長榮大學
Chang Jung Christian University

常見室內細懸浮微粒清淨技術實場效能測試

-以台灣都會區居家建築環境為例

學生：揭侊浤
指導老師：莊啓佑
共同指導老師：吳佩芝

JUN 02, 2021

介紹-$PM_{2.5}$

- $PM_{2.5}$:氣動粒徑小於2.5微米(μm)以下的細懸浮微粒

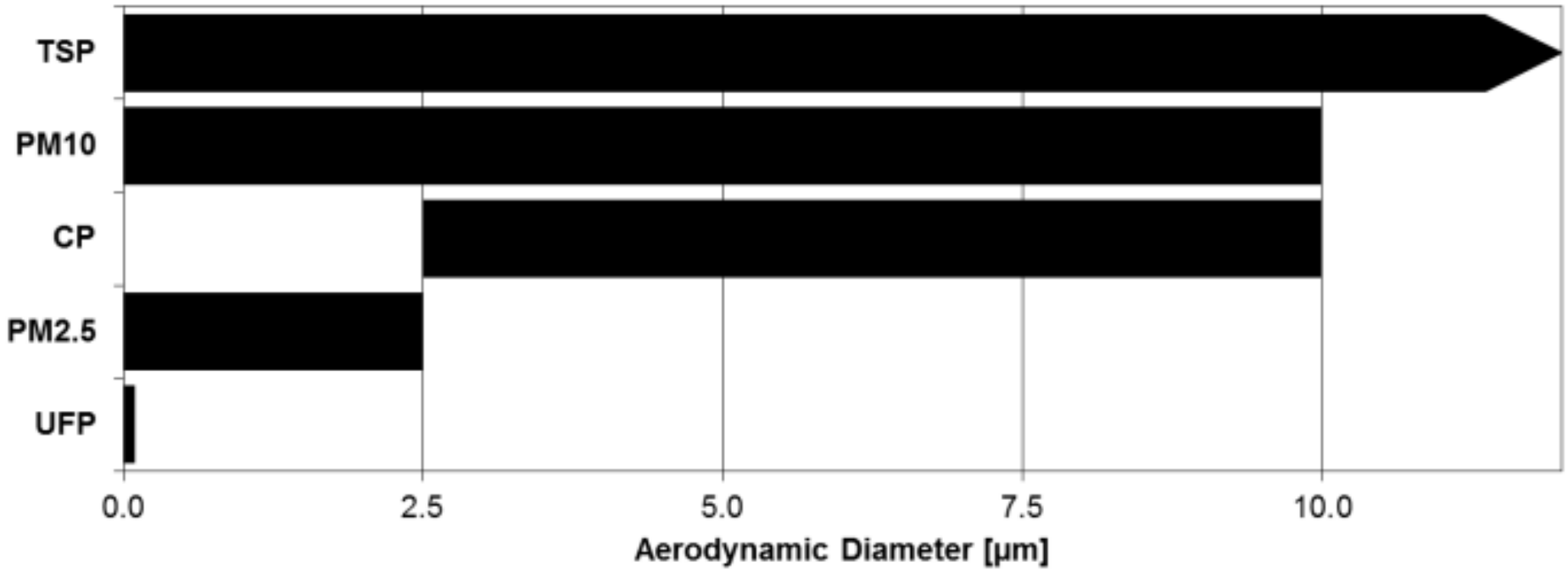


Figure 1. Particulate matter size categories

(Martins et al. 2018)

介紹-健康危害

尤其是$PM_{2.5}$> 25μg/m^3

不論年齡、性別和暴露時間，短暫且低濃度暴露即可造成疾病發生

(Samet, Zeger et al. 2000, Lall, Kendall et al. 2004)

介紹-環境影響因素

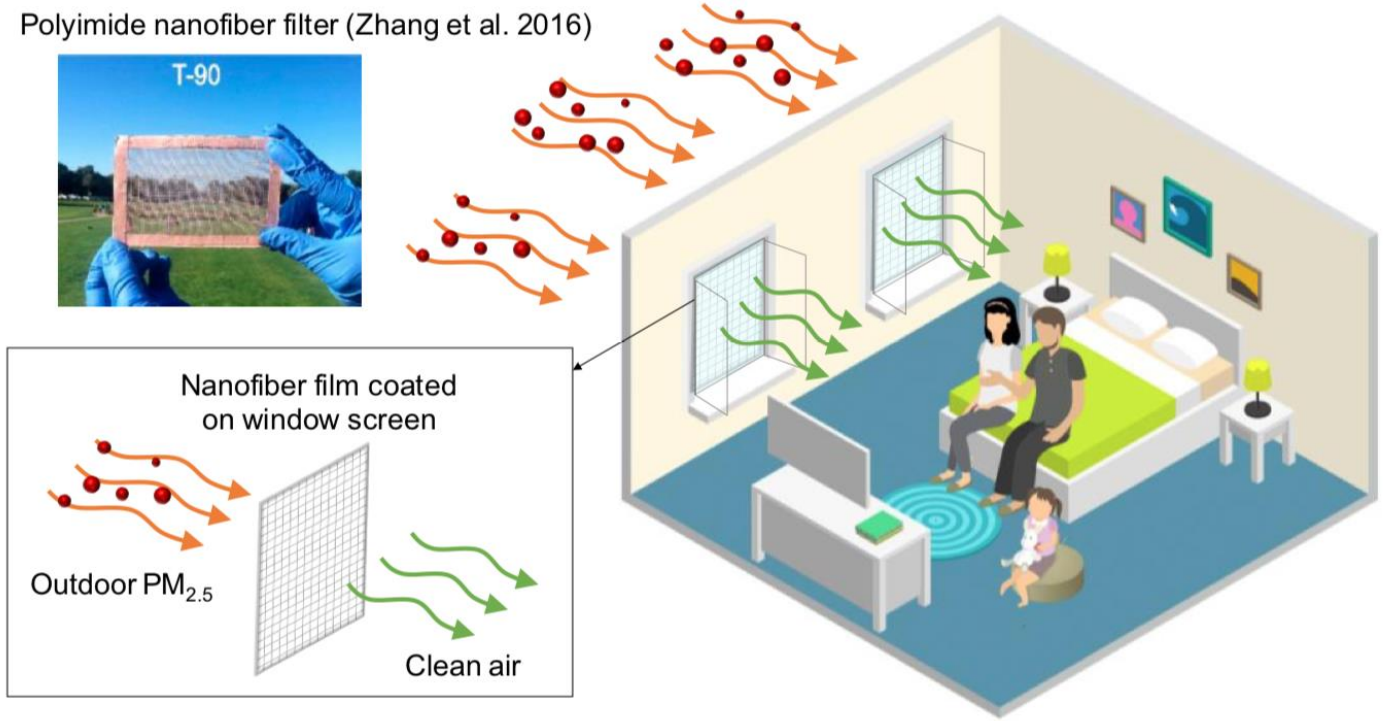
影響PM2.5濃度可能之環境因素
• 室內外溫度 • 室內外相對濕度 • 季節變化

暖季（4-9月）

冷季（10-3月）

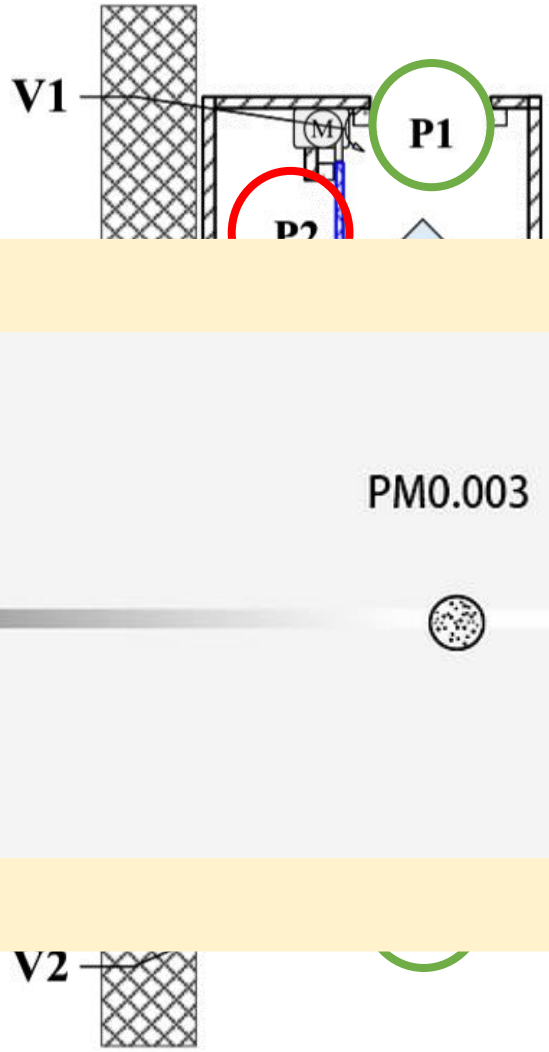
介紹-防霧霾紗窗

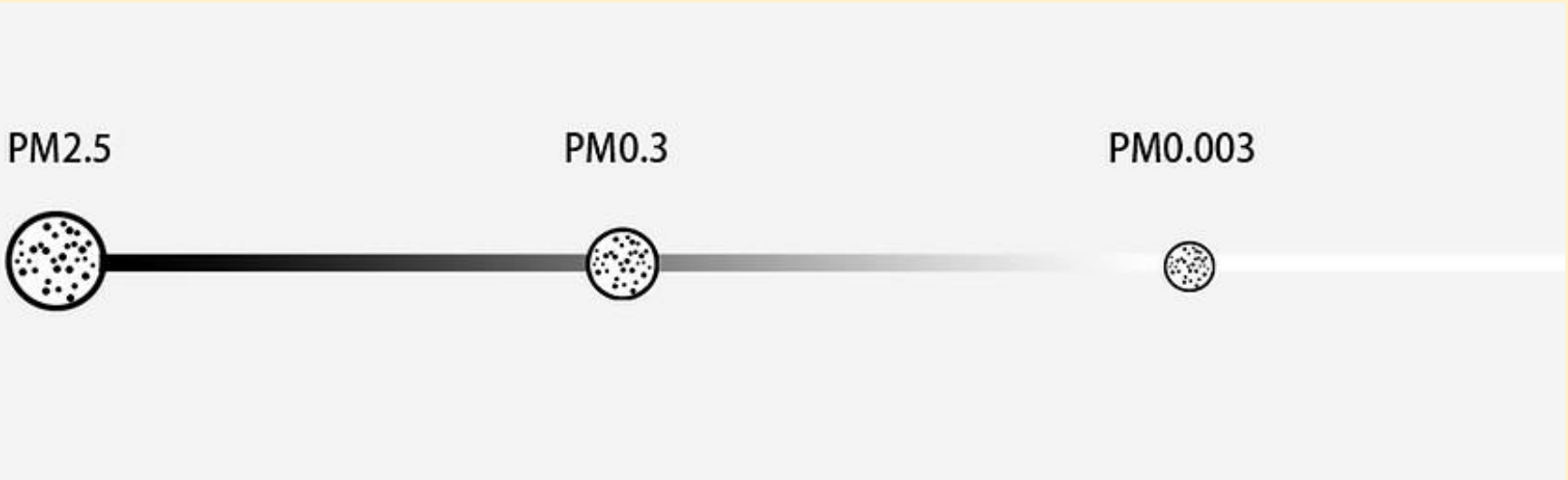
- 在室外空氣污染嚴重的情況下，當人們在室內居家建築環境中，空品質和新鮮外氣交換也顯得重要，在通過窗口的自然通風進入室內前安裝防霧霾紗窗裝置以阻隔從室外進入室內的細小微粒。



(Shi, Bian et al. 2017, Du, Zhang et al. 2020)

介紹-空氣清淨機





的

目的。

(Wakamatsu, Shimizu et al. 1974, Xiao, Mo et al. 2018)

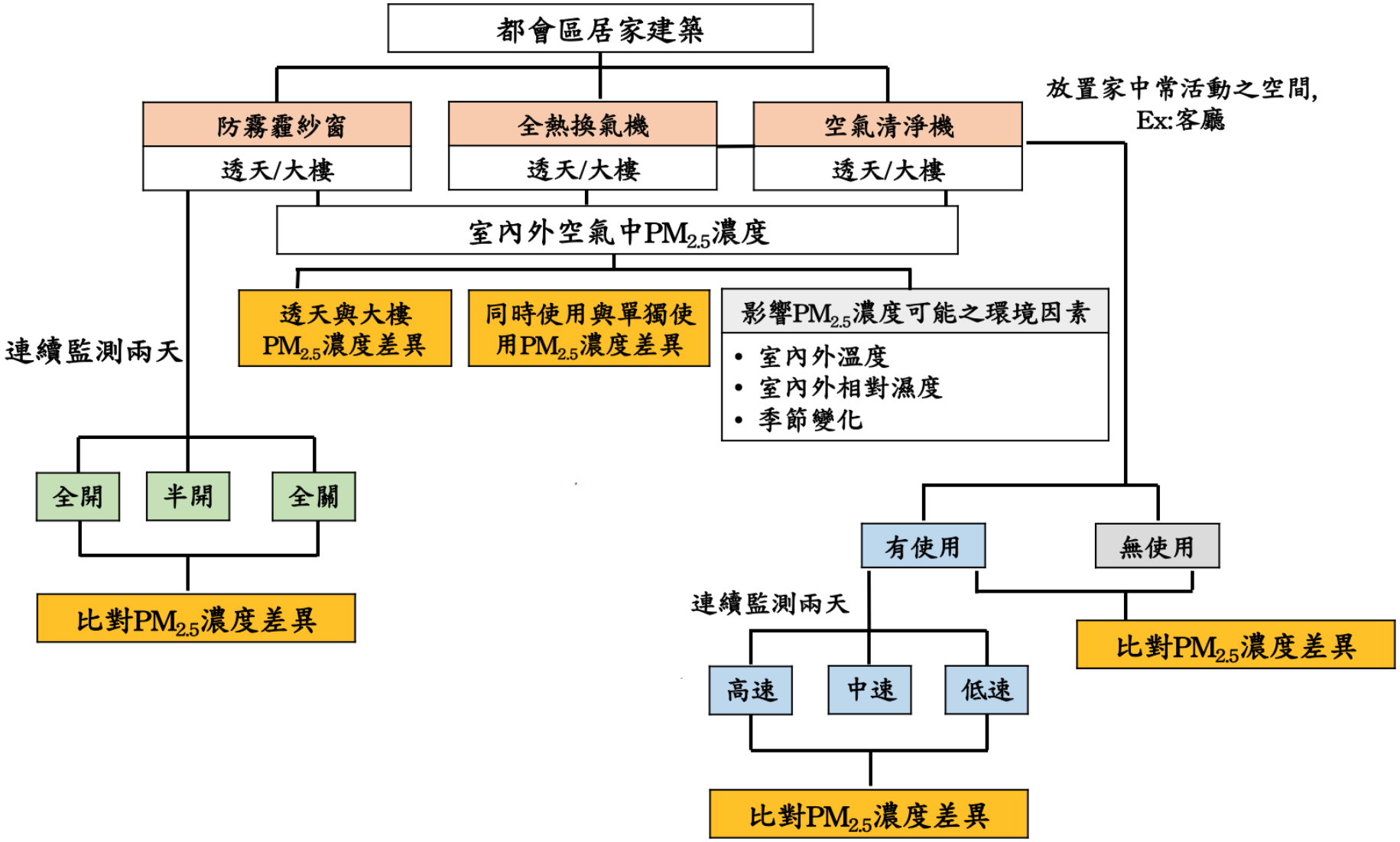
研究目的

1. 透過直讀式設備及微型感測器評估都會區居家建築室內/外空氣中$PM_{2.5}$時序濃度變化與各類環境因子之間的關係。

2. 比較個別使用無動力之一般紗窗、防霧霾紗窗裝置、動力式全熱換氣系統及空氣清淨機等兩大類技術，對室內$PM_{2.5}$暴露濃度的控制效果。

3. 搭配不同清淨技術使用模式的能源使用估算，評估無動力與有動力兩大類技術，對於室內$PM_{2.5}$暴露濃度減量的平衡效益。

材料與方法-研究架構


都會區居家建築
防霧霾紗窗
透天/大樓
全熱換氣機
透天/大樓
空氣清淨機
透天/大樓
放置家中常活動之空間,
Ex:客廳
室內外空氣中PM2.5濃度
透天與大樓
PM2.5濃度差異
同時使用與單獨使
用PM2.5濃度差異
影響PM2.5濃度可能之環境因素
• 室內外溫度
• 室內外相對濕度
• 季節變化
連續監測兩天
全開
半開
全關
比對PM2.5濃度差異
有使用
無使用
連續監測兩天
比對PM2.5濃度差異
高速
中速
低速
比對PM2.5濃度差異

材料與方法-防霧霾紗窗

- 防霧霾紗窗採用荷蘭Poll-tex普特斯，材質為聚酯纖維(PE)，纖維表面及紗線內塗布具有專利的永久性奈米靜電塗層使得纖維帶有負電，讓紗窗可以具備靜電阻隔及物理攔截的雙重濾除(double filtration)機制。

圖 2. 防霧霾紗窗（左圖）及一般紗窗（右圖）示意圖
右圖資料來源：(https://kknews.cc/home/q4kaal8.html)

材料與方法

1. 微型空品感測器：長時間連續監測，可同時即時監測TMP、HUM、PM_{10}、$PM_{2.5}$、TVOCs

2. DustTrak：同時測量PM_1、$PM_{2.5}$可呼吸性粉塵，PM_{10}和總PM尺寸。測量粒狀污染物，例如灰塵，煙霧，煙霧和薄霧，是為光散射雷射量測設備，可與微型感測器進行量測數據之比對。

3. Q-Trak：用於測量CO2、CO等濃度作為評估室內空氣品質及相關參數。

圖3. 微型感測器

材料與方法-研究情境

- 以南台灣常見的透天及大樓型態進行測試，利用無動力之防霧霾紗窗裝置、全熱換氣機及空氣清淨機

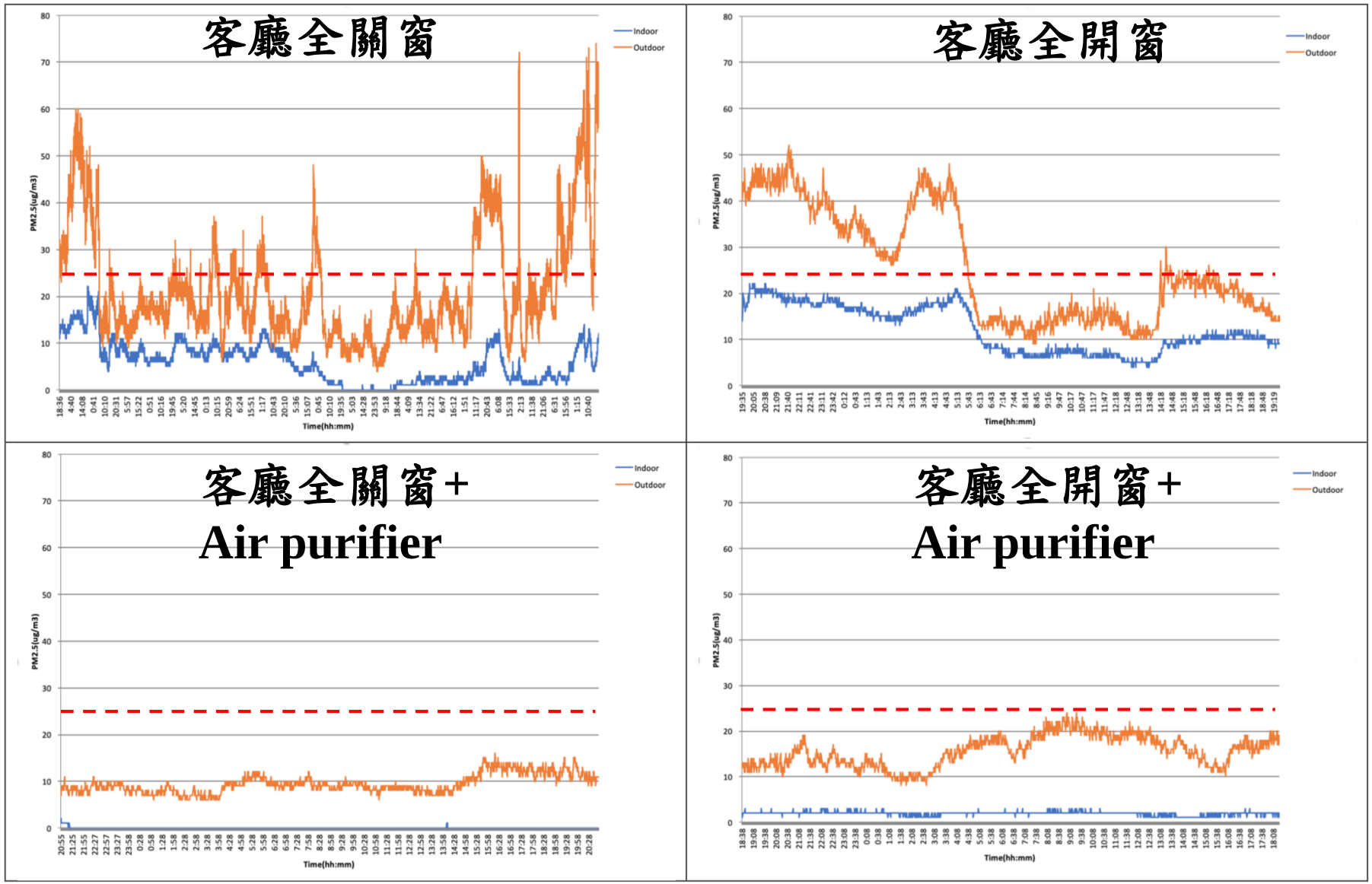
1. 單獨使用防霧霾紗窗分別測試範圍全開、半開、全關

2. 單獨使用全熱換氣機分別測試風量全開、全關

3. 單獨使用空氣清淨機分別測試風速高速、中速、低速，並連續監測兩天來比對$PM_{2.5}$濃度差異

4. 將全熱換氣機及空氣清淨機兩者合併使用以及將防霧霾紗窗裝置、全熱換氣機及空氣清淨機三者合併使用，進一步比對$PM_{2.5}$濃度差異。

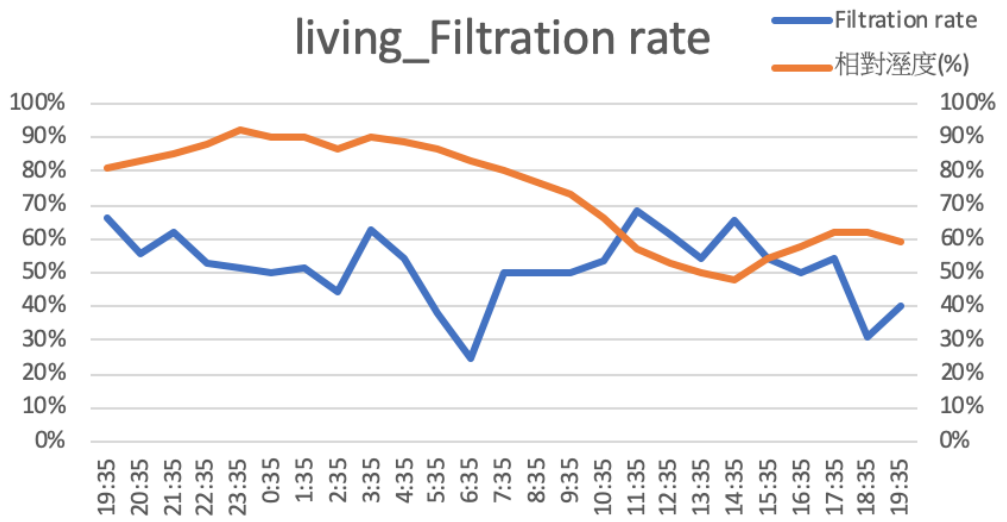
結果與討論-$PM_{2.5}$濃度量測折線圖

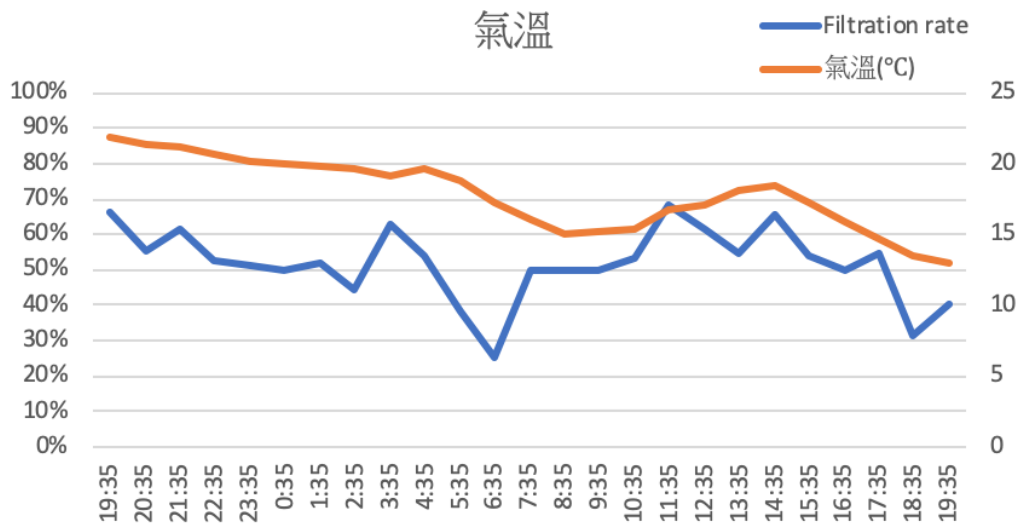


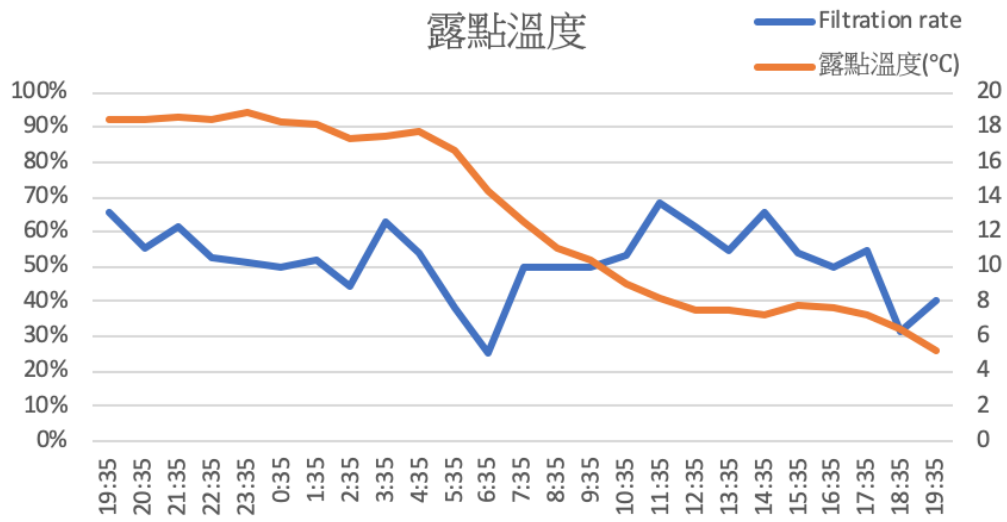
Indoor

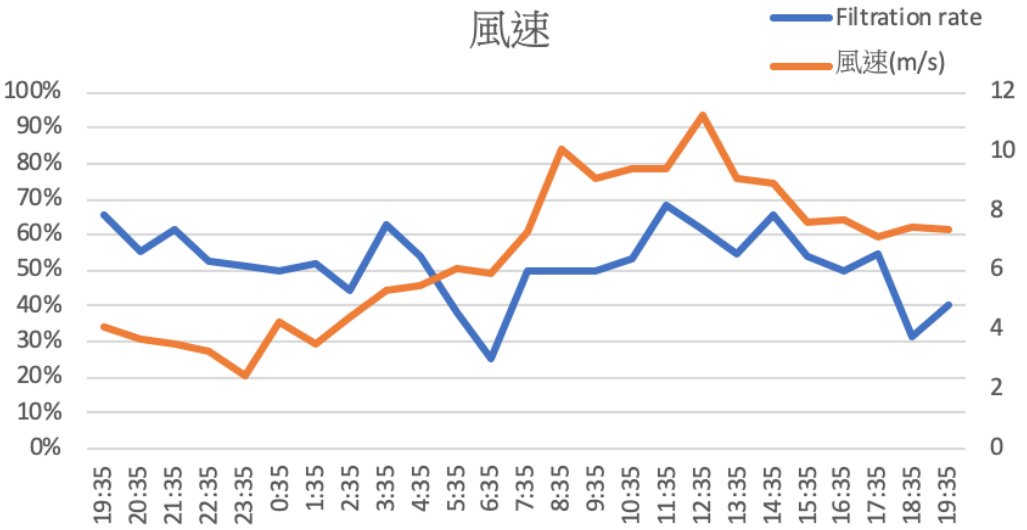
Outdoor

結果與討論-客廳過濾效率

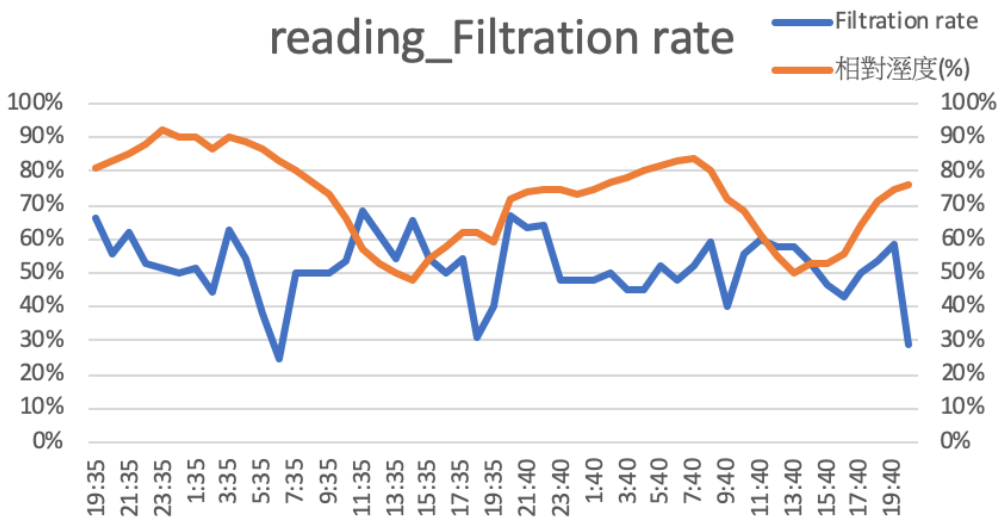


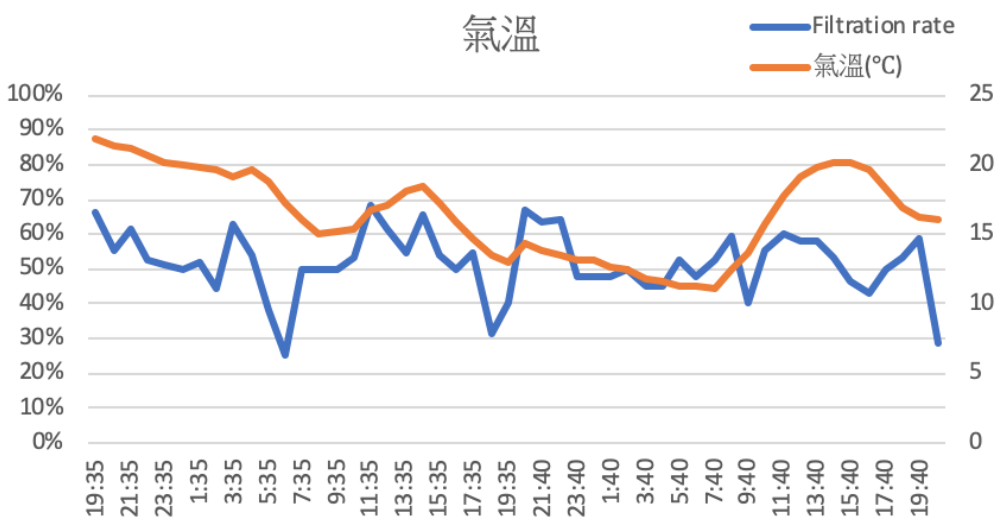


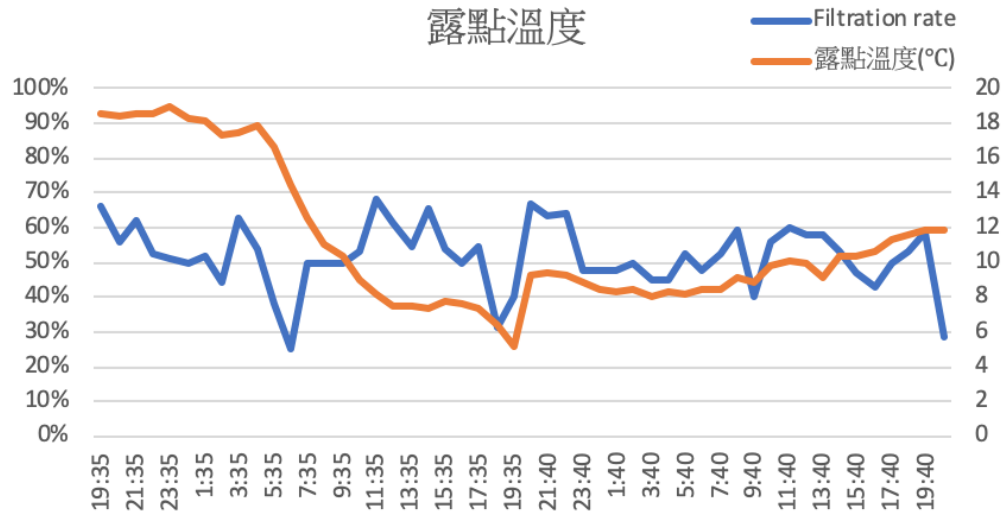


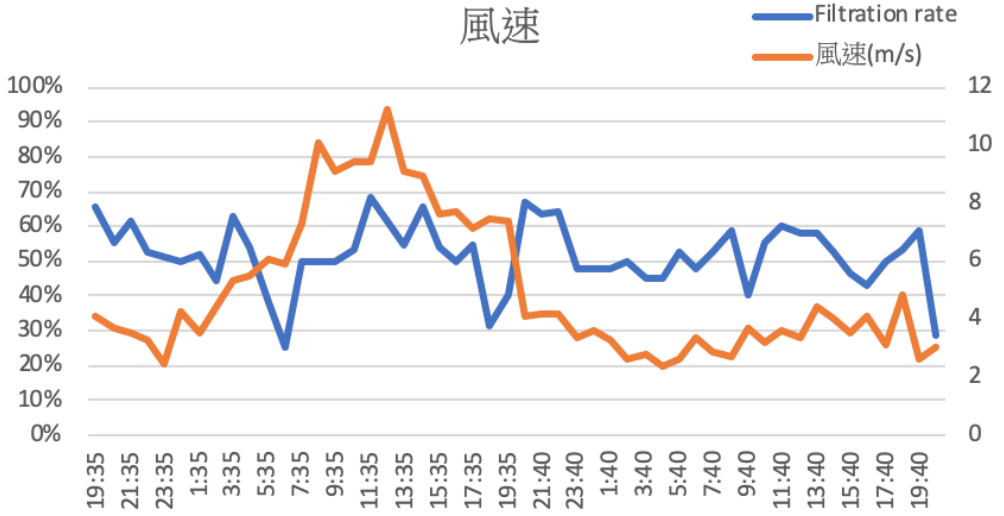


結果與討論-書房過濾效率

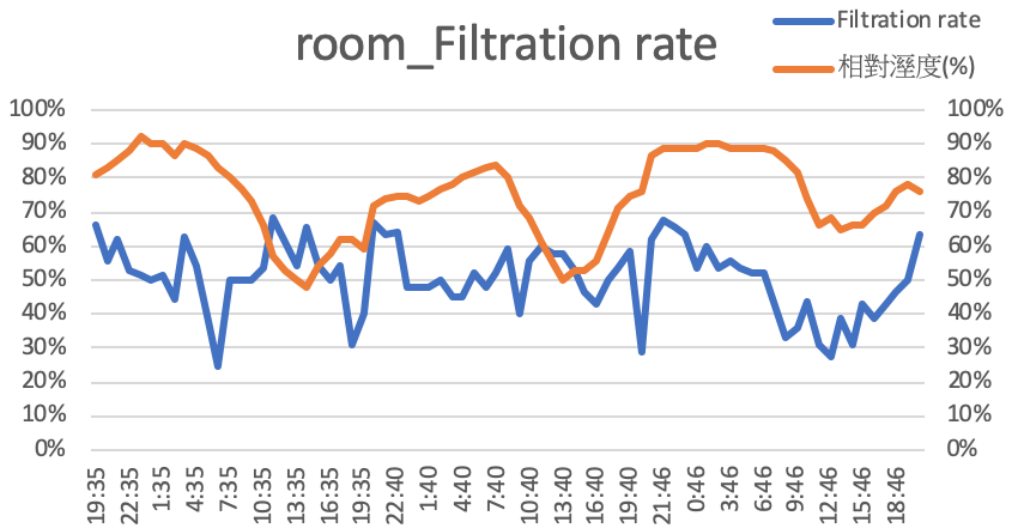


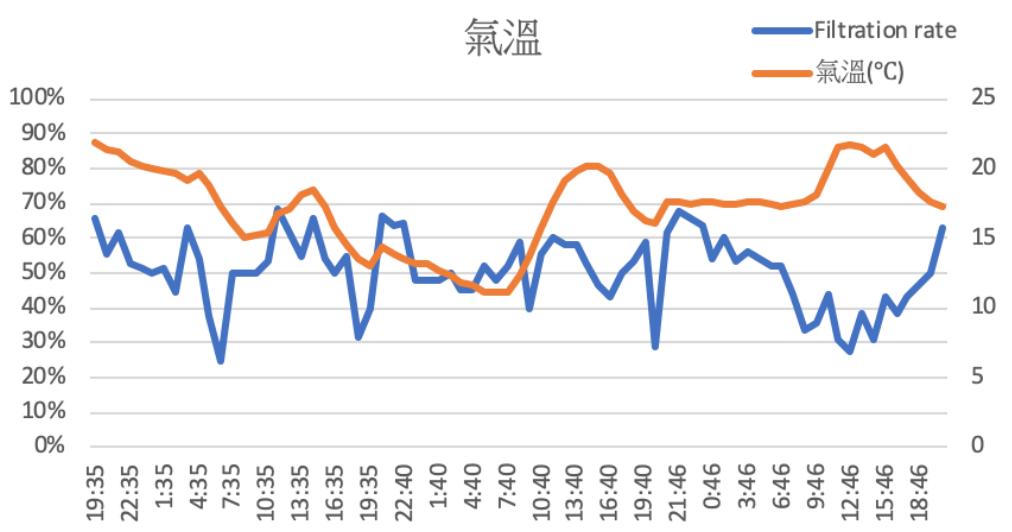


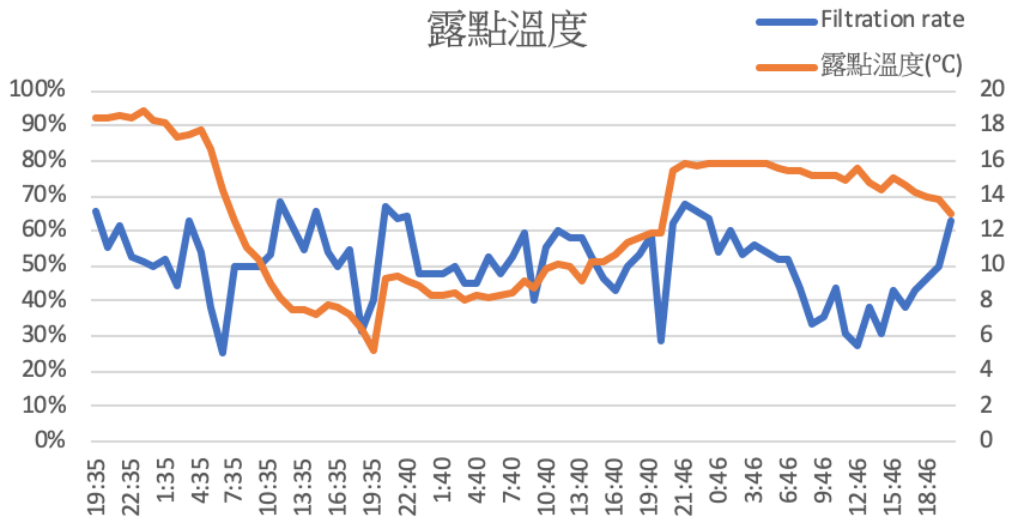


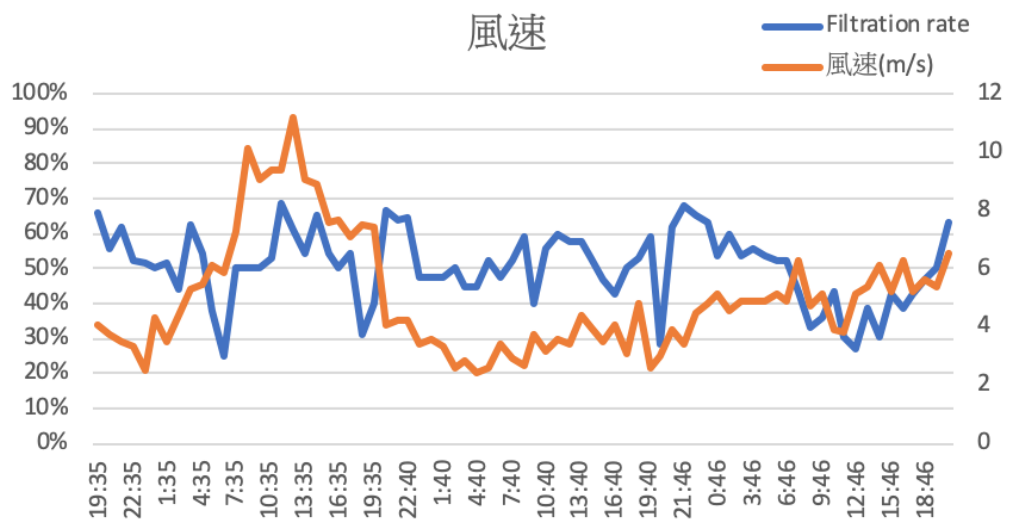


結果與討論-房間過濾效率







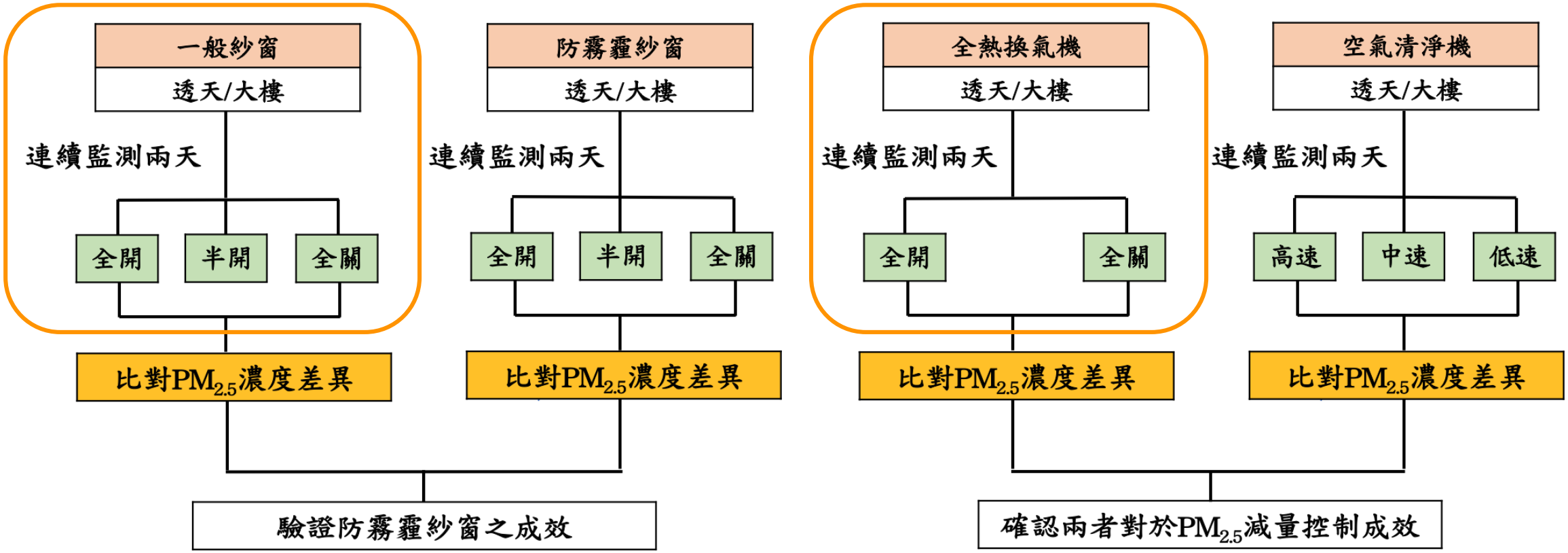


結果與討論-室內外$PM_{2.5}$量測結果

		室內 $PM_{2.5}$				室外 $PM_{2.5}$				
	Type	Min	Max	Mean	Standard deviation	Min	Max	Mean	Standard deviation	I/O_$PM_{2.5}$
A	客廳全關窗	0	22	14.05	1.36	23	60	41.10	9.63	0.36
B	客廳全開窗	4	22	12.16	5.08	9	52	25.62	12.08	0.49
K	客廳全關窗+Air purifier（高速)	0	2	0.02	0.13	6	16	9.42	2.01	0.00
N	客廳全開窗+Air purifier（高速)	1	3	1.88	0.45	8	24	15.51	3.40	0.13

預期結果

- 使都會區居家建築環境中，能夠透過合併使用一般紗窗及防霧霾紗窗裝置與空氣清淨設備，有效阻隔$PM_{2.5}$在外，得以降低民眾暴露於室內之$PM_{2.5}$濃度，同時兼顧節能效果。



未來工作

- 至無裝設防霧霾紗窗之一般紗窗的建築，以及至有裝設全熱換氣機之建築，深入進行$PM_{2.5}$之量測，以利瞭解合併使用防霧霾紗窗、全熱換氣機及空氣清淨機對於$PM_{2.5}$減量控制之成效。
- 同時也將透過能源損耗計算，評估全熱換氣機與空氣清淨機在不同設定下所能得到的能源使用與清淨效能之效益。
- 將利用時序性統計分析方法，評估逐時天氣因子對防霧霾紗窗過濾效能之影響。

圖 4. 防霧霾紗窗（左圖）及一般紗窗（右圖）示意圖
右圖資料來源：(https://kknews.cc/home/q4kaal8.html)

結論

- 初步可知合併使用防霧霾紗窗加空氣清淨機能顯著降低$PM_{2.5}$。
- 依世界衛生組織(WHO)標準氣品質準則(Air Quality Guidelines, AQG)而言，$PM_{2.5}$之24小時值標準為25μg/m^3，搭配使用防霧霾紗窗加空氣清淨機使用後尚可符合上述標準。

Thank you for your attention