排放 (32.1%)、粉塵 (27.2%)、燃煤 (16.8%)、工業排放 (11.7%) 和二次硝酸鹽 (3.4%)。(Wang Y, Li S, Wang M, et al. Source apportionment of environmentally persistent free radicals (EPFRs) in PM_{2.5} over Xi' an, China. Sci Total Environ. 2019;689:193-202.)

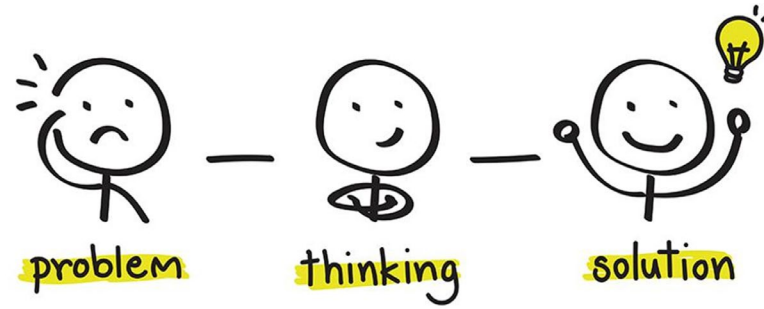


02

室內空氣品質改善 實務



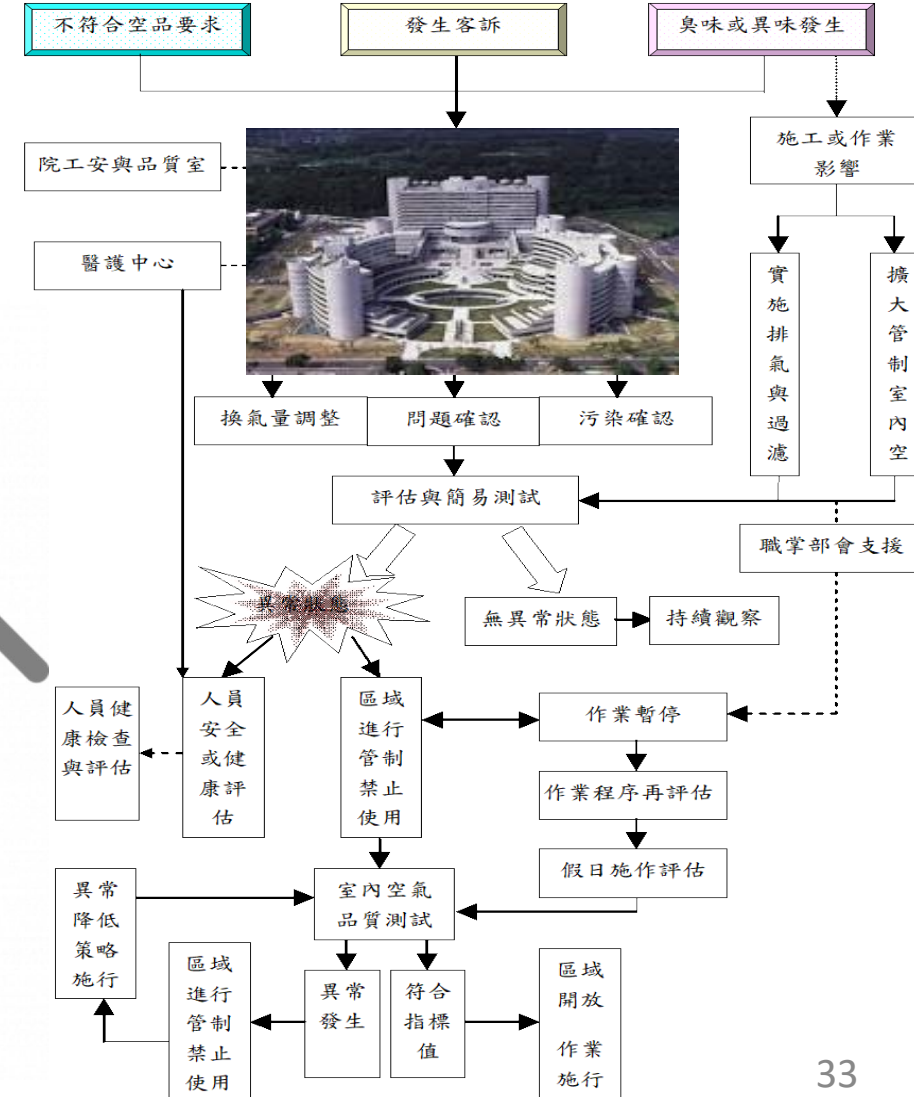
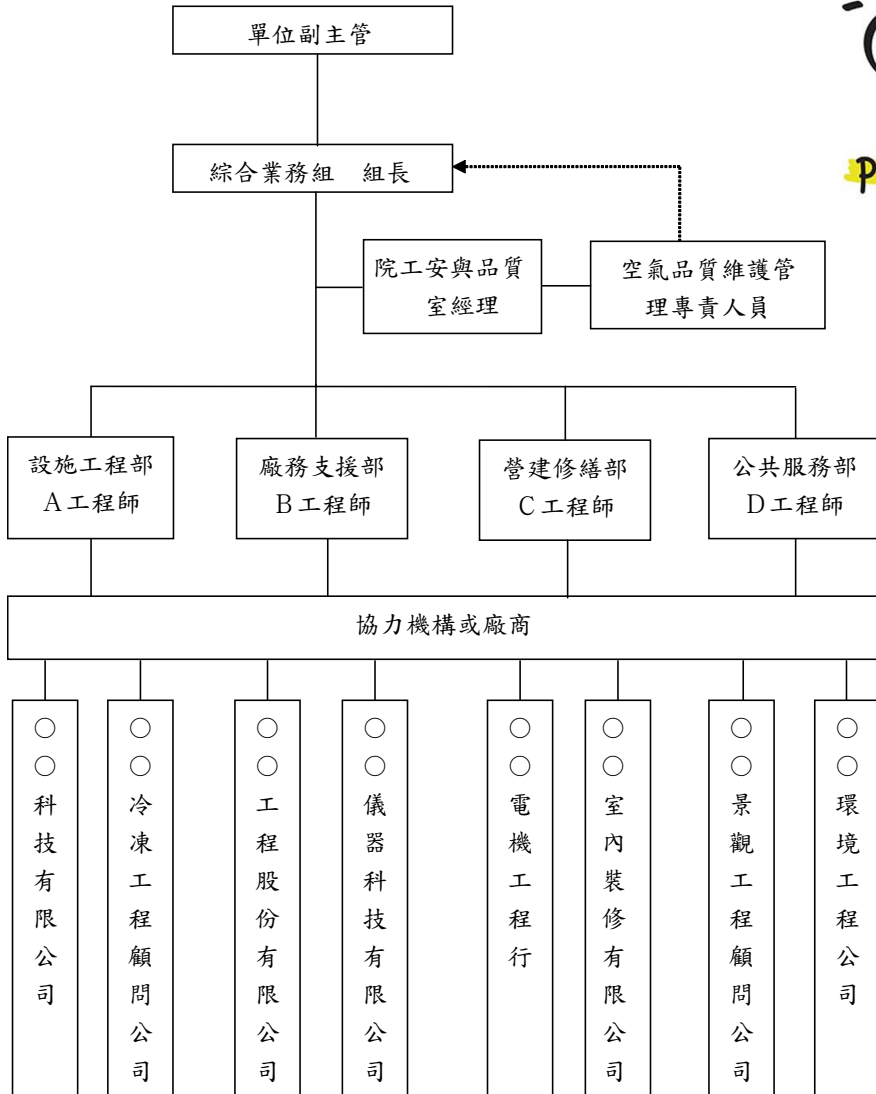
室內空氣品質維護與管理



<https://www.ctee.com.tw/>



<https://www.deschutescounty.gov/>



室內空氣品質維護與管理（續）

室內空氣品質不良應變處理措施

本案問題屬性：☐跨部門空氣品質問題 ☒空氣品質客訴問題 ☐非跨部門空氣品質問題
(填表人勾選，可重複勾選) 登錄編號：IAQ-1020601

狀況描述	6月05日參與夏季晚間音樂會的同仁反應有聞到煙味				
填寫人： <u>王○○</u> 日期： <u>0605</u>					
案建議送請	行政服務處/品質工安室 處理	院工安與品質室		空氣品質維護管理專責人員	
否屬重大/重複性異常：	☐ 是 ☒ 否				
原因分析	參與音樂會同仁疑似於男廁所內吸菸				
應變措施研擬	☐ 改善措施 ☒ 預防措施 預定完成日期： <u>102年06月08日</u> 1. 加強宣導室內進行吸菸。 2. 晚間加強管理人員巡邏。 3. 加強標示室外吸菸區。 4. 若發現男廁所內之吸菸者將提報人評會。 部/組主管：_____ 院工安與品質室經理：_____ 空品專責人員：_____				
核定	綜合業務組 組長		所長		
處理結果	已於 <u>102年06月09日</u> 完成本案相關之 ☐ 改善措施 ☒ 預防措施 相關提議已由行政服務處提報院長經院務會議裁示執行 部/組主管：_____ 院工安與品質室經理：_____ 空品專責人員：_____				

：1.跨部門空品問題，本所也需進行資訊建立。
2.處理結果核定後正本存工安品質室，影本送問題處理部門。其餘正本存問題處理部門，影本送填表人。

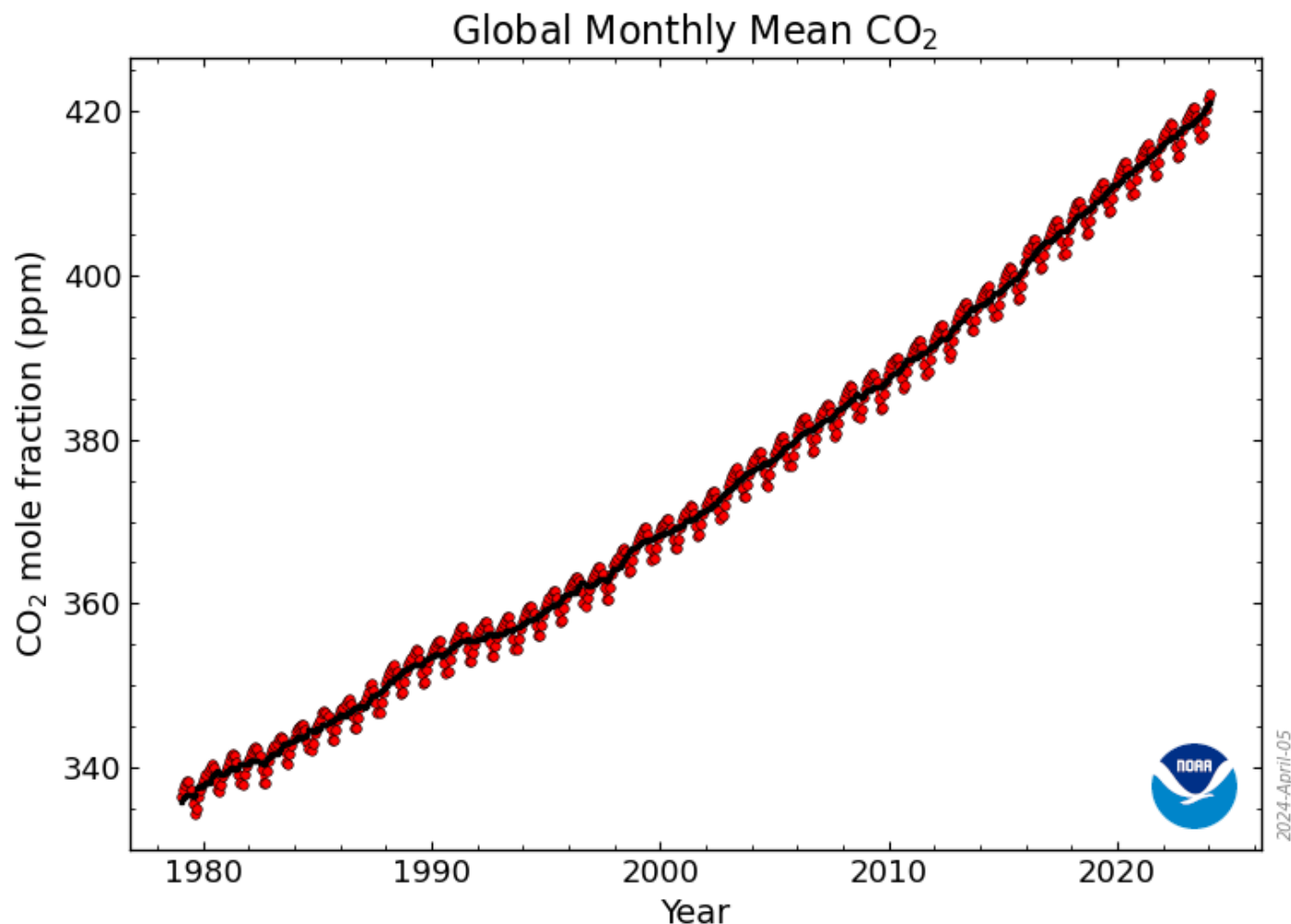
施工或作業規劃表（範本）

提案單位：公共服務部			報告日期：
			報告人：吳○○
項次	內容	備註	
作業目的	院內室內外環境消毒，以降低病媒蚊等危害		
施工程序與注意事項	1. 需選購且指定使用環保署許可之環境用藥，並載記相關字號及有效期限；使用時仔細閱讀該標示，並依照標示上的指示使用，不能用在其他用途上。 2. 需選擇且指定具有環保署『病媒防治業許可執照』廠商。 3. 施工或作業前需進行公告與通知相關人員，並提醒食品或飲用水使用及注意，而如水族箱或魚缸等大型設備如無法移出，必須加蓋並暫時停止打氣。且選擇假日進行施工或作業。 4. 施工或作業時需進行作業區域管制，降低消毒劑噴灑作業等對人員與環境影響。 5. 消毒作業人員需著工作隔離衣、手套、護目鏡及口罩等必要防護設備，且施作人員。 6. 消毒作業完成後關緊門窗迅速離開，作業人員需更換所穿衣物，且以肥皂等進行身體清潔。 7. 於施工或作業期間，全程現場需有本院同仁及廠商現場管理人員陪同，以因應緊急事故。		
作業場所/管制室內空間	中興院區 62、64、67 館等各樓層 管制時間為 6 月 22 日上午 7 時~24 日上午 7 時		

施工或作業規劃表 續頁（範本）

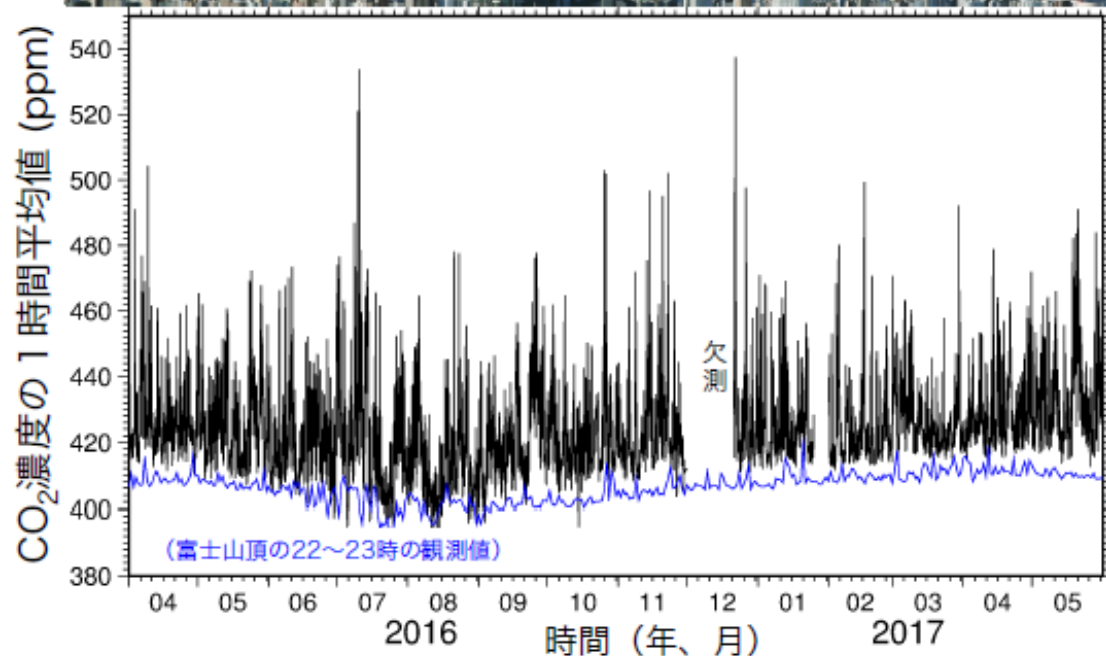
降低室內空氣污染策略	1. 選用高度安全性、速效且殘留性小、且清潔性使用簡便之環境用藥。 2. 室內空間消毒作業完成後，管制時間需加長，並開啟外氣送風系統，以進行夜間換氣，降低室內環境空氣中藥品殘留濃度。	● 如附件說明
環境空氣品質測試	1. 參考藥品及使用說明，於消毒後 30 分鐘後人員可進入作業場所，以開啟門窗進行室內之通風作業。 2. 本次作業完成後，額外再進行機械換氣，降低室內環境用藥殘留濃度，以確保對消毒區域辦公人員衝擊，因此不再提出環境空氣品質測試需求。	
其他或建議事項	1. 現場個出入口需有明顯告示及說明。 2. 請於施工作業前將各出入口進行管制，只允許對外離開，僅保留一出入口為允許進出。 3. 現場需另設有緊急聯絡電話，除相關本院人員及作業廠商外，應有醫療及環境相關之機關緊急聯絡資訊，以利緊急事故之通報與管理。 4. 請清潔人員提前於 7 點進行室內環境清潔。	

全球二氧化碳濃度攀高



- 圖中顯示為分布全球海洋表面的空氣採樣點每月之平均二氧化碳濃度值。
- 圖中數值為除去水蒸氣後二氧化碳分子莫爾數除以空氣中所有分子莫爾數（包括CO₂）之乾燥空氣摩爾分數。其中摩爾分數以百萬分率 (ppm) 表示。
- 為降低工業與人為因素空氣採樣點皆遠離陸地之偏遠的海洋海平面位置。
- 我國目前室內空氣品質要求24小時平均濃度為1,000 ppm。

都會區二氧化碳濃度



- 黑色是在東京晴空塔頂觀測到的每小時CO₂平均濃度值。藍色是在富士山頂觀測到的夜間（22:00至23:00）CO₂濃度。
- 富士山頂被視為東亞中緯度區典型之CO₂背景濃度。晴空塔頂觀測值受東京等地表排放CO₂影響。



都會區移動污染源影響

都市空氣污染暴險人口 馬路旁1或2樓易受廢氣影響

記者:歸鴻亭 時間:2013/5/22 下午 03:43:51

中研院環境變遷研究中心執行跨領域整合型3年計畫「臺灣巨型城市環境研究」，發現都會區大氣懸浮微粒(PM2.5)的來源為汽、機車廢氣，民眾近距離接觸使實際暴露的PM2.5濃度可能遠高於環境大氣濃度，加上交通排放源產生微粒相多環芳香烴，會影響人體心肺功能，增加心肺相關疾病的發生率及死亡率。

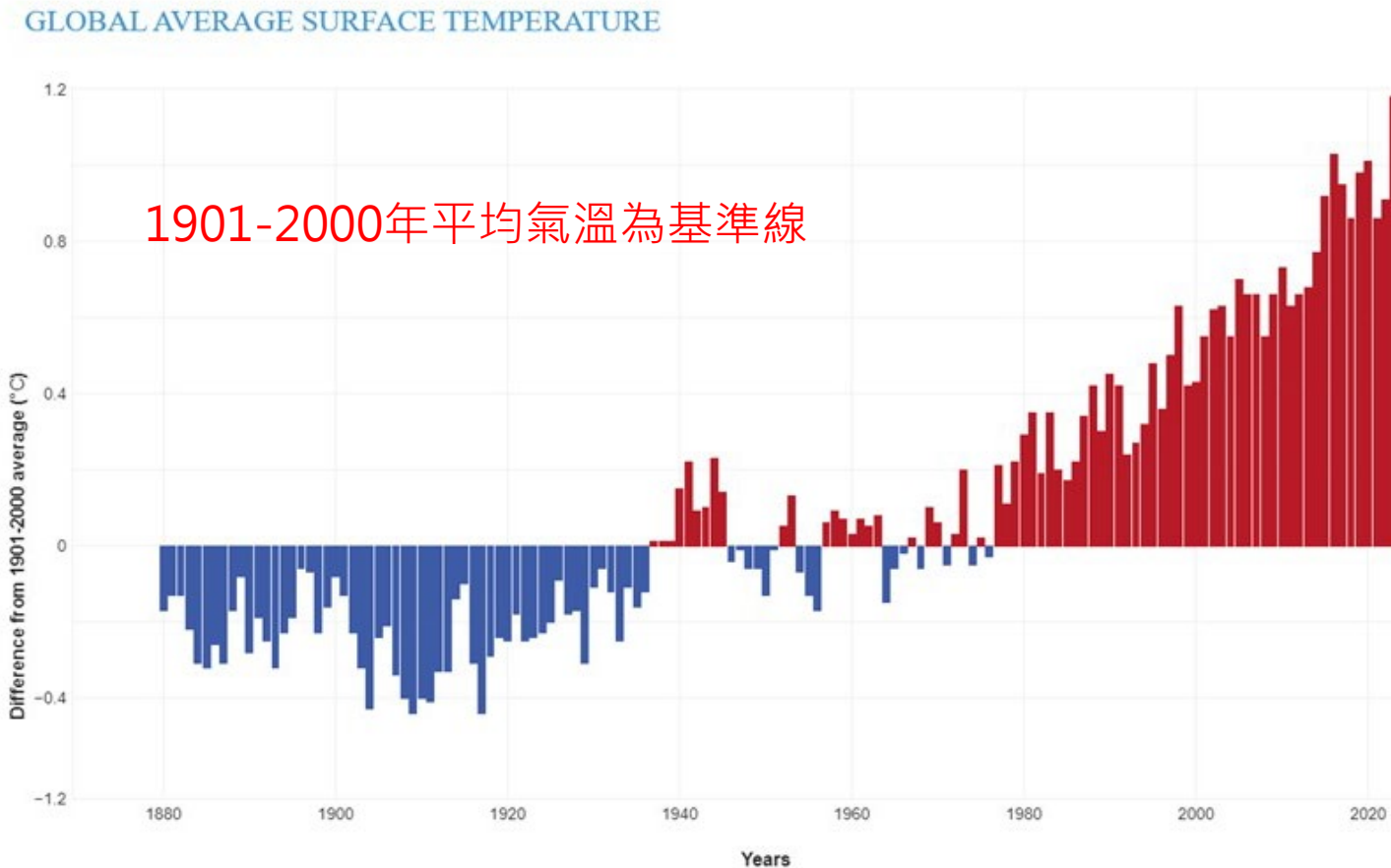
該研究中心副研究員龍世俊在國科會發表「都市空氣污染暴險人口分佈」研究成果時指出，汽、機車的廢氣含有懸浮微粒及多環芳香烴，人體若長期暴露其中，會增加心肺疾病的發生與死亡，國外研究顯示，居住馬路50公尺內發生冠狀動脈硬化機率，比居住在2百公尺外



中研院環境變遷研究中心副研究員龍世俊研究汽、機車廢氣含有懸浮微粒及多環芳香烴，住馬路旁1或2樓易受廢氣影響。(歸鴻亭攝影)



戶外氣溫因素



資料來源：<https://www.climate.gov/>



歷年台灣高溫			
No 1	2004年	台東	40.2度
No 2	2004年	台中	39.9度
No 3	1988年	台東	39.7度
	2020年	台北	39.7度

公視新聞網

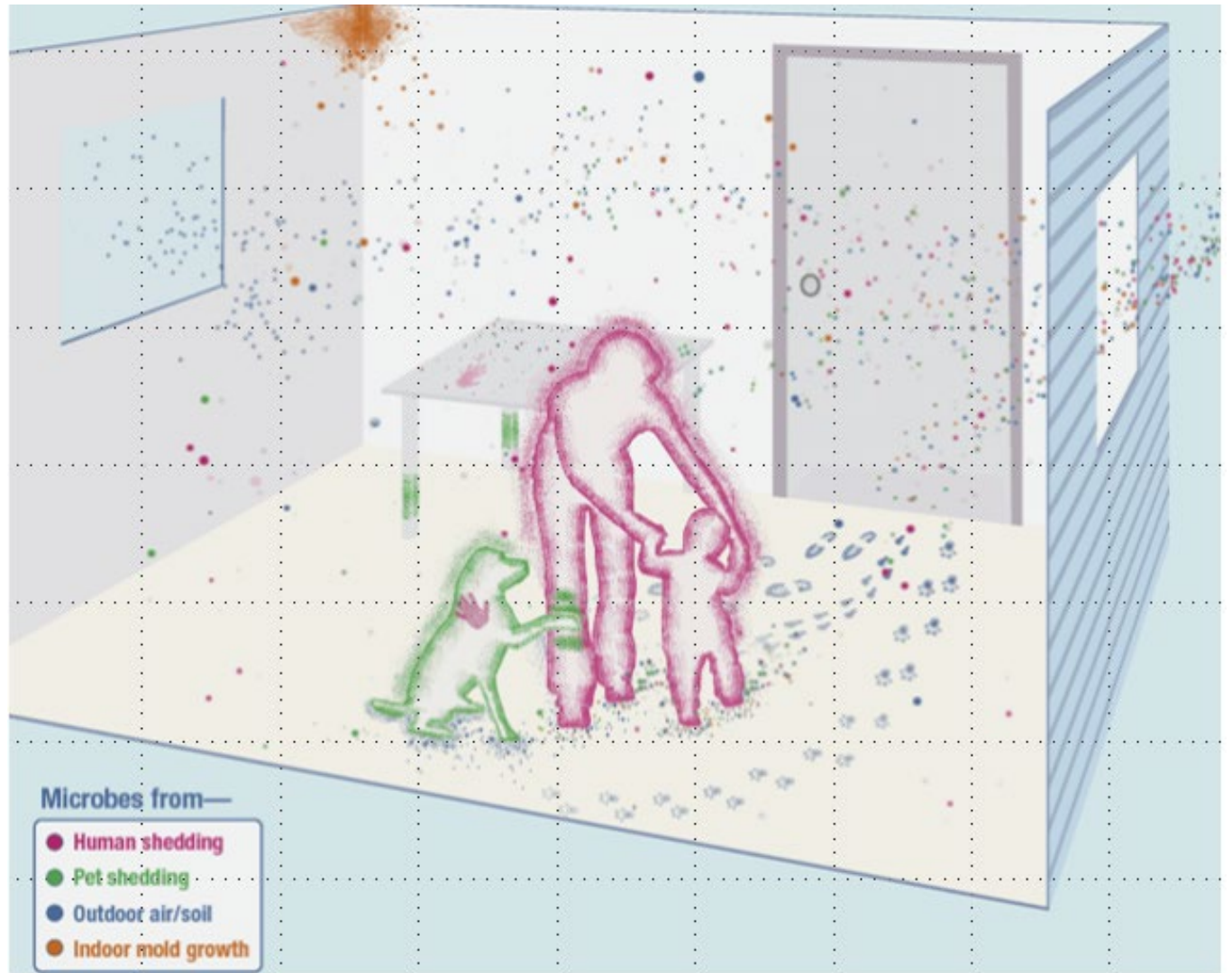
生物性污染物質



資料來源：
<https://www.maine.gov/dacf/php/gotpests/othercritters/mold.htm>



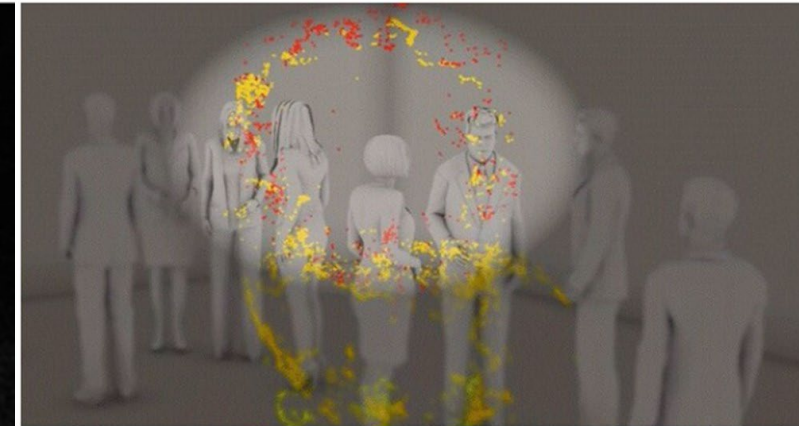
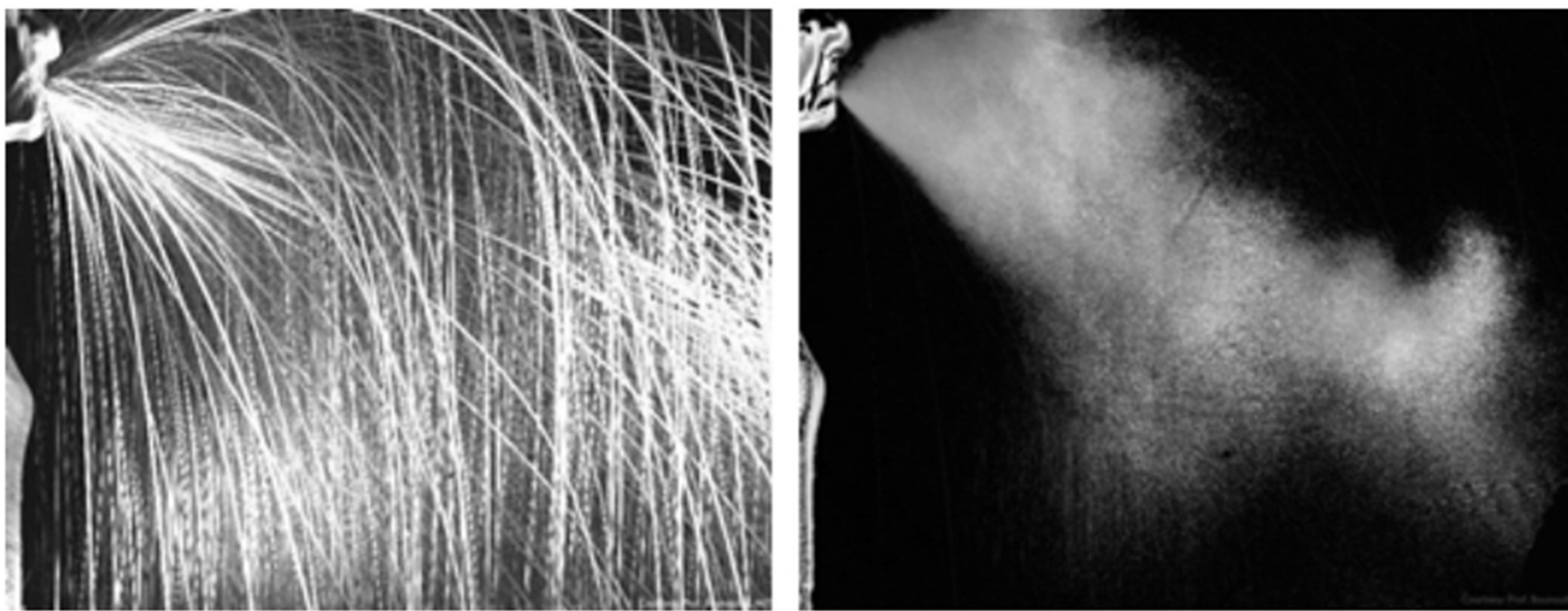
資料來源：
<https://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/mold.html>



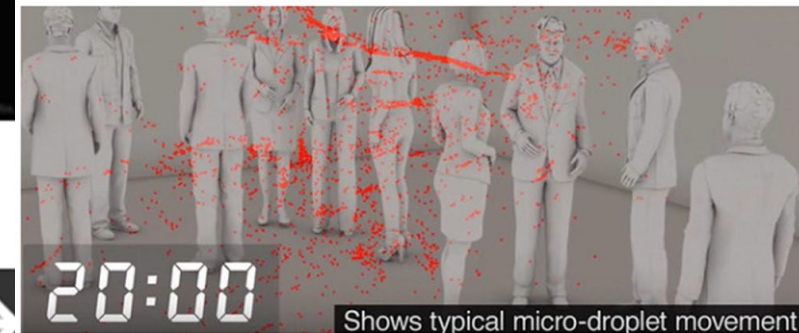
資料來源：<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/indoor-microbiome>

感染預防與控制

- 每一項感染途徑皆十分複雜，其預防或控制程序亦複雜且合理抑低。



(紅色點狀物標示微飛沫)



Shows typical micro-droplet movement

(20分鐘後微飛沫仍飄浮在空中) 圖片來源 / 翻攝自NHK WORLD-JAPAN YouTube影片

<https://www.natgeomedia.com/science/article/content-11151.html>

- 空氣品質管理非感染控制

高速攝影拍到打噴嚏之後，會有像瀑布一樣的大飛沫噴出（左圖），還有雲霧狀的小飛沫（右圖），能將病原體傳播得更遠。 IMAGE BY LYDIA BOUROUIBA, MIT

3/3

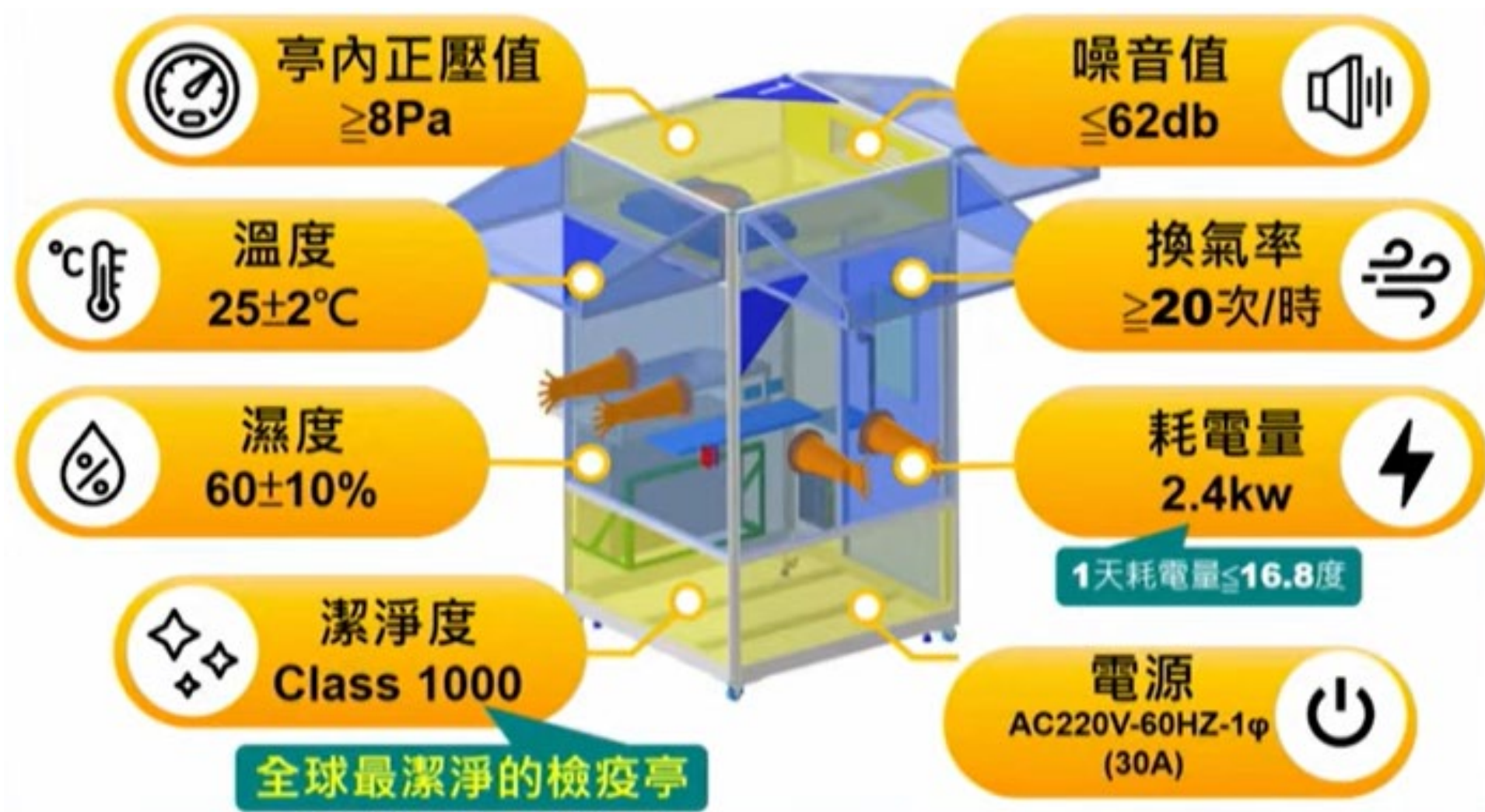


20:00

保護他人就是保護自己



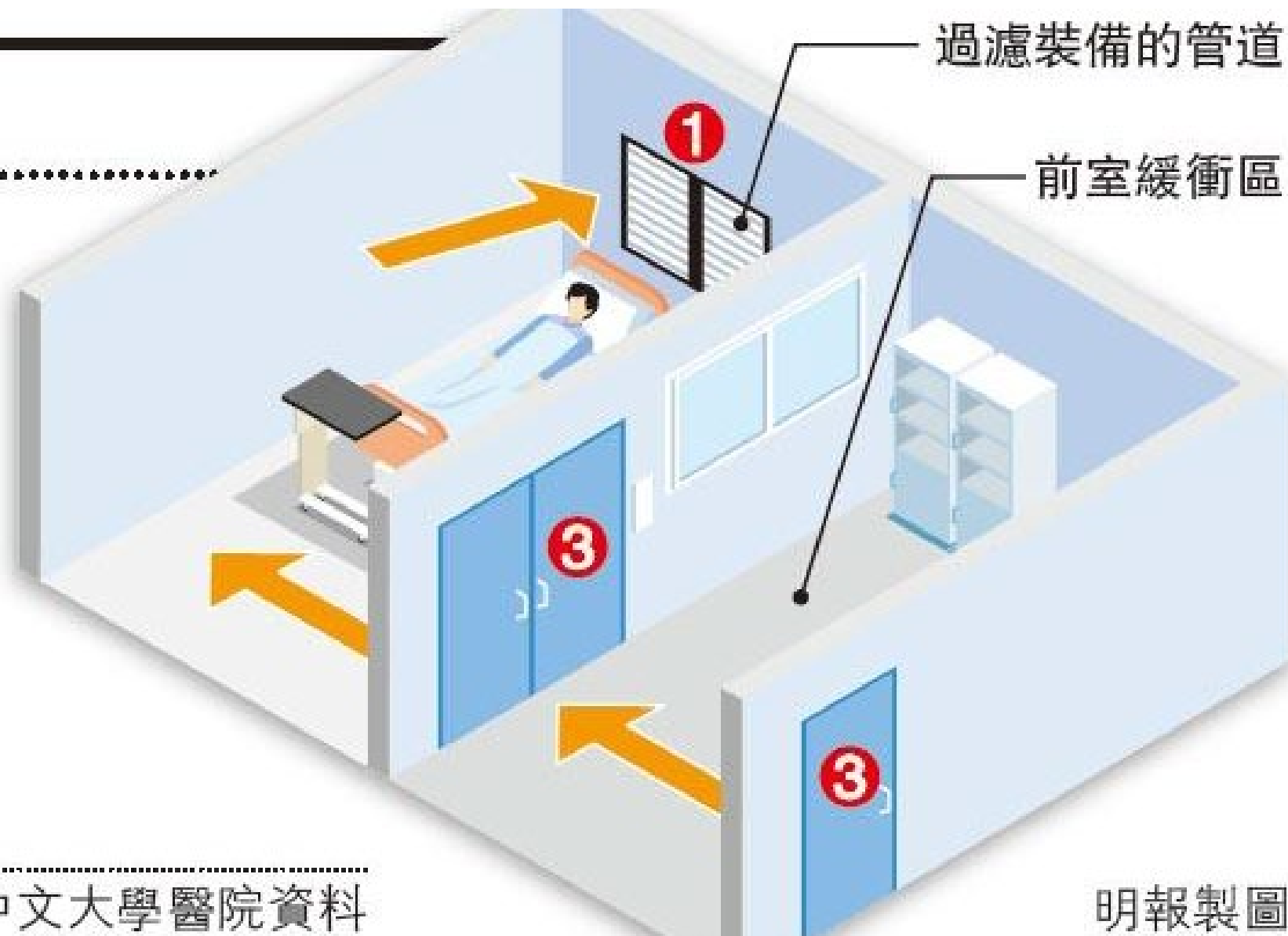
正壓檢疫亭



負壓隔離病房

負壓病房解構

- ❶ 抽風系統形成負氣壓，令空氣只會單方向流入病房，並透過設過濾裝備的管道流出
- ❷ 通風系統採用非循環式設計，所有送風都是取自室外的新鮮空氣
- ❸ 設兩扇門，且不能同時開啟，以確保空氣不會外泄



資料來源：綜合醫管局及中文大學醫院資料

明報製圖

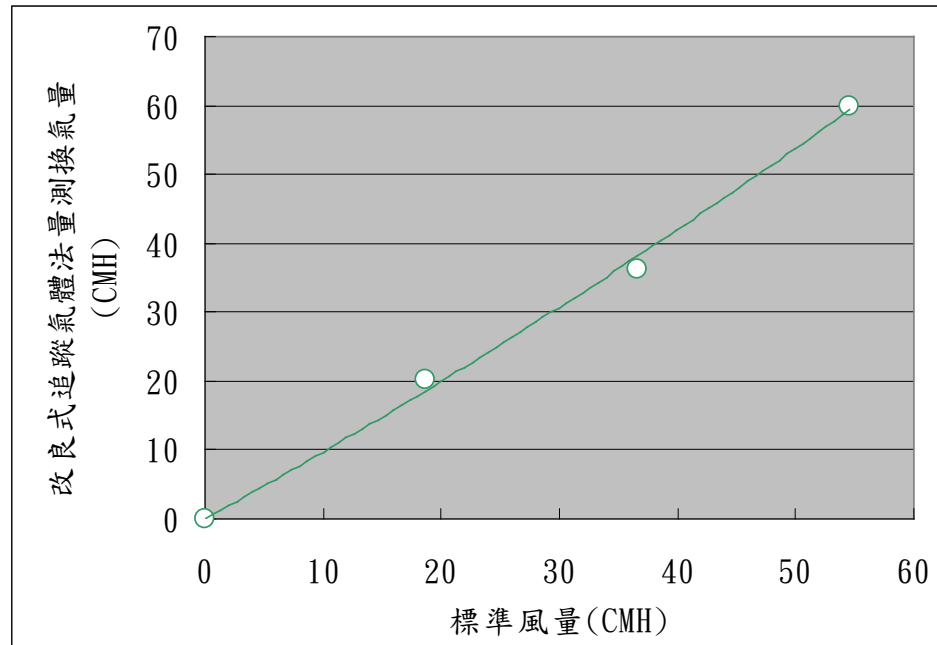
負壓隔離



Validation for Isolated Ward

- In order to verify the design within a rather short time, some indices of the ventilation system were tested in parallel including ACH, level of negative pressure, pollutant remove rate.
- Tested with **tracer gas SF6** and revised the testing procedure.
- Validation for one ward could be done in **20 minutes**.

$$ACH = [\ln C(0) - \ln C(t)] / t$$



Results of The Validation

Blower door test



<https://homes.lbl.gov/>

建材對室內空氣品質影響

化學物質	產生來源	症狀
甲醛	黏合劑、防黴劑	眼/喉嚨痛、頭痛、嗅覺遲鈍
甲苯	洗滌劑、油漆、黏合劑	疲倦、頭暈、體力下降、失眠、呼吸道疾病惡化、氣喘
二甲苯	油漆、香水、永久記號筆、膠水	刺激眼睛、鼻子、喉嚨並失去平衡
對二氯苯	驅蟲劑、除臭劑	頭暈、頭痛、腎臟炎、致癌
乙苯	黏合劑和油漆溶劑、燃料油	喉嚨和眼睛刺激、皮膚炎
苯乙烯	黏合劑、烹飪包裝紙、塑膠製品	黏膜炎症
十四烷	塗料等中的溶劑、煤油中的揮發成分	高濃度時有麻醉作用，使皮膚乾燥、角化、龜裂





健康綠建材標章

- 108年7月25日內政部部務會報通過修法，提高建築物裝修面積綠建材使用率的下限，室內從45%提高至60%、室外從10%提高至20%，落實建築物節能、減碳及減廢。

E1:TVOC- (小於 $0.005 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{hr}$) 、
甲醛- (小於 $0.005 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{hr}$)

E2:TVOC-($0.005\text{-}0.06 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{hr}$)
甲醛- ($0.005\text{-}0.02 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{hr}$)

E3:TVOC-($0.06\text{-}0.19 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{hr}$)
甲醛-($0.02\text{-}0.05 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{hr}$)

一般通則-低逸散規定

經認定有TVOC及甲醛逸散之虞者

TVOC<($0.19 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{hr}$) 、
甲醛< ($0.05 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{hr}$)

1	地板類	木質地板、地毯、架高地板、木塑複合材等。
2	牆壁類	合板、纖維板、石膏板、壁紙、防音材、粒片板、水泥黏結木絲板、水泥黏結木片板、水泥黏結木質板、纖維水泥板、矽酸鈣板、木塑複合板、壁布(合成纖維)等。
3	天花板	合板、石膏板、岩棉裝飾吸音板、玻璃棉天花板等
4	填縫劑	聚胺酯、磁磚填縫劑、矽利康、環氧樹脂、防水塗膜材料等。
5	塗料類	各式水性、油性、無溶劑型粉刷塗料等。
6	接著(合)劑	各式牆板、地板、磁磚粘著劑等。
7	門窗類	木製門窗(單一均質材料)。

資料來源：<https://gbm.tabc.org.tw/modules/pages/health>

All-or-None Law

- 雖約束使用綠建材比率 (60%)，但無法約束另外40%建築材料於甲醛或TVOC逸散率，則對抑制室內空氣甲醛或TVOC濃度之效益可視為無。
- 下表為日本建築基準法之要求。

建築材料分類	甲醛釋出量	JIS、JAS等顯示符號	室內裝修限制
不受建築基準法限制	小於0.005 mg/m ² · hr	F☆☆☆☆	不限使用面積
第3類甲醛釋出率建築材料	0.005-0.02 mg/m ² · hr	F☆☆☆	限制使用面積
第2類甲醛釋出率建築材料	0.02-0.12 mg/m ² · hr	F☆☆	
第1類甲醛釋出率建築材料	大於0.12 mg/m ² · hr	不標示 或 使用舊版E2、FC2	不可使用

- ① 符合綠色採購法
除金屬材料外，木材應使用甲醛釋出率低於0.005 mg/m²h或更低，並以此為請購要求。

木質材料（等級）



学校用家具

- ② 使用材料之確認法
請產品檢查所使用材料之成分含量（甲醛、甲苯、二甲苯、對二氯苯）。

木質材料（等級）・塗

樹脂



金屬・塗裝

学校用家具

室內污染物



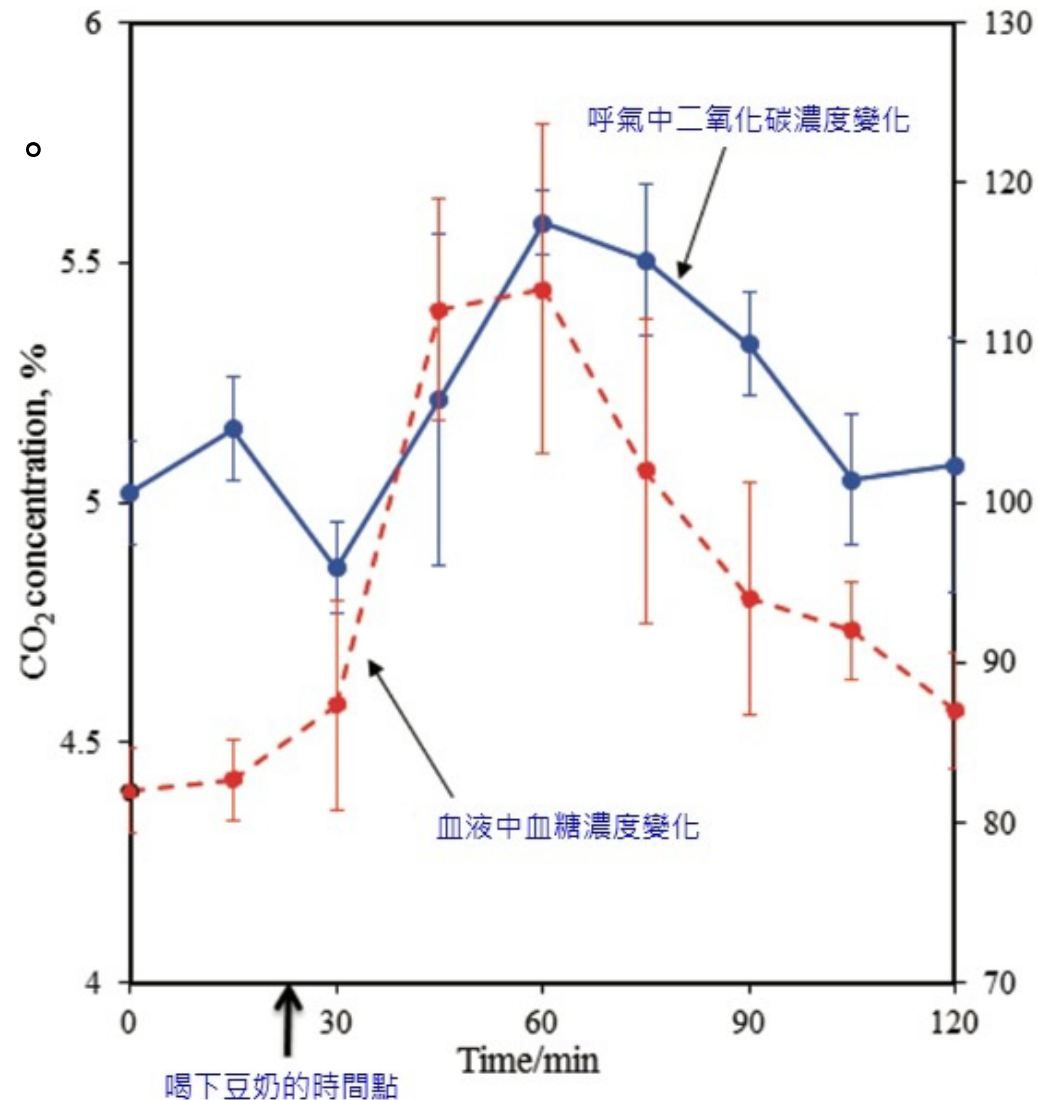
室內二氧化碳來源之一

- 除室內燃燒行為外，具有呼吸作用之生物為另一項於室內產生二氧化碳之來源。
- 其中包含人員、寵物與植物。

中華民國路跑協會

跑步時的呼吸調節

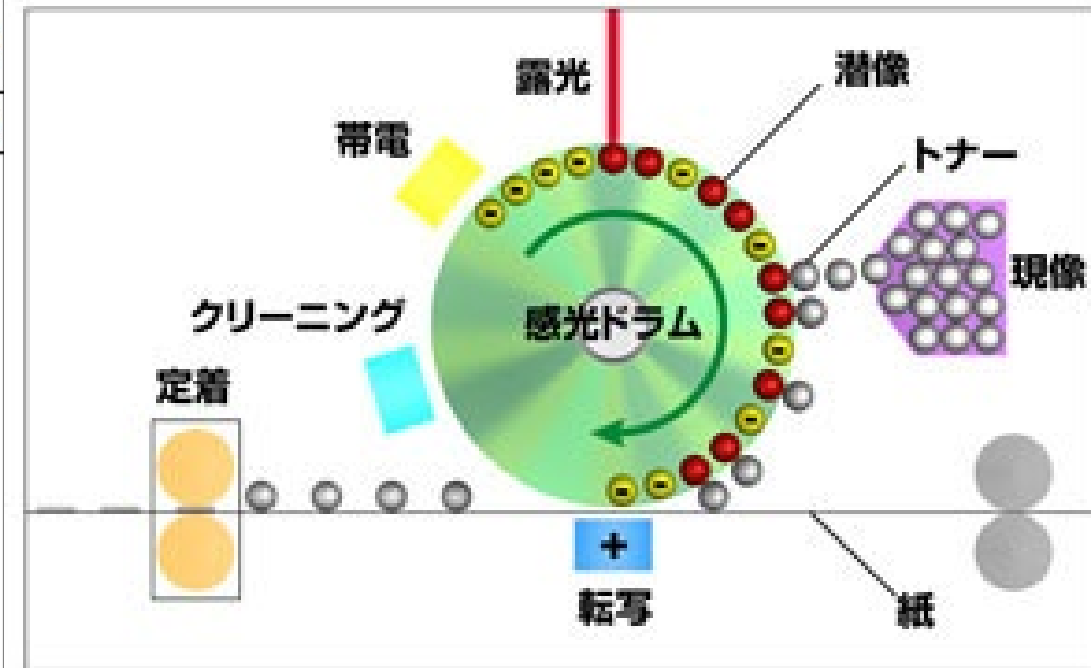
呼吸的主要目的，在提供人體的氧氣需求與排除體內多餘的廢氣。人體安靜休息時，每分鐘約呼吸10至12次，每次呼吸的量（潮氣量）約 500ml，也就是說，人體在安靜時的每分鐘呼吸交換量約5至6公升。儘管每分鐘吸入體內的氧氣多達1000至1200ml，但是70公斤成人每分鐘使用的氧氣則只有 300ml左右。人體最大運動時的換氣量可以達每分鐘 100公升（約安靜時的20倍），但是人體的最大氧氣攝取量(maximal oxygen uptake) 則只有每分鐘3000ml。這種呼吸交換量增加，氧氣使用率反而降低的現象，似乎說明了呼吸並不是人體耐力運動表現的主要限制因素。



室內污染物-事務機具

- 高壓感電衍生臭氧與NO_x之污染。
- 顯像過程衍生微粒之污染。
- 定影過程衍生TVOC之污染（含來源紙張與碳粉分散劑）。

中華民國國家標準	辦公室設備－複印機、印表機及多功能 事務機之臭氧、揮發性有機化合物及 粉塵逸散率之量測法	總號	1 5 2 4 4
CNS		類號	C 3 2 2 4
Office equipment – Measurement of ozone, volatile organic compounds and dust emissions rate from copiers, printers and multi-function devices			
1. 適用範圍			
本標準規定量測複印機、印表機及多功能事務機（以下簡稱待測裝置）所逸散 臭氧 、 揮發性有機化合物（以下簡稱 VOC） 及 粉塵 之量測方法。			
2. 引用標準			
下列標準經本標準所引用之內容，視為本標準之規定。			
CNS 9178	氣相層析一般檢驗法		



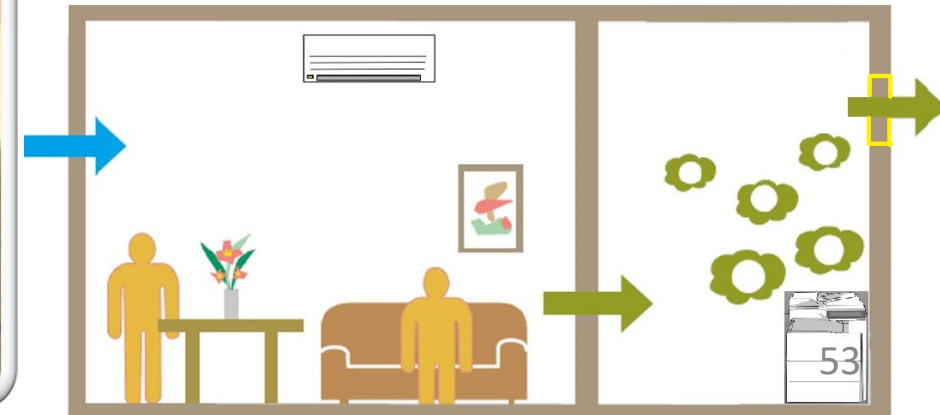
複印機衍生粉塵污染物



降低複印機衍生污染物之建議



- 將複印機設置於獨立隔室內。
- 隔室設置機械排氣設備，以維持隔室內對鄰近房間與外氣皆為負壓狀態。
- 藉由其他鄰近房間經空調後之空氣作為該隔室之環境溫度管理（溫度控制高於人員作業區域1-3°C），以降低該隔室空調負荷。
- 定期進行環境與空調系統維護與清潔。



室內明火需具有排氣設施

廚房通風改善技術手冊-勞動部職業安全衛



混合型懸吊式氣罩



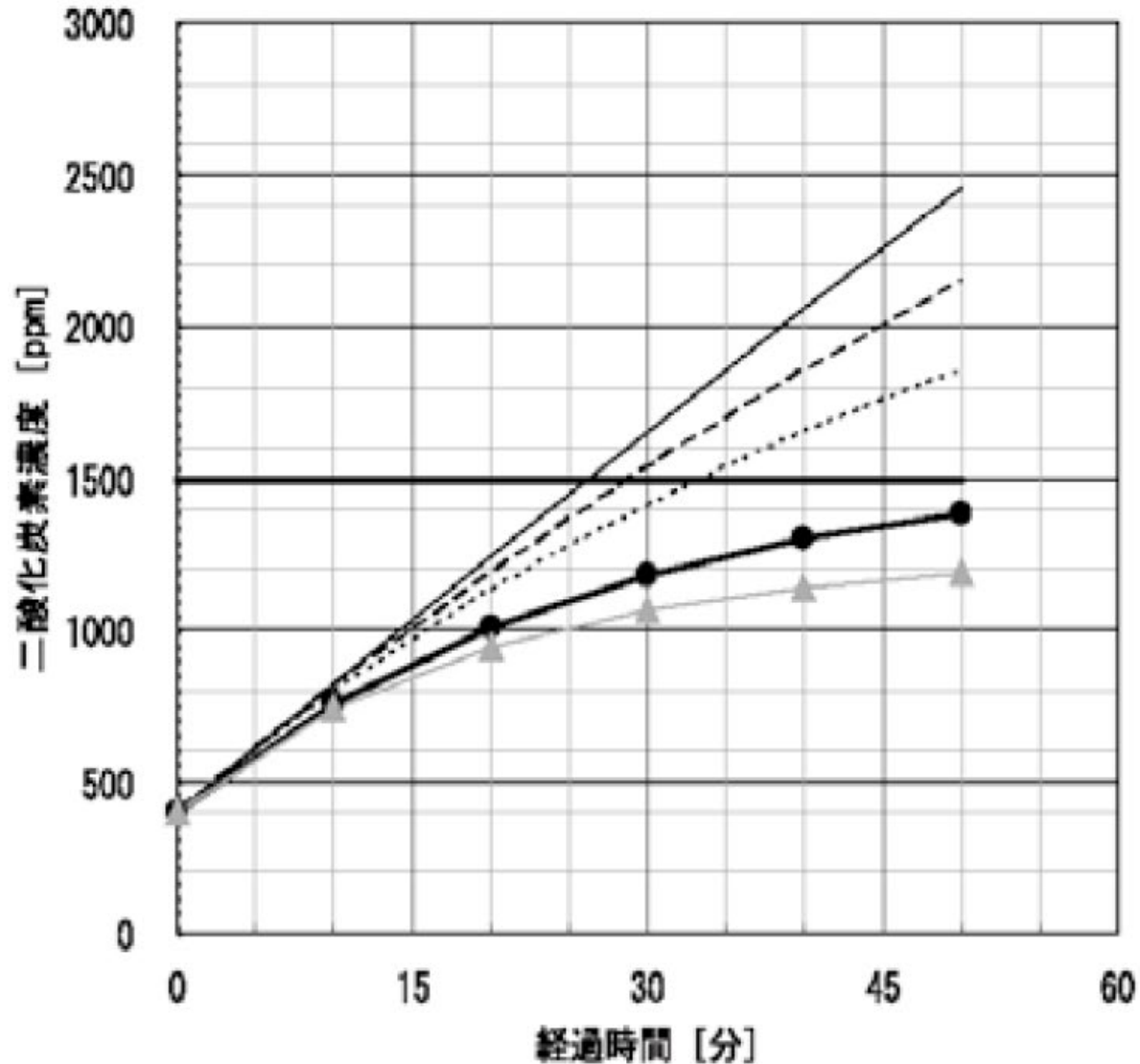
家用型氣罩



油炸爐用氣罩



通風以降低二氧化碳濃度

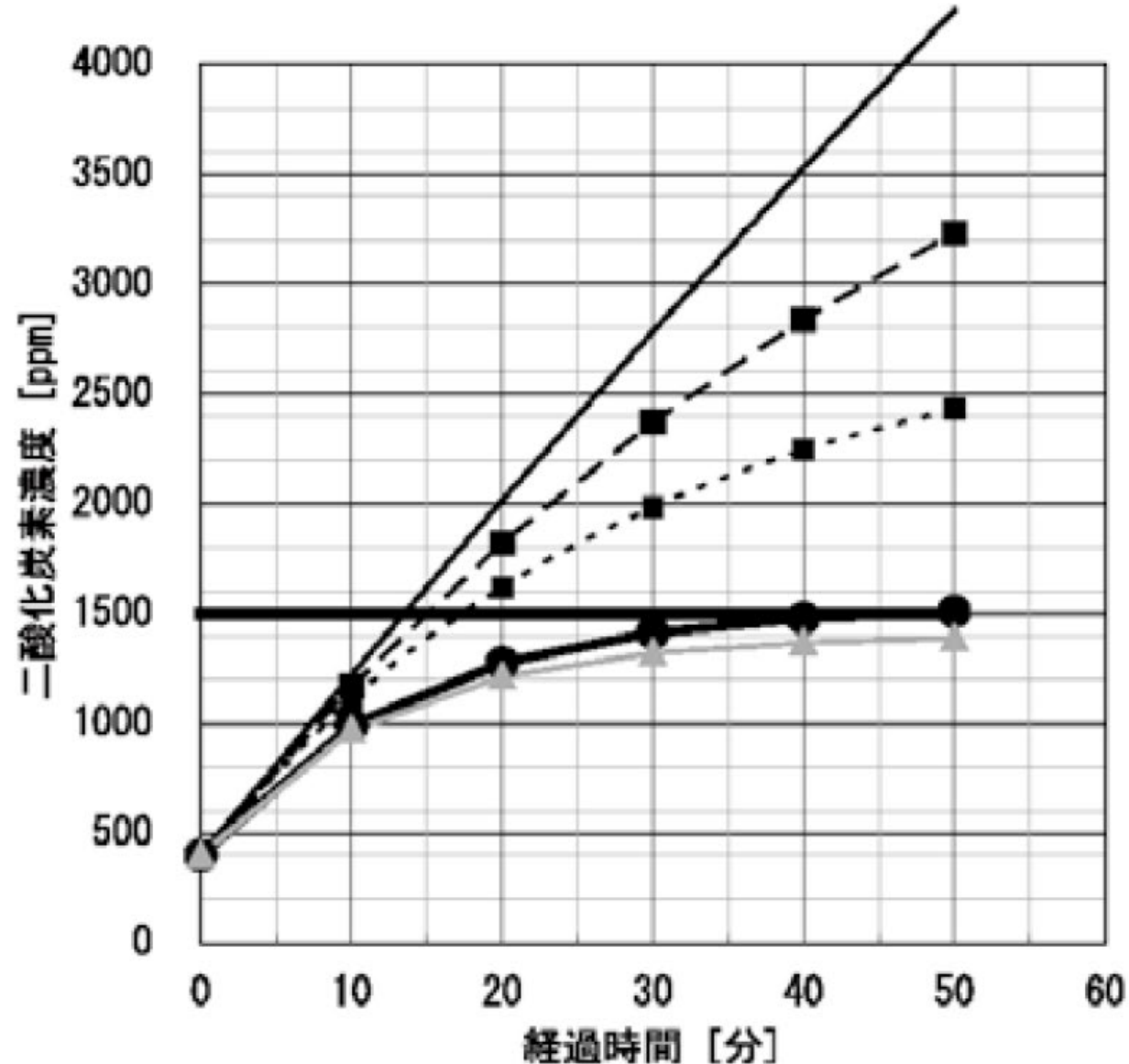


- 換気回数 = 0.1 [回/時間]
- 換気回数 = 0.5 [回/時間]
- 換気回数 = 1.0 [回/時間]
- 換気回数 = 2.2 [回/時間]
- ▲▲▲ 換気回数 = 3.0 [回/時間]
- 基準値

・ 教室の容積	180 [m ³]
・ 在室者数 教師 (大人) 小学生 (低学年)	1 [人] 40 [人]
・ 外気 (授業開始時) の二酸化炭素濃度	400 [ppm]

資料來源：日本文部科學省

通風以降低二氧化碳濃度（續）

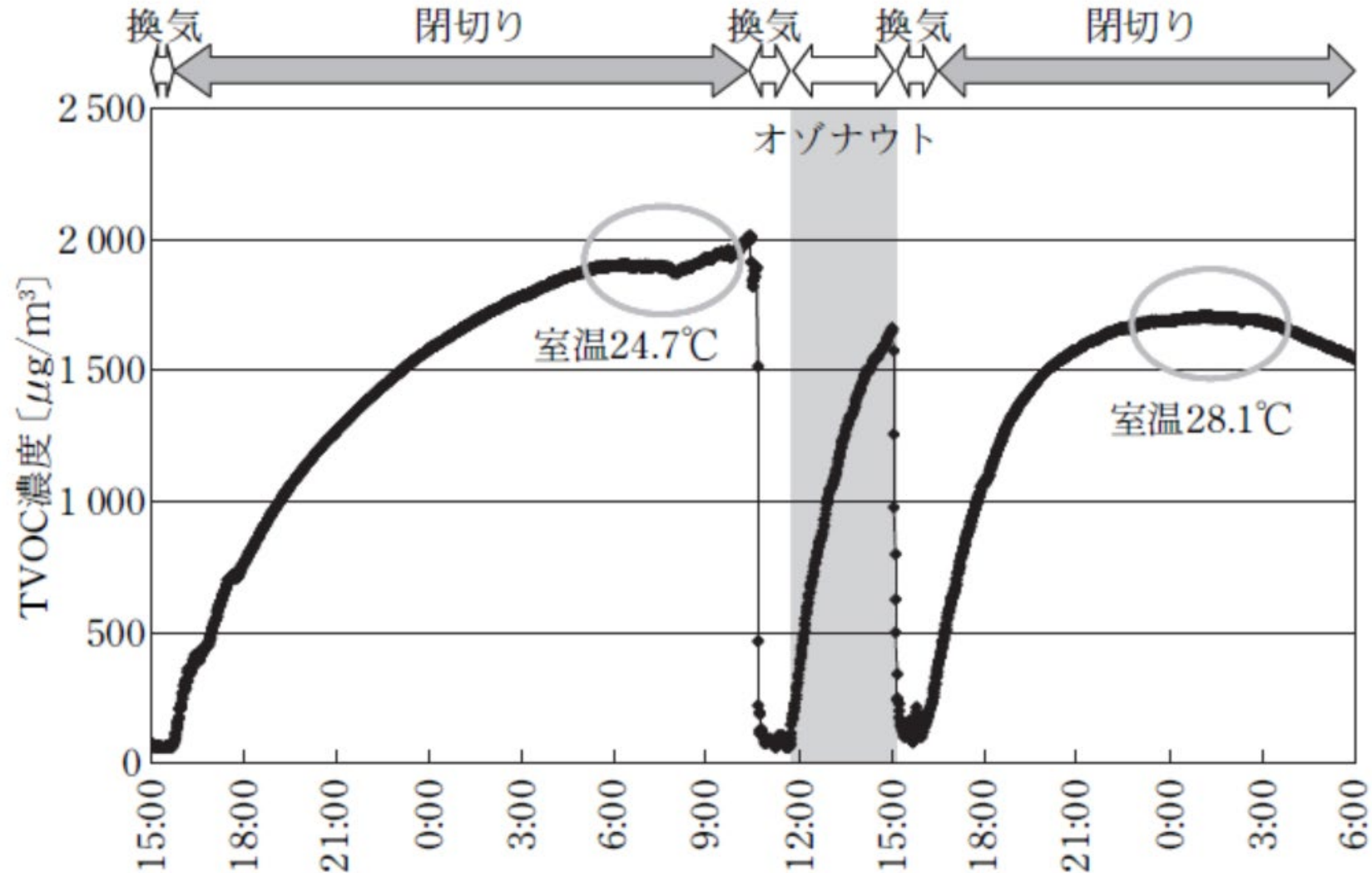


- 換氣回数= 0.2 [回/時間]
- 換氣回数= 1.0 [回/時間]
- 換氣回数= 2.0 [回/時間]
- 換氣回数= 4.4 [回/時間]
- 換氣回数= 5.0 [回/時間]
- 基準値

・教室の容積	180 [m ³]
・在室者数	
教師（大人）	1 [人]
高校生	40 [人]
・外気（授業開始時）の二酸化炭素濃度	400 [ppm]

資料來源：日本文部科學省

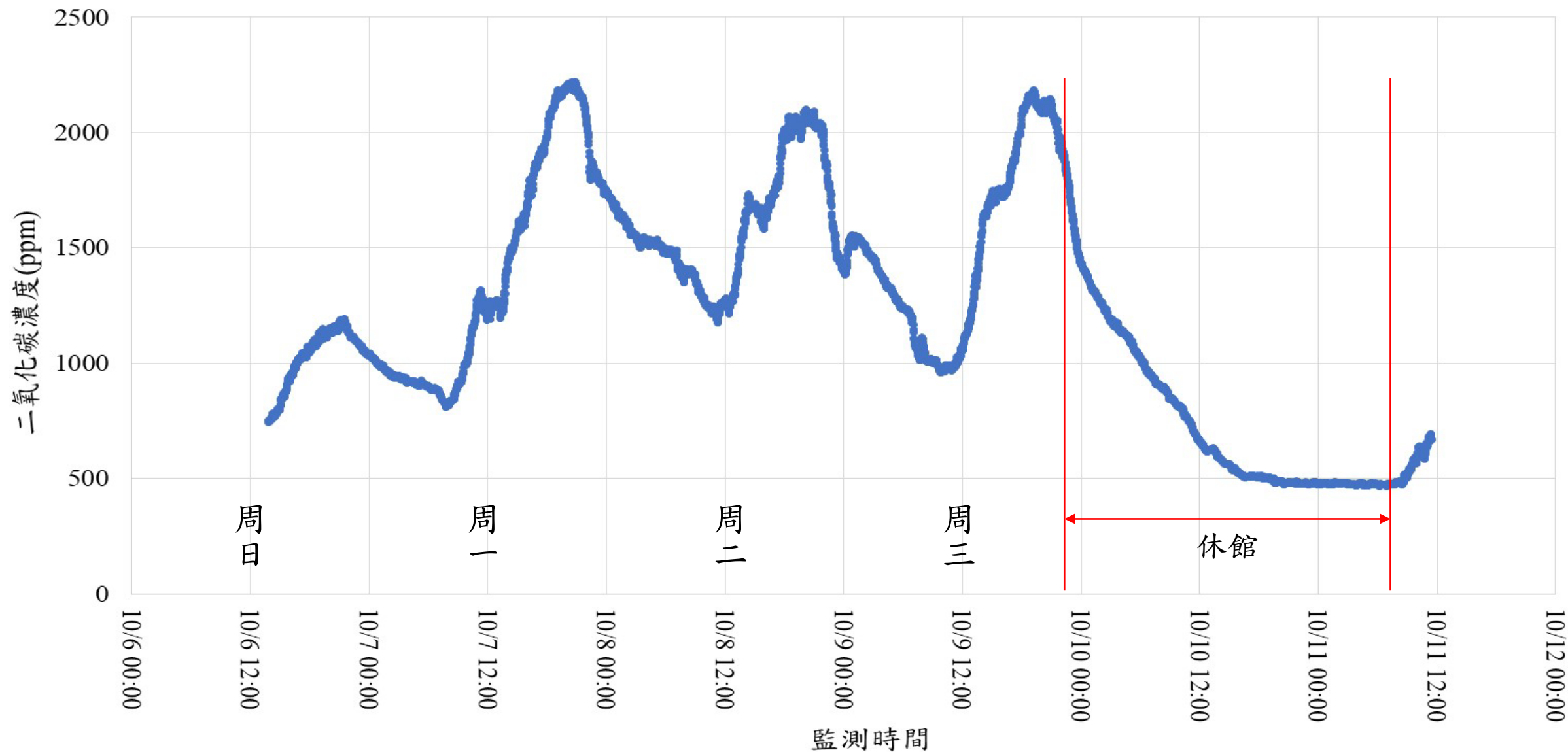
通風以降低TVOC濃度



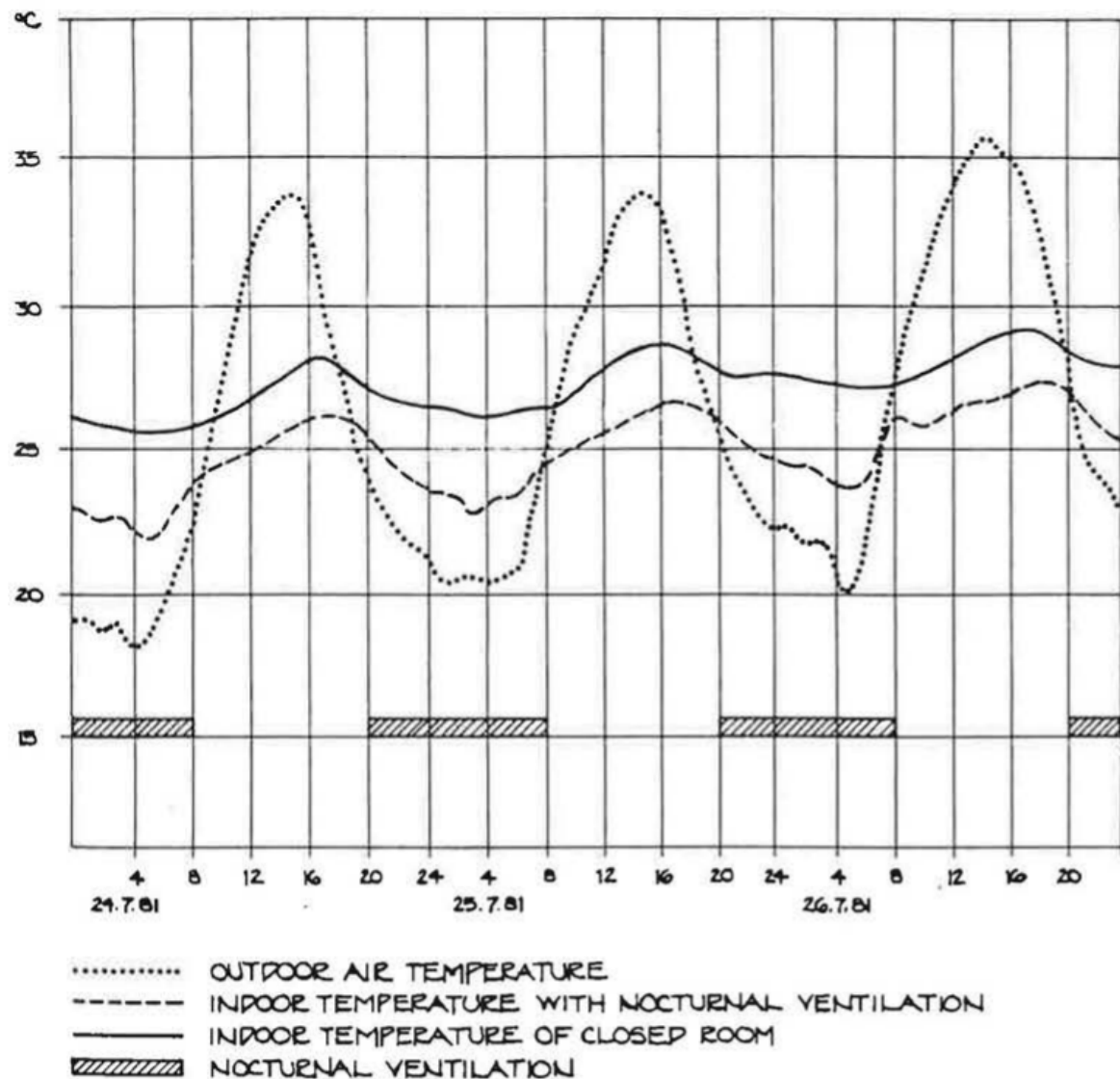
オゾナウト後は、閉切り時に到達する最高濃度が減少している。

図 PID 法による室内 TVOC 濃度の変化

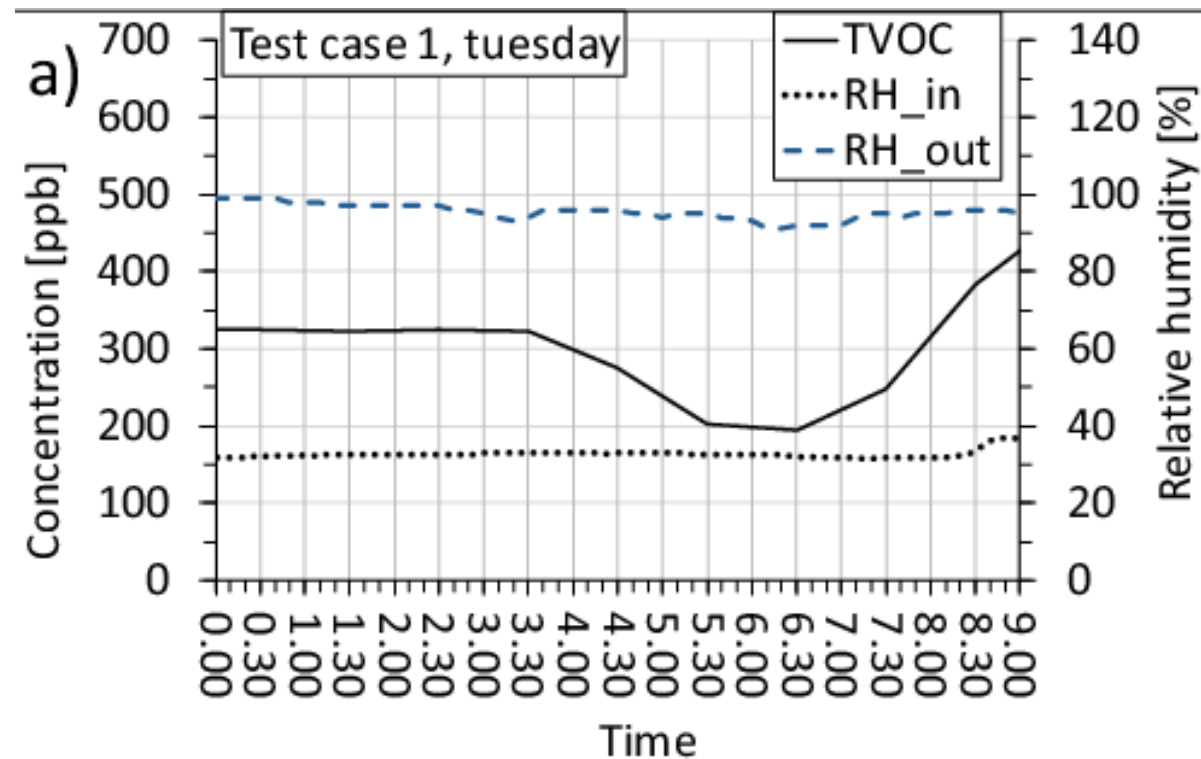
建築物之二氧化碳蓄積



Night Ventilation 、Night Purge or Night Flushing



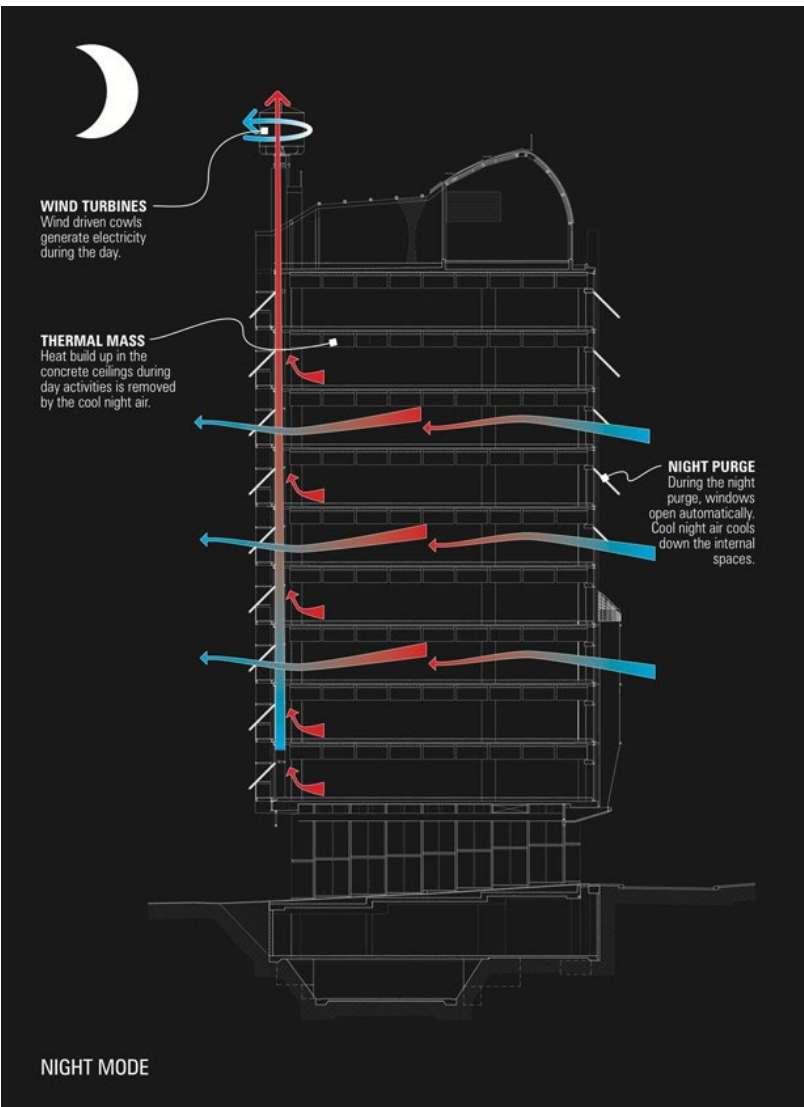
Energy artd Buildings, 18(1992) 11-23



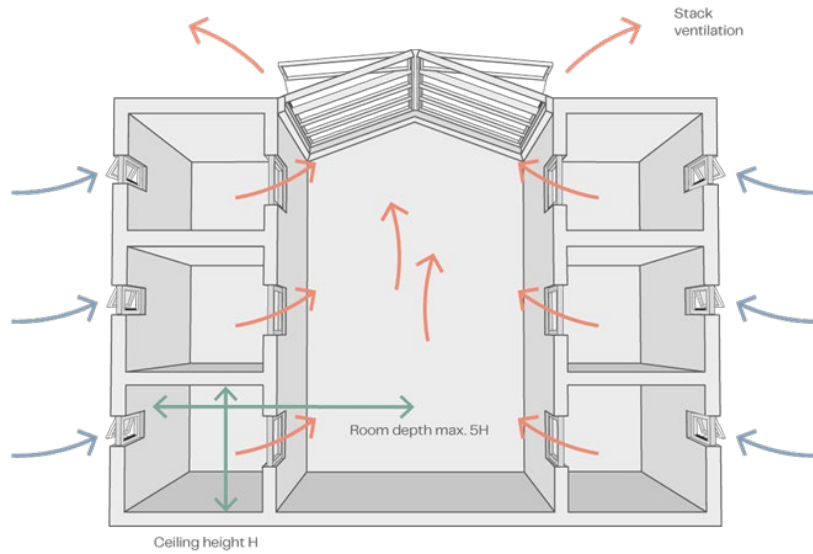
DOI:10.1051/e3sconf/2021246110
03

➤ 一項常運用於建築節能與室內空氣品質改善之技術。

Night Ventilation 、 Night Purge or Night Flushing



資料來源：
<https://www.architectureanddesign.com.au/>



資料來源：<https://www.windowmaster.com/>



Automatic night-time back cooling



資料來源：
<https://www.geze.com/>

Building Flush-Out vs. IAQ Testing

Table 1. Maximum concentration levels, by contaminant and testing method

Contaminant	Maximum concentration	Maximum concentration (Healthcare only)	ASTM and U.S. EPA methods	ISO method
Formaldehyde	27 ppb	16.3 ppb	ASTM D5197; EPA TO-11 or EPA Compendium Method IP-6	ISO 16000-3
Particulates (PM10 for all buildings; PM2.5 for buildings in EPA nonattainment areas, or local equivalent)	PM10: 50 micrograms per cubic meter PM2.5: 15 micrograms per cubic meter	20 micrograms per cubic meter	EPA Compendium Method IP-10	ISO 7708
Ozone (for buildings in EPA nonattainment areas)	0.075 ppm	0.075 ppm	ASTM D5149 - 02	ISO 13964
Total volatile organic compounds (TVOCs)	500 micrograms per cubic meter	200 micrograms per cubic meter	EPA TO-1, TO-15, TO-17, or EPA Compendium Method IP-1	ISO 16000-6
Target chemicals listed in CDPH Standard Method v1.1, Table 4-1, except formaldehyde	CDPH Standard Method v1.1–2010, Allowable Concentrations, Table 4-1	CDPH Standard Method v1.1–2010, Allowable Concentrations, Table 4-1	ASTM D5197; EPA TO-1, TO-15, TO-17	ISO 16000-3, 16000-6
Carbon monoxide (CO)	9 ppm; no more than 2 ppm above outdoor levels	9 ppm; no more than 2 ppm above outdoor levels	EPA Compendium Method IP-3	ISO 4224

EQ CREDIT: INDOOR AIR QUALITY ASSESSMENT

BD&C

1–2 points

This credit applies to

- New Construction (1–2 points)
- Schools (1–2 points)
- Retail (1–2 points)
- Data Centers (1–2 points)
- Warehouses & Distribution Centers (1–2 points)
- Hospitality (1–2 points)
- Healthcare (1–2 points)



Intent

LEED v4 for BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION

To establish better quality indoor air in the building after construction and during occupancy.

Requirements

NC, SCHOOLS, RETAIL, DATA CENTERS, WAREHOUSES & DISTRIBUTION CENTERS, HOSPITALITY, HEALTHCARE

Select one of the following two options, to be implemented after construction ends and the building has been completely cleaned. All interior finishes, such as millwork, doors, paint, carpet, acoustic tiles, and movable furnishings (e.g., workstations, partitions), must be installed, and major VOC punch list items must be finished. The options cannot be combined.

Option 1. Flush-Out (1 point)

Path 1. Before Occupancy

Install new filtration media and perform a building flush-out by supplying a total air volume of 14,000 cubic feet of outdoor air per square foot (4 267 140 liters of outdoor air per square meter) of gross floor area while maintaining an internal temperature of at least 60°F (15°C) and no higher than 80°F (27°C) and relative humidity no higher than 60%.

OR

Path 2. During Occupancy

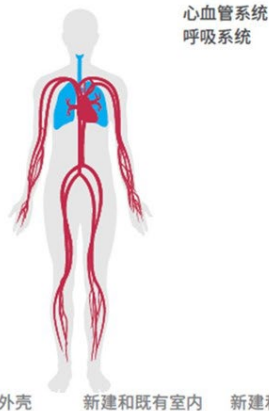
If occupancy is desired before the flush-out is completed, the space may be occupied only after delivery of a minimum of 3,500 cubic feet of outdoor air per square foot (1 066 260 liters of outdoor air per square meter) of gross floor area while maintaining an internal temperature of at least 60°F (15°C) and no higher than 80°F (27°C) and relative humidity no higher than 60%..

Building Flush-Out

空气冲刷

空气冲刷或建筑吹洗是一项在施工后、入住前强制空气吹过建筑内部的方法，目的是清除或减少施工期间无意中引入到室内的污染物，如挥发性有机化合物和颗粒物。气冲可以通过限制暴露于强污染期的时间，改善室内空气质量。

意图：修复与施工有关的室内空气污染。



核心与外壳 新建和既有室内 新建和既有建筑

第 1 部分：空气冲刷

在进行建筑空气冲刷期间，室内温度至少保持在 15 °C [59 °F]，相对湿度保持在 60% 以下，吹气量为下列值之一：

- 在入住前，每平方米楼面面积吹气总量为 4,500 立方米室外空气 [每平方英尺楼面面积吹气 14,000 立方英尺]。
- 在入住前，每平方米楼面面积吹气总量为 1,066 立方米室外空气 [每平方英尺楼面面积吹气 3,500 立方英尺]；在入住后进行第二次吹洗，每平方米楼面面积吹气总量为 3,200 立方米室外空气 [每平方英尺楼面面积吹气 10,500 立方英尺]。在进行入住后吹洗时，通风系统必须始终供气，每平方米楼面面积每分钟至少供应 0.1 立方米室外空气 [每平方英尺楼面面积供应 0.3 立方英尺新风]。

	PRODUCTION AREA NEAR ENTRANCE	PRODUCTION AREA NEAR IT ROOM	PRODUCTION AREA NEAR CEO ROOM	PRODUCTION AREA NEAR PRINTING AREA	TRAINING ROOM	CONFERENCE ROOM
TVOC ≤ 1.0	1.23	0.93	0.97	2.42	7.70	7.28
FORMALDEHYDE ≤ 0.08	0.11	0.40	0.37	0.54	0.14	0.68
PARTICULATE MATTER 2.5 ≤ 37.5	91.2	150.2	63.1	73.4	101.7	85.4
PARTICULATE MATTER 10 ≤ 50	122.5	197.1	150.8	247.3	301.7	108.0

	PRODUCTION AREA NEAR ENTRANCE	PRODUCTION AREA NEAR IT ROOM	PRODUCTION AREA NEAR CEO ROOM	PRODUCTION AREA NEAR PRINTING AREA	TRAINING ROOM	CONFERENCE ROOM
TVOC ≤ 1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24	0.0
FORMALDEHYDE ≤ 0.08	0.06	0.05	0.05	0.07	0.05	0.05
PARTICULATE MATTER 2.5 ≤ 37.5	7.3	6.6	6.3	6.7	6.9	8.2
PARTICULATE MATTER 10 ≤ 50	12.4	11.5	10.8	11.7	17.0	13.1



After



資料來源： <https://www.iaqphilippines.com/>

可評估全熱交換器及運用

対象建物：岐阜県にある2階建て事務所ビル。鉄骨ALC構造で断熱性能3.5 W/m²K程度。
対象空間：1階北側部分（外気には北面と東面で接している）。対象床面積は418 m²、在籍者数は44名。
空調設備：4馬力（冷房定格7.1-11.2 kW、暖房定格8.0-12.5 kW）のパッケージエアコン×7台
換気設備：全熱交換器 (350 m³/h)×4台；測定時期：2008年8月（夏期）、2008年2月（冬期）
空調機の消費電力量を削減。（夏期最大20%、冬期最大30%）

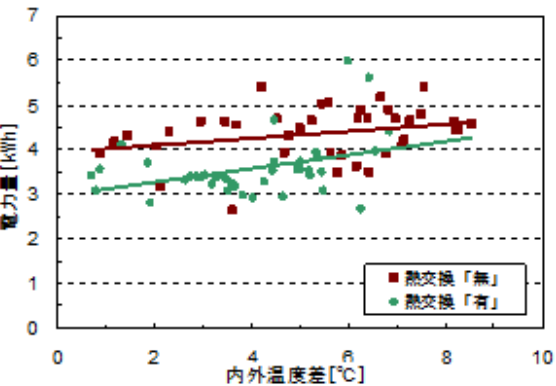


図2. 空調機の消費電力量(1時間ごと)【夏期】

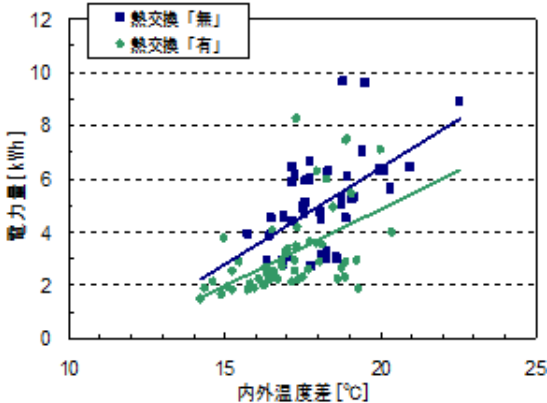
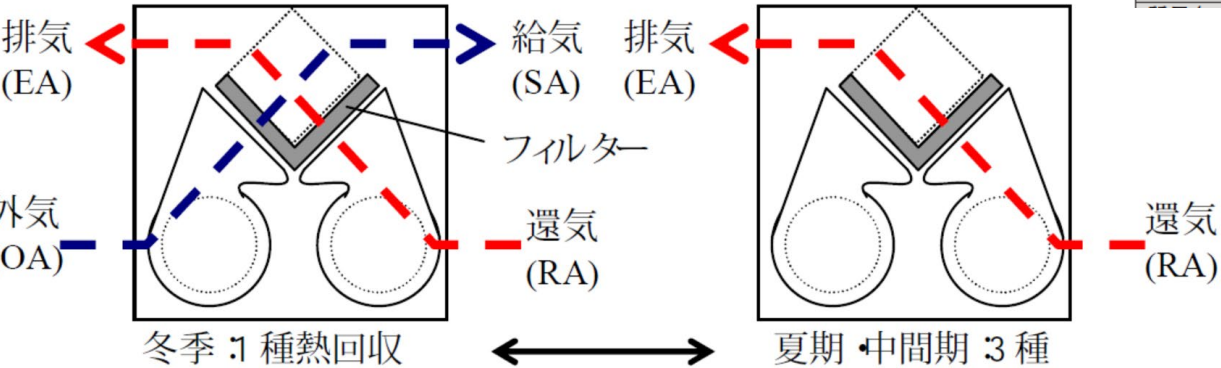


図3. 空調機の消費電力量(1時間ごと)【冬期】

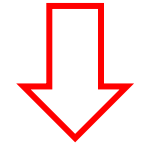
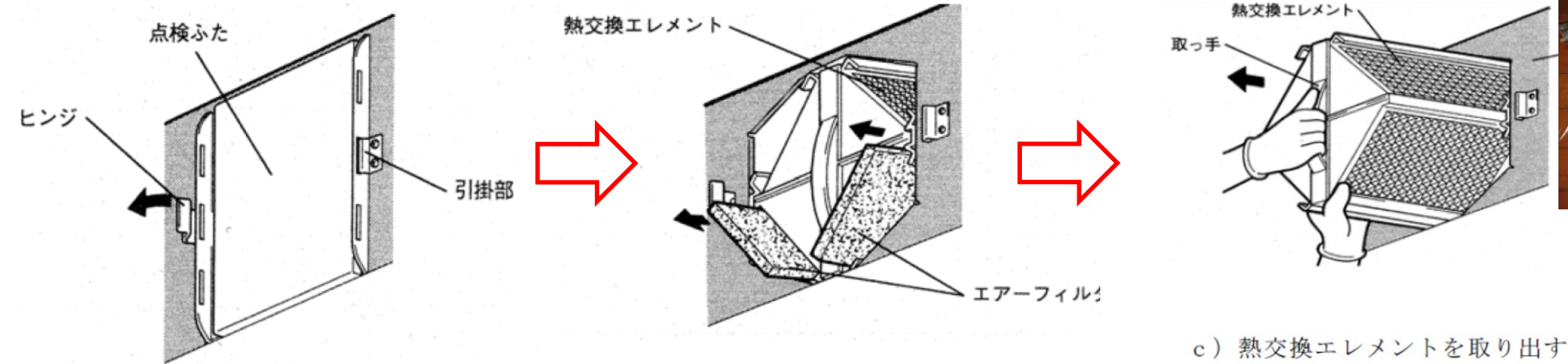
電源		単相100V											
換気方式		全熱交換気				普通換気				全熱交換気			
風量設定※1		(急風)	強風	弱風	微風	(急風)	強風	弱風	微風	(急風)	強風	弱風	微風
電流 (A)		1.83/2.26	1.65/2.02	1.03/1.04	0.60	1.86/2.29	1.68/2.03	1.03/1.04	0.60	2.78/3.31	2.60/3.21	1.76/1.83	1.05/1.04
消費電力 (W)		181/225	163/201	100/101	59	185/227	167/203	100/101	59	275/330	258/320	169/177	102/101
風量 (m³/h)		350	350	220/185	140/130	350	350	220/185	140/130	500	500	350/300	210/180
機外静圧 (Pa)		145/200	110	44/31	18/15	145/200	110	44/31	18/15	140/210	120/150	59/53	21/19
温度交換効率 (%)		75	75	80/81	83/84	—	—	—	—	74	74	78/79.5	82/83.5
エンタルピー 交換効率 (%)※2	暖房時	71	71	75.5/77.5	80/80.5	—	—	—	—	68.5	68.5	72/73.5	77/78.5
	冷房時	70	70	75/77	79.5/80	—	—	—	—	68	68	71/72.5	76/78
運転音 (dB(A))	本体直下1.5m	31/31.5	29/28	21.5/20.5	18	32/33	30/28.5	21.5/20.5	18	36/35	33.5/33	26/25	21/20
	本体吹出口	44	41/39	26.5/25	19.5/19	44	41/39	26.5/25	19.5/19	49/48	47/45	36.5/33.5	23.5/21.5
起動電流 (A)		3.6以下/3.4以下								6.0以下			
フィルター材質		不織布フィルター(質量法捕集効率82%)											
本体設置空気条件		－10℃～40℃ 相対湿度80%以下											
給気および排気空気条件		－15℃※3～40℃ 相対湿度80%以下。ただし、外気は一般外気条件、還気は一般居室空調											

熱交換効率の測定条件

	室内		屋外	
	乾球温度	湿球温度	乾球温度	乾球温度
冷房	27℃	20℃ 52%RH	35℃	31℃ 76%RH
暖房	20℃	15℃	5℃	3℃



全熱交換器維護



資料來源：<https://www.mitsubishielectric.co.jp/>

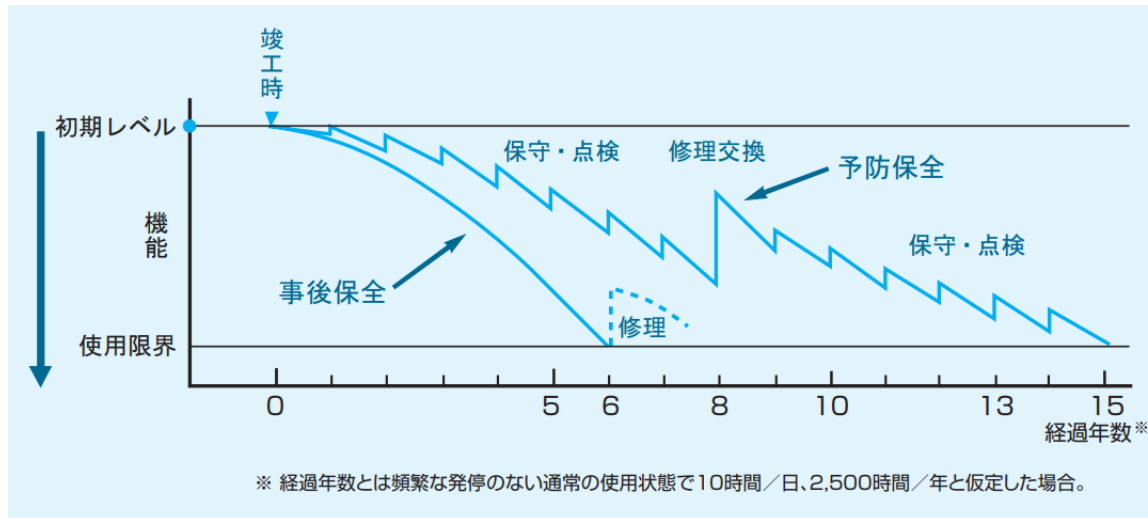
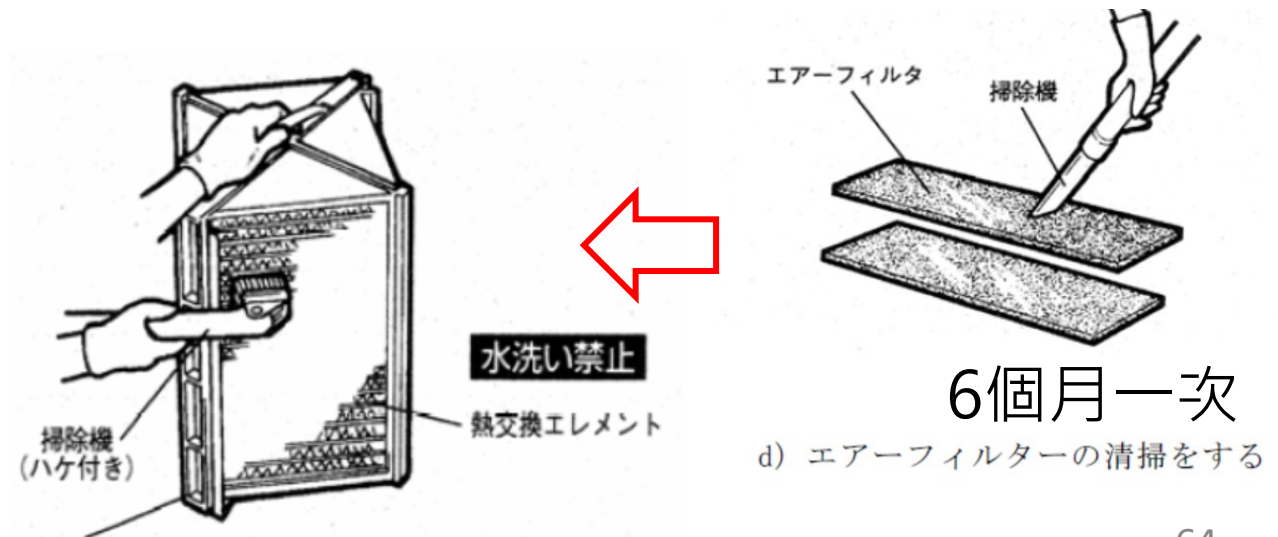
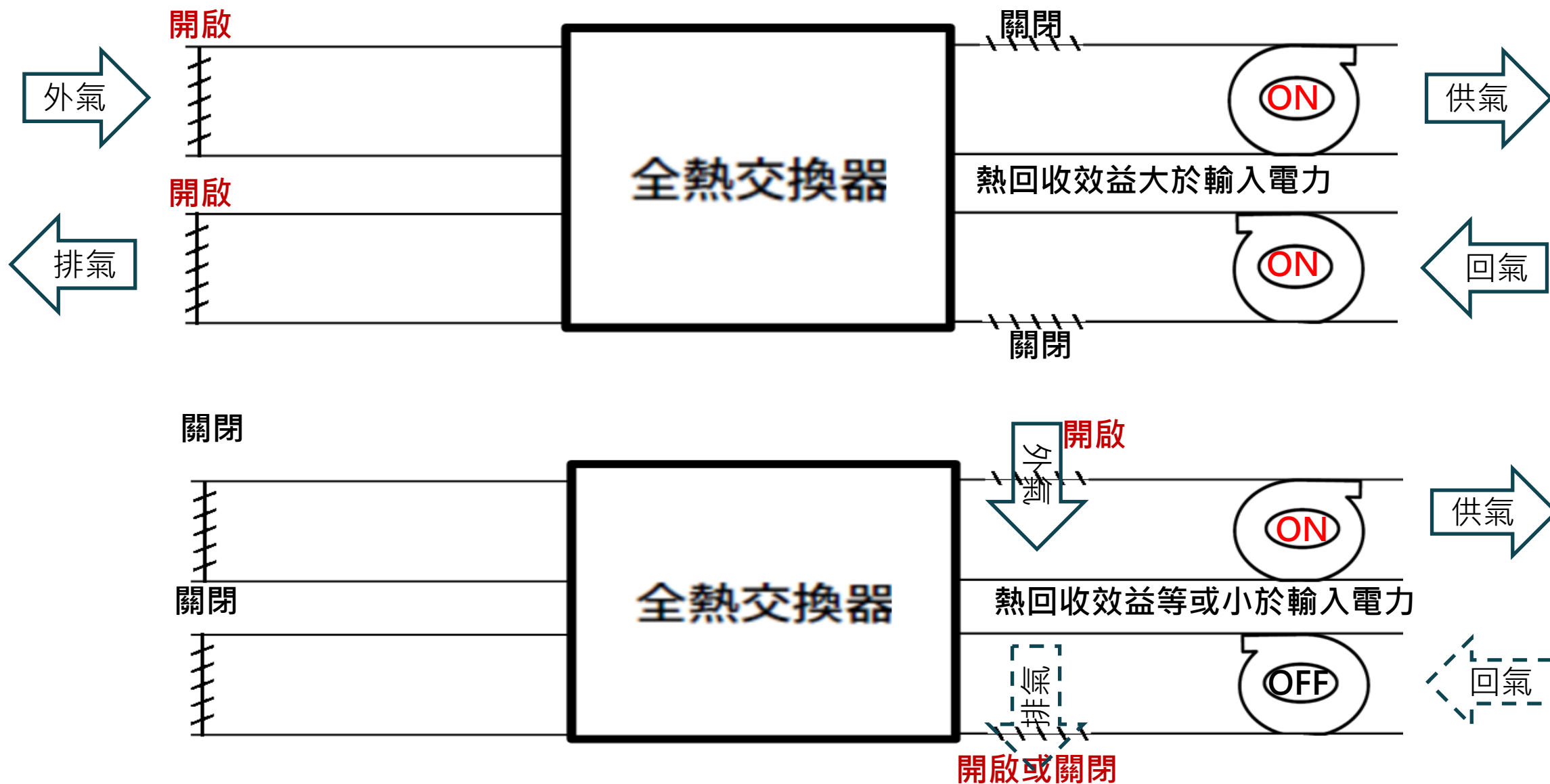


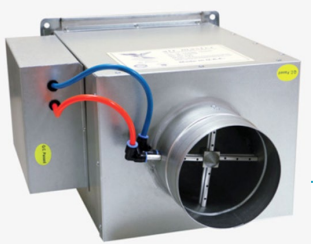
図2 耐用年数の延長の考え方(例)

資料來源：<https://www.jraia.or.jp/>



室外溫溼度管控型全熱交換器運用



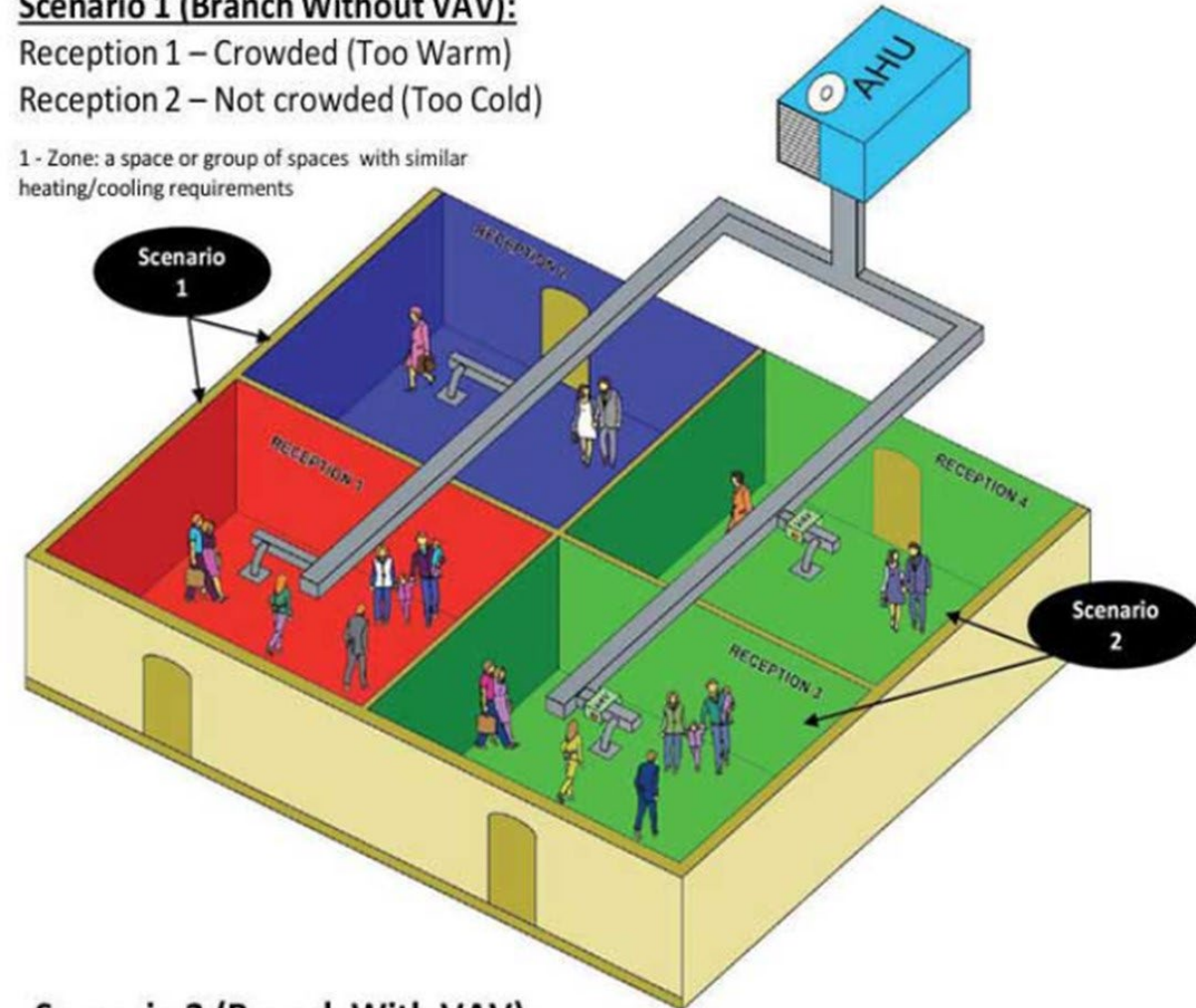


可評估VAV Box及運用

Scenario 1 (Branch Without VAV):

Reception 1 – Crowded (Too Warm)
Reception 2 – Not crowded (Too Cold)

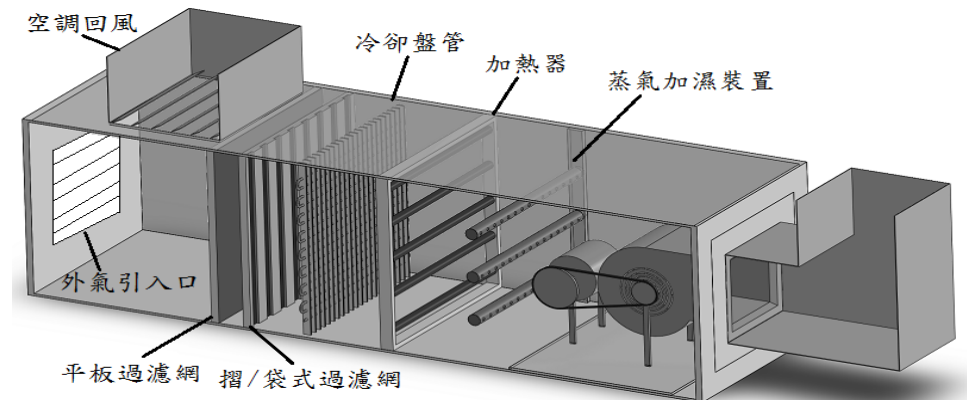
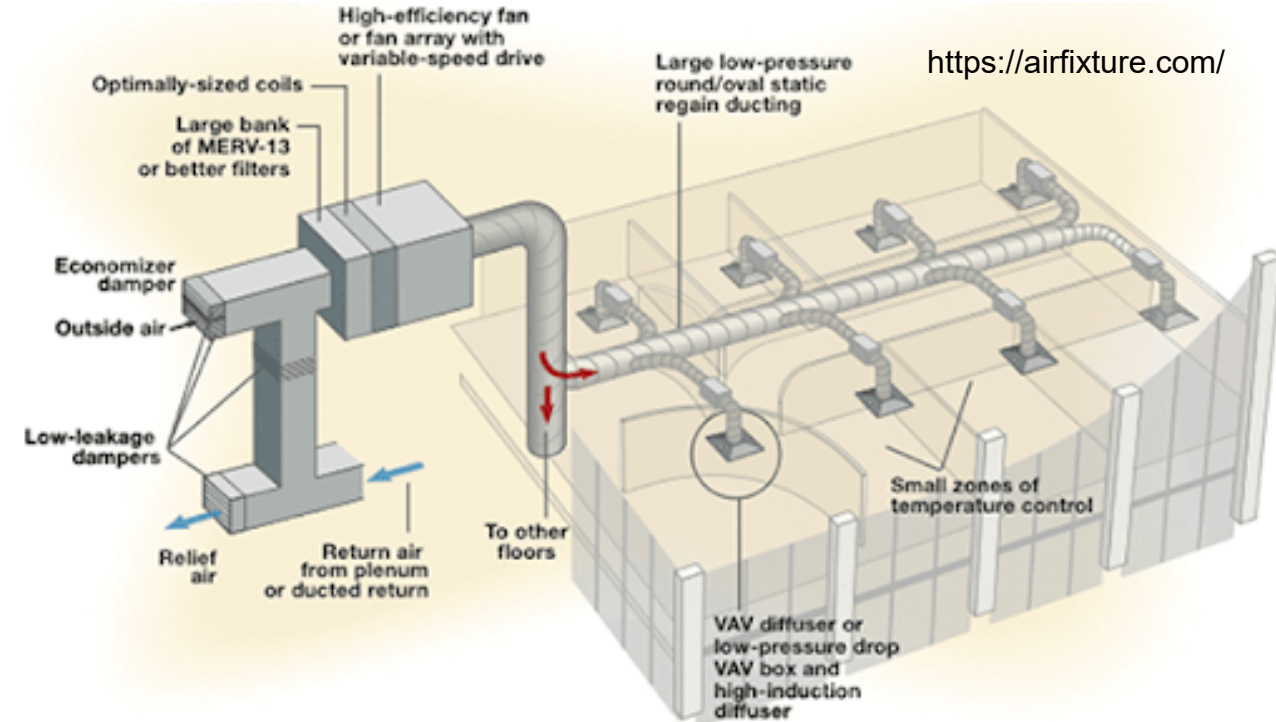
1 - Zone: a space or group of spaces with similar heating/cooling requirements



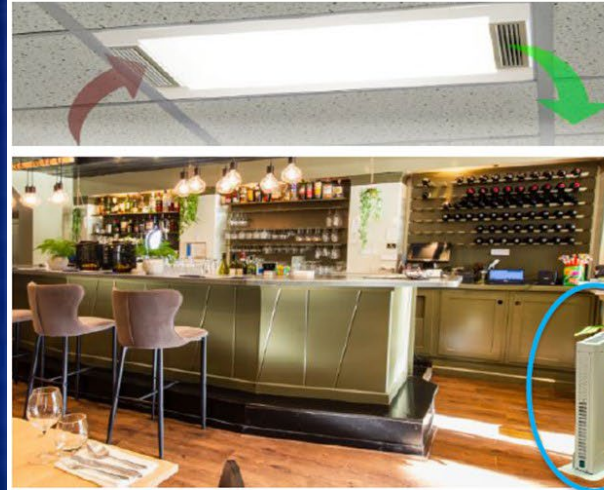
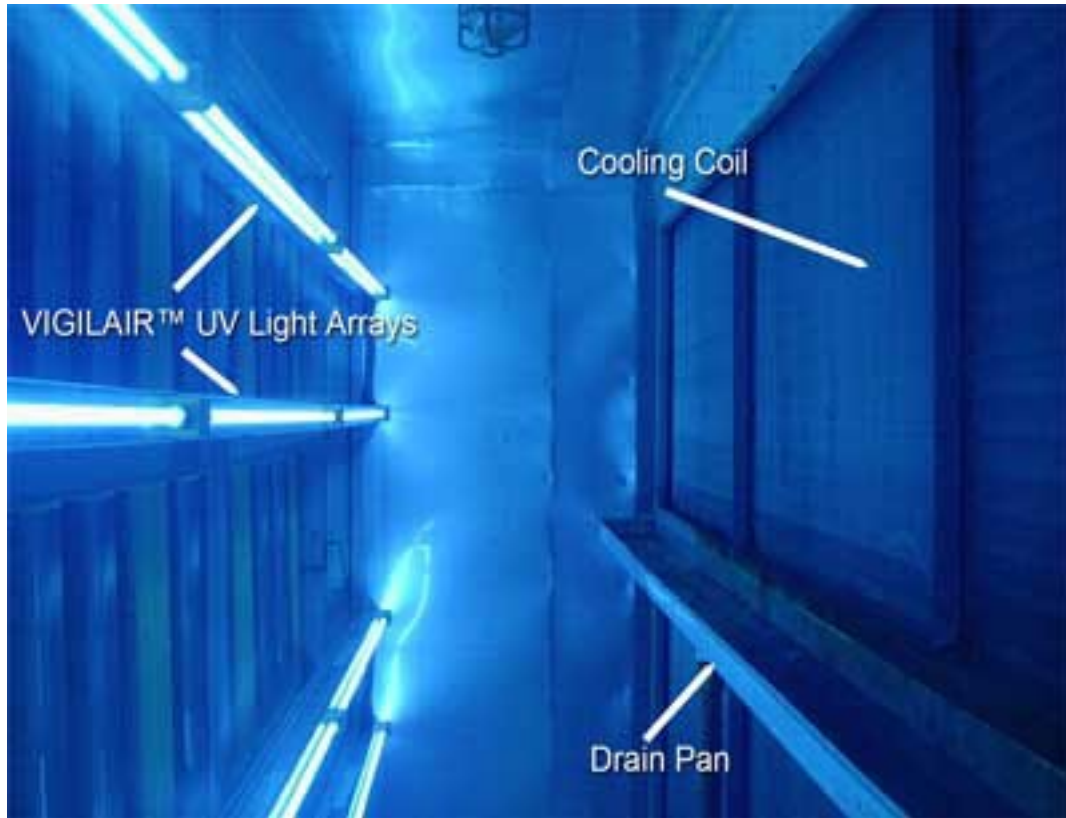
Scenario 2 (Branch With VAV):

Reception 3 – Crowded (Pleasant)
Reception 4 – Not crowded

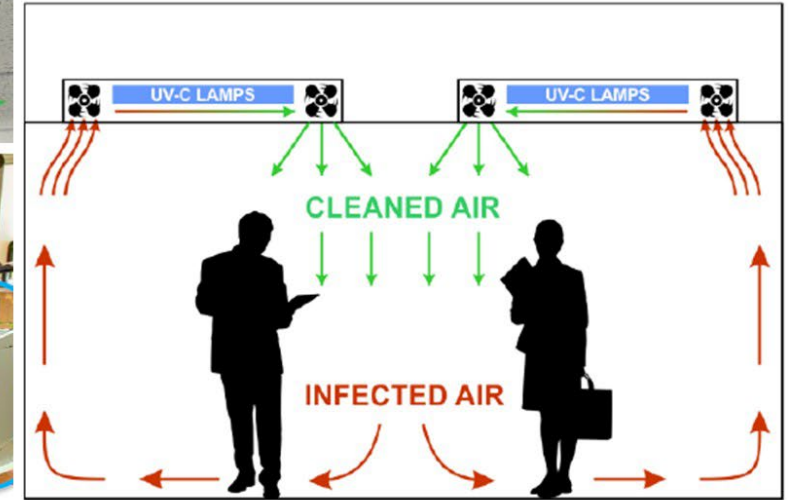
資料來源：
<https://airmasteremirates.com/>



可評估UVGI系統及運用

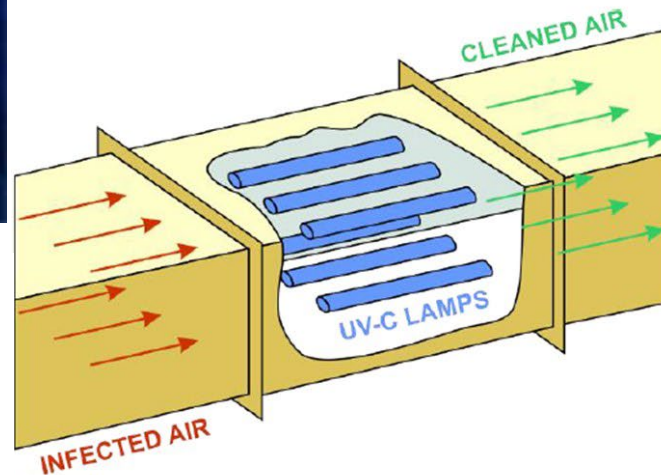


Source: Victory Lighting, UK



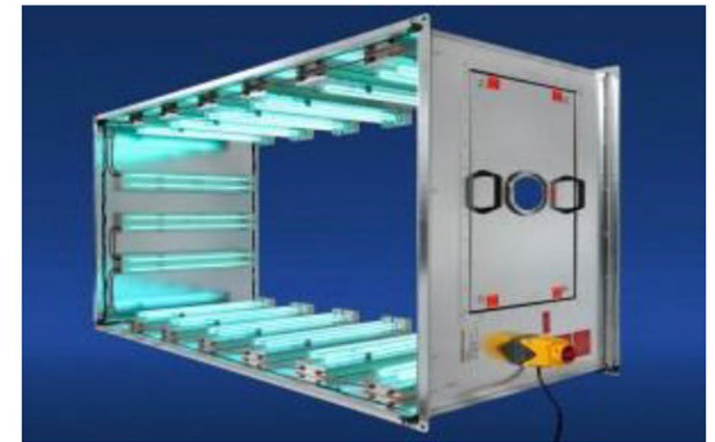
2/18/2022

© Sylvania



2/18/2022

© Sylvania



Source: UV-C Factory.com - [link](#)

21

ultraviolet germicidal
irradiation (UVGI) of drip pans and cooling
coils within ventilation systems
(Kowalski et al. 2000, Kowalski *et al.*, 2001)

UVGI系統注意事項

BS EN ISO 15858:2016

First edition
2019-07



BSI Standards Publication

**UV-C Devices — Safety
information — Permissible
human exposure (ISO
15858:2016)**

**Method of evaluating the UV dose to
airborne microorganisms transiting
in-duct ultraviolet germicidal
irradiation devices**

*Méthode d'évaluation de la dose d'UV pour les microorganismes
en suspension dans l'air transitant par des dispositifs d'irradiation
germicide aux ultraviolets raccordés*



2 day



2 week



可評估家用空氣清淨機商品及運用

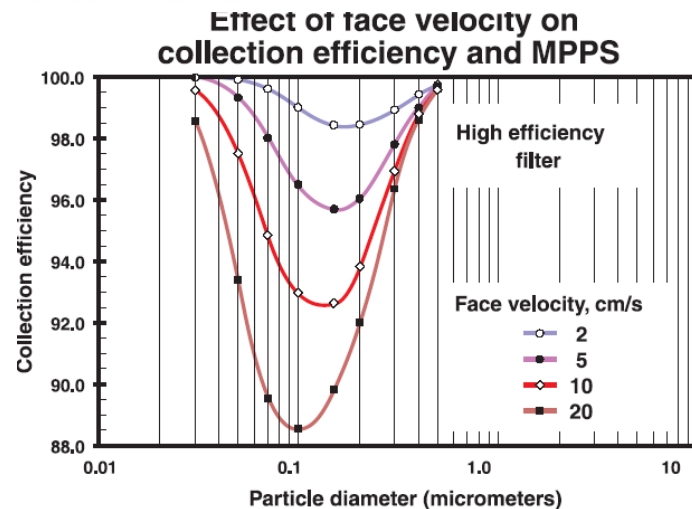
3M Science. Applied to Life.™ 熱銷冠軍NO.1
超濾淨空氣清淨機
專利靜電技術 真正改善家中空氣品質

超值組合

6坪 + 6坪



N95口罩等級濾淨原理★3M 超濾淨空氣清淨機
01UCRC-1



★新品上市★飛利浦奈米級抗敏空氣清淨機 (AC171 5/80)

優惠售價

NT\$13990 ~~NT\$24888~~

商品編號: AC1715/80

此商品參與的優惠活動

全站滿\$9000加價購

— 1 +

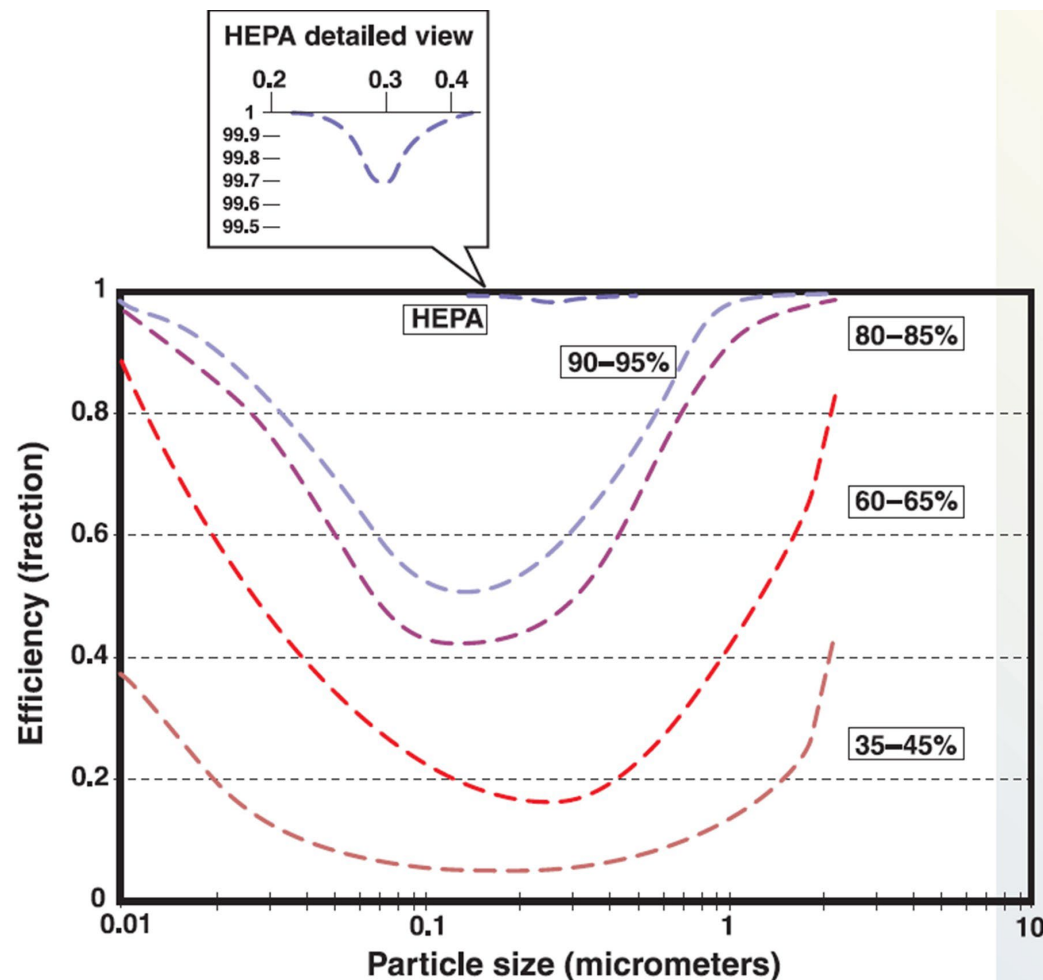


Figure 7. Comparison of collection efficiency and particle size for different filters [Ensor et al. 1991].

資料來源：美國CDC NIOSH 2003

Fresh-Air Air Cleaners

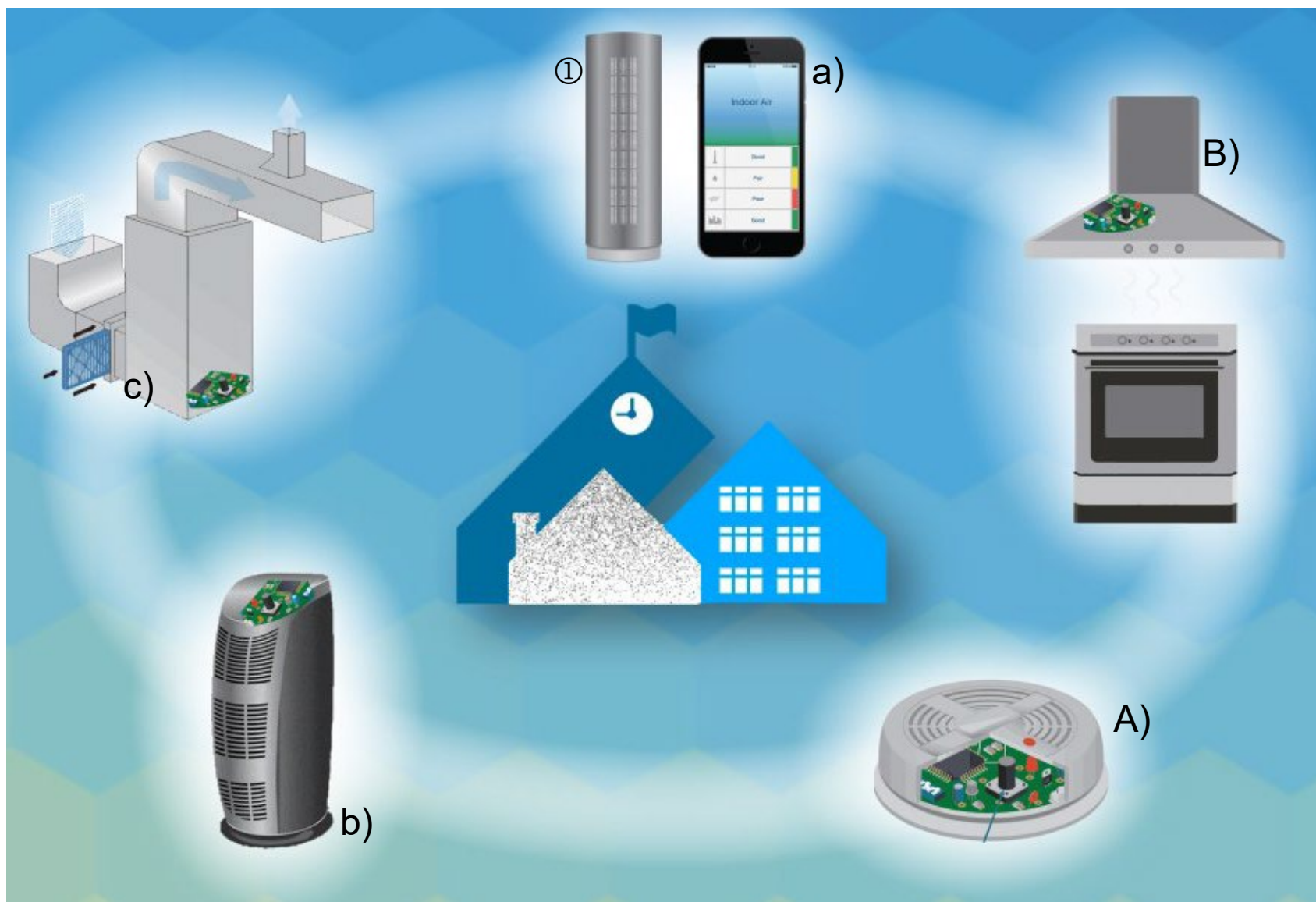
標準號碼	標準名稱	
IEC 63086	Household and similar electrical air cleaning appliances - <u>Methods for measuring the performance</u> - Part 1: General requirements	空氣清淨機性能測試之一般要求
IEC 63086	Part 2-1: Particular requirements for determination of reduction of particles	微粒衰減率之測定
IEC 63086	Part 2-2: Particular requirements for determination of chemical gas reduction	化學氣體衰減率之測定
IEC 63086	Part 2-3: Particular requirements for determination of reduction of microbiological agents	微生物媒介質衰減率之測定
IEC 63086	Part 2-5: Particular requirements for measurement of performance change with particle loading	粒狀污染物質壽命測試 (一般粉塵)
IEC 63086	Part 2-6: Particular requirements for fresh-air air cleaners	外氣型空氣清淨機
IEC 63086	Part 3-X: Measurement of electrical power for air cleaners	(運轉) 電力量測



資料來源：

<https://www.yankodesign.com/2021/03/08/this-window-air-purifier-blows-fresh-aromatic-air-indoors-for-a-clean-healthy-home/>

可評估空氣感測器及運用



隨空氣感測器技術之進步與發展，其越來越多運用於室內空氣品質之設備或器具，常見運用之功能如下：

- ① 檢測特定空氣污染物質之濃度
- ② 將檢測之濃度傳輸至特定接受裝置，用以觸發特定裝置或動作
 - a) 用以顯示予操作者
 - b) 用以開啟空氣清淨機
 - c) 用以調整風量
- ③ 用以警報
 - A) 煙霧警報（火災）
 - B) 一氧化碳（毒性）

可評估空氣感測器及運用（續）

PM Sensors								
Sensor Image	Make (Model)	Est. Cost (USD)	Pollutant(s)	*Field R ²	*Lab R ²	*Field MAE (µg/m ³)	*Lab MAE (µg/m ³)	Summary Report
	Aeroqual (AQY-R)	\$5,000	PM _{2.5}	0.66 to 0.81	0.99	2.9 to 5.1	3.0 to 13.3	PDF (723 KB)
	Aeroqual (AQY v0.5) Discontinued	\$3,000	PM _{2.5}	0.84 to 0.87	0.99		28.8 to 36.0	PDF (1,178 KB)
	Aeroqual (AQY v1.0)	\$4,000	PM _{2.5}	0.76 to 0.81	0.99	4.2 to 5.3	5.4 to 15.1	PDF (674 KB)
			PM ₁₀	0.56 to 0.68		35.4 to 38.8		
	Aeroqual (S500-PM)	\$1,490	PM _{2.5}	0.46 to 0.67	0.99	4.4 to 6.2	11.9 to 32.4	PDF (702 KB)
			PM ₁₀	0.15 to 0.24		13.5 to 18.0		
	Aethlabs (microAeth)	\$6,500	BC (Black Carbon)	0.79 to 0.94				
	Airly	\$1,000	PM _{1.0}	0.79 to 0.89		4.2 to 5.3		
			PM _{2.5}	0.83 to 0.89		4.5 to 5.0		
			PM ₁₀	0.34 to 0.37		19.3 to 19.7		
	Air Quality Egg (2018 Model)	\$249	PM _{1.0}	0.86 to 0.88	0.99	2.1 to 2.3	7.0 to 7.3	PDF (771 KB)
			PM _{2.5}	0.84 to 0.85	0.99	4.4 to 5.3	6.1 to 6.6	
			PM ₁₀	0.12 to 0.13	-	16.4 to 19.2		

可評估空氣感測器及運用（續）

Gas-Phase Sensors									
Sensor Image	Make (Model)	Est. Cost(USD)	Type	Meas.	*Field R ²	*Lab R ²	*Field MAE (ppb)	*Lab MAE (ppb)	Summary Report
	2B Technologies (POM)	\$4,500	UV absorption (FEM Method)	O ₃	1.00	0.99	-	-	PDF (1,295 KB)
	Aeroqual (AQY-R)	\$5,000	Electrochem	NO ₂	0.82 to 0.86	0.99	2.8 to 3.1	28.7 to 66.1	PDF (645 KB)
			Metal Oxide	O ₃	0.94 to 0.98	0.99	3.0 to 4.8	7.7 to 27.4	PDF (729 KB)
	Ecomasure (EcomSmart)	\$4,550	Electrochem	CO	0.75 to 0.81	0.91	79.4 to 125.1	873.8 to 1277.5	PDF (723 KB)
				O ₃	0.63 to 0.64	0.87	11.4 to 25.7	13.4 to 30.2	PDF (700 KB)
				NO ₂	0.39 to 0.56	0.89	13.3 to 21.6	81.1 to 85.0	PDF (730 KB)
	Igienair (Zaack AQI)	\$3,000	Electrochem	CO	0.84 to 0.87	0.98	276.0 to 329.6	2,604 to 3,910	PDF (838 KB)
				NO ₂	0.53 to 0.58	0.99	7.2 to 8.0	12.9 to 13.3	PDF (832 KB)
				O ₃	0.0	0.98	20.7 to 23.9	18.0 to 24.4	PDF (928 KB)
	Kunak (Air A10)	~\$5,000	Electrochem	CO	0.55 to 0.60	-	38.9 to 42.0	-	
				NO	0.78 to 0.93	-	1.1 to 1.7	-	
				NO ₂	0.24 to 0.32	-	6.6 to 7.4	-	
				O ₃	0.86 to 0.88	-	4.8 to 5.9	-	

議題：

1. 由官方建議標準化評估方案（環境條件、抽測、資訊公開、運用範圍與方式）
2. 成本
3. 準確度與精準度
4. 污染物質選擇性確認
5. 觸發功能與目的（如日本環境部公開之一氧化碳、二氧化碳與粉塵僅作為避難警報）
6. 網路連線方案（室外區域監測網-污染物發展與擴散）
7. 消費者教育與資訊正確使用

可評估空氣感測器及運用（續）



PMS9003M

主要特性

- 激光散射原理实现精准测量
- 零错误报警率
- 实时响应并支持连续采集
- 最小分辨率 0.3 μ m
- 全新结构，六面全方位屏蔽，抗干扰性能更强
- 超薄设计，仅有 12 毫米，适用于便携式设备

直流供电电压	Typ: 5.0 Min:4.5 Max:5.5	伏特 (V)
工作电流	≤ 100 $5*100=500\text{mW}=0.5\text{W}$	毫安 (mA)
待机电流	≤ 10 $5*10=50\text{mW}=0.05\text{W}$	毫安 (mA)
数据接口电平	L<0.8 @3.3 H>2.7@3.3	伏特 (V)
工作温度范围	-10~+60	摄氏度 (°C)
工作湿度范围	0~99% (无凝结)	

資料來源：<https://www.plantower.com/>

Standby Mode Requirements:

The following Standby Mode Requirements are based on measurements from the *Federal Test Procedure Standby-Passive Mode Test* as well as the series of additional Standby-Active Mode tests outlined in *ANSI/CTA-2037-C: Determination of Television Set Power Consumption*, that are designed to measure standby power in a more typical network environment (e.g., multicast traffic on the network).

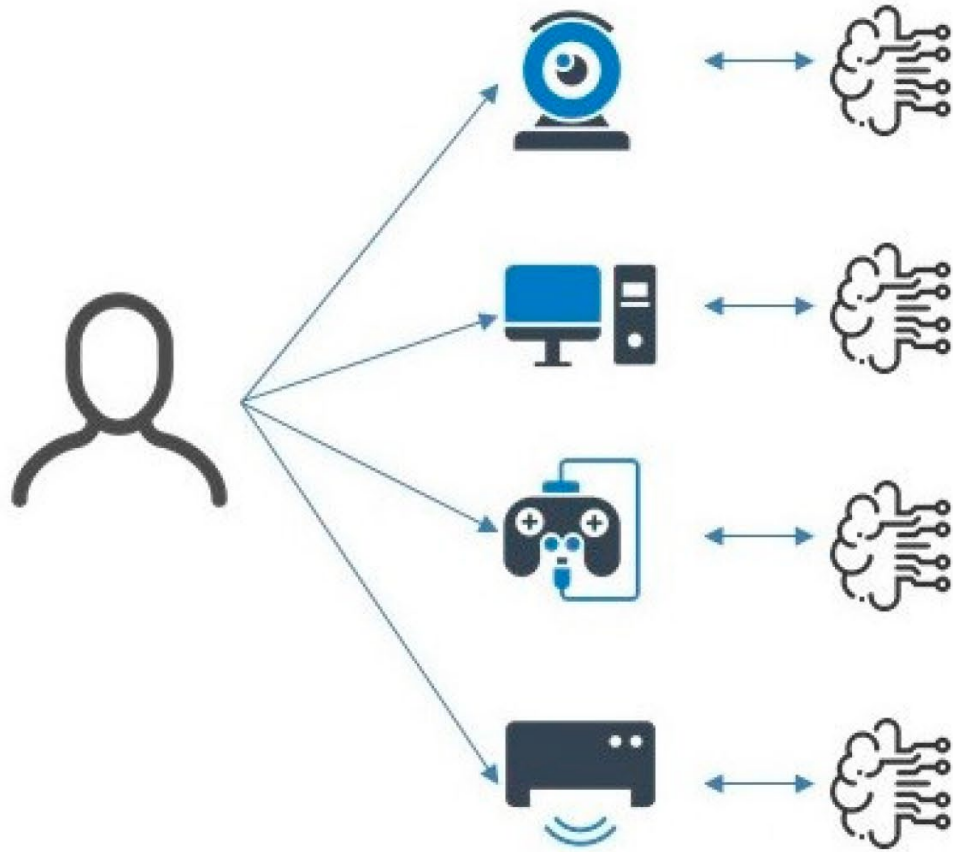
- Standby-Passive Mode Power ($P_{\text{STANDBY-PASSIVE}}$), as measured per Section 7.3.2 *Standby-Passive Mode* of the Federal Test Procedure, shall be less than or equal to 0.5 W.
- For TVs capable of network connectivity, Standby-Active Mode Power ($P_{\text{STANDBY-ACTIVE}}$), as measured per *ANSI/CTA-2037-C*, shall be less than or equal to 1.0 W.

爭議：

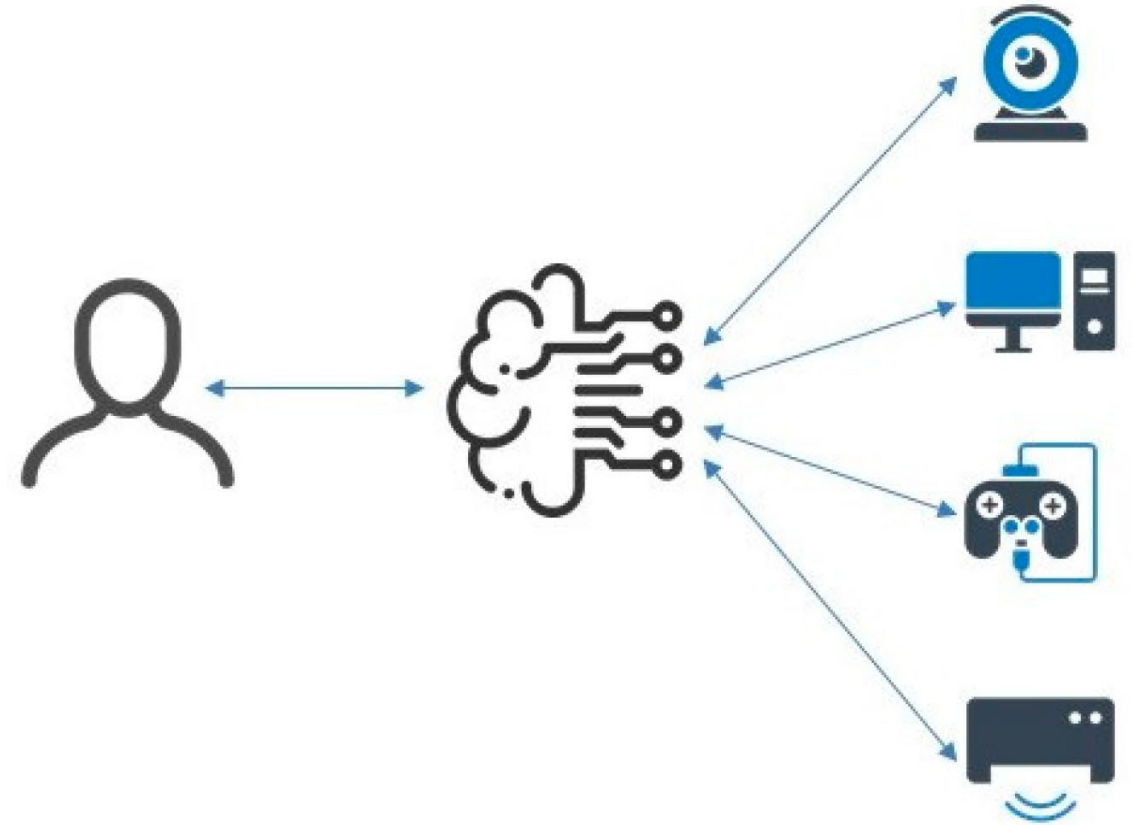
1. 任何用電設備皆在不斷使用能源，每增加一項就多一項能耗。
2. 單純感測器增加成本、耗能、故障率、維護需求.....，而無其他增益。
3. Internet of Things (IoT)-設備連接上網路。AIoT智慧聯網 (AI+IoT) 便是在IoT技術中導入AI。



可評估AIoT及運用



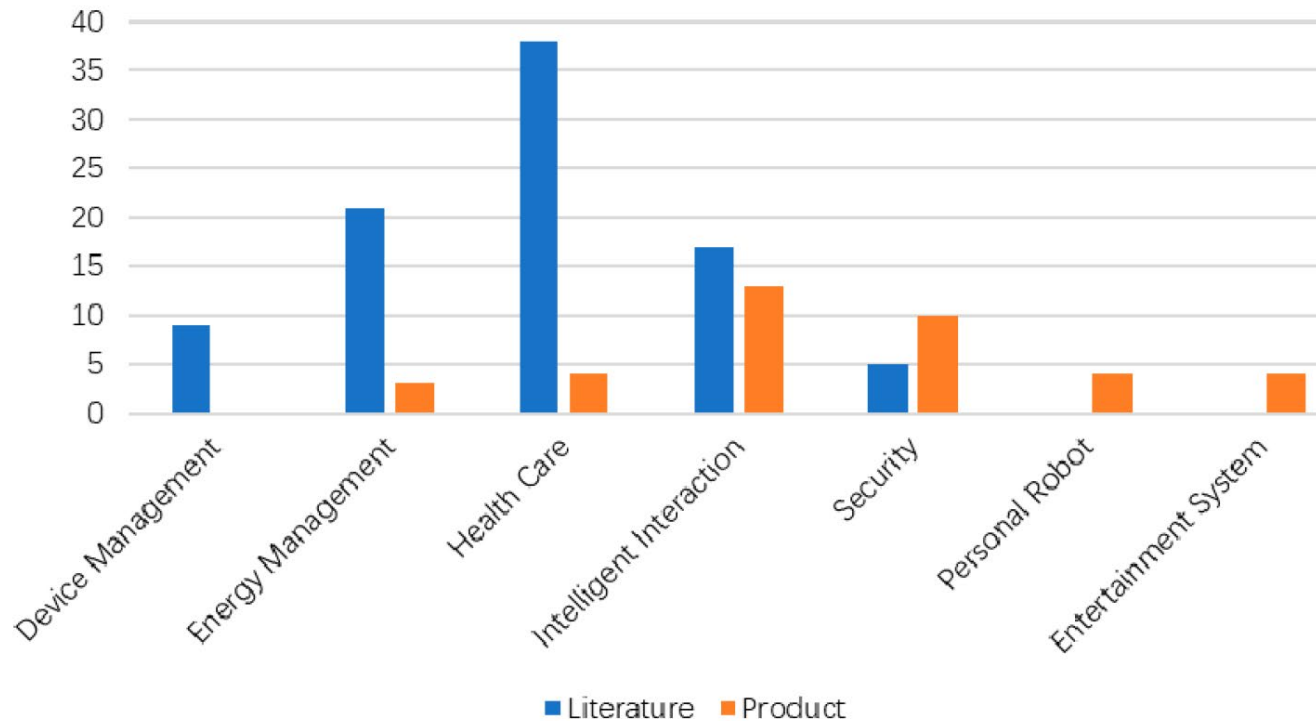
(a)



(b)

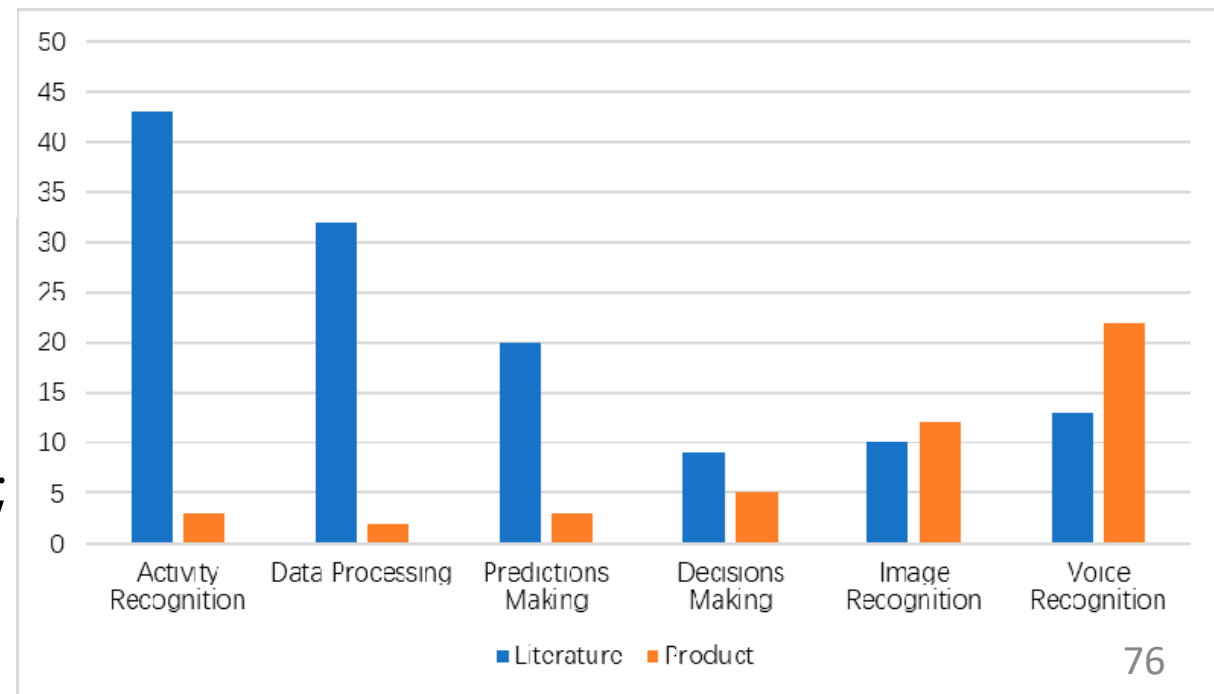
(a) First pattern of users, AI, and smart homes; (b) second pattern of users, AI, and smart homes.

可評估AIoT及運用（續）

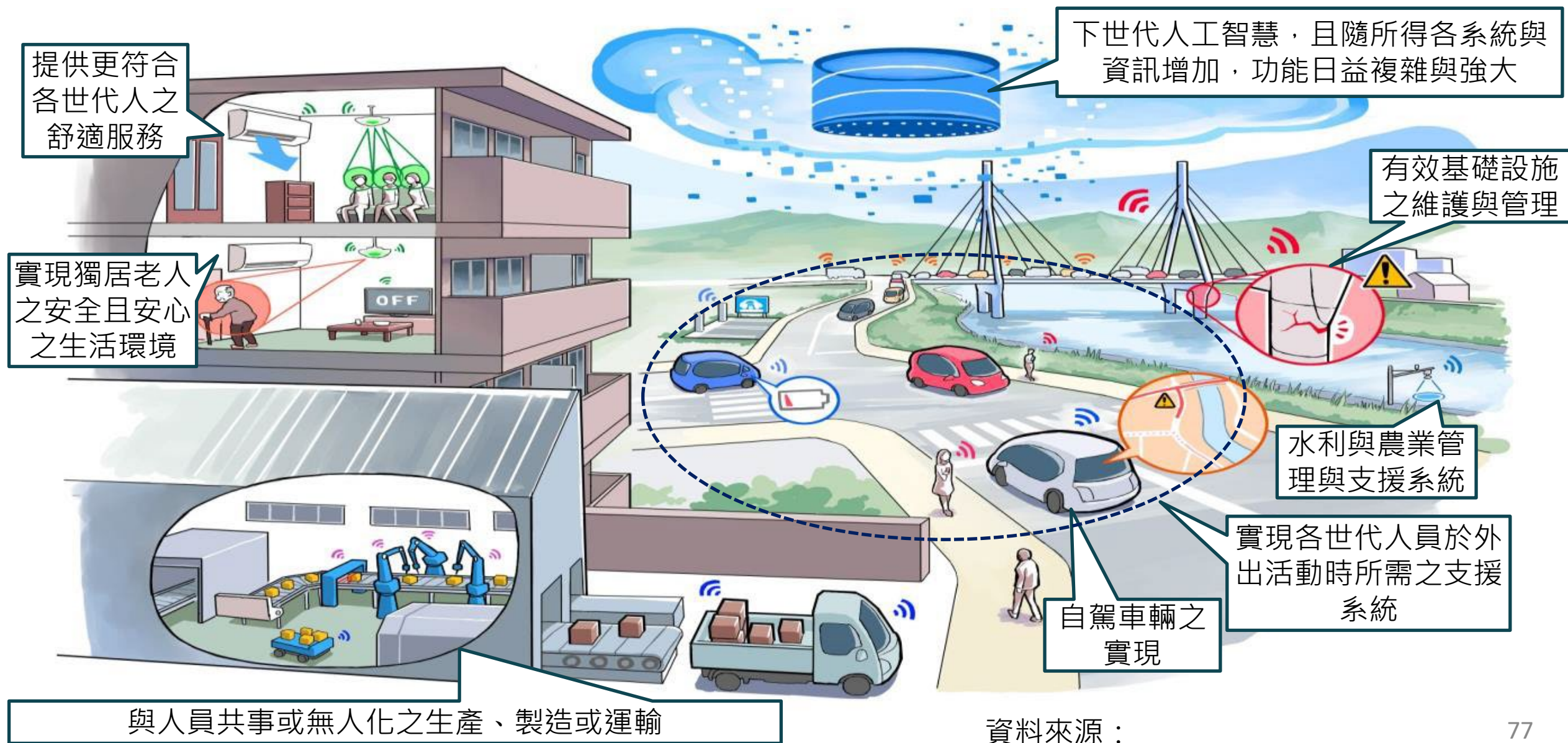


- AIoT五大核心功能：(1)設備管理；(2)能源管理；(3)醫療保健；(4)智慧互動；(5)安全。（個人機器人與娛樂系統）

- AIoT六大應用：(1)活動識別Activity Recognition；(2)影像辨識Image Recognition；(3)語音辨識Voice Recognition；(4)資料處理Data Processing；(5)預測產出Prediction-Making；(6)決定對外之行動Decision-Making。



可評估AIoT及運用（續）

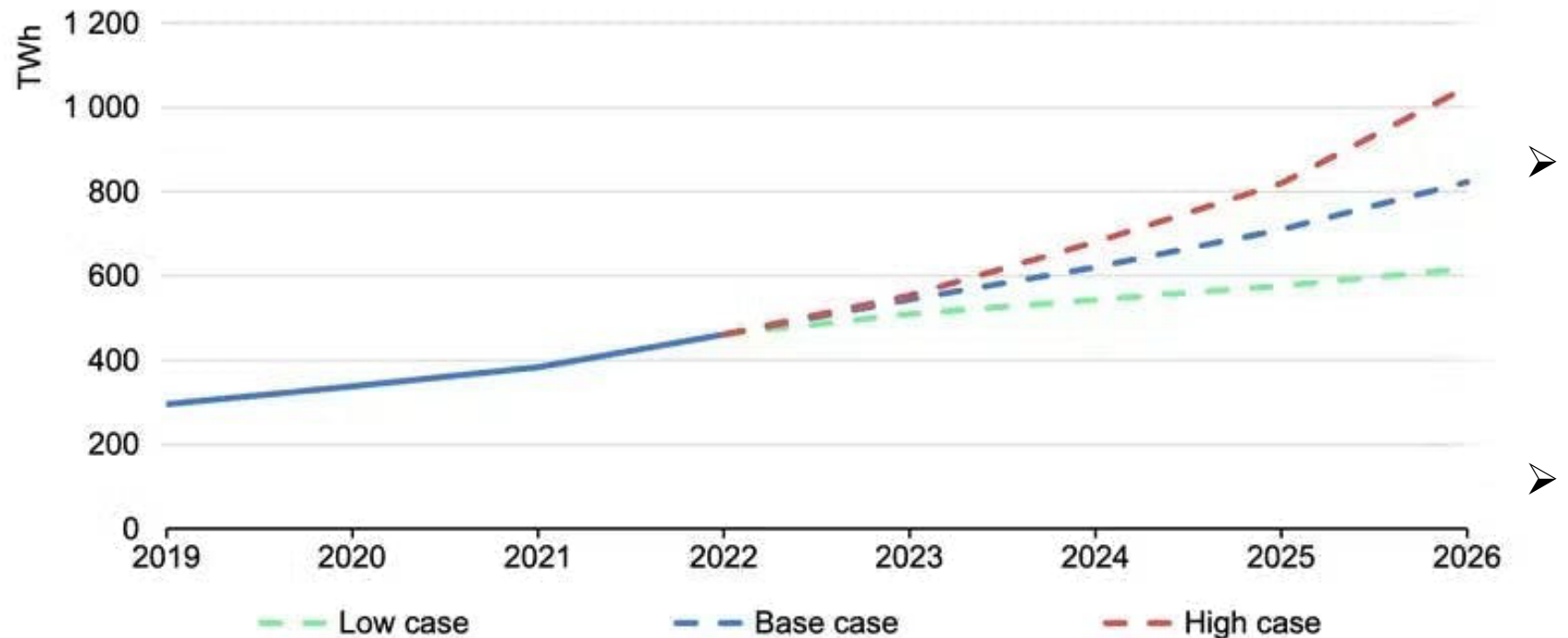


資料來源：

<http://www.courtesy.co.jp/>

可評估AIoT及運用（續）

Global electricity demand from data centres, AI, and cryptocurrencies, 2019-2026



IEA. CC BY 4.0.

Notes: Includes traditional data centres, dedicated AI data centres, and cryptocurrency consumption; excludes demand from data transmission networks. The base case scenario has been used in the overall forecast in this report. Low and high case scenarios reflect the uncertainties in the pace of deployment and efficiency gains amid future technological developments.

Sources: Joule (2023), [de Vries, The growing energy footprint of AI](#); [CCRI Indices \(carbon-ratings.com\)](#); The Guardian, [Use of AI to reduce data centre energy use](#); [Motors in data centres](#); The Royal Society, [The future of computing beyond Moore's Law](#); Ireland Central Statistics Office, [Data Centres electricity consumption 2022](#); and Danish Energy Agency, [Denmark's energy and climate outlook 2018](#).

<https://www.iea.org/>

- 於2020年，因應資料機房 (IDC) 與數據傳輸之網路使用量，所需消耗電量已達到全球電力使用量的1%。
- 因應5G及AI（智能運算）增加數據傳輸量，及因應計算機等運用技術發展評估未來數據機房之耗電量將還是持續增加。
- 投入低於輸出，故家用需求低。

How polluting is the web?

The energy consumption of data centers is like the

1%

of the energy global request.



CO2 emissions of every gigabyte on the Internet

28-63 gr CO2

CO2 emissions produced by sending an email with attachments

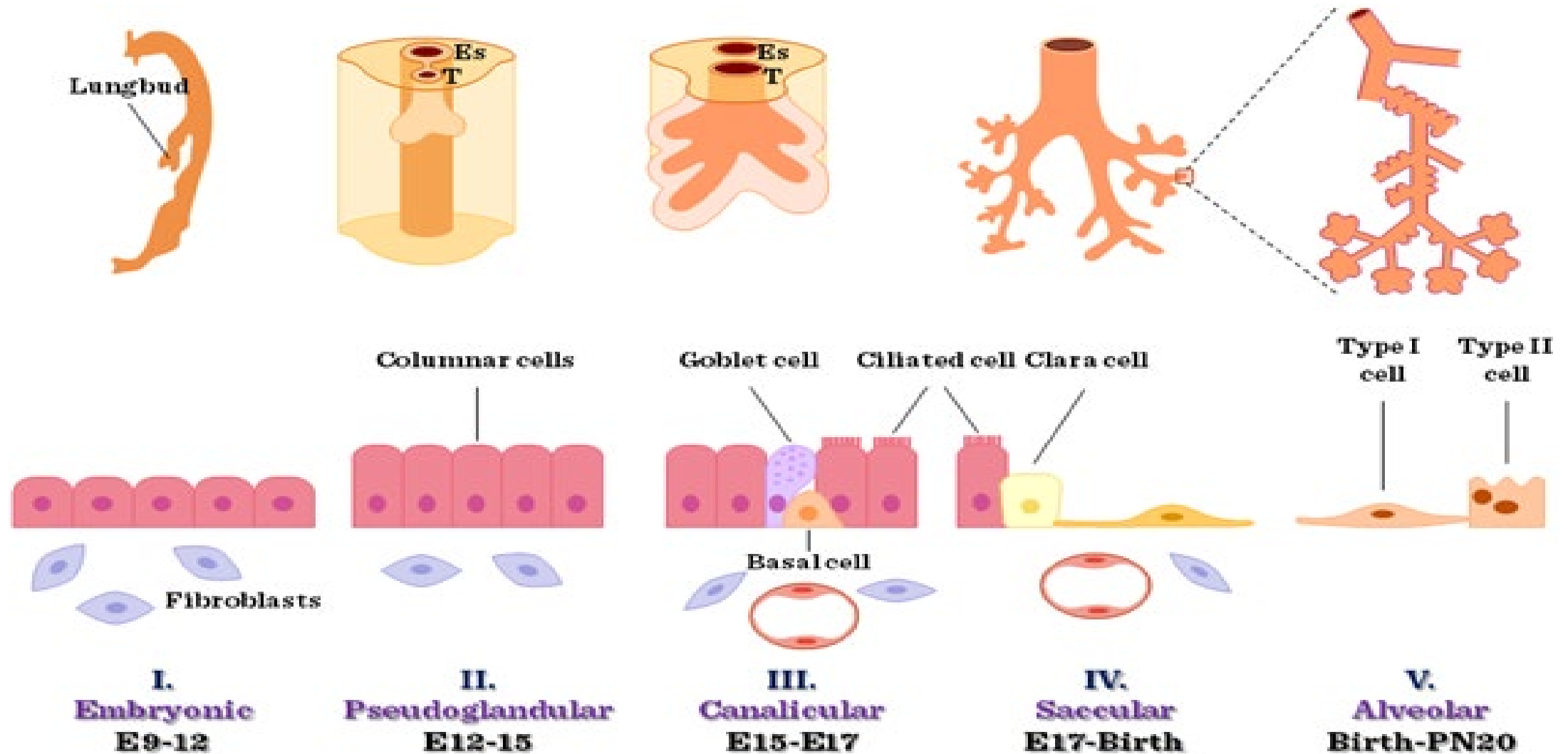
50 gr CO2

CO2 annual emissions of a server

1-5 tons di CO2

78

肺臟成長



除霾塔



資料來源：

<https://www.independent.co.uk/climate-change/news/beware-china-s-antismog-tower-and-other-plans-to-pull-pollution-from-the-air-a8179061.html>

All of these, and indeed the purifying tower, are underpinned by at least some plausible science. A tower that filters the air no doubt will take tiny harmful particles out of the air, titanium oxide paints do react with NO_x, and trees do act as sinks for air pollution. However, the more important but often neglected question is whether the effects really make a useful difference.

In 2016, the British Government reported on the possible effectiveness of using paints as a sink for NO_x in LondonTherefore, the report said, hardly any beneficial effect would be seen, even if totally implausible amounts of London were covered in white paint. (即使將倫敦塗滿光觸媒油漆亦不見成效)

Treat with particular caution any study that claims a brief local intervention that led to attributable reductions in pollution. There is often a strong social and political desire to “see an effect” , but the reality can be disappointing and evidence often inconclusive. 所謂成效是來自強烈的社會與政治期望。

聲波砲將PM_{2.5}打上高空

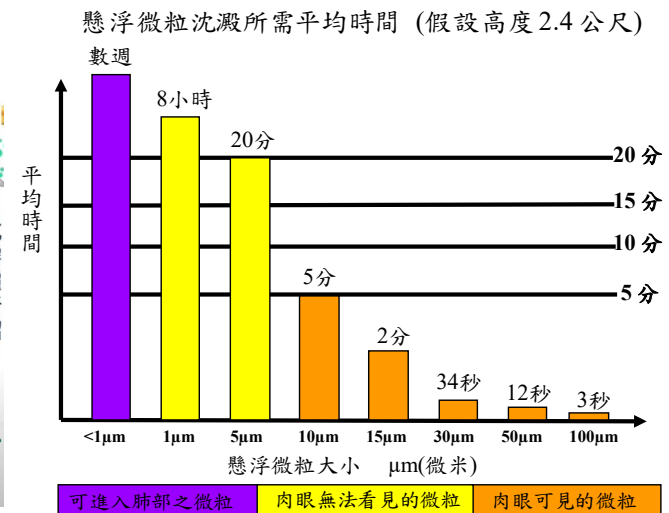
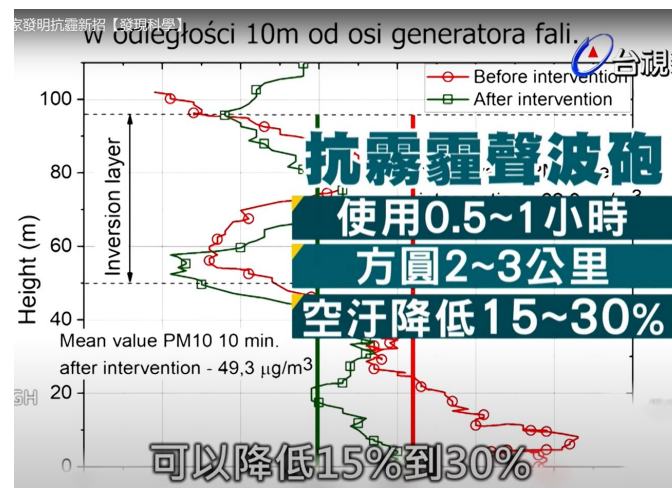
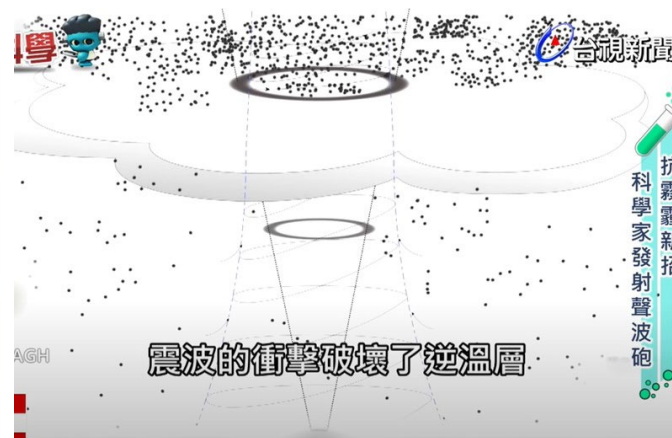
研究人員正試著計算出發射聲波砲所需的頻率，以及整個過程的持續時間及所需時間。使用一小時的價格估計為1000至1500茲羅提（約6929至1萬392元台幣）。

<https://tw.appledaily.com/international/20220121/7XZ6MPQEXJBYTP2OB54SAXP3OI/>

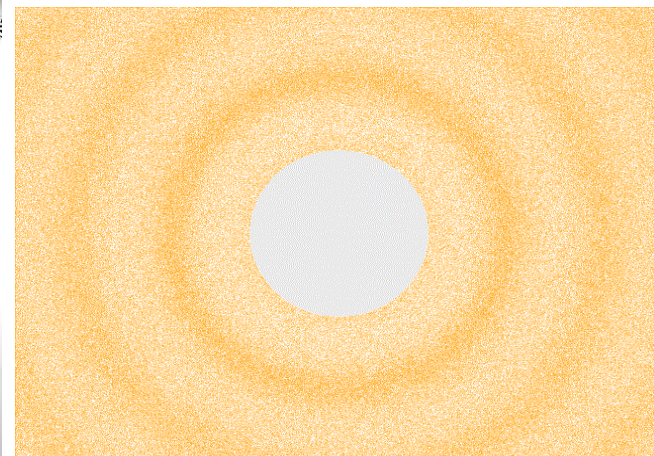


研究人員說，使用聲波砲半小時到一小時，在距離聲波砲2至3公里的距離內，污染會減輕15至30%，效果可持續1至3小時。法新社

圖片來源：蘋果新聞網



* 資料來源：ASHRAE test methods for general guidance AIRBORNE PARTICULATE SETTLING RATES



室外清淨機



市購家用UV商品

多場所可用



範圍廣



見效快



無殘留



臥室



客廳



廚衛間



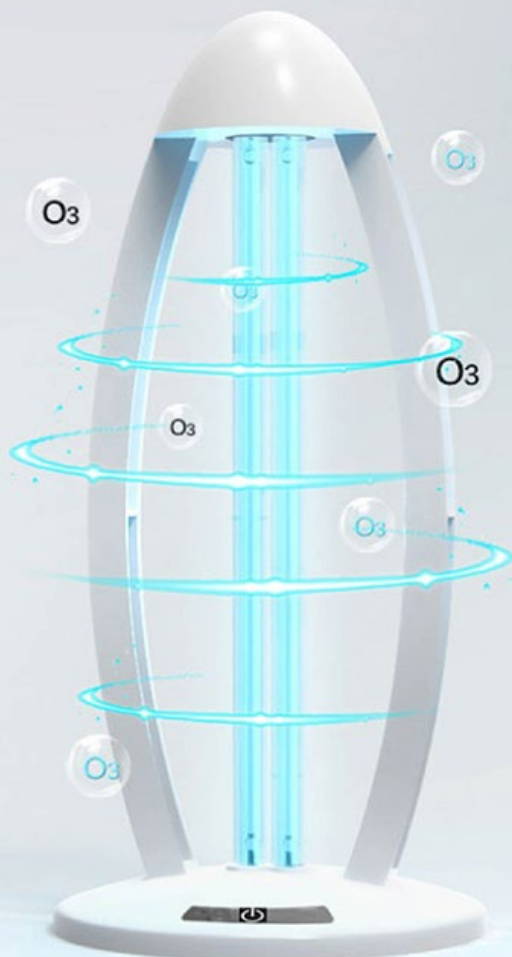
衣帽間



辦公室



學校



有臭氧，照不到也能殺菌

紫外線+臭氧 雙蟲殺菌沒有死角
360度全方位消毒



具清淨功能之氣體污染物質

臭氧機 長開伏殺機

立院花百萬裝設 出風口盆栽枯黃

2006年05月15日



讚 26



立委助理辦公室臭氧機啟動1小時後，室內臭氧（O₃）濃度為0.22ppm（紅框處），會導致人體肺功能減弱、胸部有緊縮感及眼睛紅腫不適。余志偉攝

【綜合報導】立法院為立委辦公室裝設臭氧機，但部分立委及其助理辦公、抽菸時誤以為人在室內即要開機，《蘋果》本月委託專家實測，二十坪室內持續開一小時的臭氧濃度竟達零點二二ppm，比環保署訂的室內臭氧濃度標準高出六倍以上，有立委助理因此胸悶、呼吸不順。毒物科專家說，臭氧濃度過高會導致慢性支氣管炎、肺部阻塞，嚴重甚至導致死亡，但很多民眾對臭氧機的操作就跟這些立委及其助理一樣，危機四伏。

謹慎使用

《蘋果》委託環境品質文教基金會副秘書長商能洲、台灣大學環境工程學研究所兼任助理教授劉銘龍，以二十多萬元臭氧監測儀器實地檢測四間立委辦公室。發現臭氧機未開機前，室內臭氧濃度約零點零一到零點零三ppm（part per million，百萬分之一），開機後臭氧機出風口最高約零點六五ppm，在有中央空調的二十坪室內持續開機一小時，室內臭氧濃度約零點二二ppm。



資料來源：<https://www.epa.gov/>

Conclusions

無論是純淨形式還是與其他化學品混合，臭氧都可能對健康有害。
Whether in its pure form or mixed with other chemicals, ozone can be harmful to health.

When inhaled, ozone can damage the lungs. Relatively low amounts of ozone can cause chest pain, coughing, shortness of breath and, throat irritation. It may also worsen chronic respiratory diseases such as asthma as well as compromise the ability of the body to fight respiratory infections.

Some studies show that ozone concentrations produced by ozone generators can exceed health standards even when one follows manufacturer's instructions.

Many factors affect ozone concentrations including the amount of ozone produced by the machine(s), the size of the indoor space, the amount of material in the room with which ozone reacts, the outdoor ozone concentration, and the amount of ventilation. These factors make it difficult to control the ozone concentration in all circumstances.

Available scientific evidence shows that, at concentrations that do not exceed public health standards, ozone is generally ineffective in controlling indoor air pollution.

The concentration of ozone would have to greatly exceed health standards to be effective in removing most indoor air contaminants. In the process of reacting with chemicals indoors, ozone can produce other chemicals that themselves can be irritating and corrosive.

一些研究表明，即使遵循製造商的說明，臭氧發生器產生的臭氧濃度也可能超過健康標準

現有的科學證據表明，在不超過公共衛生標準的濃度下，臭氧通常無法有效控制室內空氣污染。

散布於空氣之污染物質



BBC NEWS 中文

主頁 國際 兩岸 英國 科技 財經 視頻材料 BBC英倫網

利潔時承認加濕器殺菌劑導致韓國人喪生

2016年5月2日



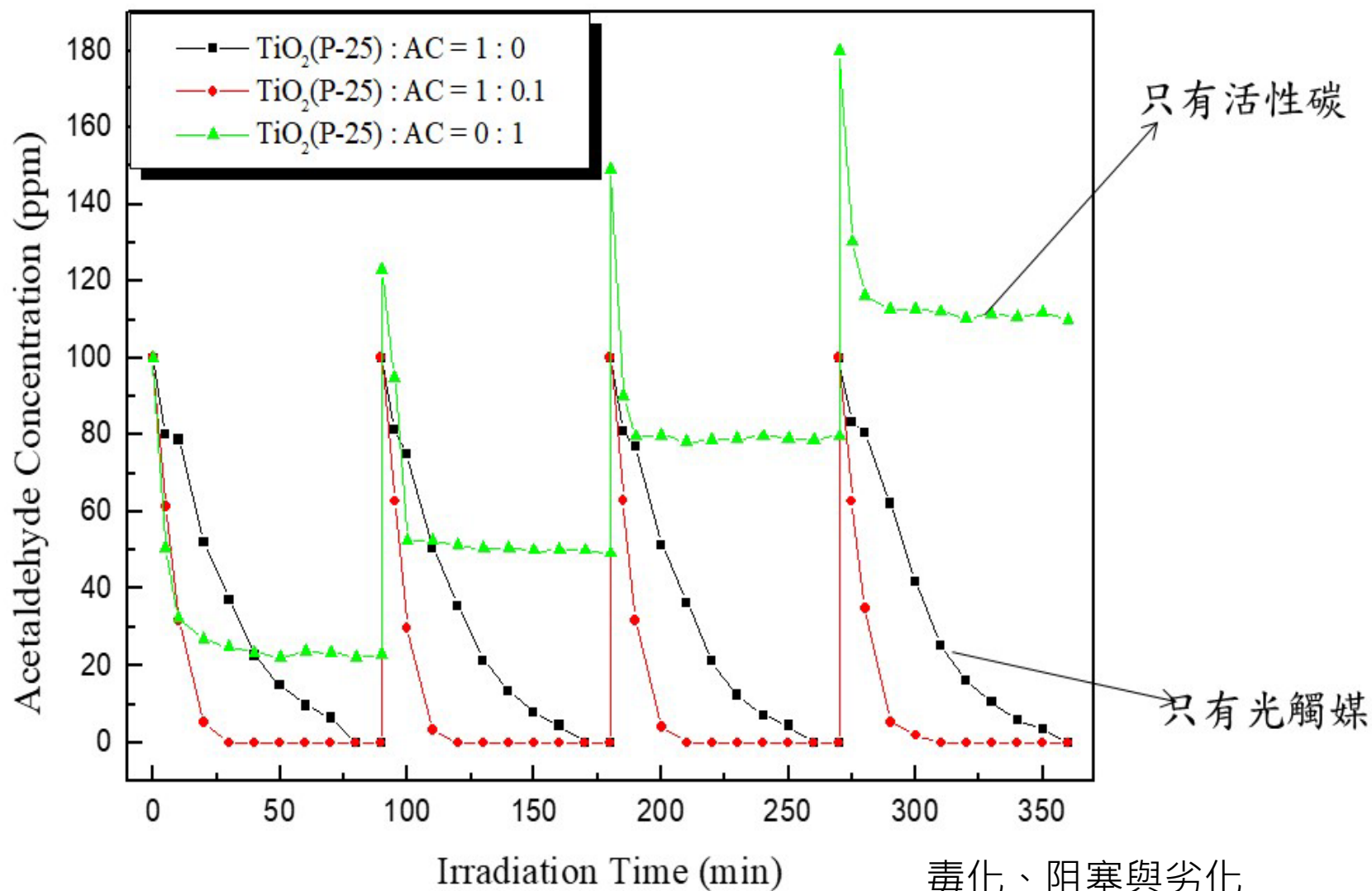
近日，“韓國加濕器殺菌劑致死事件”在網上引發熱議，自2011年起，韓國約1500人因此受害，超200人死亡。

這件五年前發生的公共安全事件是韓國有史以來涉及消費品的最大醜聞之一。因韓國檢方披露案件的最新調查進展，再次回到公眾視野。

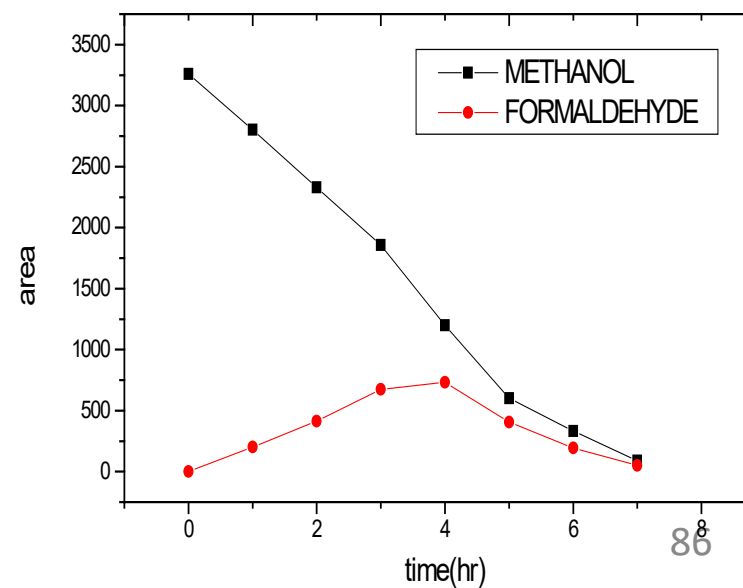
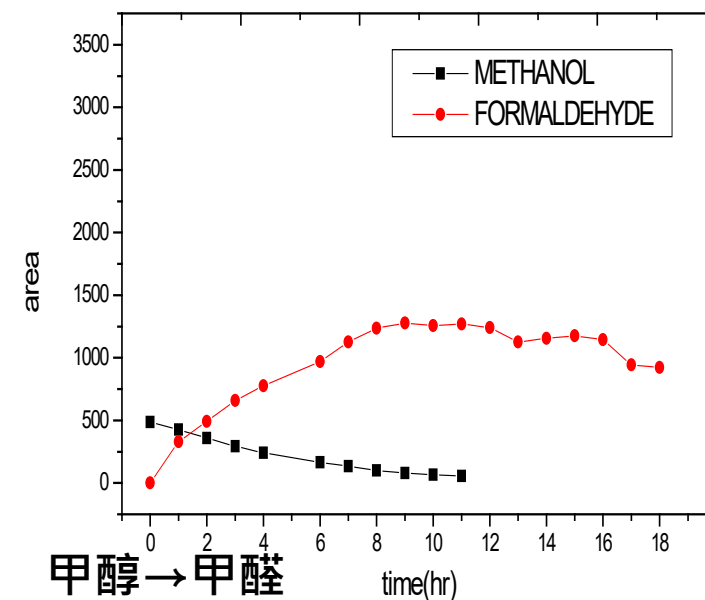


韩国 加湿器杀菌剂致人死伤事件 85

光觸媒於氣體污染物之運用



毒化、阻塞與劣化



氣體汚染物物理吸附

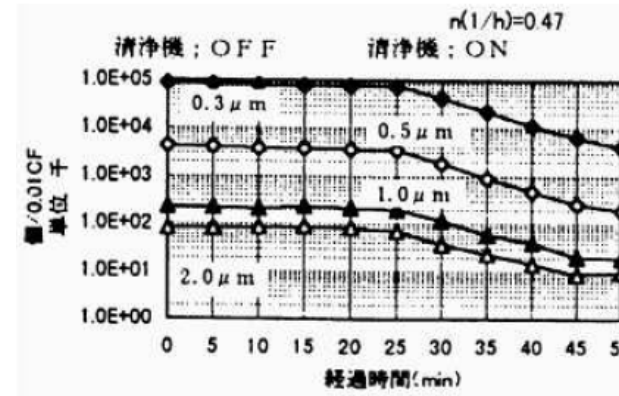
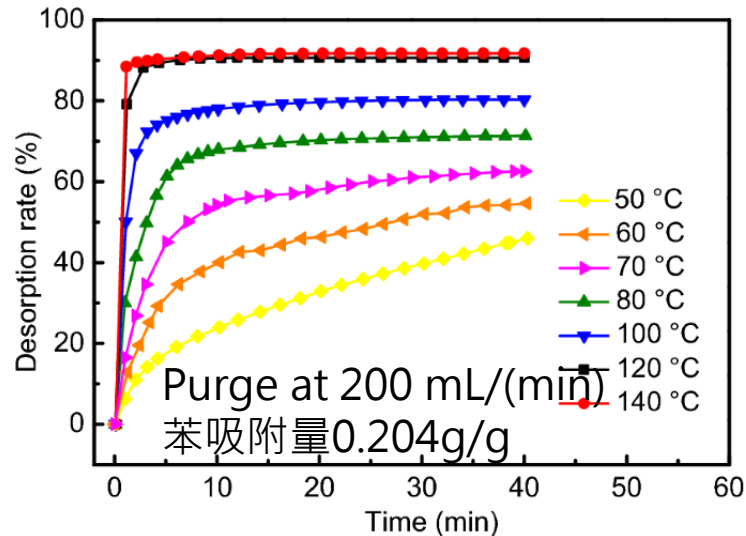
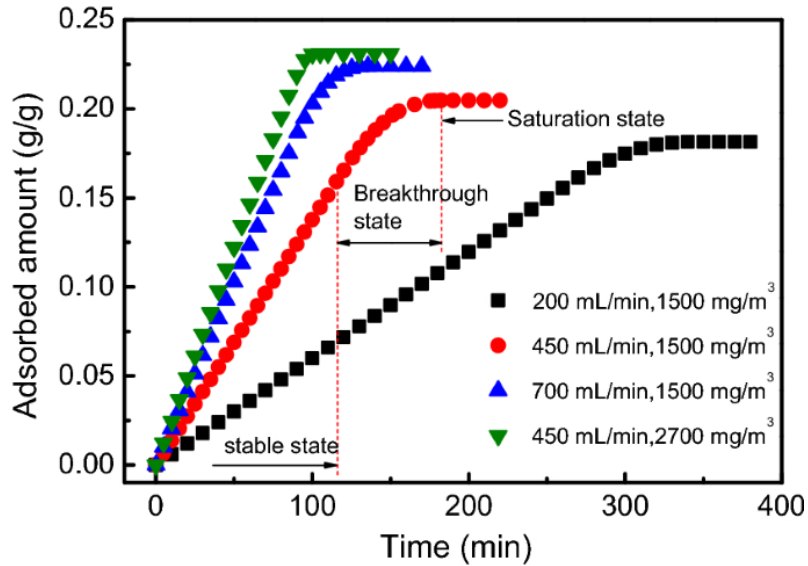


図2 空気清浄機の粉じん除去性能

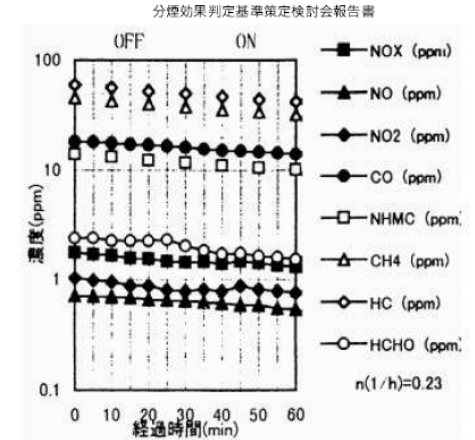
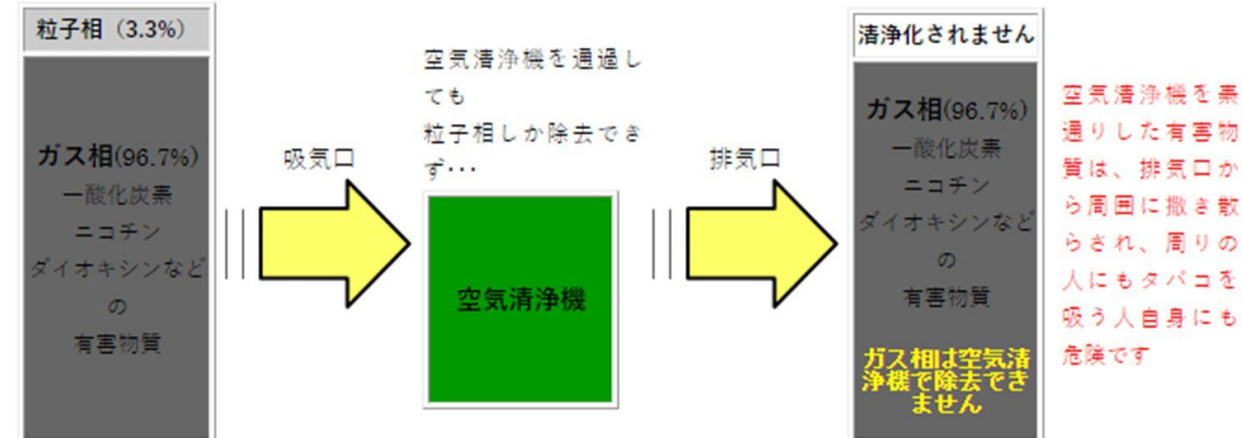


図3 実験的に発生させたガス状物質に対する空気清浄機の効果

タバコ煙有害物質



厚生労働省の分煙効果判定基準策定検討会 (座長 = 内山 巖雄・京都大学教授) の報告書によると

資料來源: <https://no-smoke.org/ventilation-air-filtration/>

植栽之運用

淨化室內空氣之植物 應用及管理手冊 - 居家生活版

淨化室內空氣之植物應用及管理手冊 - 居家生活版



臺大園藝系花卉研究室針對市售常見 50 種室內植物進行研究，以 250 mesh 過篩後的塵土均勻落於葉面上，將附著之塵土淋洗過濾並稱重，計算各種植物每單位



葉面積(1 cm²)之最大滯塵量。研究結果顯示，葉片滯塵量排名前十名的室內植物分別為非洲堇、鐵十字秋海棠、皺葉椒草、大岩桐、薛荔、嫣紅蔓、麗格秋海棠、長壽花、盆菊、白網紋草(表



若測定熏氣前後濃度差、受試葉面積、熏氣箱體積以及熏氣時間並以下列公式進行計算，即可求出沈降速度 (Vd, deposition velocity)。

$$Vd = \frac{(C - C') - (C - C'')}{C} \times \frac{L}{T \times A}$$

C：熏氣初始濃度(ppm)

C'：熏氣後濃度(ppm)

C''：空箱熏後濃度(ppm)

L：熏氣箱容積(mm³)

T：熏氣時間(s)

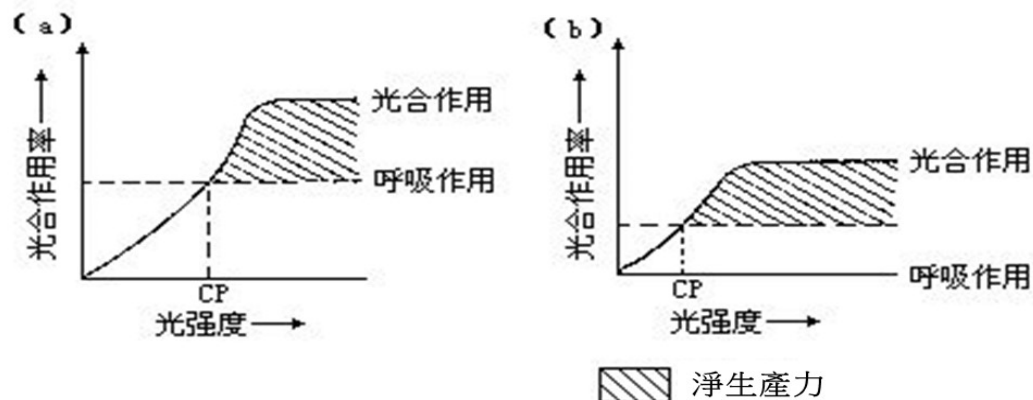
A：葉面積(mm²)

台灣大學-楊玉婷
常見室內植物對苯之吸收及反應



圖一：PP 材質熏氣箱，容積約 52 公升，附小型電風扇作為氣體攪拌之用。

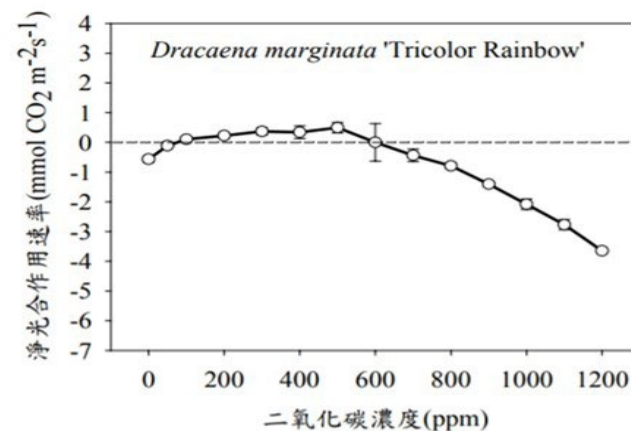
植物生存需求



(a)陽地植物與(b)陰地植物光補償點(CP)示意圖(參考Ember Lin,1986)

種 類	光補償點 (lux)	光飽和點 (lux)	種 類	光補償點 (lux)	光飽和點 (lux)
番 茄	1,500	70,000	胡 瓜	5,000	55,000
茄 子	2,000	40,000	洋香瓜	400	55,000
番 椒	1,500	30,000	西 瓜	4,000	80,000
甘 藍	2,000	40,000	白 菜	1,500	40,000

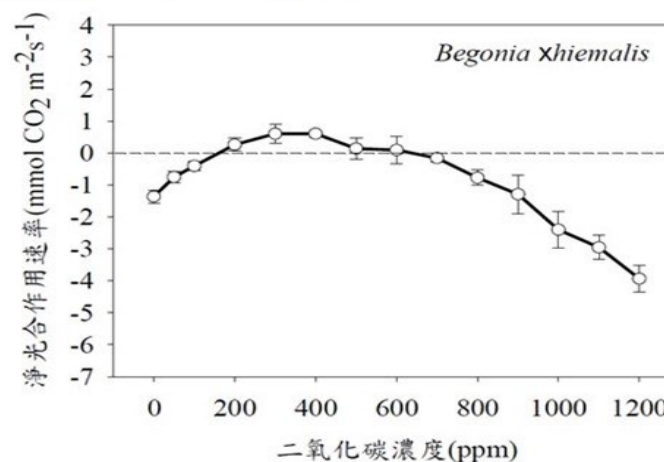
資料來源：<https://kmweb.coa.gov.tw/>



▲彩虹竹蕉在室內二氧化碳濃度 100-500 ppm 範圍內，有淨光合作用，可減少二氧化碳。



▲彩虹竹蕉之大型盆栽。



▲麗格秋海棠在室內二氧化碳濃度 200-600 ppm 範圍內，有淨光合作用，可減少二氧化碳。



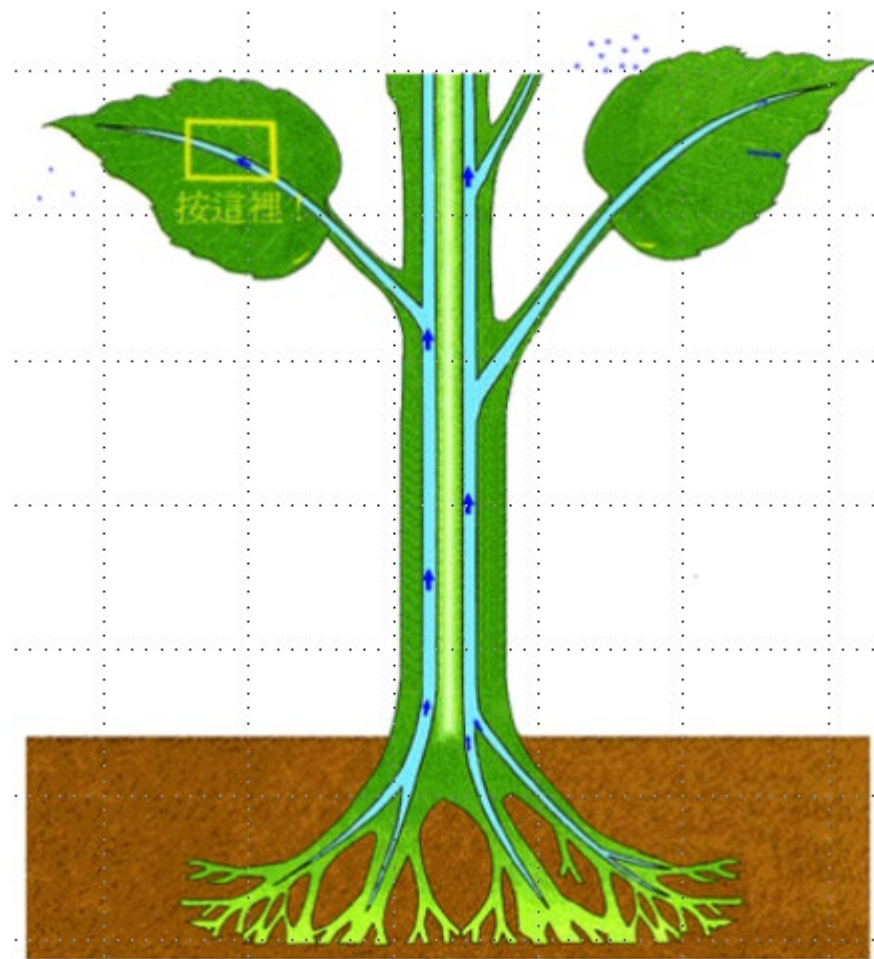
▲辦公桌上的麗格秋海棠切花。

資料來源：環境部-淨化室內空氣之植物應用及管理手冊

植物生存需求（續）

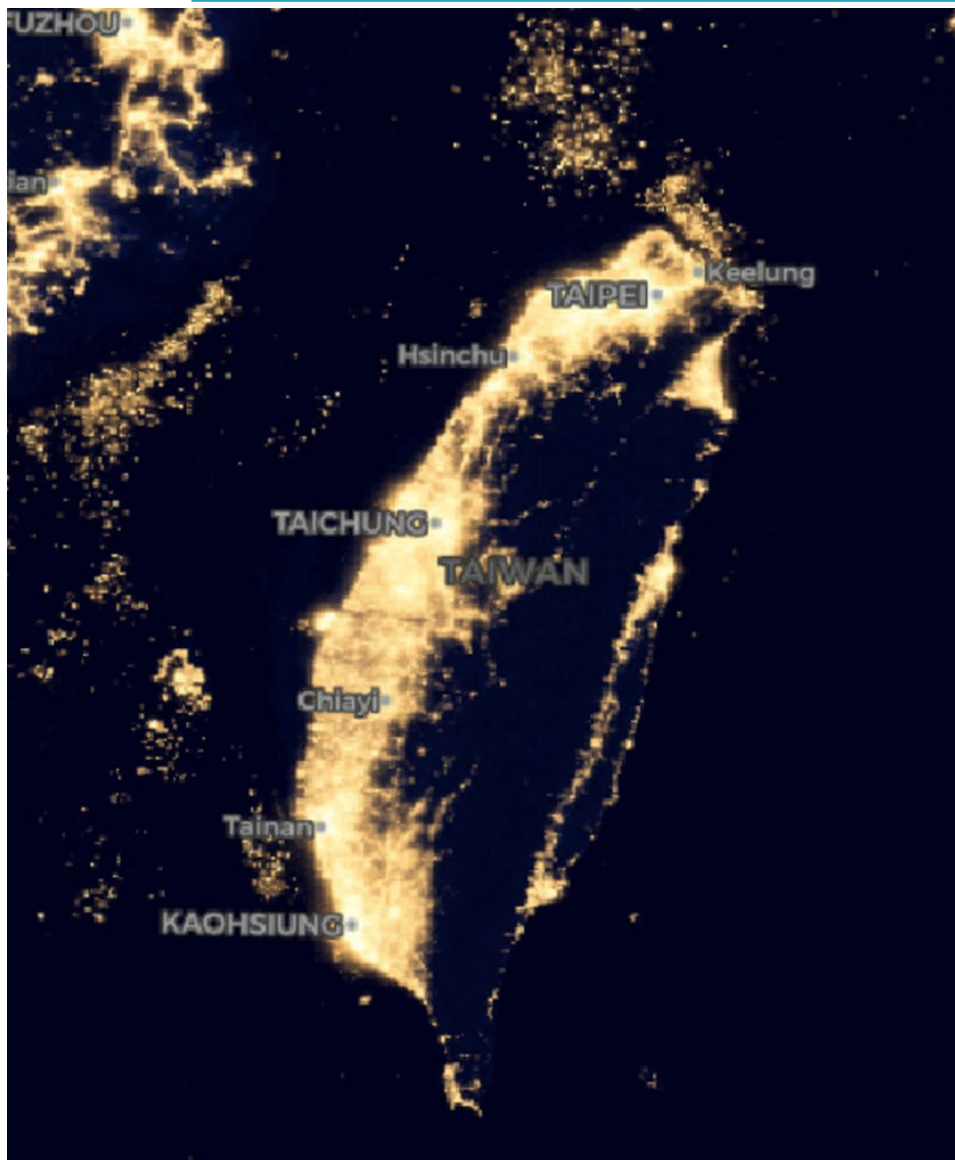


淨化室內空氣你也可以這樣做 健康2.0 20160409

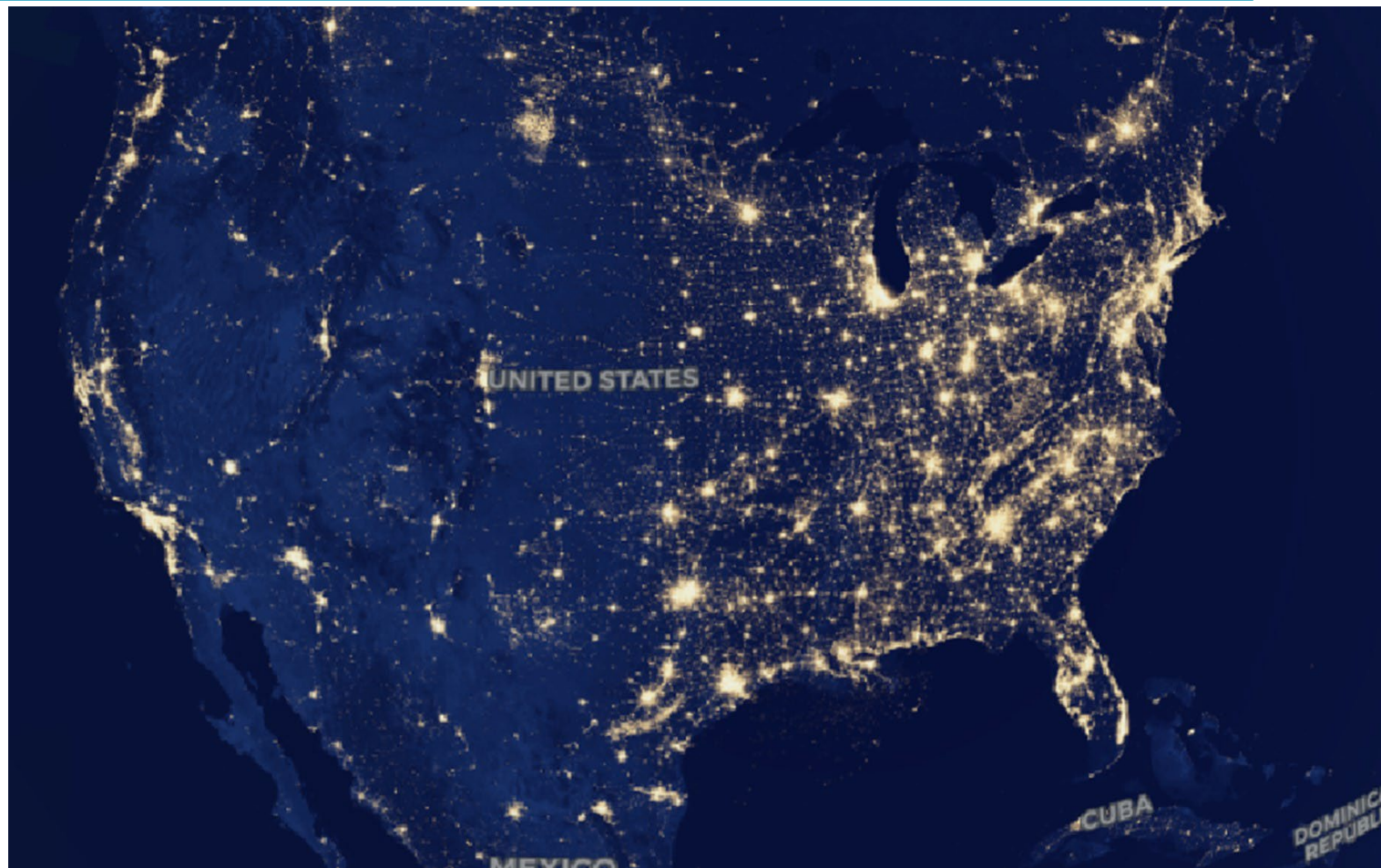


- ◆ 蒸散作用-水由葉的氣孔排出，產生拉力。
- ◆ 一般而言，植物體自根部吸收的水分，百分之九十以上會經由氣孔蒸散到大氣中。

植物與健康關聯



資料來源：<https://www.nightearth.com/>



Most of the pollution removal occurred in rural areas, while most of the health impacts and values were within urban areas. However, the magnitude and value of the effects of trees and forests on air quality and human health across the United States remains unknown.

資料來源：<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.05.028>



敬請指教

Thank You