

# 中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

030212

以小搏大

-奈米二氧化鈦用於建材改善 PM<sub>2.5</sub> 濃度之研究

學校名稱：苗栗縣立頭份國民中學

作者：  國二 胡 歆  國二 林珈瑤  國二 陳可倪	指導老師：  張聖麒  李桂雲
---	-----------------------------

關鍵詞：奈米科技、奈米二氧化鈦、PM<sub>2.5</sub>

## 摘要

本研究首先了解本地 PM<sub>2.5</sub> 主要來源，測量校園內各地空氣品質情形，發現在校門口及靠近廟宇附近 PM<sub>2.5</sub> 濃度較高且空氣品質不佳，結果與環保署公布的 PM<sub>2.5</sub> 三大成分相符，硫酸鹽占大氣細懸浮微粒質量的 20%；有機碳占 15%-20%；硝酸鹽占 23%。根據研究發現硫酸鹽及硝酸鹽跟工廠、交通有關，有機碳則來自生質燃燒。因此本研究以奈米 TiO<sub>2</sub> 為主軸，首先在濾材上塗佈奈米 TiO<sub>2</sub>，嘗試分解 PM<sub>2.5</sub>，達到降低 PM<sub>2.5</sub> 濃度的效果。進一步將奈米 TiO<sub>2</sub> 塗佈在建材上，發現奈米 TiO<sub>2</sub> 確實可以達到分解 PM<sub>2.5</sub> 效果，達到降低 PM<sub>2.5</sub> 濃度的目標，並進一步建議除了在一般民眾居家及學校外牆塗佈奈米 TiO<sub>2</sub> 外，應回歸到 PM<sub>2.5</sub> 產生的源頭，在汽機車、工廠及民俗活動地點進行奈米 TiO<sub>2</sub> 塗佈的處理，從源頭減少 PM<sub>2.5</sub>，創造健康的環境。

### 壹、實驗動機

近年來台灣空氣汙染漸漸嚴重，遠處的建築物不易看見，在上光學課程時，老師隨口提到這是因為消光作用，主要是懸浮微粒 PM<sub>10</sub> 及 PM<sub>2.5</sub> 造成的。因此我們就興起想研究懸浮微粒的實驗。

### 貳、實驗目的

一、討論校園 PM<sub>2.5</sub> 污染來源及影響因素

二、了解奈米 TiO<sub>2</sub> 應用於建材吸附及分解 PM<sub>2.5</sub> 情形

(一) 奈米 TiO<sub>2</sub> 應用於不同建材吸附及分解 PM<sub>2.5</sub> 情形

(二) 不同層數奈米 TiO<sub>2</sub> 吸附及分解 PM<sub>2.5</sub> 情形

(三) 不同熱處理情形下，自製奈米 TiO<sub>2</sub> 吸附及分解 PM<sub>2.5</sub> 情形

三、探討奈米 TiO<sub>2</sub> 處理之建材吸附及分解 PM<sub>2.5</sub> 情形

(一) 以煙燻實驗，探討 PM<sub>2.5</sub> 在奈米光觸媒處理膜片上之變化情形

(二) 以密閉實驗，探討 PM<sub>2.5</sub> 在密閉環境內與奈米 TiO<sub>2</sub> 處理之建材作用之變化情形

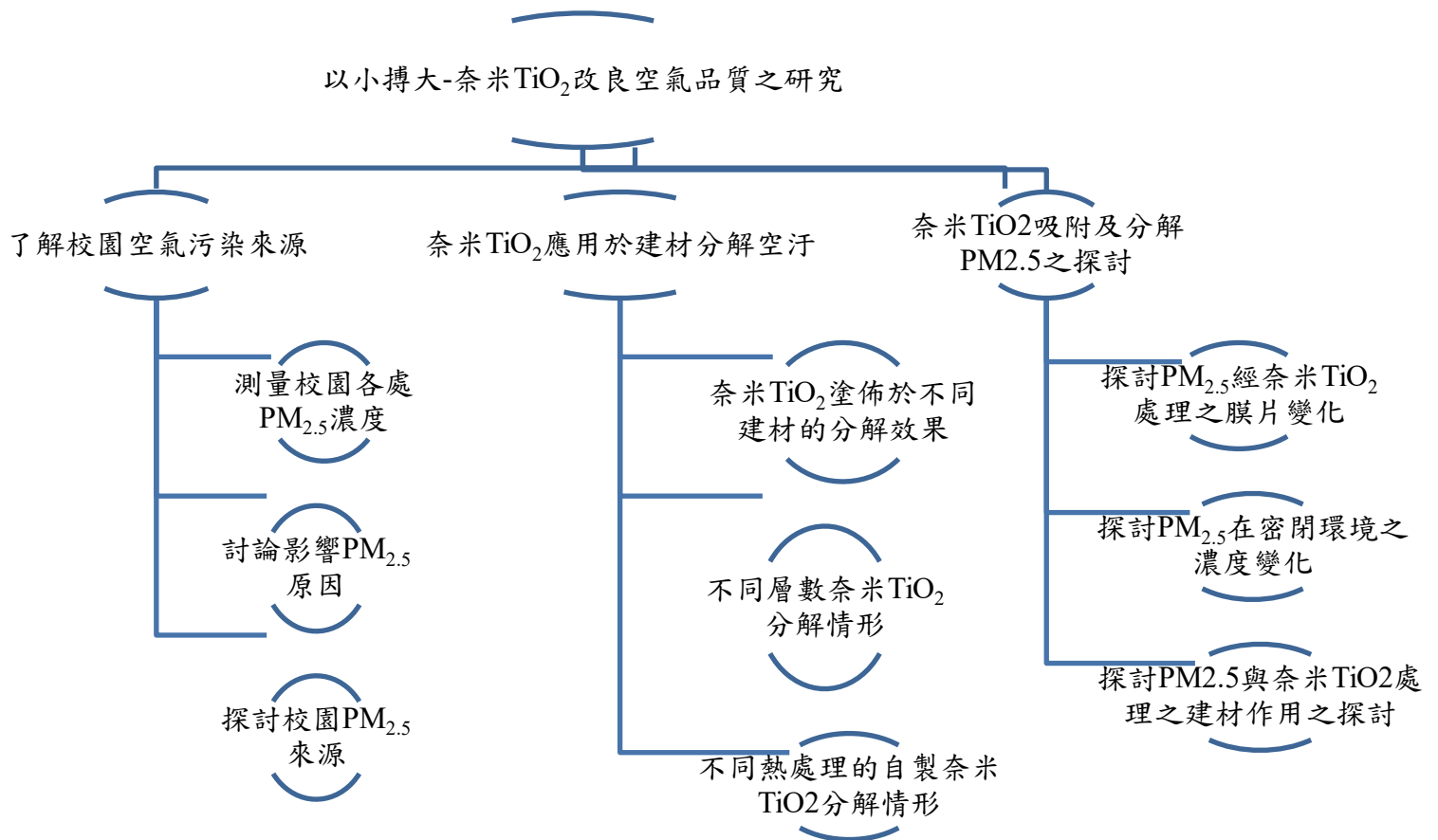
(三) 探討奈米 TiO<sub>2</sub> 處理之建材吸附與分解 PM<sub>2.5</sub> 之情形

參、研究設備及器材

設備	用途或產品原裝說明	照片	備註
PM <sub>2.5</sub> 測量儀	測量當下的 PM <sub>2.5</sub> 濃度、濕度與氣溫		背面上方為吸進口，下方為出風口
風向儀	測量風向		
指北針	確認方位，以判別風向		
雷射測距儀	測量儀器與測量物的距離		

## 肆、研究過程或方法

### 一、實驗流程圖



### 二、了解校園各地的PM<sub>2.5</sub>濃度之來源

#### 1、工業類污染源

校園附近的工廠，常常會排放黑灰色廢棄氣體，研究判斷工廠排放的煙內可能有影響校園空氣品質的汙染物，因此我們上網搜尋了校園附近的平面圖，並找到附近的工業區，得知在裡面的所有廠區後，一一查詢工廠製造產品的原料、製作過程及生成的汙染物處理方法等等……，並了解製造過程可能會產生的汙染。



圖 1 工業區廠商配置圖

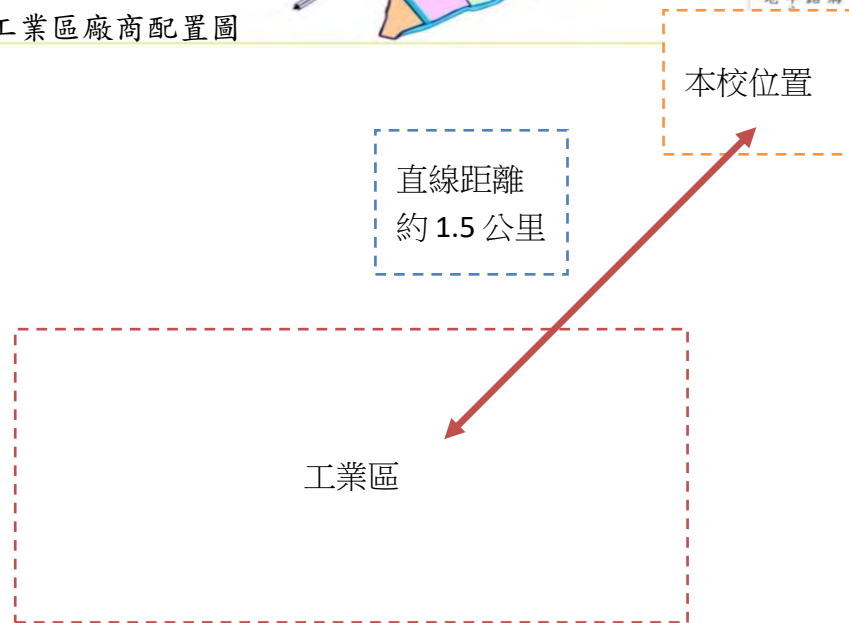


圖 2 工業區與本校相對位置

## 2、生活類污染源

都市的主要交通工具是汽機車，也是主要的移動污染源。正好學校緊鄰主要道路，操場旁又有土地公廟，因此造成校園內的空氣污染，特別是上下班車流量大及過年過節時，道路上排放的廢氣極大，在加上寺廟裡常常要燒香、燒金紙，因此常常會看到學校附近的天空有「灰煙裊裊」的景象，大量的廢氣中有時甚至還有黑煙的產生。有時在馬路附近或操場旁都可以聞到濃濃的嗆鼻味。從參考資料裡了解到燃燒金紙及線香製造的空氣污染，包含 PM<sub>10</sub> 及 PM<sub>2.5</sub> 懸浮微粒。

表 1 生活類污染源

可能的污染源	燃燒物
汽機車	石油
廟宇	線香、紙錢
附近農田	稻草

(一) 測量地點選定

1. 找尋校園周圍可能會出現污染源的地點，以及學生經常活動的地點做參考以選擇適當測量地點。討論地點時，我們以校園內學生的主要活動地點及空氣污染較嚴重的地方作為測量地點，綜合幾天的實際測量和與老師們討論後的結果後，我們決定以下圖的7個地點作為主要測量地：

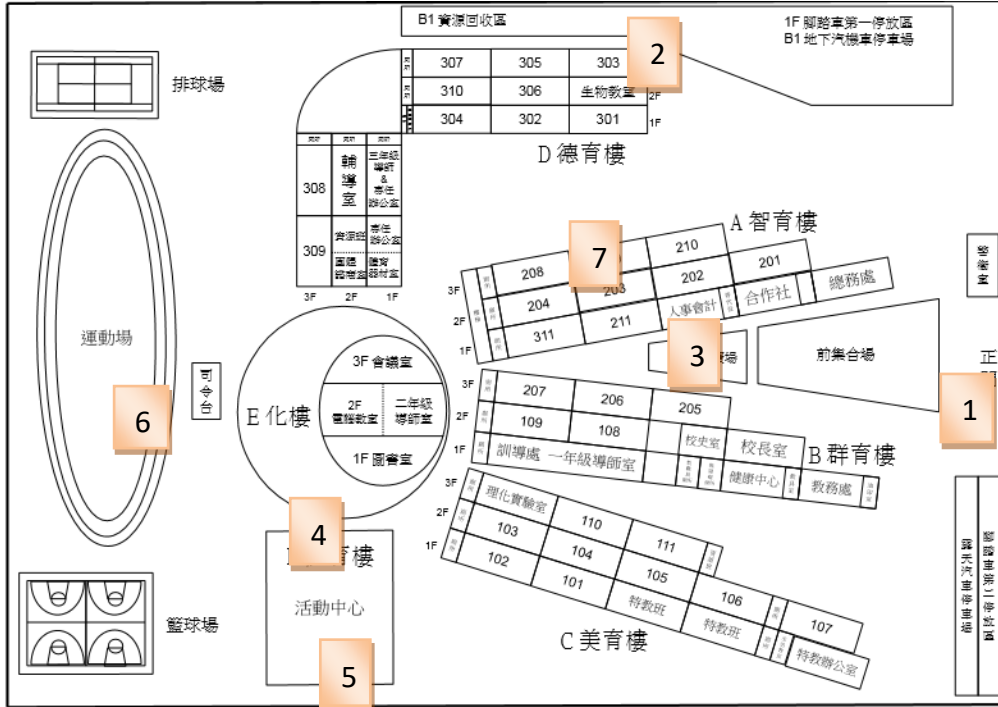


圖 3 校園平面圖

- 1 校園大門口
- 2 腳踏車車棚靠近資源回收室的門口
- 3 中庭
- 4 活動中心前空地
- 5 活動中心後門轉角(靠近土地公廟)
- 6 操場中央(司令台前黃點與排球場柱交接處)
- 7 A 棟三樓中間的教室前



圖 4 校園大門口

檢測 PM<sub>2.5</sub> 可能之污染源：汽機車，因此在校門口選擇一個點。





圖 5 腳踏車車棚靠近資源回收室的門口

此處為腳踏車停放處，每天上下學學生都會經過，判斷為可能的污染源，因此選此地做為測量點。



圖 6 中庭

此處位於校園中庭，為瞭解平常呼吸到的空氣，決定於此處測量。



圖 7 活動中心後門靠近土地公廟

最靠近校園的污染源，因初一十五、初二十六會有祭祀活動，一旁便是交通量大的主要道路，加上靠近操場，為了解學生活動呼吸的空氣，因此選擇此處測量。



圖 8 操場中央(司令台前黃點與排球場柱交接處)

校園中最空曠的地方，面向工業區，可檢測風對 PM<sub>2.5</sub> 的影響。



圖 9 A 棟三樓中間的教室前

此地為學生平常上課、活動的地點，所以選此地做測量。

## (二) 測量方法

1. 依據本校學生活動及污染源位置等因素考量，選定 7 個校內不同地點進行 PM<sub>2.5</sub> 濃度監測，並記錄溫度、風向、風速、溼度和當日氣候等數值。
2. 量測配合學校上下課時間，分別在早修(7:00~7:30)、午休(12:25~12:55)和放學(4:45~5:05)，在不同地點(校門口、中庭、班級教室〈本校 A 棟 3 樓〉、活動中心門口、活動中心後方、操場及腳踏車車棚等 7 地點)監測。
3. 每個地點設置一個紀錄位置，在固定紀錄位置量測，取最終數值。

## 三、探討及分析既有數據，假設影響濃度之原因

歷經多日測量，我們發現校門口和土地公的 PM<sub>2.5</sub> 濃度總是最高，據此推論汽機車廢氣和線香或紙錢所造成的污染在生活中較常見，因此以最容易取得的線香做為初始模擬的污染源，並從風源、風速、氣溫、溼度等等，以了解及探討 PM<sub>2.5</sub> 的污染過程。

## 四、奈米 TiO<sub>2</sub> 應用於建材之實驗

1. 我們一開始是用瓦楞紙當建材來進行模擬實驗，把線香作為污染物，並通過模擬建築物的紙箱，觀察 PM<sub>2.5</sub> 的變化。



2. 起初的裝置是將紙板捲成管狀，並用一定距離讓煙飄過去，但考量到每次的煙量都不同，還有風向的影響，決定作改良。
3. 一般的建築物空隙大多是屬於比較寬大的，因此我們的一個改良的地方是洞口寬度。我們從原本的正方形的洞口，放大為長方形紙箱，並用紙板封住其中一個洞，設計成可讓煙通過的管道。
4. 線香出風口的地方也作了改良，最出版沒有作任何讓他集中或不要分散的器具，所以煙量方面很不穩定，為此，我們運用塑膠盒去組裝，設計成可不分散煙以及能讓它通過的器具。
5. 結合塑膠盒和紙箱(如下圖)，讓實驗過程中，煙能順利的通過。



圖 10 實驗示意圖

6. 運用相同方法測試不同建材(保麗龍空心磚、水泥磚、圍牆磚)塗上奈米  $\text{TiO}_2$  後的效果。
7. 更進一步的實驗：將奈米  $\text{TiO}_2$  塗上更多層。除了原本上的一層，我們又在多上三、五層，觀察越多層的光觸媒是否會分解更多的  $\text{PM}_{2.5}$ 。
8. 查了很多資料，發現奈米  $\text{TiO}_2$  也使用在染料敏化太陽能電池上，參考染化敏料太陽能電池之概念，另一種提升效能方式採用花青素混合奈米  $\text{TiO}_2$ ，再塗佈於建材上，觀察自製的奈米  $\text{TiO}_2$  吸附及分解  $\text{PM}_{2.5}$  之情形。
9. 為了提升奈米  $\text{TiO}_2$  的效能，以達到更好吸附及分解  $\text{PM}_{2.5}$  的效果，首先將奈米  $\text{TiO}_2$  處理之建材，送至陶藝課之高溫爐進行熱處理(4 小時升溫至攝氏 600 度，攝氏 600 度維持 1 小時，再等 8 小時爐內降溫至室溫。)，另一種熱處理方式為以熱風機高溫烘乾。探討兩種熱處理方式奈米  $\text{TiO}_2$  建材吸附及分解  $\text{PM}_{2.5}$  之情形。

## 五、探討建材吸附及奈米 $\text{TiO}_2$ 吸附及分解 $\text{PM}_{2.5}$ 情形

### (一) 以煙燻實驗探討奈米 $\text{TiO}_2$ 處理後之塑膠膜片吸附及分解 $\text{PM}_{2.5}$ 之情形

1. 將塑膠膜片做成方形盒子，塗佈不同層數的奈米  $\text{TiO}_2$ 。

2. 將塑膠膜片以線香煙燻，觀察線香產生的污染物對塑膠膜片之影響。
- (二) 以密閉實驗，探討 PM<sub>2.5</sub> 在密閉環境下 PM<sub>2.5</sub> 濃度變化情形
1. 將儀器至於密閉箱內
  2. 觀察通入線香產生的污染物，觀察密閉空間內的 PM<sub>2.5</sub> 濃度變化
- (三) 以密閉實驗，探討 PM<sub>2.5</sub> 經奈米光觸媒處理之建材吸附及分解作用情形。
1. 將密閉箱內放入經奈米光觸媒處理之建材
  2. 通入線香產生之污染物，觀察密閉空間內的 PM<sub>2.5</sub> 濃度變化

## 伍、研究結果與討論

### 一、校園 PM<sub>2.5</sub> 濃度情形

#### (一) 校園內不同地點，每天 PM<sub>2.5</sub> 濃度變化情形

##### 1. 逐日 PM<sub>2.5</sub> 濃度

- (1) 測量期間，PM<sub>2.5</sub> 濃度最大值為 115  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最小值為 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。下表為不同地點所記錄到的 PM<sub>2.5</sub> 濃度與日期作 XY 散佈圖，因每天的 PM<sub>2.5</sub> 濃度數值點不只 1 項，為方便統計日期以編號方式。

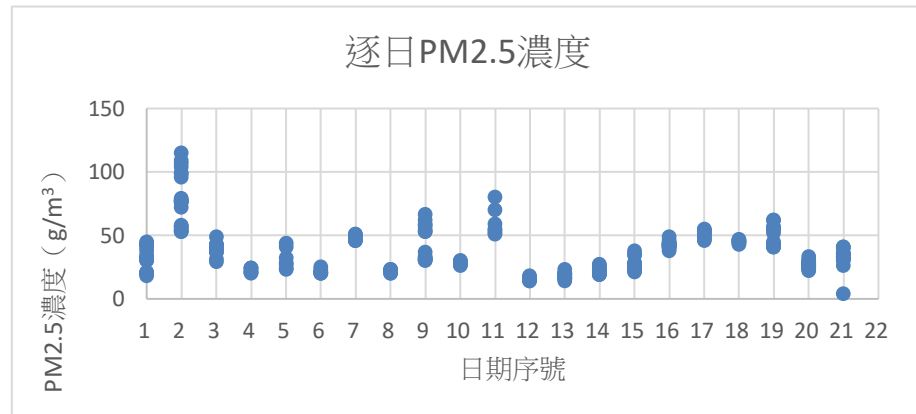


圖 11. 逐日 PM<sub>2.5</sub> 濃度變化(2018/3/1 至 3/31)

從上表觀察，部分數值會有週期性的規律，確認原始數據後發現，編號 2 為元宵節前及元宵節及測得較高數值的狀況都在鄰近廟宇區域都量到較高的數值，校園內部分區域受民俗活動影響，會測到較高的 PM<sub>2.5</sub> 濃度。

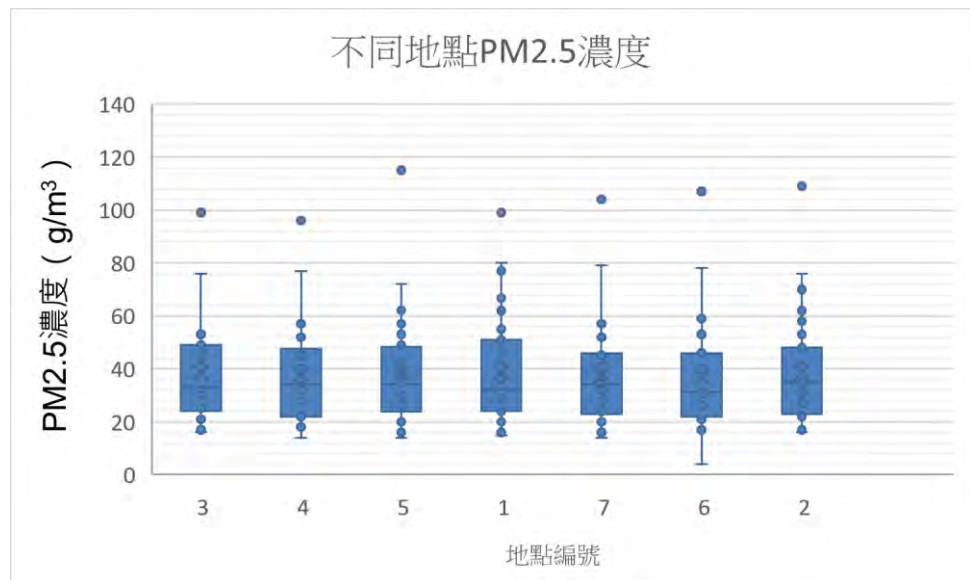
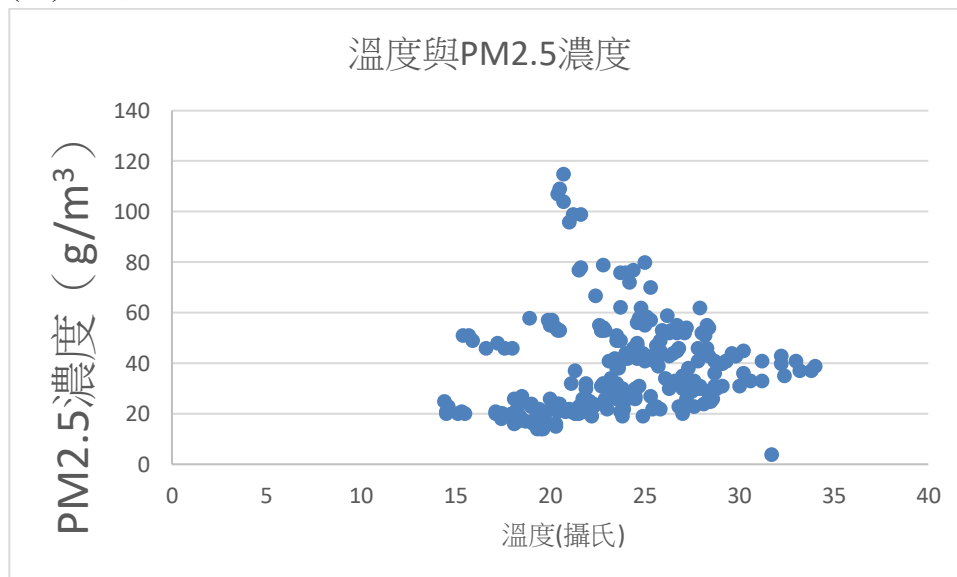


圖 12 各地點 PM2.5 濃度變化情形

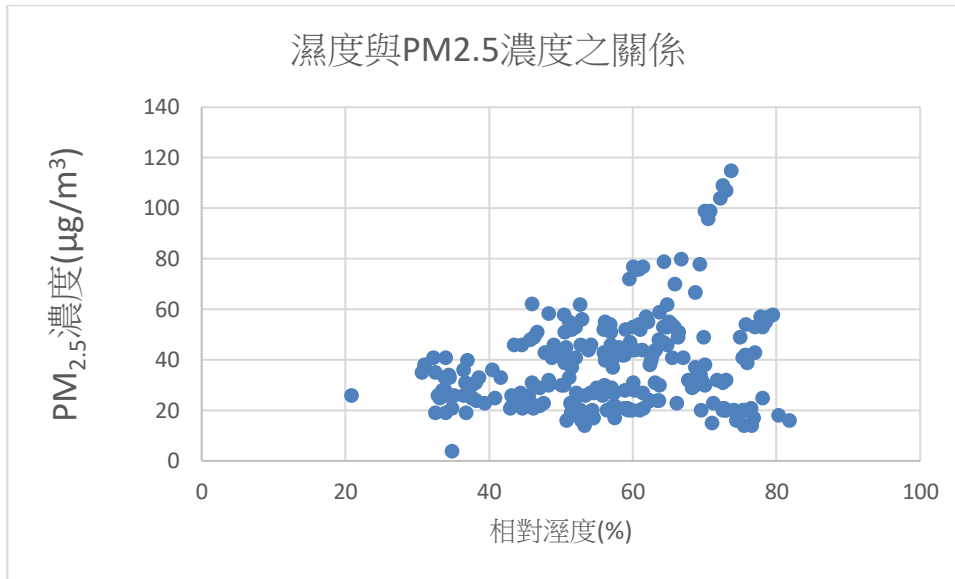
而依照不同地點的變因討論，則差異性並不高，僅有地點 1、2、5 為接近大門口及廟宇，容易測得較高數值，並非全部都高於其他地點，與車流量及廟宇是否燃燒香及金紙有關。實地勘察廟宇後，發現前幾屆學長姐曾研究過廟宇產生的 PM2.5，因此校方與廟方有所協調，將金紙集中於晚間燃燒，因此在白天若測量到較高 PM2.5 濃度，與大型祭祀活動及祭拜人潮有關。

二、為探討影響 PM2.5 濃度之因素，根據觀測之數值進行下列分析：

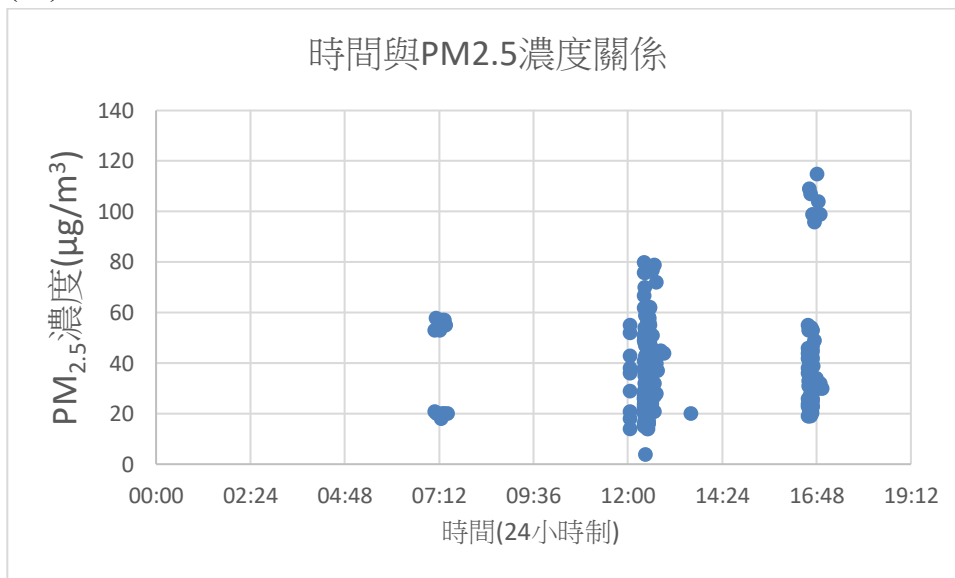
(一) 依據每日測得之溫度與 PM2.5 濃度作 XY 散佈圖



(二) 依據濕度與 PM<sub>2.5</sub> 濃度作散佈圖

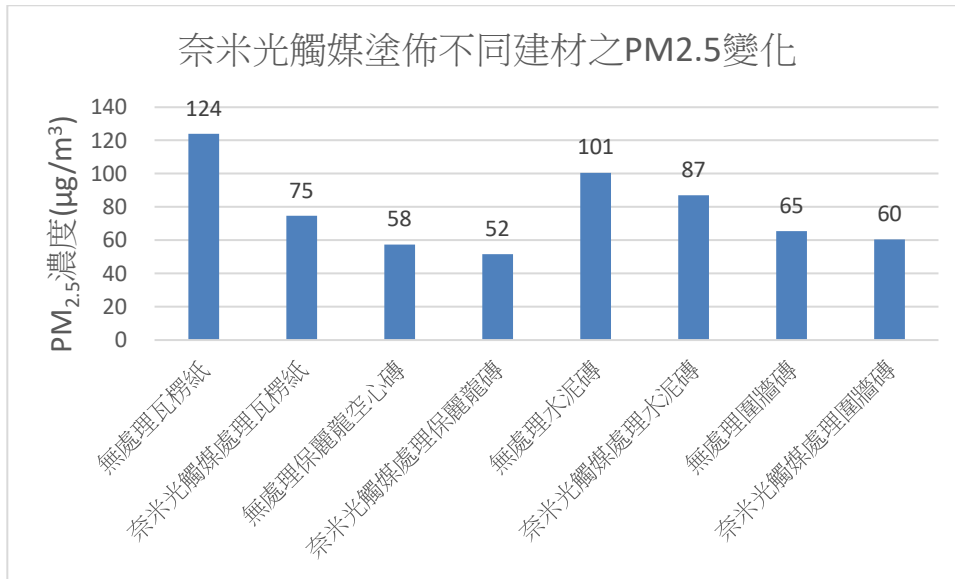


(三) 時間與 PM<sub>2.5</sub> 濃度關係



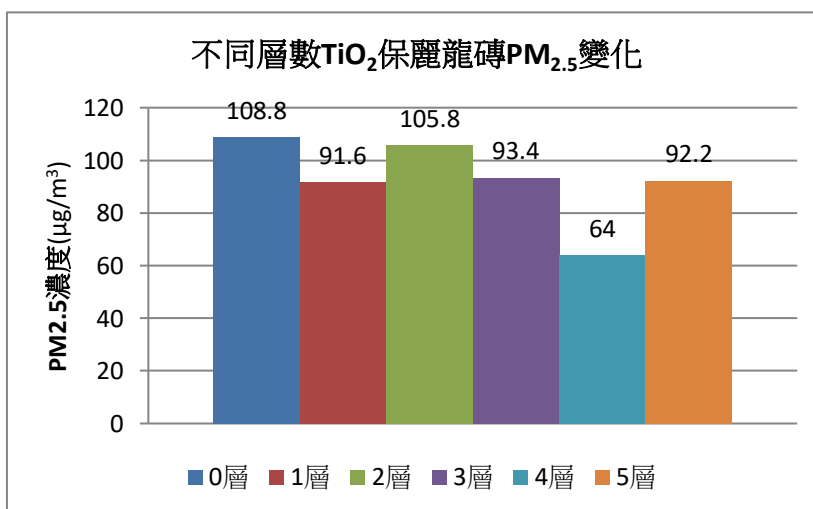
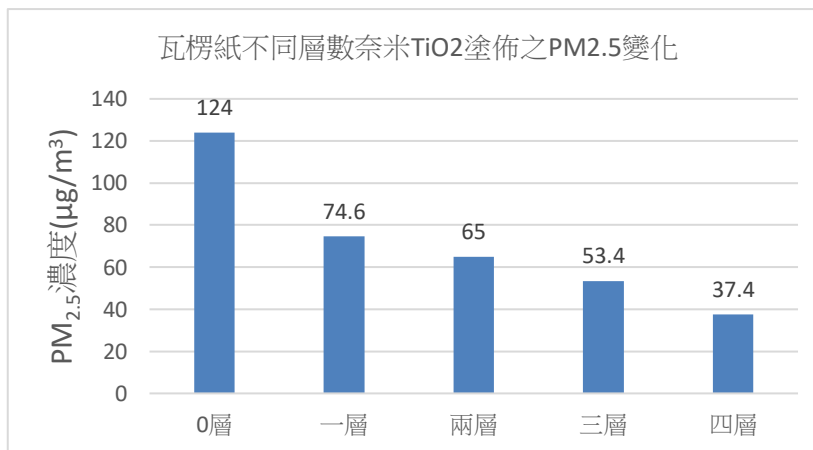
比較溫濕度及不同時間的數值後，溫溼度對於 PM<sub>2.5</sub> 影響不明顯，發現除了受到民俗活動影響，在中午及放學，靠近校門口區域也容易測到較高數值的 PM<sub>2.5</sub> 濃度，顯示汽機車之污染也是主要原因。

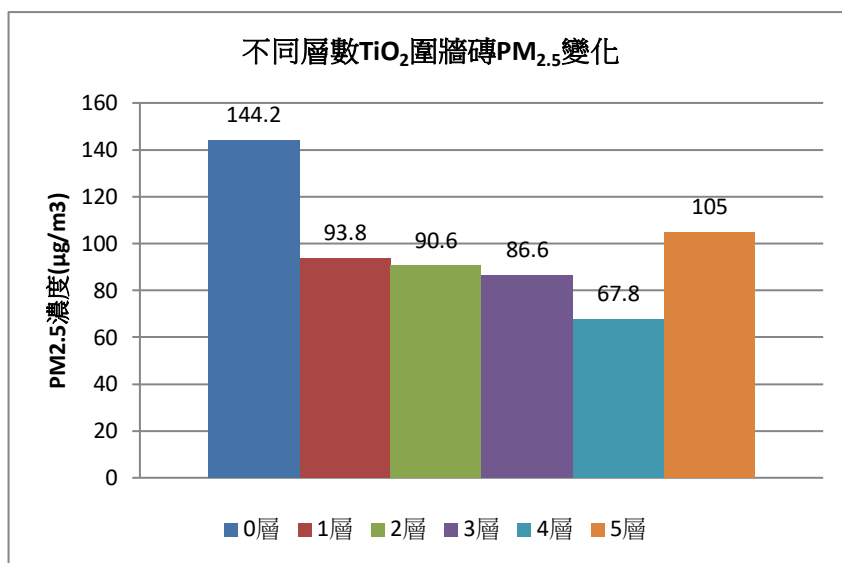
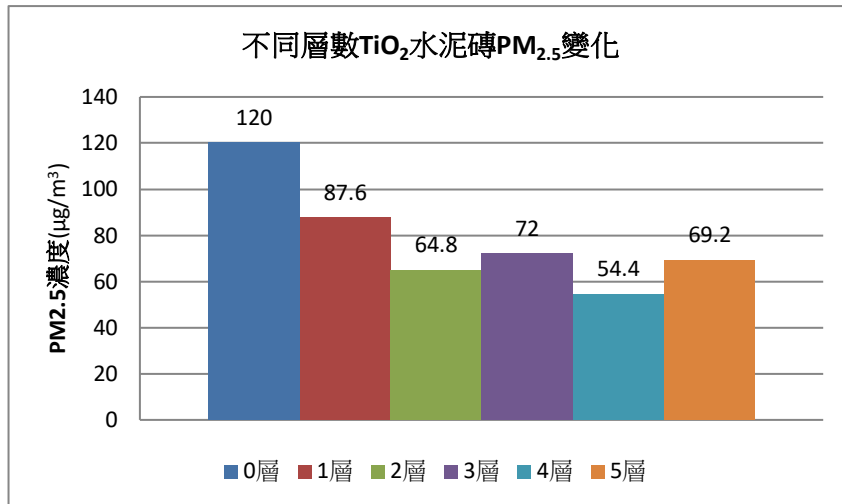
### 三、奈米 TiO<sub>2</sub> 應用於不同建材吸附及分解 PM<sub>2.5</sub> 情形



從瓦楞紙做成的模型，做為模擬實驗，發現塗上一層奈米 TiO<sub>2</sub> 的實驗組，PM<sub>2.5</sub> 濃度下降 40%、以相同塗佈方式應用於保麗龍空心磚，PM<sub>2.5</sub> 濃度下降 11%、應用於水泥磚，PM<sub>2.5</sub> 濃度下降 14%、應用於圍牆磚，PM<sub>2.5</sub> 濃度下降 8%。

### 四、不同層數奈米 TiO<sub>2</sub> 塗佈建材，吸附及分解 PM<sub>2.5</sub> 之情形

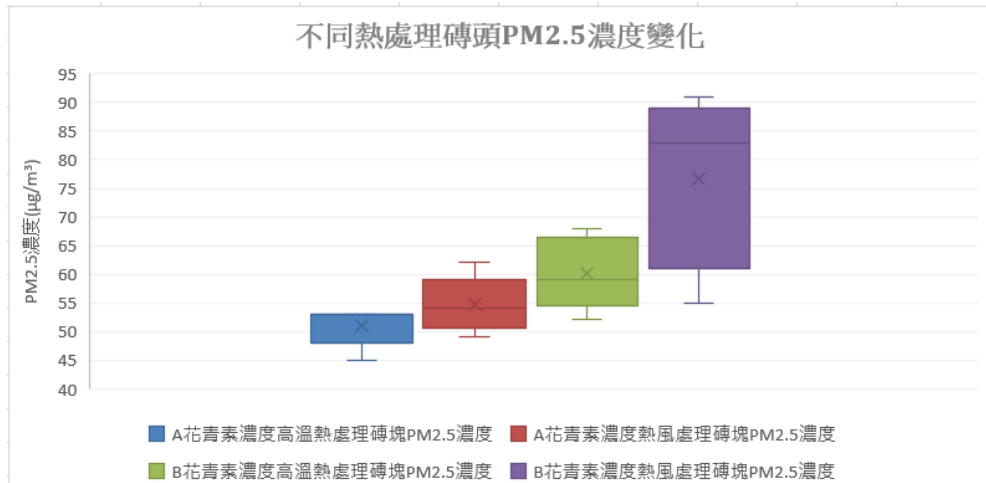




為提升奈米 TiO<sub>2</sub> 的吸附及分解效率，將各種建材以不同層數的奈米 TiO<sub>2</sub> 進行塗佈，發現瓦楞紙模型在塗佈四層奈米 TiO<sub>2</sub> 的實驗組，PM<sub>2.5</sub> 濃度下降 70%、保麗龍磚在塗佈四層奈米 TiO<sub>2</sub> 的實驗組效果最佳，PM<sub>2.5</sub> 濃度下降 41%、水泥磚在塗佈四層奈米 TiO<sub>2</sub> 的實驗組效果最佳，PM<sub>2.5</sub> 濃度下降 55%、圍牆磚在塗佈四層奈米 TiO<sub>2</sub> 的實驗組效果最佳，PM<sub>2.5</sub> 濃度下降 53%。塗佈至第五層效果並未明顯增加，實驗顯示各建材皆塗佈至第四層的效果最佳，可以達到更好吸附及分解 PM<sub>2.5</sub> 的效果。



### 五、不同熱處理塗佈自製花青素奈米 TiO<sub>2</sub> 的建材，PM<sub>2.5</sub> 濃度變化情形



從實驗發現，高溫處理的組別吸附及分解 PM<sub>2.5</sub> 效果都優於熱風處理組。圖例中 A 濃度表示紫羅蘭花與酒精體積為 1:1、B 濃度表示紫羅蘭花與酒精體積為 0.5:1，從實驗發現，花青素濃度較高時，分解 PM<sub>2.5</sub> 濃度效果較佳。

### 六、不同層數奈米二氧化鈦處理之塑膠膜片受線香煙燻情形

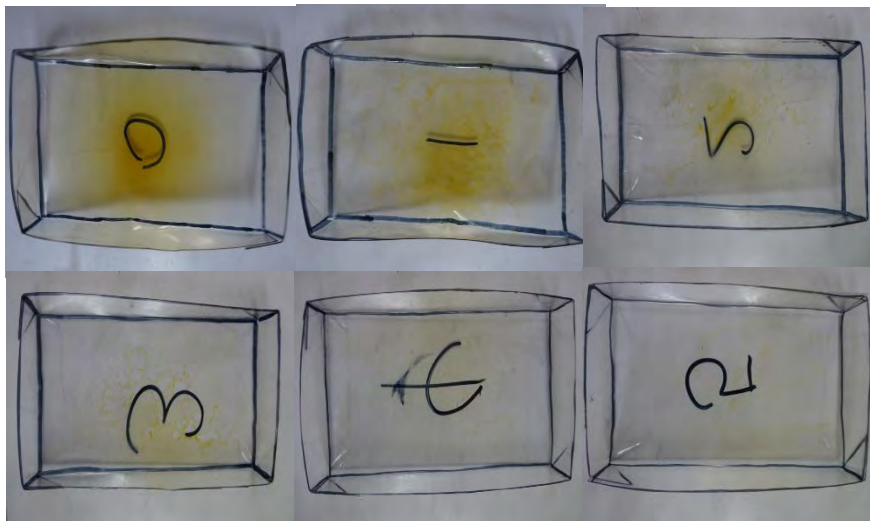
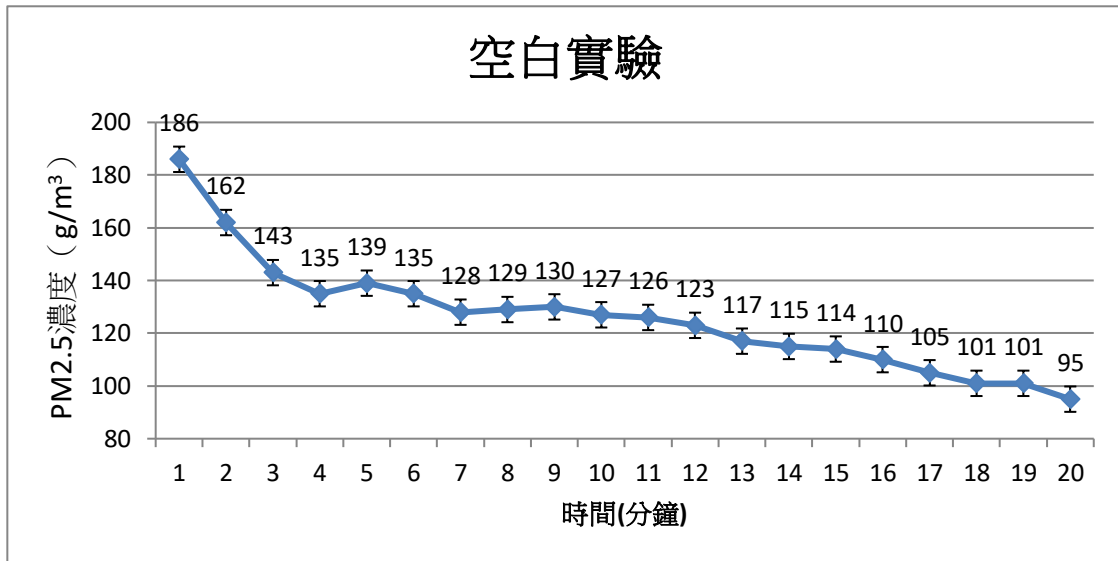


圖 13 線香燻不同層數奈米二氧化鈦處理膜片之情形

從祭祀場所的煙灰及牆壁的污漬，想到污染物是否會附著在牆壁上。因此將不同奈米二氧化鈦層數處理的塑膠膜片放在線香上煙燻 30 分鐘。發現層數越多的實驗組，膜片上殘留的污染物越少(從污漬顏色判斷)。因此驗證奈米二氧化鈦在吸附及分解線香污染物是有用的。

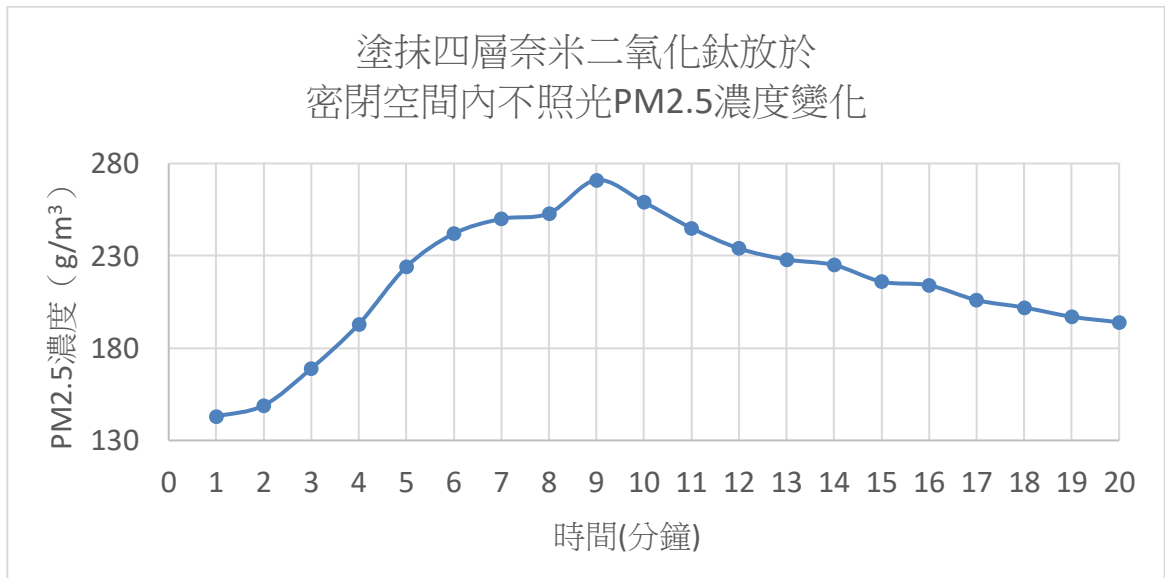
七、密閉空間內 PM2.5 濃度之變化



將線香污染物通入自製密閉空間後，PM2.5 因附著於空間內壁而下降，20 分鐘下降比率為 49%，並以此組作為對照組討論奈米二氧化鈦作用情形。

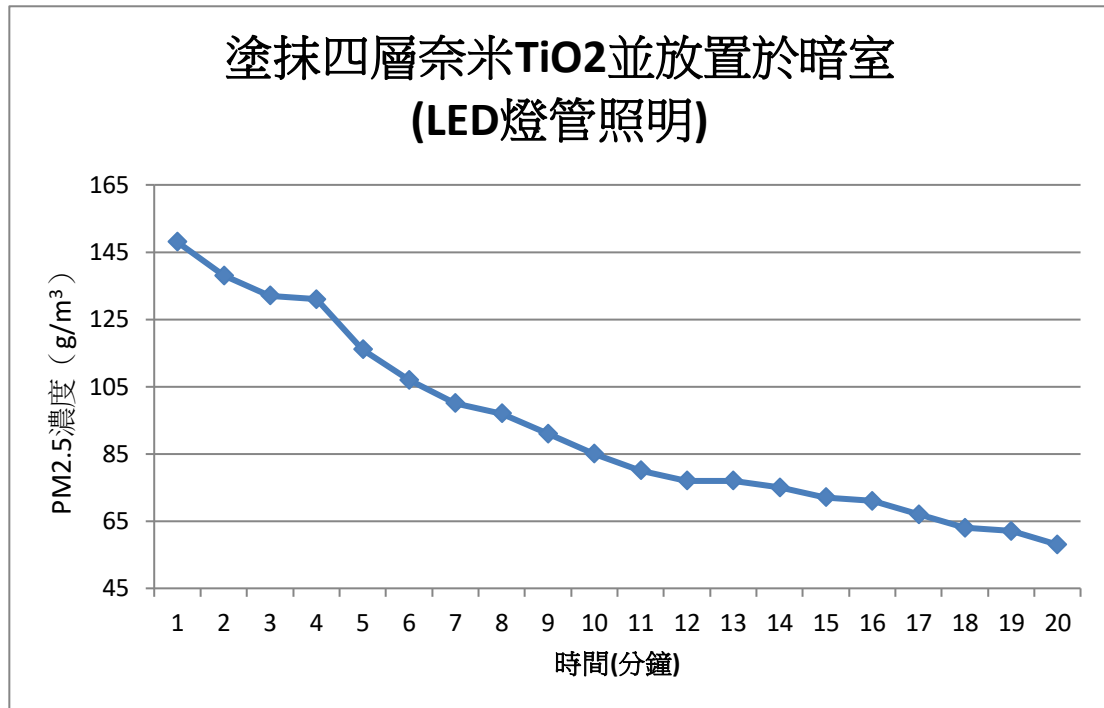
八、密閉空間中，PM2.5 經奈米二氧化鈦處理之建材作用後濃度之變化

(一) 將建材至入自製密閉空間，並以鋁箔紙覆蓋外層，以阻隔光線進入，所測得 PM2.5 濃度如下圖：



因模擬暗室狀態，可以發現一開始建材會吸附部分 PM2.5，而後 PM2.5 持續飄散後，濃度開始上升，直到 PM2.5 開始附著於空間內壁及擴散到整個空間後，濃度開始下降，第 9 到第 20 分鐘下降比率為 28%，若以此比率延長計算至 20 分鐘，下降比率達到 50%，與無建材對照組 20 分鐘下降比率 49%相近，推論奈米二氧化鈦並未發揮分解 PM2.5 之效果。

(二) 以 LED 燈管照明，嘗試讓奈米二氧化鈦產生作用，觀察 PM2.5 濃度變化



從實驗中發現，一開始污染物進入時，建材及奈米二氧化鈦即達到吸附的作用，在 20 分鐘內，PM2.5 濃度下降 60% 的比率，並維持持續下降的趨勢。與對照組比較，下降幅度是增加的，並與無光照的組別比較，顯示奈米二氧化鈦在光催化下產生分解作用，不僅僅是吸附作用。並加以驗證，奈米二氧化鈦應用於建材上，對於 PM2.5 濃度的降低是有幫助的。

## 陸、結論與討論

### 一、討論可能影響 PM<sub>2.5</sub> 濃度之原因

校園區域 PM<sub>2.5</sub> 來源經調查，主要為附近民俗活動及汽機車廢氣，因此主要為有機物類 PM<sub>2.5</sub>。天氣因素之影響，如溫度、溼度等條件影響情形不明顯。經氣象局及環保署資料顯示，主要以當天大氣擴散程度來取決於 PM<sub>2.5</sub> 容不容易逸散，而使得各地區 PM<sub>2.5</sub> 濃度提高或下降。

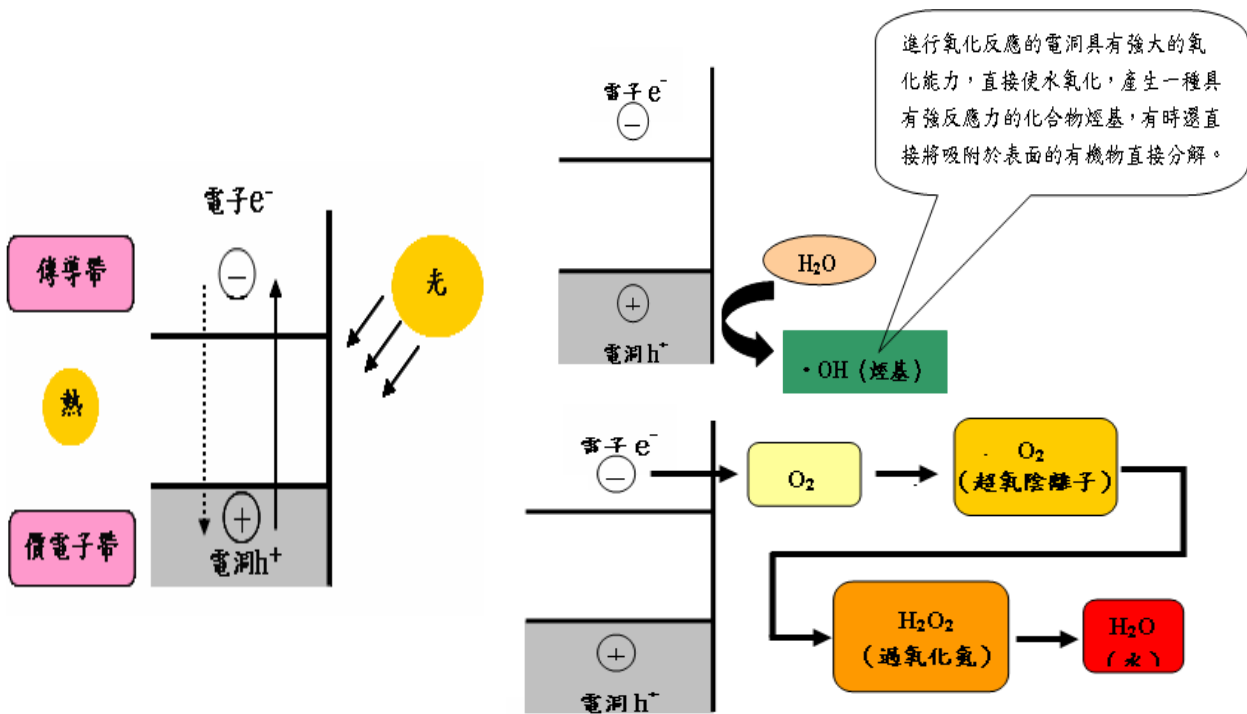
### 二、奈米 TiO<sub>2</sub> 應用之可行性

環保署公布發現台灣細懸浮微粒成分以「硫酸鹽」、「有機碳」跟「硝酸鹽」為主，針對這些成分，因此選定奈米二氧化鈦光觸媒作為本次實驗主軸。

光觸媒是一種會和光產生催化作用的物質，但其本身不會被分解。植物的光合作用就是個很好的例子，葉綠素就是天然的光觸媒，在光合作用中促進空氣中的二氧化碳與水合成為氧氣和碳水化合物。

光觸媒反應的機制:

光觸媒一經光照，原料二氧化鈦中的電子便會從價電帶躍遷至導電帶，在光觸媒表面形成電子—電洞對，帶負電的電子與氧結合產生負氧離子 ( $O_2^-$ )，帶正電的電洞與水結合產生氫氧自由基 ( $\cdot OH$ )，這兩者在化學上都是極不穩定的物質。當有機物質，如碳氫化合物，接觸到光觸媒表面時，便會分別和負氧離子及氫氧自由基結合，重新組合成二氧化碳和水。這一連串的反應，學理上稱為「氧化還原反應」。一般的污染物或病原體多半是碳水化合物，分解後大部分會變成無害的水及二氧化碳，因此可以達到除污及滅菌的目標。



由於光觸媒在反應中僅扮演催化劑的角色，本身並不會消耗掉，又因為是低耗能的反應，所以成為防制空氣及河川污染的綠色尖兵。光觸媒技術能有效處理液相污染物中的氯苯有機物、氯酚化合物、氰化物、金屬離子等污染物質；在空氣污染方面，光觸媒技術也能有效處理氮氧化物、硫氧化物等污染物。

### 三、奈米 $TiO_2$ 應用於建材對 $PM_{2.5}$ 改變情形

本研究以建材塗佈奈米  $TiO_2$  進行研究，在不經建材通道， $PM_{2.5}$  濃度皆超過儀

器可以測量範圍。經過未處理之建材通道(即模擬一般住家圍牆或室內的狀況)，可維持在  $200\mu\text{g}/\text{m}^2$  以下，因此一般室內  $\text{PM}_{2.5}$  濃度較低。而經一層奈米  $\text{TiO}_2$  處理組別，可降低  $\text{PM}_{2.5}$  濃度 8-14%。

而為了增加奈米  $\text{TiO}_2$  處理的建材吸附及分解  $\text{PM}_{2.5}$  濃度效果，在不同層數處理下，發現塗佈四層奈米  $\text{TiO}_2$  處理的建材吸附及分解  $\text{PM}_{2.5}$  濃度效果最佳，達到 41-55%。再藉由染敏太陽能電池的概念，以花青素混合奈米  $\text{TiO}_2$  再塗佈四層於建材上，發現紫羅蘭花與酒精體積為 1:1 的花青素濃度實驗組，效果優於紫羅蘭花與酒精體積為 0.5:1 的實驗組  $\text{PM}_{2.5}$  濃度下降 15%。再以高溫攝氏 600 度熱處理，可再降低  $\text{PM}_{2.5}$  濃度 15%。

因此，本次研究得出最佳處理方式為，塗佈四層奈米  $\text{TiO}_2$  處理的建材，以高溫攝氏 600 度熱處理，再以紫羅蘭花與酒精體積為 1:1 的花青素混合處理，可以達到最佳的效果。

#### 四、探討奈米 $\text{TiO}_2$ 處理之建材吸附及分解 $\text{PM}_{2.5}$ 情形

- (一) 從祭祀場所的煙灰及牆壁的污漬，想到污染物是否會附著在牆壁上。因此將不同奈米二氧化鈦層數處理的塑膠膜片放在線香上煙燻 30 分鐘。發現層數越多的實驗組，膜片上殘留的污染物越少(從污漬顏色判斷)。因此奈米二氧化鈦在吸附及分解線香污染物是有用的。
- (二) 從密閉實驗未放置任何建材的狀況下(此實驗稱空白實驗)，20 分鐘內  $\text{PM}_{2.5}$  濃度會下降 50%，研判附著於密閉空間內壁及擴散至整個空間而使濃度下降。
- (三) 沒有照光的情形下，在密閉環境中置入塗佈四層奈米  $\text{TiO}_2$  的建材，在一開始濃度為  $143\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，但在 1-9 分鐘期間又上升至  $273\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，顯示一開始僅為吸附效果，奈米  $\text{TiO}_2$  因未照光，光催化效應較低，並檢驗 9-20 分鐘的下降趨勢，與空白實驗下降幅度相近(20 分鐘內下降 50%)。
- (四) 有使用 LED 燈管照光情形，在密閉環境中置入塗佈四層奈米  $\text{TiO}_2$  的建材，第 1 分鐘濃度為  $148\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，並在 20 分鐘內持續下降，檢驗其下降幅度較空白實驗快，20 分鐘內下降 60%。顯示奈米  $\text{TiO}_2$  處理的建材，在光催化效應下，可分

解一部分 PM2.5，而非吸附阻擋效果而已。

五、綜合上述奈米 TiO<sub>2</sub> 塗佈於材料的實驗，奈米 TiO<sub>2</sub> 對於分解 PM<sub>2.5</sub> 是可以達到一定效果，可以考慮在房屋設計或是建材上塗佈奈米 TiO<sub>2</sub>，或是進一步在工廠、汽機車零件或民俗活動地點利用奈米 TiO<sub>2</sub> 進行處理，以降低 PM<sub>2.5</sub> 對於人們的危害。

#### 柒、參考資料

一、PM2.5 成分 <http://e-info.org.tw/node/205616>

二、康軒版 2017 自然與生活科技第六冊備課用書 康軒出版社

三、PM2.5

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%87%B8%E6%B5%AE%E7%B2%92%E5%AD%90>

四、PM2.5 報導 <http://pansci.asia/archives/flash/114784>

五、PM2.5 成分報導 <https://udn.com/news/story/7266/2528245>

六、奈米 TiO<sub>2</sub> <https://scitechvista.nat.gov.tw/c/s9Lg.htm>

七、染化敏料太陽能電池實驗 [http://www.phys.nthu.edu.tw/~gen\\_sci/solar/detail.pdf](http://www.phys.nthu.edu.tw/~gen_sci/solar/detail.pdf)



## 【評語】 030212

二氧化鈦一般為光觸媒，通常做為殺菌除污用，本研究係用於去除 PM2.5 的討論，最終目的用於建材之塗覆，具有研究之新意，內容也貼近現今環保關注議題。值得鼓勵。以下幾點建議供參考：

1. 研究者一直強調所製作出塗覆奈米  $\text{TiO}_2$  粒子的建材能夠降解 PM2.5，然後研究中沒有提供確切的分析數據或者證明。
2. 研究中探討塗覆不同層數  $\text{TiO}_2$  粒子的建材對於吸附與分解 PM2.5 情形，其結果發現四層的時候的效率最高，內容中沒有提出確切的原因。



# ◎摘要

本研究以奈米TiO<sub>2</sub>為主軸，首先在濾材上塗佈奈米TiO<sub>2</sub>，嘗試分解PM<sub>2.5</sub>，達到降低PM<sub>2.5</sub>濃度的效果。進一步將奈米TiO<sub>2</sub>塗佈在建材上，發現奈米TiO<sub>2</sub>確實可以達到分解PM<sub>2.5</sub>效果，達到降低PM<sub>2.5</sub>濃度的目標，並進一步建議除了在一般民眾居家及學校外牆塗佈奈米TiO<sub>2</sub>外，應回歸到PM<sub>2.5</sub>產生的源頭，在汽機車、工廠及民俗活動地點進行奈米TiO<sub>2</sub>塗佈的處理，從源頭減少PM<sub>2.5</sub>，創造健康的環境。

# ◎研究架構圖

以小搏大-

奈米TiO<sub>2</sub>用於建材改良PM<sub>2.5</sub>濃度之研究

了解校園空氣污染來源

測量校園各處PM<sub>2.5</sub>濃度

討論影響PM<sub>2.5</sub>原因

探討校園PM<sub>2.5</sub>來源

奈米TiO<sub>2</sub>應用於建材分解PM<sub>2.5</sub>濃度之情形

奈米TiO<sub>2</sub>塗佈於不同建材的分解效果

不同層數奈米TiO<sub>2</sub>分解情形

不同熱處理的自製奈米TiO<sub>2</sub>分解情形

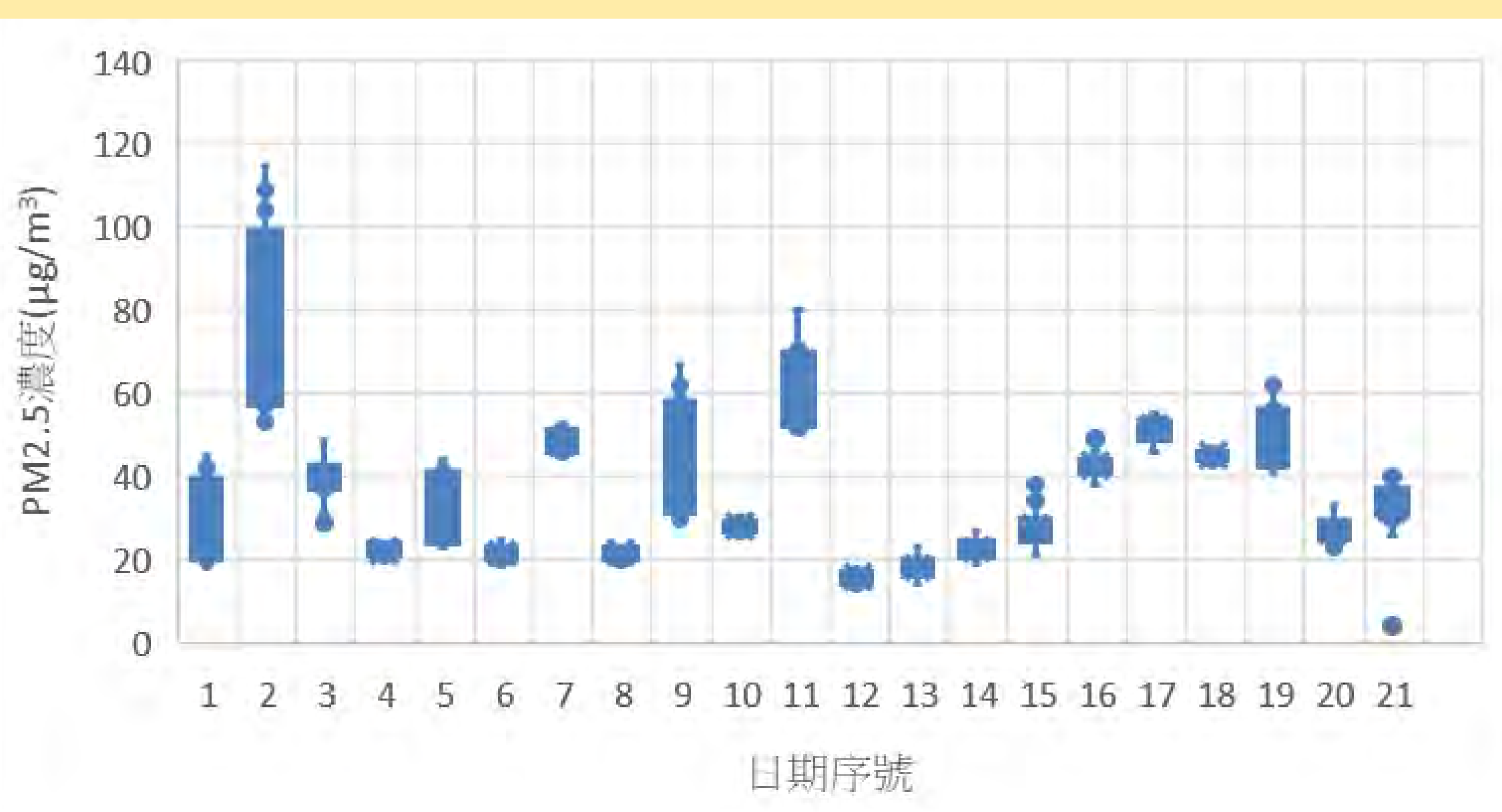
奈米TiO<sub>2</sub>吸附及分解PM<sub>2.5</sub>之探討

探討PM<sub>2.5</sub>經奈米TiO<sub>2</sub>處理之膜片變化

探討PM<sub>2.5</sub>在密閉環境之濃度變化

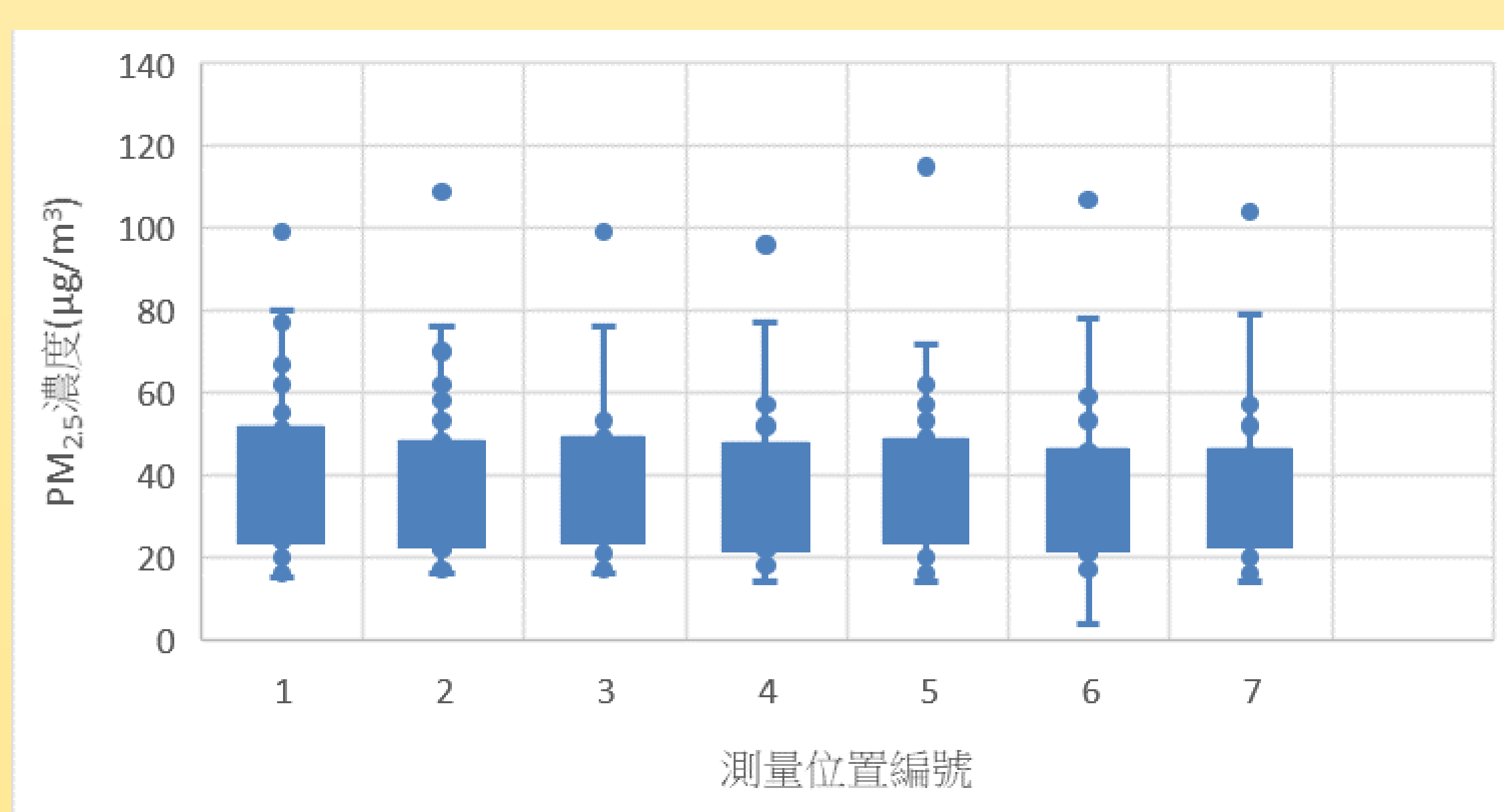
探討PM<sub>2.5</sub>與奈米TiO<sub>2</sub>處理之建材作用

# ◎結果與討論



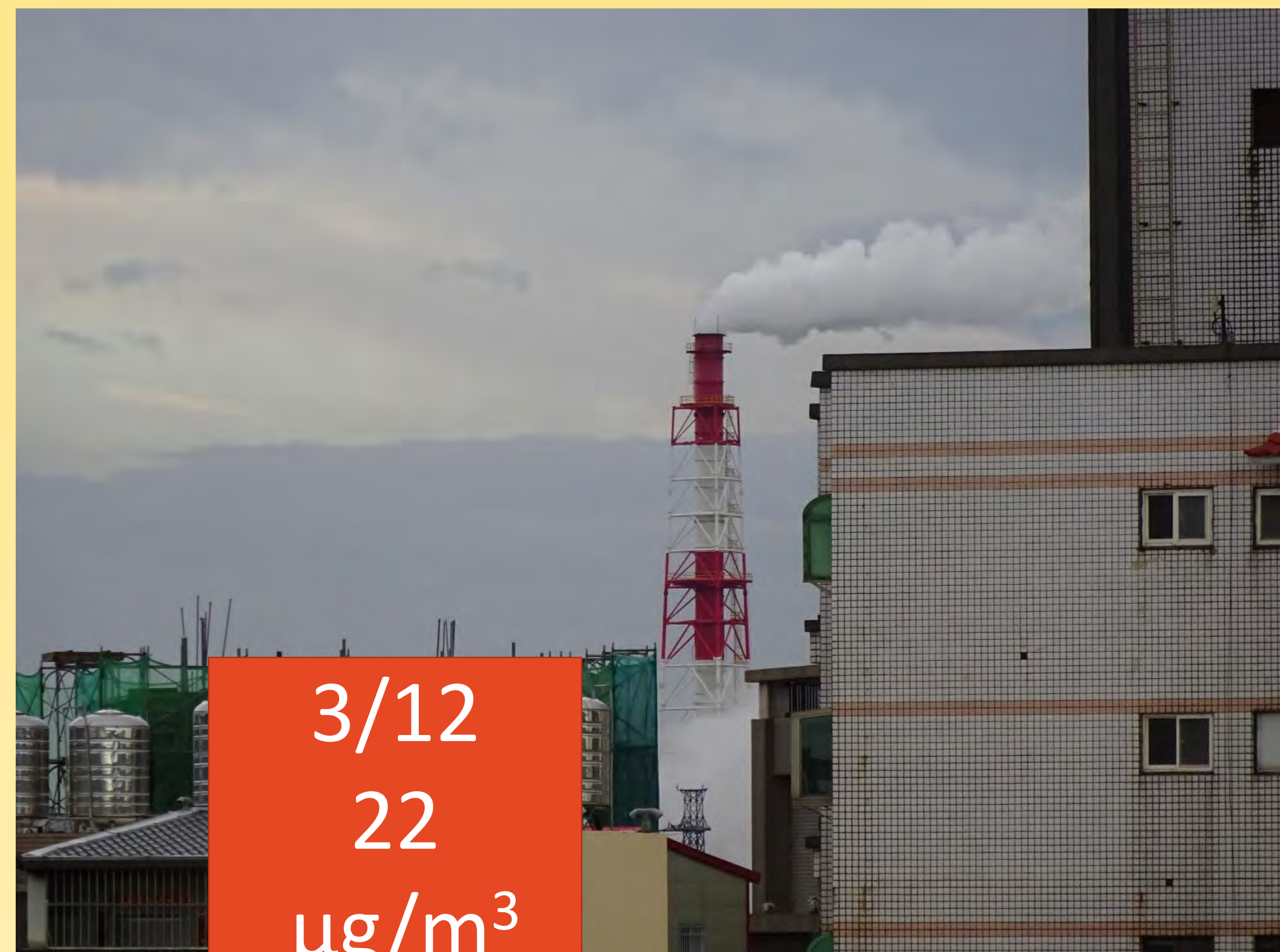
圖一、逐日測量之PM<sub>2.5</sub>濃度

從上圖觀察，編號2為元宵節，會測到較高的PM<sub>2.5</sub>濃度。

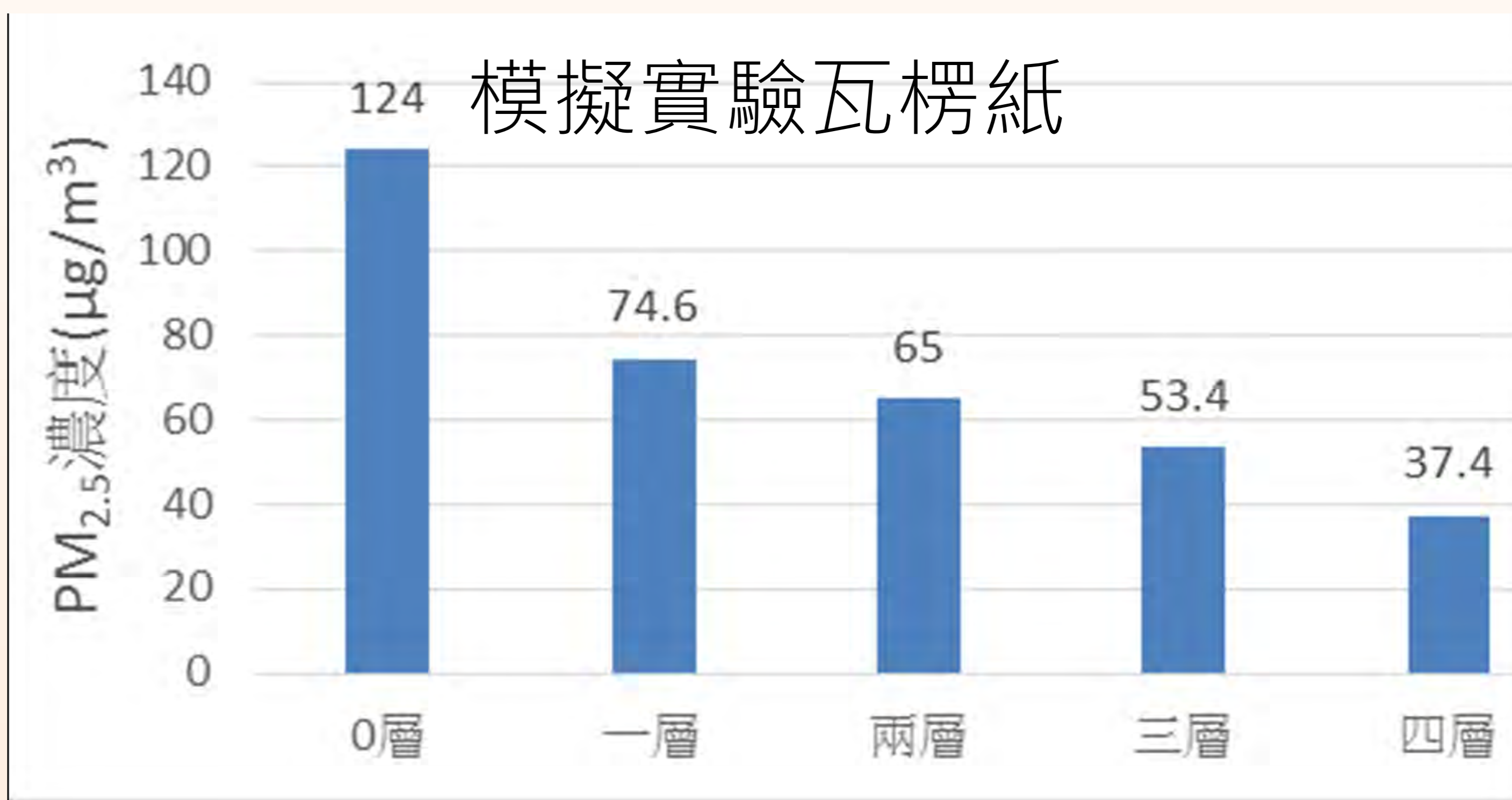
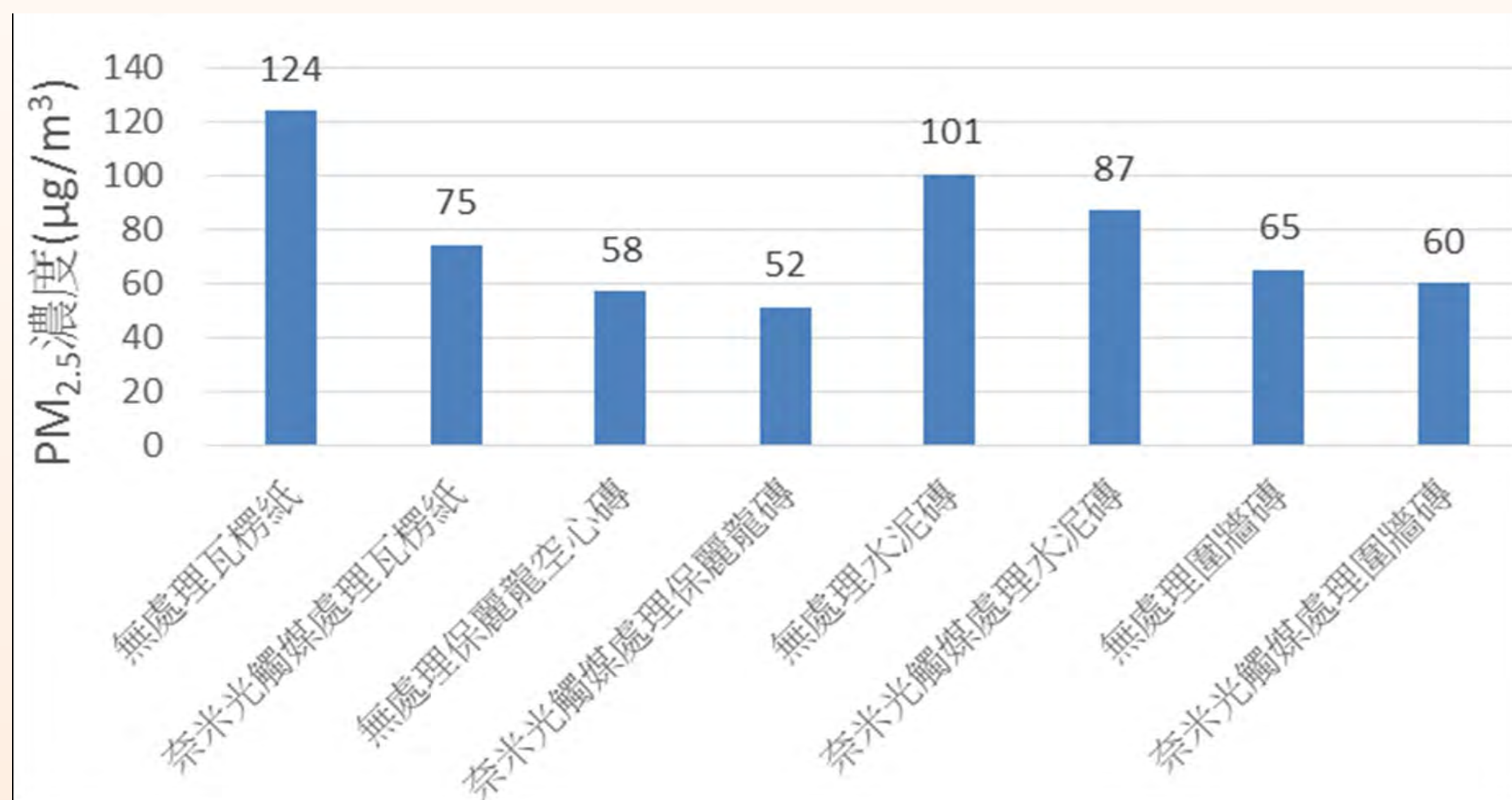


圖二、不同地點測量PM<sub>2.5</sub>之濃度

依照不同地點討論，地點1、2、5為接近大門口及廟宇，容易測得較高數值。

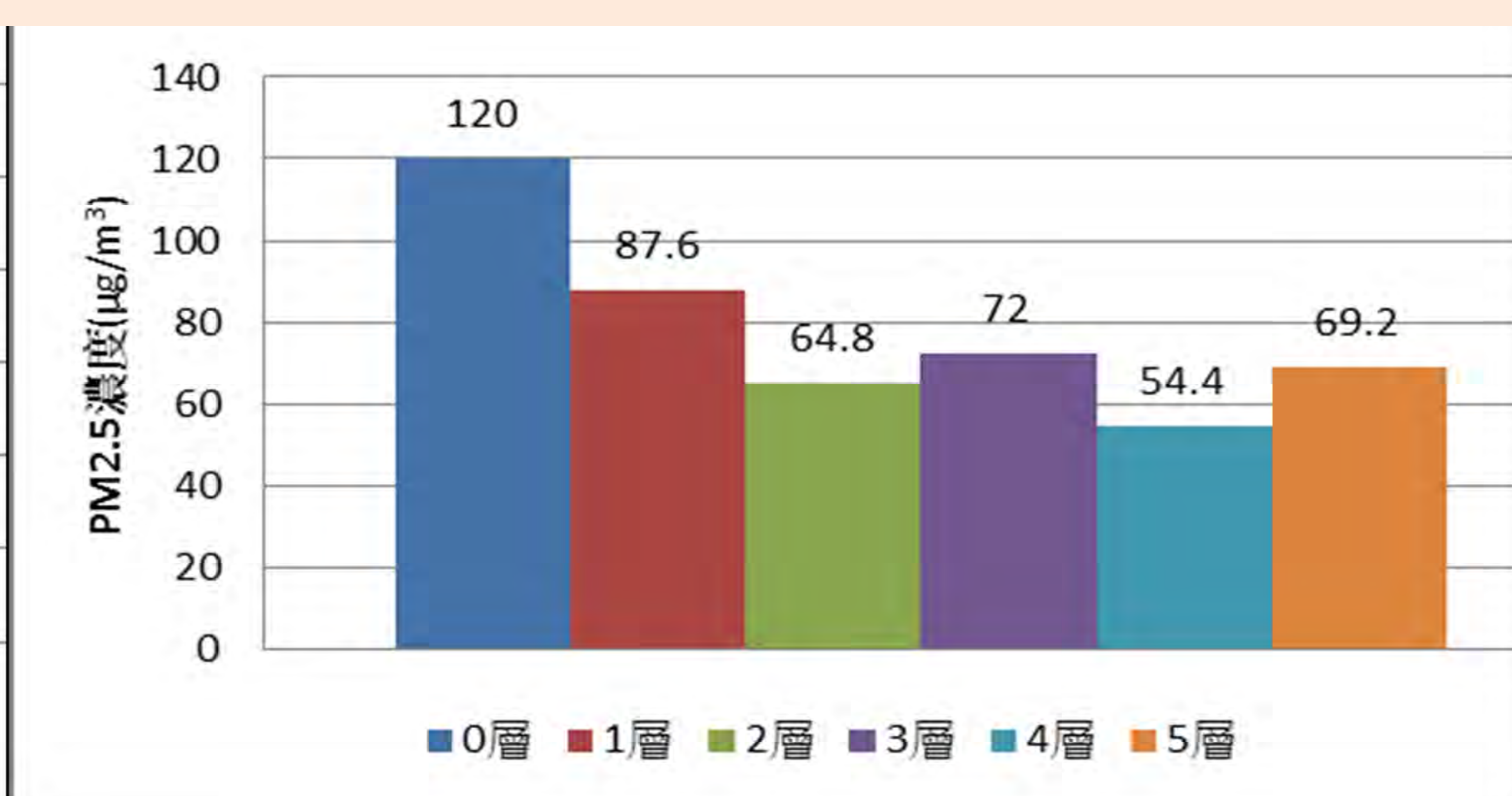
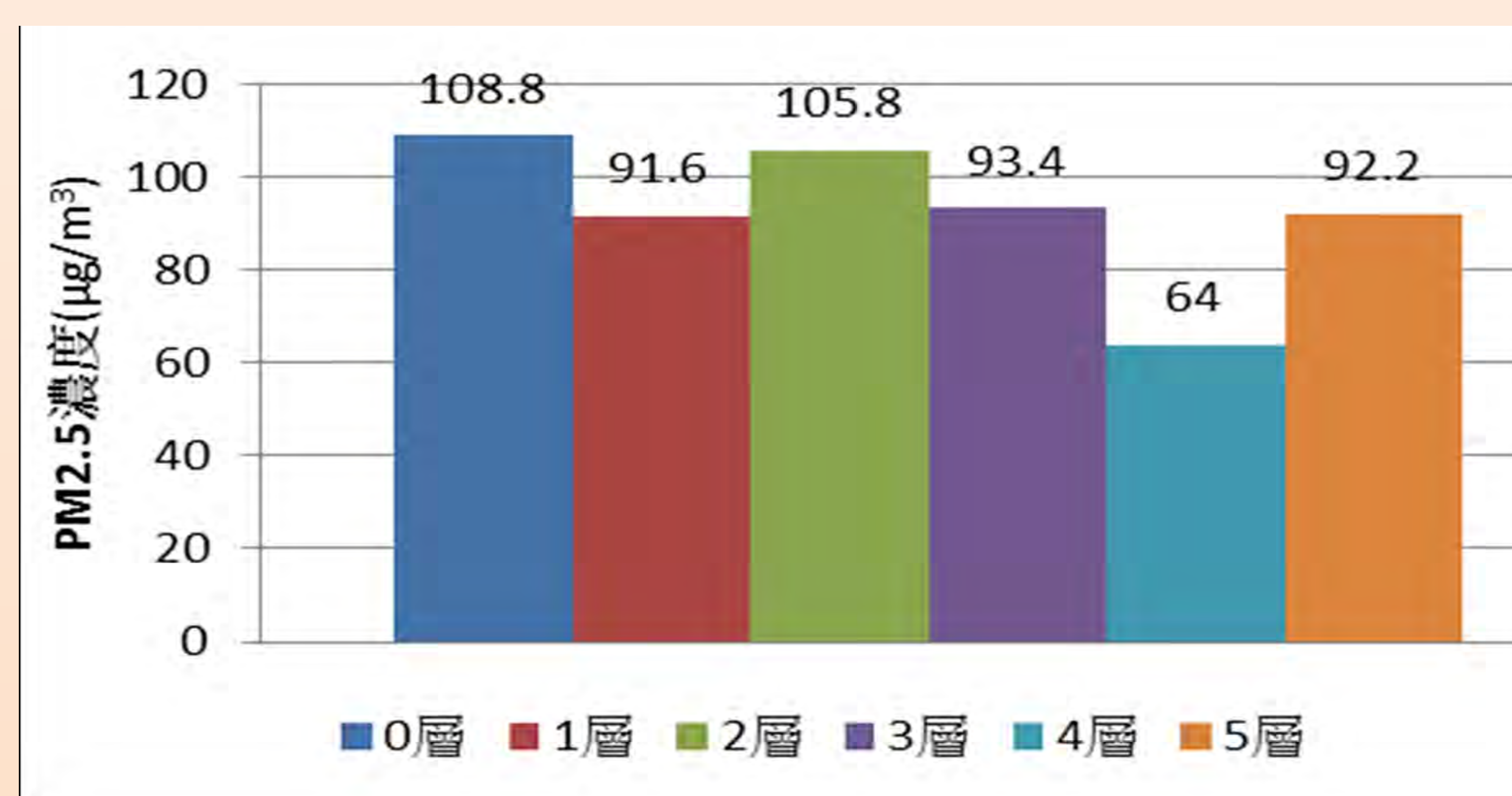






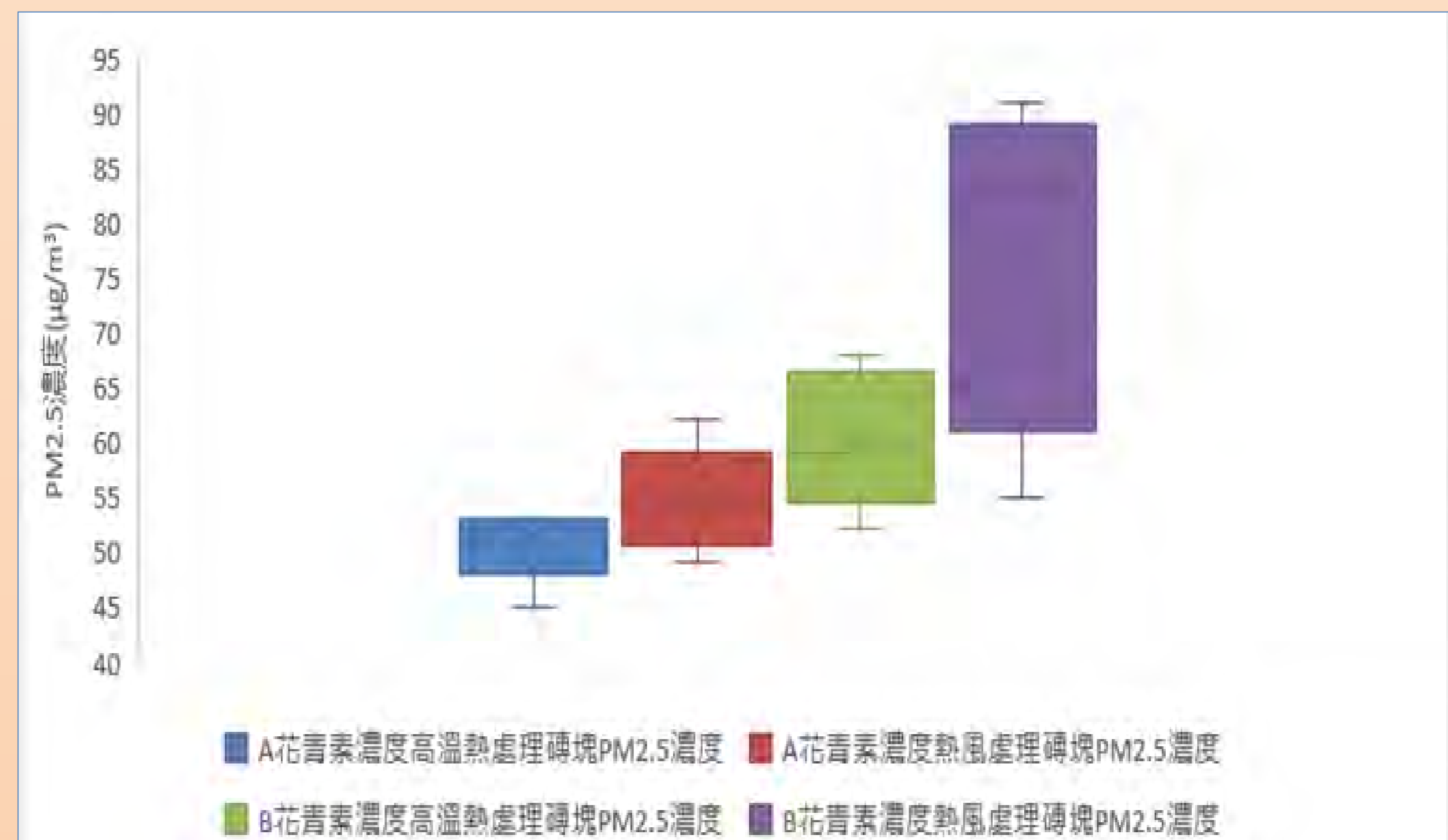
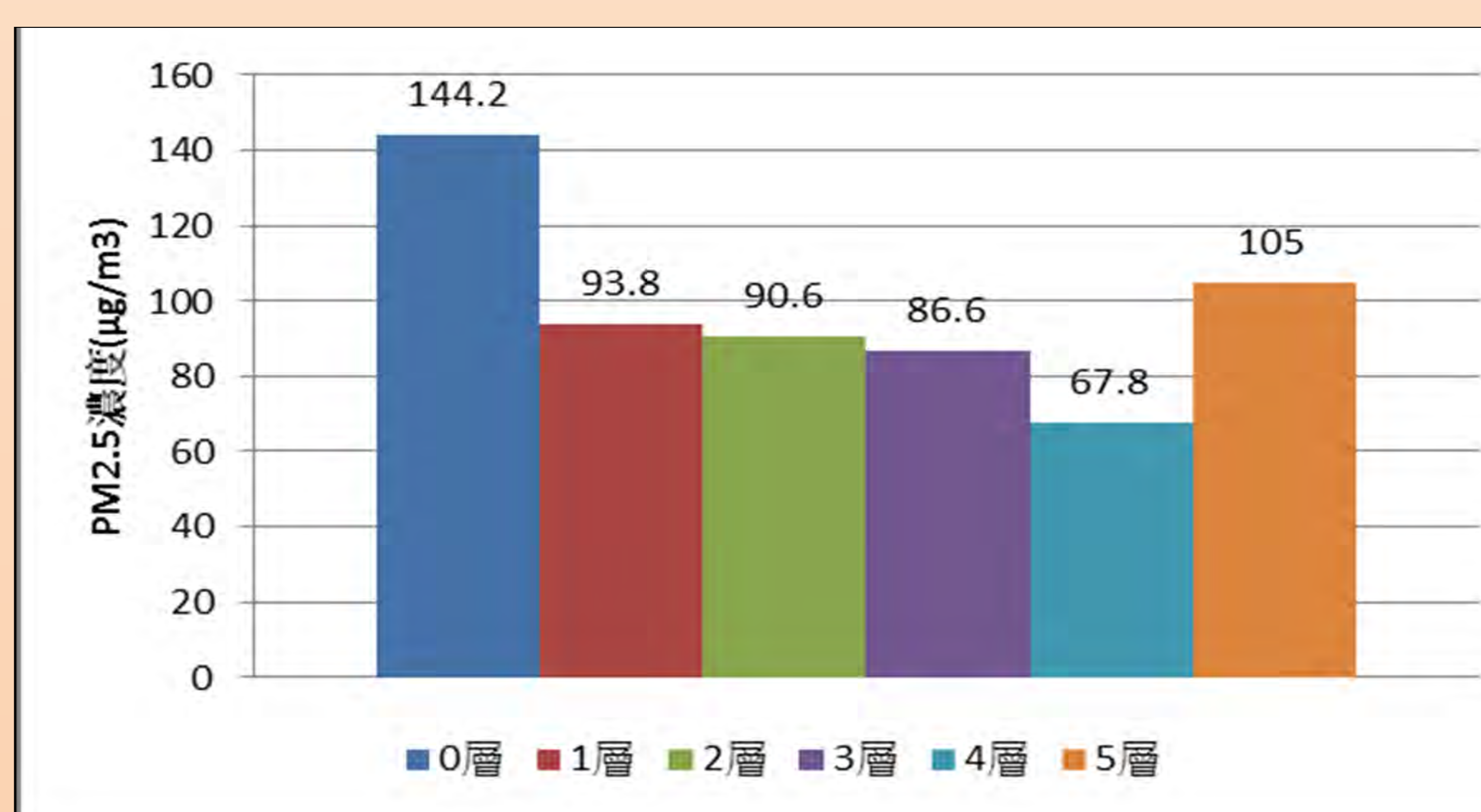
圖三、奈米TiO<sub>2</sub>應用於不同建材吸附及分解PM<sub>2.5</sub>情形

圖四、不同層數奈米TiO<sub>2</sub>塗佈瓦楞紙，吸附及分解PM<sub>2.5</sub>之情形



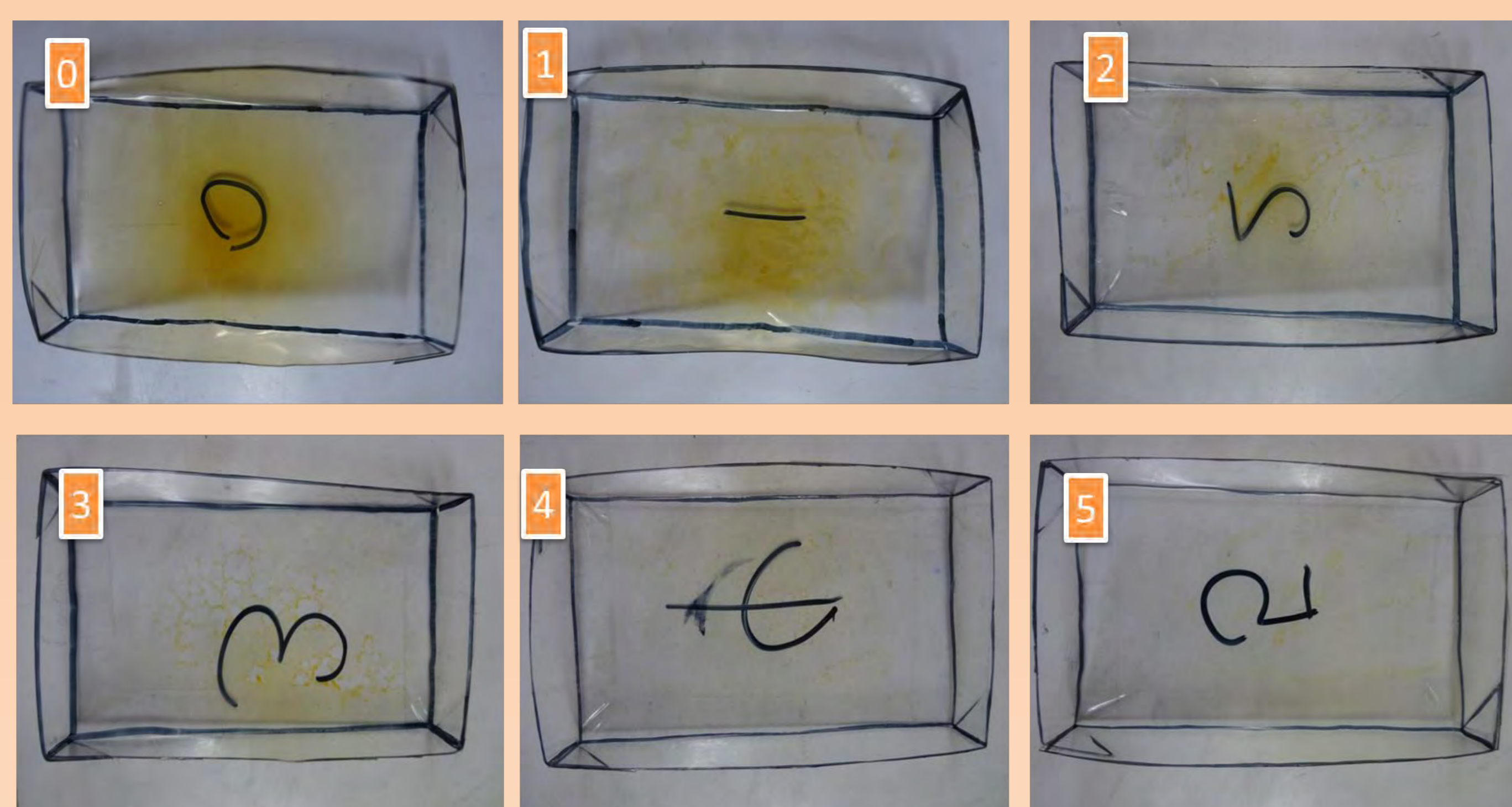
圖五、不同層數奈米TiO<sub>2</sub>塗佈，吸附及分解PM<sub>2.5</sub>之情形保麗龍磚

圖六、不同層數奈米TiO<sub>2</sub>塗佈水泥磚，吸附及分解PM<sub>2.5</sub>之情形



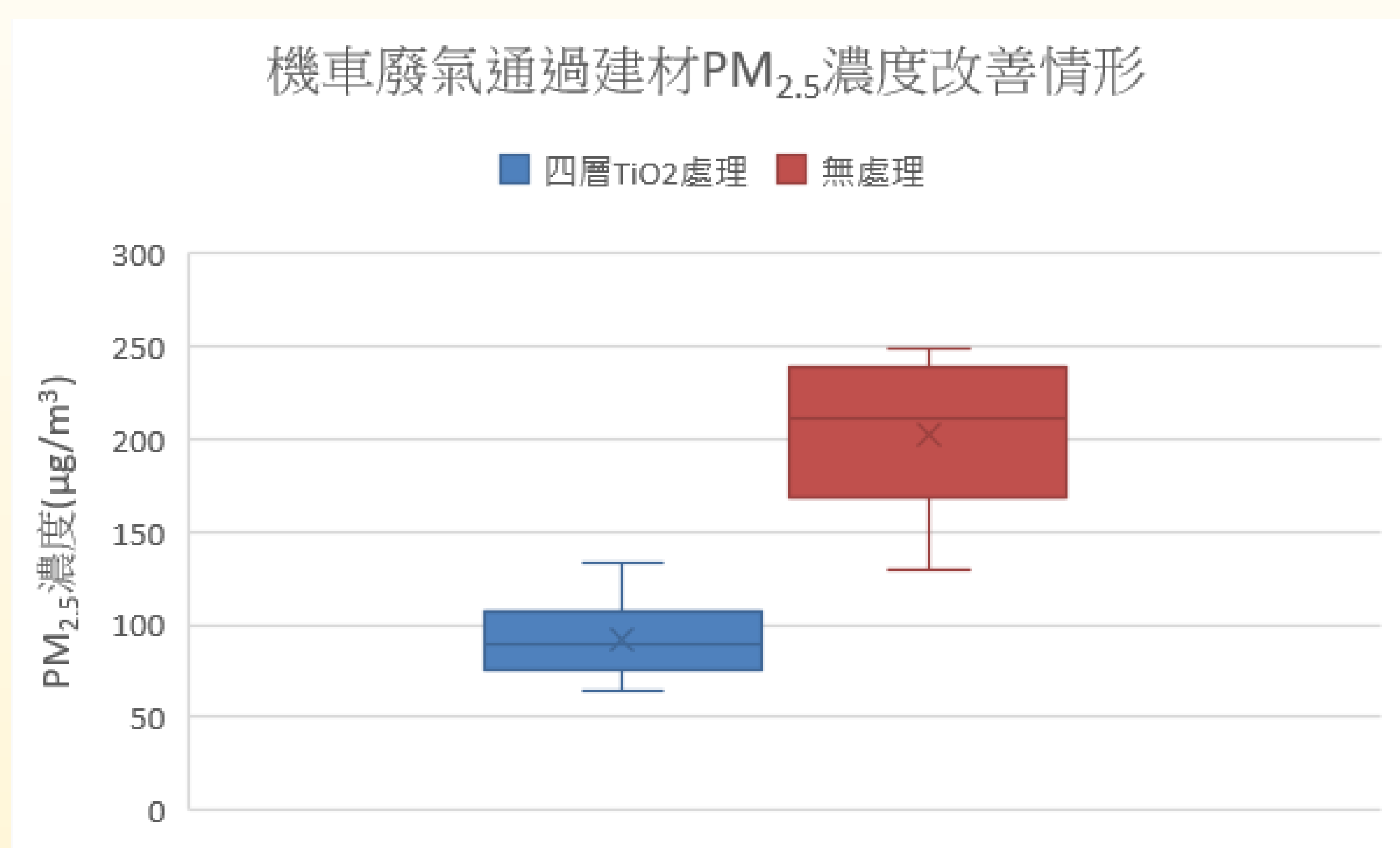
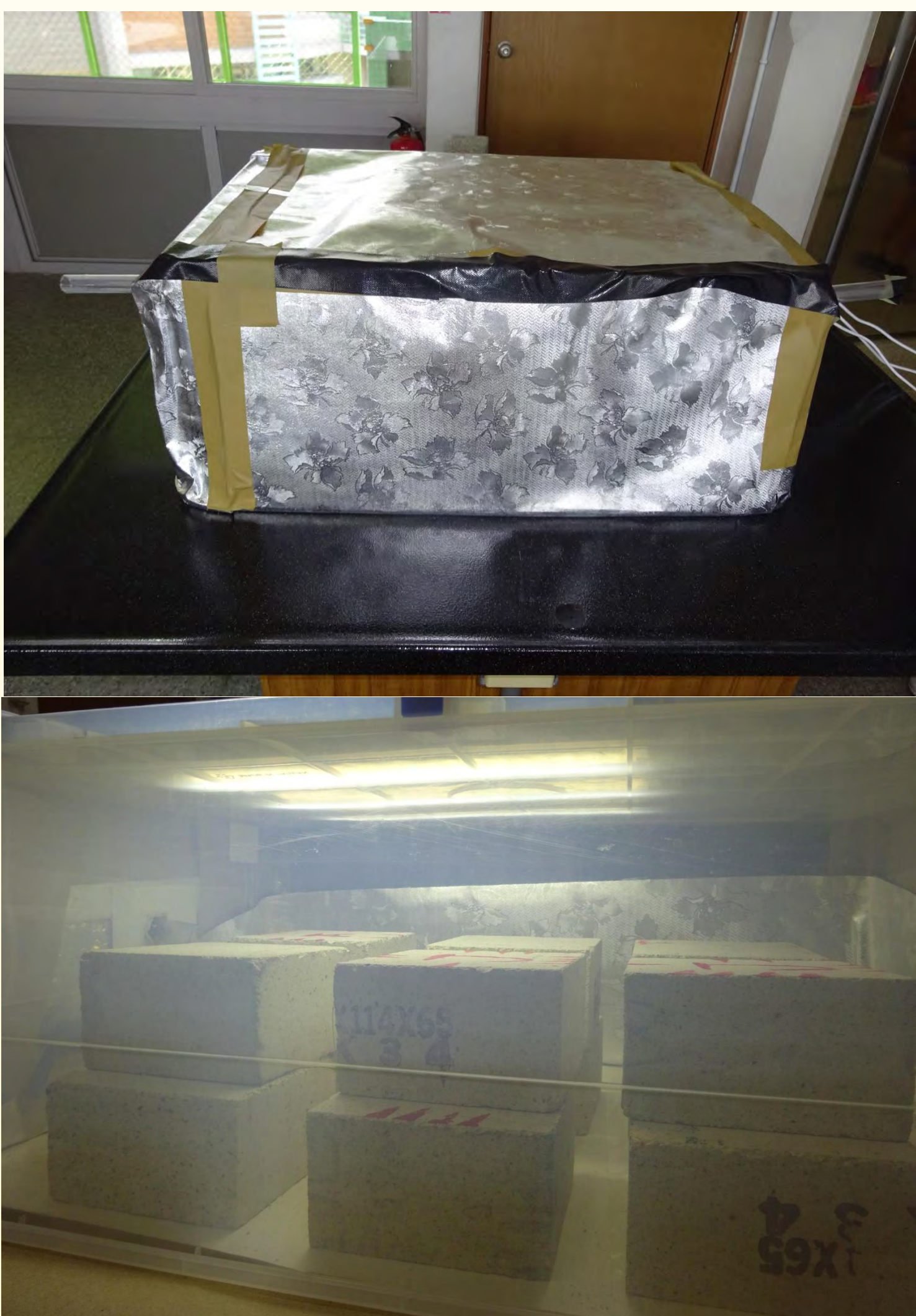
圖七、不同層數奈米TiO<sub>2</sub>塗佈圍牆磚，吸附及分解PM<sub>2.5</sub>之情形

圖八、不同熱處理塗佈自製花青素奈米TiO<sub>2</sub>建材之PM<sub>2.5</sub>濃度變化

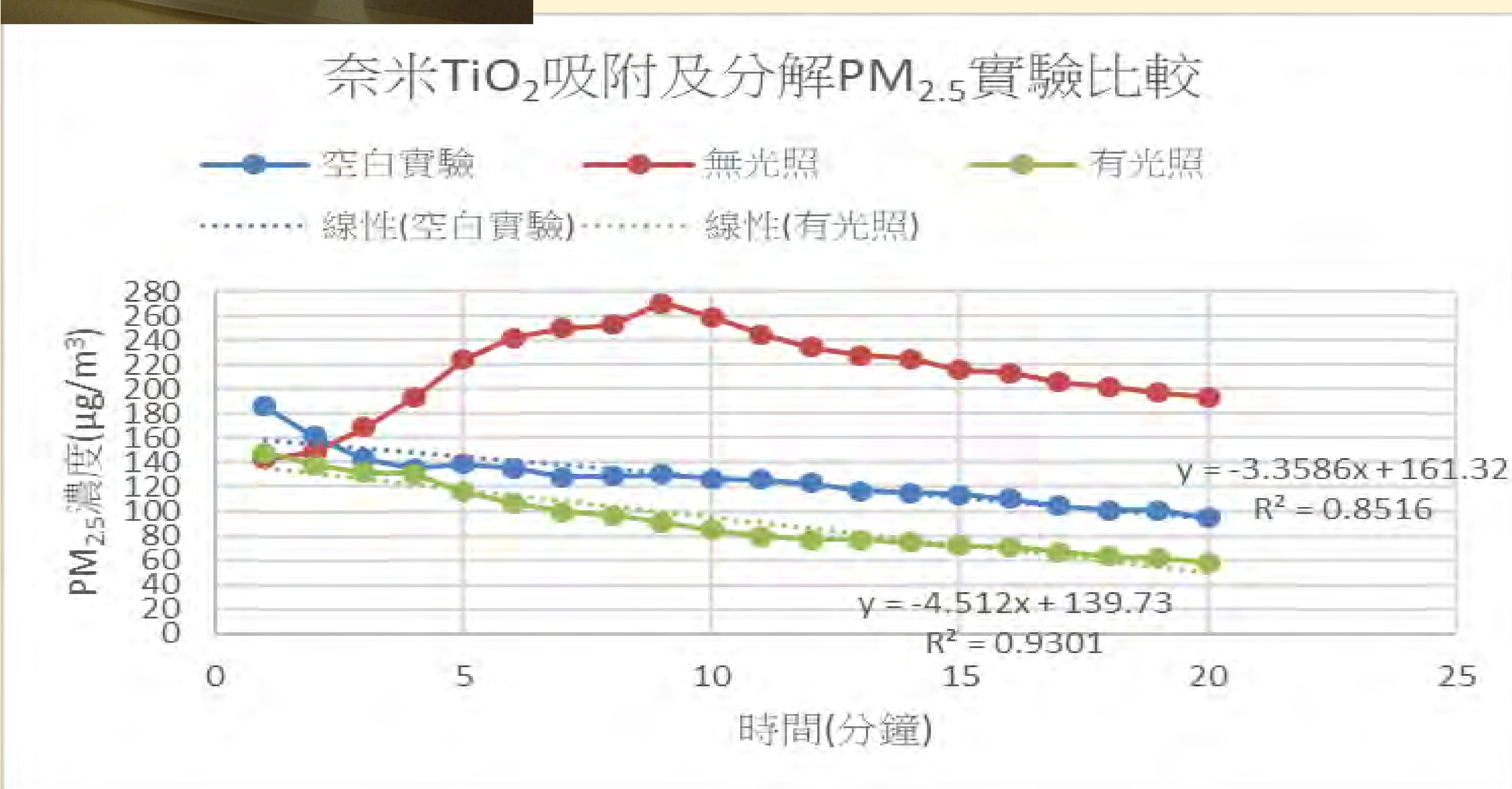


圖九、在塑膠盒上塗上不同層數的奈米光觸媒，並用線香的煙去燻，觀察塑膠盒的變化。





圖十.機車廢氣通過建材PM<sub>2.5</sub>濃度情形



圖十一.空白實驗、照光、無照光之比較

## ◎結論

### 一、校園PM<sub>2.5</sub>影響因素及成分探討

- 1-1 本研究經測量後發現，校園容易出現較高PM<sub>2.5</sub>濃度位置為馬路及廟宇旁。
- 1-2 校園影響PM<sub>2.5</sub>濃度因素，推測為民俗活動及交通工具廢氣。
- 1-3 環保署公布發現台灣細懸浮微粒成分以「硫酸鹽」、「有機碳」跟「硝酸鹽」為主，民俗活動及交通工具主要為**有機碳**，選定奈米TiO<sub>2</sub>作為本次實驗主軸。

### 二、奈米TiO<sub>2</sub>應用於建材之討論

- 2-1 經一層奈米TiO<sub>2</sub>處理建材組別，可降低PM<sub>2.5</sub>濃度8-14%。
- 2-2 在不同層數處理下，發現塗佈四層奈米TiO<sub>2</sub>處理的建材吸附及分解PM<sub>2.5</sub>濃度效果最佳，達到41-55%。
- 2-3 再藉由染敏太陽能電池的概念，以花青素混合奈米TiO<sub>2</sub>再塗佈四層於建材上，發現紫羅蘭花與酒精體積為1：1的花青素濃度實驗組，效果優於紫羅蘭花與酒精體積為0.5：1的實驗組PM<sub>2.5</sub>濃度下降15%。
- 2-4 再以高溫攝氏600度熱處理，可再降低PM<sub>2.5</sub>濃度15%。  
因此，本次研究得出最佳處理方式為，塗佈四層奈米TiO<sub>2</sub>處理的建材，以高溫攝氏600度熱處理，再以紫羅蘭花與酒精體積為1：1的花青素混合處理，可以達到最佳的效果。

### 三、奈米TiO<sub>2</sub>吸附及分解PM<sub>2.5</sub>濃度之探討

- 3-1 利用煙燻實驗，可以發現越多層數的奈米TiO<sub>2</sub>殘留污染物越少。
- 3-2 自製密閉空間，空白實驗組，20分鐘內PM<sub>2.5</sub>濃度會下降50%，研判附著於密閉空間內壁及擴散至整個空間而使濃度下降。
- 3-3 沒有照光的情形下，在密閉環境中置入塗佈四層奈米TiO<sub>2</sub>的建材，一開始僅為吸附效果，9-20分鐘的下降趨勢，與空白實驗相近(20分鐘內下降50%)。
- 3-4 有使用LED燈管照光情形，在20分鐘內持續下降，其下降幅度較空白實驗快，20分鐘內下降60%。奈米TiO<sub>2</sub>處理的建材，除吸附效果外，並可分解PM<sub>2.5</sub>，達到將低PM<sub>2.5</sub>濃度的效果。