

逢甲大學室內地下層教學空間之空氣品質探討

The research on air quality of the basement classrooms in Ren Yan building of Feng Chia University

許元翰(Yuan-Han Hsu)*

曾亮 (Liang Tseng) **

許家彰(Chia-Chang Hsu) ***

中文摘要

逢甲大學人言大樓涵蓋逢甲大學內多數的通識教室及多功能教室，為學生使用頻率最高之教學空間，其中更包含高度依賴通風換氣設備之地下層教室，因此人言大樓的室內教學環境對於逢甲大學學生而言極為重要。又環保署於 2014 年將大專院校等空間納入室內空氣品質列管之場所，因此本研究範圍之校院應符合環保署訂定之室內空氣品質管理法規範標準。本研究將透過儀器進行逢甲大學人言大樓人 B116A 室、人 B119A 室現場偵測作業，針對 CO、CO₂、O₃、HCHO、TVOC、PM₁₀、PM_{2.5} 七項因子分析比對，進而提出改善室內環境之措施。

逢甲大學室內地下層教學空間偵測結果，發現教室室內空氣品質不合法規者：

(一)人 B119A 教室: CO₂ 最大值 1936ppm，超過標準值(1000ppm)約 1.936 倍;HCHO 最大值 0.108 ppm，超過標準值(0.08 ppm)約 1.35 倍。

(二)人 B116A 教室: CO₂ 最大值 3306ppm，超過標準值(1000ppm)約 3.306 倍;HCHO 最大值 0.101ppm，超過標準值(0.08ppm)約 1.262 倍。

關鍵詞: 室內空氣品質、逢甲大學、通識教學空間

Abstract

The general and multifunctional classrooms in Ren Yan building of Feng Chia University are the first access and most frequently used as teaching space for students, It also includes underground classrooms that are highly dependent on ventilation and ventilation equipment,so the classroom environment of the Ren Yan building is extremely important for students at Feng Chia University, and it is severe impact if the poor indoor air quality in classroom influence and descend the most students' learning efficiency.

In 2014, the EPD incorporated more types of indoor spaces into air quality control sites, the classrooms of university thus should comply with the standard of indoor air quality management law set by the EPD. This study will carry out the seven factors of CO, CO₂, O₃, HCHO, TVOC, PM₁₀, PM_{2.5}, on-site detection through instruments operation of Room RanB116A and RanB119A in Ren Yan building of Feng Chia University, and submit the solutions for improving the indoor air quality environment according to the needs of these classrooms.

一、 研究源起與目的

(一).研究源起

大學校園內通識教學空間之室內空氣品質近年為國內討論度極高之議題，環保署更於 2014 年將大專院校等空間納入室內空氣品質列管之場所，可見國人對教學環境之重視，為本文之研究動機。

逢甲大學人言大樓涵蓋逢甲大學內多數的通識教室及多功能教室，為學生使用頻率最高之教學空間，其中更包含高度依賴通風換氣設備之地下層教室，因此人言大樓的室內教學環境對於逢甲大學學生而言極為重要，又根據教育部統計處統計，大學生上課時間每周平均為 20-27 小時，在教室中研習更占據大部分的時間(普通教學空間平均為 30-40 小時)，可見室內環境對於學生之重要性。

(二).研究目的

良好的室內空氣品質不僅能提高學生學習能力，更能降低室內汙染物質對於人體造成之不適，若因室內空氣品質不良而影響學生學習能效可謂得不償失，本研究目的如下：

1. 了解人 B119A、人 B116A 教室汙染現況:透過儀器進行逢甲大學人言大樓現場偵測作業，了解各教室空氣汙染現況，並評估教室內各汙染因子之來源。
2. 分析並提供各教室之管理建議:針對各教室現況，提出符合使用需求之室內空氣品質改善建議。
3. 評估是否導入植栽:於探討各汙染因子之來源後，評估各教室是否於日後導入植栽，作為空間淨化之用途。

二、 偵測範圍與對象

(一).偵測範圍以逢甲大學人言大樓為主(如圖 2-1):

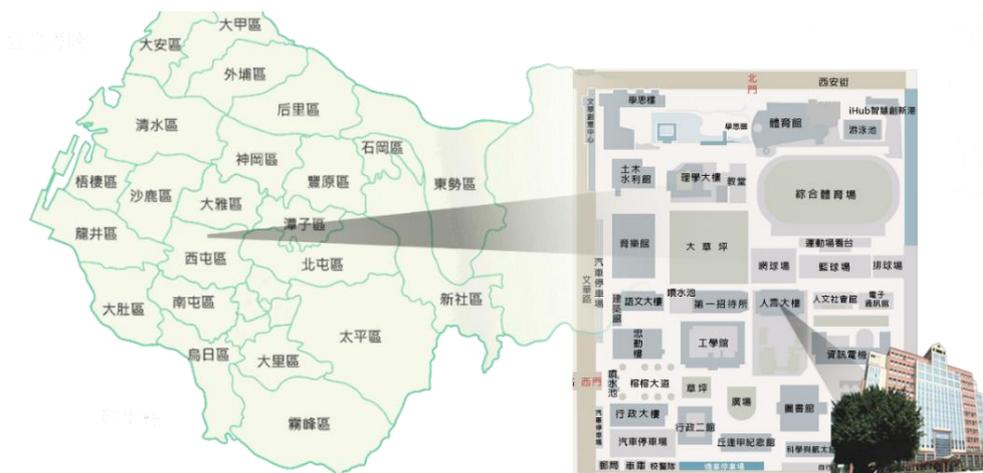


圖 2-1 逢甲大學人言大樓位置示意圖

(二).偵測對象皆為位於人言大樓二層人 B116A 及人 B119A，其中人 B116A 室為 $9.24\text{m} \times 10\text{m} = 90.24\text{m}^2$ 、人 B119A 室為 $17.2 \times 8.95 = 153.94\text{m}^2$: (如圖 2-2、2-3)

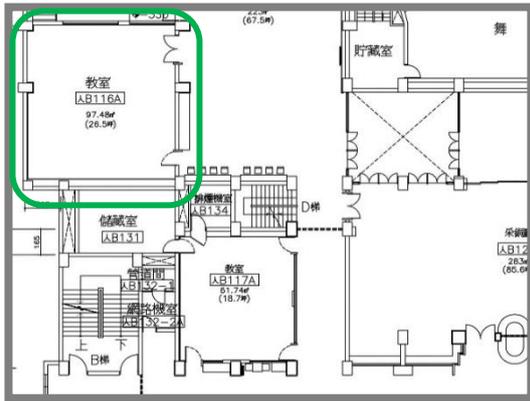


圖 2-2 人 B116A 平面示意圖

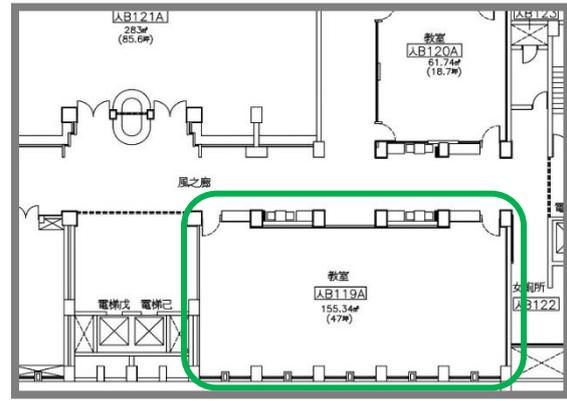


圖 2-3 人 B119A 平面示意圖

三、 文獻回顧

本節主要探討:偵測方法、偵測時間與偵測現場照片，說明如下:

(1). 偵測時間:

針對「人 B116A」及「人 B119A」，探討師生使用教室時空氣中氣體之變化。分別以時間與分區教室為主要架構，探討一天 3 小時教室使用基準之時效，根據導入植栽前後與空氣污染物分段濃度變化，進行偵測區域比較圖表(如表 3-1 所示)。

表 3-1 偵測時間表

	人 B116A	上課人數(人)	人 B119A	上課人數(人)
108/5/27	9:00-12:00	34	13:00-16:00	20
108/5/28	9:00-12:00	58	13:00-16:00	60
108/5/29	9:00-12:00	15	13:00-16:00	20

(2). 偵測現場照片:

本次偵測地點逢甲大學人言大樓「人 B116A」及「人 B119A」，以學生乘坐課桌椅高度架設儀器進行偵測之作業(如圖 3-1、3-2)



圖 3-1 人 B116A 偵測現場圖



圖 3-2 人 B119A 偵測現場圖

四、 偵測成果與分析

(一). 研究流程圖

「研究動機與目的」經「汙染物指標濃度偵測」最後到「結論與建議」，探討逢甲大學人言大樓通識教室之空氣品質關聯，並針對教室需求，探討改善室內環境之措施(如圖 4-1)。

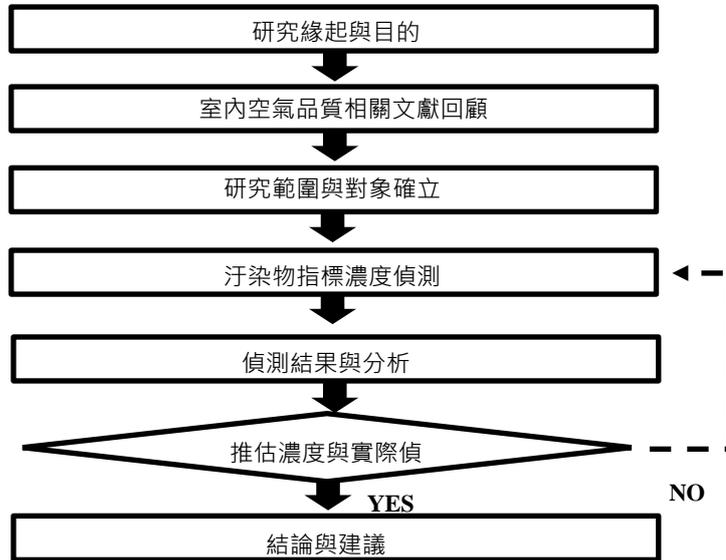


圖 4-1 研究流程圖

(二). 偵測結果

本章節針對逢甲大學人言大樓之「人 B116A」教室及「人 B119A」教室室內空氣品質偵測結果，偵測時間為 2019 年 5 月 27 日、5 月 28 日、5 月 29 日時間共計為 1080 分鐘，主要分析探討 CO、CO₂、O₃、HCHO、TVOC、PM₁₀、PM_{2.5} 七項因子，分別依照日期時段進汙染物質濃度平均值、最大值、最小值偵測之結果，以最大值作為與空氣品質管理法之對照組，說明逢甲大學人言大樓之「人 B116A」教室及「人 B119A」教室室內空氣汙染物濃度之變化(如表 4-1)。

1. 人 B119A 教室

針對人 B119A 教室得空氣品質濃度，藉由群組直線圖，說明各項汙染物偵測結果數據之比較，偵測項目為 CO、CO₂、O₃、HCHO、TVOC、PM₁₀、PM_{2.5}，以下為係向分類說明：

- (1). 氣狀汙染物偵測項目:一氧化碳(CO)，依照偵測天數教室內一氧化碳(CO)濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為 5 月 27 日:1.9ppm、5 月 28 日:4.5ppm、5 月 29 日:0.1ppm，皆符合標準值 9ppm 之要求(如圖 4-2)。

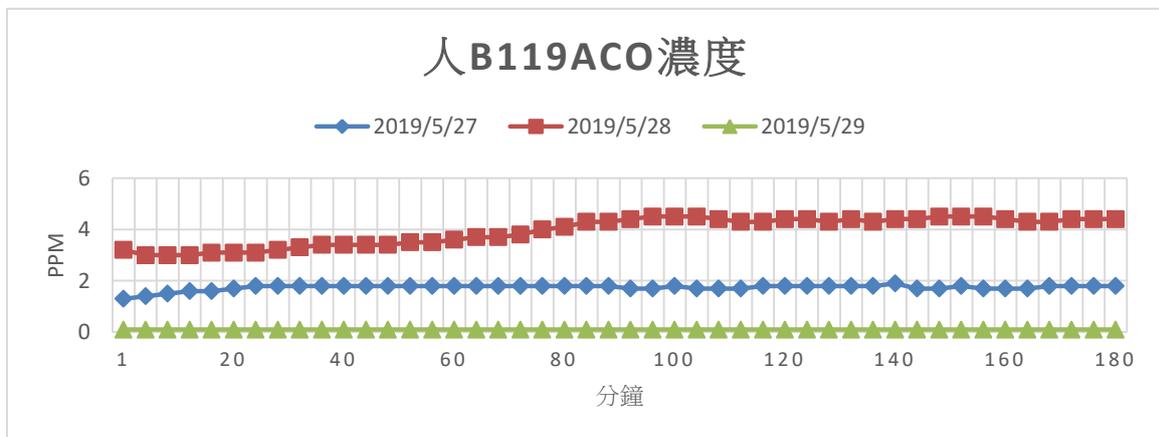


圖 4-2 人 B119A 教室 CO 濃度變化圖

- (1). 氣狀汙染物偵測項目:二氧化碳(CO₂)，依照偵測天數教室內 CO₂ 濃度變化。以最大值作為說明分別為 5 月 27 日:1634ppm、5 月 28 日:1936ppm、5 月 29 日:1497ppm，三日皆超出標準值 1000ppm(如圖 4-3)。

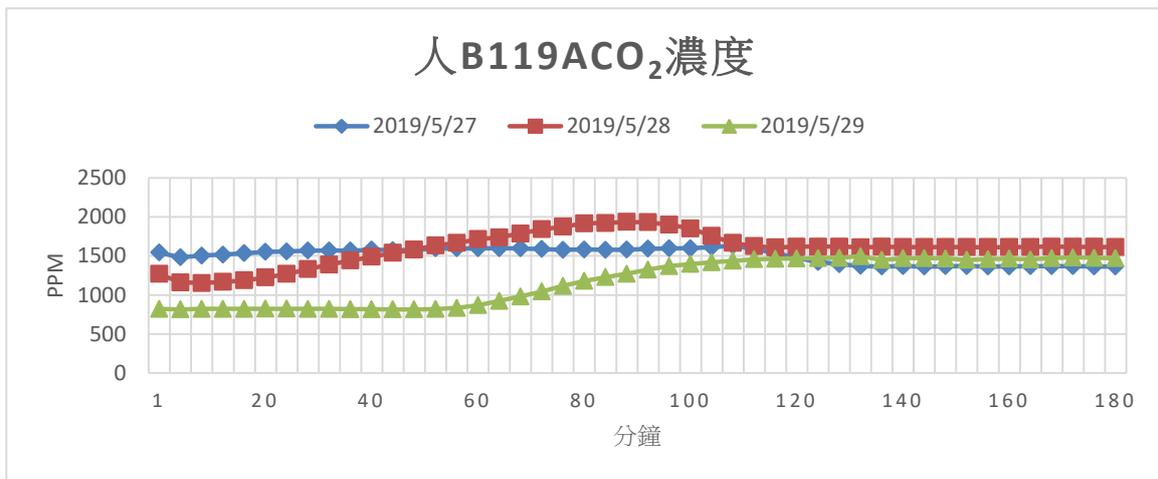


圖 4-3 人 B119A 教室 CO₂ 濃度變化圖

- (2). 氣狀汙染物偵測項目:甲醛(HCHO)，依照偵測天數教室內 甲醛(HCHO)濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為 5 月 27 日:0.082ppm、5 月 28 日:0.108ppm、5 月 29 日:0.067ppm，其中 5 月 27 與 5 月 28 日皆超出標準值 0.08ppm(如圖 4-4)。

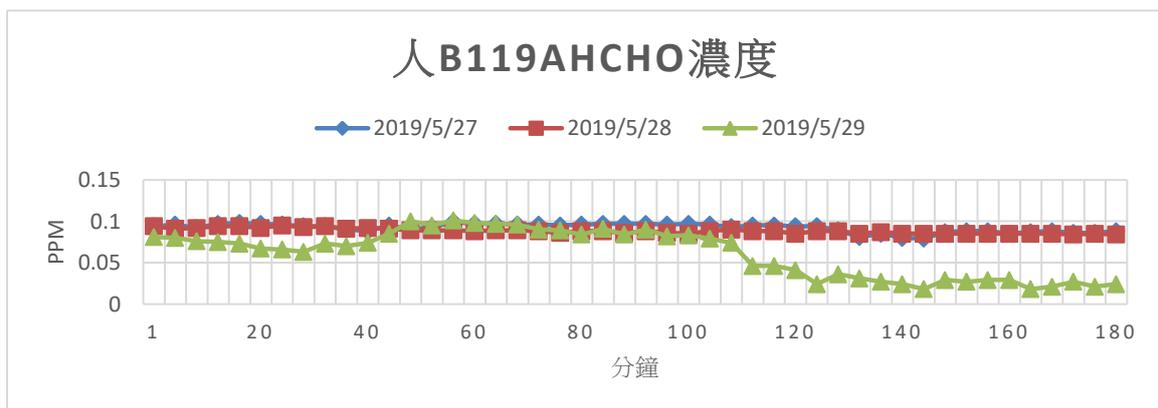


圖 4-4 人 B119A 教室 HCHO 濃度變化

- (3). 氣狀汙染物偵測項目:總揮發有機化合物(TVOC)，依照偵測天數教室內總揮發有機化合物(TVOC)濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為 5 月 27 日:0.28ppm、5 月 28 日:0.24ppm、5 月 29 日:0.22ppm，皆符合標準值 0.56ppm 之要求(如圖 4-5)。

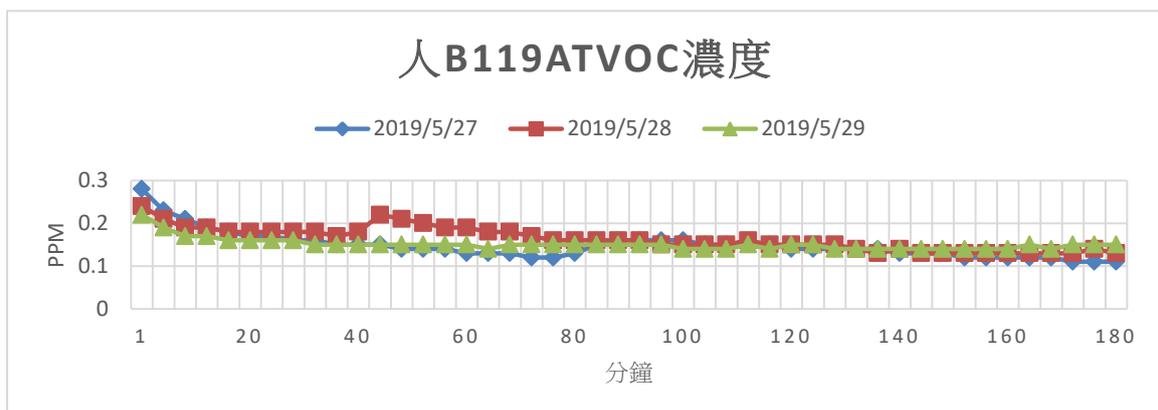


圖 4-5 人 B119A 教室 TVOC 濃度變化

- (4). **粒狀污染物偵測項目:**懸浮微粒(PM₁₀)，依照偵測天數教室內 PM₁₀ 濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為 5 月 27 日:16 μg/m³、5 月 28 日:26 μg/m³、5 月 29 日:12 μg/m³，皆符合標準值 75 μg/m³之要求(如圖 4-6)。

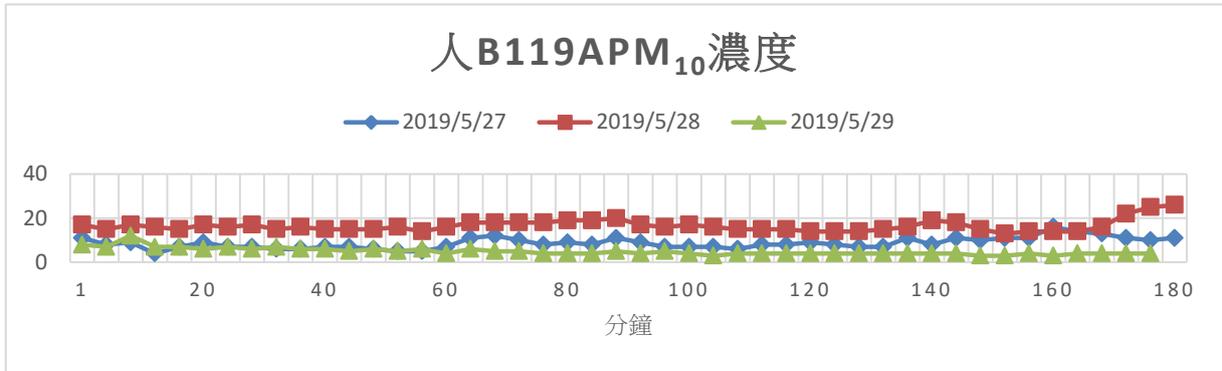


圖 4-6 人 B119A 教室 PM₁₀ 濃度變化

- (5). **粒狀污染物偵測項目:**懸浮微粒(PM_{2.5})，依照偵測天數教室內 PM_{2.5} 濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為 5 月 27 日:4 μg/m³、5 月 28 日:8 μg/m³、5 月 29 日:2 μg/m³，皆符合標準值 35 μg/m³之要求(如圖 4-7)。

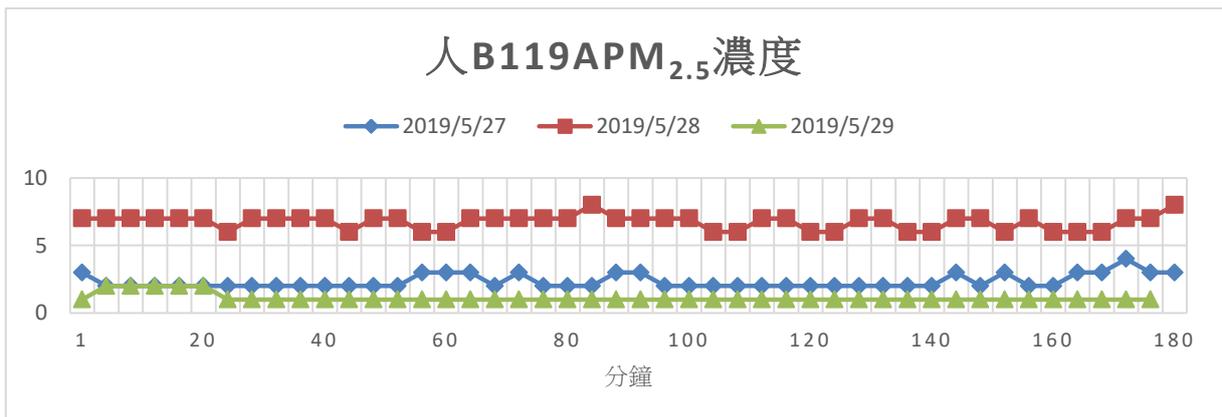


圖 4-7 人 B119A 教室 PM_{2.5} 濃度變化

- (6). **粒狀污染物偵測項目:**臭氧(O₃)，依照偵測天數教室內臭氧(O₃)濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為 5 月 27 日:0.017ppm、5 月 28 日:0.015ppm、5 月 29 日:0.022ppm，皆符合標準值 0.06ppm 之要求(如圖 4-8)。

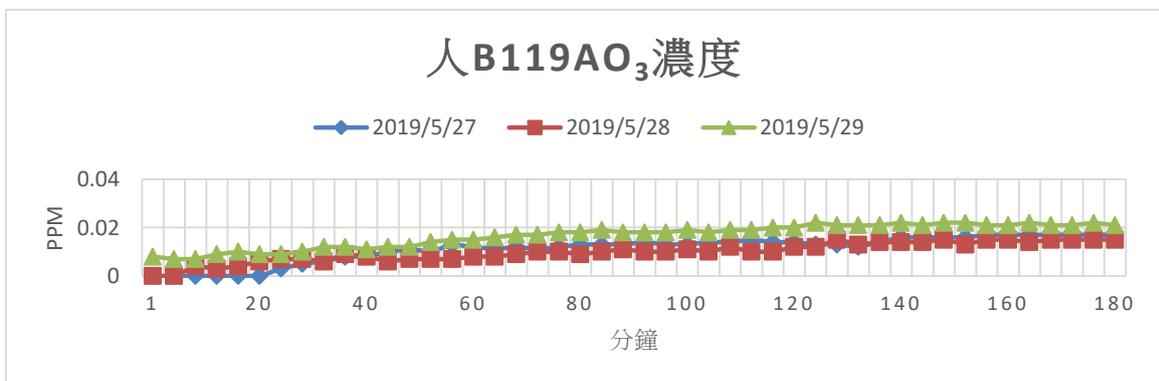


圖 4-8 人 B119A 教室 O₃ 濃度變化圖

2. 人 B116A 教室

針對人 B116A 教室得空氣品質濃度，藉由群組直線圖，說明各項污染物偵測結果數據之比較，偵測項目為 CO、CO₂、O₃、HCHO、TVOC、PM₁₀、PM_{2.5}，以下為係向分類說明：

- (1). 氣狀污染物偵測項目：一氧化碳(CO)，依照偵測天數教室內一氧化碳(CO)濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為 5 月 27 日:3.2ppm、5 月 28 日:0.1ppm、5 月 29 日:0.1ppm，皆符合標準值 9ppm 之要求(如圖 4-9)。

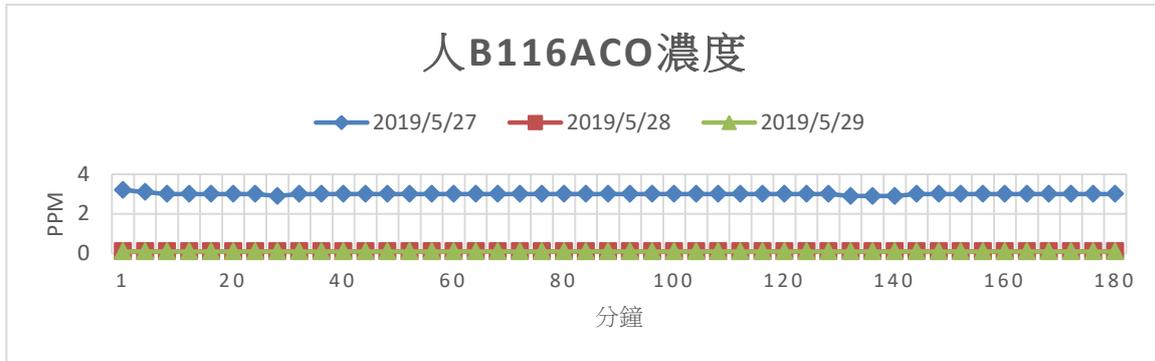


圖 4-9 人 B116A 教室 CO 濃度變化圖

- (2). 氣狀污染物偵測項目：二氧化碳(CO₂)，依照偵測天數教室內 CO₂ 濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為 5 月 27 日:3306ppm、5 月 28 日:3122ppm、5 月 29 日:3219ppm，三日皆超出標準值 1000ppm (如圖 4-10)。

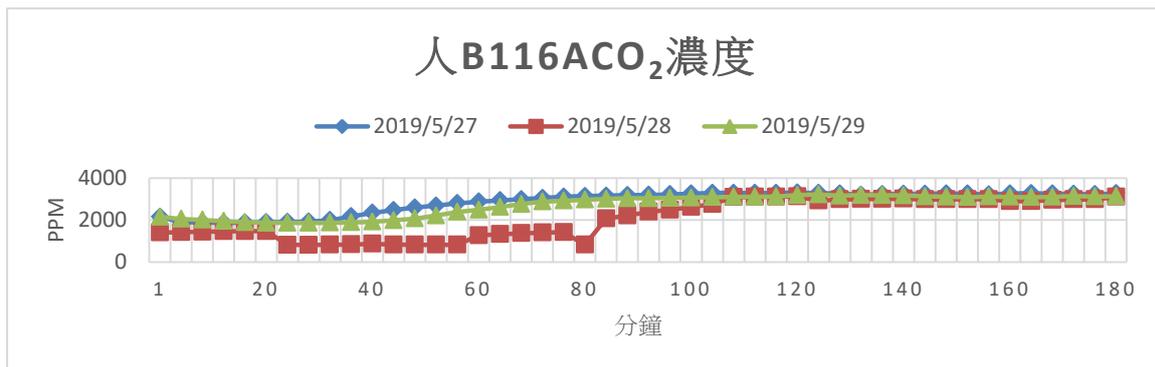


圖 4-10 人 B116A 教室 CO₂ 濃度變化

- (3). 氣狀污染物偵測項目：甲醛(HCHO)，依照偵測天數教室內甲醛(HCHO)濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為 5 月 27 日:0.099ppm、5 月 28 日:0.095ppm、5 月 29 日:0.101ppm，三日皆超出標準值 0.08ppm(如圖 4-11)。

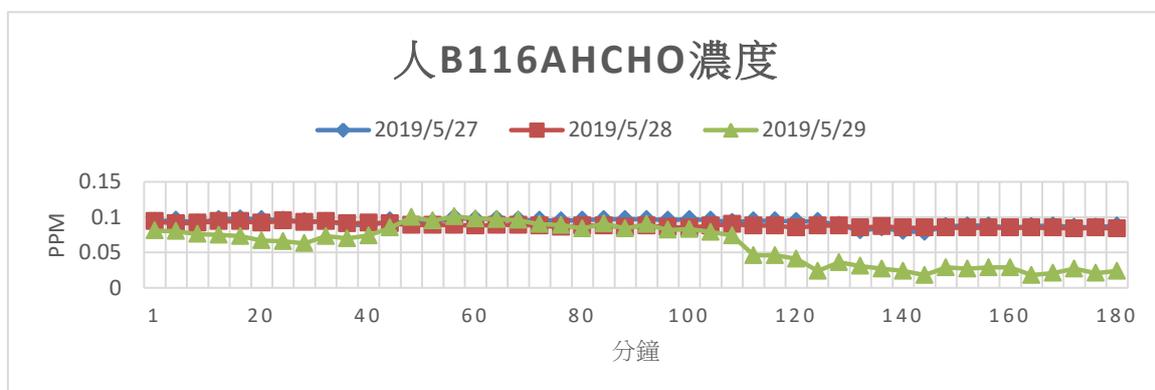


圖 4-11 人 B116A 教室 HCHO 濃度變化

- (4). 氣狀汙染物偵測項目:總揮發有機化合物(TVOC)，依照偵測天數教室內總揮發有機化合物(TVOC)濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為5月27日:0.17ppm、5月28日:0.17ppm、5月29日:0.15ppm，皆符合標準值0.56ppm之要求(如圖4-12)。

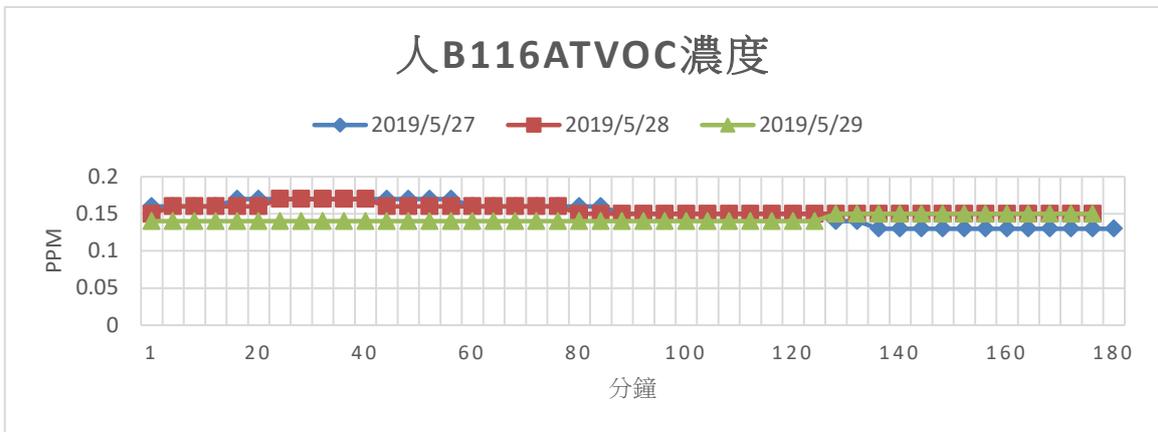


圖4-12 人B116A教室 TVOC濃度變化

- (5). 粒狀汙染物偵測項目:懸浮微粒(PM₁₀)，依照偵測天數教室內PM₁₀濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為5月27日:12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、5月28日:15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、5月29日:15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，皆符合標準值75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之要求(如圖4-13)。

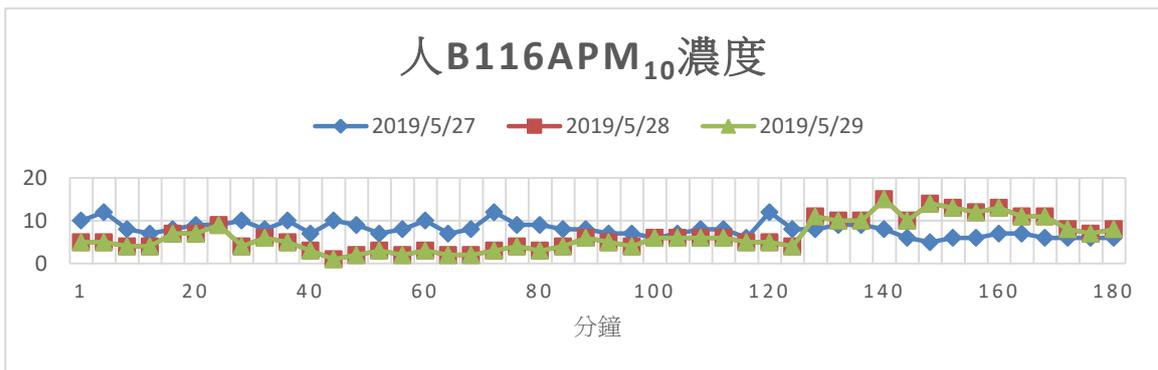


圖4-13 人B116A教室 PM₁₀濃度變化

- (6). 狀汙染物偵測項目:懸浮微粒(PM_{2.5})，圖4-12依照偵測天數教室內PM_{2.5}濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為5月27日:4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、5月28日:3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、5月29日:3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，皆符合標準值35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 之要求(如圖4-14)。

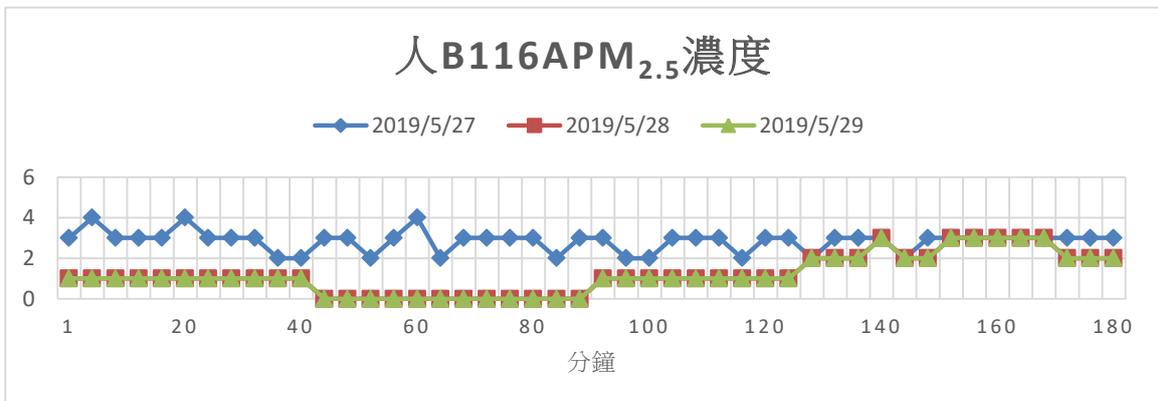


圖4-14 人B116A教室 PM_{2.5}濃度變化

- (7). 粒狀汙染物偵測項目: 臭氧(O₃)，依照偵測天數教室內臭氧(O₃)濃度變化。依照現場偵測結果，以最大值作為說明分別為 5 月 27 日: 0.01ppm、5 月 28 日: 0.014ppm、5 月 29 日: 0.012ppm，皆符合標準值 0.06ppm 之要求(如圖 4-15)。

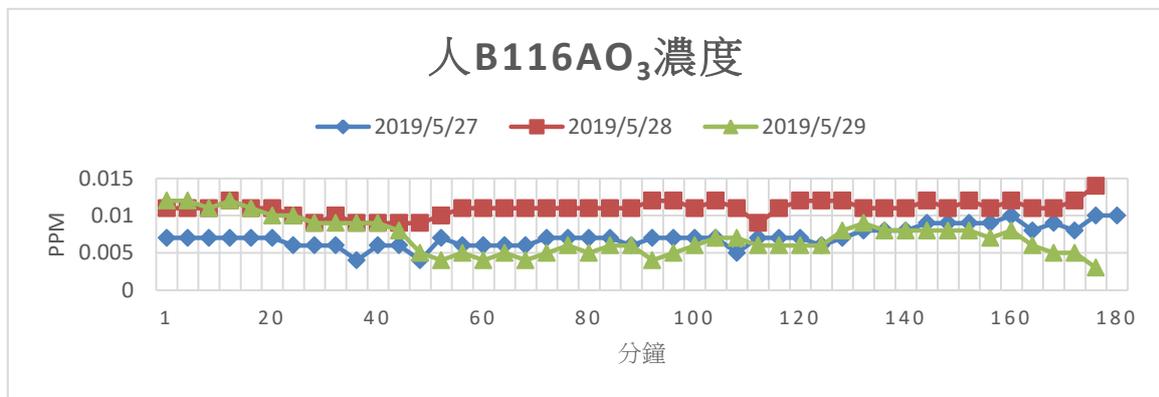


圖 4-15 人 B116A 教室 O₃濃度變化圖

(三). 偵測比較

- 將「人 B119A」及「人 B116A」之偵測結果以表格呈現最大值交叉比對，進一步探討兩偵測側教室不同條件下所呈現之屬性(如表 4-1):

表 4-1 偵測數據最大值交叉比較表

偵測地點	偵測時間	CO (9)	CO ₂ (1000)	O ₃ (0.06)	HCHO (0.08)	TVOC (0.56)	PM ₁₀ (75)	PM _{2.5} (35)
單位	日	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	μg/m ³	μg/m ³
人 B119A	5/27	1.9	1634	0.017	0.082	0.28	16	4
	5/28	4.5	1936	0.015	0.108	0.24	26	8
	5/29	0.1	1497	0.022	0.067	0.22	12	2
人 B116A	5/27	3.2	3306	0.01	0.099	0.17	12	4
	5/28	0.1	3122	0.014	0.095	0.17	15	3
	5/29	0.1	3219	0.012	0.101	0.15	15	3

- 根據表說明，最大值數據差異比較內容:
 - CO₂:** 兩處空間三日的數值皆超出標準值，且隨學生人數及課堂時間增加，持續上升並維持特定濃度，其中於 5 月 28 日兩處空間上課人數相近，但人 B116A 室空間較小承载力較差，濃度高於人 B119A 室約 1.6 倍，說明空間對於濃度之影響。
 - HCHO:** 兩處空間皆位於人言大樓地下層，無自然通風且為密閉式空間，空間容積亦較小，裝潢至今甲醛氣體仍殘留於空間內。
 - TVOC:** 兩處空間皆無影印機及打字機等設備，且數位化教室使油墨使用量減少，故在此數據上表現 TVOC 濃度皆無超標。
 - PM₁₀:** 兩處教室皆為密閉無窗空間，故在此數據上表現粉塵含量皆無超標。
 - PM_{2.5}:** 兩處教室皆為密閉無窗空間，故在此數據上表現粉塵含量皆無超標。

五、 結論

本研究偵測時間為 2019 年 5 月 27 日、5 月 28 日、5 月 29 日，本研究實際偵測逢甲大學人言大樓通識教室(人 B119A 室、人 B116A 室)之室內汙染物質濃度，針對 CO、CO₂、O₃、HCHO、

TVOC、PM₁₀、PM_{2.5} 七項因子，針對其偵測結果數據及討論該偵測區的特性、行為紀行分析，其結論內容如下：

1. 人 B119A 室

- (1). **不符合規範者：**二氧化碳 CO₂，三日均超過標準值(1000ppm)約 1.6 倍，偵測結果判斷，因教室為無開窗密閉空間，且學生數多，為造成濃度超標之主要原因；甲醛 HCHO，於 5 月 27 日及 5 月 28 日均超過表準值(0.08ppm)約 1.7 倍，兩處空間皆位於人言大樓地下層，無自然通風且為密閉式空間，空間容積亦較小，裝潢至今甲醛氣體仍殘留於空間內。
- (2). **符合規範者：**一氧化碳 CO、臭氧 O₃、總揮發性有機化合物 TVOC、懸浮微粒 PM_{2.5}、懸浮微粒 PM₁₀，此區為樹脂地坪，且室內裝修少，空間內無暖氣機、發電機、影印機等設備，因此一氧化碳、臭氧、甲醛、總揮發性有機化合物、懸浮微粒皆符合環保署空氣品質規範。

2. 人 B116A 室

- (1). **不符合規範者：**二氧化碳 CO₂，三日均超過標準值(1000ppm)約 3.2 倍，偵測結果判斷，因教室為無開窗密閉空間，且學生數多，為造成濃度超標之主要原因；甲醛 HCHO，三日均超過表準值(0.08ppm)約 1.2 倍，兩處空間皆位於人言大樓地下層，無自然通風且為密閉式空間，空間容積亦較小，裝潢至今甲醛氣體仍殘留於空間內。
- (2). **符合規範者：**一氧化碳 CO、臭氧 O₃、總揮發性有機化合物 TVOC、懸浮微粒 PM_{2.5}、懸浮微粒 PM₁₀，此區為樹脂地坪，且室內裝修少，空間內無暖氣機、發電機、影印機等設備，因此一氧化碳、臭氧、甲醛、總揮發性有機化合物、懸浮微粒皆符合環保署空氣品質規範。

參考文獻

1. 黃詣迪 「從裝修型態探討室內空氣品質之研究-以逢甲大學與台中商務旅館為例」，逢甲大學建築專業學院建築研究所碩士論文。未出版。台中市。2008
2. 余政舫 「學校各類教學空間室內空氣品質之研究—以逢甲大學學思樓為例」，逢甲大學建築專業學院建築研究所碩士論文。未出版。台中市。2009
3. 陳博文 「植栽改善空氣中二氧化碳濃度之研究」，環境與生態學報，大 2 卷，第 1 期，第 53-64 頁。2009
4. 黃建隆 「校園室內空氣品質與節能減碳策略關係之研究-以台北科技大學設計館視聽教室為例」，台北科技大學建築與都市設計研究所碩士論文。未出版。台北市。2012
5. 吳懷信 「室內空氣品質及植栽之研究 -以逢甲大學忠勤樓 611、行政二館 104,105 電腦教室為例」，逢甲大學建築專業學院建築研究所碩士論文。未出版。台中市。2014
6. 陳怡紋 「永續校園室內空氣品質管理策略之研究-圖書館空間及教學空間為例」，國立台北科技大學建築系建築與都市設計碩士論文。未出版。台北市。2016
7. 謝連德 「植栽淨化室內空氣品質之認知特性-以高雄市地區為例」，國立屏東科技大學環境工程與科學碩士論文。未出版。屏東縣。2017
8. 吳佳穎 「台南川介板金工廠作業區空氣品質之研究」，臺灣空間設計學會第十四屆研討會論文。樹德科技大學。高雄市。2018
9. Y.Y. Li, P.C. Wu, H.J. Su, P.C. Chou, C.M Chiang, Effects of HVAC Ventilation Efficiency on the Concentrations of Formaldehyde and Total Volatile Organic Compounds in Office Buildings, INDOORAIR 2002, California Vol3. pp.376-381, 2002.